目 录

1 综合说明 1
1.1. 项目简况 1
1.2. 项目水土保持评价结论 9
1.3. 表土资源保护与利用 12
1.4. 弃渣场（临时堆土场）选址与堆置 13
1.5. 水土流失预测结果 14
1.6. 水土流失防治 14
1.7. 水土保持监测方案 24
1.8. 水土保持投资及效益分析成果 24
1.9. 结论 25
2 项目概况 30
2.1. 项目组成及工程布置 30
2.2. 施工组织 68
2.3. 工程占地 93
2.4. 土石方平衡 102
2.5. 拆迁安置及专项设施改（迁）建 109
2.6. 工程进度 109
2.7. 自然概况 111
3 项目水土保持评价 129
3.1. 主体工程选址（线）水土保持评价 129
3.2. 建设方案与布局水土保持分析评价 135
3.3. 工程占地评价 141
3.4. 土石方平衡评价 143
3.5. 取土场设置评价 145
3.6. 施工方法与工艺评价 146
3.7. 主体工程设计中具有水土保持功能工程的分析评价 149
4 表土资源保护与利用 163

4.1. 表土资源调查与评价 163
4.2. 表土保护方案 168
4.3. 表土堆存与养护 182
4.4. 表土利用 187
5 弃渣场选址与堆置 200
5.1. 渣土来源及流向 200
5.2. 弃渣场选址、堆置方案与级别 200
6 水土流失分析与预测 205
6.1. 水土流失现状 205
6.2. 水土流失影响因素分析 207
6.3. 土壤流失量预测 210
6.4. 水土流失危害分析 217
7 水土流失防治 220
7.1. 水土流失防治责任范围 220
7.2. 设计水平年 221
7.3. 水土流失防治目标 221
7.4. 防治区划分 226
7.5. 措施总体布局 228
7.6. 工程级别与设计标准 237
7.7. 分区措施布设 238
7.8. 施工组织 288
8 水土保持监测 298
8.1. 监测范围和时段 298
8.2. 内容、方法与频次 298
8.3. 点位布设与监测设施 306
8.4. 实施条件和成果 310
9 水土保持投资估算及效益分析 312
9.1. 投资估算 312
9.2. 效益分析 357

10 水土保持管理 358
10.1. 组织管理 358
10.2. 后续设计 359
10.3. 水土保持监测 359
10.4. 水土保持监理 360
10.5. 水土保持施工 360
10.6. 水土保持设施验收 361

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》，保障陕西新能源电力可靠送出

陕西~河南±800千伏直流输电工程已纳入国家《电力发展“十四五”规划》，主要满足陕西能源基地煤电、新能源开发外送需要，送电河南电网消纳。直流工程配套电源总装机容量15000MW，其中煤电4000MW、风电3500MW、光伏7500MW。

2）满足受端省负荷增长需求、促进经济发展

河南电网是华中电网的重要组成部分，根据预测，河南省全社会用电量及最大负荷“十四五”年均增长分别为6.6%和6.7%。电力平衡计算结果表明，考虑在建、已核准的电源项目及已明确省外协议电力，“十四五”期间河南电网存在一定电力缺口。本工程可接受陕西能源基地电力，缓解河南电力需求矛盾，促进河南经济发展。

3）实现更大范围电力资源优化配置

本工程的建设符合我国能源“西电东送”整体电力流向，河南电网是华中电网重要的负荷中心，将陕西电力跨区输送至河南电网，为河南电网提供稳定、可靠、持续电力支撑，切实推动河南电网多元化电力保障体系构建，促进经济社会高质量发展。工程可以减少受端燃煤消耗，减少二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等排放，具有较为明显的经济、环保和低碳发展效益。

综上，陕西~河南±800千伏直流输电工程的建设是十分必要的。

（2）项目位置

本工程主要分为点型工程和线型工程，点型工程包括：送端榆林±800kV换流站新建工程（以下简称“送端榆林站”）、送端接地极、受端开封±800kV换流站新建工程（以下简称“受端换流站”）、受端接地极四部分；线型工程包括：±800kV直流输电线路（以下简称±800kV直流线路）、送端接地极线路、受端接地极线路和迁改线路四个部分，共八部分组成。

点型工程中送端榆林站位于陕西省榆林市横山区响水镇；送端接地极位于陕西省榆林市靖边县杨桥畔镇；受端换流站位于河南省开封市杞县葛岗镇；受端接地极位于河南省周口市太康县转楼镇；线路途经陕西省榆林市（横山区、靖边县、米脂县、子洲县、绥德县、清涧县），山西省吕梁市（石楼县、中阳县、交口县、孝义市、汾阳市）、晋

中市（介休市、平遥县）、长治市（武乡县、沁县、襄垣县、潞城区、平顺县），河南省安阳市林州市、新乡市（卫辉市、延津县、封丘县）、开封市（祥符区、杞县）、周口市太康县，共计3个省级行政区，8个市级行政区，25个县级行政区。项目地理位置见附图。

（3）建设性质

本工程属新建建设类项目。

（4）规模与等级

规模:

1）送端榆林站直流额定电压±800kV，±800kV直流出线1回，接地极1回，750kV规划出线10回，本期出线6回。

2）送端接地极采用水平浅埋型电极，双跑道型布置方式，外环端部半圆半径250m，内环端部半圆半径180m，外环两端部半圆环中心距离950m，内环两端部半圆环圆心中心距离950m，极环总长6498m。

3）受端换流站直流额定电压±800kV，±800kV直流出线1回，接地极1回，500kV规划出线8回，本期出线8回。

4）受端接地极采用水平浅埋型电极，双圆环形布置方式，内环半径为180m，外环半径为250m，极环总长度2700m。

5）±800kV直流线路727.5km，其中陕西省境内142.8km、山西省境内371.4km、河南省境内213.3km，全线共架设铁塔1489基（其中直线塔1008基、耐张塔481基）。

6）送端接地极线路全长73.0km，新建铁塔188基（其中直线塔105基，耐张塔83基）。

7）受端接地极线路全长57.8km，新建铁塔181基（其中直线塔132基，耐张塔49基）。

8）迁改线路全长30.3km，新建铁塔72基（其中直线塔18基，耐张塔54基）。

等级：大型输变电工程。

（5）项目组成和施工组织

一、点型工程

1）送端榆林站

送端榆林站包含站区、进站道路区、施工生产生活区、站外电源设施区、供排水工程区、专项设施迁改区。

送端榆林站站区总平面采用由北向南布置方式，总征地面积 45.91hm^2。站址自然标高 1050.3m~1106.8m，总体呈西北高东南低的态势，竖向布置采用平坡式，设计标高 1080.70m，送端榆林站工程整体挖填自平衡。站区挖方边坡总长 600m，最大坡高 30m，采用多级放坡，放坡坡率为 1:1.25~1:2.0；填方边坡总长 1637m，最大坡高 40m，采用多级放坡，放坡坡率为 1:1.5，站区边坡采用框格植草护坡型式进行防护。进站道路由站址西北侧的 S204 省道引接，引接长度 1700m，路面宽 6m，路基宽 7m，郊区型沥青混凝土路面。

