

目 录

1 综合说明	1
1.1 项目简况	1
1.2 编制依据	7
1.3 设计水平年	10
1.4 水土流失防治责任范围	10
1.5 水土流失防治目标	10
1.6 项目水土保持评价结论	14
1.7 水土流失预测结果	15
1.8 水土保持措施布设成果	16
1.9 水土保持监测方案	21
1.10 水土保持投资及效益分析成果	21
1.11 结论	22
2 项目概况	27
2.1 项目组成及工程布置	27
2.2 施工组织	59
2.3 工程占地	90
2.4 土石方平衡	98
2.5.拆迁（移民）安置与专项设施改（迁）建	116
2.6.施工进度	116
2.7.自然概况	118

3 项目水土保持评价	138
3.1 主体工程选址（线）水土保持评价	138
3.2 建设方案与布局水土保持评价	144
3.3 主体工程设计中水土保持措施界定	172
4 水土流失分析与预测	176
4.1 水土流失现状	176
4.2 水土流失影响因素分析	178
4.3 土壤流失量预测	180
4.4 水土流失危害分析	185
4.5 指导性意见	186
5 水土保持措施	188
5.1 防治区划分	188
5.2 措施总体布局	189
5.3 分区措施布设	195
5.4 施工要求	254
6 水土保持监测	262
6.1 范围和时段	262
6.2 内容和方法	262
6.3 点位布设	267
6.4 实施条件和成果	270

7 水土保持投资估算及效益分析	273
7.1 投资估算	273
7.2 效益分析	316
8 水土保持管理	318
8.1 组织管理	318
8.2 后续设计	319
8.3 水土保持监测	319
8.4 水土保持监理	320
8.5 水土保持施工	321
8.6 水土保持设施验收	321

1 综合说明

1.1 项目简况

1.1.1 项目基本情况

(1) 项目建设必要性

1) 落实国家《“十四五”电力发展规划》，保障陇东地区风光火储大型综合能源基地电力可靠送出

陇东~山东 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电工程已纳入国家《“十四五”电力发展规划》，主要满足甘肃陇东能源基地煤电、新能源开发外送需要，送电山东电网消纳。本工程配套电源总装机容量 14500MW，其中煤电 4000MW、新能源 10500MW。

2) 满足受端山东省负荷增长需求、促进经济发展

截至 2021 年底，山东省电源总装机容量 173340MW，全社会用电量为 $7383\times 10^8\text{kWh}$ ，最大负荷 109800MW。预计 2025 年山东电网全社会用电量及全社会最大负荷将分别为 $8600\times 10^8\text{kWh}$ 和 145400MW，“十四五”期间山东省存在一定的电力缺口。本工程可缓解受端山东省的供电压力，保障电网安全稳定运行，促进送、受端地区的经济发展，具有良好的经济效益。

3) 实现更大范围电力资源优化配置

本工程建设符合我国能源“西电东送”整体电力流向，甘肃省是西北电网的能源基地，将陇东电力跨区输送至华北山东，为实现大范围内资源优化配置创造了有利条件，可促进中东部地区经济社会高质量发展，提高山东绿色能源消费占比，有利于山东省大气污染防治。本工程输电能力 8000MW、年送电量 $360\sim 450\times 10^8\text{kWh}$ ，可替代受端系统电源装机、减少折合标煤运输超过 1085.4~1356.75 万吨、减少二氧化碳排放 1490.4~1863 万吨、减少二氧化硫排放 0.18~0.23 万吨、减少氮氧化物排放 0.27~0.34 万吨，环保和低碳发展效益明显。

综上，陇东~山东 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电工程的建设是十分必要的。

(2) 项目概况

本工程点型工程包括送端陇东 $\pm 800\text{kV}$ 换流站新建工程（下文简称“送端换流站”）、送端换流站接地极（下文简称“送端接地极”）、受端泰安西 $\pm 800\text{kV}$ 换流站新建工程（下文简称“受端换流站”）、受端换流站接地极（下文简称“受端接地

极”)四部分,线路工程包括新建送端陇东换流站~受端泰安西换流站 $\pm 800\text{kV}$ 直流线路(下文简称“直流线路”)、送端接地极线路、受端接地极线路、迁改线路四部分,共八部分内容。

本工程属新建建设类项目、特大型输电工程。送端换流站位于甘肃省庆阳市西峰区什社乡什丰村。送端接地极位于甘肃省庆阳市宁县湘乐镇樊湾村。受端换流站位于山东省泰安市东平县接山镇林马庄新建村。受端接地极位于山东省聊城市阳谷县七级镇新丰村。线路工程途经甘肃省庆阳市西峰区、合水县、宁县;陕西省延安市富县、甘泉县、宜川县、宝塔区、延长县;山西省临汾市大宁县、蒲县、洪洞县、古县、安泽县,长治市沁源县、屯留区、襄垣县、潞城区、黎城县、平顺县;河北省邯郸市涉县、磁县、峰峰矿区、临漳县、魏县、大名县;山东省聊城市莘县、阳谷县、东阿县,济南市平阴县,泰安市肥城市、东平县。共计5个省级行政区,8个地级市行政区,31个县级行政区。

1) 点型工程

① 送端换流站

送端换流站换流变容量 $(24+4)\times 415\text{MVA}$ 。 $\pm 800\text{kV}$ 直流出线1回,接地极1回。交流 750kV 出线规划出线12回,本期10回。送端换流站划分为 750kV 配电装置区域、换流变和阀厅区域、直流场区域、交流滤波器及低压无功区域、站前区5个功能区。站址采用平坡式布置,自然标高 $1238\sim 1247\text{m}$,设计标高 1241.60m 。站外混凝土护坡边坡总长度 2471m ,其中挖方边坡 1311m ,主要分布于站址西侧、北侧及南侧,最大边坡高度 5.0m ;填方边坡 1160m ,主要位于站址东侧、北侧及南侧,最大边坡高度 3.6m 。送端换流站挖方 107.02万 m^3 ,填方 97.93万 m^3 ,剩余表土 9.09万 m^3 用于G309线合水(老城)至西峰段工程渣场复垦、复绿。

进站道路从站址北侧S318省道引接,采用沥青混凝土路面,长 1.06km ,路面宽 8.0m 。站用电源自马坪 110kV 变电站 110kV 母线引接, 110kV 架空线路全长 20.15km (包含马坪 110kV 变电站间隔扩建)。施工电源从 35kV 什社变电站 10kV 备用间隔引接, 10kV 供电线路长度 9.20km ,其中架空线路 7.90km ,电缆线路 1.30km 。站用水源从庆阳市区供水管网陇东学院南门供水干管引接,管道采用DN200钢骨架PE复合管,供水管道全长 18.90km 。站区排水采用雨污分流,站区截排水、站区雨水汇入站外排水管排至站区东侧天然沟道,站外排水管道管径DN1800,长度 1500m 。施工生产生活区布置在站区北侧,占地面积 8.52hm^2 。临

时堆土区布置在站区东侧，占地面积 3.48hm^2 。

② 送端接地极

送端接地极采用浅埋环型接地极型式，内、外环半径分别为 225m、300m，埋深内环 3.5m、外环 4m。极环中心至外环电缆直埋敷设，埋深为 1.5m，极环总长度 3299m。中心设备区布置在极环中心东南侧约 430m，采用桩筏基础。外接电源引接自 35kV 宇村主线，长度 0.50km，该电源同时作为施工电源。检修道路自南侧乡村道路引接，长度 85m。

③ 受端换流站

受端换流站换流变容量 $(24+4) \times 415\text{MVA}$ 。 $\pm 800\text{kV}$ 直流出线 1 回，接地极 1 回。交流 500kV 规划出线 8 回。受端换流站划分为交流 500kV GIS 区域、换流变和阀厅区域、直流场区、交流滤波器场区域、站用电配电装置场地、调相机区域、站前区等 7 个功能区。站区采用平坡式布置，自然标高 57.40~58.00m，设计标高 59.55m。最大填方边坡高度为 1.95m。受端换流站挖方 38.34 万 m^3 ，填方 59.32 万 m^3 ，外借土方 20.98 万 m^3 用于换流站基础处理与场平填高。剩余表土 3.69 万 m^3 用于取土场耕地恢复。

进站道路从北侧五麻线引接，混凝土硬化路面，道路长 80m，路面宽 6.0m。站用电源自安临 220kV 变电站 110kV 配电装置引接，110kV 架空线路全长 18.20km。施工电源从 35kV 接山变引接，35kV 架空线路 8.48km。站用水源从接山镇自来水供水主管道出 1 路专线至换流站，供水管道采用 DN250 球墨铸铁管，长度 7.50km。站区排水采用雨污分流，站区雨水经雨水管线收集后汇入站内雨水泵站后，通过新建的 DN1500 的镀锌钢管雨水管线，排至站外东侧东金线河，站外雨水排水管 1350m。站区冷却水通过市政管线接入拓思特仪表公司西侧市政污水管网接入点，总长度共计 21.40km。施工生产生活区布置在站区北侧，占地面积 5.58hm^2 。站址外东侧设置 1 处面积约 2.00hm^2 的临时堆土区。东平县接山镇朝阳庄村南约 600m 设置取土场 1 处、占地 5.55hm^2 。站区建设需还建农耕道路长度 1500m；还建农田供水管线 2520m。

④ 受端接地极

受端接地极极址采用浅埋环形接地极型式，外环半径 300m，内环半径 225m，内、外环埋深均为 4m，极环总长度 3300m。中心设备区布置在极环中心，采用桩筏基础。外接电源引自极址附近 10kV 新丰线，长度 0.50km，同时该电源也可作

为施工电源。检修道路自北侧县道引接，长度 336m。

2) 线路工程

① 直流线路

直流线路起自送端换流站，止于受端换流站，线路途经甘肃省庆阳市西峰区、合水县；陕西省延安市富县、甘泉县、宜川县、宝塔区、延长县；山西省临汾市大宁县、蒲县、洪洞县、古县、安泽县，长治市沁源县、屯留区、襄垣县、潞城区、黎城县、平顺县；河北省邯郸市涉县、磁县、峰峰矿区、临漳县、魏县、大名县；山东省聊城市莘县、阳谷县、东阿县，济南市平阴县，泰安市肥城市、东平县。共计 5 个省级行政区，8 个地级市行政区，30 个县级行政区。线路路径总长 933.9km，其中甘肃省境内 109.2km，陕西省境内 178.1km，山西省境内 334.9km，河北省境内 178.5km，山东省境内 133.2km，全线共架设杆塔 1755 基（其中直线塔 1268 基、耐张塔 487 基）。

② 送端接地极线路

送端接地极线路起自送端换流站，止于送端接地极，线路途经甘肃省庆阳市西峰区、合水县、宁县，共计 1 个省级行政区，1 个地级市行政区、3 个县级行政区，线路长 29.2km，新建铁塔 92 基（其中直线塔 62 基、转角塔 30 基）。

③ 受端接地极线路

受端接地极线路起自受端换流站，止于受端接地极，线路途经山东省泰安市东平县和聊城市阳谷县、东阿县，共计 1 个省级行政区，2 个地市级行政区、3 个县级行政区，线路长 67.8km（其中 55.3km 与 $\pm 800\text{kV}$ 直流主线同塔架设，单独立塔架设 12.5km），单独立塔架设段新建铁塔 41 基（其中直线塔 31 基、转角塔 10 基）。

④ 迁改线路

甘肃境内 110kV 西合 I 回线路迁改工程：甘肃省庆阳市合水县段家咀附近跨越 110kV 西合 I 回线路，新建线路 0.4km，铁塔 3 基。拆除线路 0.3km，铁塔 2 基。

陕西境内 750kV 夏道 I、II 回线路迁改工程：陕西省延安市甘泉县道镇背坡村跨越 750kV 夏道 I、II 回线路，新建线路 1.7km，铁塔 4 基。拆除线路 1.3km，铁塔 3 基。

山西境内 220kV 霍明 I、II 回线路迁改工程：本线路在洪洞县境内跨越的 220kV 霍明 I、II 回线不能同时停电。改造 I 回线，新建线路 0.9km，铁塔 3 基。拆除线路

0.6km，铁塔 2 基。

山西境内 500kV 霍临 I 回线路迁改工程：本线路在洪洞县境内跨越的 500kV 霍临 I、II 回线不能同时停电。改造 I 回线，新建线路 0.9km，铁塔 4 基。拆除线路 0.6km，铁塔 2 基。

山西境内 220kV 永乐～安泽（唐城）I 回线路迁改工程：本线路在安泽县境内跨越的永乐～安泽（唐城）I、II 回线不能同时停电，改造 I 回线，新建线路 2.2km，铁塔 5 基。拆除线路 1km，铁塔 4 基。

经统计：线路工程（含直流线路、接地极线路、迁改线路）总长为 981.6km，其中直流线路 933.9km，送端接地极线路 29.2km，受端接地极线路 12.5km（单独架设），迁改线路 6.1km。新建铁塔 1907 基（直线塔 1363 基，耐张塔 544 基），线路沿线共布设牵张场 260 处，跨越施工场地 1014 处。工程沿线施工道路包括施工简易道路和人抬道路，其中施工简易道路新建 304.1km、拓宽 476.5km；人抬道路新建 555.0km。

工程占地面积共计 740.55hm²，其中永久占地 122.96hm²，临时占地 617.59hm²。按行政区统计，甘肃省境内占地 189.64hm²，陕西省境内占地 97.62hm²，山西省境内占地 209.18hm²，河北省境内占地 95.61hm²，山东省境内占地 148.50hm²。工程土石方挖填总量 514.57 万 m³，其中挖方 251.34 万 m³（含表土 52.86 万 m³），填方 263.23 万 m³（含表土 43.77 万 m³），借方 20.98 万 m³（取土场取土），剩余表土 9.09 万 m³（送端换流站表土），全部用于 G309 线合水（老城）至西峰段工程弃渣场复垦、复绿（甘交许可〔2021〕607 号、甘水水保发〔2022〕69 号），详见附件 2。

工程计划 2023 年 6 月开工，2025 年 5 月完工，总工期 24 个月。工程由国家电网有限公司出资建设，总投资 1986569 万元，其中土建投资 701515 万元。

1.1.2 项目前期工作进展情况

2022 年 8 月，中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司（以下简称“西南院”）、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司（以下简称“西北院”）、中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司（以下简称“华北院”）分省份中标本工程水土保持方案编制工作。水土保持方案编制工作分工详见下见表。

表 1.1-1 水土保持方案编制工作分工一览表

序号	行政区	项目名称	水土保持方案编制单位	
1	甘肃省	送端换流站、送端接地极、直流线路 送端接地极线路、迁改线路	西南院	西南院 (汇总)
2	陕西省	直流线路、迁改线路		
3	山西省	直流线路、迁改线路	西北院	
4	河北省	直流线路	华北院	
5	山东省	受端换流站、受端接地极、直流线路、受端接 地极线路		

2022 年 4 月 13 日，国家电网有限公司召开陇东～山东特高压直流输电工程可研工作启动会。2022 年 11 月 8 日，电力规划设计总院印发本工程可行性研究报告评审意见。目前，本工程的环境影响评价、地质灾害危险性评估、压覆矿产评价、文物调查、节能评估、用地预审等专项报告正在编制。

接受编制任务后，各编制单位均成立了水土保持专题项目组，对工程设计资料进行全面分析研究，并于 2022 年 8 月、2022 年 10 月进行了现场踏勘。根据《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）、《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）以及水利部办公厅关于印发生产建设项目水土保持技术文件编写和印制格式规定（试行）的通知（办水保〔2018〕135 号文）的要求，于 2023 年 2 月编制完成了《陇东～山东±800kV 特高压直流输电工程水土保持方案报告书》。

1.1.3 自然简况

送端换流站、送端接地极地地貌类型为黄土塬，站址高程 1238.00～1247.00m，极址高程 1325.73～1325.80m。受端换流站、接地极地地貌类型为冲洪积平原，站址高程 57.40～58.00m，极址高程 36.29～36.70m。线路工程沿线地貌类型为山丘及平原，沿线海拔 0～1600m。项目区属暖温带大陆性季风气候区，甘肃、陕西境内雨季为每年的 7～9 月，山西、河北、山东境内雨季为每年的 6～9 月。项目区多年降水量 525.0～669.3mm，多年平均蒸发量 1200～2263.0mm，年平均风速 1.6～3.1m/s，≥10℃有效积温 2650～5518.0℃，无霜期 148～224 天，年平均湿度 52～67%。项目区属于黄河流域和海河流域。甘肃省境内以黑垆土、黄绵土、灰褐土为主；陕西省境内以黄绵土、黑垆土为主；山西省境内以褐土和潮土为主；河北省境内以潮土、褐土为主，山东省境内以棕壤、潮土、褐土为主。沿线表土可剥离

厚度在 20~30cm 不等，土壤抗蚀性一般。甘肃境内属温带丛生矮禾草、矮半灌木草原，农业植被(一年一熟粮作、耐寒经济作物)；陕西境内属温带禾草、杂类草草原，农业植被(一年两熟或两年三熟连作、落叶果树园)植被类型；山西省境内以温性阔叶林、落叶阔叶灌丛、灌草丛、草原以及栽培植被为主；河北省、山东省境内以温带落叶阔叶林为主。工程沿线林草覆盖率 25.5~64.7%。

工程沿线水土流失强度以轻度水力侵蚀为主。根据全国水土保持区划成果，由西向东经过西北黄土高原区、北方土石山区两个土壤侵蚀类型区，沿线容许土壤流失量分别为 $1000\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ （西北黄土高原区）、 $200\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ （北方土石山区）。项目区背景侵蚀模数甘肃境内 $250\sim 1500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，陕西境内 $1200\sim 1500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，山西境内 $600\sim 1200\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，河北境内 $210\sim 1000\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，山东境内 $200\sim 800\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

根据水利部办公厅关于印发<全国水土保持规划国家级水土流失重点预防保护区和重点治理区复核划分成果>的通知》（办水保〔2013〕188号），工程沿线 8 个县（市、区）涉及国家级水土流失重点预防区、15 个县（市、区）涉及国家级水土流失重点治理区。根据甘肃省、陕西省、山西省、河北省、山东省人民政府关于水土保持规划的批复，工程沿线 4 个县（市、区）涉及省级水土流失重点预防区、18 个县（市、区）涉及省级水土流失重点治理区。

本工程已避开了多处水源保护区、森林公园、地质公园、湿地保护区、自然保护区等水土保持敏感区，工程仍需穿（跨）越水土保持敏感区 14 处，其中自然保护区 2 处、森林公园 5 处、湿地公园 3 处、重要湿地 4 处。目前均取得所在地自然资源、林业和草原等主管部门原则同意意见。线路工程不可避让穿（跨）生态保护红线 137.6km，其中甘肃省生态保护红线 30.4km，陕西省生态保护红线 33.8km，山西省生态保护红线 45.4km，河北省生态保护红线 25.6km，山东省生态保护红线 2.3km。目前均取得所在地自然资源主管部门原则同意意见。

1.2 编制依据

1.2.1 法律法规

（1）《中华人民共和国水土保持法》（主席令第 39 号，1991 年 6 月 29 日颁布，2010 年 12 月 25 日修订，2011 年 3 月 1 日实施）；

(2) 《中华人民共和国水土保持法实施条例》(1993年8月1日中华人民共和国国务院令第120号发布,2011年1月8日修订);

(3) 《甘肃省水土保持条例》(2012年8月10日甘肃省第十一届人民代表大会常务委员会第二十八次会议);

(4) 《陕西省实施<中华人民共和国水土保持法>办法》(2007年7月28日陕西省第十届人民代表大会常务委员会第三十二次会议修正);

(5) 《山西省实施<中华人民共和国水土保持法>办法》(2015年7月30日山西省第十二届人民代表大会常务委员会第二十一次会议修订);

(6) 《河北省实施<中华人民共和国水土保持法>办法》(2018年5月31日河北省第十三届人民代表大会常务委员会第三次会议修修正);

(7) 《山东省水土保持条例》(山东省人民代表大会常务委员会公告第47号,2014年10月1日起施行,2017年9月30日修正)。

1.2.2 规范性文件

(1) 《水利部关于颁布(水土保持工程概(估)算编制规定和定额)的通知》(水总〔2003〕67号);

(2) 《水利部办公厅关于印发<全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果>的通知》(办水保〔2013〕188号);

(3) 《水利部办公厅关于印发<水利部生产建设项目水土保持方案变更管理规定(试行)>的通知》(办水保〔2016〕65号);

(4) 《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);

(5) 《水利部办公厅关于印发<生产建设项目水土保持技术文件编写和印制格式规定(试行)>的通知》(办水保〔2018〕135号);

(6) 《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);

(7) 关于印发《生产建设项目水土保持方案技术审查要点》的通知(水保监〔2020〕63号);

(8) 《水利部办公厅关于实施生产建设项目水土保持信用监管“两单”制度的通知》(办水保〔2020〕157号);

(9)《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);

(10)《水利部办公厅关于印发生产建设项目水土保持问题分类和责任追究标准的通知》(办水保函〔2020〕564号);

(11)《关于加强新时代水土保持工作的意见》(中共中央办公厅、国务院办公厅,2023年1月3日);

(12)《生产建设项目水土保持方案管理办法》(2023年1月17日水利部令第53号发布)。

1.2.3 技术标准

- (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)《水土保持工程调查与勘测标准》(GB/T 51297-2018);
- (4)《水土保持工程设计规范》(GB 51018-2014);
- (5)《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007);
- (6)《生产建设项目水土保持监测与评价标准》(GB/T 51240-2018);
- (7)《水利水电工程制图标准水土保持图》(SL 73.6-2015);
- (8)《生产建设项目土壤流失量测算导则》(SL773-2018);
- (9)《防洪标准》(GB50201-2014);
- (10)《土地利用现状分类》(GB/T21010-2017);
- (11)《输变电项目水土保持技术规范》(SL640-2013);
- (12)《特高压输变电工程水土保持方案内容深度规定》(DL/T5530-2017);
- (13)其他有关的设计规范及技术标准。

1.2.4 技术资料

- (1)《陇东~山东±800kV 特高压直流输电工程》可研等设计资料;
- (2)《陇东~山东±800kV 特高压直流输电工程》可研评审意见;
- (3)全国水土保持规划(2015-2030年)(国函〔2015〕160号);
- (4)甘肃省水土保持规划(2016-2030年)(甘肃省水利厅,2016年11月);
- (5)陕西省水土保持规划(2016-2030年)(陕西省水利厅,2016年1月);
- (6)山西省水土保持规划(2016-2030年)(山西省水利厅,2017年12月);

(7) 河北省水土保持规划(2016-2030年)(河北省水利厅, 2017年7月);

(8) 山东省水土保持规划(2016-2030年)(山东省水利厅, 2016年11月)。

1.3 设计水平年

根据《生产建设项目水土保持技术标准》(GB 50433-2018)有关规定, 水土保持方案设计水平年应为主体工程完工, 且水土保持措施实施完毕并初步发挥效益的当年或后一年。

本工程计划2023年6月开工, 2025年5月完工, 总工期24个月。本方案设计水平年确定为工程完工的当年, 即2025年。

1.4 水土流失防治责任范围

本工程水土流失防治责任范围740.55hm², 其中甘肃省189.64hm²、陕西省97.62hm²、山西省209.18hm²、河北省95.61hm²、山东省140.85hm²。

表 1.4-1 水土流失防治责任范围一览表

序号	行政区划	项目建设区			合计
		永久	临时	小计	
1	甘肃省	47.26	142.38	189.64	189.64
1.1	庆阳市	47.26	142.38	189.64	189.64
2	陕西省	10.46	87.16	97.62	97.62
2.1	延安市	10.46	87.16	97.62	97.62
3	山西省	22.65	186.53	209.18	209.18
3.1	临汾市	12.62	111.44	124.06	124.06
3.2	长治市	10.03	75.09	85.12	85.12
4	河北省	10.46	85.15	95.61	95.61
4.1	邯郸市	10.46	85.15	95.61	95.61
5	山东省	32.13	116.37	148.50	148.50
5.1	聊城市	6.72	56.62	63.34	63.34
5.2	济南市	2.38	15.28	17.66	17.66
5.3	泰安市	23.03	44.47	67.50	67.50
6	合计	122.96	617.59	740.55	740.55

1.5 水土流失防治目标

1.5.1 执行标准等级

根据《水利部办公厅关于印发<全国水土保持规划国家级水土流失重点预防保护区和重点治理区复核划分成果>的通知》(办水保〔2013〕188号)及沿线五省

水土保持规划，项目建设区涉及 2 个国家级水土流失重点预防区：子午岭-六盘山国家级水土流失重点预防区、黄泛平原风沙国家级水土流失重点预防区；2 个国家级水土流失重点治理区：黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区、太行山国家级水土流失重点治理区；3 个省级水土流失重点预防区：子午岭、黄龙山地省级重点预防区、山西省省级水土流失重点预防区、东平湖省级水土流失重点预防区；5 个省级水土流失重点治理区：泾河流域省级水土流失重点治理区、陕北丘陵沟壑省级重点治理区、山西省省级水土流失重点治理区、太行山省级水土流失重点治理区、泰山西麓省级水土流失重点治理区。此外，工程不可避让穿（跨）越自然保护区、森林公园、湿地公园、重要湿地、生态保护红线、水源保护区等水土保持敏感区。

综上，根据《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018）的规定，分别执行西北黄土高原区一级标准、北方土石山区一级标准，详见下表。

表 1.5-1 水土流失防治执行标准一览表

省	市	县	国家级“两区”	省级“两区”	重要水土保持敏感区域	执行标准
甘 肃 省	庆 阳 市	西峰区	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	泾河流域省级水土流失重点治理区	/	西北黄土高原区一级标准
		合水县	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	泾河流域省级水土流失重点治理区	甘肃夏家沟森林公园、合水县蒿咀铺乡王家河水库饮用水水源地、甘肃子午岭省级自然保护区	
		宁县	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	泾河流域省级水土流失重点治理区	湘乐镇冯咀村机井水源地	
陕 西 省	延 安 市	富县	子午岭-六盘山国家级水土流失重点预防区	子午岭、黄龙山地省级重点预防区	陕西省子午岭国家森林公园	
		甘泉县	子午岭-六盘山国家级水土流失重点预防区	子午岭、黄龙山地省级重点预防区	劳山国家级森林公园、陕西省北洛河省级重要湿地	
		宜川县	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	陕北丘陵沟壑省级重点治理区	/	
		宝塔区	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	陕北丘陵沟壑省级重点治理区	/	
		延长县	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	陕北丘陵沟壑省级重点治理区	陕西省延河省级重要湿地、陕西省黄河省级重要湿地	
山 西 省	临 汾 市	大宁县	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	山西省省级水土流失重点治理区	/	北方土石山区一级标准
		蒲县	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	山西省省级水土流失重点治理区	/	
		洪洞县	/	山西省省级水土流失重点治理区	霍泉饮用水水源保护区	
		古县	/	山西省省级水土流失重点治理区	/	
		安泽县	/	山西省省级水土流失重点治理区	沁河特有鱼类国家级水产种质资源保护区	
	长 治 市	沁源县	/	山西省省级水土流失重点预防区	山西洪洞汾河国家湿地公园、山西省洪洞汾河省级重要湿地	
		屯留县	太行山国家级水土流失重点治理区	/	/	
		襄垣县	太行山国家级水土流失重点治理区	山西省省级水土流失重点治理区	善福乡鄆家烟集中供水水源保护区、三漳省级湿地公园	
		潞城区	太行山国家级水土流失重点治理区	山西省省级水土流失重点治理区	辛安泉饮用水水源保护区	
		黎城县	太行山国家级水土流失重点治理区	山西省省级水土流失重点治理区	/	
		平顺县	太行山国家级水土流失重点治理区	山西省省级水土流失重点治理区	/	
河 北 省	邯 郸 市	涉县	太行山国家级水土流失重点治理区	/	清漳河国家湿地公园	
		磁县	太行山国家级水土流失重点治理区	/	岳城水库饮用水源保护区、南水北调中线一期工程总干渠河北段饮用水水源保护区	
		峰峰矿区	/	太行山省级水土流失重点治理区	羊角铺地下饮用水水源保护区、响堂山国家森林公园	
		临漳县	黄泛平原风沙国家级水土流失重点预防区	/	/	
		魏县	黄泛平原风沙国家级水土流失重点预防区	/	/	
		大名县	黄泛平原风沙国家级水土流失重点预防区	/	/	
山 东 省	聊 城 市	莘县	黄泛平原风沙国家级水土流失重点预防区	/	/	北方土石山区一级标准
		阳谷县	黄泛平原风沙国家级水土流失重点预防区	/	/	
		东阿县	黄泛平原风沙国家级水土流失重点预防区	/	鱼山市级自然保护区、东阿黄河国家森林公园	
	济 南 市	平阴县	/	泰山西麓省级水土流失重点治理区	南水北调济平干渠饮用水水源保护区	
	泰 安 市	肥城市	/	泰山西麓省级水土流失重点治理区	/	
		东平县	/	东平湖省级水土流失重点预防区	/	

1.5.2 防治目标

(1) 基本目标

- 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、林草覆盖率六项指标应符合现行国家标准《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018）的规定。

(2) 防治标准

依据《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018），水土流失防治标准等级应根据项目所处地区水土保持敏感程度和水土流失影响程度确定，指标值结合干旱程度、侵蚀强度、地貌类型等因素进行调整，综合确定设计水平年各防治区应达到的水土流失防治目标值。

项目沿线各省市县分别执行西北黄土高原区一级标准、北方土石山区一级标准，鉴于无法避让的国家级与省级水土流失重点预防区和重点治理区、自然保护区、森林公园、湿地公园、重要湿地、生态保护红线等水土保持敏感区，林草覆盖率均提高 2 个百分点；沿线水土流失强度以轻度水力侵蚀为主，土壤流失控制比调高为 1.0；其余四项指标维持西北黄土高原区一级标准、北方土石山区一级标准目标值不变。本方案按沿线各省市县面积加权确定设计水平年综合防治目标值，水土流失治理度 93.89%，土壤流失控制比 1.00，渣土防护率 94.22%，表土保护率 92.22%，林草植被恢复率 95.89%，林草覆盖率 25.33%，详见下表。

表 1.5-2 水土流失防治目标值一览表

防治指标		一级标准	
		施工期	设计水平年
综合防治目标值	水土流失治理度（%）	-	93.89
	土壤流失控制比	-	1.00
	渣土防护率（%）	92.2	94.22
	表土保护率（%）	92.2	92.22
	林草植被恢复率（%）	-	95.89
	林草覆盖率（%）	-	25.33

1.6 项目水土保持评价结论

1.6.1 主体工程选址（线）评价

按照《中华人民共和国水土保持法》、《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）等相关规定进行相符性分析，主体工程基本符合相关规定要求，主体工程选址（线）避开了崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区、易引起严重水土流失和生态恶化地区，避让了河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带，避让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，兼顾了水土保持要求。对于无法避让的国家级与省级水土流失重点预防区和重点治理区、自然保护区、森林公园、湿地公园、重要湿地、生态保护红线等水土保持敏感区，本方案提高防治标准指标值及敏感区水土保持措施布设量，加强预防保护，优化施工工艺，尽量减少地表扰动和植被损坏范围，同时采取科学可行的水土流失防治措施，最大限度地保护现有土地和植被的水土保持功能，从水土保持角度分析，项目建设可行。

1.6.2 建设方案与布局评价

（1）工程建设无法避让国家级、省级水土流失重点预防区和重点治理区、自然保护区、森林公园、湿地公园、重要湿地、生态保护红线等水土保持敏感区，换流站布置紧凑，尽量减少占地面积；塔基采取先进的不等高基础、高杆塔跨越等优化方案；提高截排水工程等级和防洪标准，提高植物措施标准，建设方案符合《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）相关规定与要求。

（2）本工程主体设计占地面积合理，换流站征占地符合《电力工程项目建设用地指标》（建标〔2010〕78号）用地指标，占地面积符合水土保持要求。

（3）本工程表土剥离的区域、厚度、临时堆存及保护，后期回覆的区域、厚度、综合利用符合水保法与现场实际情况，工程建设区域表土资源得到有效保护和利用。

（4）本工程砂、砾石等均外购，要求选择的外购材料供货商具有合法手续，合同中明确水土流失防治责任属于供货方。受端换流站取土场不在崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区，不涉及河道管理范围。取土前剥离表土，严格控制取料深度，符合城镇规划并与周边景观相互协调，后期回覆表土恢复为耕地。

(5) 项目建设过程开挖土石方就地平衡利用,表土综合利用,不设置弃土场,不涉及弃土场设置评价内容。换流站采用平坡式布置,通过标高调整,在减少土石方工程量的同时,开挖土石全部就地利用。送端换流站表土站前区绿化利用后剩余部分,全部用于 G309 线合水(老城)至西峰段工程弃渣场复垦、复绿。受端换流站表土站区绿化利用后剩余部分,全部用于取土场耕地恢复。

(6) 本工程施工场地布置尽量避让了植被相对良好的区域,考虑表土剥离与临时防护,裸露地表进行苫盖并及时恢复。采用机械施工为主,人工施工为辅的方式,采用先进适用的组塔、架线工艺,有效缩短了建设工期,减少了土石方开挖、回填与地表扰动。从水土保持角度分析,施工组织设计、施工方法与施工工艺合理,有利于减少工程建设过程中水土流失。

(7) 根据《生产建设项目水土保持技术标准》(GB 50433-2018)的界定原则,将送端换流站混凝土截水沟、混凝土排水沟、雨水排水管、站区绿化、浆砌石排水沟、站外排水管界定为水土保持措施,将受端换流站雨水排水管、站外排水管界定为水土保持措施,将线路工程浆砌石护坡、浆砌石挡墙和排水沟措施,塔基灌注桩基础施工过程中泥浆沉淀池措施界定为水土保持措施,其投资纳入本方案投资估算中。本方案在上述措施基础上,补充增加表土剥离、表土回覆、土地整治、耕地恢复等工程措施,补充增加栽植灌木、撒播草籽等植物措施,补充增加彩条旗围护、植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布隔离、临时排水沟、临时沉砂池等临时措施,全时段、全方位防治工程建设过程产生的水土流失。

综上所述,本方案从水土保持角度对建设方案、工程占地、土石方平衡、施工方法与工艺、主体设计水土保持工程界定等方面进行分析评价,基本符合《生产建设项目水土保持技术标准》(GB50433-2018)相关规定与要求。

1.7 水土流失预测结果

本工程施工期及自然恢复期水土流失总量为 7886t,原地貌土壤侵蚀量 11119t,新增土壤流失量 56767t。水土流失重点时段是施工期,水土流失防治和监测重点区域为线路工程塔基区和施工道路区,送端换流站站区、受端换流站站区。

本工程水土流失危害主要表现为影响生态环境,加剧水土流失、降低土地生产力、影响农业生产以及降低水利工程效益。线路沿线山丘区施工过程中由于土石方开挖形成开挖边坡,损坏了塔位原有土体结构,易导致边坡失稳,若施工过

程中不采取有效措施进行挡护，极易发生土石方溜坡现象，对塔基下方的耕地、梯田设施、居民房屋造成一定的影响。在河道附近施工时，若得不到及时有效的防护治理，渣土将会随地表径流汇入河网，影响水质。因此工程在施工过程中应加强边坡防护、临时拦挡等措施。

1.8 水土保持措施布设成果

1.8.1 防治分区

结合本工程水土流失特点及后续管护的需求，本工程水土流失防治分区按照地貌分为 2 个一级分区，即山丘区、平原区。按照工程组成及特点划分为送端换流站防治区、送端接地极防治区、受端换流站防治区、受端接地极防治区、线路工程防治区 5 个二级分区。

三级分区按照项目布局分区，送端换流站划分为 6 个区，即①站区、②进站道路区、③外接电源工程区、④供排水工程区、⑤施工生产生活区、⑥临时堆土区。送端接地极划分为 4 个区，即①汇流装置区、②电极电缆区、③检修道路区、④外接电源工程区。受端换流站划分为 8 个区，即①站区、②进站道路区、③外接电源工程区、④供排水工程区、⑤施工生产生活区、⑥临时堆土区、⑦取土场区、⑧还建工程区。受端接地极划分为 4 个区，即①汇流装置区、②电极电缆区、③检修道路区、④外接电源工程区。线路工程划分 4 个区，即①塔基区、②牵张场区、③跨越施工场地区、④施工道路区。

1.8.2 措施布设成果

(1) 送端换流站

站区：施工前，剥离表土集中堆存并采取临时防护措施，供后期综合利用。施工过程中，站区外围设置混凝土截水沟、混凝土排水沟、站区设置雨水排水管、临时堆土坡脚采取植生袋装土拦挡、顶部密目网苫盖。施工结束后，站前区绿化区域回覆表土后土地整治，栽植灌草绿化。

水土保持措施工程量：混凝土截水沟 1600m、混凝土排水沟 2600m、雨水排水管 6550m、表土剥离 34.12hm²、表土回覆 0.15hm²、土地整治 0.15hm²、站区绿化 0.15hm²、植生袋装土拦挡 600m、密目网苫盖 23000m²。

进站道路区：施工前，在进站道路两侧设置彩条旗标识并限定施工范围，剥离表土集中堆放于道路一侧空地并采用密目网苫盖。施工过程中，西侧设置浆砌

石排水沟排导地表汇流。施工结束后，进站道路两侧回覆表土，土地整治后撒播草籽恢复地表植被。

水土保持措施工程量：浆砌石排水沟 430m、表土剥离 1.06hm²、表土回覆 0.85hm²、土地整治 0.85hm²、撒播草籽 0.85hm²、彩条旗围护 2120m、密目网苫盖 1219m²。

外接电源工程区：施工前，在塔基施工边界设置彩条旗标识并限定施工范围，剥离表土集中堆放于塔基周边空地并采用密目网苫盖。施工结束后回覆表土、耕地恢复或土地整治后植被恢复。

水土保持措施工程量：表土剥离 0.75hm²、表土回覆 0.66hm²、土地整治 5.22hm²、耕地恢复 2.24hm²、撒播草籽 5.22hm²、彩条旗围护 33710m、密目网苫盖 11755m²。

供排水工程区：施工前，在管槽施工作业带边界设置彩条旗标识并限定施工范围，剥离表土集中堆存在施工作业带一侧，顶部采用密目网苫盖。施工过程中，站区截排水、站区雨水排水管顺接至站外排水管。施工结束后回覆表土、耕地恢复或土地整治后植被恢复。

水土保持措施工程量：站外排水管 1500m、表土剥离 5.47hm²、表土回覆 5.47hm²、土地整治 8.91hm²、耕地恢复 13.44hm²、撒播草籽 8.91hm²、彩条旗围护 30100m、密目网苫盖 80298m²。

施工生产生活区：施工前，剥离表土并运输至临时堆土场集中堆放，设置彩条旗标识并限定堆土范围。施工过程中，临建区域外围设置临时排水沟，末端设置临时沉砂池。施工结束后回覆表土、耕地恢复。

水土保持措施工程量：表土剥离 8.52hm²、表土回覆 8.52hm²、耕地恢复 8.52hm²、临时排水沟 2300m、临时沉砂池 6 处、彩条旗围护 2400m、密目网苫盖 8520m²。

临时堆土区：施工前，临时堆土边界设置彩条旗标识并限定施工范围，坡脚采用植生袋装土拦挡、顶部密目网苫盖、临时撒草防护。施工过程中，临时堆土区外围设置临时排水沟，末端设置临时沉砂池。施工结束后耕地恢复。

水土保持措施工程量：耕地恢复 3.48hm²、临时排水沟 1000m、临时沉砂池 4 处、彩条旗围护 900m、植生袋装土拦挡 800m、密目网苫盖 36540m²、临时撒草防护 3.48hm²。

（2）送端接地极

汇流装置区：施工前，剥离表土运输至电极电缆区。施工过程中，临时堆土

坡脚采取植生袋装土拦挡、顶部密目网苫盖。

水土保持措施工程量：表土剥离 0.09hm^2 、植生袋装土拦挡 100m、密目网苫盖 534m^2 。

电极电缆区：施工前，在施工作业带施工边界设置彩条旗标识并限定施工范围，剥离表土集中堆存在施工作业带一侧，坡脚采用植生袋装土拦挡，顶部采用密目网苫盖。施工结束后回覆表土、耕地恢复。

水土保持措施工程量：表土剥离 2.76hm^2 、表土回覆 2.71hm^2 、耕地恢复 9.58hm^2 、彩条旗围护 7534m、植生袋装土拦挡 3297m、密目网苫盖 27621m^2 。

检修道路区：施工前，在检修道路两侧设置彩条旗标识并限定施工范围，剥离表土运输至电极电缆区。

水土保持措施工程量：表土剥离 0.06hm^2 、彩条旗围护 200m。

外接电源工程区：施工前，在塔基施工边界设置彩条旗标识并限定施工范围，剥离表土集中堆放于塔基周边空地并采用密目网苫盖。施工结束后回覆表土、耕地恢复。

水土保持措施工程量：表土剥离 0.03hm^2 、表土回覆 0.02hm^2 、耕地恢复 0.02hm^2 、彩条旗围护 120m、密目网苫盖 60m^2 。

（3）受端换流站

站区：施工前，剥离表土集中堆存并采取临时防护措施，供后期综合利用。施工过程中，站区填方边坡设置砌石骨架护坡、站区设置雨水排水管、施工裸露面采取密目网苫盖。施工结束后，站区绿化区域回覆表土后土地整治，栽植灌木绿化，填方边坡砌石骨架护坡回覆表土后植草绿化，其余地表铺设碎石。

水土保持措施工程量：站内雨水排水管 9000m，表土剥离 21.25hm^2 ，表土回覆 9.16hm^2 ，碎石铺盖 0.65hm^2 ，浆砌石骨架护坡 2328m^3 ，土地整治 9.16hm^2 ；站内绿化 8.86hm^2 ；密目网苫盖 5.32hm^2 。

进站道路区：施工前，剥离表土并堆放于表土临时堆放区，临时防护措施由表土堆放区统一考虑；施工过程中，对于施工裸露面采取密目网苫盖。

水土保持措施工程量：表土剥离 0.19hm^2 ；密目网苫盖 500m^2 。

外接电源工程区：施工前剥离表土，部分集中堆放于电缆管线一侧临时堆土区，施工过程中对开挖土石方采取铺垫、苫盖临时防护措施。施工结束后进行回覆表土、耕地恢复。

水土保持措施工程量:表土剥离 0.38hm^2 ,表土回覆 0.29hm^2 ,耕地恢复 0.29hm^2 ;彩条布铺垫 4000m^2 ,密目网苫盖 5000m^2 。

供排水工程区:施工前剥离表土,排水管采用钢筋混凝土排水管、八字式排水口,临时堆土采取铺垫、苫盖临时防护措施。施工结束后对临时占地回覆表土、耕地恢复。

水土保持措施工程量:表土剥离 5.37hm^2 ,表土回覆 5.37hm^2 ,站外排水管 1350m ,耕地恢复 5.37hm^2 ;彩条布铺垫 19200m^2 ,密目网苫盖 24000m^2 。

施工生产生活区:施工前剥离表土并集中堆放,施工过程中设临时排水沟和沉砂池等临时防护措施。施工结束后回覆表土,耕地恢复。

水土保持措施工程量:表土剥离 5.58hm^2 ,表土回覆 5.58hm^2 ,耕地恢复 5.58hm^2 ;临时排水沟 1442m ,临时沉砂池 4 座。

临时堆土区:表土堆存采取采取植生袋装土拦挡和密目网苫盖等临时防护措施,在施工区域四周设置彩条旗围护措施严格限制施工机械和人员活动范围。堆体四周布设临时排水沟,排水沟末端连接施工生产生活区的排水沟。施工结束后耕地恢复。

水土保持措施工程量:耕地恢复 2.00hm^2 ;植生袋装土拦挡 571m ,密目网苫盖 20000m^2 ,临时排水沟 634m 。

取土场:施工前剥离表土,取土场上游设置截排水沟,末端设置沉砂池,并顺接至自然沟渠。剥离的表土堆放于临时堆土区;表土采取苫盖临时防护措施。施工结束后进行削坡,坡面采用浆砌石骨架、栽植灌草绿化护坡,坑底回覆表土、耕地恢复。

水土保持措施工程量:表土剥离 5.55hm^2 ,表土回覆 5.55hm^2 ,耕地恢复 5.24hm^2 ,截排水沟 731m ,沉砂池 1 座,削坡 10265m^3 ,浆砌石骨架护坡 8960m^2 ;栽植紫穗槐 8982 株,撒播草籽 1.26hm^2 ;植生袋装土拦挡 657m ,密目网苫盖 14000m^2 。

还建工程区:施工前剥离表土,部分集中堆放于道路一侧临时堆土区;表土及开挖土石方采取铺垫、苫盖临时防护措施。施工结束后回覆表土、耕地恢复。

水土保持措施工程量:表土剥离 1.35hm^2 ,表土回覆 0.75hm^2 ,耕地恢复 0.75hm^2 ;彩条布铺垫 7000m^2 ,密目网苫盖 9000m^2 。

(4) 受端接地极

汇流装置区:施工前,剥离表土运输至电极电缆区。施工过程中,临时堆土

坡脚采取植生袋装土拦挡、顶部密目网苫盖。

水土保持措施工程量：表土剥离 0.05hm^2 、植生袋装土拦挡 80m、密目网苫盖 450m^2 。

电极电缆区：施工前，在施工作业带施工边界设置彩条旗标识并限定施工范围，剥离表土集中堆存在施工作业带一侧，坡脚采用植生袋装土拦挡，顶部采用密目网苫盖。施工结束后回覆表土、土地整治后耕地恢复或进行植被恢复。

水土保持措施工程量：表土剥离 2.32hm^2 、表土回覆 2.30hm^2 、耕地恢复 8.11hm^2 、彩条旗围护 6994m、植生袋装土拦挡 3297m、密目网苫盖 26689m^2 。

检修道路区：施工前，在检修道路区两侧设置彩条旗标识并限定施工范围，剥离表土运输至电极电缆区。

水土保持措施工程量：表土剥离 0.03hm^2 、彩条旗围护 672m。

外接电源工程区：施工前，剥离表土集中堆放于塔基周边空地并采用彩条布铺垫和密目网苫盖。施工结束后回覆表土、土地整治后耕地恢复或进行植被恢复。

水土保持措施工程量：表土剥离 0.03hm^2 、表土回覆 0.03hm^2 、土地整治 0.02hm^2 、耕地恢复 0.01hm^2 、撒播草籽 0.01hm^2 、彩条布铺垫 450m^2 、密目网苫盖 450m^2 。

（5）线路工程

塔基区：施工前在塔基施工场地周围设置彩条旗围护，限制施工机械和人员活动范围，并对开挖扰动区域进行剥离表土、集中堆放。施工期间临时堆土压占及其他轻微扰动区域铺垫彩条布、堆土外侧设填土植生袋拦挡、堆土苫盖密目网等临时措施。灌注桩基础施工过程中在塔基施工场地范围内设泥浆沉淀池。塔基区根据需要设置浆砌石护坡、浆砌石挡渣墙、浆砌石排水沟。施工结束后回覆表土、土地整治后耕地恢复或植被恢复。

水土保持措施工程量：浆砌石护坡 2319m^3 、浆砌石挡渣墙 3821m^3 、浆砌石排水沟 1135.8m^3 、表土剥离 45.42hm^2 、表土回覆 129921m^3 、土地整治 111.21hm^2 、耕地恢复 113.04hm^2 、撒播草籽 111.21hm^2 、恢复林地 65.97hm^2 、泥浆沉淀池 516 个、植生袋装土拦挡量 25558m^3 、密目网苫盖共 375320m^2 、彩条布铺垫 341900m^2 、彩条旗围护 211590m。

牵张场区：施工前对山丘区起伏较大的牵张场及材料站进行表土剥离，并在周围设置彩条旗围护、限制施工机械和人员活动范围。施工期场地内采取彩条布铺垫、铺设钢板等临时防护措施。施工结束后回覆表土、土地整治后耕地恢复或

植被恢复。

水土保持措施工程量：表土剥离 6.66hm^2 、表土回覆 16170m^3 、土地整治 36.06hm^2 、耕地恢复 27.76hm^2 、撒播草籽 36.06hm^2 、恢复林地 25.67hm^2 、密目网苫盖 30850m^2 、铺设彩条布 33970m^2 、铺设钢板 60050m^2 、彩条旗围护 41560m 。

跨越施工场地区：施工过程中在跨越施工场地周围采取彩条旗围护，严格控制施工扰动范围。施工结束后土地整治耕地恢复或植被恢复。

水土保持措施工程量：土地整治 16.42hm^2 、耕地恢复 24.66hm^2 、撒播草籽 16.42hm^2 、恢复林地 10.81hm^2 、彩条旗围护 104380m 。

施工道路区：施工前对山丘区新开拓的施工道路进行表土剥离，并将调运土方进行平整。施工期采用编制袋装土拦挡对临时堆放区域及存在放坡的施工道路坡脚进行必要的挡护，并在局部道路设置临时排水沟，排水沟开挖土方夯实作为道路边坡的临时防护，同时对临时堆土进行铺垫和苫盖措施，施工结束后回覆表土、土地整治后耕地恢复或植被恢复。

水土保持措施工程量：表土剥离 34.61hm^2 、表土回覆 101640m^3 、土地整治 164.96hm^2 、耕地恢复 96.29hm^2 、撒播草籽 164.96hm^2 、恢复林地 134.43hm^2 、植生袋装土拦挡量 101640m^3 、临时排水沟 3404m^3 、素土夯实 3404m^3 、彩条旗围护 302860m 。

1.9 水土保持监测方案

本工程水土保持监测范围即水土流失防治责任范围，监测时段从 2023 年 6 月开始，至设计水平年 2025 年结束。同时在 2023 年 6 月份前进行本底值监测。监测内容包括水土流失影响因子监测、水土保持生态环境监测、水土流失动态监测、水土流失防治效果监测、重大水土流失事件监测。监测方法主要采用遥感监测、无人机监测、地面观测、调查监测及查阅资料、巡查监测相结合的方式进行监测，其中地面观测主要为集沙池法。监测重点区域为线路工程塔基区和施工道路区，送端换流站站区、受端换流站站区。监测点位 168 处，包括 98 个固定监测点（敏感区 24 个）和 70 个巡查监测点。

1.10 水土保持投资及效益分析成果

本工程水土保持措施总投资 21548.73 万元，其中工程措施为 6905.45 万元，植物措施为 1185.24 万元，临时措施为 8634.89 万元，独立费用为 2823.05 万元，

水土保持监理费为 479.23 万元，水土保持监测费为 681.55 万元，基本预备费为 1172.92 万元，水土保持补偿费为 827.17 万元。

本工程水土保持总投资中甘肃省水土保持措施费 4883.25 万元，水土保持补偿费 265.50 万元；陕西省水土保持措施费 2241.34 万元，水土保持补偿费 165.95 万元。山西省水土保持措施费 5257.03 万元，水土保持补偿费 83.67 万元；河北省水土保持措施费 1242.23 万元，水土保持补偿费 133.85 万元；山东省水土保持措施费 3101.73 万元，水土保持补偿费 178.20 万元。

本工程扰动原地貌面积 740.55hm²，方案实施后水土流失治理达标面积 718.99hm²，水土保持措施面积 650.98hm²，林草植被面积 322.93hm²，可减少水土流失量 65900t。至设计水平年末水土流失治理度达 97.09%，土壤流失控制比达 1.00，渣土防护率达 95.62%，表土保护率达 94.01%，林草植被恢复率达 97.09%，林草覆盖率达 43.61%，各项指标可达到防治目标要求。

1.11 结论

按照《中华人民共和国水土保持法》、《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）等相关规定进行相符性分析，对于无法避让的国家级与省级水土流失重点预防区和重点治理区、自然保护区、森林公园、湿地公园、重要湿地、生态保护红线等水土保持敏感区，本方案提高防治标准指标值及敏感区水保措施布设量，加强预防保护，优化施工工艺，尽量减少地表扰动和植被损坏范围，同时采取科学可行的水土流失防治措施，最大限度地保护现有土地和植被的水土保持功能，从水土保持角度分析，项目建设可行。

本方案从水土保持角度对建设方案、工程占地、土石方平衡、施工方法与工艺、主体设计水土保持工程界定等方面进行分析评价，符合《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）相关规定与要求。水土保持措施实施后可以达到控制水土流失、保护和恢复生态环境的目的。

下阶段设计时进一步落实水保措施并进一步优化平面布置，尽量减少施工临时占地面积，减少土石方挖填方量。严格落实水土保持“三同时”制度，无设计的水土保持措施，不得通过水土保持设施自主验收。水土保持方案经批准后，生产建设项目地点、规模发生重大变化，及时履行水土保持变更手续。

建设单位合同条款明确约定水土流失防治责任主体的责任、义务。施工单位

要严格依据批复的水土保持方案报告书及后续设计文件，落实各项水土保持措施及投资，施工过程中加强表土剥离保护和回覆利用，加强临时堆土过程管护，妥善处置余土。建设单位与监测单位严格按照水土保持监测“三色评价”相关要求开展水土保持监测工作，水土保持监测与监理成果满足水土保持设施验收相关规定。本项目投产使用前，建设单位应当依据《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）开展水土保持设施自主验收工作。

陇东～山东±800kV 特高压直流输电工程水土保持方案特性表

项目名称		陇东～山东±800kV 特高压直流输电工程		流域管理机构	水利部黄河水利委员会 水利部海河水利委员会	
涉及省（市区）		甘肃省、陕西省、山西省、 河北省、山东省	涉及地市或个数	8	涉及县或个数	31
项目规模		送端换流站换流变容量（24+4）×415MVA。±800kV 直流出线 1 回，交流 750kV 出线规划出线 12 回。受端换流站换流变容量（24+4）×415MVA。±800kV 直流出线 1 回，接地极 1 回，交流 500kV 出线规划出线 8 回。新建±800kV 直流线路长度约 933.9km。	总投资（万元）	1986569	土建投资（万元）	701515
动工时间		2023 年 6 月	完工时间	2025 年 5 月	设计水平年	2025 年
工程占地（hm ² ）		740.55	永久占地（hm ² ）	122.96	临时占地（hm ² ）	617.59
土石方量（万 m ³ ）		挖方	填方	借方	余（弃）方	
		251.34	263.23	20.98	9.09	
重点防治区名称		2 个国家级水土流失重点预防区：子午岭-六盘山国家级水土流失重点预防区、黄泛平原风沙国家级水土流失重点预防区；2 个国家级水土流失重点治理区：黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区、太行山国家级水土流失重点治理区；3 个省级水土流失重点预防区：子午岭、黄龙山省级重点预防区、山西省省级水土流失重点预防区、东平湖省级水土流失重点预防区；5 个省级水土流失重点治理区：泾河流域省级水土流失重点治理区、陕北丘陵沟壑省级重点治理区、山西省省级水土流失重点治理区、太行山省级水土流失重点治理区、泰山西麓省级水土流失重点治理区。				
地貌类型		山丘区、平原区		水土保持区划	西北黄土高原区、北方土石山区	
土壤侵蚀类型		水力侵蚀	土壤侵蚀强度		轻度	
防治责任范围面积（hm ² ）		740.55	容许土壤流失量（t/km ² ·a）		1000（西北黄土高原区）、200（北方土石山区）	
土壤流失预测总量（t）		67886	新增土壤流失量（t）		56767	
水土流失防治标准执行等级		西北黄土高原区一级标准、北方土石山区一级标准				
防治指标	水土流失治理度（%）		93.89		土壤流失控制比	1.00
	渣土防护率（%）		94.22		表土保护率（%）	92.22
	林草植被恢复率（%）		95.89		林草覆盖率（%）	25.33
防治分区		工程措施		植物措施	临时措施	
	送端换流站	站区	混凝土截水沟 1600m、混凝土排水沟 2600m、雨水排水管 6550m、表土剥离 34.12hm ² 、表土回覆 0.15hm ² 、土地整治 0.15hm ² 。		站区绿化 0.15hm ²	植生袋装土拦挡 600m、密目网苫盖 23000m ² 。
		进站道路区	浆砌石排水沟 430m、表土剥离 1.06hm ² 、表土回覆 0.85 hm ² 、土地整治 0.85hm ² 。		撒播草籽 0.85hm ²	彩条旗围护 2120m、密目网苫盖 1219m ² 。
		外接电源工程区	表土剥离 0.75hm ² 、表土回覆 0.66 hm ² 、土地整治 5.22hm ² 、耕地恢复 2.24hm ² 。		撒播草籽 5.22hm ²	彩条旗围护 33710m、密目网苫盖 11755m ² 。
		供排水工程区	站外排水管 1500m、表土剥离 5.47hm ² 、表土回覆 5.47 hm ² 、土地整治 8.91hm ² 、耕地恢复 13.44		撒播草籽 8.91hm ²	彩条旗围护 30100m、密目网苫盖 80298m ² 。

			hm ² 。		
		施工生产生活区	表土剥离 8.52hm ² 、表土回覆 8.52hm ² 、耕地恢复 8.52hm ² 。	/	临时排水沟 2300m, 临时沉砂池 6 处, 彩条旗围护 2400m、密目网苫盖 8520m ² 。
		临时堆土区	耕地恢复 3.48hm ²	/	临时排水沟 1000m, 临时沉砂池 4 处, 彩条旗围护 900m、植生袋装土拦挡 800m、密目网苫盖 36540m ² , 临时撒草防护 3.48hm ² 。
	送端 接地极	汇流装置区	表土剥离 0.09hm ²	/	植生袋装土拦挡 100m、密目网苫盖 534m ² 。
		电极电缆区	表土剥离 2.76hm ² 、表土回覆 2.71hm ² 、耕地恢复 9.58hm ² 。	/	彩条旗围护 7534m、植生袋装土拦挡 3297m、密目网苫盖 27621m ² 。
		检修道路区	表土剥离 0.06hm ²	/	彩条旗围护 200m
		外接电源工程区	表土剥离 0.03hm ² 、表土回覆 0.02hm ² 、耕地恢复 0.02hm ² 。	/	彩条旗围护 120m、密目网苫盖 60m ² 。
	受端 换流站	站区	雨水排水管 9000m, 表土剥离 21.25hm ² , 表土回覆 9.16hm ² , 碎石铺盖 0.65hm ² , 浆砌石骨架护坡 2328m ³ , 土地整治 9.16hm ² 。	站内绿化 8.86hm ²	密目网苫盖 53200m ²
		进站道路区	表土剥离 0.19hm ²	/	密目网苫盖 500m ²
		外接电源工程区	表土剥离 0.38hm ² , 表土回覆 0.29hm ² , 耕地恢复 0.29hm ² 。	/	彩条布铺垫 4000m ² , 密目网苫盖 5000m ² 。
		供排水工程区	表土剥离 5.37hm ² , 表土回覆 5.37hm ² , 站外排水管 1350m, 耕地恢复 5.37hm ² 。	/	彩条布铺垫 19200m ² , 密目网苫盖 24000m ² 。
		施工生产生活区	表土剥离 5.58hm ² , 表土回覆 5.58hm ² , 耕地恢复 5.58hm ² 。	/	临时排水沟 1442m, 临时沉砂池 4 座。
		临时堆土区	耕地恢复 2.00hm ²	/	植生袋装土拦挡 571m, 密目网苫盖 20000m ² , 临时排水沟 634m。
		取土场	表土剥离 5.55hm ² , 表土回覆 5.55hm ² , 耕地恢复 5.24hm ² , 截排水沟 731m, 沉砂池 1 座, 削坡 10265m ³ , 浆砌石骨架护坡 8960m ² 。	栽植紫穗槐 8982 株, 撒播草籽 1.26hm ² 。	植生袋装土拦挡 657m, 密目网苫盖 14000m ² 。
		还建工程区	表土剥离 1.35hm ² , 表土回覆 0.75hm ² , 耕地恢复 0.75hm ² 。	/	彩条布铺垫 7000m ² , 密目网苫盖 9000m ² 。
	受端 接地极	汇流装置区	表土剥离 0.05hm ²	/	植生袋装土拦挡 80m、密目网苫盖 450m ² 。
		电极电缆区	表土剥离 2.320hm ² 、表土回覆 2.30hm ² 、耕地恢复 8.11hm ² 。	/	彩条旗围护 6994m、植生袋装土拦挡 3297m、密目网苫盖 26689m ² 。
		检修道路区	表土剥离 0.03hm ²	/	彩条旗围护 672m
		外接电源工程区	表土剥离 0.03hm ² 、表土回覆 0.03hm ² 、土地整治 0.02hm ² 、耕地恢复 0.01hm ² 。	撒播草籽 0.01hm ²	彩条布铺垫 450m ² 、密目网苫盖 450m ² 。
	线路工程	塔基区	浆砌石护坡 2319m ³ 、浆砌石挡渣墙 3821m ³ 、浆砌石排水沟 1135.8m ³ 、表土剥离 45.42hm ² 、表土回覆 129921m ³ 、土地整治	撒播草籽 111.21hm ² 、恢复林地 65.97hm ² 、	泥浆沉淀池 516 个、植生袋装土拦挡量 25558m ³ 、密目网苫盖共 375320m ² 、彩条布铺垫

1 综合说明

			111.21hm ² 、耕地恢复 113.04hm ² 。		341900m ² 、彩条旗围护 211590m。
		牵张场区	表土剥离 6.66hm ² 、表土回覆 16170m ³ 、土地整治 36.06hm ² 、耕地恢复 27.76hm ² 。	撒播草籽 36.06hm ² 、恢复林地 25.67hm ² 。	密目网苫盖 30850m ² 、铺设彩条布 33970m ² 、铺设钢板 60050m ² 、彩条旗围护 41560m。
		跨越施工场地区	土地整治 16.42hm ² 、耕地恢复 24.66hm ² 。	撒播草籽 16.42hm ² 、恢复林地 10.81hm ² 。	彩条旗围护 104380m。
		施工道路区	表土剥离 34.61hm ² 、表土回覆 101640m ³ 、土地整治 164.96hm ² 、耕地恢复 96.29hm ² 。	撒播草籽 164.96hm ² 、恢复林地 134.43hm ² 。	植生袋装土拦挡量 101640m ³ 、临时排水沟 3404m ³ 、素土夯实 3404m ³ 、彩条旗围护 302860m。
投资（万元）			6905.45	1185.24	8634.89
水土保持总投资（万元）			21548.73	独立费用（万元）	2823.05
监理费（万元）			479.23	监测费（万元）	681.55
分省措施费（万元）			甘肃省措施费 4883.25； 陕西省措施费 2241.34； 山西省措施费 5257.03； 河北省措施费 1199.66； 山东省措施费 3034.72。	分省补偿费（万元）	补偿费（万元） 827.17
方案编制单位			中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司	建设单位	国家电网有限公司
法定代表人			王强	法定代表人	辛保安
地址			四川省成都市东风路 16 号	地址	北京市西城区宣武门内大街 6 号
邮编			610021	邮编	100031
联系人及电话			郭建华/028-84402418	联系人及电话	孔玮/010-63413032
传真			028-84402517	传真	010-66598501
电子信箱			119088864@qq.com	电子信箱	wei-kong@sgcc.com.cn

2 项目概况

2.1 项目组成及工程布置

项目名称：陇东～山东±800kV 特高压直流输电工程

建设单位：国家电网有限公司

建设地点：工程起于甘肃省庆阳市西峰区什社乡送端换流站，止于山东省泰安市东平县受端换流站。途经甘肃、陕西、山西、河北、山东 5 个省级行政区，8 个地级市行政区，31 个县级行政区。

建设性质：新建建设类项目

主要建设内容：新建送端换流站、送端接地极、受端换流站、受端接地极；直流线路 933.9km，送端接地极线路 29.2km，受端接地极线路 67.8km（其中 55.3km 与本工程 ±800kV 直流主线同塔架设，单独立塔架设 12.5km），迁改线路 6.1km。

总投资及土建投资：总投资 1986569 万元，其中土建投资 701515 万元。

投资单位及出资比例：项目投资单位为国家电网有限公司，其中自筹资金占工程总投资的 20%，银行贷款占工程总投资的 80%。

建设工期：本工程计划于 2023 年 6 月开工，2025 年 5 月完工，总工期 24 个月。

项目基本组成及工程特性详见下表。

表 2.1-1 项目基本组成及工程特性表

一、项目基本情况										
1	项目名称			陇东～山东±800kV 特高压直流输电工程						
2	项目组成			送端换流站、送端接地板、受端换流站、受端接地板、直流线路、送端接地板线路、受端接地板线路、迁改线路等 8 部分组成。						
3	建设地点			<p>工程起于甘肃送端换流站，止于山东受端换流站。途经甘肃、陕西、山西、河北、山东 5 个省级行政区，8 个地市级行政区，31 个县级行政区。</p> <p>送端换流站：甘肃省庆阳市西峰区什社乡什丰村</p> <p>送端接地板：甘肃省庆阳市宁县湘乐镇樊湾村</p> <p>受端换流站：山东省泰安市东平县接山镇林马庄新建村</p> <p>受端接地板：山东省聊城市阳谷县七级镇新丰村</p> <p>直流线路：线路途经甘肃省庆阳市西峰区、合水县；陕西省延安市富县、甘泉县、宜川县、宝塔区、延长县；山西省临汾市大宁县、蒲县、洪洞县、古县、安泽县，长治市沁源县、屯留区、襄垣县、潞城区、黎城县、平顺县；河北省邯郸市涉县、磁县、峰峰矿区、临漳县、魏县、大名县；山东省聊城市莘县、阳谷县、东阿县，济南市平阴县，泰安市肥城市、东平县。共计 5 个省级行政区、8 个地级市行政区，30 个县级行政区。</p> <p>送端接地板线路：线路途经甘肃省庆阳市西峰区、合水县、宁县。</p> <p>受端接地板线路：线路途经山东省聊城市阳谷县、东阿县，泰安市东平县。</p>						
3	设计标准			一级（防洪标准为 100 年一遇）						
4	工程性质			新建建设类项目						
5	建设单位			国家电网有限公司						
6	建设规模	点型工程	送端换流站	换流变容量（24+4）×415MVA。±800kV 直流出线 1 回，接地板 1 回。交流 750kV 出线规划出线 12 回，本期 10 回出线。						
			送端接地板	极址采用浅埋环型接地板型式，内、外环半径分别为 225m、300m，内环埋深 3.5m、外环埋深 4m，内、外环极环馈电棒采用φ70mm 高硅铬铁，填充材料为焦炭，内、外环焦炭截面分别为 0.7m×0.7m 和 0.8m×0.8m。						
			受端换流站	换流变容量（24+4）×415MVA。±800kV 直流出线 1 回，接地板 1 回。交流 500kV 出线规划出线 8 回。						
			受端接地板	极址采用浅埋环形接地板型式，内、外环半径分别为 225m、300m，内、外环埋深均为 4m，内、外环极环馈电棒采用φ80mm 高硅铬铁，填充材料为焦炭，内、外环焦炭截面均为 0.9m×0.9m。						
		线路工程	行政区（省）		甘肃	陕西	山西	河北	山东	合计
			直流线路	线路长度	109.2	178.1	334.9	178.5	133.2	933.9
				塔基数（基）	182	314	645	344	270	1755
			接地板线路	长度（km）	29.2				12.5	41.7
				塔基数（基）	92				41	133
			迁改线路	长度（km）	0.4	1.7	4.0			6.1
	塔基数（基）	3		4	12			19		

2. 项目概况

			电压等级		直流线路±800kV，接地极线路 35kV，迁改线路（750kV、500kV、220kV、110kV）					
			铁塔型式		均为自立铁塔，包括直线塔、转角塔、耐张塔和跨越塔。					
			基础型式		直流线路主要采用掏挖基础、板式基础、挖孔桩基础、灌注桩基础、岩石嵌固基础和锚杆基础。 接地极线路主要采用板式基础、人工挖孔基础、灌注桩基础。					
			地貌类型		山丘区 73%、平原区 27%。					
			工程拆迁		工程拆除居民房屋占地面积共计 65.17 万 m ² 。由建设单位委托地方政府实施，不纳入本工程防治责任范围。					
			跨 越	河流	项目区属黄河流域、海河流域。跨越主要河流 92 次。					
				其他	跨越电力线 125 次，跨越公路（高速、等级、一般）767 次，跨越铁路 17 次，油气管道 81 次。					
7	总投资（万元）		1986569		土建投资（万元）		701515	建设期	2023 年 6 月～2025 年 5 月	
二、项目组成及主要技术指标										
项目组成			占地面积（hm ² ）			主要技术指标				
			永久	临时	合计	数量	长度（km）		宽度（m）	
送端换 流站	站区		34.12		34.12					
	进站道路区		2.19		2.19		新建 1.06		8	
	外接电源工程区		0.45	7.46	7.91		站用 20.15 施工 9.20			
	供排水工程区		0.04	22.35	22.39		供水管 18.90 排水管 1.50			
	施工生产生活区			8.52	8.52					
	临时堆土区			3.48	3.48					
	小计		36.81	41.81	78.62					
送端接 地极	汇流装置区		0.09		0.09					
	电极电缆区		0.03	9.58	9.62					
	检修道路区		0.07		0.07					
	外接电源工程区		0.01	0.02	0.03					
	小计		0.21	9.61	9.81					
受端换 流站	站区		21.25	21.25						
	进站道路区		0.19	0.19			新建 0.08			
	外接电源工程区		1.57	0.13	1.44		站用 18.20 施工 8.48			
	供排水工程区		19.44		19.44		供水管线 7.50 站外排水管 1.35 站外污水管 21.40			
	施工生产生活区		5.58		5.58					
	临时堆土区		2.00		2.00					
	取土场			5.55	5.55					

2. 项目概况

	还建工程区	2.40	0.34	2.06		还建道路 1500m、还建供水管线 2520m	
	小计	21.91	36.07	57.98			
受端接地极	汇流装置区	0.05		0.05			
	电极电缆区	0.03	8.11	8.14			
	检修道路区	0.17		0.17			
	外接电源工程区	0.002	0.03	0.03			
	小计	0.25	8.14	8.39			
直流线路工程	塔基区	61.95	153.02	214.93	1755		
	牵张场地区		58.08	58.08	242		
	跨越施工场地区		40.20	40.20	1005		
	施工道路区		248.96	248.96		289.7/450.9/524.3	3.5/1.5/1.
	小计	61.95	500.25	562.21			
接地极线路工程	塔基区	1.39	5.87	7.26	133		
	牵张场地区		0.63	0.63	9 处		
	跨越施工场地区		0.08	0.08	2 处		
	施工道路区		8.93	8.93		10.2/10.3/25.4	3.5/1.5/1.
	小计	1.39	15.51	16.90			
迁改工程	塔基区	0.44	1.11	1.55	19 基		
	牵张场地区		1.43	1.43	9 处		
	跨越施工场地区		0.28	0.28	7 处		
	施工道路区		3.37	3.37		4.3/7.2/4.8	3.5/1.5/1.
	小计	0.44	6.19	6.44			
合计		122.96	617.59	740.55			
三、项目土石方量（单位：万 m³）							
项目组成		挖方	填方	调入	调出	借方	综合利用
送端换流站	站区	89.46	80.72	0.35			9.09
	进站道路区	0.70	0.35		0.35		
	外接电源工程区	0.82	0.82				
	供排水工程区	13.48	13.48				
	施工生产生活区	2.56	2.56				
	小计	107.02	97.93	0.35	0.35		9.09
送端接地极	汇流装置区	0.16	0.14		0.02		
	电极电缆区	3.23	3.28	0.05			
	检修道路区	0.06	0.04		0.02		
	外接电源工程区	0.03	0.03				
	小计	3.49	3.49	0.05	0.05		
受端换流站	站区	26.66	43.73		3.63	20.70	
	进站道路区	0.06	0.28		0.06	0.28	
	外接电源工程区	3.52	3.52				
	供排水工程区	3.20	3.20				

图 2.1-1 送端换流站站址现状

(3) 建设规模

送端换流站换流变压器容量 $(24+4) \times 415\text{MVA}$ ， $\pm 800\text{kV}$ 直流出线 1 回、接地极 1 回，交流 750kV 规划出线 12 回，分别至庆阳北 3 回、至平凉 3 回、至正宁电厂 2 回、至灵台电厂 2 回、预留西南方向 2 回；本期 10 回出线，其中至庆阳北 3 回、至平凉 3 回、至正宁电厂二期 2 回、至灵台电厂 2 回。

(4) 平面布置

送端换流站划分为 5 个功能区域：750kV 配电装置区域、换流变和阀厅区域、直流场区域、交流滤波器及低压无功区域、站前区。

$\pm 800\text{kV}$ 直流场位于站区北侧，向北出线；750kV 交流配电装置位于站区南侧，向南出线；换流区域位于直流场和交流场之间；750kV 交流滤波器场位于站区东侧；站前区布置在站区西侧，从北侧进站。根据本工程《岩土工程勘察报告》，站址区为湿陷性黄土场地，站内的湿陷性主要以自重 II 级中等湿陷为主。为避免雨水下渗导致黄土湿陷而发生沉降，全站采取硬化封闭措施，并设置水泥土防水层。

送端换流站按最终规模一次征地，主体设计总征地面积 36.31hm^2 ，其中围墙内 29.77hm^2 ，围墙外边坡、排水设施 4.35hm^2 ，进站道路 2.19hm^2 。

(5) 竖向布置

竖向布置采用平坡式布置，站址自然标高 $1238 \sim 1247\text{m}$ ，设计标高 1241.60m 。送端换流站挖方 107.02万 m^3 ，填方 97.93万 m^3 ，剩余表土 9.09万 m^3 用于 G309 线合水(老城)至西峰段工程弃渣场复垦、复绿，详见附件 2。

站外边坡总长度 2471m ，混凝土护坡面积 16810m^2 ，浇筑量 5043m^3 ，其中挖方边坡 1311m ，主要分布于站址西侧、北侧及南侧，最大边坡高度 5.0m ；填方边坡 1160m ，主要位于站址东侧、北侧及南侧，最大边坡高度 3.6m 。挖方边坡直接放坡，坡率取 1:1，坡面采用现浇混凝土护坡形式。在挖方边坡坡顶处设置钢筋混凝土截水沟，长度 1600m ，底宽 1.5m ，深度 1.5m 。填方边坡直接放坡，坡率取 1: 1.5。坡面采用现浇混凝土护坡形式。钢筋混凝土排水沟长度 2600m ，其中围墙外侧 I 型排水沟长度 1600m ，底宽 0.5m ，深度 0.5m 。填方坡脚处 II 型排水沟长度 1000m ，底宽 1.5m ，深度 1.5m 。排水沟及截水沟均汇合至站区东南侧，通过站外排水管排至站区东侧天然沟道。

站内排水采用雨污分流，其中站内雨水管道采用 $\text{DN}300 \sim \text{DN}1000$ 钢筋混凝土排水管，同时站内设置雨水井及检查井，共同构成了换流站雨水排水系统，站内雨水管总长

6550m；站外排水管采用 DN1800 钢筋混凝土排水管，长度 1500m。站区雨水排水管顺接至站外排水管排至站区东侧天然沟道，排水口设置消力池。

（6）进站道路

进站道路从站址北侧 S318 省道引接，采用沥青混凝土硬化路面，道路长 1.06km，路面宽 8.0m，按三级公路标准设计。进站道路挖方、填方边坡均采用坡率法+混凝土护面。进站道路挖方段最大边坡高度 4.0m，填方段最大边坡高度 1.5m。沿进站道路西侧布设排水沟，顶部成品沟盖板压盖，长度 430m，排水沟采用矩形断面，底宽 1.0m，深度 1.0m，采用浆砌石衬砌，衬砌厚度 0.3m，沟底纵坡 5‰。地表汇流通过排水沟汇入站区围墙外侧排水沟，最终通过站外排水管排至站区东侧天然沟道。

（7）外接电源工程区

送端换流站站用电系统设置 3 路站用电源，其中 2 路工作电源引接自站内，另外一路备用电源引自马坪 110kV 变电站 110kV 母线引接。送端换流站外接电源依托的马坪 110kV 变电站水土保持方案报告表已经批复（宁水保发〔2019〕124 号），并已完成水土保持设施竣工验收（宁水保验收回执〔2021〕7 号）。马坪 110kV 变电站间隔扩建区域占地面积 160m²，土石方开挖量 50m³，余土 20m³在站内预留用地平衡。扩建区域需新建电压互感器支架及基础 1 组；新建双接地隔离开关基础 1 组；新建电流互感器支架及基础 1 组；新建断路器基础 1 组；新建单接地隔离开关基础 1 组；新建端子箱基础 1 座；设备区构架直接利用一期，不新建。110kV 架空线路全长 20.15km。新建铁塔 71 基：其中双回耐张塔 2 基，单回耐张塔 32 基，单回路直线塔 37 基。外接电源需拆除 110kV 西坪线 0.95km（旧塔 2 基），还建 1.09km（新建铁塔 3 基）；需拆除 330kV 西乐 I 线 0.65km（旧塔 3 基）；还建 330kV 线路 1.377km（新建铁塔 3 基）。上述建设内容涉及占地面积、土石方量等均纳入外接电源工程区统一考虑。

（8）供排水工程区

1）站外供水系统

送端换流站用水主要由生活用水、生产用水（主要为换流阀冷却用水）和消防用水三部分组成，从庆阳市区供水管网陇东学院南门供水干管引接。输水管线采用 DN200 钢骨架 PE 复合管埋地敷设，全长 18.90km，全程自流。10.30km 管线地埋铺设，8.60km 管线穿越城镇、道路采用定向钻拉管穿越。

2）站外排水工程

站区采用雨污分流，站内雨水通过雨水收集系统收集后汇入站区东南侧站外排水管。站区排水沟及截水沟汇流均汇合至站区东南侧站外排水管。站外排水管管径 DN1800，长度 1500m，排水管材采用预应力钢筋混凝土管。排水口布置在天然沟道内，出水口设置雨水消力池。送端换流站站址主要技术指标详见下表。

表 2.1-2 送端换流站主要技术指标一览表

序号	名称	单位	数量	备注
1	站址用地面积	hm ²	78.62	永久占地面积 36.81hm ² ，临时占地 41.81hm ² 。
(1)	站区	hm ²	34.12	站区总征地面积 34.12hm ² ，其中围墙内占地面积 29.77hm ² ，围墙外边坡及排水设施面积 4.35hm ² 。
(2)	进站道路区	hm ²	2.19	进站道路从站址北侧 S318 省道引接，采用沥青混凝土硬化路面，道路长 1.06km，路面宽 8.0m，占地面积 2.19hm ² 。
(3)	外接电源工程区	hm ²	7.91	110kV 线路引自马坪 110kV 变电站，110kV 架空线路长度 20.15km（包含马坪 110kV 变电站间隔扩建）。占地面积 6.78hm ² 。 施工电源从 35kV 什社变电站引接，长度 9.20km，其中架空线路 7.90km，电缆线路 1.30km，占地面积 1.11hm ² 。
(4)	供排水工程区	hm ²	22.39	供水管线全长 18.90km，其中 10.30km 管线地埋铺设，8.60km 管线定向钻拉管穿越。占地面积 19.37hm ² 。 站外排水管管径 DN1800，长度 1.50km，占地面积 3.00hm ² 。
(5)	施工生产生活区	hm ²	8.52	1 处
(6)	临时堆土区	hm ²	3.48	1 处
2	场地自然标高	m	1238 ~ 1247	1985 国家高程基准。
3	站区设计标高	m	1241.60	1985 国家高程基准
4	送端换流站土石方（挖/填）	万 m ³	107.02 / 97.93	剩余表土 9.09 万 m ³ 用于 G309 线合水（老城）至西峰段工程弃渣场复垦、复绿。
5	站区围墙长度	m	2471	
6	站内总建筑面积	m ²	47867.36	
7	站内道路广场面积	hm ²	7.54	
8	站区绿化	hm ²	0.15	站前区绿化

2.1.2 送端接地极

(1) 地理位置

送端接地极极址位于甘肃省庆阳市宁县湘乐镇樊湾村。检修道路从极址南侧乡村道路引接，采用混凝土硬化路面，道路长 85m，路面宽 4.0m。

(2) 极址现状

标高确定为 59.55m。换流站挖方 38.34 万 m³，填方 59.32 万 m³，另需取土 20.98 万 m³ 用于换流站基础处理与场平填高，填方边坡长度 1850m，最大填方边坡高度为 1.95m。填方所需土方取自站址西南侧的朝阳庄村取土场。

