按照G214线加卡至邦达机场段公路新改建工程水土保持方案审批准予行政许可决定书：本项目设置的SQT-4 、SQT-9 等2处弃渣集中堆存场地作为临时弃渣场选址，使用期不得超过该项目建设工期，参照永久弃渣场进行设计防护。

目 录

1 综合说明 1

1.1 项目简况 1

1.2 项目水土保持评价结论 6

1.3 表土资源保护与利用 10

1.4 弃渣场选址与堆置 11

1.5 水土流失预测结果 12

1.6 水土流失防治 13

1.7 水土保持监测方案 24

1.8 水土保持投资及效益成果分析 25

1.9 结论 25

2 项目概况 31

2.1 项目组成及工程布置 31

2.2 施工组织 72

2.3 工程占地 94

2.4 土石方平衡 100

2.5 拆迁（移民）安置与专项设施改（迁）建 107

2.6 工程进度 108

2.7 自然概况 108

3 项目水土保持评价 119

3.1 主体工程选线水土保持评价 119

3.2 建设方案与布局水土保持评价 125
3.3 工程占地评价 127
3.4 土石方平衡评价 130
3.5 取土（石、砂）场设置评价 149
3.6 施工方法与工艺评价 155
3.7 主体工程设计中具有水土保持功能工程的分析评价 158
4 表土资源保护与利用 173
4.1 表土资源调查与评价 173
4.2 表土保护方案 185
4.3 表土堆存与养护 189
4.4 表土利用 191
5 弃渣场选址与堆置 193
5.1 渣土来源及流向 193
5.2 弃渣场选址、堆置方案与级别 197
6 水土流失分析与预测 231
6.1 水土流失现状 231
6.2 水土流失影响因素分析 231
6.3 土壤流失量预测 235
6.4 水土流失危害分析 271
7 水土流失防治 272
7.1 水土流失防治责任范围 272
7.2 设计水平年 273

7.3 水土流失防治目标 274
7.4 防治区划分 275
7.5 措施总体布局 276
7.6 工程级别及设计标准 291
7.7 分区措施布设 292
7.8 施工组织 379
8 水土保持监测 399
8.1 范围和时段 399
8.2 内容、方法与频次 399
8.3 点位布设与监测设施 410
8.4 实施条件和成果 415
9 水土保持投资及效益分析 418
9.1 投资概算 418
9.2 效益分析 436
10 水土保持管理 440
10.1 组织管理 440
10.2 后续设计 441
10.3 水土保持监测 442
10.4 水土保持监理 442
10.5 水土保持施工 444
10.6 水土保持设施验收 445
附表、附件 448

附表 1 水土流失防治责任范围表.....448
附表 2 水土流失防治标准指标计算表.....450
附表 3 投资概算附表.....451
附件 1 关于国道 G214 线加卡至邦达机场段新改建工程两阶段施工图设计的批复.....468
附件 2 建设项目用地预审与选址意见书.....480
附件 3 西藏自治区水利厅关于国道 214 线昌都至邦达机场新改建工程加卡至机场段跨澜沧江 4 座桥梁河道管理范围内建设方案的行政许可决定.....481
附件 4 国道 214 线昌都至邦达机场新改建工程加卡至机场段 8 座桥梁洪水影响评价类审批准予行政许可决定书.....487
附件 5 关于 G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程卡若区弃渣场选址确认的函.....493
附件 6 关于 G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程察雅县石料场、弃渣场选址确认的函.....495
附件 7 关于 G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程八宿县取土场、弃渣场选址确认的函.....497
附件 8 弃渣综合利用协议.....500
附件 9 昌邦机场路土石方、料场情况介绍.....508
附件 10 关于挡渣墙埋深的说明.....513
附件 11 关于土石方远运调配利用的说明.....514
附件 12 G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程弃渣场（含临时堆

土场）失事影响专题分析报告评审意见.....516
附件 13 弃渣场挡渣墙稳定性计算书.....519
附件 14 承诺函.....559
附件 15 使用林地审核同意书.....567
附件 16 G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程弃渣场地质勘察报告（另册）
附件 17 G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程弃渣场失事影响专题分析报告（另册）

附图：

1、工程地理位置图

2、项目区地貌图

3、项目区水系图

4、项目区土壤侵蚀图

5、项目区林草植被分布图

6、项目区表土分布及剥离范围图

7、西藏自治区水土流失重点预防区和重点治理区图

8、路基排水及防护设计图（主体提供）

9、主要隧洞工程地质剖面图（主体提供）

10、线路平纵缩图（主体提供）

11、工程水土流失防治责任范围、水土保持措施总体布局及监测点布置示意图

12、路基工程防治区水土保持典型措施布设图

13、桥梁工程防治区水土保持典型措施布设图

14、隧道工程防治区水土保持典型措施布设图

15、互通工程防治区水土保持典型措施布设图

16、附属工程防治区水土保持措施布设图

17、改路工程防治区水土保持典型措施布设图

18、改沟工程防治区水土保持典型措施布设图

19、临时堆土场防治区水土保持典型措施布设图

20、石料场防治区水土保持措施布设图

21、弃渣场防治区水土保持措施布设图

22、取土场防治区水土保持措施布设图

23、施工便道防治区水土保持典型措施布设图

24、施工生产生活防治区水土保持典型措施布设图

1 综合说明

1.1 项目简况

1.1.1 项目基本情况

1.1.1.1 项目建设必要性

昌都市位于西藏自治区东部，地处横断山脉“三江”流域（金沙江、澜沧江、怒江）中上游，是藏东地区门户重镇，也是川藏、滇藏公路的枢纽和由西南进入内地的重要通道，为地区行署和昌都县政府所在地，与成都、拉萨、西宁、昆明的公路距离均在 1000~1600km 之间，战略地位重要，历来有“治藏必先安康”之说。2007 年 4 月，交通运输部在《国家公路运输枢纽布局规划》中将昌都确定为“西部地区公路交通枢纽”。昌都市依托这一契机，着力构建以国家一级交通枢纽为核心、物流中心和客运集散中心为支撑、国道 G214 线 G317 线 G318 线三条干线为骨架、公路铁路航空管道四种方式并举的综合交通运输体系，打造“八小时城市旅游生活经济圈”。

随着国家西部大开发战略的深入实施，昌都政治、经济、军事战略地位不断增强，物流业、旅游业、有色金属业及水能资源开发方兴未艾，社会经济呈高速发展态势，私家车辆及过境车辆迅猛增加，经邦达机场进出昌都的交通流量逐年递增。受高山峡谷地形制约，既有 G214 线昌都至邦达机场段全长约 122km，技术等级为三级公路，其中昌都至浪拉山段长约 100km，设计速度 30km/h；浪拉山至邦达机场段长约 22km，设计速度 40km/h；全线路基宽度 7.5~8.5m，最小平曲线半径 15m，最大纵坡 8.0%。该路段技术等级低、弯道多、抗灾能力弱，地质灾害频发，堵车塞车呈常态化，难以形成安全快捷的交通服务能力，已不能满足交通量增长需求，交通已成为制约区域社会经济发展的瓶颈。G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程（以下简称“本项目”）即在此背景下提出。

⑴是深入贯彻落实党的二十大和中央历次西藏工作座谈会精神，推进西藏跨越式发展和长治久安的需要；

⑵ 是维护社会稳定、巩固西南边防、落实军民融合战略的需要；

⑶ 是为加快建设交通强国，构建现代化高质量国家综合立体交通网的需求；

⑷ 是完善自治区省道网规划，促进省际互联互通、改善进出藏交通条件的需要；

⑸ 是将昌都市打造成为副中心城市的需要；

⑹ 是优化产业布局，强化实体经济的需要；

⑺ 是提升走廊带通行能力和服务水平的需要；

⑻ 是促进旅游资源开发，带动社会经济发展的需要。

1.1.1.2 工程前期工作进展情况

中交第二公路勘察设计研究院有限公司受昌都市交通运输局委托，成立项目组开展本项目相关工作。2025 年 5 月，主体设计编制完成了《G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程可行性研究报告》（以下简称“工可报告”）。

2025 年 6 月 5 日，交通运输部以《交通运输部关于西藏自治区 G214 线加卡至邦达机场段新改建工程可行性研究报告的批复》（交规划函〔2025〕349 号）批复本项目工可报告。

2025 年 6 月，主体设计编制完成了《G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程初步设计》。

2025 年 8 月 14 日，交通运输部以《交通运输部关于西藏自治区国道 G214 线加卡至邦达机场段新改建工程初步设计的批复》（交公路函〔2025〕518 号）批复本项目初步设计。

2025 年 8 月，主体设计编制完成了《G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程两阶段施工图设计》（以下简称“施工图设计”）。

2025 年 9 月 10 日，西藏自治区交通运输厅以《关于国道 G214 线加卡至邦达机场段新改建工程两阶段施工图设计的批复》（藏交发〔2025〕401 号）批复本项目两阶段施工图设计。

本项目的用地预审、地质灾害危险性评估、洪水影响评价、环境影响评价等相关专题均已完成编制。环境影响评价已通过西藏自治区生态环境厅评审并取得批复；用地预审已取得西藏自治区自然资源厅批复；澜沧江洪水影响评价已取得西藏自治区水利厅批复，色曲、果曲、伟曲洪水影响评价已取得西藏昌都市水利局批复。多伤曲洪水影响评价报告已于 2026 年 9 月 24 日报送察雅县水利局，察雅县水利局于 9 月 30 日组织召开技术评审会议，目前正按评审意见对报告进行修改完善。按照工作计划，可

于项目开工前取得察雅县水利局出具的洪水影响评价批复文件；建设单位承诺，涉及多伤曲沟道的相关工程在取得洪水影响评价批复前不投入使用，并严格按照批复的洪水影响评价报告及批复意见落实各项要求。

1.1.1.3 水土保持设计工作简况

受昌都市交通运输局的委托，湖北省水利水电规划勘测设计院有限公司承担了G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程水土保持方案报告书的编制任务。接到委托后，项目组组织工程技术人员对本项目现场进行了勘察，收集了项目区有关社会经济、水土保持等方面的资料，在分析研究的基础上，依据《施工图设计》，于 2026 年 9 月完成了《G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程水土保持方案报告书》（以下简称“本方案”）。

1.1.1.4 项目简述

⑴ 地理位置和线路走向

本项目位于西藏自治区昌都市境内，地理坐标东经 97°4′36″～97°21′27″，北纬 30°35′36″～30°56′40″，线路起于加卡经济开发区附近（桩号 K27+600），终点至邦达机场（桩号 K98+619.819），工程主线全长 70.790km。路线途经昌都市卡若区、察雅县、八宿县，共涉及 1 市 3 县（区）。

⑵ 建设性质、规模及等级

本项目为新建工程，加卡至浪拉山段（K27+600～K82+888.597）二级公路标准建设，双向两车道，设计速度 60km/h，沥青混凝土路面；浪拉山至邦达机场段（K82+897.8～K98+619.819）一级公路标准建设，双向四车道，设计速度 80km/h，沥青混凝土路面；吉塘连接线按三级公路标准建设，双向两车道，设计速度 30km/h，沥青混凝土路面。

⑶ 项目组成

本项目主线路线全长 70.790km，路基长 22853m，设置桥梁 18963.392m/38 座，隧道 28974.2m/21 座，互通立交 2 处，养护工区 1 处（含隧道管理站），养护保通站 1 处，主线治超站 1 处，隧道变电所 23 个，消防泵房 10 个，改路 7457m，改沟 838m。

其中加卡至浪拉山段线路长 55.068km，路基长 8182m，路基宽度 12m，全线设置桥梁 17912.392m/29 座，特大桥 10135m/7 座、大桥 7589m/19 座、中桥 188.392m/3 座，

隧道 28974.2m/21 座，主线治超站 1 处，隧道变电所 23 个，消防泵房 10 个，改路 7457m，改沟 538m。

浪拉山至邦达机场段线路全长 15.722km，路基长 14671m，路基宽度 24.5m，全线设置桥梁 1051m/9 座，其中大桥 657m/3 座、中桥 394m/6 座，互通立交 2 处，养护保通站 1 处，改沟 300m。

吉塘连接线线路全长 6.047km，路基长 5966m，路基宽度 7.5m，全线设置桥梁 81m/1 座，为中桥，设养护工区 1 处（含隧道管理站）。

⑷ 施工组织

本项目全线设临时堆土场 16 处（含表土堆存场及草皮堆存场，下同），石料场 1 处，取土场 1 处（取弃土结合），弃渣场 5 处（其中 1 处为取弃土结合），设计施工便道 98.84km（其中新建段 87.52km，改建段 11.32km），施工生产生活区 15 处。其中加卡至浪拉山段设置临时堆土场 10 处，石料场 1 处，弃渣场 5 处，施工生产生活区 14 处，设计施工便道 72.79km（其中新建段 71.47km，改建段 1.32km）；浪拉山至邦达机场段设置临时堆土场 5 处，取弃土场 1 处，设计施工便道 26.05km（其中新建段 16.05km，改建段 10.00km），施工生产生活区 1 处；吉塘连接线设置临时堆土场 1 处。

本项目加卡至浪拉山段和吉塘连接线路基用土来自自身开挖方，浪拉山至邦达机场段路基填土不足从终点附近 TL1 取土场自采获取。全线所需石料来自项目 ZCLC3 石料场开采和项目自身骨料利用，砂砾料均外购获取。工程所需的水泥、汽油、柴油等来自昌都，钢材及沥青等外购材料，均需从四川、拉萨、青海等地远运。施工及生活用水来自玉曲河及其支流，能够满足工程用水、生活用水的质量标准及要求。本路段沿线电线架设基本成网，电力供应正常，工程用电可以与当地电力部门协商取用。

⑸ 项目占地

本项目共计占用土地 340.14hm²，其中永久占地 199.42hm²，临时占地 140.72hm²，占地类型以林地、草地为主。卡若区境内占地 60.14hm²，察雅县境内占地 134.45hm²，八宿县境内占地 145.55hm²。

⑹ 项目土石方

本项目挖填土石方共计 1142.52 万 m³，其中：挖方 585.25 万 m³，填方 557.27 万 m³，利用方 328.66 万 m³，借方 228.61 万 m³（自采），骨料利用 44.84 万 m³，余方 211.75

万 m³，其中 15.00 万 m³综合利用至当地企业，6.99 万 m³运至 SQT-11 弃渣场（取弃结合），189.76 万 m³运至高山峡谷区 4 处弃渣场。工程挖方利用率 63.82%，弃渣综合利用率 7.08%。

⑺ 拆迁安置

根据主体工程设计统计调查，工程共拆迁房屋 5596.63m²，由《施工图设计》可知本项目拆迁安置均采用一次性补偿，由建设单位出资，当地政府主管部门负责具体操作。相关水土流失防治工作由地方政府负责。根据现场调查，项目沿线拆迁少量电线电缆设施，建设单位采用补偿方式，由相关专业部门负责具体操作。相关水土流失防治工作由相关专业部门负责。

⑻ 建设工期及投资

工程总投资为 766492 万元，土建投资 675137 万元。工程计划 2026 年 11 月开工，2029 年 10 月完工，建设工期 36 个月。

⑼ 建设单位

本项目建设单位为昌都市交通运输局。

1.1.2 自然简况

昌都市属于横断山西部的三江地区，本项目从昌都城关镇开始，沿宁静山脉与他念他翁山脉之间的澜沧江伸展，至吉塘镇右转，翻越他念他翁山至高山古台原上的邦达机场。项目沿线海拔高程 3137～4731m，沿线地貌类型为高山峡谷地貌和高原宽谷地貌。

项目区属于高原温带半干旱气候，日照充足，日温差大，年温差相对也较大，气温低，降水少。项目经过了三个区县，卡若区、察雅县和八宿县多年平均气温分别为 7.5、11.0、10.4℃，年极端最低温度-25.0℃，年极端最高温度 33.4℃；多年平均降水量分别为 477.7、350.0、233.3mm，本项目沿线降雨量在 420mm 左右；卡若区、察雅县和八宿县无霜期分别为 127、180、162 天。根据《中国暴雨统计参数图集》（2005）计算，20 年一遇最大 1h 及 24h 降水量分别 19.7～21.2mm 和 61.7～65.2mm，30 年一遇最大 1h 及 24h 降水量分别为 21.2～22.8mm 及 66.2～69.8mm，50 年一遇最大 1h 及 24h 降水量分别为 23.0～24.8mm 及 71.9～75.5mm，100 年一遇最大 1h 及 24h 降水量分别为 25.5～27.3mm 及 79.4～83.0mm。

项目区土壤类型主要为高山草原土、高山草甸土。项目区植被以寒温性针叶林、高寒灌丛草甸和干暖河谷灌丛为主，具有高寒山地垂直带谱特征，林草覆盖率约 52%，植被覆盖度约 40%。

项目所在地区属于青藏高原区，容许土壤流失量为 500 t/(km²·a)。工程沿线范围水土流失形式以水力侵蚀为主，伴有风力侵蚀，水土流失强度以轻度为主。根据现场调查项目占地范围内原生平均土壤侵蚀模数，其中水蚀模数为 1084t/(km²·a)，风蚀模数为 700t/(km²·a)。

本项目跨越西藏自治区昌都市的卡若区、察雅县和八宿县，根据《水利部办公厅关于做好国家级水土流失重点预防区和重点治理区落地上图成果应用的通知》（办水保〔2025〕170 号），本项目不涉及国家级水土流失重点防治区。根据《西藏自治区水土保持规划（2019-2030 年）》（藏政函〔2019〕55 号）及《昌都市水土保持规划（2021-2030 年）》，卡若区以及察雅县位于西藏自治区水土流失重点治理区，八宿县不涉及西藏自治区及昌都市水土流失重点防治区。

本项目占地范围不涉及饮用水水源保护区、水功能一级区的保护区和保留区、自然保护区、世界文化和自然遗产地、风景名胜区、地质公园、森林公园以及重要湿地等水土保持敏感区。不涉及河湖管理范围，不涉及永久基本农田等。

1.2 项目水土保持评价结论

1.2.1 主体工程选线评价

主体工程选线符合《中华人民共和国水土保持法》《中华人民共和国青藏高原生态保护法》《西藏自治区实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》及《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）等水土保持法律法规中关于工程选线水土保持限制和约束性规定。

本项目选线不涉及河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带；项目用地范围内没有全国水土保持监测网络中的水土保持监测站点、重点试验区及国家确定的水土保持长期定位观测站；项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，因项目起终点明确，线路整体处于 G214 所在的澜沧江+金河所在走廊带，无法避让，本项目执行青藏高原区一级标准，林草覆盖率标准提高 2%；优化施工工艺，充分利用现有道路作为施工便道，控制施工生产生活区占地，并通过采取工程、植物、临时措施等综合防治措施体系，

减少地表扰动和植被破坏范围，有效控制可能造成的水土流失，主体工程选线基本符合水土保持要求，不存在水土保持重大制约因素，项目建设可行。

1.2.2 建设方案与布局评价

⑴ 建设方案评价

1）本项目加卡至浪拉山段（高山峡谷区）桥隧比 85.14%，全线最大填高 18.6m，最大挖深 28.0m，全线不存在挖深大于 30m 的路段，不存在填高大于 20m 的路段。

2）本项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，且无法避让。在主体设计过程中，优化布线，调整桥梁线位，隧道秉持“早进洞、晚出洞”的原则，减少挖填土石方总量；设置路堑墙、路肩墙收缩边坡坡脚，尽量减少新增征占地。

本方案执行青藏高原区水土流失一级标准，林草覆盖率标准提高 2%；优化施工工艺，充分利用现有道路作为施工便道，控制施工生产生活区占地，并通过采取工程、植物、临时措施等综合防治措施体系，减少地表扰动和植被破坏范围，有效控制可能造成的水土流失。

3）取土场、弃渣场等永久性截排水工程全部采用高标准的 5 年一遇 5min 短历时设计暴雨，弃渣场拦挡工程的工程等级和防洪标准均提高一级。

综上所述，其建设方案符合水土保持技术标准要求。

⑵ 工程占地评价

本项目路线主线长度为 70.790km，永久占地 199.42hm²，加卡至浪拉山段用地指标为 3.1108hm²/km，浪拉山至邦达机场段用地指标为 5.9566hm²/km，小于规定值，满足《公路工程建设项目用地指标（2011）》要求。工程设计在满足工程布置和功能正常运行情况前提下，尽可能减少永久占地面积，从工程用地规模来看，永久占地符合节约用地和减少扰动的要求。本项目为新建工程，跨越高山峡谷区以及高原宽谷区，占压一定数量的林草地具有不可避免性，主体设计采取挡墙、护脚等拦挡防护措施收缩坡脚，符合节约用地和减少扰动的要求，新增占地合理。同时对项目区内占用的林地和草地进行了表土剥离保护，对加卡至浪拉山段河滩湿地草甸区进行草皮剥离、养护以及后期回铺，施工结束后通过工程的边坡绿化恢复植被，尽量减少对周边环境的破坏。

本项目终点加卡至浪拉山段部分余方回填 TL1 取土场，对位于地势平缓且填土高度不大于 20m 的路段采用路基方案，减少弃渣场的布置；加卡至浪拉山段路基和养护

工区回填土充分利用自身开挖方，减少取土场的布置；剥离的表土充分集中堆放于弃渣场、施工生产生活区等空地，减少临时堆放场的布设，减少临时占地面积。

临时占地以进一步减少扰动地表为前提，利用主体工程永久占地范围进行施工，不足部分设置临时占地，后期进行恢复。项目临时占地类型及面积基本合理，无遗漏，符合节约用地和减少扰动的要求，能够满足施工的要求，临时占地符合水土保持技术要求。

⑶ 土石方平衡评价

1）弃渣减量化评价

初设阶段，主体设计在瓦约村至乃帕村路段（K34+600～K38+250）、金河水库路段（K38+900～K49+120）、浪拉山至邦达机场段（K80+500～K93+695）等路段进行线路优化设计，共计减少弃渣量 13.45 万 m³。

施工图阶段通过两大措施减弃渣：一是线路布设优化，结合地形与经济性调整走向，缓边坡、优曲线减路基挖方 24.46 万 m³，低洼处增设填方段（增回填 40.99 万 m³），用弃渣“自产自消”，减外弃 65.45 万 m³；二是内部土石方调配，完善“隧道出渣-筛分-利用”体系，加移动设备提升硬岩分选率，多利用钻渣 61.76 万 m³，远运利用软岩 38.90 万 m³。综上，较初步设计合计减弃渣 166.11 万 m³。

施工图阶段，各段隧道洞渣在岩性以及经济技术性满足要求后，破碎筛分利用于自身工程骨料，共计利用隧道洞渣 44.84 万 m³，减少了相应弃渣量。

2）弃渣资源化评价

为响应《关于加强新时代水土保持工作的意见》对弃渣减量和综合利用的要求，2025 年 7～10 月，建设单位、主体设计与方案编制人员与地方政府多次沟通对接，对工程沿线在建、拟建项目和建筑企业进行充分调研，探讨综合利用本工程余方的可能性。经调查，周边 12 个项目中 10 个项目设计已实现挖填平衡、无需借方，2 个项目自身有弃渣需外运、无接纳空间，且部分项目施工时序与本工程不匹配，现阶段周边项目无利用本工程弃渣的条件。经与沿线 8 家合法合规建材场、砂石料场沟通，最终与西藏昌都澜沧江投资有限责任公司 1 家签订协议，共利用弃渣 15 万 m³（固化后作工程填料）；其余 7 家企业因软岩强度低、含泥量高、成分不稳定，与企业生产标准及工艺设备不匹配，改造成本高或影响产品质量，无法利用。本项目弃渣综合利用率 7.08%。

3）土石方平衡评价

主体设计土石方挖填数量基本合理，加卡至浪拉山段以挖方及隧道钻渣为主，所有回填均来自自身挖方，无外借方；浪拉山至邦达机场段路基工程总体为填筑路基，两段路线距离较远，考虑运距、施工安全及经济技术性，外借方从 TL1 取土场自采获取。工程挖方利用率（项目自身填筑及骨料利用）达到 63.82%，符合最优化原则。各工程区相互调配利用的土石方平衡，其思路和方法符合水土保持技术规范的要求，调配时序和运距合理。

⑷ 表土剥离及回覆利用评价

本项目表土剥离及回覆、草皮剥离及回铺措施，保护了表土及草皮资源，符合水土保持法和水土保持技术标准的要求。

⑸ 取土（石、砂）场设置评价

项目设置 1 处石料场，1 处取土场，全部为坡面开采。所选料场均不在崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区内；不在河道、湖泊管理范围内；取土场、石料场基本与周边景观相互协调；取土场充分考虑取土后的土地利用，便于取土场后期的恢复治理。取土场、石料场的设置基本满足水土保持要求。

本工程充分利用 TL1 取土场回填余方，从最低处逐层回填，堆渣顶部不超过取土坑下边缘，回填面积约 1.8hm²，最大填高约 8.0m；取土场下游 1km 范围内无公共设施、基础设施及居民点等；施工结束后平整，取土场开采区和周边原始地形顺接并实施水土保持措施，利于后期植被恢复。

综上，本项目料场设置符合《生产建设项目水土保持技术标准》的规定。

ZCLC3 石料场以及 TL1 取土场选址均取得地方政府同意，详见附件 6、附件 7。

⑺ 施工方法和工艺评价

在施工组织设计中，临时工程优先考虑永临结合，减少新占地。本项目土石方工程采用机械施工为主，桥梁基础采用钻孔桩基础，施工组织及施工工艺合理。

主体工程设计的施工组织、方法及工艺对于减少工程的水土流失以及危害具有预防性的作用，符合水土保持技术标准要求。

本项目土石方工程采用机械施工为主，主体土建工程将采取全线同时施工，分段平行流水施工的组织方式，在自然节点内，挖方与填方工程在施工工序及时序上连贯

协调，施工组织设计满足有关水土保持的要求，但是为了避免施工期人为因素造成的水土流失，施工单位应规避大风天气集中施工，切实落实方案的预防保护措施，强调源头控制、过程控制，最大程度地减少扰动范围。

主体工程设计与本方案在满足工程施工要求的基础上，通过各专业及工种之间施工工艺和施工组织配合，形成较完备的施工组织，施工工艺及施工组织符合减少水土流失的要求，且方案对主体工程尚未明确的措施提出补充设计；综上，本项目施工组织及施工工艺符合《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）要求。

⑻ 具有水土保持功能工程的评价

主体工程设计中路基工程区的表土剥离、路基排水工程、路基植物护坡及综合防护、桥梁工程区泥浆池、隧道工程区植物护坡及排水措施、互通工程区的表土剥离、路基边坡植物护坡及排水措施、附属工程区排水及绿化、改路工程区和改沟工程区表土剥离、路基排水及边坡绿化等措施能够满足本阶段水土保持技术要求，可降低工程区水土流失量，具有一定的水土保持功能，本方案将其界定为具有水土保持功能的措施。

由于设计的侧重点及设计阶段的制约，本项目仍然存在一些容易引起水土流失的薄弱环节，特别是各工程区的顺接排水及沉沙措施，开挖边坡的下边坡拦挡，临时堆土石方、表土和草皮的临时拦挡及苫盖等措施，经方案补充完善后，满足水土保持要求。

1.3 表土资源保护与利用

⑴ 表土分布与可利用分析

项目区土壤类型包括高山草原土和高山草甸土。自然土壤的占地类型包括乔木林地、灌木林地和天然牧草地，可以剥离的表土土层主要为有机层和腐殖质层；耕作土壤的占地类型为旱地，可剥离的土层主要为耕作层和犁底层。

本项目林草地表土平均剥离厚度 13~15cm，旱地表土平均剥离厚度 20cm，草甸区草皮剥离厚度 20～40cm（平均 30cm）。

⑵ 表土需求与用量分析

施工后期需表土回覆区域包括路基边坡及绿化带、桥隧扰动区、互通及附属工程绿化区、取弃土场及施工便道等。复绿区域回覆厚度按各分区设计要求控制，表土总

需求量 24.94 万 m³，草皮回铺需求量 10.58 万 m²。

⑶ 表土剥离与堆存

本项目实际剥离表土 24.94 万 m³、草皮 10.58 万 m²，沿线共设置临时堆土场 16 处，总占地 12.63hm²，全部利用路基永久占地、弃渣场占地以及取土场占地堆放，不新增占地，采用分级分类堆存。路基等工程表土集中堆于临时堆土场，堆高 2.0～5.0m；互通及附属工程低矮堆置，堆高不超过 1.0m；取弃土场表土平铺或集中存放；施工便道及施工场地表土“即剥即用”，就近暂存于取弃渣场；草皮分开集中堆放，堆叠不超 3 层。

⑷ 表土利用与保护

剥离表土及草皮全部利用，用于各分区复绿及边坡铺植。施工期间采取拦挡、苫盖、排水沉沙等防护措施，草皮定期洒水养护，所有征占地范围内的表土均采取剥离集中防护，共回覆表土 24.94 万 m³，回铺草皮 10.58 万 m²。

⑸ 结论

本项目占地范围内表土资源分布不均，高山草甸土区域表土厚度较大、有机质含量较高，高山草原土区域表土较薄、养分偏低。可剥离表土均进行了剥离或采取了铺垫就地保护，并全部得到回覆利用，本方案补充了拦挡、苫盖、排水沉沙及养护等防护措施。本项目的表土资源得到充分保护。

1.4 弃渣场选址与堆置

⑴ 弃渣来源及流向

根据主体施工组织设计及本方案的复核，本项目共产生弃渣 196.75 万 m³（折合松方 255.77 万 m³），主要来自路基、桥梁、互通、改路及改沟等各类基础开挖，隧道掘进弃渣，不良地质清除，以及施工便道、生产生活区等临时工程的场地清理与硬化层破除等。工程弃渣全部运至指定弃渣场堆放。

⑵ 弃渣场选址与类型

本项目沿线共布设弃渣场 5 处，其中沟道型弃渣场 4 处（其中 SQT-4 临时弃渣场、SQT-9 临时弃渣场等 2 处作为临时弃渣场，使用期限不得超过该项目建设工期），平地型弃渣场 1 处（取弃土场结合）。弃渣最大堆高 8.0～59.0m，渣场汇水面积在 77.6～291.4hm²，占地面积 22.63hm²。经多轮现场踏勘及地方各部门反复商议，未在对公共设

施、重要基础设施、工业企业、居民点等有重大影响的区域设置弃渣场，选址不涉及永久基本农田、水源地保护区、国家级水土流失重点预防区和重点治理区、生态保护红线等，未在河湖管理范围内弃渣。5 处弃渣场均已取得地方政府及权属单位选址确认手续。

⑶ 弃渣场堆置方案

本项目弃渣场堆渣高度较高，弃渣采用自下而上的堆置方式，分层压实保证渣体稳定。堆渣坡比取 1:2.5，一般按 8m 堆高进行分级，两级边坡间设 10m 宽平台。

⑷ 弃渣场级别及稳定性分析

根据渣场容量、堆渣高度、可能对周边环境造成的危害、经济合理和安全可靠的原则，本项目共 5 处弃渣场，其中 4 级渣场 4 处，5 级渣场 1 处。

根据弃渣场地质勘察资料进行稳定计算，采用简化毕肖普法以及摩根斯顿-普赖斯法对正常运用、连续降雨及地震三种工况进行分析，各弃渣场整体稳定及边坡稳定安全系数均满足规范要求，弃渣场采用 1:2.5 坡比均是安全稳定的。失事影响分析表明，各弃渣场在设计及校核工况下整体稳定，极端场景下碎屑流最大运动距离均小于距下游敏感设施的距离，安全余量充足。

⑸ 临时堆土场数量及级别

本项目共设置临时堆土场 16 处，其中高山峡谷区 DT1～DT6、DT13~DT17 等 10 处，高原宽谷区 DT8～DT12、DT18 等 6 处，全部利用路基永久占地、弃渣场占地以及取土场占地堆放，不新增占地。坡地型临时堆土场 5 处，平地型临时堆土场 11 处，级别均为 5 级。堆土场均按 1:2.5 坡比堆置，表土堆高 2.0～5.0m，草皮堆高 1.0～2.0m，堆土场总占地 12.63hm²，DT1~DT12 堆放时间为 2026 年 11 月~2027 年 9 月，平均堆存期约 1 年；DT13~DT18 堆放时间为 2026 年 11 月~2028 年 10 月，平均堆存期约 2 年。

1.5 水土流失预测结果

本项目建设占用地表面积 340.14hm²，扰动地表面积共 338.38hm²，损毁植被面积 301.27hm²。本项目施工期间需采取拦挡防护的弃渣总量为 613.36 万 m³（含永久弃渣以及临时堆土）。本项目在建设期水土流失量为 109643t，新增水土流失量 76937t。从预测时段来看，本项目施工期是产生水土流失的重点时段，从预测区域来看，路基工程区、弃渣场区和施工便道区等流失量较大，是水土流失的重点防治区。

1.6 水土流失防治

1.6.1 水土流失防治责任范围及目标

1.6.1.1 水土流失防治责任范围

本项目涉及卡若区、察雅县和八宿县 3 个区县，水土流失防治责任范围 340.14hm²，其中永久占地 199.42hm²，临时占地 140.72hm²。按行政区域划分，卡若区境内防治责任范围 60.14hm²，察雅县境内防治责任范围 134.45hm²，八宿县境内防治责任范围 145.55hm²。

水土流失防治责任范围见附表 1。

1.6.1.2 水土流失防治目标

⑴ 执行标准等级

本项目涉及西藏自治区昌都市的卡若区、察雅县和八宿县，根据《水利部办公厅关于做好国家级水土流失重点预防区和重点治理区落地上图成果应用的通知》（办水保〔2025〕170 号），本项目不涉及国家级水土流失重点防治区。根据《西藏自治区水土保持规划（2019-2030 年）》（藏政函〔2019〕55 号）及《昌都市水土保持规划（2021-2030 年）》，卡若区以及察雅县位于西藏自治区水土流失重点治理区，确定本项目水土流失防治标准等级执行青藏高原区一级标准。

⑵ 防治目标

1）基本目标

项目建设范围内新增水土流失应得到有效控制，原有水土流失得到治理；水土保持设施安全有效；水土资源、林草植被应得到最大限度的保护与恢复；水土流失治理度、土壤流失控制比、渣土防护率、表土保护率、林草植被恢复率、林草覆盖率六项指标符合《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018）的规定。

2）六项防治指标

本项目水土保持一级区划为青藏高原区，水土流失防治标准执行青藏高原区水土流失防治指标一级标准。根据项目区干旱程度、地貌、水土流失及所处的位置等情况对土壤流失控制比以及林草植被恢复率进行了适当调整，其中根据土壤侵蚀程度，本项目以轻度侵蚀为主，土壤流失控制比不应小于 1，修正值增加 0.2；根据水土流失状况及所处位置，本项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，渣土防护率不降低，林

草覆盖率提高 2%。

综上所述，本项目修正后的水土流失防治指标值为：至设计水平年，水土流失治理度达到 85%，土壤流失控制比 1.0，渣土防护率 87%，表土保护率 90%（草皮保护率 100%），林草植被恢复率 95%，林草覆盖率 18%。水土流失防治指标详见附表 1。

1.6.2 水土流失防治分区及措施

本项目为线型工程，水土流失防治措施体系由高山峡谷区和高原宽谷区 2 个一级分区组成，高山峡谷区进一步分为路基工程防治区、桥梁工程防治区、隧道工程防治区、附属工程防治区、改路工程防治区、改沟工程防治区、临时堆土场防治区、石料场防治区、弃渣场防治区、施工便道防治区、施工生产生活防治区 11 个二级分区，高原宽谷区进一步分为路基工程防治区、桥梁工程防治区、互通工程防治区、附属工程防治区、改沟工程防治区、临时堆土场防治区、取土场防治区、施工便道防治区、施工生产生活防治区 9 个二级分区。

⑴ 高山峡谷区

1）路基工程防治区

施工前对于路基及边坡占用耕地及林草地部分的表土进行剥离，表土集中堆放临近的临时堆土场集中防护；施工期间挖方路基内侧设置路堑边沟，上边坡设置截水沟、急流槽，填方下边坡设置排水沟，上边坡设置截水沟、急流槽，路基顺接排水沟出口处设置沉沙池，顺接至自然沟渠、排水涵洞；对于裸露的路基边坡准备密目网以备降雨等天气苫盖，较高的填方路基下边坡设置临时拦挡；完工后土地整治、回覆表土，路基边坡采取衬砌拱护坡、菱形框架护坡或生态毯护坡，护坡道、碎落台以及路基外用地界内等裸露区域植草绿化，卡若区及察雅县内气候条件较好的坡地两侧用地界内乔灌草绿化。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 4.08 万 m³，排水沟 12171m，边沟 15602m，急流槽 2446m，平台截水沟 4876m，山坡截水沟 4318m，衬砌拱护坡 76262m²，菱形框架防护 105622m²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 11 月。

植物措施：边坡衬砌拱生态袋填充 55671m²，菱形框架生态袋填充 58092m²，生态毯护坡 51761m²；实施时段：2027 年 3 月～2027 年 10 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 3.86 万 m³，顺接排水沟 1375m，沉沙池 55 个，土地整治 38.42hm²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 11 月。

植物措施：藏川杨 1506 株，云杉 1506 株，沙棘 26769 株，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 15.06hm²；实施时段：2027 年 3 月～2027 年 10 月。

临时措施：临时排水沟 36967m，临时急流槽 2446m，临时顺接排水沟 1375m，临时沉沙池 55 个，袋装土拦挡及拆除 10080m，密目网苫盖 13.46 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 11 月。

2）桥梁工程防治区

施工期间，剥占压林草地范围表土，集中堆放桥下空地防护，灌注桩基础附近设置泥浆池；桥台两侧设置排水沟，顺接至路基排水沟及沟道或者河道；桥梁下边坡或临水侧设置袋装土拦挡措施；在两岸桥梁施工区域堆放的临时堆土以及施工中的挖填裸露面采取密目网苫盖；施工结束后，拆除临时拦挡措施，桥下裸露地表进行土地整治，桥台开挖边坡设菱形框架防护，桥下裸露面土地整治、回覆表土，植草绿化。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 1.35 万 m³，排水沟 18150m，急流槽 154m，平台截水沟 145m，山坡截水沟 470m，菱形框架防护 47327m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 9 月。

植物措施：菱形框架生态袋填充 26030m²，生态毯护坡 20283m²；实施时段：2028 年 2 月～2028 年 9 月。

临时措施：泥浆池 250 个；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 4 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 1.35 万 m³，土地整治 24.90hm²；实施时段：2028 年 6 月～2028 年 9 月。

植物措施：混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 18.16hm²；实施时段：2028 年 6 月～2028 年 9 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 3780m，密目网苫盖 4.67 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 7 月。

3）隧道工程防治区

施工前，剥离洞脸范围内表土，堆放邻近的临时堆放场集中防护，在隧道洞口上边坡外侧开挖截水沟，在下边坡坡脚设置排水沟、消力池（兼沉沙池）沉沙，顺接至自然沟渠；隧道内部主体设计布置排水沟；施工期部分开挖方临时堆放于就近的洞口，隧道施工平台下边坡采取石笼网临时拦挡，对于洞口裸露开挖面以及施工平台裸露边坡采取密目网苫盖措施；施工完毕后对于洞口顶部平台及边坡铺设生态毯绿化，施工平台内采取植草恢复，下边坡进行灌草绿化。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.60 万 m³，洞口截水沟 6468m，洞内侧式排水沟 57948 m；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 3 月。

植物措施：生态毯护坡 40572m²；实施时段：2028 年 7 月～2028 年 10 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.60 万 m³，沉沙池 84 个，土地整治 5.80hm²；实施时段：2027 年 10 月～2028 年 10 月。

植物措施：沙棘 6182 株，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 1.74hm²；实施时段：2028 年 7 月～2028 年 10 月。

临时措施：石笼网挡墙 2940m，密目网苫盖 2.48 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 3 月。

4）附属工程防治区

施工前，剥离表土临时堆放；施工期间，临时堆土采取密目网苫盖及拦挡，附属区周边设排水沟，连接场地内设蓄水池，经沉沙泥沙后顺接至自然沟渠；施工结束后，附属区四周边坡设衬砌拱护坡，内部空地土地平整、回覆表土后采取乔灌结合、铺设生态毯绿化。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.54 万 m³，周边排水沟 5320m，衬砌拱护坡 7667m²；实施时段：2027 年 9 月～2028 年 11 月。

植物措施：边坡衬砌拱生态袋填充 5597m²，生态毯护坡 6000m²，藏川杨 150 株，云杉 150 株，忍冬 2667 株；实施时段：2027 年 8 月～2028 年 8 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.54 万 m³，沉沙池 35 个，土地整治 1.37hm²；实施时段：2027 年 11 月～2028 年 8 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 537m，密目网苫盖 0.80 万 m²；实施时段：2027 年 8 月～2028 年 8 月。

5）改路工程防治区

改路工程施工前，对占用耕地以及林草地范围内的表土进行剥离，集中堆放邻近的临时堆土场进行防护；施工期间，挖填方边坡设置路堤、路堑边沟，排水出口设置沉沙池，顺接至周边道路或沟渠；施工中，填高大于 2m 的填方边坡坡脚以及临时堆放的土料周边采取拦挡，临时堆料以及路基临时裸露边坡采取密目网苫盖防护；施工结束后进行土地整治，回覆表土，植草恢复。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.32 万 m³，边沟 7457m；实施时段：2027 年 10 月～2027 年 12 月。

植物措施：植草皮护坡 1.62hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.32 万 m³，顺接排水沟 520m，沉沙池 26 个，土地整治 1.86hm²；实施时段：2027 年 11 月～2028 年 5 月。

植物措施：混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 0.25hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 941m，密目网苫盖 0.89 万 m²；实施时段：2027 年 10 月～2028 年 5 月。

6）改沟工程防治区

农沟复建施工过程中，对临时堆放的土方以及暂时裸露的坡面采取苫盖防护，减轻降雨及大风天气时的水土流失；施工结束后，对农沟顶部两侧扰动范围进行土地整治，回覆表土，采取植草恢复。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.02 万 m³；实施时段：2027 年 10 月～2027 年 12 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.02 万 m³，土地整治 0.09hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

植物措施：混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 0.09hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

临时措施：密目网苫盖 0.13 万 m²；实施时段：2027 年 10 月～2028 年 5 月。

7）临时堆土场防治区

施工期间，临时堆放的土方周边设置袋装土拦挡，表面苫盖密目网，拦挡外侧设临时排水沟及沉沙池，顺接至自然沟渠；完工后拆除临时拦挡，因所有临时堆土场均利用其他防治区占地堆置，后期恢复措施及工程量均计入对应防治区。

新增水保措施：

临时措施：临时排水沟 2990m，临时沉沙池 8 个，石笼网挡墙 246m，袋装土拦挡及拆除 2348m，密目网苫盖 3.98 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 10 月。

8）石料场防治区

施工前，沿下边坡占地边界布设石笼网挡墙进行拦挡，料场周边布设截排水沟，排水沟出口处设置沉沙池，顺接至自然沟渠；施工期间，对产生的无用层堆放于料场一角表面苫盖密目网，周边设置袋装土拦挡；施工后期，无用层运至 SQT-4 临时弃渣场防护，取料范围进行土地整治。

主体已有措施：

工程措施：石笼网挡墙 320m，排水沟 887m，消力池 16m；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 1 月。

新增水保措施：

工程措施：土地整治 2.51hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 6 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 540m，密目网苫盖 0.81 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 10 月。

9）弃渣场防治区

施工前对于占用林草地部分的弃渣场表土进行剥离，堆放于弃渣场一角，周边采取袋装土拦挡，表面苫盖密目网；沟道型弃渣场在堆渣坡脚设置混凝土挡渣墙，施工期间采用临时涵管排水，弃渣场顶部一侧设排洪沟，兼做该侧截排水沟，另一侧周边

设置截排水沟，放坡平台设置平台排水沟，排洪沟及截排水沟出口处设消力池，顺接至天然沟渠；后期弃渣完毕后土地整治、回覆表土，弃渣场渣顶采用乔灌草恢复，坡面植物恢复措施采用灌草结合方式。

主体已有措施：

工程措施：混凝土挡渣墙 232m，排洪沟/周边排水沟 7816m，排水盲沟 11010m，八字墙 4 个，消力池 148m；2026 年 11 月～2026 年 12 月。

植物措施：混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 27.16hm²；实施时段：2028 年 6 月～2029 年 8 月。

临时措施：排水涵管 2007m；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 1 月

新增水保措施：

工程措施：表土剥离 2.96 万 m³，表土回覆 2.96 万 m³，土地整治 27.16hm²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 8 月。

植物措施：藏川杨 2037 株，云杉 2037 株，沙棘 120693 株，喷播植草 2.23hm²；实施时段：2028 年 6 月～2029 年 8 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 1291m，密目网苫盖 1.18 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 11 月。

10）施工便道防治区

施工前，剥离占地内表土集中堆放弃渣场一并防护，施工期间道路两侧设置彩条旗护栏；挖方段施工便道开挖坡面坡脚处设置临时排水沟，出口处布置沉沙措施，顺接至周边天然沟渠，半挖半填施工便道下边坡设置袋装土拦挡；施工结束后对硬化层进行疏松，进行土地平整、回覆表土，根据原占地类型进行植被恢复。

新增水保措施：

工程措施：表土剥离 3.64 万 m³，表土回覆 3.64 万 m³，碾压层疏松 9.42 万 m³，土地整治 70.97hm²；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

植物措施：藏川杨 6108 株，云杉 6108 株，沙棘 271467 株，喷播植草 9.89hm²，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 61.08hm²；实施时段：2028 年 7 月～2029 年 8 月。

临时措施：彩条旗护栏 36686m，临时排水沟 72790m，临时沉沙池 146 个，袋装土拦挡及拆除 18343m；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

11）施工生产生活防治区

施工前剥离表土集中堆放弃渣场防护；施工期间场区四周设临时排水沟，出口接沉沙池，顺接至周边天然沟渠；施工期间，对于临时堆料表面采取密目网苫盖；施工结束后，清除硬化层，土地平整、回覆表土，根据原占地类型进行植被恢复。

新增水保措施：

工程措施：表土剥离 0.36 万 m³，表土回覆 0.58 万 m³，硬化层清除 0.97 万 m³，土地整治 6.64hm²；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

植物措施：藏川杨 517 株，云杉 517 株，沙棘 22978 株，喷播植草 0.78hm²，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 5.17hm²，撒播高山嵩草 1.47hm²；实施时段：2028 年 7 月～2029 年 8 月。

临时措施：临时排水沟 7606m，临时沉沙池 28 个，密目网苫盖 2.16 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 7 月。

⑵ 高原宽谷区

1）路基工程防治区

施工前对于路基及边坡占用草地部分的表土进行剥离，部分占压草甸路段剥离草皮，表土与草皮分别集中堆放临近的临时堆土场集中防护；施工期间挖方路基内侧设置路堑边沟，上边坡设置截水沟、急流槽，填方下边坡设置排水沟，上边坡设置截水沟、急流槽，路基顺接排水沟出口处设置沉沙池，顺接至自然沟渠、排水涵洞；对于裸露的路基边坡准备密目网以备降雨等天气苫盖；完工后回覆表土，路基边坡采取衬砌拱护坡、菱形框架护坡或生态毯护坡，其他裸露地表撒播草籽。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 6.87 万 m³，急流槽 25121m，土质排水沟 27181m，山坡截水沟 500m，衬砌拱护坡 149513m²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 11 月。

植物措施：边坡衬砌拱生态袋填充 109145m²，生态毯护坡 30614m²；实施时段：2027 年 3 月～2027 年 10 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 6.57 万 m³，草皮剥离 9.37 万 m²，草皮回铺 9.37 万 m²，顺接排水沟 1450m，沉沙池 58 个，土地整治 37.32hm²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年

11 月。

植物措施：撒播高山嵩草 19.31hm²；实施时段：2027 年 3 月～2027 年 10 月。

临时措施：临时排水沟 27681m，临时急流槽 25121m，临时顺接排水沟 1450m，临时沉沙池 58 个，袋装土拦挡及拆除 18359m，密目网苫盖 13.95 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 11 月。

2）桥梁工程防治区

施工期间，剥占压草地范围表土，集中堆放桥下空地防护，灌注桩基础附近设置泥浆池；桥梁下边坡或临水侧设置袋装土拦挡措施；在两岸桥梁施工区域堆放的临时堆土表面采取密目网苫盖；施工结束后，拆除临时拦挡措施，桥下裸露地表进行土地整治，回覆表土，撒播草籽恢复植被。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.07 万 m³；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 9 月。

临时措施：泥浆池 13 个；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 4 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.07 万 m³，土地整治 2.06hm²；实施时段：2028 年 6 月～2028 年 9 月。

植物措施：撒播高山嵩草 2.06hm²；实施时段：2028 年 6 月～2028 年 9 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 840m，密目网苫盖 0.39 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 7 月。

3）互通工程防治区

施工时首先对于占用草地区域剥离表土，部分占压草甸路段剥离草皮，表土与草皮分别临时堆于场地内一角，周边采取临时拦挡防护，表面苫盖密目网，施工期间对于草皮定期洒水养护；互通区施工期，匝道桥建设时设置泥浆池，填方匝道路基下边坡采取袋装土临时拦挡的防护措施，路基两侧布置路堤排水沟，并补充沉沙池措施，顺接至自然沟渠或者河道；施工后期对路基边坡以及互通中间空地采取绿化措施。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.59 万 m³，土质排水沟 4124m，衬砌拱护坡 12011m²；实施时段：2027 年 8 月～2028 年 10 月。

植物措施：边坡衬砌拱生态袋填充 8768m²，生态毯护坡 9921m²；实施时段：2028 年 8 月～2029 年 8 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.59 万 m³，草皮剥离 1.20 万 m²，草皮回铺 1.20 万 m²，沉沙池 19 个，土地整治 6.83hm²；实施时段：2027 年 8 月～2029 年 8 月。

植物措施：撒播高山嵩草 4.64hm²；实施时段：2028 年 8 月～2029 年 8 月。

临时措施：草皮养护 0.40 万 m²，袋装土拦挡及拆除 997m，密目网苫盖 0.70 万 m²；实施时段：2027 年 8 月～2029 年 8 月。

4）附属工程防治区

施工前，剥离表土临时堆放；施工期间，临时堆土采取密目网苫盖及拦挡，附属区周边设排水沟，连接场地内设蓄水池，经沉沙泥沙后顺接至自然沟渠；施工结束后，附属区四周边坡设生态毯护坡，内部空地进行土地平整、回覆表土后采取绿化。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.07 万 m³，周边排水沟 347m；实施时段：2027 年 9 月～2028 年 11 月。

植物措施：生态毯护坡 1474m²；实施时段：2027 年 8 月～2028 年 8 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.07 万 m³，沉沙池 1 个，土地整治 0.15hm²；实施时段：2027 年 11 月～2028 年 8 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 155m，密目网苫盖 0.45 万 m²；实施时段：2027 年 8 月～2028 年 8 月。

5）改沟工程防治区

农沟复建施工过程中，对临时堆放的土方以及暂时裸露的坡面采取苫盖防护，减轻降雨及大风天气时的水土流失；施工结束后，对农沟顶部两侧扰动范围进行土地整治，回覆表土，采取植草恢复。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.01 万 m³；实施时段：2027 年 10 月～2027 年 12 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.01 万 m³，土地整治 0.05hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

植物措施：撒播高山嵩草 0.05hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

临时措施：密目网苫盖 0.07 万 m²；实施时段：2027 年 10 月～2028 年 5 月。

6）临时堆土场防治区

高原宽谷区临时堆土场均利用路基永久红线布设，不单独计列土地整治及后期恢复措施。施工期间对于临时堆放的土方周边设置袋装土拦挡，表面苫盖密目网，草皮堆存过程中定期养护保证存活率，拦挡外侧设临时排水沟及沉沙池，顺接至自然沟渠。

新增水保措施：

临时措施：临时排水沟 3109m，临时沉沙池 4 个，草皮养护 3.12 万 m²，袋装土拦挡及拆除 2826m，密目网苫盖 6.66 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 10 月。

7）取土场防治区

施工前剥离表土集中堆放；施工期间对于临时堆放的表土采取临时拦挡，表面苫盖密目网；取土场下边坡设置拦挡，减少坡面开挖滚落土石对下边坡的影响；取土场上边坡及周边设置排水沟，出口处设置消力池，顺接至自然沟渠；施工后期，取土场表面进行土地整治、回覆表土，灌草结合恢复植被。

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 2.16 万 m³，周边排水沟 1857m，石笼网挡墙 374m，消力池 32m；实施时段：2026 年 11 月～2026 年 12 月。

植物措施：撒播高山嵩草 22.72hm²；实施时段：2028 年 7 月～2028 年 9 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 2.16 万 m³，土地整治 22.72hm²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 9 月。

植物措施：沙棘 100980 株；实施时段：2028 年 7 月～2028 年 9 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 558m，密目网苫盖 0.87 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 8 月。

8）施工便道防治区

施工前，剥离占地内表土集中堆放取土场一并防护，施工期间道路两侧设置彩条

旗护栏；填方边坡上方来水侧设置临时排水沟，出口处布置沉沙措施，顺接至周边天然沟渠，填筑边坡坡脚设置袋装土拦挡；施工结束后对硬化层进行疏松，进行土地平整、回覆表土，根据原占地类型进行植被恢复。

新增水保措施：

工程措施：表土剥离 1.30 万 m³，表土回覆 1.30 万 m³，碾压层疏松 3.37 万 m³，土地整治 14.33hm²；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

植物措施：撒播高山嵩草 14.33hm²；实施时段：2028 年 7 月～2029 年 8 月。

临时措施：彩条旗护栏 31260m，临时排水沟 26050m，临时沉沙池 52 个，袋装土拦挡及拆除 7815m；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

9）施工生产生活防治区

施工期间场区四周设临时排水沟，出口接沉沙池，顺接至路基排水系统；施工期间，对于临时堆料表面采取密目网苫盖；施工结束后，清除硬化层，土地整治、回覆表土，根据原占地类型进行植被恢复。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.30 万 m³，硬化层清除 0.18 万 m³，土地整治 2.00hm²；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

植物措施：撒播高山嵩草 2.00hm²；实施时段：2028 年 7 月～2029 年 8 月。

临时措施：临时排水沟 891m，临时沉沙池 2 个，密目网苫盖 0.40 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 7 月。

1.7 水土保持监测方案

⑴ 本工程水土保持监测范围与水土流失防治责任范围一致，为 340.14hm²。

⑵ 本项目水土流失监测重点区域为路基工程区、弃渣场区和施工便道区。

⑶ 本项目属于建设类项目，水土保持监测时段从施工准备期开始到设计水平年结束。本项目监测期为 2026 年 11 月至 2030 年 12 月。

本项目水土保持监测的内容包括水土流失量的监测、水土保持防治效果的监测、水土流失危害的监测及六项水土流失防治指标的监测等。

⑷ 监测方法主要为实地调查监测法、定位监测法和遥感监测法，本项目拟在高山峡谷区和高原宽谷区的各个二级分区共选定 27 个位置进行定位监测，并对其他施工

区域采取巡查的方法进行水土保持监测。

⑸ 在施工准备期前进行本底值监测；施工过程中，扰动地表面积情况应至少每月监测 1 次；水土流失状况应至少每月监测 1 次，发生强降水、大风等情况后应及时加测。土壤流失量结合拦挡、排水等措施，进行定量观测。水土流失防治成效应至少每季度监测 1 次，其中临时措施应至少每月监测 1 次。水土流失危害结合上述监测内容一并开展。

1.8 水土保持投资及效益成果分析

本工程水土保持总投资 24267.91 万元（其中主体工程计列 17323.23 万元，方案新增 6944.68 万元），其中工程措施 14479.27 万元，植物措施 4543.06 万元，监测措施 401.92万元，临时工程2827.14万元，独立费用1252.84万元，基本预备费185.43万元，水土保持补偿费 578.25 万元。

方案实施后，项目水土流失治理面积 333.99hm²，林草植被建设面积 257.02hm²，可减少水土流失量 63400t。至设计水平年，各项水土保持评价指标均达到了预期的防治标准。防治责任范围内的水土流失能够得到有效控制，生态效益显著。

1.9 结论

⑴ 结论

本项目选线不涉及河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带；项目用地范围内没有全国水土保持监测网络中的水土保持监测站点、重点试验区及国家确定的水土保持长期定位观测站；在项目选线方面，本项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，无法避让，项目执行青藏高原区一级标准，优化施工工艺，减少地表扰动和植被破坏范围，有效控制可能造成的水土流失。主体工程在建设方案、施工组织设计、工程施工以及水土流失防治等方面符合水土保持要求，不存在水土保持重大制约因素，项目建设可行。

⑵ 建议

1）从水土保持的角度出发，严格控制料场的开采和占地范围，减少料场数量和占地扰动面积；弃渣场防护遵循“先拦后弃”的原则，采用自下而上的方式堆置。根据实际需要，增大水土保持临时拦挡、苫盖措施的布设。

2）施工单位应根据批复方案报告书，施工过程中落实各项水土保持防治措施，严

格控制施工过程中的占压地范围，杜绝乱挖乱采。加强土石方运输和堆放管理，防止沿途大量散落及乱堆乱弃。尤其要加强施工期间临时防护措施。如局部排水系统与拦挡措施。

3）开展水土保持工程监理工作，对水土保持措施的实施进度、质量和资金进行监控管理，保证工程质量。监理人员要认真做好监理工作，要注重积累并整理水土保持工程资料，特别是临时措施的影像资料和质量评定的原始资料。

4）建设单位要加强项目生产建设过程中水土保持监测工作，首先根据本方案中的监测要求编制监测计划并实施，监测结果应定期向水行政主管部门报送，在工程验收时，应提交水土保持监测总报告。

5）建设单位应当按照水利部规定的标准和要求，开展水土保持设施自主验收，验收结果报水利部备案。

水土保持方案特性表

项目名称	G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程			项目代码	2404-540000-18-01-701402		
涉及流域管理机构	长江水利委员会			涉及省（自治区、直辖市）	西藏自治区		
涉及地市和数量	昌都市，1 个			涉及县和数量	卡若区、察雅县和八宿县，3 个		
项目规模	加卡至浪拉山段（K27+600～K82+888.597）长 55.068km，二级公路标准建设，双向两车道，设计速度 60km/h，沥青混凝土路面；浪拉山至邦达机场段（K82+897.8～K98+619.819）长 15.722km，一级公路标准建设，双向四车道，设计速度 80km/h，沥青混凝土路面；吉塘连接线长 6.047km，三级公路，双向两车道，设计速度 30km/h，沥青混凝土路面。			总投资（万元）	766492	土建投资（万元）	675137
动工时间	2026 年 11 月		完工时间	2029 年 10 月	设计水平年		2030 年
工程占地（hm²）	340.14		永久占地（hm²）	199.42	临时占地（hm²）		140.72
土石方量（万 m³）	挖方/表土	填方/表土	借方	项目自身建材利用方	弃方	综合利用方	
	585.25/24.94	557.27/24.94	228.61	44.84	211.75	15.00	
涉及的水土流失重点预防区和重点治理区，水土流失严重、生态脆弱区名称	西藏自治区水土流失重点治理区						
地貌类型	高山峡谷区、高原宽谷区		水土保持区划	青藏高原区			
土壤侵蚀类型	水力侵蚀为主，伴有风力侵蚀		土壤侵蚀强度	轻度			
防治责任范围面积（hm²）	340.14		容许土壤流失量[t/(km²·a)]	500			
土壤流失预测总量（t）	109643		新增土壤流失量（t）	76937			
可减少土壤流失量（t）	63400		水土流失防治标准执行等级	青藏高原区水土流失防治指标一级标准			
防治目标	水土流失治理度（%）	85.0	土壤流失控制比	1.0			
	渣土防护率（%）	87.0	表土保护率（%）	90.0（草皮保护率 100%）			
	林草植被恢复率（%）	95.0	林草覆盖率（%）	18.0			
防治措施及工程量	防治分区		工程措施	植物措施	临时措施		
	高山峡谷区	路基工程区	表土剥离 4.08 万 m³，表土回覆 3.86 万 m³，排水沟 12171m，边沟 15602m，急流槽 2446m，平台截水沟 4876m，山坡截水沟 4318m，顺接排水沟 1375m，沉沙池 55 个，衬砌拱护坡 76262m²，菱形框架防护 105622m²，土地整治 38.42hm²。	边坡衬砌拱护坡 55671m²，菱形框架防护 58092m²，生态毯护坡 51761m²，藏川杨 1506 株，云杉 1506 株，沙棘 26769 株，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 15.06hm²。	临时排水沟 36967m，临时急流槽 2446m，临时顺接排水沟 1375m，临时沉沙池 55 个，袋装土拦挡及拆除 10080m，密目网苫盖 13.46 万 m²。		
		桥梁工程区	表土剥离 1.35 万 m³，表土回覆 1.35 万 m³，排水沟 18150m，急流槽 154m，平台截水沟 145m，山坡截水沟 470m，菱形框架防护 47327m²，土地整治 24.92hm²。	菱形框架防护 26030m²，生态毯护坡 20283m²，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 18.16hm²。	泥浆池 250 个，袋装土拦挡及拆除 3780m，密目网苫盖 4.67 万 m²。		
		隧道工程区	表土剥离 0.60 万 m³，表土回覆 0.60 万 m³，洞口截水沟 6468m，洞内侧式排水沟 57948m，沉沙池 84 个，土地整治 5.80hm²。	生态毯护坡 40572m²，沙棘 6182 株，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 1.74hm²。	石笼网挡墙 2940m，密目网苫盖 2.48 万 m²。		
		附属工程区	表土剥离 0.54 万 m³，表土回覆 0.54 万 m³，周边排水沟 5320m，沉沙池 35 个，衬砌拱护坡 7667m²，土地整治 1.37hm²。	边坡衬砌拱护坡 5597m²，生态毯护坡 6000m²，藏川杨 150 株，云杉 150 株，忍冬 2667 株。	袋装土拦挡及拆除 537m，密目网苫盖 0.80 万 m²。		
		改路工程区	表土剥离 0.32 万 m³，表土回覆 0.32 万 m³，边沟 7457m，周边排水沟 520m，沉沙池 26 个，土地整治 1.86hm²。	植草皮护坡 1.62hm²，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 0.25hm²。	袋装土拦挡及拆除 941m，密目网苫盖 0.89 万 m²。		
		改沟工程区	表土剥离 0.02 万 m³，表土回覆 0.02 万 m³，土地整治 0.09hm²。	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 0.09hm²。	密目网苫盖 0.13 万 m²。		
		临时堆土场区	/	/	临时排水沟 2990m，临时沉沙池 8 个，石笼网挡墙 246m，袋装土拦挡及拆除 2348m，密目网苫盖 3.98 万 m²。		
		石料场区	石笼网挡墙 320m，周边排水沟 887m，消力池 16m，土地整治 2.51hm²。	/	袋装土拦挡及拆除 540m，密目网苫盖 0.81 万 m²。		

防治措施及数量	防治分区		工程措施	植物措施	临时措施
	高山峡谷区	弃渣场区	表土剥离 2.96 万 m³，表土回覆 2.96 万 m³，混凝土挡渣墙 232m，排洪沟/周边排水沟 7816m，排水盲沟 11010m，八字墙 4 个，消力池 148m，土地整治 27.16hm²。	藏川杨 2037 株，云杉 2037 株，沙棘 120693 株，喷播植草 2.23hm²，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 27.16hm²。	排水涵管 2007m，袋装土拦挡及拆除 1291m，密目网苫盖 1.18 万 m²。
		施工便道区	表土剥离 3.64 万 m³，表土回覆 3.64 万 m³，碾压层疏松 9.42 万 m³，土地整治 70.97hm²。	藏川杨 6108 株，云杉 6108 株，沙棘 271467 株，喷播植草 9.89hm²，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 61.08hm²。	彩条旗护栏 36686m，临时排水沟 72790m，临时沉沙池 146 个，袋装土拦挡及拆除 18343m。
		施工生产生活区	表土剥离 0.36 万 m³，表土回覆 0.58 万 m³，硬化层清除 0.97 万 m³，土地整治 6.64hm²。	藏川杨 517 株，云杉 517 株，沙棘 22978 株，喷播植草 0.78hm²，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 5.17hm²。	临时排水沟 7606m，临时沉沙池 28 个，密目网苫盖 2.16 万 m²。
	高原宽谷区	路基工程区	表土剥离 6.87 万 m³，表土回覆 6.57 万 m³，草皮剥离 9.37 万 m²，草皮回铺 9.37 万 m²，急流槽 25121m，土质排水沟 27181m，山坡截水沟 500m，顺接排水沟 1450m，沉沙池 58 个，衬砌拱护坡 149513m²，土地整治 37.32hm²。	边坡衬砌拱护坡 109145m²，生态毯护坡 30614m²，撒播高山嵩草 19.31hm²。	临时排水沟 27681m，临时急流槽 25121m，临时顺接排水沟 1450m，临时沉沙池 58 个，袋装土拦挡及拆除 18359m，密目网苫盖 13.95 万 m²。
		桥梁工程区	表土剥离 0.07 万 m³，表土回覆 0.07 万 m³，土地整治 2.06hm²。	撒播高山嵩草 2.06hm²。	泥浆池 13 个，袋装土拦挡及拆除 840m，密目网苫盖 0.39 万 m²。
		互通工程区	表土剥离 0.59 万 m³，表土回覆 0.59 万 m³，草皮剥离 1.20 万 m²，草皮回铺 1.20 万 m²，土质排水沟 4124m，沉沙池 19 个，衬砌拱护坡 12011m²，土地整治 6.83hm²。	边坡衬砌拱护坡 8768m²，生态毯护坡 9921m²，撒播高山嵩草 4.64hm²。	草皮养护 0.40 万 m²，袋装土拦挡及拆除 997m，密目网苫盖 0.70 万 m²。
		附属工程区	表土剥离 0.07 万 m³，表土回覆 0.07 万 m³，周边排水沟 347m，沉沙池 1 个，土地整治 0.15hm²。	生态毯护坡 1474m²。	袋装土拦挡及拆除 155m，密目网苫盖 0.45 万 m²。
		改沟工程区	表土剥离 0.01 万 m³，表土回覆 0.01 万 m³，土地整治 0.05hm²。	撒播高山嵩草 0.05hm²。	密目网苫盖 0.07 万 m²。
		临时堆土场区	/	/	临时排水沟 3109m，临时沉沙池 4 个，草皮养护 3.12 万 m²，袋装土拦挡及拆除 2826m，密目网苫盖 6.66 万 m²。
		取土场区	表土剥离 2.16 万 m³，表土回覆 2.16 万 m³，石笼网挡墙 374m，周边排水沟 1857m，消力池 32m，土地整治 22.72hm²。	沙棘 100980 株，撒播高山嵩草 22.72hm²。	袋装土拦挡及拆除 558m，密目网苫盖 0.87 万 m²。
		施工便道区	表土剥离 1.30 万 m³，表土回覆 1.30 万 m³，碾压层疏松 3.37 万 m³，土地整治 14.33hm²。	撒播高山嵩草 14.33hm²。	彩条旗护栏 31260m，临时排水沟 26050m，临时沉沙池 52 个，袋装土拦挡及拆除 7815m。
		施工生产生活区	表土回覆 0.30 万 m³，硬化层清除 0.18 万 m³，土地整治 2.00hm²。	撒播高山嵩草 2.00hm²。	临时排水沟 891m，临时沉沙池 2 个，密目网苫盖 0.40 万 m²。
投资（万元）			14479.27	4543.06	2827.14
水土保持总投资（万元）			24267.91	监测措施费（万元）	401.92
独立费用（万元）		1252.84	监理费（万元）	426.48	补偿费（万元） 578.25
分省措施费（万元）			/	分省补偿费（万元）	/
方案编制单位			湖北省水利水电规划勘测设计院有限公司	建设单位	昌都市交通运输局
法定代表人			冷涛	法定代表人	罗桂文
统一社会信用代码			91420000177560898N	统一社会信用代码	11542100099118989
地址/邮编			湖北省武汉市洪山区珞南街珞狮路 290 号/430070	地址/邮编	西藏昌都市卡若区城关镇嘎东街社区 379 号/854000
联系人及电话			高宝林 027-87251277	联系人及电话	洛松格邓 13908959530
传真			027-87301015	传真	/
电子信箱			hbsysw2000@163.com	电子信箱	/

2 项目概况

2.1 项目组成及工程布置

2.1.1 项目组成

2.1.1.1 项目简介

工程名称：G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程

建设地点：西藏自治区昌都市卡若区、察雅县、八宿县

建设性质：新建工程

工程等别：加卡至浪拉山段（K27+600～K82+888.597）二级公路标准建设，双向两车道，设计速度 60km/h，沥青混凝土路面；浪拉山至邦达机场段（K82+897.8～K98+619.819）一级公路标准建设，双向四车道，设计速度 80km/h，沥青混凝土路面；吉塘连接线按三级公路标准建设，双向两车道，设计速度 30km/h，沥青混凝土路面。

工程规模：本项目主线路线全长 70.790km，路基长 22853m，设置桥梁 18963.392m/38 座，隧道 28974.2m/21 座，互通立交 2 处，养护工区 1 处（含隧道管理站），养护保通站 1 处，主线治超站 1 处，隧道变电所 23 个，消防泵房 10 个，改路 7457m，改沟 838m。全线设临时堆土场 16 处，石料场 1 处，取土场 1 处，弃渣场 5 处，设计施工便道 98.84km（其中新建段 87.52km，改建段 11.32km），施工生产生活区 15 处。

其中加卡至浪拉山段线路长 55.068km，路基长 8182m，路基宽度 12m，全线设置桥梁 17912.392m/29 座，特大桥 10135m/7 座、大桥 7589m/19 座、中桥 188.392m/3 座，隧道 28974.2m/21 座，全线设置临时堆土场 10 处，弃渣场 5 处，施工生产生活区 14 处，设计施工便道 72.79km（其中新建段 71.47km，改建段 1.32km）。

浪拉山至邦达机场段线路全长 15.722km，路基长 14671m，路基宽度 24.5m，全线设置桥梁 1051m/9 座，其中大桥 657m/3 座、中桥 394m/6 座，全线设置临时堆土场 5 处，取弃土场 1 处，设计施工便道 26.05km（其中新建段 16.05km，改建段 10.00km），施工生产生活区 1 处。

吉塘连接线线路全长 6.047km，路基长 5966m，路基宽度 7.5m，全线设置桥梁 81m/1 座，为中桥，全线设置临时堆土场 1 处。

所属流域：澜沧江流域、怒江流域

工程占地：共计占用土地 340.14hm²，其中永久占地 199.42hm²，临时占地 140.72hm²。

工程总投资/土建投资：766492 万元/675137 万元。

建设工期：36 个月，计划 2026 年 11 月开工，2029 年 10 月完工。

2.1.1.2 地理位置及线路走向

本项目起点位于加卡经济开发区附近（桩号 K27+600），路线向西沿澜沧江布线，途经瓦约村、乃帕村，沿老 G214 爬坡，设年拉山隧道，于金河大坝下游跨越金河，经阿背拖、多若，继续向南经吉塘镇后沿 G214 平行布设，经过日吾如、酉西村、约多、在公多雄设螺旋展线克服高差，穿浪拉山设隧道至邦达草原，与国道 214 并行至益清桥附近接国道 214，至终点 K98+619.819。工程主线全长 70.790km，其中加卡至浪拉山段线路长 55.068km，浪拉山至邦达机场段线路长 15.722km。吉塘连接线起点（GTK0+000）位于吉塘镇委员会附近，终点（GTZK6+047.112）接主线 K51+220 处，路线全长 6.047km。

主要控制点：加卡经济开发区、南岸新村、瓦约村、乃帕村、察俄村、金河水库、吉塘镇、酉西村、邦达草原、尼琼村、益清乡。

2.1.1.3 工程项目组成

本项目由路基工程、桥梁工程、隧道工程、互通工程、附属工程、改路工程、改沟工程、临时堆土场、石料场、取土场、弃渣场、施工便道及施工生产生活区等组成，项目组成表见表 2-1。

表 2-1 工程项目组成表

工程项目	项目组成
路基工程	路基、路面、路基防护工程、涵洞
桥梁工程	桥梁全长 19044.392m/39 座
隧道工程	隧道 28974.2m/21 座
互通工程	互通立交 2 处
附属工程	养护工区 1 处（含隧道管理站），养护保通站 1 处，主线治超站 1 处，隧道变电所 23 个，消防泵房 10 个
改路工程	改路 7457m
改沟工程	改沟 838m
临时堆土场	16 处临时堆土场
石料场	1 处石料场
取土场	1 处取土场（取弃结合）

工程项目	项目组成
弃渣场	5 处弃渣场（其中 1 处为取弃结合）
施工便道	98.84km
施工生产生活区	桥梁预制场、拌和站等 15 处

本项目项目组成及主要技术指标表见表 2-2。

表 2-2 工程主要技术指标表

一、项目基本情况					所在流域	澜沧江流域、怒江流域
项目名称	G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程				建设地点	西藏自治区昌都市卡若区、察雅县和八宿县
建设单位	昌都市交通运输局				建设性质	新建
总投资（万元）	766492				土建投资（万元）	675137
建设期	36 个月，计划 2026 年 11 月开工，2029 年 10 月完工					
建设规模	线路总长（km）		76.837			
	主线	线路总长（km）	70.790		公路等级	二级公路/一级公路
		设计行车速度（km/h）	80/60		路面类型	沥青混凝土
		路基宽度（m）	12.0/24.5		桥梁宽度（m）	12.0/24.0
	吉塘连接线	线路总长（km）	6.047		公路等级	三级公路
		设计行车速度（km/h）	20		路面类型	沥青混凝土
		路基宽度（m）	7.5			
二、项目组成及主要技术指标						
项目组成	占地面积（hm²）			主要工程项目名称		主要技术指标
	合计	永久	临时	特大桥（m/座）		10135/7
路基工程区	138.12	138.12		大桥（m/座）		8246/22
				中桥（m/座）		663.392/10
桥梁工程区	33.72	33.72		涵洞（道）		47
				特长隧道（m/座）		3835/1
				长隧道（m/座）		19007.2/10
隧道工程区	8.28	8.28		中隧道（m/座）		4381/5
				短隧道（m/座）		1751/5
				通道及天桥		40
互通工程区	9.00	9.00		互通（个）		2
附属工程区	4.17	4.17		养护工区（处）		1
				平面交叉（处）		3
改路工程区	5.46	5.46		改路（m）		7457
改沟工程区	0.67	0.67		改沟（m）		838
临时堆土场区	(12.63)		(12.63)	临时堆土场（处）		16
石料场区	2.51		2.51	石料场（处）		1
取土场区	21.64		21.64	取土场（处）		1

二、项目组成及主要技术指标					
弃渣场区	22.63		22.63	弃渣场（处）	5（1 处取弃结合）
施工便道区	85.30		85.30	施工便道（km）	98.84
施工生产生活区	8.64		8.64	施工生产生活区（处）	15
合计	340.14	199.42	140.72	拆迁房屋（m²）	5596.63

三、项目土石方挖填工程量（万 m³）						
项目组成	挖方	填方	利用方	借方	骨料利用	弃方
路基工程区	105.36	384.18	214.55	169.63		54.85
桥梁工程区	13.17	7.90	7.90			5.27
隧道工程区	324.47	2.11	2.11		44.84	90.70
互通工程区	1.57	66.08	10.78	55.30		
附属工程区	9.34	23.24	21.86	1.38		
改路工程区	23.56	2.24	2.24			22.37
改沟工程区	1.20					1.20
石料场	5.40					5.40
施工便道区	95.05	64.24	64.24			30.81
施工生产生活区	6.13	7.28	4.98	2.30		1.15
合计	585.25	557.27	328.66	228.61	44.84	211.75

2.1.2 工程布置

本项目所涉及的各类主体工程挖填边坡的坡比及其挖填设计方案，包括挖填范围、坡比、分级台阶、边坡防护及截排水等，均由主体工程设计单位负责设计，并纳入主体工程审查程序予以审查；施工过程中的边坡稳定安全控制，包括开挖与填筑工序、支护与压实时机、监测及应急处理，由主体工程设计单位在设计文件中作专项要求，由施工单位据此实施。上述内容属主体工程设计范畴，不作为本水土保持方案的内容。

2.1.2.1 路基工程

⑴ 路基标准横断面

本项目加卡至浪拉山段（K27+600～K82+888.597）二级公路标准建设，为双向两车道，设计速度 60km/h，路基宽度 12.0m，其中行车道宽度 2×3.75m、两侧硬路肩为 1.5m、两侧土路肩宽度各 0.75m。标准横断面如图 2-1。

浪拉山至邦达机场段（K82+897.8～K98+619.819）一级公路标准建设，为双向四车道，设计速度 80km/h，路基宽度 24.5m，采用新建方案建设，其中行车道宽度 2×3.75m、两侧硬路肩为 2.5m、两侧土路肩宽度各 0.75m，中间带为 3m。断面尺寸如图 2-2。

吉塘连接线按三级公路建设，设计速度 30km/h，路基宽度 7.5m，其组成为 0.50m

土路肩+2×3.25m 行车道+0.50m 土路肩，断面尺寸如图 2-3。

(2) 路基边坡

本项目主线扣除桥梁、隧道长度后全线路基长（主线+支线）28819m，主线22853m，其中填方路段 18806m，挖方路段 3154m，半挖半填路段 893m；吉塘连接线路基长 5966m，其中填方路段 3000m，挖方路段 1706m，半挖半填路段 1260m。项目全线平均填高 3.2m，最大填高 18.6m，位于吉塘连接线桩号 GJTK3+890，平均挖深 3.6m，最大挖深 28.0m，位于主线桩号 K62+982。

1）填方边坡

当边坡高度 H≤10.0m 时，坡率为 1∶1.5，采用流线型横断面型式；当边坡高度 10.0m＜H≤20.0m 时，采用台阶式横断面型式，8.0m 以上边坡坡率为 1∶1.5，8.0m 以下边坡坡率为 1∶1.75，变坡处设 2.0m 宽平台。当边坡高度 H＞20.0m 时，8.0m 以上边坡坡率为 1∶1.5，8.0m～20.0m 边坡坡率为 1∶1.75，20.0m 以下边坡坡率为 1：2.0，变坡处设 2.0m 宽平台。

护坡道：农田及填高小于等于 8m 的路段护坡道为 1m 宽，其余均为 2m 宽，设外倾横坡 3%。

边坡平台：宽度为 2.0m，设外倾横坡 3%。

2）挖方边坡

崩坡积和冲洪积地段，土质松散，边坡率采用 1：1～1：1.5；坡残积碎石土或全风化岩石地段，土层或风化层呈硬塑～坚硬状，干燥～稍湿，边坡坡度采用 1：0.75～1：1.25；页岩、泥页岩、粘土岩、粉砂岩、绢云母板岩、炭质页岩等软质岩地段：岩层顺向边坡原则上顺层清方，边坡率为 1：0.75～1：1.5；岩层逆向边坡率为 1：0.75～1：1；强风化石英砂岩、石英片岩、灰岩、白云岩、千枚岩、片麻岩、花岗岩、玄武岩等地段：边坡率 1：0.75～1：1.25。中-微风化石英砂岩、石英片岩、灰岩、白云岩、千枚岩、片麻岩、花岗岩、玄武岩等地段：边坡率 1：0.5～1：1.0。对于软硬岩互层路段，坡面刷坡尽量消除软岩层，坡面保留硬质岩层，减少防护支挡措施。

边坡分级高度：根据边坡地质情况，8～10m 为一级，各级坡设 2.0m 宽的平台及平台截水沟；最后一级边坡高度小于 12m 时，一般不设边坡平台。

碎落台：边坡开挖高度小于 12m，碎落台宽度取 1m，其余路段碎落台宽度取 2m。碎落台采用 3%外倾横坡。

边坡平台：宽度为 2.0m，设外倾横坡 3%。

⑶ 路基防护

1）填方边坡防护

填方边坡高度 H≤3m 的填方路段一般采用生态毯防护；当填方路基边坡高度 H>3m 时，采用衬砌拱防护。地势低洼积水等受水流侵蚀或冲刷的路堤，一般在高出设计洪水位 0.5m 位置以下采用 M10 浆砌片石防护。浸水桥头路基边坡采用 M10 浆砌片石满铺防护，根据实际浸水情况可适当加长。—般桥台锥坡及临近桥头 10m 长路堤范围采用预制空心六棱块满铺防护。项目沿线受地形、地物限制路段，根据具体情况采用护脚、护肩、路肩挡土墙、路堤挡土墙、桩板墙等支挡。

2）挖方边坡防护

当挖方路基边坡高度 H≤3m 时，边坡采用生态毯防护；当挖方路基边坡高度 H>3m 时，坡面采用菱形框架防护，框架内填充生态袋。整体稳定、无不良结构面的边坡可不予防护；局部可能碎落、掉块的边坡采用柔性主动网防护。存在小规模崩塌、碎落等局部欠稳定的边坡，采用锚杆混凝土框架植草的防护。坡面整体欠稳定的挖方边坡采用预应力锚索框架、抗滑桩及防止坡面冲刷相结合的防护。

3）护坡道、碎落台、平台防护设计

护坡道：一般路段护坡道防护根据相连路基边坡防护型式而定，当路基边坡为植草防护时，护坡道用植草防护；当路基边坡为圬工+植草防护时，护坡道用泄水槽+植草防护；桥头路段护坡道用混凝土预制空心块+植草（浸水桥头路段护坡道用浆砌片石满铺）防护。同时，为了丰富道路景观，建设绿色长廊，在护坡道上栽植乔、灌木。

碎落台、平台：结合相应防护形式采用圬工硬化、植草等。

路基防护措施详见表 2-3。

⑷ 路基、路面排水

路基排水设施由边沟、排水沟、截水沟、急流槽及边坡平台排水沟等构成。切方边坡较高，地表坡面水汇流较大、较集中路段设置截水沟，用急流槽将水引入排水沟或边沟中，以免被雨水冲刷坡面，引起塌方。

1）排水沟

项目加卡至浪拉山段位于山区，受地形限制推荐采用矩形排水沟，尺寸为 60×60cm，连接线水沟尺寸为 40×40cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑，底部设置 10cm 砂砾垫层。路基下游排水畅通，不易引起积水路段采取散排形式，可不设置排水沟。浪拉山至邦达机场段，采用底宽 60cm、高 80cm 梯形土质排水沟，底部衬砌 5cm

厚 M10 浆砌片石。

2）边沟

加卡至浪拉山段，挖方段采用矩形边沟，尺寸为 60×60cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑；浪拉山至邦达机场段，选用矩形排水沟，边沟宽 60cm、高 80cm，采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑。

3）平台截水沟

填、挖方边坡平台上设置平台截水沟，采用 30cm 厚浆砌片石铺砌，尺寸 40×40cm。

4）山坡截水沟

当地表汇水面积较大、坡面抗冲刷能力较弱时，应在挖方路段边坡坡顶以外不小于 5m 处设置矩形截水沟。现场根据开挖后的实际情况，适当调整山坡截水沟设置位置。山坡截水沟尺寸为 50×50cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑，下设 10cm 砂砾垫层。出口与排水沟连接或引入天然冲沟中。

5）急流槽

路堑截水沟和平台排水沟、边沟与路基排水沟相接处坡度大于 1:5 时，设置急流槽衔接，避免水流流速大而造成冲刷。急流槽采用 C25 混凝土现浇。其设置可根据现场施工中遇到的具体情况进行调整。

路基排水情况详见表 2-3。

路面排水包括：路面表面排水、路面内部排水以及中央分隔带排水三部分。

⑸ 特殊路基处理

根据施工图阶段设计资料，区内不良地质的形成与发展受控于本区的地形地貌、地层、岩性、地质构造与水动力条件。沿线对路线有影响的不良地质如下：滑坡 3 处、危岩崩塌 50 处、不稳定斜坡 4 处、碎屑泥石流 10 条、涎流冰 1 处、软基 16 处。

1）滑坡

按滑坡体的物质组成，沿线滑坡可分为土质滑坡、岩质滑坡和岩土质混合滑坡。沿线滑坡主要分布于路线起点至吉塘镇段，即分布于澜沧江、金河两岸。对路线有较大影响的滑坡编号为 H31-2、H33、H37-2，线路从滑坡后缘通过；其余滑坡距路线较远，对路线无影响或影响较小。

处理措施：避让。

表 2-3 路基挖填分段、边坡防护以及排水工程一览表

起讫桩号	路基形式	平均长度	平均挖深	最大挖深	平均填高	最大填高	最大挖填桩号	生态护坡工程			排水工程					
								生态毯护坡	菱形框架防护	衬砌拱护坡	排水沟	边沟	急流槽	土质排水沟	平台截水沟	山坡截水沟
								面积	面积	面积	长度	长度	长度	长度	长度	长度
		m	m	m	m	m		m²	m²	m²	m	m	m	m	m	m
K27+600 ～ K27+744	填方段	145			5.8	10.5		299		1492	264		17		55	
K27+744 ～ K28+116	/	372						427	996		353					
K28+116 ～ K28+119	半挖半填	3	3.3	14.7	1.9	5.6		8	26	17	3	3				
K28+119 ～ K28+140	挖方段	21	3.1	13.9				52	320			41				
K28+140 ～ K29+075	/	935														
K29+075 ～ K29+084	挖方段	9	3.1	13.8				23	140			18	17			
K29+084 ～ K29+336	/	252						289	675		239					
K29+336 ～ K29+568	填方段	232			1.7	5.2		479		2391	423					
K29+568 ～ K29+894	/	326						374	873		310					
K29+894 ～ K29+954	填方段	60			2.2	6.7		123		615	109					
K29+954 ～ K29+992	半挖半填	38	3.0	13.4	1.4	4.1		88	297	197	35	38				
K29+992 ～ K30+246	挖方段	254	3.1	13.8				638	3940			504				
K30+246 ～ K30+264	半挖半填	18	4.0	18	2.5	7.6		41	140	93	16	18				
K30+264 ～ K30+411	挖方段	147	3.8	17.1				369	2281			292				
K30+411 ～ K30+780	/	369													70	
K30+780 ～ K31+142	挖方段	362	4.3	19.3				909	5616			718	110		140	171
K31+142 ～ K31+172	/	30						34	80		28					
K31+172 ～ K31+390	挖方段	218	5.0	27.5				546	3374			431	124		270	183
K31+390 ～ K31+715	/	325						373	870		309				40	
K31+715 ～ K31+724	半挖半填	10	3.1	14	2.3	7		22	74	49	9	9				
K31+724 ～ K31+740	挖方段	16	4.1	18.5				40	248			32			10	
K31+740 ～ K32+180	/	440														
K32+180 ～ K32+590	填方段	410			2.4	7.1		846		4225	748		22		15	
K32+590 ～ K32+622	挖方段	32	2.9	13				80	496			63	22			12
K32+622 ～ K32+632	半挖半填	10	3.2	14.6	2.5	7.4		23	78	52	9	10				
K32+632 ～ K32+707	/	75						86	201		71					
K32+707 ～ K32+717	半挖半填	10	4.2	18.9	1.6	4.9		23	78	52	9	10	22			
K32+717 ～ K32+970	挖方段	253	1.6	7.2				636	3925			502	66		60	85
K32+970 ～ K33+020	半挖半填	50	2.8	12.4	2.9	8.7		114	388	258	46	50				
K33+020 ～ K33+100	挖方段	80	3.0	13.5				201	1241			159	22			
K33+100 ～ K33+130	半挖半填	30	1.9	8.6	2.5	7.4		69	233	155	27	30				
K33+130 ～ K33+170	挖方段	40	2.8	12.4				100	621			79				
K33+170 ～ K33+180	半挖半填	10	3.9	17.6	1.6	4.8		23	78	52	9	10				
K33+180 ～ K33+360	填方段	180			2.5	7.5		372		1855	328					
K33+360 ～ K33+410	半挖半填	50	2.9	13.1	1.4	4.1		114	388	258	46	50	22			

起讫桩号	路基形式	平均长度	平均挖深	最大挖深	平均填高	最大填高	最大挖填桩号	生态护坡工程			排水工程					
								生态毯护坡	菱形框架防护	衬砌拱护坡	排水沟	边沟	急流槽	土质排水沟	平台截水沟	山坡截水沟
								面积	面积	面积	长度	长度	长度	长度	长度	长度
		m	m	m	m	m		m²	m²	m²	m	m	m	m	m	m
K33+410 ～ K33+870	填方段	460			2.0	5.9		949		4740	839					
K33+870 ～ K34+345	/	475						545	1272		451					
K34+345 ～ K34+375	半挖半填	30	5.4	25.9	1.6	4		69	233	155	27	30			35	
K34+375 ～ K34+630	挖方段	255	13.6	27.6				641	3956			506	87		420	305
K34+630 ～ K34+640	半挖半填	10	2.8	12.4	2.5	7.4		23	78	52	9	10				
K34+640 ～ K34+730	挖方段	90	3.3	14.7				226	1396			178	51			
K34+730 ～ K34+745	/	15													10	
K34+745 ～ K34+765	挖方段	20	2.7	8				50	310			40	22			
K34+765 ～ K34+805	填方段	40			1.7	4		83		412	73				100	98
K34+805 ～ K34+830	挖方段	25	2.3	7				63	388			50	36			
K34+830 ～ K34+860	/	30														
K34+860 ～ K35+350	填方段	490			5.4	18.5		1011		5049	894					
K35+350 ～ K36+510	/	1160						1331	3106		1102					
K36+510 ～ K36+530	挖方段	20	2.9	12.9				50	310			40			10	
K36+530 ～ K36+590	填方段	60			6.4	18.6	K35+570	124		618	109					
K36+590 ～ K36+600	半挖半填	10	3.4	15.2	1.8	5.3		23	78	52	9	10				
K36+600 ～ K36+605	挖方段	5	3.2	14.3				13	78			10				
K36+605 ～ K37+410	/	805														
K37+410 ～ K37+425	挖方段	15	3.8	17				38	233			30				
K37+425 ～ K37+445	填方段	20			2.2	6		41		206	36					
K37+445 ～ K37+513	挖方段	68	3.8	18				171	1055			135			10	
K37+513 ～ K38+063	/	550						631	1473		522					
K38+063 ～ K38+110	半挖半填	47	3.2	14.3	2.9	8.7		108	365	242	43	47				
K38+110 ～ K38+180	挖方段	70	2.9	13.2				176	1086			139	22			
K38+180 ～ K38+248	半挖半填	68	2.8	12.6	2.1	6.4		156	527	350	62	67				
K38+248 ～ K38+258	填方段	10			1.9	5.6		21		103	18					
K38+258 ～ K38+703	/	445						511	1191		423					
K38+703 ～ K38+750	填方段	47			2.7	8.1		97		484	86		22			
K38+750 ～ K38+840	半挖半填	90	2.6	6.8	2.4	7.3		206	698	464	82	89	22			
K38+840 ～ K38+983	挖方段	143	3.6	16.1				359	2218			284	44		80	85
K38+983 ～ K41+423	/	2440						2800	6533		2318					
K41+423 ～ K41+431	挖方段	8	3.9	17.7				20	124			16			8	
K41+431 ～ K44+185	/	2754														
K44+185 ～ K44+193	挖方段	8	4.0	17.9				20	124			16				
K44+193 ～ K44+673	/	480						551	1285		456					
K44+673 ～ K44+695	挖方段	22	3.0	13.4				55	341			44	22		25	
K44+695 ～ K45+060	/	365														470

起讫桩号	路基形式	平均长度	平均挖深	最大挖深	平均填高	最大填高	最大挖填桩号	生态护坡工程			排水工程					
								生态毯护坡	菱形框架防护	衬砌拱护坡	排水沟	边沟	急流槽	土质排水沟	平台截水沟	山坡截水沟
								面积	面积	面积	长度	长度	长度	长度	长度	长度
		m	m	m	m	m		m²	m²	m²	m	m	m	m	m	m
K45+060 ～ K45+070	挖方段	10	3.6	16.1				25	155			20	22		15	
K45+070 ～ K45+560	/	490						562	1312		465					
K45+560 ～ K45+570	半挖半填	10	3.6	16	2.0	6		23	78	52	9	10	22			
K45+570 ～ K45+635	挖方段	65	3.4	15.5				163	1008			129			25	
K45+635 ～ K46+605	/	970						1113	2597		921					
K46+605 ～ K46+615	挖方段	10	2.9	13				25	155			20				
K46+615 ～ K47+205	/	590														
K47+205 ～ K47+220	挖方段	15	4.2	19.8				38	233			30			5	
K47+220 ～ K47+320	/	100						115	268		95					
K47+320 ～ K47+328	半挖半填	8	3.6	16.1	3.0	9		18	62	41	7	8				
K47+328 ～ K49+085	/	1757														
K49+085 ～ K49+094	挖方段	9	3.2	14.3				23	140			18				
K49+094 ～ K49+144	/	50						57	134		47				25	
K49+144 ～ K49+152	挖方段	8	3.4	15.1				20	124			16				
K49+152 ～ K50+985	/	1833														
K50+985 ～ K50+990	半挖半填	5	4.0	17.8	2.6	7.8		11	39	26	5	5				
K50+990 ～ K51+110	/	120						138	321		114					
K51+110 ～ K51+130	挖方段	20	3.3	14.9				50	310			40			17	
K51+130 ～ K51+160	/	30						34	80		28					
K51+160 ～ K51+170	半挖半填	10	3.3	14.7	1.4	4.3		23	78	52	9	10				
K51+170 ～ K51+230	挖方段	60	3.3	15				151	931			119	22		35	37
K51+230 ～ K51+240	半挖半填	10	2.8	12.6	2.6	7.8		23	78	52	9	10				
K51+240 ～ K51+360	/	120						138	321		114					
K51+360 ～ K51+365	填方段	5			2.7	8		10		52	9					
K51+365 ～ K51+375	半挖半填	10	3.4	15.2	2.2	6.5		23	78	52	9	10				
K51+375 ～ K52+635	/	1260														
K52+635 ～ K52+643	挖方段	8	3.5	15.9				20	124			16				
K52+643 ～ K52+963	/	320						367	857		304					
K52+963 ～ K52+975	挖方段	12	2.7	12				30	186			24				
K52+975 ～ K53+885	/	910														
K53+885 ～ K53+890	挖方段	5	3.6	16.2				13	78			10				
K53+890 ～ K53+980	/	90						103	241		85					
K53+980 ～ K53+985	挖方段	5	3.0	13.5				13	78			10				
K53+985 ～ K55+855	/	1870														
K55+855 ～ K55+860	挖方段	5	4.0	17.8				13	78			10				
K55+860 ～ K56+190	/	330						379	884		313					
K56+190 ～ K56+193	挖方段	3	2.8	12.7				8	47			6				

起讫桩号	路基形式	平均长度	平均挖深	最大挖深	平均填高	最大填高	最大挖填桩号	生态护坡工程			排水工程					
								生态毯护坡	菱形框架防护	衬砌拱护坡	排水沟	边沟	急流槽	土质排水沟	平台截水沟	山坡截水沟
								面积	面积	面积	长度	长度	长度	长度	长度	长度
		m	m	m	m	m		m²	m²	m²	m	m	m	m	m	m
K56+193 ～ K56+405	/	212														
K56+405 ～ K56+418	挖方段	13	3.6	16.4				33	202			26				
K56+418 ～ K59+352	/	2934						3366	7854		2786					
K59+352 ～ K59+356	挖方段	5	3.0	13.4				11	70			9				
K59+356 ～ K60+381	/	1025														
K60+381 ～ K60+387	挖方段	6	3.5	15.7				15	93			12				
K60+387 ～ K60+707	/	320						367	857		304					
K60+707 ～ K60+840	挖方段	133	3.7	16.5				334	2063			264	44			146
K60+840 ～ K60+990	/	150						172	402		142					
K60+990 ～ K61+040	挖方段	50	4.0	18.2				126	776			99	44			49
K61+040 ～ K61+640	/	600						688	1606		570		22			
K61+640 ～ K61+690	挖方段	50	4.5	20.1				126	776			99	22		55	61
K61+690 ～ K61+920	/	230						264	616		218		22			
K61+920 ～ K61+928	挖方段	8	4.4	19.6				20	124			16	22		13	10
K61+928 ～ K62+413	/	485											22			
K62+413 ～ K62+419	挖方段	6	3.7	16.6				15	93			12	22			7
K62+419 ～ K62+519	/	100						115	268		95		22			
K62+519 ～ K62+530	挖方段	11	2.7	12				28	171			22	22			7
K62+530 ～ K62+982	/	452											22			
K62+982 ～ K62+987	挖方段	5	6.6	28.0			K62+982	13	78			10	22			4
K62+987 ～ K64+527	/	1540						1767	4123		1463					
K64+527 ～ K64+675	挖方段	148	4.9	22.1				372	2296			294	22		75	175
K64+675 ～ K66+525	/	1850						2122	4952		1757		22			
K66+525 ～ K66+530	挖方段	5	3.1	14.1				13	83			11	22		10	12
K66+530 ～ K68+849	/	2319														
K68+849 ～ K68+852	挖方段	3	3.0	13.5				8	47			6				
K68+852 ～ K68+952	/	100						115	268		95		22			
K68+952 ～ K68+985	挖方段	33	2.6	11.6				83	512			65	22		30	40
K68+985 ～ K69+060	/	75						86	201		71					
K69+060 ～ K69+068	半挖半填	8	5.3	23.7	1.7	6.8		18	62	41	7	8				
K69+068 ～ K72+025	/	2957														
K72+025 ～ K72+035	半挖半填	10			1.4	4.2		23	78	52	9	10				
K72+035 ～ K72+675	/	640						734	1714		608					
K72+675 ～ K72+688	挖方段	13	5.2	23.3				33	202			26				
K72+688 ～ K73+675	/	987														
K73+675 ～ K73+690	挖方段	15	3.2	14.5				38	233			30				
K73+690 ～ K73+970	/	280						321	750		266					

起讫桩号	路基形式	平均长度	平均挖深	最大挖深	平均填高	最大填高	最大挖填桩号	生态护坡工程			排水工程					
								生态毯护坡	菱形框架防护	衬砌拱护坡	排水沟	边沟	急流槽	土质排水沟	平台截水沟	山坡截水沟
								面积	面积	面积	长度	长度	长度	长度	长度	长度
		m	m	m	m	m		m²	m²	m²	m	m	m	m	m	m
K73+970 ～ K73+986	半挖半填	16	3.1	14.1	1.7	5.2		37	124	82	15	16				
K73+986 ～ K74+228	/	242														
K74+228 ～ K74+245	半挖半填	17	3.3	15	2.5	7.6		39	132	88	16	17				
K74+245 ～ K74+255	挖方段	10	2.8	12.5				25	155			20				
K74+255 ～ K74+495	/	240						275	643		228					
K74+495 ～ K74+500	挖方段	5	4.2	18.8				13	78			10				
K74+500 ～ K76+060	/	1560														
K76+060 ～ K76+070	挖方段	10	3.0	13.4				25	155			20				
K76+070 ～ K76+130	填方段	60			1.8	5.3		124		618	109					
K76+130 ～ K76+140	挖方段	10	4.0	17.9				25	155			20				
K76+140 ～ K80+000	/	3860														
K80+000 ～ K80+025	半挖半填	25	3.8	17.3	1.6	4.7		57	194	129	23	25				
K80+025 ～ K80+051	填方段	26			1.9	5.8		54		268	47					
K80+051 ～ K80+551	/	500						574	1339		475					
K80+551 ～ K80+950	填方段	399			2.6	7.8		824		4112	728		22			
K80+950 ～ K81+060	半挖半填	110	4.0	18	1.9	5.6		252	853	567	100	109	22			
K81+060 ～ K82+070	填方段	708			2.6	7.9		1461		7296	1291		44			
K82+070 ～ K82+110	半挖半填	40	2.7	12.3	1.7	5		92	310	206	36	40				
K82+110 ～ K82+888	填方段	786			2.6	7.7		1623		8101	1434		22			
K82+897 ～ K87+040	填方段	4144			3.0	8.9		8553		42701			7914	7763		320
K87+040 ～ K87+100	半挖半填	60	2.8	12.7	1.6	4.7		137	465	309			90	56		
K87+100 ～ K87+300	挖方段	200	2.8	12.5				502	3103				583			180
K87+300 ～ K87+370	半挖半填	70	3.0	13.4	3.0	8.9		160	543	361			182	66		
K87+370 ～ K89+088	填方段	1718			1.6	4.9		3546		17703			2352	3218		
K89+088 ～ K89+178	/	90														
K89+178 ～ K90+341	填方段	1163			2.7	8.2		2401		11984			142	2179		
K90+341 ～ K90+371	/	30														
K90+371 ～ K91+183	填方段	812			2.1	6.3		1675		8362			1623	1520		
K91+183 ～ K91+258	/	75														
K91+258 ～ K93+470	填方段	2213			2.2	6.7		4567		22799			4426	4145		
K93+470 ～ K93+500	/	30														
K93+500 ～ K96+906	填方段	3309			2.9	8.8		6830		34098			6812	6199		
K96+906 ～ K97+226	/	320														
K97+226 ～ K97+719	填方段	493			1.7	5.2		1018		5080			986	924		
K97+719 ～ K97+744	/	25														
K97+744 ～ K98+095	填方段	351			1.4	4.2		724		3617			12	658		
K98+095 ～ K98+215	/	120														

起讫桩号	路基形式	平均长度	平均挖深	最大挖深	平均填高	最大填高	最大挖填桩号	生态护坡工程			排水工程					
								生态毯护坡	菱形框架防护	衬砌拱护坡	排水沟	边沟	急流槽	土质排水沟	平台截水沟	山坡截水沟
								面积	面积	面积	长度	长度	长度	长度	长度	长度
		m	m	m	m	m		m²	m²	m²	m	m	m	m	m	m
K98+215 ～ K98+386	填方段	171			2.6	7.7		353		1762				320		
K98+386 ～ K98+586	/	200														
K98+586 ～ K98+619	填方段	71			1.6	4.8		147		736				134		
GJTK0+000 ～ GJTK0+390	挖方段	390	13.2	23.7				2373	5537			1000	92		493	
GJTK0+390 ～ GJTK0+680	填方段	290			6.8	15.6		1608		3752	496		102		127	
GJTK0+680 ～ GJTK1+000	挖方段	320	4.3	22.6				1947	4543			821	11		52	
GJTK1+000 ～ GJTK1+100	半挖半填	100						581	710	647	86	128				
GJTK1+100 ～ GJTK1+400	挖方段	300	1.8	4.5	1.4	3.1		1826	4260			769				
GJTK1+400 ～ GJTK1+500	填方段	100			4.4	7.8		554		1294	171		40			
GJTK1+500 ～ GJTK2+680	挖方段	1180	4.7	23.3				7180	16754			3026	42		149	
GJTK2+680 ～ GJTK2+730	半挖半填	50	1.4	3.8	1.9	4.2		291	355	323	43	64	20			
GJTK2+730 ～ GJTK2+880	挖方段	150	5.0	15.1				913	2130			385	31		55	172
GJTK2+880 ～ GJTK3+150	填方段	270			3.7	6.6		1497		3493	462		20			
GJTK3+150 ～ GJTK3+250	半挖半填	100	1.4	3.6	1.7	4.1		581	710	647	86	128				
GJTK3+250 ～ GJTK3+660	挖方段	410	2.1	5.2				2495	5821			1051	51		35	648
GJTK3+660 ～ GJTK3+900	填方段	240			7.8	18.6	GJTK3+890	1331		3105	411		52		315	
GJTK3+900 ～ GJTK4+120	半挖半填	220	1.6	5.1	0.8	1.5		1279	1562	1423	188	282	42		107	354
GJTK4+120 ～ GJTK4+190	挖方段	70	1.9	5.3				426	994			179	51		47	89
GJTK4+190 ～ GJTK4+370	填方段	180			1.9	4.8		998		2329	308		51		125	237
GJTK4+370 ～ GJTK4+410	半挖半填	40	0.9	3.1	4.8	16.6		233	284	259	34	51	22		69	
GJTK4+410 ～ GJTK4+500	填方段	90			5.6	15.9		499		1164	154		40			
GJTK4+500 ～ GJTK4+570	半挖半填	70	2.4	7.9	0.3	1.6		407	497	453	60	90	32		132	155
GJTK4+570 ～ GJTK4+680	填方段	110			3.1	8.8		610		1423	188		40			
GJTK4+680 ～ GJTK4+860	挖方段	180	7.3	25.2				1095	2556			462	151		429	
GJTK4+860 ～ GJTK5+120	半挖半填	260	1.1	4.3	2.7	10.7		1512	1846	1682	223	333	42		288	733
GJTK5+120 ～ GJTK5+630	填方段	510			6.7	18.3		2828		6598	873		201		470	
GJTK5+630 ～ GJTK6+050	半挖半填	420	6.2	14.3	2.7	8.9		989	1207	1100	145	218	103		465	443
加卡至浪拉山	挖方段	2954	3.8	28.0				7421	45826			5858	953		1313	1390
	填方段	4464			2.7	18.6		8540		42636	7547		149		170	98
	半挖半填	763	3.1	25.9	2.5	9		1746	5919	3932	696	757	110		35	
浪拉山至邦达机场	挖方段	200	1.2	12.5				502	3103				583			180
	填方段	14341			3.4	8.9		29814		148844			24266	27059		320
	半挖半填	130	1.1	13.4	2.9	8.9		297	1008	670			272	122		
吉塘连接线	挖方段	3000	3.9	25.2				18255	42595			7693	429		1261	909
	填方段	1706			2.2	18.6		9925		23159	3064		546		1036	237
	半挖半填	1260	2.7	14.3	1.6	16.6		5873	7170	6534	864	1295	261		1061	1685
主线小计	挖方段	3154	3.7	28.0				7924	48929			5858	1536		1313	1570

起讫桩号	路基形式	平均长度	平均挖深	最大挖深	平均填高	最大填高	最大挖填桩号	生态护坡工程			排水工程					
								生态毯护坡	菱形框架防护	衬砌拱护坡	排水沟	边沟	急流槽	土质排水沟	平台截水沟	山坡截水沟
								面积	面积	面积	长度	长度	长度	长度	长度	长度
		m	m	m	m	m		m²	m²	m²	m	m	m	m	m	m
	填方段	18806			3.3	25		38355		191480	7547		24415	27059	170	418
	半挖半填	893	3	25.9	2.8	9		2044	6928	4602	696	757	382	122	35	
合计		22853						82376	105622	225775	12171	15602	27567	27181	4876	4818

2）崩塌、岩堆

本项目大部分路段位于高山峡谷路段，河谷狭窄，山体岩性多为沉积、变质岩，岩体破碎，加之线位在坡脚展布，高大陡峻的临空面很多，因而危岩、崩塌、碎落、岩堆等边坡失稳类灾害分布广泛。

本次调查沿线共发现崩塌、岩堆、危岩共 113 处、对推荐线有影响的有 50 处。

沿线危岩、崩塌（碎落）、岩堆主要分布于路线起点至浪拉山口段，即分布于澜沧江及金河两岸高山峡谷段及越岭段。

处理措施：根据各工点危岩崩塌规模及边坡破坏程度，主要采取清除处理、拦石墙拦截、柔性主动网防护及 SNS 被动密目网等综合防治措施；对于部分分布零散、块体不大的区域，结合路基挖方予以彻底清除；对于连续落石区，优先采用拦石墙结合柔性网进行立体拦截防护。

3）不稳定边坡

沿线的不稳定斜坡主要有三种：岩质不稳定斜坡、土质不稳定斜坡、岩土质混合不稳定斜坡。沿线共发现不稳定斜坡 23 处，对路线有较大影响的有 4 处；其余不稳定斜坡距路线较远，对路线无影响或影响较小。

处理措施：结合路基填挖及地形条件，采用清除弃渣、岩堆、危岩，以及设置护脚墙、护面墙、铅丝石笼挡墙等支挡防护措施，消除边坡失稳隐患，确保路基安全。

4）碎屑泥石流

项目区共发现泥石流（碎屑流）24 条，对路线有影响的有 10 条。在路线起点至浪拉山口段，即分布于澜沧江及金河两岸高山峡谷段及越岭段。由于此段斜坡陡峻，岩体风化强烈，易形成碎落、崩塌，松散堆积体多堆积于坡面或冲沟中，在暴雨或阵雨时，坡面或冲沟中的松散堆积体在地表径流作用下多形成碎屑流。在乃帕村至金河电站的西侧山坡上，由于老 G214 国道外侧冲沟或坡面上堆积大量的人工弃渣，在暴雨作用下，多形成碎屑流。

处理措施：根据沟谷水流量及松散堆积体方量，主要采用拦石坝 I 型、拦石墙进行固源与拦截。对于排泄条件较好的段落，增设泥石流排导槽；此外，部分段落结合 SNS 被动密目网对浅表层碎屑物进行拦挡，形成系统的“拦、排、防”综合处治体系。

5）涎流冰

本项目沿线出现的涎流冰为路基型涎流冰一般出现在路线切坡段，在气温低的季

节，路堑上地下水或雪水下渗到边沟逐渐冻结，并蔓延到路面上形成涎流冰。路基型涎流冰主要出现在浪拉山翻山越岭段。

涎流冰对本公路会造成较大危害，主要表现在涎流冰覆盖道路，造成行车道光滑、不平或冰坎、冰槽等，影响行车安全；同时，涎流冰会堵塞桥涵，阻碍融雪洪流顺畅通行，造成桥涵和路基的水毁；另外涎流冰消融，水分下渗，可引起路基翻浆、沉陷以及边坡塌滑等病害。但总的看来沿线涎流冰分布范围十分有限，危害程度相对较轻。

处理措施：根据沟谷水流量及松散堆积体方量，主要采用拦石坝 I 型、拦石墙进行固源与拦截。对于排泄条件较好的段落，增设泥石流排导槽；此外，部分段落结合 SNS 被动密目网对浅表层碎屑物进行拦挡，形成系统的“拦、排、防”综合处治体系。

6）软弱地基

路线经过的山间冲沟或山前坡积体，由于坡面汇水量大，发育可塑～软塑软弱土地基，对路堤有一定影响。根据初勘地质资料，结合野外调查，本项目沿线软弱土发育范围都比较小，厚度不大，

处理措施：针对该段落连续性软土及季节性冻土，设计采用挖除换填方案，全部挖除软弱土层后，换填碎石、砂卵砾石等粗颗粒透水性材料，以彻底消除路基不均匀沉降和冻胀翻浆等病害，提高路基承载力。

不良地质段分布及处理措施详见表 2-4。

表 2-4 路基不良地质情况一览表

序号	位置	处理长度（m）	位置	不良地质类型	处理措施	土石方（m³）	
						挖方	填方
1	K39+983～K40+155	172	全幅	不稳定斜坡	清除弃渣、岩堆、危岩	54927	
2	K61+920～K61+950	30	左侧	不稳定斜坡	护脚墙、护面墙		
3	K65+335～K65+450	115	右侧	不稳定斜坡	护脚墙、护面墙、铅丝石笼挡墙		
4	K36+546～K36+556	10	右侧	涎流冰	挡冰（水）墙		
5	K39+961～K40+000	27.8	右侧	碎屑流及岩堆	拦石坝 I 型	692	78
6	K40+488～K40+514	29.4	右侧	碎屑流及岩堆	拦石坝 I 型	758	82
7	K41+052～K41+066	29.6	右侧	碎屑流及岩堆	拦石坝 I 型	771	83
8	K44+170～K44+200	65.7	左侧	碎屑流及岩堆	拦石墙	230	125
9	K44+500～K44+520	26.8	左侧	碎屑流及岩堆	拦石坝 I 型	123	75
10	K44+600～K44+700	48.1	左侧	碎屑流及岩堆	拦石墙	1154	91
11	K44+600～K44+700	71.1	全幅	碎屑流及岩堆	SNS 被动密目网		
12	K66+400～K66+480	71.8	全幅	碎屑流及岩堆	泥石流排导槽		

表 2-4 路基不良地质情况一览表

序号	位置	处理长度（m）	位置	不良地质类型	处理措施	土石方（m³）	
						挖方	填方
13	K39+050～K39+155	120	右侧	危岩、崩塌	SNS 被动密目网	1799	
14	K45+015～K45+040	120	全幅	危岩、崩塌	SNS 被动密目网	600	
15	K51+390～K51+410	32.8	全幅	危岩、崩塌	SNS 被动密目网	400	
16	K51+430～K51+464	72.3	全幅	危岩、崩塌	柔性主动网		
17	K55+750～K55+850	12.3		危岩、崩塌	清除处理	240	
18	K55+840～K55+860	13.7		危岩、崩塌	清除处理	600	
19	K55+980～K56+000	27.6	全幅	危岩、崩塌	拦石墙	647	52
20	K56+470～K56+485	28.4	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	100	54
21	K56+500～K56+520	29.6	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	104	56
22	K56+540～K56+560	27.6	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	457	52
23	K56+580～K56+600	25.6	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	90	49
24	K56+620～K56+640	25.6	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	90	49
25	K56+945～K56+965	30.1	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	105	57
26	K56+980～K57+000	26.1	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	91	50
27	K57+010～K57+030	26.1	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	91	50
28	K58+500～K58+520	16.8	全幅	危岩、崩塌	拦石墙	59	32
29	K58+530～K58+550	35.1	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	123	67
30	K58+560～K58+580	29.4	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	103	56
31	K58+590～K58+610	29.1	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	102	55
32	K58+970～K59+020	28.7	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	100	55
33	K59+220～K59+250	27.7	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	97	53
34	K59+260～K59+280	27.9	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	97	53
35	K59+360～K59+400	34.3	全幅	危岩、崩塌	SNS 被动密目网		
36	K59+360～K59+400	46	全幅	危岩、崩塌	柔性主动网		
37	K61+270～K61+300	29.4	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	503	56
38	K61+620～K61+720	80.5	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	282	153
39	K61+650～K61+710	48.4	左侧	危岩、崩塌	柔性主动网		
40	K61+820～K61+930	152	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	532	289
41	K61+720～K61+740	27.3	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	96	52
42	K61+750～K61+780	25.5	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	89	48
43	K61+800～K61+820	26.3	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	92	50
44	K62+400～K62+430	32.8	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	115	62
45	K62+510～K62+540	17.2	左侧	危岩、崩塌	拦石墙	60	33
46	K62+520～K62+540	44.3	全幅	危岩、崩塌	SNS 被动密目网		
47	K63+260～K63+280	27.2	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	95	52
48	K65+080～K65+100	27.3	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	96	52
49	K65+320～K65+340	30.2	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	106	57

表 2-4 路基不良地质情况一览表

序号	位置	处理长度（m）	位置	不良地质类型	处理措施	土石方（m³）	
						挖方	填方
50	K65+350～K65+370	27.2	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	95	52
51	K65+400～K65+420	27.7	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	97	53
52	K66+340～K66+370	26.2	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	92	50
53	K66+380～K66+410	27.7	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	97	53
54	K66+410～K66+440	28.4	右侧	危岩、崩塌	拦石墙	99	54
55	K79+910～K79+930	20	全幅	软土、季节性冻土	换填处理	359	494
56	K79+930～K80+137.245	207.2	全幅	软土、季节性冻土	换填处理	6295	9124
57	K80+051～K80+600	549	全幅	软土、季节性冻土	换填处理	16676	24170
58	K80+600～K80+775	175	全幅	软土、季节性冻土	换填处理	5316	7704
59	K80+775～K81+080	305	全幅	软土、季节性冻土	换填处理	7068	10012
60	K81+080～K82+389	1308.6	全幅	软土、季节性冻土	换填处理	28442	40023
61	K82+389～K82+889	500	全幅	软土、季节性冻土	换填处理	15300	22188
62	K83+400～K84+000	600	全幅	软土、季节性冻土	换填处理	15795	28635
合计		5960.5				226524	247776

(6) 路面工程

本项目采用沥青混凝土路面，各路段路面结构详见表 2-5。

表 2-5 路面结构厚度设计表

结构层	二级公路主线	一级公路主线	连接线	复合式路面结构	桥面铺装层
上面层	4cmAC-13C(改性)	4cmAC-13C(改性)	4cmAC-13C(改性)	4cmAC-13C(改性)	4cmAC-13C(改性)
中面层	6cmAC-20C(改性)	6cmAC-20C	6cmAC-20C(改性)	6cmAC-20C(改性)	6cmAC-20C
下面层	7cm AC-25C	7cm AC-25C	--	--	
封层	改性热沥青同步碎石封层	改性热沥青同步碎石封层+防裂土工布+粘层	改性热沥青同步碎石封层	改性热沥青同步碎石封层	防水粘结层
基层	32cm 水泥稳定碎石	32cm 水泥稳定碎石	20cm 水泥稳定碎石	26cm C40 水泥混凝土	
底基层	20cm 级配碎石	20cm 级配碎石	20cm 级配碎石	30cm C20 水泥混凝土	
总厚度	69cm	69cm	50cm	66cm	

2.1.2.2 桥涵工程

(1) 桥梁工程

本项目推荐线全线共设置桥梁 19044.392m/39 座（其中特大桥 10135m/7 座、大桥

8246m/22 座、中桥 663.392m/10 座），其中加卡至浪拉山段采用二级公路 12.0m 桥宽，桥梁总长 17912.392m/29 座（其中特大桥 10135m/7 座、大桥 7589m/19 座、中桥 188.392m/3 座）；浪拉山至邦达机场段采用一级公路 2×12.0m 桥宽，桥梁总长 1051m/9 座（含互通主线桥，其中大桥 657m/3 座、中桥 394m/6 座）；吉塘连接线采用三级公路 10.5m 桥宽，桥梁总长 81m/1 座，为中桥。

1）桥梁结构类型选择

路线区地形条件复杂，以高山峡谷地貌为主，路线段地形起伏较大，切割深度不一。对深切割河谷地段，对桥台稳定性不利，桥墩、台宜采用桩基础，以下伏稳定的中风化基岩作为基础持力层。在地形平缓和中风化基岩埋深较浅的桥位地段，一般可采用扩大基础或桩基础，桥台开挖后均应采取相应的支护措施；对宽缓河谷地段，因覆盖层相对较厚，水系发育，桥墩、台宜采用桩基础，以下伏稳定的中风化基岩作为基础持力层。

2）上部结构

该项目主线常规桥梁采用标准化、装配化程度高的中小跨径结构，桥梁上部构造选用标准跨径为 25m、30m、40m 组合装配式预应力混凝土 T 形梁。跨越高山峡谷段需较大跨径的桥梁上部采用预应力混凝土连续刚构，120～160m 一联，如梯贡 2 号大桥、供马龙 1 号大桥、供马龙 2 号大桥、金河特大桥。

3）下部结构

桥梁下部结构根据跨径及墩高确定，在 10～35m 墩高范围内采用双圆柱墩，在 35～45m 墩高范围内采用实心薄壁墩，45m 以上墩高采用空心薄壁墩。对于跨越河流的桥梁，桥墩可采用圆端型桥墩。

4）基础

本项目桥梁基础均采用桩基础。

5）涉水桥梁

本项目跨水桥梁共 11 座，共有涉水桥墩 22 个，分别为梯贡 2 号大桥、供马龙 1 号大桥、供马龙 2 号大桥、约隆特大桥、金河特大桥、亚加特大桥、果曲大桥、索拉中桥、曲扯中桥、玉曲河 1 号桥、玉曲河 2 号桥，跨越河流为澜沧江、金河、多伤曲、果曲和玉曲河，桥梁施工尽量选择在枯水期进行，采用钢板围堰施工方式。

6）防洪影响处理工程

根据批复的洪水影响评价报告，仅涉及澜沧江的约隆1号特大桥需要做防洪影响工程补救措施，具体措施如下：对约隆 1 号特大桥所在河段右岸 11#涉河桥墩上游约0.40km，至 24#涉河桥墩下游约 0.16km 采取岸坡防护工程的防治补救措施，岸坡防护总长度约1.08km，采用水下抛石护脚型式。

其余所有涉河桥梁对防洪无明显不利影响，均不需要做防洪影响工程补救措施。

7）施工导流

本项目跨水桥梁共11座，涉水桥墩22处，跨越澜沧江、金河、多伤曲、果曲及玉曲河。桥位处河谷狭窄、河道比降大、水流湍急，施工导流设计遵循“就地分流、分期导流、枯水抢建”原则。

涉水桥墩基础施工采用钢板桩围堰分期导流方式。根据河床宽度和桥墩位置，将河道分为左右两期施工：一期利用河床一侧导流，另一侧施打钢板桩围堰形成封闭基坑，抽水后施工桥墩基础及墩身；一期完成后拆除围堰，将水流导改至已建墩侧，二期围堰施工剩余桥墩，两期围堰交替进行，始终保证河道行洪断面不小于原河道的60%。钢板桩围堰顶高程按枯水期 5 年一遇洪水位加 0.5 m 安全超高确定，围堰迎水面铺设防渗土工膜，堰脚设编织袋装土压脚防冲。

施工时序严格控制：主体涉水工程安排在每年 11 月至次年 5 月枯水期施工，单个桥墩围堰内作业周期控制在 45 天以内，汛期前必须完成水下基础并拆除围堰，恢复河道全断面过流。基坑排水经沉砂池沉淀后达标排放，严禁直接排入河道。基坑钻渣、淤泥及围堰辅助土方等运至指定弃渣场处置，钢板桩拔除回收，做到工完场清。

8）桥梁钻渣处理

全线桥梁均采用桩基础施工，钻孔过程产生含水泥浆及钻渣，配套设置泥浆循环与收集处置系统，全线钻渣总量 13.17 万 m³。桥墩附近人工开挖泥浆池，池体尺寸长6.0 m×宽 5.0 m×深 2.0 m，边坡 1:0.5 夯实，池壁及池底铺设双层塑料布防渗，分为沉淀池和循环池两格，中间设隔埂并预留溢流口。

钻进采用正（反）循环回转钻机成孔，泥浆泵将循环池泥浆经钻杆压入孔底，携带钻渣后沿孔壁与钻杆间隙返回地面，经导流槽进入沉淀池。粗颗粒钻渣在沉淀池内自然沉降，上部含细粒泥浆经溢流口流入循环池后泵回孔内循环使用。钻进至设计孔深后换浆清孔，清孔泥浆一并排入沉淀池。

钻孔完成后，废泥浆及钻渣在沉淀池内静置沉淀，上部澄清水用污水泵抽排至就

近沉砂池处理后回用或达标排放。沉淀后的浓稠泥浆及钻渣送入泥浆脱水设备（板框压滤机或离心式脱水机）进行机械脱水，脱水过程中视渣料性状辅以自然晾晒翻晒，加速水分蒸发。经脱水处理后的钻渣与泥浆固化物形成泥饼状渣料，含水率控制在60%以内，不呈流塑状，形成稳定均质的半固态块体。脱水产生的滤液经沉淀池澄清后回用于场地洒水抑尘或钻孔泥浆调配，不外排。

脱水后的泥饼渣料采用密闭式自卸汽车运输，车厢铺设防渗衬垫并加盖篷布，运输过程严格控制装载高度，不得超载与沿途洒漏，全部运至指定弃渣场集中处置，不单独设置弃置点。运至弃渣场后，泥饼渣料按渣料性状单独分区堆置，不与碎石类弃渣直接混合摊铺碾压，具体堆置要求见弃渣场堆置方案。泥饼方量按脱水后自然方计。

施工结束后，拆除池内塑料布衬砌及脱水设备并清运，泥浆池利用原开挖土方分层回填夯实至原地面高程，恢复原地貌。

本项目桥梁工程一览表详见表2-6。

表 2-6 桥梁工程一览表

序号	中心桩号	河流名称或桥名	桥面宽度（m）	孔数及孔径（孔-m）	桥梁全长（m）	结构类型			涉水桥墩数	备注
						上部结构	下部结构			
							桥墩及基础	桥台及基础	个	
1	K27+877	梯贡 2 号大桥	1-12	5×30+68+120+68+2×30	473	变截面预应力混凝土连续箱梁/预制 T 梁	圆柱墩、薄壁墩、桩基础	U 台、柱式台、桩基础	2	跨澜沧江、老 G214
2	K29+198	供马龙 1 号大桥	1-12	30+68+120+68	294	变截面预应力混凝土连续箱梁/预制 T 梁	圆柱墩、薄壁墩、桩基础	柱式台、桩基础	1	跨澜沧江、G214
3	K29+741	供马龙 2 号大桥	1-12	90+140+90	330	变截面预应力混凝土连续箱梁	柱式墩、薄壁墩、桩基础	柱式台、桩基础	1	跨澜沧江、G214
4	K31+552	欧叶 1 号大桥	1-12	13×25	331	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	柱式台、桩基础		
5	K32+670	欧叶中桥	1-12	1×25	35.392	预应力混凝土 T 梁	/	U 台、桩基础		
6	K34+107.5	欧叶 2 号大桥	1-12	19×25	482.5	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	柱式台、U 台、桩基础		
7	K35+970	约隆特大桥	1-12	31×40	1248	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、门架墩桩、基础	柱式台、U 台、桩基础	13	跨 G214 左侧临澜沧江
8	K37+445	约隆中桥	1-12	2×25	56	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	柱式台、桩基础		
9	K37+788	约隆大桥	1-12	22×25	556	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	柱式台、桩基础		
10	K38+480.5	仁所登卡大桥	变宽	9×25+3×40+4×25	452.5	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	U 台、座板台、桩基础		紧急停车带
11	K40+203	乃帕村特大桥	变宽	61×40	2448	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、薄壁墩、空心薄壁墩、桩基础	座板台、桩基础		
12	K44+433	莫乃村大桥	1-12	12×40	488	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、薄壁墩、桩基础	座板台、桩基础		
13	K45+315	金河特大桥	1-12	40+85+160+85+3×40	498	预应力混凝土连续刚构/预制 T 梁	柱式墩、薄壁墩、桩基础	柱式台、桩基础	1	跨金河
14	K45+770	波帕村大桥	1-12	9×30	277	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、空心薄壁墩、桩基础	桩柱台、桩基础		紧急停车带
15	K52+660	布木多大桥	1-12	2×40+65+120+65	418	预应力混凝土连续刚构/预制 T 梁	薄壁墩、桩基础	柱式台、桩基础		