站用水源引接自横山区三镇供水工程市政自来水管线送水沟分水口，引接管长约 3km，引接管道管径 DN150，埋深 1.5m。施工用水考虑永临结合，利用提前施工的站用水源。生活污水排水经处理后进入回用水池，少量阀冷废水收集于站内阀冷废水蒸发池；站区雨水采用有组织排水方式，站内敷设雨水排水管线 15590m，站区雨水经雨水管道收集、通过跌水暗渠，排至站外冲沟，排水口处设消力池及浆砌石海漫带进行消能，站区征地红线外排水管线总长度 355m。站用电源从迁改后的 110kV 鱼庄线 π 接，新建 110kV 架空线路长 2 × 0.7km。施工电源从 110kV 鱼庄线 T 接，新建 110kV 架空线路长度约 200m。送端榆林站于站外设 3 处施工生产生活区，占地面积共计 11.46hm^2。施工期于站内设置一处 2.40hm^2 的临时堆土场地。

2）送端接地极

送端接地极包含汇流装置区、电极电缆区、检修道路区、外接电源工程区。

汇流装置区占地面积 0.09hm^2。极环采用水平浅埋、双跑道异形布置，极环总长度 6498m，极环埋深 3.5m。导流电缆沟长度共计 1956m，埋深 2.5m。检修道路自汇流装置区东侧已有乡村道路引接，引接长度 50m，路面宽度 3m，两侧路肩各宽 0.5m。接地极外接电源由杨桥畔 110kV 变电站引接一路 10kV 专线，引接长度约 22km。

3）受端换流站

受端换流站包含站区、进站道路区、施工生产生活区、站外临时堆土区、站外电源设施区、供排水工程区、专项设施迁改区。

受端换流站站区采用纵轴北偏东 9° 布置，总征地面积 21.97hm^2。竖向布置为平坡式布置方案，站区采用有组织排水方式，地面采用排水坡度 0.5%东西向找坡，每隔 20m~30m 间距设置雨水口，通过站区地下雨水管网收集地表雨水，站区共设置地下雨水管网 2300m，站区设计标高 63.30m。进站道路引接自站址北侧村道，对村道局部加

宽改造，进站道路总长 1985m；其中新建道路长度为 610m，采用 6m 宽的公路型沥青混凝土路面，两侧路肩各 0.5m；改造道路长度 1375m，原宽 3.5m，为水泥混凝土路面，拓宽后道路宽度 6m，采用沥青混凝土路面。

站用水源和生活用水取自杞县水厂引接，杞县水厂计划 2026 年 12 月建成。生产用水管线、生活用水管线和施工用水管线为同一管线，采用 DN500 钢丝网骨架复合管线，长约 13.60km。杞县水厂建成前，施工水源临时引自葛岗镇自来水管线，水厂建成后采用水厂水源。站区雨水通过管线汇集后排入站外雨水排水管线，站外雨水排水管线管径为 DN2000，长度共计 300m，汇集的雨水最终排入跃进干渠。站区生产污水在站内加压后排入杞县葛岗镇工业园区第三污水处理厂，站外污水排水管道长约 6.40km，采用 DN300 钢丝网骨架复合管直埋敷设。站内设生活污水处理及回用系统，用于生活污水的收集、处理和回用，生活污水经处理后回用于站区绿化，多余部分随生产污水一起排至污水处理厂。站用电系统采用 2 路相互独立的可靠电源供电，1 路取自站内 35kV 降压变的 500kV 降压变的 35kV 侧，站外备用电源从邻近的 110kV 雍丘变引接，新建 110kV 线路路径长 5.70km。施工电源由 110kV 雍丘变引接 10kV 线路，采用架空线路的方式长度 6.10km，在临近换流站附近采用电缆的方式长度 0.53km，共计 6.63km。受端换流站在站外设置施工生产生活区 1 处，占地面积为 7hm^2，由办公、生活、生产临建场地组成。受端换流站在站外东侧设置站外临时堆土区 1 处，占地面积为 3hm^2。

4）受端接地极

受端接地极包含汇流装置区、电极电缆区、检修道路区、外接电源工程区。

汇流装置区占地面积 0.08hm^2。电极电缆区采用水平浅埋型电极，双圆环形布置方式。内/外环半径分别为 180m/250m，极环总长度 2700m，极环埋深 2.75m。检修道路从东侧乡道引接，长度共计 12m，采用沥青路面。接地极极址外接电源由接地极附近的 35kV 王湾变电站引接一回 10kV 架空线路至接地极极址内，长度 5.50km。

二、线型工程

1）±800kV 直流线路

±800kV 直流线路包含塔基及施工场地区、牵张场区、跨越施工场地区、施工道路区。

±800kV 直流线路起自送端榆林站，止于受端换流站，线路沿线途经陕西省榆林市横山区、米脂县、子洲县、绥德县、清涧县，山西省吕梁市石楼县、中阳县、交口县、

孝义市、汾阳市，晋中市介休市、平遥县，长治市武乡县、沁县、襄垣县、潞城区、平顺县，河南省安阳市林州市，新乡市卫辉市、延津县、封丘县，开封市祥符区、杞县。共计 3 个省级行政区，7 个市级行政区，23 个县级行政区。线路全长 727.5km，其中陕西省境内 142.8km、山西省境内 371.4km、河南省境内 213.3km，全线共架设铁塔 1489 基（其中直线塔 1008 基、耐张塔 481 基），布设牵张场 226 处，跨越施工场地 915 处，新建施工道路 296.83km，扩宽道路 300.81km，新建人抬道路 176.87km，新建索道 36 条。

2）送端接地极线路

送端接地极线路包含塔基及施工场地区、牵张场区、跨越施工场地区、施工道路区。

送端接地极线路起自送端榆林站，止于送端接地极，线路途经陕西省榆林市横山区、靖边县，共 1 个省级行政区，1 个地市级行政区、2 个县（区）级行政区。线路全长 73.0km，共架设铁塔 188 基（其中直线塔 105 基、耐张塔 83 基），布设牵张场 22 处，跨越施工场地 85 处，新建施工道路 36.37km，扩宽道路 42.20km，新建人抬道路 30.95km。