站内排水采用雨污分流，冷却水主要为换流阀冷却排水与调相机冷却排水，为自来水反渗透处理过程中产生的排水，冷却排水排水量约为 65m³/h。冷却水通过站内水泵提升后，排至东平县东原路西侧拓思特仪表公司西侧市政污水管网接入点，总长度共计 21.40km。

站内雨水管道采用 DN200~DN1300 钢筋混凝土排水管，同时站内设置雨水井及检查井，共同构成了换流站雨水排水系统，站内雨水管总长 9000m；站外排水管设置 2 根 DN1500 钢筋混凝土排水管，长度 1350m。站区雨水排水管顺接至站外排水管排至站区东侧东金线河，雨水外排水口与河道相接处设八字浆砌石排水口。

（6）进站道路

进站道路从站址北侧进站，与站址北侧的已有道路五麻线相接，沥青混凝土路面，路面宽度 6.0m，进站道路总长 80m，按三级公路标准设计。

（7）外接电源工程区

站用电系统采用 3 回相互独立的可靠电源供电，其中 2 回为工作电源，1 回为备用电源。站用工作电源分别从站内 35kV 母线引接。站用备用电源从站外的安临 220kV 变电站 110kV 配电装置引接，外引电源的 110/10kV 站用变压器 10kV 侧采用电缆直接接入站用 10kV 系统。站外引接电源线路长度 18.20km，其中架空线路路径 17.40km、电缆敷设路径 0.80km。

（8）供排水工程区

送端换流站用水主要由生活用水、生产用水（主要为换流阀冷却用水）和消防用水三部分组成。

1）供水工程

供水管线从接山镇自来水供水主管道引接。输水管线采用 DN250 的钢骨架 PE 复合管埋地敷设，全长 7.50km，全程自流。供水工程区技术指标见下表。

表 2.1-3 供水工程区技术指标一览表

序号	项目	单位	数量
1	DN200 PE 给水管	m	7500
2	地埋施工方式	m	7500

序号	项目	单位	数量
3	排气井	座	7
4	泄水井	座	4
5	流量计井	座	2

2) 站外排水工程

站外工业冷却水排水采用 DN150PE 管材排水管，长度 21.40km，排入点为东平县东原路西侧的拓思特仪表公司西侧市政污水管网接入点。

站外排水管采用 DN1500 镀锌钢管排水管，长度 1350m，排入点为站址东侧东金线河，排水口设置八字浆砌石排水口。

(9) 还建工程

受端换流站建设过程中占用原有农耕路，需对占用道路进行还建，长度 1500m，道路采用水泥路面，路面宽为 2.5m，还建乡村道路占地面积 0.38hm²。该部分还建区由建设单位实施，纳入本方案项目建设区。

换流站建设过程中占用原有农田供水管线，需进行还建，长度 2520m。新建供水管线采用与现状管线相同材质，规格为 DN100mm。新建供水管线施工作业面按 8.0m 计，临时占地 2.02hm²。受端换流站站址主要技术指标见下表。

表 2.1-4 受端换流站主要技术指标一览表

序号	名称	单位	数量	备注
1	站址用地面积	hm ²	57.98	永久占地面积 21.91hm ² ，临时占地 36.07hm ² 。
(1)	站区	hm ²	21.25	(1) 包括围墙内用地面积 20.10hm ² ； (2) 围墙外其他用地面积 1.15hm ² 。
(2)	进站道路区	hm ²	0.19	进站道路与北侧五麻线顺接，长度 80m。
(3)	外接电源工程区	hm ²	1.48	(1) 站用电源施工占地 1.01hm ² ； (2) 施工电源占地 0.47hm ² 。
(4)	供排水工程区	hm ²	19.44	(1) 供水管线采用 DN300 球墨铸铁管，长度 7.50km。 (2) 工业冷却水接入市政污水管网，长度 21.40km。 (3) 站外雨水排水管采用 DN1500 镀锌钢管，排入站址东侧河道东金线河，长度 1.35km。
(5)	施工生产生活区	hm ²	5.58	布置在站区北侧与五麻线道路中间区域，占地 5.58hm ² 。
(6)	临时堆土区	hm ²	2.00	1 处，堆放受端换流站表土
(7)	取土场		5.55	1 处，取土量 20.98 万 m ³ 。

主要设备区域，极址中心设备区围墙内面积 16m×23m，围墙内放置接地极线路终端塔、阻断电容、阻断电抗以及导流管母等。

2.1.5 线路工程

2.1.5.1 线路路径方案

(1) ±800kV 特高压直流线路

陇东～山东±800kV 特高压直流线路工程起自送端换流站，止于受端换流站，线路全长 933.9km，途经甘肃省、陕西省、山西省、河北省、山东省 5 个省级行政区，全线共有两处大跨越，分别为陕西延安黄河大跨越、山东聊城黄河大跨越。各省（直辖市）路径方案描述如下：

1) 甘肃境内路径方案

线路从送端换流站向西北出线，向北出线后右转，避让东晟牧业养殖区和教育部野外科学观测研究站，跨越 S318、S507 省道后左转继续向东北方向走线。跨越马莲河、G69（银百高速）、110kV 西合二回线、110kV 西合一回线、110kV 合华线后，经路家咀跨越 G211 国道、庄二联输油管线后右转避让钻井平台后穿越王家河水源二级保护区，走线至王家河村西南，线路右转进入子午岭省级自然保护区向东走线，跨越秦直道，避让子午岭保护区观光塔后左转跨越 G22 青兰高速、G309 国道、跨越±800kV 天中线后右转，继续平行±800kV 天中线向东方向走线，穿越夏家沟省级森林公园，经白家沟后走线至陕西省。

甘肃境内方案线路长度约为 109.2km，途经甘肃省庆阳市西峰区、合水县，1 个地（市）行政区，2 个县（区）行政区。

2) 陕西境内路径方案

线路进入陕西境内后，于±800kV 天中线北侧由西向东走线，穿越子午岭国家森林公园（和尚塬片区），在王长寺附近跨越秦直道，后继续向东，经碾集、天生桥、赵家台、凉水泉，穿越子午岭国家森林公园（任家台片区、岔口片区），于水泉岭转向东北，进入甘泉县境内。继续向东北走线，穿越陕西劳山国家森林公园。后向东走线至剪子岔跨越 G65 包茂高速、750kV 夏道 I、II 线，至拱桥沟避让府村川水库（在建）后向东偏南走线，跨越 110kV 现甘线，于纸坊村东侧跨越拟建延西高铁（隧道）、包西铁路、西延铁路、北洛河、110kV 富甘线、110kV 富牵线、洛川-延安 330kV I 线及 II 线、750kV 洛川~榆横双回线，继续向东走线，再次进入富县境内。线路继续向东走线，穿越富县北

部牛武北煤矿普查区，于梨树窰子跨越延西高速，后继续向东跨越 $\pm 800\text{kV}$ 灵绍线向东走线至富县王家沟北侧。沿梨树窰子沟向东走线，在西牛家沟向东北方向走线与陕北-关中 750kV 三通道古贤-洛川线并行，在后钟楼寺分别跨越陕北-关中 750kV 三通道古贤-洛川、古贤-西安东 II 回和古贤-西安东 I 回，避让钟楼寺水库水源地二级保护区之后向东北方并行古贤-西安东 I 回走线，在岷岷村东北侧分档跨越 330kV 壶豆牵和 330kV 壶肤线，之后至李树畔村继续向东北方向走线，跨越 110kV 肤壶 I 线，之后在新窰科北侧先后跨越 G6521 榆兰高速和 S303 省道，在白家塬北侧跨越 S251 省道，之后线路向东北方向经过上太头、黄家梁、曹家河、下德夫村、张家坪、英儿村，在林业队村南跨越 S201 沿黄观光公路，之后继续向东北方向走线至寨谷山跨越延河至刘家山，之后继续向东北方向走线经过天尽头村，跨过古贤水利枢纽的黄河库区，到达山西省。

延安黄河大跨越段线路基本为东西走向，西岸跨越点位于陕西省延安市延长县雷赤镇，东岸位于山西省临汾市大宁县徐家垛乡，陕西省延安市延长县跨越段线路长约 1.397km 。

陕西省境内方案线路长度约为 178.1km ，途经陕西省延安市富县、甘泉县、宜川县、宝塔区、延长县，1 个地（市）行政区，5 个区（县）级行政区。线路在陕西省境内全线均为山丘地貌。

3) 山西境内路径方案

线路自临汾市大宁县太古镇后腰村北侧陕晋省界进入山西省，向东走线，后向东跨过 $\pm 800\text{kV}$ 陕武线、G59 呼北高速、G209 国道，经过下则头村南侧后先后跨过跨 500 千伏吕孟 I 线、 220 千伏孟德 I、II 线、 500 千伏吕孟 II 线后继续向东前行，跨越 X572 县道、经过 G520 国道、瓦日铁路（隧道），后转向东北，先后穿越山西煤炭运销集团蒲县昊兴塬煤业有限公司矿区、山西汾河焦煤股份有限公司三交河煤矿区，到达蒲县和洪洞县的县界。

按两个单极进入洪洞县境内，穿越山西汾河焦煤股份有限公司三交河煤矿和山西煤炭进出口集团洪洞陆成煤业，走出矿区后，在罗云坪南侧合并为双极走线，线路向东北，跨越 110kV 程罗线后在三峪村附近右转，向东南跨越 110kV 和罗线，向东北跨越 220kV 寺罗 I 线，从下张端附近跨越 S328 省道后，右转向东跨越 220kV 寺罗 II 线，在瓜角附近左转，在师庄村北大角度右转，先后跨越 G108 国道、山西洪洞汾河国家湿地公园、同蒲铁路，在桥西村附近右转向南，跨越 220kV 唐明 I、II 回，在四桥村西侧大角度左

转，向东先后跨越 220kV 霍明 I、II 线、220kV 唐明 II 线、京昆高速、大西高铁、平遥-临汾输气管道，在崔家凹南侧右转，向东南跨越 220kV 霍明 I、II 回线路、古县-霍州 220kV 线路，在井子峪北先后跨越霍临 II 回 500kV 线路、霍临 I 回 500kV 线路，穿越霍泉 II 级水源地，向东进入古县。线路向东在晋豫焦化厂和世厚重建公司之间穿越了润河工业园，继续向东跨越 220kV 如乐线，进入安泽县境内。线路向东跨越待建安泽-唐城 220kV 线路，向东先后跨越 110kV 永北线、在建永鑫铁路、G241 国道，在罗云村附近跨越沁河特有鱼类国家级水产种质资源保护区核心区，在大仗沟附近进入沁源县境内。线路向东北方向，在沟口附近跨越安泽-沁源输气管道，在柳湾村附近跨越 G341 国道，进入屯留区境内。

在张店镇东西走向途经柳树庄村、河西村、郭家庄进入吾元镇。在吾元镇东北走向途经煤窑沟村，在煤窑沟村南侧穿越屯留吾元光伏场区后，左转向东北走线，经过罗村、北庄沟村、西岭村、三交村、东坡村、甘草滩村，向东北进入襄垣县。在东沟庄村东侧跨越 500kV 榆久 I 线，继续向东北方向走线，在大平村西侧一档跨越三漳省级湿地公园、208 国道、太焦铁路、500kV 榆久 II 线，之后向东北方向走线。在北赵家岭村分为南北两单极线路向东通过煤矿开采区，北部单极段在北赵家岭村跨越在建黎霍高速后，向东进入韩家沟村，在韩家沟村跨越太长高速后，向东进入善福镇过七里脚村；南部单极段向东跨越太长高速后，向东跨越在建黎霍高速。在上三村两单极段合并为双极线路工程，向东在土合村跨越太郑铁路隧道后，向东南在东宁静村再次跨越三漳省级湿地公园后向南平行±800kV 昭沂线走线，在黄岩村跨越左潞线 I、II 回 500kV 线路工程、襄垣县 80MW 平价光伏发电项目场区和在建黎霍高速后，向东南经过红星村进入潞城区。在安乐村西南侧穿越治潞城市合室 9MW 风电项目，之后在曹庄村连续跨越青兰高速公路 2 次，向东穿越长治潞城市黄牛蹄一期 50MW 风电项目，继续向东在续村岭村跨越邯长铁路（隧道）、207 国道后和 308 国道后，在古城村南侧左转平行已建 500kV 潞辛 II 线向东北方向走线，穿越辛安泉域重点保护区，后进入黎城县境内。由黎城县向东进入平顺县。自北耽车乡自西向东走线连续跨越 500kV 潞辛 II 线和 500kV 潞辛 I 线，继续向东进入河北省境内。

延安黄河大跨越段线路基本为东西走向，西岸跨越点位于陕西省延安市延长县雷赤镇，东岸位于山西省临汾市大宁县徐家垛乡，山西省临汾市大宁县境内跨越段线路长约 1.578km，共立塔 2 基。

山西省境内方案线路总长度约为 334.9km，其中 19.1km 过矿区需拆分为两个单极线路架设，其余按双极架设。途经山西省临汾市大宁县、蒲县、洪洞县、古县、安泽县，长治市沁源县、屯留区、襄垣县、潞城区、黎城县、平顺县，2 个地（市）行政区，11 个区（县）级行政区。线路在山西省境内全线均为山丘地貌。

4) 河北境内路径方案

线路从晋冀省界（山西段接头点）起，沿已建伊克昭～沂南±800kV 特高压直流线路南侧避让大寨山遗址后向东走线，先后跨越 G234 国道、S202 省道、清漳河和 S75 太行山高速公路，左转利用地形钻越已建伊克昭-沂南±800kV 特高压直流线路进入磁县境内，右转沿已建±800kV 昭沂线北侧向东走线，经上寨村至都党乡三合村，右转进入峰峰矿区境内，继续向东跨越 S222 省道后，进入冀中能源峰峰集团的采矿区，继续向东避让规划的峰峰工业园，经前河庄村、南大峪村后再次进入磁县境内，后继续向东依次跨越已建磁县～申家庄 110kV 线路、留旺～申家庄 110kV II 回线、冀中能源峰峰集团有限公司运煤专线、磁县～鼓山 110kV 线路、磁县～申家庄 110kV 线路、磁县 T 接留旺～彭城 110kV 线路、留旺～时村营 110kV VII 回线路、磁县～时村营 110kV 线路、留旺～磁县 220kV VII 回线路、南水北调干线后，继续向东经湾章营村、大冢营村，跨越 G107 国道、京广铁路，后在三里屯村东南侧依次跨越磁县～侯召 110kV 线路、侯召～漳河园 110kV 线路、京港澳高速公路、官路～磁县 220kV VI、II 回线路后进入临漳县境内，继续向东在陈家小庄村西南侧连续跨越柴曲～姚庄牵引站 220kV 线路、肖城～姚庄牵引站 220kV 线路、官路～柴曲 220kV 线路后，右转跨越京广高铁后继续向东南走线，经高夹河村、西宋村，穿越邺城遗址二类建控区，在张家村西侧跨越官路～洹安 500kV 线路，继续向东走线，在前野郭村附近跨越肖城～柳园 110kV 线路、肖城～贾口 110kV 线路后，继续向东在东申村附近跨越柴曲～柳园 110kV 线路、S212 省道、柴曲～临漳 110kV 线路、官路～柴曲 220kV 线路后，继续向东，经梁村、李谷驼、牛谷驼村后至临漳县与魏县县界西坡头村北侧向东走线。避让北皋北街村现状和规划范围，沿漳河西侧并行至连户村，右转跨越漳河，跨越河道后继续转向东走线，避让西朱村、安乐村，在野庄村北侧跨越 G230 国道。线路在付夹河村南侧跨越从峰线，避让道路两侧房屋，随后继续向东至西高庄村北侧跨越 G45 大广高速。跨越高速后向东至李九牌村南侧，跨越卫运河。随后连续避让石槽坊村庄、G106 两侧房屋、国防光缆和燃气管线。跨越 G106 后进入规划大名机场净空范围，沿省界走线，至曹仁村南侧后继续向东走线。跨越东北线公路，

在大龙村北侧跨越邢台特高压-曹州 1000kV 线路，避让大名荣光风场风机，至邱庄村南转向东北，在束馆镇北侧避让房屋、养殖场后向东南跨越马颊河，随后向北跨越雁门关—淮安±800kV 线路，继续向东至冀鲁省界。

河北境内线路长度约 178.5km，途经河北省邯郸市涉县、磁县、峰峰矿区、临漳县、魏县、大名县，1 个地（市）行政区，6 个区（县）级行政区。线路在河北境内平原区占 65.8%，其他为山丘区。

5) 山东境内路径方案

山东境内线路整体呈东西走向，线路自聊城市莘县董杜庄镇冀鲁省界接头点进入山东省境内，经莘县董杜庄镇南、妹冢镇北，跨越在建郑济高铁，经十八里铺镇南、徐庄镇北，跨越德上高速公路，向东进入阳谷县境内。经阳谷县西湖镇南、高庙王镇北、博济桥街道南，跨越京九铁路，经寿张镇北、十五里园镇北，跨越在建京雄商高铁，经张秋镇北、阿城镇南，进入东阿县境内。经东阿县刘集镇南、姜楼镇南、鱼山镇北，在鱼山镇东跨越黄河，进入济南市平阴县境内。经平阴县东阿镇北、孔村镇南、孝直镇北，跨越济广高速，后向东进入肥城市境内，经桃源镇西、王庄镇西，进入东平县境内，经大羊镇东，在接山镇北接入受端换流站。

聊城黄河大跨越段线路呈西北东南走向，左岸跨越点位于山东省聊城市东阿县鱼山镇北城村北侧杨树林中，右岸位于济南市平阴县东阿镇苏桥新村北侧农田中，跨越段线路长约 2.806km。

山东境内线路长度约为 133.2km，途经山东省聊城市莘县、阳谷县、东阿县，济南市平阴县，泰安市肥城市、东平县，3 个地（市）行政区，6 个区（县）级行政区。线路在山东境内平原区占 88.0%，其他为山丘区。

(2) 接地极线路

1) 送端接地极线路

送端接地极线路长 29.2km，途经甘肃省庆阳市西峰区、合水县、宁县，共计 1 个地级市行政区、3 个县级行政区。

线路自送端换流站出线后，并行陇东-山东±800kV 线路工程走线，向东北方向避让草地农业生态系统国家重点实验室定位研究所后，线路经任岭村东南侧与陇东-山东±800kV 线路工程分开转向东南，至周家上咀北侧，线路向东方向，经白上班、堡子、夏家畔、王家咀至官庄村，线路跨越在建银百高速公路后和西合公路后继续向东方向，

经杨洼进入合水县境内，线路经石家峁子后进入宁县境内，线路经北咀、北头上崖至辛家沟圈，线路跨越 Y033 公路后接入樊湾村接地极。

2) 受端接地极线路

受端接地极线路全长 67.8km，其中换流站分支塔-东阿县安平店村北侧段为与特高压直流共塔架设，长约 55.3km，换流站-换流站分支塔、东阿县安平店村北侧-新丰村极址段为单独架设段，长约 12.5km。

接地极线路自泰安市东平县林马庄站址向北出线，而后右拐向北走线，经后郑庄西，跨越拟建泰东高速，经草寺村东、尚西村西、东孔村东，跨越 S243 省道至演北村东侧，线路在演北村东侧右转向北东白庄村东北侧，线路在东白庄村东北侧左转向西北经柳滩村南，跨越 220kV 石佛线、汇河、220kV 佛钢线，经东辛庄北，跨越 G105 省道、G35 济广高速至黄坡村东侧，线路右转再左转，经安子山村北、花石崖村南，跨越 G220 国道，经乔楼村南，跨越南水北调济平干渠，经白塔村北向西跨越黄河出济南市平阴县进入聊城市东阿县。

线路跨越黄河进入聊城市东阿县境内，在西旧城村北左转，跨越旧城干渠向西走线，跨越赵牛新河，经侯庄南，跨越牛贩子沟、规划东阿-阳谷高速公路，经赵洼村北至安平店村北，接地极线路在安平店村北同直流线路分开向西北走线至张集村西南侧，线路右转向北走线至周庄村东北，线路左转向西走线经沙提子村北、万庄村南、位山灌区西沉沙池 1+5 条池至齐庄村东，线路右转向北接入新丰村极址。

(3) 迁改线路

1) 甘肃省

①110kV 西合I回线路

本线路在甘肃省庆阳市合水县段家咀附近跨越 110kV 西合I回线路，本方案拟拆除原 110kV 西合I回线路 2 基旧塔，拆除长度 0.3km，还建线路长度 0.4km，共需要建 3 基铁塔。改造线路路径详见图 2.1-5。拆除杆塔占地纳入塔基区施工场地考虑，不单独计列。110kV 西合I回线路迁改线路路径见图 2.1-5。

铁塔 2 基。220kV 霍明I、II回线迁改路径见图 2.1-7。

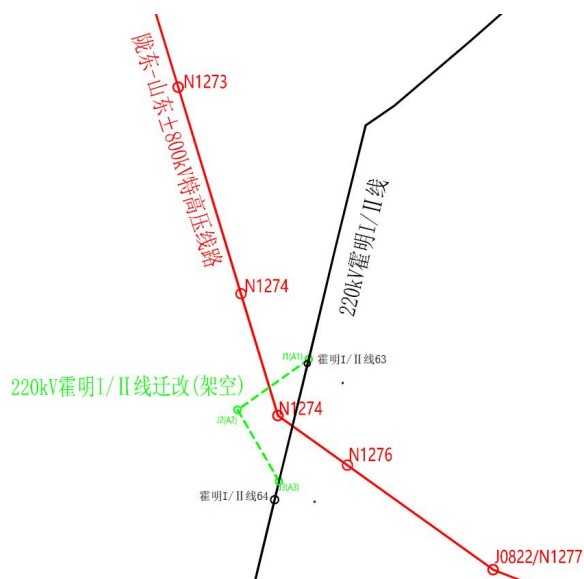


图 2.1-7 220kV 霍明I回线迁改路径图

②500kV 霍临I回线

本线路在洪洞县境内跨越的 500kV 霍临I、II回线不能同时停电，为满足分段停电跨越要求，需改造其中一回线路。改造I回线，新建线路 0.9km，铁塔 4 基。拆除线路 0.6km，铁塔 2 基。500kV 霍临I回线迁改路径见图 2.1-8。

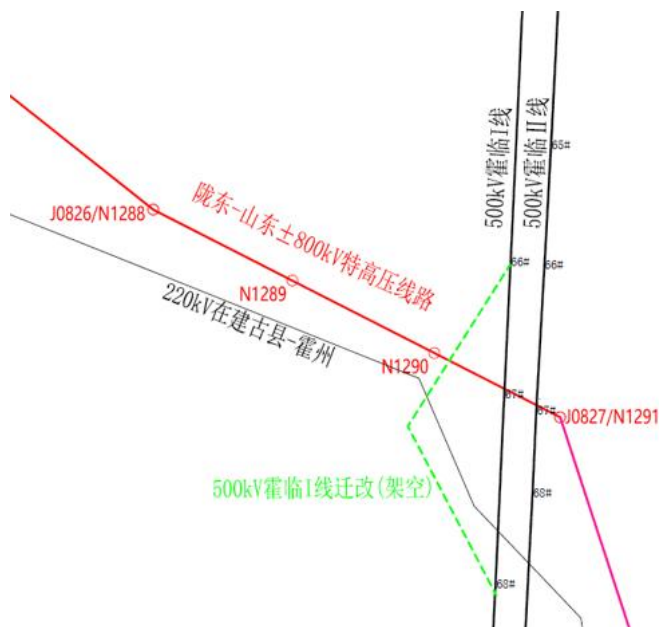


图 2.1-8 500kV 霍临I回线迁改路径图

③220kV 永乐～安泽（唐城）I回线

本线路在安泽县境内跨越的永乐～安泽（唐城）I、II回线不能同时停电，为满足分

段停电跨越要求，需改造其中一回线路。改造I回线，新建线路 2.2km，铁塔 5 基。拆除线路 1km，铁塔 4 基。220kV 永乐～安泽（唐城）I回线迁改路径见图 2.1-9。

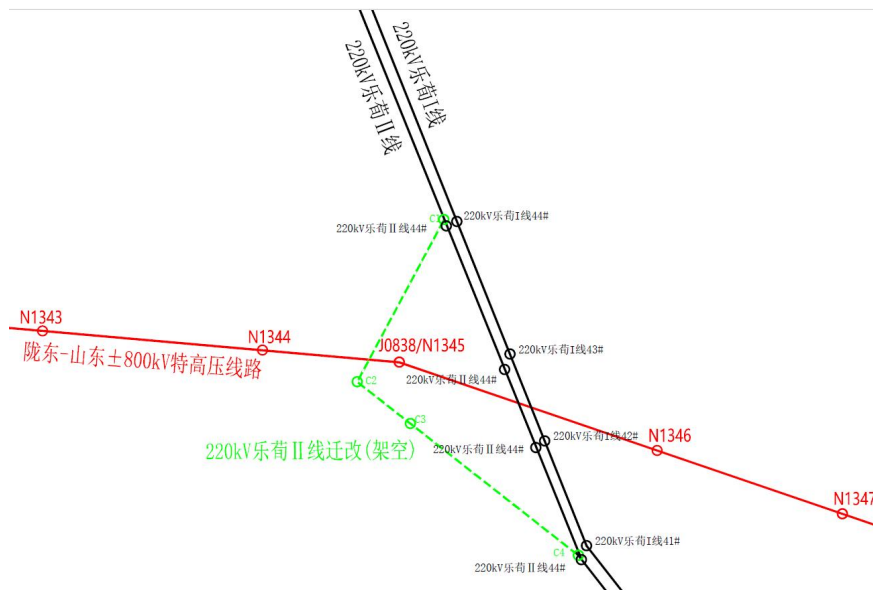


图 2.1-9 220kV 永乐～安泽（唐城）I回线迁改路径图

2.1.5.2 线路长度、地形及杆塔数量

本工程直流线路路径总长 933.9km，其中山丘区线路路径长度 687.9km，平原区线路路径 246.1km。直流线路共新建杆塔 1755 基。

接地极线路总长 97.0km，其中送端接地极线路 29.2km，均为单独立塔架设；受端接地极线路 67.8km，与直流主线同塔架设 55.3km，单独立塔架设 12.5km。接地极线路新建杆塔共计 133 基。

迁改线路总长为 6.1km，新建杆塔 19 基。

线路工程沿线各行政区域内线路长度、地形及杆塔情况详见下表。

表 2.1-5 沿线各市（县、区）路径分段长度及杆塔分布表

行政区	线路长度（km）			塔基数量（基）				
	山丘区	平原区	合计	山丘区		平原区		合计
				直线塔	转角、耐张及跨越塔	直线塔	转角、耐张及跨越塔	
一、直流线路工程	681.6	245.2	926.8	881	344	387	143	1755
1.1、甘肃省	94.1	14.0	108.1	86	42	34	20	182
庆阳市	94.1	14.0	108.1	86	42	34	20	182
西峰区	3.5	4.6	8.1	1	1	6	6	14
合水县	90.6	9.4	100.0	85	41	28	14	168
1.2、陕西省	174.5		174.5	215	99			314
延安市	174.5		174.5	215	99			314
富县	61.0		61.0	70	36			106
甘泉县	34.3		34.3	38	25			63
宜川县	33.7		33.7	48	16			64
宝塔区	16.5		16.5	20	10			30
延长县	29.1		29.1	39	12			51
1.3、山西省	334.878		334.878	490	155			645
临汾市	183.5		183.5	261	83			344
大宁县	36		36	52	18			70
蒲县	48		48	71	21			92
洪洞县	56.7		56.7	70	34			104
古县	11.2		11.2	17	3			20
安泽县	31.6		31.6	51	7			58
长治市	149.8		149.8	229	72			301
沁源县	13.8		13.8	26	3			29
屯留区	26.7		26.7	42	8			50
襄垣县	60.5		60.5	96	36			132

2. 项目概况

行政区	线路长度 (km)			塔基数量 (基)				
	山丘区	平原区	合计	山丘区		平原区		合计
				直线塔	转角、耐张及跨越塔	直线塔	转角、耐张及跨越塔	
潞城区	14.9		14.9	23	8			31
黎城县	13.8		13.8	13	3			16
平顺县	20.1		20.1	29	14			43
1.4、河北省	63.7	114.8	178.5	68	40	179	57	344
邯郸市	63.7	114.8	178.5	68	40	179	57	344
涉县	18.8		18.8	17	16	0	0	33
磁县	30.1	8.3	38.4	30	14	17	10	71
峰峰矿区	14.8		14.8	21	10			31
临漳县		31.5	31.5			44	17	61
魏县		36.2	36.2			57	12	69
大名县		38.8	38.8			61	18	79
1.5、山东省	15.9	116.5	132.4	22	8	174	66	270
聊城市		87.3	87.3			129	47	176
莘县		19.9	19.9			30	10	40
阳谷县		43.0	43.0			66	24	90
东阿县		24.4	24.4			33	13	46
济南市	15.9	12.7	28.6	22	8	22	5	57
平阴县	15.9	12.7	28.6	22	8	22	5	57
泰安市		16.4	16.4			23	14	37
肥城市		11.4	11.4			17	9	26
东平县		5.0	5.0			6	5	11
二、接地极线路	19.5	22.2	41.7	38	16	55	24	133
2.1、甘肃省	19.5	9.7	29.2	38	16	24	14	92
庆阳市	19.5	9.7	29.2	38	16	24	14	92
西峰区		4.2	4.2			12	9	21

2. 项目概况

行政区	线路长度 (km)			塔基数量 (基)				
	山丘区	平原区	合计	山丘区		平原区		合计
				直线塔	转角、耐张及跨越塔	直线塔	转角、耐张及跨越塔	
合水县	2.7		2.7	7	1			8
宁县	16.8	5.5	22.3	31	15	12	5	63
2.2、山东省		12.5	12.5			31	10	41
聊城市		12.2	12.2			31	9	40
阳谷县		1.7	1.7			2	3	5
东阿县		10.5	10.5			29	6	35
泰安市		0.4	0.4				1	1
东平县		0.4	0.4				1	1
三、迁改线路	5.7	0.4	6.1	2	14		3	19
3.1、甘肃省		0.4	0.4				3	3
庆阳市		0.4	0.4				3	3
合水县		0.4	0.4				3	3
3.2、陕西省	1.7		1.7		4			4
延安市	1.7		1.7		4			4
甘泉县	1.7		1.7		4			4
3.3、山西省	4.0		4.0	2	10			12
临汾市	4.0		4.0	2	10			12
洪洞县	1.8		1.8	1	6			7
安泽县	2.2		2.2	1	4			5
四、合计	706.8	267.8	974.5	921	374	442	170	1907

2.1.5.3 杆塔型式

本工程线路工程杆塔型式均为自立铁塔，包括直线塔，转角塔、耐张和跨越塔。塔基永久占地按照杆塔根开（考虑双回路杆塔主柱宽度）外扩 1m 计列，塔基临时施工场地按照山丘区杆塔根开外扩 14m 范围扣除永久占地计列，平原区按杆塔根开外扩 20m 范围扣除永久占地计列。本工程±800kV 直流线路工程使用杆塔型式及占地面积详见下表，各省杆塔占地面积详细情况详见附表 2-1。

表 2.1-6 $\pm 800\text{kV}$ 直流线路工程使用杆塔型式及占地面积范围表

项目名称	山丘区				平原区			
	双极架设（一般线路）		双极架设（大跨线路）		双极架设（一般线路）		双极架设（大跨线路）	
	直线塔	耐张、转角及跨越塔	直线塔	耐张、转角及跨越塔	直线塔	耐张、转角及跨越塔	直线塔	耐张、转角及跨越塔
一、甘肃省								
1、永久占地								
基础根开（m）	9.9 ~ 19.5	13.8 ~ 19.1			10.5 ~ 17.7	13.3 ~ 18.5		
塔基永久占地面积（m ² ）	142 ~ 464	250 ~ 444			155 ~ 388	235 ~ 420		
2、塔基施工场地（m ² ）	417 ~ 661	524 ~ 649			772 ~ 1033	876 ~ 1062		
二、陕西省								
1、永久占地								
基础根开（m）	7.8 ~ 20.7	9.5 ~ 22.5	20 ~ 25	20 ~ 32				
塔基永久占地面积（m ² ）	96 ~ 515	132 ~ 600	484 ~ 729	484 ~ 1156				
2、塔基施工场地（m ² ）	379 ~ 689	420 ~ 732	672 ~ 792	672 ~ 960				
三、山西省								
1、永久占地								
基础根开（m）	9.0 ~ 24.8	11.1 ~ 19.9	20 ~ 25	20 ~ 32				
塔基永久占地面积（m ² ）	120 ~ 718	172 ~ 480	484 ~ 729	484 ~ 1156				
2、塔基施工场地（m ² ）	407 ~ 787	458 ~ 670	672 ~ 792	672 ~ 960				
四、河北省								
1、永久占地								
基础根开（m）	9.9 ~ 21.5	13.0 ~ 19.1			6.9 ~ 30.1	10.5 ~ 19.7		
塔基永久占地面积（m ² ）	140 ~ 552	224 ~ 445			80 ~ 1030	156 ~ 471		
2、塔基施工场地（m ² ）	428 ~ 708	503 ~ 650			646 ~ 1480	774 ~ 1106		
五、山东省								
1、永久占地								
基础根开（m）	12.2 ~ 21.8	15.3 ~ 24.7			9.2 ~ 32.0	11.2 ~ 24.8	57.8 ~ 63.9	16.7 ~ 21.2
塔基永久占地面积（m ² ）	200 ~ 567	299 ~ 711			126 ~ 1153	175 ~ 719	3571 ~ 4346	350 ~ 538
2、塔基施工场地（m ² ）	484 ~ 715	559 ~ 784			729 ~ 1547	800 ~ 12890	2475 ~ 2697	99811.16 ~ 1159

表 2.1-7 接地极线路使用杆塔型式及占地面积范围表

项目名称	山丘区		平原区	
	直线塔	耐张、转角及跨越塔	直线塔	耐张、转角及跨越塔
一、甘肃省				
1、永久占地				
基础根开 (m)	6 ~ 10.5	6 ~ 13	6 ~ 10.5	6 ~ 13
塔基永久占地面积 (m ²)	64 ~ 156	64 ~ 225	64 ~ 156	64 ~ 225
2、塔基施工场地 (m ²)	336 ~ 444	336 ~ 504	612 ~ 774	612 ~ 864
二、山东省				
1、永久占地				
基础根开 (m)			4.7 ~ 10.2	5.1 ~ 14.1
塔基永久占地面积 (m ²)			45 ~ 149	50 ~ 259
2、塔基施工场地 (m ²)			565 ~ 763	580 ~ 904

表 2.1-8 迁改线路使用杆塔型式及占地面积统计表

项目名称	平原区 (110kV)	山丘区 (750kV)	山丘区 (500kV)		山丘区 (220kV)	
	耐张、转角及跨越塔	耐张、转角及跨越塔	直线塔	耐张、转角及跨越塔	直线塔	耐张、转角及跨越塔
一、甘肃省						
1、永久占地						
基础根开 (m)	3.7 ~ 8.4					
塔基永久占地面积 (m ²)	33 ~ 109					
2、塔基施工场地 (m ²)	530 ~ 700					
二、陕西省						
1、永久占地						
基础根开 (m)		16.0 ~ 21.2				
塔基永久占地面积 (m ²)		323 ~ 540				
2、塔基施工场地 (m ²)		576 ~ 702				
三、山西省						
1、永久占地						
基础根开 (m)			6.6	10.7 ~ 12.8	6.5	10.3 ~ 11.2
塔基永久占地面积 (m ²)			73	161 ~ 220	73	152 ~ 174
2、塔基施工场地 (m ²)			349	449 ~ 500	349	440 ~ 461

2.1.5.4 基础结构型式

根据线路工程沿线的地质条件、水文情况及各型塔基础作用力的特点，同时按照减少土石方量、减少水土流失的原则，本工程主要采用全掏挖基础、人工挖孔桩基础、板式基础、岩石嵌固基础、岩石锚杆基础和灌注桩基础，本工程线路使用的基础型式及适用范围一览表见下表，输电线路工程位于山丘区的基础全部采用不等高基础结构设计。

电线路基础型式、尺寸及土石方量一览表详见下表。

表 2.1-9 基础型式及适用范围一览表

序号	基础型式	基础特点	适用地区
1	全掏挖基础	在基坑施工可成型的情况下，开挖基坑时不扰动原状土，避免大开挖后再填土。基础承受上拔荷载时，原状土的内摩擦角和凝聚力得以充分发挥作用。全线广泛使用全掏挖基础。	适用于在无地下水的硬塑粘性土地基及强风化破碎岩石或全风化岩石地基（基坑能够掏挖成形）
2	人工挖孔桩基础	以人工开挖机孔并采用钢筋混凝土护壁进行支撑保护，浇筑基础，施工操作简单，占地面积小，土石方开挖量小，弃土量较少，对环境影响较小，工程造价较低。	适用于无地下水或地下水较少的黏土、粉质黏土，含少量的砂、砂卵石、浆结石的黏层
3	斜柱板式基础	基础主柱坡度与塔腿主材坡度一致，使得基础水平力对基础底板的影响降至最低。与柔性大板基础相比，由下压稳定控制的基础底板尺寸可相应减小，降低了混凝土量和底板配筋量。	适用于山丘区地质条件差、地基承载力低的塔位。
4	岩石锚杆基础	以细石混凝土和锚杆灌注于钻凿成型的岩孔内的锚杆基础，具有开挖量少、节省混凝土、工程造价低的优越性	岩石锚杆基础适用于直接建在基岩上的柱基，以及承受拉力或水平力较大的塔位
5	岩石嵌固基础	使基础底部嵌固于基岩中，充分利用岩石的抗剪性能，以达到提高基础抗拔能力的目的。该基础具有适用范围广、工程量小、材料消耗低、施工方便等优点，在以往设计的线路工程中已大量使用，具有成熟的设计、施工、运行经验。	在强风化硬质岩石及中风化岩石地基上的所有直线塔及耐张转角塔推荐采用岩石嵌固式基础。
6	灌注桩基础	钻孔灌注桩是一种深基础型式，安全系数高，不会产生不均匀沉降，可以避免地震砂土液化问题，施工土方量小，机械化程度高，但施工费用相对较高。	主要用于砂土类地基或地下水位较浅且地基承载力较差以及受洪水影响的塔位。

表 2.1-10 ±800kV 直流线路工程基础型式、尺寸及土石方量一览表

行 政 区	主要技术指标		基础型式						
			全掏挖基础	人工挖孔桩基础	板式基础	岩石锚杆基础	岩石嵌固基础	灌注桩基础 （不含大跨越）	灌注桩基础 （大跨越）
甘 肃	底宽/桩径（m）			1.0 ~ 2.6				2.2	
	埋深（m）			7.5 ~ 31.5				28.0 ~ 29.0	
	山丘区	挖方（m³）		9.36 ~ 76.46				108.34 ~ 110.24	
		填方（m³）		9.36 ~ 76.46				108.34 ~ 110.24	
		利用方（m³）		9.36 ~ 76.46				108.34 ~ 110.24	
		基础数（基）		128				1	
	平原区	挖方（m³）		9.82 ~ 110.24					
		填方（m³）		9.82 ~ 110.24					
		利用方（m³）		9.82 ~ 110.24					
		基础数（基）		53					
陕 西	底宽/桩径（m）		1.8/1 ~ 4/3	1 ~ 2.6					1 ~ 1.2
	埋深（m）		8 ~ 15	7 ~ 16					20 ~ 43
	山丘区	挖方（m³）	11.5 ~ 132.5	16 ~ 110					389.3 ~ 813.9
		填方（m³）							75.3 ~ 108.5
		利用方（m³）	11.5 ~ 132.5	16 ~ 110					314 ~ 705.4
		基础数（基）	156	161					2
山 西	底宽/桩径（m）			1.0 ~ 2.6	4 ~ 9.7	1 ~ 4.8	1.2 ~ 1.6	1.7 ~ 2.0	1 ~ 12
	埋深（m）			5.9 ~ 26.0	3.9 ~ 6.7	1 ~ 4.8	7.8 ~ 10.8	10.8 ~ 10	25 ~ 39
	山丘区	挖方（m³）		4.7 ~ 340	97.3 ~ 5925.2	6 ~ 150.3	14.6 ~ 33	25 ~ 53.9	301.2 ~ 434
		填方（m³）			77.8 ~ 5811.5	4 ~ 128.3			
		利用方（m³）		4.7 ~ 340	14.8 ~ 113.7	2 ~ 22	14.6 ~ 33	25 ~ 53.9	301.2 ~ 434

2. 项目概况

行 政 区	主要技术指标		基础型式						
			全掏挖基础	人工挖孔桩基础	板式基础	岩石锚杆基础	岩石嵌固基础	灌注桩基础 (不含大跨越)	灌注桩基础 (大跨越)
		基础数 (基)		473	123	22	21	4	2
河北	底宽/桩径 (m)			1 ~ 2.6	1.2 ~ 1.6	1.4		1 ~ 2	
	埋深 (m)			6 ~ 16	3.2 ~ 4.8	6.5		11 ~ 36	
	山丘区	挖方 (m ³)		6.9 ~ 94.86	217.8 ~ 599.5	11.58			
		填方 (m ³)			198 ~ 545				
		利用方 (m ³)		6.9 ~ 94.86		11.58			
		基础数 (基)		88	16	4			
	平原区	挖方 (m ³)						8.77 ~ 120	
		填方 (m ³)						8.77 ~ 120	
		利用方 (m ³)						8.77 ~ 120	
		基础数 (基)						236	
山东	底宽/桩径 (m)			1.2 ~ 1.4	4.1 ~ 7.8			0.8 ~ 2.0	0.80 ~ 1.40
	埋深 (m)			8.0 ~ 12.5	3.4 ~ 5.0			10.5 ~ 42.50	20 ~ 42.50
	山丘区	挖方 (m ³)		10.49 ~ 13.32	364 ~ 404			10.61 ~ 86.40	
		填方 (m ³)			323.5 ~ 355.09			10.61 ~ 86.40	
		利用方 (m ³)		10.49 ~ 13.32	40.5 ~ 48.91			10.61 ~ 86.40	
		基础数 (基)		9	2			9	
	平原区	挖方 (m ³)			105 ~ 456			9.43 ~ 3229.21	2265.27 ~ 3229.21
		填方 (m ³)			94.05 ~ 391.74			41.8 ~ 292.01	84.32 ~ 292.01
		利用方 (m ³)			10.95 ~ 64.26			9.43 ~ 2937.20	180.95 ~ 2937.20
		基础数 (基)			24			218	4

表 2.1-11 接地极线路使用基础型式、尺寸及土石方量一览表

行政区	主要技术指标		基础型式		
			人工挖孔基础	板式基础	灌注桩基础
甘肃省	底宽/桩径 (m)		1	3.6 ~ 4.8	
	埋深 (m)		6 ~ 12	3.5 ~ 4.5	
	山丘区	挖方 (m ³)	4.7 ~ 9.4		
		利用方 (m ³)	4.7 ~ 9.4		
		基础数 (基)	55		
	平原区	挖方 (m ³)		50 ~ 105	
		填方 (m ³)		42 ~ 90	
		利用方 (m ³)		8 ~ 15	
		基础数 (基)		12	
山东省	底宽/桩径 (m)				5.7 ~ 22.0
	埋深 (m)				0.6 ~ 1.0
	平原区	挖方 (m ³)			6.8 ~ 65.96
		填方 (m ³)			6.8 ~ 65.96
		基础数 (基)			6.8 ~ 65.96

表 2.1-12 迁改线路使用基础型式、尺寸及土石方量一览表

行政区	主要技术指标		基础型式	
			挖孔基础	板式基础
甘肃省	底宽/桩径 (m)		0.8 ~ 1.0	
	埋深 (m)		3.8 ~ 4.5	
	平原区	挖方 (m ³)	3.54 ~ 4.25	
		填方 (m ³)	3.54 ~ 4.25	
		利用方 (m ³)	3.54 ~ 4.25	
陕西省	底宽/桩径 (m)		1.4 ~ 1.6	
	埋深 (m)		10 ~ 10	
	山丘区	挖方 (m ³)	20 ~ 26	
		利用方 (m ³)	10 ~ 13	
		基础数 (基)	4	
山西省	底宽/桩径 (m)		1.0 ~ 2.6	4.7 ~ 9.7
	埋深 (m)		5.9 ~ 26.0	3.9 ~ 6.7
	平原区	挖方 (m ³)	4.7 ~ 138.1	115.2 ~ 5925.2
		填方 (m ³)		100.4 ~ 5811.5
		利用方 (m ³)	4.7 ~ 138.1	14.8 ~ 113.7
		基础数 (基)	7	5

2.1.5.5 主要交叉跨越

本工程线路选线时尽量减少与其他基础设施的交叉跨越，本工程线路工程主

要交叉跨越情况详见下表。

表 2.1-13 线路工程主要交叉跨越一览表

交叉跨越名称	跨越次数				
	甘肃省	陕西省	山西省	河北省	山东省
一、直流线路	71	82	246	342	321
1000kV 线路				1	
±800kV 线路	1	1	1	1	
750kV 线路		3			
500kV 线路			10	1	
330kV 线路		4			
220kV 线路			28	6	8
110kV 线路	3	5	22	21	7
接地极线路	1				
铁路(含待建)		2	8	4	3
高速公路	2	3	10	3	6
等级公路	7	6	13	12	30
一般公路	49	43	112	248	215
河流(通航河流)	2	6	26	15	32
油气管道	6	9	16	30	20
二、接地极线路	9				12
110kV 线路					1
高速公路	1				
等级公路	6				1
河流	2				9
35kV 线路					1
三、合计	80	82	246	342	333

2.2 施工组织

2.2.1 施工场地布设

(1) 送端换流站

1) 施工生产生活区

施工场地主要用以堆放土建施工阶段的砂石、砖、钢筋、模板等材料，木工和钢筋加工场，以及安装阶段的构支架和电气设备材料堆场等。送端换流站在站区北侧布置施工生产生活区，施工生产区包含机械设备、材料、仓库等，施工生活区主要布置项目部的办公及施工人员居住设施。施工生产生活区占地面积 8.52hm²。

2) 供排水工程区

站外供水管线全长 18.90km，其中 10.30km 管线地埋铺设，8.6km 管线穿越城

镇、道路采用定向钻拉管穿越。地埋管道平均埋深 2.0m，管槽底部宽度 2.0m，边坡比 1:0.5，施工作业带宽度按 15m 计。

接纳站内雨水的站外排水管径 DN1800，长度 1500m，排水管材采用预应力钢筋混凝土管。管道埋深 6.0m，管槽底宽 2.8m，边坡比 1:0.5，施工作业带宽度按 20m 计。

送端换流站供排水工程施工参数见下表。

表 2.2-1 送端换流站供排水工程施工参数一览表

项目	长度 (km)	管径/尺寸	开挖施工					宽度 (m)	面积 (hm ²)
			坡比	挖深 (m)	底宽 (m)	上口宽 (m)	开挖量 (万 m ³)		
供水管线	18.90	DN200	1:0.5	2.0	2.0	4.0	6.86	15.0	19.39
站外排水管	0.80	DN1800	1:0.5	6.0	2.8	8.8	5.25	20.0	3.00

3) 临时堆土区

送端换流站东侧设置 1 处表土临时堆场，南北长 225m，东西宽 200m，占地面积为 3.48hm²，堆高按 4.5m 计，规划容量 14 万 m³，能够容纳送端换流站与施工生产生活区剥离的表土。

(2) 送端接地极

接地极均采用圆形浅埋沟型布置，汇流装置区施工场地利用围墙内空地，剥离表土和开挖土石方堆放于电极电缆沟道一侧；外环电极施工临时占地宽度按 24m~26m 布设，内环电极施工临时占地宽度按 20m~24m 布设，电缆沟施工临时占地宽度按 8m~12m 布设，施工场地布置充分考虑了临时堆土区和施工作业区的宽度。

(3) 受端换流站

1) 施工生产生活区

受端换流站站区内施工场地较为紧张，在利用站区内空地合理布置施工场地的基础上，拟在站区北侧布置施工生产生活区，占地面积 5.58hm²，其中集中办公区、业主生活区 0.92hm²、总包生活区、分包生活区 1.87hm²，主要布置项目部的办公及施工人员居住；加工区及仓库区 2.79hm²。

2) 供排水工程区

供水管线管径 DN250，长度 7500m，管材采用钢骨架 PE 复合管。管道埋深 2.0m，管槽底宽 1.5m，边坡比 1:0.5，施工作业带宽度按 8m 计。

站外工业冷却水排水管管径 DN150，长度 21400m。地埋管道平均埋深 1.2-1.5m，管槽底部宽度 1.0m，边坡比 1:0.5，施工作业带宽度按 5-7m 计。

站外雨水管管径 DN1500，长度 1350m，排水管材采用镀锌钢管。管道埋深 1.0-1.5m，管槽底宽 2.0m，边坡比 1:0.5，施工作业带宽度按 10m 计。

本工程供排水管线占地一览表见下表。

表 2.2-2 供排水管线占地一览表

项目	长度 (m)	管径 (DN)	开挖施工					表土 剥离 (万 m ³)	宽度 (m)	面积 (hm ²)
			边坡 比	挖深 (m)	底宽 (m)	上口宽 (m)	土石方量 (万 m ³)			
供水管线	7500	250	1:0.5	2.0	1.5	3.5	2.83	0.17	8	6.78
冷却水排水 管	21400	150	1:0.5	1.2-1.5	1	1	8.12	1.48	5-7	12.84
站外排水 管	1350	1500	1:0.5	2.5	2	4.5	1.10	0.18	10	1.35

3) 临时堆土区

站址外东侧设置 1 处面积约 2.00hm² 的临时堆土区，用于堆存站区及施工生产生活区后期需要回填的剥离表土，堆高按 4.5m 考虑，可堆放表土约 8 万 m³，能够容纳受端换流站与施工生产生活区剥离的表土。

4) 取土场

①取土场概况

受端换流站站区及进站道路回填共需借方 20.98 万 m³，采用取土场取土方式解决。拟在站址西南侧的朝阳庄村设置取土场 1 处，取土场可通过现状村道、五麻线至站区，运距约 8.0km。取土场中心坐标为 E116°30'53.20"、N35°59'9.37"，东西长约 437m、南北宽约 190m，临时占地 5.55hm²，占地类型为一般耕地，现状为旱地、林地和园地，其中占用旱地 0.01hm²、园地 3.14hm²、林地 2.31hm²。

a.1-20cm: 暗棕色, 中壤, 块状, 较湿润, 疏松多孔, 根系较多, 有微弱的石灰反应, pH7.0 左右。

b.20-40cm: 湿时暗红棕色, 中壤, 块状, 少量铁锰结核和砂姜, 湿润疏松, 孔隙多, 植物根系较少, 石灰反应较强, pH7.0 左右。

c.40-150cm, 棕色, 中壤质地, 块状, 较多铁锰结核, 湿润, 较紧; 孔隙少, 植物根系少, 动物穴较少, 石灰反应弱, pH7.5。

根据当地土壤养分调查成果, 0-20cm 内土壤有机质含量约为 0.89%、20-60cm 约为 0.58%。本次表土剥离厚度按 30cm 考虑。

取土场占地不涉及基本农田保护区, 储量约 40 万 m^3 , 设计取土量 20.98 万 m^3 , 平均取土深度约 3-4.2m, 取土方式为依照原地形、采取分层开采取土方式, 施工结束后恢复为梯田耕地, 详见下表:

表 2.2-3 取土场基本情况一览表

序号	行政区	位置	取土量 (万 m^3)	储量 (万 m^3)	占地 (hm^2)	占地 类型	地质现状
1	山东省泰安市东平县朝阳庄村	朝阳庄村南约 600m	20.98	40	5.55	耕地、园地、林地	不在崩塌、滑坡、泥石流区, 地层以第四系冲洪积 (Q4al+pl) 粉质黏土为主, 夹粉土、

④取土方式

取土采取分层取土方式, 沿 145m、150m、155m 和 160m 等高线将取土场划分为 5 个取土阶地, 取土结束后每个阶地恢复为耕地, 边坡采用浆砌石骨架护坡。取土尽量做到挖完一片, 覆土恢复一片, 防止开挖造成大面积裸露面, 导致严重的水土流失。将剥离的表土回填至迹地表面, 进行平整、耕地恢复。

⑤表土堆存

取土前将表土剥离, 剥离厚度按照 30cm 考虑, 共计剥离 1.67 万 m^3 , 集中堆放于场内的临时堆置区, 待取土结束后用作取土场回填覆土。依据现状地形, 在取土场内中部低洼地, 设置 1 处临时堆土区, 用于存放取土场的剥离表土和换流站区的部分表土, 共计堆存 3.11 万 m^3 , 堆存高度按 3.5m 考虑, 占地共计 1.00 hm^2 。堆存采取拦挡、表面苫盖措施, 防止地表径流冲刷表土引起土壤流失。

山丘区直线塔基每基塔施工场地范围：直流线路占地 $489 \sim 1402\text{m}^2$ ； $\pm 800\text{kV}$ 大跨越线路占地 1217m^2 ；接地极线路占地 $100 \sim 300\text{m}^2$ ；迁改线路占地 $463 \sim 464\text{m}^2$ 。

山丘区耐张、转角及跨越塔每基塔施工场地范围：直流线路占地 $600 \sim 2000\text{m}^2$ ；大跨越线路占地 1216m^2 ；接地极线路占地 $160 \sim 360\text{m}^2$ ；迁改线路占地 $586 \sim 891\text{m}^2$ 。

平原区直线塔基每基塔施工场地范围：直流线路占地 $779 \sim 2652\text{m}^2$ ；大跨越线路占地 $854 \sim 1157\text{m}^2$ ；接地极线路占地 $200 \sim 840\text{m}^2$ 。

平原区耐张、转角及跨越塔每基塔施工场地范围：直流线路占地 $901 \sim 2000\text{m}^2$ ；大跨越线路占地 $1458 \sim 847\text{m}^2$ ；接地极线路占地 $260 \sim 1012\text{m}^2$ 。

塔基施工场地占地面积详见附表 2-1。

2) 牵张场

为满足施工放线需要，线路工程沿线需设置牵张场地，牵张场应满足牵引机、张力机能直接运达到位，地形应平坦，能满足布置牵张设备、布置导线及施工操作等要求。

经现场实地踏勘，本工程线路为避开居民区、风景区、城镇规划区等区域，山丘区塔位多定位在荒草地，平原区多位于较为空旷区域，为满足牵引机、张力机工作，本工程根据沿线实际情况各施工标段内每隔 $4\text{km} \sim 6\text{km}$ 设置一处牵张场地， $\pm 800\text{kV}$ 直流线路及 750kV 、 550kV 迁改线路平均每处牵张场占地面积约为 2400m^2 ，接地极线路及 220kV 、 110kV 迁改线路平均每处牵张场占地面积约为 700m^2 。

牵张场平面布置包括施工通道、机械布置区、导线集放区、锚线区、压接区、工具集放区、工棚布置区、休息区、油料区和标志牌布置区。各区域四周采用硬围栏封闭，区域之间用红白三角旗隔开。为方便机械设备和导线的运输与吊装，在牵张场地内规划出施工通道，通道宽度在 3.0m 左右，一般满足一辆大卡车通行便可，通道做适当平整后铺设 6mm 厚钢板等，钢板铺设做到横平竖直，钢板搭头无上翘。线路沿线牵张场布置见下表。

序号	沿线所经行政区	牵张场数量 (个)			牵张场占地 (hm ²)		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
	潞城区	3		3	0.72		0.72
	黎城县	2		2	0.48		0.48
	平顺县	4		4	0.96		0.96
4	河北省	12	24	36	5.56	7.55	13.11
4.1	邯郸市	12	24	36	2.78	5.82	8.60
	涉县	3		3	0.82		0.82
	磁县	5	2	7	1.31	0.36	1.68
	峰峰矿区	3		3	0.65		0.65
	临漳县		6	6		1.37	1.37
	魏县		7	7		1.68	1.68
	大名县		10	10		2.40	2.40
5	山东省	5	42	47	1.20	10.08	11.28
5.1	聊城市		33	33		7.92	7.92
	莘县		9	9		2.16	2.16
	阳谷县		16	16		3.84	3.84
	东阿县		8	8		1.92	1.92
5.2	济南市	5	4	9	1.20	0.96	2.16
	平阴县	5	4	9	1.20	0.96	2.16
5.3	泰安市		5	5		1.20	1.20
	肥城市		3	3		0.72	0.72
	东平县		2	2		0.48	0.48
二	接地极线路	3	6	9	0.21	0.42	0.63
1	甘肃省	3	3	6	0.21	0.21	0.42
1.1	庆阳市	3	3	6	0.21	0.21	0.42
	西峰区		1	1		0.07	0.07
	宁县	3	2	5	0.21	0.14	0.35
2	山东省		3	3		0.21	0.21
2.1	聊城市		3	3		0.21	0.21
	阳谷县		1	1		0.07	0.07
	东阿县		2	2		0.14	0.14
三	迁改线路	8	1	9	1.36	0.07	0.95
1	甘肃省		1	1		0.07	0.07
1.1	庆阳市		1	1		0.07	0.07
	合水县		1	1		0.07	0.07
2	陕西省	2		2	0.48		
2.1	延安市	2		2	0.48		
	甘泉县	2		2	0.48		
3	山西省	6		6	0.88		0.88
3.1	临汾市	6		6	0.88		0.88
	洪洞县	4		4	0.68		0.68

序号	沿线所经行政区	跨越次数（处）			跨越施工场地占地（hm ² ）		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
	蒲县	83		83	3.32		3.32
	洪洞县	47		47	1.88		1.88
	古县	6		6	0.24		0.24
	安泽县	12		12	0.48		0.48
3.2	长治市	74		74	2.96		2.96
	沁源县	5		5	0.20		0.20
	屯留区	9		9	0.36		0.36
	襄垣县	37		37	1.48		1.48
	潞城区	14		14	0.56		0.56
	黎城县	3		3	0.12		0.12
	平顺县	6		6	0.24		0.24
4	河北省	84	240	324	3.36	9.60	12.96
4.1	邯郸市	84	240	324	3.36	9.60	12.96
	涉县	15		15	0.60		0.60
	磁县	29	31	60	1.16	1.24	2.40
	峰峰矿区	40		40	1.60		1.60
	临漳县		90	90		3.60	3.60
	魏县		59	59		2.36	2.36
	大名县		60	60		2.40	2.40
5	山东省		251	251		10.04	10.04
5.1	聊城市		161	161		6.44	6.44
	莘县		60	60		2.40	2.40
	阳谷县		52	52		2.08	2.08
	东阿县		49	49		1.96	1.96
5.2	济南市		57	57		2.28	2.28
	平阴县		57	57		2.28	2.28
5.3	泰安市		33	33		1.32	1.32
	肥城市		22	22		0.88	0.88
	东平县		11	11		0.44	0.44
二	接地极线路		2	2		0.08	0.08
1	甘肃省		1	1		0.04	0.04
1.1	庆阳市		1	1		0.04	0.04
	宁县		1	1		0.04	0.04
2	山东省		1	1		0.04	0.04
2.1	聊城市		1	1		0.04	0.04
	东阿县		1	1		0.04	0.04
三	迁改线路	5	2	7	0.20	0.08	0.28
1	甘肃省		2	2		0.08	0.08
1.1	庆阳市		2	2		0.08	0.08
	合水县		2	2		0.08	0.08

序号	沿线所经行政区	跨越次数（处）			跨越施工场地占地（hm ² ）		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
2	山西省	5		5	0.20		0.20
2.1	临汾市	5		5	0.20		0.20
	洪洞县	3		3	0.12		0.18
	安泽县	2		2	0.08		0.08
四	合计	463	551	1014	18.52	22.04	40.56

注：线路跨越中通航河流、乡村公路、油气管道不考虑跨越施工场地。

4) 材料站

材料站主要用于塔材、钢材、线材、水泥、金具和绝缘子的集散，租用当地现有厂房或民房解决。材料站的使用方式主要为塔材的物资公司将材料运输到施工单位材料站，之后由施工班组在材料站申领材料，直接运输到塔基施工临时场地进行临时堆放进行组塔，因此本方案考虑不计列材料站占地。

5) 施工生活区

线路工程施工时由于线路塔基及牵张场较分散，施工周期短，沿线村庄较多，因此工程临时施工生活用房采用租用民房的方式解决。局部人烟稀少的路段可在塔基施工场地、牵张场临时租地范围内搭设临时施工工棚。

2.2.2 施工材料运输

(1) 搭建及施工材料运输

施工材料均就近采购运输，通过站址附近的国道、省道及县道运输至站址区。

1) 送端换流站

送端换流站推荐运输线路：长庆桥火车站货场-长庆镇内道路（4km）-G244(46km)-庆阳城区道路（13km）-S318(18km)-进站道路（1.06km）-站址，运输线路全程 83km，采取措施后满足大件运输条件。

2) 受端换流站

受端换流站推荐运输线路：根据本工程站址位置及设备运输参数，沈变厂、西变常州厂、保变秦皇岛厂的换流变推荐采用水路和公路联运方案，山东厂的换流变推荐采用全程公路运输方案。

站址靠近京杭大运河北端，附近码头较少。经过现场踏勘，东平港具备良好的运输条件，可作为本工程大件设备运输水运中转码头。东平港至站址进站线路：东平港—S246(10km)—S243(28km)—丁下乡村道路(5.5km)—五麻公路(2.5km)

—进站道路—站址，运输线路全程约 46km，采取措施后满足 3 纵列 14 轴线液压平板车运输条件。

3) 线路工程施工材料运输

线路工程对外交通主要解决建筑材料和牵引张拉设备等运输问题。本工程大型设备运输尽量利用项目沿线已有的高速公路、国道、省道、县道，利用现有道路的长度约占本工程线路长度的 20~30%左右。当现有道路不能满足工程设施运输要求时，需要在原有的乡、村道路上拓宽或加固以满足运行要求，在无现有道路可利用的情况下，需开辟新的简易道路。本工程需开辟的施工简易道路（机械运输）宽度约 3.5~4m，拓宽的施工简易道路（机械运输）宽度约 1~1.5m。

山丘区坡度较缓时充分利用部分原有人抬道路，约占工程线路长度的 40~45%左右，当与山下交通设施没有山间小路相接，可临时开辟人抬道路，以满足材料挑抬和畜力运输要求。本工程需新开辟的人抬道路宽度 1~1.5m。

山丘区坡度较大或植被覆盖度较好的林区，可采用施工索道运输材料，减缓因修施工道路引起的水土流失及树木砍伐。索道运输一般有单跨单索、单跨多索、多跨多索等多种形式，根据本工程地形及建设特点，宜采取单跨单索往复式索道。由始端地锚、始端支点、承载索、货车、牵引索、终端支架、驱动装置及终端地锚等组成。起点支架用地纳入施工道路中一并考虑，中间支架用地纳入人抬道路中一并考虑，终点支架用地纳入塔基施工场地范围内一并考虑。

本工程线路施工道路包括施工简易道路和人抬道路两类。其中施工简易道路新建 304.1km、拓宽 476.5km；人抬道路新建 555.0km。线路工程沿线施工道路布设情况见下表。

表 2.2-6 线路工程沿线施工道路一览表

序号	沿线所经行政区	新建施工简易道路(km)			拓宽施工简易道路(km)			施工简易道路占地(hm ²)		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
一	±800kV 直流输电线路	241.2	48.4	289.7	368.2	90.9	459.0	139.7	30.6	170.3
1	甘肃省	68.5	5.6	74.1	79.5	3.7	83.2	35.90	2.52	38.42
1.1	庆阳市	68.5	5.6	74.1	79.5	3.7	83.2	35.90	2.52	38.42
	西峰区	1.1	1.1	2.2	1.5	0.4	1.9	0.59	0.46	1.04
	合水县	67.5	4.5	72.0	78.1	3.2	81.3	35.32	2.07	37.38
2	陕西省	62.1		62.1	66.2		66.2	31.67		31.67
2.1	延安市	62.1		62.1	66.2		66.2	31.67		31.67
	富县	36.4		36.4	28.4		28.4	17.00		17.00
	甘泉县	11.0		11.0	13.2		13.2	5.83		5.83

2 项目概况

序号	沿线所经行政区	新建施工简易道路(km)			拓宽施工简易道路(km)			施工简易道路占地(hm ²)		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
	宜川县	7.7		7.7	12.6		12.6	4.59		4.59
	宝塔区	2.6		2.6	5.3		5.3	1.71		1.71
	延长县	4.4		4.4	6.7		6.7	2.55		2.55
3	山西省	98.7		98.7	196.6	0	196.6	64.09		64.09
3.1	临汾市	52		52	108.1	0	108.1	34.44		34.44
	大宁县	8.1		8.1	12.2		12.2	4.67		4.67
	蒲县	10.8		10.8	16.2		16.2	6.21		6.21
	洪洞县	18.9		18.9	45.4		45.4	13.43		13.43
	古县	3.7		3.7	9		9	2.65		2.65
	安泽县	10.5		10.5	25.3		25.3	7.48		7.48
3.2	长治市	46.7		46.7	88.5	0	88.5	29.65		29.65
	沁源县	4.6		4.6	11.1		11.1	3.28		3.28
	屯留区	8.3		8.3	15.2		15.2	5.19		5.19
	襄垣县	18.7		18.7	34.4		34.4	11.71		11.71
	潞城区	4.6		4.6	8.5		8.5	2.89		2.89
	黎城县	4.3		4.3	7.9		7.9	2.70		2.70
	平顺县	6.2		6.2	11.4		11.4	3.88		3.88
4	河北省	7.6	22.7	30.3	23.2	57.3	80.4	6.14	16.53	22.67
4.1	邯郸市	7.6	22.7	30.3	23.2	57.3	80.4	6.14	16.53	22.67
	涉县									
	磁县	0.7	2.0	2.7	2.1	5.1	7.2	0.55	1.48	2.03
	峰峰矿区									
	临漳县	1.5	4.6	6.1	4.7	11.5	16.2	1.24	3.33	4.57
	魏县	2.5	7.4	9.9	7.6	18.7	26.2	2.00	5.39	7.39
	大名县	2.9	8.7	11.6	8.9	21.9	30.8	2.35	6.32	8.67
5	山东省	4.3	20.1	24.4	2.7	29.9	32.6	1.91	11.53	13.45
5.1	聊城市		14.9	14.9		22.0	22.0	0	8.49	8.49
	莘县		3.5	3.5		5.0	5.0		1.96	1.96
	阳谷县		7.5	7.5		11.2	11.2		4.32	4.32
	东阿县		3.9	3.9		5.7	5.7		2.21	2.21
5.2	济南市	4.3	2.2	6.5	2.7	3.4	6.0	1.91	1.26	3.17
	平阴县	4.3	2.2	6.5	2.7	3.4	6.0	1.91	1.26	3.17
5.3	泰安市		3.1	3.1		4.6	4.6		1.78	1.78
	肥城市		2.2	2.2		3.2	3.2		1.25	1.25
	东平县		0.9	0.9		1.4	1.4		0.53	0.53
二	接地极线路	1.0	9.2	10.2	0.9	9.4	10.3	0.15	3.69	3.835
1	甘肃省	1.0	5.4	6.4	0.9	3.1	4.0	0.15	1.41	1.56
1.1	庆阳市	1.0	5.4	6.4	0.9	3.1	4.0	0.15	1.41	1.56
	西峰区		3.3	3.3		1.7	1.7		1.41	1.41
	合水县	0.3		0.3	0.3		0.3	0.15		0.15
	宁县	0.7	2.1	2.8	0.6	1.4	2.0	0.34	0.95	1.28
2	山东省	0	3.8	3.8		6.3	6.30	0	2.28	2.28
2.1	聊城市	0	3.8	3.8		6.3	6.30	0	2.28	2.28

序号	沿线所经行政区	新建施工简易道路(km)			拓宽施工简易道路(km)			施工简易道路占地(hm ²)		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
	阳谷县		3.8	3.8		6.3	6.30		2.28	2.28
三	迁改线路	4.0	0.3	4.3	7.2		7.2	2.46	0.11	2.57
1	甘肃省		0.3	0.3					0.11	0.11
1.1	庆阳市		0.3	0.3					0.11	0.11
	合水县		0.3	0.3					0.11	0.11
2	陕西省	0.4		0.4				0.12		0.12
2.1	庆阳市	0.4		0.4				0.12		0.12
	甘泉县	0.4		0.4				0.12		0.12
3	山西省	3.6		3.6	7.2		7.2	2.34		2.34
3.1	临汾市	3.6		3.6	7.2		7.2	2.34		2.34
	洪洞县	2		2	4		4	1.3		1.3
	安泽县	1.6		1.6	3.2		3.2	1.04		1.04
四	合计	246.2	57.9	304.1	376.3	100.3	476.5	142.32	34.37	176.69

表 2.2-7 线路工程沿线人抬道路一览表

序号	沿线所经行政区	新建人抬道路(km)			新建人抬道路占地(hm ²)		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
一	±800kV 直流输电线路	524.3		524.3	78.68		78.68
1	甘肃省	64.3		64.3	9.64		9.64
1.1	庆阳市	64.3		64.3	9.64		9.64
	西峰区	0.6		0.6	0.09		0.09
	合水县	63.7		63.7	9.55		9.55
2	陕西省	147.3		147.3	22.10		22.10
2.1	延安市	147.3		147.3	22.10		22.10
	富县	36.2		36.2	5.43		5.43
	甘泉县	15.3		15.3	2.30		2.30
	宜川县	42.7		42.7	6.41		6.41
	宝塔区	20.5		20.5	3.08		3.08
	延长县	32.6		32.6	4.89		4.89
3	山西省	218.4		218.4	32.80		32.80
3.1	临汾市	121.9		121.9	18.31		18.31
	大宁县	27.5		27.5	4.13		4.13
	蒲县	36.7		36.7	5.51		5.51
	洪洞县	32.9		32.9	4.94		4.94
	古县	6.5		6.5	0.98		0.98
	安泽县	18.3		18.3	2.75		2.75
3.2	长治市	96.5		96.5	14.49		14.49
	沁源县	8.0		8.0	1.20		1.20
	屯留区	17.4		17.4	2.61		2.61
	襄垣县	39.3		39.3	5.90		5.90
	潞城区	9.7		9.7	1.46		1.46
	黎城县	9.0		9.0	1.35		1.35

序号	沿线所经行政区	新建人抬道路(km)			新建人抬道路占地(hm ²)		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
	平顺县	13.1		13.1	1.97		1.97
4	河北省	83.5		83.5	12.52		12.52
4.1	邯郸市	84.7		84.7	12.70		12.70
	涉县	34.4		34.4	5.15		5.15
	磁县	35.3		35.3	5.29		5.29
	峰峰矿区	13.9		13.9	2.08		2.08
	临漳县						
	魏县						
	大名县						
5	山东省	10.8		10.8	1.62		1.62
5.1	济南市	10.8		10.8	1.62		1.62
	平阴县	10.8		10.8	1.62		1.62
二	接地极线路	25.4		25.4	3.81		3.81
1	甘肃省	25.4		25.4	3.81		3.81
1.1	庆阳市	25.4		25.4	3.81		3.81
	西峰区						
	合水县	8.9		8.9	1.34		1.34
	宁县	16.5		16.5	2.48		2.475
三	迁改线路	5.3		5.3	0.80		0.80
1	陕西省	0.5		0.5	0.08		0.08
1.1	庆阳市	0.5		0.5	0.08		0.08
	甘泉县	0.5		0.5	0.08		0.08
2	山西省	4.8		4.8	0.72		0.72
2.1	临汾市	4.8		4.8	0.72		0.72
	洪洞县	2.6		2.6	0.39		0.39
	安泽县	2.2		2.20	0.33		0.33
四	合计	555.0		555.0	83.28		83.28

(2) 工程所需建筑材料

为了便于调度和保管施工材料，线路工程一般采用分标段设立工程项目部和材料站，各标段项目部和材料站应设在离线路较近、交通方便、通讯便利的地区，一般租用现有民房，线路施工过程分标段进行，施工管理不新征地，不新建设施。施工材料均就近采购，通过施工点附近的国道、省道及县道运输至塔基附近。

(3) 材料来源及防治责任

本工程所需建筑材料主要有砂料、石料等，主要通过市场采购解决，由有资质的专供企业提供，材料生产期间的水土流失防治责任由材料生产单位负责，运

输期间的水土流失防治责任由运输单位负责，并报相应的水行政主管部门备案。

工程建筑材料取料场地均应在施工招投标阶段由施工方与供应方签定有关供需及运输协议，取用当地有关部门统一指定地点的土方、石料，禁止随地取用土方、石料，并明确取料场水土流失防治责任范围属供应方，供应方应该在供应土方和石料过程中采取临时防护、恢复植被等措施防治水土流失。

2.2.3 施工力能供应

（1）送端换流站与接地极

送端换流站本工程施工最大日用水量约 800t/d，平均日约 400t/d，其中生活用水约 5t/h。施工用水按照“永临结合”的供水方案，站外供水的设计、施工要先行于现场施工用水时间，可保证施工水源的正常需求。施工电源从 35kV 什社变电站引接 10kV 线路，长度 9.20km，其中架空线路 7.90km，电缆线路 1.30km。

送端接地极外接电源引接自 35kV 宇村主线，长度 0.50km，该电源同时作为施工电源。

（2）受端换流站与接地极

受端换流站施工用水考虑采用站用生产用水，站用生产用水管道提前敷设，以满足施工用水需要。施工电源考虑从 35kV 接山变引接，线路长度 8.48km。施工期间的通讯采用无线移动通讯的方式。

受端接地极外接电源引自极址附近 10kV 新丰线，长度 0.50km，同时该电源也可作为施工电源。

（3）线路工程

线路工程施工过程中用电根据周边设施情况安排，周围已有用电用户区，可按照安全用电规定引接用于施工用电，无用电用户区可采用自备小型柴油发电机提供施工电源。线路工程每个塔基施工用水量较少，施工过程中一般都根据塔基周边水源情况确定取水方案，塔基附近有水源的，可就近接取水管引用河水，如塔基附近无任何水源，则可考虑采用水车就近输送水源来满足施工用水。施工用水、用电布设应根据塔基附近的地形条件布置在塔基施工临时场地，不再另外占地，布设管、线尽量就近解决，以减少管线牵拉对地表的扰动，施工用水不应开挖引水明沟，而应采用地表敷设管材，可减少了对地表的损坏。通讯设施均依托项目所在区域附近已有的城市通讯设施。

2.2.4 主要施工方法与施工工艺

2.2.4.1 换流站工程

换流站主要施工内容包括：三通一平、站区场地平整、建（构）筑物、屋外配电网架、给排水管线、进站道路等，施工采用机械施工和人工施工相结合的方法，换流站工程主要施工工艺、方法见下表。

表 2.2-8 换流站工程主要施工工艺、方法

序号	施工场所	施工工艺、方法
1	三通一平	本工程三通一平部分属于换流站部分的前期准备工程，为确保该工程紧张有序的施工，科学合理的利用人力、物力资源及确保工程安全、质量和工期要求，将三通一平工程划分为三个施工段，其中以场内土、石方开挖工程为一个施工段，以土、石方回填工程为一个施工段，以围墙及进站道路施工为一个施工段，组织三个土建施工队分段流水作业，严格按照批准的施工组织设计安排施工进度，合理调配，不延误工期，确保本工程如期交工。
2	站区场地平整	<p>本工程施工过程中采用机械施工与人工施工相结合的方法，统筹、合理、科学安排施工工序，避免重复施工和土方乱流。</p> <p>换流站场地整平可利用大型机械挖掘、填筑、推平，并使厚度满足要求，振动碾压密实，边角部位采用平板振动夯实。</p> <p>清基及表土剥离：对站区进行表土剥离，剥离厚度根据实际情况按 30cm 计；剥离的表土与开挖土方分区堆放，土方堆存高度最高不宜超过 4.0m，周边设置袋装土进行挡护，并设密目网苫盖。</p> <p>开挖回填时，挖方区按设计标高进行开挖，开挖宜从上到下分层分段依次进行，随时作一定的坡度以利泄水；填方区的填土分层夯实填平，整个场地按设计标高进行填方平整。回填土最优含水率（重量比）：19%~23%，最大干密度（g/cm^3）：1.58~1.70。分层填土后，经检查合格方可铺填上层土。</p> <p>场地整平过程中宜避开雨季施工，严禁大雨期进行回填施工，并应做好防雨及排水措施。</p>
3	建（构）筑物	采用人工开挖基槽，钢模板浇制钢筋混凝土。砖混、混凝土、预制构件等建材采用塔吊垂直提升，水平运输采用人力推车搬运。基础挖填施工工艺流程为：测量定位、放线→土方开挖→清理→垫层施工→基础模板安装→基础钢筋绑扎→浇捣基础砼→模板拆除→人工养护→回填土夯实→成品保护。
4	屋外配电网架	采用人工开挖基槽，钢模板浇制基础，钢管人字柱及螺栓角钢梁构架均在现场组装，采用吊车；设备支架为浇制基础，预制构件在现场组立。
5	供排水工程	采用机械和人工相结合的方式开挖沟槽，管道敷设顺序为：测量定线-清除障碍物-平整工作带-管沟开挖-钢管运输、布管-组装焊接-下沟-回填-竣工验收。开挖前先剥离表土，剥离的表土置于最外侧，开挖的土方置于内侧，顶部采用防尘网苫盖。回填时按照土层自然序列依次回填。
6	进站道路	站内外道路永临结合，土建施工期间宜暂铺泥结砾石面层，待土建施工、

序号	施工场所	施工工艺、方法
		构支架吊装施工基本结束，大型施工机具退场后，再铺筑永久路面层。
7	取土场	<p>取土前先用履带式推土机或轮胎式装载机将含丰富腐殖质的表层耕作土及地表附着物清除集中堆置处理；履带式挖掘机或轮胎式装载机挖土，用大型工程自卸车运至站区进行填筑。</p> <p>取土方式应以分台阶开采为主，取土结束后对取土坑临空面进行削坡，并采取植物防护措施，取土面进行土地整治后绿化、耕地恢复。</p> <p>施工工序：剥离表土→平地取土→边坡修整→平整土地→覆土→绿化、耕地恢复。</p>

2.2.4.2 接地极工程

本工程接地极工程采用浅埋型接地极方案，主要施工内容包括：复测放样及定位、电极沟道开挖、铺垫炭床、电极敷设、回填土等，施工采用机械施工和人工施工相结合的方法。接地极工程主要施工工艺、方法见下表。

表 2.2-9 接地极工程主要施工工艺、方法

序号	施工步骤	施工工艺、方法
1	复测放样及定位	依据设计资料、平面坐标图和经纬仪、红外线测距仪进行复测及定位。对极址中心、主控制桩、极环断面标高等逐一进行复测。对极环进行密点放样，点间距 3m~5m 并复核极环圆周长度。
2	电极沟道开挖	根据地质情况及槽深计算边坡，从小极环开始进行地面槽口放样，严格控制炭槽尺寸；机械粗挖电极槽；人工修挖电极槽操作平台、边坡，人工精凿炭槽，当遇到地下水时，在槽沟旁挖积水坑进行排水。
3	铺垫炭床	安装木制外包白铁皮挡板，防止泥土混入焦炭；人工铺垫炭床；夯实垫层。在开挖沟道时，先将电极埋处的表层适合耕种的带有杂草的（0.3m~0.4m）土壤铲去，集中堆放，待电极铺设完毕后，再将它搬移到回填土上面。铺设焦炭的基面应平坦，成型良好，沟内不得有明显的凸凹不平现象和杂物（包括浮土）。
4	电极敷设	采用分段吊放的方式将已焊好的电极圆钢置于炭床上，每段 100 m 左右；采用木卡找正定位，使电极处于炭床中央；人工铺盖焦炭，夯实，边夯边将挡板抽出，待确认圆钢已固定后，拆出找正木卡。
5	回填土	炭床密实度检测，要求铺设后炭床干密度满足设计要求；人工细填回填土，细夯后，机械回填，人工打夯。回填土不能有卵石，尤其是紧靠电极（0.5m）的回填土不但不能有卵石，而且要求土质细，否则有可能破坏电极（焦炭）形状。回填土中不能有明显的空隙，并适度夯实。回填土表层应是开挖时的表土壤，以利于完工后植被恢复。

