黄河古贤水利枢纽工程

水土保持方案报告书

建设单位：　黄河安澜水资源开发有限公司

编制单位：　黄河勘测规划设计研究院有限公司

2021 年 4 月

目 录

1 综合说明 1

1.1 项目概况 1

1.2 项目区概况 5

1.3 主体工程水土保持分析评价结论 7

1.4 水土流失防治责任范围及防治分区 8

1.5 水土流失预测结论 8

1.6 防治目标及总体布设 9

1.7 弃渣场设计 13

1.8 表土保护与利用设计 14

1.9 水土保持工程设计 14

1.10 水土保持施工组织设计 17

1.11 水土保持监测 18

1.12 水土保持工程管理 19

1.13 水土保持投资估算及效益分析 19

1.14 结论与建议 19

2 项目概况及项目区概况 23

2.1 项目概况 23

2.2 项目区概况 82

3 主体工程水土保持分析与评价 100

3.1 主体工程制约性因素分析与方案比选评价 100

3.2 工程占地分析评价 116

3.3 主体工程施工组织设计分析评价 125

3.4 主体工程设计中具有水土保持功能措施的分析与评价 142

3.5 评价结论、建议和要求 147

4 水土流失防治责任范围及防治分区 149

4.1 防治责任范围界定 149

4.2 防治责任范围与征占地关系 150

4.3 水土流失防治分区 151

5 水土流失分析与预测 153

5.1 预测范围和时段 153

5.2 预测方法 155

5.3 扰动地表、损毁植被面积和弃土（石、渣）量分析 160

5.4 土壤流失量预测 161

5.5 水土流失危害分析与评价 163

5.6 预测结论及指导性意见 163

6 防治目标及总体布设 165

6.1 防治目标及标准 165

6.2 设计依据、理念与原则 166

6.3 设计深度及设计水平年 168

6.4 总体布局及分区防治措施体系 169

7 弃渣场设计 175

7.1 弃渣来源及流向 175

7.2 弃渣场选址与类型 178

7.3 弃渣场堆置方案及安全防护距离 203

7.4 弃渣场级别及稳定性分析 219

8 表土保护与利用设计 229

8.1 表土分布与可利用量分析 229
8.2 表土需求与用量分析 230
8.3 表土剥离与堆存 232
8.4 表土利用与保护 234
9 水土保持工程设计 236
9.1 工程级别与设计标准 236
9.2 主体工程区 240
9.3 工程永久办公生活区 251
9.4 弃渣场区 254
9.5 料场区 332
9.6 施工生产生活区 336
9.7 交通道路区 340
9.8 皮带机运输线路工程区 343
9.9 移民安置与专项设施复（改）建区 345
10 水土保持施工组织设计 353
10.1 工程量 353
10.2 施工条件及布置 365
10.3 施工工艺和方法 367
10.4 坝址区 1#弃渣场施工条件及布置 371
10.5 施工进度安排 372
11 水土保持监测 375
11.1 监测范围及单元划分 375
11.2 监测时段与内容 375
11.3 监测点布置、方法和频次 376

11.4 监测设施典型设计.....382
11.5 弃渣场安全监测.....384
11.6 监测设施设备.....386
12 水土保持工程管理.....388
12.1 建设期管理.....388
12.2 工程运行管理.....401
12.3 水土保持信息化管理和全过程管理.....401
13 投资估算及效益分析.....405
13.1 投资估算.....405
13.2 效益分析.....429
14 结论和建议.....434
14.1 结论.....434
14.2 建议.....435

附件:

1、黄河古贤水利枢纽工程水土保持投资估算书（单独成册）

2、黄河古贤水利枢纽工程移民安置与专项设施复（改）建区水土保持附件（单独成册）

3、黄河古贤水利枢纽工程可行性研究阶段弃渣场工程地质专题报告（单独成册）

4、黄河古贤水利枢纽工程弃渣场场址的确认函（随本报告）

5、黄委关于弃渣场有关问题的承诺函（随本报告）

6、水利部关于报送黄河古贤水利枢纽工程可行性研究报告审查意见的函（水规计〔2020〕122号）（随本报告）

附图:

黄河古贤水利枢纽工程水土保持方案报告书附图集（单独成册）

1 综合说明

1.1 项目概况

1.1.1 项目建设必要性

（1）建设古贤水库是确保黄淮海平原生态屏障安全的迫切需要。

近年来黄河水沙情况虽然发生了明显变化，但是黄河作为多沙河流的特性没有变，水沙关系不协调的特性没有变，水沙异源的特性没有变，河道持续淤积萎缩的趋势没有变，黄河的安危仍是中华民族的心腹之患。因此，继小浪底水库之后，不失时机地建设古贤水利枢纽工程，是处理黄河泥沙、减轻黄河下游河道淤积、确保黄淮海平原生态屏障安全的重大战略措施。

（2）建设古贤水库是完善黄河水沙调控体系、长期协调黄河水沙关系的迫切需要。

黄河水沙调控体系中的七大骨干工程中北干流有碛口、古贤两大水库，从协调黄河水沙关系的治理需要出发，近期迫切需要开工建设其一，以初步形成黄河水沙调控体系的工程布局。从黄河水沙调控体系运行机制而言，古贤水利枢纽工程处于黄河北干流下段，距小浪底最近，其控制黄河北干流洪水、泥沙的程度都明显高于碛口水库（古贤水库控制了黄河全部泥沙的 60%，粗泥沙的 80%），先期建设古贤水库，在一定时期内可基本承担黄河中游水沙调控体系的功能，既可对黄河上游水沙进行有效调控，又为下游的三门峡、小浪底水库提供水流动力条件，起到承上启下的作用，使黄河水沙调控体系的作用得到充分的发挥。古贤水利枢纽是黄河治理开发与保护体系的重要组成部分，是形成黄河水沙调控体系关键工程，古贤水库可以进一步完善水利基础设施网络，增强水安全保障能力，对于整个黄河水沙调控体系功能效益的发挥具有重要的意义。

古贤水库控泄洪水可以大幅度减少三门峡水库滩库容的损失。由于水库滩地以上库容不具有可恢复性，古贤水库防洪运用大幅减少了三门峡水库滩地库容淤损，对长期发挥三门峡水库对大洪水的防洪作用具有重要意义。

（3）建设古贤水库是促进地区经济社会发展和生态文明建设的迫切需要。

古贤水库建成后，可以依托现有的壶口瀑布风景区，开展水景观的有序开发和保护，通过加强枢纽工程的生态建设，实施园林建设、水景观打造、亲水平台建设、近岸浅水区景观生态性整治，加强水文化的挖掘和传承，打造一条独具魅力的沿黄景观长廊，为人们提供观光、休闲、娱乐、度假空间，提升古贤水库品质，实现人水和谐，弘扬水利

精神。

1.1.2 项目概况

古贤水利枢纽工程位于黄河中游北干流碛口至禹门口河段，上距碛口坝址 238.4km，下距壶口瀑布 10.1km。坝址左岸为山西省吉县，右岸为陕西省宜川县。古贤水利枢纽工程是《黄河治理开发规划纲要》确定的黄河干流七大骨干工程之一，是黄河水沙调控体系的重要组成部分，是一座以防洪减淤为主，兼顾供水、灌溉和发电等综合利用的大型骨干工程。水库正常蓄水位 627m，死水位 588m，总库容 129.42 亿 m^3，电站装机容量 2100MW，多年平均发电量 56.45 亿 kW·h。工程规模为大（1）型。

古贤枢纽主要建筑物包括：1 座碾压混凝土重力坝，结合坝身布置的 8 个排沙底孔、4 个泄洪中孔和 3 个溢流表孔及其配套设置的坝下 3 组消能防冲水垫塘，1 座安装 6 台水轮发电机组、坝后地面厂房及其发电引水系统，1 条电站右侧、安装间下布置的冲沙孔及其下游底流消力池消能防冲系统，2 个左、右岸坝段布置的灌溉供水取水口。碾压混凝土重力坝最大坝高 215.0 米，坝顶高程 630.0 米，坝顶长度 990.0 米。

工程共设 2 处管理营地，在郑州设置后方业主营地一处；坝址下游黄河大桥左岸下游侧黄河边（进场道路隧洞出口南侧坡地），设置前方业主营地一处。

工程设鱼类增殖站一座，位于前方业主营地内，主要建设专门的亲鱼、孵化设施、苗种培育池、亲鱼培育池及其它附属设施。其占地面积 2.00hm^2。

坝址区施工工厂设施分别布置于坝址上下游左右两岸，主要工厂设施布置有砂石料加工系统、左岸低线混凝土拌和系统、左岸高线混凝土拌和系统、右岸低线混凝土拌和系统、右岸高线混凝土拌和系统、综合加工厂、机电及金属结构安装厂、机械修配厂、汽车修理保养厂及导流工程工厂设施等。集中布置 4 处施工生活区，导流等前期工程集中布置 1 处施工生活区。占地面积 103.85 hm^2。

料场区施工工厂设施布置于石匣沟右岸、料场上游 1.5km 山坡处，主要工厂设施布置有砂石料加工系统、机械修配厂、汽车修理保养厂等，场区占地面积 13.00 hm^2。施工生活区布置于料场下游 0.7 km，建筑面积 2.00 hm^2，占地面积 4.00 hm^2。

带式输送机线路总长 62.47km，共设 13 个施工区，13 个施工生活区，分别靠近各施工区。占地面积 7.40 hm^2。

本工程新建进场道路 20.558km，包括隧道 7 座，共长 17120m，桥梁 9 座，共长 1460m，路基段长 1978m。场内交通干线道路总长 22.58km，次干线道路总长 9.25km，施工临时

支线道路总长 2.23km，场内干支线道路总长 34.06km，桥梁 4 座，其中永久桥 2 座，桥长分别为 427m 和 191m，临时桥 2 座，桥长分别为 220m 和 220m。料场区施工干线道路布置 3 条，道路总长 8.51km，次干线道路布置 1 条，道路长 0.72km，料场区施工道路总长 10.73km。带式输送机线路施工干线道路布置 13 条，道路总长 20.6km。

本工程主体工程开挖土石方共计 4781.44 万 m^3，填筑土石方 1268.98 万 m^3，借方 140.24 万 m^3，弃方 3652.70 万 m^3。其中主体工程区开挖土石方 2909.74 万 m^3，填筑土石方 750.52 万 m^3，借方 140.24 万 m^3，弃方 1941.67 万 m^3；料场区清理无用层开挖土石方 328.93 万 m^3，全部为弃方；交通道路区开挖土石方 1331.92 万 m^3，填筑土石方 160.67 万 m^3，弃方 1171.24 万 m^3；皮带机运输工程区开挖土石方 210.84 万 m^3，全部为弃方。

黄河古贤水利枢纽工程总占地面积 22825.50 hm^2，其中永久占地 22441.67 hm^2，临时占地 383.83hm^2；水库淹没影响区占地 22029.02hm^2，工程建设区占地 796.48 hm^2。按地类划分，耕地 1206.57hm^2，园地 2276.36hm^2，林地 2618.28hm^2，草地 9461.95hm^2，商服用地 0.42hm^2，工矿仓储用地 23.99hm^2，住宅用地 117.97hm^2，公共管理用地 4.92hm^2，特殊用地 24.54hm^2，交通运输用地 226.08hm^2，水域及水利设施用地 6576.88hm^2，其他土地 287.54hm^2。按行政区域划分，山西省 11484.70hm^2，陕西省 11340.80hm^2。

规划设计水平年农村移民搬迁安置人口为 4679 户 15530 人，均在水库淹没影响区，其中山西省 2187 户 7589 人，陕西省 2492 户 7941 人。采用集中安置与分散安置两种安置方式。共规划 28 个集中安置点，新址建设用地 1406.67 亩。水库淹没影响 4 个集镇，其中三交镇和徐家垛乡需进行迁建，迁建新址建设用地 417.05 亩。

规划复建道路 103 条 284.57km；规划复建水利工程设施 14 处，防护处理 2 处；规划复建电力线路 116.89km；规划复建通信线路杆路 262.96km；规划复建广播电视杆路 13.72km。

本工程施工总工期为 114 个月（9.5 年），其中准备期 2 年 4 个月，主体工程施工期 5 年 5 个月，完建期 1 年 9 个月；首台机组发电时间为第 9 年 4 月初。另外，安排工程筹建期 1.5 年。

按照 2019 年第三季度价格水平估算，黄河古贤水利枢纽工程总投资 5311568.04 万元，其中土建工程投资 1578247.45 万元。

1.1.3 项目前期工作进展及方案编制情况

根据 1997 年《黄河治理开发规划纲要》，龙羊峡、刘家峡、大柳树、碛口、古贤、

三门峡和小浪底等7座干流大型骨干水库构成黄河水沙调控体系的主体。

2000年水利部以水总〔2000〕653号文批复了《黄河古贤水利枢纽工程项目建议书阶段勘测设计任务书》（以下简称《任务书》），古贤水利枢纽的前期工作进入项目建议书阶段。

自2000年10月份以来，根据《任务书》和项目建议书阶段内容和深度的要求，黄河勘测规划设计研究院有限公司（以下简称黄河设计公司）联合黄河水资源保护局（承担环境影响分析）全面开展了古贤水利枢纽项目建议书阶段的勘测规划设计工作。

2015年12月，项目建议书成果通过了水利部审查。

2016年11月，项目建议书成果通过中国国际工程咨询公司评估。

2017年1月，国家发改委下发了《国家发展改革委办公厅关于进一步做好黄河古贤水利枢纽前期工作的函》（发改办农经〔2017〕105号），要求进一步深化项目前期工作，明确前期工作正式由项目建议书阶段转入可行性研究阶段。

2018年11月，黄河设计公司编制完成《黄河古贤水利枢纽工程可行性研究报告》（以下简称《可研报告》）并通过水利部水利水电规划设计总院（以下简称水规总院）的审查。

2019年12月，水规总院将《可研报告》审查意见上报水利部。2020年6月，水利部将《可研报告》审查意见报送国家发展改革委。

根据《中华人民共和国水土保持法》等法律、法规和规章的要求，为有效控制项目建设对区域水土流失的影响，建设单位委托黄河设计公司进行黄河古贤水利枢纽工程水土保持方案报告书编制工作。接受委托后，黄河设计公司立即成立方案编制项目组，组织相关技术人员参加该项工作。

2018年8月黄河设计公司编制完成《黄河古贤水利枢纽工程水土保持方案报告书》（以下简称《报告书》），2018年12月根据水规总院《可研报告》审查意见进行了修改，2019年12月~2020年 12月依据定稿后的《可研报告》（黄河设计公司，2019年12月）对《报告书》做了进一步修改完善。

另外在2018年11月~2020年6月期间，水土保持行业相继颁布执行《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）、《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018）、《水土保持工程调查与勘测标准》（GB/T 51297-2018）、《关于印发水利水电工程水土保持技术规范（SL 575-2012）补充技术要点（试行）的通知》（水总环〔2019〕635号）、《关于加强水利水电工程水土保持方案编制与技术审查工作的通知》

（水总环〔2020〕81 号文）等标准和文件。黄河设计公司根据新的标准和文件规定要求，补充开展了 4 级及以上弃渣场的地质勘察和 1:2000 图的测绘工作，补充弃渣场场址当地政府、黄委等部门确认、承诺工作，调整修改报告章节和内容，于 2021 年 4 月，完成《报告书》。

1.2 项目区概况

（1）气象

古贤坝址以上流域属大陆性季风气候。据古贤坝址附近的山西省吉县气象站1981～2010年资料统计，多年平均气温10.4℃，极端最高气温为39.7℃（2005年6月22日），极端最低气温为-21.3℃（2002年12月26日）。多年平均降水量496.2mm，其中7月～9月降水量占全年的59%；多年平均蒸发量1702mm；平均风速1.6m/s，最大风速23.2m/s；最大冻土深度61 cm。

（2）水文泥沙

根据 1919 年 7 月～2017 年 6 月 98 年实测资料统计，干流吴堡水文站实测多年平均径流量为 253.7 亿 m^3，多年平均输沙量为 4.51 亿 t，含沙量为 17.8kg/m^3；龙门水文站实测多年平均径流量为 279.6 亿 m^3，多年平均输沙量为 7.73 亿 t，含沙量为 27.6kg/m^3。

库区有水文控制站的支流三川河、屈产河、无定河、清涧河、昕水河、延河多年平均径流量分别为 2.14 亿 m^3、0.31 亿 m^3、11.03 亿 m^3、1.35 亿 m^3、1.24 亿 m^3、2.02 亿 m^3；多年平均输沙量分别为 1504.0 万 t、703.8 万 t、10161.8 万 t、3129.5 万 t、1320.9 万 t、3929.1 万 t；多年平均含沙量分别为 70.3kg/m^3、229.5kg/m^3、92.1kg/m^3、231.0kg/m^3、106.5kg/m^3、194.5kg/m^3。6 条支流合计多年平均水量 18.1 亿 m^3，占龙门水文站水量的 6.5%，多年平均沙量 2.07 亿 t，占龙门水文站沙量的 26.9%。

（3）地形地貌

项目区位于晋陕峡谷的南部，属相对隆起的山地高原区，其东侧为吕梁山，西为渭北山地，整体地形属中低山区。坝段河谷为“U”型谷，两岸地形陡峭，冲沟发育；谷底宽度 460m 左右，河水常水位 465m 左右。黄河自北向南流，河道被河心滩分割，主流靠左岸。左边水面宽度约 175m，右边水面宽约 30m。河心滩宽约 200m，长约 120m，高出河水面 1m 左右。

河床覆盖层厚0～5m，为近代冲积物，由粉细砂、砂砾石层组成。左岸高程625m～640m以上和右岸高程640m～665m以上为黄土覆盖，以下基岩裸露。左岸高程625m以下

平均坡度为28°；右岸高程625m以下平均坡度为33°。

（4）地质

坝段区位于华北地层区、陕甘宁蒙盆地地层分区。出露基岩为中生界三叠系中统二马营组上段和铜川组下段，基岩岩性主要为钙质（长石）砂岩、泥质、钙泥质粉砂岩类及少量（砂质）粘土岩。

坝址区地质构造总体不发育，主要构造类型为断层、节理裂隙和软弱夹层。

（5）地震

按照《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），工程主要场区的地震动峰值加速度为 0.05g，地震动反应谱特征周期为 0.45s，相应的地震基本烈度为 VI 度。

（6）土壤和植被

项目建设区土壤主要为黄绵土、黑垆土。两种土壤都是在自然和人为因素的长期作用下，黄土母质上耕种熟化形成的土壤，结构疏松，空隙多，透水保水性好，但抗冲性弱，易遭侵蚀。

项目区森林植被属暖温带森林草原植被带，区域植物种类较多，主要乔木树种有油松、侧柏、杜松、刺槐、臭椿、五角枫、杜梨等。灌木以酸枣、黄蔷薇、狼牙刺、虎榛子、胡颓子、山刺玫、山桃、柠条和绵柳等为主。草本植物以黄菅草、羊胡子草等为主。区域植物成分以华北区系为主，刺槐、栎类、油松、侧柏、山杨等为建群种和优势种。森林覆盖率达 38.6%。

（7）水土流失状况

根据全国第二次土壤遥感调查成果（2000 年），经过现场调查，对项目区水土流失情况及生产建设项目扰动地表情况进行调整，确定工程所在区域以强烈水力侵蚀为主，伴有重力侵蚀。项目区土壤侵蚀模数背景值为 8000t/（km^2·a）。

项目区属中国水土保持区划中的西北黄土高原区，涉及的水土保持二级区划有晋陕蒙丘陵沟壑区、汾渭及晋城丘陵阶地区、晋陕甘高塬沟壑区。

工程位于黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区，位于山西省水土流失重点治理区和陕西省陕北丘陵沟壑重点治理区。

（8）经济社会概况

古贤水利枢纽工程涉及山西省和陕西省 5 市 13 县（市），分别为山西省临汾市吉县、大宁县、永和县、乡宁县，吕梁市石楼县、柳林县，运城市河津市和陕西省延安市宜川县、延长县、延川县，榆林市清涧县、绥德县、吴堡县。2016 年底总人口 248.48

万人，平均人口密度为 118 人/k ㎡；总耕地面积 558.74 万亩，占总土地面积的 17.6%，人均耕地 2.25 亩，农业人均耕地 3.20 亩；粮食作物播种面积 364.51 万亩，粮食总产量 81.35 万 t，粮食播种面积亩产量 223.2kg，人均粮食产量 327.4kg。库区各县以红枣、苹果为特产，其中大坝所在地的宜川县、吉县两县盛产优质苹果，库区上游的永和县、石楼县、柳林县、延川县、清涧县、绥德县和吴堡县以红枣为特产，2016 年水果产量 169.25 万 t。2016 年底地区生产总值 660.50 亿元，其中农林牧渔业总产值为 114.22 亿元。近年来项目区交通得到了较大的改善，县乡公路和乡村公路贯通了各个乡村，自然村间均有大车路相连。农民人均可支配收入 8955 元。

1.3 主体工程水土保持分析评价结论

黄河古贤水利枢纽工程选址选线避开了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，未占用国家确定的水土保持长期定位观测站，工程区不涉及泥石流易发区、崩塌滑坡危险区以及易引起严重水土流失和生态恶化的地区。工程施工布置避让了自然保护区。工程弃渣场场址不涉及风景名胜区、地质公园和自然保护区等环境敏感区域，本工程建设用地不涉及生态红线。黄河古贤水利枢纽工程选址选线无法避让国家级和省级水土流失重点治理区，但通过执行西北黄土高原区一级防治标准，提高截排水工程、拦挡工程的工程等级及防洪标准，提高植物措施标准，将林草覆盖率提高 2 个百分点，采取有效的水土流失防治措施，同时优化施工方法和工艺，减少地表扰动及植被损坏范围等措施后，可消除或减轻对水土流失重点防治区的影响。工程建设无重大水土保持制约因素，项目建设可行。

古贤坝址从扰动土地面积、弃渣量、土壤流失量、土石方量和水土保持投资等因素分析，均优于同乐坡坝址，综合考虑，水土保持推荐古贤坝址，与主体设计推荐方案一致。从扰动土地面积、弃渣量、土壤流失量、土石方量和水土保持投资等因素分析，混凝土重力坝均优于混凝土面板堆石坝坝型，水土保持推荐混凝土重力坝坝型，与主体设计推荐方案一致。

本工程虽然永久占地面积较大，但其永久占地大部分为水库淹没区占地，工程建设尽可能减少施工临时用地面积及占用时间，将水土流失可能降到最低，符合水土保持要求。

在施工组织设计方面，主体工程设计采取的施工工艺及方法、施工进度安排等基本满足水土保持要求。施工场地布置紧凑，施工道路充分利用现有交通公路进行布置，料场选址不涉及县级以上人民政府划定的崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区，不涉及城镇、景区

及河道管理范围，料场选址不涉及耕园地，西磑口料场开采结束后及时进行覆土和植被恢复，原头坡料场施工结束后位于水库淹没区，在做好开采施工过程中及开采结束后的防护措施后，本工程料场选址不存在水土保持制约性因素，符合水土保持要求。

本工程回填土石方尽最大可能利用开挖料，对未能利用的开挖土石方，主体工程设计在合理运距范围内布设弃渣场，将无用料堆放于弃渣场，经本方案补充设计弃渣场防护措施，本工程土石方利用不存在制约性因素，符合水土保持要求。

本工程建设具有重大的社会意义，符合国家的相关政策。工程建设所产生的水土流失影响，可以通过采取工程措施、植物措施、临时措施加以消除，从水土保持和生态保护的角度，本工程的建设是可行的。

1.4 水土流失防治责任范围及防治分区

黄河古贤水利枢纽工程水土流失防治责任范围为 23140.61 hm^2，其中永久占地 22756.78hm^2，临时占地 383.83hm^2。

黄河古贤水利枢纽工程共设置一级分区 9 个，分别为：主体工程区、皮带机运输工程区、工程永久办公生活区、弃渣场区、料场区、交通道路区、施工生产生活区、移民安置与专项设施复（改）建区和水库淹没区；对主体工程区、交通道路区和移民安置与专项设施复（改）建区进行了二级分区，即：主体工程区分为大坝枢纽工程区和导流工程区；交通道路区分为进场道路区、场内永久道路区和场内临时道路区，移民安置与专项设施复（改）建区分为移民安置区和专项设施复（改）建区。

1.5 水土流失预测结论

工程建设期扰动地表面积 1111.60hm^2，损毁植被面积为 692.72hm^2；黄河古贤水利枢纽工程总弃渣量 4304.71 万 m^3（松方）。

土壤流失量为129.68万t，新增土壤流失量52.74万t。水土流失重点区域为弃渣场区和主体工程区，重点时段为施工期。

工程建设土石方开挖填筑量大，施工扰动范围大，工程建设将改变工程区原有地貌，使原有植被受到破坏，若不做好工程建设过程中的施工管理，及时落实各项水土保持措施，势必增加工程区水土流失，影响河道行洪能力，对区域生态环境、土壤肥力均会造成不利影响。

1.6 防治目标及总体布设

1.6.1 防治标准及目标值

黄河古贤水利枢纽工程位于黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区，位于山西省水土流失重点治理区和陕西省水土流失重点治理区。执行西北黄土高原区水土流失防治一级标准。

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）的要求，工程位于水土流失重点治理区时，应提高植物措施标准，林草覆盖率应提高 1 个~2 个百分点，西北黄土高原区水土流失防治一级标准林草覆盖率为 22%，将其提高 2 个百分点，林草覆盖率修正值为 24%。

黄河古贤水利枢纽工程设计水平年水土流失防治目标值分别为：水土流失治理度为 93%，土壤流失控制比为 0.80，渣土防护率 92%，表土保护率 90%，林草植被恢复率为 95%，林草覆盖率为 24%。施工期防治目标渣土防护率 90%，表土保护率 90%。

1.6.2 措施总体布局

（1）主体工程区

主体工程区的工程项目包括大坝枢纽工程和导流工程，范围包括大坝管理区和导流工程占地区域。

①大坝枢纽工程区

主体工程对大坝工程开挖边坡设计了工程护坡措施，及坡顶排水沟措施，本方案补充施工结束后表土回覆和土地平整措施，大坝管理区边坡排水及沉沙池措施，绿化美化措施，大坝坝肩边坡高次团粒喷播绿化及相配套的灌溉、抚育措施，另外设置施工过程中表土临时堆放过程中的防护措施。

工程措施：灌溉系统，大坝管理区边坡排水措施，沉沙池，土地平整，表土回覆。

植物措施：大坝管理区绿化美化措施，大坝坝肩边坡高次团粒喷播绿化措施。

临时措施：临时拦挡、覆盖措施。

②导流工程区

主体工程对导流工程开挖边坡设计了工程护坡措施，本方案补充导流洞出口截排水措施、表土回覆和土地平整措施，补充导流工程区边坡绿化美化措施及相配套的灌溉措施，导流工程库区外临时占地区的植被恢复措施及施工过程中表土临时堆放区临时防护措施。

工程措施：灌溉系统，截排水措施，土地平整，表土回覆。

植物措施：导流洞出口工程区植被恢复措施，导流洞出口边坡高次团粒喷播绿化措施。

临时措施：临时拦挡、覆盖措施。

（2）皮带机运输线路工程区

皮带机运输工程区包括皮带隧道工程、隧道进出口和竖井工程。皮带机运输工程区的隧洞进出口工程设计主体工程护坡，本方案补充：施工前，隧道进出口开挖边坡上游排水措施，扰动区表土剥离措施；施工期间表土临时防护措施；施工结束后的土地平整、表土回覆和植被恢复措施。

工程措施：边坡排水措施，土地平整，表土剥离、回覆。

植物措施：皮带机运输工程区域植被恢复工程。

临时措施：临时拦挡、覆盖措施。

（3）工程永久办公生活区

工程永久办公生活区包括前方业主营地和后方业主营地。主体工程设计对该区规划了绿化面积，满足水土保持要求，本方案补充：施工前，建筑物区的表土剥离措施，施工期间表土临时防护措施；场区平整开挖边坡的护坡措施，场区排水措施；施工结束后，补充设计空闲区的土地平整和绿化美化措施。

工程措施：砼框格护坡措施，浆砌石挡墙护坡措施，排水措施，土地平整，表土剥离、回覆。

植物措施：植物护坡，绿化美化。

临时措施：临时拦挡、覆盖措施。

（4）弃渣场区

弃渣场区包括坝址区弃渣场、西磑口料场区弃渣场、皮带机运输区弃渣场和进场道路工程弃渣场，全部属于沟道型弃渣场。

主要防治包括：施工前，设置弃渣场（库区外）场区表土剥离措施、挡渣措施和防洪排导措施；施工期间的表土临时防护措施；堆渣结束后，设置边坡防护措施、坡面和顶面土地平整措施以及渣场场区的植被恢复和绿化美化措施。

工程措施：表土剥离、挡渣墙、干砌石护坡、钢筋石笼护坡、混凝土框格护坡、浆砌石排水沟、沉沙池、挡水坝（堰）、排水洞（涵）、急流槽、盲沟和碎石压盖。

植物措施：顶面种植乔灌草绿化和植被恢复，坡面网格护坡种灌、草。

临时措施：临时拦挡和临时覆盖措施。

（5）料场区

料场区包括砂石料场和人工骨料场各 1 处，其中砂砾石料场位于库区。

砂石料场：位于库区内，施工前进行表土剥离，剥离的表土作为坝址区弃渣场绿化用土；施工期间的表土临时防护措施；施工结束后场地平整措施。

人工骨料场：施工前，设置场区表土剥离措施、料场上游排水沟措施；施工期间，设置表土临时防护措施，场区下游临时拦挡措施；取料结束后，设置场区植被恢复措施。

工程措施：浆砌石排水沟，土地平整，表土剥离、回覆，修筑种植槽。

植物措施：人工骨料场边坡种植槽客土植被恢复和底面客土植被恢复。

临时措施：表土临时拦挡和覆盖措施，料场下游钢筋石笼拦渣堤。

（6）交通道路区

交通道路区包括进场道路、场内永久施工道路和临时道路工程。

①进场道路工程区

主体工程设计了进场道路单侧排水措施、拱形骨架、生态基材护坡措施等，本方案补充设计施工前场区表土剥离，施工期间表土临时防护措施，施工结束后土地平整措施、植物护坡措施及进场道路两侧行道树绿化措施。

工程措施：表土剥离、回覆，土地平整。

植物措施：种植行道树绿化、灌草护坡。

临时措施：道路土方开挖时临时竹挡板措施，表土临时覆盖、拦挡。

②场内永久道路区

主体工程设计了永久道路排水措施，本方案补充设计施工前场区表土剥离，施工期间表土临时防护措施，施工结束后场区永久道路边坡喷播高次团粒绿化措施、土地平整措施、植被护坡措施及场内永久道路两侧行道树绿化措施。

工程措施：表土剥离、回覆，土地平整。

植物措施：道路两侧种植行道树绿化，喷高次团粒绿化护坡措施，灌草绿化护坡措施。

临时措施：道路土方开挖时的临时竹挡板措施，表土临时覆盖、拦挡。

③场内临时道路区

本方案设计场内临时道路施工前场区表土剥离，施工期间，在场内临时道路一侧修建土质排水沟，设置表土临时防护措施，植物护坡措施，施工结束后，临时道路设置表

土回覆、土地平整措施与植被恢复措施。

工程措施：表土剥离、回覆，土地平整。

植物措施：临时道路种植乔灌草植被恢复措施、灌草护坡措施。

临时措施：道路土方开挖时临时竹挡板措施，表土临时覆盖、拦挡。

（7）施工生产生活区

黄河古贤水利枢纽工程施工场区布置于河滩地或两岸坡地，在不影响河道行洪的前提下，主体设计利用工程开挖料填筑部分河滩地作为施工场区，并设置相应拦挡措施，符合水土保持综合利用弃渣的要求，但是对坡地内的施工场区没有布置相应的防护措施。本方案补充：施工前，设置场区表土剥离、边坡防护措施、排水措施；施工期间，设置表土临时防护措施；施工结束后，设置场区的土地平整、表土回覆，枢纽工程区施工生产生活区的绿化美化措施，其它工程区内的施工生产生活区植被恢复措施。

工程措施：表土剥离、回覆，排水沟，沉沙池，混凝土框格护坡，土地平整。

植物措施：种植乔灌草植被恢复和绿化措施。

临时措施：在施工过程中采取临时绿化措施、临时堆放表土临时拦挡和临时覆盖。

（8）移民安置与专项设施复（改）建区

①移民安置区

主体工程已设计场区排水措施、草皮护坡措施和安置点绿化措施，水土保持专业补充表土剥离及回覆、土地平整措施和表土临时防护措施。

工程措施：表土剥离、回覆，土地平整措施；

临时措施：临时拦挡和覆盖措施。

②专项设施复（改）建区

交通道路复（改）建工程主体工程已经设计的措施有道路排水措施、工程护坡措施、弃渣场拦挡措施和排水措施。水土保持专业补充交通道路工程植物护坡措施和道路两侧行道树措施，补充临时占地区表土剥离及回覆、排水措施、土地平整措施和植被恢复措施，补充交通工程路基开挖施工过程中临时拦挡措施、临时占地区剥离表土的临时防护措施。

水利工程复（改）建工程主体工程已经进行了水土保持设计，主要包括：表土剥离、回覆，土地平整，防洪排导工程，绿化恢复及绿化美化措施及施工过程中的临时防护措施等。水土保持专业不再另设水土保持防治措施。

（9）水库淹没区

主体工程根据规范要求设置了水库库底清理及卫生消毒措施，水土保持专业不再另设水土保持防治措施。

1.7 弃渣场设计

本工程弃渣来源主要为坝址工程区、西磑口料场区、皮带机线路区以及进场道路区及坝址区 1#弃渣场主沟、支沟排水洞。经水土保持专业修正土石方平衡，本工程弃渣共计 4304.71 万 m³（松方），均堆存于各区设置的弃渣场内。坝址工程区共设置弃渣场 3 处，堆存弃渣共计 2511.59 万 m³（松方），主要为大坝岸坡、厂房基坑、灌溉洞、导流工程及部分场内道路等开挖渣料，坝址区 1#弃渣场主沟、支沟排水洞开挖渣料，以上弃渣全部堆存于坝址区 1#、2#和 3#弃渣场。上马台弃渣场主要堆存西磑口料场区覆盖层开挖、皮带机线路开挖、施工道路等开挖等共产生的弃渣 506.26 万 m³。皮带机运输线路工程区设 11 处弃渣场，堆存皮带机线路区隧洞及竖井石方开挖共产生弃渣 116.18 万 m³。进场道路工程区共设置 2 处弃渣场，共堆存弃渣 549.46 万 m³，主要堆存交通道路工程区弃渣 520.22 万 m^3，皮带机线路区部分隧洞及竖井石方开挖弃渣 29.24 万 m³。此外，除坝址区 1#弃渣场外，其他弃渣场水土保持工程施工共产生弃渣 12.74 万 m³，均在各弃渣场内部堆存；移民安置与专项设施复（改）建区建设共产生弃渣 608.46 万 m³，主要为专项设施复（改）建工程中道路及水利设施建设产生弃渣，由于本阶段移民安置与专项设施复（改）建区受设计深度限制，本报告不再对该区弃渣场进行详细论述。

受地形限制，现阶段工程规划渣场类型均为沟道型。各渣场容量满足枢纽工程堆渣需要，渣场安全距离范围内无重要防护对象，渣场地质条件基本良好，做好拦挡和排水措施，并对渣场顶面采取复耕或绿化措施后，各渣场布置基本不存在水土保持制约性因素。渣场选择是可行的。

根据弃渣场选址对 17 处弃渣场进行了 1:2000 地形图测绘工作，并通过钻探、槽探等方法对弃渣场进行了地质勘察。

按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）相关规定，根据弃渣场堆渣量，堆渣最大高度及弃渣场失事对主体工程或环境造成的危害程度确定各弃渣场级别确定，坝址区 1#弃渣场和上马台弃渣场为 1 级渣场，坝址区 2#弃渣场为 2 级渣场，坝址区 3#弃渣场和进场道路 1#、2#弃渣场均为 3 级渣场，其余皮带机运输工程区 11 个弃渣场均为 4 级渣场。弃渣场堆渣均满足规范要求的安全防护距离，弃渣场整体稳定性及边坡稳定均满足规范要求。

1.8 表土保护与利用设计

本工程征占地范围内表土主要分布于大坝左右坝肩、导流洞进口以及各工区占地范围内的耕、园、林、草地，表层熟土厚度为 30cm，可剥离面积为 595.36 hm^2，可剥离表土 178.61 万 m^3。

根据工程总布置及各分区施工结束后的利用方向确定本工程表土的需求量。本工程共需剥离表土 178.61 万 m^3用于复耕和植被恢复，其中复耕需表土 1.66 万 m^3，主体工程已考虑，植被恢复工程需表土 176.95 万 m^3。

根据表土需求与用量分析，本工程共需剥离表土 178.61 万 m^3，除弃渣场区和料场区外，其他各分区区内表土可剥离量均能满足表土需求用量，西磑口料场绿化用土不足部分使用客土料源，原头坡砂砾石料场位于淹没区，开采结束后，其剥离表土 4.65 万 m^3及交通道路区剥离表土 4.10 万 m^3调运至坝址区 $2^{\#}$、$3^{\#}$弃渣场，用于堆渣结束后渣场平台及边坡覆土绿化。

本工程可剥离表土共计 178.61 万 m^3，可剥离表土全部剥离后用于施工后期覆土复耕和绿化工程。用于复耕 1.66 万 m^3，主体工程已考虑，用于植被恢复及绿化美化工程 176.95 万 m^3，本方案补充。针对剥离的表土本方案设计了施工过程中的表土临时拦挡、苫盖保护措施。

1.9 水土保持工程设计

依据各分区水土流失特点，根据各分区水土保持措施总体布局，对各分区开展了详细的水土保持措施设计，主要设计措施有:

（1）主体工程区

排水沟长度 10120.68m，土方开挖 11335.16m^3，浆砌石 7286.89m^3；沉沙池 17 个，土方开挖 234.06m^3，浆砌石 211.68m^3；表土回覆 84593.16m^3，土地平整 101.57hm^2；高位水池开挖土方 175.84 m^3，开挖石方 117.23 m^3，C25 混凝土 193.14 m^3，钢筋 27.04t；小型泵站 2 座，主管线 Φ60mm 钢管 11858.40m，主管线 Φ30mmPVC 管 139138.56m，塑料软管 115637.76m，喷头 23127 组；全面整地 98.75 hm^2；植被恢复工程种植乔木 15908 株，种植灌木 63630 株，撒播草籽 6.36 hm^2；绿化美化工程种植乔木 246372 株，树木支撑 12319 株；种植灌木 985488 株，撒播草籽 92.39hm^2；高次团粒客土喷播护坡 223104 m^2；幼林抚育 98.75 hm^2；临时拦挡编织袋装土 278.96m^3，防尘网覆盖 44254.76m^2。

（2）工程永久办公生活区

排水沟长度 788.40m，开挖土方 567.65m^3，浆砌石 883.01 m^3；土地平整 1.63hm^2，表土剥离及回覆 4033.80m^3；挡墙工程长度 788.40m，土方开挖 132.45 m^3，石方开挖 88.30m^3，浆砌石 591.30m^3；工程护坡土方开挖 1019.89m^3，石方开挖 679.93m^3，覆种植土 3086.10m^3，混凝土框格 1699.82m^3；全面整地 4.75 hm^2；植物防护工程需要种植灌木 3000 株，撒播草籽 1.20hm^2；绿化美化工程种植乔木 8886 株；植物支撑 889 株；种植灌木 35543 株，撒播草籽 3.55hm^2；幼林抚育 4.75 hm^2；临时拦挡编织袋装土 44.86 m^3，防尘网覆盖 2110.28m^2。

（3）弃渣场区

土地平整 139.02hm^2，表土剥离及回覆 284298.87m^3，绿化覆土 50166 m^3，铺设土工布 56.87hm^2，碎石压盖 711612m^2，渣体碾压 1557736m^3。挡墙土方开挖 1024.00m^3，石方开挖 5395.14m^3，浆砌石 11548.71m^3，砂砾石基础换填 945.00 m^3，清基 1417.50 m^3，PVC 排水管 6803.46m，反滤料 359.69m^3，沥青砂板条 663.20m^2，C30 混凝土 68.04 m^3，钢筋 3.07t。工程护坡干砌石 37641m^3，过渡料 247536m^3，石渣填筑 1475541m^3，钢筋石笼 19846.62 m^3，框格护坡土方开挖 32863.09m^3，框格内覆种植土 87865.62m^3，框格护坡混凝土 41549.53m^3。边坡截水沟长度 31860.65m，土方开挖 41326.34m^3，石方开挖 56060.90m^3，清基 1999.53m^3，浆砌石 49100.26m^3，C30 混凝土 12762.36 m^3，钢筋 510.84t；渣场顶面排水沟长度 4145.58m，土方开挖 3490.61m^3，浆砌石 2417.12m^3；马道排水沟长度 4106.16m，土方开挖 2737.63m^3，浆砌石 1418.89m^3；底部盲沟长度 2749.68m，石方开挖 12923.50m^3，铺设块石 6874.20m^3，土工布 9623.88m^2，砂砾石垫层 2035.20m^3，浆砌石 4289.07m^3；沉沙池 39 个，土方开挖 155.52m^3，砌砖 77.76m^3；挡水堰石方开挖 4331.02 m^3，石方填筑 1871.10 m^3，浆砌石 5599.03 m^3，帷幕灌浆 3175.56 m^3，C25 混凝土底板 475.20 m^3，止水带 59.40 m^2，C30 混凝土面板 124.74 m^3，钢筋 17.46t；排洪沟石方开挖 15583.10 m^3，C25 混凝土 3739.94 m^3，钢筋 448.79t；排水箱涵长度 4012.20m，石方开挖 49187.52m^3，C25 基础混凝土 14274.90 m^3，衬砌 C30 混凝土 39595.50 m^3，钢筋 4751.46t；排水管涵 3399.72m，土方开挖 3794.09 m^3，C25 混凝土基础 2413.80 m^3，预制钢筋砼管涵 3399.72m；主沟挡水坝覆盖层开挖 9575 m^3，石方开挖 4666m^3，心墙土料 21616m^3，反滤料 7665m^3，石渣填筑 64873m^3，堆石护坡 748 m^3，排水体 6849m，戗堤 28018 m^3，喷混凝土 1636 m^3；支沟挡水坝覆盖层开挖 696 m^3，石方开挖 4605m^3，心墙土料 8419m^3，反滤料 3668 m^3，石渣填筑 20420m^3，堆石护坡 540 m^3，排水体 2493m，戗堤 5073 m^3，喷混凝土 3668 m^3；1$^{\#}$排洪隧洞进出口覆盖层开挖 3210 m^3，石方明挖

38331m^3，标准钢模板 5600 m^2，进出口明渠混凝土 1299 m^3，挑流鼻坎混凝土 1501 m^3，喷混凝土 687 m^3，钢筋网 27t，锚杆 1090 根，钢筋 166.47 t，细部结构 2800 m^3；1$^{\#}$排洪隧洞洞身石方洞挖 131033 m^3，钢模板 62002 m^2，衬砌混凝土 31001 m^3，锚杆 13875 根，钢筋 4485t，钢筋网 214t，喷混凝土 8286 m^3，固结灌浆 36748m，回填灌浆 19531 m^2，橡胶止水 4785m，排水孔 7669m，钢拱架 53t，锁脚锚杆 220 根，细部结构 31003 m^3；2$^{\#}$排洪隧洞进出口覆盖层开挖 2140m^3，石方明挖 23170m^3，标准钢模板 2610 m^2，进出口明渠混凝土 411 m^3，挑流鼻坎混凝土 894m^3，喷混凝土 549m^3，钢筋网 21t，锚杆 870 根，钢筋 77.57 t，细部结构 1305 m^3；2$^{\#}$排洪隧洞洞身石方洞挖 23821 m^3，钢模板 18268 m^2，衬砌混凝土 9134m^3，锚杆 4577 根，钢筋 1323t，钢筋网 67t，喷混凝土 2630 m^3，固结灌浆 7728m，回填灌浆 6139 m^2，橡胶止水 1541m，排水孔 2158m，钢拱架 32.11t，锁脚锚杆 220 根，细部结构 9134 m^3；全面整地 126.83 hm^2；植物防护工程栽植灌木 363758 株，撒播草籽 36.38 hm^2；植被恢复工程栽植乔木 97980 株，栽植灌木 796914 株，撒播草籽 79.69 hm^2；绿化美化工程栽植乔木 26906 株，树木支撑 9417 株；栽植灌木 107625 株，撒播草籽 10.76 hm^2；幼林抚育 126.83 hm^2；临时拦挡编织袋装土 1287.19m^3，防尘网覆盖 275034.06m^2。

（4）料场区

排水沟长度 1512.00m，浆砌石排水沟土方开挖 1693.44m^3，浆砌石 1008.64m^3；表土回覆 126230.40m^3，土地平整 69.08hm^2；工程护坡种植槽长度 23467.32m，浆砌石 6570.85m^3，客土 10560.29 m^3；全面整地 24.94 hm^2；植物防护工程种植灌木 11408 株，爬山虎 22815 株；植被恢复工程客土 149621.85 m^3，栽植灌木 62342 株，撒播草籽 24.94 hm^2；幼林抚育 24.94 hm^2；临时拦挡编织袋装土 250.92m^3，防尘网覆盖 66037.20m^2；钢筋石笼拦渣堤长度 2175.25m，土方开挖 1957.73 m^3，石方开挖 1305.15 m^3，钢筋石笼 5220.60m^3。

（5）交通道路区

表土剥离及回覆 462510m^3，土地平整面积 43.48hm^2；全面整地 170.13 hm^2；植物防护工程护坡种植灌木 326592 株，撒播草籽 130.64 hm^2；植物恢复工程种植乔木 65814 株，灌木 394884 株，撒播草籽 39.49hm^2；绿化美化工程种植乔木 89513 株；幼林抚育 170.13 hm^2；临时拦挡编织袋装土 783.62m^3，防尘网覆盖 259165.50m^2，拦挡竹挡板 56382.48m。

（6）施工生产生活区

排水沟长度 11142.91m，土方开挖 3565.73m^3，土工布 23747.76m^2；沉沙池 54 个，基础开挖土方 731.43 m^3，浆砌石 661.50m^3；表土剥离及回覆 423493.92m^3，土地平整 154.50hm^2；斜坡防护工程护坡面积 27.35 hm^2，土方开挖 22594.06m^3，石方开挖 15062.71m^3，覆种植土 68367.42 m^3，混凝土框格 37656.77 m^3；全面整地 163.83 hm^2；植物防护工程种植灌木 265873 株，撒播草籽 26.59 hm^2；植被恢复工程种植乔木 102926 株，灌木 411705 株，撒播草籽 41.17 hm^2；绿化美化工程种植乔木 160122 株，灌木 640486 株，撒播草籽 96.07hm^2；幼林抚育 163.83 hm^2；临时拦挡编织袋装土 812.79m^3，防尘网覆盖 7880.03m^2。

（7）皮带机运输工程区

排水沟长度 9720.00m，土方开挖 10886.40m^3，浆砌石 6998.40m^2；沉沙池 13 个，基础土方开挖 175.54 m^3，浆砌石 158.76m^3；表土剥离及回覆 49410 m^3，土地平整 13.18hm^2；全面整地 12.81hm^2；种植乔木 32025 株，种植灌木 128100 株，撒播草籽 12.81 hm^2；幼林抚育 12.81hm^2；临时拦挡编织袋装土 156.99 m^3，防尘网覆盖 25848.75 m^2。

（8）移民安置与专项设施改建区

表土剥离及回覆 456401.92m^3，土地平整 36.17 hm^2；浆砌石排水沟长度 2463m，土方开挖 788.17m^3，土工布 5249.20m^2；沉沙池 20 个，基础土方开挖 270.90 m^3，浆砌石 245.00 m^3；全面整地 172.00 hm^2；植物防护工程种植灌木 368106 株，撒播草籽 147.24hm^2；植被恢复工程种植乔木 61897 株，灌木 247588 株，种草 24.76hm^2；绿化美化工程种植乔木 85560 株；幼林抚育 172.00 hm^2；临时拦挡编织袋装土 3677.98m^3，防尘网覆盖 438649.40m^2；拦挡竹挡板 132518m。

1.10 水土保持施工组织设计

本工程施工交通条件便利，工程附近东西方向有跨越黄河连接晋、陕两省的 309 国道、G22 青兰高速（青岛至兰州）、G5 京昆高速、108 国道、侯西高速（侯马至西安）；南北方向有山西境内的 209 国道、G59 呼北高速和大运高速（大同至运城），陕西境内的 108 国道、210 国道等。

施工用水、供电等都采用主体工程水源和电源，生产及生活用水考虑采用黄河取水方案。运用主体工程通讯网络进行信息和通讯传递。

建筑材料及苗木树种可从山西及陕西省临近市县购买。

水土保持施工进度安排遵循“三同时”原则，与主体工程同时进行，水土保持措施施

工期共计 11 年 6 个月，从筹建期第 1 年 1 月起至第 11 年 6 月结束。

1.11 水土保持监测

（1）监测范围及单元划分

本工程水土保持监测范围即水土流失防治责任范围，监测总面积为 23140.61 hm^2。

水土保持监测分区在防治责任范围的分区基础上进行，划分为主体工程区、皮带机运输工程区、工程永久办公生活区、交通道路区、施工生产生活区、料场区、弃渣场区和移民安置与专项设施复（改）建区。本方案水土保持监测将主体工程区、弃渣场、料场区、施工生产生活区、交通道路区作为水土保持监测的重点区域。弃渣堆放区域、取料开采区域、主体建设大型开挖面、施工生产生活区边坡开挖区域和交通道路挖方段作为水土保持监测的重点部位。

（2）监测时段

本项目水土保持监测时段从工程筹建期开始至设计水平年结束，即从筹建第 1 年 1 月 1 日起至第 11 年 12 月 31 日止，共 12 年。

（3）监测内容

项目施工全过程各阶段扰动土地情况、水土流失状况、防治成效及水土流失危害等方面。此外，还需进行水土流失背景值监测和重大水土流失事件监测。

（4）监测方法

监测方法主要采用卫星遥感、无人机遥感、视频监控、地面观测、实地调查量测等。

（5）监测频次

扰动土地情况每月监测 1 次；水土流失状况监测根据区域特点、条件和降雨情况选择径流小区法、测钎法、侵蚀沟量测法、集沙池法或控制站法等，至少每月监测 1 次，发生强降水等情况后应及时加测；水土流失防治成效至少每季度监测 1 次，其中临时措施至少每月监测 1 次；水土流失危害监测结合扰动土地情况、水土流失状况以及水土流失防治情况一并开展。

（6）监测点位

本工程共布设 55 个监测点，其中主体工程区 4 个，工程永久办公生活区 1 个，交通道路区 16 个，料场区 1 个，弃渣场区 17 个，施工生产生活区 10 个，移民安置与专项设施复（改）建区 4 个，皮带机运输工程区 2 个。

1.12 水土保持工程管理

建设单位需成立专门的水土保持管理机构，负责水土保持方案实施以及水土保持监测、水土保持监理、施工建设期间的水土保持管理工作。相应的承建单位也应建立同水土保持管理机构相配套的机构和人员，同时建立全面的水土保持管理体系，依据现行水土保持相关法律、法规，开展并落实各项水土保持工作。

水土保持设施建成投入运行后，建设单位应定期或不定期地对已验收的水土保持工程进行检查观测，随时掌握其运行状态，进行日常管护维修，消除隐患，维护工程安全，以保证各项水土保持措施有效运行。

1.13 水土保持投资估算及效益分析

古贤水利枢纽工程水土保持方案总估算投资 102947.20 万元，其中工程措施 51063.99 万元，植物措施 22224.51 万元，监测措施 2069.17 万元，临时措施 3642.91 万元，独立费用 14124.95 万元，基本预备费 9312.54 万元，水土保持补偿费 509.13 万元。

根据水土保持措施实施效果分析测算，至设计水平年，项目区可恢复林草植被 539.08hm^2，减少土壤流失量 117.65 万 t，项目防治责任范围内水土流失治理度达到 98.12％，土壤流失控制比达到 0.8，渣土防护率达到 96.97%，表土保护率达到 98%，林草植被恢复率达到 99.66%，林草覆盖率达到 48.50%，可减少土壤流失量 117.65 万 t，通过水土保持效益分析，各项水土保持措施起到了保持水土的作用，均达到了预期的治理目标，效果显著。

1.14 结论与建议

1.14.1 结论

工程选址选线避开了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、没有占用国家确定的水土保持长期定位观测站；工程建设占地范围内无军事禁区、自然保护区等敏感区域。

通过对工程建设所造成的水土流失及危害分析，本方案根据规范制订了各项治理措施，在施工中按照本方案进行实施，能够达到防治水土流失、保护生态环境的目的和要求，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、林草覆盖率均超过了预期的治理目标，各项水土保持措施起到了保持水土的作用，从水

土保持角度来看，该项目建设是可行的。

1.14.2 建议

（1）建议主体工程在下阶段的设计中，将本方案水土保持措施内容纳入设计文件，进一步优化土石方调配，落实水土保持投资，优化细化施工组织设计。

（2）工程建设期应做好水土保持设施建设，并落实水土保持监理及水土保持监测，工程建成后做好水土保持设施专项验收工作。

（3）加强对施工单位的管理，在工程招投标时，建设单位与承包商的合同条款中应明确施工及水土保持措施建设、管理责任。

黄河古贤水利枢纽工程水土保持方案特性表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="3">黄河古贤水利枢纽工程</td><td colspan="2">流域管理机构</td><td colspan="2">黄河水利委员会</td></tr>
<tr><td>涉及省区</td><td>陕西省、山西省</td><td>涉及地市</td><td>延安、榆林、临汾、吕梁和运城市</td><td>涉及县</td><td colspan="2">山西省吉县、大宁、永和、石楼、柳林、河津、乡宁和陕西省的宜川、延长、延川、清涧、绥德、吴堡</td></tr>
<tr><td>项目规模</td><td>大（1）型</td><td colspan="2">总投资（亿元）</td><td colspan="2">531.16</td><td>土建投资（亿元）</td><td>157.82</td></tr>
<tr><td>动工时间</td><td>筹建第一年 1 月</td><td colspan="2">完工时间</td><td>第十年 12 月</td><td>设计水平年</td><td colspan="2">第十一年</td></tr>
<tr><td>项目组成</td><td colspan="7">混凝土重力坝、溢流表孔、泄洪中孔、排沙底孔、下游消能水垫塘、冲沙孔、坝后电站厂房、供水取水口。</td></tr>
<tr><td>工程永久征占地（hm^2）</td><td colspan="3">22441.67</td><td colspan="2">工程临时占地（hm^2）</td><td colspan="2">383.83</td></tr>
<tr><td>水库淹没区（hm^2）</td><td colspan="3">22029.02</td><td colspan="2">工程征占地总面积（hm^2）</td><td colspan="2">22825.50</td></tr>
<tr><td rowspan="9">土石方量（万 m³）</td><td>区域</td><td>挖方</td><td>填方</td><td colspan="2">借方</td><td colspan="2">余（弃）方</td></tr>
<tr><td>主体工程区</td><td>2909.74</td><td>750.52</td><td colspan="2">140.24</td><td colspan="2">1941.67</td></tr>
<tr><td>永久办公生活区</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>弃渣场区</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">28.26</td></tr>
<tr><td>料场区</td><td>328.93</td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">328.93</td></tr>
<tr><td>交通道路工程区</td><td>1331.92</td><td>160.67</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">1171.24</td></tr>
<tr><td>施工生产生活区</td><td></td><td>357.79</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>皮带机运输工程区</td><td>210.84</td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">210.84</td></tr>
<tr><td>合计</td><td>4781.44</td><td>1268.98</td><td colspan="2">140.24</td><td colspan="2">3652.70</td></tr>
<tr><td>重点防治区名称</td><td colspan="7">黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区、陕西省水土流失重点治理区、山西省水土流失重点治理区</td></tr>
<tr><td>地貌类型</td><td colspan="3">中低山区</td><td>水土保持区划</td><td colspan="3">西北黄土高原区（晋陕蒙丘陵沟壑区、汾渭及晋城丘陵阶地区、晋陕甘高塬沟壑区）</td></tr>
<tr><td>土壤侵蚀类型</td><td colspan="3">水力侵蚀为主，伴有重力侵蚀</td><td>土壤侵蚀强度 [$t/km^2 \cdot a$]</td><td colspan="3">8000</td></tr>
<tr><td colspan="3">水土流失防治责任范围（hm^2）</td><td colspan="2">23140.61</td><td colspan="2">土壤容许流失量[$t/km^2 \cdot a$]</td><td>1000</td></tr>
<tr><td colspan="3">土壤流失预测总量（万 t）</td><td colspan="2">129.68</td><td colspan="2">新增土壤流失量（万 t）</td><td>52.74</td></tr>
<tr><td colspan="3">水土流失防治标准执行等级</td><td colspan="5">西北黄土高原区水土流失防治一级标准</td></tr>
<tr><td rowspan="3">防治目标</td><td colspan="2">水土流失治理度（%）</td><td colspan="2">93</td><td colspan="2">土壤流失控制比</td><td>0.80</td></tr>
<tr><td colspan="2">渣土防护率（%）</td><td colspan="2">92</td><td colspan="2">表土保护率（%）</td><td>90</td></tr>
<tr><td colspan="2">林草植被恢复率（%）</td><td colspan="2">95</td><td colspan="2">林草覆盖率（%）</td><td>24</td></tr>
<tr><td rowspan="4">防治措施</td><td>分区</td><td colspan="2">工程措施</td><td colspan="3">植物措施</td><td>临时措施</td></tr>
<tr><td>主体工程区</td><td colspan="2">排水沟长度 10120.68m，沉沙池 17 个，表土剥离及回覆 84593.16m^3，土地平整 101.57hm^2，高位水池 2 座，小型泵站 2 座；</td><td colspan="3">全面整地 98.75 hm^2；植被恢复工程种植乔木 15908 株，种植灌木 63630 株，撒播草籽 6.36 hm^2；绿化美化工程种植乔木 246372 株，树木支撑 12319 株；种植灌木 985488 株，撒播草籽 92.39hm^2；高次团粒客土喷播护坡 223104 m^2；幼林抚育 98.75 hm^2；</td><td>临时拦挡编织袋装土 278.96m^3，防尘网覆盖 44254.76m^2。</td></tr>
<tr><td>工程永久办公生活区</td><td colspan="2">排水沟长度 788.40m，土地平整 1.63hm^2，表土剥离及回覆 4033.80m^3，挡墙工程长度 788.40m，工程护坡 12344.40m^2；</td><td colspan="3">全面整地 4.75 hm^2；植物防护工程需要种植灌木 3000 株，撒播草籽 1.20hm^2；绿化美化工程种植乔木 8886 株；植物支撑 889 株；种植灌木 35543 株，撒播草籽 3.55hm^2；幼林抚育 4.75 hm^2；</td><td>临时拦挡编织袋装土 44.86 m^3，防尘网覆盖 2110.28m^2。</td></tr>
<tr><td>弃渣场区</td><td colspan="2">土地平整 139.02hm^2，表土剥离及回覆 284298.87m^3，绿化覆土 50166 m^3，铺设土工布 56.87hm^2，碎石压盖 711612m^2，渣体碾压 1557736m^3；挡墙 1419m；工程护坡 45.42hm^2，边坡截水沟长度 31860.65m，渣场顶面排水沟长度 4145.58m，马道排水沟长度 4106.16m，底部盲沟长度 2749.68m，沉沙池 39 个，挡水堰 609.12m，排洪沟 1442.88m，排水箱涵长度 4012.20m，排水管涵 3399.72m，挡水坝 157m，排洪隧洞 2708m；</td><td colspan="3">全面整地 126.83 hm^2；植物防护工程栽植灌木 363758 株，撒播草籽 36.38 hm^2；植被恢复工程栽植乔木 97980 株，栽植灌木 796914 株，撒播草籽 79.69 hm^2；绿化美化工程栽植乔木 26906 株，树木支撑 9417 株；栽植灌木 107625 株，撒播草籽 10.76 hm^2；幼林抚育 126.83 hm^2；</td><td>临时拦挡编织袋装土 1287.19m^3，防尘网覆盖 275034.06m^2。</td></tr>
</table>

黄河古贤水利枢纽工程水土保持方案特性表（续）

防治措施	料场区	排水沟长度 1512.00m，表土回覆 126230.40m^3，土地平整 69.08hm^2，工程护坡种植槽长度 23467.32m;	全面整地 24.94 hm^2; 植物防护工程种植侧柏 11408 株，爬山虎 22815 株; 植被恢复工程客土 149621.85 m^3，栽植灌木 62342 株，撒播草籽 24.94 hm^2; 幼林抚育 24.94 hm^2;	临时拦挡编织袋装土 250.92m^3，防尘网覆盖 66037.20m^2; 钢筋石笼拦渣堤长度 2175.25m，土方开挖 1957.73 m^3，石方开挖 1305.15 m^3，钢筋石笼 5220.60m^3。
	施工生产生活区	排水沟长度 11142.91m，沉沙池 54 个，表土剥离及回覆 423493.92m^3，土地平整迹地清理 154.50hm^2，斜坡防护工程护坡面积 27.35 hm^2;	全面整地 163.83 hm^2; 植物防护工程种植灌木 265873 株，撒播草籽 26.59 hm^2; 植被恢复工程种植乔木 102926 株，灌木 411705 株，撒播草籽 41.17 hm^2; 绿化美化工程种植乔木 160122 株，灌木 640486 株，撒播草籽 96.07hm^2; 幼林抚育 163.83 hm^2;	临时拦挡编织袋装土 812.79m^3，防尘网覆盖 7880.03m^2。
	交通道路区	表土剥离及回覆 462510m^3，土地平整面积 43.48hm^2;	全面整地 170.13 hm^2; 植物防护工程护坡种植灌木 326592 株，撒播草籽 130.64 hm^2; 植物恢复工程种植乔木 65814 株，灌木 394884 株，撒播草籽 39.49hm^2; 绿化美化工程种植乔木 89513 株; 幼林抚育 170.13 hm^2;	临时拦挡编织袋装土 783.62m^3，防尘网覆盖 259165.50m^2，拦挡竹挡板长度 56382.48m。
	皮带机运输工程区	排水沟长度 9720.00m，沉沙池 13 个，表土剥离及回覆 49410 m^3，土地平整 13.18hm^2;	全面整地 12.81hm^2; 种植乔木 32025 株，种植灌木 128100 株，撒播草籽 12.81 hm^2; 幼林抚育 12.81hm^2;	临时拦挡编织袋装土 156.99 m^3，防尘网覆盖 25848.75 m^2。
防治措施	移民安置与专项设施复（改）建区	表土剥离及回覆 456401.92m^3，土地平整 36.17 hm^2，浆砌石排水沟长度 2463m，沉沙池 20 个;	全面整地 172.00 hm^2; 植物防护工程种植灌木 368106 株，撒播草籽 147.24hm^2; 植被恢复工程种植乔木 61897 株，灌木 247588 株，种草 24.76hm^2; 绿化美化工程种植乔木 85560 株; 幼林抚育 172.00 hm^2;	临时拦挡编织袋装土 3677.98m^3，防尘网覆盖 438649.40m^2; 拦挡竹挡板长度 132518m。
	投资（万元）	51063.99	22224.51	3642.91

水土保持总投资（万元）	102947.20	独立费用（万元）			14124.95
监理费	1052.76	监测费（万元）	2069.17	补偿费（万元）	509.13
分省措施费（万元）	陕西省：751.62 山西省：78248.95	分省补偿费（万元）			陕西省：269.67 山西省：239.46
方案编制单位	黄河勘测规划设计研究院有限公司	建设单位	黄河安澜水资源开发有限公司		
法定代表人及电话	张金良 0371-66025627	法定代表人及电话	张俊峰 0371-66029375		
地址	郑州市金水路 109 号	地址	郑州市金水路 226 号楷林国际大厦 12 层 1212 房间		
邮编	450003	邮编	450003		
联系人及电话	张帆 0371-66026901	联系人及电话	刘畅畅 16638116710		
传真	0371-66023624	传真	0371-66029375		
电子信箱	297319208@qq.com	电子信箱	835651284@qq.com		

2 项目概况及项目区概况

2.1 项目概况

2.1.1 地理位置

古贤水利枢纽工程位于陕西、山西两省交界的黄河中游北干流碛口至禹门口河段，下距壶口瀑布和禹门口铁路桥分别为 10.1km 和 74.4km，古贤坝址右岸为陕西省宜川县，左岸为山西省吉县；距陕西省延安市、铜川市和西安市分别为 252km、280km 和 439km；距山西省临汾市、太原市分别为 158km 和 437km。

图 2.1.1-1 古贤水利枢纽工程地理位置图

2.1.2 工程任务及规模

工程开发任务：黄河古贤水利枢纽工程是《黄河治理开发规划纲要》确定的黄河干流七大骨干工程之一，是黄河水沙调控体系的重要组成部分，其开发任务是以防洪减淤为主，兼顾供水、灌溉和发电等综合利用。

工程规模：校核洪水位 628.75m，设计洪水位 627.52m，正常蓄水位 627m，死水位 588m，汛期限制水位 617m；相应的总库容 129.42 亿 m³，防洪库容 12 亿 m³，拦沙库容 93.42 亿 m³；电站装机容量 2100MW，多年平均发电量 56.45 亿 kW·h；设计年引水量 28.35 亿 m³。

工程等级及设计标准：工程规模为大（1）型。混凝土重力坝、排沙底孔、泄洪中

孔、溢流表孔、下游消能水垫塘、冲沙孔和下游消力池、发电引水进口、引水钢管及坝后电站厂房以及结合坝身布置的左、右岸供水取水口、供水钢管等主要建筑物级别为 1 级，下游护岸、挡土墙等次要建筑物级别为 3 级。左、右岸供水口压力钢管以下预留的供水隧洞按 2 级建筑物设计。混凝土重力坝方案坝肩边坡、下游厂房侧边坡及水垫塘侧边坡为 1 级边坡，其他边坡为 3 级边坡。

混凝土重力坝及坝身布置的排沙泄洪及发电引水建筑物和供水取水口建筑物按 1000 年一遇洪水设计，5000 年一遇洪水校核；坝后布置的水电站厂房和水垫塘建筑物也按 1000 年一遇洪水设计，5000 年一遇洪水校核。工程区地震烈度 6 度，主要建筑物抗震设计烈度为 7 度。

黄河古贤水利枢纽工程工程特性见表 2.1.2-1。

表 2.1.2-1　　黄河古贤水利枢纽工程特性表

序号及名称	单 位	数 量	备 注
一、水文			
1、流域面积			不包括鄂尔多斯内流区
全流域	km^2	752443	
工程坝址以上	km^2	489948	
2、多年平均年径流量	亿 m^3	213.70	龙门水文站设计年均径流量（1956 年 7 月 ~ 2010 年 6 月）
二、工程规模			
1、水库			
校核洪水位（P= 0.02 %）	m	628.75	
设计洪水位（P=0.1 %）	m	627.52	
正常蓄水位	m	627	
防洪高水位（P= 2%）	m	625.50	
汛期限制水位	m	617	
死水位	m	588	初期运用最低水位 560m
总库容（校核洪水位以下库容）	亿 m^3	129.42	原始库容
防洪库容（防洪高水位至汛期限制水位）	亿 m^3	12	
调节库容（正常蓄水位至死水位）	亿 m^3	34.61	水库冲淤平衡后长期有效库容
死库容（死水位以下）	亿 m^3	60.50	原始库容
调水调沙库容	亿 m^3	20.00	有效库容
2、水力发电工程			
装机容量	MW	2100	

表 2.1.2-1　　黄河古贤水利枢纽工程特性表

序号及名称	单 位	数 量	备 注
3、供水工程			
设计年引水量	亿 m^3	28.35	
三、建设征地与移民安置			
1、水库淹没影响区			
（1）淹没影响总土地面积	万亩	33.04	
其中：　耕地（P=20%）	万亩	1.80	
园地（P=20%）	万亩	3.40	
（2）淹没影响总人口	万人	1.51	
（3）淹没影响总房屋面积	万 m^2	91.80	
（4）淹没影响集镇	个	4	
2、工程建设区			
（1）总土地面积	万亩	1.19	含永久用地和临时用地
其中：　耕地、园地	万亩	0.02	
（2）总房屋面积	万 m^2	0.21	
四、主要建筑物			
大坝坝型		碾压混凝土重力坝	
地震基本烈度	度	6	
抗震设计烈度	度	7	
坝顶高程	m	630	
最大坝高	m	215	
坝顶长度	m	990	
五、施工			
1、主体工程数量			
明挖土方、砂砾石	10^4m^3	87.59	
明挖石方	10^4m^3	1203.41	
洞挖石方	10^4m^3	17.54	
混凝土和钢筋混凝土	10^4m^3	1765.11	
金属结构安装	万 t	3.32	
帷幕灌浆	10^4m	21.90	
固结灌浆	10^4m	37.03	
2、主要建筑材料			
木材	10^4m^3	0.78	

表 2.1.2-1　　黄河古贤水利枢纽工程特性表

序号及名称	单 位	数 量	备 注
水泥	10^4t	280.91	
钢筋、钢材	10^4t	29.52	
3、对外交通			
距离	km	20.558	
外来物资运输量	万 t	886.92	
4、施工导流			
导流方式		隧洞导流	
导流洞条数	条	2	1#长 1374m，2#长 1462m
5、施工期限			
准备工期		2 年 4 个月	
投产工期		7 年 9 个月	
总工期		9.5 年	
六、经济指标			
静态总投资	万元	5021597.02	
建设期融资利息	万元	289971.02	
总投资	万元	5311568.04	

2.1.3　推荐方案项目组成与布局

2.1.3.1　项目组成

黄河古贤水利枢纽工程推荐方案为古贤坝址混凝土重力坝方案。

混凝土重力坝枢纽主要建筑物包括：1 座碾压混凝土重力坝；结合坝身布置的 8 个排沙底孔、4 个泄洪中孔和 3 个溢流表孔及其配套设置的坝下消能防冲水垫塘，1 座安装 6 台水轮发电机组、总装机规模 2100MW 的坝后地面厂房及其发电引水系统，1 条电站右侧、安装间下布置的冲沙孔及其下游底流消力池消能防冲系统，2 个左、右岸坝段布置的灌溉供水取水口。根据主体工程布置、施工布置、移民安置规划，本工程项目组成如表 2.1.3-1 所示。推荐方案项目总体布局见图 2.1.3-1。

表 2.1.3.-1　　黄河古贤水利枢纽工程项目组成

项目			规模及组成
主体工程	枢纽工程	挡水建筑物	挡水建筑物为碾压混凝土重力坝，坝顶高程 630m，最大坝高 215m，坝顶宽 15m，坝顶总长 990m。
		排沙泄洪建筑物	包括 8 个排沙底孔、4 个泄洪中孔、3 个溢流表孔及其配套设置的消能防冲水垫塘；冲沙孔及消力池。

表 2.1.3.-1 黄河古贤水利枢纽工程项目组成

项目			规模及组成
		发电引水建筑物	发电引水坝段位于河床右侧，由进水口、发电引水钢管等组成
		发电厂房及出线场建筑物	电站厂房采用坝后式布置型式，厂房内安装 6 台 350MW 混流式水轮发电机组，采用一机一缝布置，包括主机间、安装间、副厂房和尾水平台及尾水渠组成。左岸 500kV 出线场，右岸 330kV 出线场。
		灌溉供水取水口建筑物	取水口建筑物包括取水口坝段、坝后背管及坝后 100m 长的引水隧洞段。
		鱼类增殖站	在前方业主营地内设置鱼类增殖站一座，其占地面积 2hm^2。
		导流建筑物	包括上下游围堰及导流隧洞。上游围堰堰顶高程 527m，最大堰高 64m，堰顶宽 10m，堰顶轴线长 618m。下游围堰堰顶高程 473m，最大堰高 12m。堰顶宽度 15m，堰顶轴线长 472m。导流隧洞布置在左岸山体内，平行布置标准过水断面为 13m×16m（宽×高）的 2 条导流洞。
施工布置	交通道路		新建进场道路 20.558km、枢纽工程区新建场内道路 34.06km、料场区施工道路总长 10.73km 和带式输送机线路施工道路 20.6km。
	施工生产生活区		本工程共布置坝址施工区、料场施工区及皮带机线路（含进场道路工程施工区）3 个施工区。
	料场		本工程共布置 1 个人工骨料场，1 个砂砾石料场
	弃渣场		工程共布置 17 个弃渣场，其中枢纽工程区 3 个、进场道路工程 2 个、皮带机运输工程 11 个和人工骨料场工程 1 个。
	人工骨料运输系统		布置 1 条总长 62.47km 的皮带机运输系统
移民安置工程	移民安置		规划设计水平年农村移民搬迁安置人口为 4679 户 15530 人，均在水库淹没影响区，其中山西省 2187 户 7589 人，陕西省 2492 户 7941 人。采用集中安置与分散安置两种安置方式。共规划 28 个集中安置点，新址建设用地 1406.67 亩。水库淹没影响 4 个集镇，其中三交镇和徐家垛乡需进行迁建，迁建新址建设用地 417.05 亩。
	专项设施复建		规划复建道路 103 条 284.57km; 规划复建水利工程设施 14 处，防护处理 2 处；规划复建电力线路 116.89km；规划复建通信线路杆路 262.96km；规划复建广播电视杆路 13.72km。

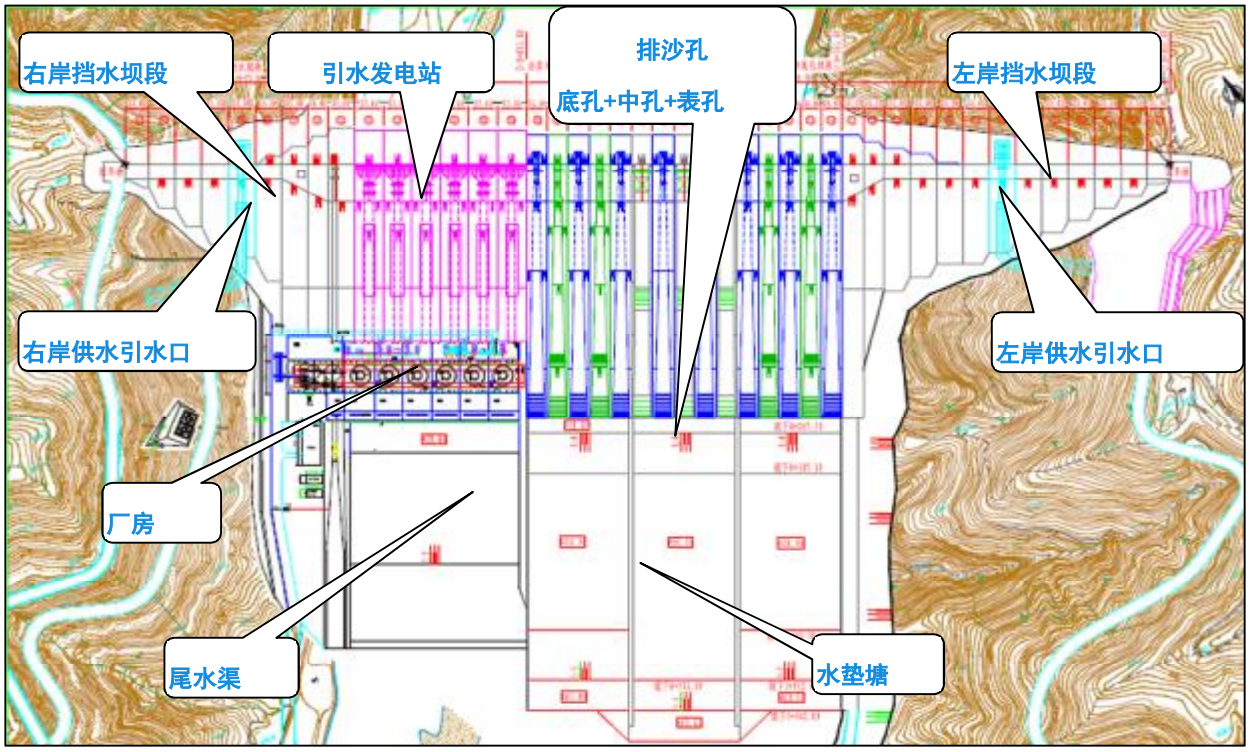


图 2.1.3-1　大坝平面布置图

2.1.3.2 主要建筑物布置和设计

2.1.3.2.1 挡水建筑物

大坝为碾压混凝土重力坝，挡水建筑物为碾压混凝土重力坝，坝顶高程 630m，最大坝高 215m，坝顶宽 15m，坝顶总长 990m。建筑物布置从左到右依次为：左岸挡水坝段（D0+000～D0+310）、泄洪中孔和排沙底孔坝段（D0+310～D0+410）、溢流表孔和排沙底孔坝段（D0+410～D0+510）、泄洪中孔和底孔坝段（D0+510～D0+610）、发电引水坝段（D0+610～D0+772）、冲沙孔坝段（D0+772～D0+797）、右岸挡水坝段（D0+797～D0+990）。

坝体基本断面：基本三角形断面顶点高程同坝顶高程为 630m，坝顶宽 15m，上游坝面设单折坡，起坡点 525m 高程以上直立，525m 高程以下坝面坡度 1:0.3，下游坡度 1:0.8，坝体基本断面见图 2.1.3-2。

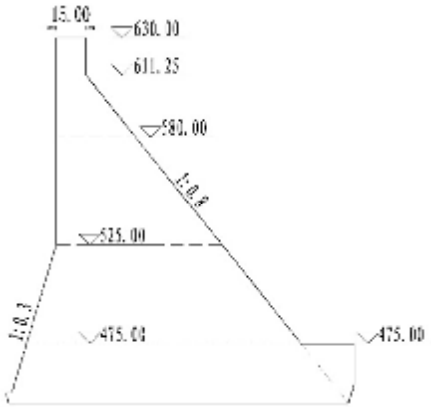


图 2.1.3-2　坝体基本断面布置图

2.1.3.2.2 排沙泄洪建筑物

（1）排沙底孔

排沙底孔共 8 个，布置在河床坝段坝体下部，与溢流表孔、泄洪中孔间隔布置，排沙底孔按单独设置布置，每个排沙底孔坝段宽度均为 20m，坝体断面结合挡水坝段基本断面型式布置，坝顶高程 630m，坝基建基面高程 428m，建基面下部齿槽底高程 417m，坝段最大坝高 213m，根据底孔进口闸门布置要求及坝顶交通要求，坝顶总宽度为 38m。排沙底孔采用短压力进口型式，进口高程 490m，孔口尺寸为 4.5m×6m，下游采用挑流消能。

（2） 泄洪中孔

泄洪中孔共 4 个，布置在河床中部溢流表孔两侧，与排沙底孔间隔布置，泄洪中孔按单独设置布置，每个泄洪中孔坝段宽度均为 20m，坝体断面结合挡水坝段基本断面型式布置，坝顶高程 630m，坝基建基面高程 428m，建基面下部齿槽底高程 417m，坝段最大坝高 213m，根据底孔进口闸门布置要求及坝顶交通要求，坝顶总宽度为 38m。泄洪中孔采用短压力进口型式，进口高程 545m，孔口尺寸为 5m×7m，下游采用挑流消能。

（3）溢流表孔

溢流表孔共 3 个，布置在河床中部，与排沙底孔间隔布置，溢流表孔按单独设置布置，每个溢流表孔坝段宽度均为 20m，坝体断面结合挡水坝段基本断面型式布置，坝顶高程 630m，坝基建基面高程 428m，建基面下部齿槽底高程 417m，坝段最大坝高 213m，根据底孔进口闸门布置要求及坝顶交通要求，坝顶总宽度为 38m。溢流表孔采用开敞式布置型式，单孔净宽 14m，堰顶高程 612m，堰型为 WES 曲线实用堰，下游采用挑流消能。

（4）冲沙孔

为了保证发电引水进口“门前清”和工程运用安全要求，在厂房坝段右侧（距离底孔排沙坝段较远端）布置 1 个冲沙孔。冲沙孔进口高程 515m，孔口尺寸 4m×4m（宽×高），采用有压进口布置型式，下游出口底板高程 463m。出口弧形工作闸门闸孔尺寸 3m×3m（宽×高），出口断面收缩，孔身断面直径 4.0m。

（5）水垫塘

根据排沙泄洪建筑物布置情况，水垫塘初拟按 3 组设置，分别对应河床左侧“3 底孔+2 中孔”、河床中部“3 表孔+2 底孔”和河床右侧“3 底孔+2 中孔”，三组水垫塘间设分隔墙，中间水垫塘中隔墙中心桩号分别为 0+410m、0+510m，两侧水垫塘左、右边墙分别与电站尾水渠分隔和左岸基岩岸坡衔接，基岩岸坡采用钢筋混凝土护坡板防护。

河床中部水垫塘长 230m，上游侧设长度 15m、板顶高程 460m 的水平防护段，后接 1:4 的斜坡防护段，中间 450m 高程水垫塘长度 175m，末端设 1:3 的斜坡出流段与下游 460m 高程河床面衔接。

河床两侧水垫塘长 200m，上游侧设长度 15m、板顶高程 460m 的水平防护段，后接 1:4 的斜坡防护段，中间 450m 高程水垫塘长度 145m，末端设 1:3 的斜坡出流段与下游 460m 高程河床面衔接。

2.1.3.2.3 发电引水建筑物

发电引水坝段位于河床右侧，共 6 个坝段，每个坝段长 27m，总长 162m，发电引水洞进口高程 545m，采用一机一管布置型式，每个进水口前设置通仓式拦污栅，进水口采用椭圆曲线平顺渐变，顺水流方向依次布置 3 孔 6m×84.20m（宽×高）拦污栅，3 孔 6m×65m（宽×高）分层取水叠梁门（副拦污栅槽与分层取水叠梁门共槽），1 孔 7.5m×7.5m（宽×高）检修门和 1 孔 7.5m×7.5m（宽×高）事故门。发电引水钢管采用坝后背管的布置型式，压力钢管直径 7.5m，外包混凝土防护层厚度为 1m。

2.1.3.2.4 发电厂房及出线场建筑物

重力坝集中布置方案厂房布置在河床右侧，为坝后式厂房。厂房轴线与坝轴线平行，机组中心线桩号为坝下 0+210。厂房内共安装 6 台单机装机容量为 350MW 的混流式水轮发电机组。

坝后式厂房厂区建筑物主要包括主厂房（主机间、安装间）、主变及 GIS 室、二次副厂房、尾水渠和冲沙孔出口段及下游消力池等。安装间布置在主机间的右侧，主变压器及户内开关 GIS 室布置在主机间上游侧，二次副厂房位于安装间上游侧，尾水渠布置

在主机间下游侧，冲沙孔出口段及下游消力池布置在尾水渠右侧，右岸岸边结合护岸布置下游进厂交通道路。

出线场采用分散布置，330kV 出线场布置在河床右岸坝肩下游的 663m 高程开挖平台上，500kV 出线场布置在河床左岸坝肩下游的 635m 高程开挖平台上。

2.1.3.2.5 供水取水口建筑物

左、右岸灌溉取水口分别位于左岸 7#坝段和右岸 39#坝段，取水口进口高程 573m，采用分层取水有压进口布置型式，坝后背管直径 6m，后部预留洞径 10m、长 100m 隧洞过渡段。

2.1.3.2.6 业主营地及鱼类增殖站

结合本工程特点及枢纽位置，在郑州设置后方业主营地一处；坝址下游黄河大桥左岸下游侧黄河边（进场道路隧洞出口南侧坡地），设置前方业主营地一处。为了补偿工程建设对鱼类的不利影响，在前方业主营地内设置鱼类增殖放流站一座。

前方业主营地是工程建设及运营管理中心，选址位于进场道路隧洞出口南侧坡地，与 3#施工生活区毗邻布置，紧邻黄河大桥左桥头及场内 1#道路，交通便利，距离坝址 3km。前方业主营地建筑面积为 8400m^2，占地面积为 25300m^2。

鱼类增殖放流站规划占地 2.00hm^2，需要建设专门的亲鱼、孵化设施、苗种培育池、亲鱼培育池及其它附属设施。增殖站总体布置见图 2.1.3-3。

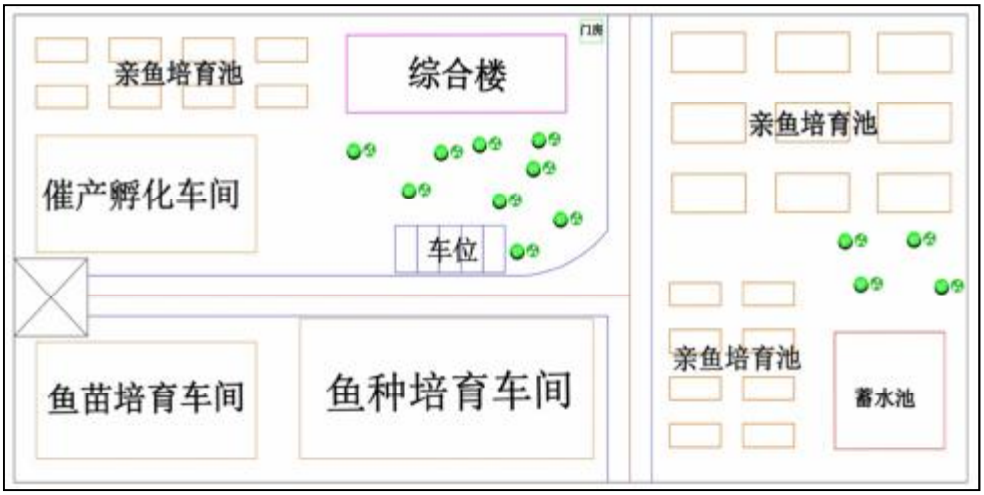


图 2.1.3-3　鱼类增殖放流站示意图

鱼类增殖站建设内容如下：

蓄水池：蓄水池 1 座，规格为 36m×12m×3m，蓄水深 2.5m，容积为 1080m^3。

亲鱼培育车间：亲鱼培育车间 3 座，车间尺寸均为 48m×30m，总面积 4320m^2。

催产孵化及开口苗培育车间：催产孵化及开口苗培育车间 1 座，车间尺寸为 48m×30m，总面积 1440m^2。

鱼苗培育车间：鱼苗培育车间 1 座，车间尺寸为 42m×24m，总面积 1008m^2。

鱼种培育车间：鱼种培育车间 2 座，车间尺寸均为 48m×28m，总面积 2688m^2。

其它设施：包括综合楼、输变电工程、生活用自来水工程、站区道路、交通工具等。

表 2.1.3-2　　黄河古贤水利枢纽工程业主营地生产辅助用房建筑面积及占地表

序号	设施名称	单位	前方业主营地	后方业主营地
1	生产辅助用房建筑面积	m^2	8400	15800
1.1	办公用房	m^2	2200	3300
1.2	生产生活用房	m^2	6200	12500
	资料档案室	m^2	200	500
	仓库	m^2	1500	0
	防汛调度中心	m^2	0	4000
	其他生产生活用房（值班室、食堂、配电房等）	m^2	4500	8000
2	占地面积	hm^2	2.53	3.00

表 2.1.3-3　　黄河古贤水利枢纽工程鱼类增殖站建设内容一览表

序号	名称	建设内容
1	综合管理区	综合楼一座，包括办公室、展示室、实验室、会议室、配电室、职工宿舍、值班室等。综合楼前停车场一个。
2	生产区	高位蓄水池 1 口，室内亲鱼培育车间 3 座，催产孵化及开口苗培育车间 1 座，鱼苗培育车间 1 座、鱼种培育车间 2 座。
3	景观绿化	选取当地花木进行绿化，绿化面积达放流站占地 30%以上。
4	道路	进场公路可从业主营地或站址右边公路接入。
5	附属工程	包括产区内给排水系统、输变电工程、生活用自来水工程、交通工具等。

2.1.3.2.7 边坡工程

（1）大坝坝肩边坡

古贤重力坝主要边坡工程有大坝坝肩边坡、坝体下游河岸侧边坡等，按照《水利水电工程边坡设计规范》（SL386-2007）的规定，大坝坝肩边坡、电站厂房侧边坡和水垫塘侧边坡等边坡为 1 级边坡。

右坝肩岩石边坡，最大高度约 40m，按 1:0.5 边坡开挖，每 15m 设一级马道，马道宽 2m；支护措施按系统支护，系统支护锚杆采用 Φ25，按 3m×3m 梅花型布置，锚杆长度 6m、8m 间隔布置，挂 Φ8@200mm 的钢筋网，在支护中辅以排水，排水孔孔径 50mm，孔深 4m，按 3m×3m 梅花形布置，并在坡顶以上设置排水、截水沟；左坝肩为黄土覆盖，边坡最大高度约 40m，开挖边坡 1:0.5，每 5m 设一级马道，马道宽 4m。

（2）水垫塘侧边坡

水垫塘侧边坡除受开挖边坡稳定影响外，主要还受泄洪雾化降雨影响，其边坡防护

需重点考虑泄洪雾化降雨保护措施。

基岩边坡开挖坡比建议 1:0.5～0.75（强风化）、1:0.3～0.5（弱风化）、1:0.3（微新岩体），并分级设置马道，每 15m 设一级马道，马道宽 2m；覆盖层开挖边坡 1:1.5，每 10m～15m 设一级马道，马道宽 2m。

根据泄洪雾化降雨防护要求，初拟水垫塘侧边坡防护措施如下：475m 高程以下水体淹没区及溅水区结合水垫塘左岸导墙防护；475m 高程以上溅水区边坡采用 0.5m～1.0m 厚钢筋混凝土板防护，防护高度至 500m 高程，其纵向范围包括水垫塘段至下游护坦末端，500m 高程以上边坡及其它区域边坡采用钢筋网喷混凝土保护，喷层厚 0.15m，钢筋网 Φ8@0.2m×0.2m，系统锚杆直径 25mm，长度为 6m、9m 间隔布置，间、排距 3m；排水孔深 5m，间、排距 3 m；考虑边坡的重要性，本阶段边坡支护在系统喷锚支护的基础上，增加随机锚索 200 束，吨位为 1000kN，长度为 25m。

（3）电站厂房出口边坡

依据《水利水电工程边坡设计规范》（SL386-2007）表 3.2.2 和 3.4.2 的规定，厂房边坡为 1 级边坡。厂区地面以上边坡开挖坡比表层强风化采用 1:0.75、弱风化采用 1:0.4，每 20m 设一级马道，马道宽度 2m，边坡最大高度 50m；尾水渠永久边坡强风化采用 1:0.75、弱风化采用 1:0.5，微风化采用 1:0.3，每 15m 设一级马道，马道宽度 2m，边坡最大高度 40m。

2.1.3.2.8 工程管理区

为保障枢纽安全、正常运用，根据国务院颁发的第 77 号令《大坝安全管理条例》和水利部《水库工程管理设计规范》（SL106-2017）中的有关条文，结合工程重要性主体工程划定了本工程管理范围和保护范围。

工程管理范围为：

（1）坝脚线向上 200m、坝脚线向下 300m、左右坝端向外 300m 范围内（不含工程占地、库区征地重复部分）；

（2）单层公路的征地红线按公路开口线或坡脚线以外 2m 划定，布置在陡坡地段的多层公路，应结合地形情况征地划定；

（3）生产、生活区用地占压范围；

（4）水库土地征用线以下的库区；

（5）其他建筑物轮廓线向外 50m 范围内。

工程管理取得的土地按永久征地征用，并办理确权发证手续，待工程竣工时移交建设单位。

工程保护范围为:

水工建筑物保护范围在管理范围界线外延 300m。其它建筑物保护范围为管理范围外 50m。

库区保护范围为坝址以上、库区两岸（包括干、支流）土地征用线以上至第一道分水岭脊线之间的陆地。

工程保护范围的土地不征用，在此范围内禁止挖洞、建窑、打井、爆破等危害工程安全的活动。

2.1.4 施工组织设计

2.1.4.1 施工条件

2.1.4.1.1 施工场地条件

古贤工程坝址区河谷为“U”型谷，河谷开阔，谷底宽度 460m 左右，河水常水位 465m 左右，坝址左岸地形相对平缓，平均坡度在 26°左右，坝址右岸地形相对陡峭，平均坡度在 40°左右。根据坝址区地形条件，适合进行施工布置的场地主要集中在坝址上下游各 4km 范围内，坝址区可供选择的施工场地主要有:

（1）坝址左岸上游 0.65km 关里沟右岸分布一块长约 260m、宽约 150m 的缓坡地，缓坡地平均坡度 10°左右，场地分布高程 670m～700m，可供利用面积约 4.5 万 m^2。

（2）坝址左岸上游 3km 分布一块长约 1000m、宽约 140m 的河滩地，河滩地分布高程 468m～481m，可供利用面积约 12 万 m^2，现有沥青道路从河滩地边缘经过。

（3）坝址左岸导流洞出口向下游方向约 2500m 范围内，分布一集中的大块河滩地，滩地分布高程 460m～467m，滩地平均宽度约 185m，可供利用面积约 47 万 m^2，场内 1#道路从河滩地边缘经过。

（4）坝址左岸下游 0.9km 导流洞出口上方分布一块长约 280m、宽约 160m 的缓坡地，缓坡地平均坡度 24°左右，场地分布高程 570m～640m，可供利用面积约 4.5 万 m^2，场内 5#道路从场地下侧边缘经过。

（5）坝址左岸下游 1.3km 分布一块长约 270m、宽约 400m 的缓坡地，缓坡地平均坡度 25°左右，场地分布高程 550m～640m，可供利用面积约 11.5 万 m^2，场内 5#道路从场地下侧边缘经过。

（6）坝址左岸下游 1.8km 分布一块长度约 400m、宽度约 300m 的缓坡地，缓坡地平均坡度 27°左右，场地分布高程 500m～610m，可供利用面积 12.0 万 m^2，场内 5#道路及 501#道路从边缘通过。

（7）坝址左岸下游 2.8km 黄河大桥左桥头上方分布一块长约 330m、宽约 240m 的缓坡地，缓坡地平均坡度 11°左右，场地分布高程 480m～550m，可供利用面积约 8 万 m^2，进场道路从场地下侧边缘经过。

（8）坝址右岸下游 0.7km 分布一块长约 280m、宽约 150m 的缓坡地，缓坡地平均坡度 25°左右，场地分布高程 590m～640m，可供利用面积约 4.5 万 m^2，场内 6#道路从场地下侧边缘经过。

（9）坝址左岸上游 1.2km、2km 分布两天然沟道，其中文城河天然沟道两岸地形平缓开阔，沟深肚大，两沟道均位于水库淹没区，是较为理想的堆渣场地，堆渣容量大。

（10）坝址左岸上游 0.5km 的关里沟，现状为沟道荒坡地，沟道较为狭窄，堆渣容量不大，但可通过堆渣形成面积 45 亩的平台，用于后期旅游开发用地。

2.1.4.1.2 地形、地貌特征

河床覆盖层厚0m～5m，为近代冲积物，由粉细砂、砂砾石层组成。左岸高程625m～640m以上和右岸高程640m～665m以上为黄土覆盖，以下基岩裸露。左岸高程625m以下平均坡度为28°；右岸高程625m以下平均坡度为33°。

坝段区位于华北地层区、陕甘宁蒙盆地地层分区。出露基岩为中生界三叠系中统二马营组上段和铜川组下段，基岩岩性主要为钙质（长石）砂岩、泥质、钙泥质粉砂岩类及少量（砂质）粘土岩。

2.1.4.1.3 对外交通现状

古贤坝址右岸为陕西省宜川县，左岸为山西省吉县；距陕西省延安市、铜川市和西安市分别为252km、280km和439km；距山西省临汾市、太原市分别为158km和437km。

工程附近东西方向有跨越黄河连接晋、陕两省的 309 国道、G22 青兰高速（青岛至兰州）、G5 京昆高速、108 国道、侯西高速（侯马至西安）；南北方向有山西境内的 209 国道、G59 呼北高速和大运高速（大同至运城），陕西境内的 108 国道、210 国道等。

G309 国道东西向贯穿山西和陕西两省，双向两车道，壶口瀑布景区下游设有 G309 跨黄河大桥一座，G309 国道和 G22 青兰高速是外来人员和物资通往古贤工程坝址区的

主要通道。

G59 呼北高速运城经河津至吉县段已通车，运城至吉县段全长 133km，双向四车道，其中吉县至河津段设计速度 80km/h，河津至运城段 100km/h，可承担运城、河津等方向外来物资运输。

G209 贯穿山西南北，双向两车道，可承担运城、河津、太原等方向物资运输。工程总体对外交通条件较好。

2.1.4.1.4 主要外购物资来源及水、电、通信等供应条件

（1）外购建筑材料来源

水泥可由陕西省耀县水泥厂（铜川）及山西省威顿水泥集团有限公司为主的水泥企业供应；钢材可从山西省太原钢铁（集团）有限公司或太钢集团临汾钢铁有限公司为主的企业采购。

木材可从河津、临汾或延安木材公司等地采购；燃料、油料可由延安炼油厂、河津或临汾石油公司供应；粉煤灰由山西河津电厂供应；火工材料可由化工有限公司等企业供应。

（2）水源、电力供应、通信

本工程现阶段生产、生活用水考虑采用黄河水取水方案。

工程区附近无大型变电站，坝址区右岸由陕西宜川县110kV变电站供应，坝址区左岸由山西大宁县德美220kV变电站供应，西磑口料场由乡宁县北垣220kV变电站供应。

工程区地处偏远山区，目前移动公司、联通公司和电信公司等部门的通信网络均未完全延伸至施工区域，为保证古贤工程施工期间对内对外的通信和信息的传递，满足工程施工调度和指挥的需要，需在施工区域建设通信网络，以提供语音通信、数据通信等业务。

2.1.4.2 料场的选择与开采

本工程仅需要混凝土骨料场。混凝土工程量共1835.5万m^3，需砂石料系统加工成品料4230.25万t，考虑加工、储存损耗等需要毛料约5004.06万t，考虑开采、运输损耗及扩大系数折合原岩约2208万m^3。

本阶段设置料场2个，即原头坡砂砾石料场和西磑口石灰岩人工骨料场。

2.1.4.2.1 料场概述

（1）原头坡砂砾石料场

原头坡砂砾石料场位于古贤坝址上游7km处的黄河左岸漫滩，滩面平均宽约0.15km～0.25km，长约1000m。地面高程为472m～482m，其上部为砂壤土、粉细砂层，厚度为2m～6m；下部为砂砾石料层，厚3m～5m，为冲洪积堆积物，相变较大，局部夹砂层透镜体。地下水位与黄河水位关系密切，一般为470.5m，砂砾石顶面高程与地下水位接近。砂砾石料储量约150万m^3，不能满足主体工程需要。且砂砾石料含泥量为6.2%，大于规范要求。但考虑到运距较近，可作为前期围堰填筑使用的砂砾石料场。

（2）西磑口人工骨料场

西磑口料场位于G209遮马峪河两岸蝎虎崖隧洞至张家岭之间，距离古贤坝址直线距离约60km，北部属乡宁县西坡镇，南部属河津市樊村镇。料场区沟壑发育、中等切割深度，地形起伏较大，山坡地面高程一般为800m～700m。根据地形条件、地质构造、地层产状、岩层结构等可分为4个料区，分别为石匣沟右岸的I料区（北部蝎虎崖料区）、II料区（中部上马台料区）、III料区（南部张家岭料区）及石匣沟左岸的IV料区（东部石匣沟料区）。I料区面积约0.14 km^2，II料区面积约0.45km^2、III料区面积约0.14km^2，IV料区面积约0.10km^2。

西磑口料场平面图见图2.1.4-1。

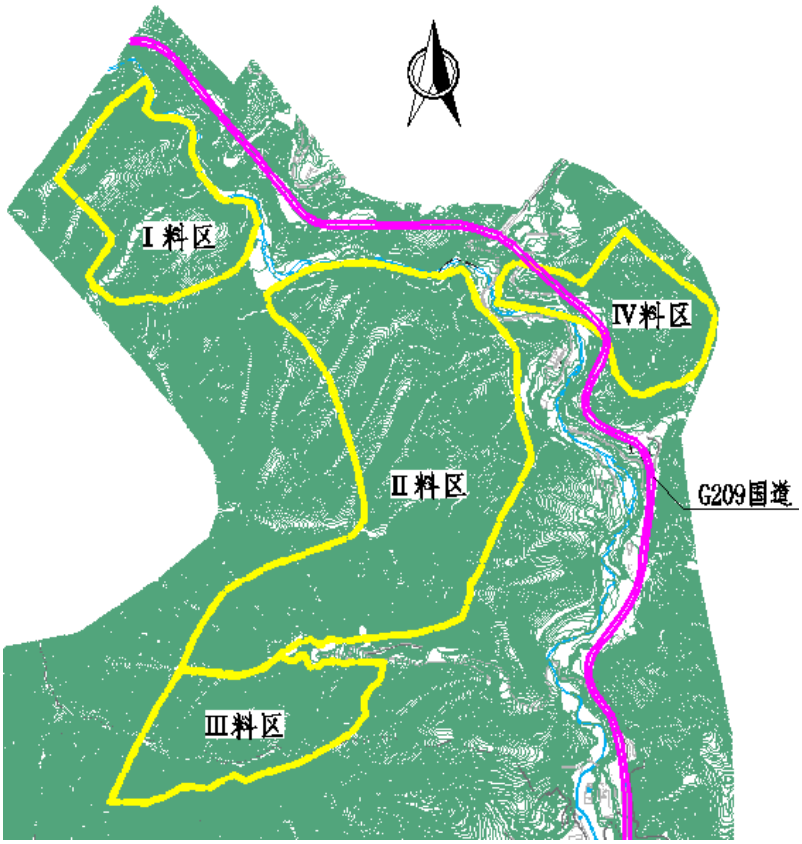


图2.1.4-1　西磑口料场平面图

料场距离古贤坝址直线距离约60km，料场临近G209，交通方便，但需要采取控制爆破或对G209采取防护等措施。

I料区原岩储量为1165.6万m^3，II料区原岩储量为3499.4万m^3，III料区原岩储量为536.4万m^3，IV料区原岩储量为455.8万m^3。

4个料区原岩储量总计5657.3万m^3，总剥离量约519.7万m^3，平均剥采比为0.09:1。

2.1.4.2.2 混凝土骨料场选择

从各混凝土骨料场情况来看，原头坡砂砾石料场虽然运距近，但储量较小，仅能用作工程前期的围堰填筑；西磑口人工骨料场的储量和质量均满足要求，料场附近有209国道通过，交通便利，但也存在到坝址运距较远的缺点。

从各料场储量、质量、运距等多因素综合研究比较，本阶段选择西磑口人工骨料场作为本工程的混凝土骨料场；原头坡料场作为天然砂砾石料场，因使用方便，且运距较近，用作前期工程的围堰填筑料场。

2.1.4.2.3 混凝土骨料场石料开采、加工

（1）料区选择

根据料场分区，I料区和IV料区紧临G209，且IV料区位于209国道上方，料场开采对209国道车辆正常通行会有较大影响，并对蝎虎隧道和石匣沟隧道稳定有一定影响，本阶段暂不考虑使用。

II料区面积约0.45km^2，中南部已有当地小型石料场分布，现场有简易道路连接至G209，开采条件较好，储量约3499.4万m^3。但II料区东北部距离G209和西坡抗旱应急水源地水井较近，开采时需采取预留岩砍、控制爆破方向等措施。

III料区位于南部山梁，开采条件较好，但储量较小，约536.4万m^3。

（2）开采规划

根据工程需求，综合考虑各料区的储量、开采条件等各种因素，本阶段选取“II料区中南部和III料区共同开采”开采规划。

为尽量减少对209国道和西坡镇应急抗旱水源地的爆破影响，优先开采III料区，不足部分从II料区中南部开采。III料区规划开采面积约10.48万m^2，可开采石料约为341.4万m^3，均为张夏中上部灰岩，考虑5m风化层厚度，剥离无用料约36.08 m^2，可用料305.32万m^3；II料区规划开采面积约28.48万m^2，可开采石料约为2165.8万m^3；考虑5m风化层厚度，剥离量约为179.0万m^3，有用料总计约1987.0万m^3；II、III料区有用料开采总量约

2292.32万m^3，满足工程需求。II、III料区开采平面示意图和终采三维示意图分别见图2.1.4-2、2.1.4-3。

图2.1.4-2　II、III料区开采平面示意图

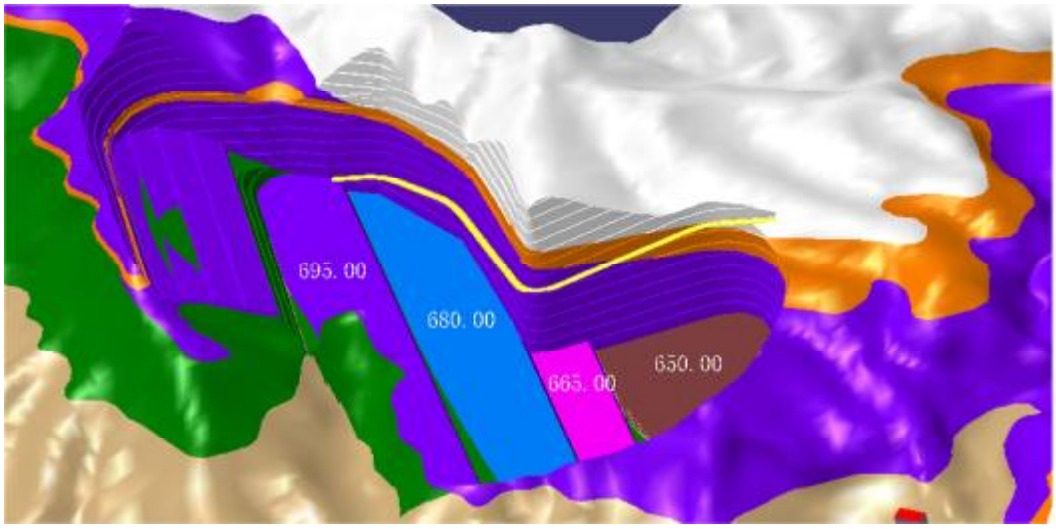


图2.1.4-3　II、III料区终采三维示意图

（3）料场开采

料场进行分台阶开采，根据地质建议，∈O_S^1白云岩地层单级开挖边坡坡比为1:0.5，崮山组∈$_3$g灰岩、张夏组∈$_2z^2$灰岩料层单级开挖边坡坡比为1:0.3，开挖边坡15m左右设一级马道，宽度3m。

为满足工程混凝土骨料需求和料场内爆破石料道路运输要求，首先开采较高部位的I采区，然后开采较低部位的II采区、III采区。在3个采区达到同一高程时，3个采区同步开采。开采分区示意图见图2.1.4-4。

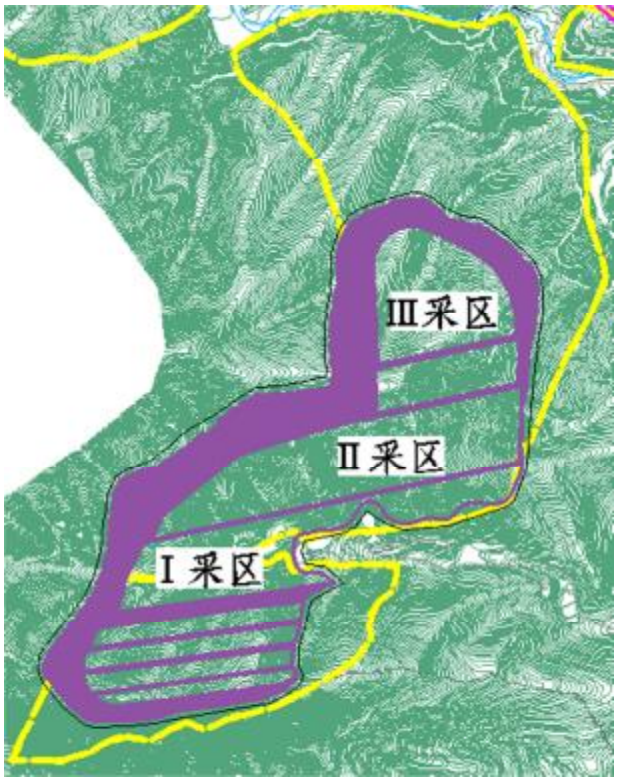


图2.1.4-4　II、III料区开采分区示意图

根据工程原岩需要量2208万m^3的要求，拟定II料区开采面积28.49万m^2，有用料分布高程650m～865m，终采平台高程为650m，可开采有用料约1987.0万m^3，无用料约179.0万m^3。拟定III料区开采面积10.48万m^2，有用料分布高程695m～900m，终采平台高程为695m，可开采有用料约305.32万m^3，无用料约36.08万m^3。料场表层风化岩层剥离量为215.08万m^3，剥采比为0.097。

石料开采自上而下分层进行，台阶高度15m，采用ROC812型液压履带式钻机钻孔，毫秒微差爆破，边坡预裂爆破，3m^3液压挖掘机配20t自卸汽车运输至砂石料加工厂进行破碎、筛分、加工为成品砂石骨料。

砂石料加工系统布置在西磑口料场西北侧1.5km的山坡处，临近长距离皮带机系统进口，区域地面高程710m～800m。

2.1.4.2.4　半成品骨料运输

砂石料半成品加工系统布置在西磑口料场西北侧，将开采的毛料加工成半成品骨料，然后运输至古贤坝址坝后半成品料堆场，在坝址区进一步加工为成品混凝土骨料。工程混凝土总量1836万m^3，成品骨料需要量4230万t，半成品骨料运输量5004万t。半成品料运输与加工系统一致，按两班制考虑，每月运输25天，每天运输14小时，日运输强度为64400t/d，小时运输强度为4600t/h。

本工程西磑口料场到古贤坝址直线距离约60km，半成品料采取带式输送机运输方案。带式输送机线路原则上在西磑口料场和坝址之间直线布置。其中，与进场公路平行段，为方便施工和运行期检修，布置在进场公路一侧，与进场公路共建。带式输送机线路总长62.47km，其中与进场公路共建段长19.34km，独立段长43.13km，其中隧道段长41177m，桥梁段长1950m。半成品骨料运输强度4600t/h，经计算，选择带宽为1600mm的钢丝绳输送带，带速4.0m/s。

隧道断面为圆形断面，一侧布置带式输送机，一侧布置检修通道，成洞断面内径为5.36m。隧道V类围岩，采用I16钢拱架支撑，系统锚杆和喷锚支护，喷混凝土厚度22cm，所以V类围岩的开挖洞径为5.8m。本隧道采用开敞式TBM开挖，不可变径，所以TBM开挖隧道洞径为5.8m。TBM进出口段采用钻爆法施工，V类围岩采用钢筋混凝土衬砌，衬砌厚30cm。

桥梁采用简支T梁结构，桥宽6.5m，桥墩高7m ~ 25m。

带式输送机系统共有7段组成，各段特性见表2.1.4-1。

表 2.1.4-1　　黄河古贤水利枢纽工程带式输送机各段特性表

序号	长度（m）	高差（m）	起点高程（m）	终点高程（m）	坡度（%）
1	8454	16.4	740	756.4	0.19
2	12198	-18.0	756.4	738.4	-0.15
3	14332	-68.0	738.4	670.4	-0.47
4	8143	-120.7	670.4	549.7	-1.48
5	7528	161.8	549.7	711.5	2.15
6	7737	-98.4	711.5	613.1	-1.27
7	4077	-121.1	613.1	492.0	-2.97

2.1.4.3 施工导流

（1）导流标准

主体建筑物工程等别为I等，碾压混凝土重力坝为1级建筑物，根据初步的导流方案设计及水力学计算，导流围堰高度大于50m，拦洪库容大于$1\times10^8m^3$，围堰使用年限大于3年。根据《水利水电工程施工组织设计规范》（SL303-2017）的规定，导流建筑物级别为3级。围堰采用土石围堰，根据导流建筑物的级别和导流建筑物的类型，导流期间各时段的导流标准如下:

1）初期导流

根据规范规定，当导流建筑物为3级、围堰为土石围堰时，设计洪水标准应为20年 ~

50年一遇，拟定初期导流标准为50年一遇洪水标准，相应的设计流量24100m^3/s。

2）中后期导流

第8年汛前，坝体浇筑至550m，对应库容为24.19亿m^3，坝体具备临时挡水度汛条件，拟定度汛标准为100年一遇设计洪水标准，相应的设计流量为27400m^3/s。

第9年汛前，坝体浇筑至630m高程，导流洞封堵后由排沙底孔和泄洪中孔过流，拟定度汛标准为200年一遇设计洪水标准，相应的设计流量为30800m^3/s。

（2）导流方式

坝址位于山区河谷段，两岸山势陡峻，呈“U”型河谷，河道两岸无布置导流明渠的条件，不宜采用明渠导流；本工程规模巨大，汛期黄河洪水含沙量大，基坑淹没后处理时间长、费用高，故本工程亦不宜采用枯期围堰挡水、汛期过水的导流方式。

通过对坝址河段水文条件、地形条件及枢纽工程布置条件的分析，可行的导流方式有河床一次拦断、隧洞导流、全年施工方式和分期导流方式两种。

经技术经济比较，河床一次拦断、隧洞导流、全年施工方式总工期比分期围堰导流方案总工期短1.5年、导流投资少0.54亿元，且分期导流方案导流程序繁琐，工期风险较高，故本阶段采用一次断流、隧洞全年导流方案。

（3）导流程序

工程开工后第三年11月上旬截流。第三年11月～第八年6月，全年围堰挡水，两条导流洞过流，设计洪水频率为P=2%。

第八年汛期，坝体挡水，2#导流洞和8孔排沙底孔联合泄流，设计洪水频率为P=1%。

第八年11月初，导流洞下闸封堵，设计洪水频率为非汛期P=5%。

第九年汛期，坝体挡水，8孔排沙底孔和4孔泄洪中孔联合泄流，设计洪水频率为P=0.5%。

具体施工导流程序见表2.1-3。

（4）导流建筑物设计

1）导流洞设计

①导流隧洞布置

坝址段河道基本上呈东北～西南走向，河道顺直，两岸山体基本对称。由于右岸进口处有下窑子北沟，冲沟汇水面积较大，施工时存在防洪问题；靠近山体的导流洞最大进口边坡高约150m，存在高边坡稳定问题。故拟将导流洞布置在左岸山体内。

根据坝区地形、地质、施工洪水等条件及水工枢纽布置情况，结合导流程序安排，

两条导流洞能满足施工导流的需要。故拟平行布置2条导流洞。两条洞轴线间距48m，两条隧洞洞身长分别为1462m、1374m。

②导流隧洞断面与型式

导流隧洞断面采用具有开挖出渣和混凝土衬砌施工方便等特点的城门洞型。

导流隧洞通过经济比较，拟定导流洞标准过水断面为13m×16m（宽×高），相应围堰高度为64.0m。导流洞临时泄流不限制流态，低水位泄洪时为明流，高水位泄洪时为压力流。

表 2.1.4-2　　黄河古贤水利枢纽工程施工导流程序表

时　间	设计洪水标准（P=%）	设计流量(m^3/s)	下泄流量(m^3/s)	泄水建筑物	水位(m)	坝(堰)顶高程(m)	备　注
第 1 年 10 月～第 3 年 11 月	20%（全年）	12600	12600	原河床过流			修建导流洞施工支洞及导流洞
第 3 年 11 月上旬	10%（旬平均）	1270	1270	1#、2#导流洞	481.0	482.0（戗堤）	河床截流
第 3 年 11 月～第 8 年 6 月	2%（全年）	24100	7054.4	1#、2#导流洞	524.0	527.0（堰）	围堰挡水、坝体浇筑施工，第七年 10 月 1#导流洞下闸，洞内埋设向下游供水钢管，汛前 1#导流洞闸门提起
第 8 年 7 月～第 8 年 9 月底	1%（全年）	27400	8678.6	2#导流洞+8 孔排沙底孔	526.4	550(坝)	坝体临时挡水度汛，进行碾压混凝土坝体的浇筑施工
第 8 年 10 月中旬	10%（旬平均）	1740	201.1	1#导流洞内的供水钢管		568(坝)	2#导流洞下闸，导流洞封堵,由改建后的 1#导流洞内的钢管过流
第 8 年 10 月下旬	10%（旬平均）	1680	201.1	排沙底孔		576(坝)	1#导流洞内下游供水钢管阀门关闭，封堵 1#导流洞，由排沙底孔向下游供水
第 8 年 11 月上旬～第 9 年 6 月	1%（非汛期）	6060		8 孔排沙底孔		579(坝)	1#、2#导流洞封堵，碾压混凝土坝体浇筑施工，机组安装试运行
第 9 年 7 月～第 9 年 12 月底	0.5%（全年）	30800	8381.6	8 孔排沙底孔+4 孔泄洪中孔	556.0	630(坝)	坝体度汛，进行排沙底孔、泄洪中孔和溢流表孔等金属结构安装
第 9 年 12 月以后	0.1%（全年）	38500		8 孔排沙底孔+4 孔泄洪中孔+3 孔溢流表孔等		630(坝)	永久建筑物正常运行，导流任务完成

③导流隧洞设计

导流隧洞布置在左岸山体内，导流隧洞整个洞段以III类围岩为主，局部地段为II类

围岩。采用一次喷锚支护与二次现浇钢筋混凝土复合衬砌相结合的衬砌方式。1#、2#导流洞进出口底高程分别为465m、462m，导流隧洞洞身长分别为1462m、1374m，两条洞轴线间距48m，纵坡分别为2.18‰和2.05‰。在1#、2#导流洞进口均设封堵闸门。

2）上、下游围堰设计

①围堰型式

为便于施工、降低造价，围堰拟采用结构简单、造价低、可就地取材、快速施工的土石围堰，围堰上部采用土工膜斜墙防渗，围堰下部采用塑性混凝土防渗墙防渗，围堰基础强风化层采用帷幕灌浆防渗。围堰填筑材料主要来源于导流洞和其它建筑物开挖的石渣料。

②上游围堰设计

上游围堰挡水水位524m，考虑波浪爬高和安全超高后，确定围堰堰顶高程527m，最大堰高64m，堰顶宽10m，堰顶轴线长约618m。

围堰上游坡坡比为1:2.3，下游坡为1:1.8。围堰上游坡采用现浇混凝土板防护。围堰上部采用土工膜斜墙防渗，围堰下部采用塑性混凝土防渗墙防渗，围堰基础采用帷幕灌浆防渗。

③下游围堰设计

下游围堰在上游戗堤合龙后，进占加高、培厚填筑至堰顶高程。下游围堰最高挡水位470m，堰顶高程473m，最大堰高12m。堰顶宽度结合施工交通布置确定为15m，堰顶轴线长472m。

围堰迎水面为块石护坡，上、下游坡坡比均为1:2。围堰基础和堰体均采用土工膜心墙防渗。

2.1.4.4 主体工程施工

大坝采用碾压混凝土重力坝，坝顶宽15m，坝顶高程630m，左岸坝段及河床坝段建基面高程最低为417m，403m夹层采用6条抗剪洞处理；右岸厂房坝段建基面高程为415m，最大坝高215m，坝顶总长990m，共分43个坝段。左右岸各预留一个灌溉取水口坝段，分别位于左岸7#坝段和右岸39#坝段。

电站厂房布置在河床右侧，为坝后式厂房。厂房内共安装6台单机装机容量为350MW的混流式水轮发电机组，电站总装机容量为2100MW。

（1）大坝施工程序

主体工程根据施工导流及进度安排，大坝采用一次拦断河床、隧洞导流全年施工。

截流前先进行两岸470m高程以上坝肩开挖、灌浆平洞的开挖和基础抗剪洞开挖；截流后再进行剩余岸坡及河床部位开挖。开挖完并经基础处理后立即进行坝体混凝土浇筑。

（2）大坝基础开挖及处理

1）土石方开挖

两岸坝肩拟自上而下分层开挖。土方开挖采用132kW推土机集料，4m^{3}挖掘机挖装，32t自卸汽车运输。石方开挖采用手风钻配合ROC812型液压履带式钻机钻孔、爆破，132kW推土机集料，采用4m^{3}挖掘机挖装，32t自卸汽车运输至弃渣场；基坑开挖石方采用235kW推土机集料，采用6m^{3}挖掘机挖装，45t自卸汽车运输至弃渣场。