3）受端接地极线路

受端接地极线路包含塔基及施工场地区、牵张场区、跨越施工场地区、施工道路区。

受端接地极线路起自受端换流站，止于受端接地极，线路途经河南省开封市杞县、周口市太康县，共 1 个省级行政区、2 个地市级行政区、2 个县级行政区。线路全长约 57.8km，共架设铁塔 181 基（其中直线塔 132 基、耐张塔 49 基），布设牵张场 20 处，跨越施工场地 169 处，新建施工道路 35km，扩宽道路 32km。

4）迁改线路

本工程途经陕西省榆林市子洲县、绥德县，山西省吕梁市中阳县、孝义市、汾阳市，长治市襄垣县、潞城区，河南省安阳市林州市、新乡市封丘县、卫辉市，开封市祥符区境内新建的±800kV 直流线路部分占用已建的输电线路通道，需进行线路迁改，共 3 个省级行政区、6 个市级行政区、11 个县（区）级行政区。迁改线路全长 30.3km，共架设铁塔 72 基（其中直线塔 18 基、耐张塔 54 基），拆除铁塔 88 基，布设牵张场 20 处，跨越施工场地 22 处，新建施工道路 15.63km，扩宽道路 5.27km。

经统计：本工程输电线路路径总长度为 888.6km，按照工程组成划分：其中 ±800kV 直流线路路径长 727.5km，送端接地极线路路径长 73.0km，受端接地极线路路径长 57.8km，迁改线路路径长 30.3km，新建铁塔 1930 基（直线塔 1263 基，耐张塔 667 基），

每座塔基设置一处施工场地。线路沿线共布设牵张场 288 处，跨越施工场地 1191 处。工程沿线施工道路区包括施工简易道路（新修、拓宽道路）、人抬道路和索道三部分。其中施工简易道路利用已有并拓宽原有道路 380.28km、新建 384.18km，人抬道路 207.82km，设置索道 36 条。

（6）拆迁（移民）数量及安置方式

本工程不涉及规模性移民，线路工程涉及个别移民安置，拆迁及还建工作由建设单位出资，由地方政府统一安置，拆迁及安置（还建）区不纳入本工程水土流失防治责任范围。

（7）专项设施改（迁）建

送端榆林站需对鱼庄 110kV 线迁改，迁改线路长 2km。受端换流站站址范围内存在已有的 10kV 线路和 380V 线路需进行迁改，迁改线路总长 1.95km。直流线路在陕西省榆林市子洲县，山西省吕梁市中阳县、孝义市、汾阳市，长治市襄垣县、潞城区，河南省安阳市林州市、新乡市封丘县、卫辉市，开封市祥符区境内占用已建的输电线路通道，需进行线路迁改，共计迁改线路总长 30.3km。

（8）开工与完工时间

本工程计划 2026 年 10 月开工，完工时间为 2028 年 9 月，建设总工期为 24 个月。

（9）总投资与土建投资

由国家电网有限公司出资建设，工程动态投资 189.97 亿元，其中土建投资 28.85 亿元。

（10）工程占地面积

工程总占地面积为 738.69hm^2，永久占地 125.18hm^2，临时占地 613.51hm^2。占地类型中旱地 163.18hm^2，水浇地 196.36hm^2，乔木林地 119.27hm^2，灌木林地 99.88hm^2，果园 39.10hm^2，其他园地 29.59hm^2，其他草地 88.50hm^2，公用设施用地 0.03hm^2，沙地 1.62hm^2，农村道路 1.16hm^2。

（11）工程土石方挖填量

本工程一般土石方挖填总量为 813.54 万 m^3，总挖方 397.08 万 m^3（其中基础开挖土石方 383.77 万 m^3，钻渣 13.31 万 m^3），总填方 416.46 万 m^3（其中基础回填土石方 403.15 万 m^3，钻渣 13.31 万 m^3），借方 19.38 万 m^3（为受端换流站外借土方，用于站区和进站道路区垫高，土方来源于河南省淮河流域惠济河重点平原洼地治理工程，满足本工程

土石方量需求，借方综合利用协议详见附件），挖方利用率 100%，无余方。

（12）取土场和弃渣场数量

本工程建设期不设置取土场及弃渣场。受端换流站在站外设置 1 处临时堆土场，占地面积 3.00hm^2。

1.1.2. 项目前期工作进展情况

2023 年 5 月，受国家电网有限公司委托，本工程可行性研究工作由国网经济技术研究院有限公司牵头，西北、中南等 8 家设计院共同承担完成。2024 年 12 月 19 日~20 日，电力规划设计总院在郑州市主持召开陕西～河南±800kV 特高压直流输电工程可行性研究报告评审会议，并形成了会议纪要。2025 年 3 月 25 日~26 日，电力规划设计总院在北京市主持召开陕西～河南±800kV 特高压直流输电工程可行性研究报告收口会议。

2023年5月，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”）、中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司（以下简称“东北院”）分标段中标本工程水土保持方案编制工作（中标通知书详见附件）。本工程水土保持方案编制分工参见表 1.1-1。

表 1.1-1　本工程水土保持方案编制分工一览表

序号	行政区			项目名称	水土保持方案编制单位	
	省	市	县（区）			
1	陕西省	榆林市	横山区、米脂县、子洲县、绥德县、清涧县、靖边县	送端榆林站 ±800kV 直流线路 送端接地极 送端接地极线路 迁改线路	西北院	西北院（汇总）
	山西省	吕梁市	石楼县、中阳县、交口县、孝义市			
2	山西省	吕梁市	汾阳市	±800kV 直流线路 迁改线路	华北院	
		晋中市	介休市、平遥县			
		长治市	武乡县、沁县、襄垣县、潞城区			
3	山西省	长治市	平顺县	受端换流站 ±800kV 直流线路 受端接地极 受端接地极线路 迁改线路	东北院	
	河南省	安阳市	林州市			
		新乡市	卫辉市、延津县、封丘县			
		开封市	祥符区、杞县			
		周口市	太康县			

2026 年 3 月 19 日，国家发展改革委以《国家发展改革委关于 T064（陕西~河南±800 千伏直流输电工程）核准的批复》（发改能源〔2026〕395 号）对本工程进行了核准批复。

本工程核准批复名称为“陕西~河南±800千伏直流输电工程”，可研评审意见、初步设计等使用工程名称为“陕西~河南±800kV特高压直流输电工程”。陕西~河南±800千伏直流输电工程和陕西~河南±800kV特高压直流输电工程均指代本工程，其工程规模、建设内容保持一致。