2.2.4.3 线路工程

(1) 塔基施工

1) 基坑开挖

——一般基坑开挖

土质基坑基础采用明挖方式，在挖掘前首先清理基面及基面附近的浮石等杂物，开挖自上而下进行，基坑四壁保持稳定放坡或用挡土板支护。

遇地下水水位较高时，采用钢梁及钢模板组合挡土板配合抽水机抽水进行开挖施工，或采用单个基坑开挖后先浇筑混凝土基础以及基坑周围采用明沟排水法进行开挖施工。

在交通条件许可的塔位采用挖掘机突击挖坑的方式，以缩短挖坑的时间，避免坑壁坍塌。基坑开挖尽量保持坑壁成型完好，并做好临时堆土处理，避免坑内积水以及影响周围环境和破坏植被，基础坑开挖好后应尽快浇筑混凝土。

——灌注桩基础施工

灌注桩基础施工采用钻机钻进成孔，成孔过程中为防止孔壁坍塌，在孔内注入人工泥浆或利用钻削下来的粘性土与水混合的自造泥浆保护孔壁。扩壁泥浆与钻孔的土屑混合，边钻边排出，集中处理后，泥浆被重新灌入钻孔进行孔内补浆。当钻孔达到规定深度后，安放钢筋笼，在泥浆下灌注混凝土，浮在混凝土之上的泥浆被抽吸出来，泥浆经沉淀池自然沉淀后晾干，填埋至塔基征地范围内。

①施工准备

施工前做好施工图纸会检，基础施工原材料的取样、检验，施工人员的配备等。

②基坑分坑

采用单腿分坑，基础分坑前测量并校核铁塔塔基断面；坑口放样，基坑放样前计算基坑坑口放样尺寸，减少开挖土石方量。

③钻孔及清孔

基坑开挖之前进行基面平整、表土剥离、场地清理。钻机钻头中心应与桩机中心重合，钻头旋转平稳，钻孔施工过程中加强泥浆管理，及时清理循环系统。清孔方法主要有正循环和反循环两种，清孔完毕合格后方可进入下一工序。

④钢筋绑扎及模板安装

钢筋绑扎原则上先进行底板钢筋的绑扎，再进行立柱钢筋绑扎；模板组装、模板安装、模板固定牢靠，模板吊装的各索具应连接可靠，且均匀受力。

⑤灌注混凝土

混凝土搅拌采用机械搅拌，混凝土拌合合格后应立即进行浇筑，浇筑时应先从一个角或一边开始，逐渐浇到四周。

⑥基础养护及拆模

拆模前后进行基础浇筑养护，基础达到拆模强度后方可拆模，拆模后应及时在基础内角进行支撑，以防止基础回填过程中根开及高差发生变化。

⑦基础回填

基础回填时应均匀回填，且应在内角侧进行必要的支撑，防止基础发生位移；基础回填时应清除杂根、杂草等异物。

⑧施工现场恢复

基础回填后剩余回填土在塔基征地范围内平摊，回覆表土，清理施工现场，恢复施工现场原有地形地貌。

——岩石基坑开挖

嵌固式岩石基础施工分为清理施工基面、分坑、钻孔、安装锚筋或地脚螺栓、浇灌砂浆、养护等步骤。

嵌固式和掏挖式岩石基础一般用于风化较严重的岩石地带，采用人工开挖或分层定向爆破，以及人工开挖和爆破二者相结合的方式，不能采用大开挖、大爆破的方式施工，以保证塔基及附近岩体的完整性和稳定性。近年推广采用微差爆破、光面爆破和非电起爆系统等技术运用于嵌固式岩石锚基基础的基坑开挖。

对于嵌固岩石基础及掏挖基础的基坑开挖，采用人工开挖或分层定向爆破，以及人工开挖和爆破二者相结合的方式，不能采用大开挖、大爆破的方式，以保证塔基及附近岩体的完整性和稳定性。

——大跨越施工

陕西延安黄河大跨越：本工程跨越黄河线路路径长 2.957km，所有塔位均位于丘陵地区，共立塔 4 基，采用“耐-直-直-耐”跨越，自东向西档距推荐布置为 647-1860-468m，大跨越方案主跨为 1860m。

山东聊城黄河大跨越：本工程跨越黄河线路路径长 2.806km，所有塔位均位于

平原地区，共立塔 4 基，采用“耐-直-直-耐”跨越，自西向东档距推荐布置为 736 - 1338 - 732m，大跨越方案主跨为 1338m。

大跨越塔基基础均为灌注桩基础，基础施工过程中每基钻渣约 600m³，根据钻渣泥浆量每处塔基施工场地设置两个泥浆沉淀池，用于临时沉淀塔基施工泥浆和钻渣泥浆，沉淀池采用半挖半填方式，地下部分池口尺寸为 15m（长）×15m（宽）×1.5m（深），池壁开挖坡比控制在 1: 0.5，以保持边坡的稳定，沉淀池容量足以容纳钻孔灌注桩产生的钻渣泥浆。施工场地考虑塔基永久占地部分后，大跨越直线塔塔基施工场地可利用范围为 854 ~ 1317m²，耐张塔塔基施工场地可利用范围为 1216 ~ 1458m²，施工场地可满足塔基施工。

泥浆池(包括储浆池和沉浆池)开挖时，沉浆池和储浆池之间有隔墙，隔墙预留 3 米厚隔墙(或采用钢板)进行隔离，隔墙上严禁堆放机具和行走。要废弃的泥浆(沉渣)和开挖泥浆池的土方及时进行外运和处置，严禁随意流(堆)放到施工限界以外，造成施工现场周边环境污染和水土流失;严禁长时间存放施工现场，做到现场文明施工。泥浆池(包括储浆池和沉浆池)开挖时，边坡应按规范要求放坡，开挖土方不得高堆于泥浆池四周。泥浆池开挖后立即设置安全防护设施，并设置夜间照明设施，严禁使用碘钨灯。塔基的桩基施工完成后,应清除泥浆池内泥浆及沉渣,拆除钢板护壁和底部封闭防渗材料，用附近基坑开挖的土方和表土分层回填、压实、整治，并做好后续迹地恢复工作。

2) 塔基开挖余土堆放及调运

山丘区塔基通常以挖孔桩基础为主，余土量较小，主体考虑将山区塔基挖方就近堆放在塔基施工场地。塔基产生余方中的部分石方可考虑作为塔基挡土墙、护坡的建筑材料。

平原区塔基余土堆放：塔基开挖回填后，尚余一定量的余方，考虑到塔基余土具有点多、分散的特点，为合理利用水土资源，先将余土就近堆放在塔基施工场地，采取人工夯实方式对塔基开挖产生的土石方在塔基周边分层碾压，最终塔基占地区回填后一般仅高出原地面不足 20cm。

3) 混凝土浇筑

购买成品混凝土或现场拌和的混凝土，需及时进行浇筑，浇筑先从一角或一处开始，延入四周。混凝土倾倒入模盒内，其自由倾落高度不超过 2m，超过 2m

导线在张力展放时与跨越物顶部的垂直距离，确定能否设立跨越架和封顶网。根据跨越档档距验算承载索的弛度及强度，能满足张力放线的安全要求。根据新建线路与跨越物的交叉角大小验算跨越架的宽度、长度，现有跨越设备能否满足要求。根据交叉跨越处的地形条件、运输条件，在满足安全性要求的前提下，进行方案比较，优选后确定最终跨越施工方案。

——跨越架搭设

① 搭设跨越架时必须遵守跨越物主管部门的相关要求：跨越物以下的架体白天搭设，跨越物以上的架体宜在凌晨 00:30—4:30 搭设。

② 钢管跨越的立杆和大横杆应错开搭接，搭接长度不得小于 0.5m。

③ 钢管立杆底部应设置金属钢板或垫木，并绑扫地杆。

④ 跨越架两端及每隔 6~7 根立杆应设置剪刀撑、支杆或拉线。拉线的挂点或支杆或剪刀撑的绑扎点应设在立杆与横杆的交接处，且与地面的夹角不得大于 60°。支杆埋入地下的深度不得小于 0.3m。

⑤ 跨越架搭设顺序为：立杆—小横杆—大横杆—剪刀撑，搭设应横平竖直。

⑥ 架体在搭设或拆除过程中，须做好架体防倾覆措施。当跨越架搭设高度超过 12m 后，跨越架过夜需搭设临时拉线补强。

——跨越放线施工

① 跨越架、封网等搭设完毕后必须经验收合格，方可进行跨越架线施工。

② 跨越档两端铁塔上的放线滑轮均应采取接地保护措施。

③ 在多雨季节和空气潮湿情况下，应在封网用承力绳与架体连接处采取分流调节保护措施。

④ 在点内通过迪尼玛绳贯通跨越物两侧牵引绳，并腾空。通过牵引绳与准备好的导线、地线连接，带张力缓缓收回牵引绳过跨越物。

⑤ 在跨越塔位置用机械牵引方式将导线收紧、看弧垂、压接好挂接铁塔，安装间隔棒、防震锤等金具。

⑥ 导地线牵引展放过程中，连接系统必须有后备保护，以防止发生跑线事故。牵引施工前由专人进行施工机具的检查。

⑦ 跨越档两端铁塔附件安装应进行二道防护，采用包胶钢丝绳将导线圈住并挂于横担上。

⑧ 附件安装时，作业区间应装设保安接地线。施工线路有高压感应电时，应在作业点两侧加装接地线。

——拆除跨越架

① 跨越架拆除顺序的原则是由上而下，后绑者先拆，先绑者后拆。一般是先拆小横杆，再拆大横杆及剪刀撑，最后拆斜撑和立杆。

② 跨越架拉线的拆除也应遵循由上而下的原则，拆除平面以下的拉线不得拆除。

③ 拆下的杆件、扣件应用绳索传递，不得抛掷或将架体整体推倒。

④ 拆除跨越架必须统一指挥，上下呼应，动作协调。

⑤ 拆除与相邻人员有关联时，应告知对方，再行拆除，防止杆件坠落或碰撞相邻部位的施工人员。

——河流跨越施工

线路工程跨越不通航河流采用迪尼玛绳封网跨越技术，用迪尼玛绳作为跨越承载绳架设在跨越档间，使用跨越塔代替跨越架作为支撑。由于迪尼玛牵引绳的轻便且耐磨，极大地提高了跨越河流等的施工效率，极大的降低了施工作业的风险。

（5）自立式塔拆除施工

本工程塔基拆除采用气焊切割塔腿的方法整体拆除自立塔。在现场选好铁塔倾倒的方向，倾倒方向要求地形开阔，在铁塔高度 1.5 倍的距离内，无任何障碍物。将绞磨机布置在铁塔倾倒距离 1.5 倍外， $\varnothing 15$ 钢丝绳一头用 U 型环缠绕固定在铁塔塔头主材上，一头连接到绞磨机，并在铁塔倾倒方向的两个侧面用 $\varnothing 13$ 的钢丝绳打两根临时拉线，临时拉线的位置设在横线路侧铁塔全高 1.2 倍外，拉线用 U 型环固定在铁塔的主材上，用导链收紧两根临时拉线，以控制铁塔的倾倒方向。切割开铁塔四个塔腿八字铁下端角钢，用 5 吨绞磨作为牵引设备，慢慢开动绞磨至铁塔倾倒。铁塔倾倒后，在地面将铁塔用气焊切断成片成段，在切割过程中注意铁塔受力的变化情况，及时改变切割的方向和位置。塔材全部落到地面后，将塔材螺栓全部拆除，并分类组装打包，运回材料站。塔材拆除完毕后，对塔基基础地上部分进行拆除，基础拆除后的废弃混凝土块，可用于当地村民修路或者其他方式的综合利用。

(6) 水土保持敏感区内施工

水土保持敏感区内施工时需注意以下事项:

施工道路: 材料运输过程中对施工道路及人抬便道进行合理的选择, 施工运输道路一般为单行道, 尽量避免过多扰动原始地面, 避免在植被完好的地段进行道路修筑工作。对运至塔位的塔材, 选择合适的位置进行堆放, 减少场地的占用。

塔基及施工场地: 施工时应在工期安排上合理有序, 先设置拦挡措施, 后进行工程建设, 尽量减少对地表和植被的破坏, 除施工必须不得不铲除或碾压植被外, 不允许以其他任何理由铲除植被, 以减少对生态环境的破坏。临时堆土采取四周拦挡、下铺上盖的措施, 回填后及时整平。施工中要严格控制临时占地, 减少破坏原地貌、植被的面积。基坑开挖尽量保持坑壁成型完好, 并做好临时堆土的挡护及苫盖, 基础坑开挖好后应尽快浇筑混凝土。严格控制施工范围, 穿越水土保持敏感区段, 应尽量控制作业面, 以保持生态系统的完整性。水土保持敏感区施工应按照本方案措施布设要求, 增加临时苫盖、临时拦挡、临时排水的措施实施量, 降低施工造成的水土流失影响, 并在施工后期增大林地栽植和草籽撒播实施密度, 增大生态恢复力度。

工程根据水土保持敏感区保护目标不同, 有针对性的采用相关水土保持施工方式, 水土保持敏感区施工方式见下表。

表 2.2-10 水土保持敏感区水土保持施工方式

敏感区分类	主要水保施工方式
自然保护区、天然湿地、森林公园等	<p>(1) 材料运输过程中对施工道路及人抬道路进行合理的选择, 施工运输道路一般为单行道, 尽量避免过多扰动原始地面, 避免在植被完好的地段进行道路修筑工作。</p> <p>(2) 对运至塔位的塔材, 选择合适的位置进行堆放, 减少场地的占用。</p> <p>(3) 合理控制施工作业范围, 尽量减少对地表和植被的破坏, 除施工必须不得不铲除或碾压植被外, 不允许以其他任何理由铲除植被, 以减少对生态环境的破坏。</p> <p>(4) 基坑开挖尽量保持坑壁成型完好, 并做好临时堆土的挡护及苫盖, 基础坑开挖好后应尽快浇筑混凝土。塔基基坑尽量采用原状土开挖基础。</p> <p>(5) 施工过程按照水保方案措施实施要求, 提高临时苫盖、拦护等措施, 并增加绿化恢复措施, 减轻工程施工过程中的扰动同时及时恢复或提升原地貌生态条件。</p>
水源保护区	<p>(1) 不在二级水源地上采用灌柱桩施工工艺, 以免施工过程中对地下水造成污染。</p> <p>(2) 严禁施工过程中的施工废水外排, 施工产生的废污水应集中拉运至污水处理厂集中处理。</p>

2.3 工程占地

工程占地面积共计 740.55hm², 其中永久占地 122.96hm², 临时占地 617.59hm²。按行政区统计, 甘肃省境内占地 189.64hm², 陕西省境内占地 97.62hm², 山西省境内占地 209.18hm², 河北省境内占地 95.61hm², 山东省境内占地 148.50hm²。按占地类型统计, 占用耕地 379.64hm²、林地 256.23hm²、园地 26.65hm²、草地 76.75hm²、其他土地 1.26hm²。按地貌类型统计, 山丘区面积 433.71hm², 平原区面积 306.83hm²。

本工程占地面积统计见下表。

表 2.3-1 分省占地面积一览表 单位: hm²

序号	行政区划	按占地类型					按地形、地貌		占地性质		合计
		耕地	林地	园地	草地	其他土地	山丘区	平原区	永久	临时	
1	甘肃省	104.43	56.58	8.88	18.62	1.12	75.89	113.75	47.26	142.38	189.64
1.1	庆阳市	104.43	56.58	8.88	18.62	1.12	75.89	113.75	47.26	142.38	189.64
2	陕西省	2.89	79.27	15.46			97.62		10.46	87.16	97.62
2.1	延安市	2.89	79.27	15.46			97.62		10.46	87.16	97.62
3	山西省	77.20	112.99		18.99		209.18		22.65	186.53	209.18
3.1	临汾市	42.33	76.99		4.74		124.06		12.62	111.44	124.06
3.2	长治市	34.87	36.00		14.25		85.12		10.03	75.09	85.12
4	河北省	65.43	0.93		29.25		36.02	59.59	10.46	85.15	95.61
4.1	邯郸市	65.43	0.93		29.25		36.02	59.59	10.46	85.15	95.61
5	山东省	129.70	6.46	2.31	9.89	0.14	15.00	133.50	32.13	116.37	148.50
5.1	聊城市	59.88	3.32			0.14		63.34	6.72	56.62	63.34
5.2	济南市	7.77			9.89		9.45	8.21	2.38	15.28	17.66
5.3	泰安市	62.05	3.14	2.31			5.55	61.95	23.03	44.47	67.50
6	合计	379.64	256.23	26.65	76.75	1.26	433.71	306.83	122.96	617.59	740.55

表 2.3-2 分省各项建设内容占地面积一览表 单位: hm^2

项目		占地类型					地貌类型		合计
		耕地	林地	园地	草地	其他土地	山丘区	平原区	
1	甘肃省	104.43	56.58	8.88	18.62	1.12	75.89	113.75	189.65
1.1	庆阳市	104.43	56.58	8.88	18.62	1.12	75.89	113.75	189.65
1.1.1	送端换流站工程	64.91	1.98	4.94	5.67	1.12		78.62	78.62
永久占地	站区	34.12						34.12	34.12
	进站道路区	2.19						2.19	2.19
	外接电源工程区	0.05		0.09	0.32			0.45	0.45
	供排水工程区	0.02		0.01	0.02			0.04	0.04
	小计	36.37		0.10	0.34			36.81	36.81
临时占地	外接电源工程区	3.12	1.98	1.49	0.87			7.46	7.46
	供排水工程区	13.42		3.35	4.46	1.12		22.35	22.35
	施工生产生活区	8.52						8.52	8.52
	临时堆土区	3.48						3.48	3.48
	小计	28.54	1.98	4.84	5.33	1.12		41.81	41.81
1.1.2	送端接地极	8.85		0.96				9.81	9.81
永久占地	汇流装置区	0.09						0.09	0.09
	电极电缆区	0.03						0.03	0.03
	检修道路区	0.07						0.07	0.07
	外接电源工程区	0.01						0.01	0.01
	小计	0.21						0.21	0.21
临时占地	电极电缆区	8.62		0.96				9.58	9.58
	外接电源工程区	0.02						0.02	0.02
	小计	8.65		0.96				9.61	9.61
1.1.3	直流线路	26.87	50.43		12.96		70.11	20.15	90.26
永久占地	塔基区	4.96	3.37		0.96		4.81	4.48	9.29
临时占地	塔基区	11.14	8.43		2.41		12.04	9.94	21.98

项目		占地类型					地貌类型		合计
		耕地	林地	园地	草地	其他土地	山丘区	平原区	
	牵张场区	1.44	6.48		0.48		7.44	0.96	8.40
	跨越施工场地	2.24	0.28				0.28	2.24	2.52
	施工道路区	7.08	31.88		9.11		45.54	2.52	48.07
	临时占地小计	21.90	47.07		12.00		65.30	15.66	80.97
1.1.4	送端接地极线路	3.44	4.17	2.98			5.78	4.80	10.58
永久占地	塔基区	0.32	0.32	0.29			0.45	0.48	0.93
临时占地	塔基区	0.93	0.59	1.03			0.82	1.72	2.54
	牵张场区		0.21	0.21			0.21	0.21	0.42
	跨越施工场地			0.04				0.04	0.04
	施工道路区	2.19	3.05	1.41			4.30	2.36	6.65
	临时占地小计	3.11	3.84	2.69			5.33	4.32	9.65
1.1.5	迁改线路	0.37						0.37	0.37
永久占地	塔基区	0.02						0.02	0.02
临时占地	塔基区	0.09						0.09	0.09
	牵张场区	0.07						0.07	0.07
	跨越施工场地	0.08						0.08	0.08
	施工道路区	0.11						0.11	0.11
	临时占地小计	0.35						0.35	0.35
2	陕西省	2.89	79.27	15.46			97.62		97.62
2.1	延安市	2.89	79.27	15.46			97.62		97.62
2.1.1	直流线路	2.89	78.08	15.46			96.43		96.43
永久占地	塔基区	0.37	8.15	1.75			10.27		10.27
临时占地	塔基区	0.72	15.40	3.76			19.88		19.88
	牵张场区	0.24	8.16	1.44			9.84		9.84
	跨越施工场地		2.28	0.40			2.68		2.68
	施工道路区	1.56	44.09	8.11			53.76		53.76
	临时占地小计	2.51	69.94	13.71			86.16		86.16

项目		占地类型					地貌类型		合计
		耕地	林地	园地	草地	其他土地	山丘区	平原区	
2.1.2	迁改线路		1.19				1.19		1.19
永久占地	塔基区		0.19				0.19		0.19
临时占地	塔基区		0.32				0.32		0.32
	牵张场区		0.48				0.48		0.48
	跨越施工场地								
	施工道路区		0.20				0.20		0.20
	临时占地小计		1.00				1.00		1.00
3	山西省	77.20	112.99		18.99		209.18		209.18
3.1	临汾市	42.33	76.99		4.74		124.06		124.06
3.1.1	直流线路	37.25	76.99		4.74		118.98		118.98
永久占地	塔基区	3.76	8.19		0.44		12.39		12.39
临时占地	塔基区	9.61	20.74		1.25		31.60		31.60
	牵张场区	4.32	8.40		0.48		13.20		13.20
	跨越施工场地	2.00	6.88		0.16		9.04		9.04
	施工道路区	17.56	32.78		2.41		52.75		52.75
	临时占地小计	33.49	68.80		4.30		106.59		106.59
3.1.2	迁改线路	5.08					5.08		5.08
永久占地	塔基区	0.23					0.23		0.23
临时占地	塔基区	0.70					0.70		0.70
	牵张场区	0.88					0.88		0.88
	跨越施工场地	0.20					0.20		0.20
	施工道路区	3.07					3.07		3.07
	临时占地小计	4.85					4.85		4.85
3.2	长治市	34.87	36.00		14.25		85.12		85.12
3.2.1	直流线路	34.87	36.00		14.25		85.12		85.12
永久占地	塔基区	4.33	4.03		1.67		10.03		10.03
临时占地	塔基区	8.81	8.66		3.80		21.27		21.27

项目		占地类型					地貌类型		合计
		耕地	林地	园地	草地	其他土地	山丘区	平原区	
	牵张场区	2.40	3.12		1.20		6.72		6.72
	跨越施工场地	1.28	1.28		0.40		2.96		2.96
	施工道路区	18.05	18.91		7.18		44.14		44.14
	临时占地小计	30.54	31.97		12.58		75.09		75.09
4	河北省	65.43	0.93		29.25		36.02	59.59	95.61
4.1	邯郸市	65.43	0.93		29.25		36.02	59.59	95.61
4.1.1	直流线路	65.43	0.93		29.25		36.02	59.59	95.61
永久占地	塔基区	6.84	0.12		3.50		3.75	6.71	10.46
临时占地	塔基区	21.00	0.23		7.14		7.61	20.76	28.37
	牵张场区	5.98	0.10		2.56		2.64	6.00	8.64
	跨越施工场地	9.10	0.21		3.65		3.36	9.60	12.96
	施工道路区	22.51	0.27		12.40		18.66	16.52	35.18
	临时占地小计	58.59	0.81		25.75		32.27	52.88	85.15
5	山东省	129.70	6.46	2.31	9.89	0.14	15.00	133.50	148.50
5.1	聊城市	59.88	3.32			0.14		63.34	63.34
5.1.1	受端接地极	4.93	3.32			0.14		8.39	8.39
永久占地	汇流装置区	0.04	0.01					0.05	0.05
	电极电缆区	0.02	0.01					0.03	0.03
	检修道路区		0.03			0.14		0.17	0.17
	外接电源工程区								
	小计	0.06	0.05			0.14		0.25	0.25
临时占地	电极电缆区	4.86	3.25					8.11	8.11
	外接电源工程区	0.01	0.02					0.03	0.03
	小计	4.87	3.27					8.14	8.14
5.1.2	直流线路	48.74						48.74	48.74
永久占地	塔基区	6.03						6.03	6.03
临时占地	塔基区	19.86						19.86	19.86

项目		占地类型					地貌类型		合计
		耕地	林地	园地	草地	其他土地	山丘区	平原区	
	牵张场区	7.92						7.92	7.92
	跨越施工场地	6.44						6.44	6.44
	施工道路区	8.49						8.49	8.49
	临时占地小计	42.71						42.71	42.71
5.1.3	受端接地极线路	6.21						6.21	6.21
永久占地	塔基区	0.44						0.44	0.44
临时占地	塔基区	3.24						3.24	3.24
	牵张场区	0.21						0.21	0.21
	跨越施工场地	0.04						0.04	0.04
	施工道路区	2.28						2.28	2.28
	临时占地小计	5.77						5.77	5.77
5.2	济南市	7.77			9.89		9.45	8.21	17.66
5.2.1	直流线路	7.77			9.89		9.45	8.21	17.66
永久占地	塔基区	1.05			1.33		1.33	1.05	2.38
临时占地	塔基区	2.66			3.39		3.39	2.66	6.05
	牵张场区	0.95			1.21		1.20	0.96	2.16
	跨越施工场地	1.00			1.28			2.28	2.28
	施工道路区	2.11			2.68		3.53	1.26	4.79
	临时占地小计	6.72			8.56		8.12	7.16	15.28
5.3	泰安市	62.05	3.14	2.31			5.55	61.95	67.50
5.3.1	受端换流站	52.53	3.14	2.31			5.55	52.43	57.98
永久占地	站区	21.25						21.25	21.25
	进站道路区	0.19						0.19	0.19
	外接电源工程区	0.13						0.13	0.13
	还建工程	0.34						0.34	0.34
	小计	21.91						21.91	21.91
临时占地	外接电源工程区	1.44						1.44	1.44

项目		占地类型					地貌类型		合计
		耕地	林地	园地	草地	其他土地	山丘区	平原区	
	供排水工程区	19.44						19.44	19.44
	施工生产生活区	5.58						5.58	5.58
	临时堆土区	2.00						2.00	2.00
	取土场	0.10	3.14	2.31			5.55		5.55
	还建工程	2.06						2.06	2.06
	小计	30.62	3.14	2.31			5.55	30.52	36.07
5.3.2	直流线路	9.41						9.41	9.41
永久占地	塔基区	1.10						1.10	1.10
临时占地	塔基区	4.01						4.01	4.01
	牵张场区	1.20						1.20	1.20
	跨越施工场地	1.32						1.32	1.32
	施工道路区	1.78						1.78	1.78
	临时占地小计	8.31						8.31	8.31
5.3.3	受端接地极线路	0.11						0.11	0.11
永久占地	塔基区	0.02						0.02	0.02
临时占地	塔基区	0.09						0.09	0.09
	临时占地小计	0.09						0.09	0.09
6	合计	379.64	256.23	26.65	76.75	1.26	433.71	306.84	740.55

2.4 土石方平衡

本工程挖填方总量 514.57 万 m^3 , 其中挖方 251.34 万 m^3 (含表土 52.86 万 m^3), 填方 263.23 万 m^3 (含表土 43.77 万 m^3), 借方 20.98 万 m^3 (取土场取土), 剩余表土 9.09 万 m^3 。送端换流站剩余表土 9.09 万 m^3 用于 G309 线合水 (老城) 至西峰段工程弃渣场复垦、复绿, 详见附件 2。受端换流站借方 20.98 万 m^3 来源于取土场, 剩余表土 3.69 万 m^3 用于取土场耕地恢复。

本工程土石方平衡见下表。

表 2.4-1 土石方平衡一览表 单位: 万 m³

序号	建设内容	开挖量				回填量				借方	剩余表土	去向
		表土	土石方	钻渣	小计	表土	土石方	钻渣	小计			
1	送端换流站	13.58	93.44	0.00	107.02	4.49	93.44	0.00	97.93		9.09	G309 线合水（老城）至西峰段工程弃渣场复垦、复绿
2	送端接地极	0.89	2.61	0.00	3.49	0.89	2.61	0.00	3.49			
3	受端换流站	11.91	26.43	0.00	38.34	11.91	47.41	0.00	59.32	20.98		
4	受端接地极	0.74	2.50		3.24	0.74	2.50		3.24			
5	线路工程	25.75	72.41	0.91	99.24	25.75	72.41	0.91	99.24			
6	合计	52.86	197.38	0.91	251.34	43.77	218.36	0.91	263.23	20.98	9.09	G309 线合水（老城）至西峰段工程弃渣场复垦、复绿

2.4.1 表土剥离情况

(1) 送端换流站

1) 站区：站区施工前，对占用的耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，剥离面积共 34.12hm²，表土剥离量为 9.15 万 m³，表土根据施工情况，堆放在站区东侧的表土临时堆存区内，堆存区面积约 3.48hm²，堆高按 4.5m 计，规划容量 14 万 m³，能够容纳送端换流站与施工生产生活区剥离的表土。施工结束后根据站区覆土需要将表土回覆至站区绿化为绿化提供条件，多余表土运至 G309 线合水（老城）至西峰段工程弃渣场复垦、复绿。

2) 进站道路区：施工前，对道路占用耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。剥离后集中堆放在本区域空地，施工结束后综合利用。表土剥离面积为 1.06hm²，表土剥离量为 0.32 万 m³。施工结束后根据覆土需要将 0.32 万 m³ 回覆进站道路两侧。

3) 外接电源工程区：施工前，对塔基占地地表进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。表土剥离面积为 0.75hm²，表土剥离量为 0.19 万 m³，施工结束后根据覆土需要将 0.19 万 m³ 回覆至外接电源工程区。剥离的表土临时堆放在塔基周边空地并加以防护。

4) 供排水工程区：施工前，对管线开挖区占用耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。施工结束后进行表土回覆，为耕地恢复提供条件。表土剥离面积为 5.47hm²，表土剥离量为 1.37 万 m³，表土回覆量为 1.37 万 m³。剥离的表土就近堆放在管槽一侧，并加以防护。

5) 施工生产生活区：场地平整前，对占用耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，表土剥离面积 8.52hm²，表土剥离量为 2.56 万 m³。表土根据施工情况，堆放在站区东侧的表土临时堆存区内。施工结束后将表土回覆至施工生产生活区，为植被恢复提供条件，施工生产生活区表土回覆量共 2.56 万 m³。

(2) 送端接地极

1) 汇流装置区：施工之前对占用耕地进行表土剥离，剥离厚度按 30cm 考虑，表土剥离面积为 0.09hm²，表土剥离量为 0.02 万 m³，剥离的表土调配至电极电缆区，用于电极电缆区回填。

2) 电极电缆区：施工之前对极环、电缆开挖土石方区域进行表土剥离，剥离

厚度按 30cm 考虑，表土剥离面积为 2.76hm^2 ，表土剥离量为 0.83 万 m^3 ，剥离的表土集中堆放在极环、电缆沟槽一侧，施工结束后用于电极电缆区回填。

3) 检修道路区：施工之前对占用耕地进行表土剥离，剥离厚度按 30cm 考虑，表土剥离面积为 0.06hm^2 ，表土剥离量为 0.02 万 m^3 ，剥离的表土调配至电极电缆区，用于电极电缆区回填。

4) 外接电源工程区：施工之前开挖区域且占用耕地区域进行表土剥离，剥离厚度按 30cm 考虑，表土剥离面积为 0.03hm^2 ，表土剥离量为 0.01 万 m^3 ，剥离的表土集中堆放在塔基周边空地，用于塔基施工区域回填。

(3) 受端换流站

1) 站区：站区施工前，对占用的耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，剥离面积共 21.25hm^2 ，表土剥离量为 6.38 万 m^3 ，表土根据施工情况，堆放在站区东侧的表土临时堆存区内，堆存区面积约 2.00hm^2 ，堆高按 4.5m 考虑，可堆放表土约 8 万 m^3 ，能够容纳受端换流站与施工生产生活区剥离的表土。施工结束后根据站区覆土需要将表土回覆至站区绿化为绿化提供条件，多余表土运至取土场用于耕地恢复。

2) 进站道路区：施工前，对道路占用耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。剥离后集中堆放在表土临时堆放区，施工结束后综合利用。表土剥离面积为 0.19hm^2 ，表土剥离量为 0.06 万 m^3 。

3) 外接电源工程区：施工前，对塔基、管槽占地地表进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。表土剥离面积为 0.38hm^2 ，表土剥离量为 0.11 万 m^3 ，施工结束后根据覆土需要将 0.11 万 m^3 回覆至外接电源工程区用于耕地恢复。剥离的表土临时堆放在外接电源区临时堆土区，并加以防护。

4) 供排水工程区：施工前，对管线开挖区占用耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。施工结束后进行表土回覆，为耕地恢复提供条件。表土剥离面积为 5.38hm^2 ，表土剥离量为 1.61 万 m^3 ，表土回覆量为 1.61 万 m^3 。剥离的表土就近堆放在管线一侧，并加以防护。

5) 施工生产生活区：场地平整前，对占用耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，表土剥离面积 5.58hm^2 ，可回填利用的表土剥离量 1.67 万 m^3 ，剥离的表土集中堆放在表土临时堆存区。施工结束后将表土回覆至施工生产

生活区，为耕地恢复提供条件，表土回覆量共计 1.67 万 m^3 。

6) 取土场：取土场对占用耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，表土剥离面积 5.55hm^2 ，表土剥离量为 1.67 万 m^3 。根据施工情况，表土堆放在表土临时堆存区内，堆存区面积 1.00hm^2 ，堆高按 3.5m 考虑，可临时集中堆放表土约 3.20 万 m^3 。施工结束后将表土回覆至取土面和边坡坡面，为耕地恢复和边坡植被恢复提供条件，表土回覆量共 5.36 万 m^3 （包含受端换流站表土 3.69 万 m^3 ）。

7) 还建工程区

① 还建道路区：施工前，对还建道路区占用耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。表土剥离面积为 0.60hm^2 ，表土剥离量为 0.18 万 m^3 。剥离的表土，集中堆放在表土临时堆存区内，并加以防护。施工结束后，运至还建农田供水管线工程进行综合利用。

② 还建农田供水管线：施工前，对还建供水管线占用耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。表土剥离面积为 0.75hm^2 ，表土剥离量为 0.23 万 m^3 。剥离的表土，集中堆放在农田供水管线沟道两侧内，并加以防护。施工结束后，回覆至还建农田供水管线区，进行耕地恢复。

(4) 受端接地极

1) 汇流装置区：施工之前对占用耕地、林地进行表土剥离，剥离厚度按 30cm 考虑，表土剥离面积为 0.05hm^2 ，表土剥离量为 0.02 万 m^3 ，剥离的表土调配至电极电缆区堆存，用于电极电缆区回填。

2) 电极电缆区：施工之前对极环、电缆开挖土石方区域进行表土剥离，剥离厚度按 30cm 考虑，表土剥离面积为 2.32hm^2 ，表土剥离量为 0.70 万 m^3 ，剥离的表土集中堆放在极环、电缆沟槽一侧，施工结束后用于电极电缆区回填。

3) 检修道路区：施工之前对占用林地进行表土剥离，剥离厚度按 30cm 考虑，表土剥离面积为 0.03hm^2 ，表土剥离量为 0.01 万 m^3 ，剥离的表土调配至电极电缆区堆放，用于电极电缆区回填。

4) 外接电源工程区：施工之前开挖区域且占用耕地、林地区域进行表土剥离，剥离厚度按 30cm 考虑，表土剥离面积为 0.03hm^2 ，表土剥离量为 0.01 万 m^3 ，剥离的表土集中堆放在电缆沟槽一侧空地，用于沟槽区域回填。

(5) 线路工程

1) 塔基区在施工前,本工程对占用耕地、园地、林地及草地类型的塔基永久占地区域进行表土剥离,并保存和利用。剥离厚度根据沿线实际表土层情况按 10cm~40cm 综合考虑。该区域仅对塔基基础开挖扰动范围进行表土剥离,塔基区其他以占压为主的区域将采取铺垫彩条布进行临时防护,不再进行表土剥离,以减少扰动破坏。

2) 塔基区施工场地以临时占压为主,建设期将采取铺垫彩条布进行临时防护,不再进行表土剥离。

3) 牵张场区对于地形起伏较大的山丘区牵张场及材料站考虑进行表土剥离,并保存和利用。剥离厚度根据沿线实际表土层情况按 10cm~30cm 综合考虑。平原区及地形条件较好的山丘区牵张场地采取铺垫彩条布、铺设钢板等进行临时防护,不再进行表土剥离,以减少扰动破坏。

4) 跨越施工场地以临时占压为主,对地表扰动较轻,不再进行表土剥离。

5) 人抬便道主要是对路面进行平整,对地表扰动较轻,不再进行表土剥离。

6) 施工简易道路以利用原有道路和乡村小道为主,平原区新建的施工简易道路主要对路面进行平整,扰动程度较轻,故不再进行表土剥离;山丘区新建的部分施工简易道路根据沿线实际情况局部路段施工前进行表土剥离。本工程表土剥离及回覆量见表 2.4-2 及图 2.4-1。

2.4.2 点型工程土石方平衡

(1) 送端换流站挖方 107.02 万 m^3 ,填方 97.93 万 m^3 ,区间调入、调出利用量 0.35 万 m^3 ,表土综合利用 9.09 万 m^3 。

(2) 送端接地极挖方 3.49 万 m^3 ,填方 3.49 万 m^3 ,区间调入、调出利用量 0.05 万 m^3 。

(3) 受端换流站挖方 38.34 万 m^3 ,填方 59.32 万 m^3 ,外借土方 20.98 万 m^3 用于换流站基础处理与场平填高。区间内调入、调出利用量 3.69 万 m^3 ,为表土运至取土场耕地恢复。站址自然标高 57.40~58.00m,站址处 100 年一遇设计洪水位 59.44m,主体工程确定的设计标高 59.55m。经论证分析,需要设置取土场,取土 20.98 万 m^3 用于换流站场平填高,以使站址设计标高达到 59.55m,高于 100 年一遇设计洪水位 59.44m。

(4) 受端接地极挖方 3.24 万 m^3 , 填方 3.24 万 m^3 , 区间内调入、调出利用量 0.03 万 m^3 。

2.4.3 线路工程土石方平衡

塔基区余土石方进行塔基范围内整平处理; 布设挡渣墙措施进行拦挡处理。土石方开挖量为 62.63 万 m^3 (含表土 13.97 万 m^3), 回填量为 62.63 万 m^3 (含表土 13.97 万 m^3)。

牵张场土石方开挖量为 4.59 万 m^3 (含表土 1.62 万 m^3), 回填量为 4.59 万 m^3 (含表土 1.62 万 m^3)。

施工道路土石方开挖量为 32.03 万 m^3 (含表土 10.16 万 m^3), 回填量为 32.03 万 m^3 (含表土 10.16 万 m^3)。

本工程土石方平衡一览表见下表。

表 2.4-2 表土剥离及回覆平衡一览表 单位: 万 m³

项目	行政区划	分区	表土剥离	表土回覆	回填区域	调入量	调出量	临时堆存场地
一、点型工程			27.11	18.02		3.77	3.77	
送端 换流 站	甘肃省	平原区	站区	9.15	0.06	站区绿化区域		临时堆土区
			进站道路区	0.32	0.32	进站道路两侧		进站道路一侧空地
			外接电源工程区	0.19	0.19	外接电源工程区		塔基周边空地
			供排水工程区	1.37	1.37	供排水工程区		管槽一侧空地
			施工生产生活区	2.56	2.56	施工生产生活区		临时堆土区
			小计	13.58	4.49			
送端 接地 极	甘肃省	平原区	汇流装置区	0.02	0.00	汇流装置区		电极电缆区一侧空地
			电极电缆区	0.83	0.88	电极电缆区	0.05	电极电缆区一侧空地
			检修道路区	0.02	0.00	道路工程区		电极电缆区一侧空地
			外接电源工程区	0.01	0.01	接地极外接电源		塔基周边空地
			小计	0.89	0.89		0.05	0.05
受端 换流 站	山东省	平原区	站区	6.38	2.75	本区、取土场		临时堆土区、取土场
			进站道路区	0.06		取土场		取土场
			外接电源工程	0.11	0.11	本区		电缆沟槽一侧空地
			供排水工程	1.61	1.61	本区		沟槽一侧空地
			施工生产生活区	1.67	1.67	本区		临时堆土区
			取土场	1.67	5.36	本区	3.69	本区
			还建工程区	0.41	0.41	本区		还建工程一侧空地
			小计	11.91	11.91		3.69	3.69
受端 接地	山东省	平原区	汇流装置区	0.02		电极电缆区		电缆沟槽一侧空地
			电极电缆区	0.70	0.73	本区	0.03	电缆沟槽一侧空地

项目	行政区划	分区		表土剥离	表土回覆	回填区域	调入量	调出量	临时堆存场地	
			检修道路区	0.01		电极电缆区		0.01	电缆沟槽一侧空地	
			外接电源工程区	0.01	0.01	本区			电缆沟槽一侧空地	
			小计	0.74	0.74		0.03	0.03		
二、线路工程				25.75	25.75					
±800 kV 直 流输 电线 路	甘 肃 省	山 丘 区	塔基区	1.55	1.55	塔基区			塔基施工场地临时堆土区	
			牵张场区	0.18	0.18	牵张场区			牵张场区临时堆土范围	
			施工道路	2.16	2.16	施工道路区			施工道路两侧	
			小计	3.89	3.89					
	平 原 区	塔基区	0.54	0.54	塔基区			塔基施工场地临时堆土区		
		陕 西 省	山 丘 区	塔基区	2.31	2.31	塔基区			塔基施工场地临时堆土区
				牵张场	0.21	0.21	牵张场区			牵张场区临时堆土范围
				施工道路	2.42	2.42	施工道路			施工道路两侧
	小计			4.94	4.94					
	山 西 省	山 丘 区	塔基区	5.06	5.06	塔基区			塔基施工场地临时堆土区	
			牵张场区	0.42	0.42	牵张场区			牵张场区临时堆土范围	
			施工道路	4.36	4.36	施工道路			施工道路两侧	
			小计	9.84	9.84					
	河 北 省	山 丘 区	塔基区	0.56	0.56	塔基区			塔基施工场地临时堆土区	
			牵张场区	0.53	0.53	牵张场区			牵张场区临时堆土范围	
			施工道路	0.65	0.65	施工道路			施工道路两侧	
			小计	1.74	1.74					
	平 原 区	塔基区	1.51	1.51	塔基区			塔基施工场地临时堆土区		
	山 东 省	山 丘 区	塔基区	0.20	0.20	塔基区			塔基施工场地临时堆土区	

项目	行政区划	分区		表土剥离	表土回覆	回填区域	调入量	调出量	临时堆存场地
			牵张场区	0.24	0.24	牵张场区			牵张场临时堆土区
			施工道路	0.13	0.13	施工道路			施工道路两侧
			小计	0.57	0.57				
		平原区	塔基区	1.84	1.84	塔基区			塔基施工场地临时堆土区
接地极线路	甘肃省	山丘区	塔基区	0.15	0.15	塔基区			塔基施工场地临时堆土区
			牵张场区	0.01	0.01	牵张场区			牵张场区临时堆土范围
			施工道路	0.30	0.30	施工道路区			施工道路两侧
			小计	0.47	0.47				
	山东省	平原区	塔基区	0.06	0.06	塔基区			塔基施工场地临时堆土区
			塔基区	0.11	0.11	塔基区			塔基施工场地临时堆土区
迁改线路	甘肃省	平原区	塔基区	0.003	0.003	塔基区			塔基施工场地临时堆土区
	陕西省	山丘区	塔基区	0.02	0.02	塔基区			塔基施工场地临时堆土区
			牵张场区	0.01	0.01	牵张场区			牵张场临时堆土区
			施工道路	0.00	0.00				
			小计	0.04	0.04				
	山西省	山丘区	塔基区	0.05	0.05	塔基区			塔基施工场地临时堆土区
			牵张场区	0.02	0.02	牵张场区			牵张场临时堆土区
			施工道路	0.14	0.14	施工道路			施工道路两侧
			小计	0.21	0.21				
三、工程合计				52.86	43.77		3.77	3.77	

表 2.4-3 土石方平衡一览表单位: 万 m³

项目	省	分区		开挖量				回填量				调入	调出	借方	综合利用
				表土	土石方	钻渣	小计	表土	土石方	钻渣	小计				
一、点型工程				27.11	124.98		152.09	18.02	145.96	0.00	163.98	4.12	4.12	20.98	9.09
送端换流站	甘肃省	平原区	站区	9.15	80.31		89.46	0.06	80.66	0.00	80.72	0.35	0.00	0.00	9.09
			进站道路区	0.32	0.39		0.70	0.32	0.04	0.00	0.35	0.00	0.35	0.00	0.00
			外接电源工程区	0.19	0.63		0.82	0.19	0.63	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00
			供排水工程区	1.37	12.11		13.48	1.37	12.11	0.00	13.48	0.00	0.00	0.00	0.00
			施工生产生活区	2.56	0.00		2.56	2.56	0.00	0.00	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00
			小计	13.58	93.44		107.02	4.49	93.44	0.00	97.93	0.35	0.35	0.00	9.09
送端接地极	甘肃省	平原区	汇流装置区	0.02	0.14		0.16	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.02	0.00	0.00
			电极电缆区	0.83	2.40		3.23	0.88	2.40	0.00	3.28	0.05	0.00	0.00	0.00
			检修道路区	0.02	0.04		0.06	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00
			外接电源工程区	0.01	0.02		0.03	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
			小计	0.89	2.61		3.49	0.89	2.61	0.00	3.49	0.05	0.05	0.00	0.00
受端换流站	山东省	平原区	站区	6.38	20.28		26.66	2.75	40.98		43.73		3.63	20.70	
			进站道路区	0.06			0.06		0.28		0.28		0.06	0.28	
			外接电源工程区	0.11	3.41		3.52	0.11	3.41		3.52				
			供排水工程区	1.61	1.59		3.20	1.61	1.59		3.20				
			施工生产生活区	1.67	0.56		2.23	1.67	0.56		2.23				
			取土场	1.67			1.67	5.36			5.36	3.69			
			还建工程区	0.41	0.59		1.00	0.41	0.59		1.00				
			小计	11.91	26.43		38.34	11.91	47.41	0.00	59.32	3.69	3.69	20.98	0.00
受端接	山东省	平原区	汇流装置区	0.02	0.14		0.16		0.14		0.14		0.02		
			电极电缆区	0.70	2.32		3.02	0.73	2.32		3.05	0.03			
			检修道路区	0.01	0.02		0.03		0.02		0.02		0.01		

2 项目概况

项目	省	分区		开挖量				回填量				调入	调出	借方	综合利用
				表土	土石方	钻渣	小计	表土	土石方	钻渣	小计				
地极			外接电源工程区	0.01	0.02		0.03	0.01	0.02		0.03				
			小计	0.74	2.50		3.24	0.74	2.50		3.24	0.03	0.03		
二、线路工程				25.75	72.41	0.91	99.24	25.75	72.41	0.91	99.24	0.00	0.00	0.00	0.00
±80 0kV 直流 输电 线路	甘 肃 省	山 丘 区	塔基区	1.55	0.93		2.49	1.55	0.93		2.49				
			牵张场	0.18	0.53		0.71	0.18	0.53		0.71				
			施工道路	2.16	6.49		8.65	2.16	6.49		8.65				
		平原区	塔基区	0.54	0.26		0.80	0.54	0.26		0.80				
		小计		4.43	8.22		12.65	4.43	8.22		12.65				
	陕 西 省	山 丘 区	塔基区	2.31	2.93	0.04	5.28	2.31	2.93	0.04	5.28				
			牵张场	0.21	0.62		0.83	0.21	0.62		0.83				
			施工道路	2.42	7.26		9.68	2.42	7.26		9.68				
		小计		4.94	10.81	0.04	15.78	4.94	10.81	0.04	15.78				
	山 西 省	山 丘 区	塔基区	5.06	35.15	0.14	40.35	5.06	35.15	0.14	40.35				
			牵张场	0.42	1.31		1.73	0.42	1.31		1.73				
			施工道路	4.36	4.84		9.20	4.36	4.84		9.20				
		小计		9.84	41.30	0.14	51.28	9.84	41.30	0.14	51.28				
	河 北 省	山 丘 区	塔基区	0.56	1.98		2.54	0.56	1.98		2.54				
			牵张场	0.53	0.26		0.79	0.53	0.26		0.79				
			施工道路	0.65	1.87		2.52	0.65	1.87		2.52				
		平原区	塔基区	1.51	3.52	0.36	5.39	1.51	3.52	0.36	5.39				
		小计		3.25	7.63	0.36	11.24	3.25	7.63	0.36	11.24				
	山 东 省	山 丘 区	塔基区	0.20	1.36	0.01	1.57	0.20	1.36	0.01	1.57				
			牵张场	0.24	0.12		0.36	0.24	0.12		0.36				
			施工道路	0.13	0.35		0.48	0.13	0.35		0.48				

2 项目概况

项目	省	分区		开挖量				回填量				调入	调出	借方	综合利用
				表土	土石方	钻渣	小计	表土	土石方	钻渣	小计				
		平原区	塔基区	1.84	1.08	0.34	3.26	1.84	1.08	0.34	3.26				
		小计		2.41	2.91	0.35	5.67	2.41	2.91	0.35	5.67				
接地极线路	甘肃省	山丘区	塔基区	0.15	0.18		0.33	0.15	0.18		0.33				
			牵张场	0.01	0.04		0.06	0.01	0.04		0.06				
			施工道路	0.30	0.90		1.20	0.30	0.90		1.20				
		平原区	塔基区	0.06	0.38		0.44	0.06	0.38		0.44				
		小计		0.52	1.50		2.02	0.52	1.50		2.02				
	山东省	平原区	塔基区	0.11	0.07	0.02	0.44	0.11	0.07	0.02	0.44				
		小计		0.11	0.07	0.02	0.44	0.11	0.07	0.02	0.44				
迁改线路	甘肃省	平原区	塔基区	0.003	0.002		0.00	0.00	0.00		0.00				
		小计		0.003	0.002		0.00	0.00	0.00		0.00				
	陕西省	山丘区	塔基区	0.02	0.03		0.05	0.02	0.03		0.05				
			牵张场	0.01	0.03		0.04	0.01	0.03		0.04				
			施工道路	0.00	0.01		0.01	0.00	0.01		0.01				
		小计		0.04	0.07		0.10	0.04	0.07		0.10				
	山西省	山丘区	塔基区	0.05	0.08		0.13	0.05	0.08		0.13				
			牵张场	0.02	0.06		0.08	0.02	0.06		0.08				
			施工道路	0.14	0.15		0.29	0.14	0.15		0.29				
		小计		0.21	0.29		0.50	0.21	0.29		0.50				
山丘区小计		塔基区	9.91	42.64	0.19	52.74	9.91	42.64	0.19	52.74					
		牵张场	1.62	2.97		4.59	1.62	2.97		4.59					
		施工道路	10.16	21.86		32.03	10.16	21.86		32.03					
平原区小计		塔基区	4.06	4.93	0.72	9.89	4.06	4.93	0.72	9.89					
三、工程合计				52.86	197.38	0.91	251.34	43.77	218.36	0.91	263.23	4.12	4.12	20.98	9.09

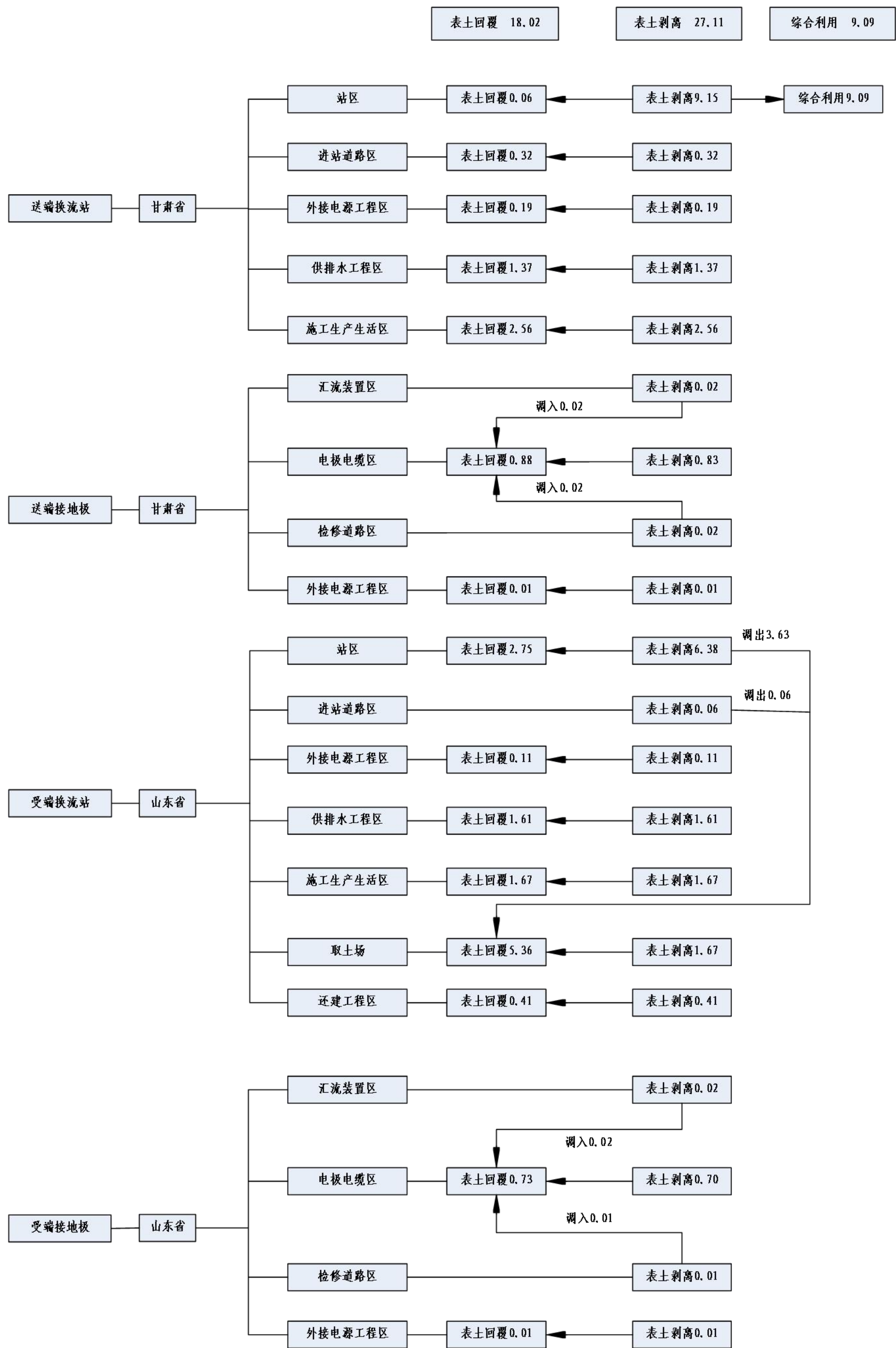
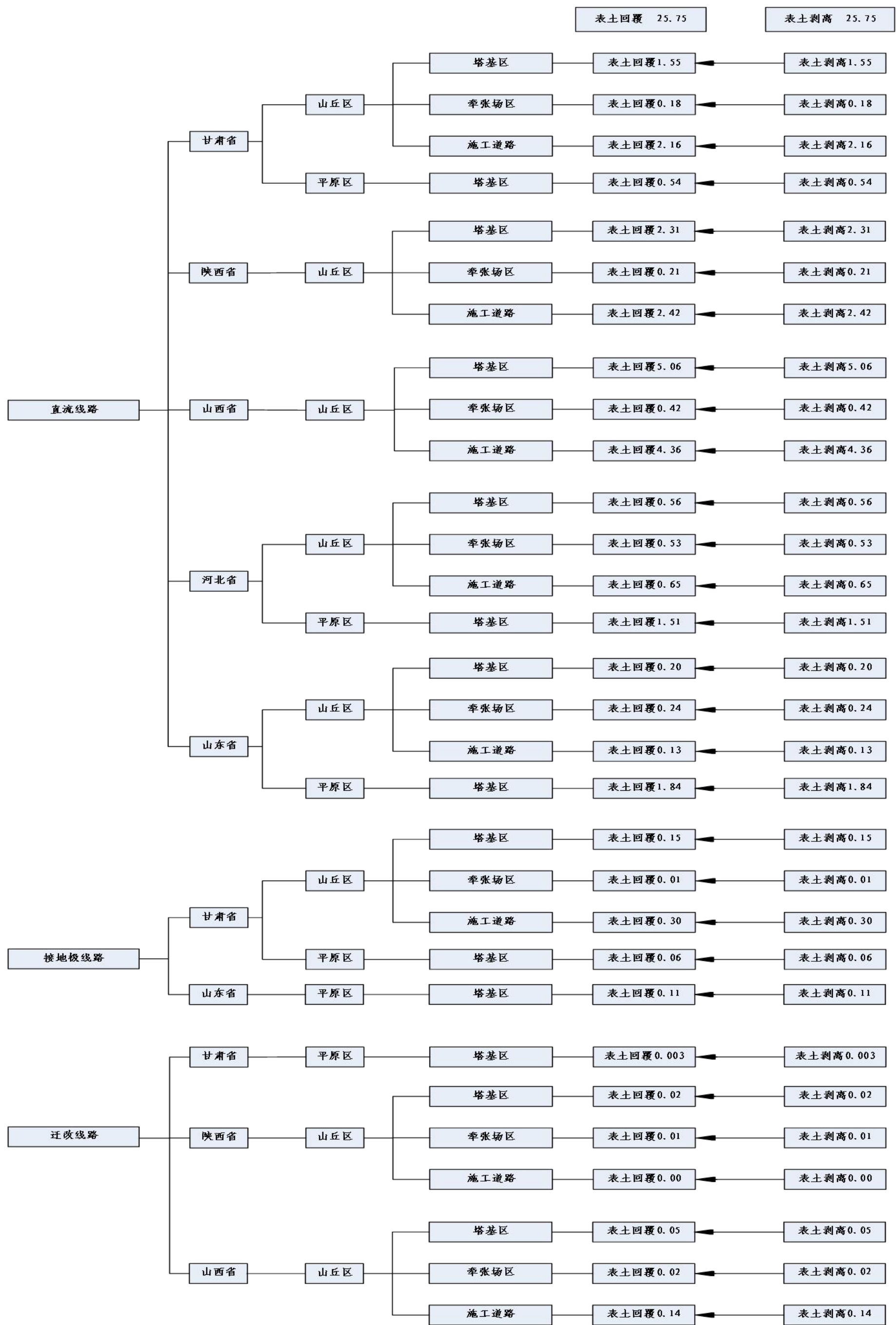


图 2.4-1 表土平衡流向图



续图 2.4-1 表土平衡流向图

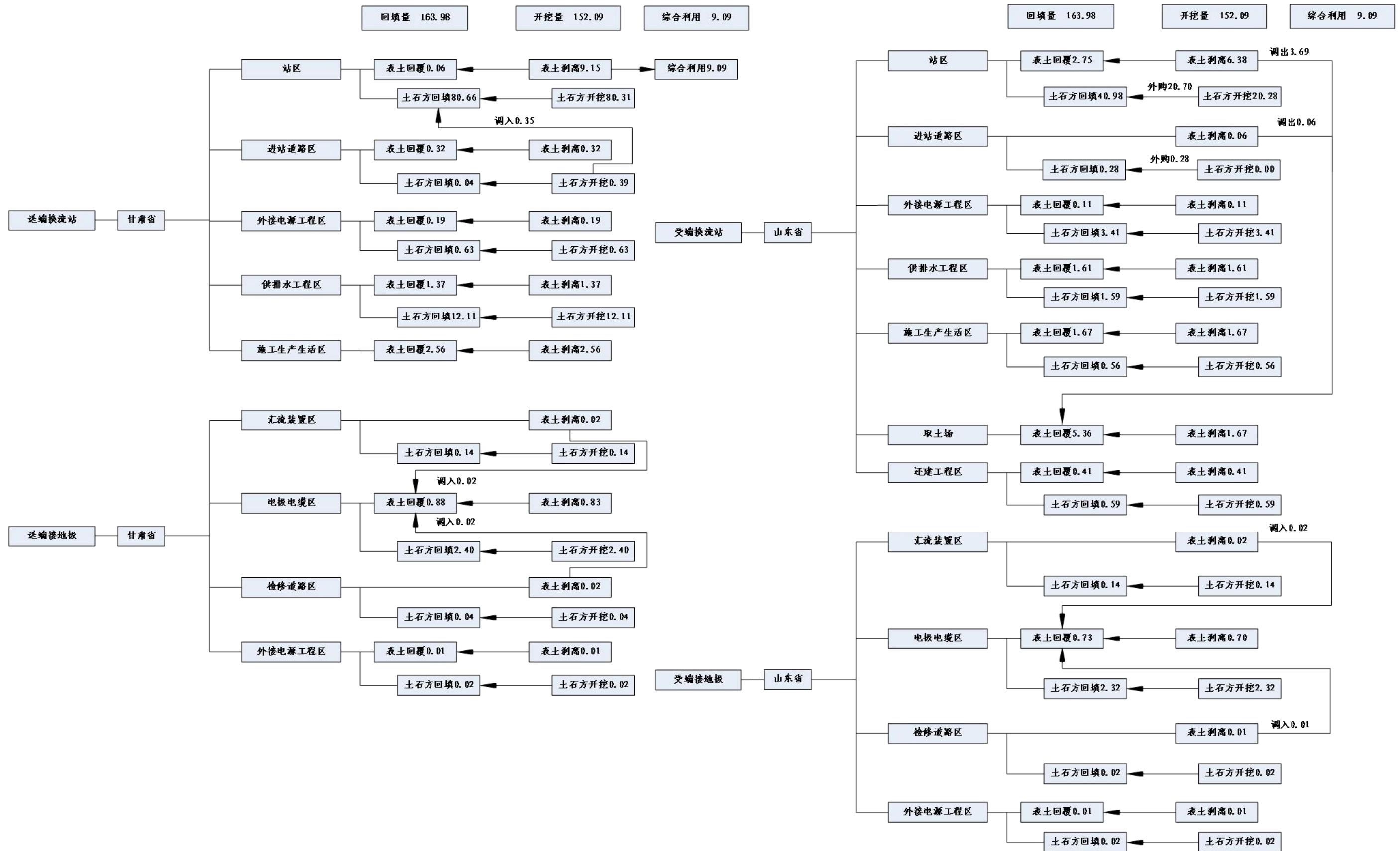
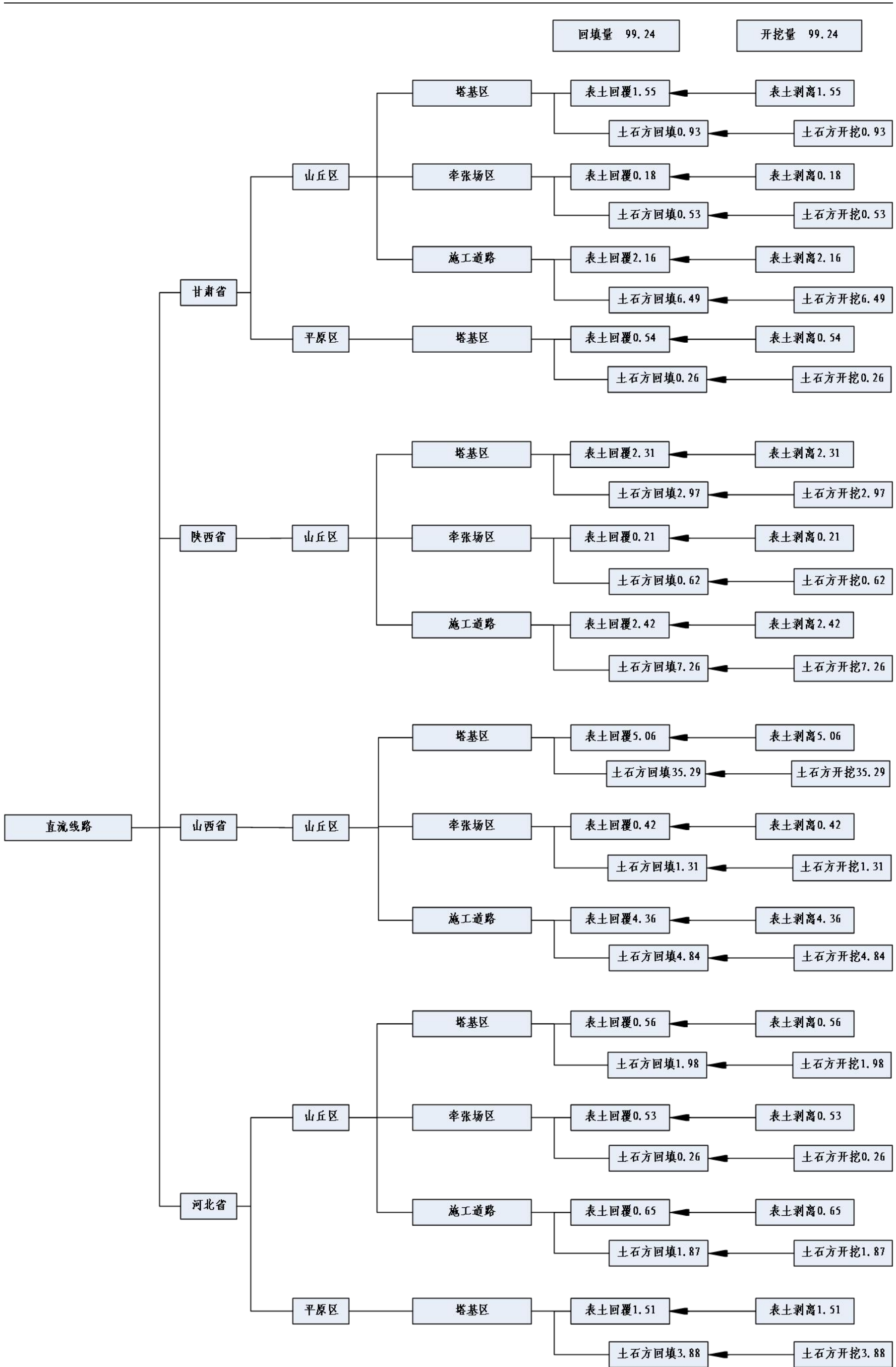
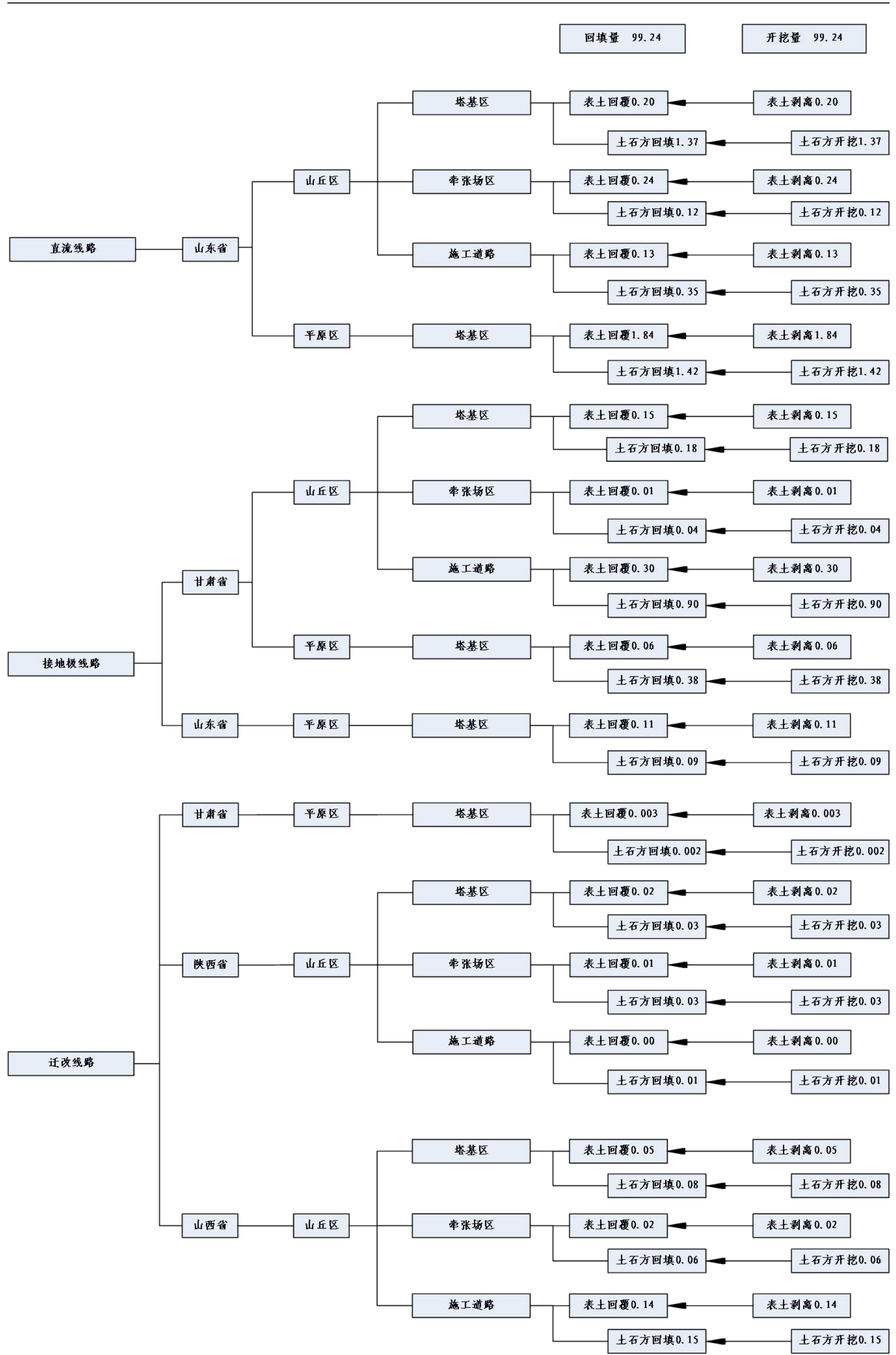


图 2.4-2 土石方平衡流向图（换流站与接地极）



续图2.4-2 土石方平衡流向图（线路工程）



续图2.4-2 土石方平衡流向图（线路工程）

2.5.拆迁（移民）安置与专项设施改（迁）建

本工程建设因无法避让部分居民建筑物，需要进行拆除。拆迁安置具体水土流失防治工作由拆迁安置实施单位统一实施，拆迁安置单位结合工程建设及当地实际情况优先考虑综合利用，若无法综合利用，则运至就近的建筑垃圾场地堆放集中堆置或按当地相关部门要求堆放在指定场地，房屋拆迁不纳入本方案防治责任范围内。

2.6.施工进度

根据类似工程施工经验，本工程计划于 2023 年 6 月开工，2025 年 5 月完工，总工期 24 个月，施工进度安排见下表。

表 2.6-1 施工进度一览表

项 目		2023 年							2024 年												2025 年				
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
1、换流站																									
站 区	施工准备及土建工程																								
	设备安装调试施工准备及土建工程																								
进站道路、外接电源工程区、供排水工程区	施工准备及土建工程																								
施工生产生活区	施工准备及土建工程																								
2、接地极及接地极线路																									
汇流装置区、电极电缆区、检修道路区、外接电源工程区	施工准备及土建工程																								
	设备安装调试																								
3、线路工程																									
塔基区	施工准备及土建工程																								
	立塔、架线、调试、清场、验收、消缺																								
牵张场区、跨越施工现场地区、施工道路区	施工准备及土建工程																								

2.7.自然概况

2.7.1 地质

(1) 送端换流站

送端换流站站址地基土为大厚度第四系风积黄土，包含马兰黄土（ Q_3^{col} ）、离石黄土（ Q_2^{col} ）和午城黄土（ Q_1^{col} ），黄土层厚度大于 60m。马兰黄土（ Q_3^{col} ）、离石黄土（ Q_2^{col} ）上部均具湿陷性，湿陷类型为自重湿陷，湿陷等级为 II 级（中等），黄土湿陷下限最大深度为 11~28m 不等。场地总体地质条件一般。

站址在 II 类场地条件下的地震动峰值加速度 0.05g，相应地震基本烈度 6 度，地震动反应谱特征周期 0.45s，对应设计地震分组为第三组。按 III 类建筑场地调整后地震动峰值加速度 0.065g，地震动反应谱特征周期 0.65s。

(2) 送端接地极

送端接地极揭露地层主要为第四系上更新统风积成因（ Q_3^{col} ）马兰黄土和第四系中更新统风积成因（ Q_2^{col} ）离石黄土组成。极址在 II 类场地条件下地震动峰值加速度 0.05g，相应的地震基本烈度 6 度，地震动反应谱特征周期 0.45s，对应设计地震分组为第三组。按 III 类建筑场地调整后地震动峰值加速度 0.065g，地震动反应谱特征周期 0.65s。

(3) 受端换流站

站址场地地形平坦，地势开阔，地貌类型属平原地貌。站址场地覆盖层以第四系冲洪积（ Q_4^{al+pl} ）粉质黏土为主，夹粉土、粉细砂层，下伏基岩主要为寒武系上统凤山组（ C_3^f ）石灰岩。地下水类型为第四系孔隙潜水及基岩裂隙水，地下水对混凝土结构具弱腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具弱腐蚀性。场地动峰值加速度 0.10g，对应的地震基本烈度 7 度。站址主要不良地质作用为岩溶发育，站址东北角的东北向存在一地面塌陷点，与站址东北角边界距离大于 200m。站址场地内未发现地表塌陷和土洞现象。场地及附近未发现崩塌、滑坡、泥石流及采空区等其他不良地质作用发育。

(4) 受端接地极

接地极场地区地形平坦，地势开阔，现状高程 36.29~36.70m，地貌类型属冲洪积平原地貌。地层岩性为第四系人工填土、冲洪积粉土、粉质黏土、粉细砂层。地下水类型为第四系孔隙潜水，第四系孔隙潜水主要赋存于填土、粉土、粉细砂

层中，大气降水、灌溉为其主要补给来源，人工开采、地面蒸发及地下渗流为其主要排泄方式。地下水稳定水位埋深一般 3.00~4.00m，水位变幅约 $\pm 1.0\text{m}$ 。场地内及周边无滑坡、泥石流、采空区、地面沉陷等不良地质作用分布。

（5）线路工程

1）甘肃省境内线路（含直流线路及接地板线路）

甘肃省境内线路位于中朝准地台鄂尔多斯盆地西南和祁连褶皱系的东北端，以深大断裂为界与秦岭褶皱系相邻。线路沿途所出露的地层主要有第四系上更新统（ Q_3^m ）的马兰组风积黄土和第四系全新统（ Q_4^{al+pl} ）的黄土状粉土、砂层及砾石等。区内沟谷底部地段出露上第三系（ N_2 ）的河湖相橘红色碎屑岩、泥岩互层，白垩系下统（ K_1 ）的河湖相、山麓相碎屑岩、泥岩夹石膏、煤线等。

沿线除个别山涧洼地或沟谷底部地下水位埋藏稍浅外，大部分地段地下水埋藏深度大于 20m。路径沿黄土塬、梁走线，基本不受地下水影响。沿线地下水对线路基础及施工影响较小；地下水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋均具有弱腐蚀性。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》（GB18306）的有关规定，沿线地区地震动峰值加速度 0.05g，相应的地震基本烈度为 VI 度。地震动反应谱特征周期 0.35~0.45。

沿线部分地段属于地质灾害易发区，不良地质作用较发育，主要类型有滑坡、崩塌、落水洞、地坑院窑洞、溯源侵蚀等，总体上地质灾害以小规模及单点分布为主，线路工程选址选线在地质灾害相对密集区已避开。

2）陕西省境内线路

陕西省境内线路路径在地质构造上位于鄂尔多斯地块的南部。线路沿线地层岩性主要为第四系上更新统马兰组（ Q_3^{col} ）黄土、中更新统离石组（ Q_2^{col} ）风积黄土及三叠系（T）的砂岩。

线路区地下水主要为第四系黄土孔隙-裂隙水、孔隙潜水、基岩裂隙水。地下水埋深大于 50.0m（除靠近河流附近地段外），可不考虑地下水的影响。地下水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋存在微腐蚀性，对钢结构具弱腐蚀性。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》（GB18306）的有关规定，沿线地区 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.05g，相应的地震基本烈度为 VI 度。

地震动反应谱特征周期为 0.35~0.45。

线路地处陕北黄土高原，不良地质作用主要有滑坡、崩塌、冲沟、落水洞和陡坎等，属中等易发区，规模较小。规模以单点小型为主，地质灾害相对密集区已避开。

3) 山西省境内线路

山西境内线路路径在大地构造位置上，线路分布于中朝准地台、华北地台、太行山断块隆起区。线路沿线上部覆盖层主要以黄土（粉土）、紫红色泥岩夹黄绿色、绿色厚层状中粒长石石英砂岩为主，下伏基岩主要为二叠系、三叠系的砂岩、泥岩、长石砂岩、砂质泥岩、页岩、灰岩、白云岩以及石炭系、奥陶系的泥质灰岩、石灰岩等。

沿线地下水类型主要为上层滞水、基岩裂隙水和黄土孔隙裂隙潜水，在山顶和坡面一般没有地下水或地下水位埋藏较深，一般大于 10.0m；但在坡脚、沟谷、河流阶地等地势低洼的地段会受季节性滞水及坡面汇水影响，地下水位埋藏较浅，约 3.0~6.0m，年变幅 2.0~4.0m。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》（GB18306）的有关规定，沿线地震动峰值加速度均为 0.05~0.30g，相对应的地震基本烈度为 VI~VIII 度，地震动反应谱特征周期为 0.40~0.45s。

本段线路沿线存在的主要不良地质作用主要为：采空区、崩塌、滑坡、泥石流、落水洞、山洪、冲沟。规模以单点小型为主，地质灾害相对密集区已避开。

4) 河北省境内线路

河北省境内线路路径附近虽然存在多条构造带，但没有较大的活动断裂带通过。大部分断裂、断皱带全新世以来未发现有明显的活动迹象，地质构造相对稳定，近代处于稳定状态，区域地质条件是较稳定的，适宜建设。山区及丘陵段地层覆盖层厚整体较厚，主要为冲洪积粉质粘土、碎石土，下伏基岩以二叠系泥质砂岩、粉砂岩为主；平原段地层均为第四系沉积物，主要由粉土、黏性土及砂类土组成，局部地段见淤泥质土。

线路沿线地下水主要为松散岩类孔隙水、碎屑岩类基岩裂隙水和岩溶洞隙水。山地及丘陵的塔位地表径流条件较好，地下水埋藏较深，一般埋深大于 15m，地下水对基础的影响较小。平原地段部分塔位地下水埋深相对较浅，地下水位埋深

介于 10~35m 之间，此部分塔位若采用大板基础，旱季施工开挖时地下水对塔基施工影响小，雨季施工时应考虑地下水提升对基础施工的影响；若采用桩基础，需考虑地下水对塔基设计及施工的影响。地下水对混凝土结构具有微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋在长期浸水条件下具微腐蚀性，在干湿交替条件下具微腐蚀性。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》（GB18306）的有关规定，沿线地区 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.10~0.20g，相应的地震基本烈度为 VII、VIII 度。地震动反应谱特征周期为 0.40。

山地丘陵区沿线部分地段地质灾害主要类型为滑坡等，规模以单点小型为主，地质灾害相对密集区已避开；平原区沿线地质构造相对稳定，无难以跨越的重大不良地质作用。沿线无泥石流、采空、塌陷、滑坡和岩溶问题，线路路径走向合理。

5) 山东省境内线路（含直流线路及接地极线路）

线路沿线地形平坦，地貌成因类型为冲洪积平原，地貌类型为平地。沿线上覆地层为第四系全新统冲洪积层（ Q_4^{al+pl} ），岩性主要为粉土、粉质粘土及砂土。沿线地震动峰值加速度 0.15~0.20g，相应的地震基本烈度 6~7 度。

线路沿线地下水类型为第四系孔隙潜水，以大气降水和河流侧向入渗为其主要补给来源，以人工开采、蒸发和地下径流为其主要排泄方式。在长期浸水条件下（1m 以下）地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋具有微腐蚀性，在干湿交替条件下（1m 以上）地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋具有弱腐蚀性。沿线地基土对混凝土结构、钢筋混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性，场地土对钢结构具中腐蚀性。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》（GB18306）的有关规定，沿线地区 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.15~0.20g，相应的地震基本烈度 6~7 度。震动反应谱特征周期为 0.40s。