2）基础灌浆

固结灌浆在有混凝土压盖、预留灌浆孔条件下进行，以坝段为灌浆单元，分3序逐渐加密。固结灌浆采用CLQ15型潜孔钻钻孔，BW100/15型灌浆泵灌浆。

帷幕灌浆按分序逐渐加密的方式施工，并在水库蓄水以前全部完成。帷幕灌浆采用SGZ-I型油压式钻机一次将灌浆孔钻至设计深度，BW200/60型灌浆泵自下而上分段进行灌浆。

3）抗剪洞施工

抗剪洞位于左岸坝基403m高程剪切带处，与坝轴线平行。为避免抗剪洞开挖时爆破对大坝混凝土浇筑的影响，将抗剪洞施工支洞和抗剪洞开挖安排在大坝基础开挖结束前完成；抗剪洞混凝土浇筑及施工支洞的封堵和大坝混凝土浇筑同时施工。

①抗剪洞施工支洞

由于抗剪洞均位于坝底，为便于抗剪洞开挖出渣及混凝土回填，从下游围堰左岸约50m布置一条施工支洞至桩号D0+140.00处最下游侧抗剪洞，同时向上游延伸140m长至最上游侧抗剪洞，支洞总长度765m，其中前段625m为斜坡段，坡度为-11.20%，末端140m为平洞段。支洞断面为7m×6m，城门洞型。

施工支洞主要工程量为土方明挖0.05万m^3，石方明挖0.48万m^3，石方洞挖3.35万m^3，喷混凝土0.16万m^3，钢筋网31.39t，锚杆4903根，支洞封堵混凝土0.83万m^3。

支洞进口土方明挖采用1m^{3}挖掘机开挖，59kW推土机辅助集料，8t自卸汽车运输弃渣场；明挖石方采用手风钻配合YQ80潜孔钻机钻孔，深孔梯段爆破，1m^{3}挖掘机开挖，59kW推土机辅助集料，8t自卸汽车运输弃渣。洞挖石方采用人工手风钻钻孔，全断面钻孔爆破，周边光面爆破。石渣采用1.0m^{3}装载机装渣，8t自卸汽车运输出渣。

②抗剪洞施工

抗剪洞开挖断面为6m×7m。隧洞石方开挖施工方法与支洞石方洞挖相同，采用6条抗剪洞同时施工。锚杆采用手风钻钻孔，人工安装。喷混凝土采用4 m^3～5m^3混凝土喷射机施工。

抗剪洞回填混凝土采用6m^3混凝土搅拌运输车运输至洞内，分段回填浇筑；HB60混凝土泵泵送入仓浇筑，插入式振捣器振捣密实。

隧洞回填及固结灌浆均采用预埋管法进行施工，固结灌浆钻孔在混凝土回填前提前钻孔，并预埋到灌浆管。回填灌浆在回填混凝土施工后及时进行，固结灌浆在回填混凝土施工30m～50m长的段落后进行。钻孔采用手风钻钻孔，BW100/15型灌浆泵灌浆，按逐渐加密的原则进行。

4）灌浆洞施工

灌浆洞位于两岸岸坡，开挖断面为3.0m×3.5m，洞挖石方约2.83万m^3，隧洞衬砌厚度25cm，衬砌混凝土1.06万m^3。

灌浆洞开挖在坝肩开挖高程达到灌浆洞底板高程时进行。采用手风钻钻孔，周边光面爆破，洞内石渣采用人工装渣，机动翻斗车运输至洞口后结合坝体开挖出渣，由4.0m^3液压挖掘机挖装，32t自卸汽车运至渣场。

灌浆洞衬砌混凝土施工在隧洞全部开挖完成后进行。两岸低部位灌浆洞衬砌混凝土采用6m^3搅拌运输车由低线拌和站运输混凝土，HB60混凝土泵送入仓。两岸高部位灌浆洞由于隧洞开挖完成后坝体开挖平台已经降低，且施工部位无施工道路到达，因此混凝土的运输采用6m^3混凝土搅拌运输车由低线拌和站运输至左坝肩缆机平台，由坝顶缆机垂直吊运至洞口平台后由混凝土泵送入仓浇筑。

（3）大坝混凝土施工

1）碾压混凝土施工

① 浇筑方案

490m高程以下碾压混凝土采用自卸汽车直接入仓方式；490m～630m高程区间碾压混凝土采用以高速皮带机接塔带机为主，满管溜槽及缆机为辅的入仓方式。

各入仓方式下混凝土浇筑工程量及占坝体总方量的比例见表2.1-4。

465m高程以下碾压混凝土利用基坑开挖施工道路、钢栈桥从低线混凝土拌和系统进料；465m～490m高程碾压混凝土结合左、右岸上坝道路和左岸岸坡回填石渣入仓道路，从低线混凝土拌和系统进料，采用32t自卸汽车运输，直接入仓浇筑。

490m～630m高程碾压混凝土采用从高线拌和系统通过高速皮带机接塔带机入仓浇筑和32t自卸汽车配合满管溜槽入仓。其中中部的14#坝段～35#坝段采用从高线拌和系统通过高速皮带机接塔带机入仓浇筑；左岸1#～13#坝段和右岸36#～43#坝段位于塔带机覆盖范围以外，采用自卸汽车入仓浇筑，由32t自卸汽车从高线拌和系统运输混凝土至两岸坝顶满管溜槽上料平台，再经满管溜槽垂直运输至浇筑层面，转32t自卸汽车入仓。

表 2.1.4-3　　黄河古贤水利枢纽工程各入仓方式下混凝土浇筑工程量表

序号	高程区间	入仓方式	碾压混凝土方量（万 m^3）	占总量比例
1	415m～490m	32t 自卸汽车	841.21	59.86%
2	490m～630m	700mm 宽高速皮带机+TC2400 塔带机	295.59（14～35 坝段）	21.03%
3		32t 自卸汽车+800mm×800mm 满管溜槽	266.75（2～13、36～42 坝段）	18.98%
4		32t 自卸汽车+QUY50 汽车吊	1.86（1、43 坝段）	0.13%

②坝面垂直运输

由于工程规模庞大，混凝土浇筑强度高，结合不同部位的浇筑量和浇筑强度配备相应的浇筑运输设备。采用大坝混凝土浇筑以自卸汽车、塔带机为主，缆机、门塔机为辅的浇筑方式。

坝顶设2台30t平移式缆机，将大坝全部覆盖。缆机主要用来吊装钢筋、模板、振动碾、小型坝面施工设备、金属结构等，配合塔带机、门机辅助浇筑混凝土。

坝面中部均匀布置4台TC2400型塔带机，坝后均匀布置3台MQ1000门机；塔带机具有自升功能，随大坝混凝土浇筑的上升而上升。

塔带机、门机在坝面均匀布置，结合缆机将坝面全部覆盖，其工作内容包括混凝土浇筑、钢筋、模板、金属结构、小型施工设备等的垂直运输。

在右岸电站厂房部位布置3台MQ1000门机，将厂房部位基本全部覆盖，其工作内容包括厂房混凝土浇筑，模板、钢筋等物资运输。

③碾压混凝土施工方法

本工程碾压混凝土总量约为1405万m^3，分两个施工区域，其中左岸施工区域为1#～23#坝段，右岸施工区域为24#～43#坝段，根据总进度安排，大坝浇筑高峰时段月平均强度59.50万m^3/月，对左岸施工区域分5仓浇筑，最大合并仓面在447m～448.5m高程，面积约为12385m^2(不含铺盖和消力池)；右岸施工区域拟分7仓浇筑，最大合并仓面在

448.5m ~ 450.0m高程，最大仓面面积为12177m^2（不含铺盖和消力池）。

碾压混凝土施工方法采取RCC工艺，平铺法结合斜层铺筑施工，即大仓面薄层铺料、碾压、连续上升的施工方法，坝体混凝土浇筑考虑不设纵、横缝；除孔洞高程部位由于孔洞的分隔需分仓浇筑外，其余均采用全断面通仓浇筑。

坝面采用120kW湿地推土机按碾压条带平仓，BW202振动碾碾压，边角部位采用BW-75S小型振动碾碾压。坝块之间永久缝采用EX100型振动切缝机切割。

2）常态混凝土施工

基础常态混凝土采用分仓浇筑，插入式振捣棒振捣。溢流面及导墙常态混凝土浇筑考虑在碾压混凝土浇筑完成后在层间歇期进行，采用缆机或门机浇筑，溢流面采用滑模施工，插入式振捣棒振捣。泄洪底孔和中孔常态混凝土采用钢木模板施工，对于孔口部位混凝土，应在常态混凝土浇筑完成后再进行两侧的碾压混凝土施工，采用缆机或门机浇筑，插入式振捣棒振捣。厂房混凝土采用门机进行浇筑，插入式振捣棒振捣。

2.1.4.5 施工总布置

2.1.4.5.1 施工交通

（1）对外交通运输

古贤坝址距山西省临汾市 158km，距太原市 437km；距陕西省延安市 252km，距西安市 439km。

根据坝址区周边路网分布，规划对外交通经现有高速公路或国道至壶口，自青兰高速壶口收费站匝道出口新建 20.558km 进场道路至坝后黄河大桥左岸桥头。

为尽可能绕避壶口景区、小河口军事禁区，进场道路采用隧道通过壶口瀑布风景区。

带式骨料运输线路在穿过黄河壶口景区部分与进场道路走向基本一致，综合考虑技术、经济、环保、施工等因素，进场道路 K1+200 至终点路段，与皮带机线路并线。

进场道路线路总长 20.558km，其中大部分路段为桥梁隧道等结构物，隧道 7 座，共长 17120m，其中最长的为 1 号隧道长 4330m；桥梁 9 座，共长 1460m，最长的桥梁为 2 号桥，桥长 280m；路基段长共 1978m。桥梁隧道占总路线长度的 90%。

进场道路设计标准为二级公路，水泥混凝土路面，设计速度 60km/h，局部 40km/h。荷载等级为公路-I 级，挂 250。

进场道路与带式输送机并线后，路基标准横断面宽 11.9m，横断面布置为 0.5m 土路肩+0.25m 硬路肩+2×3.5m 行车道+0.25 硬路肩+0.5m 土路肩（设置隔离护栏）+3.4m 宽皮带机。

桥梁标准横断面宽 12.4m，横断面布置为 0.5m 防撞护栏+0.25m 硬路肩+2×3.5m 行车道+0.25m 硬路肩+0.5m 防撞护栏+0.55m 检修道+2.3m 带式输送机+0.55m 检修道+0.5m 防撞护栏。

隧道标准横断面宽 11.65m，隧道路面净宽与硬路肩外轮廓线对齐，在行车道右侧设置带式输送机，横断面布置为 0.25m（余宽）+0.25m 侧向宽度+2×3.5m 行车道+0.25m 侧向宽度+0.5m（防撞护栏）+3.4m（带式输送机）。

（2）场内交通运输

场内交通干线道路总长约 22.58km，次干线道路总长约 9.25km，施工临时支线道路总长约 2.23km，场内干支线道路总长约 34.06km，桥梁 4 座，其中永久桥 2 座，桥长分别为 427m、191m，临时桥 2 座，桥长 220m 和 220m。

场内干线道路规划如下:

1）左岸道路布置

左岸共布置 5 条干线道路，分别为 1#道路、3#道路、5#道路、7#道路、9#道路，干线道路总长约 11.37km。共布置 5 条次干线道路，分别为 101#道路、102#道路、501#道路、502#道路、901#道路，次干线道路总长约 6.42km。

①1#道路：主要为主体工程施工期水泥、钢筋、混凝土等施工材料进入工程区的主要施工运输通道，后期改建成永久路、永临结合，作为工程运行管理道路。

1#道路为左岸下游低线道路，起点接线于对外交通进场道路末端，与设置于坝址下游 3km 的黄河大桥左桥头相连，依次途经综合仓库、综合加工厂、半成品料堆、砂石料加工系统、左岸低线混凝土拌和系统、导流洞出口，终点接线至下游围堰上游侧，道路总长 2.08km，平均纵坡为 0.5%，最大纵坡为 7.25%，水电二级道路标准，路面宽 9m，泥结碎石路面结构; 后期改建成沥青混凝土路面，路面宽 6.5m，作为工程运行管理道路。

②3#道路：主要为坝体、厂房基坑开挖、左岸岸坡开挖、混凝土浇筑、施工进场物资运输、上游围堰填筑与拆除主要施工运输通道。

3#道路为左岸上游低线道路，起点接线于 1#道路末端，沿坝址左岸坡脚展线上行，依次途经导流洞出口施工支洞、左岸坝址、导流洞进口支洞、上游围堰、导流洞进口、2#渣场，终点接线至 1#渣场，道路总长 2.73km，平均纵坡为 0.8%，最大纵坡为 7%，水

电二级道路标准，下游围堰至上游临时浮桥段路面宽 9m，上游临时浮桥至 1#渣场段路面宽 10.5m，泥结碎石路面结构，3#道路为临时道路。

③5#道路：主要为成品砂石骨料运往左岸高线混凝土拌和系统、左岸高线混凝土上坝、岸坡出渣、左坝肩灌浆洞施工主要施工运输通道。

5#道路为左岸下游高线道路，起点从 1#道路桩号 0+720 处接线，接线高程为 472.5m，在坝址下游左岸山坡展线上行，依次途经 4#施工生活区、机械修配厂、左岸高线混凝土拌和系统、施工变电站、缆机上料平台，终点接线至左坝肩，终点高程为 630m，道路总长 2.80km，平均纵坡为 5.6%，最大纵坡为 7.8%，水电二级道路标准，路面宽 9m，泥结碎石路面结构；后期改建成沥青混凝土路面，路面宽 6.5m，作为工程运行管理道路。

④7#道路：为坝基、厂房基坑、导流洞进口、左岸岸坡开挖及导流洞下闸封堵主要施工运输通道。

7#道路为左岸上游中线道路，起点从上游围堰左端头接线，在坝址上游左岸山坡展线上行，依次途经导流洞进口边坡、2#渣场，终点接线至 1#渣场，道路总长 1.95km，平均纵坡为 0.5%，最大纵坡为 8.6%，水电二级道路标准，路面宽 10.5m，泥结碎石路面结构，7#道路为临时道路。

⑤9#道路：为左岸岸坡开挖出渣、左岸缆机平台、上料平台开挖出渣、导流洞下闸封堵等主要施工运输通道。

9#道路为左岸上游高线道路，起点从 5#道路末端接线，与左坝肩、缆机上料平台相连，在坝址上游左岸山坡展线至关里沟，后沿关里沟右岸山坡展现至 7#道路，道路总长 1.82km，平均纵坡为 4.9%，最大纵坡为 7.3%，水电二级道路标准，路面宽 9m，泥结碎石路面结构，为临时道路。

此外，左岸还布置了 101#道路、102#道路、501#道路、502#道路、901#道路等次干线路用于连接各工作面及左岸各主干线路，5 条次干线路均为临时道路。

2）右岸道路布置

右岸共布置 4 条干线道路，分别为 2#道路、4#道路、6#道路、8#道路，干线道路总长约 11.2km。共布置 3 条主要次干线道路，分别为 401#道路、402#道路、601#道路，次干线道路总长约 2.83km。

①2#道路：主要为部分坝体基坑开挖、厂房基坑开挖、右岸岸坡开挖及施工期低线外来物资、混凝土骨料运输等主要施工运输通道。

2#道路为右岸下游低线道路，起点接线于黄河大桥右桥头，在坝址下游右岸坡脚展线上行，途经右岸低线混凝土拌和系统，终点接线至下游围堰右端头，道路总长 2.47km，平均纵坡为 0.5%，最大纵坡为 3%，水电二级道路标准，路面宽 9m，泥结碎石路面结构；后期改建成沥青混凝土路面，路面宽 6.5m，作为工程运行管理道路。

②4#道路：为坝体基坑开挖、厂房基坑开挖、右岸岸坡开挖、厂房混凝土浇筑及导流工程施工的主要运输通道。

4#道路为右岸上游低线道路，起点接线于 2#道路末端，与下游围堰右端头相连，在坝址右岸滩地展线上行，依次途经厂房、右岸坝址、上游围堰，终点接线至左岸 3#道路 1+670 桩号处，过黄河需设置临时浮桥 2 座，道路总长 2.05km，平均纵坡为 0.2%，最大纵坡为 6%，水电二级道路标准，下游围堰至上游围堰段路面宽 9m，上游围堰至 3#路段路面宽 10.5m，泥结碎石路面结构，过黄河采用设置 2 座临时浮桥，桥长均为 220m。其中下游围堰右端头至厂房安装间段后期改建成永久路，路面宽 6.5m，长约 480m，其余段为临时路。

③6#道路：为右岸岸坡开挖出渣、右岸缆机平台施工、混凝土运输、右坝肩灌浆洞等主要施工运输通道。

6#道路为右岸下游高线道路，起点接线于 2#道路 0+340 桩号，在坝址下游右岸山坡展线上行至右岸高线混凝土拌和系统，终点接线至右坝肩，道路总长 5.53km，平均纵坡为 2.6%，最大纵坡为 9.8%。水电二级道路标准，路面宽度 9.0m，泥结碎石路面结构；后期改建成沥青混凝土路面，路面宽 6.5m，作为工程运行管理道路。

④8#道路：为右岸缆机施工、出线场施工主要运输通道。

8#道路起点从右坝肩 6#道路末端接线，沿右岸山坡展线上行，经右岸缆机平台，终点接线至出线场，道路总长 1.16km，平均纵坡为 2.8%，最大纵坡为 8.8%，水电三级道路标准，路面宽 6.5m，泥结碎石路面结构，后期改建成沥青混凝土路面，作为工程运行管理道路。

此外，右岸还布置了 401#道路、402#道路、601#道路等 3 条次干线路用于连接各工作面及左岸各主干线路，次干线路均为临时道路。

3）交通桥

①永久桥

a.黄河大桥

黄河大桥布置于坝址下游 3km，桥位两岸地形平坦。桥梁连接黄河左右岸的 1#道路、2#道路及工程进场道路，建成后两岸沟通便利。桥梁初拟采用混凝土箱梁方案，桥面高程 483m，设计荷载等级为公路I级，挂-250t，桥宽 15.5m，桥长约 427m。

b.导流洞出口桥

导流洞出口桥布置于坝址左岸下游 0.92km，跨越导流洞出口，桥梁上下游连接线位于左岸河滩地，是连接 1#道路跨越导流洞出口上下游的构筑物，过导流洞出口桥梁初拟采用采用混凝土 T 型梁方案，桥跨布置 1×25+2×30+1×25，桥面高程 472.5m，设计荷载等级为公路II级，挂-250t。桥宽 11m，桥长约 110m。

②临时桥

本工程共布置施工临时桥 2 座，1#临时桥在坝址上游 0.96km，桥位距离上游围堰 0.64km，在 1#临时桥上游 40m 布置跨越黄河的 2#临时桥，2 座临时桥均为连接黄河左右岸的 3#道路、4#道路，桥梁初拟采用钢浮桥型式，设计荷载等级为公路II级，桥宽 5.5m，每座桥桥长约 220m。

古贤工程坝址区场内道路主要参数见表 2.1.4-4，桥梁特性见表 2.1.4-5。

表 2.1.4-4 黄河古贤水利枢纽工程坝址区场内道路特性表

序号	道路名称		起止点	道路长度（km）	路面宽度（m）	最大纵坡（%）	平均纵坡（%）	道路等级	路面结构	备注
1	左岸干线	1#道路	黄河大桥左桥头至下游围堰上游侧	2.08	9	7.25	0.5	水电二级	泥结碎石	后期改建成永久路
		3#道路	1#道路末端接线至 1#渣场	2.73	9、10.5	7	0.8	水电二级	泥结碎石	临时路
		5#道路	1#道路接线至左坝肩	2.80	9	7.8	5.6	水电二级	泥结碎石	后期改建成永久路
		7#道路	上游围堰左端头接线至 1#渣场	1.95	10.5	8.6	0.5	水电二级	泥结碎石	临时路
		9#道路	左坝肩接线至 7#道路	1.82	9	7.3	4.9	水电二级	泥结碎石	临时路
2	左岸次干线	101#道路	1#路接线至 5#路	1.48	9	9	6.1	水电二级	泥结碎石	临时路
		102#道路	1#路末端接线至厂房基坑	0.36	10.5	2.7	2.7	水电二级	泥结碎石	临时路
		501#道路	5#路接线至 3#施工生活区	1.14	6.5	8.9	5.7	水电三级	泥结碎石	临时路
		502#道路	5#路接线至 2#施工生活区	0.93	6.5	9	6.7	水电三级	泥结碎石	临时路
		901#道路	9#道路接线经 1#施工生活区至左岸缆机平台	2.51	6.5	8.9	4.4	水电三级	泥结碎石	临时路
3	右岸干线	2#道路	黄河大桥右桥头接线至下游围堰右端头	2.47	9	3	0.5	水电二级	泥结碎石	后期改建成永久路
		4#道路	下游围堰右端头接线至 3#道路	2.05	9、10.5	6	0.2	水电二级	泥结碎石	其中下游围堰右端头至厂房安装间段后期改建成永久路
		6#道路	2#道路接线至右坝肩	5.53	9	9.8	2.6	水电二级	泥结碎石	后期改建成永久路
		8#道路	右坝肩接线经右岸缆机平台至出线场	1.16	6.5	8.8	2.8	水电三级	泥结碎石	后期改建成永久路
4	右岸次干线	401#道路	4#道路接线经上游围堰至支沟排水洞进口	1.36	6.5、10.5	8	3	水电二、三级	泥结碎石	临时路
		402#道路	连接 4#道路至大坝基坑	0.91	10.5	9.2	6.9	水电三级	泥结碎石	临时路
		601#道路	6#路接线至右岸岸坡	0.56	9	9.9	8.7	水电二级	泥结碎石	临时路
5	施工支线道路		坝肩开挖施工临时支线路	2.23	8.5			水电三级	泥结碎石	临时
6	合　计			34.06						

表 2.1.4-5　　黄河古贤水利枢纽工程桥梁设计技术特性表

序号	项　目	黄河大桥	导流洞出口桥	1#及 2#临时浮桥
1	主要控制荷载	总重 55t	总重 55t	挂 100t
2	使用年限	永久	永久	3 年
3	设计标准	50 年一遇	50 年一遇	25 年一遇
4	荷载标准	公路I级 挂--250	公路II级 挂--250	公路II级
5	限速要求	≤30km/h	≤30km/h	≤30km/h
6	桥　型	预应力钢筋混凝土连续梁桥	预应力钢筋混凝土连续梁桥	钢浮桥
7	桥长（m）	427	191	220/220
8	桥宽（m）	15.5m	11m	5.5m
9	桥面高程（m）	483	487.5	468/468

（4）料场区道路布置及道路标准

根据料源规划，工程混凝土骨料场位于乡宁县西坡镇西磑口村附近的 G209 西侧，料场区施工干线道路布置 3 条，道路总长 8.51km，次干线道路布置 1 条，道路长 0.72km，料场分高程开采及施工场区临时支线道路长约 1.5km，料场区施工道路总长 10.73km。

料场区 1#道路主要为料场强风化层剥离出渣及下游工作面开采主要施工运输通道。起点接线于 G209，通过桥梁跨越石匣沟后，沿石匣沟右岸山坡展线上行，终点接线至料场 850m 高程，道路总长 3.85km，平均纵坡为 6.9%，最大纵坡为 9%，过石匣沟桥梁采用简支 T 梁型式，桥长 120m，1#道路为临时路。

料场区 2#道路为料场强风化开挖弃渣及砂石系统加工弃料主要施工运输通道。起点接线于 1#道路末端，与国道 G209 平面交叉，终点接线至弃渣场，道路总长 2.53km，平均纵坡为 7.4%，最大纵坡为 9.7%。2#道路是料场区弃渣主要施工交通运输道路，2#道路为临时路。

料场区 3#道路为料场开采及毛料运输主要干线道路，起点接线于砂石料加工系统，沿石匣沟右岸山坡展线下行，终点接线至料场，道路总长 2.13km，平均纵坡为 0.02%，最大纵坡为 3%。3#道路是料场开采及毛料运输干线道路，3#道路为临时路。

料场区 301#道路为 3#道路上引接的主要次干线路，主要功能是料场上游工作面开采及毛料运往砂石加工系统主要施工运输通道。起点从 3#道路 0+890 桩号接线，沿石匣沟右岸山坡展线上行，终点接线至料场 755m 高程区域，道路总长 0.86km，平均纵坡为 4.4%，最大纵坡为 6.5%。301#道路是料场 730m 高程以上开采及毛料运输次干线道路，为临时路。

施工支线主要为料场开采区内临时支线及通往施工生活区、炸药库等施工支线路，施工支线总长约 1.5km，按水电三级道路标准，路面宽 6.5m，泥结石路面。

共布置临时桥 2 座，1#临时桥为 1#道路跨石匣沟桥。 2#临时桥为砂石料加工系统东侧跨石匣沟桥，连接砂石加工系统与左岸 G209。临时桥桥梁初拟采用混凝土 T 梁方案，设计荷载等级为公路II级，桥宽 11m，桥长约 120m。

古贤工程料场区施工道路主要参数见表 2.1.4-6，桥梁特性见表 2.14-7。

表 2.1.4-6　　黄河古贤水利枢纽工程料场区施工道路特性表

序号	道路名称	起止点	道路长度（km）	路面宽度（m）	最大纵坡（%）	平均纵坡（%）	道路等级	路面结构
1	1#道路	国道 209 接线至料场 850m 高程	3.85	8	9	6.9	水电二级	泥结碎石
2	2#道路	国道 209 接线至渣场	2.53	8	9.7	7.4	水电二级	泥结碎石
3	3#道路	砂石料加工系统接线至料场 700m 高程	2.13	10.5	3	0.02	水电二级	泥结碎石
4	301#道路	3#道路接线至料场 755m 高程	0.72	10.5	6.5	4.4	水电二级	泥结碎石
5	其他施工支线		1.50	6.5			水电三级	泥结碎石
6	合　计		10.73					

表 2.1.4-7　　黄河古贤水利枢纽工程桥梁设计技术特性表

序号	项　目	1#临时桥	2#临时桥
1	主要控制荷载	总重 55t	总重 55t
2	使用年限	7 年	7 年
3	设计标准	25 年一遇	25 年一遇
4	荷载标准	公路II级	公路II级
5	限速要求	≤30km/h	≤30km/h
6	桥　型	装配式 T 型梁桥	装配式 T 型梁桥
7	桥长（m）	120	120
8	桥宽（m）	11m	11m
9	桥面高程（m）	583	720

（5）皮带机线路道路布置及道路标准

带式输送机线路施工干线道路布置 13 条，道路总长 20.6 km，主要为 TBM、钻爆法洞段及竖井施工服务，道路等级为水电二级、三级标准，路面宽度 8.0m、6.0m，泥结碎石路面结构。古贤工程带式输送机线路区施工道路主要参数见表 2.1.4-8。

表 2.1.4-8　　黄河古贤水利枢纽工程带式输送机线路区施工道路特性表

序号	道路名称	起止点	道路长度（km）	路面宽度（m）	道路等级	路面结构
1	1#道路	G209 接线至皮带机线路隧洞进口	0.8	6	水电三级	泥结碎石
2	2#道路	长咀湾村附近现有路接线至竖井 1	1.5	6	水电三级	泥结碎石
3	3#道路	线路桩号 8+570 接线经 3#渣场至 3#生产生活区	1.7	6	水电三级	泥结碎石
4	4#道路	线路桩号 11+00 接线至 4#渣场	0.2	6	水电三级	泥结碎石
5	5#道路	现有路接线至线路桩号 12+400	0.35	6	水电三级	泥结碎石
6	6#道路	现有路接线经 6#渣场、6#生产生活区至线路桩号 13+650	2.5	6	水电三级	泥结碎石
7	7#道路	谭坪村附近现有路接线经 7#渣场、7#生产生活区至竖井 2	2.1	6	水电三级	泥结碎石
8	8#道路	东阳村附近现有路接线经 8#渣场至竖井 3	1.8	6	水电三级	泥结碎石
9	9#道路	北角头凸附近现有路接线经 9#渣场、9#生产生活区至线路桩号 21+380	2.1	6	水电三级	泥结碎石
10	10#道路	石家庄村附近现有路接线经 10#渣场、10#生产生活区至线路桩号 22+000	1.9	8	水电二级	泥结碎石
11	11#道路	桌子岭附近现有路接线经 11#生产生活区、11#渣场至线路桩号 31+00 0	1.2	6.5	水电三级	泥结碎石
12	12#道路	东庄小学附近现有路接线至线路桩号 34+960	2.35	6.5	水电三级	泥结碎石
13	13#道路	现有路接线经 12#生产生活区至线路桩号 43+100	2.1	8	水电二级	泥结碎石
14	合　计		20.6			

2.1.4.5.2　施工分区规划布置

古贤水利枢纽建筑物主要包括碾压混凝土重力坝、引水发电系统、电站厂房等永久建筑物及导流洞、围堰等临时建筑物，主体及临时建筑物布置集中。

根据料源规划，工程混凝土骨料场位于乡宁县西坡镇西磑口村附近的 G209 西侧，料场距离工程区直线距离 60km 左右。半成品混凝土骨料由皮带机运输至坝后半成品堆料场，皮带机线路长 62.47km。

根据施工布置原则，结合工程枢纽建筑物布置及料场选择特点，古贤工程施工区划分为坝址施工区、料场施工区及皮带机线路 3 个施工区。

（1）施工工厂设施布置

1）坝址施工区

坝址区施工工厂设施分别布置于坝址上下游左右两岸，主要工厂设施布置有砂石料加工系统、左岸低线混凝土拌和系统、左岸高线混凝土拌和系统、右岸低线混凝土拌和系统、右岸高线混凝土拌和系统、综合加工厂、机电及金属结构安装厂、机械修配厂、汽车修理保养厂及导流工程工厂设施等。

①左岸低线混凝土拌和系统、砂石料加工系统、半成品料堆、综合加工厂、机电及金属结构加工厂等毗邻布置于坝址左岸下游 1.3km 河滩地，左岸低线混凝土拌和系统距离导流洞出口 0.3km，场内 1#道路从场区边缘经过，交通便捷，场区占地面积 42 万 m^2，场区滩地高程 460m ~ 467m，因高程较低，需利用开挖料将场地填至 20 年防洪水位 472m 高程以上。

②左岸高线混凝土拌和系统布置于坝址左岸下游 0.9km，导流洞出口上方缓坡地，场内 5#道路从场区下侧边缘经过，交通便捷，场区占地面积 4.5 万 m^2，场地分布高程 570m ~ 640m。

③导流等前期工程工厂设施主要包括混凝土拌和系统、综合加工厂、机械修配厂、汽车修理保养厂，集中布置于坝址左岸上游 3km 河滩地，现有沥青道路从河滩地边缘经过，交通便捷，场区占地面积 12 万 m^2，场区滩地高程 468m ~ 481m，因高程较低，需利用开挖料将场地填至 20 年防洪水位 472m 高程以上。

④右岸低线混凝土拌和系统布置于坝址右岸下游 0.7km 黄河岸边，紧邻下游围堰，场内 2#道路从场地边缘经过，交通便捷，截留后，利用开挖料将场地填至 20 年防洪水位 472m 高程，和下游围堰同一高程，场地不影响导流度汛期间导流洞及河道行洪，场地占地面积 5.5 万 m^2。

⑤右岸高线混凝土拌和系统布置于坝址右岸下游 0.7km 坡地，场内 6#道路从场区下侧边缘经过，交通便捷，场区占地面积 4.5 万 m^2，场地分布高程 590m ~ 640m。

⑥机械修配厂、汽车修理保养厂毗邻布置于坝址左岸下游 1.3km 坡地，场内 5#道路从场区下侧边缘经过，交通便捷，场区占地面积 5.2 万 m^2，场地分布高程 550m ~ 610m。

2）料场施工区

料场区施工工厂设施布置于石匣沟右岸、料场上游 1.5km 山坡处，主要工厂设施布置有砂石料加工系统、机械修配厂、汽车修理保养厂等，场内 3#道路连接工厂区与料场开采区，并通过跨石匣沟 2#临时桥与左岸国道 G209 相连，交通便捷，场地分布高程 710m ~ 780m，场区占地面积约 13 万 m^2。

3）皮带机线路施工区

带式输送机线路总长约 62.47km，线路起点靠近料场，终点位于坝址下游左岸，共设 13 个施工区。

1#施工生产生活区布置在线路起点隧洞进口附近，紧邻场内 1#道路;

2#施工生产生活区布置在竖井 1 附近，紧邻场内 2#道路;

3#施工生产生活区布置在线路桩号 9+380 附近，紧邻场内 3#道路;

4#施工生产生活区布置在线路桩号 10+850 附近，紧邻场内 4#道路;

5#施工生产生活区布置在线路桩号 12+400 附近，紧邻现有道路;

6#施工生产生活区布置在线路桩号 13+600 附近，紧邻场内 6#道路;

7#施工生产生活区布置在竖井 2 附近，紧邻场内 7#道路;

8#施工生产生活区布置在漫水滩村附近，紧邻场内 8#道路;

9#施工生产生活区布置在线路桩号 21+500 附近，紧邻场内 9#道路;

10#施工生产生活区布置在线路桩号 22+000 附近，紧邻场内 10#道路;

11#施工生产生活区布置在线路桩号 31+000 附近，紧邻场内 11#道路;

12#施工生产生活区布置在线路桩号 34+960 附近，紧邻场内 12#道路;

13#施工生产生活区布置在线路桩号 43+110 附近，紧邻场内 13#道路。

13 个施工区共占地 7.4 万 m^2。

（2）施工生活区

1）坝址区施工生活区

根据施工总进度安排，古贤工程坝址区施工期高峰年平均人数约 11800 人，导流等前期工程高峰年平均人数约 3000 人。

根据施工区地形地质条件及施工总体规划，主体工程集中布置 4 处施工生活区，导流等前期工程集中布置 1 处施工生活区。

主体工程 1#施工生活区布置于坝址左岸上游 0.65km 关里沟右岸坡地，场地分布高程 670m～700m，生活区承担高峰施工人数 1000 人，建筑面积 10000m^2，占地面积 20000m^2。

主体工程 2#施工生活区布置于坝址左岸下游 1.3km 坡地，场地分布高程 610m～640m，生活区承担高峰施工人数 2500 人，建筑面积 25000m^2，占地面积 50000m^2。

主体工程 3#施工生活区布置于坝址左岸下游 2.8km 黄河大桥左桥头右上方坡地，场地分布高程 480m～550m，生活区承担高峰施工人数 3000 人，建筑面积 30000m^2，占地面积 60000m^2。

主体工程 4#施工生活区布置于坝址左岸下游 1.8km 坡地临近场内 5#道路，场地分布高程 500m～610m，生活区承担高峰施工人数 5300 人，建筑面积 53000m^2，占地面积 106000m^2。

导流等前期工程施工生活区与导流工程工厂设施毗邻布置，位于坝址左岸上游 3km 滩地，河滩地分布高程 468m～481m，因高程较低，需利用开挖料将场地填至 20 年防洪水位 472m 高程以上，生活区承担高峰施工人数 3000 人，建筑面积 30000m^2，占地面积 60000m^2。

2）料场区施工生活区

料场区施工生活区布置于料场下游 0.7km，石匣沟右岸坡地，场地分布高程 555m～590m，生活区承担高峰施工人数 2000 人，建筑面积 20000m^2，占地面积 40000m^2。

3）皮带机线路施工生活区

带式输送机线路总长约 62.47km，共设 13 个施工生活区，分别靠近施工区。高峰施工人数 2000 人，总建筑面积 21400m^2，占地面积 74000 m^2。

（3）仓储系统

1）坝址区仓储系统

古贤工程坝址区仓储系统主要包括油库、炸药库、综合仓库及水泥仓库等。

①油库

油库布置于黄河大桥下游 0.6km 左岸滩地，该处与各工作面较近，既方便施工，又安全可靠，建筑面积为 1000m^2，占地面积为 5000m^2。

②炸药库

炸药库布置于坝址左岸上游 3.1km 的沟道内，该位置周边 0.5km 范围内无任何生产生活设施，安全可靠，建筑面积为 600m^2，占地面积为 3000m^2。

③综合仓库

综合仓库分两处布置，主体工程综合仓库布置于坝址左岸下游 2.8km 滩地，临近综合加工厂及机电、金属结构加工厂布置，对外及场内交通便利，场区滩地高程 460m～467m，因高程较低，需利用开挖料将场地填至 20 年防洪水位 472m 高程，建筑面积为 18000m^2，占地面积为 50000m^2。

导流等前期工程综合仓库与导流工程工厂设施毗邻布置，现有沥青道路从场地边缘经过，对外交通便利，河滩地分布高程 468m～481m，因高程较低，需利用开挖料将场地填至 20 年防洪水位 472m 高程，建筑面积 2500m^2，占地面积 5000m^2。

④水泥仓库

古贤工程对外交通便捷，散装水泥平均运距在 210km 左右，水泥仓储随各混凝土系统分散设置，共设 32 个 1500t 水泥罐， 2 个 1000t 水泥罐，1 个 500t 水泥罐，可满足高峰期 6 天储量。

2）料场区仓储系统

古贤工程料场区仓储系统主要包括油库、炸药库、综合仓库等。

①油库

油库与砂石料加工系统毗邻布置，通过 2#临时桥与国道 G209 相连，该处与各工作面较近，既方便施工，又安全可靠，建筑面积为 1000m^2，占地面积为 5000m^2。

②炸药库

炸药库布置于料场西北侧 0.76km，建筑面积为 1000m^2，占地面积为 5000m^2。

③综合仓库

综合仓库与砂石料加工系统统一设置，通过 2#临时桥与国道 G209 相连，对外及场内交通便利，建筑面积为 4000m^2，占地面积为 8000m^2。

3）皮带机线路仓储系统

带式输送机线路共设 13 个综合仓库，分别靠近施工区，总建筑面积 7500m^2。

古贤工程坝址区主体工程施工生产生活设施建筑与占地面积见表 2.1.4-9，导流等前期工程施工生产生活设施建筑与占地面积见表 2.1.4-10；料场区施工生产生活设施建筑与占地面积见表 2.1.4-11；皮带机线路施工生产生活设施建筑与占地面积见表 2.1.4-12。

表 2.1.4-9　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区主体工程施工生产生活设施规模表

序号	项　目	生产规模	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）
1	坝址区砂石料加工系统		2500	100000
2	左岸低线混凝土拌和系统	950m^3/h	2500	55000
3	左岸高线混凝土拌和系统	950m^3/h	2000	40000
4	右岸低线混凝土拌和系统	950m^3/h	2500	55000
5	右岸高线混凝土拌和系统	950m^3/h	2000	45000
6	混凝土预制厂	30m^3/班	1000	25000
7	木材加工厂	30m^3/班	1000	15000
8	钢筋加工厂	185t/班	6000	30000
9	机电及金属结构加工厂		1000	25000
10	钢管加工厂		1000	10000
11	机械修配厂		2000	15000
12	汽车修理保养厂		2000	25000
13	施工供水	69100m^3/d	1300	50000
14	施工供电	60290kW	1500	23700
15	施工供风	900m^3/min	500	2500

表 2.1.4-9　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区主体工程施工生产生活设施规模表

序号	项　目	生产规模	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）
16	综合仓库		18000	50000
17	成品骨料堆场		300	60000
18	炸药库		600	3000
19	加油站		1000	5000
20	业主营地		8400	25300
21	1#施工生活区	1000 人	10000	20000
22	2#施工生活区	2500 人	25000	50000
23	3#施工生活区	3000 人	30000	60000
24	4#施工生活区	5300 人	53000	106000
25	合　计		175100	895500

表 2.1.4-10　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区导流工程施工生产生活设施规模表

序号	项　目	生产规模	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）
1	混凝土拌和系统	115m^3/h	500	13000
2	混凝土预制厂	8$m^{3/}$班	200	3000
3	木材加工厂	7m^3/班	200	2000
4	钢筋加工厂	20t/班	1000	10000
5	机械修配厂		400	2500
6	汽车修理保养厂		400	3500
7	综合仓库		2500	5000
8	施工生活区	3000 人	30000	60000
9	合　计		35200	99000

表 2.1.4-11　　黄河古贤水利枢纽工程料场区施工生产生活设施规模表

序号	项　目	生产规模	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）
1	砂石料加工系统	4600t/h	1000	65000
2	综合仓库		4000	8000
3	炸药库		1000	5000
4	加油站		1000	5000
5	施工供风	500m^3/min	800	3000
6	施工供水	2500m^3/d	800	8000
7	施工供电	26570kW	800	9100
8	机械修配厂		800	5000
9	汽车修理保养厂		800	5000
10	施工生活区	2000 人	20000	40000
11	小计		31000	153100

表 2.1.4-12　　黄河古贤水利枢纽工程皮带机线路施工生产生活设施规模表

序号	项　　目	综合仓库	生活区	工厂区	占地面积
		建筑面积（m^2）	建筑面积（m^2）	建筑面积（m^2）	（m^2）
1	1#施工生产生活区	500	1400	800	4000
2	2#施工生产生活区	500	1400	800	4000
3	3#施工生产生活区	500	1400	800	4000
4	4#施工生产生活区	500	1400	800	4000
5	5#施工生产生活区	500	1400	800	4000
6	6#施工生产生活区	500	1400	800	4000
7	7#施工生产生活区	500	1400	800	4000
8	8#施工生产生活区	500	1400	800	4000
9	9#施工生产生活区	500	1400	800	4000
10	10#施工生产生活区	500	1400	800	4000
11	11#施工生产生活区	500	1400	800	4000
12	12#施工生产生活区	1000	3000	2000	15000
13	13#施工生产生活区	1000	3000	2000	15000
14	小　计	7500	21400	12800	74000

2.1.4.5.3　土石方平衡及渣场规划

古贤水利枢纽工程土石方开挖共计 4781.44 万 m^3，其中主体工程开挖土石方 2909.74 万 m^3，料场开挖土石方 328.93 万 m^3，交通道路工程开挖土石方 1331.92 万 m^3，皮带机运输工程开挖土石方 210.84 万 m^3；工程建设填筑土石方共 1268.98 万 m^3，其中主体工程填筑土石方 750.52 万 m^3，交通道路工程填筑土石方 160.67 万 m^3，施工生产生活区填筑土石方 357.79 万 m^3；借方 140.24 万 m^3；工程建设共产生弃渣 3652.70 万 m^3。

（1）坝址区

主体工程石方开挖量 1217.26 万 m^3（自然方），折合松方 1847.98 万 m^3；覆盖层开挖量 31.01 万 m^3（自然方），折合松方 41.24 万 m^3；导流工程石方开挖量 295.19 万 m^3（自然方），折合松方 451.64 万 m^3，覆盖层开挖量 0.24 万 m^3（自然方），折合松方 0.32 万 m^3；围堰拆除量 28.02 万 m^3（松方）；施工支洞土石方开挖 8.87 万 m^3（自然方），折合松方 13.55 万 m^3；缆机平台石方开挖量 25.02 万 m^3（自然方），折合松方 38.28 万 m^3，覆盖层开挖量 19.53 万 m^3（自然方），折合松方 25.98 万 m^3；475m～490m 入仓道路石渣拆除 21.11 万 m^3（松方）；坝址区工作面皮带机线路石方开挖 34.82 万 m^3（自然方），折合松方 53.27 万 m^3；坝址区砂石料系统加工弃料 441.63 万 m^3（松方）；场

内道路土石方开挖 629.48 万 m^3（松方）；开挖料合计 3592.50 万 m^3（松方）。

本工程各类土石方回填共计 1054.50 万 m^3（折合松方约 1251.95 万 m^3），其中直接利用开挖料 508.09 万 m^3（松方），间接利用开挖料 603.62 万 m^3（松方），从原头坡料场取料 140.24 万 m^3（松方）。直接利用开挖料部位包括：缆机平台填筑利用自身开挖料 6.66 万 m^3（松方）、滩地施工工厂设施场地填筑利用开挖料 357.79 万 m^3（松方）、场内道路直接利用自身开挖料 143.64 万 m^3（松方）；间接利用开挖料部位包括：围堰填筑利用开挖石方 582.46 万 m^3（松方）、高程 475m～490m 入仓道路石渣填筑 21.11 万 m^3（松方）、施工支洞封堵浆砌石 0.05 万 m^3（松方），剩余为弃方，共计 2480.78 万 m^3（松方）分别堆存在坝址区 1#、坝址区 2#和坝址区 3#渣场。

坝址区土石方开挖流向见表 2.1.4-13，土石方填筑流向见表 2.1.4-14，渣场堆渣量、回采量、弃渣量见表 2.1.4-15。

表 2.1.4-13 黄河古贤水利枢纽工程坝址区土石方开挖流向表 单位：万 m^3

建筑物	项目名称	工程量		直接利用	间接利用	弃渣量（松方）	坝址区 1# 渣场	坝址区 2# 渣场	坝址区 3# 渣场
		自然方	松方						
大坝	右岸岸坡石方开挖	74.29	113.67	26.62	43.61	43.44	87.05		
	左岸岸坡石方开挖	198.43	303.60	58.71		244.90		244.90	
	右岸坝段基坑石方开挖	44.02	67.35			67.35	67.35		
	左岸坝段基坑石方开挖	40.56	62.06			62.06		29.87	32.3
	河床坝段覆盖层开挖	42.45	50.52			50.52	50.52		
	河床坝段石方开挖	679.82	1040.12	230.37	130.08	679.67	809.75		
	灌浆洞石方洞挖	2.83	4.32			4.32	2.16	2.16	
	抗剪洞石方洞挖	5.55	8.49		8.07	0.42	8.49		
灌溉洞	土方开挖	1.29	1.71			1.71	1.71		
	石方开挖	5.15	7.88			7.88	7.88		
	石方洞挖	2.86	4.38			4.38	4.38		
厂房	土方开挖	17.00	22.61			22.61	22.61		
	石方开挖	109.00	166.77		21.11	145.66	140.58	26.19	
出线场	土方开挖	12.53	16.66			16.66	16.66		
	石方开挖	5.37	8.22			8.22	8.22		
高压电缆洞	石方洞挖	6.30	9.64			9.64	9.64		
高位消防水池	土方开挖	0.19	0.26			0.26	0.26		
	石方开挖	0.62	0.95			0.95	0.95		
导流工程	进口石方开挖	157.30	240.67	43.21	187.58	9.87	197.46		
	出口石方开挖	43.28	66.22		62.91	3.31	66.22		
	石方洞挖	89.76	137.34		130.47	6.87	137.34		
	上游围堰石方开挖	0.86	1.31		1.24	0.07	1.31		
	下游围堰拆除	23.99	28.02			28.02	28.02		

表 2.1.4-13 黄河古贤水利枢纽工程坝址区土石方开挖流向表 单位：万 m^3

建筑物	项目名称	工程量		直接利用	间接利用	弃渣量（松方）	坝址区 1# 渣场	坝址区 2# 渣场	坝址区 3# 渣场
		自然方	松方						
下窑子北沟导流工程	覆盖层开挖	0.24	0.32			0.32	0.32		
	石方开挖	2.11	3.23		3.06	0.16	3.23		
	石方洞挖	1.88	2.88		2.74	0.14	2.88		
导流洞支洞	土方开挖	0.04	0.06			0.06	0.06		
	石方开挖	0.80	1.23		1.17	0.06	1.23		
	石方洞挖	4.13	6.32		6.01	0.32	6.32		
抗剪洞施工支洞	土方开挖	0.05	0.07			0.07	0.07		
	石方开挖	0.48	0.74		0.70	0.04	0.74		
	石方洞挖	3.35	5.13		4.87	0.26	5.13		
缆机平台	左岸平台土方开挖	19.53	25.98			25.98			25.98
	左岸平台石方开挖	3.61	5.53	5.53		0.00			
	右岸平台石方开挖	21.41	32.75	0.01		32.74	32.74		
475m ~ 490m 入仓道路石渣拆除	石方开挖	18.08	21.11			21.11	21.11		
坝址区工作面皮带机线路	石方洞挖	34.82	53.27			53.27	53.27		
砂石加工系统	加工弃料	420.60	441.63			441.63	441.63		
场内道路	土石方开挖	425.36	629.48	143.64		485.84	446.37	14.47	25.0
合计		2519.97	3592.50	508.09	603.62	2480.78	2683.64	317.59	83.17

注：坝址区 1#渣场弃渣量包含回采利用方临时堆存量。

表 2.1.4-14 黄河古贤水利枢纽工程坝址区土石方填筑流向表 单位：万 m^3

项目	部位	工程量		直接利用	间接利用	坝址区 1#渣场	源头破料场取料	
		实方	松方				松方	自然方
石料	上游围堰石渣料	293.33	342.59		342.59	342.59		
	上游围堰戗堤料	80.08	93.53		93.53	93.53		
	上游围堰堆石料	20.27	23.68		23.68	23.68		
	上游围堰过渡料	20.23	23.63		23.63	23.63		
	上游围堰石渣保护料	8.59	10.03		10.03	10.03		
	上游围堰排水棱体	35.80	41.81		41.81	41.81		
	上游围堰钢筋石笼	2.53	2.96		2.96	2.96		
	导流洞出口钢筋石笼	2.16	2.52		2.52	2.52		
	下游围堰石渣料	13.35	15.59		15.59	15.59		
	下游围堰戗堤料	7.04	8.22		8.22	8.22		
	下游围堰过渡料	1.60	1.87		1.87	1.87		
	下游围堰块石护坡	0.40	0.47		0.47	0.47		
	下游围堰钢筋石笼	1.25	1.46		1.46	1.46		
	下窑子北沟围堰石渣料	10.77	12.58		12.58	12.58		
	下窑子北沟围堰过渡料	0.47	0.55		0.55	0.55		
	下窑子北沟围堰石护坡	0.34	0.40		0.40	0.40		

表 2.1.4-14 **黄河古贤水利枢纽工程坝址区土石方填筑流向表** **单位：万 m^3**

项目	部位	工程量		直接利用	间接利用	坝址区 1#渣场	源头破料场取料	
		实方	松方				松方	自然方
	下窑子北沟围堰钢筋石笼	0.28	0.33		0.33	0.33		
	下窑子北沟排水洞钢筋石笼	0.20	0.24		0.24	0.24		
	施工支洞封堵浆砌石	0.04	0.05		0.05	0.05		
	左岸下游工厂设施场地平整	246.56	287.96	287.96				
	右岸低线混凝土系统场地平整	22.79	26.62	26.62				
	左岸上游导流工厂设施场地平整	37.00	43.21	43.21				
	缆机左岸平台石渣回填	5.69	6.65	6.65				
	缆机右岸平台石渣回填	0.01	0.01	0.01				
	475m ~ 490m 高程入仓道路石渣填筑	18.08	21.11		21.11	21.11		
	场内道路填筑	121.92	143.64	143.64				
砂砾料	上游围堰砂砾石料	96.50	130.50				130.50	109.66
	下游围堰砂砾石垫层料	5.13	6.94				6.94	5.83
	下游围堰砂砾石垫层料	1.60	2.16				2.16	1.82
	下窑子北沟围堰砂砾石垫层料	0.47	0.64				0.64	0.54
合　计		1054.50	1251.95	508.09	603.62	603.62	140.24	117.85

表 2.1.4-15　　黄河古贤水利枢纽工程渣场堆渣量、回采量、弃渣量特性表

序号	项目名称	堆渣高程（m）	渣场容量（万 m^3）	堆渣量（万 m^3）	回采量（万 m^3）	弃渣量（万 m^3）
1	1#渣场	470～592	2990.00	2683.64	603.62	2080.02
2	2#渣场	500～640	318.00	317.59		317.59
3	3#渣场	560～640	84.00	83.17		83.17
4	合 计		3392.00	3084.41	603.62	2480.78

（2）西磑口料场区

西磑口料场强风化开挖量 328.93 万 m^3，料场工作面皮带机线路开挖石方 12.14 万 m^3，施工道路土石方开挖 182.21 万 m^3，经平衡计算，施工道路填筑直接利用自身开挖料 17.03 万 m^3，料场区总弃渣 506.26 万 m^3，料场区土石方开挖流向见表 2.1.4-16，上马台渣场堆渣量、回采量、弃渣量见表 2.1.4-17。

表 2.1.4-16　　黄河古贤水利枢纽工程料场区土石方开挖流向表　　单位：万 m^3

项目名称	项目名称	工程量		直接利用量（松方）	弃渣量（松方）	上马台渣场
		自然方	松方			
西磑口料场	强风化石方开挖	214.99	328.93		328.93	328.93
皮带机线路	石方洞挖	8.99	12.14		12.14	12.14
施工道路	土石方开挖	123.03	182.21	17.03	165.18	165.18
合　计		347.01	523.28	17.03	506.26	506.26

表 2.1.4-17　　黄河古贤水利枢纽工程渣场堆渣量、回采量、弃渣量特性表

项目名称	堆渣高程（m）	渣场容量（万 m^3）	堆渣量（万 m^3）	回采量（万 m^3）	弃渣量（万 m^3）
上马台渣场	696.5～892	518.00	506.26		506.26

（3）皮带机运输工程区

带式输送机线路石方开挖 116.72 万 m^3，折合松方 157.57 万 m^3（松方），全部弃渣。各工区弃渣特性向见表 2.1.4-18。

表 2.1.4-18　　黄河古贤水利枢纽工程皮带机运输工程区弃渣特性表　　单位：万 m^3

项目	隧洞开挖	竖井开挖	洞口开挖	总计（自然方）	总计（松方）	备注
1#渣场（上马台弃渣场）	8.92		0.07	8.99	12.14	弃至上马台渣场
2#渣场	5.81	1.27		7.08	9.56	
3#渣场	10.65		0.14	10.79	14.57	
4#渣场	3.94		0.14	4.08	5.51	
5#渣场	3.82		0.14	3.96	5.35	

表 2.1.4-18　　黄河古贤水利枢纽工程皮带机运输工程区弃渣特性表　　单位：万 m^3

项目	隧洞开挖	竖井开挖	洞口开挖	总计（自然方）	总计（松方）	备注
6#渣场	4.13		0.14	4.27	5.77	
7#渣场	5.73	1.24		6.97	9.41	
8#渣场	5.71	1.19		6.90	9.31	
9#渣场	6.35		0.14	6.49	8.76	
10#渣场	24.81		1.11	25.92	34.99	
11#渣场	4.98		0.14	5.12	6.91	
12#渣场	4.33		0.14	4.47	6.04	
13#渣场（进场道路 1#弃渣场）	20.76		0.90	21.66	29.24	弃至进场道路 1#弃渣场
合计	109.96	3.70	3.06	116.72	157.57	

（4）进场道路

进场道路总长度 20.558km，弃渣总量 573.49 万 m^3（松方），其中临近坝址区的 7#隧洞下半段弃渣 53.27 万 m^3（松方）运至坝址区 1#渣场，剩余弃渣 520.22 万 m^3（松方）分别运至对外交通道路下游侧进场道路 1#和进场道路 2#弃渣场堆存。

2.1.4.5.4　施工占地

（1）坝址区施工占地

古贤工程坝址区总占地面积共 519.35 万 m^2，其中永久占地 184.23 万 m^2，库区提前征用占地 221.27 万 m^2，临时占地 113.85 万 m^2，坝址区施工占地面积详见表 2.1.4-19。

表 2.1.4-19　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区施工占地表　　单位:万 m^2

类　别	项目名称	占地面积	备　注
永久占地	坝体管理占地	123.84	
	前方业主营地	4.53	
	后方业主营地	3.00	
	永久道路	35.29	
	2#渣场	13.01	未扣除与库区重合部分
	3#渣场	4.56	未扣除与库区重合部分
库区提前征用占地	围堰、导流进口	94.86	
	导流工程工厂设施	12.00	
	炸药库	0.35	
	1#渣场	75.41	
	原头坡料场	25.00	

表 2.1.4-19　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区施工占地表　　单位:万 m^2

类　别	项目名称	占地面积	备　注
	道路占地	13.65	
临时占地	左岸高线混凝土拌和系统	3.95	
	右岸低线混凝土拌和系统	2.93	
	右岸高线混凝土拌和系统	3.91	
	工厂设施 1	42.47	
	工厂设施 2	5.22	
	导流洞出口占地	6.06	
	1#施工生活区	2.30	
	2#施工生活区	5.90	
	3#施工生活区	6.70	
	4#施工生活区	11.00	
	施工供水	5.00	
	左岸施工供电线路	1.03	
	右岸施工变电站	0.25	
	右岸施工供电线路	0.84	
	临时道路	16.29	
小　计		519.35	

（2）料场区施工占地

古贤工程料场区总占地面积共约 103.89 万 m^2，均为施工临时占地，料场区施工占地面积详见表 2.1.4-20。

表 2.1.4-20　　黄河古贤水利枢纽工程料场区施工占地表　　单位:万 m^2

类　别	项目名称	占地面积	备　注
临时占地	料场占地	38.96	
	砂石料加工厂	13.00	
	施工生活区	4.00	
	施工变电站	0.15	
	施工供电线路	0.76	
	炸药库	0.50	
	施工供水	0.80	
	渣场	19.76	
	道路占地	25.96	
小　计		103.89	

表 2.1.4-21　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区施工占地地类表　　单位:万 m^2

类别	项目名称	合计	耕地			园地			林地				草地			商服用地	工矿仓储	住宅	公共管理和公共服务用地	特殊用地	交通运输							河流水面						其它土地		
			小计	水浇地	旱地	小计	果园	其他果园	小计	乔木林	其他林地	灌木林	小计	天然牧草地	其他草地		采矿用地	宅基地			小计	等级公路	等外公路	农村道路	交通服务场站用地	港口码头用地	管道设施用地	小计	河流水面	内陆滩涂	水库面积	坑塘水面	水工建筑用地	小计	空闲地	裸地
永久占地	坝体管理占地	123.83							22.19	0.51	8.14	13.54	63.85		63.85						0.80			0.80				36.99	30.97	6.01						
	前方业主营地	4.53							4.53			4.53																								
	后方业主营地	3.00							3.00			3.00																								
	永久道路	35.29	0.18		0.18	0.09	0.09		30.77		0.02	30.75	2.19		2.19		1.16	0.01			0.03			0.03				0.84	0.79	0.06				0.02		0.02
	2#渣场	13.01							8.19	0.61		7.58	4.12		4.12													0.69	0.69							
	3#渣场	4.56							1.86			1.86	2.41		2.41													0.30	0.30							
库区提前征用占地	围堰、导流进口	94.86	0.47		0.47				36.54	3.15		33.38	26.45		26.45		5.82				1.02			1.02				24.34	23.90	0.44				0.23		0.23
	导流工程工厂设施	12.00	0.71		0.71	6.69	3.12	3.57	0.66	0.36		0.30	1.34		1.34		0.28	0.03			0.15			0.15				2.15		2.15						
	炸药库	0.35											0.35		0.35																					
	1#渣场	75.41							33.58	10.56		23.02	38.50		38.50						0.26	0.26						2.84	2.84					0.23		0.23
	原头坡料场	25.00							25.00			25.00																								
	道路占地	13.65							10.40	0.36		10.04	3.12		3.12						0.11	0.11						0.02	0.02							
临时占地	左岸高线混凝土拌和系统	3.95							0.48		0.21	0.27	3.47		3.47																					
	右岸低线混凝土拌和系统	2.93											0.45		0.45		0.72				0.09			0.09				1.67	1.25	0.42						
	右岸高线混凝土拌和系统	3.91				1.12	1.12		0.84	0.18		0.65	1.89		1.89						0.07			0.07												
	工厂设施1	42.47							11.47		1.54	9.93	24.21		24.21		5.29	0.00			0.24			0.24				1.26	0.01	1.25						
	工厂设施2	5.22	0.44		0.44				1.16	0.96		0.21	3.62		3.62																					
	导流洞出口占地	6.06							4.99			4.99	0.09		0.09													0.98	0.14	0.84						
	1#施工生活区	2.30							0.97			0.97	1.33		1.33																					
	2#施工生活区	5.90							1.10		0.19	0.91	4.80		4.80																					
	3#施工生活区	6.70							6.70		1.43	5.27																								
	4#施工生活区	11.00							8.69		2.85	5.84	2.31		2.31																					
	施工供水	5.00							5.00			5.00																								
	左岸施工供电线路	1.03											1.03		1.03																					
	右岸施工变电站	0.25				0.07	0.07		0.17			0.17									0.02			0.02												
	右岸施工供电线路	0.84											0.84		0.84																					
	临时道路	16.29							11.32			11.32	4.97		4.97																					
小　计		519.35	1.79		1.79	7.95	4.39	3.57	229.61	16.70	14.39	198.51	191.33		191.33		13.27	0.04			2.79	0.37		2.42				72.07	60.90	11.17				0.48		0.48

表 2.1.4-22 **黄河古贤水利枢纽工程料场区施工占地地类表** 单位:万 m^2

类别	项目名称	合计	耕地			园地			林地				草地			商服用地	工矿仓储	住宅	公共管理和公共服务用地	特殊用地	交通运输							河流水面					
			小计	水浇地	旱地	小计	果园	其他果园	小计	乔木林	其他林地	灌木林	小计	天然牧草地	其他草地		采矿用地	宅基地			小计	等级公路	等外公路	农村道路	交通服务场站用地	港口码头用地	管道设施用地	小计	河流水面	内陆滩涂	水库面积	坑塘水面	水工建筑用地
类别	项目名称																																
临时占地	料场占地	38.96							36.25			36.25	2.68		2.68						0.03			0.03									
	砂石料加工厂	13.00							7.47			7.47	3.50		3.50		1.32				0.71			0.71									
	施工生活区	4.07	1.52		1.52	0.08	0.08		0.80	0.13		0.67	1.60		1.60			0.01			0.05			0.05									
	施工变电站	0.15							0.15			0.15																					
	施工供电线路	0.76							0.76			0.76																					
	炸药库	0.50							0.50			0.50																					
	施工供水	0.80							0.80			0.80																					
	渣场	19.76							15.27			15.27	0.15		0.15		4.33				0.01			0.01									
	道路占地	25.89	0.10		0.10				24.70			24.70	0.90		0.90		0.13				0.05	0.00		0.05				0.01	0.01				
小计		103.89	1.62		1.62	0.08	0.08		86.70	0.13		86.57	8.83		8.83		5.79	0.01			0.85	0.00		0.85				0.01	0.01				

（3）皮带机运输工程施工占地

皮带机运输工程总占地面积共 97.39 万 m^2，均为施工临时占地，占地类型为灌木林，施工占地面积详见表 2.1.4-23。

表 2.1.4-23　　黄河古贤水利枢纽工程带式输送机线路施工占地表

类　别	项目名称	占地面积（万 m^2）	备　注
临时占地	道路	51.50	
	隧道进出口	14.50	
	竖井井口	7.50	
	施工生产生活区	7.40	
	渣场	23.24	
小　计		97.39	

（4）进场道路施工占地

进场道路施工总占地面积 78.86 万 m^2，其中永久占地 10.15 万 m^2；临时占地 68.71 万 m^2。占地类型均为灌木林。

2.1.4.5.5　施工用电

根据施工工作面和施工布置的具体分布情况，古贤工程施工期用电分为山西侧坝址区、陕西侧坝址区、料场区和皮带机线路 4 个负荷分区，工程施工用电高峰负荷为 129435kW，

（1）施工供电规划

根据施工布置总体规划、现有场地条件及施工用电区分布，古贤工程设 3 个 110kV 施工变电站，即山西侧坝址区 110kV 施工变电站、陕西侧坝址区 110kV 施工变电站、料场 110kV 施工变电站。其中山西侧坝址区 110kV 施工变电站为坝址区山西侧负荷（31317kW）及一半皮带机线路（21008kW）负荷供电，陕西侧坝址区 110kV 施工变电站为坝址区陕西侧负荷（28970kW）供电，料场 110kV 施工变电站为料场负荷（26570kW）及一半皮带机线路负荷（21570kW）供电。

在山西坝址区金属结构制造厂附近设 1 个 35kV 预装式施工变电站，为综合加工厂、机械修配厂、汽车修理保养厂、金属结构制造厂、钢管加工厂、施工营地等负荷（5327kW）供电。该 35kV 施工变电站由山西侧坝址区 110kV 施工变电站引接 2 回 35kV 电缆供电。

在料场皮带机沿线 6 个用电点位置设 6 座 35/10kV 预装式变电站为皮带机供电，其中距坝址区较近的 3 座预装式变电站由山西侧坝址区 110kV 施工变电站引接 1 回 35kV

电缆供电，距料场较近的 3 座预装式变电站由料场 110kV 施工变电站引接 1 回 35kV 架空线路供电。

在皮带机隧洞施工时设 3 座 35/20kV 预装式变电站为 TBM 供电，待施工完成后拆除。其中距坝址区较近的 1 座预装式变电站由山西侧坝址区 110kV 施工变电站引接 1 回 35kV 电缆供电，距料场较近的 2 座预装式变电站由料场 110kV 施工变电站引接 1 回 35kV 架空线路供电。

在皮带机隧洞沿线均布 28 座照明用预装式变电站。

各施工用电点的一类施工用电负荷供电由施工单位根据实际需要自行配置柴油发电机组供电。

（2）施工供电外部电源引接

山西侧坝址区 110kV 施工变电站由德美 220kV 变电站供电，引接 110kW 单回线路长 53.6km；陕西侧坝址区 110kV 施工变电站由宜川 110kV 变电站供电，引接 110kW 单回线路长 43.7km；料场 110kV 施工变电站由北垣 220kV 变电站供电，引接 110kW 单回线路长 40km。

前期导流洞施工供电由附近 10kV 引接电源。

坝址区 110kV 施工变电站考虑临时供电和永久厂用电相结合，施工完成后坝址区 110kV 施工变电站作为厂用电的备用电源。

料场 110kV 施工变电站待施工完成后即可拆除。

图 2.1.4-5　施工供电网络规划图

2.1.4.5.6 施工用水

（1）坝址区供水

古贤水利枢纽工程坝址区施工用水对象主要包括主体工程施工用水、施工机械用水、施工辅助企业生产用水、生活用水、消防用水等。

黄河水是坝址区最大的地表水源，天然径流量大，但黄河水含沙量大，龙门站实测多年平均含沙量 27.8kg/m^3，汛期（7 月~10 月）平均含沙量 43.9kg/m^3。汛期最大日均含沙量为 702.4kg/m^3，汛期含沙量大于 100kg/m^3 年均天数为 8 天。龙门站多年平均悬移质泥沙中值粒径为 0.029mm，粒径大于 0.025mm 和 0.05mm 的泥沙分别占 54.6%和 27.3%。黄河下游沿岸工农业利用黄河水多为农业灌溉用水，同时亦用于城市供水，水质经处理后可以达到生活饮用水水质要求，经沉淀处理后可用于混凝土拌和、养护、砂石骨料系统加工等施工生产用水要求。

黄河取水总体方案：根据坝址区附近地形、水文地质条件及施工总布置规划，考虑布置岸边式取水泵站，采取一级泵站加压将黄河水提至水厂进行沉淀处理的方案。坝下游左岸滩地范围大，但已布置施工临时设施，不具备布置渗渠条件。施工区用水点在坝址位置相对集中，供水系统考虑就近布置；坝址上游在施工期受水位变幅影响较大，考虑将取水口布置在坝下游合适位置；坝下游左岸滩地相对较宽，且沿滩地布置有施工工厂设施，右岸临河具备布置条件且有道路通过，同时考虑导流洞出口影响以及水厂布置条件，将取水口布置于坝址右岸导流洞出口位置下游 1km 临河处。取水口位置水位 464m，通过一级泵站将黄河水提至右岸 660m 高程净水厂，水厂内通过预沉、混凝沉淀及净化处理后经配水管网，将净化水通过加压或自流方式直接输送至用户高位水池。考虑到黄河汛期高含沙洪水时段不长，暂不考虑设置大的调蓄水池。

生活用水考虑使用地下水，采用在下游围堰左岸滩地处平行于黄河和施工工厂设施的外墙线状展布取水井。根据生活用水量高峰需求，考虑打井 11 口，经深井泵抽水后分别向生活水池供水。

在取黄河水建水厂的情况下，可以经进一步净化处理供生活用水，再打井取水不仅需增加一套水井运行系统，且会提高打井和取水运行费用，故考虑生活用水与施工用水合建一套黄河取水净化系统。

输水流程：黄河水—取水泵站—预沉池—净水厂—清水池—加压泵站或自流—各用水点水池，主输水系统共拟定一级泵站。

（2）料场区施工供水

古贤工程料场区施工用水对象主要包括料场开采用水、施工辅助企业生产用水、生活用水、消防用水等。料场区施工期生产用水总量约 233.53 万 m^3，生活用水总量约 180.06 万 m^3；施工生产用水月均高峰用水量约 4.55 万 m^3/月，生活用水月均高峰用水量约 2.56 万 m^3/月；施工生产用水日均高峰用水量约 0.16 万 m^3/日，生活用水日均高峰用水量约 0.09 万 m^3/日。

料场区施工供水采用与坝址区供水系统共建方案，即从黄河取水方案还可以与坝址区供水系统共建，即从坝址区水厂接供水系统管线，自流至皮带机供料系统隧洞中间位置，然后设置一级加压泵站输送到料场区。在皮带机供料系统隧洞内铺设管线至料场区水池。因此料场区施工供水设置加压泵站一座，沿供料系统铺设供水线路长度 62.47km，采用钢管，直径 0.3m。坝址区净水厂设置高程 650m，料场区水池高程 750m，考虑沿程水头损失 150m，合计需要水泵扬程 250m。

（3）皮带机线路施工供水

工程半成品骨料运输从西磑口料场半成品料堆至坝址区坝后半成品料堆场采用长约 62.47km 的皮带机运输，皮带机运输线路采用隧洞形式。皮带机线路用水点沿 62.47km 带状线路零星分布，且施工期和运行期用水量均较小，不宜采用集中供水方式。规划采用靠近坝址区和料场区皮带机线路段分别采用两者的供水工程供水，其间的零星用水利用附近支沟水或采用洒水车就近从附近的村庄、城镇拉水解决。

2.1.5 施工总进度

本工程施工总工期为 114 个月（9.5 年），其中施工准备期 28 个月，主体工程工期 65 个月，完建期 21 个月。另外安排 1.5 年筹建期。

（1）筹建期：筹建第 1 年 1 月 1 日至第 1 年 6 月 30 日导流洞施工支洞开工为工程筹建期（与准备期搭接的项目不占直线工期，不计入筹建期），工期为 1 年 6 个月整（18 个月）。

（2）工程准备期：第 1 年 7 月 1 日开始至第 3 年 10 月 31 日河床截流为工程准备期，工期为 2 年 4 个月（28 个月）。

（3）主体工程施工期：第 3 年 11 月 1 日至第 9 年 3 月 31 日第 1 台机组发电为主体工程施工期，工期为 5 年 5 个月（65 个月）。

（4）工程完建期：第 9 年 4 月 1 日至第 10 年 12 月 31 日全部机组发电为工程完建期，工期为 1 年 9 个月（21 个月）。

本工程里程碑进度见表 2.1.5-1。

表 2.1.5-1　　黄河古贤水利枢纽工程工程里程碑进度表

序号	里程碑名称	里程碑进度	备注
1	筹建工程开工	筹建第 1 年 1 月 1 日	
2	准备工程开工	第 1 年 7 月 1 日	导流洞上层主洞开挖
3	两岸坝肩开工	第 2 年 1 月 1 日	两岸坝肩开挖
4	主体工程开工	第 3 年 11 月 1 日	
5	河床截流	第 3 年 11 月 1 日	
6	大坝基坑开始开挖	第 4 年 4 月 1 日	
7	大坝混凝土开始浇筑	第 5 年 6 月 1 日	大坝浇筑 49 个月
8	下闸蓄水	第 8 年 12 月 1 日	
9	第 1 台机组投产发电	第 9 年 3 月 31 日	
10	全部机组投产	第 10 年 12 月 31 日	

2.1.6　工程征地和移民安置规划

2.1.6.1　工程征地及实物指标

（1）建设征地及影响范围

古贤水利枢纽工程征地包括水库淹没区和工程建设区。

水库淹没区包括正常蓄水位以下的经常淹没区和正常蓄水位以上受水库洪水回水、风浪、船行波、冰塞壅水等影响产生的临时淹没区。水库蓄水引起的影响区包括浸没、坍岸、水库渗漏等地质灾害区，以及其他受水库蓄水影响的区域。

工程建设区分为永久用地和临时用地两部分。永久用地包括坝体管理占地、前方业主营地、永久道路、围堰、导流进口、导流工程工厂设施、原头坡料场、1#渣场、2#渣场、3#渣场等，临时用地包括临时道路、西磑口料场、施工生产生活区、皮带机线路占地等。

工程管理范围包括坝轴线向上 200m、坝脚线向下 300m、左右坝端向外 300m 范围内（不含工程占地、库区征地重复部分）；单层公路的征地红线按公路开口线或坡脚线以外 2m 划定，布置在陡坡地段的多层公路，结合地形情况划定；生产、生活区用地占压范围；水库土地征用线以下的库区；其他建筑物轮廓线向外 50m 范围内。工程管理范

围内的土地按永久用地征用。

（2）实物指标

古贤水利枢纽工程建设征地涉及山西、陕西 2 省 5 市 13 个县（市）40 个乡（镇、服务中心、街道办）195 个行政村 339 个村民小组。山西省涉及运城市河津市，临汾市乡宁县、吉县、大宁县和永和县，吕梁市石楼县和柳林县；陕西省涉及延安市宜川县、延长县和延川县，榆林市清涧县、绥德县和吴堡县。

工程建设征地影响土地总面积 22825.50hm^2，其中征收土地 22441.67hm^2，征用土地 383.83 hm^2。按征地区域划分，水库淹没区 22029.02hm^2，工程建设区 796.48hm^2。按地类划分，耕地 1206.57hm^2，园地 2276.36hm^2，林地 2618.28hm^2，草地 9461.95hm^2，商服用地 0.42hm^2，工矿仓储用地 23.99hm^2，住宅用地 117.97hm^2，公共管理用地 4.92hm^2，特殊用地 24.54hm^2，交通运输用地 226.08hm^2，水域及水利设施用地 6576.88hm^2，其他土地 287.54hm^2。按行政区域划分，山西省 11484.70hm^2，陕西省 11340.80hm^2。

工程建设征地影响总人口 15063 人，影响房屋面积 920096.23m^2，影响山西省、陕西省 4 个集镇，影响企（事）业单位 49 个，影响道路总长 503.16km，水库淹没影响涉及水利工程设施 21 处，工程建设征地影响电力线 71.23km，影响通信线路长 493.02km，影响文物古迹 108 处。

2.1.6.2 农村移民安置规划

2.1.6.2.1 搬迁安置人口

规划设计水平年搬迁安置人口为 4679 户 15530 人，均在水库淹没影响区，其中山西省 2187 户 7589 人，陕西省 2492 户 7941 人。

2.1.6.2.2 搬迁安置去向

古贤水利枢纽工程移民搬迁安置以就近安置为主。规划设计水平年移民搬迁安置人口为 15530 人，其中本村后靠安置 9925 人，占搬迁安置人口的 63.91％；随集镇迁建安置 2176 人，占 14.01%；进城（集）镇自主安置 3429 人，占 22.08％。

（1）山西省

规划设计水平年搬迁安置移民 7589 人，其中本村后靠安置 2333 人，随集镇迁建安置 2176 人，城（集）镇自主安置 3080 人。

（2）陕西省

规划设计水平年搬迁安置移民 7941 人，其中本村后靠安置 7592 人，城（集）镇自

主安置 349 人。

2.1.6.2.3 搬迁安置方式

农村移民搬迁安置分集中安置和分散安置两种方式。

（1）集中安置

对淹没影响人口较多且土地相对集中、耕作半径较小的村组，采用集中安置方式。规划建设 28 个集中居民点和 1 个随集镇迁建集中居民点，安置移民 3374 户 11254 人，占农村搬迁人口的 72.45%。

山西省：规划集中居民点 10 个（包括 1 个随集镇迁建集中居民点），安置移民 4174 人，其中本村后靠集中安置 1998 人，柳林县三交镇下塔、三交、沙坪则、坪上、坪头 5 个村的 602 户 2176 人随三交镇迁建集中安置。

陕西省：规划集中居民点 19 个，安置移民共计 7080 人，均为本村后靠集中安置。

（2）分散安置

根据淹没影响村组、搬迁人口情况和移民安置意愿，选择在淹没范围外本村或本组其它居住区内分散插迁建房安置，或者选择在城（集）镇自主分散安置。分散安置移民 1305 户 4276 人，占农村搬迁安置人口的 27.53%；其中本村组后靠分散安置 267 户 847 人，城（集）镇自主分散安置 1038 户 3429 人。

2.1.6.2.4 占地规模

根据《镇规划标准》、《山西省实施<中华人民共和国土地管理法>办法》和《陕西省实施<中华人民共和国土地管理法>办法》有关规定，居民点新址建设用地采用人均 100 ㎡。新址建设用地指居民点建设红线征地范围内的土地，包括不能利用的土地。对于丘陵区和山区，居民点占地根据地形、地貌具体情况合理确定。

根据 4 个典型集中居民点设计成果，包括不能利用的挡墙和护坡占地，人均合 103.3 ㎡。因此，居民点新址建设用地面积，4 个典型集中居民点按典型设计实际面积计列，其他集中居民点按人均 103.3 ㎡推算，分散居民点按人均 100 ㎡推算。

经计算，全部居民点新址建设用地面积 1533.72 亩，其中集中居民点 1406.67 亩，分散居民点 127.05 亩。柳林县三交镇下塔、三交、沙坪则、坪上、坪头 5 个行政村 2176 人随三交镇搬迁，建设用地面积计列在三交镇迁建新址中。

（1）山西省：规划居民点新址建设用地面积 358.94 亩，其中集中居民点 308.69 亩，

分散居民点 50.25 亩。

（2）陕西省：规划居民点新址建设用地面积 1174.78 亩，其中集中居民点 1097.98 亩，分散居民点 76.80 亩。

2.1.6.2 集镇迁建规划

2.1.6.2.1 集镇迁建方式

古贤水利枢纽工程水库淹没影响大宁县徐家垛乡、石楼县前山乡、柳林县三交镇和延川县延水关镇等 4 个乡（镇）政府所在地。从水库淹没影响各乡（镇）辖区人口比例看，徐家垛乡淹没影响人数占 31%，三交镇占 25%，前山乡占 0.76%，延水关镇占 33%。根据各县人民政府提出的安置意见，受淹没影响的农村移民大部分在本乡（镇）内近迁安置，水库淹没影响对其经济腹地影响不大，4 个乡（镇）的行政管理职能均应保留。

根据水库淹没影响后 4 个乡（镇）经济腹地的变化情况，当地自然地理、经济社会环境条件以及乡（镇）政府所在地建成区淹没影响程度，大宁县人民政府确定徐家垛乡易地建设至原割麦乡政府所在地，柳林县人民政府确定三交镇后靠迁建处理。石楼县前山乡和延川县延水关镇仅部分单位受淹没，对乡（镇）中心职能影响不大，根据县人民政府意见，拟对两个乡（镇）政府所在地的部分单位进行一次性补偿，由相关单位在本乡（镇）内择址自行建设。

2.1.6.2.2 占地规模

集镇迁建新址建设用地 417.05 亩，其中三交镇迁建用地规模为 395.05 亩；徐家垛乡新址建设用地 22 亩。

2.1.6.3 专项设施处理规划

2.1.6.3.1 交通工程

规划道路 103 条共 284.57km。其中等级公路共 17 条 128.34km，包括二级公路 1 条 6.2km，三级公路 9 条 68.98km，四级公路 7 条 53.16km；乡村道路 86 条 156.23km，包括等外路 22 条 50.05km，机耕路 64 条 106.18km。码头共 29 处，规划复建码头 9 处，一次性补偿码头 20 处。

2.1.6.3.2 电力工程设施

规划电力线路复建长度 116.89km，按影响区域分，水库淹没区 111.44km（山西省 40.31km，陕西省 71.13km），工程建设区 5.45km（均在山西省）。按电压等级划分，

35kV 电力线 0.55km（均在陕西省）；10kV 电力线 100.86km（山西省 45.76km，陕西省 55.10km）；6kV 电力线 15.48km（均在陕西省）。

2.1.6.3.3 通信工程

规划通信线路 947.01km，杆路 262.96km（均在水库淹没影响区）。山西省规划通信线路 548.31km，杆路 140.43km；陕西省规划通信线路 398.7km，杆路 122.53km。机房搬迁 4 处（山西省 3 处，陕西省 1 处），基站设备处理 13 处（山西省 6 处，陕西省 7 处）。规划复建铁塔公司通信基站 7 座（山西省 3 座，陕西省 4 座）。

2.1.6.3.4 广播电视设施

规划广播电视线路 63.61km，杆路 13.72km（均在水库淹没影响区）。搬迁机房 1 处（山西省），基站设备处理 1 处（陕西省）。

2.1.6.3.5 水利工程设施

水库淹没影响水利工程设施 21 处，规划复建 14 处（山西省 7 处，陕西省 7 处），规划进行防护处理 2 处（山西省 1 处，陕西省 1 处），一次性补偿 5 处（山西省 1 处，陕西省 4 处）。

2.1.7 工程投资

投资估算依据财税〔2018〕32号文《关于调整增值税税率的通知》、办水总〔2016〕132号文《水利工程营业税改征增值税计价依据调整办法》和水利部水总〔2014〕429号文《水利工程设计概（估）算编制规定》及相关专业概（估）算编制规定进行编制，价格水平年为2019年第3季度。主要估算指标为:

古贤水利枢纽碾压混凝土重力坝集中布置方案工程静态总投资为5021597.02万元，建设期融资利息289971.02万元，总投资5311568.04万元。

工程部分投资3122574.10万元，其中建筑工程1578247.45万元，机电设备及安装工程289500.52万元，金属结构设备及安装工程83205.74万元，施工临时工程414605.75万元，独立费用422453.13万元，基本预备费334561.51万元。

建设征地及移民补偿投资 1674859.72 万元，环境保护工程投资 121216 万元，水土保持投资 102947.20 万元。

2.2 项目区概况

2.2.1 自然概况

2.2.1.1 地理位置

古贤水利枢纽工程位于陕西、山西两省交界的黄河干流上，下距壶口瀑布和禹门口铁路桥分别为10.1km和74.4km，古贤坝址右岸为陕西省宜川县，左岸为山西省吉县；距陕西省延安市、铜川市和西安市分别为252km、280km和439km；距山西省临汾市、太原市分别为158km和437km。

2.2.1.2 地形地貌

古贤工程区位于晋陕峡谷的南部，属相对隆起的山地高原区，其东侧为吕梁山，西为渭北山地，整体地形属中低山区。工作区内黄河自北向南流，为本地区最低侵蚀基准面，在壶口河槽由 300m ~ 500m 突然收缩至 50m ~ 60m，飞流直下 20m 左右汇入龙槽，造就了槽中槽的独特地貌，成为黄河上的一大景观—壶口瀑布。坝段位于壶口上游约 3.5km ~ 23.5km 的河段内，水库回水至陕西省吴堡县，河段全长约 202.6km。水库区及其周边的地貌，按其成因和形态特征可划分为:

（1）侵蚀剥蚀构造中山区（I）

为长期处于上升隆起，并经受侵蚀的山区，区内基岩裸露，或只有很薄的残积、坡积层。该区分为侵蚀剥蚀中山区（I_1）及岩溶化中山区（I_2）两个亚区，高程一般在 1000m ~ 1500m，包括东侧的吕梁山及西侧的黄龙山。

（2）侵蚀堆积黄土区（II）

由于黄土固有的特性受长期水蚀作用及古地形的影响，黄土经侵蚀堆积而形成塬、梁、峁等，沟壑纵横的黄土地貌景观。按地貌特性分为黄土塬（II_1）、黄土梁峁（II_2）2 个亚区。高程一般 600m ~ 1000m，黄土塬主要分布在黄河两岸，塬面较平，边缘发育有深切的沟谷。黄土梁峁主要发育在黄河右岸的丘陵地带。

（3）冲积平原区（III）

分布在汾渭盆地，主要由黄河、汾河及渭河冲积而成，高程在 400m ~ 700m。

2.2.1.3 气象

项目区属大陆性季风气候，冬季受蒙古高压控制，气候寒冷干燥，雨雪稀少，多西北风；夏季西太平洋副热带高压增强北移，自印度洋和南海北部湾带来大量水汽，流域大部分受西太平洋副热带高压的影响，降水量随之增多。据古贤坝址附近的山西省吉县

气象站1981～2010年资料统计，多年平均气温10.4℃，极端最高气温为39.7℃（2005年6月22日），极端最低气温为-21.3℃（2002年12月26日），≥10℃积温3528.2℃。多年平均降水量496.2mm，其中7月～9月降水量占全年的59%；3年一遇10min短历时设计暴雨1.32mm /min，5年一遇10min短历时设计暴雨1.61mm/min，20年一遇1h雨量25.4mm，20年一遇24h雨量198.2mm，多年平均蒸发量1702mm，平均风速1.6m/s，最大风速23.2m/s，最大风速风向14度，累年最大冻土深度61 cm，无霜期174 d，吉县站气象要素统计见表2.2.1-1。

表 2.2.1-1　　吉县站气象要素统计表（1981 年～2010 年）

项目		单位	月份												全年
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
气温	平均气温	℃	-4.8	-0.8	5.1	12.5	17.9	21.8	23.7	22.0	17.0	10.6	3.3	-3.0	10.4
	极端最高	℃	18.2	23.0	29.0	36.6	36.8	39.7	39.7	37.7	36.8	29.3	25.6	18.3	39.7
	出现日期(年.日)		2002.11	1996.13	2009.18	2006.30	2000.31	2005.22	2002.15	2002.4	1997.5	1987.5	2009.6	2010.1	2N
	极端最低	℃	-21.2	-17.2	-14.7	-5.3	-0.7	6.6	11.4	9.3	1.3	-7.4	-16.4	-21.3	-21.3
	出现日期(年.日)		1998.19	2008.6	1988.7	2010.13	1991.2	1987.7	1986.5	2008.31		1986.29	1993.21	2002.26	2002.12.26
平均相对湿度		%	53	52	51	48	53	60	70	74	73	68	60	54	60
平均气压		hPa	921.2	918.7	915.8	912.7	910.4	907.0	905.9	909.2	914.7	919.1	921.0	922.1	914.8
降水量	平均降水量	mm	4.9	6.6	15.1	25.7	44.6	59.9	106.5	104.4	70.7	40.4	13.1	4.3	496.2
	最大月降水量	mm	18.4	22.7	36.9	92.7	170.5	140.9	281.0	227.2	154.7	99.0	33.9	19.5	281.0
	出现日期(年)		2001	1990	2007	1994	1983	1996	1988	2003	2005	2000	1996	1984	1988
蒸发量		mm	48.3	69.2	124.8	208.6	254.3	253.9	206.4	180.4	135.9	109.3	73.5	49.0	1713.7
风速、风向	平均风速	m/s	1.5	1.6	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
	最大风速	m/s	13.8	15.9	16.6	21.1	23.2	18.3	16.2	16.6	12.6	15.9	18.1	15.3	23.2
	最大风速风向	度	15	15	15	12	14	11	9	13	15	15	14	1	14
	出现日期(年.日)		2009.22	2006.6	2006.27	2010.26	2009.16	2009.14	2006.24	2009.14	2006.8	2009.16	2010.11	2009.4	2009.16

2.2.1.4 水文

2.2.1.4.1 水系

黄河北干流吴堡至龙门河段河道长度 275km，区间流域面积 6.4 万 km^2，两岸支流众多，流域面积大于 1000km^2 的入黄支流有 8 条，其中左岸有三川河、屈产河和昕水河，右岸有无定河、清涧河、延水河、汾川河（云岩河）和仕望川。主要支流特征值见表 2.2-2。河段流域范围内，主要为黄土丘陵沟壑区。由于植被较差，土质疏松，水土流失严重，每年汛期有大量的泥沙输入黄河，是黄河洪水泥沙的主要来源区之一。项目区水系图见附图 GX-ZL-SB-002。

表 2.2.1-2 黄河北干流吴堡至龙门河段主要支流特征值表

岸别	支流名称	流域面积（km^2）	河流长度（km）	年均降雨量（mm）	水文站名	年径流量（10^8m^3）	年输沙量（10^8t）
左岸	三川河	4161	176.4	498.3	后大成	2.14	0.150
	屈产河	1220	78.3	492.5	裴沟	0.31	0.070
	昕水河	4326	138	528.8	大宁	1.24	0.132
右岸	无定河	30261	491.2	388.3	川口	11.03	1.016
	清涧河	4080	167.8	479.6	延川	1.36	0.313
	延水河	7687	284.3	498.2	甘谷驿	2.02	0.393
	汾川河	1785	119.8	536.6	新市河	0.36	0.026
	仕望川	2356	112.8	552.8	大村	0.72	0.018
合　计		55876				19.18	2.118

注：年径流量、年输沙量统计时段为建站以来至 2015 年。

2.2.1.4.2 径流

（1）实测径流

1919 年 7 月～2016 年 6 月 97 年系列龙门站多年平均实测径流量为 279.6 亿 m^3，其中汛期 7 月～10 月径流量为 154.9 亿 m^3，占年径流量的 55.4%，非汛期径流量 124.7 亿 m^3，占年径流的 44.6%。

（2）天然径流

天然径流采用《黄河流域水文设计成果修订报告》分析提出的近期下垫面条件下的 1956～2010 年径流系列，该系列利津断面多年平均天然径流量 482.4 亿 m^3，龙门断面多年平均天然径流量 352.5 亿 m^3。该成果于 2017 年 7 月通过水利部水规总院审查，会议纪要认为，报告推荐的近期下垫面条件下 1956～2010 年天然径流量成果总体合适。

（3）设计入库径流

根据黄河流域各控制断面 1956～2010 年天然径流系列，考虑设计水平年工农业用

水、古贤水库坝址上游水库的调节作用以及中游水土保持减水影响，计算黄河干流各河段设计水平年的来水过程，古贤水库设计水平年多年平均入库径流量为 209.5 亿 m^3。

（4）枯水径流

根据龙羊峡水库建成以来的实测径流分析，龙门水文站实测最枯月平均流量进行频率分析，P=50%、P=75%、P=90%、P=95%情况下的最枯月平均流量分别为 256m^3/s、205m^3/s、166m^3/s 和 145m^3/s。

根据龙门水文站实测日流量资料统计，1987 年 5 月 15 日～6 月 19 日发生的小流量过程历时 36 天，平均流量 107.2m^3/s，最小日流量 84m^3/s（1987 年 6 月 4 日）；2001 年 6 月 23 日～7 月 26 日发生的小流量过程历时 34 天，平均流量 80.3m^3/s，最小日流量 32.9m^3/s。

2.2.1.4.3 洪水

（1）暴雨洪水特性

黄河上游地区的降雨特点是面积广、历时长、强度小的强连阴雨形式。中游河口镇至古贤区间的大暴雨经常发生在 7 月中旬至 8 月中旬，暴雨强度大，历时短，雨区范围较上游小，陕北神木一带是一个常见的暴雨中心。

古贤坝址的洪水，由黄河上游和中游地区的洪水组合而成。黄河上游地区，多为涨落平缓、历时长的低胖型洪水过程。黄河中游的洪水常形成涨落迅猛、峰高量小的高含沙洪水过程。从洪水的组成和遭遇分析看，龙门站的大洪水和特大洪水是以河口镇～龙门区间来水为主形成，河龙区间的大洪水与河口镇以上的大洪水遭遇几率很小。

（2）天然年最大设计洪水

在古贤项目建议书成果基础上进一步延长洪水资料系列至 2015 年，历史洪水重现期进行相应调整，对设计洪水进行了复核，与项目建议书成果相比，复核后的设计洪水洪峰流量偏小 2%～8%，洪量偏小 1%～6%，整体相差不大，推荐仍采用古贤项目建议书成果（该成果通过水规总院审查），中游各站（区间）天然设计洪水成果见表 2.2.1-3。

表 2.2.1-3　　黄河中游各站（区间）天然设计洪水成果表　　单位：洪峰-m^3/s，洪量-亿 m^3

站名	项目	系列			均值	Cv	Cs/Cv	不同频率P（%）设计值						
		N	n	a				0.01	0.02	0.1	1.0	2.0	5	20
河口镇	Q_m		64		2452	0.50	3.5	11800	11100	9290	6710	5920	4880	3250
	W_1		64		2.54	0.43	3.0	9.77	9.22	7.94	6.04	5.45	4.64	3.33
	W_5		64		11.56	0.43	3.0	44.5	42	36.1	27.5	24.8	21.1	15.1
	W_{12}		64		25.36	0.42	3.0	95.1	89.9	77.5	59.3	53.6	45.8	33.1
吴堡	Q_m	156~275	67	1	7100	0.73	3.0	51800	48000	39000	26300	22500	17500	10100
	W_1		67		3.19	0.49	3.0	14.2	13.3	11.3	8.37	7.46	6.23	4.28

表 2.2.1-3　　黄河中游各站（区间）天然设计洪水成果表　　单位：洪峰-m^3/s，洪量-亿 m^3

站名	项目	系列			均值	Cv	Cs/Cv	不同频率P（%）设计值						
		N	n	a				0.01	0.02	0.1	1.0	2.0	5	20
	W_5		67		12.44	0.43	3.0	47.8	45.2	38.9	29.6	26.7	22.7	16.3
	W_{12}		67		26.79	0.41	3.0	98	92.7	80.1	61.6	55.8	47.8	34.8
龙门	Q_m	173	81	1	7870	0.64	3.0	48300	45000	37100	25800	22400	17900	11000
	W_5		81		14.54	0.41	3.0	53.2	50.3	43.5	33.4	30.3	26	18.9
	W_{12}		81		29.97	0.38	3.0	101	96.2	83.8	65.4	59.6	51.6	38.4
	W_{45}		81		87.85	0.36	3.0	282	268	235	185	169	148	112
三门峡	Q_m	1000	97	1	7230	0.57	4.0	43600	40400	33100	22700	19600	15500	9530
	W_5		93		19.24	0.51	3.5	95.1	88.9	74.4	53.5	47.1	38.7	25.6
	W_{12}		93		38.97	0.43	3.0	150	141	122	92.7	83.6	71.2	51
	W_{45}		93		113.21	0.38	2.0	346	330	293	236	218	192	147
河龙间	Q_m		64		5905	0.75	3.0	44700	41300	33500	22400	19100	14800	8410
	W_1		64		2.27	0.72	3.0	16.3	15.1	12.3	8.29	7.11	5.55	3.22
	W_5		64		5.29	0.70	3.0	36.5	33.8	27.7	18.8	16.2	12.7	7.48
	W_{12}		64		8.06	0.69	3.0	54.6	50.6	41.4	28.3	24.4	19.2	11.4
龙三间	W_5		83		9.77	0.58	2.5	49.3	46.2	39	28.5	25.2	20.8	13.7
	W_{12}		83		16.38	0.56	2.5	79.4	74.5	63.1	46.4	41.2	34.2	22.8
	W_{45}		83		36.46	0.56	2.5	177	166	140	103	91.7	76	50.9

（3）分期设计洪水

项目建议书阶段根据大气环流季节转换特征以及历年各月最大洪峰流量分布图分析，将龙门汛期分为前汛期 7 月 1 日～9 月 10 日和后汛期 9 月 11 日～10 月 31 日两个时段，河龙区间分期时段与龙门分期时段相同。

可行性研究阶段将资料系列延长至 2015 年进行分析，分期的规律没有变化，仍按前期和后期分别进行选样统计，各站（区间）的设计值与古贤项目建议书阶段成果差别不大，推荐仍采用古贤项目建议书成果，分期设计洪水计算结果见表 2.2.1-4。

（4）施工设计洪水

将资料系列延长至 2015 年，对各施工期时段的设计流量进行了复核，复核的成果与古贤项目建议书成果相差不大，推荐仍采用古贤项目建议书成果，坝址汛期施工洪水同坝址设计洪水，P = 10%、5%、2%、1%、0.5%的施工设计洪水成果见表 2.2.1-5。

表 2.2.1-4　　黄河龙门站及河龙间分期设计洪水成果表

站（区）	项目	分期	系列			均值	Cv	Cs/Cv	不同频率 P（%）设计值				
			N	n	a				0.01	0.1	1.0	5	20
龙	Q_m（m^3/s）	年最大	155	63	1	9110	0.58	3.0	49400	38500	27400	19600	12600

表 2.2.1-4　　黄河龙门站及河龙间分期设计洪水成果表

站（区）	项目	分期	系列			均值	Cv	Cs/Cv	不同频率 P（%）设计值				
			N	n	a				0.01	0.1	1.0	5	20
		前汛期	155	63	1	9100	0.58	3.0	49400	38500	27400	19600	12600
		后汛期		62		3100	0.62	3.0	18300	14100	9890	6920	4320
	W_5（10^8m^3）	年最大		63		15.68	0.39	3.0	54.5	44.9	34.8	27.3	20.2
		前汛期		63		14.84	0.39	3.0	51.6	42.5	33.0	25.87	19.1
		后汛期		62		11.20	0.52	2.5	49.9	40.1	29.9	22.4	15.39
	W_{12}（10^8m^3）	年最大		63		31.91	0.38	3.0	108.0	89.3	69.6	55	40.9
		前汛期		63		29.86	0.37	3.0	98.4	81.7	64.0	50.8	38.08
		后汛期		62		24.30	0.52	2.5	108.0	86.9	64.9	48.62	33.39
河龙间	Q_m（m^3/s）	年最大		46		7145	0.66	3.0	45700	34900	24100	16600	10000
		前汛期		46		7124	0.66	3.0	45500	34800	24000	16500	10000
		后汛期		46		1060	0.95	3.0	11200	8080	5080	3080	1520
	W_1（10^8m^3）	年最大		46		2.69	0.65	3.0	16.9	12.9	8.95	6.17	3.77
		前汛期		46		2.69	0.65	3.0	16.9	12.9	8.95	6.17	3.77
		后汛期		46		0.60	0.94	3.0	6.23	4.51	2.85	1.73	0.86
	W_5（10^8m^3）	年最大		46		6.10	0.65	3.0	38.2	29.3	20.3	14	8.55
		前汛期		46		6.10	0.65	3.0	38.2	29.3	20.3	14	8.55
		后汛期		46		1.80	0.73	3.0	13.1	9.89	6.66	4.43	2.56
	W_{12}（10^8m^3）	年最大		46		9.36	0.65	3.0	58.6	44.9	31.1	22.2	15
		前汛期		46		9.31	0.65	3.0	58.3	44.7	31.0	21.37	13.05
		后汛期		46		3.19	0.65	3.0	20.0	15.3	10.6	7.32	4.47

表 2.2.1-5　　黄河古贤水利枢纽工程汛期施工设计洪水成果表

项目	不同频率 P（%）设计值				
	0.5	1	2	5	10
Q_m（m^3/s）	30800	27400	24100	19500	16100
W_5（10^8m^3）	37.9	34.8	31.7	27.3	23.9
W_{12}（10^8m^3）	75.7	69.6	63.5	55.0	48.2

2.2.1.5　地质

（1）区域地质与地震

古贤水利枢纽在大地构造上位于中朝准地台鄂尔多斯断块的东南部，向东过山西断陷盆地带与山西断隆相接，南有渭河断陷盆地带与秦岭断褶系相邻，北过河套断陷盆地带与内蒙地轴为邻，西过银川－吉兰泰断陷带与阿拉善台隆接壤。

鄂尔多斯块体为中国大陆稳定的块体之一，新构造运动微弱。在中生代鄂尔多斯块体曾经为一大型拗陷盆地，接受巨厚的内陆河湖相堆积。到了新生代，由于地壳应力场发生了变化，才逐渐转变为稳定中略有上升的高原，并在第四纪仍处于缓慢隆升状态，且广泛堆积了中更新世和晚更新世黄土。

鄂尔多斯块体的稳定性主要表现在自新生代以来作整体的抬升运动，而且历史地震

和现今地震活动十分微弱，很少有强震发生。但围绕鄂尔多斯块体的断陷盆地带及块体与断陷盆地过渡的隆起山系，地震活动表现十分强烈，经常有周期性的强震发生。对库坝区构造稳定影响较大的发震断裂主要分布在渭河断陷带和山西断陷带内，尤其是山西断陷带的影响。

古贤水利枢纽位于稳定的鄂尔多斯块体内，区内地层平缓，构造简单，坝址区周边40km 范围内无区域性活动断裂通过，未发现有中强地震的记载，地震的危险性主要来自周边地区的汾渭地堑。虽然它的周缘断陷盆地地区活动断裂发育，是强震发生区，但影响到坝址区的地震烈度大多为V度～VI度。工程场区地震活动较弱，其区域构造稳定性分级介于稳定区与基本稳定区之间。

按照《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），工程场区的地震动峰值加速度为 0.05g，地震动反应谱特征周期为 0.45s，相应的地震基本烈度为 VI 度。

根据《黄河古贤水利枢纽场地地震安全性评价报告》中间成果，工程场区基准期 50 年内超越概率 10%时，同乐坡坝址、古贤坝址基岩水平向动峰值加速度分别为 0.064g、0.067g，相当于地震基本烈度为 VI 度；对非壅水建筑物取基准期 50 年内超越概率 5%时，同乐坡坝址、古贤坝址基岩水平向动峰值加速度分别为 0.086g、0.091g；对壅水建筑物取基准期 100 年内超越概率 2%时，同乐坡坝址、古贤坝址基岩水平向动峰值加速度分别为 0.0136g、0.0143g。

（2）水库区工程地质

水库区位于晋陕峡谷黄土高原区，黄河以下切为主，流向自北向南，为本区最低侵蚀基准面。黄河两岸支流、支沟发育，切割较深，多呈树枝状展布，以季节性流水或常年流水汇入黄河。较大的支流自上而下右岸有无定河、清涧河和延河，左岸有三川河、昕水河等。

水库区河段全长约 202.6km，河水面落差约 167m，平均比降约 0.8‰，河谷呈“U”型谷。河谷底宽一般 200m～500m，三交以上河段，河谷较宽，一般为 400m～800m。

在黄河及其主要支流的河谷发育河漫滩及I～V级阶地，除I级阶地为堆积阶地外，其它均为基座阶地，阶地基座之上广泛分布第四系黄土类土。

工程区属华北地层区的陕甘宁蒙盆地地层分区，基岩地层主要为二叠系、三叠系陆相碎屑岩，岩性为砂岩、泥岩地层，出露于黄河两岸及支沟中；第三系地层主要出露于黄河左岸支流屈产河～三川河之间的沟谷两岸，岩性为胶结－半胶结的砂砾岩、泥岩地

层。第四系主要由黄土组成，广泛分布于黄河两岸。

工程区位于鄂尔多斯断块东南部，为一向北西缓倾的单斜构造，岩层总体走向 10°～30°，倾向 NW，倾角 3°～5°，局部近于水平或倾角在 6°～12°。区内地层平缓，构造简单，无区域性大断裂通过，未发现大的断裂和褶皱，仅在库尾吴堡一带发育有次一级的宽缓褶皱。

内、外动力地质作用主要表现为两岸陡峻岩体的崩塌，有滑坡和滑塌体各一处，规模较小，规模不大，分布高程高于水库运行期 30 年一遇洪水位，水库蓄水对其无影响。

根据地下水的赋存条件及运移特征，可将区内的地下水划分为基岩裂隙水和松散堆积层孔隙潜水两种类型。松散层孔隙水主要分布在黄河河漫滩、各级阶地的第四系堆积层中；基岩裂隙水常呈脉状或上层滞水形式，沿砂岩底部的泥岩和粉砂岩顶面溢出地表而成泉，泉水流量一般 0.5L/s～3.0L/s，水量随季节变化大。

主要工程地质问题有：库岸稳定、水库渗漏、水库淹没浸没及水库诱发地震等。

（3）坝址工程地质条件

古贤坝址位于壶口瀑布上游约 10.1km 处的古贤村附近。坝址河谷为“U”型谷，两岸谷坡稍不对称。坝址区地形陡峻，冲沟发育，切割深度一般在数十至上百米，延伸长度 0.5km～2.5km。左岸高程 625m～640m 和右岸高程 640m～665m 以上为黄土覆盖，以下基岩裸露。

坝址区发育有五级阶地，I、III、IV级阶地较明显，缺失II级阶地，V级阶地发育高程约 700m 以上，黄土覆盖，阶面不清晰。I级阶地发育在左岸坝轴线附近和右岸坝轴线下游的老爷庙沟口一带，为堆积阶地；III、IV、V级阶地均为基座阶地，III级阶地仅在左岸断续分布。

坝址区河道常水位为 465m 左右，河谷底宽 460m。常水位条件下河道被河心滩分割，主流靠左岸。左边水面宽度约 175m，右边水面宽约 30m。河心滩宽约 200m，长约 120m，高出河水面 1m 左右。

坝址区出露基岩为中生界三叠系中统二马营组上段和铜川组下段，为一套陆相碎屑岩系，分布于整个坝址区的河谷及岸坡上，出露厚度 160m～200m，最大揭露厚度 350m 左右，岩相变化较大。

工程区位于鄂尔多斯断块的东南部，总体上为一走向 10°～30°，倾向 NW，倾角 0°～3°的单斜构造，地层平缓，褶皱、断层不发育，主要构造形迹表现为节理和顺层剪切带。坝址区控制性构造节理主要以陡倾角为主，70°～90°陡倾角节理占调查数据的 81.1%，

30°～70°倾角节理占 18.1%。

根据坝段内含水介质的特征、地下水的赋存条件和水力性质，其地下水类型可分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两类。

古贤坝址区黄土按时代和岩性可分为 Q_3 马兰黄土和 Q_2 离石黄土。Q_3 马兰黄土多为中、轻粉质壤土，粉粒含量平均值为 80.6%，粘粒含量的平均值为 15.5%， Q_2 离石黄土多数为重粉质壤土，局部有粉质粘土和中、轻粉质壤土薄层，粉粒含量平均值为 74.77%，粘粒含量的平均值为 23.47%。在 200kPa 压力下的湿陷系数平均值：上部马兰黄土（Q_3）为 0.06，属湿陷性黄土；下部离石黄土（Q_2）为 0.014，属非湿陷性黄土。

坝址区各岩组砂岩类均属中硬～坚硬岩石，饱和单轴抗压强度为 38.9MPa～115.5MPa，一般为 50MPa～90MPa；各岩组粉砂岩类均属较软岩～中硬岩石，少量属软岩，饱和单轴抗压强度为 18.5MPa～100.5MPa，一般为 30MPa～60MPa，软化系数为 0.17～0.83，均值 0.49，属易软化岩石；各岩组粘土岩类均属较软～中硬岩类，饱和单轴抗压强度为 16.2MPa～58.3MPa，一般为 20MPa～40MPa。三类岩石的饱水系数一般在 0.93 以上，说明其抗水性能稍差，抗冻能力较差。

按岩性、岩组对坝区各类岩石试验成果进行的归类分析表明：砂岩类铜川组 $T_2t_1^2$ 和 $T_2t_1^1$ 岩组，饱和单轴抗压强度为 42.6 MPa～86.8MPa，属中硬～坚硬岩石，均值为 57.40MPa；二马营组 T_2er_2（揭露 7 个岩组）各岩组饱和单轴抗压强度范围值为 38.9MPa～115.5MPa，属中硬～坚硬岩石，均值为 73.53MPa；粉砂岩类和粘土岩类，各岩组饱和单轴抗压强度比较接近，二马营组略高。

2.2.1.6 土壤、植被

（1）土壤

项目建设区土壤主要为黄绵土、黑垆土。黄绵土质地中壤，主要分布于高原沟壑区，遍布塬、梁、谷，黄绵土土层深厚松散，透水性好，质地适中，但抗冲性弱，易流失。黑垆土主要分布在塬面坳心，零星分布在塬边地带，土层深厚，质地中壤，耕性良好，适宜于作物生长。以上两种土壤都是在自然和人为因素的长期作用下，黄土母质上耕种熟化形成的土壤，结构疏松，空隙多，透水保水性好，但抗冲性弱，易遭侵蚀。

（2）植被

项目区森林植被属暖温带森林草原植被带，区域植物种类较多，主要乔木树种有油松、侧柏、杜松、辽东栎、槲栎、栓皮栎、山杨、泡桐、刺槐、椴树、旱柳、楸树、漆

树、中槐、臭椿、香椿、三角枫、五角枫、杜梨等。构成林分的优势树种主要以刺槐、油松、侧柏、栎类为主，人工栽植的树种主要有刺槐、油松、侧柏、杨树以及苹果、柿子、核桃、花椒等经济林木。灌木以酸枣、黄蔷薇、狼牙刺、虎榛子、胡颓子、山刺玫、山桃、柠条和绵柳等为主。草本植物以黄菅草、羊胡子草等为主。区域植物成分以华北区系为主，刺槐、栎类、油松、侧柏、山杨等为建群种和优势种。林草覆盖率达 38.6%。

2.2.2 社会经济概况

古贤水利枢纽工程建设征地包括水库淹没影响区和枢纽工程建设区，涉及山西省和陕西省 5 市 13 县（市）。其中水库淹没影响区涉及山西省临汾市吉县、大宁县、永和县，吕梁市石楼县、柳林县和陕西省延安市宜川县、延长县、延川县，榆林市清涧县、绥德县、吴堡县等 4 市 11 县；枢纽工程建设区涉及山西省临汾市吉县、乡宁县，运城市河津市和陕西省延安市宜川县等 3 市 4 县（市）。

（1）人口。工程建设征地涉及山西省的河津市、乡宁县、吉县、大宁县、永和县、石楼县、柳林县和陕西省的宜川县、延长县、延川县、清涧县、绥德县、吴堡县等 13 个县（市），总土地面积 21109k ㎡，2016 年底总人口 248.48 万人，平均人口密度为 118 人/k ㎡，其中河津市的平均人口密度最高，为 691 人/k ㎡；宜川县平均人口密度最低，为 43 人/k ㎡。

（2）农业生产。2016 年 13 个县（市）总耕地面积 558.74 万亩，占总土地面积的 17.6%，人均耕地 2.25 亩，农业人均耕地 3.20 亩。黄河沿岸地区的耕地以旱坡地为主，河流沿岸分布有少量的水浇地、菜地等，因当地缺水，农作物产量低而不稳。该地区主要粮食作物有玉米、谷子、豆类和大豆等，经济作物有棉花、花生和油菜等。2016 年粮食作物播种面积 364.51 万亩，粮食总产量 81.35 万 t，粮食播种面积亩产量 223.2kg，人均粮食产量 327.4kg，农业人均粮食产量 465.7 kg。库区各县以红枣、苹果为特产，其中大坝所在地的宜川县、吉县两县盛产优质苹果，库区上游的永和县、石楼县、柳林县、延川县、清涧县、绥德县和吴堡县以红枣为特产。2016 年水果产量 169.25 万 t。近年来，各县以特色产品为龙头，带动农村经济的发展，农民生活水平持续提高。

（3）地区生产总值。改革开放以来，该区工业发展较快，其中农产品加工、采矿（煤、石油）已具有一定规模。13 个县（市）2016 年底地区生产总值 660.50 亿元，其中农林牧渔业总产值为 114.22 亿元。

（4）交通。近年来，国家和地方政府加大了公路建设费用，库区的交通得到了较

大的改善，县乡公路和乡村公路贯通了各个乡村，自然村间均有大车路相连。

（5）生活水平。各县（市）多种经营及工副业生产发展较快，人民生活水平有较大提高。各县农民人均可支配收入 8955 元，其中山西省河津市、柳林县和陕西省宜川县农民人均可支配收入较高，分别达到 11993 元、10583 元和 10376 元。2016 年各县（市）经济社会情况见表 2.2.2-1。

表 2.2.2-1 黄河古贤水利枢纽工程各县 2016 年社会经济情况统计表

序号	项目	单位	合计	山西省								陕西省						
				合计	吉县	大宁县	永和县	石楼县	柳林县	乡宁县	河津市	合计	宜川县	延长县	延川县	清涧县	绥德县	吴堡县
1	总土地面积	k ㎡	21109	9672	1780	963	1212	1808	1287	2029	593	11437	2931	2368	1985	1881	1853	419
2	总人口	万人	248.48	135.24	10.96	6.7	6.57	11.57	34.42	24.07	40.95	113.24	12.48	15.6	19.08	21.7	35.95	8.43
	其中：农业人口	万人	174.68	83.38	6.95	4.1	3.82	6.55	28.29	15.03	18.64	91.3	9.57	11.83	15.23	17.57	30.4	6.7
	平均人口密度	人/k ㎡	118	140	62	70	54	64	267	119	691	99	43	66	96	115	194	201
3	总耕地面积	万亩	558.74	278.72	27.3	23.8	35.9	47	56.87	41.01	46.84	280.02	23.59	25.75	51.12	60.2	96.6	22.76
	人均耕地	亩	2.25	2.06	2.49	3.55	5.46	4.06	1.65	1.7	1.14	2.47	1.89	1.65	2.68	2.77	2.69	2.7
	农业人均耕地	亩	3.2	3.34	3.93	5.8	9.4	7.18	2.01	2.73	2.51	3.07	2.46	2.18	3.36	3.43	3.18	3.4
4	粮食播种面积	万亩	364.51	215.96	10.56	14.67	35.55	39.21	30.83	38.3	46.84	148.55	10.15	15.98	31.77	46.99	42.07	1.59
	粮食总产量	万 t	81.35	54.51	2.96	4.39	8.22	7.09	4.68	8.15	19.02	26.84	3.5	2.62	3.17	7.91	9.1	0.54
	粮食播种面积亩产量	kg	223.2	252.4	280.3	299.3	231.2	180.8	151.8	212.8	406.1	180.7	344.8	164	99.8	168.3	216.3	339.6
	人均粮食产量	kg	327.4	403.1	270.1	655.2	1251.1	612.8	136	338.6	464.5	237	280.4	167.9	166.1	364.5	253.1	64.1
	农业人均粮食产量	kg	465.7	653.8	425.9	1070.7	2151.8	1082.4	165.4	542.2	1020.4	294	365.7	221.5	208.1	450.2	299.3	80.6
5	水果产量	t	1692474	376566	248396	11775	21294	13797	7260	21938	52106	1315908	468774	262215	167157	250867	137081	29814
	其中：苹果产量	t	1159950	259795	246700	7948	4311		836			900155	453200	240900	75500	46546	83194	815
6	生产总值	亿元	660.5	425.75	19.89	4.51	7.95	8.69	121.82	83.69	179.2	234.75	27.92	9.63	68.11	43.92	67.15	18.02
	其中：农林牧渔业总产值	亿元	114.22	28.44	8.51	1.07	2.44	2.47	2.74	3.14	8.07	85.78	20.25	16.07	13.37	12.62	18.4	5.07
7	农民人均可支配收入	元	8955	8742	4661	2690	3221	2877	10583	8744	11993	9150	10376	9286	9063	8918	8949	8881

2.2.3 水土流失现状及防治情况

2.2.3.1 水土流失现状

项目区位于黄土丘陵沟壑区，沟壑纵横，梁、峁、台、塬遍布，沟壑发育，沟谷深切，植被稀少，源边崩塌、滑坡十分活跃。项目区土质疏松，水土流失极为严重，每年汛期有大量的泥沙输入黄河，是黄河中游河口镇至龙门区间水土流失最严重的地区，也是黄河多沙粗沙的主要来源地。

根据全国水土保持规划（2015-2030 年），项目区属于西北黄土高原区晋陕甘高原沟壑区晋陕甘高原沟壑保土蓄水区，根据《陕西省志—第十四卷水土保持志》（2000 年），项目区属于以水力侵蚀为主的水土流失类型区，位于延河、洛河中游丘陵沟壑次强度流失区和宜川破碎原中度流失区。项目区 13 个县的土地面积 20995.4km^2，水土流失总面积 17609.54km^2，占土地总面积的 83.87%，全部为水力侵蚀。其中所占比例最大的为中度侵蚀，其面积为 4801.64km^2，占土地总面积的 22.87%。项目区水土流失强度分布情况详见图 2.2-1 和表 2.2-7。

根据《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007），黄河古贤水利枢纽工程位于水力侵蚀区的西北黄土高原区，可确定项目区容许土壤流失量为 1000t/（km^2·a）。

项目区是黄河泥沙的主要来源区，根据当地水土保持资料，结合实地调查，同时依据当地的地形地貌、气象、土壤、植被等情况，分析确定项目区土壤侵蚀模数背景值为 8000t/（km^2·a）。

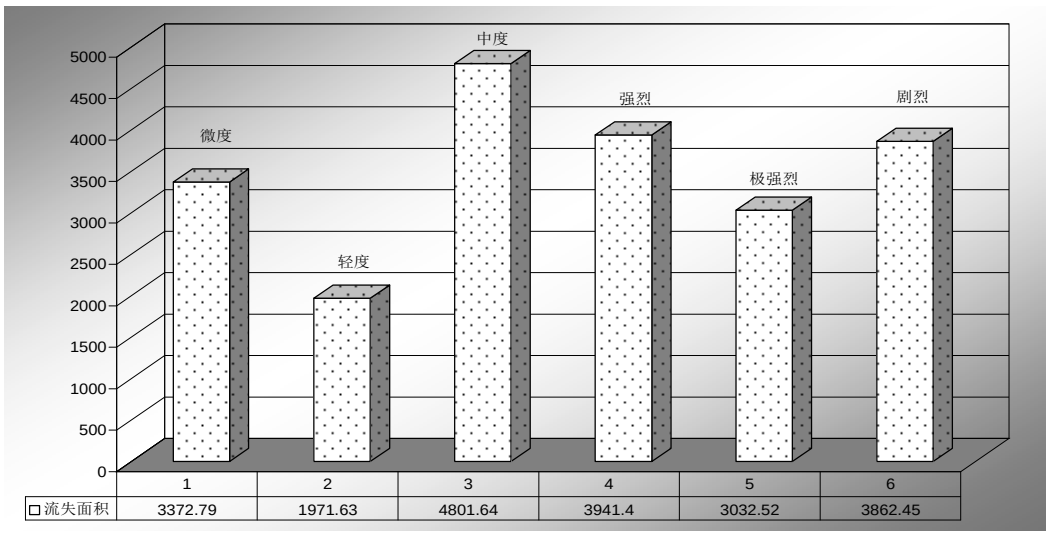


图 2.2.3-1 水土流失强度分级图 单位：km^2

表 2.2.3-1 黄河古贤水利枢纽工程项目区水土流失强度分级面积表 单位：km^2

项目	山西省							陕西省						合计
	河津县	乡宁县	吉县	大宁县	永和县	石楼县	柳林县	宜川县	延长县	延川县	清涧县	绥德县	吴堡县	
总面积	578.45	2029.65	1774.05	967.05	1216.7	1749.7	1295.06	2938.72	2365.75	1975.46	1846.81	1838.47	419.53	20995.4
流失面积	172.45	1439.06	1320.42	822.84	1155.12	1613.78	1233.11	2291.42	1935.06	1779.78	1788.05	1657.12	401.33	17609.54
面积比（%）	29.81	70.90	74.43	85.09	94.94	92.23	95.22	77.97	81.79	90.09	96.82	90.14	95.66	83.8
微度	393.22	590.28	453.64	144.22	61.58	135.91	61.95	647.31	430.69	195.69	58.75	181.34	18.21	3372.79
面积比（%）	67.98	29.08	25.57	14.91	5.06	7.77	4.78	22.03	18.21	9.91	3.18	9.86	4.34	16.06
轻度	48.02	205.03	169.89	115.48	203.73	150.89	43.31	701.08	11.34	60.82	116.06	135.27	10.71	1971.63
面积比（%）	8.30	10.10	9.58	11.94	16.74	8.62	3.34	23.86	0.48	3.08	6.28	7.36	2.55	9.39
中度	40.38	278.23	146.73	149.99	81.62	133.17	165.19	935.99	977.21	821.85	887.37	31.87	152.04	4801.64
面积比（%）	6.98	13.71	8.27	15.51	6.71	7.61	11.76	31.85	41.31	41.60	48.05	1.73	36.24	22.87
强烈	52.91	368.97	212.96	50.3	225.79	437.14	325.69	154.93	814.06	713.17	29.84	508.91	46.73	3941.4
面积比（%）	9.15	18.18	12.00	5.20	18.56	24.98	25.15	5.27	34.41	36.10	1.62	27.68	11.14	18.77
极强烈		234.4	270.22	373.86	129.23	168.7	175.15	496.26	41.76	31.44	399.38	558.65	153.47	3032.52
面积比（%）		11.55	15.23	38.66	10.62	9.64	13.52	16.89	1.77	1.59	21.63	30.39	36.58	14.44
剧烈	31.14	352.53	520.62	133.21	514.75	723.88	523.77	3.16	90.69	152.5	355.4	422.42	38.38	3862.45
面积比（%）	5.38	17.37	29.35	13.77	42.31	41.37	40.44	0.11	3.83	7.72	19.24	22.98	9.15	18.40