目前，本工程的初步设计工作正在开展中，环境影响评价、防洪评价报告、地质灾害危险性评估、压覆矿产评价、文物调查、节能评估等专项报告已委托相关单位进行编制。

接受工作任务后，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2023年6月~7月、2024年6月、2025年2月分别进行了现场勘查，对项目沿线的自然环境、生态环境、水土流失及水土保持现状等进行了调查，同时征求了地方水行政主管部门的意见，收集了项目建设区所在地的相关水土保持现状和规划资料，针对设计方案与建设单位、主设单位进行了深入细致的沟通和研究，在水土流失预测的基础上，制定了本工程水土流失防治措施、水土保持监测方案以及投资估算，编制完成了《陕西~河南±800千伏直流输电工程水土保持方案报告书》。

1.1.3. 自然简况

送端榆林站位于陕西省榆林市横山区响水镇，属于典型的黄土丘陵区，地形起伏较大，总体西北部为高势，西南、东北、东南三面呈低势，高程在1050.3~1106.8m之间，站址区域现状为其他草地，分布有莎草等植物。送端接地极位于陕西省榆林市靖边县杨桥畔镇，属于黄土丘陵地貌，地势开阔，整体向北倾斜。接地极址高程在1130m~1186m之间，极址区现状为草地和林地，地表植被主要为沙蒿、梭梭等。受端换流站位于开封市杞县葛岗镇前李村西南侧、葛岗镇和高阳镇交界处，站址属平原地貌，地形平坦，地势开阔，高差小，场地自然高程约60.91m~62.79m，现状为水浇地，种植有农作物。受端接地极位于河南省周口市太康县转楼镇张仪宾村，场地自然高程约51.30m~51.50m，属平原地貌，总体地势平坦，地形开阔，占地类型为水浇地，种植有农作物。输电线路沿线涉及中低山、丘陵及平原地貌，线路已避开沿线地质灾害相对密集区，路径走向合理、适宜线路架设，线路沿线海拔在50.0m~1805.0m之间。

本工程项目区涉及温带大陆性季风气候区和暖温带大陆性季风气候区。本工程沿线所经陕西省、山西省、河南省境内雨季为每年的6月~9月。项目区多年平均降水量441.6mm~723.2mm，多年平均蒸发量1063.3mm~2064.9mm，年平均风速1.3m/s~3.1m/s，

≥10℃有效积温为 2534℃~4963℃，无霜期 143 天~215 天，年平均相对湿度 45%～69%。

工程沿线陕西省境内以砂质壤土、黄土和风沙土等为主；山西省境内以褐土、潮土和山地棕壤土等为主；河南省境内以褐土、潮土为主。

陕西省境内属温带草原带与暖温带落叶阔叶林带的过渡区域，以旱生、半旱生植物为主；山西省境内以温带灌丛、温带落叶灌丛、温带针叶林、温带落叶阔叶林以及栽培植被为主；河南省植被以暖温带落叶阔叶林及栽培植被为主。工程沿线林草覆盖率约为 20.0%～52.9%。

根据全国水土保持区划成果，项目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，项目区沿线容许土壤流失量分别为西北黄土高原区 1000t/(km^2·a)、北方土石山区 200t/(km^2·a)。本工程沿线陕西省境内以中度水蚀为主，兼有部分风力侵蚀，山西省境内以轻度~中度水蚀为主，河南省境内以微度~轻度水蚀为主。侵蚀模数背景值陕西省境内 3200～4800t/(km^2 · a)，山西境内 700～2800t/(km^2 · a)、河南省境内为 150～1500t/(km^2 · a)。

本工程涉及 1 个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；2 个省级水土流失重点预防区：山西省省级水土流失重点预防保护区，黄泛平原风沙省级水土流失重点预防区；4 个省级水土流失重点治理区：陕北丘陵沟壑重点治理区，陕北、大荔沙地重点治理区，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；1 个省级水土流失重点监督区：山西省省级水土流失重点监督区；3 个市级水土流失重点预防区：安阳市水土流失重点预防区、开封市市级水土流失重点预防区、新乡市市级水土流失重点预防区；1 个市级水土流失重点治理区：新乡市市级水土流失重点治理区。

本工程线路路径经过优化后已避开了多处饮用水水源保护区、湿地保护区等水土保持敏感区，在线路优化的基础上，本工程线路仍需穿（跨）越自然保护区、自然公园、水产种质资源保护区、饮用水水源保护区、重要生境以及生态保护红线等共 21 处水土保持敏感区，建设单位正在办理相应行政许可手续。

1.2. 项目水土保持评价结论

1.2.1. 主体工程选址（线）评价

通过与《中华人民共和国水土保持法》、《中华人民共和国黄河保护法》、《陕西

省水土保持条例》、《山西省实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》、《河南省实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》和《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）相关规定进行相符性分析，主体工程选址（线）未涉及崩塌和滑坡危险区、易引起严重水土流失和生态恶化地区，不涉及河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带，不占用全国水土保持监测网络中的水土保持监测站点、重点试验区及国家确定的水土保持长期定位观测站，但无法避让的水土流失重点预防区、重点治理区，存在水土保持制约性因素，主体设计建设方案已按《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）中的 3.2.2 的第 4 条规定优化了建设方案，减少地表扰动面积，优化施工工艺，提高了拦挡、截排水、防洪工程等级及林草覆盖率等，符合相关规定。

本工程路径选择中无法避让的自然保护区、自然公园、水产种质资源保护区、饮用水水源保护区、重要生境以及生态保护红线等共 21 处水土保持敏感区。主体设计已考虑采取相应的生态影响和恢复措施，建设单位正在办理各级主管部门的协议，工程开工前将依法全部办理完成相关协议文件。主体工程选（址）线存在制约性因素，本方案通过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，可满足水土保持要求，工程建设可行。

1.2.2. 建设方案与布局评价

本工程换流站用地指标符合《电力工程项目建设用地指标》（建标[2010]78 号），建设方案充分考虑资源节约和环境友好因素，换流站布置紧凑，尽量减少占地面积，竖向标高充分考虑地形条件，本工程挖、填方优先考虑就地平衡，不能平衡的采取土方外借的方式，不设置取土场和弃渣场，剥离的表土回填首先用于本项目的植被恢复或复耕，剩余表土外运至响水镇土地整治（改造）项目综合利用。输电线路山丘区铁塔基础设计全方位高低腿，减少土石方开挖，经过林区采用加高铁塔跨越，并采用无人机放线等先进施工架线工艺，减少林区破坏，施工道路尽量充分利用现有道路，同时，设置了部分索道，尽量减少地表扰动和植被破坏，对无法避让水土流失重点预防区和重点治理区、自然保护区、自然公园、水产种质资源保护区、饮用水水源保护区、重要生境以及生态保护红线等水土保持敏感区，建设方案落实主体工程设计要求和本方案补充相应水土流失防治要求后，满足水土保持要求。