2.7.2 地貌

（1）送端换流站

送端换流站站址位于黄土塬顶，地形较为平坦，整体地势西北高，东南低，站址地面高程 1238~1247m。送端换流站地貌见图 2.7-1。

表 2.7-1 项目区气象要素特征值一览表

省级行政区	市级行政区	多年平均气温 (℃)	极端最高气温 (℃)	极端最低气温 (℃)	≥10℃ 有效积温	多年平均 蒸发量 (mm)	多年平均 降水量 (mm)	无霜期 (天)	全年 主导 风向	年平均 风速 (m/s)	平均相 对湿度 (%)	24h 最 大降水 量 (mm)	冻土 深度 (cm)
甘肃省	庆阳市	8.7	36.4	-22.6	2650	1456.8	526.7	160	S	2.4	62	115.6	105
陕西省	延安市	8.6	36.8	-26.1	2765	1465	561	148	SW	2.1	52	95	78
山西省	临汾市	10.5	39.7	-30.5	3361.5	1709.5	525	150	SSW	1.6	59.5	134.7	79
	长治市	9.3	38.5	-26.2	3567	1558	549.2	172	SE	2.3	61	38.5	54
河北省	邯郸市	13.5	42.5	-19	4500	1200	529.00	220	ES-WN	3.1	62	1394.9	72
山东省	聊城市	26.7	41.1	-22.7	4524	1882	578.4	201	S、ES	2.4	67	328.7	42
	济南市	14.3	42.5	-17.9	5518.0	2263.0	669.3	178	SSW	2.0	57.33	226	52
	泰安市	13.9	41.2	-16.9	5200	1728.3	621.6	224	N	2.4	67	239.00	49

2.7.4 水文

(1) 送端换流站

送端换流站站址位于黄土塬顶，不受河道 100 年一遇洪水影响。站址地形较为平坦，整体地势西北高，东南低，地面高程 1238~1247m。站址不受内涝积水影响，北侧坡面 100 年一遇设计洪峰流量 $1.90\text{m}^3/\text{s} \sim 3.60\text{m}^3/\text{s}$ ；西侧坡面 100 年一遇设计洪峰流量为 $2.25\text{m}^3/\text{s}$ ，进站道路 100 年一遇设计洪峰流量为 $1.75\text{m}^3/\text{s}$ 。站址位于黄土塬顶，整体地势较高，坡面汇流可向东排入天然沟道。

站址地下水类型主要为第四系孔隙潜水，地下水赋存于黄土地层中，大气降水为其主要补给来源，蒸发和人工取水为其主要排泄方式。站址区地下水埋深大于 50m，不考虑地下水对站址建构筑物基础的影响。

(2) 送端接地极

送端接地极址位于黄土塬顶，不受河道 100 年一遇洪水影响。站址地形较为平坦，整体由东北向西南倾斜，地面高程 1325.73~1325.80m，极址不受内涝积水影响。

极址地下水类型主要为第四系孔隙潜水，地下水赋存于黄土地层中，大气降水为其主要补给来源，蒸发和人工取水为其主要排泄方式。站址区地下水埋深大于 50m，不考虑地下水对站址建构筑物基础的影响。

(3) 受端换流站

林马庄换流站站址位于林马庄村西侧约 2.3km 处，站址西侧约 360m 为汇河，东侧约 150m 为东金线河，站址位于两河之间的耕地上。站址东侧的东金线河为平原型河道，河道呈“V”型下切式，该段东金线河于 2020 年进行过治理，治理后的河道顺直，河道宽约 25m，河槽底宽约 5m，深约 2m，河槽平整；整治河道后的土方堆存在河槽两侧，平整成顶宽 1.5m 的土埂，埂高约 2m。土埂以外地势平坦，种有高杆农作物。

汇河俗称汇泉河，是大汶河主要支流之一，发源于岱岳区道朗镇北部山区，流经岱岳区、肥城市、平阴县和东平县，在戴村坝下汇入大清河。

站址自然标高 57.40~58.00m，站址处 100 年一遇设计洪水位 59.44m，主体工程确定的设计标高 59.55m，需要填高换流站使站址设计标高高于百年一遇设计洪水位。

(4) 受端接地极

新丰村接地极极址位于聊城位山灌区西沉沙池。西沉沙池负担二、三千渠和引黄济津、引黄入卫及补淀供水。西沉沙池自 1970 年建设以来，目前的总面积是 2.82 万亩，至今已经修建了 6 条沉沙条池，新规划西 7 号条池，规划西 7 号条池面积 0.56 万亩。除西 5 号条池、规划西 7 号条池位于东面，其余按建设年序自东向西编号。平均池长 5.0km，宽 4.0km，目前是西 6 号条池与西 1+5 号条池交替使用。西 4 号条池已基本达到设计还耕高程，西 2、3 号条池(未复用)。规划 7 号条池待挖。西沉沙池区出口有三座闸，分别是总干渠渠首闸(现已报废)、二千渠进水闸、三千渠进水闸。

(3) 线路工程

(1) 甘肃省境内线路

本段线路涉及的河流均属于黄河流域，线路跨越主要河流有马莲河、葫芦河、城北河。线路工程在跨越河流时，不在水中立塔，避免线路对航运和河道泄洪能力的影响，并按相应的最高通航水位及最大空载船舶高度设计考虑足够的安全净空，以利航运安全。

(2) 陕西省境内线路

本段线路涉及的河流均属于黄河流域，线路跨越主要河流有黄河、北洛河、延河和云岩河。线路工程在跨越河流时，不在水中立塔，避免线路对航运、河道泄洪能力的影响，并按相应的最高通航水位及最大空载船舶高度设计考虑足够的安全净空，以利航运安全。

(3) 山西省境内线路

本段线路涉及的河流属于黄河流域、海河流域，线路沿线跨越的河流主要有义亭河、南川河、黑龙关河、汾河、洪安涧河、沁河、绛河、浊漳西源河、浊漳河、原庄河和阳高河等。线路工程在跨越河流时，不在水中立塔，避免线路对航运、河道泄洪能力的影响，并按相应的最高通航水位及最大空载船舶高度设计考虑足够的安全净空，以利航运安全。

(4) 河北省境内线路

本段线路涉及的河流均属于海河流域，沿线跨越河流主要为清漳河、南水北调中线干渠、卫河、马颊河、小引河、东风渠、红雁江、老柴河等。线路工程在

跨越河流时，不在水中立塔，避免线路对航运、河道泄洪能力的影响，并按相应的最高通航水位及最大空载船舶高度设计考虑足够的安全净空，以利航运安全。

（5）山东省境内线路

本段线路涉及的河流均属于海河流域，线路涉及跨越河流众多，其中通航河流包括黄河、京杭大运河（位山灌区西引水渠）、小运河 3 条，一般河流约 26 条，如彭楼干渠、徒骇河、李枣棵沟、范华干沟、新金线河、明堤西支渠、老金线河、南水北调济平干渠、汇河等。线路工程在跨越河流时，不在水中立塔，避免线路对航运、河道泄洪能力的影响，并按相应的最高通航水位及最大空载船舶高度设计考虑足够的安全净空，以利航运安全。

线路工程经过的主要河流跨越情况见下表。

表 2.7-2 沿线主要河流概况及重要跨越情况汇总表

行政区	跨越河流	河流概况
甘肃省	马莲河	马莲河是黄河支流渭河的支流泾河的最大支流，流域面积 19086km ² ，干流全长 374.8km。直流线路在合水县何家畔镇古平跨越马莲河，跨越处河段为 U 型河道，水面宽约 60m。一档跨越，不在河中立塔。送端接地极线路在宁县老虎山东侧跨越马莲河，水面宽约 100m，两岸为高山。河道基本顺直、稳定。一档跨越，不在水中立塔。
	葫芦河	葫芦河全长 291km，流域面积 5449km ² 。线路在合水县太白镇白家沟附近跨越葫芦河，跨越处河段为 U 型河道，水面宽约 35m。一档跨越，不在水中立塔。
	城北河	送端接地极线路在宁县蔡家沟南侧跨越城北河，河宽约 10m，两岸为平地。河道基本顺直、稳定。一档跨越，不在水中立塔。
陕西省	黄河	黄河流域面积 79.5×104km ² ，干流河道全长 5464km。线路在延长县天尽头附近跨越黄河，该段黄河河面宽约 300m。两岸为高山地貌，河床较稳定。一档跨越，不在水中立塔。
	北洛河	北洛河是黄河二级支流，流域面积 17948km ² 。线路在甘泉县六里峁村北侧跨越北洛河，河道宽约 60m，两侧均为高山。一档跨越，不在水中立塔。
	延河	延河全长 286.9km，总流域面积 7725km ² 。线路在延长县寨谷山附近跨越延河，此处河谷宽 200m。一档跨越，不在水中立塔。
	云岩河	云岩河长 65.5km，流域面积 1331.63km ² 。线路在宝塔区新窑科附近跨越云岩河，跨河处河谷宽约 200m，一档跨越，不在水中立塔。
山西省	义亭河	义亭河属于昕水河系，昕水河是黄河左岸（东岸）一级支流，线路于大宁县三多乡娄底村附近一档跨越跨越义亭河，跨越处低平河谷宽约 230m。
	南川河	南川河属于昕水河支流，线路于蒲县蒲城镇胡家庄附近一档跨越跨越南川河，跨越处低平河谷宽约 210m。
	黑龙关河	黑龙关河属于昕水河支流，线路于蒲县黑龙关镇岔上村南侧一档跨越

行政区	跨越河流	河流概况
		黑龙关河，跨越处低平河谷宽约 350m。
	汾河	汾河属黄河流域，是黄河的第二大支流，全长 694km，流域面积 39471km ² 。线路在洪洞县师庄村北一档跨越汾河。线路跨越汾河处河段稍弯曲，主槽宽约 50m。
	洪安涧河	洪安涧河属汾河的一级支流，线路在古县岳阳镇东南坡北跨越洪安涧河。线路布设在滩地的杆塔，需考虑 2~3m 的淹没水深和 1~2m 的冲刷深度。
	沁河	沁河发源于沁源县西北太岳山东麓的二郎神沟，干流全长 485km，流域总面积 13532km ² ，线路在安泽县议亭村南跨越沁河。线路布设在滩地的杆塔，需考虑 2~3m 的淹没水深和 1~2m 的冲刷深度。
山西省	绛河	绛河是海河水系漳河支流浊漳南源的一条最大支流，为山区型河道，线路在中村北侧约 500m 处一档跨越绛河，跨河处两岸由土石山包组成，河道宽约 200m。
	浊漳西源河	浊漳西源河为浊漳河的支流，为山区型河道，线路在柳沟村东侧一档跨越浊漳西源河，跨河处两岸由黄土阶地组成，河道宽约 250m。
	浊漳河	浊漳河属海河流域漳卫河水系，本线路跨河点一拟在东宁静村与西宁静村之间一档跨越浊漳河，跨河处两岸由土石山包组成，河道宽约 400m。本线路跨河点二在赵店村与潞河村之间跨越浊漳河，跨河处两岸由土石山包组成，河道宽约 1000m。
	原庄河	原庄河是浊漳干流的一级支流，线路在井关村与普头村之间一档跨越原庄河，跨河处两岸由土石山包组成，河道宽约 100m。
	阳高河	阳高河是浊漳河的一级支流，为山区型河道，线路在后家滩村南侧约 1.5km 一档跨越阳高河，跨河处两岸由土石山包组成，河道宽约 100m。
河北省	清漳河	清漳河为漳河上游支流，域面积 19220km ² 。线路在涉县台庄村南侧一档跨越清漳河。跨越处河道宽约 400m，主河槽偏右岸，主河槽宽约 100m，河道两岸为山地。
	南水北调中线干渠	线路在磁县东窑头村东北侧一档跨越南水北调中线干渠，跨越处河道顺直，河宽约 150m，两岸为岗地，干渠在线路跨越河段为挖方段。干渠防洪校核标准为 100 年一遇，塔位不受南水北调中线干渠洪水影响。根据调查收资，并参考已建线路工程跨越南水北调中线干渠的设计资料，干渠防护栏以外 200m 范围内为其保护范围，线路跨越时塔位应避开干渠的保护范围。，不在河道及滩地立塔。
	漳河	漳河流域面积 19220km ² ，线路在魏县白枣林村西侧跨越漳河，跨河段河道较为顺直，河宽约为 1.7km，河床断面为一槽两滩，河槽居中，宽约 100m。
	卫河	卫河原发源于河南省辉县苏门山之百泉，干流全长 275km，流域面积 15142km ² 。线路在大名县龙王庙村西侧跨越卫河，跨河段河道较顺直，河宽约为 660m，河床断面为一槽两滩，河槽靠右，宽约 100m。
	马颊河	线路在大名县刘辛庄村北侧一档跨越马颊河，跨河段河道较顺直，河宽约为 300m。
山东省	黄河	线路在聊城市东阿县鱼山镇北旧城村东北约 1km、济南市平阴县东阿镇刘庄村以北约 1.5km 处西北-东南向跨越黄河。跨黄河处左（北）岸在

行政区	跨越河流	河流概况
		聊城市境内，有黄河大堤，右（南）岸在济南市境内，属于长平滩区，路径方案在长平滩区内走线约 5km。 本次跨越点位于山东省聊城市东阿县鱼山镇驻地东北约 4.5km，位于山东省济南市平阴县东阿镇驻地西北约 4km。跨越点左岸设有黄河大堤，堤顶高程约 48m，右岸为长平滩区，长度约 5km，利用自然地势防洪，无黄河大堤，仅有一道生产堤，左岸黄河大堤与右岸生产堤之间水面宽约 900m。跨越点左岸位于鱼山镇北城村北侧杨树林中，锚塔及跨越塔均立在黄河淤背区保护范围及生态红线之外，地形平坦，高程约为 35.2m。跨越点右岸位于济南市平阴县东阿镇苏桥新村北侧农田中，锚塔及跨越塔立在黄河生产堤及生态红线之外，地形平坦，高程约 40.7m。
	京杭大运河（位山灌区西引水渠）	位山灌区始建于 1958 年，1962 年停灌，1970 年复灌。现渠首设计引水流量 240m ³ /s，设计灌溉面积 540 万亩。 线路于东阿县孙清村西南约 965m 处西南-东北向一档跨越位山灌区三千渠，于张广村东北约 300m 处东西向一档跨越位山灌区东引水渠。
	小运河	线路于阳谷县后沙村西北约 650m 处西南-东北向一档跨越小运河。线路跨越小运河处河宽约 35m。
	南水北调	线路于东阿县郎营村东南约 560m 处西南-东北向一档跨越南水北调。线路跨越南水北调处断面规整，渠宽约 92m，深约 7~8m。
	徒骇河	徒骇河属于海河流域，总流域面积 13902km ² 。线路跨越处河道宽约 150m，深约 7~8m。一档跨越，不在水中立塔。
	范莘干沟	线路跨越处河道宽约 70m，深约 5~6m，现状水深约 3m。一档跨越，不在水中立塔。
	济平干渠	济平干渠工程是南水北调工程的重要组成部分，也是南水北调胶东输水干线的首段工程。线路跨越处渠宽约 35m，深约 7~8m。一档跨越，不在水中立塔。
	汇河	汇河是大汶河主要支流之一，全长 94.2km，流域面积 1260km ² ，线路跨越处河道宽约 105m，深约 4~5m。一档跨越，不在水中立塔。

2.7.5 土壤

（1）送端换流站

送端换流站站址位于黄土塬顶，站址地带性土壤为黑垆土。黑垆土主要位于黄土高原塬面和河流两岸高阶地，一般由熟化层、古腐殖质层、古石灰淀积层和母质层等组成，最显著的特点是黑垆土具有深厚的腐殖质层。表土厚度在 20~30cm 不等，土壤抗蚀性一般。

（2）送端接地极

送端接地极址地貌属于黄土塬地貌，地带性土壤为黑垆土。表土厚度在 20~30cm 不等，土壤抗蚀性一般。

行政区		土壤类型	土壤特性	可剥离范围	可剥离面积 (hm ²)
省	市				
山西省	临汾市	项目区土壤类型褐土和潮土为主。	表土可剥离厚度在20~30cm不等,土壤抗蚀性较弱	塔基区、施工道路区、牵张场地区。	18.81
	长治市	项目区土壤以褐土和潮土为主。	表土可剥离厚度在20~30cm不等,土壤抗蚀性较弱	塔基区、施工道路区、牵张场地区。	14.62
河北省	邯郸市	项目区土壤类型主要以潮土、褐土为主。	表土可剥离厚度在20~30cm不等,土壤抗蚀性一般	塔基区、施工道路区、牵张场地区。	13.27
山东省	聊城市	项目区土壤类型主要以棕壤、潮土、褐土为主。	表土可剥离厚度约30cm不等,土壤抗蚀性一般	受端接地极汇流装置区、检修道路、电极电缆区、外接电源工程区。线路工程塔基区、施工道路区、牵张场地区。	7.30
	济南市	项目区土壤类型主要以棕壤、潮土、褐土为主。		塔基区、施工道路区、牵张场地区。	3.53
	泰安市	项目区土壤类型主要以棕壤、潮土、褐土为主。		受端换流站站区、进站道路、施工生产生活区、站外供排水管线区、外接电源工程区、取土场;线路工程塔基区、施工道路区、牵张场地区。	40.50

2.7.6 植被

根据中国植被类型图,甘肃境内属温带丛生矮禾草、矮半灌木草原,农业植被(一年一熟粮作、耐寒经济作物);陕西境内属温带禾草、杂类草草原,农业植被(一年两熟或两年三熟连作、落叶果树园)植被类型;山西省境内以温性阔叶林、落叶阔叶灌丛,灌草丛,草原以及栽培植被为主;河北省、山东省境内以温带落叶阔叶林为主。工程沿线林草覆盖率约为25.5%~64.7%。

工程沿线植被类型、适生树种、草种见下表。

表 2.7-4 工程沿线植被类型表

行政区		植被类型	覆盖率 (%)	适生树种、草种
省	市			
甘肃省	庆阳市	项目区多以温带丛生矮禾草、矮半灌木草原,农业植被为主,并间有乔木杜梨、辽东栎、山杨、白桦等。草本以四季青、本氏羽草、白蒿、铁杆蒿、艾蒿等为主。山桃、狼牙刺、黄刺梅、白草等也有分布。	48.9	侧柏、辽东栎、紫穗槐、胡枝子、紫花苜蓿、黑麦草、三叶草、狗尾草
陕西省	延安市	项目区植被类型为温带禾草、杂类草草原,农业植被植被类型,以栎林、油松林和侧柏林为主,其次有杂木林、山杨林、白桦林以及板栗林与白皮松林等。灌丛类型主要有紫丁香、狼牙刺、沙棘、荆条、筐柳、水柏枝等。	45.8	侧柏、辽东栎、紫穗槐、胡枝子、紫花苜蓿、狗尾草

行政区		植被类型	覆盖率 (%)	适生树种、草种
省	市			
山西省	临汾市	植被类型以温带落叶灌丛植被、一年两熟的农业植被为主。主要植物品种有油松、栎类、杨树、侧柏、灰楸、刺槐、胡枝子、荆条、兰花棘豆、紫穗槐、酸枣、野豌豆、紫花苜蓿、隐子草、早熟禾、白羊草，禾草科的苔草、蒿草等。	28.9	刺槐、油松、荆条、胡枝子、紫花苜蓿、早熟禾
	长治市	植被类型以温带落叶阔叶林为主，主要有茅草、羊草、短花针茅、早熟禾、小黄亚菊、辽东栎、山杨林、刺槐等。	20~30	
河北省	邯郸市	植被类型温带落叶阔叶林为主。项目区主要有杨、桦、松、柏、核桃、枣等木本植物和野皂角、胡枝子、黄背草等草本植物。	29.18	落叶松、紫穗槐、女贞、狗牙根、黑麦草
山东省	聊城市	植被以温带落叶阔叶林为主。项目区农业植被主要有小麦、玉米等；林木植被有杨、桐、槐、柳、榆等；经济林果主要有梨、苹果、枣等；灌木植被主要有紫穗槐、黄荆等；草被群落主要有白茅、马鞭、狗尾草等。	29.50	紫穗槐、狗牙根、黑麦草
	济南市	植被类型以温带落叶阔叶林为主，人工植被主要包括农田栽培植被和人工森林植被。天然次生植被多见于滩涂、沟渠、田间隙地等处，主要有车前、苦荬菜、蒺藜、蒲公英、狗尾草、茅草、芦苇、蒲草等。	27.54	
	泰安市	植被性属于暖温带落叶阔叶林区，植物资源丰富，种类繁多，分布广泛。项目区以人工植被为主，人工植被主要包括农田栽培植被和人工森林植被。	24.92	

2.7.7 水土保持敏感区

本工程线路工程仍需穿（跨）越自然保护区 2 处、森林公园 5 处、湿地公园 3 处、重要湿地 4 处。目前均取得所在地自然资源、林业和草原等主管部门原则同意意见。

线路工程不可避让穿（跨）生态保护红线 137.6km，其中甘肃省生态保护红线 30.4km，陕西省生态保护红线 33.8km，山西省生态保护红线 45.4km，河北省生态保护红线 25.6km，山东省生态保护红线 2.3km。目前均取得所在地自然资源主管部门原则同意意见。

涉及水土保持敏感区列表见下表。

表 2.7-5 本工程涉及的水土保持敏感区

类型	序号	生态敏感区名称	行政区	级别	主管部门	与本工程相对位置关系
自然保护区	1	甘肃子午岭省级自然保护区	甘肃省庆阳市合水县	省级	甘肃省林业和草原局	±800kV 直流线路穿越实验区约 30.4km，立塔 58 基，均不涉及自然保护区核心区及缓冲区。
	2	鱼山市级自然保护区	山东省聊城市东阿县	市级	聊城市自然资源和规划局	±800kV 直流线路穿越实验区 7.7km，实验区内立塔 15 基；接地极线路单独架设段穿越实验区约 0.5km，立塔 2 基，均不涉及自然保护区核心区及缓冲区。
森林公园	3	甘肃夏家沟森林公园(与甘肃省子午岭省级自然保护区重叠)	甘肃省庆阳市合水县	省级	甘肃省林业和草原局	穿越 8.6km
	4	陕西省子午岭国家森林公园	陕西省延安市富县	省级	陕西省林业局	穿越和尚塬片区 2km，穿越任家台片区 3.85km
	5	劳山国家级森林公园	陕西省延安市甘泉县	国家级	陕西省林业局	穿越 6.6km
	6	响堂山国家森林公园	河北省邯郸市峰峰矿区	国家级	河北省林业和草原局	穿越 2.6km
	7	东阿黄河国家森林公园	山东省聊城市东阿县	国家级	山东省自然资源厅	穿越 0.8km
湿地公园	8	山西洪洞汾河国家湿地公园	山西省沁源县	国家级	山西省自然资源厅	跨越
	9	三漳省级湿地公园	山西省襄垣县	省级	山西省自然资源厅	跨越
	10	清漳河国家湿地公园	河北涉县	国家级	河北省林草局	跨越
重要湿地	11	陕西省北洛河省级重要湿地	甘泉县	省级	延安市林业局	跨越
	12	陕西省延河省级重要湿地	延长县	省级	延安市林业局	跨越
	13	陕西省黄河省级重要湿地	延长县	省级	延安市林业局	跨越
	14	山西省洪洞汾河省级重要湿地	山西沁源县	省级	山西省自然资源厅	跨越
生态保护红线	15	甘肃省生态保护红线	合水县	/	甘肃省自然资源厅	穿越甘肃省生态保护红线约 30.4km，立塔 58 基
	16	陕西省生态保护红线	富县、甘泉县、宝塔区、宜川县、延长县	/	陕西省自然资源厅	穿越陕西省生态保护红线约 27.2km，立塔 61 基
	17	山西省生态保护红线	大宁县、洪洞县、安泽县、屯留县、襄垣县、潞城区、平顺县、黎城县	/	山西省自然资源厅	穿越山西省生态保护红线约 25.64km，立塔 50 基
	18	河北省生态保护红线	涉县、磁县、峰峰矿区	/	河北省自然资源厅	穿越河北省生态保护红线约 27.2km，立塔 61 基
	19	山东省生态保护红线	莘县、阳谷县、东阿县、平阴县、东平县、肥城市	/	山东省自然资源厅	穿越山东省生态保护红线约 2.318km，立塔 5 基

3 项目水土保持评价

3.1 主体工程选址（线）水土保持评价

3.1.1 制约性因素分析

根据《中华人民共和国水土保持法》（2011年3月1日实施）规定，进行项目与水土保持法符合性对照分析，结果详见表3.1-1。由表中可见，本工程不属于禁止开发的项目，符合批准条件，同时针对项目区现状，将采取适当提高防护标准、优化施工工艺等措施控制因工程建设造成的水土流失，详见下表。

工程建设无法避让国家级和省级水土流失重点预防区及治理区，无法避让生态保护红线及饮用水源地范围、自然保护区等水土保持敏感区。本方案通过提高防治标准，优化方案，减少工程占地和土石方量，提高截排水工程等级和防洪标准，提高植物措施标准，有效控制可能造成水土流失，主体工程选址（线）不存在水土保持制约因素。

表 3.1-1 工程与《中华人民共和国水土保持法》的符合性分析

序号	约束性条件	相符性分析	分析评价
《中华人民共和国水土保持法》			
1	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。	项目区涉及国家级与省级“两区”、重要水土保持敏感区域，执行一级防治标准，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。	存在约束性因素，主体工程及本方案优化施工工艺，提高防治指标值后符合
2	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，生产建设单位应该编制水土保持方案，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方案，采取水土流失预防和治理措施。	建设单位已委托开展本工程水土保持方案编制工作。	符合要求
3	第二十六条：依法应当编制水土保持方案的生产建设项目，生产建设单位未编制水土保持方案或者水土保持方案未经水行政主管部门批准的，生产建设项目不得开工建设。	未开工建设，建设单位已委托开展本工程水土保持方案编制工作。	符合要求
4	第二十八条：依法应当编制水土保持方案的生产建设项目，其生产建设活动中排弃的砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等应当综合利用；不能综合利用，确需废弃的，应当堆放在水土保持方案确定的专门存放地，并采取措施保证不产生新的危害。	本项目不设置弃渣场，换流站表土综合利用，线路工程塔基余土在塔基占地范围内就地平衡。	符合要求
5	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。	工程建设损坏水土保持设施，本方案计列水土保持补偿费，由建设单位缴纳，专项用于水土流失预防和治理。	符合要求
《甘肃省水土保持条例》			
1	第二十五条 生产建设项目选址、选线应当避让泥石流易发区、崩塌滑坡危险区、林区、草原区及易引起严重水土流失和生态恶化的区域。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。	执行西北黄土高原区一级标准并提高目标值，优化施工方案和工艺，减少地表扰动和植被损坏范围，机械化施工缩短施工周期和地表裸露时间，有效控制水土流失。	存在约束性因素，优化施工工艺，提高防治指标值后符合。
2	第二十七条 生产建设项目水土保持方案未经批准，项目审批部门不得审批核准，生产建设单位不得开工建设。	未开工建设，已经委托开展水土保持方案报告书编制工作。	符合要求

3	第二十九条 生产建设活动中排弃的砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等，应当运至规定的专门存放地堆放，不得向专门存放地以外的区域和江河、湖泊、水库倾倒。	换流站、线路工程开挖土石方就地利用，表土综合利用，无永久弃渣。	符合要求
《陕西省水土保持条例》（陕西省人大常委会，2013年10月1日起施行）			
1	第二十条 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，优化施工方案和工艺，减少地表扰动和植被损坏范围，缩短施工周期和地表裸露时间，有效控制水土流失。	执行西北黄土高原区一级标准并提高目标值，优化施工方案和工艺，减少地表扰动和植被损坏范围，机械化施工缩短施工周期和地表裸露时间，有效控制水土流失。	存在约束性因素，优化施工工艺，提高防治指标值后符合。
2	第二十一条 涉及土石方挖填、扰动地表等可能造成水土流失的生产建设项目，生产建设单位负责编制或者委托具有相应资质的单位编制水土保持方案，经建设项目审批机关的同级水行政主管部门审批。	未开工建设，已经委托开展水土保持方案报告书编制工作。	符合要求
3	第二十七条 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。	工程占用的耕地、园地、林地、草地剥离表土并临时防护，后期回覆地表。	符合要求
《山西省实施<中华人民共和国水土保持法>办法》（2015年10月1日施行）			
1	第十九条 在山区、塬区、丘陵区、风沙区、河谷川道区以及水土保持规划确定的容易发生水土流失的区域开办生产建设项目或者从事其他生产建设活动，扰动地表、损坏地貌植被的，生产建设单位应当编制水土保持方案，报项目立项的本级人民政府审批服务主管部门或者水行政主管部门批准。未编制水土保持方案或者水土保持方案未经批准的，生产建设项目不得开工建设，审批服务主管部门应当将批准的水土保持方案通告有关水行政主管部门。	未开工建设，已经委托开展水土保持方案报告书编制工作。	符合要求
2	第二十六条 公路、铁路、风力发电工程建设，矿产资源开采以及其他生产建设项目在建设和生产过程中度弃的砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等应当综合利用，无法综合利用，确需度弃的，应当堆放在水土保持方案确定的或者其他部门批准的专门存放地，并采取拦挡、坡面防护、防洪排导等措施，避免和减少水土流失。	线路工程开挖土石方就地利用，无永久弃渣。	符合要求
《河北省实施<中华人民共和国水土保持法>办法》（2018年3月30日修订）			
1	第十八条 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。	执行北方土石山区一级标准并提高目标值，优化施工方案和工艺，减少地表扰动和植被损坏范围，机械化施工缩短施工周期和地表裸露时间，有效控制水土流失。	存在约束性因素，优化施工工艺，提高防治指标值后符合。

2	第二十条 依法应当编制而未编制水土保持方案的生产建设项目或者水土保持方案未经水行政主管部门批准的，生产建设单位不得开工建设主体工程、附属配套工程和前期工程。	未开工建设，已经委托开展水土保持方案报告书编制工作。	符合要求
3	第二十二條 依法应当编制水土保持方案的生产建设项目，其生产建设活动中排弃的砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等应当综合利用；不能综合利用确需废弃的，应当堆放在水土保持方案确定的专门存放地，不得向河道、湖泊、水库等区域倾倒。	线路工程开挖土石方就地利用，无永久弃渣。	符合要求
《山东省水土保持条例》（2014年5月30日）			
1	第二十一条 各类生产建设项目选址、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，加强施工管理，优化施工工艺，减少地表扰动和植被损坏范围，缩短地表裸露时间，有效控制可能造成水土流失。	执行北方土石山区一级标准，加强施工管理，优化施工工艺，减少地表扰动和植被损坏范围，机械化施工缩短地表裸露时间，有效控制可能造成水土流失。	存在约束性因素，优化施工工艺，提高防治指标值后符合。
2	第二十三条 依法应当编制水土保持方案的生产建设项目，生产建设单位未编制水土保持方案或者水土保持方案未经水行政主管部门批准的，生产建设单位不得开工建设。	未开工建设，已经委托开展水土保持方案报告书编制工作。	符合要求
3	第二十六条 依法应当编制水土保持方案的生产建设项目，生产建设单位对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，应当运至规定的专门存放地堆放，不得向专门存放地以外的区域倾倒。	受端换流站、线路工程开挖土石方就地利用，无永久弃渣。表土综合利用。	符合要求

3.1.2 与《生产建设项目水土保持技术标准》的符合性分析

依据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018），结合本项目建设特征和区域现状，对照规范进行符合性分析，满足规范相关要求，详见下表。

表 3.1-2 工程与《生产建设项目水土保持技术标准》的符合性分析

GB50433-2018 的约束性条件		相符性分析	结论
工程 选址 (线) 方面	选址(线)应避让水土流失重点预防区和重点治理区。	项目区无法避让子午岭-六盘山国家级水土流失重点预防区、黄泛平原风沙国家级水土流失重点预防区，黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区、太行山国家级水土流失重点治理区，子午岭、黄龙山地省级重点预防区、山西省省级水土流失重点预防区、东平湖省级水土流失重点预防区，泾河流域省级水土流失重点治理区、陕北丘陵沟壑省级重点治理区、山西省省级水土流失重点治理区、太行山省级水土流失重点治理区、泰山西麓省级水土流失重点治理区。	存在约束性因素，主体工程及本方案优化施工工艺，提高防治标准及目标值后符合
	选址(线)应避让河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带。	工程线路沿线跨越马莲河、葫芦河、城北河、黄河、北洛河、延河、云岩河、义亭河、南川河、黑龙关河、汾河、洪安涧河、沁河、绛河、浊漳西源河、浊漳河、原庄河、阳高河、清漳河、南水北调中线干渠、卫河、马颊河、小引河、东风渠、红雁江、老柴河、彭楼干渠、徒骇河、李枣棵沟、范华干沟、新金线河、明堤西支渠、老金线河、南水北调济平干渠、汇河和其他河流，均采用一档跨越，不在植物保护带内立塔。 山西省境内线路在赵店村与潞河村之间跨越浊漳河，需在河中立塔。山东省境内线路跨越黄河，左岸跨越点锚塔及跨越塔均立在黄河淤背区保护范围及生态红线之外，右岸跨越点锚塔及跨越塔立在黄河生产堤及生态红线之外。	符合
	选址(线)应避让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。	本工程已避让了左栏所列站点及试验区。	符合
不同 水土 流 水 类 型 区 的 水 土	西北黄土高原区		
	(1) 坡面应采取截(排)水和排水顺接、消能措施; (2) 应设置雨水集蓄利用设施。	(1) 站区布置截排水和雨水排放系统，线路工程考虑截排水设施，配套建设排水顺接及消能设施; (2) 送端换流站站址为自重性湿陷性黄	符合

GB50433-2018 的约束性条件		相符性分析	结论
流失 特殊 规定		土,受端换流站站区雨水集蓄后外排处理。线路工程通过地表整地考虑雨水集蓄利用。	
	北方土石山区		
	(1) 应保存和综合利用土壤资源; (2) 江河上游水源涵养区应采取水源涵养措施。	(1) 本方案中补充表土剥离及表土回覆措施,并采取密目网苫盖、植生袋拦挡等措施; (2) 本工程在选址选线过程中已进行现场调查等,不涉及江河上游水源涵养区。	符合

3.1.3 水土保持敏感区评价

根据《生产建设项目水土保持技术标准》(GB50433-2018)中关于水土保持敏感区的相关规定,结合主体工程设计资料和现场调查,本方案对本工程涉及到的水土保持敏感区情况详见附表 3-1。

(1) 水土保持重点预防区和重点治理区

根据《水利部办公厅关于印发<全国水土保持规划国家级水土流失重点预防保护区和重点治理区复核划分成果>的通知》(办水保〔2013〕188号),本工程在甘肃省庆阳市西峰区、合水县、宁县经过黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区,直流线路线路长度 95.2km,拟立塔 182 基,接地极线路长度 29.2km,拟立塔 92 基;本工程在陕西省延安市富县、甘泉县经过子午岭-六盘山国家级水土流失重点预防区,线路长度 97.2km,拟立塔 169 基;本工程在陕西省延安市宜川县、宝塔区、延长县,山西省临汾市大宁县、蒲县经过黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区,线路长度 166.0km,拟立塔 307 基;本工程在山西省长治市屯留区、襄垣县、潞城区、黎城县、平顺县,河北省涉县、磁县经过太行山国家级水土流失重点治理区,直流线路线路长度 193.2km,拟立塔 376 基;本工程在河北省邯郸市临漳县、魏县、大名县,山东省莘县、阳谷县、东阿县经过黄泛平原风沙国家级水土流失重点预防区,线路长度 193.83km,拟立塔 385 基。此外还涉及省级水土流失重点预防区和重点治理区。

(2) 水土保持敏感区

1) 生态敏感区

本工程线路工程仍需穿(跨)越自然保护区 2 处、森林公园 5 处、湿地公园 3 处、重要湿地 4 处。目前均取得所在地自然资源、林业和草原等主管部门原则同意意见。

2) 生态保护红线

线路工程不可避免穿（跨）生态保护红线 137.6km，其中甘肃省生态保护红线 30.4km，陕西省生态保护红线 33.8km，山西省生态保护红线 45.4km，河北省生态保护红线 25.6km，山东省生态保护红线 2.3km。目前均取得所在地自然资源主管部门原则同意意见。

本工程线路所穿（跨）越区段均不在相关法律法规规定的禁止建设区域，主体设计线路不在饮用水源保护一级区、自然保护区核心区与缓冲区立塔，对于需在饮用水源保护二级区或准保护区、自然保护区实验区或外围保护地带立塔的，采取先进的高跨施工工艺、严格控制施工范围，禁止大开挖减少对原状地表土的扰动，不在水土保持敏感区范围内弃渣，设置醒目的标示牌、边界线等有效措施，可以保持生态系统的完整性。项目穿越的水土保持敏感区已取得相关部门的支持性文件，项目建设符合相关规定的要求。本方案也提高了经过水土保持敏感区的水土流失防治标准及林草覆盖率指标。因此，本工程经过水土保持敏感区虽存在一定的制约性因素，但采取相应防护措施后可满足水土保持要求。

3.2 建设方案与布局水土保持评价

3.2.1 建设方案评价

项目区无法避让子午岭-六盘山国家级水土流失重点预防区、黄泛平原风沙国家级水土流失重点预防区，黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区、太行山国家级水土流失重点治理区，子午岭、黄龙山地省级重点预防区、东平湖省级水土流失重点预防区，泾河流域省级水土流失重点治理区、陕北丘陵沟壑省级重点治理区、太行山省级水土流失重点治理区、泰山西麓省级水土流失重点治理区。经分析，建设方案符合以下规定：

（1）应优化方案，减少工程占地和土石方量。

经分析，换流站在满足电气设备要求基础上布置紧凑，功能分区明确，尽量减少永久占地面积。竖向布置采用平坡式布置，通过标高调整，在减少土石方工程量的同时，开挖土石全部就地利用。接地极极环采用水平浅埋、双环圆形布置方案，汇流装置区布设在中心位置，减少永久占地范围。线路优化了线路路径方案，配合高低基础减少了占地面积及塔基基础土石方挖填工程量。优化施工组织方案，减少施工道路开挖扰动，合理安排架线施工，采用无人机放线等先进施工架线工艺，减少牵张场地设置数量。施工过程中场内外交通、水电供应充分利用现有设施，表土及开挖土石方综合利用不设置弃渣

场，砂石料及骨料均外购，采用商品混凝土，“永临结合”基础上根据实际需要布设临建设施，均有效减少了占地面积和土石方量，满足本条规定要求。

(2) 截排水工程、拦挡工程的工程等级和防洪标准应提高一级。

依据《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014），按 1 级标准 10 年一遇短历时暴雨对主体设计排水工程进行校核，满足本条规定要求。

(3) 宜布设雨洪集蓄、沉沙设施。

现场调查核实，换流站站址为安全运行考虑，站内雨水通过截排水设施、雨水排放系统排入站址周边自然沟道，末端设置消能沉沙设施，满足本条规定要求。

(4) 提高植物措施标准，林草覆盖率应提高 1 个~2 个百分点。

依据《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T50434-2018），项目执行西北黄土高原区一级标准、北方土石山区一级标准，施工迹地回覆表土后土地整治，优先选择灌草结合方式恢复地表植被，同时林草覆盖率目标值提高 2 个百分点，满足本条规定要求。

(5) 工程设计方案中塔基采用了挖孔基础、直柱基础及灌注桩基础，基础土石方开挖量较少，对地表破坏较少，有效控制可能对沿线植被造成的破坏。

(6) 工程布置考虑沿线交通条件、施工条件等，采用机械施工、无人机施工放线工艺，充分利用现有省道、县道、乡村道路等，有效减少工程占地和土石方开挖。

综合分析，本工程建设方案合理，符合水土保持要求。

表 3.2-1 《生产建设项目水土保持技术标准》关于工程建设方案与布局的分析评价

GB50433-2018 的约束性条件		相符性分析	分析结果
建设方案应符合下列规定	应优化方案，减少工程占地和土石方量。	换流站在满足电气设备要求基础上布置紧凑，功能分区明确，尽量减少永久占地面积。竖向布置采用平坡式布置，通过标高调整，在减少土石方工程量的同时，开挖土石全部就地利用。接地极极环采用水平浅埋、双环圆形布置方案，汇流装置区布设在中心位置，减少永久占地范围。线路优化了线路路径方案，配合高低基础减少了占地面积及塔基基础土石方挖填工程量。优化施工组织方案，减少施工道路开挖扰动，合理安排架线施工，采用无人机放线等先进施工架线工艺，减少牵张场地设置数量。施工过程场内外交通、水电供应充分利用现有设施，表土及开挖土石方综合利用不设置弃渣场，砂石料及骨料均外购，采用商品混凝土，“永临结合”基础上根据实际需要布设临建设施，均有效减少了占地面积和土石方量，满足本条规定要求。	符合

GB50433-2018 的约束性条件		相符性分析	分析结果
	截排水工程、拦挡工程的工程等级和防洪标准应提高一级。	依据《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014），按 1 级标准 10 年一遇短历时暴雨对主体设计排水工程进行校核，满足本条规定要求。参照《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013），本工程护坡级别由 3 级提高到 2 级，执行 2 级标准。参照《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014），本工程挡墙工程级别由 5 级提高到 4 级，执行 4 级标准。	符合
	宣布设雨洪集蓄、沉沙设施。	换流站站内雨水通过截排水设施、雨水排放系统排入站址周边自然沟道，末端设置消能沉沙设施，满足本条规定要求。	符合
	提高植物措施标准，林草覆盖率应提高 1~2 个百分点。	经本方案分析补充，结合工程特点确定植被恢复与建设工程级别为 1 级，同时提高林草覆盖率 2 个百分点。	符合

3.2.2 工程占地评价

本工程用地不属于《限制用地项目目录（2012 年本）》和《禁止用地项目目录（2012 年本）》中用地项目。

（1）占地类型分析评价

本工程建设区占地面积为 740.55hm²，其中占用耕地 379.64hm²、林地 256.23hm²、园地 26.65hm²、草地 76.75hm²、其他土地 1.26hm²。

依据自然资源部关于做好占用永久基本农田重大建设项目用地预审的通知（自然资规〔2018〕3 号），“重大建设项目必须首先依据规划优化选址，避让永久基本农田；确实难以避让的，建设单位在可行性研究阶段，必须对占用永久基本农田的必要性和占用规模的合理性进行充分论证。市县级自然资源主管部门要按照法定程序，依据规划修改和永久基本农田补划的要求，认真组织编制规划修改方案暨永久基本农田补划方案，确保永久基本农田补足补优；省级自然资源主管部门负责组织对占用永久基本农田的必要性、合理性和补划方案的可行性进行踏勘论证，并在用地预审初审中进行实质性审查，对占用和补划永久基本农田的真实性、准确性和合理性负责。”送端换流站站址占用甘肃省庆阳市西峰区什社乡基本农田，已按规定调出。受端换流站占用山东省泰安市东平县接山镇林马庄新建村基本农田，根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号，2022 年 10 月 14 日），站区已调整出“三区三线”的范围，可以作为建设用地使用。

（2）占地面积分析评价

送端换流站站址按最终规模永久占地面积共 36.94hm²，受端换流站站址按最终规模

永久占地面积共 21.91hm²，土地征用面积均低于《电力工程项目建设用地指标》（建标〔2010〕78 号）用地指标。送端换流站施工临时占地面积 43.68hm²，受端换流站施工临时占地面积 36.07hm²，均可满足施工需要，占地面积无需增减。

接地极工程主体已考虑汇流装置区占地、电缆电极占地、检修道路占地。汇流装置区、电极电缆区渗水井、检查井，检修道路、外接电源工程区永久征地根据实际需要情况确定，电缆电极区施工占地根据施工临时用地确定，以上各区占地即可满足施工需要，又不存在漏项和冗余占地，接地极占地面积无需增减。

线路工程主体考虑了塔基占地、塔基施工场地占地、牵张场地占地、跨越场地占地和施工道路占地，塔基永久占地根据塔基根开尺寸确定，临时占地依据输变电工程可行性研究阶段临时施工场地核算规定，从工程总体布置，施工方法、调查同类工程施工经验及实地测量等方面分析确定，在严格控制施工场地范围的前提下，充分考虑施工期间堆放材料、临时堆土、人员活动可能扰动的区域，线路工程各区占地即可满足施工需要，又不存在漏项和冗余占地，线路工程占地面积无需增减。

从水土保持角度分析，项目永久占地符合工程实际建设需要，不存在多占用土地的情况，临时占地完全满足施工阶段各项目建设区的施工用地需要，不存在多占情况，经核算，本工程主体设计占地面积合理，满足工程施工要求，不存在漏项。

（3）占地性质分析评价

换流站站区、进站道路、外接电源工程塔基、供排水工程地表构筑物、还建道路，接地极汇流装置区、电极电缆区地表构筑物、检修道路道路、外接电源工程塔基，线路工程塔基等永久占地，永久改变土地利用性质和利用方向，界定为永久占地。其余占地施工过程临时征占，施工结束后土地整治，恢复为耕地、灌草地，恢复原有利用性质和利用方向，界定为临时占地。

（4）临时占地分析评价

换流站进站道路区、外接电源工程区、供排水工程区、还建道路区，接地极检修道路区、外接电源工程区“永临结合”，有效减少了施工过程临时占地。汇流装置区直接使用永久占地开展施工活动，不新增临时占地。换流站施工过程利用站内空地临时调配土石方，有效减少了站外临时堆土区面积。施工生产区集中布置，尽量减少临时占地面积。供排水工程管线、排水沟、还建农田供水管线、极环馈电棒等施工作业带根据地质条件、管径、埋深、断面尺寸，最大限度压缩施工作业带宽度，减少临时占地面积。

受端换流站共设取土场 1 处，总占地面积 5.55hm^2 ，占地类型为耕地，取土结束后及时耕地恢复。取土场能够满足工程建设需求，无需新增取土用地。

线路工程从工程总体布置，施工方法、调查同类工程施工经验及实地测量等方面分析确定，在严格控制施工场地范围的前提下，充分考虑施工期间堆放材料、临时堆土、人员活动可能扰动的区域，线路工程各区占地即可满足施工需要，又不存在漏项和冗余占地，输电线路占地面积无需增减。

从水土保持角度分析，本工程主体设计占地面积合理，经水土保持方案报告书核实相应面积后，占地面积不存在漏项，临时占地也能够满足工程施工要求。

3.2.3 土石方平衡评价

(1) 工程土石方平衡分析评价

本工程挖填方总量 514.57万 m^3 ，其中挖方 251.34万 m^3 （含表土 52.86万 m^3 ），填方 263.23万 m^3 （含表土 43.77万 m^3 ），借方 20.98万 m^3 （取土场取土），剩余表土 9.09万 m^3 综合利用。本工程借方全部采用取土场取土方式，取土用于受端换流站基础处理和场平填高。

(2) 土方调运合理性分析

送端换流站高于设计标高土石方，开挖后直接调配至设计标高以下回填区域，站区开挖土石方全部就地利用，最大调运距离 1.00km ，土石方调配利用方式及时序合理。进站道路路堑开挖产生余土 0.35万 m^3 就调配至站区利用，用于站区场地平整，最大调运距离 0.50km ，土石方调配利用方式及时序合理。其余施工区域开挖土石方就地平衡利用，不涉及土石方调配。

受端换流站站区调运表土 3.69万 m^3 至取土场，用于后期耕地恢复，调运距离 8.0km ，使受端换流站开挖土石全部得到综合利用。使受端换流站开挖土石全部得到综合利用，土石方调配利用方式及时序合理。

线路工程塔位分散，单个杆塔基础开挖回填土石方量较小，工程挖、填方考虑就地平衡。土石方调运符合水土保持要求。

(3) 余土处置合理性分析

1) 余土概况

本工程挖方 251.34万 m^3 （含表土 52.86万 m^3 ），填方 263.23万 m^3 （含表土 43.77万 m^3 ），借方 20.98万 m^3 （取土场取土），余土 9.09万 m^3 （送端换流站表土）。

2) 现场调研过程

2022 年 10 月, 主体设计单位国核电力规划设计研究院有限公司、水土保持方案编制单位西南院至现场调研, 初步征询了庆阳市水利局、庆阳市发改委、庆阳市农业局、庆阳市水保局、庆阳市国土资源局、庆阳市西峰区什社乡人民政府、兰州大学庆阳草地农业野外科学观测研究所等单位意见, 以上单位 2023 年至 2025 年在庆阳市未规划相关项目, 无法接收送端换流站表土。

随后, 调研组了解到庆阳市高等级公路项目建设管理办公室建设管理的“G309 线合水(老城)至西峰段工程”已经核准, 核准文号甘交许可〔2021〕607 号; 其水土保持方案报告书也已批准, 批复文号甘水水保发〔2022〕69 号。该项目设置的多处渣场后期需进行复垦、复绿, 可消纳表土。该项目可依托性分析如下:

3) 依托项目可依托性分析

① 依托渣场概况

依托工程共设置 13 处渣场, 设计容量 828 万立方米, 弃土量 566 万 m^3 , 计划开始堆渣时间为 2023 年, 封场时间为 2025 年。其中 Q-11、Q-12、Q-14、Q-15、Q-16、Q-17 共计 6 处渣场, 设计容量 332.68 万 m^3 , 弃渣量 227.40 万 m^3 , 剩余容量 105.28 万 m^3 , 渣场面积 26.40 hm^2 ; 渣场后期复垦、复绿覆土按 40cm 计, 需覆土 10.56 万 m^3 。前述 6 处渣场均为沟道型弃渣场, 弃渣场等级均为 4 级, 后期恢复为灌草地。渣场下游 1km 范围内均无居民点、工矿企业、公共设施等敏感目标, 现状为未利用支沟、支毛沟。规划依托渣场概况见下表。

② 依托渣场容量分析

送端换流站共余表土 9.09 万 m^3 , 规划依托渣场覆土厚度按 0.40m 计, 可消纳送端换流站表土 10.56 万 m^3 , 可消纳量大于综合利用量且远小于剩余容量, 容量满足综合利用需要。

③ 依托渣场运输条件、运距分析

区域县道、乡道纵横, 规划依托渣场均有施工便道直达。送端换流站至 Q11 弃渣场运距最大, 运距 19.5km; 至 Q15 弃渣场运距最小, 运距 7.7km, 平均运距 15km, 运输条件及运距满足综合利用需要。

④ 依托渣场时序分析

规划依托渣场弃渣来源为挖方路基弃渣, 路基施工集中在 2023 年度。最早开始堆

渣时间为 2023 年，最迟封场时间为 2025 年。送端换流站站区计划剥离表土时间为 2023 年 6 月至 12 月，按最不利情形考虑，剥离的表土运输至站区东侧临时堆土区集中堆存。待依托渣场完成堆渣后，将上述表土用于渣场后期复垦、复绿，调配时序满足综合利用需要。

⑤ 依托渣场恢复利用分析

依据已批复的 G309 线合水(老城)至西峰段工程水土保持方案报告书，规划依托渣场为防治水土流失，堆渣前先设置挡渣墙，并对表土进行剥离。堆渣结束后在渣场外围设置截排水沟工程，边坡采取拱形骨架综合护，渣顶采取土地整治、覆土后恢复植被。植被恢复方式为灌草混交措施，面积为 50.79hm²。植物措施树草种选择当地水土保持树草种紫穗槐、扁穗冰草。

将送端换流站表土调配至上述渣场利用，一方面覆土厚度由 0.20m 增加至 0.60m；另一方面，综合利用的表土为耕地表层耕植土，为后续恢复为园地、耕地的可能性创造了条件。规划依托弃渣场可依托性分析见表 3.2-3。规划依托弃渣场位置、运距、容量示意图见图 3.2-1。

综上，送端换流站依托 G309 线合水(老城)至西峰段工程渣场处置表土，容量、运距、时序、后期恢复利用方式均满足综合利用需要。

3) 协议办理情况

2022 年 10 月，主体设计单位国核电力规划设计研究院有限公司向甘肃省庆阳市人民政府去函（国核电网函〔2022〕181 号），申请依托 G309 线合水(老城)至西峰段工程渣场处置送端换流站表土。甘肃省庆阳市人民政府批示庆阳市高等级公路项目建设管理办公室牵头办理。庆阳市高等级公路项目建设管理办公室复函（庆市高管办函〔2022〕62 号），明确同意依托 G309 线合水(老城)至西峰段工程渣场处置送端换流站表土。建设单位已与项目管理方签订相关意向协议，接收方立项文件、水保手续、容量、运距和时序均满足水土保持要求。详见附件 2。

线路工程塔基区永久占地范围内不能及时回填的开挖土，堆放至塔基施工场地进行防护，施工结束后余土就地整平在塔基区，将塔基平均垫高 10cm~25cm 左右，塔基垫高后不仅可充分利用多余土方，且对线路的安全运行不产生影响，地形坡度较大的山丘区需在堆土下坡侧修建挡土墙进行防护，不另设弃渣处置点，符合水土保持要求。

表 3.2-3 规划依托弃渣场可依托性分析一览表

编号	桩号	县区	面积 (hm ²)	容量 (万m ³)	堆渣量 (万m ³)	堆渣时间	后期利用	可消纳容量				实际消纳量 (万m ³)	运距 (km)	清表时间	结论
								剩余容量 (万m ³)	覆土面积 (hm ²)	覆土厚度 (m)	可消纳量 (万m ³)				
Q-11	K26+700/右侧 3.3km	合水县 西华池镇	2.79	44.81	30.63	2023 年 1 月 至 2025 年	林草地	14.18	2.79	0.40	1.12	0.96	19.5 (进站道路-S318-西合公路 -G211-王家店子-李家塬)	2023年6月 至12月	容量、 运距和 时序均 满足
Q-12	K26+900/右侧 0.2km	合水县 西华池镇	2.18	36.90	25.22		林草地	11.68	2.18	0.40	0.87	0.75	18.5 (进站道路-S318-西合公路 -G211-王家店子-郭家岷岷村)		
Q-14	K27+300/右侧 0.2km	合水县 西华池镇	2.17	39.53	27.02		林草地	12.51	2.17	0.40	0.87	0.75	18.0 (进站道路-S318-西合公路 -G211-王家店子-郭家岷岷村)		
Q-15	K34+300/右侧 7.2km	合水县 何家畔镇	5.46	69.12	47.25		林草地	21.87	5.46	0.40	2.18	1.88	8.5 (进站道路--S318--S507-孟家 东咀-赵娄子村)		
Q-16	K48+000/右侧 2.3km	西峰区 温泉镇	7.60	78.94	53.96		林草地	24.98	7.60	0.40	3.04	2.62	15.8 (进站道路--S318-巨家塬北 庄-新桥村)		
Q-17	K46+600/右侧 0.2km	西峰区 温泉镇	6.20	63.38	43.32		林草地	20.06	6.20	0.40	2.48	2.13	16.0 (进站道路-S318-巨家塬北 庄-莫家沟)		
合计			26.40	332.68	227.40			105.28	26.40		10.56	9.09			

(4) 借方来源可行性分析

本工程借方发生在受端换流站站区和进站道路，借方量 20.98 万 m^3 ，建设单位已经签订取土场取土意向协议。取土场手续运距、供土量及土质等均满足本工程取土需要，符合法律法规要求。

(5) 临时堆土的数量和位置

送端换流站东侧设置 1 处表土临时堆场，南北长 225m，东西宽 200m，占地面积为 3.48 hm^2 ，堆高按 4.5m 计，规划容量 14 万 m^3 ，能够容纳送端换流站与施工生产生活区剥离的表土。站址外东侧设置 1 处面积约 2.00 hm^2 的临时堆土区，用于堆存站区及施工生产生活区后期需要回填的剥离表土，堆高按 4.5m 考虑，可堆放表土约 8 万 m^3 ，能够容纳受端换流站与施工生产生活区剥离的表土。

进站道路路基表土沿道路一侧堆放，后期直接回覆道路两侧。外接电源塔基永久占地表土在塔基周边空地临时地方，后期直接回覆塔基施工场地。供排水工程管槽表土沿管槽一侧堆放，后期直接回覆利用。接地极工程不设置专门的表土和临时堆土场，剥离的表土沿极环施工作业带外侧堆放，开挖的土石方沿极环施工作业带内侧堆放，后期直接回填后回覆表土。

输电线路塔基区永久占地范围内不能及时回填的开挖土，堆放至塔基施工场地进行防护。

(6) 可剥离表土量分析评价

主体工程设计中未考虑表土的剥离及防护措施，本方案从保护表土资源角度出发，根据地形条件，施工方法及表土层厚度情况，综合确定项目建设区可剥离表土量。换流站、接地极、线路工程塔基永久占地耕地、园地、林地、草地均可剥离表土，剥离厚度根据实际情况按 10cm ~ 30cm 综合考虑。

塔基区其他以压占为主或轻微扰动区域将采取铺垫彩条布进行表土防护，以减少扰动破坏。塔基区施工场地以临时占压为主，建设期将采取铺垫彩条布进行表土防护。牵张场区以临时占压为主，扰动轻微，施工期将采取铺垫彩条布、铺设钢板等进行表土防护。跨越施工场地以临时占压为主，施工期对地表扰动较轻，不进行表土剥离保护及铺垫防护。施工道路区人抬便道和施工简易道路以利用原有道路和乡村小道为主，新修施工道路仅考虑山丘区新开辟道路地表翻整涉及的表土剥离，其他施工道路不涉及大开挖，车辆对施工道路的扰动有限，完工后对施工道路进行整平后恢复迹地，因此无需剥

离表土。可剥离表土量详见附表 3-2。

(7) 表土剥离保护、集中防护及利用分析评价

本方案从保护表土资源角度出发,对耕地、园地、林地及草地进行表土剥离、保存和利用,剥离厚度按 10cm~30cm 计。塔基施工场地、牵张场、跨越施工场地扰动轻微,为尽量减少地表扰动范围,主要采取彩条布铺垫、钢板铺垫等防护措施。

换流站剥离表土集中堆放在临时堆土区并临时防护,后期用于站区绿化或综合利用。接地极剥离表土集中堆放在电极电缆区并临时防护,后期用于电极电缆区耕地恢复。塔基区、牵张场区、施工道路剥离表土就地平衡利用。

经分析,本工程表土剥离总土方 52.86 万 m^3 ,其中 43.77 万 m^3 用于土地整治后耕地恢复或植被恢复,送端换流站剩余 9.09 万 m^3 用于 G309 线合水(老城)至西峰段工程 6 处渣场复垦、复绿。从水土保持的角度考虑,本项目工程表土剥离保护与利用措施合理。

3.2.4 取土场设置评价

(1) 取土场设置必要性

站址自然标高 57.40~58.00m,站址处 100 年一遇设计洪水位 59.44m,主体工程确定的设计标高 59.55m,需要填高换流站使站址设计标高高于百年一遇设计洪水位。

站址所在区域地形平坦,项目自身无法实现挖填平衡,建设单位优先考虑通过购买其他项目土方解决填方问题。经过多次调查,项目周边“东金线河生态治理工程”土方 49 万 m^3 。但是经过建设单位东平县河道管理局及设计单位山东农业大学勘察设计院确认均为河道清淤土。经主体设计总图、土建等专业沟通确认,上述河道清淤土土质不符合站址填筑要求。

经与东平县规划、建设等行政主管部门以及接山镇政府沟通咨询,站址附近暂无其他产生余土建设项目,亦无相关商品料场。主体设计设置取土场解决填方问题。

(2) 取土场选址合理性分析

建设单位及方案编制单位与东平县自规局、接山镇政府进行了多次沟通协商及现场调查,明确取土场选址必须避让“三区三线”,崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区,少占耕地、林地,土地权属清晰。

本工程的取土场类型为坡地型,根据《山东省地质灾害防治规划(2021-2025 年)》、《山东省泰安市地质灾害防治规划(2021-2025 年)》、《东平县 2019 年度地质灾害防治方案》、《山东省东平县地质灾害防治规划(2019~2025 年)》等文件核实,不涉及

东平县、泰安市、山东省人民政府划定的崩塌、滑坡危险区和泥石流危险区，且远离城镇和景区规划范围，不涉及自然保护区、森林公园、地质公园和生态保护红线等水土保持敏感区，无水土保持制约性因素，选址基本合理。

根据工程土石方需求及调配贯彻“集中取土、不占或少占耕地、林地”的原则，同时综合考虑取土场位置、运距、与环境敏感点距离等因素，受端换流站选取 1 处取土场，占地 5.55hm^2 ，临时征地范围内土地利用现状为一般耕地，取土深度为 $3\sim 4.2\text{m}$ ，取土场选址合理。根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号），并与东平县自规局多次沟通确认后，取土场占地不属于划定的基本农田的“三区三线”的划定范围。

项目区耕地分布广泛，林地主要集中在山岭地区，本次取土场选址结合“三区三线”划定成果，同时考虑了租地的难易程度和交通运输条件，避免征占基本农田，最终选定的取土场不可避免了占用了旱地、园地、林地等一般农田，属于生产力相对较低的梯田，绕避了地力较高的土地和“三区三线”，这符合项目区的实际情况。取土结束后，及时进行土地复耕。通过调运站区 3.69万 m^3 回填至取土场，边坡绿化回填厚度 0.70m 、复耕平均回填厚度约 1.0m ，有利于提高耕地质量，符合水土保持要求。取土场的合理性分析详见表 3.2-4。

表 3.2-4 取土场合理性分析

行政区	位置	取土量 (万 m^3)	占地 (hm^2)	取土深度 (m)	取土场 类型	是否涉及环 境敏感区	合理性分析
山东省泰 安市东平 县	朝阳庄 村南约 600m	20.98	5.55	3-4.2	坡地型	否	坡地取土场，未占用基本农田，不在生态敏感区内，不涉及滑坡、崩塌等易发区。取土后土地整治，进行复耕和绿化，选址可行。

（3）取土方式合理性分析

取土采取分层取土方式，沿 145m 、 150m 、 155m 和 160m 等高线将取土场划分为 5 个取土阶地，取土结束后每个阶地恢复为耕地，边坡采用浆砌石骨架护坡。

表 3.2-5 分层取土说明

分区	分区面积 (hm ²)	取土深度 (m)	取土量 (万 m ³)
145m 等高线以下区域	0.42	3.00	1.26
145-150m 等高线以下区域	1.44	3.00	4.32
150-155m 等高线区域	1.51	4.00	6.04
155-160m 等高线区域	1.68	4.10	6.89
160m 等高线以上区域	0.92	4.20	3.86
合计	5.55		20.98

(4) 恢复利用方向分析评价

该取土场为坡地型取土场，占用地类为耕地、园地和林地，取土结束后，采取削坡措施进行放坡，并采用浆砌石骨架绿化的综合护坡形式，能够保证边坡稳定；取土坑地回覆表土，进行复耕，覆土厚度约为 1.0m。满足《土地复垦质量控制标准》（TD/T1036-2013）中“取土场复垦为耕地，表土厚度不低于 50cm；黄淮海平原区土地复垦质量控制标准：有效土层厚度应 $\geq 60\text{cm}$ ”的复耕要求；依据《耕地质量等级》（GB/T33469-2016）“表 B.3 黄海区耕地质量等级划分指标”——有效土层厚度应 $\geq 100\text{cm}$ ，能够满足三等以上耕地质量等级要求，因此，取土场恢复方向符合区域土地利用要求。

综上所述，从水土保持角度分析，所选取土场不涉及崩塌、滑坡危险区和泥石流危险区，且远离城镇和景区规划范围，不会诱发崩塌、滑坡和泥石流，不涉及自然保护区、森林公园、地质公园和生态保护红线等水土保持敏感区，无水土保持制约性因素，选址及恢复方向合理。

3.2.5 弃土场设置评价

本工程不设置弃渣场，土石方均就地平衡利用，符合水土保持要求。

3.2.6 施工方法与工艺评价

本工程施工过程中采用先进的施工方法与工艺，加强施工组织管理。施工过程中采用机械施工与人工施工相结合的方法，统筹、合理、科学安排施工工序，避免重复施工和土方乱流，施工组织大纲中增加水土保持要求，施工单位严格按照施工组织大纲施工。工程施工方法（工艺）分析评价见下表。

表 3.2-6 本工程施工方法（工艺）水土保持分析与评价

序号	评价内容			项目情况	水土保持分析与评价结论
1	施工方法是否符合减少水土流失的要求	换流站工程	场地平整	整个场地按设计进行填方平整，挖方区按设计标高进行开挖，开挖宜从上到下分层分段依次进行，随时作一定的坡度以利泄水，尽量做到当天土方挖填平衡，减少临时堆土量。	符合要求，需加强土方临时堆放地及临时防护措施。
			基础开挖	采用机械及人工结合开挖、人工清理的方式，待浇筑基础前再清余土，并从速浇筑基础。填方采取分层碾压回填。灌注桩基础成孔设备就位后，必须平正、稳固、确保在施工操作时不发生倾斜、移动。成孔完毕后应清除孔底虚土，孔底沉渣厚度<100mm，随后尽快灌注混凝土，混凝土应连续灌注。	符合要求，需注意挖方回填、余土去向。加强临时堆土的拦挡防护措施。
		接地极工程	场地平整	整个场地按设计进行填方平整，挖方区按设计标高进行开挖，开挖宜从上到下分层分段依次进行，随时作一定的坡度以利泄水，尽量做到当天土方挖填平衡，减少临时堆土量。	符合要求，需加强土方临时堆放地及临时防护措施。
			基础开挖	采用机械及人工结合开挖、人工清理的方式，待浇筑基础前再清余土，并从速浇筑基础。填方采取分层碾压回填。	符合要求，需注意挖方回填、余土去向。加强临时堆土的拦挡防护措施。
		线路工程	基础施工	基坑开挖主要有人工开挖、机械开挖。浇筑混凝土基础时在挖好的基坑放置钢筋笼、支好钢模板，进行混凝土浇筑。基础拆除模板，测试砼强度达到设计强度后进行土方回填。	符合要求，应增加施工过程中塔基剥离表土与基础土方的分层堆放措施，开挖土方的临时拦挡、苫盖、减少因雨水冲刷和大风造成的水土流失。
			组塔	工程铁塔安装施工采用分解组塔的施工方法。在施工过程中，根据铁塔的形式、高度、重量以及施工场地、施工设备等施工现场情况，确定正装分解组塔或倒装分解组塔。	符合要求，注意组塔过程中组装器具、塔材的堆放、拦挡措施，尽量减少对地表的扰动。
			架线	线路架线采用张力架线方法施工，施工方法依次为：放线通道处理、架空地线展放及收紧、展放导引绳、牵放牵引绳、牵放导线、锚固导线、紧线临锚、附件安装、压接升空、间隔棒安装、耐张塔平衡挂线和跳线安装等。	本工程架线施工中，结合国内目前先进架线施工工艺和本工程沿线地形地貌情况，选择适宜的架线工艺。先进工艺的架线施工方式虽然投资较高，但是利用施工简易道路及牵张场地即可实施，能大大减少对沿线植被的破坏，减少工程临时占地，减少可能造成的水土流失。
2	施工场地是否避让植被相对良好的区域和基本农			施工道路尽量利用当地已有的道路，在汽车运输无法到达的地段开辟人抬便道，采用畜力和人力运输，尽量避免新建施工道路，尽	符合要求，尽量避免新建施工道路。避让植被相对良好的区域和基本农田。施工过程中需

序号	评价内容	项目情况	水土保持分析与评价结论
	田。	量避让植被相对良好的区域和基本农田。	严格控制施工场地范围，不占用植被相对良好的区域和基本农田。
		换流站施工场地尽量利用红线范围内用地，红线范围内用地确实紧张的，在站外设置施工场地采取占一补一的方式。塔基施工场地布设在紧邻塔基四周，尽量避让植被相对良好的区域和基本农田。	符合要求，尽量紧邻永久占地，严格控制作业范围，避免对植被相对良好的区域和基本农田造成破坏。
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，是否设计渣石渡槽、溜渣洞等专门导渣或防护设施。	不涉及左栏内容。换流站及塔基选址中避让河岸陡坡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。	符合要求。
4	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。	不涉及左栏内容。施工材料均就近采购运输。	符合要求。
5	土石方在运输是否采取防止沿途散溢等保护措施。	土石方在运输车辆采用密封环保车辆，防治沿途散逸。	符合要求。土石方运输过程中严格执行车辆密封要求。
6	是否采取表土剥离或保护措施及具体施工方法。	场平采用机械与人工相结合的施工方式进行平整。清基表土单独堆放，用于站区后期绿化覆土、耕地恢复、植被恢复。	符合要求，需加强表土的隔离和覆盖等防护措施，以保证回覆需要。
7	裸露地表是否及时采取防护措施，填筑土方是否做到随挖、随运、随填、随压。	裸露地表及时苫盖，避免产生扬尘等。填筑土方及时挖运填压，做好防护措施。	符合要求。裸露地表及时苫盖，填筑土方及时挖运填压。
8	临时堆土应集中堆放，并采取临时拦挡、苫盖、排水、沉沙等措施。	本工程换流站站根据需要设置了临时堆土场，将临时堆土集中堆放，并布设了临时拦挡、苫盖、排水、沉沙等措施。	符合要求。临时堆土集中堆放，并采取临时拦挡、苫盖、排水、沉沙等措施。
9	围堰填筑、拆除	不涉及左栏内容。本工程无围堰填筑及拆除	符合要求。

序号	评价内容	项目情况	水土保持分析与评价结论
	是否采取减少流失的有效措施。	工作。	
10	弃渣场是否满足“先拦后弃”原则。	不涉及左栏内容。本工程不设置弃渣场。	符合要求。
11	取土场开挖前是否按要求设置截（排、挡）水、沉沙等措施。	根据需要设置了临时拦挡、苫盖、截排水、沉沙等措施。	符合要求。

3.2.7 主体工程设计中具有水土保持功能工程的评价

3.2.7.1 送端换流站

（1）站区

——截水沟

挖方边坡采取直接放坡的方案，坡率取 1:1 ~ 1:1.5，坡面采用现浇混凝土护坡形式，在挖方边坡坡肩处设置钢筋混凝土截水沟，截水沟顺接至站外排水管。截水沟总长度 1600m，混凝土浇筑量 4779m³。

① 截水沟型式

主体设计在站区设置混凝土截水沟，按最大汇水面积考虑，截水沟为矩形断面，底宽 1.5m，深度 1.5m，混凝土浇筑厚度 0.3m，安全超高考虑 20cm，沟底纵坡 5‰。

② 截水沟洪峰流量

根据《水土保持工程设计规范》(GB51018 - 2014)，按 1 级标准 10 年一遇短历时暴雨对主体设计排水工程进行校核。

坡面洪水设计径流量公式：

$$Q_m = 16.67 \phi q F \quad \text{式 3.2-1}$$

式中：Q_m---设计排水流量，m³/s；

ϕ ---径流系数，取 0.70；

q---设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度（mm/min）， $q = C_p C_t q_{10,10}$ ，计算得 0.58mm/min。；

F----集水面积，km²，本工程最大汇水面积为 0.95km²。

经计算，10 年一遇洪峰流量约为 6.43m³/s。

③ 截水沟过流能力校核

各排水设施过流能力采用明渠均匀流公式计算：

$$Q = AC\sqrt{Ri} \quad \text{式 3.2-2}$$

式中：A——过水面积， 1.95m^2 ；

C——谢才系数，用公式 $C = R^{1/6}/n$ 计算，73.63；

R——水力半径，m。 $R = A/\chi$ ，0.48m；

底坡 i 取 0.005，糙率 n 取 0.012。

经计算，主体设计截水沟设计排水流量大于 $7.00\text{m}^3/\text{s}$ ，大于设计洪峰流量 $6.43\text{m}^3/\text{s}$ ，经复核，主体设计的混凝土截水沟满足过流要求。

——排水沟

挖方边坡采取直接放坡的方案，坡率取 1:1 ~ 1:1.5，坡面采用现浇混凝土护坡形式。在挖方边坡坡脚处设置混凝土排水沟。填方边坡采取直接放坡的方案，坡率取 1: 1.5。坡面采用现浇混凝土护坡形式。在填方坡脚处设置钢筋混凝土排水沟，所有排水沟内的水均汇合至站区东南侧，通过站外排水管排至站区东侧天然沟道。

排水沟采用矩形断面，I 型排水沟长度 1600m，底宽 0.5m，深度 0.5m，采用混凝土浇筑，沟底纵坡 5‰。II 型排水沟长度 1000m，底宽 1.5m，深度 1.5m，混凝土浇筑厚度 0.3m，安全超高考虑 20cm，沟底纵坡 5‰。经统计，送端换流站排水沟长度 2600m，混凝土浇筑量 3368m^3 。

计算方法同站区截水沟。经计算，I 型排水沟排水沟设计排水流量为 $1.41\text{m}^3/\text{s}$ ，大于设计洪峰流量 $1.01\text{m}^3/\text{s}$ 。II 排水沟设计排水流量大于 $7.00\text{m}^3/\text{s}$ ，大于设计洪峰流量 $6.43\text{m}^3/\text{s}$ 。经复核，主体设计的混凝土排水沟满足过流要求。

——雨水排水管

根据站内竖向布置，送端换流站站区雨水排水系统布置在站内道路两侧，换流站站区排水系统设计按照《室外排水设计标准》（GB50014-2021）中室外排水规定设计，设计重现期为 5 年。雨水管道采用 DN300 ~ DN1000 钢筋混凝土排水管，同时站内设置雨水井及检查井，共同构成了换流站雨水排水系统，通过雨水排水管排至站区东侧天然沟道，排水口进行必要的消能、护坡等防护处理。送端换流站站区雨水管总长 6550m，雨水井混凝土浇筑 2796m^3 。沟底纵坡 5~10‰。

——站区绿化

根据本工程《岩土工程勘察报告》，站址区为湿陷性黄土场地，站内的湿陷性主要以自重Ⅱ级中等湿陷为主。为避免雨水下渗导致黄土湿陷而发生沉降，全站采取硬化封闭措施，硬化方式采用预制混凝土块，并设置水泥土防水层。

送端换流站站前区在采取硬化封闭措施后，采取撒播草籽、栽植灌木方式进行小面积绿化。在站前区根据当地自然环境条件，草种选择黑麦草、三叶草混播，比例为 1:1；灌木选择胡枝子，站区内绿化面积为 0.15hm^2 。

(2) 进站道路

——排水沟

进站道路从站址北侧 S318 省道引接，采用沥青混凝土硬化路面，道路长 1.06km，路面宽 8.0m，按三级公路标准设计。进站道路挖方、填方边坡均采用坡率法+混凝土护面，其中挖方边坡放坡坡率为 1: 1。进站道路以挖方段为主，最大边坡高度 4.0m。沿进站道路西布设排水沟，顶部成品沟盖板压盖，地表汇流通过排水沟汇入站区围墙外侧排水沟，最终通过站外排水管排至站区东侧天然沟道。

排水沟采用矩形断面，底宽 1.0m，深度 1.0m，采用浆砌石衬砌，衬砌厚度 0.3m，沟底纵坡 5‰。进站道路排水沟长度 430m，浆砌石衬砌量 829m^3 ，混凝土浇筑量 3m^3 。

计算方法同站区截水沟。经计算，排水沟设计排水流量为 $1.41\text{m}^3/\text{s}$ ，大于设计洪峰流量 $0.68\text{m}^3/\text{s}$ ，经复核，主体设计的浆砌石排水沟满足过流要求。

(3) 供排水工程区

——站外排水管

根据站内竖向布置，站外排水管设计按照《室外排水设计标准》（GB50014-2021）中室外排水规定设计，设计重现期为 5 年。送端换流站站区雨水排水系统末端顺接站外排水管，通过站外排水管排至站区东侧天然沟道，沟底纵坡 10‰。排水口进行必要的消能、护坡等防护处理。经统计 DN1800 钢筋混凝土排水管总长 1500m，消力池混凝土浇筑量 308m^3 。

依据 2015 年庆阳气象局《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》（编制），庆阳市短历时暴雨强度公式形式为：

$$q = \frac{10356 \times (1 + 1.061 \cdot \lg P)}{(t + 7.88)^{0.7329}}$$

$$Q = q\psi F$$

式中：q--设计暴雨强度(L/s·ha)；

P--设计重现期；yt

t---降雨历时(min)；

F ——汇水面积 (hm²)

ψ ——径流系数

Q ——雨水设计流量 (L/s)

设计重现期 P=10 年，站区汇水面积 F=30.7hm²（径流系数取 $\phi=0.95$ ），经计算本站雨水排水量为 Q=5.30m³/s，大于地表汇流量 4.50m³/s。雨水管道可以将站区地面汇流及时有效排导出站区。

3.2.7.2 受端换流站

（1）站区

——雨水排水系统

根据站内竖向布置，受端换流站站区雨水排水系统布置在站内道路两侧，换流站站区排水系统设计按照《室外排水设计标准》（GB50014-2021）中室外排水规定设计，设计重现期为 5 年。雨水管道采用 DN300~DN1500 钢筋混凝土排水管，总长 9000m，站内雨水管出口接入站外排水管。同时站内设置 260 座雨水检查井，420 座雨水井，共同构成了换流站雨水排水系统。根据水土保持工程措施界定原则分析，雨水排水系统具有水土保持功能，属于水土保持工程。

——站区绿化

考虑到受端换流站站区绿化美化需要，本方案考虑沿站区围墙内侧栽植灌木进行绿化，在站前区撒播草籽进行绿化，根据当地自然环境条件，草种选择黑麦草、狗牙根混播，比例为 7:3；灌木选择丰花月季和小叶女贞，交叉种植，栽植比为 1:1；站区内绿化面积共计 8.50hm²。绿化措施可满足站区美化需要，根据水土保持工程措施界定原则分析，站区绿化具有水土保持功能，属于水土保持工程。

(2) 站外排水工程

受端换流站站外排水管线按照排水分区，采用直埋铺设 2 根 DN1500mm 镀锌钢管排水管道的方式排出站内雨水，共计 1350m，站外排水口与河道相接处设八字浆砌石排水口 1 座，共计 2 座，根据水土保持工程措施界定原则分析，主体设计的站外排水管线与排水口具有水土保持功能，属于水土保持工程。

(3) 碎石铺盖

主体设计对于场地地坪铺设碎石覆盖，碎石厚度 10cm，面积 0.65hm²。

(4) 浆砌石骨架+撒播草籽护坡

站区竖向布置采用平坡式布置方案，根据防洪要求，需填土 1.35m~1.95m，边坡坡率取 1:1.75，坡面采用浆砌石骨架+撒播草籽护坡，浆砌石护坡防护面积 7350m²，浆砌石量共 2327.5m³，撒播草籽 6615m²，边坡回覆表土 6615m²、覆土厚度 0.30m，共计覆土 0.20 万 m³。覆土工程量统一计入站区表土回覆量。

3.2.7.3 线路工程

(1) 塔基区

1) 山丘区

山丘区线路设计时考虑了塔基的护坡防护、排水设计。具体情况如下：

——浆砌块石护坡

护坡通常沿塔位周围自然山坡或基面挖方后的缓坡面用 MU20 块石砌筑，对塔基边坡起保护作用。通常在下列情形中使用：

①基础保护范围虽然满足设计要求，但塔基周围土质松散或为严重强风化岩石，无植被或植被稀疏，在自然雨水作用下，极易引起水土流失，影响塔基的安全稳定。

②少数塔位因基础局部保护范围不满足设计要求，需填土夯实，以满足设计要求。当边坡较陡，若填土不采取措施易被冲刷流失时，需在夯实的填土外侧局部砌护坡。

③当基面挖方较多时，上山坡侧或高低腿之间坡面虽然按规定要求放坡，但因土质松散及岩石风化极严重，易剥落坍塌，影响塔位安全，此时需沿挖方坡面局部或全部砌护坡。

塔位护坡可能是大面积的，也可能是局部范围的，应根据现场具体情况而定。

护坡坡脚必须置于原状土土层上，山坡削成小于 50°，用 M5 水泥砂浆砌筑、勾缝，并每隔 2m 设一个泄水孔，预埋设φ100 PVC 管。

经统计，山丘区塔基区浆砌石护坡工程量共 2319m³，其中甘肃省境内直流线路塔基区护坡 350m³，接地极线路 100m³；陕西省境内直流线路塔基区护坡 395m³；山西省境内直流线路塔基区护坡 1214m³；河北省境内直流线路塔基区护坡 200m³；山东省境内直流线路塔基区护坡 150m³。