表 2-6 桥梁工程一览表

序号	中心桩号	河流名称或桥名	桥面宽度（m）	孔数及孔径（孔-m）	桥梁全长（m）	结构类型			涉水桥墩数	备注
						上部结构	下部结构			
							桥墩及基础	桥台及基础	个	
				+2×40						
16	K53+744	吉塘中桥	1-12	3×30	97	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	座板台、桩基础		
17	K56+025	日吾如大桥	1-12	3×30+3×40+4×30	337	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、薄壁墩、空心薄壁墩、桩基础	座板台、桩基础		
18	K57+093.092	日吾如 1 号特大桥	变宽	9×40+33×30	1358	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、薄壁墩、空心薄壁墩、桩基础	U 台、桩柱台、桩基础		含长链 233.501
19	K58+686.501	日吾如 2 号特大桥	1-12	30+4×40+22×30+12×40	1338	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、薄壁墩、空心薄壁墩、桩基础	桩柱台、桩基础		
20	K60+547	白果 1 号大桥	变宽	8×40	329	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、空心薄壁墩、桩基础	U 台、桩基础		接避险车道
21	K60+915	白果 2 号大桥	1-12	5×30	159	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	U 台、桩基础		
22	K61+340	白果 3 号大桥	变宽	15×40	608	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、薄壁墩、空心薄壁墩、桩基础	座板台、柱式台、桩基础		
23	K61+805	白果 4 号大桥	1-12	5×40+30	237.5	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、薄壁墩、空心薄壁墩、桩基础	座板台、柱式台、桩基础		
24	K63+757	约多特大桥	变宽	4×30+12×40+20×30+4×40+6×30	1548	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、空心薄壁墩、薄壁墩、门架墩、桩基础	座板台、桩基础		紧急停车带
25	K65+558	亚加特大桥	1-12	10×30+25×40+13×30	1697	预应力混凝土 T 梁	桩柱式、薄壁墩、空心薄壁墩、桩基础	座板台、桩基础		多伤曲、含短链 9.682m
26	K72+355	卓隆大桥	变宽	16×40	649	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、薄壁墩、桩基础	U 台、桩基础		
27	K73+830	公多雄 1 号大桥	1-12	7×40	288	预应力混凝土 T 梁	桩柱式、薄壁墩、空心薄壁墩、桩基础	座板台、桩基础		
28	K74+365	公多雄 2 号大桥	1-12	6×40	248.5	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、薄壁墩、桩基础	U 台、座板台、桩基础		

表 2-6 桥梁工程一览表

序号	中心桩号	河流名称或桥名	桥面宽度（m）	孔数及孔径（孔-m）	桥梁全长（m）	结构类型			涉水桥墩数	备注
						上部结构	下部结构			
							桥墩及基础	桥台及基础	个	
29	K80+233.717	果曲大桥	1-12	25×25	631	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	座板台、桩基础		果曲河
30	K89+135	索拉互通主线桥	2-12	3×30	99	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	U 台、桩基础		索拉互通
31	K89+634	索拉互通主线跨 A 匝道桥	2-12	3×30	99	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	U 台、桩基础		索拉互通
32	K90+356	索拉中桥	2-12	1×30	39	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	U 台、桩基础		果曲河支流
33	K91+350	邦达火车站通道桥	2-12	3×25	84	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	U 台、桩基础		分离式立体交叉
34	K93+485	曲扯中桥	2-12	1×30	39	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	U 台、桩基础		果曲河支流
35	K97+065	玉曲河 1 号桥	2-12	8×40	329	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	U 台、桩基础	2	玉曲河
36	K97+729.5	奇莫那中桥	2-12	1×25	34	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	U 台、桩基础		
37	K98+153	玉曲河 2 号桥	2-12	3×40	129	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	U 台、桩基础	2	机场互通
38	K98+497	机场互通 1 号主线桥	变宽	左：30+4×40 右：2×40+30+2×40	199	预应力混凝土 T 梁	柱式墩、桩基础	U 台、桩基础		机场互通
39	GTYK05+962.5	吉塘连接线 1 号桥	1-10.5	5×15	81	现浇钢筋混凝土	柱式墩、桩基础	肋板台、桩基础		
全线总计				39 座	19044.392				22	

(2) 涵洞

全线新建涵洞 47 道，其中加卡至浪拉山段 18 道，浪拉山至邦达机场路段 29 道，详见表 2-7。

表 2-7 涵洞设置一览表

序号	中心桩号	结构类型	孔数及孔径（孔-m）	交角（°）	洞口形式		涵洞长度（m）
					进口	出口	
1	K30+160.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	15.80
2	K30+260.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	15.80
3	K30+900.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	15.80
4	K33+128.00	盖板涵（倒虹吸）	1-2×1.5	90	竖井	竖井	15.80
5	K33+175.00	盖板涵（倒虹吸）	1-2×1.5	45	竖井	竖井	16.55
6	K33+360.00	盖板涵	1-2×1.5	110	跌井	八字墙	15.92
7	K33+731.00	盖板涵	1-2×2	120	八字墙	八字墙	22.13
8	K34+710.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	15.80
9	K37+434.00	盖板涵	1-2×2	105	八字墙	八字墙	17.50
10	K38+127.00	盖板涵	1-2×2	110	八字墙	八字墙	15.92
11	K76+115.00	盖板涵	2-6×4	90	八字墙	八字墙	29.33
12	K81+180.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	16.68
13	K81+498.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	16.18
14	K81+696.00	盖板涵	1-2×2	105	八字墙	八字墙	19.11
15	K81+911.00	盖板涵	1-2×2.5	90	八字墙	八字墙	15.80
16	K81+993.00	盖板涵	1-2×2.5	90	八字墙	八字墙	15.80
17	K82+500.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	20.92
18	K82+818.00	盖板涵	1-2×2	60	八字墙	八字墙	23.73
加卡至浪拉山段合计		18 道					
19	K83+226.00	盖板涵	1-2×2	55	八字墙	八字墙	384.90
20	K83+496.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	35.85
21	K83+836.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	38.72
22	K84+331.00	盖板涵	1-2×2.5	90	八字墙	八字墙	36.20
23	K84+661.00	盖板涵	1-2×2	60	八字墙	八字墙	33.81
24	K84+777.00	盖板涵	1-2×2	75	八字墙	八字墙	33.03
25	K85+059.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	31.18
26	K85+222.00	盖板涵	1-2×2	60	八字墙	八字墙	33.20
27	K85+576.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	36.08
28	K86+008.00	盖板涵	1-4×3	90	八字墙	八字墙	34.63
29	K86+156.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	45.55
30	K86+736.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	31.77
31	K86+966.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	30.69
32	K87+516.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	29.30

表 2-7 涵洞设置一览表

序号	中心桩号	结构类型	孔数及孔径（孔-m）	交角（°）	洞口形式		涵洞长度（m）
					进口	出口	
33	K88+136.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	35.98
34	K89+349.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	69.99
35	K90+441.00	盖板涵	1-6×4	90	八字墙	八字墙	29.94
36	K90+854.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	37.80
37	K91+496.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	41.29
38	K91+956.00	盖板涵	1-4×3	90	八字墙	八字墙	29.94
39	K92+316.00	盖板涵	1-2×2	90	八字墙	八字墙	34.39
40	K92+966.00	盖板涵	1-4×3	90	八字墙	八字墙	32.47
41	K95+020.00	盖板涵	1-6×4	120	八字墙	八字墙	40.53
42	K95+203.00	盖板涵	1-6×4	120	八字墙	八字墙	30.94
43	K95+380.00	盖板涵	1-6×4	65	八字墙	八字墙	28.49
44	K95+651.00	盖板涵	1-6×4	90	八字墙	八字墙	28.30
45	K95+775.00	盖板涵	1-6×4	120	八字墙	八字墙	28.58
46	K96+010.00	盖板涵	1-6×4	60	八字墙	八字墙	31.26
47	K96+776.00	盖板涵	1-4×3	90	八字墙	八字墙	29.32
浪拉山至邦达机场段合计		29 道					
全线合计		47 道					

2.1.2.3 隧道工程

本项目共设置隧道 28974.2m/21 座，其中特长隧道 3835m/1 座，长隧道 19007.2m/10 座，中隧道 4381m/5 座，短隧道 1751m/5 座，均位于加卡至浪拉山段。隧道公路等级均为二级公路，双向两车道，隧道设计速度 80km/h。

隧道主洞建筑限界：净宽 1.00+0.75+2×3.5+1.00+1.00=10.75m，净高 5.0m。

图 2-4 隧道主洞标准横断面图

隧道紧急停车带建筑限界：净宽 1.00+1.00+2×3.50+1.00+3.00+1.00=14m，净高 5.0m。

图 2-5 隧道主洞（带建筑界限）标准横断面图

隧道行车横洞建筑限界：净宽 4.5m，净高 5.0m。

隧道行人横洞建筑限界：净宽 2m，净高 2.5m。

⑴ 隧道施工平台

隧道洞口出渣施工平台利用永久占地布设，不新增临时占地。施工平台下边坡设置石笼网拦挡和密目网临时苫盖。

洞口平台布置和填筑需综合以下几方面进行考虑：

1）洞口地形条件：洞口地势平坦，则以挖方不填为主；洞口地形相对较陡峭时，半挖半填，并对边坡进行防护。

2）洞口施工便道引入形式：一般以路基方式引入，困难条件以施工便桥直接引入洞口，洞口平台填筑需满足人员和车辆通行需求。

3）临建布置情况：洞口平台填筑需结合临建布置需求进行综合考虑。

沿线隧道进出口施工平台共计 46 个，其中 42 个主线隧道进出口施工平台，4 个导洞及横洞进口施工平台，施工平台均为半挖半填施工形式，隧道平台填高 4.1～6.5m。

⑵ 隧道洞口排水方案

隧道洞口型式包括端墙式和偏压式。隧道洞口区为避免水流的汇集，防止雨季水流冲蚀洞口，根据地形情况在洞门、明洞边坡刷坡线 5m 外顺地势布设洞顶截水沟，将地面径流通过天沟引入自然沟谷排走。

⑶ 隧道明洞排水方案

明洞衬砌外层采用两层土工布（350g/m²）加防水板（厚 1.5mm）及粘土隔水保护层防水，回填土体底层采用Φ10cm 排水管排除下渗积水。

表 2-8 隧道工程一览表

序号	隧道名称	布置形式	起讫桩号		长度 (m)	净空 (宽×高) (m)	洞门型式		隧道进口施工平台					隧道出口施工平台				
									面积	挖方	填方	挖深	填高	面积	挖方	填方	挖深	填高
							进口	出口	m²	m³	m³	m	m	m²	m³	m³	m	m
1	供马龙隧道	单洞	K28+140	K29+045	905.0	10.75×5.0	端墙式	偏压式	1805	2393	460	8.6	5.3	1876	2188	492	6.9	5.3
2	瓦约隧道	单洞	K31+740	K32+590	850.0	10.75×5.0	偏压式	端墙式	1612	1674	454	6.6	6.0	1743	2430	359	8.8	4.4
3	乃帕隧道	单洞	K36+605	K37+412	807.0	10.75×5.0	端墙式	端墙式	1572	2096	427	8.9	6.0	1589	2261	334	8.6	4.5
4	年拉山隧道	单洞	K41+431	K44+185	2754.0	10.75×5.0	端墙式	偏压式	2034	2336	563	7.3	5.8	2028	2994	427	8.6	4.5
		横洞	NLSK0+000	NLSK0+615	615.0	4.5×5.0		端墙式	1886	2519	518	8.8	5.6					
5	金河隧道	单洞	K44+680	K45+065	385.0	10.75×5.0	偏压式	偏压式	1771	2219	493	7.4	5.8	1967	2313	523	7.0	5.6
6	阿背托隧道	单洞	K45+915	K47+280	1365.0	10.75×5.0	偏压式	偏压式	1638	2463	524	9.4	6.3	1956	2998	553	9.3	5.7
7	多若 1 号隧道	单洞	K47+328	K49+085	1702.298	10.75×5.0/11.37×5.0	偏压式	端墙式	1640	2166	541	8.6	6.5	1605	2710	383	9.8	4.9
8	多若 2 号隧道	单洞	K49+150	K50+980	1830.0	10.75×5.0	偏压式	偏压式	2049	2763	618	8.1	6.0	1928	2408	407	7.8	4.1
9	布木多隧道	单洞	K51+375	K52+450	1075.0	10.75×5.0/10.86×5.0	偏压式	端墙式	1741	2072	402	7.6	4.9	1791	2260	406	7.7	4.7
10	吉塘 1 号隧道	单洞	K52+870	K53+695	825.0	10.75×5.0/10.86×5.0	偏压式	端墙式	2024	2286	434	7.4	4.3	1582	1896	472	7.0	6.3
11	吉塘 2 号隧道	单洞	K53+793	K55+855	1868.9	10.75×5.0/11.02×5.0	端墙式	偏压式	1695	2304	426	8.9	5.3	1644	1967	433	8.0	5.7
12	吉塘 3 号隧道	单洞	K56+192	K56+405	213.0	10.75×5.0	偏压式	偏压式	1797	2367	497	8.8	6.0	1777	2219	450	7.4	5.5
13	白果隧道	单洞	K59+360	K60+375	1015.0	11.59×5.0/11.37×5.0	端墙式	偏压式	1801	2782	516	9.9	6.0	1657	2701	555	10.1	6.4
14	酉西 1 号隧道	单洞	K61+928	K62+405	477.0	10.75×5.0	偏压式	偏压式	1771	2152	373	7.2	4.4	1619	1927	540	7.6	6.5
15	酉西 2 号隧道	单洞	K62+540	K62+973	433.0	10.75×5.0	偏压式	偏压式	1843	2080	440	7.3	4.7	1631	2221	341	8.7	4.3
16	公多雄隧道	单洞	K66+420	K69+328	2908.0	10.75×5.0/11.37×5.0/11.59×5	偏压式	偏压式	1619	2345	353	9.6	4.5	1846	2156	523	7.2	6.0

表 2-8 隧道工程一览表

序号	隧道名称	布置形式	起讫桩号		长度 (m)	净空 (宽×高) (m)	洞门型式		隧道进口施工平台					隧道出口施工平台				
									面积	挖方	填方	挖深	填高	面积	挖方	填方	挖深	填高
							进口	出口	m²	m³	m³	m	m	m²	m³	m³	m	m
		导洞	GDXK66+365	GDXK67+165	800.0	4.5×5.0		端墙式	1837	2172	481	7.0	5.7					
17	垌琼隧道	单洞	K69+565	K72+010	2936.1	10.75×5.0/11.37×5.0	偏压式	偏压式	1810	2228	395	7.4	4.5	1700	2520	353	9.9	4.1
		横洞	TQK0+000	TQK0+580	580.0	4.5×5.0		端墙式	1733	2028	554	6.9	6.2					
18	卓隆隧道	单洞	K72+682	K73+676	994.0	10.75×5.0/11.37×5.0	偏压式	偏压式	1599	1914	488	7.9	6.0	1746	2569	371	8.6	4.7
19	公多雄 2 号隧道	单洞	K73+985	K74+228	243.0	10.75×5.0	偏压式	偏压式	1771	2494	493	9.4	6.0	2048	2215	430	7.0	4.5
20	公多雄 3 号隧道	单洞	K74+502	K76+055	1553.0	10.75×5.0	端墙式	端墙式	1884	2246	484	7.6	5.6	1935	2437	461	7.8	4.9
21	浪拉山隧道	主洞	K76+145	K79+980	3835.0	10.75×5.0	偏压式	端墙式	1824	2472	377	8.4	4.5	1996	2499	566	8.2	5.9
		导洞	DK84+210	DK88+005	3795.0	4.5×5.0	偏压式	端墙式	1579	2356	431	9.9	5.5					
隧道总长（单幅）					28974.2	隧道总长 28974.2m/21 座，其中特长隧道 3835m/1 座，长隧道 19007.2m/10 座，中隧道 4381m/5 座，短隧道 1751m/5 座。			44335	56927	11740			37665	49887	9380		

明洞衬砌基础两侧纵向排水管与横向引水管相连，将明洞衬砌背后水引入隧道中心排水管排走。

明洞顶回填土体表层设一层 50cm 厚的粘土隔水层以防地面径流下渗，并在回填地表坡度的作用下流入洞顶排水沟排走。

⑷ 隧道暗洞排水方案

隧道暗洞复合衬砌防、排水系统由防水板、环向排水管、纵向排水管、横向引水管与洞身侧式排水沟组成。施工中需保证结构接缝的施工质量。侧式排水沟管径Φ40cm，均采用预制混凝土管。路面水流单独通过边沟排出，在洞外经沉淀池沉淀泥沙后排入周边天然水系。

侧式排水沟每隔 100m 设置一座检查井。

2.1.2.4 交叉工程

⑴ 互通式立交

本项目沿线设置互通式立交 2 处，分别为索拉互通和机场互通，均位于浪拉山至邦达机场段，均位于八宿县。

1）索拉互通

索拉互通（K88+560～K90+270）位于八宿县索拉村，中心桩号 K89+134，采用单喇叭方案，连接国道 G349，三级公路，设计速度 40km/h，路基宽度 8.5m，沥青混凝土路面。该互通主要为索拉村及周边的乡镇的车辆上下本项目提供出入口，互通平交口与国道 G349 相接。

本互通设计匝道合计 1576m，无匝道桥，设涵洞 189.56m/6 道，通道 75.37m/2 道。

2）机场互通

机场互通（K97+750～K98+619）中心桩号 K98+869，采用部分苜蓿叶形。该互通为项目终点互通，主线终点接规划的邦达机场至邦达镇公路，互通位于 G214 益清桥处，离邦达机场约 6.5km，连接既有国道 G214，三级公路，设计速度 40km/h，路基宽度为 8.5m，主要服务于本项目与邦达镇及机场的交通。

本互通设计匝道合计 554m，其中匝道路基 486m，匝道桥 68m/1 座，设通道 36.67m/1 道。

以上 2 处互通工程主线桥及主线路基的占地、土石方量及防护工程分别纳入桥梁工程区和路基工程区。

表 2-9 互通式立交设置及措施布置一览表

互通名称				索拉互通	机场互通	合计
中心桩号				K89+134	K98+869	
设计范围				K88+560～K90+270	K97+750～ K98+619	
所属行政区				八宿县	八宿县	
互通型式				单喇叭	部分苜蓿叶	
交叉方式				主线上跨	主线上跨	
被交路等级				国道 G349，三级	国道 G214，三级	
间距			km		8.39	
原地面高程			m	4372～4382	4311～4321	
主线长度			m	1710	907	2617
匝道长度			m	1576	554	2130
路基	主线	长度	m	1611	579	2190
	匝道	长度	m	1576	486	2062
桥梁	主线	桥长	m	99	328	427
		数量	座	1	2	3
	匝道	桥长	m		68	68
		数量	座		1	1
涵洞			m/道	189.56/6		
通道			m/道	75.37/2	36.67/1	
占地面积（扣除主线占地）	天然牧草地		hm^2	3.64	3.44	7.08
	公路用地		hm^2	0.22	0.29	0.51
	裸土地		hm^2	1.41	0.00	1.41
	小计		hm^2	5.27	3.73	9.00
土石方	挖方	土方	m^3	8839	6880	15719
	填方	土方	m^3	433942	226867	660809
	借方	土方	m^3	425103	219987	645090
排水工程	土质排水沟	长度	m	3153	971	4124
		M10 浆砌片石	m^3	79	24	103
		挖土方	m^3	1576	486	2062
	沉沙池	数量	处	15	4	19
		土方开挖	m^3	106	28	135
		M10 浆砌片石	m^3	61	16	78
防护工程	生态毯护坡	面积	m^2	7897	2023	9921
		耕植土	m^3	1737	445	2183
		生态毯	m^2	8687	2226	10913
	衬砌拱护坡	面积	m^2	5899	6112	12011
		C25 混凝土预制	m^3	65	65	131
		C25 混凝土现浇	m^3	1160	1160	2320
		开挖土石方	m^3	1190	1190	2380
		培耕植土	m^3	1077	1077	2153
		骨架内生态袋填充	m^2	4306	4462	8768
植草绿化	面积		hm^2	2.24	2.40	4.64

⑵ 平面交叉

本项目设置平面交叉 3 处，分别位于路线 K51+220、K86+688 左右两侧，与 G214 与 S303 平面相交。

表 2-10 交叉工程一览表

序号	道路交叉中心桩号	连接线名称	交叉形式	被交路名称等级		
				名称	等级	长度(km)
	加卡至浪拉山					
1	K51+220	吉塘连接线	平面交叉	G214	三级	0.4
	浪拉山至邦达机场					
1	K86+688	K86+688 左侧平面交叉	T 型平面交叉	S303	三级	0.2
2	K86+688	K86+688 右侧平面交叉	T 型平面交叉	S303	三级	0.36

⑶ 通道及天桥

为解决本项目道路两侧的横向交通，方便群众生活及畜牧等，充分考虑地方发展前景及远期规划，在一级公路、二级公路与等外路交叉时，本着统筹规划、方便出入、均衡设置的原则，设置通道和天桥。

本项目共设置通道 39 道，其中加卡至浪拉山段 6 道，浪拉山至邦达机场路段 33 道；共设置天桥 1 座。

2.1.2.5 交通工程及沿线设施

全线沿途设置了 1 处吉塘养护工区（含隧道管理站）、1 处尼琼养护保通站、1 处瓦约主线治超站，详见下表；并在沿线根据实际情况设置隧道变电所 23 个，消防泵房 10 个，其中隧道变电所单体建筑面积是 200.55m²，消防泵房单体建筑面积是 125.24m²。

⑴ 吉塘养护工区

吉塘养护工区位于吉塘连接线 GJTK1+100，占地面积 1.33hm²，占地范围内主要为旱地、天然牧草地。

1）竖向布置

该场地现状西北高、东南低，现状高程范围 3301～3318m，场地平台设计标高 3318m，竖向布置采用平坡式，自设计平台向现状地面放坡，填筑坡比为 1:2。场地基础施工挖方 0.43 万 m³，填方 4.76 万 m³，开挖方 0.43 万 m³全部回填利用，填土不足从路基调运，调运土方 4.33 万 m³。

2）平面布置及场内绿化

场区内分别布置有综合楼、住宅楼、食堂、门房，设备用房。附属用房布置于场

地的西南边，住宅区布置在场地的东北部，场地西南边布置办公、食堂等公共建筑；场地功能分区明确。主体对场区道路周边主要采取规则式的种植方式，而对办公楼或建筑物附近的主要观景点则采取精细化自然式种植，以丰富建筑物周边景观。植物选择上，主要采用藏川杨、云杉等，地被铺设植生毯。

3）边坡分布及防护措施

场地北侧与吉塘连接线路基齐平，设计标高为 3318m，整体向南、西南及东南方向放坡，形成填方边坡，最大坡高为 17m。针对周边边坡，设计采用衬砌拱护坡结构进行防护。

4）排水工程

站址周边地势整体呈北高南低，南侧毗邻既有灌溉沟渠。养护工区排水采用自北向南的整体导排设计，场地内汇水经内部排水系统收集后，导入场地周边排水沟，并顺接地形向南汇入南侧现有灌排沟渠。

⑵ 瓦约主线治超站

瓦约主线治超站位于主线桩号 K35+060，紧邻路基右侧，场地标高与该段路面平齐，场地占地面积 1.17hm²，占地范围为灌木林地。

1）竖向布置

该场地现状为坡地，西高东低，高程范围 3146～3170m，场地设计标高 3154m，竖向布置采用平坡式的形式，根据设计标高周边形成一定挖填坡面，开挖坡比 1:1.5，填筑坡比为 1:2。场地基础施工挖方 6.50 万 m³，填方 14.69 万 m³，开挖方 6.50 万 m³全部回填利用，填土不足从路基调运，调运土方 8.19 万 m³。

2）平面布置及场内绿化

场区内分别布置有综合楼、住宅楼、宿舍楼、食堂、设备用房、门房，治超执法大厅、治超雨棚，共用一套设备用房。附属用房布置于场地的西北角，住宅区布置在场地的中西部，场地南边布置办公等公共建筑。主体对场区道路周边主要采取规则式的种植方式，而对办公楼或建筑物附近的主要观景点则采取精细化自然式种植，以丰富建筑物周边景观。植物选择上，主要采用藏川杨、云杉等，地被铺设植生毯。

3）边坡分布及防护措施

场地东侧与主线路基齐平，设计标高为 3154m，场地西北侧为挖方边坡，最大挖深 16m，西南侧为填方边坡，最大填高 6m。针对周边边坡，设计采用衬砌拱护坡结构

进行防护。

4）排水工程

站址周边地势整体呈西高东低，场平完成后东侧与路基高程协调衔接。排水系统采用自北向南的整体导排设计：于西北侧开挖坡顶设置截水沟拦截坡上来水，场地东侧排水接引至路基排水边沟，汇流后向南排入场地南侧路基箱涵，最终穿越路基向东汇入 G214 国道现有排水体系。

⑶ 尼琼养护保通站

尼琼养护保通站位于主线桩号 K98+619（终点）西南侧约 700m，尼琼村 G214 旁，场地占地面积 0.34hm²，占地范围为天然牧草地。

1）竖向布置

该场地现状总体平缓，为西高东低的缓坡，现状高程范围 4320～4322 m，场地设计标高 4322.2～4322.8m，竖向布置采用平坡式的形式，自设计平台向现状地面放坡，填筑坡比 1:2。场地基础施工挖方 0.01 万 m³，填方 1.39 万 m³，开挖方 0.01 万 m³全部回填利用，填土不足从 tl1 取土场外借，外借土方 1.38 万 m³。

2）平面布置及场内绿化

场区内分别布置有综合楼、住宅楼、食堂、门房，设备用房。附属用房布置于场地的西北角，宅区布置在场地的中北部，场地南边布置办公和食堂等公共建筑。因其地处海拔高程约 4322m，乔、灌木难以存活，因此主体绿化景观措施主要为铺设植生毯。

3）边坡分布及防护措施

场地东侧与主线路基齐平，设计标高为 4322.5m，场地向四面放坡，均为填方边坡，东北侧最大填高 2.5m。针对周边边坡，设计采用铺设生态毯进行防护。

4）排水工程

保通站选址于整体平缓、南高北低的场地，主体以填方方式形成。无外部汇水影响，场地雨水经内部排水系统汇集后，由周边排水沟承接并统一向北导排，流向北侧下游区域。

⑷ 隧道变电所以及消防泵房

隧道变电所以及消防泵房平面布置较为简单，均为单体建筑，场内全部硬化，竖向布置采用平坡式，根据现状地形移挖作填形成场地平台，开挖坡比 1:1.5，填筑坡比

1:2，总挖方 2.40 万 m³，全部用于平台填筑。对于四周边坡，主体设计采取衬砌拱护坡型式对边坡进行防护。隧道变电所以及消防泵房总体占地面积 1.33hm²，占地类型包括灌木林地以及天然牧草地，其中卡若区境内 0.30hm²，察雅县境内 1.03hm²。变电所地面采用 2‰找坡，开挖侧边坡坡顶设截水沟，顺接至填方侧坡脚，汇入周边天然排水通道。

⑸ 供电及通信系统

1）供电系统

本项目采用架空线路将 10KV 电源引至用电点，外电源线路的引入由当地供电部门提供。相关水土流失防治工作由当地供电部门负责。

养护工区、保通站、治超站及各隧道变电所等站房内设置的变电所设施纳入房建设施设计内容，房建设施单独招标，本项目中不予考虑。

2）通信系统

各通信站机房以及监控、通信等机房之房建区内变配电所的电力管道、人（手）孔等均由房建工程完成。监控外场设备的电力管道由房建工程负责至房建区边缘的人孔处，房建工程单独招标，本项目中不予考虑。

⑹ 给排水系统

吉塘养护工区（含隧道管理所）水源采用市政自来水；尼琼养护保通站及主线治超站水源采用深井取水，水井位置靠近水泵房，深水井具体位置根据现场勘探后确定。给水管线、水泵房及深井取水等施工均纳入房建设施设计内容，房建设施单独招标，本项目中不予考虑。

各场区雨水由室内、外雨水管道系统排至场区外边沟，场内排水纳入房建施工，本项目施工仅考虑场区周边排水。

附属工程设置及措施布置一览表见表 2-11。

表 2-11 附属工程设置及措施布置一览表

附属工程名称				吉塘养护工区	尼琼养护保通站	主线治超站	隧道变电所及消防泵房	隧道变电所及消防泵房	小计
中心桩号/桩号范围				GJTK1+100	K98+619	K35+060	5 处隧道变电所、2 处消防泵房	18 处隧道变电所、8 处消防泵房	
设计范围/位置				GJTK1+030～GJTK1+200	尼琼村 G214 旁	K34+880～K35+320			
长度				170	/	440			
所属行政区				察雅县	八宿县	卡若区	卡若区	察雅县	
原地面高程			m	3301～3318	4320～4322	3146～3170	/	/	
布置形式				平坡式	平坡式	平坡式	平坡式	平坡式	
占地面积	旱地		hm²	0.80					0.80
	灌木林地		hm²			1.17	0.21	0.72	2.10
	天然牧草地		hm²	0.53	0.34		0.09	0.31	1.27
	小计		hm²	1.33	0.34	1.17	0.30	1.03	4.17
土石方	挖方	土方	万 m³	0.43	0.01	6.50	0.55	1.85	9.34
	填方	土方	万 m³	4.76	1.39	14.69	0.55	1.85	23.24
	调入	土方	万 m³	4.33		8.19			12.52
	借方	土方	万 m³		1.38				1.38
排水工程	周边排水沟	长度	m	693	347	648	879	3100	5667
		挖土方	m³	485	243	454	615	2170	3967
		C25 混凝土现浇	m³	374	187	350	475	1674	3060
	蓄水池/沉沙池	数量	处	1	1	1	7	26	36
		土方开挖	m³	150	150	150	50	185	685
		浆砌石衬砌	m³	38	38	38	29	107	250
防护工程	衬砌拱护坡	面积	m²	2667		2333	613	2053	7667
		C25 混凝土预制	m³	30		26	7	23	85
		C25 混凝土现浇	m³	525		459	121	404	1508
		开挖土石方	m³	538		471	124	414	1547
		培耕植土	m³	487		426	112	375	1399
		骨架内生态袋填充	m²	1947		1703	448	1499	5597
场内绿化	乔木	藏川杨	株	80		70			150
		云杉	株	80		70			150
	灌木	忍冬	株	1422		1244			2667
	铺设生态毯	面积	m²	3200	1474	2800			7474
		耕植土	m³	704	324	616			1644
		生态毯	m²	3520	1621	3080			8221

2.1.2.6 其他工程

⑴ 改路工程

1）路基路面

结合项目沿线的实际情况，全线改路13处，共计长度7.457km，分别是K28+100、K33+300、K33+400、K33+900、K41+500、K47+269、K66+300、K65+400、K80+050、救援通道、卓隆隧道变电所改路、浪拉山隧道进口变电站改路、白果隧道变电所改路，其中K28+100处改路为四级公路，其他均为等外路。改路工程路基宽度3.5～6.5m，路面结构有20cm C35水泥混凝土面层+20cm水泥稳定碎石基层+20cm级配碎石垫层的混凝土路面以及20cm泥结碎石+10cm粗砂的泥结碎石路面，详见表2-12。

2）边沟排水沟

改路工程在挖方段落在路基外侧设置M10浆砌片石边沟，底宽40cm，高40cm。填方段原则上不设置排水沟，现场应根据实际情况考虑自然排水，排水应与当地排水体系顺接，以保证排水通畅。原既有路两侧带U形槽排水的，应将排水和灌溉有机结合，以满足当地排水和灌溉需要。

⑵ 改沟工程

部分主线路基占用了当地的农用排灌沟渠，后期对占用农沟进行复建，据统计，本项目改沟3处，长度838m。

复沟大小按照不低于原有水沟口径的原则进行。考虑到施工便利性，本设计均采用C25现浇混凝土梯形沟，矩形渠尺寸均为4m×2m。改沟工程特性表详见表2-13。

表 2-12 改路工程一览表

序号	名称	名称	长度	等级	路面结构	占地面积			路基宽度	土石方（m³）		植草皮防护	排水工程				行政区
						小计	灌木林地	天然牧草地					名称	长度	开挖量	M10 浆砌片石	
			m			hm²	hm²	hm²	m	填方	挖方	m²		m	m³	m³	
GL1	GL01K0+000～GL01K0+329.537	K28+100 两侧改路	330	四级	混凝土	0.28	0.18	0.10	6.5	246	6110	714	边沟	330		356	卡若区
GL2	GL02K0+000～GL02K0+116.190	K33+300 右侧改路	116	等外	混凝土	0.06	0.04	0.02	3.5	944	421	252	边沟	116	337	125	卡若区
GL3	GL03K0+000～GL03K0+190.508	K33+400 两侧改路	191	等外	混凝土	0.10	0.07	0.04	3.5	294	430	413	边沟	191		206	卡若区
GL4	GL04K0+000～GL04K0+167.754	K33+900 两侧改路	168	等外	混凝土	0.11	0.07	0.04	4.5	157	1412	363	边沟	168		181	卡若区
GL5	GL05K0+000～GL05K0+082.078	K41+500 右侧改路	82	等外	泥结碎石	0.05	0.03	0.02	4.5	126	2556	178	边沟	82		89	察雅县
GL6	GL07K0+000～GL07K0+217.321	K47+269 两侧改路	217	等外	泥结碎石	0.14	0.09	0.05	4.5	12486	70	471	边沟	217		235	卡若区
GL7	GL08K0+000～GL08K0+261.667	K66+300 右侧改路	262	等外	泥结碎石	0.14	0.09	0.05	3.5	697	4319	567	边沟	262	278	283	察雅县
GL8	GL09K0+000～GL09K0+262.857	K65+400 左侧改路	263	等外	泥结碎石	0.17	0.11	0.06	4.5	544	649	569	边沟	263		284	察雅县
GL9	GL10K0+000～GL10K0+188.885	K80+050 两侧改路	189	等外	泥结碎石	0.10		0.10	3.5	548	72	409	边沟	189		204	八宿县
GL10	JTK0+000～JTK4+956.328	救援通道	4956	等外	泥结碎石	3.47		3.47	5	2906	201523	10735	边沟	4956		5353	八宿县
GL11	GK0+000～	卓隆隧道变电所改路	149	等外	泥结碎石	0.10	0.06	0.03	4.5	1	2287	322	边	149		161	察雅县

表 2-12 改路工程一览表

序号	名称	名称	长度	等级	路面结构	占地面积			路基宽度	土石方（m³）		植草皮防护	排水工程				行政区
						小计	灌木林地	天然牧草地					名称	长度	开挖量	M10 浆砌片石	
			m			hm²	hm²	hm²	m	填方	挖方	m²		m	m³	m³	
	GK0+148.860												沟				
GL12	GK0+000～GK0+341.717	浪拉山隧道进口变电站改路	342	等外	泥结碎石	0.22	0.14	0.08	4.5	59	11860	740	边沟	342		369	察雅县
GL13	GK0+000～GK0+193.680	白果隧道变电所改路	194	等外	泥结碎石	0.13	0.08	0.04	4.5	3432	3980	420	边沟	194		209	察雅县
合计			7457			5.09	0.98	4.10		22440	235689	16153		7457	615	8054	

表 2-13 改沟工程一览表

序号	起讫桩号	名称	尺寸说明（宽×高）	长度	土石方（m³）		占地面积	占地类型	行政区
				(m)	填方	挖方	hm²		
GQ1	GQ1K0+000～GQ1K0+389.721	K66+300 左侧改沟	沟型 4m×2m 梯形沟	390		4477	0.31	天然牧草地	察雅县
GQ2	GQ02K0+000～GQ02K0+300.349	K94+600 右侧改沟	沟型 4m×2m 梯形沟	300		5934	0.24	天然牧草地	八宿县
GQ3	GQ03K0+000～GQ03K0+148.210	K66+100 两侧改沟	沟型 4m×2m 梯形沟	148		1606	0.12	天然牧草地	察雅县
合计				838		12017	0.67		

2.2 施工组织

本项目所涉及的各类临时工程，包括施工便道、施工场地、石料场、取土场以及弃渣场等挖填边坡的坡比及其挖填设计方案，均由主体工程设计单位负责设计，并纳入主体工程审查程序予以审查；施工过程中的边坡稳定安全控制，包括开挖与填筑工序、支护与压实时机、监测及应急处理，由主体工程设计单位在设计文件中作专项要求，由施工单位据此实施。上述内容属主体工程设计范畴，不作为本水土保持方案的内容。

2.2.1 施工生产生活区

⑴ 场地布置

施工生产生活区包括桥沥青混凝土拌和站、堆料场及施工人员生活营地等。施工生产生活区的布置结合了桥梁、隧道等施工段以及沿线地形地貌，尽量集中布置，综合利用，减少占地扰动面积。现阶段主体设计在项目沿线设置了 15 处施工生产生活区，包括桥梁预制场和拌和站等。施工生产生活区布设时，尽量结合路基、隧道等永久占地范围，减少新增临时用地，15 处场地中有 11 处完全或部分利用永久占地进行布设。

施工场地布置时，选择地表裸露无植被生长的裸土地，采取集中布置的方式进行施工场地布置。本项目共设置施工生产生活区 15 处，布置于线路走廊附近，施工场地需设置施工便道进行连接。

施工场地均位于坡地，采用台阶式布局，各级台阶之间以挡土墙连接。经复核，施工生产生活区总占地 12.80hm²，其中利用永久占地红线内 4.16hm²，新增临时占地 8.64hm²，占地类型为灌木林地、天然牧草地和裸土地，新增占地性质为临时占地，施工结束后恢复原地貌。

⑵ 施工场地清理

施工结束后，对场地内硬化层、建筑垃圾进行全面清除。全线施工场地硬化层初拟清除厚度 10cm，按场地占地面积的 60%计算清除量。硬化层采用机械破碎、人工配合清理的方式分段掘除，破碎后块体粒径控制在 30cm 以内，便于装运。各场地清除的硬化层按就近原则运至指定弃渣场处置：卡若区 CD1～CD4 场地运至 SQT-1、SQT-3 弃渣场，察雅县 CD5～CD13 场地运至 SQT-3、SQT-4、SQT-9 临时弃渣场，八宿县 CD14 场地运至 SQT-9 临时弃渣场，CD15 场地硬化层清除后运至 SQT-11 弃渣场。运输车辆加盖篷布，防止沿路撒落。

表 2-14 施工生产生活区一览表

编号	路线	桩号	位置		新增占地面积（hm²）				场地占地面积（hm²）	汇水面积（hm²）	挖方	填方	硬化层清除去向	行政区	备注
			左(m)	右(m)	小计	灌木林地	天然牧草地	裸土地			万 m³	万 m³	万 m³		
CD1	加卡至浪拉山段	K28+140		30	0.62	0.62			0.87	4.94	0.49	0.49	SQT-1	卡若区	1#水泥混凝土拌和站，部分利用永久占地
CD2		K30+200	30						0.60	13.16			SQT-1	卡若区	1#桥梁预制场地，利用永久占地
CD3		K34+960		50	0.71	0.71			1.20	4.93	0.68	0.68	SQT-3	卡若区	2#桥梁预制场地，部分利用永久占地
CD4		K35+320		50	0.61	0.61			1.00	24.84	0.57	0.57	SQT-3	卡若区	2#沥青、水稳及混凝土拌和站，部分利用永久占地
CD5		K38+800	30		0.26		0.26		1.00	3.91	0.57	0.57	SQT-3	察雅县	3#桥梁预制场地，部分利用永久占地
CD6		K51+150		30					0.53	61.95	0.30	0.30	SQT-4	察雅县	5#桥梁预制场地，利用永久占地
CD7		K51+200	320		0.82		0.82		1.00	5.05	0.57	0.57	SQT-4	察雅县	4#沥青、水稳及混凝土拌和站，部分利用永久占地
CD8		K62+450		30	0.18	0.18			0.47	66.23	0.27	0.27	SQT-4	察雅县	6#桥梁预制场地，部分利用永久占地
CD9		K64+000	30						0.47	11.18	0.27	0.27	SQT-9	察雅县	7#桥梁预制场地，利用永久占地
CD10		K65+100	50		0.47		0.47		0.53	50.11	0.30	0.30	SQT-9	察雅县	5#水泥混凝土拌和站
CD11		K72+400		50	0.44		0.44		0.60	4.44	0.34	0.34	SQT-9	察雅县	8#桥梁预制场地，部分利用永久占地
CD12		K76+200		200	0.53		0.53		0.53	5.44	0.30	0.30	SQT-9	察雅县	6#水稳、沥青拌和站
CD13		K76+900		160	0.53		0.53		0.53	7.50	0.30	0.30	SQT-9	察雅县	7#混凝土拌和站
CD14		K80+480	30		1.47			1.47	1.47	2.57			SQT-9	八宿县	9#桥梁预制场地
CD15	浪拉山至邦达机场段	K89+300		100	2.00			2.00	2.00	3.95		2.30	SQT-11	八宿县	10#桥梁预制场地、8#沥青、水稳及混凝土拌和站
合计					8.64	2.12	3.06	3.47	12.80		4.98	7.28			

注：11 处施工生产生活区完全或部分利用永久占地进行布设，与永久占地重叠部分不计入新增临时占地，相应表土剥离及回覆工程量计入永久工程。

施工生产生活区内临时建（构）筑物基础、混凝土拌和站设备基础、预制场地台座等一并拆除，硬化层清除料统一运至对应弃渣场分层摊铺填埋。场地内临时堆料、废弃管线等杂物同步清运，做到工完场清。硬化层清除及建筑垃圾清运完毕后，对场地进行土地平整，翻松板结表土，利用原剥离表土回覆，恢复至与周边地貌协调。部分或全部利用永久占地的场地（CD1～CD4、CD5、CD7、CD8、CD11），清理后移交主体工程进行后续绿化或设施建设。施工生产生活区布置情况详见表 2-14。

2.2.2 施工便道

本项目为新建工程，施工便道包括路基、桥梁、隧道等工程施工便道和取土场、改路工程、弃渣场、施工生产生活区连接运输便道，而表土临时堆放场均布置在路基工程沿线、工程施工便道附近等，无需另设施工便道。

本项目共设置施工便道 98.84km，其中新建段 87.52km，改建段 11.32km，均为泥结碎石路面，路面净宽 4.5m，考虑两侧挖填边坡范围，加卡至浪拉山段挖方及半挖半填段施工便道占地宽度 9.0～11.0m，浪拉山至邦达机场段填方段施工便道平均占地宽度 5.0～5.5m，施工便道总占地面积为 85.30hm²，占地类型为乔木林地、灌木林地、天然牧草地和农村道路，根据自然气候条件，施工完毕后对其采取植被恢复措施。施工便道布置情况详见表 2-15。

2.2.3 施工用水、用电

⑴ 交通条件

项目区域现有交通以公路为主，区域附近有 G214、G349、村道等运输方便。外运的工程材料，利用现有公路网和汽车便道，运输条件较为便利。

⑵ 路基用土

路基填筑材料主要有各种类型稳定的天然土壤，各种土石方、天然砂砾等。由于本项目挖方量较大，沿线工程用土石方可考虑利用路堑挖方，质量及储量满足工程要求。

此外，受施工时序限制，本项目终点附近路基建设所需土方需从附近取土场开采利用，因此在终点附近设置 1 处取土场，取土用于路基、互通基础填筑，详见 2.2.5 章节。

表 2-15 施工便道一览表

序号	路线	位置或桩号	长度			路面净宽	占地宽度	占地情况						汇水面积	挖填情况			挖方	填方	弃渣去向	路面类型	行政区	备注
			小计	新建	改建			小计	乔木林地	灌木林地	天然牧草地	农村道路	裸土地		挖方路段	半挖半填段	填方路段						
			km	km	km	m	m	hm²	hm²	hm²	hm²	hm²	hm²	hm²	km	km	km	万 m³	万 m³	万 m³			
BD1	加卡至浪拉山段	K27+599～K48+508（卡若区）	9.98	9.98		4.5	9.0~11.0	9.73	1.46	4.38	3.89			3.11	1.60	8.38		14.08	9.72	SQT-1	泥结碎石	卡若区	连接便道
BD2		K27+599～K48+508（察雅县）	4.64	4.64		4.5	9.0~11.0	4.53	0.68	2.04	1.81			2.53	0.74	3.90		6.56	4.53	SQT-3	泥结碎石	察雅县	连接便道
BD3		K48+563～K57+366	15.11	15.11		4.5	9.0~11.0	14.73	2.21	6.63	5.89			2.47	2.42	12.69		17.13	11.73	SQT-4	泥结碎石	察雅县	连接便道
BD4		K57+600～K61+302.134	6.92	6.92		4.5	9.0~11.0	6.75	1.01	3.04	2.70			2.40	1.11	5.81		8.12	5.24	SQT-4	泥结碎石	察雅县	连接便道
BD5		K61+302～K65+414	8.05	8.05		4.5	9.0~11.0	7.85	1.18	3.53	3.14			2.39	1.29	6.76		8.18	5.40	SQT-9	泥结碎石	察雅县	连接便道
BD6		K65+424～K82+896（察雅县）	5.31	5.31		4.5	9.0~11.0	5.17	0.70	2.60	1.88			2.41	0.85	4.46		9.17	6.86	SQT-9	泥结碎石	察雅县	连接便道
BD7		K65+424～K82+896（八宿县）	1.98	1.98		4.5	9.0~11.0	1.93			1.93			2.97	0.32	1.66		3.55	2.68	SQT-9	泥结碎石	八宿县	连接便道
BD8		CD1 施工场地便道	0.10	0.02	0.08	4.5	9.0~11.0	0.10		0.07		0.03		2.78	0.02	0.08		0.11	0.07	SQT-1	泥结碎石	卡若区	1#水泥混凝土拌和站，部分利用永久占地
BD9		CD2 施工场地便道	0.10	0.10		4.5	9.0~11.0	0.10		0.10				3.40	0.02	0.08		0.11	0.07	SQT-1	泥结碎石	卡若区	1#桥梁预制场地，利用永久占地
BD10		CD3 施工场地便道	0.26	0.26		4.5	9.0~11.0	0.25		0.25				2.46	0.04	0.22		0.29	0.18	SQT-3	泥结碎石	卡若区	2#桥梁预制场地，部分利用永久占地
BD11		CD4 施工场地便道	0.18	0.18		4.5	9.0~11.0	0.18		0.18				2.21	0.03	0.15		0.20	0.12	SQT-3	泥结碎石	卡若区	2#沥青、水稳及混凝土拌和站，部分利用永久占地
BD12		CD5 施工场地便道	0.62	0.62		4.5	9.0~11.0	0.60		0.60				2.58	0.10	0.52		0.68	0.42	SQT-3	泥结碎石	察雅县	3#桥梁预制场地，部分利用永久占地
BD13		CD6 施工场地便道	0.10	0.04	0.06	4.5	9.0~11.0	0.10		0.08		0.02		2.68	0.02	0.08		0.11	0.07	SQT-4	泥结碎石	察雅县	5#桥梁预制场地，利用永久占地
BD14		CD7 施工场地便道	0.30	0.12	0.18	4.5	9.0~11.0	0.29		0.23		0.06		3.39	0.05	0.25		0.33	0.20	SQT-4	泥结碎石	察雅县	4#沥青、水稳及混凝土拌和站，部分利用永久占地
BD15		CD8 施工场地便道	0.60	0.60		4.5	9.0~11.0	0.59		0.59				2.62	0.10	0.50		0.66	0.41	SQT-4	泥结碎石	察雅县	6#桥梁预制场地，部分利用永久占地
BD16		CD9 施工场地便道	0.60	0.60		4.5	9.0~11.0	0.59		0.59				3.40	0.10	0.50		0.66	0.41	SQT-9	泥结碎石	察雅县	7#桥梁预制场地，利用永久占地
BD17		CD10 施工场地便道	0.30		0.30	4.5	9.0~11.0	0.29		0.19		0.11		2.16	0.05	0.25		0.33	0.20	SQT-9	泥结碎石	察雅县	5#水泥混凝土拌和站
BD18		CD11 施工场地便道	0.60	0.60		4.5	9.0~11.0	0.59		0.59				3.38	0.10	0.50		0.66	0.41	SQT-9	泥结碎石	察雅县	8#桥梁预制场地，部分利用永久占地
BD19		CD12 施工场地便道	0.30	0.30		4.5	9.0~11.0	0.29		0.29				3.13	0.05	0.25		0.33	0.20	SQT-9	泥结碎石	察雅县	6#水稳、沥青拌和站
BD20		CD13 施工场地便道	0.25	0.25		4.5	9.0~11.0	0.24		0.24				2.98	0.04	0.21		0.28	0.17	SQT-9	泥结碎石	察雅县	7#混凝土拌和站
BD21		CD14 施工场地便道	0.10	0.10		4.5	9.0~11.0	0.10		0.10				2.41	0.02	0.08		0.11	0.07	SQT-9	泥结碎石	八宿县	9#桥梁预制场地
BD22		SQT-1 连接便道	3.59	3.59		4.5	9.0~11.0	3.50		3.50				3.18	0.57	3.02		3.96	2.42	SQT-1	泥结碎石	卡若区	
BD23		SQT-3 连接便道	1.8	1.8		4.5	9.0~11.0	1.76		1.76				2.77	0.29	1.51		1.98	1.22	SQT-3	泥结碎石	卡若区	
BD24		SQT-4 连接便道	7	6.3	0.7	4.5	9.0~11.0	6.83		6.58		0.25		2.94	1.12	5.88		7.72	4.73	SQT-4	泥结碎石	察雅县	
BD26		SQT-9 连接便道	1.6	1.6		4.5	9.0~11.0	1.56			1.56			3.21	0.26	1.34		1.76	1.08	SQT-9	泥结碎石	察雅县	
BD27		ZCLC3 连接便道	2.4	2.4		4.5	9.0~11.0	2.34					2.34	3.15	0.38	2.02		1.98	1.22	SQT-4	泥结碎石	察雅县	
BD28	浪拉山至邦达机场段	K82+896.124～K86+120	6.77	6.77		4.5	5.0~5.5	3.72			3.72			1.06		4.86	1.91	2.61	1.08		泥结碎石	八宿县	连接便道
BD29		K86+120～K89+100	9.18	9.18		4.5	5.0~5.5	5.05			5.05			1.45			9.18		1.10		泥结碎石	八宿县	连接便道
BD30		CD15 施工场地便道	0.10	0.10		4.5	5.0~5.5	0.06			0.06			1.56			0.10		0.44		泥结碎石	八宿县	10#桥梁预制场地、8#沥青、水稳及混凝土拌和站
BD31		TL-1 连接便道	10.00		10.00	4.5	5.0~5.5	5.50			2.00	3.50		1.07		10.00		3.38	3.38		泥结碎石	八宿县	
合计			98.84	87.52	11.32			85.30	7.21	38.15	33.63	3.97	2.34	11.65	76.00	11.19	95.05	65.78	98.84				

⑶ 石料

工程所需的石料来自本项目料场开采和项目自身骨料利用。

主体设计在全线选择 1 处石料场（ZCLC3），已在察雅县自然资源局征求意见（详见附件 6），主要供应工程高标混凝土制备，自采石料 54.03 万 m^3；低标混凝土制备所需骨料来自隧道钻渣中的硬岩，暂计 44.84 万 m^3。

⑷ 砂砾料

本项目砂砾料均外购获取，主体设计在项目沿线选取了6处砂石料场，分别为昌都市三丰建材有限公司、莫乃村精准扶贫砂石厂、察雅县烟多镇如给村砂石厂、察雅县吉塘镇金河利民砂石厂、察雅县吉塘镇金河福临砂石厂、成都华辰砂石有限公司，以上公司均位于卡若区和察雅县境内，可开采及加工出工程所需砂砾料，质量及储量满足工程需求。

⑸ 水泥、钢材、沥青、汽油、柴油等

工程所需的水泥、汽油、柴油等来自昌都，水泥来自西藏昌都高争建材股份有限公司，汽油柴油与当地物资部门协商就地采购，由汽车运到工地。

钢材及沥青等外购材料，均需从四川、拉萨、青海等地远运，由汽车通过青藏公路、川藏公路运到工地。

⑹ 工程用水、用电

1）工程用水

沿线以农牧业为主，无工业污染，玉曲河及其支流水质优良、水量丰富，对混凝土无侵蚀性，满足工程及生活用水要求。施工用水就近用水泵自河道抽取，经临时管道送至各用水点，取水口设于河道岸边既有位置，不修建取水构筑物；蓄水池等小型设施布设于主线用地及既有施工场地内。生活用水依托沿线村镇既有供水设施或水车配送。各项用水设施均为小型点状临时设施，不新增临时占地、不产生新的地表扰动，使用结束后及时拆除并恢复原状。

2）工程用电

沿线电线架设基本成网，电力供应正常，工程用电经与当地电力部门协商，从就近既有线路 T 接取用，供电线路沿既有道路及主线用地敷设，不新开辟电力走廊；自备发电机组作为备用电源，布设于施工场地内。用电设施同样依托既有线路及场地布置，不新增临时占地、不产生新的地表扰动。

表 2-16 石料场设置情况一览表

石料场编号	ZCLC3
汇水面积（hm²）	8.58
占地类型	裸土地
施工便道（m）	2400
石料场地形	坡地型
行政区	察雅县

2.2.5 取土场

本项目浪拉山至邦达机场段（K82+897.8～K98+619.819）路基施工需从取土场借方 169.63 万 m³，互通匝道路基填筑需借土 55.30 万 m³，尼琼养护保通站基础填筑需外借 1.38 万 m³，CD15 施工场地基础填筑外借土 2.30 万 m³。主体设计现阶段在路线终点附近选定了 1 个取土场，为取弃土场结合，占地及水土保持措施工程量纳入取土场防治区，根据现场调查及主体工程提供的项目沿线地质情况，本方案对选择的取土场进行了调查与复核。

TL1 取土场位于终点附近桩号 K98+619 右侧 10km，主要供应浪拉山至邦达机场段路基、终点段互通匝道及尼琼养护保通站基础填筑回填所需土料。TL1 取土场开挖量为 228.61 万 m³，取土场为坡地型料场，占地面积 21.64hm²，占地类型为天然牧草地，整修已有运输便道后利用。取土场开采方式为坡地开采，为尽量减小取土对原地貌以及当地野生动物活动、栖息的影响，主体设计依现状地形向下平挖进行取土。浪拉山至邦达机场段部分路基不良地质换填、桥梁桩基钻渣以及改渠工程开挖方共计 6.99 万 m³回填 TL1 取土场采坑，从最低处逐层回填，堆渣顶部不超过取土坑下边缘，回填面积约 1.80hm²，最大填高约 8.0m。

取土场位于高原台地冲洪积平原区，地形平缓开阔。开采层位为第四系全新统冲洪积卵石（Q_4^{al+pl}），稍湿、松散~稍密状，骨架颗粒以砂岩、板岩为主，磨圆度以亚圆状为主，厚度大于 25.0m，土石工程分级为III级硬土，可直接机械开挖、无需爆破。卵石层属中等~强透水层，勘察期间未见地下水。卵石层平均厚度不小于 25.0m，满足设计取土量要求；卵石料级配较好，剔除表层耕植土及局部含泥量较高的夹层后可作为路堤填料利用，料源质量满足路基填筑要求。

取土场位于 G214 西侧 4.7km 荒沟内，在山脊线以北、山谷线以南坡面处开采，开挖线不越过南侧山脊线，取土场采坑整体均不在 G214 道路可视范围内，取土场与 G214 道路相对位置详见图 2-10。

弃渣，不良地质清除，以及施工便道、生产生活区等临时工程的场地清理与硬化层破除等，共计 196.75 万 m³（折合松方 255.77 万 m³）需设置弃渣场堆放。主体设计在沿线选择 5 处弃渣场（其中 1 处为取弃结合，占地及防治措施工程量纳入取土场防治区）堆放工程弃渣。

⑴ 弃渣场选择

根据弃渣产生的位置及项目沿线地貌环境等情况，本方案与主体设计协商，并与当地相关行政部门沟通后，在线路附近选定 5 处弃渣场堆放弃渣，5 处弃渣场容渣量可满足工程弃渣需要，其中 4 处位于高山峡谷区，1 处位于高原宽谷缓坡地，弃渣场选址优先考虑荒沟与荒坡。

根据主体设计提供的弃渣场地质勘察报告，弃渣场区域内地质灾害不发育，岩层稳定，区域内无不良地质现象，适宜弃渣。弃渣场范围内和临近区域不存在滑坡、泥石流等不良地质灾害发生。

⑵ 弃渣场设置

本项目沿线共布置 5 处弃渣场，4 处为沟道型弃渣场（其中 SQT-4 临时弃渣场、SQT-9 临时弃渣场等 2 处作为临时弃渣场，使用期限不得超过该项目建设工期），1 处为平地型弃渣场（取弃土场结合），弃渣场占地面积 22.63hm²，占地类型包括灌木林地和天然牧草地。综合考虑弃渣场堆渣量及渣体稳定等因素，弃渣场均按照 1:2.5 边坡进行堆渣。

经核算，本项目所有弃渣场容量均满足相应路段工程堆渣需求。弃渣场汇水面积 0.78～2.91km²，需修建排洪沟及周边截排水沟，及时将沟道上游来洪、弃渣场周边及弃渣场内水流排至下游，减少对弃渣场的影响。工程施工期间对弃渣场做好水土保持防护措施，结束后对弃渣场进行植被恢复。

1）SQT-1 弃渣场

SQT-1 弃渣场位于主线桩号 K30+300 右侧，距离线路 3.2km 的一处沟道，海拔高程 3600～3643m，为沟道型弃渣场，弃渣场等级为 4 级，占地面积 2.96hm²，弃渣场容量 50.00 万 m³，存渣量 31.03 万 m³（折合松方 40.34 万 m³），最大堆高 43.0m，按照 1:2.5 边坡进行堆渣，按 8m 堆高进行分级，渣顶纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水，弃渣场上游汇水面积为 77.60hm²，占地类型为灌木林地。SQT-1 弃渣场布设于天然荒沟中，弃渣场下游 3000m 为既有 G214 以及澜沧江，经弃渣场失

事影响专题分析，失事后最大滑移距离 567m，对下游 G214 及澜沧江均无安全影响。弃渣场不涉及河道、湖泊和水库，不涉及河湖管理范围。

2）SQT-3 弃渣场

SQT-3 弃渣场位于主线桩号 K36+600 右侧 1800m 一处荒沟，海拔高程 3425～3484m，为沟道型弃渣场，弃渣场等级为 4 级，占地面积 4.53hm²，弃渣场容量 45.00 万 m³，存渣量 27.00 万 m³（折合松方 35.09 万 m³），最大堆高 59.0m，按照 1:2.5 边坡进行堆渣，按 8m 堆高进行分级，渣顶纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水，弃渣场上游汇水面积为 291.4hm²，占地类型为灌木林地。SQT-3 弃渣场布设于天然荒沟中，弃渣场下游 1550m 为本项目路基、1600m 为 G214 国道、1640m 为澜沧江，经弃渣场失事影响专题分析，失事后最大滑移距离 722m，对自身道路、下游 G214 及澜沧江均无安全影响。弃渣场不涉及河道、湖泊和水库，不涉及河湖管理范围。

3）SQT-4 临时弃渣场

SQT-4 临时弃渣场位于主线桩号 K48+300 右侧 2000m 一处荒沟，海拔高程 4235～4292m，为沟道型弃渣场，弃渣场等级为 4 级，占地面积 8.11hm²，弃渣场容量 120.00 万 m³，存渣量 76.86 万 m³（折合松方 99.92 万 m³），最大堆高 57.0m，按照 1:2.5 边坡进行堆渣，按 8m 堆高进行分级，渣顶纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水，弃渣场上游汇水面积为 129.7hm²，占地类型为灌木林地和天然牧草地。SQT-4 临时弃渣场布设于天然荒沟中，弃渣场下游无村庄、房屋，不涉及河道、湖泊和水库，不涉及河湖管理范围。

4）SQT-9 临时弃渣场

SQT-9 临时弃渣场位于主线桩号 K77+100 右侧 100m 一处荒沟，海拔高程 4615～4673m，为沟道型弃渣场，弃渣场等级为 4 级，占地面积 7.03hm²，弃渣场容量 85.00 万 m³，存渣量 54.87 万 m³（折合松方 71.33 万 m³），最大堆高 58.0m，按照 1:2.5 边坡进行堆渣，按 8m 堆高进行分级，渣顶纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水，弃渣场上游汇水面积为 156.3hm²，占地类型为灌木林地、天然牧草地。SQT-9 临时弃渣场布设于天然荒沟中，弃渣场下游 1200m 有 2 处房屋，已纳入主体拆迁范围，堆渣前拆除，弃渣场不涉及河道、湖泊和水库，不涉及河湖管理范围。

5）SQT-11 弃渣场

SQT-11 弃渣场为取弃土场结合，位于终点附近桩号 K98+619 右侧 10km，弃渣场

现状海拔高程 4400～4412m，为平地型弃渣场（填凹），弃渣场等级为 5 级，弃渣场容量 20.00 万 m^3，存渣量 6.99 万 m^3（折合松方 9.09 万 m^3），最大堆高 8m，从 TL1 取土场采坑最低处逐层回填，堆渣顶部不超过取土坑下边缘，回填面积约 1.80hm^2，渣顶纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水。SQT-11 弃渣场布设于荒坡取土场采坑凹地中，弃渣场下游无村庄、房屋，不涉及河道、湖泊和水库，不涉及河湖管理范围。

各弃渣场谷歌影像图详见图 2-11，各弃渣场情况详见表 2-18。

表 2-18 弃渣场情况一览表

序号	线路	行政区	弃渣场编号	弃渣场桩号	便道		中心点坐标		容渣量	存渣量（自然方）	存渣量（松方）	弃渣场占地			最大堆高	汇水面积	级别	堆渣类型
					新建	改建	经度	纬度				小计	灌木林地	天然牧草地				
					km	km			万 m^3	万 m^3	万 m^3	hm^2	hm^2	hm^2	m	hm^2		
1	高山峡谷区	卡若区	SQT-1 弃渣场	K30+300	3.6		97°19'31"	30°55'47"	50.00	31.03	40.34	2.96	2.96		43.0	77.60	4	沟道型
2			SQT-3 弃渣场	K36+600	1.8		97°19'44"	30°52'21"	45.00	27.00	35.09	4.53	4.53		59.0	291.4	4	沟道型
3			SQT-4 临时弃渣场	K48+300	6.3	0.7	97°18'13"	30°45'56"	120.00	76.86	99.92	8.11	4.80	3.31	57.0	129.7	4	沟道型
4			SQT-9 临时弃渣场	K77+100	1.6	0.0	97°12'21"	30°41'57"	85.00	54.87	71.33	7.03	1.69	5.34	58.0	156.3	4	沟道型
5	高原宽谷区	八宿县	TL1 取土场/SQT-11 弃渣场	K98+619			97°0′53"	30°38′17"	20.00	6.99	9.09	/（取弃结合）			8.0	45.7	5	平地型
6	合计				13.3	0.7				196.75	255.77	22.63	13.98	8.65				

注：TL1 取土场/SQT-11 弃渣场为取弃结合弃渣场，占地面积在取土场防治区计列，弃渣场防治区中不重复计列占地。

2.2.7 临时堆土场

⑴ 表土剥离及临时堆放

1）路基表土

由于项目所在海拔较高，植被成活率低，生长较为困难，而含有根系的表层腐殖土有利于植被的生长，因此主体设计对路基工程占用耕地及林草地部分表土进行了剥离，以用于后期植物措施用土。

项目占用耕地部分，表土厚度相对较深，表土剥离厚度按照平均 20cm 计列；占用林地部分，表土层厚度约在 10～20cm，去除林木根系、杂质等，平均剥离表土厚度约为 15cm；占用草地部分，天然牧草地表土平均厚度约为 13cm，且其他草地可剥离表土部分面积约占 70%，因此占地草地部分表土平均剥离厚度约为 10cm。

路基清表后，需设置临时堆土场堆放表土，施工过程中加强临时防护，完工后根据路基分段桩号表土利用情况返还利用于植物措施，以便于增加植物措施成活率。

路基剥离表土 10.96 万 m³，表土堆放于临时堆土场，堆放高度控制在 2.0～4.0m，堆放边坡控制在 1:2.5。

2）其他分区表土临时堆放

①集中存放临时堆土场

桥梁工程、隧道工程、改路工程及改沟工程考虑施工平台及作业面较狭窄，主体设计在施工前对占用林草地部分表土进行剥离，剥离表土集中堆放至邻近的临时堆土场和路基工程表土一并防护，完工后返还相应区域用于后期植被恢复，增加植被存活率，以上区域共计剥离表土 2.37 万 m³，堆放高度控制在 2.0～4.0m，堆放边坡控制在 1:2.5。

②利用永久占地红线

本项目设置 2 处互通，共计占地 9.00hm²，设计剥离表土 0.59 万 m³，分别临时堆存于各互通内空地。表土堆存采用低矮松散堆置方式，控制平均堆高不超过 1.0m，堆土边坡不陡于 1:2.5。堆存场地充分利用互通匝道环内空地及后期绿化区域，不新增临时占地。匝道路基成型后，剥离表土及时回铺于路基边坡及互通内部绿化区，堆存时长不超过一个雨季，有效缩短了表土裸露时间，从源头上降低了松散堆体在暴雨条件下的水土流失风险。该方案利用永久占地红线内消化表土堆存需求，堆高小、堆期短，对周边施工及环境基本无影响。

本项目附属工程共计占地 4.17hm²，主要包括养护工区、养护保通站、主线治超站、隧道变电所及消防泵房等。设计剥离表土 0.60 万 m³，根据各附属工程场地条件，分散堆置于各场地内边缘空地或后期绿化区域。表土堆存控制平均堆高不超过 1.0m，堆土边坡不陡于 1:2.5，堆体形态低矮、稳定性好。场地基础平整后，剥离表土及时回铺至周边坡面及场内绿化区，堆存时长不超过一个雨季。由于各附属工程场地面积较小、表土剥离量有限，分散堆置后单堆体量更小，加之堆存周期短，对场地内施工组织及周边环境影响轻微。该方案充分依托永久占地红线内的闲置空间，无需额外设置临时表土堆放场，减少了工程临时占地和对地表的二次扰动。

③利用取弃土场占地范围

施工便道及施工场地因作业面狭窄，不具备表土长期堆存条件。剥离表土采取“即剥即用”方式，就近暂存于取土场及弃渣场占地范围内。在施工便道边坡及施工场地边坡成型后，优先同步利用剥离的表土开展边坡防护与绿化施工，做到“成型一段、回覆一段、防护一段”，最大限度缩短表土堆存时间。剩余少量未及时利用的表土，待工程施工全部结束后，统一回覆至施工便道路面及施工场地平台进行植被恢复。施工便道及施工场地共计剥离表土 5.30 万 m³，均就近暂存于取土场及弃渣场内，不新增临时占地。

取土场占地 21.64hm²，设计自身剥离表土 2.16 万 m³，采用平铺方式存放于取土场内缓坡地带，控制平均堆高不超过 1.0m。取土场空间开阔，平铺堆放可有效降低堆体高度，消除堆体失稳风险，同时便于后期就近回覆利用。

弃渣场共计占地 22.63hm²，设计自身剥离表土 2.96 万 m³。各弃渣场剥离表土及部分施工便道、施工场地转运而来的表土，集中存放于弃渣场靠近沟头侧的空闲区域，合理规划堆放位置，与堆渣作业区保持安全距离，不影响正常堆渣施工。表土堆存控制平均堆高不超过 1.0m，堆体低矮稳定，对弃渣场施工及周边环境安全影响轻微。

在表土利用时序上，各场地遵循“即剥即用、动态回覆”原则：施工便道及施工场地边坡成型后，优先从暂存表土中取用，同步完成边坡防护；取土场及弃渣场自身剥离表土，待场地开挖或堆渣作业完成后，及时回覆至整治完成的平台及坡面。通过上述分阶段、分区域动态调配，有效减少了表土在各场地内的集中堆存量与堆存时长，堆高均控制在 1.0m 以下，从源头上降低了松散堆体在暴雨条件下的水土流失安全风险。

该方案充分利用了取土场及弃渣场占地范围的空间优势，将施工便道及施工场地

的表土堆存需求一并纳入取弃土场统筹解决，减少了工程临时占地和对地表的二次扰动。采取低矮分散的堆存方式结合即剥即用的利用时序，有效控制表土堆存对取弃土场施工及周边环境的影响。

3）草皮剥离及防护

浪拉山至邦达机场段（K82+897.8～K98+619.819），基本沿果曲河、玉曲河东侧滩地范围布线，部分路段草地植被生长情况较好，土壤结构、含水量、粘性等方面满足草皮剥离条件，草皮连根剥离以便于后期成活，剥离厚度约在 20～40cm，平均剥离厚度为 30cm，对该路段的路基以及互通占地内占压的草甸进行剥离，剥离的草甸运至临时堆土场与表土分开集中堆放，为保证草皮活性，草皮堆叠不超过3层，平均堆放高度控制不超过 1.0m，定期从玉曲河、果曲河取水喷洒养护，工程后期根据需求回覆路基以及匝道边坡绿化利用，草皮共计剥离 10.58 万 m²。

⑵ 临时堆土场设置

表土临时堆放场的尽量选择植被覆盖度较低的其他林地、其他草地进行堆放，表土和草皮分区堆放，以便于根据不同的利用方向及时利用，施工过程中应当采取有效措施，防止对生态环境等造成污染、破坏；竣工后应当及时清理场地，恢复环境。

本项目沿线共设置临时堆土场 16 处，总占地 12.63hm²，全部利用路基永久占地、弃渣场占地以及取土场占地堆放，不新增占地。其中堆放表土 20.04 万 m³，堆放高度 2.0～5.0m，占地 9.51hm²，堆放草皮 3.17 万 m³，堆放高度 1.0～2.0m，占地 3.12hm²。由于临时堆土场均利用其他防治区范围堆放，工程后期恢复措施均计入相应防治区内，临时堆土场区不再重复计列。

本项目沿线临时堆土场主要堆存路基、桥梁、隧道、改路、改沟工程区剥离表土，所有 16 处临时堆土场全部利用路基永久占地、弃渣场占地以及取土场占地堆放，不新增占地。根据各防治区施工时序安排，DT1~DT12 堆放时间为 2026 年 11 月~2027 年 9 月，平均堆存期约 1 年；DT13~DT18 堆放时间为 2026 年 11 月~2028 年 10 月，平均堆存期约 2 年。

本项目临时堆土场选址范围内地质灾害不发育，岩层稳定，区域内无不良地质现象。16 处临时堆土场经现场踏勘并与地方水利局核对均不涉及河湖管理范围。

临时堆土场设置情况详见表 2-19。

表 2-19 临时堆土场一览表

序号	堆放位置		表土堆放			草皮堆放			总占地	汇水面积	类型	占地类型	行政区	堆放时间	防护措施	备注
			体积	堆高	面积	体积	堆高	面积								
			万 m^3	m	hm^2	万 m^3	m	hm^2	hm^2	hm^2						
DT1	K29+430	红线内	0.22	2.0	0.16				0.16	0.38	平地型	旱地	卡若区	2026.11~2027.9	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用路基红线占地布设
DT2	K33+520	红线内	0.60	3.0	0.25				0.25	0.99	平地型	旱地	卡若区	2026.11~2027.9	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用路基红线占地布设
DT3	K34+550	红线内	0.75	3.0	0.30				0.30	1.1	坡地型	天然牧草地	卡若区	2026.11~2027.9	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用路基红线占地布设
DT4	GJTK2+600	红线内	0.45	3.0	0.21				0.21	1.19	平地型	旱地	察雅县	2026.11~2027.9	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用路基红线占地布设
DT5	GJTK2+830	红线内	0.85	3.5	0.38				0.38	15.21	平地型	旱地	察雅县	2026.11~2027.9	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设石笼网拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用路基红线占地布设
DT6	GJTK1+100	红线内	1.45	2.5	1.10				1.10	1.88	平地型	旱地	察雅县	2026.11~2027.9	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用养护工区红线占地布设
DT8	K80+800	红线内	2.11	4.0	0.92				0.92	5.34	平地型	天然牧草地	八宿县	2026.11~2027.9	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用路基红线占地布设
DT9	K83+100	红线内	1.46	4.0	0.61	0.92	1.50	0.83	1.44	3.55	平地型	天然牧草地	八宿县	2026.11~2027.9	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用路基红线占地布设
DT10	K85+800	红线内	1.27	4.0	0.59	0.65	1.50	0.70	1.29	2.22	平地型	天然牧草地	八宿县	2026.11~2027.9	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用路基红线占地布设
DT11	K90+650	红线内	1.91	4.0	0.89	0.63	1.50	0.57	1.46	13.26	平地型	天然牧草地	八宿县	2026.11~2027.9	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用路基红线占地布设
DT12	K94+550	红线内	1.44	4.0	0.34	0.97	1.50	1.02	1.36	2.98	平地型	天然牧草地	八宿县	2026.11~2027.9	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用路基红线占地布设
DT13	K30+300	渣场内	0.72	5.0	0.36				0.36	6.29	坡地型	灌木林地	卡若区	2026.11~2028.10	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用弃渣场占地布设
DT14	K39+600	渣场内	0.87	5.0	0.43				0.43	5.35	坡地型	灌木林地	卡若区	2026.11~2028.10	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用弃渣场占地布设
DT15	K48+300	渣场内	1.64	5.0	0.82				0.82	12.47	坡地型	灌木林地	卡若区	2026.11~2028.10	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用弃渣场占地布设

序号	堆放位置		表土堆放			草皮堆放			总占地	汇水面积	类型	占地类型	行政区	堆放时间	防护措施	备注
			体积	堆高	面积	体积	堆高	面积								
			万 m^3	m	hm^2	万 m^3	m	hm^2	hm^2	hm^2						
DT17	K77+100	渣场内	1.98	5.0	0.99				0.99	2.01	坡地型	天然牧草地	察雅县	2026.11~2028.10	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用弃渣场占地布设
DT18	K98+619	料场内	2.33	4.0	1.16				1.16	18.83	平地型	天然牧草地	八宿县	2026.11~2028.10	堆土场表面苫盖密目网，坡脚布设袋装土拦挡，拦挡外侧设排水沟，排水沟出口设沉沙池	利用取土场占地布设
合计			20.04		9.51	3.17		3.12	12.63							

注：1、所有临时堆土场均利用征地红线或渣料场占地布设，不重复计列防治责任范围。

2、征地红线内的临时堆土场仅考虑施工期间的临时防护措施，施工前的剥离表土以及完工后的恢复在路基工程中计列；渣料场内的临时堆土所有措施均在相应的弃渣场或取土场内进行考虑。

3、施工便道和施工场地堆存于渣料场范围的表土在便道及场地基础成型后，同步回覆利用，相应临时堆土场表土存放量按累计堆存量的 30%计。

⑶ 堆置方式

堆土场应集中堆置于以上指定位置，堆置坡比 1:2.5，表土临时堆置高度 2.0～5.0m，草皮堆叠方式堆置高度 1.5m。堆置时按照“先拦后弃”原则，堆土前，在场地周边布设袋装土拦挡，汇水较大的 DT5 的堆土场在场地周边布设石笼网拦挡，拦挡设置后方可堆存土方。当场地表面堆满后，表层土应保持一定适度透水性，利于后期苫盖期植被生长。同时土堆顶面应保持中间高于周边的三角状，便于排水。

2.2.8 施工方法及工艺

项目主要由路基填挖、路基防护及排水、路面、涵洞等工程组成，各单项工程的施工方法不同，但总体而言，其施工一般采用机械或人工进行。

工程施工一般按照先桥梁，后路基、边坡，再路面，最后沿线设施的程序进行。其路基工程、路面工程以机械化施工为主，路基防护及排水以人工施工为主。

2.2.8.1 路基施工

⑴ 填方路基施工

填方路基施工以机械施工为主，适当配合人工施工的施工方案，采用分层平铺填筑，分层压实的方法施工。施工工序为：清除表层土（表土及时运至相应临时堆土场堆放）→平地机、推土机→压路机压实、路基填筑。填土时适当加大宽度和高度，分层填土、压实，多余部分利用平地机或其他方法铲除修整。

⑵ 路堑开挖及半挖半填路基施工

路堑开挖施工以机械施工为主，适当配合人工施工的施工方案。除需考虑当地的地形条件、采用的机具等因素外，还需考虑土层分布及利用。在路堑开挖前，做好现场清理工作和排水工作。如果移挖作填时，将表层土单独挖弃，或按不同的土层分层挖掘，以满足路堤填筑的要求。施工程序为清表（表土及时运至指定地点堆放）→截、排水沟放样→开挖截、排水沟→路基填筑、边坡开挖→路基防护。在开挖时，不得采用大爆破施工方案，必须从上到下逐级分台阶削坡开挖并跟随防护。

2.2.8.2 表土剥离

对于项目区占用的耕地及林草地部分，腐殖土有利于植被的生长，因此对这部分占地的表土进行清表。首先进行表土剥离，林草地表土平均剥离厚度 13~15cm，旱地表土平均剥离厚度 20cm，草甸区草皮剥离厚度 20～40cm（平均 30cm），剥离的表土运至沿线设置的临时堆土场堆放或堆置于红线范围内空地，平均堆放高度控制在 2.5m，

堆放边坡控制在 1:2.5，周边需设置临时拦挡措施，表面苫盖以减少风力影响。施工结束后，剥离的表土运至相应桩号段利用，采用人工回铺方式。

2.2.8.3 路面施工

路基施工以采用大型机械专业化施工为主，以少量人工操作小型机械辅筑为辅。沥青混凝土路面低基层、基层、面层，均应采用配套的路面施工机械施工。路面施工，应注意施工季节气温，根据交通量和公路等级对路面强度的要求，结合沿线地形、气候、水文、筑路材料以及路面对防冻、防水的要求等多项综合性指标进行，严禁在不满足技术规定要求的条件下施工。

2.2.8.4 桥梁施工

本项目跨水桥梁共 11 座，共有涉水桥墩 22 个，跨水桥梁分别为梯贡 2 号大桥、供马龙 1 号大桥、供马龙 2 号大桥、约隆特大桥、金河特大桥、亚加特大桥、果曲大桥、索拉中桥、曲扯中桥、玉曲河 1 号桥、玉曲河 2 号桥，跨越河流为澜沧江、金河、多伤曲、果曲和玉曲河，桥梁施工尽量选择在枯水期进行，采用钢板围堰施工方式。

桥梁施工根据桥墩建设期间是否涉水分为陆地桥梁施工及涉水桥梁施工：

①陆地桥梁施工

大部分桥梁桥墩施工期不涉水，对于陆地桥梁无需布设围堰进行施工。桥梁施工基础施工尽量利用枯水期进行，桥梁施工时，采用扩大基础或桩基础。

桩基础施工时，根据场地情况合理规划布置泥浆池、沉淀池、循环槽等泥浆循环系统。在粘性土层中成孔的泥浆，可在原土注入清水造浆。桥墩钻孔产生泥浆先采用泥浆池进行沉淀，再临时堆放于桥梁占地范围内晾晒，最终运至弃渣场回填。钻孔完工后，将泥浆池回填平整，恢复原地貌。

②涉水桥梁施工

本项目设计桥梁中，对于跨河桥梁主河槽内的桥墩，可选择在枯水期或水位较低时期进行施工，采用钢套箱围堰施工桩基。

桥梁涉水桥墩尽量安排在枯水期进行施工。桥梁施工工序为：平整施工场地→基础施工（人工开挖）→桥梁上部构造施工。造成水土流失的环节是下部桥墩基础开挖过程。

工程开始前先将施工场地进行平整，接通水源、接通电源及架设电线电缆，修筑泥浆池、循环槽等，在施工场地修筑施工及生活临时设施，修筑混凝土搅拌站钢筋加

工场。合理进行施工平面布置，各项材料进场。桥梁施工时，其施工工艺主要内容包括基础的定位放样、基坑开挖、基坑排水、基底处理以及砌筑（浇筑）基础结构物等。桥梁水中施工时尽量选择枯水期进行，采用围堰进行施工，并做好基坑排水措施。桥梁上部结构在施工场地预制后采用机械吊装及桥面铺装工作。

本项目建设的 11 座涉水桥梁中，共有 22×2 个桥墩位于河流水面，施工采用钢套箱围堰施工桩基，因此桥梁水中墩基础施工时，将 2 个水中墩周边设置于 1 个钢围堰内进行施工，围堰外侧河道可进行施工期导流排水。清水钻进，钻孔弃渣经循环水带出，经过滤后由船集中转运到两岸，再由汽车转运到规划的弃渣堆放场地。围堰顶高宜高出施工期间最高水位 70cm，最低不应小于 50cm。围堰的外形应适应水流排泄，围堰内形应适应基础施工的要求，并留有适当的工作面积，堰身断面尺寸应保证有足够的强度和稳定性，围堰要求防水严密，应尽量采取措施防止或减少渗漏，以减轻排水工作。

涉水桥梁尽量安排在枯水期施工，以减少施工费用，保证质量。

2.2.8.5 涵洞施工

本项目中涵洞所跨冲沟或低地汇水面积较小，流量不大，涵洞大部分选择孔径较小的盖板涵，采用预制及现场浇筑相结合方式进行施工。

施工前，组织测量放样，开挖时严格控制平面位置、断面尺寸和标高，严禁扰动基底。基础钢筋加工制作集中在工作间完成，基础钢筋安装完毕后及时进行基础混凝土作业。基础完工后进行台身砌筑和台帽施工，完工后拆除模板，拆完后及时用草袋覆盖，由专人洒水养生。盖板钢筋加工制作集中在工作间完成，加工合格的骨架、弯制好的钢筋用汽车运至现场安装。涵洞盖板底模铺设完成经监理工程师验收合格后绑扎盖板钢筋，侧模、底模立模使用标准组合钢模板，采用满堂碗扣支架方式。混凝土采用拌和站集中拌合，混凝土输送车运送。汽车吊入模内，插入式振捣棒捣固。当混凝土初凝后，及时用草袋覆盖，根据气温变化，专人浇水养护。拆模时自上而下，左右对称进行。

雨季施工时涵洞周围结合实际地形地貌，完善雨季防排水设施。现场布置，材料、机具的堆放位置要合理，科学。对废旧的水渠要及时修复利用，按照“疏、导、截”的原则确保“三沟”畅通。

2.2.8.6 隧道施工

隧道施工按新奥法组织实施，主要工序采用机械化作业，隧道出渣采用无轨运输

方式，二次衬砌浇注采用模板台车。

隧道施工采用光面爆破，其中Ⅲ级围岩隧道可采用全断面开挖，Ⅳ、Ⅴ级围岩深埋隧道可采用台阶法开挖，Ⅴ级围岩浅埋或偏压段及穿过断层破碎带等围岩软弱、破碎、自稳能力差的地段可采用环形开挖留核心土、中壁法或交叉中隔壁法等工法开挖。

隧道进洞施工一般工序：选择洞口位置；修筑上洞口的施工辅道，以便洞口开挖出渣；理顺洞口排水系统；借助辅助施工措施形成坡外洞门；进洞开挖形成上弧导开挖面（开挖长度根据情况确定）；延长明洞或施作洞；完成剩余的支挡结构及水沟；正式进洞开挖。对有条件隧道，建议采用零挖进洞的施工方案，根据实际地面线确定明暗洞交接点，在明暗洞交接点外不开挖山脚土体的情况下，采用两侧开槽施作拱架套拱，逐渐靠向山体明暗洞交接点，拱架间以纵向钢筋连接为整体，并在钢拱架上预设超前管棚导向管，浇注混凝土封闭钢拱架形成套拱衬砌，然后施作超前大管棚作为超前支护，管棚完毕后，再进行进洞开挖施工。

根据洞口地形条件设置施工平台，洞口地势平坦，则以挖方不填为主；洞口地形相对较陡峭时，半挖半填，并对边坡进行防护，施工平台在永久占地内布设，不新增临时占地。施工平台下边坡设置石笼网拦挡和密目网临时苫盖。

2.2.8.7 施工期间交通组织方案

施工时应设置一定数量的施工标志，做好车辆分流组织工作，确保施工期间过往车辆及行人安全。应做好施工组织设计，使每个施工项目的施工方案切合实际，明确施工规范和施工操作规程的技术要求，明确施工管理人员的岗位职责、权限，做到按质量、进度要求计划用款。应建立相应施工监督组织机构，施工过程中加强工程监理各项工作。

2.3 工程占地

本方案在《施工图设计》提供的数据基础上，结合现场调查，对本项目路基工程区、桥梁工程区、隧道工程区、互通工程区、附属工程区、改路工程及改沟工程区占地进行分类统计，对临时堆土场区、石料场区、取土场区、弃渣场区、施工便道区和施工生产生活区面积进行了测算。据测算结果，本项目总占地面积 340.14hm²，其中永久占地 199.42hm²，临时占地 140.72hm²，占地类型包括旱地、乔木林地、灌木林地、天然牧草地、城镇住宅用地、农村宅基地、公路用地、农村道路、河流水面、水工建筑用地和裸土地。

本项目跨越了高山峡谷地貌和高原宽谷地貌2种地貌，项目起点位于加卡经济开发区，沿宁静山脉与他念他翁山脉之间的澜沧江伸展，至吉塘镇右转，翻越他念他翁山至高山古台原上的邦达机场，地形地貌分界点与两段线路分界点重合，即高山峡谷区（K27+600～K82+888.597）占地 208.52hm²，高原宽谷区（K82+897.8～K98+619.819）占地 131.62hm²。

工程跨越 3 个行政区，其中卡若区境内占地 60.14hm²，察雅县境内占地 134.45hm²，八宿县境内占地 145.55hm²。

临时占用林草地的地块，其植被覆盖度及主要树草种类型详见表 2-20。

表 2-20 各临时占地植被覆盖度及主要树草种类型一览表

地块名	占地类型	植被覆盖度（%）	主要树草种
DT3 临时堆土场	灌木林地	40%	白刺花、小角柱花
DT8 临时堆土场	天然牧草地	85%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
DT9 临时堆土场	天然牧草地	85%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
DT10 临时堆土场	天然牧草地	85%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
DT11 临时堆土场	天然牧草地	85%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
DT12 临时堆土场	天然牧草地	85%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
TL1 取土场/SQT-11 弃渣场	天然牧草地	80%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
SQT-1 弃渣场	灌木林地	75%	白刺花、小角柱花
SQT-3 弃渣场	灌木林地	75%	白刺花、小角柱花
SQT-4 临时弃渣场	灌木林地、天然牧草地	75%	灌木：白刺花、忍冬；草本：小嵩草、苔草
SQT-9 临时弃渣场	灌木林地、天然牧草地	60%	灌木：白刺花、忍冬； 草本：小嵩草、苔草
BD1 施工便道	乔木林地、灌木林地、天然牧草地	70%	乔木：川西云杉；灌木：忍冬； 草本：小嵩草、苔草
BD2 施工便道	乔木林地、灌木林地、天然牧草地	70%	乔木：川西云杉；灌木：忍冬； 草本：小嵩草、苔草
BD3 施工便道	乔木林地、灌木林地、天然牧草地	70%	乔木：川西云杉；灌木：忍冬； 草本：小嵩草、苔草
BD4 施工便道	乔木林地、灌木林地、天然牧草地	70%	乔木：川西云杉；灌木：忍冬； 草本：小嵩草、苔草
BD5 施工便道	乔木林地、灌木林地、天然牧草地	70%	乔木：川西云杉；灌木：忍冬； 草本：小嵩草、苔草
BD6 施工便道	乔木林地、灌木林地、天然牧草地	70%	乔木：川西云杉；灌木：忍冬； 草本：小嵩草、苔草
BD7 施工便道	天然牧草地	75%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
BD8 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD9 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD10 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD11 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD12 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花

地块名	占地类型	植被覆盖度（%）	主要树草种
BD13 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD14 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD15 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD16 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD17 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD18 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD19 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD20 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD21 施工便道	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
BD22 施工便道	灌木林地	70%	白刺花、小角柱花
BD23 施工便道	灌木林地	70%	白刺花、小角柱花
BD24 施工便道	灌木林地	70%	白刺花、小角柱花
BD27 施工便道	天然牧草地	75%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
BD29 施工便道	天然牧草地	75%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
BD30 施工便道	天然牧草地	75%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
BD31 施工便道	天然牧草地	75%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
BD32 施工便道	天然牧草地	75%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
CD1 施工生产生活区	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
CD3 施工生产生活区	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
CD4 施工生产生活区	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
CD5 施工生产生活区	天然牧草地	55%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
CD7 施工生产生活区	天然牧草地	55%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
CD8 施工生产生活区	灌木林地	45%	白刺花、小角柱花
CD10 施工生产生活区	天然牧草地	55%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
CD11 施工生产生活区	天然牧草地	55%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
CD12 施工生产生活区	天然牧草地	55%	小嵩草、矮生嵩草、苔草
CD13 施工生产生活区	灌木林地、天然牧草地	50%	灌木：白刺花、忍冬； 草本：小嵩草、苔草

工程占地按行政区、地形地貌划分情况详见表 2-21。

表 2-21 工程占地统计表 单位：hm²

路段	行政区	分区		占地类型及数量											小计	占地性质	
				耕地	林地		草地	住宅用地		交通运输用地		水域及水利设施用地		其他土地			
				旱地	乔木林地	灌木林地	天然牧草地	城镇住宅用地	农村宅基地	公路用地	农村道路	河流水面	水工建筑用地	裸土地		永久占地	临时占地
加卡至浪拉山段	昌都市卡若区	路基工程	路面	0.88	0.64	0.78	2.16	0.04	0.08	0.13	0.06				4.77	4.77	
			边坡	1.62	1.17	1.42	3.97	0.06	0.15	0.26	0.11				8.76	8.76	
		桥梁工程				4.67	3.27					1.16			9.10	9.10	
		隧道工程				0.43	1.73								2.16	2.16	
		附属工程				1.38	0.09								1.47	1.47	
		改路工程				0.49	0.26								0.75	0.75	
		临时堆土场		(0.41)		(1.61)	(0.30)								(2.32)		(2.32)
		弃渣场				12.29	3.31								15.60		15.60
		施工便道			1.43	10.24	3.89				0.03				15.59		15.59
		施工生产生活区				1.94									1.94		1.94
		小计		2.50	3.24	33.64	18.68	0.10	0.23	0.39	0.20	1.16			60.14	27.01	33.13
	昌都市察雅县	路基工程	路面	2.56	1.38	0.64	1.58	0.02	0.05	0.12	0.05	0.10	0.01		6.51	6.51	
			边坡	9.42	8.32	3.05	8.54	0.10	0.24	0.66	0.28	0.44	0.09		31.14	31.14	
		桥梁工程			5.68	13.66	0.80					0.93			21.07	21.07	
		隧道工程				4.16	1.78								5.94	5.94	
		附属工程		0.80		0.72	0.84								2.36	2.36	
		改路工程				0.57	0.31								0.88	0.88	
		改沟工程					0.43								0.43	0.43	
		临时堆土场		(1.69)		(0.00)	(0.99)								(2.68)		(2.68)
		石料场												2.51	2.51		2.51
		弃渣场				1.69	5.34								7.03		7.03
		施工便道			5.78	27.81	16.98				0.44			2.34	53.35		53.35
		施工生产生活区				0.50	2.73								3.23		3.23
		小计		12.78	21.16	52.80	39.33	0.12	0.29	0.78	0.77	1.47	0.10	4.85	134.45	68.33	66.12
			路面				0.80								0.80	0.80	

表 2-21 工程占地统计表 单位：hm²

路段	行政区	分区		占地类型及数量											小计	占地性质	
				耕地	林地		草地	住宅用地		交通运输用地		水域及水利设施用地		其他土地			
				旱地	乔木林地	灌木林地	天然牧草地	城镇住宅用地	农村宅基地	公路用地	农村道路	河流水面	水工建筑用地	裸土地		永久占地	临时占地
	昌都市八宿县	路基工程	边坡				4.64								4.64	4.64	
		桥梁工程					0.94					0.04			0.98	0.98	
		隧道工程					0.18								0.18	0.18	
		改路工程					3.83								3.83	3.83	
		施工便道				0.10	1.93								2.03		2.03
		施工生产生活区												1.47	1.47		1.47
		小计				0.10	12.32					0.04		1.47	13.93	10.43	3.50
	小计	路基工程	路面	3.44	2.02	1.42	4.54	0.06	0.13	0.25	0.11	0.10	0.01		12.08	12.08	
			边坡	11.04	9.49	4.47	17.15	0.16	0.39	0.92	0.39	0.44	0.09		44.54	44.54	
		桥梁工程			5.68	18.33	5.01					2.13			31.15	31.15	
		隧道工程				4.59	3.69								8.28	8.28	
		附属工程		0.80		2.10	0.93								3.83	3.83	
		改路工程				1.06	4.40								5.46	5.46	
		改沟工程					0.43								0.43	0.43	
		临时堆土场		(2.10)		(1.61)	(1.29)								(5.00)		(5.00)
		石料场												2.51	2.51		2.51
		弃渣场				13.98	8.65								22.63		22.63
		施工便道			7.21	38.15	22.80				0.47			2.34	70.97		70.97
		施工生产生活区				2.44	2.73							1.47	6.64		6.64
		小计		15.28	24.40	86.54	70.33	0.22	0.52	1.17	0.97	2.67	0.10	6.32	208.52	105.77	102.75
浪拉山至邦达机场段	昌都市八宿县	路基工程	路面				34.54	0.01	0.03	0.21	0.19			1.06	36.04	36.04	
			边坡				43.57	0.02	0.04	0.26	0.24			1.33	45.46	45.46	
		桥梁工程					1.76					0.81			2.57	2.57	
		互通工程					7.08			0.51				1.41	9.00	9.00	

表 2-21 工程占地统计表 单位：hm²

路段	行政区	分区		占地类型及数量											小计	占地性质	
				耕地	林地		草地	住宅用地		交通运输用地		水域及水利设施用地		其他土地			
				旱地	乔木林地	灌木林地	天然牧草地	城镇住宅用地	农村宅基地	公路用地	农村道路	河流水面	水工建筑用地	裸土地		永久占地	临时占地
		附属工程					0.34								0.34	0.34	
		改沟工程					0.24								0.24	0.24	
		临时堆土场					(7.63)								(7.63)		(7.63)
		土料场					21.64								21.64		21.64
		施工便道					10.83				3.50				14.33		14.33
		施工生产生活区												2.00	2.00		2.00
		小计					120.00	0.03	0.07	0.98	3.93	0.81		5.80	131.62	93.65	37.97
合计		路基工程	路面	3.44	2.02	1.42	39.08	0.07	0.16	0.46	0.30	0.10	0.01	1.06	48.12	48.12	
			边坡	11.04	9.49	4.47	60.72	0.18	0.43	1.18	0.63	0.44	0.09	1.33	90.00	90.00	
		桥梁工程			5.68	18.33	6.77					2.94			33.72	33.72	
		隧道工程				4.59	3.69								8.28	8.28	
		互通工程					7.08			0.51				1.41	9.00	9.00	
		附属工程		0.80		2.10	1.27								4.17	4.17	
		改路工程				1.06	4.40								5.46	5.46	
		改沟工程					0.67								0.67	0.67	
		临时堆土场		(2.10)		(1.61)	(8.92)								(12.63)		(12.63)
		石料场												2.51	2.51		2.51
		土料场					21.64								21.64		21.64
		弃渣场				13.98	8.65								22.63		22.63
		施工便道			7.21	38.15	33.63				3.97			2.34	85.30		85.30
		施工生产生活区				2.44	2.73							3.47	8.64		8.64
		小计		15.28	24.40	86.54	190.33	0.25	0.59	2.15	4.90	3.48	0.10	12.12	340.14	199.42	140.72

注：本项目临时堆土场均用路基红线、弃渣场或取土场占地布设，不重复计入扰动范围，表中用括号备注。

2.4 土石方平衡

2.4.1 主体工程土石方平衡

根据《施工图设计》，本项目路基工程开挖量较大，土石方开挖主要以主线、支线、改路路基开挖和隧道钻渣为主。在施工过程中，路基施工优先考虑自身的移挖作填，以及考虑作为相邻路段路基填料回填使用，以最大限度的减少弃方的产生；隧道钻渣优先考虑用做路基填料，岩性经论证满足骨料要求的尽可能用做自身排水防护工程骨料。本项目为新建段工程，按照线路走廊增设施工便道进行运输，桥梁及隧道等控制性工程均设置了施工便道连接施工作业面及现有道路，土石方调运利用方面较为便利，渣料场的设置在充分考虑运距及调运利用可行性基础上进行设置，施工便道及现有道路可满足工程调运利用需求。

本项目路基工程全线项目全线平均填高 3.2m，最大填高 18.6m，平均挖深 3.6m，最大挖深 28.0m。除了路基基础挖填，路基不良地质处理过程中产生的土石方挖填也需计入路基工程区，分段统计的不良地质土石方挖填情况详见表 2-4。因此，路基工程区挖方 105.36 万 m³，填方 384.18 万 m³，本桩利用 46.34 万 m³，调运利用 168.21 万 m³，借方 169.63 万 m³（取土场自采），余方 54.85 万 m³，其中 5.97 万 m³回填料场取土坑，48.88 万 m³运至弃渣场。

桥梁工程挖方 13.17 万 m³，填方 7.90 万 m³，本桩利用 7.90 万 m³，余方 5.27 万 m³运至弃渣场。

根据地勘资料，隧道挖方中除了泥岩类挖方无法利用，其他挖方可以利用主线调配利用或路面骨料利用。隧道工程挖方 324.47 万 m³，填方 2.11 万 m³，本桩利用 2.11 万 m³，调运利用 186.81 万 m³（主要利用路基填筑以及互通工程），骨料利用 44.84 万 m³，余方 90.70 万 m³，其中 15.00 万 m³综合利用至地方企业，75.70 万 m³运至弃渣场集中堆放防护。

互通工程挖方 1.57 万 m³，填方 66.08 万 m³，本桩利用 1.57 万 m³，调运利用 9.21 万 m³，外借 55.50 万 m³（取土场自采），无余方。

附属工程区挖方 9.34 万 m³，填方 23.24 万 m³，本桩利用方 9.34 万 m³，另从路基工程及隧道工程调运利用 12.52 万 m³，外借 1.38 万 m³（取土场自采），无余方。

改路工程区挖方 23.57 万 m³，填方 2.24 万 m³，本桩利用方 1.20 万 m³，另从路基工程区调运利用 1.05 万 m³，余方 22.37 万 m³全部运至弃渣场。

改沟工程区挖方1.20万m³，均为沟槽开挖方，其中0.59万m³运至SQT-11弃渣场，0.61万m³运至其他弃渣场。

本项目主体工程共开挖方478.68万m³，填方485.76万m³，利用方259.45万m³（含调运利用），借方226.31万m³，骨料利用44.84万m³，产生余方174.39万m³，全部运至弃渣场堆放（其中6.81万m³运至SQT-11弃渣场（取弃结合），15.00万m³综合利用至地方企业，152.57万m³运至SQT-1～SQT-9临时弃渣场）。

主体工程土石方平衡详见表2-22，土石方流向见图2-12。

表 2-22 主体工程土石方平衡表

起讫桩号	长度	分区		挖方（m³）			填方（m³）			利用方（m³）						借方（m³）		骨料利用（m³）	弃方（m³）				备注
				小计	土方	石方	小计	土方	石方	小计	本桩利用	调运利用				数量	来源		小计	回填料场	综合利用	弃渣场	
												调出	去向	调入	来源								
K27+600～K32+707	5108	路基工程	路基	155857	121507	34350	33730	25125	8605	33730	33730	39857	K32+707～K37+410 段路基、瓦约主线治超站						82270			82270	SQT-1
		桥梁工程		7037	7037		4222	4222		4222	4222								2815			2815	
		隧道工程		193620	176546	17074	1932	1932		1932	1932	33434	瓦约主线治超站						158254			158254	
		改路工程		6110	6110		246	246		246	246								5864			5864	
K32+707～K37+410	4703	路基工程	路基	162069	157902	4167	72007	71525	481	72007	37633			34374	K27+599～K32+707 段路基				124436			124436	SQT-3
		桥梁工程		12063	12063		7238	7238		7238	7238								4825			4825	
		隧道工程		90287	53128	37159	1009	1009		1009	1009	87008	瓦约主线治超站、K37+410～K47+320 段路基及不良地质换填						2270			2270	
		附属工程		65015	65015		146910	92693	54217	146910	65015			81895	K27+600～K32+707 段路基、瓦约隧道、乃帕隧道、年拉山隧道								
		改路工程		2263	2263		1395	1395		1395	1395								868			868	
K37+410～K41+431	4021	路基工程	路基	39274	39274		4839	4839		4839	4839	1188	K41+431～K47+320 段路基						33247			33247	
			不良地质	58947	58947		243		243	243				243	乃帕隧道				58947			58947	
		桥梁工程		24881	24881		14928	14928		14928	14928								9952			9952	
K41+431～K47+320	5889	路基工程	路基	18670	1191	17480	21303	1470	19833	21303	2970			18333	K37+410～K41+431 段路基、乃帕隧道				15700			15700	SQT-4
			不良地质	2107	2107		291		291	291				291	乃帕隧道				2107			2107	
		桥梁工程		12566	12566		7540	7540		7540	7540								5026			5026	
		隧道工程		482281	226675	255606	3081	3081		3081	3081	18624	K47+320～K52+635 段路基					64500	396076			396076	
		改路工程		2626	2626		12614	12614		12614	2626			9988	乃帕隧道								
K47+320～K52+635	5315	路基工程	路基	19527	17757	1770	391260	31871	359390	391260	18074			373186	阿背托隧道、年拉山隧道				1453			1453	
			不良	400	400														400			400	

表 2-22 主体工程土石方平衡表

起讫桩号	长度	分区		挖方（m³）			填方（m³）			利用方（m³）						借方（m³）		骨料利用（m³）	弃方（m³）				备注
				小计	土方	石方	小计	土方	石方	小计	本桩利用	调运利用				数量	来源		小计	回填料场	综合利用	弃渣场	
												调出	去向	调入	来源								
		地质																					
		桥梁工程		1005	1005		603	603		603	603								402			402	
		隧道工程		418256	68095	350161	3080	3080		3080	3080	159069	K47+320～K52+635 段路基					182752	73355			73355	
K52+635～K56+418	3783	路基工程	路基	4740	1178	3562						353	本段不良地质回填、吉塘养护工区						4386			4386	
			不良地质	1487	1487		52		52	52				52	本段路基挖方				1487			1487	
		桥梁工程		3267	3267		1960	1960		1960	1960								1307			1307	
		隧道工程		179334		179334	2903	2903		2903	2903	43519	K47+320～K52+635 段路基、吉塘养护工区					132912					
K56+418～K62+530	6112	路基工程	路基	27335	11727	15608	60396	12758	47638	60396	24149			36247	西西 1 号隧道				3186			3186	
			不良地质	3578	3578		1531		1531	1531				1531	西西 1 号隧道				3578			3578	
		桥梁工程		29153	29153		17492	17492		17492	17492								11661			11661	
		隧道工程		135323	15634	119689	1946	1946		1946	1946	38004	K56+418～K62+530 段路基及不良地质换填					68272	27101			27101	
		改路工程		3980	3980		3432	3432		3432	3432								548			548	
K62+530～K68+849	6319	路基工程	路基	7784	7784		1355	1355		1355	1355	197	本段不良地质回填						6232			6232	SQT-9
			不良地质	777	777		423		423	423				423	本段路基挖方、酉西 2 号隧道				777			777	
		桥梁工程		23121	23121		13873	13873		13873	13873								9249			9249	
		隧道工程		430203	154026	276177	2087	2087		2087	2087	331553	K68+849～K73+675 段路基、吉塘连接线						96563			96563	
		改路工程		4968	4968		1241	1241		1241	1241								3727			3727	
		改沟工程		6083	6083														6083			6083	
K68+849～K73+675	4977	路基工程	路基	20999	19211	1787	165872	17904	147968	165872	11520			154352	公多雄隧道				9479			9479	
		桥梁工程		4021	4021		2413	2413		2413	2413								1608			1608	
		隧道工程		483723	105821	377902	2098	2098		2098	2098	68309	K76+140～K82+896 段路基						413316		150000	263316	

表 2-22 主体工程土石方平衡表

起讫桩号	长度	分区		挖方（m³）			填方（m³）			利用方（m³）						借方（m³）		骨料利用（m³）	弃方（m³）				备注
				小计	土方	石方	小计	土方	石方	小计	本桩利用	调运利用				数量	来源		小计	回填料场	综合利用	弃渣场	
												调出	去向	调入	来源								
		改路工程		2287	2287														2287			2287	
K73+675～K76+140	2465	路基工程	路基	4239	3797	442	606	548	58	606	606	143	K76+140~K82+896 段路基						3490			3490	
		桥梁工程		3267	3267		1960	1960		1960	1960								1307			1307	
		隧道工程		207702		207702	1913	1913		1913	1913	205789	K76+140~K82+896 段路基不良地质换填、索拉互通										
		附属工程		24000	24000		24000	24000		24000	24000												
		改路工程		11862	11862		59	59		59	59								11803			11803	
K76+140～K82+896	6374	路基工程	路基	32049	31379	670	100501	34709	65792	100501	32049			68452	公多雄隧道、垌琼隧道、公多雄 2 号隧道								
			不良地质	79456	79456		113715		113715	113715				113715	公多雄 2 号隧道				79456			79456	
		桥梁工程		5026	5026		3016	3016		3016	3016								2011			2011	
		隧道工程		623967		623967	1070	1070		1070	1070	619499	K76+140~K87+370 段改路、主线填方、不良地质换填和吉塘连接段填方						3398			3398	
		改路工程		72	72		548	548		548	72			476	浪拉山隧道								
K82+896～K87+370	4534	路基工程	路基	27362	27362		841729	587316	254413	276293	27362			248932	浪拉山隧道	565436	TL1						
			不良地质	20074	20074		36304		36304	36304				36304	浪拉山隧道				20074			20074	
		改路工程		201523	201523		2906	2906		2906	2906								198617			198617	
K87+370～K93+470	6100	路基工程	路基	10777	10777		695920	695920		274092	10777			263316	垌琼隧道	421828	TL1						SQT-11
			不良地质	10510	10510		18650		18650							18650	TL1		10510	10510			
		桥梁工程		1759	1759		1056	1056		1056	1056								704	704			
		互通工程		8839	8839		433942	433942		100913	8839			92074	公多雄 3 号隧道	333029	TL1						
K93+470～K98+619	5090	路基工程	路基	9012	9012		656406	656406		42623	9012			33610	浪拉山隧道	613783	TL1						
			不良地质	49187	49187		76567		76567							76567	TL1		49187	49187			
		桥梁工程		4524	4524		2714	2714		2714	2714								1810	1810			
		互通工程		6880	6880		226867	226867		6880	6880					219987	TL1						
		附属工程		100	100		13900	13900		100	100					13800	TL1						

表 2-22 主体工程土石方平衡表

起讫桩号	长度	分区		挖方（m³）			填方（m³）			利用方（m³）						借方（m³）		骨料利用（m³）	弃方（m³）				备注
				小计	土方	石方	小计	土方	石方	小计	本桩利用	调运利用				数量	来源		小计	回填料场	综合利用	弃渣场	
												调出	去向	调入	来源								
		改沟工程		5934	5934														5934	5934			
GJTK 0+000 ～ GJTK 6+047	6047	路基工程	路基	287389	248571	38818	548063	220979	327084	548063	249328			298735	酉西 2 号隧道、公多雄隧道、浪拉山隧道				38061			38061	SQT-4
		附属工程		4286	4286		47619	47619		47619	4286			43333	K52+635～K56+418 段路基、吉塘 2 号隧道								
小计	70790	路基工程	路基	827083	708429	118654	3593987	2362725	1231262	1992940	463403	41738		1529537		1601047			321941			321941	
			不良地质	226524	226524		247776		247776	152558				152558		95217			226524	59697		166826	
		桥梁工程		131692	131692		79015	79015		79015	79015								52677	2513		50163	
		隧道工程		3244696	799926	2444770	21120	21120		21120	21120	1868123						448436	907017		150000	757017	
		互通工程		15719	15719		660809	660809		107793	15719			92074		553016							
		附属工程		93401	93401		232429	178212	54217	218629	93401			125228		13800							
		改路工程		235689	235689		22440	22440		22440	11976			10464					223713			223713	
		改沟工程		12017	12017														12017	5934		6083	
合计				4786821	2223396	2563424	4857576	3324321	1533255	2594496	684634	1909861		1909861		2263080		448436	1743889	68145	150000	1525745	

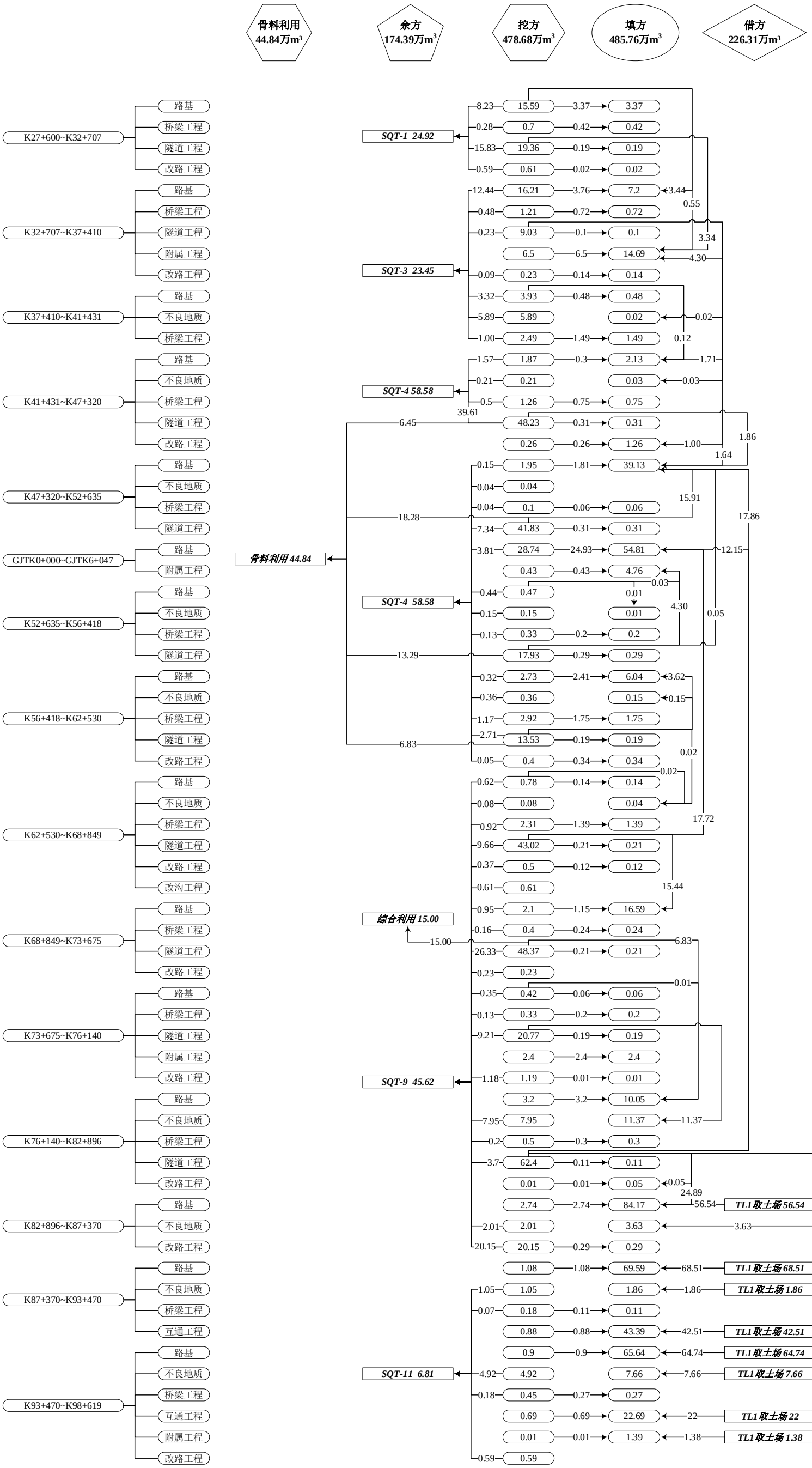


图 2-12 主体工程土石方平衡流向示意图　单位：万 m³

2.4.2 工程土石方汇总

本项目土石方平衡除了主体工程土石方外，另有石料场开采加工的废方、施工便道区和施工生产生活区基础挖填以及施工生产生活区完工后硬化层清除方的挖弃。

本项目挖填土石方共计 1142.52 万 m³，其中：挖方 585.25 万 m³，填方 557.27 万 m³，利用方 328.66 万 m³，借方 228.61 万 m³（自采），骨料利用 44.84 万 m³，余方 211.75 万 m³，其中 15.00 万 m³综合利用至当地企业，6.99 万 m³运至 SQT-11 弃渣场（取弃结合），189.76 万 m³运至 SQT-1～SQT-9 临时弃渣场。

表 2-23 工程土石方汇总表 单位：万 m³

分区		挖方	填方	利用方				借方	骨料利用	弃方			
				小计	本地利用	调出	调入			小计	回填料场	综合利用	弃渣场
路基工程	基础及不良地质	105.36	384.18	214.55	46.34	4.17	168.21	169.63		54.85	5.97		48.88
桥梁工程	基础	13.17	7.90	7.90	7.90					5.27	0.25		5.02
隧道工程	基础	324.47	2.11	2.11	2.11	186.82			44.84	90.70		15.00	75.70
互通工程	基础	1.57	66.08	10.78	1.57		9.21	55.30					
附属工程	基础	9.34	23.24	21.86	9.34		12.52	1.38					
改路工程	基础	23.56	2.24	2.24	1.19		1.05			22.37			22.37
改沟工程	基础	1.20								1.20	0.59		0.61
石料场	基础	5.40								5.40			5.40
施工便道	基础	95.05	64.24	64.24	64.24					30.81			30.81
施工生产生活区	基础	4.98	7.28	4.98	4.98			2.30					
	硬化层清除	1.15								1.15	0.18		0.97
合计		585.25	557.27	328.66	137.67	190.99	190.99	228.61	44.84	211.75	6.99	15.00	189.76

2.5 拆迁（移民）安置与专项设施改（迁）建

根据主体工程设计统计调查，工程共拆迁房屋 5596.63m²，由《施工图设计》可知本项目拆迁安置均采用一次性补偿，由建设单位出资，当地政府主管部门负责具体操作。相关水土流失防治工作由地方政府负责。

根据现场调查，项目沿线拆迁少量电线电缆设施，建设单位采用补偿方式，由相关专业部门负责具体操作。相关水土流失防治工作由相关专业部门负责。

2.6 工程进度

本项目总投资 766492 万元，土建投资 675137 万元，根据国家有关投资政策，建设资金为国家全额投资。

本项目初步安排 2026 年 11 月开工建设，2029 年 10 月完工通车，建设工期 36 个月。由于本项目属于高原温带半干旱气候，冬季（11 月～3 月）无法进行土建施工，以辅助施工为主，土建工程主要安排在 4 月至 10 月。

工程施工进度计划横道图见图 2-13。

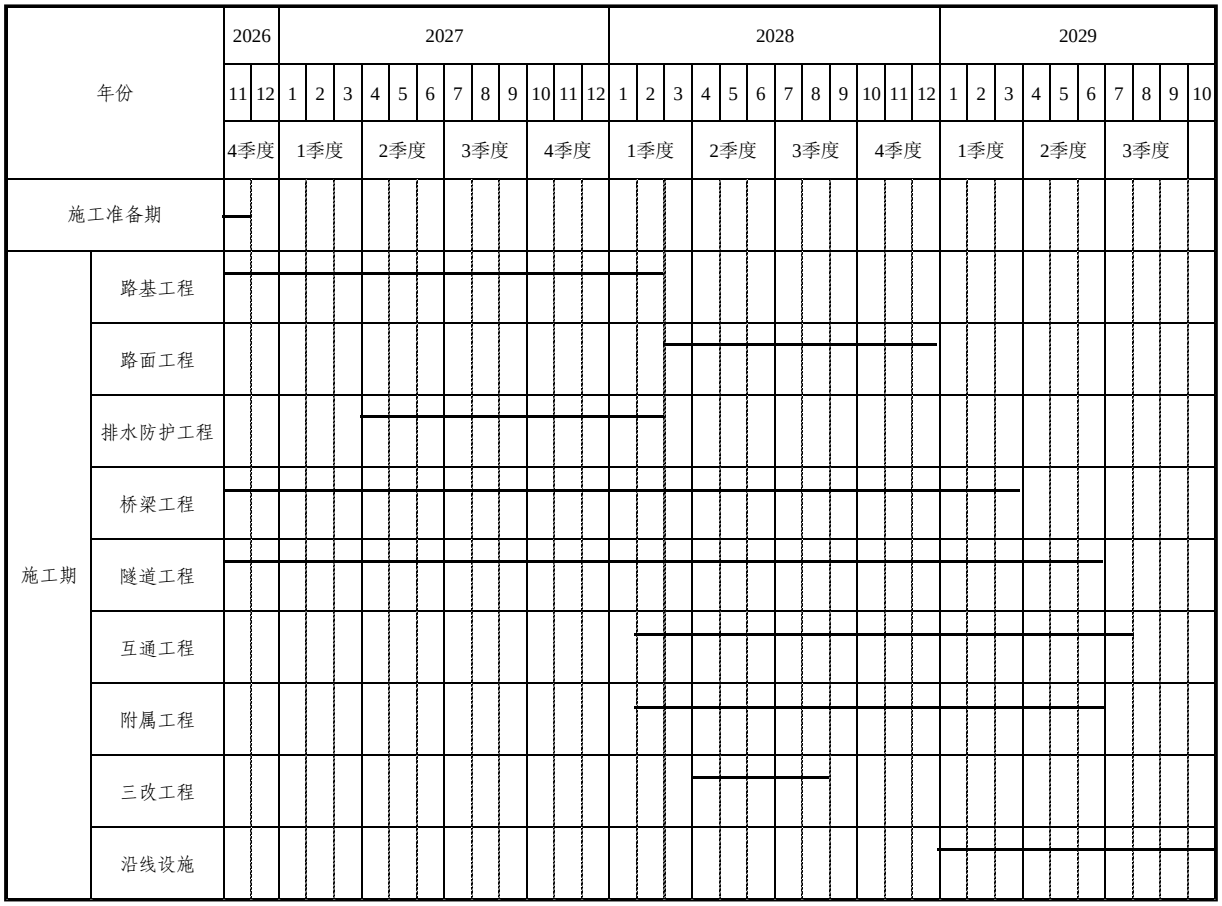


图 2-13 工程施工进度计划横道图

2.7 自然概况

2.7.1 地质

2.7.1.1 区域地质构造

根据《青藏高原及邻区大地构造单元初步划分》方案（潘桂棠等 2002 年 11 月），本区一级构造单元属于冈底斯—喜马拉雅构造区和羌塘—三江构造区。在冈底斯—喜马拉雅构造区一级构造单元内划分出冈底斯—念青唐古拉陆块和班公湖—怒江结合带 2

个二级构造单元；在羌塘—三江构造区一级构造单元内划分出南羌塘—左贡陆块、澜沧江结合带、昌都—思茅陆块、金沙江结合带、德格—中甸陆块5个二级构造单元；有的在二级构造单元内又划分出三级构造单元。本区各构造单元的构造变形主要表现为地壳运动（岩石圈构造）引起的各种地质构造现象，主要为褶皱和断裂等。

2.7.1.2 地层岩性

本段沿线附近出露的地层主要以印支期、前泥盆系、三叠系、侏罗系、第四系地层为主，大部分为沉积岩、变质岩作用，局部分布有岩浆岩。

印支期：桑多—吉塘构造岩浆带，为前泥盆纪喷发，印支期喷发、侵入，燕山期侵入活动岩浆带。路线区岩浆岩主要分布在吉塘镇至浪拉山一带，分布不广，以侵入岩为主，火山岩分布稀少零星，印支期细粒花岗闪长岩、中粒斜长花岗岩、细粒二长花岗岩。

前泥盆系：主要分布于桑多—吉塘断裂带西南侧，以吉塘群中—浅变质地层为主。路线区出露于吉塘镇以西至浪拉山段，呈北西至南东向狭长展布，与岩浆岩相伴而生，其原岩为一套变质基性火山岩—沉积碎屑岩及中酸性岩浆岩建造，系由一套混合岩化较强的岩石组成，区内地质资料对其时代、岩组划分分歧较多，本项目结合地质调查资料，将其地层划分为吉塘群第一组、第二组。

三叠系：调查区内三叠系发育不全，仅出露上统，主要分布于金河水库至吉塘镇、浪拉山、邦达草原至路线终点段，呈北西至南东向展布。为一套岛弧火山岩系和较稳定的浅海相碎屑岩、碳酸盐岩，并伴有一定的基性火山岩系及酸性火山岩建造，是路线区内出露较为广泛的地层之一。由下向上划分为甲丕拉组、波里拉组、阿堵拉组和夺盖拉组等地层组成。

侏罗系：调查区内侏罗系分布广泛，主要出露于桑多～吉塘断裂东侧区域，呈北西至南东向展布。本段路线附近出露的侏罗系地层主要为侏罗系下统查郎嘎组及土拖组、中统东大桥组和上统小索卡组下段等地层组成。

第四系：区内第四纪沉积物不发育，分布零星，据其所处的地理位置及其叠置关系、沉积环境类型、成岩程度等，可划分为更新统和全新统地层，主要为第四系更新统冲、洪积物，残（崩）—坡积物和全新统近代河流冲积层，多在路线区河流谷地、谷地两岸、山麓、山麓边缘处零星分布，局部山原以及古夷平面处亦有少量分布，成因类型复杂多样，主要有冲积、洪积、崩积、残积、坡积、人工堆积等，本项目路段

沿线地质病害都与这些第四系松散堆积物有直接的关系。

2.7.1.3 水文地质

⑴ 地下水

区内受第四纪新构造运动影响，一直处在上升多、下降少的震荡性运动中，原始地面受到了强烈的切割，谷地中零星沉积了厚度不等的漂卵石、卵石及碎石；两侧山地则地势高耸，谷坡陡峻，沟梁相间，基岩裸露。这一特定的自然环境条件就从整体上控制了区内地下水的分布规律与赋存条件。按赋存条件、水理性质和水力特征，可将本项目路段地下水划分为松散岩类孔隙潜水、碎屑岩类裂隙孔隙水、碳酸盐岩类裂隙溶洞水、基岩裂隙水。

区域地下水近河谷山麓缓坡带埋深多为 10~50m，中山峡谷岸坡带普遍为 50~200m，高山分水岭区域可达 200~500m；整体呈现河谷浅、山坡深，坡脚浅、山脊深的分布规律。

⑵ 腐蚀性评价

据《公路工程地质勘察规范》（JTG C20-2011）判定勘测区地表水及地下水对混凝土结构具有微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中钢筋具微腐蚀性。

2.7.1.4 不良地质

路线所处区域地质环境复杂，路线方案经过地段地形多变，地表切割较深，高差大，地貌复杂，岩土层复杂多变，地质条件复杂，不良地质及特殊地质现象发育。根据路线 1:10000 地质调绘，路线及其两侧主要不良地质有：滑坡、危岩、崩塌与岩堆、不稳定斜坡、碎屑流、积雪、涎流冰、冻胀融沉与翻浆；以危岩、崩塌与岩堆、不稳定斜坡不良地质最为突出。区内不良地质段落统计见表 2-24。