2.2.3.2 水土保持现状

黄河古贤水库坝址上距碛口坝址 238.4km，下距壶口瀑布 10.1km，坝址左岸为山西省吉县，右岸为陕西省宜川县。工程共涉及陕西和山西两省 13 个县，其中陕西省涉及宜川、延长、延川、清涧、绥德和吴堡 6 县，山西省涉及柳林、石楼、永和、大宁、吉县、乡宁和河津 7 县。项目区党和政府十分重视水土流失治理工作，水土保持工作从典型示范到大面积推广，取得了一定的成绩。主要有黄土高原水土保持世行贷款项目、黄土高原地区水土保持淤地坝试点工程、黄河上中游水土保持重点工程等。但由于上游植被稀疏，库坝泥沙淤积严重，部分工程已失去其拦沙能力，加之黄河两岸边坡的特殊地质地貌，以及人为生产建设活动的影响，造成水土流失不断加剧。近年来，项目区水土保持主管部门开展了多项开发建设项目水土保持方案编制工作，都按照水土保持法要求编制了水土保持方案，采取因地制宜、因害设防、统筹规划、全面布局、科学配置的方式，工程措施、植物措施、临时措施相结合，防护、排水、植被恢复等措施有效地遏制人为水土流失。

2.2.3.3 项目区水土保持的成功经验

为保证本项目措施布局合理，黄河设计公司工程技术人员通过对工程区周边区域的大型工程进行现场查勘，总结了工程建设中较为成功的水土保持工程措施，并向当地水行政主管部门调查了解开发建设项目的水土流失治理经验。水保经验主要为:

（1）在项目管理上，严格按照“三制”要求进行管理，由于前期工作中对水土保持工作的重视，使得各项水土保持要求和建设能够在招标文件中和合同签订中得到具体落实。

（2）在工程建设中，施工单位能够按照合同要求，进行水土保持措施建设，特别是在施工方法、施工工艺方面。通过控制施工工序，优化施工方法，使得土方开挖、临时堆放、回填的周期大大缩短，减少了土方开挖、临时堆放、回填过程中的水土流失。同时，在土方开挖过程中，施工单位能够按照要求，将表土和生土分开堆放，并进行临时防护，并将土堆表面进行人工简易密实。在施工时段安排上，施工单位为减少施工难度，一般都会选择非汛期施工，避开雨天施工。

（3）水保措施适当。该类工程以弃渣场和料场的防护措施为主。对渣场主要是采取工程措施和植物措施结合，工程措施一般布设挡渣墙拦挡、浆砌石护坡、菱形网格、覆土复耕等，植物措施主要是对渣场顶面、坡面进行绿化。料场主要是布设截排水沟排导径流，避免径流冲刷料场开采的临空面，料场如是耕地，取料前将表层耕作土剥离后进行临时防护，料场取料结束后可回填于料场底部，以利复耕。针对料场开挖形成的临空面，布设绿

化措施。此外，因水利工程建设工期较长，施工生产生活区占地时间长，对这些区域采取植树种草、布设花坛等绿化措施，铺洒碎石子等工程措施，此外，为避免场地受雨水径流冲刷产生水蚀，布设了开挖截排水沟等临时措施。这些措施能很好的防治水土流失，值得本工程借鉴。

附近在建亭口水库，为本工程的水土流失防治工作提供了宝贵的经验。在工程建设过程中，按照分区防治的原则对各个防治区有针对性的布置各项水土保持措施，由于该工程与古贤水库工程项目组成、开发方式相同，区域地形地貌及自然环境相近，水库建设过程中的水土保持经验对指导古贤水库工程建设中的水土保持工作具有极好的借鉴作用。工程建设中的水土保持经验主要如下:

主体工程区：在主体已有措施的基础上，辅以必要的临时挡护、排水、土地平整、弃渣清运等工程措施，通过园林化设计与实施，在大坝开挖边坡布置植物措施，工程永久管理区实施园林景观绿化，改善项目管理区及生态环境，创建优美的工作、生活环境。

对外交通工程区：永久公路路面一般采用混凝土路面，路两侧视地形进行了削坡、浆砌石挡墙护脚、喷混凝土等护坡工程等，确保了公路路基及边坡稳定。

场内临时交通工程区：临时公路两侧视地形进行了削坡、浆砌石挡墙护脚、喷混凝土等护坡工程及截水沟、浆砌石边沟等排水措施设计，确保公路路基及边坡稳定。

施工生产生活设施区：做好施工场地周边的排水，辅以适当护坡工程，保障其自身的安全；施工结束后，及时拆除施工场地不再使用的施工设施、临时房屋建筑后，进行土地平整，恢复植被。

弃渣场区：堆渣场的渣体通常是松散的堆积体，存在不均匀沉降现象，降水易于入渗，极易发生崩塌及水土流失，是生产建设项目水土流失防治的重点之一。主要通过设置挡渣墙、排水沟、护坡进行防护；对于沟道型、临河型堆渣场，设置临时挡渣墙或拦渣坝；堆渣结束后，对渣体进行整治，并进行植被恢复。

2.2.4 项目与水土流失重点防治区的相对位置

根据《全国水土保持规划（2015-2030 年）》（国函〔2015〕160 号），黄河古贤水利枢纽工程位于黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区。根据《山西省水土保持规划（2016-2030）》和《陕西省水土保持规划（2016-2030）》，黄河古贤水利枢纽工程位于山西省水土流失重点治理区和陕西省陕北丘陵沟壑重点治理区。

项目区属中国水土保持区划中的西北黄土高原区，涉及的水土保持二级区划有晋陕

蒙丘陵沟壑区、汾渭及晋城丘陵阶地区、晋陕甘高塬沟壑区。

3 主体工程水土保持分析与评价

根据《中华人民共和国水土保持法》、《生产建设项目水土保持技术规范》（GB 50433-2018）、《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）和《关于印发水利水电工程水土保持技术规范（SL 575-2012）补充技术要点（试行）的通知》（水总环〔2019〕635 号）、《黄河古贤水利枢纽工程可行性研究报告》（黄河勘测规划设计研究院有限公司，2019 年 12 月）等相关法律法规、技术规范、技术文件等对主体工程水土保持进行评价。

3.1 主体工程制约性因素分析与方案比选评价

3.1.1 《中华人民共和国水土保持法》制约性因素分析

依据《中华人民共和国水土保持法》的相关条文进行分析，主要针对《中华人民共和国水土保持法》第十七条、第十八条、第二十四条、第二十五条、第二十八条、第三十二条和第三十八条进行水土保持制约性因素分析与评价。黄河古贤水利枢纽工程选址选线无法避让国家级和省级水土流失重点治理区，但通过执行西北黄土高原区水土流失防治指标一级防治标准，提高植物措施标准，提高截排水工程、拦挡工程的工程等级和防洪标准，采取有效的水土流失防治措施，同时优化施工方法和工艺，减少地表扰动及植被损坏范围等措施后，可消除或减轻对水土流失重点防治区的影响。根据《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月）关于工程布置及选址选线相关制约性因素要求，本工程与之符合性分析如表 3.1.1-1 所示。

3.1.2 《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）制约性因素分析

（1）总体分析评价

本项目占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；没有位于河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带；项目选址无法避让国家级、省级水土流失重点治理区，本专业提出通过提高截排水工程、拦挡工程的工程等级和防洪标准，提高植物措施标准及林草覆盖率指标，适当布设沉沙设施，同时进行施工方案优化等方法进行优化设计。经分析，项目建设不存在

水土保持绝对制约性因素，符合《生产建设项目水土保持技术标准》的要求。主要评价结论详见表 3.1.2-1。

表 3.1.1-1 黄河古贤水利枢纽工程《中华人民共和国水土保持法》制约性因素分析评价一览表

依据名称	序号	相关条文	本工程符合性分析	是否存在制约
《中华人民共和国水土保持法》	1	第十七条，禁止在崩塌、滑坡危险区和泥石流易发区从事取土、挖砂、采石等可能造成的水土流失的活动。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。	本工程取料等施工活动不涉及崩塌、滑坡危险区和泥石流易发区。	不存在制约
	2	第十八条，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。	本工程不涉及生态脆弱区;工程合理布置施工场地，保护林地及天然草地。工程施工过程中采取工程、植物和临时等综合措施尽量减少水土流失，施工结束后采取植物措施恢复植被。	不存在制约
	3	第二十四条，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。	本工程无法避让国家级、省级水土流失重点治理区。	通过执行西北黄土高原区水土流失防治指标一级防治标准，通过优化项目区内绿化树种等级等措施提高植物措施标准，提高截排水工程、拦挡工程的工程等级和防洪标准，采取有效的水土流失防治措施，同时优化施工方法和工艺，减少地表扰动及植被损坏范围等措施后，可消除或减轻对水土流失重点防治区的影响
	4	第二十五条，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。	建设单位已委托黄河勘测规划设计研究院有限公司编制《黄河古贤水利枢纽工程水土保持方案报告书》，目前方案报告书已编制。	不存在制约
	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专门存放地，并采取措施保证不产生新的危害。	黄河古贤水利枢纽工程主体工程为混凝土重力坝，自身基本上没有土方填筑，工程设计利用填筑围堰工程、施工道路工程、施工场区平整工程等充分综合利用工程开挖土方。对确需废弃的弃渣运至指定弃渣场集中堆存，并采取拦挡、防洪、截排水、护坡、植被恢复等综合防护措施，可防止弃渣产生新的危害。	不存在制约
	6	第三十二条，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生产建设项目或者从事其他生产建设活动，损坏水土保持设施、地貌植被，不能恢复原有水土保持功能的，应当缴纳水土保持补偿费，专项用于水土流失预防和治理。	本工程水土保持投资中计列水土保持补偿费。项目建设单位按国家规定缴纳水土保持补偿费。	不存在制约

表 3.1.1-1 黄河古贤水利枢纽工程《中华人民共和国水土保持法》制约性因素分析评价一览表

依据名称	序号	相关条文	本工程符合性分析	是否存在制约
	7	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。	本工程拟对耕地、园地和林地、草地等占地类型的土地表层土进行剥离并加以保存和利用。	不存在制约

表 3.1.2-1　　黄河古贤水利枢纽工程 GB 50433-2018 水土保持制约因素分析与评价

序号	项目	规定内容	本工程符合性分析	是否存在制约
1	工程选址、建设方案和布局的限制因素	（1）选址（线）应避让水土流失重点预防区和重点治理区	本工程位于国家级和省级水土流失重点治理区，本专业提高工程措施等级、防洪标准及植物措施标准等，通过优化施工方案，尽量减少工程占地和土石方量。	通过以上措施设计不存在制约性因素
		（2）选址（线）应避让河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带	本工程不涉及河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带。	不存在制约
		（3）选址（线）应避开全国水土保持网络中的水土保持监测站点、重点实验区及国家确定的水土保持长期定位观测站。	避开了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，不涉及国家确定的水土保持长期定位观测站。	不存在制约
		（3）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 或挖深大于 30m 的，必须有桥隧比选方案。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。	本工程新建 20.558km 进场道路，其中大部分路段为桥梁隧道结构，隧道 7 座，共长 17120m，其中最长的为 1 号隧道长 4330m; 桥梁 9 座，共长 1460m，最长的桥梁为 2 号桥，桥长 280m; 路基段长共 1978m。桥梁隧道占总路线长度的 90.4%。减少对地表扰动，减少大填大挖。	不存在制约
		（4）城镇新区的建设项目应提高植被建设标准和景观效果，还应建设灌溉、排水和雨水利用设施。	本工程不位于城镇新区	不存在制约
2	取料场选址的限制因素	（1）取土（石、砂）场应符合城镇、景区等规划要求，并与周边景观相互协调	本工程规划料场均不在城镇、景区内，西磑口料场施工结束后进行植被恢复，原头坡料场施工结束后位于库区水库正常蓄水位 627m 以下	不存在制约
		（2）在河道取土（石、砂）的应符合河道管理的有关规定	本工程规划西磑口料场不涉及河道管理范围，原头坡料场位于水库淹没区。	不存在制约
		（3）应综合考虑取土（石、砂）结束后的土地利用。	西磑口料场施工结束后进行植被恢复。原头坡料场施工结束后淹没。	不存在制约
3	弃渣场选址的限制因素	（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区域设置弃土（石、渣）场。	本工程布置的弃渣场均满足规范要求的安全防护距离，其安全防护范围内不存在公共设施、基础设施、工业企业、居民点。	不存在制约。
		（2）涉及河道的应符合河流防洪治导线的规定，不得设置在河道、湖泊和建成水库管理范围内。	坝址区 1#弃渣场位于库区文成河河道内，水库建成后淹没，施工期采取修建上游挡水坝、排水隧洞等措施将河道水流排入下游河道，施工期不影响河道行洪安全，运行期该弃渣场淹没。其他弃渣场选址不涉及河道、湖泊和已建成水库管理范围。	不存在制约，但需对渣场加强防护措施设计。
		（3）应充分利用取土（石、砂）场、废弃采坑、沉陷区等场地。	本工程位于山丘区，弃渣均布置在荒沟、荒坡内。	不存在制约
		（4）应综合考虑弃土（石、渣）结束后的土地利用。	设计堆渣完毕后，进行渣场整治和植被恢复措施。	不存在制约
		（5）在山丘区宜选择荒沟、凹地、支毛沟，平原区宜选址凹地、荒地，风沙区宜避开风口。	本工程位于山丘区，弃渣均布置在荒沟、支毛沟及坡地。	不存在制约

续表 3.1.2-1　　GB 50433-2018 水土保持制约因素分析与评价

序号	项目	规定内容	本工程符合性分析	是否存在制约
4	施工组织设计的限制因素	（1）应控制施工场地占地，避开植被相对良好的区域和基本农田。	施工组织设计过程中控制施工场地占地，场地布置尽量避开了植被良好区域，不涉及基本农田。	不存在制约
		（2）应合理安排施工，防止重复开挖和多次倒运，减少裸露时间和范围。	开挖产生的弃渣均直接运至指定弃渣场堆放，不存在弃渣中转堆置问题。对中转利用料也利用弃渣场堆存，避免了重复开挖和多次倒运	不存在制约
		（3）在河岸陡坡开挖土石方，以及开挖边坡下方有河渠、公路、铁路、居民点和其他重要基础设施时，宜设计渣石渡槽、溜渣洞等专门设施，将开挖的土石导出。	本工程坝肩开挖后利用装卸汽车及时运往坝址区弃渣场，坝址区陡坡开挖段下方不涉及公路、铁路、居民点和其他重要基础设施。	不存在制约
		（4）弃土、弃石、弃渣应分类堆放。	本专业提出弃渣场弃渣应按照石渣在下，土渣在上进行分类堆放。	不存在制约
		（5）外借土石方应优先考虑利用其他工程废弃的土（石、渣），外购土（石、料）应选择合规的料场。	本工程外借土方选取了西磑口料场和原头坡料场，均为合规料场。	不存在制约
		（6）大型料场宜分台阶开采，控制开挖深度。爆破开挖应控制装药量和爆破范围。	本工程西磑口石料场采取自上而下分层开采，深孔梯段爆破。	不存在制约
		（7）工程标段划分应考虑合理调配土石方，减少取土（石）方、弃土（石、渣）方和临时占地数量。	本工程施工组织设计专业充分考虑各工区之间土石方调配，最大限度减少取土（石）方、弃土（石、渣）方，最大限度减少临时占地数量。	不存在制约
5	工程施工	（1）施工活动应控制在设计的施工道路、施工场地内。	工程所需要的场内交通道路，均控制在规定范围内，并且根据实际地形、地质条件设置桥隧等；施工结束后，对临时道路占地均采取植被恢复措施。	不存在制约
		（2）施工开始时应首先对表土进行剥离或保护，剥离的表土应集中堆放，并采取防护措施。	本专业设计工程施工前，已考虑将工程区表层耕植土进行剥离，并设置专门场地进行集中堆放，以满足后期绿化覆土的需要。	不存在制约
		（3）裸露地表应及时防护，减少裸露时间；填筑土方时应随挖、随运、随填、随压。	本专业考虑了裸露地表的临时防护措施，填筑土方施工采用随挖、随运、随弃的方法，避免二次倒运的流失。	不存在制约
		（4）临时堆土（石、渣）应集中堆放，并采取临时拦挡、苫盖、排水、沉沙等措施。	施工期间，对临时堆置的利用料等均采取临时防护措施。	不存在制约
		（5）围堰填筑、拆除应采取减少水土流失的有效措施。	本工程施工上、下游围堰施工结束后拆除运往 1#弃渣场堆存，同 1#弃渣场一并防护。	不存在制约
		（6）弃土（石、渣）场地应事先设置拦挡措施，弃土（石、渣）应有序堆放。	根据先拦后弃原则，本工程设计弃渣场在弃渣前设置挡渣墙拦挡措施，弃土（石、渣）采用下层石渣、上层土渣的堆放方式有序堆放。	不存在制约
		（7）取土（石、砂）场开挖前应设置截（排）水、沉沙等措施。	料场指定开采范围、提前设置拦挡、排水等防护措施。	不存在制约
		（8）土（石、料、渣）方在运输过程中应采取保护措施，防止沿途散溢。	土、石料运输过程中也通过加强管理、覆盖、洒水等措施避免散落流失。	不存在制约

综上所述，黄河古贤水利枢纽工程在工程选址、取料场选址、弃渣场选址、工程施工组织设计、工程施工、工程管理等方面均符合 GB 50433-2018 对于主体工程的约束性规定和要求。

（2）不同水土流失类型区的特殊规定

黄河古贤水利枢纽工程位于西北黄土高原区。项目的建设对该地区的特殊规定也进行了充分考虑，符合 GB 50433-2018 中对西北黄土高原区建设项目的特殊要求和规定，具体如下:

①在沟壑区，对边坡削坡开级并放缓坡度至 45°以下，在开挖线上游设置拦水和排水沟措施，以控制塬面或梁峁地面径流。

②在施工场地、渣场、料场上部均布设了截排水工程，其防护标准均采用 5 年一遇 10min 的短历时设计暴雨。

③对于弃渣场防护均综合采用了截排水、拦挡及边坡防护等综合措施，能有效的避免滑坡及泥石流问题。

④因水制宜布设植物措施，项目区降水量在 496.2mm，植被恢复采取乔灌草结合。

（3）不同类型建设项目的特殊规定

黄河古贤水利枢纽工程属于点型工程。因此在方案编制中对于点型的特殊规定也进行了充分考虑，符合 GB 50433-2018 的要求，具体如下:

①工程弃渣集中堆放，弃渣以石方为主，石渣堆弃于渣场底部，上部堆放土方。

②本工程大坝下游满足堆渣要求的场地位置均位于壶口瀑布风景名胜区和小河口军事禁区，因此枢纽工程区的弃渣场均设置于上游库区左岸沟道内。

③对于弃渣采取了集中堆存、集中防护的措施。

④施工导流均没有采用自溃式围堰。施工结束后，围堰拆除，拆除土石方弃入 1# 渣场。

3.1.3 《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）制约性因素分析

（1）环境敏感区分析

根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，涉及国家级和省级的自然保护区、风景名胜区、地质公园、文化遗产保护区、文物保护区的，应结合环境

保护专业分析评价结论按前款规定进行评价，并以最大限度保护生态环境和原地貌为原则。

根据可研阶段环境保护专业成果，古贤水利枢纽工程评价区内涉及环境敏感保护目标有 15 个，其中直接影响的敏感保护目标有 5 个，间接影响的敏感保护目标 10 个。各受影响保护目标及分析评价如下:

1）直接影响的敏感保护目标

①风景名胜区 2 个：黄河壶口瀑布风景名胜区（国家级）、黄河乾坤湾风景名胜区（省级）。

大坝距离山西侧景区北部边界 3km，施工进场道路和皮带机穿越黄河壶口瀑布风景名胜区二、三级保护区，穿越长度 11.17km，从工程布置角度分析，虽然进场道路及皮带机线路穿越了黄河壶口瀑布风景名胜区二、三级保护区，但其布置方式均采取了隧道穿越工程布置，穿越保护区范围均位于地下，未扰动保护区内地表面积，未破坏区内植被，对保护区内不会造成水土流失危害影响，符合水土保持要求，工程建设不存在制约性。

本工程拟建黄河大桥、2#、4#进场道路位于陕西侧景区三级保护区范围内，该工程及施工布置属工程布置的重要组成部分，无法避让，本方案通过设计高标准坝区管理范围景观绿化措施、加强区内场内道路边坡防护措施、黄河大桥施工期间的临时排水及沉沙设施等措施加强对黄河壶口瀑布风景名胜区（国家级）内扰动范围的保护，通过各项水土保持工程措施、植物绿化措施以及施工过程中的临时防护，可有效降低区内水土流失量，从水土保持角度分析，符合水土保持要求，工程建设不存在制约性。

黄河乾坤湾风景名胜区位于坝址上游约 50km 处，为库区淹没影响，区内无工程及施工布置，无地表扰动，库区建设可形成景观水面，配合坝区周边高标准景观绿化措施，力争打造水利工程风景名胜区，不但不会造成区内水土流失危害，还能提升当地生态景观效益，符合水土保持要求，工程建设不存在制约性。

②地质公园 3 个：山西永和黄河蛇曲国家地质公园、陕西延川黄河蛇曲国家地质公园、陕西省清涧无定河曲流群地质公园。

本工程布置及施工布置均不涉及山西永和黄河蛇曲国家地质公园、陕西延川黄河蛇曲国家地质公园和陕西省清涧无定河曲流群地质公园，对这 3 处地质公园的影响全部为库区淹没影响，其淹没不会造成库区内水土流失，不会对周围环境造成水土流失危害。符合水土保持要求，工程建设不存在制约性。

2）间接影响的敏感保护目标

间接影响的敏感保护目标 10 个，分别为地质公园 1 个：黄河壶口瀑布国家地质公园；自然保护区 4 个：山西省管头山自然保护区、山西省人祖山自然保护区、山西省运城湿地自然保护区、陕西省黄河湿地自然保护区，均为省级自然保护区；水产种质资源保护区 5 个：黄河陕西韩城龙门段黄河鲤兰州鲇国家级水产种质资源保护区、黄河中游禹门口至三门峡段国家级水产种质资源保护区、黄河洽川段乌鳢国家级水产种质资源保护区、黄河滩中华鳖国家级水产种质资源保护区、圣天湖鲶鱼黄河鲤国家级水产种质资源保护区。

间接影响的敏感保护目标范围内均无工程和施工布置，无工程占压，属未扰动地表及未破坏地表植被区域，不会破坏原始保护范围的水土保持主导功能，不会对区内水土流失造成不良影响，符合水土保持要求，工程建设不存在制约性。

综上所述，工程布置和施工布置对环境敏感目标的影响除拟建黄河大桥、2#、4#施工道路涉及黄河壶口瀑布风景名胜区三级保护区无法避免外，皮带机运输线路和进场道路采取隧道方式穿越黄河壶口瀑布风景名胜区，不会造成水土流失危害，其他敏感区内均无工程和施工布置，也不会对区内水土流失造成不良影响。为了避免工程建设对风景名胜区的影响，在施工过程中应严格控制施工扰动范围，尽量减少对风景名胜区保护区土地占压、扰动和植被的破坏，并加强水土保持措施防护，最大程度地减轻或消除工程建设带来的不利影响的。

另外，根据目前收集到的《山西省生态保护红线划定方案（报批稿）》（2018 年 11 月）和《陕西省生态保护红线划定方案（报批稿）》（2018 年 11 月），古贤水利枢纽工程不涉及生态保护红线范围。

各环境敏感保护目标基本情况见表 3.1.3-1，工程与主要环境敏感目标相对位置关系见图 3.1.3-1。

表 3.1.3- 1　　黄河古贤水利枢纽工程主要环境敏感保护目标

序号	敏感保护目标	地理位置	级别	类别	保护对象	区位关系	影响性质
一	风景名胜区						
1	黄河壶口瀑布风景名胜区	山西省吉县、陕西省宜川县	国家级	瀑布型	以壶口瀑布为核心的人文、地理、历史景观及自然地质景观	1、山西侧景区：大坝距离景区北部边界 3km，施工进场道路和皮带机穿越景区二、三级保护区，穿越长度 11.17km；2、陕西侧景区：工程拟建的黄河大桥、2#、4#进场道路位于陕西侧景区三级保护区范围内。	直接影响
2	黄河乾坤湾风景名胜区	山西省永和县	省级		蛇曲群地质遗迹、红军东征历史遗址遗迹、永和关村等传统村落及古民居、望海寺古墓建筑等自然人文资源。	坝址上游约 50km，景区内无工程和施工布置，主要为淹没影响	淹没影响
二	地质公园						
1	黄河壶口瀑布国家地质公园	山西省吉县、陕西省宜川县	国家级	地质遗迹	壶口瀑布、十里龙槽、孟门岛、黄河河谷侵蚀地段、河流多级阶地地质遗迹、黄土地貌	公园内无工程和施工布置	间接影响
2	山西永和黄河蛇曲国家地质公园	山西永和县	国家级	地质遗迹	黄河蛇曲地质遗迹景观和地貌景观为主	坝址上游约 50km，公园内无工程和施工布置，主要为淹没影响	淹没影响
3	陕西延川黄河蛇曲国家地质公园	陕西延川县	国家级	地质遗迹	黄河蛇曲地质遗迹景观和地貌景观为主	坝址上游约 50km，公园内无工程和施工布置，主要为淹没影响	淹没影响
4	陕西省清涧无定河曲流群地质公园	陕西省清涧县	省级		以无定河曲流群地貌景观为主的河流地貌	坝址上游约 120km，公园内无工程和施工布置，主要为淹没影响	淹没影响
三	自然保护区						
1	山西省管头山自然保护区	山西省吉县	省级	森林生态系统	金钱豹、褐马鸡等国家重点保护野生动物及森林生态系统	工程已调整，无工程占压，工程距离保护区边界最近处为 2km	基本无影响
2	山西省人祖山自然保护区	山西省吉县	省级	森林生态系统		工程已调整，无工程占压，工程距离保护区边界最近处为 18km	基本无影响
3	山西省运城湿地自然保护区	山西省运城	省级	河流湿地	湿地自然环境和自然资源，尤其水鸟种群的栖息环境	坝址下游约 65km，无工程占压	间接影响
4	陕西省黄河湿地自然保护区	陕西省渭南市	省级	河流湿地	河流湿地生态系统和生物多样性	坝址下游约 65km，无工程占压	间接影响

表 3.1.3- 1　　黄河古贤水利枢纽工程主要环境敏感保护目标

序号	敏感保护目标	地理位置	级别	类别	保护对象	区位关系	影响性质
四	鱼类种质资源保护区						
1	黄河陕西韩城龙门段黄河鲤兰州鲇国家级水产种质资源保护区	陕西省韩城	国家级	种质资源	黄河鲤、兰州鲇等	坝址下游约 25km 处，工程不直接涉及	间接影响
2	黄河中游禹门口至三门峡段国家级水产种质资源保护区	陕西山西河南	国家级	种质资源	主要保护对象为黄河鲤、兰州鲇、乌鳢、黄颡鱼、赤眼鳟等	坝址下游 70km，工程不直接涉及	间接影响
3	黄河洽川段乌鳢国家级水产种质资源保护区	陕西省渭南市合阳县境内	国家级	种质资源	主要保护对象为乌鳢，其他保护物种包括黄河鲤、黄河鲇、黄颡鱼、高原鳅等。	坝址下游 130km，工程不直接涉及	间接影响
4	黄河滩中华鳖国家级水产种质资源保护区	陕西省大荔县	国家级	种质资源	主要保护对象为中华鳖	坝址下游 160km，工程不直接涉及	间接影响
5	圣天湖鲶鱼黄河鲤国家级水产种质资源保护区	山西省芮城县	国家级	种质资源	主要保护对象为鲶鱼、黄河鲤鱼。	坝址下游 240km，工程不直接涉及	间接影响

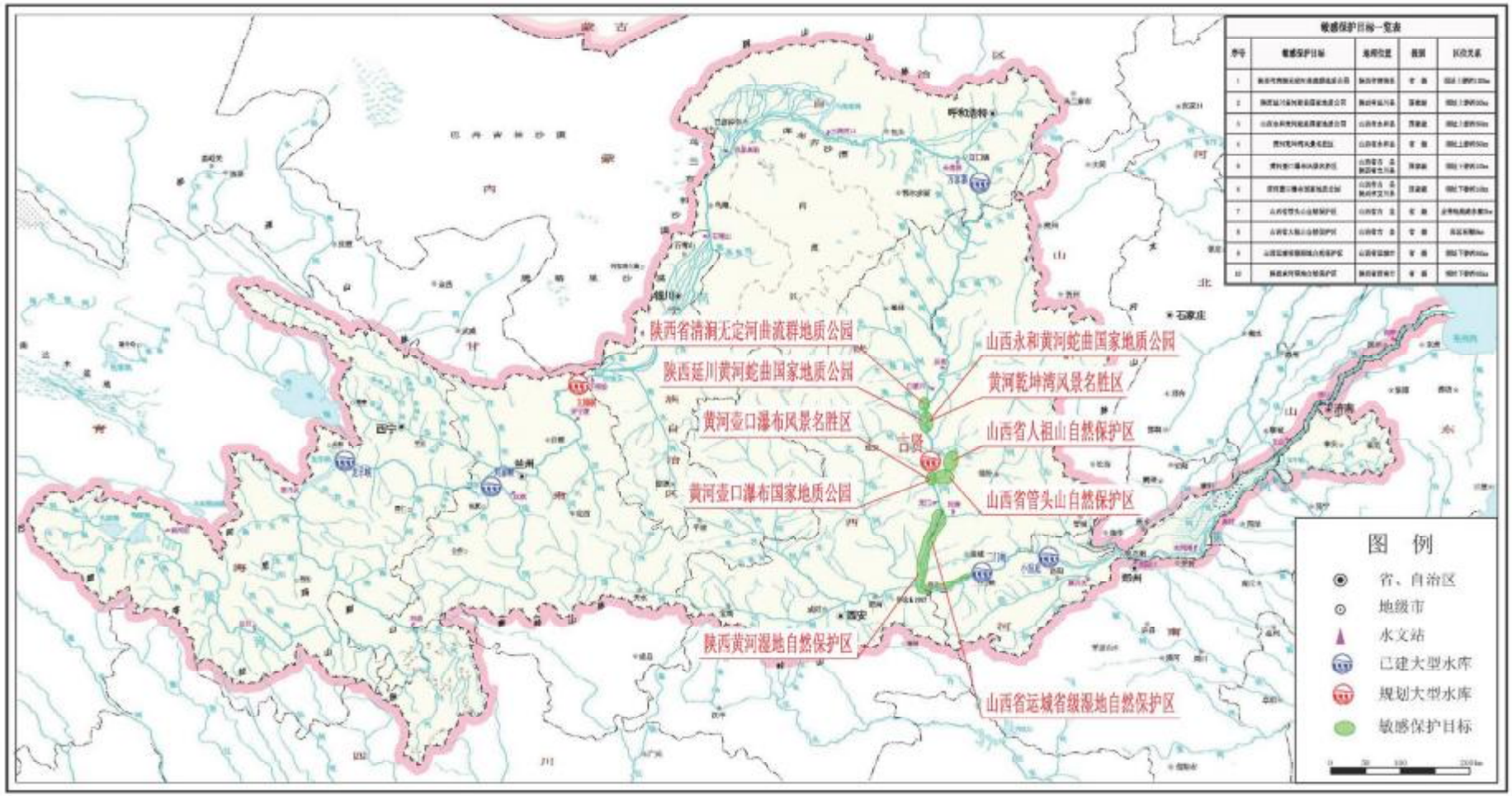


图 3.1.3-1　黄河古贤水利枢纽工程与主要环境敏感点相对位置关系示意图

（2）其他分析

根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）关于水利水电工程建设过程中需遵循的一般规定，本工程建设与 SL 575-2012 的符合性分析详见表 3.1.3-2。

表 3.1.3-2　　黄河古贤水利枢纽工程与 SL 575-2012 符合性分析表

序号	规定内容	本方案符合性分析	是否存在制约
1	应控制和减少对原地貌、地表植被、水系的扰动和损毁，减少占用水土资源，注重提高资源利用效率。	本工程进场道路和皮带机线路运输工程，均采取隧洞方式，有效的减少了地表扰动面积,另外施工用地多采取永临结合的方式，减少地表扰动面积。有效的提高了土地资源的利用效率。	不存在制约性因素
2	对于原地表植被、表土有特殊保护要求的区域，应结合项目区实际剥离表层土、移植植物以备后期恢复利用，并根据需要采取相应的防护措施。	本工程对占用的耕、园、林、草地表土考虑了剥离和防护措施，用于后期植被恢复及景观绿化工程。	不存在制约性因素
3	主体工程开挖土石方应优先考虑综合利用，减少借方和弃渣。弃渣应设置专门场地予以堆放和处理，并采取挡护措施。	本工程尽量利用自身开挖土石方，剩余弃渣均设置了专门的弃渣场，并采取了挡护措施。	弃渣集中堆放，在采取防护措施后，不存在制约性因素
4	严禁在对重要基础设施、人民群众生命财产安全及行洪安全有重大影响的区域布设弃渣场。	在工程弃渣场安全防护范围内无重要基础设施及居民区；坝址区 1#弃渣场位于文成河河道内，渣顶高程 592m，位于水库正常蓄水位 627m 以下，运行期淹没，施工期该弃渣场如不采取防洪排导措施将会对文成河行洪安全造成影响，本方案设计在坝址区 1#弃渣场上游修建挡水围堰及排洪隧洞，将文成河上游洪水导入下游，经方案补充设计防洪排导工程，坝址区 1#弃渣场不会对文成河行洪造成不良影响。本工程所设其他弃渣场对行洪均无重大影响，在设计中需加强弃渣场防护。	经本方案补充设计弃渣场防护措施后不存在制约性因素

3.1.4 坝址方案比选的分析与评价

可行性研究阶段，选择了同乐坡坝址和古贤坝址两个坝址，从地形地质条件、主要建筑物型式及布置、施工条件、建筑材料、工期、淹没及环境影响、工程量、水土保持、投资、减淤发电效益等方面对两坝址综合比较。

同乐坡坝址位于支流雷多河上游 2km 处的同乐坡村附近，下距壶口瀑布约 19.3km。坝址处常水位 473m，水面宽 210m，河谷底宽约 360m，正常蓄水位 629m 处的基岩河谷宽度为 1198m。两岸谷坡不对称，左岸为凹岸，地形陡峻，平均坡度 40°左右；右岸谷坡较平缓，平均坡度 12°左右，发育有残留I级阶地和III级阶地。坝址区两岸冲沟发育，较大的有：左坝肩上游 550m 为同乐坡北沟，下游 1200m 为原头坡北沟；右坝肩上游 850m 为肖吉河，下游 700m 为周家坡北沟、1600m 处为雷多河口。

古贤坝址位于壶口瀑布上游约 10.1km 处的古贤村附近，下距壶口瀑布 10.1km，河谷底宽 460m 左右，左、右岸稍不对称，左岸平均坡度 28°，右岸平均坡度为 33°，坝址河谷为“U”型谷，两岸谷坡稍不对称。坝址区地形陡峻，冲沟发育，切割深度一般在数十至上百米，延伸长度 0.5km ~ 2.5km。左岸高程 625m ~ 640m 和右岸高程 640m ~ 665m 以上为黄土覆盖，以下基岩裸露。坝址区发育有五级阶地，I、III、IV级阶地较明显，缺失II级阶地，V级阶地发育高程约 700m 以上，黄土覆盖，坝址区河道常水位为 465m 左右，河谷底宽 460m。常水位条件下河道被河心滩分割，主流靠左岸。

本方案从水土保持角度分析，古贤坝址从扰动土地面积、弃渣量、土壤流失量、土石方量和水土保持投资等因素分析，均优于同乐坡坝址，综合考虑，水土保持推荐古贤坝址。与主体设计推荐方案一致，坝址水土保持比选结果见下表 3.1.4-1。

表 3.1.4-1　　黄河古贤水利枢纽工程坝址比选水土保持分析

序号	条件	古贤坝址	同乐坡坝址	水土保持评价
1	地形条件	（1）河谷底宽 460m 左右，左、右岸稍不对称，左岸平均坡度 28°，右岸平均坡度为 33°； （2）坝址河道顺直。	（1）河谷底宽 360m 左右，左、右岸不对称，左岸平均坡度 40°，右岸平均 12°； （2）坝址处于弯道，左岸凹、右岸凸，右坝肩相对单薄。	古贤坝址河谷宽度较同乐坡坝址宽约 100m，地形条件更适于建筑物布置。
	地质条件	（1）单斜构造，倾角 0 ~ 3°，未发现断层，有高角度节理；（2）基岩软、硬相间，沿岩层面和较软岩普遍存在顺层剪切带，存在不同程度的泥化现象。	（1）单斜构造，倾角 0 ~ 3°，未发现断层，有高角度节理； （2）基岩软、硬相间，沿岩层面和较软岩普遍存在顺层剪切带，存在不同程度的泥化现象。	坝基顺层剪切带及泥化夹层对两坝址重力坝稳定的影响基本相同。

表 3.1.4-1　　黄河古贤水利枢纽工程坝址比选水土保持分析

序号	条件	古贤坝址	同乐坡坝址	水土保持评价
	建筑材料	（1）混凝土骨料用量大; （2）混凝土骨料采用下游 60km 外西磑口料场。	（1）混凝土骨料用量大; （2）混凝土骨料采用下游约 70km 处的西磑口料场。	两坝址混凝土骨料用量基本相同，古贤坝址骨料运距较近。
2	扰动地表面积	扰动地表面积 1111.60hm^2。	扰动地表面积 1165.50hm^2。	古贤坝址优于同乐坡坝址。
3	弃渣量	弃渣量 4304.71 万 m^3	弃渣量 4955.45 万 m^3	古贤坝址优于同乐坡坝址。
4	土壤流失量	新增土壤流失量 52.74 万 t。	新增土壤流失量 85.36 万 t。	古贤坝址优于同乐坡坝址。
5	土石方量	土石方开挖：4781 万 m^3 混凝土：1819 万 m^3	土石方开挖：2523 万 m^3 混凝土：1832 万 m^3	古贤坝址优于同乐坡坝址。
6	造成水土流失危害	较小	较小	基本相同
7	水土流失治理难易程度	可治理、可恢复	可治理、可恢复	基本相同
7	水土保持投资	10.29 亿元	10.59 亿元	古贤坝址优于同乐坡坝址。
水土保持评价结论		推荐古贤坝址方案（与主设一致）		

3.1.5　坝型方案比选分析与评价

（1）坝型比选

可研阶段主体设计对混凝土重力坝和混凝土面板堆石坝坝型进行坝型比选。

混凝土面板堆石坝主要建筑物包括：泄洪、排沙及发电引水洞群集中左岸山体，由岸边向山体依次布置 6 条发电引水洞（直径 7.8m）、5 条排沙洞（直径 6.5m）和 3 条泄洪洞（孔口尺寸 7m×10m）；开敞式溢洪道布置在右岸；左右岸供水和灌溉引水进水塔布置于坝前库区两岸；电站厂房位于左岸，安装 6 台单机容量 350MW 混流式水轮发电机组。混凝土面板堆石坝坝顶高程 634.5m，趾板建基面最低高程为 454m，相应最大坝高 180.5m，坝顶长 1010m。坝顶上游侧设高挡墙，挡墙高取 5.7m，墙顶高出坝顶 1.2m；坝顶宽度为 12m。面板堆石坝坝坡：上游坝坡为 1:1.4，面板上游 505m 高程以下设压盖区，其中粉土铺盖水平宽度 4m，石碴压盖顶宽 5m，上游坡 1:2.5。面板坝下游坡为方便施工，考虑设“之”字型上坝公路，宽 10m，公路间坝坡 1:1.4，综合坝坡 1:1.6；大坝下游坡脚设石碴压戗，压戗顶面高程 500m、宽 80m，压戗下游坡 1:2.5。

混凝土重力坝主要建筑物包括：1 座碾压混凝土重力坝；结合坝身布置的 8 个排沙底孔、4 个泄洪中孔和 3 个溢流表孔及其配套设置的坝下 3 组消能防冲水垫塘，1 座安

装 6 台水轮发电机组、总装机规模 2100MW 的坝后地面厂房及其发电引水系统，1 条电站右侧、安装间下布置的冲沙孔及其下游底流消力池消能防冲系统、2 个左、右岸坝段布置的灌溉供水取水口。坝顶宽 15m，坝顶高程 630m，河床建基面除右侧发电引水坝段建基面高程为 415m 外，其余坝段建基面（齿槽底）高程均为 417m，左侧泄洪中孔和排沙底孔坝段、中部溢流表孔和排沙底孔坝段坝基 403 高程顺层剪切带泥化夹层采用抗剪洞处理，最大坝高 215m，坝顶总长 990m，共分 43 个坝段。挡水坝段上游坝面设单折坡，上游坝面坡度 1:0.3，起坡点高程 525m；坝下游坡度 1:0.8。坝体上游采用富胶凝二级配碾压混凝土和变态混凝土防渗。排沙底孔坝段共 8 个，分别与溢流表孔坝段和泄洪中孔坝段间隔布置，8 个排沙底孔坝段长度均为 20m，排沙底孔采用短压力进口型式，进口高程 490m，孔口尺寸为 4.5m×6m，下游采用挑流消能。

本方案从水土保持角度分析，从扰动土地面积、弃渣量、土壤流失量、土石方量和水土保持投资等因素分析，混凝土重力坝均优于混凝土面板堆石坝坝型，综合考虑，水土保持推荐混凝土重力坝坝型。与主体设计推荐方案一致，坝型水土保持比选结果见下表 3.1.5-1。

表 3.1.5-1　　黄河古贤水利枢纽工程坝型比选水土保持分析

序号	项目	混凝土重力坝方案	面板堆石坝方案	水土保持评价
	地形地质条件	坝址区两岸岸坡基本对称，河床覆盖层较薄，未发现顺河断层，具备修建混凝土坝的地形地质条件；坝址河道顺直，河谷宽阔，有利于工程布置；坝基存在泥化夹层，坝基岩石强度相对较低，对大坝稳定影响相对较大。	坝址两岸冲沟发育，有利于泄洪、引水建筑物进、出口布置；坝基泥化夹层和坝基岩石强度对大坝稳定影响较小，对地下洞群的结构稳定影响较大。	重力坝优于堆石坝
1	扰动地表面积	1111.60hm^2	1181hm^2	重力坝优于堆石坝
2	土石方量	土石方开挖：4781 万 m^3	土石方开挖：10450 万 m^3	重力坝优于堆石坝
3	弃土弃渣量	4304.71 万 m^3	8189 万 m^3	重力坝优于堆石坝
4	新增土壤流失量	52.74 万 t	93 万 t	重力坝优于堆石坝
5	水土保持投资	10.29 亿元	11.36 亿元	重力坝优于堆石坝
水土保持评价结论		推荐混凝土重力坝方案（与主设一致）		

（2）主体工程比选结论

根据主体工程坝址比选结论，混凝土重力坝和混凝土面板堆石坝两种坝型技术上均可行，建设工期也基本相同。混凝土重力坝方案建筑物集中布置于河床，枢纽布置紧凑、运行管理方便，排沙泄洪及调水调沙运用可靠，工程抗风险能力优势明显，土石方开挖

总量较少，工程施工便于管理以及工程总投资较混凝土面板堆石坝少 2.16 亿元等因素，本阶段推荐碾压混凝土重力坝作为本工程的代表坝型。

（3）水土保持比较

从水土保持角度分析，两种坝型方案均不存在水土保持制约性因素，混凝土重力坝扰动地表面积、损毁植被面积、土石方工程量、弃渣量、土壤流失量及水土保持投资等方面均优于面板堆石坝方案，因此，从水土保持角度分析，同意主体工程推荐的混凝土重力坝方案。

3.2 工程占地分析评价

3.2.1 建设方案评价

从水土保持角度分析，本工程位于“黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区”、山西省水土流失重点治理区和陕西省陕北丘陵沟壑重点治理区，工程布置无法避让以上区域，且本工程所处区域环境敏感，但根据环保专业论证结论：本工程建设区不涉及报批版生态红线范围，主体工程设计施工中通过严格控制施工扰动范围，尽最大可能减少工程占地，优化施工工艺，提高植物措施标准，严格控制工期等方法控制区内可能产生的水土流失，符合水土保持要求。主体工程选址选线未占用河流、湖泊和水库周边的植物保护带，未占用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，符合规范要求。

本项目选线选址在优化设计的基础上，从减少对地表的扰动、占用和破坏水土资源等方面综合考虑，主体工程建设最大限度的利用了开挖土石方，有利于减少水土流失，通过在工程建设和运行期间对其采取合理、积极的预防保护和治理措施，可使新增的水土流失得到有效控制，原有的水土流失得到有效治理。因此，主体工程的总体布置比较合理，满足水土保持的要求。

工程区无法避让国家级及省级水土流失重点治理区，同时，本工程位于山区，工程建设及施工组织内容复杂，施工道路路网交错，施工组织设计从减少高填深挖角度出发，优化施工道路设计，加大施工道路桥隧比例，减少因修建道路大填大挖造成的水土流失，进场道路采用隧洞穿越+桥梁施工方案，避开了黄河壶口瀑布风景名胜区，减少了地表扰动面积及土石方开挖回填量，减少了水土流失量，符合水土保持要求。本方案在进行水土保持防护措施设计时，适当提高了截排水工程、拦挡工程的工程等级和防洪标准，在排水沟下游布设沉沙措施，将林草覆盖率目标值由 22%提高至 24%，经本方案进行以

上补充后，本工程建设方案不存在水土保持制约性因素，符合要求。

3.2.2 按工程类别和占地性质

黄河古贤水利枢纽工程总占地面积为 23140.61 hm^2，其中工程永久占地 22756.78 hm^2，临时占地面积 383.83 hm^2。占地情况分析如表 3.2-1。

（1）主体工程区：包括大坝枢纽工程和施工导流工程，占地面积 224.76hm^2，其中永久占地 218.70 hm^2，临时占地 6.60 hm^2；永久占地中库区内占地 94.86hm^2，库区外占地 123.84hm^2。

（2）工程永久办公生活区：包括前方和后方业主营地，永久占地面积 7.53hm^2。

（3）弃渣场区：弃渣场区包括坝址区内 1#、2#、3#弃渣场和西碰口人工骨料场区弃渣场，进场道路工程弃渣场以及皮带机运输工程区弃渣场，占地面积 162.09hm^2，其中永久占地 92.98hm^2（库区内占地 89.02hm^2、库区外 3.96 hm^2），临时占地 69.11hm^2。

（4）料场区：工程共设 1 个砂砾石料场和 1 个人工骨料场。占地面积 63.96hm^2，其中库区内永久占地 25hm^2，临时占地 38.96hm^2。

（5）施工道路（含进场道路）：总占地面积 182.84hm^2，其中永久占地 59.09hm^2，临时占地 123.75hm^2。

（6）施工生产生活区：主要包括施工工厂、综合仓库、炸药库、加油站、生活设施等占地，占地面积 143.06hm^2，其中库区内永久占地 12.35hm^2，临时占地 130.71hm^2。

（7）皮带机运输工程区：总占地面积 15.25hm^2，均为临时占地。

（8）移民安置与专项设施复（改）建区：包括农村移民安置区、集（镇）迁建区占地和专项设施复（改）建区占地，总占地面积 312.11hm^2。

（9）水库淹没区：工程建成后，627m 正常蓄水位水库淹没土地面积 22029.02hm^2（其中不含库区内提前征用占地 234.88hm^2）。

从占地性质分析，本工程占地中永久占地面积较大，所占比例为 98.34%，主要为水库淹没影响区占地和工程建设永久占压土地，永久用地在施工结束后改变了原土地功能，施工结束后这部分占地大部分会被水面淹没或被永久建筑物占压，产生水土流失的可能性较小；临时占地包括施工道路、施工生产生活区、料场和弃渣场等，占工程占地总面积的 1.66%，与工程永久占地相比临时占地所占比例较小，且临时占地在工程施工结束后立即进行复耕和恢复绿化，缩短地表裸露时间，将水土流失可能降到最低，符合水土保持要求。

占地情况见表 3.2.2-1。

表 3.2.2-1　　古贤水利枢纽工程占地表　　单位：hm^2

序号	防治分区	永久占地			临时占地	合　计
		库区内	库区外	小　计		
一	主体工程区	94.86	123.84	218.70	6.06	224.76
1	大坝枢纽区		123.84	123.84		123.84
2	导流洞出口				6.06	6.06
3	施工围堰、导流洞进口	94.86		94.86		94.86
二	工程永久办公生活区		7.53	7.53		7.53
1	前方业主营地		4.53	4.53		4.53
2	后方业主营地		3.00	3.00		3.00
三	弃渣场区	89.02	3.96	92.98	69.11	162.09
1	1#渣场	75.41		75.41		75.41
2	2#渣场	10.45	2.56	13.01		13.01
3	3#渣场	3.16	1.40	4.56		4.56
4	上马台弃渣场				19.76	19.76
5	皮带机线路渣场				23.24	23.24
6	进场道路工程弃渣场				26.11	26.11
四	料场区	25.00		25.00	38.96	63.96
1	原头坡砂砾石料场	25.00		25.00		25.00
2	西磑口人工骨料场				38.96	38.96
五	交通道路区	13.65	45.44	59.09	123.75	182.84
1	永久道路（坝址区）		35.29	35.29		35.29
2	进场道路		10.15	10.15		10.15
3	坝址区施工临时道路	13.65		13.65	16.29	29.94
4	皮带机线路施工临时道路				51.50	51.50
5	西磑口料场区施工临时道路				25.96	25.96
6	进场道路工程临时道路				30.00	30.00
六	施工生产生活区	12.35		12.35	130.71	143.06
1	坝址区生产生活区	12.35		12.35	91.50	103.85
2	西磑口料场区生产生活区				19.21	19.21
3	皮带机线路施工生产生活区				7.40	7.40
4	进场道路工程施工区				12.60	12.60
七	皮带机运输工程区				15.25	15.25

表 3.2.2-1 古贤水利枢纽工程占地表 单位：hm^2

序号	防治分区	永久占地			临时占地	合　计
		库区内	库区外	小　计		
八	移民安置与专项设施复（改）建区		312.11	312.11		312.11
九	水库淹没区	22029.02		22029.02		22029.02
合　计		22263.89	492.88	22756.78	383.83	23140.61

3.2.3 按行政区和地类

（1）按行政区划分

古贤水利枢纽工程征占地涉及陕西省、山西省两省 13 个县（市），其中水库淹没影响区涉及 11 个县，工程施工区涉及 4 个县（市）。

① 水库淹没区

古贤水利枢纽工程水库淹没影响区涉及山西省的吉县、大宁、永和、石楼、柳林和陕西省的宜川、延长、延川、清涧、绥德、吴堡等 11 个县。古贤水利枢纽工程水库淹没影响区按行政区和地类划分占地面积见表 3.2.3-1。

② 工程施工区

古贤水利枢纽工程施工区涉及 4 个县（市），包括山西省的吉县、乡宁县、河津市和陕西省的宜川县。古贤水利枢纽工程施工区按行政区和地类划分占地面积见表 3.2.3-2。

（2）按地类划分

黄河古贤水利枢纽工程总占地面积为 23140.61 hm^2，其中工程永久占地 22756.78 hm^2，临时占地面积 383.83 hm^2。占地类型主要为耕地、园地、林地、草地、水域及水利设施用地、商服用地、工矿仓储用地、住宅用地及交通运输用地等。

不计移民安置与专项设施复(改)建区，本工程共占用耕地 1206.57 hm^2，园地 2276.36 hm^2，林地 2621.28 hm^2，草地 9461.95 hm^2，商服用地 0.42 hm^2，工矿仓储用地 23.99 hm^2，住宅用地 117.98 hm^2，公共管理和公共服务用地 4.92 hm^2，特殊用地 24.54 hm^2，交通运输用地 226.08 hm^2，河流水面 6576.88 hm^2，其它土地 287.54 hm^2。各分区占地地类详见表 3.2.3-3。

根据工程占地地类分析，本工程占用林草地及水域面积较大，主要为水库淹没影响区占用了大面积水域及林草地。本工程占用耕园地地面积较小，除去水库淹没区，本工

程共占用耕园地 11.45 hm^2，仅为总占地面积的 0.05%，且占用耕地范围大部分为临时用地，主体工程施工结束后，对占用耕园地的土地进行复耕，临时占用其他地类的在工程结束后立即进行恢复植被绿化，符合水土保持要求。

本工程为保证施工结束后迹地恢复的可行性，对有条件剥离表土的占地范围进行表土剥离及表土的临时防护，施工结束后对需恢复植草或复耕的占地范围进行表土回覆。表土临时堆存场地均位于施工临时占地范围内，不需要增加工程征占地。

经上述分析，从水土保持角度分析，主体工程设计时满足了尽可能少占地，工程占地满足水土保持要求。

表 3.2.3-1 黄河古贤水利枢纽工程水库淹没影响区按行政区和地类划分占地表 单位：hm^2

行政区划/类型	两省合计	山西省						陕西省						
		小计	吉县	大宁	永和	石楼	柳林	小计	宜川	延长	延川	清涧	绥德	吴堡
合计	22029.02	10837.62	1192.60	3041.08	4026.21	1860.95	716.79	11191.39	425.50	4494.19	3915.17	1734.77	605.89	15.87
耕地	1203.14	707.93	48.10	336.40	137.65	59.91	125.87	495.21	0.36	116.08	300.16	22.25	45.61	10.76
园地	2268.62	1031.17	64.62	138.29	451.31	275.67	101.27	1237.46	0.33	145.65	676.38	333.65	76.35	5.11
林地	2128.73	1208.30	637.40	243.50	167.83	151.35	8.21	920.43	50.97	568.79	155.17	128.59	16.91	
草地	9261.79	4410.06	209.98	1730.05	2018.61	362.79	88.64	4851.73	293.51	2604.84	1615.60	300.59	37.20	
商服用地														
工矿仓储用地	4.92	0.24			0.24			4.68		1.90	2.77	0.01		
住宅用地	123.45	51.95	0.06	31.09	14.39	3.02	3.40	71.50		2.81	48.53	16.12	4.03	
特殊用地	24.54	15.12			15.12			9.42			9.18	0.24		
交通运输用地	221.96	113.71	15.12	43.18	36.59	13.48	5.35	108.25	3.04	14.83	60.63	24.80	4.94	
水域及水利设施用地	6504.80	3202.32	215.12	477.70	1156.94	971.26	381.30	3302.48	77.29	960.54	1000.78	843.10	420.77	
其他土地	287.06	96.83	2.20	40.87	27.53	23.47	2.75	190.24		78.76	45.98	65.42	0.08	

表 3.2.3-2　　黄河古贤水利枢纽工程建设区按行政区和地类划分占地表　　单位：hm^2

序号	项目	合计	山西省				陕西省
			小计	吉县	乡宁县	河津市	宜川县
合计		799.48	647.08	485.78	82.82	78.47	149.40
1	永久征地	415.65	273.38	273.38			140.27
	耕地	1.36	0.71	0.71			0.65
	旱地	1.36	0.71	0.71			0.65
	园地	6.77	6.69	6.69			0.09
	苹果园	3.20	3.12	3.12			0.09
	其他果园	3.57	3.57	3.57			
	林地	185.87	128.75	128.75			57.12
	乔木林地	15.56	11.97	11.97			3.59
	灌木林	162.14	116.76	116.76			45.38
	其他林地	8.16	0.02	0.02			8.14
	草地	142.33	100.93	100.93			41.40
	其他草地	142.33	100.93	100.93			41.40
	工矿仓储	7.26	0.42	0.42			6.84
	采矿	7.26	0.42	0.42			6.84
	住宅用地	0.04	0.04	0.04			
	宅基地	0.04	0.04	0.04			
	交通运输	2.37	0.72	0.72			1.65
	公路用地	0.37	0.37	0.37			
	农村道路	2.00	0.35	0.35			1.65
	河流水面	68.17	35.79	35.79			32.37
	河流水面	59.51	33.54	33.54			25.96
	内陆滩涂	8.66	2.25	2.25			6.41
	其他土地	0.48	0.33	0.33			0.15
	裸地	0.48	0.33	0.33			0.15
2	临时用地	383.83	374.71	213.41	82.82	78.47	9.13
	耕地	2.06	2.06	0.44		1.62	
	旱地	2.06	2.06	0.44		1.62	
	园地	1.27	0.08			0.08	1.18
	苹果园	1.27	0.08			0.08	1.18
	其他园地						
	林地	305.69	303.49	159.39	77.03	67.07	2.20
	乔木林地	1.27	1.08	0.96		0.13	0.18
	灌木林	298.20	296.18	152.20	77.03	66.94	2.02
	其他林	6.22	6.22	6.22			
	草地	57.83	54.65	45.82	3.65	5.18	3.18
	其他草地	57.83	54.65	45.82	3.65	5.18	3.18
	工矿仓储用地	11.80	11.08	5.29	1.41	4.38	0.72
	采矿	11.80	11.08	5.29	1.41	4.38	0.72
	住宅用地	0.01	0.01	0.00		0.01	
	宅基地	0.01	0.01	0.00		0.01	

表 3.2.3-2　　黄河古贤水利枢纽工程建设区按行政区和地类划分占地表　　单位：hm^2

序号	项目	合计	山西省				陕西省
			小计	吉县	乡宁县	河津市	宜川县
	交通运输用地	1.26	1.09	0.24	0.73	0.12	0.17
	公路用地	0.25	0.25	0.24	0.00	0.00	
	农村道路	1.02	0.85		0.73	0.12	0.17
	水域及水利设施用地	3.91	2.24	2.24		0.01	1.67
	河流水面	1.40	0.15	0.14		0.01	1.25
	内陆滩涂	2.51	2.10	2.10			0.42

注：本表中占地不含移民安置与专项设施复（改）建区占地面积。

表 3.2.3-3 黄河古贤水利枢纽工程主体建设区地类划分占地表 单位：hm^2

占地性质	防治分区	合计	耕地	园地	林地	草地	商服用地	工矿仓储用地	住宅用地	公共管理和公共服务用地	特殊用地	交通运输用地	河流水面	其它土地
永久占地	主体工程区	218.70	1.17	6.69	47.39	91.64		6.11	0.03			1.97	63.48	0.23
	工程永久办公生活区	7.53			7.53									
	弃渣场区	92.98			43.63	45.03						0.26	3.83	0.23
	料场区	25.00			25.00									
	交通道路防治区	59.09	0.18	0.09	51.32	5.31		1.16	0.01			0.14	0.86	0.02
	施工生产生活区	12.35			12.00	0.35								
	水库淹没区	22029.02	1203.15	2268.32	2128.73	9261.79	0.42	4.92	117.93	4.92	24.54	222.44	6504.80	287.06
	小计	22444.67	1204.50	2275.09	2315.60	9404.12	0.42	12.19	117.97	4.92	24.54	224.81	6572.97	287.54
临时占地	主体工程区	6.06			6.06									
	弃渣场区	69.11			64.61	0.15		4.33				0.01		
	料场区	38.96			36.25	2.68						0.03		
	交通道路防治区	123.75	0.10		117.58	5.87		0.13				0.05	0.01	
	施工生产生活区	130.71	1.96	1.27	65.94	49.13		7.33	0.01			1.17	3.91	
	皮带机运输工程区	15.25			15.25									
	小计	383.83	2.06	1.27	305.69	57.83		11.80	0.01			1.26	3.91	
合计		22828.51	1206.56	2276.36	2621.29	9461.95	0.42	23.99	117.98	4.92	24.54	226.08	6576.88	287.54

注：本表中占地不含移民安置与专项设施复（改）建区占地面积。

3.3 主体工程施工组织设计分析评价

3.3.1 料场选址的分析与评价

（1）料场选址分析与评价

① 原头坡砂砾石料场

原头坡砂砾石料场位于古贤坝址上游 7km 处的黄河左岸漫滩，滩面平均宽约 0.15km ~ 0.25km，长约 1000m。地面高程为 472m ~ 482m，其上部为砂壤土、粉细砂层，厚度为 2m ~ 6m；下部为砂砾石料层，厚 3m ~ 5m，为冲洪积堆积物，相变较大，局部夹砂层透镜体。且砂砾料含泥量大于规范要求，因此原头坡砂砾石料场仅做为前期围堰填筑使用的砂砾石料场。

原头坡料至施工围堰工区由原有的公路和 3#施工道路共同组成施工运输通道。

② 西磑口人工骨料场

西磑口料场位于 G209 遮马峪河两岸蝎虎崖隧洞至张家岭之间，距离古贤坝址直线距离约 60km，北部属乡宁县西坡镇，南部属河津市樊村镇。料场区沟壑发育、中等切割深度，地形起伏较大，山坡地面高程一般为 800m ~ 700m。根据地形条件、地质构造、地层产状、岩层结构等可分为 4 个料区，分别为石匣沟右岸的I料区（北部蝎虎崖料区）、II料区（中部上马台料区）、III料区（南部张家岭料区）及石匣沟左岸的IV料区（东部石匣沟料区）。I料区面积约 0.14 km^2，II料区面积约 0.45km^2、III料区面积约 0.14km^2，IV料区面积约 0.10km^2。I料区原岩储量为 1165.6 万 m^3，II料区原岩储量为 3499.4 万 m^3，III料区原岩储量为 536.4 万 m^3，IV料区原岩储量原岩储量为 455.8 万 m^3。

此外，主体工程还提出一处碗窝人工骨料场，该料场位于黄河禹门口上游碗窝村附近黄河左岸岸坡，上距古贤坝址直线距离 61km ~ 65km，其储量和骨料性质均满足本工程需要，但正在修建的蒙华重载铁路禹门口隧道由料场区穿过，且 1 号避难洞从III料区底部穿过。碗窝料场开采受蒙华铁路制约较大，本阶段不考虑使用。

原头坡砂砾石料场虽然运距近，但储量较小，仅能用作工程前期的围堰填筑；碗窝人工骨料场的储量和质量均满足要求，但料场附近有蒙华重载铁路隧道正在施工，无法使用；西磑口人工骨料场的储量和质量均满足要求，料场附近有 209 国道通过，交通便利，但也存在到坝址运距较远的缺点。从各料场储量、质量、运距等多因素综合研究比较，本阶段选择西磑口人工骨料场作为本工程的混凝土骨料场；原头坡料场作为天然砂砾石料场，因使用方便，且运距较近，用作前期工程的围堰填筑料场。

本方案从诱发地质灾害可能性、景观协调性、公共安全、河道管理规定等方面对料场选址的限制性因素进行分析。分析情况详见表 3.3.1-1。

从水土保持角度分析，本工程规划料场均不在崩塌、滑坡危险区、泥石流易发区内，料场选址不涉及城镇、景区及河道管理范围，料场选址不涉及耕园地，西磑口料场开采施工结束后及时进行覆土和植被恢复，原头坡料场施工结束后位于水库淹没区，在做好开采施工过程中及开采结束后的防护措施后，本工程料场选址不存在水土保持制约性因素，符合水土保持要求。

表 3.3.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程料场选址限制性因素分析

限制性行为	要求内容	分析意见	结论
绝对限制与要求行为	严禁在崩塌、滑坡危险区、泥石流易发区内设置取料场	工程设置的料场不在绝对限制与要求行为中描述的区域内,满足要求。	不存在制约
一般限制与要求行为	取土（石、砂）场应符合城镇、景区等规划要求，并与周边景观相互协调	本工程规划料场均不在城镇、景区内，西磑口料场施工结束后进行植被恢复，原头坡料场施工结束后位于库区水库正常蓄水位 627m 以下	不存在制约
	在河道取土（石、砂）的应符合河道管理的有关规定	本工程规划西磑口料场不涉及河道管理范围，原头坡料场位于水库淹没区。	不存在制约
	应综合考虑取土（石、砂）结束后的土地利用。	西磑口料场施工结束后进行植被恢复。原头坡料场施工结束后结束后淹没。	不存在制约

（2）料场开采分析与评价

为尽量减少对 209 国道和西坡镇应急抗旱水源地的爆破影响，优先开采III料区，不足部分从II料区中南部开采。III料区规划开采面积约 10.48 万 m^2，可开采石料约为 341.4 万 m^3，风化层厚度按 5m 考虑，剥离无用料约 36.08 m^2，可用料 305.32 万 m^3；II料区规划开采面积约 28.48 万 m^2，可开采石料约为 2165.8 万 m^3，考虑 5m 风化层厚度，剥离量约为 179.0 万 m^3，有用料总计约 1987.0 万 m^3；II、III料区有用料开采总量约 2292.32 万 m^3，满足工程需求。西磑口料场开采平面示意图见图 3.3.1-1。

图 3.3.1-1　　西磑口料场开采平面示意图

根据地质专业建议，西磑口料场白云岩地层单级开挖边坡坡比为 1:0.5，灰岩单级开挖边坡坡比为 1:0.3，单级开挖边坡约 15m，各级边坡坡脚设一级 3m 马道。

采用钻机钻孔，毫秒微差爆破，边坡预裂爆破，$3m^3$ 液压挖掘机配 20t 自卸汽车运输至砂石料加工厂，通过带式输送机运往坝址区各工作面。带式输送机线路总长 62.47 km，其中与进场公路共建段长 19.34 km，独立段长 43.13 km，其中隧道段长 41177 m，桥梁段长 1950 m。

从水土保持角度分析，本工程料场开采施工做到了分区分时段开采，为边开采边恢复治理创造了条件，有利于水土保持措施及时实施，缩短扰动地面裸露时间，尽最大可能减少水土流失量，符合水土保持要求；爆破作业避开了 209 国道和西坡镇应急抗旱水源地爆破最小安全范围，满足规范要求；采用带式输送机运送方式运送砂石料，虽然西磑口料场与主体工程项目建设区距离较远，砂石料运送过程中无法避免造成砂石料流失，但是本工程采用带式输送机运送方式在一定程度上减少了砂石料损失，带式输送机采用隧洞+桥梁线路方案，且有 19.34km 线路为与进场公路同隧洞敷设，最大限度优化了隧洞线路运用方式，增大了桥隧比例，减少了地表扰动面积，减少了因单独修建带式输送机隧洞造成的土石方洞挖量，减少了弃渣量，符合水土保持要求。

3.3.2　主体工程施工组织设计的分析与评价

3.3.2.1　工程施工组织设计合理性评价

工程施工组织设计、工艺等指标评价见表 3.3.2-1。

表 3.3.2-1　　对黄河古贤水利枢纽工程主体设计施工组织的合理性评价表

限制行为性质	要求内容	分析评价意见	解决方法
绝对限制行为	（1）在河岸陡坡开挖土石方，以及开挖边坡下方有河渠、公路、铁路和居民点时，开挖渣石必须设计渣石渡槽、溜渣洞等专门设施，将开挖的土石渣及时运至弃渣场或专用场地	根据主体施工组织设计，开挖土石方直接运至弃渣场。满足要求。	
严格限制与要求行为	（1）控制施工场地占地，避开植被良好区。	施工用地主要为草地和河滩地。占地为耕地的进行了复耕措施设计。满足要求。	
	（2）合理安排施工，减少开挖量和废弃量，防止重复开挖和土（石、渣）多次倒运。	开挖土方除部分利用土方后，直接运至弃渣场，减少二次倒运，符合要求	
	（3）合理安排施工进度与时序，缩小裸露面积和减少裸露时间。	施工工序是实现了裸露地面最少时间。满足要求	
	（4）施工开挖、填筑、堆置等裸露面，应采取临时拦挡、排水、沉沙、覆盖等措施。	主体设计只提出原则性要求，未设计	水土保持方案中补充临时堆土的防护措施
普通要求行为	（1）料场宜分台阶开采，控制开挖深度。爆破开挖应控制装药量和爆破范围，有效控制可能造成的水土流失。	本工程料场开采按照单级开采高度约 15m 控制，开挖边坡为 1:0.3 ~ 1:0.5，符合要求。	
	（2）弃土（石、渣）应分类堆放，布设专门的临时倒运或回填料的场地。	1#弃渣场兼作回采料场，满足要求。	

由上表分析可知，主体设计中的施工组织设计除严格限制与要求行为的（4）条外，均符合水土保持限制性规定和要求，主体工程施工未考虑施工开挖、填筑、堆置等裸露面的临时防护，如临时拦挡、排水、沉沙、覆盖措施。水土保持方案中将予以补充。经本方案补充后，符合水土保持要求。

由于工程建设区地处山区，施工场地设置要考虑距离施工点距离，同时要求较为平整，场地选取局限性很强，工程施工场地主要占用了林地和草地。本方案设计施工结束后实施迹地恢复，可减少工程施工造成的环境破坏，符合水土保持要求。

3.3.2.2　施工道路布置的分析评价

古贤水利枢纽工程坝址区高山峡谷、河床深切，河谷两岸地形陡峻，地形条件复杂。根据国内外水利枢纽工程施工经验，结合本工程水工建筑物布置、施工方案，场内运输主要采用公路运输方式。场内公路主干线的规划结合工程对外交通、枢纽布置及施工进度、施工总布置等综合考虑。古贤水利枢纽工程场内施工道路具有分布范围广、高差大、道路标准要求高、部分区域道路布置密集、制约因素多等特点。场内施工交通方式采用

以公路运输为主，场内道路主干线的规划结合工程对外交通、枢纽布置及施工进度、施工总布置安排综合考虑。根据工程施工特点，结合施工方法及施工区场地布置，将场内交通规划布置为左右岸、上下游立体交叉闭路循环网络。

对外交通运输除利用现有交通条件外，自青兰高速壶口收费站匝道出口新建 20.558 km 进场道路至坝后黄河大桥左岸桥头。为尽可能绕避壶口景区、小河口军事禁区，经与地方相关部门沟通，进场道路采用隧道通过壶口瀑布风景区。进场道路线路总长 20.558km，其中大部分路段为桥梁隧道等结构物，隧道 7 座，共长 17120m，其中最长的为 1 号隧道长 4330m；桥梁 9 座，共长 1460m，最长的桥梁为 2 号桥，桥长 280m；路基段长共 1978m。桥梁隧道占总路线长度的 90.4%。

综合考虑枢纽布置、地形条件及施工方案，确定场内道路以混凝土毛料和成品料运输、导流工程、大坝、消力塘、地下厂房的开挖及混凝土浇筑道路为场内交通主干线路，其余建筑物施工道路分别自主干线引接支线布置。道路尽量与永久道路相结合的原则，且尽量避开军事禁区和风景名胜区，场内交通干线道路总长约 22.58km，次干线道路总长约 9.25km，施工临时支线道路总长约 2.23km，场内干支线道路总长约 34.06km，桥梁 4 座，其中永久桥 2 座，桥长分别为 427m、191m，临时桥 2 座，桥长均为 220m。左岸共布置 5 条干线道路，分别为 1#道路、3#道路、5#道路、7#道路、9#道路，干线道路总长约 11.37km。共布置 5 条次干线道路，分别为 101#道路、102#道路、501#道路、502#道路、901#道路，次干线道路总长约 6.42km。工程混凝土骨料场位于乡宁县西坡镇西磑口村附近的 G209 西侧，料场区施工干线道路布置 3 条，道路总长 8.51km，次干线道路布置 1 条，道路长 0.72km，料场分高程开采及施工场区临时支线道路长约 1.5km，料场区施工道路总长 10.73km。带式输送机线路施工干线道路布置 13 条，道路总长 20.6km，主要为 TBM、钻爆法洞段及竖井施工服务。

从施工道路网布置角度分析，场外及场内交通布置均与对外交通紧凑衔接，所建 1#、2#、4#下游段、5#、6#、8#场内道路以及黄河坝下黄河大桥、导流洞出口大桥在施工结束用作为永久道路及交通桥保留，用于本工程运行管理，位于库外的新建施工临时道路在工程施工结束后无需保留，全部进行迹地恢复。施工道路布置满足工程施工需要，根据项目区地形条件，施工道路布置基本合理，结合工程运行期管理保留相应的场内施工道路，提高场内道路使用效率，避免因运行期管理二次修路的施工影响，无需保留的施工道路在工程施工结束后进行绿化恢复，减少了施工道路产生的水土流失影响，符合水土保持要求。

3.3.2.3 施工场地布置的分析和评价

本工程规模大，施工强度高，可供利用的施工场地又十分有限，施工总布置只能因地制宜，充分利用现有场地条件采用集中与分散相结合进行布置方式，各分区根据需要设置施工临时设施。施工场地规划本着有利生产、方便生活、减少移民、少占耕地、节约临时工程投资的原则。结合坝址区地形、工程布置、料场位置、交通条件等方面分析，

坝址区主要施工工厂设施集中布置在坝址下游左岸滩地上，因滩地高程较低，需利用开挖料将场地填至 472m 高程以上。将利用开挖土石方和减少工程弃渣结合起来，同时减少对耕地占用量，符合水土保持要求。

砂石料加工系统厂址选择的基本原则：厂址应尽量靠近料场、水源，交通运输条件较好；充分利用自然地形，减少场地平整工程量，尽量少占或不占农田与林地，不拆或少拆房屋；厂址区应有良好的工程地质及水文地质条件，避免洪水、泥石流危害。

本工程西磑口料场与坝址区距离长达 62km，中间通过长距离皮带机系统连接，砂石料加工系统厂址选择与布置时，由于料场区地形陡峻，砂石料加工施工场地条件不如坝址区。因此将砂石料加工系统厂址选择在坝址区是满足选址的基本原则的，同时也避免因陡峭地形区域修建加工厂土石方量大，扰动地表面积大的不利因素，符合水土保持要求。

大坝右岸低线混凝土系统布置是利用大坝开挖料填筑坝后河道形成的场区，这对减少施工场地占地、减少工程弃渣和区域植被破坏具有显著作用。根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）中施工场地布置的约束性规定，施工场地占地避开植被相对良好区域和基本农田。本工程施工场地布置不涉及基本农田，施工结束后对施工场地进行了植被恢复，因此，施工场地布置从水土保持角度是合理可行的。

3.3.3 主体工程施工方法、工艺分析与评价

3.3.3.1 施工方法合理性评价

工程施工方法等指标评价见表 3.3.3-1。

表 3.3.3-1 对黄河古贤水利枢纽工程主体设计的施工方法合理性评价表

限制行为性质	要求内容	分析评价意见	解决方法
绝对限制行为	（1）开挖土石方和取料不得在指定取土（料）场以外地方乱挖。	本项目设置专门料场，不存在乱挖现象。符合要求	
严格限制与要求行为	（1）施工道路、伴行路、检修道路等应控制在规定范围内，减小施工扰动范围，采取拦挡、排水等措施，必	主体工程设计了临时道路、永久道路和永临结合的道路，以及架设	方案中补充道路的排水措施，永久道路的绿化措施和临时道路施工结

表 3.3.3-1　　对黄河古贤水利枢纽工程主体设计的施工方法合理性评价表

限制行为性质	要求内容	分析评价意见	解决方法
	要时可设置桥隧；临时道路在施工结束后应进行迹地恢复。	施工桥梁。对临时道路采取了土地复耕措施，但无排水措施。	束后恢复绿化措施。
	（2）主体工程动工前，应剥离熟土层并集中堆放，施工结束后作为复耕地、林草地的覆土。	主体工程设计了料场清表措施及临时占用耕地的表土剥离及回填利用措施，但对占用其他地类的临时用地区未设计相应的表土利用措施。	方案中补充设计料场表土回覆和其他临时占地区的表层土剥离及回覆利用与临时防护措施。
	（3）减少地表裸露时间，遇暴雨或大风天气应加强临时防护，雨季填筑土方时应随挖、随运、随填、随压，避免产生水土流失	本工程施工组织设计通过合理安排工期，减少了地表裸露时间，料场区通过分区开采实现变开采边恢复，对雨季施工设计中作出了明确详细的规定。	本方案补充设计施工过程中的水土保持临时防护措施，用于防护暴雨及大风天气对开挖面及临时堆土的侵蚀。
	（4）临时堆土（石、渣）及料场加工的成品料应集中堆放，设置沉沙、拦挡等措施。	工程开挖回采料全部临时堆存于坝址区 1#、2#弃渣场，同弃渣场一并防护，料场设成品仓库集中堆放，并设置了沉沙、拦挡措施。	方案中补充弃渣场防护措施
	（5）开挖土石和取料场地先设置截排水、沉沙、拦挡等措施后再开挖	工程仅设置了料场，无具体防护要求。	方案中补充料场排水、拦挡等防护措施。
	（6）土（砂、石、渣）料在运输过程中应采取保护措施，防止沿途散溢，造成水土流失	设计中环评专业提出了相关要求。满足要求。	

由上表分析可知，主体设计的施工方法满足绝对限制行为的要求，但严格限制行为中仍有不足之处，主要缺少对表土剥离及保护措施，不能满足水土保持要求，因此在本方案中根据场地实际情况补充表土剥离、保护及临时防护等措施的设计或要求，补充料场的排水和拦挡措施等设计，补充弃渣场防护措施。

3.3.3.2　导流建筑物施工评价

本工程导流建筑物包括导流洞，上、下游围堰。

①围堰施工

大坝上游围堰：石渣填筑料、过渡料利用开挖料，采用6m^{3}挖掘机挖装，45t自卸汽车综合法卸料，235kW推土机铺料，18t自行式振动碾碾压。砂砾料从上游左岸原头坡砂砾石料场开采，采用6m^{3}挖掘机开挖，45t自卸汽车运输，后退法卸料，235kW推土机铺料，18t自行式振动碾碾压。混凝土防渗墙采用冲击反循环钻和抓斗配套的“两钻一抓法”

施工，槽孔接头采用接头管法连接，混凝土浇筑采用“水下直升导管法”浇筑。土工膜人工铺设焊接，铺设时注意张弛适度，避免人为损伤，与防渗墙接头按照设计要求连接。施工顺序为铺设→对正、搭齐→缝底层布→擦拭主膜尘土→主膜焊接或黏结→检测→缝上层布→验收。帷幕灌浆采用凝土防渗墙体内成孔采用预埋管法，岩基内部分钻机成孔。地质钻机直接从预埋管内扫孔并钻入岩基，BW250/50型灌浆泵灌浆。上游面防护混凝土板采用现浇施工，由10t卷扬机牵引自制滑模进行施工。混凝土由6m^{3}混凝土搅拌车运输至围堰顶，溜槽溜至浇筑仓面入仓浇筑，插入式振捣器振捣，表面采用抹光机抹光，人工切缝。

大坝下游围堰填筑：下游围堰分戗堤填筑和堆石体填筑，主要采用20t自卸汽车后退法卸料，132kW推土机铺料，18t自行式振动碾碾压。土工膜施工方法与上游围堰相同。

围堰拆除：上游围堰拆除直接235kW推土机清除，3m^{3}挖掘机辅助清理。拆除料直接推至围堰上下游。下游围堰采用3.0m^{3}挖掘机直接开挖，20t自卸汽车运输至坝址区弃渣场。

②导流洞施工

导流洞进口边坡开挖高度约 95m，出口边坡开挖高度约 78m。边坡采用自上而下分层开挖。土方开挖采用 3m^3 挖掘机开挖，20t 自卸汽车运输至渣场。石方采用手风钻配合 ROC812 型液压履带式钻机钻孔，深孔梯段爆破，梯段高度 12m ~ 15m，边坡预裂，132kW 推土机集渣，3.0m^3 挖掘机装 20t 自卸汽车运至渣场，分别经左岸上游 3$^{\#}$道路、下游 1$^{\#}$道路运输至弃渣场。

导流洞采用钻爆法施工，共分 2 层开挖，层厚为 8.6m 和 10m。主要以施工支洞和导流洞出口作为施工通道，分别连接至导流洞上层和下层开挖面，导流洞洞挖施工有 5 个工作面。上层采用中导洞领先、两侧扩挖跟进的施工方法，下层采用深孔梯段爆破。上部采用三臂钻钻孔，开挖轮廓采用光面爆破。下层采用液 ROC702 压履带钻机钻垂直孔，两侧开挖轮廓采用预裂爆破，底部保护层采用手风钻，光面爆破。开挖石渣采用 3m^3 轮式装载机配 20t 自卸汽车运输至渣场。

导流洞封堵：混凝土凿除采用人工手风镐拆除，1m^3 挖掘机装 10t 自卸汽车运输至弃渣场。封堵混凝土采用 6.0m^3 混凝土搅拌车运输，HB60 混凝土泵泵送入仓，插入式振捣器人工振捣。

导流建筑物结合推荐的导流方案所采用的施工方法和技术成熟，施工工艺和方法是可行的。导流建筑物施工对水土流失的影响主要是围堰填筑、围堰截流及围堰拆除。为

减小围堰施工中的水土流失，导流时段应选择在最枯月份，截留时围堰戗口尽量选用大块石及混凝土浇筑体进行封堵，减少戗口水流对小颗粒填筑料的冲刷。同时，主体工程设计了围堰拆除，拆除后将土石方运至坝址区弃渣场，本方案补充设计了弃渣场防护措施，满足水土保持要求。

3.3.3.3 主体工程施工

主体工程对地表的扰动、破坏以及造成水土流失的主要施工活动是大坝坝肩及基础开挖，由于工程区地形狭窄，而坝肩开挖出现高陡边坡，在施工中应严格按照设计边界确定开挖范围，避免超挖现象而造成对周边地表和植被的扰动和破坏；同时监测边坡卸荷后可能出现的变形、崩塌现象，及时采取喷锚支护确保坝肩稳定和安全。本工程主体工程大坝左岸岸坡开挖最大高程 672m，最大开挖高度约 202m（开挖高程范围 470m～672m），石方开挖总方量为 198.43 万 m^3；右岸岸坡开挖最大高程 668m，最大开挖高度约 198m（开挖高程范围 470m～668m），石方开挖总方量为 74.29 万 m^3。根据坝址处地形、地质条件和大坝及相关水工建筑物基础开挖范围、深度和各坝段基础面高程，坝肩开挖采用自上而下分层开挖、自卸汽车运输的施工方法。大坝岸坡石方开挖利用各施工干线路及施工支线路作为运输通道，采用自上至下分层进行。石方开挖采用手风钻配合 ROC812 全液压履带式钻车钻孔，预裂爆破，132kW 推土机集料，石渣采用 4 m^3 挖掘机挖装，32t 自卸汽车运至渣场。坝肩开挖边坡采用系统支护，系统支护锚杆采用 Φ25，按 3m×3m 梅花型布置，锚杆长度 6m、8m 间隔布置，挂 Φ8@200mm 的钢筋网，在支护中辅以排水，排水孔孔径 50mm，孔深 4m，按 3m×3m 梅花形布置，并在坡顶以上设置排水、截水沟，此施工方法技术成熟，可保障工程安全，但此方法形成的边坡为硬化边坡，本方案补充设计大坝坝肩开挖边坡高次团粒喷播措施，将坝肩边坡绿化，与周围环境融为一体，更体现了工程与生态的良好结合，在保障工程安全的同时美化了坝区环境，符合水土保持要求，工程施工工艺和方法是可行的。

3.3.3.4 道路工程施工

主体工程设计场内施工道路施工采用机械开挖土石方，自卸汽车运输出渣。由于工程区山高坡陡，道路布置地势较高。道路施工不仅造成对地表植被的扰动和破坏，而且土石方开挖及弃渣量较大，若不注重道路施工的管理，可能出现土石方溜坡现象，造成大面积的植被破坏和土石方流失，给区域生态环境造成严重破坏。为减少道路布置对区域生态环境的影响，主体工程设计施工中严格控制道路开挖扰动范围，并将弃渣运至指定渣场，避免出现土石方溜坡现象；落实道路路基路堑挡护措施，加强施工中的临时防

护措施，减少道路施工影响范围；考虑路基挖填边坡占地，适当扩大道路征地面积，将道路的各项施工活动控制住征地范围内，符合水土保持要求。

3.3.4 土石方挖填平衡的水土保持分析评价

3.3.4.1 土石方挖填平衡的水土保持分析评价

对主体设计的土石方平衡进行水土保持分析，从水土保持角度考虑，土石方平衡存在优化的余地。主体工程土石方平衡的水土保持分析见表 3.3.4-1。

表 3.3.4-1 黄河古贤水利枢纽工程土石方平衡的水土保持分析评价

限制行为性质	要求内容	分析评价意见	解决方法
严格限制与要求行为	（1）充分考虑弃土、石的综合利用，尽量就地利用，减少排弃量	开挖土方中满足工程填筑要求的土方全部回填利用，没有排弃，符合要求。	
	（2）应充分利用取土场（坑）作为弃土（石、渣）场，减少弃土（石、渣）占地和水土流失	本工程设置 2 个料场，结束后，不具备弃渣的条件。	弃渣全部弃入集中弃渣场。
	（3）开挖、排弃和堆垫场地应采取拦挡、护坡、截排水等防护措施	主体设计只提出原则性要求，未进行具体设计	方案中补充大坝岸坡开挖场地的排水、护坡措施
	（4）施工时序应做到先挡后弃	主体设计只提出原则性要求，未设计	方案中补充弃渣场的拦挡措施
普通要求行为	（1）充分考虑调运，移挖作填，尽量做到挖填平衡，不借不弃	通过平衡分析，做到了少弃少排，符合要求	
	（2）尽量缩短调运距离，减少调运程序	调运距离固定，但注意减少调运程序	

由表分析可知，除（3）、（4）条外，均符合水土保持限制性规定和要求。解决办法是：在土方开挖过程中，水保方案补充拦挡、排水措施。

根据施工组织设计中土石方平衡分析，由于古贤水利枢纽工程坝型为重力坝，坝体主要为混凝土，不需要土石方填筑，填筑土石方主要集中于围堰填筑、场区平整、导流洞封堵。由于大坝开挖料不能满足围堰部分位置的填筑料要求，因此需要在料场开采砂砾石料 140.24 万 m^3，除此以外，所有的填筑土石方全部采用工程开挖料。按照《水土保持法》和《生产建设项目水土保持技术标准》和《水利水电工程水土保持技术规范》等法律、法规的规定和要求，土石方平衡需包括施工道路等临时设施项目。主体工程施工组织设计中土石方平衡考虑了主体工程枢纽工程、料场、施工场地、施工道路及支洞等建筑物的土石方挖填、利用及弃渣，符合规范要求。

根据主体施工组织设计，古贤水库枢纽工程土石方总量 6050.42 万 m^3，其中总挖方 4781.44 万 m^3，总填方 1268.98 万 m^3，总利用方 1128.74 万 m^3，借方 140.24 万 m^3，永

久弃方 3652.70 万 m^3。总利用方占总填筑方量的 88.95%。主体设计土石方平衡分析结果见表 3.3.4-1。

根据移民安置规划报告各安置区、集镇迁建区及专项设施复（改）建区典型设计计算移民安置与专项设施复（改）建区土石方总量。计算过程详见附件 2 第 3.1.2 和 3.2.2 小节。

经计算，移民安置与专项设施复（改）建区土石方挖填总量为 1553.92 万 m^3，其中土石方开挖总量为 1069.85 万 m^3，土石方回填总量为 484.07 万 m^3，借方 22.68 万 m^3，总弃方 608.46 万 m^3。移民安置与专项设施复（改）建区土石方平衡分析见表 3.3.4-2。

表 3.3.4-2　　移民安置与专项设施复（改）建区土石方平衡分析表　　单位：万 m^3

序号	防治分区	挖方	填方	借方	弃方
1	移民安置区	384.34	384.34		
2	专项设施复（改）建工程区	685.51	99.73	22.68	608.46
3	合计	1069.85	484.07	22.68	608.46

根据《水利水电工程水土保持技术规范》，本工程占地范围内的表层熟土需采取表土剥离措施将剥离表土用于施工结束后复耕及绿化，经与主体工程及移民专业沟通，临时占用耕地园地的移民专业设计土地复耕措施，主要包括表土剥离及回填、土地整理恢复、田间工程规划和土壤改良、培肥措施等。本专业补充设计永久占地范围内可剥离表土及临时占地中其他类型土地的表土利用及保护措施。根据现场查勘和地质调查，本工程区内表层熟土类型为棕红、桔红色亚粘土耕植土，厚度约 30cm，因此，综合考虑复耕及绿化需求，本工程表土剥离厚度按照 30cm 控制，剥离表土用于施工结束后的复耕和植被恢复，符合水土保持要求。经计算，本工程绿化及复耕覆土共需 178.61 万 m^3，根据现场调查，工程范围内占地以耕地、园地、林地、草地为主的区域，表层腐殖土丰富，通过料场区和弃渣场区之间表土调运，剥离表土量满足绿化和复耕的覆土需要，料场区和弃渣场区之间共相互调运表土 4.65 万 m^3。本工程共剥离表土 178.61 万 m^3，其中主体工程已设计表土剥离 18.00 万 m^3（包括主体工程料场区清表包含的表土剥离量 16.34 万 m^3和移民专业土地复耕工程剥离表土 1.66 万 m^3），本专业补充设计剥离表土 160.61 万 m^3。本专业针对剥离表土设计了临时拦挡及苫盖等防护措施，并将表土纳入土石方平衡分析，经水土保持专业补充，符合水土保持要求。表土土石方平衡见表 3.3.4-3。

表 3.3.4-3 **表土土石方平衡分析表** **单位：万 m³**

序号	防治分区	表土剥离量	调入	调出	覆表土量	备注
1	主体工程区	5.04			5.04	
2	永久办公生活区	0.37			0.37	
3	弃渣场区	26.32	8.75		35.07	
4	料场区	16.34		4.65	11.69	主体工程设计剥离 16.34 万 m³
5	交通道路工程区	42.83		4.10	38.73	
6	施工生产生活区	40.87			40.87	主体工程设计剥离 1.66 万 m³
7	皮带机运输工程区	4.58			4.58	
8	移民安置与专项设施复（改）建区	42.26			42.26	
9	合计	178.61			178.61	

本方案编制过程中，依据施工组织设计对上述主体工程拟定的土石方平衡进行了复核。经复核，主体工程土石方平衡规划中没有包括水土保持工程中防洪排导、斜坡防护、拦渣防护等措施的土石方开挖回填，也没有包括表土利用工程量以及移民安置与专项设施复（改）建区土石方量。

经水土保持方案复核后，古贤水库枢纽工程土石方总量 8003.95 万 m^3，其中总挖方 6057.08 万 m^3，总填方 1946.87 万 m^3，总利用方 1768.72 万 m^3，借方 178.15 万 m³，总弃方 4304.71 万 m^3。总利用方占总挖方的 29.20%，占总填方 90.85%。水土保持复核后土石方平衡分析结果见表 3.3.4-5，图 3.3.4-1 土石方流向框图。

从水土保持角度分析，挖方的利用率较低，导致工程弃渣量大，不利于水土保持，根据土石方平衡分析，挖方的利用率 29.20%，主要原因是交通工程和主体工程挖方量大，以及料场表层强风化岩层开挖量大等原因，建议主体工程进一步细化主体工程、交通道路工程和料场强风化岩层开挖量，减少工程开挖量，提高开挖料利用率。

表 3.3.4-4 黄河古贤水利枢纽工程主体设计土石方平衡及调配规划汇总表 单位：万 m^3

防治分区及部位		土方/石方	挖方	填方	调入	调出	借方	弃方
主体工程区	大坝	土方	50.52					50.52
		石方	1599.62			497.45		1102.17
	灌溉洞	土方	1.71					1.71
		石方	12.26					12.26
	厂房	土方	22.61					22.61
		石方	166.77			21.11		145.66
	出线场	土方	16.66					16.66
		石方	8.22					8.22
	高压电缆洞	土方						
		石方	9.64					9.64
	高位消防水池	土方	0.26					0.26
		石方	0.95					0.95
	导流工程	土方	0.37					0.37
		石方	487.21	722.75	144.11		140.24	48.81
	抗剪洞施工支洞	土方	0.07					0.07
		石方	5.87			5.57		0.29
	缆机平台（左岸）	土方	25.98					25.98

表 3.3.4-4 黄河古贤水利枢纽工程主体设计土石方平衡及调配规划汇总表 单位：万 m^3

防治分区及部位		土方/石方	挖方	填方	调入	调出	借方	弃方
		石方	5.53	6.65	1.12			
	缆机平台（右岸）	土方						
		石方	32.75	0.01				32.74
	475~490m 入仓道路石渣拆除	石方	21.11	21.11	21.11			21.11
	砂石加工系统	石方(加工弃料)	441.63					441.63
皮带机运输工程区	坝址区工作面皮带机线路	石方	53.27					53.27
	坝址区以外的工作面皮带机线路	石方	157.57					157.57
交通道路工程区	场内道路	石方	811.70	160.67				651.02
	进场道路	石方	520.22					520.22
施工生产生活区	左岸下游工厂设施场地平整	石方		287.96	287.96			
	右岸低线混凝土系统场地平整	石方		26.62	26.62			
	左岸上游导流工厂设施场地平整	石方		43.21	43.21			
料场区	西磑口料场	石方	328.93					328.93
合计			4781.44	1268.98	524.13	524.14	140.24	3768.54

表 3.3.4-5　　黄河古贤水利枢纽工程水土保持复核后土石方平衡及调配规划汇总表　　单位：万 m^3

序号	防治分区	挖方	填方	调入	调出	借方	弃方
1	主体工程区	2910.84	751.62		357.79	140.24	1941.67
2	永久办公生活区	0.60	0.60				
3	弃渣场区	70.06	35.26	8.75			43.55
4	料场区	329.09	27.07		4.65	15.23	328.93
5	交通道路工程区	1374.74	199.40		4.10		1171.24
6	施工生产生活区	43.10	400.89	357.79			
7	皮带机运输工程区	216.44	5.60				210.84
8	移民安置区	1112.20	526.43			22.68	608.46
9	合计	6057.08	1946.87	366.54	366.54	178.15	4304.71

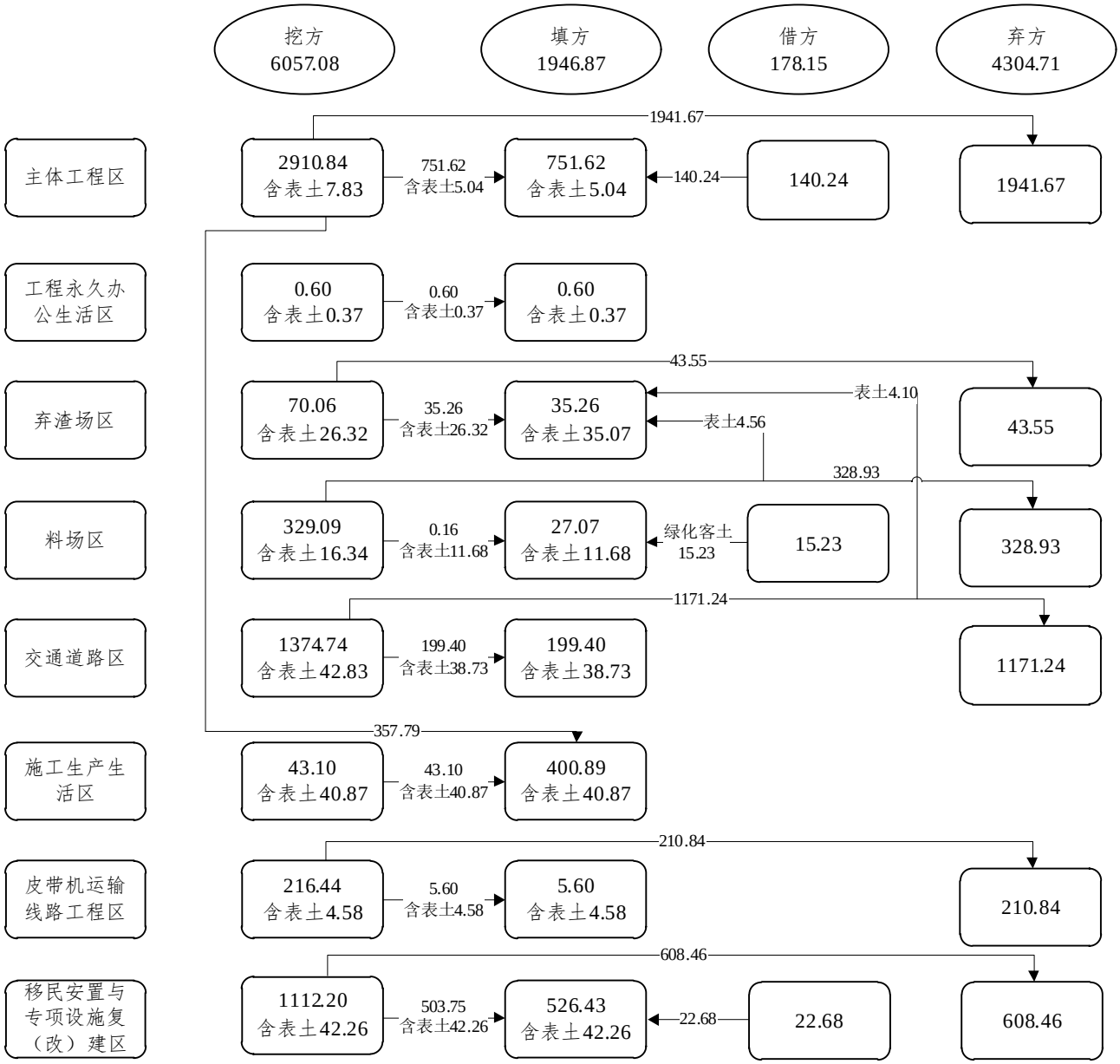


图 3.3.4-1 黄河古贤水利枢纽工程土石方流向框图

3.3.4.2 石方综合利用

根据主体设计，本工程（不包括移民安置与专项设施复（改）建区）开挖方 4781.44 万 m^3，其中石方 4663.25 m^3，占总方量的 97.53%。根据地质专业分析，开挖的石料均不能满足重力坝混凝土骨料要求，因此，开挖的石料只能尽最大可能用于施工围堰、场地平整、导流洞封堵等工程中，利用方 1128.74 万 m^3，占总填筑方量的 88.95%，根据工程填筑情况，工程施工组织设计最大程度综合利用了石方。符合水土保持的要求。

3.3.4.3 工程无用层清理与表土剥离的关系

（1）主体工程区、料场区

主体设计中工程中无用层清理厚度＞0.6m，主体设计将表土与无用层一起作为工程弃渣全部弃入弃渣场，不符合水土保持要求。经与主体设计沟通后，本方案根据规范要求将表土作为资源与无用层清理区分开来，并在无用层清理前，对占地为耕地、园地、林地和草地表层土土质较好的区域进行剥离表土，并集中堆存保护，作为主体工程区、交通道路区后期绿化或植被 恢复用土，且主体设计无用层清理工程量不再包含该部分表土的工程量。

主体工程设计料场区在取料前进行表层无用层清理，全部为强风化石方开挖，未考虑料场区表层腐殖质层剥离措施，由于本工程西磑口料场开采结束后为石质裸露底面和边坡，难以进行恢复，不利于生态环境恢复，因此，本方案对料场区表层腐殖质层进行补充设计剥离措施，用于采料结束后绿化覆土。

（2）皮带机运输线路工程区、弃渣场、工程永久办公生活区、交通道路区、施工生产生活区、移民安置与专项设施复（改）建区表土剥离均为水土保持新增措施，与工程无用层清理无关系。其中施工生产生活区占地类型耕地、园地的临时占地，移民专业设计了表土剥离、回覆利用和土地复耕，符合水土保持要求，水土保持专业不再计列该部分表土剥离、回覆工程量和投资。

（3）水库淹没区：不涉及表土剥离措施。

3.3.4.4 土石方调配的合理性分析与评价

根据施工时序，在工程筹建期内完成对外交通路、左岸进场交通道路，在工程准备期主要完成场内施工道路的修建；同时进行砂石加工系统、砼拌和系统、场内的风水电系统、临时生产生活房建、综合加工厂等临建设施的建设；由于坝址两岸地势陡峻，大坝左右岸坝肩开挖安排在施工准备期，与导流隧洞同时开工。从土石方平衡分析和施工时序上看，各建筑物之间土石方调配是合理的。

综上所述，为满足工程施工需要，从施工时序及土石方调配分析，本工程土石方调配不仅满足主体工程施工需要，也有利于节省工程投资，减少工程施工临时占地，也符合水土保持的有关规定和要求，土石方调配是合理的。下阶段，主体设计应进一步细化主体工程、交通道路工程和料场强风化岩层开挖量，提高开挖料利用率。

3.3.5 主体工程施工进度安排分析与评价

工程建设全过程划分为四个施工时段：工程筹建期、工程准备期、主体工程施工期及工程完建期，其中筹建期不计入施工总工期。

本工程施工分期为：导流洞主洞开工以前为工程筹建期；导流洞主洞开工到河道截流为工程准备期；河道截流到第 1 台机组投产为主体工程施工期；第 1 台机组投产到最后 1 台机组投产为工程完建期。

1）筹建期：筹建期：筹建第 1 年 1 月 1 日至第 1 年 6 月 30 日导流洞施工支洞开工为工程筹建期（与准备期搭接的项目不占直线工期，不计入筹建期），工期为 1 年 6 个月整（18 个月）；筹建期项目包括进场道路、场内与导流隧洞施工相关的施工道路及施工支洞、施工供水、施工供电等项目。由于本工程规模巨大，施工临建项目的规模也较大，建设周期较长，为给施工准备项目创造条件，在筹建期内还安排骨料加工系统、骨料运输系统、临时仓库、临时营地、渣场临时防护和临时排水等设施的建设。

2）工程准备期：第 1 年 7 月 1 日开始至第 3 年 10 月 31 日河床截流为工程准备期，工期为 2 年 4 个月（28 个月）；工程准备期主要完成项目包括：部分场内施工道路；施工营地；左、右岸高、低位混凝土及制冷系统；导流工程；缆机平台；大坝坝肩（高程 470m 以上）开挖与支护等。

3）主体工程施工期：第 3 年 11 月 1 日至第 9 年 3 月 31 日第 1 台机组发电为主体工程施工期，工期为 5 年 5 个月（65 个月）；主体工程施工主要包括围堰工程、大坝工程、厂房工程和导流洞封堵工程等的施工。

4）工程完建期：第 9 年 4 月 1 日至第 10 年 12 月 31 日全部机组发电为工程完建期，工期为 1 年 9 个月（21 个月）。工程完建期的工程项目主要为第 9 年 3 月底首台机组投产后的坝体混凝土浇筑尾工、防浪墙施工、闸门启闭机安装以及剩余机组安装。

本工程施工总工期为 114 个月（9.5 年），其中施工准备期 28 个月，主体工程工期 65 个月，完建期 21 个月，首台机组发电工期 93 个月。另外安排 1.5 年筹建期。

由施工安排来看，主体工程施工关键线路明确，平行施工作业有效缩短了工程总工

期，减少了施工工区裸露时间，有效减少了水土流失。

但由于施工总进度的要求，本工程总工期 9.5 年，工程施工不可避免的需跨越雨季。因此，从水土保持角度出发，本方案提出对总体施工进度影响较小的项目，应尽量安排在枯水期施工；无法避免雨季施工的项目，需加强临时排水和挡护措施，裸露面较长的开挖面应做好临时覆盖措施；弃渣场和料场等临时用地区域在施工结束后应及时恢复植被，符合水土保持要求。

总体分析，该工程项目繁杂，施工期长，施工进度安排不可避免跨越汛期。施工过程中要做好开挖边坡、临时堆土和临时堆渣的临时截排水、临时拦挡防护措施等。

3.4 主体工程设计中具有水土保持功能措施的分析与评价

3.4.1 界定原则

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）中关于水土保持工程的界定原则，结合主体工程设计，分析各单项工程的水土保持功能，界定主体工程设计中具有水土保持功能的措施。

（1）主导功能原则。以防治水土流失为目标的工程为水土保持工程；以主体工程设计功能为主，同时具有水土保持功能的工程，不作为水土保持工程。

（2）责任区分原则。对建设项目临时征、占地范围内的各项防护工程均作为水土保持工程。

（3）试验排除原则。难以区分以主体设计功能为主或以水土保持功能为主的工程，可按破坏性试验原则进行排除。假定没有这些工程，主体工程设计功能仍旧可以发挥作用，但会产生较大的水土流失，此类工程应作为水土保持工程。

3.4.2 主体工程设计的水土保持措施分区分析与评价

（1）枢纽工程区防护措施的分析与评价

主体工程设计大坝坝肩边坡、水垫塘侧边坡、电站厂房出口边坡采取工程护坡形式进行防护，坝肩边坡按 1:0.5 开挖，每 15m 设一级马道，马道宽 2m，大坝坝肩边坡、水垫塘侧边坡、电站厂房出口边坡采取 φ25 锚杆挂 φ8@200mm 钢筋网系统支护方式，在坝肩边坡顶部设截排水沟将上游汇水排入下游沟道，防止雨水对边坡的冲刷，在保障工程边坡安全稳定的同时有效防止水土流失现象，本方案主要补充本工程区扰动地面的表土剥离、回覆和土地平整措施，补充大坝管理区边坡排水措施，绿化美化措施及相配

套的灌溉措施，导流工程库区外临时占地区的植被恢复措施；另外设置表土临时堆放过程中的防护措施。

（2）皮带机运输线路工程区

皮带机运输工程区包括皮带隧道工程、隧道进出口和竖井工程。主体工程设计对皮带机运输工程区的隧洞进出口处设计工程护坡，具有水土保持功能，本方案主要补充：施工前，隧道进出口开挖边坡上游排水措施，扰动区表土剥离措施；施工期间表土临时防护措施；施工结束后的土地平整、表土回覆和植被恢复措施。

（3）工程永久办公生活区

工程永久办公生活区包括前方业主营地和后方业主营地。主体工程设计对该区规划了绿化面积，满足水土保持要求，本方案补充：施工前，建筑物区的表土剥离措施，施工期间表土临时防护措施；场区平整开挖边坡的护坡措施，场区排水措施；施工结束后，补充设计空闲区的土地平整和绿化美化措施。

（4）弃渣场区防护措施的分析与评价

主体设计对本工程共设置了 17 个弃渣场，经主体工程优化施工组织设计，本工程弃渣均得到了合理的调运，对工程弃渣设定了专门存放地，弃渣场的选址满足水土保持要求，主体设计对弃渣场的防护措施没有进行设计，仅对各弃渣场堆置弃渣量及堆置形态进行了规划，根据弃渣场的实际情况，本方案报告中将补充：施工前，设置弃渣场（库区外）场区表土剥离措施、挡渣措施和防洪排导措施；施工期间的表土临时防护措施，堆渣结束后，设置边坡防护措施、坡面和顶面进行土地平整措施，以及渣场场区的植被恢复和绿化美化措施。

（5）料场区防护措施的分析与评价

本工程共设置了 1 个人工骨料场和 1 个砂砾石料场，料场的选址是满足水土保持要求，但是主体设计对料场的防护措施没有进行设计。根据料场的实际情况，本方案报告中将补充：料场的表土资源保护措施，即表土剥离及回填，坡面和底面绿化措施以及临时措施。

（5）施工生产生活区防护措施的分析与评价

黄河古贤水利枢纽工程施工场区布置于河滩地或两岸坡地，在不影响河道行洪的前提下，主体设计利用工程开挖料填筑部分河滩地作为施工场区，并设置相应拦挡措施，提高土石方利用效率，最大限度利用了弃渣作为场平土方料源，符合水土保持综合利用弃渣的要求，但是对坡地内的施工场区没有布置相应的防护措施。水土保持设计补充：

施工前，设置场区表土剥离、边坡防护措施、排水措施；施工期间，表土临时防护措施；施工结束后，设置场区的土地平整、表土回覆，枢纽工程区施工生产生活区的绿化美化措施，其它工程区内的施工生产生活区植被恢复措施。

（6）交通道路区防护措施的分析与评价

本工程进场道路最大限度的采用了交通隧洞，减少了扰动土地面积，符合水土保持要求。主体工程针对进场道路挖方石质边坡设计了生态基材防护，对填方边坡和土质挖方边坡设计了拱形骨架植草护坡，采用 M10 浆砌片石挡土墙对道路边坡进行防护，在进场道路上边坡坡脚设置排水边沟，可排除上游边坡汇水，减少对路面及下游边坡的冲刷，主体工程所设拦挡、边坡防护及截排水措施在保障工程安全的同时可起到防治水土流失的作用。主体工程针对场内道路挖方较深、岩石节理发育的路段边坡采取了喷素混凝土防护，采用 M10 浆砌片石挡土墙对道路边坡进行防护，这些措施主要功能为保障工程安全，同时可起到防止水土流失的作用。符合水土保持要求。但针对进场道路及永久场内道路下边坡主体工程未考虑护坡防护措施，本方案进行补充。

根据以上分析，本方案针对交通道路区补充设计的水土保持措施有：施工前设置场区表土剥离、临时道路设置土质排水沟措施，施工期间，设置表土临时防护措施，施工结束后，库区外的临时道路设置表土回覆、土地平整措施与植被恢复措施；进场道路和永久道路的两侧行道树绿化美化措施，下游边坡植物护坡防护措施，临时施工道路施工结束后植被恢复措施。

（7）移民安置与专项设施复（改）建区防护措施的分析与评价

本防治区包括移民安置区和专项设施复（改）建区，其中移民安置区包括移民集中安置点和集镇迁建区。专项设施复（改）建区包括交通工程、电力工程、通信工程、广播电视工程和水利工程等设施复建区。

根据移民集中安置点、集镇迁建工程区设计报告，移民专业已经规划了集中安置点绿化广场及道路面积，本方案补充场区表土剥离及回覆、土地平整措施、表土临时防护措施以及区内道路排水措施、护坡措施和场地绿化措施，满足水土保持要求。

根据交通工程设计报告，已设计的措施有：工程护坡措施、弃渣场拦挡措施和排水措施，符合水土保持要求，本方案补充交通道路工程排水措施、植物护坡措施和道路两侧行道树措施；补充施工便道、施工营地等临时占地区表土剥离及回覆、排水措施、土地平整措施和植被恢复措施；补充交通工程路基开挖施工过程中临时拦挡措施、临时占地区剥离表土的临时防护措施。

电力工程设施、通信工程设施和广播电视工程设施复建工程占地面积少，施工工期短，工程施工造成的水土流失影响轻。本方案不再设计水土保持措施。

根据水利工程设施复建设计报告，各个单项工程均进行了水土保持设计，其水土保持措施布局为:

①主体工程区：施工前，表土剥离、临时防护，施工结束后，表土回覆、土地平整、绿化等。

②弃渣场区：施工前，表土剥离、临时防护，拦挡措施、排水措施，施工结束后，表土回覆、土地平整、绿化等。

③施工道路和营地等临时占地区：施工前，表土剥离、临时防护，排水措施，施工结束后，表土回覆、土地平整、绿化等。

其水土保持措施布局完整，针对各分区均布设了工程措施、植物措施及临时措施相结合的水土保持措施防治体系，可有效防治水土流失，符合水土保持要求。

各个单项工程水土保持措施设计基本上满足水土保持要求。为了不重复设计和投资。本水土保持方案不再对水利工程设施复建工程进行水土保持措施设计。本方案建议对水利工程复建工程做好监督工作，建议在初步阶段编制水土保持专题报告，并在实际施工中落实各项水土保持措施，减少水土流失。

（8）水库淹没区防护措施的分析与评价

主体设计中布置了库底清理、消毒工作，符合水保要求，本方案建议进一步做好监督工作，防止乱砍乱伐，破坏植被，造成新的水土流失。

3.4.3 主体工程设计中的具有水土保持功能措施

在主体设计中，从工程自身安全和危害防治的角度，已采取了部分防护措施，客观上起到了防治水土流失的效果，具有水土保持功能，本方案对其进行分析评述，对尚存不足之处，提出建议措施；对因设计深度不足而难以评价或进行具体方案设计的，提出下阶段设计要求。

根据主体工程设计中具有水土保持功能的措施界定原则，本工程主体工程设计中具有水土保持功能的措施主要包括:

（1）大坝坝肩边坡坡顶截排水沟措施

本工程枢纽工程在大坝左右坝肩开挖边坡坡顶及周边设置截排水沟，截排水沟采用混凝土材质，本阶段主体工程为对该截排水沟进行详细设计，仅按单位工程量计列了相

应的投资，下阶段主体工程将根据坝肩上游汇水对坝肩边坡顶部截排水沟进行详细设计。左右坝肩共修建截排水沟 1870m。

（2）进场道路生态基材、拱形骨架植草护坡措施

进场道路路线距离黄河壶口瀑布风景名胜区较近，为使道路工程与自然景观融合一体，对岩石挖方边坡采用生态基材防护；对填方边坡和土质挖方边坡采用拱形骨架植草防护。根据主体工程进场道路设计，共采取生态基材护坡 48320 ㎡，拱形骨架植草护坡 3100 ㎡。

（3）进场道路及场内道路排水措施

根据本工程进场道路及场内道路边坡设计，主体工程设计在道路开挖边坡坡顶及坡脚各设置一道截排水沟，采用钢筋混凝土材质，矩形断面，过水断面宽 0.3m，高 0.3m，侧墙及底板厚 0.2m，共修建道路截排水沟 33230m。

（4）临时用地复耕措施

施工临时用地在施工结束后根据各临时用地地块原有用地性质、使用方式和使用年限进行相应的恢复，对原有用地地类为耕地和园地的进行土地复耕，本工程土地复耕区域主要为施工生产生活区，复耕面积为 49.85 亩，根据可研报告征地移民章节，本工程亩均土地复耕费为 9132 元，经计算，本工程临时占用耕园地复耕费用为 45.52 万元。

（5）移民安置与专项设施复（改）建区排水、护坡、绿化措施

根据可研报告征地移民章节，主体工程设计移民安置区内排水、护坡和绿化措施能排除雨水，防护边坡，美化环境，具有水土保持功能；专项设施复（改）建区交通道路工程设计了道路截排水沟，弃渣场拦挡及排水措施，水利工程复建工程设计了表土利用、土地平整、弃渣场拦挡、各工程区施工结束后绿化措施以及施工过程中临时排水、临时拦挡和苫盖防护措施，均具有水土保持功能应界定为主体工程设计中具有水土保持功能的水土保持措施。

此外，水利工程复（改）建工程均计列了水土保持投资，共计 811.22 万元。这部分投资在工程实施阶段均用于水利工程复（改）建工程水土保持，可治理工程建设造成的水土流失，发挥水土保持功能。

3.4.4 主体工程设计中具有水土保持功能措施的工程量及投资

主体工程设计中具有水土保持功能的措施总投资为 13167.59 万元。主体工程设计中具有水土保持功能的措施工程量汇总表详见表 3.4.4-1。在主体工程防护措施设计中采取的截排水沟、临时用地复耕、道路边坡防护等措施在保证主体工程安全、满足主体工程需要的同时，可有效防止水土流失及其危害的发生，符合水土保持要求。

表 3.4.4-1　　黄河古贤水利枢纽工程具有水土保持功能的措施统计表

序号	项目	单位	工程量	单价	投资（万元）
一	主体工程区				97.24
1	大坝坝肩边坡坡顶截排水沟	m	1870	520	97.24
二	交通道路区				2496.22
1	进场道路生态基材护坡	m^2	48320	218	1053.38
2	拱形骨架植草护坡	m^2	3100	45	13.95
3	道路截排水沟	m	33230	430	1428.89
三	移民安置与专项设施复（改）建区				10528.61
（一）	移民安置区				2349.54
1	截排水沟	m	51445.77		1959.53
2	草皮护坡	m^2	839.02		11.75
3	绿化工程	m^2	108066.65		378.26
（二）	专项设施复（改）建区				8179.07
1	交通道路复建工程				7367.85
（1）	复建道路截排水沟	m	85129.26		4089.26
（2）	复建道路弃渣场拦挡工程防护	m^3	47083.45		1725.54
（3）	复建道路弃渣场排水工程防护	m^3	42376.58		1553.05
2	水利工程复（改）建工程水土保持	万元			811.22
四	临时用地复耕	亩	49.85	9132	45.52
五	合计				13167.59

3.5 评价结论、建议和要求

3.5.1 评价结论

（1）黄河古贤水利枢纽工程选址选线避开了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，未占用国家确定的水土保持长期定位观测站，工程区不涉及泥石流易发区、崩塌滑坡危险区以及易引起严重水土流失和生态恶化的地区。工程施工布置避让了自然保护区。工程弃渣场场址不涉及风景名胜区、地质公园和自然保护区等环境敏感区域，本工程建设用地不涉及生态红线。另外，黄河古贤水利枢纽工程选址选线未能避让国家级和省级水土流失重点治理区，但通过执行西北黄土高原区一级防治标准，

提高截排水工程、拦挡工程的工程等级及防洪标准，提高植物措施标准，将林草覆盖率提高 2 个百分点，采取有效的水土流失防治措施，同时优化施工方法和工艺，减少地表扰动及植被损坏范围等措施后，可消除或减轻对水土流失重点防治区的影响。因此，工程选址、选线不存在水土流失制约性因素。

（2）通过对坝址、坝型方案比选水土保持分析评价，本方案同意主体设计推荐的古贤坝址和混凝土重力坝坝型方案。另外，通过分析评价，主体工程施工组织设计、土石方平衡、主体工程施工方法和施工工艺以及施工进度安排均符合水土保持要求。

（3）通过分析评价，主体设计中部分措施具有水土保持功能，由于设计专业关注角度不同，主体设计不能完全满足水土保持要求，本方案补充各个防治区水土保持防治措施设计，经补充设计后，可有效防治本工程建设而造成的水土流失。

总体分析，本工程在工程选址、工程布置、建筑物防护措施设计及工程施工组织等方面基本满足水土保持要求，对于项目区存在的水土流失问题，可通过加强水土保持措施予以缓解。综合评价，本工程不存在水土保持制约性因素，工程建设基本可行。

3.5.2 建议和要求

（1）本工程导流围堰填筑过程中，应加强安全规范操作，防止因人为施工不规范造成严重的水土流失；导流围堰的拆除务必做到拆除完全，并运至指定弃渣场，严禁将土石方遗留于河道内。

（2）后续设计中应结合坝址区管理范围用地与施工布置、弃渣场布置的位置关系，为坝址区生态景观发展创造有利的用地条件，提高坝址区林草覆盖率。

（3）在主体工程设计中，应进一步细化场内道路、施工生产生活区和移民安置与专项设施复（改）建区的土石方平衡分析。

4 水土流失防治责任范围及防治分区

水土流失防治责任范围界定所依据的技术资料主要有:

（1）《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）;

（2）《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）;

（3）《关于印发水利水电工程水土保持技术规范（SL 575-2012）补充技术要点（试行）的通知》（水总环〔2019〕635 号）;

（4）《黄河古贤水利枢纽工程可行性研究报告》（黄河勘测规划设计研究院有限公司，2019 年 12 月）。

4.1 防治责任范围界定

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018），水土流失防治责任范围界定原则为“谁开发、谁保护、谁造成水土流失、谁负责治理”，项目区按照《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）和《黄河古贤水利枢纽工程可行性研究报告》，古贤项目水土流失防治责任范围包括项目永久征地和临时占地及其他使用与管辖区域。