根据水土保持工程措施界定原则分析，主体工程设计的塔基边坡防护措施可防止雨水冲刷，具有水土保持功能，属于水土保持工程。

——浆砌石挡渣墙

当杆塔位于山包或斜坡，塔位四周或下坡侧为陡坡时，降底基面与基坑开挖的土石方无法就地堆稳，主体设计考虑在堆土的下方修一道挡渣墙，将土堆放在挡渣墙内，避免水土流失和影响周边生态环境。

经统计，山丘区塔基区浆砌石挡渣墙工程量共 3821m³，其中甘肃省境内直流线路 500m³，接地极线路 100m³；陕西省境内直流线路 105m³；山西省境内直流线路 2656m³，迁改线路 110m³；河北省境内直流线路 200m³；山东省境内直流线路 60m³。

根据水土保持工程措施界定原则分析，主体工程设计的塔基挡渣墙能有效拦挡塔基区弃土，具有水土保持功能，属于水土保持工程。

——浆砌石排水沟

通畅良好的基面排水，有利于基面挖方边坡及基础保护范围外临空面的土体稳定。塔位有坡度时，为防止上山坡侧汇水面的雨水、山洪及其他地表水对基面的冲刷影响，除位于面包形山顶或山脊的塔位外，其余山丘区塔位需根据实际地形因素（考虑坡度、上坡处汇水等）在塔位上坡侧（如果基面有降基挖方，距挖方坡顶水平距离 $\geq 4\text{m}$ 处），依山势设置部分环状排水沟，以拦截和排除周围山坡汇水面内的地表水。根据工程实际情况，可布设 1 道或 2 道排水沟。排水沟末端与自然沟道顺接在凹地或较平缓区域，根据工程实际情况，排水沟出口布设八字式消能散水措施。

经统计，山丘区塔基区浆砌石排水沟工程量（含浆砌石八字口消能措施）共 1135.8m³，其中山丘区塔基区浆砌石排水沟工程量甘肃省境内直流线路 94m³，接地极线路 100m³；陕西省境内直流线路 361m³；山西省境内直流线路 408.3m³；河北省境内直流线路 150m³；山东省境内直流线路 22.5m³。

根据水土保持工程措施界定原则分析，主体工程设计的山丘区塔基排水沟能满足塔基区排水要求，具有水土保持功能，属于水土保持工程。

——灌注桩基础泥浆沉淀池

针对山丘塔基灌注桩基础主体工程考虑了灌注桩基础泥浆防护临时措施。灌注桩基础在工时,采用钻机钻进成孔,成孔过程中为防止孔壁坍塌,在孔内注入人工泥浆或利用钻削下来的粘性土与水混合的自造泥浆保护孔壁。扩壁泥浆与钻孔的土屑混合,边钻边排出,集中处理后,泥浆被重新灌入钻孔进行孔内补浆。当钻孔达到规定深度后,安放钢筋笼,在泥浆下灌注混凝土,浮在混凝土之上的泥浆被抽吸出来。

由于施工时会产生钻渣泥浆,因此需采取措施对塔基基础产生的钻渣泥浆进行处理。按平均每基灌注桩钻渣泥浆为 300m^3 设计泥浆沉淀池,泥浆沉淀池采用半挖半填方式,其尺寸根据钻渣泥浆量确定,每个沉淀池地下部分池口尺寸为 15m (长) $\times 15\text{m}$ (宽) $\times 1.5\text{m}$ (深),池壁开挖坡比控制在 1: 0.5,以保持边坡的稳定,每个沉淀池地下部分容量超过 150m^3 ,足以容纳钻孔灌注桩产生的钻渣泥浆。待工程完工后,泥浆晾干后拍实堆放在塔基征地范围内。

本工程灌注桩施工前,先对塔基区剥离表土,剥离的表土全部装入植生袋内,根据需要围挡在灌注桩基础施工区域外围和泥浆沉淀池周围,施工结束后拆除植生袋拦挡,恢复塔基区表土。

经统计,山丘区塔基区泥浆沉淀池共 18 个,其中甘肃省境内直流线路塔基区共设置泥浆沉淀池 1 个;陕西省境内直流线路塔基区共设置泥浆沉淀池 2 个;山西省境内直流线路塔基区共设置泥浆沉淀池 6 个;山东省境内直流线路塔基区共设置泥浆沉淀池 9 个。

根据水土保持工程措施界定原则分析,主体工程设计的灌注桩基础泥浆防护措施具有水土保持功能,属于水土保持工程。

(2) 平原区

——灌注桩基础泥浆沉淀池

针对平原塔基灌注桩基础主体工程考虑了灌注桩基础泥浆防护临时措施。按平均每基灌注桩钻渣泥浆为 300m^3 设计泥浆沉淀池,泥浆沉淀池采用半挖半填方式,其尺寸根据钻渣泥浆量确定,每个沉淀池地下部分池口尺寸为 15m (长) $\times 15\text{m}$ (宽) $\times 1.5\text{m}$ (深),池壁开挖坡比控制在 1: 0.5,以保持边坡的稳定,每个沉淀池地下部分容量超过 150m^3 ,足以容纳钻孔灌注桩产生的钻渣泥浆。

经统计,平原区塔基区泥浆沉淀池共 498 个,其中河北省境内直流线路设置泥浆沉

沉淀池 236 个；山东省境内直流线路设置泥浆沉淀池 222 个、接地极线路设置泥浆沉淀池 40 个。

主体工程设计的灌注桩基础泥浆防护措施具有水土保持功能，其数量及尺寸等均能满足水土保持需要。

3.2.7.4 主体工程设计的水土保持措施综合分析评价

主体工程从自身功能和安全角度考虑，布置了一系列具有水土保持功能的设施，在充分发挥主体工程自身作用的同时，有效地防治了水土流失。本方案将从全面防治水土流失的角度出发，对主体工程设计中具有水土保持功能的各项工程进行分析论证，对不能满足水土保持要求的，本方案将进行补充设计。为更好地防止施工中产生的水土流失，方案需完善补充施工期间各防治分区的临时挡护、苫盖、铺垫措施、排水、土地整治（含耕地恢复）、及绿化、植被恢复等措施。水保措施分析评价见下表。

表 3.2-7 主体工程水保措施分析与评价表

项目		分区		主体已有	存在问题及不足	方案补充完善		
						工程措施	植物措施	临时措施
送端换流站	甘肃省	平原区	站区	混凝土截水沟、混凝土排水沟、雨水排水管、站区绿化	未考虑施工前表土剥离和防护,施工结束后表土回覆及施工迹地恢复、土地整治等措施。	表土剥离、表土回覆、土地整治	/	彩条旗围护、植生袋装土拦挡、密目网苫盖
			进站道路区	浆砌石排水沟	未考虑施工前表土剥离和防护,施工结束后表土回覆及施工迹地恢复、土地整治、植被恢复等措施。	表土剥离、表土回覆、土地整治	撒播草籽	彩条旗围护、密目网苫盖
			外接电源工程区	/	未考虑施工前表土剥离和防护,施工结束后表土回覆、耕地恢复及土地整治、植被恢复等措施。	表土剥离、表土回覆、土地整治、耕地恢复	撒播草籽	彩条旗围护、密目网苫盖
			供排水工程区	站外混凝土排水管	未考虑施工前表土剥离和防护,施工结束后表土回覆、耕地恢复及土地整治、植被恢复等措施。	表土剥离、表土回覆、土地整治、耕地恢复	撒播草籽	彩条旗围护、密目网苫盖
			施工生产生活区	/	未考虑施工前表土剥离和防护,施工过程临时堆土的防护、临时排水沉砂,施工结束后表土回覆、耕地恢复等措施。	表土剥离、表土回覆、耕地恢复	/	临时排水沟、临时沉砂池、彩条旗围护、植生袋装土拦挡、密目网苫盖
			临时堆土区	/	未考虑施工前表土剥离和防护,施工过程临时堆土的防护、临时排水沉砂,施工结束后表土回覆、耕地恢复等措施。	耕地恢复	/	临时排水沟、临时沉砂池、彩条旗围护、植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时撒草防护
送端接地极	甘肃省	平原区	汇流装置区	/	未考虑施工前表土剥离措施,施工过程临时防护措施。	表土剥离	/	植生袋装土拦挡、密目网苫盖
			电极电缆区	/	未考虑施工前表土剥离和防护,施工结束后表土回覆、耕地恢复、土地整治等措施。	表土剥离、表土回覆、耕地恢复	/	彩条旗围护、植生袋装土拦挡、密目网苫盖
			检修道路区	/	未考虑施工前表土剥离措施,施工过程临时防护措施。	表土剥离	/	彩条旗围护
			外接电源工程区	/	未考虑施工前表土剥离和防护,施工结束后表土回覆、耕地恢复、土地整治等措施。	表土剥离、表土回覆、耕地恢复	/	彩条旗围护、密目网苫盖

项目		分区		主体已有	存在问题及不足	方案补充完善		
						工程措施	植物措施	临时措施
线路工程	甘肃省、陕西省、山西省、河北省、山东省	山丘区	塔基区	浆砌石护坡、浆砌石挡渣墙、浆砌石排水沟、泥浆沉淀池	未考虑施工前表土剥离和防护,施工过程临时堆土的防护,施工结束后表土回覆及施工迹地恢复、土地整治,施工场地植被恢复等措施。	浆砌石护坦、表土剥离及回覆、土地整治	撒播草籽、恢复林地	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条旗围护、临时排水沟
			牵张场	/	未考虑施工前表土剥离和防护,施工前牵张场范围的明确,施工过程原地貌的保护,施工结束后施工迹地恢复、土地整治等措施。	表土剥离及回覆、土地整治	撒播草籽、恢复林地	彩条布铺垫、钢板铺垫、彩条旗围护
			跨越施工场地	/	未考虑完工后扰动地表的迹地恢复、土地整治等措施。	土地整治	撒播草籽、恢复林地	/
			施工道路	/	未考虑施工前表土剥离和防护,道路排水措施、完工后扰动地表的迹地恢复、土地整治等措施。	表土剥离及回覆、土地整治	临时排水沟、素土夯实	恢复林地、撒播草籽
	甘肃省、河北省、山东省	平原区	塔基区	泥浆沉淀池	未考虑施工前表土剥离和防护,施工过程临时堆土的防护,施工结束后表土回覆及施工迹地恢复、土地整治等措施。	表土剥离及回覆、土地整治	撒播草籽	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条旗围护
			牵张场	/	未考虑施工前牵张场范围的明确,施工过程原地貌的保护,施工结束后施工迹地恢复、土地整治等措施。	土地整治	撒播草籽、恢复林地	彩条布铺垫、彩条旗围护、钢板铺垫
			跨越施工场地	/	未考虑完工后扰动地表的迹地恢复、土地整治等措施。	土地整治	撒播草籽、恢复林地	/
			施工道路	/	未考虑完工后扰动地表的迹地恢复、土地整治等措施。	土地整治	撒播草籽、恢复林地	彩条旗围护
受端换流站	山东省	平原区	站区	雨水排水管、雨水井、站区绿化、浆砌石骨架护坡、碎石铺盖	未考虑表土剥离及回覆、临时堆土防护、临时排水沉沙、绿化区的土地整治	表土剥离及回覆、土地整治	/	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池
			进站道路区	/	未考虑表土及临时防护措施	表土剥离	/	密目网苫盖
			外接电源工程区	/	未考虑表土剥离及回覆、土地整治、植被恢复等措施。	表土剥离及回覆、耕地恢复	/	彩条布铺垫、密目网苫盖

项目		分区		主体已有	存在问题及不足	方案补充完善		
						工程措施	植物措施	临时措施
			供排水工程区	站外排水管、八字排水口	未考虑表土剥离及回覆、临时堆土防护、土地整治、植被恢复等措施	表土剥离及回覆、土地整治、耕地恢复	/	植生袋装土拦挡、密目网苫盖
			施工生产生活区	/	未考虑表土剥离及回覆、临时排水沉沙、土地整治等措施	表土剥离及回覆、土地整治、耕地恢复	/	密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池
			临时堆土区	/	未考虑临时堆土防护、临时排水沉沙、土地整治等措施	表土剥离及回覆、土地整治、耕地恢复	/	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池
			取土场	/	未考虑水土保持相关措施	表土剥离及回覆、边坡防护、土地整治、耕地恢复、截排水沟、沉沙池	撒播草籽、恢复林地	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池
			还建工程区	/	未考虑表土剥离及回覆、临时堆土防护等措施	表土剥离	/	彩条布铺垫、密目网苫盖
受端接地极	山东省	平原区	汇流装置区	/	未考虑施工前表土剥离措施，施工过程中临时防护措施。	表土剥离	/	植生袋装土拦挡、密目网苫盖
			电极电缆区	/	未考虑施工前表土剥离和防护，施工结束后表土回覆、耕地恢复、土地整治等措施。	表土剥离、表土回覆、耕地恢复	/	彩条旗围护、植生袋装土拦挡、密目网苫盖
			检修道路	/	未考虑施工前表土剥离措施，施工过程中临时防护措施。	表土剥离	/	彩条旗围护
			外接电源工程区	/	未考虑施工前表土剥离和防护，施工结束后耕地恢复、土地整治等措施。	表土剥离、土地整治、耕地恢复	撒播草籽	彩条布铺垫、密目网苫盖

3.3 主体工程设计中水土保持措施界定

(1) 水土保持工程界定原则

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018），水土保持工程界定的原则主要为：

- 1) 应将主体工程设计中以水土保持功能为主的工程界定为水土保持措施；
- 2) 难以区分是否以水土保持功能为主的工程，可按破坏性试验的原则进行界定；即假定没有这些工程，主体设计功能仍然可以发挥作用，但会产生较大的水土流失，此类工程应界定为水土保持措施；
- 3) 标准中附录 D 的相关规定。

(2) 水保措施的界定

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）的界定原则，将送端换流站混凝土截水沟、混凝土排水沟、雨水排水管、站区绿化、站外排水管界定为水土保持措施，将受端换流站混雨水排水管、站外排水管界定为水土保持措施，将线路工程浆砌石护坡、浆砌石挡渣墙、浆砌石排水沟、泥浆沉淀池界定为水土保持措施。

主体工程设计中具有水土保持功能工程的措施工程量及投资见下表。

表 3.3-1 主体工程设计中具有水土保持功能工程一览表

行政区	项目分区		措施类型	措施名称	单位	数量	单价（元）	投资（万元）
甘肃省	山丘区	送端接地极线路	工程措施	浆砌石护坡	m ³	100	1073.89	10.74
				浆砌石挡渣墙	m ³	100	1073.89	10.74
				浆砌石排水沟	m ³	100	1073.89	10.74
		直流线路	工程措施	浆砌石护坡	m ³	350	937.00	32.80
				浆砌石挡渣墙	m ³	500	937.00	46.85
				浆砌石排水沟	m ³	94	937.00	8.81
			临时措施	泥浆沉淀池	座	1	20000.00	2.00
		小计						122.67
	平原区	送端换流站	工程措施	混凝土截水沟	m	1600		641.55
				浇制钢筋混凝土沟道（1.5×1.5m）	m ³	4779	1342.33	641.55
				混凝土排水沟	m	2600		452.05
				浇制钢筋混凝土沟道	m ³	3368	1342.33	452.05
				雨水排水管	m	6550		671.93
				室外排水、雨水管道 DN≤1000mm	m	2700	643.76	173.81
				室外排水、雨水管道 DN≤600mm	m	2750	379.10	104.25
				室外排水、雨水管道 DN≤300mm	m	1100	197.15	21.69
				浇制钢筋混凝土井、池容积 V≤10m ³	m ³	1056	1361.06	143.78
				浇制钢筋混凝土井、池容积 10m ³ <V≤50m ³	m ³	1432	1281.22	183.48
				浇制钢筋混凝土井、池容积 V≤10m ³ （排水井）	m ³	308	1458.35	44.92
			植物措施	站区绿化	hm ²	0.15	700000	10.50
		进站道路区	工程措施	浆砌石排水沟	m	430		67.38
				浆砌石衬砌	m ³	829	545.75	45.25
				成品沟盖板 50 厚	m ²	1445	150.00	21.68

行政区	项目分区			措施类型	措施名称	单位	数量	单价（元）	投资（万元）
			供排水工程 区	工程措施	浇制钢筋混凝土井、池容积 V≤10m³(雨水井)	m³	3	1458.24	0.45
					站外排水管	m	1500		247.01
					室外排水、雨水管道 DN1800mm	m	1500	1347.31	202.10
					站外排水消力池容积 100m³ < V≤200m³	m³	308	1458.35	44.92
		小计							2090.42
	合计							2213.09	
陕西省	山丘 区	直流线路	塔基区	工程措施	浆砌石护坡	m³	395	1064.51	42.05
					浆砌石挡渣墙	m³	105	1064.51	11.18
					浆砌石排水沟	m³	361	1077.12	38.88
			临时措施	泥浆沉淀池	座	2	20000.00	4.00	
	合计							96.11	
山西省	山丘 区	直流线路	塔基区	工程措施	浆砌石护坡	m³	1214	1094	132.81
					浆砌石挡渣墙	m³	2656	1094	290.57
					浆砌石排水沟	m³	408.3	1094	44.67
			临时措施	泥浆沉淀池	座	6	20000	12.00	
		迁改线路	塔基区	临时措施	浆砌石挡渣墙	m³	110	1094.00	12.03
	合计							492.08	
河北省	山丘 区	直流线路	塔基区	工程措施	浆砌石护坡	m³	200	700.00	14.00
					浆砌石挡渣墙	m³	200	750.00	15.00
					浆砌石排水沟	m³	150	900.00	13.50
		小计							42.50
	平原 区	直流线路	塔基区	临时措施	泥浆沉淀池	座	236	20000.00	472.00
合计							514.50		
山东省	山丘	直流线路	塔基区	工程措施	浆砌石护坡	m³	150	900.00	13.50

行政区	项目分区			措施类型	措施名称	单位	数量	单价（元）	投资（万元）	
平原区	区				浆砌石挡渣墙	m³	60	950.00	5.70	
					浆砌石排水沟	m³	22.5	1100.00	2.48	
				临时措施	泥浆沉淀池	座	9	20000.00	18.00	
		小计							39.68	
	受端换流站	站区	工程措施	DN≤300mm 雨水排水管	m	1900	240.87	45.77		
				DN≤600mm 雨水排水管	m	4000	375.55	150.22		
				DN≤1000mm 雨水排水管	m	2700	573.80	154.93		
				Φ1200 雨水排水管	m	200	844.92	16.90		
				Φ1500 雨水排水管	m	200	1203.68	24.07		
				雨水检查井	座	260	2000.00	52.00		
				雨水井	座	420	800.00	33.60		
			植物措施	站区绿化	hm²	8.50	5519.19	4.69		
				边坡绿化	hm²	0.66	5519.19	0.36		
			站外供排水 管线区	工程措施	DN1500 镀锌钢管	m	1350	1203.68	162.50	
					八字浆砌石排水口	座	2	8000.00	1.60	
			直流线路	塔基区	临时措施	泥浆沉淀池	座	222	20000.00	444.00
			接地极线路	塔基区	临时措施	泥浆沉淀池	座	40	20000.00	80.00
			小计							1170.64
		合计							1210.32	
总计									4526.10	

4 水土流失分析与预测

4.1 水土流失现状

4.1.1 水土流失类型及强度

根据全国土壤侵蚀第二次遥感普查报告、2021 年沿线各省水土保持公报、工程沿线各市（区）、县水土保持规划等专题报告，并结合工程现场调查，项目区所经区域以水力侵蚀为主，侵蚀形式主要为面蚀、沟蚀。土壤侵蚀强度以轻度侵蚀为主。项目区水土流失现状见下表。

表 4.1-1 项目区水土流失现状一览表 单位：km²

省	市	水土流失强度						面积比例 (%)	土地面积
		轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈	小计		
甘肃省	庆阳市	5986.96	3818.30	1481.77	1190.15	174.27	12651.45	46.65	27119
陕西省	延安市	9674.98	5732.31	1692.16	839.53	152.18	18091.16	48.85	37032
山西省	临汾市	4118.57	2668.74	914.68	316.33	53.33	8071.65	39.76	20302
	长治市	4833.89	187.14	83.33	38.05	13.01	5155.42	36.94	13955
河北省	邯郸市	1961.91	47.81	19.02	1.44	0.02	2030.20	16.83	12066
山东段	聊城市	462.66	0.02	-	-	-	462.68	5.31	8715
	济南市	1641.75	157.61	62.75	28.98	6.44	1897.53	18.52	10245
	泰安市	1130.19	230.97	72.70	26.92	3.92	1464.70	18.87	7762

4.1.2 项目区水土保持区划

根据《全国水土保持区划》（试行）及各省水土保持规划，项目由西向东经过西北黄土高原区、北方土石山区 2 个土壤侵蚀类型区，根据《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007），西北黄土高原区容许土壤流失量为 1000t/(km²·a)，北方土石山区容许土壤流失量为 200t/(km²·a)。

项目区水土保持区划情况见下表。

表 4.1-2 项目区水土保持区划情况表

一级区	二级区	三级区	行政区（县市）	容许值 (t/km ² .a)
西北黄土高原区	晋陕甘高塬沟壑区	晋陕甘高塬沟壑保土蓄水区	甘肃省：西峰区、合水县、宁县； 陕西省：富县、甘泉县、宜川县； 山西省：大宁县、蒲县	1000
	晋陕蒙丘陵沟壑区	延安中部丘陵沟壑拦沙保土区	陕西省：宝塔区、延长县	1000
	汾渭及晋城丘陵阶地区	汾河中游丘陵沟壑保土蓄水区	山西省：洪洞县、古县、安泽县	1000
北方土石山区	太行山山地丘陵区	太行山西南部山地丘陵保土水源涵养区	山西省：沁源县、屯留区、沁县、襄垣县、潞城市、黎城县、平顺县	200
		太行山东部山地丘陵水源涵养保土区	河北省：涉县、峰峰矿区、磁县	200
	华北平原区	黄泛平原防沙农田防护区	河北省：临漳县、魏县、大名县； 山东省：莘县、阳谷县、东阿县	200
	泰沂及胶东山地丘陵区	鲁中南低山丘陵土壤保持区	山东省：平阴县、肥城市、东平县	200

4.1.3 项目区土壤侵蚀模数背景值

收集各省水土流失遥感调查结果、各省水土保持监测公报，同时征求了各县市（区）水土保持局（站）专家的意见，根据原地貌土地占地类型，最终确定工程沿线的原地貌土壤侵蚀模数。项目区以轻度水力侵蚀为主，沿线原地貌土壤侵蚀模数背景值见下表。

表 4.1-3 沿线原地貌土壤侵蚀模数背景值表

行政区		地貌类型	侵蚀强度及类型	土壤侵蚀模数背景值 (t/km ² .a)
甘肃省	庆阳市	山丘区	轻度水蚀	1200 ~ 1500
		平原区	轻度水蚀	250 ~ 300
陕西省	延安市	山丘区	轻度水蚀	1200 ~ 1500
山西省	临汾市	山丘区	轻度水蚀	600 ~ 1000
	长治市	山丘区	轻度水蚀	600 ~ 1200
河北省	邯郸市	山丘区	轻度水蚀	300 ~ 1000
		平原区	轻度水蚀	210 ~ 250
山东省	聊城市	平原区	轻度水蚀	200 ~ 230
	济南市	山丘区	轻度水蚀	300 ~ 800
		平原区	轻度水蚀	200 ~ 230
	泰安市	平原区	轻度水蚀	200 ~ 230

4.2 水土流失影响因素分析

根据《生产建设项目水土保持技术标准（GB 50433-2018）》规定，水土流失影响因素分析应根据项目区自然条件、工程施工特点，分析工程建设与生产对水土流失的影响，明确建设和生产过程中扰动地表、损毁植被面积，废弃土石量。

（1）工程建设对水土流失的影响

本工程为建设类项目，水土流失主要发生在施工期（含施工准备期），建设过程中场地开挖、回填、平整等施工过程必然扰动原地表，损坏原地表土壤、植被，并形成松散堆积体，易造成新的水土流失。项目建设可能产生土壤流失影响因素及侵蚀强度分析见下表。

表 4.2-1 项目建设可能产生土壤流失影响因素及侵蚀强度分析

项目分区		产生土壤流失的影响因素	侵蚀特点
项目施工准备期及施工期水土流失因素分析			
送端换流站	站区	土地整治，站区管沟和基坑开挖、临时堆放余土以及建筑物建设等扰动地表。	产生强烈～极强烈水蚀。
	进站道路区	土方开挖回填，扰动地表。	产生强烈～极强烈水蚀。
	外接电源工程区	基坑开挖使地面裸露、表土破损、破坏原地貌，临时堆土堆置期间坡面松散。	产生强烈～极强烈水蚀。
	供排水工程区	管沟开挖，破坏原地貌。	产生强烈～极强烈水蚀。
	施工生产生活区	土地整治，土方开挖回填扰动。	产生中度水蚀。
	临时堆土区	临时堆存表土	产生中度水蚀。
送端接地极	汇流装置区	土地整治，基坑开挖等扰动地表。	产生强烈～极强烈水蚀。
	电极电缆区	管沟开挖，破坏原地貌。	产生强烈～极强烈水蚀。
	检修道路区	土方开挖回填，扰动地表。	产生强烈～极强烈水蚀。
	外接电源工程区	基础开挖回填，扰动地表。	产生中度水蚀。
受端换流站	站区	土地整治，站区管沟和基坑开挖、临时堆放余土以及建筑物建设等扰动地表。	产生强烈～极强烈水蚀。
	进站道路区	基础开挖回填，破坏原地貌。	产生中度～强度水蚀。
	外接电源工程区	基础开挖回填，破坏原地貌。	产生中度～强度水蚀。
	供排水工程区	管沟开挖，破坏原地貌。	产生强烈～极强烈水蚀。
	施工生产生活区	土地整治，土方开挖回填扰动。	产生强烈～极强烈水蚀。
	临时堆土区	土体堆放及地表扰动	产生强烈～极强烈水蚀。
	取土场	剥离表土植被，形成取土坑，扰动土体原有的稳定性，并形成大面积的裸露表面。	产生强烈～极强烈水蚀。
	还建工程区	土方开挖回填，扰动地表。	产生强烈～极强烈水蚀。
受端接地	汇流装置区	土地整治，基坑开挖等扰动地表。	产生强烈～极强烈水蚀。
	电极电缆区	管沟开挖，破坏原地貌。	产生强烈～极强烈水蚀。

项目分区		产生土壤流失的影响因素	侵蚀特点
极	检修道路区	土方开挖回填, 扰动地表。	产生强烈~极强烈水蚀。
	外接电源工程区	基础开挖回填, 扰动地表。	产生中度~强度水蚀。
线路工程	塔基区	基坑开挖使地面裸露、表土破损、破坏原地貌, 临时堆土堆置期间坡面松散。	产生强烈~极强烈水蚀。
	牵张场地区	牵张机施工过程占用土地, 使地面表土破损、破坏原地貌、损坏地表植被。	产生中度侵蚀。
	跨越施工场地区	临时占压土地, 使地表结构破损、破坏原地貌、损坏地表植被。	产生中度侵蚀。
	施工道路区	主要为人为、车辆踩踏地表造成地表结构破损、破坏原地貌、损坏地表植被。	产生中度侵蚀。
自然恢复期水土流失因素分析			
植被恢复区		植物措施尚未完全发挥水土保持作用, 有少量流失。	产生轻度~中度侵蚀

(2) 扰动地表、损毁植被面积

经过统计分析, 确定本工程扰动原地貌面积为 740.55hm², 扣除工程占用耕地 379.64hm²、园地 26.65hm²后, 损坏植被面积 334.24hm²。损毁植被面积详见下表。

表 4.2-2 扰动地表及损坏植被面积表

序号	行政区划	按占地类型			合计
		林地	草地	其他土地	
1	甘肃省	56.58	18.62	1.12	76.32
1.1	庆阳市	56.58	18.62	1.12	76.32
2	陕西省	79.27			79.27
2.1	延安市	79.27			79.27
3	山西省	112.99	18.99		131.98
3.1	临汾市	76.99	4.74		81.73
3.2	长治市	36.00	14.25		50.25
4	河北省	0.93	29.25		30.18
4.1	邯郸市	0.93	29.25		30.18
5	山东省	6.46	9.89	0.14	16.49
5.1	聊城市	3.32		0.14	3.46
5.2	济南市		9.89		9.89
5.3	泰安市	3.14			3.14
6	合计	256.23	76.75	1.26	334.24

(3) 废弃土(石、渣)量

本工程无废弃土石方。

根据工程设计资料, 本工程挖填方总量为 514.57 万 m³, 其中挖方 251.34 万 m³ (含表土 52.86 万 m³), 填方 263.23 万 m³ (含表土 43.77 万 m³)。

本工程借方 20.98 万 m^3 ，全部采用取土方式，取土用于受端换流站场平填高。

本工程综合利用土方为 9.09 万 m^3 ，其中送端换流站剩余表土 9.09 万 m^3 用于 G309 线合水（老城）至西峰段工程弃渣场复垦、复绿。受端换流站剩余表土 3.69 万 m^3 用于取土场耕地恢复。

4.3 土壤流失量预测

4.3.1 预测单元

预测单元为工程建设扰动地表的时段、扰动形式总体相同、扰动强度和特点大体一致的区域。根据《生产建设项目土壤流失量测算导则》（SL773-2018）规定，结合输变电工程特点及区域地形地貌特点，确定项目沿线为水力作用下的土壤流失，包括一般扰动地表、工程堆积体 2 种下垫面类型，植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表、上方无来水工程堆积体 3 种扰动单元。本工程水土流失预测（计算）单元划分见下表。

表 4.3-1 水土流失预测（计算）单元划分表

一级分区	二级分区	三级分区	生产建设项目土壤流失类型（水力作用）
山丘区	线路工程	塔基区	塔基永久占地区：地表翻扰型一般扰动地表 塔基临时施工场地区：植被破坏型一般扰动地表
		牵张场区	植被破坏型一般扰动地表
		跨越施工场地区	植被破坏型一般扰动地表
		施工道路区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表
平原区	送端换流站	站区	地表翻扰型一般扰动地表
		进站道路区	地表翻扰型一般扰动地表
		外接电源工程区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表
		供排水工程区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表
		施工生产生活区	植被破坏型一般扰动地表
		临时堆土区	植被破坏型一般扰动地表、上方无来水工程堆积体
	送端接地极	汇流装置区	地表翻扰型一般扰动地表
		电极电缆区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表、上方无来水工程堆积体
		检修道路区	地表翻扰型一般扰动地表
		外接电源工程区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表
平原区	受端换流站	站区	地表翻扰型一般扰动地表
		进站道路区	地表翻扰型一般扰动地表
		外接电源工程区	地表翻扰型一般扰动地表、植被破坏型一般扰动地表
		供排水工程区	地表翻扰型一般扰动地表、植被破坏型一般扰动地表

一级分区	二级分区	三级分区	生产建设项目土壤流失类型（水力作用）
		施工生产生活区	植被破坏型一般扰动地表
		临时堆土区	植被破坏型一般扰动地表、上方无来水工程堆积体
		取土场区	地表翻扰型一般扰动地表、植被破坏型一般扰动地表
		还建工程区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表
	受端 接地 极	汇流装置区	地表翻扰型一般扰动地表
		电极电缆区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表、上方无来水工程堆积体
		检修道路区	地表翻扰型一般扰动地表
		外接电源工程区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表
	线路 工程	塔基区	塔基永久占地区：地表翻扰型一般扰动地表 塔基临时施工场地区：植被破坏型一般扰动地表
		牵张场区	植被破坏型一般扰动地表
		跨越施工场地区	植被破坏型一般扰动地表
		施工道路区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表

4.3.2 预测时段

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）规定，生产建设项目可能产生的水土流失量应按施工期（含施工准备期）、自然恢复期两个时段进行预测。每个预测单元的施工期预测时段按最不利情况考虑，超过雨季长度的按全年计，未超过雨季长度的按占雨（风）季长度比例计算，本工程涉及区域为半湿润区，自然恢复期按规定取3年。本工程水土流失预测时段划分见下表。

表 4.3-2 水土流失预测时段一览表

工程名称		施工名称	预测时段	预测时间（年）
送端 换流 站	站区、施工生产生活区、临时堆土区	施工期	2023年6月~2025年5月	2.0
		自然恢复期	单项工程施工结束后3.0年	3.0
	进站道路区、外接电源工程区、供排水工程区	施工期	2023年6月~2024年5月	1.0
		自然恢复期	单项工程施工结束后3.0年	3.0
送端 接地 极	汇流装置区、电极电缆区、检修道路区、外接电源工程区	施工期	2023年6月~2024年5月	1.0
		自然恢复期	单项工程施工结束后3.0年	3.0
受端 换流 站	站区、施工生产生活区、临时堆土区	施工期	2023年6月~2025年5月	2.0
		自然恢复期	单项工程施工结束后3.0年	3.0
	取土场区	施工期	2023年6月~2024年5月	1.0
		自然恢复期	单项工程施工结束后3.0年	3.0
	进站道路区、外接电源	施工期	2023年6月~2024年5月	0.5

工程名称		施工名称	预测时段	预测时间(年)
	工程区、供排水管线区、供电工程区、还建工程区	自然恢复期	单项工程结束后 3.0 年	3.0
受端 接地 极	汇流装置区、电极电缆区、检修道路区、外接电源工程区	施工期	2023 年 6 月 ~ 2024 年 5 月	1.0
		自然恢复期	单项工程施工结束后 3.0 年	3.0
线路 工程	塔基区、牵张场区、跨越施工场地区、施工道路区	施工期	2021 年 6 月 ~ 2022 年 5 月	1.0
		自然恢复期	单项工程施工结束后 3.0 年	3.0

4.3.3 预测参数

项目施工期和自然恢复期土壤流失量根据《生产建设项目土壤流失量测算导则》(SL773-2018)推荐公式计算,扰动前后各土壤侵蚀因子可根据项目区地形地貌、气候(降雨、风速等)、土地利用、植被情况等实际情况结合输变电工程特点,参照《生产建设项目土壤流失量测算导则》(SL773-2018)确定取值,详见下表。

表 4.3-3 土壤流失预测计算公式表

生产建设项目土壤流失类型(水力作用)	土壤流失量计算公式	备注
植被破坏型一般扰动地表土壤流失	$M_{yz}=RKL_yS_yBE$ TA	式中 M_{yz} 为植被破坏型一般扰动地表计算单元土壤流失量(t), R 为降雨侵蚀力因子, K 为土壤可蚀性因子, L_y 为坡长因子, S_y 为坡度因子, B 为植被覆盖因子, E 为工程措施因子, T 为耕作措施因子, A 为计算单元的水平投影面积。
地表翻扰型一般扰动地表土壤流失	$M_{yd}=RK_{yd}L_yS_yB$ ETA	式中 $K_{yd}=NK$, M_{yd} 为地表翻扰型一般扰动地表计算单元土壤流失量(t), K_{yd} 为地表翻扰后土壤可蚀性因子, N 为地表翻扰后土壤可蚀性因子增大系数,可取 2.13, 其他同上。
上方无来水工程堆积体土壤流失量	$M_{dw}=XRG_{dw}L_{dw}S_{dw}A$	M_{dw} 为上方无来水工程堆积体土壤流失量(t), X 为堆积体形态因子, G_{dw} 为堆积体土质因子, L_{dw} 为堆积体坡长因子, S_{dw} 为堆积体坡度因子。

表 4.3-4 各计算单元土壤流失因子取值表

土壤流失因子 \ 行政区	西峰区	合水县	宁县	富县	甘泉县	宜川县	宝塔区	延长县	大宁县	蒲县	洪洞县	古县
降雨侵蚀力因子 R	1658.9	1585.5	1713.1	1722.1	1624.3	1815.7	1637.3	1688.2	1742.7	1770.5	1794.6	1826.6
土壤可蚀性因子 K	0.0181	0.0158	0.0163	0.0186	0.02	0.0165	0.02	0.0184	0.0156	0.0154	0.0189	0.0187
	安泽县	沁源县	屯留区	襄垣县	潞城区	黎城县	平顺县	涉县	磁县	峰峰矿	临漳县	魏县
降雨侵蚀力因子 R	1927	1849.8	2094.6	2113.2	2212.9	2246.5	2410.2	1966.29	1861.9	1553.16	1745.75	2033.32
土壤可蚀性因子 K	0.0189	0.0125	0.0188	0.02	0.0195	0.0152	0.0151	0.0148	0.0169	0.0186	0.0192	0.0208
	大名县	莘县	阳谷县	东阿县	平阴县	肥城市	东平县					
降雨侵蚀力因子 R	1916.33	1781.64	2033.89	1855.83	2282.05	2635.11	2339.19					
土壤可蚀性因子 K	0.0204	0.0206	0.0207	0.0183	0.0193	0.0136	0.0152					
坡长因子 $L_y = (\lambda/20) m$	投影坡长 λ : 换流站站区取 100m, 进站道路区取 200m, 外接电源工程区取 20m, 供排水工程区取 150m, 施工生产生活区取 100m, 临时堆土区取 100m, 取土场取 100m, 迁改工程区取 10m; 接地极汇流装置区取 20m, 电极电缆区取 100m, 检修道路区取 100m, 接外接电源工程区取 20m; 直流线路塔基区取 30m, 牵张场区取 60m, 跨越场地区取 20m, 施工道路区取 100m; 接地极线路塔基区取 20m, 牵张场区取 35m, 跨越场地区取 20m, 施工道路区取 100m; 迁改线路塔基区取 30m, 牵张场区取 60m, 跨越场地区取 20m, 施工道路区取 100m。											
坡度因子 $S_y = -1.5 + 17/[1 + e^{(2.3-6.1\sin\theta)}]$	平原区坡度 θ 取 $0 \sim 5^\circ$, 山丘区坡度 θ 取 $5 \sim 20^\circ$											
植被覆盖因子 B	原地貌植被覆盖因子: 农地取 1, 园地、林地取 0.067, 草地取 0.073。											
	施工期: B 均取 1											
	自然恢复期第 1 年: 园地、林地取 0.096, 草地取 0.110。											
	自然恢复期第 2 年: 园地、林地取 0.082, 草地取 0.100。											
	自然恢复期第 3 年: 园地、林地取 0.081, 草地取 0.095。											
工程措施因子 E	E 均取 1											
耕作措施因子 $T = T_1 \times T_2$	农地 T_1 均取 0.431; T_2 西北黄土高原区取 0.42, 北方土石山区取 0.40。非农地 T 取 1											
计算单元水平投影面积 $A = 10^{-4} \omega \lambda$	计算单元宽度 ω : 换流站站区取 200m, 进站道路区取 6m, 外接电源工程区取 1m, 供排水工程取 8m, 施工生产生活区取 100m, 临时堆土区取 20m, 迁改工程区取 10m; 接地极汇流装置区取 10m, 电极电缆区取 5m, 检修道路区取 6m, 外接电源工程区取 2m; 直流线路塔基区取 29~40m, 牵张场区取 40m, 跨越场地区取 20m, 施工道路区取 1m; 接地极线路塔基区取 10~20m, 牵张场区取 20m, 跨越场地区取 10m, 施工道路区取 1m; 迁改线路塔基区取 30m, 牵张场区取 40m, 跨越场地区取 20m, 施工道路区取 1m。											
工程堆积体形态因子 X	X 均取 1											
堆积体土质因子	土石质因子均按壤土 a_1 取 0.046, b_1 取 -3.379, 土体砾石含量 δ 取 0.2。											
堆积体坡度因子 $S_{dw} = (\theta/25)^{d_1}$	坡度 θ 临时堆土区取 35° , 电极电缆区取 35° 。坡度因子系数 d_1 均取 1.245。											
堆积体坡长因子 $L_{dw} = (\lambda/5)^{f_1}$	坡长因子系数 f_1 均取 0.632。											

4.3.4 预测结果

本工程施工期及自然恢复期土壤流失总量 67886t，原地貌土壤侵蚀量 11119t，新增土壤流失量 56767t。本工程土壤流失量预测汇总情况见下表。

表 4.3-5 本工程土壤流失量预测汇总表

预测区域			建设期 (t)			背景流失量 (t)	新增流失量 (t)
			施工期	自然恢复期	合计		
山丘区	直流线路	塔基区	8554	2930	11484	2496	8988
		牵张场区	608	1340	1947	135	1812
		跨越施工场地区	461	1087	1548	147	1401
		施工道路区	17599	5977	23576	5412	18164
		小计	27221	11334	38555	8190	30366
	接地极线路	塔基区	83	32	115	34	81
		牵张场区	1	0	1	0	1
		跨越施工场地区	0	0	0	0	0
		施工道路区	262	90	352	99	253
		小计	346	122	468	133	335
	迁改线路	塔基区	54	15	69	19	50
		牵张场区	5	2	7	2	5
		跨越施工场地区	2	0	2	0	2
		施工道路区	298	53	351	67	284
		小计	360	70	430	88	342
	合计		27927	11526	39453	8411	31043
平原区	送端换流站	站区	5709	3832	9541	771	8770
		进站道路区	164	246	410	49	360
		外接电源工程区	1823	436	2259	175	2084
		供排水工程区	2173	1661	3834	499	3335
		施工生产生活区	680	957	1637	192	1445
		临时堆土区	303	278	581	79	502
		小计	10852	7410	18263	1766	16497
	送端接地极	汇流装置区	67	47	114	9	104
		电极电缆区	1314	919	2233	201	2032
		检修道路区	10	7	18	1	16
		外接电源工程区	2	1	3	0	3
		小计	1394	974	2368	212	2156
	受端换流站	站区	1828	0	1828	47	1781
		进站道路区	0		0	0	0
		外接电源工程区	2	10	13	11	1
		供排水工程区	29	141	170	150	21
		施工生产生活区	59	41	100	61	39
		临时堆土区	2088	15	2103	18	2086

预测区域			建设期（t）			背景流失量 （t）	新增流失量 （t）
			施工期	自然恢复期	合计		
		取土场	914	51	964	39	926
		还建工程区	4	15	19	16	3
		小计	4925	274	5198	342	4857
	受端 接地 极	汇流装置区	1		1	0	1
		电极电缆区	815		815	5	810
		检修道路区	6		6	0	6
		接地极外接电源	1		1	0	1
		小计	823		823	5	817
	直流 线路	塔基区	478	123	601	146	455
		牵张场区	81	203	284	51	233
		跨越施工场地区	62	137	198	41	158
		施工道路区	417	149	566	108	458
		小计	1038	612	1650	345	1305
	接地 极线 路	塔基区	29	17	46	20	26
		牵张场区	2	6	8	3	5
		施工道路区	58	16	74	15	59
		小计	90	38	128	38	90
	迁改 线路	塔基区	1	0	1	0	1
		施工道路区	2	0	2	0	2
		小计	3	0	3	0	3
	合计		19124	9308	28432	2708	25724
总计		47051	20834	67886	11119	56767	

注：表中施工期包括施工准备期和土建施工期。

4.4 水土流失危害分析

本工程建设占用部分耕地并砍伐一定数量的林木，施工建设期将扰动地表和产生弃渣，如不采取有效的水土保持措施，将对建设区的水土资源和经济发展带来不利影响，主要表现在：

(1) 影响生态环境

本工程沿线穿越部分水土保持敏感区，施工过程中如采取的水土保持措施不当，将对水土保持敏感区造成一定的影响。

工程施工占用耕地、砍伐树木等，如不采取有效的水土保持措施，将使生态环境最基本的水土资源受到影响，土地蓄水保水能力有所降低，泥沙沉积淤塞渠道等水利设施，良田被泥沙压埋，会造成一定的经济损失。

(2) 加剧水土流失，降低土地生产力，影响农业生产

由于工程建设中原地貌及植被受到一定程度的破坏，诱发了水土流失。同时

工程施工使裸露的地面增加，扰动了原土层和岩层，为溅蚀、面蚀、细沟侵蚀、浅沟和切沟侵蚀创造了条件。本工程线路沿线占用了一定数量的耕地，施工中如得不到及时有效的防护治理，在降雨和人为因素的作用下，临时堆土会沿边坡汇入周围农田中，加剧水土流失，影响农业生产。

此外，线路工程建设扰动土地产生的水土流失，使耕地土壤的有机质流失，土壤结构遭到破坏，土壤中的氮磷、有机物及无机盐等营养物质含量减少，同时土壤中动物、微生物及它们的衍生物数量也大大降低，使土地条件改变，给以后的植被恢复工作增加难度，使土地生产力降低。

（3）降低水利工程效益

线路沿线平原区域水利化程度较高，如沿线跨越的河道和干渠防护堤、绕行的水库和河道堤防，如在线路路径走线及塔基位置布设时不避开水利设施，也不采取防治措施，汛期发生暴雨时，可能对防洪堤坝产生不利影响，施工时不合理堆放的弃土弃渣随径流流失到中下游河段，由于河道特征变化，便有泥沙沉积下来，淤塞附近水库、渠道等水利设施，局部良田被泥沙压埋，水利设施将会受到影响，抗灾能力减弱。

4.5 指导性意见

预测结果是在未采取有效防护措施时可能的流失结果。产生水土流失的因素较多，其中地面坡度、降雨强度是造成水土流失的主要因素，而采取综合性的水土保持防护措施将对水土流失有较强的抑制作用。工程水土保持防护措施的布置应本着与施工进度同步为原则，减缓施工扰动引起的新增水土流失，及时恢复原地貌植被。

（1）防治重点区域的指导性意见

根据预测结果，水土流失防治和监测重点区域为线路工程塔基区及施工道路区，送端换流站站区、受端换流站站区。

（2）防治重点时段的指导性意见

根据预测结果，本工程的重点防治时段为施工期，因此，在措施体系防治方面，重点加强施工期间的临时防护措施体系，同时，结合工程措施和植物措施，确保施工结束后自然恢复期内施工扰动地面的水土流失得到有效治理。

（3）防治措施的指导性意见

本工程防治措施应从边坡防护、截排水设施、临时拦挡等几个方面入手，并与必要的植物措施相结合，最大程度地减缓新增水土流失的发生。

施工期间人员活动比较频繁，扰动比较集中，待施工结束后将对各施工区进行平整和原地貌恢复。施工期间主要的建设活动为换流站、塔基等基础开挖和回填，所采取的防治措施应结合主体工程，植物措施宜结合季节适时及时开展，当主体工程建成投运时，工程措施和植物措施均应及时到位。

（4）施工进度安排的指导性意见

根据预测结果，换流站土建施工及线路工程塔基基础施工是本工程水土流失量较大的时段，加强主体工程施工进度的紧凑安排，尽量避免大风和暴雨天气施工，可以有效地缩短强度水土流失时段。根据线路工程塔基施工特点，可考虑对单基塔施工结束后分别进行土地整治和迹地恢复措施。

（5）水土保持监测工作安排的指导性意见

根据预测结果，在工程沿线选择有代表性点位，监测临时堆土土体变化情况、水蚀因子作用下土壤流失量以及林草覆盖率的观测。重点监测区域为线路工程塔基区和施工道路，送端换流站站区、受端换流站站区，注重施工期检查。

5 水土保持措施

5.1 防治区划分

5.1.1 分区原则

本方案按照《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）的规定，根据输变电工程布局、施工扰动特点、建设时序、地貌特征、自然属性、水土流失影响等因素，结合项目区域自然环境状况进行水土流失防治分区。

- （1）各区之间应具有显著差异性；
- （2）同一区内造成水土流失的主导因子和防治措施应相近或相似；
- （3）根据项目的繁简程度和项目区自然情况，防治区可划分为一级或多级；
- （4）防治分区应结合工程布局、项目组成、占地性质和扰动特点进行逐级分区；
- （5）各级分区应层次分明，具有关联性和系统性。

5.1.2 防治分区

结合本工程水土流失特点及后续管护的需求，本工程水土流失防治分区按照地貌分为 2 个一级分区，即山丘区、平原区。按照工程组成及特点划分为送端换流站防治区、送端接地极防治区、受端换流站防治区、受端接地极防治区、线路工程防治区等 5 个二级分区。

三级分区按照项目布局分区，送端换流站划分为 6 个区，即①站区、②进站道路区、③外接电源工程区、④供排水工程区、⑤施工生产生活区、⑥临时堆土区。送端接地极划分为 4 个区，即①汇流装置区、②电极电缆区、③检修道路区、④外接电源工程区。受端换流站划分为 8 个区，即①站区、②进站道路区、③外接电源工程区、④供排水工程区、⑤施工生产生活区、⑥取土场区、⑦临时堆土区、⑧还建工程区。受端接地极划分为 4 个区，即①汇流装置区、②电极电缆区、③检修道路区、④外接电源工程区。线路工程划分 4 个区，即①塔基区、②牵张场区、③跨越施工场地区、④施工道路区。

本工程水土流失防治分区见下表。

表 5.1-1 水土流失防治分区 单位: hm^2

一级分区	二级分区	三级分区	占地面积	备注
山丘区	线路工程	塔基区	140.98	甘肃境内长 95.4km+19.5km (含送端接地极线路)、陕西境内长 178.1km+1.7km (含迁改线路)、山西境内长 334.9km、河北境内长 63.7km、山东境内长 15.9km。
		牵张场地区	42.61	
		跨越施工场地区	19.08	
		施工道路区	225.87	
平原区	送端换流站	站区	34.12	甘肃省庆阳市西峰区
		进站道路区	2.19	
		外接电源工程区	7.91	
		供排水工程区	22.39	
		施工生产生活区	8.52	
		临时堆土区	3.48	
	受端接地极	汇流装置区	0.09	甘肃省庆阳市宁县
		电极电缆区	9.62	
		检修道路区	0.07	
		外接电源工程区	0.03	
	受端换流站	站区	21.25	山东省泰安市东平县境内
		进站道路区	0.19	
		外接电源工程区	1.57	
		供排水工程区	19.44	
		施工生产生活区	5.58	
		临时堆土区	2.00	
		取土场区	5.55	
		还建工程区	2.40	
	受端接地极	汇流装置区	0.05	山东省聊城市阳谷县境内
		电极电缆区	8.14	
		检修道路区	0.17	
		外接电源工程区	0.03	
	线路工程	塔基区	82.59	甘肃境内长 14.0km+9.7km+0.4km (含送端接地极线路、迁改线路)、河北境内长 114.8km、山东境内长 117.3km+12.5km (含受端接地极线路)。
		牵张场地区	17.46	
		跨越施工场地区	21.96	
		施工道路区	35.21	

5.2 措施总体布局

本工程防治措施总体布局遵循“生态优先、绿色发展”的理念,结合工程实际和项目区特点,因地制宜提出水土保持总体布局,明确综合防治措施体系,工程措施、植物措施以及临时措施有机结合。

依据对主体工程设计中具有水土保持功能工程的评价,借鉴当地同类生产建

设项目防治经验,布设防治措施。应注重:

(1) 表土资源保护。

开工前做好施工规划,将施工扰动严格限定在工程征占地范围内。依据工程总平面布置与现场调查,确定工程征占地范围内耕地、园地、林地、草地施工前实施剥离,剥离厚度与面积根据现场调查结果确定,使项目区的表土资源得到充分保护。

接地极工程、线路工程剥离的表土就地利用,送端换流站剥离的表土站前区绿化利用后,剩余部分运输至协议处置渣场,用于渣场后期复垦、复绿。受端换流站剥离的表土站区绿化利用后,剩余部分运输至取土场,用于取土场后期复垦、复绿。项目区表土资源得到充分利用。

(2) 降水的排导、集蓄利用以及排水与下游(周边)的衔接。

换流站工程设置的截水沟、排水沟、雨水排水管末端与周边天然沟道顺接。线路工程部分塔位设置截水沟,排水沟的末端与周边天然沟道顺接。

(3) 取土场的防护。

送端换流站、受端换流站采用平坡式布置,通过标高调整,在减少土石方工程量的同时,开挖土石全部就地利用。送端接地极、受端接地极建设过程开挖土石方就地平衡利用,线路工程塔基余土就地平衡,无永久弃渣,不设置弃土场。

项目建设所需的砾石、沙子等建筑材料可从砂石厂直接购买。受端换流站设置取土场,取土场不在崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区,不涉及河道管理范围。取料前剥离表土,严格控制取料深度,符合城镇规划并与周边景观相互协调,后期回覆受端换流站表土恢复为耕地。

(4) 地表防护,防止地表裸露,优先布设植物措施,限制硬化面积。

工程建设过程中,方案补充裸露地表苫盖、铺垫措施。工程建成以后,扣除建筑物、构筑物、硬化地表面积,送端换流站主体设计考虑站前区栽植灌草绿化,受端换流站主体设计考虑站区栽植灌草绿化,站外边坡绿化。本方案补充耕地恢复后剩余施工迹地灌草结合恢复地表植被。

(5) 施工期的临时防护,对临时堆土、裸露地表应及时防护。

开工前做好施工规划,避免土石方二次倒运。建筑物、构筑物、塔基开挖土石方临时堆存期间采用密目网苫盖。尤其注重表土资源的保护与利用,换流站工

程剥离的表土集中堆存在临时堆土区，坡脚采取植生袋装土拦挡措施，顶部密目网苫盖并临时撒草防护，后期回覆耕地恢复区域。

水土流失防治措施体系见下表，水土流失防治措施体系框图见图 5.2-1。

表 5.2-1 水土流失防治措施体系表

一级分区	二级分区	三级分区	措施类型	水土流失防治措施
山丘区	线路工程	塔基区	工程措施	浆砌石护坡、浆砌石挡渣墙、浆砌石排水沟、表土剥离及回覆、土地整治、耕地恢复
			植物措施	撒播草籽、恢复林地
			临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条旗围护、彩条布铺垫、泥浆沉淀池
		牵张场区	工程措施	表土剥离及回覆、土地整治、耕地恢复
			植物措施	撒播草籽、恢复林地
			临时措施	密目网苫盖、彩条布铺垫、铺设钢板、彩条旗围护
		跨越施工场地	工程措施	土地整治、耕地恢复
			植物措施	撒播草籽、恢复林地
			临时措施	彩条旗围护
		施工道路区	工程措施	表土剥离及回覆、土地整治、耕地恢复
			植物措施	撒播草籽、恢复林地
			临时措施	植生袋装土拦挡、临时排水沟、素土夯实
平原区	送端换流站	站区	工程措施	混凝土截水沟、混凝土排水沟、雨水排水管、表土剥离、表土回覆、土地整治
			植物措施	站区绿化
			临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖
		进站道路区	工程措施	浆砌石排水沟、表土剥离、表土回覆、土地整治
			植物措施	撒播草籽
			临时措施	彩条旗围护、密目网苫盖
		外接电源工程区	工程措施	表土剥离、表土回覆、土地整治、耕地恢复
			植物措施	撒播草籽
			临时措施	彩条旗围护、密目网苫盖
		供排水工程区	工程措施	站外排水管、表土剥离、表土回覆、土地整治、耕地恢复
			植物措施	撒播草籽
			临时措施	彩条旗围护、密目网苫盖
		施工生产生活区	工程措施	表土剥离、表土回覆、土地整治、耕地恢复
			临时措施	临时排水沟、临时沉砂池、彩条旗围护、密目网苫盖
		临时堆土区	工程措施	耕地恢复
			临时措施	临时排水沟、临时沉砂池、彩条旗围护、植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时撒草防护
	送端接地极	汇流装置区	工程措施	表土剥离
			临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖
		电极电缆区	工程措施	表土剥离、表土回覆、耕地恢复
			临时措施	彩条旗围护、植生袋装土拦挡、密目网苫盖
		检修道路区	工程措施	表土剥离
			临时措施	彩条旗围护
		外接电源工程区	工程措施	表土剥离、表土回覆、耕地恢复
			临时措施	彩条旗围护、密目网苫盖
	受端换流站	站区	工程措施	雨水排水管、表土剥离及回覆、浆砌石骨架植草护坡、碎石铺盖、土地整治
			植物措施	站区绿化、边坡撒播草籽
			临时措施	密目网苫盖
		进站道路区	工程措施	表土剥离
			临时措施	密目网苫盖
		外接电源工程区	工程措施	表土剥离及回覆、耕地恢复
			临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖
		供排水工程区	工程措施	站外排水管、表土剥离及回覆、耕地恢复
			临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖
		施工生产生活区	工程措施	表土剥离及回覆、耕地恢复
			临时措施	临时排水沟、临时沉砂池
		临时堆土区	工程措施	耕地恢复
			临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时排水沟
		取土场	工程措施	表土剥离及回覆、排水沟、沉砂池、浆砌石骨架护坡、耕地恢复
			植物措施	撒播草籽、恢复林地
			临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖
		还建工程区	工程措施	表土剥离及回覆、耕地恢复
			临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖
	受端接地极	汇流装置区	工程措施	表土剥离
			临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖
		电极电缆区	工程措施	表土剥离、表土回覆、土地整治、耕地恢复
			临时措施	彩条旗围护、植生袋装土拦挡、密目网苫盖
		检修道路区	工程措施	表土剥离
			临时措施	彩条旗围护
		外接电源工程区	工程措施	表土剥离、表土回回覆、土地整治、耕地恢复
			植物措施	撒播草籽
			临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖
	线路工程	塔基区	工程措施	表土剥离及回覆、土地整治、耕地恢复
			植物措施	撒播草籽
			临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条旗围护、彩条布铺垫、泥浆沉淀池
		牵张场区	工程措施	耕地恢复
			临时措施	彩条布铺垫、铺设钢板、彩条旗围护
		跨越施工场地	工程措施	土地整治、耕地恢复
			植物措施	撒播草籽
			临时措施	彩条旗围护
		施工道路区	工程措施	土地整治、耕地恢复
			植物措施	撒播草籽
			临时措施	彩条旗围护

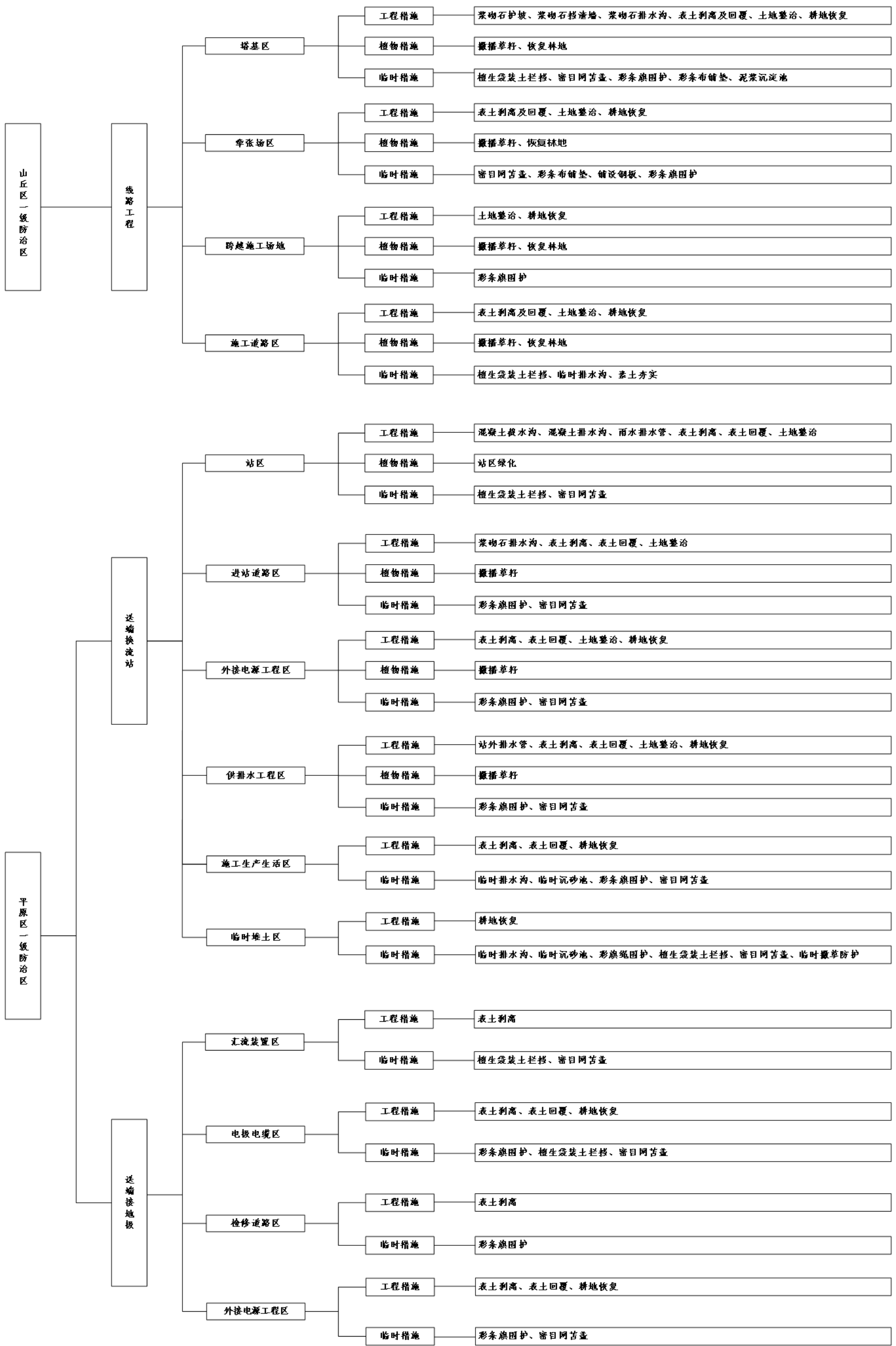
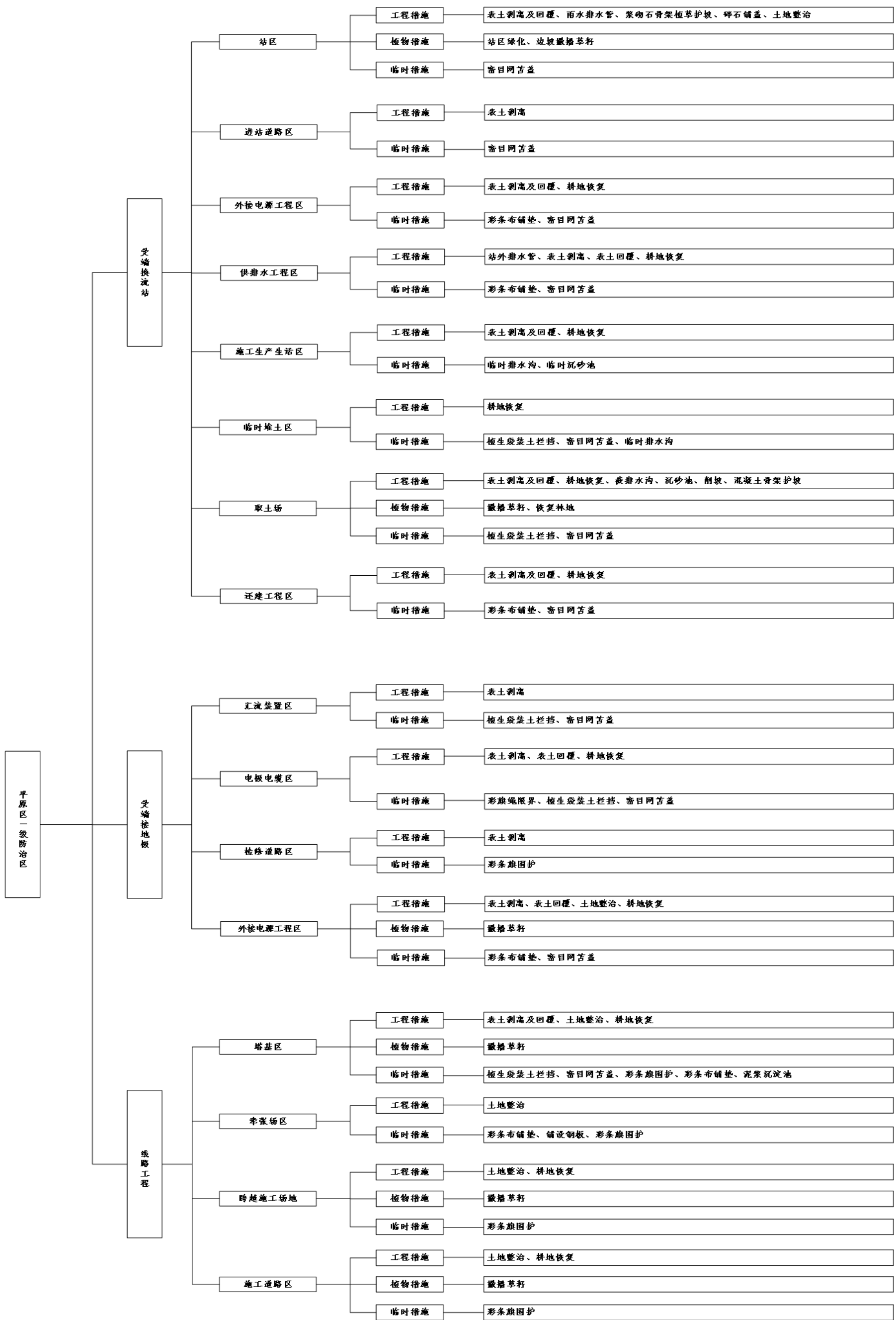


图 5.2-1 水土流失防治措施体系框图



续图 5.2-1 水土流失防治措施体系框图

5.3 分区措施布设

5.3.1 设计标准

(1) 工程措施

1) 防洪标准: 参照《防洪标准》(GB50201-2014), 换流站、线路工程防护等级为I级, 防洪标准百年一遇。

2) 截排水工程: 根据《室外排水设计标准》(GB50014-2021), 换流站排水管主体设计重现期为5年。根据《水土保持工程设计规范》(GB 51018-2014), 对换流站、线路塔基主体设计的截排水措施按1级标准10年一遇短历时暴雨进行校核。

3) 护坡工程: 参照《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013), 本工程护坡级别由3级提高到2级, 执行2级标准。

4) 挡墙工程: 参照《水土保持工程设计规范》(GB 51018-2014), 本工程挡墙工程级别由5级提高到4级, 执行4级标准。

5) 土地整治工程: 参照《水土保持工程设计规范》(GB 51018-2014), 本工程位于西北黄土高原区、北方土石山区, 考虑项目区表土厚度及施工条件等因素, 表土剥离的厚度按20cm~40cm, 根据原占地类型、立地条件及环境绿化等需要, 土地整治后表土回覆厚度按20cm~50cm的标准。

(2) 植物措施

1) 参照《水土保持工程设计规范》(GB 51018-2014), 本工程植被恢复与建设工程级别为1级, 其中线路工程由2级提高到1级。

造林方式: 采用植苗造林, 苗木质量等级均为I级苗, 灌木种植密度1500株/hm²。

撒播草籽: 草籽尽量采用多草种混播, 根据项目区沿线各地水热条件的实际情况, 撒播密度标准为甘肃180kg/hm²、陕西160kg/hm²、山西170kg/hm²、河北150kg/hm²、山东140kg/hm²。

2) 立地条件类型与树种选择

植物措施布设需要根据项目区立地条件类型进行树种选择。项目区立地条件的划分主要是以项目区所在原地貌土壤类型作为主导因子, 根据不同的土壤特性进行分类。根据适地适树, 因地制宜的原则, 编制人员通过现场调查、咨询当地

水土保持部门并结合工程沿线气候带，对当地乡土树种和草种的生长情况、生态学和生物学特性进行了分析和比选，选择并确定了适宜于本项目区立地条件的树种和草种。

（3）临时措施

本方案临时措施设计主要依据《水土保持工程设计规范》（GB51018-2014）、《水利水电工程水土保持技术规范》（SL575-2012）中的相关规定，临时排水沟设计标准按3年一遇短历时暴雨计算，沉沙池的设计施工应符合国家行业标准《水利水电工程沉沙池设计规范》（SL/T 269-2019）相关规定。

5.3.2 设计原则

根据不同水土流失防治区的特点和水土流失状况，确定各区的防治重点和措施配置。措施配置中，以工程措施控制大面积、高强度水土流失，为植物措施的实施创造条件；同时以植物措施、与工程措施配套，提高水土保持效果、节省工程投资、改善生态环境。措施布置注重功效性，坚持工程措施、临时措施和植物措施相结合，做到措施布设不重不漏、系统全面。

（1）工程措施

1）土地整治主要针对塔基区及施工场地、牵张场地、施工道路区等覆土平整和施工迹地恢复。

2）施工前对扰动区域进行表土剥离，施工结束后回覆以便于后期恢复。

3）沿线施工临时占用耕地的区域，施工完结后需恢复耕地。

4）根据规范要求，对护坡、排水沟（含防冲措施）等工程进行典型设计，并估算工程量。

（2）植物措施

1）水土保持植物措施在布设上应遵循以下原则：

① 因地制宜，因害设防的原则；

② “适地适树”原则。根据立地条件选择适宜的树种，根据树种的生物学及生态学特性选择相应的立地类型；

③ 优先考虑乡土树种，注重绿化、美化相结合的绿化模式；

④ 坚持高标准整地，科学栽植，提高造林成活率和保存率；

⑤ 调查项目区内同类工程植被恢复采取的草种、树种。

2) 立地条件类型与树种选择

植物措施布设需要根据项目区立地条件类型进行树种选择。项目区立地条件的划分主要是以项目区所在原地貌土壤类型作为主导因子，根据不同的土壤特性进行分类。根据适地适树，因地制宜的原则，编制人员通过现场调查、咨询当地水土保持部门并结合工程沿线气候带，对当地乡土树种和草种的生长情况、生态学和生物学特性进行了分析和比选，选择并确定了适宜于本项目区立地条件的树种和草种。

工程沿线各省采用绿化树（草）种、规格见下表。

表 5.3-1 沿线采用绿化树草种一览表

行政区	绿化树草种	
	灌木	草籽
甘肃省	胡枝子	黑麦草、三叶草
陕西省	紫穗槐	紫花苜蓿、狗尾草
山西省	荆条	紫花苜蓿、早熟禾
河北省	紫穗槐	黑麦草、狗牙根
山东省	紫穗槐	黑麦草、狗牙根

表 5.3-2 植被恢复树（草）种规格表

灌木苗				
苗木名称	苗木种类	灌高（cm）≥	蓬径（cm）≥	——
胡枝子（灌木）	容器苗	40	45	——
紫穗槐	裸根苗	80-100	40	——
荆条	容器苗	40	45	——
种子				
种子名称	等级	纯度	净度	发芽率
黑麦草（草种）	一级种	>90%	>90%	>80%
三叶草（草种）	一级种	>90%	>90%	>80%
狗牙根（草种）	一级种	>90%	>90%	>80%
紫花苜蓿（草种）	一级种	>90%	>90%	>80%
狗尾草（草种）	一级种	>90%	>90%	>80%
早熟禾（草种）	一级种	>90%	>90%	>80%

表 5.3-3 主要绿化树草种生物学和生态学特性表

类型	名称	科、属	特性	抗性	主要用途
灌木	胡枝子	豆科胡枝子属	高 0.5-2m, 3 小叶, 顶生小叶宽椭圆形或卵状椭圆形, 长 3-6cm, 宽 1.5-4cm, 先端圆钝, 有小尖, 基部圆形, 上面疏生伞状短毛, 下面毛较密;倒生叶较小, 总状花序腋生, 花冠紫色, 旗瓣长约 1.2cm, 无爪, 翼瓣长约 1cm, 有爪, 龙骨瓣与旗瓣等长, 基部有长爪。荚果斜卵形, 长约 10mm, 宽约 5mm, 网脉明显, 有密柔毛。	耐旱性、耐暑性极强, 耐寒性尚可, 耐阴性强, 耐踏性强。	固土绿化
	紫穗槐	豆科紫穗槐属	豆科紫穗槐属。小枝灰褐色, 被疏毛, 后变无毛, 嫩枝密被短柔毛。叶互生, 奇数羽状复叶, 长 10~15cm, 有小叶 11~25 片, 基部有线形托叶; 叶柄长 1~2cm。	耐寒性强, 耐干旱能力也很强, 一定的耐淹能力, 对光线要求充足, 对土壤要求不严。	固土绿化
	荆条	马鞭草科牧荆属	落叶灌木, 高 1-5 米, 高可达 2-8 米, 地径 7-8 厘米, 树皮灰褐色, 幼枝方形有四棱; 掌状复叶对生或轮生, 小叶 5 或 3 片, 叶缘呈大锯齿状或羽状深裂, 上面深绿色具细毛, 下面灰白色, 密被柔毛。花序顶生或腋生, 先由聚伞花序集成圆锥花序, 核果球形, 果径 2-5 毫米, 黑褐色, 外被宿萼。	抗旱耐寒, 多生长于山地阳坡及林缘, 为中旱生灌丛的优势种。对土壤要求不严, 在黄绵土, 褐土, 红黏土, 石质土, 石灰岩山地的钙质土以及山地棕壤上都能生长。	固土绿化
草种	黑麦草	禾本科黑麦草属	多年生草本株高 70~100 厘米, 有时可达 1 米以上。茎秆丛生, 质地较软。叶在芽中呈折叠状, 叶鞘光滑, 叶耳细小, 叶舌短而不明显。穗状花序, 小穗含小花 6~11 朵, 无外颖。无芒, 内稃与外稃等长。	喜温暖湿润土壤, 适宜土壤 pH 为 6-7 的环境。黑麦草耐湿。	固土绿化
	三叶草	豆科的车轴草属	多年生草本; 短期多年生草本, 为栽培植物, 有时逸生为杂草, 侵入旱作物田, 危害不重, 对局部地区的蔬菜、幼林有危害。生长期达 6 年, 高 10-30 厘米	抗热抗寒性强, 可在沙质土中生长, 有一定的观赏价值, 是世界各国主要栽培牧草。	固土绿化
	狗牙根	禾本科狗牙根属	秆细而坚韧, 下部匍匐地面蔓延甚长, 节上常生不定根, 直立部分高 10-30cm, 直径 1-1.5mm, 秆壁厚, 光滑无毛, 有时略两侧压扁。	生长力强, 极耐热和抗旱	固土绿化
	紫花苜蓿	豆科苜蓿属	多年生豆科牧草, 多分枝, 高 30-100 厘米。叶具 3 小叶; 小叶倒卵形或倒披针形, 长 1-2 厘米, 宽约 0.5 厘米, 先端圆, 中肋稍突出, 上部叶缘有锯齿, 两面有白色长柔毛; 小叶柄长约 1 毫米, 有毛; 托叶披针形, 先端尖, 有柔毛, 长约 5 毫米。总状花序腋生; 花萼有柔毛, 萼齿狭披针形, 急尖; 花冠紫色, 长于花萼。荚果螺旋形, 有疏毛, 先端有喙, 有种子数粒; 种子肾形, 黄褐色。	抗逆性强, 适应范围广, 能生长在多种类型的气候、土壤环境下。性喜干燥、温暖、多晴天、少雨天的气候和高燥、疏松、排水良好, 富含钙质的土壤。	固土绿化
	狗尾草	禾本科狗尾草属	一年生。根为须状, 高大植株具支持根。秆直立或基部膝曲, 高 10-100 厘米, 基部径达 3-7 毫米。叶鞘松弛, 无毛或疏具柔毛或疣毛, 边缘具较长的密绵毛状纤毛; 叶舌极短, 缘有长 1-2 毫米的纤毛; 叶片扁平, 长三角状狭披针形或线状披针形, 先端长渐尖或渐尖, 基部钝圆形, 几呈截状或渐窄, 长 4-30 厘米, 宽 2-18 毫米, 通常无毛或疏被疣毛。	喜长于温暖湿润气候区, 以疏松肥沃、富含腐殖质的砂质壤土及粘壤土为宜。	固土绿化
	早熟禾	禾本科早熟禾属	一年生或冬性禾草。秆直立或倾斜, 质软, 高 6-30 厘米, 全体平滑无毛。叶鞘稍压扁, 中部以下闭合。	喜光, 耐旱性较强, 耐阴性也强, 对土壤要求不严, 耐瘠薄, 但不耐水湿。喜微酸性至中性土壤。	固土绿化

(3) 临时措施

1) 临时措施设计遵循简便、易行、实用、随主体工程施工进度及时布设的原则。

2) 施工过程中，临时堆土采取拦挡措施。

3) 对施工剥离的地表熟土，进行单独防护，施工结束后回覆表土。针对剥离的表土及临时堆土进行防护，采用植生袋装土拦挡及用密目网遮盖。

4) 换流站站区、施工生产生活区及山丘区施工道路布设临时排水沟及沉沙池措施，灌注桩基础塔基处设置泥浆沉淀池。

5.3.3 分区水土流失措施布设

5.3.3.1 山丘区防治区

(1) 线路工程

1) 塔基区

(a) 工程措施

——浆砌石护坡

护坡通常沿塔位周围自然山坡或基面挖方后的缓坡面用 MU20 块石砌筑，对塔基边坡起保护作用。塔位护坡可能是大面积的，也可能是局部范围的，根据现场具体情况而定。

经统计，线路工程护坡工程量分别为：甘肃省境内直流线路 350m³，接地板线路 100m³；陕西省境内直流线路 395m³；山西省境内直流线路 1214m³；河北省境内直流线路 200m³；山东省境内直流线路 150m³。

输电线路塔基护坡典型设计图见附图 5-2-5。

——浆砌石挡渣墙

当铁塔位于山包或斜坡，塔位四周或下坡侧为陡坡时，降底基面与基坑开挖的土石方无法就地堆稳，应在堆土的下方修一道挡渣墙，将弃土堆放在挡渣墙内。

经统计，线路工程挡渣墙的工程量分别为：甘肃省境内直流线路 500m³，接地板线路 100m³；陕西省境内直流线路 105m³；山西省境内直流线路 2656m³，迁改线路 110m³；河北省境内直流线路 200m³；山东省境内直流线路 60m³。

线路工程塔基挡渣墙典型设计图见附图 5-2-5。

——浆砌石排水沟

塔位有坡度时，为防止上山坡侧汇水面的雨水、山洪及其他地表水对基面的冲刷影响，除塔位位于面包形山顶或山脊外，均需在塔位上坡侧（如果基面有降基挖方，距挖方坡顶水平距离 $\geq 4\text{m}$ 处），依山势设置环状排水沟，以拦截和排除周围山坡汇水面内的地表水。排水沟末端与自然沟道顺接在较平缓区域，排水沟出口设八字式消能散水措施。排水沟末端与自然沟道顺接在地形坡度较陡的区域时，在排水沟末端设置消力池措施，以减轻汇水对地表的冲刷。

线路工程塔基排水沟的典型设计图见附图 5-2-5。

经统计，浆砌石排水沟工程量分别为：甘肃省境内直流线路 94m^3 ，接地极线路 100m^3 ；陕西省境内直流线路 361m^3 ；山西省境内直流线路 408.3m^3 ；河北省境内直流线路 150m^3 ；山东省境内直流线路 22.5m^3 。

——表土剥离及回覆

施工前，对占用耕地、林地、园地和草地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 $20\text{cm} \sim 30\text{cm}$ 考虑。施工结束后进行表土回覆，为绿化及耕地恢复提供条件。

经统计，表土剥离面积、表土剥离量和表土回覆量分别为：甘肃省境内直流线路 5.17hm^2 、 15521m^3 、 15524m^3 ，送端接地极线路 0.51hm^2 、 1526m^3 、 1526m^3 ；陕西省境内直流线路 7.70hm^2 、 23107m^3 、 23107m^3 ，迁改线路 0.08hm^2 、 229m^3 、 229m^3 。山西境内直流线路 16.81hm^2 、 50600m^3 、 50600m^3 ，迁改线路 0.17hm^2 、 500m^3 、 500m^3 。河北境内直流线路 2.81hm^2 、 5600m^3 、 5600m^3 ；山东境内直流线路 1.00hm^2 、 2000m^3 、 2000m^3 。