表 2-24 沿线不良地质段落统计表

项目	项目区总数量	对推荐线有影响的数量	备注
滑坡	6	3	已避让
崩塌、岩堆、危岩、坍塌	113	50	清除危岩、设置拦石墙、主（被）动防护网
不稳定斜坡	23	4	清除岩堆危岩，设置护脚墙、护面墙及石笼挡墙
泥石流（碎屑流）	24	10	设置拦石坝、拦石墙及泥石流排导槽等综合拦排措施
涎流冰	10	1	设置挡冰（水）墙进行拦截疏导
软基	20	16	挖除软弱土并换填碎石、砂卵砾石等粗颗粒透水性材料
合计	206	95	

2.7.1.5 弃渣场地质

本项目高山峡谷区 4 处弃渣场均位于高山峡谷“V”型冲沟内，覆盖层由第四系全新统残坡积、坡洪积碎石组成，松散～稍密。SQT-1 弃渣场覆盖层厚 4.5～5.2 m，下伏侏罗系泥质砂岩；SQT-3 弃渣场覆盖层厚 7.8～8.5 m，下伏侏罗系泥质粉砂岩；SQT-4 临时弃渣场覆盖层厚 5.8～6.5 m，下伏三叠系石英砂岩；SQT-9 临时弃渣场覆盖层厚 2.0～3.0 m，下伏基岩为三叠系砂岩。下伏基岩强风化层承载力特征值 350～400 kPa，中风化层承载力特征值 680～1000 kPa；覆盖层碎石土承载力特征值为 180 kPa，力学性质较低，建议采取合适的基础形式适当加大基础埋深。详见附件 15。

2.7.1.6 地震

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），路线起点至吉塘镇段地震动峰值加速度值为 0.20g，吉塘镇至邦达机场段地震动峰值加速度值为 0.15g；相应地震动反应谱特征周期为 0.45s；地震基本烈度值为Ⅶ度、Ⅷ度。

2.7.2 地貌

昌都市属于横断山西部的三江地区，总体地势为西、北部高，东、南部低，并自西北向东南倾斜，且谷地自北向南显著加深；三条大江与诸列山脉相间排列，南北纵贯，即自东而西依次为金沙江/达玛拉山—宁静山/澜沧江/他念他翁山—怒山/怒江/伯舒拉岭。

本项目即从昌都城关镇开始，沿宁静山脉与他念他翁山脉之间的澜沧江伸展，至吉塘镇右转，翻越他念他翁山至高山古台原上的邦达机场。

项目沿线海拔高程 3137～4731m，其中最低点位于桩号 K30+180，海拔高程 3137m；最高点位于桩号 K77+720，海拔高程 4731m，相对高差 1594m。本项目沿线桩号 K27+600～K82+888.597 段为高山峡谷地貌，桩号 K82+897.8～K98+619.819 段为高原宽谷地貌。

项目区地表物质分为基岩和第四系松散堆积物两大类。基岩以沉积碎屑岩为主，广泛分布于澜沧江河谷至邦达高原台地，岩性主要为侏罗系（J_3x^1、J_2d、J_2t、J_1ch）及三叠系上统（T_3d^2、T_3d^1、T_3a、T_3j^2）的泥质粉砂岩、页岩与石英砂岩互层，局部夹煤层及砾岩；碳酸盐岩（T_3b 灰岩、白云岩）呈条带状见于金河水库至吉塘段，岩溶弱发育；变质岩（C_1kg 板岩、千枚岩，$AnDjt^{1-3}$片麻岩、片岩）集中于吉塘至浪拉山段，片理及裂隙发育，易风化；岩浆岩（印支期 $\eta\gamma5^1b$、$\gamma o5^1a$ 及燕山期 $\xi\gamma5^3$花岗岩）呈团块状

分布于西西村—约多及浪拉山出口段，岩质坚硬，差异风化明显。

第四系松散堆积物成因复杂：河谷阶地以冲积砂卵砾石为主，具二元结构（上部粉质黏土，下部卵砾石），厚2~40m；坡脚及沟口发育洪积/崩坡积碎石土，厚2~30m；高原台地覆盖残坡积碎石土及草皮层（厚 0.2~0.4m），低洼处分布软弱土（淤泥质土，厚0.5~3.2m）及季节性冻土（最大冻深1.5m）。特殊性岩土还包括花岗岩残积土（西西村—约多段，砾质黏性土，厚 1~3.5m）及红黏土（碳酸盐岩区坡脚，硬塑状，厚0.5~2.5m）。整体上，高山峡谷段基岩裸露率高，松散层仅集中于阶地与沟口；高原台地段覆盖层厚且连续。

2.7.3 气候气象

项目区地处藏东高山峡谷地带，属高原温带半干旱气候，整体具有日照充足、气温偏低、昼夜温差大、年温差相对较大、降水稀少且季节分配不均的特征。

气象基础数据取自卡若区、察雅县、八宿县国家气象观测站 1991—2020 年同步观测系列资料，数据经昌都市气象局整编，30 年系列长度满足工程水文气象分析的代表性要求。项目沿线雨季集中在 5—9 月，该时段降水量占全年总降水量的 80%以上，降雨过程多夜雨、雷暴及短时强降水；风季为 11 月—次年 3 月，受高空西风急流控制，气候干燥、大风天气频发，大风日数占全年 70%以上。

项目涉及卡若区、察雅县、八宿县三个行政区域，各区县主要气象指标如下：多年平均气温分别为 7.5℃、11.0℃、10.4℃，全线年极端最低气温-25.0℃，年极端最高气温 33.4℃；多年平均降水量分别为 477.7mm、350.0mm、233.3mm，项目沿线多年平均降水量总体约 420mm；多年平均无霜期分别为 127d、180d、162d。

根据《中国暴雨统计参数图集》，查表计算，项目区 20、30、50、100 年一遇最大24h及1h降雨资料，查《水土保持工程设计规范》附录A图A.4.1-1中国5年一遇10min降雨强度 $q_{5,10}$ 等值线图得项目沿线短历时设计暴雨参数，根据重现期换算系数计算3年一遇 10min 降雨强度以及 1 年一遇 10min 降雨强度。项目区气象特征值详见表 2-25。

表 2-25 项目区气象特征值

项 目	单 位	卡若区	察雅县	八宿县
多年平均年降水量	mm	477.7	350.0	233.3
多年平均蒸发量	mm	1088.0	1669.0	2617.2
多年平均气温	℃	7.5	11.0	10.4
极端最高气温	℃	33.4	33.2	33.4
极端最低气温	℃	-25.0	-20.7	-16.9
≥10℃年积温	℃	1350	1600	1550
最大风速	m/s	15	12	24
多年平均风速	m/s	2.1	2.6	1.9
大风日数	d	＞80	>72	>58
主导风向		WN、WS	WN、WS	WN、WS
多年平均相对湿度	%	62	35	41
多年平均日照时数	h	2305	2283	2698
多年平均无霜期	d	127	180	162
最大冻土深度	cm	81	81	150
多年平均冻融天数	d	165	165	180
20 年一遇最大 1h 降雨量	mm	21.2	19.7	20.5
30 年一遇最大 1h 降雨量	mm	22.8	21.2	22.2
50 年一遇最大 1h 降雨量	mm	24.8	23.0	24.2
100 年一遇最大 1h 降雨量	mm	27.3	25.5	26.9
20 年一遇最大 24h 降雨量	mm	65.2	61.7	62.9
30 年一遇最大 24h 降雨量	mm	69.8	66.2	67.6
50 年一遇最大 24h 降雨量	mm	75.5	71.9	73.4
100 年一遇最大 24h 降雨量	mm	83.0	79.4	81.0
3 年一遇 5min 降雨强度	mm	1.04	1.04	1.04
5 年一遇 5min 降雨强度	mm	1.25	1.25	1.25
5 年一遇 10min 降雨强度	mm	1.0	1.0	1.0

2.7.4 水文

本项目加卡至浪拉山段涉及河流属澜沧江水系，涉及河流有澜沧江、金河，浪拉山至邦达机场段涉及河流属怒江水系，涉及河流有玉曲河。

澜沧江为西藏第三条大河，其正源扎曲河发源于青海省南部唐古拉山脉夏茸加山麓，支流昂曲河发源于西藏巴青县万马拉山，两河在昌都市卡若区汇合后称澜沧江。澜沧江自北西向南东流经昌都、察雅、左贡、芒康，于下盐井进入云南，出境后称湄公河。澜沧江在中国境内河长 2179 km，流域面积 81 万 km²；在昌都市境内河长 509 km，流域面积 3.83 万 km²，多年平均流量 664 m³/s，年径流量 108.5 亿 m³，水位年变幅 1.9～2.1 m，平均海拔高程 3500 m。澜沧江水沙含量较高，水质良好，河水补给由地下水（35%）、冰雪融水（33%）和雨水（32%）共同构成，下游以雨水补给为主。澜沧江在昌都市境内天然落差 263 m，平均坡降 2.5‰；水流湍急，河床多岩块及卵石，不

具备通航条件，但可用于木材漂送。河道呈北西—南东向狭长展布，北部河谷较宽（最宽约 220 m），南部河谷收窄（最窄仅 20 余 m）。澜沧江在昌都市境内主要支流有扎曲、昂曲、金河及麦曲，其中对路线有影响的为金河。

金河，又名色曲，为澜沧江一级支流，发源于他念他翁山脉中段南侧，自西北向东南流经丁青、类乌齐（县境内称紫曲河）、昌都、察雅（县境内称色曲河），于察雅县卡贡乡汇入澜沧江。金河全长 306 km，流域面积 7080 km²，河道平均坡降 6.97‰；流域呈北西—南东向展布，上游略宽，源头有布托措青、托措穷等高山淡水湖泊及冰川分布，分水岭海拔多在 5000 m 以上，最高 5636 m。径流以降雨补给为主，其次为冰雪融水和地下水，多年平均流量 79 m³/s，年径流量 24.9 亿 m³，最枯流量一般出现在 12 月至次年 2 月（约 7.3 m³/s）。流域植被呈垂直地带性分布，总体良好。色曲支流发育，其中对路线有直接影响的为多伤曲。多伤曲河长 18 km，流域面积 72.3 km²，天然落差 1300 m。

怒江为西藏第二大河，发源于藏北唐古拉山吉热格帕峰南麓（海拔 5733 m），上游称桑曲，于那曲市索县与索曲河汇合后称怒江。怒江流经昌都市边坝、丁青、洛隆、八宿、左贡等县，于察隅县拉康寺附近入滇，出境后流入缅甸称萨尔温江，最终注入印度洋安达曼海。怒江在昌都市境内河长 975 km，流域面积 48326 km²。上游河谷宽窄相间，下游属高山峡谷地貌，山岭与沟谷高差 1500～3000 m，谷坡陡峻，坡度一般大于 60°。受怒江断裂带影响，地形复杂、岩体破碎、变质程度高，除少数支流河谷较宽外，大部分河段深切。怒江在西藏境内总落差 3697 m，平均坡降 2.7‰，昌都境内坡降较大，最大比降河段平均坡降 4.2‰。河面宽度 50～100 m，水位落差 10 余 m，多年平均流量 602 m³/s，最大流量 6200 m³/s，年径流量 192.8 亿 m³。流域降水除八宿县较为干燥外，其余河段降水较多，河谷台地及缓坡适宜农耕，山坡森林资源丰富。怒江在昌都市境内主要支流有玉曲和冷曲，其中对路线有影响的为玉曲。

玉曲为怒江一级支流，发源于类乌齐县与洛隆县交界山岭，自西北向东南流经洛隆、八宿县，纵贯左贡县，至林芝市察隅县经两个大拐弯后于察瓦龙北部汇入怒江。玉曲全长 402 km，流域面积 9190 km²。玉曲上游段（源头至邦达机场）海拔 4300 m 以上，属典型高原宽谷，河床宽浅且弯曲分叉，最宽处可达 1～2 km；中游段（邦达机场至左贡县城）河面宽窄交替、纵比降增大，两岸发育 3～4 级阶地；下游段（左贡县城至汇口）河道显著收窄，两岸谷壁直立，呈障谷或“U”形谷形态，阶地不发育。玉曲

天然落差约 3‰，多年平均流量 60.2 m³/s，平均径流量 18.99 亿 m³，涨水期为 4～5 月中旬，洪峰期为 7～8 月，11 月底开始结冰，冰冻厚度 30～60 cm，次年 3 月解冻。玉曲有大小支流 40 条，呈树枝状分布，其中对路线有直接影响的为果曲。果曲河长 27 km，汇水面积 158 km²，天然落差 550 m。

项目沿线主要河道水文情况详见表 2-26。

表 2-26 沿线主要河道 100 年一遇设计流量、水位表

序号	桩号	桥名	孔数及孔径（孔-m）	河道	设计流量(m³/s)	设计水位(m)
1	K27+877	梯贡 2 号大桥	5×30+68+120+68+2×30	澜沧江	4689	3152.7
2	K29+198	供马龙 1 号大桥	30+68+120+68	澜沧江	4690	3152.3
3	K29+741	供马龙 2 号大桥	90+140+90	澜沧江	4692	3152.1
4	K35+970	约隆特大桥	31×40	澜沧江	4699	3150.4
5	K45+315	金河特大桥	40+(85+160+85)+3×40	金河	950	3241.3
6	K80+234	果曲大桥	25×25	果曲	535	4422.2
7	K90+356	索拉中桥	1×30	果曲支流	29.5	4365
8	K93+485	曲扯中桥	1×30	果曲支流	23.5	4332.1
9	K97+065	玉曲河 1 号桥	8×40	玉曲河	286.2	4315.5

2.7.5 土壤

2.7.5.1 项目区土壤类型

项目区土壤类型主要为高山草原土、高山草甸土，由于区域内气候干旱、风大、土壤冻结期长，土壤腐殖质累积和冻融过程减弱，出现钙化特征。在溪沟、河滩以及湖泊周边，分布有一定的草甸沼泽土和泥炭沼泽土，质地以沙壤土、轻壤土为主，含有一定量的砾石，土壤层厚 10cm～30cm，局部地区腐殖土层较厚。其他区域生长高寒草原植物，因草根少，不能形成草毡层，腐殖质层较薄，呈灰棕或灰黄色，稍现粒状—团块状结构；土体富含砾石，石砾背面有石灰膜，有机质含量低，一般为 1-2%，自上向下减少，土体呈碱性，因冻融和风蚀结构，亚表层或下层粘粒含量普遍高于表层。粘土矿物以水云母为主，并有少量蒙脱石，部分剖面还有夹层水云母。除氧化钙和氧化镁在剖面中移动外，其他氧化物移动不明显。

2.7.6 植被

项目位于西藏昌都横断山脉北段澜沧江中上游高山峡谷区，植被属青藏高原高寒植被区—横断山脉北部山原峡谷山地灌丛亚区（昌都－察雅小区），垂直分异显著。沿线海拔 3100~4600m，植被覆盖度整体较高，中高海拔原生植被保存良好；海拔 4300m

以上的高寒灌丛与草甸生态系统极为脆弱，生长缓慢、恢复难度大，是本项目生态保护与植被恢复的重点区。

沿线自低向高依次为：①干暖河谷灌丛带（海拔 3100~3400m，加卡至乃帕澜沧江段及金河段），以白刺花、小角柱花、甘青鼠李、腺花醉鱼草、西藏中麻黄等旱生灌丛为主，盖度 30%~60%；河谷阶地有藏柳、青杨人工林及青稞、油菜等农田，人为干扰较强。

②山地寒温性针叶林带（海拔 3400~4300m，乃帕爬坡段至酉西段及吉塘连接线），以川西云杉林和大果圆柏疏林为主，为重要水源涵养林。川西云杉林郁闭度 0.5~0.6，林下落叶灌木占优势，常见忍冬、茶藨子、金露梅、柳、小檗等，杜鹃退居次要，草本以苔草、蓼、早熟禾等为主，灌草盖度 30%~80%；大果圆柏多为疏林，郁闭度 0.2~0.4，林下灌木有绢毛蔷薇、小檗、绣线菊等，草本以毛莲蒿、火绒草、早熟禾等为主。原生植被整体保存完好。

③亚高山高寒灌丛草甸带（海拔 4300~4600m，年拉山、浪拉山越岭段及果曲、玉曲上游），以金露梅灌丛、高山柳等与高山嵩草（小嵩草）草甸镶嵌分布，盖度 60%~90%，草甸根系致密，抗干扰能力弱，生长季短，生态脆弱。

人工植被呈斑块状分布于低海拔村庄、河谷及吉塘镇，主要有藏柳、青杨防护林及青稞、油菜等农作物。项目区林草覆盖率约为 52%，植被覆盖度约 40%。

2.7.7 水土保持敏感区及其他敏感区

2.7.7.1 水土保持敏感区

本项目跨越西藏自治区昌都市的卡若区、察雅县和八宿县，根据《水利部办公厅关于做好国家级水土流失重点预防区和重点治理区落地上图成果应用的通知》（办水保〔2025〕170 号），本项目不涉及国家级水土流失重点防治区。根据《西藏自治区水土保持规划（2019-2030 年）》（藏政函〔2019〕55 号）及《昌都市水土保持规划（2021-2030 年）》，卡若区以及察雅县位于西藏自治区水土流失重点治理区，八宿县不涉及西藏自治区及昌都市水土流失重点防治区。

2.7.7.2 其他敏感区

本项目占用国家二级公益林已取得国家林业和草原局同意意见，涉及澜沧江已取得西藏自治区水利厅同意意见，涉及色曲、果曲、伟曲已取得昌都市水利局同意意见，涉及多伤曲尚需取得察雅县水利局同意意见。

桥下游 1.0km，全长约 6.0km 范围；澜沧江干流段拟建约隆 1 号特大桥上下游约 1.3km 范围；色曲（金河）河段拟建金河特大桥上下游约 1.2km 的范围；多伤曲河段拟建亚加特大桥上下游约 2.5km 的范围；果曲段从浪拉山隧道出口至玉曲入汇口，全长约 17.3km；玉曲河段拟建玉曲河 1 号桥桥上 700m 至益清桥下约 500m，全长约 3.6km。横向范围为河道管理范围线以内区域。

建设单位已委托洪水影响评价单位完善洪水影响评价报告，澜沧江洪水影响评价已通过西藏自治区水利厅评审，色曲、果曲、伟曲洪水影响评价均已通过昌都市水利局评审，以上洪水影响评价均已取得批复，详见附件。多伤曲洪水影响评价报告已于 2026 年 9 月 24 日报送察雅县水利局，察雅县水利局于 9 月 30 日组织召开技术评审会议，目前正按评审意见对报告进行修改完善。按照工作计划，可于项目开工前取得察雅县水利局出具的洪水影响评价批复文件；建设单位承诺，涉及多伤曲沟道的相关工程在取得洪水影响评价批复前不投入使用，并严格按照批复的洪水影响评价报告及批复意见落实各项要求。

本项目主线路基均不涉河，所有临时用地均不涉河，不存在涉河填筑工程。项目涉河内容仅为跨河桥梁工程。

3 项目水土保持评价

3.1 主体工程选线水土保持评价

根据《中华人民共和国水土保持法》《中华人民共和国长江保护法》《中华人民共和国青藏高原生态保护法》《西藏自治区实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》及《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）等水土保持法律法规要求对本项目选线进行评价，相符性见表 3-1～表 3-4。其主要评价结论如下：

⑴ 本项目不涉及河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带。

⑵ 项目占地范围内不涉及全国水土保持监测网络中的水土保持监测站点、重点试验区及国家确定的水土保持长期定位观测站。

⑶ 本项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，且无法避让，主体工程不断优化设计，本方案执行青藏高原区水土流失一级标准，优化施工工艺，减少地表扰动和植被破坏范围，有效控制可能造成的水土流失。

1）本项目为新建道路，在主体设计过程中，充分进行桥隧论证，尽量减少新增征占地和土石方。施工图设计阶段进一步优化了线路平纵断面，并对沿线局部路段进行了优化调整，通过设置路基挡墙，收缩坡脚，控制边坡占地。

2）项目采用青藏高原区水土流失防治一级标准，同时提高了林草覆盖率标准 2%；不降低林草植被恢复率、渣土防护率等标准值，并通过采取工程、植物、临时措施等综合防治措施体系，最大限度减少工程建设可能造成的水土流失。

3）由于本项目为新建路段，两侧以林地和草地为主，占压部分林草地具有不可避免性，主体设计通过设置挡墙收缩坡脚，减少扰动地表面积，同时施工结束后采取植被措施，尽量减少对周边环境的破坏。

4）施工组织中项目沿现有 G214 布线，充分利用现有道路作为施工便道，施工组织中控制了施工场地占地，减少了新增占地面积。

⑷ 路线纵面设计评价

1）加卡至浪拉山段纵面设计

根据现 G214 国道历史资料分析，本项目所在地区为非冰冻积雪区域，本项目有连续长大纵坡、海拔较高、冬季存在积雪的现象，以 3950m 海拔高度为界，桥梁纵面控

制在 3%以下。在保障行车安全的前提，本项目加卡至浪拉山段纵面纵面设计原则为：控制平均纵坡小于 3%，隧道纵坡小于 3%，桥梁纵坡在 3950m 标高以上的采用 3%，3950m 标高以下的采用 4%。

为充分利用加卡至乃帕段河谷有利地形，降低工程规模，并满足吉塘连接线的布设要求以实现察雅及沿线村庄的交通转换，加卡至浪拉山段采用乃帕起坡方案，平均纵坡控制在 3%以内。

项目加卡至浪拉山段所在地为山岭重丘区，山体陡峭，坡度一般在 35～55°，局部地段达 70°或近于直立。受地形地质条件控制，本路段以桥隧为主，桥隧比高达 85.14%，其中隧道占比 51.14%，在进行横断面设计中，路基的段落尽量采用挡土墙的形式进行收坡，避免大填大挖破坏当地的自然生态。同时对于沟谷等稍平缓路段路基采用加宽平台、放缓边坡等措施，在保障路基稳定的前提下，加大对隧道洞渣的利用率。

2）浪拉山至邦达机场段纵面设计

本项目浪拉山至机场段为高原宽谷地貌，海拔高度在 4400m 以上，物理风化作用强烈，冬季山顶多积雪、冻土，冰蚀地形发育。

结合沿线气象、水文条件，考虑路基工作区深度、地下水及季节性冻深影响，路床须处于干燥或中湿状态。浪拉山至邦达机场段位于草原牧区，水系发达，部分路段采用浸水路堤，壅水高度取 1.0 m。

基于上述背景，按照路面结构厚 0.69 m、路床厚 0.8 m，浪拉山至邦达机场段考虑浸水路堤壅水影响，路基最小填高取 2.5 m。该段长约 15 km，按地方政府要求共设放牧通道 12 道（净空 3 m 和大于 4 m 各 6 道），排水涵洞 29 道（净空不小于 2 m）；预留流邦达火车站通道桥，跨越玉曲河设置玉曲河 1 号、2 号桥。

综合冻土处治、放牧通道及构造物净空等控制条件，浪拉山至邦达机场段纵面设计采用最大纵坡 2.7%、最小纵坡 0.3%控制，路段平均填高约 4.2 m。路基填筑充分利用洞渣、桥梁桩基及防护工程挖方等，减少借方。

本项目路线纵面设计在保障主体工程安全功能的前提下，充分结合地形地质条件优化平纵指标。加卡至浪拉山段通过乃帕起坡方案的有效利用，显著降低了工程规模；浪拉山至邦达机场段合理确定纵坡与填高控制标准，兼顾冻土处治与牧区通行需求。两段设计均通过以桥隧代路、挡墙收坡、放缓边坡、加大洞渣利用等措施，尽可能减少了开挖填筑及占地规模，从源头减少弃渣产生，符合水土保持相关要求。

综上所述，本项目在选线方面能够满足水土保持法律法规及技术标准中有关约束性规定的要求，不存在水土保持重大制约因素，项目建设可行。

表 3-1 《中华人民共和国水土保持法》中相关条款分析与评价

序号	水保法相关条款	内容	本项目的相符性分析
1	第十七条第一款、第二款	地方各级人民政府应当加强对取土、挖砂、采石等活动的管理，预防和减轻水土流失。 禁止在崩塌、滑坡危险区和泥石流易发区从事取土、挖砂、采石等可能造成水土流失的活动。崩塌、滑坡危险区和泥石流易发区的范围，由县级以上地方人民政府划定并公告。	本项目设置了 1 处石料场和 1 处取土场，料场均不在县级人民政府划定的崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区。
2	第十八条第一款	水土流失严重、生态脆弱的地区，应当限制或者禁止可能造成水土流失的生产建设活动，严格保护植物、沙壳、结皮、地衣等。	本项目区不属于水土流失严重、生态脆弱的区域。项目建设过程中难以避免会占用草地，对占地范围内的植被尽量保护，并且对可以恢复植被区域进行种草，恢复原始地貌植被。
3	第二十四条第一款	生产建设项目选址、选线应当避让水土流失重点预防区和重点治理区；无法避让的，应当提高防治标准，优化施工工艺，减少地表扰动和植被损坏范围，有效控制可能造成的水土流失。	本项目涉及了西藏自治区划定的水土流失重点治理区，项目无法避让，采用一级防治标准，排水设计标准取上限值计算，提高植草密度，对占用草甸区域设计剥离草皮、养护、回铺，林草覆盖率提高了 2%，通过优化施工工艺，严格控制地表扰动和植被损坏范围，有效控制可能造成的水土流失。
4	第二十五条第一款	在山区、丘陵区、风沙区以及水土保持规划确定的容易发生水土流失的其他区域开办可能造成水土流失的生产建设项目，生产建设单位应当编制水土保持方案，报县级以上人民政府水行政主管部门审批，并按照经批准的水土保持方案，采取水土流失预防和治理措施。没有能力编制水土保持方案的，应当委托具备相应技术条件的机构编制。	本项目属于可能造成水土流失的生产建设项目，需编报水土保持方案，建设单位委托了具备相应技术条件的机构编制。
5	第二十八条	依法应当编制水土保持方案的生产建设项目，其生产建设活动中排弃的砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等应当综合利用；不能综合利用，确需废弃的，应当堆放在水土保持方案确定的专门存放地，并采取措施保证不产生新的危害。	本项目建设过程中产生的弃渣，在工程设计时采取了各区各桩号间调运利用方案，对于开挖的石方尽量综合利用或回填料场采坑，弃方运至弃渣场集中堆放，本方案提出水土流失防治措施。
6	第三十八条	对生产建设活动所占用土地的地表土应当进行分层剥离、保存和利用，做到土石方挖填平衡，减少地表扰动范围；对废弃的砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等存放地，应当采取拦挡、坡面防护、防洪排导等措施。生产建设活动结束后，应当及时在取土场、开挖面和存放地的裸露土地上植树种草、恢复植被，对闭库的尾矿库进行复垦。	本项目对扰动地面进行表土剥离及防护措施，本方案对于临时堆土和永久弃渣采取相应防护措施，完工后对临时堆土场等裸露土地植被恢复。

表 3-2 水土保持制约因素评价

序号	项目名称	水保技术规范中要求的强制性条款	本项目执行情况	符合性比较
1	工程选线	1、主体工程选址（线）应避绕水土流失重点预防区和重点治理区。 2、主体工程选址（线）应避绕河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带。 3、主体工程选址（线）应避绕全国水土保持监测网络中的水土保持监测站点、重点试验区及国家确定的水土保持长期定位观测站。	1、本项目位于西藏自治区水土流失重点治理区，线路处于 G214 所在的澜沧江及金河所在走廊带，无法避让，主体设计优化方案，减少工程占地和土石方量，截排水与拦挡工程级别和防洪标准提高一级等。 2、本项目未涉及河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带。 3、项目区占地范围内没有水土保持监测网络中的监测站、试验站和观测站。	本项目在选线上不存在制约性因素。
2	取料场选址	**1、严禁在崩塌和滑坡危险区、泥石流易发生区内设置取土（石、砂）场。** 2、取土（石、砂）场设置应符合城镇、景区等规划要求，并与周边景观相互协调。 3、在河道取土（石、砂）的应符合河道管理的有关规定。 4、应综合考虑取土（石、砂）结束后的土地利用。	1、石料场、取土场选址均避开了崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区。 2、石料场、取土场远离沿线的村镇，未在村镇的可视范围内。 3、石料场、取土场不涉及河湖管理范围。 4、石料场开采后进行平整恢复；取土场采用坡地下挖的开采方式，便于后期恢复利用，同时开采后，部分工程弃渣回填采坑进行土地整治，根据原占地类型进行植被恢复。	本项目在取料场选址上不存在制约性因素。
3	弃渣场选址	**1、严禁在对公共设施、基础设施、工业企业、居民点等有重大影响的区域设置弃土（石、渣、灰、矸石、尾矿）场。** 2、涉及河道的应符合河流防洪规划和治导线的规划，不得设置在河道、湖泊和建成水库管理范围内。	1、SQT-1 弃渣场、SQT-4 临时弃渣场、SQT-11 弃渣场（取弃结合）等 3 处弃渣场周边及下游 1km 范围无公共设施、基础设施、工业企业、居民点等有重大影响的敏感因素。SQT-3 弃渣场下游 1550m 为本项目路基、1600m 为 G214 国道、1640m 为澜沧江，经弃渣场失事影响专题分析，失事后最大滑移距离 722m，对下游路基、国道及澜沧江均无安全影响。SQT-9 临时弃渣场下游 1200～1250m 沟道左侧有 2 处房屋，已纳入主体拆迁范围，堆渣前拆除，消除安全隐患后无安全影响。 2、弃渣场不涉及河道。	本项目在弃渣场选址上不存在制约性因素。

表 3-2 水土保持制约因素评价

序号	项目名称	水保技术规范中要求的强制性条款	本项目执行情况	符合性比较
		3、在山丘区宜选择荒沟、凹地、支毛沟，平原区宜选择凹地、荒地，风沙区宜避开风口。	3、本项目弃渣场均位于荒沟或荒地。	
		4、应充分利用取土（石、砂）场、废弃采坑、沉陷区等场地。	4、项目终点附近 6.99 万 m³弃渣均回填 TL1 取土场采坑。	
		5、应综合考虑弃土（石、渣、灰、矸石、尾矿）结束后的土地利用。	5、弃渣场后期采取植被恢复措施。	
4	青藏高原区特殊规定	1、应严格控制施工扰动范围，保护地表、植被。 2、高原草甸区应注重草皮的剥离、保护和利用。	1、严格控制施工扰动范围，对占地范围内的表土进行了剥离保护。 2、部分占用了草甸区域，本方案采取了草皮剥离、密目网苫盖和养护方式保护原地貌，施工结束后对临时占地区域进行草皮回铺和植被恢复措施。	通过主体工程设计及水土保持方案提出的完善措施，工程建设可以满足约束性规定要求。
		3、防护措施应考虑冻害影响。	3、本方案在水土保持措施布设时，考虑了冻害影响问题，包括采用浆砌石拦挡防护，加大挡墙埋深等。	

表 3-3 《中华人民共和国青藏高原生态保护法》的相关条款评价

序号	相关条款	内容	本项目的相符性分析
1	第十七条	在青藏高原新建、扩建产业项目应当符合区域主体功能定位和国家产业政策要求，严格执行自然资源开发、产业准入及退出规定。	本项目为新建公路工程，是构建昌都市“西部地区公路交通枢纽”的重要组成部分，符合区域主体功能定位和国家产业政策要求。
2	第二十一条	禁止违法利用、占用青藏高原河道、湖泊水域和岸线。	本项目梯贡 2 号大桥、供马龙 1 号大桥、供马龙 2 号大桥、约隆 1 号特大桥涉及澜沧江；金河特大桥涉及色曲（金河）；果曲大桥、索拉中桥、曲扯中桥涉及果曲；玉曲河 1 号大桥、玉曲河 2 号大桥、机场互通 1 号主线桥、机场互通 A 匝道桥涉及伟曲（玉曲）。建设单位已委托洪水影响评价单位完善洪水影响评价报告，澜沧江洪水影响评价已通过西藏自治区水利厅评审，色曲、果曲、伟曲洪水影响评价均已通过昌都市水利局评审，以上洪水影响评价均已取得批复，详见附件。多伤曲洪水影响评价正在编制，按照计划，可在项目开工前取得察雅县水利局的批复文件，建设单位承诺后期按批复的洪水影响评价报告相关要求严格执行。
3	第二十三条	加强青藏高原高寒草甸、草原生态保护修复。	项目占用草甸区域，本方案采取了草皮剥离，在施工期间采取养护措施提高草皮存活率，施工结束后对临时占地区域进行草皮回铺和植被恢复措施，修复当地生态。
4	第三十二条	禁止在青藏高原水土流失严重、生态脆弱的区域开展可能造成水土流失的生产建设活动。确因国家发展战略和国计民生需要建设的，应当经科学论证，并依法办理审批手续，严格控制扰动范围。	本项目区不属于水土流失严重、生态脆弱的区域。

表 3-4 西藏自治区实施《中华人民共和国水土保持法》办法对照表

文件条款	要求内容	项目情况	评价结论
第十七条	禁止在崩塌、滑坡危险区和山洪、泥石流易发区从事取土、挖砂、采石、采矿等可能造成水土流失的活动。	本项目未在崩塌、滑坡危险区和山洪、泥石流易发区从事取土、挖砂、采石、采矿等可能造成水土流失的活动。	符合
第十八条	在水土流失严重、生态脆弱的地区，应当限制或者禁止可能造成水土流失的生产建设活动，严格保护植物、沙壳、结皮、地衣等原地貌，对生产建设需剥离高山草甸和植被等，应当妥善保护，及时移植。在冻融侵蚀区，应当采取预防保护为主，严格	项目区不属于水土流失严重地区，但沿线生态脆弱区，项目建设包含沿线不良地质的整治并剥离表土，项目建设过程中难以避免会占用草地，对占地范围内的植被尽量保护，并且对可	符合

表 3-4 西藏自治区实施《中华人民共和国水土保持法》办法对照表

文件条款	要求内容	项目情况	评价结论
	控制生产建设活动，减少人为扰动，禁止无序开采。	以恢复植被区域进行种草，恢复原始地貌植被。	
第十九条	生产建设项目选址、选线应当避让水土流失重点预防区和重点治理区。无法避让的，应当征求同级水行政主管部门的意见，提高水土流失防治标准、减少工程永久或者临时占地面积，加强工程管理，优化施工工艺，减少地表扰动和植被损坏范围，保护现有水土保持设施，有效控制可能造成的水土流失。	本项目位于西藏自治区水土流失重点治理区，且无法避让，主体设计优化了方案，本方案通过提高相应防护标准，提高截排水工程设计标准，提高植物措施标准，林草覆盖率提高 2 个百分点，并优化施工工艺，严格控制地表扰动和植被损坏范围，有效控制可能造成的水土流失。	符合
第二十条	在山区、丘陵区、风沙区以及水土保持规划确定的容易发生水土流失的其他区域开办可能造成水土流失的生产建设项目，生产建设单位应当编制水土保持方案，报县级以上人民政府水行政主管部门审批，并按照批准的水土保持方案，采取水土流失预防和治理措施。没有能力编制水土保持方案的，应当委托具备相应技术条件的机构编制。	本项目涉及高山峡谷区及高原宽谷区，开工前生产建设单位已经委托方案编制单位编制水土保持方案。编制完成后将报请水行政主管部门审批，同意通过后生产建设项目可开工建设。	符合
第二十六条	依法应当编制水土保持方案的生产建设项目应当减少破坏植被，其生产建设活动中排弃的砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等应当综合利用；不能综合利用，确需废弃的，应当堆放在水土保持方案确定的专门存放地，并采取相应的防护措施保证不产生新的危害。	本项目挖方较大，在充分移挖作填、考虑隧道钻渣骨料利用以及回填取土场采坑的情况下，方案设计 5 处弃渣场堆置弃渣，并采取拦挡等防护措施保证不产生新的水土流失危害。	符合
第三十五条	对生产建设活动所占用土地的地表土应当进行分层剥离、保存和利用，做到土石方挖填平衡，减少地表扰动范围；对废弃的砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等存放地，应当采取拦挡、坡面防护、防洪排导等有效措施。生产建设活动结束后，应当及时对取土场、开挖面和存放地的裸露土地以及闭库的尾矿库进行复垦，或者采取造林种草等措施，恢复植被。	本方案设计对表土和草皮进行剥离，并选择临时堆土场进行堆放，且采取了临时防护和拦挡措施，有效保护了表土和草皮；施工完毕后，对表土进行回覆，对草皮进行回铺，临时堆土场及时采取植物措施，恢复植被。	符合

3.2 建设方案与布局水土保持评价

3.2.1 工程建设方案评价

⑴ 建设方案相符性分析

本方案对照《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）中关于工程建设方案与布局的相关规定进行水土保持评价，并提出相应要求，详见表 3-5。

表 3-5 《生产建设项目水土保持技术标准》(GB 50433-2018)关于工程建设方案与布局的分析评价

GB 50433-2018 的约束性条件	相符性评价	评价结论
公路、铁路工程在高填深挖路段，应采用加大桥隧比例的方案，减少大填大挖；填高大于 20m，挖深大于 30m，应进行桥隧替代方案论证；路堤、路堑在保证边坡稳定的基础上，应采用植物防护或工程与植物防护相结合的设计方案；	本项目加卡至浪拉山段（高山峡谷区）桥隧比 85.14%，全线最大填高 18.6m，最大挖深 28.0m，全线不存在挖深大于 30m 的路段，不存在填高大于 20m 的路段。 项目挖填边坡根据岩性区别设置不同的坡率保证稳定，较高路段分台阶开挖，并设碎落台，坡面采取防护措施。	符合
对无法避让水土流失重点预防区和重点治理区的生产建设项目，建设方案应符合下列规定： ①应优化方案，减少工程占地和土石方量；公路、铁路等项目填高大于 8m 宜采用桥梁方案。 ②截排水工程、拦挡工程的工程等级和防洪标准应提高一级。 ③宜布设雨洪集蓄、沉沙设施。 ④提高植物措施标准，林草覆盖率应提高 1 个～2 个百分点	本项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，且无法避让。	符合
	①项目为新建工程，在主体设计过程中，优化布线，尽量减少新增征占地和土石方，初步设计阶段，通过瓦约村至乃帕村路段、金河水库路段以及浪拉山至邦达机场段等局部路线调整，减少余方 13.45 万 m^3；通过设置路基挡墙，收缩坡脚，控制路基边坡占地。本项目主体设计对填方路段进行桥梁替代方案论证后，考虑总体造价以及消纳部分工程弃渣，对位于地势平缓填土高度大于 8m 且小于 2m 的路段采用路基方案。 ②取土场、弃渣场等永久性截排水工程全部采用高标准的 5 年一遇 5min 短历时设计暴雨，弃渣场拦挡工程的工程等级和防洪标准均提高一级。 ③各防治区均因地制宜布置了沉沙池措施。 ④提高植物措施标准，包括提高植草密度，对占用草甸区域设计草皮剥离、养护、回铺，同时提高了林草覆盖率标准 2%。	符合

根据上述分析，本工程建设方案与布局符合水土保持相关规定与要求。

(2) 主体设计填方路段在边坡自身稳定的原则下采用在坡脚设置路肩墙，减少路基断面面积，减少占地扰动。挖方路段在边坡自身稳定的前提下，结合土质及岩层产状，在保证边坡稳定的前提下，尽量减少挖方边坡扰动范围。临时施工用地结合施工程序，合理紧凑布局施工区，满足工程需求的同时尽量减少节约用地。弃渣场和临时施工用地以少占耕地和林地为合理选址的重要考察因素。因此主体设计已从多方面综合优化了建设方案，控制了工程占地和土石方量。

(3) 针对稳定的路堤、路堑边坡，主体设计布置了衬砌拱护坡、菱形框架护坡以及生态毯护坡等生态护坡，符合水土保持技术标准要求。

(4) 本项目不涉及饮用水水源保护区、水功能一级区的保护区和保留区、自然保护区、世界文化和自然遗产地、风景名胜区、地质公园、森林公园以及重要湿地等水土保持敏感区。

综上所述，其建设方案符合水土保持技术标准要求。

3.3 工程占地评价

主体设计对工程占地面积以及占地类型进行了较为详细的统计，没有按工程部分进行划分。本报告根据路基、桥梁、隧道、互通、附属工程等的长度和宽度对永久占地进行了划分；对各施工部分的临时占地面积以及占地类型进行了测算。

经统计，本项目占用地表面积 340.14hm²，其中永久占地 199.42hm²，占项目总面积的 56.70%；临时占地 140.72hm²，占项目总面积的 43.30%，占地类型包括旱地、乔木林地、灌木林地、天然牧草地、城镇住宅用地、农村宅基地、公路用地、农村道路、河流水面、水工建筑用地和裸土地。工程占地统计见表 2-21 和图 3-1。

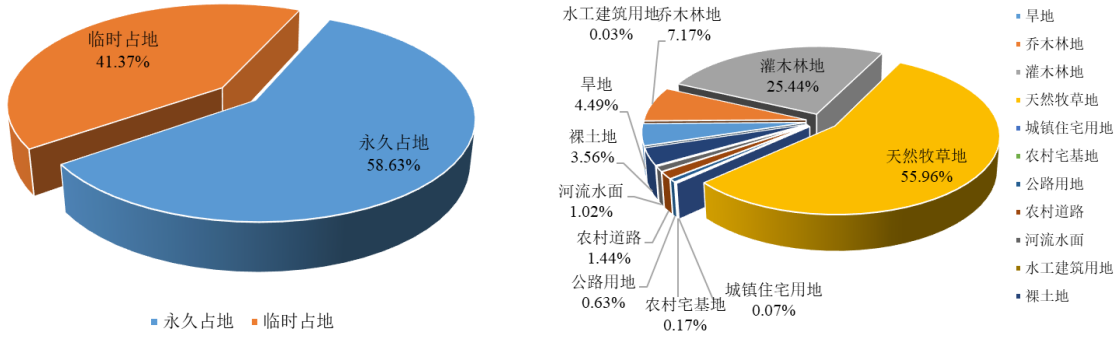


图 3-1 工程占地性质及占地类型饼状图

3.3.1 工程占地内容分析

(1) 从占地内容来看，本项目包括路基工程、桥梁工程、隧道工程、互通工程、附属工程、改路工程、改沟工程、临时堆土场、石料场、取土场、弃渣场、施工便道和施工生产生活区等 13 项建设内容。其中永久占地为路基工程、桥梁工程、隧道工程、互通工程、附属工程、改路工程和改沟工程，分别为 138.12 hm²、33.72 hm²、8.28 hm²、9.00 hm²、4.17 hm²、5.46hm²、0.67hm²，根据《施工图设计》相关资料，路基工程路堤两侧排水沟外边缘（无排水沟时为路堤或护坡道坡脚）以外，或路堑坡顶截水沟外边缘（无截水沟为坡顶）以外 2m 范围；桥梁工程构造物为上部构造垂直投影边缘线以外 1m 范围；隧道工程洞脸上边坡截排水沟外 1m 计入公路用地范围；互通工程区参照路基桥梁标准，同时包括互通内部环岛范围；附属工程区为周边排水沟外 1m 范围；临时占地主要是施工期的给排水、供电、对外交通、施工办公生活区域、施工便道、施工用水用电、临时堆土等占地的需求，同时包括石料场、取土场和弃渣场，经分析，主体工程确定的永久占地考虑较周全，占地范围合理，不存在缺漏项。

(2) 从占地类型来看，工程征占地类型包括旱地、乔木林地、灌木林地、天然牧

草地、城镇住宅用地、农村宅基地、公路用地、农村道路、河流水面、水工建筑用地和裸土地。其中灌木林地和天然牧草地面积较大，分别为 91.93hm²、190.38hm²，占比 26.54%和 54.97%，为主要占地类型，由于本项目为新建道路，两侧以林地和草地为主，占压一定数量的林草地具有不可避免性，主体设计通过设置挡墙收缩坡脚，减少扰动地表面积，同时对项目区内占用的林地和草地进行了表土剥离保护，施工结束后通过工程的边坡绿化恢复植被，尽量减少对周边环境的破坏。占地类型及数量符合水土保持的要求。

本项目桥梁工程征占地河流水面 2.93hm²，主要为跨河桥梁占地面积，桥梁工程共计 22 个涉水桥墩，均采用钢板围堰进行施工，严格控制施工影响范围，减轻对河流水域的扰动。

3.3.2 项目永久占地合理性评价

⑴ 用地指标

本项目位于《公路工程建设项目用地指标（2011）》中的Ⅲ类地形区，根据用地指标表 3.0.05-3 和表 3.0.05-6 中一级公路四车道路基宽度为 24.5m 时，总体用地指标为 6.7105hm²/km，二级公路双车道路基宽度为 12.0m 时，总体用地指标为 3.6183hm²/km。本项目路线主线长度为 70.790km，永久占地 199.42hm²，加卡至浪拉山段用地指标为 3.1108hm²/km，浪拉山至邦达机场段用地指标为 5.9566hm²/km，小于规定值，满足《公路工程建设项目用地指标（2011）》要求。

⑵ 用地预审对照评价

根据本项目《建设项目用地预审与选址意见书》（附件 2），本项目拟用地总规模 199.5299hm²，本项目实际永久占地 199.42 hm²，未超过用地预审范围。

综上所述，主体设计严格执行建设用地指标，在满足工程布置和功能正常运行情况前提下，尽可能减少永久占地面积。从工程用地规模来看，本项目永久占地符合节约用地和减少扰动的要求，永久占地合理。

3.3.3 项目临时占地合理性评价

本项目临时用地包括临时堆土场、石料场、取土场、弃渣场、施工便道和施工生产生活区。

⑴ 临时堆土场

本项目沿线共设置临时堆土场 16 处，总占地 12.63hm²，全部利用路基永久占地、

弃渣场占地以及取土场占地堆放，不新增占地，主要用于堆放沿线路基、桥梁、隧道、改路及改沟工程剥离的表土和草皮。在堆放过程中尽量控制堆放高度，减少占地面积和对其他区域的扰动；互通工程、附属工程剥离的表土直接堆放在场地内，减少了新增临时占地，符合水土保持技术标准要求。

⑵ 石料场

项目设置了 1 处石料场，为山坡开采，占地面积 2.51hm²，在满足开采要求的前提下，控制开采深度，尽量减少料场占地面积，料场开采完毕后平整恢复，符合水土保持技术标准要求。

⑶ 取土场

项目在终点附近设置 1 处取土场，为坡地开采，占地面积 21.64hm²，为满足八宿县当地对料场后期恢复的要求，采用平坡开挖取土方式，依现状地形向下平挖进行取土，减少对原状地形的影响，便于后期整治恢复。土料开采结束后，同步回填标尾段工程弃渣，并进行土地平整，回覆表土进行植被恢复，符合水土保持技术标准要求。

⑷ 弃渣场

本项目共计产生余方 211.75 万 m³，其中 15.00 万 m³综合利用至当地企业，K82+897.8～K98+619.819 段路线弃渣 6.99 万 m³运至 SQT-11 弃渣场（与 TL1 取土场取弃结合），K27+600～K82+888.597 段路线弃渣 189.76 万 m³运至 SQT-1～SQT-9 临时弃渣场集中防护。根据出渣点分布，沿线布设 5 处弃渣场（其中 1 处为取弃结合，占地及防治措施工程量纳入取土场防治区），其中 4 处为沟道型弃渣场，1 处为平地型弃渣场（填凹），弃渣场总占地面积 22.63hm²，占临时占地面积的 16.08%。根据弃渣场的地形条件及可容纳量，在满足渣体及堆渣墙安全、稳定的前提下，弃渣高度尽量堆高，以减少占地面积。根据现场调查，弃渣场避开了植被良好区域，占地范围内植被稀疏，弃渣过程中会对周边环境存在一定的影响，但在施工期间采取拦挡及排水措施，可减少对周边水土流失危害。弃渣完毕后，根据原占地类型进行恢复，符合水土保持技术标准要求。

⑷ 施工便道

本项目为新建公路，总体沿澜沧江及金河所在走廊带布设，与现有 G214 国道尚有一定距离，路线周边无现有道路，工程桥隧比达 68.00%，各隧道洞脸及桥梁施工点位分散，为满足施工工期要求，主体设计采取多作业面同时施工，并考虑施工机械错车

等工程建设需求进行便道布设。施工便道主要为路基、隧道、桥梁进场便道以及取土场、弃渣场和施工场地的连接便道，半挖半填段以及填方段便道，填方侧下边坡设置临时拦挡，控制便道扰动范围，经复核其长度和占地能够满足的施工要求。综上，施工便道占地符合水土保持技术标准要求。

⑸ 施工生产生活区

现阶段主体设计在项目沿线设置了 15 处施工生产生活区，包括桥梁预制场、隧道施工场地和拌和站等。结合施工时序，在不影响工程总体进度的前提下，桥梁预制场及拌和站部分利用路基、隧道口及桥梁永久占地范围布设，生活营地利用范围较大的施工场地联合布置，施工生产生活区利用永久占地红线内面积 4.16hm²，新增临时占地 8.64hm²，施工场地的设置基本符合建设需求，占地面积和数量基本合理，无遗漏。施工结束后，采取植被恢复措施，临时用地将恢复到原有状态，符合水土保持技术标准要求。

综上所述，本项目以进一步减少扰动地表为前提，利用主体工程永久占地进行施工，不足部分以临时占地方式占用，后期进行恢复。本项目临时占地类型及面积基本合理，无遗漏，符合节约用地和减少扰动的要求，能够满足施工的要求，临时占地合理。

3.4 土石方平衡评价

3.4.1 土石方平衡分析与评价

本项目土石方数量包括永久占地区路基工程、桥梁工程、隧道工程、互通工程、附属工程、改路工程及改沟工程的表土剥离及挖填方，以及临时占地区石料场开采废方、取土场表土剥离、弃渣场表土、施工便道基础开挖和表土、施工生产生活区的基础开挖、表土和硬化层清除。

本项目挖填土石方共计 1142.52 万 m³，其中：挖方 585.25 万 m³，填方 557.27 万 m³，利用方 328.66 万 m³，借方 228.61 万 m³（自采），骨料利用 44.84 万 m³，余方 211.75 万 m³，其中 15.00 万 m³综合利用至当地企业，6.99 万 m³运至 SQT-11 弃渣场（取弃结合），189.76 万 m³运至 SQT-1～SQT-9 临时弃渣场，自身土石方利用率 63.82%。

⑴ 其中路基工程区挖方 105.36 万 m³，填方 384.18 万 m³，本桩利用 46.34 万 m³，调运利用 168.21 万 m³，借方 169.63 万 m³（取土场自采），余方 54.85 万 m³，其中 5.97 万 m³回填料场取土坑，48.88 万 m³运至弃渣场。项目加卡至浪拉山段位于高山峡谷地

貌，且为新建工程，路线沿山前坡脚或斜坡布线，沿线地形起伏较大，路基以挖方为主，产生大量弃方，填方量相对较少，且全部利用路基自身开挖方；浪拉山至邦达机场段位于高原宽谷区，地势总体平坦，仅路基工程不良地质换填产生少量弃渣，经调查周边建设项目弃渣场物料（泥岩、片岩等）无法作为路基填料，且国家电网弃渣场取土还会影响邦达机场及玉曲河；经分析论证，加卡至浪拉山高山峡谷段软岩采用硬质岩片石码砌处理，基底设置排水垫层后，软岩可用作浪拉山至邦达机场段非浸水路堤填筑，路床、填高<3m 的路堤以及浸水路堤等位置填土仍存在缺口，综合考虑浪拉山至邦达机场段填方以 TL1 取土场自采为主。根据施工图平纵缩图和路基横断面图等资料分析，主体设计路基工程土石方数量基本合理。

⑵ 桥梁工程主要是沿线桥梁的桥台基础开挖、钻渣和泥浆，桥梁工程挖方 13.17 万 m³，填方 7.90 万 m³，本桩利用 7.90 万 m³，余方 5.27 万 m³运至弃渣场，桥梁工程土石方数量合理。

⑶ 隧道工程主要为隧道进出口洞脸处的挖填以及隧道钻渣，隧道工程挖方 324.47 万 m³，填方 2.11 万 m³，本桩利用 2.11 万 m³，调运利用 186.81 万 m³（主要利用路基填筑以及互通工程），骨料利用 44.84 万 m³，余方 90.70 万 m³，其中 15.00 万 m³综合利用至地方企业，75.70 万 m³运至弃渣场集中堆放防护。隧道工程区洞脸处施工挖填根据典型布设图进行复核，钻渣数量根据隧道横断面设计以及隧道长度进行复核，隧道工程区土石方数量合理。

⑷ 互通工程主要为匝道路基的挖填以及匝道桥的桥台开挖、钻渣等，互通工程挖方 1.57 万 m³，填方 66.08 万 m³，本桩利用 1.57 万 m³，调运利用 9.21 万 m³，外借 55.50 万 m³（取土场自采），无余方。本项目索拉互通和机场互通 2 处互通均位于项目终点附近，为高原宽谷区，根据路面设计标高与现状地形相对关系，匝道路基以填方为主，填土来自公多雄 3 号隧道洞渣以及料场自采，互通工程区土石方数量合理。

⑸ 附属工程区

附属工程区主要为平台基础挖填施工土石方，附属工程区挖方 9.34 万 m³，填方 23.24 万 m³，本桩利用方 9.34 万 m³，另从路基工程及隧道工程调运利用 12.52 万 m³，外借 1.38 万 m³（取土场自采），无余方。本项目设置养护工区 1 处，养护保通站 1 处，主线治超站 1 处，隧道变电所 23 个，消防泵房 10 个。吉塘养护工区位于吉塘连接线路侧，瓦约主线治超站位于主线桩号 K35+060，紧邻路基右侧，2 处场地均位于高山峡谷

区，采用平坡式布设，基础挖方较少，以填方为主，填土不足部分通过路基调土填筑；尼琼养护保通站以及主线治超站位于终点附近高原宽谷区，采用平坡式布设，平台基础以填方为主，填土来自料场自采；隧道沿线变电所及消防泵房占地较小，调整平台设计标高，尽量做到移挖作填、局部平衡，附属工程区土石方数量合理。

⑹ 改路工程区

改路工程区主要为改路段路基挖填弃土，改路工程区挖方 23.57 万 m³，填方 2.24 万 m³，本桩利用方 1.20 万 m³，另从路基工程区调运利用 1.05 万 m³，余方 22.37 万 m³ 全部运至弃渣场。本项目共设置 13 处改路段，均位于高山峡谷区，均为半挖半填路段，总体以挖方为主，改路工程区土石方数量合理。

⑺ 改沟工程区

改沟工程区主要为改沟段沟槽开挖弃土，改沟工程区挖方 1.20 万 m³，均为沟槽开挖方，其中 0.59 万 m³运至 SQT-11 弃渣场，0.61 万 m³运至其他弃渣场。本项目改沟工程共计 3 处，GQ1、GQ3 位于高山峡谷区，GQ2 位于高原宽谷区，主要工程量为沟槽开挖，改沟工程区土石方数量合理。

⑻ 永久占地范围内的表土剥离回覆，取土场、弃渣场、施工便道及施工场地等临时占地范围内产生的土石方工程量，本方案进行了补充：

路基工程、桥梁工程、隧道工程、互通工程、附属工程、改路工程及改沟工程的表土剥离共计 14.51 万 m³，施工结束后均回覆项目区裸露面恢复绿化。

取土场表土剥离 2.16 万 m³，全部回覆开挖面利用，不产生弃方；

弃渣场表土剥离 2.96 万 m³，全部回覆渣面利用，不产生弃方；

施工便道总挖方 95.05 万 m³，便道基础填筑利用 64.24 万 m³，余方 30.81 万 m³作为弃渣运至弃渣场集中堆放；

施工生产生活区总挖方 4.98 万 m³，硬化层清除 1.15 万 m³，施工场地平台优化标高，局部挖填平衡，平台基础填筑 7.28 万 m³，施工完毕后，表土全部回覆利用，硬化层清除方 1.15 万 m³，无法利用，作为弃渣运至弃渣场集中堆放。

综上，本项目挖填土石方数量基本合理，加卡至浪拉山段以挖方及隧道钻渣为主，所有回填均来自自身挖方，无外借方；浪拉山至邦达机场段路基工程总体为填筑路基，周边无在建项目调配土方，加卡至浪拉山段余方土质不满足路基填筑要求，外借方从 TL1 取土场自采获取，符合土石方挖填数量最优原则。

3.4.2 土石方调配评价

⑴ 从土石方调配节点看，本项目加卡至浪拉山段位于高山峡谷区，浪拉山至邦达机场段位于高原宽谷区，虽然为新建路段，但基本沿 G214 布线，且各处路基、桥梁、隧道施工点进场便道较多；起点跨越澜沧江，中段跨越色曲河，附近现状均有架设跨江桥梁，综合来看土方调配不存在交通制约，主要考虑施工组织条件、施工安全以及经济运距进行整体土石方平衡调配。路基土石方优先考虑同一路段移挖作填，不足部分从临近隧道余方处调运。以 5km 左右进行控制，以各桥隧起止桩号为节点进行土方调运利用，本项目主体工程本桩利用 68.46 万 m³，各段之间调运利用 190.99 万 m³，土石方调配节点适宜、运距合理。

⑵ 从土石方利用角度看，本项目总体利用土石方 373.50 万 m³（其中本地利用 137.67 万 m³，调配利用 190.99 万 m³，项目内骨料利用 44.84 万 m³），土石方利用率 63.82%。加卡至浪拉山段所有填方均来自路基开挖方以及隧道钻渣，无借方；浪拉山至邦达机场段，地势平缓，路基、互通及附属工程基础均需在现状地形基础上抬高，经过经济技术论证后，填料首先考虑从加卡至浪拉山段隧道洞渣加工利用，不足部分以自采取土的方式获取。工程总体土石方利用率较高。

⑶ 借方与弃方并存的合理性分析

本工程加卡至浪拉山段（高山峡谷区）存在大量弃方，而浪拉山至邦达机场段（高原宽谷区）需从 TL1 取土场外借土方，两段之间按下面原则考虑跨区调配利用。

加卡至浪拉山段弃渣多为泥质粉砂岩、页岩、片岩、泥岩等软岩，根据相关规范、施工图设计及审查结果，本项目软岩若作为路基填料，应遵循：1）《公路软质岩路堤设计与施工技术规程》要求，软质岩填料不得直接用于填筑路床及填高小于 3m 的路堤；2）《公路软质岩路堤设计与施工技术规程》要求，软质岩填料不得用于填筑浸水路堤洪水位以下和低洼易积水路段积水深度以下范围，本项目山顶段地表水丰富，涎流水发育，临近河道附近洪水位较高，以上路段不得用软岩填筑；3）软岩需通过试验确定填料是否满足路堤填筑要求，要求路堤压实度不小于 93%，CBR 不小于 3%；4）根据规范要求，软岩路基应采用硬质岩片石码砌处理，基底设置排水垫层。

本项目山顶段共计 16km，其中 K82+600～K84+520（2.13km）已采用浪拉山隧道出口软岩按规范填筑，K84+520～K85+500（约 1km）、K92+600~终点为浸水路堤（6km），其余 6.87km 路基断面方量 93 万 m³，扣除路床填方数量 28×0.72=20.16 万 m³、

扣除边坡码砌和基底排水层数量 34 万 m³，合计路堤填方量 93-20.16-34=38.9 万 m³，在试验合格后可采用软岩填筑。

综上，本工程浪拉山至邦达机场段采取加卡至浪拉山段 38.90 万 m³软岩作为路堤填料，不足部分 228.61 万 m³从 TL1 取土场自采获取，符合技术可行、经济合理、安全可靠的原则。

⑷ 土石方调配中转评价

1）加卡至浪拉山段路基挖方施工采用“边挖边填”模式，开挖土石方即时用于本路段填方作业，剩余弃方直接运输至指定弃渣场，无需中转；浪拉山至邦达机场段填方以 TL1 取土场自采借方为主，取土场开挖后直接运输至路基填方作业面，运输车队按作业面填筑进度分批次下达运输指令，取土场开挖土方直接装车，直运至填方作业面，无中间堆存、中转环节；路基工程以及隧道工程富余挖方（加卡至浪拉山段）需调运至临近路基填筑段或附属工程区（吉塘养护工区、瓦约主线治超站）时，采用定点直运模式，根据路基、附属工程填方进度制定日运输计划，直接从隧道洞挖作业面运往附属工程填方区，无中转环节。

2）对于隧道工程区 90.70 万 m³余方中拟综合利用至地方企业的 15.00 万 m³土石方，采用“洞口分选—批次检测—点对点直运”模式实施。实施前，提前与西藏昌都澜沧江投资有限责任公司沟通确认其用料需求、质量要求及接收时间，作为洞渣分选的目标依据。隧道钻渣出洞后，在洞口卸渣作业面按围岩类别分区出渣、先行分选，将满足企业用料要求的渣料单独归堆，风化软弱料及含泥量较高的渣料转入就近弃渣场；分选场地与洞口出渣流线衔接，以洞口既有卸渣作业面为主，运营期配套的变电所及消防泵房占地作为分选辅助场地错时利用，不新增占地。分选后的待运渣料按运输批次进行质量检测，检测周转期间渣料随检随运、不留存大量堆体，堆存期间采取临时防护措施；检测合格并经接收企业确认后，依据企业需求分批次装车，直接运输至该企业旗下卡若区沙格矿区砂岩矿施工开采场地内集中存放。运输过程建立专项台账与联单制度，实时跟踪运输量与运输路径，确保交付环节全程无中转，土石方直接交付企业利用。实际综合利用量以分选检测合格量为准。

3）隧道工程 44.84 万 m³骨料利用部分，采用“钻渣加工+直运”一体化方案，具体为：临时骨料加工点（非转运场）结合隧道口永久占地内的施工作业平台设置，无新增临时占地；施工中根据隧道日掘进方量、钻渣产出节奏，匹配骨料破碎设备的处理

产能与运行时长等因素，合理配置隧道掘进与骨料破碎的工序衔接，确保隧道掘进产生的钻渣可即时输送至加工点，实现钻渣产出量与破碎处理量的动态平衡；钻渣经加工点破碎后，结合隧道口附近的拌和站进行骨料筛分，筛分过程依托现有拌和站设施完成，不新增骨料中转场；加工筛分完成的骨料经检验合格后，即时装车直运至路基、互通工程等骨料需求作业面，临时加工点仅作为前期破碎环节，拌和站仅承担筛分功能，二者均不承担中转存储功能，骨料加工筛分后即运走，无长期堆放。

4）浪拉山至邦达机场段路堤填筑利用加卡至浪拉山段隧道洞渣软岩 38.90 万 m³。考虑路基填筑施工周期短、隧道出渣周期长的特点，隧道洞渣产出进度与路堤填筑需求在时段上不匹配，拟将该部分洞渣在 SQT-9 临时弃渣场内中转堆存；相应地，浪拉山至邦达机场段路堤填筑段落施工工序靠后安排，施工期先利用 TL1 取土场满足填高<3m 路堤、浸水路堤以及路床填筑需求，待加卡至浪拉山段隧道洞渣供应充足后，再从 SQT-9 临时弃渣场取料回填其余非浸水路堤。中转堆存期间的洞渣按本方案相关要求采取临时防护措施。

综上，本项目土石方调运符合节点适宜、时序可行、运距合理的原则，符合水土保持技术标准的要求。

3.4.3 余方综合利用评价

项目组在对项目沿线 12 个生产建设项目进行调查分析后，确定项目沿线经济运距内无其他建设项目满足弃渣综合利用条件，周边项目暂无用土需求；同时对工程沿线 8 家包括西藏昌都高争建材股份有限公司在内的合法合规建材场、砂石料场进行调查后，与其中 1 家签订协议共利用弃渣 15 万 m³；7 家企业未达成合作意向，因软岩强度低、含泥量高、成分不稳定，与企业生产标准、工艺设备不匹配，改造成本高或影响产品质量，无法利用，具体调查情况详见 3.2.3.5 小节。

本项目余方共计 211.75 万 m³，地方企业综合利用 15.00 万 m³，弃渣综合利用率 7.08%。

3.4.4 表土剥离及回填利用评价

主体设计对路基工程区占地范围内可剥离的表土进行了剥离。表土剥离、临时堆放及后期利用，符合《中华人民共和国水土保持法》第三十八条“对生产建设活动所占用土地的地表土应当进行分层剥离、保存和利用”。

主体设计对路基工程区、桥梁工程区、隧道工程区、互通工程区、附属工程区、

改路工程、改沟工程区以及取土场占地范围内可剥离的表土进行了剥离，主体共设计剥离表土 16.68 万 m³，后期根据相应区域绿化需求用于裸地植物措施，本方案补充以上各处表土临时拦挡防护措施，集中堆放于临时堆土场内的表土工程量计入临时堆土场防治区。

此外，还应对弃渣场区、施工便道区和施工生产生活区植被状况较好的区域补充表土剥离措施。本项目弃渣场区剥离表土 2.96 万 m³，施工便道区剥离表土 4.95 万 m³，施工生产生活区剥离表土 0.36 万 m³，弃渣场以及施工生产生活区剥离表土堆放于项目分区占地范围内空地上，施工便道区剥离表土堆置于连接施工场地或取弃土场内，本方案建议补充表土临时拦挡防护措施。

浪拉山至邦达机场段（K82+897.8～K98+619.819），基本沿果曲河、玉曲河东侧湿地范围布线，部分路段草地植被生长情况较好，土壤结构、含水量、粘性等方面满足草皮剥离条件，草皮连根剥离以便于后期成活，剥离厚度约在 20～40cm，平均剥离厚度为 30cm，对该路段的路基以及互通占地内占压的草甸进行剥离，剥离的草皮运至临时堆土场与表土分开集中堆放，工程后期根据需求回覆路基以及匝道边坡绿化利用，草皮共计剥离 10.58 万 m²。

临时堆土场使用以碾压为主，为避免二次扰动，堆土前在占地范围内铺垫无纺布防护，保护表土。

总体来说，主体工程设计的表土剥离措施可增加植被成活率，减少因工程建设而新增的水土流失量，是符合水土保持法和水土保持技术规范要求的，工程进行过程中需补充其他区域表土剥离以及草皮剥离防护措施，并对临时堆放的表土以及草皮采取防护措施。

3.4.5 弃渣减量化、资源化论证分析

⑴ 弃渣减量化评价

本项目初设阶段相较可研阶段，优先考虑自身线路优化，从源头减少工程弃渣量 13.45 万 m³；施工图阶段对比初设阶段，通过线路布设优化与内部土石方调配优化，减少弃渣 166.11 万 m³（含直接减量化与内部消纳量），通过加强隧道洞渣骨料利用，减少弃渣 44.84 万 m³。各阶段通过优化施工布置，加强自身调配，提高骨料利用，共计减少弃渣 224.40 万 m³。

1）初设阶段土石方优化

初设阶段，主体设计在瓦约村至乃帕村路段（K34+600～K38+250）、金河水库路段（K38+900～K49+120）、浪拉山至邦达机场段（K80+500～K93+695）等路段进行线路优化设计，共计减少弃渣量 13.45 万 m³。

① 瓦约村至乃帕村路段（K34+600～K38+250）

K 线起于瓦约村南侧山坡上，向南沿国道 214 西侧布线，穿越卡若区林业局瓦约木材检查站，在木材检查站南侧 200m 跨越国道 214，然后继续向南沿国道 214 东侧布线，再次跨越国道 214，然后设乃帕隧道至规划的约龙电站西侧山坡上，路线长 3.65km。

B1 线起于瓦约村南侧山坡上，向南沿国道 214 西侧布线，从卡若区林业局瓦约木材检查站西侧穿越，继续向南跨越国道 214、澜沧江后沿澜沧江东侧布设，经过河流阶地，在乃帕村北侧再次跨越澜沧江，然后沿国道 214 东侧前行，跨国道 214 后接上 K 线，路线长 3.883km。

考虑线路地形地质条件、对澜沧江河床压缩影响、施工难度以及土石方、占地等因素，选择 K 线布线。根据核算数据，K 线路基工程弃方 1.96 万 m³，桥梁工程弃方 0.03 万 m³，隧道工程弃方 3.89 万 m³；B1 线路基工程弃方 8.25 万 m³，桥梁工程弃方 0.05 万 m³。经方案优化后，本段弃渣减少 2.41 万 m³，详见表 3-6。

表 3-6 K34+600～K38+250 段方案主要工程数量及投资比较表

项目名称		单位	K 方案	B1 方案
桩号范围		/	K34+600～K38+250	B1K34+600～B1K38+483.360
路线长度		km	3.65	3.883
路基土石方	挖方	万 m³	5.89	11.00
	填方	万 m³	3.93	2.75
	弃方	万 m³	1.96	8.25
占地面积		hm²	7.29	8.49
桥梁	数量	m/处	1726/2	2980/3
	弃渣	万 m³	0.03	0.05
隧道	数量	m	807	
	弃渣	万 m³	3.89	
造价		亿元	4.42	4.67

② 金河水库路段（K38+900～K49+120）

K 线沿老国道 214 侧布线，以隧道的形式穿越金河水库引水隧道，在金河大坝下游跨越金河，与拉诺玛锌矿拟开采区的最近距离 410m，对拉诺玛锌矿后期开采无干扰，线路全长 10.165km。

B2 线沿金河水库西侧布线，在金河大坝上游跨越金河，主要以隧道的形式穿越山

体，横穿拉诺玛锌矿拟开采区，对拉诺玛锌矿后期开采干扰很大，线路全长 9.988km。

考虑线路地形地质条件、对拉诺玛锌矿影响、断层以及土石方、占地等因素，选择 K 线布线。根据核算数据，K 线路基工程弃方 0.02 万 m³，桥梁工程弃方 0.09 万 m³，隧道工程弃方 25.99 万 m³；B2 线路基工程弃方 2.76 万 m³，桥梁工程弃方 0.07 万 m³，隧道工程弃方 30.53 万 m³。经方案优化后，本段弃渣减少 7.26 万 m³，详见表 3-7。

表 3-7 K38+900～K49+120 段方案主要工程数量及投资比较表

项目名称		单位	K 方案	B2 方案
桩号范围		/	K38+900～K49+120	B2K38+900～B2K48+888
路线长度		km	10.165	9.988
路基土石方	挖方	万 m³	0.03	3.67
	填方	万 m³	0.01	0.92
	弃方	万 m³	0.02	2.76
占地面积		hm²	15.78	14.61
桥梁	数量	m/处	4579.5/6	3482.7/5
	弃渣	万 m³	0.09	0.07
隧道	数量	m	5411.2	6358
	弃渣	万 m³	25.99	30.53
造价		亿元	17.81	18.08

③ 浪拉山至邦达机场段（K80+500～K93+695）

K 线起于 K80+500（浪拉山隧道出口），在国道 214 右侧与 G214 并行至清水桥。桩号范围为 K80+500～K93+695。

C 线起于 K80+500（浪拉山隧道出口），在国道 214 左侧与 G214 并行向西布线，并于奇莫那村北侧 G214 大拐弯处跨越 G214 至其右侧，而后与 G214 并行至清水桥。桩号范围为 CK80+500～CK93+625。

考虑线路工程地质条件、光缆电讯拆迁、施工难度及土石方、占地等因素，选择 K 线布线。根据核算数据，K 线路基工程弃方 3.08 万 m³，桥梁工程弃方 0.01 万 m³；C 线路基工程弃方 6.86 万 m³，桥梁工程弃方 0.01 万 m³。经方案优化后，本段弃渣减少 3.78 万 m³，详见表 3-8。

表 3-8 K80+500～K93+695 段方案主要工程数量及投资比较表

项目名称		单位	K 方案	C 方案
桩号范围		/	K80+500～K93+695	CK80+500～CK93+625
路线长度		km	13.195	13.125
路基土石方	挖方	万 m³	12.14	16.37
	填方	万 m³	132.43	133.56

项目名称		单位	K 方案	C 方案
	借方	万 m³	123.36	124.05
	弃方	万 m³	3.08	6.86
占地面积		hm²	73.67	71.47
桥梁	数量	m/处	252/4	312/4
	弃渣	万 m³	0.01	0.01
造价		亿元	9.25	9.26

2）施工图阶段土石方优化

经综合分析对比，施工图阶段较初步设计阶段土石方数量总体减少，主要原因为桥梁减短（减少填方和挖方量）、增加挡土墙（减少填方和挖方量）、局部路线方案优化、路基加宽设置隧道变电所（增加填方量利用隧道洞渣）、浪拉山至邦达机场段路基填方利用涵洞通道挖基、主线桥梁锥坡承台以及边坡圬工挖方作为路基填料（减少借方）。具体如下：

①桥梁长度减短

施工图阶段根据各审查意见优化桥梁布设方案，缩短了桥梁的总长度。初步设计主线桥梁总长度为 19.823km，施工图主线桥梁长度为 18.963km，桥梁长度施工图较初步设计减短 0.86km。桥梁减短，增加了路基的填方量，可更多的利用隧道出渣。

②增加挡土墙

在施工图设计阶段，依据定测验收意见，对部分路段的防护措施进行优化加强。具体优化方案为：通过在路基施工图中增设挡墙结构，减少路基边坡的填方或挖方分级数量；针对部分特殊路段，同步设置路基上挡墙与下挡墙，以此避免对山体进行大面积开挖及边坡刷坡填方作业，最大限度降低对周边地形地貌的扰动。如图 3-2 所示。

3）弃渣项目内综合利用

为加强工程弃渣综合利用管理，更好地体现“绿色交通”、“建设资源节约型、环境友好型社会”的建设理念，根据地质勘查情况，对于沿线岩性满足要求的段落，尽量对开挖石渣或拆除坞工料加以利用。本项目开挖石渣运至弃渣场或者施工场地内通过弃渣加工设备进行处理，弃渣综合利用后，减少弃方数量和临时占地，满足水土保持要求。

破碎工艺是开挖石料制备砂石骨料的最重要工序之一，破碎工艺的选择将直接关系到成品的质量以及弃渣的利用率。砂石骨料的制备过程中会经过粗碎、中碎、细碎等多个破碎阶段，石料的破碎根据围岩类型、尺寸及需要破碎的程度来选用恰当的破碎方法。对于粗碎阶段，宜选择颚式破碎机、旋同圆锥式破碎机等；中碎阶段，宜选择标准圆锥式破碎机、中型圆锥式破碎机、反击式破碎机等：细碎阶段，宜选择短头圆锥破碎机等；对于磨碎阶段宜采用棒磨机、冲击式破碎机等。除破碎外，砂石骨料的生产还包括有弃渣石土分选、传送、除尘等环节，利用隧道弃渣制备砂石骨料的生产线可大致归纳为：隧道出渣——石土分类、分选与分离——破碎工作站——除尘——成品，整个过程可采用皮带作为传输装置。根据实际情况和需求的不同，可通过调整破碎机械的设备参数来控制成品的质量，不断优化砂石料粒型、颗粒大小，提高围岩制备砂石骨料的利用率。

根据主体设计，本项目路基工程基础开挖方 82.70 万 m³，其中石方 11.87 万 m³，路基工程开挖石料主要为第四系全新统冲积卵石、崩坡积碎石和侏罗系中统土拖组泥质粉砂岩，路基工程开挖基本为明挖施工段，总体挖方量较小，且多集中在山地斜坡地带，岩石风化程度较高，不具备二次加工成骨料的条件，11.87 万 m³开挖石方均破碎利用做路基填料。

本项目隧道开挖方 324.47 万 m³，其中石方 244.48 万 m³，土方 79.99 万 m³，根据地勘资料，隧道钻渣多为泥岩、泥质粉砂岩以及石英砂岩。施工图阶段，对洞渣风化程度、岩性强度以及土石比例进行分析后，确定洞渣中 67.92 万 m³石方（次坚岩）以及 79.99 万 m³土方回填洞口平台或调运至路基工程作为基础填料，44.84 万 m³（硬岩）满足强度要求的石方破碎筛分后利用做排水、防护工程骨料，剩余石方 129.60 万 m³风化程度较高、土石混合比例较大难以筛分，不满足工程内高标准混凝土骨料要求，其中 15.00 万 m³综合利用至当地企业（详见下一小节），114.60 万 m³运至弃渣场集中堆放防

护。

⑵ 弃渣资源化评价

主体设计秉持生态优先、绿色发展的理念，在本方案编制人员与主体设计、建设单位多次沟通后，通过科学规划与合理利用，加卡至浪拉山段工程弃渣全部运至终点TL1取土场回填取土坑，未再新增弃渣场；同时CD15施工场地选址优化后，调整至现状废弃采坑位置。加卡至浪拉山段弃渣场与施工场地的优化实现了双重环境效益：一方面，通过定向填筑有效缓解了工程造成的水土流失问题，显著提升了区域水土保持能力；另一方面，在完成工程土方消纳任务的同时，系统实施了地形重塑、土壤改良等生态修复措施，使原有废弃采坑的生态系统得到有效恢复，土地资源利用率得到提高，符合水土保持相关要求。

为响应中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于加强新时代水土保持工作的意见》对弃渣减量和综合利用的方针政策，2025 年 7～10 月，建设单位、主体工程设计与本方案编制人员与地方政府多次进行了沟通对接。通过对工程沿线在建、拟建项目和建筑企业的充分调研，探讨综合利用本工程余方的可能性。

除设计优化减少弃渣量以及自身加工骨料利用外，本方案从周边项目建设需要和地方建设需求、商品化利用方案等方面进行弃渣资源化论证，形成结论如下：

调查的周边12个项目中，10个项目设计已实现挖填平衡，自身弃渣可满足填方需求，无需外部借方；2个项目挖方大于填方，自身有弃渣需外运，无接纳空间。同时由于工序时间不匹配，部分周边项目已开工或即将开工，填方工序早于该公路弃渣产生时间，进度无法衔接。现阶段，周边项目无利用该弃渣的条件。

经与8家企业沟通，最终与西藏昌都澜沧江投资公司1家签订协议，共利用弃渣15万 m^3（15万 m^3，固化后作工程填料）。其余7家企业中，因软岩强度低、含泥量高、成分不稳定，与企业生产标准、工艺设备不匹配，改造成本高或影响产品质量，无法利用。

1）周边项目利用

对项目沿线 12 个生产建设项目进行调查，根据收集的资料情况，以上项目均无借方需求或进入施工后期，施工时序不匹配，不具备弃渣综合利用条件，现阶段工程经济运距内暂无其他拟建工程，周边项目暂无用土需求，周边项目调查情况详见表 3-9（有1个交通项目涉密，未在表中列明）。

表 3-9 土石方综合利用项目调查情况表

序号	行政区	项目名称	项目立项及建设情况	备注
1	卡若区	西藏开投卡若区约巴乡100MW 风电项目（配置储能）	已开工，处于开工准备阶段，计划安装 18 台 5.56MV 风电机组，配套建设储能设施；2025 年 7 月召开项目协调会，预计 2025 年底前实现全容量并网发电。	设计方案中挖填基本平衡，无需借方。
2	卡若区	东方电气卡若区 50MW 光热+200MW 风电+200MW 光伏项目	项目已完成可行性研究报告编制，并启动地质勘察及资源测评工作，计划在获得环评批复后进入招标阶段。	设计方案中挖填基本平衡，无需借方。
3	卡若区	卡若区约巴乡约俄村美丽宜居乡村建设项目	已完成招标，进入施工阶段，包含道路硬化、供水管网、防洪堤及路灯工程，计划工期 8 个月，预计 2026 年初完工。	设计方案中挖填基本平衡，无需借方。
4	卡若区	卡若区拉多乡、面达乡周转房提升改造项目	于 2025 年 8 月 25 日完成中选公示，建设内容包含彩钢瓦屋面、复合地板及给排水管网改造，总投资约 144.76 万元。	设计方案中挖填基本平衡，无需借方。
5	卡若区	昌都市云南坝跨昂曲河明珠桥项目	目前处于设计阶段，尚未正式开工。项目为钢结构人行桥，全长 225m，投资 4850 万元，建设周期 12 个月。	设计方案中挖填基本平衡，无需借方。
6	察雅县	昌都市察雅县吉塘镇莫东片区弃光提灌生态修复项目总承包（EPC）	原招标因评审违规废标，目前计划重新招标，项目包含取水泵站、输水管道及高位水池	设计方案中挖填基本平衡，无需借方。
7	察雅县	察雅县 2023 年朵恰玛片区城镇棚户区改造配套基础设施建设工程	处于工程筹备阶段，包含道路、排水及绿化改造，投资 1837 万元，计划 2025 年内开工	设计方案中挖填基本平衡，无需借方。
8	八宿县	八宿县益青 300MW 光伏项目	于 2025 年 6 月 26 日开工，总投资约 9.8 亿元，规划装机 300MW。项目全容量投产后，预计年发电量 4.5 亿 kWh，年减碳约 40 万 t。	设计方案中挖填基本平衡，无需借方。
9	八宿县	八宿县卡瓦白庆乡扎巴村、邦达镇邦达村 2100MW 光伏项目	处于前期规划阶段，为金沙江上游清洁能源基地的重要组成部分，计划分期建设	设计方案中挖填基本平衡，无需借方。
10	八宿县	八宿县莲花大桥新建工程	已完成 EPC 总承包招标，包含 210m 下承式钢箱拱桥及道路工程，投资 9514 万元，计划于 2025 年 10 月 25 日开工，建设周期为 16 个月。	设计方案中挖填基本平衡，无需借方。
11	八宿县	八宿县冲果至白玛镇市政道路（原 G318 国道）改造工程	已进入施工阶段，分阶段封闭施工，包含山体排险、涵洞新建及路面升级，预计 2026 年 9 月完工	挖方大于填方，需弃方外运。

2）地方建设利用及商品化利用方案

项目组对工程沿线合法合规建材场、砂石料场进行调查，共包括西藏昌都高争建

材股份有限公司、昌都市卡若区筑鑫建材批发部、西藏昌都澜沧江投资有限责任公司、拉萨俊蕾水泥制品有限公司察雅分公司、察雅县天匯商品混凝土有限责任公司、昌都市泰磊混凝土有限公司、川藏莫朵娃砂石料场、八宿海螺水泥有限责任公司等 8 家企业，调查结果见表 3-10。

表 3-10 工程沿线建材场、砂石料场调查情况一览表

序号	行政区	企业名称	核心信息	合规性说明	与新建线路关联度
1	卡若区	西藏昌都高争建材股份有限公司	位于昌都市卡若区特贡村经开区，紧邻埃西乡邦迪石灰岩矿与 G317 国道。主营水泥生产及商品混凝土供应，拥有多条生产线，服务地方重点工程。石料以自有邦迪矿石灰岩为主（年采约百万吨，CaO>45%），另采购本地青页岩等，需符合生产标准。	纳入 2025 年昌都市环境监管重点单位，持有有效采矿许可证及排污许可证	紧邻线路起点，可覆盖卡若段洞渣运输
2	卡若区	昌都市卡若区筑鑫建材批发部	位于卡若区卡若镇卡若村卡若儿童乐园南，是存续的个体工商户。主营砂石、水泥制品批发，依托三江砼搅拌站具备配套加工能力。需符合建筑用砂标准的砂石骨料，要求含泥量低、级配合理，原料采购渠道合规，暂未涉及软岩余方利用。	市场监管部门登记存续，原料采购渠道合规	距线路起点约 8km，适合短途运输供应
3	卡若区	西藏昌都澜沧江投资有限责任公司	位于卡若区经济开发区迎宾大道，主营砂石骨料开采、加工及建材供应链整合服务，自有俄洛乡石灰岩矿（年采量约 80 万吨，CaO 含量 46%-48%），配套骨料筛分生产线，产品主要供应工程隧道衬砌、路基骨架防护，需符合 GB/T 14685-2022 骨料标准。	已取得采矿许可证、排污许可证，纳入昌都市重点工程建材保障名录，市场监管部门登记存续	紧邻线路卡若段西段，运输距离≤6km，覆盖西段洞渣协同利用及骨料供应
4	察雅县	察雅县天匯商品混凝土有限责任公司	坐落于察雅县吉塘镇吉塘村（G214 国道旁），主营商品混凝土生产及泵送服务，拥有 3 条 HZS120 搅拌生产线，原料采购川藏莫朵娃砂石料场骨料及本地水泥，产品适配察雅段桥涵、隧道支护工程，需符合 GB50164-2011 混凝土质量标准。	市场监管登记存续，持有预拌混凝土专业承包资质、环保验收合格文件，原料采购渠道备案	距线路察雅段中段约 5km，可保障中段混凝土连续供应，短途运输成本低
5	察雅县	昌都市泰磊混凝土有限公司	成立于 2024 年 5 月 16 日，注册地址为察雅县金河福临砂石厂 8 号场地，注册资本 2500 万元，主营水泥制品制造、建筑用石加工、砼结构构件制造等，原料推测采购察雅本地砂石骨料，需符合混凝土用骨料强度及含泥量标准。	察雅县市场监督管理局登记存续，已取得 1 项行业资质证书，暂未查询到排污许可证公开信息	距线路察雅段约 5km，具备区域建材供应潜力
6	察雅县	拉萨俊蕾水泥制品有限	坐落于察雅县金河电站旁，主营水泥制品的加工与销售，推测以路牙石、盖板等预制构件为	存续经营状态，持有税务及行业	距线路察雅段约 12km

序号	行政区	企业名称	核心信息	合规性说明	与新建线路关联度
		公司察雅分公司	主，需砂石骨料作原料，要求符合建筑用砂强度标准、含泥量低。	行政许可 2 项	
7	察雅县	川藏莫朵娃砂石料场	位于王卡乡莫朵娃村，主营石灰岩开采加工，产三种粗骨料及细骨料，成品产能 450 吨/小时，保障地方重点工程供料。需石灰岩原料，无洞渣利用，成品需符合混凝土骨料标准。	已办理采矿权审批，纳入昌都市重点工程原料保障体系	距线路察雅段约 40km
8	八宿县	八宿海螺水泥有限责任公司	位于西藏昌都市八宿县白玛镇西巴村，邻 G318 国道。主营 2500 吨/日干法水泥熟料生产（年产 110 万 t）、固废协同处置及水泥制品等；需石灰岩（CaO>50%）、页岩（SiO_2>50%），还采购矿渣粉等，自有矿山保障原料。	属自治区重点建材企业，环保设施与主体工程同步运行	距邦达机场终端约 45km

根据主体设计，隧道洞渣中，优质硬质岩已全部利用为本项目高标号混凝土骨料，隧道余方基本为泥岩、页岩、片岩等软岩，这类弃渣普遍存在物理力学性能短板。根据地勘资料，该类软岩抗压强度多在 10-50MPa，远低于建筑用骨料≥60MPa 的基础要求；天然含泥量高达 15%-30%，远超建材生产对原料含泥量≤3%的标准；且遇水易风化软化、干燥后易碎裂，同时化学成分不稳定，SiO_2含量多低于 45%且杂质（如 Al_2O_3、Fe_2O_3）占比高，难以满足建材加工的核心指标要求。

基于以上弃渣主要成分背景，同以上 8 家企业进行沟通协商后，与其中 1 家企业签订综合利用协议，共计利用项目余方 15 万 m³，详见附件 8。

①达成综合利用协议的 1 家企业

西藏昌都澜沧江投资有限责任公司经现场沟通后，明确表达愿意综合利用本项目软岩弃渣的意向（西藏昌都澜沧江投资有限责任公司的西藏自治区卡若区沙格矿区砂岩矿项目已于 2020 年 4 月取得水土保持批复，并承诺于 2027 年 5 月前完成水土保持验收报备，详见附件 8）。该企业在详细了解弃渣核心成分（抗压强度 10-50MPa、含泥量 15%-30%，以泥岩、页岩为主，SiO_2含量低于 45%）的基础上，结合自身主营砂石骨料加工的业务属性，初步形成后期利用方向构想：依托现有骨料筛分生产线，新增固化剂搅拌设备，对软岩进行“筛分+轻型水洗+双效固化”处理，将改良后的弃渣加工为符合市政道路、小型基建项目需求的路基填料类商品，通过建材供应链渠道推向市场。目前已签订弃渣综合利用协议，明确 15 万 m³弃渣的消化量以及后期利用方向。

从料源岩性与成分构成看，本部分综合利用弃渣来自本项目隧道工程的剩余石方。根据隧道开挖方石土构成及岩性分析成果，隧道钻渣岩性多为泥岩、泥质粉砂岩以及

石英砂岩。施工图阶段按洞渣风化程度、岩性强度及土石比例进行分流：次坚岩石方及土方回填洞口平台或调运至路基工程作为基础填料；44.84 万 m³硬岩石方强度满足要求，破碎筛分后用作本项目排水、防护工程骨料（高标混凝土骨料）；剩余石方风化程度较高、土石混合比例较大、难以直接筛分，不满足本项目高标准混凝土骨料要求，其中 15.00 万 m³由地方企业综合利用。因此，本部分综合利用弃渣的主要成分为风化程度较高的泥岩、泥质粉砂岩与石英砂岩混合石方，其物理力学性能与颗粒形态明显低于本项目自用骨料的硬岩标准（抗压强度多在 10～50MPa，天然含泥量 15%～30%），即为本项目优质硬质岩骨料选料后剩余料源中相对较优的部分。

该类渣料先由隧道洞口按围岩类别初分，转入接收企业后还需经其砂石骨料加工生产线二次筛分方可成材。经与西藏昌都澜沧江投资有限责任公司对接确认，该企业现有骨料筛分生产线对本类渣料的综合成品率约为 80%，即约 20%的筛下泥质料、软弱颗粒与不满足级配要求的细料不能成材。按工程进度安排，上述洞渣出渣及外运利用时间均安排在该企业完成水土保持设施验收报备（2027 年 5 月前）之后，与其接收、加工条件相衔接。据此，本部分综合利用的 15.00 万 m³为经筛分后满足企业生产要求的成品量，对应入筛原始渣料约 18.75 万 m³，筛余无用料约 3.75 万 m³。筛余无用料不进入企业利用环节，与本项目隧道工程余方一并运至就近弃渣场集中堆放防护，其水土保持措施已含在弃渣场防治区措施体系内，不新增弃渣场容量需求、不新增占地。筛分环节在企业既有生产场地内依托现有生产线完成，不新增临时占地，不产生新的地表扰动。

②未达成综合利用协议的 7 家企业

察雅县天匯商品混凝土有限责任公司经查勘沟通，表达出积极参与弃渣利用的意向。企业在知晓弃渣压碎值 28%-32%、含泥量超标但可通过掺配优化的特性后，结合自身 3 条 HZS120 搅拌生产线的加工能力，初步构想利用方向：将本项目软岩弃渣与川藏莫朵娃砂石料场优质骨料（抗压强度≥80MPa）按 2:8-3:7 比例掺配，搭配粉煤灰、聚羧酸减水剂调整混凝土配合比，加工为 C15-C25 低标号商品混凝土，面向建筑市场供应，服务民用建筑基础、市政管网铺设等场景。进一步沟通后，未达成一致的利用意见。

昌都市泰磊混凝土有限公司（2024 年新成立，注册资本 2500 万元）经座谈沟通后，主动提出综合利用弃渣的意向。在充分了解弃渣遇水易风化软化、干燥易碎裂、化学

成分不稳定（杂质占比高）等特性后，结合自身水泥制品及混凝土构件制造的业务定位，初步形成利用方向构想：配置“软岩破碎-筛分-HEC+EICP 固化”一体化生产线，将改良后的弃渣加工为植草砖（C15）、透水砖（C20）等低强度预制构件商品，投向市政绿化、人行道改造等市场，解决弃渣耐久性不足导致的商品适配问题。进一步沟通后，未达成一致的利用意见。

西藏昌都高争建材股份有限公司经现场沟通后，了解到该企业主营水泥生产与商品混凝土供应，其生产依赖CaO≥45%的石灰岩作为熟料核心原料，且需SiO_2≥60%的青页岩调节成分。本项目隧道预防中的软岩抗压强度低、易风化，无法替代石灰岩提供钙质，还可能导致窑炉结皮、水泥强度下降；同时软岩 SiO_2含量不达标，西藏昌都高争建材股份有限公司现有“矿山开采-皮带廊道-铁路运输”工艺也未配置软岩破碎筛分设备，改造需高额投入，故无法利用。

昌都市卡若区筑鑫建材批发部查勘调查发现为个体工商户，体量较小。该企业主营砂石与水泥制品批发，需含泥量低、级配合理的建筑用砂。本项目软岩含泥量远超标准，需额外水洗脱泥，将增加企业废水处理成本，同时降低骨料产量；且软岩破碎后易形成片状颗粒，导致压碎值超标（国标要求≤25%），该企业加工能力有限且无软岩预处理设备，无法适配需求。

拉萨俊蕾水泥制品有限公司察雅分公司专注水泥预制构件（如路牙石、盖板）生产，公司负责人表示这类产品对骨料强度、耐久性要求高。本项目软岩软化系数仅 0.4-0.5，遇水易崩解，会导致构件抗冻性、抗渗性不达标；且软岩加工后级配不良，需额外筛分调整，经济性差，企业也未配备软岩加工技术与设备，难以利用。

川藏莫朵娃砂石料场距离本项目出渣点距离较远，料场主营石灰岩开采加工，成品需满足混凝土骨料≥80MPa 的抗压强度标准，且明确无洞渣利用规划。本项目软岩抗压强度远不达标，若新增软岩破碎、筛分及粉尘处理设备，不仅会占用现有石灰岩生产线产能，还可能因软岩含泥量高需额外清洗，进一步推高成本，影响生产稳定性，与企业沟通后表示现阶段无法利用。

八宿海螺水泥有限责任公司距离本项目距离较远，公司主营业务生产水泥熟料需CaO≥50%的石灰岩与SiO_2≥50%的页岩。本项目软岩SiO_2含量不足且杂质多，会干扰熟料烧成过程（如液相量过多导致窑内结圈）；同时软岩易泥化，运输储存中易结块，影响生料均化与粉磨效率，而企业自有矿山已能保障原料供应，软岩利用无实际空间。

综上，本项目软岩弃渣因自身物理力学性能、化学成分不满足建材生产标准，2 家企业的利用意愿不强，5 家企业的主营业务、工艺设备、成本控制均与软岩利用需求不匹配（需高额改造投入或会影响产品质量与生产稳定性），再加之水泥行业政策更鼓励高效利用石灰石等硬质岩资源，缺乏软岩替代技术导向，故以上调查企业均无法实现对本项目软岩弃渣的综合利用。

⑶ 综合分析

本项目初设阶段优先考虑自身线路优化，从源头减少工程弃渣量 13.45 万 m³；施工图阶段通过线路布设优化与内部土石方调配优化，减少弃渣 166.11 万 m³（含直接减量化与内部消纳量），通过加强隧道洞渣骨料利用，减少弃渣 44.84 万 m³，共计减少弃渣量 224.40 万 m³。

工程沿线合法合规建材场、砂石料场进行充分调查后，与 1 家企业签订综合利用协议，共计利用项目余方 15.00 万 m³。

本项目在设计阶段，尽最大可能对开挖料进行内部利用，提高土石方利用率，减少弃渣；经过自身回填及骨料利用后，余方充分与地方企业沟通综合利用意向，最后剩余土方全部运至弃渣场进行集中堆放。

3.5 取土（石、砂）场设置评价

3.5.1 取土场设置合理性分析

根据施工图设计阶段土石方平衡资料，主体工程设计填方 485.76 万 m³，项目自身利用方 259.45 万 m³（含调运利用），需土 226.31 万 m³，CD15 施工生产生活区位于现状采坑，需 2.30 万 m³填方，现有 228.61 万 m³填方缺口均位于浪拉山至邦达机场段，主体设计考虑以下三种土方来源。

⑴ 周边建设项目综合利用

关于浪拉山至邦达机场段填筑路基外借土方，初设阶段主体设计调研了项目区附近多处取土料源，主要有地方项目弃渣场、国家电网弃渣场。其中地方项目弃渣场主要为泥岩、片岩等；国家电网弃渣场毗邻邦达机场与玉曲河，弃土主要为泥岩、页岩、片岩等，遇水后易崩解、强度迅速降低，路基后期沉降大，且开挖取土将影响邦达机场及玉曲河，两处料源质量不满足路基填料要求，不能作为本项目取土料源。（详见附件 9）

⑵ 加卡至浪拉山段余方调运利用

主体设计根据沿线地勘资料，对加卡至浪拉山段工程余方分析，加卡至浪拉山段沿线附近出露的地层主要有第四系地层，大部分为沉积岩、变质岩作用，局部分布有岩浆岩。其中岩浆岩主要分布在吉塘镇至浪拉山一带，总体上分布不广，以侵入岩为主，火山岩分布稀少零星，印支期细粒花岗闪长岩、中粒斜长花岗岩、细粒二长花岗岩，可作为路基填料；项目 K62 至终点主要分布泥岩、页岩以及片岩等软岩，遇水后易崩解、强度迅速降低，路基后期沉降大，不适用于路基填筑，不建议直接作为路基填料。

⑶ 取土场自采

为不影响邦达草原自然环境，地方政府及其他相关部门要求取弃土场设置于公路视线范围外，主体设计经与相关职能部门多次现场踏勘，选取目前取土场（平均运距17.325km），且已征得各部门同意选址意见（详见附件 7）。TL1 取土场位于终点附近桩号 K98+619 右侧 10km，现有乡村土路连接，整修后可利用为运输便道。

综合以上分析，现阶段浪拉山至邦达机场段 228.61 万 m³借土均来自取土场自采。

3.5.2 石料场设置合理性分析

前期调查过程中，项目区周边砂石料开采许可办理严格，大部分料场目前处于关闭状态（卡若区和察雅县项目沿线 30km 范围内砂石料场目前已全部关闭），产能有限，少量外购料场主要为河道卵石加工，其材岩性不均，不建议作为高标号混凝土和路面材料。

主体设计单位勘察设计过程中对临近工程建设项目进行了调研，最终确定高标号混凝土均采用自采材料。

由于工程隧道施工段占比较高，设计过程中优先考虑隧道洞渣利用为高标号混凝土骨料。经地勘资料分析，本项目隧道洞渣大部分为页岩、片岩等软岩，且大部分为强风化岩，抗压强度一般小于 30MPa，不可作为碎石、片石类原材料（片石、碎石类原材料应为抗压强度大于 30MPa 的硬质岩）。复核后，本项目隧道洞渣总计 369.31 万 m³，可作为碎石、片石类原材料洞渣核计 44.84 万 m³（考虑加工和运输损耗后为 35.87 万 m³），全部利用为工程骨料，隧道洞渣利用率 12.14%，具体见表 3-11、表 3-12。

表 3-11 隧道硬质岩可利用情况统计表

序号	隧道名	隧道岩性	硬质岩岩性	总出渣量（m³）	利用硬质岩（m³）
1	供马龙隧道	泥页岩、泥质粉砂岩夹石英砂岩		99260	0

序号	隧道名	隧道岩性	硬质岩岩性	总出渣量（m³）	利用硬质岩（m³）
2	瓦约隧道	泥岩、泥质粉砂岩夹石英砂岩；泥岩夹砂岩		94360	0
3	乃帕隧道	泥岩夹砂岩		90287	0
4	年拉山隧道	石英砂岩、页岩，有三级围岩	石英砂岩	274356	53130
				12893	11370
5	金河隧道	页岩、砂岩、煤层		45070	0
6	波帕村隧道	灰岩、石英砂岩夹泥质粉砂岩、泥页岩		149962	0
7	多若 1 号隧道	石英砂岩夹页岩，有三级围岩	石英砂岩	179923	32972
8	多若 2 号隧道	石英砂岩夹页岩，有三级围岩	石英砂岩	156157	88062
9	布木多隧道	片麻岩	片麻岩	82176	61718
10	吉塘 1 号隧道	片麻岩	片麻岩	62427	43412
11	吉塘 2 号隧道	片麻岩	片麻岩	102708	72548
12	吉塘 3 号隧道	二长花岗岩	二长花岗岩	14199	16952
13	白果隧道	闪长岩、花岗岩、片岩	闪长岩、花岗岩	87238	62422
14	酉西 1 号隧道	二长花岗岩、片岩	二长花岗岩	48085	5850
15	酉西 2 号隧道	二长花岗岩、片岩，考虑强度 7Mpa 左右，接近极软岩，可能云母含量较多，建议舍弃片岩		49603	0
16	公多雄隧道	片岩，考虑完整性较好情况下强度 7Mpa 左右，接近极软岩，可能云母含量较多，建议舍弃		339179	0
				41421	0
17	垌琼隧道	片岩，有三级围岩		341809	0
				24518	0
18	卓隆隧道	片岩，考虑完整性较好情况下强度 8Mpa 左右，接近极软岩，可能云母含量较多，建议舍弃		117396	0
19	公多雄 2 号隧道	片岩，考虑完整性较好情况下强度 8Mpa 左右，接近极软岩，可能云母含量较多，建议舍弃		30319	0
20	公多雄 3 号隧道	片岩，考虑完整性较好情况下强度 8Mpa 左右，接近极软岩，可能云母含量较多，建议舍弃		177383	0
21	浪拉山隧道	片岩，考虑完整性较好情况下强度 9Mpa 左右，接近极软岩，可能云母含量较多，建议舍弃		441017	0
				182950	0
总计				3244696	448436

表 3-12 硬质岩加工材料利用一览表

利用位置	边沟、排水沟	截水沟	改路护面墙、水沟	台背回填	便道	变电所连接线
材料名称	浆砌片石	浆砌片石	浆砌片石	碎石	碎石	碎石
单位	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
主线	15632	4514	88932	161959	62230	1225
吉塘连接线	9269	2164	0	12822	0	0
利用小计	24902	6678	88932	174781	62230	1225
利用合计	120512			238237		
总计（计入损耗）	448436					

本项目工程用骨料、浆砌石、机制砂及路面利用等建筑材料共需各类石料 93.47 万 m^3。现阶段，主根据现场调查以及地质勘察结果，综合分析从以下三个方面获得工程所需石料。

⑴ 外购石料

项目区周边石料资源调查显示，卡若区、察雅县项目沿线 30km 范围内大部分商业砂石料场已全部关停，砂石料供应产能不足。可外购的少量料源多为河道卵石加工而成，料源岩性分布不均，质量和储量不满足工程需求，不宜用作高标号混凝土及路面工程用料。

⑵ 项目开挖料利用

根据本项目附近其他工程建设经验，结合现有地质勘察结果，主体设计对工程自身开挖料进行了系统性分析，以确定其中可加工利用的部分。项目隧道施工段占比较高，优先考虑将隧道洞渣加工为高标号混凝土等骨料。

经地勘资料复核，本项目隧道洞渣以页岩、片岩等软岩为主，且大部分属强风化岩，抗压强度普遍小于 30MPa，不满足碎石、片石类原材料对硬质岩（抗压强度大于 30MPa）的要求。因此，仅对其中符合强度标准的洞渣进行利用统计。

核算结果表明：本项目隧道洞渣总量为 369.31 万 m^3，其中可作为碎石、片石类原材料的洞渣为 44.84 万 m^3，考虑加工及运输损耗后，实际可利用量为 35.87 万 m^3。该部分全部用作工程骨料，隧道洞渣总体利用率约为 12.14%，可利用及加工利用情况详见表 3-11、表 3-12。

⑶ 石料场开采

在充分利用工程自身开挖料后，项目仍存在 48.63 万 m^3石料缺口，现阶段采取设置石料场开采的方式，以满足工程需求。

在充分利用工程自身开挖料后，项目仍存在 48.63 万 m^3的石料缺口。为满足工程

需求，现阶段采用设置自采石料场的方式补充料源。主体设计单位会同卡若区、察雅县、八宿县等地方人民政府及国土、交通、林业、水利、环保等相关部门，对辖区内潜在料场进行了现场踏勘。2025 年 7～8 月，依据《西藏自治区昌都市矿产资源总体规划（2021～2025 年）》及现场调查成果，共选取 9 处备选自采石料场，具体情况如下：

1）ZCLC1 料场

料源为澜沧江卵石土，靠近居民聚居地，开采条件困难。卵砾石含量约 75%，但含泥量高、成品率低，且河道自采卵石对河床影响大，审批难度高，不推荐作为自采料源。

2）ZCLC2 料场

根据检测结果，该料场岩石样品室内单轴饱和抗压强度略大于 30MPa，压碎值 21.6%，磨光值 39，其抗压强度、压碎值、磨光值等指标均不满足桥梁隧道结构物水泥混凝土及路面表面层沥青混凝土用碎石要求，不推荐作为自采料源。

3）ZCLC3 料场

上路桩号 K59+360，支距 9.0km。料源为变质细粒斜长岩，室内单轴饱和抗压强度达 86MPa，压碎值 12.6%，磨光值 42。各项指标满足桥梁隧道等结构物高标号水泥混凝土（C40 以上）及路面表面层沥青混凝土用碎石、机制砂要求，且储量充足。经调查，料场不在崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区，从水土保持角度可作为自采料源。

4）ZCLC4 料场及 ZCLC7 料场

两处料场位于林地保护等级为二级的乔木林地内，根据林地管理要求，临时用地不得使用二级乔木林地，不推荐作为自采料源。

5）ZCLC5 料场及 ZCLC6 料场

经征询地方政府及相关职能部门意见，卡若区和八宿县明确不同意开采，不推荐作为自采料源。

6）ZCLC8 料场

目前已被地方单位征用修建房屋，无法使用，不推荐作为自采料源。

7）ZCLC9 料场

料场位于路线右侧郭庆乡岗塔村、省道 S303 北侧，现状为一处灰岩质条状山体，需新建便道约 35km，经济合理性指标不达标，暂不考虑，不推荐作为自采料源。

综合所述，根据试验检测资料及各部门征求意见回函，ZCLC3 料场品质优良、储

量充足，混合料试验结果满足设计要求，且选址已取得地方政府确认（详见附件 6）。推荐采用 ZCLC3 料场作为全线高标号混凝土及路面碎石类材料的统一供应料场。

⑷ 小结

本项目石料供应方案采用自身开挖利用为先、自采保障补充的方式，在外部供应不足、自身开挖料品质有限的客观约束下，经多轮技术论证与行政协调，最终确定了以 ZCLC3 料场为工程料源保障。该料场储量充足，可满足全线高标号碎石类材料的统一供应需求。选址方案已取得地方政府正式确认，在技术可行性、资源可靠性及行政合规性等方面均有充分保障，料场设置合理可行，符合水土保持相关要求。

3.5.3 取土（石、砂）场设置评价

主体设计根据需要设置 1 处石料场，位于路线 K57+000 左侧 2.3km，坡地开采，占地面积 2.51hm²；在终点附近设置 1 处取土场，料场位于终点附近桩号 K98+619 右侧 10km，为坡面开采，占地面积 21.64hm²。主体工程选择料场时主要考虑了料场质量要求、储量、运距、与周边景观协调性等因素。

石料场与取土场均不在崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区，不涉及河湖管理范围；为山体坡面开采，不涉及河道，避开了城镇范围，不在道路可视范围内。

ZCLC3 石料场计划开采量石料 54.03 万 m³，占地面积 2.51hm²，现状岩石裸露，主体设计采用顺坡阶梯式分层开挖，基本不存在诱发崩塌、滑坡或泥石流的可能性，符合水土保持技术标准要求。

TL1 取土场计划开采量土料 228.61 万 m³，占地面积 21.64hm²，主体设计采取贴坡薄挖的开采方式，依现状地形向下平挖取土，贴坡薄挖开采基本不存在诱发崩塌、滑坡或泥石流的可能性，同时控制开挖深度和边坡，符合水土保持技术标准要求。

石料场、取土场的开采坡比及开挖设计方案，包括开采范围、开挖坡比、分级台阶与边坡防护等，均由主体工程设计单位负责设计，并纳入主体工程审查程序予以审查；施工过程中的边坡稳定安全控制，包括开挖工序、支护时机、监测与应急处理，由主体工程设计单位在设计中作专项要求，由施工单位据此实施。上述内容属主体工程设计范畴，不作为本水土保持方案的内容。

ZCLC3 石料场与 TL1 取土场开采过程中沿坡底开挖边界设石笼网拦挡防护，防止泥沙滚落对下游造成影响。开采结束后，石料场产生的无用废方运至 SQT-4 临时弃渣场集中防护；浪拉山至邦达机场段弃渣回填 TL1 取土场采坑，从最低处逐层回填，堆

渣顶部不超过取土坑下边缘，尽量和现状边坡保持顺接。完工后对 ZCLC3 石料场进行土地整治，TL1 取土场土地整治、回覆表土后撒播草籽恢复植被，最大限度减少水土流失，符合水土保持技术标准要求。

综上所述，石料场、取土场布置符合水土保持要求，整体上是合理的。

3.6 施工方法与工艺评价

3.6.1 施工组织的评价

从主体工程施工组织可知，本项目施工前做好准备工作，从工程管理、技术人员、施工便道、施工生产生活区布设、工程用水、电力和材料供应、施工机械准备、施工测量等方面提出要求，科学的进行人员、施工仪器和机械设备、材料等方面的组织，以保证项目高质量按期实施完成，精心组织安排，有效的减少项目的施工时间，一定程度上减少了施工期水土流失危害，符合水土保持要求。

⑴ 临时堆土场的布置

临时堆土场的布置主要根据沿线路基剥离表土及草皮的位置进行布设，位于路基一侧，尽量减少运距，同时充分利用工程已有征占地范围，互通工程区、附属工程区、取土场区、弃渣场区和施工生产生活区剥离的表土直接堆放在场地内，减少了新增临时占地。

⑵ 施工便道的布置

本项目为新建公路，总体沿澜沧江+金河所在走廊带布设，与现有 G214 国道尚有一定距离，路线周边无现有道路，工程桥隧比达 68.00%，各隧道洞脸及桥梁施工点位分散，为满足施工工期要求，主体设计采取多作业面同时施工，并考虑施工机械错车等工程建设需求进行便道布设。布设便道在满足施工周期和时序的前提下，优化选线以及挖填坡比，减少新增临时占地，下边坡设置临时拦挡，控制便道施工扰动范围。施工便道的设置以尽量减少占地为原则，符合水土保持技术要求。

⑶ 施工生产生活区的布置

本项目充分利用主体工程占地范围进行施工场地的布置，沿线根据施工需求布置预制梁场及拌和站 15 处，共计占地 12.80hm²，其中利用永久占地 4.16hm²，红线外新增临时占地 8.94hm²。施工场地选址尽可能避让植被较好的乔木林地，尽可能选择裸地及疏林地布设，减轻对当地原生地貌的破坏，施工生产生活区采用集中布置方式尽量减少占地，符合水土保持技术的要求。

3.6.2 施工工艺、方法的评价

⑴ 路基工程施工及评价

本项目为新建公路工程，采用人工与机械结合施工，施工工艺成熟。

造成填方路段路基水土流失原因主要为：一是降雨直接对裸露边坡击溅产生的土壤松动和流失；二是路面、路基本身汇流以及集雨区地表径流对路堤边坡的冲刷。另外，路基边坡还存在一定的重力侵蚀，但由于填方路基填方高度不高，且边坡进行了相应路基防护措施，路基崩塌可能性不大。针对当地气候、水文、地形、地质条件、筑路材料的分布情况及填方路基水土流失的特点，主体工程设计了相应的防护措施。

路堑边坡水土流失主要原因有：边坡上方坡面集水径流对路堑开挖面的冲刷；降雨对开挖面的直接击溅造成的水力侵蚀等。本项目根据沿线地形、地质、气象、水文条件以及筑路材料的供应情况，因地制宜的采用各种工程防护及生物防护形式，使路基宽度达到拟定的标准，并确保路基的稳定。

本项目加卡至浪拉山段为高山峡谷区，路基挖填边坡较大，为控制边坡顺坡溜渣情况，提前修筑坡脚挡墙以及路肩墙可有效控制砂石随坡滚落。同时要求严格规范施工，采用机械由外向内进行开挖，减少直接爆破，该施工时序符合水土保持技术要求，可起到有效减少顺坡溜渣现象，减少对周边植被的破坏和减少扰动范围。

⑵ 桥梁工程施工及评价

桥梁施工工艺：对于涉水桥梁施工，可在枯水期进行，采用钢板围堰可最大程度上减小施工对周边水域的影响，在主桥墩处布设围堰，架设钻机，其施工期扰动泥浆全部在围堰范围内，对周边水体不会造成影响，符合水土保持要求。陆地桥梁施工时首先进行场地平整，桥墩采用了灌注桩基础，需设置泥浆池，人工挖泥浆池，施工过程中，沉淀的泥浆集中运至指定弃渣场，钻孔完工后，将泥浆池回填平整，恢复原地貌。

⑶ 隧道工程施工及评价

隧道工程采用新奥法进行施工，以机械开挖为主。对洞口土质或易坍塌的软弱围岩地段，采用台阶分步开挖法施工。洞身根据围岩不同采取短台阶法施工或全断面开挖施工，隧道开挖过程中对于开挖面采取支护措施。隧道出渣采用无轨运输方式，二次衬砌浇注采用模板台车。

隧道施工平台下边坡方案补充设置了石笼网拦挡，防止开挖弃渣滚落下边坡。

(4) 互通工程施工及评价

互通工程施工内容主要为匝道路基和匝道桥，施工工艺参照路基工程和桥梁工程，水土流失风险主要存在于路基填筑的临时裸露面以及桥梁桥台施工、桥墩钻渣临时堆放。填筑路基有压实度要求，填土较为紧密，一般不易发生水土流失危害，路面、边坡汇水以及暴雨时期雨点将对填筑边坡击溅造成水力侵蚀，需加强施工过程中裸露面的临时苫盖防护。匝道桥主要对填筑桥台在护坡工程实施前，补充苫盖防护，对临时堆料采取苫盖防护以及块石压脚，控制堆料扰动范围。

(5) 附属工程施工及评价

附属工程采用平坡式布置，机械与人工结合施工，开挖采用分层顺坡推进，填方区分层碾压，压实度按设计要求控制，压实边坡较为密实，不易发生严重水土流失危害。开挖面上游同步修筑截水沟，填方侧坡地修筑排水沟，构成完整的排水体系，有效防护降雨汇流对边坡冲刷。主体设计对平台挖填边坡采取生态护坡，改善边坡下垫面条件，有效控制挖填面的水土流失风险。补充施工过程中临时堆料以及临时裸露面的防护措施。

(6) 改路工程施工及评价

改路工程施工参照路基工程，为机械与人工结合的施工模式。改路工程均位于高山峡谷区，较陡处路基坡脚设路堤墙或路肩墙控制施工扰动范围，可减小改路工程占地范围；同时设置完善的截排水系统，保障工程安全，控制施工区范围内的水土流失。

(7) 改沟工程施工及评价

改沟工程采用机械开挖结合人工修整进行施工，沟槽开挖后到混凝土衬砌前有一定的间隔时间，需补充施工临时裸露面的苫盖防护；施工过程中的临时堆料备用密目网防护；沟槽施工过程中，不可避免对沟顶两侧造成扰动，后期补充撒草恢复措施。

3.6.3 施工时序的评价

工程施工组织设计时，采取了预防保护措施，路基先开挖两边的临时排水沟，修建坡脚挡墙，再进行路基开挖、填筑，施工工序符合水土保持技术要求。

鉴于工程本身的施工安全考虑以及主体工程设计单位水土保持意识的加强，在施工期间也采取了一系列的水土流失的防治措施，并在公路设计文件中加以明确和规定：

(1) 工程征地结束后，路基开工时，首先在路基两侧开挖临时排水沟，集中拦截坡面来水和排除路基积水，防止水流集中冲刷扰动的施工面，对有积水的基坑采用小

型抽水泵抽排。

⑵ 公路施工期间，要求对运送散装物料的汽车及堆场，利用蓬布遮盖，勤洒水，防扬尘。路面的水泥、碎石等材料集中堆放，并采取防雨措施。路面沥青混凝土采用场拌方式集中供应。

⑶ 公路施工期间，及时清理弃土，妥善堆置。对开挖出的适用材料运至填方路段用于路基填筑；用于路基植被恢复的表土运至相应路段堆放于临时堆放场占地范围内，待工程后期使用。

以上主体工程在施工期采取的临时措施，可有效地防止施工期间，开挖面、填筑面被雨水侵蚀，产生的水流经排水沟排向附近自然水系，减少对工程周边河道的淤积。

3.7 主体工程设计中具有水土保持功能工程的分析评价

3.7.1 主体工程设计中具有水土保持功能工程的评价

3.7.1.1 路基工程区

⑴ 表土剥离

工程在设计时对路基占用耕地、林地和草地部分的表土采取了剥离措施，剥离的表土可用于后期边坡绿化用土，具有水土保持功能。

⑵ 路基排水

为确保路基稳定和路面的整体强度、减少由于降水造成的灾害，主体在路基两侧设计了排水系统。

1）排水沟

采用矩形排水沟，尺寸为 60×60cm，连接线尺寸为 40×40cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑，底部设置 10cm 砂砾垫层；浪拉山至邦达机场段，采用底宽 60cm、高 80cm 梯形土质排水沟。路基下游排水畅通，不易引起积水路段采取散排形式，可不设置排水沟。

2）边沟

加卡至浪拉山段，挖方段采用矩形边沟，尺寸为 60×60cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑；浪拉山至邦达机场段，选用矩形排水沟，矩形边沟宽 60cm、高 80cm。

3）平台截水沟

填、挖方边坡平台上设置平台截水沟，采用 30cm 厚浆砌片石铺砌，尺寸 40×40cm。

4）山坡截水沟

当地表汇水面积较大、坡面抗冲刷能力较弱时，应在挖方路段边坡坡顶以外不小于 5m 处设置矩形截水沟。现场根据开挖后的实际情况，适当调整山坡截水沟设置位置。山坡截水沟尺寸为 50×50cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑，下设 10cm 砂砾垫层。出口与排水沟连接或引入天然冲沟中。

5）急流槽

路堑截水沟和平台排水沟、边沟与路基排水沟相接处坡度大于 1:5 时，设置急流槽衔接，避免水流流速大而造成冲刷。急流槽采用 C25 混凝土现浇。

6）设计标准分析

本项目主线加卡至浪拉山段为二级公路，吉塘连接线为三级公路，浪拉山至邦达机场段为一级公路。根据《公路排水设计规范》（JTG/T D33-2012），主体设计对于二级、三级路路段永久占地范围内路面排水按重现期 3 年（一级路路段按 5 年），路界内坡面排水按重现期 10 年（一级路路段按 15 年）进行设计，排水沟安全超高 0.2m。主体排水设计成果满足《公路排水设计规范》对一级及一级以下的公路排水标准。

根据主体工程设计方案采用的排水设施典型断面及布设参数（边沟、截水沟、排水沟的断面形式与尺寸、沟底比降、衬砌型式），本方案按对应桩号段 1:2000 地形图勾绘汇水范围、量算汇水面积与汇水区地表组成，参照《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）第 5.6.2 条及表 5.6.2 坡面截排水工程设计标准，按 1 级标准（5 年一遇~10 年一遇短历时暴雨、超高 0.3m）控制；其中路基边沟、平台截水沟等受路基结构断面限制，另按《公路排水设计规范》（JTG/T D33-2012）第 4.5.11 条“沟槽顶面应高出设计水位不小于 0.1m”校核，本方案主体工程排水超高均取 0.2m，较规范要求留有一倍余量。据此开展路基工程排水系统过流能力复核，均满足水保相关要求，主体工程排水沟过流能力复核情况详见表 3-13、表 3-14。

表 3-13 主体工程排水系统设计流量成果表

序号	5 年一遇 10min 降雨强度 $q_{5,10}$	径流系数 φ	重现期转换系数 C_p	降雨历时转换系数 C_t	地面粗度系数 m_1	降雨历时 t	设计降雨强度	汇水面积 F	坡面流长度 Ls	坡度	设计流量
	mm/min	/	/	/	/	min	mm/min	km²	m	/	m³/s
K30+240~K30+900 边沟	1.3	1	1.22	0.225	0.20	88	0.357	0.0750	521	0.637	0.45
K38+127~K38+240 边沟	1.3	1	1.22	0.282	0.20	67	0.447	0.0270	397	0.642	0.20

序号	5 年一遇 10min 降雨强度 $q_{5,10}$	径流系数 φ	重现期转换系数 C_p	降雨历时转换系数 C_t	地面粗度系数 m_1	降雨历时 t	设计降雨强度	汇水面积 F	坡面流长度 Ls	坡度	设计流量
	mm/min	/	/	/	/	min	mm/min	km²	m	/	m³/s
K38+700~K38+980 边沟	1.3	1	1.22	0.341	0.20	50	0.541	0.0300	209	0.321	0.27
K30+075~K30+236 排水沟	1.3	1	1.22	1.245	0.20	5	1.974	0.0040	20	0.300	0.13
K30+900~K31+115 平台截水沟	1.3	1	1.22	1.100	0.20	3	1.745	0.0020	10	0.800	0.06
K34+200~K34+667 山坡截水沟	1.3	1	1.22	0.257	0.20	76	0.408	0.0600	414	0.541	0.41

表 3-14 主体工程排水系统过流能力复核表

序号	排水沟名称	汇水面积	排水沟断面				设计流量过流能力计算							短历时设计暴雨流量	备注
			底宽	沟深	净深	坡比	流速 v	过水断面 A	湿周 X	水力半径 R	沟道比降 I	沟道糙率 n	设计过流 Q		
		km²	m	m	m		m/s	m²	m	m	/	/	m³/s	m³/s	
1	K30+240~K30+900 边沟	0.075	0.6	0.6	0.4	1:0	2.18	0.24	1.40	0.17	0.039	0.028	0.52	0.45	满足
2	K38+127~K38+240 边沟	0.027	0.6	0.6	0.4	1:0	1.94	0.24	1.40	0.17	0.031	0.028	0.47	0.20	满足
3	K38+700~K38+980 边沟	0.030	0.6	0.6	0.4	1:0	1.94	0.24	1.40	0.17	0.031	0.028	0.47	0.27	满足
4	K30+075~K30+236 排水沟	0.004	0.6	0.6	0.4	1:0	1.91	0.24	1.40	0.17	0.03	0.028	0.46	0.13	满足
5	K30+900~K31+115 平台截水沟	0.003	0.4	0.4	0.2	1:0	1.09	0.08	0.80	0.10	0.02	0.028	0.09	0.06	满足
6	K34+200~K34+667 山坡截水沟	0.060	0.5	0.5	0.3	1:0	2.99	0.15	1.10	0.14	0.1	0.028	0.45	0.41	满足

结合沿线挖填方路段等地形条件分析，主体设计的排水沟、边沟、截水沟、急流槽及桥涵等构成的排水系统，布设位置、长度及范围与沿线汇水条件相适应，能够及时排除路基及两侧地表径流，有效防止坡面冲刷和水土流失，具有水土保持功能。

⑶ 路基边坡防护

1）填方边坡防护

填方边坡高度 H≤3m 的填方路段一般采用生态毯防护；当填方路基边坡高度 H>3m 时，采用衬砌拱防护。地势低洼积水等受水流侵蚀或冲刷的路堤，一般在高出设计洪水位 0.5m 位置以下采用 M10 浆砌片石防护。浸水桥头路基边坡采用 M10 浆砌片石满

铺防护，根据实际浸水情况可适当加长。一般桥台锥坡及临近桥头 10m 长路堤范围采用预制空心六棱块满铺防护。项目沿线受地形、地物限制路段，根据具体情况采用护脚、护肩、路肩挡土墙、路堤挡土墙、桩板墙等支挡。

2）挖方边坡防护

当挖方路基边坡高度 H≤3m 时，边坡采用生态毯防护；当挖方路基边坡高度 H>3m 时，坡面采用菱形框架防护，框架内填充生态袋。

整体稳定、无不良结构面的边坡可不予防护；局部可能碎落、掉块的边坡采用柔性主动网防护。存在小规模崩塌、碎落等局部欠稳定的边坡，采用锚杆混凝土框架植草的防护。坡面整体欠稳定的挖方边坡采用预应力锚索框架、抗滑桩及防止坡面冲刷相结合的防护。

3）护坡道、碎落台、平台防护设计

护坡道：一般路段护坡道防护根据相连路基边坡防护型式而定，当路基边坡为植草防护时，护坡道用植草防护；当路基边坡为圬工+植草防护时，护坡道用泄水槽+植草防护；桥头路段护坡道用混凝土预制空心块+植草（浸水桥头路段护坡道用浆砌片石满铺）防护。同时，为了丰富道路景观，建设绿色长廊，在护坡道上栽植乔、灌木。

碎落台、平台：结合相应防护形式采用圬工硬化、植草等。

路基边坡根据不同挖填及环境条件，采取了不同的防护措施，其中生态毯护坡为植物护坡，路堤边坡衬砌拱护坡、菱形框架防护为综合护坡，界定为具有水土保持功能的措施；桥头路基防护、护脚防护、护肩、主动柔性密目网、护面墙防护、路堤墙、路堑墙、侧挡墙等防护措施，可减少裸露的路基边坡产生的水土流失量，具有水土保持功能。

⑷ 路基工程区水土保持评价

通过对主体设计中路基工程区内具有水土保持功能措施的评价可知，表土剥离、路基排水工程、路基植物护坡及综合护坡等措施能够满足本阶段水土保持技术要求，具有一定的水土保持功能。