本项目永久征地和临时占地包括：主体工程区占地、工程永久办公生活区占地、弃渣场区占地、料场区占地、交通道路区占地、施工生产生活区占地、皮带机运输工程占地、移民安置与专项设施复（改）建区占地、水库淹没区占地。

根据以上原则，依据主体工程占地统计，黄河古贤水利枢纽工程水土流失防治责任范围为 23140.61 hm^2，其中永久占地 22756.78hm^2，临时占地 383.83hm^2。详见表 4.1-1。

表 4.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程水土流失防治责任范围面积表　　单位：hm^2

序号	防治分区	水土流失防治责任范围		
		永久占地	临时占地	合计
1	主体工程区	218.70	6.06	224.76
2	工程永久办公生活区	7.53		7.53
3	弃渣场区	92.98	69.11	162.09
4	料场区	25.00	38.96	63.96
5	交通道路防治区	59.09	123.75	182.84
6	施工生产生活区	12.35	130.71	143.06
7	皮带机运输工程区		15.25	15.25
8	移民安置与专项设施复（改）建区	312.11		312.11
9	水库淹没区	22029.02		22029.02
合计		22756.78	383.83	23140.61

4.2 防治责任范围与征占地关系

根据黄河古贤水利枢纽工程可研报告征地移民章节，本工程建设征地影响土地总面积为 22825.50hm^2，其中水库淹没区 22029.02hm^2，工程建设区 796.48hm^2。

（1）工程建设区与水库淹没区的关系

根据坝区施工布置，施工围堰工程、施工导流洞进口工程均位于水库淹没区，总占地面积为 94.86hm^2。

根据主体施工组织设计，导流工程工厂设施、原头坡料场、1$^{\#}$渣场占地全部位于水库淹没区；2$^{\#}$渣场和 3$^{\#}$渣场部分区域位于库区；部分施工临时道路位于水库淹没区，包括 3$^{\#}$路 0.94km，7$^{\#}$路 1.18km，9$^{\#}$路 1.2km，901$^{\#}$路 0.15km。位于水库淹没区的施工临时设施占地面积 140.02hm^2。

为避免重复计列占地面积，这两部分占地面积全部计入工程施工建设区占地面积，水库淹没区计列占地时已经扣除。根据以上分析，水库淹没区扣除的面积为 234.88hm^2。

（2）后方业主营地

根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）要求，黄河古贤水利枢纽工程建设区应包括业主管理营地征占地面积，根据主体施工组织设计，工程后方业主营地拟设在河南省郑州市，占地面积为 3hm^2，应当计入水土流失防治责任范围。

（3）移民安置与专项设施复（改）建区

根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）要求，黄河古贤水利枢纽工程建设区应包括移民安置与专项设施复（改）建区征占地面积，而主体施工组织设计和移民专业均不需要统计本防治区面积。经统计，本项目移民安置与专项设施复（改）建包括搬迁人口安置，道路、电力、电信、水电站等专业项目的专项设施复（改）建，占地面积为 312.11hm^2，应当计入水土流失防治责任范围。详细见表 4.2-1。

表 4.2-1　　黄河古贤水利枢纽工程移民安置与专项设施复（改）建区占地面积统计表

项目		行政区	占地（hm^2）
两省共计			312.11
陕西合计			153.85
山西合计			158.26
移民安置区	农村移民安置点（集中安置）	陕西省	78.32
		山西省	23.93
	集镇迁建点	陕西省	
		山西省	27.80
专项设施复建区	交通道路（含桥梁）	陕西省	66.91
		山西省	98.15

表 4.2-1　　黄河古贤水利枢纽工程移民安置与专项设施复（改）建区占地面积统计表

项目		行政区	占地（hm^2）
	电力工程	陕西省	1.42
		山西省	0.93
	通信工程	陕西省	0.78
		山西省	1.02
	广播电视工程	陕西省	0.07
		山西省	0.06
	水利工程	陕西省	6.36
		山西省	6.36

综上所述，黄河古贤水利枢纽工程水土流失防治责任范围应包括移民专业统计的建设征地影响土地总面积、后方业主营地面积和移民安置与专项设施复（改）建占地面积，为 23140.61 hm^2。

4.3　水土流失防治分区

4.3.1　防治分区依据

根据工程布局情况，该项目是以“点”型工程为主的“点”、“线”综合的建设类项目，其中“点”型工程包括弃渣场、料场等，“线”型工程包括道路等。考虑该项目建设以“点”型工程为主，同时项目区地貌类型一致，水文、气象、植被特点、土壤等自然条件基本相同，水土保持防治分区划分主要参考因子为项目工程特征、施工工艺、生产方式、造成人为水土流失形式和特点。

4.3.2　分区原则

（1）区内施工工艺基本一致，排弃物性质相似;

（2）区内水土流失形式和特点基本一致，主导性防治措施具有同一性;

（3）区内土地利用方向具有一致性;

（4）兼顾施工管理方便，对面积较小、工程量不大的部位不再单独设区。

4.3.3　防治分区结果

根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，先进行一级分区，分别为：主体工程区、皮带机运输工程区、工程永久办公生活区、弃渣场区、料场区、交通道路区、施工生产生活区、移民安置与专项设施复（改）建区和水库淹没区；再根据工程特性对主体工程区、交通道路区和移民安置与专项设施复（改）建区进行二级分区，即：主体工程区分为大坝枢纽工程区和导流工程区；交通道路区分为进场道路区、

场内永久道路区和场内临时道路区，移民安置与专项设施复（改）建区分为移民安置区和专项设施复（改）建区。详细见表 4.3.3-1。

表 4.3.3-1　　黄河古贤水利枢纽工程水土流失防治分区情况表

序号	防治分区		工程内容
	一级分区	二级分区	
1	主体工程区	大坝枢纽工程区	大坝枢纽工程
		导流工程区	施工围堰工程和导流洞工程
2	皮带机运输线路工程区		皮带机运输工程
3	工程永久办公生活区		工程前方营地工程
4	弃渣场区		坝址区弃渣场、皮带机运输工程弃渣场、进场道路弃渣场和西磑口料场区弃渣场工程
5	料场区		原头坡料场和西磑口料场工程
6	交通道路防治区	进场道路工程区	进场道路工程
		场内临时道路区	场内临时道路工程
		场内永久道路区	场内永久道路工程
7	施工生产生活区		坝址区、皮带机运输工程区、进场道路工程区和料场工程的施工生产生活区工程
8	移民安置与专项设施复（改）建区	移民安置区	28 个新建移民安置点工程、2 个集镇迁建工程
		专项设施复（改）建区	库区交通工程，通信工程、水利设施工程等专项设施复建工程
9	水库淹没区		水库淹没区

5 水土流失分析与预测

水土流失分析与预测所依据的标准规范和技术资料有:

（1）《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）;

（2）《土壤侵蚀分类分级标准》（SL 190-2007）;

（3）《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）;

（4）《关于印发水利水电工程水土保持技术规范（SL 575-2012）补充技术要点（试行）的通知》（水总环〔2019〕635 号）;

（5）《黄河古贤水利枢纽工程可行性研究报告》（黄河勘测规划设计研究院有限公司，2019 年 12 月）。

5.1 预测范围和时段

5.1.1 预测范围

根据工程建设特点及工程总体布置，工程水土流失预测范围包括主体工程区、工程永久办公生活区、皮带机运输工程区、弃渣场区、料场区、施工生产生活区、交通道路区、移民安置与专项设施复（改）建区。

根据工程施工组织设计，依据以下原则对工程进行水土流失预测单元的划分:

（1）同一预测单元的地形地貌、扰动地表的物质组成相同;

（2）同一预测单元扰动地表的形成机理与形态相同;

（3）同一预测单元土地利用现状基本一致;

（4）同一预测单元主要土壤侵蚀因子基本一致。

根据各分部工程中细部工程所处的区域地形特性和建设特点，根据以上原则，划分各分部工程预测单元如下:

工程划分为主体工程区、工程永久办公生活区、弃渣场区、料场区、交通道路区、施工生产生活区、皮带机运输工程区、移民安置与专项设施复（改）建区等八个一级单元，再根据每个一级单元内分部工程所占压的土地类型将一级单元进一步细化为二级单元（弃渣场区扰动后按照堆渣所在位置划分为顶面和坡面），再根据每个预测单元在工程建设期土壤侵蚀模数的变化情况分别预测其土壤侵蚀总量。工程水土流失预测范围见表 5.1.1-1。

表 5.1.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程水土流失预测范围表

序　号	名　称		预测面积（hm^2）		
			施工准备期	施工期	自然恢复期
一	主体工程区		224.76	224.76	188.91
二	工程永久办公生活区		4.53	4.53	4.17
三	弃渣场区	顶面		118.54	52.65
		坡面		162.09	33.49
	小计			280.63	86.15
四	料场区	顶面		38.38	15.22
		坡面		63.96	23.74
	小计			102.34	38.96
五	交通道路区		182.84	182.84	123.75
六	施工生产生活区		143.06	143.06	130.71
七	皮带机运输工程区		15.25	15.25	15.25
八	移民安置与专项设施复（改）建区		312.11	312.11	78.03
合计			882.55	1265.52	665.93

5.1.2 预测时段

依据《生产建设项目水土保持技术标准》的相关规定，建设类项目预测时段分为施工准备期、施工期和自然恢复期三个时段。

工程建设过程中的水土流失除受各项目区水文、气象、土壤、地形地貌、植被等自然因素影响外，还受施工建设活动的影响，使施工区域内水土流失表现出特殊性（如水土流失形式、数量发生较大变化等），导致水土流失随各个施工场地和施工进度的变化而变化，表现出时空变化的动态性，因此，水土流失预测也必须体现时空变化的动态性。同时考虑到水土流失主要发生在雨季（该区域雨季为 7 月~9 月）的特点，应该以最不利的时段进行预测，施工时段超过雨季的按全年计算，未超过雨季的按占雨季的比例计算。

（1）施工期（含施工准备期）

施工建设区水土流失主要发生在土建施工期，由于基础的开挖、土石方的堆存及回填破坏原地貌，影响土壤植被及水土保持设施，林草植被毁坏，降低表层土壤的抗蚀性，造成严重的水土流失。由于地面裸露，回填土方和临时堆存土体松散，易形成面蚀和沟蚀，尤其是处于不稳定状态的土体边坡，更容易发生水土流失。施工便道、预制场地等

部位由于车辆、人员踩踏碾压，建筑材料的堆放，导致土壤结构破坏，使土地生产力下降。因此，建设区土建施工期是水土流失预测的主要时段。

（2）自然恢复期

随着时间的推移，工程施工陆续结束，工程建设引起水土流失的各种影响因素在各项水土保持措施实施后将逐渐消失，受生态自我修复能力的影响，植被将逐渐得到恢复，水土流失量逐渐减少。但由于生物措施的滞后性，仍然存在一定的水土流失，根据项目区气候、降水、土壤等自然条件，结合对类比工程的实地调查，项目实施后 3 年末植被（灌、草、乔）恢复程度基本可达到发挥防治水土流失的功能，所以，确定本工程的自然恢复期水土流失预测期为 3 年。

结合该工程可研报告中的工程施工进度表，确定本工程项目水土流失预测项目及预测时段划分见表 5.1.1-2。

表 5.1.1-2　　黄河古贤水利枢纽工程各预测单元水土流失预测时段一览表

序　号	名　称		施工准备期（年）	施工期（年）	自然恢复期（年）
一	主体工程区		4	7	3
二	工程永久办公生活区		1	2	3
三	弃渣场区	顶面		6	3
		坡面		6	3
四	料场区	顶面		7	3
		坡面		7	3
五	交通道路区		2	2	3
六	施工生产生活区		2	1	3
七	皮带机运输工程区			2	3
八	移民安置与专项设施复（改）建区			3	3

5.2　预测方法

根据规范规定，水土流失预测包括五部分内容，由于预测内容的差异，其不同预测项目的主要工作内容及预测方法各不相同。预测内容包括扰动原地貌破坏植被面积、弃土弃渣量、损坏和占压水土保持设施面积、可能造成的土壤流失量和可能造成的水土流失危害等。

5.2.1 扰动地表、损毁植被面积预测方法

通过查阅工程设计报告，结合实地勘测对工程施工过程中占压土地的情况、破坏林草植被的程度和面积进行测算和统计。

5.2.2 弃土、弃渣量的预测方法

工程建设的弃土量主要采用分析相关工程设计报告中的数据，通过土石方挖填平衡分析，以充分利用工程开挖中剩余土石方为原则。在此基础上，分析确定工程建设的弃土、弃渣量。

5.2.3 可能造成的土壤流失量的预测方法

本工程土壤流失量的预测以资料调查法和经验公式法进行分析预测为主，根据本工程有关资料，掌握工程建设对地表、植被的扰动情况，了解弃渣的组成、堆放位置和形式，按照《水土保持综合治理—效益计算方法》的规定，预测本工程建设中造成的新增侵蚀量。本方案水土流失预测拟采用经验公式进行，其中经验公式法所采用的参数通过与本工程地形地貌、气候条件、工程性质相似的工程项目类比分析中取得。

（1）水土流失背景值预测

水土流失背景值预测是根据区域原有水土流失情况，分析预测项目区在无工程扰动情况下的土壤流失量。土壤流失量的预测采用以下公式:

$$W_1 = \sum_{i=1}^{n} F_i \times M_{1i} \times T_i$$

式中：W_1—背景值流失量，t;

i—预测单元（1，2，3……n）;

F_i—第 i 个预测单元面积，km^2;

M_{1i}—现状土壤侵蚀模数，$t/km^2 \cdot a$;

T_i—预测区域的预测年限，a。

（2）施工期、自然恢复期水土流失预测

通过对建设类工程施工特点分析，在工程施工期，施工活动使区域植被受到不同程度的破坏，使土地原有的抗侵蚀能力下降，同时由于人为活动频繁，从而使土壤侵蚀强度增大。工程转入运行期后，随着人力、机械的退出，地表植被逐渐得到恢复，水土流失逐渐接近自然状态，土壤侵蚀强度降低。因此，在水土流失预测时必须分别计算施工

期土壤流失量、自然恢复期土壤流失量，土壤流失量的预测采用以下公式:

$$W=\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{3}F_i\times M_{ik}\times T_{ik}$$

式中：W—扰动地表土壤流失量，t;

i—预测单元（1，2，3……n）;

k—预测时段，1、2、3 指施工准备期、施工期、自然恢复期;

F_i—第 i 个预测单元面积，km^2;

M_{ik}—扰动后不同预测单元不用时段的土壤侵蚀模数，t/（km^2·a）;

T_{ik}—扰动时段，a。

（3）新增土壤流失量预测

新增水土流失预测采用以下公式:

$$\Delta W=\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{3}F_i\times\Delta M_{ik}\times T_{ik}$$

$$\Delta M_{ik}=\frac{(M_{ik}-M_{i0})+|M_{ik}-M_{i0}|}{2}$$

式中：ΔW—扰动地表新增土壤流失量，t;

i—预测单元（1，2，3……n）;

k—预测时段，1，2，3 指施工准备期、施工期、自然恢复期;

F_i—第 i 个预测单元面积，km^2;

M_{ik}—扰动后不同预测单元不同时段的土壤侵蚀模数，t/（km^2·a）;

ΔM_{ik}—不同预测单元不用时段新增土壤侵蚀模数，t/（km^2·a）;

M_{i0}—不同单元各时段新增土壤侵蚀模数，t/（km^2·a）;

T_{ik}—预测时段（扰动时段），a。

（4）水损失预测

水损失预测采用以下公式:

$$W_W=\sum_{1}^{n}[F_iH_i(j_i-j_{i0})]\times10^3$$

式中：W_w—扰动地表水流失量，m^3;

F_i—第 i 个预测单元面积，km^2;

H_i—项目区年平均降雨量，mm;

Φ_i—预测单元扰动地表的径流系数;

Φ_{i0}—预测单元原状地表的径流系数。

5.2.4 类比工程选择

本工程为建设类新建项目，工程新增水土流失主要发生在工程建设期，且主要来自两个方面：一是因工程场地平整、开挖填筑等施工扰动、占压造成的，这部分包括建筑物基础开挖填筑、施工生产生活区、施工道路等预测单元；另一方面是由于弃渣堆放造成的。本工程为拟建项目，通过对类似地区同类工程，确定本工程水土流失预测则更能反映工程建设过程中的水土流失。本项目选择正在建设项目—亭口水库工程作为本工程水土流失预测类比工程。

5.2.5 可比性分析

古贤水利枢纽工程建设征地位于吉县、宜川县等地区，工程区与亭口水库工程所在的长武县气候特点、地形地貌等比较相似。亭口水库工程已基本建成，各项水保措施也已初步发挥作用。

类比工程和拟建工程均为建设类项目，新增水土流失主要受自然和人为因素影响，且主要发生在项目施工期。因两项目地理位置、地形地貌等自然环境条件基本相同，影响水土流失的自然因素和土壤侵蚀营力基本一致。而两项目开发方式相同，项目组成相近，各建筑物施工工艺和方法也大致相同，因此两项目在施工中影响水土流失的人为因素也基本相近，相同预测单元新增水土流失的类型、形式和水土流失规模基本相同。因此本方案在水土流失预测中，通过对类比工程施工期水土流失调查成果，结合本项目地形地貌特点和自然因素，预测其新增水土流失应该是可行的。

水利工程建设新增土壤流失主要来自建筑物开挖和工程弃渣，由于开发方式相同，地形地貌相似，地质条件相近，开挖边坡、工程弃渣物质组成基本相同，类比工程裸露边坡、工程弃渣在施工期水土流失调查成果基本上与本工程相同。因此本工程土壤流失量预测可利用类比工程水土流失调查成果，结合现场踏勘根据工程实际情况分析，确定本工程的水土流失预测参数的背景值。

5.2.6 类比工程水土流失调查成果

（1）调查内容和方法

根据工程建设对水土流失的影响分析，本工程新增水土流失主要时段为施工建设期，流失的重点是工程弃渣、建筑物的开挖。而影响生产建设项目水土流失的因素除自然因素外，最重要的是施工活动对水土流失的影响。按照水土流失发生规律，确定类比工程调查类型和方法。

类比工程水土流失调查主要通过实地调查和现场询问方法确定水土流失影响因素、流失类型和形式，采取侵蚀沟样方法调查工程土壤流失量。

调查人员深入现场，实地调查工程地形地貌、土地利用现状、植被覆盖情况、降雨强度、工程区水土流失现状等水土流失的主要影响因素，确定工程水土流失的类型和型式，同时选定有代表性的开挖边坡、弃渣场、生产生活区等重点部位设置调查小区，采取侵蚀沟样方法调查工程土壤流失量。通过测量小区的地形坡度，计算小区内侵蚀沟条数、测量侵蚀沟长度、平均沟宽、沟深，参照场外原始地貌，估算面蚀深度。并询问施工、监理人员工程进展和施工状况、各部位在经历降雨（特别是短时暴雨）后的水土流失情况，了解侵蚀历时和受外部干扰情况，通过计算得出各监测单元工程的侵蚀模数。

（2）调查成果

根据类比工程现状，在水土流失调查时选定了挖方边坡、生产生活场地等水土流失部位设水土流失调查样方。

根据对类比工程水土保持调查成果，采用以下公式计算土壤流失量：平均土壤侵蚀模数=样方内侵蚀沟的体积×土壤容重/（样方面积×水土流失年限）×10^6×1.40。根据水土流失调查成果，估算其平均土壤侵蚀模数。

5.2.7 预测参数的确定

（1）原地貌土壤侵蚀模数背景值的确定

依据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018），预测单元原地貌土壤侵蚀模数，应根据土壤侵蚀模数等值线图等资料，结合实地调查综合分析确定。我公司于 2018 年 5 月，2020 年 8 月、11 月、12 月对项目区现场进行了实地踏勘和水土流失观测，结合全国第二次水土流失遥感调查资料成果以及沿线地区水土保持部门的土壤侵蚀强度资料及亭口水库监测资料，分区分析确定项目区土壤侵蚀模数背景值。项目区侵蚀强度以强烈为主，侵蚀类型以水力侵蚀为主，兼有一定程度的重力侵蚀，容许土壤侵蚀模数为 1000t/（km^2•a），原地貌综合平均土壤侵蚀模数背景值为 8000t/（km^2•a）。

（2）扰动地貌土壤侵蚀模数的确定

工程扰动后施工期的土壤侵蚀模数确定，采取类比和实地调查相结合的方法，类比工程选择亭口水库项目，其地形、地貌、土壤、植被、降水等主要影响因子与本项目相似，具有可比性。通过查阅亭口水库相关实测资料进行比较分析，确定各区扰动地貌土壤侵蚀模数。

（3）自然恢复期侵蚀模数的确定

在自然恢复期，植被逐渐恢复，扰动后的侵蚀模数逐步减小，参考黄河上中游管理局近几年对本地区生态自然修复观测资料，确定本工程建设区不同分区自然恢复期侵蚀模数为扰动后侵蚀模数的 35%～60%。

由此确定本项目建设各预测单元，原地貌土壤侵蚀模数背景值、扰动地貌土壤侵蚀模数和自然恢复期土壤侵蚀模数，结果见表 5.2.7-1。

表 5.2.7-1　　黄河古贤水利枢纽工程各单元预测取值汇总表

序　号	名　称		侵蚀模数背景值	施工准备期	施工期侵蚀模数	恢复期侵蚀模数
			t/km^2·a	t/km^2·a	t/km^2·a	t/km^2·a
一	主体工程区		8000	8500	15000	9000
二	工程永久办公生活区		8000	8500	15000	
三	弃渣场区	顶面	8000		15000	9000
		坡面	8000		20000	11000
	小计		8000			
四	料场区	顶面	8000		13000	9000
		坡面	8000		18000	9500
	小计		8000			
五	交通道路区		8000	15000	20000	10000
六	施工生产生活区		8000	12000	15000	9000
七	皮带机运输工程区		8000		15000	9000
八	移民安置与专项设施复（改）建区		8000	8500	15000	9000

5.3　扰动地表、损毁植被面积和弃土（石、渣）量分析

根据主体工程可行性研究报告，结合实地踏勘和地形图图面量算，工程扰动地表面积为本工程总占地面积除去库区淹没区未扰动土地面积，为 1111.60hm^2。详见表 5.3-1。

表 5.3-1　　黄河古贤水利枢纽工程扰动地表面积表　　单位：hm^2

序号	防治分区	扰动地表面积		
		永久占地	临时占地	合计
1	主体工程区	218.70	6.06	224.76
2	工程永久办公生活区	7.53		7.53

表 5.3-1　　黄河古贤水利枢纽工程扰动地表面积表　　单位：hm^2

序号	防治分区	扰动地表面积		
		永久占地	临时占地	合计
3	弃渣场区	92.98	69.11	162.09
4	料场区	25.00	38.96	63.96
5	交通道路防治区	59.09	123.75	182.84
6	施工生产生活区	12.35	130.71	143.06
7	皮带机运输工程区		15.25	15.25
8	移民安置与专项设施复（改）建区	312.11		312.11
合计		727.76	383.83	1111.60

损毁植被面积为占地范围内的林草地面积，为 692.72 hm^2。

根据土石方平衡分析，本工程土石方挖填总量为 8003.95 万 m^3，其中挖方总量为 6057.08 万 m^3，填方总量为 1946.87 万 m^3，借方 178.15 万 m^3，总弃渣量为 2816.36 万 m^3（自然方，其中土方 103.69 万 m^3，石方 2712.67 万 m^3），折合松方为 4304.71 万 m^3。

5.4　土壤流失量预测

通过预测经计算土壤流失总量为 129.68 万 t，其中施工期 111.2 万 t，自然恢复期 18.48 万 t，减去水土流失背景值 76.99 万 t，共新增土壤流失量 52.74 万 t。施工期是土壤流失量最大的时段，弃渣场和主体工程区是新增土壤流失量较大的区域，需要重点防治。土壤流失量预测结果见表 5.4-1。

表 5.4-1 黄河古贤水利枢纽工程项目区土壤流失量预测结果

序号	名称		背景土壤流失量				土壤流失总量预测				新增土壤流失量预测			
			施工准备期（t）	施工期（t）	自然恢复期（t）	总量（t）	施工准备期（t）	施工期（t）	自然恢复期（t）	水土流失总量（t）	施工准备期（t）	施工期（t）	自然恢复期（t）	总量（t）
一	主体工程区		71923	125866	45338	243127	76418	235998	51006	363422	4495	110132	5668	120295
二	工程永久办公生活区		220	440	521	1181	234	825		1059	14	385		399
三	弃渣场区	顶面		56901	12637	69538		106689	14217	120906		49788	1580	51368
		坡面		77802	8038	85840		194504	11053	205557		116702	3015	119717
	小计			134703	20675	155378		301193	25270	326463		166490	4595	171085
四	料场区	顶面		21491	3653	25144		34922	4110	39032		13431	457	13888
		坡面		35818	5697	41515		80590	6766	87356		44772	1069	45841
	小计			57309	9350	66659		115512	10876	126388		58203	1526	59729
五	交通道路区		29255	29255	29700	88210	54853	73138	37125	165116	25598	43883	7425	76906
六	施工生产生活区		22889	11445	31370	65704	34334	21459	35291	91084	11445	10014	3921	25380
七	皮带机运输工程区			2440	3660	6100		4575	4118	8693		2135	458	2593
八	移民安置与专项设施复（改）建区		49937	74906	18726	143569	53058	140448	21067	214573	3121	65542	2341	71004
合计			174224	436364	159340	769928	218897	893148	184753	1296798	44673	456784	25934	527391

5.5 水土流失危害分析与评价

工程施工区降雨集中，多高山、冲沟、坡积层，潜在着产生水土流失的自然条件。工程的兴建，主要在施工期通过破坏和扰动原地貌植被，以及土石方开挖引起的弃土弃渣量，如果不采取适当的措施，必然导致新增水土流失，给周边生态环境带来威胁。其主要危害可能为:

（1）新增项目区水土流失

在工程施工区，原有地貌和植被遭受破坏，土地裸露，土地进一步砾质化，植被减少，通过土石方开挖，使原地貌边坡变陡，改变了原有边坡的稳定性，可能诱发重力侵蚀，导致新增水土流失。

（2）对区域生态环境的不利影响

工程建设可能造成土壤流失总量 129.68 万 t，新增土壤流失量 52.74 万 t，工程扰动区平均土壤侵蚀模数较大。工程施工形成高陡边坡及大量松散堆渣体、裸露迹地，如不采取有效的水土保持措施，在水力侵蚀和重力侵蚀的双重作用下，极易造成严重的水土流失及危害，加之当地生态环境脆弱，遭受损坏的植被短期恢复难度较大，势必对当地生态环境造成不利影响。

（3）对土壤肥力及地表植物的影响

项目区内及周边分布林草地和耕地，地表植物主要为林草和农作物。项目建设过程中，严重扰动地表，致使大量地表土体被剥离，植被被破坏，导致土壤抗蚀能力下降，土壤涵养水分能力减弱，耕作层肥力下降，植物赖以生长的土壤条件恶化，对地表植物及农作物生长极为不利。另外，大量的水土流失也会使土壤中有机物质流失，影响土壤中的生物、微生物的生存与繁殖，会给项目区的植被恢复和土地平整增加工作难度。

（4）对河道行洪能力的影响

项目区地面坡度大，沟谷发育，项目建设过程将致使大量地表土体被剥离，植被被破坏，导致土壤抗蚀能力下降。另外弃渣过程中的松散土石方如不采取必要的防护，遭遇降雨时，将产生土壤流失，泥沙随着地表径流排入河道，影响行洪能力。

5.6 预测结论及指导性意见

5.6.1 预测结论

通过预测经计算土壤流失总量为 129.68 万 t，其中施工期 111.2 万 t，自然恢复期 18.48

万 t，减去水土流失背景值 76.99 万 t，共新增土壤流失量 52.74 万 t。施工期是土壤流失量最大的时段，弃渣场和主体工程区是新增土壤流失量较大的区域，需要重点防治。

5.6.2 指导性意见

（1）防治措施的指导性意见

根据水土流失预测结果，建设期项目区土壤侵蚀类型以水力和重力侵蚀为主。在防治措施布局中，应结合施工工艺和施工时序提出有针对性的防治措施。由于渣场是水土流失的主要部分，应是水土保持防治的重点；对渣场应修建挡渣工程，并设置防洪排导工程等工程措施控制渣体大规模水土流失，最后通过对渣体表面采取覆土进行绿化，达到恢复区域生态环境和维持社会经济可持续发展的目的；施工道路应结合区域交通现状，施工结束后保留永久道路，对临时道路进行迹地绿化。施工道路、施工生产生活区、料场、专项设施复（改）建区等占地在施工前采取必要的临时防护措施，在施工中加强管理，在施工结束后对迹地采取恢复措施。

（2）施工时序的指导性意见

由于区域内影响水土流失的自然因素主要是降水，即水土流失主要发生在雨季，集中在 7~9 月份，在施工进度安排时应尽量避开雨季。对在雨季不得不实施的工程必须做好防护措施；在道路路基施工中必须修建排导工程；表土堆存前首先进行拦挡措施的布置。在水土保持措施实施进度安排时应与主体工程施工时序相配套，并做好临时防护措施，减少施工中的水土流失。

（3）水土保持监测的指导性意见

根据预测结果，工程建设期监测的重点地段应为渣场、料场和施工道路。主要监测内容应包括开挖面积的变化、弃渣量的变化、各区域的水土流失量和水土保持措施的效果等。虽然工程建设存在损坏原地貌、弃渣等可能发生水土流失的不利因素，工程建设对区域生态环境和水土流失造成一定的影响，但其影响和危害不大。只要按照“三同时”要求制定科学的水土保持方案、采取相应的防治措施，对可能造成的水土流失进行积极预防和有效防治，是可以减少工程建设引起的水土流失及其不利影响的。

6 防治目标及总体布设

6.1 防治目标及标准

生产建设项目水土流失防治目标是水土保持设施验收、水土保持监测和水土保持监督执法的重要依据。因地制宜地采用各类水土流失防治措施，全面控制工程建设过程中可能造成的新增水土流失，恢复和保护项目区的植被和其它水土保持设施，有效治理防治责任范围内的原有水土流失，达到地面侵蚀量显著减少，建设区生态环境得以改善。

（1）项目建设范围内的新增水土流失应得到有效控制，原有水土流失得到治理;

（2）水土保持设施应安全有效;

（3）水土资源、林草植被应得到最大限度的保护与恢复;

（4）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、林草覆盖率等指标达到现行国家标准《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018）的要求。

根据本方案的指导思想和编制原则，本工程水土保持方案最终实现的目标是：预防和治理工程建设过程中造成新的水土流失；把各项水土保持工程措施、土地平整和绿化工程与保护、改良和合理利用水土资源，提高土地生产力相结合，恢复当地区域生态环境。

本项目区水土流失防治标准执行生产建设项目西北黄土高原区水土流失防治一级标准。根据《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018）规定，其标准值见表 6.1-1。

表 6.1-1　　西北黄土高原区水土流失防治一级标准

防治指标 \ 防治标准	一级标准	
	施工建设期	设计水平年
水土流失治理度(%)	*	93
土壤流失控制比	*	0.80
渣土防护率（%）	90	92
表土保护率(%)	90	90
林草植被恢复率(%)	*	95
林草覆盖率(%)	*	22

根据工程施工特点，按照《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018）的要求对防治目标值进行修正。

根据《全国水土保持规划（2015-2030 年）》（国函〔2015〕160 号），黄河古贤水利枢纽工程位于“黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区”。根据《山西省水土保持规划（2016-2030）》和《陕西省水土保持规划（2016-2030）》，黄河古贤水利枢纽工程位于山西省水土流失重点治理区和陕西省陕北丘陵沟壑重点治理区。根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）的要求，应提高植物措施标准，林草覆盖率应提高 1 个～2 个百分点，西北黄土高原区水土流失防治一级标准林草覆盖率为 22%，将其提高 2 个百分点，林草覆盖率修正值为 24%。

项目区处于低山区，根据《土壤侵蚀分类分级标准》，项目区为西北黄土高原区侵蚀类型区，土壤容许流失量为 1000t/km^2·a，西北黄土高原区一级标准确定土壤流失控制比为 0.80，本工程所处区域的侵蚀强度为强烈侵蚀，根据规范规定，土壤流失控制比可降低 0.1~0.2，但考虑本工程位于国家级及省级水土流失重点治理区，土壤流失控制比不再降低调整，仍为 0.80。

其他水土流失防治指标值及施工期水土流失防治指标值不作调整。

设计水平年水土流失防治标准值分区修正情况表详见表 6.1-2。根据修正情况，得出本工程设计水平年水土流失防治指标值分别为：水土流失治理度为 93%，土壤流失控制比为 0.80，渣土防护率 92%，表土保护率 90%，林草植被恢复率为 95%，林草覆盖率为 24%。施工期水土流失防治指标值为：渣土防护率 90%，表土保护率 90%。

表 6.1-2　　黄河古贤水利枢纽工程设计水平年水土流失防治指标值分区修正表

防治指标	标准规定	按重点防治区修正	按土壤侵蚀强度修正	利用标准
水土流失治理度(%)	93			93
土壤流失控制比	0.80	+0.20	-0.20	0.80
渣土防护率(%)	92			92
表土保护率(%)	90			90
林草植被恢复率(%)	95			95
林草覆盖率(%)	22	+2		24

6.2　设计依据、理念与原则

6.2.1 设计依据

6.2.1.1 技术规范与标准

（1）《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）；

（2）《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018）；

（3）《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）；

（4）《水利水电工程制图标准水土保持图》（SL 73.6-2015）；

（5）《水土保持工程调查与勘测标准》（GB/T 51297-2018）；

（6）《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）；

（7）《防洪标准》（GB 50201-2014）；

（8）《节水灌溉工程技术规范》（GB/T 50363-2006）；

（9）《主要造林树种苗木质量分级》（GB 6000-1999）；

（10）《生态公益林建设技术规程》（GB/T 18337.3-2001）。

6.2.1.2 技术文件

（1）《黄河古贤水利枢纽工程可行性研究报告》（黄河勘测规划设计研究院有限公司，2019 年 12 月）；

（2）《黄河古贤水利枢纽工程可行性研究弃渣场工程地质专题报告》（黄河勘测规划设计研究院有限公司，2021 年 3 月）；

（3）全国第二次水土流失遥感调查成果（水利部，2002 年 1 月）；

（4）《全国水土保持规划（2015-2030 年）》（国函〔2015〕160 号）；

（5）《关于印发水利水电工程水土保持技术规范（SL 575-2012）补充技术要点（试行）的通知》（水总环〔2019〕635 号）。

6.2.2 设计理念与原则

在符合国家有关技术规范对水土保持、环境保护的总体要求的前提下，根据编制依据及其他相关文件和资料，在分析项目区自然及社会经济情况、工程建设特点和施工工艺的基础上，因地制宜，因害设防，对各类占地区按水土保持要求提出治理措施，突出保水保土和生态效益；在防治措施安排上，以植物措施为主，将黄河流域生态保护和高质量发展理念融入设计，提高植物措施配置标准，合理配置工程措施，最终形成一个完整的水土保持防治体系。本方案的编制原则如下:

（1）将生态环境建设作为水利工程高质量发展的强有力手段，为本工程建设发挥更好的支撑作用。以古贤水利枢纽建设为契机，加强工程区生态环境建设，提高黄河流域生态文明建设，不断满足人民群众对水资源、水环境、水生态的需求。

（2）着力打造坝区生态环境景观基础条件，体现坝区生态保护的设计理念。系统治理，整体设计，从工程全局优化土石方调运，实现土石方高效利用，将主体工程无用

的弃渣作为坝区园林造景元素，充分利用工程弃渣改造区域地形，为景观设计提供地貌形态，丰富区域可绿化空间，“变渣为料、用渣造景”，体现节约资源、生态保护等理念。

（3）按照保护生态和保护土地资源的设计理念，尽量减少对原地貌的扰动和植被的破坏。水土保持是生态修复的主体内容，方案与设计应树立生态理念，即本着保持水土，改善生态环境，提高植被覆盖率，恢复可持续发展的生态系统的设计理念。设计中充分体现植物优先，植物与工程相结合，强化工程设计与生态景观建设的协调。

（4）各分区针对性防治原则。结合坝区不同区域功能分区配置不同的水土保持植物措施种类，在体现各分区功能特点的同时，实现各分区之间功能、生态、景观遥相呼应，既独树一帜，又系统整体。

（5）维护水土资源及合理利用的理念。本工程建设将不可避免的破坏原地表生产力，改变了土壤入渗能力和径流状况，降低水资源的利用效率。在措施设计中应加强地表土保护设计，合理利用工程区土地资源恢复植被或复耕。

（6）经济、有效、实用的原则。对于重点水土流失区的防护措施应进行多方案比选，确定投入、效果比最佳方案，节省工程投资，保证水保效果，同时具有可操作性。

（7）整体性原则。按照坝区后期功能区划分要求，提出不同功能区植物措施治理方向，确定治理标准、选择植物类型、完善植物措施设计，形成较为完整的水土流失防治体系的一部分。

（8）防治结合，因害设防的原则。根据各水土流失防治类型区的特点及新增水土流失的方式，确立各类型区的防治重点及措施的配置，坚持防治结合，因害设防的原则。

（9）按照水土保持工程与主体工程“同时施工、同时设计、同时投产使用”的制度要求，结合主体工程施工组织设计和主体工程布置，分区、分期合理安排防治措施的实施，同时体现“先拦后弃”“生态、经济、社会效益统一”的原则。

6.3 设计深度及设计水平年

6.3.1 方案设计深度

按照《中华人民共和国水土保持法》关于“水土保持工程必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用”的规定、《水利部关于修改部分水利行政许可规章的决定》（水利部第 24 号令）的要求和《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）的有关要求，水土保持方案的设计深度与主体工程设计深度相适应。按照水土保持“三同时”的要求，结合本工程项目实际，本方案深度应与主体工程设计深度相适应。现在

主体工程设计深度为可行性研究阶段深度，故确定本项目水土保持方案的编制深度为可行性研究深度。

6.3.2 方案设计水平年

根据水土保持工程与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用“三同时”的要求和“建设类项目水土保持设计水平年为主体工程完工的当年或后一年”的规定，确定本方案设计水平年。

根据主体工程施工时序安排，主体工程施工分为四个时段，即筹建期、工程准备期、施工期和工程完建期。

筹建期: 筹建第 1 年 1 月 1 日至第 1 年 6 月 30 日导流洞主洞开挖为工程筹建期，工期为 1.5 年整（18 个月）。

工程准备期: 第 1 年 7 月 1 日开始至第 3 年 10 月 31 日河床截流为工程准备期，工期为 2 年 4 个月（28 个月）。

施工期: 第 3 年 11 月 1 日至第 9 年 3 月 31 日第 1 台机组发电为主体工程施工期，工期为 5 年 5 个月（65 个月）。

工程完建期: 第 9 年 4 月 1 日至第 10 年 12 月 31 日全部机组发电为工程完建期，工期为 1 年 9 个月（21 个月）。

因此方案设计水平年为主体工程完工后一年，为第 11 年。

6.4 总体布局及分区防治措施体系

根据本项目的水土流失预测结果、在划定的水土保持防治责任范围内，根据工程建设和运行中产生的新增水土流失特点，在水土流失预测的基础上，科学进行主体工程设计分析评价的同时，优化组织设计，综合分析评价主体工程设计中具有水土保持功能的工程项目，将主体工程区和弃渣场区作为水土流失防治的重点区域。本着“拾遗补缺，避免重复建设”的设计原则，水土流失防治措施体系的设立拟在原有主体工程防护设计的基础上，进行水土保持工程的措施布局，以形成完整的水土保持防护体系。在不同类型的防治措施布局中，以工程措施与植物措施相结合，辅助以土地平整，按照“三同时”的原则，力求使本建设项目造成的水土流失得以集中和全面的治理。在科学设计、合理安排的前提下，发挥工程措施控制性和速效性特点，体现植物措施的长效性和景观效果，形成工程措施和植物措施结合互补的防治体系，使主体工程建设顺利进行，项目建成后安全运营，区域生态环境得到有效保护甚至明显改善，促进区域经济持续发展。

（1）主体工程区

主体工程区的工程项目包括大坝枢纽工程和导流工程，范围包括大坝管理区和导流工程占地区域。

①大坝枢纽工程区

主体工程对大坝工程开挖边坡设计了工程护坡措施，及坡顶排水沟措施，本方案补充施工结束后表土回覆和土地平整措施，大坝管理区边坡排水及沉沙池措施，绿化美化措施，大坝坝肩边坡高次团粒喷播绿化及相配套的灌溉、抚育措施，另外设置施工过程中表土临时堆放过程中的防护措施。

工程措施：灌溉系统，大坝管理区边坡排水措施，沉沙池，土地平整，表土回覆。

植物措施：大坝管理区绿化美化措施，大坝坝肩边坡高次团粒喷播绿化措施。

临时措施：临时拦挡、覆盖措施。

②导流工程区

主体工程对导流工程开挖边坡设计了工程护坡措施，本方案补充导流洞出口截排水措施、表土回覆和土地平整措施，补充导流工程区边坡绿化美化措施及相配套的灌溉措施，导流工程库区外临时占地区的植被恢复措施及施工过程中表土临时堆放区临时防护措施。

工程措施：灌溉系统，截排水措施，土地平整，表土回覆。

植物措施：导流洞出口工程区植被恢复措施，导流洞出口边坡高次团粒喷播绿化措施。

临时措施：临时拦挡、覆盖措施。

（2）皮带机运输线路工程区

皮带机运输工程区包括皮带隧道工程、隧道进出口和竖井工程。皮带机运输工程区的隧洞进出口工程设计主体工程护坡，本方案补充：施工前，隧道进出口开挖边坡上游排水措施，扰动区表土剥离措施；施工期间表土临时防护措施；施工结束后的土地平整、表土回覆和植被恢复措施。

工程措施：边坡排水措施，土地平整，表土剥离、回覆。

植物措施：皮带机运输工程区域植被恢复工程。

临时措施：临时拦挡、覆盖措施。

（3）工程永久办公生活区

工程永久办公生活区包括前方业主营地和后方业主营地。主体工程设计对该区规划

了绿化面积，满足水土保持要求，本方案补充：施工前，建筑物区的表土剥离措施，施工期间表土临时防护措施；场区平整开挖边坡的护坡措施，场区排水措施；施工结束后，补充设计空闲区的土地平整和绿化美化措施。

工程措施：砼框格护坡措施，浆砌石挡墙护坡措施，排水措施，土地平整，表土剥离、回覆。

植物措施：植物护坡，绿化美化。

临时措施：临时拦挡、覆盖措施。

（4）弃渣场区

弃渣场区包括坝址区弃渣场、西磑口料场区弃渣场、皮带机运输区弃渣场和进场道路工程弃渣场，全部属于沟道型弃渣场。

主要防治包括：施工前，设置弃渣场（库区外）场区表土剥离措施、挡渣措施和防洪排导措施；施工期间的表土临时防护措施；堆渣结束后，设置边坡防护措施、坡面和顶面土地平整措施以及渣场场区的植被恢复和绿化美化措施。

工程措施：表土剥离、挡渣墙、干砌石护坡、钢筋石笼护坡、混凝土框格护坡、浆砌石排水沟、沉沙池、挡水坝（堰）、排水洞（涵）、急流槽、盲沟和碎石压盖。

植物措施：顶面种植乔灌草绿化和植被恢复，坡面网格护坡种灌、草。

临时措施：临时拦挡和临时覆盖措施。

（5）料场区

料场区包括砂石料场和人工骨料场各 1 处，其中砂砾石料场位于库区。

砂石料场：位于库区内，施工前进行表土剥离，剥离的表土作为坝址区弃渣场绿化用土；施工期间的表土临时防护措施；施工结束后场地平整措施。

人工骨料场：施工前，设置场区表土剥离措施、料场上游排水沟措施；施工期间，设置表土临时防护措施，场区下游临时拦挡措施；取料结束后，设置场区植被恢复措施。

工程措施：浆砌石排水沟，土地平整，表土剥离、回覆，修筑种植槽。

植物措施：人工骨料场边坡种植槽客土植被恢复和底面客土植被恢复。

临时措施：表土临时拦挡和覆盖措施，料场下游钢筋石笼拦渣堤。

（6）交通道路区

交通道路区包括进场道路、场内永久施工道路和临时道路工程。

①进场道路工程区

主体工程设计了进场道路单侧排水措施、拱形骨架、生态基材护坡措施等，本方案

补充设计施工前场区表土剥离，施工期间表土临时防护措施，施工结束后土地平整措施、植物护坡措施及进场道路两侧行道树绿化措施。

工程措施：表土剥离、回覆，土地平整。

植物措施：种植行道树绿化、灌草护坡。

临时措施：道路土方开挖时临时竹挡板措施，表土临时覆盖、拦挡。

②场内永久道路区

主体工程设计了永久道路排水措施，本方案补充设计施工前场区表土剥离，施工期间表土临时防护措施，施工结束后场区永久道路边坡喷播高次团粒绿化措施、土地平整措施、植被护坡措施及场内永久道路两侧行道树绿化措施。

工程措施：表土剥离、回覆，土地平整。

植物措施：道路两侧种植行道树绿化，喷高次团粒绿化护坡措施，灌草绿化护坡措施。

临时措施：道路土方开挖时的临时竹挡板措施，表土临时覆盖、拦挡。

③场内临时道路区

本方案设计场内临时道路施工前场区表土剥离，施工期间，在场内临时道路一侧修建土质排水沟，设置表土临时防护措施，植物护坡措施，施工结束后，临时道路设置表土回覆、土地平整措施与植被恢复措施。

工程措施：表土剥离、回覆，土地平整。

植物措施：临时道路种植乔灌草植被恢复措施、灌草护坡措施。

临时措施：道路土方开挖时临时竹挡板措施，表土临时覆盖、拦挡。

（7）施工生产生活区

黄河古贤水利枢纽工程施工场区布置于河滩地或两岸坡地，在不影响河道行洪的前提下，主体设计利用工程开挖料填筑部分河滩地作为施工场区，并设置相应拦挡措施，符合水土保持综合利用弃渣的要求，但是对坡地内的施工场区没有布置相应的防护措施。本方案补充：施工前，设置场区表土剥离、边坡防护措施、排水措施；施工期间，设置表土临时防护措施；施工结束后，设置场区的土地平整、表土回覆，枢纽工程区施工生产生活区的绿化美化措施，其它工程区内的施工生产生活区植被恢复措施。

工程措施：表土剥离、回覆，排水沟，沉沙池，混凝土框格护坡，土地平整。

植物措施：种植乔灌草植被恢复和绿化措施。

临时措施：在施工过程中采取临时绿化措施、临时堆放表土临时拦挡和临时覆盖。

（8）移民安置与专项设施复（改）建区

①移民安置区

主体工程已设计场区排水措施、草皮护坡措施和安置点绿化措施，水土保持专业补充表土剥离及回覆、土地平整措施和表土临时防护措施。

工程措施：表土剥离、回覆，土地平整措施；

临时措施：临时拦挡和覆盖措施。

②专项设施复（改）建区

交通道路复（改）建工程主体工程已经设计的措施有道路排水措施、工程护坡措施、弃渣场拦挡措施和排水措施。水土保持专业补充交通道路工程植物护坡措施和道路两侧行道树措施，补充临时占地区表土剥离及回覆、排水措施、土地平整措施和植被恢复措施，补充交通工程路基开挖施工过程中临时拦挡措施、临时占地区剥离表土的临时防护措施。

水利工程复（改）建工程主体工程已经进行了水土保持设计，主要包括：表土剥离、回覆，土地平整，防洪排导工程，绿化恢复及绿化美化措施及施工过程中的临时防护措施等。水土保持专业不再另设水土保持防治措施。

（9）水库淹没区

主体工程根据规范要求设置了水库库底清理及卫生消毒措施，水土保持专业不再另设水土保持防治措施。

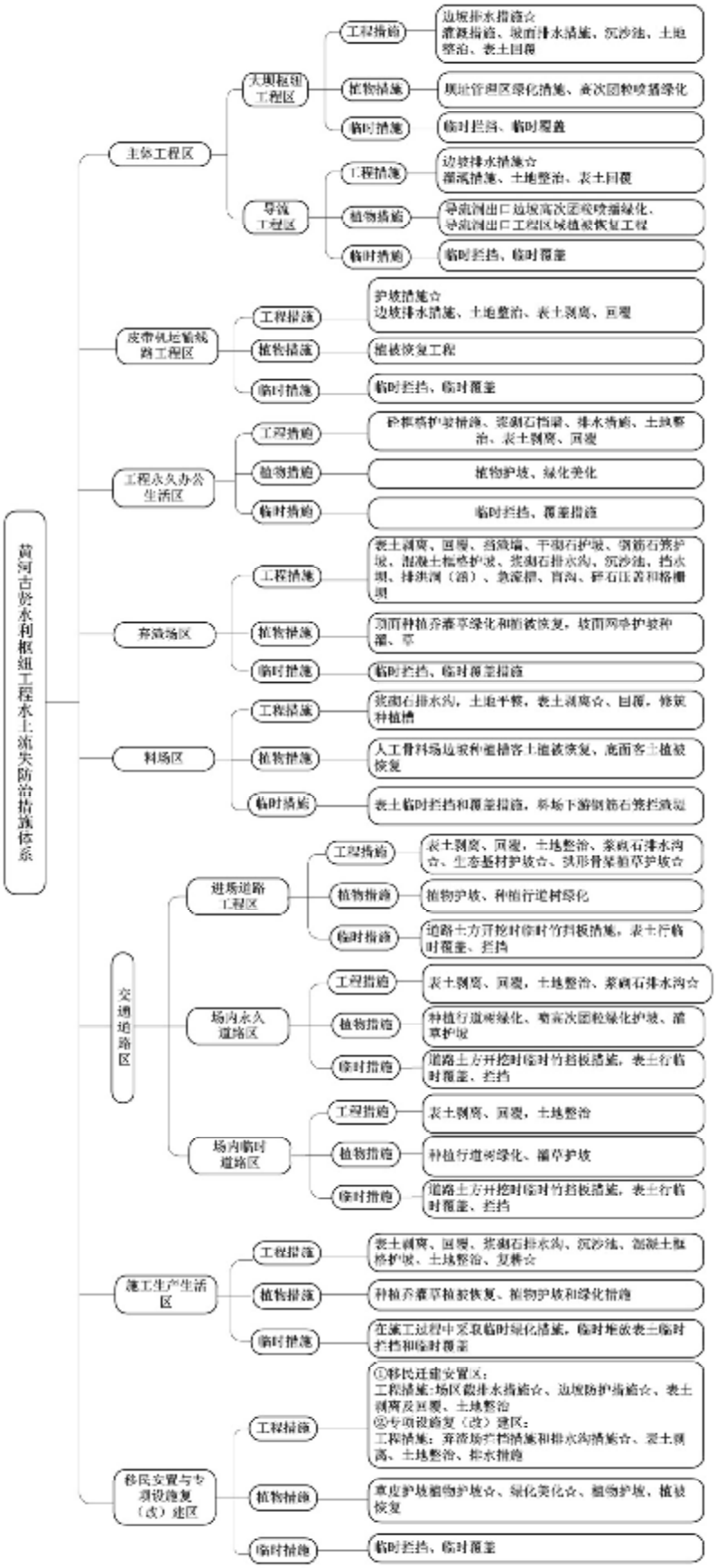


图 6.4-1　黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施体系图　☆为主体已有措施

7 弃渣场设计

7.1 弃渣来源及流向

本工程弃渣来源主要为坝址工程区、西磑口料场区、皮带机线路区以及进场道路区、移民安置与专项设施复（改）建区。经本方案对土石方平衡进行修正分析，本工程共产生弃渣 4304.71 万 m³（松方）。其中主体工程建设共产生弃渣 3652.70 万 m³（松方），包括土渣 118.19 万 m³，占总弃渣量的 3.24%，石渣 3534.51 万 m³，占弃渣总量的 96.76%，弃渣土石比为 1:30；弃渣场区产生弃渣 43.55 万 m³（主要为坝址区 1#弃渣场排水洞施工开挖土石方），移民安置与专项设施复（改）建区共产生弃渣 608.46 万 m³，由于本阶段移民安置与专项设施复（改）建区设计深度限制，本报告不再对该区弃渣场进行详细论述。

坝址工程区弃渣共计 2511.59 万 m³（松方），主要为大坝岸坡开挖、厂房基坑、灌溉洞、导流工程、部分场内道路开挖渣料和 1#弃渣场排水洞施工开挖渣料，堆存于坝址区 1#、2#和 3#弃渣场，其中土渣 100.26 万 m³，石渣 2411.33 万 m³，弃渣土石比为 1:22。

西磑口料场区覆盖层开挖、皮带机线路开挖、施工道路开挖等共产生弃渣 506.26 万 m³，其中土渣 11.69 万 m³，石渣 494.57 万 m³，全部堆存于上马台弃渣场，弃渣土石比为 1:42。上马台弃渣场堆渣情况详见表 7.1-2。

皮带机线路区隧洞及竖井石方开挖共 116.72 万 m³，全部为弃渣，折合松方 157.57 万 m³，堆存于沿线 11 处弃渣场、上马台弃渣场及进场道路 1#弃渣场，其中 116.18 万 m³堆放于皮带机线路区沿线 11 处弃渣场，12.14 万 m³堆放于上马台弃渣场，29.24 万 m³堆放于进场道路弃渣场。皮带机线路区沿线 11 处弃渣场堆存弃渣全部为隧洞及竖井洞挖石方，皮带机线路区 11 处弃渣场共堆存石渣 116.18 万 m³，各弃渣场堆渣情况详见表 7.1-3。

进场道路总长度 20.558km，弃渣总量 573.49 万 m^3（松方），其中临近坝址区的 7#隧洞下半段弃渣 53.27 万 m^3（松方）运至坝址区 1#渣场，剩余弃渣 520.22 万 m^3（松方）分别运至对外交通道路下游侧 1#和 2#弃渣场堆存，全部为石方，此外，皮带机隧洞开挖 29.24 万 m³弃渣堆存于进场道路 1#弃渣场。进场道路 1#、2#弃渣场共堆存弃渣 549.46 万 m³，全部为石渣。进场道路 1#、2#弃渣场堆渣情况详见表 7.1-4。

除主体工程施工产生的弃渣外，各弃渣场水土保持工程施工产生弃渣共计 43.55 万

m³，其中坝址区 1#弃渣场水土保持工程施工产生弃渣 30.81 万 m³全部堆存于坝址区 1#弃渣场，其他弃渣场水土保持工程施工共产生弃渣 12.74 万 m³均就近堆存于对应的弃渣场。

表 7.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区弃渣场弃渣来源及流向一览表　　单位：万 m³

建筑物	项目名称	弃渣量（松方）	1#渣场（土石比 1:22）		2#渣场（石渣）	3#渣场（石渣）
			石渣	土渣		
大坝	右岸岸坡石方开挖	43.44	43.44			
	左岸岸坡石方开挖	244.90			244.90	
	右岸坝段基坑石方开挖	67.35	67.35			
	左岸坝段基坑石方开挖	62.06			29.87	32.20
	河床坝段覆盖层开挖	50.52		50.52		
	河床坝段石方开挖	679.67	679.67			
	灌浆洞石方洞挖	4.32	2.16		2.16	
	抗剪洞石方洞挖	0.42	0.42			
灌溉洞	土方开挖	1.71		1.71		
	石方开挖	7.88	7.88			
	石方洞挖	4.38	4.38			
厂房	土方开挖	22.61		22.61		
	石方开挖	145.66	119.47		26.19	
出线场	土方开挖	16.66		16.66		
	石方开挖	8.22	8.22			
高压电缆洞	石方洞挖	9.64	9.64			
高位消防水池	土方开挖	0.26		0.26		
	石方开挖	0.95	0.95			
导流工程	进口石方开挖	9.87	9.87			
	出口石方开挖	3.31	3.31			
	石方洞挖	6.87	6.87			
	上游围堰石方开挖	0.07	0.07			
	下游围堰拆除	28.02	28.02			

表 7.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区弃渣场弃渣来源及流向一览表　　单位：万 m³

建筑物	项目名称	弃渣量（松方）	1#渣场（土石比 1:22）		2#渣场（石渣）	3#渣场（石渣）
			石渣	土渣		
下窑子北沟导流工程	覆盖层开挖	0.32		0.32		
	石方开挖	0.16	0.16			
	石方洞挖	0.14	0.14			
导流洞支洞	土方开挖	0.06		0.06		
	石方开挖	0.06	0.06			
	石方洞挖	0.32	0.32			
抗剪洞施工支洞	土方开挖	0.07		0.07		
	石方开挖	0.04	0.04			
	石方洞挖	0.26	0.26			
缆机平台	左岸平台土方开挖	25.98				25.98
	左岸平台石方开挖	0.00				
	右岸平台石方开挖	32.74	32.74			
475m ~ 490m 入仓道路石渣拆除	石方开挖	21.11	21.11			
坝址区工作面皮带机线路	石方洞挖	53.27	53.27			
砂石加工系统	加工弃料	441.63	441.63			
场内道路	土石方开挖	485.84	446.37		14.47	25.00
坝址区 1#弃渣场	土方开挖	8.05		8.05		
	石方开挖	22.76	22.76			
合计		2511.59	2010.58	100.26	317.59	83.17

表 7.1-2　　黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场弃渣来源及流向一览表　　单位：万 m³

项目名称		弃渣量（松方）	上马台弃渣场	备注
西磑口料场	强风化石方开挖	328.93	328.93	其中 11.69 万 m³为土渣，494.57 万 m³为石渣。
皮带机线路	石方洞挖	12.14	12.14	
施工道路	土石方开挖	165.18	165.18	
合　计		506.26	506.26	

表 7.1-3 黄河古贤水利枢纽工程皮带机线路区 11 处弃渣来源及流向一览表 单位：万 m³

项目	控制桩号		隧洞开挖	竖井开挖	洞口开挖	总计（自然方）	总计（松方）（石渣）
杜闯（2#）弃渣场	3500	5777	5.81	1.27		7.08	9.56
孟庄南（3#）弃渣场	5777	9954	10.65		0.14	10.79	14.57
南庙湾（4#）弃渣场	9954	11500	3.94		0.14	4.08	5.51
丁涧（5#）弃渣场	11500	13000	3.82		0.14	3.96	5.35
木家岭（6#）弃渣场	13000	14620	4.13		0.14	4.27	5.77
谭坪（7#）弃渣场	14620	16870	5.73	1.24		6.97	9.41
漫水滩（8#）弃渣场	16870	19110	5.71	1.19		6.90	9.31
北角头凸（9#）弃渣场	19110	21600	6.35		0.14	6.49	8.76
石家庄（10#）弃渣场	21600	31330	24.81		1.11	25.92	34.99
桌子岭（11#）弃渣场	31330	33284	4.98		0.14	5.12	6.91
东庄（12#）弃渣场	33284	34984	4.33		0.14	4.47	6.04
合计			80.27	3.70	2.09	86.06	116.18

表 7.1-4 黄河古贤水利枢纽工程进场道路区弃渣来源及流向一览表 单位：万 m³

项目名称		弃渣量（石方）（松方）	去向
进场道路（K0+000-K11+477）	土石方开挖、石方洞挖	320.22	进场道路 1#弃渣场
进场道路（K11+477-K18+646）	土石方开挖、石方洞挖	200.00	进场道路 2#弃渣场
皮带机隧洞开挖（34984-43127）	石方洞挖	29.24	进场道路 1#弃渣场
合 计		549.46	

7.2 弃渣场选址与类型

7.2.1 弃渣场选址限制性因素分析

7.2.1.1 弃渣场布置原则

古贤水利枢纽工程弃渣量大，施工区地形陡峭，大坝右岸下游 3km 处为壶口瀑布国家级风景名胜区。左岸下游 3km 处为壶口瀑布国家级风景名胜区、小河口军事禁区和管头山自然保护区。根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）、《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）的相关规定，结合本工程特点和施工区自然条件。本工程弃渣场布置应遵循以下原则：

（1）弃渣场选址应避开自然保护区、水源保护区、风景名胜区等生态环境敏感区域。主要为：右岸陕西省壶口风景自然保护区、左岸壶口瀑布国家级风景名胜区、小河口军事禁区和管头山自然保护区。

（2）弃渣场选址应在主体工程施工组织设计土石方平衡基础上，综合运输条件、运距、占地、弃渣防护及后期恢复利用等因素确定。

（3）严禁在对重要基础设施、人民群众生命财产安全及行洪安全有重大影响的区域布设弃渣场。弃渣场不应影响河流、沟谷的行洪安全；弃渣不应影响水库大坝、水利工程取用水建筑物、泄水建筑物、灌（排）干渠（沟）功能；不应影响工矿企业、居民区、交通干线或其他重要基础设施的安全。

（4）根据工程地质资料，坝址区 630m~670m 高程以上普遍为黄土区，630m 以下岩层出露，渣场选址，应充分考虑场址区黄土土层厚度和湿陷性，且尽可能避免将渣体堆置于土层较厚的黄土层上，以预防渣体整体下滑的安全隐患。

（5）弃渣场选址应遵循“少占压耕地，少损坏水土保持设施”的原则。本工程建设区位于山区和黄土沟壑区，弃渣场宜选择在工程地质和水文地质条件相对简单，地形相对平缓的沟谷、凹地、坡台地、滩地等。

（6）在充分考虑工程挖方利用和优先利用库区外弃渣场后，仍有弃渣的情况下，在不影响水库泄洪排沙的前提下，可在库区选取弃渣场。

（7）弃渣场宜在保证主体工程安全的前提下，尽量靠近主体工程布置，并充分利用地形，因地制宜，具备施工条件的可与施工场地布置相结合。

（8）从生态优先角度，将弃渣堆放规划与工程周围生态景观建设相结合，用于造地造景，将弃渣作为资源最大化利用。

7.2.1.2 弃渣场场址比选及布置

（1）土石方综合利用分析

①施工区场地平整直接利用挖方分析

根据项目区地形、地貌，坝址区可以通过填筑土石方作为施工场区的地块主要有大坝左岸下游，距坝址 600m 处的滩地、导流洞进口上游 2km 的河滩地，以及右岸紧邻下游围堰的河滩地。主体设计将上述地块，通过利用开挖石方填筑、平整后分别作为左岸下游工厂设施场地、左岸上游导流工厂设施场地和右岸低线混凝土系统场地。其中左岸上游导流工厂设施场地，总面积 12hm^2，现状地面高程约 471m，20 年一遇黄河水位为 475m，场区填筑至 475m，共需填筑土石方 43.21 万 m^3，直接利用坝址区开挖土石方。

左岸下游工厂设施场地，占地面积 42hm^2，现状地面高程为 460m～465m，20 年一遇黄河水位为 472m，场区填筑至 472m，平均填高约 10m，共需填筑土石方 287.96 万 m^3，直接利用开挖土石方。右岸低线混凝土系统场地布置在临近下游围堰的河滩地上，利用开挖弃渣料回填部分河道，场地填筑至 20 年一遇水位高程 472m，共需填筑土石方 26.62 万 m^3，直接利用开挖土石方。

另外坝址区高线混凝土系统、1#施工生活区、2#生活区、3#生活区和 4#生活区均布置于河道两岸的缓坡地上，自身挖填平衡满足场地平整要求。

根据以上分析，坝址区施工场地最大程度的消纳土石方 357.79 万 m^3。

②交通道路利用土石方分析

根据工程总工期和进度安排，坝址区主要的场内交通道路（包括坝肩开挖的施工道路，坝址至 1#、2#渣场道路、导流洞开挖施工道路，导流洞~2#渣场道路）均安排在项目筹建期，且在关键线路上，而主体工程开挖施工均安排在施工准备期，因此场内交通道路施工利用主体工程弃渣的可能性不存在。同时根据施工组织设计，场内交通道路根据自身土石调配，尽量做到挖方利用，共利用挖方 143.64 万 m^3。

本工程进场道路为以桥、隧为主的交通道路，工程本身挖方远大于弃方，因此不存在利用大坝工程弃渣的可能性。

③生态景观建设场区平整利用土石方分析

根据黄河古贤水利枢纽工程生态景观规划，各个主题功能区建设场地分别利用施工期的生产生活区用地。同时提出坝址区 2#和 3#渣场堆渣至高程 640m 后，作为生态景观建设用地。经分析，2#渣场和 3#渣场可消纳工程弃渣 400.77 万 m^3。

④施工围堰利用土石方分析

本工程围堰填筑土石方，除工序原因和部分填筑料由特殊要求外，全部利用工程开挖石方。

通过以上分析，古贤水利枢纽工程主体工程总挖方 4781.44 万 m^3，其中石方 4663.25 万 m^3，占总挖方 97.53%，土方 118.18 万 m^3，占总挖方的 2.47%。填方主要为场地平整、围堰填筑和交通道路填筑，总填方 1268.98 万 m^3，总利用方 1128.74 万 m^3，占总填筑方 88.95%。工程施工组织设计已经充分考虑综合利用工程开挖土石方，工程建设仍然存在 3652.70 万 m^3 弃渣。

（2）弃渣场选址分析

根据 7.2.1.1 弃渣场布置原则，在坝址区区域选取了坝址区 1#渣场~坝址区 10#渣场

（以下简称 1#渣场~10#渣场）共 10 个弃渣场进行场址比选，渣场位置见图 7.2-1。经比选分析，最终选取，1#渣场、2#渣场和 3#渣场作为坝址区推荐弃渣场。具体分析如下:

1#渣场,位于古贤坝址上游左岸 2km 处文城河支沟内,渣场总占地面积为 75.41hm^2，属于库区、沟道型弃渣场，堆渣高程 470m ~ 592m，弃渣场容量 2990 万 m^3。弃渣场顶面设计高程 592m，古贤水库正常蓄水位 627m，死水位为 588m，堆渣完成后，整个弃渣场位于水库淹没区，且在正常蓄水位以下，其中死水位以下弃渣量 1816.84 万 m^3，占古贤水库死库容 0.30%；弃渣场弃渣全部位于正常蓄水位以下，弃渣量 2110.84 万 m^3，占古贤水库总库容 0.16%，占古贤水库拦沙库容 0.23%。坝址区 1#渣场弃渣量占相关库容的比例见表 7.2.1-1。

表 7.2.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#渣场弃渣量占相关库容的比例表

坝址区渣场编号	弃渣量（万 m^3）			占相关库容的比例		
	总量	死水位以下（588m）	正常蓄水位以下（627m）	总库容（校核洪水位以下库容）	死库容（死水位以下）	拦沙库容
1#渣场	2110.84	1816.84	2110.84	0.16%	0.30%	0.23%

优点：弃渣场运距近，渣场下游无敏感目标，对主体工程影响少，渣场位于水库淹没区内，不需要另外征用土地；渣场底面岩石出露，地质条件好，容量满足工程堆渣要求。

另外，坝址区 1#渣场全部位于文城河支沟内，距黄河干流河道 91m，堆渣结束后，不影响水库排沙泄洪；渣场堆渣，占用水库总库容、拦沙库容和死库容比例均比较小，对水库运行影响轻微。

缺点：渣场位于库区，属于库区型，占用少量的库容。

分析结论：推荐使用。

2#弃渣场位于古贤坝址上游左岸 1km 处一支沟内。渣场总占地面积为 13.01hm^2，弃渣场容量 318 万 m^3。属于库区、沟道型弃渣场，堆渣高程 500 m ~ 640m，其中死水位以下弃渣量 30.6 万 m^3，占古贤水库死库容 0.005%；正常蓄水位以下弃渣量 224.64 万 m^3，占古贤水库总库容 0.017%，占古贤水库拦沙库容 0.024%。坝址区 2#渣场弃渣量占相关库容的比例见表 7.2.1-2。

优点：弃渣场运距近，渣场下游无敏感目标，对主体工程影响少，渣场部分位于永久淹没区内，减少征用土地；渣场底面岩石出露，地质条件好；堆渣结束后形成亲水性渣场，可作为坝址区生态景观建设用地；渣场容量满足工程堆渣要求。

另外，坝址区 2#渣场全部位于黄河左岸支沟内，距黄河干流河道 240m，堆渣结束后，不影响水库排沙泄洪，另外渣场堆渣量，占用水库总库容、拦沙库容和死库容比例较小，对水库运行影响轻微。

缺点：渣场部分位于库区，占用少量的库容。

分析结论：推荐使用。

表 7.2.1-2 黄河古贤水利枢纽工程坝址区 2#渣场弃渣量占相关库容的比例表

坝址区渣场编号	弃渣量（万 m^3）			占相关库容的比例		
	总量	死水位以下（588m）	正常蓄水位以下（627m）	总库容(校核洪水位以下库容)	死库容（死水位以下）	拦沙库容
2#渣场	317.59	30.26	224.64	0.017%	0.005%	0.024%

3#渣场位于黄河左岸距坝线上游约 0.5km 关里沟内，渣场沟谷两岸岸坡多为基岩裸露。渣场总占地面积为 4.56hm^2，弃渣场容量 84 万 m^3，设计堆渣高程 560~640m，其中死水位以下弃渣量 9.6 万 m^3，占古贤水库死库容 0.002%；正常蓄水位以下弃渣量 42.87 万 m^3，占古贤水库总库容 0.003%，占古贤水库拦沙库容 0.005%。坝址区 3#渣场弃渣量占相关库容的比例见表 7.2.1-3。

表 7.2.1-3 黄河古贤水利枢纽工程坝址区 3#渣场弃渣量占相关库容的比例表

坝址区渣场编号	弃渣量（万 m^3）			占相关库容的比例		
	总量	死水位以下（588m）	正常蓄水位以下（627m）	总库容（校核洪水位以下库容）	死库容(死水位以下)	拦沙库容
3#渣场	83.17	9.6	42.87	0.003%	0.002%	0.005%

优点：弃渣场运距近，渣场部分位于永久淹没区内，减少征用土地；渣场底面岩石出露，地质条件好；堆渣结束后形成亲水性渣场，可作为坝址区生态景观建设用地；渣场容量满足工程堆渣要求。

另外，坝址区 3#渣场全部位于黄河左岸关里沟内，距黄河干流河道 680m，堆渣结束后，不影响水库排沙泄洪，另外渣场堆渣量，占用水库总库容、拦沙库容和死库容比例较小，对水库运行影响轻微。

缺点：渣场部分位于库区，占用一定的库容。

分析结论：推荐使用。

4#渣场位于黄河右岸距坝线下游约 1.72km 一支沟内，呈“V”沟型，沟内有季节性流

水。渣场沟谷两岸岸坡多为基岩裸露，渣场总占地面积为 8.6hm^2，属于沟道型弃渣场，堆渣高程 562m ~ 660m，弃渣场容量 185 万 m^3。

优点：弃渣场运距近；渣场底面岩石出露，地质条件好；渣场容量满足工程堆渣要求。

缺点：渣场位于陕西省壶口瀑布风景名胜保护区内。

分析结论：不推荐使用。

5#渣场位于 3#渣场上游 110m 处沟道内，延伸长度约 840m，底部高程 680m~770m，呈“V”沟型，沟内有季节性流水。渣场底面为黄土，岩性为中-轻粉质壤土。渣场总占地面积为 10.8hm^2，堆渣高程 680m ~ 770m，弃渣场容量 150 万 m^3。

优点：弃渣场运距近；渣场容量满足工程堆渣要求。

缺点：渣场底面为黄土，且厚度 30m 以上，容易引起渣场整体下滑失稳，渣场堆渣高程高，运输难度大。

分析结论：不推荐使用。

6#渣场位于 2#渣场上游 10m 处沟道内，延伸长度约 1230m，底部高程 660m~710m，呈“V”沟型，沟内有季节性流水。渣场底面为黄土，岩性为中-轻粉质壤土。渣场总占地面积为 15.14hm^2，堆渣高程 660m ~ 710m，弃渣场容量 260 万 m^3。

优点：弃渣场运距近；渣场容量满足工程堆渣要求。

缺点：渣场底面为黄土，且厚度 30m 以上，容易引起渣场整体下滑失稳，渣场堆渣高程高，运输难度大。

分析结论：不推荐使用。

7#渣场位于右岸坝轴线上游 350m 处下窑子北沟内，渣场底部高程 660m~720m，呈“V”沟型，沟内有季节性流水。渣场底面为黄土，岩性为中-轻粉质壤土。渣场总占地面积为 9.56hm^2，堆渣高程 660m ~ 720m，弃渣场容量 95 万 m^3。

优点：库区外渣场，堆渣不占用水库库容；渣场容量满足工程堆渣要求。

缺点：渣场底面为黄土，且厚度 40m 以上，容易引起渣场整体下滑失稳，渣场堆渣高程高，渣场至大坝间岸坡陡峭，施工运输难度大；渣场距离水库水面较远，后期作为景观建设用地意义不如 2#渣场和 3#渣场。

分析结论：不推荐使用。

8#渣场位于左岸坝轴线下游 1.2km 处沟道内，渣场底部高程 680m~740m，呈“V”沟型，沟内有季节性流水。渣场底面为黄土，岩性为中-轻粉质壤土。渣场总占地面积为

10.35hm^2，堆渣高程 680m ~ 740m，弃渣场容量 85 万 m^3。

优点：库区外渣场，堆渣不占用水库库容；渣场容量满足工程堆渣要求。

缺点：渣场底面为黄土，且厚度 45m 以上，容易引起渣场整体下滑失稳，渣场堆渣高程高，运距 2.4km，渣场至大坝间岸坡陡峭，施工运输难度大，运渣成本高。

分析结论：不推荐使用。

9#渣场位于左岸坝轴线下游 4km 处沟道内，运距 7.5km，渣场底部高程 680m~770m，呈“呈”沟型，沟内有季节性流水。渣场底面为黄土，岩性为中-轻粉质壤土。沟底两岸均为苹果树园地，渣场沟道下游 800m 为壶口瀑布国家地质公园边界，1km 处为小河口军事禁区，渣场总占地面积为 112.91hm^2，堆渣高程 680m ~ 770m，弃渣场容量 3300 万 m^3。

优点：库区外渣场，堆渣不占用水库库容；渣场容量满足工程堆渣要求。

缺点：渣场底面为黄土，且厚度 45m 以上，容易引起渣场整体下滑失稳，渣场堆渣高程高，运距 7.5km，渣场至大坝间岸坡陡峭，施工运输难度大，运渣成本高；渣场占地多为苹果树园地，征地难度大；渣场下游有敏感目标，施工管理难度大。

分析结论：不推荐使用。

10#渣场位于黄河右岸距坝线下游约 1.1km 老爷庙沟内，延伸长度约 970m，堆渣区冲沟底部高程 470m ~ 535m，呈“V”沟型，沟内有季节性流水。渣场沟谷两岸岸坡多为基岩裸露。渣场总占地面积为 19.0hm^2，属于沟道型弃渣场，堆渣高程 475m ~ 585m，弃渣场容量 610 万 m^3。

优点：弃渣场运距近；渣场底面岩石出露，地质条件好；渣场容量满足工程堆渣要求。

缺点：渣场位于陕西省壶口瀑布风景名胜保护区内。

分析结论：不推荐使用。

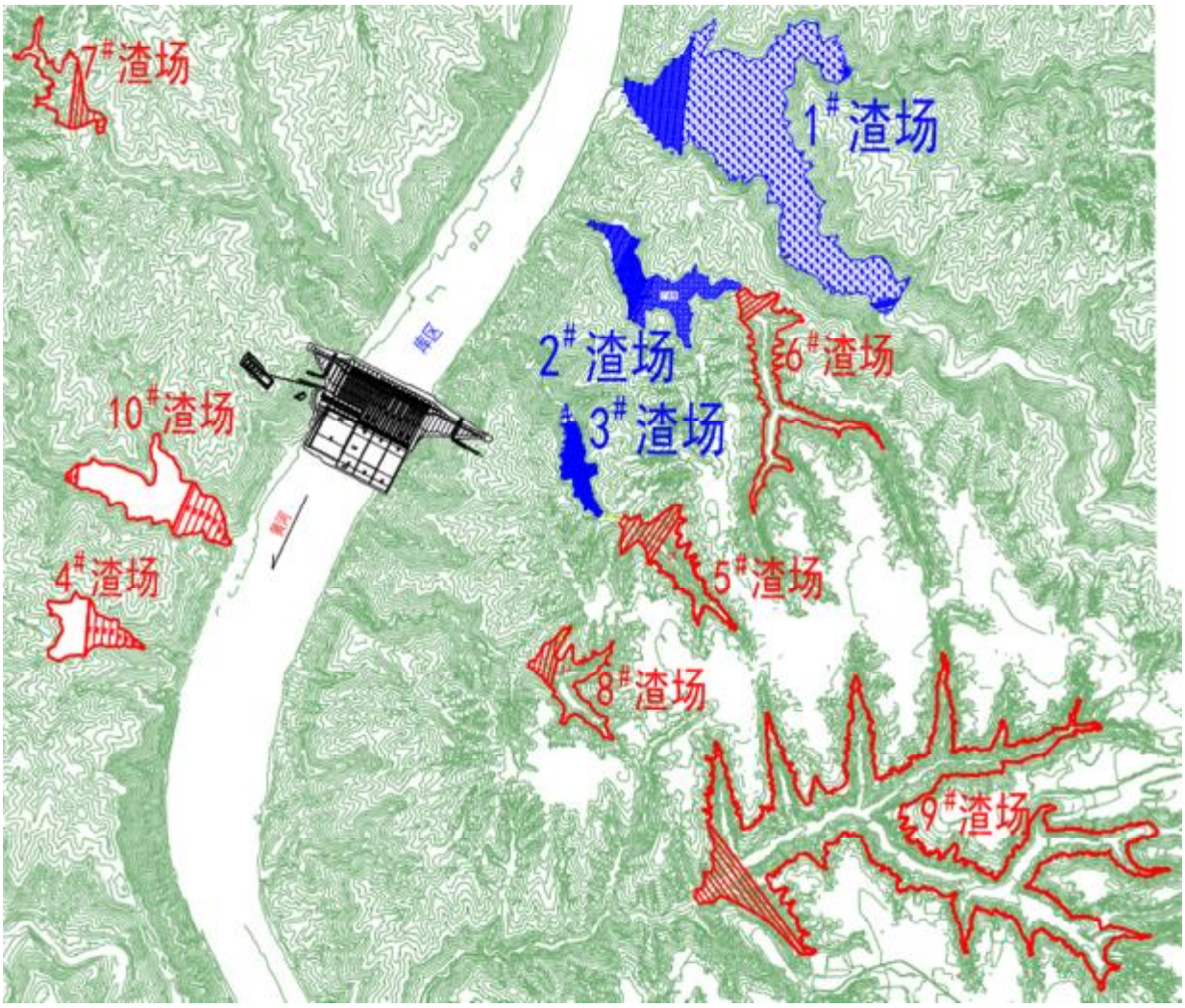


图 7.2.1-1 黄河古贤水利枢纽工程坝址区弃渣场平面布置图

7.2.1.3 弃渣场选址的分析与评价

按照《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）中堆渣场规划的约束性条件，堆渣场选址应尽可能避开河道，选择远离重要基础设施、不对人民群众生命财产安全及行洪安全有重大影响的区域。按照水土保持规范的有关要求，在满足行洪安全并按相应防护标准对渣场采取防护措施后，各个渣场的布置是可行的，为满足施工需要的土石方调配也是合理的。弃渣堆存尽可能的缩短运距、减少运输过程中的水土流失，也便于集中堆存和防护，符合水土保持要求。

（1）渣场容量复核

本阶段水土保持根据工程总布置，结合现场调查，对主体工程布置渣场进行复核。对各堆渣场堆渣容量，拟堆渣场进行复核，确定各堆渣场占地面积。复核后各堆渣场均有足够的容量，满足工程堆渣需要。

（2）渣场周边环境

从规划渣场位置图来看，由于工程区为山区地貌，坝址区渣场布置在黄河两岸支沟，上马台渣场、杜闯（2#）弃渣场、孟庄渣场、南庙（4#）弃渣场、丁涧（5#）弃渣场、木家岭（6#）弃渣场、谭坪（7#）弃渣场、漫水滩（8#）弃渣场、北角头凸（9#）弃渣场、石家庄（10#）弃渣场和东庄（12#）弃渣场、进场道路 1#弃渣场和进场道路 2#弃渣场分别布置于渣场所在沟道的沟头位置。渣场汇水面积少，有利于渣场安全稳定。渣场附近无居民点，安全距离范围内无敏感目标。渣场无不良地质现象。古贤水库工程是由国家立项的大型水利工程，不属于污染型项目，工程建设是可行的，须采取防护措施确保渣体稳定，并布置绿化措施预防和防治水土流失。

（3）渣场选址的合理性分析

① 坝址区弃渣场

本工程坝址区 1#、2#、3#弃渣场均位于水库淹没区，为库区型弃渣场，弃渣场无需新增占地。1#弃渣场位于坝址上游 2km 处文城河支沟内，堆渣高程为 470m ~ 592m，位于正常蓄水位 627 以下，高于死水位 588m，弃渣量约 2110.84 万 m^3，其周边岸坡大部分基岩出露，坡度中等，场地地质条件较好，周围无崩塌、滑坡、泥石流等不良地质区。1#弃渣场在运行期部分堆渣位于死水位以上，根据水库运行水位变化情况，在每年汛期前后 1#弃渣场堆渣边坡会受到库区水位变化的影响，对弃渣边坡稳定不利，因此本方案设计 1#弃渣场边坡采取干砌石护坡进行防护。此外，1#弃渣场在堆渣后如不采取相应的防洪排导措施将会影响文城河河道行洪，因此，本方案补充设计 1#弃渣场防洪排导工程，采用排洪隧洞方式将上游文城河来水排入渣场下游，经本方案补充设计坝址区 1#弃渣场防护措施后，该弃渣场选址不存在制约性因素，符合水土保持要求。

坝址区 2#弃渣场位于古贤坝址上游左岸 1km 处一支沟内，堆渣高程 500m ~ 640m，堆渣量 317.59 万 m^3。3#渣场位于黄河左岸距坝线上游约 0.5km 关里沟内，堆渣高程为 560m ~ 640m。两处弃渣场距离较近，周围岸坡总体稳定，基岩出露，渣体地基稳定性好，有利于弃渣场稳定，符合水土保持要求。坝址区 2#和 3#弃渣场堆渣完成后，弃渣顶面高程均高于水库正常蓄水位 627m，在正常运行期弃渣场部分边坡位于水库正常蓄水位以下，水库水位变化会对弃渣场边坡稳定造成不利影响，因此本方案补充设计 2#、3#弃渣场边坡采用干砌石+钢筋石笼+混凝土框格护坡相结合的护坡形式，保证水位变化时弃渣边坡稳定性，经本方案补充后坝址区 2#和 3#弃渣场不存在水土保持制约性因素，符合要求。

② 上马台弃渣场

上马台弃渣场位于遮马峪河左岸（西磑口料场对岸）支沟内，渣场总占地面积为19.76hm^2，设计堆渣高程696.5m～892m，设计堆渣量506.26万m^3。弃渣场岸坡总体稳定，渣体基础稳定性好，周围无崩塌、滑坡、泥石流等不良地质区。上马台弃渣场弃渣最大堆高为195.5m，分级堆放，弃渣场高程770m以上设“之”字型路，路宽8m，最大坡度为10.6%，最小转弯半径为12m，高程859m和822m处各设一级宽度为2m的马道，“之”字型路在高程770m处和施工道路相接。弃渣场高程770m以下渣料分级堆放，每堆高15m设一级马道，高程710m和755m处马道宽5m，高程740m和725m处马道宽2m。弃渣场坡脚下游410m处为G209，满足≥1.5H=293m安全距离要求，但距离下游G209较近，鉴于此，本方案针对上马台弃渣场布设了完整的防护措施体系，提高弃渣场防洪标准及护坡标准，通过本方案补充相应的弃渣场防护措施，上马台弃渣场布置基本满足水土保持要求。

③ 进场道路弃渣场、皮带机线路区弃渣场

根据本工程施工组织设计，进场道路2处弃渣场和皮带机线路区11处弃渣场所布置区域均位于线路间的沟道内，占地范围及安全防护范围内不存在居民点、农田等敏感目标，无不良地质现象，在本方案补充做好弃渣场拦挡、截排水及护坡等防护措施前提下，弃渣场水土流失影响在控制范围内，不存在制约性因素，堆渣结束后对弃渣顶面及坡面进行平整和绿化，满足水土保持要求。

综上所述，受地形限制，现阶段工程规划渣场类型均为沟道型。各渣场容量满足枢纽工程堆渣需要，渣场安全距离范围内无重要防护对象，渣场地质条件基本良好，从水土保持角度分析，需做好拦挡、排水及护坡措施，并对渣场顶面采取绿化措施后，各渣场选址和布置基本不存在水土保持制约性因素。渣场选择是可行的。

7.2.2 弃渣场测量

黄河古贤水利枢纽工程共布设弃渣场17处，其中坝址区共布置3个渣场，西磑口料场区布置1个弃渣场，进场道路区布置2处弃渣场，皮带机区布置11处弃渣场。本次弃渣场均进行了1:10000、1:5000及1:2000地形图测量工作，其中1:10000和1:5000地形图测量范围包括渣场上游汇水面积及下游500m-1000m范围，1:2000地形图测量范围包括了弃渣场占地范围及弃渣场外边线外扩20m范围。

7.2.3 弃渣场地质勘察

根据《水土保持工程调查与勘测标准》（GB/T 51297-2018)的相关要求，本工程对

17 处弃渣场均进行了地质勘察。对 17 个弃渣场进行了钻探和槽探，弃渣场进行地质勘察时，在堆渣区域内垂直于堆渣边坡方向布置了 2~3 条勘探线，每条勘探线上布设了不少于 3 处勘探点。各弃渣场地质勘察情况见表 7.2.3-1，完成弃渣场勘察工作量详见表 7.2.3-2，详细地质勘察内容见弃渣场地质专题报告。

表 7.2.3-1　　黄河古贤水利枢纽工程弃渣场地质勘察情况一览表

弃渣场名称	弃渣场中心点坐标	弃渣场类型	占地面积（hm^2）	测量比例	勘探方法	级别
坝址区 1#弃渣场	(4013379.136,453158.652)	沟道型	75.41	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	1
坝址区 2#弃渣场	(4012380.465,452750.311)	沟道型	13.01	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	2
坝址区 3#弃渣场	(4011457.037,452233.382)	沟道型	4.56	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	3
上马台弃渣场	(3956582.544,474985.450)	沟道型	19.76	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	1
进场道路 1#弃渣场	(3992270.440,453659.630)	沟道型	13.95	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	3
进场道路 2#弃渣场	(3985136.962,454485.007)	沟道型	12.16	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	3
杜闯（2#）弃渣场	(3960514.130,471080.952)	沟道型	1.91	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	4
孟庄南（3#）弃渣场	(3966197.960,469140.649)	沟道型	2.91	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	4
南庙湾（4#）弃渣场	(3968029.037,468527.446)	沟道型	1.10	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	4
丁涧（5#）弃渣场	(3969949.664,468376.441)	沟道型	1.07	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	4
木家岭（6#）弃渣场	(3970977.770,467274.847)	沟道型	1.15	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	4
谭坪（7#）弃渣场	(3972573.485,466423.847)	沟道型	1.88	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	4
漫水滩（8#）弃渣场	(3974970.165,465711.631)	沟道型	1.86	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	4
北角头凸（9#）弃渣场	(3977831.878,464887.561)	沟道型	1.75	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	4
石家庄（10#）弃渣	(3979298.654,464648.433)	沟道型	7.00	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	4

表 7.2.3-1　　黄河古贤水利枢纽工程弃渣场地质勘察情况一览表

弃渣场名称	弃渣场中心点坐标	弃渣场类型	占地面积（hm^2）	测量比例	勘探方法	级别
场						
桌子岭（11#）弃渣场	(3986298.729,461380.856)	沟道型	1.38	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	4
东庄（12#）弃渣场	(3991712.542,460281.520)	沟道型	1.21	1:10000 1:5000 1:2000	钻探、槽探	4

表 7.2.3-2　　黄河古贤水利枢纽工程弃渣场勘察工作量表

类别	工作项目	单位	工作量
地质	资料收集、分析	组日	30
	1:2000 工程地质测绘	km^2	20
	探槽	m^3	480
勘探及原位试验	钻孔	m/孔	2142/75
	标准贯入试验	段	12
室内试验	土样物性试验	组	80
	土样力学试验	组	36
	岩石常规试验	组	24
	水质简分析	组	6

7.2.3.1　坝址区弃渣场地质勘察

（1）1#弃渣场工程地质分析评价

1#渣场位于黄河左岸距坝线上游约 2km 文城河支沟内，延伸长度约 1700m，设计堆渣高程 470m ~ 592m，弃渣量约 2110.84 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），1#渣场级别为 1 级，类型属于沟道型弃渣场。

①沟谷岸坡稳定性

渣场两岸基岩岸坡坡度一般为 30° ~ 55°，岸坡由粉砂岩、砂岩等中硬岩~硬岩岩层组成，岩层产状近水平，岸坡整体稳定好。局部陡峻斜坡表部发育风化卸荷岩体，存在发生小规模塌滑的可能性。山梁顶部覆盖的 Q_{2+3}^{eol} 黄土，在暴雨工况条件下可能发生坍塌，对渣土堆放施工安全有一定影响，施工时应采取适当措施或加强巡查。

图 7.2.3-1 黄河古贤水利枢纽工程 1#渣场冲沟沟口段地形地貌

②渣体地基稳定性

渣场堆渣高程为 470m～592m，分台阶堆积，堆渣高度 122m，渣体基础以 T_2t_1、T_2er_2 砂岩、粉砂岩地层为主，分布在沟底及附近一级阶地的第四系冲积物，属中等压缩性土，对渣体基础变形稍有影响，但由于渣体厚度不均一，在堆渣体的自重作用下存在不均匀沉降变形问题。

③降雨对渣场稳定性影响

文城河汇雨面积较大，在强降雨情况下存在地表径流和雨水下渗，雨水下渗导致渣体饱和，对渣场整体边坡稳定不利，建议在渣体上部周边布设截水沟，在渣体斜坡布设排水沟，做好沟谷地表水排水工作。

④拦渣坝（挡墙）基础稳定性

根据设计方案，渣场在渣场沟口布设拦渣坝（挡墙），沟口底部及两岸岸坡多为基岩裸露，沟口左侧岸坡存在小范围坡积物，右侧阶地被冲积物所覆盖，建议挖除第四系冲、坡积物，以基岩为拦渣坝（挡墙）持力层。

⑤排水洞地质条件评价

该段围岩主要穿过 $T_2t_2^1$ 和 $T_2er_2^{11}$ 岩组，$T_2t_2^1$ 岩性以青灰色巨厚层长石砂岩为主，夹厚层或巨厚层钙泥质粉砂岩，局部呈互层状；$T_2er_2^{11}$ 岩性以巨厚层～中厚层泥质粉砂岩为主，夹中厚层～薄层砂岩或少量粘土岩；微风化～新鲜；岩体完整～较完整，节理裂隙不发育～轻度发育；结构面多闭合，或钙膜充填；洞壁一般干燥～潮湿状，局部滴水、渗水。隧洞段围岩整体以III类为主，局部稳定性较差，需及时采取支护措施，在进出口段存在少量IV类围岩，需加强支护措施。

⑥挡水坝地质条件评价

挡水坝河床坝基覆盖层薄，强风化厚度不大，建议清除覆盖层将坝基建基面坐落在

弱风化基岩上，坝基不存在稳定性问题。坝基渗漏及绕坝渗漏问题，建议采取一定的防渗处理措施。坝址两岸地层产状近水平状，两岸边坡整体稳定性好。

⑦排水沟工程地质评价

排水沟多位于基岩出露区，局部地表为第四系坡积物及中、上更新统黄土（Q_{2+3}^{eol}）所覆盖，覆盖层一般厚 2m～12m，对于覆盖层较薄的建议清除掉，基岩作为建基面，对于覆盖层较厚的建议采取工程处理措施。

（2）2#弃渣场工程地质分析评价

2#弃渣场位于古贤坝址上游左岸 1.2km 处一支沟内。渣场总占地面积为 13.01hm^2，属于库区、沟道型弃渣场，堆渣高程 500m～640m，弃渣场容量 318 万 m^3，堆渣量 317.59 万 m^3。弃渣场顶面高程 640m，古贤水库正常蓄水位 627m，死水位为 588m，堆渣完成后，弃渣场部分位于水库淹没区。弃渣场设计堆渣量 317.59 万 m^3，为 2 级弃渣场，类型属沟道型弃渣场。

图 7.2.3-2　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 2#渣场地形地貌

①沟谷岸坡稳定性

渣场两岸基岩岸坡坡度一般为 35°～60°，岸坡由粉砂岩、砂岩等中硬岩～硬岩岩层组成，岩层产状近水平，岸坡总体稳定。局部陡峻斜坡表部发育风化卸荷岩体，存在发生小规模崩塌的可能性。山梁顶部覆盖的 Q_{2+3}^{eol} 黄土，在长期降雨工况条件下可能发生局部坍塌，对渣土堆放施工安全有一定影响，施工时应采取适当措施或加强巡查。

②渣体地基稳定性

渣场堆渣高程为 500m～640m，分台阶堆积，堆渣高度 140m，堆渣体基础以 T_2t_1、T_2er_2 砂岩、粉砂岩地层为主，仅沟口存在少量冲积物，渣体基础稳定性好。

③降雨对渣场稳定性影响

渣场冲沟为季节性流水沟，在强降雨情况下存在地表径流和雨水下渗，雨水下渗导

致渣体饱和，对渣场整体边坡稳定不利，建议在渣体上部周边布设截水沟，在渣体斜坡布设排水沟，做好沟谷地表水排水工作。

④拦渣坝（挡墙）基础稳定性

根据设计方案，渣场在渣场沟口布设拦渣坝（挡墙），沟口前端为 0～3m 厚冲积物所覆盖，建议挖除，以基岩作为拦渣坝（挡墙）基础。

⑤排水沟工程地质评价

根据工程布置，排水沟多位于基岩出露区，局部地表为第四系坡积物所覆盖，覆盖层一般厚 1m～3m，建议清除掉覆盖层把基础坐落在基岩上，对于位于基岩出露区的排水沟则直接把基础坐落在基岩上。

（3）3#弃渣场工程地质分析评价

3#渣场位于黄河左岸距坝线上游约 0.5km 关里沟内，延伸长度约 970m。弃渣场顶面高程 640m，古贤水库正常蓄水位 627m，死水位为 588m，堆渣完成后，弃渣场部分位于水库淹没区。弃渣场设计堆渣量 83.17 万 m^3，为 3 级弃渣场，类型属沟道型弃渣场。

图 7.2.3-3　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 3#渣场地形地貌图

①沟谷岸坡稳定性

渣场两岸基岩岸坡坡度一般为 30°～55°，岸坡由粉砂岩、砂岩等中硬岩～硬岩岩层组成，岩层产状近水平，岸坡总体稳定。局部陡峻斜坡表部发育风化卸荷岩体，存在发生小规模塌滑的可能性。

②渣体地基稳定性

渣场堆渣高程为 470m～585m，分台阶堆积，堆渣高度一般不超过 100m，渣体基础以强～弱风化岩体为主，整个渣体坐落于基岩山坡上，地基稳定性好。

③降雨对渣场稳定性影响

渣场冲沟为季节性流水沟，在强降雨情况下存在地表径流和雨水下渗，雨水下渗导

致渣体饱和，对渣场边坡整体稳定不利，建议在渣体上部周边布设截水沟，在渣体斜坡布设排水沟，做好沟谷地表水排水工作。

④拦渣坝（挡墙）基础稳定性

根据设计方案，渣场在渣场沟口布设拦渣坝（挡墙），渣体坡脚为冲沟转折处，沟底狭窄，无覆盖层，以岩石地基层作为拦渣坝（挡墙）基础。

⑤排水沟工程地质评价

根据工程布置，排水沟多位于基岩出露区，局部地表为第四系坡积物所覆盖，覆盖层一般厚 1m～3m，建议清除掉覆盖层把基础坐落在基岩上，对于位于基岩出露区的排水沟则直接把基础坐落在基岩上。

7.2.3.2 料场区上马台弃渣场工程地质分析评价

渣场位于遮马峪河左岸（西磑口料场对岸）支沟内，延伸长度约 1100m，渣场总占地面积为 19.76hm^2，设计堆渣高程 696.5m～892m，弃渣场容量 518 万 m^3。设计堆渣量 506.26 万 m^3，为 1 级弃渣场，类型属沟道型弃渣场。

图 7.2.3-4 黄河古贤水利枢纽工程上马台渣场地形地貌

①沟谷岸坡稳定性

渣场两岸基岩岸坡坡度一般为 30°～55°，岸坡由白云岩、灰岩等硬岩岩层组成，岩层倾角较平缓，岸坡总体稳定。按局部陡峻斜坡表部发育近直立的卸荷裂隙，存在发生小规模塌滑的可能性。

②渣体基础稳定性

渣场堆渣高程为 696.5m～892m，分台阶堆积，渣体基岸坡基础为$\in_3$g、$\in_2$z 灰岩地层，沟底为冲洪积泥质碎石层，属中等压缩性土，渣体基础稳定性好。

③拦渣坝（挡墙）基础稳定性

根据设计方案，渣场在渣场沟口布设拦渣坝（挡墙），该处沟底部位为冲、洪积泥

质碎石层或人工堆积的碎石土，建议挖除冲、洪积层及人工堆积层，以$\in_2z^1$基岩层作为拦渣坝（挡墙）基础。

④降雨对渣场稳定性影响

渣场河沟汇雨面积较大，在强降雨情况下存在地表径流和雨水下渗，雨水下渗导致渣场饱和，对渣场沟口前缘边坡稳定性不利，建议在渣体上部周边布设截水沟，在渣体斜坡布设排水沟，做好沟谷地表水排水工作。

⑤排水沟工程地质评价

根据工程布置，排水沟多位于基岩出露区，局部地表为第四系坡残积物所覆盖，覆盖层一般厚 0.5m～1.5m，建议清除掉覆盖层把基础坐落在基岩上，对于位于基岩出露区的排水沟则直接把基础坐落在基岩上。

7.2.3.3 进场道路区弃渣场地质勘察

（1）进场道路 1#弃渣场工程地质分析评价

进场道路 1#渣场位于黄河左岸，距 1#桥梁、2#桥梁约 0.5km 支沟内，东西延伸长度约 750m，设计堆渣高程 555m～640m，堆渣量 320.22 万 m^3，为 3 级弃渣场，类型属沟道型弃渣场。

图 7.2.3-5 黄河古贤水利枢纽工程进场道路 1#渣场地形地貌

①沟谷岸坡稳定性

渣场两岸基岩岸坡坡度一般为 20°～35°，岸坡由粉砂岩、砂岩等中硬岩～硬岩岩层组成，岩层产状近水平，岸坡总体稳定。局部陡峻斜坡表部发育风化卸荷岩体，存在发生小规模崩塌的可能性。

②渣体地基稳定性

渣场堆渣高程为 555m～640m，分台阶堆积，堆渣高度一般不超过 100m，堆渣体基础以砂岩、粉砂岩地层为主，仅沟口存在少量冲积物，渣体基础稳定性好。

③降雨对渣场稳定性影响

渣场冲沟为季节性流水沟，在强降雨情况下存在地表径流和雨水下渗，雨水下渗导致渣体饱和，对渣场整体边坡稳定不利，建议在渣体上部周边布设截水沟，在渣体斜坡布设排水沟，做好沟谷地表水排水工作。

④拦渣坝（挡墙）基础稳定性

根据设计方案，渣场在渣场沟口布设拦渣坝（挡墙），沟内有 0～3m 厚冲积物覆盖，建议挖除，以基岩作为拦渣坝（挡墙）基础。

⑤ 排水沟工程地质评价

根据排水沟布置，排水沟沿线多基岩出露，局部存在很薄的坡积物，建议清除薄的覆盖层直接把排水沟基础坐落在基岩上。

（2）进场道路 2#弃渣场工程地质分析评价

进场道路 2#渣场位于刘古庄岭村，距进场道路入口约 7.3km 黄河左岸冲沟内，延伸长度约 900m，设计堆渣高程 476m～565m，堆渣量 200 万 m^3，为 3 级弃渣场，类型属沟道型弃渣场。

图 7.2.3-6　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 2#渣场地形地貌

①沟谷岸坡稳定性

渣场两岸基岩岸坡坡度一般为 30°～50°，岸坡由粉砂岩、砂岩等中硬岩～硬岩岩层组成，岩层产状近水平，岸坡总体稳定。局部陡峻斜坡表部发育风化卸荷岩体，存在发生小规模塌滑的可能性。

②渣体地基稳定性

渣场堆渣高程为 476m～565m，分台阶堆积，堆渣高度不超过 100m，渣体基础以强～弱风化岩体为主，整个渣体坐落于基岩山坡上，地基稳定性好。

③降雨对渣场稳定性影响

渣场冲沟为季节性流水沟，在强降雨情况下存在地表径流和雨水下渗，雨水下渗导致渣体饱和，对渣场边坡整体稳定不利，建议在渣体上部周边布设截水沟，在渣体斜坡布设排水沟，做好沟谷地表水排水工作。

④拦渣坝（挡墙）基础稳定性

根据设计方案，渣场在渣场沟口布设拦渣坝（挡墙），渣体坡脚为冲沟转折处，沟底狭窄，无覆盖层，以岩石地基层作为拦渣坝（挡墙）基础。

⑤排水沟工程地质评价

根据排水沟布置，排水沟沿线多基岩出露，局部存在很薄的坡积物，建议清除薄的覆盖层直接把排水沟基础坐落在基岩上，其地基承载力及变形均满足要求。

7.2.3.3 皮带机线路区弃渣场地质勘察

（1）杜闯（2#）弃渣场工程地质条件

杜闯（2#）弃渣场位于乡宁县杜闯村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 3km 处，直线距离约为 200m，延伸长度约 400m，设计堆渣高程 825m～875m，堆渣量 9.56 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），杜闯（2#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。

图 7.2.3-7 黄河古贤水利枢纽工程杜闯（2#）弃渣场地形地貌

渣场内冲沟纵坡降不大，汇水面积较小，岩性主要为黄土，岸坡植被覆盖较好，冲沟发育，局部会产生崩塌现象，岸坡基本稳定，地形条件适宜，有利于渣体的稳定。整体场地适宜性为适宜。

（2）孟庄南（3#）弃渣场工程地质条件

孟庄南（3#）弃渣场位于乡宁县孟庄村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 9km 处，直线距离约为 75m，延伸长度约 300m，设计堆渣高程 800m～850m，堆渣量 14.57 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），

孟庄南（3#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。

图 7.2.3-8　黄河古贤水利枢纽工程孟庄南（3#）弃渣场地形地貌

场区内大的不良物理地质现象不发育，天然岸坡稳定，渣土填筑后稳定性较好；岩性主要为黄土，局部会产生崩塌现象，地形条件适宜。整体场地适宜性为适宜。

（3）南庙（4#）弃渣场工程地质条件

南庙（4#）弃渣场位于乡宁县南庙村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 11km 处，直线距离约为 120m，延伸长度约 210m，设计堆渣高程 747m～775m，堆渣量 5.51 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），南庙（4#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。

图 7.2.3-9　黄河古贤水利枢纽工程南庙（4#）弃渣场地形地貌

场区内不良物理地质现象不发育，天然岸坡稳定，渣体填筑后稳定性较好；地基及

边坡岩性主要为黄土，地形陡峻，局部存在崩塌现象，冲沟两侧有宽厚山梁，地形条件适宜。整体场地适宜性为适宜。

（4）丁涧（5#）弃渣场工程地质条件

丁涧（5#）弃渣场位于乡宁县丁涧村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 13km 处，直线距离约为 225m，延伸长度约 270m，设计堆渣高程 796m～825m，堆渣量 5.35 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），丁涧（5#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。

渣场内地形坡降整体较缓，汇水面积较小，岸坡坡度相对较陡，岸坡稳定性较好，抗冲刷能力差。整体场地适宜性为适宜。

（5）木家岭（6#）弃渣场工程地质条件

木家岭（6#）弃渣场位于乡宁县木家岭村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 14km 处，直线距离约为 230m，延伸长度约 330m，设计堆渣高程 804～850m，堆渣量 5.77 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），木家岭（6#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。

图 7.2.3-10　黄河古贤水利枢纽工程丁涧（5#）弃渣场地形地貌

图 7.2.3-11　黄河古贤水利枢纽工程木家岭（6#）弃渣场地形地貌

渣场内冲沟纵坡降不大，汇水面积较小，岩性主要为黄土，岸坡植被覆盖较好，冲沟发育，局部会产生崩塌现象，岸坡整体稳定，地形条件适宜，有利于渣体的稳定。整体场地适宜性为适宜。

（6）谭坪（7#）弃渣场工程地质条件

谭坪（7#）弃渣场位于乡宁县谭坪村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 16km 处，直线距离约为 415m，延伸长度约 275m，设计堆渣高程 835m~894m，堆渣量 9.41 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），谭坪（7#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。

图 7.2.3-12　黄河古贤水利枢纽工程谭坪（7#）弃渣场地形地貌

渣场内地形坡降较陡，冲沟发育，汇水面积较小，沟内雨季短时水流流速较快，岸坡坡度较陡，岩性以土层为主，岸坡植被覆盖较好，岸坡较稳定。整体场地适宜性为适宜。

（7）漫水滩（8#）弃渣场工程地质条件

漫水滩（8#）弃渣场位于乡宁县漫水滩村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号18km处，直线距离约为80m，延伸长度约165m，设计堆渣高程783m~825m，堆渣量9.31万m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），漫水滩（8#）弃渣场级别为4级，类型属于沟道型弃渣场。

图 7.2.3-13 黄河古贤水利枢纽工程漫水滩（8#）弃渣场地形地貌

场区内大的不良物理地质现象不发育，天然岸坡稳定，渣土填筑后稳定性较好；岩性主要为黄土，冲沟发育，地形陡峻，局部会产生崩塌、滑坡现象，地形条件适宜。整体场地适宜性为适宜。

（8）北角头凸（9#）弃渣场工程地质条件

北角头凸（9#）弃渣场位于乡宁县北角头凸村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号22km处，直线距离约为110m，延伸长度约270m，设计堆渣高程750m~800m，堆渣量8.76万m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），北角头凸（9#）弃渣场级别为4级，类型属于沟道型弃渣场。

图 7.2.3-14 黄河古贤水利枢纽工程北角头凸（9#）弃渣场地形地貌

渣场内冲沟纵坡降不大，汇水面积不大，岸坡总体基本稳定，岩性主要为黄土，冲

沟发育，地形陡峻，雨季短时水流流速较快，需加强排水及提高渣体抗冲刷能力。整体场地适宜性为适宜。

（9）石家庄（10#）弃渣场工程地质条件

石家庄（10#）弃渣场位于吉县石家庄村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 23km 处，直线距离约为 500m，延伸长度约 470m，设计堆渣高程 736m ~ 795m，堆渣量 34.99 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），石家庄（10#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。

图 7.2.3-15　黄河古贤水利枢纽工程石家庄（10#）弃渣场地形地貌

渣场内地形坡降上游较陡、下游较缓，汇水面积不大，岸坡坡度相对较陡，岩性主要为黄土，冲沟发育，地形陡峻，雨季短时水流流速较快，岸坡总体基本稳定，抗冲刷能力差。整体场地适宜性为适宜。

（10）桌子岭（11#）弃渣场工程地质条件

桌子岭（11#）弃渣场位于吉县桌子岭村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 30km 处，直线距离约为 90m，延伸长度约 190m，设计堆渣高程 877m ~ 925m，堆渣量 6.91 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），桌子岭（11#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。

图 7.2.3-16 黄河古贤水利枢纽工程桌子岭（11#）弃渣场地形地貌

渣场内地形坡降较陡，汇水面积不大，岸坡坡度相对较陡，岩性主要为黄土，冲沟发育，地形陡峻，雨季短时水流流速较快，岸坡总体基本稳定，抗冲刷能力差。整体场地适宜性为适宜。

（11）东庄（12#）弃渣场工程地质条件

东庄（12#）弃渣场位于吉县东庄村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 35km 处，直线距离约为 680m，延伸长度约 530m，设计堆渣高程 775m~825m，堆渣量 6.04 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），东庄（12#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。

图 7.2.3-17 黄河古贤水利枢纽工程东庄（12#）弃渣场地形地貌

场地冲沟坡降较缓，大的不良物理地质现象不发育，岸坡总体基本稳定，地形条件适宜，有利于渣体的稳定性，岩性主要为黄土，冲沟发育，地形陡峻，雨季短时水流流速较快，岸坡总体基本稳定，抗冲刷能力差。整体场地适宜性为适宜。

7.3 弃渣场堆置方案及安全防护距离

7.3.1 坝址区弃渣场堆置方案及安全防护距离

坝址区 1#弃渣场设计弃渣堆置于沟道内，堆渣前在下游坡脚处设置拦渣墙拦挡，先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆放，堆渣高程 470～592m，最大堆渣高度 122m，边坡坡比为 1:2.5，占地面积 75.41 hm^2。每堆高 15m 设一级马道，500m 和 545m 马道宽 5m，其它马道宽 2m。安全距离范围内无居民点、工况企业等敏感目标，距大坝距离 2km，距施工围堰 1.5km，满足≥1.0H=122m 安全距离要求。坝址区 1#弃渣场库容曲线见图 7.3.1-1。

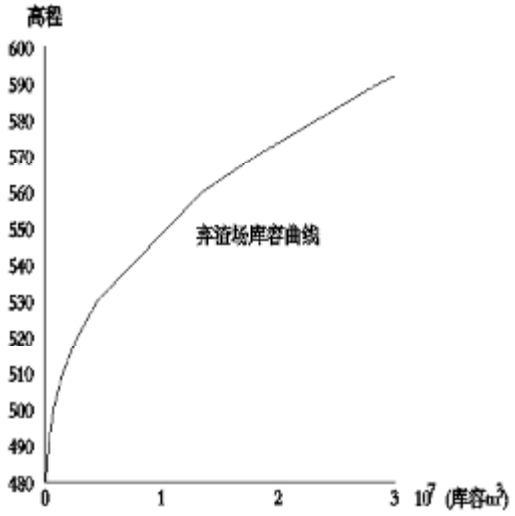


图 7.3.1-1 坝址区 1#弃渣场库容曲线

坝址区 2#弃渣场设计弃渣堆置于沟道内，堆渣前在下游坡脚处设置拦渣墙拦挡，先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层压实，堆渣高程 500m～640m，最大堆渣高度 140m，高程 500m～590m 边坡坡比为 1:2.5，高程 490m～640m 边坡坡比为 1:3; 占地面积 13.01 hm^2，每堆高 15m 设一级马道，490m 处设 40m 平台，其它马道宽 2m。安全距离范围内无居民点、工况企业等敏感目标，距大坝距离 1km，距施工围堰 0.5km，满足≥1.0H=140m 安全距离要求。坝址区 2#弃渣场库容曲线见图 7.3.1-2。

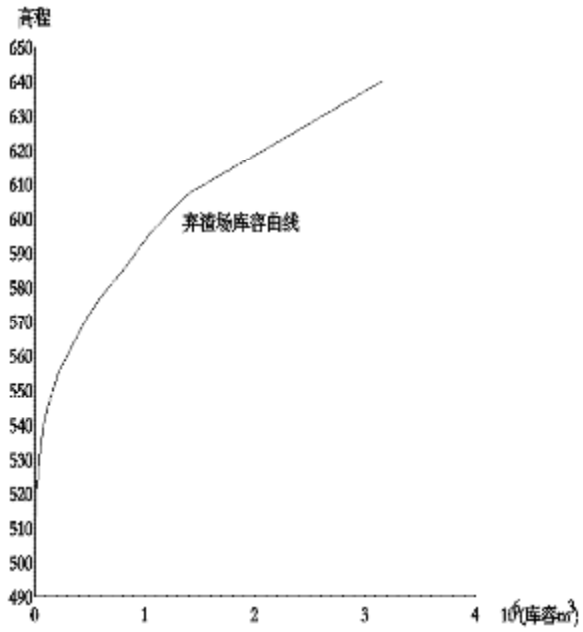


图 7.3.1-2 坝址区 2#弃渣场库容曲线

坝址区 3#弃渣场设计弃渣堆置于沟道内，先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层压实，堆渣高程 560m ~ 640m，最大堆高 80m，高程 560m ~ 590m 边坡坡比为 1:2.5，高程 590m ~ 640m 边坡坡比为 1:3；占地面积 4.56 hm^2，高程 560m ~ 620m 每级堆高 15m，高程 620m ~ 640m 每级堆高 10m，级间设马道，590m 处马道宽 5m，其它马道宽 2m。安全距离范围内无居民点、工况企业等敏感目标，距大坝距离 0.5km，距导流洞进口 490m，满足≥1.0H=80m 安全距离要求。坝址区 3#弃渣场库容曲线见图 7.3.1-3。

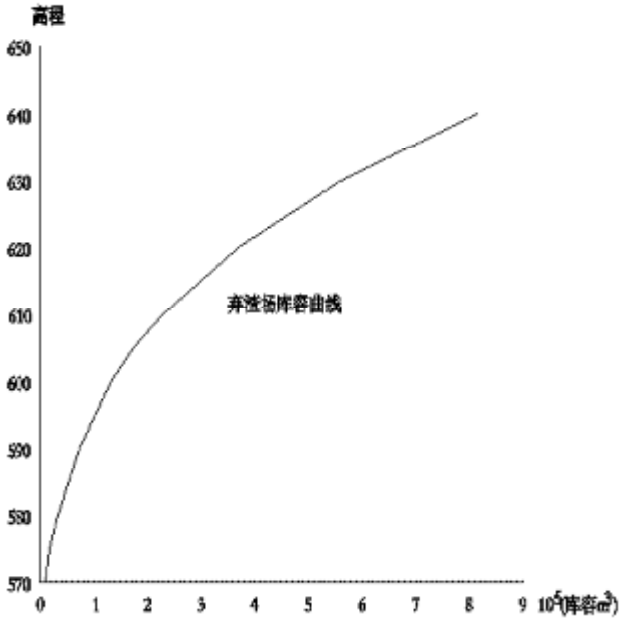


图 7.3.1-3 坝址区 3#弃渣场库容曲线

7.3.2 料场区弃渣场堆置方案及安全防护距离

上马台弃渣场设计弃渣堆置于沟道内，堆渣前在下游坡脚处设置拦渣墙拦挡，先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 696.5m～892m，最大堆渣高度 195.5m，边坡坡比为 1:2.5，占地面积 19.76 hm^2，弃渣场高程 770m 以上设“之”字型路，路宽 8m，最大坡度为 10.6%，最小转弯半径为 12m，高程 859m 和 822m 处各设一级宽度为 2m 的马道，“之”字型路在高程 770m 处与施工道路相接。弃渣场高程 770m 以下渣料分级堆放，每堆高 15m 设一级马道，高程 710m 和 755m 处马道宽 5m，高程 740m 和 725m 处马道宽 2m。弃渣场坡脚下游 410m 处为 G209，满足≥1.5H=293m 安全距离要求。上马台弃渣场库容曲线见图 7.3.1-4。

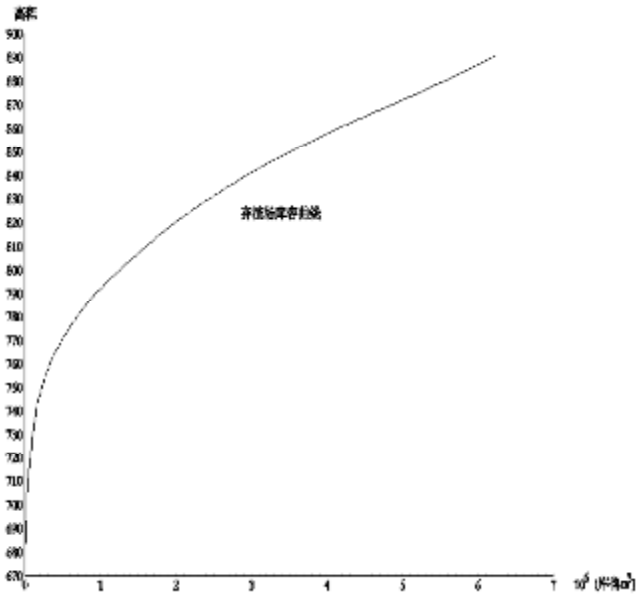


图 7.3.1-4 上马台弃渣场库容曲线

7.3.3 进场道路区弃渣场堆置方案及安全防护距离

进场道路 1#弃渣场设计弃渣堆置于沟道内，堆渣前在下游坡脚处设置拦渣墙拦挡，先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层压实，堆渣高程 555m～640m，最大堆渣高度 85m，边坡坡比为 1:2.5，占地面积 13.95 hm^2，每堆高 15m 设一级马道，604m 处马道宽 5m，其它马道宽 2m。周边无敏感建筑物。进场道路 1#弃渣场库容曲线见图 7.3.1-5。

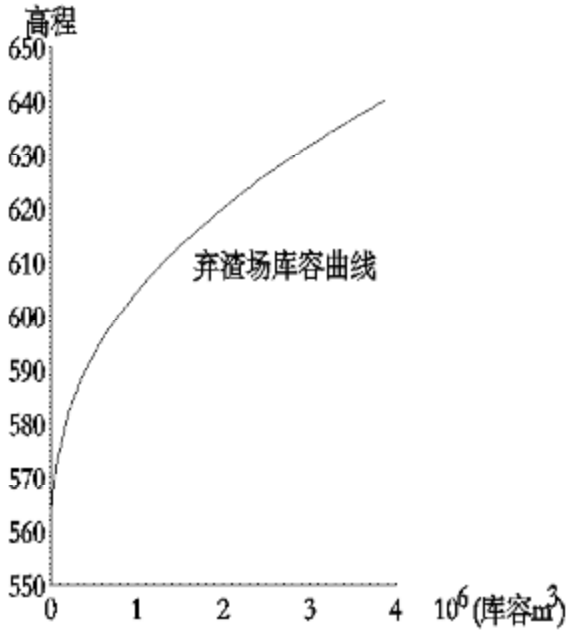


图 7.3.1-5 进场道路 1#弃渣场库容曲线

进场道路 2#弃渣场设计弃渣堆置于沟道内，堆渣前在下游坡脚处设置拦渣墙拦挡，先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层压实，堆渣高程 476m ~ 565m，最大堆渣高度 89m，边坡坡比为 1:2.5，占地面积 12.16hm^2，每堆高 15m 设一级马道， 525m 处马道宽 5m，其它马道宽 2m。周边无敏感建筑物。进场道路 2#弃渣场库容曲线见图 7.3.1-6。

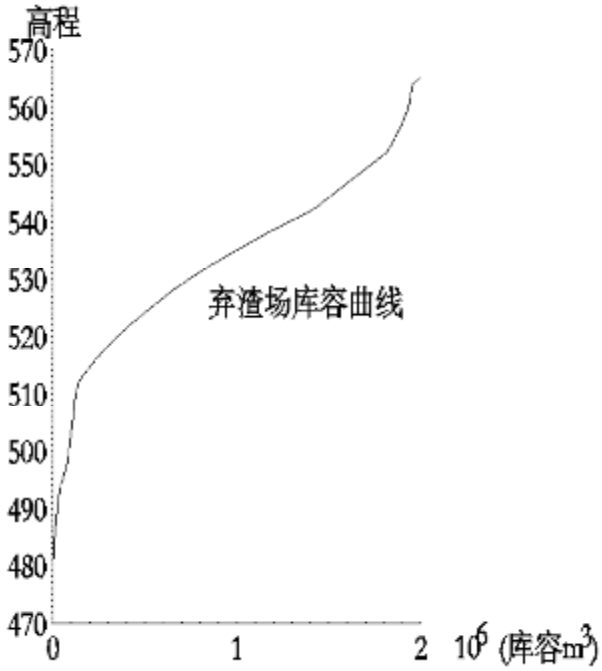


图 7.3.1-6 进场道路 2#弃渣场库容曲线

7.3.4 皮带机线路工程区弃渣场堆置方案及安全防护距离

皮带机线路区共设置弃渣场 11 处，全部为沟道型弃渣场，堆渣前在下游坡脚处设置拦渣墙拦挡，先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层压实，边坡坡比为 1:2.5，每堆高 10～15m 设一级马道，每 3 级边坡设置一道 5m 宽马道，其它马道宽 2m。皮带机线路区 11 个弃渣场周边均无敏感建筑物。