根据《水利部关于加强水土保持空间管控的意见》（水保〔2024〕4号）、《水利部办公厅关于做好国家级水土流失重点预防区和重点治理区落地上图成果应用的通知》（办水保〔2025〕170号）要求，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，确实无法避让的，应充分开展不可避让论证，并提高水土流失防治标准和措施等级，优化施工工艺，减少地表扰动和植被损坏范围，有效控制可能造成的水土流失。本工程按照最新国家级水土流失重点预防区和重点治理区划定成果进行路径优化设计，线路路径确实无法避让时，尽量减少在保护区范围内的长度以及立塔数量。经路径优化及论证，原路径方案涉及国家级水土流失重点治理区小流域数量119处，穿越长度344.87m，立塔数量749基；经优化，避让了黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区小流域3条、太行山国家级水土流失重点治理区3条，优化了线路局部方案，减少了国家级水土流失重点治理区域内线路长度38.54公里、塔基108座；优化后路径涉及黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区（小流域83个）、太行山国家级水土流失重点治理区（小流域29个），分别位于陕西省、山西省及河南省，穿越长度306.33km，立塔数量641基。对于无法避让的国家级两区，采取了优化措施，有效的控制了可能造成的水土流失。

本工程占地类型以耕地为主。主体考虑的换流站、输电线路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。换流站占地以永久占地为主，占地相对集中，工程建成后四周有围墙防护，留有部分绿化空地，其余部分基本硬化，对四周的生态环境影响很小；线路工程以临时占地为主，占地较为分散，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，不存在多占和集中大量占用土地的情况，对生态环境的影响仅限于施工期，并且影响较小。

根据主体工程特点，本工程施工方案以尽量减少扰动面积、尽量减少生产力较高的耕地占用、尽量减少拆迁为原则。施工时合理安排工序，采用机械和人工配合进行，工程基础开挖、放线、牵张、架线等过程中都将采用有利于水土保持的施工工艺，符合水土保持要求。

工程主体设计对送端榆林站和受端换流站的站内道路及广场进行了硬化，送端榆林站设置混凝土截排水沟、雨水排水管网及消能措施、框格植草护坡、站区绿化；受端换流站设置雨水排水管网、植草护坡、钢筋混凝土排水管、八字式排水口、站区绿化；线路工程塔基设置了浆砌石护坡、挡渣墙、排水沟、泥浆沉淀池、钢板铺设和草方格沙障，

以上措施具有水土保持功能，纳入水保措施体系中，同时本方案完善补充施工前的表土剥离措施，施工期间及施工结束后各防治分区的表土回覆、临时限界、挡护、苫盖、铺垫、排水、沉沙、洒水降尘、临时绿化、土地整治（含耕地恢复、园地恢复）、植被恢复等措施，上述措施具有水土保持功能，可减少水土流失。

为更好地防止施工中产生的水土流失。本方案针对不同地貌类型，采取表土剥离及临时铺垫防护措施，施工结束后回填（铺）利用，为后期迹地恢复利用创造先行条件。通过从水土保持角度对主体工程选址（线）、建设方案、工程占地、土石方平衡、施工组织、施工方法及工艺、施工时序等方面分析评价，本工程在优化施工工艺、提高防治标准指标值、采取各项水土保持措施后，水土流失防治效果可达到水土保持要求，项目建设是可行的。

1.3. 表土资源保护与利用

本工程对耕地、园地、林地、草地的扰动开挖区域进行表土剥离，并保存和利用。通过表土资源调查与评价，本工程表土剥离厚度按 20cm~30cm 考虑，表土剥离厚度分别为：林地、草地按 20cm，耕地、园地按 30cm。对于材料、土方堆放占地及重型机械占压区域采取铺垫隔离保护措施。工程施工期间主要对基础开挖面及山丘区需要平整的临时施工场地进行表土剥离，如换流站站区、进站道路、施工生产生活区、管线开挖区域，塔基永久占地以及施工道路、牵张场区涉及挖填地段的区域。其他施工场地，如塔基临时占地堆土和材料堆放区考虑铺垫彩条布后堆放，牵张场区重型机械下方铺设钢板及彩条布、跨越施工场地搭建竹架，基础承载力弱的施工道路铺设钢板，以上措施均可加强对表土的保护。其他临时占地区域扰动有限，完工后进行整平后恢复迹地，因此无需剥离表土和采取铺垫措施。本工程共计表土剥离量为 50.33 万 m^3，共计表土回覆量为 45.46 万 m^3（其中就地回覆 38.92 万 m^3，通过土壤改良回覆 6.54 万 m^3，），余方 11.41 万 m^3（运至响水镇土地整治（改造）项目进行综合利用）；通过铺垫等措施保护表土量共计 83.00hm^2（22.83 万 m^3）；本工程表土保护总量为 72.07 万 m^3。

送端榆林站站区、施工生产生活区、进站道路区剥离表土用于响水镇的土地整治（改造）项目；站外电源区表土临时堆放在站外电源设施区临时施工场地内；供排水工程区剥离的表土临时堆放在管沟一侧的临时施工场地内；汇流装置区、电极电缆区、检修道路区表土临时堆放于电极电缆区管线一侧的临时施工场地内；外接电源区临时堆放在管线一侧的临时施工场地内。受端换流站站区、施工生产生活区、进站道路区剥离表土集

中堆存在站外临时堆土区，表土堆置为台体，堆土场长 200m，宽 150m，占地面积为 3hm^2，最大堆土厚度 3.5m，坡比 1:2，堆土量为 8.38 万 m^3，堆土期间采取临时拦挡、苫盖、排水、绿化措施；站外电源区表土临时堆放在管线一侧的临时施工场地内，供排水工程区剥离的表土临时堆放在管沟一侧的临时施工场地内；汇流装置区、电极电缆区、检修道路区表土临时堆放于电极电缆区管线一侧的临时施工场地内，外接电源区临时堆放在管线一侧的临时施工场地内。

输电线路塔基区剥离表土在塔基施工场地内堆存为台体防护，牵张场地剥离的表土临时堆放于牵张场地内堆存为台体，山丘区新建施工道路剥离后装入植生袋，堆存于道路外侧，起到拦挡作用。

1.4. 弃渣场（临时堆土场）选址与堆置

1.4.1. 送端榆林站

送端榆林站在站区围墙内西南侧的直流场区域设置基槽余土堆放场地，占地面积共计 2.40hm^2（其中直流场西侧挖方区堆土面积约 1.8hm^2、直流场东侧填方区堆土面积约 0.6hm^2）。土方堆置为台体，站区围墙内临时堆土区共可堆放土方 7.84 万 m^3，堆置时间约 0.5 年。