除以上已采取的措施外，浪拉山至邦达机场段部分路基占用湿地草甸，需补充草皮剥离、后期回铺以及施工过程中的草皮养护措施；路基工程区排水措施与现有沟渠间需补充顺接排水沟；施工期间需补充对于剥离表土及草皮的拦挡、苫盖、周边截排水及沉沙措施（工程量及措施计入临时堆土场防治区），对于临时裸露面的挖填边坡采

取苫盖防护，填方路基下边坡设临时拦挡；施工过程中遇降雨等天气，水流中泥沙含量较高，需在排水沟及沟渠间布置沉沙池进行沉沙后再排入沟渠；完工后还应对路基工程区补充表土回覆、土地整治。

3.7.1.2 桥梁工程区

桥梁工程施工时，对于桥头部分，主体设计采用浆砌石护坡，防止水流对桥头桥岸的冲刷，可减少水土流失量。桥头浆砌石实体护坡均以保证桥梁工程施工安全为主，属桥梁工程施工时不可或缺的组成部分，仅兼有水土保持功能，根据水土保持界定原则，不属于水土保持工程，其投资就不纳入水土保持方案投资。

工程在设计时对桥梁占用林地和草地部分的表土采取了剥离措施，剥离的表土可用于后期边坡绿化用土，具有水土保持功能。

部分桥梁根据设计标高与现状地形的关系，主体设计对边坡进行开挖削坡，开挖施工同路基开挖边坡，在桥下沿桥梁纵向设置排水沟，开挖平台以及开挖边界设置平台截水沟和山坡截水沟，截水沟和底部排水沟间设急流槽衔接。

对于开挖边坡，同路基开挖段，设计生态毯护坡以及菱形框架防护措施。

桥梁桥墩施工采用桩基础，且在枯水期进行施工，人工挖泥浆池，泥浆池为长方形，长 6.0m，宽度 5.0m，深度 2.0 m，边坡 1:0.5 并夯实，池壁采取塑料布衬砌。施工过程中桥梁开挖泥浆在沉淀池中沉淀及晾晒后再运至弃渣场回填，钻孔完工后，将泥浆池回填平整，恢复原地貌。

以上表土剥离、排水沟、急流槽、平台截水沟、生态毯护坡、菱形框架防护和泥浆池具有水土保持功能。

桥梁工程施工时，需完善沿河侧或坡面桥墩下边坡临时拦挡措施，防治土石滚落入河流及下边坡；对于桥梁开挖的临时堆土采取临时拦挡防护，并在完工后对桥下迹地撒播草籽恢复植被，并计算水土保持投资。

3.7.1.3 隧道工程区

主体设计中，施工前对洞脸占用的林草地范围采取了表土剥离措施，剥离的表土可用于后期边坡绿化用土，具有水土保持功能，界定为水土保持措施。

隧道进出口采取端墙式、偏压式、棚洞式等，洞脸上边坡扰动范围采用生态毯护坡、锚杆喷混凝土硬化护坡、下边坡混凝土挡墙等防护型式对隧道洞脸边坡进行防护，其中锚杆喷混凝土防护、洞口混凝土挡墙等以主体功能为主，不界定为水保措施，生

态毯护坡具有水土保持功能，界定为水土保持措施。

为避免上游汇流对隧道洞脸边坡造成冲刷，在洞口仰坡上方及下边坡设置截排水沟；洞内设置排水沟等排水措施将水流及时排出区域，减少其对裸露地表的冲刷，降低水土流失量，具有水土保持功能。

本方案在截排水沟出口处布置沉沙池，下边坡补充石笼网拦挡，完工后在裸露区域回覆表土、平整土地，撒播草籽恢复植被。

3.7.1.4 互通工程区

本项目沿线设置互通式立交 2 处，分别为索拉互通和机场互通，2 处互通均位于浪拉山至邦达机场段，地属八宿县，为高原宽谷地貌。

工程在设计时对互通工程占用林地和草地部分的表土采取了剥离措施，剥离的表土可用于后期边坡绿化用土，具有水土保持功能。

设计在匝道填方边坡坡脚布置土质排水沟，边坡采取生态毯护坡以及衬砌拱护坡，以上措施具有水土保持功能。

本方案补充机场互通扰动范围内的草皮剥离、草皮回铺以及施工期间的草皮养护措施；在互通区的排水沟出口处设置沉沙池，兼做消力池；施工期间，临时堆料采取拦挡苫盖防护，临时裸露面进行苫盖防护；施工结束后，回覆表土，互通内部空地混播草籽绿化。

仅机场互通有一处匝道桥 68m，该桥梁桩基础施工所需泥浆池利用机场互通 1 号主线桥泥浆池，匝道桥不再单独设置泥浆池。

3.7.1.5 附属工程区

本项目附属工程区包括 1 处吉塘养护工区、1 处尼琼养护保通站、1 处主线治超站；并在沿线根据实际情况设置隧道变电所 23 个，消防泵房 10 个。

工程在设计时对附属工程占用林地和草地部分的表土采取了剥离措施，剥离的表土可用于后期边坡绿化用土，具有水土保持功能，界定为水土保持措施。

养护工区、保通站和主线治超站内均布置了排水沟和蓄水池，排水沟采用混凝土盖板边沟，40cm×40cm 矩形断面，混凝土厚度为 30cm。排水沟连接工区内蓄水池，蓄水池平面尺寸为 8m×7m，深 2m，浆砌石厚度 30cm，共设置 1 个，用于收集和储存周边来水以供工区人员生活生产用水。隧道变电所周边设置周边排水沟，尺寸同养护工区排水沟尺寸，排水沟出口设沉沙池，沉沙池平面尺寸为 2m×1.5m，深 1m，浆砌石厚

度 30cm。为充分利用附属区及周边范围降雨采集的雨水，将雨水收集入蓄水池用于附属区生产生活用水，附属区排水沟直接连接蓄水池。排水沟和蓄水池设置一方面方便了工作人员的生活生产，另一方面可起到蓄水减少水流冲刷的作用，具有水土保持功能。

主体设计时在养护区占地范围内的空地上采取了绿化措施，具有水土保持功能。

附属工程区施工过程中，主要对附属工程区内临时堆放补充拦挡苫盖措施，对临时开挖填筑面补充苫盖防护，完工后对裸地进行土地整治，回覆表土，并计算水土保持投资。

3.7.1.6 改路工程区

改路工程共计 13 处，均位于高山峡谷区。

改路工程施工前，主体对占用灌木林地和天然牧草地范围内表土进行剥离，后期利用至边坡绿化恢复，剥离表土具有水土保持功能，界定为水土保持措施。

主体设计对改路开挖边坡坡脚设置边沟，疏导上游来水，矩形边沟尺寸为 40cm×40cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑，边沟具有水土保持工程。

对于路基两侧主体设计植草皮防护，具有水土保持工程。

本方案补充施工过程中对填方下边坡设临时拦挡，裸露开挖填筑面采取临时苫盖；完工后对裸露边坡进行土地整治，土路肩以及坡脚外侧扰动迹地混播老芒麦和垂穗披碱草草籽恢复。

3.7.1.7 改沟工程区

改沟工程共计 3 处，2 处位于高山峡谷区，1 处位于高原宽谷区。

改沟工程施工前，主体对占用天然牧草地范围内表土进行剥离，后期利用至沟顶两侧裸露范围绿化恢复，剥离表土具有水土保持功能。

本方案补充施工过程中，对裸露面以及临时堆土采取苫盖防护措施，完毕后进行植被恢复。

3.7.1.8 临时堆土场区

本阶段，《施工图设计》缺少对临时堆土场的统计，本方案报告书需要对临时堆土场周边设置拦挡防护，施工完毕后进行植被恢复，并计算水土保持投资。

3.7.1.9 石料场区

本阶段主体设计在沿线选定了石料场的位置，对取土场开展了施工图设计，根据

石料场地形需求，主体设计在排水沟出口处下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm。出口消力池平面尺寸为 8.0m（长）×1.0m（宽），池深 0.4m，边墙高 2.5m。本方案在 7.7.2.8 小结对主体设计的石料场排水沟过流能力进行了复核，满足水保相关要求。主体设计的截排水沟、消力池构成的排水系统，能够及时排除石料场上方及两侧汇流，有效防止坡面冲刷和水土流失，具有水土保持功能。

料场开采前，主体设计沿下边坡占地边界布设石笼网挡墙进行拦挡，石笼网断面尺寸为 1.0m×1.0m，基础埋深 0.3m。主体设计的石笼网挡墙可减少开采石料时石方洒落对料场下边坡的占压扰动，具有水土保持功能。

本方案对石料场场施工图设计方案进行复核，补充施工期间临时堆放废料的拦挡苫盖防护以及取料结束后的土地整治措施。

3.7.1.10 取土场区

本阶段主体设计选定了取土场的位置，对取土场开展了施工图设计。

工程在设计时对取土场占用林草地的表土采取了剥离措施，剥离的表土可用于后期绿化用土，具有水土保持功能。

料场开采前，主体设计沿下边坡占地边界布设 1m×1m 的正方体钢筋石笼网拦挡，石笼网浅埋地下 0.25m。石笼网挡墙可减少开采土方时开采料洒落对料场下边坡的占压扰动，具有水土保持功能。

主体设计在 TL1 取土场上边坡及周边设置截排水沟 1.7m，深 1.7m，边坡 1:0.75 的梯形断面，混凝土厚度 30cm。排水沟出口处下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm。出口消力池平面尺寸为 16.0m（长）×1.7m（宽），池深 0.7m，边墙高 4.5m。

本方案在 7.7.2.8 章节对取土场排水沟过流能力进行复核，满足水保相关要求。主体设计的截排水沟、消力池构成的排水系统，能够及时排除取土场上方及两侧汇流，有效防止坡面冲刷和水土流失，具有水土保持功能。

取土结束后对取土场范围撒草籽绿化，植草绿化具有水土保持功能。

本方案对取土场施工图设计方案进行复核，补充部分表土保护、施工期间临时防护以及栽植灌木措施。

3.7.1.11 弃渣场区

本阶段主体设计选定了弃渣场的位置，对弃渣场开展了施工图设计。

堆渣前，主体设计在弃渣场底部沟口处设置混凝土挡渣墙，在弃渣场底部设置“纵向主盲沟+横向支盲沟”的排渗系统。

施工期间主体设计在弃渣场沟底设置排水涵管，排除上游沟道汇水。

弃渣场堆渣结束后，主体设计在弃渣场两侧分别布设排洪沟以及截排水沟，出口均设置下挖式消力池，排洪沟入口处设八字墙改善水流形态。本方案在 7.7.2.8 章节对弃渣场排水系统过流能力及消能计算进行复核，满足水保相关要求。

堆渣结束后主体设计对弃渣场范围撒草籽绿化。

本方案对弃渣场施工图设计方案进行复核，补充部分表土保护、施工期间临时拦挡苫盖措施以及弃渣结束后补充栽植乔灌绿化。

3.7.1.12 施工便道区

本阶段，《施工图设计》缺少对施工便道具体防护工程量的统计，不符合水土保持技术要求，本方案将新增水土保持措施并计算投资。

3.7.1.13 施工生产生活区

本阶段，《施工图设计》缺少对施工场地具体布置和防护工程量的统计，不符合水土保持技术要求，本方案将新增水土保持措施并计算投资。

3.7.2 主体工程设计中水土保持措施界定

3.7.2.1 水土保持工程界定原则

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）4.3.11 条及附录 D 界定本项目主体工程设计中的水土保持措施。界定原则如下：

⑴ 以防治水土流失为主要目标的防护工程，应界定为水土保持工程。以主体工程设计功能为主，同时兼有水土保持功能的工程，不纳入水土流失防治措施体系，仅对其进行水土保持评价；当不能满足水土保持要求时，可要求主体设计修改完善，也可提出补充措施（纳入水土流失防治措施体系）。

⑵ 对建设过程中的临时占地，因施工结束后需归还当地群众或政府，水土流失防治责任将发生转移，须通过水土保持验收予以确认，各项防护措施均应界定为水土保持工程，纳入水土流失防治措施体系。

⑶ 对永久占地区内主体设计功能和水土保持功能难以直观区分的防护措施，可

按照破坏性试验的原则进行排除：假定没有这项防护措施，主体设计功能仍旧可以发挥作用，但会产生较大的水土流失，该项防护措施应界定为水土保持工程，纳入水土流失防治措施体系。

根据界定原则，结合项目的特点，确定主体工程设计中已有的水土保持工程如下：

⑴ 各类植物措施、综合措施均界定为水土保持措施；

⑵ 截排水工程均界定为水土保持措施；

⑶ 表土剥离工程界定为水土保持措施；

⑷ 硬护坡及硬化区域不界定为水土保持措施；

⑸ 临时占地范围内的各类防护措施均界定为水土保持措施。

3.7.2.2 主体工程设计中水土保持措施界定

根据各分区水土保持分析及评价结论，结合水土保持工程界定原则可知，本项目主体工程设计中路基护脚防护、护肩、主动柔性密目网、护面墙防护、路堤墙、路堑墙、侧挡墙，桥头浆砌石实体护坡等措施，具有减少水流对土壤的侵蚀作用，可降低水土流失量，但这些工程均以保证主体工程安全为主，属主体工程正常运转不可或缺的组成部分，仅兼有水土保持功能，因此不界定为具有水土保持功能的措施。而路基工程区的表土剥离、截排水措施、衬砌拱护坡及菱形框架防护，桥梁工程区的表土剥离、截排水措施、菱形框架防护及泥浆池，隧道工程区的表土剥离、洞口截水沟、内部排水沟及生态毯护坡，互通工程区的表土剥离、排水措施、衬砌拱护坡，附属工程区的表土剥离、周边排水沟、蓄水池及绿化措施，改路工程区的表土剥离、边沟及植草皮护坡，改沟工程区的表土剥离，石料场的石笼网拦挡、排水沟及消力池，取土场区的表土剥离、石笼网拦挡、排水沟、消力池及植草防护，弃渣场区的挡渣墙、排洪（水）沟、消力池、八字墙、盲沟、排水涵管及植草防护等措施，能够满足本阶段水土保持技术要求，可降低工程区水土流失量，具有一定的水土保持功能，本方案将其界定为具有水土保持功能的措施。各区具有水土保持功能措施分析表详见表 3-15，工程量及投资详见表 3-16。

表 3-15 主体设计中具有水土保持功能措施分析表

分区	措施分类	界定为水土保持的措施	不界定为水土保持的措施
路基工程区	工程措施	表土剥离、截排水措施、衬砌拱护坡、菱形框架防护	浆砌石挡墙、路肩墙、护肩
	植物措施	衬砌拱护坡及菱形框架防护填充生态袋、生态毯护坡	-

分区	措施分类	界定为水土保持的措施	不界定为水土保持的措施
桥梁工程区	工程措施	表土剥离、截排水措施、菱形框架防护	桥台浆砌石护坡
	植物措施	菱形框架防护填充生态袋、生态毯护坡	-
	临时措施	泥浆池	-
隧道工程区	工程措施	表土剥离、洞口截水沟、内部排水沟	-
	植物措施	生态毯护坡	-
互通工程区	工程措施	表土剥离、排水措施、衬砌拱护坡	-
	植物措施	衬砌拱护坡填充生态袋、生态毯护坡	-
附属工程区	工程措施	表土剥离、周边排水沟、蓄水池	-
	植物措施	铺垫生态毯、藏川杨、云杉、忍冬	-
改路工程区	工程措施	表土剥离、边沟	-
	植物措施	植草皮护坡	-
改沟工程区	工程措施	表土剥离	-
石料场	工程措施	石笼网拦挡、排水沟、消力池	-
取土场区	工程措施	表土剥离、石笼网拦挡、排水沟、消力池	-
	植物措施	植草防护	-
弃渣场区	工程措施	挡渣墙、排水沟、八字墙、消力池、盲沟	-
	植物措施	植草防护	-
	临时措施	排水涵管	-

表 3-16 主体工程已有水土保持措施工程量及投资汇总表

水土保持措施				单位	工程量	投资（万元）
路基工程区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	10.96	119.70
		排水沟	长度	m	12171	
			M10 浆砌片石	m³	8763	403.14
			砂砾垫层	m³	987	16.44
			开挖土石方	m³	14606	20.42
		边沟	长度	m	15602	
			M10 浆砌片石	m³	12018	552.89
			砂砾垫层	m³	925	15.40
			开挖土石方	m³	9596	13.41
		急流槽	长度	m	27567	
			C25 砼现浇	m³	4318	213.09
			开挖土石方	m³	8349	11.67
		土质排水沟	长度	m	27181	
			M10 浆砌片石	m³	886	40.77
		平台截水沟	长度	m	4876	
			M10 浆砌片石	m³	880	224.30
			C25 砼现浇	m³	600	43.44
			开挖土石方	m³	2833	0.84

表 3-16 主体工程已有水土保持措施工程量及投资汇总表

水土保持措施				单位	工程量	投资（万元）
		山坡截水沟	长度	m	4818	
			M10 浆砌片石	m^3	3035	139.63
			砂砾垫层	m^3	578	28.53
			开挖土石方	m^3	4769	6.67
		衬砌拱护坡	面积	m^2	225775	
			C25 砼预制	m^3	2507	165.18
			C25 砼现浇	m^3	44407	2191.35
			开挖土石方	m^3	45548	63.67
			培耕植土	m^3	41204	36.01
		菱形框架防护	面积	m^2	105622	
			M10 浆砌片/块石	m^3	31483	1448.37
			C25 砼预制	m^3	2729	179.81
			开挖土方	m^3	29327	41.00
			培耕植土	m^3	20343	17.78
	植物措施	边坡衬砌拱生态袋填充	生态袋填充	m^2	164816	1017.64
		菱形框架生态袋填充	生态袋填充	m^2	58092	358.68
		生态毯护坡	面积	m^2	82376	
			耕植土	m^3	18123	15.84
			生态毯	m^2	90613	737.41
桥梁工程区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m^3	1.42	15.50
		排水沟	长度	m	18150	
			M10 浆砌片石	m^3	12814	589.48
			砂砾垫层	m^3	2139	35.61
			开挖土石方	m^3	21356	29.85
		急流槽	长度	m	154	
			C25 砼现浇	m^3	208	10.27
			开挖土石方	m^3	424	0.59
		平台截水沟	长度	m	145	
			M10 浆砌片石	m^3	84	3.87
			C25 砼现浇	m^3	19	0.93
			开挖土石方	m^3	85	0.12
		山坡截水沟	长度	m	470	
			M10 浆砌片石	m^3	296	13.61
			砂砾垫层	m^3	56	2.78
			开挖土石方	m^3	465	0.65
		菱形框架防护	面积	m^2	47327	
			M10 浆砌片/块石	m^3	14107	648.99
			C25 砼预制	m^3	1223	80.57
			开挖土方	m^3	13141	18.37
			培耕植土	m^3	9115	7.97

表 3-16 主体工程已有水土保持措施工程量及投资汇总表

水土保持措施				单位	工程量	投资（万元）
	植物措施	菱形框架生态袋填充	生态袋填充	m²	26030	160.72
		生态毯护坡	面积	m²	20283	
			耕植土	m³	4462	3.90
			生态毯	m²	22311	181.57
	临时措施	泥浆池	数量	个	262	
			开挖土方	m³	15720	21.98
			塑料布衬底	m²	19388	19.94
隧道工程区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.60	6.53
		洞口截水沟	长度	m	6468	
			C20 现浇砼	m³	4656	226.91
		洞内侧式排水沟	长度	m	57948	
			预制混凝土管	m	38241	1720.83
	植物措施	生态毯护坡	面积	m²	40572	
			耕植土	m³	8926	7.80
			生态毯	m²	44629	363.19
互通工程区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.59	6.42
		土质排水沟	长度	m	4124	
			M10 浆砌片石	m³	103	4.74
			开挖土方	m³	2062	2.88
		衬砌拱护坡	面积	m²	12011	
			C25 砼预制	m³	131	8.63
			C25 砼现浇	m³	2320	114.50
			开挖土石方	m³	2380	3.33
			培耕植土	m³	2153	1.88
	植物措施	边坡衬砌拱生态袋填充	生态袋填充	m²	8768	54.14
		生态毯护坡	面积	m²	9921	
			耕植土	m³	2183	1.91
			生态毯	m²	10913	88.81
附属工程区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.60	6.58
		排洪沟/周边排水沟	长度	m	5667	
			开挖土方	m³	3967	5.55
			C25 混凝土砌筑	m³	3060	150.99
		衬砌拱护坡	面积	m²	7667	
			C25 砼预制	m³	85	5.61
			C25 砼现浇	m³	1508	74.41
			开挖土石方	m³	1547	2.16
			培耕植土	m³	1399	1.22
	植物措施	边坡衬砌拱生态袋填充	生态袋填充	m²	5597	54.14
		生态毯护坡	面积	m²	7474	
			耕植土	m³	1644	1.44

表 3-16 主体工程已有水土保持措施工程量及投资汇总表

水土保持措施				单位	工程量	投资（万元）
			生态毯	m²	8221	66.91
		藏川杨	数量	株	150	2.25
		云杉	数量	株	150	2.70
		忍冬	数量	株	2667	8.00
改路工程区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.32	3.44
		边沟	长度	m	7457	
			M10 浆砌片石	m³	8054	370.51
			开挖土石方	m³	615	0.86
	植物措施	植草皮护坡	面积	hm²	1.62	125.91
改沟工程区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.03	0.37
石料场	工程措施	石笼网挡墙	长度	m	320	
			土方开挖	m³	160	0.22
			石笼网	m³	320	13.59
		排洪沟/周边排水沟	长度	m	887	
			开挖土方	m³	3041	4.25
			C25 混凝土砌筑	m³	1280	63.16
			砂砾垫层	m³	93	1.55
		消力池	长度	m	16	
			开挖土方	m³	82	0.11
			C25 混凝土现浇	m³	38	1.87
取土场区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	2.16	23.64
		石笼网挡墙	长度	m	374	
			土方开挖	m³	94	0.13
			石笼网	m³	374	15.88
		排水沟	长度	m	1857	
			开挖土方	m³	12999	18.17
			C25 混凝土现浇	m³	3968	195.80
			砂砾垫层	m³	251	4.17
		消力池	长度	m	32	
			开挖土方	m³	367	0.51
			C25 混凝土现浇	m³	122	6.01
	植物措施	撒播高山嵩草	面积	hm²	22.72	
			用量	kg	2272	15.87
弃渣场	工程措施	混凝土挡渣墙	长度	m	183	
			开挖土方	m³	3045	4.26
			碎石换填	m³	2132	42.55
			C25 砼	m³	4053	200.02
			土方填筑	m³	1027	5.35
			PVC 排水管	m³	1208	3.02

表 3-16 主体工程已有水土保持措施工程量及投资汇总表

水土保持措施				单位	工程量	投资（万元）
			杉木条	m³	41	0.65
		排洪沟/排水沟	排洪沟	m	2752	
			周边排水沟	m	2815	
			平台排水沟	m	2248	
			基础开挖	m³	41892	58.56
			C25 混凝土现浇	m³	12870	635.07
			钢筋	t	480	360.80
			砂砾垫层	m³	914	15.21
		排水盲沟	长度	m	11010	
			土方开挖	m³	49544	69.26
			波纹穿孔管	m	11010	33.03
			块石	m³	34681	909.84
			粗砂	m³	3963	65.39
			碎石	m³	7432	124.04
			土工布	m²	77068	82.65
		八字墙	数量	个	4	
			基础开挖	m³	392	0.55
			C25 混凝土现浇	m³	176	8.68
		消力池	长度	m	148	
			开挖土方	m³	2237	3.13
			C25 混凝土现浇	m³	666	32.85
			钢筋	t	27	20.01
	植物措施	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	27.16	
			种籽用量	kg	2716	19.85
	临时措施	排水涵管	长度	m	2007	
			土方开挖	m³	13815	19.31
			细石渣回填	m³	2910	15.17
			预制 C40 钢筋砼圆涵管（DN1500）	m	2007	272.86
			C20 混凝土基座	m³	9729	466.94
			C20 混凝土镇墩	m³	145	8.16
			水泥砂浆	m³	11	0.02
			碎石垫层	m³	909	15.17
合计						17323.23

4 表土资源保护与利用

4.1 表土资源调查与评价

4.1.1 表土及草皮资源调查

⑴ 调查范围

项目所在区域海拔较高，地貌涉及了高山峡谷及高原宽谷两种类型，土壤类型主要为高山草原土、高山草甸土。根据主体工程提供项目区征地范围以及改路、改沟、临时堆土场、石料场、取土场、弃渣场、施工便道和施工生产生活区等临时用地布置情况，结合工程占地类型，确定本次表土资源调查范围。

⑵ 调查内容及方法

根据 GB/T 45107-2024 要求，表土资源调查内容主要包括表土（含草皮）资源分布、厚度及土壤理化性质等。

1）表土（含草皮）资源分布及厚度调查

调查范围主要为本项目征占地范围。根据不同地质（成土母质、砾石含量）、地貌（坡度及坡向）、地表概况（包括植物长势、地表水、可视杂物）、土壤类型、土壤侵蚀类型及强度、土地利用情况（收集现状及历史状况资料），采用无人机航拍确定表土分布范围，并结合现场实地勘察方式确定项目占地范围内的表土资源分布及可剥离表土厚度。

2）土壤样品采集

根据《土壤环境监测技术规范》（HJ 166-2026）的要求，结合实际调查，在每个调查样方或调查样点采集表层混合样（0~20cm）1 个。具体操作为：在样方内（或以样点为中心），按“S”形布设 5 个采样点，在各采样点采集等量的 0~20cm 均质土样，在塑料布上除杂混匀，用四分法保留 500~1000g 放入塑封袋，做好标签，用铅笔注明采样编号及样点相关信息。标签一式两份，一份放在袋里，一份贴于袋上，供室内分析土壤理化性质，并与剖面样品相验证。样品运回室内后及时风干。

3）土壤理化性质测定方法

① 土壤物理性质

土壤物理性质采用常规方法进行测定，包括土壤容重、土壤质地、土壤前期含水率等。土壤容重测定采用环刀法；土壤质地测定时，对于粒径大于 0.1mm 的土壤颗粒采用筛分法，粒径小于 0.1mm 的土壤颗粒采用比重计法测定，并参照美国制划分标准对土壤质地进行划分；土壤前期含水率测定采用 TDR 土壤水分测定仪。

② 土壤化学性质

将土壤样品经过风干、磨细、过筛后，测定土壤基本化学性质，包括土壤 pH 值、有机质、全氮、全磷和全钾等。土壤 pH 值采用实验 pH 计进行测定；有机质含量采用重铬酸钾法进测定；全氮采用浓硫酸-高氯酸消煮、凯氏定氮仪法；土壤全磷采用酸溶-钼锑抗比色法；土壤全钾采用酸溶-火焰光度计法。

⑶ 调查点位确定

根据地形地貌、土壤类型、土地利用类型、地表现状与各工程布置区实际调查情况，在距离较近、地形地貌及用地类型相似的施工区选取典型调查点，进行典型剖面调查与表层土采样。其中浪拉山至邦达机场段（K82+897.8~K98+619.819）沿线草甸植被生长情况相对较好，需加强草甸情况调查。

本次对项目区的表土资源进行了详细的调查，调查范围主要为林地和草地。调查点分布情况如图 4-1 和表 4-1 所示。

浪拉山至邦达机场段（K82+897.8～K98+619.819），基本沿果曲河、玉曲河东侧湿地范围布线，部分路段（包括路基工程以及互通工程）草地植被生长情况较好，土壤结构、含水量、粘性等方面满足草皮剥离条件，草皮连根剥离以便于后期成活，项目区沿线草甸分布示意图见图 4-2、图 4-3。

K30+000~K47+350 段（海拔 3167~3523m）：本段共布设调查点 7 处（T01~T06、T10、T12、T13、T15 中的 K47+350 前各点），占地类型以旱地、乔木林地及灌木林地为主。其中，旱地（K30+050）表土层厚度 15~28cm；乔木林地（K31+200）表土层厚度 14~20cm；灌木林地（K30+300、K31+100、K32+600、K35+100、K47+350）表土层厚度 15~18cm。本段土层相对较厚、土壤熟化程度较高，是全线表土剥离的重点路段；其中 K31+200 乔木林地调查点坡度 25°~30°，接近可剥离坡度上限，剥离作业时应控制扰动范围。

K77+100~K81+720 段（海拔 4300~4434m）：本段布设调查点 2 处（T14、T05），占地类型均为天然牧草地，表土层厚度约 8~12cm，土层浅薄、砾石含量较高，剥离价值有限。

K82+897.8~K98+619.819 段（浪拉山至邦达机场段，海拔 4315~4376m）：本段沿果曲河、玉曲河东侧湿地范围布线，共布设调查点 6 处（T03、T07、T08、T09、T11、T16），占地类型为天然牧草地（部分为草甸）。其中，部分路段（包括路基工程及互通工程，K89+630、K90+300、K96+600 等）草地植被生长情况较好，表土层厚度 28~32cm；其他路段天然牧草地表土层厚度 10~14cm。

除表 4-1 所列 16 处表土调查点外，调查组对沿线坡度 30°以上区域同步开展了现场踏勘核查。经查，上述区域坡面土层浅薄、砾石含量高，基岩局部出露，几无可剥离表土，且剥离作业易加剧水土流失、破坏原生植被，故未单独布设调查点。

项目沿线表土层厚度调查结果见表 4-2 和图 4-4

表 4-2 各调查点表土层厚度统计表

编号	防治分区	占地类型	土壤质地	土壤类型	表层土厚度（cm）
T01	路基工程区	旱地	壤质砂土	高山草原土	28
T02	路基工程区	乔木林地	壤质砂土	高山草原土	20
T03	路基工程区	天然牧草地	粘壤土	高山草甸土	14
T04	路基工程区	天然牧草地（草甸）	粘壤土	高山草甸土	32
T05	桥梁工程区	天然牧草地	壤质砂土	高山草原土	10
T06	隧道工程区	灌木林地	壤质砂土	高山草原土	18
T07	互通工程区	天然牧草地	壤质砂土	高山草原土	11
T08	互通工程区	天然牧草地（草甸）	粘壤土	高山草甸土	28
T09	附属工程区	天然牧草地	粘壤土	高山草甸土	14
T10	改路工程区	灌木林地	壤质砂土	高山草原土	15
T11	取土场区	天然牧草地	壤质砂土	高山草原土	13

较为特殊，特别是表土层，存在土层薄、土壤腐殖质累积微弱，有机质及营养元素含量低等特点。经过调查及采样分析，项目沿线土壤

高山草原土腐殖质积累和冻融作用减弱，剖面分化较差，土表有附着黑色壳状地衣的薄结皮和粗砂石砾，表层草根较少；表土层厚约 10~22cm，暗棕色或浅淙色，粒状~团块状结构；钙积层不太明显；在砾石背面常具石灰薄膜。有机质含量 1.5~2.0%，土壤 pH 值在 8.0 左右。粘土矿物以水云母为主，其次为高岭石、蒙脱石和蛭石。多作纯牧业用地。水草分布不平衡、淡水缺乏、风沙危害是生产上存在的主要问题。

项目沿线的高山草甸土有明显的腐殖质积聚，表土层厚度在 13~32cm，呈灰棕至黑褐色粒状-扁核状结构。有机质含量 5.0~12.0%，以富啡酸为主，腐殖质层向下颜色迅速变淡。剖面中水溶性盐类和碳酸钙已淋失，仅部分高山草甸土剖面的中、下部有碳酸钙积聚。粘土矿物以水云母为主，并有少量高岭石和蛭石。呈酸性至中性反应。土层有明显的融冻微形态特征，底层有季节冻层或多年冻土。

项目沿线的高山草原土和高山草甸土具体理化性质相见表 4-3。

表 4-3 土壤理化性状表

序号	土壤类型	土壤容重 (g/cm^3)	土壤养分含量				pH 值
			有机质 (%)	全氮 (%)	全钾 (%)	全磷 (%)	
1	高山草原土	1.20	12.6~21.8	0.12	1.86	0.06	7.56~8.85
2	高山草甸土	0.95	17.1~25.3	0.47	1.63	0.05	6.25~6.84

4.1.2 表土及草皮资源评价

⑴ 表土质量评价

根据《表土剥离及其再利用技术要求》（GB/T 45107-2024）及《绿化种植土壤》（CJ/T 340-2016）规范标准，结合项目区路基、桥梁、隧道、取弃土场等各防治分区 16 组土样检测数据，对区域内土壤理化性质、绿化适用性及表土利用价值开展综合质量评价，明确项目区土壤整体质量状况与利用潜力。

土壤酸碱度与盐分是判定绿化种植土壤适宜性的核心指标。本次检测所有土样均未检出碳酸钠，无碱性盐累积风险，土壤盐渍化隐患较低。土壤 pH 值整体处于 6.55~8.16 区间，涵盖微酸性至弱碱性，其中高山草甸土 pH 集中在 6.55~6.85，酸碱度适中，适配多数乡土植被生长；高山草原土 pH 偏高，部分样品达 8.0 以上，呈弱碱性特征，符合高原区域土壤自然特性。土壤 EC 值介于 0.19~1.80mS/cm，易溶盐以氯化钠、

硫酸盐为主，含盐量整体偏低，未超出绿化种植土壤限值标准，无盐害风险，土壤水土环境基础良好。

土壤肥力与生长性能方面，项目区土壤有机质含量差异显著。其中路基工程区旱地土样 T01 有机质含量最高，土壤肥力优异，仅该样品质量等级达到Ⅱ级，是区域内优质表土资源；其余土样有机质含量中等偏低，整体肥力水平一般。土壤质地分为壤质土与砂质土两类，壤质土透气性、保水保肥性均衡，适配植被种植；砂质土占比接近半数，透气性佳但保肥蓄水能力较弱。各土样种子发芽指数介于 72.1%~98.0%，整体发芽性能优良，土壤生物活性良好，无明显毒害因子，具备绿化种植基础条件。

表土剥离与工程利用指标方面，项目区可剥离表土厚度 10~32cm，整体可满足临时剥离、回填再利用的工程要求；砾石含量 1.27%~9.83%，多数区域砾石占比偏高，一定程度影响土壤精细化种植效果。除 T01 样品为Ⅱ级优质土壤外，全区其余 15 组土样质量等级均为Ⅲ级，土壤整体属于中等偏下水平。土壤类型以高山草原土、高山草甸土为主，适配高原原生植被生长，生态适配性良好。

综合来看，项目区土壤无盐渍化、毒害污染问题，生物活性良好，符合绿化种植土壤基本要求，可正常开展表土剥离与生态修复利用。各土样检测结果见表 4-4。

⑵ 表土资源评价

项目区表土资源分布与地貌、土壤类型、占地类型密切相关，总体呈现“高山草甸土区域表土厚度大、有机质含量高，高山草原土区域表土厚度较薄、有机质含量偏低”的特点。其中，浪拉山至邦达机场段（K82+897.8~K98+619.819）沿果曲河、玉曲河东侧湿地布线，草甸植被生长良好，表土厚度达 28~32cm，土壤理化性质相对优越；其他区域表土厚度差异较大，旱地、乔木林地表土厚度相对较厚，天然牧草地（非草甸）表土厚度较薄。

主体工程已对路基工程区、互通工程区等核心区域可剥离表土进行剥离，符合《中华人民共和国水土保持法》第三十八条“对生产建设活动所占用土地的地表土应当进行分层剥离、保存和利用”的要求。结合调查结果，本方案对表土剥离、临时堆放、后期利用及补充措施进行进一步优化完善。

⑶ 可剥离表土与草皮界定

1）可剥离表土

根据现场调查结果，结合各占地类型表土厚度及土壤条件，按照《表土剥离及其再利用技术要求》（GB/T45107-2024）关于表土剥离适宜性的要求，对坡度30°以下、具备剥离条件的区域，按占地类型确定可剥离表土平均厚度如下：旱地表土层平均可剥离厚度 20cm（调查厚度 15~28cm）；乔木林地表土层平均可剥离厚度 15cm（调查厚度 14~20cm）；灌木林地表土层平均可剥离厚度 15cm（调查厚度 15~18cm）；天然牧草地表土层平均可剥离厚度10cm（调查厚度10~14cm，非草甸区）。各占地类型平均剥离厚度均按不高于调查厚度下限取值，为剥离作业留有余地。实际剥离厚度结合点位土层情况在上述平均厚度基础上适当调整；局部土层厚度不足平均厚度的，按实际土层厚度剥离，不得扰动下部母质层与砾石层，避免造成底层土混入、降低表土质量。

2）可剥离草皮

浪拉山至邦达机场段（K82+897.8~K98+619.819）沿果曲河、玉曲河东侧湿地范围布线，沿线草地植被生长良好，根系发达，土壤结构、含水量、粘粒含量等条件满足草皮连根剥离要求。为保障后期植被恢复成活率，该路段对植被生长良好的草地实施草皮剥离，剥离厚度控制在 20~40cm、平均剥离厚度 30cm。草皮连根带土整体剥离，剥离后与一般表土分区集中堆存，采取覆盖、洒水养护等临时防护措施，控制堆存时长，后期优先用于该段边坡及临时用地的植被恢复铺植。考虑到草皮剥离厚度已包含其下大部分表土层，该路段草皮剥离范围内不再重复计列表土剥离。

3）不可剥离表土区域界定

结合现场调查与踏勘核查结果，坡度 30°以上区域，坡面土层浅薄、砾石含量高，几无可剥离表土，且剥离作业易加剧水土流失、破坏原生植被，不实施剥离。

表 4-4 土样检测结果一览表

序号	土样编号	防治分区	占地类型	pH	含盐量				有机质	质地	发芽指数	可剥离表土厚度	砾石含量	质量等级划分	土壤类型
					EC 值	易溶盐主要成分									
						Na_2CO_3	NaCl	SO_4^{2-}							
				/	mS/cm	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg		%	cm	%		
1	T01	路基工程区	旱地	7.85	0.19	未检出	0.0512	0.068	35.2	壤质土	98.0	28	1.27	Ⅱ	高山草原土
2	T02	路基工程区	乔木林地	8.16	0.22	未检出	0.0412	0.095	12.6	壤质土	91.8	20	8.61	Ⅲ	高山草原土
3	T03	路基工程区	天然牧草地	6.57	1.75	未检出	0.0985	3.125	17.1	砂质土	85.3	14	5.86	Ⅲ	高山草甸土
4	T04	路基工程区	天然牧草地（草甸）	6.65	1.25	未检出	0.121	2.841	21.2	砂质土	88.7	32	1.27	Ⅲ	高山草甸土
5	T05	桥梁工程区	天然牧草地	7.56	0.32	未检出	0.0436	0.158	10.2	壤质土	72.1	10	9.51	Ⅲ	高山草原土
6	T06	隧道工程区	灌木林地	7.68	1.71	未检出	0.0389	2.158	11.9	壤质土	73.8	18	8.63	Ⅲ	高山草原土
7	T07	互通工程区	天然牧草地	7.83	1.77	未检出	0.0561	3.128	15.6	壤质土	77.6	11	8.62	Ⅲ	高山草原土
8	T08	互通工程区	天然牧草地（草甸）	6.85	1.32	未检出	0.0956	2.125	22.2	砂质土	86.9	28	5.93	Ⅲ	高山草甸土
9	T09	附属工程区	天然牧草地	6.61	1.24	未检出	0.0912	2.173	17.5	砂质土	82.7	14	6.52	Ⅲ	高山草甸土
10	T10	改路工程区	灌木林地	8.05	1.71	未检出	0.0432	1.025	21.5	壤质土	81.3	15	9.50	Ⅲ	高山草原土
11	T11	取土场区	天然牧草地	7.96	1.65	未检出	0.0411	2.136	19.5	壤质土	72.4	13	7.53	Ⅲ	高山草原土
12	T12	弃渣场区	乔木林地	7.84	1.66	未检出	0.0486	3.251	22.8	壤质土	82.3	14	8.12	Ⅲ	高山草原土
13	T13	路基工程区	灌木林地	8.10	1.80	未检出	0.0475	3.625	21.8	壤质土	79.6	15	8.65	Ⅲ	高山草原土
14	T14	弃渣场区	天然牧草地	6.55	1.74	未检出	0.0812	3.512	18.9	砂质土	81.6	14	9.83	Ⅲ	高山草甸土
15	T15	施工便道区	灌木林地	6.63	1.63	未检出	0.0965	3.249	25.3	砂质土	87.6	16	6.41	Ⅲ	高山草甸土
16	T16	施工生产生活区	天然牧草地	6.62	1.58	未检出	0.0966	3.125	18.3	砂质土	79.8	13	7.86	Ⅲ	高山草甸土

⑷ 表土利用及优化建议

工程后期，表土需结合区域自然条件和工程需求进行利用。剥离的表土及草皮可用于各工程区域植被恢复，包括路基边坡绿化、骨架护坡植草等，充分发挥表土肥力优势，满足青藏高原高海拔地区植被生长需求，可有效提高植被成活率。

为保证表土利用率，发挥最大效益，施工过程中需加强防护，特别是草皮养护工作，规范表土回覆流程，保障表土及草皮质量，为高效利用提供支撑。因此，在施工过程中需结合不同工程区特点分区堆放、就近利用，避免资源浪费和运输损伤；明确不可剥离区域，采用轻扰动保护方式，兼顾资源利用与生态保护，符合水土保持相关要求。

4.2 表土保护方案

4.2.1 表土剥离保护

主体设计对路基工程区、互通工程区占地范围内可剥离的表土进行了剥离。表土剥离、临时堆放及后期利用，符合《中华人民共和国水土保持法》第三十八条“对生产建设活动所占用土地的地表土应当进行分层剥离、保存和利用”。

根据 4.1 节表土资源调查与评价结论，项目区可剥离表土厚度 10～32cm，以高山草原土、高山草甸土为主，土层浅薄、砾石含量较高（1.27%～9.83%），表土资源宝贵且分布有限。按照《表土剥离及其再利用技术要求》（GB/T 45107-2024）关于表土剥离适宜性的要求，结合现场调查，项目区现状地貌坡度 30°以上区域土层浅薄、砾石含量高，几无可剥离表土，且剥离作业易加剧水土流失、破坏原生植被，原则上不再实施剥离；对坡度 30°以下、表土厚度及质量满足剥离条件的位置，按各占地类型确定的可剥离厚度实施剥离，剥离的表土及草皮运至指定堆存场集中防护

路基工程区剥离表土 10.96 万 m^3、剥离草皮 9.37 万 m^2，桥梁工程区剥离表土 1.42 万 m^3，隧道工程区剥离表土 0.60 万 m^3，改路工程区剥离表土 0.32 万 m^3，改沟工程区剥离表土 0.03 万 m^3，以上分区剥离表土共计 13.32 万 m^3，临时堆放于邻近临时堆土场；互通工程区剥离表土 0.59 万 m^3、剥离草皮 1.20 万 m^2，附属工程区剥离表土 0.60 万 m^3，堆放于各区空地，后期根据路基工程、桥梁工程、隧道工程、互通工程、附属工程以及改路、改沟工程等需求用于边坡植物措施或绿化，本方案建议补充表土临时拦挡防护措施。

本项目浪拉山至邦达机场段（K82+897.8～K98+619.819），基本沿果曲河、玉曲河东侧湿地范围布线，附近的草地植被生长情况较好，本方案建议将草皮连根剥离，以保护当地草皮资源，并提高后期植草恢复措施的植株成活率，剥离厚度约在 25～35cm，平均剥离厚度为 30cm。该段沿线加密临时堆土场设置，平均 3.5km 左右设置一处，为提高草皮堆存过程中的存活率，草皮叠放码放，层数控制在3层，草皮和剥离的表土分别集中堆放在附近的临时堆土场。施工过程中对于剥离的草皮需加强养护工作，以上几处堆放草皮的临时堆土场距离玉曲河及果曲河较近，可利用河水作为水源适当提高洒水养护频率，以增加草皮成活率，完工后草皮可用于路基工程区骨架护坡植草、边坡铺设草皮恢复植被等。草皮回铺前需进行边坡平整，回填表土，最后回铺草皮，施工过程中需注意草皮紧贴表土，避免空鼓，以利于草皮养分汲取。

此外，还应对取土场、弃渣场区、施工便道、施工生产生活区植被状况较好的区域补充表土剥离措施。本项目取土场区剥离表土 2.16 万 m^3，弃渣场区剥离表土 2.96 万 m^3，施工便道区剥离表土 4.95 万 m^3，施工生产生活区剥离表土 0.36 万 m^3，堆放于项目分区占地范围内空地上，本方案建议补充表土临时拦挡防护措施。

由于项目所在区域海拔相对较高，项目区特殊的自然环境不利于植被生长，植被破坏后较难恢复，临时堆土场区以占压为主，不再对长有零星草种的原地表进行剥离。

本项目表土剥离总量为 24.94 万 m^3（未计入草皮剥离量，草皮剥离 10.58 万 m^2），各分区表土剥离量及回覆利用状况详见表 4-5。

表 4-5 工程各分区表土剥离及覆土利用平衡表

分区		表土/草皮剥离										表土/草皮回覆				表土临时堆放				
		耕地		林地		草地（表土）		草地（草皮）		表土剥离量	草皮剥离量	表土回覆			草皮回铺	表土堆放		草皮存放		堆放位置
		面积	厚度	面积	厚度	面积	厚度	面积	厚度			面积	厚度	数量	面积	高度	面积	高度	面积	
		hm²	cm	hm²	cm	hm²	cm	hm²	cm	万 m³	万 m²	hm²	cm	万 m³	万 m²	m	hm²	m	hm²	
路基工程	加卡至浪拉山段	14.48	20	7.18	15	10.85	10			4.08		31.61	13	4.08		2.5	1.63			临时堆土场
	浪拉山至邦达机场					68.74	10	9.37	30	6.87	9.37	33.29	19	6.35	9.37	2.5	2.54	0.90	3.12	
桥梁工程				24.01	15	6.77	10			1.42		26.98	5	1.42		2.5	0.57			
隧道工程				4.59	15	3.69	10			0.60		5.80	10	0.60		2.5	0.24			
互通工程						5.88	10	1.20	30	0.59	1.20	6.83	9	0.59	1.20	2	0.29	0.90	0.40	互通内空地
附属工程		0.80	20	2.10	15	1.27	10			0.60		1.51	40	0.60		2	0.30			附属工程空地
改路工程				1.06	15	4.40	10			0.32		1.86	17	0.32		2.5	0.13			临时堆土场
改沟工程						0.67	10			0.03		0.13	25	0.03		2.5	0.01			临时堆土场
临时堆土场		(2.10)			15	(8.92)	10													
取土场						21.64	10			2.16		22.72	10	2.16		2	1.08			取土场一角
弃渣场				13.98	15	8.65	10			2.96		27.16	11	2.96		2	1.48			弃渣场一角
施工便道				36.29	15	33.63	10			4.95		70.97	7	4.95		2	2.47			取弃土场内
施工生产生活区				2.44	15	2.73	10			0.36		8.64	10	0.88		2	0.44			相邻弃渣场内
合计		15.28		91.65		168.91		10.58		24.94	10.58	237.50		24.94	10.58		11.19		3.53	

表 4-6 分桩号表土平衡表 单位：万 m³

起讫桩号			分区	挖方	填方	本地利用	调出	调入
K27+600	~	K30+100	主体工程	0.23	0.23	0.23		
K30+100	~	K37+100	主体工程	0.64	0.64	0.64		
			附属工程	0.21	0.21	0.21		
			弃渣场	1.12	1.12	1.12		
			施工便道	1.36	1.36	1.36		
			施工生产生活区	0.19	0.19	0.19		
K37+100	~	K45+100	主体工程	0.80	0.80	0.80		
K45+100	~	K55+600	主体工程	0.48	0.48	0.48		
			弃渣场	1.05	1.05	1.05		
			施工便道	1.90	1.90	1.90		
			施工生产生活区	0.06	0.06	0.06		
K55+600	~	K67+800	主体工程	0.91	0.91	0.91		
K67+800	~	K82+800	主体工程	2.24	2.24	2.24		
			弃渣场	0.79	0.79	0.79		
			施工便道	1.15	1.15	1.15		
			施工生产生活区	0.11	0.11	0.11		
K82+800	~	K86+800	主体工程	1.56	1.56	1.56		
K86+800	~	K90+800	主体工程	1.35	1.35	1.35		
			互通工程	0.34	0.34	0.34		
K90+800	~	K94+800	主体工程	2.04	1.85	1.85	0.19	
K94+800	~	K98+619	主体工程	1.53	1.20	1.20	0.33	
			互通工程	0.25	0.25	0.25		
			附属工程	0.07	0.07	0.07		
			取土场	2.16	2.16	2.16		
			施工便道	0.54	0.54	0.54		
			施工生产生活区	0.00	0.52			0.52
GJTK0+000	~	GJTK6+047	主体工程	1.54	1.54	1.54		
			附属工程	0.32	0.32	0.32		
合计				24.94	24.94	24.42	0.52	0.52

注：表格中主体工程包括路基、桥梁、隧道、改路及改沟，因剥离表土均集中堆存防护，合并统计。

4.2.2 表土就地保护

本项目所有扰动范围内的表土均进行剥离，集中堆放至永久占地范围或既有临时扰动区域堆放，所有征占地范围内的表土均采取剥离集中防护。

4.3 表土堆存与养护

4.3.1 表土及草皮堆存

本项目路基工程在施工前剥离占用耕地、林地、草地部分的表土，剥离表土 10.96 万 m³，集中堆放于沿线设置的临时堆土场；桥梁、隧道、改路、改沟工程在施工前剥离占用林草地部分表土，剥离表土 2.37 万 m³，集中堆放至邻近临时堆土场与路基表土一并防护；互通工程剥离表土 0.59 万 m³，分别临时堆存于各互通内空地；附属工程剥离表土 0.60 万 m³，分散堆置于各场地内边缘空地或后期绿化区域；施工便道及施工场地剥离表土 5.30 万 m³，就近暂存于取土场及弃渣场占地范围内；取土场自身剥离表土 2.16 万 m³，平铺存放于取土场内缓坡地带；弃渣场自身剥离表土 2.96 万 m³，集中存放于弃渣场靠近沟头侧空闲区域；草皮剥离 10.58 万 m²，运至临时堆土场与表土分开集中堆放。

本项目表土与草皮的堆存周期以表土剥离存放为起点、表土回填为终点，通常控制在 1 年左右。为最大程度降低临时堆存对周边环境的影响，项目秉持表土及草皮与工程建设同步利用的核心原则，在工程推进各环节动态统筹存放与回填节奏，力求进一步缩短堆存时长，实现资源高效循环复用。

表土堆存的原则主要有三点：1）表土剥离后，各层土壤需分层堆放，避免熟土和半熟土混合，表层土与深层土混在一起；草皮等富含根系的表层腐殖土需与普通耕植土分开集中存放，以便根据后期植被恢复方向精准调配利用。2）存放限高：为避免土壤因自重而被过分压实，保证土壤具有良好的通气情况，使土壤内的微生物得以存活，本项目表土堆高实施分级控制，集中存放的临时堆土场堆高控制在 3.0～5.0m，暂不考虑分级；取土场及弃渣场内平铺堆存的表土平均堆高不超过 2.0m；永久占地红线范围内利用空地临时堆存的表土堆高不超过 4.0m；草皮叠置存放高度控制在 1.0～2.0m，堆叠不超过 3 层。3）存放位置：在不影响主体工程建设的情况下，永久用地区剥离表土存放的位置应优先选择在项目占地的内部预留地或在建设期间暂不扰动、极少扰动的小块空地，如互通区利用匝道环内空地及后期绿化区域存放，附属工程区分散堆置于各场地内边缘空地或后期绿化区；临时用地区域剥离表土遵循“即剥即用、动态回覆”原则，就近暂存于取土场及弃渣场占地范围内，施工便道及施工场地边坡成型后优先同步利用暂存表土开展边坡防护，做到“成型一段、回覆一段、防护一段”。表土堆存

实施“先拦后堆”原则，堆体周边根据堆高分别布设袋装土拦挡或石笼网拦挡，拦挡外侧设置排水沟，末端设沉沙池，堆体表面苫盖密目网。

4.3.2 表土及草皮养护

表土及草皮剥离后分区集中堆存，表土与草皮单独存放、分别防护，严禁混堆、混用。堆存场地优先利用永久占地范围内的空地布设，占地类型一般为坡度平缓、排水条件较好的草地，避开汇水集中区与河道行洪范围。

1）表土堆存与临时防护

表土堆体周边设置拦挡设施，拦挡型式根据堆体高度分级布设：最大堆高≤4m 的堆土场布设袋装土拦挡，最大堆高>4m 或汇水较大的堆土场布设石笼网拦挡；拦挡遵循“先拦后堆”原则，在堆土作业前完成布设。袋装土拦挡选用现场优质素土填充，袋体采用无纺布材质，码放整齐、紧密贴合，上下层错缝排列，形成连续完整的拦挡屏障；石笼网拦挡采用镀锌格宾网箱，内填块石，兼具透水性与整体稳定性。拦挡外侧设置排水沟，排水沟末端设沉沙池，形成“拦挡—排水—沉沙”综合防护体系，阻挡表土受雨水冲刷流失，同时固定堆体边界、防止堆体扩张。

表土堆体表面全面铺设密目网苫盖，网体拉紧、覆盖完整，无破损、无漏盖，边缘用土袋压实固定，防止风力掀网，兼具抑制扬尘、减缓雨滴溅蚀双重作用。堆土过程按“先拦后堆”原则分层堆置，每层适度拍实，减少沉降变形与扬尘；堆体顶面保持中间略高于周边，便于自然排水。

表土堆体形体参数按安全稳定要求控制：集中存放的临时堆土场表土堆放边坡坡度不陡于 1：2.5，堆高控制在 3.0~5.0m（其中堆高>4m 的堆土场采用石笼网拦挡，与拦挡分级口径衔接）；取土场及弃渣场内平铺堆存的表土平均堆高≤1.0m，互通区及附属工程区内临时堆存的表土堆高≤1.0m，以低矮分散方式消除堆体失稳风险。表土堆存期间加强巡查，发现苫盖破损、拦挡变形、沉沙池淤积等情况及时修复清淤；表土堆存时间尽量压缩，具备条件后及时回覆利用。

2）草皮堆存与养护

草皮剥离成块后单独运至草皮堆存区叠置存放，堆存区与表土堆存区分开布置，场地平整，底层铺垫一层细土（或腐殖土）隔离，避免草块直接接触原地面沤根。草皮叠置存放高度控制在 1.0~2.0m、堆叠不超过 3 层，草块同向叠置、上下错缝，层间留

隙透气。草皮堆体低矮、自重小，周边不再布设石笼网等重型拦挡，仅以袋装土简单围护并设置排水口，防止雨水汇入浸泡基层。

草皮堆存期养护措施与表土防护相区别：草皮具活性，不得采用密目网闷盖，高温季节搭设遮阳网防晒，冬季覆盖塑料膜防冻；视墒情定期从邻近河流取水喷洒养护，保持草皮湿润，高温期加密洒水，冻结期停浇，叠置存放分层浇透。取水口及取水量符合水资源管理有关要求，喷洒作业不得造成场地积水漫流。

草皮不宜跨年存放，施工结束后在当年9月底前完成回铺。回铺前对基底翻松并铺设腐殖土改良基质，草块按原坡向铺植、草缝填塞细土，铺后即行压实；初期每日洒水保湿，连续养护不少于一个月，养护期间设置围栏禁牧，直至草皮与底土融合、恢复生长。

4.4 表土利用

4.4.1 表土需求分析

根据工程各分区施工扰动特点及后期植被恢复要求，施工后期需表土回覆区域包括：路基工程的边坡及绿化带；桥梁、隧道、改路、改沟工程扰动区的边坡及裸露面；互通工程路基边坡及互通内部绿化区；附属工程场内边坡及绿化区；取土场整治完成的平台及坡面；弃渣场堆渣完成后整治完成的平台及坡面；施工便道路面及边坡；施工生产生活区平台及边坡；以及临时堆土场使用结束后的原占地范围。本项目仅路基、附属工程部分占用耕地，临时占地未占用耕地，各区域完工后仅考虑绿化恢复。

其中，路基工程后期复绿，表土回覆厚度>10cm，回覆面积 64.90hm²，共需表土 10.15 万 m³。桥梁工程扰动区后期复绿，回覆厚度>5cm，回覆面积 26.98hm²，共需表土 1.42 万 m³。隧道工程扰动区后期复绿，回覆厚度>10cm，回覆面积 5.80hm²，共需表土 0.60 万 m³。互通工程位于高原宽谷区，边坡及绿化区后期复绿以植草为主，表土回覆 10cm 左右，回覆面积 6.83hm²，共需表土 0.59 万 m³。附属工程场内边坡及绿化区后期复绿，表土回覆厚度>40cm，回覆面积 1.51hm²，共需表土 0.60 万 m³。改路及改沟工程扰动区后期复绿，表土回覆厚度分别>30cm，回覆面积合计 2.00hm²，共需表土 0.35 万 m³。取土场位于高原宽谷区，整治平台及坡面后期复绿以植草为主，表土回覆 10cm 左右，回覆面积 22.72hm²，共需表土 2.16 万 m³。弃渣场整治平台及坡面后期复绿，回覆厚度>10cm，回覆面积 27.16hm²，共需表土 2.96 万 m³。施工便道路面及边坡后期复

绿，回覆厚度>5cm，回覆面积 70.97hm²，共需表土 4.95 万 m³。施工生产生活区平台及边坡后期复绿，回覆厚度>10cm，回覆面积 8.64hm²，共需表土 0.88 万 m³。

草皮回铺区域为浪拉山至邦达机场段路基及互通匝道边坡，回铺面积 10.58 万 m²。

4.4.2 表土回覆

根据项目区自然条件分析，路基工程、桥梁工程、隧道工程、互通工程、附属工程、改路工程、改沟工程、取土场、弃渣场、施工便道及施工生产生活区在秉持表土“应剥尽剥”进行保护原则的前提下，共计剥离 24.94 万 m³表土、剥离草皮 10.58 万 m²。根据各自分区后期覆土需求，以上各分区剥离表土在各分区后期绿化恢复后均可实现就地或就近平衡，其中施工便道及施工场地剥离表土采取“即剥即用”方式就近暂存于取土场及弃渣场，边坡成型后优先回用，剩余部分施工结束后统一回覆；取土场及弃渣场自身剥离表土待场地开挖或堆渣作业完成后及时回覆至整治完成的平台及坡面。

本项目浪拉山至邦达机场段（K82+897.8～K98+619.819）路基及互通占地区域草甸植被生长较好，草皮连根剥离后运至临时堆土场与表土分开集中堆放，施工期间加强洒水养护，后期根据需求回铺至路基及匝道边坡绿化利用。草皮不宜跨年存放，施工结束后应在当年 9 月底前完成回铺，回铺时基底铺设腐殖土改良基质，草缝填塞细土，铺后即行压实，初期每日洒水保湿，连续养护不少于一个月。

经统计，本项目后期恢复表土需求量为 24.94 万 m³，草皮回铺需求量为 10.58 万 m²，后期所有覆土及草皮均来自工程前期剥离表土与草皮，各分区通过“即剥即用、动态回覆”的分阶段、分区域动态调配，实现表土资源供需平衡、就近高效利用。

4.4.3 表土再利用

本项目剥离的表土全部得到回覆利用，利用方向主要为本区域回覆，在满足本区域表土回覆要求后多余表土全部运至临近弃渣场进行利用，本项目各防治分区表土回覆平均厚度满足植被回覆和复耕要求，不涉及剩余表土。

5 弃渣场选址与堆置

5.1 渣土来源及流向

⑴ 弃渣场弃渣来源及流向

本项目弃渣主要为路基基础、不良地质清除、桥梁基础开挖、隧道工程弃渣、互通工程基础、附属工程基础、改路工程、改沟工程路基及沟槽开挖、施工便道弃渣、施工生产生活区硬化层清除等，共计196.75万m³（折合松方255.77万m³）需设置弃渣场堆放。主体设计在沿线选择5处弃渣场（其中1处为取弃结合，占地及防治措施工程量纳入取土场防治区）堆放工程弃渣。

各弃渣场弃渣来源、物料成分及粒径特征如下：

SQT-1弃渣场接收K27+600～K32+707段弃渣，主要来自供马龙隧道弃渣及少量路基土方，弃渣场区工程地质亚区为Ⅰ₁高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类，主要岩性为泥岩、泥质粉砂岩夹石英砂岩（J_2t、J_2d），强～中风化，弃渣以碎石土、泥岩、页岩和泥质粉砂岩等为主，细粒土为主（<5cm），夹5~20cm碎石，土石比例为土方65.90%、石方34.10%。

SQT-3弃渣场接收K32+707～K41+431段弃渣，主要来自瓦约隧道、乃帕隧道弃渣，工程地质亚区为Ⅰ₁高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类，主要岩性为泥岩、泥质粉砂岩夹石英砂岩（J_3x^1、J_2t），强～中风化，弃渣以碎石土、泥岩、泥质粉砂岩等为主，细粒土及碎石（<10cm），泥岩易碎，土石比例为土方57.53%、石方42.47%。

SQT-4临时弃渣场接收K41+431～K62+530段弃渣，主要来自年拉山隧道、金河隧道、波帕村隧道、多若1号隧道、多若2号隧道、布木多隧道、吉塘1号～3号隧道、白果隧道、酉西1号隧道、酉西2号隧道弃渣，工程地质亚区为Ⅰ₁高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类+Ⅰ₂碳酸盐岩条带，主要岩性为石英砂岩（T_3j^2）、灰岩（T_3b）、泥质粉砂岩、页岩、片岩、片麻岩及花岗岩，中风化为主，弃渣以碎石土、泥质粉砂岩、石英砂岩、页岩、片岩、片麻岩及花岗岩等为主，20~50cm块石为主，夹少量细粒土，土石比例为土方60.80%、石方39.20%。

SQT-9临时弃渣场接收K62+530～K87+370段弃渣，主要来自公多雄3号隧道、浪

拉山隧道弃渣，工程地质亚区为Ⅳ$_1$丘状高原较坚硬～软弱层状碎屑岩类，弃渣主要岩性为片岩（AnDjt$_1$、AnDjt$_2$），强～中风化，弃渣以碎石土及片岩为主，细粒土及小碎石为主（<10cm），土石比例为土方 74.62%、石方 25.38%。

SQT-11 弃渣场接收 K87+370～K98+619 段弃渣，主要来自路基土方、不良地质换填弃方及少量桥梁基础弃方，工程地质亚区为Ⅳ$_2$丘状高原较坚硬～软弱层状碎屑岩类，弃渣主要岩性为片岩（AnDjt$_1$、AnDjt$_2$）及第四系冲洪积砂卵砾石土（Q_4^{al+pl}），强风化，弃渣以碎石土、圆砾土及片岩为主，细粒土及<10cm 小碎石为主，局部含少量较大粒径卵砾石，土石比例为土方 65.67%、石方 34.33%。

⑵ 临时堆土场堆土来源及流向

本项目临时堆土场主要用于堆放施工前期剥离的表土，共计布设 16 处临时堆土场。表土剥离来源主要包括路基工程、桥梁工程、隧道工程以及其他临建工程等施工范围内的灌木林地、天然牧草地的表土剥离，剥离厚度一般 15～30cm。考虑渣场范围已整体进行稳定分析计算，本小节重点对渣料场范围以外的临时堆土场进行分析。其中 DT1～DT6 位于高山峡谷区，主要剥离灌木林地覆盖层，工程地质亚区为Ⅰ$_1$高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类及Ⅱ高山峡谷浅变质岩区，覆盖层以第四系残坡积碎石土为主； DT8～DT12 位于高原宽谷区，剥离天然牧草地表土，覆盖层以第四系冲洪积含粉质黏土碎石、坡残积含粉质黏土碎石为主，下伏三叠系上统甲丕拉组石英砂岩。各临时堆土场的堆土成分均为黏性土、腐殖土及植物根系，属纯土方（土方占比 100%），粒径以细粒土为主（<2cm），偶含小碎石，堆土物理力学性质基本一致。

表 5-1 弃渣场弃渣来源、主要成分及粒径一览表

编号	主要来源路段及工程类型	工程地质亚区	主要岩性	风化程度	弃渣主要成分	估算粒径范围	土方占比	石方占比
SQT-1	K27+600～K32+707：供马龙隧道弃渣为主，少量路基土方	I_1 高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类	泥岩、泥质粉砂岩夹石英砂岩（J_2t、J_2d）	强～中风化	碎石土、泥岩、页岩和泥质粉砂岩等	细粒土为主（<5cm），夹 5~20cm 碎石	65.90%	34.10%
SQT-3	K32+707～K41+431：瓦约隧道、乃帕隧道弃渣为主	I_1 高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类	泥岩、泥质粉砂岩夹石英砂岩（J_3x^1、J_2t）	强～中风化	碎石土、泥岩、泥质粉砂岩等	细粒土及碎石（<10cm），泥岩易碎	57.53%	42.47%
SQT-4	K41+431～K62+530：年拉山隧道、金河隧道、波帕村隧道、多若 1 号隧道、多若 2 号隧道、布木多隧道、吉塘 1～3 号隧道、白果隧道、酉西 1 号隧道、酉西 2 号隧道弃渣为主	I_1 高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类＋I_2 碳酸盐岩条带	石英砂岩、灰岩、泥质粉砂岩、页岩、片岩、片麻岩及花岗岩	中风化为主	碎石土、泥质粉砂岩、石英砂岩、页岩、片岩、片麻岩及花岗岩	20~50cm 块石为主，夹少量细粒土	60.80%	39.20%
SQT-9	K62+530～K87+370：公多雄 3 号隧道、浪拉山隧道弃渣为主	IV_1 丘状高原较坚硬～软弱层状碎屑岩类	片岩（$AnDjt_1$、$AnDjt_2$）；下伏基岩为三叠系砂岩（T_3g）	强～中风化	碎石土及片岩	细粒土及小碎石为主（<10cm）	74.62%	25.38%
SQT-11	K87+370～K98+619：路基（土方）+不良地质（土方）+少量桥梁基础	IV_2 丘状高原较坚硬～软弱层状碎屑岩类	片岩（$AnDjt_1$、$AnDjt_2$）；第四系冲洪积砂卵砾石土（Q_4^{al+pl}）	强风化	碎石土、圆砾土及片岩	细粒土及<10cm 小碎石为主，局部含少量较大粒径卵砾石	65.67%	34.33%

表 5-2 临时堆土场堆土来源、主要成分及粒径一览表

编号	主要来源路段及工程类型	工程地质亚区	主要岩性（覆盖层/下伏基岩）	风化程度	堆土主要成分	估算粒径范围	土方占比	石方占比
DT1	表土剥离（灌木林地）	I_1 高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类工程地质亚区	第四系残坡积碎石土 / 侏罗系中统东大桥组砂页岩	/	黏性土、腐殖土、植物根系	细粒土（＜2cm），偶含小碎石	100%	0%
DT2	表土剥离（灌木林地）	I_1 高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类工程地质亚区	第四系残坡积碎石土 / 侏罗系中统土拖组泥岩夹石英砂岩	/	黏性土、腐殖土、植物根系	细粒土（＜2cm），偶含小碎石	100%	0%
DT3	表土剥离（灌木林地）	I_1 高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类工程地质亚区	第四系残坡积碎石土 / 三叠系上统甲丕拉组上段泥质粉砂岩	/	黏性土、腐殖土、植物根系	细粒土（＜2cm），偶含小碎石	100%	0%
DT4	表土剥离（灌木林地）	II 高山峡谷坚硬～较软弱层块状浅～中变质岩类工程地质区	第四系残坡积碎石土 / 石炭系下统卡贡群板岩夹变质砂岩	/	黏性土、腐殖土、植物根系	细粒土（＜2cm），偶含小碎石	100%	0%
DT5	表土剥离（灌木林地）	I_1 高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类工程地质亚区	第四系残坡积碎石土 / 侏罗系中统东大桥组砂页岩	/	黏性土、腐殖土、植物根系	细粒土（＜2cm），偶含小碎石	100%	0%
DT6	表土剥离（灌木林地）	I_1 高山峡谷较坚硬～软弱层状碎屑岩类工程地质亚区	第四系残坡积碎石土 / 侏罗系中统东大桥组砂页岩	/	黏性土、腐殖土、植物根系	细粒土（＜2cm），偶含小碎石	100%	0%
DT8	表土剥离（天然牧草地）	IV_1 丘状高原较坚硬～软弱层状碎屑岩类工程地质亚区	第四系冲洪积含粉质黏土碎石 / 三叠系上统甲丕拉组石英砂岩	/	黏性土、腐殖土、植物根系	细粒土（＜2cm），偶含小碎石	100%	0%
DT9	表土剥离（天然牧草地）	IV_1 丘状高原较坚硬～软弱层状碎屑岩类工程地质亚区	第四系坡残积含粉质黏土碎石 / 三叠系上统甲丕拉组石英砂岩	/	黏性土、腐殖土、植物根系	细粒土（＜2cm），偶含小碎石	100%	0%
DT10	表土剥离（天然牧草地）	IV_1 丘状高原较坚硬～软弱层状碎屑岩类工程地质亚区	第四系坡残积含粉质黏土碎石 / 三叠系上统甲丕拉组石英砂岩	/	黏性土、腐殖土、植物根系	细粒土（＜2cm），偶含小碎石	100%	0%
DT11	表土剥离（天然牧草地）	IV_1 丘状高原较坚硬～软弱层状碎屑岩类工程地质亚区	第四系冲洪积含粉质黏土碎石 / 三叠系上统甲丕拉组石英砂岩	/	黏性土、腐殖土、植物根系	细粒土（＜2cm），偶含小碎石	100%	0%
DT12	表土剥离（天然牧草地）	IV_1 丘状高原较坚硬～软弱层状碎屑岩类工程地质亚区	第四系坡残积含粉质黏土碎石 / 三叠系上统甲丕拉组石英砂岩	/	黏性土、腐殖土、植物根系	细粒土（＜2cm），偶含小碎石	100%	0%

5.2 弃渣场选址、堆置方案与级别

5.2.1 弃渣场选址论证分析

本项目弃渣主要集中在加卡至浪拉山段，该段线路全部位于高山峡谷区，全线设置 21 座隧道，从初步设计至施工图审批，主体设计单位多次与卡若区、察雅县、八宿县等地区人民政府、国土局、交通局、林业局、水利局以及环保局等相关部门就项目弃渣场选址问题进行沟通协商，并组织开展现场查勘。

主体设计前后根据出渣点、施工组织，考虑选址的合规性、安全性、经济性等多方面因素，初步选取 33 处弃渣场，与各区县政府、自然资源局、国土局、林业局等部门对该 33 处弃渣场现场逐一踏勘，经反复商议后确定最终选定 5 处弃渣场，并办理地方各部门及权属单位的同意选址意见函，具体情况见表 5-3。

实际未启用的弃渣场具体情况如下：

⑴ 场址安全及建设条件

由于加卡至浪拉山段总体沿现有 G214 道路布线，走廊带基本重叠，均位于澜沧江及金河两岸河谷，现有交通网络单一，弃渣基本不具备远运条件，加之两岸地貌以深切峡谷为主，谷坡陡峻，岸坡陡峭，涉及下游敏感点以及堆渣条件差是初选弃渣场实际未采用的最主要原因，涉及 13 处选址。

QT-8、QT-9、QT-10 等 8 处弃渣场原地面坡度约 1:3，地形较陡，不满足堆渣条件，堆渣体稳定性达不到规范要求，因此未启用上述弃渣场。

部分选址距离敏感设施过近，其中 QT-8 及改址下游距离本项目吉塘连接线路基不足 300m，QT-9、QT-13 等离既有 G214 距离不足 400m，QT-21 下游不仅距 G214 较近，还临近居民聚集区，对下游公路通行及居民人身安全存在安全隐患。

此外，QT-7、QT-17 等弃渣场布置于沟道沟口，SQT-2 跨两条沟道出口布设，SQT-6 上游汇水面积较大，上游洪水难以有效拦截。上述弃渣场均存在行洪安全及地质灾害隐患，从水土保持角度，建议予以取消。

综上所述，初步选定的弃渣场中有 11 处，因下游分布敏感点、堆渣条件不满足工程要求、存在行洪安全及地质灾害隐患等问题，经与主体设计单位协商，不建议启用。

表 5-3 弃渣场前期选址调查情况一览表

序列	弃渣场编号	桩号	左(km)	右(km)	初步选址范围(亩)	计划堆渣（万 m³）	行政区	选址调查情况	是否采用
1	QT-1	K28+140		6.8	53.011	28.3	卡若区	QT-1 号弃渣场不占用基本农田、耕地、生态保护红线和一级林地，占用部分（二、三级）林地。该弃渣场占用军事用地，经协调不同意弃渣场选址。	不采用
2	QT-1（改）	K28+140		6.8	53.011	28.3	卡若区	QT-1 号（改）弃渣场调整后，再次确认，仍占用军事用地，未获得军方许可。	不采用
3	QT-4	K38+300		2	69.358	37	卡若区	QT-4 号弃渣场用地类别及征求意见回函均满足要求，但考虑到该弃渣场离路线不足 1km，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
4	QT-4（改）	K38+300		2	69.358	37	卡若区	QT-4 号（改）弃渣场经现场查勘，进场过程需穿越其他项目施工区，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
5	QT-5	K45+700		0.5	69.3	36	卡若区	QT-5 号弃渣场经调查，涉及西藏昌都市卡若区拉诺玛铅锌矿，与铅锌矿产权单位沟通后，不同意征用其用地范围，同时该弃渣场地质条件较差，存在一定安全隐患，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
6	QT-6	K49+100	0.5		50.075	26.7	察雅县	QT-6 号弃渣场经调查，涉及西藏昌都市卡若区拉诺玛铅锌矿，与铅锌矿产权单位多次沟通，不同意征用其用地范围。	不采用
7	QT-7	K51+000	0.5		40.182	21.4	察雅县	QT-7 号弃渣场位于沟道沟口，后续设计向沟道上游优化选址。	不采用
8	QT-8	K54+000	1.1		44.9	23.9	察雅县	QT-8 号弃渣场地面坡度较陡，堆渣条件较差，下游距离本项目吉塘连接线路基不足 100m，严重影响下游公路及人行安全，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
9	QT-8（改）	K54+000	1.1		44.9	23.9	察雅县	QT-8 号（改）弃渣场下游距离本项目吉塘连接线路基不足 300m，严重影响下游公路及人行安全，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
10	QT-9	K55+900	0.46		42.478	22.7	察雅县	QT-9 号弃渣场地面坡度较陡，离既有 G214 距离不足 400m，严重影响下游公路及人行安全，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
11	QT-10	K59+350	0.4		17.6	9.4	察雅县	QT-10 号弃渣场地面坡度较陡，离既有 G214 距离不足 600m，严重影响下游公路及人行安全，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用

序列	弃渣场编号	桩号	左(km)	右(km)	初步选址范围(亩)	计划堆渣（万 m³）	行政区	选址调查情况	是否采用
12	QT-11	K60+400	0.25		24.5	13.1	察雅县	QT-11 号弃渣场地面坡度较陡，离既有 G214 距离不足 300m，严重影响下游公路及人行安全，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
13	QT-12	K62+500		0.6	45.163	24.1	察雅县	QT-12 号弃渣场地面坡度较陡，距离本项目及下缘房屋道路较近，严重影响下游公路及居民安全，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
14	QT-13	K71+200		1.3	49.222	26.3	察雅县	QT-13 号弃渣场离既有 G214 距离不足 200m，严重影响下游公路及人行安全，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
15	QT-14	K74+500		0.4	28	14.9	察雅县	QT-14 号弃渣场地面坡度较陡，堆渣条件差，同时占用乔木林地，对地方原生生态条件破坏较大，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
16	QT-15	K76+100		0.99	44	23.5	察雅县	QT-15 号弃渣场地面坡度较陡，堆渣条件差，后续设计向沟道上游优化选址。	不采用
17	QT-16	K80+000	2.3		50.25	26.8	察雅县	QT-16 号弃渣场位于邦达草原，实地查勘后发现占压天然草甸，对地方原生生态条件破坏较大，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
18	QT-17	K52+655	0.3		116.7	23.3	察雅县	QT-17 号弃渣场位于邦达草原，在沟道沟口处，且实地查勘后发现占压天然草甸，对地方原生生态条件破坏较大，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
19	QT-18	K59+130	0.2		118.3	23.7	察雅县	QT-18 号弃渣场经现场查勘，与卡若镇沟通后发现地方村民已在此开垦耕作，存在征收成本及协调困难，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
20	QT-19	K30+300		1.4	103.2	55	卡若区	QT-19 号弃渣场下游距国道 214 距离约 600m，严重影响下游公路及人行安全，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
21	QT-20	K57+000	10.5		105.04	56	察雅县	QT-20 号弃渣场经调查，涉及西藏昌都市卡若区拉诺玛铅锌矿，与铅锌矿产权单位多次沟通，不同意征用其用地范围。	不采用
22	QT-21	K63+600		1.4	91.855	49	察雅县	QT-21 弃渣场地面坡度较陡，下游距国道 214 距离约 900m，且存在居民聚集区，严重影响下游公路及居民安全，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用

序列	弃渣场编号	桩号	左(km)	右(km)	初步选址范围(亩)	计划堆渣（万 m³）	行政区	选址调查情况	是否采用
23	SQT-1	K30+300		3.8	54.629	40.3	卡若区	根据 SQT-1 号弃渣场用地类别、场地适宜性及征求意见回函，推荐 SQT-1 号弃渣场选址。	采用
24	SQT-2	K32+600		4.6	66.956	23.0	卡若区	SQT-2 号弃渣场横跨两条沟道出口，上游来洪不易拦截，且地面坡度较陡，为坡地型弃渣场，弃渣堆置条件较差，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
25	SQT-3	K36+600		1.8	68.12	35.1	卡若区	根据 SQT-3 号弃渣场用地类别、场地适宜性及征求意见回函，推荐 SQT-3 号弃渣场选址。	采用
26	SQT-4	K48+300		2.0	148.3	65.4	卡若区	根据 SQT-4 号弃渣场用地类别、场地适宜性及征求意见回函，推荐 SQT-4 号弃渣场选址。	采用
27	SQT-5	K51+000	0.8		60.791	34.5	察雅县	根据 SQT-5 号弃渣场下游敏感点较多，沟道出口为吉塘镇人口密集区，现状坡度较陡，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
28	SQT-6	K57+000	10.5		87.021	39.7	察雅县	SQT-6 号上游汇水面积较大，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
29	SQT-7	K67+500		0.5	75.66	90.96	察雅县	考虑 SQT-7 与 SQT-9 距离较近，从集中堆渣、节约用地、降低后期防护风险的角度，推荐堆渣条件较好的 SQT-9 临时弃渣场，本处选择暂不考虑。	不采用
30	SQT-8	K73+800		0.4	91.41	32.5	察雅县	SQT-8 弃渣场占用乔木林地，对地方原生生态条件破坏较大，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
31	SQT-9	K77+100		0.1	128.384	35.1	察雅县	根据 SQT-9 号弃渣场用地类别、场地适宜性及征求意见回函，推荐 SQT-9 号弃渣场选址。	采用
32	SQT-10	K80+000	2.3		30.306	9.1	八宿县	SQT-10 号弃渣场位于邦达草原，实地查勘后发现占压天然草甸，对地方原生生态条件破坏较大，不推荐作为本项目弃渣场。	不采用
33	SQT-11	K98+619		10	324.579（取土场占地）	9.1	八宿县	SQT-11 号弃渣场利用 TL1 取土场采坑堆渣，选址已征求八宿县各部门及权属单位选址意见，推荐 SQT-11 号弃渣场选址。	采用

⑵ 协调及产权因素

经现场查勘，并与权属人及地方相关部门沟通咨询后，因产权、施工时序、权属人意愿等问题导致7处弃渣场无法启用。部分选址涉及特定产权用地，协调后未获得使用权，其中 QT-1 及改址均占用军事用地，经协调未获得军方许可；QT-5、QT-6、QT-20 等涉及西藏昌都市卡若区拉诺玛铅锌矿，与产权单位多次沟通后仍被拒绝征用。另有选址存在民事协调困难，QT-4改址进场需穿越其他项目施工区，协调难度大；QT-18经现场查勘发现，地方村民已在此开垦耕作，不仅征收成本较高，后续协调工作也难以推进，最终未采用。

⑶ 生态环境影响因素

QT16、QT17、SQT10地处邦达草原核心区，现场踏勘表明弃渣场将占压天然草甸，堆渣作业易对区域原生生态系统造成严重破坏；QT14、SQT8 等占用乔木林地，涉及敏感植被用地，植被损毁后恢复难度大，与区域生态保护政策要求不符。浪拉山至邦达机场段海拔 4300m 左右，属于邦达草原范围，区域含氧量低，植被立地条件差，仅发育草甸植被，地表植被一旦遭到破坏极难修复。结合现场踏勘情况及昌都市生态文明建设相关要求，未启用上述5处弃渣场

综上所述，从2024年12月至2026年9月，主体设计与我公司对沿线33处潜在选址开展了全面排查，通过多轮现场踏勘、意见征询及技术经济比选优化工作，对 28 处弃渣场建议不予启用，主要原因主要为：场址安全及堆渣条件不满足要求（地形坡度陡、距离敏感设施较近、布设于沟道沟口等）；用地协调与产权受限（涉及军事用地、矿产用地、集体耕地，无法取得用地许可）；生态环境影响突出（占压邦达草原天然草甸、乔木林地等敏感生态用地）。最终确定 5 处弃渣场，均已取得地方政府及权属单位选址确认手续（详见附件 5～7），生态影响可控、运输与防护成本合理，是现阶段技术可行、经济合理、安全可靠、生态合规的最优选址方案。

5.2.2 弃渣场选址制约性因素分析

5.2.2.1 弃渣场下游敏感设施情况

本工程加卡至浪拉山段位于高山峡谷区，线路整体处于G214所在的澜沧江及金河所在走廊带，线路两侧山高坡陡，形成“V”型深切河谷地貌，局部缓坡地居民点和生产房屋聚集。建设单位组织县（区）级人民政府、水利、林业、自然资源、生态环境、交通等部门、土地权属单位以及设计单位对现场进行了踏勘，经反复讨论，共同确定

了本次 5 处弃渣场位置并签订了弃渣场选址意见书，详见附件 5～7。

经多方案比选后，现 5 处弃渣场中，SQT-1 弃渣场、SQT-3 弃渣场、SQT-4 临时弃渣场、SQT-11 弃渣场（取弃结合）等 4 处弃渣场周边及下游 1km 范围无敏感因素；SQT-9 临时弃渣场下游 1200m 有 2 处房屋，已纳入主体拆迁范围，堆渣前拆除，消除安全隐患后无安全影响。

弃渣场选址制约性因素分析表详见表 5-4。

5.2.2.2 临时堆土场下游敏感设施情况

本工程临时堆土场均紧邻主线路基或利用路基红线布设，位于高山峡谷区及高原宽谷区的公路走廊带内，沿线地形起伏较大，局部地段分布有村庄、道路、溪沟及桥梁等设施。建设单位组织县（区）级人民政府、水利、林业、自然资源、生态环境、交通等部门、土地权属单位以及设计单位对现场进行了踏勘，经反复讨论，共同确定了本次 16 处临时堆土场位置，所有临时堆土场均利用路基红线、弃渣场或取土场占地布设，未新增占地。

经现场调查与复核，现 16 处临时堆土场中，利用弃渣场设置的 DT13~DT17 等 5 处临时堆土场与弃渣场一并分析，其余 12 处临时堆土场利用路基红线或取土场范围布设，周边地势平坦，高山峡谷区 DT1~DT6 临时堆土场最大堆高不超过 3.0m，高原宽谷区 DT8~DT12 临时堆土场最大堆高不超过 4.0m，周边 15 倍堆高范围内无敏感设施分布，选址合理。

综上，经现场踏勘与多方案比选，16 处临时堆土场选址合理，对周边敏感设施均无安全影响。

5.2.3 弃渣场设置评价

⑴ 弃渣场概况

本项目沿线共布置 5 处弃渣场（其中 1 处为取弃结合），4 处为沟道型弃渣场（其中 SQT-4 临时弃渣场、SQT-9 临时弃渣场等 2 处作为临时弃渣场，使用期限不得超过该项目建设工期），1 处为平地型弃渣场（取弃土场结合）；其中 4 级弃渣场 4 个，5 级弃渣场 1 个，弃渣场总堆渣量 196.75 万 m^3（折合松方 255.77 万 m^3），占地面积 22.63hm^2，占地类型包括灌木林地和天然牧草地。

本项目 5 处弃渣场，3 处位于卡若区、1 处位于察雅县、1 处位于八宿县，卡若区和察雅县的 4 处弃渣场涉及西藏自治区水土流失重点治理区。所有弃渣场均不涉及饮用水

水源保护区、水功能一级区的保护区和保留区、自然保护区、世界文化和自然遗产地、风景名胜区、地质公园、森林公园等敏感点范围。

1）弃渣场地质勘察

本工程5处弃渣场均开展了地质勘察，并形成地质勘察报告，根据地质勘察成果，本工程5处弃渣场区域内地质灾害不发育，岩层稳定，区域内无不良地质现象，适宜弃渣。弃渣场范围内和临近区域不存在滑坡、泥石流等不良地质灾害发生。主体设计提供的弃渣场地勘结论详见附件15。

2）涉及水土流失重点治理区，提高防治标准

本工程共计4处弃渣场涉及水土流失重点防治区，方案将所有弃渣场挡护工程的工程等级和防洪标准、截排水工程等级提高一级，经方案完善后，弃渣场选址基本符合《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）第3.2.2条规定。

3）不涉及河湖管理范围

经现场踏勘并与地方水利局核对，本项目5处弃渣场均不涉及河湖管理范围。

4）避开耕地、生态良好区域

本项目设置的5处弃渣场占压灌木林、草地，不占压乔木林地、耕地，弃渣结束后，根据周边条件以及植被恢复与建设工程设计标准，采取乔灌草结合恢复植被。

5）弃渣场采取了完整的水土保持措施体系，弃渣场稳定性安全满足规范要求

弃渣填筑边坡坡率1:2.5，按8m堆高分级；在弃渣场外缘周边设置截排水沟，渣坡两侧陡坡段排水设置台阶式跌坎，排水出口设下挖式消力池，消力池兼具沉沙效果，沉淀泥沙后顺接至下游自然水系或农灌沟。弃渣场堆置结束后，对弃渣场采取乔灌草等绿化。各弃渣场均构建了完善的堆置、拦挡、削坡开级、截排水、绿化等水土保持措施体系，在有效防治可能产生的水土流失同时也确保弃渣场安全稳定。

6）弃渣场均设置进场便道，保障实施可行

受制于生态环境敏感、生态保护红线、基本农田、生态公益林及下游敏感设施等因素，大多弃渣场选址于荒沟中，无现有道路直达。本项目5处弃渣场均设置相应进场便道，保障弃渣施工可行，其中SQT-11利用TL1取土场采坑堆渣，便道在取土场防治区计列，其余4处弃渣场共设置便道14.0km，其中新建13.3km，改建0.7km，均为半挖半填路段，泥结碎石路面，路面净宽4.5m，便道占地宽度9.0～11.0m。相应土方工程量在主体工程计列，表土保护、施工期排水拦挡及后期恢复措施在施工便道防治区

进行设计。

⑵ 临时堆土场概况

本项目沿线共设置临时堆土场 16 处，总占地 12.63hm²，全部利用路基永久占地、弃渣场占地以及取土场占地堆放，不新增占地，主要堆存路基、桥梁、隧道、改路、改沟工程区以及其他临建工程剥离的表土及草皮。表土堆高 2.0～5.0m，草皮采用叠置方式堆高 1.0～2.0m（堆叠不超过 3 层），表土与草皮分区堆放以便于后期分类利用。堆土场均按 1:2.5 坡比堆置，堆土顶面设 2%坡降以利排水。占用类型包括灌木林地和天然牧草地，DT1~DT12 堆放时间为 2026 年 11 月~2027 年 9 月，平均堆存期约 1 年；DT13~DT18 堆放时间为 2026 年 11 月~2028 年 10 月，平均堆存期约 2 年。

1）地质条件

本工程 16 处临时堆土场均开展了现场踏勘与地质调查（利用渣料场的临时堆土场的地质情况描述详见相应渣料场）。各选址范围内地质灾害不发育，岩层稳定，区域内无滑坡、泥石流等不良地质现象，地质条件适宜堆土。临时堆土场均位于主线两侧坡地或路基红线内缓坡地带，地形相对平缓，堆土条件较好。

2）涉及水土流失重点治理区，已配套防护措施

高山峡谷区 DT1～DT6、DT13~DT17 等 10 处临时堆土场均位于西藏自治区水土流失重点治理区。方案参照 5 级弃渣场标准设计，配套了完整的临时防护措施体系：堆土周边设石笼网拦挡（汇水较大的 DT5 临时堆土场）或袋装土拦挡（其余 15 处临时堆土场），堆土表面采用密目网苫盖防护；拦挡外侧设临时排水沟与沉沙池，有效拦截坡面汇水并沉淀泥沙。对于草皮堆放部分，定期从附近水源取水喷洒养护，保障草皮成活率。各项防护措施满足相关规范要求。

3）不涉及河湖管理范围

本工程 16 处临时堆土场均远离河道及水库，均不涉及河湖管理范围，选址合规。

4）避开耕地及生态敏感区域

本项目设置的 16 处临时堆土场均未新增临时占地。

5）临时堆土场采取了完整的防护措施体系

临时堆土场按 1:2.5 坡比分级堆置，堆土前在场地周边布设拦挡（石笼网拦挡或袋装土拦挡），遵循“先拦后堆”原则；拦挡外侧设临时排水沟及沉沙池，排水沟采用梯形断面，沉沙池为矩形，排水出口顺接至自然沟渠。堆土表面采用密目网苫盖并压重，

草皮定期洒水养护。各临时堆土场均构建了完善的“拦挡+截排水+苫盖+养护”防护体系，有效控制堆存期的水土流失。

6）紧邻主线及现有便道，交通条件便利

本工程 16 处临时堆土场全部利用永久征地红线或利用渣料场占地范围布设，与各出渣点、隧道洞口及桥梁施工区的距离均较近，表土运输便捷。各堆土场均可利用主线路桥隧进场便道到达，无需新建独立的进场便道。临时堆土场紧邻主线布置，既减少了运输距离，又避免了新增临时道路占地，符合减少扰动、节约占地的水土保持要求。

⑶ 选址评价结论

本项目 5 处弃渣场中，1 处弃渣场下游直冲影响范围内有房屋分布，弃渣前严格采取拆迁措施，消除安全隐患后选址可行，其他 4 处弃渣场选址合理。

本项目 16 处临时堆土场全部利用永久征地红线或利用渣料场占地范围布设，选址合理。

综上，本项目设置的弃渣场、临时堆土场选址合理，基本符合水土保持技术标准的要求。

弃渣场选址制约性因素分析表详见表 5-4，临时堆土场选址制约性因素分析详见表 2-19。

表 5-4 弃渣场选址制约性因素分析表

序号	设计弃渣场编号	弃渣位置			汇水面积	堆渣量		最大堆高	占地面积	弃渣场周边及下游重要公共、基础设施、工业企业和居民点等分布情况	GB 50433-2018 中弃土（石、渣）场选址约束性规定			选址分析评价
		主线桩号	相对位置 左	相对位置 右		自然方	松方				严禁在对公共设施、基础设施、工业企业、居民点等有重大影响的区域设置弃渣场	禁止在河湖管理范围内弃置渣土	弃渣堆置方案是否明确，是否符合 GB 51018-2014 要求	
			km	km	hm²	万 m³	万 m³	m	hm²					
1	SQT-1 弃渣场	K30+300		3.2	77.6	31.03	40.34	43.0	2.96	下游 3000m 外为既有 G214 和澜沧江，高程 3196m，与渣顶高差 447m。	根据弃渣场失事影响专题分析结论，SQT-1 弃渣场失事后最大滑移距离 567m，对下游 3000m 处既有 G214 国道和澜沧江无不利影响。	不涉及	弃渣堆置方案明确，符合 GB 51018-2014 要求	选址合理
2	SQT-3 弃渣场	K36+600		1.8	291.4	27.00	35.09	59.0	4.53	1、下游 1550m 外为本项目路基，高程 3150m，与渣顶高差 334m； 2、下游 1600m 外为既有 G214，高程 3136m，与渣顶高差 348m； 3、下游 1640m 外为澜沧江，高程 3125m，与渣顶高差 359m。	根据弃渣场失事影响专题分析结论，SQT-3 弃渣场失事后最大滑移距离 722m，对下游自身道路、既有 G214 和澜沧江无安全影响。	不涉及	弃渣堆置方案明确，符合 GB 51018-2014 要求	选址合理
3	SQT-4 临时弃渣场	K48+300		2.1	129.7	76.86	99.92	57.0	8.11	1、下游 3400m 为本项目路基，高程 3426m，与渣顶高差 866m； 2、弃渣场下游 4828m 沟道左侧 197m 台地上有 1 处村庄，高程 3287m，与渣顶高差 1005m。	根据弃渣场失事影响专题分析结论，SQT-4 临时弃渣场失事后最大滑移距离 1612m，对下游 3400m 自身道路以及下游 4828m 村庄无安全影响。	不涉及	弃渣堆置方案明确，符合 GB 51018-2014 要求	选址合理
4	SQT-9 临时弃渣场	K77+100		0.1	156.3	54.87	71.33	58.0	7.03	1、弃渣场下游 1200m 沟道左侧 8m 台地上有 1 处房屋，高程 4280m，与渣顶高差 393m； 2、弃渣场下游 1250m 沟道左侧 5m 台地上有 1 处房屋，高程 4270m，与渣顶高差 403m； 3、弃渣场下游 2700m 为本项目路基，高程 4089m，与渣顶高差 584m； 4、弃渣场下游 5700m 沟道左侧 20m 台地上有 2 处房屋，高程 3890m，与渣顶高差 783m； 5、弃渣场下游 6034m 沟道左侧 67m 台地上有 6 处房屋，高程 3895m，与渣顶高差 778m。	弃渣场下游 1200m 沟道左侧 2 处房屋，已纳入主体拆迁范围，堆渣前拆除，无安全影响。SQT-9 临时弃渣场失事后最大滑移距离 1320m，对自身道路及下游房屋无安全影响。	不涉及	弃渣堆置方案明确，符合 GB 51018-2014 要求	选址可行
5	SQT-11 弃渣场	K98+619		10.0	45.7	6.99	9.09	8	计入 TL1	不涉及	不涉及	不涉及	弃渣堆置方案明确，符合 GB 51018-2014 要求	选址合理

表 5-5 临时堆土场选址制约性因素分析表

序号	堆放位置		表土堆放			草皮堆放			总占地	堆土场周边及下游重要公共、基础设施、工业企业和居民点等分布情况	评价结论
			体积	堆高	面积	体积	堆高	面积			
			万 m³	m	hm²	万 m³	m	hm²	hm²		
DT1	K29+430	红线内	0.22	2.0	0.16				0.16	1、堆土西侧 30m 外有房屋，房屋高程 3170m，堆土底部高程 3172m。	堆土坡比 1:2.5，堆高较低，距离较远，对房屋无安全影响。
DT2	K33+520	红线内	0.60	3.0	0.25				0.25	1、东南侧 110m 外为既有 G214，路面高程 3145m，堆土底部高程 3171m； 2、东南侧 180m 外为澜沧江。	堆土坡比 1:2.5，堆高较低，距离较远，对下游既有 G214 及澜沧江无安全影响。
DT3	K34+550	红线内	0.75	3.0	0.30				0.30	1、东侧 70m 外为既有 G214，路面高程 3137m，堆土底部高程 3179m； 2、东侧 130m 外为澜沧江。	堆土坡比 1:2.5，堆高较低，距离较远，对下游既有 G214 及澜沧江无安全影响。
DT4	GJTK2+600	红线内	0.45	3.0	0.21				0.21	周边无敏感点	/
DT5	GJTK2+830	红线内	0.85	3.5	0.38				0.38	1、东侧 230m 外有居民点，居民点高程 3355m，堆土底部高程 3384m。	堆土坡比 1:2.5，堆高较低，距离较远，对房屋无安全影响。
DT6	GJTK1+100	红线内	1.45	2.5	1.10				1.10	1、东侧 60m 外有居民点，居民点高程 3306m，堆土底部高程 3309m。	堆土坡比 1:2.5，堆高较低，距离较远，对房屋无安全影响。
DT8	K80+800	红线内	2.11	4.0	0.92				0.92	1、北侧 180m 外为果曲，河面高程 4418m，堆土底部高程 4430m； 2、南侧 150m 外有 G214，路面高程 4448m。	1、堆土不涉及果曲，且对其无影响； 2、路面高于堆土底部 18m，距离较远，堆土对其无安全影响。
DT9	K83+100	红线内	1.46	4.0	0.61	0.92	1.50	0.83	1.44	1、北侧 280m 外为果曲，河面高程 4403m，堆土底部高程 4417m； 2、南侧上游 60m 外有 G214，路面高程 4429m。	1、堆土不涉及果曲，且对其无影响； 2、路面高于堆土底部 12m，距离较远，堆土对其无安全影响。
DT10	K85+800	红线内	1.27	4.0	0.59	0.65	1.50	0.70	1.29	1、北侧 250m 外为果曲，河面高程 4388m，堆土底部高程 4400m； 2、南侧上游 30m 外有 G214，路面高程 4411m。	1、堆土不涉及果曲，且对其无影响； 2、路面高于堆土底部 11m，距离较远，堆土对其无安全影响。
DT11	K90+650	红线内	1.91	4.0	0.89	0.63	1.50	0.57	1.46	1、西侧 750m 外为果曲，河面高程 4348m，堆土底部高程 4362m； 2、东侧 270m 外有 G214，路面高程 4369m。	1、堆土不涉及果曲，且对其无影响； 2、路面高于堆土底部 7m，距离较远，堆土对其无安全影响。
DT12	K94+550	红线内	1.44	4.0	0.65	0.97	1.50	1.02	1.67	1、西北侧 200m 外为果曲，河面高程 4325m，堆土底部高程 4326m； 2、东南侧上游 20m 外有 G214，路面高程 4330m。	1、堆土不涉及果曲，且对其无影响； 2、路面高于堆土底部 4m，距离较远，堆土对其无安全影响。
DT13	K30+300	渣场内	0.72	5.0	0.36				0.36	不涉及	同 SQT-1 弃渣场，无影响。
DT14	K39+600	渣场内	0.87	5.0	0.43				0.43	1、下游 1550m 外为本项目路基； 2、下游 1600m 外为 G214； 3、下游 1640m 外为澜沧江。	同 SQT-3 弃渣场，无影响。
DT15	K48+300	渣场内	1.64	5.0	0.82				0.82	不涉及	同 SQT-4 临时弃渣场，无影响。
DT17	K77+100	渣场内	1.98	5.0	0.99				0.99	1、弃渣场下游 1200m 沟道左侧 8m 台地上有 1 处房屋； 2、弃渣场下游 1250m 沟道左侧 5m 台地上有 1 处房屋。	同 SQT-9 临时弃渣场，无影响。
DT18	K98+619	料场内	2.33	4.0	1.16				1.16	不涉及	同 SQT-11 弃渣场，无影响。
合计			20.04		9.51	3.17		3.12	12.63		

5.2.4 弃渣场地质条件

本项目共布设 5 处弃渣场与 16 处临时堆土场，其工程地质条件随线路穿越的地貌单元而呈现规律性变化。

高山峡谷区（SQT-1～SQT-9 临时弃渣场及 DT1～DT6 堆土场）是该项目弃渣场的主要分布区。其中 3 处沟道型弃渣场位于“V”型冲沟内，SQT-4 为山顶宽缓凹台。弃渣场选址地形坡度较陡（一般 25°～40°），地表为第四系残坡积、坡洪积碎石土，结构松散～中密，厚 2.3～8.5m 不等；下伏基岩主要为侏罗系、三叠系及前泥盆系的砂岩、泥质粉砂岩、片岩等。根据主体设计弃渣场地勘专题结论，总体评价场地基本稳定，较适宜作为弃渣场。临时堆土场分布位置随主体工程剥离面而定，堆土多为结构松散的剥离表土及少量路基开挖土石混合料，易产生水土流失，评价为场地基本稳定，需重点加强临时防护，较适宜堆放。

高原宽谷区（SQT-11 弃渣场及 DT8～DT12 堆土场）工程地质条件相对简单。平地型弃渣场（SQT-11）位于邦达草原，地形开阔平缓，地层为巨厚的冲洪积卵石层，堆渣体以低矮的填凹回填为主，稳定性好，综合评价为稳定场地，适宜作为弃渣场。临时堆土场地势平缓，堆体自身稳定性好，主要风险转为风力侵蚀，需做好洒水降尘或苫盖，场地稳定，适宜堆放。

弃渣场及临时堆土场地质条件及评价详见表 5-6。

表 5-6 弃渣场及临时堆土场工程地质条件及评价

行政区	弃渣场名称	弃渣场类型	弃渣场级别	地形地质条件简述	工程地质评价	场地稳定性类别	场地适宜性分级
卡若区	SQT-1弃渣场	沟道型	4	位于Ⅰ$_1$工程地质亚区（K27+600～K32+707段）。属高山峡谷地貌“V”型冲沟，走向近南北，两坡坡度35～45°。出露岩性为J$_2$t泥质砂岩，强风化，节理发育。第四系覆盖层为碎石土，厚4.5～5.2m。上游汇水面积77.6hm²。地表水发育，未见滑坡、泥石流等不良地质。弃渣来源以供马龙隧道弃渣及少量路基土方为主，粒径以细粒土及<5cm碎石为主，夹5～20cm砂岩碎块，土石比例为土方65.90%、石方34.10%。	覆盖层厚4.5～5.2m，承载力一般，建议基础加深；渣体分层碾压。上游汇水面积大，需设截排水及边坡防护。场地基本稳定，采取工程措施后可作弃渣场。	基本稳定	较适宜
卡若区	SQT-3弃渣场	沟道型	4	位于Ⅰ$_1$工程地质亚区（K32+707～K41+431段）。属高山峡谷地貌“V”型冲沟，走向近东西，两坡坡度30～45°。出露岩性为J$_2$t泥质粉砂岩，强风化。覆盖层为碎石土，厚7.8～8.5m。汇水面积291.4hm²。弃渣以瓦约隧道、乃帕隧道弃渣为主，粒径以细粒土及<10cm碎石为主，泥岩易碎，土石比例为土方57.53%、石方42.47%。	覆盖层厚7.8～8.5m，承载力低，需基础处理；渣体分层碾压，加强截排水与边坡防护。场地基本稳定，采取工程措施后可作弃渣场。	基本稳定	较适宜
卡若区	SQT-4临时弃渣场	沟道型	4	位于Ⅰ$_1$+Ⅰ$_2$工程地质亚区（K41+431～K62+530段）。属高山峡谷地貌山顶宽缓“凹”台，坡度15～25°。出露岩性为T$_3$j²石英砂岩、T$_3$b灰岩，中风化，岩质坚硬。覆盖层碎石土厚5.8～6.5m。弃渣以年拉山隧道、金河隧道、波帕村隧道、多若1号/2号隧道弃渣为主，渣料以石英砂岩块石、灰岩块石为主，粒径10～50cm块石为主，夹少量细粒土，土石比例为土方60.80%、石方39.20%。	覆盖层厚5.8～6.5m，承载力低，应地基处理；分层碾压，设截排水和坡面防护。场地基本稳定，采取工程措施后可作弃渣场。	基本稳定	较适宜
察雅县	SQT-9临时弃渣场	沟道型	4	位于Ⅳ$_1$工程地质亚区（K62+530～K87+370段）。属高山峡谷地貌“V”型冲沟，坡度20～30°。弃渣主要岩性为AnDjt$_{1/2}$片岩，强～中风化，场地覆盖层为碎石土厚2.3～3.0m，下伏基岩为T$_3$g砂岩。弃渣以公多雄3号隧道、浪拉山隧道（进口段）弃渣为主，以碎石土及片岩碎块为主，粒径5～40cm，土石比例为土方74.62%、石方25.38%。	覆盖层厚2.3～3.0m，承载力一般，需地基处理；弃渣为碎石土及片岩，应分层碾压并加强截排水。场地基本稳定，较适宜作弃渣场。	基本稳定	较适宜

表 5-6 弃渣场及临时堆土场工程地质条件及评价

行政区	弃渣场名称	弃渣场类型	弃渣场级别	地形地质条件简述	工程地质评价	场地稳定性类别	场地适宜性分级
八宿县	TL1 取土场/SQT-11 弃渣场	平地型	5	位于Ⅳ$_2$工程地质亚区（K87+370～K98+619 段）。属丘状高原冲洪积平原，地形平坦开阔，缓倾于沟谷。地层为巨厚层（>25m）冲洪积卵石层。弃渣以路基土方为主（土方占 65.67%），属土石混合型，粒径以细粒土及<10cm 小碎石为主，含少量大粒径卵砾石。	覆盖层巨厚，卵石承载力一般，需基础处理；堆高仅 8m，风险低，注意排水与填筑衔接。场地稳定，适宜作弃渣场。	稳定	适宜
卡若区/察雅县	DT1～DT6	平地型/坡地型	5	分布在高山峡谷区（Ⅰ$_1$、Ⅱ工程地质亚区），地形为缓坡或沟谷阶地。覆盖层为第四系残坡积碎石土，下伏砂页岩或变质岩。堆土为灌木林地剥离表土，成分单一，为黏性土、腐殖土及植物根系，偶含小碎石。	堆土为松散细粒土，结构疏松，极易受降雨冲刷产生水土流失。临时堆存需迅速采取苫盖和临时截排水措施。堆高不宜过大，坡率建议 1:2～1:2.5，并设置拦挡，避免细小颗粒淤塞下游沟渠。场地基本稳定，需加强防护。	稳定	适宜
八宿县/察雅县	DT8～DT12	平地型	5	位于高原宽谷区（Ⅳ$_1$工程地质亚区），地形开阔平缓。覆盖层为冲洪积或坡残积含粉质黏土碎石，下伏石英砂岩。堆土来源为天然牧草地剥离表土，以黏性土为主，含植物根系。	地形平坦，堆体稳定性好，主要风险为风力侵蚀和雨水溅蚀。细粒土干燥后易扬尘。堆存期间需进行洒水降尘或密目网苫盖。做好周边拦挡和简易排水即可。场地稳定，利于施工作业和后期复垦取用。	稳定	适宜

5.2.5 弃渣场地勘建议与响应

本项目弃渣场地勘报告针对5处弃渣场的场地稳定性与适宜性评价、工程地质条件评价，分别从弃渣前表土剥离与基底处理、堆渣工艺与分层压实、渣体及挡渣墙稳定、排渗与截排水系统、堆渣结束后复垦绿化等方面提出了原则性要求与建议。

本方案在弃渣场选址、堆置方案、级别划分及稳定性分析的基础上，对上述建议逐条予以响应：凡涉及堆渣前基础处理、排渗设施埋设、分层碾压控制、坡脚支挡与截排水布置的，均在设计及施工要求中予以明确；凡涉及堆渣结束后的表土回覆、植被恢复及后期管养的，均在相应的水土保持措施体系中予以落实。地勘建议与本方案的响应情况见表 5-7。

表 5-7 弃渣场地勘报告中的建议与本方案响应情况对照表

序号	地勘要求	水保方案响应
1	弃渣前，场内清表土集中堆放，待弃土完成后复垦。	弃渣场设计表土剥离及回覆，堆渣结束后恢复植被。
2	场内基底应夯实，弃渣场自然坡面坡率陡于1:5时，应对基底自然坡面开挖台阶，台阶宽度不小于4.0m。	在弃渣场施工要求中，明确堆渣前，需在表土剥离后对场内基础进行夯实处理。 对于SQT-1、SQT-3、SQT-4临时弃渣场场内自然坡面坡率陡于 1:5 的位置，堆渣前对于该段基础范围开挖台阶。
3	弃渣前，为收集和排导施工期间弃渣场区域内汇水，以及堆渣形成后的渣体渗水和岩层裂隙水，在弃渣场底部设置排渗系统，确保渗水顺利排出。	在弃渣场设计章节，对于排渗系统进行细化设计。
4	弃渣场填筑时，应分层填筑、分层压实。	在弃渣场堆置方案中，要求弃渣“采用自下而上的堆渣，分层压实保证渣体的稳定”。
5	弃渣场填筑完毕，弃土堆顶部纵坡不小于1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利于排水。	在弃渣场设计及施工要求中，明确渣纵坡不小于1%，横坡不小于3%。
6	弃渣场完成后，沿渣面与边坡交接处的原始基础设置截排水沟，拦截坡上汇水，同时排除渣顶内部汇水。	在弃渣场设计章节，已在弃渣场一侧边坡布设截排水沟，另一侧布设排洪沟兼截排水沟。
7	坡脚设置挡渣墙，保证弃渣场的稳定。挡渣墙基础埋深不小于 1.5m，施工前应校核地基承载力，不满足要求时应换填水稳性较好的硬质石渣。	在弃渣场设计章节，坡脚设置挡渣墙，挡渣墙基础埋深2m，均开展挡墙稳定性计算。 为进一步确保挡墙稳定，同时排除渣底盲沟渗水，对于挡渣墙基础埋深以下1m设计碎石换填。
8	堆渣结束后，应做好水土保持工作，包括坡面绿化以及排水工程。	在弃渣场设计章节，堆渣结束后，设计乔灌草结合的绿化恢复措施。

表 5-7 弃渣场地勘报告中的建议与本方案响应情况对照表

序号	地勘要求	水保方案响应
9	弃渣场堆渣结束后，在弃渣场顶部堆渣边缘的原始基础上，设置贯穿弃渣场的排洪沟，疏导沟内上游来洪，同时拦截边坡汇水。	弃渣场设计章节，已设置完善的排洪沟，疏导沟内上游来洪，同时拦截边坡汇水。
10	弃渣场设计时建议做好渗流稳定性分析，并做好坡脚支挡设计。	所有弃渣场均开展耦合渗流分析的整体、边坡稳定性分析，在弃渣场坡脚设置混凝土挡渣墙，确保弃渣场堆渣坡脚的安全稳定。
11	渣体堆填需验算整体抗滑稳定与局部稳定问题，建议分层碾压以消除其自身的浅层滑移隐患和不均匀沉降变形问题。	所有弃渣场均开展耦合渗流分析的整体、边坡稳定性分析。
12	弃渣场位于冲沟交汇处，上游集水面积较大，雨季存在抗冲刷掏蚀问题，需采取相应的截排水措施。	弃渣场施工期间，设置临时排水涵管，排除上游冲沟汇水。临时排水涵管按照弃渣场设计洪水标准进行过流能力复核，确保临时涵管满足过流要求，避免预计上游来洪冲刷掏蚀堆渣区。
13	坡面建议采取绿化防护措施。	在弃渣场设计章节，堆渣结束后，渣场坡面采取灌草结合的绿化恢复措施。
14	堆渣体为永久性堆渣，建议加强动态设计，信息化施工，稳定后覆土植草绿化。	在后续设计章节，补充弃渣场后期实施阶段的设计、施工要求；已设计堆渣结束后的表土回覆和绿化恢复措施。

5.2.6 弃渣（含临时堆土）堆置方案

⑴ 堆置方式

本项目沿线设置 5 处弃渣场，弃渣场设计堆渣高度 8～59m，堆渣前在弃渣场下边坡，设置混凝土挡墙进行防护，采用自下而上的堆渣，分层压实保证渣体的稳定。

堆渣过程中充分利用渣料的自身稳定性能来维持渣体稳定，本项目弃渣以土石渣为主，弃渣场堆渣边坡坡比取 1:2.5，弃渣场底部设置挡渣墙，挡渣墙顶设置马道，马道内侧设置排水沟，弃渣场墙顶以上堆渣按 1:2.5，弃渣场按 8m 堆高进行分级，除挡墙后侧马道（挡墙后侧马道按 5m 布设），两级边坡间设 10m 宽平台，便于后期机械碾压渣体，同时提高堆渣稳定性。

堆渣过程中对渣体采取分层碾压的方式，每层弃渣平整并碾压 3～4 遍，堆渣结束后修整弃渣坡面，渣面及渣坡根据弃渣场所在地进行整治并布设植物措施进行防护。本方案设计根据原占地类型及弃渣场所在的海拔，弃渣场渣顶采用乔灌草恢复，边坡采取灌草结合的方式进行植被恢复，选择适合当地的草种（老芒麦和垂穗披碱草）、灌木（沙棘）以及乔木（藏川杨和云杉），采取撒播草籽和种植灌木恢复植被。

⑵ 台阶高度

本项目弃渣场 4 级弃渣场 4 个，5 级弃渣场 1 个，参考《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014），堆置台阶可按表 5-8 确定。

表 5-8 弃渣堆置台阶高度

弃渣类别		堆置台阶高度（m）
岩石	硬质岩石	30～40（20～30）
	软质岩石	10～20（8～15）
土石混合	混合土石	***20～30***（15～20）
土	黏土	10～15（8～12）
	砂土、人工土	5～10

注：1.括号内数值系工程不良地质及气象条件不利时参考值；

2.弃渣场地基（原地面）坡度平缓，渣为坚硬岩石或利用狭窄山沟、谷地、坑塘堆置的弃渣场，可不受此表限制。

本项目弃渣以土石混合为主，且弃渣场不存在不良地质条件，弃渣场墙顶设 5m 宽马道，马道内侧堆渣按 1:2.5 放坡，弃渣场当堆渣高度达到 8m 时，设二级平台，平台宽一般设为 10m，堆置台阶高度控制在 8m，弃渣场堆置台阶高度均小于弃渣场堆置台阶高度规定的 20～30m，满足规范要求。

⑶ 堆渣坡比

本项目弃渣场为土石混合弃渣，弃渣主要为片岩（角砾、碎石）与碎石土，根据《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）相关要求，自然安息角取 36～43°，堆渣坡比取 1:1.80～1:1.65。本项目弃渣场堆渣坡比取 1:2.5，对应堆渣坡角 26.56°，该弃渣场堆渣坡角小于该类土体的自然安息角，满足规范要求。

弃渣堆置自然安息角及坡比见表 5-9。

表 5-9 弃渣堆置自然安息角及坡比

弃渣体类别			自然安息角（°）	堆渣坡比
岩石	硬质岩石	花岗岩	35～40	1:1.85～1:1.60
		玄武岩	35～40	1:1.85～1:1.60
		致密石灰岩	32～36	1:2.10～1:1.85
	软质岩石	页岩（片岩）	29～43	1:2.35～1:1.45
		砂岩（块石、碎石、角砾）	26～40	1:2.70～1:1.60
		砂岩（砾石、碎石）	27～39	1:2.55～1:1.70
土	碎石土	砂质片岩（角砾、碎石）与砂黏土	25～42	1:2.80～1:1.65
		片岩（角砾、碎石）与砂黏土	36～43	1:1.80～1:1.65
		砾石土	27～37	1:2.55～1:2.0

5.2.7 弃渣场级别及稳定性分析

5.2.7.1 弃渣场（含临时堆土场）级别

根据渣场容量、堆渣高度、可能对周边环境造成的危害、经济合理和安全可靠的原则，分别确定各渣场的建筑等级，从而确定建筑物的洪水标准和整体稳定要求。本项目共5处弃渣场，其中5级弃渣场1处，4级弃渣场4处。

根据临时堆土场的堆土量及最大堆高，临时堆土场均按5级弃渣场标准进行稳定性分析。

5.2.7.2 计算方法

考虑最不利条件，对本项目弃渣场及所有临时堆土场进行坡面稳定性分析。弃渣场弃渣基本为隧道钻渣和路桥隧开挖弃土共存的土石混合渣，自下而上逐层堆放，分层压实，可按均质坝体考虑。边坡稳定性采用计及条块间作用力的简化毕肖普法进行计算，整体稳定性采用摩根斯顿-普赖斯法进行计算。

简化毕肖普法计算公式如下。

$$K=\frac{\sum\{[(W\pm V)\cos\alpha-ub\sec\alpha-Q\sin\alpha]\tan\varphi+cb\sec\alpha\}}{\sum\left[(W\pm V)\sin\alpha+\frac{M_c}{R}\right]} \qquad (5-1)$$

式中：

W—土条重量，kN；

Q、V—分别为水平和垂直地震惯性力（向上为负，向下为正），kN；

u—作用于土条底面的孔隙压力，kPa；

α—条块重力线与通过此条块底面中点的半径之间的夹角，°；

b—土条宽度，m；

c、φ—土条底面的有效应力抗剪强度指标；

M_c—水平地震惯性力对圆心的力矩，kN·m；

R—圆弧半径，m。

摩根斯顿-普赖斯法计算公式如下。

⑴ 整体平衡控制方程

1）水平力平衡方程

$$\int_a^b p(x)s(x)\,dx=0 \qquad (5-2)$$

2）力矩平衡方程

$$\int_a^b \boldsymbol{p(x)s(x)t(x)\,dx - M_e = 0} \tag{5-3}$$

⑵ 土条受力函数$p(x)$

$$\begin{aligned} \boldsymbol{p(x) = } & \boldsymbol{\left[\frac{dW}{dx} \pm \frac{dV}{dx} + q\right] sin\,(\varphi'_e - \alpha) - usec\ \alpha\ sin\ \varphi'_e} \\ & \boldsymbol{+c'_e sec\ \alpha\ cos\ \varphi'_e - \frac{dQ}{dx} cos\,(\varphi'_e - \alpha)} \end{aligned} \tag{5-4}$$

⑶ 条间力传递函数$s(x)$（两种等价表达式）

1）指数形式

$$\boldsymbol{s(x) = sec(\varphi'_e - \alpha + \beta)\ exp\left[-\int_a^x tan\ (\varphi'_e - \alpha + \beta)\,\frac{d\beta}{d\zeta}\,d\zeta\right]} \tag{5-5}$$

2）积分形式

$$\boldsymbol{s(x) = \int_a^x (sin\ \beta - cos\ \beta tan\ \alpha)\,exp\left[\int_a^\zeta tan\ (\varphi'_e - \alpha + \beta)\,\frac{d\beta}{d\xi}\,d\xi\right]d\zeta} \tag{5-6}$$

⑷ 水平地震惯性力矩

$$\boldsymbol{M_e = \int_a^b \frac{dQ}{dx}\,h_e\,dx} \tag{5-7}$$

⑸ 强度折减等效抗剪参数（K为抗滑稳定安全系数）

1）等效有效黏聚力

$$\boldsymbol{c'_e = \frac{c'}{K}} \tag{5-8}$$

2）等效有效内摩擦角

$$\boldsymbol{tan\,\varphi'_e = \frac{tan\,\varphi'}{K}} \tag{5-9}$$

式中：

dx—土条宽度，m；

dW—土条自重，kN；

q—坡顶外部竖向均布荷载，kN/m；

M_{e}—水平地震惯性力对土条底面中点的力矩，kN·m；

dQ—土条水平地震惯性力，kN；

dV—土条竖向地震惯性力（向上为负，向下为正），kN；

α—土条底面与水平面夹角，°；

β—土条侧面合力与水平方向夹角，°；

h_{e}—水平地震惯性力至土条底面中点的垂直距离，m；

u—土条底面孔隙水压力，kPa；

c'、φ'—土体有效黏聚力，kPa；有效内摩擦角，°；

c'_{e}、φ'_{e}—折减后等效有效黏聚力，kPa；等效有效内摩擦角，°；

K—边坡抗滑稳定安全系数；

a、b—滑弧两端横坐标（积分上下限），m；

$t(x)$—力臂函数（力矩平衡中的力臂），m；

ζ、ξ—积分变量（表示横坐标），m。

根据工程实际情况，本项目弃渣场及临时堆土场稳定主要考虑渣体整体稳定和边坡稳定两种情况，由于本工程地震基本烈度值为Ⅶ度、Ⅷ度，考虑最不利的Ⅷ度地震工况，故本项目弃渣场稳定计算工况主要考虑正常运用工况、非常运用工况（连续降雨、地震工况）三种工况进行计算。

针对连续降雨工况，弃渣场边坡稳定性的计算采用饱和-非饱和渗流分析与极限平衡法相结合的数值模拟方法。先通过渗流分析获得降雨过程中的孔隙水压力场，再将其作为边坡稳定计算的基础。

采用 Richards 方程作为饱和-非饱和渗流的基本控制方程，具体方程形式如下。

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x(h)\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_z(h)\frac{\partial h}{\partial z}\right)+\frac{\partial K_z(h)}{\partial z}=C(h)\frac{\partial h}{\partial t} \qquad (5-10)$$

式中：

$K_x(h)$—水平方向的非饱和水力传导系数，m/s；

$K_z(h)$—竖向的非饱和水力传导系数，m/s；

h—压力水头（m），负值代表非饱和区（基质吸力），正值代表饱和区；

z—位置水头（m），以竖直向上为正；

$C(h)$—比水容量（1/m），由土-水特征曲线（SWCC）的斜率确定；

t—时间，s。

采用 Van Genuchten 模型描述弃渣体体积含水量θ与基质吸力ψ（$\psi=-h$，正值表示吸力）之间的关系。

$$\theta(\psi)=\theta_r+\frac{\theta_s-\theta_r}{\left[1+\left(\frac{\psi}{a}\right)^n\right]^m} \qquad (5-11)$$

其中，模型参数满足如下约束关系（Mualem 条件）。

$$m=1-\frac{1}{n}(0<m<1,n>1) \qquad (5-12)$$

基于 Mualem 统计孔径分布模型与 VG 土-水特征曲线，非饱和水力传导率$K(\psi)$的

表达式如下。

$$K(\psi) = K_s \cdot \frac{\left\{1-\left(\frac{\psi}{a}\right)^{n-1}\left[1+\left(\frac{\psi}{a}\right)^{n}\right]^{-m}\right\}^2}{\left[1+\left(\frac{\psi}{a}\right)^{n}\right]^{m/2}} \qquad (5-13)$$

式中：

θ_s—饱和体积含水量，m^3/m^3；

θ_r—残余体积含水量，m^3/m^3；

a—尺度参数（进气值相关参数），kPa；

n—孔径分布指数；

m—曲线形状参数；

K_s—饱和渗透系数，m/s。

渗流分析中，上边界采用单位流量边界，其控制标准主要依据弃渣场的工程等级及设计标准确定。本次计算假定该设计降雨强度持续 72 小时，以模拟连续降雨的最不利工况。各场地设计单位流量见表 5-10。

表 5-10 各场地流量边界一览表

行政区	编号	等级	设计重现期（年）	单位流量 mm/d	持续时间（d）
卡若区	SQT-1 弃渣场	4	30	69.8	3
	SQT-3 弃渣场	4	30	69.8	3
	SQT-4 临时弃渣场	4	30	69.8	3
察雅县	SQT-9 临时弃渣场	4	30	66.2	3
卡若区	DT1	5	20	69.8	3
	DT2	5	20	69.8	3
	DT3	5	20	69.8	3
	DT13	5	20	69.8	3
	DT14	5	20	69.8	3
	DT15	5	20	69.8	3
察雅县	DT4	5	20	66.2	3
	DT5	5	20	66.2	3
	DT6	5	20	66.2	3
	DT17	5	20	66.2	3
八宿县	DT8	5	20	62.9	3
	DT9	5	20	62.9	3
	DT10	5	20	62.9	3
	DT11	5	20	62.9	3
	DT12	5	20	62.9	3
	DT18	5	20	62.9	3

注：临时堆土场均参照 5 级弃渣场标准进行设计。

左右两侧边界（远场边界）采用定总水头边界。根据地勘资料，场地地下水埋深较深，左右两侧定总水头高程均低于弃渣体最低高程，用以表征远场深部地下水位的排水基准面。同时参照类似工程经验，将两侧边界距弃渣体坡脚的水平距离设置为弃渣体最大高度的 3 倍，以充分消减边界效应对场区内孔隙水压力计算结果的影响。

降雨渗流计算时，考虑地下水位线到达渣顶的初始边界条件。

底部采用零流量边界，模拟基岩或不透水层对水分下渗的阻隔作用。

5.2.7.3 弃渣场（含临时堆土场）边坡稳定分析

SQT-11 利用 TL1 取土场采坑回填弃渣，堆渣顶部不超过取土坑下边缘，不再对其计算堆渣稳定性。

对 SQT-11 以外其余 4 处弃渣场以及所有 16 处临时堆土场进行稳定计算，根据项目地质资料，弃渣场弃渣及基础岩（土）物理力学指标见下表 5-11。

本次稳定性计算的计算断面依据弃渣场地质勘察报告实测地质剖面绘制，断面形态、覆盖层厚度及下伏基岩面高程均按地勘实测资料取值，未作概化简化；堆渣轮廓按各弃渣场设计堆渣坡比 1:2.5、8m 分级、10m 平台的实际堆置形态绘制。根据地勘成果，各弃渣场选址基础底部无软弱土层分布，覆盖层为碎石土层、厚度较小，基底以强～中风化基岩为主。