各弃渣场堆置方案及安全防护距离见表 7.3.4-1。

表 7.3.4-1 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场堆置方案**

序号	渣场名称	位置	类型	堆渣高程	最大堆高	弃渣量(松方)	占地面积	渣场容量	堆渣坡比	安全防护距离
				m	m	万 m³	hm^2	万 m³		m
1	坝址区 1#弃渣场	坝址上游左岸 2km 处文城河沟内	库区沟道型	470 ~ 592	122	2110.84	75.41	2990	1:2.5	距施工围堰 1.5km，满足 ≥1.0H=122m
2	坝址区 2#弃渣场	坝址上游左岸 1km 处一支沟内	库区沟道型	500 ~ 640	140	317.59	13.01	318	1:2.5,1:3	距施工围堰 0.5km，满足 ≥1.0H=140m
3	坝址区 3#弃渣场	坝线上游约 0.5km 关里沟内	库区沟道型	560 ~ 640	80	83.17	4.56	84	1:2.5,1:3	距导流洞进口 490m，满足 ≥1.0H=80m
4	上马台弃渣场	遮马峪河左岸（西磑口料场对岸）支沟内	沟道型	696.5 ~ 892	195.5	506.26	19.76	518	1:2.5	距国道 G209 距离 410m，满足 ≥1.5H=293
5	进场道路 1#弃渣场	黄河左岸，距 1#桥梁、2#桥梁约 0.5km 支沟内	沟道型	555 ~ 640	85	320.22	13.95	340	1:2.5	—
6	进场道路 2#弃渣场	刘古庄岭村，距进场道路入口约 7.3km 黄河左岸冲沟内	沟道型	476 ~ 565	89	200.00	12.16	220	1:2.5	—
7	杜闯（2#）弃渣场	乡宁县杜闯村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	825 ~ 875	50	9.56	1.91	11	1:2.5	—
8	孟庄南（3#）弃渣场	乡宁县孟庄村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	800 ~ 850	50	14.57	2.91	15	1:2.5	—
9	南庙湾（4#）弃渣场	乡宁县南庙村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	747 ~ 775	28	5.51	1.10	7	1:2.5	—
10	丁涧（5#）弃渣场	乡宁县丁涧村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	796 ~ 825	29	5.35	1.07	7	1:2.5	—

表 7.3.4-1 黄河古贤水利枢纽工程弃渣场堆置方案

序号	渣场名称	位置	类型	堆渣高程	最大堆高	弃渣量(松方)	占地面积	渣场容量	堆渣坡比	安全防护距离
				m	m	万 m³	hm^2	万 m³		m
11	木家岭（6#）弃渣场	乡宁县木家岭村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	804～850	46	5.77	1.15	7	1:2.5	—
12	谭坪（7#）弃渣场	乡宁县谭坪村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	835～894	59	9.41	1.88	10	1:2.5	—
13	漫水滩（8#）弃渣场	乡宁县漫水滩村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	783～825	42	9.31	1.86	10	1:2.5	—
14	北角头凸（9#）弃渣场	乡宁县北角头凸村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	750～800	50	8.76	1.75	10	1:2.5	—
15	石家庄（10#）弃渣场	吉县石家庄村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	736～795	59	34.99	7.00	36	1:2.5	—
16	桌子岭（11#）弃渣场	吉县桌子岭村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	877～925	48	6.91	1.38	8	1:2.5	—
17	东庄（12#）弃渣场	吉县东庄村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	775～825	50	6.04	1.21	7	1:2.5	—

表 7.3.4-2 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场图像一览表**

序号	弃渣场名称	弃渣场平面布置图	卫星影像图	现场照片
1	坝址区 1#弃渣场			
2	坝址区 2#弃渣场			

表 7.3.4-2 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场图像一览表**

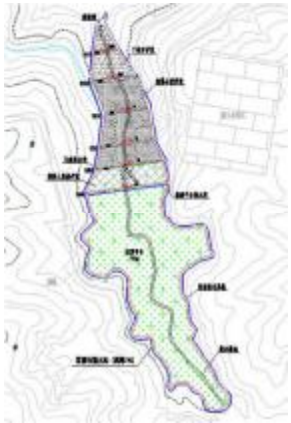
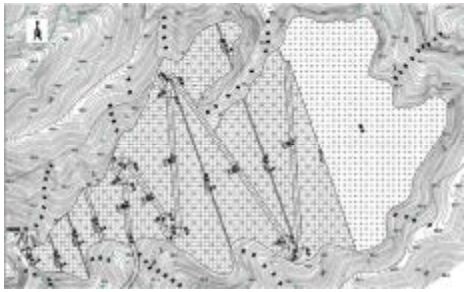
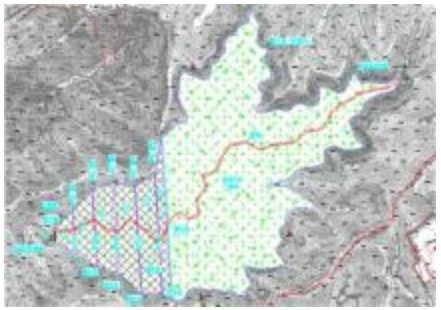
序号	弃渣场名称	弃渣场平面布置图	卫星影像图	现场照片
3	坝址区 3#弃渣场			
4	上马台弃渣场			
5	进场道路 1#弃渣场			

表 7.3.4-2 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场图像一览表**

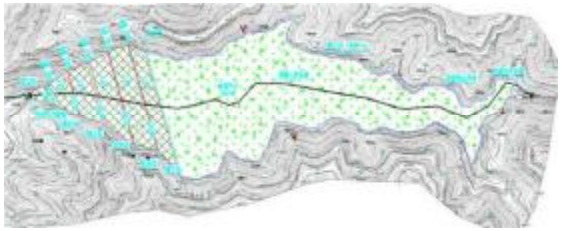
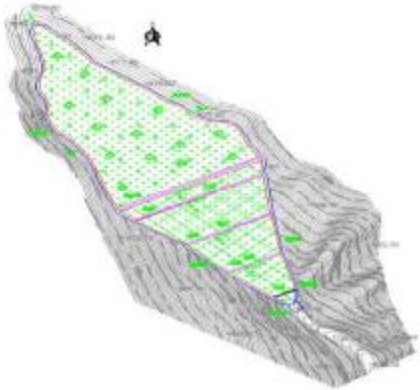
序号	弃渣场名称	弃渣场平面布置图	卫星影像图	现场照片
6	进场道路2#弃渣场			
7	杜闯（2#）弃渣场			

表 7.3.4-2 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场图像一览表**

序号	弃渣场名称	弃渣场平面布置图	卫星影像图	现场照片
8	孟庄南（3#）弃渣场			
9	南庙湾（4#）弃渣场			

表 7.3.4-2 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场图像一览表**

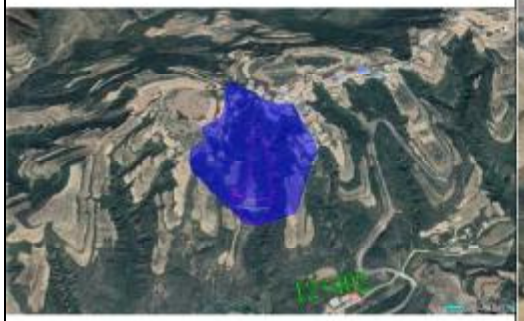
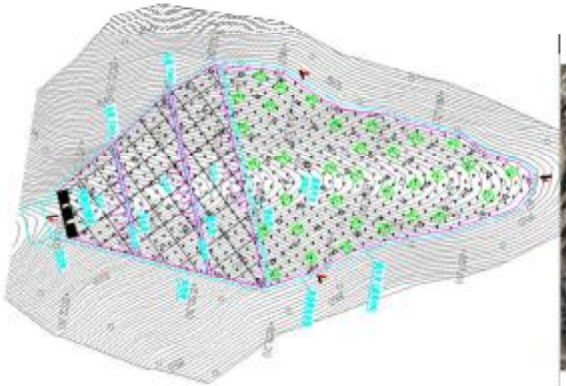
序号	弃渣场名称	弃渣场平面布置图	卫星影像图	现场照片
10	丁涧（5#）弃渣场			
11	木家岭（6#）弃渣场			

表 7.3.4-2 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场图像一览表**

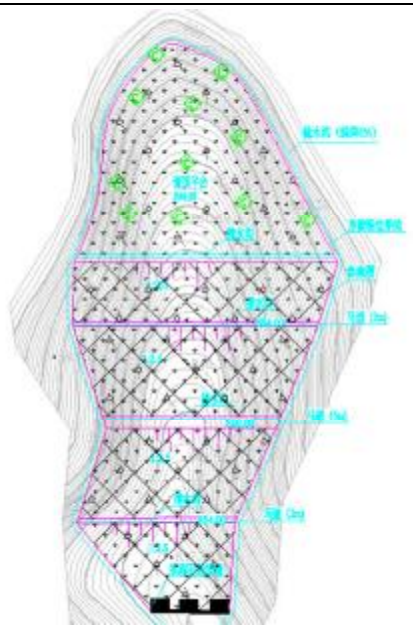
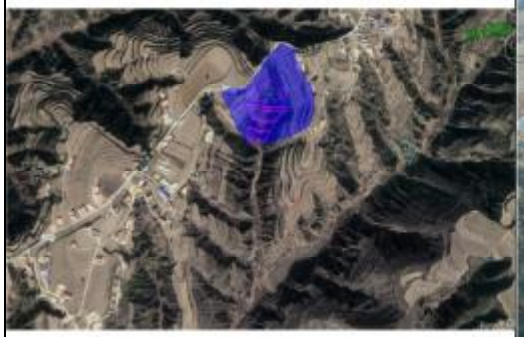
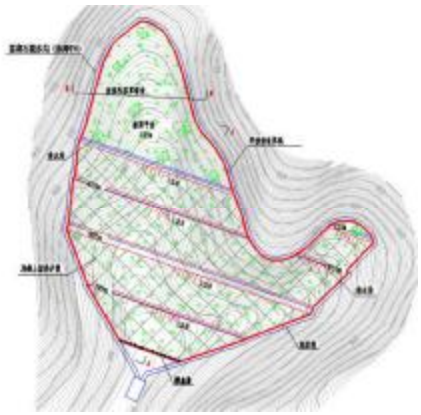
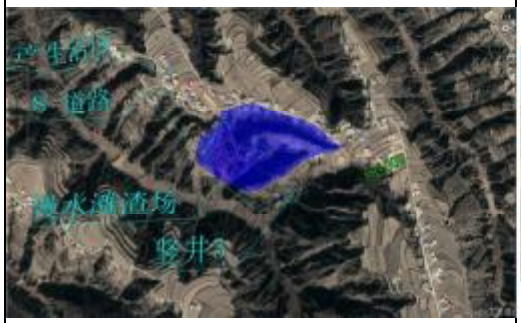
序号	弃渣场名称	弃渣场平面布置图	卫星影像图	现场照片
12	谭坪（7#）弃渣场			
13	漫水滩（8#）弃渣场			

表 7.3.4-2 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场图像一览表**

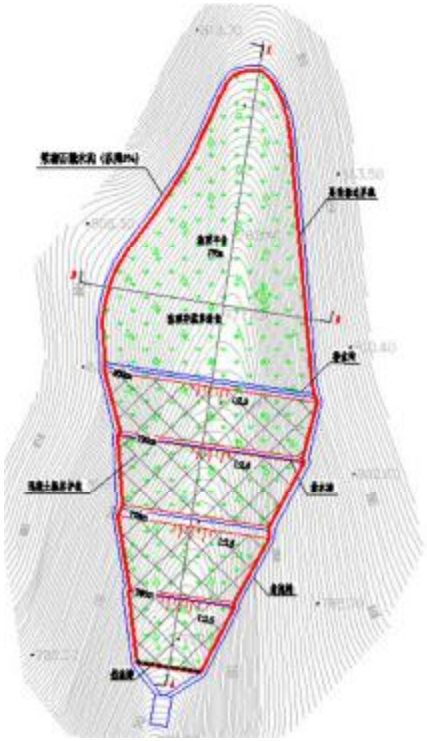
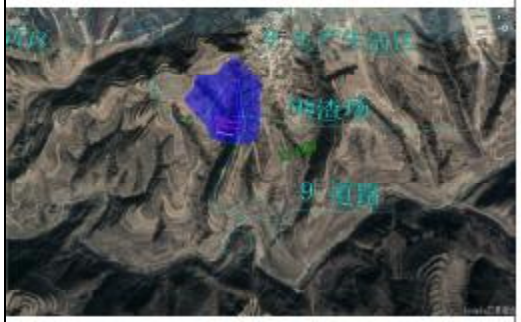
序号	弃渣场名称	弃渣场平面布置图	卫星影像图	现场照片
14	北角头凸（9#）弃渣场			

表 7.3.4-2 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场图像一览表**

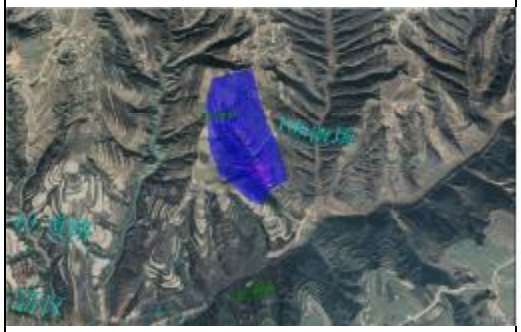
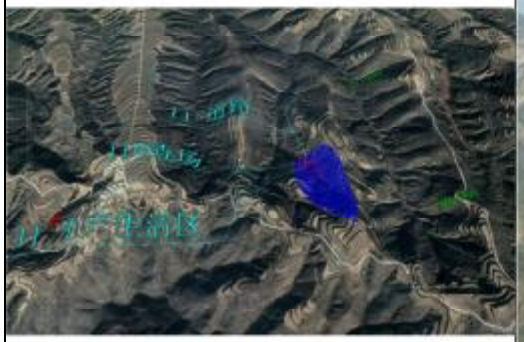
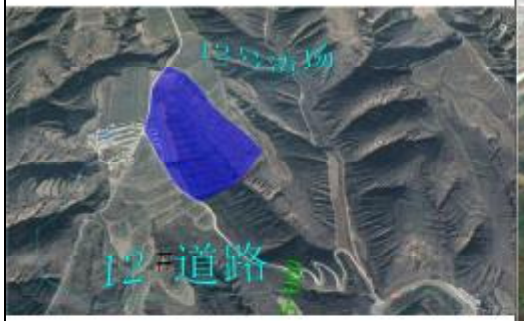
序号	弃渣场名称	弃渣场平面布置图	卫星影像图	现场照片
15	石家庄（10#）弃渣场			
16	桌子岭（11#）弃渣场			

表 7.3.4-2 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场图像一览表**

序号	弃渣场名称	弃渣场平面布置图	卫星影像图	现场照片
17	东庄（12#）弃渣场			

注：卫星影像图中阴影部分为弃渣场汇水区域。

7.4 弃渣场级别及稳定性分析

7.4.1 弃渣场级别

按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）相关规定，根据弃渣场堆渣量，堆渣最大高度及弃渣场失事对主体工程或环境造成的危害程度确定各弃渣场级别，坝址区 1#弃渣场与上马台弃渣场为 1 级渣场，坝址区 2#弃渣场为 2 级渣场，坝址区 3#弃渣场和进场道路 1#、2#弃渣场均为 3 级渣场，其余皮带机运输工程区 11 个弃渣场均为 4 级渣场，详见表 7.4.1-1。

表 7.4.1-1 黄河古贤水利枢纽工程弃渣场级别一览表

序号	渣场名称	位置	类型	堆渣高程	最大堆高	弃渣量(松方)	占地面积	渣场容量	堆渣坡比	安全防护距离	弃渣场失事后对主体工程或环境造成的危害程度	周边环境	后期恢复利用方向	弃渣场级别
				m	m	万 m³	hm²	万 m³		m				
1	坝址区 1#弃渣场	坝址上游左岸 2km 处文城河沟内	库区沟道型	470 ~ 592	122	2110.84	75.41	2990	1:2.5	距施工围堰 1.5km，满足≥1.0H	较轻	安全距离范围内无居民点、工况企业等敏感目标，距大坝距离 2km，距施工围堰 1.5km	淹没	1 级
2	坝址区 2#弃渣场	坝址上游左岸 1km 处一支沟内	库区沟道型	500 ~ 640	140	317.59	13.01	318	1:2.5,1:3	距施工围堰 0.5km，满足≥1.0H	不严重	安全距离范围内无居民点、工况企业等敏感目标，距大坝距离 1km，距施工围堰 0.5km	拟作为坝址区生态景观建设用地	2 级
3	坝址区 3#弃渣场	坝线上游约 0.5km 关里沟内	库区沟道型	560 ~ 640	80	83.17	4.56	84	1:2.5,1:3	距导流洞进口 490m，满足≥1.0H	不严重	安全距离范围内无居民点、工况企业等敏感目标，距大坝 0.5km，距导流洞进口 490m	拟作为坝址区生态景观建设用地	3 级
4	上马台弃渣场	遮马峪河左岸（西磑口料场对岸）支沟内	沟道型	696.5 ~ 892	195.5	506.26	19.76	518	1:2.5	距国道 G209 距离 410m，满足≥1.5H	严重	渣场下游 410m 处为国道 G209	恢复林地	1 级
5	进场道路 1#弃渣场	黄河左岸，距 1#桥梁、2#桥梁约 0.5km 支沟内	沟道型	555 ~ 640	85	320.22	13.95	340	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	3 级

表 7.4.1-1 黄河古贤水利枢纽工程弃渣场级别一览表

序号	渣场名称	位置	类型	堆渣高程	最大堆高	弃渣量(松方)	占地面积	渣场容量	堆渣坡比	安全防护距离	弃渣场失事后对主体工程或环境造成的危害程度	周边环境	后期恢复利用方向	弃渣场级别
				m	m	万 m³	hm²	万 m³		m				
6	进场道路2#弃渣场	刘古庄岭村，距进场道路入口约7.3km黄河左岸冲沟内	沟道型	476～565	89	200.00	12.16	220	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	3级
7	杜闯（2#）弃渣场	乡宁县杜闯村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	825～875	50	9.56	1.91	11	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	4级
8	孟庄南（3#）弃渣场	乡宁县孟庄村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	800～850	50	14.57	2.91	15	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	4级
9	南庙湾（4#）弃渣场	乡宁县南庙村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	747～775	28	5.51	1.10	7	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	4级
10	丁涧（5#）弃渣场	乡宁县丁涧村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	796～825	29	5.35	1.07	7	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	4级
11	木家岭（6#）弃渣场	乡宁县木家岭村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	804～850	46	5.77	1.15	7	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	4级
12	谭坪（7#）弃渣场	乡宁县谭坪村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	835～894	59	9.41	1.88	10	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	4级
13	漫水滩（8#）弃渣场	乡宁县漫水滩村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	783～825	42	9.31	1.86	10	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	4级

表 7.4.1-1 黄河古贤水利枢纽工程弃渣场级别一览表

序号	渣场名称	位置	类型	堆渣高程	最大堆高	弃渣量(松方)	占地面积	渣场容量	堆渣坡比	安全防护距离	弃渣场失事后对主体工程或环境造成的危害程度	周边环境	后期恢复利用方向	弃渣场级别
				m	m	万 m³	hm²	万 m³		m				
14	北角头凸（9#）弃渣场	乡宁县北角头凸村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	750～800	50	8.76	1.75	10	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	4 级
15	石家庄（10#）弃渣场	吉县石家庄村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	736～795	59	34.99	7.00	36	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	4 级
16	桌子岭（11#）弃渣场	吉县桌子岭村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	877～925	48	6.91	1.38	8	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	4 级
17	东庄（12#）弃渣场	吉县东庄村附近的一条黄土冲沟内	沟道型	775～825	50	6.04	1.21	7	1:2.5	—	无危害	周边无特殊敏感环境	恢复林地	4 级

7.4.2 弃渣场稳定性分析

利用理正岩土计算软件，采取不计条块间作用力的瑞典圆弧滑动法，按照正常运用工况和非常运用工况（非常运用工况为临水边坡水位非常降落工况和地震工况），分别对弃渣场抗滑稳定和边坡稳定进行分析计算。

（1）渣场、渣体物理力学指标

根据弃渣场地勘报告，各弃渣场地基岩体物理力学参数建议值见表 7.4.2-1 ~ 7.4.2-7。

表 7.4.2-1　　黄河古贤水利枢纽工程坝址 1#弃渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值表

位置	材料	湿容重（kN/m³）	浮容重（kN/m³）	凝聚力 c（kPa）	摩擦角 φ（°）
渣体	过渡料	21.5	12.9	0	40
	石渣料（压实）	19.6	12.0	0	33
	弃渣料（未压实）	19	10.15	0	30
地基	强风化基岩	22	16.6	500	40

表 7.4.2-2　　黄河古贤水利枢纽工程坝址 2#弃渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值表

位置	地层	基本物理指标		自然快剪		饱和快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°	kPa	°
渣场基础	$T_2t_1^2$	26.2	26.6	500	40	500	40
	$T_2t_1^1$	26.5	26.9	495	39.5	495	39.5
石渣（碎石、块石为主）		19.00	20.15		33		32
土渣（土含少量碎石）		15.55	18.61	10	17	5	12

表 7.4.2-3　　黄河古贤水利枢纽工程坝址 3#弃渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值表

位置	地层	基本物理指标		自然快剪		饱和快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°	kPa	°
渣场基础	$T_2t_1^2$	26.2	26.6	500	40	500	40
	$T_2t_1^1$	26.5	26.9	495	39.5	495	39.5
石渣（碎石、块石为主）		19.00	20.15		33		32
土渣（土含少量碎石）		15.55	18.61	10	17	5	12

表 7.4.2-4 黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值表

位置	地层	基本物理指标		直剪快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°
渣场基础	强风化	24.0	26.8	0.3 ~ 0.7	30 ~ 40
	弱风化上部	26.0	27.7	0.8 ~ 1.2	40 ~ 45
石渣料（压实）		20.8	21.5	0	33
弃渣料（未压实）		20.5	22.3	0	30

表 7.4.2-5 黄河古贤水利枢纽工程进场道路 1#弃渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值表

位置	地层	基本物理指标		直剪快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°
渣场基础	强风化	22.0	23.6	200 ~ 300	25 ~ 30
	弱风化上部	25.0	27.9	800 ~ 1200	40 ~ 45
渣体	渣体综合	19.00	20.15		33

表 7.4.2-6 黄河古贤水利枢纽工程进场道路 2#弃渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值表

位置	地层	基本物理指标		直剪快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°
渣场基础	强风化	22.0	23.6	200 ~ 300	25 ~ 30
	弱风化上部	25.0	27.9	800 ~ 1200	40 ~ 45
渣体	渣体综合	19.00	20.15		33

表 7.4.2-7 黄河古贤水利枢纽工程皮带机线路区弃渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值表

位置	地层	基本物理指标		直剪快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°
渣场基础	Q_{2+3}^{eol}	22.0	23.6	25.3	28.5
渣体	渣体综合	19.00	20.15	0	30 ~ 32

（2）地震烈度

按照《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），工程场区坝址区渣场和进场

道路 1#渣场的基本地震动峰值加速度为 0.05g，相应的地震基本烈度为VI度，基本地震动反应谱特征周期为 0.45s；进场道路 2#渣场，皮带机线路的东庄（12#）弃渣场、桌子岭（11#）弃渣场、石家庄（10#）弃渣场、北角头凸（9#）弃渣场及漫水滩（8#）弃渣场的基本地震动峰值加速度为 0.10g，相应的地震基本烈度为VII度，基本地震动反应谱特征周期为 0.45s；上马台渣场、皮带机线路的杜闯（2#）弃渣场、孟庄南（3#）弃渣场、南庙（4#）弃渣场、丁涧（5#）弃渣场、木家岭（6#）弃渣场、谭坪（7#）弃渣场的基本地震动峰值加速度为 0.15g，相应的地震基本烈度为VII度，基本地震动反应谱特征周期为 0.40s。

（3）安全系数计算

弃渣场抗滑稳定安全系数和边坡抗滑稳定安全系数标准值及计算值见表 7.4.2-8。

坝址区 3 个弃渣场非常运用条件I为临水边坡的水位非常降落工况和不同水位时饱和工况，其他弃渣场非常运用条件II为正常运用条件下遭遇地震工况。

表 7.4.2-8　　黄河古贤水利枢纽工程弃渣场稳定计算标准值及计算值

渣场编号	项目		标准	计算值	满足规范要求与否
坝址区 1#弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况（迎水面无水）	1.25	1.602	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件（迎水面无水）	1.25	1.74	满足
		非常运用条件I（不利水位 540m）	1.10	1.43	满足
		非常运用条件I（不利水位 490m）	1.10	1.46	满足
		非常运用条件I（水位 523.88m 降至 470m）	1.10	1.25	满足
		非常运用条件I（水位 592m 降至 560m）	1.10	1.30	满足
坝址区 2#弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况（水位 627m）	1.2	1.911	满足
		正常运用工况（施工期迎水面无水）	1.2	1.942	满足
		非常运用条件I（水位 627m 降至 617m）	1.1	1.67	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安	正常运用条件	1.2	1.87	满足

表 7.4.2-8 黄河古贤水利枢纽工程弃渣场稳定计算标准值及计算值

渣场编号	项目		标准	计算值	满足规范要求与否
	全系数标准值	（水位 627m）			
		正常运用工况（施工期迎水面无水）	1.2	1.907	满足
		非常运用条件I（水位 627m 降至 617m）	1.1	1.54	满足
坝址区 3#弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况（水位 627m）	1.2	1.896	满足
		正常运用工况（施工期迎水面无水）	1.2	1.985	满足
		非常运用条件I（水位 627m 降至 617m）	1.05	1.72	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件（水位 627m）	1.2	1.901	满足
		正常运用工况（施工期迎水面无水）	1.2	1.92	满足
		非常运用条件I（水位 627m 降至 617m）	1.05	1.67	满足
上马台弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.25	1.66	满足
		非常运用条件II	1.1	1.35	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.25	1.54	满足
		非常运用条件II	1.1	1.23	满足
进场道路 1#弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.2	1.878	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.05	1.89	满足
进场道路 2#弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.2	1.965	满足
		非常运用条件II	1.05	1.43	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.05	1.89	满足
		非常运用条件II	1.05	1.57	满足
杜闯(2#)弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.15	1.635	满足
		非常运用条件II	1.05	1.523	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.15	1.598	满足
		非常运用条件II	1.05	1.493	满足
孟庄南(3#)弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.15	1.631	满足
		非常运用条件II	1.05	1.518	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安	正常运用条件	1.15	1.593	满足

表 7.4.2-8　　黄河古贤水利枢纽工程弃渣场稳定计算标准值及计算值

渣场编号	项目		标准	计算值	满足规范要求与否
	全系数标准值	非常运用条件II	1.05	1.486	满足
南庙湾(4#)弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.15	1.64	满足
		非常运用条件II	1.05	1.528	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.15	1.595	满足
		非常运用条件II	1.05	1.496	满足
丁涧弃（5#）渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.15	1.636	满足
		非常运用条件II	1.05	1.524	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.15	1.593	满足
		非常运用条件II	1.05	1.494	满足
木家岭（6#）弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.15	1.64	满足
		非常运用条件II	1.05	1.528	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.15	1.595	满足
		非常运用条件II	1.05	1.496	满足
谭坪（7#）弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.15	1.631	满足
		非常运用条件II	1.05	1.518	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.15	1.593	满足
		非常运用条件II	1.05	1.486	满足
漫头滩（8#）弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.15	1.636	满足
		非常运用条件II	1.05	1.524	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.15	1.593	满足
		非常运用条件II	1.05	1.496	满足
北角头凸（9#）弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.15	1.629	满足
		非常运用条件II	1.05	1.517	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.15	1.59	满足
		非常运用条件II	1.05	1.482	满足
石家庄（10#）弃渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.15	1.631	满足
		非常运用条件II	1.05	1.518	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.15	1.593	满足
		非常运用条件II	1.05	1.486	满足
桌子岭弃（11#）渣场	弃渣场抗滑稳定安全系数标准值	正常运用工况	1.15	1.635	满足
		非常运用条件II	1.05	1.523	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.15	1.598	满足
		非常运用条件II	1.05	1.493	满足
东庄弃（12#）渣	弃渣场抗滑稳定安全系	正常运用工况	1.15	1.631	满足

表 7.4.2-8 黄河古贤水利枢纽工程弃渣场稳定计算标准值及计算值

渣场编号	项目		标准	计算值	满足规范要求与否
场	数标准值	非常运用条件II	1.05	1.518	满足
	弃渣场边坡抗滑稳定安全系数标准值	正常运用条件	1.15	1.593	满足
		非常运用条件II	1.05	1.486	满足

8 表土保护与利用设计

8.1 表土分布与可利用量分析

工程区位于晋陕峡谷的南部，根据现场土壤地质调查，项目区表层熟土为为棕红、桔红色亚粘土，含大量钙质结核。占地类型中，耕地、园地、林地和草地表层土土质较好，表层土厚度 30cm，各分区表土分布及可剥离情况详见表 8.1-1。

表 8.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程表土分布与可利用量分析表

序号	防治分区	表土分布范围	表土厚度（cm）	可剥离范围	面积（hm^2）	可剥离量（万 m^3）
1	主体工程区	主体工程区内大坝左右坝肩开挖，导流洞进出口等区域的林地和草地	30	大坝枢纽建筑物工程扰动范围内和导流洞进口范围内的林地和草地	16.82	5.04
2	永久办公生活区	前方业主营地占地范围内林地和草地	30	前方业主营地内林地和草地	1.25	0.37
3	弃渣场区	坝址区弃渣场表土分布范围为630高程以上黄土覆盖层，其他区域弃渣场表土分布于本区范围内林地和草地，主要分布于沟道底部及坡度较缓的边坡	30	本区范围内林地和草地	87.75	26.32
4	料场区	料场区内林地和草地，主要分布于原头坡砂砾石料场和西磴口料场覆盖层	30	本区范围内林地和草地	54.44	16.34
5	交通道路工程区	交通道路区内林地和草地	30	本区范围内林地和草地	142.75	42.83
6	施工生产生活区	施工生产生活区占地范围内耕地、园地、林地和草地	30	本区范围内耕地、园地、林地和草地	136.25	40.87
7	皮带机运输工程区	皮带机运输工程区占地范围内林地和草地	30	本区范围内林地和草地	15.25	4.58
8	移民安置与专项设施复（改）建区	移民安置与专项设施复（改）建区占地范围内耕地、园地、林地和草地	30	本区范围内林地和草地	140.86	42.26
9	合计				595.36	178.61

经分析，本工程征占地范围内表土主要分布于大坝左右坝肩、导流洞进口、以及各

工区占地范围内的耕、园、林、草地，可剥离表土厚度约为 30cm，可剥离面积为 595.36hm^2，可剥离表土 178.61 万 m^3。

8.2 表土需求与用量分析

根据工程总布置及各分区施工结束后的利用方向确定本工程表土的需求量。本工程共需剥离表土 178.61 万 m^{3}用于复耕和植被恢复，其中复耕需表土 1.66 万 m^3，主体工程已考虑，植被恢复工程需表土 176.95 万 m^3。

主体工程区大坝管理范围内进行可绿化区域绿化恢复，主体工程大坝管理范围可恢复绿化区域面积为 94.05hm^2，其中大坝管理区绿化种植乔木、灌木和草，面积为 87.99hm^2，导流洞洞口植被恢复面积 6.06hm^2。由于大坝管理范围内可绿化区域大部分为未扰动区域，其表层土可直接用于绿化，本次仅考虑绿化范围内表层没有腐殖质土的区域进行表土回覆，回覆面积约 20.18hm^2，回覆厚度按 0.25m 控制，主体工程区共回覆表土 5.04 万 m^3。

永久办公生活区包括前方业主营地和后方业主营地。前方业主营地占地面积为 4.53hm^2，可绿化面积为 1.51 hm^2，回覆表土厚度按 0.25m 计，前方业主营地共需回覆表土 0.37 万 m^3。后方营地位于郑州市，占地面积为 3.00 hm^2，可绿化面积 1.88 hm^2，仅计列面积，后续绿化覆土从郑州市购买。

弃渣场区共设 17 处弃渣场，其中坝址区 1$^{\#}$、2$^{\#}$、3$^{\#}$弃渣场位于库区永久占地范围内，1$^{\#}$弃渣场在运行期全部位于正常蓄水位以下，无需恢复绿化，2$^{\#}$和 3$^{\#}$弃渣场渣顶和部分边坡位于正常蓄水位以上，且 2$^{\#}$和 3$^{\#}$弃渣场距离大坝距离较近，应考虑景观绿化需求，位于正常蓄水位以上的边坡及渣顶平台在堆渣结束后需进行绿化美化，坝址区弃渣场需进行绿化恢复面积为 11.40hm^2；上马台弃渣场、进场道路 1$^{\#}$、2$^{\#}$弃渣场以及皮带机线路区杜闯、孟庄南、南庙湾等 14 处弃渣场均为临时占地，占地类型为林草地，堆渣结束后需要对渣顶平台及堆渣边坡进行绿化恢复，恢复面积为 120.79hm^2。弃渣场区边坡及渣顶平台覆土厚度平均按 0.29m 计，共需覆土 35.07 万 m^3。

料场区主要包括原头坡砂砾石料场和西磑口人工骨料场，原头坡砂砾石料场位于坝址上游 7km 库区内，运行期位于淹没区，不再考虑恢复。原头坡砂砾石料场剥离表土 4.65 万 m^{3}用于坝址区 2$^{\#}$和 3$^{\#}$弃渣场覆土绿化。西磑口人工骨料场自上而下分层开采形式，开采结束后石质边坡采取客土种植槽种植爬攀植物绿化措施，料场底部采取回覆表土恢复绿化，共需绿化覆土 26.92 万 m^3，表土不足部分利用客土回覆，料场区共回覆表

土 11.69 万 m³。

交通道路区包括永久道路和临时道路，永久道路两侧各种植一排行道林，绿化面积为 11.43hm²；对道路下游边坡，采取种植灌草绿化，绿化面积为 120.94hm²；非库区的临时道路，占地性质为临时占地，占地类型主要为灌木林地，施工结束后需要恢复林地，种植乔木、灌木和草进行植被恢复，绿化面积为 37.61hm²。交通道路区绿化范围表土回覆厚度平均按照 25cm 控制，所需回覆表土 38.73 万 m³。

施工生产生活区占地 143.06hm²，其中占用耕地 2.06hm²，占用园地 1.27hm²，占用耕园地的施工结束后进行复耕，本工程移民专业已考虑这部分土地复耕措施，另有 12.35hm² 位于库区淹没区，不再考虑恢复；占用其他地类的施工生产生活区施工结束后进行恢复绿化，恢复绿化面积为 129.89hm²。施工生产生活区绿化覆土厚度平均按照 25cm 控制，需回覆表土 40.87 万 m³（包括复耕所需表土 1.66 万 m³）。

皮带机运输工程区占地为临时占地，施工结束后需进行植被恢复，恢复面积为 12.20hm²。种植乔木、灌木和草进行植被恢复，所需回覆表土 4.58 万 m³。

移民安置与专项设施复（改）建区包括移民集中安置点工程区、集镇迁建工程区和专项设施复（改）建区，新增占地 312.11hm²，其中设公共绿化场地及道路绿化场地，绿化面积共 140.86hm²，表土回覆厚度按 30cm 计，需回覆表土 42.26 万 m³。

表土需求与用量见表 8.2-1。

表 8.2-1　　黄河古贤水利枢纽工程表土需求与用量表

序号	防治分区	复耕		植被恢复		需回覆表土（万 m³）
		范围	面积（hm²）	范围	面积（hm²）	
1	主体工程区	/	/	大坝管理区内可绿化区域及导流洞进口临时占地范围	94.05	5.04
2	永久办公生活区	/	/	永久办公生活区内景观绿化区域	1.51	0.37
3	弃渣场区	/	/	弃渣场渣顶平台和堆渣边坡坡面（除坝址区 1#弃渣场外）	120.79	35.07
4	料场区	/	/	西磴口料场底部平台	23.75	11.69
5	交通道路工程区	/	/	永久道路两侧行道树绿化范围、道路下游边坡及全部临时道路路面占地范围内	169.98	38.73

表 8.2-1　　黄河古贤水利枢纽工程表土需求与用量表

序号	防治分区	复耕		植被恢复		需回覆表土（万 m³）
		范围	面积（hm^2）	范围	面积（hm^2）	
6	施工生产生活区	施工生产生活区临时占地部分占用了耕地和园地，移民专业设计了施工结束后耕园地土地复耕措施	3.32	大坝工程区内的施工生产生活区结合景观绿化，工区边坡防护框格护坡内种植土回填，其他临时占地绿化恢复范围	156.03	40.87
7	皮带机运输工程区	/	/	皮带机工程临时占地范围	12.20	4.58
8	移民安置与专项设施复（改）建区	/	/	等级道路两侧绿化范围、植物护坡、临时用地绿化恢复区域	140.86	42.26
9	合计		3.32		719.17	178.61

8.3　表土剥离与堆存

根据表土需求与用量分析，本工程共需剥离表土 178.61 万 m³，除弃渣场区、料场区、交通道路工程区外，其他各分区区内表土可剥离量均能满足表土需求用量，西碹口料场绿化用土不足部分使用客土补充，原头坡砂砾石料场开采结束后位于淹没区，其剥离表土 4.65 万 m³调运至坝址区 2#、3#弃渣场用于植被恢复；交通道路区库区内淹没道路剥离的 4.10 万 m³表土调运至坝址区 2#、3#弃渣场用于植被恢复。

各分区表土剥离范围及剥离量见表 8.3-1。

表 8.3-1　　黄河古贤水利枢纽工程各分区表土剥离范围及剥离量

防治分区	剥离范围	面积（hm^2）	剥离量（万 m³）
主体工程区	大坝枢纽建筑物工程扰动范围内和导流洞进口临时占地范围内的林地和草地	16.82	5.04
永久办公生活区	前方业主营地内林地和草地	1.25	0.37
弃渣场区	本区范围内林地和草地	87.75	26.32
料场区	本区范围内林地和草地	54.44	16.34
交通道路工程区	本区范围内林地和草地	142.75	42.83
施工生产生活区	本区范围内耕地、园地、林地和草地	136.25	40.87
皮带机运输工程区	本区范围内林地和草地	15.25	4.58
移民安置与专项设施复（改）建区	本区范围内林地和草地	140.86	42.26
合计		595.36	178.61

主体工程区共剥离表土 5.04 万 m³，剥离范围主要为大坝枢纽建筑物工程扰动范围和导流洞进口扰动范围内的林地和草地，剥离厚度 30cm，剥离表土临时堆存于大坝管理范围内空闲地，设计平均堆高 3m，边坡 1:2.5。

永久办公生活区共剥离表土 0.37 万 m³，剥离范围为前方业主营地内林草地，剥离厚度 30cm，剥离表土临时堆存于永久办公生活区东南角空闲地，设计表土平均堆高 3m，边坡 1:2.5。

弃渣场区共剥离表土 26.32 万 m³，剥离范围为各弃渣场占地范围内的林草地，剥离厚度 30cm，本工程弃渣场均为沟道型弃渣场，剥离表土临时堆存于各弃渣场所处沟道上游，设计表土平均堆高 3m，边坡 1:2.5。

料场区表土共剥离表土 16.34 万 m³，剥离范围为原头坡砂砾石料场及西磑口料场占地范围内的林草地，原头坡砂砾石料场剥离表土运至坝址区 2#弃渣场和 3#弃渣场所在沟道上游临时堆存，2#、3#弃渣场堆渣结束后利用原头坡砂砾石料场剥离表土进行覆土绿化，设计表土平均堆高 3m，边坡 1:2.5。西磑口料场剥离表土堆存于钢筋石笼临时拦挡区内侧，平均堆高 6m，边坡 1:2.5。

交通道路区共剥离表土 42.83 万 m³，剥离范围为占地范围内林草地，剥离厚度 30cm。库区内淹没道路总计 13.65hm²，包括右岸部分 4#及 401#临时路道，左岸部分 7#、9#及 901#临时路道，淹没道路表土剥离量为 4.1 万 m³，运至左岸 2#及 3#弃渣场堆放，便于后期回覆至 2#及 3#渣场做绿化覆土使用。库区内右岸未淹没道路剥离的表土堆放至右岸高线砼及低线砼系统内空闲区域。库区左岸未淹没道路剥离的表土堆放至邻近的渣场或施工生产生活区内。剥离表土就近堆存于渣场、料场或施工生产生活区空闲区域。皮带机运输工程区施工道路表土堆放至相应施工生产生活区。进场道路剥离的表土堆放至左岸 3#及 4#施工生产生活区。表土的平均堆高为 3m，边坡 1:2.5。

施工生产生活区共剥离表土 40.87 万 m³，剥离范围为占地范围内耕地、园地、林地和草地。剥离表土临时堆存于各施工生产生活区占地范围内空闲地，堆土高 3m，边坡 1:2.5。

皮带机运输工程区共剥离表土 4.58 万 m³，皮带机运输工程区占地全部为临时占地，剥离范围为临时占地中的林草地，剥离后将表土堆存于皮带机运输工程线路隧洞进出口和竖井出口占地范围内空闲区，堆土高 3m，边坡 1:2.5。

移民安置与专项设施复（改）建区共剥离表土 42.26 万 m³，剥离范围为该区内耕地、园地、林地和草地，剥离后将表土堆放于移民安置与专项设施复（改）建区内各工区内

的空闲地，堆土高 3m，边坡 1:2.5。

8.4 表土利用与保护

本工程可剥离表土共计 178.61 万 m³，可剥离表土全部剥离用于施工后期覆土复耕和绿化工程。

主体工程剥离表土 5.04 万 m³（其中大坝枢纽建筑物工程管理区 3.22 万 m³，导流工程区 1.82 万 m³）全部用于施工结束后大坝管理范围内及导流洞进口植被恢复和绿化美化工程，植被恢复面积为 94.05 hm^2。

永久办公生活区可剥离表土 0.37 万 m³，全部用于工程前方业主营地区景观绿化工程，绿化面积 1.51 hm^2。

弃渣场区可剥离表土 26.32 万 m³，弃渣场为临时用地，施工结束后进行恢复绿化，剥离表土全部用于弃渣场顶部平台和边坡覆土绿化，原头坡砂砾石料场剥离表土 4.65 万 m³及交通道路区剥离表土 4.10 万 m³调运至坝址区 2#、3#弃渣场用于堆渣结束后渣场平台及边坡覆土绿化。

料场区可剥离表土 16.34 万 m³，其中原头坡砂砾石料场剥离表土 4.65 万 m³调运至 2#、3#弃渣场用于堆渣结束后渣场平台及边坡覆土绿化，2#弃渣场借用原头坡砂砾石料场表土 2.59 万 m³，3#弃渣场借用 2.06 万 m³，原头坡砂砾石料场位于水库淹没区，无需覆土绿化，西磑口人工骨料场剥离表土 11.69 万 m³全部用于西磑口料场开采结束后底部覆土绿化。

交通道路区可剥离表土 42.83 万 m³，4.10 万 m³调运至坝址区 2#、3#弃渣场用于堆渣结束后渣场平台及边坡覆土绿化，其余 38.73 万 m³用于本区绿化恢复，主要包括永久道路行道树绿化、道路下游边坡灌草绿化，施工临时道路临时占地绿化恢复，其中用于行道树绿化覆土 2.88 万 m³，道路下游边坡灌草绿化覆土 26.37 万 m³，施工临时道路临时占地绿化恢复覆土 9.48 万 m³。

施工生产生活区可剥离表土 40.87 万 m³，其中移民专业已考虑表土剥离 1.66 万 m³，施工结束后用于复耕，复耕面积 3.32hm^2，剩余 39.21 万 m³用于施工生产生活区恢复绿化及大坝工程区内的施工生产生活区绿化美化工程，工区边坡防护框格护坡内种植土回填。

皮带机运输工程区可剥离表土 4.58 万 m³，本区全部为临时占地，剥离表土全部用于临时占地施工结束后绿化恢复，绿化恢复面积 12.20 hm^2。

移民安置与专项设施复（改）建区可剥离表土 42.26 万 m³，本区规划移民集中安置点、集镇迁建工程及专项设施复（改）建区，规划对公共绿化场区、道路绿化区进行覆土绿化，复建道路两侧栽植行道树，道路下游边坡进行灌草绿化，施工便道、施工营地等临时占地区进行植被恢复，本区可剥离表土全部用于本区绿化美化工程和植被恢复工程，绿化面积 140.86hm^2。

临时堆存表土本方案补充设计袋装土临时拦挡和防尘网临时苫盖措施。

本工程不涉及扰动但不剥离表土的范围。表土平衡分析详见表 8.4-1。

表 8.4-1　　黄河古贤水利枢纽工程表土分析平衡汇总表　　单位：万 m^3

序号	防治分区及部位		表土剥离量	调入	调出	覆表土量
1	主体工程区	大坝枢纽建筑物工程管理区	3.22			3.22
		导流工程区	1.82			1.82
		小计	5.04			5.04
2	永久办公生活区		0.37			0.37
3	弃渣场区	坝址区渣场	3.56	8.75		12.31
		上马台渣场	7.97			7.97
		进场道路区渣场	7.83			7.83
		皮带机运输工程区渣场	6.97			6.97
		小计	26.32	8.75		35.07
4	料场区	源头坡砂砾石料场	4.65		4.65	0
		西磴口人工骨料场	11.69			11.69
		小计	16.34		4.65	11.69
5	交通道路工程区		42.83		4.10	38.73
6	施工生产生活区	坝址工程区	27.45			27.45
		皮带机运输工程区	3.88			3.88
		进场道路区	3.78			3.78
		西磴口料场区	5.76			5.76
		小计	40.87			40.87
7	皮带机运输工程区		4.58			4.58
8	移民安置区	居民点	27.13			27.13
		集镇点	8.91			8.91
		交通工程	6.88			6.88
		小计	42.26			42.26
9	合计		178.61	8.75	8.75	178.61

9 水土保持工程设计

9.1 工程级别与设计标准

9.1.1 主体工程等级

根据主体工程设计，黄河古贤水利枢纽工程为I等工程，工程规模为大（1）型。

推荐方案混凝土重力坝方案：混凝土重力坝、排沙底孔、泄洪中孔、溢流表孔、下游消能水垫塘、坝身布置的发电引水进口、引水钢管及坝后电站厂房、两岸供水取水口、供水钢管和预留的供水隧洞等主要建筑物级别为 1 级，下游护岸、挡土墙等次要建筑物级别为 3 级。

9.1.2 水土保持工程等级和标准

（1）主体工程区

植被恢复与建设工程：根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关规定，大坝、泄洪建筑物、引水建筑物等主要建筑物级别为 1 级，大坝管理区永久占地植被恢复与建设工程为 1 级，设计标准满足景观、游憩、水土保持和生态保护等多种功能的要求，设计应充分结合景观要求，选用当地园林树种和草种进行配置；导流工程出口临时占地植被恢复与建设工程为 3 级，设计标准满足水土保持和生态保护要求，执行生态公益林绿化标准。

防洪排导工程：主体工程坡面永久截排水沟工程，根据《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）和《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关规定，坡面配置有 1 级林草工程，其截排水沟工程等级为 1 级，设计排水标准为 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。

（2）工程永久办公生活区

植被恢复与建设工程：根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关规定，大坝、泄洪建筑物、引水建筑物等主要建筑物级别为 1 级，工程永久办公生活区植被恢复与建设工程为 1 级，设计标准满足景观、游憩、水土保持和生态保护等多种功能的要求，设计应充分结合景观要求，选用当地园林树种和草种进行配置。

防洪排导工程：工程永久办公生活区排水沟工程，根据《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）有关规定，设计排水标准为 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。

斜坡防护工程：根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关规定，工程永久办公生活区斜坡防护工程级别为 3 级。

（3）弃渣场区

渣场等级：弃渣场级别应根据堆渣量、堆渣总高度、以及弃渣场失事后对主体工程或环境造成危害程度，按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，进行分级。并根据渣场等级、渣场位置和后期利用方向对挡渣、防洪排导、斜坡防护和植被恢复与建设工程进行分级。

坝址区 1#弃渣场与上马台弃渣场为 1 级渣场，坝址区 2#弃渣场为 2 级渣场，坝址区 3#弃渣场和进场道路 1#、2#弃渣场均为 3 级渣场，其余皮带机运输工程区 11 个弃渣场均为 4 级渣场，分级结果详见表 9.1.2-1。

设计标准：根据渣场等级和占地性质，按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）和《水利水电工程边坡设计规范》（SL386-2007）规定，对防洪排导工程、挡渣工程和植被恢复与建设工程采取相应的设计标准，具体详见表 9.1.2-1。截排水设计标准采用 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。

表 9.1.2-1 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场等级及防护措施级别表**

项目/标准	渣场位置、名称																
	坝址区			西碹口料场区	进场道路工程区		皮带运输工程区										
	1 号渣场	2 号渣场	3 号渣场	上马台渣场	1 号渣场	2 号渣场	杜闯（2#）弃渣场	孟庄南（3#）弃渣场	南庙湾（4#）弃渣场	丁涧（5#）弃渣场	木家岭（6#）弃渣场	谭坪（7#）弃渣场	漫水滩（8#）弃渣场	北角头凸（9#）弃渣场	石家庄（10#）弃渣场	桌子岭（11#）弃渣场	东庄（12#）弃渣场
占地性质	永久	永久	永久	临时	临时	临时	临时	临时	临时	临时	临时	临时	临时	临时	临时	临时	临时
占地类型	灌木林地	林草地	林草地	林草地	林、草地	林草地	林草地	林草地	林草地	林草地	林草地	林草地	林草地	林草地	林草地	林草地	林草地
占地面积（hm^2）	75.41	13.01	4.56	19.76	13.95	12.16	1.91	2.91	1.10	1.07	1.15	1.88	1.86	1.75	7.00	1.38	1.21
弃渣场类型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型	沟道型
弃渣总量（万 m^3）	2110.84	317.59	83.17	506.26	320.22	200	9.56	14.57	5.51	5.35	5.77	9.41	9.31	8.76	34.99	6.91	6.04
最大堆高（m）	122	140	80	195.5	85	89	50	50	28	29	46	59	42	50	59	48	50
弃渣场失事对主体工程或环境造成的危害程度	较严重	不严重	不严重	严重	无危害	无危害	无危害	无危害	无危害	无危害	无危害	无危害	无危害	无危害	无危害	无危害	无危害
边坡破坏造成的危害程度	较严重	不严重	不严重	严重	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻
边坡坡比	1:2.5	1:2.5/1:3	1:2.5/1:3	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5
渣场等级	1	2	3	1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
拦渣工程级别	2	3	4	2	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
排洪工程级别	1	2	3	1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
斜坡防护工程级别	3	4	4	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
植被恢复与建设工程级别		1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

（4）料场区

植被恢复与建设工程：根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关规定，西磑口料场为临时占用的料场，植被恢复与建设工程为 3 级。设计标准满足水土保持和生态保护要求，执行生态公益林绿化标准；原头坡料场位于库区，施工结束后，不需要植被恢复。

防洪排导工程：排水沟工程，根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关规定，设计排水标准为 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。

（5）施工生产生活区

植被恢复与建设工程：根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关规定，非大坝工程区的施工生产生活区植被恢复与建设工程为 3 级，设计标准满足水土保持和生态保护要求，执行生态公益林绿化标准。大坝工程区内的施工生产生活区后期利用方向作为大坝生态景观建设的组成部分，其等级提高 1 级，为 2 级，设计标准应满足水土保持和生态保护要求，适当结合景观、游憩等功能要求。

防洪排导工程：施工生产生活区永久排水沟工程，根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关规定，排水沟设计标准为 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。

（6）交通道路区

植被恢复与建设工程：永久道路两侧绿化工程为 1 级，设计标准满足景观、游憩、水土保持和生态保护等多种功能的要求，设计应充分结合景观要求，选用当地园林树种和草种进行配置。临时道路植被恢复与建设工程为 3 级，设计标准满足水土保持和生态保护要求，执行生态公益林绿化标准。

防洪排导工程：根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关规定，交通道路区永久排水沟设计标准为 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。

（7）皮带机运输工程区

本工程区占地全部为临时占地，施工结束后全部恢复原地貌，排水沟设计标准为 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。植被恢复与建设工程为 3 级。设计标准满足水土保持和生态保护要求，执行生态公益林绿化标准。

（8）移民安置与专项设施复（改）建区

移民安置区植被恢复与建设工程为 1 级。

专项设施复（改）建区排水沟设计标准为 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。植被恢复与建设工程为 3 级。

本区内的弃渣场、交通道路、施工生产生活区和主体工程区的水土保持防护工程等级参照本节（1）~（6）项执行。

各分区植被恢复和建设工程设计标准见表 9.1.2-2。

表 9.1.2-2　　植被恢复和建设工程设计标准

分区		植被恢复和建设工程设计标准
主体工程区	大坝永久管理范围	1
	导流工程临时占地范围	3
皮带机运输线路工程区		3
工程永久办公生活区		1
弃渣场区	坝址区 1#弃渣场	/
	坝址区 2#、3#弃渣场	1
	其他弃渣场	3
料场区	原头坡料场	/
	西磑口料场	3
交通道路防治区	进场道路工程区	1
	场内临时道路区	3
	场内永久道路区	1
施工生产生活区	坝址区施工生产生活区	2
	其他施工生产生活区	3
移民安置与专项设施复（改）建区	移民安置区	1
	专项设施复（改）建区	3

9.2　主体工程区

9.2.1　主体工程区地形地貌特征

黄河古贤水利枢纽工程主体工程区包括大坝枢纽工程、导流工程。项目区地形陡峻，坝址两岸冲沟发育，左岸高程 625m ~ 640m 以上和右岸高程 640m ~ 665m 以上为黄土覆盖，以下基岩裸露。右岸高程 625m 以下平均坡度为 33°，在高程 470m ~ 475m 处残存I级阶地，顺河向呈条带状分布，宽度 20m ~ 30m，625m 以上边坡平均坡度 15°；左岸谷

坡为陡缓相间的台阶状地形，高程 625m 以下平均坡度为 28°，高程 520m～550m 之间残存有III级阶地，该级阶地以上基岩岸坡坡度为 32°，625m 以上边坡平均坡度 15°。

经过分析统计，主体工程区总占地面积 224.76hm^2，其中库区内面积 94.86 hm^2，库区外面积 129.90 hm^2。详见表 9.2.1-1。

表 9.2.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程主体工程区占地面积统计表

项目			主体工程防治区		
			大坝枢纽工程管理区	导流工程区	合计
占地面积	合计	hm^2	123.84	100.92	224.76
	库区内	hm^2		94.86	94.86
	库区外	hm^2	123.84	6.06	129.90
永久建筑及水面面积		hm^2	35.85		35.85
可绿化面积		hm^2	87.99	6.06	94.05

9.2.2　主体工程区水土保持措施设计

9.2.2.1　大坝枢纽工程区

（1）工程措施

1）浆砌石排水沟

大坝管理区地面坡度 15º～32º，坡长 300m～600m，为了减少长陡坡地形水土流失，同时参照小浪底水利枢纽工程大坝管理区山坡排水处理成功经验，在垂直山坡走向设置浆砌石排水沟，排水沟间距 50m，排水沟末端设置沉沙池，经沉沙后排入自然沟道。

永久排水工程设计标准采用 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨（1.61mm/min），排水沟汇水面积 0.051km^2，流量 0.82m^3/s。排水沟尺寸设计为上宽为 1.3m，下宽为 0.3m，高为 0.5m，排水沟浆砌石厚度为 30cm，排水沟沟底坡率 6%，设计流速 3.3m/s，过水能力 0.92m^3/s。满足设计要求。沉沙池尺寸见表 9.2.2-1。经计算，需修建排水沟长度 9371m，修建沉沙池 16 个。

表 9.2.2-1　　黄河古贤水利枢纽工程沉沙池尺寸参数表

设计流量 Q(m^3/s)	沉沙池底宽 b_2（m）	沉沙池高度 H_2（m）	沉沙池长 L_2（m）	单个沉沙池 M7.5 浆砌石（m^3）
0.82	1.35	1.8	2.7	12.25

2）表土回覆措施

对大坝枢纽工程建设扰动土地内的林草地清表土进行临时堆存用于施工结束后大坝管理范围内绿化工程，主体工程清表工作已考虑这部分表土的剥离工程量，本方案补充施工结束后表土回覆措施，回覆厚度 30cm。

3）土地整治工程：对需要绿化美化和植被恢复的场区，在施工结束后进行土地平整，以便后续绿化工程。

4）灌溉工程

在施工期直接利用主体工程施工用水水源对本区域绿化工程进行灌溉。

施工结束后绿化工程灌溉：由于主体工程设计的水池受水厂高程影响，其位置并不能完全满足本区域灌溉要求，同时主体设计的高位水池，在施工结束后需要拆除，因此，为了满足绿化工程建设期后的灌溉要求，需要新建灌溉工程，本工程管理区绿化工程拟采用微灌系统进行绿化灌溉，微灌系统通常由水源、首部枢纽、输配水管网和灌水器 4 部分组成。

本工程微灌系统选择古贤水库作为水源，在大坝管理范围内大坝轴线左岸（高程 720m）、右岸（高程 700m）处分别布设两处高位水池作为微灌系统的首部枢纽，高位水池规模 250m^3，钢筋混凝土结构，通过修建小型泵站将水源引向高位水池，通过布置干、支、毛 3 级管道构成输配水管网，干、支管主要承担从两处高位水池引水、输配水任务，埋于地下，干管采用直径为 60mm 的钢管，支管采用直径为 30mm 的 PE 管，毛管采用直径为 15mm 的 PE 管。干管沿等高线或山脊布置，支管垂直于干管，向两侧的毛管进行供水，每一行乔木沿等高线布置一条毛管。灌水器选用微喷头，直接安装于毛管上，经过微喷头灌水器将水灌溉于绿化植物根部土壤。采用支管分组轮灌的方式提高设备利用率，提高坝区大面积绿化灌溉的灌溉效率。

大坝枢纽工程区高陡边坡采用微灌系统引接配水管网进行灌溉，采用支、毛管布置，支管采用纵向布置，间隔 10m。支、毛管规格同大坝管理范围内支、毛管。

临近大坝景观区可配合雾森系统设置，通过高压系统，促使毛管内水的运动，形成负离子水雾，可改善坝区空气质量，营造景观，同时保持植物周围环境的湿度。

经计算，大坝枢纽工程区共布设微灌系统 2 套，工程量详见表 9.2.2-2。

表 9.2.2-2　　黄河古贤水利枢纽工程大坝枢纽工程区微灌系统工程量表

项目	单位	工程量	备注
小型提水泵站	座	2	用于从水源取水至灌溉高位水池
高位水池	座	2	钢筋混凝土结构，容积 250m³

表 9.2.2-2　　黄河古贤水利枢纽工程大坝枢纽工程区微灌系统工程量表

项目	单位	工程量	备注
干管	m	10980	Φ60mm 钢管
支管	m	128832	Φ30mmPE 管
毛管	m	107072	Φ15mmPE 管
喷头	组	21414	

（2）植物措施

1）左右坝肩、水垫塘侧边坡、电站厂房出口高边坡绿化

从工程安全角度出发，主体工程对大坝左右坝肩边坡、水垫塘侧边坡及电站厂房出口边坡进行了边坡坡比及马道设计，并通过挂网喷锚支护等工程措施进行防护。

根据主体工程设计，大坝左右坝肩岩石边坡，最大高度约 40m，按 1:0.5 边坡开挖，每 15m 设一级马道，马道宽 2m；支护锚杆采用 Φ25，按 3m×3m 梅花型布置，锚杆长度 6m、8m 间隔布置，挂 Φ8@200mm 的钢筋网，辅以排水，排水孔孔径 50mm，按 3m×3m 梅花形布置，并在坡顶以上设置排水、截水沟；左坝肩为黄土覆盖，边坡最大高度约 40m，开挖边坡 1:0.5，每 5m 设一级马道，马道宽 4m。

水垫塘侧边坡采用钢筋网喷混凝土保护，喷层厚 0.15m，钢筋网 Φ8@0.2m×0.2m，系统锚杆直径 25mm，长度为 6m、9m 间隔布置，间、排距 3m；排水孔深 5m，间、排距 3 m。

电站厂房出口高边坡采用Φ25@2m×2m，L=6m 系统砂浆锚杆，梅花状交错布置；边坡全部用钢筋网喷混凝土保护，喷层厚 0.1m，钢筋网 Φ8@0.2m×0.2m，同时布置 Φ76、间距 3m×3m 排水孔。并增加随机锚索 60 根，吨位为 1000kN，长度为 25m。

主体工程针对边坡稳定采取的工程防护措施在保障工程安全的同时可有效防止开挖边坡产生水土流失，但是挂网喷锚、锚索等工程措施施工完成后为硬化表面，缺乏生态景观效果。本方案从生态优先角度出发，为了绿化美化大坝枢纽工程，补充设计左右坝肩、水垫塘侧边坡及电站厂房出口硬化高边坡绿化措施。

由于以上硬化边坡较陡，坡比在 1:0.75～1:0.5 左右，不具备覆土绿化条件，本次设计采用高次团粒客土喷播技术对硬化高陡边坡进行绿化。高次团粒喷播技术是以岩质和土质边坡为主要施工对象，使用富含有机质和黏粒的客土材料，在喷播瞬间与团粒剂混合发生团粒反应，形成与自然界表土具有相同团粒结构的土壤培养基，由于喷播后会发生疏水反应，所以粘结力极强的土壤培养基会牢固地吸附于坡面上，有效解决坝区高陡边坡无法覆土绿化难题，可抵抗雨蚀和风蚀，防止水土流失，美化坝区环境。

高次团粒喷播技术主要包括坡面清理—挂网—喷播—养护等。由于本工程坝区高陡硬化边坡为混凝土喷锚护坡，因此在喷播高次团粒施工前应将硬化边坡进行凿洞处理，以利于后期植物根系生长。根据本工程坝区绿化目标选取不同种子配合比作为喷播的植物基材，选择抗性好，对环境承受能力强，适合本土生长的乡土种子，根据本工程坝区气候特征、当地适合的乡土树种以及坝址区景观绿化目标，拟选取紫穗槐、侧柏、迎春、白羊茅、高羊茅等树草种进行喷播，喷播厚度按照 6cm ~ 10cm 控制，分层喷播，先喷播基底层，后喷播种子层，树草种配比表见表 9.2.2-3。

表 9.2.2-3 黄河古贤水利枢纽工程左右坝肩、水垫塘侧边坡、电站厂房出口高边坡绿化树草种配比表

序号	名称	用量（g/m^2）
1	紫穗槐	5
2	侧柏	4
3	迎春	4
4	白羊茅	8
5	高羊茅	7
6	合计	28

根据主体工程边坡工程设计，大坝左右坝肩、水垫塘侧边坡及电站厂房出口高陡边坡防护面积共计 3.65hm^2，对这部分高边坡采取高次团粒客土喷播恢复绿化，共需喷播绿化面积 3.65hm^2。

2）大坝管理区绿化

除去永久建筑物及水面面积，大坝管理区范围内仍有 87.99hm^2 未扰动空闲地，为响应国家生态文明建设，发展生态优先理念，为今后黄河古贤水利枢纽工程打造水利工程风景区奠定基础，并与周围黄河壶口瀑布等风景名胜区在生态环境及生态旅游景观方面相互呼应，实施园林建设、水景观打造、亲水平台建设、近岸浅水区景观生态性整治，加强水文化的挖掘和传承，打造一条独具魅力的沿黄景观长廊，为人们提供观光、休闲、娱乐、度假空间，提升古贤水库品质，实现人水和谐，弘扬水利精神，本方案设计在大坝管理范围内空闲地进行高标准景观绿化设计。大坝管理区空闲地可绿化面积为 87.99 hm^2。

坝址区地形陡峻，坝址两岸冲沟发育，左岸高程 625m ~ 640m 以上和右岸高程 640m ~ 665m 以上为黄土覆盖，以下基岩裸露。左右岸高程 625m 以上范围原始地形坡度较缓，约为 15°，高程 625m 以下原始地形坡度较陡，约为 28° ~ 33°，且基岩裸露。

本方案设计大坝管理区左右岸高程 625m 以下基岩裸露石质边坡采用喷播高次团粒生态护坡措施，实施方法同大坝左右坝肩高陡边坡高次团粒喷播措施，植物基材选用

紫穗槐、侧柏、迎春、白羊茅、高羊茅等，树草种配比见表 9.2.2-4。共需喷播高次团粒生态护坡 17.60hm^2。

表 9.2.2-4　　黄河古贤水利枢纽工程大坝管理区基岩裸露边坡绿化树草种配比表

序号	名称	用量（g/m^2）
1	紫穗槐	5
2	侧柏	4
3	迎春	4
4	白羊茅	8
5	高羊茅	7
6	合计	28

古贤水利枢纽建成后，会改善坝区周围的小气候，增加坝址区降雨量，利于坝址区植物生长，且大坝管理区高程 625m 以上地形坡度较缓，约 15°左右，黄土覆盖，具备实施园林景观绿化条件。本方案设计该区域进行乔灌草高标准景观绿化。利用坝址开挖区内剥离的表层腐殖质土作为本区内绿化区域覆土，选取当地常用园林景观绿化树种进行绿化美化，使其具有美化环境、净化空气、调节气候、保持水土的功能。设计乔灌木按原始地面高程沿等高线布置。乔木种植密度：株行距 2m×2m，Φ60cm 穴状整地，主轴应有主干，主枝 3～5 个，主枝分布均匀，拟选用油松、白皮松、楸树、花楸树、侧柏、刺槐和碧桃等；灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，灌丛丰满，主侧枝分布均匀，主枝平均高度 0.8m～1.0m，拟选用沙棘、月季、迎春、石楠、金叶女贞、红瑞木等；植草：撒播种草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2，人工撒播，草种拟选择白羊茅、高羊茅等。绿化美化工程推荐及备用树种见表 9.2.2-5。

表 9.2.2-5　　黄河古贤水利枢纽工程绿化美化工程推荐及备用树种一览表

序号	树种	适宜生境或特性	地理分布	推荐规格
1	油松	松科针叶常绿乔木，高达 30m，胸径可达 1m。大枝平展或斜向上，老树平顶，小枝粗壮。为阳性树种，深根性，喜光、抗瘠薄、抗风，在土层深厚、排水良好的酸性、中性或钙质黄土上，-25℃的气温下均能生长。	产于东北、中原、西北和西南等省区。	胸径 6 cm
2	白皮松	乔木，高达 30m，胸径可达 3m，有明显的主干，或从树干近基部分分成数干，枝较细长，斜展，形成宽塔行至伞形树冠。生长于海拔 500-1800m 地带，喜光树种，耐瘠薄土壤及较干冷气候，在气候温冷、土层深厚、肥润的钙质土和黄土上生长良好。	中国特有树种，分布于中国山西、河南西部、陕西秦岭、甘肃南部及天水麦积山、四川北部等。	胸径 4 cm～6 cm
3	楸树	落叶乔木，高达 30m，胸径 60cm，树冠狭长倒卵形。树干通直，主枝开阔伸展。适宜生长于年平均气温 10-15℃，	楸树原产中国，分布于东起海滨，西至甘肃，南始云南，	胸径 4 cm～6 cm

表 9.2.2-5 黄河古贤水利枢纽工程绿化美化工程推荐及备用树种一览表

序号	树种	适宜生境或特性	地理分布	推荐规格
		降水量 700-1200 毫米的环境。喜深厚肥沃湿润的土壤，不耐干旱、积水，忌地下水位过高，稍耐盐碱。	北到长城的广大区域内，辽宁、内蒙、新疆等省区均可良好生长。	
4	花楸树	落叶乔木，喜湿、喜阴，耐寒。皮灰褐色。芽及嫩枝都有白色绒毛。羽状复叶，叶缘上部有齿，叶表色暗绿，叶背粉白。是一种病虫害少，生命力强，成活容易的速生树。	常生长于山坡或山谷杂木林内，海拔 900-2500 米，产黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山西、甘肃、山东。	胸径 3 cm ~ 4 cm
5	侧柏	常绿乔木，树冠广卵形，小枝扁平，排列成 1 个平面。叶小，鳞片状，紧贴小枝，呈交叉对生排列，叶背中部具有腺槽。雌雄同株，花单性。耐旱，常为阳坡造林树种，也是常见的庭园绿化树种	为中国特产，除青海新疆外全国均有分布。	高度 2m; 地径地径 1 ~ 2cm
6	刺槐	落叶乔木，高 10 ~ 25m，树皮灰褐色至黑褐色，浅裂至深纵列，稀光滑，皮厚。温带树种，年平均气温 8℃ ~ 14℃、年降雨量 500 ~ 900mm 的地方生长良好，特别是空气湿度较大的沿海地区，生长快，干形通直圆满。对地下水影响	分布于甘肃、青海、内蒙古、新疆、山西、陕西、河北、河南、山东等省（区）均有栽培。	胸径 2cm; 胸径 6cm
7	银杏	落叶乔木，胸径可达 4m，幼树树皮近光滑，浅灰色，大树皮灰黑色，有长枝与生长缓慢的距状短枝，适于生长在水热条件比较优越的亚热带季风区。	主要分布于温带和亚热带气候区，边缘分布“北达辽宁省沈阳，南至广东省广州市”。	胸径 4 ~ 5cm
8	雪松	常绿乔木，树冠塔形，大枝平展，小枝略下垂。高达 30m 左右，胸径可达 3m，10-11 月开花。在气候温和凉润、土层深厚排水良好的酸性土壤上生长旺盛。喜阳光充足，也稍耐阴、适宜在酸性土、微碱性土上生长。	我国多地有栽种，主要分布在暖温带至中亚热带气候区。	株高 3.5m
9	樱花	乔木，高 4 ~ 16m，树皮灰色，性喜阳光和温暖湿润的气候，有一定抗寒能力，对土壤要求不严，宜在疏松肥沃、排水良好的砂质壤土生长。	分布北半球温和地带，亚洲、欧洲至北美洲，主要种类分布在中国西部和西南部。	胸径 4 ~ 5cm
10	榆叶梅	属灌木、小乔木类，高 2 ~ 3m，枝条开展，具多数短小枝，喜光，稍耐阴，耐寒，能在-35℃下越冬，对土壤要求不严，以中性至微碱性而肥沃土壤为佳。	产黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山西、陕西、甘肃、山东、江西等省区。	根径 4 ~ 5cm
11	广玉兰	常绿乔木，在原产地高达 30m，喜光，幼时稍耐阴，适生于干燥、肥沃、湿润与排水良好微酸性或中性土壤，在践行土种植易发生黄花，忌积水、排水不良。	产于长江流域及以南，北方北京、兰州等地较常见。	胸径 4 ~ 5cm
12	碧桃	桃属植物桃的变种，属于观赏桃花类的半重瓣及重瓣品种。乔木，高 3-8m，	原产于我国，各省区广泛栽培。世界	胸径 5 cm ~ 6 cm

表 9.2.2-5 黄河古贤水利枢纽工程绿化美化工程推荐及备用树种一览表

序号	树种	适宜生境或特性	地理分布	推荐规格
		树冠宽广而平展，树皮暗红褐色，老时粗糙呈鳞片状，喜欢阳光，喜欢温暖的生长环境，耐寒的能力较好，耐旱但不耐水湿，对土壤的要求是需要使用肥沃，并且排水性良好的沙质土壤。	各地均有栽植。	
13	千头椿	千头椿为落叶乔木，高约 6-30m，树冠圆球形，树皮灰褐色，分枝较多。是防风固沙、城镇绿化美化、生态建设的优良品种，生长迅速。耐旱、耐涝、耐寒、耐盐碱，抗风、抗病虫害，适应性强。	分布于中国黄河中下游地区。	胸径 4～5cm
14	月季	落叶或常绿灌木，茎为棕色偏绿，具有钩刺或无刺，小枝张佳，叶为墨绿色，叶互生，小叶一般 3-5 片花期 4～10 月（北方），3～11 月（南方），春季开花最多。适应性强，耐寒耐旱，对土壤要求不严格，但以富含有机质、排水良好的微带酸性沙壤土为好。喜欢阳光，一般气温在 22-25℃最为适宜。	原产于我国，各省区广泛栽培。世界各地均有栽植。	胸径 2cm
15	沙棘	落叶性灌木，高 1.5m，生长在高山沟谷中可达 18m，棘刺较多，粗壮，顶生或侧生，嫩枝褐绿色，密被银白色而带褐色鳞片或有时具白色星状柔毛，老枝灰黑色，粗糙，芽大，金黄色或锈色。耐旱、抗风沙，可以在盐碱化。	分布于华北、西北、西南等地。	株高 0.4～0.5m
16	迎春	落叶灌木丛生，株高 30～100cm，小枝细长直立或拱形下垂，成纷披状，花期 2～4 月，喜光，稍耐阴，略耐寒，喜阳光，耐旱不耐涝。	分布于中国华南和西南的亚热带地区，南北方栽培极为普遍。	株高 0.4～0.5m
17	石楠	常绿灌木或中型灌木，高 3～6m，有时可达 12m，枝褐灰色，全体无毛。花期 6～7 月，喜光稍耐荫，深根性，对土壤要求不严，但以肥沃、湿润、土层深厚、排水良好、微酸性的砂质壤土最为适宜。	产于陕西、甘肃、河南、江苏、安徽、浙江、江西、湖南、湖北、福建、台湾、广东、广西、四川、云南、贵州。	冠幅 40～50cm
18	金叶女贞	落叶灌木，高 1～2m，冠幅 1.5～2m。适应性强，对土壤要求不严格，喜光、耐阴性较差，耐寒力中等，适应性强，以疏松肥沃、通透性良好的沙壤土为最好，用于绿地广场的组字或图案，还可以用于小庭院装饰。	在我国长江以南及黄河流域等地较为普遍。	株高 0.5～0.6m
19	红瑞木	伞形落叶灌木，老干暗红色，枝桠血红色，花期 5 月～6 月。高达 3m，喜欢潮湿的生长环境，一般生长的适宜温度是 20℃-30℃之间，要求光照充足。耐寒，耐修剪。	产于黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、陕西、甘肃、青海、山东、江苏、江西等省区。	株高 0.5～0.6m
20	梳黄菊	属菊科亚灌木，株高 50cm，叶色灰绿，略显银白，花金黄色，舌状花，观赏，用于花镜。	我国各地均有栽培。	株高 0.2～0.3m

表 9.2.2-5　　黄河古贤水利枢纽工程绿化美化工程推荐及备用树种一览表

序号	树种	适宜生境或特性	地理分布	推荐规格
21	白羊茅	白羊茅草坪颜色诱人，根系发达，成活率高达百分之百，是园林绿化当中不可或缺的地被植物，性喜寒冷潮湿、温暖的气候，在肥沃、潮湿、富含有机质、pH 值为 4.6-8.5 的细壤土中生长良好。	主要分布于北方地区。	80kg/hm^2
22	山麦冬	多年生常绿草本，生性喜阴湿，忌阳光直射。	分布于东北、内蒙、青海等地区。	80kg/hm^2
23	蓝羊茅	禾本科羊茅属常绿草本，冷季型。丛生，株高 40cm，春秋季节为蓝色，开花期 5 月，喜光、耐寒、耐旱，耐贫瘠，中性或弱酸性疏松土壤长势最好，稍耐盐碱。	长江流域均有分布。	80kg/hm^2
24	燕麦草	禾本科燕麦草属植物，须根粗壮，秆直立或基部膝曲，高 1～1.5m，具 4～5 节。喜温暖湿润气候，能耐夏季炎热，也较耐寒。	原产于地中海沿岸及亚洲西部，世界各国引种栽培。分布于湖南、湖北、四川、贵州等地。	80kg/hm^2
25	高羊茅	禾本目，禾本科多年生地被植物，性喜寒冷潮湿、温暖的气候，在肥沃、潮湿、富含有机质、pH 值为 4.6～8.5 的细壤土中生长良好。	主要分布于北方地区，我国东北三省黑龙江、辽宁、吉林和新疆等地区有分布。	80 kg/hm^2

大坝枢纽工程区绿化美化工程施工结束后，加强抚育管理工作，主要包括加强配套灌溉措施及追肥措施，灌溉措施采用本方案设计的大坝管理区配套的 2 套灌溉系统，加强运行过程中灌溉设施的维护与检修，确保灌溉系统正常运行。对高次团粒喷播护坡区域每 10 天灌溉一次，大坝管理区内景观绿化区域每 15 天灌溉一次，根据项目区气候条件变化，可实时调整灌溉方案。

绿化工程养护方案为：对大坝管理范围内的绿化树草种采取 3 年期幼林抚育措施加强抚育管理。对规格较大的乔木采取树木支撑，运用树棍桩对高大乔木进行辅助支撑。对乔木树种每年施有机肥一次，追肥一次，及时剪除黄枝、病虫枝，清理树根周围杂草；对灌木树种每季度施肥一次，并进行造型修枝，及时清理枯枝、病虫枝；草本类植物每季度施肥一次，采用撒施，及时防治病虫害，及时清除杂草。

（3）临时措施

在施工期间，对临时堆存的表土采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

9.2.2.2 导流工程区

（1）工程措施

1）浆砌石排水沟

导流洞出口主体工程设计了护坡措施，本方案补充设计导流洞进口边坡上游浆砌石排水措施，断面同大坝管理区排水沟设计。

2）表土回覆措施

对导流工程建设扰动土地内的林草地清表土进行临时堆存用于施工结束后的绿化工程，清表工作主体工程已计列工程量，本方案设计施工结束后表土回覆措施，回覆厚度 30cm。

3）土地整治工程：对需要进行植被恢复的场区，在施工结束后进行土地平整，以便后续绿化工程。

（2）植物措施

导流洞出口占地为临时占地，施工结束后进行植被恢复，绿化采取种植乔木、灌木和草相结合的方式，乔木树种为刺槐、油松等，灌木树种选用沙棘、月季、迎春、石楠、金叶女贞等，草种为白羊茅。其中乔木种植密度：株行距 2m×3m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：株行距 1.5m×1.5m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

导流工程主体工程设计了边坡硬化防护工程，本方案补充设计生态护坡措施，处理措施同大坝左右坝肩边坡防护方式，采用高次团粒喷播防护方法。

9.2.2.3 主体工程区工程量

主体工程区水土保持防护措施工程量见表 9.2.2-6。

表 9.2.2-6　　黄河古贤水利枢纽工程主体工程区水土保持防护措施工程量表

措施类型					大坝枢纽建筑物工程管理区	导流工程区	合计
工程措施	防洪排导工程	排水沟	排水沟长度	m	8667	704	9371
			基础开挖土方	m^3	9707.04	788.48	10495.52
			M7.5 浆砌石	m^3	6240.24	506.88	6747.12
		沉沙池	个数	个	12	4	16
			基础开挖土方	m^3	162.54	54.18	216.72
			M7.5 浆砌石	m^3	147.00	49	196.00
	土地整治工	表土回覆		m^3	60147	18180	78327

表 9.2.2-6　　黄河古贤水利枢纽工程主体工程区水土保持防护措施工程量表

措施类型					大坝枢纽建筑物工程管理区	导流工程区	合计
	程	土地平整		hm^2	87.99	6.06	94.05
	灌溉工程	高位水池	土方开挖	m^3	162.82		162.82
			石方开挖	m^3	108.54		108.54
			C25 混凝土	m^3	178.83		178.83
			钢筋	t	25.04		25.04
		小型泵站		座	2		2.00
		输水管线	干管 Φ60mm 钢管	m	10980		10980.00
			支管 Φ30mmPE 管	m	128832		128832.00
			毛管 Φ15mmPE 管	m	107072		107072.00
			喷头	组	21414		21414
植物措施	植物防护措施	护坡措施	高次团粒客土喷播	m^2	36500		54537.50
	植被恢复工程	种植乔木		株		15150	15150
		种植灌木		株		60600	60600
		撒播种草	撒播	hm^2		6.06	6.06
			草籽	kg		484.80	484.80
	绿化美化工程	种植乔木		株	234640		234640
		种植灌木		株	938560		938560
		生态护坡	高次团粒客土喷播	m^2	175980	18037.5	194017.50
		撒播种草	撒播	hm^2	87.99		87.99
			草籽	kg	7039.20		7039.20
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	159.29	87.58	246.87
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	30073.50	9090.00	39163.50

9.3 工程永久办公生活区

工程永久生产生活区包括前方业主营地和后方业主营地。前方业主营地占地面积为4.53hm^2，场内可绿化面积为 1.51 hm^2，前方业主营地选址位于进场道路隧洞出口南侧坡地，与 3#施工生活区毗邻布置，紧邻黄河大桥左桥头及场内 1#道路，交通便利，营地至坝址距离 3km。后方营地位于郑州市，占地面积为 3.00hm^2，场内可绿化面积 1.88 hm^2。

（1）工程措施

1）排水沟

场区平整后，在场地上边坡坡脚处设置浆砌石排水沟。排水沟过水断面尺寸设计为上宽为 1.3m，下宽为 0.3m，高为 0.5m，边坡 1:1，浆砌石厚度 30cm，单位长度浆砌石方量 0.72m^3，单位长度开挖量 1.12m^3。共需修建排水沟 730m。

2）混凝土框格护坡

场地平整后形成的边坡，边坡每10m设一级马道，马道宽2m，边坡坡比1: 1.5。边坡采用混凝土框格护坡。菱形网格尺寸为2.0×2.0m，网格及排水沟采用C25混凝土，网格骨架高0.5m，其中嵌入坡面以下0.15m，骨架内铺植物土0.25m，露出地面0.10m; 网格10 ~ 15m设一条伸缩缝，肋柱处设伸缩缝。经计算，护坡面积11430m^2。详见图9.3-1、9.3-2。

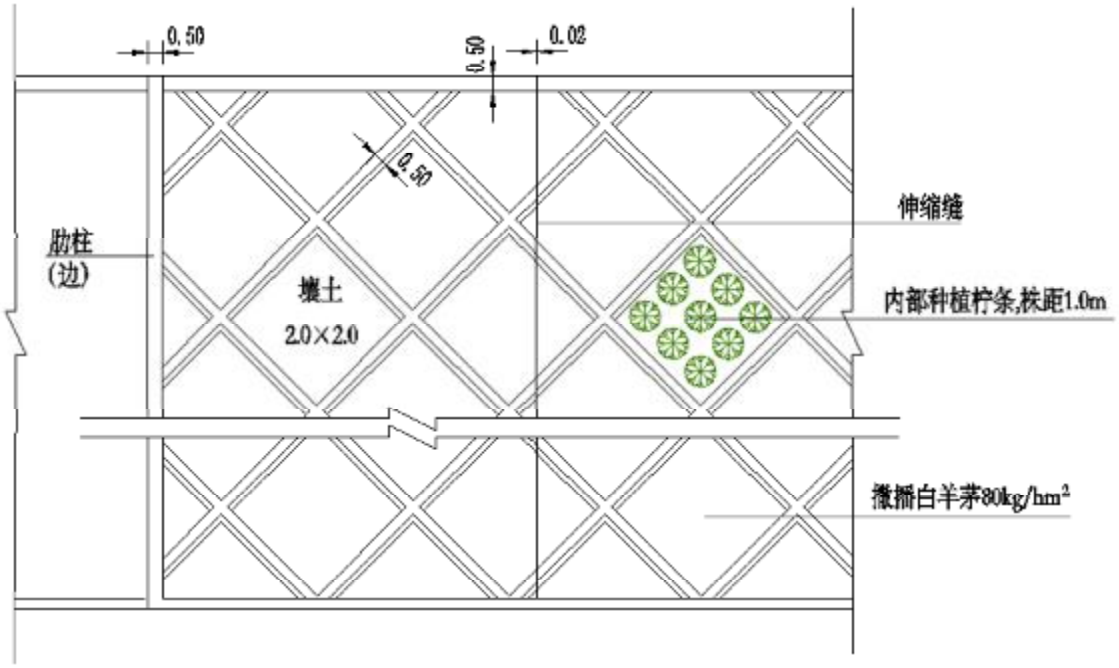


图 9.3-1　黄河古贤水利枢纽工程护坡混凝土框格平面图

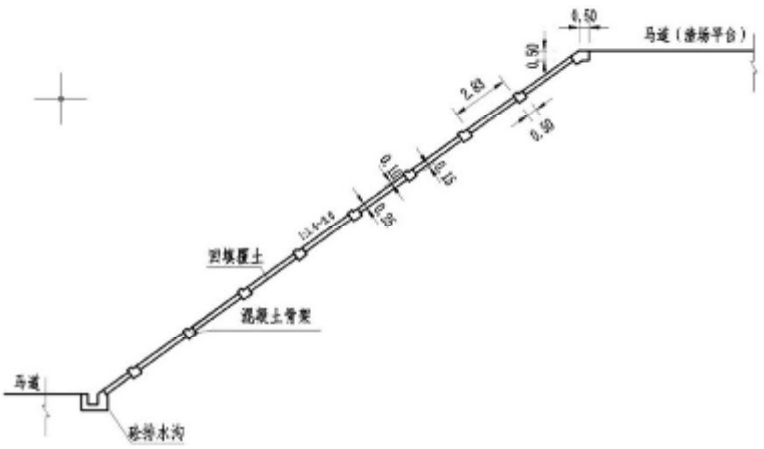


图 9.3-2　黄河古贤水利枢纽工程护坡混凝土框格断面图

3）浆砌石护脚

边坡坡脚处设置浆砌石挡墙护脚，梯形断面，浆砌石断面为顶宽 50cm，底宽 100cm，高 100cm，基础埋深 60cm，浆砌石断面面积 0.75m^2。经估算需要修建挡墙长度 730m。

4）表土剥离、回覆利用

对前方营地永久建筑物和道路硬化区域，在施工前进行表土剥离，剥离厚度为 30cm。经计算表土剥离面积 1.25hm^2。

5）土地平整

为了更好的进行绿化措施，对绿化区进行土地平整。经计算，土地平整面积 1.51hm^2。

（2）植物措施

1）绿化美化工程：工程永久办公生活区可绿化面积 3.39hm^2，其中前方业主营地可绿化面积 1.51hm^2，后方业主营地可绿化面积 1.88hm^2，在土地平整措施完成后，采取种植乔木、灌木和铺种草皮进行绿化，种植乔木树种：油松、白皮松、楸树、花楸树、侧柏、刺槐和碧桃等，乔木种植密度：株行距 2m×2m，Φ60cm 穴状整地；灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，灌丛丰满，主侧枝分布均匀，主枝平均高度 0.8m～1.0m，拟选用沙棘、月季、迎春、石楠、金叶女贞、红瑞木等。绿化区域地表进行草皮铺种，采用马尼拉草皮，铺种面积 3.39 hm^2。

2）植物防护工程

在混凝土框格护坡框格梁及框格内覆土施工结束后，在框格内种植灌草，灌木推荐柠条，种植密度：株行距为 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播白羊茅，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

（3）临时措施

在施工期间，对临时堆存的表土采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

（4）工程量

工程永久办公生活区水土保持防护措施工程量详细见表 9.3-1。

表 9.3-1　　黄河古贤水利枢纽工程永久办公生活区水土保持防护措施工程量表

工程永久办公生活区					工程量		
					前方营地	后方营地	合计
工程措施	防洪排导工程	排水沟	排水沟长度	m	730.00		730.00
			基础开挖土方	m^3	525.60		525.60
			M7.5 浆砌石	m^3	817.60		817.60
	土地整治工程	表土剥离		m^3	3735.00		3735.00
		表土回覆		m^3	3735.00		3735.00
		土地平整		hm^2	1.51		1.51
	斜坡防护工程	挡墙工程	长度	m	730.00		730.00
			土方开挖	m^3	122.64		122.64
			石方开挖	m^3	81.76		81.76
			M7.5 浆砌石	m^3	547.50		547.50
		工程护坡	护坡面积	m^2	11430.00		11430.00
			土方开挖	m^3	944.35		944.35
			石方开挖	m^3	629.56		629.56
			覆种植土	m^3	2857.50		2857.50
			混凝土框格	m^3	1573.91		1573.91
植物措施	植物防护工程	栽植灌木	栽植	株	2858		2858
		撒播种草	撒播	hm^2	1.14		1.14
			草籽	kg	91.44		91.44
	绿化美化工程	种植乔木		株	3763	4700	8463
		种植灌木		株	15050	18800	33850
		植草		hm^2	1.51	1.88	3.39
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	39.70		39.70
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	1867.50		1867.50

9.4 弃渣场区

9.4.1 弃渣场水土流失防治措施设计

黄河古贤水利枢纽工程工程共布置 17 个弃渣场，其中大坝枢纽工程建设布置 3 个弃渣场（以下简称坝址区 1#弃渣场、坝址区 2#弃渣场、坝址区 3#弃渣场），西磑口人工骨料场建设布置 1 个弃渣场（为上马台弃渣场），皮带机运输工程布置 11 个弃渣场（分别为杜闯（2#）弃渣场、孟庄南（3#）弃渣场、南庙湾（4#）弃渣场、丁涧（5#）弃渣场、木家岭（6#）弃渣场、谭坪（7#）弃渣场、漫水滩（8#）弃渣场、北角头凸（9#）弃渣场、石家庄（10#）弃渣场、桌子岭（11#）弃渣场、东庄（12#）弃渣场），进场道路工程布置 2 个弃渣场（分别为进场道路 1#弃渣场和进场道路 2#弃渣场）。

大坝枢纽工程 3 处弃渣场均为永久占地，其中坝址区 1#弃渣场位于水库淹没区，坝址区 2#、坝址区 3#弃渣场部分区域位于水库淹没区。其他弃渣场占地性质均为临时占地。弃渣场特性表见表 9.4.1-1。

施工前，进行表土剥离，剥离的表土集中堆放，并采取临时防护措施，弃渣场下游坡脚处设置挡渣工程，渣场周边等部位设置防洪排导工程；施工结束后，设置土地整治、边坡防护和植被恢复工程。弃渣场堆渣方案、原则和措施布局详见表 9.4.1-2。

表 9.4.1-1 **黄河古贤水利枢纽工程弃渣场特性表**

项目/标准			渣场位置、名称																
			坝址区			西碰口料场区	进场道路工程区		皮带机运输工程弃渣场										
			坝址区 1#弃渣场	坝址区 2#弃渣场	坝址区 3#弃渣场	上马台渣场	进场道路 1#弃渣场	进场道路 2#弃渣场	杜阎（2#）弃渣场	孟庄南（3#）弃渣场	南庙湾（4#）弃渣场	丁涧（5#）弃渣场	木家岭（6#）弃渣场	谭坪（7#）弃渣场	漫水滩（8#）弃渣场	北角头凸（9#）弃渣场	石家庄（10#）弃渣场	桌子岭（11#）弃渣场	东庄（12#）弃渣场
占地面积	合计	hm^2	75.41	13.01	4.56	19.76	13.95	12.16	1.91	2.91	1.10	1.07	1.15	1.88	1.86	1.75	7.00	1.38	1.21
	库区内	hm^2	75.41	10.45	3.16														
	库区外	hm^2		2.56	1.4	19.76	13.95	12.16	1.91	2.91	1.10	1.07	1.15	1.88	1.86	1.75	7.00	1.38	1.21
弃渣总量	松方	万 m^3	2110.84	317.59	83.17	506.26	320.22	200	9.56	14.57	5.51	5.35	5.77	9.41	9.31	8.76	34.99	6.91	6.04
最大堆高		m	122	140	80	195.5	85	89	50	50	28	29	46	59	42	50	59	48	50
防洪排导工程设计防洪标准[重现期（年）]		设计	100	50	30	100	30	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
		校核	200	100	50	200	50	50	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
水文计算	汇水面积（km^2）		主沟/支沟 61.7/7.2	主沟/支沟 1.55/0.14	0.54	0.202	0.40	2.10	0.14	0.052	0.128	0.077	0.159	0.106	0.096	0.126	0.241	0.14	0.068
	不同标准设计流量（m^3/s）	5%							1.46	0.54	1.34	0.80	1.66	1.11	1.00	1.32	2.52	1.46	0.71
		3.33%			6.83		3.58	20.48	1.72	0.64	1.57	0.94	1.95	1.30	1.18	1.54	2.95	1.72	0.83
		2%		21.85/1.97	7.81		4.18	23.59											
		1%	602.59/144.85	25.56/2.31		8.90													
		0.50%	739.22/177.70			10.66													

表 9.4.1-2 黄河古贤水利枢纽工程弃渣场防护措施布局汇总表

渣场名称		占地性质	弃渣场类型	堆置方案及原则	恢复方向	措施布局		
						工程措施	植物措施	临时措施
坝址区	坝址区1#弃渣场	永久	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆放，堆渣高程470～592m，边坡坡比为1:2.5，每堆高15m设一级马道，500m和545m马道宽5m，其它马道宽2m。	库区淹没	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。上游边坡坡脚处设置挡水坝和排水洞，将沟道汇水引入黄河。渣场底面设盲沟，排出沟道岩隙渗水。堆渣平台周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道，施工结束后进行渣面平整，边坡设置干砌石护坡、过渡料及填筑石渣，顶面碎石压盖。		
	坝址区2#弃渣场	永久	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层压实，堆渣高程500m～640m，500m～590边坡坡比为1:2.5，490m～640m边坡坡比为1:3；每堆高15m设一级马道，490m处设40m平台，其它马道宽2m。	绿化、美化	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙；渣场底部沟道内设置排水涵洞，排导施工期间洪水；堆渣平台周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道，弃渣全部碾压，边坡设过渡料，施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，覆表土和绿化熟土，边坡设置过渡料，并设置干砌石、钢筋石笼和混凝土框格护坡。运行期采取在渣场平台与北侧边坡衔接处设置排洪沟，进口端设挡水堰，陡坡段设消力坎，末端接沉沙池后，接自然沟道。	堆渣结束后渣顶面采用乔灌草相结合方式绿化，630m～640m边坡混凝土框格内种植灌草绿化	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
	坝址区3#弃渣场	永久	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层压实，堆渣高程560～640m，560m～590边坡坡比为1:2.5，490m～640m边坡坡比为1:3；每堆高15m设一级马道，490处设5m平台，其它马道宽2m。	绿化、美化	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙；渣场底部沟道内设置排水涵洞，排导施工期间洪水；堆渣平台周边设截排水沟，末端设消能沉沙池后接入自然沟道，弃渣全部碾压，边坡设过渡料。施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，覆表土和绿化熟土，边坡设置过渡料，并设置干砌石、钢筋石笼和混凝土框格护坡。	堆渣结束后渣顶面采用乔灌草相结合方式绿化，630m～640m边坡混凝土框格内种植灌草绿化	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
西碴口料场区	上马台渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程696.5m～892m，边坡坡比为1:2.5，弃渣场高程770m以上设“之”字型路，路宽8m，最大坡度为10.6%，最小转弯半径为12m，高程859m和822m处各设一级宽度为2m的马道，“之”字型路在高程770m处和施工道路相接。弃渣场高程770m以下渣料分级堆放，每堆高15m设一级马道，高程710m和755m处马道宽5m，高程740m和725m处马道宽2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。堆渣平台周边设截排水沟，施工中沿自然沟道修建盲沟，施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道，渣面进行平整，铺设土工布，回覆表土，边坡设置混凝土框格护坡。在弃渣场下游凹地下游沟口修建一座格栅坝。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖

表 9.4.1-2 黄河古贤水利枢纽工程弃渣场防护措施布局汇总表

渣场名称		占地性质	弃渣场类型	堆置方案及原则	恢复方向	措施布局		
						工程措施	植物措施	临时措施
进场道路工程区	进场道路 1#弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 555m～640m，边坡坡比为 1:2.5，每堆高 15m 设一级马道，604m 处马道宽 5m，其它马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中堆渣平台周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道，沿自然沟道修建盲沟。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
	进场道路 2#弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 476m～565m，边坡坡比为 1:2.5，每堆高 15m 设一级马道， 525m 处马道宽 5m，其它马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。渣场底部沟道内设置排水涵，排水涵进口外 10m 处设置挡水堰，沟道来水经挡水堰沉沙后由排水涵导入下游自然沟道，堆渣平台周边设排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
皮带运输工程区	杜闯（2#）弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 825m～875m，边坡坡比为 1:2.5，每堆高 15m 设一级马道， 859m 处马道宽 5m，其它马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中沿自然沟道底部敷设排水管涵。堆渣平台形成后，周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
	孟庄南（3#）弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 800m～850m，边坡坡比为 1:2.5，每堆高 15m 设一级马道， 810m 处马道宽 5m，其它马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中沿自然沟道底部敷设排水管涵。堆渣平台形成后，周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
	南庙湾（4#）弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 747m～775m，边坡坡比为 1:2.5，每堆高 15m 设一级马道，马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中沿自然沟道底部敷设排水管涵。堆渣平台形成后，周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖

表 9.4.1-2 黄河古贤水利枢纽工程弃渣场防护措施布局汇总表

渣场名称	占地性质	弃渣场类型	堆置方案及原则	恢复方向	措施布局		
					工程措施	植物措施	临时措施
					置混凝土框格护坡。		
丁涧（5#）弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 796m～825m，边坡坡比为 1:2.5，每每堆高 15m 设一级马道，马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中沿自然沟道底部敷设排水管涵。堆渣平台形成后，周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
木家岭（6#）弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 825m～855m，边坡坡比为 1:2.5，堆高 15m 设一级马道，马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中沿自然沟道底部敷设排水管涵。堆渣平台形成后，周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
谭坪（7#）弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 850m～900m，边坡坡比为 1:2.5，每堆高 15m 设一级马道， 869m 处马道宽 5m，其它马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中沿自然沟道底部敷设排水管涵。堆渣平台形成后，周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
漫水滩（8#）弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 783m～825m，边坡坡比为 1:2.5，每堆高 10m 设一级马道，870m 处马道宽 5m，马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中沿自然沟道底部敷设排水管涵。堆渣平台形成后，周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖

表 9.4.1-2 黄河古贤水利枢纽工程弃渣场防护措施布局汇总表

渣场名称	占地性质	弃渣场类型	堆置方案及原则	恢复方向	措施布局		
					工程措施	植物措施	临时措施
北角头凸（9#）弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 750m～800m，边坡坡比为 1:2.5，每堆高 12m 设一级马道，778m 处马道宽 5m，马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中沿自然沟道底部敷设排水管涵。堆渣平台形成后，周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
石家庄（10#）弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 736m～795m，边坡坡比为 1:2.5，每堆高 15m 设一级马道， 770m 处马道宽 5m，其它马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中沿自然沟道底部敷设排水管涵。堆渣平台形成后，周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
桌子岭（11#）弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 877m～925m，边坡坡比为 1:2.5，每堆高 11m 设一级马道， 903m 处马道宽 5m，其它马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中沿自然沟道底部敷设排水管涵。堆渣平台形成后，周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖
东庄（12#）弃渣场	临时	沟道型	先挡后弃，石渣在下，土渣在上，分层堆渣，堆渣高程 775m～825m，边坡坡比为 1:2.5 每堆高 12m 设一级马道， 803m 处马道宽 5m，其它马道宽 2m。	林地	施工前，在堆渣下游边坡坡脚处设挡渣墙。施工中沿自然沟道底部敷设排水管涵。堆渣平台形成后，周边设截排水沟，末端设沉沙池后接入自然沟道。施工结束后在马道内坡脚处和顶面边坡处设置排水沟，将渣场雨水引入截水沟，由截水沟引入自然沟道；施工结束后进行渣面平整，铺设土工布，回覆表土；边坡设置混凝土框格护坡。	渣顶和边坡植被恢复	对表土采用袋装土临时拦挡，防尘网临时苫盖

9.4.2 坝址区 1#弃渣场水土保持设计

坝址区 1#弃渣场位于古贤坝址上游左岸 2km 处文城河沟内，渣场总占地面积为 75.41hm^2，属于库区、沟道型弃渣场，堆渣高程 470m～592m，弃渣场容量 2990 万 m^3，设计弃渣量 2110.84 万 m^3。弃渣场顶面设计高程 592m，古贤水库正常蓄水位 627m，死水位为 588m，堆渣完成后，整个弃渣场位于水库淹没区，且在水库死水位之下。弃渣场最大堆渣量 2683.6 万 m^3，回采利用 603.62 万 m^3，设计最终堆渣量 2110.84 万 m^3，主要堆存大坝左岸岸坡石方开挖、河床坝段覆盖层和石方开挖、厂房土石方开挖、导流洞进出口、洞身石方开挖弃渣和砂石加工弃料。

（1）工程等级与设计标准

①工程等级：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，坝址区 1#渣场最大堆渣量 2683.64 万 m^3、最大堆渣高度 122m、渣场边坡下游安全距离范围内无居民点、工矿企业等敏感目标，距大坝距离 2km，距施工围堰 1.5km，因此边坡破坏造成的危害程度较轻，确定坝址区 1#弃渣场为 1 级渣场，挡渣（挡水）坝建筑物级别为 1 级，挡渣墙建筑物级别为 2 级，排洪工程为 1 级，斜坡防护工程级别为 3 级；渣场位于水库淹没区，施工结束后，不需要进行植被恢复。

②设计标准：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，根据弃渣场防护工程等级确定相应的设计标准。防洪工程等级 1 级，防洪标准（重现期）100 年一遇设计，200 年一遇校核。永久截水工程设计标准按 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。根据地质资料，渣场区域地震烈度为VI度，项目区不属于多雨区域，安全稳定系数计算不考虑地震工况和连续降雨工况。弃渣场级别为 1 级，堆渣边坡正常运用工况≥1.35（简化毕肖普法）。挡渣（挡水）坝级别为 1 级，抗滑稳定安全系数：正常运用工况≥1.35（简化毕肖普法）。挡渣墙建筑别为 2 级，渣场挡墙基础为岩石，基底抗滑稳定稳定系数：正常运用工况≥1.08，抗倾覆安全系数：正常运用工况≥1.50。

③水文计算

坝址区 1#弃渣场位于山西省境内，设计洪水计算比较了《山西省水文计算手册》、《山西省临汾地区水文计算手册》中的经验公式等多种方法，推荐采用后者中公式计算成果，公式如下：

$$Q_p=C_p\times F^x$$

式中：Q_p—设计洪峰流量（m^3/s）；

C_p—经验系数；

F—流域面积（km^2）；

x—综合面积指数。

坝址区 1#渣场设计洪水流量表 9.4.2-1，设计洪水过程线见表 9.4.2-2、表 9.4.2-3。.