——土地整治

植树种草：对塔基区需要后期恢复绿化区域进行土地整治，改善施工迹地的理化性质，以满足后期植被生长环境要求。

经统计，土地整治面积分别为：甘肃省境内直流线路 14.95hm^2 ，送端接地极线路 0.89hm^2 ；陕西省境内直流线路 23.14hm^2 ，迁改线路 0.50hm^2 。山西境内直流线路 48.06hm^2 。河北境内直流线路 3.89hm^2 。山东境内直流线路 1.24hm^2 。

耕地恢复：对于塔基施工场地占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要。

经统计，土地整治（耕地恢复）面积分别为：甘肃省境内直流线路 1.66hm^2 ，送端接地极线路 0.36hm^2 ；陕西省境内直流线路 6.49hm^2 ；山西境内直流线路

13.43hm²，山西境内迁改线路 0.92hm²；河北境内直流线路 6.90hm²；山东内直流线路 3.48hm²。

(b) 植物措施

施工结束后，对塔基区非硬化区域撒播草籽恢复植被。根据当地自然环境条件，甘肃省境内为紫花苜蓿和狗尾草混播，陕西省境内为紫花苜蓿和狗尾草混播，山西境内为紫花苜蓿和早熟禾混播，河北境内为狗牙根和黑麦草混播，山东境内为狗牙根和黑麦草混播，根据项目区沿线各地水热条件的实际情况确定撒播密度标准。塔基采用“灌-草”复合形式恢复植被，陕西省境内灌木选择种植紫穗槐，山西境内灌木选择种植荆条，河北境内灌木选择种植紫穗槐，山东境内灌木选择种植紫穗槐。

经统计，撒播草籽面积、草籽量、栽植灌木和恢复林地面积分别为：甘肃境内直流线路 14.95hm²、2690kg、17437 株、11.62hm²，送端接地极线路 0.89hm²、160kg、1336 株、0.89hm²；陕西境内直流线路 23.14hm²、3703kg、34713 株、23.14hm²；山西境内直流线路 48.06hm²、8170kg、44100 株、29.4hm²。河北境内直流线路 3.89hm²、584kg、285 株、0.19hm²；山东境内直流线路 1.24hm²、174kg、90 株、0.06hm²。

(c) 临时措施

——泥浆沉淀池

山丘区地下水位较浅及跨越河流处的部分塔位考虑使用灌注桩基础，需采取措施对塔基基础产生的钻渣泥浆进行处理。灌注桩施工前，先对塔基区剥离表土，剥离的表土全部装入植生袋内，根据需要围挡在灌注桩基础施工区域外围和泥浆沉淀池周围，施工结束后拆除植生袋，恢复施工场地的表土。

经统计，泥浆沉淀池工程量分别为：甘肃境内直流线路 1 座；陕西境内直流线路 2 座；山西境内直流线路 6 座；山东境内直流线路 9 座。

线路工程塔基泥浆沉淀池典型设计图见附图 5-2-5。

——植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫

塔基在施工过程中必然会产生临时堆土，主要为基槽余土，塔基区基础开挖土方临时堆存于塔基两侧，并采取相应的水土保持临时措施对堆土进行防护。考虑到土石方工程的时间、空间分布，塔基施工过程中，剥离的表土和开挖基槽土石不能及时回填，分别集中堆放。

山丘区塔基临时堆土防护措施：直流线路单塔存放临时堆土量平均按 200m^3 考虑，接地极线路单塔存放临时堆土量平均按 80m^3 考虑，临时堆土大体呈棱台形堆放于塔基两侧，考虑到堆放区为坡地，临时堆土堆存时遵循“先拦挡后堆土”原则，在堆土下坡侧方向用植生袋装土作临时挡墙，植生袋规格为长 \times 宽 \times 高 $=0.8\text{m}\times0.6\text{m}\times0.4\text{m}$ ，直流线路单处塔基临时堆土堆存需设植生袋挡墙 10m ，接地极线路单处塔基临时堆土堆存需设植生袋挡墙 5m ，挡墙拦挡高度 1.2m ，植生袋挡墙断面为梯形，尺寸为高 1.2m 、顶宽 0.6m ，底宽 1.2m ，堆土各向边坡比控制在 $1:1\sim1:1.5$ ，坡顶、坡面采用密目网临时覆盖，上坡侧及两侧坡脚处用装土植生袋对密目网进行压盖。植生袋装土主要利用塔基开挖出的临时堆土，施工结束后将植生袋清理干净，袋中的土方回填利用。直流线路单个塔基临时堆土区平均设置 15m^3 填土植生袋压实，接地极线路单个塔基临时堆土区平均设置 5m^3 填土植生袋压实。为避免清理回填土时对原地貌的扰动，需在临时堆土区域底部先行彩条布铺垫，可降低清理场地时的扰动程度。密目网苫盖面积直流线路单塔按 200m^2 考虑，接地极线路和迁改线路单塔按 150m^2 考虑。彩条布铺垫面积直流线路单塔按 150m^2 考虑，接地极线路和迁改线路单塔按 100m^2 考虑。

山丘区塔基临时堆土防护措施典型设计图见附图 5-2-5，山丘区塔基土方调运设计图详见附图 5-2-5。

经统计，植生袋拦挡工程量、密目网苫盖和彩条布隔离工程量分别为：山丘区甘肃境直流线路 1920m^3 、 25600m^2 、 19200m^2 ，送端接地极线路 270m^3 、 8100m^2 、 5400m^2 ；陕西境直流线路 4710m^3 、 62800m^2 、 47100m^2 ，迁改线路 60m^3 、 800m^2 、 600m^2 ；山西境直流线路 9675m^3 、 129000m^2 、 96750m^2 ，迁改线路 100m^3 、 2000m^2 、 1400m^2 ；河北境直流线路 2745m^3 、 36600m^2 、 27450m^2 ；山东境直流线路 450m^3 、 6000m^2 、 4500m^2 。

——彩条旗围护

为防止施工人员及车辆跨越塔基施工场地租地范围作业，造成大面积的地表扰动，施工期间对塔基施工场地四周布设彩条旗进行围护，只留有施工作业面进出口。

经统计，彩条旗围护工程量分别为：甘肃境内直流线路 11520m ，送端接地极线路 3240m ；陕西境内直流线路 28260m ，迁改线路 360m ；山西境内直流线路 58050m ，迁改线路 840m ；河北境内直流线路 32940m ；山东境内直流线路 5400m 。

山丘区塔基防护措施典型设计图见附图 5-2-5。

2) 牵张场区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前，对占用耕地、林地、园地和草地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 20cm ~ 30cm 考虑。施工结束后进行表土回覆，为绿化及耕地恢复提供条件。

经统计，表土剥离面积、剥离量和回覆量分别为：甘肃境内直流线路 0.59hm²、1764m³、1764m³，送端接地极线路 0.05hm²、139m³、139m³；陕西境内直流线路 0.69hm²、2066m³、2066m³，迁改线路 0.03hm²、101m³、101m³；山西境内直流线路 1.39hm²、4200m³、4200m³，迁改线路 0.06hm²、200m³、200m³；河北境内直流线路 2.64hm²、7920m³、7920m³；山东境内直流线路 1.20hm²、2400m³、2400m³。

——土地整治

植树种草：对牵张场区需要后期恢复绿化区域进行土地整治，改善施工迹地的理化性质，以满足后期植被生长环境要求。

经统计，土地整治面积分别为：甘肃境内直流线路 6.72hm²，送端接地极线路 0.21hm²；陕西境内直流线路 8.16hm²，迁改线路 0.48hm²；山西境内直流线路 13.2hm²；河北境内直流线路 2.64hm²；山东境内直流线路 0.25hm²。

耕地恢复：对于牵张场区占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要。

经统计，土地整治（耕地恢复）面积分别为：甘肃境内直流线路 0.72hm²；陕西境内直流线路 1.68hm²；山西境内直流线路 6.72hm²，迁改线路 0.88hm²；山东境内直流线路 0.95hm²。

(b) 植物措施

牵张场地仅为对地表的临时占压，牵张场地施工完成后进行土地整治，对原占地类型为草地的区域撒播草籽进行植被恢复，对原占地类型为林地的区域采取“灌-草”复合形式恢复林地植被。

经统计，撒播草籽面积、草籽量、栽植灌木和恢复林地面积分别为：甘肃境内直流线路 6.72hm²、1210kg、7560 株、5.04hm²，送端接地极线路 0.21hm²、38kg、315 株、0.21hm²；陕西境内直流线路 8.16hm²、1306kg、12240 株、8.16hm²，迁改

线路 0.48hm^2 、 77kg 、 720 株、 0.48hm^2 ；山西境内直流线路 13.2hm^2 、 2244kg 、 17280 株、 11.52hm^2 。河北境内直流线路 2.64hm^2 、 396kg 、 345 株、 0.23hm^2 ；山东境内直流线路 0.26hm^2 、 36.4kg 、 45 株、 0.03hm^2 。

(c) 临时措施

——彩条布铺垫、密目网苫盖

为减少对地表的扰动，在牵张场地内铺设一定数量的彩条布，以满足施工结束后耕地恢复或土地整治需要，直流线路单个牵张场彩条布铺垫为 150m^2 ，接地极线路单个牵张场彩条布平均铺垫 80m^2 。

由于线路工程的单个牵张场利用时间较短，一个放线段大约 10 天以内放线完毕，为避免清理回填土时对原地貌的扰动，本方案只考虑将剥离的表土和临时堆土区域底部先行采用彩条布隔离，可降低清理场地时的扰动程度，并将剥离的表土和临时堆土采用密目网苫盖，待单个牵引场和张力场使用完毕后，立即将剥离的表土进行回填，并平整开挖的临时土石方。密目网苫盖面积直流线路每个牵张场按 200m^2 考虑，接地极线路和迁改线路每个牵张场按 150m^3 考虑。

山丘区牵张场彩条布铺垫工程量分别为：甘肃境内直流线路 450m^2 、送端接地极线路 240m^2 。陕西境内直流线路 6150m^2 、迁改线路 600m^2 。山西境内直流线路 12450m^2 ，迁改线路 620m^2 。河北境内直流线路 1650m^2 。山东境内直流线路 750m^2 。

山丘区牵张场密目网苫盖工程量分别为：甘肃境内直流线路 600m^2 、送端接地极线路 450m^2 。陕西境内直流线路 8200m^2 、迁改线路 800m^2 。山西境内直流线路 16600m^2 ，迁改线路 1000m^2 。河北境内直流线路 2200m^2 ，山东境内直流线路 1000m^2 。

——彩条旗围护

为防止施工人员及车辆跨越牵张场租地范围作业，造成大面积的地表扰动，在施工期内对牵张场三侧布设彩条旗进行围护。

山丘区牵张场彩条旗围护工程量分别为：甘肃境内直流线路 480m 、送端接地极线路 270m 。陕西境内直流线路 6560m 、迁改线路 640m 。山西境内直流线路 13280m ，迁改线路 680m 。河北境内直流线路 1650m ，山东境内直流线路 750m 。

——铺设钢板

为方便机械设备和导线的运输与吊装，在牵张场地内规划出施工通道，通道做适当平整后铺设 6mm 厚棕垫，棕垫的铺设可降低重型机械及车辆对原地貌的扰

动。直流线路单个牵张场平均铺设钢板 200m^2 ，接地极线路单个牵张场平均铺设钢板 100m^2 。

山丘区牵张场铺设钢板工程量分别为：甘肃境内直流线路 600m^2 、送端接地极线路 450m^2 。陕西境内直流线路 8200m^2 、迁改线路 800m^2 。山西境内直流线路 16600m^2 ，迁改线路 800m^2 。河北境内直流线路 2200m^2 。山东境内直流线路 1000m^2 。

3) 跨越施工场地区

(a) 工程措施

——土地整治

植树种草：对跨越施工场地区需要后期恢复绿化区域进行土地整治，改善施工迹地的理化性质，以满足后期植被生长环境要求。

山丘区跨越施工场土地整治面积分别为：甘肃境内直流线路 0.28hm^2 。陕西境内直流线路 2.28hm^2 。山西境内直流线路 8.72hm^2 。河北境内直流线路 1.38hm^2 。

耕地恢复：对于跨越施工场地区占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要。

山丘区跨越施工场地土地整治（耕地恢复）面积分别为：甘肃境内直流线路 0.72hm^2 。陕西境内直流线路 0.40hm^2 。山西境内直流线路 3.28hm^2 。河北境内直流线路 1.98hm^2 。

(b) 植物措施

跨越施工场地施工完成后进行土地整治，对原占地类型为林地的区域采取“灌-草”复合形式恢复林地植被。

经统计，撒播草籽面积、草籽量、栽植灌木和恢复林地面积分别为：甘肃境内直流线路 0.28hm^2 、 50kg 、 240 株、 0.16hm^2 。陕西境内直流线路 2.28hm^2 、 365kg 、 3420 株、 2.28hm^2 。山西境内直流线路 8.72hm^2 、 1482kg 、 12240 株、 8.16hm^2 。河北境内直流线路 1.38hm^2 、 207kg 、 315 株、 0.21hm^2 。

(c) 临时措施

——彩条旗围护

为防止施工人员及车辆跨越场租地范围作业，造成大面积的地表扰动，在施工期内对跨越场地三侧布设彩条旗进行围护。

山丘区跨越施工场地甘肃境内直流线路 420m 。陕西境内直流线路 4020m 。山西境内直流线路 18000m ，迁改线路 300m 。河北境内直流线路 6720m 。

4) 施工道路区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前,对占用耕地、林地、园地和草地进行表土剥离,剥离厚度根据地表情况按 20cm~30cm 考虑。施工结束后进行表土回覆,为绿化及耕地恢复提供条件。

经统计,表土剥离面积、剥离量和回覆量分别为:甘肃境内直流线路 7.21hm²、21630m³、21630m³;送端接地极线路 1.00hm²、2993m³、2993m³。陕西境内直流线路 8.06hm²、24192m³、24192m³;迁改线路 0.01hm²、25m³、25m³。山西境内直流线路 14.54hm²、43600m³、43600m³;迁改线路 0.46hm²、1400m³、1400m³。河北境内直流线路 2.80hm²、6500m³、6500m³,山东境内直流线路 0.53hm²、1300m³、1300m³。

——土地整治

植树种草:对施工道路区需要后期恢复绿化区域进行土地整治,改善施工迹地的理化性质,以满足后期植被生长环境要求。

经统计,土地整治面积分别为:甘肃境内直流线路 40.99hm²,送端接地极线路 3.05hm²。陕西境内直流线路 44.09hm²,迁改线路 0.20hm²。山西境内直流线路 61.28hm²。河北境内直流线路 10.56hm²。山东境内直流线路 2.68hm²。

耕地恢复:对于施工道路区占用耕地、园地区域,施工结束后进行场地清理、坑凹回填,人工施肥,机械耕翻地后可满足作物生长需要。

经统计,土地整治(耕地恢复)面积分别为:甘肃境内直流线路 4.55hm²,送端接地极线路 1.25hm²。陕西境内直流线路 9.67hm²。山西境内直流线路 35.60hm²,迁改线路 3.07hm²。河北境内直流线路 8.10hm²,山东境内直流线路 0.85hm²。

(b) 植物措施

施工道路施工完成后进行土地整治,对原占地类型为草地的区域撒播草籽进行植被恢复,对原占地类型为林地的区域采取“灌-草”复合形式恢复林地植被。

经统计,撒播草籽面积、草籽量、栽植灌木和恢复林地面积分别为:甘肃境内直流线路 40.99hm²、7378kg、47821 株、31.88hm²;送端接地极线路 3.05hm²、549kg、4574 株、3.05hm²。陕西境内直流线路 44.09hm²、7055kg、66142 株、44.09hm²;迁改线路 0.20hm²、32kg、296 株、0.20hm²。山西境内直流线路 61.28hm²、10418kg、

77535 株、51.69hm²。河北境内直流线路 10.56hm²、1584kg、405 株、0.27hm²。山东境内直流线路 2.68hm²、375kg、195 株、0.13hm²。

(c) 临时措施

——植生袋装土拦挡

考虑到部分山丘区施工道路修筑前进行了表土剥离并有部分塔基区调运土方，同时部分山丘区施工道路可能存在一定的放坡，方案设计采取植生袋拦挡措施对堆放土方及道路边坡的坡脚实施挡护。

经统计，植生袋装土拦挡量分别为：甘肃境内直流线路 21630m³，送端接地极线路 2993m³。陕西境内直流线路 24192m³，迁改线路 60m³。山西境内直流线路 43600m³，迁改线路 1400m³。河北境内直流线路 6500m³。山东境内直流线路 1300m³。

——临时排水沟、素土夯实

对施工道路区局部地段设置临时排水沟，作好临时性排水工程，防止水土流失，临时排水沟开挖断面为梯形，上底为 0.6m，下底为 0.3m，深为 0.3m，排水沟开挖土石方夯实作为施工道路边坡的临时防护。

经统计，临时排水沟长度、土石方工程量、素土夯实工程量分别为：甘肃境内直流线路 6850m、925m³、925m³；送端接地极线路 100m、14m³、14m³。陕西境内直流线路 6210m、838m³、838m³；迁改线路 35m、5m³、5m³。山西境内直流线路 9870m、1332m³、1332m³；迁改线路 960m、130m³、130m³。河北境内直流线路 762m、103m³、103m³。山东境内直流线路 432m、58m³、58m³。

5.3.3.2 平原区防治区

(1) 送端换流站防治区

1) 站区

(a) 工程措施

——截水沟

挖方边坡采取直接放坡的方案，坡率取 1:1 ~ 1:1.5，坡面采用现浇混凝土护坡形式，在挖方边坡坡肩处设置钢筋混凝土截水沟，截水沟顺接至站外排水管。截水沟总长度 1600m，混凝土浇筑量 4779m³。截水沟为矩形断面，底宽 1.5m，深度 1.5m，混凝土浇筑厚度 0.3m，安全超高考虑 20cm，沟底纵坡 5‰。

——排水沟

挖方边坡采取直接放坡的方案，坡率取 1:1 ~ 1:1.5，坡面采用现浇混凝土护坡形式。在挖方边坡坡脚处设置混凝土排水沟。填方边坡采取直接放坡的方案，坡率取 1: 1.5。坡面采用现浇混凝土护坡形式。在填方坡脚处设置钢筋混凝土排水沟，所有排水沟内的水均汇合至站外排水管排至站区东侧天然沟道。

排水沟采用矩形断面，I 型排水沟长度 1600m，底宽 0.5m，深度 0.5m，采用混凝土浇筑，沟底纵坡 5‰。II 型排水沟长度 1000m，底宽 1.5m，深度 1.5m，混凝土浇筑厚度 0.3m，安全超高考虑 20cm，沟底纵坡 5‰。经统计，送端换流站排水沟长度 2600m，混凝土浇筑量 3368m³。

——雨水排水管

根据站内竖向布置，送端换流站站区雨水排水系统布置在站内道路两侧，换流站站区排水系统设计按照《室外排水设计标准》（GB50014-2021）中室外排水规定设计，设计重现期为 5 年。雨水管道采用 DN300 ~ DN1000 钢筋混凝土排水管，同时站内设置雨水井及检查井，共同构成了换流站雨水排水系统，通过雨水排水管排至站区东侧天然沟道，排水口进行必要的消能、护坡等防护处理。送端换流站站区雨水管总长 6550m，沟底纵坡 5~10‰，雨水井混凝土浇筑 2796m³。

——表土剥离及回覆

站区施工前，对占用耕地、园地区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，剥离面积共 34.12hm²，表土剥离量为 91493m³，施工结束后将部分站区表土回覆至站区绿化区域，为绿化提供条件，表土回覆厚度按 40cm ~ 50cm 考虑，站区表土回覆量为 600m³。

① 技术标准

满足《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）、《土地利用现状分类》（GB/T21010-2007）、《水土保持工程设计规范》（GB51018-2014）、《绿化用表土保护技术规范》（LYT2445-2015）等相关标准的技术要求。

② 工艺流程

主要包括：施工准备→测量放样→表土剥离→堆存保护→场地清理→平整翻松→表土回覆→平整。

③ 工艺标准

施工准备：建好施工平面控制网、高程系统，按设计要求放出开挖高程及开挖边线。测量放样：表土剥离前，确定剥离范围、厚度，并打（放）开挖范围、

剥离深度控制桩线。

表土剥离：土层较厚区域优先采用机械方式表土剥离；厚度在 20cm 以下的视其具体情况可采取人工辅助机械剥离或人工剥离。

堆存保护：剥离的表土可选择堆放至塔基施工场地或塔位中心未扰动部分的平坦区域，临时堆土底部铺设彩条布，减缓清理堆土时对原地貌的扰动，表层苫盖彩条布，防止降雨引起冲刷、刮风引起扬尘，边坡采用填土植生袋装土进行拦挡。

场地清理：对施工扰动范围内的零星枯树（根系）、杂草、垃圾、碎（块）石、废渣等有碍物利用机械结合人工彻底清除，确保施工场地地表平滑整洁平整。

平整翻松：扰动后凹凸不平的地面可采用机械削凸填凹，进行粗整平。扰动后地面相对平整或粗整平后的土地，应采用机械翻松（平地）或人工翻松（坡地）。

表土回覆：在原状土翻松整平并检查合格后开始摊铺种植土。应采用耕植土或其他满足要求的回填土，回填土中不应含有建筑垃圾等物质。回填时应封层夯实，回填土的夯实系数应达到设计要求。

平整：应保证地表平整，相对高差小于 30cm。

场地清理：对施工扰动范围内的零星枯树（根系）、杂草、垃圾、碎（块）石、废渣等有碍物利用机械结合人工彻底清除，确保施工场地地表平滑整洁平整。

平整翻松：扰动后凹凸不平的地面可采用机械削凸填凹，进行粗整平。扰动后地面相对平整或粗整平后的土地，应采用机械翻松（平地）或人工翻松（坡地）。

表土回覆：在原状土翻松整平并检查合格后开始摊铺种植土。应采用耕植土或其他满足要求的回填土，回填土中不应含有建筑垃圾等物质。回填时应封层夯实，回填土的夯实系数应达到设计要求。

平整：应保证地表平整，相对高差小于 30cm。

④ 施工要点

剥离厚度：应结合现场的实际情况按照土壤的熟化程度和剖面结构确定，不宜过浅或过深。本工程剥离厚度控制在 20 ~ 30cm。

剥离方式：本工程以机械剥离为主，土层较薄或不具备机械施工条件的场地，辅以人工剥离。

表土堆放：一堆体宜设置为台体或圆锥体，最大堆高应 < 2m，最大坡度应 < 1:2，表面及底部应采取铺垫/苫盖/拦挡等防护措施。

回覆流程：对于余土就地平摊的塔位，应先将余土平摊至塔基剥离范围内，场地清理、土地整平结束后，再将临时堆放的表土回覆至余土表面。

回覆厚度：表土回覆厚度根据土地利用方向确定及剥离的表土量确定。对于回覆的表土需进行整平。表土回覆后地表坡度宜保持在合理范围内，避免局部积水现象的发生，保证回覆后形成的地表坡度不超过 2° 为宜，以利降水在地表均匀分布。

——土地整治

施工完毕后站区绿化区栽植灌草进行绿化。对绿化区及其他空地通过坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，提高植物成活率。土地整治面积约 0.15hm^2 。

① 技术标准

满足《土地整治工程质量检验与评定规程》（TDT 1041—2013）、《土地整治工程施工监理规范》（TD/T 1042—2013）、《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036—2013）、《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）等相关标准的技术要求。

② 工艺流程

场地清理→平整翻松→表土回覆→平整及犁耕→土地改良。

③ 工艺标准

场地清理：对施工扰动范围内的零星枯树（根系）、杂草、垃圾、碎（块）石、废渣等有碍物利用机械结合人工彻底清除，确保施工场地地表平滑整洁。

平整翻松：扰动后凹凸不平的地面可采用机械削凸填凹，进行粗整平。扰动后地面相对平整或粗整平后的土地，应采用机械翻松（平地）或人工翻松（坡地）。

表土回覆在原状土翻松整平并检查合格后开始摊铺种植土。

平整及犁耕：表土回覆后用旋耕机（或人工）再次旋耕，旋耕次数以保证翻松的原状土和种植土搅拌均匀为宜，搅拌后的混合土采用平地机将地面整平。

土地改良：恢复为耕地，应增施有机肥，复合肥或其他肥料。恢复为林草地的，应优先选择具有根瘤菌或其他固氮菌的绿肥植物，工程管理范围的绿化区可在田间细平整后增施有机肥、复合肥或其他肥料。

④ 施工要点

用旋耕机将板结的原状土翻松。来回翻松不少于两次，深度不小于 50cm ，机械翻耕所留死角采用人工进行翻挖，翻挖结束后用平地机将翻挖的地面整平，机

械无法到达的地方同样采用人工整平。

在原状土翻松整平并检查合格后开始摊铺种植土，在此过程中安排人工进行巡回检查，发现有卵石、块石、树根等影响耕种的及时清除。种植土摊平后用旋耕机再次旋耕，旋耕次数以保证翻松的原状土和种植土搅拌均匀为宜，搅拌后的混合土采用平地机将地面整平，机械无法到达的地方采用人工整平。

（b）植物措施

——站区绿化

站区绿化采用灌、花、草结合。根据换流站功能分区不同，有所侧重地进行绿化。综合办公楼区树种选择以常青、观赏性强为原则。选择角质层厚、不落叶的灌木和草坪。在道路两侧种植灌木丛，在空闲处设小型花坛，可纵植灌木等，区内闲置地铺设草坪。

送端换流站站区在站前区、栽植灌木进行绿化。在站前区根据当地自然环境条件，草种选择黑麦草、三叶草混播，比例为 1:1；灌木选择胡枝子，站区内绿化面积为 0.15hm^2 。

（c）临时措施

——植生袋装土拦挡及密目网苫盖

由于挖填土石方在时间、空间上不能均衡同步，考虑在站区内设置 1 个临时堆土场（单个堆土场尺寸：长 \times 宽 \times 高=200m \times 200m \times 3.0m，堆土坡度为 1:1）。

为防止雨水冲刷而产生新的水土流失，本方案考虑对临时堆土场采取必要的防护措施，堆土边界设置植生袋装土拦挡，植生袋成“品”字分层堆砌成环状，植生袋拦挡断面为梯形（梯形断面尺寸：上底宽 \times 下底宽 \times 高=1m \times 2m \times 1.5m），单个临时堆土场挡护长 600m，植生袋装土拦挡工程量为 1350m^3 ；堆土坡顶、坡面采用密目网苫盖，彩条布边缘用植生袋装土压实，密目网苫盖面积为 23000m^2 。

2) 进站道路区

（a）工程措施

——排水沟

进站道路挖方边坡采取直接放坡的方案，坡率取 1:1~1:1.5，坡面采用浆砌石护坡形式。在挖方边坡坡脚处设置浆砌石排水沟。填方边坡采取直接放坡的方案，坡率取 1:1.5，在填方坡脚处设置浆砌石排水沟，排至进站道路周边天然沟道。

排水沟采用矩形断面，底宽 1.0m，深度 1.0m，采用浆砌石衬砌，衬砌厚度 0.3m，

沟底纵坡 5‰。经统计，进站道路排水沟长度 430m，顶部成品沟盖板压盖，浆砌石衬砌量 829m³，混凝土浇筑量 3m³。

——表土剥离及回覆

进站道路施工前，对占用耕地区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，剥离面积共 1.06hm²，表土剥离量为 3180m³。施工结束后将表土回覆至进站道路两侧绿化区域，为绿化提供条件，表土回覆厚度按 30cm 考虑，表土回覆面积共 0.85hm²，表土回覆量为 3180m³。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

——土地整治

施工完毕后对进站道路两侧绿化区及其他空地通过坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，提高植物成活率。土地整治面积约 0.85hm²。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

(b) 植物措施

——撒播草籽

施工结束后对进站道路两侧可绿化区域采取播撒草籽恢复植被，草籽选择黑麦草和三叶草，按 1:1 比例混合播撒，撒播密度为 80kg/hm²，撒播面积为 0.85hm²，共撒播草籽 68kg。

① 工艺流程

主要工艺流程包括：整地→施肥→播种→压土。

整地：施工场地废止后，及时清理占地建筑垃圾并加以防护，将保存的腐殖土覆盖在表层，覆土厚度 30cm。

施肥：对整地后的施工场地施肥，确保覆盖的表土层营养充足，可供草籽生长。

播种：可采用条播、撒播、点播或育苗移栽均可。播种深度 2~4cm。

压土：施工场地播种完成后，覆土镇压可提高种草成活率。

② 施工要点

草种配比：草种选择黑麦草和狗牙根混合草种，比例 1:1。

播种量：80kg/hm²，其中黑麦草 40kg、狗牙根 40kg。

播种方法：播种方式采用撒播，播种深度 2~3cm，播种后及时覆土，采用环形镇压器视土壤墒情及时镇压。

播种日期：选择春季雨前播种。

(c) 临时措施

——彩条旗围护

施工前做好施工组织规划，在进站道路两侧设置彩条旗，限定与标识施工扰动范围，彩条旗围护 2120m。

——密目网苫盖

施工期间进站道路两侧裸露地表采用密目网苫盖，彩条布之间考虑 10cm 的搭接宽度，密目网苫盖面积 1219m²。

3) 外接电源工程区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前对扰动的耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。根据工程实际情况，剥离表土用于绿化覆土，为原地貌恢复提供条件。表土剥离面积为 0.75hm²，表土剥离量为 1886m³，表土回覆面积为 0.66hm²，表土回覆量为 1886m³。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

——土地整治

为改善施工迹地的理化性质，保证植被生长环境，对占用非耕地区域进行土地整治以满足绿化需要，土地整治面积为 5.22hm²。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

——耕地恢复

对于外接电源工程区临时占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要，耕地恢复 2.24hm²。

① 技术标准

满足《土地整治工程质量检验与评定规程》（TDT 1041—2013）、《土地整治工程施工监理规范》（TD/T 1042—2013）、《土地复垦质量控制标准》（TD/T

1036—2013）、《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）等相关标准的技术要求。

② 工艺流程

场地清理→平整翻松→表土回覆→平整及犁耕→土地改良。

③ 工艺标准

场地清理：对施工扰动范围内的零星枯树（根系）、杂草、垃圾、碎（块）石、废渣等有碍物利用机械结合人工彻底清除，确保施工场地地表平滑整洁。

平整翻松：扰动后凹凸不平的地面可采用机械削凸填凹，进行粗整平。扰动后地面相对平整或粗整平后的土地，应采用机械翻松（平地）或人工翻松（坡地）。

表土回覆在原状土翻松整平并检查合格后开始摊铺种植土。

平整及犁耕：表土回覆后用旋耕机（或人工）再次旋耕，旋耕次数以保证翻松的原状土和种植土搅拌均匀为宜，搅拌后的混合土采用平地机将地面整平。

土地改良：恢复为耕地，应增施有机肥，复合肥或其他肥料。恢复为林草地的，应优先选择具有根瘤菌或其他固氮菌的绿肥植物，工程管理范围的绿化区可在田间细平整后增施有机肥、复合肥或其他肥料。

④ 施工要点

用旋耕机将板结的原状土翻松。来回翻松不少于两次，深度不小于 50cm，机械翻耕所留死角采用人工进行翻挖，翻挖结束后用平地机将翻挖的地面整平，机械无法到达的地方同样采用人工整平。

在原状土翻松整平并检查合格后开始摊铺种植土，在此过程中安排人工进行巡回检查，发现有卵石、块石、树根等影响耕种的及时清除。种植土摊平后用旋耕机再次旋耕，旋耕次数以保证翻松的原状土和种植土搅拌均匀为宜，搅拌后的混合土采用平地机将地面整平，机械无法到达的地方采用人工整平。

（b）植物措施

——撒播草籽

施工结束后对施工迹地采取播撒草籽恢复植被，草籽选择黑麦草和三叶草，按 1:1 比例混合播撒，撒播密度为 80kg/hm²，撒播面积为 5.22hm²，共撒播草籽 418kg。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站进站道路措施设计。

(c) 临时措施

——彩条旗围护

施工前做好施工组织规划，在塔基施工边界设置彩条旗，限定与标识施工扰动范围，彩条旗围护 33710m。

——密目网苫盖

外接电源工程区临时堆土堆放应将表土与深层土分开堆放，顶部采用彩条布对堆土表面进行苫盖，密目网苫盖面积为 11755m²。

4) 供排水工程区

(a) 工程措施

——站外排水管

根据站内竖向布置，站外排水管设计按照《室外排水设计标准》(GB50014-2021)中室外排水规定设计，设计重现期为 5 年。送端换流站站区雨水排水系统末端顺接站外排水管，通过站外排水管排至站区东侧天然沟道，沟底纵坡 10‰。排水口进行必要的消能、护坡等防护处理。经统计 DN1800 钢筋混凝土排水管总长 1500m，消力池混凝土浇筑量 308m³。

——表土剥离及回覆

施工前对扰动的耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。根据工程实际情况，剥离表土用于绿化覆土，为原地貌恢复提供条件。表土剥离面积为 5.47hm²，表土剥离量为 13675m³，表土回覆面积为 5.47hm²，表土回覆量为 13675m³。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

——土地整治

为改善施工迹地的理化性质，保证植被生长环境，对占用非耕地区域进行土地整治以满足绿化需要，土地整治面积为 8.91hm²。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

——耕地恢复

对于供排水工程区临时占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要，耕地恢复 13.44hm²。

(b) 植物措施

——撒播草籽

施工结束后对施工迹地采取播撒草籽恢复植被，草籽选择黑麦草和三叶草，按 1:1 比例混合播撒，撒播密度为 $80\text{kg}/\text{hm}^2$ ，撒播面积为 8.91hm^2 ，共撒播草籽 713kg 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站进站道路措施设计。

(c) 临时措施

——彩条旗围护

施工前做好施工组织规划，在管线施工作业带施工边界设置彩条旗，限定与标识施工扰动范围，彩条旗围护 30100m 。

——密目网苫盖

供排水工程区临时堆土堆放应将表土与深层土分开堆放，顶部采用彩条布对堆土表面进行苫盖，密目网苫盖面积为 80298m^2 。

5) 施工生产生活区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工生产生活区场地平整前，对占用耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 $20\text{cm} \sim 30\text{cm}$ 考虑，表土剥离面积 8.52hm^2 ，表土剥离量 25560m^3 ，施工结束后将表土回覆至施工生产生活区植被恢复区域，为植被恢复提供条件，表土回覆厚度按 $20 \sim 30\text{cm}$ 考虑，施工生产生活区表土回覆面积 8.52m^2 ，表土回覆量共 25560m^3 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

——耕地恢复

对于施工生产生活区临时占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要，耕地恢复 8.52hm^2 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站外接电源工程区措施设计。

(b) 临时措施

——临时排水沟及沉砂池

为保障施工期站区场地内排水通畅，本方案考虑在其场地内和临时堆土场四周修建临时排水沟，排水沟末端设置沉砂池。雨水经排水沟汇流后进入沉砂池，经沉砂池沉沙后排至附近自然沟道内，沉砂池定期清淤。临时排水沟断面为梯形，断面尺寸为：上底宽×下底宽×深=0.9m×0.3m×0.3m，沉砂池为机砖抹面，单个沉砂池的尺寸为：长×宽×深=2.5m×1.2m×1.5m，单个沉砂池容积为 4.5m³。经统计，站区需设临时排水沟 2300m，沉砂池 6 座。

——彩条旗围护

施工前做好施工组织规划，在施工边界设置彩条旗，限定与标识施工扰动范围，彩条旗围护 2400m。

——密目网苫盖

施工过程临时堆放设备、裸露地表采用彩条布对表面进行苫盖，密目网苫盖面积为 8520m²。

6) 临时堆土区

(a) 工程措施

——耕地恢复

对于施工生生产生活区临时占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要，耕地恢复 3.48hm²。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站外接电源工程区措施设计。

(b) 临时措施

——临时排水沟及沉砂池

为保障施工期站区场地内排水通畅，本方案考虑在其场地内和临时堆土场四周修建临时排水沟，排水沟末端设置沉砂池。雨水经排水沟汇流后进入沉砂池，经沉砂池沉沙后排至附近自然沟道内，沉砂池定期清淤。临时排水沟断面为梯形，断面尺寸为：上底宽×下底宽×深=0.9m×0.3m×0.3m，沉砂池为机砖抹面，单个沉砂池的尺寸为：长×宽×深=2.5m×1.2m×1.5m，单个沉砂池容积为 4.5m³。经统计，站区需设临时排水沟 1000m，沉砂池 4 座。

——彩条旗围护

施工前做好施工组织规划，在施工边界设置彩条旗，限定与标识施工扰动范

围，彩条旗围护 900m。

——植生袋装土拦挡、密目网苫盖

施工过程中，设置 1 个临时堆土场（堆土场尺寸：长×宽×高=225m×200m×3.0m，堆土坡度为 1:1），用于堆放站区转运土方及施工生产生活区剥离表土。临时堆土场最大堆土容量 13.5 万 m³，站区及生产生活区表土最大转运量 10.00 万 m³，结合站区临时堆土场容量，临时堆土场面积可满足换流站堆土需求。

为防止雨水冲刷而产生新的水土流失，本方案考虑对临时堆土场采取必要的防护措施，堆土边界设置植生袋装土拦挡，植生袋成“品”字分层堆砌成环状，植生袋拦挡断面为梯形（梯形断面尺寸：上底宽×下底宽×高=1m×2m×1.5m），挡护长 800m，植生袋装土拦挡工程量为 1800m³；堆土坡顶、坡面采用密目网苫盖，彩条布边缘用植生袋装土压实，密目网苫盖面积为 36540m²。

——临时撒草防护

施工生产生活区剥离的表土临时堆存时间约 2 年，临时堆存期间表面撒草临时防护。草籽选择黑麦草和三叶草，按 1:1 比例混合播撒，撒播密度为 80kg/hm²，撒播面积为 3.48hm²，共撒播草籽 278kg。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站进站道路措施设计。

（2）送端接地极防治区

1）汇流装置区

（a）工程措施

——表土剥离及回覆

施工前对扰动的耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。根据工程实际情况，剥离表土用于绿化覆土，为原地貌恢复提供条件。表土剥离面积为 0.09hm²，表土剥离量为 243m³。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

（b）临时措施

——植生袋装土拦挡及苫盖

汇流装置区开挖土石方集中堆存，四周设置袋装土临时拦挡。植生袋装土拦挡采用矩形断面，底宽 0.5m，顶宽 0.5m，高 0.5m，装袋土方来源于开挖土石方，

挡护长 100m，植生袋装土拦挡工程量为 25m^3 。堆土坡顶、坡面采用密目网苫盖，彩条布边缘用植生袋装土压实，密目网苫盖面积为 534m^2 。

2) 电极电缆区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前对扰动的耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。根据工程实际情况，剥离表土用于绿化覆土，为原地貌恢复提供条件。表土剥离面积为 2.76hm^2 ，表土剥离量为 8285m^3 。表土回覆面积为 2.71hm^2 ，表土回覆量为 8751m^3 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

——耕地恢复

对于电极电缆区临时占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要，耕地恢复 9.58hm^2 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站外接电源工程区措施设计。

(b) 临时措施

——彩条旗围护

施工前做好施工组织规划，在电极电缆区施工边界设置彩条旗，限定与标识施工扰动范围，彩条旗围护 7534m。

——植生袋装土拦挡及苫盖

电极电缆区开挖土石方集中堆存，四周设置袋装土临时拦挡。植生袋装土拦挡采用矩形断面，底宽 0.5m，顶宽 0.5m，高 0.5m，装袋土方来源于开挖土石方，挡护长 3297m，植生袋装土拦挡工程量为 825m^3 。堆土坡顶、坡面采用密目网苫盖，彩条布边缘用植生袋装土压实，密目网苫盖面积为 27621m^2 。

3) 检修道路区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前对扰动的耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。根据工程实际情况，剥离表土用于绿化覆土，为原地貌恢复提供条件。表土剥离面

积为 0.06hm^2 ，表土剥离量为 223m^3 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

(b) 临时措施

——彩条旗围护

施工前做好施工组织规划，在施工道路施工边界设置彩条旗，限定与标识施工扰动范围，彩条旗围护 200m。

4) 外接电源工程区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前对扰动的耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。根据工程实际情况，剥离表土用于绿化覆土，为原地貌恢复提供条件。表土剥离面积为 0.03hm^2 ，表土剥离量为 102m^3 。表土回覆面积为 0.02hm^2 ，表土回覆量为 102m^3 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

——耕地恢复

对于电极电缆区临时占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要，耕地恢复 0.02hm^2 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站外接电源工程区措施设计。

(b) 临时措施

——彩条旗围护

施工前做好施工组织规划，在塔基施工边界设置彩条旗，限定与标识施工扰动范围，彩条旗围护 120m。

——密目网苫盖

塔基开挖土石方集中堆存，堆土坡顶、坡面采用密目网苫盖，彩条布边缘用植生袋装土压实，密目网苫盖面积为 60m^2 。

(3) 受端换流站防治区

1) 站区

(a) 工程措施

——雨水排水系统

根据站内竖向布置，受端换流站站区雨水排水系统布置在站内道路两侧，雨水管道采用钢筋混凝土排水管型式，管径为 DN300 ~ DN1500，采用地下铺设方式，排水管总长 9000m。站内雨水管出口接入站外排水管，最终排至站址东侧的东金线河。站内设置雨水检查井 260 座、雨水井 420 座，用于站内雨水汇流至雨水管道。

——表土剥离及回覆

站区施工前，对占用的耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，剥离面积共 21.25hm²，表土剥离量为 63800m³。施工结束后将部分站区表土回覆至站区绿化，为绿化提供条件，表土回覆厚度按 30cm 考虑，站区表土回覆面积 8.50hm²、覆土量为 25500m³。

——碎石铺盖

主体设计对于场地地坪铺设碎石覆盖，碎石厚度 10cm，面积 0.65hm²。

——浆砌石骨架+植草护坡

站区竖向布置采用平坡式布置方案，根据防洪要求，需填土 1.35m~1.95m，边坡坡率取 1:1.75，坡面采用浆砌石骨架+撒播草籽护坡，浆砌石护坡防护面积 7350m²，浆砌石量共 2328m³，撒播草籽 6615m²，边坡回覆表土 6615m²、覆土厚度 0.30m，共计覆土 2000m³。覆土工程量统一计入站区表土回覆量。

——土地整治

施工完毕后，站区绿化区栽植灌草进行绿化。对绿化区及其他空地通过坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，提高植物成活率。土地整治面积共计 9.16hm²，其中站区绿化用地 8.50hm²、边坡绿化用地 0.66hm²。

(b) 植物措施

——站区绿化

站区绿化采用灌、草结合的方式。根据换流站功能分区不同，有所侧重地进行绿化。灌木选择以常青、观赏性强为原则，草种选择抗逆性强、易于管理的品种，灌木选择丰花月季和小叶女贞，交叉种植，栽种密度为 20 株/m²，栽植比为 1:1；草籽选择狗牙根和黑麦草混播，草籽比例为 3:7，草籽撒播密度为 80kg/hm²。

经统计，栽植灌木 0.30hm²，丰花月季、小叶女贞各 3.0 万株；撒播面积 8.20hm²、656kg。

——边坡绿化

站区填方边坡浆砌石骨架内撒播草籽进行绿化，草籽选择狗牙根和黑麦草混播，草籽比例为 3:7，草籽撒播密度为 $80\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

经统计，撒播草籽面积为 0.66hm^2 、 53kg 。

(c) 临时措施

——密目网苫盖

施工期，对于站内的施工裸露地面采用密目网进行苫盖，面积为 5.32hm^2 。

2) 进站道路区

(a) 工程措施

——表土剥离

进站道路施工前，对扰动占用的耕地采用机械方式进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，剥离面积共 0.19hm^2 ，表土剥离量为 0.06 万 m^3 。

(b) 临时措施

——密目网苫盖

施工期，对于施工裸露地面采用密目网进行苫盖，面积为 500m^2 。

3) 外接电源工程区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前，对架空线水泥电杆占地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，剥离后就近摊平；对于电缆开挖沟道扰动的耕地进行表土剥离、厚度 30cm ，剥离表土堆存于开挖管线一侧，施工结束后回覆。

经统计，共计进行表土剥离面积为 0.38hm^2 、 1100m^3 ，表土回覆量为 0.29hm^2 、 1100m^3 。

——耕地恢复

工程完工后，对于开挖的电缆沟槽进行坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复土地原有功能。对占用耕地进行耕地恢复，耕地恢复面积 0.29hm^2 。

(b) 临时措施

——彩条布铺垫、密目网苫盖

电缆沟槽临时堆土堆放应将表土与深层土分开堆放，下面用彩条布铺垫，在雨天或风天，预先采用密目网对堆土表面进行苫盖。彩条布铺垫工程量为 4000m^2 ，

密目网苫盖面积为 5000m^2 。

4) 供排水工程区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前，对供排水管线管槽开挖扰动的耕地区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。施工结束后进行表土回覆，为耕地恢复提供条件。表土剥离、回覆工程量均为 5.37hm^2 、 16100m^3 。

——钢筋混凝土排水管、八字排水口

站外雨水排水管采用 $\text{DN}1500$ 镀锌钢管，长度共计 1350m ，地下铺设。排水管接至换流站东侧东金线河河道，在排水管终端分别设八字排水口 1 座，共计 2 座。八字排水口所用材料与排水沟保持一致。

——耕地恢复

工程完工后，对于开挖的排水管线沟槽进行坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复土地原有功能。对占用耕地进行耕地恢复，面积 5.37hm^2 。

(b) 临时措施

——彩条布铺垫、密目网苫盖

站外供水管线铺设工艺简单，施工时间短，临时堆土堆放在开挖沟道的一侧，先开挖表土，后开挖深层土。表土与深层土分开堆放，下面用彩条布铺垫，在雨天或风天，预先采用密目网对堆土表面进行苫盖。彩条布铺垫工程量为 19200m^2 ，密目网苫盖面积为 24000m^2 。

5) 施工生产生活区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工生产生活区场地平整前，对占用的耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，表土剥离面积 5.58hm^2 ，表土剥离量 16700m^3 ，施工结束后将表土回覆至施工生产生活区，为耕地恢复提供条件，表土回覆厚度按 30cm 考虑，施工生产生活区表土回覆量共 16700m^3 。

——耕地恢复

工程完工后，通过扰动场地进行坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复土地原有功能。对占用耕地进行耕地恢复，耕地恢复面积 5.58hm^2 。

(b) 临时措施

——临时排水沟、沉砂池

施工生产生活区位于五麻线的南北两侧，被五麻线、进站道路分为三个独立的区域，分别为：①集中办公区、业主生活区、总包生活区；②分包生活区；③加工区及仓库区。由于换流站施工周期较长，且跨越雨季，本方案考虑在施工生产生活区四周及内部修建临时排水沟，排水沟末端设置沉砂池。雨水经排水沟汇流后进入沉砂池，经沉砂池沉沙后排至附近自然沟道内，沉砂池定期清淤。

排水沟采用烧结煤矸石普通砖抹面，断面为矩形、尺寸：宽×深=0.30m×0.30m；沉砂池为烧结煤矸石普通砖抹面，单个沉砂池的尺寸：长×宽×深=2.50m×1.20m×1.50m，单个沉砂池容积为 4.50m³。

经统计，站区需设临时排水沟 1442m，共计挖方 270m³、砌砖 140m³、砂浆抹面 1298m²；沉砂池 4 座，共计挖方 26m³、砌砖 6m³、砂浆抹面 56m²。

6) 临时堆土区

(a) 工程措施

——耕地恢复

工程完工后，对于表土集中堆放区进行坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复土地原有功能。对占用耕地进行耕地恢复，耕地恢复面积 2.00hm²。

(b) 临时措施

——植生袋装土拦挡、密目网苫盖

表土集中堆放区、站区内土方转运区堆土边界分别设置植生袋装土拦挡，植生袋成“品”字分层堆砌成环状，植生袋拦挡断面为梯形（梯形断面尺寸：上底宽×下底宽×高=1m×2m×1.5m），挡护长度共计 571m，植生袋装土拦挡工程量为 1284m³；施工结束后，拆除填土植生袋挡墙 571m、1284m³。

堆土坡顶、坡面采用密目网苫盖，密目网边缘用植生袋装土压实，苫盖面积共计 20000m²。

——临时排水沟、沉砂池

本方案考虑在表土堆土场四周修建临时排水沟，排水沟末端连接施工生产生活区的排水沟，不再单独设置沉砂池。临时排水沟为土质，表面人工拍实，断面形式为梯形、尺寸：上底宽×下底宽×深=0.9m×0.3m×0.3m。单位长度排水沟挖方 0.18m³、拍实 0.05m³。

经统计,表土临时堆放区需设临时排水沟 634m,开挖土方为 114m³、拍实 32m³。

7) 取土场区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

取土前,对占用的耕地进行表土剥离,剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑,表土剥离面积 5.55hm²,表土剥离量 16700m³。取土结束后,将取土场剥离的表土和换流站区、进站道路产生的多余表土回覆至取土场,为耕地恢复提供条件。取土场表土回覆共计 53600m³,其中:取土场坑底进行耕地恢复,平均回覆表土厚度约 1.0m;边坡采取浆砌石骨架护坡,护坡内栽植灌木、撒播草籽进行绿化,平均回覆表土厚度约 0.70m。

——截排水沟

避免形成地表径流,在取土场上游开挖截水沟,下游设置沉沙池,排水沟与周边天然排水沟顺接。排水沟断面根据洪峰流量确定,按照明渠均匀流公式进行计算。截排水沟按 1 级标准进行设计,采用 10 年一遇 6h 短历时暴雨排水工程设计标准。设计洪峰流量按下列公式计算:

$$Q_{\text{设}} = 0.278KiF$$

式中: $Q_{\text{设}}$ ——设计流量, m³/s, ;

i ——10 年一遇小时最大降雨量, mm;

F ——集水面积, km²;

K ——径流系数, 汇水坡面为林地, 取 0.60。

根据山东省水文水资源勘测局 2006 年编制的“山东省多年平均年最大 24 小时暴雨等值线图”和“山东省最大 24 小时暴雨变差系数等值线图”查得取土场区域 $H_{24h}=98.0\text{mm}$ 变差系数为 $CV=0.54$ 。取 $C_s=3.5C_v$, 由皮尔逊 III 型曲线的模比系数 K_p 值表, 查的 $K_p=1.66$, 由此计算得到项目区一遇的年最大 24 小时降雨量 $H_{24}=162.68$ 。

从“短历时 ($T>1$ 小时) 暴雨换算系数表” T_6 小时查得 $n_2=0.71$ 、 $K=0.67$ 。

因此, 10 年一遇一年最大 6 小时降水量:

$$\begin{aligned} H_6 &= \left(\frac{T}{24}\right)^{1-n_2} H_{24} \\ &= 0.67 \times 162.68 \end{aligned}$$

=109.00mm

经计算，10 年一遇 6h 降雨强度为 109.00mm。根据取土场实际地形图量测，取土场上游汇水面积 11.84hm²，代入洪峰流量计算公式，计算得出洪峰流量为 2.15m³/s。

表 5.3-4 取土场洪峰流量相关参数计算表

汇水面积 F (hm ²)	径流系数 Φ	10 年一遇 6h 设计暴雨 (mm)	Q (m ³ /s)
11.84	0.6	109.00	2.15

在取土场上游周边设置截水沟，采用 M10 浆砌片石梯形断面，深 0.8m，底宽 0.4m，坡比 1:1，厚 0.3m，比降 1/100，沟壁采用 M10 水泥砂浆抹面，厚 2cm。设计流量校核计算采用公式：

$$Q_{\text{设}} = AC\sqrt{Ri}$$

式中：Q_设——设计最大流量，m³/s；

A——排水沟断面面积，m²；

C——谢才系数；

R——水力半径，m；

i——排水沟比降，1%。

截排水沟过流能力计算结果见下表：

表 5.3-5 截排水沟过流能力计算成果表

计算项目	顶宽 (m)	底宽 (m)	深 h(m)	过水面积 A(m ²)	湿周 L(m)	水力半径 R (m)	粗糙系数 n	水力坡降 i	最大过水量 Q _设 (m ³ /s)	最大洪峰流量 Q _m (m ³ /s)	过流能力校核结果
梯形截面	1.8	0.4	0.7	0.77	2.38	0.32	0.015	0.01	2.42	2.15	Q _设 > Q _m , 满足

取土场设置沉砂池 1 座，共计土方开挖 93m^3 、M10 浆砌石 31m^3 。

表 5.3-7 取土场沉砂池的工程量汇总表

长 L (m)	宽 B (m)	深 H (m)	数量 (座)	挖方 (m^3)	M10 浆砌石 (m^3)
8.00	4.00	1.80	1.00	74.95	17.35

——削坡工程

取土场取土方式为按照原地面坡度顺坡取土，取土深度 3-4.2m，为保证取土场开挖边坡的稳定，对取土场四面削坡，坡比取 1:1.5；取土场 160m 等高线以上区域，部分边坡高度超过 7.0m，长度约 230m，最高处约 8.5m，为了提高边坡稳定性，对于 160m 等高线以上区域形成的边坡坡比采取 1:1.75。

削坡工程应采取半挖半填的方式以挖深的 1/2 为界，上部削坡土方用于下部填方边坡，填方边坡应层层回填，逐层夯实，共计削坡 10265m^3 。

——浆砌石骨架护坡

削坡后的坡面采用浆砌石骨架护坡，面积 25662m^2 ，浆砌石共 1642m^3 。边坡回覆表土 17963m^3 、覆土厚度 0.70m，共计覆土 12574m^3 。覆土工程量统一计入取土场表土回覆量。

——耕地恢复

取土结束后，通过对抗动的取土场坑底进行表土回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复土地原有功能，并通过提高表土回填厚度，提高耕地质量，扣除削坡面积后，耕地恢复面积 3.98hm^2 。

(b) 植物措施

①绿化植物选择

取土场边坡平整覆土后，根据立地条件，采用灌草结合的方式进行绿化。

植物种的选择以保持水土、美化环境、适地适树及景观效果好为原则。根据现场踏勘调查，灌木选用紫穗槐，草本选用狗牙根和黑麦草混播。

②配置方式

灌木选择紫穗槐，株行距为 $1.0\times 1.0\text{m}$ ，灌木种植密度 $10000\text{株}/\text{hm}^2$ ，采用穴植法栽植，共计 8982m^2 、8982 株。狗牙根、黑麦草草籽按 3:7 比例混合，撒播密度为 $140\text{kg}/\text{hm}^2$ ，撒播面积共 12574hm^2 ，需狗牙根、黑麦草混合草籽 101kg。

③抚育管理与栽植技术

植苗初期，苗木根系分布浅，生长比较缓慢，抵抗力弱，适应性差，需加强苗木的初期管理。对于自然灾害和人为损坏的苗木应采取一定的补植措施，幼林补植需采用同一树种的大苗或同龄苗，造林一年后，在规定的抽样范围内，成活率（或出苗率）在 85% 以下的则重新进行造林绿化。苗木栽植采用穴坑整地，人工挖土，穴坑挖好后，先填 3~5cm 表土于穴底，堆成小丘状，放入苗木。栽植时，扶正苗木，先填入松散湿润的表土层，填土约达穴深一半时，轻提苗，使根呈自然向下舒展，然后踩实，继续填满穴后，再踩实一次，最后盖上一层土与地面持平，灌木使填土与原根径痕相平或高 3~5cm。穴面结合降雨和苗木需水条件进行修整，一般整修成下凹状，利于满足苗木的水分要求。

（c）临时措施

——植生袋装土拦挡、密目网苫盖

表土集中堆放区周边设置植生袋装土拦挡，植生袋成“品”字分层堆砌成环状，植生袋拦挡断面为梯形（梯形断面尺寸：上底宽×下底宽×高=1m×2m×1.5m），挡护长度共计 657m，植生袋装土拦挡工程量为 1478m³；施工结束后，拆除填土植生袋挡墙 657m、1478m³。

堆土坡顶、坡面采用密目网苫盖，密目网边缘用植生袋装土压实，苫盖面积共计 10000m²。

——临时排水沟、沉砂池

由于取土场内的表土堆存时间较短，并且位于取土坑内，取土过程临时堆土场位置会根据取土活动进行调整，因此不再布设临时排水措施。

8) 还建工程区

（a）工程措施

——表土剥离及回覆

施工前，对占用的耕地区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，剥离面积共 1.35hm²，表土剥离量为 0.41 万 m³，表土运至还建农田供水管线工程回填利用。表土回覆量为 0.75hm²、0.41 万 m³。

——耕地恢复

工程完工后，对于还建农田供水管线工程管槽开挖区进行坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复土地原有功能。对占用耕地进行耕地恢复，耕地恢复面积 0.75hm²。

(b) 临时措施

——彩条布铺垫、密目网苫盖

沟槽临时堆土堆放应将表土与深层土分开堆放，下面用彩条布铺垫，在雨天或风天，预先采用密目网对堆土表面进行苫盖。

经计算，彩条布铺垫工程量为 7000m^2 ，密目网苫盖面积为 9000m^2 。

(4) 受端接地极防治区

1) 汇流装置区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前对扰动的耕地、林地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。根据工程实际情况，剥离表土用于绿化覆土，为原地貌恢复提供条件。表土剥离面积为 0.05hm^2 ，表土剥离量为 200m^3 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考受端换流站站区措施设计。

(b) 临时措施

——植生袋装土拦挡及苫盖

汇流装置区开挖土石方集中堆存，四周设置袋装土临时拦挡。植生袋装土拦挡采用矩形断面，底宽 0.5m ，顶宽 0.5m ，高 0.5m ，装袋土方来源于开挖土石方，挡护长 80m ，植生袋装土拦挡工程量为 20m^3 。堆土坡顶、坡面采用密目网苫盖，边缘用植生袋装土压实，密目网苫盖面积为 450m^2 。

2) 电极电缆区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前对扰动的耕地、林地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。根据工程实际情况，剥离表土用于绿化覆土，为原地貌恢复提供条件。表土剥离面积为 2.32hm^2 ，表土剥离量为 7000m^3 。表土回覆面积为 2.30hm^2 ，表土回覆量为 7400m^3 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

——耕地恢复

对于电极电缆区临时占用的耕地、林地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要，耕地恢复 8.11hm^2 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考受端换流站站用外接电源措施设计。

(b) 临时措施

——彩条旗围护

施工前做好施工组织规划，在电极电缆区施工边界设置彩条旗，限定与标识施工扰动范围，彩条旗限界 6994m 。

——植生袋装土拦挡及苫盖

电极电缆区开挖土石方集中堆存，四周设置袋装土临时拦挡。植生袋装土拦挡采用矩形断面，底宽 0.5m ，顶宽 0.5m ，高 0.5m ，装袋土方来源于开挖土石方，挡护长 3297m ，植生袋装土拦挡工程量为 825m^3 。堆土坡顶、坡面采用密目网苫盖，边缘用植生袋装土压实，密目网苫盖面积为 26689m^2 。

3) 检修道路区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前对扰动的林地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。根据工程实际情况，剥离表土用于绿化覆土，为原地貌恢复提供条件。表土剥离面积为 0.03hm^2 ，表土剥离量为 100m^3 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考受端换流站站区措施设计。

(b) 临时措施

——彩条旗围护

施工前做好施工组织规划，在施工道路施工边界设置彩条旗，限定与标识施工扰动范围，彩条旗限界 672m 。

4) 外接电源工程区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前对扰动的耕地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。根据工程实际情况，剥离表土用于绿化覆土，为原地貌恢复提供条件。表土剥离面

积为 0.03hm^2 ，表土剥离量为 100m^3 。表土回覆面积为 0.028hm^2 ，表土回覆量为 100m^3 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考受端换流站站区措施设计。

——土地整治

为改善施工迹地的理化性质，保证植被生长环境，对占用非耕地区域进行土地整治，土地整治面积为 0.018hm^2 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考送端换流站站区措施设计。

——耕地恢复

对于外接电源工程区临时占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要，耕地恢复 0.01hm^2 。

本项措施技术标准、工艺流程、工艺标准、施工要点可参考受端换流站站用外接电源措施设计。

(b) 植物措施

土地整治完成后，撒播草籽恢复地表植被。草籽选择狗牙根、黑麦草混合草籽，按 3:7 比例混合，撒播密度为 $140\text{kg}/\text{hm}^2$ ，撒播面积共 0.018hm^2 ，需狗牙根、黑麦草混合草籽 2.80kg 。

(c) 临时措施

——彩条布铺垫、密目网苫盖

电缆沟槽临时堆土应将表土与深层土分开堆放，下面用彩条布铺垫，在雨天或风天，预先采用密目网对堆土表面进行苫盖。

经计算，彩条布铺垫工程量为 450m^2 ，密目网苫盖面积为 450m^2 。

(5) 线路工程

1) 塔基区

(a) 工程措施

——表土剥离及回覆

施工前对开挖扰动区域进行表土剥离，剥离厚度按 30cm 考虑，施工结束后将剥离的表土全部回覆至需要植被恢复和耕地恢复区域。

经统计，表土剥离面积、表土剥离量和表土回覆量分别为：甘肃境内直流线

路 1.79hm^2 、 5380m^3 、 5380m^3 ；接地极线路 0.19hm^2 、 578m^3 、 578m^3 ；迁改线路 0.01hm^2 、 27m^3 、 27m^3 。河北境内 5.03hm^2 、 15100m^3 、 15100m^3 。山东境内直流线路 6.14hm^2 、 18400m^3 、 18400m^3 ；受端接地极线路 0.35hm^2 、 110m^3 、 110m^3 。

——土地整治

植树种草：对塔基区需要后期恢复植被区域进行土地整治，改善施工迹地的理化性质，以满足后期植被生长环境要求。

经统计，土地整治面积分别为：河北境内直流线路 6.92hm^2 。山东境内直流线路 7.77hm^2 ，受端接地极线路 0.44hm^2 。

耕地恢复：对于塔基区占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要。

经统计，土地整治（耕地恢复）面积分别为：甘肃境内直流线路 14.20hm^2 ，接地极线路 2.17hm^2 ，迁改线路 0.11hm^2 。河北境内直流线路 20.55hm^2 。山东境内直流线路 26.53hm^2 ，受端接地极线路 3.33hm^2 。

（b）植物措施

施工结束后，对塔基区非硬化区域撒播草籽恢复植被。根据当地自然环境条件，河北境内为黑麦草、狗牙根混播，山东境内为黑麦草、狗牙根混播草籽按 7:3 比例混合。

经统计，撒播草籽面积和草籽量分别为：河北境内直流线路 6.92hm^2 、 1038kg 。山东境内直流线路 7.77hm^2 、 1088kg ；接地极线路 0.44hm^2 、 62kg 。

（c）临时措施

——植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫

塔基在施工过程中必然会产生临时堆土，主要为基槽余土，塔基区基础开挖土方临时堆存于塔基两侧，并采取相应的水土保持临时措施对堆土进行防护。考虑到土石方工程的时间、空间分布，塔基施工过程中，剥离的表土和开挖基槽土石不能及时回填，分别集中堆放。

平原区塔基临时堆土防护措施：直流线路单塔存放临时堆土量平均按 10m^3 考虑。接地极线路单塔存放临时堆土量平均按 3m^3 考虑，临时堆土大体呈棱台形堆放于塔基两侧，平均堆土高度为 2.5m ，边坡比控制在 1:1，坡顶、坡面采用密目网临时覆盖，堆土四周坡脚处用植生袋装土对密目网进行压盖以防被大风吹起，植生袋装土主要利用塔基开挖出的临时堆土，施工结束后将植生袋清理干净，袋中

的土方回填利用。为避免清理回填土时对原地貌的扰动，需在临时堆土区域底部先行铺垫彩条布，可降低清理场地时的扰动程度。密目网苫盖面积直流线路单塔按 180m^2 考虑，接地极线路和迁改线路单塔按 110m^3 考虑。彩条布铺垫面积直流线路单塔按 240m^2 考虑，接地极线路和迁改线路单塔按 150m^3 考虑。

平原区塔基临时堆土防护措施典型设计图见附图 5-2-5。

经统计，植生袋拦挡工程量、密目网苫盖和彩条布隔离工程量分别为：甘肃境内直流线路 540m^3 、 9720m^2 、 12960m^2 ；接地极线路 114m^3 、 4180m^2 、 5700m^2 ；迁改线路 9m^3 、 330m^2 、 450m^2 。河北境内 2360.00m^3 、 42480m^2 、 56640m^2 。山东境内直流线路 2400m^3 、 43200m^2 、 57600m^2 ；接地极线路 205m^3 、 4510m^2 、 6150m^2 。

——彩条旗围护

为防止施工人员及车辆跨越塔基施工场地租地范围作业，造成大面积的地表扰动，在施工期内对塔基施工场地四周布设彩条旗进行围护。

经统计，彩条旗围护工程量分别为：甘肃境内直流线路 6480m ，接地极线路 3420m ，迁改线路 270m 。河北境内直流线路 28320m 。山东境内直流线路 28800m ，接地极线路 3690m 。

——泥浆沉淀池

本工程平原区塔基部分采用钻孔灌注桩基础，共 498 基。灌注桩施工前，先对塔基区剥离表土，剥离的表土全部装入植生袋内，根据需要围挡在灌注桩基础施工区域外围和泥浆沉淀池周围，施工结束后拆除植生袋拦挡，恢复塔基区表土。

由于施工时会产生钻渣泥浆，因此需采取措施对塔基基础产生的钻渣泥浆进行处理。按平均每基灌注桩钻渣泥浆为 300m^3 设计泥浆沉淀池，泥浆沉淀池采用半挖半填方式，其尺寸根据钻渣泥浆量确定，每个沉淀池地下部分池口尺寸为 15m （长） $\times 15\text{m}$ （宽） $\times 1.5\text{m}$ （深），池壁开挖坡比控制在 1: 0.5，以保持边坡的稳定，每个沉淀池地下部分容量超过 150m^3 ，足以容纳钻孔灌注桩产生的钻渣泥浆。

经统计，泥浆沉淀池工程量分别为：河北境内直流线路 236 个。山东境内直流线路 222 个；接地极线路 40 个。

平原区塔基防护措施典型设计图见附图 5-2-5。

2) 牵张场区

(a) 工程措施

——土地整治

耕地恢复：对于牵张场区占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要。

经统计，土地整治（耕地恢复）面积分别为：甘肃境内直流线路 0.96hm^2 ，接地极线路 0.21hm^2 ，迁改线路 0.07hm^2 。河北境内直流线路 5.98hm^2 。山东境内直流线路 10.08hm^2 ，接地极线路 0.21hm^2 。

（b）临时措施

——彩条布铺垫

为减少对地表的扰动，在牵张场地内铺设一定数量的彩条布，以满足施工结束后耕地恢复或土地整治需要，直流线路单个牵张场彩条布铺垫为 150m^2 ，接地极线路单个牵张场彩条布铺垫 80m^2 。

经统计，彩条布铺垫工程量分别为：甘肃境内直流线路 600m^2 ，接地极线路 240m^2 ，迁改线路 80m^2 。河北境内直流线路 3600m^2 。山东境内直流线路 6300m^2 ，受端接地极线路 240m^2 。

——彩条旗围护

为防止施工人员及车辆跨越牵张场租地范围作业，造成大面积的地表扰动，在施工期内对牵张场三侧布设彩条旗进行围护。

经统计，彩条旗围护工程量分别为：甘肃境内直流线路 640m ，接地极线路 270m ，迁改线路 90m 。河北境内直流线路 3840m 。山东境内直流线路 6720m ，受端接地极线路 180m 。

——铺设钢板

为方便机械设备和导线的运输与吊装，在牵张场地内规划出施工通道，通道做适当平整后铺设 6mm 厚棕垫，棕垫的铺设可降低重型机械及车辆对原地貌的扰动。直流线路单个牵张场平均铺设钢板 400m^2 ，接地极线路单个牵张场平均铺设钢板 200m^2 。

经统计，铺设钢板工程量分别为：甘肃境内直流线路 1600m^2 ，接地极线路 600m^2 ，迁改线路 200m^2 。河北境内直流线路 9600m^2 。山东境内直流线路 16800m^2 ，受端接地极线路 600m^2 。

3) 跨越施工场地区

（a）工程措施

——土地整治

植树种草：对跨越施工场地区需要后期恢复绿化区域进行土地整治，改善施工迹地的理化性质，以满足后期植被生长环境要求。

经统计，土地整治面积分别为：河北境内直流线路面积 2.48hm^2 。山东境内直流线路面积 1.28hm^2 。

耕地恢复：对于跨越施工场地区占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要。

经统计，土地整治（耕地恢复）面积分别为：甘肃境内直流线路 2.24hm^2 ，接地极线路 0.04hm^2 ，迁改线路 0.08hm^2 。河北境内直流线路 7.12hm^2 。山东境内直流线路 8.76hm^2 ；受端接地极线路 0.04hm^2 。

（b）植物措施

跨越施工场地施工完成后进行土地整治，对原占地类型为草地的区域撒播草籽进行植被恢复。

经统计，撒播草籽面积和草籽量分别为：河北境内直流线路 2.48hm^2 、 372kg 。山东境内直流线路 1.28hm^2 、 102kg 。

（c）临时措施

——彩条旗围护

为防止施工人员及机械跨越租地范围作业，引起更多的地表扰动，在施工前先行对跨越施工场地周围布设彩旗绳围栏限定施工范围。围栏按 3 面布设。

经统计，彩条旗围护工程量分别为：甘肃境内直流线路 240m ，接地极线路 60m ，迁改线路 120m 。河北境内直流线路 36000m ，山东境内直流线路 37650m ；接地极线路 50m 。

4）施工道路区

（a）工程措施

——土地整治

植树种草：对施工道路区需要后期恢复绿化区域进行土地整治，改善施工迹地的理化性质，以满足后期植被生长环境要求。

经统计，河北境内直流线路土地整治后植树种草面积 2.11hm^2 。

耕地恢复：对于施工道路区占用耕地、园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施肥，机械耕翻地后可满足作物生长需要。

经统计，土地整治（耕地恢复）面积分别为：甘肃境内直流线路 2.52hm^2 ，接

地极线路 2.36hm²，迁改线路 0.11hm²。河北境内直流线路 14.41hm²。山东境内直流线路 11.53m²，受端接地极线路 2.28hm²。

(b) 植物措施

施工道路施工完成后进行土地整治，对原占地类型为草地的区域撒播草籽进行植被恢复。

经统计，撒播草籽面积和草籽量分别为：河北境内直流线路 2.11hm²、317kg。

(c) 临时措施

——彩条旗围护

为防止施工人员及车辆跨越施工道路租地范围作业，造成大面积的地表扰动，在施工期内对施工道路两侧布设彩条旗进行围护。

经统计，彩条旗围护工程量分别为：甘肃境内直流线路 11280m，接地极线路 10800m，迁改线路 600m。河北境内直流线路 159880m。山东境内直流线路 100100m，接地极线路 20200m。

5.3.3.3 施工管理措施

为最大程度的减少工程施工对原地表的扰动，减少水土流失数量，本方案提出工程施工管理措施，具体如下：

(1) 施工单位应按总体规划要求，对各自的施工区进行规划，避免和减少相互干扰。基础开挖尽量一次开挖施工，以减少相互干扰及二次开挖和夯填工程量。临近的地下设施尽量同槽一次开挖，同时保持基坑土方边坡的稳定，使基面不受干扰。

(2) 施工时合理安排施工时序，开挖前要先放线，做到先防护，后开挖。开挖的土石方应尽可能直接堆至回填区域或指定的临时堆土场妥善堆放，做到随挖、随填、随夯，减少由于土石方中转造成的水土流失。基础开挖和混凝土浇灌要尽量避开大风天气，施工单位在土建施工期间应注意收听天气预报，如遇大风应及时作好施工区的临时防护。

(3) 各处施工区域采用封闭施工，减少对周边区域扰动。

(4) 施工单位应在施工手册中包含水土保持实施细则，将水土保持方案报告书及设计文件中规定的水土保持措施进行细化，管理到位，监理到场，责任到人。

(5) 加强对施工人员的宣传教育，增强生态环境保护意识，防治水土流失。应安排专人对施工环境状况进行日常监督检查，并将水土保持及生态环境保护纳

入个人收入考核范围。

5.3.3.4 防治措施工程量汇总

本工程水土保持工程量汇总见下表。

表 5.3-8 水土保持工程措施工程量汇总表

防治分区				工程措施	单位	工程量
甘肃省	山丘区	直流线路	塔基区	浆砌石护坡	m ³	350
				浆砌石挡渣墙	m ³	500
				浆砌石排水沟	m	150
					m ³	94
				表土剥离	hm ²	5.17
					m ³	15524
				表土回覆	m ³	15524
				土地整治	hm ²	14.95
				耕地恢复	hm ²	1.66
			牵张场区	表土剥离	hm ²	0.59
					m ³	1764
				表土回覆	m ³	1764
				土地整治	hm ²	6.72
				耕地恢复	hm ²	0.72
			跨越施工场地区	土地整治	hm ²	0.28
				耕地恢复	hm ²	0.72
			施工道路区	表土剥离	hm ²	7.21
					m ³	21630
				表土回覆	m ³	21630
				土地整治	hm ²	40.99
				耕地恢复	hm ²	4.55
	平原	接地极线路	塔基区	浆砌石护坡	m ³	100
				浆砌石挡渣墙	m ³	100
				浆砌石排水沟	m	160
					m ³	100
				表土剥离	hm ²	0.51
					m ³	1526
				表土回覆	m ³	1526
				土地整治	hm ²	0.89
				耕地恢复	hm ²	0.36
			牵张场区	表土剥离	hm ²	0.05
					m ³	139
				表土回覆	m ³	139
				土地整治	hm ²	0.21
			施工道路区	表土剥离	hm ²	1.00
					m ³	2993
				表土回覆	m ³	2993
				土地整治	hm ²	3.05
				耕地恢复	hm ²	1.25
	平原	直流线路	塔基区	表土剥离	hm ²	1.79
					m ³	5380

防治分区				工程措施	单位	工程量
区				表土回覆	m ³	5380
				耕地恢复	hm ²	14.2
			牵张场	耕地恢复	hm ²	0.96
			跨越施工场地	耕地恢复	hm ²	2.24
			施工道路	耕地恢复	hm ²	2.52
		接地极 线路	塔基区	表土剥离	hm ²	0.19
					m ³	578
				表土回覆	m ³	578
				耕地恢复	hm ²	2.17
			牵张场	耕地恢复	hm ²	0.21
			跨越施工场地	耕地恢复	hm ²	0.04
			施工道路	耕地恢复	hm ²	2.36
		迁改线 路	塔基区	表土剥离	hm ²	0.01
					m ³	27
				表土回覆	m ³	27
				耕地恢复	hm ²	0.11
			牵张场	耕地恢复	hm ²	0.07
			跨越施工场地	耕地恢复	hm ²	0.08
			施工道路	耕地恢复	hm ²	0.11
		送端换 流站	站区	混凝土截水沟*	m	1600
				钢筋混凝土沟道 (1.5×1.5m)	m ³	4779
				混凝土排水沟*	m	2600
				浇制钢筋混凝土沟道	m ³	3368
				雨水排水管*	m	6550
				排水、雨水管道 DN≤1000mm	m	2700
				室外排水、雨水管道 DN≤600mm	m	2750
				室外排水、雨水管道 DN≤300mm	m	1100
				钢筋混凝土井、池容积 V≤10m ³	m ³	1056
				钢筋混凝土井池 10m ³ <V≤50m ³	m ³	1432
				钢筋混凝土井、池容积 V≤10m ³	m ³	308
				表土剥离	hm ²	34.12
					m ³	91493
				表土回覆	hm ²	0.15
					m ³	600
				土地整治	hm ²	0.15
			进站道路区	浆砌石排水沟*	m	430
				浆砌石衬砌	m ³	829
				成品沟盖板 50 厚	m ²	1445
				钢筋混凝土井、池容积 V≤10m ³	m ³	3
				表土剥离	hm ²	1.06
					m ³	3180
				表土回覆	hm ²	0.85

防治分区				工程措施	单位	工程量
陕西省	山丘区	直流线路			m ³	3180
				土地整治	hm ²	0.85
			外接电源工程区	表土剥离	hm ²	0.75
					m ³	1886
				表土回覆	hm ²	0.66
					m ³	1886
				土地整治	hm ²	5.22
				耕地恢复	hm ²	2.24
			给排水工程区	站外排水管*	m	1500
				室外排水、雨水管道 DN1800mm	m	1500
				排水消力池 100m ³ < V ≤ 200m ³	m ³	308
				表土剥离	hm ²	5.47
					m ³	13675
				表土回覆	hm ²	5.47
					m ³	13675
				土地整治	hm ²	8.91
				耕地恢复	hm ²	13.44
			施工生产生活区	表土剥离	hm ²	8.52
					m ³	25560
				表土回覆	hm ²	8.52
					m ³	25560
			临时堆土区	耕地恢复	hm ²	8.52
				耕地恢复	hm ²	3.48
		送端接地极	汇流装置区	表土剥离	hm ²	0.09
			电极电缆区		m ³	243
				表土剥离	hm ²	2.76
					m ³	8285
				表土回覆	hm ²	2.71
					m ³	8751
			检修道路区	耕地恢复	hm ²	9.58
				表土剥离	hm ²	0.06
			接地极外接电源		m ³	223
				表土剥离	hm ²	0.03
					m ³	102
				表土回覆	hm ²	0.02
					m ³	102
				耕地恢复	hm ²	0.02
陕西省	山丘区	直流线路	塔基区	浆砌石护坡	m ³	395
				浆砌石挡渣墙	m ³	105
				浆砌石排水沟	m	578
					m ³	361
				表土剥离	hm ²	7.70
					m ³	23107

防治分区				工程措施	单位	工程量
山西省	山丘区	迁改线路		表土回覆	m ³	23107
				土地整治	hm ²	23.14
				耕地恢复	hm ²	6.49
			牵张场区	表土剥离	hm ²	0.69
					m ³	2066
				表土回覆	m ³	2066
				土地整治	hm ²	8.16
				耕地恢复	hm ²	1.68
			跨越施工场地区	土地整治	hm ²	2.28
				耕地恢复	hm ²	0.40
			施工道路区	表土剥离	hm ²	8.06
					m ³	24192
				表土回覆	m ³	24192
				土地整治	hm ²	44.09
				耕地恢复	hm ²	9.67
			塔基区	表土剥离	hm ²	0.08
					m ³	229
				表土回覆	m ³	229
				土地整治	hm ²	0.50
			牵张场区	表土剥离	hm ²	0.03
					m ³	101
				表土回覆	m ³	101
			施工道路区	土地整治	hm ²	0.48
				表土剥离	hm ²	0.01
					m ³	25
				表土回覆	m ³	25
				土地整治	hm ²	0.20
		直流线路	塔基区	浆砌石护坡	m ³	1214
				浆砌石挡渣墙	m ³	2656
				浆砌石排水沟	m	527
					m ³	408
				表土剥离	hm ²	16.81
					m ³	50600
				表土回覆	m ³	50600
				耕地恢复	hm ²	26.11
				土地整治	hm ²	48.06
			牵张场区	表土剥离	hm ²	1.39
					m ³	4200
				表土回覆	m ³	4200
				耕地恢复	hm ²	6.72
				土地整治	hm ²	13.2
			跨越施工场地区	耕地恢复	hm ²	3.28
				土地整治	hm ²	8.72

防治分区				工程措施	单位	工程量
		迁改线路	施工道路区	表土剥离	hm ²	14.54
					m ³	43600
				表土回覆	m ³	43600
				耕地恢复	hm ²	35.6
			塔基区	土地整治	hm ²	61.28
				浆砌石挡渣墙	m ³	110
				表土剥离	hm ²	0.17
					m ³	500
				表土回覆	m ³	500
				耕地恢复	hm ²	0.92
			牵张场区	表土剥离	hm ²	0.06
					m ³	200
				表土回覆	m ³	200
			跨越施工场地区	耕地恢复	hm ²	0.88
				耕地恢复	hm ²	0.20
			施工道路区	表土剥离	hm ²	0.46
					m ³	1400
				表土回覆	m ³	1400
				耕地恢复	hm ²	3.07
河北省	山丘区	直流线路	塔基区	表土剥离	hm ²	2.81
					m ³	5600
				表土回覆	m ³	5600
				耕地恢复	hm ²	6.90
				浆砌石挡渣墙	m ³	200
				浆砌石护坡	m ³	200
				浆砌石排水沟	m ³	150
				土地整治	hm ²	3.89
			牵张场区	表土剥离	hm ²	2.64
					m ³	7920
				表土回覆	m ³	7920
			跨越施工场地区	土地整治	hm ²	2.64
				耕地恢复	hm ²	1.98
			施工道路区	土地整治	hm ²	1.38
				表土剥离	hm ²	2.80
					m ³	6500
				表土回覆	m ³	6500
				耕地恢复	hm ²	8.10
				土地整治	hm ²	10.56
	平原区	直流线路	塔基区	表土剥离	hm ²	5.03
					m ³	15100
				表土回覆	m ³	15100
				耕地恢复	hm ²	20.55
				土地整治	hm ²	6.92