根据《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）相关规定，采用简化毕肖普法以及摩根斯顿-普赖斯法进行计算时，各弃渣场正常运用工况与非常运用工况时安全系数详见表 5-12。弃渣场整体及边坡稳定计算工况按正常运用工况和非常运用工况（连续降雨、地震工况）三种工况。

根据计算成果，沟道型弃渣场以及临时堆土场按照 1:2.5 起坡堆渣（堆土），渣体（堆土）都是稳定的，本项目弃渣场及临时堆土场布设基本符合水土保持法和水土保持技术规范要求。

表 5-11 各弃渣场、临时堆土场渣土及基础岩（土）物理力学指标参数表

序号	名称	天然状态			饱和状态			基底摩擦系数	承载力特征值 (kPa)	渗透系数 (m/s)
		容重 (kN/m³)	粘聚力 C (kPa)	内摩擦角 φ (°)	容重 (kN/m³)	粘聚力 C (kPa)	内摩擦角 φ (°)			
1	碎石	19.5	0	35	20.5	0	33	0.4	180~320	$1.16\times10^{-3}\sim1.74\times10^{-3}$
2	强风化泥质粉砂岩	26.9	80	25	27.5	70	23	0.4	350~400	$2.0\times10^{-8}\sim6.0\times10^{-9}$
3	中风化泥质粉砂岩	27.2	120	29	28.5	100	27	0.5	600~900	/
4	强风化石英砂岩	27	100	28	27.6	80	26	0.45	400~450	$2.0\times10^{-8}\sim6.0\times10^{-9}$
5	中风化石英砂岩	27.5	150	32	28.5	130	30	0.5	800~900	/
6	强风化片岩	23	90	25	24	70	23	0.4	350~400	/
7	中风化片岩	24	130	28	25	100	27	0.5	800~1000	/
8	强风化砂岩	27	100	28	27.6	80	26	0.45	400~450	$2.0\times10^{-8}\sim6.0\times10^{-9}$
9	中风化砂岩	27.5	150	32	28.5	130	30	0.5	800~900	/
10	卵石	21	0	38	22	0	35	0.45	340	$1.16\times10^{-3}\sim1.74\times10^{-3}$
11	渣体（SQT-1）	19.8	12	22	20.5	10	17.5	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
12	渣体（SQT-3）	19	10	21	20	8	17	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
13	渣体（SQT-4）	20.5	12	22	21.5	10	19	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
14	渣体（SQT-9）	21.5	11	21.5	22.5	9	19	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
15	渣体（SQT-11）	21	11	20	22	9	19	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
16	临时堆土（DT1）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
17	临时堆土（DT2）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
18	临时堆土（DT3）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
19	临时堆土（DT4）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
20	临时堆土（DT5）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
21	临时堆土（DT6）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
22	临时堆土（DT8）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
23	临时堆土（DT9）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
24	临时堆土（DT10）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
25	临时堆土（DT11）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
26	临时堆土（DT12）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
27	临时堆土（DT13）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
28	临时堆土（DT14）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
29	临时堆土（DT15）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
30	临时堆土（DT17）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$
31	临时堆土（DT18）	18.5	8	20	20	5	18	/	/	$i\times10^{-6}\sim i\times10^{-5}$

5.2.8 弃渣场失事影响分析结论

⑴ 本次评估的 SQT-1 弃渣场、SQT-3 弃渣场、SQT-4 临时弃渣场、SQT-9 临时弃渣场等 4 处弃渣场均为沟道型弃渣场，以上区域场址区均无崩塌、滑坡、泥石流等不良地质现象，场地整体稳定性较好。根据《水土保持工程调查与勘测标准》（GB/T 51297-2018）判定，以上 4 处场址地质条件均较适宜修建弃渣场或堆土场，项目选址合理。

⑵ 经碎屑流动力学数值模拟，各弃渣场在极端场景下的失稳影响范围如下。

SQT-1 弃渣场：设计场景下失稳碎屑流最大运动距离 567m，在 μ＝0.18 不利包络工况下增至 1330m，均对下游 3000m 处 G214 国道**无不利影响**；

SQT-3 弃渣场：设计场景下失失稳碎屑流最大运动距离 722m，在 μ＝0.18 不利包络工况下增至 1377m，距下游 1600m 处 G214 国道及 1670m 处澜沧江均有充足安全余量，**无不利影响**；

SQT-4 临时弃渣场：设计场景下失稳碎屑流最大运动距离 1612m，下游无敏感点；在 μ＝0.18 不利包络工况下增至 3392m，距下游 4828m 处村庄尚有约 1436m 安全余量，**无不利影响**；

SQT-9 临时弃渣场：设计场景下（极端暴雨＋地震叠加场景）碎屑流最大运动距离 1320m，已压覆下游 1200m 处房屋位置，该房屋已纳入主体拆迁范围，施工前拆除，运营期无敏感目标暴露；在 μ＝0.18 不利包络工况下增至 3270m，前缘抵达下游 2700m 处本项目路基位置并越过约 570m，堆积厚度远小于路基填高，**对路基结构与路面行车无影响**；距下游 5700m、6034m 处村庄分别尚有约 2430m、2764m 安全余量，4km 以外居民点**无不利影响**。

综上，各弃渣场在设计及校核场景下整体稳定，仅在超出设计标准的极端组合场景下存在局部失稳可能；即使在流变参数取至理论下限的不利包络工况下，下游 4km 以外居民点仍不受波及，**整体风险可控**，详细计算成果见表表 5-14。

表 5-14 弃渣场设计场景失事影响计算成果汇总表

场地编号	最大运动距离(m)	最大运动速度(m/s)	前缘堆积厚度(m)	滑出渣量(万 m³)	最大冲击力(kPa)	对敏感目标影响结论
SQT-1 弃渣场	567	18.2	0~3	30.5	145.3	失稳后碎屑流最大运动距离 567m，对下游 3000m 处既有 G214 国道**无影响**
SQT-3 弃渣场	722	21.8	0~3	28.3	162.4	失稳后碎屑流最大运动距离 722m，对 1550m 处自身道路、1600m 处既有 G214、1640m 处澜沧江**无影响**
SQT-4 临时弃渣场	1612	33.0	0~5	74.3	345.3	失稳后碎屑流最大运动距离 1612m，对下游 3400m 处自身道路**无影响**
SQT-9 临时弃渣场	1320	26.3	0~4	52.51	231.6	失稳后碎屑流前缘已压覆下游 1200m 处待拆房屋，**已纳入主体拆迁范围**；对下游 2700m 处自身道路**无影响**

表 5-15 弃渣场包络工况计算成果汇总表

核心指标	SQT-1 弃渣场	SQT-3 弃渣场	SQT-4 临时弃渣场	SQT-9 临时弃渣场
有效动摩擦系数 μ	0.18	0.18	0.18	0.18
湍流摩擦系数 ξ	170m/s²	150m/s²	280m/s²	240m/s²
最大滑移距离（距弃渣场坡脚）	1330m	1377m	3392m	3270m
下游敏感目标	下游 3000m 为 G214 国道、澜沧江	下游 1550m 处为本项目路基； 1600m 处为 G214 国道、1640m 处为澜沧江	下游 4828m 沟道左侧 197m 台地上 1 处村庄	下游 1200m 沟道左侧 8m 台地上 1 处房屋； 下游 1250m 沟道左侧 5m 台地上 1 处房屋（上述 2 处房屋已纳入主体拆迁范围、堆渣前拆除）； 下游 5700m 沟道左侧 20m 台地上 2 处房屋； 下游 6034m 沟道左侧 67m 台地上 6 处房屋
结论	无影响	无影响	无影响	无影响

5.2.9 主体工程弃渣场防护与管理

为全面加强弃渣场（含临时堆土场）防护和管理，有效防治泥石流、崩塌等地质灾害，预防水土流失，保障工程建设和运营安全，G214 线加卡至邦达机场段公路新改建工程建设单位承诺下一步作出如下统筹部署与管理安排：

⑴ 持续推进弃渣减量化、资源化

本项目建设期和运营期持续开展弃渣综合利用，尽可能实现全部利用，全面负责做好综合利用过程中的弃渣场（含临时堆土场）安全防护和排水拦挡等措施设计，严格落实防护责任。后续将弃渣纳入地方政府剩余砂石土公共资源交易平台，依法办理相关手续。

⑵ 深化弃渣场地勘和设计

由主体工程进一步深化弃渣场（含临时堆土场）地质勘察，查明地形地貌、地层岩性、水文地质、汇水条件及泥石流、崩塌等隐患，进一步深化稳定性分析和失事分析论证，复核参数合理性和考虑因素全面性，充分预估可能风险，深化堆置、边坡、拦挡、排水、排导设计，确保设计方案安全可靠，组织主体工程设计审查单位严格履行后续设计审查程序。

⑶ 统筹开展泥石流、崩塌防治设计

组织主体工程设计单位同步开展弃渣场上下游格栅坝、拦砂坝及配套工程、抗滑桩等泥石流、崩塌防护措施设计，由主体工程设计审查单位严格履行设计审查程序，并纳入主体工程实施。泥石流、崩塌防治措施作为主体工程建设内容，不界定为水土保持措施。

⑷ 严格按设计组织实施

组织施工单位严格按设计组织弃渣场（含临时堆土场）施工，全面落实“先拦后弃、先排水后堆渣、分层碾压、及时防护”等要求；监理单位加强旁站、巡视和检查，确保施工质量与安全。

⑸ 强化安全监测预警、设施设备管护、安全应急管理

组织主体工程设计单位设计孔隙水压力、蠕变、位移、应力变形、渗流等实时安全监测设备布设方案并组织实施，接入该工程生产建设管理平台。我单位负责对监测数据进行实时分析，密切关注降雨等极端天气预报信息，及时对工程险情进行处置，

负责对周边及下游受影响人员和设施的安全预警、应急处置和转移安置。

全面负责弃渣场（含临时堆土场）排水、拦挡及泥石流、崩塌等防护设施、安全监测设备的日常巡查、维护、检修、清淤、除险、更新、补建，建立常态化管护机制，保障防治体系功能持续有效。

6 水土流失分析与预测

6.1 水土流失现状

根据西藏自治区 2024 年水土流失动态监测数据，项目所在的昌都市卡若区、察雅县、八宿县水土流失总面积 2386.8km²，其中水力侵蚀面积 1322.07 km²，占总流失面积的 55.4%；风力侵蚀面积 1064.73km²，占总流失面积的 44.6%。

工程沿线范围水土流失形式以水力侵蚀为主，伴有风力侵蚀，水土流失强度以轻度为主。沿线海拔较高，生态环境恶劣，植被生态极其脆弱，局部地区没有植被完全裸露，加之土壤以砂性土为主，因此，在工程建设过程中，若不注意对自然环境的保护，水土流失有加剧的可能。

项目区水土流失现状表详见表 6-1，项目区土壤侵蚀强度分布图见附图 3。

表 6-1 项目区水土流失现状表　单位：km²

行政区	侵蚀类型	流失面积	轻度侵蚀	中度侵蚀	强烈侵蚀	极强烈侵蚀	剧烈侵蚀
卡若区	水力侵蚀	132.76	116.6	11.19	4.57	0.33	0.07
	风力侵蚀	4.1	4.1	0	0	0	0
察雅县	水力侵蚀	176.14	166.04	8.74	1.23	0.12	0.01
	风力侵蚀	125.8	124.03	1.77	0	0	0
八宿县	水力侵蚀	1013.17	889.99	104.34	13.39	4.32	1.13
	风力侵蚀	934.83	920.09	4.72	10.02	0	0
水力侵蚀		1322.07	1172.63	124.27	19.19	4.77	1.21
风力侵蚀		1064.73	1048.22	6.49	10.02	0	0
合计		2386.8	2220.85	130.76	29.21	4.77	1.21

根据全国水土保持区划和西藏自治区水土保持区划，项目所在区域涉及藏东高山峡谷农田防护区和藏东高山峡谷生态维护水源涵养区，结合西藏自治区土壤侵蚀图和《土壤侵蚀分类分级标准》（SL 190-2007），确定本工程区土壤侵蚀强度为轻度侵蚀，容许土壤流失量为 500 t/(km²·a)。

6.2 水土流失影响因素分析

6.2.1 工程建设对水土流失的影响因素分析

本项目施工中，损坏原地表形态、地表植被和土壤结构，增加裸露面积，使表土

的抗蚀、抗冲能力减弱，并移动大量土石方，产生一定数量的土石方，如不采取相应的防治措施，遇暴雨会形成严重水土流失，加剧项目沿线区域水土流失的强度和程度。

⑴ 施工期水土流失影响分析

施工过程中路基工程施工大部分占地受到不同程度的扰动、占压，形成的裸露地表极易在降雨等自然因素的作用下形成新的水土流失。临时堆放的表层耕植土较为疏松，抗蚀能力弱，是工程造成的水土流失的主要来源之一。施工便道修筑及使用、施工生产生活区的布设以及施工过程中产生的临时弃渣均会造成不同程度的水土流失。

⑵ 自然恢复期

工程施工结束后，因施工引起水土流失的各项因素逐渐减弱，地表扰动基本停止，水土流失将明显减小，但由于植物措施不能在短时间内发挥水土保持功能，在自然恢复期项目区仍会有一定量的水土流失。

工程结束后路基工程、桥梁工程、隧道工程、互通工程、附属工程、改路工程以及改沟工程等区域有硬化工程内容，硬化后的区域不产生土壤侵蚀。主体工程其他未硬化部分、石料场、取土场、弃渣场、施工便道、施工生产生活区等在自然恢复期采取了植物防护措施，水土流失强度逐渐减小。本项目位于半干旱区，自然恢复期取 5.0 年，在自然恢复期内部分地段水土流失强度仍然要大于其允许土壤流失量。

根据项目所在区域的水文气象及土壤条件。本项目建设对水土流失影响因素分析见表 6-2。

表 6-2 项目建设对水土流失影响因素分析表

项目	影响因素	影响分析	可能的影响结果
路基工程	路基挖填	剥离原覆盖层，破坏原地表，形成大面积裸露边坡，改变原地形地貌。	裸露路基在降雨作用下发生面蚀或沟蚀水力侵蚀；同时干燥裸露的路基边坡土体在风力作用下发生轻度风力侵蚀，细颗粒土壤被吹扬流失。
桥梁工程	基础占地	破坏地表植被和水土保持设施，基础开挖产生弃渣。	弃渣分散堆放易在降雨冲刷下造成弃渣流失（水力侵蚀）；同时松散弃渣在风力作用下发生轻度风力侵蚀，细颗粒渣土被吹扬。
隧道工程	洞脸挖填	破坏洞口周边地表植被，形成裸露挖填面，改变局部地形地貌。	裸露洞脸在降雨冲刷下发生水力侵蚀，易引发洞口边坡坍塌加剧水土流失；同时干燥天气下洞口裸露土体受风力作用发生轻度风力侵蚀。
互通工程	匝道路基挖填	剥离原地表覆盖层，破坏植被，形成大面积裸露区	裸露匝道区域在降雨和径流作用下面蚀、沟蚀加剧（水力侵蚀），边坡易滑坡导致土壤大

表 6-2 项目建设对水土流失影响因素分析表

项目	影响因素	影响分析	可能的影响结果
		域及边坡，施工中的临时堆料可能被雨水冲刷。	量流失；同时干燥裸露区域及临时堆料受风力作用发生轻度风力侵蚀。
附属工程	基础平台挖填	占压并破坏原地表，清除表层植被，形成裸露平台，扰动局部水土保持平衡。	平台裸露区域受雨水冲刷产生水力侵蚀，易堵塞周边排水系统；同时干燥裸露的平台表层土体发生轻度风力侵蚀，细颗粒土壤流失。
改路工程	路基挖填	改变原有地形与水流路径，破坏地表植被和水土保持设施，打破区域水文与土壤平衡。	路基边坡易发生水力侵蚀，加剧沿线水土流失；同时干燥裸露的改路路基边坡受风力作用发生轻度风力侵蚀，加剧土壤流失。
改沟工程	沟槽挖填	改变原有地形与水流路径，破坏地表植被和水土保持设施，打破区域水文与土壤平衡。	沟槽易发生水力侵蚀引发坍塌，影响周边农田灌溉排水；同时干燥裸露的沟槽土体受风力作用发生轻度风力侵蚀，细颗粒土壤流失。
石料场	开挖、临时堆放	开挖形成大面积裸露开挖面，改变原地形地貌。	开采裸露面在降雨作用下发生水力侵蚀；同时干燥裸露的开挖面及临时堆料受风力作用发生轻度风力侵蚀，石料碎屑及土壤细颗粒被吹扬。
取土场	开挖、临时堆放	剥离原覆盖层，破坏原地表水土保持设施，形成大面积裸露开挖面，改变原地形地貌。	开采裸露面在降雨作用下发生水力侵蚀；同时干燥裸露的开挖面及临时堆土受风力作用发生轻度风力侵蚀，表层土体被吹扬流失。
弃渣场	土石方堆放	土石混合松散堆积。	石渣易在降雨冲刷下滚落流失（水力侵蚀）；同时松散堆积的土石混合料受风力作用发生轻度风力侵蚀，细颗粒物质被吹扬。
施工便道	路面平整	对原地表进行再塑，破坏地表植被，填方中对道路边坡构成影响	加剧沿线水力侵蚀强度，造成水土流失；同时施工便道裸露边坡及松散路面表层受风力作用发生轻度风力侵蚀，进一步加大流失。
施工生产生活区	场地平整	场地平整对地表构成占压、破坏原地表，施工结束后迹地裸露。	平整过程及迹地裸露后易受雨水冲刷产生水力侵蚀，剥离表土、草皮遭侵蚀；同时干燥裸露场地受风力作用发生轻度风力侵蚀，表土碎屑被吹扬流失。

6.2.2 扰动地表面积

在工程建设期，由于扰动原地貌、土石方开挖、回填、利用料临时堆放等，使原地表土壤、植被遭到破坏，增加了裸露面积，表土的抗蚀能力减弱，加剧了区域内的水土流失。因此，工程建设过程中扰动原地貌、土地及植被损坏的预测，是水土流失预测的主要内容之一，是确定防治责任范围、恢复治理以及安排防治措施和编制投资

概（估）算的基础。

根据以往公路建设经验，项目占地范围内涉水桥梁围堰外水域未扰动，其他区域均产生了扰动，因此本项目扰动地表面积为 338.38hm²，详见表 6-3。

表 6-3 扰动地表面积统计表 单位：hm²

防治分区	占地类型及数量											小计
	耕地	林地		草地	住宅用地		交通运输用地		水域及水利设施用地		其他土地	
	旱地	乔木林地	灌木林地	天然牧草地	城镇住宅用地	农村宅基地	公路用地	农村道路	河流水面	水工建筑用地	裸土地	
路基工程	14.48	11.51	5.89	99.80	0.25	0.59	1.64	0.93	0.54	0.10	2.39	138.12
桥梁工程		5.68	18.33	6.77					1.18			31.96
隧道工程			4.59	3.69								8.28
互通工程				7.08			0.51				1.41	9.00
附属工程	0.80		2.10	1.27								4.17
改路工程			1.06	4.40								5.46
改沟工程				0.67								0.67
石料场											2.51	2.51
取土场				21.64								21.64
弃渣场			13.98	8.65								22.63
施工便道		7.21	38.15	33.63				3.97			2.34	85.30
施工生产生活区			2.44	2.73							3.47	8.64
小计	15.28	24.40	86.54	190.33	0.25	0.59	2.15	4.90	1.72	0.10	12.12	338.38

6.2.3 损毁植被面积

经调查踏勘，本项目损毁植被面积包括乔木林地、灌木林地和天然牧草地，为 301.27hm²，详见表 6-4。

表 6-4 损毁植被面积统计表 单位：hm²

分区	占地类型及数量			小计
	林地		草地	
	乔木林地	灌木林地	天然牧草地	
路基工程	11.51	5.89	99.80	117.20
桥梁工程	5.68	18.33	6.77	30.78
隧道工程		4.59	3.69	8.28
互通工程			7.08	7.08
附属工程		2.10	1.27	3.37
改路工程		1.06	4.40	5.46
改沟工程			0.67	0.67
取土场			21.64	21.64
弃渣场		13.98	8.65	22.63

表 6-4 损毁植被面积统计表 单位：hm²

分区	占地类型及数量			小计
	林地		草地	
	乔木林地	灌木林地	天然牧草地	
施工便道	7.21	38.15	33.63	78.99
施工生产生活区		2.44	2.73	5.17
小计	24.40	86.54	190.33	301.27

6.2.4 弃土弃渣量

⑴ 永久弃渣量

本项目在建设过程中，路基不良地质清除方、施工生产生活区硬化层清除等项目的土石方开挖，在综合利用后，仍将产生一定数量的废方。

根据本方案 2.4 节土石方平衡可知，路基开挖中路基弃渣 54.85 万 m³，桥梁工程基础挖方 5.57 万 m³，隧道工程弃渣 75.70 万 m³，改路工程弃渣 22.37 万 m³，改沟工程弃渣 1.20 万 m³，石料场弃渣 5.40 万 m³，施工便道弃渣 30.81 万 m³，施工生产生活区硬化层清除弃渣 1.15 万 m³。

因此，工程共产生永久弃渣 196.75 万 m³，工程弃渣量汇总见表 6-5。

表 6-5 工程弃渣量汇总表 单位：万 m³

分区		永久弃渣		
		小计	回填料场	弃渣场
路基工程	基础及不良地质	54.85	5.97	48.88
桥梁工程	基础	5.27	0.25	5.02
隧道工程	基础	75.70		75.70
改路工程	基础	22.37		22.37
改沟工程	基础	1.20	0.59	0.61
石料场	基础	5.40		5.40
施工便道	基础	30.81		30.81
施工生产生活区	硬化层清除	1.15	0.18	0.97
合计		196.75	6.99	189.76

⑵ 施工期间临时堆放量

此外，工程施工期间另有 328.66 万 m³回填利用方、44.84 万 m³自身骨料利用，24.94 万 m³表土、3.17 万 m³草皮需采取临时拦挡防护措施，因此本项目需采取拦挡防护的弃渣总量为 613.36 万 m³。

6.3 土壤流失量预测

根据项目区地形地貌条件以及降雨气象条件，确定本工程项目区土壤流失预测主

要为水力侵蚀，兼有风力侵蚀。

根据西藏自治区 2024 年水土流失动态监测数据及西藏自治区水土保持公报，公报中仅发布了水力侵蚀和风力侵蚀两类监测成果，未包含冻融侵蚀面积及强度数据。同时，根据《土壤侵蚀分类分级标准》（SL 190-2007），冻融侵蚀属于独立的一级侵蚀类型，其评价指标体系和分级标准与水蚀、风蚀存在本质差异。《生产建设项目土壤流失量测算导则》（SL 773-2018）规定的土壤流失量测算方法仅适用于水力和风力两种侵蚀外营力作用下的土壤流失量事前预测、事中监测和事后计算，未涵盖冻融侵蚀类型。

根据藏区冻融侵蚀相关资料，冻融侵蚀在藏东横断山区主要呈岛状分布于山体上部高海拔地带，察雅县冻融侵蚀面积仅占县域土壤侵蚀总面积的 2.06%，影响范围有限。综上，本次土壤流失量预测仅计列水力侵蚀和风力侵蚀，冻融侵蚀不作单独计列。

水力侵蚀和风力侵蚀按照《生产建设项目土壤流失量测算导则》（SL773-2018）进行土壤流失量预测。

6.3.1 预测单元

根据项目特点，为了使水土流失量预测更为准确，本项目的水土流失预测分为路基工程区、桥梁工程区、隧道工程区、互通工程区、附属工程区、改路工程区、改沟工程区、临时堆土场区、石料场区、取土场区、弃渣场区、施工便道区、施工生产生活区 13 个预测单元，路基工程区再分为路面及路基边坡进行预测。本项目预测单元及面积见表 6-6。

6.3.2 预测时段

本项目属于建设类项目，水土流失预测时段需要根据每个施工单元的施工进度安排，结合产生水土流失的季节，按最不利条件来确定，施工时间超过雨季长度的按照全年计算，不超过雨季长度的按照所占雨季长度的比例计算，并分施工期（包含施工准备期）和自然恢复期进行预测。根据各区施工工期占雨季长度比例确定施工期预测时段。本项目计划 2026 年 11 月开工，2029 年 10 月完工，跨越 3 个雨季，施工期预测时段为 3 年，其中附属工程等可在 1 年内完工，施工期预测时段取 1 年；路基工程虽分段进行施工，但整体路面布设边坡防护等需跨年跨雨季进行，桥梁、隧道工程施工期为 3 年，路基及桥梁工程区施工期预测时段取 3 年；临时占地部分受施工时序限制，整个施工期均有扰动，施工期预测时段取 3 年。

由项目区的自然环境状况可知，项目位于半干旱区，自然恢复期取5年。确定本项目分区预测时段见表6-6。

表6-6 各预测单元预测时段及预测范围一览表

一级预测分区	二级预测分区		预测范围（hm²）		预测时段（a）	
	水蚀	风蚀	施工期	自然恢复期	施工期	自然恢复期
路基工程	地表翻扰型	一般扰动地表	138.12	75.74	3	5
桥梁工程	地表翻扰型	一般扰动地表	31.96	26.98	3	5
隧道工程	地表翻扰型	一般扰动地表	8.28	5.80	3	5
互通工程	地表翻扰型	一般扰动地表	9.00	6.83	3	5
附属工程	地表翻扰型	一般扰动地表	4.17	1.51	1	5
改路工程	地表翻扰型	一般扰动地表	5.46	1.86	1	5
改沟工程	地表翻扰型	一般扰动地表	0.67	0.09	1	5
石料场	上方有来水工程开挖面	一般扰动地表	2.51	2.51	3	5
取土场	上方有来水工程开挖面	一般扰动地表	21.64	21.64	3	5
弃渣场	上方有来水工程堆积体	一般扰动地表	22.63	22.63	3	5
施工便道	地表翻扰型	一般扰动地表	85.30	85.30	3	5
施工生产生活区	地表翻扰型	一般扰动地表	8.64	8.64	3	5
小计			338.38	259.53		

6.3.3 扰动前各计算单元土壤侵蚀模数的确定

6.3.3.1 水力侵蚀水土流失背景值

扰动前的土壤侵蚀模数即土壤流失背景值参照植被破坏型一般扰动地表公式进行计算。植被破坏型一般扰动地表计算单元土壤流失量公式如下：

$$M_{yz} = \mathrm{RKL}_y S_y \mathrm{BETA} \qquad (6-1)$$

式中：M_{yz}——植被破坏型一般扰动地表计算单元土壤流失量，t；

R——降雨侵蚀力因子，MJ·mm/(hm²·h)；

K——土壤可蚀性因子，t·hm²·h/(hm²·MJ·m)；

L_y——坡长因子，无量纲；

S_y——坡度因子，无量纲；

B——植被覆盖因子，无量纲；

E——工程措施因子，无量纲；

T——耕作措施因子，无量纲；

A——计算单元的水平投影面积，hm²。

由植被破坏型一般扰动地表计算地类单元土壤流失量公式，可得扰动前土壤侵蚀模数的计算公式为$M_{yz}' = \mathrm{RKL}_y S_y \mathrm{BETA} * 100$，其中 R 为年降雨侵蚀力因子。本项目占地类型有耕地、林地、草地、裸土地等，各地类单元涉及根据地类坡度、林草覆盖度、工程措施、耕作措施等得到的各项参数进行扰动前各土地类型的土壤侵蚀模数计算，R 和 K 选用导则给出的参考值，得到各土地类型扰动前土壤侵蚀模数见表 6-7。

根据以上调查的侵蚀模数，结合各占地类型的面积经加权平均计算，确定项目占地范围内原生平均土壤侵蚀模数为 1084t/(km²·a)，详见表 6-8。

表 6-7 项目区扰动前各计算单元土壤侵蚀模数计算表

行政区	土地利用类型	M	R	K	Ly	Sy	B	E	T
		t/(km²·a)	MJ·mm/(hm²·h)	t·hm²·h/(hm²·MJ·mm)	/	/	/	/	/
卡若区	旱地	1335	789.6	0.0049	1.876	1.839	1.000	1	1
	乔木林地	981	789.6	0.0049	1.629	8.571	0.182	1	1
	灌木林地	1159	789.6	0.0049	1.851	7.354	0.220	1	1
	天然牧草地	1255	789.6	0.0049	1.850	8.414	0.208	1	1
	城镇住宅用地	1413	789.6	0.0049	1.922	3.683	0.516	1	1
	农村宅基地	1580	789.6	0.0049	1.778	4.452	0.516	1	1
	公路用地	1426	789.6	0.0049	1.759	4.061	0.516	1	1
	农村道路	1586	789.6	0.0049	1.665	4.771	0.516	1	1
察雅县	旱地	1476	821	0.0052	1.838	1.881	1.000	1	1
	乔木林地	1050	821	0.0052	1.640	8.257	0.182	1	1
	灌木林地	1294	821	0.0052	1.805	7.632	0.220	1	1
	天然牧草地	1375	821	0.0052	1.895	8.159	0.208	1	1
	城镇住宅用地	1579	821	0.0052	1.933	3.709	0.516	1	1
	农村宅基地	1748	821	0.0052	1.739	4.562	0.516	1	1
	公路用地	1565	821	0.0052	1.748	4.064	0.516	1	1
	农村道路	1685	821	0.0052	1.650	4.635	0.516	1	1
	水工建筑用地	1682	821	0.0052	1.808	4.222	0.516	1	1
	裸土地	1979	821	0.0052	1.572	5.714	0.516	1	1
八宿县	灌木林地	729	827.9	0.0052	1.896	4.061	0.220	1	1
	天然牧草地	826	827.9	0.0052	1.905	4.832	0.208	1	1
	城镇住宅用地	775	827.9	0.0052	1.941	1.797	0.516	1	1
	农村宅基地	894	827.9	0.0052	1.800	2.236	0.516	1	1
	公路用地	795	827.9	0.0052	1.779	2.012	0.516	1	1
	农村道路	908	827.9	0.0052	1.688	2.423	0.516	1	1
	裸土地	1063	827.9	0.0052	1.613	2.967	0.516	1	1

表 6-8 工程占地范围内水土流失背景值

行政区	分区	占地类型及数量											小计	年平均侵蚀模数[t/(km²·a)]
		耕地	林地		草地	住宅用地		交通运输用地		水域及水利设施用地		其他土地		
		旱地	乔木林地	灌木林地	天然牧草地	城镇住宅用地	农村宅基地	公路用地	农村道路	河流水面	水工建筑用地	裸土地		
卡若区	路基工程	2.50	1.81	2.20	6.13	0.10	0.23	0.39	0.17				13.53	1225
	桥梁工程			4.67	3.27					0.46			8.40	1149
	隧道工程			0.43	1.73								2.16	1236
	附属工程			1.38	0.09								1.47	1188
	改路工程			0.49	0.26								0.75	1192
	弃渣场			12.29	3.31								15.60	1125
	施工便道		1.43	10.24	3.89				0.03				15.59	1166
	施工生产生活区			1.94									1.94	1251
	小计	2.50	3.24	33.64	18.68	0.10	0.23	0.39	0.20	0.46			59.44	
察雅县	路基工程	11.98	9.70	3.69	10.12	0.12	0.29	0.78	0.33	0.54	0.10		37.65	1312
	桥梁工程		5.68	13.66	0.80					0.37			20.51	1215
	隧道工程			4.16	1.78								5.94	1321
	附属工程	0.80		0.72	0.84								2.36	1385
	改路工程			0.57	0.31								0.88	1333
	改沟工程				0.43								0.43	1334
	石料场											2.51	2.51	1979
	弃渣场			1.69	5.34								7.03	1278
	施工便道		5.78	27.81	16.98				0.44			2.34	53.35	1290
	施工生产生活区			0.50	2.73								3.23	1319
	小计	12.78	21.16	52.80	39.33	0.12	0.29	0.78	0.77	0.91	0.10	4.85	133.89	
八宿县	路基工程				83.55	0.03	0.07	0.47	0.43			2.39	86.94	833
	桥梁工程				2.70					0.34			3.04	628
	隧道工程				0.18								0.18	826
	互通工程				7.08			0.51				1.41	9.00	861
	附属工程				0.34								0.34	826

表 6-8 工程占地范围内水土流失背景值

行政区	分区	占地类型及数量											小计	年平均侵蚀模数[t/(km²·a)]
		耕地	林地		草地	住宅用地		交通运输用地		水域及水利设施用地		其他土地		
		旱地	乔木林地	灌木林地	天然牧草地	城镇住宅用地	农村宅基地	公路用地	农村道路	河流水面	水工建筑用地	裸土地		
	改路工程				3.83								3.83	826
	改沟工程				0.24								0.24	826
	取土场				21.64								21.64	826
	施工便道			0.10	12.76				3.50				16.36	803
	施工生产生活区											3.47	3.47	826
	小计			0.10	132.32	0.03	0.07	0.98	3.93	0.34		7.27	145.04	
合计	路基工程	14.48	11.51	5.89	99.80	0.25	0.59	1.64	0.93	0.54	0.10	2.39	138.12	1002
	桥梁工程		5.68	18.33	6.77					1.18			31.96	1142
	隧道工程			4.59	3.69								8.28	1288
	互通工程				7.08			0.51				1.41	9.00	861
	附属工程	0.80		2.10	1.27								4.17	1270
	改路工程			1.06	4.40								5.46	958
	改沟工程				0.67								0.67	1152
	石料场											2.51	2.51	1979
	取土场				21.64								21.64	826
	弃渣场			13.98	8.65								22.63	1172
	施工便道		7.21	38.15	33.63				3.97			2.34	85.30	1174
	施工生产生活区			2.44	2.73							3.47	8.64	1106
	小计	15.28	24.40	86.54	190.33	0.25	0.59	2.15	4.90	1.72	0.10	12.12	338.38	1075

6.3.3.2 风力侵蚀水土流失背景值

项目区风力侵蚀的水土流失背景值采取普查及对典型区域进行详查相结合的方式进行调查，并采用以下公式对各施工区水土流失背景值进行估算：

$$\mathrm{M}_{f4} = \mathrm{QIJAG}_t \tag{6-2}$$

$$Q = \left(\frac{\mu_m}{1.3}\right)^3 \left(\frac{EPT - p}{EPT}\right) x \tag{6-3}$$

$$EPT = 0.19(20 + tem)^2(1 - r_m) \tag{6-4}$$

$$\mathrm{I} = e^{-0.045v} \tag{6-5}$$

$$\mathrm{J} = \frac{\rho_0}{\rho_{fy}} \tag{6-6}$$

式中：

M_{f4}——县域气象站累年值月值气象资料测算一般扰动地表计算单元风蚀量，t；

Q——计算当月单位面积风蚀率，t/km²；

I——粗糙干扰因子，t/km²；

J——地表物质紧实程度系数，无量纲，无测试数据时取松方系数 1.33；

A——计算单元的水平投影面积，hm²；

G_t——风蚀可蚀性因子，无量纲；

μ_m——计算当月平均风速，m/s；

EPT——计算当月潜在蒸散发，mm；

p——计算当月降水量，mm；

x——计算当月天数，d；

tem——计算当月平均气温，℃；

r_m——计算当月平均空气相对湿度，取小数；

v——地表植被覆盖度和砾石覆盖度，%；

ρ_0——原始地表土体密度，g/cm³；

ρ_{fy}——扰动地表土体密度，g/cm³。

经计算，项目占用地范围内原生土壤风力侵蚀模数计算表详见表 6-7，本项目沿线占地范围内风力侵蚀水土流失背景值为 700t/(km²·a)。

表 6-9 项目占用地范围内原生土壤侵蚀模数表

序号	项目	因子	单位	公式	路基工程区		桥梁工程	隧道工程	互通工程	附属工程	改路工程	改沟工程	石料场	土料场	弃渣场	施工便道	施工生产生活区	本项目
					路面	边坡												
1	**一般扰动地表风蚀量**	**M_{f4}**	**t**	**$M_{f4}=QIJAG_f$**	**333**	**590**	**236**	**54**	**64**	**28**	**40**	**5**	**10**	**177**	**182**	**637**	**64**	2450
1.1	**年单位面积风蚀率**	**Q_a**	t/km²	**$Q_a=Q\times12$**	**1071**	**1071**	**1071**	**1071**	**1071**	**1071**	**1071**	**1071**	**1071**	**1071**	**1071**	**1071**	**1071**	
1.1.1	当月单位面积风蚀率	Q	t/km²	$Q=(\mu m/1.3)^3((EPT-p)/EPT)x$	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	
1.1.1.1	当月平均风速	μ_m	m/s		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	
1.1.1.2	当月潜在蒸散发	EPT	mm	$EPT=0.19(20+tem)^2(1-r_m)$	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	
	当月平均气温	tem	℃		8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	
	当月平均空气相对湿度	r_m	/		0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	
1.1.1.3	当月降水量	p	mm		32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	
1.1.1.4	当月天数	x	d		**30**	**30**	**30**	**30**	**30**	**30**	**30**	**30**	**30**	**30**	**30**	**30**	**30**	
1.2	**粗糙干扰因子**	I	t/km²	$I=e^{-0.045v}$	0.646	0.612	0.688	0.612	0.661	0.632	0.685	0.695	0.372	0.763	0.643	0.670	0.695	
地表植被覆盖度和砾石覆盖度		v	%		9.7	10.9	8.3	10.9	9.2	10.2	8.4	8.1	22.0	6.0	9.8	8.9	8.1	
1.3	**地表物质紧实程度系数**	J	/		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
1.4	**水平投影面积**	A	hm²		48.14	89.98	31.96	8.28	9.00	4.17	5.46	0.67	2.51	21.64	26.41	88.81	8.64	349.96
1.5	**风蚀可蚀性因子**	G_f	/		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
2	**原生土壤侵蚀模数**	M_0	t/(km²·a)	$M_0=M_{f4}/(A/100)$	**692**	**656**	**735**	**658**	**707**	**679**	**734**	**745**	**401**	**816**	**690**	**719**	**745**	**700**

6.3.4 水力作用下土壤流失量测算

本项目预测单元的土壤侵蚀模数主要依据《生产建设项目土壤流失量测算导则》（SL 773-2018）中的数学模型计算确定，预测需要的土壤、气象、植被、土地利用等相关参数可通过调查方式获取，各类型扰动单元的规模、形态及几何尺寸等参数按主体工程设计选取。

6.3.4.1 计算单元的划分

⑴ 扰动单元划分

在项目区预测单元的基础上，根据空间连续性、扰动方式、扰动强度、扰动规模等划分不同规模的扰动单元，共划分274个不同规模的扰动单元。扰动单元划分情况详见表6-10。

表 6-10 扰动单元划分情况表

序号	预测单元	扰动单元	扰动方式	扰动规模	扰动面积 (hm²)	挖填方量 (万 m³)	行政区
1	路基工程	K27+599~K27+744 填方段	一般扰动	小	0.50		卡若区
2	路基工程	K28+116~K28+119 半挖半填	一般扰动	小	0.01		卡若区
3	路基工程	K28+119~K28+140 挖方段	一般扰动	小	0.07		卡若区
4	路基工程	K29+075~K29+084 挖方段	一般扰动	小	0.03		卡若区
5	路基工程	K29+336~K29+568 填方段	一般扰动	中	1.80		察雅县
6	路基工程	K29+894~K29+954 填方段	一般扰动	小	0.46		察雅县
7	路基工程	K29+954~K29+992 半挖半填	一般扰动	小	0.30		察雅县
8	路基工程	K29+992~K30+246 挖方段	一般扰动	中	1.97		察雅县
9	路基工程	K30+246~K30+264 半挖半填	一般扰动	小	0.14		察雅县
10	路基工程	K30+264~K30+411 挖方段	一般扰动	中	1.14		察雅县
11	路基工程	K30+780~K31+142 挖方段	一般扰动	中	1.25		卡若区
12	路基工程	K31+172~K31+390 挖方段	一般扰动	小	0.75		卡若区
13	路基工程	K31+715~K31+724 半挖半填	一般扰动	小	0.03		卡若区
14	路基工程	K31+724~K31+740 挖方段	一般扰动	小	0.06		卡若区
15	路基工程	K32+180~K32+590 填方段	一般扰动	中	1.50		卡若区
16	路基工程	K32+590~K32+622 挖方段	一般扰动	小	0.11		卡若区
17	路基工程	K32+622~K32+632 半挖半填	一般扰动	小	0.03		卡若区
18	路基工程	K32+707~K32+717 半挖半填	一般扰动	小	0.03		卡若区
19	路基工程	K32+717~K32+970 挖方段	一般扰动	小	0.88		卡若区
20	路基工程	K32+970~K33+020 半挖半填	一般扰动	小	0.17		卡若区
21	路基工程	K33+020~K33+100 挖方段	一般扰动	小	0.28		卡若区
22	路基工程	K33+100~K33+130 半挖半填	一般扰动	小	0.10		卡若区
23	路基工程	K33+130~K33+170 挖方段	一般扰动	小	0.14		卡若区
24	路基工程	K33+170~K33+180 半挖半填	一般扰动	小	0.03		卡若区
25	路基工程	K33+180~K33+360 填方段	一般扰动	小	0.62		卡若区
26	路基工程	K33+360~K33+410 半挖半填	一般扰动	小	0.17		卡若区
27	路基工程	K33+410~K33+870 填方段	一般扰动	中	1.59		卡若区
28	路基工程	K34+345~K34+375 半挖半填	一般扰动	小	0.10		卡若区

表 6-10 扰动单元划分情况表

序号	预测单元	扰动单元	扰动方式	扰动规模	扰动面积 (hm²)	挖填方量 (万 m³)	行政区
29	路基工程	K34+375~K34+630 挖方段	一般扰动	小	0.88		卡若区
30	路基工程	K34+630~K34+640 半挖半填	一般扰动	小	0.03		卡若区
31	路基工程	K34+640~K34+730 挖方段	一般扰动	小	0.31		卡若区
32	路基工程	K34+745~K34+765 挖方段	一般扰动	小	0.07		卡若区
33	路基工程	K34+765~K34+805 填方段	一般扰动	小	0.14		卡若区
34	路基工程	K34+805~K34+830 挖方段	一般扰动	小	0.09		卡若区
35	路基工程	K34+860~K35+350 填方段	一般扰动	中	1.70		卡若区
36	路基工程	K36+510~K36+530 挖方段	一般扰动	小	0.07		卡若区
37	路基工程	K36+530~K36+590 填方段	一般扰动	小	0.21		卡若区
38	路基工程	K36+590~K36+600 半挖半填	一般扰动	小	0.03		卡若区
39	路基工程	K36+600~K36+605 挖方段	一般扰动	小	0.02		卡若区
40	路基工程	K37+410~K37+425 挖方段	一般扰动	小	0.05		卡若区
41	路基工程	K37+425~K37+445 填方段	一般扰动	小	0.07		卡若区
42	路基工程	K37+445~K37+513 挖方段	一般扰动	小	0.24		卡若区
43	路基工程	K38+063~K38+110 半挖半填	一般扰动	小	0.16		卡若区
44	路基工程	K38+110~K38+180 挖方段	一般扰动	小	0.24		卡若区
45	路基工程	K38+180~K38+248 半挖半填	一般扰动	小	0.24		卡若区
46	路基工程	K38+248~K38+258 填方段	一般扰动	小	0.03		卡若区
47	路基工程	K38+703~K38+750 填方段	一般扰动	小	0.37		察雅县
48	路基工程	K38+750~K38+840 半挖半填	一般扰动	小	0.70		察雅县
49	路基工程	K38+840~K38+983 挖方段	一般扰动	中	1.11		察雅县
50	路基工程	K41+423~K41+431 挖方段	一般扰动	小	0.06		察雅县
51	路基工程	K44+185~K44+193 挖方段	一般扰动	小	0.06		察雅县
52	路基工程	K44+673~K44+695 挖方段	一般扰动	小	0.08		卡若区
53	路基工程	K45+060~K45+070 挖方段	一般扰动	小	0.03		卡若区
54	路基工程	K45+560~K45+570 半挖半填	一般扰动	小	0.03		卡若区
55	路基工程	K45+570~K45+635 挖方段	一般扰动	小	0.22		卡若区
56	路基工程	K46+605~K46+615 挖方段	一般扰动	小	0.03		卡若区
57	路基工程	K47+205~K47+220 挖方段	一般扰动	小	0.05		卡若区
58	路基工程	K47+320~K47+328 半挖半填	一般扰动	小	0.03		卡若区
59	路基工程	K49+085~K49+094 挖方段	一般扰动	小	0.03		卡若区
60	路基工程	K49+144~K49+152 挖方段	一般扰动	小	0.03		卡若区
61	路基工程	K50+985~K50+990 半挖半填	一般扰动	小	0.04		察雅县
62	路基工程	K51+110~K51+130 挖方段	一般扰动	小	0.16		察雅县
63	路基工程	K51+160~K51+170 半挖半填	一般扰动	小	0.08		察雅县
64	路基工程	K51+170~K51+230 挖方段	一般扰动	小	0.47		察雅县
65	路基工程	K51+230~K51+240 半挖半填	一般扰动	小	0.08		察雅县
66	路基工程	K51+360~K51+365 填方段	一般扰动	小	0.04		察雅县
67	路基工程	K51+365~K51+375 半挖半填	一般扰动	小	0.08		察雅县
68	路基工程	K52+635~K52+643 挖方段	一般扰动	小	0.06		察雅县
69	路基工程	K52+963~K52+975 挖方段	一般扰动	小	0.09		察雅县
70	路基工程	K53+885~K53+890 挖方段	一般扰动	小	0.04		察雅县
71	路基工程	K53+980~K53+985 挖方段	一般扰动	小	0.04		察雅县
72	路基工程	K55+855~K55+860 挖方段	一般扰动	小	0.04		察雅县

表 6-10 扰动单元划分情况表

序号	预测单元	扰动单元	扰动方式	扰动规模	扰动面积 (hm²)	挖填方量 (万 m³)	行政区
73	路基工程	K56+190~K56+193 挖方段	一般扰动	小	0.02		察雅县
74	路基工程	K56+405~K56+418 挖方段	一般扰动	小	0.10		察雅县
75	路基工程	K59+352~K59+356 挖方段	一般扰动	小	0.03		察雅县
76	路基工程	K60+381~K60+387 挖方段	一般扰动	小	0.05		察雅县
77	路基工程	K60+707~K60+840 挖方段	一般扰动	中	1.03		察雅县
78	路基工程	K60+990~K61+040 挖方段	一般扰动	小	0.39		察雅县
79	路基工程	K61+640~K61+690 挖方段	一般扰动	小	0.39		察雅县
80	路基工程	K61+920~K61+928 挖方段	一般扰动	小	0.06		察雅县
81	路基工程	K62+413~K62+419 挖方段	一般扰动	小	0.05		察雅县
82	路基工程	K62+519~K62+530 挖方段	一般扰动	小	0.09		察雅县
83	路基工程	K62+982~K62+987 挖方段	一般扰动	小	0.04		察雅县
84	路基工程	K64+527~K64+675 挖方段	一般扰动	中	1.15		察雅县
85	路基工程	K66+525~K66+530 挖方段	一般扰动	小	0.04		察雅县
86	路基工程	K68+849~K68+852 挖方段	一般扰动	小	0.02		察雅县
87	路基工程	K68+952~K68+985 挖方段	一般扰动	小	0.26		察雅县
88	路基工程	K69+060~K69+068 半挖半填	一般扰动	小	0.06		察雅县
89	路基工程	K72+025~K72+035 半挖半填	一般扰动	小	0.08		察雅县
90	路基工程	K72+675~K72+688 挖方段	一般扰动	小	0.10		察雅县
91	路基工程	K73+675~K73+690 挖方段	一般扰动	小	0.12		察雅县
92	路基工程	K73+970~K73+986 半挖半填	一般扰动	小	0.12		察雅县
93	路基工程	K74+228~K74+245 半挖半填	一般扰动	小	0.13		察雅县
94	路基工程	K74+245~K74+255 挖方段	一般扰动	小	0.08		察雅县
95	路基工程	K74+495~K74+500 挖方段	一般扰动	小	0.04		察雅县
96	路基工程	K76+060~K76+070 挖方段	一般扰动	小	0.08		察雅县
97	路基工程	K76+070~K76+130 填方段	一般扰动	小	0.47		察雅县
98	路基工程	K76+130~K76+140 挖方段	一般扰动	小	0.08		察雅县
99	路基工程	K80+000~K80+025 半挖半填	一般扰动	小	0.13		八宿县
100	路基工程	K80+025~K80+051 填方段	一般扰动	小	0.13		八宿县
101	路基工程	K80+551~K80+950 填方段	一般扰动	中	2.06		八宿县
102	路基工程	K80+950~K81+060 半挖半填	一般扰动	小	0.57		八宿县
103	路基工程	K81+060~K82+070 填方段	一般扰动	中	3.65		八宿县
104	路基工程	K82+070~K82+110 半挖半填	一般扰动	小	0.21		八宿县
105	路基工程	K82+110~K82+896 填方段	一般扰动	中	4.05		八宿县
106	路基工程	K82+896~K87+040 填方段	一般扰动	大	21.36		八宿县
107	路基工程	K87+040~K87+100 半挖半填	一般扰动	小	0.31		八宿县
108	路基工程	K87+100~K87+300 挖方段	一般扰动	中	1.03		八宿县
109	路基工程	K87+300~K87+370 半挖半填	一般扰动	小	0.36		八宿县
110	路基工程	K87+370~K89+088 填方段	一般扰动	中	8.85		八宿县
111	路基工程	K89+178~K90+341 填方段	一般扰动	中	5.99		八宿县
112	路基工程	K90+371~K91+183 填方段	一般扰动	中	4.18		八宿县
113	路基工程	K91+258~K93+470 填方段	一般扰动	大	11.40		八宿县
114	路基工程	K93+500~K96+906 填方段	一般扰动	大	17.05		八宿县
115	路基工程	K97+226~K97+719 填方段	一般扰动	中	2.54		八宿县
116	路基工程	K97+744~K98+095 填方段	一般扰动	中	1.81		八宿县

表 6-10 扰动单元划分情况表

序号	预测单元	扰动单元	扰动方式	扰动规模	扰动面积 (hm²)	挖填方量 (万 m³)	行政区
117	路基工程	K98+215~K98+386 填方段	一般扰动	小	0.88		八宿县
118	路基工程	K98+586~K98+657 填方段	一般扰动	小	0.37		八宿县
119	路基工程	GJTK0+000~GJTK0+390 挖方段	一般扰动	中	1.56		察雅县
120	路基工程	GJTK0+390~GJTK0+680 填方段	一般扰动	中	1.16		察雅县
121	路基工程	GJTK0+680~GJTK1+000 挖方段	一般扰动	中	1.28		察雅县
122	路基工程	GJTK1+000~GJTK1+100 半挖半填	一般扰动	小	0.40		察雅县
123	路基工程	GJTK1+100~GJTK1+400 挖方段	一般扰动	中	1.20		察雅县
124	路基工程	GJTK1+400~GJTK1+500 填方段	一般扰动	小	0.40		察雅县
125	路基工程	GJTK1+500~GJTK2+680 挖方段	一般扰动	中	4.73		察雅县
126	路基工程	GJTK2+680~GJTK2+730 半挖半填	一般扰动	小	0.20		察雅县
127	路基工程	GJTK2+730~GJTK2+880 挖方段	一般扰动	小	0.60		察雅县
128	路基工程	GJTK2+880~GJTK3+150 填方段	一般扰动	中	1.08		察雅县
129	路基工程	GJTK3+150~GJTK3+250 半挖半填	一般扰动	小	0.40		察雅县
130	路基工程	GJTK3+250~GJTK3+660 挖方段	一般扰动	中	1.64		察雅县
131	路基工程	GJTK3+660~GJTK3+900 填方段	一般扰动	小	0.96		察雅县
132	路基工程	GJTK3+900~GJTK4+120 半挖半填	一般扰动	小	0.88		察雅县
133	路基工程	GJTK4+120~GJTK4+190 挖方段	一般扰动	小	0.28		察雅县
134	路基工程	GJTK4+190~GJTK4+370 填方段	一般扰动	小	0.72		察雅县
135	路基工程	GJTK4+370~GJTK4+410 半挖半填	一般扰动	小	0.16		察雅县
136	路基工程	GJTK4+410~GJTK4+500 填方段	一般扰动	小	0.36		察雅县
137	路基工程	GJTK4+500~GJTK4+570 半挖半填	一般扰动	小	0.28		察雅县
138	路基工程	GJTK4+570~GJTK4+680 填方段	一般扰动	小	0.44		察雅县
139	路基工程	GJTK4+680~GJTK4+860 挖方段	一般扰动	小	0.72		察雅县
140	路基工程	GJTK4+860~GJTK5+120 半挖半填	一般扰动	中	1.04		察雅县
141	路基工程	GJTK5+120~GJTK5+630 填方段	一般扰动	中	2.05		察雅县
142	路基工程	GJTK5+630~GJTK5+800 半挖半填	一般扰动	小	0.68		察雅县
143	桥梁工程	梯贡 2 号大桥	一般扰动	小	0.84		卡若区
144	桥梁工程	供马龙 1 号大桥	一般扰动	小	0.52		卡若区
145	桥梁工程	供马龙 2 号大桥	一般扰动	小	0.54		察雅县
146	桥梁工程	欧叶 1 号大桥	一般扰动	小	0.59		卡若区
147	桥梁工程	欧叶中桥	一般扰动	小	0.06		卡若区
148	桥梁工程	欧叶 2 号大桥	一般扰动	小	0.86		卡若区
149	桥梁工程	约隆特大桥	一般扰动	中	2.16		卡若区
150	桥梁工程	约隆中桥	一般扰动	小	0.10		卡若区
151	桥梁工程	约隆大桥	一般扰动	小	0.99		卡若区
152	桥梁工程	仁所登卡大桥	一般扰动	小	0.74		察雅县
153	桥梁工程	乃帕村特大桥	一般扰动	中	3.97		察雅县
154	桥梁工程	莫乃村大桥	一般扰动	小	0.87		卡若区
155	桥梁工程	金河特大桥	一般扰动	小	0.88		卡若区
156	桥梁工程	波帕村大桥	一般扰动	小	0.49		卡若区
157	桥梁工程	布木多大桥	一般扰动	小	0.68		察雅县
158	桥梁工程	吉塘中桥	一般扰动	小	0.16		察雅县
159	桥梁工程	日吾如大桥	一般扰动	小	0.55		察雅县
160	桥梁工程	日吾如 1 号特大桥	一般扰动	中	2.21		察雅县

表 6-10 扰动单元划分情况表

序号	预测单元	扰动单元	扰动方式	扰动规模	扰动面积 (hm²)	挖填方量 (万 m³)	行政区
161	桥梁工程	日吾如 2 号特大桥	一般扰动	中	2.18		察雅县
162	桥梁工程	白果 1 号大桥	一般扰动	小	0.54		察雅县
163	桥梁工程	白果 2 号大桥	一般扰动	小	0.26		察雅县
164	桥梁工程	白果 3 号大桥	一般扰动	小	0.99		察雅县
165	桥梁工程	白果 4 号大桥	一般扰动	小	0.39		察雅县
166	桥梁工程	约多特大桥	一般扰动	中	2.52		察雅县
167	桥梁工程	亚加特大桥	一般扰动	中	2.76		察雅县
168	桥梁工程	卓隆大桥	一般扰动	中	1.06		察雅县
169	桥梁工程	公多雄 1 号大桥	一般扰动	小	0.47		察雅县
170	桥梁工程	公多雄 2 号大桥	一般扰动	小	0.40		察雅县
171	桥梁工程	果曲大桥	一般扰动	小	0.69		八宿县
172	桥梁工程	索拉互通主线桥	一般扰动	小	0.22		八宿县
173	桥梁工程	索拉互通主线跨 A 匝道桥	一般扰动	小	0.22		八宿县
174	桥梁工程	索拉中桥	一般扰动	小	0.09		八宿县
175	桥梁工程	邦达火车站通道桥	一般扰动	小	0.19		八宿县
176	桥梁工程	曲扯中桥	一般扰动	小	0.09		八宿县
177	桥梁工程	玉曲河 1 号桥	一般扰动	小	0.74		八宿县
178	桥梁工程	奇莫那中桥	一般扰动	小	0.08		八宿县
179	桥梁工程	玉曲河 2 号桥	一般扰动	小	0.29		八宿县
180	桥梁工程	机场互通 1 号主线桥	一般扰动	小	0.45		八宿县
181	桥梁工程	吉塘连接线 1 号桥	一般扰动	小	0.12		察雅县
182	隧道工程	供马龙隧道	一般扰动	小	0.36		卡若区
183	隧道工程	瓦约隧道	一般扰动	小	0.36		卡若区
184	隧道工程	乃帕隧道	一般扰动	小	0.36		卡若区
185	隧道工程	年拉山隧道	一般扰动	小	0.54		察雅县
186	隧道工程	金河隧道	一般扰动	小	0.36		卡若区
187	隧道工程	阿背托隧道	一般扰动	小	0.36		卡若区
188	隧道工程	多若 1 号隧道	一般扰动	小	0.36		卡若区
189	隧道工程	多若 2 号隧道	一般扰动	小	0.36		察雅县
190	隧道工程	布木多隧道	一般扰动	小	0.36		察雅县
191	隧道工程	吉塘 1 号隧道	一般扰动	小	0.36		察雅县
192	隧道工程	吉塘 2 号隧道	一般扰动	小	0.36		察雅县
193	隧道工程	吉塘 3 号隧道	一般扰动	小	0.36		察雅县
194	隧道工程	白果隧道	一般扰动	小	0.36		察雅县
195	隧道工程	西西 1 号隧道	一般扰动	小	0.36		察雅县
196	隧道工程	西西 2 号隧道	一般扰动	小	0.36		察雅县
197	隧道工程	公多雄隧道	一般扰动	小	0.54		察雅县
198	隧道工程	垌琼隧道	一般扰动	小	0.54		察雅县
199	隧道工程	卓隆隧道	一般扰动	小	0.36		察雅县
200	隧道工程	公多雄 2 号隧道	一般扰动	小	0.36		察雅县
201	隧道工程	公多雄 3 号隧道	一般扰动	小	0.36		察雅县
202	隧道工程	浪拉山隧道主洞	一般扰动	小	0.36		察雅县
203	隧道工程	浪拉山隧道平导洞	一般扰动	小	0.18		八宿县
204	互通工程	索拉互通	一般扰动	中	5.27		八宿县

表 6-10 扰动单元划分情况表

序号	预测单元	扰动单元	扰动方式	扰动规模	扰动面积 (hm²)	挖填方量 (万 m³)	行政区
205	互通工程	机场互通	一般扰动	中	3.73		八宿县
206	附属工程	吉塘养护工区	一般扰动	中	1.33		察雅县
207	附属工程	尼琼养护保通站	一般扰动	小	0.34		八宿县
208	附属工程	瓦约主线治超站	一般扰动	中	1.16		卡若区
209	附属工程	隧道变电所	一般扰动	小	0.31		卡若区
210	附属工程	消防泵房	一般扰动	中	1.03		察雅县
211	改路工程	GL1 改路	一般扰动	小	0.30		卡若区
212	改路工程	GL2 改路	一般扰动	小	0.07		卡若区
213	改路工程	GL3 改路	一般扰动	小	0.11		卡若区
214	改路工程	GL4 改路	一般扰动	小	0.12		卡若区
215	改路工程	GL5 改路	一般扰动	小	0.06		察雅县
216	改路工程	GL6 改路	一般扰动	小	0.15		卡若区
217	改路工程	GL7 改路	一般扰动	小	0.16		察雅县
218	改路工程	GL8 改路	一般扰动	小	0.18		察雅县
219	改路工程	GL9 改路	一般扰动	小	0.11		八宿县
220	改路工程	GL10 改路	一般扰动	中	3.72		八宿县
221	改路工程	GL11 改路	一般扰动	小	0.10		察雅县
222	改路工程	GL12 改路	一般扰动	小	0.24		察雅县
223	改路工程	GL13 改路	一般扰动	小	0.14		察雅县
224	改沟工程	GQ1 改沟	一般扰动	小	0.31		察雅县
225	改沟工程	GQ2 改沟	一般扰动	小	0.24		八宿县
226	改沟工程	GQ3 改沟	一般扰动	小	0.12		察雅县
227	石料场	石料场	开挖面	大	2.51	54.03	察雅县
228	取土场	TL1 取土场	开挖面	大	21.64	228.61	八宿县
229	弃渣场	SQT-1 弃渣场	堆积体	大	2.96	40.34	卡若区
230	弃渣场	SQT-3 弃渣场	堆积体	大	4.53	35.09	卡若区
231	弃渣场	SQT-4 临时弃渣场	堆积体	大	8.11	99.92	卡若区
232	弃渣场	SQT-9 临时弃渣场	堆积体	大	7.03	71.33	察雅县
233	施工便道	BD1 施工便道	一般扰动	中	9.70		卡若区
234	施工便道	BD2 施工便道	一般扰动	中	4.53		察雅县
235	施工便道	BD3 施工便道	一般扰动	大	14.73		察雅县
236	施工便道	BD4 施工便道	一般扰动	中	6.75		察雅县
237	施工便道	BD5 施工便道	一般扰动	中	7.85		察雅县
238	施工便道	BD6 施工便道	一般扰动	中	5.18		察雅县
239	施工便道	BD7 施工便道	一般扰动	中	1.93		八宿县
240	施工便道	BD8 施工便道	一般扰动	小	0.10		卡若区
241	施工便道	BD9 施工便道	一般扰动	小	0.10		卡若区
242	施工便道	BD10 施工便道	一般扰动	小	0.25		卡若区
243	施工便道	BD11 施工便道	一般扰动	小	0.18		卡若区
244	施工便道	BD12 施工便道	一般扰动	小	0.60		察雅县
245	施工便道	BD13 施工便道	一般扰动	小	0.10		察雅县
246	施工便道	BD14 施工便道	一般扰动	小	0.29		察雅县
247	施工便道	BD15 施工便道	一般扰动	小	0.59		察雅县
248	施工便道	BD16 施工便道	一般扰动	小	0.59		察雅县

表 6-10 扰动单元划分情况表

序号	预测单元	扰动单元	扰动方式	扰动规模	扰动面积 (hm²)	挖填方量 (万 m³)	行政区
249	施工便道	BD17 施工便道	一般扰动	小	0.29		察雅县
250	施工便道	BD18 施工便道	一般扰动	小	0.59		察雅县
251	施工便道	BD19 施工便道	一般扰动	小	0.29		察雅县
252	施工便道	BD20 施工便道	一般扰动	小	0.24		察雅县
253	施工便道	BD21 施工便道	一般扰动	小	0.10		八宿县
254	施工便道	BD22 施工便道	一般扰动	中	3.50		卡若区
255	施工便道	BD23 施工便道	一般扰动	中	1.76		卡若区
256	施工便道	BD24 施工便道	一般扰动	中	6.83		察雅县
257	施工便道	BD27 施工便道	一般扰动	中	1.56		察雅县
258	施工便道	BD28 施工便道	一般扰动	中	2.34		察雅县
259	施工便道	BD29 施工便道	一般扰动	中	3.72		八宿县
260	施工便道	BD30 施工便道	一般扰动	中	5.05		八宿县
261	施工便道	BD31 施工便道	一般扰动	小	0.06		八宿县
262	施工便道	BD32 施工便道	一般扰动	中	5.50		八宿县
263	施工生产生活区	CD1 施工场地	一般扰动	小	0.63		卡若区
264	施工生产生活区	CD3 施工场地	一般扰动	小	0.71		卡若区
265	施工生产生活区	CD4 施工场地	一般扰动	小	0.61		卡若区
266	施工生产生活区	CD5 施工场地	一般扰动	小	0.26		察雅县
267	施工生产生活区	CD7 施工场地	一般扰动	小	0.82		察雅县
268	施工生产生活区	CD8 施工场地	一般扰动	小	0.18		察雅县
269	施工生产生活区	CD10 施工场地	一般扰动	小	0.46		察雅县
270	施工生产生活区	CD11 施工场地	一般扰动	小	0.44		察雅县
271	施工生产生活区	CD12 施工场地	一般扰动	小	0.53		察雅县
272	施工生产生活区	CD13 施工场地	一般扰动	小	0.53		察雅县
273	施工生产生活区	CD14 施工场地	一般扰动	中	1.47		八宿县
274	施工生产生活区	CD15 施工场地	一般扰动	中	2.00		八宿县
合计					338.38	529.32	

(2) 典型扰动单元划分

根据导则，项目扰动单元数量大于 20 个时，以抽样方式确定典型扰动单元，抽样时按照不同类型下的大、中、小规模扰动单元分别抽样，抽样数应不少于同一类型下同等规模扰动单元数量的10%，涉及到的各种类型和规模的扰动单元应至少选取1个，且抽样总数应不少于20个。根据以上原则，本项目从274个扰动单元中共选取了41个典型扰动单元。典型扰动单元划分详见表6-11。

表 6-11 典型扰动单元划分情况表

预测单元	扰动单元				典型扰动单元				
	规模	总面积 (hm^2)	总方量 (万 m^3)	数量	序号	名称	面积 (hm^2)	方量 (万 m^3)	行政区
路基工程	大	49.81		3	106	K82+896~K87+040 填方段	21.36		八宿县
	中	64.14		28	35	K34+860~K35+350 填方段	1.70		卡若区
					116	K97+744~K98+095 填方段	1.81		八宿县
					130	GJTK3+250~GJTK3+660 挖方段	1.64		察雅县
	小	24.17		111	6	K29+894~K29+954 填方段	0.46		察雅县
					14	K31+724~K31+740 挖方段	0.06		卡若区
					29	K34+375~K34+630 挖方段	0.88		卡若区
					30	K34+630~K34+640 半挖半填	0.03		卡若区
					36	K36+510~K36+530 挖方段	0.07		卡若区
					37	K36+530~K36+590 填方段	0.21		卡若区
					46	K38+248~K38+258 填方段	0.03		卡若区
					50	K41+423~K41+431 挖方段	0.06		察雅县
					59	K49+085~K49+094 挖方段	0.03		卡若区
					72	K55+855~K55+860 挖方段	0.04		察雅县
					90	K72+675~K72+688 挖方段	0.10		察雅县
					136	GJTK4+410~GJTK4+500 填方段	0.36		察雅县
桥梁工程	中	16.86		7	161	日吾如 2 号特大桥	2.18		察雅县
	小	15.10		32	147	欧叶中桥	0.06		卡若区
					175	邦达火车站通道桥	0.19		八宿县
					178	奇莫那中桥	0.08		八宿县
					180	机场互通 1 号主线桥	0.45		八宿县
隧道工程	小	8.28		22	183	瓦约隧道	0.36		卡若区
					185	年拉山隧道	0.54		察雅县
					186	金河隧道	0.36		卡若区
互通工程	中	9.00		2	204	索拉互通	5.27		八宿县
附属工程	中	3.52		3	210	消防泵房	1.03		察雅县
	小	0.65		2	207	尼琼养护保通站	0.34		八宿县
改路工程	中	3.72		1	220	GL10 改路	3.72		八宿县
	小	1.74		12	213	GL3 改路	0.11		卡若区
					219	GL9 改路	0.11		八宿县
改沟工程	小	0.67		3	226	GQ3 改沟	0.12		察雅县
石料场	大	2.51	54.03	1	227	石料场	2.51	54.03	227
取土场	大	21.64	228.61	1	228	TL1 土料场	21.64	228.61	228
弃渣场	大	22.63	246.68	4	232	SQT-9 临时弃渣场	7.03	71.33	232
施工便道	大	14.73		1	235	BD3 施工便道	14.73		235
	中	66.20		14	234	BD2 施工便道	4.53		234
					256	BD24 施工便道	6.83		256

表 6-11 典型扰动单元划分情况表

预测单元	扰动单元				典型扰动单元				
	规模	总面积 (hm²)	总方量 (万 m³)	数量	序号	名称	面积 (hm²)	方量 (万 m³)	行政区
施工生产生活区	小	4.37		15	248	BD9 施工便道	0.10		248
					261	BD31 施工便道	0.06		261
	中	3.47		2	274	CD15 施工场地	2.00		274
	小	5.17		10	265	CD4 施工场地	0.61		265
合计		338.38	529.32	274			103.80	353.97	

(3) 计算单元划分

根据现场查勘和实验测定的相关数据，按照扰动方式、坡度、坡长、地表覆盖、土壤类型和质地、气象条件等参数相对一致的原则，在适当比例尺的图件上，将每个典型扰动单元进一步划分为生产建设项目土壤流失类型三级分类对应的计算单元，本项目共划分 78 个计算单元。计算单元划分详见表 6-12。

表 6-12 计算单元划分情况表

计算单元名称	典型扰动单元名称	备注	土壤流失类型三级分类	扰动面积 (m²)
计算单元 1	K82+896～K87+040 填方段	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	12.82
计算单元 2		边坡	上方有来水堆积体	8.54
计算单元 3	K34+860～K35+350 填方段	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	1.02
计算单元 4		边坡	上方有来水堆积体	0.68
计算单元 5	K97+744～K98+095 填方段	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	1.09
计算单元 6		边坡	上方有来水堆积体	0.72
计算单元 7	GJTK3+250～GJTK3+660 挖方段	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.98
计算单元 8		边坡	上方有来水开挖面	0.66
计算单元 9	K29+894～K29+954 填方段	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.28
计算单元 10		边坡	上方有来水堆积体	0.18
计算单元 11	K31+724～K31+740 挖方段	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.04
计算单元 12		边坡	上方有来水开挖面	0.02
计算单元 13	K34+375～K34+630 挖方段	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.53
计算单元 14		边坡	上方有来水开挖面	0.35
计算单元 15	K34+630～K34+640 半挖半填	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.02
计算单元 16		边坡	上方有来水堆积体	0.01
计算单元 17	K36+510～K36+530 挖方段	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.04
计算单元 18		边坡	上方有来水开挖面	0.03
计算单元 19	K36+530～K36+590 填方段	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.13
计算单元 20		边坡	上方有来水堆积体	0.08
计算单元 21	K38+248～K38+258 填方段	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.02
计算单元 22		边坡	上方有来水堆积体	0.01
计算单元 23	K41+423～K41+431 挖方段	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.04
计算单元 24		边坡	上方有来水开挖面	0.02
计算单元 25	K49+085～K49+094 挖方段	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.02

表 6-12 计算单元划分情况表

计算单元名称	典型扰动单元名称	备注	土壤流失类型三级分类	扰动面积 (m²)
计算单元 26		边坡	上方有来水开挖面	0.01
计算单元 27	K55+855～K55+860 挖方段	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.02
计算单元 28		边坡	上方有来水开挖面	0.02
计算单元 29	K72+675～K72+688 挖方段	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.06
计算单元 30		边坡	上方有来水开挖面	0.04
计算单元 31	GJTK4+410～GJTK4+500 填方段	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.22
计算单元 32		边坡	上方有来水堆积体	0.14
计算单元 33	日吾如 2 号特大桥	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	1.31
计算单元 34		边坡	上方有来水开挖面	0.87
计算单元 35	欧叶中桥	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.04
计算单元 36		边坡	上方有来水开挖面	0.02
计算单元 37	邦达火车站通道桥		地表翻扰型一般扰动地表	0.19
计算单元 38	奇莫那中桥		地表翻扰型一般扰动地表	0.08
计算单元 39	机场互通 1 号主线桥		地表翻扰型一般扰动地表	0.45
计算单元 40	瓦约隧道	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.25
计算单元 41		边坡	上方有来水开挖面	0.11
计算单元 42	年拉山隧道	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.38
计算单元 43		边坡	上方有来水开挖面	0.16
计算单元 44	金河隧道	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.25
计算单元 45		边坡	上方有来水开挖面	0.11
计算单元 46	索拉互通	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	3.16
计算单元 47		边坡	上方有来水堆积体	2.11
计算单元 48	消防泵房	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.72
计算单元 49		边坡	上方有来水开挖面	0.31
计算单元 50	尼琼养护保通站	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.24
计算单元 51		边坡	上方有来水堆积体	0.10
计算单元 52	GL10 改路	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	2.23
计算单元 53		边坡	上方有来水开挖面	1.49
计算单元 54	GL3 改路	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.07
计算单元 55		边坡	上方有来水开挖面	0.04
计算单元 56	GL9 改路	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.07
计算单元 57		边坡	上方有来水开挖面	0.04
计算单元 58	GQ3 改沟	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.07
计算单元 59		边坡	上方有来水开挖面	0.05
计算单元 60	石料场	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	1.00
计算单元 61		边坡	上方有来水开挖面	1.51
计算单元 62	TL1 取土场	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	6.49
计算单元 63		边坡	上方有来水开挖面	15.15
计算单元 64	SQT-9 临时弃渣场	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	2.67
计算单元 65		边坡	上方有来水堆积体	4.36
计算单元 66	BD3 施工便道	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	10.31
计算单元 67		边坡	上方有来水开挖面	4.42

表 6-12 计算单元划分情况表

计算单元名称	典型扰动单元名称	备注	土壤流失类型三级分类	扰动面积 (m²)
计算单元 68	BD2 施工便道	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	3.17
计算单元 69		边坡	上方有来水开挖面	1.36
计算单元 70	BD24 施工便道	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	4.78
计算单元 71		边坡	上方有来水开挖面	2.05
计算单元 72	BD9 施工便道	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.07
计算单元 73		边坡	上方有来水开挖面	0.03
计算单元 74	BD31 施工便道	堆积平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.04
计算单元 75		边坡	上方有来水堆积体	0.02
计算单元 76	CD15 施工场地		地表翻扰型一般扰动地表	2.00
计算单元 77	CD4 施工场地	开挖平台	地表翻扰型一般扰动地表	0.43
计算单元 78		边坡	上方有来水开挖面	0.18
合计				103.80

6.3.4.2 施工期各计算单元土壤流失侵蚀模数

根据各计算单元所属的扰动类型，按土壤流失类型三级分类选择相应的计算公式进行土壤侵蚀模数的计算，本项目计算单元主要涉及地表翻扰型一般扰动地表、上方有来水工程堆积体、上方有来水工程开挖面 3 种形式。

⑴ 地表翻扰型一般扰动地表土壤侵蚀模数测算

地表翻扰型一般扰动地表计算单元土壤流失量按下列公式计算：

$$M_{yd} = \mathrm{RK}_{yd}\mathrm{L}_y S_y \mathrm{BETA} \qquad (6-7)$$

$$\mathrm{K}_{yd} = NK \qquad (6-8)$$

式中：M_{yz}——植被破坏型一般扰动地表计算单元土壤流失量，t；

R——降雨侵蚀力因子，MJ.mm/(hm².h)；

K_{yd}——地表翻扰后土壤可蚀性因子，t.hm².h/(hm².MJ.mm)；

N——地表翻扰后土壤可蚀性因子增大系数，无量纲；

L_y——坡长因子，无量纲；

S_y——坡度因子，无量纲；

B——植被覆盖因子，无量纲；

E——工程措施因子，无量纲；

T——耕作措施因子，无量纲；

A——计算单元的水平投影面积，hm²。

因此，地表翻扰型一般扰动地表的年均侵蚀模数计算公式为 $M_{yd}' =$

$RK_{yd}L_yS_yBET*100$，共涉及到 41 个计算单元，主要有路基路面、桥梁、隧道开挖平台、保通站、改路开挖填筑平面、临时堆土场平台、石料场平台、取土场平台、弃渣场平台、施工便道平台以及施工生产生活区等。

其土壤流失量计算如表 6-13 所示。

表 6-13 地表翻扰型一般扰动地表计算单元土壤侵蚀模数计算表

行政区	计算单元	M_{yd}'	R	K_{yd}	L_y	S_y	B	E	T
	单位	t/(km²·a)	MJ·mm/(hm²·h)	t·hm²·h/(hm²·MJ·mm)	/	/	/	/	/
八宿县	计算单元 1	1576	827.9	0.0111	1.332	2.501	0.516	1	1
卡若区	计算单元 3	1375	789.6	0.0104	1.189	2.718	0.516	1	1
八宿县	计算单元 5	1432	827.9	0.0111	1.220	2.481	0.516	1	1
察雅县	计算单元 7	1642	821	0.0111	1.359	2.576	0.516	1	1
察雅县	计算单元 9	1462	821	0.0111	1.216	2.563	0.516	1	1
卡若区	计算单元 11	1422	789.6	0.0104	1.334	2.508	0.516	1	1
卡若区	计算单元 13	1568	789.6	0.0104	1.365	2.701	0.516	1	1
卡若区	计算单元 15	1474	789.6	0.0104	1.260	2.752	0.516	1	1
卡若区	计算单元 17	1285	789.6	0.0104	1.212	2.494	0.516	1	1
卡若区	计算单元 19	1522	789.6	0.0104	1.328	2.695	0.516	1	1
卡若区	计算单元 21	1375	789.6	0.0104	1.223	2.644	0.516	1	1
察雅县	计算单元 23	1559	821	0.0111	1.317	2.523	0.516	1	1
卡若区	计算单元 25	1351	789.6	0.0104	1.230	2.584	0.516	1	1
察雅县	计算单元 27	1669	821	0.0111	1.330	2.675	0.516	1	1
察雅县	计算单元 29	1514	821	0.0111	1.181	2.732	0.516	1	1
察雅县	计算单元 31	1625	821	0.0111	1.267	2.734	0.516	1	1
察雅县	计算单元 33	1887	821	0.0111	1.212	3.317	0.516	1	1
卡若区	计算单元 35	1968	789.6	0.0104	1.256	3.683	0.516	1	1
八宿县	计算单元 37	1667	827.9	0.0111	1.350	2.611	0.516	1	1
八宿县	计算单元 38	1491	827.9	0.0111	1.250	2.521	0.516	1	1
八宿县	计算单元 39	1564	827.9	0.0111	1.260	2.622	0.516	1	1
卡若区	计算单元 40	1997	789.6	0.0104	1.302	3.608	0.516	1	1
察雅县	计算单元 42	2127	821	0.0111	1.231	3.683	0.516	1	1
卡若区	计算单元 44	2117	789.6	0.0104	1.312	3.795	0.516	1	1
八宿县	计算单元 46	1521	827.9	0.0111	1.289	2.493	0.516	1	1
察雅县	计算单元 48	1575	821	0.0111	1.229	2.732	0.516	1	1
八宿县	计算单元 50	1555	827.9	0.0111	1.216	2.703	0.516	1	1
八宿县	计算单元 52	1630	827.9	0.0111	1.358	2.536	0.516	1	1
卡若区	计算单元 54	1564	789.6	0.0104	1.364	2.695	0.516	1	1
八宿县	计算单元 56	1532	827.9	0.0111	1.238	2.614	0.516	1	1
察雅县	计算单元 58	1646	821	0.0111	1.266	2.771	0.516	1	1
察雅县	计算单元 60	2090	821	0.0111	1.314	3.389	0.516	1	1
八宿县	计算单元 62	1587	827.9	0.0111	1.257	2.669	0.516	1	1
察雅县	计算单元 64	1616	821	0.0111	1.317	2.615	0.516	1	1
察雅县	计算单元 66	1543	821	0.0111	1.278	2.573	0.516	1	1
卡若区	计算单元 68	1564	789.6	0.0104	1.329	2.767	0.516	1	1
察雅县	计算单元 70	1523	821	0.0111	1.245	2.607	0.516	1	1
卡若区	计算单元 72	1501	789.6	0.0104	1.356	2.604	0.516	1	1

表 6-13 地表翻扰型一般扰动地表计算单元土壤侵蚀模数计算表

行政区	计算单元	M_{yd}'	R	K_{yd}	L_y	S_y	B	E	T
	单位	t/(km²·a)	MJ·mm/(hm²·h)	t·hm²·h/(hm²·MJ·mm)	/	/	/	/	/
八宿县	计算单元 74	1493	827.9	0.0111	1.242	2.539	0.516	1	1
八宿县	计算单元 76	1647	827.9	0.0111	1.287	2.704	0.516	1	1
卡若区	计算单元 77	1833	789.6	0.0104	1.171	3.683	0.516	1	1

⑵ 上方有来水工程堆积体土壤流失量测算

上方无来水工程堆积体土壤流失量按下列公式计算：

$$M_{dw} = XRG_{dw}L_{dw}S_{dw}A \qquad (6-9)$$

式中：M_{dw}——上方无来水工程堆积体计算单元土壤流失量，t；

X——工程堆积体形态因子，无量纲；

R——降雨侵蚀力因子，MJ.mm/(hm².h)；

G_{dw}——上方无来水堆积体土石质因子，t.hm².h/(hm².MJ.mm)；

L_{dw}——上方无来水堆积体坡长因子，无量纲；

S_{dw}——上方无来水堆积体坡度因子，无量纲；

A——水平投影面积，hm²。

上方有来水工程堆积体土壤流失量按下列公式计算：

$$M_{dy} = F_{dy}G_{dy}L_{dy}S_{dy}A + M_{dw} \qquad (6-10)$$

式中：M_{dy}——上方有来水工程堆积体计算单元土壤流失量，t；

F_{dy}——上方有来水工程堆积体径流冲蚀力因子，MJ/hm²；

G_{dy}——上方有来水工程堆积体土石质因子，t.hm²/(hm².MJ)；

L_{dy}——上方有来水工程堆积体坡长因子，无量纲；

S_{dy}——上方有来水工程堆积体坡度因子，无量纲；

因此，上方无来水工程堆积体土壤侵蚀模数计算公式为$M_{dw}' = XRG_{dw}L_{dw}S_{dw} * 100$，上方有来水工程堆积体土壤侵蚀模数计算公式为$M_{dy}' = F_{dy}G_{dy}L_{dy}S_{dy} * 100 + M_{dw}'$，共涉及 12 个计算单元，主要为路基填筑边坡、互通路基填筑边坡、保通站填筑边坡、临时堆土场边坡、弃渣场边坡等，其侵蚀模数计算如表 6-14 所示。

表 6-14 上方有来水工程堆积体计算单元土壤侵蚀模数

行政区	计算单元	M_{dy}'	F_{dy}	G_{dy}	L_{dy}	S_{dy}	M_{dw}'
	单位	t/(km²·a)	MJ/hm²	t·hm²/(hm²·MJ)	/	/	t/(km²·a)
八宿县	计算单元 2	10519	7853	0.0217	0.675	0.837	878

行政区	计算单元	M_{dy}'	F_{dy}	G_{dy}	L_{dy}	S_{dy}	M_{dw}'
	单位	t/(km²·a)	MJ/hm²	t·hm²/(hm²·MJ)	/	/	t/(km²·a)
卡若区	计算单元 4	10756	8515	0.0192	0.862	0.727	513
八宿县	计算单元 6	11600	9777	0.0180	0.787	0.800	547
察雅县	计算单元 10	9700	9281	0.0213	0.676	0.673	721
卡若区	计算单元 16	9444	7978	0.0211	0.894	0.594	512
卡若区	计算单元 20	10192	9852	0.0182	0.851	0.638	433
卡若区	计算单元 22	11385	7959	0.0179	0.914	0.838	479
察雅县	计算单元 32	8446	8501	0.0234	0.686	0.564	744
八宿县	计算单元 47	10126	9710	0.0195	0.785	0.645	543
八宿县	计算单元 51	9964	7285	0.0181	0.903	0.796	499
察雅县	计算单元 65	11915	8131	0.0239	0.772	0.739	851
八宿县	计算单元 75	9107	9711	0.0209	0.696	0.599	637

⑶ 上方有来水工程开挖面土壤流失量测算

上方有来水工程开挖面土壤流失量按下列公式计算：

$$M_{ky} = F_{ky}G_{ky}L_{ky}S_{kw}A + M_{kw} \quad (6-11)$$

式中：M_{ky}——上方有来水工程开挖面计算单元土壤流失量，t；

F_{ky}——上方有来水工程开挖面径流冲蚀力因子，MJ/hm²；

G_{ky}——上方有来水工程开挖面土质因子，t.hm².h/(hm².MJ.mm)；

L_{ky}——上方有来水工程开挖面坡长因子，无量纲；

S_{ky}——上方有来水工程开挖面坡度因子，无量纲；

A——水平投影面积，hm²。

M_{kw}——上方无来水工程开挖面计算单元土壤流失量，t。

上方无来水工程开挖面土壤流失量按下列公式计算：

$$M_{kw} = RG_{kw}L_{kw}S_{kw}A \quad (6-12)$$

式中：M_{kw}——上方无来水工程开挖面计算单元土壤流失量，t；

G_{kw}——上方无来水工程开挖面土质因子，t.hm².h/(hm².MJ.mm)；

L_{kw}——上方无来水工程开挖面坡长因子，无量纲；

S_{kw}——上方无来水工程开挖面坡度因子，无量纲；

因此，上方有来水工程开挖面土壤侵蚀模数计算公式为$M_{kw}' = (F_{ky}G_{ky}L_{ky}S_{kw} + RG_{kw}L_{kw}S_{kw}) * 100$，共涉及25个计算单元，为路基开挖边坡、桥梁桥台开挖边坡、隧道洞口开挖边坡、隧道变电所平台开挖边坡、改路段开挖边坡等，其侵蚀模数计算如

表 6-15 所示。

表 6-15 上方有来水工程开挖面计算单元土壤侵蚀模数

行政区	计算单元	M_{ky}'	F_{ky}	G_{ky}	L_{ky}	S_{ky}	M_{kw}'
	单位	t/(km²·a)	MJ/hm²	t·hm²/(hm²·MJ)	/	/	t/(km²·a)
察雅县	计算单元 8	4659	19898	0.0047	0.750	0.619	283
卡若区	计算单元 12	6368	21701	0.0048	0.938	0.617	335
卡若区	计算单元 14	5784	26095	0.0048	0.779	0.567	273
卡若区	计算单元 18	6777	20837	0.0053	0.891	0.653	408
察雅县	计算单元 24	5200	20747	0.0047	0.817	0.610	300
卡若区	计算单元 26	5655	19461	0.0049	0.899	0.618	342
察雅县	计算单元 28	5413	20840	0.0050	0.828	0.587	338
察雅县	计算单元 30	5100	22869	0.0049	0.746	0.574	293
察雅县	计算单元 34	5467	25640	0.0051	0.724	0.543	307
卡若区	计算单元 36	6124	22074	0.0047	0.911	0.612	313
卡若区	计算单元 41	5699	22185	0.0048	0.908	0.564	302
察雅县	计算单元 43	6995	24993	0.0050	0.858	0.625	351
卡若区	计算单元 45	7499	25522	0.0047	0.924	0.644	326
察雅县	计算单元 49	6135	24045	0.0050	0.730	0.658	330
八宿县	计算单元 53	5870	22913	0.0048	0.855	0.585	322
卡若区	计算单元 55	6365	23115	0.0048	0.873	0.623	319
八宿县	计算单元 57	5943	26279	0.0048	0.761	0.584	294
察雅县	计算单元 59	6019	25681	0.0049	0.786	0.575	307
察雅县	计算单元 61	7167	20540	0.0051	0.871	0.743	417
八宿县	计算单元 63	6598	24998	0.0050	0.795	0.631	341
察雅县	计算单元 67	5383	20134	0.0051	0.820	0.592	358
卡若区	计算单元 69	5730	20777	0.0047	0.842	0.655	308
察雅县	计算单元 71	5656	21424	0.0048	0.865	0.594	325
卡若区	计算单元 73	5895	21686	0.0050	0.818	0.633	328
卡若区	计算单元 78	6254	22444	0.0052	0.842	0.605	358

6.3.4.3 自然恢复期各计算单元土壤侵蚀模数

自然恢复期时，项目区人为扰动基本已经停止，项目区地形恢复到扰动前一致，土地利用按照原地类进行恢复，植被覆盖和郁闭度渐渐增长到扰动前的指标，因此对各计算单元土壤侵蚀模数测算采用植被破坏型一般扰动公式进行计算，自然恢复期各计算单元相关因子取值及侵蚀模数计算结果如表 6-16 所示。

表 6-16 自然恢复期各计算单元侵蚀模数计算表

行政区	计算单元	M_{yz}'	R	K	L_y	S_y	B	E	T
	单位	t/(km²·a)	MJ·mm/(hm²·h)	t·hm²·h/(hm²·MJ·mm)	/	/	/	/	/
八宿县	计算单元 2	1068	827.9	0.0052	1.308	6.878	0.276	1	1
卡若区	计算单元 4	766	789.6	0.0049	1.177	6.704	0.251	1	1
八宿县	计算单元 6	1025	827.9	0.0052	1.283	6.554	0.283	1	1
察雅县	计算单元 8	855	821	0.0052	1.304	6.841	0.225	1	1

表 6-16 自然恢复期各计算单元侵蚀模数计算表

行政区	计算单元	M_{yz}'	R	K	L_y	S_y	B	E	T
	单位	t/(km²·a)	MJ·mm/(hm²·h)	t·hm²·h/(hm²·MJ·mm)	/	/	/	/	/
察雅县	计算单元 10	703	821	0.0052	1.159	6.894	0.206	1	1
卡若区	计算单元 12	945	789.6	0.0049	1.270	6.681	0.288	1	1
卡若区	计算单元 14	691	789.6	0.0049	1.296	6.582	0.209	1	1
卡若区	计算单元 16	668	789.6	0.0049	1.314	6.570	0.200	1	1
卡若区	计算单元 18	825	789.6	0.0049	1.176	6.531	0.278	1	1
卡若区	计算单元 20	683	789.6	0.0049	1.180	6.909	0.217	1	1
卡若区	计算单元 22	1018	789.6	0.0049	1.295	6.562	0.310	1	1
察雅县	计算单元 24	807	821	0.0052	1.240	6.683	0.228	1	1
卡若区	计算单元 26	927	789.6	0.0049	1.180	6.588	0.308	1	1
察雅县	计算单元 28	1038	821	0.0052	1.195	6.762	0.301	1	1
察雅县	计算单元 30	982	821	0.0052	1.190	6.540	0.295	1	1
察雅县	计算单元 32	838	821	0.0052	1.145	6.909	0.248	1	1
察雅县	计算单元 34	976	821	0.0052	1.200	6.566	0.290	1	1
卡若区	计算单元 36	747	789.6	0.0049	1.254	6.583	0.234	1	1
八宿县	计算单元 37	790	827.9	0.0052	1.201	6.587	0.232	1	1
八宿县	计算单元 38	1028	827.9	0.0052	1.221	6.682	0.293	1	1
八宿县	计算单元 39	736	827.9	0.0052	1.172	6.924	0.211	1	1
卡若区	计算单元 41	735	789.6	0.0049	1.200	6.540	0.242	1	1
察雅县	计算单元 43	729	821	0.0052	1.230	6.797	0.204	1	1
卡若区	计算单元 45	960	789.6	0.0049	1.330	6.569	0.284	1	1
八宿县	计算单元 47	877	827.9	0.0052	1.310	6.810	0.228	1	1
察雅县	计算单元 48	957	821	0.0052	1.247	6.859	0.262	1	1
察雅县	计算单元 49	909	821	0.0052	1.232	6.541	0.264	1	1
八宿县	计算单元 50	1070	827.9	0.0052	1.273	6.881	0.284	1	1
八宿县	计算单元 51	773	827.9	0.0052	1.325	6.524	0.208	1	1
八宿县	计算单元 53	739	827.9	0.0052	1.176	6.900	0.212	1	1
卡若区	计算单元 55	964	789.6	0.0049	1.225	6.772	0.300	1	1
八宿县	计算单元 57	798	827.9	0.0052	1.201	6.791	0.227	1	1
察雅县	计算单元 59	1010	821	0.0052	1.254	6.726	0.281	1	1
察雅县	计算单元 60	796	821	0.0052	1.271	6.853	0.214	1	1
察雅县	计算单元 61	787	821	0.0052	1.211	6.553	0.232	1	1
卡若区	计算单元 62	659	789.6	0.0049	1.167	6.936	0.210	1	1
卡若区	计算单元 63	702	789.6	0.0049	1.182	6.903	0.222	1	1
察雅县	计算单元 64	947	821	0.0052	1.228	6.606	0.273	1	1
察雅县	计算单元 65	995	821	0.0052	1.273	6.833	0.268	1	1
八宿县	计算单元 66	1070	827.9	0.0052	1.308	6.644	0.286	1	1
八宿县	计算单元 67	1053	827.9	0.0052	1.216	6.889	0.292	1	1
察雅县	计算单元 68	783	821	0.0052	1.190	6.816	0.226	1	1
察雅县	计算单元 69	1041	821	0.0052	1.212	6.761	0.298	1	1
察雅县	计算单元 70	956	821	0.0052	1.269	6.746	0.262	1	1
察雅县	计算单元 71	761	821	0.0052	1.283	6.802	0.204	1	1

表 6-16 自然恢复期各计算单元侵蚀模数计算表

行政区	计算单元	M_{yz}'	R	K	L_y	S_y	B	E	T
	单位	t/(km²·a)	MJ·mm/(hm²·h)	t·hm²·h/(hm²·MJ·mm)	/	/	/	/	/
卡若区	计算单元 72	656	789.6	0.0049	1.149	6.716	0.220	1	1
卡若区	计算单元 73	929	789.6	0.0049	1.304	6.831	0.270	1	1
察雅县	计算单元 74	765	821	0.0052	1.240	6.594	0.219	1	1
察雅县	计算单元 75	893	821	0.0052	1.204	6.672	0.261	1	1
卡若区	计算单元 76	985	789.6	0.0049	1.301	6.664	0.294	1	1
卡若区	计算单元 77	781	789.6	0.0049	1.279	6.674	0.237	1	1
八宿县	计算单元 78	846	827.9	0.0052	1.297	6.662	0.227	1	1
八宿县	计算单元 79	907	827.9	0.0052	1.161	6.593	0.275	1	1
八宿县	计算单元 80	819	827.9	0.0052	1.144	6.583	0.253	1	1
卡若区	计算单元 81	666	789.6	0.0049	1.169	6.728	0.219	1	1
卡若区	计算单元 82	878	789.6	0.0049	1.213	6.616	0.283	1	1

6.3.4.4 预测单元侵蚀模数

⑴ 典型扰动单元侵蚀模数

导则规定，典型扰动单元中各计算单元的土壤流失量之和即为该典型扰动单元的土壤流失量。因此，典型扰动单元的侵蚀模数可由 78 个计算单元的加权平均土壤侵蚀模数得到，典型计算单元的侵蚀模数如表 6-17。

表 6-17 典型扰动单元各时期侵蚀模数

典型扰动单元					侵蚀模数 t/(km²·a)	
序号	名称	面积 (hm²)	方量 (万 m³)	行政区	施工期侵蚀模数	自然恢复期侵蚀模数
106	K82+896~K87+040 填方段	21.36		八宿县	5153	1068
35	K34+860~K35+350 填方段	1.70		卡若区	5127	766
116	K97+744~K98+095 填方段	1.81		八宿县	5499	1025
130	GJTK3+250~GJTK3+660 挖方段	1.64		察雅县	2849	855
6	K29+894~K29+954 填方段	0.46		察雅县	4757	703
14	K31+724~K31+740 挖方段	0.06		卡若区	3401	945
29	K34+375~K34+630 挖方段	0.88		卡若区	3254	691
30	K34+630~K34+640 半挖半填	0.03		卡若区	4662	668
36	K36+510~K36+530 挖方段	0.07		卡若区	3482	825
37	K36+530~K36+590 填方段	0.21		卡若区	4990	683
46	K38+248~K38+258 填方段	0.03		卡若区	5379	1018
50	K41+423~K41+431 挖方段	0.06		察雅县	3015	807
59	K49+085~K49+094 挖方段	0.03		卡若区	3073	927
72	K55+855~K55+860 挖方段	0.04		察雅县	3167	1038
90	K72+675~K72+688 挖方段	0.10		察雅县	2948	982
136	GJTK4+410~GJTK4+500 填方段	0.36		察雅县	4353	838
161	日吾如 2 号特大桥	2.18		察雅县	3319	976
147	欧叶中桥	0.06		卡若区	3630	747

表 6-17 典型扰动单元各时期侵蚀模数

典型扰动单元					侵蚀模数 t/(km²·a)	
序号	名称	面积 (hm²)	方量 (万 m³)	行政区	施工期侵蚀模数	自然恢复期侵蚀模数
175	邦达火车站通道桥	0.19		八宿县	1667	790
178	奇莫那中桥	0.08		八宿县	1491	1028
180	机场互通 1 号主线桥	0.45		八宿县	1564	736
183	瓦约隧道	0.36		卡若区	3108	735
185	年拉山隧道	0.54		察雅县	3587	729
186	金河隧道	0.36		卡若区	3732	960
204	索拉互通	5.27		八宿县	4963	877
210	消防泵房	1.03		察雅县	2943	943
207	尼琼养护保通站	0.34		八宿县	4078	981
220	GL10 改路	3.72		八宿县	3326	739
213	GL3 改路	0.11		卡若区	3484	964
219	GL9 改路	0.11		八宿县	3296	798
226	GQ3 改沟	0.12		察雅县	3395	1010
227	石料场	2.51	54.03	察雅县	5136	976
228	TL1 土料场	21.64	228.61	八宿县	5095	1058
232	SQT-9 临时弃渣场	7.03	71.33	察雅县	8002	943
235	BD3 施工便道	14.73		察雅县	2695	897
234	BD2 施工便道	4.53		卡若区	2814	738
256	BD24 施工便道	6.83		察雅县	2763	804
248	BD9 施工便道	0.10		卡若区	2819	924
261	BD31 施工便道	0.06		八宿县	3777	864
274	CD15 施工场地	2.00		八宿县	1647	819
265	CD4 施工场地	0.61		卡若区	3159	729
合计		103.80	353.97			

⑵ 预测单元侵蚀模数

按各类型和规模的扰动单元面积与典型扰动单元的土壤侵蚀模数进行加权平均，得到各预测分区的土壤侵蚀模数，见表 6-18。

表 6-18 预测单元各时期侵蚀模数

预测单元	土壤侵蚀模数[t/(km²·a)]						
	背景值	施工期	自然恢复期				
			第一年	第二年	第三年	第四年	第五年
路基工程	1002	4942	1010	808	647	517	414
桥梁工程	1142	2903	924	739	592	473	379
隧道工程	1288	3492	796	637	510	408	326
互通工程	861	4963	877	702	561	449	359
附属工程	1270	3225	952	762	609	488	390
改路工程	958	3330	747	598	478	382	306
改沟工程	2441	3395	1010	808	647	517	414
石料场	1979	5136	976	781	625	500	400
取土场	826	5095	1058	846	677	542	433
弃渣场	1211	8002	943	755	604	483	386
施工便道	1170	2736	846	676	541	433	346
施工生产生活区	1116	2001	798	639	511	409	327

6.3.5 风力作用下土壤流失量测算

本项目预测单元的土壤侵蚀模数主要依据《生产建设项目土壤流失量测算导则》中的数学模型计算确定，施工期土壤侵蚀模数按照实际施工情况确定相关类型公式进行分析计算标值；自然恢复期根据植被恢复状态变化，分5年确定自然恢复期的各扰动单位土壤侵蚀模数。

6.3.5.1 风力作用下一般扰动地表土壤流失量测算

本工程无风速观测资料，该类型的扰动区域土壤流失量公式由以下公式计算：

$$\mathrm{M}_{f4} = \mathrm{QIJAG}_f \qquad (6-13)$$

$$Q = \left(\frac{u_m}{1.3}\right)^3 \left(\frac{ETP - P}{ETP}\right) x \qquad (6-14)$$

$$\mathrm{ETP} = 0.19(20 + tem)^2(1 - r_m) \qquad (6-15)$$

式中：M_{f4}—县域气象站累年值月值气象资料测算一般扰动地表计算单元风蚀量，t；

Q—计算当月单位面积风蚀率，t/km²；

G_f—风蚀可蚀性因子，无量纲；

u_m—计算当月平均风速，m/s；

ETP—计算当月潜在蒸散发，mm；

p—计算当月降水量，mm；

x——计算当月天数，d。

tem——计算当月平均气温，℃；

r_m——计算当月平均空气相对湿度，取小数；

按照以上公式，分为施工期和自然恢复期，分别计算风力作用下一般扰动地表土壤流失量。施工期，在未采取任何水土保持防护措施的条件下，各分区地表植被覆盖度和砾石覆盖度为0。风蚀可蚀性因子由项目所在地土壤类型确定为1.0。

根据计算结果，风力作用下各分区施工期及自然恢复期一般扰动地表土壤侵蚀模数详见表6-19和表6-20。

6.3.5.2 风力作用下工程堆积体土壤流失量测算

风力作用下工程堆积体土壤流失量按以下公式计算：

$$\mathrm{M}_{fd4} = \mathrm{QIHPAG}_f \qquad (6-16)$$

$$\mathrm{H} = 0.38\ln h + 2.75 \qquad (6-17)$$

式中：M_{fd4}——县域气象站累年值月值气象资料工程堆积体计算单元风蚀量，t；

H——风力作用下工程堆积体高度因子，无量纲；

P——风力作用下工程堆积体堆放方式因子，无量纲；

h——堆积体高度，m。

按照以上公式，分为施工期和自然恢复期，分别计算风力作用下工程堆积体土壤流失量。

根据计算结果，风力作用下各分区施工期及自然恢复期工程堆积体土壤侵蚀模数详见表6-21和表6-22。

表 6-19 风力作用下施工期一般扰动地表土壤侵蚀模数计算表

序号	项目	因子	单位	公式	路基工程	桥梁工程	隧道工程	互通工程	附属工程	改路工程	改沟工程	石料场	土料场	弃渣场	施工便道	施工生产生活区
1	一般扰动地表风蚀量	M_{f4}	t	$M_{f4}=QIJAG_f$	4621	710	238	111	92	146	21	27	178	235	1633	236
1.1	年单位面积风蚀率	Q_a	t/km²	$Q_a=Q\times12$	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071
1.1.1	当月单位面积风蚀率	Q	t/km²	$Q=(\mu m/1.3)^3((EPT-p)/EPT)x$	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
1.1.1.1	当月平均风速	μ_m	m/s		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1.1.1.2	当月潜在蒸散发	EPT	mm	$EPT=0.19(20+tem)^2(1-r_m)$	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61
	当月平均气温	tem	℃		8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
	当月平均空气相对湿度	r_m	/		0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
1.1.1.3	当月降水量	p	mm		32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67
1.1.1.4	当月天数	x	d		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1.2	粗糙干扰因子	I	t/km²	$I=e^{-0.045v}$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
地表植被覆盖度和砾石覆盖度		v	%		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.3	地表物质紧实程度系数	J	/		1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
1.4	水平投影面积	A	hm²		82.87	19.17	5.80	5.40	4.17	3.28	0.67	1.00	6.49	8.60	59.71	8.64
1.5	风蚀可蚀性因子	G_f	/		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	一般扰动土壤侵蚀模数	M_0	t/(km²·a)	$M_0=M_{f4}/(A/100)$	5576	3704	4103	2052	2208	4453	3143	2735	2735	2735	2735	2735

表 6-20 风力作用下自然恢复期一般扰动地表土壤侵蚀模数计算表

序号	项目	因子	单位	公式	路基工程	桥梁工程	隧道工程	互通工程	附属工程	改路工程	改沟工程	石料场	土料场	弃渣场	施工便道	施工生产生活区
1	一般扰动地表风蚀量	M_{f4}	t	$M_{f4}=QIJAG_f$	0	753	0	0	85	0	13	20	119	164	1248	198
1.1	年单位面积风蚀率	Q_a	t/km²	$Q_a=Q\times12$	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071
1.1.1	当月单位面积风蚀率	Q	t/km²	$Q=(\mu m/1.3)^3((EPT-p)/EPT)x$	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
1.1.1.1	当月平均风速	μ_m	m/s		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1.1.1.2	当月潜在蒸散发	EPT	mm	$EPT=0.19(20+tem)^2(1-r_m)$	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61
	当月平均气温	tem	℃		8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
	当月平均空气相对湿度	r_m	/		0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
1.1.1.3	当月降水量	p	mm		32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67
1.1.1.4	当月天数	x	d		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1.2	粗糙干扰因子	I	t/km²	$I=e^{-0.045v}$	1.0000	0.8353	1.0000	1.0000	0.5571	1.0000	1.0000	0.6096	0.5571	0.5827	0.6376	0.6977
地表植被覆盖度和砾石覆盖度		v	%		0	4	0	0	13	0	0	11	13	12	10	8
1.3	地表物质紧实程度系数	J	/		1.00	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
1.4	水平投影面积	A	hm²		82.87	19.17	5.80	5.40	4.17	3.28	0.67	1.00	6.49	8.60	59.71	8.64
1.5	风蚀可蚀性因子	G_f	/		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	一般扰动土壤侵蚀模数	M_0	t/(km²·a)	$M_0=M_{f4}/(A/100)$	0	3930	0	0	2048	0	1992	1998	1826	1910	2090	2287

表 6-21 风力作用下施工期工程堆积体土壤侵蚀模数计算表

序号	项目	因子	单位	公式	路基工程	桥梁工程	隧道工程	互通工程	改路工程	石料场	土料场	弃渣场	施工便道
1	堆积体土壤风蚀量	M_{fd4}	t	$M_{fd4}=QIHPAG_f$	3359	732	151	166	98	95	944	817	1403
1.1	年单位面积风蚀率	Q_a	t/km²	$Q_a=Q\times12$	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071
1.1.1	当月单位面积风蚀率	Q	t/km²	$Q=(\mu m/1.3)^3((EPT-p)/EPT)x$	89	89	89	89	89	89	89	89	89
1.1.1.1	当月平均风速	μ_m	m/s		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1.1.1.2	当月潜在蒸散发	EPT	mm	$EPT=0.19(20+tem)^2(1-r_m)$	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.6135	84.613536
	当月平均气温	tem	℃		8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
	当月平均空气相对湿度	r_m	/		0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
1.1.1.3	当月降水量	p	mm		32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67	32.67
1.1.1.4	当月天数	x	d		30	30	30	30	30	30	30	30	30
1.2	粗糙干扰因子	I	t/km²	$I=e^{-0.045v}$	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	地表植被覆盖度和砾石覆盖度	v	%		0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.3	工程堆积体高度因子	H	/	$H=0.38\ln h+2.75$	3.80	3.58	3.80	3.36	3.28	4.57	4.54	4.24	3.43
	堆积体高度	h	m		16	9	16	5	4	120	110	50	6
1.4	工程堆积体堆放方式因子	P	/		0.57	0.57	0.57	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.57
1.5	水平投影面积	A	hm²		55.25	12.78	2.48	3.60	2.18	1.51	15.15	14.03	25.59
1.6	风蚀可蚀性因子	G_f	/		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	堆积体土壤侵蚀模数	M_0	t/(km²·a)	$M_0=M_{f4}/(A/100)$	6080	5730	6080	4619	4503	6279	6233	5822	5484

表 6-22 风力作用下自然恢复期工程堆积体土壤侵蚀模数计算表

序号	项目	因子	单位	公式	路基工程	桥梁工程	隧道工程	互通工程	改路工程	石料场	土料场	弃渣场	施工便道
1	堆积体土壤风蚀量	M_{fd4}	t	$M_{fd4}=QIHPAG_f$	1473	321	66	63	37	36	559	361	534
1.1	年单位面积风蚀率	Q_a	t/km²	$Q_a=Q\times12$	1071	1071	1071	1673	1673	1673	1071	1673	1673
1.1.1	当月单位面积风蚀率	Q	t/km²	$Q=(\mu m/1.3)^3((EPT-p)/EPT)x$	89	89	89	139	139	139	89	139	139
1.1.1.1	当月平均风速	μ_m	m/s		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1.1.1.2	当月潜在蒸散发	EPT	mm	$EPT=0.19(20+tem)^2(1-r_m)$	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61	84.61
	当月平均气温	tem	℃		8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
	当月平均空气相对湿度	r_m	/		0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
1.1.1.3	当月降水量	p	mm		32.67	32.67	32.67	3.47	3.47	3.47	32.67	3.47	3.47
1.1.1.4	当月天数	x	d		30	30	30	30	30	30	30	30	30
1.2	粗糙干扰因子	I	t/km²	$I=e^{-0.045v}$	0.6376	0.6376	0.6376	0.6376	0.6376	0.6376	0.6376	0.6376	0.6376
	地表植被覆盖度和砾石覆盖度	v	%		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
1.3	工程堆积体高度因子	H	/	$H=0.38\ln H+2.75$	3.80	3.58	3.80	3.36	3.28	4.57	4.54	4.24	3.43
	堆积体高度	h	m		16	9	16	5	4	120	110	50	6
1.4	工程堆积体堆放方式因子	P	/		0.57	0.57	0.57	0.49	0.49	0.49	0.49	0.57	0.57
1.5	水平投影面积	A	hm²		55.25	12.78	2.48	3.60	2.18	1.51	15.15	14.03	25.59
1.6	风蚀可蚀性因子	G_f	/		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	堆积体土壤侵蚀模数	M_0	t/(km²·a)	$M_0=M_{f4}/(A/100)$	2665	2512	2665	1757	1713	2389	3689	2576	2087

6.3.5.3 预测单元侵蚀模数

根据项目区的自然环境状况以及各预测单元土地利用方向，得到各预测分区的土壤侵蚀模数，计算结果如表 6-23。

表 6-23 预测单元各时期侵蚀模数

预测单元	土壤侵蚀模数[t/(km²·a)]						
	背景值	施工期	自然恢复期				
			第一年	第二年	第三年	第四年	第五年
路基工程	678	5778	1066	640	384	230	138
桥梁工程	735	4514	3363	2018	1211	726	436
隧道工程	658	4696	800	480	288	173	104
互通工程	707	3079	703	492	344	241	169
附属工程	679	2208	2048	1229	737	442	265
改路工程	734	4473	685	445	289	188	122
改沟工程	745	3143	1992	1195	717	430	258
石料场	401	4861	2233	1340	804	482	289
取土场	816	5184	3130	1878	1127	676	406
弃渣场	690	4649	2323	1394	836	502	301
施工便道	719	3560	2089	1253	752	451	271
施工生产生活区	745	2735	2287	1372	823	494	296

6.3.6 预测结果

针对本项目不同施工单元、不同施工工艺下生产水土流失和弃土弃渣的特点，对于可能造成的水土流失量的预测，根据不同的水土流失区域，对以上 12 个预测单元进行了土壤侵蚀模数的计算，下面采用以下公式对土壤流失量进行汇总。

扰动地表造成的水土流失量计算公式如下：

$$W = \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{2}(F_{ik} \times M_{ik} \times T_{ik}) \qquad (6-18)$$

新增水土流失量：

$$\Delta W = \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{2}(F_{ik} \times \Delta M_{ik} \times T_{ik}) \qquad (6-19)$$

式中：W——扰动地表水土流失量（t）；

i——预测单元（1，2，3，……n）；

k——预测时段（1，2，指施工期（含施工准备期）和自然恢复期）

F_{ik}——第 i 个预测单元在不同施工时段扰动和损坏原地表的面积，km²；

M_{ik}——第 i 个预测单元在不同施工时段的平均土壤侵蚀模数，t/(km²·a)；

T_{ik}——第 i 个预测单元在不同施工时段的预测期，a；

ΔM_{ik}——第 i 个预测单元在第 k 时段的新增土壤侵蚀模数，t/(km²·a)。

经计算，本项目预测期土壤流失量为 109643t，其中施工期水土流失量 89783t，自然恢复期水土流失量为 19860t，新增土壤流失量 76937t，项目水土流失量预测结果见表 6-24。

本项目在预测期内水土流失总量包括施工期 89783t，自然恢复期 19860t；施工期水土流失量占预测期流失总量的 81.89%，因此，施工期是水土流失防治和监测的主要时段。

从不同的预测单元来看，路基工程防治区水土流失量为 48852t，占预测期水土流失总量的 44.56%；施工便道防治区水土流失量为 22644t，占预测期水土流失总量的 20.65%；弃渣场防治区水土流失量为 10518t，占预测期水土流失总量的 9.59%，因此路基工程区、弃渣场区和施工便道区是水土流失防治和监测的重要区域。

本项目各预测时段与各预测单元水土流失量的分布见图 6-1 和图 6-2。

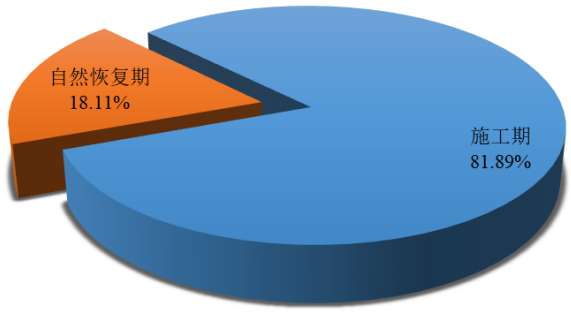


图 6-1 各预测时段水土流失分布图

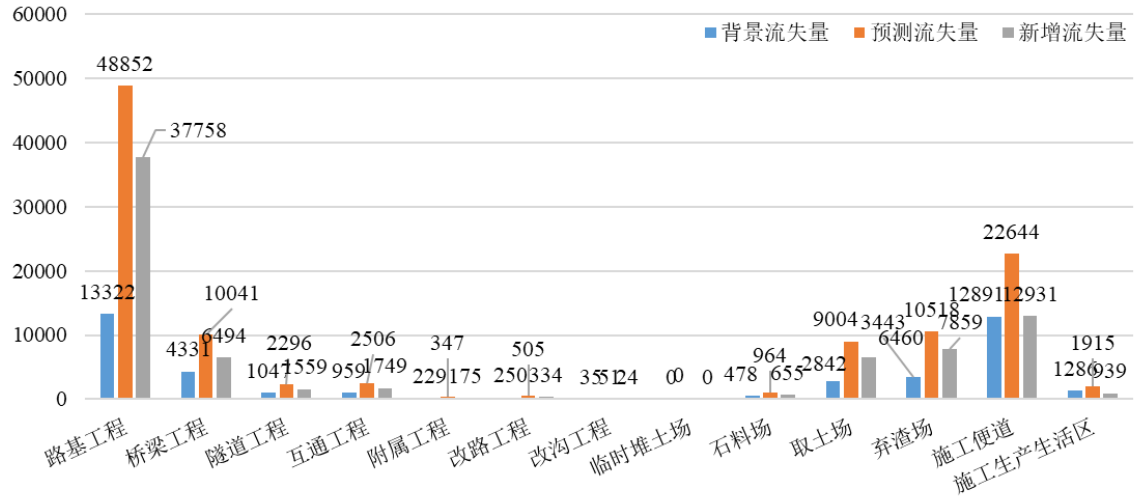


图 6-2 各分区水土流失柱状图

表 6-24 项目水土流失量表

预测单元	预测时段		原生侵蚀模数		扰动后侵蚀模数		侵蚀面积	侵蚀时间	背景流失量			预测流失量			新增流失量		
			水蚀	风蚀	水蚀	风蚀			水蚀	风蚀	小计	水蚀	风蚀	小计	水蚀	风蚀	小计
			t/(km²·a)	t/(km²·a)	t/(km²·a)	t/(km²·a)	hm²	a	t	t	t	t	t	t	t	t	t
路基工程	施工期		1002	678	4942	5778	138.12	3	4152	2808	6960	20478	23940	44418	16326	21132	37458
	自然恢复期	第一年	1002	678	1010	1066	75.74	1	759	513	1272	765	807	1573	6	294	300
		第二年	1002	678	808	640	75.74	1	759	513	1272	612	484	1097			
		第三年	1002	678	647	384	75.74	1	759	513	1272	490	291	781			
		第四年	1002	678	517	230	75.74	1	759	513	1272	392	174	566			
		第五年	1002	678	414	138	75.74	1	759	513	1272	313	105	418			
		小计							3795	2567	6362	2573	1862	4434	6	294	300
	小计								7947	5375	13322	23051	25802	48852	16332	21426	37758
桥梁工程	施工期		1142	735	2903	4514	31.96	3	1095	705	1799	2783	4328	7111	1689	3623	5312
	自然恢复期	第一年	1142	735	924	3363	26.98	1	308	198	506	249	907	1157		709	709
		第二年	1142	735	739	2018	26.98	1	308	198	506	199	544	744		346	346
		第三年	1142	735	592	1211	26.98	1	308	198	506	160	327	486		128	128
		第四年	1142	735	473	726	26.98	1	308	198	506	128	196	324			
		第五年	1142	735	379	436	26.98	1	308	198	506	102	118	220			
		小计							1540	992	2532	838	2092	2930		1183	1183
	小计								2634	1697	4331	3621	6419	10041	1689	4806	6494
隧道工程	施工期		1288	658	3492	4696	8.28	3	320	163	483	867	1167	2034	547	1003	1551
	自然恢复期	第一年	1288	658	796	800	5.80	1	75	38	113	46	46	92		8	8
		第二年	1288	658	637	480	5.80	1	75	38	113	37	28	65			
		第三年	1288	658	510	288	5.80	1	75	38	113	30	17	46			
		第四年	1288	658	408	173	5.80	1	75	38	113	24	10	34			
		第五年	1288	658	326	104	5.80	1	75	38	113	19	6	25			
		小计							373	191	564	155	107	262		8	8
	小计								693	354	1047	1023	1273	2296	547	1011	1559
互通工程	施工期		861	707	4963	3079	9.00	3	233	191	423	1340	831	2171	1107	640	1748
	自然恢复期	第一年	861	707	877	703	6.83	1	59	48	107	60	48	108	1		1
		第二年	861	707	702	492	6.83	1	59	48	107	48	34	82			
		第三年	861	707	561	344	6.83	1	59	48	107	38	24	62			
		第四年	861	707	449	241	6.83	1	59	48	107	31	16	47			
		第五年	861	707	359	169	6.83	1	59	48	107	25	12	36			
		小计							294	242	536	201	133	335	1		1
	小计								527	433	959	1541	964	2506	1109	640	1749
附属工程	施工期		1270	679	3225	2208	4.17	1	53	28	81	134	92	227	82	64	145
	自然恢复期	第一年	1270	679	952	2048	1.51	1	19	10	30	14	31	45		21	21
		第二年	1270	679	762	1229	1.51	1	19	10	30	12	19	30		8	8
		第三年	1270	679	609	737	1.51	1	19	10	30	9	11	20		1	1
		第四年	1270	679	488	442	1.51	1	19	10	30	7	7	14			
		第五年	1270	679	390	265	1.51	1	19	10	30	6	4	10			
		小计							96	51	148	48	71	120		30	30
	小计								149	80	229	183	164	347	82	94	175
改路工程	施工期		958	734	3330	4473	5.46	1	52	40	92	182	244	426	129	204	334
	自然恢复期	第一年	958	734	747	685	1.86	1	18	14	32	14	13	27			
		第二年	958	734	598	445	1.86	1	18	14	32	11	8	19			
		第三年	958	734	478	289	1.86	1	18	14	32	9	5	14			
		第四年	958	734	382	188	1.86	1	18	14	32	7	4	11			
		第五年	958	734	306	122	1.86	1	18	14	32	6	2	8			
		小计							89	68	158	47	32	79			
	小计								142	108	250	229	276	505	129	204	334
改沟工程	施工期		2441	745	3395	3143	0.67	1	16	5	21	23	21	44	6	16	22
	自然恢复期	第一年	2441	745	1010	1992	0.09	1	2	1	3	1	2	3		1	1
		第二年	2441	745	808	1195	0.09	1	2	1	3	1	1	2		0	0
		第三年	2441	745	647	717	0.09	1	2	1	3	1	1	1			
		第四年	2441	745	517	430	0.09	1	2	1	3	0	0	1			
		第五年	2441	745	414	258	0.09	1	2	1	3	0	0	1			
		小计							11	3	14	3	4	7		1	1
	小计								27	8	35	26	25	51	6	18	24
石料场	施工期		1979	401	5136	4861	2.51	3	149	30	179	387	366	753	238	336	574

表 6-24 项目水土流失量表

预测单元	预测时段		原生侵蚀模数		扰动后侵蚀模数		侵蚀面积	侵蚀时间	背景流失量			预测流失量			新增流失量		
			水蚀	风蚀	水蚀	风蚀			水蚀	风蚀	小计	水蚀	风蚀	小计	水蚀	风蚀	小计
			t/(km²·a)	t/(km²·a)	t/(km²·a)	t/(km²·a)	hm²	a	t	t	t	t	t	t	t	t	t
	自然恢复期	第一年	1979	401	976	2233	2.51	1	50	10	60	24	56	81		46	46
		第二年	1979	401	781	1340	2.51	1	50	10	60	20	34	53		24	24
		第三年	1979	401	625	804	2.51	1	50	10	60	16	20	36		10	10
		第四年	1979	401	500	482	2.51	1	50	10	60	13	12	25		2	2
		第五年	1979	401	400	289	2.51	1	50	10	60	10	7	17			
		小计							248	50	299	82	129	212		82	82
	小计								397	81	478	469	495	964	238	418	655
取土场	施工期		826	816	5095	5184	21.64	3	536	530	1066	3308	3365	6673	2771	2836	5607
	自然恢复期	第一年	826	816	1058	3130	21.64	1	179	177	355	229	677	906	50	501	551
		第二年	826	816	846	1878	21.64	1	179	177	355	183	406	590	4	230	234
		第三年	826	816	677	1127	21.64	1	179	177	355	146	244	390		67	67
		第四年	826	816	542	676	21.64	1	179	177	355	117	146	264			
		第五年	826	816	433	406	21.64	1	179	177	355	94	88	182			
		小计							894	883	1776	769	1562	2331	55	798	853
	小计								1430	1412	2842	4077	4927	9004	2826	3634	6460
弃渣场	施工期		1211	690	8002	4649	22.63	3	822	469	1291	5432	3156	8588	4610	2687	7297
	自然恢复期	第一年	1211	690	943	2323	22.63	1	274	156	430	213	526	739		369	369
		第二年	1211	690	755	1394	22.63	1	274	156	430	171	315	486		159	159
		第三年	1211	690	604	836	22.63	1	274	156	430	137	189	326		33	33
		第四年	1211	690	483	502	22.63	1	274	156	430	109	114	223			
		第五年	1211	690	386	301	22.63	1	274	156	430	87	68	156			
		小计							1371	781	2152	717	1212	1929		562	562
	小计								2193	1250	3443	6150	4368	10518	4610	3249	7859
施工便道	施工期		1170	719	2736	3560	85.30	3	2995	1839	4834	7002	9109	16111	4007	7270	11277
	自然恢复期	第一年	1170	719	846	2089	85.30	1	998	613	1611	721	1782	2503		1169	1169
		第二年	1170	719	676	1253	85.30	1	998	613	1611	577	1069	1646		456	456
		第三年	1170	719	541	752	85.30	1	998	613	1611	462	642	1103		28	28
		第四年	1170	719	433	451	85.30	1	998	613	1611	369	385	754			
		第五年	1170	719	346	271	85.30	1	998	613	1611	295	231	526			
		小计							4991	3065	8057	2425	4109	6533		1654	1654
	小计								7986	4904	12891	9426	13218	22644	4007	8924	12931
施工生产生活区	施工期		1116	745	2001	2735	8.64	3	289	193	482	519	709	1228	229	516	745
	自然恢复期	第一年	1116	745	798	2287	8.64	1	96	64	161	69	198	267		133	133
		第二年	1116	745	639	1372	8.64	1	96	64	161	55	119	174		54	54
		第三年	1116	745	511	823	8.64	1	96	64	161	44	71	115		7	7
		第四年	1116	745	409	494	8.64	1	96	64	161	35	43	78			
		第五年	1116	745	327	296	8.64	1	96	64	161	28	26	54			
		小计							482	322	804	232	456	687		194	194
	小计								772	515	1286	750	1164	1915	229	710	939
合计	施工期						338.38		10712	7001	17714	42454	47329	89783	31742	40327	72069
	自然恢复期						259.53		14185	9215	23399	8092	11768	19860	62	4806	4868
	合计								24897	16216	41113	50546	59097	109643	31804	45133	76937

6.4 水土流失危害分析

水土流失危害往往具有潜在性，若形成水土流失危害后才实施治理，不但造成了土地资源破坏和土地生产力下降、淤积水系等问题，而且治理难度大费用高，因此必须根据有关经验，综合分析水土流失预测结果，对项目可能造成的水土流失危害进行预测，根据预测结果采取相应防治措施。

⑴ 对土地资源的损坏和影响

公路施工征用土地，破坏原地貌，损坏水土保持设施，大量的土地地表植被生长层被挖损、剥离或压埋，造成土地生产力的迅速衰减或丧失，其诱发的加速侵蚀又使周边土地的可利用性下降，在建设过程中，弃土弃渣随意堆放在路边、沟边，一遇到暴雨泥沙顺坡、随沟流失，造成泥沙淤积天然草地，产量下降。

⑵ 对区域生态环境的影响

由于工程范围较大，在施工过程中，大面积的植被遭到破坏，造成地表裸露，在水力、重力等自然条件的作用下，将导致当地侵蚀加剧的趋势，造成土地贫瘠化和沙漠化，加大了昌都市水土流失治理工作难度，给生态景观造成负面影响。