表 9.4.2-1　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#弃渣场不同标准设计流量表

位置		汇水面积（km^2）	不同标准设计流量（m^3/s）				
			5%	3.33%	2%	1%	0.50%
1#渣场	干流	61.7	312	362	472	603	739
	支流	7.2	75	87	113	145	178

表 9.4.2-2　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#弃渣场干流不同标准设计洪水过程线

2%		1%		0.5%	
时段（h）	流量（m^3/s）	时段（h）	流量（m^3/s）	时段（h）	流量（m^3/s）
0	0	0	0	0	0
0.4	4.7	0.41	6.0	0.42	7.4
0.8	37.8	0.82	48.2	0.84	59.1
1.2	127.5	1.23	162.7	1.26	199.6
1.6	321.0	1.64	409.8	1.68	502.7
2	472.1	2.05	602.6	2.1	739.2
2.4	368.2	2.46	470.0	2.52	576.6
3.2	174.7	3.28	223.0	3.36	273.5
4	85.0	4.1	108.5	4.2	133.1
4.8	42.5	4.92	54.2	5.04	66.5
5.6	18.9	5.74	24.1	5.88	29.6
6.4	9.4	6.56	12.1	6.72	14.8
8	0	8.2	0	8.4	0

表 9.4.2-3　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#弃渣场支流不同标准设计洪水过程线

2%		1%		0.5%	
时段（h）	流量（m^3/s）	时段（h）	流量（m^3/s）	时段（h）	流量（m^3/s）
0	0	0	0	0	0
0.18	1.13	0.2	1.5	0.2	1.8
0.36	9.04	0.4	11.6	0.4	14.2
0.54	30.51	0.6	39.2	0.6	48.1
0.72	76.84	0.8	98.6	0.8	121.0
0.90	113	1	145.0	1	178.0
1.08	88.14	1.2	113.1	1.2	138.8
1.44	41.81	1.6	53.7	1.6	65.9
1.79	20.34	2	26.1	2	32.0
2.15	10.17	2.4	13.1	2.4	16.0
2.51	4.52	2.8	5.8	2.8	7.1

表 9.4.2-3　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#弃渣场支流不同标准设计洪水过程线

2%		1%		0.5%	
时段（h）	流量（m^3/s）	时段（h）	流量（m^3/s）	时段（h）	流量（m^3/s）
2.87	2.26	3.2	2.9	3.2	3.6
3.59	0	4	0	4	0

（2）拦挡工程设计

根据弃渣场的地理位置和地形情况，为避免弃渣向河道流失，根据《水利水电工程水土保持技术规范》，弃渣场的拦挡措施设置在渣场边坡跛脚处和临沟口设计浆砌石挡渣墙拦渣。结构型式采用重力挡渣墙，墙型采用墙背直立型，具体尺寸为墙顶宽为 0.5m，墙高为 5m，底宽为 3.5m，承受土压力的一侧为垂直边坡，另一边为 1:0.4，挡渣墙基础深 100cm。挡渣墙断面总面积为 11.0m^2。基础开挖断面面积 3.5m^2，为减小挡渣墙渗水压力，挡渣墙墙体设置 PVC 管排水孔，孔径 0.05m，行距、排距为 1.5m，呈梅花形布设，排水孔由里向外倾斜坡度为 5%。弃渣场挡墙单长度 PVC 管长度 4.5m，为避免地基不均匀沉陷而引起墙身开裂，须按墙高和地基性质的变异，设置沉降缝和伸缩缝，每隔 10m 设置一道，缝宽 3cm，采用沥青麻丝嵌缝。经计算，坝址区 1#渣场挡渣墙长度为 180m。

坝址区 1#渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值见表 9.4.2-4。应用理正岩土软件对挡渣墙抗滑、抗倾稳定性进行验算，验算结果见表 9.4.2-5。

表 9.4.2-4　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值建议值表

位置	地层	基本物理指标		直剪快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°
渣场地基	Q_4^{al}	14.5	15.2	20	19
	Q_{2+3}^{eol}	14.7	15.5	25.3	28.5
	$T_2t_1^2$	26.2	26.6	500	40
	$T_2t_1^1$	26.5	26.9	495	39.5
渣体	渣体综合	19.00	20.15		33

表 9.4.2-5　　挡渣墙稳定计算结果表

项目		允许值	计算值	满足规范要求与否
挡渣墙基底抗滑稳定安全系数允许值	正常运用工况	1.08	1.172	满足
挡渣墙抗倾覆安全系数允许值	正常运用工况	1.50	2.736	满足

（3）防洪排导工程

坝址区 1#渣场防洪排导工程总体布局见表 9.4.2-6。

表 9.4.2-6　　黄河古贤水利枢纽工程 1#渣场防洪排导工程总体布局表

序号	排导对象	防洪排导工程	设计标准
1	上游沟道来水	挡水坝+排水洞	100 年一遇设计，200 年校核
2	堆渣平台周边坡面来水	排水沟+沉沙池	5 年一遇 10min 短历时设计暴雨

表 9.4.2-6　　黄河古贤水利枢纽工程 1#渣场防洪排导工程总体布局表

序号	排导对象	防洪排导工程	设计标准
3	渣场底部岩隙渗水	底部盲沟	

1）弃渣场上游沟道来水排导工程

为了截断施工期坝址区 1#渣场上游文城河主、支沟的来水，在渣场上游沟道布置排导工程，排导工程建筑物包括上游主、支沟挡水围堰和主、支沟排水洞。工程布置如下图所示:

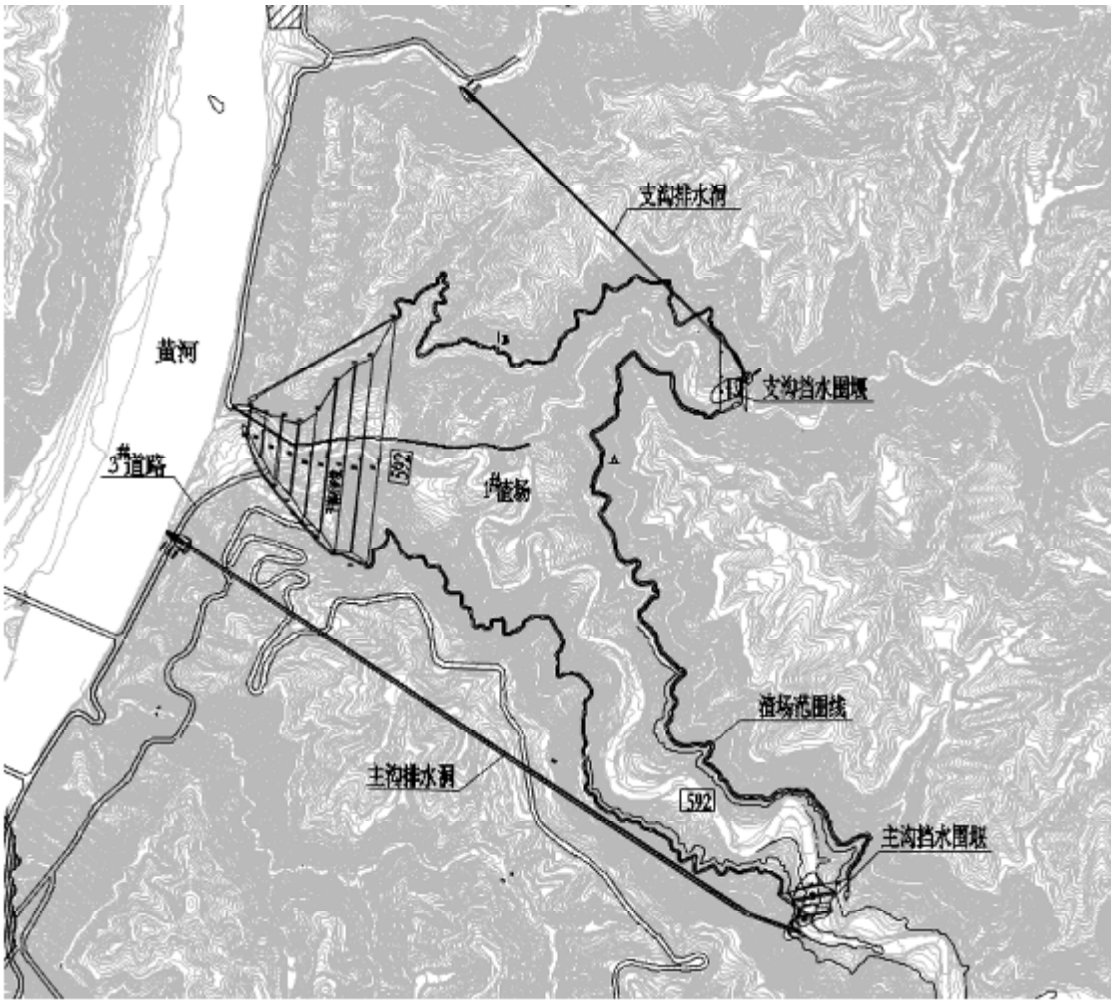


图 9.4.2-1　　1#渣场上游沟道来水排导工程布置图

① 排水建筑物布置

i）主沟排水洞布置

坝址区 1#弃渣场主沟排水洞布置于坝址区 1#弃渣场左岸，排水洞进口 20 年一遇天然河道水位 558.25m，为保证排水洞施工期不受来水影响，结合地形地质情况，进口底高程为 560 m。出口高程根据左岸山体地形、地质条件并结合下游 3 号施工道路综合确定，出口高程为 472m。隧洞全长 1753m，坡度 i=0.05，洞身采用圆型断面，洞径 7.8m。

最大泄量 $Q_{0.5\%}$=626m^3/s，出口采用挑流消能方式。

排水洞由进口引渠段、洞身段、出口明渠段和挑流消能段四部分组成。

引渠段：长 23.0m，渠底高程 560.00m，底坡 i=0。渠底及两岸护坡采用混凝土衬砌，底厚 1.0m，边墙厚 0.5m。混凝土标号 C30。

洞身段：进口设置矩形过渡到圆形渐变段，矩形洞口尺寸 8m×8m，渐变段之后洞身采用圆型断面，洞径 7.8m。排水洞进出口 IV 类围岩洞室采用初期支护（喷 20cm 厚 C20 混凝土、挂网 Φ8@0.2m×0.2m、4.5m 长度锚杆 Φ25@2.0m×2.0m、钢拱架 ）+二次衬砌（100cm 厚 C30 钢筋混凝土全断面衬砌）；其余洞段为III类围岩，采用初次支护（喷 15cm 厚 C20 混凝土、挂网 Φ8@0.2m×0.2m、4.5m 长度锚杆 Φ25@2.0m×2.0m ）+二次衬砌（60cm 厚 C30 钢筋混凝土全断面衬砌）。

出口明渠段：长 15.0m，底坡 i=0.05，矩形断面，底宽 6.6m，渠顶高程 483.50m。C30 钢筋混凝土衬砌，底板厚 2.0m，边墙厚 1.0m。

挑流消能段：明渠末端接 C40 混凝土挑流鼻坎，将水流直接挑入河道。挑流鼻坎与明渠等宽，长 20.0m，鼻坎挑出点高程为 474.78m，挑流鼻坎反弧半径 30.0m，挑角 25°。为防止小流量泄洪水流对鼻坎基础的淘刷，特在鼻坎末端设置深齿墙，将鼻坎嵌入下部岩石内。挑流鼻坎后接 10.0m 长的 C30 混凝土护坦，混凝土板厚 0.5m。

ii）支沟排水洞布置

坝址区 1#弃渣场支沟排水洞布置于坝址区 1#弃渣场右岸，排水洞进口 20 年一遇天然河道水位 558.12m，为保证排水洞施工期不受来水影响，结合地形地质情况，进口底高程为 560 m。出口高程根据右岸山体地形、地质条件并结合排水洞布置要求综合确定，出口高程为 485.0m，隧洞全长 955m，坡度 i=0.078，洞身采用圆型断面，洞径 3.8m，最大泄量 $Q_{0.5\%}$=132m^3/s。出口采用挑流消能方式。

排水洞由进口引渠段、洞身段和出口挑流消能段三部分组成。

引渠段：长 20.0m，渠底高程 560.00m，底坡 i=0。渠底及两岸护坡采用混凝土衬砌，底厚 1.0m，边墙厚 0.5m。混凝土标号 C30。

洞身段：进口设置矩形过渡到圆形渐变段，矩形洞口尺寸 4m×4m，渐变段之后洞身采用圆型断面，洞径 3.8m。排水洞进出口 IV 类围岩洞室采用初期支护（喷 20cm 厚 C20 混凝土、挂网 Φ8@0.2m×0.2m、4.5m 长度锚杆 Φ25@2.0m×2.0m 、钢拱架）+二次衬砌（100cm 厚 C30 钢筋混凝土全断面衬砌）；其余洞段为III类围岩，采用初次支护（喷 15cm 厚 C20 混凝土、挂网 Φ8@0.2m×0.2m、3.5m 长度锚杆 Φ25@1.5m×1.5m）+二次衬

砌（40cm 厚 C30 钢筋混凝土全断面衬砌）。

挑流消能段: 末端接 C40 混凝土挑流鼻坎，将水流直接挑入河道。挑流鼻坎宽 3.5m，长 20.0m，鼻坎挑出点高程为 487.74m，挑流鼻坎反弧半径 30.0m，挑角 25°。为防止小流量泄洪水流对鼻坎基础的淘刷，特在鼻坎末端设置深齿墙，将鼻坎嵌入下部岩石内。挑流鼻坎后接 10.0m 长的 C30 混凝土护坦，混凝土板厚 0.5m

② 排水洞水力计算成果

推荐排导方案的防洪标准为设计洪水 100 年一遇，校核洪水 200 年一遇。相对应的设计流量：干流汇水面积 61.7 km^2，$Q_{1\%}$=602 m^3/s，$Q_{0.5\%}$=739.22 m^3/s；支流汇水面积 7 km^2，$Q_{1\%}$=145 m^3/s，$Q_{0.5\%}$=177.70 m^3/s。

整个排导期间，排水洞均敞开泄流，其流态根据水位的变化，将出现明流、明满流过渡及压力流三种流态。圆形过水断面水流条件和受力条件较好，初步拟定主沟、支沟排水洞采用圆形断面，洞径分别为 7.8m、3.8m。

当隧洞进口水深小于 1.2 倍洞高时按明流公式计算。根据水力计算手册第七篇第三节，当隧洞底坡为陡坡时，泄流能力不受洞长影响，按短洞工作状态考虑。由于隧洞的泄流能力不受洞长影响，进口水流为宽顶堰流，故可按下式计算:

$$Q = ms_s b\sqrt{2g}H_0^{1.5}$$

式中　Q—排水洞泄流量，m^3/s;

m—流量系数，m=0.33;

σ_s—淹没系数，自由出流时 σ_s=1;

b—矩形隧洞过水断面的宽度;

H_0—隧洞进口水深，m。

根据一般工程经验，当隧洞进口水深大于 1.2 倍洞高小于 1.5 倍洞高时，按下式计算:

$$Q = \mu\omega\sqrt{2g(H-\eta a)}$$

式中　ω—隧洞断面面积;

μ、η—流量系数和洞口水流收缩系数。

当隧洞进口水深大于 1.5 倍洞高时按有压流公式计算，有压流的泄流能力按下式计算:

$$Q = mW\sqrt{2gz}$$

式中　Q—排水洞泄流量，m^3/s;

μ—有压流流量系数;

W—隧洞过水面积，m^2;

Z—隧洞进出口水头差，m。

其中

$$m = \frac{1}{\sqrt{1+\sum h}}$$

$$\sum h = h_{进口} + h_{弯段} + h_{沿程}$$

$$h_{沿程} = \frac{2g}{C^2 R} L$$

式中　$h_{进口}$—隧洞进口损失，m;

$h_{沿程}$—沿程损失，m;

$h_{弯段}$—弯段损失，m;

C—谢才系数，$m^{1/2}/s$;

R—水力半径，m;

L—洞身长度，m。

排水洞下游水位考虑两种工况。第一种工况考虑排水洞运行前期，河床截流前，原河床 20 年一遇防洪水位 472.00m，即排水洞自由出流。第二种工况考虑河床截流后至导流洞封堵前，河床 50 年一遇防洪水位 524.00m，即排水洞淹没出流。导流洞封堵后至水库初期运行水位 560.00 m，该时段内 1#弃渣场已施工完成，不是排水洞设计的控制工况，因此不再考虑。

考虑最不利工况下排水洞泄流能力计算值见表 9.4.2-7 ~ 9.4.2-8。

表 9.4.2-7　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#弃渣场主沟排水洞水位流量关系曲线

水位(m)	流量（m^3/s）	水位(m)	流量（m^3/s）	水位(m)	流量（m^3/s）
560	0.00	567	216.57	574	615.96
561	11.69	568	264.60	575	622.40
562	33.07	569	315.73	576	628.77
563	60.76	570	337.64	577	635.07
564	93.55	571	428.25	578	641.32
565	130.74	572	518.17	579	647.50
566	171.86	573	609.46	580	653.63

表 9.4.2-8　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#弃渣场支沟排水洞水位流量关系曲线

水位(m)	流量（m^3/s）	水位(m)	流量（m^3/s）	水位(m)	流量（m^3/s）
560	0.00	567	83.02	574	134.35
561	5.85	568	92.50	575	135.75
562	16.54	569	127.09	576	137.14
563	30.38	570	128.58	577	138.52
564	46.77	571	130.04	578	139.88
565	59.69	572	131.49	579	141.23
566	72.30	573	132.93	580	142.56

根据主、支沟设计洪水成果、排水洞泄流规模进行调洪计算，计算结果见表 9.4.2-9。

表 9.4.2-9　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#弃渣场主沟、支沟不同频率洪水调洪演算成果

位置	频率	最大入流（m^3/s）	最大出流（m^3/s）	最高水位（m）
主沟	0.50%	739	626	575.57
	1%	603	574	572.62
	2%	472	452	571.26
支沟	0.50%	178	132	572.16
	1%	145	128	569.29
	2%	113	93	568.03

根据调洪结果看出，主沟最大设计流量 Q=626 m^3/s，相应洪水位为 575.57 m，支沟最大设计流量 Q=132 m^3/s，相应洪水位为 572.16 m。因此，坝址区 1#弃渣场主沟上游挡水堰堰顶高程定为 578.00 m，支沟上游挡水堰堰顶高程定为 575.00m。

坝址区 1#弃渣场主、支沟排水洞出口均采用挑流消能方式，消能防冲洪水标准 P = 2%。相应主沟排水洞泄量 Q = 452 m^3/s，对应上游水位为 571.26 m；支沟排水洞泄量 Q = 93 m^3/s，对应上游水位为 568.03 m。

挑流射程及冲刷计算根据《水力计算手册》（第二版）公式计算：

$$x_p = \frac{v^2 \sin q_s \cos q_s + v \cos q_s \sqrt{v^2 \sin^2 q_s + 2g(\Delta S + h \cos q_s)}}{g}$$

式中：x_p—鼻坎至下游水面的挑距，m;

h 、v—分别为鼻坎出口断面的水深、流速，m、m/s;

θ_s—水舌射出角，25°;

△S—鼻坎顶点与下游水面的高差，m;

g—重力加速度，9.81m/s^2。

$$L_c = \frac{T}{tg\,b}$$

$$tg\,b=\sqrt{tg^2q_s+\frac{2g(\Delta S+h\cos q_s)}{v^2\cos^2 q_s}}$$

式中：Lc—水面以下的水舌长度的水平投影，m;

T—从下游水位起算的冲刷坑深度，m;

β—水舌外缘与下游水面的夹角，°。

$$t=Kq^{0.5}Z^{0.25}-h_t$$

$$T=t+h_t$$

式中：t—冲刷坑深度，m;

q—单宽流量，m^3/s;

Z—上下游水位差，m;

h_t—下游水深，m;

K—抗冲系数，本工程取 1.4。

总挑距 L1 为:

$$L_1=x_p+L_c$$

排水洞挑流消能水力计算成果见表 9.4.2-10。

表 9.4.2-10　　黄河古贤水利枢纽工程挑流水力要素计算成果

位置	上游水位（m）	下游水位（m）	泄量（m^3/s）	单宽泄量 q（$m^3/s.m$）	挑距 L（m）	冲坑深 t（m）	冲坑上游坡降 i
主沟排水洞	571.26	472	452	68.48	93.31	26.73	0.286
支沟排水洞	568.03	485	93	29.06	58.84	16.85	0.28

经计算，主沟排水洞挑射距离为 95.68m，冲坑深度 25.05m。由于冲坑距鼻坎及各种建筑物较远，根据地质条件，经计算分析冲坑不会影响建筑物安全。又由于黄河宽有 300m，挑射正好落于黄河河中心区域，因此不会影响岸坡安全。

支沟排水洞挑射距离为 63m，冲坑深度 16.63m。由于冲坑距鼻坎及各种建筑物较远，根据地质条件，经计算分析冲坑不会影响建筑物安全。又由于挑出方向顺河沟方向，且河道转折点距离挑流鼻坎有 150m，因此不会影响岸坡安全。

③挡水建筑物布置

i）上游挡水坝

主沟挡水坝布置于渣场上游坡脚处主沟沟道内，背水面与渣体二合为一。挡水坝采用粘土心墙石渣坝。结合排水洞规模及调洪结果，由前面描述可知，遇 200 年一遇洪水

最高洪水位为 575.11m，主沟挡水坝坝顶高程取为 578.00m，最大坝高 29m。坝顶宽度 4m，坝顶长度 104m。迎水面坡比为 1:2.5，上游坝体与戗堤接合，在戗堤顶高程 570m 处形成石渣压戗平台。背水面坡比为 1:2.1，并在 568m 高程处设一马道平台，马道宽 2m。

主沟挡水坝采用粘土心墙防渗，心墙顶高程为 576.60m，顶宽 3m，心墙上、下游坡度均为 1:0.3。在心墙上、下游各设置一层反滤料，反滤层水平宽度均为 2m。上下游坝壳填筑料采用石渣，为有效降低坝体浸润线，在下游坝基设置排水体，排水体厚 2m。上游护坡采用堆石护坡，护坡厚度 0.5m。

支沟挡水坝布置于渣场上游坡脚处支沟沟道内，背水面与渣体二合为一。坝型与主沟挡水坝一致，均为粘土心墙石渣坝。结合排水洞规模及调洪结果，由前面描述可知，遇 200 年一遇洪水最高洪水位为 572.49m，支沟挡水坝坝顶高程取为 575.00m，最大坝高 22m。坝顶宽度 4m，坝顶长度 53m。迎水面坡比为 1:2.5，上游坝体与戗堤接合，在戗堤顶高程 566m 处形成石渣压戗平台。背水面坡比为 1:2.1，并在 565m 高程处设一马道平台，马道宽 2m。

支沟挡水坝采用粘土心墙防渗，心墙顶高程为 573.60m，顶宽 3m，心墙上、下游坡度均为 1:0.3。在心墙上、下游各设置一层反滤料，反滤层水平宽度均为 2m。上下游坝壳填筑料采用石渣，为有效降低坝体浸润线，在下游坝基设置排水体，排水体厚 2m。上游护坡采用堆石护坡，护坡厚度 0.5m。

主沟、支沟挡水坝心墙土料设计填筑含水率控制在最优含水率的-2%～+3%范围内，心墙土料填筑压实度≥98%。反滤料粒径范围为 0.1～110mm，反滤料填筑标准采用孔隙率控制，压实后孔隙率应不大于 21%。石渣料主要料源为建筑物开挖料，最大粒径不大于 800mm，应具备良好的颗粒级配，填筑标准采用孔隙率控制，压实后孔隙率应不大于 23%。排水体石料最大粒径不大于 300mm，压实后孔隙率应不大于 22%。

主沟、支沟挡水坝心墙基础将覆盖层、全风化挖除，并清除表面破碎的岩石，强风化岩石向下清约 2m。为防止心墙土料与岩石接触面之间的接触冲刷，在心墙底部采用喷混凝 C20，厚度 10cm。在上下游坝壳石渣料填筑范围内，清除坝基与岸坡上的草皮、树根、含有植物的表土。

ii）上游挡水坝稳定分析

因主沟、支沟挡水坝坝型和计算工况一致，且地基条件相似，且主沟挡水坝最高挡水水头及坝高均大于支沟挡水坝，从最不利工况考虑，选择主沟挡水坝最大挡水剖面进

行上、下游边坡稳定计算。

根据《水利水电工程水土保持技术规范》SL 575-2012 的规定，1 级挡水坝采用简化毕肖普法时正常运用工况 $K_{允许}$=1.35；考虑上游洪水降落较快，增加了水位降落期为稳定核算，同时核算了施工期情况，两种情况均划归非常运用工况 $K_{允许}$=1.15。挡水坝上、下游坝坡各种计算工况及与之相对应的要求安全系数见表 9.4.2-11。

表 9.4.2-11 黄河古贤水利枢纽工程上游挡水坝边坡稳定计算工况、计算方法及要求的安全系数

计算工况		迎水面边坡	背水面边坡	要求安全系数
正常运用工况	不利水位	√	√	1.35
非常运用工况	施工期	√	√	1.15
	水位降落	√		1.15

上游挡水坝稳定计算采用河海大学工程力学研究所编制的《水工结构分析系统（AutoBANK v7.07》。

根据地质勘探资料，结合工程材料特性分析，选用坝身、坝基材料计算参数见表 9.4.2-12。挡水坝稳定计算采用简化毕肖普法，计算结果汇总于表 9.4.2-13，边坡滑动面位置见图 9.4.2-2。

表 9.4.2-12 黄河古贤水利枢纽工程上游挡水坝边坡稳定计算参数

位置	材料	湿容重（kN/m³）	浮容重（kN/m³）	c（kPa）	摩擦角 φ（°）	备注
坝体	心墙土料	20.1	11.1	15	25	CD 指标
				80	13	UU 指标
				23/13	15/25	CU 指标（总/有效）
	反滤料	21.0	12.4	0	36	
	石渣料	19.6	12.0	0	33	
	弃渣料	19	10.15	0	30	
	戗堤	19	10.15	0	28	水中填筑
	上游堆石护坡	21.6	13.2	0	40	
地基	覆盖层 Q4al	14.5	5.6	15	17	
	强风化基岩 T2t12	25	16.6	200	30	
	弱风化上部	26	17.6	800	42	

表 9.4.2-13　　黄河古贤水利枢纽工程上游挡水坝边坡稳定计算结果

计算部位	计算工况	滑裂面编号	设计要求安全系数	计算安全系数	备注
迎水面边坡	不利水位	（1）	1.35	1.58	不利水位 573m，顶部无弃渣时，不考虑戗堤滑面
		(1)*	1.35	1.47	顶部堆弃渣后，上部弃渣滑动面
	施工期	（2）	1.15	1.73	上、下游无水，顶部无弃渣时
	最高水位 575.11m 降落至排水洞进口高程 560m	（3）	1.15	1.73	顶部无弃渣时，不考虑戗堤滑面
		（3）*	1.15	1.47	顶部堆弃渣后，上部弃渣滑动面
背水面边坡	最高水位 575.11m	（4）	1.35	1.41	顶部无弃渣时
	施工期	（5）	1.15	1.41	上、下游无水，顶部无弃渣时

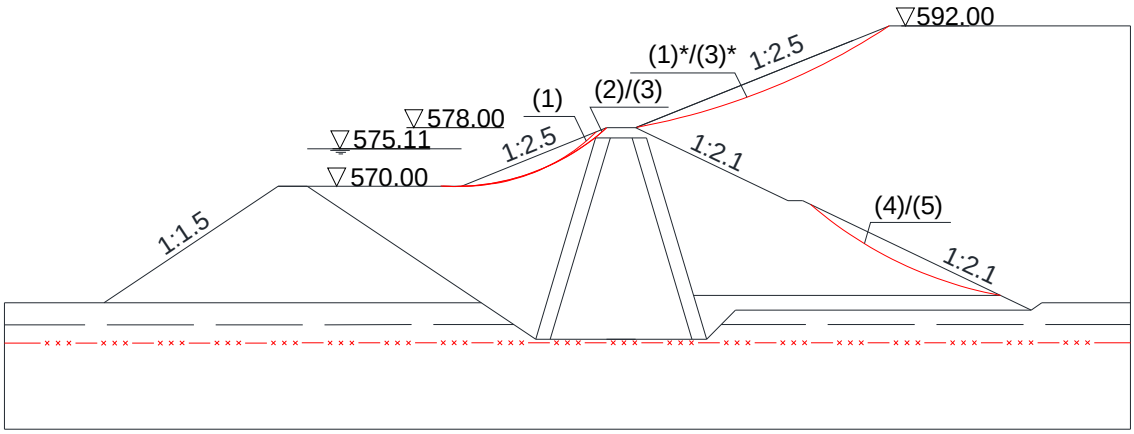


图 9.4.2-2　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#弃渣场主沟挡水坝滑动面计算结果

从以上稳定计算结果可以看出，上游挡水坝最小稳定安全系数均满足规范要求。

2）弃渣场平台周边坡面排水工程

坡面排水沟标准采用 5 年一遇 10 分钟短历时设计暴雨，弃渣场北面坡面汇水面积 0.37 km^2，Q_m=5.36m^3/s；弃渣场东面坡面汇水面积 0.36 km^2，Q_m=5.31m^3/s；弃渣场南面坡面汇水面积 0.27 km^2，Q_m=3.39m^3/s；由于弃渣场三面坡面设计流量相差不大，为了有利于排水沟施工，设计一致的坡面排水沟尺寸。

排水沟采用矩形浆砌石排水沟，过水断面尺寸：底宽 1.2m，深 1.2m，浆砌石底板厚度 0.3m，排水沟沟底纵坡坡降 3%，过水断面面积为 1.32m^2，流量达到 5.61m^3/s，设计

流速 4.25m/s，满足坡面最大流量 5.37m^3/s 要求。经计算共修建排水沟长度 8496m。

3）渣场底部渗流防护工程

根据现场调查，渣场底部存在常流水，主要为两侧岩隙渗水，平均流量 0.5～0.8m^3/s。

为了排出底部渗水，在渣场底部设计排水盲沟，盲沟按原沟道水流走向铺设，末端与挡渣墙墙身相接，城门洞形穿越墙体底部。盲沟采用梯形断面，底宽 3.0m，深 1.0m，边坡 1:0.5，沟底部铺设 70cm 大块石，然后再铺 30cm 卵石，顶部覆盖土工布，土工布之上设 20cm 砂砾石层。

（4）弃渣场设计

i）工程布置

弃渣场布置和弃渣上游坡已在（2）拦挡工程设计中反映，这里主要进行下游堆渣坡的设计。

1#渣场临库区侧斜坡防护工程边坡坡比为 1:2.5，在高程 485m、500m、515m、530m、545m、560m、575m 设置马道，马道宽度 2~5m。考虑到弃渣属于松散堆体，受重力影响及径流冲刷易造成水土流失，因此必须采取护坡。

渣场为库区型弃渣场，全部在正常蓄水位下，为防止施工期和水库初期运用期对坡面的冲刷破坏，结合弃渣场堆渣稳定设置斜坡防护工程。坡面设置干砌石护坡，护坡厚度 30cm。干砌石护坡下设置过渡料，水平宽度 3m。因弃渣料料源的不确定性，为保证边坡稳定性，在过渡层下设置石渣料，石渣料上部水平宽度为 30m，石渣料后为渣场弃渣。

因弃渣料料源的不确定性，即弃渣内可能含细颗粒料较多，且临库区侧斜坡在水库库区内，当上游水位骤降时，一方面弃渣内的细颗粒料可能被带走，另一方面弃渣内的孔隙水压力来不及消散，导致上游边坡抗滑稳定性降低出现滑动。根据边坡稳定计算，当不设置石渣料时，临水侧边坡在水位骤降工况下安全系数不满足要求，因此设置了过渡料及石渣料。过渡料可以起到变形协调及粒径过渡要求，还可以起到一部分反滤作用。过渡料最大粒径不超过 300mm，填筑标准采用孔隙率控制，压实后孔隙率应不大于 22%。石渣料主要料源为建筑物开挖料，最大粒径不大于 800mm，应具备良好的颗粒级配，填筑标准采用孔隙率控制，压实后孔隙率应不大于 23%。

ii）稳定分析

根据《水利水电工程水土保持技术规范》SL575-2012，弃渣体边坡正常运用条件允许安全系数为 1.35。渣场区域地震烈度为VI度，项目区不属于多雨区域，安全稳定系数

计算，不考虑地震工况和连续降雨工况。考虑到临黄河侧存在洪水期水位降落情况，计算了水位降落工况，同时也复核了施工期情况，两种情况均列入非常工况，允许安全系数为 1.15。

边坡稳定计算采用河海大学工程力学研究所编制的《水工结构分析系统（AutoBANK v7.07》。

根据地质勘探资料，结合工程材料特性分析，选用计算参数见表 9.4.2-14。弃渣场堆渣边坡稳定计算采用简化毕肖普法，计算结果汇总于表 9.4.2-15，边坡滑动面位置见图 9.4.2-3。

表 9.4.2-14　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#弃渣场堆渣边坡稳定计算参数

位置	材料	湿容重（kN/m³）	浮容重（kN/m³）	c（kPa）	摩擦角 φ（°）
斜坡防护工程	过渡料	21.5	12.9	0	40
	石渣料（压实）	19.6	12.0	0	33
	弃渣料（未压实）	19	10.15	0	30
地基	强风化基岩	22	16.6	500	40

表 9.4.2-15　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#弃渣场边坡稳定计算结果

计算部位	计算工况	滑裂面编号	设计要求安全系数	计算安全系数	备注
临水侧边坡	不利水位	（1）	1.35	1.43	不利水位 540m，
		（1）*	1.35	1.46	不利水位 490m，
	施工期	（2）	1.15	1.74	迎水面无水
	50 年一遇最高洪水位 523.88m 降落至边坡底高程 470m	（3）	1.15	1.25	施工期时水位降落
	水位从 592m 降落到初期运用水位 560m	（3）*	1.15	1.30	初期运用，调水调沙

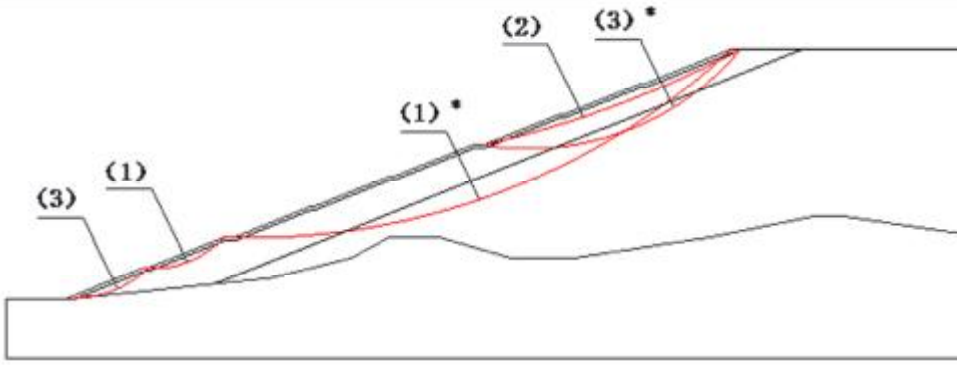


图 9.4.2-3　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#弃渣场边坡滑动面计算结果

（5）土地平整

堆渣结束后，对弃渣场顶面进行平整 65.89hm^2。

（6）碎石压盖

由于弃渣场位于水库淹没区，参照小浪底水利枢纽工程和栖霞院水利枢纽工程对库区弃渣场防治措施经验，堆渣结束后，对渣顶面采取碎石压盖措施，压盖厚度 10cm，碎石料利用弃渣场弃料，经计算，共需修筑碎石压盖面积 65.89hm^2。

（7）坝址区 1$^{\#}$渣场水土保持措施工程量

坝址区 1$^{\#}$渣场水土保持工程量见表 9.4.2-16。

表 9.4.2-16　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1$^{\#}$渣场水土保持防护措施工程量

措施类别				单位	坝址区 1$^{\#}$弃渣场
工程措施	土地整治工程	土地平整		hm^2	65.89
		碎石压盖		m^3	658900
	挡渣工程	浆砌石挡墙	长度	m	180
			石方开挖	m^3	630
			M7.5 浆砌石	m^3	1980
			PVC 管	m	810
			反滤料	m^3	42
			沥青砂板条	m^2	77
	斜坡防护工程	护坡	过渡料	m^3	131391
			石渣填筑	m^3	1366242
			干砌石	m^3	34853
	防洪排导工程	边坡截水沟	长度	m	8496
			土方开挖	m^3	10934
			石方开挖	m^3	9940
			M7.5 浆砌石	m^3	14528
		底部盲沟	长度	m	800
			石方开挖	m^3	3760
			铺设块石	m^3	2000
			土工布	m^2	2800
			砂砾石垫层	m^3	592
			M7.5 浆砌石	m^3	1248
		沉沙池	个数	个	4
			土方开挖	m^3	16
			砌砖	m^3	8
		挡水坝	覆盖层开挖	m^3	9510
			石方开挖	m^3	8584
			心墙土料	m^3	27810
			反滤料	m^3	10494
			石渣填筑	m^3	78975

表 9.4.2-16　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 1#渣场水土保持防护措施工程量

措施类别				单位	坝址区 1#弃渣场
			堆石护坡	m^3	1193
			排水体	m	8650
			戗堤	m^3	30640
			喷混凝土	m^3	4911
	防洪排导工程	排水洞洞身	石方洞挖	m^3	143383
			衬砌混凝土	m^3	37162
			隧洞衬砌钢模板	m^2	74324
			锚杆	根	17085
			钢筋	t	5378
			钢筋网	t	260
			喷混凝土 C20	m^3	10107
			固结灌浆	m	41181
			回填灌浆	m^2	23769
			橡胶止水	m	5857
			排水孔 D75mm	m	9099
			钢拱架 I20	t	79
			锁脚锚杆	根	407
			隧洞细部结构	m^3	37164
		排水洞进出口	覆盖层开挖	m^3	4954
			石方明挖	m^3	56945
			标准钢模板	㎡	7602
			进出口明渠混凝土(C30)	m^3	1583
			挑流鼻坎混凝土(C40)	m^3	2218
			喷混凝土 C20	m^3	1144
			钢筋网	t	44
			锚杆	根	1815
			钢筋	t	226
			进水口/塔/竖井/调压井细部结构	m^3	3801

9.4.3　坝址区 2#弃渣场水土保持设计

坝址区 2#弃渣场位于古贤坝址上游左岸 1km 处一支沟内。渣场总占地面积为 13.01hm^2，属于库区、沟道型弃渣场，堆渣高程 500m～640m，弃渣场容量 318 万 m^3，堆渣量 317.59 万 m^3。弃渣场顶面高程 640m，古贤水库正常蓄水位 627m，死水位为 588m，堆渣完成后，弃渣场部分位于水库淹没区。弃渣场设计堆渣量 317.59 万 m^3，主要堆存大坝左岸岸坡石方开挖、左岸缆机土方开挖和场内道路弃渣。

（1）工程等级与设计标准

1）工程等级：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，2#渣场堆渣量 317.59 万 m^3、最大堆渣高度 140m、弃渣场失事对主体工程或环境造成的危害程度为不严重，确定坝址区 2#渣场为 2 级渣场，挡渣建筑物级别为 3 级，排洪工程为 2 级；斜坡防护工程级别为 4 级；渣场位于大坝工程区，占地为永久占地，后期利用方向拟作为坝址区生态景观建设用地，其植被恢复与建设工程等级为 1 级。

2）设计标准：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，根据弃渣场防护工程等级确定相应的设计标准。防洪工程等级 2 级，防洪标准（重现期）50 年一遇设计，100 年一遇校核。永久截水工程设计标准按 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。根据地质资料，渣场区域地震烈度为VI度，项目区不属于多雨区域，安全稳定系数计算，不考虑地震工况和连续降雨工况。另外，水库正常蓄水后，渣场 627m 以下位于水下，同时计算，渣场 627m 渣体饱和状态下弃渣场抗滑稳定安全系数。渣场抗滑稳定安全系数：正常运用工况≥1.20（瑞典圆弧滑动法）。挡渣墙建筑别为 3 级，渣场挡墙基础为岩石，抗滑稳定系数：正常运用工况≥1.08。

3）水文计算

弃渣场位于山西省境内，设计洪水计算采用《山西省水文计算手册》中的经验公式进行计算，公式如下：

$$Q_p=C_p\times F^x$$

式中：Q_p—设计洪峰流量（m^3/s）；

C_p—经验系数；

F—流域面积（km^2）；

x—综合面积指数。

经计算，坝址区 2#渣场设计洪水流量表 9.4.3-1。

表 9.4.3-1　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 2#弃渣场不同标准设计流量表

位置		汇水面积（km^2）	不同标准设计流量（m^3/s）	
			2%	1%
2#渣场	干流	1.55	21.85	25.56
	支流	0.14	1.97	2.31

（2）挡渣工程设计

根据弃渣场的地理位置和地形情况，为避免弃渣向河道流失，根据《水利水电工程水土保持技术规范》，弃渣场的拦挡措施设置在渣场边坡跛脚处和临沟口设计浆砌石挡

渣墙拦渣。弃渣场沟口端为 0～3m 厚冲积物覆盖，不适合作为挡墙基础，需要对挡墙基础进行清基处理，设计采用 3:7 砂砾石换填，换填厚度 2m。结构型式采用重力挡渣墙，墙型采用墙背直立型，具体尺寸为墙顶宽为 0.5m，墙高为 5m，底宽为 3.5m，承受土压力的一侧为垂直边坡，另一边为 1:0.4，挡渣墙基础深 1m。为减小挡渣墙渗水压力，挡渣墙墙体设置 PVC 管排水孔，孔径 0.05m，行距、排距为 1.5m，呈梅花形布设，排水孔由里向外倾斜坡度为 5%。弃渣场挡墙单长度 PVC 管长度 4.5m，为避免地基不均匀沉陷而引起墙身开裂，须按墙高和地基性质的变异，设置沉降缝和伸缩缝，每隔 10m 设置一道，缝宽 3cm，采用沥青麻丝嵌缝。经计算，2#渣场挡渣墙长度为 50m。

坝址区 2#渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值见表 9.4.2-2。利用理正岩土计算软件，对挡渣墙进行抗滑及抗倾覆稳定分析计算。计算结果见表 9.4.3-3。

表 9.4.3-2　　黄河古贤水利枢纽工程渣体及堆料体物理力学指标建议值表

位置	地层	基本物理指标		自然快剪		饱和快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°	kPa	°
渣场基础	$T_2t_1^2$	26.2	26.6	500	40	500	40
	$T_2t_1^1$	26.5	26.9	495	39.5	495	39.5
石渣（碎石、块石为主）		19.00	20.15		33		32
土渣（土含少量碎石）		15.55	18.61	10	17	5	12

表 9.4.3-3　　黄河古贤水利枢纽工程挡渣墙稳定计算结果表

项目		标准	计算值	满足规范要求与否
挡渣墙基底抗滑稳定安全系数允许值	正常运用工况	1.08	1.120	满足
挡渣墙抗倾覆安全系数允许值	正常运用工况	1.50	2.621	满足

（3）防洪排导工程

坝址区 2#渣场防洪排导工程总体布局见表 9.4.3-4。

表 9.4.3-4　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 2#渣场防洪排导工程总体布局表

序号	排导对象	防洪排导工程		设计标准
		施工期	运行期	
1	上游沟道来水	排水涵	排洪沟	50 年一遇设计，100 年校核
2	堆渣平台周边坡面来水	排水沟+沉沙池		5 年一遇 10min 短历时设计暴雨
3	渣场顶面和坡面雨水	顶面、马道排水沟		5 年一遇 10min 短历时设计暴雨

1）弃渣场上游沟道来水排导工程

坝址区 2#弃渣场防洪设计标准为设计洪水 50 年一遇，校核洪水 100 年一遇。相对应的设计流量：干流汇水面积 1.55km²，$Q_{2\%}$=21.85m³/s，$Q_{1\%}$=25.56m³/s；支流汇水面积

0.14 km^2，$Q_{2\%}$=1.97m^3/s，$Q_{1\%}$=2.31m^3/s。

坝址区 2#弃渣场上游沟道来水排导工程布局:

施工期：在沟内设置排水涵，将沟道来水排入渣场下游沟道;

运行期：渣场堆渣高程 500m～640m，在水库正常蓄水后，渣场 627m 以下 位于水下，排水涵 627m 以下均处于水下，其排洪能力不能满足设计标准要求，同时后期清淤、检修难度大。因此，运行期采取在渣场平台与北侧边坡衔接处设置排洪沟，进口端设挡水堰，陡坡段设消力坎，末端接沉沙池后，接自然沟道。将水导入渣场下游沟道。

排水涵工程设计：施工前，在沟道内布置双孔排水箱涵，进口底板高程 645m，出口底板高程 490，底板纵坡为 3.4%，断面尺寸选用矩型宽×宽×高=2m×2m×2.5m 钢筋混凝土双孔箱涵，箱涵底板、侧墙和顶板均采用 C30 钢筋混凝土结构，C30 混凝土墙体厚度 0.5m，基础深 0.5m，宽 6.5m，C25 混凝土。设计流量 31.27m^3/s，满足设计标准要求。

挡水堰：挡水堰布置于在距渣场上游边缘处，选用浆砌石重力挡水堰，挡水堰顶高程 640.5m，顶宽 1.0m，墙高 2.5m，基础深 0.7m，迎水边坡坡度 1:0.15，背水边坡 1:0.5。

排洪沟：采用钢筋混凝土矩形结构，尺寸为 2.2m×2.2m，混凝土衬砌厚度 30cm，排洪沟底面纵坡坡率为 2%，陡坡段设消力陡坎，末端接沉沙池后，接自然沟道。

排洪沟水力计算：利用理正岩土计算软件，水力学计算项目，按有明渠均匀流计算，经计算通过流量 33.01m^3/s，满足设计标准要求。

坝址区 2#弃渣场支沟运行期排洪工程设计:

由于支沟汇水面积 0.14 km^2，$Q_{2\%}$=1.97m^3/s，$Q_{1\%}$=2.31m^3/s。流量小，与渣场平台周边排水沟相结合。由坡面排水沟排入渣场下游沟道或排水洞。

2）堆渣平台周边坡面截水工程

坡面排水沟标准采用 5 年一遇 10 分钟短历时设计暴雨，弃渣场北面坡面汇水面积 0.25 km^2，Q_{m1}=3.80m^3/s；弃渣场东面坡面汇水面积 0.07 km^2，Q_m^2=1.03m^3/s；弃渣场南面坡面汇水面积 0.15 km^2，Qm^3=2.21m^3/s；考虑支沟沟道来水，由东面、和南面排水沟排导，因此 Q_m^2=3.34m^3/s；Qm^3=4.51m^3/s；为了有利于排水沟施工，设计一致的坡面排水沟尺寸。

根据本工程坡面截排水工程布置，排水沟多位于基岩出露区，局部地表为第四系坡积物所覆盖，覆盖层一般厚 1m～3m，设计清除掉覆盖层把排水沟基础坐落在基岩上，对于位于基岩出露区的排水沟直接把基础坐落在基岩上。

排水沟采用矩形浆砌石排水沟，过水断面尺寸：底宽 1.2m，深 1.2m，浆砌石底板

厚度 0.3m，排水沟沟底纵坡坡降 3%，过水断面面积为 1.32m^2，流量达到 5.61m^3/s，设计流速 4.25m/s，满足坡面过水要求。经计算共修建排水沟长度 3117.6m。

3）渣场顶面和坡面排水措施

为了排除坡面雨水和渣场顶面雨水，在弃渣场顶面距边坡 2m 处、630m 马道内侧修建排水沟，将雨水引入渣场两侧的截水沟，由截水沟排入自然沟道。根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）要求，渣场内部永久排水工程设计标准采用 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨.

渣场顶面汇水面积 7.15hm^2，经计算设计流量为 0.94m^3/s。经试算，排水沟过水断面尺寸设计为底宽 0.8m，高为 0.8m，沟底纵坡坡降 3%，过水断面面积为 0.56m^2，设计流失流量达到 1.56m^3/s，满足设计要求，排水沟浆砌石厚度为 30cm。

马道排水沟设置矩形浆砌石排水沟,尺寸为底宽 0.5m,高为 0.3m,浆砌石厚度 30cm。

经计算，共修建顶面排水沟 340m，马道排水沟 279m。

（4）斜坡防护工程

从弃渣场边坡稳定分析计算结果，渣场均为稳定边坡，但是考虑到弃渣属于松散堆体，受重力影响及径流冲刷易造成水土流失，因此必须采取护坡措施。水库蓄水至正常水位以后，渣场 627m 以下均位于水下，627m ~ 640 位于水位以上，500m ~ 630m 坡面位于水库水位以下和水位涨落带及其影响区域,坡面设置钢筋石笼护坡,护坡厚度 0.5m，630m ~ 640 坡面设置混凝土框格护坡，混凝土框格护坡：菱形网格尺寸为 2.0×2.0m，网格采用 C25,混凝土网格骨架高 0.5m,其中嵌入坡面以下 0.15m,骨架内铺植物土 0.25m，露出地面 0.10m；网格 10 ~ 15m 设一条伸缩缝，肋柱处设伸缩缝。混凝土框格护坡详见前节的图 9.3-1、图 9.3-2。经计算，护坡钢筋石笼 9300 m^3，框格护坡混凝土 1090.58 m^3。

护坡下层设置过渡料，水平宽度 3m。因弃渣料料源的不确定性，并且坝址区 2$^{\#}$弃渣场堆渣结束后要作为观景场地，为满足观景平台建设需求以及保障弃渣场边坡稳定性，对坝址区 2$^{\#}$弃渣场内弃渣全部进行碾压。

因弃渣料料源的不确定性，即弃渣内可能含细颗粒料较多，且临库区侧斜坡在水库库区内，当库区水位骤降时，一方面弃渣内的细颗粒料可能被带走，另一方面弃渣内的孔隙水压力来不及消散，导致上游边坡抗滑稳定性降低出现滑动。过渡料可以起到变形协调及粒径过渡要求，还可以起到一部分反滤作用。有利于弃渣边坡稳定。过渡料最大粒径不超过 300mm，填筑标准采用孔隙率控制，压实后孔隙率应不大于 22%。弃渣场填筑弃渣压实后孔隙率应不大于 23%。

（5）土地整治工程

施工前，渣场场区进行表土剥离，剥离厚度 30cm，并集中堆放渣场上部边缘处，施工结束后，进行渣顶面土地平整，由于渣场堆渣以石渣为主，为防止土壤颗粒沿石渣缝隙流失，在土地平整后，铺设土工布，然后进行表土回覆和覆种植土。经计算，渣场覆表土后，仍不能满足后期绿化要求，需另覆种植以便后期绿化顺利实施。覆土来源为库区原头坡砂砾石料场剥离的表土。

（6）渣场绿化

坝址区 2#弃渣场位于大坝管理范围内，运行期，渣场部分位于水下，渣顶平台位于正常蓄水位以上，为配合坝址区景观绿化，拟将坝址区 2#弃渣场作为水库观景点，在坝址区 2#弃渣场土地整治措施完成后，采取高标准景观绿化措施进行绿化，采取种植乔木、灌木和草形式，种植乔木树种选取：油松、侧柏、银杏、雪松、樱花、榆叶梅、广玉兰、碧桃、千头椿等，种植灌木树种选取：石楠、迎春、月季、红瑞木、梳黄菊等，草种选取“金边”阔叶山麦冬、白羊茅、蓝羊茅、燕麦草等。其中乔木种植密度：株行距 2m×2m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

坝址区 2#弃渣场 630 高程以上边坡采用混凝土框格护坡，框格内采用灌草绿化防护方式，框格内覆种植土，灌木种植密度为株行距 1m×1m，撒播种草 80kg/hm^2，灌木选取沙棘或柠条，草种选取白羊茅。

（7）临时措施

在施工期间，对临时堆存的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

（8）坝址区 2#渣场水土保持措施工程量

2#渣场水土保持措施工程量见表 9.4.3-5。

表 9.4.3-5　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 2#渣场水土保持防护措施工程量表

措施类别				单位	工程量
工程措施	土地整治工程	土地平整		hm^2	7
		表土剥离		m^3	31350
		表土回覆		m^3	31350
		绿化覆土		m^3	25850
		土工布		hm^2	7
		渣体碾压		m^3	827052
	挡渣工程	浆砌石挡墙	长度	m	50

表 9.4.3-5　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 2#渣场水土保持防护措施工程量表

措施类别				单位	工程量
			石方开挖	m^3	175
			M7.5 浆砌石	m^3	550
			砂砾石基础换填	m^3	350
			清基	m^3	525
			PVC 管	m	225
			反滤料	m^3	12
			沥青砂板条	m^2	21
	斜坡防护工程	护坡	过渡料	m^3	83926
			石渣填筑	m^3	893216
			钢筋石笼	m^3	9300
			框格护坡土方开挖	m^3	1091
			框格内覆种植土	m^3	14650
			框格护坡混凝土	m^3	1091
	防洪排导工程	边坡截水沟	长度	m	3118
			土方开挖	m^3	4012
			石方开挖	m^3	3648
			清基	m^3	1122
			M7.5 浆砌石	m^3	3554
		渣场顶面排水沟	长度	m	620
			土方开挖	m^3	409
			M7.5 浆砌石	m^3	316
		沉沙池	个数	个	4
			土方开挖	m^3	16
			砌砖	m^3	8
		挡水坝（堰）	长度	m	40
			石方开挖	m^3	222
			反滤料	m^3	367.68
		排洪沟	长度	m	1336
			石方开挖	m^3	14429
			C25 砼	m^3	3463
			钢筋	t	416
		排水箱涵（含进出口）	长度	m	1700
			石方开挖	m^3	21114
			C25 基础砼	m^3	8288
			衬砌 C30 砼	m^3	23588
			钢筋	t	2831

表 9.4.3-5　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 2#渣场水土保持防护措施工程量表

措施类别				单位	工程量
植物措施	植物防护工程	栽植灌木	栽植	株	7920
		撒播种草	撒播	hm^2	1
			草籽	kg	63
	绿化美化工程	栽植乔木	栽植	株	17875
		栽植灌木	栽植	株	71500
		撒播种草	撒播	hm^2	7
			草籽	kg	572
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	115
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	36575

9.4.4　坝址区 3#弃渣场水土保持设计

坝址区 3#渣场位于黄河左岸距坝线上游约 0.5km 关里沟内，延伸长度约 970m。弃渣场顶面高程 640m，古贤水库正常蓄水位 627m，死水位为 588m，堆渣完成后，弃渣场部分位于水库淹没区。弃渣场设计堆渣量 83.17 万 m^3。

（1）工程等级与设计标准

1）工程等级：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，坝址区 3#渣场堆渣量 83.17 万 m^3、最大堆渣高度 140m、弃渣场失事对主体工程或环境造成的危害程度为不严重，确定坝址区 3#渣场为 3 级渣场，挡渣建筑物级别为 4 级，排洪工程为 3 级；斜坡防护工程级别为 4 级；渣场位于大坝工程区，占地为永久占地，后期利用方向拟作为坝址区生态景观建设用地，其植被恢复与建设工程等级为 1 级。

2）设计标准：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，根据弃渣场防护工程等级确定相应的设计标准。防洪工程等级 3 级，防洪标准（重现期）30 年一遇设计，50 年一遇校核。永久截水工程设计标准按 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。根据地质资料，渣场区域地震烈度为VI度，项目区不属于多雨区域，安全稳定系数计算，不考虑地震工况和连续降雨工况，另外，水库正常蓄水后，渣场 627m 以下位于水下，同时计算，渣场 627m 渣体饱和状态下弃渣场抗滑稳定安全系数。渣场抗滑稳定安全系数：正常运用工况≥1.20（瑞典圆弧滑动法）。挡渣墙建筑别为 4 级，渣场挡墙基础为岩石，抗滑稳定系数：正常运用工况≥1.05，边坡抗滑稳定安全系数：正常运用条件≥1.1，非常运用条件I≥1.05。

3）水文计算

弃渣场位于山西省境内，设计洪水计算采用《山西省水文计算手册》中的经验公式进行计算，公式如下:

$$Q_p=C_p\times F^x$$

式中：Q_p—设计洪峰流量（m^3/s）；

C_p—经验系数;

F—流域面积（km^2）；

x—综合面积指数。

经计算，坝址区 3#渣场设计洪水流量表 9.4.4-1。

表 9.4.4-1　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 3#弃渣场不同标准设计流量表

位置	汇水面积（km^2）	不同标准设计流量（m^3/s）	
		3.33%	2%
坝址区 3#渣场	0.54	6.83	7.81

（2）挡渣工程设计

根据弃渣场的地理位置和地形情况，为避免弃渣向河道流失，根据《水利水电工程水土保持技术规范》，弃渣场的拦挡措施设置在渣场边坡跛脚处。挡渣墙拟布置于弃渣场沟道沟口坡脚处，渣体坡脚为冲沟转折处，沟底狭窄，无覆盖层，以岩石地基作为拦挡渣墙基础。

挡渣墙结构型式采用重力挡渣墙,墙型采用墙背直立型,具体尺寸为墙顶宽为 0.5m，墙高为 5m，底宽为 3.5m，承受土压力的一侧为垂直边坡，另一边为 1:0.4，挡渣墙基础深 1m。为减小挡渣墙渗水压力，挡渣墙墙体设置 PVC 管排水孔，孔径 0.05m，行距、排距为 1.5m，呈梅花形布设，排水孔由里向外倾斜坡度为 5%。弃渣场挡墙单长度 PVC 管长度 4.5m，为避免地基不均匀沉陷而引起墙身开裂，须按墙高和地基性质的变异，设置沉降缝和伸缩缝，每隔 10m 设置一道，缝宽 3cm，采用沥青麻丝嵌缝。经计算，3#渣场挡渣墙长度为 30m。

坝址区 3#渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值见表 9.4.4-2。应用理正岩土软件对挡渣墙抗滑、抗倾稳定性进行验算，验算结果见表 9.4.4-3。

表 9.4.4-2　　黄河古贤水利枢纽工程渣体及堆料体物理力学指标建议值表

位置	地层	基本物理指标		自然快剪		饱和快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°	kPa	°
渣场基础	$T_2t_1^2$	26.2	26.6	500	40	500	40
	$T_2t_1^1$	26.5	26.9	495	39.5	495	39.5
石渣（碎石、块石为主）		19.00	20.15		33		32
土渣（土含少量碎石）		15.55	18.61	10	17	5	12

表 9.4.4-3　　黄河古贤水利枢纽工程挡渣墙稳定计算结果表

项目		标准	计算值	满足规范要求与否
挡渣墙基底抗滑稳定安全系数允许值	正常运用工况	1.05	1.120	满足
挡渣墙抗倾覆安全系数允许值	正常运用工况	1.45	2.621	满足

（3）防洪排导工程

坝址区 3#渣场防洪排导工程总体布局见表 9.4.4-4。

表 9.4.4-4　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 3#渣场防洪排导工程总体布局表

序号	排导对象	防洪排导工程		设计标准
		施工期	运行期	
1	上游沟道来水	排水涵	排水涵	50 年一遇设计，100 年校核
2	堆渣平台周边坡面来水	排水沟+沉沙池		5 年一遇 10min 短历时设计暴雨
3	渣场顶面和坡面雨水	顶面、马道排水沟		5 年一遇 10min 短历时设计暴雨

1）弃渣场上游沟道来水排导工程

坝址区 3#弃渣场防洪设计标准为设计洪水 30 年一遇，校核洪水 50 年一遇。相对应的设计流量：干流汇水面积 $0.54km^2$，$Q_{3.33\%}=6.83m^3/s$，$Q_{2\%}=7.81m^3/s$。

排水涵工程设计：施工前，在沟道内布置单孔排水箱涵，进口底板高程 638m，出口底板高程 560，底板纵坡为 0.121，断面尺寸选用矩型宽×高=2m×2m 钢筋混凝土单孔箱涵，箱涵底板、侧墙和顶板均采用 C30 钢筋混凝土结构，C30 混凝土墙体厚度 0.5m，基础深 0.5m，宽 4m，C25 混凝土。

排水涵水力计算：利用理正岩土计算软件，隧洞水力学计算项目，按有压流、淹没出流状态计算，上游水位 640.0m，下游水位 627.0m，进口底板高程 638.0m，出口底板高程 560.0m，流量系数为 0.36542，流速 5.833m/s，通过有压隧洞的流量为：$23.33m^3/s$，满足设计标准要求。

2）堆渣平台周边坡面截水工程

坡面排水沟标准采用 5 年一遇 10 分钟短历时设计暴雨，弃渣场东面坡面汇水面积

0.16 km^2，Q_{m1}=2.36m^3/s；弃渣场西面坡面汇水面积 0.14 km^2，Q_m^2=2.01m^3/s；为了有利于排水沟施工，坡面排水沟按 Q_{m1}=2.36m^3/s 设计排水沟尺寸。

根据 3#弃渣场坡面截排水沟工程布置，排水沟多位于基岩出露区，局部地表为第四系坡积物所覆盖，覆盖层一般厚 1m～3m，设计奖覆盖层清除后将排水沟基础坐落在基岩上，对于位于基岩出露区的排水沟则直接把基础坐落在基岩上。

排水沟采用梯形浆砌石排水沟，尺寸：底宽 0.6m，深 1.0m，边坡比 1:0.5，浆砌石厚度 0.3m，排水沟沟底纵坡坡降 1%，渠道的过水断面面积：0.80m^2，渠道断面的湿周：2.389m，渠道断面的水力半径：0.335m，渠道断面的水面宽：1.40m，采用的计算公式为：manning 公式 ，谢才系数为：33.33 ，渠道流量为:3.086m^3/s，满足坡面过水要求。经计算共修建排水沟长度 1520m。

3）渣场顶面和坡面排水措施

为了排除坡面雨水和渣场顶面雨水，在弃渣场顶面距边坡 2m 处、630m 马道内侧修建排水沟，将雨水引入渣场两侧的截水沟，由截水沟排入自然沟道。根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）要求，渣场内部永久排水工程设计标准采用 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨.

渣场顶面汇水面积 3.1hm^2，经计算设计流量为 0.45m^3/s。经试算，排水沟过水断面尺寸设计为底宽 0.8m，高为 0.8m，沟底纵坡坡降 3%，过水断面面积为 0.56m^2，设计流失流量达到 1.56m^3/s，满足设计要求，排水沟浆砌石厚度为 30cm。

马道排水沟设置矩形浆砌石排水沟,尺寸为底宽 0.5m,高为 0.3m,浆砌石厚度 30cm。

经计算，共修建顶面排水沟 200m，马道排水沟 198m。

（4）斜坡防护工程

从弃渣场边坡稳定分析计算结果，渣场均为稳定边坡，但是考虑到弃渣属于松散堆体，受重力影响及径流冲刷易造成水土流失，因此必须采取护坡。水库蓄水至正常水位以后，渣场 627m 以下均位于水下，627m～640m 位于水位以上，560m～630m 坡面位于水库水位涨落及其影响区域,在 560m～630m 坡面设置钢筋石笼护坡,护坡厚度 0.5m，630m～640m 坡面设置混凝土框格护坡，混凝土框格护坡：菱形网格尺寸为 2.0×2.0m，网格采用 C25，混凝土网格骨架高 0.5m，其中嵌入坡面以下 0.15m，骨架内铺植物土 0.25m，露出地面 0.10m；网格 10～15m 设一条伸缩缝，肋柱处设伸缩缝。混凝土框格

护坡详见前节的图 9.3-1、图 9.3-2。经计算，护坡钢筋石笼 9077 m^3，框格护坡混凝土 494.10 m^3。

护坡下层设置过渡料，水平宽度 3m。因弃渣料料源的不确定性，并且坝址区 3#弃渣场堆渣结束后要作为观景场地，为满足观景平台建设需求以及保障弃渣场边坡稳定性，对坝址区 3#弃渣场内弃渣全部进行碾压。

因弃渣料料源的不确定性，即弃渣内可能含细颗粒料较多，且临库区侧斜坡在水库库区内，当库区水位骤降时，一方面弃渣内的细颗粒料可能被带走，另一方面弃渣内的孔隙水压力来不及消散，导致上游边坡抗滑稳定性降低出现滑动。过渡料可以起到变形协调及粒径过渡要求，还可以起到一部分反滤作用。有利于弃渣边坡稳定。过渡料最大粒径不超过 300mm，填筑标准采用孔隙率控制，压实后孔隙率应不大于 22%。弃渣场填筑弃渣压实后孔隙率应不大于 23%。

（5）土地整治工程

施工前，渣场场区进行表土剥离，剥离厚度 30cm，并集中堆放渣场上部边缘处，施工结束后，进行渣顶面土地平整，由于渣场堆渣以石渣为主，为防止土壤颗粒沿石渣缝隙流失，在土地平整后，铺设土工布，然后进行表土回覆和覆种植土。经计算，渣场覆表土后，仍不能满足后期绿化要求，需另覆种植以便后期绿化顺利实施。覆土来源为库区原头坡砂砾石料场剥离的表土。

（6）渣场绿化

坝址区 3#弃渣场位于大坝管理范围内，运行期，渣场部分位于水下，渣顶平台位于正常蓄水位以上，为配合坝址区景观绿化，拟将 3#弃渣场作为水库观景点，在坝址区 3#弃渣场土地整治措施完成后，采取高标准景观绿化措施进行绿化，采取种植乔木、灌木和草形式，种植乔木树种选取：油松、侧柏、银杏、雪松、广玉兰等，种植灌木树种选取：石楠、迎春、月季、碧桃等，草种选取“金边”阔叶山麦冬、白羊茅、蓝羊茅、燕麦草等。其中乔木种植密度：株行距 2m×2m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

坝址区 3#弃渣场 630 高程以上边坡采用混凝土框格护坡，框格内采用灌草绿化防护方式，框格内覆种植土，灌木种植密度为株行距 1m×1m，撒播种草 80kg/hm^2，灌木选取沙棘或柠条，草种选取白羊茅。

（7）临时措施

在施工期间，对临时堆存的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

（8）坝址区 3#渣场水土保持措施工程量

坝址区 3#渣场水土保持措施工程量见表 9.4.4-5。

表 9.4.4-5　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 3#渣场水土保持防护措施工程量表

措施类别				单位	工程量
工程措施	土地整治工程	土地平整		hm^2	3
		表土剥离		m^3	4200
		表土回覆		m^3	4200
		绿化覆土		m^3	20600
		土工布		hm^2	3
		渣体碾压		m^3	154758
	挡渣工程	浆砌石挡墙	长度	m	30
			石方开挖	m^3	105
			M7.5 浆砌石	m^3	330
			清基	m^3	
			PVC 管	m	135
			反滤料	m^3	7
			沥青砂板条	m^2	13
	斜坡防护工程	护坡	过渡料	m^3	13883
			石渣填筑	m^3	167139
			钢筋石笼	m^3	9077
			框格护坡土方开挖	m^3	494
			框格内覆种植土	m^3	3650
			框格护坡混凝土	m^3	494
	防洪排导工程	边坡截水沟	长度	m	1520
			土方开挖	m^3	3131
			石方开挖	m^3	4972
			清基	m^3	365
			M7.5 浆砌石	m^3	3266
		渣场顶面排水沟	长度	m	200
			土方开挖	m^3	132

表 9.4.4-5　　黄河古贤水利枢纽工程坝址区 3#渣场水土保持防护措施工程量表

措施类别				单位	工程量
			M7.5 浆砌石	m^3	102
		沉沙池	个数	个	2
			土方开挖	m^3	8
			砌砖	m^3	4
		挡水坝(堰)	长度	m	55
			石方开挖	m^3	305
			反滤料	m^3	506
		排水箱涵（含进出口）	长度	m	815
			石方开挖	m^3	1630
			C25 基础砼	m^3	1630
			衬砌 C30 砼	m^3	4075
			钢筋	t	489
植物措施	植物防护工程	栽植灌木	栽植	株	3588
		撒播种草	撒播	hm^2	0.36
			草籽	kg	29
	绿化美化工程	栽植乔木	栽植	株	7750
		栽植灌木	栽植	株	31000
		撒播种草	撒播	hm^2	3
			草籽	kg	248
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	42
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	4900

9.4.5　上马台弃渣场水土保持设计

上马台弃渣场位于遮马峪河左岸（西磑口料场对岸）支沟内，渣场总占地面积为 19.76 hm^2，设计堆渣高程 696.5m～892m，设计堆渣量 506.26 万 m^3，最大堆高为 195.5m，主要堆存西磑口料场强风化石方开挖，皮带机线路石方洞挖及施工道路土石方开挖产生弃渣。弃渣场高程 770m 以上设“之”字型路，路宽 8m，最大坡度为 10.6%，最小转弯半径 12m，高程 859m 和 822m 处各设一级宽度为 2m 的马道，“之”字型路在高程 770m 处和施工道路相接。弃渣场高程 770m 以下渣料分级堆放，每堆高 15m 设一级马道，高程 710m 和 755m 处马道宽 5m， 725m 和 740 马道宽 2m。弃渣场最低一级边坡坡脚下游为国道 G209，坡脚距离 G209 的直线距离约为 410m。

（1）工程等级与设计标准

①工程等级：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，上马台渣场堆渣量 506.26 万 m^3、最大堆渣高度 195.5m、渣场下游 410m 处为国道 G209，弃渣场失事对环境造成的危害程度为严重，确定上马台弃渣场为 1 级渣场，对应的挡渣建筑物级别为 2 级，排洪工程级别为 1 级，斜坡防护工程级别为 3 级，渣场占地为临时占地，后期利用方向恢复林地，其植被恢复与建设工程等级为 3 级。

②防洪标准：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，根据弃渣场防护工程级别确定相应的设计防洪标准。防洪工程等级为 1 级，防洪标准（重现期）为 100 年一遇设计，200 年一遇校核。弃渣场坡面永久截排水工程设计标准按 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。

③抗震设计烈度和地震动参数：根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），弃渣场场区地震动峰值加速度为 0.15g，地震动反应谱特征周期为 0.40s，相应的地震基本烈度为VII度。设计烈度取VII度。

④弃渣场抗滑稳定安全系数：根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575－2012），弃渣场为 1 级建筑物，正常运用工况抗滑稳定最小安全系数为 1.35，非常运用工况抗滑稳定最小安全系数为 1.15。

⑤水文计算：水文计算见表 9.4.5-1。

表 9.4.5-1　　黄河古贤水利枢纽工程上马台渣场汇流面积和流量

位置	汇流面积（km^2）	不同频率洪水流量（m^3/s）	
		1%	0.5%
上马台渣场周边	0.202	7.7	10.2

5 年一遇 10 分钟短历时暴雨 15.9mm。

（2）弃渣场总体布置

弃渣场顶高程 892m，弃渣场高程 770m 以上设置“之”字型路，路宽 8m，转弯段坡度为 5.1%～5.2%，其他段坡度为 10.6%，最小转弯半径为 12m，之子路间坡面坡比 1:2.5，并在高程 859m 和 822m 各设一级宽度为 2m 的马道，“之”字型路在高程 770m 处和施工道路相接。弃渣场高程 770m 以下渣料分级堆放，在 755m、740m、725m、710m 处设有马道，其中高程 710m 和 755m 处为宽马道，宽 5m，其他马道宽 2m，每级马道间边坡 1:2.5。考虑堆渣料基本为石渣，通过稳定计算，表层石渣在地震工况下安全系数不满足规范要求，故对渣场表层水平宽 10m 范围内的渣料进行碾压，最大粒径 800mm，压

实后孔隙率应不大于 23%。其余渣料要求采用自下而上的方式进行堆存即可，不再进行特殊要求。

弃渣场基础基本为灰岩和白云岩，覆盖层分布在冲沟和缓坡部位，对人工开挖的块石、碎石和沟底的含大块石的碎石土不进行处理，仅对山坡较平缓处残、坡积的砂质粘性土和碎石进行开挖，集中堆放，作为以后渣场土地整治所用。

（3）拦渣工程设计

根据弃渣场的地理位置和地形情况，为避免弃渣流向下游沟道，产生水土流失，根据《水利水电工程水土保持技术规范》，弃渣场的拦挡措施设置在渣场边坡坡脚处。该处沟底部位为冲、洪积泥质碎石层或人工堆积的碎石土，设计将冲、洪积层及人工堆积层进行清除，挡墙基础位于基岩上。

挡渣工程结构型式采用浆砌石重力式挡渣墙，级别为 2 级，墙型采用墙背直立型，具体尺寸为墙顶宽为 1.0m，墙高为 5m，底宽为 4.5m，承受土压力的一侧为垂直边坡，另一边为 1:0.7，挡渣墙基础深 1m。为减小挡渣墙渗水压力，挡渣墙墙体设置 PVC 管排水孔，孔径 50mm，孔、排距为 1.5m，呈梅花形布设，排水孔由里向外倾斜坡度为 5%。为避免地基不均匀沉陷而引起墙身开裂，须按墙高和地基性质的变异，每隔 10m 设置一道分缝，缝宽 3cm，采用沥青麻丝嵌缝。挡渣墙长度为 25m。

挡渣墙基础位于强风化岩石上，墙后填的是石渣料。稳定计算采用的参数见表 9.4.5-2。

表 9.4.5-2　　黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场挡渣墙稳定计算采用参数

材料	湿容重（kN/m³）	浮容重（kN/m³）	c（kPa）	摩擦角 φ（°）
石渣料（压实）	20.8	12.8	0	33
弃渣料（未压实）	20.5	12.5	0	30
强风化基岩	24	16.6	500	28

强风化岩石的基础承载力为 1-2MPa，混凝土与基岩接触面的抗剪强度参数为：f’=0.8，c=0.5MPa。

荷载组合情况见表 9.4.5-3。

表 9.4.5-3　　黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场挡渣墙稳定计算荷载组合

荷载组合	计算情况	自重	土压力	地震荷载	其它	备注
基本组合	完建情况	√	√		√	考虑排水不畅时，挡墙后水压力
特殊组合I	施工情况	√	√		√	考虑施工期荷载
特殊组合II	地震情况	√	√	√		

挡渣墙的抗滑稳定、基底应力和抗倾覆稳定采用《水工挡土墙设计规范》（SL 379-2007）中的计算公式。抗滑稳定安全系数按下式计算:

$$K_C = \frac{f' \sum G + c'A}{\sum H}$$

式中：Kc—挡土墙沿基底面的抗滑稳定安全系数。

f′—挡土墙基底面与岩石地基之间的抗剪断摩擦系数，取 0.8;

c′—挡土墙基底面与岩石地基之间的抗剪断粘结力（kPa），取 500KPa;

∑G—作用在挡土墙上的全部垂直于水平面的荷载（kN）;

∑H—作用在挡土墙上全部平行于基底面的荷载（kN）;

A—挡土墙基底面的面积。

挡渣墙基底应力按下式计算:

$$P_{\substack{max \\ min}} = \frac{\sum G}{A} + \frac{\sum M}{W}$$

式中：$P_{\substack{max \\ min}}$—挡土墙基底应力的最大值或最小值（kPa）;

ΣG—作用在挡土墙上全部垂直于水平面的荷载（kN）;

ΣM—作用在挡土墙上全部荷载对于水平面平行前墙面方向形心轴的力矩之和（kN.m）;

A—挡土墙基底面的面积（m^2）;

W—挡土墙基底面对于基底面平行前墙面方向形心轴的截面矩（m^3）。

挡渣墙的抗倾覆稳定安全系数按下式计算:

$$K_0 = \frac{\sum M_V}{\sum M_H}$$

式中：K_0—挡土墙抗倾覆稳定安全系数。

ΣM_V—对挡土墙基底前趾的抗倾覆力矩（kN.m）;

ΣM_H—对挡土墙基底前趾的抗倾覆力矩（kN.m）;

应用理正岩土软件对挡渣墙抗滑、抗倾稳定性、基地应力进行计算，计算结果见表9.4.5-4。由计算结果可知，挡渣墙的稳定安全系数满足规范要求，基底应力小于地基承载力，且基底应力最大值与最小值之比满足要求。

表 9.4.5-4　　黄河古贤水利枢纽工程上马台渣场挡渣墙稳定计算表

计算工况	抗滑稳定计算		抗倾覆稳定计算		基底应力（kPa）		
	计算值	规范值	计算值	规范值	P_{max}	P_{min}	平均值
基本组合	15.97	3.00	2.16	1.50	77.63	39.98	58.80
特殊组合I	17.88	2.50	3.78	1.30	86.83	79.28	83.06
特殊组合II	14.63	2.30	2.05	1.30	85.48	32.81	59.14

（4）防洪排导工程

上马台弃渣场基本布置在支沟的沟头部位，支沟基本形不成洪水，故设计仅对弃渣场周边山体的雨水进行拦截排放，在渣场周边设置了截洪沟，截洪沟的设计标准为100年一遇设计，200年一遇校核。根据截洪沟布置的不同水流方向，采用不同位置相应山体汇水面积产生的洪水流量，进行截洪沟的断面尺寸设计。

渣场周边山体的汇流面积为0.202km^2，汇流范围分布分区见图9.4.5-1，不同部位山体产生的洪水流量见表9.4.5-5。

表 9.4.5-5　　黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场周边不同部位洪水流量

编号	面积（km^2）	不同频率设计流量（m^3/s）	
		1%	0.50%
1	0.046	1.7	2.3
2	0.034	1.3	1.7
3	0.021	0.8	1.1
4	0.032	1.2	1.6
5	0.033	1.3	1.7
6	0.036	1.4	1.8
合计	0.202	7.7	10.2

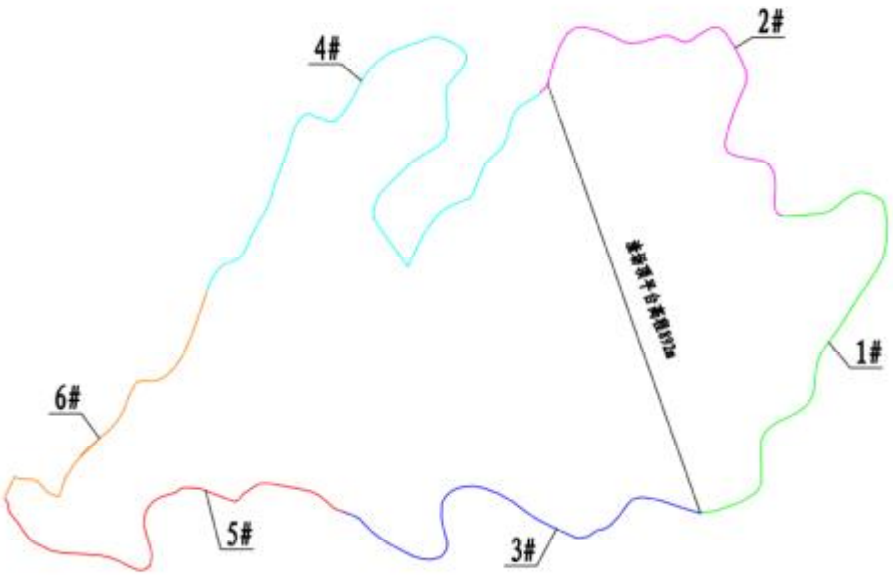


图 9.4.5-1　渣场周边汇流范围分布图

为了排除坡面雨水和渣场顶面雨水，在弃渣场顶面距边坡 2m 处、马道内侧修建排水沟，将雨水引入渣场两侧的截水沟，由截水沟排入自然沟道。根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）要求，渣场内部永久排水工程设计标准采用 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。

排水沟的的设计排水流量，采用《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）中的计算公式，按下式进行计算：

$$Q_m=16.67\varphi qF$$

式中：Q_m—排水沟排水流量，m^3/s;

q—设计降雨历时内的平均降雨强度,mm/min; 5 年一遇 10 分钟短历时暴雨 15.9mm，则 q 取 1.59 mm/min;

φ—径流系数，渣场顶面和坡面均采用混凝土框格梁加植草护坡，取 0.6;

F—汇水面积，km^2。

渣场顶面及坡面不同高程排水沟的汇流面积和流量见表 9.4.5-6。

表 9.4.5-6　　黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场排水沟的汇流面积和流量表

高程	汇水面积 F	总排水流量 Q	0.5 倍排水流量 Q
m	km^2	m^3/s	m^3/s
892 高程平台	0.0546	0.868	0.434
892 ~ 859 斜马道	0.0166	0.265	--

表 9.4.5-6　　黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场排水沟的汇流面积和流量表

高程	汇水面积 F	总排水流量 Q	0.5 倍排水流量 Q
859 高程马道	0.0128	0.204	0.102
859 ~ 822 斜马道	0.0192	0.305	--
822 高程马道	0.0137	0.219	0.109
822 ~ 796 斜马道	0.0157	0.250	--
796 ~ 782 斜马道	0.0129	0.205	--
782 ~ 770 斜马道	0.0062	0.099	--
755 高程马道	0.0062	0.098	0.049
740 高程马道	0.0034	0.053	0.027
725 高程马道	0.0037	0.059	0.029
710 高程马道	0.0030	0.048	0.024
合计	0.178	2.83	--

截洪沟、排水沟过水断面面积计算采用下式计算:

$$A=Q/v$$

式中：A—排水沟过水断面面积（m^2）；

Q—排水沟排水流量（m^3/s）；

V—排水沟内平均流速（m/s）。

排水沟断面尺寸计算结果见表 9.4.5-7。

表 9.4.5-7　　黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场排水沟断面尺寸计算成果表

高程	排水沟流量 Q	沟底水力坡降 I	沟壁粗糙系数 n	排水沟底宽	排水沟水深	排水沟内流速 v	设计底宽	设计高度
m	m^3/s	/	/	m	m	m/s	m	m
892 高程平台	0.434	0.005	0.025	0.70	0.601	1.03	0.70	0.90
892~859 斜马道	0.265	0.106	0.025	0.50	0.182	2.91	0.50	0.50
859 高程马道	0.204	0.002	0.025	0.50	0.399	0.51	0.50	0.70
859~822 斜马道	0.305	0.106	0.025	0.50	0.202	3.02	0.50	0.50
822 高程马道	0.219	0.002	0.025	0.50	0.422	0.52	0.50	0.70
822~796 斜马道	0.250	0.106	0.025	0.50	0.175	2.86	0.50	0.50
796~782 斜马道	0.205	0.106	0.025	0.50	0.152	2.70		
782~770 斜马道	0.099	0.106	0.025	0.50	0.092	2.16		
755 高程马道	0.049	0.002	0.025	0.50	0.228	0.43		

表 9.4.5-7　　黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场排水沟断面尺寸计算成果表

高程	排水沟流量 Q	沟底水力坡降 I	沟壁粗糙系数 n	排水沟底宽	排水沟水深	排水沟内流速 v	设计底宽	设计高度
m	m^3/s	/	/	m	m	m/s	m	m
740 高程马道	0.027	0.002	0.025	0.40	0.183	0.37	0.4	0.4
725 高程马道	0.029	0.002	0.025	0.40	0.196	0.38		
710 高程马道	0.024	0.002	0.025	0.40	0.159	0.36		

截洪沟根据图 9.4.5-1 分为 6 段计算，1、3、5 一侧的流量比 2、4、6 一侧的流量稍大，两侧排水沟采用相同的断面，故采用 1、3、5 一侧的排水沟进行计算。计算结果见表 9.4.5-8。

表 9.4.5-8　　黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场截洪沟断面尺寸计算成果表

截洪沟编号	截洪沟设计流量 Q_1	截洪沟校核流量 Q_2	沟底水力坡降 I	沟壁粗糙系数 n	边坡	截洪沟底宽	Q_1 下计算水深 H_1	Q_2 下计算水深 H_2	设计底宽	设计高度
	m^3/s	m^3/s				m	m	m	m	m
1	1.70	2.30	0.002	0.025	1:0.5	1.50	0.82	0.98	1.5	1.5
3	4.68	8.33	0.4	0.015	直立	1.50	0.88	1.09		
5	7.18	11.59	0.4	0.015	直立	1.50	1.18	1.37		

注：截洪沟的流量加入渣场顶部平台和马道排水沟的相应流量。

台阶式消能跌落水流的台阶高度参照下式进行计算：

$$h=y_c\times(0.57\times(tg\theta)^3+1.3)$$

式中：h—台阶高度（m）；

θ—排水沟底坡角度；

y_c—排水沟进口处的临界水深（m）。

经计算，对两岸接坡处（3 号～6 号）的截洪沟，设计流量不同，3 号和 5 号截洪沟台阶消能为跌落水流时的高度分别为 1.42m 和 1.66m，考虑接坡处的平均坡度比 1:2.5 缓，3 号截洪沟（800m 高程以上）的台阶高度取 1.5m，5 号截洪沟（800m 高程以下）的台阶高度取 1.7m。

①渣场顶面和坡面排水沟

根据以上计算，上马台弃渣场顶部平台距边坡 2m 处设底宽 0.7m，深 0.9m 的矩形浆砌石排水沟，浆砌石厚度 0.3m，排水沟沟底纵坡坡降 0.5%，从中部分别流向两岸截

流沟。排水沟总长 368m。

马道排水沟布置在每个马道的内侧，为矩形浆砌石排水沟。平马道排水沟沟底纵坡坡降 0.2%，从中部分别流向两岸截流沟；859m 高程（较长侧）、822m 高程马道排水沟尺寸为底宽 0.5m，高为 0.7m，排水沟总长 584m；755m 高程平马道排水沟尺寸为底宽 0.5m，高为 0.5m，排水沟长 92m；740m～710m 高程、859m 高程平马道（较短侧）排水沟尺寸为底宽 0.4m，高为 0.4m，排水沟总长 326m。斜马道内侧排水沟尺寸为底宽 0.5m，高为 0.5m，排水沟总长 1276m。浆砌石厚度均为 30cm。

②截洪沟

弃渣场顶部 1 号和 2 号截洪沟布置在渣场顶部平台与山体相交处，以拦截山体雨水，1 号和 2 号截洪沟的水分别流向两岸 3、5 号排洪沟，1 号和 2 号截洪沟均为梯形浆砌石结构，沟底纵坡坡降 0.2%，底宽 1.5m，高 1.5m，边坡 1:0.5，浆砌石厚度 30cm，排水沟长度为长 409m、375m。

两岸 3 号～6 号截洪沟采用混凝土结构的台阶消能型式。排水沟为矩形横断面，净宽 1.5m，混凝土强度等级为 C25。底板混凝土台阶处净厚 0.5m，边墙为直立挡墙，厚 0.5m，边墙高 1.5m。底坡随接触面坡度而定。3 号和 4 号截洪沟，台阶高度为 1.5m，截洪沟分别长 375m、681m；5 号和 6 号截洪沟，台阶高度为 1.7m，截洪沟分别长 366m、298m。

③底部盲沟

为了排出底部渗水，在渣场底部设计排水盲沟，盲沟按原沟道水流走向铺设，末端与挡渣墙墙身相接，城门洞形穿越墙体底部。盲沟采用梯形断面，底宽 3.0m，深 1.0m，边坡 1:0.5，沟底部铺设 70cm 大块石，然后再铺 30cm 卵石，顶部覆盖土工布，土工布之上设 20cm 砂砾石层。共修建排水盲沟 840m。

（5）堆渣边坡设计

1）堆渣边坡稳定计算

弃渣场边坡稳定计算方法采用考虑条间力的简化毕肖普法，计算程序采用黄河设计公司和河海大学联合编制的 Autobank7.7。

根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575－2012），弃渣场抗滑稳定计算分为正常运用工况和非常运用工况。

①正常运用工况：弃渣场在正常和持久的条件下运用，弃渣场处在最终弃渣状态时，渣体无渗流或稳定渗流。安全系数不小于 1.35。

②非常运用工况：弃渣场在正常工况下遭遇VII度（0.15g）地震。安全系数不小于 1.15。地震力的计算考虑边坡地震惯性力的动态分布系数。

稳定计算采用参数见表 9.4.5-9。

表 9.4.5-9　　黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场稳定计算参数

材料	湿容重（kN/m³）	浮容重（kN/m³）	c（kPa）	摩擦角 φ（°）
石渣料（压实）	20.8	12.8	0	33
弃渣料（未压实）	20.5	12.5	0	30
强风化基岩	24	16.6	500	28

堆渣边坡未设置压实层时，边坡的稳定计算结果见表 9.4.5-10 和图 9.4.5-2 所示。在非常运用工况下，边坡稳定不能满足规范要求，最不利滑裂面位于坡体上部的浅层滑裂面。

表 9.4.5-10　　黄河古贤水利枢纽工程上马台渣场（未设压实区）边坡稳定计算表

计算工况	滑裂面编号	计算安全系数	设计要求安全系数	备注
正常运用工况	1	1.47	1.35	最不利滑裂面
	3	1.64	1.35	指定滑动面
	4	2.48	1.35	指定滑动面
非常运用工况	2	1.13	1.15	最不利滑裂面
	3	1.33	1.15	指定滑动面
	4	1.78	1.15	指定滑动面

鉴于在地震工况下，渣场上部表层安全系数不满足规范要求，故对渣场坡面表层水平宽 10m 范围内进行碾压，以提高表层石渣的抗剪强度。堆渣边坡设置压实层时，边坡的稳定计算结果见表 9.4.5-11 和图 9.4.5-3 所示。由表中计算结果可知：边坡表层压实可有效提高边坡的稳定性，渣场边坡稳定系数满足规范要求。渣场是安全的。

表 9.4.5-11　　黄河古贤水利枢纽工程上马台渣场（设压实区）边坡稳定计算表

计算工况	滑裂面编号	计算安全系数	设计要求安全系数	备注
正常运用工况	1	1.54	1.35	最不利滑裂面
	3	1.66	1.35	指定滑动面
	4	2.47	1.35	指定滑动面

表 9.4.5-11　　黄河古贤水利枢纽工程上马台渣场（设压实区）边坡稳定计算表

计算工况	滑裂面编号	计算安全系数	设计要求安全系数	备注
非常运用工况	2	1.23	1.15	最不利滑裂面
	3	1.35	1.15	指定滑动面
	4	1.78	1.15	指定滑动面

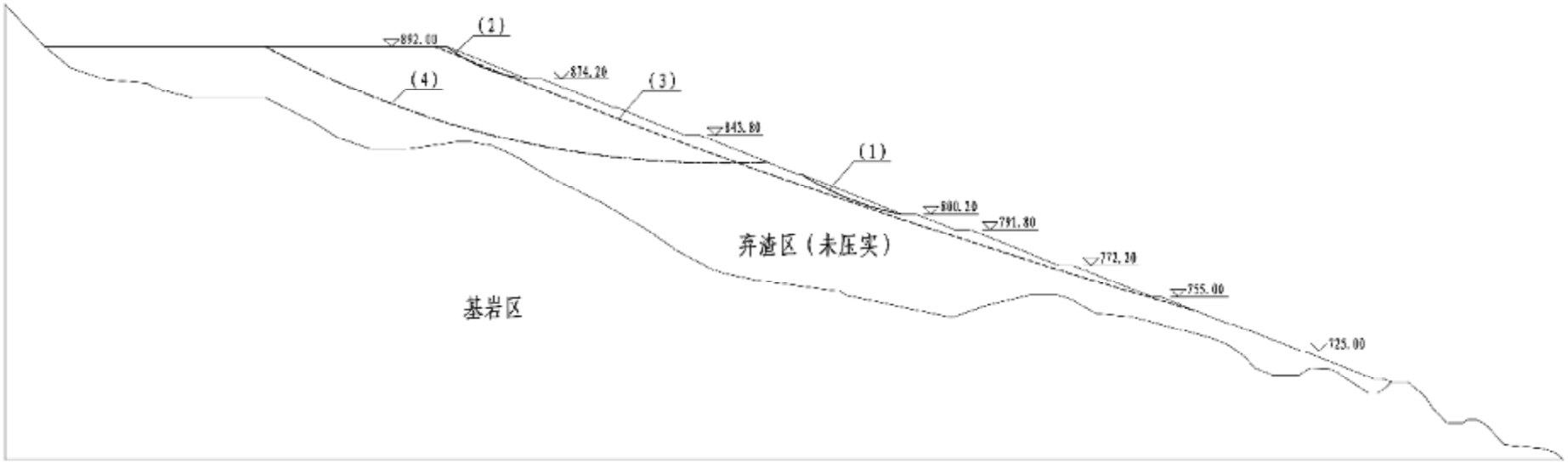


图 9.4.5-2　上马台渣场（未设压实区）边坡滑动面计算结果

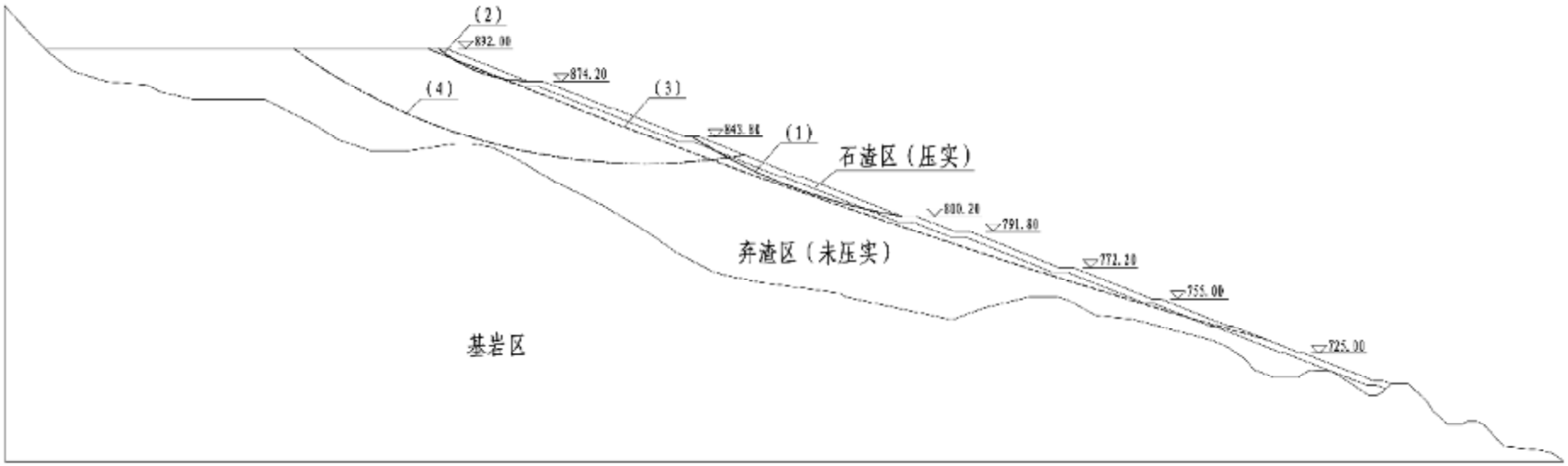


图 9.4.5-3　　上马台渣场（设压实区）边坡滑动面计算结果

从弃渣场边坡稳定分析计算结果，在自然堆放地震工况下，渣场上部表层安全系数不满足规范要求，故对弃渣场坡面表层水平宽 10m 范围内石渣进行碾压，最大粒径 800mm，压实后孔隙率应不大于 23%，以提高表层石渣的抗剪强度。

2）斜坡防护工程

同时考虑到坡面弃渣场体受重力影响及径流冲刷易造成水土流失，设计弃渣场坡面采取混凝土框格护坡，混凝土框格护坡：菱形网格尺寸为 2.0×2.0m，网格采用 C25，混凝土网格骨架高 0.5m，其中嵌入坡面以下 0.15m，骨架内铺植物土 0.25m，露出地面 0.10m；网格 10～15m 设一条伸缩缝，肋柱处设伸缩缝。混凝土框格护坡详见图 9.4.5-5、9.4.5-6。

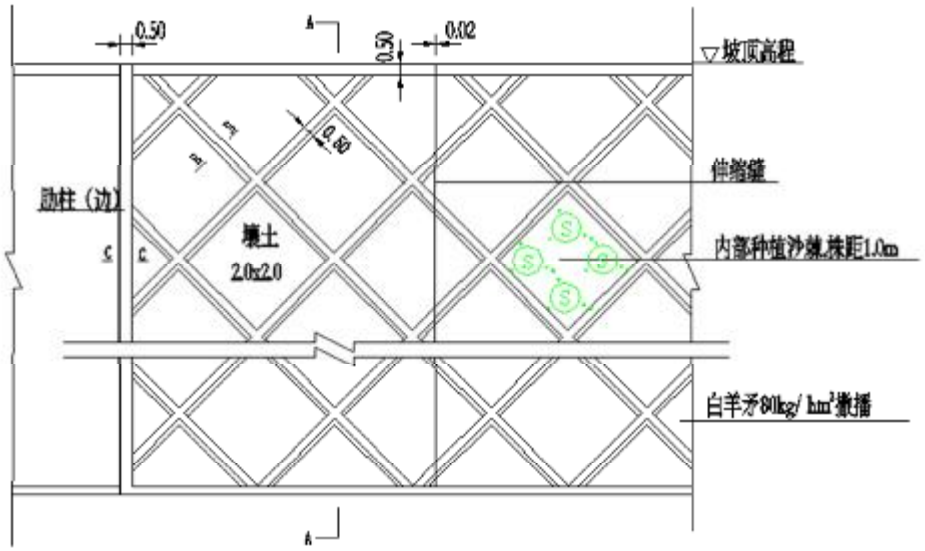


图 9.4.5-5　　混凝土框格护坡平面图

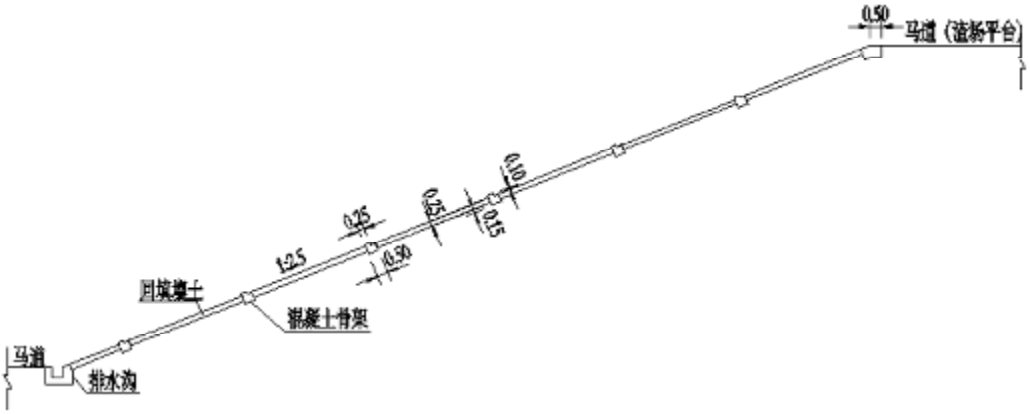


图 9.4.5-6　　混凝土框格护坡断面图

（6）土地整治工程

为保证弃渣场堆渣结束后覆土绿化要求，施工前，渣场场区进行表土剥离，剥离厚度 30cm，初期剥离的表土临时堆放在沟口较为平缓处，堆渣中后期剥离表土临时堆存于弃渣场征地范围内上部。施工结束后，进行渣顶面土地平整，由于渣场堆渣以石渣为主，为防止土壤颗粒沿石渣缝隙流失，在土地平整后，铺设土工布，然后进行表土回覆。

（7）植被恢复工程

在土地整治措施完成后，渣场顶面采取种植乔木、灌木和草进行绿化，种植乔木树种：侧柏，种植灌木树种：沙棘，草推荐白羊茅。其中乔木种植密度：株行距 2m×2m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

弃渣场边坡在框格梁内采用栽植灌草绿化，灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

（8）临时措施

在施工期间，对临时堆存的表土采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

（9）格栅坝

上马台弃渣场沟道下游有一处天然山体屏障将弃渣场沟道沟口与 G209 正对方向阻断。堆渣坡脚与山体之间现状为一料场开采形成的凹地，该区域可作为超标准情况下弃渣场失事时缓冲停淤场，该停淤场占地面积约 2.45hm^2，与上游弃渣场坡脚高差约 15m，可缓冲容纳弃渣 12 万 m^3，设计在停淤场下部沟口修建一座格栅坝。位置示意图见图 9.4.5-7。

格栅坝的特点是拦、排兼备，变实体重力坝的全部拦挡为部分拦挡。格栅坝可拦蓄泥石流中的大部分较大固体物质，排走泥沙、细砾和流体中的自由水，使进入坝库的泥石流很快被疏干，达到水土分离。具有良好的拦石排水效果，且具有结构简单、施工周期短、工程费用低等优点，方便运用。

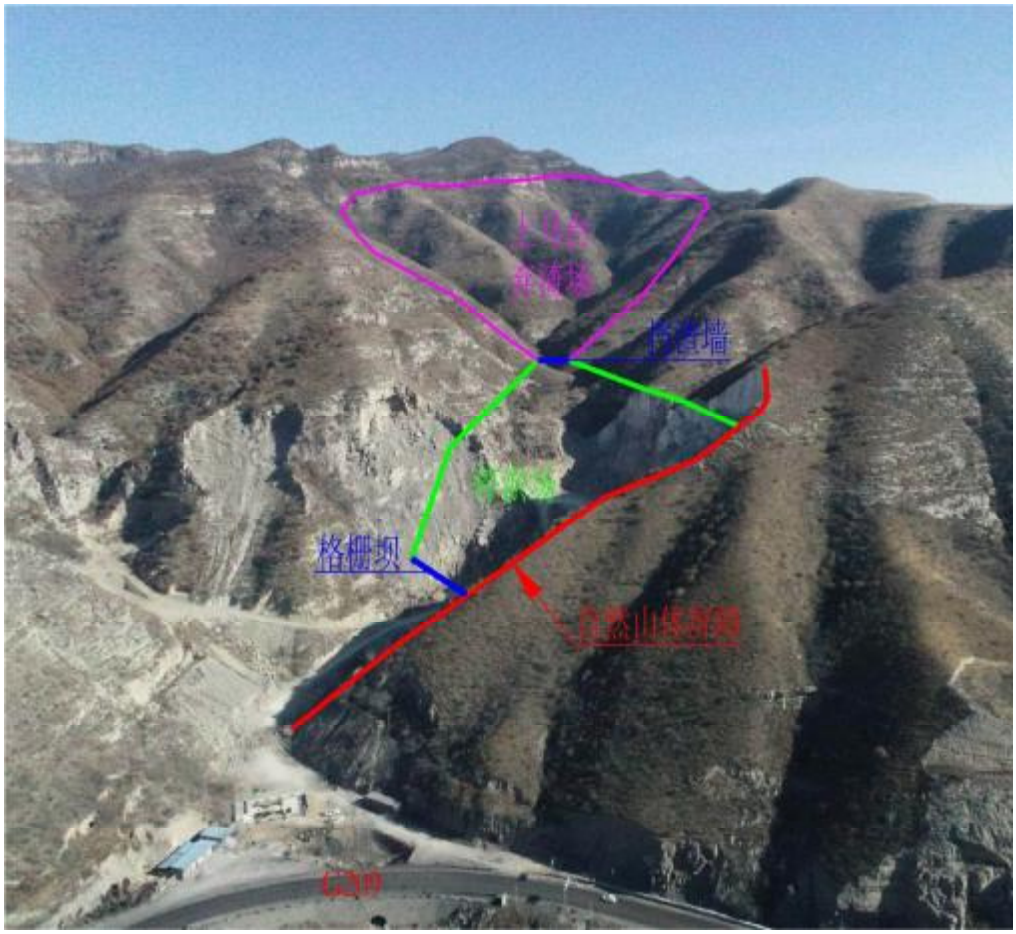


图 9.4.5-7　格栅坝位置示意图

设计在停淤场下部沟口修建一座钢筋混凝土格栅坝，总长度 28.8m，坝高 3m，基础埋深 1m，4 跨布置，格栅净长 6.1m，自上而下分设 4 片钢筋混凝土梁，梁间净距为 30cm。设计简图见图 9.4.5-7。

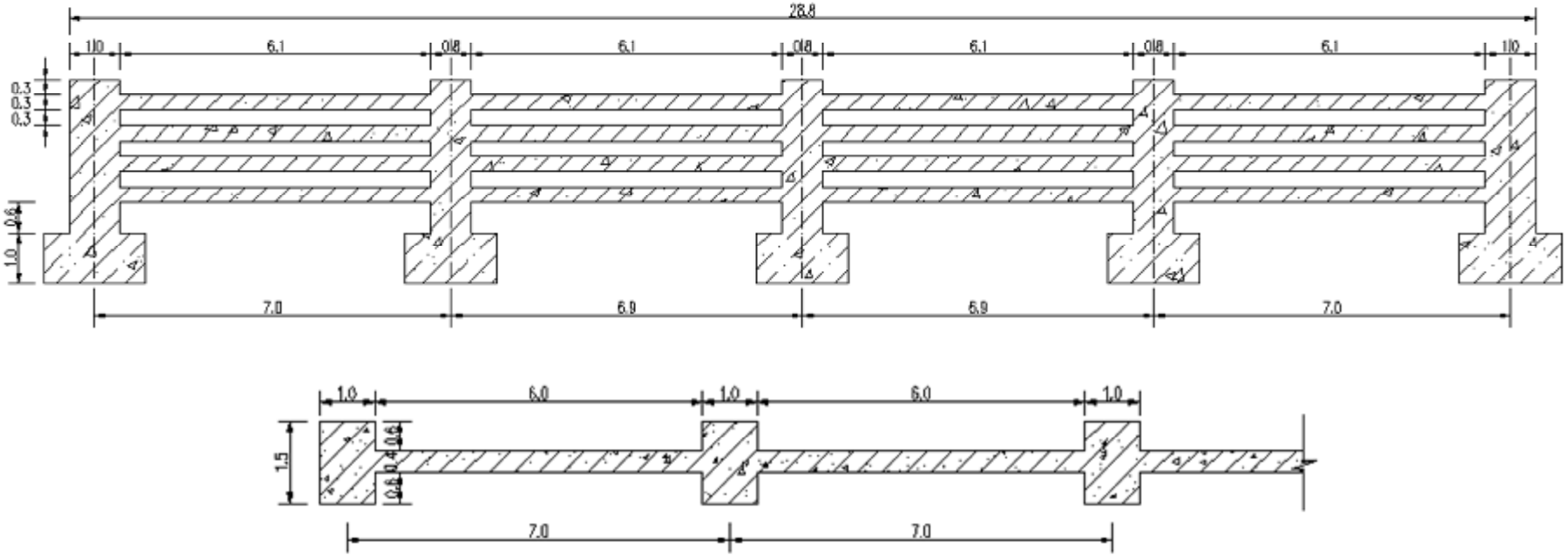


图 9.4.5-7　　格栅坝设计简图

（9）上马台弃渣场工程量

上马台弃渣场工程量详见表 9.4.5-12。

表 9.4.5-12　　黄河古贤水利枢纽工程上马台弃渣场工程量表

措施类别				单位	工程量
工程措施	土地整治工程	土地平整		hm^2	17
		表土剥离		m^3	79650
		表土回覆		m^3	79650
		土工布		hm^2	7
	挡渣工程	浆砌石挡墙	长度	m	25
			石方开挖	m^3	195
			M7.5 浆砌石	m^3	388
			砂砾石基础换填	m^3	175
			PVC 管	m	166
			反滤料	m^3	15
			沥青砂板条	m^2	31
	斜坡防护工程	渣体碾压		m^3	460538
		工程护坡	框格护坡土方开挖	m^3	8043
			框格内覆种植土	m^3	28725
			框格护坡混凝土	m^3	16086
	防洪排导工程	排水沟	长度	m	5150
			石方开挖	m^3	6088
			M7.5 浆砌石	m^3	3664
			C30 混凝土	m^3	11817
			钢筋	t	473
		底部盲沟	长度	m	840
			石方开挖	m^3	3948
			铺设块石	m^3	2100
			土工布	m^2	2940
			砂砾石垫层	m^3	622
			M7.5 浆砌石	m^3	1310
植物措施	植物防护工程	栽植灌木	栽植	株	114900
		撒播种草	撒播	hm^2	11
			草籽	kg	919
	植被恢复工程	栽植乔木	栽植	株	13700
		栽植灌木	栽植	株	41100
		撒播种草	撒播	hm^2	5
			草籽	kg	438
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	183
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	29205

9.4.6 进场道路 1#弃渣场水土保持设计

进场道路 1#渣场位于黄河左岸，距 1#桥梁、2#桥梁约 0.5km 支沟内，东西延伸长度约 750m，设计堆渣高程 555~640m，堆渣量 320.22 万 m^3。主要堆存进场道路和皮带机线路工程弃渣。

（1）工程等级与设计标准

①工程等级：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，进场道路 1#渣场堆渣量 320.22 万 m^3、最大堆渣高度 80m、弃渣场失事对主体工程或环境造成的危害程度为无危害，确定进场道路 1#渣场为 3 级渣场，挡渣建筑物级别为 4 级，排洪工程为 3 级；斜坡防护工程级别为 5 级；渣场占地为临时占地，占地类型为林地，后期利用方向恢复林地，其植被恢复与建设工程等级为 3 级。

②设计标准：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，根据弃渣场防护工程等级确定相应的设计标准。防洪工程等级 3 级，防洪标准（重现期）30 年一遇设计，50 年一遇校核。永久截水工程设计标准按 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。根据地质资料，渣场区域地震烈度为VI度，项目区不属于多雨区域，安全稳定系数计算，不考虑地震工况和连续降雨工况。渣场抗滑稳定安全系数：正常运用工况≥1.20（瑞典圆弧滑动法）。挡渣墙建筑别为 4 级，渣场挡墙基础为岩石，抗滑稳定系数：正常运用工况≥1.05，边坡抗滑稳定安全系数：正常运用条件≥1.05。

③水文计算

弃渣场位于山西省境内，设计洪水计算采用《山西省水文计算手册》中的经验公式进行计算，公式如下：

$$Q_p=C_p\times F^x$$

式中：Q_p—设计洪峰流量（m^3/s）；

C_p—经验系数；

F—流域面积（km^2）；

x—综合面积指数。

经计算，进场道路 1#渣场设计洪水流量表 9.4.6-1。

表 9.4.6-1　　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 1#弃渣场不同标准设计流量表

位置	汇水面积（km^2）	不同标准设计流量（m^3/s）	
		3%	2%
进场道路 1#渣场	0.40	3.58	4.18

（2）挡渣工程设计

根据弃渣场的地理位置和地形情况，为避免弃渣向沟道下游流失，根据《水利水电工程水土保持技术规范》，弃渣场的拦挡措施设置在渣场边坡跛脚处设计浆砌石挡渣墙拦渣。弃渣场沟口端为 0～3m 厚冲积物覆盖，不适合作为挡墙基础，需要对挡墙基础进行清基处理，设计采用 3:7 砂砾石换填，换填厚度 2m。

结构型式采用重力挡渣墙，墙型采用墙背直立型，具体尺寸为墙顶宽为 0.5m，墙高为 5m，底宽为 3.5m，承受土压力的一侧为垂直边坡，另一边为 1:0.4，挡渣墙基础深 1m。为减小挡渣墙渗水压力，挡渣墙墙体设置 PVC 管排水孔，孔径 0.05m，行距、排距为 1.5m，呈梅花形布设，排水孔由里向外倾斜坡度为 5%。弃渣场挡墙单长度 PVC 管长度 4.5m，为避免地基不均匀沉陷而引起墙身开裂，须按墙高和地基性质的变异，设置沉降缝和伸缩缝，每隔 10m 设置一道，缝宽 3cm，采用沥青麻丝嵌缝。经计算，挡渣墙长度为 50m。

进场道路 1#渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值见表 9.4.6-2。

表 9.4.6-2　　黄河古贤水利枢纽工程渣体及堆料体物理力学指标建议值表

位置	地层	基本物理指标		直剪快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°
渣场基础	强风化	22.0	23.6	300	30
	弱风化上部	25.0	27.9	1200	45
渣体	渣体综合	19.00	20.15		33

应用理正岩土软件对挡渣墙抗滑、抗倾稳定性进行验算，验算结果见表 9.4.6-3。

表 9.4.6-3　　黄河古贤水利枢纽工程挡渣墙稳定计算结果表

项目		标准	计算值	满足规范要求与否
挡渣墙基底抗滑稳定安全系数允许值	正常运用工况	1.05	1.172	满足
挡渣墙抗倾覆安全系数允许值	正常运用工况	1.40	2.736	满足

（3）防洪排导工程

进场道路 1#渣场防洪排导工程总体布局见表 9.4.6-4。

表 9.4.6-4　　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 1#渣场防洪排导工程总体布局表

序号	排导对象	防洪排导工程	设计标准
1	上游沟道来水、堆渣平台周边坡面来水	截水沟	30 年一遇设计，50 年校核
2	渣场顶面和坡面雨水	顶面、马道排水沟	5 年一遇 10min 短历时设计暴雨
3	渣场底部岩隙渗水	底部盲沟	

1）弃渣场上游沟道来水排导工程

进场道路 1#弃渣场防洪设计标准为设计洪水 30 年一遇，校核洪水 50 年一遇。相对应的设计流量：汇水面积 0.40km^2，$Q_{3.33\%}$=3.58m^3/s，$Q_{2\%}$=4.18m^3/s。

进场道路 1#弃渣场排水沟沿线多基岩出露，局部存在很薄的坡积物，设计将排水沟基础处坡积物进行清除后直接把排水沟基础坐落在基岩上。

进场道路 1#弃渣场上游沟道来水排导工程布局：在渣场平台与边坡衔接处设置截水沟，进口端设挡水堰，陡坡段设消力坎，末端接沉沙池后，接自然沟道。将水导入渣场下游沟道。截水沟采用浆砌石梯形结构，尺寸为底宽 80cm，深 120cm，边坡 1:0.5，浆砌石厚度 30cm，排洪沟底面纵坡坡率为 3%，陡坡段设消力陡坎，末端接沉沙池后，接自然沟道。经计算，共修建截水沟 2515m

截水沟水力计算：利用理正岩土计算软件，水力学计算项目，按有明渠均匀流计算，经计算通过有压隧洞流量 5.12m^3/s，满足设计标准要求。

2）渣场顶面和坡面排水措施

为了排除坡面雨水和渣场顶面雨水，在弃渣场顶面距边坡 2m 处、马道内侧修建排水沟，将雨水引入渣场两侧的截水沟，由截水沟排入自然沟道。根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）要求，渣场内部永久排水工程设计标准采用 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。渣场顶面汇水面积 11.4hm^2，经计算设计流量为 1.24m^3/s。经试算，排水沟过水断面尺寸设计为底宽 0.8m，高为 0.8m，沟底纵坡坡降 3%，过水断面面积为 0.56m^2，设计流失流量达到 1.56m^3/s，满足设计要求，排水沟浆砌石厚度为 30cm。

马道排水沟设置矩形浆砌石排水沟，尺寸为底宽 0.5m，高为 0.3m，浆砌石厚度 30cm。

经计算，共修建顶面排水沟 395m，马道排水沟 813m。

3）渣场底部渗流防护工程

为了排出底部渗水，在渣场底部设计排水盲沟，盲沟按原沟道水流走向铺设，末端与挡渣墙墙身相接，城门洞形穿越墙体底部。盲沟采用梯形断面，底宽 3.0m，深 1.0m，边坡 1:0.5，沟底部铺设 70cm 大块石，然后再铺 30cm 卵石，顶部覆盖土工布，土工布之上设 20cm 砂砾石层。共修建排水盲沟 906m。

（4）斜坡防护工程

从弃渣场边坡稳定分析计算结果，渣场均为稳定边坡，但是考虑到弃渣属于松散堆体，受重力影响及径流冲刷易造成水土流失，因此必须采取护坡。坡面设置混凝土框格护坡，混凝土框格护坡：菱形网格尺寸为2.0×2.0m，网格采用C25，混凝土网格骨架高

0.5m，其中嵌入坡面以下0.15m，骨架内铺植物土0.25m，露出地面0.10m；网格10～15m设一条伸缩缝，肋柱处设伸缩缝。混凝土框格护坡详见前节的图9.3-1、9.3-2。经计算，混凝土框格护坡面积 2.91hm^2。

（5）土地整治工程

施工前，渣场场区进行表土剥离，剥离厚度 30cm，并集中堆放渣场上部边缘处，施工结束后，进行渣顶面土地平整，由于渣场堆渣以石渣为主，为防止土壤颗粒沿石渣缝隙流失，在土地平整后，铺设土工布，然后进行表土回覆。经计算，剥离回覆表土41850m^3，土地平整 11.04hm^2，铺设土工布 11.04hm^2。

（6）渣场绿化

在土地整治措施完成后，采取种植乔木、灌木和草进行了绿化，种植乔木树种：侧柏，种植灌木树种：沙棘，草推荐白羊茅。其中乔木种植密度：株行距 2m×2m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

（7）临时措施

在施工期间，对临时堆存的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

（8）进场道路 1#渣场水土保持措施工程量

进场道路 1#渣场水土保持措施工程量见表 9.4.6-5。

表 9.4.6-5　　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 1#渣场水土保持防护措施工程量表

措施类别				单位	工程量
工程措施	土地整治工程	土地平整		hm^2	11.04
		表土剥离		m^3	41850
		表土回覆		m^3	41850
		土工布		hm^2	11.04
	挡渣工程	浆砌石挡墙	长度	m	50
			石方开挖	m^3	175
			M7.5 浆砌石	m^3	337.5
			砂砾石基础换填	m^3	350
			清基	m^3	525

表 9.4.6-5　　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 1#渣场水土保持防护措施工程量表

措施类别				单位	工程量
			PVC 管	m	225
			反滤料	m^3	11.67
			沥青砂板条	m^2	21.39
	斜坡防护工程	框格护坡	框格护坡土方开挖	m^3	4407.78
			框格内覆种植土	m^3	7275.00
			框格护坡混凝土	m^3	4407.78
	防洪排导工程	边坡截水沟	长度	m	2515
			土方开挖	m^3	6564.15
			石方开挖	m^3	4376.1
			清基	m^3	176.05
			M7.5 浆砌石	m^3	3347.465
		渣场顶面排水沟	长度	m	395
			土方开挖	m^3	260.7
			M7.5 浆砌石	m^3	201.45
		马道排水沟	长度	m	813
			土方开挖	m^3	536.58
			M7.5 浆砌石	m^3	273.66
		底部盲沟	长度	m	906
			石方开挖	m^3	4258.2
			铺设块石	m^3	2265
			土工布	m^2	3171
			砂砾石垫层	m^3	670.44
			M7.5 浆砌石	m^3	1413.36
		沉沙池	个数	个	2
			土方开挖	m^3	8
			砌砖	m^3	4
		挡水坝（堰）	长度	m	65
			石方开挖	m^3	360.75
			反滤料	m^3	597.48
植物措施	植物防护工程	栽植灌木	栽植	株	29100.00
		撒播种草	撒播	hm^2	2.91
			草籽	kg	232.80
	植被恢复工程	栽植乔木	栽植	株	27600
		栽植灌木	栽植	株	139500
		撒播种草	撒播	hm^2	13.95

表 9.4.6-5　　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 1#渣场水土保持防护措施工程量表

措施类别				单位	工程量
			草籽	kg	1116
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	132.87
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	48825

9.4.7　进场道路 2#弃渣场水土保持设计

进场道路 2#渣场位于刘古庄岭村，距进场道路入口约 7.3km 黄河左岸冲沟内，延伸长度约 900m，设计堆渣高程 476~565m，堆渣量 200 万 m^3。主要堆存进场道路工程弃渣。

（1）工程等级与设计标准

①工程等级：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，进场道路 2#渣场堆渣量 200 万 m^3、最大堆渣高度 89m、弃渣场失事对主体工程或环境造成的危害程度为无危害，确定进场道路 2#渣场为 3 级渣场，挡渣建筑物级别为 4 级，排洪工程为 3 级；斜坡防护工程级别为 5 级；渣场占地为临时占地，占地类型为林地，后期利用方向恢复林地，其植被恢复与建设工程等级为 3 级。

②设计标准：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，根据弃渣场防护工程等级确定相应的设计标准。防洪工程等级 3 级，防洪标准（重现期）30 年一遇设计，50 年一遇校核。永久截水工程设计标准按 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。根据地质资料，渣场区域地震烈度为VII度，项目区不属于多雨区域，安全稳定系数计算，考虑地震工况，不考虑连续降雨工况。渣场抗滑稳定安全系数：正常运用工况≥1.20（瑞典圆弧滑动法），非常运用工况≥1.05（瑞典圆弧滑动法）；挡渣墙建筑别为 4 级，渣场挡墙基础为岩石，抗滑稳定系数：正常运用工况≥1.05，非常运用工况≥1.00；边坡抗滑稳定安全系数：正常运用条件≥1.05，非常运用条件II≥1。

③水文计算

弃渣场位于山西省境内，设计洪水计算采用《山西省水文计算手册》中的经验公式进行计算，公式如下：

$$Q_p=C_p\times F^x$$

式中：Q_p—设计洪峰流量（m^3/s）；

C_p—经验系数;

F—流域面积（km^2）;

x—综合面积指数。

经计算，进场道路 2#渣场设计洪水流量表 9.4.7-1。

表 9.4.7-1　　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 2#弃渣场不同标准设计流量表

位置	汇水面积（km^2）	不同标准设计流量（m^3/s）	
		3%	2%
进场道路 2#渣场	2.10	20.48	23.59

（2）挡渣工程设计

根据弃渣场的地理位置和地形情况，为避免弃渣向沟道下游流失，根据《水利水电工程水土保持技术规范》，弃渣场的拦挡措施设置在渣场边坡跛脚处设计浆砌石挡渣墙拦渣。挡渣墙布设于弃渣场沟道沟口处，渣体坡脚为冲沟转折处，沟底狭窄，无覆盖层，基岩出露，将基岩层作为挡渣墙基础。

结构型式采用重力挡渣墙，墙型采用墙背直立型，具体尺寸为墙顶宽为 0.5m，墙高为 5m，底宽为 3.5m，承受土压力的一侧为垂直边坡，另一边为 1:0.4，挡渣墙基础深 1m。为减小挡渣墙渗水压力，挡渣墙墙体设置 PVC 管排水孔，孔径 0.05m，行距、排距为 1.5m，呈梅花形布设，排水孔由里向外倾斜坡度为 5%。弃渣场挡墙单长度 PVC 管长度 4.5m，为避免地基不均匀沉陷而引起墙身开裂，须按墙高和地基性质的变异，设置沉降缝和伸缩缝，每隔 10m 设置一道，缝宽 3cm，采用沥青麻丝嵌缝。经计算，挡渣墙长度为 150m。

进场道路 2#渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值见表 9.4.7-2。应用理正岩土软件对挡渣墙抗滑、抗倾稳定性进行验算，验算结果见表 9.4.7-3。

表 9.4.7-2　　黄河古贤水利枢纽工程渣体及堆料体物理力学指标建议值表

位置	地层	基本物理指标		直剪快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°
渣场基础	强风化	22.0	23.6	300	30
	弱风化上部	25.0	27.9	1200	45
渣体	渣体综合	19.00	20.15		33

表 9.4.7-3　　黄河古贤水利枢纽工程挡渣墙稳定计算结果表

项目		标准	计算值	满足规范要求与否
挡渣墙基底抗滑稳定安全系数允许值	正常运用工况	1.05	1.172	满足
	非常运用工况	1.0	1.045	满足
挡渣墙抗倾覆安全系数允许值	正常运用工况	1.45	2.736	满足
	非常运用工况	1.35	2.438	满足

（3）防洪排导工程

进场道路 2#渣场防洪排导工程总体布局见表 9.4.7-4。

表 9.4.7-4　　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 2#渣场防洪排导工程总体布局表

序号	排导对象	防洪排导工程	设计标准
1	上游沟道来水	挡水堰+排水涵	30 年一遇设计，50 年校核
2	堆渣平台周边坡面来水	截水沟	5 年一遇 10min 短历时设计暴雨
3	渣场顶面和坡面雨水	顶面、马道排水沟	5 年一遇 10min 短历时设计暴雨

1）弃渣场上游沟道来水排导工程

进场道路 2#弃渣场防洪设计标准为设计洪水 30 年一遇，校核洪水 50 年一遇。相对应的设计流量：汇水面积 2.10km^2，$Q_{3.33\%}$=20.48m^3/s，$Q_{2\%}$=23.59m^3/s。

排水涵工程设计：施工前，在沟道内布置双孔排水箱涵，进口底板高程 565m，出口底板高程 475，底板纵坡为 9.0%，断面尺寸选用矩型宽×高=1.5m×2.0m 钢筋混凝土双孔箱涵，箱涵底板、侧墙和顶板均采用 C30 钢筋混凝土结构，C30 混凝土墙体厚度 0.5m，基础深 0.5m，宽 5.5m，C25 混凝土。截水沟水力计算：利用理正岩土计算软件，水力学计算项目，按有明渠均匀流计算，排水涵设计流量 44.58m^3/s，流速 7.56m/s 满足设计标准要求。经计算，共修建排水涵 990m，挡水堰 51m。

挡水堰：挡水堰布置于在距渣场上游边缘处，选用浆砌石重力挡水堰，挡水堰顶高程 570m，顶宽 4.0m，高 3m，基础深 2m，迎水边坡坡度 1:2，背水边坡 1:2。面板：C30 钢筋混凝土，厚度 50cm。经计算，修建挡水堰 51m。

挡水堰稳定分析：挡水围堰稳定计算采用河海大学工程力学研究所编制的《水工结构分析系统（AutoBANK v7.07》。计算采用二维有限元法，按各向同性介质模型，采用拉普拉斯方程式，用自动方式生成三角形单元。

根据《水利水电工程水土保持技术规范》SL 575-2012 的规定，3 级挡水堰采用瑞典圆弧法时正常运用工况 $K_{允许}$=1.08，非常运用工况 $K_{允许}$=1.00；简化毕肖普法时正常运用

工况 $K_{允许}$=1.25，非常运用工况 $K_{允许}$=1.10。

计算用各地层参数见表 9.4.7-5。挡水围堰稳定计算结果汇总于表 9.4.7-6。

表 9.4.7-5　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 2#弃渣场挡水围堰抗滑稳定计算各地层参数表

位置	地层	基本物理指标		直剪快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°
土石围堰	土石体	23.0	25.0	10	40
地基	弱风化层	25.00	27.9	1200	45

表 9.4.7-6　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 2#弃渣场挡水围堰最小安全系数汇总表

计算工况	迎水坡计算安全系数		背水坡计算安全系数		是否满足要求
	瑞典圆弧法	毕肖普法	瑞典圆弧法	毕肖普法	
正常运行	2.77	2.86	2.77	2.86	是
施工期	2.64	2.72	2.64	2.72	是
水位骤降	2.57	2.67	—	—	是

从以上稳定计算结果可以看出，围堰最小稳定安全系数均满足规范要求。

2）堆渣平台周边坡面截水工程

坡面排水沟标准采用 5 年一遇 10 分钟短历时设计暴雨，弃渣场北面坡面汇水面积 0.19km^2，Q_{m1}=2.805m^3/s；弃渣场南面坡面汇水面积 0.201 km^2，$Q_m{}^2$=2.967m^3/s；为了有利于排水沟施工，坡面排水沟按 Q_{m1}=2.967m^3/s 设计排水沟尺寸。

根据进场道路 2#弃渣场截排水沟走向，排水沟沿线多基岩出露，局部存在很薄的坡积物，设计清除薄的覆盖层直接把排水沟基础坐落在基岩上，其地基承载力及变形均满足要求。

排水沟采用梯形浆砌石排水沟，尺寸：底宽 0.6m，深 1.0m，边坡比 1:0.5，浆砌石厚度 0.3m，排水沟沟底纵坡坡降 4%，渠道的过水断面面积：0.80m^2，渠道断面的湿周：2.389m，渠道断面的水力半径：0.335m，渠道断面的水面宽：1.40m，采用的计算公式为：manning 公式，谢才系数为：33.33 ，渠道流量为:3.086m^3/s，满足坡面过水要求。经计算共修建排水沟长度 2689m。

3）渣场顶面和坡面排水措施

为了排除坡面雨水和渣场顶面雨水，在弃渣场顶面距边坡 2m 处、马道内侧修建排水沟，将雨水引入渣场两侧的截水沟，由截水沟排入自然沟道。根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）要求，渣场内部永久排水工程设计标准采用 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。渣场顶面汇水面积 9.34hm^2，经计算设计流量为 1.379m^3/s。经

试算，排水沟过水断面尺寸设计为底宽 0.8m，高为 0.8m，沟底纵坡坡降 3%，过水断面面积为 0.56m^2，设计流失流量达到 1.56m^3/s，满足设计要求，排水沟浆砌石厚度为 30cm。

马道排水沟设置矩形浆砌石排水沟，尺寸为底宽 0.5m，高为 0.3m，浆砌石厚度 30cm。

经计算，共修建顶面排水沟 245m，马道排水沟 935m。

（4）斜坡防护工程

从弃渣场边坡稳定分析计算结果，渣场均为稳定边坡，但是考虑到弃渣属于松散堆体，受重力影响及径流冲刷易造成水土流失，因此必须采取护坡。坡面设置混凝土框格护坡，混凝土框格护坡：菱形网格尺寸为2.0×2.0m，网格采用C25，混凝土网格骨架高0.5m，其中嵌入坡面以下0.15m，骨架内铺植物土0.25m，露出地面0.10m；网格10～15m设一条伸缩缝，肋柱处设伸缩缝。混凝土框格护坡详见前节的图9.3-1、9.3-2。经计算，混凝土框格护坡面积 2.82hm^2。

（5）土地整治工程

施工前，渣场场区进行表土剥离，剥离厚度 30cm，并集中堆放渣场上部边缘处，施工结束后，进行渣顶面土地平整，由于渣场堆渣以石渣为主，为防止土壤颗粒沿石渣缝隙流失，在土地平整后，铺设土工布，然后进行表土回覆。经计算，剥离回覆表土 36480m^3，土地平整 9.34hm^2，铺设土工布 9.34hm^2。

（6）渣场绿化

在土地整治措施完成后，采取种植乔木、灌木和草进行了绿化，种植乔木树种：侧柏，种植灌木树种：沙棘，草推荐白羊茅。其中乔木种植密度：株行距 2m×2m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

（7）临时措施

在施工期间，对临时堆存的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

（8）进场道路 2$^{\#}$渣场水土保持措施工程量

进场道路 2$^{\#}$渣场水土保持措施工程量见表 9.4.7-7。

表 9.4.7-7　　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 2#渣场水土保持防护措施工程量表

措施类别				单位	工程量
工程措施	土地整治工程	土地平整		hm^2	9
		表土剥离		m^3	36480
		表土回覆		m^3	36480
		土工布		hm^2	9.34
	挡渣工程	浆砌石挡墙	长度	m	150
			石方开挖	m^3	525
			M7.5 浆砌石	m^3	1013
			PVC 管	m	675
			反滤料	m^3	35
			沥青砂板条	m^2	64
	斜坡防护工程	框格护坡	框格护坡土方开挖	m^3	4271
			框格内覆种植土	m^3	7050
			框格护坡混凝土	m^3	4271
	防洪排导工程	边坡截水沟	长度	m	2689
			土方开挖	m^3	2130
			石方开挖	m^3	2130
			清基	m^3	188
			M7.5 浆砌石	m^3	2866
		渣场顶面排水沟	长度	m	245
			土方开挖	m^3	162
			M7.5 浆砌石	m^3	125
		马道排水沟	长度	m	935
			土方开挖	m^3	617
			M7.5 浆砌石	m^3	315
		沉沙池	个数	个	2
			土方开挖	m^3	8
			砌砖	m^3	4
		挡水坝（堰）	石方开挖	m^3	880
			心墙土料	m^3	1733
			石渣填筑	m^3	2940
			堆石护坡	m^3	440
			排水体	m	55
			戗堤	m^3	116
			喷混凝土	m^3	16
		排水箱涵（含进出口）	长度	m	1200
			石方开挖	m^3	22800
			C25 基础砼	m^3	3300

表 9.4.7-7　　黄河古贤水利枢纽工程进场道路 2#渣场水土保持防护措施工程量表

措施类别				单位	工程量
			衬砌 C30 砼	m^3	9000
			钢筋	t	1080
植物措施	植物防护工程	栽植灌木	栽植	株	28200
		撒播种草	撒播	hm^2	3
			草籽	kg	226
	植被恢复工程	栽植乔木	栽植	株	23350
		栽植灌木	栽植	株	121600
		撒播种草	撒播	hm^2	12
			草籽	kg	973
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	124
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	42560

9.4.8　皮带机线路工程弃渣场水土保持设计

皮带机运输工程区共设置 11 个弃渣场，分别为杜闯（2#）弃渣场、孟庄南（3#）弃渣场、南庙湾（4#）弃渣场、丁涧（5#）弃渣场、木家岭（6#）弃渣场、谭坪（7#）弃渣场、漫水滩（8#）弃渣场、北角头凸（9#）弃渣场、石家庄（10#）弃渣场、桌子岭（11#）弃渣场和东庄（12#）弃渣场，渣场类型均为沟道型渣场，渣场总占地面积 23.24hm^2，占地性质为临时占地，占地地类均为林地（灌草为主）。设计弃渣总量 116.18 万 m^3，弃渣均为石方。

杜闯（2#）弃渣场位于乡宁县杜闯村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 3km 处，直线距离约为 200m，延伸长度约 400m，设计堆渣高程 825~875m，堆渣量 9.56 万 m^3。渣场属黄土高原典型侵蚀型地貌，整体呈“U”沟型，左右岸山梁地面高程 875m ~ 925m，堆渣区冲沟底部高程 800m ~ 850m，沟谷底部比较平缓，比降较小，支沟切割深度一般为 50 ~ 75m，高宽比为 2.0 ~ 2.5。渣场被深厚黄土覆盖，具黄土梁、峁地貌特征，冲沟发育，植被生长良好，地形陡峻，坡度一般为 40° ~ 70°。渣场左侧山梁上为村庄，沟底未见基岩出露。

孟庄南（3#）弃渣场位于乡宁县孟庄村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 9km 处，直线距离约为 75m，延伸长度约 300m，设计堆渣高程 800~850m，堆渣量 14.57 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），孟庄

南（3#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。渣场属黄土高原典型侵蚀地貌，整体呈“V”沟型，左右岸山梁地面高程 850m～870m，堆渣区冲沟底部高程 775m～825m，沟谷底部上部比较平缓，下部较陡，比降约为 25%。渣场被深厚黄土覆盖，具黄土梁、峁地貌特征，冲沟发育，植被生长良好，地形陡峻，沟谷狭窄，坡度一般为 60°～80°。渣场沟口上部为村庄，沟底未见基岩出露，见图 9.4-6。

南庙（4#）弃渣场位于乡宁县南庙村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 11km 处，直线距离约为 120m，延伸长度约 210m，设计堆渣高程 747~775m，堆渣量 5.51 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），南庙（4#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。渣场属黄土高原典型冲积地貌，整体呈“V”沟型，渣场上部右侧发育一小型冲沟，左右岸山梁地面高程 800m～900m，堆渣区冲沟底部高程 725m～750m，沟谷底部整体较陡，比降约为 24%。渣场被深厚黄土覆盖，具黄土梁、峁地貌特征，冲沟发育，植被生长良好，地形陡峻，坡度一般为 50°～70°。渣场沟口上部左侧为村庄，沟底未见基岩出露。

丁涧（5#）弃渣场位于乡宁县丁涧村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 13km 处，直线距离约为 225m，延伸长度约 270m，设计堆渣高程 796~825m，堆渣量 5.35 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），丁涧（5#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。渣场属黄土高原典型冲蚀地貌，整体呈“V”沟型，渣场两侧各发育一小型冲沟，深度约为 25～30m，左右岸山梁地面高程 875m～900m，堆渣区冲沟底部高程 775m～800m，比降约为 11%。渣场被深厚黄土覆盖，具黄土梁、峁地貌特征，冲沟发育，植被生长良好，地形陡峻，坡度一般为 50°～70°。渣场沟口上部为村庄，沟底未见基岩出露，渣场出口下部的沟谷内可见基岩露头。

木家岭（6#）弃渣场位于乡宁县木家岭村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 14km 处，直线距离约为 230m，延伸长度约 330m，设计堆渣高程 804~850m，堆渣量 5.77 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），木家岭（6#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。渣场属黄土高原典型冲蚀地貌，整体呈“V”沟型，左右岸山梁地面高程 875m～925m，堆渣区冲沟底部高程 800m～825m，沟谷底部比较平缓，比降较小，。渣场被深厚黄土覆盖，具黄土梁、峁地貌特征，冲沟发育，植被生长良好，地形陡峻，坡度一般为 60°～80°。渣场上部为果园，沟底未见基岩出露。

谭坪（7#）弃渣场位于乡宁县谭坪村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮

带机线路桩号16km处，直线距离约为415m，延伸长度约275m，设计堆渣高程835~894m，堆渣量9.41万m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），谭坪（7#）弃渣场级别为4级，类型属于沟道型弃渣场。渣场属黄土高原典型冲蚀地貌，整体呈“V”沟型，左右岸山梁地面高程925m～950m，堆渣区冲沟底部高程825m～850m，沟谷底部比较平缓，比降较小，。渣场被深厚黄土覆盖，具黄土梁、峁地貌特征，冲沟发育，植被生长良好，地形陡峻，坡度一般为50°～70°。渣场上部为569县道，沟底未见基岩出露。