1.4.2. 受端换流站

受端换流站站内临时堆土场位于站内直流场区，用于堆放基础土方，为平地形堆土场，堆置为台体，堆放时间 0.5 年，平均堆高 3m，占地面积 3.23hm^2，坡比 1:1.5，堆方量 7.10 万 m^3。

受端换流站站外临时堆土场位于站址东侧，占地性质为耕地。站外临时堆土场与周边最近居民点直线距离 672m。堆土场周围 1km 内无公共设施、重要基础设施、工业企业等敏感点。受端换流站临时堆土区为平地型堆土场，堆置为台体，堆土场长 200m，宽 150m，占地面积为 3hm^2，最大堆土厚度 3.5m，坡比 1:2，容量为 8.38 万 m^3，堆置时间约 1.8 年。通过稳定性分析后确定，主体设计的 1:2 的边坡比可以满足站外堆土区稳定的需求。参照《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）中弃渣场级别标准，确定本工程受端换流站站外临时堆土场级别为 5 级。

1.4.3. 输电线路

输电线路工程塔基在塔基施工场地内设置临时堆土区域，土方堆置区域按照 1:2 进行放坡，平均堆土高度约 1.5m~3.0m，堆置时间为塔基基础施工阶段，一般为 30d。

1.5. 水土流失预测结果

工程施工期及自然恢复期土壤流失总量118455t，原地貌土壤侵蚀量48798t，新增土壤流失量69657t。根据预测结果，点型工程水土流失防治和监测重点区域为换流站站区、接地极电极电缆区；线路工程水土流失防治和监测重点区域为塔基及施工场地区、施工道路区。

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、居民房屋等造成一定的影响。在河道附近施工时，若得不到及时有效的防护治理，水土流失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。

1.6. 水土流失防治

1.6.1. 水土流失防治责任范围及目标

本工程水土流失防治责任范围面积共738.69hm^2，其中永久占地面积125.18hm^2，临时占地面积613.51hm^2，按行政区统计陕西省222.53hm^2、山西省289.64hm^2、河南省226.52hm^2。

根据《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018）的规定，陕西省榆林市横山区、靖边县、米脂县、子洲县、绥德县、清涧县，山西省吕梁市石楼县、中阳县、交口县、孝义市、汾阳市，晋中市介休市、平遥县执行西北黄土高原区一级标准。山西省长治市武乡县、沁县、襄垣县、潞城区、平顺县，河南省安阳市林州市，新乡市卫辉市、延津县、封丘县，开封市祥符区、杞县，周口市太康县执行北方土石山区一级标准。

按照《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T50434-2018），本工程项目位于各级人民政府和相关机构确定的水土流失重点预防区、重点治理区，项目区均执行一级标准。本方案按各防治区面积采用加权平均得出本工程设计水平年的综合防治目标值，具体为：水土流失治理度94.0%，土壤流失控制比0.9，渣土防护率94.5%，表土保护率92.5%，林草植被恢复率96％，林草覆盖率25.5%。

1.6.2. 水土流失防治分区及措施

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 5 个二级分区，即送端榆林站防治区、受端换流站防治区、送端接地极防治区、受端接地极防治区、输电线路防治区。按项目布局，送端榆林站划分为 6 个区：即①站区、②进站道路区、③施工生产生活区、④站外电源设施区、⑤供排水工程区、⑥专项设施迁改区。受端换流站划分为 7 个区：即①站区、②进站道路区、③施工生产生活区、④站外临时堆土区、⑤站外电源设施区、⑥供排水工程区、⑦专项设施迁改区。送端接地极及受端接地极分别划分为 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塔基及施工场地区、②牵张场区、③跨越施工场地区、④施工道路区。

根据本工程建设过程中各地貌地形单元水土流失的特点、危害程度以及水土流失防治目标，在对主体工程中具有水土保持功能的防护措施的基础上，结合工程的特点和已有的防治措施，对工程进行水土流失防治分区，合理、全面、系统的规划，提出各种工程地貌地形单元新增的一些水土保持措施，使之形成一个完整的水土流失防治体系。水土流失防治措施总体布局如下:

1.6.2.1. 山丘区

1）送端榆林站

①站区：施工前剥离表土；施工过程中进行洒水降尘，站区围墙内侧布设临时排水沟，临时排水沟末端布设临时沉沙池，站内临时堆土区域设置植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池对临时堆土进行防护，灌注桩施工区域设施泥浆沉淀池，站外边坡布设混凝土截排水沟、框格植草护坡等水土保持措施；施工后期站内布设雨水排水管网，对边坡、站区绿化、边坡与用地红线之间区域进行土壤改良、土地整治后绿化或撒播草籽。

工程措施：**主体已有措施**包括混凝土截排水沟 10166m、雨水排水管网 15590m、框格植草护坡 85122m^2；**方案新增措施**包括表土剥离 39.16hm^2、土壤改良 2.77 万 m^3、土地整治（植被恢复）6.66hm^2。

植物措施：**主体已有措施**为站区绿化 4.94hm^2；**方案新增措施**包括撒播草籽 1.72hm^2、草籽量 206.40kg。

临时措施：**主体已有措施**为泥浆沉淀池 3 座；**方案新增措施**包括植生袋装土拦挡 1058m^3，密目网苫盖 71420m^2，临时排水沟 3340m，临时沉沙池 3 座，洒水降尘 3600m^3。

②进站道路区：施工前剥离表土；施工过程中进行洒水降尘，对进站道路两侧裸露边坡采用密目网苫盖，边坡设置框格植草护坡，进站道路两侧及边坡设混凝土截排水沟，埋设雨水排水管、修筑八字排水口；施工结束后，对边坡、边坡与用地红线之间区域进行土壤改良，土地整治后撒播草籽。

工程措施：**主体已有措施**包括雨水排水管 800m、八字式排水口 4 座、框格植草护坡 14000m^2、混凝土截排水沟 4588m；**方案新增措施**包括表土剥离 6.40hm^2、土壤改良 0.33 万 m^3、土地整治（植被恢复）0.68hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 0.68hm^2、草籽量 81.60kg。

临时措施：**方案新增措施**包括密目网苫盖 3400m^2、洒水降尘 720m^3。

③施工生产生活区：施工前剥离表土；施工过程中布置临时排水沟、临时沉沙池，并对地表裸露区域采用密目网苫盖，对场平后形成的边坡采取撒播草籽进行防护；施工结束后进行土壤改良，土地整治后撒播草籽。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 11.46hm^2、土壤改良 3.44 万 m^3、土地整治（植被恢复）11.46hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 12.57hm^2、草籽量 1508.4kg。