⑶ 对周边河流水质的影响

本项目涉及了澜沧江、金曲河、果曲河、玉曲河等水系，工程产生的泥沙直接进入河流，对其水质可能有一定的不良影响。

⑷ 对河流行洪的影响

公路建设过程中，造成大量的水土流失，施工期土壤侵蚀模数增加，新增水土流失量大，将造成公路沿线河流含沙量增加，引起局部河床抬高，影响行洪安全，影响项目沿线人民的正常生活和生产。

⑸ 对公路安全的影响

路基两侧新开挖或填筑的边坡，若不采取必要的水土保持措施，易诱发新的地质灾害，导致路基滑坡、水毁、翻浆等水土流失危害发生，从而损坏公路设施，影响公路正常营运。

7 水土流失防治

7.1 水土流失防治责任范围

本项目跨越卡若区、察雅县和八宿县 3 个区县，水土流失防治责任范围 340.14hm²，其中永久占地 199.42hm²，临时占地 140.72hm²。按行政区域划分，卡若区境内防治责任范围 60.14hm²，察雅县境内防治责任范围 134.45hm²，八宿县境内防治责任范围 145.55hm²。

水土流失防治责任范围见表 7-1。

表 7-1 水土流失防治责任范围表 单位：hm²

路段	行政区	分区	小计	占地性质	
				永久占地	临时占地
加卡至浪拉山段	昌都市卡若区	路基工程	13.53	13.53	
		桥梁工程	9.10	9.10	
		隧道工程	2.16	2.16	
		附属工程	1.47	1.47	
		改路工程	0.75	0.75	
		临时堆土场	(2.32)		(2.32)
		弃渣场	15.60		15.60
		施工便道	15.59		15.59
		施工生产生活区	1.94		1.94
		小计	60.14	27.01	33.13
	昌都市察雅县	路基工程	37.65	37.65	
		桥梁工程	21.07	21.07	
		隧道工程	5.94	5.94	
		附属工程	2.36	2.36	
		改路工程	0.88	0.88	
		改沟工程	0.43	0.43	
		临时堆土场	(2.68)		(2.68)
		石料场	2.51		2.51
		弃渣场	7.03		7.03
		施工便道	53.35		53.35
		施工生产生活区	3.23		3.23
		小计	134.45	68.33	66.12
	昌都市八宿县	路基工程	5.44	5.44	
		桥梁工程	0.98	0.98	
		隧道工程	0.18	0.18	
		改路工程	3.83	3.83	
		临时堆土场			
		施工便道	2.03		2.03

表 7-1 水土流失防治责任范围表 单位：hm²

路段	行政区	分区	小计	占地性质	
				永久占地	临时占地
		施工生产生活区	1.47		1.47
		小计	13.93	10.43	3.50
	小计	路基工程	56.62	56.62	
		桥梁工程	31.15	31.15	
		隧道工程	8.28	8.28	
		附属工程	3.83	3.83	
		改路工程	5.46	5.46	
		改沟工程	0.43	0.43	
		临时堆土场	(5.00)		(5.00)
		石料场	2.51		2.51
		弃渣场	22.63		22.63
		施工便道	70.97		70.97
		施工生产生活区	6.64		6.64
		小计	208.52	105.77	102.75
浪拉山至邦达机场段	昌都市八宿县	路基工程	81.50	81.50	
		桥梁工程	2.57	2.57	
		互通工程	9.00	9.00	
		附属工程	0.34	0.34	
		改沟工程	0.24	0.24	
		临时堆土场	(7.63)		(7.63)
		取土场	21.64		21.64
		施工便道	14.33		14.33
		施工生产生活区	2.00		2.00
		小计	131.62	93.65	37.97
合计		路基工程	138.12	138.12	
		桥梁工程	33.72	33.72	
		隧道工程	8.28	8.28	
		互通工程	9.00	9.00	
		附属工程	4.17	4.17	
		改路工程	5.46	5.46	
		改沟工程	0.67	0.67	
		临时堆土场	(12.63)		(12.63)
		石料场	2.51		2.51
		取土场	21.64		21.64
		弃渣场	22.63		22.63
		施工便道	85.30		85.30
		施工生产生活区	8.64		8.64
		小计	340.14	199.42	140.72

注：本项目临时堆土场均用路基红线、弃渣场或取土场占地布设，不重复计入扰动范围，表中用括号备注。

7.2 设计水平年

根据工程建设期安排，项目总工期 36 个月，本方案设计水平年为工程完工后一年，

即 2030 年。

7.3 水土流失防治目标

7.3.1 执行标准等级

本项目涉及西藏自治区昌都市的卡若区、察雅县和八宿县，根据《水利部办公厅关于做好国家级水土流失重点预防区和重点治理区落地上图成果应用的通知》（办水保〔2025〕170 号），本项目不涉及国家级水土流失重点防治区。根据《西藏自治区水土保持规划（2019-2030 年）》（藏政函〔2019〕55 号）及《昌都市水土保持规划（2021-2030 年）》，卡若区以及察雅县位于西藏自治区水土流失重点治理区，确定本项目水土流失防治标准等级执行青藏高原区一级标准。

7.3.2 防治目标

⑴ 基本目标

项目建设范围内新增水土流失应得到有效控制，原有水土流失得到治理；水土保持设施安全有效；水土资源、林草植被应得到最大限度的保护与恢复；水土流失治理度、土壤流失控制比、渣土防护率、表土保护率、林草植被恢复率、林草覆盖率六项指标符合《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018）的规定。

⑵ 六项防治指标

本项目水土保持一级区划为青藏高原区，水土流失防治标准执行青藏高原区水土流失防治指标一级标准。根据项目区干旱程度、地貌、水土流失及所处的位置等情况对土壤流失控制比以及林草植被恢复率进行了适当调整，其中根据土壤侵蚀程度，本项目以轻度侵蚀为主，土壤流失控制比不应小于 1，修正值增加 0.2；根据水土流失状况及所处位置，本项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，渣土防护率不降低，林草覆盖率提高 2%。

综上所述，本项目修正后的水土流失防治指标值为：至设计水平年，水土流失治理度达到 85%，土壤流失控制比 1.0，渣土防护率 87%，表土保护率 90%（草皮保护率 100%），林草植被恢复率 95%，林草覆盖率 18%。

表 7-2 水土流失防治目标计算表

防治指标	青藏高原区水土流失防治一级标准		本方案水土流失防治目标		修正说明
	施工期	设计水平年	施工期	设计水平年	
水土流失治理度（%）	*	85		85	/
土壤流失控制比	*	0.8		1.0	“在轻度侵蚀为主的区域不应小于 1，中度以上侵蚀为主的区域可降低 0.1～0.2”，本项目以轻度侵蚀为主，修正+0.2。
渣土防护率（%）	85	87	85	87	“在极高山、高山区的项目，渣土防护率可减少 3%～5%”，本项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，渣土防护率不降低。
表土保护率（%）	90	90	90	90	/
林草植被恢复率（%）	*	95		95	/
林草覆盖率（%）	*	16		18	“对无法避让水土流失重点预防区和重点治理区的生产建设项目，林草覆盖率应提高 1 个～2 个百分点”，本项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，林草覆盖率应提高 2 个百分点。

7.4 防治区划分

本方案考虑到项目造成的水土流失绝大部分集中在施工期，结合项目原始地貌可能造成的水土流失情况以及主体工程布局等划分本项目水土保持防治分区。

结合项目原始地貌可能造成的水土流失情况以及主体工程布局等划分本项目水土保持防治分区。根据主体工程布局、设计和施工的特点以及本项目防治责任范围，划分本项目水土流失防治分区。

本项目为线型工程，一级分区按地形地貌分为高山峡谷区和高原宽谷区。

二级分区按施工单元分为路基工程防治区、桥梁工程防治区、隧道工程防治区、互通工程防治区、附属工程防治区、改路工程防治区、改沟工程防治区、临时堆土场防治区、石料场防治区、取土场防治区、弃渣场防治区、施工便道防治区、施工生产生活防治区 13 个二级分区。

水土流失防治分区见表 7-3。

表 7-3 水土流失防治分区表

一级分区	二级分区	备注
高山峡谷区	路基工程防治区	含路面、路基边坡、防护排水、涵洞等
	桥梁工程防治区	桥梁 17912.392m/29 座
	隧道工程防治区	28974.2m/21 座
	附属工程防治区	吉塘养护工区，瓦约主线治超站，隧道变电所 23 个，消防泵房 10 个
	改路工程防治区	改路段 13 处
	改沟工程防治区	改沟 2 处
	临时堆土场防治区	临时堆土场 10 处
	石料场防治区	石料场 1 处
	弃渣场防治区	弃渣场 5 处
	施工便道防治区	72.79km（其中新建段 71.47km，改建段 1.32km）
	施工生产生活防治区	施工场地 14 处
高原宽谷区	路基工程防治区	含路面、路基边坡、防护排水、涵洞等
	桥梁工程防治区	桥梁 1051m/9 座
	互通工程防治区	互通 2 处
	附属工程防治区	尼琼养护保通站
	改沟工程防治区	改沟 1 处
	临时堆土场防治区	临时堆土场 6 处
	取土场防治区	取土场 1 处（取弃结合）
	施工便道防治区	26.05km（其中新建段 16.05km，改建段 10.00km）
	施工生产生活防治区	施工场地 1 处

7.5 措施总体布局

7.5.1 措施布设原则

7.5.1.1 防治措施布设原则

水土流失防治措施布设总体遵循以下原则：

⑴ 结合工程实际和项目区水土流失现状，因地制宜、因害设防、防治结合、全面布局、科学配置。

⑵ 减少对原地表和植被的破坏，合理布设临时堆土场。

⑶ 项目建设过程中应注重生态环境保护，设置临时性防护措施，减少施工过程中造成的人为扰动。

⑷ 注重吸收当地水土保持的成功经验，借鉴先进技术。

⑸ 树立人与自然和谐相处的理念，尊重自然规律，注重与周边景观相协调。

⑹ 工程措施、植物措施、临时措施合理配置、统筹兼顾，形成综合防护体系。

⑺ 工程措施要尽量选用当地材料，做到技术上可靠、经济上合理。

⑻ 植物措施要尽量选用当地的品种，并考虑绿化、美化效果。

⑼ 防护措施布设要与主体工程密切配合，相互协调，形成整体。

7.5.1.2 工程措施布设原则

⑴ 根据工程建设布局和水土流失特点，因地制宜布设水土保持工程措施，发挥其速效保障功能；

⑵ 从保证主体工程安全出发，合理界定工程措施防护标准；

⑶ 永久工程措施与临时工程措施相结合原则；

⑷ 工程措施与植物措施有机结合原则。

7.5.1.3 植物措施布设原则

根据本项目的自然环境，结合公路沿线情况，因地制宜、适地适树、适地适草，建造水土保持植被和环境美化植被。

⑴ 适地适草原则。根据当地气候、土壤特点，选择耐寒、耐干旱、耐风吹的草种；

⑵ 绿化美化与水土流失治理相结合的原则。

适合于项目区种植的草种及主要特性见表 7-4 和表 7-5。

表 7-4 适于项目区种植的草种一览表

名称	科	属	形态特性	生态特性
乔木				
藏川杨	杨柳科	杨属	落叶乔木，高可达 30m；树皮灰白至灰褐色；叶宽卵形至三角状卵形，叶背灰绿；深根性，根系发达。	青藏高原东部乡土种，适配海拔 2000-4500m；耐-30℃低温，耐旱耐瘠薄；河谷阶地、边坡防护核心乔木。
大果圆柏	柏科	圆柏属	常绿乔木，高可达 20m，树冠塔形至广圆形；鳞叶交互对生，揉之有香气；球果卵圆形，熟时红褐色。	山地寒温性针叶林带原生种，适配海拔 3000-4500m；强阳性，耐极端低温、干旱瘠薄；阳坡、碎石边坡生态修复核心常绿树种。
川西云杉	松科	云杉属	常绿乔木，高可达 40m，树冠尖塔形；叶四棱状条形，长 0.8-1.5cm；球果长圆状圆柱形，浅根性，须根极发达。	山地寒温性针叶林带建群种，适配海拔 3200-4200m；耐阴耐寒，喜冷凉湿润；水源涵养、坡面水土保持核心树种。
灌木				
白刺花	豆科	槐属	落叶灌木，高 1-3m，多分枝，具粗壮锐刺；羽状复叶，小叶 11-21 枚；花白色或蓝白色，荚果念珠状。	干暖河谷灌丛带建群种，适配海拔 3100-3600m；极耐干旱瘠薄；具根瘤固氮能力，边坡水土保持先锋灌木。
鬼箭锦鸡儿	豆科	锦鸡儿属	多刺落叶灌木，高 0.3-2m，丛生；枝具 3-7cm 长直针刺；小叶 4-6 对，被长柔毛；花淡红至紫红色。	干暖河谷至高寒灌丛带建群种，适配海拔 3100-4500m；耐寒耐旱，耐瘠薄强风；具根瘤固氮，灌草结合配置核心灌木。
高山柳	杨柳科	柳属	落叶丛生灌木，高 0.5-2m；老枝紫褐色，一年生枝黄绿色；叶椭圆形至倒卵状椭圆形，全缘，叶背	青藏高原高寒区乡土种，适配海拔 3000-4500m；耐-35℃低温，耐强风瘠薄；须根极发

表 7-4 适于项目区种植的草种一览表

名称	科	属	形态特性	生态特性
			被白霜。	达，高海拔边坡灌草结合核心灌木。
金露梅	蔷薇科	委陵菜属	落叶丛生灌木，高 0.5-2m；羽状复叶，小叶 5-7 枚；花单生或伞房状，花黄色，径 2-3cm。	山地针叶林至高寒灌丛草甸带建群种，适配海拔 3600-4500m；耐-40℃低温，极耐瘠薄；分蘖强，中高海拔灌草结合核心灌木。
西藏忍冬	忍冬科	忍冬属	落叶灌木，高 1-3m；叶对生，卵状披针形，叶背密被灰白色绒毛；花冠唇形紫红至淡红，浆果红色。	横断山脉北段乡土种，适配海拔 3000-4200m；耐半阴，耐寒旱；萌蘖性强，林下补植、沟谷水土保持灌木。
川滇蔷薇	蔷薇科	蔷薇属	落叶直立或攀援灌木，高 2-4m；小枝具稀疏皮刺；羽状复叶，小叶 5-9 枚；花白色，伞房花序，果红色。	横断山脉北段乡土种，适配海拔 2800-4300m；耐寒旱，对土壤适应性强；枝条萌生能力好，边坡防护、沟谷固岸灌木。
西藏沙棘	胡颓子科	沙棘属	落叶矮小灌木，高 0.3-1.5m，多棘刺；叶对生，线形至线状披针形，密被银白色鳞片；果球形，熟时橙黄色。	青藏高原特有乡土种，适配海拔 3000-4800m；极耐寒、耐瘠薄、耐盐碱；具根瘤固氮，高海拔脆弱区生态修复核心先锋灌木。
西藏铁线莲	毛茛科	铁线莲属	多年生木质藤本，长 1-3m；一回羽状复叶，小叶 5-7 枚，全缘；花萼淡黄色，瘦果具羽毛状宿存花柱。	青藏高原东部乡土藤本，适配海拔 2200-4800m；耐寒旱，喜排水良好砂壤土；攀援性强，岩质边坡垂直绿化与水土保持藤本。
草本				
垂穗披碱草	禾本科	披碱草属	多年生疏丛型，秆高 50-120cm；叶扁平线形；穗状花序下垂，长 5-12cm；须根入土深可达 100cm。	高寒区乡土种，适配海拔 3000-4500m；抗寒抗旱，分蘖强，生长快，可快速形成致密草皮层；边坡生态修复核心先锋草种。
老芒麦	禾本科	披碱草属	多年生疏丛型，秆高 60-120cm；叶扁平线形，长 10-20cm；穗状花序疏松下垂，长 12-20cm。	青藏高原东部旱中生草本，适配海拔 3000-4200m；耐-30℃低温，耐瘠薄轻盐碱；中低海拔边坡防护、灌草配置核心草种。
中华羊茅	禾本科	羊茅属	多年生密丛型，秆高 40-80cm；叶线形内卷，宽 1-2mm；圆锥花序疏松开展，长 10-20cm。	青藏高原东部乡土种，适配海拔 3200-4500m；耐阴耐寒，喜冷凉湿润；分蘖极强，中高海拔林下补植、灌草结合优良草种。
波伐早熟禾	禾本科	早熟禾属	多年生密丛型，秆高 10-30cm；叶扁平线形；圆锥花序紧缩，长 3-7cm，小穗紫色。	青藏高原高寒区乡土种，适配海拔 3000-4600m；极耐寒，耐瘠薄干旱；发芽快，分蘖强，各海拔段边坡快速覆盖先锋草种。
紫花针茅	禾本科	针茅属	多年生密丛型，秆高 20-60cm；叶片纵卷如针；圆锥花序紧缩，小穗紫色。	高寒草原地带性建群种，适配海拔 4500m 以上；耐-35℃低温，极耐旱耐风；邦达草原段核心乡土草种。
高山嵩草	莎草科	嵩草属	多年生密丛型，株高 1-5cm，低矮致密；叶线形内卷成针状；穗状花序顶生，卵形至椭圆形。	高寒草甸建群种，适配海拔 3800-4600m；耐-40℃低温，极耐寒耐践踏；根系极发达，可形成厚密草根盘结层，高海拔核心水土保持草种。
矮生嵩草	莎草科	嵩草属	多年生密丛型，株高 3-10cm；叶扁平线形、柔软；穗状花序顶生，长圆形。	高寒草甸建群种，适配海拔 4200-4600m；极耐寒旱耐瘠薄；根系发达，可形成致密草根盘结层，高海拔脆弱区核心乡土草种。
青藏苔草	莎草科	苔草属	多年生密丛型，具粗壮匍匐根茎；秆三棱形，高 10-30cm；叶革质扁平，边缘粗糙。	高寒草原建群种，适配海拔 4500m 以上；极耐寒旱耐风，耐砂砾质土壤；匍匐茎扩展能力强，邦达草原段核心乡土草种。

表 7-5 各防治分区选择种植的草树种一览表

一级分区	二级分区	适合种植的草种		
		乔木	灌木	草本
高山峡谷区	路基工程防治区	藏川杨、云杉	沙棘	老芒麦和垂穗披碱草
	桥梁工程防治区			老芒麦和垂穗披碱草
	隧道工程防治区		沙棘	老芒麦和垂穗披碱草
	附属工程防治区	藏川杨、云杉	忍冬	老芒麦和垂穗披碱草
	改路工程防治区			老芒麦和垂穗披碱草
	改沟工程防治区			老芒麦和垂穗披碱草
	临时堆土场防治区		沙棘	老芒麦和垂穗披碱草
	弃渣场防治区	藏川杨、云杉	沙棘	老芒麦和垂穗披碱草
	施工便道防治区	藏川杨、云杉	沙棘	老芒麦和垂穗披碱草
	施工生产生活防治区	藏川杨、云杉	沙棘	老芒麦和垂穗披碱草
高原宽谷区	路基工程防治区			高山嵩草
	桥梁工程防治区			高山嵩草
	互通工程防治区			高山嵩草
	附属工程防治区			高山嵩草
	改沟工程防治区			高山嵩草
	临时堆土场防治区			高山嵩草
	取土场防治区			高山嵩草
	施工便道防治区			高山嵩草
	施工生产生活防治区			高山嵩草

7.5.1.4 临时措施布设原则

⑴ 临时堆土拦挡苫盖原则，对于临时堆土需设置临时防护措施；

⑵ 保护优先的原则，在施工便道和施工场地布置临时防护栏，控制临时占地范围，减少对原地面的扰动。

⑶ 扰动区临时排水系统完善原则，在施工生产生活区等区域要有完善的排水系统，控制土壤侵蚀。

7.5.2 水土流失防治措施总体布局和体系

根据水土流失预测结果和防治责任范围，结合水土流失防治分区及主体工程已有水土保持功能工程的评价，确定不同的防治区采用不同的防治措施及布局，从而形成本项目水土流失防治措施体系和总体布局。在不同类型的防治措施布局中，应结合工程已有的水土保持措施，将临时防护措施、工程措施与植物措施相结合。以临时防护措施为先导，确保施工过程中的水土流失得到有效控制，同时重点保护各防治区的表层耕植土，便于后期植被恢复；以工程措施为重点，发挥其速效性和保障作用；以植物措施为辅助，起到长期稳定的水土保持作用，同时绿化和美化项目区周边环境。

根据本项目水土流失预测结果及水土保持分区，水土流失防治措施布置总体思路是：以防治水土流失、恢复植被、改善项目沿线的生态环境、保护主体工程正常安全运行为目的；以对周边环境和安全不造成负面影响为出发点；以路基工程区、弃渣场区和施工便道区为重点，同时配合主体工程设计中已有的水土保持设施进行综合规划布设水土流失防治措施体系，本项目水土流失防治措施体系由高山峡谷区和高原宽谷区2个一级分区组成，高山峡谷区进一步分为路基工程防治区、桥梁工程防治区、隧道工程防治区、附属工程防治区、改路工程防治区、改沟工程防治区、临时堆土场防治区、石料场防治区、弃渣场防治区、施工便道防治区、施工生产生活防治区 11 个二级分区，高原宽谷区进一步分为路基工程防治区、桥梁工程防治区、互通工程防治区、附属工程防治区、改沟工程防治区、临时堆土场防治区、取土场防治区、施工便道防治区、施工生产生活防治区9个二级分区。

各防治分区水土保持措施布局主要为：

⑴ 高山峡谷区

1）路基工程防治区

施工前对于路基及边坡占用耕地及林草地部分的表土进行剥离，表土集中堆放临近的临时堆土场集中防护；施工期间挖方路基内侧设置路堑边沟，上边坡设置截水沟、急流槽，填方下边坡设置排水沟，上边坡设置截水沟、急流槽，路基顺接排水沟出口处设置沉沙池，顺接至自然沟渠、排水涵洞；对于裸露的路基边坡准备密目网以备降雨等天气苫盖，较高的填方路基下边坡设置临时拦挡；完工后土地整治、回覆表土，路基边坡采取衬砌拱护坡、菱形框架护坡或生态毯护坡，护坡道、碎落台以及路基外用地界内等裸露区域植草绿化，卡若区及察雅县内气候条件较好的坡地两侧用地界内乔灌草绿化。

2）桥梁工程防治区

施工期间，剥占压林草地范围表土，集中堆放桥下空地防护，灌注桩基础附近设置泥浆池；桥台两侧设置排水沟，顺接至路基排水沟及沟道或者河道；桥梁下边坡或临水侧设置袋装土拦挡措施；在两岸桥梁施工区域堆放的临时堆土以及施工中的挖填裸露面采取密目网苫盖；施工结束后，拆除临时拦挡措施，桥下裸露地表进行土地整治，桥台开挖边坡设菱形框架防护，桥下裸露面土地整治、回覆表土，植草绿化。

3）隧道工程防治区

施工前，剥离洞脸范围内表土，堆放邻近的临时堆放场集中防护，在隧道洞口上边坡外侧开挖截水沟，在下边坡坡脚设置排水沟、消力池（兼沉沙池）沉沙，顺接至自然沟渠；隧道内部主体设计布置排水沟；施工期部分开挖方临时堆放于就近的洞口，隧道施工平台下边坡采取石笼网临时拦挡，对于洞口裸露开挖面以及施工平台裸露边坡采取密目网苫盖措施；施工完毕后对于洞口顶部平台及边坡铺设生态毯绿化，施工平台内采取植草恢复，下边坡进行灌草绿化。

4）附属工程防治区

施工前，剥离表土临时堆放；施工期间，临时堆土采取密目网苫盖及拦挡，附属区周边设排水沟，连接场地内设蓄水池，经沉沙泥沙后顺接至自然沟渠；施工结束后，附属区四周边坡设衬砌拱护坡，内部空地土地平整、回覆表土后采取乔灌结合、铺设生态毯绿化。

5）改路工程防治区

改路工程施工前，对占用耕地以及林草地范围内的表土进行剥离，集中堆放邻近的临时堆土场进行防护；施工期间，挖填方边坡设置路堤、路堑边沟，排水出口设置沉沙池，顺接至周边道路或沟渠；施工中，填高大于 2m 的填方边坡坡脚以及临时堆放的土料周边采取拦挡，临时堆料以及路基临时裸露边坡采取密目网苫盖防护；施工结束后进行土地整治，回覆表土，植草恢复。

6）改沟工程防治区

农沟复建施工过程中，对临时堆放的土方以及暂时裸露的坡面采取苫盖防护，减轻降雨及大风天气时的水土流失；施工结束后，对农沟顶部两侧扰动范围进行土地整治，回覆表土，采取植草恢复。

7）临时堆土场防治区

临时堆土场均利用已有征占地范围布设，不单独计列土地整治及后期恢复措施。施工期间，临时堆放的土方周边设置袋装土或石笼网拦挡，表面苫盖密目网，拦挡外侧设临时排水沟及沉沙池，顺接至自然沟渠；完工后拆除临时拦挡。

8）石料场防治区

施工前，沿下边坡占地边界布设石笼网挡墙进行拦挡，料场周边布设截排水沟，

排水沟出口处设置沉沙池，顺接至自然沟渠；施工期间，对产生的无用层堆放于料场一角表面苫盖密目网，周边设置袋装土拦挡；施工后期，无用层运至 SQT-4 临时弃渣场防护，取料范围进行土地整治。

9）弃渣场防治区

施工前对于占用林草地部分的弃渣场表土进行剥离，堆放于弃渣场一角，周边采取袋装土拦挡，表面苫盖密目网，在弃渣场底部设置排渗系统，弃渣场沟口设置混凝土挡渣墙；施工期间采用临时涵管排水，弃渣场顶部一侧设排洪沟，兼做该侧截排水沟，另一侧周边设置截排水沟，放坡平台设置平台排水沟，排洪沟及截排水沟出口处设消力池，顺接至天然沟渠；后期弃渣完毕后土地整治、回覆表土，弃渣场渣顶采用乔灌草恢复，坡面植物恢复措施采用灌草结合方式。为防止极端条件下弃渣场垮塌对下游造成冲击。

10）施工便道防治区

施工前，剥离占地内表土集中堆放弃渣场一并防护，施工期间道路两侧设置彩条旗护栏；挖方段施工便道开挖坡面坡脚处设置临时排水沟，出口处布置沉沙措施，顺接至周边天然沟渠，半挖半填施工便道下边坡设置袋装土拦挡；施工结束后对硬化层进行疏松，进行土地平整、回覆表土，根据原占地类型进行植被恢复。

11）施工生产生活防治区

施工前剥离表土集中堆放弃渣场防护；施工期间场区四周设临时排水沟，出口接沉沙池，顺接至周边天然沟渠；施工期间，对于临时堆料表面采取密目网苫盖；施工结束后，清除硬化层，土地平整、回覆表土，根据原占地类型进行植被恢复。

⑵ 高原宽谷区

1）路基工程防治区

施工前对于路基及边坡占用草地部分的表土进行剥离，部分占压草甸路段剥离草皮，表土与草皮分别集中堆放临近的临时堆土场集中防护；施工期间挖方路基内侧设置路堑边沟，上边坡设置截水沟、急流槽，填方下边坡设置排水沟，上边坡设置截水沟、急流槽，路基顺接排水沟出口处设置沉沙池，顺接至自然沟渠、排水涵洞；对于裸露的路基边坡准备密目网以备降雨等天气苫盖；完工后回覆表土，路基边坡采取衬砌拱护坡、菱形框架护坡或生态毯护坡，其他裸露地表撒播草籽。

2）桥梁工程防治区

施工期间，剥占压草地范围表土，集中堆放桥下空地防护，灌注桩基础附近设置泥浆池；桥梁下边坡或临水侧设置袋装土拦挡措施；在两岸桥梁施工区域堆放的临时堆土表面采取密目网苫盖；施工结束后，拆除临时拦挡措施，桥下裸露地表进行土地整治，回覆表土，撒播草籽恢复植被。

3）互通工程防治区

施工时首先对于占用草地区域剥离表土，部分占压草甸路段剥离草皮，表土与草皮分别临时堆于场地内一角，周边采取临时拦挡防护，表面苫盖密目网，施工期间对于草皮定期洒水养护；互通区施工期，匝道桥建设时设置泥浆池，填方匝道路基下边坡采取袋装土临时拦挡的防护措施，路基两侧布置路堤排水沟，并补充沉沙池措施，顺接至自然沟渠或者河道；施工后期对路基边坡以及互通中间空地采取绿化措施。

4）附属工程防治区

施工前，剥离表土临时堆放；施工期间，临时堆土采取密目网苫盖及拦挡，附属区周边设排水沟，连接场地内设蓄水池，经沉沙泥沙后顺接至自然沟渠；施工结束后，附属区四周边坡设生态毯护坡，内部空地进行土地平整、回覆表土后采取绿化。

5）改沟工程防治区

农沟复建施工过程中，对临时堆放的土方以及暂时裸露的坡面采取苫盖防护，减轻降雨及大风天气时的水土流失；施工结束后，对农沟顶部两侧扰动范围进行土地整治，回覆表土，采取植草恢复。

6）临时堆土场防治区

高原宽谷区临时堆土场均利用路基永久红线布设，不单独计列土地整治及后期恢复措施。施工期间对于临时堆放的土方周边设置袋装土拦挡，表面苫盖密目网，草皮堆存过程中定期养护保证存活率，拦挡外侧设临时排水沟及沉沙池，顺接至自然沟渠。

7）取土场防治区

施工前剥离表土集中堆放；施工期间对于临时堆放的表土采取临时拦挡，表面苫盖密目网；取土场下边坡设置拦挡，减少坡面开挖滚落土石对下边坡的影响；取土场上边坡及周边设置排水沟，出口处设置消力池，顺接至自然沟渠；施工后期，取土场表面进行土地整治、回覆表土，灌草结合恢复植被。

8）施工便道防治区

施工前，剥离占地内表土集中堆放取土场一并防护，施工期间道路两侧设置彩条旗护栏；填方边坡上方来水侧设置临时排水沟，出口处布置沉沙措施，顺接至周边天然沟渠，填筑边坡坡脚设置袋装土拦挡；施工结束后对硬化层进行疏松，进行土地平整、回覆表土，根据原占地类型进行植被恢复。

9）施工生产生活防治区

施工期间场区四周设临时排水沟，出口接沉沙池，顺接至路基排水系统；施工期间，对于临时堆料表面采取密目网苫盖；施工结束后，清除硬化层，土地整治、回覆表土，根据原占地类型进行植被恢复。

本项目水土流失防治措施体系表见表 7-6，水土流失防治措施体系图见图 7-1～图 7-4。

表 7-6 水土流失防治体系表

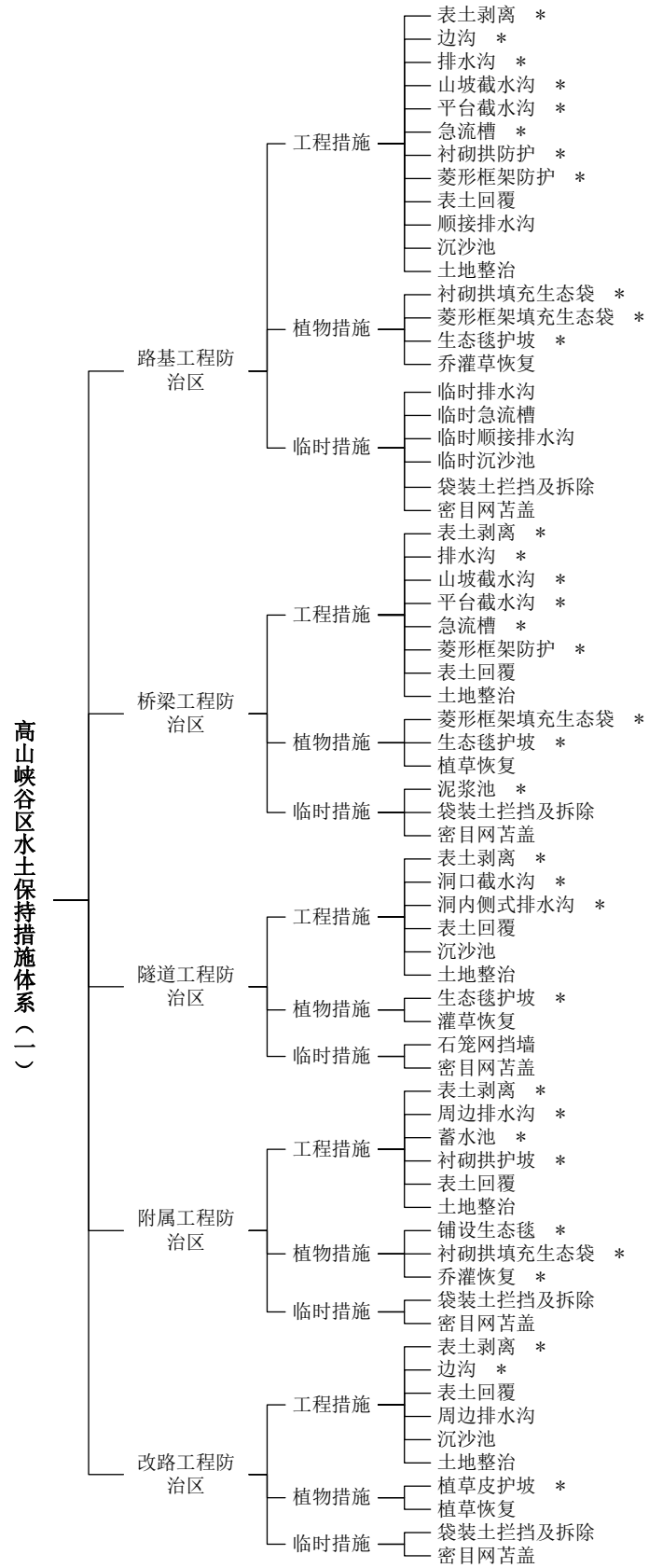
防治分区		措施分类	主体已有措施	水土保持新增措施
高山峡谷防治区	路基工程防治区	工程措施	表土剥离、边沟、排水沟、山坡截水沟、平台截水沟、急流槽、衬砌拱防护、菱形框架防护	表土回覆、顺接排水沟、沉沙池、土地整治
		植物措施	衬砌拱填充生态袋、菱形框架填充生态袋、生态毯护坡	栽植乔木、栽植灌木、植草恢复
		临时措施	/	临时排水沟、临时急流槽、临时顺接排水沟、临时沉沙池、袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖
	桥梁工程防治区	工程措施	表土剥离、排水沟、山坡截水沟、平台截水沟、急流槽、菱形框架防护	表土回覆、土地整治
		植物措施	菱形框架填充生态袋、生态毯护坡	植草恢复
		临时措施	泥浆池	袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖
	隧道工程防治区	工程措施	表土剥离、洞口截水沟、洞内侧式排水沟	表土回覆、沉沙池、土地整治
		植物措施	生态毯护坡	栽植灌木、植草恢复
		临时措施	/	石笼网挡墙、密目网苫盖
	附属工程防治区	工程措施	表土剥离、周边排水沟、蓄水池、衬砌拱护	表土回覆、土地整治

表 7-6 水土流失防治体系表

防治分区		措施分类	主体已有措施	水土保持新增措施
			坡	
		植物措施	铺设生态毯、衬砌拱填充生态袋、乔灌恢复	/
		临时措施	/	袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖
	改路工程防治区	工程措施	表土剥离、边沟	表土回覆、周边排水沟、沉沙池、土地整治
		植物措施	植草皮护坡	植草恢复
		临时措施	/	袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖
	改沟工程防治区	工程措施	表土剥离	表土回覆、土地整治
		植物措施	/	植草恢复
		临时措施	/	密目网苫盖
	临时堆土场防治区	工程措施	/	土地平整
		植物措施	/	栽植灌木、植草恢复
		临时措施	/	临时排水沟、临时沉沙池、袋装土拦挡及拆除、石笼网挡墙、密目网苫盖
	石料场防治区	工程措施	石笼网挡墙、排水沟、消力池	土地整治
		临时措施	/	袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖
	弃渣场防治区	工程措施	混凝土挡墙、排洪沟、周边排水沟、八字墙、消力池、排水盲沟	表土剥离及回覆、土地整治
		植物措施	植草恢复	栽植乔木、栽植灌木、喷播植草
		临时措施	临时排水涵管	袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖
	施工便道防治区	工程措施	/	表土剥离及回覆、碾压层疏松、土地整治
		植物措施	/	栽植乔木、栽植灌木、植草恢复、喷播植草
		临时措施	/	彩条旗护栏、临时排水沟、临时沉沙池、袋装土拦挡及拆除
	施工生产生活防治区	工程措施	/	表土剥离及回覆、硬化层清除、土地整治
		植物措施	/	栽植乔木、栽植灌木、植草恢复、喷播植草
		临时措施	/	临时排水沟、临时沉沙池、密目网苫盖防护
高原宽谷防治区	路基工程防治区	工程措施	表土剥离、土质排水沟、山坡截水沟、急流槽、衬砌拱防护	表土回覆、草皮剥离、草皮回铺、顺接排水沟、沉沙池、土地整治
		植物措施	衬砌拱填充生态袋、生态毯护坡	植草恢复
		临时措施	/	临时排水沟、临时急流槽、临时顺接排水沟、临时沉沙池、袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖

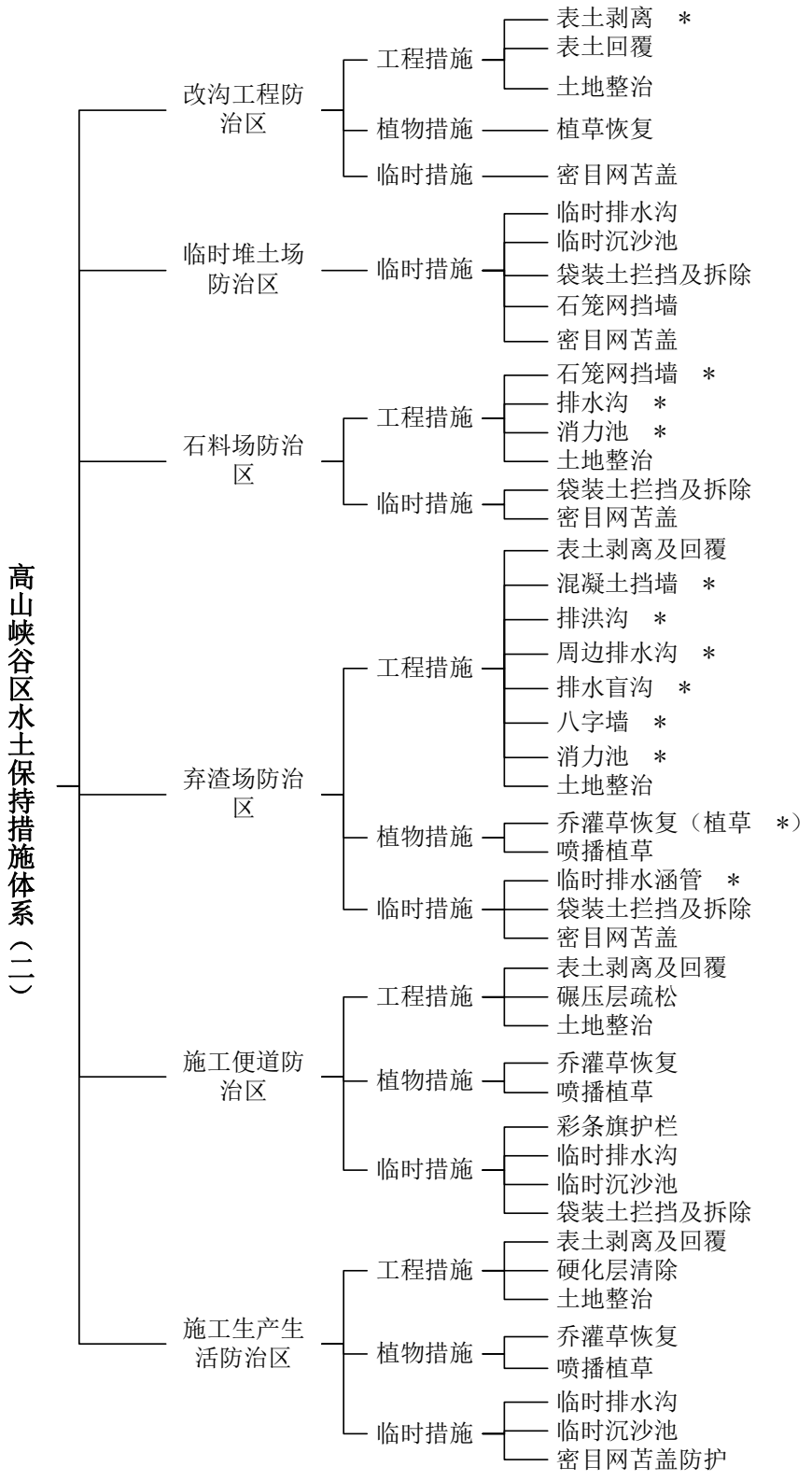
表 7-6 水土流失防治体系表

防治分区		措施分类	主体已有措施	水土保持新增措施
	桥梁工程防治区	工程措施	表土剥离	表土回覆、土地整治
		植物措施	/	植草恢复
		临时措施	泥浆池	袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖
	互通工程防治区	工程措施	表土剥离、土质排水沟、衬砌拱护坡	表土回覆、草皮剥离、草皮回铺、沉沙池、土地整治
		植物措施	生态毯护坡、衬砌拱填充生态袋	植草恢复
		临时措施	/	草皮养护、袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖
	附属工程防治区	工程措施	表土剥离、周边排水沟、蓄水池	表土回覆、土地整治
		植物措施	铺设生态毯	/
		临时措施	/	袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖
	改沟工程防治区	工程措施	表土剥离	表土回覆、土地整治
		植物措施	/	植草恢复
		临时措施	/	密目网苫盖
	临时堆土场防治区	临时措施	/	草皮养护、临时排水沟、临时沉沙池、袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖
	取土场防治区	工程措施	表土剥离、石笼网挡墙、周边排水沟、消力池	表土回覆、土地整治
		植物措施	植草恢复	栽植沙棘
		临时措施	/	袋装土拦挡及拆除、密目网苫盖
	施工便道防治区	工程措施	/	表土剥离及回覆、碾压层疏松、土地整治
		植物措施	/	植草恢复
		临时措施	/	彩条旗护栏、临时排水沟、临时沉沙池、袋装土拦挡及拆除
	施工生产生活防治区	工程措施	/	表土回覆、硬化层清除、土地整治
		植物措施	/	植草恢复
		临时措施	/	临时排水沟、临时沉沙池、密目网苫盖防护



* 主体界定为具有水土保持功能的措施

图 7-1 高山峡谷区水土流失防治体系图（一）



* 主体界定为具有水土保持功能的措施

图 7-2 高山峡谷区水土流失防治体系图（二）

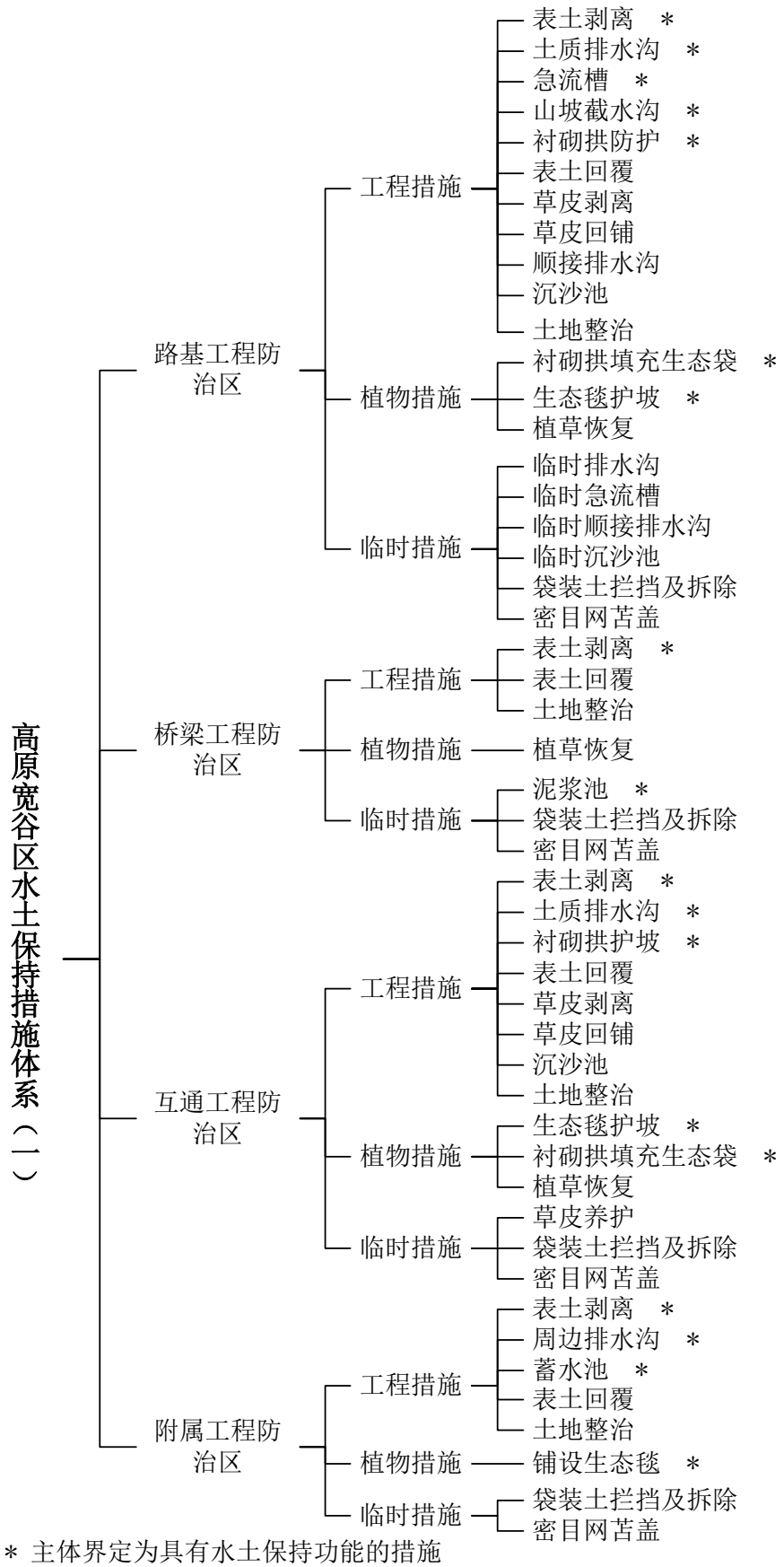
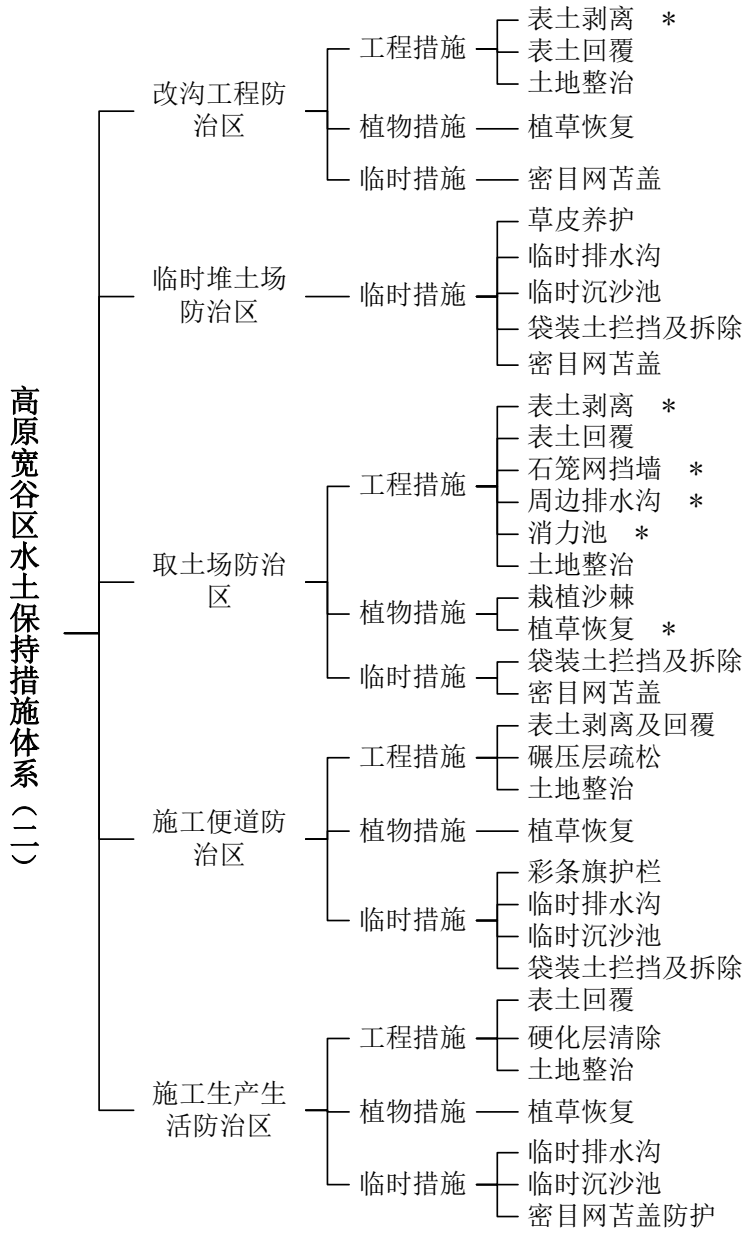


图 7-3 高原宽谷区水土流失防治体系图（一）



* 主体界定为具有水土保持功能的措施

图 7-4 高原宽谷区水土流失防治体系图（二）

7.6 工程级别及设计标准

7.6.1 工程级别

根据《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）的要求，并参考《防洪标准》（GB50201-2014），本方案确定坡面截排水工程及拦挡工程及植被恢复与建设工程级别。

⑴ 弃渣场级别：本项目沿线设置5处弃渣场，堆渣量9.09～99.92万m³（松方），最大堆渣高度H在8～59m，根据堆渣量以及最大堆高，本项目4级弃渣场4个，5级弃渣场1个。项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，拦挡工程等级和防洪标准应提高一级，弃渣场挡墙级别为4～5级，排洪工程级别为3～5级。

⑵ 植被恢复与建设工程级别：本项目主线为一级、二级公路工程，连接线为三级公路工程，主线治超站、吉塘养护工区、尼琼养护保通站的植被恢复和建设工程等级别取为 2 级；路基两侧边坡及绿化带的植被恢复和建设工程等级别取为 3 级；取土场、弃渣场、施工便道及施工生产生活区等临时占地区域的植被恢复和建设工程级别取为3级。

7.6.2 设计标准

⑴ 根据《公路排水设计规范》（JTG/T D33-2012），本项目主线加卡至浪拉山段为二级公路，浪拉山至邦达机场段为一级公路，主体设计对于永久占地范围内路面排水按重现期3年（一级路路段按5年），路界内坡面排水按重现期10年（一级路路段按15年）进行设计。

⑵ 按照规范要求，弃渣场排洪工程根据弃渣场级别，5级弃渣场排洪工程采用20年一遇设计洪水，30年一遇校核洪水；4级弃渣场排洪工程采用30年一遇设计洪水，50年一遇校核洪水，详见表 7-25。取土场、弃渣场及石料场永久截排水措施和临时堆土场周边临时排水措施采用5年一遇5min短历时暴雨排水设计标准，施工便道和施工生产生活区临时截排水措施采用3年一遇5min短历暴雨排水设计标准。

3）植被恢复与建设工程设计标准：2级标准应满足生态防护和环境保护要求，按生态公益林标准执行，有景观、游憩等功能要求的，结合工程所在地区的园林绿化标准，在生态公益林标准基础上适度提高；3级标准应满足生态保护和环境保护要求，执行生态公益林绿化标准。

7.7 分区措施布设

7.7.1 设计原则

⑴ 安全可靠的原则；

⑵ 经济合理，技术可行的原则；

⑶ 整体协调的原则。

7.7.2 高山峡谷区

7.7.2.1 路基工程防治区

⑴ 工程措施

1）表土处理

工程在设计时，对路基新增占地占用耕地、林地和草地部分采取了表土剥离措施。项目占用耕地部分，表土厚度相对较深，表土剥离厚度按照平均 20cm 计列；占用林地部分，表土层厚度约在 10～20cm，去除林木根系、杂质等，平均剥离表土厚度约为 15cm；占用天然牧草地表土厚度约为 15cm，且天然牧草地可剥离表土部分面积约占 70%，因此占地草地部分表土平均剥离厚度约为 10cm。剥离的表土运至临时堆土场集中堆放，工程后期根据需求回覆路基边坡绿化利用。

因路基工程分段进行施工，表土回覆过程中，应结合路基工程施工工序，每段工程完工后，采取植物措施的区域及时回铺表土。

经统计，路基工程区表土剥离 4.08 万 m^3，表土回覆 3.86 万 m^3。

2）排水措施

为确保路基稳定和路面整体强度、减少降水造成的灾害，主体对路基设计了排水系统。根据《公路排水设计规范》（JTG/T D33-2012），本项目主线加卡至浪拉山段为二级公路，主体设计对于永久占地范围内路面排水按重现期 3 年、路界内坡面排水按重现期 10 年进行设计，该设计标准满足《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）坡面截排水工程 1 级设计标准的要求。

排水沟：采用矩形排水沟，尺寸为 60×60cm，连接线尺寸为 40×40cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑，底部设置 10cm 砂砾垫层。路基下游排水畅通，不易引起积水路段采取散排形式，可不设置排水沟。

边沟：挖方段采用矩形边沟，尺寸为 60×60cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石

砌筑。

平台截水沟：填、挖方边坡平台上设置平台截水沟，采用 30cm 厚浆砌片石铺砌，尺寸 40×40cm。

山坡截水沟：当地表汇水面积较大、坡面抗冲刷能力较弱时，应在挖方路段边坡坡顶以外不小于 5m 处设置矩形截水沟。现场根据开挖后的实际情况，适当调整山坡截水沟设置位置。山坡截水沟尺寸为 50×50cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑，下设 10cm 砂砾垫层。出口与排水沟连接或引入天然冲沟中。

急流槽：路堑截水沟和平台排水沟、边沟与路基排水沟相接处坡度大于 1:5 时，设置急流槽衔接，避免水流流速大而造成冲刷。急流槽采用 C25 混凝土现浇。

顺接排水沟：本方案对于路基工程区增设了顺接排水沟，将路基排水沟引至附近有足够泄流能力的沟道或者河道，保护路基安全。此外，施工过程中需在涵洞下边坡与河道、沟渠等中间设置顺接排水沟，减少涵洞过水对下边坡的冲刷。顺接排水沟采用 60cm×60cm 矩形排水沟，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑。

主体设计中沿路基两侧布设了截排水沟，且考虑了截排水沟与桥涵、河流间的顺接工程，在施工期可以起到一定的防止水土流失作用，本方案补充沉沙池设计，沉淀泥沙后将水流排入附近沟渠或河流，同时兼做消力池，可减少坡面水流对坡底排水沟断面的冲刷。沉沙池根据本项目涵洞及通道的位置进行布置，沉沙池为矩形，沉沙池开挖平面尺寸为 3.0m（长）×2.0m（宽），深 1.0m，浆砌石厚度 30cm，经沉沙池沉淀水流中的泥沙后，再排至下游附近的沟渠，沉沙池沉淀的泥沙指定专人定期清理。

经统计，路基工程区排水沟 12171m，边沟 15602m，急流槽 2446m，平台截水沟 4876m，山坡截水沟 4318m，顺接排水沟 1375m，沉沙池 55 个。

3）综合护坡措施

①填方边坡综合防护

当填方路基边坡高度 H>3m 时，采用衬砌拱防护，骨架采用混凝土衬砌拱，拱内填筑生态袋，其工程量计入植物措施。

②挖方边坡综合防护

当挖方路基边坡高度 H>3m 时，坡面采用菱形框架防护，框架采用浆砌石衬砌，框架内填充生态袋，其工程量计入植物措施。

经统计，路基工程区衬砌拱护坡 76262m²，菱形框架防护 105622m²。

4）土地整治

施工结束后，对于边坡、护坡道、碎落台以及公路用地界内裸露的区域进行土地整治，以备后期绿化恢复。土地整治 38.42hm²。

⑵ 植物措施

1）植物措施布设

根据主体设计，不同高度的挖填边坡采取不同的防护措施，其中填方高度和挖方深度 H≤3m 的时采用植草防护（生态毯），此外当填方路基边坡高度 H>3m 时采用的衬砌拱防护，挖方路基边坡高度 H>3m 时坡面采用的菱形框架防护，拱内以及框架内均填充了生态袋。

工程结束后，对于护坡道、碎落台等裸露区域、坡地两侧的用地界内回覆表土并撒播草籽，卡若区及察雅县内气候条件较好的坡地两侧用地界内种植乔灌绿化。根据现场调查，周边生长的植物种类中藏川杨、云杉、忍冬、老芒麦和垂穗披碱草草种较为普遍，乔木主要采用藏川杨、云杉混合种植，灌木主要选用沙棘，乔木种植株行距 4m×5m，灌木种植株行距 1.5m×1.5m，植草采用老芒麦和垂穗披碱草混播，用量 100kg/hm²。

2）植物管护

由于本项目海拔相对高，气候条件差，采取撒播草籽的植物措施后，为加快植物措施的恢复，后期必须加强对撒播草籽区域的管护措施，其投资计入植物措施抚育管理费中。

①需要加强后期浇水养护措施，经常浇水，保持土壤潮湿，加快植物生长。

②加强防护，禁止人畜进入，以利于植被快速恢复。

③积极防治病、虫、鼠害，保护草地的正常生长。

据统计，路基工程区边坡衬砌拱护坡 55671m²，菱形框架防护 58092m²，生态毯护坡 51761m²，种植藏川杨 1506 株，种植云杉 1506 株，种植沙棘 26769 株，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 15.06hm²。

⑶ 临时措施

1）临时排水、沉沙措施

路基开挖以及填筑施工前，在放坡线两侧开挖边沟、排水沟，开挖侧坡顶设山坡截水沟，分级平台内侧设平台截水沟，陡坡段设置急流槽，路基排水系统末端接顺接

排水沟，出口处设沉沙池，以上排水系统和主体施工同步进行，临时排水、沉沙工程与永久排水、沉沙工程结合，不计工程量。

2）填方路基下边坡拦挡

在路基挖填过程中由于边坡防护措施尚未实施，可能引起水土流失现象，对于填方高度超过 1m 路基，在下边坡设置袋装土拦挡，堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面，完工后拆除拦挡。据统计，袋装土临时拦挡 10080m。

3）临时堆土防护措施

路基施工过程中，在桩号间土石方调用的土方运至相应桩号段回填临时堆放的过程中，可能遇大风或降雨天气，为减少其水土流失量，可准备密目网对这部分土石方临时苫盖防护，可采用密目网苫盖（密目网规格 100g/m²），并用块石压重。此外，对于开挖或回填裸露路基边坡准备密目网苫盖，以减少大风及降雨气候条件下产生的水土流失量。

密目网可重复利用，依据需求量的 50%计列。据统计，密目网苫盖 13.46 万 m²。

4）施工期运输管理

路基工程施工过程中，运用车辆运输完成各桩号挖填调运利用，车辆的来回运输易产生扬尘，土石易洒落于道路上，对本段公路产生一定影响。为尽量减少对公路的影响，施工过程中应对运土汽车加强施工管理，大风天气应覆盖密目网，减少沙土的洒落及扬尘，使施工运输过程中对环境的影响降到最低。

⑷ 工程量汇总

高山峡谷区路基工程防治区水土保持措施工程量，详见表 7-7。

表 7-7 高山峡谷区路基工程防治区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	合计	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	4.08	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m³	3.86	新增措施
	排水沟	长度	m	12171	主体已有
		M10 浆砌片石	m³	8763	
		砂砾垫层	m³	987	
		开挖土石方	m³	14606	
	边沟	长度	m	15602	
		M10 浆砌片石	m³	12018	
		砂砾垫层	m³	925	
		开挖土石方	m³	9596	
	急流槽	长度	m	2446	

表 7-7 高山峡谷区路基工程防治区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	合计	备注
		C25 混凝土现浇	m³	2230	
		开挖土石方	m³	4239	
	平台截水沟	长度	m	4876	
		M10 浆砌片石	m³	880	
		C25 混凝土现浇	m³	600	
		开挖土石方	m³	2833	
	山坡截水沟	长度	m	4318	
		M10 浆砌片石	m³	2720	
		砂砾垫层	m³	518	
		开挖土石方	m³	4274	
	顺接排水沟	长度	m	1375	新增措施
		开挖土方	m³	1485	
		M10 浆砌片石	m³	990	
	沉沙池	数量	个	55	
		开挖土方	m³	187	
		浆砌石衬砌	m³	559	
	衬砌拱护坡	面积	m²	76262	主体已有
		C25 混凝土预制	m³	847	
		C25 混凝土现浇	m³	15000	
		开挖土石方	m³	15385	
		培耕植土	m³	13918	
	菱形框架防护	面积	m²	105622	
		M10 浆砌片/块石	m³	31483	
		C25 混凝土预制	m³	2729	
		开挖土方	m³	29327	
		培耕植土	m³	20343	
	土地整治	面积	hm²	38.42	新增措施
植物措施	边坡衬砌拱护坡	生态袋填充	m²	55671	主体已有
	菱形框架防护	生态袋填充	m²	58092	
	生态毯护坡	面积	m²	51761	
		耕植土	m³	11388	
		生态毯	m²	56937	
	乔木	藏川杨	株	1506	新增措施
		云杉	株	1506	
	灌木	沙棘	株	26769	
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	15.06	
		用量	kg	1506	
临时措施	临时排水沟	长度	m	36967	永临结合

表 7-7 高山峡谷区路基工程防治区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	合计	备注
	临时急流槽	长度	m	2446	
	临时顺接排水沟	长度	m	1375	
	临时沉沙池	数量	个	55	
	袋装土拦挡及拆除	长度	m	10080	新增措施
		袋装土填筑	m^3	5040	
		袋装土拆除	m^3	5040	
	密目网苫盖	苫盖面积	万 m^2	13.46	
		密目网面积	万 m^2	6.78	

7.7.2.2 桥梁工程防治区

高山峡谷区共设置桥梁 17912.392m/29 座，特大桥 10135m/7 座、大桥 7589m/19 座、中桥 188.392m/3 座。以中心桩号 K27+877 的梯贡 2 号大桥作为典型设计，梯贡 2 号大桥长 473m，桥面宽度净 12m，桥跨方案为 5×30+68+120+68+2×30 连续梁桥，上部结构为变截面预应力混凝土连续箱梁，下部结构圆柱墩、薄壁墩、U 台、桩基础，涉水桥墩 2 个，采用钢板围堰进行施工。桥梁占地面积约 0.46hm^2，占地类型为河流水面和灌木林地。

⑴ 工程措施

1）表土处理

根据对主体设计的分析，桥梁工程开始前需先剥离桥墩基础扰动范围的表土用于后期植被恢复，该路段部分占用灌木林地，表土平均剥离厚度为 15cm。剥离的表土运至 DT1 临时堆土场集中堆放，工程后期根据需求回覆桥下扰动范围绿化利用，本段共剥离及回覆表土 0.02 万 m^3。

2）排水沟

桥梁桥台两侧排水沟与路基排水沟顺接，采用路基排水沟相同的排水沟断面，设置矩形排水沟，尺寸为 60×60cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑，底部设置 10cm 砂砾垫层。

桥梁靠近山体侧开挖坡顶以外不小于 5m 处设置矩形截水沟。现场根据开挖后的实际情况，适当调整山坡截水沟设置位置。山坡截水沟尺寸为 50×50cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑，下设 10cm 砂砾垫层。

桥梁两侧挖方边坡平台上设置平台截水沟，采用 30cm 厚浆砌片石铺砌，尺寸 40×40cm。

截水沟和平台排水沟与两侧排水沟相接处坡度大于 1:5 时，设置急流槽衔接，避免水流流速大而造成冲刷。急流槽采用 C25 混凝土现浇。

K27+877 的梯贡 2 号大桥两侧设置排水沟长 160m。

3）土地平整

桥梁工程完毕后，根据设计要求，桥下可恢复植被区域，需进行场地平整，并采取相应植被恢复措施。本项目桥梁场地平整面积为 0.09hm²。

⑵ 植物措施

桥梁工程施工结束后，桥梁下迹地由于施工扰动，表面植被已被破坏，土层裸露，施工结束后若不采取相应措施，易发生水土流失，采用植物措施对桥下迹地进行防护。根据桥下迹地植物生长的环境条件，拟采用撒播老芒麦和垂穗披碱草草籽混播恢复植被。桥下迹地需撒播草籽 0.09hm²，按照 100kg/hm²进行撒播。

撒播草籽区域的管护措施详见路基工程区措施设计。

⑶ 临时措施

1）泥浆池

根据主体设计，桥梁桥墩基础采用桩基础的，在桥墩附近人工挖泥浆池，泥浆池为长方形，长 6.0m，宽度 5.0m，深度 2.0 m，边坡 1:0.5 并夯实，池壁采取塑料布衬砌。施工过程中桥梁开挖泥浆在沉淀池中沉淀及晾晒后再运至弃渣场回填，钻孔完工后，将泥浆池回填平整，恢复原地貌。

2）桥台下边坡拦挡

由于桥梁架设于坡面，施工过程中可能由于施工车辆及人员等外力扰动使沿河侧土层松散，滚落至下边坡，施工过程中，在桥台下边坡布设临时拦挡措施，临时拦挡采用袋装土，临时拦挡采用袋装土，堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面。桥台施工结束后，拆除临时拦挡，与弃渣一同运至路基边坡，铺设于路基边坡。

3）临时苫盖

施工期桥梁开挖弃渣临时堆放于桥梁占地范围内，堆放高度控制在 2m，堆放边坡控制在 1：2，备用密目网苫盖，完工后跟路基弃渣一起铺设于路基边坡。

根据估算，K27+877 的梯贡 2 号大桥设置了泥浆池 3 个，袋装土拦挡及拆除 330m，需苫盖密目网 0.08 万 m²。

桥梁工程防治区水土保持措施典型设计详见附图 11。

(4) 工程量汇总

根据桥梁典型设计，计算高山峡谷区桥梁工程防治区水土保持措施工程量，其工程量汇总情况详见表 7-8。

表 7-8 高山峡谷区桥梁工程防治区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	工程量	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	1.35	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m³	1.35	新增措施
	排水沟	长度	m	18150	主体已有
		M10 浆砌片石	m³	12814	
		砂砾垫层	m³	2139	
		开挖土石方	m³	21356	
	急流槽	长度	m	154	
		C25 混凝土现浇	m³	208	
		开挖土石方	m³	424	
	平台截水沟	长度	m	145	
		M10 浆砌片石	m³	84	
		C25 混凝土现浇	m³	19	
		开挖土石方	m³	85	
	山坡截水沟	长度	m	470	
		M10 浆砌片石	m³	296	
		砂砾垫层	m³	56	
		开挖土石方	m³	465	
	菱形框架防护	面积	m²	47327	
		M10 浆砌片/块石	m³	14107	
		C25 混凝土预制	m³	1223	
		开挖土方	m³	13141	
		培耕植土	m³	9115	
	土地平整	面积	hm²	24.92	新增措施
植物措施	菱形框架防护	生态毯	m²	26030	主体已有
	生态毯护坡	面积	m²	20283	
		耕植土	m³	4462	
		生态毯	m²	22311	
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	18.16	新增措施
		用量	kg	1816	
临时措施	泥浆池	数量	个	250	主体已有
		开挖土方	m³	14970	
		塑料布衬底	m²	18463	
	袋装土拦挡及拆除	长度	m	3780	新增措施
		袋装土填筑	m³	1890	
		袋装土拆除	m³	1890	
	密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	4.67	
		密目网面积	万 m²	4.67	

7.7.2.3 隧道工程防治区

高山峡谷区共设置隧道 28974.2m/21 座，其中特长隧道 3835m/1 座，长隧道

19007.2m/10 座，中隧道 4381m/5 座，短隧道 1751m/5 座。

根据各隧道进出口具体特点，选择瓦约隧道进行水土保持措施典型设计。

瓦约隧道长 850m，进口位于桩号 K31+740，出口桩号 K32+590，进口为偏压式洞门，出口为端墙式洞门，隧道主洞建筑限界宽 10.5m，净高 5.0m。洞脸及周边开挖扰动面积约为 3600m²（进出口合计），主要占用灌木林地和天然牧草地。

⑴ 工程措施

体设计在隧道开挖前对洞口范围进行清表，灌木林地平均剥离厚度 15cm，天然牧草地根据查勘情况评价剥离厚度 10cm，工程后期根据需求回覆洞口绿化利用。考虑洞口占地范围较小，表土剥离量少，直接运至临近 DT2 临时堆土场与路基剥离表土一并防护，防护工程量计入临时堆土场防治区，在此不重复计列。

根据主体设计，隧道工程排水措施分为了洞口截排水及主洞排水。

洞口截排水在洞门、明洞边坡刷坡线 5m 外顺地势布设洞顶截水沟（截水沟尽量隐蔽），将地面径流通过天沟引入自然沟谷排走，截排水沟采用 60×60cm 矩形现浇混凝土断面。

隧道采用侧向排水暗沟，隧道暗洞复合衬砌防排水系统由防水板、环向排水管、纵向排水管、横向引水管与侧向排水沟组成。施工中需保证结构接缝的施工质量。侧向排水暗沟采用管径Φ40cm 的预制混凝土管。

本方案补充消力池（兼沉沙池），沉沙池平面尺寸为 3.0×2.0m，深 1.0m，浆砌片石衬砌 30cm。排水经沉池后顺接至下游有足够泄流能力的天然沟渠或路基排水系统。

隧道完工后，对于洞脸以及下边坡裸露处进行土地平整，以备后期绿化。

据典型设计，瓦约隧道表土剥离及回覆 0.05 万 m³，洞口截水沟 308m，隧道内侧向排水沟 1700m，进出口共设计沉沙池 4 个，土地整治 0.25hm²。

⑵ 植物措施

1）洞口护坡

本隧道洞门进口采取偏压式，出口采取端墙式，洞脸上边坡扰动范围，主体设计除了部分硬化的区域外，洞顶平台以及边坡均采取生态毯护坡的形式，隧道进出口生态毯护坡共计 1764m²。

2）隧道施工平台植物措施

瓦约隧道施工平台成型后，同步对平台边坡采取灌草结合方式绿化；施工完毕后，

对隧道施工平台内的施工迹地未硬化区域进行土地整治后，进行植草恢复。灌木主要选用沙棘，灌木种植株行距 1.5m×1.5m，植草采用老芒麦和垂穗披碱草混播，用量 100kg/hm²。

据典型设计，瓦约隧道进出口栽植沙棘 280 株，混播老芒麦和垂穗披碱草面积 0.08hm²。

⑶ 临时措施

1）临时苫盖

在施工过程中，对于隧道工程裸露的施工面采取彩条布苫盖，防止降雨形成的地表径流对松散土质边坡的冲刷。经统计，瓦约隧道进出口密目网苫盖面积为 1100m²。

2）隧道施工平台临时拦挡

隧道洞口距山脚有一定距离，无施工作业空间，初期隧道口采用半挖半填形成洞口施工平台，为严格控制施工平台扰动范围，进一步增加平台的稳定性，设计沿平台坡脚布设石笼网挡墙，根据地形挡渣墙高度 2.0m，顶宽 1.0m，底宽 2m。当主体设计边坡防护工程施工完毕后，拆除拦挡。施工过程中对施工平台临时裸露坡面苫盖密目网防护，据典型设计，瓦约隧道进出口共设计石笼网挡墙 120m。

隧道工程防治区水土保持措施典型布设图见附图 12。

⑷ 工程量汇总

根据典型设计，计算隧道工程防治区水土保持措施工程量，详见表 7-9。

表 7-9 高山峡谷区隧道工程防治区水土保持措施工程量汇总表

水土保持措施			单位	工程量	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.60	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m³	0.60	新增措施
	洞口截水沟	长度	m	6468	主体已有
		C20 现浇混凝土	m³	4656	
	洞内侧式排水沟	长度	m	57948	
		预制混凝土管	m	38241	
	沉沙池	数量	个	84	新增措施
		开挖土方	m³	454	
		浆砌石	m³	286	
	土地整治	面积	hm²	5.80	
植物措施	生态毯护坡	面积	m²	40572	主体已有
		耕植土	m³	8926	
		生态毯	m²	44629	
	灌木	沙棘	株	6182	新增措施

表 7-9 高山峡谷区隧道工程防治区水土保持措施工程量汇总表

水土保持措施			单位	工程量	备注
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	1.74	
		用量	kg	174	
临时措施	石笼网挡墙	长度	m	2940	
		石笼网	m³	8820	
	密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	2.48	
		密目网面积	万 m²	2.48	

7.7.2.4 附属工程防治区

本项目高山峡谷区，在吉塘连接线 GJTK1+100 设置 1 处吉塘养护工区，在主线桩号 K35+060 路基右侧设置 1 处瓦约主线治超站，并在沿线根据实际情况设置隧道变电所 23 个，消防泵房 10 个。

选择吉塘养护工区进行典型措施设计，吉塘养护工区 GJTK1+100，占地面积 1.33hm²，占地范围内主要为旱地、天然牧草地。该场地现状西北高、东南低，现状高程范围 3301～3318m，场地平台设计标高 3318m，竖向布置采用平坡式，自设计平台向现状地面放坡，填筑坡比为 1:2。

⑴ 工程措施

附属工程区占用旱地和天然牧草地，工程开始前需将可利用表土进行剥离，旱地表土平均剥离厚度为 20cm，天然牧草地平均剥离厚度为 10cm，完工后用于绿化。

吉塘养护工区布置了排水沟和蓄水池。排水沟沿四周围墙布设，采用混凝土盖板边沟，40cm×40cm 矩形断面，混凝土厚度为 30cm。排水沟连接工区内蓄水池，平面尺寸为 8m×7m，深 2m，浆砌石厚度 30cm，用于收集和储存周边来水以供工区人员生活生产用水，蓄水池出口顺接至周边有足够泄流能力的天然沟渠。

主体设计对养护工区周边填筑坡面采用衬砌拱防护，骨架采用混凝土衬砌拱，拱内填充生态袋，其工程量计入植物措施。

工程后期，对于附属工程区内的绿化区域进行土地整治，以便于后期绿化。

吉塘养护工区表土剥离及回覆 0.70 万 m³，衬砌拱护坡 2667m²，周边排水沟 693m，蓄水池 1 个，土地平整 0.59hm²。

⑵ 植物措施

根据主体设计，吉塘养护工区海拔高程 3301～3318m，场区内部可适当绿化增加景观效果，对场区道路周边主要采取规则式的种植方式，而对办公楼或建筑物附近的主要观景点则采取精细化自然式种植，以丰富建筑物周边景观。植物选择上，乔木主

要采用藏川杨、云杉混合种植，灌木主要选用忍冬，乔木种植株行距 4m×5m，灌木种植株行距 1.5m×1.5m，地被铺设生态毯。

周边填筑边坡按照填方路基边坡防护进行设计，采用衬砌拱护坡，骨架内生态袋填充。

吉塘养护工区衬砌拱护填充生态袋 1947m²，栽植藏川杨 80 株，栽植云杉 80 株，栽植忍冬 1422 株，铺设生态毯 3200m²。

⑶ 临时措施

对于吉塘养护工区剥离的表土、挖填方及建设所需的土料及砂石料，在施工期间分区临时堆放于附属工程区空地上，表土周边设袋装土临时拦挡，袋装土采用梯形断面，顶宽 50cm，高 50cm，边坡 1：1，临时堆土表面用密目网苫盖；对于一般弃土由于挖填活动频繁，仅考虑表面苫盖，用块石压脚。

吉塘养护工区需袋装土拦挡 186m，密目网苫盖 0.32 万 m²。

附属工程防治区水土保持措施典型布设图见附图 14。

⑷ 工程量汇总

根据养护工区水土保持设计，计算附属工程防治区水土保持措施工程量，其工程量汇总情况详见表 7-10。

表 7-10 高山峡谷区附属工程区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	高山峡谷区	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.54	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m³	0.54	新增措施
	周边排水沟	长度	m	5320	主体已有
		开挖土方	m³	3724	
		C25 混凝土砌筑	m³	2872	
	蓄水池/沉沙池	数量	m	35	
		开挖土方	m³	535	
		M10 浆砌石衬砌	m³	212	
	衬砌拱护坡	面积	m²	7667	
		C25 混凝土预制	m³	85	
		C25 混凝土现浇	m³	1508	
		开挖土石方	m³	1547	
		培耕植土	m³	1399	
	土地平整	面积	hm²	1.37	新增措施
植物措施	铺设生态毯	面积	m²	6000	主体已有
		耕植土	m³	1320	

表 7-10 高山峡谷区附属工程区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	高山峡谷区	备注
		生态毯	m²	6600	
	衬砌拱护坡	骨架内生态袋填充	m²	5597	
	乔木	藏川杨	株	150	
		云杉	株	150	
	灌木	忍冬	株	2667	
临时措施	袋装拦挡及拆除	长度	m	537	新增措施
		袋装土填筑	m³	269	
		袋装土拆除	m³	269	
	密目网苫盖	面积	万 m²	0.80	

7.7.2.5 改路工程防治区

高山峡谷区全线改路 13 处，占地类型包括水浇地、灌木林地、天然牧草地、其他草地以及裸土地。

本次选取 K33+900 处改路进行改路工程典型设计，GL4 改路桩号 GL04K0+000～GL04K0+167.754，路线总长 168m，为一处等外道路，路基宽度 4.5m，混凝土路面，此次改路仍采用原公路设计标准，GL4 改路工程占地面积 0.22hm²，占地类型包括灌木林地和天然牧草地。

⑴ 工程措施

GL4 改路施工前，主体对占用灌木林地和天然牧草地范围内表土进行剥离，后期利用至边坡绿化恢复，灌木林地平均剥离厚度 15cm，天然牧草地平均剥离厚度 10cm。考虑改路占地范围较小，空闲区域较少，剥离直接运至临近 DT2 临时堆土场与路基剥离表土一并防护，防护工程量计入临时堆土场防治区，在此不重复计列。GL4 改路表土剥离及回覆 0.01 万 m³。

GL4 改路排水系统具体设计尺寸同路基工程区，开挖来水侧设边沟 336m，矩形尺寸为 40×40cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑。

在排水沟出口补充沉沙池，沉淀汇水中泥沙后顺接至周边有足够泄流能力的天然沟渠，顺接排水沟断面采用矩形浆砌石断面，宽 40cm、深 40cm，浆砌石衬砌厚度 30cm。沉沙池为矩形，开挖平面尺寸为 2.0m（长）×1.0m（宽），深 1.0m，浆砌石厚度 30cm，沉沙池沉淀的泥沙指定专人定期清理。顺接排水沟长 40m，沉沙池 2 个。

完工后，对裸露边坡进行土地整治，回覆表土，以便后期绿化恢复，土地整治面积 631m²。

⑵ 植物措施

主体设计对路基两侧边坡设计植草皮防护，本方案补充对土路肩以及坡脚外侧扰动迹地混播老芒麦和垂穗披碱草草籽恢复，草籽撒播密度 100kg/hm²。据统计，GL4 改路植草皮防护 363m²，混播草籽 268m²。

⑶ 临时措施

路基施工过程中，临时堆放的土料周边采取拦挡，临时堆料以及路基临时裸露边坡采取密目网苫盖防护，减轻大风及降雨气候条件下的水土流失。据测算，临时袋装土拦挡 70m，密目网苫盖面积 0.02 万 m²。

GL4 段改路工程防治区水土保持典型措施布设详见附图 15。

⑷ 工程量汇总

改路工程区水土保持措施工程量详见表 7-11。

表 7-11 高山峡谷区改路工程区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	工程量	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.32	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m³	0.32	新增措施
	边沟	长度	m	7457	主体已有
		土方开挖	m³	615	
		M10 浆砌片石	m³	8054	
	周边排水沟	长度	m	520	新增措施
		土方开挖	m³	364	
		浆砌石衬砌	m³	281	
	沉沙池	数量	个	26	
		开挖土方	m³	141	
		浆砌石衬砌	m³	89	
	土地整治	面积	hm²	1.86	
植物措施	植草皮护坡	面积	hm²	1.62	主体已有
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	0.25	新增措施
		用量	kg	25	
临时措施	袋装土拦挡及拆除	长度	m	941	
		袋装土填筑	m³	470	
		袋装土拆除	m³	470	
	密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	0.89	
		密目网面积	万 m²	0.89	

7.7.2.6 改沟工程防治区

主体设计对路基占用的当地农用排灌沟渠，后期进行复建，高山峡谷区改沟 2 处，

长度 538m，本设计均采用 C25 现浇混凝土梯形沟，梯形沟尺寸均为 4m×2m，边坡 1:0.75，混凝土衬砌 20cm。

选择 GQ1 作为典型设计，该段改渠桩号 GQ1K0+000～GQ1K0+389.721，长度 390m，采用宽 4m、高 2.0m 的梯形现浇混凝土结构，边坡 1:0.75，混凝土衬砌 20cm，占地面积 0.31hm²，现状为天然牧草地。

⑴ 工程措施

GQ1 改沟施工前，主体对占用天然牧草地范围内表土进行剥离，天然牧草地平均剥离表土厚度 10cm。考虑改沟占地范围较小，空闲区域较少，剥离直接运至临近 DT8 临时堆土场与路基剥离表土一并防护，防护工程量计入临时堆土场防治区，在此不重复计列。

GQ1 改沟工程施工结束后，对沟顶部两侧扰动范围进行平整后回覆表土，以备后期绿化，土地整治 0.06hm²。

⑵ 植物措施

改沟施工结束后，对沟顶部两侧扰动范围采取植草恢复，草籽选用老芒麦和垂穗披碱草混合，用量为 100kg/hm²，撒播草籽 0.06hm²。

⑶ 临时措施

由于改沟施工时序较短，主要对施工过程中临时堆放的土方以及暂时裸露的坡面采取苫盖防护，减轻降雨及大风天气时的水土流失，密目网苫盖面积 100m²。

GQ1 改渠工程防治区水土保持典型措施布设详见附图 15。

⑷ 工程量汇总

改沟工程防治区水土保持措施工程量详见表 7-12。

表 7-12 高山峡谷区改沟工程区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	工程量	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.02	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m³	0.02	新增措施
	土地整治	面积	hm²	0.09	
植物措施	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	0.09	
		用量	kg	9	
临时措施	密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	0.13	
		密目网面积	万 m²	0.13	

7.7.2.7 临时堆土场防治区

高山峡谷区共设置临时堆土场 10 处，主线沿线 5 处，吉塘连接线 1 处，利用弃渣

场占地4处，堆放路基工程、桥梁工程、隧道工程、改路工程、改沟工程剥离表土，表土堆高 2.0～5.0m，占地面积 5.00hm²，均利用路基红线或弃渣场范围，未新增临时占地，占地类型为旱地、灌木林地和天然牧草地。选择 DT3 作为水土保持措施典型设计。

DT3 临时堆放场位于道路桩号 K34+550 路基征地红线内，位于卡若区卡若镇瓦约村，DT3 临时堆放场位于一处缓坡地，现状地面高程 3179～3182m，按 1:2.5 进行放坡，最大堆高 3.0m，临时堆放表土 0.75 万 m³，占地面积 0.30m²，占地类型为天然牧草地。

⑴ 工程措施

DT3 临时堆放场利用主线 K34+550 前后路基红线堆土，后期表土回覆后土地整治工程量计入路基工程中，不再单独计列。DT3 临时堆放场为缓坡地堆土，堆土前要求整平基面至横坡不大于 5°，避免在倾斜基面上直接堆土形成顺坡滑移面。

⑵ 植物措施

DT3 临时堆放场利用主线 K34+550 前后路基红线堆土，后期表土回覆后植被恢复措施工程量计入路基工程中，不再单独计列。

⑶ 临时措施

DT3 临时堆放场利用主线 K34+550 前后路基红线堆土，占地范围内表土在路基施工过程中将进行剥离，不再单独计列表土保护措施；临时堆土场最大堆高不超过 3.0m，堆土区域地势总体平坦，堆土下游无敏感点，表土堆放前在场地周边布设袋装土拦挡，堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面，表面采用密目网苫盖，并用袋装土压重。密目网可重复利用，利用率按 30%计。

为控制松散堆土在降雨条件下的水土流失，拦挡外侧设临时排水沟，经过流能力复核后，排水沟采用梯形断面，底宽 60cm，深 60cm，边坡 1：1 并夯实；在边界最低处布设沉沙池，临时沉沙池为矩形，平面尺寸为 2.5m（长）×2.0m（宽），深 1.5m，边坡 1:0.5 不衬砌，经沉沙池沉淀水流中的泥沙后，顺接至附近有足够泄流能力的沟渠或河道。

DT3 临时堆放区临时排水沟 361m，临时沉沙池 1 个，袋装土拦挡 329m，密目网苫盖 0.36 万 m²。

DT3 临时堆放场水土保持措施典型布设图见附图 16。

⑷ 工程量汇总

根据 DT3 临时堆放场措施设计，计算高山峡谷区临时堆土场防治区水土保持工程

量，详见表 7-13。

表 7-13 高山峡谷区临时堆土场防治区水土保持措施工程量表

临时堆土场编号	临时措施												
	临时排水沟			临时沉沙池			袋装土拦挡及拆除			石笼网挡墙		密目网苫盖	
	长度	开挖土方	C25 混凝土现浇	数量	开挖土方	C25 混凝土现浇	长度	袋装土填筑	袋装土拆除	长度	石笼网	苫盖面积	密目网面积
	m	m^3	m^3	个	m^3	m^3	m	m^3	m^3	m	m^3	万 m^2	万 m^2
DT1	264	132		1	3		240	120	120			0.19	0.06
DT2	330	238		1	3		300	150	150			0.30	0.09
DT3	361	260		1	3		329	164	164			0.36	0.11
DT4	302	218		1	3		275	137	137			0.25	0.08
DT5	407	1025	493	1	36	18				246	738	0.46	0.14
DT6	692	678		1	3		629	315	315			1.32	0.40
合计	2990	3362	493	8	57	18	2348	1174	1174	246	738	3.98	1.20
备注	新增措施												

7.7.2.8 石料场防治区

根据主体设计，本项目高标水泥骨料制备需石料 48.63 万 m^3，石料场成品率约 90%，计划开采片石料 54.03 万 m^3。主体设计在项目沿线设置 1 处石料场，为坡地开采，石料场位于高山峡谷区。

石料场位于桩号 K57+000 左侧 2.3km 处，主要用于工程高标水泥骨料，新开便道至石料场坡脚，实际开采时先从沟底高程 3500m 处修筑便道至石料场顶部开挖边界，向下逐级开挖，新建便道 2.4km。该料场地面高程 3550～3650m，占地类型为裸土地。该石料场计划开采石料 54.03 万 m^3，产生废方 5.40 万 m^3（运至 SQT-4 临时弃渣场集中防护），料场最大开挖高度 100m，石料场位于山坡，汇水范围为料场底部开挖线两侧沿流线至顶部山脊线占地 8.58hm^2。

⑴ 截排水设计

1）设计标准

石料场、取土场和弃渣场的永久截排水措施断面，临时堆土场、施工便道和施工生产生活区的临时截排水措施断面在此一同计算复核及设计，其中石料场、取土场、弃渣场排水系统主体已有设计，在此仅对排水系统尺寸规格进行复核。

根据《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014），并参考《防洪标准》（GB50201-2014），项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，排水标准提高一级，石料场、取土场永久截排水措施采用 5 年一遇 5min 短历时暴雨排水设计标准，弃渣场根

据工程级别不同，采取了不同标准的设计洪水，各弃渣场防洪设计标准采用值详见表7-25，弃渣场周边永久截排水措施以及临时堆土场周边截排水措施采用 5 年一遇 5min 短历时暴雨设计标准，施工便道和施工生产生活区临时截排水措施采用 3 年一遇 5min 短历时暴雨排水设计标准。

2）排水（洪）沟设计流量

①坡地汇水采用《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）附录 A.4.1 公式计算，该公式主要针对永久截（排）水沟。

$$Q_m = 16.67\phi qF \qquad (7-1)$$

式中：Q_m——设计频率产生的洪峰流量（m^3/s）；

ϕ——径流系数，按照表 A.4.1-1 要求确定，有两种以上不同地表种类时，应按照不同地表种类面积加权求得平均径流系数；

q——设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度（mm/min）；

F——汇水面积（km^2）。

表 7-14 坡面排水设计流量成果表

排水沟名称	5 年一遇 10min 降雨强度 q5,10	径流系数 φ	重现期转换系数 Cp	降雨历时转换系数 Ct	降雨历时 t	设计降雨强度	汇水面积 F	设计流量
	mm/min	/	/	/	min	mm/min	km^2	m^3/s
SQT-1 弃渣场 1#截水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.126	3.41
SQT-3 弃渣场 1#截水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.76	20.59
ZCLC3 石料场 1#截水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.14	3.79
SQT-4 临时弃渣场 1#截水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.45	12.19
SQT-9 临时弃渣场 1#截水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.636	17.23
SQT-11 取土场 1#截水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.5944	16.10
DT1 临时堆土场排水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.0038	0.10
DT2 临时堆土场排水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.0099	0.27
DT3 临时堆土场排水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.011	0.30
DT4 临时堆土场排水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.0119	0.32
DT6 临时堆土场排水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.0188	0.51
DT8 临时堆土场排水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.0534	1.45
DT9 临时堆土场排水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.0355	0.96
DT10 临时堆土场排水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.0222	0.60
DT11 临时堆土场排水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.1326	3.59
DT12 临时堆土场排水沟	1.3	1.00	1	1.250	5	1.625	0.0298	0.81
BD1 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0311	0.70
BD2 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0253	0.57
BD3 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0247	0.55
BD4 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0240	0.54
BD5 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0239	0.54
BD6 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0241	0.54
BD7 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0297	0.67

表 7-14 坡面排水设计流量成果表

排水沟名称	5 年一遇 10min 降雨强度 q5,10	径流系数 φ	重现期转换系数 Cp	降雨历时转换系数 Ct	降雨历时 t	设计降雨强度	汇水面积 F	设计流量
	mm/min	/	/	/	min	mm/min	km^2	m^3/s
BD8 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0278	0.63
BD9 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0340	0.76
BD10 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0246	0.55
BD11 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0221	0.50
BD12 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0258	0.58
BD13 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0268	0.60
BD14 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0339	0.76
BD15 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0262	0.59
BD16 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0340	0.76
BD17 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0216	0.48
BD18 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0338	0.76
BD19 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0313	0.70
BD20 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0298	0.67
BD21 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0241	0.54
BD22 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0318	0.71
BD23 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0277	0.62
BD24 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0294	0.66
BD27 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0321	0.72
BD28 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0315	0.71
BD29 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0106	0.24
BD30 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0145	0.33
BD31 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0156	0.35
BD32 便道排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0107	0.24

表 7-14 坡面排水设计流量成果表

排水沟名称	5 年一遇 10min 降雨强度 q5,10	径流系数 φ	重现期转换系数 Cp	降雨历时转换系数 Ct	降雨历时 t	设计降雨强度	汇水面积 F	设计流量
	mm/min	/	/	/	min	mm/min	km^2	m^3/s
CD1 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0494	1.11
CD2 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.1316	2.96
CD3 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0493	1.11
CD4 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.2484	5.58
CD5 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0391	0.88
CD6 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.6195	13.93
CD7 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0505	1.14
CD8 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.6623	14.89
CD9 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.1118	2.51
CD10 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.5011	11.27
CD11 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0444	1.00
CD12 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0544	1.22
CD13 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0750	1.69
CD14 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0257	0.58
CD15 施工生产生活区排水沟	1.3	1.00	0.83	1.250	5	1.349	0.0395	0.89

②沟道设计洪水采用《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）附录 A.2.2 推理公式法以及《水工设计手册》中西藏地区无资料小流域洪水计算的推荐经验公式 2 种方法分别计算，从偏安全考虑，同时采用公式（7-1）进行设计流量校核，取其中较大值作为排洪沟过流能力验算依据。

推理公式法主要针对汇水面积小于 300km²的小流域。

$$Q_m = 0.278\left(\frac{S_p}{\tau^n} - \mu\right)F \quad (全面汇流，t_c \geq \tau) \tag{7-2}$$

$$Q_m = 0.278\left(\frac{S_p t_c^{1-n} - \mu t_c}{\tau}\right)F \quad (部分汇流，t_c < \tau) \tag{7-3}$$

$$\tau = \frac{0.278L}{mJ^{\frac{1}{3}}Q_m^{\frac{1}{4}}} \tag{7-4}$$

$$t_c = \left[(1-n)\frac{S_p}{\mu}\right]^{\frac{1}{n}} \tag{7-5}$$

式中：Q_m——设计洪峰流量（m³/s）；

F——汇水面积（km²）；

S_p——设计雨力，即重现期（频率）为 p 的最大 1h 降雨强度（mm/h）；

τ——流域汇流历时（h）；

t_c——净雨历时或称产流历时（h）；

μ——损失参数（mm/h），及平均稳定入渗率；

n——暴雨衰减指数，反映暴雨在时程分配上的集中（或分散）程度指标；

m——汇流参数，在一定概化条件下，通过本地区实测暴雨洪水资料综合分析得出；

L——河长（km），即沿主河道从出口断面至分水岭的最长距离；

J——沿河长（流程）L 的平均比降，以小数计。

西藏地区无资料小流域洪水计算的推荐经验公式如下。

$$Q_{cp} = CF^{0.74}H^{1.37} \tag{7-6}$$

式中：Q_{cp}——设计断面多年平均洪峰流量（m³/s）；

C——经验系数 0.00015~0.0002（流域面积 200km²以下 C 取 0.0002，200～500km²之间 C 取 0.00015～0.0002，500km²以上 C 取 0.00015）；

F——设计断面集水面积（km²）；

H——设计流域多年平均降雨量（mm）。

年均洪峰流量换算到设计重现期洪峰流量采用如下公式。

$$Q_m = Q_{cp} \times K_p \tag{7-7}$$

式中：Q_m——设计重现期洪峰流量（m³/s）；

K_p——频率放大系数（无量纲）。

频率放大系数K_p采用 P-III 型曲线进行计算。

$$K_p = a_0 + \frac{\Gamma^{-1}(1-P;\alpha;1)}{\beta} \tag{7-8}$$

$$\alpha = \frac{4}{C_s^2} \tag{7-9}$$

$$\beta = \frac{2}{C_v \cdot C_s} \tag{7-10}$$

$$a_0 = 1 - \frac{2C_v}{C_s} \tag{7-10}$$

式中：$\Gamma^{-1}(1-P;\alpha;1)$ ——不完全伽马函数的逆函数（也称为百分位点函数）；

P——设计频率，与重现期 T 的关系为 P=1/T；

C_v——变差系数，衡量序列相对均值的离散程度；

C_s——偏差系数，衡量序列分布的不对称（偏态）程度。

石料场、取土场、临时堆土场、施工便道以及施工生产生活区排水按照坡面汇流计算；弃渣场及 DT5 临时堆土场排水根据弃渣场上游来水情况，弃渣场排水系统分为排洪沟与坡面截水沟，排洪沟主排上游沟道洪水以及一侧边坡来水，截水沟主排弃渣场一侧上边坡汇水；DT5 临时堆土场因占地面积较小，排水沟主要承接上方来洪，按排洪沟标准进行截排水设计。沟道弃渣场堆渣期间，沿沟底设置临时排水涵管，排除沟道上游来洪，施工期间设计洪水标准取弃渣场对应排洪设计标准。

根据上面式中的排水沟（排水涵管）设计流量，按明渠均匀流公式复核排水沟（排水涵管）过流能力。

$$A = Q/C\sqrt{Ri} \tag{7-11}$$

式中：A—截排水沟断面面积，m²；

C—谢才系数；

R—水力半径，m；

I—截排水沟比降。

表 7-15 沟道弃渣场推理公式法洪水计算成果

序号	弃渣场名称	汇水面积 F	河长 L	沿河长平均比降 J	汇流参数 m	损失参数 μ	洪水流量 Q			
							20 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
		km²	km	/	/	mm/h		m³/s	m³/s	m³/s
1	SQT-1 弃渣场	0.650	1.112	0.594	0.70	13.0	/	9.08	10.59	12.70
2	SQT-3 弃渣场	2.154	1.988	0.426	0.70	13.0	/	17.84	20.80	24.96
3	SQT-4 临时弃渣场	0.847	1.742	0.317	0.70	13.0	/	5.37	6.27	7.52
4	SQT-9 临时弃渣场	0.927	0.668	0.061	0.70	13.0	/	11.55	13.49	16.24
5	DT5 临时堆土场	0.152	0.861	0.479	0.70	13.0	1.60	1.84	/	/

表 7-16 沟道弃渣场经验公式多年平均洪峰流量成果

序号	排水沟名称	集水面积 F	经验系数 C	多年平均降水量 H	多年平均洪峰流量
		km²	/	mm	m³/s
1	SQT-1 弃渣场	0.650	0.0002	477.7	0.68
2	SQT-3 弃渣场	2.154	0.0002	477.7	1.65
3	SQT-4 临时弃渣场	0.847	0.0002	477.7	0.83
4	SQT-9 临时弃渣场	0.927	0.0002	350	0.58
5	DT5 临时堆土场	0.152	0.0002	350	0.15

表 7-17 沟道弃渣场经验公式各重现期洪水计算成果

序号	排水沟	集水面积 F	多年平均洪峰流量	变差系数 Cv	Cs/Cv	设计频率 p			
		km²	m³/s			1%	2%	3.33%	5%
1	SQT-1 弃渣场	0.65	0.68	0.38	3.5	1.52	1.37	1.27	/
2	SQT-3 弃渣场	2.15	1.65	0.38	3.5	3.68	3.33	3.07	/
3	SQT-4 临时弃渣场	0.85	0.83	0.38	3.5	1.84	1.67	1.54	/
4	SQT-9 临时弃渣场	0.93	0.58	0.40	3.5	1.33	1.20	1.11	/
5	DT5 临时堆土场	0.15	0.15	0.40	3.5	/	/	0.29	0.27

根据推理公式法以及经验公式法的洪水计算成果，各弃渣场取两种方法计算成果对比表见表 7-18。

表 7-18 弃渣场设计洪水成果表

弃渣场编号	经验公式法				推理公式法				采用值			
	20 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇	20 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇	20 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
SQT-1 弃渣场	/	1.27	1.37	1.52	/	9.08	10.59	12.70	/	9.08	10.59	12.70
SQT-3 弃渣场	/	3.07	3.33	3.68	/	17.84	20.80	24.96	/	17.84	20.80	24.96

SQT-4 临时弃渣场	/	1.54	1.67	1.84	/	5.37	6.27	7.52	/	5.37	6.27	7.52
SQT-9 临时弃渣场	/	1.11	1.20	1.33	/	11.55	13.49	16.24	/	11.55	13.49	16.24
DT5 临时堆土场	0.27	0.29	/	/	1.60	1.84	/	/	1.60	1.84	/	/

采用坡面截排水公式（7-1）复核各场地设计洪水成果，详见表

表 7-19 各场地设计洪水成果复核表

序号	5 年一遇 10min 降雨强度 q5,10	径流系数 φ	重现期转换系数 Cp	降雨历时转换系数 Ct	地面粗度系数 m1	降雨历时 t	设计降雨强度	汇水面积 F	设计流量
	mm/min	/	/	/	/	min	mm/min	km^2	m^3/s
SQT-1 弃渣场 1#排洪沟	1.3	1.00	1	1.250	0.20	5	1.625	0.6500	17.61
SQT-3 弃渣场 1#排洪沟	1.3	1.00	1	1.250	0.20	5	1.625	2.1540	58.35
SQT-4 临时弃渣场 1#排洪沟	1.3	1.00	1	1.250	0.20	5	1.625	0.8470	22.94
DT5 临时堆土场 1#排洪沟	1.3	1.00	1	1.250	0.20	5	1.625	0.1521	4.12
SQT-9 临时弃渣场 1#排洪沟	1.3	1.00	1	1.250	0.20	5	1.625	0.9270	25.11

根据推理公式法、经验公式法以及坡面截排水公式计算成果对比，从偏安全考虑，取其中较大的坡面截排水公式复核成果作为排洪沟过流能力验算依据。

表 7-20 石料场、取土场、弃渣场及 DT5 临时堆土场截排水沟/排洪沟过流能力验算表

行政区	弃渣场编号	堆渣类型	排水类型	汇水面积	排洪/截排水沟断面					设计流量过流能力计算							设计流量	备注
					底宽	沟深	净深	坡比	衬砌厚	流速 v	过水断面 A	湿周 X	水力半径 R	沟道比降 I	沟道糙率 n	设计过流 Q	设计	
				km^2	m	m	m		m	m/s	m^2	m	m	/	/	m^3/s	m^3/s	
卡若区	SQT-1 弃渣场	沟道型	1#排洪沟	0.650	1.7	1.7	1.4	1:0.75	0.3	6.08	3.85	5.20	0.74	0.014	0.016	23.40	17.61	满足
			1#截水沟	0.126	1.0	1.0	0.7	1:0.75	0.3	3.49	1.07	2.75	0.39	0.011	0.016	3.72	3.41	满足
	SQT-3 弃渣场	沟道型	1#排洪沟	2.154	2.3	2.3	2	1:0.75	0.3	7.86	7.60	7.30	1.04	0.015	0.016	59.76	58.35	满足
			1#截水沟	0.760	1.8	1.8	1.5	1:0.75	0.3	5.07	4.39	5.55	0.79	0.009	0.016	22.24	20.59	满足
	SQT-4 临时弃渣场	沟道型	1#排洪沟	0.847	1.8	1.8	1.5	1:0.75	0.3	6.76	4.39	5.55	0.79	0.016	0.016	29.66	22.94	满足
			1#截水沟	0.450	1.5	1.5	1.2	1:0.75	0.3	4.64	2.88	4.50	0.64	0.01	0.016	13.37	12.19	满足
察雅县	ZCLC3 石料场	/	1#截水沟	0.140	1.1	1.1	0.8	1:0.75	0.3	4.11	1.36	3.10	0.44	0.013	0.016	5.60	3.79	满足
	DT5 临时堆土场	坡地型	1#排洪沟	0.152	1.1	1.1	0.8	1:0.75	0.3	3.61	1.36	3.10	0.44	0.01	0.016	4.91	4.12	满足
	SQT-9 临时弃渣场	沟道型	1#排洪沟	0.927	1.8	1.8	1.5	1:0.75	0.3	6.54	4.39	5.55	0.79	0.015	0.016	28.71	25.11	满足
			1#截水沟	0.636	1.7	1.7	1.4	1:0.75	0.3	6.05	3.85	5.20	0.74	0.014	0.016	23.30	17.23	满足
八宿县	SQT-11 取土场	坡地型	1#截水沟	0.594	1.7	1.7	1.4	1:0.75	0.3	5.60	3.85	5.20	0.74	0.012	0.016	21.57	16.10	满足

注：1）采用 5 年 5min 一遇短历时暴雨排水标准，参照 1 级截排水工程，超高取 0.3m；2）石料场、取土场和弃渣场排水沟主体已有设计，在此仅对主体设计尺寸规格进行复核。

表 7-21 临时堆土场、施工便道及施工生产生活区截排水沟过流能力验算表

序号	排水沟名称	汇水面积	截排水沟断面					设计流量过流能力计算							短历时设计暴雨流量	备注
			底宽	沟深	净深	坡比	衬砌厚	流速 v	过水断面 A	湿周 X	水力半径 R	沟道比降 I	沟道糙率 n	设计过流 Q		
		km²	m	m	m		cm	m/s	m²	m	m	/	/	m³/s	m³/s	
1	DT1 临时堆土场排水沟	0.004	0.5	0.5	0.3	1:1	0	1.60	0.24	1.35	0.18	0.02	0.028	0.38	0.10	满足
2	DT2 临时堆土场排水沟	0.010	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.27	满足
3	DT3 临时堆土场排水沟	0.011	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.30	满足
4	DT4 临时堆土场排水沟	0.012	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.32	满足
5	DT6 临时堆土场排水沟	0.019	0.7	0.7	0.5	1:1	0	2.18	0.6	2.11	0.28	0.02	0.028	1.31	0.51	满足
6	DT8 临时堆土场排水沟	0.053	0.8	0.8	0.6	1:1	0	2.44	0.84	2.50	0.34	0.02	0.028	2.05	1.45	满足
7	DT9 临时堆土场排水沟	0.036	0.7	0.7	0.5	1:1	0	2.18	0.6	2.11	0.28	0.02	0.028	1.31	0.96	满足
8	DT10 临时堆土场排水沟	0.022	0.7	0.7	0.5	1:1	0	2.18	0.6	2.11	0.28	0.02	0.028	1.31	0.60	满足
9	DT11 临时堆土场排水沟	0.133	1	1	0.8	1:1	0	2.93	1.44	3.26	0.44	0.02	0.028	4.22	3.59	满足
10	DT12 临时堆土场排水沟	0.030	0.7	0.7	0.5	1:1	0	2.18	0.6	2.11	0.28	0.02	0.028	1.31	0.81	满足
12	BD1 便道排水沟	0.031	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.70	满足
13	BD2 便道排水沟	0.025	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.57	满足
14	BD3 便道排水沟	0.025	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.55	满足
15	BD4 便道排水沟	0.024	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.54	满足
16	BD5 便道排水沟	0.024	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.54	满足
17	BD6 便道排水沟	0.024	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.54	满足
18	BD7 便道排水沟	0.030	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.67	满足
19	BD8 便道排水沟	0.028	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.63	满足
20	BD9 便道排水沟	0.034	0.7	0.7	0.5	1:1	0	2.18	0.6	2.11	0.28	0.02	0.028	1.31	0.76	满足
21	BD10 便道排水沟	0.025	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.55	满足
22	BD11 便道排水沟	0.022	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.50	满足

表 7-21 临时堆土场、施工便道及施工生产生活区截排水沟过流能力验算表

序号	排水沟名称	汇水面积	截排水沟断面					设计流量过流能力计算							短历时设计暴雨流量	备注
			底宽	沟深	净深	坡比	衬砌厚	流速 v	过水断面 A	湿周 X	水力半径 R	沟道比降 I	沟道糙率 n	设计过流 Q		
		km²	m	m	m		cm	m/s	m²	m	m	/	/	m³/s	m³/s	
23	BD12 便道排水沟	0.026	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.58	满足
24	BD13 便道排水沟	0.027	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.60	满足
25	BD14 便道排水沟	0.034	0.7	0.7	0.5	1:1	0	2.18	0.6	2.11	0.28	0.02	0.028	1.31	0.76	满足
26	BD15 便道排水沟	0.026	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.59	满足
27	BD16 便道排水沟	0.034	0.7	0.7	0.5	1:1	0	2.18	0.6	2.11	0.28	0.02	0.028	1.31	0.76	满足
28	BD17 便道排水沟	0.022	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.48	满足
29	BD18 便道排水沟	0.034	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.76	满足
30	BD19 便道排水沟	0.031	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.70	满足
31	BD20 便道排水沟	0.030	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.67	满足
32	BD21 便道排水沟	0.024	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.54	满足
33	BD22 便道排水沟	0.032	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.71	满足
34	BD23 便道排水沟	0.028	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.62	满足
35	BD24 便道排水沟	0.029	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.66	满足
36	BD27 便道排水沟	0.032	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.72	满足
37	BD28 便道排水沟	0.032	0.6	0.6	0.4	1:1	0	1.90	0.4	1.73	0.23	0.02	0.028	0.76	0.71	满足
38	BD29 便道排水沟	0.011	0.5	0.5	0.3	1:1	0	1.60	0.24	1.35	0.18	0.02	0.028	0.38	0.24	满足
39	BD30 便道排水沟	0.014	0.5	0.5	0.3	1:1	0	1.60	0.24	1.35	0.18	0.02	0.028	0.38	0.33	满足
40	BD31 便道排水沟	0.016	0.5	0.5	0.3	1:1	0	1.60	0.24	1.35	0.18	0.02	0.028	0.38	0.35	满足
41	BD32 便道排水沟	0.011	0.5	0.5	0.3	1:1	0	1.60	0.24	1.35	0.18	0.02	0.028	0.38	0.24	满足
42	CD1 施工生产生活区排水沟	0.049	0.8	0.8	0.6	1:0	20	3.41	0.48	2.00	0.24	0.02	0.016	1.64	1.11	满足
43	CD2 施工生产生活区排水沟	0.132	1	1	0.8	1:0	20	4.03	0.8	2.60	0.31	0.02	0.016	3.22	2.96	满足

表 7-21 临时堆土场、施工便道及施工生产生活区截排水沟过流能力验算表

序号	排水沟名称	汇水面积	截排水沟断面					设计流量过流能力计算							短历时设计暴雨流量	备注
			底宽	沟深	净深	坡比	衬砌厚	流速 v	过水断面 A	湿周 X	水力半径 R	沟道比降 I	沟道糙率 n	设计过流 Q		
		km²	m	m	m		cm	m/s	m²	m	m	/	/	m³/s	m³/s	
44	CD3 施工生产生活区排水沟	0.049	0.8	0.8	0.6	1:0	20	3.41	0.48	2.00	0.24	0.02	0.016	1.64	1.11	满足
45	CD4 施工生产生活区排水沟	0.248	1.3	1.2	1	1:0	20	4.75	1.3	3.30	0.39	0.02	0.016	6.17	5.58	满足
46	CD5 施工生产生活区排水沟	0.039	0.7	0.7	0.5	1:0	20	3.08	0.35	1.70	0.21	0.02	0.016	1.08	0.88	满足
47	CD6 施工生产生活区排水沟	0.620	1.7	1.7	1.5	1:0	20	5.88	2.55	4.70	0.54	0.02	0.016	14.99	13.93	满足
48	CD7 施工生产生活区排水沟	0.051	0.8	0.8	0.6	1:0	20	3.41	0.48	2.00	0.24	0.02	0.016	1.64	1.14	满足
49	CD8 施工生产生活区排水沟	0.662	1.7	1.7	1.5	1:0	20	5.88	2.55	4.70	0.54	0.02	0.016	14.99	14.89	满足
50	CD9 施工生产生活区排水沟	0.112	1	0.9	0.7	1:0	20	3.89	0.7	2.40	0.29	0.02	0.016	2.72	2.51	满足
51	CD10 施工生产生活区排水沟	0.501	1.6	1.5	1.3	1:0	20	5.53	2.08	4.20	0.50	0.02	0.016	11.51	11.27	满足
52	CD11 施工生产生活区排水沟	0.044	0.7	0.7	0.5	1:0	20	3.08	0.35	1.70	0.21	0.02	0.016	1.08	1.00	满足
53	CD12 施工生产生活区排水沟	0.035	0.8	0.8	0.6	1:0	20	3.41	0.48	2.00	0.24	0.02	0.016	1.64	1.22	满足
54	CD13 施工生产生活区排水沟	0.034	0.9	0.8	0.6	1:0	20	3.57	0.54	2.10	0.26	0.02	0.016	1.93	1.69	满足
55	CD14 施工生产生活区排水沟	0.026	0.6	0.6	0.4	1:0	20	2.73	0.24	1.40	0.17	0.02	0.016	0.65	0.58	满足
56	CD15 施工生产生活区排水沟	0.040	0.7	0.7	0.5	1:0	20	3.08	0.35	1.70	0.21	0.02	0.016	1.08	0.89	满足

注：临时堆土场采用 5 年一遇 5min 短历时设计暴雨，施工便道和施工生产生活区 3 年一遇 5min 短历时设计暴雨，参照 2 级截排水工程，超高取 0.2m。

表 7-22 弃渣场临时排水涵管过流能力验算表

弃渣场名称	汇水面积	涵管尺寸				涵管过流能力							设计流量
		内径 DN	管节长度	壁厚	接口形式	流速 v	过水断面 A	湿周 X	水力半径 R	沟道比降 I	沟道糙率 n	设计过流 Q	
	km^2	mm	m	mm		m/s	m^2	m	m	/	/	m^3/s	m^3/s
SQT-1 弃渣场	0.65	1500	3	150	承插式	16.69	1.63	3.59	0.45	0.18	0.015	27.14	9.08
SQT-3 弃渣场	2.15	1500	3	150	承插式	15.23	1.63	3.59	0.45	0.15	0.015	24.77	17.84
SQT-4 临时弃渣场	0.85	1500	3	150	承插式	15.73	1.63	3.59	0.45	0.16	0.015	25.58	5.37
SQT-9 临时弃渣场	0.93	1500	3	150	承插式	19.67	1.63	3.59	0.45	0.25	0.015	31.98	11.55

3）消力池消能设计

本项目沟道型弃渣场占比 80%，弃渣场上方汇流较大，弃渣堆高整体较高，弃渣场中部排洪沟以及坡面两侧陡坡段排水沟设阶梯式跌水坎，减缓流速，排水沟出口设消力池，采用底流消能，为下挖式等宽矩形断面型式。出口设扭曲面过渡到天然排水通道。

陡坡段过流过程采用 H. Chanson 计算方法，假定阶梯式泄槽为滑移流，即最终在进入消力池前，泄槽中的水流呈现为均匀掺气水流，掺气水深经验公式如下：

$$d_1 = \frac{0.4043 k_* F_*^{0.592}}{(\sin\alpha)^{0.04}} \tag{7-12}$$

式中：k_*——粗糙度，$k_* = h\cos\alpha$；

F_*——摩擦系数，$F_* = \frac{q}{\sqrt{g k_*^3 \sin\alpha}}$；

h——台阶高度，m；

α——泄槽坡度，m；

q——单宽流量，m²/s；

g——重力加速度，m/s²。

泄槽出口采用底流消能，按照设计洪水进行复核。采用等宽矩形断面下挖式消能池设计，根据《溢洪道设计规范》（SL 253-2018）4.5.5 要求，消力池内应形成低淹没度稳定水跃，避免产生两侧回流，即消力池长不应小于临界水跃长，相应池深、池长按下列公式计算。

自由水跃共轭水深h_2计算公式：

$$h_2 = \frac{h_1}{2}\left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1\right) \tag{7-13}$$

$$Fr_1 = v_1/\sqrt{g h_1} \tag{7-14}$$

式中：Fr_1——收缩断面弗劳德数；

h_1——收缩断面水深，m；

v_1——收缩断面流速，m/s。

自由水跃长度 L 计算公式：

$$L = 6.9(h_2 - h_1) \tag{7-15}$$

等宽矩形断面下挖式消能池相应池深、池长按下列公式计算：

$$d = \sigma h_2 - h_1 - \Delta Z \tag{7-16}$$

$$\Delta Z = \frac{Q^2}{2gb^2}\left(\frac{1}{\varphi^2 h_t^2} - \frac{1}{\sigma^2 h_2^2}\right) \quad (7-17)$$

$$L_k = 0.8L \quad (7-18)$$

式中：d——池深，m；

σ——水跃淹没度，可取$\sigma = 1.05$；

h_2——池中发生临界水跃时的跃后水深，m；

h_t——消力池出口下游水深，m；

ΔZ——消力池尾部出口水面跌落，m；

Q——流量，m^3/s；

b——消力池宽度，m；

φ——消力池出口段流速系数，可取 0.95；

L——自由水跃长度，m。

截排水（洪）沟消能计算详见表 7-23。

4）排水系统

石料场、取土场、临时堆土场、施工便道、施工生产生活区根据现状地形，沿外边界布设周边截排水沟，拦截上游坡面汇水，排除场地内部积水。

弃渣场需同时考虑上游沟道来水及周边坡面汇集雨水的特点，单独复核弃渣场排洪沟与周边截水沟过流能力，排洪沟与周边排水沟分别沿等高线两侧坡面布置，排洪沟采用 C25 混凝土加筋现浇，周边截排水沟选用 C25 混凝土现浇，混凝土浇筑厚度均为 30cm。渣面修整为龟背式，纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水。渣面雨水排向周边沟，渣面两级坡面之间平台内侧设平台排水沟，为底宽 40cm，深 40cm，边坡 1:0.75 的梯形沟，C25 混凝土衬砌 20cm。

本项目弃渣场堆渣普遍较高，弃渣内部排洪沟及两侧截排水沟坡度较陡，为减轻下泄水流对渣底处冲刷，在排洪/排水沟末端设消力池，经消能计算，消力池平面尺寸长 8.0～33.0m，宽 1.0～2.3m，深 0.4～1.0m，边墙高 2.5～8.0m，C25 混凝土衬砌厚度 30cm。下泄水流经消能后，接顺接排水沟，再排至弃渣场下游附近有足够泄流能力的沟渠。

考虑到陡坡段排水沟以及消力池受水流冲击较大，采用 C25 钢筋混凝土现浇，缓坡段排水沟采用 C25 混凝土现浇。

根据排水设计规范，截、排水沟深需在设计计算沟深的基础上加上安全超高（永久截排水沟/排洪沟超高取 30cm，临时排水沟超高取 20cm），根据试算结果分析，确定石料场、取土场、临时堆土场、施工便道、施工生产生活区及弃渣场截、排水沟设计尺寸，详见表 7-20、表 7-21。

表 7-23 临时堆土场、石料场、取土场及弃渣场消能计算表

行政区	弃渣场名称	排水类型	设计消能流量	陡坡坡度	台阶高度	设计池深	设计池宽	设计池长	消力池边墙高	计算池深	计算池长	收缩断面水深 h1	收缩断面流速	收缩断面弗劳德数	自由共轭水深 h2	跃后水深	自由水跃长 L	水面跌落	下游水深
			m^3/s		m	m	m	m	m	m	m	m	m/s	/	m	m	m	m	m
卡若区	SQT-1 弃渣场	1#排洪沟	17.61	0.25	0.40	0.70	1.70	16.00	4.50	0.59	15.44	1.11	9.30	2.81	3.91	4.11	19.30	1.84	1.67
		1#截水沟	3.41	0.29	0.40	0.40	1.00	8.00	2.50	0.34	7.02	0.55	6.21	2.67	1.82	1.91	8.78	0.70	0.87
	SQT-3 弃渣场	1#排洪沟	58.35	0.27	0.40	1.00	2.30	33.00	8.00	0.98	31.77	1.84	13.82	3.26	7.59	7.97	39.72	4.21	2.77
		1#截水沟	20.59	0.26	0.40	0.70	1.80	17.00	4.50	0.67	16.97	1.17	9.82	2.91	4.24	4.45	21.21	2.01	1.78
察雅县	ZCLC3 石料场	1#截水沟	3.79	0.25	0.40	0.40	1.10	8.00	2.50	0.30	6.66	0.58	5.98	2.51	1.78	1.87	8.32	0.68	0.89
	SQT-4 临时弃渣场	1#排洪沟	22.94	0.26	0.40	0.90	1.80	21.00	6.00	0.68	18.33	1.25	10.21	2.92	4.57	4.80	22.91	2.24	1.88
		1#截水沟	12.19	0.32	0.40	0.70	1.50	16.00	4.50	0.68	14.28	0.89	9.15	3.10	3.48	3.65	17.86	1.52	1.45
	DT5 临时堆土场	1#排洪沟	4.12	0.30	0.40	0.40	1.10	8.00	2.50	0.39	7.74	0.57	6.56	2.77	1.97	2.07	9.67	0.76	0.93
	SQT-9 临时弃渣场	1#排洪沟	25.11	0.29	0.40	0.90	1.80	21.00	6.00	0.80	20.57	1.27	10.99	3.12	5.00	5.24	25.71	2.48	1.97
		1#截水沟	17.23	0.25	0.40	0.70	1.70	16.00	4.50	0.59	15.24	1.10	9.24	2.82	3.86	4.05	19.05	1.80	1.65
八宿县	SQT-11 取土场	1#截水沟	16.10	0.26	0.40	0.70	1.70	16.00	4.50	0.60	14.69	1.04	9.09	2.84	3.70	3.89	18.36	1.69	1.60

⑵ 工程措施

1）表土剥离

由于石料场占地范围主要为基岩裸露，少量覆盖层较薄，基本无法剥离，不进行表土剥离。

2）排水措施

根据主体工程设计，在 ZCLC3 石料场上边坡及周边设置排水沟，底宽 1.1m，深 1.1m，边坡 1:0.75 的梯形断面，混凝土厚度 30cm。

根据石料场地形需求，主体设计在排水沟出口处下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm。出口消力池平面尺寸为 8.0m（长）×1.0m（宽），池深 0.4m，边墙高 2.5m。消力池兼做沉沙池使用，上游以及石料场内部汇水经消能、沉淀水流中的泥沙后，再排至下游附近的沟渠，消力池沉淀的泥沙指定专人定期清理。消力池出口接入顺接排水沟，将周边汇水顺接附近有足够泄流能力的沟道。顺接排水沟设计同石料场排水沟，与石料场排水沟一同计算工程量。

3）坡脚防护措施

为减少开采石料时石方洒落对料场下边坡的占压扰动，料场开采前，主体设计沿下边坡占地边界布设石笼网挡墙进行拦挡，石笼网断面尺寸为 1.0m×1.0m，基础埋深 0.3m。

4）土地整治

开采工序结束后产生的无用层运至 SQT-4 临时弃渣场集中防护，对开采范围进行土地平整。

⑶ 临时措施

施工期间，临时堆放的废料堆高控制不超过 1.0m，堆土边坡控制在 1:2.5 左右，并在其周边设临时拦挡，临时拦挡采用袋装土，堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面，表面采用密目网苫盖，施工结束后，废料运至 SQT-4 临时弃渣场，拆除拦挡和覆盖。

根据设计，石料场石笼网挡墙 320m，排水沟 887m，消力池 16m，土地整治 2.51hm²；袋装土拦挡 540m，密目网苫盖 0.81 万 m²。

石料场防治区水土保持措施工程量见表 7-24，水土保持措施设计图见附图 17。

表 7-24 高山峡谷区石料场防治区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	数量	备注
工程措施	石笼网挡墙	长度	m	320	主体已有
		基础开挖	m³	160	
		石笼网	m³	320	
	排水沟	长度	m	887	
		开挖土方	m³	3041	
		C25 混凝土现浇	m³	1280	
		砂砾垫层	m³	89	
	消力池	长度	m	16	
		开挖土方	m³	77	
		C25 混凝土现浇	m³	37	
	土地整治	土方量	m³	2.51	方案新增
临时措施	袋装土拦挡	长度	m	540	
		拦挡	m³	270	
		拆除	m³	270	
	密目网苫盖	面积	万 m²	0.81	

7.7.2.9 弃渣场防治区

本项目路面基础开挖用余方、不良地质弃方、桥梁基础及拆除弃方、施工生产生活区硬化层清除弃渣等运至弃渣场，共计弃渣 196.75 万 m³（折合松方 255.77 万 m³），在沿线设置了 5 处弃渣场（其中 1 处为取弃结合，占地及防治措施工程量纳入取土场防治区），弃渣场占地 22.63hm²，占地类型包括灌木林地和天然牧草地，弃渣场分为平地型（填凹）弃渣场和沟道型弃渣场。

⑴ 主要建筑物设计

1）设计原则

弃渣场防护遵循“先拦后弃”的原则。每个弃渣场为各自独立的工程，各弃渣场在坡脚布置挡渣墙、周边布设排水设施、堆渣体削坡开级等工程措施及植物措施，以确保各弃渣场的稳定，减少水土流失，避免对弃渣场下游造成危害。根据各弃渣场容量、堆渣高度、可能对周边环境造成的危害、经济合理和安全可靠的原则，分别确定各弃渣场的建筑等级，从而确定建筑物的洪水标准和整体稳定要求。

2）设计标准

根据《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014），并参考《防洪标准》（GB50201-2014）的要求，确定弃渣场级别及防护工程、防洪标准等，详见表 7-25。

考虑项目涉及西藏自治区水土流失重点治理区，截排水工程、拦挡工程的工程等级和防洪标准提高一级。

3）挡渣墙稳定分析

主体设计在现阶段对弃渣场采取了挡渣墙的拦挡设计，采用的挡渣墙为混凝土重力式挡渣墙，设计断面如下：墙身高 7.0m，墙顶宽 1.5m，面坡倾斜坡度 1:0.250，背坡倾斜坡度 1:0.15，采用 1 个扩展墙址台阶，墙趾台阶 b_1 为 0.5m，墙趾台阶 h_1 为 0.5m，墙趾台阶与墙面坡度相同，墙踵台阶 b_3 为 0.5m，墙踵台阶 h_3 为 0.5m，墙底倾斜坡率 0.1:1，渣体堆渣坡比为 1:2.5。

本方案根据类似工程设计经验，挡渣墙渣顶留 5m 平台后再起坡堆渣，渣体按照 1:2.5 坡比堆渣，以增加挡墙安全性。结合以上数据，并根据主体设计提供的各项资料，对挡渣墙稳定性进行计算。