漫水滩（8#）弃渣场位于乡宁县漫水滩村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号18km处，直线距离约为80m，延伸长度约165m，设计堆渣高程783~825m，堆渣量9.31万m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），漫水滩（8#）弃渣场级别为4级，类型属于沟道型弃渣场。渣场属黄土高原典型冲蚀地貌，整体呈“V”沟型，渣场上部右侧发育一小型冲沟，切割深度为30m～50m。左右岸山梁地面高程875m～900m，堆渣区冲沟底部高程775m～800m，沟谷底部整体较平缓，宽度一般为30m～50m，比降较小。渣场被深厚黄土覆盖，具黄土梁、峁地貌特征，冲沟发育，植被生长良好，地形陡峻，坡度一般为40°～60°，局部较缓。渣场沟口上部为村庄，沟底未见基岩出露。

北角头凸（9#）弃渣场位于乡宁县北角头凸村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号22km处，直线距离约为110m，延伸长度约270m，设计堆渣高程750~800m，堆渣量8.76万m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），北角头凸（9#）弃渣场级别为4级，类型属于沟道型弃渣场。渣场属黄土高原典型冲蚀地貌，整体呈“V”沟型，左右岸山梁地面高程825m～850m，堆渣区冲沟底部高程775m～800m，沟谷底部上部较平缓，下部较陡，宽度一般为15m～30m，比降约为18%。渣场及周边具黄土梁、峁地貌特征，冲沟发育，植被生长良好，地形陡峻，坡度一般为40°～60°，局部较缓。渣场沟口上部为村庄，沟底未见基岩出露。

石家庄（10#）渣场位于吉县石家庄村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号23km处，直线距离约为500m，延伸长度约470m，设计堆渣高程736~795m，堆渣量34.99万m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），石家庄渣场级别为4级，类型属于沟道型弃渣场。渣场属黄土高原典型冲蚀地貌，整体呈“V”沟型，左右岸山梁地面高程850m～900m，堆渣区冲沟底部高程750m～775m，沟谷底部较平缓，上部较窄，下部较宽，宽度一般为20m～40m，比降约为10%。渣场被

深厚黄土覆盖，具黄土梁、峁地貌特征，冲沟发育，植被生长良好，地形陡峻，坡度一般为 50°~70°。渣场沟口上部为果园，沟底未见基岩出露，沟口尽头的沟谷中可见基岩露头。

桌子岭（11#）弃渣场位于吉县桌子岭村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 30km 处，直线距离约为 90m，延伸长度约 190m，设计堆渣高程 877~925m，堆渣量 6.91 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），桌子岭（11#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。渣场属黄土高原典型冲蚀地貌，整体呈“V”沟型，左右岸与其他冲沟相临，渣场位于冲沟的上部，堆渣区冲沟底部高程 875m~900m，比降约为 26%。渣场被深厚黄土覆盖，具黄土梁、峁地貌特征，冲沟发育，植被生长良好，地形陡峻，坡度一般为 50°~70°。渣场沟口上部为林地，沟底未见基岩出露，沟口尽头的河谷中可见基岩露头。

东庄（12#）弃渣场位于吉县东庄村附近的一条黄土冲沟内，黄河古贤水利枢纽皮带机线路桩号 35km 处，直线距离约为 680m，延伸长度约 530m，设计堆渣高程 775~825m，堆渣量 6.04 万 m^3。依据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012），东庄（12#）弃渣场级别为 4 级，类型属于沟道型弃渣场。渣场属黄土高原典型冲积地貌，整体呈“V”沟型，左右岸山梁地面高程 825m~850m，堆渣区冲沟底部高程 750m~775m，沟谷底部较平缓，宽度一般为 40m~60m，比降约为 14%。渣场被深厚黄土覆盖，具黄土梁、峁地貌特征，冲沟发育，植被生长良好，地形较缓，坡度一般为 30°~50°。渣场沟口上部为果园，沟底未见基岩出露，沟口尽头可见基岩露头。

（1）弃渣场防护等级及标准

①工程等级：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，皮带机线路工程区共 11 处弃渣场，其堆渣量为 5.35 万 m^3~34.99 万 m^3，最大堆渣高度为 28m~59m，弃渣场失事对主体工程或环境造成的危害程度均为较轻，根据以上要素，皮带机线路工程区 11 处弃渣场均为 4 级弃渣场。对应的挡渣建筑物级别为 5 级，排洪工程为 4 级；斜坡防护工程级别为 5 级；渣场占地为临时占地，占地类型为林地，后期利用方向恢复林地，其植被恢复与建设工程等级为 3 级。

②设计标准：按照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，根据弃渣场防护工程等级确定相应的设计标准。防洪工程等级 4 级，防洪标准（重现期）20 年一遇设计，30 年一遇校核。永久截水工程设计标准按 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。根据地质资料，渣场区域地震烈度为VII度，项目区不属于多雨区域，安全稳定系

数计算，不考虑地震工况和连续降雨工况。渣场抗滑稳定安全系数：正常运用工况≥1.15（瑞典圆弧滑动法）。挡渣墙建筑别为 5 级，渣场挡墙基础为土质地基，抗滑稳定系数：正常运用工况≥1.2，非常运用工况≥1.05；抗倾覆稳定系数：正常运用工况≥1.40，非常运用工况≥1.30；边坡抗滑稳定安全系数：正常运用条件≥1.05，非常运用条件II≥1.00。

③水文计算

弃渣场位于山西省境内，设计洪水计算采用《山西省水文计算手册》中的经验公式进行计算，公式如下：

$$Q_p=C_p\times F^x$$

式中：Q_p—设计洪峰流量（m^3/s）；

C_p—经验系数；

F—流域面积（km^2）；

x—综合面积指数。

皮带机线路区弃渣场等级及设计标准见表 9.4.8-1。

表 9.4.8-1　　黄河古贤水利枢纽工程皮带线机路工程区弃渣场等级及水文计算一览表

渣场名称	弃渣场类型	弃渣总量		最大堆高	弃渣场失事对主体工程或环境造成的危害程度	边坡破坏造成的危害程度	汇水面积（km^2）	设计洪峰流量（m^3/s）	
		松方	自然方					设计	校核
		万 m^3	万 m^3	m				5%	3.33%
杜闾（2#）弃渣场	沟道型	9.56	7.08	50	无危害	较轻	0.14	1.46	1.72
孟庄南（3#）弃渣场	沟道型	14.57	10.79	50	无危害	较轻	0.052	0.54	0.64
南庙湾（4#）弃渣场	沟道型	5.51	4.08	28	无危害	较轻	0.128	1.34	1.57
丁涧（5#）弃渣场	沟道型	5.35	3.96	29	无危害	较轻	0.077	0.8	0.94
木家岭（6#）弃渣场	沟道型	5.77	4.27	46	无危害	较轻	0.159	1.66	1.95
谭坪（7#）弃渣场	沟道型	9.41	6.97	59	无危害	较轻	0.106	1.11	1.3
漫水滩（8#）弃渣场	沟道型	9.31	6.9	42	无危害	较轻	0.096	1	1.18
北角头凸（9#）弃渣场	沟道型	8.76	6.49	50	无危害	较轻	0.126	1.32	1.54
石家庄（10#）弃渣场	沟道型	34.99	25.92	59	无危害	较轻	0.241	2.52	2.95
桌子岭（11#）弃渣场	沟道型	6.91	5.12	48	无危害	较轻	0.14	1.46	1.72
东庄（12#）弃渣场	沟道型	6.04	4.47	50	无危害	较轻	0.068	0.71	0.83

（2）挡渣工程设计

根据弃渣场的地理位置和地形情况，为避免弃渣向沟道下游流失，根据《水利水电工程水土保持技术规范》，弃渣场的拦挡措施设置在渣场边坡跛脚处设计浆砌石挡渣墙拦渣。根据本工程弃渣场工程地质专题报告，皮带机线路工程区弃渣场渣体坡脚为冲沟出口处，深厚黄土覆盖，以密实的黄土层作为拦渣坝（挡墙）基础，稳定性较好。挡渣墙结构型式采用重力挡渣墙，墙型采用墙背直立型，具体尺寸为墙顶宽为 0.5m，墙高为 4m，底宽为 3.1m，承受土压力的一侧为垂直边坡，另一边为 1:0.4。下部基础为密实黄土基础，稳定性好，设计挡渣墙埋入地下 1m，设墙趾及墙踵，台阶高 0.5m，宽 0.5m。为减小挡渣墙渗水压力，挡渣墙墙体设置 PVC 管排水孔，孔径 0.05m，行距、排距为 1.5m，呈梅花形布设，排水孔由里向外倾斜坡度为 5%。弃渣场挡墙单长度 PVC 管长度 4.5m，为避免地基不均匀沉陷而引起墙身开裂，须按墙高和地基性质的变异，设置沉降缝和伸缩缝，每隔 10m 设置一道，缝宽 3cm，采用沥青麻丝嵌缝。经计算，挡渣墙长度为 903m。

皮带机线路区弃渣场堆渣、渣场地基岩体物理力学参数建议值见表 9.4.8-2。应用理正岩土软件对挡渣墙抗滑、抗倾稳定性进行验算，验算结果见表 9.4.8-3。

表 9.4.8-2　　黄河古贤水利枢纽工程渣场地基岩体物理力学参数建议值

位置	地层	基本物理指标		直剪快剪	
		天然容重	饱和容重	凝聚力 C	摩擦角 φ
		kN/m^3	kN/m^3	kPa	°
渣场基础	Q_{2+3}^{eol}	22.0	23.6	25.3	28.5
渣体	渣体综合	19.00	20.15		33

表 9.4.8-3　　黄河古贤水利枢纽工程挡渣墙稳定计算结果表

渣场	项目		标准	计算值	满足规范要求与否
皮带机线路区弃渣场	挡渣墙基底抗滑稳定计算	正常运用工况	1.05	1.565	满足
		非常运用工况	1	1.285	满足
	挡渣墙基底抗倾覆稳定计算	正常运用工况	1.40	5.41	满足
		非常运用工况	1.30	4.34	满足

（3）防洪排导工程

皮带机线路工程区弃渣场防洪排导工程总体布局见表 9.4.8-4。

表 9.4.8-4　　黄河古贤水利枢纽工程皮带机线路工程区弃渣场防洪排导工程总体布局表

序号	排导对象	防洪排导工程	设计标准
1	上游沟道来水	截水沟	20 年一遇设计，30 年校核
2	渣场顶面和坡面雨水	顶面、马道排水沟	5 年一遇 10min 短历时设计暴雨

1）弃渣场上游沟道来水排导工程

皮带机线路区弃渣场防洪设计标准为设计洪水 20 年一遇，校核洪水 30 年一遇。各弃渣场相对应的设计流量见表 9.4.8-4。

弃渣场上游沟道及堆渣平台周边坡面来水排导工程：拟布置防洪排导工程将沟道上游洪水排出，截水沟进口布置“八字”导墙，将水流引入截水沟。截水沟沿渣场布置，地基为风积黄土，稳定性较好，无需进行基础处理。

截水沟采用浆砌石梯形断面，断面尺寸设计详见表 9.4.8-5。在排洪沟陡坡段布置台阶式跌坎消能，跌坎高 0.5m，宽度根据实际纵坡确定。排洪沟下游出口布置浆砌石沉沙池。

表 9.4.8-5　黄河古贤水利枢纽工程皮带机线路工程区弃渣场防洪排导工程设计断面一览表

位置	H（m）	B（m）	m	i	n	A（m^2）	X（m）	R（m）	*C*	*Q* (m^3/s)	截水沟长度（m）
杜阎（2#）弃渣场	1.00	0.50	0.50	100	0.025	1.00	2.74	0.365	33.82	2.04	785
孟庄南（3#）弃渣场	0.80	0.50	0.50	200	0.025	0.72	2.29	0.315	32.99	0.94	750
南庙湾（4#）弃渣场	1.00	0.50	0.50	100	0.025	1.00	2.74	0.365	33.82	2.04	550
丁涧（5#）弃渣场	0.80	0.50	0.50	200	0.025	0.72	2.29	0.315	32.99	0.94	765
木家岭（6#）弃渣场	1.00	0.50	0.50	100	0.025	1.00	2.74	0.365	33.82	2.04	865
谭坪（7#）弃渣场	1.00	0.50	0.50	200	0.025	1.00	2.74	0.365	33.82	1.45	705
漫水滩（8#）弃渣场	1.00	0.50	0.50	200	0.025	1.00	2.74	0.365	33.82	1.45	775
北角头凸（9#）弃渣场	1.00	0.50	0.50	150	0.025	1.00	2.74	0.365	33.82	1.67	705
石家庄（10#）弃渣场	1.00	0.80	0.50	100	0.025	1.30	3.04	0.428	34.73	2.95	1455
桌子岭（11#）弃渣场	1.00	0.50	0.50	100	0.025	1.00	2.74	0.365	33.82	2.04	755
东庄（12#）弃渣场	0.80	0.50	0.50	200	0.025	0.72	2.29	0.315	32.99	0.94	685

2）堆渣平台及坡面排水工程

渣场顶面和坡面排水措施：为了排除坡面雨水和渣场顶面雨水，在弃渣场顶面距边

坡 2m 处、马道内侧修建排水沟，将雨水引入渣场两侧的截水沟，由截水沟排入自然沟道。根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）要求，渣场内部永久排水工程设计标准采用 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。弃渣场顶面距边坡 2m 处排水沟过水断面尺寸采用矩形断面底宽 0.8m，高为 0.8m，沟底纵坡坡率 3%，排水沟浆砌石厚度为 30cm，马道排水沟设置矩形浆砌石排水沟，尺寸为底宽 0.5m，高为 0.3m，浆砌石厚度 30cm。

3）施工期弃渣场排水工程

皮带机线路工程区所设 11 处弃渣场均位于深厚黄土覆盖地区的冲沟中，其沟底及岸坡均分布深厚黄土，两岸岸坡坡度在 40°～80°之间，坡度较陡，在弃渣未堆放至设计渣顶高程时，在弃渣场周边原始岸坡上修建截排水沟较为困难，皮带机线路区所选 11 处弃渣场均位于沟道内，上游均涉及一定面积的坡面汇水，因此，为保证施工期排除弃渣场沟道内汇水，设计在皮带机线路工程区 11 处弃渣场底部沿沟底布设排水管涵，采用预制钢筋混凝土承插管，选取内径 1.6m，柔性接头，管底设 C25 混凝土基座，包角 120°，厚 0.5m。

（4）斜坡防护工程

从弃渣场边坡稳定分析计算结果，渣场均为稳定边坡，但是考虑到弃渣属于松散堆体，受重力影响及径流冲刷易造成水土流失，因此必须采取护坡。坡面设置混凝土框格护坡，混凝土框格护坡：菱形网格尺寸为2.0×2.0m，网格采用C25，混凝土网格骨架高0.5m，其中嵌入坡面以下0.15m，骨架内铺植物土0.25m，露出地面0.10m，网格10～15m设一条伸缩缝，肋柱处设伸缩缝。混凝土框格护坡详见前节的图9.3-1，9.3-2。

（5）土地整治工程

施工前，渣场场区进行表土剥离，剥离厚度 30cm，并集中堆放渣场上部边缘处，施工结束后，进行渣顶面土地平整，由于渣场堆渣以石渣为主，为防止土壤颗粒沿石渣缝隙流失，在土地平整后，铺设土工布，然后进行表土回覆。

（6）渣场绿化

在土地整治措施完成后，采取种植乔木、灌木和草进行了绿化，种植乔木树种：侧柏，种植灌木树种：沙棘，草推荐白羊茅。其中乔木种植密度：株行距 2m×2m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

（7）临时措施

在施工期间，对临时堆存的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时

堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

皮带机运输工程弃渣场主要防护措施及工程量汇总表见表 9.4.8-6。

表 9.4.8-6 黄河古贤水利枢纽工程皮带机运输工程区弃渣场区水土保持措施工程量汇总表

措施类别				单位	皮带运输工程区											
					杜闯（2#）渣场	孟庄南（3#）渣场	南庙湾（4#)渣场	丁涧（5#）渣场	木家岭（6#）渣场	谭坪（7#)渣场	漫水滩（8#)渣场	北角头凸（9#）渣场	石家庄（10#）渣场	桌子岭（11#）渣场	东庄（12#）渣场	合计
工程措施	土地整治工程	土地平整		hm^2	1.24	1.89	0.72	0.7	0.75	1.22	1.21	1.14	4.55	0.97	0.85	15.23
		表土剥离		m^3	5735	8740	3306	3211	3459	5648	5588	5256	20994	4149	3624	69710
		表土回覆		m^3	5735	8740	3306	3211	3459	5648	5588	5256	20994	4149	3624	69710
		土工布		hm^2	1.24	1.89	0.72	0.7	0.75	1.22	1.21	1.14	4.55	0.97	0.85	15.23
	挡渣工程	浆砌石挡墙	长度	m	90	60	55	50	105	80	93	110	160	35	65	903
			土方开挖	m^3	94.50	63.00	57.75	52.50	110.25	84.00	97.65	115.50	168.00	36.75	68.25	948.15
			石方开挖	m^3	315.00	210.00	192.50	175.00	367.50	280.00	325.50	385.00	560.00	122.50	227.50	3160.50
			M7.5 浆砌石	m^3	607.50	405.00	371.25	337.50	708.75	540.00	627.75	742.50	1080.00	236.25	438.75	6095.25
			PVC 管	m	405	270	248	225	473	360	419	495	720	158	293	4064
			反滤料	m^3	21.00	14.00	12.83	11.67	24.50	18.67	21.7	25.67	37.33	8.17	15.17	210.71
			沥青砂板条	m^2	38.50	25.67	23.53	21.39	44.92	34.22	39.78	47.06	68.44	14.97	27.81	386.29
	斜坡防护工程	框格护坡	框格护坡土方开挖	m^3	1017.40	1549.99	578.74	561.07	610.47	1003.50	988.47	926.92	3707.91	628.43	548.97	12121.88
			框格内覆种植土	m^3	1679.21	2558.25	955.21	926.05	1007.57	1656.27	1631.46	1529.87	6119.88	1037.22	906.08	20007.06
			框格护坡混凝土	m^3	1017.40	1549.99	578.74	561.07	610.47	1003.50	988.47	926.92	3707.91	628.43	548.97	12121.88
	防洪排导工程	边坡截水沟	长度	m	785	750	550	765	865	705	775	705	1455	755	685	8795
			土方开挖	m^3	1025.84	980.10	718.74	999.70	1130.38	921.29	1012.77	921.29	1901.39	986.63	895.16	11493.31
			石方开挖	m^3	683.89	653.40	479.16	666.47	753.59	614.20	675.18	614.20	1267.60	657.76	596.77	7662.20
			M7.5 浆砌石	m^3	1153.95	1102.50	808.50	1124.55	1271.55	1036.35	1139.25	1036.35	2138.85	1109.85	1006.95	12928.65
		渣场顶面排水	长度	m	192	120	90	125	205	165	215	155	350	145	125	1887
			土方开挖	m^3	126.72	79.20	59.40	82.50	135.30	108.90	141.90	102.30	231.00	95.70	82.50	1245.42

表 9.4.8-6 黄河古贤水利枢纽工程皮带机运输工程区弃渣场区水土保持措施工程量汇总表

措施类别				单位	皮带运输工程区											
					杜闯（2#）渣场	孟庄南（3#）渣场	南庙湾（4#)渣场	丁涧（5#）渣场	木家岭（6#）渣场	谭坪（7#)渣场	漫水滩（8#)渣场	北角头凸（9#）渣场	石家庄（10#）渣场	桌子岭（11#）渣场	东庄（12#）渣场	合计
		沟	M7.5 浆砌石	m^3	97.92	61.2	45.9	63.75	104.55	84.15	109.65	79.05	178.5	73.95	63.75	962.37
		马道排水沟	长度	m	160	285	75	95	165	325	170	150	200	88	225	1938
			土方开挖	m^3	105.60	188.10	49.50	62.70	108.90	214.50	112.20	99.00	132.00	58.08	148.50	1279.08
			M7.5 浆砌石	m^3	53.86	95.93	25.25	31.98	55.54	109.40	57.22	50.49	67.32	29.62	75.74	652.33
		沉沙池	个数	个	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	22
			土方开挖	m^3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	88
			砌砖	m^3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	44
		挡水坝（堰）	长度	m	37	28	44	39	28	38	33	35	29	46	47	404
			石方开挖	m^3	205.35	155.40	244.20	216.45	155.40	210.90	183.15	194.25	160.95	255.30	260.85	2242.20
			反滤料	m^3	340.10	257.38	404.45	358.49	257.38	349.30	303.34	321.72	266.57	422.83	432.02	3713.57
		排水管涵	长度	m	335.69	216.53	213.83	271.45	287.77	244.23	348.06	268.82	447.17	207.68	306.66	3147.89
			土方开挖	m^3	374.63	241.65	238.63	302.94	321.15	272.56	388.43	300.00	499.04	231.77	342.23	3513.05
			C25 基础砼	m^3	238.34	153.74	151.82	192.73	204.32	173.40	247.12	190.86	317.49	147.45	217.73	2235.00
			预制钢筋砼管涵	m	336	217	214	271	288	244	348	269	447	208	307	3148
植物措施	植物防护工程	栽植灌木	栽植	株	6716.84	10232.98	3820.85	3704.19	4030.28	6625.09	6525.83	6119.47	24479.52	4148.87	3624.30	80028.23
		撒播种草	撒播	hm^2	0.67	1.02	0.38	0.37	0.40	0.66	0.65	0.61	2.45	0.41	0.36	8.00
			草籽	kg	53.73	81.86	30.57	29.63	32.24	53.00	52.21	48.96	195.84	33.19	28.99	640.23
	植被恢复工程	栽植乔木	栽植	株	2067	3150	1200	1167	1250	2033	2017	1900	7583	1613	1409	25389.57
		栽植灌	栽植	株	19117	29133	11021	10704	11530	18825	18626	17519	69980	13830	12081	232366

表 9.4.8-6 黄河古贤水利枢纽工程皮带机运输工程区弃渣场区水土保持措施工程量汇总表

措施类别				单位	皮带运输工程区											
					杜闯（2#）渣场	孟庄南（3#）渣场	南庙湾（4#)渣场	丁涧（5#）渣场	木家岭（6#）渣场	谭坪（7#)渣场	漫水滩（8#)渣场	北角头凸（9#）渣场	石家庄（10#）渣场	桌子岭（11#）渣场	东庄（12#）渣场	合计
		木														
		撒播种草	撒播	hm^2	1.91	2.91	1.10	1.07	1.15	1.88	1.86	1.75	7.00	1.38	1.21	23.24
			草籽	kg	153	233	88	86	92	151	149	140	560	111	97	1858.93
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	49.19	60.72	37.35	36.81	38.20	48.81	48.55	47.09	94.11	41.84	39.10	541.77
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	6690.89	10196.54	3857.30	3746.46	4035.60	6588.78	6519.04	6131.81	24492.83	4840.35	4228.35	81327.97

9.4.9 弃渣场区水土保持措施工程量

黄河古贤水利枢纽工程弃渣场区水土保持措施工程量见表 9.4.9-1。

表 9.4.9-1 黄河古贤水利枢纽工程弃渣场区水土保持措施工程量汇总表

措施类别				单位	合计
工程措施	土地整治工程	土地平整		hm^2	128.72
		表土剥离		m^3	263240
		表土回覆		m^3	263240
		绿化覆土		m^3	46450
		土工布		hm^2	52.65
		碎石压盖		m^2	658900.00
		过渡料		m^3	229200.00
		渣体碾压		m^3	1442348.19
	挡渣工程	浆砌石挡墙	长度	m	1388.00
			土方开挖	m^3	948.15
			石方开挖	m^3	4965.50
			M7.5 浆砌石	m^3	10693.25
			砂砾石基础换填	m^3	875.00
			清基	m^3	1312.50
			PVC 管	m	6299.50
			反滤料	m^3	333.05
			沥青砂板条	m^2	614.07
		格栅坝	石方开挖	m^3	30.00
			C30 混凝土	m^3	63.00
			钢筋	t	2.84
	斜坡防护工程	工程护坡	干砌石	m^3	34852.75
			钢筋石笼	m^3	18376.50
			框格护坡土方开挖	m^3	30428.79
			框格内覆种植土	m^3	81357.06
			框格护坡混凝土	m^3	38471.79
	防洪排导工程	截排水沟	长度	m	37141.00
			土方开挖	m^3	44032.02
			石方开挖	m^3	51908.24
			M7.5 浆砌石	m^3	49015.07
			清基	m^3	1851.42
			C30 砼	m^3	11817.00
			钢筋	t	473
			M7.5 浆砌石	m^3	1313.79
		底部盲沟	长度	m	2546.00
			石方开挖	m^3	11966.20
			铺设块石	m^3	6365.00
			土工布	m^2	8911.00

表 9.4.9-1　　黄河古贤水利枢纽工程弃渣场区水土保持措施工程量汇总表

措施类别				单位	合计
			砂砾石垫层	m^3	1884.44
			M7.5 浆砌石	m^3	3971.36
		沉沙池	个数	个	36.00
			土方开挖	m^3	144.00
			砌砖	m^3	72.00
		挡水堰（墙）	长度	m	
			石方开挖	m^3	4010.20
			石方填筑	m^3	1732.50
			M7.5 浆砌石	m^3	5184.29
			帷幕灌浆	m	2940.33
			C25 混凝土底板	m^3	440.00
			止水带	m^2	55.00
			C30 混凝土面板	m^3	115.50
			钢筋	t	16.17
		挡水坝	覆盖层开挖	m^3	9510.19
			石方开挖	m^3	8584.26
			心墙土料	m^3	27810.19
			反滤料	m^3	10493.52
			石渣填筑 利用主体开挖料	m^3	78975.00
			堆石护坡	m^3	1192.59
			排水体	m^3	8650.00
			戗堤 利用主体开挖料直接水中进占	m^3	30639.81
			喷混凝土	m^3	4911.11
		排洪隧洞洞身	石方洞挖	m^3	143383.33
			隧洞衬砌钢模板	m^2	74324.07
			衬砌混凝土	m^3	37162.04
			锚杆 φ25，L=4.5m	根	17085.19
			钢筋制安	t	5377.78
			钢筋网	t	260.19
			喷混凝土 C20	m^3	10107.41
			固结灌浆	m	41181.48
			回填灌浆	m^2	23768.52
			橡胶止水	m	5857.41
			排水孔 D75mm	m	9099.07
			钢拱架 I20	t	78.81
			锁脚锚杆 φ25，L=7m	根	407.41
			隧洞细部结构	m^3	37163.89
		排洪隧洞进出口	覆盖层开挖	m^3	4953.70
			石方明挖	m^3	56945.37
			标准钢模板	m^2	7601.85
			进出口明渠混凝土(C30)	m^3	1583.33
			挑流鼻坎混凝土(C40)	m^3	2217.59

表 9.4.9-1　　黄河古贤水利枢纽工程弃渣场区水土保持措施工程量汇总表

措施类别				单位	合计
			喷混凝土 C20	m^3	1144.44
			钢筋网	t	44.44
			锚杆 φ25，L=6m	根	1814.81
			钢筋制安	t	225.96
			进水口/塔/竖井/调压井细部结构	m^3	3800.93
		截排水沟	长度	m	37141.00
			土方开挖	m^3	44032.02
			石方开挖	m^3	66337.04
			M7.5 浆砌石	m^3	49015.07
			清基	m^3	1851.42
			C30 砼	m^3	15279.91
			钢筋	t	473
		排水箱涵（含进出口）	长度	m	3715.00
			石方开挖	m^3	45544.00
			C25 基础砼	m^3	13217.50
			衬砌 C30 砼	m^3	36662.50
			钢筋	t	4399.50
		排水管涵	长度	m	3147.89
			土方开挖	m^3	3513.05
			C25 基础砼	m^3	2235.00
			预制钢筋砼管涵	m	3147.89
植物措施	植物防护工程	栽植灌木	栽植	株	346436.43
		撒播种草	撒播	hm^2	34.64
			草籽	kg	2771.49
	植被恢复工程	栽植乔木	栽植	株	93314.57
		栽植灌木	栽植	株	758965.64
		撒播种草	撒播	hm^2	75.90
			草籽	kg	6071.73
	绿化美化工程	栽植乔木	栽植	株	25625.00
		栽植灌木	栽植	株	102500.00
		撒播种草	撒播	hm^2	10.25
			草籽	kg	820.00
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	1139.10
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	243392.97

9.5　料场区

料场区包括砂石料场和人工骨料场各 1 处。砂石料场为原头坡砂砾石料场，位于古贤坝址上游 7km 处的黄河左岸漫滩；人工骨料场为西磑口料场，位于 G209 遮马峪河两岸蝎虎崖隧洞至张家岭之间，距离古贤坝址直线距离 58km ~ 60km，占地性质为临时占

地。

9.5.1 西磑口料场

西磑口料场总占地面积为 38.96hm^2，占地性质为临时占地，占地类型为林地和草地。设计开采量 2551 万 m^3。

料场区沟壑发育、中等切割深度，地形起伏较大，山坡地面高程一般为 800m～700m；料场南部乡宁、河津分界山脊高程可达 900m～850m；石料场覆盖层开挖采用 132kW 推土机集料，3m^3 挖掘机挖装，20t 自卸汽车运输至弃渣场。石料自上而下分层进行开采，深孔梯段爆破，台阶高度 10m～15m,马道宽度为 3m。

（1）工程措施

1）浆砌石挡坎

料场开采形成平台和边坡，边坡每 10m～15m 设一马道，马道宽度 3m。料场开采迹地裸露边坡和平台为基岩，本方案拟对料场开挖边坡马道上设置种植槽，槽内客土种植爬藤植物和小乔木对边坡进行覆盖绿化，开采平台覆土撒播灌草进行绿化。种植槽挡墙高度 0.70m，矩形断面，浆砌块石，顶宽 0.40m，在墙底设排水孔，底孔直径 5cm，挡墙内填土厚度 0.65m。并在种植槽内客土。

根据施工布置方案，料场开采分 10 个～14 个台阶进行。在地形图上量测，浆砌石挡坎约 21729m。需浆砌石 6084.12m^3，客土 9778.05m^3。

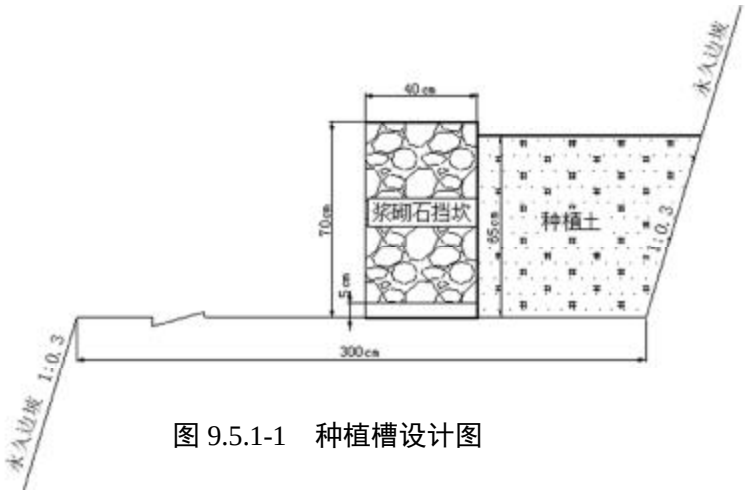


图 9.5.1-1 种植槽设计图

2）排水沟

在石料场上坡面及两侧布设浆砌石排水沟，排水沟末端设沉沙池后接自然沟道。根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）要求，永久排水工程排水设计标准采用 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨，料场上游汇水面积 0.08km^2，

经计算设计流量为 1.26m^3/s。经试算，排水沟过水断面尺寸设计为底宽 0.5m，高 0.5m，水深 0.4m，边坡 m 为 1:0.5，排水沟底坡坡降 10%，过水断面面积为 0.32m^2，流量达到 1.45m^3/s，流速 4.53m/s。满足设计要求，排水沟浆砌石厚度为 30cm。共需修建排水沟 1400m。

3）表土回覆

施工前主体工程对西磑口料场表层无用层设计清理措施，包含表层腐殖质剥离，本方案提出在主体工程进行清表施工时，应将表层土单独剥离，单独存放，本方案补充设计料场开采结束后表土回覆措施，西磑口料场开采形式采用分区开采，设计在单个分区开采结束后进行表土回覆，用于后期植被恢复，回覆厚度 30cm。经计算共回覆表土 11.69 万 m^3。

4）土地整治

西磑口料场开采结束后需进行植被恢复，设计将表层土回覆至西磑口料场开挖底面后进行土地平整，为植被恢复做准备，西磑口料场共进行土地平整 38.96 hm^2。

（2）植物措施

根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）要求，根据植被恢复和建设工程设计标准，植物措施为 3 级标准。

料场边坡种植槽内种植灌木+攀缘植物的方式绿化，其中攀缘植物选用爬山虎，适于攀附围墙、陡坡、岩壁等处生长，拟在种植槽内按株距 1.0m 种植爬山虎，并布置攀缘支架，支架可用细长树枝。灌木选择沙棘或柠条，种植株距为 2m。苗木规格为冠幅 0.5m ~ 0.8m，苗高 0.8m ~ 1.2m。

根据区域适生灌草中，料场底面绿化客土后种植灌草方式进行植被恢复，灌木选用沙棘或柠条，草种选用白羊茅草；灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2，客土厚度 65cm。

经计算，料场底面绿化面积 23.74hm^2，需要灌木种子 949.58kg，草籽 474.49kg，爬山虎 21729 株。种植沙棘或柠条 7243 株，总客土量 15.23 万 m^3。

西磑口料场植被恢复客土料源：客土土源可从西磑口料场工程的施工施工生产生活区取土料，主体设计 1$^{\#}$施工道路可作为运输道路，运距 3km。初步勘查，该区黄土层厚度大于 10m，可满足客土需求。

（3）临时措施

1）料场开挖前，在料场下边坡边沿修建钢筋石笼临时拦挡措施，以防止开挖料滚

落料场以外，造成新的水土流失。拦渣堤顶宽 1m，高 2m（包括基础埋深 0.5m）。经计算需要修建拦渣堤长 1925m。

2）对临时堆存表土的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

9.5.2 原头坡料场

原头坡砂砾石料场位于古贤坝址上游 7km 处的黄河左岸漫滩，沿河岸呈条带状展布，滩面宽 0.15km～0.25km，长约 1km。地面高程为 472m～482m，其上部为砂壤土、粉细砂层，厚度为 2m～6m；下部为砂砾石料层，厚 3m～5m，为冲洪积堆积物，相变较大，局部夹砂层透镜体。地下水位与黄河水位关系密切，一般为 470.5m，砂砾石顶面高程与地下水位接近。原头坡砂砾石料场主要用于古贤水利枢纽工程施工围堰砂砾石填筑，料场位于库区，取料结束后底面高程 466m 左右，位于水库正常蓄水位 627m 以下。料场开挖前需进行表层土清理，主体工程已考虑原头坡料场表层土剥离措施，共剥离表土 4.65 万 m^3，剥离的表土作为坝址区绿化用土，剥离厚度 30cm，剥离表土直接运往坝址区 2#、3#弃渣场存放，用于施工结束后坝区景观绿化。

（1）工程措施

根据小浪底水利枢纽工程和栖霞院水利枢纽工程的经验，库区砂砾石料场在取料结束后，对料场区进行平整，运行期原头坡料场位于水库淹没区。

（2）临时措施

对临时堆存表土的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，每 1km 设置一个 100m×3m 的表土临时堆放处。表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

9.5.3 料场区工程量

料场区水土保持措施工程量见表 9.5.3-1。

表 9.5.3-1　　黄河古贤水利枢纽工程料场区水土保持措施工程量

料场名称					原头坡砂砾石料场	西磴口人工骨料场	合计
工程措施	防洪排导工程	排水沟	排水沟长度	m		1400.00	1400.00
			基础开挖土方	m^3		1568.00	1568.00
			M7.5 浆砌石	m^3		1008.00	1008.00
	土地整治	表土剥离		m^3			
		表土回覆		m^3			116880.00
		土地平整		hm^2	25.00	38.96	63.96
	斜坡防护工程	工程护坡	种植槽长度	m		21729.00	21729.00
			M7.5 浆砌石	m^3		6084.12	6084.12
			客土量	m^3		9778.05	9778.05
植物措施	植物防护工程	种树	种植灌木	株		10865	10865
			种植爬山虎	株		21729	21729
	植被恢复工程	植被恢复面积		hm^2			237495.00
		覆土	客土	m^3		142497.00	142497.00
		栽植灌木	栽植	株		59374	59374
		植草	撒播	hm^2		23.75	23.75
		草籽	草籽	kg		1899.96	1899.96
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3		222.06	222.06
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2		58440.00	58440.00
	临时拦挡	钢筋石笼拦渣堤	长度	m		1925.00	1925.00
			土方开挖	m^3		1732.50	1732.50
			石方开挖	m^3		1155.00	1155.00
			钢筋石笼	m^3		4620.00	4620.00

9.6　施工生产生活区

施工生产生活区包括坝址工程、皮带机运输工程、进场道路工程和西磴口料场工程的因施工需要布置的施工临建设施。总占地面积 143.06 hm^2，其中永久占地 12.35 hm^2，临时占地 130.71 hm^2，占地类型为耕地、园地、林地、草和其它用地。各工程施工生产生活区占地面积统计情况见表 9.6-1。

（1）土地整治工程

在施工前，进行表土剥离，剥离厚度 30cm，剥离的表土集中堆放，施工结束后将表土回覆与于扰动范围内，并进行土地平整，以便后续绿化工程顺利实施。

表 9.6-1　　黄河古贤水利枢纽工程各个工程施工生产生活区面积统计情况表

防治区			施工生产生活区				合计
措施类型			坝址工程区	皮带机运输工程区	进场道路区	西磑口料场区	
占地面积	合计	hm^2	103.85	7.40	12.60	19.21	143.06
	库区内	hm^2	12.35				12.35
	库区外	hm^2	91.50	7.40	12.60	19.21	130.71
建筑物面积		hm^2	17.91	2.85	2.03	3.10	25.89

（2）防洪排导工程

在施工前，在生产生活区四周设置土工布排水沟，土质排水沟在生产生活区周围设置排水沟。排水工程设计标准采用 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨。经计算设计流量为 0.25m^3/s。经试算，临时排水沟采用土工布形式、内壁夯实，断面采用梯形断面，断面底宽 0.4m，沟深 0.4m，边坡比 1:1，安全超高 0.1m，过水断面面积为 0.21m^2，流量达到 0.36m^3/s，满足设计要求。

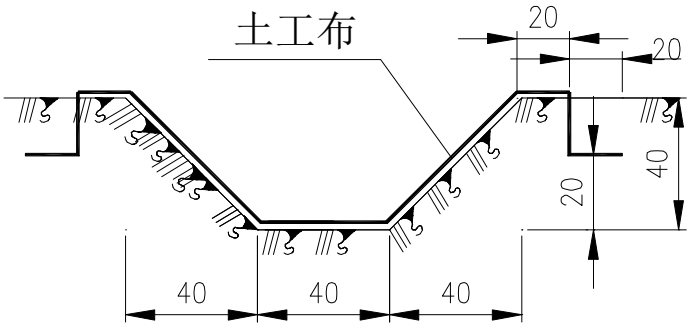


图 9.6-1　黄河古贤水利枢纽工程施工生产生活区排水沟断面图　单位：cm

（3）混凝土框格护坡

大坝下游左岸0.6 km ~ 3.0 km段布置有混凝土系统、砂石料加工系统、综合加工厂、施工生活区等施工生产生活场地，坝址区地形复杂多变，冲沟发育，施工生产生活区需要进行场地平整，基本采用半挖半填形式进行平整。场地平整后形成的边坡，边坡每10m设一级马道，马道宽2m，边坡坡比1: 1.5。边坡采用混凝土框格护坡。菱形网格尺寸为2.0×2.0m，网格及排水沟采用C25混凝土,网格骨架高0.5m，其中嵌入坡面以下0.15m，骨架内铺植物土0.25m，露出地面0.10m; 网格10 ~ 15m设一条伸缩缝，肋柱处设伸缩缝。经计算，护坡面积25.32 hm^2。混凝土框格护坡详见前面的图9.3-1、9.3-2。

（4）植物措施

1）绿化美化工程：根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关

规定，大坝工程区内的施工生产生活区后期利用方向作为大坝生态景观建设的组成部分，其等级提高 1 级，为 2 级，设计标准应满足水土保持和生态保护要求，适当结合景观、游憩等功能要求。布置于大坝工程区附近的施工生产生活区可绿化面积 91.50 hm^2，在土地整治措施完成后，采取种植乔木、灌木和草进行了绿化，种植乔木树种：油松、白皮松、楸树，种植灌木树种：沙棘、迎春和月季等，草推荐白羊茅。其中乔木种植密度：株行距 2m×2m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

2）植物防护工程

在混凝土框格护坡、框格内覆施工结束后，框框内种植灌草护坡，灌木推荐柠条，种植密度：株行距为 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播白羊茅，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

3）植被恢复工程

皮带机运输工程区、进场道路区和西磑口料场区布置的施工生产生活区植被恢复与建设工程为 3 级，设计标准应应满足水土保持和生态保护要求，执行生态公益林绿化标准。需植被恢复面积 39.21 hm^2。在施工结束后，采取植被恢复工程，种植乔木、灌木和草进行植被恢复，其中乔木种植密度：刺槐，株行距 2m×3m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：柠条，株行距 1.5m×1.5m，Φ30cm 穴状整地，植草：白羊茅，撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

（5）临时措施

在施工期间，对临时堆存的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

（6）施工生产生活区工程量

水土保持措施工程量见表 9.6-2。

表 9.6-2　　黄河古贤水利枢纽工程施工生产生活区水土保持措施工程量汇总表

防治区					施工生产生活区				合计
措施类型					坝址工程区	皮带机运输工程区	进场道路区	西磴口料场区	
工程措施	防护排导工程	排水沟	排水沟长度	m	5044.34	1346.55	1757.08	2169.55	10317.51
			基础开挖土方	m^3	1614.19	430.89	562.26	694.25	3301.60
			土工布	m^2	10750.50	2869.76	3744.68	4623.74	21988.67
		沉沙池	个数	个	12	24	8	6	50
			基础开挖土方	m^3	162.54	325.08	108.36	81.27	677.25
			M7.5 浆砌石	m^3	147.00	294.00	98.00	73.50	612.50
	土地整治	表土剥离		m^3	274494.00	22200.00	37800.00	57630.00	392124.00
		表土回覆		m^3	274494.00	22200.00	37800.00	57630.00	392124.00
		土地平整/迹地清理		hm^2	103.85	7.40	12.60	19.21	143.06
	斜坡防护工程	工程护坡	护坡面积	hm^2	18.38	1.31	2.23	3.40	25.32
			土方开挖	m^3	15186.46	1082.16	1842.59	2809.22	20920.43
			石方开挖	m^3	10124.31	721.44	1228.39	1872.81	13946.95
			覆种植土	m^3	45952.74	3274.50	5575.50	8500.43	63303.17
			混凝土框格	m^3	25310.77	1803.59	3070.99	4682.03	34867.38
植物措施	植物措施面积			hm^2	91.50	7.40	12.60	19.21	130.71
	植物防护工程	栽植灌木	栽植	株	183811	13098	22302	34002	253213
		撒播种草	撒播	hm^2	18.38	1.31	2.23	3.40	25.32
			草籽	kg	1470.49	104.78	178.42	272.01	2025.70
	植被恢复工程	栽植乔木	栽植	株		18500	31500	48025	98025
		栽植灌木	栽植	株		74000	126000	192100	392100
		撒播种草	撒播	hm^2		7.40	12.60	19.21	39.21
			草籽	kg		592.00	1008.00	1536.80	3136.80
	绿化美化工程	栽植乔木	栽植	株	152497				152497
		栽植灌木	栽植	株	609987				609987

表 9.6-2　　黄河古贤水利枢纽工程施工生产生活区水土保持措施工程量汇总表

防治区					施工生产生活区				合计
措施类型					坝址工程区	皮带机运输工程区	进场道路区	西磑口料场区	
		撒播种草	撒播	hm^2	91.50				91.50
			草籽	kg	7319.84				7319.84
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	340.30	96.78	126.28	155.93	719.28
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	5062.15	360.72	614.20	936.41	6973.48

9.7　交通道路区

交通道路区包括进场道路、场内永久道路和场内临时道路。

进场道路线路总长 20.558km，其中大部分路段为桥梁隧道等结构物，隧道 7 座，共长 17120m，其中最长的为 1 号隧道长 4330m；桥梁 9 座，共长 1460m，最长的桥梁为 2 号桥，桥长 280m；路基段长共 1978m。总永久占地面积 10.15hm^2。

场内永久道路：场内永久道路主要布置与大坝施工区，总长度 11.43km，总占地面积 35.29 hm^2。

场内临时道路：新修场内临时道路包括坝址枢纽区、皮带机运输工程区、进场道路施工程区和西磑口人工骨料场工程区的场内临时道路，总长度 51.56km，总占地面积 121.11hm^2，其中临时占地 107.46 hm^2，占地类型为林地、草和其它用地。其中位于库区的临时道路长度 4.55km。

交通道路区长度、占地面积见表 9.7-1。

表 9.7-1　　黄河古贤水利枢纽工程交通道路工程长度、占地面积统计表

序号				1	2	3	合计
道路性质				永久道路	临时道路	进场道路	
占地面积		合计	hm^2	35.29	121.11	10.15	166.55
		库区	hm^2		13.65		13.65
		库区外	hm^2	35.29	107.46	10.15	142.75
道路长度	合计		km	11.43	51.56	1.81	62.99
	坝址区	库区	km		4.55		4.55
		库区外	km	11.43	5.43	1.81	16.86
	西磑口料场区		km		8.98		8.98

表 9.7-1　　黄河古贤水利枢纽工程交通道路工程长度、占地面积统计表

	进场道路区	km		12		12
	皮带机运输工程区	km		20.60		20.6

（1）工程措施

1）表土剥离及回覆

非库区的临时道路，占地性质为临时占地，占地类型主要为灌木林地，施工结束后需要回覆林地，因此在施工前进行表土剥离，并集中堆放，施工后回覆，以便后期作为绿化用土，表土剥离厚度为 30cm，经计算，共剥离表土为 41.92 万 m^3，表土回覆量为 41.92 万 m^3。

2）土地整治工程

为了绿化工程顺利实施，对需要要恢复林地的临时道路进行土地平整，经统计土地平整面积为 38.93hm^2。

（2）植物措施

本工程进场道路线路靠近户口瀑布风景名胜区，为使道路工程与自然景观融合一体，主体工程对岩石挖方边坡设计采用生态基材防护，对填方边坡和土质挖方边坡设计采用拱形骨架植草防护，可有效防止水土流失。本方案补充设计永久道路行道树绿化美化措施，道路下边坡灌草绿化措施，坝区永久道路上边坡高次团粒喷播护坡措施以及临时施工道路施工结束后植被恢复措施。

1）行道林工程

永久道路两侧各种植一排行道林，行道林选择树种为大叶女贞、杨树、侧柏，种植密度：株距 3m，Φ60cm 穴状整地。经计算需要种植行道树 76200 株。

2）植物护坡措施

对道路下游边坡，采取种植灌草绿化，灌木选用柠条，草种选用白羊茅草；灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

3）植被恢复工程

非库区的临时道路，占地性质为临时占地，占地类型主要为灌木林地，施工结束后需要回覆林地，种植乔木、灌木和草进行植被恢复，其中乔木种植密度：株行距 2m×3m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：株行距 1.5m×1.5m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

4）高次团粒喷播护坡措施

本工程 1#道路、5#道路、2#道路、4#道路、6#道路、8#道路前期作为施工区道路，后期改建为永久道路，6 条道路共长 16.28km，由于坝区施工道路紧邻大坝坝址，且施工结束后按照永久道路标准设计，但主体工程道路专业未考虑道路边坡绿化，为美化坝区景观，本专业补充设计坝址区附近永久道路上边坡喷播高次团粒护坡措施。经计算，坝址区附近永久道路上边坡共需喷播高次团粒 14517 ㎡。

（3）临时措施

1）下边坡竹挡板拦挡

道路沿线地貌类型为山区，减少道路施工影响范围对区域环境保护具有重要意义。在道路施工中路基挖、填方坡虽然有一定的路基、路堑挡墙等工程措施。但路基填方边坡施工中可能造成的影响是对原地表植被破坏的主要原因，也是造成水土流失急增的主要区域。因此在道路下游边坡征地红线边缘布置临时措施，减少施工中的水土流失是必要的。

路基施工临时措施采用简便且造价较低的竹挡板，鉴于项目区土层薄，而施工道路沿坡地布置，竹挡板的桩钉采用角钢钉入。即施工前先在公路外侧下边坡红线附近设置桩钉及拦挡板，桩钉选用角钢，挡板选用竹编挡板，挡板高 1.0m，长 5m～6m，将竹子破开编制而成。桩钉角钢长 1.50m 左右，钉入征地红线边缘，钉入地下 0.5m，桩钉间距 1m，施工时用粗铁丝将竹板和桩钉固定。临时拦挡措施示意见图 9.7-1。

同时为防止道路边坡大块石滚落损坏竹挡板，设计在竹挡板外侧坡脚摆放袋装土进行竹挡板挡护，摆放高度 0.5m，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

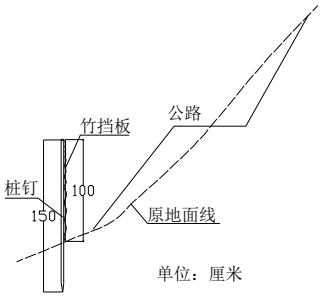


图 9.7-1 黄河古贤水利枢纽工程道路施工竹挡板及布置示意图

2）临时拦挡和覆盖

对临时堆存表土的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，每 1km 设置一个 100m×3m 的表土临时堆放处。表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用

0.80m×0.50m×0.25m 规格。

（4）交通道路区工程量

交通道路区水土保持措施工程量见表 9.7-2。

表 9.7-2　　黄河古贤水利枢纽工程交通道路区水土保持措施工程量汇总表

序号					1	2	3	合计
道路性质					永久道路	临时道路	进场道路	
占地面积			合计	hm^2	35.29	121.11	10.15	166.55
			库区	hm^2		13.65		13.65
			库区外	hm^2	35.29	107.46	10.15	152.90
道路长度		合计		km	11.43	51.56	1.81	64.80
		坝址区	库区	km		4.55		4.55
			库区外	km	11.43	5.43	1.81	18.67
		西碹口料场区		km		8.98		8.98
		进场道路区		km		12		12
		皮带机运输工程区		km		20.60		20.6
工程措施	土地整治工程	表土剥离		m^3	105870	322380		428250
		表土回覆		m^3	105870	322380		428250
		土地平整		hm^2	2.29	37.61	0.36	40.26
植物措施	植物防护工程	护坡面积		hm^2	21.95	99.00	3.48	124.42
		种植灌木		株	54864	247488	8688	311040
		撒播种草	撒播	hm^2	21.95	99.00	3.48	124.42
			草籽	kg	1755.65	7919.62	278.02	9953.28
		高次团粒客土喷播		m^2	14517			14517.00
	植被恢复工程	种植乔木		株		62680		62680
		种植灌木		株		376080		376080
		撒播种草	撒播	hm^2		37.61		37.61
			草籽	kg		3008.64		3008.64
	绿化美化工程	行道林	种植乔木	株	76200		9050	85250
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	211.34	368.79	113.34	693.47
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	52935.00	161190.00	15225.00	229350
	临时拦挡	拦挡竹挡板长度		km	8.00	36.09	1.27	45.36
		桩钉		根	8001	36092	1267	45360
		拦挡竹挡板		m^2	8001	36092	1267	45360

9.8　皮带机运输线路工程区

皮带机运输线路工程主要是为了运输西碹口料场半成品骨料至古贤坝址坝后半成品料堆场而设置的运输工程。工程线路总长 62.47m，其中与进场公路共建段长 19.34km，

独立段长 43.13km，工程总占地面积为 15.25hm^2，占地性质为临时占地，占地类型为林地、草和其它用地。

（1）工程措施

1）浆砌石排水沟

为了预防隧洞上边坡坡面雨水冲刷大坝建筑物与边坡结合处、洞口，产生水土流失，在开挖边缘线 10m 以外山坡设置浆砌石排水沟，排水沟末端设置沉沙池，经沉沙、消能后排入自然沟道。

根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关规定，永久排水工程设计标准采用 5 年一遇 10min 短历时设计暴雨（1.61mm/min），排水沟汇水面积 0.048km^2，流量 0.76m^3/s。排水沟尺寸设计为上宽为 1.3m，下宽为 0.3m，高为 0.5m，排水沟浆砌石厚度为 30cm，排水沟沟底坡率 6%，设计流速 3.3m/s，过水能力 0.92m^3/s。满足设计要求。经计算，共需修建排水沟 9000m。

2）表土剥离、回覆、土地平整工程

在施工前，对皮带机线路工程区可剥离表土区域进行表土剥离，剥离厚度 30cm，剥离的表土集中堆放，施工结束后将表土回覆与于渣顶面，并进行土地平整，以便后续绿化工程顺利实施。

（2）植物措施

根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）有关规定，皮带机运输工程占地为临时占地，植被恢复与建设工程为 3 级，设计标准应应满足水土保持和生态保护要求，执行生态公益林绿化标准。需植被恢复面积 12.20hm^2。在施工结束后，采取植被恢复工程，种植乔木、灌木和草进行植被恢复，其中乔木种植密度：刺槐，株行距 2m×3m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：柠条，株行距 1.5m×1.5m，Φ30cm 穴状整地，植草：白羊茅，撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。

（3）临时措施

对临时堆存表土的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，堆存于各工作面占地范围内空闲地。表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。

（4）皮带机运输线路工程区工程量

水土保持措施工程量见表 9.8-1。

表 9.8-1　　黄河古贤水利枢纽工程皮带机运输工程区水土保持措施工程量汇总表

措施类型				单位	合计
工程措施	防洪排导工程	排水沟	排水沟长度	m	9000
			基础开挖土方	m^3	10080.00
			M7.5 浆砌石	m^3	6480.00
		沉沙池	个数	个	12.00
			基础开挖土方	m^3	162.54
			M7.5 浆砌石	m^3	147.00
	土地整治工程	表土剥离面积		hm^2	15.25
		表土剥离		m^3	45750.00
		表土回覆		m^3	45750.00
		土地平整		hm^2	12.20
植物措施	植被恢复工程	种植乔木		株	30500
		种植灌木		株	122000
		撒播种草	撒播	hm^2	12.20
			草籽	kg	976.00
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	138.93
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	22875.00

9.9　移民安置与专项设施复（改）建区

古贤水利枢纽工程规划设计水平年农村移民搬迁安置人口为4679户15530人，均在水库淹没影响区，其中山西省2187户7589人，陕西省2492户7941人。采用集中安置与分散安置两种安置方式。共规划28个集中安置点，新址建设用地1406.67亩。水库淹没影响4个集镇，其中三交镇和徐家垛乡需进行迁建，迁建新址建设用地417.05亩。

规划复建道路103条284.57km，其中规划复建库周道路20条145.45km，规划移民安置区道路83条139.12km；规划复建水利工程设施14处，防护处理2处；规划复建电力线路116.89km；规划复建通信线路杆路262.96km；规划复建广播电视杆路13.72km。

根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）规定，黄河古贤水利枢纽工程可行性研究阶段水土保持方案编写移民水土保持附件（见附件2），初步设计阶段

移民安置与专项设施复（改）建区应单独编制水土保持方案报告书。

9.9.1 移民安置区

（1）移民集中安置点工程区

古贤水利枢纽工程设集中安置点28个，搬迁距离均在4km之内。移民集中安置工程新征占地93.78hm^2。

根据移民集中安置点设计报告，移民专业已经设计的措施有：场区截排水措施、草皮护坡措施和安置点绿化措施，水土保持专业补充表土剥离及回覆、土地平整措施和表土临时防护措施。

1）工程措施

①表土剥离措施：工程建设前对永久占压区域进行表土剥离，并集中堆放，以作后期绿化用土，设计剥离厚度 0.3m。根据居民点典型设计推算本工程集中安置点共剥离表土 27.13 万 m³。

②表土回覆措施：施工结束后，将剥离的表土作为绿化用土，回覆至公共绿化场区和道路绿化场区。根据 4 处居民点典型设计，公共绿化场地和道路绿化场地占 4 处居民点建设用地总面积的 8.3%，根据典型设计绿化比例，推算本工程集中安置点绿化总面积为 7.52 hm^2，共回覆表土 27.13 万 m³。

③土地平整措施：对公共绿化场及道路绿化场区，表土回覆后，进行土地平整，经计算共需土地平整面积 7.52 hm^2。

2）临时措施

在施工期间，将剥离表土临时堆存于各集中安置点内的空闲场地，对临时堆存的表土采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用0.80m×0.50m×0.25m规格。经计算共需临时拦挡袋装土方1646.49 m^3，防尘网129666 m^2。

表 9.9.1-1　黄河古贤水利枢纽工程移民安置与专项设施复（改）建区居民点水土保持工程量表

措施类别			单位	工程量
工程措施	土地整治工程	表土剥离面积	hm^2	90.45
		表土剥离	万 m^3	27.13
		表土回覆	m^3	27.13
		土地平整	hm^2	7.52

表 9.9.1-1　黄河古贤水利枢纽工程移民安置与专项设施复（改）建区居民点水土保持工程量表

措施类别				单位	工程量
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	1646.49
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	129666.37

（2）集镇迁建工程区

古贤水利枢纽工程建设征地影响山西省、陕西省 4 个集镇，其中山西省大宁县徐家垛乡的政府驻地全部受淹没，山西省柳林县三交镇的政府驻地大部分单位受淹没，山西省石楼县前山乡、陕西省延川县延水关镇的部分单位受淹。根据当地县人民政府确定的移民安置方案，4 个乡（镇）的行政管理职能均应保留，其中大宁县人民政府确定徐家垛乡易地迁至原割麦乡政府所在地，柳林县人民政府确定三交镇后靠迁建。山西省石楼县的前山乡和陕西省延川县的延水关镇仅部分单位受淹，对乡（镇）中心职能影响不大，对两个乡（镇）部分单位进行一次性补偿处理，由相关单位在乡（镇）内择址自行建设。

三交镇和徐家垛乡迁建人口规模为 3211 人（含建成区和进城集镇安置人口），迁建新址占地面积 27.80hm^2。

根据集镇迁建工程区设计报告，移民专业已经设计的措施有：场区排水措施和绿化措施，水土保持专业补充表土剥离及回覆、土地平整措施和表土临时防护措施。

1）工程措施

①表土剥离措施：工程建设前对永久占压区域进行表土剥离，并集中堆放，以作后期绿化用土，设计剥离厚度 0.3m。根据集镇迁建工程典型设计推算本工程集镇迁建共剥离表土 27.49 万 m^3。

②表土回覆措施：施工结束后，将剥离的表土作为绿化用土，回覆至公共绿化场区和道路绿化场区。根据三交镇迁建工程典型设计，公共绿化场地和道路绿化场地占三交镇迁建工程建设用地总面积的 11%，根据典型设计绿化比例，推算本工程集镇迁建工程绿化总面积为 3.05 hm^2。共回覆表土 8.25 万 m^3。

③土地平整措施：对公共绿化场区，表土回覆后，进行土地平整，经计算共需土地平整面积 3.05 hm^2。

2）临时措施

在施工期间，对临时堆存的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，表土的平均堆高为 3m，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。经计算共需临时

拦挡袋装土方 907.78 m^3，防尘网 39416 m^2。

表9.9.1-2　古贤水利枢纽工程移民安置与专项设施复（改）建区集镇迁建工程水土保持工程量表

措施类别				单位	工程量
工程措施	土地整治工程	表土剥离面积		hm^2	27.49
		表土剥离		万 m^3	8.25
		表土回覆		m^3	8.25
		土地平整		hm^2	3.05
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	907.78
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	m^2	39415.93

9.9.2　专项设施复（改）建区

专项设施复（改）建工程主要包括交通运输工程、水利工程、电力工程、通信工程、广播电视工程等设施复建。

9.9.2.1 交通工程设计

古贤水利枢纽工程规划道路 103 条共 284.57km。其中规划复建库周交通道路 20 条共 145.45km，规划移民安置区交通道路 83 条 139.12km。

主体设计选取了具有代表性柳林县沿黄公路复建工程进行了典型设计，典型设计路线全长 26.222 km，其中利用原路段 5 km 长，改建段共长 21.222 km。其中三级公路长度 21.87 km，四级公路长 4.352 km。

根据交通工程设计报告，主体已经设计的措施有：道路排水措施、工程护坡措施、弃渣场拦挡措施和排水措施，水土保持专业补充交通道路工程植物护坡措施和道路两侧行道树措施；补充施工便道、施工营地等临时占地区表土剥离及回覆、排水措施、土地平整措施和植被恢复措施；补充交通工程路基开挖施工过程中临时拦挡措施、临时占地区剥离表土的临时防护措施。

（1）工程措施

表土剥离及回覆措施：对施工便道、施工营地施工前进行表土剥离，并集中堆放，以作后期绿化用土，根据柳林县沿黄公路典型设计，典型设计段可剥离表土面积 2.11 hm^2，设计剥离厚度 0.3m，共剥离表土 0.63 万 m^3。

土地平整措施：施工结束后，施工便道、施工营地表土回覆后，进行土地平整，土地平整面积 2.11 hm^2。

排水沟：在施工前，在生产生活区四周设置土工布排水沟，土质排水沟在生产生活区周围设置排水沟。临时排水沟采用土工布形式、内壁夯实，断面采用梯形断面，断面

底宽 0.4m，沟深 0.4m，边坡比 1:1。典型设计段共修建土工布排水沟 210m，土方开挖 67.25m³，铺设土工布 447.86 ㎡。排水沟末端设置 M7.5 浆砌石沉沙池，基础开挖 23.11m³，需 M7.5 浆砌石 20.90m³。

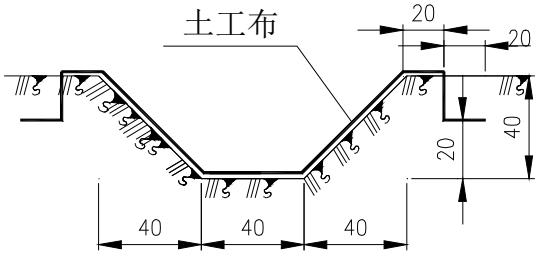


图 9.9.2-1 黄河古贤水利枢纽工程土工布排水沟断面图　单位：cm

（2）植物措施

行道林工程：设计在柳林沿黄公路典型设计段两侧各种植一排行道林，行道林选择树种为大叶女贞、杨树、侧柏，种植密度：株距 3m，Φ60cm 穴状整地。典型段道路共栽植行道林 7509 株。

植物护坡措施：对道路下游边坡，采取种植灌草绿化，灌木选用柠条，草种选用白羊茅草；灌木种植密度：株行距 1m×1m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2，客土厚度 60cm。根据柳林沿黄公路典型设计，道路下游边坡灌草绿化护坡面积共 12.92hm^2，栽植灌木 32304 株，撒播草籽 12.92hm^2，共 1033.74 kg。

植被恢复工程：施工便道、施工营地临时占地区，占地类型为灌木林地、荒地的区域，施工结束后需要恢复林地，种植乔木、灌木和草进行植被恢复，其中乔木种植密度：株行距 2m×3m，Φ60cm 穴状整地，灌木种植密度：株行距 1.5m×1.5m，Φ30cm 穴状整地，植草：撒播植草，种植密度，草籽 80kg/ hm^2。典型设计段植被恢复种植乔木 5432 株，种植灌木 21728 株，撒播草籽 2.17 hm^2，草籽 173.82kg。

（3）临时措施

下边坡竹挡板拦挡：道路沿线地貌类型为山区，减少道路施工影响范围对区域环境保护具有重要意义。在道路施工中路基挖、填方坡虽然有一定的路基、路堑挡墙等工程措施。但路基填方边坡施工中可能造成的影响是对原地表植被破坏的主要原因，也是造成水土流失急增的主要区域。因此在道路下游边坡征地红线边缘布置临时措施，减少施工中的水土流失是必要的。

路基施工临时措施采用简便且造价较低的竹挡板，鉴于项目区土层薄，而施工道路沿坡地布置，竹挡板的桩钉采用钢筋钉入。即施工前先在公路外侧红线附近设置桩钉及

拦挡板，桩钉选用角钢，挡板选用竹编挡板，挡板高 1.0m，长 5m～6m，将竹子破开编制而成。桩钉长 1.50m 左右，钉入征地红线边缘，距离 1m，施工时用细铁丝将竹板和桩钉固定。典型设计段共设置竹挡板拦挡长度 10.81km。

袋装土临时拦挡和防尘网覆盖：对临时堆存表土的采取袋装土临时拦挡和防尘网覆盖措施，临时拦挡措施采用填筑袋装土布设在表土的四周，袋装土土源直接取用临时堆存表土，施工结束后对临时措施进行拆除。袋装土按照两层摆放，为保证稳定，底层袋装土的纵向应垂直于堆土放置，土袋采用 0.80m×0.50m×0.25m 规格。典型设计段设袋装土拦挡 64.55m³，防尘网苫盖 2.02hm^2。

古贤水利枢纽工程规划道路 103 条共 284.57km。典型设计路线全长 26.222 km。根据典型设计路线单位长度水土保持措施工程量对交通道路复（改）建工程水土保持措施量进行估算。工程量见表 9.9.2-1。

表 9.9.2-1　古贤水利枢纽工程移民安置与专项设施复（改）建区交通运输工程水土保持工程量表

水土保持措施类型				单位	典型段工程量	每 km 工程量	工程量
工程措施	土地整治工程	表土剥离面积		hm^2	2.11	0.08	22.92
		表土剥离		万 m^3	0.63	0.02	6.88
		表土回覆		万 m^3	0.63	0.02	6.88
		土地平整		hm^2	2.11	0.08	22.92
	防护排导工程	排水沟	排水沟长度	m	210.15	8.01	2280.58
			基础开挖土方	m^3	67.25	2.56	729.78
			土工布	m^2	447.86	17.08	4860.37
		沉沙池	个数	个	3.00	0.11	18.52
			基础开挖土方	m^3	23.11	0.88	250.83
			M7.5 浆砌石	m^3	20.90	0.80	226.85
植物措施	植物防护工程	护坡面积		hm^2	12.92	0.49	140.23
		种植灌木		株	32304	1232	350577
		撒播种草	撒播	hm^2	12.92	0.49	140.23
			草籽	kg	1033.74	39.42	11218.48
	植被恢复工程	种植乔木		株	5432	207	58950
		种植灌木		株	21728	829	235798
		撒播种草	撒播	hm^2	2.17	0.08	23.58
			草籽	kg	173.82	6.63	1886.37
	绿化美化工程	行道林	种植乔木	株	7509	286.35	81486
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	64.55	2.46	700.57

表 9.9.2-1　古贤水利枢纽工程移民安置与专项设施复（改）建区交通运输工程水土保持工程量表

水土保持措施类型				单位	典型段工程量	每 km 工程量	工程量
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	hm^2	2.02	0.08	21.91
	临时拦挡	拦挡竹挡板长度		km	10.81	0.41	117.27
		桩钉		根	10806	412.11	117273
		拦挡竹挡板		m^2	10806.22	412.11	117272.79

9.9.2.2 电力工程设施、通信工程设施和广播电视工程设施复建工程

古贤水利枢纽工程建设征地规划电力线路 116.89km，规划通信杆路 262.96km，规划广播电视杆路 13.72km。电力工程设施、通信工程设施和广播电视工程设施复建工程均根据当地相关部门的意见按照单位长度进行规划费用的估算，未开展全面设计。电力工程设施、通信工程设施和广播电视工程设施复建工程占地面积少，施工工期短，工程施工造成的水土流失影响轻。因此，本方案不再设计水土保持措施，仅对施工过程中文明施工、控制水土流失提出相应的要求。

施工过程中应优化施工工艺，尽量减少地表扰动面积及土石方开挖回填量，对开挖临时堆土采取临时拦挡、临时苫盖等防护措施，严控工期，及时将临时堆存土方回填，建设单位应将水土保持责任落实，将施工过程中产生的水土流失降到最低。

9.9.2.3 水利工程设施

古贤水利枢纽工程水库淹没影响水利工程设施 21 处，规划复建 14 处（山西省 7 处，陕西省 7 处），规划进行防护处理 2 处（山西省 1 处，陕西省 1 处），一次性补偿 5 处（山西省 1 处，陕西省 4 处）。

根据水利工程设施复建设计报告，各个单项工程均进行了水土保持设计。为了不重复设计和投资。本水土保持方案不再对水利工程设施复建工程进行水土保持措施设计。

9.9.3 移民安置与专项设施复（改）建区水土保持措施工程量

黄河古贤水利枢纽工程移民安置与专项设施复（改）建区水土保持措施工程量见表 9.9.3-1。

表 9.9.3-1　移民安置与专项设施复（改）建区水土保持工程量汇总表

措施类别			单位	工程量
工程措施	土地整治工程	表土剥离面积	hm^2	140.86
		表土剥离	万 m^3	42.26
		表土回覆	万 m^3	42.26

表 9.9.3-1　　移民安置与专项设施复（改）建区水土保持工程量汇总表

措施类别				单位	工程量
		土地平整		hm^2	33.49
	防护排导工程	排水沟	排水沟长度	m	2280.58
			基础开挖土方	m^3	729.78
			土工布	m^2	4860.37
		沉沙池	个数	个	18.52
			基础开挖土方	m^3	250.83
			M7.5 浆砌石	m^3	226.85
植物措施	植物防护工程	护坡面积		hm^2	140.23
		种植灌木		株	350577
		撒播种草	撒播	hm^2	140.23
			草籽	kg	11218.48
	植被恢复工程	种植乔木		株	58950
		种植灌木		株	235798
		撒播种草	撒播	hm^2	23.58
			草籽	kg	1886.37
	绿化美化工程	行道林	种植乔木	株	81486
临时措施	临时拦挡	袋装土拦挡	填筑、拆除	m^3	3254.85
	苫盖防护	临时苫盖	防尘网	hm^2	169104.21
	临时拦挡	拦挡竹挡板长度		km	117.27
		桩钉		根	117273
		拦挡竹挡板		m^2	117272.79

10 水土保持施工组织设计

10.1 工程量

本工程水土保持措施工程量主要包括工程措施、植物措施和临时措施等工程量。根据《水利水电工程设计工程量计算规定》（SL 328-2005），本方案永久工程和建筑物工程工程量调整系数为 1.08，施工临时工程工程量调整系数为 1.13，根据《水利水电工程水土保持技术规范》，本方案植物措施工程量调整系数为 1.05。本方案各防治区建设期水土保持措施工程量汇总见表 10.1-1。

表 10.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
主体工程区				
一	工程措施			
（一）	防洪排导工程			
1	排水沟			
	排水沟长度	m	9371.00	10120.68
	基础开挖土方	m^3	10495.52	11335.16
	M7.5 浆砌石	m^3	6747.12	7286.89
2	沉沙池			
	个数	个	16	17
	基础开挖土方	m^3	216.72	234.06
	M7.5 浆砌石	m^3	196.00	211.68
（二）	土地整治工程			
1	表土剥离面积	hm^2	26.11	28.20
2	表土回覆	m^3	78327.00	84593.16
3	土地平整	hm^2	94.05	101.57
（三）	灌溉工程			
1	高位水池工程			
	土方开挖	m^3	162.82	175.84
	石方开挖	m^3	108.54	117.23
	C25 混凝土	m^3	178.83	193.14
	钢筋	t	25.04	27.04
2	小型泵站	座	2	2
3	输水管线工程			
	主管线 Φ60mm 钢管	m	10980.00	11858.40
	主管线 Φ30mmPVC 管	m	128832.00	139138.56
	塑料软管	m	107072.00	115637.76
	喷头	组	21414	23127
二	植物措施			
（一）	植被恢复工程			

表 10.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
1	种植乔木			
	种植刺槐（胸径 2cm）	株	7575	7954
	种植油松（胸径 6cm）	株	7575	7954
2	种植灌木			
	种植沙棘（株高 0.4～0.5m）	株	12120	12726
	种植月季（胸径 2cm）	株	12120	12726
	种植迎春（株高 0.4～0.5m）	株	12120	12726
	种植石楠（冠幅 40~50cm）	株	12120	12726
	种植金叶女贞（株高 0.5～0.6m）	株	12120	12726
3	撒播种草			
	撒播白羊茅	hm^2	6.06	6.36
（二）	绿化美化工程			
1	种植乔木			
	侧柏（4~5cm）	株	11732	12319
	油松（6cm）	株	105588	110867
	楸树（4~6cm）	株	4693	4927
	白皮松（4~6cm）	株	11732	12319
	花楸树（3~4cm）	株	42235	44347
	刺槐（6cm）	株	35196	36956
	碧桃（5~6cm）	株	23464	24637
	树木支撑	株	11732	12319
2	种植灌木			
	种植沙棘（株高 0.4～0.5m）	株	281568	295646
	种植月季（胸径 2cm）	株	93856	98549
	种植迎春（株高 0.4～0.5m）	株	93856	98549
	种植石楠（冠幅 40~50cm）	株	93856	98549
	种植金叶女贞（株高 0.5～0.6m）	株	187712	197098
	种植红瑞木（株高 0.5～0.6m）	株	187712	197098
3	高次团粒客土喷播	m^2	212480.00	223104
4	撒播种草			
	撒播白羊茅	hm^2	87.99	92.39
（三）	幼林抚育	hm^2	94.05	98.75
（四）	全面整地	hm^2	94.05	98.75
三	临时措施			
	袋装土拦挡	m^3	246.87	278.96
	防尘网	m^2	39163.50	44254.76
工程永久办公生活区				
一	工程措施			
（一）	防洪排导工程			
1	排水沟			
	排水沟长度	m	730.00	788.40

表 10.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
	基础开挖土方	m^3	525.60	567.65
	M7.5 浆砌石	m^2	817.60	883.01
（二）	土地整治工程			
1	表土剥离	m^3	3735.00	4033.80
2	表土回覆	m^3	3735.00	4033.80
3	土地平整	hm^2	1.51	1.63
（三）	斜坡防护工程			
1	挡墙工程			
	长度	m	730.00	788.40
	土方开挖	m^3	122.64	132.45
	石方开挖	m^3	81.76	88.30
	M7.5 浆砌石	m^3	547.50	591.30
2	工程护坡			
	土方开挖	m^3	944.35	1019.89
	石方开挖	m^3	629.56	679.93
	覆种植土	m^3	2857.50	3086.10
	混凝土框格	m^3	1573.91	1699.82
二	植物措施			
（一）	植物防护工程			
1	种植灌木			
	种植沙棘/柠条	株	2858	3000
2	撒播种草（白羊茅）	hm^2	1.14	1.20
（二）	绿化美化工程			
1	种植乔木			
	侧柏（4~5cm）	株	2539	2666
	油松（6cm）	株	1693	1777
	楸树（4~6cm）	株	846	889
	白皮松（4~6cm）	株	846	889
	花楸树（3~4cm）	株	846	889
	刺槐（6cm）	株	846	889
	碧桃（5~6cm）	株	846	889
	树木支撑	株	846	889
2	种植灌木			
	种植沙棘（株高 0.4～0.5m）	株	10155	10663
	种植月季（胸径 2cm）	株	6770	7109
	种植迎春（株高 0.4～0.5m）	株	3385	3554
	种植石楠（冠幅 40~50cm）	株	3385	3554
	种植金叶女贞（株高 0.5～0.6m）	株	6770	7109
	种植红瑞木（株高 0.5～0.6m）	株	3385	3554
3	撒播草籽			
	撒播种草（白羊茅+高羊茅）	hm^2	3.39	3.55

表 10.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
（三）	幼林抚育	hm^2	4.53	4.75
（四）	全面整地	hm^2	4.53	4.75
三	临时措施			
	袋装土拦挡	m^3	39.70	44.86
	防尘网	m^2	1867.50	2110.28
弃渣场区				
一	工程措施			
（一）	土地整治工程			
1	土地平整	hm^2	128.72	139.02
2	表土剥离	m^3	263240	284299
3	表土回覆	m^3	263240	284299
4	绿化覆土	m^3	46450	50166
5	土工布	hm^2	53	57
6	碎石压盖	m^2	658900	711612
8	渣体碾压	m^3	1442348	1557736
（二）	拦挡工程			
1	土方开挖	m^3	948.15	1024.00
2	石方开挖	m^3	4995.50	5395.14
3	M7.5 浆砌石	m^3	10693.25	11548.71
4	砂砾石基础换填	m^3	875.00	945.00
5	清基	m^3	1312.50	1417.50
6	PVC 管	m	6299.50	6803.46
7	反滤料	m^3	333.05	359.69
8	沥青砂板条	m^2	614.07	663.20
9	C30 混凝土	m^3	63.00	68.04
10	钢筋	t	2.84	3.07
（三）	斜坡防护工程			
1	钢筋石笼	m^3	18376.50	19846.62
2	框格护坡土方开挖	m^3	30428.79	32863.09
	覆种植土	m^3	81357.06	87865.62
	框格护坡混凝土	m^3	38471.79	41549.53
3	干砌石护坡	m^3	34852.75	37641.13
4	过渡料	m^3	229200	247536
5	石渣填筑　利用主体开挖料	m^3	1366242	1475541
（四）	防洪排导工程			
1	坝址区 1#渣场			
(1)	边坡截水沟			
	长度	m	8496.00	9175.68
	土方开挖	m^3	10934.35	11809.10
	石方开挖	m^3	9940.32	10735.55

表 10.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
	M7.5 浆砌石	m^3	14528.16	15690.41
(2)	底部盲沟			
	长度	m	800.00	864.00
	石方开挖	m^3	3760.00	4060.80
	铺设块石	m^3	2000.00	2160.00
	土工布	m^2	2800.00	3024.00
	砂砾石垫层	m^3	592.00	639.36
	M7.5 浆砌石	m^3	1248.00	1347.84
(3)	沉沙池			
	个数	个	4	4
	土方开挖	m^3	16.00	17.28
	砌砖	m^3	8.00	8.64
(4)	主沟挡水坝			
	覆盖层开挖 0.5km	m^3	8865.74	9575.00
	石方开挖 2.5km	m^3	4320.37	4666.00
	心墙土料 0.5km	m^3	20014.81	21616.00
	反滤料 9km	m^3	7097.22	7665.00
	石渣填筑 利用主体开挖料	m^3	60067.59	64873.00
	堆石护坡 2.5km	m^3	692.59	748.00
	排水体 2.5km	m^3	6341.67	6849.00
	戗堤 利用主体开挖料直接水中进占	m^3	25942.59	28018.00
	喷混凝土	m^3	1514.81	1636.00
(5)	支沟挡水坝			
	覆盖层开挖 0.5km	m^3	644.44	696.00
	石方开挖 1.5km	m^3	4263.89	4605.00
	心墙土料 0.5km	m^3	7795.37	8419.00
	反滤料 8km	m^3	3396.30	3668.00
	石渣填筑 1.5m	m^3	18907.41	20420.00
	堆石护坡 1.5km	m^3	500.00	540.00
	排水体 1.5km	m^3	2308.33	2493.00
	戗堤 利用主体开挖料直接水中进占	m^3	4697.22	5073.00
	喷混凝土	m^3	3396.30	3668.00
(7)	$1^{\#}$排洪隧洞			
①	进出口			
	覆盖层开挖	m^3	2972.22	3210.00
	石方明挖	m^3	35491.67	38331.00
	标准钢模板	m^2	5185.19	5600.00
	进出口明渠混凝土(C30)	m^3	1202.78	1299.00
	挑流鼻坎混凝土(C40)	m^3	1389.81	1501.00
	喷混凝土 C20	m^3	636.11	687.00
	钢筋网	t	25.00	27.00

表 10.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
	锚杆 φ25，L=6m	根	1009	1090
	钢筋制安	t	154.14	166.47
	进水口/塔/竖井/调压井细部结构	m^3	2592.59	2800.00
②	洞身段			
	石方洞挖	m^3	121326.85	131033.00
	隧洞衬砌钢模板	m^2	57409.26	62002.00
	衬砌混凝土	m^3	28704.63	31001.00
	锚杆 φ25，L=4.5m	根	12847	13875
	钢筋制安	t	4152.78	4485.00
	钢筋网	t	198.15	214.00
	喷混凝土 C20	m^3	7672.22	8286.00
	固结灌浆	m	34025.93	36748.00
	回填灌浆	m^2	18084.26	19531.00
	橡胶止水	m	4430.56	4785.00
	排水孔 D75mm	m	7100.93	7669.00
	钢拱架 I20	t	49.07	53.00
	锁脚锚杆 φ25，L=7m	根	204	220
	隧洞细部结构	m^3	28706.48	31003.00
(8)	$2^{\#}$防洪隧洞			
①	进出口			
	覆盖层开挖	m^3	1981.48	2140.00
	石方明挖	m^3	21453.70	23170.00
	标准钢模板	m^2	2416.67	2610.00
	进出口明渠混凝土(C30)	m^3	380.56	411.00
	挑流鼻坎混凝土(C40)	m^3	827.78	894.00
	喷混凝土 C20	m^3	508.33	549.00
	钢筋网	t	19.44	21.00
	锚杆 φ25，L=6m	根	806	870
	钢筋制安	t	71.82	77.57
	进水口/塔/竖井/调压井细部结构	m^3	1208.33	1305.00
②	洞身段			
	石方洞挖	m^3	22056.48	23821.00
	隧洞衬砌钢模板	m^2	16914.81	18268.00
	衬砌混凝土	m^3	8457.41	9134.00
	锚杆 φ25，L=4.5m	根	4238	4577
	钢筋制安	t	1225.00	1323.00
	钢筋网	t	62.04	67.00
	喷混凝土 C20	m^3	2435.19	2630.00
	固结灌浆	m	7155.56	7728.00
	回填灌浆	m^2	5684.26	6139.00
	橡胶止水		1426.85	1541.00
	排水孔 D75mm	m	1998.15	2158.00

表 10.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
	钢拱架 I20	t	29.73	32.11
	锁脚锚杆 φ25，L=7m	根	204	220
	隧洞细部结构	m^3	8457.41	9134.00
(9)	其它建筑工程			
2	其余渣场			
(1)	边坡截水沟			
	长度	m	21004.60	22684.97
	土方开挖	m^3	27330.78	29517.24
	石方开挖	m^3	41967.92	45325.36
	清基	m^3	1851.42	1999.53
	M7.5 浆砌石	m^3	30935.04	33409.85
	C30 混凝土	m^3	11817.00	12762.36
	钢筋	t	473.00	510.84
(2)	渣场顶面排水沟			
	长度	m	3838.50	4145.58
	土方开挖	m^3	3232.05	3490.61
	M7.5 浆砌石	m^3	2238.08	2417.12
(3)	马道排水沟			
	长度	m	3802.00	4106.16
	土方开挖	m^3	2534.84	2737.63
	M7.5 浆砌石	m^3	1313.79	1418.89
(4)	底部盲沟			
	长度	m	1746.00	1885.68
	石方开挖	m^3	8206.20	8862.70
	铺设块石	m^3	4365.00	4714.20
	土工布	m^2	6111.00	6599.88
	砂砾石垫层	m^3	1292.44	1395.84
	M7.5 浆砌石	m^3	2723.36	2941.23
(4)	沉沙池			
	个数	个	32	35
	土方开挖	m^3	128.00	138.24
	砌砖	m^3	64.00	69.12
(5)	挡水堰（墙）			
	石方开挖	m^3	4010.20	4331.02
	石方填筑	m^3	1732.50	1871.10
	M7.5 浆砌石	m^3	5184.29	5599.03
	帷幕灌浆	m	2940.33	3175.56
	C25 混凝土底板	m^3	440.00	475.20
	止水带	m^2	55.00	59.40
	C30 混凝土面板	m^3	115.50	124.74
	钢筋	t	16.17	17.46

表 10.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
(6)	排洪沟			
	石方开挖	m^3	14428.80	15583.10
	C25 混凝土	m^3	3462.91	3739.94
	钢筋	t	415.55	448.79
(7)	排水箱涵			
	石方开挖	m^3	45544.00	49187.52
	C25 基础砼	m^3	13217.50	14274.90
	衬砌 C30 砼	m^3	36662.50	39595.50
	钢筋	t	4399.50	4751.46
(8)	排水管涵			
	土方开挖	m^3	3513.05	3794.09
	C25 基础砼	m^3	2235.00	2413.80
	预制钢筋砼管涵安装	m	3147.89	3399.72
二	植物措施			
（一）	植物防护工程			
1	种植灌木			
	种植沙棘/柠条（株高 0.4～0.5m）	株	346436	363758
2	撒播种草（白羊茅）	hm^2	34.64	36.38
（二）	植被恢复工程			
1	种植乔木			
	种植侧柏（胸径 1～2cm）	株	93315	97980
2	种植灌木			
	种植沙棘/柠条（株高 0.4～0.5m）	株	758966	796914
3	撒播种草			
	撒播白羊茅	hm^2	75.90	79.69
（三）	绿化美化工程			
1	种植乔木			
	种植油松（胸径 6cm）	株	3844	4036
	种植侧柏（株高 2m）	株	2563	2691
	种植银杏（胸径 10cm）	株	3844	4036
	种植雪松（株高 3.5m）	株	2563	2691
	种植樱花（胸径 4～5cm）	株	2563	2691
	种植榆叶梅（根径 4～5cm）	株	2563	2691
	种植广玉兰（胸径 4～5cm）	株	2563	2691
	种植碧桃（胸径 5～6cm）	株	2563	2691
	种植千头椿（胸径 4～5cm）	株	2563	2691
	树木支撑	株	8969	9417
2	种植灌木			
	种植石楠（株高 0.5～0.6m）	株	20500	21525
	种植迎春（株高 0.4～0.5m）	株	30750	32288
	种植月季（株高 0.4～0.5m）	株	30750	32288

表 10.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
	种植红瑞木（株高 0.5～0.6m）	株	10250	10763
	种植梳黄菊（株高 0.4～0.5m）	株	10250	10763
3	撒播种草			
	撒播白羊茅	hm^2	2.56	2.69
	撒播山麦冬	hm^2	2.56	2.69
	撒播蓝羊茅	hm^2	2.56	2.69
	撒播燕麦草	hm^2	2.56	2.69
（四）	幼林抚育	hm^2	120.79	126.83
（五）	全面整地	hm^2	120.79	126.83
三	临时措施			
（一）	临时防护工程			
	袋装土拦挡	m^3	1139.10	1287.19
	防尘网	m^2	243392.97	275034.06
料场区				
一	工程措施			
（一）	防洪排导工程			
1	排水沟			
	排水沟长度	m	1400.00	1512.00
	基础开挖土方	m^3	1568.00	1693.44
	M7.5 浆砌石	m^2	1008.00	1088.64
（二）	土地整治工程			
1	表土回覆	m^3	116880.00	126230.40
2	土地平整	hm^2	63.96	69.08
（三）	斜坡防护工程			
1	工程护坡			
	种植槽长度	m	21729.00	23467.32
	M7.5 浆砌石	m^3	6084.12	6570.85
	客土量	m^3	9778.05	10560.29
二	植物措施			
（一）	植物防护工程			
1	种植侧柏（胸径 1~2cm）	株	10865	11408
2	种植爬山虎	株	21729	22815
（二）	植被恢复工程			
1	覆土	m^3	142497.00	149621.85
2	种植灌木			
	种植沙棘/柠条	株	59374	62342
3	撒播种草			
	撒播白羊茅	hm^2	23.75	24.94
（三）	幼林抚育	hm^2	23.75	24.94
（四）	全面整地	hm^2	23.75	24.94
三	临时措施			

表 10.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
1	袋装土拦挡	m^3	222.06	250.92
2	防尘网	m^2	58440.00	66037.20
3	拦渣堤			
	土方开挖	m^3	1732.50	1957.73
	石方开挖	m^3	1155.00	1305.15
	钢筋石笼	m^3	4620.00	5220.60
交通道路区				
一	工程措施			
（一）	土地整治工程			
1	表土剥离	m^3	428250	462510
2	表土回覆	m^3	428250	462510
3	土地平整	hm^2	40.26	43.48
二	植物措施			
（一）	植物防护工程			
1	种植灌木			
	种植沙棘/柠条	株	311040	326592
2	撒播种草（白羊茅）	hm^2	124.42	130.64
（二）	植被恢复工程			
1	种植乔木			
	种植刺槐	株	62680	65814
2	种植灌木			
	种植沙棘/柠条	株	376080	394884
3	撒播种草			
	撒播白羊茅	hm^2	37.61	39.49
（三）	绿化美化工程			
1	种植乔木			
	种植油松	株	85250	89513
（四）	幼林抚育	hm^2	162.02	170.13
（五）	全面整地	hm^2	162.02	170.13
三	临时措施			
（一）	临时防护工程			
1	袋装土拦挡	m^3	580.13	655.54
2	防尘网	m^2	214125.00	241961.25
3	桩钉	根	44093	49825
	拦挡竹挡板	m^2	44093.00	49825.09
施工生产生活区				
一	工程措施			
（一）	防洪排导工程			
1	排水沟			
	排水沟长度	m	10317.51	11142.91
	基础开挖土方	m^3	3301.60	3565.73

表 10.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
	土工布	m^2	21988.67	23747.76
2	沉沙池			
	个数	个	50	54
	基础开挖土方	m^3	677.25	731.43
	M7.5 浆砌石	m^3	612.50	661.50
（二）	土地整治工程			
1	表土剥离	m^3	392124.00	423493.92
2	表土回覆	m^3	392124.00	423493.92
3	土地平整	hm^2	143.06	154.50
（三）	斜坡防护工程			
1	工程护坡			
	土方开挖	m^3	20920.43	22594.06
	石方开挖	m^3	13946.95	15062.71
	覆种植土	m^3	63303.17	68367.42
	混凝土框格	m^3	34867.38	37656.77
二	植物措施			
（一）	植物防护工程			
1	种植灌木			
	种植沙棘/柠条	株	253213	265873
2	撒播种草（白羊茅）	hm^2	25.32	26.59
（二）	植被恢复工程			
1	种植乔木			
	种植刺槐	株	98025	102926
2	种植灌木			
	种植沙棘/柠条	株	392100	411705
3	撒播种草			
	撒播白羊茅	hm^2	39.21	41.17
（三）	绿化美化工程			
1	种植乔木			
	种植油松	株	76248	80061
	种植白皮松	株	6100	6405
	种植楸树	株	70148	73656
2	种植灌木			
	种植沙棘/柠条	株	603887	634081
	月季	株	6100	6405
3	撒播种草			
	撒播白羊茅	hm^2	91.50	96.07
（四）	幼林抚育	hm^2	156.03	163.83
（五）	全面整地	hm^2	156.03	163.83
三	临时措施			
1	袋装土拦挡	m^3	719.28	812.79

表 10.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
2	防尘网	m^2	6973.48	7880.03
皮带机运输工程区				
一	工程措施			
（一）	防洪排导工程			
1	排水沟			
	排水沟长度	m	9000.00	9720.00
	基础开挖土方	m^3	10080.00	10886.40
	M7.5 浆砌石	m^3	6480.00	6998.40
2	沉沙池			
	个数	个	12	13
	基础开挖土方	m^3	162.54	175.54
	M7.5 浆砌石	m^3	147.00	158.76
（二）	土地整治工程			
1	表土剥离面积	hm^2	15.25	16.47
2	表土剥离	m^3	45750.00	49410.00
3	表土回覆	m^3	45750.00	49410.00
4	土地平整	hm^2	12.20	13.18
二	植物措施			
（一）	植被恢复工程			
1	种植乔木			
	种植刺槐	株	30500	32025
2	种植灌木			
	种植沙棘/柠条	株	122000	128100
3	撒播种草			
	撒播白羊茅	hm^2	12.20	12.81
三	临时措施			
1	袋装土拦挡	m^3	138.93	156.99
2	防尘网	m^2	22875.00	25848.75
移民安置与专项设施复（改）建区				
一	工程措施			
（一）	土地整治工程			
2	表土剥离	m^3	422594.37	456401.92
3	表土回覆	m^3	422594.37	456401.92
4	土地平整	hm^2	33.49	36.17
（二）	防护排导工程			
1	排水沟			
	排水沟长度	m	2280.58	2463.02
	基础开挖土方	m^3	729.78	788.17
	土工布	m^2	4860.37	5249.20
2	沉沙池			
	个数	个	19	20

表 10.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程水土保持措施工程量汇总表

序号	工程或费用名称	单位	原工程量	调整后工程量
	基础开挖土方	m^3	250.83	270.90
	M7.5 浆砌石	m^3	226.85	245.00
二	植物措施			
（一）	植物防护工程			
	护坡面积			147.24
1	种植灌木			
	种植沙棘/柠条	株	350577	368106
2	撒播种草（白羊茅）	hm^2	140.23	147.24
（二）	植被恢复工程			
1	种植乔木			
	种植刺槐	株	58950	61897
2	种植灌木			
	种植沙棘/柠条	株	235798	247588
3	撒播种草			
	撒播白羊茅	hm^2	23.58	24.76
（三）	绿化美化工程			
1	行道树			
	种植乔木	株	81486	85560
（四）	幼林抚育	hm^2	163.81	172.00
（五）	全面整地	hm^2	163.81	172.00
三	临时措施			
1	袋装土拦挡	m^3	3254.85	3677.98
2	防尘网	m^2	388185.31	438649.40
3	临时拦挡			
	桩钉	根	117273	132518
	拦挡竹挡板	m^2	117272.79	132518.25

10.2　施工条件及布置

10.2.1　施工条件

（1）对外交通

古贤坝址右岸为陕西省宜川县，左岸为山西省吉县；距陕西省延安市、铜川市和西安市分别为 252km、280km 和 439km；距山西省临汾市、太原市分别为 158km 和 437km。

工程附近东西方向有跨越黄河连接晋、陕两省的 309 国道、G5 京昆高速、108 国道、侯西高速（侯马至西安）；南北方向有山西境内的 209 国道、G59 呼北高速和大运高速（大同至运城），陕西境内的 108 国道、210 国道等。

G309 国道东西向贯穿山西和陕西两省，双向两车道，壶口瀑布景区下游设有 G309 跨黄河大桥一座，G309 国道和 G22 青兰高速是外来人员和物资通往古贤工程坝址区的主要通道。

G59 呼北高速运城经河津至吉县段已通车，运城至吉县段全长 133km，双向四车道，其中吉县至河津段设计速度 80km/h，河津至运城段 100km/h。可承担运城、河津等方向外来物资运输。

G209 贯穿山西南北，双向两车道，可承担运城、河津、太原等方向物资运输。工程总体对外交通条件较好。

（2）施工用水、用电、通讯

工程施工用电和施工水源全部利用主体工程水源和施工用电。

本工程现阶段生产、生活用水考虑采用黄河水取水方案。

工程区附近无大型变电站，坝址区右岸由陕西宜川县 110kV 变电站供应，坝址区左岸由山西大宁县德美 220kV 变电站供应，西磑口料场由乡宁县北垣 220kV 变电站供应。

工程区地处偏远山区，目前移动公司、联通公司和电信公司等部门的通信网络均未完全延伸至施工区域，为保证古贤工程施工期间对内对外的通信和信息的传递，满足工程施工调度和指挥的需要，需在施工区域建设通信网络，以提供语音通信、数据通信等业务。

（3）建筑材料

水泥可由陕西省耀县水泥厂（铜川）及山西省威顿水泥集团有限公司为主的水泥企业供应；钢材可从山西省太原钢铁（集团）有限公司或太钢集团临汾钢铁有限公司为主的企业采购。

木材可从河津、临汾或延安木材公司等地采购；燃料、油料可由延安炼油厂、河津或临汾石油公司供应；粉煤灰由山西河津电厂供应；火工材料可由化工有限公司等企业供应。

（4）苗木种子

绿化所用的苗木、草种以当地购买为主。

10.2.2 施工布置

1）布置原则

①施工总布置在有利于工程施工的前提下，应尽量不影响当地群众的正常生活。

②严格执行国家的土地政策，充分利用荒坡地，少占或不占用耕地布置生产、生活设施。

③建筑材料应分类存放在施工区附近或与主体工程相同，并注意有关材料防潮、防湿；施工布置应避免各单项工程间的施工干扰。

2）施工区规划

根据布置原则、场区布置条件、渣场工程特点，施工营地利用主体工程施工生产生活区，不另布设。砂石料加工系统、混凝土生产、拌和系统采用主体工程布设的设施。

10.3 施工工艺和方法

（1）土方工程

土方工程一般采用人工开挖及机械开挖方式，土方回填采用人工及机械回填、夯实。施工过程中严格按照相关施工规范要求。土地平整主要为人工平整、机械碾压、洒水等。

（2）编织袋土埂码放

临时拦挡用编织袋呈“品”字状码放，码放的编织袋与堆土结合部位要求压实。编织袋码放与堆土交叉施工，每码放 2~3 层编织袋后再开始堆土。

（3）渣场工程施工

基础开挖：河床基坑开挖按先岸坡削坡、后河床开挖的顺序进行施工。土方采用 $0.6m^3$ 反铲挖掘机配 10t 自卸汽车施工。基坑岩石开挖采用手风钻钻孔，浅孔爆破，$0.6m^3$ 反铲挖掘机配 10t 自卸汽车运输出渣。靠近建基面采用人工撬挖。

浆砌石挡渣墙：砂浆搅拌机就近布设，以方便运输。浆砌石施工以人工砌筑为主，石料运输采用自卸汽车运至堆料场，机动斗车运至工作面，石料的垂直运输采用卷扬机配手推车运输。砂浆采用架子车运输，人工摊铺、填缝，采用钢钎插捣密实。浆砌石施工，应由低向高逐步铺砌，要嵌紧、整平，铺砌厚度应达到设计要求。浆砌石采用座浆法砌筑，砌筑时做到平、稳、实、错缝、分层挂线卧砌，同一层面高差控制在 2～3cm 内，石块安置大面朝下，适当摇动或敲击，使石块自身稳定，石间缝宽控制在 2～3cm 内，座浆及竖缝砂浆填塞饱满，竖缝砂浆插捣密实至表面泛浆，同一层面及上、下相邻石块，做到错缝砌筑，内外搭接。在 $0.6m^2$ 范围内应最少设立拉接石一块，砌筑前及砌筑中石块、砌体应适当、适时洒水。每 10m 设 1 道 2cm 宽的伸缩缝，内填沥青砂板条等材料。

（4）$1^{\#}$渣场挡排水工程

1）上游挡渣坝工程

上游挡渣坝包括文城河主、支沟壤土心墙各 1 座挡渣坝。挡渣坝在排水洞具备过水条件后在戗堤保护下进行干地施工。施工程序为：戗堤进占→基础土石方开挖→石渣及心墙平起填筑。

上游挡渣坝施工期间，利用排水洞进行导流，于坝体上游侧设置截水戗堤进行围挡。根据《水利水电工程施工组织设计规范》（SL 303-2017）规定，围堰工程为 4 级建筑物，对应挡水标准为 10~20 年一遇，考虑到本工程施工时段短，挡水标准选 10 年一遇。主沟、支沟对应洪峰流量分别为 205 m^3/s 和 49m^3/s，对应上游水位分别为 567.8m 和 565.0m。结合挡渣坝布置，戗堤堤顶高程分别设为 570m 和 566m，顶宽 4m，上下游边坡 1：1.5。支沟戗堤填筑料于堆料区回采，3.0m^3挖掘机挖装，20t 自卸汽车运输，132kW 推土机辅助水中进占；主沟戗堤利用古贤坝肩开挖料直接进行水中进占施工。戗堤合龙后利用土料进行闭气。

表 10.3-1　　文城河不同频率洪水资料表　　单位：m^3/s

项目	不同标准设计流量（m^3/s）	
	10%	5%
文城河干流	205	312
文城河北支	49	75

戗堤闭气后进行挡渣坝基础开挖，覆盖层利用 3.0m^3挖掘机挖装，20t 自卸汽车运输至土料临时堆存点。石方开挖利用手风钻配合 ROC812 型液压履带式钻机钻孔，梯段爆破，边坡预裂，再由 3m^3 挖掘机配合 132kW 推土机集渣，20t 自卸汽车运输至堆渣点。

坝体石渣填筑采用 132kW 推土机平料，25t 振动平碾碾压，其中主沟挡渣坝利用古贤坝肩开挖料直接上坝，支沟挡渣坝利用本工程开挖料回采。心墙土料于土料临时堆存点利用 3.0m^3挖掘机挖装，20t 自卸汽车运输上坝；过渡料料源取自原头坡砂砾石料场，3.0m^3挖掘机挖装，20t 自卸汽车运输，心墙土料与过渡料与坝体石渣填筑平起施工。堆石护坡及排水体石料于渣场挑选适合石料，20t 自卸汽车运输，1.6m^3反铲挖掘机辅助人工现场码放。

2）下游挡渣坝

下游挡渣坝主要施工项目为挡渣坝基础开挖、弃渣体靠近坡面处压实、坡面干砌石护坡砌筑等。根据渣场堆渣情况，适时加高。

基础开挖利用手风钻配合 ROC812 型液压履带式钻机钻孔，梯段爆破，边坡预裂，3m^3 挖掘机配合 132kW 推土机集渣，渣场范围内就近堆放。弃料区靠近坡面方向水平距

离 40m 范围内，采用 235kW 推土机平料，25t 振动平碾碾压。过渡料料源取自原头坡砂砾石料场，3.0m³挖掘机挖装，20t 自卸汽车运输，1.6m³挖掘机修整、拍实。干砌石护坡在渣场内挑选块石，1.6m³反铲挖掘机辅助人工现场码放。

3）主沟排水洞工程

主沟排水洞全长 1.8km，顺水流方向依次包括：引渠段 15m、进口渐变段 20m、洞身段 1700m、出口渐变段 20m、出口明渠段 15m、挑坎段 20m、护坦段 10m。进口高程 560m，布置于文城河主沟左岸挡渣堰上游约 50m 处；出口高程 472m，布置于黄河左岸文城河入黄口下游约 300m 处；隧洞采用圆形断面，设计洞径 7.8m，采用钢筋混凝土衬砌，开挖洞径 8.3~10.2m，平均坡度约 5%。挑流鼻坎混凝土采用 C40 二级配混凝土，明渠及衬砌混凝土均采用 C30 二级配混凝土。隧洞进出口均布置于 20 年一遇水位以上，施工不需要设导流设施。

进、出口土石方开挖采用自上而下分层台阶开挖。土方由 132kW 推土机剥离，3m^{3}挖掘机装 20t 自卸汽车运至弃渣场；石方采用自上而下分层深孔梯段爆破、周边预裂和建基面预留保护层开挖，选用手风钻配合 ROC812 全液压履带式钻车钻孔，3m^{3}挖掘机挖装，20 自卸汽车运输，并将石渣运往指定堆、弃渣场。边坡开挖高度约 35m，支护随开挖分层进行，锚杆利用 ROC812 型液压履带式钻机钻孔，人工安装；喷射混凝土由喷射混凝土机组于现场拌制，采用湿喷工艺完成喷射。混凝土浇筑在隧洞开挖期间，利用脚手架架设组合钢模板，分层浇筑，汽车吊配合模板和钢筋调运。底板混凝土在隧洞完成衬砌后进行浇筑。混凝土由 6m^{3}混凝土搅拌运输车运送，混凝土泵泵送入仓，插入式振捣器振捣密实。出口鼻坎面层采用滑膜进行施工。

隧洞开挖利用进口、出口作为施工工作面。拟分上、下两层开挖，上层高度 7m，采用全断面开挖，周边光面爆破开挖，由三臂钻孔台车钻孔，3m^{3}装载机配 20t 自卸汽车装运出渣。下部采用边界预裂台阶爆破开挖，由液压钻车钻孔，3m^{3}装载机配 20t 自卸汽车装运出渣。洞身临时支护均采用喷锚支护机组（三联机）进行。上下层间保持 150m 距离，下层开挖时，预留石渣作为隧洞底部交通通道，并在隧洞一侧预留上层施工通道。总开挖进尺按 75m/月控制。

隧洞衬砌安排在开挖全部完成后进行，以隧洞中部为界，分两个工作面分别向进口、出口方向进行衬砌。衬砌采用分段、分部浇筑，每段浇筑长度 9m ~ 15m，先浇底拱、再浇边、顶拱。底拱采用拉模浇筑，边、顶拱采用一辆台车配二套钢模进行分段跳仓浇筑。由钢筋台车人工绑扎钢筋，6m^{3}混凝土搅拌运输车运混凝土，混凝土泵泵送入仓，

模板附着式振捣器和人工插入式振捣器联合振捣密实。单工作面施工进尺按 250m/月控制。

4）支沟排水洞工程

支沟排水洞全长 1km，顺水流方向依次包括：引渠段 15m、进口渐变段 20m、洞身段 915m、出口渐变段 20m、出口明渠段 15m、挑坎段 20m、护坦段 10m。

进口高程 560m，布置于文城河支沟右岸挡渣堰上游约 10m 处；出口高程 485m，布置于田园河右岸，入黄河口上游约 500m 处；隧洞采用圆形断面，设计洞径 3.8m，采用钢筋混凝土衬砌，开挖洞径 4.9~6.3m，平均坡度约 7.8%。挑流鼻坎混凝土采用 C40 二级配混凝土，明渠及衬砌混凝土均采用 C30 二级配混凝土。隧洞进出口均布置于 20 年一遇水位以上，施工不需要设导流设施。

进、出口施工方法同主沟排水洞工程。

洞身开挖利用进口、出口作为施工工作面。采用全断面开挖，周边光面爆破开挖，由三臂钻孔台车钻孔，$2m^3$ 装载机配 10t 自卸汽车装运出渣。洞身临时支护均采用喷锚支护机组（三联机）进行。隧洞底部预留石渣作为隧洞底部交通通道。总开挖进尺按 90m/月控制。

隧洞衬砌安排在开挖全部完成后进行，以隧洞中部为界，分两个工作面分别向进口、出口方向进行衬砌。衬砌采用分段、分部浇筑，每段浇筑长度 9m ~ 15m，先浇底拱、再浇边、顶拱。底拱采用拉模浇筑，边、顶拱采用一辆台车配二套钢模进行分段跳仓浇筑。由钢筋台车人工绑扎钢筋，$3m^3$ 混凝土搅拌运输车运混凝土，混凝土泵泵送入仓，模板附着式振捣器和人工插入式振捣器联合振捣密实。单工作面施工进尺按 300m/月控制。

（5）植物措施

栽植前应对苗木进行挑选，用于造林的树苗必须发育良好，根系完整，基径粗壮，顶芽饱满，无病虫害，无机械损伤，生长状态良好。工程主要安排在春季或秋季人工种植。苗木定植前最好先堆肥，然后覆盖表土，栽植后要浇水一次，在幼年期应对林木进行抚育，保证苗木成活率。根据不同的树种和树苗情况，严格按照栽植技术要求实施。栽植时应将树苗扶直、栽正，填土时应先填熟土湿土，后填生土干土，分层压实。

10.4 坝址区 1#弃渣场施工条件及布置

10.4.1 施工条件

（1）对外交通

1#渣场排水洞工程施工期间可利用宁大线与 G309 连通，通过吉县与现有公路网连接。宁大线路面宽约 6m，沥青混凝土路面，对外交通条件较好，不再修建对外交通道路。根据工程布置、施工机械规格、外来物资运输方式等条件，考虑施工期兴建的道路尽量与永久公路、主体工程施工道路相结合的原则，除利用主体工程 3#道路及炸药库支线道路外，需布置场内干线交通道路 3 条，道路总长约 3.60 km，支线交通道路 0.5 km; 跨文城河、文城河支沟和田园河各布置 1 座桥梁，总长 150 m; 涵洞 1 座。

根据开挖、填筑等交通量分析，拟定场内干线道路等级。Z1#道路为场内 II 级，路面宽 6.5m，泥结碎石路面；Z2#、Z3#道路均为场内 III 级，采用泥结碎石路面，路面宽均为 4.5m，间隔一定距离设置错车道。施工支线为等外道路，采用泥结碎石路面，路面宽为 3m。桥梁采用汽-40 设计，桥面宽度均为 4.5m，跨度分别为 40m、80m、30m，为快速通行及便于后期拆除，采用贝雷桥。

（2）施工用水用电通讯

1#渣场排水工程建设期间古贤枢纽施工供水、供电系统尚未投入使用，各施工点生产、生活用水考虑就近抽取文城河、田园河河水，其中布置于黄河滩地的施工工厂设施区、3#营地考虑抽取黄河水，经沉淀后利用。枯期文城河、田园河均有断流风险，可利用汽车从黄河取水点运输至各需水点。施工期各施工点以自发电为主，每个施工点布置 2 台 200kW 柴油发电机。工程区地处偏远山区，无通信设施，前期以公用无线通讯系统为主，后期可利用古贤枢纽通讯系统，实现工地内部互联互通。

（3）天然建材

1#渣场挡排水工程所需天然建筑材料主要为土料、石渣和作为垫层（过渡）料的砂砾石料和混凝土骨料。

土料主要用于挡渣坝心墙填筑，总填筑量 3.28 万 m^3，共需开采土料约 6.90 万 m^3（自然方）。除本工程开挖的土料外，考虑到与本工程同时施工的场内、外道路需开挖大量土料，可通过石渣置换土方的方式，将道路工程开挖的土料临时堆存于土料临时堆放点。

过渡料、垫层料等砂砾石料填筑总计 15.32 万 m^3，需开采 24.73 万 m^3（自然方），于原头坡料场开采。原头坡砂砾石料场位于古贤坝址上游 7km 处的黄河左岸漫滩，滩面平均宽约 0.15km ~ 0.25km，长约 1000m。地面高程为 472m ~ 482m，其上部为砂壤土、粉细砂层，厚度为 2m ~ 6m; 下部为砂砾石料层，厚 3m ~ 5m，为冲洪积堆积物，相变较大，局部夹砂层透镜体。地下水位与黄河水位关系密切，一般为 470.5m，砂砾石顶面高程与地下水位接近。砂砾石料储量约 150 万 m^3。

工程混凝土、喷混凝土工程量总计 6.17 万 m^3，需各种骨料约 13.57 万 t，采用外购方式解决。

10.4.2 施工布置

1#渣场排水工程施工共设 1 个施工区，4 个相对独立的施工点。混凝土拌合系统、综合加工厂集中布置于文城河入黄口下游左岸滩地，分别于主沟、支沟排水洞进口、出口附近设置施工点，各施工点分别布置满足施工需要的临时供电、供水、供风设施及施工营地。在文城河出口附近右岸布置临时堆渣场 1 处，主要堆存本工程施工期间的石方开挖料，面积约 1.39 万 m^2，平均堆渣高度约 29m; 主沟、支沟排水洞进口附近布置土料临时堆存点，主要堆存挡渣坝心墙填筑土料。各临时堆渣、堆料区均位于 1#渣场范围内。

10.5 施工进度安排

10.5.1 安排原则

（1）水土保持方案坚持“三同时”的原则，坚持预防为主，防治结合。

（2）施工场地区施工完毕后及时拆除并进行土地平整。

（3）水土保持工程完成后，必须加强管理，保证水土保持设施的正常运行。

（4）植物防治措施的实施过程中，根据所选植物的生物学、生态学特性，适时进行育种、移栽和抚育。

（5）与主体工程施工进度计划合理衔接，避免对主体工程施工进度计划造成影响。

10.5.2 实施进度安排

根据水土保持“三同时”制度，本方案涉及的各项防治措施应与主体工程同时进行，在不影响主体工程建设的基础上，尽可能早施工、早治理，减少项目建设期的水土流失

量，最大限度地防治水土流失。根据主体工程施工对区域影响情况及工程完工情况，在不影响主体工程施工的前提下，水保措施的实施进度与主体工程交叉进行，达到早施工、早发挥效益的目的。水保措施实施进度计划详见表 10.4-1。水土保持措施施工期共计 11 年 6 个月，从筹建期第 1 年 1 月起至第 11 年 6 月结束。

1#渣场挡、排水工程属于古贤水利枢纽主体工程建前工程，为不影响主体工程施工进度，需在主体工程相应部位开挖前完成排水洞修建。根据总进度安排，排水洞需在古贤枢纽工程开工第一年 6 月前具备通水条件，挡渣坝主要利用前期开挖料进行填筑，可与弃渣工作同时进行。

植物措施遵循适时施工的原则，在主体工程施工具备绿化条件时及时开展植被建设工程建设。单个弃渣场在堆渣结束后可优先单独开展植物措施施工；大坝管理范围内植物措施可根据主体工程施工情况，优先开展未扰动区域的植物措施；料场区分区开采完成时可对已开采区优先开展植物措施施工；永临结合道路可在施工期及时开展行道树栽植等绿化措施；移民安置与专项设施复（改）建工程区可根据单个居民点建设时序及时开展已建成居民点的绿化措施施工。及时开展植物措施施工，缩短施工面裸露时间，从而减少施工过程中产生的水土流失，为植物措施早日发挥效益创造条件。

表 10.4-1　　黄河古贤水利枢纽工程水保措施实施进度表

序号	施工项目	筹建期第1年				第1年				第2年				第3年				第4年				第5年				第6年				第7年				第8年				第9年				第10年				第11	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
一	主体工程区																																														
1	主体工程																																														
2	工程措施																																														
3	植物措施																																														
4	临时措施																																														
二	弃渣场区																																														
1	主体工程																																														
2	工程措施																																														
3	植物措施																																														
4	临时措施																																														
三	料场区																																														
1	主体工程																																														
2	工程措施																																														
3	植物措施																																														
4	临时措施																																														
四	交通道路区																																														
1	主体工程																																														
2	工程措施																																														
3	植物措施																																														
4	临时措施																																														
五	施工生产生活区																																														
1	主体工程																																														
2	工程措施																																														
3	植物措施																																														
4	临时措施																																														
六	工程永久办公生活区																																														
1	主体工程																																														
2	工程措施																																														
3	植物措施																																														
4	临时措施																																														
七	皮带机运输工程区																																														
1	主体工程																																														
2	工程措施																																														
3	植物措施																																														
4	临时措施																																														
八	移民安置与专项设施复建区																																														
1	主体工程																																														
2	工程措施																																														
3	植物措施																																														
4	临时措施																																														

注：━━ 为主体工程进度，　── 为水土保持工程措施进度，---- 为水土保持植物措施进度，—·— 为水土保持临时措施进度。

11 水土保持监测

11.1 监测范围及单元划分

本工程水土保持监测范围即水土流失防治责任范围，监测总面积为 23140.61 hm^2。

水土保持监测分区在防治责任范围的分区基础上进行，划分为主体工程区、工程永久办公生活区、弃渣场区、料场区、交通道路区、施工生产生活区、皮带机运输工程区和移民安置与专项设施复（改）建区。本方案水土保持监测将主体工程区、弃渣场、料场区、交通道路区、施工生产生活区作为水土保持监测的重点区域。弃渣堆放区域、取料开采区域、主体建设大型开挖面、施工生产生活区边坡开挖区域和交通道路挖方段作为水土保持监测的重点部位。

表 11.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程水土保持监测范围及单元划分表　　单位：hm^2

监测单元划分	监测范围
主体工程区	224.76
工程永久办公生活区	7.53
弃渣场区	162.09
料场区	63.96
交通道路区	182.84
施工生产生活区	143.06
皮带机运输工程区	15.25
移民安置与专项设施复（改）建区	312.11
水库淹没区	22029.02
合计	23140.61

11.2 监测时段与内容

11.2.1 监测时段

根据《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T 51240-2018），监测时段从施工准备期开始至设计水平年结束。结合工程建设内容及项目沿线所在区域的气候、土壤、地形、地貌等自然条件，确定本项目的水土保持监测时段为工程筹建期开始至设计水平年结束，包括主体工程筹建期、工程准备期、主体工程施工期、工程完建期和试运行期。

根据主体工程施工组织设计，工程筹建期为筹建第 1 年 1 月 1 日至第 1 年 6 月 30 日，工期为 18 个月；工程准备期从第 1 年 7 月 1 日开始至第 3 年 10 月 31 日，工期

为 28 个月；主体工程施工期从第 3 年 11 月 1 日至第 9 年 3 月 31 日，工期为 65 个月；工程完建期从第 9 年 4 月 1 日至第 10 年 12 月 31 日，工期为 21 个月，试运行期 1 年。因此本工程水土保持监测时段共 12 年。

11.2.2 监测内容

根据《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），结合本项目的实际情况确定本项目水土保持监测内容包括：项目施工全过程各阶段扰动土地情况、水土流失状况、防治成效及水土流失危害等方面等。此外，还需进行水土流失背景值监测和重大水土流失事件监测。

扰动土地方面重点监测实际发生的永久和临时占地、扰动地表植被面积、永久和临时弃渣量及变化情况等；水土流失状况重点监测实际造成的水土流失面积、分布、土壤流失量及变化情况等；水土流失防治成效重点监测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；水土流失危害重点监测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。

11.3 监测点布置、方法和频次

11.3.1 监测点位布置

11.3.1.1 监测点位布设原则

（1）监测点的分布应反映项目所在区域的水土流失特征；

（2）监测点应与项目构成和工程施工特性相适应；

（3）监测点应按监测分区，根据监测重点布设，同时兼顾项目所涉及的行政区；

（4）监测点布设应统筹考虑监测内容，尽量布设综合监测点；

（5）监测点应相对稳定，满足持续监测要求。

11.3.1.2 监测点布设

根据本工程建设项目扰动地表的面积、水土流失类型、扰动开挖和堆积形态、植被状况、水土保持设施及其布局，以及交通、通信、监测重点区域等条件，按照《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T 51240-2018）的要求，结合工程建设特点与扰动地表特征，依据水土流失预测结果中的水土流失重点区域，在各分部工程项目区的不同监测区域内，分别选择具有代表性的地段和场地，分别布设监测点位进行监测。

本工程水土保持监测重点监测区域有主体工程区、弃渣场、料场区、施工生产生活

区、交通道路区，水土保持监测的重点部位有弃渣堆放区域、取料开采区域、主体建设大型开挖面、施工生产生活区边坡开挖区域和交通道路挖方段。共布设 55 个监测点，各监测点位布设详见表 11.3.1-1。

表 11.3.1-1　　黄河古贤水利枢纽工程水土保持监测点位布设表

监测分区	监测点个数	监测点位置
主体工程区	4	导流洞进出口；左、右岸开挖边坡
工程永久办公生活区	1	前方营地开挖边坡
交通道路区	16	坝址区、进场道路工程、西磑口料场工程区和皮带机运输工程区的施工道路的开挖边坡、回填边坡
料场区	1	西磑口料场
弃渣场区	17	按照弃渣场级别进行监测点布设，其中 1 级渣场布置 3 处监测点，2 级弃渣场布置 2 处监测点，3 级弃渣场布置 1 处监测点。本工程共设 1 级弃渣场 2 处，2 级弃渣场 1 处，3 级弃渣场 3 个，4 级弃渣场选取 6 个典型监测点进行监测。弃渣场区共设 17 处监测点
施工生产生活区	10	坝址区、进场道路工程、西磑口料场工程区和皮带机运输工程区施工生产生活区场地平整开挖边坡和砂石料加工场地
移民安置与专项设施复（改）建区	4	移民安置点、集镇迁建区和交通工程区
皮带机运输工程区	2	隧洞进出口
合计	55	

11.3.2　监测方法与频次

本工程拟采取卫星遥感、无人机遥感、视频监控、地面观测、实地调查量测等多种监测方法，充分运用互联网+、大数据等高新信息技术手段，不断提高监测质量和水平，实现对生产建设项目水土流失的定量监测和过程控制。