临时措施：**方案新增措施**包括临时排水沟长 1950m、临时沉沙池 3 座、密目网苫盖 17940m^2。

④站外电源设施区：施工前剥离表土并集中堆放，开挖其他土石方集中堆放；施工过程中对堆土进行彩条布铺垫、密目网苫盖；施工结束后对临时占地区域进行表土回覆、土地整治后撒播草籽。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 0.05hm^2、表土回覆 0.01 万 m^3、土地整治（植被恢复）1.46hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 1.46hm^2、草籽量 175.20kg。

临时措施：**方案新增措施**包括密目网苫盖 1050m^2、彩条布铺垫 900m^2。

⑤供排水工程区：施工前剥离表土，表土与开挖其他土石方分开堆放于供排水管线一侧，临时堆土采取彩条布铺垫、密目网苫盖的方式进行防护；施工过程中，在站区征地红线外布设钢筋混凝土排水管、与站区雨水排水系统及站外边坡截排水沟通过检查井相连接，排水管末端设跌水沟、消力池及海漫带等，供水管线穿越韭殿路的区域采取顶管施工设置泥浆沉淀池；施工结束后对临时占地区域进行表土回覆、土地整治后撒播草

籽。

工程措施：**主体已有措施**包括钢筋混凝土管 355m、跌水沟 115m、消力池 3 座、海漫带 115m；**方案新增措施**包括表土剥离 1.23hm^2、表土回覆 0.25 万 m^3、土地整治（植被恢复）3.22hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 3.22hm^2、草籽量 386.40kg。

临时措施：**主体已有措施**为泥浆沉淀池 1 座；**方案新增措施**包括密目网苫盖 12645m^2、彩条布铺垫 8430m^2。

⑥专项设施迁改区：施工前剥离表土，表土与开挖其他土石方分开堆放于施工临时场地内；施工过程中对堆土进行彩条布铺垫、密目网苫盖；施工结束后对临时占地区域进行表土回覆、土地整治后撒播草籽。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 0.04hm^2、表土回覆 0.01 万 m^3、土地整治（植被恢复）0.54hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 0.54hm^2、草籽量 64.80kg。

临时措施：**方案新增措施**包括密目网苫盖 1200m^2、彩条布铺垫 800m^2。

2）送端接地极

①汇流装置区：施工前剥离表土，表土及开挖其他土石方堆放于附近电极电缆区，临时防护措施由电极电缆区统一考虑。

工程措施：**方案新增措施**为表土剥离 0.09hm^2。

②电极电缆区：施工前布设彩条旗对施工场地进行维护、剥离表土；施工过程中表土与开挖其他土石方分开堆放于开挖区域一侧，临时堆土采取植生袋装土拦挡、彩条布铺垫、密目网苫盖的方式进行防护；施工结束后对电极电缆区临时占地区域进行土地整治、穴状整地，并撒播草籽、栽植灌木恢复植被。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 11.40hm^2、表土回覆 2.303 万 m^3、土地整治（植被恢复）25.52hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 25.52hm^2、草籽量 3062.40kg、恢复林地 10.21hm^2、穴状整地 18378 个、栽植灌木 18378 株。

临时措施：**方案新增措施**包括植生袋装土拦挡 11828m^3、密目网苫盖 92260m^2、彩条布铺垫 61170m^2、彩条旗 6400m。

③检修道路区：施工前对永久占地区域剥离表土，表土及开挖其他土石方堆放于附

近电极电缆区，临时防护措施由电极电缆区统一考虑；施工结束后对检修道路区非硬化区域进行土地整治并撒播草籽恢复植被。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 0.02hm^2、表土回覆 0.001 万 m^3、土地整治（植被恢复）0.005hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 0.005hm^2、草籽量 0.6kg。

④外接电源工程区：施工前剥离表土，表土与其他土方分开堆放；施工过程中堆土采取对堆土进行彩条布铺垫、密目网苫盖；施工结束后对施工临时占地进行土地整治并撒播草籽恢复植被。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 0.09hm^2、表土回覆 0.02 万 m^3、土地整治（植被恢复）1.12hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 1.12hm^2、草籽量 134.40kg。

临时措施：**方案新增措施**包括密目网苫盖 1320m^2，彩条布铺垫 880m^2。

3）输电线路

①塔基及施工场地区

施工前在塔基施工场地周围设置彩条旗围护，严格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，表土和基础开挖土方均单独堆放；施工期对临时堆土压占及其他轻微扰动区域采取铺设彩条布、堆土外侧设植生袋拦挡、密目网苫盖等临时措施，对山丘区塔基场地平整形成的上下边坡采取密目网苫盖措施，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，塔基及施工场地区根据需要设置浆砌石护坡、浆砌石挡渣墙、浆砌石排水沟；施工结束后对占地类型为耕地、园地、林地和草地的区域进行表土回覆、土地整治，对占地类型为沙地的进行土地平整，根据原土地利用类型确定耕地恢复、园地恢复或植被恢复等土地利用方向，接地极线路部分存在风蚀的区域布设草方格沙障。

工程措施：**主体已有措施**包括浆砌石护坡 3965m^3、浆砌石挡渣墙 1540m^3、浆砌石排水沟 2030m、浆砌石量 1624m^3；**方案新增措施**包括表土剥离 41.25hm^2（10.11 万 m^3）、表土回覆 10.11 万 m^3、土地平整 0.31hm^2、土地整治（植被恢复）78.77hm^2、土地整治（耕地恢复）43.36hm^2、土地整治（园地恢复）21.79hm^2、草方格沙障 3100m^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 78.77hm^2、草籽量 9180.00kg、恢复林地 55.41hm^2、栽植灌木量 99738 株、幼林抚育 55.41hm^2、穴状整地 99738 个。

临时措施：**方案新增措施**包括植生袋装土拦挡量 13075m³、植生袋装土拆除量 13075m³、彩条布铺垫 194250m²、密目网苫盖 391720 m²、彩条旗围护 85620m、泥浆沉淀池 2 个。

②牵张场区

施工前在周围设置彩条旗围护、严格限制施工机械和人员活动范围，对牵张场开挖扰动区域进行剥离表土；施工中对场地内临时堆土采取彩条布铺垫和密目网苫盖措施，对牵引机、张力机占压地表区域采取铺设钢板等临时防护措施；施工结束后进行土地整治，根据原土地利用类型确定回覆表土、耕地恢复、园地恢复、植被恢复等土地利用方向。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 3.65hm²（0.90 万 m³）、表土回覆 0.90 万 m³、土地整治（植被恢复）17.89hm²、土地整治（耕地恢复）15.78hm²、土地整治（园地恢复）6.35hm²。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 17.89hm²、草籽量 2109.60kg、恢复林地 17.10hm²、栽植灌木量 30780 株、幼林抚育 17.10hm²、穴状整地 30780 个。