防治分区			工程措施	单位	工程量
山东省	山丘区	直流线路	牵张场区	耕地恢复	hm ² 5.98
			跨越施工场地区	耕地恢复	hm ² 7.12
				土地整治	hm ² 2.48
			施工道路区	植生袋装土拦挡	m ³ 6500
				临时排水沟	m 762
					m ³ 103
				素土夯实	m ³ 103
			塔基区	表土剥离	hm ² 1.00
				表土回覆	m ³ 2000
					m ³ 2000
				耕地恢复	hm ² 3.48
				浆砌石挡渣墙	m ³ 60
				浆砌石护坡	m ³ 150
				浆砌石排水沟	m ³ 23
				土地整治	hm ² 1.24
			牵张场区	表土剥离	hm ² 1.20
				表土回覆	m ³ 2400
					m ³ 2400
				耕地恢复	hm ² 0.95
				土地整治	hm ² 0.25
	平原区	受端换流站	施工道路区	植生袋装土拦挡	m ³ 1300
				临时排水沟	m 432
					m ³ 58
				素土夯实	m ³ 58
			站区	DN≤1000mm 雨水排水管*	m 2700
				DN≤300mm 雨水排水管*	m 1900
				DN≤600mm 雨水排水管*	m 4000
				Φ1200 雨水排水管*	m 200
				Φ1500 雨水排水管*	m 200
				表土剥离	hm ² 21.25
					m ³ 63800
				表土回覆	hm ² 9.16
					m ³ 27500
				浆砌石骨架护坡	m ³ 2327.50
				碎石铺盖	hm ² 0.65
				土地整治	hm ² 9.16
				雨水检查井	座 260
				雨水井	座 420
			进站道路区	表土剥离	hm ² 0.19
				表土回覆	m ³ 600
			外接电源工程区	表土剥离	hm ² 0.38
				表土回覆	m ³ 1100
					hm ² 0.29

防治分区				工程措施	单位	工程量	
					m ³	1100	
				耕地恢复	hm ²	0.29	
			供排水工程区	DN1500 镀锌钢管	m	1350	
				八字浆砌石排水口	座	2.00	
				表土剥离	hm ²	5.37	
					m ³	16100	
				表土回覆	hm ²	5.37	
					m ³	16100	
				耕地恢复	hm ²	5.37	
			施工生产生活区	表土剥离	hm ²	5.58	
					m ³	16700	
				表土回覆	hm ²	5.58	
					m ³	16700	
				耕地恢复	hm ²	5.58	
			临时堆土区	耕地恢复	hm ²	2.00	
			取土场	表土剥离	hm ²	5.55	
					m ³	16650	
				表土回覆	hm ²	5.55	
					m ³	53600	
				沉砂池	座	1.00	
				沉砂池 M10 浆砌石	m ³	17.35	
				沉砂池挖方	m ³	74.95	
				耕地恢复	hm ²	5.24	
				浆砌石骨架护坡	m ³	1642	
				截排水沟	m	731	
				截排水沟 M10 浆砌石	m ³	694	
				截排水沟 M10 砂浆抹面	m ²	1739	
				截排水沟挖方	m ³	1257	
				削坡工程	m ³	10265	
				还建工程区	表土剥离	hm ²	1.35
			m ³			4100	
			表土回覆		hm ²	0.75	
					m ³	4100	
			耕地恢复		hm ²	0.75	
			受端接地极	汇流装置区	表土剥离	hm ²	0.05
					m ³	200	
				电极电缆区	表土剥离	hm ²	2.32
						m ³	7000
					表土回覆	m ³	7400
					耕地恢复	hm ²	8.11
					土地整治	hm ²	0.00
				检修道路区	表土剥离	hm ²	0.03
m ³	100						

防治分区				工程措施	单位	工程量
			外接电源工程区	表土剥离	hm ²	0.03
					m ³	100
				表土回覆	m ³	100
				耕地恢复	hm ²	0.01
				土地整治	hm ²	0.02
		直流线路	塔基区	表土剥离	hm ²	6.14
					m ³	18400
				表土回覆	m ³	18400
				耕地恢复	hm ²	26.53
				土地整治	hm ²	7.77
			牵张场区	耕地恢复	hm ²	10.08
			跨越施工场地区	耕地恢复	hm ²	8.76
				土地整治	hm ²	1.28
			施工道路区	耕地恢复	hm ²	11.53
		受端接地极线路	塔基区	表土剥离	hm ²	0.35
					m ³	1100
				表土回覆	m ³	1100
				耕地恢复	hm ²	3.33
				土地整治	hm ²	0.44
			牵张场区	耕地恢复	hm ²	0.21
			跨越施工场地区	耕地恢复	hm ²	0.04
			施工道路区	耕地恢复	hm ²	2.28

表 5.3-9 水土保持植物措施工程量汇总表

防治分区				植物措施	树草种	单位	数量	面积 (hm ²)
甘肃省	山丘区	直流线路	塔基区	恢复林地	紫穗槐	株	17437	11.62
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	2690	14.95
			牵张场区	恢复林地	紫穗槐	株	7560	5.04
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	1210	6.72
			跨越施工场地区	恢复林地	紫穗槐	株	240	0.16
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	50	0.28
			施工道路区	恢复林地	紫穗槐	株	47821	31.88
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	7378	40.99
		接地极线路	塔基区	恢复林地	紫穗槐	株	1336	0.89
				撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	160	0.89
			牵张场区	恢复林地	紫穗槐	株	315	0.21
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	38	0.21
			施工道路区	恢复林地	紫穗槐	株	4574	3.05
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	549	3.05
甘肃省	平原区	送端换流站工程	站区	植物措施	黑麦草、三叶草、胡枝子	m ²	1500	0.15
			进站道路区	植物措施	黑麦草、三叶草	kg	68	0.85
			外接电源工程区	撒播草籽	黑麦草、三叶草	kg	418	5.22
			供排水工程区	撒播草籽	黑麦草、三叶草	kg	713	8.91
陕西省	山丘区	直流线路	塔基区	恢复林地	紫穗槐	株	34713	23.14
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	3703	23.14
			牵张场区	恢复林地	紫穗槐	株	12240	8.16
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	1306	8.16
			跨越施工场地区	恢复林地	紫穗槐	株	3420	2.28
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	365	2.28
			施工道路区	恢复林地	紫穗槐	株	66142	44.09
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	7055	44.09
		迁改线路	塔基区	恢复林地	紫穗槐	株	754	0.50
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	80	0.50
			牵张场区	恢复林地	紫穗槐	株	720	0.48
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	77	0.48
			施工道路区	恢复林地	紫穗槐	株	296	0.20
				撒播草籽	紫花苜蓿、狗尾草	kg	32	0.20
山西省	山丘区	直流线路	塔基区	恢复林地	荆条	株	44100	29.4
				撒播草籽	紫花苜蓿、早熟禾	kg	8170	48.06
			牵张场区	恢复林地	荆条	株	17280	11.52

防治分区				植物措施	树草种	单位	数量	面积 (hm ²)
			跨越施工场地区	撒播草籽	紫花苜蓿、早熟禾	kg	2244	13.2
				恢复林地	荆条	株	12240	8.16
			施工道路区	撒播草籽	紫花苜蓿、早熟禾	kg	1482	8.72
				恢复林地	荆条	株	82050	54.7
				撒播草籽	紫花苜蓿、早熟禾	kg	10418	61.28
河北省	山丘区	直流线路	塔基区	恢复林地	紫穗槐	株	285	0.19
				撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	584	3.89
			牵张场区	恢复林地	紫穗槐	株	345	0.23
				撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	396	4.95
			跨越施工场地区	恢复林地	紫穗槐	株	315	0.21
				撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	207	2.59
			施工道路区	恢复林地	紫穗槐	株	405	0.27
				撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	1584	10.56
	平原区	直流线路	塔基区	撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	1038	6.92
			跨越施工场地区	撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	372	4.65
			施工道路区	撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	317	2.11
山东省	山丘区	直流线路	塔基区	恢复林地	紫穗槐	株	90	0.23
				撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	174	1.24
			牵张场	恢复林地	紫穗槐	株	45	0.03
				撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	36	0.46
			施工道路区	恢复林地	紫穗槐	株	195	0.24
				撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	375	2.68
	平原区	受端换流站	站区	栽植灌木	丰花月季、小叶女贞	株	60000	0.30
				撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	709	8.86
			取土场	恢复林地	紫穗槐	株	8982	0.90
				撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	101	1.26
		受端接地极	外接电源工程区	撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	3	3.25
		直流线路	塔基区	撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	1088	7.77
			跨越施工场地区	撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	102	1.28
		受端接地极线路	塔基区	撒播草籽	黑麦草、狗牙根	kg	62	0.44

表 5.3-10 水土保持临时措施工程量汇总表

防治分区				临时措施	单位	工程量	
甘肃省	山丘区	直流线路	塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	1920	
				密目网苫盖	m ²	25600	
				彩条旗围护	m	11520	
				铺设彩条布	m ²	19200	
				泥浆沉淀池	座	1	
			牵张场区	密目网苫盖	m ²	600	
				铺设彩条布	m ²	450	
				铺设钢板	m ²	600	
				彩条旗围护	m	480	
			跨越施工场地区	彩条旗围护	m	420	
			施工道路区	植生袋装土拦挡	m ³	21630	
				临时排水沟	m	6850	
					m ³	925	
					素土夯实	m ³	925
		接地极线路		塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	270
			密目网苫盖		m ²	8100	
			彩条旗围护		m	3240	
			铺设彩条布		m ²	5400	
			牵张场区	密目网苫盖	m ²	450	
				铺彩条布	m ²	240	
				铺设钢板	m ²	450	
				彩条旗围护	m	270	
			施工道路区	植生袋装土拦挡	m ³	2993	
				临时排水沟	m	100	
		m ³			14		
		素土夯实		m ³	14		
	平原区	直流线路		塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	540
					密目网苫盖	m ²	9720
			彩条旗围护		m	6480	
			铺设彩条布		m ²	12960	
			牵张场区	铺设彩条布	m ²	600	
				铺设钢板	m ²	1600	
				彩条旗围护	m	640	
			跨越施工场地区	彩条旗围护	m	240	
			施工道路区	彩条旗围护	m	11280	
			接地极线路	塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	114
		密目网苫盖			m ²	4180	
		彩条旗围护			m	3420	
		铺设彩条布			m ²	5700	
		牵张场区		铺设彩条布	m ²	240	
				铺设钢板	m ²	600	
				彩条旗围护	m	270	
		跨越施工场地区		彩条旗围护	m	60	
		施工道路区		彩条旗围护	m	10800	

陕西省	山丘区	迁改线路	塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	9
				密目网苫盖	m ²	330
				彩条旗围护	m	270
				铺设彩条布	m ²	450
			牵张场区	铺设彩条布	m ²	80
				铺设钢板	m ²	200
				彩条旗围护	m	90
			跨越施工场地区	彩条旗围护	m	120
			施工道路区	彩条旗围护	m	600
		送端换流站	站区	植生袋装土拦挡	m	600
				密目网苫盖	m ²	23000
			进站道路区	彩条旗围护	m	2120
				密目网苫盖	m ²	1219
			外接电源工程区	彩条旗围护	m	33710
				密目网苫盖	m ²	11755
			供排水工程区	彩条旗围护	m	30100
				密目网苫盖	m ²	80298
			施工生产生活区	临时排水沟	m	2300
				临时沉砂池	处	6
				彩条旗围护	m	2400
				密目网苫盖	m ²	8520
			临时堆土区	临时排水沟	m	1000
				临时沉砂池	处	4
				彩条旗围护	m	900
				植生袋装土拦挡	m	800
				密目网苫盖	m ²	36540
				临时撒草防护	hm ²	3.48
		送端接地极	汇流装置区	植生袋装土拦挡	m	100
				密目网苫盖	m ²	534
			电极电缆区	彩条旗围护	m	7534
				植生袋装土拦挡	m	3297
				密目网苫盖	m ²	27621
			检修道路区	彩条旗围护	m	200
			外接电源工程区	彩条旗围护	m	120
				密目网苫盖	m ²	60
陕西省	山丘区	直流线路	塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	4710
				密目网苫盖	m ²	62800
				彩条旗围护	m	28260
				铺设彩条布	m ²	47100
				泥浆沉淀池	座	2
			牵张场区	密目网苫盖	m ²	8200
				铺彩条布	m ²	6150
				铺设钢板	m ²	8200
				彩条旗围护	m	6560
			跨越施工场地区	彩条旗围护	m	4020

	山丘区		施工道路区	植生袋装土拦挡	m ³	24192
				临时排水沟	m	6210
					m ³	838
				素土夯实	m ³	838
		迁改线路	塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	60
				密目网苫盖	m ²	800
				彩条旗围护	m	360
				铺设彩条布	m ²	600
			牵张场区	密目网苫盖	m ²	800
				铺彩条布	m ²	600
				铺设钢板	m ²	800
				彩条旗围护	m	640
			施工道路区	植生袋装土拦挡	m ³	25
				临时排水沟	m	35
					m ³	5
				素土夯实	m ³	5
山西省	山丘区	直流线路	塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	9675
				密目网苫盖	m ²	129000
				彩条旗围护	m	58050
				铺设彩条布	m ²	96750
				泥浆沉淀池	座	6
			牵张场区	铺彩条布	m ²	16600
				密目网苫盖	m ²	12450
				铺设钢板	m ²	16600
				彩条旗围护	m	13280
			跨越施工场地区	彩条旗围护	m	18000
			施工道路区	植生袋装土拦挡	m ³	43600
				临时排水沟	m	9870
					m ³	1332
				素土夯实	m ³	1332
		迁改线路	塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	100
				密目网苫盖	m ²	2000
				彩条旗围护	m	840
				铺设彩条布	m ²	1400
			牵张场区	铺设彩条布	m ²	1000
				密目网苫盖	m ²	620
				铺设钢板	m ²	800
				彩条旗围护	m	680
			跨越施工场地区	彩条旗围护	m	300
			施工道路区	植生袋装土拦挡	m ³	1400
				临时排水沟	m	960
					m ³	129.6
				素土夯实	m ³	129.6
河北省	山丘区	直流线路	塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	2745
				彩条旗围护	m	32940
				密目网苫盖	m ²	36600

山东省	平原区	直流线路		铺设彩条布	m ²	27450
			牵张场区	彩条旗围护	m	1650
				密目网苫盖	m ²	2200
				铺设彩条布	m ²	1650
				铺设钢板	m ²	2200
			跨越施工场地区	彩条旗围护	m	6720
			施工道路区	植生袋装土拦挡	m ³	6500
				密目网苫盖	m ²	762
				铺设彩条布	m ²	39970
			塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	6500
				临时排水沟	m	762
					m ³	103
				素土夯实	m ³	103
			牵张场区	彩条旗围护	m	3840
				铺设彩条布	m ²	3600
				铺设钢板	m ²	9600
			跨越施工场地区	彩条旗围护	m	36000
			施工道路区	彩条旗围护	m	159880
	山丘区	直流线路	塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	450
				彩条旗围护	m	5400
				密目网苫盖	m ²	6000
				泥浆沉淀池	座	9
				铺设彩条布	m ²	4500
			牵张场区	彩条旗围护	m	750
				密目网苫盖	m ²	1000
				铺设彩条布	m ²	750
				铺设钢板	m ²	1000
			施工道路区	植生袋装土拦挡	m ³	1300
				临时排水沟	m	432
					m ³	58
				素土夯实	m ³	58
	平原区	受端换流站	站区	密目网苫盖	hm ²	5.32
			进站道路区	密目网苫盖	m ²	500
			外接电源工程区	彩条布铺垫	m ²	4000
				密目网苫盖	m ²	5000
			供排水工程区	彩条布铺垫	m ²	19200
				密目网苫盖	m ²	24000
			施工生产生活区	普通砖抹面沉砂池	座	4
				砌砖	m ³	5.78
				抹面	m ²	56.4
				挖方	m ³	25.78
				普通砖抹面排水沟	m	1442.16
				抹面	m ²	1297.94
				砌砖	m ³	140.02
				挖方	m ³	269.81
			临时堆土区	植生袋装土拦挡	m ³	1283.85

				植生袋装土拦挡拆除	m ³	1283.85
				密目网苫盖	m ²	20000
				土质排水沟	m	634
				素土拍实	m ³	26.63
				挖方	m ³	88.76
			取土场	植生袋装土拦挡	m ³	1477.89
				植生袋装土拦挡拆除	m ³	1477.89
				密目网苫盖	m ²	14000
			还建工程区	彩条布铺垫	m ²	7000
				密目网苫盖	m ²	9000
		受端接 地极	汇流装置区	植生袋装土拦挡	m ³	20
				密目网苫盖	m ²	450
			电极电缆区	植生袋装土拦挡	m ³	825
				彩条旗围护	m	6994
			检修道路区	密目网苫盖	m ²	26689
				彩条旗围护	m	672
			外接电源工程区	彩条布铺垫	m ²	450
				密目网苫盖	m ²	450
		直流线 路	塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	2400
				彩条旗围护	m	28800
				密目网苫盖	m ²	43200
				泥浆沉淀池	座	222
				铺设彩条布	m ²	57600
			牵张场区	彩条旗围护	m	6720
				铺设彩条布	m ²	6300
				铺设钢板	m ²	16800
			跨越施工场地区	彩条旗围护	m	37650
			施工道路区	彩条旗围护	m	100100
		受端接 地极线 路	塔基区	植生袋装土拦挡	m ³	205
				彩条旗围护	m	3690
				密目网苫盖	m ²	4510
				泥浆沉淀池	座	40
				铺设彩条布	m ²	6150
			牵张场区	彩条旗围护	m	180
				铺设彩条布	m ²	240
				铺设钢板	m ²	600
			跨越施工场地区	彩条旗围护	m	50
			施工道路区	彩条旗围护	m	20200

5.4 施工要求

5.4.1 施工原则

(1) 与主体工程相配合、协调，在不影响主体工程施工的前提下，尽可能利用线路沿线已有的水、电、交通等施工条件，减少施工辅助设施工程量。

(2) 按照“三同时”的原则，水土保持措施实施进度与主体工程建设进度相适应，及时防治新增水土流失。

(3) 施工进度安排坚持“保护优先、先挡后弃、及时跟进”的原则，堆土堆渣先采取拦挡措施，临建工程施工完毕后，按原占地类型及时进行恢复，植物措施在整地的基础上尽快实施。

5.4.2 施工组织形式

本方案防治措施主要有工程措施、植物措施和临时防护措施，不同的措施其施工组织形式不同，应区别对待。

施工时应根据各防治区域具体的工程措施合理安排各施工工序，减少或避免各工序间的相互干扰，与主体工程施工一并进行。

植物措施设计以经济实用、方便施工和美观大方为原则。塔基区、施工区临时占地区等结合主体工程进行种植草或植树。植物措施施工要选择雨季或雨季即将来临进行，以防恶劣天气造成的不必要的损失，造成新的水土流失。草籽撒播前，在种草的区域内铺填一定厚度的表土。

土地整治应按复垦或草籽撒播要求对地形进行整理。注意将埋在土壤内的杂物等清除。同时要考虑草地的排水状况，过干过湿润不利于草籽植物的生长。对于需恢复农田耕作的整地时可同时施入基肥，同时要注意增施氮肥，施基肥应混入 10cm 土层中，整地施肥时注意土地整平，耕松表土，用滚轴压平，使其紧实，坑洼处必须填平。

5.4.3 主要水土保持工程施工方法与施工工艺

(1) 表土剥离及回覆

本工程对山丘和平原区耕地、园地、林地及草地的扰动开挖区域进行表土剥离。

1) 施工准备

建好施工平面控制网、高程系统，按设计要求放出开挖高程及开挖边线。

2) 测量放样

表土剥离前，利用全站仪及水准仪进行测量放样，确定开挖范围、高程，并打（放）开挖范围、开挖深度控制桩线。

3) 表土剥离

根据测量放样，大范围区域的表土剥离采用推土机推至存储区，对于地形有起伏且区域较小部位采用铁锹、锄头清除施工场地表土，再采用推土机推至存储区，若临时堆放场地较远，可采用自卸汽车运输至设定的临时堆放场地存放。

考虑项目区表土厚度及施工条件等因素，表土剥离厚度按耕地 30cm，其他 20~30cm 考虑。

4) 堆存保护

由于表土存储无压实度要求，因此按要求堆放在存储地后进行拍实即可，临时堆土底部彩条布铺垫，减缓清理堆土时对原地貌的扰动，表层苫盖密目网，防止刮风引起扬尘。

5) 表土回覆

土地整治后将表土运至回覆场地进行铺料、整平、压实，据原占地类型、立地条件及环境绿化等需要，分别确定表土回覆厚度。换流站站区绿化区域表土回覆厚度按 30~40cm 考虑，耕地恢复区域按照 30cm 考虑，其余区域按照 20~30cm 考虑。线路工程耕地恢复区域按照 30cm 考虑，其余区域按照 20~30cm 考虑。

(2) 护坡工程

浆砌石护坡工程施工工艺包括基土清理、基土碾压、基座施工、浆砌石砌筑等。基土清理，基面清理范围包括坡面及阶面，顶部其边界应在设计基面边线外 30cm~50cm。避免对已清理的基土造成人为破坏，堤基表层不合格土、杂物等必须清除，堤基范围内的坑、槽、沟等，应按堤身填筑要求进行回填处理。护坡工程所需块石、砂、水泥等材料同主体工程一并购买，浆砌石砌筑采用人工砌筑并修整，水泥砂浆由小型拌合机械现场拌制，砌筑前，应在砌体外将石料上的泥垢冲洗干净，砌筑时保持砌石表面湿润；应采用坐浆法分层砌筑，铺浆厚宜 3cm~5cm，随铺浆随砌石，砌缝需用砂浆填充饱满，不得无浆直接贴靠，砌缝内砂浆应采用扁铁插捣密实；上下层砌石应错缝砌筑；砌体外露面应平整美观，外露面上的砌缝应预留约 4cm 深的空隙，以备勾缝处理；水平缝宽应不大于 2.5cm，竖缝

宽应不大于 4cm；勾缝前必须清缝，用水冲净并保持缝槽内湿润，砂浆应分次向缝内堵塞密实；勾缝砂浆标号应高于砌体砂浆；应按实有砌缝勾平缝，严禁勾假缝、凸缝；砌筑完毕后应保持砌体表面湿润做好养护。

（3）排水沟工程

排水沟施工工艺包括沟槽开挖、砌筑、抹面等。排水沟沟槽开挖采用挖掘机配合人工开挖，出渣采用手推车或拖拉机运至线路防治责任范围填平。排水沟所需块石、混凝土同主体工程一并购买，人工砌筑并修整，水泥砂浆由小型拌合机械现场拌制，排水沟出水口采用 C15 素混凝土做成散水。

（4）土地整治

土地整治时先清除表层块石、杂物等，再翻耕 10~20cm，要求整治后的地面坡度要均匀一致、且应满足植被生长要求；控制平整工作量，保持与周边微地形的一致性、协调性，避免产生较大翻土挖填；平整后的土地要尽量保持一定的肥力；宜选择机械化施工为主、人工为辅的翻土、碎土、配合施肥的土地整治方案。

（5）耕地恢复

耕地恢复应将按照《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）的相关要求，进行耕地恢复，兼顾自然条件与土地类型，耕地恢复后地形地貌与当地自然环境和景观相协调。旱地田面坡度不宜超过 25°，有效耕植土层厚度不低于 30cm，土壤容重 $\leq 1.4\text{g/cm}^3$ ，砾石含量 $\leq 15\%$ ，PH 值宜在 5.5-8.0 范围，宜选择机械化施工为主、人工为辅的翻土、碎土、配合施肥的耕地恢复方案以保持土壤具有较好的肥力，以利后期作物生长。

（6）草籽播种及抚育管理

1) 播种

播种时间：结合本工程施工进度，播种时间为 4~6 月、10 月中旬~11 月。

条播：按 10 厘米行距一行或多行同时开沟、播种、覆土一次完成。

撒播：把种子尽可能均匀地撒在地表松土表面并耢耙覆土。

甘肃省境内种子比例为黑麦草：三叶草=1:1，撒播密度 180kg/hm^2 ；陕西境内种子比例为紫花苜蓿:狗尾草=1:1，撒播密度 160kg/hm^2 ；山西境内种子比例为紫花苜蓿:早熟禾=1:1，撒播密度 170kg/hm^2 ；河北境内种子比例为黑麦草:狗牙根=7:3，撒播密度 150kg/hm^2 ；山东境内种子比例为黑麦草:狗牙根=7:3，撒播密度 140kg/hm^2 。

播种深度：2cm。

2) 抚育管理

地表覆盖：播种后及时覆土，用草席或无纺布进行覆盖以免被风吹走。

适当施肥：一般在植物生长期需追肥两次，第一次在幼苗生长1个月后即7月，多年生草本植物开始分蘖时，第二次在幼苗根系迅速生长的8月中旬。肥种以尿素、磷酸二铵为宜，每次追肥量5公斤/亩。

围栏封育：人工恢复植被第一年植物根系较浅，容易为牛羊采食而拔根或践踏致死，因此不能在人工恢复草地进行放牧等活动，应采用刺铁丝隔离栅栏防护。

(7) 灌木种植及抚育管理

1) 栽植

栽植时间：结合本工程施工进度，播种时间为4~6月、10月中旬~11月。

栽植方法：灌木的人工直播造林应提前整地，即在头年的11~12月整地。坑的规格以30×30×20cm居多，也可用小锄边整地边播种，其坑的规格须小一些，即15×15×10cm。坑内的土块必须打碎整平，工作内容主要包括挖坑、栽植、浇水、覆土、保墒、清理。

树种选择：根据当地自然环境条件，甘肃境内灌木选择种植胡枝子；陕西境内灌木选择种植紫穗槐；山西境内灌木选择荆条；河北境内灌木选择紫穗槐；山东境内灌木选择紫穗槐。

栽植密度：灌木种植密度为1500株/hm²。

2) 抚育管理

结合松土、除草和施肥工作，可进行补植补造，造林后的3年内，最好每年进行一次砍灌除草、松土施肥等抚育管理工作。随着树龄的增加，其植株所需营养也在提高，因而施肥量也要不断增加，但在幼树阶段不能施用尿素、磷酸二氢铵等含氮高的化肥。

5.4.4 施工质量要求

水土保持工程实施后，各项治理措施必须符合规定的质量要求，并经规定的质量测定方法确定后，才能作为治理成果进行数量统计。

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）等的相关规定：水保各项治理措施的基本要求

是总体布局合理，各项措施位置符合规划要求，规格、尺寸、质量使用材料、施工方法符合施工和设计标准经暴雨考验后基本完好。

排水沟有效地控制地表径流，排水去处有妥善处理。在经规定频率的暴雨考验后，排水沟及护坡等的完好率在 90%以上。

水土保持种草的位置应符合各类草种所需要的立地条件，种草密度达到设计要求。采用经济价值高、保土保水能力强、抗污染性能好的优良草种，当年出苗率与成活率在 90%以上，三年后保存率在 85%以上。

5.4.5 进度安排

根据水土保持技术规范要求，水土保持措施实施计划安排原则如下：

（1）按照“三同时”原则，坚持预防为主，及时防治。

（2）永久性占地区工程措施坚持“先防护、后施工”的原则，及时控制施工过程中的水土流失。

（3）临时占地区使用完毕后需及时拆除并进行场地清理整治。

（4）植物措施应根据季节及时实施。

本工程水土保持的实施进度，本着预防为主、及时防治的原则，根据工程进度进行安排，尽可能减少施工过程中的水土流失。本工程水土保持措施施工进度见下表。

表 5.4-1 水土保持措施施工进度表

防治分区			措施类型	措施名称	2023 年				2024 年					2025 年				
					6	7~8	9~10	11~12	1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12	1~2	3~4	5	
主体工程																		
平原区	送端换流站	站区	工程措施	混凝土截水沟														
				混凝土排水沟														
				雨水排水管														
				表土剥离														
				表土回覆														
				土地整治														
			植物措施	站区绿化														
			临时措施	植生袋装土拦挡														
				密目网苫盖														
		进站道路区		工程措施	浆砌石排水沟													
			表土剥离															
			表土回覆															
			土地整治															
			植物措施	撒播草籽														
			临时措施	彩条旗围护														
				密目网苫盖														
		外接电源工程区	工程措施	表土剥离														
				表土回覆														
				土地整治														
				耕地恢复														
			临时措施	彩条旗围护														
				密目网苫盖														
		供排水工程	工程措施	站外排水管														
				表土剥离														
				表土回覆														
				土地整治														
				耕地恢复														
			临时措施	彩条旗围护														
				密目网苫盖														
			施工生产生活区	工程措施	表土剥离													
	表土回覆																	
	耕地恢复																	
	临时措施	临时排水沟																
		临时沉砂池																
		彩条旗围护																
	临时堆土区	工程措施	密目网苫盖															
			耕地恢复															
			临时排水沟															
			临时沉砂池															
			彩条旗围护															
植生袋装土拦挡																		
密目网苫盖																		
送端接地极	汇流装置区	工程措施	表土剥离															
			临时措施	植生袋装土拦挡														
				密目网苫盖														
	电极电缆区	工程措施	表土剥离															
			表土回覆															
			耕地恢复															
		临时措施	彩条旗围护															
			植生袋装土拦挡															
			密目网苫盖															
	检修道路区	工程措施	表土剥离															
临时措施		彩条旗围护																
外接电源工程区	工程措施	表土剥离																
		表土回覆																
		耕地恢复																
		临时措施	彩条旗围护															
			密目网苫盖															

防治分区			措施类型	措施名称	2023 年				2024 年					2025 年				
					6	7~8	9~10	11~12	1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12	1~2	3~4	5	
平原区	受端换流站	站区	工程措施	雨水排水管														
				表土剥离														
				表土回覆														
				综合护坡														
				碎石铺盖														
				土地整治														
			植物措施	站区绿化														
			临时措施	密目网苫盖														
		进站道路	工程措施	表土剥离														
			临时措施	密目网苫盖														
		外接电源工程区	工程措施	表土剥离														
				表土回覆														
				耕地恢复														
			临时措施	彩条布铺垫														
		密目网苫盖																
		施工生生产生活区	工程措施	表土剥离														
				表土回覆														
				耕地恢复														
			临时措施	临时排水沟														
				临时沉沙池														
		供排水工程区	工程措施	站外排水管														
				表土剥离														
				表土回覆														
				耕地恢复														
			临时措施	彩条布铺垫														
				密目网苫盖														
		临时堆土区	工程措施	耕地恢复														
			临时措施	植生袋装土拦挡														
				密目网苫盖														
				临时排水沟														
		取土场	工程措施	表土剥离														
				表土回覆														
				排水沟														
				沉砂池														
				浆砌石骨架护坡														
				耕地恢复														
			植物措施	撒播草籽														
				恢复林地														
			临时措施	袋装土拦挡														
				密目网苫盖														
		还建道路区	工程措施	表土剥离														
				表土回覆														
			临时措施	彩条布铺垫														
				密目网苫盖														
	受端接地极	汇流装置区	工程措施	表土剥离														
		电极电缆区	工程措施	表土剥离														
				表土回覆														
				土地整治														
			临时措施	彩条布铺垫														
				密目网苫盖														
		检修道路区	工程措施	表土剥离														
			临时措施	彩条旗围护														
		外接电源工程区	工程措施	表土剥离														
				表土回覆														
				土地整治														
				耕地恢复														
			临时措施	彩条布铺垫														
				密目网苫盖														
平原区	线路工程	塔基区	工程措施	表土剥离														
				表土回覆														
				土地整治														

防治分区			措施类型	措施名称	2023 年				2024 年					2025 年						
					6	7~8	9~10	11~12	1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12	1~2	3~4	5			
山丘区	直流线路	牵张场区	植物措施	耕地恢复																
				撒播草籽																
			临时措施	植生袋装土拦挡																
				密目网苫盖																
				彩条旗围护																
				彩条布铺垫																
				泥浆沉淀池																
		工程措施	耕地恢复																	
			临时措施	彩条布铺垫																
				铺设钢板																
				彩条旗围护																
		跨越施工场地区	工程措施	土地整治																
				耕地恢复																
			植物措施	撒播草籽																
				彩条旗围护																
		施工道路区	工程措施	土地整治																
				耕地恢复																
			植物措施	撒播草籽																
				彩条旗围护																
		主体工程																		
山丘区	直流线路	塔基区	工程措施	浆砌石护坡																
				浆砌石挡渣墙																
				浆砌石排水沟																
				表土剥离																
				表土回覆																
				土地整治																
				耕地恢复																
			植物措施	撒播草籽																
				恢复林地																
				植生袋装土拦挡																
			临时措施	密目网苫盖																
				彩条旗围护																
				彩条布铺垫																
				泥浆沉淀池																
				牵张场区	工程措施	表土剥离														
						表土回覆														
			土地整治																	
		耕地恢复																		
		植物措施	恢复林地																	
			撒播草籽																	
			临时措施	密目网苫盖																
		彩条旗围护																		
		铺设钢板																		
		跨越施工场地区	工程措施	土地整治																
				耕地恢复																
			植物措施	恢复林地																
				撒播草籽																
			临时措施	彩条旗围护																
		施工道路区	工程措施	表土剥离																
				表土回覆																
				土地整治																
			植物措施	恢复林地																
				撒播草籽																
			临时措施	临时排水沟																
				素土夯实																

注： 主体工程： 工程措施： 植物措施： 临时措施

6 水土保持监测

本工程的水土保持监测应按照《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T51240-2018）、《水利部关于进一步加强“放管服”改革全面加强水土保持监管的意见》（水保〔2019〕160号）、《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》（办水保〔2020〕161号）要求实施，并应与主体工程同步开展。

本项目水土保持监测的主要任务是及时、准确掌握项目防治责任范围内水土流失状况和防治效果；落实水土保持方案，加强水土保持设计和施工管理，优化水土流失防治措施；及时发现重大水土流失危害隐患，提出防治对策建议；提供水土保持监督管理技术依据和公众监督基础信息。

6.1 范围和时段

监测范围为本方案确定的水土流失防治责任范围，以及项目建设过程中扰动与危害的其他区域。监测分区与水土流失防治分区一致。

本工程属建设类项目，其水土保持监测时段应从施工准备期开始至设计水平年结束，并在施工准备期前进行本底值监测。本工程监测时段始于2023年6月，止于2025年（设计水平年末）。

6.2 内容和方法

6.2.1 监测内容

依据《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T 51240 - 2018）及《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》（办水保〔2020〕161号）相关要求，结合工程建设和新增水土流失的特点分析，本工程水土保持监测安排在施工期和自然恢复期，监测内容有以下几方面。

（1）水土流失自然影响因素

主要包括气象水文、地形地貌、地表组成物质、植被等自然影响因素。

（2）扰动土地

项目建设对原地表、植被的占压和损毁情况,项目征占地和水土流失防治责任范围变化情况。取土场还需监测项目取土的扰动面积及取料方式、取土量及变化情况。

（3）水土流失状况

重点监测水土流失面积、分布、土壤流失量及变化情况。

（4）水土流失防治成效

重点监测采取水土保持工程、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。

（5）水土流失危害

应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。

6.2.2 监测方法及频次

6.2.2.1 监测方法

根据《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T 51240-2018）及《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》（办水保〔2020〕161号），本工程主要采用遥感监测、无人机监测、地面观测、调查监测及查阅资料、巡查监测相结合的方式进行监测。

本工程选取换流站站区为典型的定点监测点，进行驻点监测，并对重点塔基及施工区作定点监测，其他点位以调查监测及查阅资料为主。建设项目在整个建设期（含施工准备期内）必须全程开展监测。

（1）遥感监测

遥感监测适用于大面积、长距离的线性项目。遥感监测主要通过收集卫星遥感卫片，利用图像判读和解译的方法，达到对项目水土流失进行监测的目的，监测精度应满足遥感监测流程、质量要求、成果汇总等满足《水土保持遥感监测技术规范（SL 592-2012）》要求。

（2）无人机监测

无人机遥感监测可以实现自动化、智能化、专用化快速获取空间遥感信息。监测方法是以监测区域地形、地貌、措施布局、措施面积设计航摄方案，利用无人机进行野外航摄，整理航摄范围内航片，通过遥感影像处理软件对影像进行拼接、纠正等处理，得到水土保持监测结果。

（3）地面观测

定位观测点，主要采用集沙池法监测。结合本工程送端换流站施工生产生活区临时沉砂池、临时堆土区临时沉砂池，受端换流站施工生产生活区临时沉砂池、

临时堆土区临时沉砂池、取土场沉砂池开展土壤流失量监测，定期观测清理沉砂池土石物质，晾干称重，求得土壤流失量。

（4）调查监测及资料分析

1) 场地占用土地面积和扰动地表面积

对地形、地貌的变化情况、建设项目占用土地面积、扰动地表面积情况的监测，由监测人员进行实地调查、量测记录，并结合设计文件资料，进行对比核实，计算场地占用土地面积和扰动地表面积。

2) 项目挖方、填方数量，弃渣数量及堆放面积

采用查阅设计文件资料，沿扰动边缘进行跟踪作业，结合实地情况调查，地形测量分析，进行对比核实，计算项目区挖方、填方数量，各个施工阶段所产生的弃土、弃石、弃渣数量及堆放面积。人工开挖与填方边坡坡度、弃渣体高等采用地形测量法。

3) 项目区林草覆盖度采用抽样调查、测量等方法，选择有代表性的地块，分别确定调查地样方，并进行现场测量和计算。

4) 水土保持措施的实施面积、数量和质量

采用抽样调查的方式，通过实地调查核实。对于工程措施，主要调查其稳定性、完好程度、质量和运行状况；植物措施主要调查林草的成活率、保存率、生长发育情况及其植物覆盖度的变化。

5) 水土流失防治效果，监测主要通过实地调查和核算的方法进行。

6) 水土保持措施的保土效益，拦渣效益通过量测实际拦渣量进行计算。

（5）巡查监测

对生产建设的各个环节进行巡视，从而全面把握进程，及时发现建设过程中的问题，需要巡视者对施工方法和施工时序十分清楚。

6.2.2.2 监测频次

（1）水土流失影响因素情况

降雨和风力等气象资料可通过收集资料，或设置监测设备观测。降雨量、平均风速和风向每月统计。日降水量超过 25mm 或 1 小时降水量超过 8mm 的降水统计降水量和历时，风速大于 5m/s 时统计风速、风向、出现的次数或频率；地形地貌状况监测频次监测期不少于 1 次；地表组成物质监测频次施工准备期和试运行

期各监测 1 次；植被状况监测频次施工准备期前测定 1 次；地表扰动情况和水土流失防治责任范围实地量测监测频次应不少于每月 1 次，典型地段监测每月 1 次；取土场使用期间，每两周监测 1 次，发生强降水等情况后应及时加测。遥感监测应在施工前开展 1 次，施工期每年不少于 1 次，试运行期 1 次。

（2）水土流失状况监测

水土流失类型及形式监测每年不少于 1 次；水土流失面积监测每季度不少于 1 次；土壤侵蚀强度施工准备期前和监测期末各 1 次，施工期每年不少于 1 次；土壤流失量、弃土（石、渣）潜在土壤流失量应不少于每月 1 次，遇暴雨、大风等应加测。

（3）水土流失危害监测

水土流失危害事件发生后 1 周内完成监测工作。

（4）水土保持措施监测

工程措施重点区域每月监测记录不少于 1 次，整体状况每季度不少于 1 次；植物措施类型及面积每季度监测不少于 1 次；栽植 6 个月后调查成活率，保存率及生长状况每年不少于 1 次；郁闭度与盖度每年在植被生长最茂盛的季节监测 1 次；临时措施不少于每月监测记录 1 次；措施实施情况每季度统计 1 次；水土保持措施对主体工程安全建设和运行、对周边水土保持生态环境发挥的作用监测每年汛期前后及大风、暴雨后进行调查。

本工程监测内容、监测频次及监测程序见下表。

表 6.2-1 水土保持监测内容、监测频次、监测程序一览表

项目	监测内容	监测要求			监测程序
		监测方法	监测频次	监测精度	
水土流失影响因素监测	气象水文、地形地貌、地表组成物质、植被等自然影响因素；项目建设对原地表、水土保持设施、植被的占压和损毁情况；项目征占地和水土流失防治责任范围变化情况；项目弃土（石、渣）场的占地面积、弃土（石、渣）量及堆放方式；项目取土（石、料）的扰动面积及取料方式。	采用调查及资料分析方法	降雨量、平均风速和风向每月统计；地形地貌状况监测频次监测期不少于 1 次；监测频次施工准备期和试运行期各监测 1 次；植被状况监测频次施工准备期前测定 1 次；地表扰动情况和水土流失防治责任范围，典型地段监测每月 1 次。遥感监测应在施工前开展 1 次，施工期每年不少于 1 次，试运行期 1 次。	/	1、根据水土保持方案，结合项目建设特点，收集区域相关资料，同时开展现场调查。 2、工程建设过程中，按照监测方法和频次监测各分区的扰动情况，填写记录表。 3 汇总水土流失影响因素情况监测结果，编写监测季度和年度报告。
水土流失状况监测	水土流失类型、形式、面积、分布及强度；各监测分区及其重点对象的土壤流失量。	采用实地量测、遥感监测、资料分析的方法	水土流失类型及形式监测每年不少于 1 次；水土流失面积监测每季度不少于 1 次；前和监测期末各 1 次，施工期每年不少于 1 次；土壤流失量、弃土（石、渣）潜在土壤流失量应不少于每月 1 次，遇暴雨、大风等应加测。	1、遥感影像空间分辨率应不低于 2.5m。 2、遥感监测流程、质量要求、成果汇总等满足《水土保持遥感监测技术规范（SL 592-2012）》要求。 3、点型扰动面积监测精度不小于 95%，线型扰动面积监测精度不小于 90%。	1、根据水土保持方案，结合施工组织设计和平面布局图，实地界定生产建设项目防治责任范围。 2、工程建设过程中，按照监测方法和频次监测各分区的扰动情况，填写记录表。并与水土保持方案确定的防治责任范围进行对比，分析变化原因。 3 分析汇总扰动情况监测结果，提出监测意见，编写监测季度和年度报告。
水土流失危害监测	水土流失对主体工程造成危害的方式、数量和强度；水土流失掩埋冲毁农田、道路、居民点等的数量、程度；对高等级公路、铁路、输变电、输油（气）管线等重大工程造成的危害；生产建设项目造成的沙化、崩塌、滑坡、泥石流等灾害；对水源地、生态保护区、江河湖泊、水库、塘坝、航道的危害，有可能直接进入江河湖泊或产生行洪安全影响的弃土（石、渣）情况。	采用地面观测、实地量测、遥感监测和资料分析的方法。	水土流失危害事件发生后 1 周内完成监测工作。	/	1、工程建设前，根据水土保持方案，监测防治责任范围内土壤流失面积。 2、工程建设过程中，根据监测分区、监测点和设施布设情况，按照监测频次，监测水土流失情况，采集影像资料，填写记录表。 3、发现水土流失危害事件，应现场通知建设单位，并开展监测，填写水土流失危害监测记录表，5 日内编制水土流失危害事件监测报告并提交建设单位。 4、按监测分区，整理记录表，获得水土流失情况，编写监测季度和年度报告。
水土保持措施监测	工程措施的类型、数量、分布和完好程度；植物措施的种类、面积、分布、生长状况、成活率、保存率和林草覆盖率；临时措施的类型、数量和分布；主体工程和各项水土保持措施的实施进度情况；水土保持措施对主体工程安全建设和运行发挥的作用；水土保持措施对周边生态环境发挥的作用。	采用实地量测、遥感监测和资料分析的方法。	工程措施重点区域每月监测记录不少于 1 次，整体状况每季度不少于 1 次；植物类型及面积每季度监测不少于 1 次；栽植 6 个月后调查成活率，保存率及生长状况每年不少于 1 次；郁闭度与盖度每年在植被生长最茂盛的季节监测 1 次；临时措施不少于每月监测记录 1 次；措施实施情况每季度统计 1 次。	水土保持措施监测精度不小于 95%。	1、根据水土保持方案、施工组织设计、施工图等，建立水土保持措施名录。主要包括各类措施的数量、位置和实施进度等。 2、工程建设过程中，应按监测方法和频次，开展水土保持措施监测，填写记录表。 3、分析汇总水土保持措施监测结果，提出监测意见，编写监测季度和年度报告。

6.3 点位布设

依据主体工程建设特点、施工中易产生新增水土流失的区域及项目区原有水土流失类型、强度等因素，确定本项目设置水土流失重点监测点位 168 处，包括 98 个固定监测点（敏感区 24 个）和 70 个巡查监测点。

为了体现水土保持监测的全面性、典型性和代表性，本工程水土保持重点监测部位为换流站站区、线路工程塔基区、施工道路区。本工程监测点布设见下表。

表 6.3-1 水土保持监测点位布设表

序号	地形地貌	行政区划		监测点位		数量	备注
1	山丘区	甘肃省	西峰区	线路工程	塔基区	2	固定监测点
2					施工道路区	2	巡查点
3			宁县	线路工程	塔基区	2	固定监测点，敏感区 1 个
4					施工道路区	2	巡查点
5			合水县	线路工程	塔基区	3	固定监测点，敏感区 2 个
6					施工道路区	1	巡查点
7					跨越施工场地	1	巡查点
8		陕西省	富县	线路工程	塔基区	5	固定监测点，敏感区 3 个
9					牵张场区	1	固定监测点
10					跨越施工场地区	1	巡查点
11					施工道路	1	巡查点
12			甘泉县	线路工程	塔基区	4	固定监测点，敏感区 3 个
13					施工道路	1	巡查点
14			宜川县	线路工程	塔基区	2	固定监测点，敏感区 1 个
15					牵张场区	1	固定监测点
16					跨越施工场地区	1	巡查点
17					施工道路	1	巡查点
18			宝塔区	线路工程	塔基区	1	固定监测点
19			延长县	线路工程	塔基区	2	固定监测点
20					牵张场区	1	固定监测点
21					跨越施工场地区	1	巡查点
22					施工道路	1	巡查点
23		山西省	大宁县	线路工程	塔基区	2	固定监测点，敏感区 1 个
24					施工道路	1	巡查点
25			蒲县	线路工程	塔基区	2	固定监测点，敏感区 1 个
26					施工道路	1	巡查点
27			洪洞县	线路工程	塔基区	2	固定监测点，敏感区 1 个
28					牵张场	1	巡查点
29					施工道路	1	巡查点
30			古县	线路工程	塔基区	2	固定监测点，敏感区 1 个
31					施工道路	1	巡查点
32			安泽县	线路工程	塔基区	2	固定监测点，敏感区 1 个

序号	地形地貌	行政区划		监测点位		数量	备注
33	平原区	甘肃省			跨越施工场地	1	巡查点
34					施工道路	1	巡查点
35			沁源县	线路工程	塔基区	3	固定监测点, 敏感区 2 个
36					施工道路	1	巡查点
37			屯留区	线路工程	塔基区	2	固定监测点, 敏感区 1 个
38					牵张场	1	巡查点
39					施工道路	1	巡查点
40			襄垣县	线路工程	塔基区	2	固定监测点
41					牵张场	1	巡查点
42					跨越施工场地	1	巡查点
43					施工道路	1	巡查点
44			潞城区	线路工程	塔基区	3	固定监测点, 敏感区 2 个
45					施工道路	1	巡查点
46			黎城县	线路工程	塔基区	2	固定监测点, 敏感区 1 个
47					跨越施工场地	1	巡查点
48					施工道路	1	巡查点
49			平顺县	线路工程	塔基区	3	固定监测点
50					牵张场	1	巡查点
51					施工道路	1	巡查点
52		河北省	涉县	线路工程	塔基区	2	固定监测点
53					跨越施工场地	1	巡查点
54					牵张场	1	巡查点
55			磁县	线路工程	塔基区	2	固定监测点
56					施工道路	1	巡查点
57			峰峰矿区	线路工程	塔基区	2	固定监测点
58					跨越施工场地	1	巡查点
59					牵张场	1	巡查点
60		山东省	平阴县	线路工程	塔基区	2	固定监测点
61					施工道路	1	巡查点
62					牵张场	1	巡查点
63					施工道路	1	巡查点
64	平原区	甘肃省	西峰区	送端换流站	站区	2	固定监测点
65					进站道路区	1	巡查点
66					外接电源工程区	1	巡查点
67					供排水工程区	1	巡查点
68					施工生产生活区	1	巡查点
69					临时堆土区	1	巡查点
70				线路工程	塔基区	2	固定监测点
71					施工道路	1	巡查点
72			合水县	线路工程	塔基区	2	固定监测点
73					施工道路	1	巡查点
74			宁县	送端接地极	汇流装置区	1	固定监测点
75					电极电缆区	1	固定监测点

序号	地形地貌	行政区划		监测点位		数量	备注	
76					检修道路区	1	巡查点	
77					外接电源工程区	1	巡查点	
78				线路工程	塔基区	1	固定监测点	
79		河北省	临漳县	线路工程	塔基区	2	固定监测点	
80					施工道路	1	巡查点	
81			魏县	线路工程	塔基区	2	固定监测点	
82					施工道路	1	巡查点	
83			大名县	线路工程	塔基区	2	固定监测点	
84					施工道路	1	巡查点	
85					塔基区	2	固定监测点	
86			山东省	阳谷县	送端接地极	汇流装置区	1	固定监测点
87						电极电缆区	1	固定监测点
88						检修道路区	1	巡查点
89						外接电源工程区	1	巡查点
90					受端接地极	临时堆土区	2	固定监测点
91		接地极线路			塔基区	1	固定监测点	
92					施工道路	1	巡查点	
93		莘县			线路工程	塔基区	2	固定监测点
94				施工道路		1	巡查点	
95		东阿县		线路工程	塔基区	2	固定监测点	
96					施工道路	1	巡查点	
97		平阴县		线路工程	塔基区	2	固定监测点	
98					施工道路	1	巡查点	
99		肥城市		线路工程	塔基区	2	固定监测点	
100					施工道路	1	巡查点	
101		东平县		受端换流站	站区	2	固定监测点	
102					进站道路区	1	巡查点	
103					外接电源工程区	1	巡查点	
104					供排水工程区	1	巡查点	
106					施工生产生活区	1	巡查点	
107					临时堆土区	1	巡查点	
108					取土场	1	固定监测点	
109					还建工程区	1	巡查点	
110	合计					168	98 个固定监测点（其中敏感区 24 个），70 个巡查点	
111	山丘区					96	57 个固定监测点（其中敏感区 20 个），39 个巡查点	
112	平原区					72	41 个固定监测点（其中敏感区 4 个），31 个巡查点	

6.4 实施条件和成果

6.4.1 实施条件

(1) 监测设施、设备及消耗性材料

为准确获取各项地面观测及调查数据，水土保持监测必须采用现代技术与传统手段相结合的方法，借助一定的先进仪器设备，使监测方法更科学，监测结论更合理。如利用全球定位系统（GPS）对临时堆土场形态变化作动态监测并应用于遥感监测中，用测距仪对防治责任范围对防治责任范围、扰动土地面积、水土流失面积、扰动土地整治面积等进行现场测量；用便携式植被覆盖度测量仪测量植被恢复面积，用水样、土样分析仪器分析典型区域含沙量以及土方养分等。监测及巡查采用主要监测设备见下表。

表 6.4-1 监测设备及消耗性材料一览表

序号	类别	名称	单位	数量
1	监测设备	GPS 全球定位仪	台	5
		无人机	台	5
		数码相机	台	6
		摄像机	台	6
		自计风速仪	个	6
		泥沙分析器	个	5
		测距仪	台	6
		便携式植被覆盖度测量仪	台	6
		磅秤	台	6
		天平	台	6
		烘箱	台	6
		简易土工试验仪器	组	6
2	监测资料	购买遥感影像资料	景	60
		购买气象资料	套	1
3	消耗性材料	记录夹	个	25
		米尺	条	15
		皮尺	条	15
		钢卷尺	卷	15
		量筒（量杯）	个	30
		其他消耗性材料	%	10
4	监测设施	定位观测场	个	16
		调查监测场	个	42
		监测场地围栏/个	米	200
		警示牌	块	58

（2）监测人员配置

本项目水土保持监测由建设单位自行开展监测或者委托具备完成本项目监测任务的单位开展水土保持监测工作。承担委托的监测机构必须按规定的监测内容、方法、时段对项目建设实施水土保持监测。

本工程沿线监测人员配置情况见下表。

表 6.4-2 各省监测人员配置情况一览表

序号	行政区划	监测人员人数（个）		监测时间（年）	
		施工期	设计水平年	施工期	设计水平年
1	甘肃省	6	2	2	1
2	陕西省	3	2	2	1
3	山西省	3	2	2	1
4	河北省	3	2	2	1
5	山东省	6	2	2	1
合计		21	10		

6.4.2 监测成果

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，本工程必须进行水土保持监测工作，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）监测成果及要求

1）监测成果应包括水土保持监测实施方案、监测报告、图件、数据表（册）影像资料等。

2）在施工准备期之前应进行现场查勘和调查，并应根据相关技术标准和水土保持方案编制《生产建设项目水土保持监测实施方案》。

3）水土保持监测报告应包括季度报告表、专项报告和总结报告。监测期间，应编制《生产建设项目水土保持监测季度报告表》，季度报告表格式应按《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）要求执行。发生严重水土流失灾害事件时，应于事件发生后一周内完成专项报告。监测工作完成后，应编制《生产建设项目水土保持监测总结报告》，并在水土保持设施验收前编制完成。

监测季度报告要及时上报建设单位及水行政或流域监督管理部门，建设单位应当在工程建设期间将水土保持监测季报在其官方网站公开，同时在业主项目部和施工项目部公开。

4) 监测单位应及时向生产建设单位提出控制施工过程中水土流失的意见建议,并按规定向水行政主管部门定期报送监测情况。

5) 监测单位需在监测季报和总结报告中明确水土保持监测“绿黄红”三色评价结论。

6) 图件应包括项目区地理位置图、扰动地表分布图、监测分区与监测点分布图、土壤侵蚀强度图、水土保持措施分布图等。

7) 数据表(册)应包括原始记录表和汇总分析表。

8) 影像资料应包括监测过程中拍摄的反映水土流失动态变化及治理措施实施情况的照片、录像等。

9) 监测成果应采用纸质和电子版形式保存,做好数据备份。

(2) 水土保持监测三色评价

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),生产建设项目水土保持监测需实行三色评价。生产建设项目水土保持监测三色评价是指监测单位依据扰动土地情况、水土流失状况、防治成效及水土流失危害等监测成果,对生产建设项目水土流失防治情况进行评价,在监测季报和总结报告中明确“绿黄红”三色评价结论。

三色评价以水土保持方案确定的防治目标为基础,以监测获取的实际数据为依据,针对不同的监测内容,采取定量评价和定性分析相结合方式进行量化打分。三色评价采用评分法,满分为100分;得分80分及以上的为“绿”色,60分及以上不足80分的为“黄”色,不足60分的为“红”色。

监测季报三色评价得分为本季度实际得分,监测总结报告三色评价得分为全部监测季报得分的平均值。

(3) 监测成果报送制度

水土保持监测单位接受监测任务后,应于施工前向相关水行政主管部门报送《生产建设项目水土保持监测实施方案》,工程建设期间,应于每季度的第一个月内报送上季度的《生产建设项目水土保持监测季度报告表》,同时附现场照片和影像资料,因降雨、大风或爆破等人为原因发生严重水土流失及危害事件的,应于事件发生后1周内报告有关情况。水土保持监测任务完成后,应于3个月内报送《生产建设项目水土保持监测总结报告》。

7 水土保持投资估算及效益分析

7.1 投资估算

7.1.1 编制原则及依据

7.1.1.1 编制原则

(1) 投资估算编制的项目划分、费用构成、表格形式等应依据水土保持工程概(估)算编制规定编写。

(2) 水土保持投资估算的价格水平年、人工单价、主体材料价格、施工机械台时费、估算定额、取费项目及费率与主体工程一致，不足部分按《水土保持概算(估)算编制规定》(水利部水总〔2003〕67号文)规定计列；

(3) 主体工程估算定额中未明确的，采用水土保持的定额、取费项目及费率；

(4) 水土保持方案投资按 2022 年第 3 季度价格水平确定。

7.1.1.2 编制依据

(1) 《开发建设项目水土保持工程概(估)算编制规定》(水利部水总〔2003〕67号)；

(2) 《电网工程建设预算编制与计算规定》(2018 年版)；

(3) 《电力建设工程概算定额》(2018 年版)-建筑工程、电气设备安装工程；

(4) 《电力建设工程装置性材料综合预算价格》(2018 年版)；

(5) 《关于发布 2018 版电力建设工程概预算定额价格水平调整的通知》，电力定额总站〔2022〕1 号；

(6) 《电力建设工程施工机械台班费用定额》(2018 年版)；

(7) 《关于落实<国家发展改革委关于进一步放开建设项目专业服务价格的通知>的指导意见》(中电联定额〔2015〕162 号)；

(8) “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”(办水保〔2016〕132 号)；

(9) 《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)；

(10) 《甘肃省发展和改革委员会 甘肃省财政厅 甘肃省水利厅关于水土保持补偿

费收费标准的通知》（甘发改收费〔2017〕590号）；

（11）《陕西省财政厅、陕西省物价局、陕西省水利厅、陕西省地方税务局、中国人民银行西安分行关于印发〈陕西省水土保持补偿费征收使用管理实施办法〉的通知》（陕财办综〔2015〕38号）；

（12）《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）；

（13）《关于调整水土保持补偿费收费标准的通知》（河北省物价局、财政厅、水利厅，冀价行费〔2017〕173号，2017年12月25日）；

（14）《山东省发展和改革委员会 山东省财政厅 山东省水利厅关于水土保持补偿费收费标准的通知》（鲁发改成本〔2022〕757号）。

7.1.2 编制说明与估算成果

7.1.2.1 费用构成

水土保持工程投资由工程措施费、植物措施费、施工临时工程费、独立费用、水土保持补偿费、基本预备费构成见下表。

表 7.1-1 水土保持工程投资费用构成表

费用构成	1	工程措施费	主体已有	直接费、间接费、企业利润、税金
			方案新增	直接工程费、间接费、企业利润、税金
	2	植物措施费	主体已有	直接费、间接费、企业利润、税金
			方案新增	直接工程费、间接费、企业利润、税金
	3	施工临时工程费		临时防护工程费、其他临时工程费
	4	独立费用		建设管理费、科研勘测设计费、水土保持监理费、水土保持监测费、水土保持设施验收报告编制费
	5	基本预备费		
	6	水土保持补偿费		

7.1.2.2 估算编制方法说明

（1）基础单价编制

1）人工预算单价

人工预算单价定额换流站工程为建筑工程 70 元/日，线路工程为输电技术工 98 元/日，人工工日单价调增根据《电力工程造价与定额管理总站关于发布 2018 版电力建设工程概预算定额价格水平调整的通知》（定额〔2022〕1号）关于各省调增系数计算见下表。

表 7.1-2 水土保持工程人工单价表

序号	项目	计算式	甘肃省		陕西省	山西省	河北省	山东省	
			送端换流站、送端接地极	线路工程	线路工程	线路工程	线路工程	线路工程	受端换流站、受端接地极
1	基准人工工日单价定额（元/日）	2018 电力行业定额	70	98	98	98	98	98	70
2	建筑工程人工调整系数（%）	定额〔2020〕314号	7.92	7.92	8.74	8.02	8.37	9.46	2.64
3	人工工日预算单价（元/日）	基准人工工日单价定额×（1+建筑工程人工调整系数）	75.54	105.76	106.57	105.86	106.20	107.27	71.85
4	人工工时预算单价（元/时）	人工工日估算单价÷8	9.44	13.22	13.32	13.23	13.28	9.58	8.98

2) 材料预算单价

工程措施及植物措施材料价格由当地市场价格加包装费、运杂费、采购及保管费组成，材料价格以 2022 年第 3 季度当地市场价格为准，采购及保管费分别按材料运到工地价格的 2.3%和 1%计算见下表。

表 7.1-3 水土保持主要材料单价汇总表

编号	材料名称	单位	预算价格 (元)					备注
			甘肃省	陕西省	山西省	河北省	山东省	
1	水泥 425#	t	415	492	396	529	505	含运杂费、采购及保管费
2	块石	m ³	170	175		368	470	含运杂费、采购及保管费
3	碎石	m ³	180	175	165	99	200	含运杂费、采购及保管费
4	毛石	m ³	180	175	165			含运杂费、采购及保管费
5	砂子	m ³	150	160	160	140	145	含运杂费、采购及保管费
6	机砖	千块	630			494	660	含运杂费、采购及保管费
7	紫穗槐	株	1.5	1.5		1.3	1.3	含运杂费、采购及保管费
8	胡枝子	株	25.45					含运杂费、采购及保管费
11	荆条	株			25			含运杂费、采购及保管费
12	黑麦草、三叶草混合草籽 (1:1)	kg	80	82				含运杂费、采购及保管费
15	紫花苜蓿、早熟禾混合草籽 (1:1)	kg			84			含运杂费、采购及保管费
16	黑麦草、狗牙根混合草籽 (7:3)	kg				58	58	含运杂费、采购及保管费
17	水	m ³	5.43	4.10	4.10	6.24	4.5	含运杂费、采购及保管费
18	电	kwh	1.00	0.60	0.58	1.00	1.02	含运杂费、采购及保管费
20	柴油	kg	6.71	6.48	6.5	8.79	7.97	含运杂费、采购及保管费
21	汽油	kg	7.53	8.06	7.9	7.54	8.06	含运杂费、采购及保管费
22	农家肥	m ³	116	118	118	160	150	含运杂费、采购及保管费
23	植生袋	个	1.4	1.5	1.57	1.3	1.35	含运杂费、采购及保管费
24	密目网	m ²	2.0	2.2	2.2	2.1	2.1	含运杂费、采购及保管费
25	彩条旗	m	1.4	1.2	1.5	1.3	1.3	含运杂费、采购及保管费
26	彩条布	m ²	1.8	1.8	1.5	1.2	1.2	含运杂费、采购及保管费
27	钢板	m ²	25.00	25.00	25.00	26.05	23.93	含运杂费、采购及保管费

3) 施工用水用电价格

与主体工程一致，详见下表。

4) 施工机械台时费

根据水利部《水土保持工程概算定额》进行编制。

(2) 工程单价编制

工程措施和植物措施单价由直接费、间接费、企业利润和税金组成。

直接费包括直接工程费和措施费。直接工程费指人工费、材料费和机械使用费三项。措施费指冬雨季施工增加费、夜间施工增加费、施工工具用具使用费、特殊地区施工增加费、施工机构迁移费、临时设施费、安全文明施工费。

间接费包括规费、企业管理费和施工企业配合调试费。规费指社会保险费、住房公积金、危险作业意外伤害保险费。

企业利润：按直接费与间接费之和乘以企业利润率计算。

税金：按直接费、间接费、企业利润之和乘以综合税率计算。

本方案编制阶段为可研设计阶段，故单价乘以 10% 的扩大系数。

本工程单价费率取值与主体工程保持一致，详见下表。

表 7.1-4 工程定额费率表

序号	费用名称	甘肃省		陕西省	山西省	河北省	山东省		取费基础	
		送端换流站、送端接地极	线路工程	线路工程	线路工程	线路工程	线路工程	受端换流站、受端接地极	换流站、接地极工程	线路工程
一	直接费									
1	直接工程费	按定额	按定额	按定额	按定额	按定额	按定额	按定额	人工费+材料费+机械使用费	
2	措施费(%)									
2.1	冬雨季施工增加费、夜间施工增加费、施工工具用具使用费、特殊地区施工增加费、施工机构迁移费	2.81	13.15	10.35	10.35	9.89	9.89	1.55	直接工程费	人工费
2.2	临时设施费、安全文明施工费	5.31	10.39	9.83	9.83	9.51	9.51	4.53	直接工程费	直接工程费
二	间接费(%)	43.75	72.31	73.81	74.43	73.61	77.16	45.90		
1	规费(%)	36.00	36.00	37.50	38.12	37.30	40.85	38.15		
1.1.1	社会保险费、住房公积金(%)	36.00	36.00	37.50	38.12	37.30	40.85	38.15	直接工程费×0.18	人工费×1.05
1.1.2	危险作业意外伤害保险费(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	直接工程费	人工费
2	企业管理费(%)	7.75	35.76	35.76	35.76	35.76	35.76	7.75	直接工程费	人工费
3	施工企业配合调试费(%)	0.00	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.00		直接费
三	企业利润(%)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5	直接费+间接费	直接费+间接费
四	税金(%)	9	9	9	9	9	9	9	直接费+间接费+企业利润	直接费+间接费+企业利润
五	扩大系数(%)	10	10	10	10	10	10	10	直接费+间接费+企业利润+税金	直接费+间接费+企业利润+税金

(3) 水土保持工程估算编制

1) 工程措施

工程措施估算按设计工程量乘以工程单价进行编制。

2) 植物措施

植物措施费由苗木和种子等材料及种植费组成。材料费由苗木和种子的预算价格乘以数量进行编制；种植费按《水土保持工程概算定额》进行编制。

3) 临时工程费

临时防护工程按设计工程量乘以单价编制，其他临时工程按第一部分工程措施和第二部分植物措施投资的 2.0% 计取。

4) 独立费用

①建设管理费：按方案投资第一至第三部分之和的 2.0% 计算。

②科研勘测设计费：包括勘测设计费、水土保持方案编制费。根据有关行业标准，并参考同类特高压项目收费情况并结合实际合同费用计取。

③水土保持监理费：根据国家电网电定〔2018〕32 号行业标准，并参考同类特高压项目收费情况并结合实际合同费用计取。

④水土保持监测费：根据国家电网电定〔2018〕32 号行业标准，并参考同类特高压项目收费情况并结合实际合同费用计取。

⑤水土保持设施验收报告编制费：根据国家电网电定〔2018〕32 号行业标准，并参考同类特高压项目收费情况并结合实际合同费用计取。

5) 预备费

基本预备费：为解决在工程施工过程中，经上级批准的设计变更和为预防意外事故而采取的措施所增加的工程项目和费用，按主体工程《电力建设工程定额和费用计算规定》（2018 年版）。按水土保持的工程措施、植物措施、临时工程和其他费用之和的 6% 计取。

6) 水土保持补偿费

水土保持补偿费收费标准根据工程沿线各省关于水土保持补偿费相关规定执行，具体见下表。

表 7.1-5 水土保持补偿费取费标准

行政区	水土保持补偿费取费标准单价
甘肃省	1.4 元/m ²
陕西省	1.7 元/m ²
山西省	0.4 元/m ²
河北省	1.4 元/m ²
山东省	1.2 元/m ²

7.1.2.3 估算成果

本工程水土保持措施总投资 21548.73 万元，其中工程措施为 6905.45 万元，植物措施为 1185.24 万元，临时措施为 8634.89 万元，独立费用为 2823.05 万元，水土保持监理费为 479.23 万元，水土保持监测费为 681.55 万元，基本预备费为 1172.92 万元，水土保持补偿费为 827.17 万元。

本工程水土保持总投资中甘肃省水土保持措施费 4883.25 万元，水土保持补偿费 265.50 万元；陕西省水土保持措施费 2241.34 万元，水土保持补偿费 165.95 万元。山西省水土保持措施费 5257.03 万元，水土保持补偿费 83.67 万元；河北省水土保持措施费 1242.23 万元，水土保持补偿费 133.85 万元；山东省水土保持措施费 3101.73 万元，水土保持补偿费 178.20 万元。

表 7.1-6 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	植物措施费		独立费用	合计
			栽（种）植费	苗木、草、种子费		
第一部分 工程措施		6905.45				6905.45
1	送端换流站	2272.77				2272.77
2	送端接地极	8.90				8.90
3	受端换流站	1606.35				1606.35
4	受端接地极	21.03				21.03
5	直流线路	2867.23				2867.23
6	送端接地极线路	80.42				80.42
7	受端接地极线路	12.46				12.46
8	迁改线路	36.29				36.29
第二部分 植物措施			292.97	892.27		1185.24
1	送端换流站		23.53	21.73		45.26
2	送端接地极		0.00	0.00		0.00
3	受端换流站		38.38	20.81		59.19
4	受端接地极		0.02	0.02		0.04
5	直流线路		226.39	840.54		1066.93
6	送端接地极线路		3.55	6.91		10.46
7	受端接地极线路		0.09	0.48		0.57
8	迁改线路		1.01	1.78		2.79
第三部分 临时措施		8634.89				8634.89
1	送端换流站	194.21				194.21
2	送端接地极	38.33				38.33
3	受端换流站	180.07				180.07
4	受端接地极	25.26				25.26
5	直流线路	7634.40				7634.40
6	送端接地极线路	208.52				208.52
7	受端接地极线路	98.69				98.69
8	迁改线路	103.20				103.20
9	其他临时措施	152.20				152.20
一至三部分合计		15540.34	292.97	892.27	0.00	16725.58
第四部分 独立费用					2823.05	2823.05
1	建设管理费				334.51	334.51
2	科研勘测设计费				501.75	501.75
3	水土保持监理费				479.23	479.23
4	水土保持监测费				681.55	681.55
5	水土保持设施验收报告编制费				826.01	826.01
一至四部分合计		15540.34	292.97	892.27	2823.05	19548.64
基本预备费						1172.92
水土保持补偿费						827.17
水土保持总投资						21548.73

表 7.1-7 甘肃省境内水土保持措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
一	第一部分 工程措施费				2860.50
(一)	山丘区				509.43
1	直流线路				438.30
1.1	塔基区				215.32
	浆砌石护坡	m ³	350	937.00	32.80
	浆砌石挡渣墙	m ³	500	937.00	46.85
	浆砌石排水沟	m ³	94	937.00	8.81
	表土剥离	hm ²	5.17	83435.89	43.18
	表土回覆	m ³	15524	42.17	65.46
	土地整治	hm ²	14.95	10980.13	16.41
	耕地恢复	hm ²	1.66	10980.13	1.82
1.2	牵张场				20.51
	表土剥离	hm ²	0.59	83435.89	4.91
	表土回覆	m ³	1764	42.17	7.44
	土地整治	hm ²	6.72	10980.13	7.38
	耕地恢复	hm ²	0.72	10980.13	0.79
1.3	跨越施工场地				1.10
	土地整治	hm ²	0.28	10980.13	0.31
	耕地恢复	hm ²	0.72	10980.13	0.79
1.4	施工道路				201.37
	表土剥离	hm ²	7.21	83435.89	60.16
	表土回覆	m ³	21630	42.17	91.21
	土地整治	hm ²	40.99	10980.13	45.01
	耕地恢复	hm ²	4.55	10980.13	5.00
2	接地极线路				71.13
2.1	塔基区				44.27
	浆砌石护坡	m ³	100	1073.89	10.74
	浆砌石挡渣墙	m ³	100	1073.89	10.74
	浆砌石排水沟	m ³	100	1073.89	10.74
	表土剥离	hm ²	0.51	83435.89	4.24
	表土回覆	m ³	1526	42.17	6.43
	土地整治	hm ²	0.89	10980.13	0.98
	耕地恢复	hm ²	0.36	10980.13	0.40
2.2	牵张场				1.20
	表土剥离	hm ²	0.05	83435.89	0.39
	表土回覆	m ³	139	42.17	0.58
	土地整治	hm ²	0.21	10980.13	0.23
2.3	施工道路				25.66
	表土剥离	hm ²	1	83435.89	8.32
	表土回覆	m ³	2993	42.17	12.62
	土地整治	hm ²	3.05	10980.13	3.35
	耕地恢复	hm ²	1.25	10980.13	1.37

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
(二)	平原区				2351.07
1	直流线路				59.52
1.1	塔基区				53.24
	表土剥离	hm ²	1.79	83435.89	14.96
	表土回覆	m ³	5380	42.17	22.69
	耕地恢复	hm ²	14.2	10980.13	15.59
1.2	牵张场				1.05
	耕地恢复	hm ²	0.96	10980.13	1.05
1.3	跨越施工场地				2.46
	耕地恢复	hm ²	2.24	10980.13	2.46
1.4	施工道路				2.77
	耕地恢复	hm ²	2.52	10980.13	2.77
2	接地极线路				9.29
2.1	塔基区				6.43
	表土剥离	hm ²	0.19	83435.89	1.61
	表土回覆	m ³	578	42.17	2.44
	耕地恢复	hm ²	2.17	10980.13	2.39
2.2	牵张场				0.23
	耕地恢复	hm ²	0.21	10980.13	0.23
2.3	跨越施工场地				0.04
	耕地恢复	hm ²	0.04	10980.13	0.04
2.4	施工道路				2.59
	耕地恢复	hm ²	2.36	10980.13	2.59
3	迁改线路				0.59
3.1	塔基区				0.31
	表土剥离	hm ²	0.01	83435.89	0.08
	表土回覆	m ³	27	42.17	0.11
	耕地恢复	hm ²	0.11	10980.13	0.12
3.2	牵张场				0.08
	耕地恢复	hm ²	0.07	10980.13	0.08
3.3	跨越施工场地				0.09
	耕地恢复	hm ²	0.08	10980.13	0.09
3.4	施工道路				0.12
	耕地恢复	hm ²	0.11	10980.13	0.12
4	送端换流站工程				2272.77
4.1	站区				1886.51
4.1.1	混凝土截水沟*	m	1600		641.55
	浇制钢筋混凝土沟道（1.5×1.5m）	m ³	4779	1342.33	641.55
4.1.2	混凝土排水沟*	m	2600		452.05
	浇制钢筋混凝土沟道	m ³	3368	1342.33	452.05
4.1.3	雨水排水管*	m	6550		671.93
	室外排水、雨水管道 DN≤1000mm	m	2700	643.76	173.81
	室外排水、雨水管道 DN≤600mm	m	2750	379.10	104.25
	室外排水、雨水管道 DN≤300mm	m	1100	197.15	21.69

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
	浇制钢筋混凝土井、池容积 $V \leq 10\text{m}^3$	m^3	1056	1361.06	143.78
	钢筋混凝土井、池容积 $10\text{m}^3 < V \leq 50\text{m}^3$	m^3	1432	1281.22	183.48
	钢筋混凝土井、池容积 $V \leq 10\text{m}^3$	m^3	308	1458.35	44.92
4.1.4	表土剥离	hm^2	34.12		120.78
		m^3	91493	13.20	120.78
4.1.5	表土回覆	hm^2	0.15		0.08
		m^3	600	1.26	0.08
4.1.6	土地整治	hm^2	0.15	8275.83	0.12
4.2	进站道路区				69.55
4.2.1	浆砌石排水沟*	m	430		67.38
	浆砌石衬砌	m^3	829	545.75	45.25
	成品沟盖板 50 厚	m^2	1445	150.00	21.68
	钢筋混凝土井、池容积 $V \leq 10\text{m}^3$	m^3	3	1458.24	0.45
4.2.2	表土剥离	hm^2	1.06		1.07
		m^3	3180	3.36	1.07
4.2.3	表土回覆	hm^2	0.85		0.40
		m^3	3180	1.26	0.40
4.2.4	土地整治	hm^2	0.85	8275.83	0.70
4.3	外接电源工程区				6.31
4.3.1	表土剥离	hm^2	0.75		0.63
		m^3	1886	3.36	0.63
4.3.2	表土回覆	hm^2	0.66		0.24
		m^3	1886	1.26	0.24
4.3.3	土地整治	hm^2	5.22	8275.83	4.32
4.3.4	耕地恢复	hm^2	2.24	5002.36	1.12
4.4	供排水工程区				267.43
4.4.1	站外排水管*	m	1500		247.01
	室外排水、雨水管道 DN1800mm	m	1500	1347.31	202.10
	排水消力池容积 $100\text{m}^3 < V \leq 200\text{m}^3$	m^3	308	1458.35	44.92
4.4.2	表土剥离	hm^2	5.47		4.60
		m^3	13675	3.36	4.60
4.4.3	表土回覆	hm^2	5.47		1.72
		m^3	13675	1.26	1.72
4.4.4	土地整治	hm^2	8.91	8275.83	7.38
4.4.5	耕地恢复	hm^2	13.44	5002.36	6.72
4.5	施工生产生活区				41.23
4.5.1	表土剥离	hm^2	8.52		33.74
		m^3	25560	13.20	33.74
4.5.2	表土回覆	hm^2	8.52		3.22
		m^3	25560	1.26	3.22
4.5.3	耕地恢复	hm^2	8.52	5002.36	4.26
4.6	临时堆土区				1.74
4.6.1	耕地恢复	hm^2	3.48	5002.36	1.74
5	送端接地极				8.90

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
5.1	汇流装置区				0.08
5.1.1	表土剥离	hm ²	0.09		0.08
		m ³	243	3.36	0.08
5.2	电极电缆区				8.68
5.2.1	表土剥离	hm ²	2.76		2.79
		m ³	8285	3.36	2.79
5.2.2	表土回覆	hm ²	2.71		1.10
		m ³	8751	1.26	1.10
5.2.3	耕地恢复	hm ²	9.58	5002.36	4.79
5.3	检修道路区				0.07
5.3.1	表土剥离	hm ²	0.06		0.07
		m ³	223	3.36	0.07
5.4	外接电源工程区				0.06
5.4.1	表土剥离	hm ²	0.03		0.03
		m ³	102	3.36	0.03
5.4.2	表土回覆	hm ²	0.02		0.01
		m ³	102	1.26	0.01
5.4.3	耕地恢复	hm ²	0.02	5002.36	0.01
二	第二部分 植物措施费				203.13
(一)	山丘区				157.87
1	直流线路				147.41
1.1	塔基区				35.05
1.1.1	撒播草籽（紫花苜蓿、狗尾草）				25.98
	播种费	hm ²	14.95	2981.18	4.46
	草籽费	kg	2690	80.00	21.52
1.1.2	栽植灌木（紫穗槐）				9.08
	栽植费	株	17437	3.70	6.46
	苗木费	株	17437	1.50	2.62
1.2	牵张场				15.61
1.2.1	撒播草籽（紫花苜蓿、狗尾草）				11.68
	播种费	hm ²	6.72	2981.18	2.00
	草籽费	kg	1210	80.00	9.68
1.2.2	栽植灌木（紫穗槐）				3.93
	栽植费	株	7560	3.70	2.80
	苗木费	株	7560	1.50	1.13
1.3	跨越施工场地				0.61
1.3.1	撒播草籽（紫花苜蓿、狗尾草）				0.49
	播种费	hm ²	0.28	2981.18	0.08
	草籽费	kg	50	80.00	0.40
1.3.2	栽植灌木（紫穗槐）				0.12
	栽植费	株	240	3.70	0.09
	苗木费	株	240	1.50	0.04
1.4	施工道路				96.13
1.4.1	撒播草籽（紫花苜蓿、狗尾草）				71.24