挡渣墙稳定计算假定：土压力按库伦理论计算，抗滑稳定安全系数采用下述公式计算：

$$K_s = (W + P_{ay})\mu / P_{ax} \qquad (7-19)$$

式中：K_s——最小抗滑系数；

W——墙体自重，kN；

P_{ay}——主动土压力的垂直分力，$P_{ay} = P_a\, sin(\delta + \varepsilon)$，kN；

μ——基底摩擦系数；

P_{ax}——主动土压力的水平分力，$P_{ax} = P_a \cos(\delta + \varepsilon)$，kN；

P_a——主动土压力，kN；

δ——墙摩擦角；

ε——墙背倾斜角度。

表 7-25 弃渣场相关设计标准一览表

序号	线路	行政区	弃渣场编号	弃渣场级别	挡渣墙级别	排洪工程级别	防洪标准		截排水标准	挡渣墙标准		
							设计（年）	校核（年）		抗滑安全系数	抗倾覆安全系数	最大应力值/最小应力值
1	高山峡谷区	卡若区	SQT-1 弃渣场	4	4	3	30	50	5 年一遇 5min 短历时设计暴雨	1.20	1.4	2.0
2			SQT-3 弃渣场	4	4	3	30	50	5 年一遇 5min 短历时设计暴雨	1.20	1.4	2.0
3			SQT-4 临时弃渣场	4	4	3	30	50	5 年一遇 5min 短历时设计暴雨	1.20	1.4	2.0
4			SQT-9 临时弃渣场	4	4	3	30	50	5 年一遇 5min 短历时设计暴雨	1.20	1.4	2.0
5	高原宽谷区	八宿县	SQT-11 弃渣场	5	5	5	20	30	5 年一遇 5min 短历时设计暴雨	1.20	1.4	2.0

抗倾稳定采用下述公式计算：

$$K_t = \left(\mathrm{Wa} + P_{\mathrm{ay}}b\right)/(P_{\mathrm{ax}}h) \qquad (7-20)$$

式中：K_t——抗倾覆安全系数，（K_t≥1.5）；

Wa——墙体自重 W 与墙后土体重 We 对墙趾点的力矩（kN·m）；

$P_{\mathrm{ay}}b$——主动土压力的垂直分力对墙趾点的力矩（kN·m）；

$P_{\mathrm{ax}}h$——主动土压力的水平分力对墙趾点的力矩（kN·m）。

基础应力采用下述公式计算：

$$\sigma_{yu} = \sum W/B + 6\sum M/B^2 \qquad (7-21)$$

$$\sigma_{yd} = \sum W/B - 6\sum M/B^2 \qquad (7-22)$$

式中：σ_{yu}、σ_{yd}——水平截面上的正应力，kN/m²，≤地基允许承载力 R；

$\sum W$——作用在计算截面以上的全部荷载的垂直分力之和，kN；

$\sum M$——作用在计算截面以上的全部荷载对截面形心的力矩之和，（kN·m）；

B——计算截面的长度，m。

根据现有资料可知，弃渣场堆放的渣料以土石渣为主，块石含量越大，墙后填土内摩擦角越大，根据主体设计地勘资料，本项目墙后填土内摩擦角在 17.0～22.0°范围内；墙后填土容重根据不同弃渣来源与土石比，约为 19.0～22.5kN/m³；弃渣场挡渣墙采用混凝土挡渣墙，墙背与墙后填土摩擦角取 1/2 墙后填土内摩擦角。根据以上取值依据，进行挡渣墙稳定性分析。结果表明在各种工况下，挡渣墙均满足稳定要求。

挡渣墙稳定性分析结果详见表 7-27，挡土墙断面详见图 7-5。

综上所述，本方案挡渣墙采用混凝土重力式挡墙，依靠墙体自重维持稳定，无需配置受力钢筋，结构简单、施工方便，适应弃渣场沟口地形及高原施工条件；其墙身尺寸、埋置深度及墙趾、墙踵台阶设置均满足《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）等相关规范要求，并已按正常运用、连续降雨、地震三种工况进行稳定性分析，验算结果满足规范要求（详见附件 13）。

表 7-26 各弃渣场挡渣墙稳定分析物理参数一览表

弃渣场名称	挡墙高度	基底摩擦系数	填土内摩擦角	墙背与墙后填土摩擦角	墙后填土粘聚力	墙后填土容重	工况
	m		°	°	kPa	kN/m³	
SQT1	7.0	0.40	22.0	11.0	12.0	19.8	正常运用
			17.5	8.8	10.0	20.5	非常运用（降雨）
			22.0	11.0	12.0	19.8	非常运用（地震）
SQT3	7.0	0.40	21.0	10.5	10.0	19.0	正常运用
			17.0	8.5	8.0	20.0	非常运用（降雨）
			21.0	10.5	10.0	19.0	非常运用（地震）
SQT4	7.0	0.40	22.0	11.0	12.0	20.5	正常运用
			19.0	9.5	10.0	21.5	非常运用（降雨）
			22.0	11.0	12.0	20.5	非常运用（地震）
SQT9	7.0	0.40	21.5	10.8	11.0	21.5	正常运用
			19.0	9.5	9.0	22.5	非常运用（降雨）
			21.5	10.8	11.0	21.5	非常运用（地震）

表 7-27 各弃渣场挡渣墙稳定分析成果一览表

弃渣场名称	工况	抗滑稳定系数		抗倾覆稳定系数		地基承载力		最大应力值/最小应力值	
		规范值	计算值	规范值	计算值	规范值	计算值	规范值	计算值
SQT1	正常运用	1.2	2.776	1.4	9.838	180	119.55	2.0	1.084
	非常运用（降雨）	1.05	1.897	1.3	7.532	180	122.77	2.0	1.37
	非常运用（地震）	1.05	1.718	1.3	7.472	180	125.01	2.0	1.324
SQT3	正常运用	1.2	2.54	1.4	8.956	180	120.26	2.0	1.162
	非常运用（降雨）	1.05	1.755	1.3	6.968	180	123.84	2.0	1.439
	非常运用（地震）	1.05	1.552	1.3	7.244	180	127.55	2.0	1.309
SQT4	正常运用	1.2	2.567	1.4	9.34	180	120.58	2.0	1.112
	非常运用（降雨）	1.05	1.791	1.3	7.101	180	123.97	2.0	1.399
	非常运用（地震）	1.05	1.748	1.3	7.271	180	125.57	2.0	1.337
SQT9	正常运用	1.2	2.148	1.4	8.151	180	123.09	2.0	1.212
	非常运用（降雨）	1.05	1.555	1.3	6.495	180	127	2.0	1.494
	非常运用（地震）	1.05	1.553	1.3	6.673	180	128.26	2.0	1.423

4）截排水措施设计

各弃渣场截排水措施设计详见 7.7.2.8 章节计算过程及截排水沟断面设计。

5）排渗系统设计

① 设计入渗流量计算

盲沟设计入渗流量按《公路排水设计规范》（JTG/T D33—2012）第 9.4.1 条～第 9.4.3 条，视沟底与不透水层的相对位置分三种工况分别计算单位长度渗沟的地下水入渗量，再按盲沟计算长度累加。当渗沟两侧均有地下水流入时，入渗量应乘以 2。

其中，沟底位于不透水层上或其内，且不透水层横向坡度较小时采用公式（7-23），沟底距不透水层顶面较远，位于含水层内时采用公式（7-24），不透水层横向坡度较陡时采用公式（7-25），考虑本项目弃渣场选址所在地形基本为峡谷区，两侧原状山体横向坡度较陡，采用（7-25）计算设计入渗量，各渣场设计入渗量见表 7-28。

$$Q_s = \frac{k_h\left(h_c^2 - h_g^2\right)}{2L_s} \qquad (7-23)$$

$$Q_s = \frac{\pi k_h h_s}{2\ln\left(\frac{2L_s}{L_l}\right)} \quad (7-24)$$

$$Q_s = k_h i_h h_s \quad (7-25)$$

$$Q_{设} = Q_s L \quad (7-26)$$

式中：Q_s——单位长度渗沟一侧沟壁的地下水入渗量，[m³/(s·m)]；

$Q_{设}$——盲沟设计入渗流量，m³/s；

k_h——含水层材料的渗透系数，m/s；

h_c——含水层内地下水位的高度，m；

h_g——渗沟内的水流深度，m；

L_s——地下水位受渗沟影响而降落的水平距离，m；

h_s——渗沟位置处地下水位的下降幅度，m；

L_l——两相邻渗沟间距之半，m，单条盲沟时可取降水影响半径之半；

i_h——不透水层的横向坡度，以小数计；

L——盲沟计算长度，m，取渗水段全长。

表 7-28 弃渣场盲沟设计流量计算成果

序号	弃渣场名称	盲沟长度	不透水层横向坡度 ih	渗透系数 kh	地下水位下降幅度 hs	单位长度单侧地下水入渗量 Qs	设计入渗量 $Q_{设}$
		m	/	m/s	m	m³/(s·m)	m³/s
1	SQT-1 弃渣场	239	0.700	0.00009	14	0.0009	0.41
2	SQT-3 弃渣场	306	0.839	0.00009	8	0.0006	0.36
3	SQT-4 临时弃渣场	324	0.466	0.00009	12	0.0005	0.34
4	SQT-9 临时弃渣场	584	0.577	0.00009	10	0.0005	0.62

注：1、不透水层横向坡度按照地勘报告中两侧山坡坡度范围最大值的正切值确定；2、地下水位下降幅度按照弃渣场平均堆渣高度确定。

② 填料进水能力验算

盲沟内碎石填料的进水能力按《公路排水设计规范》（JTG/T D33—2012）第 9.4.4 条第 1 款计算，计算公式见（7-27）。

$$Q_c = \omega k_m \sqrt{i_z} \quad (7-27)$$

式中：Q_c——填料（填石渗沟）进水能力，m³/s；

ω——渗透面积，m²；

k_m——紊流状态时的渗流系数，m/s，按照填料粒径 d 和空隙率 n 查 JTG/T D33—2012 表 9.4.4，见表 7-29；

i_z——沟底纵坡，以小数计；

d——填料换算成球形的平均粒径，cm；

n——填料孔隙率，%；。

表 7-29 排水层填料渗透系数查算表

换算成球形的颗粒直径 d（cm）	排水层填料孔隙率（%）		
	0.4	0.45	0.5
	渗透系数 km（m/s）		
5	0.15	0.17	0.19
10	0.23	0.26	0.29
15	0.3	0.33	0.37
20	0.35	0.39	0.43
25	0.39	0.44	0.49
30	0.43	0.48	0.53

需要说明的是，公式（7-10）反映的是地下水自填料侧边界渗入沟内的能力，即进水能力，不等同于水流沿沟轴输送到出口的能力，仅用于验算填料层不构成埋设盲管进水瓶颈，各段盲沟的碎石填料进水能力均满足盲沟设计流量进水要求，详见表 7-30。

表 7-30 盲沟内碎石填料的进水能力

序号	弃渣场名称	渗透面积 ω	沟底纵坡 iz	填料平均粒径 d	孔隙率 n	渗透系数 km	填料进水能力 Qc
		m²	/	cm	%	m/s	m³/s
1	SQT-1 弃渣场	1076	0.700	15	0.4	0.3	270
2	SQT-3 弃渣场	1377	0.839	15	0.4	0.3	378
3	SQT-4 临时弃渣场	1458	0.466	15	0.4	0.3	299
4	SQT-9 临时弃渣场	2628	0.577	15	0.4	0.3	599

③ 管内过流能力验算

盲沟内埋设的穿孔管过流能力按《灌溉与排水工程设计标准》（GB 50288—2018）第 7.3.5 条，按明渠均匀流（曼宁公式）计算，同公式（7-11），经复核，所有弃渣场盲沟过流能力均满足排渗要求，详见表 7-31。

表 7-31 各渣场盲沟排渗能力验算表

序号	弃渣场名称	内径 DN	管内净空	流速 v	过水断面 A	湿周 X	水力半径 R	沟道比降 I	沟道糙率 n	设计过流 Q	设计入渗量	是否满足要求
		mm	mm	m/s	m²	m	m	/	/	m³/s	m³/s	
1	SQT-1 弃渣场	400	80	9.15	0.11	0.89	0.12	0.168	0.011	0.99	0.41	是
2	SQT-3 弃渣场	400	80	11.21	0.11	0.89	0.12	0.252	0.011	1.21	0.36	是
3	SQT-4 临时弃渣场	400	80	8.99	0.11	0.89	0.12	0.162	0.011	0.97	0.34	是
4	SQT-9 临时弃渣场	400	80	6.66	0.11	0.89	0.12	0.089	0.011	0.72	0.62	是

注：管内水的充盈度为管内水深与管的内径之比值。管道设计时，可根据管的内径 d 值选取充盈度：当 d≤100mm 时，充盈度取 0.6；当 d 为 100mm～200mm 时，充盈度取 0.65～0.75；当 d＞200mm 时，充盈度取 0.8。

⑵ SQT-1 弃渣场水土保持措施设计

SQT-1 弃渣场位于主线桩号 K30+300 右侧，距离线路 3.2km 的一处沟道，海拔高程 3600～3643m，为沟道型弃渣场，弃渣场等级为 4 级，占地面积 2.96hm²，弃渣场容量 50.00 万 m³，存渣量 31.03 万 m³（折合松方 40.34 万 m³），最大堆高 43.0m，按照 1:2.5 边坡进行堆渣，按 8m 堆高进行分级，渣顶纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水，弃渣场上游汇水面积为 77.60hm²，占地类型为灌木林地。

SQT-1 弃渣场布设于天然荒沟中，弃渣场下游无基础设施、居民住宅等敏感点。其防护工程水土保持措施主要为：表土剥离、挡渣墙、排洪/水沟、平台排水沟、排水盲沟、八字墙、消力池、土地平整、表土回覆、植被恢复以及临时排水、防护措施等。

1）工程措施

① 表土处理

弃渣场占用灌木林地部分在工程开始前需进行剥离表土，平均剥离厚度 15cm，临时堆放在弃渣场后半部，施工期间需加强临时拦挡防护措施。施工后期对弃渣场表面进行场平，回覆表土，以便恢复植被。

SQT-1 弃渣场表土剥离及回覆 0.44 万 m³。

② 拦挡防护

SQT-1 弃渣场为沟道型弃渣场，场地内部分段落自然坡面坡率陡于 1：5，弃渣前对基底自然坡面开挖台阶，台阶宽度不小于 4.0m，台阶顶面向内倾斜 2%～3%，开挖土石方就近用于渣体填筑。弃渣以土石渣为主，堆渣边坡坡度取 1:2.5。主体设计在弃

渣场底部沟口处设置混凝土挡渣墙。挡渣墙顶设置平台，平台宽 5m，平台内侧设置平台排水沟，墙顶以上堆渣按 1:2.5 起坡，按每 8m 一级堆高进行放坡，中间衔接 10m 宽平台，便于堆渣施工以及后期碾压，以此类推。在渣体堆积完成后，渣面整治并布设植物措施进行防护。

沟口混凝土挡渣墙断面设计：混凝土挡渣墙断面高 7.0m，顶宽 1.5m，埋深 2.0m，背坡倾斜坡度 1：0.15，面坡倾斜坡度 1：0.25，墙底倾斜坡率 0.1：1，采用 1 个扩展墙址台阶，墙趾台阶 b1 为 0.5m，墙趾台阶 h1 为 0.5m，墙趾台阶与墙面坡度相同，墙踵台阶 b3 为 0.5m，墙踵台阶 h3 为 0.5m。墙体设置单排 φ10 的 PVC 管排水孔，间距 1.0m，孔口设反滤料；挡渣墙沿长度方向每 10m 设伸缩缝，缝宽 2cm，并填塞杉木条。

为防止排水涵管出口水流冲刷挡墙外侧坡脚，在挡墙外侧排水沟下游设计 1m 长 C25 混凝土衬砌底板，衬砌厚度 20cm。

SQT-1 弃渣场设置混凝土挡渣墙 58m。

③ 排渗系统

弃渣前，为收集和排导施工期间弃渣场区域内汇水、堆渣形成后的渣体渗水及基岩裂隙水，主体设计在弃渣场底部设置“纵向主盲沟＋横向支盲沟”的排渗系统，具体布置如下。

a、底部纵向主盲沟（骨干）

沿弃渣场区域内冲沟底部两侧布设 2 条纵向主盲沟，断面尺寸 1.5m×1.5m（底宽×深），两侧边坡 1:1，纵向坡降不小于 1%。盲沟内自下而上依次为：沟底铺 10cm 厚砂砾石找平层，通长铺设 φ400mm PE 实壁穿孔管；管周及管顶以上回填 15～30cm 粒径块石（厚 1.0m），再依次铺设 20cm 厚碎石垫层、400g/m²长丝针刺土工布和 20cm 厚粗砂。主盲沟渗水汇集至渣场下游坡脚，经挡渣墙泄水孔排入坡脚排水沟。

b、横向支盲沟（分支）

以 2 条纵向主盲沟为骨架，沿垂直主盲沟方向向两侧放射布置支盲沟，间距 30～50m；断面尺寸 0.6m×0.8m（底宽×深），两侧边坡 1:1。沟内铺设 φ200mm 软式透水管，外包 400g/m²土工布，坡降不小于 2%，向主盲沟汇流。

④ 排洪措施

弃渣场堆渣结束后，主体设计在弃渣场顶部西侧堆渣边缘的原始基础上，设置贯弃渣场的排洪沟，疏导沟内上游来洪，同时拦截南侧边坡汇水，由于沟道上游来洪流

量大、流速快，为改善排洪沟入口的水流形态，在入口处设置八字墙，八字墙接 1#排洪沟/施工期临时排水涵管，将沟道上游来洪引入排洪沟中。八字墙平面尺寸为 6.0m（长）×3.0m（宽），混凝土厚度 30cm。

根据排水验算结果，1#排洪沟采用底宽 1.7m，深 1.7m，边坡 1:0.75 的梯形断面，混凝土厚度 30cm。排洪沟采用 C25 钢筋混凝土现浇，下铺 10cm 厚砂砾石垫层。陡坡段设置台阶式跌坎，跌坎高度为 0.4m，每 10m 设置一个防滑齿墙。

1#排洪沟出口设置下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 钢筋混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm。1#排洪沟出口消力池平面尺寸为 16.0m（长）×1.7m（宽），池深 0.7m，边墙高 4.5m。

⑤ 排水措施

堆渣结束后，沿渣面北侧边坡交接处的原始基础设置北侧截排水沟，拦截坡上汇水，同时排除渣顶内部汇水。1#截水沟采用底宽 1.0m，深 1.0m，边坡 1:0.75 的梯形断面，混凝土厚度 30cm，采用 C25 混凝土现浇，下铺 10cm 厚砂砾石垫层。陡坡段设置台阶式跌坎，跌坎高度为 0.4m，每 10m 设置一个防滑齿墙。

1#截水沟出口设置下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 钢筋混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm。1#截水沟出口消力池平面尺寸为 8.0m（长）×1.0m（宽），池深 0.4m，边墙高 2.5m。

弃渣完毕后，渣面修整为龟背式，纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水。每一级边坡平台内侧及挡墙外侧设平台排水沟，平台排水沟采用底宽 40cm，深 40cm，坡比为 1:0.75 的梯形断面，C25 混凝土现浇厚度 20cm，能够满足弃渣场坡面降水的汇排要求。坡面汇水通过平台内侧排水沟引至弃渣场两侧排水系统，所有弃渣场汇水经底部消能后顺接至周边有足够泄流能力的天然水系。

⑥ 边坡防护

堆渣以土石渣为主，按 1:2.5 坡比分台堆放，单级坡高不超过 8m，平台宽度不小于 10m。经边坡稳定分析，各工况下安全系数均满足规范要求，边坡整体处于稳定状态。渣顶面修整为龟背式，纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水，减少积水下渗。渣体坡面采用灌草结合方式进行防护，撒播灌草种子形成地表覆盖，减轻后期降雨冲刷影响。

弃渣场周边排洪沟及截排水沟均沿原状土层开挖沟槽，开挖坡比 1:1，开挖边坡坡

面裸露易受降雨冲刷。沟道开挖成型后，对两侧开挖边坡采用喷播植草方式及时进行防护，草种选用适生性强、根系发达的乡土草种混播，发挥护面、防蚀作用。

上述边坡防护均为生态措施，相关工程量统一计入植物措施章节，不单独计列。

SQT-1 弃渣场设置排洪沟 506m，周边截水沟 414m，平台排水沟 334m，盲沟 2025m，八字墙 1 个，消力池 24m。

⑦ 土地整治

堆渣结束后，将表土回覆，进行土地整治。

弃渣由推土机平整并碾压 3～4 遍，堆渣结束后修整弃渣坡面，坡比 1:2.5。弃渣场表面进行土地平整，以便于采取植物措施。弃渣场土地平整面积为渣顶面积和渣体坡面面积。SQT-1 弃渣场土地平整 3.55hm²。

2）植物措施

①植物措施布设

弃渣场周边排洪沟及截排水沟均沿原状土层开挖沟槽，沟道开挖成型后，对两侧开挖边坡采用喷播植草方式及时进行防护。

根据项目区周边环境及植被生长情况，弃渣场渣顶采用乔灌草恢复，坡面植物恢复措施采用灌草结合方式，乔木主要采用藏川杨、云杉混合种植，乔木种植株行距 4m×5m，灌木选用适应性较强的沙棘，株行距为 1.5m×1.5m，林下混播草籽，采用老芒麦和垂穗披碱草草籽混播，草籽用量 100kg/hm²。

SQT-1 弃渣场种植藏川杨 266 株，云杉 266 株，沙棘 15787 株，撒播草籽面积 3.55hm²，喷播植草面积 0.37hm²。

②植物管护

由于本项目海拔相对高，气候条件差，采取种植灌木撒播草籽的植物措施后，为加快植物措施的恢复，后期必须加强对植被恢复区域的管护措施，其投资计入植物措施抚育管理费中。

a、需要加强后期浇水养护措施，经常浇水，保持土壤潮湿，加快植物生长。

b、加强防护，禁止人畜进入，以利于植被快速恢复。

c、积极防治病、虫、鼠害，保护草地的正常生长。

3）临时措施

①临时排水

施工期间排水采用临时排水涵管，SQT-1 弃渣场上游仅 1 处汇流沟道，主体设计在沟底设置一道排水涵管，管线要求平顺布设，分两期进行实施，第一段沟内排水管线从挡墙至高程 3625m 处，第二段沟内排水延伸至高程 3643m。

排水涵管防洪标准按 30 年一遇设计洪水，根据沟道汇流面积进行涵管过流能力验算，确定管径 DN1500mm，采用预制钢筋混凝土圆涵管(I 级管)，壁厚 150mm，管节长度 3.0m，为无压管涵设计，接口方式为承插式，接口方法采用柔性接口，接缝部位填塞橡胶密封圈，同时管道接口处水泥砂浆抹带。

排水涵管混凝土强度等级不低于 C40，环筋的内、外混凝土保护层厚度不应小于 20mm，纵筋的内混凝土保护层厚度不应小于 15mm；涵管外压荷载要求为裂缝荷载 >120kN/m，破坏荷载>180kN/m。

涵管下设 C20 混凝土基座、10cm 厚碎石垫层，基座每隔 20m 设一道 2cm 宽沉降缝，缝间填塞 2cm 厚闭孔塑料板。为加强密封性，在管道接口处采用水泥砂浆抹带，抹带及接口均用 1:2.5 水泥砂浆，抹带宽度 300mm，抹带厚度 35mm。涵管顶部设置 100cm 厚保护层，保护层回填料优先取用本工程开挖的原状土或合格石渣料，回填料碎石粒径不大于 8cm，回填石渣相对密度不小于 0.65。涵管每隔 50m 设置镇墩加固，并于进口、变坡位置、转弯位置设置混凝土镇墩加固，镇墩布设位置可根据现场实际情况适当调整。

涵管出口设置下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 钢筋混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm，消力池平面尺寸为 16.0m（长）×1.7m（宽），池深 0.7m，边墙高 4.5m。

入冬前对涵管进出口、盲沟出口全面清淤检查一次，冬期及春融前安排专人巡查，及时清除进出口积雪冰体及淤积物，保证春融首场来水前排水畅通。

②临时防护

在施工期，剥离的表土临时堆放在弃渣场后半部。对堆放在弃渣场地一侧剥离的表土采取临时拦挡措施，袋装土拦挡堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面，表面苫盖密目网。

SQT-1 弃渣场临时排水涵管 284m，袋装土拦挡及拆除 253m，密目网苫盖 0.18 万 m^2。

SQT-1 弃渣场水土保持措施工程量见表 7-33，水土保持措施设计图见附图 18。

⑶ SQT-4 临时弃渣场水土保持措施设计

SQT-4 临时弃渣场位于主线桩号 K48+300 右侧 2000m 一处荒沟，海拔高程 4235～4292m，为沟道型弃渣场，弃渣场等级为 4 级，占地面积 8.11hm²，弃渣场容量 120.00 万 m³，存渣量 76.86 万 m³（折合松方 99.92 万 m³），最大堆高 57.0m，按照 1:2.5 边坡进行堆渣，按 8m 堆高进行分级，渣顶纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水。弃渣场上游汇水面积为 129.7hm²，占地类型为灌木林地和天然牧草地。

SQT-4 临时弃渣场布设于天然荒沟中，弃渣场下游无基础设施、居民住宅等敏感点。其防护工程水土保持措施主要为：表土剥离、挡渣墙、排洪/水沟、平台排水沟、排水盲沟、八字墙、消力池、土地平整、表土回覆、植被恢复以及临时排水、防护措施等。

1）工程措施

① 表土处理

弃渣场占用林草地部分在工程开始前需进行剥离表土，平均剥离厚度 15cm，临时堆放在弃渣场后半部，堆高控制在 2m，施工期间需加强临时拦挡防护措施。施工后期对弃渣场表面进行场平，回覆表土，以便恢复植被。

SQT-4 临时弃渣场表土剥离及回覆 1.05 万 m³。

② 拦挡防护

SQT-4 临时弃渣场为沟道型弃渣场，场地内部分段落自然坡面坡率陡于 1：5，弃渣前对基底自然坡面开挖台阶，台阶宽度不小于 4.0m，台阶顶面向内倾斜 2%～3%，开挖土石方就近用于渣体填筑。弃渣以土石渣为主，堆渣边坡坡度取 1:2.5。主体设计在弃渣场底部沟口处设置混凝土挡渣墙。挡渣墙顶设置平台，平台宽 5m，平台内侧设置平台排水沟，墙顶以上堆渣按 1:2.5 起坡，按每 8m 一级堆高进行放坡，中间衔接 10m 宽平台，便于堆渣施工以及后期碾压，以此类推。在渣体堆积完成后，渣面整治并布设植物措施进行防护。

沟口混凝土挡渣墙断面设计：混凝土挡渣墙断面高 7.0m，顶宽 1.5m，埋深 2.0m，背坡倾斜坡度 1：0.15，面坡倾斜坡度 1：0.25，墙底倾斜坡率 0.1：1，采用 1 个扩展墙址台阶，墙趾台阶 b1 为 0.5m，墙趾台阶 h1 为 0.5m，墙趾台阶与墙面坡度相同，墙踵台阶 b3 为 0.5m，墙踵台阶 h3 为 0.5m。墙体设置单排 φ10 的 PVC 管排水孔，间距 1.0m，孔口设反滤料；挡渣墙沿长度方向每 10m 设伸缩缝，缝宽 2cm，并填塞杉木条。

为防止排水涵管出口水流冲刷挡墙外侧坡脚，在挡墙外侧排水沟下游设计 1m 长 C25 混凝土衬砌底板，衬砌厚度 20cm。

SQT-4 临时弃渣场设置混凝土挡渣墙 65m。

③ 排渗系统

弃渣前，为收集和排导施工期间弃渣场区域内汇水、堆渣形成后的渣体渗水及基岩裂隙水，主体设计在弃渣场底部设置“纵向主盲沟＋横向支盲沟”的排渗系统，具体布置如下。

a、底部纵向主盲沟（骨干）

沿弃渣场区域内冲沟底部两侧对称布设 1 条纵向主盲沟，断面尺寸 1.5m×1.5m（底宽×深），两侧边坡 1:1，纵向坡降不小于 1%。盲沟内自下而上依次为：沟底铺 10cm 厚砂砾石找平层，通长铺设 φ400mm PE 实壁穿孔管；管周及管顶以上回填 15～30cm 粒径块石（厚 1.0m），再依次铺设 20cm 厚碎石垫层、400g/m²长丝针刺土工布和 20cm 厚粗砂。主盲沟渗水汇集至渣场下游坡脚，经挡渣墙泄水孔排入坡脚排水沟。

b、横向支盲沟（分支）

以沟底纵向主盲沟为骨架，沿垂直主盲沟方向向两侧放射布置支盲沟，间距 30～50m；断面尺寸 0.6m×0.8m（底宽×深），两侧边坡 1:1。沟内铺设 φ200mm 软式透水管，外包 400g/m²土工布，坡降不小于 2%，向主盲沟汇流。

④ 排洪措施

弃渣场堆渣结束后，主体设计在弃渣场顶部西侧堆渣边缘的原始基础上，设置贯弃渣场的排洪沟，疏导沟内上游来洪，同时拦截南侧边坡汇水，由于沟道上游来洪流量大、流速快，为改善排洪沟入口的水流形态，在入口处设置八字墙，八字墙接 1#排洪沟/施工期临时排水涵管，将沟道上游来洪引入排洪沟中。八字墙平面尺寸为 6.0m（长）×3.0m（宽），混凝土厚度 30cm。

根据排水验算结果，1#排洪沟采用底宽 1.8m，深 1.8m，边坡 1:0.75 的梯形断面，混凝土厚度 30cm。排洪沟采用 C25 钢筋混凝土现浇，下铺 10cm 厚砂砾石垫层。陡坡段设置台阶式跌坎，跌坎高度为 0.4m，每 10m 设置一个防滑齿墙。

1#排洪沟出口设置下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 钢筋混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm。1#排洪沟出口消力池平面尺寸为 21.0m（长）×1.8m（宽），池深 0.9m，边墙高 6.0m。

⑤ 排水措施

堆渣结束后，沿渣面北侧边坡交接处的原始基础设置北侧截排水沟，拦截坡上汇水，同时排除渣顶内部汇水。1#截水沟采用底宽 1.5m，深 1.5m，边坡 1:0.75 的梯形断面，混凝土厚度 30cm，采用 C25 混凝土现浇，下铺 10cm 厚砂砾石垫层。陡坡段设置台阶式跌坎，跌坎高度为 0.4m，每 10m 设置一个防滑齿墙。

1#截水沟出口设置下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 钢筋混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm。1#截水沟出口消力池平面尺寸均为 16.0m（长）×1.5m（宽），池深 0.7m，边墙高 4.5m。

弃渣完毕后，渣面修整为龟背式，纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水。每一级边坡平台内侧及挡墙外侧设平台排水沟，平台排水沟采用底宽 40cm，深 40cm，坡比为 1:0.75 的梯形断面，C25 混凝土现浇厚度 20cm，能够满足弃渣场坡面降水的汇排要求。坡面汇水通过平台内侧排水沟引至弃渣场两侧排水系统，所有弃渣场汇水经底部消能后顺接至周边有足够泄流能力的天然水系。

⑥ 边坡防护

堆渣以土石渣为主，按 1:2.5 坡比分台堆放，单级坡高不超过 8m，平台宽度不小于 10m。经边坡稳定分析，各工况下安全系数均满足规范要求，边坡整体处于稳定状态。渣顶面修整为龟背式，纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水，减少积水下渗。渣体坡面采用灌草结合方式进行防护，撒播灌草种子形成地表覆盖，减轻后期降雨冲刷影响。

弃渣场周边排洪沟及截排水沟均沿原状土层开挖沟槽，开挖坡比 1:1，开挖边坡坡面裸露易受降雨冲刷。沟道开挖成型后，对两侧开挖边坡采用喷播植草方式及时进行防护，草种选用适生性强、根系发达的乡土草种混播，发挥护面、防蚀作用。

上述边坡防护均为生态措施，相关工程量统一计入植物措施章节，不单独计列。

SQT-4 临时弃渣场设置排洪沟 542m，周边截水沟 1007m，平台排水沟 568m，盲沟 2169m，八字墙 1 个，消力池 24m。

⑦ 土地整治

堆渣结束后，将表土回覆，进行土地整治。

弃渣由拖拉机平整并碾压 3～4 遍，堆渣结束后修整弃渣坡面，坡比 1:2.5。弃渣场表面进行土地平整，以便于采取植物措施。弃渣场土地平整面积为渣顶面积和渣体坡

面面积。SQT-4 临时弃渣场土地平整 9.73hm²。

2）植物措施

①植物措施布设

弃渣场周边排洪沟及截排水沟均沿原状土层开挖沟槽，沟道开挖成型后，对两侧开挖边坡采用喷播植草方式及时进行防护。

根据项目区周边环境及植被生长情况，弃渣场渣顶采用乔灌草恢复，坡面植物恢复措施采用灌草结合方式，乔木主要采用藏川杨、云杉混合种植，乔木种植株行距 4m×5m，灌木选用适应性较强的沙棘，株行距为 1.5m×1.5m，林下混播草籽，采用老芒麦和垂穗披碱草草籽混播，草籽用量 100kg/hm²。

SQT-4 临时弃渣场种植藏川杨 730 株，云杉 730 株，沙棘 43253 株，撒播草籽面积 9.73hm²，喷播植草面积 0.62hm²。

②植物管护

由于本项目海拔相对高，气候条件差，采取种植灌木撒播草籽的植物措施后，为加快植物措施的恢复，后期必须加强对植被恢复区域的管护措施，其投资计入植物措施抚育管理费中。

a、需要加强后期浇水养护措施，经常浇水，保持土壤潮湿，加快植物生长。

b、加强防护，禁止人畜进入，以利于植被快速恢复。

c、积极防治病、虫、鼠害，保护草地的正常生长。

3）临时措施

①临时排水

施工期间排水采用临时排水涵管，SQT-4 临时弃渣场范围内为一处沟道，主体设计堆渣前沿现状沟底设置排水涵管，管线要求平顺布设，分两期进行实施，第一段沟内排水管线从挡墙至高程 4260m 处，第二段从 4260m 处向上游延伸至高程 4292m。

排水涵管防洪标准按 30 年一遇设计洪水，根据沟道汇流面积进行涵管过流能力验算，确定管径 DN1500mm，采用预制钢筋混凝土圆涵管(I 级管)，壁厚 150mm，管节长度 3.0m，为无压管涵设计，接口方式为承插式，接口方法采用柔性接口，接缝部位填塞橡胶密封圈，同时管道接口处水泥砂浆抹带。

排水涵管混凝土强度等级不低于 C40，环筋的内、外混凝土保护层厚度不应小于 20mm，纵筋的内混凝土保护层厚度不应小于 15mm；涵管外压荷载要求为裂缝荷载

>120kN/m，破坏荷载>180kN/m。

涵管下设 C20 混凝土基座、10cm 厚碎石垫层，基座每隔 20m 设一道 2cm 宽沉降缝，缝间填塞 2cm 厚闭孔塑料板。为加强密封性，在管道接口处采用水泥砂浆抹带，抹带及接口均用 1:2.5 水泥砂浆，抹带宽度 300mm，抹带厚度 35mm。涵管顶部设置 100cm 厚保护层，保护层回填料优先取用本工程开挖的原状土或合格石渣料，回填料碎石粒径不大于 8cm，回填石渣相对密度不小于 0.65。涵管每隔 50m 设置镇墩加固，并于进口、变坡位置、转弯位置设置混凝土镇墩加固，镇墩布设位置可根据现场实际情况适当调整。

涵管出口设置下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 钢筋混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm，消力池平面尺寸为 21.0m（长）×1.8m（宽），池深 0.9m，边墙高 6.0m。

入冬前对涵管进出口、盲沟出口全面清淤检查一次，冬期及春融前安排专人巡查，及时清除进出口积雪冰体及淤积物，保证春融首场来水前排水畅通。

②临时防护

在施工期，剥离的表土临时堆放在弃渣场后半部，堆高控制在 2m。对堆放在弃渣场地一侧剥离的表土采取临时拦挡措施，袋装土拦挡堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面，表面苫盖密目网。

SQT-4 临时弃渣场临时排水涵管 688m，袋装土拦挡及拆除 389m，密目网苫盖 0.42 万 m²。

SQT-4 临时弃渣场水土保持措施工程量见表 7-33，水土保持措施设计图见附图 18。

根据各个弃渣场水土保持措施设计，汇总弃渣场防治区水土保持措施工程量，详见表 7-33。

表 7-32 SQT-3、SQT-9 临时弃渣场水土保持措施布设表

序号	弃渣场编号	简况	典型措施设计		
			工程措施	植物措施	临时措施
1	SQT-3 弃渣场	SQT-3 弃渣场位于主线桩号 K36+600 右侧 1800m 一处荒沟，海拔高程 3425～3484m，为沟道型弃渣场，弃渣场等级为 4 级，占地面积 4.53hm²，弃渣场容量 45.00 万 m³，存渣量 27.00 万 m³（折合松方 35.09 万 m³），最大堆高 59.0m，按照 1:2.5 边坡进行堆渣，按 8m 堆高进行分级，渣顶纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水，弃渣场上游汇水面积为 291.4hm²，占地类型为灌木林地。 SQT-3 弃渣场布设于天然荒沟中，弃渣场下游无基础设施、居民住宅等敏感点。其防护工程水土保持措施主要为：表土剥离、挡渣墙、排洪/水沟、平台排水沟、排水盲沟、八字墙、消力池、土地平整、表土回覆、植被恢复以及临时措施等。	弃渣场占用灌木林地部分在工程开始前需进行剥离表土，林地平均剥离表土厚度 15cm，临时堆放在弃渣场后半部，堆高控制在 2m，施工期间需加强临时拦挡防护措施。施工后期对于弃渣场表面进行场平，回覆表土，以便恢复植被。 SQT-3 弃渣场为沟道型弃渣场，场地内部分段落自然坡面坡率陡于 1：5，弃渣前对基底自然坡面开挖台阶，台阶宽度不小于 4.0m，台阶顶面向内倾斜 2%～3%，开挖土石方就近用于渣体填筑。弃渣以土石渣为主，堆渣边坡坡度取 1:2.5。弃渣场底部沟口处设置混凝土挡渣墙。挡渣墙顶设置平台，平台宽 2m，平台内侧设置平台排水沟，墙顶以上堆渣按 1:2.5 起坡，按每 8m 一级堆高进行放坡，中间衔接 5m 宽平台，便于堆渣施工以及后期碾压，以此类推。在渣体堆积完成后，渣面整治并布设植物措施进行防护。 沟口混凝土挡渣墙断面设计：混凝土挡渣墙断面高 7.0m，顶宽 1.5m，埋深 2.0m，背坡倾斜坡度 1：0.15，面坡倾斜坡度 1：0.25，墙底倾斜坡率 0.1：1，采用 1 个扩展墙址台阶，墙趾台阶 b1 为 0.5m，墙趾台阶 h1 为 0.5m，墙趾台阶与墙面坡坡度相同，墙踵台阶 b3 为 0.5m，墙踵台阶 h3 为 0.5m。墙体设置单排 ϕ10 的 PVC 管排水孔，间距 1.0m，孔口设反滤料；挡渣墙沿长度方向每 10m 设伸缩缝，缝宽 2cm，并填塞杉木条。 为防止排水涵管出口水流冲刷挡墙外侧坡脚，在挡墙外侧排水沟下游设计 1m 长 C25 混凝土衬砌底板，衬砌厚度 20cm。 弃渣前，为收集和排导施工期间弃渣场区域内汇水、堆渣形成后的渣体渗水及基岩裂隙水，在弃渣场底部设置“纵向主盲沟＋横向支盲沟”的排渗系统，具体布置见 SQT-1 弃渣场排渗系统设计。 弃渣场堆渣结束后，在弃渣场顶部南侧堆渣边缘的原始基础上，设置贯弃渣场的排洪沟，疏导沟内上游来洪，同时拦截南侧边坡汇水，由于沟道上游来洪流量大、流速快，为改善排洪沟入口的水流形态，在入口处设置八字墙，八字墙接 1#排洪沟/施工期临时排水涵管，将沟道上游来洪引入排洪沟中。八字墙平面尺寸为 6.0m（长）×3.0m（宽），混凝土厚度 30cm。 根据排水验算结果，1#排洪沟采用底宽 2.3m，深 2.3m，边坡 1:0.75 的梯形断面，混凝土厚度 30cm。排洪沟采用 C25 钢筋混凝土现浇，下铺 10cm 厚砂砾石垫层。陡坡段设置台阶式跌坎，跌坎高度为 0.4m，每 10m 设置一个防滑齿墙。1#截水沟采用底宽 1.6m，深 1.6m，边坡 1:0.75 的梯形断面，混凝土厚度 30cm，采用 C25 混凝土现浇，下铺 10cm 厚砂砾石垫层。陡坡段设置台阶式跌坎，跌坎高度为 0.4m，每 10m 设置一个防滑齿墙。1#排洪沟、1#截水沟出口均设置下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm。1#排洪沟出口消力池平面尺寸为 33.0m（长）×2.3m（宽），池深 1.0m，边墙高 8.0m。1#截水沟出口消力池平面尺寸为 16.0m（长）×1.6m（宽），池深 0.7m，边墙高 4.5m。 弃渣完毕后，渣面修整为龟背式，纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水。每一级边坡平台内侧及挡墙外侧设平台排水沟，平台排水沟排水沟采用底宽 40cm，深 40cm，坡比为 1:0.75 的梯形断面，C25 混凝土现浇厚度 20cm，能够满足弃渣场坡面降水的汇排要求。坡面汇水通过平台内侧排水沟引至弃渣场两侧排水系统。 堆渣结束后，将表土回覆，进行土地整治。弃渣由拖拉机平整并碾压 3～4 遍，堆渣结束后修整弃渣坡面，坡比 1:2.5。弃渣场表面进行土地平整，以便于采取植物措施。弃渣场土地平整面积为渣顶面积和渣体坡面面积。 SQT-3 弃渣场表土剥离及回覆 0.68 万 m³，混凝土挡渣墙 72m，排洪沟 618m，周边截水沟 505m，平台排水沟 726m，盲沟 2471m，八字墙 1 个，消力池 33m，土地平整 5.44hm²。	弃渣场周边排洪沟及截排水沟均沿原状土层开挖沟槽，沟道开挖成型后，对两侧开挖边坡采用喷播植草方式及时进行防护。 根据项目区周边环境及植被生长情况，弃渣场渣顶采用乔灌草恢复，坡面植物恢复措施采用灌草结合方式，乔木主要采用藏川杨、云杉混合种植，乔木种植株行距 4m×5m，灌木选用适应性较强的沙棘，株行距为 1.5m×1.5m，林下混播草籽，采用老芒麦和垂穗披碱草草籽混播，草籽用量 100kg/hm²。 SQT-3 弃渣场种植藏川杨 408 株，云杉 408 株，沙棘 24160 株，撒播草籽面积 5.44hm²，喷播植草面积 0.45hm²。 由于本项目海拔相对高，气候条件差，采取种植灌木撒播草籽的植物措施后，为加快植物措施的恢复，后期必须加强对植被恢复区域的管护措施，其投资计入植物措施抚育管理费中。 ① 需要加强后期浇水养护措施，经常浇水，保持土潮湿，加快植物生长。 ② 加强防护，禁止人畜进入，以利于植被快速恢复。 ③ 积极防治病、虫、鼠害，保护草地的正常生长。	施工期间排水采用临时排水涵管，堆渣前沿现状沟底布设，管线要求平顺布设，分两期进行实施。排水涵管防洪标准按 30 年一遇设计洪水，根据沟道汇流面积进行涵管过流能力验算，确定管径 DN1500mm，采用预制钢筋混凝土圆涵管(I 级管)，规格布设要求同上。 涵管出口均设置下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm，消力池平面尺寸为 33.0m（长）×2.3m（宽），池深 1.0m，边墙高 8.0m。 在施工期，剥离的表土临时堆放在弃渣场后半部，堆高控制在 2m。对堆放在弃渣场地一侧剥离的表土采取临时拦挡措施，袋装土拦挡堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面，表面苫盖密目网。 SQT-3 弃渣场临时排水涵管 446m，袋装土拦挡及拆除 313m，密目网苫盖 0.27 万 m²。
3	SQT-9 临时弃渣场	SQT-9 临时弃渣场位于主线桩号 K77+100 右侧 100m 一处荒沟，海拔高程 4615～4673m，为沟道型弃渣场，弃渣场等级为 4 级，占地面积 7.03hm²，弃渣场容量 85.00 万 m³，存渣量 54.87 万 m³（折合松方 71.33 万 m³），最大堆高 58.0m，按照 1:2.5 边坡进行堆渣，按 8m 堆高进行分级，渣顶纵坡不小于 1%，横向中间高两边	弃渣场占用灌木林地、天然牧草地部分在工程开始前需进行剥离表土，林地平均剥离表土厚度 15cm、草地平均剥离表土厚度 10cm，临时堆放在弃渣场后半部，堆高控制在 2m，施工期间需加强临时拦挡防护措施。施工后期对于弃渣场表面进行场平，回覆表土，以便恢复植被。 SQT-9 临时弃渣场为沟道型弃渣场，充分利用渣料的自身稳定性能来维持渣体稳定，确定合理的堆渣坡度，弃渣以土石渣为主，堆渣边坡坡度取 1:2.5。弃渣场底部沟口处设置混凝土挡渣墙。挡渣墙顶设置平台，平台宽 2m，平台内侧设置平台排水沟，墙顶以上堆渣按 1:2.5 起坡，按每 8m 一级堆高进行放坡，中间衔接 5m 宽平台，便于堆渣施工以及后期碾压，以此类推。在渣体堆积完成后，渣面整治并布设植物措施进行防护。 沟口混凝土挡渣墙断面设计：混凝土挡渣墙断面高 7.0m，顶宽 1.5m，埋深 2.0m，背坡倾斜坡度 1：0.15，面坡倾斜坡度 1：0.25，墙底倾斜坡率 0.1：1，采用 1 个扩展墙址台阶，墙趾台阶 b1 为 0.5m，墙趾台阶 h1 为 0.5m，墙趾台阶与墙面坡坡度相同，墙踵台阶 b3 为 0.5m，墙踵台阶 h3 为 0.5m。墙体设置单排 ϕ10 的 PVC 管排水孔，间距 1.0m，孔口设反滤料；挡渣墙沿长度方向每 10m 设伸缩缝，缝宽 2cm，并填塞杉木条。 为防止排水涵管出口水流冲刷挡墙外侧坡脚，在挡墙外侧排水沟下游设计 1m 长 C25 混凝土衬砌底板，衬砌厚度 20cm。 弃渣前，为收集和排导施工期间弃渣场区域内汇水、堆渣形成后的渣体渗水及基岩裂隙水，在弃渣场底部设置“纵向主盲沟＋横向支盲沟”的排渗系统，具体布置见 SQT-4 临时弃渣场排渗系统设计。	弃渣场周边排洪沟及截排水沟均沿原状土层开挖沟槽，沟道开挖成型后，对两侧开挖边坡采用喷播植草方式及时进行防护。 根据项目区周边环境及植被生长情况，弃渣场渣顶采用乔灌草恢复，坡面植物恢复措施采用灌草结合方式，乔木主要采用藏川杨、云杉混合种植，乔木种植株行距 4m×5m，灌木选用适应性较强的沙棘，株行距为 1.5m×1.5m，林下混播草籽，采用老芒麦和垂穗披碱草草籽混播，草籽用量 100kg/hm²。 SQT-9 临时弃渣场种植藏川杨 633 株，	施工期间排水采用临时排水涵管，堆渣前沿现状沟底布设，管线要求平顺布设，分两期进行实施。排水涵管防洪标准按 50 年一遇设计洪水，根据沟道汇流面积进行涵管过流能力验算，确定管径 DN1500mm，采用预制钢筋混凝土圆涵管(I 级管)，规格布设要求同上。 涵管出口设置下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 混凝土现浇，衬

表 7-32 SQT-3、SQT-9 临时弃渣场水土保持措施布设表

序号	弃渣场编号	简况	典型措施设计		
			工程措施	植物措施	临时措施
		低，横坡不小于 3%，以利排水，弃渣场上游汇水面积为 156.3hm²，占地类型为灌木林地、天然牧草地。SQT-9 临时弃渣场布设于天然荒沟中，弃渣场下游无基础设施、居民住宅等敏感点。其防护工程水土保持措施主要为：表土剥离、挡渣墙、排洪/水沟、平台排水沟、排水盲沟、八字墙、消力池、土地平整、表土回覆、植被恢复以及临时措施等。	弃渣场堆渣结束后，在弃渣场顶部东侧堆渣边缘的原始基础上，设置贯弃渣场的排洪沟，疏导沟内上游来洪，同时拦截东侧边坡汇水，由于沟道上游来洪流量大、流速快，为改善排洪沟入口的水流形态，在入口处设置八字墙，八字墙接 1#排洪沟/施工期临时排水涵管，将沟道上游来洪引入排洪沟中。八字墙平面尺寸为 6.0m（长）×3.0m（宽），混凝土厚度 30cm。 根据排水验算结果，1#排洪沟采用底宽 1.8m，深 1.8m，边坡 1:0.75 的梯形断面，混凝土厚度 30cm。排洪沟采用 C25 钢筋混凝土现浇，下铺 10cm 厚砂砾石垫层。陡坡段设置台阶式跌坎，跌坎高度为 0.4m，每 10m 设置一个防滑齿墙。1#截水沟采用底宽 1.5m，深 1.5m，边坡 1:0.75 的梯形断面，混凝土厚度 30cm，采用 C25 混凝土现浇，下铺 10cm 厚砂砾石垫层。陡坡段设置台阶式跌坎，跌坎高度为 0.4m，每 10m 设置一个防滑齿墙。1#排洪沟、1#截水沟出口均设置下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm。1#排洪沟出口消力池平面尺寸为 21.0m（长）×1.8m（宽），池深 0.9m，边墙高 6.0m。1#截水沟出口消力池平面尺寸为 16.0m（长）×1.5m（宽），池深 0.7m，边墙高 4.5m。 弃渣完毕后，渣面修整为龟背式，纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水。每一级边坡平台内侧及挡墙外侧设平台排水沟，平台排水沟排水沟采用底宽 40cm，深 40cm，坡比为 1:0.75 的梯形断面，C25 混凝土现浇厚度 20cm，能够满足弃渣场坡面降水的汇排要求。坡面汇水通过平台内侧排水沟引至弃渣场两侧排水系统。 堆渣结束后，将表土回覆，进行土地整治。弃渣由拖拉机平整并碾压 3～4 遍，堆渣结束后修整弃渣坡面，坡比 1:2.5。弃渣场表面进行土地平整，以便于采取植物措施。弃渣场土地平整面积为渣顶面积和渣体坡面面积。 SQT-9 临时弃渣场表土剥离及回覆 0.79 万 m³，混凝土挡渣墙 37m，排洪沟 1086m，周边截水沟 889m，平台排水沟 620m，盲沟 4344m，八字墙 1 个，消力池 32m，土地平整 8.44hm²。	云杉 633 株，沙棘 37493 株，撒播草籽面积 8.44hm²，喷播植草面积 0.79hm²。 由于本项目海拔相对高，气候条件差，采取种植灌木撒播草籽的植物措施后，为加快植物措施的恢复，后期必须加强对植被恢复区域的管护措施，其投资计入植物措施抚育管理费中。 ① 需要加强后期浇水养护措施，经常浇水，保持土潮湿，加快植物生长。 ② 加强防护，禁止人畜进入，以利于植被快速恢复。 ③ 积极防治病、虫、鼠害，保护草地的正常生长。	砌厚度为 30cm，消力池平面尺寸为 21.0m（长）×1.8m（宽），池深 0.9m，边墙高 6.0m。 在施工期，剥离的表土临时堆放在弃渣场后半部，堆高控制在 2m。对堆放在弃渣场地一侧剥离的表土采取临时拦挡措施，袋装土拦挡堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面，表面苫盖密目网。 SQT-9 临时弃渣场临时排水涵管 589m，袋装土拦挡及拆除 337m，密目网苫盖 0.32 万 m²。

表 7-33 各弃渣场水土保持措施工程量表

弃渣场编号	工程措施										植物措施					临时措施		
	表土剥离	表土回覆	拦挡工程	排水措施						土地平整	种植乔木		种植灌木	喷播植草	种草	排水涵管	袋装土拦挡及拆除	密目网苫盖
			混凝土挡渣墙	排洪沟/排水沟			排水盲沟	八字墙	消力池		藏川杨	云杉	种植沙棘		混播老芒麦和垂穗披碱草草籽			
			长度	排洪沟	周边排水沟	平台排水沟	长度	数量	长度	面积	数量	数量	数量	面积	面积	长度	长度	苫盖面积
	万 m^3	万 m^3	m	m	m	m	m	个	m	hm^2	株	株	株	hm^2	hm^2	m	m	万 m^2
SQT-1 弃渣场	0.44	0.44	38	506	414	334	2025	1	24	3.55	266	266	15787	0.37	3.55	284	253	0.18
SQT-3 弃渣场	0.68	0.68	55	618	505	726	2471	1	50	5.44	408	408	24160	0.45	5.44	446	313	0.27
SQT-4 临时弃渣场	1.05	1.05	43	542	1007	568	2169	1	37	9.73	730	730	43253	0.62	9.73	688	389	0.42
SQT-9 临时弃渣场	0.79	0.79	47	1086	889	620	4344	1	37	8.44	633	633	37493	0.79	8.44	589	337	0.32
合计	2.96	2.96	183	2752	2815	2248	11010	4	148	27.16	2037	2037	120693	2.23	27.16	2007	1291	1.18
备注	新增措施		主体已有							新增措施					主体已有	新增措施		

7.7.2.10 施工便道防治区

高山峡谷区共设置施工便道 72.79km（其中新建段 71.47km，改建段 1.32km），为泥结碎石路面，路面净宽 4.5m，高山峡谷区便道均为挖方段及半挖半填段道路，占地宽度在 9.0～11.0m 范围，施工便道总占地面积为 70.97hm²，占地类型包括乔木林地、灌木林地和天然牧草地，施工完毕后，根据原占地类型按照乔灌草结合方式进行植被恢复。

选择 BD10 进行水土保持措施典型设计，BD10 为 CD3 施工场地便道，地貌类型为高山峡谷地貌，上路桩号 K34+960，施工便道长 260m，路面净宽 4.5m，道路占地 9.0～11.0m，泥结碎石路面，占地面积 0.25hm²，占地类型为灌木林地。BD10 施工便道挖方段长 40m，半挖半填段长 220m，挖方 0.29 万 m³，填方 0.18 万 m³。

⑴ 工程措施

1）表土处理

施工便道占用林草地部分在施工前需进行剥离表土，林地平均剥离厚度 15cm，草地平均剥离表土厚度 10cm，临时堆放在 CD3 施工场地内一并防护，堆高控制在 2m，施工期间需加强临时拦挡防护措施。

2）边坡防护

施工便道沿山体等高线展布，依地形地质条件，填方边坡采用 1:1.5，挖方边坡采用 1:1。便道路基宽度 4.5m，路面设 2%横坡排水。填方坡面及挖方坡面裸露易受降雨冲刷，采用撒播灌草方式进行防护，草种选用适生性强、根系发达的乡土草种混播，形成地表覆盖，减轻后期降雨冲刷影响。对开挖边坡坡面采用喷播植草方式及时防护，发挥护面、防蚀作用。

上述边坡防护均为生态措施，相关工程量统一计入植物措施章节，不单独计列。

3）土地整治

施工过程中，施工便道占地范围内部分路面表层因施工过程中车辆及施工人员扰动而硬化，施工完毕后需将这部分表层硬化层疏松并平整土地，回覆表土，以便恢复植被。

根据设计，工程完工后 BD10 施工便道表土剥离及回覆 0.03 万 m³，疏松硬化层 200m³，土地平整 0.25hm²。

⑵ 植物措施

1）植物措施布设

便道成型后，对开挖边坡坡面采用喷播植草方式及时防护，填方边坡采用灌草结合方式同步恢复绿化。施工结束后，对碾压区域进行疏松、平整，便道路面采用乔灌草恢复。

乔木主要采用藏川杨、云杉混合种植，乔木种植株行距 4m×5m，灌木选用适应性较强的沙棘，株行距为 1.5m×1.5m，林下混播草籽，采用老芒麦和垂穗披碱草草籽混播，草籽用量 100kg/hm²。

BD10 施工便道种植藏川杨 25 株，云杉 25 株，沙棘 1111 株，撒播草籽 0.25hm²，喷播植草面积 0.05hm²。

2）植物管护

由于本项目海拔相对高，气候条件差，采取撒播草籽的植物措施后，为加快植物措施的恢复，后期必须加强管护措施，其投资计入植物措施抚育管理费中。

① 需要加强后期浇水养护措施，经常浇水，保持土壤潮湿，加快植物生长。

② 加强防护，禁止人畜进入，以利于植被快速恢复。

③ 积极防治病、虫、鼠害，保护草地的正常生长。

⑶ 临时措施

1）临时防护栏

考虑到控制行车扰动范围，对道路填方侧布设铁丝围栏，保证施工车辆和人员不扰动施工便道以外的地表。设计在道路的两侧沿占地界线每隔 10m 设置钢钎一根，钢钎采用等边角钢制成，等边角钢规格为：b=25mm，d=4mm。每根钢钎长 150cm，打入地下 50cm，钢钎上拉 16#镀锌铁丝一道，并在铁丝上挂彩色布条等明显的标志。施工完毕后，拆除防护栏并回收。BD10 共需要设置彩条旗护栏 220m。

2）下边坡临时拦挡

BD10 施工便道约有 220m 为半挖半填路段，在下边坡设置袋装土拦挡，防止施工过程中因施工车辆和人员的扰动对下边坡产生影响，袋装土拦挡堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面，完工后拆除。BD10 共需要设置袋装土拦挡 220m。

3）临时排水措施

对于高山峡谷区设置的施工便道，为了防止地表径流冲刷对施工便道产生破坏，减轻施工便道开挖形成边坡的水土流失，拟在新修便道上边坡开挖排水沟，根据施工

便道排水沟计算结果（7.7.2.8 章节），排水沟采用梯形断面，底宽 60cm，深 60cm，边坡 1：1 并夯实，在低洼处布设沉沙池，临时沉沙池为矩形，平面尺寸为 2.0m（长）×1.5m（宽），深 1.0m，边坡 1:0.5 不衬砌，经沉沙池沉淀水流中的泥沙后，顺接至附近有足够泄流能力的沟渠或河道，施工期间，雨季应安排专人负责周边沟及沉沙池的清淤。排水沟、沉沙池与施工便道平整同步进行。

根据计算，BD10 施工便道共需要设置临时排水沟 260m，沉沙池 2 个。

BD10 施工便道水土保持措施设计图详见附图 20。

根据 BD10 施工便道水土保持措施设计，计算水土保持措施工程量，详见表 7-34。

表 7-34 高山峡谷区施工便道防治区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	高山峡谷区		合计	备注
				挖方路段区	半挖半填区		
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.58	3.06	3.64	新增水保措施
	表土回覆	土方量	万 m³	0.58	3.06	3.64	
	碾压层疏松	疏松土石方	万 m³	1.51	7.92	9.42	
	土地整治	面积	hm²	11.36	59.61	70.97	
植物措施	藏川杨	数量	株	923	5185	6108	
	云杉	数量	株	923	5185	6108	
	沙棘	数量	株	41001	230466	271467	
	喷播植草	面积	hm²	2.13	7.76	9.89	
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	9.23	51.85	61.08	
		用量	kg	923	5185	6108	
临时措施	彩条旗护栏	长度	m		36686	36686	
	临时排水沟	长度	m	11646	61144	72790	
		开挖土方	m³	8427	44242	52669	
	临时沉沙池	数量	个	23	122	146	
		开挖土方	m³	70	367	437	
	袋装土拦挡及拆除	长度	m		18343	18343	
		袋装土填筑	m³		9172	9172	
		袋装土拆除	m³		9172	9172	

7.7.2.11 施工生产生活防治区

高山峡谷区共设置施工生产生活区 14 处，布置于线路走廊附近，施工场地需设置施工便道进行连接，施工生产生活区占地 10.80hm²，其中新增临时占地 6.64hm²，占地类型为灌木林地和天然牧草地。

本方案对 CD10 施工场地进行水土保持措施设计，CD10 位于桩号 K65+100 路左 50m，属于察雅县，地貌类型为高山峡谷地貌，占地面积 0.53hm²，新增临时占地

0.47hm²，占地类型为天然牧草地，依现状地势采取阶梯式布置，移挖作填，挖方及填方均为 0.30 万 m³。

⑴ 工程措施

1）表土处理

CD10 占地类型为天然牧草地，工程开始前对于占用范围的可利用表土进行剥离，灌木林地平均剥离厚度为 15cm 草地平均剥离厚度为 10cm，剥离的表土集中堆放并采取临时防护措施，完工后表土回覆占地范围内用于植被恢复用土。

2）边坡防护

施工场地均位于坡地，采用台阶式布局，各级台阶之间以挡土墙连接。场地平整过程中，挖填边坡依地形地质条件确定：填方边坡采用 1:1.5，挖方边坡采用 1:1。填方坡面及挖方坡面裸露易受降雨冲刷，采用撒播灌草方式进行防护，草种选用适生性强、根系发达的乡土草种混播，形成地表覆盖，减轻后期降雨冲刷影响。对开挖边坡坡面采用喷播植草方式及时防护，发挥护面、防蚀作用。

上述边坡防护均为生态措施，相关工程量统一计入植物措施章节，不单独计列。

3）土地整治

施工结束后，对施工场地产生的硬化层进行清除，初拟清除厚度 10cm，按施工场地占地的 60%计算工程量。CD10 施工场地清除的硬化层运至 SQT-9 临时弃渣场，对占压的施工生产生活区进行平整。

根据计算，CD10 施工生产生活区需剥离及回覆表土 0.05 万 m³，清除硬化层 0.05 万 m³，土地平整 0.53hm²。

⑵ 植物措施

1）植物措施布设

施工场地边坡、平台成型后，同步开展边坡防护施工。对开挖边坡坡面采用喷播植草方式及时防护，填方边坡采用灌草结合方式同步恢复绿化。施工结束后，清除硬化层，施工场地平台采用乔灌草恢复。

乔木主要采用藏川杨、云杉混合种植，乔木种植株行距 4m×5m，灌木选用适应性较强的沙棘，株行距为 1.5m×1.5m，林下混播草籽，采用老芒麦和垂穗披碱草草籽混播，草籽用量 100kg/hm²。

CD10 施工生产生活区种植藏川杨 47 株，云杉 47 株，沙棘 2089 株，撒播草籽

0.47hm²，喷播植草 0.07hm²。

2）植物管护

由于本项目海拔相对高，气候条件差，采取撒播草籽的植物措施后，为加快植物措施的恢复，后期必须加强对撒播草籽区域的管护措施，其投资计入植物措施抚育管理费中。

① 需要加强后期浇水养护措施，经常浇水，保持土壤潮湿，加快植物生长。

② 加强防护，禁止人畜进入，以利于植被快速恢复。

③ 积极防治病、虫、鼠害，保护草地的正常生长。

⑶ 临时措施

1）临时苫盖防护

对于施工期间在施工生产生活区临时堆放的建筑材料，为防止降雨对其冲刷造成水土流失，需准备密目网苫盖。CD10 准备密目网苫盖面积为 0.11 万 m²。

2）临时排水措施

CD10 施工生产生活区汇水面积 0.501km²，根据施工场地排水沟计算结果（7.7.2.8 章节），采用 160cm×150cm 矩形沟可满足 3 年一遇 5min 短历时暴雨过流要求，排水沟采用 C25 混凝土现浇，厚度 20cm。排水沟出口处设置沉沙池，因地势平坦，无需考虑消能作用。临时沉沙池为矩形，尺寸为 3.0m（长）×2.5m（宽），深 2.0m，C25 混凝土现浇厚度 20cm，经沉沙池沉淀水流中的泥沙后，顺接至附近有足够泄流能力的沟渠或河道，施工期间，雨季应安排专人负责周边沟及沉沙池的清淤。排水沟、沉沙池与施工场地平整同时进行。

经过计算，CD10 施工生产生活区周边共需要设置临时排水沟 460m，沉沙池 2 个。

CD10 施工生产生活区水土保持措施典型布设图详见附图 21。

⑷ 工程量汇总

根据 CD10 施工生产生活区水土保持措施典型设计情况，计算高山峡谷区施工生产生活防治区水土保持措施工程量，详见表 7-35。

表 7-35 高山峡谷区施工生产生活防治区水土保持措施工程量表

编号	工程措施				植物措施						临时措施		
	表土剥离	表土回覆	硬化层清除	土地平整	藏川杨	云杉	种植沙棘	喷播植草	混播老芒麦和垂穗披碱草	撒播高山嵩草	密目网苫盖	临时排水沟	临时沉沙池
	土方量	土方量	开挖	面积	数量	数	数量	面积	面积	面积	面积	长度	数量

			土石方			量							
	万 m³	万 m³	万 m³	hm²	株	株	株	hm²	hm²	hm²	万 m²	m	个
CD1	0.09	0.09	0.08	0.62	62	62	2756	0.09	0.62		0.17	588	2
CD2			0.05								0.12	488	2
CD3	0.11	0.11	0.11	0.71	71	71	3156	0.11	0.71		0.24	690	2
CD4	0.09	0.09	0.09	0.61	61	61	2711	0.09	0.61		0.20	630	2
CD5	0.03	0.03	0.09	0.26	26	26	1156	0.04	0.26		0.20	630	2
CD6			0.05								0.11	459	2
CD7	0.08	0.08	0.09	0.82	82	82	3644	0.12	0.82		0.20	630	2
CD8	0.03	0.03	0.04	0.18	18	18	800	0.03	0.18		0.09	432	2
CD9			0.04								0.09	432	2
CD10	0.05	0.05	0.05	0.47	47	47	2089	0.07	0.47		0.11	459	2
CD11	0.04	0.04	0.05	0.44	44	44	1956	0.07	0.44		0.12	488	2
CD12	0.05	0.05	0.05	0.53	53	53	2356	0.08	0.53		0.11	459	2
CD13	0.07	0.07	0.05	0.53	53	53	2356	0.08	0.53		0.11	459	2
CD14		0.22	0.13	1.47						1.47	0.29	764	2
合计	0.64	0.86	0.97	6.64	517	517	22978	0.78	5.17	1.47	2.16	7606	28

注：11 处完全或部分利用永久占地进行布设，与永久占地重叠部分相应表土保护工程量在路基工程中计列。

7.7.3 高原宽谷区

7.7.3.1 路基工程防治区

⑴ 工程措施

1）表土及草皮处理

工程在设计时，对路基新增占地占用草地部分采取了表土剥离措施。项目占用天然牧草地表土厚度约为 15cm，且天然牧草地可剥离表土部分面积约占 70%，因此占地草地部分表土平均剥离厚度约为 10cm。剥离的表土运至临时堆土场集中堆放，工程后期根据需求回覆路基边坡绿化利用。

浪拉山至邦达机场段（K82+897.8～K98+619.819），基本沿果曲河、玉曲河东侧湿地范围布线，部分路段草地植被生长情况较好，土壤结构、含水量、粘性等方面满足草皮剥离条件，草皮连根剥离以便于后期成活，剥离厚度约在 20～40cm，平均剥离厚度为 30cm，剥离的草皮运至临时堆土场集中堆放，工程后期根据需求回覆路基边坡绿化利用。

因路基工程分段进行施工，表土及草皮回覆过程中，应结合路基工程施工工序，每段工程完工后，采取植物措施的区域及时回铺表土或草皮，有草皮资源的路段应优

先考虑回铺草皮，以增加草皮成活率。

2）排水措施

为确保路基稳定和路面整体强度、减少降水造成的灾害，主体对路基设计了排水系统。根据《公路排水设计规范》（JTG/T D33-2012），本项目浪拉山至邦达机场段为一级公路，主体设计对于永久占地范围内路面排水按重现期5年、路界内坡面排水按重现期 15 年进行设计，该设计标准满足《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）坡面截排水工程 1 级设计标准的要求。

排水沟：采用底宽 60cm、高 80cm 梯形土质排水沟。路基下游排水畅通，不易引起积水路段采取散排形式，可不设置排水沟。

山坡截水沟：当地表汇水面积较大、坡面抗冲刷能力较弱时，应在挖方路段边坡坡顶以外不小于 5m 处设置矩形截水沟。现场根据开挖后的实际情况，适当调整山坡截水沟设置位置。山坡截水沟尺寸为 50×50cm，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑，下设 10cm 砂砾垫层。出口与排水沟连接或引入天然冲沟中。

急流槽：路堑截水沟和平台排水沟、边沟与路基排水沟相接处坡度大于 1:5 时，设置急流槽衔接，避免水流流速大而造成冲刷。急流槽采用 C25 混凝土现浇。

顺接排水沟：本方案对于路基工程区增设了顺接排水沟，将路基排水沟引至附近有足够泄流能力的沟道或者河道，保护路基安全。此外，施工过程中需在涵洞下边坡与河道、沟渠等中间设置顺接排水沟，减少涵洞过水对下边坡的冲刷。顺接排水沟采用 60cm×60cm 矩形排水沟，沟身采用 30cm 厚 M10 浆砌片石砌筑。

主体设计中沿路基两侧布设了截排水沟，且考虑了截排水沟与桥涵、河流间的顺接工程，在施工期可以起到一定的防止水土流失作用，本方案补充沉沙池设计，沉淀泥沙后将水流排入附近沟渠或河流，同时兼做消力池，可减少坡面水流对坡底排水沟断面的冲刷。沉沙池根据本项目涵洞及通道的位置进行布置，沉沙池为矩形，沉沙池开挖平面尺寸为 3.0m（长）×2.0m（宽），深 1.0m，浆砌石厚度 30cm，经沉沙池沉淀水流中的泥沙后，顺接至下游附近的沟渠，沉沙池沉淀的泥沙指定专人定期清理。

3）综合护坡措施

①填方边坡综合防护

当填方路基边坡高度 H>3m 时，采用衬砌拱防护，骨架采用混凝土衬砌拱，拱内填筑生态袋，其工程量计入植物措施。

②挖方边坡综合防护

浪拉山至邦达机场段挖方路基边坡高度不高于 3m，仅采用生态毯护坡。

4）土地整治

施工结束后，对于边坡、护坡道、碎落台以及公路用地界内裸露的区域进行土地整治，以备后期绿化恢复。

⑵ 植物措施

1）植物措施布设

根据主体设计，不同高度的挖填边坡采取不同的防护措施，填方高度和挖方深度 H≤3m 的时采用植草防护（生态毯），此外当填方路基边坡高度 H>3m 时采用的衬砌拱防护，拱内填充生态袋。

工程结束后，对于护坡道、碎落台等裸露区域、坡地两侧的用地界内回覆表土并撒播草籽进行植被恢复措施。根据现场调查，周边生长的植物种类中高山嵩草较为普遍，路基边坡采用高山嵩草，用量 100kg/hm²。

2）植物管护

由于本项目海拔相对高，气候条件差，采取撒播草籽的植物措施后，为加快植物措施的恢复，后期必须加强对撒播草籽区域的管护措施，其投资计入植物措施抚育管理费中。

①需要加强后期浇水养护措施，经常浇水，保持土壤潮湿，加快植物生长。

②加强防护，禁止人畜进入，以利于植被快速恢复。

③积极防治病、虫、鼠害，保护草地的正常生长。

⑶ 临时措施

1）临时排水、沉沙措施

路基开挖以及填筑施工前，在放坡线两侧开挖排水沟，开挖侧坡顶设山坡截水沟，陡坡段设置急流槽，路基排水系统末端接顺接排水沟，出口处设沉沙池，以上排水系统和主体施工同步进行，临时排水、沉沙工程与永久排水、沉沙工程结合，不计工程量。

2）填方路基下边坡拦挡

在路基挖填过程中由于边坡防护措施尚未实施，可能引起水土流失现象，对于填方高度超过 1m 路基，在下边坡设置袋装土拦挡，堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1

的梯形断面，完工后拆除拦挡。

3）临时堆土防护措施

路基施工过程中，在桩号间土石方调用的土方运至相应桩号段回填临时堆放的过程中，可能遇大风或降雨天气，为减少其水土流失量，可准备密目网对这部分土石方临时苫盖防护，可采用密目网苫盖（密目网规格 100g/m²），并用块石压重。此外，对于开挖或回填裸露路基边坡准备密目网苫盖，以减少大风及降雨气候条件下产生的水土流失量。

密目网可重复利用，依据需求量的 50%计列。

4）施工期运输管理

路基工程施工过程中，运用车辆运输完成各桩号挖填调运利用，车辆的来回运输易产生扬尘，土石易洒落于道路上，对本段公路产生一定影响。为尽量减少对公路的影响，施工过程中应对运土汽车加强施工管理，大风天气应覆盖密目网，减少沙土的洒落及扬尘，使施工运输过程中对环境的影响降到最低。

⑷ 工程量汇总

路基工程防治区水土保持措施工程量详见表 7-36。

表 7-36 高原宽谷区路基工程防治区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	工程量	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	6.87	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m³	6.57	新增措施
	草皮剥离	面积	万 m²	9.37	
	草皮回铺	面积	万 m²	9.37	
	急流槽	长度	m	25121	主体已有
		C25 混凝土现浇	m³	2089	
		开挖土石方	m³	4110	
	土质排水沟	长度	m	27181	
		M10 浆砌片石	m³	886	
	山坡截水沟	长度	m	500	
		M10 浆砌片石	m³	315	
		砂砾垫层	m³	60	
		开挖土石方	m³	495	
	顺接排水沟	长度	m	1450	新增措施
		开挖土方	m³	1566	
		M10 浆砌片石	m³	1044	
	沉沙池	数量	个	58	
		开挖土方	m³	198	

表 7-36 高原宽谷区路基工程防治区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	工程量	备注
		浆砌石衬砌	m³	589	
	衬砌拱护坡	面积	m²	149513	主体已有
		C25 混凝土预制	m³	1660	
		C25 混凝土现浇	m³	29408	
		开挖土石方	m³	30163	
		培耕植土	m³	27286	
	土地整治	面积	hm²	37.32	新增措施
植物措施	边坡衬砌拱护坡	生态袋填充	m²	109145	主体已有
	生态毯护坡	面积	m²	30614	
		耕植土	m³	6735	
		生态毯	m²	33676	
	撒播高山嵩草	面积	hm²	19.31	新增措施
		用量	kg	1931	
临时措施	临时排水沟	长度	m	27681	永临结合
	临时急流槽	长度	m	25121	
	临时顺接排水沟	长度	m	1450	
	临时沉沙池	数量	个	58	
	袋装土拦挡及拆除	长度	m	18359	新增措施
		袋装土填筑	m³	9180	
		袋装土拆除	m³	9180	
	密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	13.95	
		密目网面积	万 m²	7.14	

7.7.3.2 桥梁工程防治区

高原宽谷区共设置桥梁 1051m/9 座，其中大桥 657m/3 座、中桥 394m/6 座。以中心桩号 K97+065 的玉曲河 1 号桥作为典型设计，玉曲河 1 号桥长 329m，桥面宽度净 2×12m，桥跨方案为 8×40 连续梁桥，上部结构为预应力混凝土 T 梁，下部结构柱式墩、肋板式台、桩基础，涉水桥墩 2 个，采用钢板围堰进行施工。桥梁占地面积约 0.40hm²，占地类型为河流水面和天然牧草地。根据桥梁建设内容及现场情况进行水土保持典型设计：

⑴ 工程措施

1）表土处理

根据对主体设计的分析，桥梁工程开始前需先剥离桥墩基础扰动范围的表土用于后期植被恢复，该路段部分占用天然牧草地，表土平均剥离厚度为 10cm。剥离的表土运至 DT12 临时堆土场集中堆放，工程后期根据需求回覆桥下扰动范围绿化利用，本段

共剥离及回覆表土 0.01 万 m³。

2）土地平整

桥梁工程完毕后，根据设计要求，桥下可恢复植被区域，需进行场地平整，并采取相应植被恢复措施。本项目桥梁施工扰动范围平整面积为 0.22hm²。

⑵ 植物措施

桥梁工程施工结束后，桥梁下迹地由于施工扰动，表面植被已被破坏，土层裸露，施工结束后若不采取相应措施，易发生水土流失，采用植物措施对桥下迹地进行防护。根据桥下迹地植物生长的环境条件，拟采用撒播高山嵩草恢复植被。桥下迹地需撒播草籽 0.22hm²，按照 100kg/hm²进行撒播。

撒播草籽区域的管护措施详见路基工程区措施设计。

⑶ 临时措施

1）泥浆池

根据主体设计，桥梁桥墩基础采用桩基础的，在桥墩附近人工挖泥浆池，泥浆池为长方形，长 6.0m，宽度 5.0m，深度 2.0 m，边坡 1:0.5 并夯实，池壁采取塑料布衬砌。施工过程中桥梁开挖泥浆在沉淀池中沉淀及晾晒后再运至弃渣场回填，钻孔完工后，将泥浆池回填平整，恢复原地貌。

2）桥台下边坡拦挡

由于桥梁架设于坡面，施工过程中可能由于施工车辆及人员等外力扰动使沿河侧土层松散，滚落至下边坡，施工过程中，在桥台下边坡布设临时拦挡措施，临时拦挡采用袋装土，临时拦挡采用袋装土，堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面。桥台施工结束后，拆除临时拦挡，与弃渣一同运至路基边坡，铺设于路基边坡。

3）临时苫盖

施工期桥梁开挖弃渣临时堆放于桥梁占地范围内，堆放高度控制在 2m，堆放边坡控制在 1：2，备用密目网苫盖，完工后跟路基弃渣一起铺设于路基边坡。

根据估算，K97+065 的玉曲河 1 号桥设置泥浆池 3 个，袋装土拦挡及拆除 330m，需苫盖密目网 0.08 万 m²。

桥梁工程防治区水土保持措施典型设计详见附图 11。

⑷ 工程量汇总

根据桥梁典型设计，计算高原宽谷区桥梁工程防治区水土保持措施工程量，其工

程量汇总情况详见表 7-37。

表 7-37 高原宽谷区桥梁工程防治区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	工程量	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m^3	0.07	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m^3	0.07	新增措施
	土地平整	面积	hm^2	2.06	
植物措施	撒播高山嵩草	面积	hm^2	2.06	
		用量	kg	206	
临时措施	泥浆池	数量	个	13	主体已有
		开挖土方	m^3	750	
		塑料布衬底	m^2	925	
	袋装土拦挡及拆除	长度	m	840	新增措施
		袋装土填筑	m^3	420	
		袋装土拆除	m^3	420	
	密目网苫盖	苫盖面积	万 m^2	0.39	
		密目网面积	万 m^2	0.39	

7.7.3.3 互通工程防治区

高原宽谷区设置互通式立交2处，分别为索拉互通和机场互通。索拉互通中心桩号为 K89+134，位于高原宽谷区，由于地形较狭长，主体设计为单喇叭方案，采用主线上跨方式跨越 S303，互通内设置 8.5m 宽单向单车道匝道 1576m，共计占地 5.27hm^2（扣除主线路基和主线桥部分），占地类型包括天然牧草地、公路用地以及裸土地。

⑴ 工程措施

1）表土处理

根据对主体设计的分析，互通匝道施工前需剥离表土用于后期植被恢复。根据现场的调查情况，天然牧草地平均剥离表土 10cm，剥离的表土堆放于互通内，工程后期根据需求返还路基或匝道边坡绿化利用。索拉互通共需剥离及返还表土 0.36 万 m^3。

2）排水措施

主体工程已设计沿匝道及辅助车道路基两侧修建土质排水沟，规格同路基工程排水系统，采用底宽 60cm、高 80cm 梯形土质排水沟，坡比 1:1 底部衬砌 5cm 厚浆砌片石。排水沟与路基排水沟相连接，将整个排水系统连成一体，统一将水排到桥涵或天然山沟，防止水流冲刷填方坡脚及冲毁农田、耕地。索拉互通共设置匝道排水沟 3153m。

3）消能沉沙工程

本方案补充在互通区的排水沟出口处设置沉沙池，兼做消力池，既能达到沉积泥沙的效果，也可以起到消能的作用，沉沙池开挖平面尺寸为 3.0m（长）×2.0m（宽），深 1.0m，浆砌石厚度 30cm，经沉沙池沉淀水流中的泥沙后，经过顺接排水沟排至附近有足够泄流能力的已有沟渠。

4）土地整治

互通工程施工结束后，对匝道裸露边坡以及互通内部空地进行土地平整，以备后期绿化，土地整治面积 3.61hm²。

⑵ 植物措施

1）匝道边坡防护

本项目匝道路基工程均为填方路段，当路基填土高度 H＜3.0m 时，采用生态毯防护；填土高度≥3.0m 时，采用衬砌拱植草防护，用拱圈作排水通道排除路面水。

2）互通区绿化

互通修建后，内部形成大片空地，全部撒播高山嵩草，草籽撒播密度 100kg/hm²。

索拉互通匝道边坡生态毯护坡 0.79m²，衬砌拱内绿化 0.43hm²，植草绿化 2.23hm²。

⑶ 临时措施

互通内堆放有表土及跨线桥和匝道桥基础施工开挖土方，为保护表土资源，剥离后需集中堆放，堆放高度不超过 2.0m，堆放边坡控制在 1：2，在堆放场周边设袋装土临时拦挡，袋装土采用梯形断面，顶宽 50cm，高 50cm，边坡 1：1，临时堆土表面用密目网苫盖；对于一般弃土由于挖填活动频繁，仅考虑表面苫盖，用块石压脚。

索拉互通共需设置袋装土挡墙 460m，备用密目网苫盖 0.38 万 m²。

互通工程防治区水土保持措施典型布设图见附图 13。

⑷ 工程量汇总

根据养护保通点水土保持设计，计算互通工程防治区水土保持措施工程量，其工程量汇总情况详见表 7-38。

表 7-38 高原宽谷区互通工程防治区水土保持措施工程量汇总表

措施			单位	工程量	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.59	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m³	0.59	新增措施
	草皮剥离	面积	万 m²	1.20	
	草皮回铺	面积	万 m²	1.20	
	土质排水沟	长度	m	4124	主体已有

表 7-38 高原宽谷区互通工程防治区水土保持措施工程量汇总表

措施			单位	工程量	备注
		M10 浆砌片石	m³	103	
		挖土方	m³	2062	
	沉沙池	数量	处	19	新增措施
		土方开挖	m³	135	
		M10 浆砌片石	m³	78	
	衬砌拱护坡	面积	m²	12011	主体已有
		C25 混凝土预制	m³	131	
		C25 混凝土现浇	m³	2320	
		开挖土石方	m³	2380	
		培耕植土	m³	2153	
	土地整治	面积	hm²	6.83	新增措施
植物措施	生态毯护坡	面积	m²	9921	主体已有
		耕植土	m³	2183	
		生态毯	m²	10913	
	衬砌拱护坡	骨架内生态袋填充	m²	8768	
	撒播高山嵩草	面积	hm²	4.64	新增措施
		用量	kg	464	
临时措施	草皮养护	面积	万 m²	0.40	
	袋装拦挡及拆除	长度	m	997	
		袋装土填筑	m³	499	
		袋装土拆除	m³	499	
	密目网苫盖	面积	万 m²	0.70	

7.7.3.4 附属工程防治区

本项目高原宽谷区共设置养护保通站 1 处，尼琼养护保通站位于主线桩号 K98+619（终点）西南侧约 700m，尼琼村 G214 旁，场地占地面积 0.34hm²，占地范围为天然牧草地。该场地现状总体平缓，为西高东低的缓坡，现状高程范围 4320～4322 m，场地设计标高 4322.2～4322.8m，竖向布置采用平坡式的形式，自设计平台向现状地面放坡，填筑坡比 1:2。

⑴ 工程措施

尼琼养护保通站占用天然牧草地，工程开始前需将可利用表土进行剥离，天然牧草地平均剥离厚度为 10cm，完工后用于绿化。

尼琼养护保通站布置了排水沟和蓄水池。排水沟沿四周围墙布设，采用混凝土盖板边沟，40cm×40cm 矩形断面，混凝土厚度为 30cm。排水沟连接工区内蓄水池，平面尺寸为 8m×7m，深 2m，浆砌石厚度 30cm，用于收集和储存周边来水以供工区人员生

活生产用水，蓄水池出口顺接至周边有足够泄流能力的天然沟渠。

工程后期，对于尼琼养护保通站内的绿化区域进行土地整治，以便于后期绿化。

尼琼养护保通站表土剥离及回覆 0.07 万 m³，周边排水沟 347m，蓄水池 1 个，土地平整 0.15hm²。

⑵ 植物措施

根据主体设计，尼琼养护保通站海拔高程 4320～4322 m，海拔较高，高寒气候不适合乔灌生长，仅铺设生态毯进行绿化。

场地东侧与主线路基齐平，设计标高为 4322.5m，场地向四面放坡，均为填方边坡，东北侧最大填高 2.5m。针对周边边坡，设计采用铺设生态毯进行防护。

尼琼养护保通站铺设生态毯 1474m²。

⑶ 临时措施

对于尼琼养护保通站剥离的表土、挖填方及建设所需的土料及砂石料，在施工期间分区临时堆放于场区空地上，表土周边设袋装土临时拦挡，袋装土采用梯形断面，顶宽 50cm，高 50cm，边坡 1：1，临时堆土表面用密目网苫盖；对于一般弃土由于挖填活动频繁，仅考虑表面苫盖，用块石压脚。

尼琼养护保通站需袋装土拦挡 155m，密目网苫盖 0.45 万 m²。

尼琼养护保通站水土保持措施典型布设图见附图 14。

⑷ 工程量汇总

根据养护保通点水土保持设计，计算附属工程防治区水土保持措施工程量，其工程量汇总情况详见表 7-39。

表 7-39 高原宽谷区附属工程区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	工程量	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.07	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m³	0.07	新增措施
	周边排水沟	长度	m	347	主体已有
		开挖土方	m³	243	
		C25 混凝土砌筑	m³	187	
	蓄水池/沉沙池	数量	m	1	
		开挖土方	m³	150	
		M10 浆砌石衬砌	m³	38	
	土地平整	面积	hm²	0.15	新增措施
植物措施	铺设生态毯	面积	m²	1474	主体已有
		耕植土	m³	324	

表 7-39 高原宽谷区附属工程区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	工程量	备注
		生态毯	m²	1621	
临时措施	袋装拦挡及拆除	长度	m	155	新增措施
		袋装土填筑	m³	78	
		袋装土拆除	m³	78	
	密目网苫盖	面积	万 m²	0.45	

7.7.3.5 改沟工程防治区

主体设计对路基占用的当地农用排灌沟渠，后期进行复建，高原宽谷区改沟 1 处，长度 300m，本设计采用 C25 现浇混凝土梯形沟，梯形沟尺寸均为 4m×2m，边坡 1:0.75，混凝土衬砌 20cm。

对 GQ2 进行设计，该段改渠桩号 GQ02K0+000～GQ02K0+300.349，长度 300m，采用宽 4m、高 2.0m 的梯形现浇混凝土结构，边坡 1:0.75，混凝土衬砌 20cm，占地面积 0.24hm²，现状为天然牧草地。

⑴ 工程措施

GQ2 改沟施工前，主体对占用天然牧草地范围内表土进行剥离，天然牧草地平均剥离表土厚度 10cm。考虑改沟占地范围较小，空闲区域较少，剥离直接运至临近 DT12 临时堆土场与路基剥离表土一并防护，防护工程量计入临时堆土场防治区，在此不重复计列。

GQ2 改沟工程施工结束后，对沟顶部两侧扰动范围进行平整后回覆表土，以备后期绿化，土地整治 0.05 hm²。

⑵ 植物措施

改沟施工结束后，对沟顶部两侧扰动范围采取植草恢复，草籽选用高山嵩草，用量为 100kg/hm²，撒播草籽 0.05hm²。

⑶ 临时措施

由于改沟施工时序较短，主要对施工过程中临时堆放的土方以及暂时裸露的坡面采取苫盖防护，减轻降雨及大风天气时的水土流失，密目网苫盖面积 700m²。

GQ2 改渠工程防治区水土保持典型措施布设详见附图 15。

⑷ 工程量汇总

改沟工程防治区水土保持措施工程量，详见表 7-40。

表 7-40 高原宽谷区改沟工程区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	工程量	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.01	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m³	0.01	新增措施
	土地整治	面积	hm²	0.05	
植物措施	撒播高山嵩草	面积	hm²	0.05	
		用量	kg	5	
临时措施	密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	0.07	
		密目网面积	万 m²	0.07	

7.7.3.6 临时堆土场防治区

高原宽谷区共设置临时堆土场6处，以堆放路基工程、桥梁工程、隧道工程、改沟工程剥离表土和草皮为主，表土堆高 4.0m，草皮堆高 1～2m（按 3 层草皮堆叠码放），占地面积 7.63hm²，全部利用路基红线或取土场布设，占地类型为天然牧草地。选择 DT11 作为水土保持措施典型设计。

DT11 临时堆放场位于道路桩号 K90+650 路右，位于八宿县，地貌类型属于高原宽谷地貌。DT11 临时堆放场利用路基红线占地布设，堆放宽度 50m，堆放长度 270m，临时土方堆放表土 1.91 万 m³，最大堆放高度 4m，草皮共计 2.10 万 m²，按 3 层草皮堆叠码放，实际草皮堆叠占地 0.57 hm²，表土与草皮分区堆放以便于后期利用。DT11 占地面积 1.31hm²，占地类型为天然牧草地。

⑴ 工程措施

DT11 临时堆放场利用主线 K90+000 前后路基红线堆土，后期表土回覆后土地整治工程量计入路基工程中，不再单独计列。DT11 临时堆放场原状地面范围坡地<5°，堆土前应先行场平，将原地面整平压实后再行堆置。

⑵ 植物措施

DT11 临时堆放场利用主线 K90+000 前后路基红线堆土，后期表土回覆后植被恢复措施计入路基工程中，不再单独计列。

⑶ 临时措施

DT11 临时堆放场利用主线 K90+000 前后路基红线堆土，占地范围内表土在路基施工过程中将进行剥离，不再单独计列表土保护措施；高原宽谷区临时堆土场最大堆高均不超过 4m，堆土区域地势总体平坦，堆土下游无敏感点，表土堆放前在场地周边布设袋装土拦挡，堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面，表面采用密目网苫盖，并用袋装土压重。密目网可重复利用，利用率按 30%计。

对于草皮堆放部分，需在施工期加强养护，对临时堆放的草皮定期进行洒水等养护工作，以提高后期草皮恢复后成活率，极端天气表面备用密目网苫盖防护，考虑堆高较低，用块石压脚。

为控制松散堆土在降雨条件下的水土流失，拦挡外侧设临时排水沟，经过流能力复核后，排水沟采用梯形断面，底宽 60cm，深 60cm，边坡 1：1 并夯实；在边界最低处布设沉沙池，临时沉沙池为矩形，平面尺寸为 2.5m（长）×2.0m（宽），深 1.5m，边坡 1:0.5 不衬砌，经沉沙池沉淀水流中的泥沙后，顺接至附近有足够泄流能力的沟渠或河道。

DT11 临时堆放区草皮养护 0.57 万 m²，临时排水沟 755m，临时沉沙池 1 个，袋装土拦挡及拆除长度 687m，密目网苫盖 1.57 万 m²。

DT11 临时堆放场水土保持措施典型布设图见附图 16。

⑷ 工程量汇总

根据 DT11 临时堆放场措施设计，计算高原宽谷区临时堆土场防治区水土保持工程量，详见表 7-41。

表 7-41 高原宽谷区临时堆土场防治区水土保持措施工程量表

临时堆土场编号	临时措施				
	草皮养护	临时排水沟	临时沉沙池	袋装土拦挡及拆除	密目网苫盖
	面积	长度	数量	长度	苫盖面积
	万 m²	m	个	m	万 m²
DT8		633	1	575	1.10
DT9	0.83	792	1	720	1.73
DT10	0.70	705	1	641	1.37
DT11	0.57	755	1	687	1.57
DT12	1.02	850	1	773	1.99
合计	3.12	3102	4	2820	6.66
备注	新增措施				

7.7.3.7 取土场防治区

高原宽谷区设置 1 处取土场，开采土料 228.61 万 m³，占地面积 21.64hm²，占地类型为灌木林地和天然牧草地，满足工程所需的质量和储量。

TL1 取土场位于 K98+619 路线右侧 1000m，地貌为高原宽谷区，总开采量 228.61 万 m³，占地 21.64hm²，占地类型为灌木林地和天然牧草地，整修已有运输便道后利用。取土场开采方式为坡地开采，取土场现状高程范围 4390～4540m，平均坡比 1:7，为尽

量减小取土对原地貌以及当地野生动物活动、栖息的影响，依现状地形向下平挖进行取土，开挖深度为 10.6m，周边按不大于 1:2 的坡比进行放坡。同时，清除开采面的松动岩体，防止后期滚落，对人、牲畜、野生动物造成危害。

⑴ 工程措施

1）表土处理

TL1 取土场占用天然牧草地，料场开挖前进行表土剥离，天然牧草地表土平均剥离厚度 10cm，剥离的表土堆放于取土场坡脚。完工后剥离的表土回覆取土场表面，用于植被恢复。

TL1 取土场表土剥离及回覆 2.16 万 m^3。

2）下边坡拦挡

TL1 取土场为坡地开采的料场，为减少开采土方时开采料洒落对料场下边坡的占压扰动，料场开采前，主体设计沿下边坡占地边界布设 1m×1m 的正方体钢筋石笼网拦挡，石笼网浅埋地下 0.25m。TL1 取土场设置袋装土下边坡拦挡 374m。

3）排水措施

主体设计在 TL1 取土场上边坡及周边设置截排水沟 1.7m，深 1.7m，边坡 1:0.75 的梯形断面，混凝土厚度 30cm，根据取土场排水沟过流能力复核结果（7.7.2.8 章节），满足排水要求。

根据取土场地形需求，排水沟出口处下挖式消力池，采用底流消能形式，为等宽矩形断面，底板与边墙均采用 C25 混凝土现浇，衬砌厚度为 30cm。出口消力池平面尺寸为 16.0m（长）×1.7m（宽），池深 0.7m，边墙高 4.5m。消力池兼做沉沙池使用，上游以及取土场内部汇水经消能、沉淀水流中的泥沙后，再排至下游附近的沟渠，消力池沉淀的泥沙指定专人定期清理。消力池出口接入顺接排水沟，将周边汇水引至附近有足够泄流能力的沟道。顺接排水沟设计同各取土场排水沟，与取土场排水沟一同计算工程量。

TL1 取土场设置排水沟 1857m，消力池 32m。

4）土地整治

完工后，取土场进行土地平整。TL1 取土场土地整治 22.72hm^2。

⑵ 植物措施

施工完毕后，取土场表面采取撒播草籽方式恢复植被。

根据 TL1 取土场周边植被生长情况，回填表土后取土场表面采用灌草结合方式恢复植被，灌木选用适应性较强的沙棘，株行距为 1.5m×1.5m，林下撒播高山嵩草，草籽用量 100kg/hm²。TL1 取土场种植沙棘 100980 株，撒播草籽 22.72hm²。

⑶ 临时措施

施工过程中，剥离的表土临时堆放于取土场一角空地内，需补充临时防护措施。临时堆料周边设临时拦挡，采用袋装土临时拦挡，堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面，表面采用密目网苫盖，并用袋装土压重。

根据计算，共需要袋装土拦挡及拆除 558m，密目网苫盖 0.87 万 m²。

TL1 取土场水土保持措施设计图详见附图 19。

⑷ 工程量汇总

取土场防治区水土保持工程量，详见表 7-42。

表 7-42 高原宽谷区取土场防治区水土保持措施工程量表

取土场编号				TL1	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	2.16	主体已有
	表土回覆	土方量	万 m³	2.16	新增措施
	石笼网挡墙	长度	m	374	主体已有
		土方开挖	m³	94	
		石笼网	m³	374	
	排水沟	长度	m	1857	
		开挖土方	m³	12999	
		C25 混凝土现浇	m³	3968	
		砂砾垫层	m³	251	
	消力池	长度	m	32	
		开挖土方	m³	367	
		C25 混凝土现浇	m³	122	
	土地整治	面积	hm²	22.72	新增措施
植物措施	种植沙棘	数量	株	100980	
	撒播高山嵩草	面积	hm²	22.72	主体已有
		用量	kg	2272	
临时措施	袋装土拦挡及拆除	长度	m	558	新增措施
		袋装土填筑	m³	279	
		袋装土拆除	m³	279	
	密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	0.87	
		密目网面积	万 m²	0.87	

7.7.3.8 施工便道防治区

高原宽谷区共设置施工便道 26.05km（其中新建段 16.05km，改建段 10.00km），为

泥结碎石路面，路面净宽 4.5m，高原宽谷区便道均为填方道路，占地宽度在 5.0～5.5m 范围，施工便道总占地面积为 14.33hm²，占地类型为天然牧草地和农村道路，施工完毕后，根据原占地类型进行植被恢复。

选择 BD31 进行水土保持措施典型设计，BD31 为 CD15 施工场地便道，上路桩号 K89+300，施工便道长 100m，路面净宽 4.5m，道路占地 5.0～5.5m，泥结碎石路面，占地面积 0.06hm²，占地类型为天然牧草地。BD31 施工便道均为填方，填方总量 0.44 万 m³。

⑴ 工程措施

1）表土处理

施工便道占用林草地部分在施工前需进行剥离表土，草地平均剥离表土厚度 10cm，临时堆放在 CD15 施工场地内一并防护，堆高控制在 2m，施工期间需加强临时拦挡防护措施。

2）边坡防护

根据高原宽谷区地形条件，便道多采用填筑路基，填方边坡采用 1:1.5，极少浅挖段路基开挖坡比同采用 1:1.5。便道路基宽度 4.5m，路面设 2%横坡排水。填方坡面及挖方坡面裸露易受降雨冲刷，采用撒播灌草方式进行防护，草种选用适生性强、根系发达的乡土草种混播，形成地表覆盖，减轻后期降雨冲刷影响。填方边坡防护为生态措施，相关工程量统一计入植物措施章节，不单独计列。

3）土地整治

施工过程中，施工便道占地范围内部分路面表层因施工过程中车辆及施工人员扰动而硬化，施工完毕后需将这部分表层硬化层疏松并平整土地，回覆表土，以便恢复植被。

根据设计，工程完工后 BD31 施工便道表土剥离及回覆 0.01 万 m³，疏松硬化层 75m³，土地平整 0.06hm²。

⑵ 植物措施

1）植物措施布设

便道成型后，填方边坡采用灌草结合方式同步恢复绿化。施工结束后，对碾压区域进行疏松、平整，便道路面采用植草恢复。

施工结束后，对碾压区域进行疏松、平整，撒播草籽恢复植被，根据项目周边环

境及气候等条件，采用高山嵩草草籽，单位面积草籽用量为 100kg/hm²。BD31 施工便道撒播草籽 0.06hm²。

2）植物管护

由于本项目海拔相对高，气候条件差，采取撒播草籽的植物措施后，为加快植物措施的恢复，后期必须加强管护措施，其投资计入植物措施抚育管理费中。

① 需要加强后期浇水养护措施，经常浇水，保持土壤潮湿，加快植物生长。

② 加强防护，禁止人畜进入，以利于植被快速恢复。

③ 积极防治病、虫、鼠害，保护草地的正常生长。

⑶ 临时措施

1）临时防护栏

考虑到项目区生态环境较恶劣，植被恢复困难，周期长，需要进一步加强对建设区周边原生植被的保护，需要对道路两侧布设铁丝围栏，保证施工车辆和人员不扰动施工便道以外的地表。设计在道路的两侧沿占地界线每隔 10m 设置钢钎一根，钢钎采用等边角钢制成，等边角钢规格为：b=25mm，d=4mm。每根钢钎长 150cm，打入地下 50cm，钢钎上拉 16#镀锌铁丝一道，并在铁丝上挂彩色布条等明显的标志。施工完毕后，拆除防护栏并回收。BD31 共需要设置彩条旗护栏 200m。

2）下边坡临时拦挡

BD31 施工便道填方下边坡设置袋装土拦挡，防止施工过程中因施工车辆和人员的扰动对下边坡产生影响，袋装土拦挡堆砌成顶宽 0.5m，高 0.5m，坡比 1:1 的梯形断面，完工后拆除。BD31 共需要设置袋装土拦挡 100m。

3）临时排水措施

为了防止地表径流冲刷对施工便道填方路基产生破坏，减轻施工便道的水土流失，拟在新修便道来水侧开挖排水沟，根据施工便道排水沟计算结果（7.7.2.8 章节），排水沟采用梯形断面，底宽 50cm，深 50cm，边坡 1：1 并夯实，在低洼处布设沉沙池，临时沉沙池为矩形，平面尺寸为 2.0m（长）×1.5m（宽），深 1.0m，边坡 1:0.5 不衬砌，经沉沙池沉淀水流中的泥沙后，顺接至附近有足够泄流能力的沟渠或河道，施工期间，雨季应安排专人负责周边沟及沉沙池的清淤。排水沟、沉沙池与施工便道平整同步进行。根据计算，BD31 施工便道共需要设置临时排水沟 100m，沉沙池 1 个。

根据 BD31 施工便道水土保持措施设计，计算水土保持措施工程量，详见表 7-43。

BD31 施工便道水土保持措施典型布设图详见附图 20。

表 7-43 高原宽谷区施工便道防治区水土保持措施工程量表

水土保持措施			单位	工程量	备注
工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	1.30	新增水保措施
	表土回覆	土方量	万 m³	1.30	
	碾压层疏松	疏松土石方	万 m³	3.37	
	土地整治	面积	hm²	14.33	
植物措施	撒播高山嵩草	面积	hm²	14.33	
		用量	kg	1433	
临时措施	彩条旗护栏	长度	m	31260	
	临时排水沟	长度	m	26050	
		开挖土方	m³	13025	
	临时沉沙池	数量	个	52	
		开挖土方	m³	156	
	袋装土拦挡及拆除	长度	m	7815	
		袋装土填筑	m³	3908	
		袋装土拆除	m³	3908	

7.7.3.9 施工生产生活防治区

高原宽谷区共设置施工生产生活区 1 处，布置于线路走廊附近，施工场地需设置施工便道进行连接，施工生产生活区占地 2.00hm²，占地类型为裸土地。

对 CD15 施工场地进行水土保持措施设计，CD15 施工生产生活区包括 10#桥梁预制场地、8#沥青、水稳及混凝土拌和站，位于桩号 K89+300 路右 100m，属于八宿县，占地面积 2.00hm²，占地类型为裸土地，现状为取土坑。为满足后续场地硬化建设及生产作业需求，需从项目指定取土场外借土方进行场地回填，外借土方量为 2.30 万 m³，回填完成后开展场地硬化等后续建设工作。

⑴ 工程措施

1）边坡防护

CD15 施工场地为填坑造地，场平后周边有低矮填筑面，填筑坡比 1:1.5，填方坡面及挖方坡面裸露易受降雨冲刷，采用撒播灌草方式进行防护，草种选用适生性强、根系发达的乡土草种混播，形成地表覆盖，减轻后期降雨冲刷影响。

填筑边坡防护为生态措施，相关工程量统一计入植物措施小节。

2）土地整治

CD15 占地类型为裸土地，施工结束后，对施工场地产生的硬化层进行清除，初拟清除厚度 10cm，按施工场地占地的 60%计算工程量。CD15 施工场地清除的硬化层运至 SQT-11 弃渣场（TL1 取土场），对占压的施工生产生活区进行平整。为保证后续植被

恢复效果，从附近路基调运 0.3 万 m³表土回覆扰动面。

根据计算，CD15 施工生产生活区表土回覆 0.3 万 m³，清除硬化层 0.18 万 m³，土地平整 2.00hm²。

⑵ 植物措施

1）植物措施布设

施工结束后，清除硬化层，对 CD15 占地范围内撒播草籽恢复植被，根据项目周边环境及气候等条件，采用高山嵩草草籽，单位面积草籽用量为 100kg/hm²。CD15 施工生产生活区撒播草籽 2.00hm²。

2）植物管护

由于本项目海拔相对高，气候条件差，采取撒播草籽的植物措施后，为加快植物措施的恢复，后期必须加强对撒播草籽区域的管护措施，其投资计入植物措施抚育管理费中。

① 需要加强后期浇水养护措施，经常浇水，保持土壤潮湿，加快植物生长。

② 加强防护，禁止人畜进入，以利于植被快速恢复。

③ 积极防治病、虫、鼠害，保护草地的正常生长。

⑶ 临时措施

1）临时苫盖防护

对于施工期间在施工生产生活区临时堆放的建筑材料，为防止降雨对其冲刷造成水土流失，需准备密目网苫盖。CD15 准备密目网苫盖面积为 0.40 万 m²。

2）临时排水措施

CD15 施工生产生活区汇水面积 0.04km²，根据施工场地排水沟计算结果（7.7.2.8 章节），采用 70cm×70cm 矩形沟可满足 3 年一遇 5 分钟短历时暴雨过流要求，排水沟采用 C25 混凝土现浇，厚度 20cm。排水沟出口处设置沉沙池，因地势平坦，无需考虑消能作用。临时沉沙池为矩形，尺寸为 2.0m（长）×1.5m（宽），深 1.5m，C25 混凝土现浇厚度 20cm，经沉沙池沉淀水流中的泥沙后，顺接至附近有足够泄流能力的沟渠或河道，施工期间，雨季应安排专人负责周边沟及沉沙池的清淤。排水沟、沉沙池与施工场地平整同时进行。

经过计算，CD15 施工生产生活区周边共需要设置临时排水沟 891m，沉沙池 2 个。

CD15 施工生产生活区水土保持措施典型布设图详见附图 21。

⑷ 工程量汇总

根据CD15施工生产生活区水土保持措施典型设计情况，计算高原宽谷区施工生产生活防治区水土保持措施工程量，详见表7-44。

表7-44 高原宽谷区施工生产生活防治区水土保持措施工程量表

编号	工程措施			植物措施	临时措施		
	表土回覆	硬化层清除	土地平整	撒播高山嵩草	密目网苫盖	临时排水沟	临时沉沙池
	方量	开挖土石方	面积	面积	苫盖面积	长度	数量
	万 m^3	万 m^3	hm^2	hm^2	万 m^2	m	个
CD15	0.30	0.18	2.00	2.00	0.40	891	2
备注	新增措施						

7.7.4 水土保持措施工程量

根据各防治分区采取的水土保持防护措施进行工程量汇总，工程量如下：

⑴ 高山峡谷区

1）路基工程防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离4.08万 m^3，排水沟12171m，边沟15602m，急流槽2446m，平台截水沟4876m，山坡截水沟4318m，衬砌拱护坡76262m^2，菱形框架防护105622m^2；实施时段：2026年11月～2027年11月。

植物措施：边坡衬砌拱生态袋填充55671m^2，菱形框架生态袋填充58092m^2，生态毯护坡51761m^2；实施时段：2027年3月～2027年10月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆3.86万 m^3，顺接排水沟1375m，沉沙池55个，土地整治38.42hm^2；实施时段：2026年11月～2027年11月。

植物措施：藏川杨1506株，云杉1506株，沙棘26769株，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽15.06hm^2；实施时段：2027年3月～2027年10月。

临时措施：临时排水沟36967m，临时急流槽2446m，临时顺接排水沟1375m，临时沉沙池55个，袋装土拦挡及拆除10080m，密目网苫盖13.46万 m^2；实施时段：2026年11月～2027年11月。

2）桥梁工程防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 1.35 万 m³，排水沟 18150m，急流槽 154m，平台截水沟 145m，山坡截水沟 470m，菱形框架防护 47327m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 9 月。

植物措施：菱形框架生态袋填充 26030m²，生态毯护坡 20283m²；实施时段：2028 年 2 月～2028 年 9 月。

临时措施：泥浆池 250 个；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 4 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 1.35 万 m³，土地整治 24.90hm²；实施时段：2028 年 6 月～2028 年 9 月。

植物措施：混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 18.16hm²；实施时段：2028 年 6 月～2028 年 9 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 3780m，密目网苫盖 4.67 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 7 月。

3）隧道工程防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.60 万 m³，洞口截水沟 6468m，洞内侧式排水沟 57948 m；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 3 月。

植物措施：生态毯护坡 40572m²；实施时段：2028 年 7 月～2028 年 10 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.60 万 m³，沉沙池 84 个，土地整治 5.80hm²；实施时段：2027 年 10 月～2028 年 10 月。

植物措施：沙棘 6182 株，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 1.74hm²；实施时段：2028 年 7 月～2028 年 10 月。

临时措施：石笼网挡墙 2940m，密目网苫盖 2.48 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 3 月。

4）附属工程防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.54 万 m³，周边排水沟 5320m，衬砌拱护坡 7667m²；实施时段：2027 年 9 月～2028 年 11 月。

植物措施：边坡衬砌拱生态袋填充 5597m²，生态毯护坡 6000m²，藏川杨 150 株，

云杉 150 株，忍冬 2667 株；实施时段：2027 年 8 月～2028 年 8 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.54 万 m³，沉沙池 35 个，土地整治 1.37hm²；实施时段：2027 年 11 月～2028 年 8 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 537m，密目网苫盖 0.80 万 m²；实施时段：2027 年 8 月～2028 年 8 月。

5）改路工程防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.32 万 m³，边沟 7457m；实施时段：2027 年 10 月～2027 年 12 月。

植物措施：植草皮护坡 1.62hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.32 万 m³，顺接排水沟 520m，沉沙池 26 个，土地整治 1.86hm²；实施时段：2027 年 11 月～2028 年 5 月。

植物措施：混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 0.25hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 941m，密目网苫盖 0.89 万 m²；实施时段：2027 年 10 月～2028 年 5 月。

6）改沟工程防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.02 万 m³；实施时段：2027 年 10 月～2027 年 12 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.02 万 m³，土地整治 0.09hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

植物措施：混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 0.09hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

临时措施：密目网苫盖 0.13 万 m²；实施时段：2027 年 10 月～2028 年 5 月。

7）临时堆土场防治区

新增水保措施：

临时措施：临时排水沟 2990m，临时沉沙池 8 个，石笼网挡墙 246m，袋装土拦挡及拆除 2348m，密目网苫盖 3.98 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 10 月。

8）石料场防治区

主体已有措施：

工程措施：石笼网挡墙 320m，排水沟 887m，消力池 16m；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 1 月。

新增水保措施：

工程措施：土地整治 2.51hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 6 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 540m，密目网苫盖 0.81 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 10 月。

9）弃渣场防治区

主体已有措施：

工程措施：混凝土挡渣墙 232m，排洪沟/周边排水沟 7816m，排水盲沟 11010m，八字墙 4 个，消力池 148m；2026 年 11 月～2026 年 12 月。

植物措施：混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 27.16hm²；实施时段：2028 年 6 月～2029 年 8 月。

临时措施：排水涵管 2007m；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 1 月

新增水保措施：

工程措施：表土剥离 2.96 万 m³，表土回覆 2.96 万 m³，土地整治 27.16hm²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 8 月。

植物措施：藏川杨 2037 株，云杉 2037 株，沙棘 120693 株，喷播植草 2.23hm²；实施时段：2028 年 6 月～2029 年 8 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 1291m，密目网苫盖 1.18 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 11 月。

10）施工便道防治区

新增水保措施：

工程措施：表土剥离 3.64 万 m³，表土回覆 3.64 万 m³，碾压层疏松 9.42 万 m³，土地整治 70.97hm²；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

植物措施：藏川杨 6108 株，云杉 6108 株，沙棘 271467 株，喷播植草 9.89hm²，混

播老芒麦和垂穗披碱草草籽 61.08hm²；实施时段：2028 年 7 月～2029 年 8 月。

临时措施：彩条旗护栏 36686m，临时排水沟 72790m，临时沉沙池 146 个，袋装土拦挡及拆除 18343m；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

11）施工生产生活防治区

新增水保措施：

工程措施：表土剥离 0.36 万 m³，表土回覆 0.58 万 m³，硬化层清除 0.97 万 m³，土地整治 6.64hm²；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

植物措施：藏川杨 517 株，云杉 517 株，沙棘 22978 株，喷播植草 0.78hm²，混播老芒麦和垂穗披碱草草籽 5.17hm²，撒播高山嵩草 1.47hm²；实施时段：2028 年 7 月～2029 年 8 月。

临时措施：临时排水沟 7606m，临时沉沙池 28 个，密目网苫盖 2.16 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 7 月。

⑵ 高原宽谷区

1）路基工程防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 6.87 万 m³，急流槽 25121m，土质排水沟 27181m，山坡截水沟 500m，衬砌拱护坡 149513m²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 11 月。

植物措施：边坡衬砌拱生态袋填充 109145m²，生态毯护坡 30614m²；实施时段：2027 年 3 月～2027 年 10 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 6.57 万 m³，草皮剥离 9.37 万 m²，草皮回铺 9.37 万 m²，顺接排水沟 1450m，沉沙池 58 个，土地整治 37.32hm²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 11 月。

植物措施：撒播高山嵩草 19.31hm²；实施时段：2027 年 3 月～2027 年 10 月。

临时措施：临时排水沟 27681m，临时急流槽 25121m，临时顺接排水沟 1450m，临时沉沙池 58 个，袋装土拦挡及拆除 18359m，密目网苫盖 13.95 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 11 月。

2）桥梁工程防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.07 万 m³；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 9 月。

临时措施：泥浆池 13 个；实施时段：2026 年 11 月～2027 年 4 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.07 万 m³，土地整治 2.06hm²；实施时段：2028 年 6 月～2028 年 9 月。

植物措施：撒播高山嵩草 2.06hm²；实施时段：2028 年 6 月～2028 年 9 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 840m，密目网苫盖 0.39 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 7 月。

3）互通工程防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.59 万 m³，土质排水沟 4124m，衬砌拱护坡 12011m²；实施时段：2027 年 8 月～2028 年 10 月。

植物措施：边坡衬砌拱生态袋填充 8768m²，生态毯护坡 9921m²；实施时段：2028 年 8 月～2029 年 8 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.59 万 m³，草皮剥离 1.20 万 m²，草皮回铺 1.20 万 m²，沉沙池 19 个，土地整治 6.83hm²；实施时段：2027 年 8 月～2029 年 8 月。

植物措施：撒播高山嵩草 4.64hm²；实施时段：2028 年 8 月～2029 年 8 月。

临时措施：草皮养护 0.40 万 m²，袋装土拦挡及拆除 997m，密目网苫盖 0.70 万 m²；实施时段：2027 年 8 月～2029 年 8 月。

4）附属工程防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.07 万 m³，周边排水沟 347m；实施时段：2027 年 9 月～2028 年 11 月。

植物措施：生态毯护坡 1474m²；实施时段：2027 年 8 月～2028 年 8 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.07 万 m³，沉沙池 1 个，土地整治 0.15hm²；实施时段：2027 年 11 月～2028 年 8 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 155m，密目网苫盖 0.45 万 m²；实施时段：2027 年 8

月～2028 年 8 月。

5）改沟工程防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 0.01 万 m³；实施时段：2027 年 10 月～2027 年 12 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.01 万 m³，土地整治 0.05hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

植物措施：撒播高山嵩草 0.05hm²；实施时段：2028 年 4 月～2028 年 5 月。

临时措施：密目网苫盖 0.07 万 m²；实施时段：2027 年 10 月～2028 年 5 月。

6）临时堆土场防治区

新增水保措施：

临时措施：临时排水沟 3109m，临时沉沙池 4 个，草皮养护 3.12 万 m²，袋装土拦挡及拆除 2826m，密目网苫盖 6.66 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 10 月。

7）取土场防治区

主体已有措施：

工程措施：表土剥离 2.16 万 m³，周边排水沟 1857m，石笼网挡墙 374m，消力池 32m；实施时段：2026 年 11 月～2026 年 12 月。

植物措施：撒播高山嵩草 22.72hm²；实施时段：2028 年 7 月～2028 年 9 月。

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 2.16 万 m³，土地整治 22.72hm²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 9 月。

植物措施：沙棘 100980 株；实施时段：2028 年 7 月～2028 年 9 月。

临时措施：袋装土拦挡及拆除 558m，密目网苫盖 0.87 万 m²；实施时段：2026 年 11 月～2028 年 8 月。

8）施工便道防治区

新增水保措施：

工程措施：表土剥离 1.30 万 m³，表土回覆 1.30 万 m³，碾压层疏松 3.37 万 m³，土地整治 14.33hm²；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

植物措施：撒播高山嵩草 14.33hm²；实施时段：2028 年 7 月～2029 年 8 月。

临时措施：彩条旗护栏 31260m，临时排水沟 26050m，临时沉沙池 52 个，袋装土拦挡及拆除 7815m；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

9）施工生产生活防治区

新增水保措施：

工程措施：表土回覆 0.30 万 m^3，硬化层清除 0.18 万 m^3，土地整治 2.00hm^2；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 8 月。

植物措施：撒播高山嵩草 2.00hm^2；实施时段：2028 年 7 月～2029 年 8 月。

临时措施：临时排水沟 891m，临时沉沙池 2 个，密目网苫盖 0.40 万 m^2；实施时段：2026 年 11 月～2029 年 7 月。

各防治区水土保持措施工程量汇总见表 7-45。

7.8 施工组织

7.8.1 施工条件

⑴ 施工组织形式

水土保持防治措施是对主体设计中具有水土保持功能的措施进行评价分析，对可能产生水土流失防护措施不足的补充，本着“同时设计、同时施工、同时投产使用”的原则。水土保持防治工程纳入主体工程，实行项目法人制、招投标制及项目监理制，项目的水土保持防治工程与主体工程一起招标，签订施工合同，按照设计文件及施工合同要求完成防治工程。

⑵ 物资采购

水土保持防护工程所需的水泥、骨料等主要材料在主体工程建设地采购，植物措施用的草树种在昌都市等地就近采购。

⑶ 施工条件

水土保持防治工程是与主体工程同一区域施工，主体工程已安排了施工生产生活区，项目周边国道、村道等可满足施工材料运输需要。水土保持防护工程施工用水和用电量相对较小，施工用水由附近河流和水塘供水。施工用电可由主体工程供电系统统一供应或临时发电。

表 7-45 水土保持措施工程量汇总表

水土保持措施			单位	路基工程防治区	桥梁工程防治区	隧道工程防治区	互通工程防治区	附属工程防治区	改路工程防治区	改沟工程防治区	临时堆土场防治区	石料场防治区	取土场防治区	弃渣场防治区	施工便道防治区	施工生产生活防治区	合计
工程措施	表土剥离	土方量	万 m^3	***10.96***	***1.42***	***0.60***	***0.59***	***0.60***	***0.32***	***0.03***			***2.16***	2.96	4.95	0.36	24.94
	表土回覆	土方量	万 m^3	10.44	1.42	0.60	0.59	0.60	0.32	0.03			2.16	2.96	4.95	0.88	24.94
	草皮剥离	面积	万 m^2	9.37			1.20										10.58
	草皮回铺	面积	万 m^2	9.37			1.20										10.58
	混凝土挡渣墙	长度	m											***183***			183
		开挖土方	m^3											***3045***			3045
		碎石换填	m^3											***2132***			2132
		C25 混凝土	m^3											***4053***			4053
		土方填筑	m^3											***1027***			1027
		PVC 排水管	m^3											***1208***			1208
		杉木条	m^3											***41***			41
	石笼网挡墙	长度	m									***320***	***374***				694
		土方开挖	m^3									***160***	***94***				254
		石笼网	m^3									***320***	***374***				694
	排水沟	长度	m	***12171***	***18150***												30321
		M10 浆砌片石	m^3	***8763***	***12814***												21577
		砂砾垫层	m^3	***987***	***2139***												3126
		开挖土石方	m^3	***14606***	***21356***												35962
	边沟	长度	m	***15602***					***7457***								23060
		M10 浆砌片石	m^3	***12018***					***8054***								20072
		砂砾垫层	m^3	***925***													925
		开挖土石方	m^3	***9596***					***615***								10211
	急流槽	长度	m	***27567***	***154***												27721
		C25 混凝土现浇	m^3	***4318***	***208***												4526
		开挖土石方	m^3	***8349***	***424***												8773
	土质排水沟	长度	m	***27181***			***4124***										31305
		M10 浆砌片石	m^3	***886***			***103***										989

表 7-45 水土保持措施工程量汇总表

水土保持措施			单位	路基工程防治区	桥梁工程防治区	隧道工程防治区	互通工程防治区	附属工程防治区	改路工程防治区	改沟工程防治区	临时堆土场防治区	石料场防治区	取土场防治区	弃渣场防治区	施工便道防治区	施工生产生活防治区	合计
		开挖土方	m³				***2062***										2062
	平台截水沟	长度	m	***4876***	***145***												5021
		M10 浆砌片石	m³	***880***	***84***												964
		C25 混凝土现浇	m³	***600***	***19***												619
		开挖土石方	m³	***2833***	***85***												2918
	山坡截水沟	长度	m	***4818***	***470***												5288
		M10 浆砌片石	m³	***3035***	***296***												3331
		砂砾垫层	m³	***578***	***56***												635
		开挖土石方	m³	***4769***	***465***												5234
	洞口截水沟	长度	m			***6468***											6468
		C20 现浇混凝土	m³			***4656***											4656
	洞内侧式排水沟	长度	m			***57948***											57948
		预制混凝土管	m			***38241***											38241
	排洪沟/周边排水沟	长度	m					***5667***				***887***	***1857***	***7816***			16227
		开挖土方	m³					***3967***				***3041***	***12999***	***41892***			61900
		C25 混凝土砌筑	m³					***3060***				***1280***	***3968***	***12870***			21177
		钢筋	t											***480***			480
		砂砾垫层	m³									***93***	***251***	***914***			1257
	顺接排水沟	长度	m	2825					520								3345
		开挖土方	m³	3052					364								3416
		M10 浆砌片石	m³	2034					281								2314
	排水盲沟	长度	m											***11010***			11010
		土方开挖	m³											***49544***			49544
		波纹穿孔管	m											***11010***			11010
		块石	m³											***34681***			34681
		粗砂	m³											***3963***			3963
		碎石	m³											***7432***			7432

表 7-45 水土保持措施工程量汇总表

水土保持措施			单位	路基工程防治区	桥梁工程防治区	隧道工程防治区	互通工程防治区	附属工程防治区	改路工程防治区	改沟工程防治区	临时堆土场防治区	石料场防治区	取土场防治区	弃渣场防治区	施工便道防治区	施工生产生活防治区	合计
		土工布	m^2											***77068***			77068
	八字墙	数量	个											***4***			4
		基础开挖	m^3											***392***			392
		C25 混凝土现浇	m^3											***176***			176
	消力池	长度	m									***16***	***32***	***148***			196
		开挖土方	m^3									***82***	***367***	***2237***			2685
		C25 混凝土现浇	m^3									***38***	***122***	***666***			825
		钢筋	t											***27***			27
	沉沙池	数量	m^3	113		84	19	36	26								278
		开挖土方	m^3	385		454	135	685	141								1800
		M10 浆砌石衬砌	m^3	1148		286	78	250	89								1851
	衬砌拱护坡	面积	m^2	***225775***			***12011***	***7667***									245452
		C25 混凝土预制	m^3	***2507***			***131***	***85***									2723
		C25 混凝土现浇	m^3	***44407***			***2320***	***1508***									48236
		开挖土石方	m^3	***45548***			***2380***	***1547***									49474
		培耕植土	m^3	***41204***			***2153***	***1399***									44756
	菱形框架防护	面积	m^2	***105622***	***47327***												152949
		M10 浆砌片/块石	m^3	***31483***	***14107***												45591
		C25 混凝土预制	m^3	***2729***	***1223***												3951
		开挖土方	m^3	***29327***	***13141***												42468
		培耕植土	m^3	***20343***	***9115***												29458
	碾压层疏松	疏松土石方	万 m^3												12.80		12.80
	硬化层清除	开挖土石方	万 m^3													1.15	1.15
	土地整治	面积	hm^2	75.74	26.98	5.80	6.83	1.51	1.86	0.13		2.51	22.72	27.16	85.30	8.64	265.19
植物措施	边坡衬砌拱护坡	生态袋填充	m^2	***164816***			***8768***	***5597***									179180
	菱形框架护	生态袋填充	m^2	***58092***	***26030***												84122