11.3.2.1　监测方法

（1）卫星遥感、无人机遥感监测

本项目具有时间跨度大、范围广、项目区地形复杂的特点，传统监测手段在本项目水土保持监测过程中受到一定限制。遥感监测技术具有覆盖面广、周期快、分辨率高和信息量丰富等特点，应用遥感技术进行本项目水土保持监测可准确、及时、客观的反映项目建设区水土流失及水土保持现状，与传统监测方向形成有效互补。

①遥感数据获取

遥感影像可根据实际情况，直接向相关部门购置 SPOT、TM 影像，或采用遥感无

人机航测。采用无人机获取遥感影像时需以该项目平面布置图及项目所在区域地形图为基础，制定航测方式。主要包括飞行路线、飞行高度、拍摄空域间隔，并布设一定数量的地面标识以及解译标志。

②遥感影像处理

遥感影像处理在美国 ERDAS 公司开发的遥感图像处理专业软件 ERDASIMAG-INE 中进行。经几何纠正后统一采用 IMG 格式，几何纠正时控制点分布在项目区四周且均匀分布，尽可能选在固定及半固定的地形地物交叉点（如公路与河岸交点、山顶、河流交叉点、人工水渠交叉点、公路交叉点等）上；信息提取、建库和数据分析与挖掘是在 ArcView GIS 中进行，矢量数据采用 SHP 格式；空间数据坐标系和投影统一采用北京 54 坐标系及高斯-克吕格投影，中央经线为 E105°。

③解译标志的建立和信息提取

根据水利部颁发的《水土保持监测技术规程》（SL 277-2002）和《土壤侵蚀分类分级标准》（SL 190-2007）中水土流失强度判别标准，对土壤侵蚀影响最为显著的是植被覆盖度、坡度和土地利用三大因子。土地因子结合国土资源部遥感动态监测的土地，利用二级分类标准以及项目区实际情况确定特征图斑；植被覆盖度根据等级指标进行分类调查，选取若干个特征图斑；水土保持措施解译标志根据项目建设区水土保持措施进行分类调查，建立特征图斑。

目前遥感影像自动分类的精度对于生产建设项目水土保持监测来说仍然较低，为了满足监测要求，土地利用分类在 ArcGIS 中以矢量化建立专题图层的方式来完成，共分为两层，即面状图层和线状图层，水面较窄的河流、道路等属于线状图层，其他地类列入面状图层，并建立土地利用基础信息数据库，同一层中的不同地类在数据库中以不同的 ID 编码来区分。植被覆盖度分类和水土保持措施分类也在 ArcView GIS 中以矢量化建立专题面状图层的方式来完成，以不同的 ID 编码来区分植被覆盖度等级和水土保持措施类型，并建立植被覆盖度和水土保持措施基础信息数据库。

遥感解译质量检查样本采用随机抽样方法，检查图斑数不得少于图幅总图斑数的 5％，不符合精度要求者应及时返工。要求最小图斑≥6×6 个像元，条状图斑短边长度≥4 个象元。现场实地复核是对遥感监测项目区土壤侵蚀调查结果的复核，以避免遥感解译判读成果与实际出现偏差，通常采用调查监测法复核，本工程监测精度要求不小于 90%。

④遥感监测成果分析

水土流失动态变化：通过影像成果，结合项目区平面布置图，绘制项目各分区边界

线，精确计算分区扰动土地面积；利用遥感影像成果，通过解译标志，提取项目区各划分单元植被覆盖度以及土地利用信息，并分析 DEM 数据，获取坡度信息，结合《土壤侵蚀分类分级标准》（SL 190-2007），判别划分单元的土壤侵蚀强度；通过弃渣场控制点进行空间差值，可以获得渣场的 DEM，通过与原地形的对比分析，计算项目施工期间的弃渣量。

水土保持措施：通过影像成果，精确计算项目区水土保持工程措施、植物措施面积，建立地面标志，分析植被覆盖度变化。

水土保持效益：结合传统监测手段，得出项目区水土流失治理度、土壤流失控制比、渣土防护率、表土保护率、林草植被恢复率、林草覆盖率等指标。

（2）视频监控

古贤水利枢纽工程设计的 17 处弃渣场中坝址区 1#弃渣场和上马台弃渣场为 1 级弃渣场，坝址区 2#弃渣场为 2 级弃渣场，坝址区 3#弃渣场和进场道路 1#、2#弃渣场为 3 级弃渣场，针对 3 级以上弃渣场设置视频监控系统，在施工过程中实时监控各弃渣场扰动土地情况、水土流失状况、堆渣量、水土流失防治措施实施情况、防治成效及水土流失危害等。

针对 6 个 3 级以上弃渣场布设无线信号传输视频监控系统，实现弃渣场水土保持全过程监测，并纳入古贤水利枢纽工程信息传输系统，通过主体工程信息化平台传输至工程建管中心实时收集信息并进行管理。

（3）地面观测

对水土流失量变化及水土流失程度变化，采用定点观测的方法进行。

①水土流失量监测：对于施工道路防治区、取料场区开挖的边坡，开挖土临时堆土场，施工场地开挖堆土区或工程填筑坡面，采用沉沙池与沟槽量测相结合的方法。弃渣场区采用简易径流小区观测法与沟槽法相结合的方法。

②植被覆盖率：采用测定典型样方的方法进行监测。样方面积根据实际情况确定，草本样方为 1.0m×1.0m，灌木样方为 5.0m×5.0m，乔木样方为 20m×20m，每一样方重复 3 次，记录林草生长情况、成活率、植被恢复情况及植被覆盖率等。

③防护措施效果及稳定性监测：采取实地定点测量法和实地调查相结合的方法，按 GB/T 15774-2008《水土保持综合治理效益计算方法》规定进行测算：扰动土地面积及再利用情况、减少水土流失量、水土流失面积治理情况、拦渣率、林草措施的覆盖度等效益通过调查监测法进行。

（4）实地调查量测

对水土流失状况、地形、地貌、植被的变化情况，建设项目占用土地面积、扰动地表面积情况，工程挖方、填方数量等项目的监测采用实地调查量测结合设计资料分析的方法进行；工程建设对项目区及周边地区可能造成的水土流失危害的评价采用实地调查结合实地量测等方法进行；对水土流失防治成效，防治措施的数量和质量，林草成活率、保存率、生长情况及覆盖度，防护工程的稳定性、完好程度和运行情况及各项防治措施的拦渣保土效果等项目监测采用实地样方调查结合量测、计算的方法进行。调查方法主要有以下几种：

①详查。通过野外实地踏勘、测量，对项目区工程建设扰动原地貌、土地和植被，挖方、填方数量与面积，工程建设造成的水土流失及其危害等进行全面综合调查，掌握其动态变化情况。

②抽样调查。采用随机抽样调查的方式，监测项目区水土保持防护工程的稳定性、完好程度、运行情况和覆盖度等。

③资料收集。向工程建设单位、设计单位、监理单位、质量监督单位等收集有关工程资料，从中分析出对水土保持监测有用的数据。主要资料包括项目区地形图、土地利用现状图及主体工程设计文件；项目区土壤、植被、气象、水文、泥沙资料；监理、监督单位的月报及有关报表等。

④询问。通过访问群众、走访当地水土保持工作人员和有关专家，了解和掌握工程建设造成的水土流失对当地和周边地区的影响。

11.3.2.2 扰动土地情况监测

扰动土地情况每月监测 1 次，弃渣场及料场在使用过程中至少每两周监测 1 次；对 3 级以上弃渣场（包括坝址区 1#、2#、3#弃渣场和进场道路 1#、2#弃渣场）采取视频监控方式，全过程记录弃渣和防护措施实施情况。

11.3.2.3 水土流失状况监测

水土流失状况监测根据区域特点、条件和降雨情况选择径流小区法、测钎法、侵蚀沟量测法、集沙池法或控制站法等，至少每月监测 1 次，发生强降水等情况后应及时加测。

11.3.2.4 水土流失防治成效监测

水土流失防治成效至少每季度监测 1 次，其中临时措施至少每月监测 1 次。

（1）植物措施监测

植物类型及面积在综合分析相关技术资料的基础上，实地调查确定，每季度调查 l 次。

成活率、保存率及生长状况宜采用抽样调查的方法确定。在栽植 6 个月后调查成活率，且每年调查 1 次保存率及生长状况。乔木的成活率与保存率采用样地或样线调查法。灌木的成活的率与保存率采用样地调查法。

郁闭度与盖度监测方法按水土流失因素植被状况监测方法进行。每年在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）工程措施监测

工程措施的数量、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。重点区域每月监测 1 次，整体状况每季度 1 次 。对于措施运行状况，可设立监测点进行定期观测。

（3）临时措施监测

临时措施的数量、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。每季度统计 1 次。

（4）防治成效监测与评价

水土保持效果评价的主要内容包括水土保持措施实施情况、防治效果及水土流失防治目标达标情况。

水土保持措施对主体工程安全建设和运行发挥的作用及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。水土流失防治成效至少每季度监测 1 次，其中临时措施至少每月监测 1 次。

根据《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），水土流失防治情况评价应根据扰动土地情况、水土流失状况、防治成效及水土流失危害等监测结果，采用“绿黄红”三色评价法评价。

11.3.2.5 水土流失危害监测

水土流失危害监测结合扰动土地情况、水土流失状况以及水土流失防治情况一并开展。水土流失危害的面积采用实测法、填图法或遥感监视法进行监测；水土流失危害的其他指标和危害程度采用实地调查、量测和询问等方法进行监测。水土流失危害事件发生后 1 周内完成监测工作。

11.3.3 监测信息系统建设

黄河古贤水利枢纽工程水土保持监测涉及的空间数据内容庞杂，类型和格式多样，管理与分析的工作量较为繁重。传统的水土保持监测设计、监测成果的分析与总结大多是通过相对简单的人机交互操作完成，其中图形数据的绘制和管理、属性数据的管理和分析主要采用软件。数据的属性和图形信息相互脱节，管理和分析非常不便，在消耗大量人力、物力的情况下，监测成果的质量和精度仍得不到良好的保障。因此结合古贤水利枢纽主体工程信息化建设系统，综合应用 3S、MIS、计算机网络技术建设黄河古贤水利枢纽工程水土保持信息子系统是十分必要的。

在充分了解黄河古贤水利枢纽工程水土保持监测业务需求分析和数据需求的基础上进行水土保持监测信息系统的设计，包括数据库设计和应用系统设计，数据库设计和应用系统设计参考《水土保持数据库表结构及标识符》（SL 513-2011），《全国水土保持监测网络和信息系统建设二期工程软件开发与数据库建设》。

水土保持监测信息系统将水土保持工作涉及的土壤侵蚀数据、监测网络各种监测数据、各类工程建设水土保持监测项目数据、基础地理数据、元数据等全部纳入到数据中心进行存储和管理。建设项目采用地面观测、巡查监测、调查监测、遥感监测等方法对水土保持工程项目进行水土保持监测，采用计算机屏幕录入或者数据导入的方式录入，项目基本信息、监测指标内容、监测季报、监测总结报告等信息，均要求录入水土保持信息系统，实现监测信息库的及时更新。

11.4 监测设施典型设计

定点观测设施设计包括：沟槽、沉沙池、测钎和简易径流小区。

（1）沟槽

对选择的重点监测地区边坡水蚀采用简易坡面沟槽法，量测坡面形成初期的坡度、坡长、地面组成物质、容重等，每次降雨或多次降雨后侵蚀沟的体积。具体是在监测重点地段对一定面积内（实测样方面积根据具体情况确定，一般为 $100m^2$）的侵蚀沟数量、深度、宽度、长度进行量算，同时测量坡面的面蚀，通过边坡沟蚀量结合面蚀量，确定边坡的水土流失量。

（2）沉沙池

大坝管理区边坡、弃渣场堆渣边坡及施工生产生活区的流失量利用本方案各分区防治措施设计的排水沟末端沉沙池与观测侵蚀沟槽的坡面简易量测相结合的方法监测。

（3）测钎法

测钎法适用于开挖、填筑和堆弃形成的、以土质为主的稳定坡面土壤流失量简易监测。汛期前将直径 0.5cm ~ 1cm、长 50cm ~ 100cm、类似钉子状的钢钎，根据坡面面积，按一定距离分上中下、左中右纵横 3 排、共 9 根布设。钢钎沿铅直方向打入坡面，钉帽与坡面齐平，并在钉帽上涂上红漆，编号登记入册。坡面面积较大时，适当加大钢钎密度。每次大暴雨后和汛期终了，观测并记录钉帽距地面高度，计算土壤侵蚀厚度和总的土壤侵蚀量。

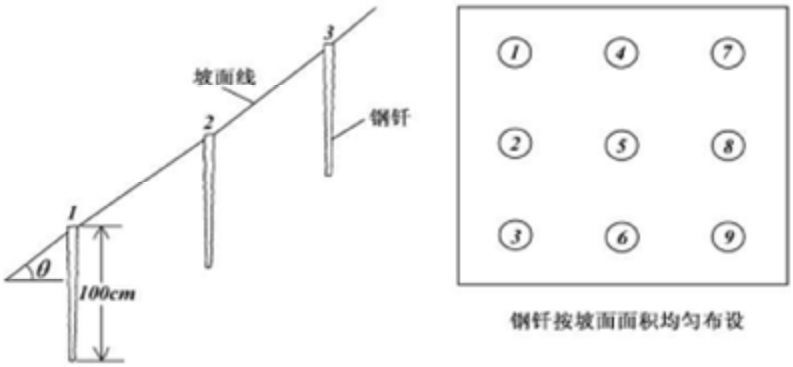


图 11.4-1　黄河古贤水利枢纽工程测钎布设示意图

（4）简易径流小区法

在弃渣堆放区域、取料开采区域、主体建设大型开挖面、施工生产生活区边坡开挖区域和交通道路挖方段等区域各选择一处具有代表性的平坦、裸露、无防护的施工坡面上布设简易径流小区进行监测。简易径流小区法是指依据实际地形用铁皮、混凝土及其他隔湿材料围成坡长 20m，宽 5m 的矩形小区（受限地区可按比例缩小），在径流流向较低的一端安装收集槽和测量设备，通过量测径流和泥沙，以确定每次降雨的径流量和土壤流失量。

图 11.4-2 黄河古贤水利枢纽工程径流小区示意图

11.5 弃渣场安全监测

11.5.1 监测原则

对3级及以上的弃渣场，均需进行安全监测，并采取视频监控方式，全过程记录弃渣和防护措施实施情况。监测内容主要以渣场表面变形监测和渣场滑移监测为主。拟在渣场表面布设精密水准点和水平位移测点，对渣场的表面位移进行监测；在渣场临空侧布设一定数量的测斜管或柔性测斜仪，对渣场边坡滑移进行监测。

监测项目一般包括:

（1）渣场表面变形监测;

（2）渣场滑移监测;

（3）渗流监测。

11.5.2 监测方法

（1）表面变形监测：一般根据渣场的容量和堆高，布设2~3个监测断面，每个监测断面在渣场表面布设4~6个精密水准点和水平位移测点，采用交会法和精密水准法对弃渣场表面位移进行监测。

（2）滑移监测：一般在最大坡高监测断面的渣场临空面布设一定数量的测斜管或柔性测斜仪，对渣场边坡滑移进行监测。

（3）渗流监测：一般在最大坡高监测断面沿堆渣体底面布置一定数量的渗压计，对渣体内部渗压进行监测。

（4）视频监控：为便于实时监测渣场现场，记录弃渣和防护措施实施情况，设置视频监视系统。视频监视系统由摄像机、信号传输、控制中心三部分组成。

现场图像采集设备包括摄像机、解码器、云台和防护罩等，摄像机采用高清网络摄像机，视频信号和控制信号传输采用屏蔽双绞线，并入主体工程控制中心。距离较远，屏蔽双绞线不满足传输要求时，采用光缆传输。

11.5.3 主要仪器设备技术指标要求

（1）水准标

用于建筑物、边坡、渠堤等部位的垂直位移监测或作为水准工作基点。要求采用不锈钢标，主要包括标芯和保护盒。

（2）强制对中基座

强制对中基座用于固定棱镜或全站仪便于高精度测量。其材质要求用不锈钢制造，最大对中误差小于±0.05mm。

（3）全站仪

用于建筑物、边坡、渠堤等的表面变形测量。要求采用高标棱镜及配套设施。要求测程≥3000m，测角精度 0.5″，测距精度 0.6mm + 1×10-6D。

（4）电子水准仪

用于建筑物、边坡、渠堤等的垂直位移测量。配备 3m 和 2m 铟钢条码水准尺各 1 套及其它配套设施。每公里往返测高程精度 0.3mm。

（5）钢管标

用作工作基点，主要由保护管、钢芯管、导向环等组成。

①保护管 φ90～110mm，防锈处理。

②钢芯管 φ50～78mm，防锈处理。

③导向环配套，材质为橡胶。

（6）测斜管

用于测斜仪的导向与定位。测斜管材质为 ABS 材料，外径为 64mm～70mm，内径 59mm。

（7）活动式测斜仪

活动式测斜仪是通过测量测斜管轴线与垂线之间夹角变化量来监测侧向位移的高精度仪器，其传感器采用数字加速度计，并可数字显示，测量范围±53°，分辨力≤0.02mm/500mm。电缆长度 30m、50m。

（8）渗压计

渗压计是用于测量所测建筑物基础和地下水的监测仪器。本工程所用渗压计要求为高标准钢弦式渗压计或光纤光栅传感器，分辨率为 0.025%F•S，精度为±0.1%F•S，量程 0.17、0.35 、0.7、1、3MPa 不等（根据受测部位渗水压力确定）。温度测量范围满足-20～+65℃。

（9）测压管

用于观测边坡或建筑物周边地下水位变化，拟采用钻孔式测压管，孔内采用 φ50mmPVC 管或镀锌钢管，孔底 2m～3m 制作成花管，孔口设自制保护装置。

11.5.4 监测仪器的检测与率定

（1）本工程所用监测仪器在埋设安装前，均应按有关技术规范或生产厂家提供的方法对仪器设备进行检验、率定。

（2）对于工程现场不能或不具备条件检验、率定的监测仪器，应委托具备检验、率定资格和能力的单位进行单独检验、率定。

（3）监测仪器在检验、率定后 6 个月内未埋设安装的，应在埋设安装前进行重新检验、率定，并以最近的检验、率定结果为准。

（4）监测仪器埋设安装前，需向建设单位主管部门或其委托的单位出示仪器检验、率定的有关合格证和性能参数资料，经验证合格后才能埋设安装。

（5）工程质量监督管理部门可根据规范要求，对监测仪器进行抽样检验、率定，抽样检验不合格的需按有关规定重新检验。

11.5.5 监测渣场布置

本工程需要进行安全监测的渣场共 6 个，包括坝址区 1#弃渣场、坝址区 2#弃渣场、坝址区 3#弃渣场、上马台弃渣场、进场道路 1#弃渣场和进场道路 2#弃渣场。

11.6 监测设施设备

监测时首先根据《水土保持监测技术规程》和监测计划布置监测点和监测小区，监测单位配有 GPS、全站仪、雨量计、风速仪等设施，另外对监测所需的消耗性的设施和物品要准备充分。主要的监测土建工程量、仪器设备详见表 11.3-3。监测设施费用根据监测点布设情况在投资估算中计算。水土保持监测主要设备设施见表 11.6-1。

表 11.6-1　　黄河古贤水利枢纽工程水土保持监测主要监测设备设施一览表

项目	工程或材料设备	单位	数量
一、土建设施	沟槽	个	12
	简易径流小区	个	10
二、主要设备	卷尺	个	35
	蒸发皿	个	15
	标志绳	m	5000
	小钢架	个	30
	标志牌	个	80
	钢钎	个	30
	游标卡尺	把	6
	皮尺	个	20
	水样筒	个	8
	取土钻	件	10

表 11.6-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持监测主要监测设备设施一览表

项目	工程或材料设备	单位	数量
	取土环刀	个	20
	土样盒	个	15
	铁铲	把	5
	三角瓶	个	30
	烘箱	台	3
	烧杯	只	30
	量筒	只	15
	称重仪器	套	3
	手持 GPS 定位仪	部	2
	全站仪	部	1
	MEA 自动气象站	套	1
	自记雨量计	套	8
	风向风速仪	部	6
	数码照相机	部	3
	摄像机	部	3
	网络高清摄像仪	套	6
	无人机	套	1
	卫片	套	1

12 水土保持工程管理

12.1 建设期管理

为贯彻《中华人民共和国水土保持法》《中华人民共和国水土保持法实施条例》和国家计委、水利部、国家环保局发布的《开发建设项目水土保持方案管理办法》，确保水土保持方案的顺利实施，在方案实施过程中，建设单位应切实做好招投标工作，落实工程的设计、施工、监理、监测，要求各项工作任务的承担单位具有相应的专业能力，尤其注意在合同中明确施工责任，并依法成立方案实施的组织领导单位，狠抓落实，联合水行政主管部门做好水土保持工程的验收工作。

12.1.1 组织领导

（1）管理机构

根据《中华人民共和国水土保持法》，水土保持方案报请水行政主管部门批准后，由项目建设单位负责组织实施。

为保证水土保持方案的顺利实施，建立强有力的组织机构是十分必要的。因此，项目建设单位需成立水土保持管理机构，负责水土保持方案的委托编制、报批和方案实施工作以及水土保持监测、水土保持监理、施工建设期间的水土保持管理工作。同时，对工程监理、承包商等也需建立同水土保持管理机构相配套的机构和人员，建立健全工程现场统一的水土保持管理体系。

（2）工作职责

1）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”的水土保持方针，确保工程安全，充分发挥水土保持效益。

2）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，按年度向水行政主管部门报告水土流失治理情况，并制定水土保持方案详细实施计划。

3）工程施工期间，负责与设计、施工、监理单位保持联系，协调好水土保持方案与主体工程的关系，确保水土保持工程的正常施工，并按时竣工，最大限度减少人为造成的水土流失和生态环境的破坏。

4）深入工程现场进行检查和观测，掌握工程施工期和运行期间的水土流失状况及其防治措施落实情况，为有关部门决策提供基础资料。

5）建立、健全各项档案，积累、分析整编资料，为水土保持工程验收提供相关资

料。

12.1.2 管理措施

12.1.2.1 水土保持管理计划

（1）管理原则

1）分级管理原则

工程外部接受各级水行政主管部门的监督、检查，内部实施分级水土保持管理，层层落实责任，并负责实施各自范围内的水土保持工作。

2）预防为主、防治结合的原则 为切实减少工程建设中可能造成的水土流失，必须采取预防为主、防治结合的原则， 及时落实各项水土保持措施，尽量避免水土流失及其危害的发生。

（2）水土保持管理目标

1)严格依照有关水土保持相关法律、法规的规定开展水土保持工作,保证水土保 持措施按照水土保持方案及其批复、水土保持各个阶段设计的要求实施。

2)工程建设过程中,使水土流失得到有效防治,各项水土保持设施正常、有效运 行。

3)工程设计水平年水土流失治理度、土壤流失控制比、渣土保防护率、表土保护 率、林草植被恢复率和林草覆盖率 6 项指标达到方案设计要求。

12.1.2.2 水土保持管理体系

工程水土保持管理分外部管理和内部管理两部分。

外部管理由各级水行政主管部门，依据国家相关法律、法规和政策，按照工程需达到的水土保持相关要求，依法对各工程建设各个阶段进行不定期监督、检查及水土保持设施验收等活动。内部管理由建设单位执行国家和地方有关水土保持的法律、法规、政策，落实水土保持措施。建设单位在建设期间对施工单位建设施工活动负责，保证水土保持措施组织实施后，达到生产建设项目水土保持相关要求。建设期环境管理组织体系由建设单位、施工单位、设计单位和监理单位共同组成，通过各自成立的相应机构对工程建设的水土保持负责。工程建成后，由建设单位负责，对各项水土保持设施进行管理维护，保证其有效地发挥水土保持功能。

12.1.2.3 水土保持管理措施

在日常管理工作中，建设单位主要采取以下管理措施:

（1）水土保持措施是生态建设的重要内容，建设单位要把水土保持工作列入重要

议事日程，切实加强领导，真正做到责任、措施和投入“三到位”，认真组织方案的实施和管理，定期检查，并接受社会监督。

（2）加强水土保持的宣传、教育工作，提高施工承包商和各级管理人员的水土保持意识。

（3)制定详细的水土保持措施实施进度，加强计划管理，以确保各项水土保持措 施与主体工程同步实施，同时完成，同时验收。

（4）建设单位要加强对建设活动的监督管理，成立专业的技术监督队伍，预防人为活动造成新的水土流失，并及时对建设活动造成的水土流失进行治理，确保工程质量。

（5)水土保持方案经批准后，建设单位应主动与各级水行政主管部门联系，接受 地方水行政主管部门的监督检查。各级水行政主管部门负责监督水土保持措施的执行， 指导水土保持设施的验收工作。

（6）当地水行政主管部门确定专人负责该方案实施情况的监督和检查，采取定期与不定期相结合的办法，检查方案的实施进度和有关工程施工质量。

12.1.3 水土保持施工管理

（1）建设单位在主体工程招标文件中，按水土保持工程技术要求，把水土保持工程各项内容纳入招标文件的正式条款中，中标后承包商与业主需签定水土保持责任合同，以合同条款形式明确承包商应承担的防治水土流失的责任范围、义务和惩罚措施。中标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。

（2）建设单位根据批复的水土保持方案，对施工单位水土保持实施提出具体要求。施工单位在施工过程中，对其责任范围内的水土流失负责。

（3）施工单位应采取各种有效措施，防止在其防治范围内发生水土流失，避免对其范围外的土地进行扰动、破坏地表植被，避免对周边生态环境的影响。

（4）施工期应控制和管理车辆机械的运行范围，防止扩大对地表的扰动；施工现场设立保护地表和植被的警示牌，在施工过程中严格保护表土与植被。

（5）项目区地处晋陕峡谷，属相对隆起的山地高原区地貌，工程前期建设的进场道路、场内永久道路、临时道路等道路施工势必会造成大面积扰动，如不采取有效的水土保持措施，将会造成严重水土流失。因此，建设单位应加强前期道路施工过程中的管理，监督道路施工单位严格按照施工时序、做好施工过程中的管控、严格落实本方案设计的水土保持措施，切实做好道路施工过程中的水土保持工作。

（6）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保工程进行检查观察。

（7）植物措施施工时，加强植物措施的后期抚育工作，清除杂草，确保树草种的成活率，发挥植物措施的水土保持效益。

（8）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。

（9）严格按照水土保持要求进行施工，施工过程中，如需进行设计变更，及时与建设单位、设计单位和监理单位协商，按相关程序变更或补充设计批准后，再进行相应的施工。

（10）建设单位应积极组织水土保持设计单位、方案编制单位、监理单位、监测单位及施工单位积极开展水土保持工程实施工作。

下阶段项目组将根据古贤项目建设情况开展“水土保持设施施工全过程管理”课题研究，研究将以工程施工建设信息平台为基础，开发水土保持信息监督管理平台，将水土保持设计单位、方案编制单位、监理单位、监测单位及施工单位纳入管理平台统一管理，通过对工程开挖弃渣进入弃渣场总量、工程施工对地表扰动的动态监管、水土保持工程质量及工程量动态管理、植被恢复期植物工程恢复效果监测等情况实时监管。

12.1.3 水土保持工程建设监理

工程建设期间，根据国家规程规范及水土保持方案中各项防护措施的设计要求，进行水土保持工程监理工作。在工程水土保持专项措施实施过程中，必须实行监理制度，形成以项目法人、施工单位、监理工程师三方面相互制约，以监理工程师为依托的合同管理模式，以期达到降低造价，保证进度，提高水土保持工程施工质量的目的。根据水保〔2019〕160 号文要求，本工程占地面积在 200 公顷以上、挖填土石方总量在 200 万立方米以上，应当由具有水土保持工程施工监理专业资质的单位承担任务，监理单位应派出具有水土保持工程监理能力的监理工程师，采取跟踪、旁站等方法，现场指导施工，解决技术难题，对水土保持工程的质量、进度及投资等进行控制，对水土保持工程实行信息管理和合同管理，确保工程如期完成。

水土保持监理应监督和检查水土保持施工合同执行情况，以巡视方式定期检查各施工区域的各项水土保持措施的落实情况，监督工程进度和质量，检查安全防护措施，核

实完成的工程量，签发工程付款凭证，整理合同文件和技术档案资料，处理违约事件，协助项目法人进行工程各阶段验收。监督检查应填写监理日记和巡视记录，说明施工进度、施工质量、资金使用以及存在的问题、处理意见、有价值的经验等，全面控制水土保持工程的实施；对巡视过程中发现的水土保持问题，应以通知单的形式要求施工单位在限期内处理，并在处理过程中进行检查，完工后进行验收；每季度主持一次有建设单位、设计单位、施工单位参加的水土保持协调会，对前一季度水土保持工作进行回顾总结，对水土保持状况进行评价，并提出存在的问题及相应的整改要求，编写季度、年度水土保持监理报告。

12.1.4 水土保持监测

根据《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）》要求，“对编制水土保持方案报告书的生产建设项目（即征占地面积在 5 公顷以上或者挖填土石方总量在 5 万立方米以上的生产建设项目）”，生产建设单位应当自行或者委托具备相应技术条件的机构开展水土保持监测工作。

（1）水土流失监测

监测单位在监测工作开展前要制定监测实施方案，在监测期间要做好监测记录和数据整编，按季度编制监测报告（以下简称监测季报）；在水土保持设施验收前应编制监测总结报告。监测实施方案、日常监测记录和数据、监测意见、监测季报和总结报告，应及时提交生产建设单位。监测单位发现可能发生水土流失危害情况的，应随时向生产建设单位报告。

监测单位应当在每季度第一个月向审批水土保持方案的水行政主管部门（或者其他审批机关的同级水行政主管部门）报送上一季度的监测季报。其中，水利部审批水土保持方案的生产建设项目，监测季报向项目涉及的流城管理机构报送。

生产建设单位要根据水土保持监测成果和三色评价结论，不断优化水土保持设计，加强施工组织管理，对监测发现的问题建立台账，及时组织有关参建单位采取整改措施，有效控制新增水土流失。对监测总结报告三色评价结论为“红”色的，务必整改措施到位并发挥效益后，方可通过水土保持设施自主验收。

（2）弃渣场安全监测管理

对 3 级及以上弃渣场需进行安全监测。监测内容主要以渣场表面变形监测和渣场滑移监测为主。拟在渣场表面布设精密水准点和水平位移测点，对渣场的水平位移和垂直

位移进行监测；在渣场临空面布设一定数量的测斜管，对渣场边坡滑移进行监测。

为了掌握弃渣场表面状态的变化情况，除采用仪器定期监测各种安全要素外，还必须经常对弃渣场进行人工巡视检查。对于人工巡视检查发现的问题，小问题应就地处理，并做好详细记载。对可能产生严重后果的问题，应向上一级管理部门报告，并及时采取应急措施。在汛期特别是大暴雨期要加强进行巡视检查，暴雨过后应立即进行巡查。当巡视检查发现不正常情况时，应对周边仪器加强观测，必要时应对可能出现险情的部位进行昼夜不间断检查。巡视检查中发现的不正常情况应作详细记载，及时分析研究并进行处理，对比较复杂或正在发展中的问题应继续观察或用仪器观测。弃渣场主要检查堆渣体坡面是否有开裂、崩塌、滑动、滚石、渗水等异常现象；堆渣体有无肉眼可见的异常变形和渗水现象。

施工期每周两次，每月不得少于四次。运行期每周一次，每月不少于两次。汛期高水位时增加次数，大洪水时每天至少一次。每年汛前汛后，由管理单位组织全面检查，每年不少于 2~3 次。当发生大洪水、有感地震、放空或建筑物出现较严重的破坏现象时，应由主管单位组织特别检查。

一般的巡视检查可使用铁铲、米尺、小刀、手锤、放大镜等简易工具，采取眼看、尺量、手锤敲打、耳听的简易方法进行，并随时记录。专门的巡视检查可用照像机、摄像机及各类专用设备对已发现问题的部位进行较全面的信息采集，并快速编写专项检查报告。

12.1.5 水土保持科研

通过对古贤水利枢纽工程项目区生态建设新技术应用现状及在建设中亟待解决的问题进行分析研究，确定工程建设需要进行的水土保持科研项目主要包括：（1）晋陕峡谷区石质弃渣场边坡水土保持与生态恢复关键技术研究和（2）古贤水利枢纽工程弃渣场渣体物理力学研究。

（1）晋陕峡谷区石质弃渣场边坡水土保持与生态恢复关键技术研究

1）研究目的及意义

古贤水利枢纽工程位于晋陕峡谷区，工程开挖量和弃渣量巨大，弃渣以石渣为主。由于堆渣量大，堆渣高度高，其中上马台弃渣场最大堆高 195.5m，形成大面积的高陡石质边坡。

工程区下游紧临自然保护区和风景名胜区，工程建成后形成的裸露弃渣场石质边坡与周边生态环境极不协调，同时由于当地降水量小，降水集中，石质边坡保水能力极差，造林种草极难成活。

如果只采取现有的方法对古贤水利枢纽工程石质弃渣场边坡进行水土保持与生态恢复，很可能植被成活率很低，无法完成生态恢复任务，工程建设最终造成了对生态环境的破坏，因此，亟需开展石质弃渣场边坡的水土保持与生态恢复关键技术研究。

植物护坡设计方法研究现状：目前针对土质边坡常用的植物护坡设计方法主要有：铺草皮护坡、植生带护坡、液压喷播植草护坡、三维植被网护坡、土工格室植草护坡、浆砌片石骨架植草护坡等；针对岩质边坡护坡设计方法主要有：喷混植生护坡技术、厚层基材喷射植被护坡等。

以往植物护坡措施主要针对的是低海拔地区的土质边坡防护，且多用于公路工程边坡防护，应用于水利枢纽工程中的高陡石质边坡植物防护技术还不常见，针对高陡石质边坡水土保持与生态恢复技术研究目前国内还鲜有记录。

本方案提出的“晋陕峡谷区石质弃渣场边坡水土保持与生态恢复关键技术研究”，其研究成果不仅是古贤水利枢纽工程弃渣场防护所急需，也为晋陕峡谷区其它建设工程的弃渣场边坡防护具有借鉴和指导意义。

2）研究内容

本研究以古贤水利枢纽工程弃渣场边坡为研究对象，以岩土工程、植被学、土壤学、环境工程等学科为指导，采用现场调研和室外试验的方法，对工程所在地区的土壤特性和适应基材进行研究，通过种植试验选取适宜草种，利用数值软件模拟植物根系与岩土体相互作用关系，并从工程地质、边坡稳定、生态环境三个方面对弃渣场边坡进行植被恢复设计。

结合当地气候及工程地质情况，本课题的研究内容主要有：工程区土壤特性及基材研究；弃渣场边坡植被配置模式及种植试验研究；植物根系与岩土体相互作用的机理及模拟分析；石质边坡植被恢复设计研究等。

通过理论研究、室外实验、模拟分析及植被恢复措施设计，在阐明区域土壤特性，实验研究植被防护的建植模式，分析植物根系与岩体相互作用下对边坡稳定影响的基础上，针对弃渣场石质边坡提出一套完整的植物防护措施设计。

3）研究方法

本项目研究主要采用的科研方法有：实验法、调查法、模拟分析法等。

实验法主要应用于边坡植被配置模式研究及土壤基材试验研究，通过实验研究，筛选出最佳植物配置种类及土壤成分配置比例。

调查法主要应用于地区植物种类调查，为边坡植被种类配置奠定基础。

模拟分析法主要应用于模拟植物根系与边坡体之间的相互作用研究，分析植物根系生长对边坡稳定的影响作用。

4）技术路线

① 植物护坡基本理论研究;

② 石质高陡边坡植物护坡土壤基材理论研究;

③ 结合古贤水利枢纽工程选取工程区内不同坡度地块进行高陡边坡植物护坡土壤基材实验研究;

④ 结合古贤水利枢纽工程选取不同地形条件的地块进行植物配置种类实验研究;

⑤ 晋陕峡谷区高陡石质边坡植物护坡设计及技术推广应用研究。

5）主要技术指标

本项目研究的晋陕峡谷区高陡石质边坡防护的植物护坡措施可达到国内先进水平。

本项目的成功实施，首先可以解决古贤水利枢纽工程弃渣场边坡防护问题，使弃渣场与周边生态环境相协调，具有相当高的生态效益和社会效益。加强高陡石质边坡防护可有效巩固边坡稳定，最大限度的防治水土流失，达到美化生态环境的目标，生态效益显著。其次，为晋陕峡谷区其它建设工程的石质边坡防护提供经验和借鉴指导意见。

（2）古贤水利纽枢工程弃渣场渣体物理力学研究

1）研究的目的和意义

古贤水利枢纽工程项目区位于黄土丘陵沟壑区，区域内沟壑纵横，梁、峁、台、塬遍布，沟壑发育，沟谷深切，植被稀少，源边崩塌、滑坡十分活跃。项目区土质疏松，水土流失极为严重，每年汛期有大量的泥沙输入黄河，是黄河中游河口镇至龙门区间水土流失最严重的地区，也是黄河多沙粗沙的主要来源地。黄河古贤水利枢纽工程坝址两

岸冲沟发育，左岸高程 625m～640m 以上和右岸高程 640m～665m 以上为黄土覆盖，以下基岩裸露；右岸高程 625m 以下平均坡度为 33°， 625m 以上边坡平均坡度 15°；左岸谷坡为陡缓相间的台阶状地形，高程 625m 以下平均坡度为 28°，高程 520m～550m 之间残存有III级阶地，625m 以上边坡平均坡度 15°。

本工程开挖量和弃渣量巨大，弃渣场堆渣量大，堆渣高度很高，其中上马台弃渣场最大堆高 195.5m。工程区局部穿越崩塌、滑坡、泥石流易发区，若渣场选址不当、堆渣方式不合理或防护措施不当，都可能引发渣场失稳，造成崩塌、滑坡、泥石流等次生灾害，对渣场下游和周边生态环境产生破坏影响。渣场区表层一般分布有冲洪积、崩坡积碎块石土，少量砂砾卵石，厚度 5～30m，部分渣床为基岩，沟坡大多基岩裸露，基岩表层多呈全强风化状，全风化带一般厚 3～8m，局部达 10～30m，强风化带一般厚 20～30m，较厚者达 40～50m，岩块多风化色变，岩体较破碎；各渣场地下水总体不丰，主要以孔隙、裂隙水的形式赋存。

根据渣场施工堆放规划，渣体组成可分为三大类，分别为软岩为主、软岩夹硬岩与硬岩夹软岩。由于软质岩类富含泥质，通常具有因抗剪、抗压强度低，且易溶解、膨胀、崩解和软化的特性，较易引起渣体稳定性问题。为了尽可能减小堆渣体失稳的潜在破坏性，全面了解掌握有关弃土弃渣的物理力学性质和相关特征，同时为堆渣体的稳定性分析提供科学依据，以便能安全、环保、经济地处置堆渣体，拟开展《古贤水利枢纽工程渣体物理力学研究》。鉴于目前国内对于渣体物理力学特性方面的研究工作甚少，较少有成熟的研究成果借鉴，因此结合古贤水利枢纽工程开展渣体工程地质特性试验研究是工程建设的迫切需要，是必要的，其研究成果将对渣场合理设计、有效地预防因渣体稳定引发的次生地质灾害具有重要的指导意义和实践意义。

2）工作内容

试验研究主要针对古贤水利枢纽工程开挖弃方工程地质特性展开科研工作，确定以下几个方面的主要研究内容:

①资料收集

收集国内外交通、城市建设等相关行业及高校与科研机构在渣场设计与安全评估方面已有的成果资料，进行类比分析。

②野外调查及勘探研究

a、对工程区周边公路、铁路、水利水电等工程已有的渣场进行现场调查，收集渣场地质环境特征、岩土类别特性、堆渣方式、渣体几何特征、运行情况及设计参数等信息，进行分类整理、对比分析、信息提炼。

b、对确定需堆弃的开挖料，先期开展少量的取样试验工作。

c、施工期选择具代表性的硬质岩类、软质岩类、土质类渣料进行取样试验；对具备条件的重要渣场的渣体分类型、分部位、分高程进行坑槽（井）勘探、原位试验、取样试验。

③渣体特性试验

通过现场及取样对各种不同类型渣料的级配、密度、孔隙率、密实度、含水率、崩解性、膨胀性、渗透性、休止角及不同压实条件的内聚力、内摩擦角、压缩变形特性等物理性、水理性、力学性试验研究，提取相关参数。

④渣体工程地质特性系统研究

综合前述收集资料、地质调查、现场勘察及取样试验成果，系统总结阐述各类型不同渣体的工程地质特性，通过数值分析与统计，确定并提出科学、合理、具针对性的参数建议值。

a、根据各弃渣场工程特性、渣体岩土类型、对渣体进行物理力学勘察试验，研究不同岩土性质渣体的工程地质特性。

b、对所涉及的硬质岩类、软质岩类、土质类等各种类型的渣体特性，重点为软岩类、具有膨胀性的岩土类。根据渣体的勘察试验成果，为各类岩土渣体的稳定验算提供合适的物理力学指标。

c、通过现场及取样对不同类型渣料的级配、密度、孔隙率、密实度、含水率、渗透性及不同压实条件下的内聚力、内摩擦角、压缩变形特性等物理性、力学性试验研究，提取相关参数。

3）研究方案计划与实施

在对全部渣场进行分析的基础上，结合开工顺序与渣场特点，选取部分典型渣场进行试验研究，类型覆盖硬岩类、软岩类、土质类，重点为软质岩类渣体。

渣场试验内容分为现场试验与室内试验，现场试验项目有：密度试验、级配试验、

休止角（安息角）试验与相对密度试验，每个渣场进行 3 组试验。

室内试验为大型三轴试验，试验项目有压缩试验、大三轴 CD 剪、大三轴 UU 剪，通过试验获得非线性抗剪强度指标，以及 E-μ, E-β 模型参数。每个渣场进行 3 组试验。

12.1.6 资金使用管理

根据《中华人民共和国水土保持法》及其实施条例规定的“谁开发、谁保护，谁造成水土流失谁负责治理”的原则，水土保持工程费用应纳入主体工程概预算中，并与主体工程资金同时调拨。建设单位应建立和完善资金使用和财务管理制度，按照水土保持方案中分年度投资计划将资金落实到位，并做到专款专用，严格资金管理与使用，确保水土保持措施保质保量按期完成。

12.1.7 后续设计

（1）本方案经水行政主管部门批复后，建设单位必须委托具有相应资质的设计单位完成水土保持工程招标设计和施工图设计，并报水行政主管部门备案。

（2）水土保持方案和水土保持工程设计的变更应按规定报水行政主管部门报审批准。

（3）水土保持方案确定的各项水土流失防治措施均应在工程后续设计阶段予以落实，编制单册或专章。

12.1.8 工程建设检查监查

在实施水保工程质量管理方面，要进一步健全“建设单位负责，施工单位保证，监理单位控制，政府单位监督”的质量保证体系。建设单位应会同水土保持监督管理机构，充分利用地方监测站的技术优势，依照方案确定的监测内容，对工程进行全面监测，并把重点监测和经常性的检查结合起来，及时、准确地获取水土保持工程施工的进度、质量及相关信息，为保质保量地完成水保方案任务提供技术和制度保障。

12.1.9 竣工验收管理

（1）弃渣场安全评估

根据《水利部水土保持设施验收技术评估工作要点》（水保监便字〔2016〕20 号）的通知，建设单位对堆渣量超过 50 万 m^3 或者堆渣高度超过 20m 的弃渣场进行稳定性评估，提供稳定性评估报告。

本工程需要进行安全稳定性评估的渣场共计 17 个。

（2）水土保持验收

根据《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）、《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）的规定，各生产建设单位是生产建设项目水土保持设施验收的责任主体，应当在生产建设项目投产使用或者竣工验收前，自主开展水土保持设施验收，完成报备并取得报备回执。

生产建设项目水土保持设施验收一般应当按照编制验收报告、组织竣工验收、公开验收情况、报备验收资料的程序开展。建设单位应当编制水土保持设施验收报告。水土保持设施验收报告结论为具备验收条件的，建设单位组织开展水土保持设施竣工验收，形成的水土保持设施验收鉴定书应当明确水土保持设施验收合格与否的结论。在水土保持设施验收合格后，建设单位应当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，对公众反映的主要问题和意见，建设单位应当及时给予处理或者回应。建设单位应当在水土保持设施验收通过 3 个月内，向审批水土保持方案的水行政主管部门报备水土保持设施验收材料。

水土保持工程验收后，应由项目法人负责对项目建设区的水土保持设施进行后续管理为维修，运行管护维修费用从生产运行费中列支。。

12.1.10 建立健全技术档案制度

水土保持技术档案是水土保持工程验收的重要内容之一，建档内容主要包括该项目水土保持方案设计资料，年度施工情况总结及相应图表、文件，各项治理措施所需的材料、经费、劳动力等技术经济指标，水土保持效益指标，施工质量检验验收的全部文件、报告、图表等资料。

档案必须全面、系统、科学、真实，时间和项目齐全，所有的数据资料要准确。施工中应做好施工记录和有关资料的管理存档，以备监督检查和竣工验收时查阅。年度或工作阶段结束后，要把所有资料及时整理归档。

12.1.11 水土保持工程关键技术问题研究

古贤水利枢纽工程地处水土流失较重的西北黄土高原区，工程占地规模大，等级高，工期长，土石方挖填总量达8003.95万m^3，如不采取有效的水土保持措施，将会造成巨

大的水土流失量。

经过项目组对项目区多次查勘及对项目组成的认真分析研究，针对本项目水土流失特点，及拟采取的水土保持措施提出3项水土保持工程关键技术问题进行深入研究。一项为项目区表土资源利用可行性方法分析与研究，一项为道路工程施工过程中水土流失防治关键技术研究，一项为不同类型灌草配合高次团粒喷播技术绿化效果研究。这3项关键技术研究将指导古贤水利枢纽工程及今后类似水利工程建设，发挥良好的水土保持效益。

（1）项目区表土资源利用可行性方法分析与研究

项目区表土资源利用可行性分析与研究主要针对项目区可利用表土及表土利用的方式进行研究。项目区地处黄土深厚的黄土高原区，表土资源丰富，但项目实施过程中弃渣场、石料场等区域扰动范围大，且填筑或开挖后产生的裸露面为岩质，后期植被恢复所需表土方量大，施工前将区域内表土剥离用于后期绿化恢复覆土需要考虑的条件众多，包括弃渣场、石料场等原状地形较陡时施工机械如何进场剥离表土，剥离的表土需要另行征地堆放，场地征用问题等。本次研究将以古贤水利枢纽工程建设为依托，开展项目区表土资源利用可行性方法分析与研究，通过项目实施过程中表土资源的分布及利用方式探索，从边堆边剥，边挖边覆、高料低用等方面研究出一套针对弃渣场、石料场等石质下垫面条件的表土资源利用方法，为今后同类项目表土资源利用提供技术支撑。

（2）道路工程施工过程中水土流失防治关键技术研究

通过以往同类水利工程建设的工程实例分析，前期道路施工是施工过程中造成水土流失的重要部位，且造成的水土流失具有流失量大、治理难度高、后期恢复困难的特点，目前，道路施工过程中水土保持工作仍存在措施设计单一，效果不显著的情况，因此，以古贤水利枢纽工程建设为契机，开展道路工程区水土保持措施研究是本方案需要研究的另一关键技术。

从道路施工开挖爆破工艺、施工布置、施工管理、填方边坡坡脚防护及后期恢复绿化及挖方高陡边坡防护处理等方面入手，探索研究道路工程施工过程中水土流失防治关键技术。

（3）不同类型灌草配合高次团粒喷播技术绿化效果研究

本方案针对坝址区及道路工程区高陡石质边坡设计了高次团粒喷播边坡绿化措施，拟选取紫穗槐、侧柏、迎春、白羊茅、高羊茅等树草种进行喷播，喷播厚度按照6cm～10cm控制，分层喷播，先喷播基底层，后喷播种子层。喷播的基材中包含灌木树种和草

种，各植物生长方式不同，在生长过程中搭配灌木与草种会相互影响，为探索高效、成活率高的灌草组合方式，本方案提出开展不同灌草树草种搭配方案下高次团粒喷播技术绿化效果试验研究，从树草种发芽顺序、先期发芽树草种对未发芽树草种的遮阴影响、不同的灌溉周期等方面入手，探索水土保持及景观效益显著的高次团粒喷播树草种搭配方案，为古贤水利枢纽工程石质高陡边坡治理提供技术支撑。

12.2 工程运行管理

水土保持工程工作不仅包括各项水土保持措施的落实和实施，也包括水土保持工程建成运行后的设施维护。水土保持工程验收后，建设单位对永久占地范围内的水土保持设施进行后续管护与维修；临时占地范围内的水土保持设施由建设单位移交土地权属单位或个人继续管理维护。建设单位必须按批准的水土保持方案全面组织实施，并主动与当地水行政主管部门配合，自觉接受其监督检查，如实报告水土保持方案落实情况，确保水土保持措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

水土保持设施建成投入运行后，工程区的水土保持设施后续管理和维护，由建设单位负责，定期或不定期地对已验收的水土保持工程进行检查观测，随时掌握其运行状态，进行日常管护维修，消除隐患，维护工程安全，以保证工程有效运行。弃渣场挡渣墙保护范围为上游侧 5~10m，下游侧 10~20m；斜坡防护工程为上游侧 2~3m，下游侧 5~8m；排洪沟等防洪排导工程为上游 5~10m，下游 10~20m，左右岸 5~10m。

对于后期绿化效果不佳的区域，建设单位要加强管护，并适时安排相应资金进行植物措施的补栽补种工作。

12.3 水土保持信息化管理和全过程管理

12.3.1 水土保持信息化管理

水土保持信息化系统主要包括2个方面，一是3级及其以上弃渣场安全监测智能监控系统和施工期弃渣场运行管理智能控制系统。根据古贤水利枢纽信息化系统设计，水土保持2项控制系统分别属于工程安全监测信息管理系统和工程施工进度智能控制系统的子系统。

弃渣场安全监测智能监控系统：重点监测弃渣场主要包括坝址区1#弃渣场、坝址区2#弃渣场、坝址区3#弃渣场、上马台弃渣场、进场道路1#弃渣场和进场道路2#弃渣场，共6个弃渣场。

施工期弃渣场运行管理智能控制系统：监控黄河古贤水利枢纽工程所有弃渣场，包括：坝址区1#弃渣场、2#弃渣场、3#弃渣场；西磑口料场区上马台弃渣场；进场道路1#弃渣场、2#弃渣场；皮带机线路区11处弃渣场。共17处弃渣场。

系统结构分为三个层次，数据管理与分析评价层、网络通讯层、数据采集层。

数据管理与分析评价层主要是指监控总中心以及相应的管理机构所建立的数据输入、处理、管理、分析以及综合评价系统，通过网络通信层与各现场监测站以及MCU建立通信，获取所辖范围内工程各类实现自动化传感器的实时数据，从而实现对所辖工程范围内的安全运行状况进行远程监控，进而确保整个工程的安全运行和安全管理。

网络通信层：系统的网络通信包括本地局域网通信、广域网通信两部分。兼顾施工期监测及运行期信息化系统建设，本地局域网通信是基于以太网协议为平台的通信网络，组网方式以“有线+无线”的混合组网方式为主，包括数据的管理与分析评价层和现地数据采集层两个部分。

现地数据采集层：现场数据采集层包括内现及外观监测自动化两部分，主要设备由MCU、智能仪表、传感器、变送器、执行机构、专用数据（信息）采集设备以及通信设备等组成，独立完成数据采集和管理功能，同时，通过网络通信，为数据管理与分析评价层提供可靠的现场实时数据，以及接受上端安全监测系统发来的控制和参数设定指令。

12.3.2 全过程管理

本项目水土保持全过程管理就是运用工程管理理论和方法，结合水土保持特点，对项目整个建设周期的水土保持工作进行计划、组织、指挥、协调和控制的专业化活动。其核心目的是控制项目建设过程中的水土流失，改善项目区周边生态环境，落实水土流失防治指标，促进当地水土资源的可持续利用和生态系统的良性循环。

水土保持全过程管理的特点：生产建设项目水土保持全过程管理实际就是在项目各阶段引入水土保持理念，整合建设资源，协调参建单位，监督管理整个过程。需要建设单位具有扎实的技术力量，先进的水保理念和较高的管理水平。

（1）阶段划分

目前，我国项目基本建设程序主要分为三个阶段，分别是：前期工作阶段，包括项目建议书、可行性研究报告和施工图设计等；建设实施阶段，包括施工准备、建设实施等；竣工验收阶段。

水土保持工作主要划分为以下三个阶段:

方案阶段，主要是水土保持的规划与设计;

实施阶段，主要是对施工、监测、监理的管理与协调工作;

验收阶段，开展水土保持专项验收工作。

（2）内容和重点

1）方案阶段

①成立水土保持全过程管理工作组，组织学习水土保持相关法律法规，明确工作任务与目标。

②委托专业的水土保持咨询机构，

提前参与项目选址、规划与立项，参与项目建议书等前期规划材料的编制，提出水土保持意见。统筹协调各咨询、设计单位，解决水土保持问题。

③委托专业的水土保持方案编制单位，及时解决方案编制中主体工程存在的问题。报水行政主管部门审批，及时缴纳水土保持补偿费。

④组织协调方案编制单位、主体各专业设计单位落实水土保持方案的后续设计，确保水土保持措施有效可行。对于方案和设计调整情况，及时履行变更手续。

方案阶段的水土保持工作，重点是专业水土保持咨询机构的提前参与，确保“同时设计”。只有提前介入，才能避免项目在选址、规划、设计等过程中违背水土保持相关法律法规，才能更好地编制水土保持方案。

2）实施阶段

①完善水土保持全过程管理工作组，明确责任人，由工作组总体负责施工、验收阶段的水土保持工作。

②建立健全水土保持各项制度，明确各单位的水土保持责任与义务。

③协助监测单位开展水土保持监测工作，确保六项指标的控制实施效果；协助监理单位开展水土保持监理工作，确保水土保持措施的施工质量和效果。

④协调各级行政主管单位，主动向水行政主管部门汇报水土保持工作，及时接受水行政主管部门的监督检查。

⑤协调工程建设各相关单位，相互配合，共同做好水土保持工作。

⑥做好水土保持档案管理工作，记录水土保持大事记。

⑦落实水土保持资金来源，做好专款专用。

3）实施阶段是

水土流失的主要阶段，该阶段水土保持工作最重要的任务是协调各个单位落实水土保持“三同时”制度。只有在施工过程中，各部门相互配合，统一调度，才能完整地将水土保持方案落地，才能有效控制水土流失，为验收打下良好的基础。

4）验收阶段

①确定第三方评估机构并审查其独立性和技术条件、评估能力。

②配合评估单位现场勘测，组织开展水土保持设施初验，及时整改问题。

③及时向水行政主管部门汇报验收工作开展情况，配合现场监督检查。

④组织召开验收会议，形成验收鉴定书。

⑤向社会公开验收鉴定书、验收报告、监测总结报告等相关文件。

⑥项目投入使用前，将上述材料报水行政主管部门备案。

⑦及时归档相关资料，整理总结水土保持全过程管理经验，检验水土保持管理工作成效。

⑧落实水土保持设施的管护责任，确保安全运行和发挥效益。

水土保持设施验收是落实水土保持“三同时”制度的最后一环，也是检验水土保持全过程管理成果的最后一步。有效的验收工作可以及时发现并整改水土流失问题，敦促建设单位依法履行水土保持义务，也可以积累管理经验，推广品牌，有助于建设单位树立良好形象。

水土保持设施验收中，建设单位的水土保持意识是关键，第三方评估单位的工作是重点，各参与单位的配合是基础，只有三方协同，才能走好水土保持的最后一步。

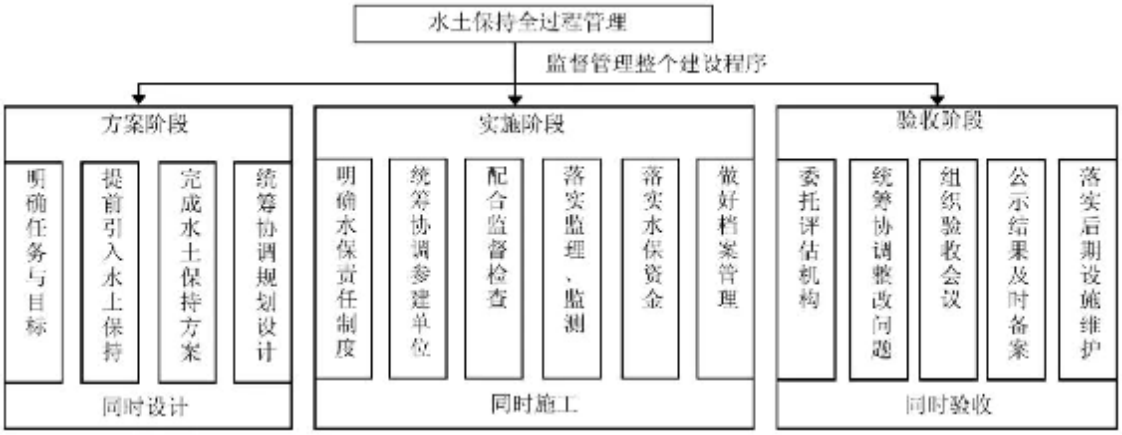


图12.3-1　黄河古贤水利枢纽工程水土保持全过程管理内容图

13 投资估算及效益分析

13.1 投资估算

13.1.1 编制原则

（1）遵循国家和地方颁布的有关水土保持政策、法规。

（2）凡治理因工程建设造成水土流失所采取的措施和所需费用，均列入工程水土保持投资，其中主体工程及其他单项设计中已经考虑的水土保持措施投资列入主体工程投资，本方案不再重复计算，本估算仅计算新增水土保持项目及有关费用。

13.1.2 编制依据

（1）《生产建设项目水土保持工程概（估）算编制规定（报批稿）》（以下简称《编制规定》）；

（2）水利部水总〔2003〕67 号文发布的《水土保持工程概算定额》；

（3）水利部水总〔2003〕67 号文发布的《施工机械台时费定额》；

（4）《水利部办公厅关于印发〈水利工程营业税改征增值税计价依据调整办法〉的通知》（办水总〔2016〕132 号）；

（5）《水利部办公厅〈关于调整水利工程计价依据增值税计算标准的通知〉》（办财务函〔2019〕448 号）；

（6）《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）；

（7）《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）；

（8）《工程勘察设计收费标准》（国家计委、建设部 〔2002〕10 号）；

（9）《关于降低电信网码号资源占用费等部分行政事业性收费标准的通知》（发改价格〔2017〕1186 号）；

（10）《陕西省物价局、陕西省财政厅转发国家发展改革委、财政部关于降低电信网码号资源占用费等部分行政事业性收费标准的通知》（陕价费发〔2017〕75 号）；

（11）《山西省发展和改革委员会山西省财政厅山西省水利厅关于水土保持补偿费收费标准的通知》（晋发改价格发〔2018〕464 号）。

13.1.3 投资估算水平年

价格水平年与黄河古贤水利枢纽工程主体工程估算的价格水平年一致，采用 2019 年第三季度。

13.1.4 编制方法

首先，根据编制规定并调查工程建设当地所涉及的材料单价情况和标准，确定人工、水、电、材料、苗木、机械台班等的基础价格。其次，根据基础单价编制水土保持措施单价，再按照工程量和措施单价计算水土保持措施投资，按照编制规定的取费标准计算独立费用，按照当地水土保持补偿费收费标准计算水土保持补偿费，最后计算总投资。并根据主体工程施工进度及水土保持施工及工作进度的安排编制分年投资。

13.1.4.1 项目划分

根据编制规定，水土保持方案投资估算费用构成为：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（建设管理费、方案编制费、科研勘测设计费、工程建设监理费、验收报告费），以及基本预备费和水土保持补偿费。

13.1.4.2 基础及材料单价

（1）人工单价

人工单价包括基本工资和辅助工资。本方案人工单价为 4.56 元/工时。

（2）施工用电、水、风价格

施工用电、水按照主体工程标准计取，电 0.67 元/（kW•h），水 2.14 元/m^3，风 0.13 元/m^3。

（3）材料预算价格

工程措施和临时措施的主要材料采用主体工程的材料预算单价，其中砂石料、块石单价根据主体工程施工工艺流程和生产能力计算。

次要材料预算价格根据其组成内容，按材料原价、运杂费和采购及保管费等分别以不含相应增值税的价格计算。其中工程措施材料采购及保管费费率按材料运到工地价格的 2.3%计算，植物措施材料采购及保管费费率按材料运到工地价格的 1.1%计算。混凝土及砂浆材料单价：参照《水土保持工程概算定额》附录中的混凝土、水泥材料配合比中各项材料的数量和不含增值税的价格进行计算。

（4）材料限价

本方案制定的限价材料有钢筋、水泥、汽油、柴油、炸药和植物措施材料，材料价格均按不含增值税的价格计算。

钢筋、水泥、汽油、柴油、炸药限价与主体工程保持一致，分别按基价 2560 元/t、255 元/t、3075 元/t、2990 元/t、5150 元/t 计入工程单价参与取费，预算价与基价的差值以材料补差形式计算，材料补差列入单价表中并计取税金。

植物措施限价材料按《生产建设项目水土保持工程概（估）算编制规定（报批稿）》等规定执行，苗木、草和种子分别为 15 元/株、10 元/m^2，60 元/kg。当计算的预算价格超过限价时，按限价计入工程单价参加取费，超过部分以价差形式计算，列入单价表并计取税金。

（5）施工机械台时费

以水土保持工程概算定额中施工机械台时费为主，水保措施中需要使用但水土保持工程概算定额中的，则采用主体工程的施工机械台时费，按照《水土保持工程概算定额》中附录一“施工机械台时费定额”计算。根据办水总〔2016〕132 号文及办财务函〔2019〕448 号文规定，施工机械台时费定额中的折旧费除以 1.13 调整系数，修理及替换设备费除以 1.09 调整系数，安装拆卸费不变。

13.1.4.3 工程措施、植物措施单价

考虑到本方案为可行性研究阶段深度，所采用的措施单价均有 10%的阶段扩大系数。

13.1.4.4 费用计算及费率

本项目水土保持方案投资估算共包括工程措施费、植物措施费、监测措施费、施工临时工程费、独立费用五部分及预备费、水土保持补偿费共七项费用。其中工程措施费、植物措施费、监测措施费、施工临时工程费、独立费用五部分及预备费等费用，根据《水土保持工程概（估）算编制规定》编制、计列；水土保持补偿费陕西省依据《关于降低电信网码号资源占用费等部分行政事业性收费标准的通知》（发改价格〔2017〕1186 号）、山西省依据《山西省发展和改革委员会山西省财政厅山西省水利厅关于水土保持补偿费收费标准的通知》（晋发改价格发〔2018〕464 号）等文件计列。

（1）建筑工程单价确定

计算方法：建筑工程单价=直接费+间接费+利润+价差+税金。

1）直接费=基本直接费+其他直接费

①基本直接费=人工费+材料费+机械使用费

人工费=定额劳动量（工时）×人工预算单价（元/工时）

材料费=定额材料用量×材料预算单价

机械使用费=定额机械使用量（台时）×施工机械台时费（元/台时）

②其他直接费=基本直接费×其他直接费费率之和

2）间接费=直接费×间接费费率

3）利润=(直接费+间接费)×利润率，利润率取 7%。

4）价差=（材料预算价格-基价）×材料消耗量

5）税金=(直接费+间接费+利润+价差)×税率，根据《水利部办公厅关于调整水利工程计价依据增值税计算标准的通知》（办财务函〔2019〕448 号），税率取 9%。

其它直接费见表 13.1.4-1，间接费见表 13.1.4-2。

表 13.1.4-1　　黄河古贤水利枢纽工程其他直接费费率表

序号	工程类别	其他直接费取费					
		冬雨季施工增加费	夜间施工增加费	临时设施费	安全和文明施工费	其他	合计
1	工程措施	1.5	0.3	2	0.5	0.5	4.8
2	植物措施	1.5		1	0.5	0.5	3.5
3	土地整治措施	1.5		1	0.5	0.5	3.5
4	临时措施	1.5	0.3	2	0.5	0.5	4.8

表 13.1.4-2　　黄河古贤水利枢纽工程间接费费率表

序号	工程类别	计算基础	间接费费率(%)
1	土石方工程	直接工程费	5.5
2	混凝土工程	直接工程费	4.3
3	其他工程	直接工程费	4.4
4	植物措施	直接工程费	3.3

（2）第一部分工程措施

水土保持工程措施费按设计工程量乘以工程单价进行编制。

（3）第二部分植物措施

水土保持植物措施费由苗木、草、种子等材料费及种植费组成，按《水土保持工程概算定额》进行编制，苗木种植数量需乘以 1.02 的补植系数。

（4）第三部分监测措施

1）土建设施及设备按设计工程量或设备清单乘以工程（设备）单价编制。

2）安装费按设备费的 5%计算。

3）建设期观测运行费，按主体土建投资为基数计列。

（5）第四部分施工临时工程

鉴于水土保持工程与主体工程同时施工，大部分临时工程可借助主体工程原有设施和施工条件，本期工程临时防护工程按设计方案的工程量乘以单价计算；其他临时工程费按“第一部分工程措施”、“第二部分植物措施”与“第三部分监测措施”投资之和的2.0%计算。

（6）第五部分独立费用

1）建设管理费

按水土保持工程措施投资、植物措施投资、监测措施投资和临时工程投资四部分之和的2.0%计算，并与主体工程建设管理费合并使用，以满足水土保持专项工程评估验收的需要。

2）工程建设监理费

参照“关于印发《建设工程监理与相关服务收费管理规定》的通知”（国家发改委、建设部发改价格〔2007〕670号），水土保持监理费以水土保持工程费为计算基数，按照内插法计列并取0.8的附加调整系数。

3）方案编制费

本工程方案编制费包括水土保持方案编制费和工程勘查成果分析及其方案编制费，其中水土保持方案编制费按主体工程土建投资为计算基数，工程勘查成果分析及其方案编制费以科研勘测设计费中可研阶段勘察费为计算基数。本工程主体土建投资为233.25亿元，因此水土保持方案方案编制费应按土建投资的0.04%计列，同时地貌类型调整系数应取1.2、线状工程调整系数应取1.1。

4）科研勘测设计费

科研勘测设计费包括工程科学研究试验费和工程勘测设计费，其中工程勘测设计费包括前期勘测设计费和初步设计、施工及招标设计阶段勘测设计费。前期勘测设计费取费参照《水利、水电、电力建设项目前期工作工程勘察收费暂行规定》（国家发展改革委员会、建设部发改价格〔2006〕第1352号），初步设计、施工及招标设计阶段勘测设计费参照《工程勘察设计收费标准》（国家计委、建设部计价格〔2002〕10号）。

5）水土保持竣工验收费

本工程水土保持竣工验收费包括验收报告编制费和弃渣场稳定评估费用。

验收报告编制费按主体土建投资为基数计列。本工程主体土建投资为233.25亿元，因此验收报告编制费按土建投资的0.038%计列。

本工程共设置弃渣场 17 个，其中 1 级弃渣场 2 个，2 级弃渣场 1 个，3 级弃渣场 3 个，4 级弃渣场 11 个。其中 1#弃渣场为 1 级渣场，但其位于水库淹没区，且在水库死水位之下，因此不再计列该渣场稳定评估费用。其余弃渣场稳定评估费取费按 1 级弃渣场 50 万元/个，2 级弃渣场 40 万元/个，3 级弃渣场 30 万元/个，4 级弃渣场 20 万元/个。因此，本工程弃渣场稳定评估费用共计 400 万元。

（7）预备费

基本预备费：按水土保持工程措施投资、植物措施投资、监测措施投资、临时工程投资和独立费用总投资的 10.0%计算。

价差预备费：根据《国家计委关于加强对基本建设大中型项目概算中“价格预备费”管理有关问题的通知》，本方案投资不计列价差预备费。

（8）水土保持补偿费

本工程为水利水电工程建设项目，水库淹没区、后方业主营地和移民安置区占地不在水土保持补偿费计征范围内，因此本工程水土保持补偿费计征范围包括工程建设区占地和专项设施复（改）建区占地。经统计，本工程水土保持补偿费计征总面积为 757.27hm^2，其中陕西省计征面积 158.63hm^2，山西省计征面积为 598.65hm^2。

陕西省水土保持补偿费收费依据《陕西省物价局、陕西省财政厅转发国家发展改革委、财政部关于降低电信网码号资源占用费等部分行政事业性收费标准的通知》（陕价费发〔2017〕75 号），收费标准为 1.7 元/m^2；山西省水土保持补偿费收费依据《山西省发展和改革委员会、山西省财政厅、山西省水利厅关于水土保持补偿费收费标准的通知》（晋发改收费发〔2018〕464 号），收费标准为 0.4 元/m^2。

13.1.5 水土保持投资估算

按 2019 年第 3 季度市场价格水平估算，水土保持方案总估算投资 102947.20 万元，其中工程措施 51063.99 万元；植物措施 22224.51 万元；监测措施 2069.17 万元，施工临时工程 3642.91 万元；独立费用 14124.95 万元；基本预备费 9312.54 万元；水土保持设施补偿费 509.13 万元。投资估算表详见表 13.1.5-1 至表 13.1.5-6，分年度投资估算表见表 13.1.5-7。

表 13.5.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持投资估算总表 单位：万元

序号	工程或费用名称	建安工程费	设备费	植物措施费	独立费用	合 计
第一部分	工程措施	51063.99				51063.99
一	主体工程区	1709.15				1709.15
（一）	防洪排导工程	258.67				258.67
（二）	土地整治工程	185.46				185.46
（三）	灌溉工程	1265.02				1265.02
二	永久办公生活区	181.29				181.29
（一）	防洪排导工程	29.37				29.37
（二）	土地整治工程	8.49				8.49
（三）	斜坡防护工程	143.42				143.42
三	弃渣场	42969.82				42969.82
（一）	防洪排导工程	31675.29				31675.29
（二）	土地整治工程	3886.56				3886.56
（三）	挡渣工程	432.08				432.08
（四）	斜坡防护工程	6975.89				6975.89
四	料场区	487.37				487.37
（一）	防洪排导工程	37.57				37.57
（二）	土地整治工程	197.89				197.89
（三）	斜坡防护工程	251.91				251.91
五	交通道路工程区	836.79				836.79
（一）	土地整治工程	836.79				836.79
六	施工生产生活区	3695.80				3695.80
（一）	防洪排导工程	75.31				75.31
（二）	土地整治工程	875.86				875.86
（三）	斜坡防护工程	2744.63				2744.63
七	皮带机运输工程区	344.47				344.47
（一）	防洪排导工程	246.92				246.92
（二）	土地整治工程	97.56				97.56
八	移民安置区	839.30				839.30
（一）	防洪排导工程	20.00				20.00
（二）	土地整治工程	819.30				819.30
第二部分	植物措施			22224.51		22224.51
一	主体工程区			10924.74		10924.74
二	永久办公生活区			289.88		289.88
三	弃渣场			2149.39		2149.39
四	料场区			640.91		640.91
五	交通道路工程区			2924.14		2924.14
六	施工生产生活区			4384.38		4384.38
七	皮带机运输工程区			126.22		126.22

表 13.5.1-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持投资估算总表 单位：万元

序号	工程或费用名称	建安工程费	设备费	植物措施费	独立费用	合 计
八	移民安置区			784.84		784.84
第三部分	监测措施	1178.69	890.48	0.00	0.00	2069.17
（一）	土建设施	24.12				24.12
（二）	设备及安装		890.48			890.48
（三）	建设期观测运行费	1154.57				1154.57
第四部分	施工临时工程	3642.91				3642.91
一	临时防护工程	2135.76				2135.76
（一）	主体工程区	34.31				34.31
（二）	永久办公生活区	2.15				2.15
（三）	弃渣场	205.94				205.94
（四）	料场区	198.29				198.29
（五）	交通道路工程区	519.79				519.79
（六）	施工生产生活区	18.51				18.51
（七）	皮带机运输工程区	19.94				19.94
（八）	移民安置区	1136.83				1136.83
二	其他临时工程	1507.15				1507.15
第五部分	独立费用				14124.95	14124.95
一	建设管理费				1580.01	1580.01
二	方案编制费				1231.54	1231.54
三	科研勘测设计费				8771.58	8771.58
四	工程建设监理费				1255.48	1255.48
五	水土保持竣工验收费				1286.34	1286.34
I	第一至五部分合计	55885.59	890.48	22224.51	14124.95	93125.52
II	基本预备费	5588.56	89.05	2222.45	1412.48	9312.54
III	水土保持补偿费					509.13
IV	总投资					102947.20

表 13.5.1-2 黄河古贤水利枢纽工程水土保持工程措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
第一部分	工程措施				51063.99
一	主体工程区				1709.15
（一）	防洪排导工程				258.67
1	排水沟				251.49
	排水沟长度	m	10120.68		
	基础开挖土方	m^3	11335.16	13.67	15.50
	M7.5 浆砌石	m^3	7286.89	323.86	235.99
2	沉沙池				7.18

表 13.5.1-2 黄河古贤水利枢纽工程水土保持工程措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
	个数	个	17		
	基础开挖土方	m^3	234.06	13.67	0.32
	M7.5 浆砌石	m^3	211.68	323.86	6.86
（二）	土地整治工程				185.46
1	表土回覆	m^3	84593.16	10.44	88.35
2	土地平整	hm^2	101.57	9560.83	97.11
（三）	灌溉工程				1265.02
1	高位水池工程				31.65
	土方开挖	m^3	175.84	13.67	0.24
	石方开挖	m^3	117.23	59.52	0.70
	C25 混凝土	m^3	193.14	607.18	11.73
	钢筋	t	27.04	7021.95	18.99
2	小型泵站	座	2		129.60
3	输水管线工程				1103.77
	主管线 Φ60mm 钢管	m	11858.40	120.00	142.30
	主管线 Φ30mmPVC 管	m	139138.56	45.00	626.12
	塑料软管	m	115637.76	22.00	254.40
	喷头	组	23127	35.00	80.94
二	永久办公生活区				181.29
（一）	防洪排导工程				29.37
1	排水沟				29.37
	排水沟长度	m	788.40		
	基础开挖土方	m^3	567.65	13.67	0.78
	M7.5 浆砌石	m^2	883.01	323.86	28.60
（二）	土地整治工程				8.49
1	表土剥离	m^3	4033.80	6.75	2.72
2	表土回覆	m^3	4033.80	10.44	4.21
3	土地平整	hm^2	1.63	9560.83	1.56
（三）	斜坡防护工程				143.42
1	挡墙工程				19.53
	长度	m	788.40		
	土方开挖	m^3	132.45	13.67	0.18
	石方开挖	m^3	88.30	59.52	0.53
	M7.5 浆砌石	m^3	591.30	318.37	18.83
2	工程护坡				123.89
	土方开挖	m^3	1019.89	13.67	1.39
	石方开挖	m^3	679.93	59.52	4.05
	覆种植土	m^3	3086.10	37.03	11.43

表 13.5.1-2 黄河古贤水利枢纽工程水土保持工程措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
	混凝土框格	m^3	1699.82	629.61	107.02
三	弃渣场防治区				42969.82
（一）	土地整治工程				3886.56
1	土地平整	hm^2	139.02	9560.83	132.92
2	表土剥离	m^3	284298.87	6.75	191.88
3	表土回覆	m^3	284298.87	10.44	296.93
4	绿化覆土	m^3	50166.00	37.03	185.79
5	铺设土工布	hm^2	56.87	202175.18	1149.69
6	碎石压盖	m^2	711612	11.06	786.91
7	渣体碾压	m^3	1557736	7.33	1142.44
（二）	拦挡工程				432.08
1	土方开挖	m^3	1024.00	13.67	1.40
2	石方开挖	m^3	5395.14	59.52	32.11
3	M7.5 浆砌石	m^3	11548.71	318.37	367.68
4	砂砾石基础换填	m^3	945.00	50.96	4.82
5	清基	m^3	1417.50	1.71	0.24
6	pvc 管	m	6803.46	15.50	10.55
7	反滤料	m^3	359.69	57.85	2.08
8	沥青砂板条	m^2	663.20	65.00	4.31
9	C30 混凝土	m^3	68.04	990.83	6.74
10	钢筋	t	3.07	7021.95	2.16
（三）	斜坡防护工程				6975.89
1	干砌石	m^3	37641	115.31	434.05
2	过渡料	m^3	247536	78.52	1943.65
3	石渣填筑　利用主体开挖料	m^3	1475541	7.33	1082.16
4	钢筋石笼	m^3	19846.62	266.91	529.72
5	框格护坡土方开挖	m^3	32863.09	13.67	44.93
	覆种植土	m^3	87865.62	37.03	325.40
	框格护坡混凝土	m^3	41549.53	629.61	2615.98
（四）	防洪排导工程				31675.29
1	边坡截水沟				3603.93
	长度	m	31860.65		
	土方开挖	m^3	41326.34	13.67	56.50
	石方开挖	m^3	56060.90	59.52	333.69
	清基	m^3	1999.53	1.71	0.34
	M7.5 浆砌石	m^3	49100.26	323.86	1590.16
	C30 混凝土	m^3	12762.36	990.83	1264.53
	钢筋	t	510.84	7021.95	358.71

表 13.5.1-2 黄河古贤水利枢纽工程水土保持工程措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
2	渣场顶面排水沟				83.05
	长度	m	4145.58		
	土方开挖	m^3	3490.61	13.67	4.77
	M7.5 浆砌石	m^3	2417.12	323.86	78.28
3	马道排水沟				49.69
	长度	m	4106.16		
	土方开挖	m^3	2737.63	13.67	3.74
	M7.5 浆砌石	m^3	1418.89	323.86	45.95
4	底部盲沟				365.84
	长度	m	2749.68		
	石方开挖	m^3	12923.50	59.52	76.92
	铺设块石	m^3	6874.20	174.83	120.18
	土工布	m^2	9623.88	20.22	19.46
	砂砾石垫层	m^3	2035.20	50.96	10.37
	M7.5 浆砌石	m^3	4289.07	323.86	138.91
5	沉沙池				6.69
	个数	个	39		
	土方开挖	m^3	155.52	13.67	0.21
	砌砖	m^3	77.76	833.15	6.48
6	挡水堰（墙）				548.33
	石方开挖	m^3	4331.02	59.52	25.78
	石方填筑	m^3	1871.10	38.38	7.18
	M7.5 浆砌石	m^3	5599.03	318.37	178.26
	帷幕灌浆	m	3175.56	884.40	280.85
	C25 混凝土底板	m^3	475.20	646.69	30.73
	止水带	m^2	59.40	153.98	0.91
	C30 混凝土面板	m^3	124.74	990.83	12.36
	钢筋	t	17.46	7021.95	12.26
7	排洪沟				634.98
	石方开挖	m^3	15583.10	59.52	92.75
	C25 混凝土	m^3	3739.94	607.18	227.08
	钢筋	t	448.79	7021.95	315.14
8	排水箱涵	m	4012.20		8475.61
	石方开挖	m^3	49187.52	59.52	292.77
	C25 基础砼	m^3	14274.90	646.69	923.14
	衬砌 C30 砼	m^3	39595.50	990.83	3923.24
	钢筋	t	4751.46	7021.95	3336.45
9	排水管涵	m	3399.72		976.31

表 13.5.1-2 黄河古贤水利枢纽工程水土保持工程措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
	土方开挖	m^3	3794.09	13.67	5.19
	C25 基础砼	m^3	2413.80	646.69	156.10
	预制钢筋砼管涵安装	m	3399.72	2397.32	815.02
10	主沟挡水坝				417.45
	覆盖层开挖 0.5km	m^3	9575	23.89	22.87
	石方开挖 2.5km	m^3	4666	92.97	43.38
	心墙土料 0.5km	m^3	21616	23.65	51.12
	反滤料 9km	m^3	7665	81.20	62.24
	石渣填筑 利用主体开挖料	m^3	64873	4.52	29.32
	堆石护坡 2.5km	m^3	748	118.72	8.88
	排水体 2.5km	m^3	6849	47.99	32.87
	戗堤 利用主体开挖料直接水中进占	m^3	28018	0.00	0.00
	喷混凝土	m^3	1636	1019.32	166.76
11	支沟挡水坝				537.40
	覆盖层开挖 0.5km	m^3	696	23.89	1.66
	石方开挖 1.5km	m^3	4605	91.29	42.04
	心墙土料 0.5km	m^3	8419	23.65	19.91
	反滤料 8km	m^3	3668	79.24	29.07
	石渣填筑 1.5m	m^3	20420	25.99	53.07
	堆石护坡 1.5km	m^3	540	116.72	6.30
	排水体 1.5km	m^3	2493	45.99	11.47
	戗堤 利用主体开挖料直接水中进占	m^3	5073	0.00	0.00
	喷混凝土	m^3	3668	1019.32	373.89
12	1#排洪隧洞				12357.41
①	进出口				708.77
	覆盖层开挖	m^3	3210	17.15	5.51
	石方明挖	m^3	38331	54.61	209.33
	标准钢模板	m^2	5600	64.61	36.18
	进出口明渠混凝土(C30)	m^3	1299	772.57	100.36
	挑流鼻坎混凝土(C40)	m^3	1501	714.12	107.19
	喷混凝土 C20	m^3	687	1019.32	70.03
	钢筋网	t	27	7461.88	20.15
	锚杆 φ25，L=6m	根	1090	240.96	26.26
	钢筋制安	t	166.47	7548.85	125.67
	进水口/塔/竖井/调压井细部结构	m^3	2800	28.96	8.11
②	洞身段				11648.63
	石方洞挖	m^3	131033	139.02	1821.62
	隧洞衬砌钢模板	m^2	62002	125.21	776.33

表 13.5.1-2 黄河古贤水利枢纽工程水土保持工程措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
	衬砌混凝土	m^3	31001	986.36	3057.81
	锚杆 φ25，L=4.5m	根	13875	243.23	337.48
	钢筋制安	t	4485	7548.85	3385.66
	钢筋网	t	214	7461.88	159.68
	喷混凝土 C20	m^3	8286	1094.21	906.66
	固结灌浆	m	36748	215.15	790.63
	回填灌浆	m^2	19531	91.32	178.36
	橡胶止水	m	4785	152.58	73.01
	排水孔 D75mm	m	7669	47.38	36.34
	钢拱架 I20	t	53	8500.00	45.05
	锁脚锚杆 φ25，L=7m	根	220	350.00	7.70
	隧洞细部结构	m^3	31003	23.32	72.30
13	2#防洪隧洞				3618.60
①	进出口				397.59
	覆盖层开挖	m^3	2140	17.15	3.67
	石方明挖	m^3	23170	54.61	126.53
	标准钢模板	m^2	2610	64.61	16.86
	进出口明渠混凝土(C30)	m^3	411	772.57	31.75
	挑流鼻坎混凝土(C40)	m^3	894	714.12	63.84
	喷混凝土 C20	m^3	549	1019.32	55.96
	钢筋网	t	21	7461.88	15.67
	锚杆 φ25，L=6m	根	870	240.96	20.96
	钢筋制安	t	77.57	7548.85	58.56
	进水口/塔/竖井/调压井细部结构	m^3	1305	28.96	3.78
②	洞身段				3221.01
	石方洞挖	m^3	23821	139.02	331.16
	隧洞衬砌钢模板	m^2	18268	125.21	228.73
	衬砌混凝土	m^3	9134	986.36	900.94
	锚杆 φ25，L=4.5m	根	4577	243.23	111.33
	钢筋制安	t	1323	7548.85	998.71
	钢筋网	t	67	7461.88	49.99
	喷混凝土 C20	m^3	2630	1094.21	287.78
	固结灌浆	m	7728	215.15	166.27
	回填灌浆	m^2	6139	91.32	56.06
	橡胶止水		1541	152.58	23.51
	排水孔 D75mm	m	2158	47.38	10.22
	钢拱架 I20	t	32.11	8500.00	27.29
	锁脚锚杆 φ25，L=7m	根	220	350.00	7.70

表 13.5.1-2 黄河古贤水利枢纽工程水土保持工程措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
	隧洞细部结构	m^3	9134	23.32	21.30
四	料场区				487.37
（一）	防洪排导工程				37.57
1	排水沟				37.57
	排水沟长度	m	1512.00		
	基础开挖土方	m^3	1693.44	13.67	2.32
	M7.5 浆砌石	m^2	1088.64	323.86	35.26
（二）	土地整治工程				197.89
1	表土回覆	m^3	126230.40	10.44	131.84
2	土地平整	hm^2	69.08	9560.83	66.05
（三）	斜坡防护工程				251.91
1	工程护坡				251.91
	种植槽长度	m	23467.32		
	M7.5 浆砌石	m^3	6570.85	323.86	212.80
	客土量	m^3	10560.29	37.03	39.11
五	交通道路工程区				836.79
（一）	土地整治工程				836.79
1	表土剥离	m^3	462510	6.75	312.16
2	表土回覆	m^3	462510	10.44	483.07
3	土地平整	hm^2	43.48	9560.83	41.57
六	施工生产生活区				3695.80
（一）	防洪排导工程				75.31
1	排水沟				52.89
	排水沟长度	m	11142.91		
	基础开挖土方	m^3	3565.73	13.67	4.87
	土工布	m^2	23747.76	20.22	48.01
2	沉沙池				22.42
	个数	个	54		22.42
	基础开挖土方	m^3	731.43	13.67	1.00
	M7.5 浆砌石	m^3	661.50	323.86	21.42
（二）	土地整治工程				875.86
1	表土剥离	m^3	423493.92	6.75	285.82
2	表土回覆	m^3	423493.92	10.44	442.32
3	土地平整	hm^2	154.50	9560.83	147.71
（三）	斜坡防护工程				2744.63
1	工程护坡	hm^2	27.35		2744.63
	土方开挖	m^3	22594.06	13.67	30.89
	石方开挖	m^3	15062.71	59.52	89.66

表 13.5.1-2 黄河古贤水利枢纽工程水土保持工程措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
	覆种植土	m^3	68367.42	37.03	253.19
	混凝土框格	m^3	37656.77	629.61	2370.89
七	皮带机运输工程区				344.47
（一）	防洪排导工程				246.92
1	排水沟				241.53
	排水沟长度	m	9720.00		
	基础开挖土方	m^3	10886.40	13.67	14.88
	M7.5 浆砌石	m^3	6998.40	323.86	226.65
2	沉沙池				5.38
	个数	个	13		
	基础开挖土方	m^3	175.54	13.67	0.24
	M7.5 浆砌石	m^3	158.76	323.86	5.14
（二）	土地整治工程				97.56
1	表土剥离面积	hm^2	16.47		
	表土剥离	m^3	49410.00	6.75	33.35
2	表土回覆	m^3	49410.00	10.44	51.61
3	土地平整	hm^2	13.18	9560.83	12.60
八	移民安置及专项设施复（改）建区				839.30
（一）	土地整治工程				819.30
1	表土剥离	m^3	456401.92	6.75	308.03
2	表土回覆	m^3	456401.92	10.44	476.69
3	土地平整	hm^2	36.17	9560.83	34.58
（二）	防护排导工程				20.00
1	排水沟				11.69
	排水沟长度	m	2463		
	基础开挖土方	m^3	788.17	13.67	1.08
	土工布	m^2	5249.20	20.22	10.61
2	沉沙池				8.30
	个数	个	20		
	基础开挖土方	m^3	270.90	13.67	0.37
	M7.5 浆砌石	m^3	245.00	323.86	7.93

表 13.5.1-3 黄河古贤水利枢纽工程水土保持植物措施投资估算表

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				22224.51
一	主体工程区				10924.74
（一）	全面整地	hm^2	98.75	578.12	5.71

表 13.5.1-3 黄河古贤水利枢纽工程水土保持植物措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
（二）	植被恢复工程				432.03
1	种植乔木	株	15908		207.84
	种植刺槐	株	7954	13.62	10.84
	种植油松	株	7954	247.69	197.00
2	种植灌木	株	63630		216.52
	种植沙棘（株高 0.4～0.5m）	株	12726	4.89	6.23
	种植月季（胸径 2cm）	株	12726	90.10	114.66
	种植迎春（株高 0.4～0.5m）	株	12726	4.58	5.83
	种植石楠（冠幅 40~50cm）	株	12726	67.52	85.93
	种植金叶女贞（株高 0.5～0.6m）	株	12726	3.03	3.86
3	撒播种草				7.67
	撒播白羊茅	hm^2	6.36	12065.69	7.67
（三）	绿化美化工程				10458.47
1	种植乔木	株	246372		5451.23
	侧柏（4~5cm）	株	12319	115.59	142.39
	油松（6cm）	株	110867	247.69	2746.03
	楸树（4~6cm）	株	4927	138.28	68.13
	白皮松（4~6cm）	株	12319	450.50	554.95
	花楸树（3~4cm）	株	44347	213.00	944.57
	刺槐（6cm）	株	36956	76.90	284.19
	桃树（5~6cm）	株	24637	245.02	603.65
	树木支撑	株	12319	87.11	107.31
2	种植灌木	株	985488		1887.28
	种植沙棘（株高 0.4～0.5m）	株	295646	4.89	144.69
	种植月季（胸径 2cm）	株	98549	90.10	887.94
	种植迎春（株高 0.4～0.5m）	株	98549	4.58	45.18
	种植石楠（冠幅 40~50cm）	株	98549	67.52	665.43
	种植金叶女贞（株高 0.5～0.6m）	株	197098	3.03	59.81
	种植红瑞木（株高 0.5～0.6m）	株	197098	4.27	84.24
3	高次团粒客土喷播	m^2	223104.00	134.85	3008.48
4	撒播种草				111.47
	撒播白羊茅	hm^2	92.39	12065.69	111.47
（四）	幼林抚育	hm^2	98.75	2890.11	28.54
二	永久办公生活区				289.88
（一）	全面整地	hm^2	4.75	578.12	0.27
（二）	植物防护工程				2.92
1	种植灌木				1.47
	种植沙棘	株	3000	4.89	1.47

表 13.5.1-3 黄河古贤水利枢纽工程水土保持植物措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
2	撒播白羊茅	hm^2	1.20	12065.69	1.45
（三）	绿化美化工程				285.32
1	种植乔木		8886		182.43
	侧柏（4~5cm）	株	2666	115.59	30.81
	油松（6cm）	株	1777	247.69	44.02
	楸树（4~6cm）	株	889	138.28	12.29
	白皮松（4~6cm）	株	889	450.50	40.03
	花楸树（3~4cm）	株	889	213.00	18.93
	刺槐（6cm）	株	889	76.90	6.83
	碧桃（5~6cm）	株	889	245.02	21.77
	植物支撑	株	889	87.11	7.74
2	种植灌木		35543		98.57
	种植沙棘（株高 0.4～0.5m）	株	10663	4.89	5.22
	种植月季（胸径 2cm）	株	7109	90.10	64.05
	种植迎春（株高 0.4～0.5m）	株	3554	4.58	1.63
	种植石楠（冠幅 40~50cm）	株	3554	67.52	24.00
	种植金叶女贞（株高 0.5～0.6m）	株	7109	3.03	2.16
	种植红瑞木（株高 0.5～0.6m）	株	3554	4.27	1.52
3	撒播草籽				4.32
	撒播白羊茅	hm^2	3.55	12167.46	4.32
（四）	幼林抚育	hm^2	4.75	2890.11	1.37
三	弃渣场防治区				2149.39
（一）	全面整地	hm^2	126.83	578.12	7.33
（二）	植物防护工程				221.92
1	种植灌木				178.03
	种植沙棘/柠条	株	363758	4.89	178.03
2	撒播种草（白羊茅）	hm^2	36.38	12065.69	43.89
（三）	植被恢复工程				637.34
1	种植乔木				
	种植刺槐	株	97980	15.43	151.17
2	种植灌木				
	种植沙棘/柠条	株	796914	4.89	390.02
3	撒播种草				
	撒播白羊茅	hm^2	79.69	12065.69	96.15
（四）	绿化美化工程				1246.14
1	种植乔木	株	26906		863.19
	种植油松（胸径 6cm）	株	4036	247.69	99.96
	种植侧柏（株高 2m）	株	2691	115.59	31.10

表 13.5.1-3 黄河古贤水利枢纽工程水土保持植物措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
	种植银杏（胸径 4～5cm）	株	4036	527.88	213.05
	种植雪松（胸径 4～5cm）	株	2691	647.97	174.34
	种植樱花（胸径 4～5cm）	株	2691	231.67	62.34
	种植榆叶梅（胸径 4～5cm）	株	2691	62.96	16.94
	种植广玉兰（胸径 4～5cm）	株	2691	354.43	95.36
	种植碧桃（胸径 5～6cm）	株	2691	245.02	65.93
	种植千头椿（胸径 4～5cm）	株	2691	82.24	22.13
	树木支撑	株	9417	87.11	82.04
2	种植灌木	株	107625		368.05
	种植石楠（冠幅 40~50cm）	株	21525	67.52	145.34
	种植迎春（株高 0.4～0.5m）	株	43050	4.58	19.73
	种植月季（胸径 2cm）	株	21525	90.10	193.94
	种植红瑞木（株高 0.5～0.6m）	株	10763	4.27	4.60
	种植梳黄菊（株高 0.4～0.5m）	株	10763	4.12	4.43
3	撒播种草	hm^2	10.76		14.90
	撒播白羊茅	hm^2	2.69	12065.69	3.25
	撒播紫穗槐	hm^2	2.69	11862.14	3.19
	撒播侧柏	hm^2	2.69	17561.33	4.73
	撒播迎春	hm^2	2.69	13897.57	3.74
（五）	幼林抚育	hm^2	126.83	2890.11	36.66
四	料场区				640.91
（一）	全面整地	hm^2	24.94	578.12	1.44
（二）	植物防护工程				17.55
1	种植沙棘	株	11408	4.89	5.58
2	种植爬山虎	株	22815	5.24	11.97
（三）	植被恢复工程				614.71
1	覆土	m^3	149621.85	37.03	554.11
2	种植灌木				30.51
	种植沙棘	株	62342	4.89	30.51
3	撒播种草				30.09
	撒播白羊茅	hm^2	24.94	12065.69	30.09
（四）	幼林抚育	hm^2	24.94	2890.11	7.21
五	交通道路防治区				2924.14
（一）	全面整地	hm^2	170.13	578.12	9.84
（二）	植物防护工程				317.46
1	种植灌木				159.84
	种植沙棘/柠条	株	326592	4.89	159.84
2	撒播种草（白羊茅）	hm^2	130.64	12065.69	157.63

表 13.5.1-3 黄河古贤水利枢纽工程水土保持植物措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
（三）	植被恢复工程				330.57
1	种植乔木				89.66
	种植刺槐	株	65814	13.62	89.66
2	种植灌木				193.26
	种植沙棘/柠条	株	394884	4.89	193.26
3	撒播种草				47.65
	撒播白羊茅	hm^2	39.49	12065.69	47.65
（四）	绿化美化工程				2217.10
1	种植乔木				2217.10
	种植油松	株	89513	247.69	2217.10
（五）	幼林抚育	hm^2	170.13	2890.11	49.17
六	施工生产生活区				4384.38
（一）	全面整地	hm^2	163.83	578.12	9.47
（二）	植物防护工程				162.20
1	种植灌木				130.12
	种植沙棘/柠条	株	265873	4.89	130.12
2	撒播种草（白羊茅）	hm^2	26.59	12065.69	32.08
（三）	植被恢复工程				391.39
1	种植乔木				140.22
	种植刺槐	株	102926	13.62	140.22
2	种植灌木				201.49
	种植沙棘/柠条	株	411705	4.89	201.49
3	撒播种草				49.67
	撒播白羊茅	hm^2	41.17	12065.69	49.67
（四）	绿化美化工程				3773.96
1	种植乔木	株	160122		3290.01
	种植油松	株	80061	247.69	1982.99
	种植白皮松	株	6405	450.50	288.54
	种植楸树	株	73656	138.28	1018.48
2	种植灌木	株	640486		368.04
	种植沙棘/柠条	株	634081	4.89	310.33
	种植月季等	株	6405	90.10	57.71
3	撒播种草				115.92
	撒播白羊茅	hm^2	96.07	12065.69	115.92
（五）	幼林抚育	hm^2	163.83	2890.11	47.35
七	皮带机运输区				126.22
（一）	全面整地	hm^2	12.81	578.12	0.74
（二）	植被恢复工程				121.78

表 13.5.1-3 黄河古贤水利枢纽工程水土保持植物措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
1	种植乔木				43.63
	种植刺槐	株	32025	13.62	43.63
2	种植灌木				62.69
	种植沙棘/柠条	株	128100	4.89	62.69
3	撒播种草				15.46
	撒播白羊茅	hm^2	12.81	12065.69	15.46
（三）	幼林抚育	hm^2	12.81	2890.11	3.70
八	移民安置及专项设施复（改）建区				784.84
（一）	全面整地	hm^2	172.00	578.12	9.94
（二）	植物防护工程				357.81
1	种植灌木				180.16
	种植沙棘/柠条	株	368106	4.89	180.16
2	撒播种草（白羊茅）	hm^2	147.24	12065.69	177.66
（三）	植被恢复工程				235.37
1	种植乔木				84.33
	种植刺槐	株	61897	13.62	84.33
2	种植灌木				121.17
	种植沙棘/柠条	株	247588	4.89	121.17
3	撒播种草				29.87
	撒播白羊茅	hm^2	24.76	12065.69	29.87
（四）	绿化美化工程				132.00
1	行道树				132.00
	种植乔木	株	85560	15.43	132.00
（五）	幼林抚育	hm^2	172.00	2890.11	49.71

表 13.5.1-4 黄河古贤水利枢纽工程水土保持监测措施投资估算表

项目	工程或材料设备	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
一、土建设施	沟槽	个	12	5100	6.12
	简易径流小区	个	10	18000	18
	小计				24.12
二、主要设备	卷尺	个	35	50	0.18
	蒸发皿	个	15	55	0.08
	标志绳	m	5000	3	1.5
	小钢架	个	30	5	0.02
	标志牌	个	80	120	0.96
	钢钎	个	30	6	0.02
	游标卡尺	把	6	180	0.11

表 13.5.1-4 黄河古贤水利枢纽工程水土保持监测措施投资估算表

项目	工程或材料设备	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
	皮尺	个	20	150	0.30
	水样筒	个	8	160	0.13
	取土钻	件	10	220	0.22
	取土环刀	个	20	65	0.13
	土样盒	个	15	12	0.02
	铁铲	把	5	60	0.03
	三角瓶	个	30	22	0.07
	烘箱	台	3	165000	49.50
	烧杯	只	30	50	0.15
	量筒	只	15	25	0.04
	称重仪器	套	3	1500	0.45
	手持 GPS 定位仪	部	2	6500	1.30
	全站仪	部	1	70000	7.00
	MEA 自动气象站	套	1	65000	6.50
	自记雨量计	套	8	3000	2.40
	风向风速仪	部	6	2600	1.56
	数码照相机	部	3	7000	2.10
	摄像机	部	3	15000	4.50
	网络高清摄像仪	套	6	140000	84.00
	无人机	套	1	100000	10.00
	卫片	套	1	55000	5.50
	小计				178.75
	设备安装费	项	1	5%	11.73
	视频监控系统并网	项	1		700.00
三、建设期观测运行费					1154.57
小计					2069.17

表 13.5.1-5 黄河古贤水利枢纽工程水土保持施工临时措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
第四部分	临时措施				3642.91
一	临时防护工程				2135.76
（一）	主体工程区				34.31
1	袋装土拦挡	m^3	278.96	162.53	4.53
2	防尘网	m^2	44254.76	6.73	29.77
（二）	永久办公生活区				2.15
1	袋装土拦挡	m^3	44.86	162.53	0.73
2	防尘网	m^2	2110.28	6.73	1.42

表 13.5.1-5 黄河古贤水利枢纽工程水土保持施工临时措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合 计（万元）
（三）	弃渣场防治区				205.94
1	袋装土拦挡	m^3	1287.19	162.53	20.92
2	防尘网	m^2	275034.06	6.73	185.02
（四）	料场区				198.29
1	袋装土拦挡	m^3	250.92	162.53	4.08
2	防尘网	m^2	66037.20	6.73	44.42
3	拦渣堤	m	2175.25		149.79
	土方开挖	m^3	1957.73	13.67	2.68
	石方开挖	m^3	1305.15	59.52	7.77
	钢筋石笼	m^3	5220.60	266.91	139.34
（五）	交通道路防治区				519.79
1	袋装土拦挡	m^3	783.62	162.53	12.74
2	防尘网	m^2	259165.50	6.73	174.35
3	竹挡板拦挡	m	56382.48	59.01	332.70
（六）	施工生产生活区				18.51
1	袋装土拦挡	m^3	812.79	162.53	13.21
2	防尘网	m^2	7880.03	6.73	5.30
七	皮带机运输工程区				19.94
1	袋装土拦挡	m^3	156.99	162.53	2.55
2	防尘网	m^2	25848.75	6.73	17.39
（八）	移民安置及专项设施复（改）建区				1136.83
1	袋装土拦挡	m^3	3677.98	162.53	59.78
2	防尘网	m^2	438649.40	6.73	295.09
3	拦挡竹挡板	m	132518	59	781.97
二	其他临时措施				1507.15

表 13.5.1-6 黄河古贤水利枢纽工程水土保持独立费用投资估算表

序号	项目	合计（万元）	备注
一	建设管理费	1580.01	按一至四部分投资合计的 2.0%计列
二	方案编制费	1231.54	按照主体工程土建投资的 0.04%计算，同时考虑地貌类型调整系数 1.2 和线状工程调整系数 1.1。
三	科研勘测设计费	8771.58	
1	工程科学研究试验费	395.00	按一至四部分投资合计的 0.5%计列
2	工程勘测设计费	8376.58	

表 13.5.1-6 **黄河古贤水利枢纽工程水土保持独立费用投资估算表**

序号	项目		合计（万元）	备注
①	前期勘测费	勘测费	1436.28	参照发改价格（2006）1352 号文计算，同时考虑专业调整系数 1.2。
		作业准备费	239.38	勘测费的 20%
		成果分析费	670.27	
②	初步设计、施工图及招标设计阶段勘测设计费	勘测费	2418.46	按国家计委、建设部计价格（2002）10 号文《工程勘察设计收费管理规定》计列，同时考虑专业调整系数 1.04。
		作业准备费	403.08	勘测费的 20%
		设计费	3209.11	按国家计委、建设部计价格（2002）10 号文《工程勘察设计收费管理规定》计列，同时考虑专业调整系数 1.20，复杂程度调整系数 1.15。
四	工程建设监理费		1255.48	参照国家发改委发改价格（2007）670 号文颁发的“建设工程监理与相关服务收费管理规定”，并取 0.8 的附加调整系数。
五	水土保持竣工验收费		1286.34	
1	验收报告编制费		886.34	按照主体工程土建投资的 0.038%计算
2	渣场稳定评估费		400	1 级弃渣场 1 个，稳定评估费 50 万元/个；2 级弃渣场 1 个，稳定评估费 40 万元/个；3 级弃渣场 3 个，稳定评估费 30 万元/个；4 级弃渣场 11 个，稳定评估费 20 万元/个。
合计			14124.95	

表 13.1.5-7 黄河古贤水利枢纽工程水土保持分年度投资估算表 单位：万元

项目		合 计	建设工期（年）											
			筹建 第 1 年	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	第 9 年	第 10 年	第 11 年
第一部分	工程措施	51063.99	12588.72	3723.45	12164.78	61.82	0.00	18145.24	854.95	0.00	97.56	3427.48	0.00	0.00
第二部分	植物措施	22224.51	0.00	289.88	3277.42	4369.90	3277.42	2924.14	2149.39	0.00	0.00	0.00	2374.54	3561.81
第三部分	监测措施	2069.17	1010.81	96.21	96.21	96.21	96.21	96.21	96.21	96.21	96.21	96.21	96.21	96.21
第四部分	临时措施	3642.91	356.97	356.97	356.97	356.97	401.97	401.97	401.97	401.97	151.79	151.79	151.79	151.79
1	临时防护措施	2135.76	231.37	231.37	231.37	231.37	213.58	213.58	213.58	213.58	88.99	88.99	88.99	88.99
2	其他临时工程	1507.15	125.60	125.60	125.60	125.60	188.39	188.39	188.39	188.39	62.80	62.80	62.80	62.80
第五部分	独立费用	14124.95	4391.69	3160.15	3160.15	236.29	236.29	236.29	236.29	236.29	236.29	236.29	236.29	1522.63
I	第一至五部分合计	93125.52	18348.19	7626.67	19055.54	5121.19	4011.90	21803.85	3738.81	734.47	581.85	3911.77	2858.84	5332.44
II	基本预备费	9312.54	846.60	846.60	846.60	846.60	846.60	846.60	846.60	846.60	846.60	564.40	564.40	564.35
III	水土保持补偿费	509.13	509.13											
IV	水土保持总投资	102947.20	19703.91	8473.26	19902.14	5967.79	4858.49	22650.45	4585.41	1581.07	1428.44	4476.17	3423.23	5896.84

13.2 效益分析

13.2.1 分析原则和方法

本项目水土保持效益分析以生态效益分析为主，兼顾其他效益分析。生态效益分析以数学计算、统计、分析为主，其他以定性分析为主。

13.2.2 生态效益分析

（1）水土流失影响的控制程度

措施设计中，采取了拦挡措施、苫盖措施以及护坡措施和植物措施等，按先拦后弃、先拦后堆、先拦后用原则，极大程度的减少了水土流失，使水土流失影响控制在最小范围内和最低限度内。

（2）水土资源保护、恢复和合理利用情况

措施设计中，对林草地、耕地、园地等占地区域进行表土资源调查，针对不同表土厚度设计了剥离及保护措施，后期对表土进行了回覆或利用。植物措施采用了保水设计，弃渣场等区设置了排水沟和沉沙池等。以上措施在实施后，较好的保护了水土资源。

（3）生态环境保护、恢复和改善情况

主体工程管理区、施工生产生活区等区域自然植被较差，通过水土保持植物措施实施，使生态环境质量得到提升。弃渣场等区域，在工程措施的基础上，通过尽可能的植物措施来恢复植被。

（4）治理情况

根据水土保持措施实施效果分析测算，本工程水土流失治理面积 1090.70hm^2，林草植被建设面积 539.08hm^2，可减少土壤流失量 117.65 万 t，渣土挡护量 4759.59 万 m^3，保护表土量 175.04 万 m^3。

表 13.2.2-1 黄河古贤水利枢纽工程水土保持治理情况汇总表

序号	防治分区	防治责任范围（hm^2）	水土流失面积（hm^2）	永久建筑物或硬化面积（hm^2）	水保措施计算值		可剥离表土量（万 m^3）	保护表土量（万 m^3）	林草植被面积（hm^2）	可恢复林草植被面积（hm^2）	永久弃渣及临时堆土实际挡护量(万 m^3)	永久弃渣及临时堆土量（万 m^3)
					工程措施面积（hm^2）	植物措施面积（hm^2）						
1	主体工程区	224.76	224.76	35.85	56.06	94.05	5.04	4.94	94.05	132.85	1971.97	1991.89
2	工程永久办公生活区	7.53	7.53	3.70	0.21	3.61	0.37	0.37	3.61	3.61		10.37
3	弃渣场区	162.09	162.09		41.30	120.79	26.32	25.80	120.79	120.79	77.84	78.63
4	料场区	63.96	63.96		40.21	23.75	16.33	15.52	23.75	23.75	415.15	423.62
5	交通道路区	182.84	182.84	45.44	57.88	78.94	42.83	41.54	78.94	79.53	1350.39	1346.20
6	施工生产生活区	143.06	143.06	25.89		135.77	40.87	40.87	135.77	117.17		111.47
7	皮带机运输工程区	15.25	15.25	2.43	0.61	12.20	4.58	4.58	12.20	12.21	244.93	245.42
8	移民安置与专项设施复（改）建区	312.11	312.11	230.71	11.32	69.96	42.26	41.41	69.96	70.07	699.31	700.72
合计		1111.60	1111.60	344.02	207.60	539.08	178.61	175.04	539.08	559.97	4759.59	4908.32

13.2.3 防治指标达到情况分析

经分析，水土保持方案实施后，通过采取综合措施，基本无裸露面，防治区均得到有效的防护。古贤水利枢纽工程建设的水土保持方案的编制过程从项目立项、水土保持方案编制、审批、实施到水土保持措施通过验收及水土保持监测等工作的开展，整个过程涉及政府、设计部门、工程建设单位、当地居民等各层次、多部门的人员。水土保持工作的实施与开展向所有相关人员有效宣传了《中华人民共和国水土保持法》等相关法律、法规，本方案的实施将对当地水土保持工作起到积极的促进作用，为经济社会可持续协调发展打下了基础。

水土保持方案实施后，可以防止滑坡、崩塌等现象的发生，减少水土流失危害，减少下游河道含沙量，保障工程安全，对当地及周边经济社会的持续发展都具有积极意义。水保方案的实施，为项目区生态、经济、社会的可持续发展创造了良好的条件。

水土保持方案实施后，通过原主体工程设计的防护措施和本水土保持方案设计的措施，项目区水土流失可以得到有效的控制。水土保持措施全部起作用后，造成的水土流失面积全部得到治理，方案实施后，通过预测计算六项指标均达到防治目标值。水土保持方案治理目标分析总表见表 13.2-1。

（1）水土流失治理度

水土流失治理达标面积为 1090.70hm^2，项目建设造成水土流失面积为 1111.60hm^2。项目区水土流失治理度达 98.12%，达到预期防治目标。

（2）土壤流失控制比

通过计算分析，责任范围内采取水土保持措施后，项目区平均土壤侵蚀模数降到 1250t/km^2·a 左右，项目区允许土壤侵蚀模数为 1000t/km^2·a 以下，土壤流失控制比为 0.80，达到了预期防治目标。

（3）渣土防护率

通过治理措施，本方案实际挡护弃渣及临时堆土量 4908.32 万 m^3，工程永久弃渣及临时堆土 4759.59 万 m^3，拦渣率达到 96.97%，达到预期防治目标。

（4）表土保护率

表土保护率为项目水土流失防治责任范围内保护的表土数量占可剥离表土总量的百分比。本项目保护的表土数量为 175.04 万 m^3，可剥离表土总量为 178.61 万 m^3，表土保护率可达 98%。

（5）林草植被恢复率

植物措施总面积为 539.08hm^2，可恢复林草措施面积为 540.92hm^2，林草植被恢复率目标值为 99.66%，达到预期防治目标。

（6）林草覆盖率

林草植被面积为 539.08hm^2，项目建设区总面积为 1111.60hm^2，林草覆盖率为 48.50%，工程林草覆盖率达到并超过了预期防治目标。

表 13.2-1　　水土流失防治效果分析表

<table>
<tr><th>治理指标</th><th colspan="3">预测参数</th><th>预测计算值</th><th>防治目标值</th><th>备注</th></tr>
<tr><td rowspan="6">水土流失治理度</td><td colspan="2">水土流失总面积（hm^2）</td><td>1111.60</td><td rowspan="5">98.12%</td><td rowspan="5">93%</td><td rowspan="5">达到防治目标</td></tr>
<tr><td rowspan="4">水土流失治理达标面积（hm^2）</td><td>工程措施面积</td><td>207.60</td></tr>
<tr><td>植物措施面积</td><td>539.08</td></tr>
<tr><td>永久建筑物占地</td><td>344.02</td></tr>
<tr><td>小计</td><td>1090.70</td></tr>
<tr><td rowspan="2">土壤流失控制比</td><td colspan="2">治理后平均土壤流失量（t/km^2•a）</td><td>1250</td><td rowspan="2">0.8</td><td rowspan="2">0.8</td><td rowspan="2">达到防治目标</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目区容许土壤流失量（t/km^2•a）</td><td>1000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">渣土防护率</td><td colspan="2">永久弃渣及临时堆土总量（万 m^3）</td><td>4908.32</td><td rowspan="2">96.97%</td><td rowspan="2">92%</td><td rowspan="2">达到防治目标</td></tr>
<tr><td colspan="2">实际挡护量（万 m^3）</td><td>4759.59</td></tr>
<tr><td rowspan="2">表土保护率</td><td colspan="2">保护表土量（万 m^3）</td><td>175.04</td><td rowspan="2">98.00%</td><td rowspan="2">90%</td><td rowspan="2">达到防治目标</td></tr>
<tr><td colspan="2">可剥离表土量（万 m^3）</td><td>178.61</td></tr>
<tr><td rowspan="2">林草植被恢复率</td><td colspan="2">林草植被面积（hm^2）</td><td>539.08</td><td rowspan="2">99.66%</td><td rowspan="2">95%</td><td rowspan="2">达到防治目标</td></tr>
<tr><td colspan="2">可恢复林草植被面积（hm^2）</td><td>540.92</td></tr>
<tr><td rowspan="2">林草覆盖率</td><td colspan="2">林草植被面积（hm^2）</td><td>539.08</td><td rowspan="2">48.50%</td><td rowspan="2">24%</td><td rowspan="2">达到防治目标</td></tr>
<tr><td colspan="2">水土流失防治责任范围（hm^2）</td><td>1111.60</td></tr>
</table>

13.2.4　其他效益分析

（1）经济效益

通过本水土保持方案设计的水土保持措施实施，可降低项目营运的维修防护、清扫清淤等费用，减轻水土流失对土地生产力的破坏，提高土地生产率，使环境与经济发展走上良性循环，提高环境容量。

在措施设计中，采用了乔灌草等植物措施，能够产生一定的木材蓄积量，通过合理管护，可以为畜牧养殖提供一定的草饲料。对临时占地区进行的整治，使土地更加平整，为后期农林利用提供高质量的土地。

（2）社会效益

在措施设计时，对主体工程区等区域，按照园林标准进行设计，实施后，对提高生态环境品质、打造水利风景区，起到了很好促进作用，为周边群众休闲旅游提供了场所。

14 结论和建议

14.1 结论

（1）主体工程水土保持分析评价结论

本项目主体工程在设计时，除了考虑自身安全运行以外，也考虑了工程建设与生态环境保护及水土保持之间的关系，基本做到了工程建设与环境保护及水土保持兼顾。主要体现在以下几个方面。

1）主体工程选址合理

工程选址选线避开了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；工程建设占地范围内无军事禁区、自然保护区等敏感区域。从水土保持角度出发，工程选址是合理的。

2）主体工程总体布局合理

主体工程经多方案比选，利用有限的区域，选择平坦地段集中布置设施和工区，以减少交通道路长度，减少土石方运距和挖填量，有效减少了工程扰动地表面积和占地，有效保护了土地资源。

3）优化了施工组织、施工工艺

工程土建施工主要包括施工场地平整、土石方开挖、混凝土浇筑等。各防治区在施工过程中尽量考虑土石方挖填平衡，对余方尽量综合利用，对于临时堆放的弃土（渣）尽量减少占地时间和面积，减少工程对地表的扰动。

主体工程设计土石方开挖采用挖掘机推土机集渣，配合装载机和汽车运输，随挖随运，运至指定弃渣场，提高了工作效率，避免二次倒运造成渣土流失和增大地表扰动面积；同时导流洞和大坝挖方产生部分土石方用于围堰填筑和施工生产生活区场地平整，合理利用挖方，减少弃方量。

施工组织设计中尽可能的考虑了机械施工，缩短工期，减少开挖土方临时堆放和裸露时间，主体工程施工组织方案具有一定防治施工期水土流失的能力，从施工方法、工艺、进度、时序安排等方面有利于水土保持措施的实施。

从水土保持角度出发，主体工程采用的施工组织及施工工艺是合理的。

（2）水土保持方案可行性分析结论

通过水土保持效益分析，本方案实施后水土流失治理度、土壤流失控制比、渣土防

护率、表土保护率、林草植被恢复率、林草覆盖率均超过了预期的防治目标，各项水土保持措施起到了保持水土的作用，效果比较显著。

（3）综合分析结论

古贤水利枢纽工程在项目建设过程中虽然会产生一定水土流失并带来相应的水土流失危害，但只要按照主体工程设计的具有水土保持功能的工程及本方案补充完善的各防治区水土保持措施认真落实，并遵循“三同时”的原则，可有效遏制项目建设过程中的水土流失，使水土流失的危害程度降至最低。

14.2 建议

14.2.1 对主体工程设计的建议

（1）本报告批复后，主体工程设计需在各阶段的设计中，将水土保持设计纳入到设计文件，计列投资，并单独成章。根据各阶段设计深度要求，统筹考虑主体设计与水土保持设计，征求和听取水土保持专业设计人员意见和建议，切实做到在设计中真正做好水土保持。

（2）建议主体工程下阶段进一步细化、优化施工组织设计，通过优化施工工序、施工方法，减少土石方周转次数，减少土石方临时存放时间，加强余方综合利用，合理调配土石方，尽量减少弃渣量。力求弃渣场设置与料场相结合，减少占地面积。减少地表裸露时间，使工程建设造成的水土流失量，在最短时间内降到最低，保护项目区的生态环境。

14.2.2 对建设单位的建议

为确保本工程水土保持方案得到有效实施，并充分发挥作用，特提出以下建议:

（1）按照水土保持相关要求，及时组建水土保持管理机构，负责本项目的水土保持工程后续设计、水土保持监理、水土保持监测施工和水土保持验收等管理工作。

（2）按阶段，及时组织开展水土保持工程后续设计、水土保持监理、水土保持监测施工和水土保持验收等工作的招投标或委托工作。

（3）无论水土保持措施施工单独招标或与主体工程合并招标，均应在工程招标标书中和合同中明确水土保持要求、水土保持措施工程量，以合同条款型式明确承包商应承担的防治水土流失责任、义务和奖惩措施。在砂、石料等建材、脱硫用石灰石等外购协议中明确建材开采造成的水土流失防治责任归属。

（4）在水土保持工程施工监理、水土保持监测合同中，明确权利与义务，建设单位要及时检查监理、监测单位履职尽责情况，以便水土保持防治措施能够按照设计要求落实。

（5）通过合同管理、宣传培训和检查验收等手段对水土流失防治工作进行控制。

（6）建立完善的检查制度，强化施工管理，确保工程进度、质量与效益的发挥。

14.2.3 对施工单位的建议

（1）水土保持施工单位应加强对施工人员水土保持意识的培养，配备水土保持专业施工管理人员，严格按照招标合同和水土保持方案的要求进行管理和施工。

（2）在施工中落实各项水土保持措施，并与水土保持方案措施紧密结合，形成综合防护体系，使其充分发挥水土保持功能，同时节约工程水土保持投资。

（3）在施工方案中，要充分考虑水土保持要求，优化施工工序和工艺，尽量减少土石方开挖回填，余方尽量综合利用减少弃方，尽量减少占地。应加强临时防护措施，切实落实“先拦后弃、预防为主”的水土保持方针，避免造成不必要的水土流失。严禁在规定的施工作业区以外乱弃、乱倒，扰动地表和损坏植被，不得超占工程征地和水土流失防治责任范围。

（4）自觉接受当地水行政主管部门和监理人员对水土保持方案实施情况的监督检查；按照方案的要求做好各项临时防护措施，尽量避开雨季施工，不能避开的应采取有效措施防治造成的水土流失。

14.2.4 对监理、监测工作的建议

（1）水土保持监理单位，根据建设单位授权和监理规范要求，配备专业监理人员，切实履行自己的职责。对施工单位在施工中违反水土保持法规和不按设计文件要求进行水土保持设施施工的行为，有权给予制止，责令其停工，并作出整改。监理单位在监理工作结束后，要提交监理工程中水土保持设施建设的影像资料和监理报告，作为被验单位，接受水土保持设施竣工验收。

（2）水土保持监测单位，在接受监测工作后，要及时开展工作，特别是在工程建设前，要全面深入了解工程设计、工程总体布局、施工组织等，以便更好的布置监测站点等。加强与施工单位、监理单位、建设单位的沟通，及时了解可能产生较大水土流失的环节、部位等，及时提出意见和建议。