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
	播种费	hm ²	40.99	2981.18	12.22
	草籽费	kg	7378	80.00	59.02
1.4.2	栽植灌木（紫穗槐）				24.89
	栽植费	株	47821	3.70	17.72
	苗木费	株	47821	1.50	7.17
2	接地极线路				10.45
2.1	塔基区				2.24
2.1.1	撒播草籽（紫花苜蓿、狗尾草）				1.55
	播种费	hm ²	0.89	2981.18	0.27
	草籽费	kg	160	80.00	1.28
2.1.2	栽植灌木（紫穗槐）				0.70
	栽植费	株	1336	3.70	0.50
	苗木费	株	1336	1.50	0.20
2.2	牵张场				0.53
2.2.1	撒播草籽（紫花苜蓿、狗尾草）				0.37
	播种费	hm ²	0.21	2981.18	0.06
	草籽费	kg	38	80.00	0.30
2.2.2	栽植灌木（紫穗槐）				0.16
	栽植费	株	315	3.70	0.12
	苗木费	株	315	1.50	0.05
2.3	施工道路				7.68
2.3.1	撒播草籽（紫花苜蓿、狗尾草）				5.30
	播种费	hm ²	3	2981.18	0.91
	草籽费	kg	549	80.00	4.39
2.3.2	栽植灌木（紫穗槐）				2.38
	栽植费	株	4574	3.70	1.69
	苗木费	株	4574	1.50	0.69
（二）	平原区				45.26
1	送端换流站工程				45.26
1.1	站区				10.50
1.1.1	站区绿化*	hm ²	0.15	700000.00	10.50
1.2	进站道路区				1.97
1.2.1	撒播草籽	hm ²	0.85		1.97
	播种费	hm ²	0.85	13599.21	1.15
	草籽费	kg	102	80.00	0.81
1.3	外接电源工程区				12.11
1.3.1	撒播草籽	hm ²	5.22		12.11
	播种费	hm ²	5.22	13599.21	7.10
	草籽费	kg	627	80.00	5.01
1.4	供排水工程区				20.68
1.4.1	撒播草籽	hm ²	8.91		20.68
	播种费	hm ²	8.91	13599.21	12.12
	草籽费	kg	1070	80.00	8.56
三	第三部分 临时措施费				1819.62

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
(一)	山丘区				1425.85
1	直流线路				1246.73
1.1	塔基区				138.82
	植生袋装土拦挡	m ³	1920	447.71	85.96
	编织袋拆除	m ³	1920	56.23	10.80
	密目网苫盖	m ²	25600	6.48	16.59
	彩条旗围护	m	11520	10.10	11.64
	铺设彩条布	m ²	19200	6.16	11.83
	临时泥浆沉淀池	座	1	20000.00	2.00
1.2	牵张场				3.74
	密目网苫盖	m ²	600	6.48	0.39
	铺设彩条布	m ²	450	6.16	0.28
	铺设钢板	m ²	600	43.16	2.59
	彩条旗围护	m	480	10.10	0.48
1.3	跨越施工场地区				0.42
	彩条旗围护	m	420	10.10	0.42
1.4	施工道路				1103.75
	植生袋装土拦挡	m ³	21630	447.71	968.39
	编织袋拆除	m ³	21630	56.23	121.63
	临时排水沟	m ³	925	39.36	3.64
	素土夯实	m ³	925	109.12	10.09
2	接地极线路				179.12
2.1	塔基区				25.46
	植生袋装土拦挡	m ³	270	447.71	12.09
	编织袋拆除	m ³	270	56.23	1.52
	密目网苫盖	m ²	8100	6.48	5.25
	彩条旗围护	m	3240	10.10	3.27
	铺设彩条布	m ²	5400	6.16	3.33
	临时泥浆沉淀池	座	0		0.00
2.2	牵张场				2.65
	密目网苫盖	m ²	450	6.48	0.29
	铺设彩条布	m ²	240	6.16	0.15
	铺设钢板	m ²	450	43.16	1.94
	彩条旗围护	m	270	10.10	0.27
2.3	施工道路				151.00
	植生袋装土拦挡	m ³	2993	447.71	133.98
	编织袋拆除	m ³	2993	56.23	16.83
	临时排水沟	m ³	14	39.36	0.05
	素土夯实	m ³	14	109.12	0.15
(二)	平原区				332.50
1	直流线路				67.60
1.1	塔基区				48.04
	植生袋装土拦挡	m ³	540	447.71	24.18
	编织袋拆除	m ³	540	56.23	3.04

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
	密目网苫盖	m ²	9720	6.48	6.30
	彩条旗围护	m	6480	10.10	6.54
	铺设彩条布	m ²	12960	6.16	7.99
1.2	牵张场				7.92
	铺设彩条布	m ²	600	6.16	0.37
	铺设钢板	m ²	1600	43.16	6.91
	彩条旗围护	m	640	10.10	0.65
1.3	跨越施工场地区				0.24
	彩条旗围护	m	240	10.10	0.24
1.4	施工道路				11.39
	彩条旗围护	m	11280	10.10	11.39
2	接地极线路				29.40
2.1	塔基区				15.42
	植生袋装土拦挡	m ³	114	447.71	5.10
	编织袋拆除	m ³	114	56.23	0.64
	密目网苫盖	m ²	4180	6.48	2.71
	彩条旗围护	m	3420	10.10	3.45
	铺设彩条布	m ²	5700	6.16	3.51
2.2	牵张场				3.01
	铺设彩条布	m ²	240	6.16	0.15
	铺设钢板	m ²	600	43.16	2.59
	彩条旗围护	m	270	10.10	0.27
2.3	跨越施工场地区				0.06
	彩条旗围护	m	60	10.10	0.06
2.4	施工道路				10.91
	彩条旗围护	m	10800	10.10	10.91
3	迁改线路				2.95
3.1	塔基区				1.22
	植生袋装土拦挡	m ³	9	447.71	0.40
	编织袋拆除	m ³	9	56.23	0.05
	密目网苫盖	m ²	330	6.48	0.21
	彩条旗围护	m	270	10.10	0.27
	铺设彩条布	m ²	450	6.16	0.28
3.2	牵张场				1.00
	铺设彩条布	m ²	80	6.16	0.05
	铺设钢板	m ²	200	43.16	0.86
	彩条旗围护	m	90	10.10	0.09
3.3	跨越施工场地区				0.12
	彩条旗围护	m	120	10.10	0.12
3.4	施工道路				0.61
	彩条旗围护	m	600	10.10	0.61
4	送端换流站工程				194.21
4.1	站区				47.18
	植生袋装土拦挡	m	600	606.52	36.39

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
	密目网苫盖	m ²	23000	4.69	10.79
4.2	进站道路区				1.17
	彩条旗围护	m	2120	2.81	0.60
	密目网苫盖	m ²	1219	4.69	0.57
4.3	外接电源工程区				14.98
	彩条旗围护	m	33710	2.81	9.46
	密目网苫盖	m ²	11755	4.69	5.52
4.4	供排水工程区				46.12
	彩条旗围护	m	30100	2.81	8.45
	密目网苫盖	m ²	80298	4.69	37.67
4.5	施工生产生活区				8.61
	临时排水沟	m	2300	8.86	2.04
	临时沉砂池	处	6	3174.76	1.90
	彩条旗围护	m	2400	2.81	0.67
	密目网苫盖	m ²	8520	4.69	4.00
4.6	临时堆土区				76.15
	临时排水沟	m	1000	8.86	0.89
	临时沉砂池	处	4	3174.76	1.27
	彩条旗围护	m	900	2.81	0.25
	植生袋装土拦挡	m	800	606.52	48.52
	密目网苫盖	m ²	36540	4.69	17.14
	临时撒草防护	hm ²	3.48	23198.63	8.07
5	送端接地极				38.33
5.1	汇流装置区				0.92
	植生袋装土拦挡	m	100	67.39	0.67
	密目网苫盖	m ²	533.6	4.69	0.25
5.2	电极电缆区				37.29
	彩条旗围护	m	7534	2.81	2.11
	植生袋装土拦挡	m	3297	67.39	22.22
	密目网苫盖	m ²	27621	4.69	12.96
5.3	检修道路区				0.06
	彩条旗围护	m	200	2.81	0.06
5.4	外接电源工程区				0.06
	彩条旗围护	m	120	2.81	0.03
	密目网苫盖	m ²	60	4.69	0.03
(三)	其它临时措施费	%	2	30636312.90	61.27
四	甘肃省合计				4883.25
	山丘区				2093.15
	平原区				2790.10

表 7.1-7 陕西省境内水土保持措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
一	第一部分 工程措施费				535.23
(一)	山丘区				535.23
1	直流线路				531.44
1.1	塔基区				274.92
	浆砌石护坡	m ³	395	937.00	37.01
	浆砌石挡渣墙	m ³	105	937.00	9.84
	浆砌石排水沟	m ³	361	937.00	33.83
	表土剥离	hm ²	7.70	83435.89	64.27
	表土回覆	m ³	23107	42.17	97.44
	土地整治	hm ²	23.14	10980.13	25.41
	耕地恢复	hm ²	6.49	10980.13	7.13
1.2	牵张场				25.26
	表土剥离	hm ²	0.69	83435.89	5.75
	表土回覆	m ³	2066	42.17	8.71
	土地整治	hm ²	8.16	10980.13	8.96
	耕地恢复	hm ²	1.68	10980.13	1.84
1.3	跨越施工场地				2.94
	土地整治	hm ²	2.28	10980.13	2.50
	耕地恢复	hm ²	0.40	10980.13	0.44
1.4	施工道路				228.32
	表土剥离	hm ²	8.06	83435.89	67.28
	表土回覆	m ³	24192	42.17	102.01
	土地整治	hm ²	44.09	10980.13	48.42
	耕地恢复	hm ²	9.67	10980.13	10.61
2	迁改线路				3.78
2.1	塔基区				2.15
	表土剥离	hm ²	0.08	83435.89	0.64
	表土回覆	m ³	229	42.17	0.97
	土地整治	hm ²	0.50	10980.13	0.55
2.2	牵张场				1.23
	表土剥离	hm ²	0.03	83435.89	0.28
	表土回覆	m ³	101	42.17	0.43
	土地整治	hm ²	0.48	10980.13	0.53
2.4	施工道路				0.40
	表土剥离	hm ²	0.01	83435.89	0.07
	表土回覆	m ³	25.48	42.17	0.11
	土地整治	hm ²	0.20	10980.13	0.22
二	第二部分 植物措施费				186.01
(一)	山丘区				186.01
1	直流线路				183.22
1.1	塔基区				54.59
1.1.1	撒播草籽 (紫花苜蓿、狗尾草)				36.52
	播种费	hm ²	23.14	2981.18	6.90
	草籽费	kg	3703	80.00	29.62

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
1.1.2	栽植灌木 (紫穗槐)				18.07
	栽植费	株	34713	3.70	12.86
	苗木费	株	34713	1.50	5.21
1.2	牵张场				19.25
1.2.1	撒播草籽 (紫花苜蓿、狗尾草)				12.88
	播种费	hm ²	8.16	2981.18	2.43
	草籽费	kg	1306	80.00	10.44
1.2.2	栽植灌木 (紫穗槐)				6.37
	栽植费	株	12240	3.70	4.53
	苗木费	株	12240	1.50	1.84
1.3	跨越施工场地				5.38
1.3.1	撒播草籽 (紫花苜蓿、狗尾草)				3.60
	播种费	hm ²	2.28	2981.18	0.68
	草籽费	kg	365	80.00	2.92
1.3.2	栽植灌木 (紫穗槐)				1.78
	栽植费	株	3420	3.70	1.27
	苗木费	株	3420	1.50	0.51
1.4	施工道路				104.01
1.4.1	撒播草籽 (紫花苜蓿、狗尾草)				69.59
	播种费	hm ²	44.09	2981.18	13.15
	草籽费	kg	7055	80.00	56.44
1.4.2	栽植灌木 (紫穗槐)				34.42
	栽植费	株	66142	3.70	24.50
	苗木费	株	66142	1.50	9.92
2	迁改线路				2.78
2.1	塔基区				1.19
2.1.1	撒播草籽 (紫花苜蓿、狗尾草)				0.79
	播种费	hm ²	0.50	2981.18	0.15
	草籽费	kg	80	80.00	0.64
2.1.2	栽植灌木 (紫穗槐)				0.39
	栽植费	株	754	3.70	0.28
	苗木费	株	754	1.50	0.11
2.2	牵张场				1.13
2.2.1	撒播草籽 (紫花苜蓿、狗尾草)				0.76
	播种费	hm ²	0.48	2981.18	0.14
	草籽费	kg	77	80.00	0.61
2.2.2	栽植灌木 (紫穗槐)				0.37
	栽植费	株	720	3.70	0.27
	苗木费	株	720	1.50	0.11
2.4	施工道路				0.47
2.4.1	撒播草籽 (紫花苜蓿、狗尾草)				0.31
	播种费	hm ²	0.00	2981.18	0.06
	草籽费	kg	32	80.00	0.25
2.4.2	栽植灌木 (紫穗槐)				0.15
	栽植费	株	296	3.70	0.11
	苗木费	株	296	1.50	0.04

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
三	第三部分 临时措施费				1520.11
(一)	山丘区				1505.68
1	直流线路				1495.07
1.1	塔基区				339.63
	植生袋装土拦挡	m ³	4710	447.71	210.87
	编织袋拆除	m ³	4710	56.23	26.49
	密目网苫盖	m ²	62800	6.48	40.70
	彩条旗围护	m	28260	10.10	28.54
	铺设彩条布	m ²	47100	6.16	29.03
	临时泥浆沉淀池	座	2	20000.00	4.00
1.2	牵张场				51.12
	密目网苫盖	m ²	8200	6.48	5.31
	铺设彩条布	m ²	6150	6.16	3.79
	铺设钢板	m ²	8200	43.16	35.39
	彩条旗围护	m	6560	10.10	6.63
1.3	跨越施工场地区				4.06
	彩条旗围护	m	4020	10.10	4.06
1.4	施工道路				1100.26
	植生袋装土拦挡	m ³	24192	447.71	1083.09
	编织袋拆除	m ³	24192	56.23	4.71
	临时排水沟	m ³	838	39.36	3.30
	素土夯实	m ³	838	109.12	9.15
2	迁改线路				10.62
2.1	塔基区				4.28
	植生袋装土拦挡	m ³	60	447.71	2.69
	编织袋拆除	m ³	60	56.23	0.34
	密目网苫盖	m ²	800	6.48	0.52
	彩条旗围护	m	360	10.10	0.36
	铺设彩条布	m ²	600	6.16	0.37
2.2	牵张场				4.99
	密目网苫盖	m ²	800	6.48	0.52
	铺设彩条布	m ²	600	6.16	0.37
	铺设钢板	m ²	800	43.16	3.45
	彩条旗围护	m	640	10.10	0.65
2.3	施工道路				1.35
	植生袋装土拦挡	m ³	25	447.71	1.14
	编织袋拆除	m ³	25	56.23	0.14
	临时排水沟	m ³	5	39.36	0.02
	素土夯实	m ³	5	109.12	0.05
(二)	其它临时措施费	%	2	7212347.87	14.42
四	陕西省合计				2241.34
	山丘区				2241.34

表 7.1-8 山西省境内水土保持措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
一	第一部分 工程措施费				1397.96
(一)	山丘区				1397.96
1	直流线路				1366.04
1.1	塔基区				896.91
	浆砌石护坡	m ³	1214	1094.00	132.81
	浆砌石挡渣墙	m ³	2656	1094.00	290.57
	浆砌石排水沟	m ³	408	1094.00	44.67
	表土剥离	hm ²	16.81	82265.86	138.29
	表土回覆	m ³	50600	41.56	210.29
	耕地恢复	hm ²	26.11	10824.96	28.26
	土地整治	hm ²	48.06	10824.96	52.02
1.2	牵张场				50.45
	表土剥离	hm ²	1.39	82265.86	11.43
	表土回覆	m ³	4200	41.56	17.46
	耕地恢复	hm ²	6.72	10824.96	7.27
	土地整治	hm ²	13.20	10824.96	14.29
1.3	跨越施工场地				12.99
	耕地恢复	hm ²	3.28	10824.96	3.55
	土地整治	hm ²	8.72	10824.96	9.44
1.4	施工道路				405.69
	表土剥离	hm ²	14.54	82265.86	119.61
	表土回覆	m ³	43600	41.56	181.20
	耕地恢复	hm ²	35.60	10824.96	38.54
	土地整治	hm ²	61.28	10824.96	66.34
2.0	迁改线路				31.92
2.1	塔基区				16.51
	浆砌石挡渣墙	m ³	110	1094.00	12.03
	表土剥离	hm ²	0.17	82265.86	1.40
	表土回覆	m ³	500	41.56	2.08
	耕地恢复	hm ²	0.92	10824.96	1.00
2.2	牵张场				2.27
	表土剥离	hm ²	0.06	82265.86	0.49
	表土回覆	m ³	200	41.56	0.83
	耕地恢复	hm ²	0.88	10824.96	0.95
2.3	跨越施工场地				0.22
	耕地恢复	hm ²	0.20	10824.96	0.22
2.4	施工道路				12.92
	表土剥离	hm ²	0.46	82265.86	3.78
	表土回覆	m ³	1400	41.56	5.82
	耕地恢复	hm ²	3.07	10824.96	3.32
二	第二部分 植物措施费				676.76
(一)	山丘区				676.76

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
1	直流线路				676.76
1.1	塔基区				214.26
1.1.1	撒播草籽（紫花苜蓿、早熟禾）				82.75
	播种费	hm ²	48.06	2938.94	14.12
	草籽费	kg	8170	84.00	68.63
1.1.2	栽植灌木（荆条）				131.51
	栽植费	株	44100	4.32	19.05
	苗木费	株	44982	25.00	112.46
1.2	牵张场				74.26
1.2.1	撒播草籽（紫花苜蓿、早熟禾）				22.73
	播种费	hm ²	13.20	2938.94	3.88
	草籽费	kg	2244	84.00	18.85
1.2.2	栽植灌木（荆条）				51.53
	栽植费	株	17280	4.32	7.46
	苗木费	株	17626	25.00	44.07
1.3	跨越施工场地				51.51
1.3.1	撒播草籽（紫花苜蓿、早熟禾）				15.01
	播种费	hm ²	8.72	2938.94	2.56
	草籽费	kg	1482	84.00	12.45
1.3.2	栽植灌木（荆条）				36.50
	栽植费	株	12240	4.32	5.29
	苗木费	株	12485	25.00	31.21
1.4	施工道路				336.73
1.4.1	撒播草籽（紫花苜蓿、早熟禾）				105.52
	播种费	hm ²	61.28	2938.94	18.01
	草籽费	kg	10418	84.00	87.51
1.4.2	栽植灌木（荆条）				231.21
	栽植费	株	77535	4.32	33.50
	苗木费	株	79086	25.00	197.71
三	第三部分 临时措施费				3182.31
(一)	山丘区				3150.42
1	直流线路				3060.79
1.1	塔基区				716.02
	植生袋装土拦挡	m ³	9675	449.68	435.07
	编织袋拆除	m ³	9675	55.42	53.62
	密目网苫盖	m ²	129000	6.73	86.82
	彩条旗围护	m	58050	10.12	58.75
	铺设彩条布	m ²	96750	7.21	69.76
	临时泥浆沉淀池	座	6	20000.00	12.00
1.2	牵张场				104.82
	铺设彩条布	m ²	12450	7.21	8.98
	密目网苫盖	m ²	16600	6.73	11.17
	铺设钢板	m ²	16600	42.91	71.23
	彩条旗围护	m	13280	10.12	13.44

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
1.3	跨越施工场地区				18.22
	彩条旗围护	m	18000	10.12	18.22
1.4	施工道路				2221.73
	植生袋装土拦挡	m ³	43600	449.68	1960.60
	编织袋拆除	m ³	43600	55.42	241.63
	临时排水沟	m ³	1332	38.80	5.17
	素土夯实	m ³	1332	107.55	14.33
2	迁改线路				89.63
2.1	塔基区				8.26
	植生袋装土拦挡	m ³	100	449.68	4.50
	编织袋拆除	m ³	100	55.42	0.55
	密目网苫盖	m ²	2000	6.73	1.35
	彩条旗围护	m	840	10.12	0.85
	铺设彩条布	m ²	1400	7.21	1.01
2.2	牵张场				5.24
	铺设彩条布	m ²	620	7.21	0.45
	密目网苫盖	m ²	1000	6.73	0.67
	铺设钢板	m ²	800	42.91	3.43
	彩条旗围护	m	680	10.12	0.69
2.3	跨越施工场地区				0.30
	彩条旗围护	m	300	10.12	0.30
2.4	施工道路				75.83
	植生袋装土拦挡	m ³	1400	449.68	62.96
	编织袋拆除	m ³	1400	55.42	7.76
	临时排水沟	m ³	960	38.80	3.72
	素土夯实	m ³	130	107.55	1.39
(二)	其它临时措施费	%	2	15945000.00	31.89
四	山西省合计				5257.03
	山丘区				5257.03

表 7.1-9 河北省境内水土保持措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
一	第一部分 工程措施费				249.02
(一)	山丘区				160.17
1	直流线路工程				160.17
1.1	塔基区				75.31
	表土剥离	hm ²	2.81		2.55
		m ³	5600	4.55	2.55
	表土回覆	m ³	5600	42.31	23.69
	耕地恢复	hm ²	6.90	11086.20	0.76
	浆砌石挡渣墙	m ³	200	750.00	15.00
	浆砌石护坡	m ³	200	700.00	14.00
	浆砌石排水沟	m ³	150	1000.00	15.00
	土地整治	hm ²	3.89	11086.20	4.31
1.2	牵张场区				40.04
	表土剥离	hm ²	2.64		3.60
		m ³	7920	4.55	3.60
	表土回覆	m ³	7920	42.31	33.51
	土地整治	hm ²	2.64	11086.20	2.93
1.3	跨越施工场地区				1.75
	耕地恢复	hm ²	1.98	11086.20	0.22
	土地整治	hm ²	1.38	11086.20	1.53
1.4	施工道路区				43.07
	表土剥离	hm ²	2.80		2.96
		m ³	6500	4.55	2.96
	表土回覆	m ³	6500	42.31	27.50
	耕地恢复	hm ²	8.10	11086.20	0.90
	土地整治	hm ²	10.56	11086.20	11.71
(二)	平原区				88.85
1	直流线路工程				88.85
1.1	塔基区				80.71
	表土剥离	hm ²	5.03		6.87
		m ³	15100	4.55	6.87
	表土回覆	m ³	15100	42.31	63.89
	耕地恢复	hm ²	20.55	11086.20	2.28
	土地整治	hm ²	6.92	11086.20	7.67
1.2	牵张场区				0.66
	耕地恢复	hm ²	5.98	11086.20	0.66
1.3	跨越施工场地区				3.54
	耕地恢复	hm ²	7.12	11086.20	0.79
	土地整治	hm ²	2.48	11086.20	2.75
1.4	施工道路区				3.94
	耕地恢复	hm ²	14.41	11086.20	1.60
	土地整治	hm ²	2.11	11086.20	2.34

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
二	第二部分 植物措施费				42.83
(一)	山丘区				26.65
1	直流线路工程				26.65
1.1	塔基区				5.48
1.1.1	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）				5.33
	播种费	hm ²	3.89	1982.11	0.77
	草籽费	kg	584	78.00	4.56
1.1.2	栽植灌木（紫穗槐）				0.15
	栽植费	株	285	3.70	0.11
	苗木费	株	285	1.30	0.04
1.2	牵张场区				5.05
1.2.1	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）				4.07
	播种费	hm ²	2.64	1982.11	0.98
	草籽费	kg	396	78.00	3.09
1.2.2	栽植灌木（紫穗槐）				0.17
	栽植费	株	345	3.70	0.13
	苗木费	株	345	1.30	0.04
1.3	跨越施工场地区				2.28
1.3.1	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）				2.12
	播种费	hm ²	1.38	1982.11	0.51
	草籽费	kg	207	78.00	1.61
1.3.2	栽植灌木（紫穗槐）				0.16
	栽植费	株	315	3.70	0.12
	苗木费	株	315	1.30	0.04
1.4	施工道路区				14.65
1.4.1	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）				14.45
	播种费	hm ²	10.56	1982.11	2.09
	草籽费	kg	1584	78.00	12.36
1.4.2	栽植灌木（紫穗槐）				0.20
	栽植费	株	405	3.70	0.15
	苗木费	株	405	1.30	0.05
(二)	平原区				16.18
1	直流线路工程				16.18
1.1	塔基区				9.47
1.1.1	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）				9.47
	播种费	hm ²	6.92	1982.11	1.37
	草籽费	kg	1038	78.00	8.10
1.2	跨越施工场地区				3.82
1.2.1	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）				3.82
	播种费	hm ²	2.48	1982.11	0.92
	草籽费	kg	372	78.00	2.90
1.3	施工道路区				2.89
1.2.1	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）				2.89
	播种费	hm ²	2.11	1982.11	0.42

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
	草籽费	kg	317	78.00	2.47
三	第三部分 临时措施费				950.38
(一)	山丘区				238.24
1	直流线路工程				238.24
1.1	塔基区				163.36
	植生袋装土拦挡	m ³	2745	397.73	109.18
	编织袋拆除	m ³	2745	58.50	16.06
	彩条旗围护	m	32940	1.24	4.08
	密目网苫盖	m ²	36600	5.04	18.45
	铺设彩条布	m ²	27450	5.68	15.59
1.2	牵张场区				12.04
	彩条旗围护	m	1650	1.24	0.20
	密目网苫盖	m ²	2200	5.04	1.11
	铺设彩条布	m ²	1650	5.68	0.94
	铺设钢板	m ²	2200	44.52	9.79
1.3	跨越施工场地区				0.83
	彩条旗围护	m	6720	1.24	0.83
1.4	施工道路区				62.01
	植生袋装土拦挡	m ³	1300	411.60	53.51
	编织袋拆除	m ³	1300	58.50	7.61
	临时排水沟	m ³	58	40.95	0.24
	素土夯实	m ³	58	113.51	0.66
(二)	平原区				706.31
1	直流线路工程				706.31
1.1	塔基区				636.76
	植生袋装土拦挡	m ³	2360	397.73	93.86
	编织袋拆除	m ³	2360	58.50	13.81
	彩条旗围护	m	28320	1.24	3.51
	密目网苫盖	m ²	42480	5.04	21.41
	泥浆沉淀池	座	236	20000.00	472.00
	铺设彩条布	m ²	56640	5.68	32.17
1.2	牵张场区				45.26
	彩条旗围护	m	3840	1.24	0.48
	铺设彩条布	m ²	3600	5.68	2.04
	铺设钢板	m ²	9600	44.52	42.74
1.3	跨越施工场地区				4.46
	彩条旗围护	m	36000	1.24	4.46
1.4	施工道路区				19.83
	彩条旗围护	m	159880	1.24	19.83
(三)	其他临时措施费	%	2	2918500.00	5.84
四	合计				1242.23
	山丘区				425.06
	平原区				817.17

表 7.1-10 山东省境内水土保持措施投资估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
一	第一部分 工程措施费				1862.75
(一)	山丘区				59.53
1	直流线路工程				59.53
1.1	塔基区				36.42
	表土剥离	hm ²	1.00		0.88
		m ³	2000	4.38	0.88
	表土回覆	m ³	2000	43.56	8.71
	耕地恢复	hm ²	3.48	11396.77	3.97
	浆砌石挡渣墙	m ³	60	950.00	5.70
	浆砌石护坡	m ³	150	900.00	13.50
	浆砌石排水沟	m ³	23	1000.00	2.25
	土地整治	hm ²	1.24	11396.77	1.41
1.2	牵张场区				12.86
	表土剥离	hm ²	1.20		1.05
		m ³	2400	4.38	1.05
	表土回覆	m ³	2400	43.56	10.45
	耕地恢复	hm ²	0.95	11396.77	1.08
	土地整治	hm ²	0.25	11396.77	0.28
1.3	施工道路区				10.25
	表土剥离	hm ²	0.53		0.57
		m ³	1300	4.38	0.57
	表土回覆	m ³	1300	43.56	5.66
	耕地恢复	hm ²	0.85	11396.77	0.97
	土地整治	hm ²	2.68	11396.77	3.05
(二)	平原区				1803.22
1	受端换流站				1606.35
1.1	站区				633.43
	DN≤1000mm 雨水排水管*	m	2700	573.80	154.93
	DN≤300mm 雨水排水管*	m	1900	240.87	45.77
	DN≤600mm 雨水排水管*	m	4000	375.55	150.22
	Φ1200 雨水排水管*	m	200	844.92	16.90
	Φ1500 雨水排水管*	m	200	1203.68	24.07
	表土剥离	hm ²	21.25		22.65
		m ³	63800	3.55	22.65
	表土回覆	hm ²	9.16		52.42
		m ³	27500	19.06	52.42
	浆砌石骨架护坡	m ³	2328	274.99	64.00
	碎石铺盖	hm ²	0.65	188680.00	12.26
	土地整治	hm ²	9.16	5034.49	4.61
	雨水检查井	座	260	2000.00	52.00
	雨水井	座	420	800.00	33.60
1.2	进站道路区				0.21

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
	表土剥离	hm ²	0.19		0.21
		m ³	600	3.55	0.21
1.3	外接电源工程区				2.64
	表土剥离	hm ²	0.38		0.39
		m ³	1100	3.55	0.39
	表土回覆	hm ²	0.29		2.10
		m ³	1100	19.06	2.10
	耕地恢复	hm ²	0.29	5034.49	0.15
1.4	供排水工程区				203.21
	镀锌钢管	m	1350	1203.68	162.50
	八字浆砌石排水口	座	2	8000.00	1.60
	表土剥离	hm ²	5.37		5.72
		m ³	16100	3.55	5.72
	表土回覆	hm ²	5.37		30.69
		m ³	16100	19.06	30.69
	耕地恢复	hm ²	5.37	5034.49	2.70
1.5	施工生产生活区				40.57
	表土剥离	hm ²	5.58		5.93
		m ³	16700	3.55	5.93
	表土回覆	hm ²	5.58		31.83
		m ³	16700	19.06	31.83
	耕地恢复	hm ²	5.58	5034.49	2.81
1.6	临时堆土区				1.01
	耕地恢复	hm ²	2	5034.49	1.01
1.7	取土场				715.63
	表土剥离	hm ²	5.55		5.91
		m ³	16650	3.55	5.91
	表土回覆	hm ²	5.55		102.16
		m ³	53600	19.06	102.16
	沉砂池	座	1		2.76
	浆砌石	m ³	17	1515.86	2.63
	沉砂池挖方	m ³	75	17.69	0.13
	耕地恢复	hm ²	5.24	5034.49	2.64
	浆砌石骨架护坡	m ³	1642	1515.86	248.96
	截排水沟	m	731		134.16
	浆砌石	m ³	694	1515.86	105.22
	砂浆抹面	m ²	1739	153.64	26.72
	截排水沟挖方	m ³	1257	17.69	2.22
	削坡工程	m ³	10265	80.00	82.12
1.8	还建工程区				9.65
	表土剥离	hm ²	1.35		1.46
		m ³	4100	3.55	1.46
	表土回覆	hm ²	0.75		7.81
		m ³	4100	19.06	7.81

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合价 (万元)
	耕地恢复	hm ²	0.75	5034.49	0.38
2	受端接地极				21.03
2.1	汇流装置区				0.07
	表土剥离	hm ²			0.07
		m ³	0.05		0.07
2.2	电极电缆区				20.67
	表土剥离	hm ²	2.32		0.00
		m ³	7000	3.55	2.49
	表土回覆	m ³	7400	19.06	14.10
	耕地恢复	hm ²	8.11	5034.49	4.08
2.3	检修道路区				0.04
	表土剥离	hm ²	0.03		0.04
		m ³	100	3.55	0.04
2.4	外接电源工程区				0.25
	表土剥离	hm ²	0.03		0.04
		m ³	100	3.55	0.04
	表土回覆	m ³	100	19.06	0.19
	耕地恢复	hm ²	0.01	5034.49	0.01
	土地整治	hm ²	0.02	5034.49	0.01
3	直流线路工程				163.38
3.1	塔基区				127.31
	表土剥离	hm ²	6.14		8.06
		m ³	18400	4.38	8.06
	表土回覆	m ³	18400	43.56	80.15
	耕地恢复	hm ²	26.53	11396.77	30.24
	土地整治	hm ²	7.77	11396.77	8.86
3.2	牵张场区				11.49
	耕地恢复	hm ²	10.08	11396.77	11.49
3.3	跨越施工场地区				11.44
	耕地恢复	hm ²	8.76	11396.77	9.98
	土地整治	hm ²	1.28	11396.77	1.46
3.4	施工道路区				13.14
	耕地恢复	hm ²	11.53	11396.77	13.14
4	受端接地极线路工程				12.46
4.1	塔基区				9.57
	表土剥离	hm ²	0.35		0.48
		m ³	1100	4.38	0.48
	表土回覆	m ³	1100	43.56	4.79
	耕地恢复	hm ²	3.33	11396.77	3.80
	土地整治	hm ²	0.44	11396.77	0.50
4.2	牵张场区				0.24
	耕地恢复	hm ²	0.21	11396.77	0.24
4.3	跨越施工场地区				0.05
	耕地恢复	hm ²	0.04	11396.77	0.05

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
4.4	施工道路区				2.60
	耕地恢复	hm ²	2.28	11396.77	2.60
二	第二部分 植物措施费				76.51
(一)	山丘区				5.63
1	直流线路工程				5.63
1.1	塔基区				1.65
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）				1.61
	播种费	hm ²	1.24	2041.78	0.25
	草籽费	kg	174	78.00	1.36
	栽植灌木（紫穗槐）		90		0.04
	栽植费	株	90	3.79	0.03
	苗木费	株	90	1.30	0.01
1.2	牵张场区				0.40
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）		36		0.37
	播种费	hm ²	0.26	2041.78	0.09
	草籽费	kg	36	78.00	0.28
	栽植灌木（紫穗槐）		45		0.03
	栽植费	株	45	3.79	0.02
	苗木费	株	45	1.30	0.01
1.4	施工道路区				3.58
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）		375		3.48
	播种费	hm ²	2.68	2041.78	0.55
	草籽费	kg	375	78.00	2.93
	栽植灌木（紫穗槐）		195		0.10
	栽植费	株	195	3.79	0.07
	苗木费	株	195	1.30	0.03
(二)	平原区				70.88
1	受端换流站				59.19
1.1	站区				55.63
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）		709		6.31
	播种费	hm ²	8.86	879.98	0.78
	草籽费	kg	709	78.00	5.53
	栽植灌木（丰花月季、小叶女贞）		60000		49.32
	栽植费	株	60000	6.00	36.00
	苗木费	株	60000	2.22	13.32
1.2	取土场				3.56
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）		101		0.90
	播种费	hm ²	1.26	879.98	0.11
	草籽费	kg	101	78.00	0.79
	栽植灌木（紫穗槐）		8982		2.66
	栽植费	株	8982	1.66	1.49
	苗木费	株	8982	1.30	1.17
2	受端接地极				0.04
2.1	外接电源工程区				0.04

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）		2.8	78.00	0.02
	播种费	hm ²	0.04		0.00
	草籽费	kg	3	78.00	0.02
3	直流线路工程				11.08
3.1	塔基区				10.03
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）		1088		10.03
	播种费	hm ²	7.77	1982.11	1.54
	草籽费	kg	1088	78.00	8.49
3.2	跨越施工场地区				1.05
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）		102		1.05
	播种费	hm ²	1.28	1982.11	0.25
	草籽费	kg	102	78.00	0.80
4	受端接地极线路工程				0.57
4.1	塔基区				0.57
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）		62		0.57
	播种费	hm ²	0.44	2041.78	0.09
	草籽费	kg	62	78.00	0.48
三	第三部分 临时措施费				1162.47
(一)	山丘区				110.15
1	直流线路工程				110.15
1.1	塔基区				42.96
	植生袋装土拦挡	m ³	450	411.60	18.52
	编织袋拆除	m ³	450	58.50	2.63
	彩条旗围护	m	5400	1.40	0.76
	密目网苫盖	m ²	6000	5.14	3.08
	泥浆沉淀池	座	9	20000.00	18.00
	铺设彩条布	m ²	4500	5.78	2.60
1.2	牵张场区				5.18
	彩条旗围护	m	750	1.40	0.11
	密目网苫盖	m ²	1000	5.14	0.51
	铺设彩条布	m ²	750	5.78	0.43
	铺设钢板	m ²	1000	41.26	4.13
1.4	施工道路区				62.01
	植生袋装土拦挡	m ³	1300	411.60	53.51
	编织袋拆除	m ³	1300	58.50	7.61
	临时排水沟	m ³	58	40.95	0.24
	素土夯实	m ³	58	113.51	0.66
(二)	平原区				1013.54
1	受端换流站				180.07
1.1	站区				16.63
	密目网苫盖	hm ²	5.32	31257.00	16.63
1.2	进站道路区				0.16
	密目网苫盖	m ²	500	3.13	0.16
1.3	外接电源工程区				3.06

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
	彩条布铺垫	m ²	4000	3.73	1.49
	密目网苫盖	m ²	5000	3.13	1.57
1.4	供排水工程区				14.67
	彩条布铺垫	m ²	19200	3.73	7.16
	密目网苫盖	m ²	24000	3.13	7.51
1.5	施工生产生活区				70.50
	普通砖抹面沉砂池	座	4		1.47
	普通砖抹面沉砂池挖方	m ³	6	954.05	0.55
	普通砖抹面沉砂池砌砖	m ³	56	153.64	0.87
	普通砖抹面沉砂池砂浆抹面	m ²	26	17.69	0.05
	普通砖抹面排水沟	m	1442		33.78
	普通砖抹面排水沟挖方	m ³	1298	153.64	19.94
	普通砖抹面排水沟抹面	m ²	140	954.05	13.36
	普通砖抹面排水沟砌砖	m ³	270	17.69	0.48
1.6	临时堆土区				34.03
	植生袋装土拦挡	m ³	1284	185.84	23.86
	植生袋装土拦挡拆除	m ³	1284	25.28	3.25
	密目网苫盖	m ²	20000	3.13	6.26
	土质排水沟	m	634		0.33
	土质排水沟素土拍实	m ³	27	62.36	0.17
	土质排水沟挖方	m ³	89	17.69	0.16
1.7	取土场				35.59
	植生袋装土拦挡	m ³	1478	185.84	27.47
	植生袋装土拦挡拆除	m ³	1478	25.28	3.74
	密目网苫盖	m ²	14000	3.13	4.38
1.8	还建工程区				5.43
	彩条布铺垫	m ²	7000	3.73	2.61
	密目网苫盖	m ²	9000	3.13	2.82
2	受端接地极				25.26
2.1	汇流装置区				0.51
	植生袋装土拦挡	m ³	20	185.84	0.37
	密目网苫盖	m ²	450	3.13	0.14
2.2	电极电缆区				24.37
	植生袋装土拦挡	m ³	825	185.84	15.33
	彩条旗围护	m	6994	0.98	0.69
	密目网苫盖	m ²	26689	3.13	8.35
2.3	检修道路区				0.07
	彩条旗围护	m	672	0.98	0.07
2.4	外接电源工程区				0.31
	彩条布铺垫	m ²	450	3.73	0.17
	密目网苫盖	m ²	450	3.13	0.14
3	直流线路工程				709.52
3.1	塔基区				616.34
	植生袋装土拦挡	m ³	2400	411.60	98.78

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
	编织袋拆除	m ³	2400	58.50	14.04
	彩条旗围护	m	28800	1.40	4.03
	密目网苫盖	m ²	43200	5.14	22.20
	泥浆沉淀池	座	222	20000.00	444.00
	铺设彩条布	m ²	57600	5.78	33.29
3.2	牵张场区				73.90
	彩条旗围护	m	6720	1.40	0.94
	铺设彩条布	m ²	6300	5.78	3.64
	铺设钢板	m ²	16800	41.26	69.32
3.3	跨越施工场地区				5.27
	彩条旗围护	m	37650	1.40	5.27
3.4	施工道路区				14.01
	彩条旗围护	m	100100	1.40	14.01
4	受端接地极线路工程				98.69
4.1	塔基区				96.03
	植生袋装土拦挡	m ³	205	411.60	8.44
	编织袋拆除	m ³	205	58.50	1.20
	彩条旗围护	m	3690	1.40	0.52
	密目网苫盖	m ²	4510	5.14	2.32
	泥浆沉淀池	座	40	20000.00	80.00
	铺设彩条布	m ²	6150	5.78	3.55
4.2	牵张场区				2.65
	彩条旗围护	m	180	1.40	0.03
	铺设彩条布	m ²	240	5.78	0.14
	铺设钢板	m ²	600	41.26	2.48
4.3	跨越施工场地区				0.01
	彩条旗围护	m	50	1.40	0.01
4.3	施工道路区				2.83
	彩条旗围护	m	20200	1.40	2.83
(三)	其他临时措施费	%	2	19392600.00	38.79
四	合计				3101.73
	山丘区				175.31
	平原区				2926.42

表 7.1-11 独立费用估算表

序号	工程名称及费用	编制依据及计算公式	费用（万元）
1	建设管理费	（工程措施+植物措施+临时工程）×2.0%	334.51
2	科研勘测设计费	参照《〈工程勘察收费标准〉（计价格〔2002〕10号）、《关于落实〈国家发展改革委关于进一步放开建设项目专业服务价格的通知〉（发改价格〔2015〕299号）的指导意见》（中电联定额〔2015〕162号）计列	501.75
3	水土保持监理费	参照国家电网电定〔2018〕32号计列	479.23
4	水土保持监测费	参照国家电网电定〔2018〕32号计列	681.55
5	水土保持设施验收报告编制费	参照国家电网电定〔2018〕32号计列	826.01
合计			2823.05

表 7.1-12 本工程水土保持监理费估算表

序号	工程类别	取费基数	费率/费用	取费基数	小计万元
1	送端换流站	建筑工程费+安装工程费	0.10%	196654	196.65
2	受端换流站	建筑工程费+安装工程费	0.10%	145134	145.13
3	直流线路工程	按单回路计	0.14 万元/km	933.9	130.75
4	接地极线路	按单回路计	0.14 万元/km	47.8	6.69
合计					479.23

表 7.1-13 本工程水土保持监测费用估算表

序号	工程类别	取费基数	费用	取费基数	小计万元
1	送端换流站	新建	75 万元/站	75	75.00
2	受端换流站	新建	75 万元/站	75	75.00
3	直流线路工程	5km≤路径长度≤100km	7.56~20.59 万元	20.59	30.89
		路径长度>100, 每增加 1km	0.34 万元	933.9	476.29
4	接地极线路	按单回路计	0.34 万元	47.8	24.38
合计					681.55

备注：特高压输电工程，沿线地貌类型复杂，并涉及水土保持敏感区，调整系数确定为 1.3~1.5。

表 7.1-14 本工程水土保持设施验收报告编制费费用估算表

序号	工程类别	取费基数	费用	取费基数	小计万元
1	送端换流站	新建	55 万元/站	55	55.00
2	受端换流站	新建	55 万元/站	55	55.00
3	直流线路工程	5km≤路径长度≤100km	12.37~25.76 万元	25.76	38.64
		路径长度>100, 每增加 1km	0.46 万元	933.9	644.39
4	接地极线路	每增加 1km	0.46 万元	47.8	32.98
合计					826.01

备注：特高压输电工程，沿线地貌类型复杂，并涉及水土保持敏感区，调整系数确定为 1.3~1.5。

表 7.1-15 本工程水土保持补偿费计算表

序号	行政区划	水土保持补偿费计征面积 (hm ²)	补偿标准 (元/m ²)	合计 (万元)
1	甘肃省	189.64	1.40	265.50
1.1	庆阳市	189.64	1.40	265.50
	西峰区	86.55	1.40	121.17
	合水县	86.66	1.40	121.32
	宁县	16.43	1.40	23.00
2	陕西省	97.62	1.70	165.95
2.1	延安市	97.62	1.70	165.95
	富县	36.61	1.70	62.24
	甘泉县	18.67	1.70	31.74
	宜川县	18.8	1.70	31.96
	宝塔区	9.04	1.70	15.37
	延长县	14.51	1.70	24.67
3	山西省	209.18	0.40	83.67
3.1	临汾市	124.06	0.40	49.62
	大宁县	23.72	0.40	9.49
	蒲县	29.14	0.40	11.66
	洪洞县	41.69	0.40	16.68
	古县	7.4	0.40	2.96
	安泽县	22.11	0.40	8.84
3.2	长治市	85.12	0.40	34.05
	沁源县	9.15	0.40	3.66
	屯留县	14.41	0.40	5.76
	襄垣县	35.67	0.40	14.27
	潞城区	9.04	0.40	3.62
	黎城县	5.93	0.40	2.37
	平顺县	10.92	0.40	4.37
4	河北省	95.61	1.40	133.85
4.1	邯郸市	95.61	1.40	133.85
	涉县	9.23	1.40	12.92
	磁县	18.91	1.40	26.47
	峰峰矿区	7.13	1.40	9.98
	临漳县	17.15	1.40	24.01
	魏县	19.96	1.40	27.94
	大名县	23.23	1.40	32.52
5	山东省	148.50	1.20	178.20
5.1	聊城市	63.34	1.20	76.01
	莘县	12.16	1.20	14.59
	阳谷县	33.43	1.20	40.12

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	行政区划	水土保持补偿费计征面积 (hm ²)	补偿标准 (元/m ²)	合计 (万元)
	东阿县	17.75	1.20	21.30
5.2	济南市	17.66	1.20	21.19
	平阴县	17.66	1.20	21.19
5.3	泰安市	67.50	1.20	81.00
	肥城市	6.43	1.20	7.72
	东平县	61.08	1.20	73.30
合计		740.55		827.17

表 7.1-16 主体工程水土保持单价汇总表 单位: 元

序号	工程名称	单位	单价
1	甘肃省		
1.1	送端换流站		
	浇制钢筋混凝土沟道	m ³	1342.33
	室外排水、雨水管道 DN≤1000mm	m	643.76
	室外排水、雨水管道 DN≤600mm	m	379.10
	室外排水、雨水管道 DN≤300mm	m	197.15
	浇制钢筋混凝土井、池容积 V≤10m ³	m ³	1361.06
	浇制钢筋混凝土井、池容积 10m ³ < V≤50m ³	m ³	1281.22
	浇制钢筋混凝土井、池容积 V≤10m ³ (排水井)	m ³	1458.35
	站区绿化	hm ²	700000.00
	成品沟盖板 50 厚	m ²	150.00
	浇制钢筋混凝土井、池容积 V≤10m ³ (雨水井)	m ³	1458.24
	室外排水、雨水管道 DN1800mm	m ³	1347.31
	站外排水消力池容积 100m ³ < V≤200m ³	m ³	1458.35
1.2	线路工程 (直流线路)		
	浆砌石护坡	m ³	937.00
	浆砌石挡渣墙	m ³	937.00
	浆砌石排水沟	m ³	937.00
	泥浆沉淀池	座	20000.00
1.3	线路工程 (接地极线路)		
	浆砌石护坡	m ³	1073.89
	浆砌石挡渣墙	m ³	1073.89
	浆砌石排水沟	m ³	1073.89
2	陕西省		
2.1	线路工程		
	浆砌石护坡	m ³	1064.51
	浆砌石挡渣墙	m ³	1064.51
	浆砌石排水沟	m ³	1077.12
	泥浆沉淀池	座	20000.00

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程名称	单位	单价
3	山西省		
3.1	线路工程		
	浆砌石护坡	m ³	1094.00
	浆砌石挡渣墙	m ³	1094.00
	浆砌石排水沟	m ³	1094.00
	泥浆沉淀池	座	20000.00
4	河北省		
4.1	线路工程		
	浆砌石护坡	m ³	700.00
	浆砌石挡渣墙	m ³	750.00
	浆砌石排水沟	m	100.00
5	山东省		
5.1	受端换流站		
	DN≤300mm 雨水排水管	m	1900.00
	DN≤600mm 雨水排水管	m	4000.00
	DN≤1000mm 雨水排水管	m	2700.00
	Φ1200 雨水排水管	m	200.00
	Φ1500 雨水排水管	m	200.00
	雨水检查井	座	260.00
	雨水井	座	420.00
	镀锌钢管	m	200.00
	浆砌石骨架护坡	m ³	274.99
	栽植灌木	株	8.22
	撒播草籽	hm ²	5520.00
5.2	受端接地极		
	八字排水口	座	8000.00
5.3	线路工程		
	浆砌石护坡	m ³	900.00
	浆砌石挡渣墙	m ³	950.00
	浆砌石排水沟	m	1000.00
	泥浆沉淀池	座	20000.00

表 7.1-17 方案设计的水土保持单价汇总表 单位：元

序号	工程名称	单位	单价	其中							
				人工费	材料费	机械使用费	措施费	间接费	企业利润	税金	扩大10%
1	甘肃										
1.1	换流站、接地极工程										
	表土剥离	100 自然方	336.26	13.79	3.17	200.07	17.62	32.45	13.35	25.24	30.57
	表土倒运	100 自然方	983.87	75.54	3.02	556.44	51.56	94.93	39.08	73.85	89.44
	表土回覆（机械）	100 自然方	126.01	9.44	1.04	70.85	6.60	12.16	5.00	9.46	11.46
	土地整治	100m ²	82.76	6.61	1.12	45.68	4.34	7.99	3.29	6.21	7.52
	耕地恢复	hm ²	5002.36	3097.30	131.30		262.16	482.68	198.67	375.49	454.76
	播撒草籽（黑麦草、三叶草）	hm ²	23198.63	141.65	14831.11		1215.79	2238.43	921.35	1741.35	2108.97
	彩条旗围护	100m	280.69	18.89	162.27		14.71	27.08	11.15	21.07	25.52
	密目网苫盖	100m ²	469.18	94.43	208.39		24.59	45.27	18.63	35.22	42.65
	袋装土拦挡	100 堰体方	24430.09	10972.77	4794.79		1280.33	2357.25	970.26	1833.78	2220.92
	袋装土拆除	100 堰体方	2526.32	1586.42	44.10		132.40	243.76	100.33	189.63	229.67
	临时排水沟	100 自然方	1772.21	1110.50	33.31		92.88	171.00	70.38	133.03	161.11
	临时沉砂池	矩形 4.5m ³	3174.76	850.81	1198.23		166.38	306.33	126.09	238.31	288.61
1.2	线路工程										
	表土剥离（人工）	100m ²	834.36	317.28	31.73		77.99	235.74	33.14	62.63	75.85
	表土回覆	100m ³	4216.62	1647.24	82.36		396.32	1223.40	167.47	316.51	383.33
	土地整治	1hm ²	10980.13	4336.23	131.08		1034.37	3219.99	436.08	824.20	998.19
	耕地恢复	1hm ²	10980.13	4336.23	131.08		1034.37	3219.99	436.08	824.20	998.19
	植生袋土填筑	100m ³	44770.75	15361.87	4666.20		4101.00	11432.90	1778.10	3360.61	4070.07
	植生袋土拆除	100m ³	5623.26	2220.99	66.63		529.74	1649.26	223.33	422.10	511.21

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程名称	单位	单价	其中							
				人工费	材料费	机械使用费	措施费	间接费	企业利润	税金	扩大10%
	密目网苫盖	100m ²	648.15	132.20	228.26		54.84	99.53	25.74	48.65	58.92
	彩条旗围护	100m	1010.00	323.89	145.64		91.38	241.34	40.11	75.81	91.82
	彩条布铺垫	100m ²	616.25	132.20	205.43		52.46	99.39	24.47	46.26	56.02
	铺设钢板	100m ²	4316.30	132.20	2853.25		327.57	115.47	171.42	323.99	392.39
	人工挖排水沟	100m ³	3936.28	1554.70	46.64		370.82	1154.48	156.33	295.47	357.84
	素土夯实	100m ³	10911.80	4309.79	129.29		1027.96	3200.35	433.37	819.07	991.98
	播撒草籽(紫花苜蓿、狗尾草)	1hm ²	2981.18	793.21	720.00		261.53	593.25	118.40	223.78	271.02
	灌木种植(紫穗槐)	100株	370.46	145.42	5.99		34.85	108.00	14.71	27.81	33.68
2	陕西(线路工程)										
	表土剥离(人工)	100m ²	833.21	319.70	31.97		67.66	242.51	33.09	62.54	75.75
	表土回覆	100m ³	4210.39	1659.75	82.99		343.10	1258.53	167.22	316.04	382.76
	土地整治	1hm ²	10965.18	4369.17	133.34		894.81	3312.46	435.49	823.07	996.83
	耕地恢复	1hm ²	10965.18	4369.17	133.34		894.81	3312.46	435.49	823.07	996.83
	植生袋土填筑	100m ³	45140.26	15478.60	4999.50		3615.03	11762.35	1792.77	3388.34	4103.66
	植生袋土拆除	100m ³	5614.70	2237.87	67.14		458.20	1696.62	222.99	421.45	510.43
	密目网苫盖	100m ²	677.74	133.21	251.09		51.56	102.48	26.92	50.87	61.61
	彩条布铺垫	100m ²	614.27	133.21	205.43		47.08	102.21	24.40	46.11	55.84
	彩条旗围护	100m	978.76	326.36	124.84		78.13	248.12	38.87	73.47	88.98
	铺设钢板	100m ²	4295.55	133.21	2853.25		307.36	118.20	170.60	322.44	390.50
	人工挖排水沟	100m ³	3930.29	1566.51	47.00		320.74	1187.63	156.09	295.02	357.30
	素土夯实	100m ³	10895.19	4342.53	130.28		889.13	3292.25	432.71	817.82	990.47
	播撒草籽(紫花苜蓿、狗尾草)	1hm ²	2883.96	799.24	656.00		225.77	609.75	114.54	216.48	262.18
	灌木种植(紫穗槐)	100株	369.84	146.53	5.99		30.16	111.10	14.69	27.76	33.62
3	山西(线路工程)										
	表土剥离(人工)	100m ²	822.66	317.58	31.76		67.21	236.90	32.67	61.75	74.79

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程名称	单位	单价	其中							
				人工费	材料费	机械使用费	措施费	间接费	企业利润	税金	扩大10%
	表土回覆	100m ³	4156.35	1648.76	82.44		340.82	1229.42	165.07	311.99	377.85
	耕地恢复	1hm ²	10824.96	4340.24	133.34		888.97	3235.85	429.92	812.55	984.09
	土地整治	1hm ²	10824.96	4340.24	133.34		888.97	3235.85	429.92	812.55	984.09
	植生袋土填筑	100m ³	44967.86	15376.11	5232.81		3617.28	11492.34	1785.93	3375.40	4087.99
	植生袋土拆除	100m ³	5542.26	2223.05	66.69		455.17	1657.38	220.11	416.02	503.84
	密目网苫盖	100m ²	673.46	132.32	251.09		51.38	100.15	26.75	50.55	61.22
	彩条布铺垫	100m ²	721.07	132.32	285.33		54.75	100.35	28.64	54.13	65.55
	彩条旗围护	100m	1011.68	324.20	156.05		80.76	242.58	40.18	75.94	91.97
	铺设钢板	100m ²	4291.28	132.32	2853.25		307.18	115.86	170.43	322.11	390.12
	人工挖排水沟	100m ³	3879.58	1556.14	46.68		318.62	1160.16	154.08	291.21	352.69
	素土夯实	100m ³	10754.62	4313.78	129.41		883.24	3216.10	427.13	807.27	977.69
	播撒草籽(紫花苜蓿、早熟禾)	1hm ²	2938.94	793.95	714.00		230.40	596.09	116.72	220.60	267.18
	灌木种植(荆条)	100株	431.79	145.56	53.93		34.67	108.82	17.15	32.41	39.25
4	河北(线路工程)										
	表土剥离(机械)	100m ²	136.48	9.30	1.58	80.18	9.58	7.77	5.42	10.24	12.41
	表土剥离(人工)	100m ²	837.01	318.72	31.87	0.00	64.86	249.40	33.24	62.83	76.09
	表土回覆	100m ³	4230.88	1654.69	82.73	0.00	328.88	1294.34	168.03	317.58	384.63
	土地整治	1hm ²	11086.20	4355.84	180.80		862.22	3407.04	440.30	832.16	1007.84
	耕地恢复	1hm ²	11086.20	4355.84	180.80		862.22	3407.04	440.30	832.16	1007.84
	植生袋土填筑	100m ³	39773.05	15431.36	999.90	0.00	3088.77	12072.21	1579.61	2985.47	3615.73
	植生袋土拆除	100m ³	5677.90	2231.04	66.93	0.00	439.19	1772.87	225.50	426.20	516.17
	密目网苫盖	100m ²	504.38	132.80	125.54	0.00	37.70	104.60	20.03	37.86	45.85
	铺设彩条布	100m ²	567.68	132.80	171.20	0.00	42.04	104.87	22.55	42.61	51.61
	彩条旗围护	100m	123.77	26.56	41.61	0.00	9.11	21.03	4.92	9.29	11.25
	铺设钢板	100m ²	4451.83	132.80	2973.09	0.00	308.50	121.75	176.81	334.17	404.71

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程名称	单位	单价	其中							
				人工费	材料费	机械使用费	措施费	间接费	企业利润	税金	扩大10%
	人工挖排水沟	100m ³	3974.54	1561.73	46.85	0.00	307.44	1241.01	157.85	298.34	361.32
	素土夯实	100m ³	11017.85	4329.28	129.88	0.00	852.24	3440.22	437.58	827.03	1001.62
	播撒草籽（黑麦草、狗牙根）	hm ²	1982.11	796.80	0.00	0.00	154.58	623.04	78.72	148.78	180.19
	灌木种植（紫穗槐）	100 株	369.59	146.08	4.46	0.00	28.77	114.26	14.68	27.74	33.60
5	山东										
5.1	换流站、接地极工程										
	表土剥离（机械）	100m ²	106.39	6.71	1.14	71.57	4.09	0.99	4.23	7.99	9.67
	表土剥离（人工）	100m ²	382.37	229.92	22.99	0.00	16.89	33.92	15.19	28.70	34.76
	表土回覆	100m ³	1906.28	1193.67	59.68	0.00	84.74	176.09	75.71	143.09	173.30
	土地整治	1hm ²	5034.49	3142.24	169.50		223.68	463.54	199.95	377.90	457.68
	耕地恢复	hm ²	5034.49	3142.24	169.50		223.68	463.54	199.95	377.90	457.68
	植生袋土填筑	100m ³	18583.80	11131.96	1166.55	0.00	820.64	1642.19	738.07	1394.95	1689.44
	植生袋土拆除	100m ³	2527.71	1609.44	48.28	0.00	112.65	237.42	100.39	189.74	229.79
	密目网苫盖	100m ²	312.57	95.80	125.54	0.00	12.81	14.13	12.41	23.46	28.42
	铺设彩条布	100m ²	372.92	95.80	171.20	0.00	15.09	14.13	14.81	27.99	33.90
	彩条旗围护	100m	98.08	19.16	52.02	0.00	3.90	2.82	3.90	7.36	8.92
	铺设钢板	100m ²	3756.24	95.80	2731.13	0.00	142.57	14.13	149.18	281.95	341.48
	人工挖排水沟	100m ³	1769.42	1126.61	33.80	0.00	78.86	166.20	70.27	132.82	160.86
	素土夯实	100m ³	6235.61	3123.08	93.69	0.00	218.60	1517.66	247.65	468.06	566.87
	播撒草籽（黑麦草、狗牙根）	1hm ²	879.98	574.80	0.00	0.00	39.38	84.80	34.95	66.05	80.00
	灌木种植（紫穗槐）	100 株	165.58	105.38	3.21	0.00	7.38	15.55	6.58	12.43	15.05
	砌砖	100 砌体方	95404.68	6.71	72178.50	0.00	3594.95	0.99	3789.06	7161.32	8673.15
	水泥砂浆抹面	100m ²	15364.04	821.96	10660.50	12.34	587.81	121.25	610.19	1153.26	1396.73
	浆砌块（片）石	100 砌体方	151586.08	9457.38	103409.25	330.87	5814.09	1395.16	6020.34	11378.44	13780.55

7. 水土保持投资估算及效益分析

序号	工程名称	单位	单价	其中							
				人工费	材料费	机械使用费	措施费	间接费	企业利润	税金	扩大10%
5.2	线路工程										
	表土剥离（机械）	100m ²	131.52	9.39	1.60	76.08	9.21	8.19	5.22	9.87	11.96
	表土剥离（人工）	100m ²	861.33	321.84	32.18	0.00	65.50	264.65	34.21	64.65	78.30
	表土回覆	100m ³	4355.96	1670.89	83.54	0.00	332.10	1373.46	173.00	326.97	396.00
	土地整治	1hm ²	11396.77	4398.48	169.50		869.42	3615.20	452.63	855.47	1036.07
	耕地恢复	hm ²	11396.77	4398.48	169.50		869.42	3615.20	452.63	855.47	1036.07
	植生袋土填筑	100m ³	41159.86	15582.42	1166.55	0.00	3133.93	12810.90	1634.69	3089.56	3741.81
	植生袋土拆除	100m ³	5849.65	2252.88	67.59	0.00	443.49	1882.49	232.32	439.09	531.79
	密目网苫盖	100m ²	514.33	134.10	125.54	0.00	37.95	110.94	20.43	38.61	46.76
	铺设彩条布	100m ²	577.61	134.10	171.20	0.00	42.29	111.21	22.94	43.36	52.51
	彩条旗围护	100m	140.17	26.82	52.02	0.00	10.15	22.35	5.57	10.52	12.74
	铺设钢板	100m ²	4126.33	134.10	2731.13	0.00	285.74	126.63	163.88	309.73	375.12
	人工挖排水沟	100m ³	4094.75	1577.02	47.31	0.00	310.44	1317.74	162.63	307.36	372.25
	素土夯实	100m ³	11351.11	4371.66	131.15	0.00	860.58	3652.94	450.82	852.04	1031.92
	播撒草籽（黑麦草、狗牙根）	1hm ²	2041.78	804.60	0.00	0.00	156.09	661.12	81.09	153.26	185.62
	灌木种植（紫穗槐）	100 株	378.77	147.51	3.21	0.00	28.92	121.23	15.04	28.43	34.43

表 7.1-18 水土保持投资分年度实施计划表 单位: 万元

序号	工程或费用名称	分年度			投资合计	占总投资的比例（%）
		2023 年	2024 年	2025 年		
第一部分 工程措施		1381.09	3452.73	2071.64	6905.45	32.05
1	送端换流站	454.55	1136.39	681.83	2272.77	10.55
2	送端接地极	1.78	4.45	2.67	8.90	0.04
3	受端换流站	321.27	803.18	481.91	1606.35	7.45
4	受端接地极	4.21	10.52	6.31	21.03	0.10
5	直流线路	573.45	1433.62	860.17	2867.23	13.31
6	送端接地极线路	16.08	40.21	24.13	80.42	0.37
7	受端接地极线路	2.49	6.23	3.74	12.46	0.06
8	迁改线路	7.26	18.15	10.89	36.29	0.17
第二部分 植物措施		237.05	355.57	592.62	1185.24	5.50
1	送端换流站	9.05	13.58	22.63	45.26	0.21
2	送端接地极	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	受端换流站	11.84	17.76	29.60	59.19	0.27
4	受端接地极	0.01	0.01	0.02	0.04	0.00
5	直流线路	213.39	320.08	533.47	1066.93	4.95
6	送端接地极线路	2.09	3.14	5.23	10.46	0.05
7	受端接地极线路	0.11	0.17	0.29	0.57	0.00
8	迁改线路	0.56	0.84	1.40	2.79	0.01
第三部分 临时措施		2590.47	4317.45	1726.98	8634.89	40.07
1	送端换流站	58.26	97.11	38.84	194.21	0.90
2	送端接地极	11.50	19.17	7.67	38.33	0.18
3	受端换流站	54.02	90.04	36.01	180.07	0.84
4	受端接地极	7.58	12.63	5.05	25.26	0.12
5	直流线路	2290.32	3817.20	1526.88	7634.40	35.43
6	送端接地极线路	62.56	104.26	41.70	208.52	0.97
7	受端接地极线路	29.61	49.34	19.74	98.69	0.46
8	迁改线路	30.96	51.60	20.64	103.20	0.48
9	其他临时措施	45.66	76.10	30.44	152.20	0.71
一至三部分合计		4208.61	8125.74	4391.23	16725.58	77.62
第四部分 独立费用		950.34	747.64	1125.07	2823.05	13.10
1	建设管理费	100.35	167.26	66.90	334.51	1.55
2	科研勘测设计费	501.75			501.75	2.33
3	水土保持监理费	143.77	239.61	95.85	479.23	2.22
4	水土保持监测费	204.47	340.78	136.31	681.55	3.16
5	水土保持设施验收 报告编制费			826.01	826.01	3.83
一至四部分合计		5158.94	8873.39	5516.30	19548.64	90.72
基本预备费		234.58	586.46	351.88	1172.92	5.44
水土保持补偿费		827.17			827.17	3.84
水土保持总投资		6220.70	9459.85	5868.18	21548.73	100.00

7.2 效益分析

本方案实施后各项水土保持措施起到了保持水土的作用，均达到或超过了预期的治理目标。经分析计算，本工程水土流失防治效果分析评价见下表。

表 7.2-1 水土流失防治效果分析评价指标表

防治指标	标准值	计算依据	单位	数量	计算结果	评价结果
水土流失治理度(%)	93.89	水土流失治理达标面积	hm ²	718.99	97.09	达标
		水土流失总面积	hm ²	740.55		
土壤流失控制比	1.00	容许土壤流失量	t/km ² ·a	595.06	1.00	达标
		治理后土壤流失量	t/km ² ·a	595.06		
渣土防护率(%)	94.22	采取措施实际挡护的永久弃渣、临时堆土数量	万 m ³	239.98	95.62	达标
		永久弃渣和临时堆土总量	万 m ³	251.34		
表土保护率(%)	92.22	保护的表土数量	万 m ³	52.86	94.01	达标
		可剥离表土总量	万 m ³	56.06		
林草植被恢复率(%)	95.89	林草类植被面积	hm ²	322.93	97.09	达标
		可恢复林草植被面积	hm ²	332.15		
林草覆盖率(%)	25.33	林草类植被面积	hm ²	322.93	43.61	达标
		项目建设区总面积	hm ²	740.55		

(1) 水土流失治理度

设计水平年水土流失治理度计算见下表。

表 7.2-2 设计水平年水土流失治理度计算表

项目	水土流失总面积 (hm ²)	水保措施防治面积 (hm ²)	建构筑物占压及固化面积 (hm ²)	水土流失治理达标面积 (hm ²)	水土流失治理度 (%)
甘肃省	189.64	155.22	29.50	184.72	97.41
陕西省	97.62	94.41	0.98	95.39	97.71
山西省	209.18	201.32	2.09	203.41	97.24
河北省	95.61	93.04	0.48	93.52	97.81
山东省	148.50	106.99	34.96	141.95	95.59
综合效果	740.55	650.98	68.01	718.99	97.09

(2) 土壤流失控制比

设计水平年土壤流失控制比计算见下表。

表 7.2-3 设计水平年土壤流失控制比计算表

项目	土壤流失达到值 (t/(km ² ·a))	土壤流失允许值 (t/(km ² ·a))	土壤流失控制比
甘肃省	1000	1000	1.00
陕西省	1000	1000	1.00
山西省	500	500	1.00
河北省	200	200	1.00
山东省	200	200	1.00
综合效果	595	595	1.00

(3) 渣土防护率、表土保护率

设计水平年渣土防护率、表土保护率计算见下表。

表 7.2-4 设计水平年渣土防护率、表土保护率计算表

项目	总弃渣量 (万 m ³)	实际防护渣量 (万 m ³)	保护表土量 (万 m ³)	可剥离表土量 (万 m ³)	渣土防护率 (%)	表土保护率 (%)
甘肃省	125.18	118.92	19.42	20.85	95.00	93.15
陕西省	15.89	14.93	4.94	5.22	94.00	94.62
山西省	51.78	49.19	9.98	10.65	95.00	93.71
河北省	11.24	11.16	3.25	3.49	99.29	93.12
山东省	47.69	45.78	15.17	15.85	95.99	95.71
综合效果	251.34	239.98	52.86	56.06	95.62	94.01

(4) 林草植被恢复率、林草覆盖率

设计水平年林草植被恢复率、林草覆盖率的计算见下表。

表 7.2-5 设计水平年林草植被恢复率、林草覆盖率计算表

项目	建设区面积 (hm ²)	林草植被面积 (hm ²)	可恢复林草植被面积 (hm ²)	林草植被恢复率 (%)	林草覆盖率 (%)
甘肃省	189.64	53.32	54.85	97.22	28.12
陕西省	97.62	78.65	80.30	97.95	80.57
山西省	209.18	131.26	135.30	97.01	62.75
河北省	95.61	35.67	36.84	96.82	37.31
山东省	148.50	24.03	24.86	96.66	16.18
综合效果	740.55	322.93	332.15	97.09	43.61

由上述表可知，本工程扰动原地貌面积 740.55hm²，方案实施后水土流失治理达标面积 718.99hm²，水土保持措施面积 650.98hm²，林草植被面积 322.93hm²，可减少水土流失量 65900t。至设计水平年末水土流失治理度达 97.09%，土壤流失控制比达 1.00，渣土防护率达 95.62%，表土保护率达 94.01%，林草植被恢复率达 97.09%，林草覆盖率达 43.61%，各项指标可达到防治目标要求。

8 水土保持管理

为贯彻落实《中华人民共和国水土保持法》，确保水土保持方案落到实处，在本方案实施过程中，建设单位应切实做好水土保持工程的招投标工作，落实工程的设计、施工、监理、监测工作，要求项目施工单位具有相应的专业资质，尤其注意在承包合同中明确水土流失防治责任，并依法成立水土保持方案实施领导小组，制定水土保持管理规章制度，主动向水行政主管部门做好水土保持工程的竣工验收备案工作。

8.1 组织管理

根据国家有关法律法规，水土保持方案报水行政主管部门批准后，建设单位将成立“陇东～山东±800kV 特高压直流输电工程”水土保持方案实施领导小组，配置专职人员负责水土保持工作的组织、管理和落实。实施领导小组负责协调水土保持方案与主体工程的关系，统一领导，规范施工，制定方案实施的目标责任制，提出方案的实施、检查、验收方法和要求。同时建设单位将加强对施工技术人员水土保持法律、法规的宣传工作，提高其水土保持法律意识。

水土保持实施领导小组主要工作职责如下：

（1）认真贯彻、执行“预防为主、保护优先、全面规划、综合防治、因地制宜、突出重点、科学管理、注重效益”的水土保持工作方针；

（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防治情况，制定水土保持方案详细实施计划；

（3）工程施工期间，与设计、施工、监理单位保持畅通联系，协调好水土保持方案与主体工程的关系，确保水土保持设施的正常建设，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）定期深入工程现场进行检查，掌握工程施工和运行期间的水土流失状况及其防治措施落实状况。

自觉接受水行政主管部门的监督检查，与沿线各省、市、县地方水行政主管部门保持密切联系，工程开工及时报告。

按国家档案法有关规定建立水土保持工作档案。根据《基建部关于印发电网

建设项目数码照片采集与管理办法的通知》（基建质量〔2016〕56号）规定做好水土保持施工记录和其他资料（如临时措施的影像资料、照片等）的管理、存档，以备监督检查和验收时查阅。

8.2 后续设计

按照《中华人民共和国水土保持法》有关条款“建设项目中的水土保持设施，必须和主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用”的规定，本水土保持方案经水行政主管部门批复后，建设单位将本方案制定的防治措施内容和投资纳入主体工程后续设计文件中，按程序与主体工程设计一并报经有关部门审核，作为水土保持措施实施的依据。无设计的水土保持措施，不得通过水土保持自主设施验收。在初步设计及施工图设计中有水土保持专章或专篇，后续设计中还应加强水土保持措施图件的要求，按照国家电网有限公司相关文件要求对换流站和线路工程水土保持措施实施专项设计和“一基一设计”，特别是西北黄土高原区与北方土石山区山丘区塔基余土处置、护坡、排水沟及消能措施的布设。项目初步设计阶段应进一步细化水保方案各防治分区中的各项水土保持措施投资，进一步明确水土保持措施概算费用。当生产建设项目的地点、规模发生重大变化的，建设单位将补充或者修改水土保持方案并报水利部批准。水土保持方案实施过程中，水土保持措施需要作出重大变更的，应当经水利部批准。

8.3 水土保持监测

依据《水利部关于进一步深化“放管服”改革 全面加强水土保持监管的意见》（水保〔2019〕160号）、《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），本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。承担生产建设项目水土保持监测任务的单位（以下简称监测单位），应当按照水土保持有关技术标准和水土保持方案的要求，根据不同生产建设项目的特点，明确监测内容、方法和频次，调查获取项目区水土流失背景值，定量分析评价自项目动土至投产使用过程中的水土流失状况和防治效果，及时向生产建设单位提出控制施工过程中水土流失的意见建议，并按规定向水行政主管部门定期报送监测情况。

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项目涉及的流域管理机构报送上一季度的监测季报。在监测季报和总结报告等监测成果中提出“绿黄红”三色评价结论。监测结果应当公开，生产建设单位应当在工程建设期间将水土保持监测季报在其官方网站公开，同时在业主项目部和施工项目部公开。水行政主管部门要将监测评价结论为“红”色的项目，纳入重点监督对象。

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。

对存在未按时报送监测季报、监测季报不符合规定、作出不实三色评价结论以及监测工作未按有关规定开展等情形的，要根据生产建设项目水土保持问题分类和责任追究标准、水土保持信用监管“两单”制度等规定，依法依规追究生产建设单位、监测单位及相关人员的责任，列入水土保持“重点关注名单”及“黑名单”，纳入全国及省级水利建设市场监管服务平台及信用平台。

8.4 水土保持监理

根据《水利部关于进一步深化“放管服”改革 全面加强水土保持监管的意见》（水保〔2019〕160号）要求，凡主体工程开展监理工作的项目，应按照水土保持监理标准和规范开展水土保持工程施工监理。

本项目占地面积大于 200 公顷，因此建设单位应委托有水土保持监理资质的单位开展水土保持监理工作。

本项目水土保持方案经批准后，为确保方案如期实施和方案实施质量，将实行工程监建制，并接受各级水行政主管部门的监督和检查。水土保持监理工程师要对水土保持方案的落实情况进行验收，确保水土保持各项措施的数量和质量，对水土保持设施的单元工程、分部工程、单位工程提出质量评定意见，并指导施工，接受当地水行政主管部门的监督检查，监理单位定期向建设单位提交水土保持工程监理报告。水土保持监理单位应收集施工过程的影像资料，作为备查和自验报告的依据。

8.5 水土保持施工

水土保持工程建设将与主体工程一起，在工程施工前实行招标投标制，以保证水土保持方案的顺利实施，并达到预期的设计标准。建设单位将本项目水土保持方案纳入主体工程施工招标合同，明确承包商在各工程分区的水土流失防治范围及防治责任，外购砂石材料应在购买合同中明确砂石料场的水土流失防治责任。

建设单位在工程施工招标文件和施工合同中明确施工单位的水土保持责任，强化奖惩制度，规范施工行为。对施工单位提出水土保持措施的施工要求，组织施工单位学习、宣传《中华人民共和国水土保持法》，提高工程建设者的水土保持自觉行动意识。要求施工单位配备水土保持专业人员，以解决措施实施过程中的技术问题，接受当地水行政主管部门的监督检查。施工管理满足下列要求：

- (1) 施工期应严格控制施工扰动范围，禁止随意压占破坏地表植被。
- (2) 设立保护地表及植被的警示牌，施工过程中应注重保护表土与植被。
- (3) 注意施工及生活用火安全，防止火灾烧毁地表植被。
- (4) 建成的水土保持工作应有明确的管理维护要求。
- (5) 加强施工人员的培训和教育，树立保护植被的意识，严禁乱砍、乱伐。
- (6) 严格按设计方案施工，开挖、排弃土石方。
- (7) 严格控制施工扰动面积，不得随意扩大施工范围。
- (8) 合理安排工期，尽量避开雨季施工。
- (9) 优化施工工艺，避免重复开挖。
- (10) 自觉接受水行政主管部门的监督，对不达标的措施及时整改。
- (11) 施工完成后，施工单位应在工程验收合格后，方能撤离施工现场。

8.6 水土保持设施验收

依据《国务院关于取消一批行政许可事项的决定》（国发〔2017〕46号），本项目生产建设单位必须按照有关要求自主开展水土保持设施验收。

(1) 自主验收程序

1) 组织第三方机构编制水土保持设施验收报告。依法编制水土保持方案报告书的生产建设项目投产使用前，生产建设单位应当根据水土保持方案及其审批决定等，组织第三方机构编制水土保持设施验收报告，验收报告可以参照《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)附件 1 编写。第三方机构是指具有独立承担民事责任能力且具有相应水土保持技术条件的企业法人、事业单位法人或其他组织。各级水行政主管部门和流域管理机构不得以任何形式推荐、建议和要求生产建设单位委托特定第三方机构提供水土保持设施验收报告编制服务。

2)明确验收结论。水土保持设施验收报告编制完成后,生产建设单位应当按照水土保持法律法规、标准规范、水土保持方案及其审批决定、水土保持后续设计等,组织水土保持设施验收工作,形成水土保持设施验收鉴定书,明确水土保持设施验收合格的结论,水土保持设施验收鉴定书可以参照《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)附件 2 编写。水土保持设施验收合格后,生产建设项目方可通过竣工验收和投产使用。

3)公开验收情况。除按照国家规定需要保密的情形外,生产建设单位应当在水土保持设施验收合格后,通过其官方网站或者其他便于公众知悉的方式向社会公开水土保

持设施验收鉴定书、水土保持设施验收报告和水土保持监测总结报告。对于公众反映的主要问题和意见,生产建设单位应当及时给予处理或者回应。

4)报备验收材料。生产建设单位应在向社会公开水土保持设施验收材料后、生产建设项目投产使用前,向水土保持方案审批机关报备水土保持设施验收材料。报备材料包括水土保持设施验收鉴定书、水土保持设施验收报告和水土保持监测总结报告。生产建设单位、第三方机构和水土保持监测机构分别对水土保持设施验收鉴定书、水土保持设施验收报告和水土保持监测总结报告等材料的真实性负责。

(2)水土保持设施未经验收或者验收不合格的的情形

水土保持设施未经验收或者验收不合格的,生产建设项目不得投产使用。存在下列情形之一的,水土保持设施验收结论应当为不合格:

1)未依法依规履行水土保持方案编报审批程序或者开展水土保持监测、监理的;

2)弃土弃渣未堆放在经批准的水土保持方案确定的专门存放地的;

3) 水土保持措施体系、等级和标准或者水土流失防治指标未按照水土保持方案批复要求落实的;

4) 存在水土流失风险隐患的;

5) 水土保持设施验收材料明显不实、内容存在重大缺项、遗漏的;

6) 存在法律法规和技术标准规定不得通过水土保持设施验收的其他情形的。

(3) 水土保持事中事后监管

1) 做好报备管理。对生产建设单位报备的水土保持设施验收材料完整、符合格式要求且已向社会公开的, 各级水行政主管部门应当在 5 个工作日内出具水土保持设施验收报备证明, 并在门户网站进行公告。对报备材料不完整或者不符合相应格式要求的, 应当在 5 个工作日内一次性告知生产建设单位予以补充。水利部审批水土保持方案的生产建设项目(水利部水保〔2016〕310 号文件已下放审批权限的除外), 生产建设单位应向水利部进行报备。

2) 严格水土保持方案审批。要严格水土保持方案变更管理, 坚持重大变更范围和条件, 避免随意扩大变更范围, 对存在违法违规行为的要先行进行查处。

3) 加强监督检查。要加强对水土保持设施自主验收的监管, 以自主验收是否履行水土保持设施验收规定程序、是否满足水土保持设施验收标准和条件为重点, 开展对自主验收的核查, 落实生产建设单位水土保持设施验收和管理维护主体责任。

4) 依法查处违法违规行为。生产建设单位未按规定取得水土保持方案审批机关报备证明的, 视同为生产建设项目水土保持设施未经验收。对核查中发现的弄虚作假, 不满足水土保持设施验收标准和条件而通过验收的, 视同为水土保持设施验收不合格, 县级以上人民政府水行政主管部门和流域管理机构应以书面形式告知生产建设单位, 并责令其依法依规履行水土流失防治责任, 达到验收标准和条件后重新组织水土保持设施验收。对水土保持设施未经验收或验收不合格, 且生产建设单位将生产建设项目投产使用的, 要按照水土保持法第五十四条的规定进行处罚。

5) 实行联合惩戒。各级水行政主管部门要加快建立完善生产建设单位和技术服务机构水土保持信用评价制度, 将监督检查发现、查处的水土保持违法违规信息纳入全国水利建设市场信用信息平台, 并报送国家统一的信用信息平台、记入

诚信档案，实行联合惩戒。