表 7-45 水土保持措施工程量汇总表

水土保持措施			单位	路基工程防治区	桥梁工程防治区	隧道工程防治区	互通工程防治区	附属工程防治区	改路工程防治区	改沟工程防治区	临时堆土场防治区	石料场防治区	取土场防治区	弃渣场防治区	施工便道防治区	施工生产生活防治区	合计
	植草皮护坡	面积	hm^2						***1.62***								1.62
	生态毯护坡	面积	m^2	***82376***	***20283***	***40572***	***9921***	***7474***									160625
		耕植土	m^3	***18123***	***4462***	***8926***	***2183***	***1644***									35338
		生态毯	m^2	***90613***	***22311***	***44629***	***10913***	***8221***									176688
	藏川杨	数量	株	1506				***150***						2037	6108	517	10317
	云杉	数量	株	1506				***150***						2037	6108	517	10317
	忍冬	数量	株					***2667***									2667
	沙棘	数量	株	26769		6182							100980	120693	271467	22978	549069
	喷播植草	面积	hm^2											2.23	9.89	0.78	12.89
	混播老芒麦和垂穗披碱草	面积	hm^2	15.06	18.16	1.74			0.25	0.09				***27.16***	61.08	5.17	128.70
		用量	kg	1506	1816	174			25	9				***2716***	6108	517	12870
	撒播高山嵩草	面积	hm^2	19.31	2.06		4.64			0.05			22.72		14.33	3.47	66.58
		用量	kg	1931	206		464			5			2272		1433	347	6658
临时措施	泥浆池	数量	个		***262***												262
		开挖土方	m^3		***15720***												15720
		塑料布衬底	m^2		***19388***												19388
	彩条旗护栏	长度	m												67946		67946
	排水涵管	长度	m											***2007***			2007
		土方开挖	m^3											***13815***			13815
		细石渣回填	m^3											***2910***			2910
		预制 C40 钢筋混凝土圆涵管（DN1500）	m											***2007***			2007
		C20 混凝土基座	m^3											***9729***			9729
		C20 混凝土镇墩	m^3											***145***			145
		水泥砂浆	m^3											***11***			11
		碎石垫层	m^3											***909***			909

表 7-45 水土保持措施工程量汇总表

水土保持措施			单位	路基工程防治区	桥梁工程防治区	隧道工程防治区	互通工程防治区	附属工程防治区	改路工程防治区	改沟工程防治区	临时堆土场防治区	石料场防治区	取土场防治区	弃渣场防治区	施工便道防治区	施工生产生活防治区	合计
	临时排水沟	长度	m	64648							6093				98840	8497	178077
		开挖土方	m³								7173				65694	14134	87000
		C25 混凝土现浇	m³													6044	6044
	临时急流槽	长度	m	27567													27567
	临时顺接排水沟	长度	m	2825													2825
	临时沉沙池	数量	个	113							12				198	30	353
		开挖土方	m³								74				593	265	932
		C25 混凝土现浇	m³													106	106
	石笼网挡墙	长度	m			2940					246						3186
		石笼网	m³			8820					738						9558
	草皮养护	面积	万 m²				0.40				3.12						3.53
	袋装土拦挡及拆除	长度	m	28439	4620		997	693	941		5169	540	558	1291	26158		69407
		袋装土填筑	m³	14220	2310		499	346	470		2584	270	279	646	13079		34703
		袋装土拆除	m³	14220	2310		499	346	470		2584	270	279	646	13079		34703
	密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	27.41	5.06	2.48	0.70	1.25	0.89	0.20	10.64	0.81	0.87	1.18		2.56	54.05
		密目网面积	万 m²	13.91	5.06	2.48	0.70	1.25	0.89	0.20	3.19	0.81	0.87	1.18		2.56	33.10

注：表中加粗斜体为主体已有措施。

7.8.2 施工工艺和方法

⑴ 弃渣场防洪度汛施工

沟道型弃渣场施工前，在沟底布设DN1500预制钢筋混凝土临时排水涵管（临时排洪标准采用该弃渣场对应设计洪水标准），将上游汇水导排至挡渣墙下游，避免水流冲刷渣体。根据弃渣场最大堆高，涵管随堆渣进程分两期接长，全过程保障沟道来水有组织排放。

保证在汛前完成挡渣墙及临时涵管施工，落实先挡先排后弃。堆渣前沿沟底布设排水盲沟，提前导排渗水。优先利用非汛期集中堆渣，汛期加强现场巡查，重点监控涵管过流、挡墙稳定及排水畅通，雨后及时疏通修复。编制防汛应急预案，明确撤离路线与物资储备，遇暴雨预警立即撤离人员机械。

汛期原则上停止高边坡堆渣作业，仅进行低高程区域的平整及防护施工；确需堆渣时，严格控制每日堆渣量，确保渣面排水通畅无积水。对未完工的渣体边坡采用密目网临时苫盖防护，防止雨水冲刷形成冲沟；弃渣场周边预留临时排水通道，疏导周边来水至弃渣场下游天然沟道，避免来水在渣体内部汇集。

⑵ 弃渣场基础处理

弃渣场堆渣前应完成基底清理与处理，遵循“先清基、后堆渣”原则。①占地范围内林草地表土全部剥离，剥离厚度林地15cm、草地10cm，集中堆放防护；②清表后对场内地基整平、排干积水并夯实，基底压实度不小于 0.90，严禁在积水基面上直接堆渣；③弃渣场自然坡面坡率陡于 1：5 时，应对基底自然坡面开挖台阶，台阶宽度不小于 4.0m，台阶顶面向内倾斜 2%～3%，开挖土石方就近用于渣体填筑；④挡渣墙及渣体基底施工前校核地基承载力，不满足时换填水稳性较好的硬质石渣并分层压实；⑤基底排渗设施与挡渣墙衔接。基底纵向主盲沟、横向支盲沟应在堆渣前先行埋设，管周反滤层按设计分层铺设。主盲沟穿越挡渣墙墙身出墙，经墙底 φ500 排水涵管引至下游消力池；穿越处做好止水与结构加强。挡渣墙墙底通长设置 1.0m 厚碎石换填层，分层压实。墙身设单排 φ10cmPVC 排水管，间距 1.0m，管口设反滤料。上述设施埋设并验收合格后，方可堆渣。

⑶弃渣场堆渣组织方案

遵循“先挡后弃、自下而上、分层碾压、分级堆放”原则。混凝土挡渣墙先行施工并达到设计强度后，自沟口向沟内逐层堆高。堆渣以土石渣为主，挡墙顶部水平 5m

外按 1:2.5 边坡起坡，每堆高 8m 设一级平台，平台宽 10m，渣顶面修整为龟背式，纵坡不小于 1%，横向中间高两边低，横坡不小于 3%，以利排水。

每层渣料摊铺厚度不大于 0.8m（土料及含泥量较高者不大于 0.5m），由推土机摊铺平整、振动压路机碾压 3～4 遍，行进速度 2～3km/h、轮迹搭接不小于 1/3 轮宽；开工前经现场碾压试验确定最终铺料厚度与碾压遍数。压实指标以《土工试验方法标准》（GB/T50123）击实试验最大干密度为基准：渣体压实度不小于 0.90；各级边坡坡面以下 2m、坡脚 3m 及挡渣墙接触带 3m 范围提高至不小于 0.93（该范围碾压增至 6 遍，即“坡脚二次碾压”）；含粗颗粒较多的渣料以相对密度 Dr 不小于 0.65（或孔隙率不大于 24%）控制；土料碾压含水率控制在最优含水率±2%以内。施工中每层每 1000m³取样检测 1 组，检测合格后方可铺筑上层。

堆渣过程中对各级边坡坡脚二次碾压，防止初期沉降引发滑塌；碾压时对已埋设的排渗盲沟及分层排渗盲管予以保护，管顶覆土不足 0.5m 时不得直接碾压。各级平台排水沟与两侧截水沟同步形成，上一级堆渣前须确保下级排水系统具备过流能力。施工时序上，优先利用非汛期集中堆渣，汛期以坡面整治、排水设施完善及植被恢复为主；渣体封闭后及时覆土并实施灌草植被恢复，稳定坡面。

对桥梁钻渣经脱水形成的泥饼渣料，含水率高、强度低，须单独划区、不与碎石类渣料混合摊铺：泥饼层单层厚不大于 1.0m，上覆不小于 1.0m 厚土石渣隔层包盖；摊铺厚度不大于 0.5m，采用低吨位振动压路机静压 2 遍，禁止强振，避免返浆。

⑷临时堆土场场平与堆置要求

临时堆土场堆土前应先进行场地平整，将原地面整平压实，形成稳定承载基面，严禁在未处理的倾斜基面上直接堆土。坡地型临时堆土场（5 处）应先将斜坡基面按阶梯或平台方式整平，整平后基面横坡不宜大于 5°，并向外侧设不小于 2%的排水坡；平地型临时堆土场（11 处）应清除表层松土、杂物并整平压实。场地平整完成后，按“先拦后弃”原则先施工周边袋装土拦挡（DT5 等汇水较大者采用石笼网拦挡），再行堆土。堆土按 1：2.5 坡比分摊，表土堆高 2.0～5.0m、草皮堆叠不超过 3 层且高度不超过 1.0m，堆体顶面修整为中间高、四周低的形状以利排水，表面及时苫盖密目网。

⑸ 清表

表土清理由施工企业实施，根据地形条件，采用机械施工。

⑹ 草皮剥离及回覆

本项目对线路所经玉曲河、果曲河沿线扰动范围内可剥离的草皮进行剥离、养护及回覆利用，扰动范围主要包括高原宽谷区的路基工程以及互通工程。

1）施工准备

建好草皮占地面积的施工平面控制网、高程系统，按设计要求放出开挖边线。

2）测量放样

草皮剥离前，利用全站仪及水准仪进行测量放样，确定开挖范围、高程，并打（放）开挖范围、开挖深度控制桩线。

3）草皮剥离

对占地类型为草地并需要挖填土石方区域的草皮进行剥离，草皮剥离按照 0.3m（长）×0.4m（宽）×（0.20～0.30m）（厚）的尺寸规格，将原生地表植被剥离并切割为草皮块，移至草皮养护点；剥离草皮时，应连同根部土壤一并剥离，尽量保证切割边缘的平整；草皮剥离和运输过程中，要避免根部土壤脱落，要对草皮下的薄层腐殖土集中堆放，用于后期草皮回移时的覆土需要。剥离草皮的堆积厚度控制在 3 层之内。采用表层接表层、土层接土层的方式。草皮采用密目网苫盖，要经常洒水，以保持养护草皮处于湿润状态。养护草皮的堆放时间不宜过长，施工完毕后应立即进行回铺，回铺时间应控制在当年9月底前。考虑工程区草皮厚度及施工条件等因素，草皮剥离的厚度按 30cm 计。

4）堆存保护

草皮的保存方式有三种：1）平铺存放。互通工程区施工范围相对宽裕的位置，掘取的草皮可就近平铺存放在不影响工程施工的空闲区域。存放时腐殖土堆放在下部，堆放厚度 30～40cm；草皮单层平铺在上部，草皮之间留 3～5cm 的间隔，间隔之间覆腐殖土，便于草皮生长和后期移植。2）叠置存放。对于掘取的草皮存放时间不太长（一般不超过3个月）的区域可进行叠置存放。叠置存放草皮时，下部堆放腐殖土，草皮一层一层叠置存放在表面（3～5 层），叠置存放时需留有一定的交叉空间，以便透气和渗水，草皮及腐殖土堆高 1.0～1.5m。3）草支架架空存放。对施工期较长，场地有限的区域，可将掘取的草皮集中存放于草支架。支架架空存放法，采用钢管搭建三角支架，钢丝和木板（或其他板材）形成 3～4 层架空层。支架架空层搭建好以后，先堆放厚约 10cm 的腐殖土，然后将草皮分层存放在腐殖土表面，草皮之间留 3～5cm 的间隔，间隔之间覆腐殖土，便于草皮生长和后期移植。结合工程区实际情况，为了让每

层的草皮都能采光，每层高度设计为 80cm；为了让下层堆存的草皮能获取降雨或人工浇水，每层隔板每隔 20cm 留有直径为 2cm 的孔眼；为了防止堆存的腐殖土及草皮散落，隔板边缘需设计高 20cm 的挡坎，挡坎需留适当的排水孔。

草皮存放期间需安排专人进行养护、管理，应采取适当措施防止人员踩踏、车辆碾压、牛羊啃食等。无论哪种堆存方式均需根据项目区气候、土壤含水量等进行适时洒水养护，尤其是堆存在最下层的草皮更需洒水养护。根据天气情况适时洒水，半个月浇水 1 次进行养护能存活半年之久；叠置存放的需分层浇水湿润；不宜跨年存放，冻结季节不能浇水养护。掘取的草皮下面铺设彩条布或塑料布，可防止水分迅速流失。还应根据草皮的长势适当施肥。另外，夏季光照强，需用加厚遮阳网遮盖存放的草皮，防止被晒死；冬季气候寒冷，需用透明塑料布遮盖，预防霜冻。

5）草皮回覆

移植时间宜选择在 5～8 月移植为宜。边坡长度在 3m 以内、坡度在 35°以内的，直接铺贴草皮；3m 以上的需加固处理。回铺草皮时，应尽量避免过分地伸展和撕裂。原有植被下的有机土对植被的移植成活十分重要，草皮取走后，应将草皮下的散土清除堆放，以便回铺草皮时使用。草皮回铺时，顶面要求平顺，草隙用腐殖土填塞，起到根部保湿和衔接土壤的作用，不能使用卵砾石等填充。自然条件下回填土营养成分含量相对不足，氮磷钾含量较低，必要时需对土壤基质进行改良；基质改良采用草皮下腐殖土，施加二胺、羊板粪、牛粪等，添加比例控制在 5%～10%，搅拌均匀；回填改良土厚度控制在 10cm 左右，并进行人工夯实。

6）养护和监测

应根据实际环境条件和移植植被生长发育的季节需要，及时对移养植被进行施肥、浇水养护，以满足植被对营养和水分的需要，避免因土壤干裂导致植被死亡。草皮从铺装到适应坡面环境健壮生长期间一般需养护一个月左右；每天都需要洒水，每次洒水量以保持土壤湿润为原则，每日洒水次数视土壤湿度而定。回铺后的草皮更为脆弱，需要一段时间才能与深层土壤结合。因此，要求相当长一段时间不允许在回铺的草皮上放牧或其他活动，禁牧时可采用刺铁丝隔离栅栏防护，使其恢复生长。

草皮剥离后，采用土壤温湿度自动监测仪器记录土壤温度、湿度以及冻融循环，采用植被调查方法，调查植被成活率、群落组成。

(7) 土方开挖

排水沟、沉沙池等基础开挖，采用人工作业。

⑻ 浆砌石砌筑

浆砌石砌筑主要是挡墙等的砌筑，人工用小型运输车运输路基开挖的弃石，人工拌合砂浆，人工砌筑。

⑼ 拦挡

袋装土拦挡，利用开挖土方人工装土，人工按设计断面堆砌，人工拆除。

⑽ 彩条旗护栏

先每隔 10m 的距离将制作好的钢钎用锤子打入地下 50cm，钢钎采用等边角钢制成，等边角钢规格为：b=25mm，d=4mm。每根钢钎长 150cm，打入地下 50cm，人工用铁丝固定在钢钎的顶端，用铁丝将钢筋连在一起，最后在铁丝上挂彩色布条等明显的标志。

⑾ 密目网苫盖

人工将密目网覆盖在临时堆放的表土堆表面，周边和表面用袋装土或块石压重。

⑿ 硬化层清除

施工场地硬化层清除采用机械作业，清除完毕后就汽车运至附近路基，铺设于路基边坡。

⒀ 覆土

施工生产生活区等由推土机粗整，人工配合机械将表土回铺。

⒁ 种草

在粗整地工程完工后，人工撒播草籽，最后覆土 2～5cm，并做好管护工作，保证土壤湿度使草籽尽快出苗。

⒂ 植树

苗木栽植施工工序：放线定位→挖树坑→树坑消毒→回填耕植土→栽植→回填→浇水→夯实。

1）严格按定点放线标定的位置、规格挖掘树穴。

2）挖掘树穴时，以定点标记中心，按树穴尺寸规格划出一个方形，然后沿边线垂直向下挖掘，穴底平，切忌挖成锅底型，树穴达到规定深度后，还需向下翻松约 20cm 深，并对树穴底消毒，为根系生长创造条件。

3）挖掘树穴时，应将表土放置一侧以栽树时备用，而挖掘出来的建筑垃圾，废土

杂物放置另一侧集中运出施工现场，树穴需经甲方验收合格后，方可栽植苗木。

4）植物栽植时要保持树体端正，上下垂直，不得倾斜，并尽可能照顾到原生长地所处的阴阳面。

5）置放苗木要做到轻拿轻放，树苗放树穴一边，但不影响交通。

6）移栽苗木定植后必须浇足三次水，第一次要及时浇透定根水，渗入土层约30cm，使泥土充分吸收水分与根系紧密结合，以利根系的恢复和生长；第二次浇水应在定根水后的2～3天进行；再隔约10天左右浇第三次水，并灌足灌透，以后可根据实际情况酌情灌水。

7）本项目区附近可利用的水源，沟渠、水塘水源。

8）在灌水时，切忌水流量过大，冲毁围堰，如发生土壤下陷、树木倾斜应及时扶正培土。

9）造林后每年秋、冬季要对去秋今春新植幼林和补植幼林进行全面检查以判定造林成活率高低和林木生长情况，以此评定林木质量。根据评定结果，拟定补植措施。幼林补植时需用同一树种的大苗或同龄苗。

10）为提高幼林成活率和保存率，加快郁闭，造林后应根据造林立地条件和幼苗成活、生长发育不同时期的要求，及时进行松土、除草、踏穴、培土、选苗、定株、抹芽、打杈和必要的修枝、病虫害防治、护林防火等抚育管护措施。幼林抚育年限为3年。

⑯ 乔灌木移植施工

按照“能移尽移、就近移植、随挖随栽、红线内消化、不新增占地”的原则，利用永久红线及临时征地范围，对沿线占用林草地的路段内有条件的乔灌木进行移植，后期利用于红线内的植被恢复。

1）施工准备

对红线内乔灌木逐株调查，测量胸径、冠幅、树高，登记树种数量并编号挂牌。胸径5～20 cm乔木及健壮灌木列入移植清单；枯死、病虫害严重及胸径大于30 cm的大树经审批后采伐。备齐起挖工具、包装材料、运输设备及养护物资，完成人员技术交底。

2）起挖与包装

乔木冠幅修剪1/3～1/2，伤口大于3 cm处涂抹愈合剂。按胸径6～8倍（灌木按冠

幅 1/3）确定土球直径，修整为圆台形拍实。胸径≤8 cm 用草绳简易包扎，8～15 cm 双层“井字式”包扎，大于 15 cm 加木板加固。

3）吊装与运输

采用宽幅尼龙吊带绑扎土球上方树干基部，树冠朝后、土球朝前装车，车厢覆盖遮阳网。原则上当日起挖当日定植，确需过夜的暂存阴凉处并保湿。

4）移植场地安排

养护工区及治超站绿化区集中种植；路基边坡平台、碎落台及坡脚护坡道成行种植灌木小乔木；隧道洞口边仰坡及取（弃）弃渣场恢复区一并栽植；施工迹地整治覆土后用于定植。各场地就近承担假植，假植期不超 3 个月。

5）定植

种植穴大于土球 40～60 cm、深于 20～30 cm，坑底施腐熟有机肥 5～10 kg/穴并覆土隔离。土球顶面高于地表 5～8 cm，分层回填捣实，围筑树盆浇透定根水，设三角或四角支撑固定。

6）后期养护

搭设遮光率 50%～70%的遮阳网至生长季结束。入冬前浇封冻水，树盘覆盖 10～15 cm 腐殖土防冻。次年春季补植同规格苗木，每株追施复合肥 0.1～0.3 kg。定期除草，巡查防治立枯病、根腐病。移植区设围栏警示标识，连续管护不少于 2 年，成活率 85%以上。

7.8.3 施工进度安排

根据主体工程总体设计，本项目 2026 年 11 月开工，施工准备与主体工程同步进行，2029 年 10 月底完工。根据以上主体进度安排，结合各水土流失防治区所需采取的水土保持防治措施，本着“三同时”的原则，以尽量减少工程建设期及运行期水土流失为主要目标，考虑气温、气候、季节等自然因素，制定本项目水土保持方案中各项防治措施的实施进度计划。

具体而言，对于临时防护工程，其水土保持设施要同步建设，而且临时工程在使用完成之后，针对不同情况还要采取植物措施。本方案水土保持措施施工安排与主体同时，项目所在海拔相对较高，冬季（11 月～3 月）无法进行土建施工，以辅助施工为主，土建工程主要安排在 4 月至 10 月。

各分区植物措施尽量安排在第二季度及第三季度初期，少量分区如隧道工程区、

施工便道区及施工生产生活区的部分占地因受施工时序的限制，将在第三季度中后期完工，因此植物措施受到影响，在第三季度中期进行，如若在第三季度后期完工的项目，其植物措施建议在主体完工后第二年采取植物措施，保证其成活率。

水土保持工程水土保持措施工程量年度分摊表见表 7-46。

水土保持措施实施进度图详见图 7-6、图 7-7。

表 7-46 水土保持措施工程量年度分摊表

防治分区	水土保持措施			单位	小计	工程量			
						2026	2027	2028	2029
路基工程防治区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	10.96	10.96			
		表土回覆	土方量	万 m³	10.44		7.31	2.61	0.52
		草皮剥离	面积	万 m²	9.37	9.37			
		草皮回铺	面积	万 m²	9.37		6.56	2.34	0.47
		排水沟	长度	m	12171	10346	1826		
		边沟	长度	m	15602	13262	2340		
		急流槽	长度	m	27567	23432	4135		
		土质排水沟	长度	m	27181	23104	4077		
		平台截水沟	长度	m	4876	4144	731		
		山坡截水沟	长度	m	4818	4095	723		
		顺接排水沟	长度	m	2825	2401	424		
		沉沙池	数量	个	113	96	17		
		衬砌拱护坡	面积	m²	225775	191909	33866		
		菱形框架防护	面积	m²	105622	89778	15843		
		土地整治	面积	hm²	75.74		53.02	18.94	3.79
	植物措施	边坡衬砌拱护坡	生态袋填充	m²	164816	140093	24722		
		菱形框架防护	生态袋填充	m²	58092	49378	8714		
		藏川杨	数量	株	1506	1280	226		
		云杉	数量	株	1506	1280	226		
		沙棘	数量	株	26769	22753	4015		
		混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	15.06		10.54	3.76	0.75
		撒播高山嵩草	面积	hm²	19.31		13.52	4.83	0.97
	临时措施	临时排水沟	长度	m	64648	35556	25859	6465	
		临时急流槽	长度	m	27567	15162	11027	2757	
		临时顺接排水沟	长度	m	2825	1554	1130	283	
		临时沉沙池	数量	个	113	62	45	11	
		袋装土拦挡及拆除	长度	m	28439	15641	11376	2844	
		密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	27.41	15.08	10.97	2.74	
桥梁工程防治区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	1.42	1.28	0.14		
		表土回覆	土方量	万 m³	1.42		0.99	0.35	0.07
		排水沟	长度	m	18150	16335	1815		
		急流槽	长度	m	154	139	15		
		平台截水沟	长度	m	145	131	15		

防治分区	水土保持措施			单位	小计	工程量			
						2026	2027	2028	2029
		山坡截水沟	长度	m	470	423	47		
		菱形框架防护	面积	m²	47327	42595	4733		
		土地整治	面积	hm²	26.98		18.88	6.74	1.35
	植物措施	菱形框架防护	生态袋填充	m²	26030	23427	2603		
		生态毯护坡	面积	m²	20283	18255	2028		
		混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	18.16		12.71	4.54	0.91
		撒播高山嵩草	面积	hm²	2.06		1.44	0.51	0.10
	临时措施	泥浆池	数量	个	262	236	26		
		袋装土拦挡及拆除	长度	m	4620	2310	1386	924	
		密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	5.06	2.53	1.52	1.01	
隧道工程防治区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.60	0.60			
		表土回覆	土方量	万 m³	0.60			0.60	
		洞口截水沟	长度	m	6468		6468		
		洞内侧式排水沟	长度	m	57948		57948		
		沉沙池	数量	个	84		84		
		土地整治	面积	hm²	5.80			5.22	0.58
	植物措施	生态毯护坡	面积	m²	40572			36515	4057
		沙棘	数量	株	6182			5564	618
		混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	1.74			1.56	0.17
	临时措施	石笼网挡墙	长度	m	2940	2940			
		密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	2.48	1.54	0.75	0.20	
互通工程防治区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.59		0.59		
		表土回覆	土方量	万 m³	0.59			0.53	0.06
		草皮剥离	面积	万 m²	1.20		1.20		
		草皮回铺	面积	万 m²	1.20			1.08	0.12
		土质排水沟	长度	m	4124		4124		
		沉沙池	数量	个	19			17	2
		衬砌拱护坡	面积	m²	12011			10810	1201
		土地整治	面积	hm²	6.83			6.15	0.68
	植物措施	边坡衬砌拱护坡	生态袋填充	m²	8768			7891	877
		生态毯护坡	面积	m²	9921			8928	992
		撒播高山嵩草	面积	hm²	4.64			4.18	0.46
	临时措施	草皮养护	面积	万 m²	0.40		0.28	0.12	
		袋装土拦挡及拆除	长度	m	997		698	299	
		密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	0.70		0.49	0.21	
附属工程防治区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.60		0.60		
		表土回覆	土方量	万 m³	0.60			0.60	
		排洪沟/周边排水沟	长度	m	5667		5667		
		沉沙池	数量	个	36		36		
		衬砌拱护坡	面积	m²	7667			7667	
		土地整治	面积	hm²	1.51			1.51	
		边坡衬砌拱护坡	生态袋填充	m²	5597			5037	560

防治分区	水土保持措施			单位	小计	工程量			
						2026	2027	2028	2029
	植物措施	生态毯护坡	面积	m²	7474			6727	747
		藏川杨	数量	株	150			135	15
		云杉	数量	株	150			135	15
		忍冬	数量	株	2667			2400	267
	临时措施	袋装土拦挡及拆除	长度	m	693		485	208	
		密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	1.25		0.88	0.38	
改路工程防治区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.32		0.32		
		表土回覆	土方量	万 m³	0.32		0.32		
		边沟	长度	m	7457		7457		
		沉沙池	数量	个	26		26		
		土地整治	面积	hm²	1.86		1.86		
	植物措施	植草皮护坡	面积	hm²	1.62		1.62		
		混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	0.25		0.25		
	临时措施	袋装土拦挡及拆除	长度	m	941		941		
		密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	0.89		0.89		
改沟工程防治区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.03		0.03		
		表土回覆	土方量	万 m³	0.03		0.03		
		土地整治	面积	hm²	0.13		0.13		
	植物措施	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	0.09		0.09		
		撒播高山嵩草	面积	hm²	0.05		0.05		
	临时措施	密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	0.20		0.20		
临时堆土场防治区	临时措施	草皮养护	面积	万 m²	3.12	1.87	0.94	0.31	
		临时排水沟	长度	m	6093	6093			
		临时沉沙池	数量	个	12	12			
		袋装土拦挡及拆除	长度	m	5169	5169			
		石笼网挡墙	长度	m	246	246			
		密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	10.64	6.39	3.19	1.06	
石料场防治区	工程措施	石笼网挡墙	长度	m	320	320			
		排洪沟/周边排水沟	长度	m	887	887			
		消力池	长度	m	16	16			
		土地整治	面积	hm²	2.51			2.51	
	临时措施	袋装土拦挡及拆除	长度	m	540	270	216	54	
		密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	0.81	0.41	0.32	0.08	
取土场防治区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	2.16	2.16			
		表土回覆	土方量	万 m³	2.16		0.65	1.51	
		石笼网挡墙	长度	m	374	374			
		排洪沟/周边排水沟	长度	m	1857	1857			
		消力池	长度	m	32	32			
		土地整治	面积	hm²	22.72		6.82	15.90	
	植物措施	沙棘	数量	株	100980		30294	70686	
		撒播高山嵩草	面积	hm²	22.72		6.82	15.90	

防治分区	水土保持措施			单位	小计	工程量			
						2026	2027	2028	2029
	临时措施	袋装土拦挡及拆除	长度	m	558	558			
		密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	0.87	0.52	0.26	0.09	
弃渣场防治区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	2.96	2.96			
		表土回覆	土方量	万 m³	2.96		0.89	2.07	
		混凝土挡渣墙	长度	m	232	232			
		排洪沟/周边排水沟	长度	m	7816		7816		
		排水盲沟	长度	m	11010	11010			
		八字墙	数量	个	4	4			
		消力池	长度	m	148	148			
		土地整治	面积	hm²	27.16		8.15	16.29	2.72
	植物措施	藏川杨	数量	株	2037		611	1222	204
		云杉	数量	株	2037		611	1222	204
		沙棘	数量	株	120693		36208	72416	12069
		喷播植草	面积	hm²	2.23		0.67	1.34	0.22
		混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	27.16		8.15	16.29	2.72
	临时措施	排水涵管	长度	m	2007	2007			
		袋装土拦挡及拆除	长度	m	1291	1291			
		密目网苫盖	苫盖面积	万 m²	1.18	0.71	0.36	0.12	
施工便道防治区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	4.95	4.95			
		表土回覆	土方量	万 m³	4.95		1.48	2.97	0.49
		碾压层疏松	疏松土石方	万 m³	12.80		3.84	7.68	1.28
		土地整治	面积	hm²	85.30		25.59	51.18	8.53
	植物措施	藏川杨	数量	株	6108		1832	3665	611
		云杉	数量	株	6108		1832	3665	611
		沙棘	数量	株	271467		81440	162880	27147
		喷播植草	面积	hm²	9.89		2.97	5.93	0.99
		混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	61.08		18.32	36.65	6.11
		撒播高山嵩草	面积	hm²	14.33		4.30	8.60	1.43
	临时措施	彩条旗护栏	长度	m	67946	67946			
		临时排水沟	长度	m	98840	98840			
		临时沉沙池	数量	个	198	198			
		袋装土拦挡及拆除	长度	m	26158	26158			
施工生产生活防治区	工程措施	表土剥离	土方量	万 m³	0.36	0.36			
		表土回覆	土方量	万 m³	0.88		0.26	0.53	0.09
		硬化层清除	开挖土石方	万 m³	1.15		0.35	0.69	0.12
		土地整治	面积	hm²	8.64		2.59	5.18	0.86
	植物措施	藏川杨	数量	株	517		155	310	52
		云杉	数量	株	517		155	310	52
		沙棘	数量	株	22978		6893	13787	2298
		喷播植草	面积	hm²	0.78		0.23	0.47	0.08
		混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	面积	hm²	5.17		1.55	3.10	0.52

防治分区	水土保持措施			单位	小计	工程量			
						2026	2027	2028	2029
		撒播高山嵩草	面积	hm^2	3.47		1.04	2.08	0.35
	临时措施	临时排水沟	长度	m	8497	8497			
		临时沉沙池	数量	个	30	30			
		密目网苫盖	苫盖面积	万 m^2	2.56	1.54	0.77	0.26	

8 水土保持监测

8.1 范围和时段

8.1.1 监测范围

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018），项目水土保持监测范围应为水土流失防治责任范围。本工程水土流失防治责任范围为 340.14hm²，因此项目监测范围为 340.14hm²。

8.1.2 监测重点

本项目水土保持监测重点主要为实际造成的水土流失面积、分布、土壤流失量及变化情况等；实际采取水土保持工程、植物和临时措施的位置、数量，以及实施水土保持措施前后的防治效果对比情况等；水土流失对主体工程、周边重要设施等造成的影响及危害等。

根据预测结果分析可知，项目水土流失监测重点区域为路基工程区、弃渣场区和施工便道区。

8.1.3 监测时段

本项目属于建设类项目，水土保持监测时段为从施工准备期开始至方案设计水平年末结束，监测时段为 2026 年 11 月～2030 年 12 月。

8.2 内容、方法与频次

8.2.1 监测内容

依据《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T 51240-2018）及《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》（办水保〔2020〕161 号文）的要求，结合本项目水土流失的特点，水土保持监测内容包括水土保持监测内容包括水土流失自然影响因素、项目施工全过程各阶段扰动土地情况、水土流失状况、水土流失防治成效、水土流失危害等。

8.2.1.1 施工准备期监测内容

施工准备期监测内容包括水土流失影响因素、水土流失状况、表土与草皮剥离前

期准备情况等。

⑴ 水土流失影响因素

施工准备期对项目区气象水文、地形地貌、地表组成物质、植被等自然影响因素进行监测。

⑵ 水土流失状况

1）区域水土流失类型、形式、面积、分布及强度情况。

2）各监测分区土壤侵蚀强度（本底值）监测。

⑶ 表土与草皮剥离前期准备情况

1）项目区可剥离表土的分布范围、厚度、肥力及土壤质地调查与监测。

2）项目区草皮的分布范围、面积、长势、优势种类、根系深度及可移植利用价值调查与监测。

3）表土与草皮剥离专项方案的编制与审批情况，包括剥离范围、剥离厚度 / 规格、堆放/养护地点、临时防护措施及利用去向的规划落实情况。

4）表土堆放场地、草皮临时养护场地的选址、占地面积及防护/养护设施前期准备情况。

8.2.1.2 施工期监测内容

施工期为本项目水土保持监测的重点时段，水土保持监测内容包括水土流失影响因素、水土流失状况、水土流失危害、水土保持措施、表土与草皮剥离保护利用、施工期间土石方流向、余方综合利用情况等。

⑴ 水土流失影响因素

1）气象水文等自然影响因素；

2）项目建设对原地表、水土保持设施、植被占压和损毁情况的动态监测；

3）项目征占地和水土流失防治责任范围变化情况；

4）项目弃土（石、渣）场的占地面积、弃渣量及堆放方式监测；

弃渣场监测内容包括弃渣场的数量、位置、占地面积、弃渣量及弃渣方式等。

5）项目取土（石）的扰动面积及取料方式；

石料场、取土场监测内容包括料场的数量、位置、扰动面积、取土量及取料方式等。

⑵ 水土流失状况监测

水土流失状况监测内容主要包括施工期水土流失的类型、形式、面积、分布，各监测分区土壤侵蚀强度，以及各监测分区及其重点对象的土壤流失量监测。

⑶ 水土流失危害监测

水土流失危害监测内容包括水土流失对主体工程造成危害的方式、数量和程度；水土流失掩埋冲毁农田、道路、居民点的数量、程度；对于附近公路、输变电等重大工程造成的危害；项目建设造成的滑坡、泥石流等灾害；对水源地、生态保护、江河湖泊等的危害，有可能直接进入江河湖泊或产生行洪影响安全的弃土（石、渣）情况等。

⑷ 水土保持措施监测

对项目工程措施、植物措施和临时措施进行全面监测。

工程措施监测包括措施类型、数量和完好程度；临时措施监测包括措施类型、数量和分布；植物措施监测包括植物措施的种类、面积、分布、生长状况、成活率、保存率和林草覆盖率。

同时水土保持措施监测还包括主体工程和各项水土保持措施的实施进展情况、水土保持措施对主体工程安全建设和运行发挥的作用、水土保持措施对周边生态环境发挥作用的监测。

⑸ 表土与草皮剥离保护利用监测

1）剥离进度监测：分区域、分阶段监测表土实际剥离面积、剥离厚度及累计剥离量；监测草皮实际剥离面积、剥离规格（如草皮块径、带土厚度）及累计剥离量，与设计方案对比分析差异。

2）表土堆放与草皮养护监测：监测表土堆放场地的实际使用情况，包括堆土高度、堆存形态、临时防护措施（如拦挡、覆盖、排水）的落实情况及完好程度；监测草皮临时养护场地的养护措施落实情况，包括浇水、遮阳、覆盖、施肥、病虫害防治等，记录草皮存放时间、存活状况及损耗率。

3）转运监测：监测表土转运的时间、路线、运输量及运输过程中的防护措施，防止扬尘和沿途撒漏；监测草皮转运的时间、路线、运输量及运输过程中的保湿、防碾压、防根系损伤防护措施。

4）保护监测：监测表土堆放期间是否存在被污染、被碾压或与其他土石方混堆的情况；监测草皮存放及转运期间是否存在碾压、踩踏、干枯死亡或被污染的情况。

5）利用监测：监测表土回覆利用的时间、地点、面积、厚度及利用量，记录表土用于绿化覆土、土地整治等工程的具体情况；监测草皮回植利用的时间、地点、面积及利用量，记录草皮用于边坡绿化、场地绿化、生态修复等工程的具体情况，监测回植后 7 天、15 天、30 天的初期成活率。

⑹ 施工期间土石方流向监测

1）土石方开挖监测：分标段、分施工单元监测各类土石方（包括表土、普通土、石方、建筑垃圾等）的开挖时间、开挖量及累计开挖量。

2）土石方回填监测：监测各施工区域土石方回填的时间、回填量及累计回填量，区分不同类型土石方的回填用途。

3）土石方转运监测：监测项目区内土石方转运的起点、终点、运输路线、运输量及运输频次，建立完整的土石方转运台账。

4）土石方临时堆放监测：监测项目区内临时土石方堆放点的数量、位置、占地面积、堆存量及临时防护措施落实情况。

5）土石方平衡动态监测：按月度、季度统计分析项目土石方开挖、回填、转运、弃渣及利用的动态变化情况，绘制土石方流向图，及时发现土石方调配不合理问题。

⑺ 余方综合利用监测

1）余方产生量监测：分阶段监测项目产生的可利用余方（包括开挖产生的合格土石方、建筑垃圾中的可回收利用部分等）的种类、数量及产生地点。

2）余方综合利用方案落实情况监测：监测余方综合利用方案的执行情况，包括利用方式、利用地点、利用量及利用进度。

3）余方场内利用监测：监测余方在项目区内用于场地平整、路基填筑、边坡防护、绿化造地等工程的具体情况及利用量。

4）余方场外利用监测：监测余方外运至其他建设项目综合利用的情况，包括接收单位名称、项目名称、运输路线、运输量及交接手续办理情况。

5）余方处置情况监测：监测未得到综合利用的余方最终处置情况，确保全部运至指定弃渣场规范堆放，严禁随意倾倒。

8.2.1.3 试运行期监测内容

试运行期水土保持监测内容包括水土流失影响因素、水土流失状况、水土流失危害、水土保持措施、表土与草皮最终利用情况、余方综合利用完成情况等。重点监测

植被措施恢复、工程措施运行及其防治效果，同时根据监测数据分析确定工程项目是否达到本方案提出的防治目标。主要监测内容如下：

⑴ 水土流失影响因素

试运行期对项目区气象水文、地表组成物质等自然影响因素进行监测。

⑵ 水土流失状况监测

水土流失状况监测内容主要包括项目区水土流失的类型、形式、面积、分布，各监测分区土壤侵蚀强度，以及各监测分区及其重点对象的土壤流失量监测。

⑶ 水土流失危害监测

水土流失危害监测内容包括水土流失对主体工程造成危害的方式、数量和程度；水土流失掩埋冲毁农田、道路、居民点的数量、程度；对于附近公路、输变电等重大工程造成的危害；项目建设造成的滑坡、泥石流等灾害；对水源地、生态保护、江河湖泊等的危害，有可能直接进入江河湖泊或产生行洪影响安全的弃土情况等。

⑷ 水土保持措施监测

对项目工程措施、植物措施和临时措施进行全面监测。

1）工程措施的类型、数量和完好程度。

2）植物措施的种类、面积、分布、生长情况、成活率、保存率和林草覆盖率。

3）主体工程和各项水土保持措施的实施进展情况。

4）水土保持措施对于主体工程安全建设和运行发挥的作用。

5）水土保持措施对周边生态环境发挥的作用。

⑸ 表土与草皮最终利用情况监测

1）项目区表土总剥离量、总利用量及剩余量的最终统计；统计草皮总剥离量、总利用量、损耗量及剩余量。

2）剩余表土、剩余草皮的最终处置情况，包括是否用于后期绿化补植、土地整治或其他合理生态用途。

3）利用效果监测：监测表土回覆区域的植被生长状况，评估表土利用对生态恢复的促进作用；监测草皮回植区域的植被覆盖度、生长状况及保存率，评估原生草皮利用对快速恢复地表植被、减少初期水土流失的作用。

⑹ 余方综合利用完成情况监测

1）项目余方总产生量、总综合利用量及最终弃渣量的统计核算。

2）余方综合利用完成率计算与分析，评估余方综合利用方案的执行效果。

3）未利用余方的最终处置情况核查，确保全部规范处置，无遗留环境问题。

4）余方综合利用效益分析：包括减少弃渣占地、节约土地资源、降低工程成本等方面的效益评估。

⑺ 六项防治目标监测，监测各防治目标达标情况。

⑻ 监督、管理措施的落实情况。

8.2.2 监测方法与频次

监测方法、频次按照《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T 51240-2018）和相关文件要求，针对不同监测内容和重点，结合工程实际，综合采取地面观测、无人机遥感、实地调查量测、查阅资料等多种方法，对生产建设项目水土流失进行定量监测和过程控制。

8.2.2.1 水土流失影响因素监测

⑴ 自然影响因素

自然影响因素监测包括气象水文、地形地貌、地表组成物、植被等。

1）气象水文

气象及水文资料从附近气象站、水文站收集获得，统计每月的降水量、平均风速和风向。日降水量超过 25mm 或 1h 降水量超过 8mm 的降水统计降水量和历时。

2）地形地貌

采用无人机航测法+实地调查法结合获取监测资料。施工准备期完成 1 次全域高精度 DEM（数字高程模型）采集，分辨率不低于 0.5m；施工期每半年对重点扰动区域（弃渣场、取料场、深挖高填路段）进行 1 次地形复测；试运行期完成 1 次全域地形复核。

3）地表组成物

地表组成物采用实地调查、采样分析方法获取，施工准备期和试运行期各监测 1 次。

4）植被状况

植被状况采用实地调查法进行监测，主要确定植被类型和优势树种。按植被类型选择 3～5 个有代表性的样地，测定林地郁闭度和灌草地覆盖度，取其计算平均值作为植被郁闭度（或盖度）。施工准备期前测定 1 次。郁闭度可采用样线法和照相法测定。盖度可采用针刺法、网格法和照相法测定。

⑵ 地表扰动及水土流失防治责任范围

扰动地表及水土流失防治责任范围采用无人机航测、实地调查并结合查阅资料的方法进行监测。调查中，可采用实测法。本项目属于线型项目，全线巡查每季度不少于1次。

⑶ 弃土弃渣监测

弃土弃渣监测在查阅资料的基础上，以实地测量结合无人机航测为主，监测弃土（石、渣）量及占地面积。正在使用的弃土弃渣场，应每两周监测不少于 1 次。弃土（石、渣）占地面积可采用实测法，弃土（石、渣）量应根据弃渣场面积，结合占地地形、堆渣体形状测算。

⑷ 取土（石）监测

取土（石）监测在查阅资料的基础上，进行实地调查与量测，监测地表扰动面积。正在使用的大型和重要料场，应每两周监测不少于1次。

8.2.2.2 水土流失状况监测

⑴ 水土流失类型及形式监测

水土流失类型及形式在综合分析相关资料基础上，实地调查确定，每年监测次数不应少于1次。

⑵ 水土流失面积监测

项目水土流失面积监测采用抽样调查法结合无人机遥感法，每月进行1次监测。

⑶ 土壤侵蚀强度监测

土壤侵蚀强度根据《土壤侵蚀分类分级标准》按照监测分区采用资料分析法分别确定，结合实地调查进行评价，施工准备期和监测末期各1次，施工期每年1次。

⑷ 土壤流失量监测

土壤流失量监测根据不同监测分区及监测点位特点、条件和降雨情况，采用不同的监测方法，统计每月的土壤流失量。

土壤流失量监测点数量应按项目类型确定，本项目为线型项目且没有任何分区项目长度超过100km，每个监测分区应至少布设1个监测点。

本项目采用侵蚀沟测量法、沉沙池法和无人机遥感法进行监测。

1）侵蚀沟法

侵蚀沟量测法用于暂时不扰动的土质开挖面、土质或土与粒径较小的石砾混合物

堆垫坡面的土壤流失量监测，如施工后的路基工程区、临时堆土场区、弃渣场区。

侵蚀沟监测点布设应具有代表性，能够保存一定时间的开挖面或填筑面。侵蚀沟监测点长度应为整个坡面长度，宽度不应小于 5m。监测断面宜均匀布设在侵蚀沟的上、中、下部。当侵蚀沟变化较大时，应加密监测断面。

按设计频次量测侵蚀沟长，土壤流失量可采用公式（6-1）、公式（6-2）计算。

$$V_r = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} \overline{b_{ij}}\,\overline{h_{ij}}\,l_{ij} \qquad (8-1)$$

$$S_T = V_r\gamma_s \qquad (8-2)$$

式中：V_r——侵蚀沟体积（cm³）；

$\overline{b_{ij}}$——侵蚀沟的平均宽度（cm）；

$\overline{h_{ij}}$——侵蚀沟的平均深度（cm）；

l_{ij}——侵蚀沟的长度（cm）；

S_T——土壤流失量（g）；

γ_s——土壤容重（g/cm³）；

i——测量断面序号，为 1，2，…，n；

j——断面内侵蚀沟序号，为 1，2，…，m。

2）沉沙池法

沉沙池法用于径流冲刷物颗粒较大、汇水面积不大、有集中出口汇水区的土壤流失量监测。按照设计频次观测沉沙池中的泥沙厚度。宜在沉沙池的四个角及中心点分别测量泥沙厚度，并测算泥沙密度。沉沙池法可用于路基工程区、弃渣场区、施工便道区、施工生产生活区等，且主要利用方案设计的沉沙池。

沉沙池法土壤流失量可采用公式(6-3)计算：

$$S_T = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5}{5} S\rho_s \times 10^4 \qquad (8-3)$$

式中：S_T——汇水区土壤流失量（g）；

h_i——沉沙池四角和中心点的泥沙厚度（cm）；

S——沉沙池地面面积（m²）；

ρ_s——泥沙密度（g/cm³）。

3）遥感监测

监测区域的土壤侵蚀背景数据及施工前后扰动地表状况结合遥感调查与典型调查相结合的途径获得。无人机遥感监测系统因具有机动快速响应能力、低使用成本、高分辨率图像和高精度定位数据获取等能力，适用于低空遥感数据的快速获取。

以遥感影像为数据源，按照《水土保持监测技术规范》(SL/T 277-2024)规定，对监测区域进行外业调查，建立遥感解译标志，通过解译，获得监测区域在施工前后各种土地利用类型、土壤侵蚀类型和侵蚀强度的分布、面积和空间特征数据。地面的监测计算机集成 GPS 和 GIS 技术，实现根据具体任务自动生成和调整飞机航线和摄站点坐标，监测飞机的运行轨迹，并且利用强大的 GIS 空间分析功能，通过上行线路，控制无人机的运行和遥感设备的工作。

8.2.2.3 水土流失危害监测

水土流失危害的面积可采用实测法、填图法或遥感监测法进行监测。水土流失危害的其他指标和危害程度可采用实地调查、量测和询问等方法进行监测。水土流失危害事件发生后 1 周内应完成监测工作。

8.2.2.4 水土保持措施监测

⑴ 植物措施监测

1）监测方法及频次

植物类型及面积监测在综合分析相关技术资料基础上采用实地调查法进行，每季度调查 1 次。

成活率、保存率及生长情况采用抽样调查的方法确定，在栽植 6 个月后调查成活率，每年调查 1 次保存率及生长状况。乔木和灌木成活率与保存率采用标准样地法。

郁闭度与盖度监测方法测定林地郁闭度和灌草地覆盖度，取其计算平均值作为植被郁闭度（或盖度）。在每年植被生长最茂盛的季节监测 1 次。

林草覆盖率在统计林草地面积的基础上分析计算获得。

2）监测点布设原则

植物措施监测点数量可根据抽样设计确定，每个有植物措施的监测分区和县级行政区应至少布设 1 个监测点。综合分析植物措施的立地条件、分布与特点，选择有代表性的地块作为监测点，在每个监测点内选择 3 个不同生长状况的样地进行监测。植物措施监测样的规格应根据植被类型按照下列规定确定：

① 乔木林应为 10m×10m～30m×30m，依据乔木规格选择合适的样方大小。

② 灌木林应为 2m×2m～5m×5m。

③ 草地应为 1m×1m～2m×2m。

⑵ 工程措施监测

1）监测方法及频次

措施的数量、分布和运行状况在查阅工程设计、监理、施工等资料的基础上，结合实地勘测与全面巡查确定。工程措施及防治效果不少于每季度监测记录 1 次。

2）监测点布设原则

工程措施监测点数量应根据工程措施设计的数量、类型和分布情况，结合现场调查进行布设。本项目为线型项目，应选择不低于 30%的弃土（石、渣）场、穿（跨）越大中河流两岸布设工程措施监测点，施工便道应选择不低于 30%的工程措施布设监测点。

应以单位工程或分部工程作为工程措施监测点。单位工程和分部工程的划分应按现行行业标准《水土保持工程质量验收与评价规范》（SL/T 336-2025）的规定执行。每个重要单位工程都应布设监测点。重要单位的界定应按现行国家标准《生产建设项目水土保持设施验收技术规程》（GB/T 22490-2025）的规定执行。当某种类型的工程措施在多处分布时，应选择 2 处以上作为监测点。

⑶ 临时措施监测

临时措施可在查阅工程施工、监理等资料的基础上，实地调查，并拍摄照片或录像等影像资料。临时措施不少于每月监测记录 1 次。

⑷ 措施实施情况监测

措施实施情况可查阅工程施工、监理等资料的基础上，结合调查询问与实地调查确定。应每季度统计 1 次。

⑸ 对主体工程安全建设和运行发挥监测

水土保持措施对主体工程安全建设和运行发挥的作用以巡查为主，每年汛期前后及大风、暴雨后进行调查。

⑹ 水土保持生态环境发挥作用监测

水土保持措施对周边水土保持生态环境发挥的作用以巡查为主，每年汛期前后及大风、暴雨后进行调查。

水土保持方法及频次情况详见表 8-1。

表 8-1 水土保持监测方法及频率一览表

监测内容			监测方法		监测频次			
					汇总	分时期		
						施工准备期	施工期	试运行期
水土流失影响因素	自然影响因素	气象水文	查阅资料法	从附近气象站、水文站收集获得	每月 1 次	1 次	每月 1 次	每月 1 次
		地形地貌	无人机航测、实地调查法	巡查法	整个监测期监测 1 次	整个监测期监测 1 次		
		地表组成物	实地调查法	巡查法	施工准备期和试运行期各监测 1 次	1 次	/	1 次
		植被状况	实地调查法	郁闭度可采用样线法和照相法测定。盖度可采用针刺法、网格法和照相法测定。	施工准备期前测定 1 次	1 次	/	/
	地表扰动及水土流失防治责任范围		无人机航测、实地调查法、资料分析法	实测法、填图法和遥感监测法	全线巡查每季度不少于 1 次	/	每季度 1 次	/
	弃土弃渣		无人机航测、实地调查法、资料分析法	实测法、无人机监测和视频监控	施工过程中，正在使用的弃渣场至少每两周监测 1 次。	/	正在使用的弃渣场至少每两周监测 1 次。	每季度 1 次
	取土（石）		无人机航测、实地调查法、资料分析法	实测法和无人机监测	施工过程中，正在使用的取土（石、料）至少每两周监测 1 次。	/	正在使用的取土（石、料）至少每两周监测 1 次。	每季度 1 次
水土流失状况	水土流失类型及形式		无人机航测、实地调查法	巡查法	每年监测次数不应少于 1 次	/	每年 1 次	每年 1 次
	水土流失面积		无人机航测、实地调查法	抽样调查法和无人机监测	每季度 1 次	/	每季度 1 次	每季度 1 次
	土壤侵蚀强度		资料分析	查阅资料、分析计算	施工准备期和监测末期各 1 次，施工期每年 1 次。	1 次	每年 1 次	1 次
	土壤流失量		实地调查法	侵蚀沟法、沉沙池法	每月 1 次	1 次	每月 1 次	每月 1 次
水土流失危害	水土流失危害面积		无人机航测、实地调查法	实测法、填图法或遥感监测法	危害事件发生 1 周内完成监测工作	/	危害事件发生 1 周内完成监测工作	危害事件发生 1 周内完成监测工作
	土流失危害的其他指标和危害程度		实地调查法	实地调查、量测和询问				
水土保持措施	植物措施	植物类型及面积	无人机航测、实地调查法	抽样调查法和无人机监测	每季度 1 次	/	每季度 1 次	每季度 1 次
		成活率、保存率及生长情况	实地调查法	抽样调查法	每年植被生长最茂盛的季节监测 1 次。	/	栽植 6 个月后调查成活率、每年调查 1 次保存率及生长状况	
		郁闭度与盖度	实地调查法	抽样调查法	每年植被生长最茂盛的季节监测 1 次。	/	每年植被生长最茂盛的季节监测 1 次。	
	工程措施		实地调查法、查阅资料法	实地勘测法、巡查法	每季度 1 次。	/	每季度 1 次。	
	临时措施		实地调查法、查阅资料法	实地勘测法、照相法	每月 1 次。	/	每月 1 次。	/
	措施实施情况		实地调查法	调查询问法	每季度 1 次	/	每季度 1 次	每季度 1 次
	对主体工程安全建设和运行发挥作用		实地调查法	巡查法	汛期前后及大风、暴雨后进行	/	汛期前后及大风、暴雨后进行	
	水土保持生态环境发挥作用		实地调查法	巡查法	汛期前后及大风、暴雨后进行	/	汛期前后及大风、暴雨后进行	

8.3 点位布设与监测设施

8.3.1 点位布设

本项目拟在高山峡谷区和高原宽谷区的路基工程区、桥梁工程区、隧道工程区、互通工程区、附属工程区、改路工程区、改沟工程区、临时堆土场区、石料场区、取土场区、弃渣场区、施工便道区、施工生产生活区等各个二级分区共选定 27 个位置进行定位监测，在地面监测的同时进行调查，并根据实际情况在不同的监测区域设置临时观测点，全面了解和掌握区域水土流失情况。

水土保持监测点布置见表 8-2。水土保持监测点设置图见附图 9。本项目的监测计划表如下表 8-3。

表 8-2 水土保持监测点一览表

序号	项目分区		个数	位置	监测方法
1	高山峡谷区	路基工程区	3	K34+400 挖方坡面、K27+650 填方坡面、K38+800 处半挖半填路段、	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟、沉沙池、巡查法）
2		桥梁工程区	1	K27+877 梯贡 2 号大桥	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）
3		隧道工程区	1	瓦约隧道进口洞脸	实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）
4		附属工程区	1	GJTK1+100 吉塘养护工区	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）
5		改路工程区	1	K33+900 处改路	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）
6		改沟工程区	1	GQ1 改沟工程	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）
7		临时堆土场区	1	DT3 临时堆放场	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）
8		石料场区	1	ZCLC3 石料场	实地调查法（实测法、抽样调查法、沉沙池）
9		弃渣场区	4	SQT-1 弃渣场、SQT-3 弃渣场、SQT-4 临时弃渣场、SQT-9 临时弃渣场	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）、视频监控
10		施工便道区	1	BD10 施工场地便道	实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）
11		施工生产生活区	1	CD10 施工场地	实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）
12	高原宽谷区	路基工程区	3	K87+150 挖方坡面、K94+100 填方坡面、K87+050 处半挖半填路段	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟、沉沙池、巡查法）
13		桥梁工程区	1	K97+065 玉曲河 1 号桥	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）
14		互通工程区	1	索拉互通	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）

序号	项目分区		个数	位置	监测方法
15		附属工程区	1	K98+619 尼琼养护保通站	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）
16		改沟工程区	1	GQ2 改沟工程	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）
17		临时堆土场区	1	DT11 临时堆放场	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）
18		取土场区	1	TL1 取土场	实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）
19		施工便道区	1	BD31 施工场地便道	实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）
20		施工生产生活区	1	CD15 施工场地	实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）
合计			27		

表 8-3 水土保持监测计划表

监测时段	分区		监测点位	监测内容	监测方法	监测频次
施工准备期	高山峡谷区	路基工程区	项目区占地范围内	水土流失影响因素（自然影响因素）、水土流失状况（土壤侵蚀强度）、水土流失危害（潜在水土流失危害调查）	实地调查法、资料查阅法	各项目区开工前至少开展 1 次
		桥梁工程区				
		隧道工程区				
		附属工程区				
		改路工程区				
		改沟工程区				
		临时堆土场区				
		石料场区				
		弃渣场区				
		施工便道区				
		施工生产生活区				
	高原宽谷区	路基工程区				
		桥梁工程区				
		互通工程区				
		附属工程区				
		改沟工程区				
		临时堆土场区				
		取土场区				
		施工便道区				
		施工生产生活区				
施工期	高山峡谷区	路基工程区	K34+400 挖方坡面、K27+650 填方坡面、K38+800 处半挖半填路段、	扰动土地情况、取土（石、料）弃土（石、渣）情况、水土流失情况、水土流失隐患与危害、水土保持措施等	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟、沉沙池、巡查法）	地表扰动情况每季度监测 1 次，典型地段每月 1 次；正在使用的取土（石）、弃渣场每两周监测 1 次；水土流失状况每月监测 1 次；水土流失防治成效每季度监测 1 次，其中临时措施每月监测一次；水土流失灾害事件发生后 1 周内完成监测。
		桥梁工程区	K27+877 梯贡 2 号大桥		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		隧道工程区	瓦约隧道进口洞脸		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		附属工程区	GJTK1+100 吉塘养护工区		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		改路工程区	K33+900 处改路		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		改沟工程区	GQ1 改沟工程		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		临时堆土场区	DT3 临时堆放场		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		石料场区	ZCLC3 石料场		实地调查法（实测法、抽样调查法、沉沙池）	
		弃渣场区	SQT-1 弃渣场、SQT-3 弃渣场、SQT-4 临时弃渣场、SQT-9 临时弃渣场		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）、视频监控	
		施工便道区	BD10 施工场地便道		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		施工生产生活区	CD10 施工场地		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
	高原宽谷区	路基工程区	K87+150 挖方坡面、K94+100 填方坡面、K87+050 处半挖半填路段		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟、沉沙池、巡查法）	
		桥梁工程区	K97+065 玉曲河 1 号桥		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		互通工程区	索拉互通		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		附属工程区	K98+619 尼琼养护保通站		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		改沟工程区	GQ2 改沟工程		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	

表 8-3 水土保持监测计划表

监测时段	分区		监测点位	监测内容	监测方法	监测频次
		临时堆土场区	DT11 临时堆放场		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		取土场区	TL1 取土场		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		施工便道区	BD31 施工场地便道		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		施工生产生活区	CD15 施工场地		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
	其他区域		临时堆土场、料场和弃渣场周边、桥梁下游等地		实地调查法（巡查法）	
试运行期	高山峡谷区	路基工程区	K34+400 挖方坡面、K27+650 填方坡面、K38+800 处半挖半填路段、	水土保持措施数量、质量及其效益等进行监测	实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟、沉沙池、巡查法）	地表组成物质及土壤侵蚀强度监测 1 次。 气象水文资料、土壤流失量、工程措施效果每月监测 1 次。 弃土弃渣、水土流失面积、植物类型及面积每月监测 1 次。 植物措施栽植 6 个月后调查成活率、每年调查 1 次保存率及生长状况，每年植被生长最茂盛的季节监测 1 次。 汛期前后及大风、暴雨后进行对主体工程安全建设和运行发挥作用、水土保持生态环境发挥作用监测。 危害事件发生 1 周内完成监测工作
		桥梁工程区	K27+877 梯贡 2 号大桥		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		隧道工程区	瓦约隧道进口洞脸		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		附属工程区	GJTK1+100 吉塘养护工区		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		改路工程区	K33+900 处改路		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		改沟工程区	GQ1 改沟工程		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		临时堆土场区	DT3 临时堆放场		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		石料场区	ZCLC3 石料场		实地调查法（实测法、抽样调查法、沉沙池）	
		弃渣场区	SQT-1 弃渣场、SQT-3 弃渣场、SQT-4 临时弃渣场、SQT-9 临时弃渣场		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）、视频监控	
		施工便道区	BD10 施工场地便道		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		施工生产生活区	CD10 施工场地		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
	高原宽谷区	路基工程区	K87+150 挖方坡面、K94+100 填方坡面、K87+050 处半挖半填路段		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟、沉沙池、巡查法）	
		桥梁工程区	K97+065 玉曲河 1 号桥		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		互通工程区	索拉互通		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		附属工程区	K98+619 尼琼养护保通站		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		改沟工程区	GQ2 改沟工程		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		临时堆土场区	DT11 临时堆放场		实地调查法（实测法、抽样调查法、侵蚀沟法）	
		取土场区	TL1 取土场		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		施工便道区	BD31 施工场地便道		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
		施工生产生活区	CD15 施工场地		实地调查法（抽样调查法、侵蚀沟法、沉沙池）	
	其他区域		临时堆土场、料场和弃渣场周边、桥梁下游等地		实地调查法（巡查法）	

8.3.2 监测设施

随着工程建设的开展，监测点位的布设也是不断的开展，根据监测实施方案和主体工程进度落实监测点位置和监测设施设备。包括遥感卫片的购买及解译、无人机。

(1) 土建设施

选用简易坡面量测法及沉沙池进行监测的监测点，监测土建设施利用本方案中设计的排水沟和沉沙池，此处不再对其工程量进行计列，监测费用中也不再进行重复计列。

(2) 监测设备

为准确获取各项地面观测及调查数据，水土保持监测必须采用现代技术与传统手段相结合的方法，借助一定的先进仪器设备，使监测方法更科学，监测结论更合理。本项目水土保持监测主要监测仪器有无人机、便携笔记本、数码相机、烘箱以及机械天平等。

(3) 消耗性材料

消耗性材料包括泥沙测量仪器、取样玻璃仪器、采样工具、植被测量仪器等。监测仪器主要由有监测单位提供，主要监测仪器设备见表 8-4。

表 8-4 水土保持监测设施一览表

序号	设备名称	单位	数量	备注
一	土建设施			
1	径流小区	个	6	
2	简易水土流失观测场	个	18	
3	侵蚀样方观测场	个	21	
二	监测设备			
1	手持式 GPS	台	4	定位监测
2	全站仪	台	2	
3	数码相机	台	4	记录影像资料
4	数码摄像机	台	2	
5	烘箱	台	1	监测用具
6	电子天平	台	2	监测用具
7	旋转式多路集沙仪	台	1	监测用具
8	无人机	台	2	无人机
三	消耗性材料			
1	雨量筒	个	4	记录降水过程及雨量变化
2	皮尺或钢卷尺	个	12	测量距离和面积
3	泥沙取样器	个	30	监测用具
4	量筒（1000ml）	个	30	
5	量杯（1000ml）	个	30	
6	取样瓶（1000ml）	个	100	
7	边界材料	m	3000	

表 8-4 水土保持监测设施一览表

序号	设备名称	单位	数量	备注
8	钢钎	根	400	
9	抽式标杆	支	50	

8.4 实施条件和成果

8.4.1 监测阶段主要工作

水土保持监测一般划分为监测准备、监测实施、监测总结三个阶段。

⑴ 其中监测准备阶段主要工作：

1）编制监测实施方案。

2）组建监测项目部。

3）监测人员进场。

⑵ 监测实施阶段主要工作：

1）全面开展监测，重点对扰动土地、永久及临时堆土、水土流失及水土保持措施等情况监测。

2）监测单位每次现场监测后，应及时提出水土保持监测意见，提交生产建设单位。

3）编制与报送水土保持监测报告。

⑶ 监测总结阶段主要工作：

1）汇总、分析各阶段监测数据成果。

2）分析评价防治效果。

3）编制与报送水土保持监测总结报告。

8.4.2 监测实施方案编制与报送

监测实施方案主要内容应包括建设项目及项目区概况、水土保持监测的布局、内容、指标和方法、预期成果及形式、工作组织等。实施方案提纲见《生产建设项目水土保持监测规程》（试行）附件 A。

编制监测实施方案前应收集以下资料：

⑴ 项目区自然情况及有关规划、区划、水土保持治理情况等。

⑵ 主体工程的初步设计、施工组织设计、绿化设计等。

⑶ 项目水土保持方案报告书和水土保持专项设计等。

监测实施方案应在现场调查的基础上编制。现场调查主要包括以下内容：

⑴ 施工现场的交通情况、占地面积、水土流失面积与分布、水土保持措施类型

和数量等。

⑵ 水土保持监测重点区域的位置、数量和监测时段。

监测实施方案编制应明确监测内容和方法，监测点的种类、数量与位置，满足水土保持监测工作的需要。本项目为大型建设项目，其监测实施方案应开展专家咨询论证，并在主体工程开工 1 个月内由建设单位向相应水行政主管部门报送。

8.4.3 监测人员进场

建设单位应在监测人员进场后 20 个工作日内组织召开监测技术交底会议，水土保持监测单位、监理单位，工程设计单位、主体工程监理单位、施工单位的有关负责人参加会议。会议包括以下内容：

⑴ 介绍水土保持法等法律法规，生产建设项目水土保持管理的相关规定。

⑵ 介绍监测实施方案，包括水土保持监测技术路线、布局、内容和方法，监测工作组织与质量保证体系等。

⑶ 建立项目水土保持组织管理机构，明确监测单位在机构中的职责。

8.4.4 监测总结和成果要求

⑴ 监测成果应包括水土保持监测实施方案、监测报告、图件、数据表（册）、影像资料等。

⑵ 在施工准备期之前应进行现场查勘和调查，并应根据相关技术标准和水土保持方案编制《生产建设项目水土保持监测实施方案》。

⑶ 水土保持监测报告应包括季度报告表、年度报告表、专项报告和总结报告。监测期间，应编制《生产建设项目水土保持监测季度报告表》。发生严重水土流失灾害事件时，应于事件发生后一周内完成专项报告。监测工作完成后，应编制《生产建设项目水土保持监测总结报告》。

⑷ 《水利部关于进一步深化“放管服”改革全面加强水土保持监管的意见》（水保〔2019〕160 号）、《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》（办水保〔2020〕161 号）等相关要求指出水土保持监测单位应根据监测情况，在监测季报和总结报告等监测成果中提出“绿黄红”三色评价结论。三色评价结论是生产建设单位落实参建单位责任、控制施工过程水土流失的重要依据，也是各流域管理机构和地方各级水行政主管部门实施监管的重要依据。

三色评价以水土保持方案确定的防治目标为基础，以监测获取的实际数据为依据，

针对不同的监测内容，采取定量评价和定性分析相结合方式进行量化打分。三色评价采用评分法，满分为100分；得分80分及以上的为“绿”色，60分及以上不足80分的为“黄”色，不足 60 分的为“红”色。监测季报三色评价得分为本季度实际得分，监测总结报告三色评价得分为全部监测季报得分的平均值。监测成果应当公开，生产建设单位应当在工程建设期间将水土保持监测季报在其官方网站公开，同时在业主项目部和施工项目部公开。

⑸ 对线性项目，图件应包括项目区地理位置图、监测分区与监测点分布图，以及大型弃土（石、渣）场、大型取（石、料）场和大型开挖（填筑）区的扰动地表分布图、土壤侵蚀强度图、水土保持措施分布图等。

⑹ 数据表（册）应包括原始记录表和汇总分析表。

⑺ 影像资料应包括监测过程中拍摄的反映水土流失动态变化及其治理措施实施情况的照片、录像等。

⑻ 监测成果应采用纸质和电子版形式保存，做好数据备份。

9 水土保持投资及效益分析

9.1 投资概算

9.1.1 编制原则及依据

9.1.1.1 编制原则

⑴ 本工程水土保持投资概算作为主体工程投资概算组成部分，应纳入项目建设总投资中。

⑵ 本方案所采取主要材料、施工用水、电、风等基础单价与主体工程保持一致。

⑶ 本方案价格水平年与主体工程投资价格水平年一致，为2025年第二季度。

9.1.1.2 编制依据

⑴ 《水利部关于发布<水利工程设计概（估）算编制规定>及水利工程系列定额的通知》（水总〔2024〕323 号）中的《生产建设项目水土保持工程概（估）算编制规定》《水土保持工程概算定额》《水利工程施工机械台时费定额》；

⑵ 《水利、水电、电力建设项目前期工作工程勘察收费暂行规定》（发改价格〔2006〕1352 号）；

⑶ 《建设工程监理与相关服务收费管理规定》（国家发改委建设部〔2007〕670号）；

⑷ 《国家计委、建设部关于发布<工程勘察设计收费管理规定>的通知》（计价格〔2002〕10 号）；

⑸ 《关于调整水土保持补偿收费标准的通知》（西藏自治区发展和改革委员会、财政厅、水利厅〔2017〕929 号）。

9.1.2 编制说明与概算成果

9.1.2.1 编制方法

⑴ 项目划分：第一部分工程措施；第二部分植物措施；第三部分监测措施；第四部分施工临时工程；第五部分独立费用以及预备费和水土保持补偿费。

⑵ 费用计算：

1）工程措施

按设计工程量乘以工程单价进行计算。

2）植物措施

按植物设计工程乘以单价计算。

3）监测措施

水土保持监测费用按水土保持监测、建设期观测费两项费用之和计算。其中：水土保持监测费中土建设施费用，按设计工程量乘以相应的工程措施单价计算。监测设备费按设备数量乘以设备单价计算；安装费按设备费的 5%计算。建设期观测费以主体土建投资为基数按建设期观测费标准计算。

4）施工临时工程

①临时防护工程

按设计工程量乘以单价计算。

②其他临时工程

按一至三部分之和的 1.5%计算。

③施工安全生产专项

按一至四部分建安工作量之和的 2.5%计算。

5）独立费用

由建设管理费、工程建设监理费、科研勘测设计费三项组成。

6）预备费

仅计算基本预备费。

7）水土保持补偿费

按西藏自治区发展和改革委员会、财政厅、水利厅〔2017〕929 号《关于调整水土保持补偿收费标准的通知》计取。

9.1.2.2 基础单价

⑴ 人工预算单价：本项目为西藏二类区，人工工资为 8.31 元/工时。

⑵ 施工用电、水价

与主体工程保持一致，施工用电 0.64 元/kW•h；施工用水 0.01 元/t。

⑶ 材料预算价格

主要材料采用主体工程材料预算价格。42.5#水泥 512.49 元/t，柴油 7920.00 元/t，砂 102.31 元/ m^3，钢筋 3450.89 元/t，碎石 71.74 元/ m^3，块石 189.28 元/ m^3。下列材料

按以下基价进入预算价：柴油 3020 元/t，水泥 260 元/t，砂 70 元/ m³，碎石 70 元/ m³，块石 70 元/ m³，种子 60 元/kg，超过部分以材料补差形式列入相应单价并计取税金。

表 9-1 主要材料预算价格表

序号	名称及规格	单位	预算价格（元）	基价（元）
1	柴油	t	7920.00	3020.00
2	钢筋	t	3450.89	2580.00
3	水泥 42.5 级	t	512.49	260.00
4	水	m³	0.01	
5	电	KWH	0.64	
6	砂	m³	102.31	70.00
7	碎石	m³	71.74	70.00
8	块石	m³	189.28	70.00
9	片石	m³	77.83	
10	石笼网	m²	19.47	
11	编织袋	个	1.25	
12	密目网	m²	0.88	
13	无纺布	m²	1.25	
14	土工布	m²	5.85	
15	锯材	m³	1339.42	
16	钢模板	kg	6.04	
17	铁件	kg	3.96	
18	沥青	t	4936.24	
19	型钢	kg	4.08	
20	电焊条	kg	6.22	
21	铁丝（8～12 号，镀锌）		3.57	
22	混凝土管 Φ1500mm	m	797.53	
	苗木价格			
1	藏川杨（地径 2~3cm）	株	12.00	15.00
2	云杉（地径 2~3cm）	株	16.54	15.00
3	沙棘（两年生）	株	9.73	5.00
4	老麦芒（一级种子）	kg	48.22	60.00
5	垂穗披碱草（一级种子）	kg	37.84	60.00
6	高山嵩草（一级种子）	kg	46.50	60.00

⑷ 施工机械台时费

按《水利工程施工机械台时费定额》计算。

表 9-2　施工机械台时汇总表 单位：元

序号	机 械 名 称	台时费	其中				
			折旧费	修理及替换设备费	安拆费	人工费	动力燃料费
01054	推土机 74KW	82.01	16.81	20.92	0.86	17.45	25.97
02002	混凝土搅拌机 0.4m³	21.89	2.65	4.46	0.97	8.31	5.50
02055	插入式振捣器 1.1kw	1.45	0.25	0.69			0.51
02060	变频机组 8.5kVA	11.38	2.16	5.12			4.10
02090	风（水）砂枪	27.42	0.17	0.30			26.95
03004	载重汽车 5T	68.49	6.47	9.37		9.97	42.68
03076	胶轮架子车	0.68	0.19	0.49		0.00	0.00
04093	汽车起重机 5t	85.79	12.41	9.93		19.94	43.50
04137	电动葫芦 3t	3.83	1.17	0.74		0.00	1.92
04153	卷扬机 3t	14.03	1.59	0.64	0.03	8.31	3.46
10112	电焊机 25kVA	12.16	0.26	0.24	0.08	0.00	11.58
10130	钢筋弯曲机 ψ6-40	14.90	0.44	1.25	0.23	9.97	3.01
10133	钢筋切断机 20kW	23.62	0.98	1.41	0.25	9.97	11.01
10134	钢筋调直机 14kW	17.10	1.43	2.50	0.45	9.97	2.75

⑸ 该项目海拔高程 3137～4731m，大部分施工路段高程为 3500～4000m，高海拔地区调整系数人工取 1.25，机械取 1.55。

9.1.2.3 费用组成及费率

⑴ 工程措施

水土保持工程措施单价由直接费、间接费、企业利润和税金组成。其中直接费包括基本直接费（人工费、材料费、机械使用）和其他直接费组成。

⑵ 植物措施

水土保持植物措施单价由直接费、间接费、利润和税金组成。

措施单价费率见表 9-3。

表 9-3 水土保持措施定额费率表

工程类别	其他直接费	间接费	利润	税金
土方工程	6.80%	5%	7%	9%
石方工程	6.80%	8%	7%	9%
混凝土工程	6.80%	7%	7%	9%
钢筋制作工程	6.80%	5%	7%	9%
基础处理工程	6.80%	10%	7%	9%
植物工程	3.50%	6%	7%	9%
其他工程	6.80%	7%	7%	9%
注：土地整治工程其他直接费取 3.5%				

⑶ 监测措施

建设期观测费以主体工程土建投资为计算基数，按建设期观测费标准计算。

⑷ 临时工程

其他临时工程按一至三部分之和的 1.5%计算。

⑸ 独立费用

1）建设管理费：

①项目经常费按一至四部分之和的 2.5%计列。

②技术咨询费按一至四部分之和的 1.5%计列。

2）工程建设监理费：参照《建设工程监理与相关服务收费管理规定》（国家发改委建设部〔2007〕670 号）计算。

3）科研勘测设计费：

前期工作阶段勘测设计费：参考《水利、水电、电力工程建设项目前期工作工程勘察收费暂行规定》（发改价〔2006〕1352 号）计算。

初步设计、招标设计及施工图设计阶段勘测设计费：参照《国家计委、建设部关于发布<工程勘察设计收费管理规定>的通知》（建设部〔2002〕10 号）计算。

水土保持方案编制费：按市场调节价计列。

⑹ 预备费

基本预备费按一至五部分之和的 3%计算。

⑺ 水土保持补偿费

按西藏自治区发展和改革委员会、财政厅、水利厅〔2017〕929 号《关于调整水土保持补偿收费标准的通知》计算。水土保持补偿费按水土保持占地面积 1.7 元/m²。

9.1.2.4 概算结果

本工程水土保持总投资 24267.91 万元（其中主体工程计列 17323.23 万元，方案新增 6944.68 万元），其中工程措施 14479.27 万元，植物措施 4543.06 万元，监测措施 401.92 万元，临时工程 2827.14 万元，独立费用 1252.84 万元，基本预备费 185.43 万元，水土保持补偿费 578.25 万元。

本项目水土保持投资概算表见表 9-4～表 9-11 及附表 3。

表 9-4 水土保持总概算表　单位：万元

序号	工程或费用名称	建筑安装工程费	设备购置费	独立费用	合计	其中	
						主体已有	新增投资
	第一部分 工程措施	14479.27			14479.27	13195.00	1284.27
一	路基工程	6374.14			6374.14	5993.51	380.63
二	桥梁工程	1498.29			1498.29	1459.16	39.13
三	隧道工程	1979.04			1979.04	1954.27	24.77
四	互通工程	166.18			166.18	142.38	23.80
五	附属工程	265.75			265.75	246.52	19.23
六	改路工程	397.12			397.12	374.81	22.31
七	改沟工程	0.79			0.79	0.37	0.42
八	石料场	87.24			87.24	84.75	2.49
九	取土场	305.73			305.73	264.31	41.42
十	弃渣场	2760.08			2760.08	2674.92	85.16
十一	施工便道	459.32			459.32		459.32
十二	施工生产生活区	185.59			185.59		185.59
	第二部分 植物措施	4543.06			4543.06	3288.68	1254.38
一	路基工程	2238.36			2238.36	2129.57	108.79
二	桥梁工程	370.64			370.64	346.19	24.45
三	隧道工程	382.30			382.30	370.99	11.31
四	互通工程	144.86			144.86	144.86	
五	附属工程	135.44			135.44	135.44	
六	改路工程	126.24			126.24	125.91	0.33
七	改沟工程	0.17			0.17		0.17
八	取土场	176.32			176.32	15.87	160.45
九	弃渣场	251.51			251.51	19.85	231.66
十	施工便道	659.31			659.31		659.31
十一	施工生产生活区	57.91			57.91		57.91
	第三部分 监测措施	396.92	5.00		401.92		401.92
一	水土保持监测	14.50	5.00		19.50		19.50
二	建设期观测运行费	382.42			382.42		382.42
	第四部分 临时工程	2827.14			2827.14	839.55	1987.59
一	临时防护工程	2662.95			2662.95	839.55	1823.40
二	其他临时工程	44.11			44.11		44.11
三	施工安全生产专项	120.08			120.08		120.08
	第五部分 独立费用			1252.84	1252.84		1252.84
一	建设管理费			197.12	197.12		197.12
二	工程建设监理费			426.48	426.48		426.48
三	科研勘测设计费			629.24	629.24		629.24
	第一至第五部分合计	22246.39	5.00	1252.84	23504.23	17323.23	6181.00
	基本预备费				185.43		185.43
	水土保持补偿费				578.25		578.25
	工程总投资				24267.91	17323.23	6944.68

表 9-5 分年度投资表 单位：万元

序号	工程或费用名称	总投资	建设工期(年)			
			2026 年	2027 年	2028 年	2029 年
	第一部分 工程措施	14479.27	3538.68	6893.75	4046.84	
一	路基工程	6374.14	956.12	4461.90	956.12	
二	桥梁工程	1498.29	149.82	1048.80	299.67	
三	隧道工程	1979.04	593.71	890.57	494.76	
四	互通工程	166.18	33.24	108.02	24.92	
五	附属工程	265.75	53.15	66.44	146.16	
六	改路工程	397.12	79.42	317.70		
七	改沟工程	0.79	0.47	0.32		
八	石料场	87.24			87.24	
九	取土场	305.73	264.31		41.42	
十	弃渣场	2760.08	828.03		1932.05	
十一	施工便道	459.32	413.38		45.94	
十二	施工生产生活区	185.59	167.03		18.56	
	第二部分 植物措施	4543.06		878.73	3664.33	
一	路基工程	2238.36		335.75	1902.61	
二	桥梁工程	370.64		55.60	315.04	
三	隧道工程	382.30		152.92	229.38	
四	互通工程	144.86		57.94	86.92	
五	附属工程	135.44		54.18	81.26	
六	改路工程	126.24		50.50	75.74	
七	改沟工程	0.17		0.07	0.10	
八	取土场	176.32		26.45	149.87	
九	弃渣场	251.51		37.73	213.78	
十	施工便道	659.31		98.90	560.41	
十一	施工生产生活区	57.91		8.69	49.22	
	第三部分 监测措施	401.92	120.58	120.58	100.48	60.28
	第四部分 临时工程	2827.14	1224.97	1602.17		
一	临时防护工程	2662.95	1065.19	1597.76		
二	其他临时工程	44.11	39.70	4.41		
三	施工安全生产专项	120.08	120.08			
	第五部分 独立费用	1252.84	1252.84			
一	建设管理费	197.12	197.12			
二	工程建设监理费	426.48	426.48			
三	科研勘测设计费	629.24	629.24			
	一至五部分合计	23504.23	6137.07	9495.23	7811.65	60.28
	预备费	185.43	185.43			
	水土保持补偿费	578.25	578.25			
	水土保持工程总投资	24267.91	6900.75	9495.23	7811.65	60.28

表 9-6 水土保持工程措施投资概算表

	第一部分 工程措施				14479.27
一	路基工程防治区				6374.14
1	表土剥离	m^3	109579	10.92	119.70
2	表土回覆	m^3	104374	8.74	91.21
3	草皮剥离	m^2	93732	1.33	12.50
4	草皮回铺	m^2	93732	5.41	50.68
5	排水沟				440.00
	M10 浆砌片石	m^3	8763	460.04	403.14
	砂砾垫层	m^3	987	166.52	16.44
	开挖土石方	m^3	14606	13.98	20.42
6	边沟				581.70
	M10 浆砌片石	m^3	12018	460.04	552.89
	砂砾垫层	m^3	925	166.52	15.40
	开挖土石方	m^3	9596	13.98	13.41
7	急流槽				224.76
	C25 混凝土现浇	m^3	4318	493.46	213.09
	开挖土石方	m^3	8349	13.98	11.67
8	土质排水沟				40.77
	M10 浆砌片石	m^3	886	460.04	40.77
9	平台截水沟				268.58
	M10 浆砌片石	m^3	4876	460.04	224.30
	C25 混凝土现浇	m^3	880	493.46	43.44
	开挖土石方	m^3	600	13.98	0.84
10	山坡截水沟				174.83
	M10 浆砌片石	m^3	3035	460.04	139.63
	C25 混凝土现浇	m^3	578	493.46	28.53
	开挖土石方	m^3	4769	13.98	6.67
11	顺接排水沟				97.83
	土方开挖	m^3	3052	13.98	4.27
	M10 浆砌片石	m^3	2034	460.04	93.56
12	沉沙池				53.36
	土方开挖	m^3	385	13.98	0.54
	M10 浆砌石衬砌	m^3	1148	460.04	52.82
13	衬砌拱护坡				2456.21
	C25 混凝土预制	m^3	2507	658.97	165.18
	C25 混凝土现浇	m^3	44407	493.46	2191.35
	开挖土石方	m^3	45548	13.98	63.67
	培耕植土	m^3	41204	8.74	36.01
14	菱形框架防护				1686.96

表 9-6 水土保持工程措施投资概算表

	第一部分 工程措施				14479.27
	M10 浆砌片/块石	m^3	31483	460.04	1448.37
	C25 混凝土预制	m^3	2729	658.97	179.81
	开挖土方	m^3	29327	13.98	41.00
	培耕植土	m^3	20343	8.74	17.78
15	土地整治	hm^2	75.74	9908.36	75.05
二	桥梁工程防治区				1498.29
1	表土剥离	m^3	14190	10.92	15.50
2	表土回覆	m^3	14190	8.74	12.40
3	排水沟				654.94
	M10 浆砌片石	m^3	12814	460.04	589.48
	砂砾垫层	m^3	2139	166.52	35.61
	开挖土石方	m^3	21356	13.98	29.85
4	急流槽				10.86
	C25 混凝土现浇	m^3	208	493.46	10.27
	开挖土石方	m^3	424	13.98	0.59
5	平台截水沟				4.92
	M10 浆砌片石	m^3	84	460.04	3.87
	C25 混凝土现浇	m^3	19	493.46	0.93
	开挖土石方	m^3	85	13.98	0.12
6	山坡截水沟				17.04
	M10 浆砌片石	m^3	296	460.04	13.61
	C25 混凝土现浇	m^3	56	493.46	2.78
	开挖土石方	m^3	465	13.98	0.65
7	菱形框架防护				755.90
	M10 浆砌片/块石	m^3	14107	460.04	648.99
	C25 混凝土预制	m^3	1223	658.97	80.57
	开挖土方	m^3	13141	13.98	18.37
	培耕植土	m^3	9115	8.74	7.97
8	土地整治	hm^2	26.98	9908.36	26.73
三	隧道工程防治区				1979.04
1	表土剥离	m^3	5976	10.92	6.53
2	表土回覆	m^3	5976	8.74	5.22
3	洞口截水沟				226.91
	C20 现浇混凝土	m^3	4656.38	487.32	226.91
4	洞内侧式排水沟				1720.83
	预制混凝土管	m	38240.74	450.00	1720.83
5	沉沙池				13.81
	土方开挖	m^3	454.27	13.98	0.64

表 9-6 水土保持工程措施投资概算表

	第一部分 工程措施				14479.27
	M10 浆砌石衬砌	m^3	286.27	460.04	13.17
6	土地整治	hm^2	5.80	9908.36	5.74
四	互通工程防治区				166.18
1	表土剥离	m^3	5876	10.92	6.42
2	表土回覆	m^3	5876	8.74	5.14
3	草皮剥离	m^2	12036	1.33	1.61
4	草皮回铺	m^2	12036	5.41	6.51
5	土质排水沟				7.62
	M10 浆砌片石	m^3	103	460.04	4.74
	开挖土方	m^3	2062	13.98	2.88
6	沉沙池				3.77
	土方开挖	m^3	135	13.98	0.19
	M10 浆砌石衬砌	m^3	78	460.04	3.58
7	衬砌拱护坡				128.34
	C25 混凝土预制	m^3	131	658.97	8.63
	C25 混凝土现浇	m^3	2320	493.46	114.50
	开挖土石方	m^3	2380	13.98	3.33
	培耕植土	m^3	2153	8.74	1.88
8	土地整治	hm^2	6.83	9908.36	6.77
五	附属工程防治区				265.75
1	表土剥离	m^3	6020	10.92	6.58
2	表土回覆	m^3	6020	8.74	5.26
3	周边排水沟				156.54
	开挖土方	m^3	3967	13.98	5.55
	C25 混凝土现浇	m^3	3060	493.46	150.99
4	沉沙池				12.47
	土方开挖	m^3	685	13.98	0.96
	M10 浆砌石衬砌	m^3	250	460.04	11.51
5	衬砌拱护坡				83.40
	C25 混凝土预制	m^3	85	658.97	5.61
	C25 混凝土现浇	m^3	1508	493.46	74.41
	开挖土石方	m^3	1547	13.98	2.16
	培耕植土	m^3	1399	8.74	1.22
6	土地整治	hm^2	1.51	9908.36	1.50
六	改路工程防治区				397.12
1	表土剥离	m^3	3152	10.92	3.44
2	表土回覆	m^3	3152	8.74	2.75
3	边沟				371.37

表 9-6 水土保持工程措施投资概算表

	第一部分 工程措施				14479.27
	M10 浆砌片石	m^3	8054	460.04	370.51
	开挖土石方	m^3	615	13.98	0.86
4	顺接排水沟				13.43
	M10 浆砌片石	m^3	281	460.04	12.92
	开挖土石方	m^3	364	13.98	0.51
5	沉沙池				4.28
	土方开挖	m^3	141	13.98	0.20
	M10 浆砌石衬砌	m^3	89	460.04	4.08
6	土地整治	hm^2	1.86	9908.36	1.85
七	改沟工程防治区				0.79
1	表土剥离	m^3	335	10.92	0.37
2	表土回覆	m^3	335	8.74	0.29
3	土地整治	hm^2	0.13	9908.36	0.13
八	石料场防治区				87.24
1	石笼网挡墙				13.81
	土方开挖	m^3	160	13.98	0.22
	石笼网	m^3	320	424.56	13.59
2	周边排水沟				68.96
	开挖土方	m^3	3041	13.98	4.25
	C25 混凝土现浇	m^3	1280	493.46	63.16
	砂砾垫层	m^3	93	166.52	1.55
3	消力池				1.98
	开挖土方	m^3	82	13.98	0.11
	C25 混凝土现浇	m^3	38	493.46	1.87
4	土地整治	hm^2	2.51	9908.36	2.49
九	取土场防治区				305.73
1	表土剥离	m^3	21640	10.92	23.64
2	表土回覆	m^3	21640	8.74	18.91
3	石笼网挡墙				16.01
	土方开挖	m^3	94	13.98	0.13
	石笼网	m^3	374	424.56	15.88
4	周边排水沟				218.14
	开挖土方	m^3	12999	13.98	18.17
	C25 混凝土现浇	m^3	3968	493.46	195.80
	砂砾垫层	m^3	251	166.52	4.17
5	消力池				6.52
	开挖土方	m^3	367	13.98	0.51
	C25 混凝土现浇	m^3	122	493.46	6.01

表 9-6 水土保持工程措施投资概算表

	第一部分 工程措施				14479.27
6	土地整治	hm^2	22.72	9908.36	22.51
十	弃渣场防治区				2760.08
1	表土剥离	m^3	29620	10.92	32.36
2	表土回覆	m^3	29620	8.74	25.89
3	混凝土挡渣墙				255.85
	开挖土方	m^3	3045	13.98	4.26
	碎石换填	m^3	2132	199.62	42.55
	C25 混凝土	m^3	4053	493.46	200.02
	土方填筑	m^3	1027	52.12	5.35
	PVC 排水管	m	1208	25.00	3.02
	伸缩缝	m^2	41	160.65	0.65
4	排洪沟/周边排水沟				1069.64
	开挖土方	m^3	41892	13.98	58.56
	C25 混凝土现浇	m^3	12870	493.46	635.07
	钢筋	t	480	7514.04	360.80
	砂砾垫层	m^3	914	166.52	15.21
5	排水盲沟				1284.21
	土方开挖	m^3	49544	13.98	69.26
	波纹穿孔管	m	11010	30.00	33.03
	块石	m^3	34681	262.35	909.84
	粗砂	m^3	3963	164.98	65.39
	碎石	m^3	7432	166.91	124.04
	土工布	m^2	77068	10.72	82.65
6	八字墙				9.23
	基础开挖	m^3	392	13.98	0.55
	C25 混凝土现浇	m^3	176	493.46	8.68
7	消力池				55.99
	土方开挖	m^3	2237	13.98	3.13
	C25 混凝土现浇	m^3	666	493.46	32.85
	钢筋	t	27	7514.04	20.01
8	土地整治	hm^2	27.16	9908.36	26.91
十一	施工便道防治区				459.32
1	表土剥离	m^3	49474	10.92	54.05
2	表土回覆	m^3	49474	8.74	43.24
3	碾压层疏松	m^3	127950	21.69	277.51
4	土地整治	hm^2	85.30	9908.36	84.52
十二	施工生产生活防治区				185.59
1	表土剥离	m^3	3560	10.92	3.89

表 9-6 水土保持工程措施投资概算表

	第一部分 工程措施				14479.27
2	表土回覆	m^3	8765	8.74	7.66
3	硬化层清除	m^3	11520	143.65	165.48
4	土地整治	hm^2	8.64	9908.36	8.56

表 9-7 水土保持植物措施投资概算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）
	第二部分 植物措施				4543.06
一	路基工程防治区				2238.36
1	衬砌拱生态袋填充	m^2	164816	61.74	1017.64
2	菱形框架生态袋填充	m^2	58092	61.74	358.68
3	生态毯护坡				753.25
	耕植土	m^3	18123	8.74	15.84
	生态毯	m^2	90613	81.38	737.41
4	栽植乔灌				88.51
	栽植藏川杨	株	1506	150.00	22.59
	栽植云杉	株	1506	180.00	27.10
	栽植沙棘	株	26769	14.50	38.82
5	草籽种植				20.28
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	hm^2	15.06	7310.19	11.01
	抚育管理费	hm^2	15.06	6159.26	9.27
二	桥梁工程防治区				370.64
1	菱形框架生态袋填充	m^2	26030	61.74	160.72
2	生态毯护坡				185.47
	耕植土	m^3	4462	8.74	3.90
	生态毯	m^2	22311	81.38	181.57
3	草籽种植				24.45
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	hm^2	18.16	7310.19	13.27
	抚育管理费	hm^2	18.16	6159.26	11.18
三	隧洞工程防治区				382.30
1	生态毯护坡				370.99
	耕植土	m^3	8926	8.74	7.80
	生态毯	m^2	44629	81.38	363.19
2	栽植灌木				8.97
	栽植沙棘	株	6182	14.50	8.97
3	草籽种植				2.34
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	hm^2	1.74	7310.19	1.27
	抚育管理费	hm^2	1.74	6159.26	1.07
四	互通工程防治区				144.86

表 9-7 水土保持植物措施投资概算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）
1	衬砌拱生态袋填充	m²	8768	61.74	54.14
2	生态毯护坡				90.72
	耕植土	m³	2183	8.74	1.91
	生态毯	m²	10913	81.38	88.81
五	附属工程防治区				135.44
1	衬砌拱生态袋填充	m²	8768	61.74	54.14
2	生态毯护坡				68.35
	耕植土	m³	1644	8.74	1.44
	生态毯	m²	8221	81.38	66.91
3	栽植乔灌				12.95
	栽植藏川杨	株	150	150.00	2.25
	栽植云杉	株	150	180.00	2.70
	栽植忍冬	株	2667	30.00	8.00
六	改路工程防治区				126.24
1	植草皮护坡	m²	16153	77.95	125.91
2	草籽种植				0.33
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	hm²	0.25	7310.19	0.18
	抚育管理费	hm²	0.25	6159.26	0.15
七	改沟工程防治区				0.17
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	hm²	0.09	7310.19	0.06
	撒播高山嵩草	hm²	0.05	6985.06	0.03
	抚育管理费	hm²	0.13	6159.26	0.08
八	土料场防治区				176.32
1	栽植乔灌木				146.46
	栽植沙棘	株	100980	14.50	146.46
2	草籽撒播				29.86
	撒播高山嵩草	hm²	22.72	6985.06	15.87
	抚育管理费	hm²	22.72	6159.26	13.99
九	弃渣场防治区				251.51
1	栽植乔灌木				183.81
	栽植藏川杨	株	2037	18.63	3.79
	栽植云杉	株	2037	24.41	4.97
	栽植沙棘	株	120693	14.50	175.05
2	草籽种植				67.70
	喷播植草	hm²	2.23	133561.78	29.75
	撒播草籽	hm²	27.16	7310.19	19.85
	抚育管理费	hm²	29.38	6159.26	18.10
十	施工便道防治区				659.31

表 9-7 水土保持植物措施投资概算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）
1	栽植乔灌木				420.02
	栽植藏川杨	株	6108	18.63	11.38
	栽植云杉	株	6108	24.41	14.91
	栽植沙棘	株	271467	14.50	393.73
2	草籽种植				239.29
	喷播植草	hm^2	9.89	133561.78	132.09
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	hm^2	61.08	7310.19	44.65
	撒播高山嵩草	hm^2	14.33	6985.06	10.01
	抚育管理费	hm^2	85.30	6159.26	52.54
十一	施工生产生活防治区				57.91
1	栽植乔灌木				35.55
	栽植藏川杨	株	517	18.63	0.96
	栽植云杉	株	517	24.41	1.26
	栽植沙棘	株	22978	14.50	33.33
2	草籽种植				22.36
	喷播植草	hm^2	0.78	133561.78	10.36
	混播老芒麦和垂穗披碱草草籽	hm^2	5.17	7310.19	3.78
	撒播高山嵩草	hm^2	3.47	6985.06	2.42
	抚育管理费	hm^2	9.42	6159.26	5.80

表 9-8 水土保持监测措施投资概算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）
	第三部分　监测措施				401.92
一	水土保持监测				19.50
（一）	土建设施				14.50
1	径流小区	处	6		7.46
	土方开挖	m^3	118	13.98	0.16
	土方回填	m^3	70	52.12	0.37
	镀锌铁皮	m^2	98	56.33	0.55
	C25 混凝土	m^3	42	493.46	2.09
	导流管及安装	m	18	65.00	0.12
	分流箱（不锈钢 304）	个	6	1200.00	0.72
	集流桶（不锈钢 304）	个	12	850.00	1.02
	观测便道（C15 混凝土）	m	90	120.00	1.08
	防护围栏（铁丝网）	m	300	45.00	1.35
2	简易水土流失观测场	处	18		2.91
	场地平整	m^2	1656	0.99	0.16
	边界材料	m	994	5	0.50

表 9-8 水土保持监测措施投资概算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）
	人行便道	km	0.90	25000	2.25
3	侵蚀沟样方观测场	处	21		4.13
	场地平整	m²	2772	0.99	0.27
	边界材料	m	1428	5	0.71
	人行便道	km	1.26	25000	3.15
（二）	设备及安装				5.00
1	监测设备				4.76
	多功能气象站	套	7	6800	4.76
2	安装费	%	5	47600	0.24
二	建设期观测运行费	项	1		382.42

表 9-9 水土保持临时措施投资概算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）
	第四部分　临时工程				2827.14
一	临时防护工程				2662.95
	工程措施				2662.95
（一）	路基工程防治区				379.65
1	袋装土拦挡	m³	14220	216.40	307.71
2	袋装土拆除	m³	14220	23.96	34.06
3	密目网苫盖	m²	139126	2.72	37.88
（二）	桥梁工程防治区				111.21
1	袋装土拦挡	m³	2310	216.40	49.99
2	袋装土拆除	m³	2310	23.96	5.53
3	密目网苫盖	m²	50580	2.72	13.77
4	泥浆池				41.92
	土方开挖	m³	15720	13.98	21.98
	塑料布衬底	m²	19388	10.28	19.94
（三）	隧道工程防治区				381.22
1	石笼网挡墙	m³	8820	424.56	374.46
2	密目网苫盖	m²	24840	2.72	6.76
（四）	互通工程防治区				14.01
1	草皮养护	m²	4012	0.35	0.14
2	袋装土拦挡	m³	499	216.40	10.79
3	袋装土拆除	m³	499	23.96	1.19
4	密目网苫盖	m²	6950	2.72	1.89
（五）	附属工程防治区				11.74
1	袋装土拦挡	m³	346	216.40	7.50

表 9-9 水土保持临时措施投资概算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）
2	袋装土拆除	m³	346	23.96	0.83
3	密目网苫盖	m²	12505	2.72	3.41
（六）	改路工程防治区				13.73
1	袋装土拦挡	m³	470	216.40	10.18
2	袋装土拆除	m³	470	23.96	1.13
3	密目网苫盖	m²	8886	2.72	2.42
（七）	改沟工程防治区				0.55
1	密目网苫盖	m²	2012	2.72	0.55
（八）	临时堆土场防治区				113.39
1	草皮养护	m²	31244	0.35	1.11
2	临时排水沟				10.03
	土方开挖	m³	7173	13.98	10.03
3	临时沉沙池				0.10
	土方开挖	m³	74	13.98	0.10
4	袋装土拦挡	m³	2584	216.40	55.93
5	袋装土拆除	m³	2584	23.96	6.19
6	石笼网挡墙	m³	738	424.56	31.33
7	密目网苫盖	m²	31932	2.72	8.70
（九）	石料场防治区				8.70
1	袋装土拦挡	m³	270	216.40	5.84
2	袋装土拆除	m³	270	23.96	0.65
3	密目网苫盖	m²	8105	2.72	2.21
（十）	土料场防治区				9.07
1	袋装土拦挡	m³	279	216.40	6.04
2	袋装土拆除	m³	279	23.96	0.67
3	密目网苫盖	m²	8656	2.72	2.36
（十一）	弃渣场防治区				816.38
1	排水涵管				797.63
	土方开挖	m³	13815	13.98	19.31
	细石渣回填	m³	2910	52.12	15.17
	预制 C40 钢筋混凝土圆涵管（DN1500）	m	2007	1359.55	272.86
	C20 混凝土基座	m³	9729	479.94	466.94
	C20 混凝土镇墩	m³	145	564.77	8.16
	水泥砂浆	m³	11	19.25	0.02
	碎石垫层	m³	909	166.91	15.17
2	袋装土拦挡	m³	646	216.40	13.97
3	袋装土拆除	m³	646	23.96	1.55

表 9-9 水土保持临时措施投资概算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）
4	密目网苫盖	m²	11848	2.72	3.23
（十二）	施工便道防治区				467.32
1	彩条旗防护栏	m	67946	8.87	60.29
2	临时排水沟				91.84
	土方开挖	m³	65694	13.98	91.84
3	临时沉沙池				0.83
	土方开挖	m³	593	13.98	0.83
4	袋装土拦挡	m³	13079	216.40	283.03
5	袋装土拆除	m³	13079	23.96	31.33
（十三）	施工生产生活防治区				335.98
1	临时排水沟				318.03
	土方开挖	m³	14134	13.98	19.76
	C25 混凝土现浇	m³	6044	493.46	298.27
2	临时沉沙池				10.98
	土方开挖	m³	265	216.40	5.74
	C25 混凝土现浇	m³	106	493.46	5.24
3	密目网苫盖	m²	25600	2.72	6.97
二	其他临时工程	%	1.50	2940.57	44.11
三	施工安全生产专项	%	2.50	4803.08	120.08

表 9-10 独立费用概算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（万元）	合计（万元）
	第五部分　独立费用				1252.84
一	建设管理费				197.12
1	项目经常费	%	2.50	4928.16	123.20
2	技术咨询费	%	1.50	4928.16	73.92
二	水土保持监理费	项			426.48
三	科研勘测设计费	项			629.24
	前期工作阶段勘测设计费	项			67.49
	初步设计、招标设计及施工图设计阶段勘测设计费	项			209.98
	水土保持方案编制费	项			351.77

表 9-11 水土保持补偿费

序号	行政区	征占地面积（hm²）	补偿标准（元/m²）	补偿费（万元）
1	卡若区	60.14	1.70	102.24
2	察雅县	134.45	1.70	228.57
3	八宿县	145.55	1.70	247.44
	合计	340.14		578.25

9.2 效益分析

9.2.1 防治效果分析

本项目的建设共占用地表面积为 340.14hm²，其中永久占地 199.42hm²，临时占地 140.72hm²。部分河流水面占地未扰动，工程共扰动地表面积为338.38hm²。本项目水土流失治理面积 333.99hm²，林草植被建设面积 257.02hm²。

⑴ 水土流失治理度

通过本方案的实施，本项目防治责任范围内的水土流失面积得到了有效的治理，水土流失治理度达到 85%的防治目标。

⑵ 土壤流失控制比

各项水土保持措施完全发挥效益后，可减少水土流失量 63400t，项目区生态环境得到了有效改善步入良性循环，达到 1.0 的防治目标。

⑶ 渣土防护率

方案采取了有效的防护措施，渣土防护量 602.32 万 m³，措施实施后渣土防护率达到 87%防治目标值。

⑷ 表土保护率

工程在施工前对占用的耕地、林地、草地进行表土剥离、草皮剥离，表土及草皮剥离后堆置于临时堆土场或红线内防护，坡脚采用装土编织袋进行防护，周边设置临时排水沉沙措施，表面采用密目网苫盖和养护措施，后期用于本工程绿化覆土。

工程对扰动范围内的表土及草皮实行“应剥尽剥”，剥离后全部落实拦挡、苫盖等临时防护措施，后期全部用于项目区绿化覆土及草皮回铺，表土剥离及保护量 24.94 万 m³。项目区的表土和草皮资源得到了良好的防护和有效的利用，表土保护率达到 90%（草皮保护率达到 100%）的防治目标值。

⑸ 林草植被恢复率

通过主体工程和水土保持方案实施植物措施，至设计水平年，林草植被恢复率达到 95%的防治目标值。

⑹ 林草覆盖率

在工程可绿化区域采取了植被恢复措施，至设计水平年，林草覆盖率达到 18%的防治目标值。

本方案实施后，控制和减轻工程建设所造成的水土流失效果显著，并减少水土流

失对工程建设和运行的危害。在严格执行和落实本方案设计的水土保持措施后，拟建工程在水土流失治理度、土壤流失控制比、渣土防护率、表土保护率、林草植被恢复率和林草覆盖率等 6 项防治目标均能达到方案编制目标。

表 9-12 本项目防治区效益计算统计表 单位：hm²

项目分区	项目建设区总面积	河流水面	扰动地表面积	水土流失面积	水土流失治理达标面积				可恢复林草植被面积
					工程措施面积	植物措施面积	建筑物及场地道路硬化	小计	
路基工程	138.12		138.12	138.12	25.10	75.74	33.91	134.76	77.10
桥梁工程	33.72	1.76	31.96	31.96		26.98	4.51	31.49	27.25
隧道工程	8.28		8.28	8.28		5.80	2.48	8.28	5.80
互通工程	9.00		9.00	9.00	0.38	6.83	1.23	8.44	6.83
附属工程	4.17		4.17	4.17		1.51	2.66	4.17	1.51
改路工程	5.46		5.46	5.46		1.86	3.60	5.46	1.86
改沟工程	0.67		0.67	0.67		0.09	0.58	0.67	0.09
临时堆土场	(12.63)								
石料场	2.51		2.51	2.51	2.51			2.51	
取土场	21.64		21.64	21.64		21.64		21.64	21.64
弃渣场	22.63		22.63	22.63		22.63		22.63	22.63
施工便道	85.30		85.30	85.30		85.30		85.30	85.30
施工生产生活区	8.64		8.64	8.64		8.64		8.64	8.64
小计	340.14	1.76	338.38	338.38	27.99	257.02	48.97	333.99	258.65

表 9-13 水土流失防治效果分析表

目标值		评估依据	单位	数量	设计达到值	评估结果
水土流失治理度 (%)	85	水土流失治理达标面积	hm²	333.99	98.7	可以实现
		水土流失总面积	hm²	338.38		
土壤流失控制比	1.0	容许土壤流失量	t/km²·a	500	1.09	可以实现
		侵蚀模数达到值	t/km²·a	457		
渣土防护率 (%)	87	实际挡护数量	万 m³	602.32	98.2	可以实现
		永久弃渣、临时堆土总量	万 m³	613.36		
表土保护率（%）	90	保护的表土数量	万 m³	24.94	100	可以实现
		可剥离表土总量	万 m³	24.94		
林草植被恢复率（%）	95	林草植被面积	hm²	257.02	99.4	可以实现
		可恢复林草植被面积	hm²	258.65		
林草覆盖率（%）	18	林草植被面积	hm²	257.02	75.6	可以实现
		项目建设区总面积	hm²	340.14		

9.2.2 效益分析

水土保持措施的综合治理效益，包括基础效益、经济效益、社会效益和生态效益等四类。四者间的关系是：在保水、保土效益（基础效益）的基础上，产生经济效益、社会效益和生态效益。

水土保持的基础效益可分为就地入渗、就近拦蓄和减轻沟蚀三种效益情况。经济效益包括实施水土保持措施后，项目区青稞、油菜等高原农作物和人工饲草料地牧草增产所带来的直接经济效益，以及对增产的农牧产品进行加工增值（如青稞加工、牦牛等畜产品加工）所产生的间接经济效益。水土保持的社会效益主要从减轻自然灾害和促进社会进步两个方面进行分析。

本方案的水土保持措施，主要是防止工程水土流失，保持水土、绿化美化环境而进行的，所以不进行具体的基础效益和经济效益分析计算，主要是水土保持措施实施后社会效益及生态效益。

⑴ 生态效益

水土保持方案实施后，可以有效地控制工程建设过程中的人为水土流失，对改善项目区生态环境条件具有一定的作用，并能减少水土流失。水土保持方案中的作业带区、弃渣场等的临时防护措施在设计的基础上通过实施将产生明显的保水、保土效益。

⑵ 社会效益

水土保持方案实施后，形成工程和生物措施相结合的综合防治体系，使项目沿线人为造成的水土流失得到了有效地控制和治理，工程开挖土石方基本得到利用和治理，防止临时堆料的流失，减少对沿线居民环境的影响，同时也保证了工程的安全运行。

环境是人们赖以生存的条件，环境的好坏直接影响人们的生活质量。通过水土保持措施的实施，新增水土流失量被有效控制，减少了土壤的侵蚀和河道泥沙的淤积，改善了水质。按照同时设计、同时施工、同时投产使用的要求，本项目完工后，水土保持措施已实施完成。

10 水土保持管理

为保证本方案顺利实施、工程水土流失得到有效控制、项目区及周边生态环境良性发展，依据《中华人民共和国水土保持法》《西藏自治区实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》《生产建设项目水土保持方案管理办法》（水利部令第53号）《水利部办公厅关于印发生产建设项目水土保持监督管理办法的通知》（办水保〔2019〕172 号）等法律法规、规章，建立健全水土保持领导协调组织、机构，落实方案实施的技术力量和资金来源，严格资金管理，加强项目管理，实行全方位监督。

10.1 组织管理

根据国家有关法律法规，水土保持方案批准后，昌都市交通运输局应成立水土保持方案实施管理机构，并设专人（专职或兼职）负责水土保持工作，制定水土保持相关管理制度，协调好本方案与主体工程的关系，负责组织实施批复的水土保持方案，进行水土保持方案的实施管理，全力保证该项工程的水土保持工作按年度、按计划进行，并主动与当地水行政主管部门密切配合，自觉接受各级水行政主管部门的监督检查。水土保持管理机构主要工作职责如下：

⑴ 认真贯彻、执行“预防为主、保护优先、全面规划、综合治理、因地制宜、突出重点、科学管理、注重效益”的水土保持工作方针。

⑵ 加强业主与设计单位、施工单位的协调，在施工中充分落实批复后本方案的各项水土保持措施。

⑶ 建立水土保持目标责任制，把水土保持列为工程进度、质量考核的内容之一，制定水土保持方案详细实施计划。

⑷ 工程施工期间，负责与设计、施工、监理单位保持联系，督促协调各参建单位做好水土保持工作，确保水保工程的正常开展和顺利进行，并按时完工，最大限度减少人为造成的水土流失和生态环境的破坏。

⑸ 经常深入工程现场进行检查，掌握工程施工和运行期间的水土流失状况及其防治措施落实状况，为有关部门决策提供第一手资料；及时对技术服务单位提出的问题和建议进行研究处理。

⑹ 水土保持工程完工后，为保证工程安全和正常运行，充分发挥工程效益，制

定科学的、切实可行的运行规程。

⑺ 加强管理机构人员的有关水土保持法律、法规和技术的培训，增强职工的责任心，提高职工的技术水平；组织相关单位做好水土保持资料管理工作。

⑻ 组织开展弃渣场稳定性监测。鉴于本项目弃渣场堆渣高度较大、沟道型弃渣场占比较高，且位于地震烈度Ⅶ、Ⅷ度区，建设单位应组织对弃渣场开展稳定性监测工作，监测内容主要包括沉降监测、位移监测、边坡监测、挡渣墙监测及整体稳定性监测；发现渣体沉降、位移异常或挡渣墙出现变形、开裂等情况时，及时组织有关单位分析研判，并采取相应处置措施。

10.2 后续设计

根据《生产建设项目水土保持方案管理办法》（2023 年 1 月 17 日水利部令第 53 号），生产建设项目水土保持施工图设计应当与主体工程设计一并报有关部门审核，作为水土保持措施实施的依据。无设计的水土保持措施，不得通过水土保持设施自主验收。

根据《水利部关于进一步深化“放管服”改革全面加强水土保持监管的意见》水保〔2019〕160 号文，生产建设单位应当依据批准的水土保持方案与主体工程同步开展水土保持施工图设计，按程序与主体工程设计一并报经有关部门审核，作为水土保持措施实施的依据。无设计的水土保持措施，不得通过水土保持设施自主验收。

根据《生产建设项目水土保持方案管理办法》（2023 年 1 月 17 日水利部令第 53 号）的要求，水土保持方案经批准后存在下列情形之一的，生产建设单位应当补充或者修改水土保持方案，报原审批部门审批：

⑴ 工程扰动新涉及水土流失重点预防区或者重点治理区的；

⑵ 水土流失防治责任范围或者开挖填筑土石方总量增加 30%以上的；

⑶ 线型工程山区、丘陵区部分线路横向位移超过 300m 的长度累计达到该部分线路长度 30%以上的；

⑷ 表土剥离量或者植物措施总面积减少 30%以上的；

⑸ 水土保持重要单位工程措施发生变化，可能导致水土保持功能显著降低或者丧失的。

因工程扰动范围减少，相应表土剥离和植物措施数量减少的，不需要补充或者修改水土保持方案。

在水土保持方案确定的弃渣场以外新设弃渣场的，或者因弃渣量增加导致弃渣场

等级提高的，生产建设单位应当开展弃渣减量化、资源化论证，并在弃渣前编制水土保持方案补充报告，报原审批部门审批。

弃渣场堆渣体为永久性堆渣，应遵循动态设计原则。施工过程中，当弃渣场开挖揭示的基底地层岩性、覆盖层厚度、承载力等与地质勘察成果不符，或场地地形、汇水条件、下游敏感设施情况发生实际变化时，建设单位应及时组织设计单位复核，据实调整基底处理方式、堆渣边坡坡比、分级高度、平台宽度及拦挡、截排水、排渗等工程措施设计，必要时补充地质勘察，并将调整结果纳入水土保持施工图设计。弃渣场堆置台阶高度、坡比等要素的调整，应重新进行稳定性验算，确保调整后各工况安全系数仍满足规范要求。

10.3 水土保持监测

《水利部关于进一步深化“放管服”改革全面加强水土保持监管的意见》（水保〔2019〕160 号）和《水利部办公厅〈关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作〉的通知》（办水保〔2020〕161 号）指出编制水土保持方案报告书的项目，应当依法开展水土保持监测工作。实行水土保持监测“绿黄红”三色评价，水土保持监测单位根据监测情况，在监测季报和总结报告等监测成果中提出“绿黄红”三色评价结论。监测结果应当公开，生产建设单位将在工程建设期间将水土保持监测季报在其官方网站公示，同时在业主项目部和施工项目部公示。监测成果应当按照有关规定向水行政主管部门报送监测情况。

监测单位应按照本方案中的监测要求，在施工准备期前结合现场查勘和调查编制《生产建设项目水土保持监测实施方案》，明确监测工作负责人，进行监测技术交底；对监测发现的问题及时与相关单位沟通；每季度第一个月底前报送上一季度水土保持监测季度报告，生产建设项目发生重大变化、防护措施不到位等情况应在同期季报中反映；重大水土流失事件一周内报告水行政主管部门；对监督检查意见中涉及的监测问题进行整改；监测工作完成后3个月内报送水土保持监测总结报告，对监测结果作出综合评价与分析，编制本项目水土保持监测总报告，报送水行政主管部门。

10.4 水土保持监理

水土保持监理是落实工程水土保持方案的重要措施，通过水土保持监理可为有效防治水土流失提供质量保障，确保达到水土保持方案提出的防治目标，同时为水土保持设施验收工作奠定基础。

⑴ 监理单位及要求

根据《水利部关于进一步深化“放管服”改革全面加强水土保持监管的意见》水保〔2019〕160 号文的要求，凡主体工程开展监理工作的项目，应当按照水土保持监理标准和规范开展水土保持施工监理。征占地面积在 200 hm²以上或者挖填土石方总量在 200 万 m³以上的项目，应当由水土保持工程施工监理专业资质的单位承担监理任务。本项目挖填土石方总量在 200 万 m³以上，应当由水土保持工程施工监理专业资质的单位承担监理任务。本项目征占地面积为 340.14hm²（在 200hm²以上），土方挖填总量为 1142.52 万 m³（在 200 万 m³以上），水土保持方案经批准后，为确保方案如期实施和方案实施质量，建设单位应当委托具有水土保持工程施工监理专业资质的单位承担监理任务。

水土保持监理单位应在项目施工现场设置水土保持监理机构，选派监理人员，制定规章制度；编制项目水土保持监理规划并进行监理工作交底，编制水土保持监理实施细则，按法律法规及合同要求开展水土保持监理工作，督促参建各方全面、及时、有效落实各项水土流失防治任务，组织或参与水土保持工程项目划分，对监理发现的问题及时与相关单位沟通，并要求其及时进行整改。

⑵ 监理任务

1）依据有关法律法规、批复的水土保持方案和后续设计文件，以及水土保持监理、施工及其他合同，针对项目水土保持措施落实开展跟踪指导和全过程监管服务，同时对水土保持工程施工开展质量控制、进度控制、投资控制和施工安全与文明施工管理、合同管理、信息管理及组织协调，涵盖项目水土流失防治工作的全过程管理，包括准备工作、事前预控、过程监理和验收管控，以及参建各方关系的协调。

2）水土保持监理单位做好事前预控工作，主要包括参与涉及水土保持的主体工程相关招标、合同、施工图纸及施工技术方案使用规划、表土剥离保护与利用规划等文件的审核，负责组织表土剥离保护与利用年度计划的审核，以及风险预控、变更管控、建设单位授权的协调机制建立和宣传培训等相关事项。

3）水土保持监理单位监理过程中，主要是对批复的水土保持方案、水土保持设计文件确定的水土保持措施实施质量、进度、资金、变更等相关工作，并通过巡视检查、现场记录、发布文件、协调解决等方法进行监督和管理。

4）施工结束后，做好验收管控工作，主要是参与涉及水土保持的分部工程、单位

工程验收和水土保持设施验收。水土保持设施验收期间，协助建设单位做好与编制水土保持设施验收报告的第三方机构的对接和沟通工作，以及与验收相关的其他事宜。

5）监理期间填写水土保持监理日志、月报等资料，完工后及时向建设单位提交水土保持监理总结报告，归档监理成果，监理成果主要包括监理报告、监理文件、数据表（册）、影像资料等内容。水土保持设施验收时需提交水土保持监理工作报告、临时措施的影像资料和质量评定的原始资料。

10.5 水土保持施工

工程施工过程中严格控制施工扰动范围，禁止随意占压破坏地表植被。生产建设单位应当加强对施工单位的管理，在招投标文件和施工合同中明确施工单位的水土保持责任，明确其防治水土流失的责任范围，强化奖惩制度，规范施工行为。

中标的施工单位应制定并落实水土保持工程质量岗位责任制，对建管、监测、监理、设计等单位提出的水土保持意见及时落实整改，自觉接受地方水行政主管部门的监督检查，并按监督检查意见落实整改要求，对严重水土流失危害事件及时有效处置。施工单位在实施本方案时，对设计内容如有变更，应按有关规定实施报批程序。

⑴ 加强对施工技术人员水土保持法律法规的宣传工作，提高水土保持法律意识，形成全社会支持水土保持生态环境建设的局面。

⑵ 对于弃渣场，需要合理安排施工时序，按照先拦后弃原则，弃渣前需先设置挡渣墙，再进行弃渣；弃渣过程中分层碾压；弃渣后按照堆渣坡度，进行削坡开级，堆渣完成后及时恢复植被。

⑶ 弃渣场应实行信息化施工。堆渣前及每级平台形成后，由设计、监理、施工三方联合核对开挖揭示的基底地层与承载力，与勘察成果不一致的及时反馈设计修正；4 级弃渣场堆填期应安排专人定期巡查，重点观测渣体坡面及挡挡墙有无裂缝、鼓胀、渗水异常等情况；巡查记录纳入水土保持监测季报，作为设计优化与措施调整依据。涉及弃渣场位置、等级或堆置方案变化的，按水利部令第 53 号履行方案变更报批程序。

⑷ 对于取土场及石料场，需合理安排取土及采石施工时序，取土场开采前应先对场地内可剥离表土区域进行表土剥离，取土场依现状地形向下平挖进行取土，石料场采取分级开采，料场开采前对周边设置截排水措施；开采期间应做好防护，避免开采面长期裸露；开采结束后，综合考虑取土场及石料场的整治恢复。本项目自采石料场分布变质细粒斜长岩、细粒英云闪长岩，岩质坚硬、质地优良，边坡坡形优先采用

台阶形布置；鉴于岩土工程的复杂性和地质条件的不可预见性，石料场边坡施工应严格遵循“动态设计”原则，施工中建立地质信息反馈机制，当发现地质条件变化较大时，及时通知监理单位组织现场踏勘并动态变更，确保实施方案始终与实际情况相适应。

⑸ 工程措施施工时，对施工质量实时检查，对不符合设计要求或质量要求的工程、验收过的水土保持工程进行检查观察。

⑹ 植物措施施工时，加强植物措施的后期抚育工作，确保草种的成活率，发挥植物措施的水土保持效益。

⑺ 自然恢复期管理，定期或不定期地对验收过的水保工程进行检查观测，随时掌握其运行状态，进行日常维修养护，消除隐患，维护水保工程完整。工程发生重大险情或事故，应及时向上级主管业务部门报告，并研究补救措施。

⑻ 施工单位应填写水土保持工程施工记录、施工日志，按规定建立施工档案，分类保存相关资料，植被恢复措施和施工期临时防护措施还应分时段收集影像资料。施工结束后，施工单位应及时向建设单位提交水土保持设施施工总结报告和相关资料。

10.6 水土保持设施验收

根据《生产建设项目水土保持方案管理办法》（2023 年 1 月 17 日水利部令第 53 号），生产建设项目投产使用前，生产建设单位应当按照水利部规定的标准和要求，开展水土保持设施自主验收，验收结果向社会公开并报审批水土保持方案的水行政主管部门备案。水行政主管部门应当出具备案回执。其中，编制水土保持方案报告书的，生产建设单位组织第三方机构编制水土保持设施验收报告。承担生产建设项目水土保持方案技术评审、水土保持监测、水土保持监理工作的单位不得作为该生产建设项目水土保持设施验收报告编制的第三方机构。

水土保持设施未经验收或者验收不合格的，生产建设项目不得投产使用。

⑴ 验收程序及相关要求

1）组织第三方机构编制水土保持设施验收报告。本项目完工后，应当组织第三方机构编制水土保持设施验收报告，水土保持设施验收报告编制时应当依据批复的水土保持方案报告书、设计文件的内容和工程量，按照《水利部办公厅关于印发生产建设项目水土保持设施自主验收规程（试行）的通知》（办水保〔2018〕133 号）以及《水利部关于加强事中事后监管规范生产建设项目水土保持设施自主验收的通知》（水保

〔2017〕365 号）要求编制，明确是否具备验收条件。

2）明确验收结论。水土保持设施验收报告编制完成后，建设单位应当按照水土保持法律法规、标准规范、水土保持方案及其审批决定、水土保持后续设计等，组织水土保持设施验收工作，形成水土保持设施验收鉴定书，明确水土保持设施验收合格结论。

3）公开验收情况。生产建设单位应当在水土保持设施验收合格后，及时在其官方网站或者其他公众知悉的网站公示水土保持设施验收材料，公示时间不得少于 20 个工作日，对于公众反映的主要问题和意见，生产建设单位应当及时给予处理或者回应。

4）报备验收材料。生产建设单位应当在水土保持设施验收通过 3 个月内，向水行政主管部门报备水土保持设施验收材料。水土保持设施自主验收报备应当提交水土保持设施验收鉴定书、水土保持设施验收报告和水土保持监测总结报告。

⑵ 验收后水土保持管理要求

水土保持设施验收后由项目运营管理单位负责后期的管理及维护，为落实有关水土保持的管理职责，维持水土保持设施的正常运行。运营管理单位应成立专门的管理养护机构，并设专人（专职或兼职）负责水土保持工作，建立明确的管理制度，自觉接受水土保持监督、检查，对水土保持措施实施的质量、数量进行跟踪调查，对水土保持设施进行管护，确保水土保持设施的正常使用和运行，以最大限度地发挥水土保持工程的效益。具体管理措施如下：

1）档案管理

由专人负责水土保持工作的档案管理工作。对各种资料、文本，包括水土保持方案及批复、核准文件、初步设计及审批文件，专项设计、施工资料、监理资料、监测资料等其他基础资料，以及运行管护过程中的相关记录文件和总结材料。

2）巡查记录

由专人负责对各项水土保持设施进行定期、不定期巡查，巡查内容包括排水沉沙及水工保护等设施的完好程度和运行情况、各防治分区植物措施成活及生长状况，并做好巡查记录，记录与水土保持工作有关的事项。发现特殊情况及时上报处理。

定期对水土保持设施运行情况进行总结，以便吸取经验和教训，并将总结资料作为档案文件予以保存。

3）及时维护

如发现工程设施遭到破坏，及时进行维护、加固和改造，以确保工程安全，防治水土流失。对于未成活的苗木及植被覆盖率低的场地，及时进行补植，加强抚育管理。

4）弃渣场专项管护要求

运营管理单位应对弃渣场、弃土堆进行经常性维护，重点做好排水与坡面巡查工作。①排水系统：汛前及每次暴雨后检查排洪沟、截排水沟、平台排水沟、消力池及盲沟出口，及时清除淤积物与积雪冰体，保证过流通畅；入冬前完成一次全面清淤检查，春融首场来水前确保排水畅通。②坡面巡查：定期巡查渣体各级边坡、马道及挡渣墙，重点观测有无裂缝、鼓胀、滑塌、渗水异常等迹象，发现异常及时上报并处置。③设施维护：挡渣墙、排渗盲沟、截排水设施发现破损、堵塞、变形的，及时修复加固；坡面植被覆盖率低或苗木未成活的，及时补植。④记录归档：巡查内容、发现问题及处置情况应形成记录并归入管护档案。