临时措施：**方案新增措施**包括彩条布铺垫 20500m²、密目网苫盖 27850m²、铺设钢板 23390m²、彩条旗围护 24260m。

③跨越施工场地区

施工前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；施工结束后进行土地整治，根据原土地利用类型确定耕地恢复、园地恢复或植被恢复等土地利用方向。

工程措施：**方案新增措施**包括土地平整 0.11hm²、土地整治（植被恢复）9.90hm²、土地整治（耕地恢复）9.45hm²、土地整治（园地恢复）7.98hm²。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 9.90hm²、草籽量 1215.36kg。

临时措施：**方案新增措施**为彩条旗围护 30060m。

④施工道路区

施工前对新开辟的施工道路开挖扰动区域进行表土剥离；施工过程中对临时堆土压占及其他轻微扰动区域采取铺设彩条布、道路边坡下侧设植生袋拦挡、密目网苫盖等临时措施，对道路一侧设置临时排水沟，对道路边坡下侧设植生袋拦挡（平原区除外），对道路平整产生的上下边坡采取密目网苫盖等临时措施；施工结束后对占地类型为耕

地、园地、林地和草地的区域进行土地整治，对占地类型为沙地的进行表土回覆、土地平整，根据原土地利用类型确定耕地恢复、园地恢复或植被恢复等土地利用方向，接地极线路部分存在风蚀的区域布设草方格沙障。

工程措施：**主体已有措施**为草方格沙障 11800m^2；**方案新增措施**包括表土剥离 26.49hm^2（6.43 万 m^3）、表土回覆 6.43 万 m^3、土地平整 1.18hm^2、土地整治（植被恢复）99.45hm^2、土地整治（耕地恢复）64.17hm^2、土地整治（园地恢复）25.85hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 99.45hm^2、草籽量 11512.32kg、恢复林地 95.34hm^2、灌木 169794 株、栽植乔木 79531 株、幼林抚育 95.34hm^2、穴状整地 249325 个。

临时措施：**方案新增措施**包括植生袋装土拦挡量 64300m^3、植生袋装土拆除量 64300m^3、临时排水沟 19707m（2661m^3）、素土夯实 2537m^3，密目网苫盖措施 576000m^2。

1.6.2.2. 平原区

1）受端换流站

①站区：施工前剥离表土并集中堆放至站外临时堆土区；施工过程中，站区内临时堆土场采取植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时排水沟、沉沙池等临时防护措施，并在站区内布设洒水降尘措施。站区布设雨水排水系统；施工结束后对站区绿化区域、围墙外征地红线之间的扰动区域进行表土回覆、土地整治（植被恢复），对站区进行绿化，对围墙外征地红线之间的扰动区域撒播种草。

工程措施：**主体已有措施**为雨水排水管网 2300m；**方案新增措施**包括表土剥离 19.71hm^2、表土回覆 4.35 万 m^3、土地整治（植被恢复）7.56hm^2。

植物措施：**主体已有措施**为站区绿化 7.26hm^2；**方案新增措施**包括撒播草籽 0.30hm^2、草籽量 28.80kg。

临时措施：**方案新增措施**包括植生袋装土拦挡 421.5m^3、密目网苫盖 43200m^2、临时排水沟 1124m、沉沙池 4 座、洒水降尘 3600m^3。

②进站道路区：施工前剥离表土，集中堆放至站外临时堆土区；施工过程中采取洒水降尘措施，在护坡布设临时苫盖措施；施工结束后部分表土回覆至进站道路的植草边坡，剩余表土回覆至施工生产生活区，对进站道路边坡与征地红线之间的扰动区域进行土地整治（植被恢复）。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 1.20hm^2、表土回覆 0.20 万 m^3、土地整治（植被恢复）0.46hm^2。

植物措施：**主体已有措施**为植草护坡 4600m^2。

临时措施：**方案新增措施**包括临时苫盖 4600m^2、洒水降尘 720m^3。

③施工生产生活区：施工前剥离表土并集中堆放至站外临时堆土区；施工过程中布设临时排水沟和沉沙池等临时防护措施；施工结束后进行表土回覆、土地整治（耕地恢复）。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 7hm^2、表土回覆 3.23 万 m^3、土地整治（耕地恢复）7hm^2。

临时措施：**方案新增措施**包括临时排水沟 1100m、沉沙池 4 座。

④站外临时堆土区：施工前将站区、进站道路区、施工生产生活区剥离的表土并集中堆放至本区；施工过程中采取植生袋装土拦挡、彩条布铺垫、密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池和临时绿化等临时防护措施；施工结束后将站区多余的表土回覆至本区并进行土地整治（耕地恢复）。

工程措施：**方案新增措施**包括表土回覆 0.60 万 m^3、土地整治（耕地恢复）3hm^2。

临时措施：**方案新增措施**包括植生袋装土拦挡 262.50m^3、彩条布铺垫 30000m^2、密目网苫盖 38940m^2、临时排水沟 700m、沉沙池 1 座、临时种草 3hm^2。

⑤站外电源设施区：施工前剥离表土，集中堆放于站外电源设施区临时施工场地内；施工过程中对开挖土石方采取彩条布铺垫、临时苫盖防护措施；施工结束后进行表土回覆、土地整治，根据原土地利用类型确定耕地恢复或植被恢复等土地利用方向。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 0.22hm^2、表土回覆 0.07 万 m^3、土地整治（耕地恢复）3.15hm^2、土地整治（植被恢复）0.23hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 0.23hm^2、草籽量 22.08kg。

临时措施：**方案新增措施**包括彩条布铺垫 4067m^2、密目网苫盖 7224m^2。

⑥供排水工程区：施工前剥离管线开挖区域的表土，排水管采用焊接钢管、出口处采用八字式排水口；施工过程中开挖的土方采用密目网苫盖、植生袋拦挡、底部采取彩条布铺垫的临时防护措施，穿越省道、干渠处布设泥浆沉淀池；施工结束后对临时占地进行表土回覆、土地整治（耕地恢复）。

工程措施：**主体已有措施**包括 DN2000 排水管 300m，八字式排水口 1 座，**方案新增措施**包括表土剥离 6.30hm^2、表土回覆 1.89 万 m^3、土地整治（耕地恢复）26.76hm^2。

临时措施：**方案新增措施**包括植生袋装土拦挡 10037.75m^3、彩条布铺垫面积 95663m^2、密目网苫盖 145849m^2，泥浆沉淀池 5 座。

⑦专项设施迁改区：施工前剥离表土，部分集中堆放于专项设施迁改区施工场地内；施工过程中采取彩条布铺垫、临时苫盖防护措施；施工结束后进行表土回覆、土地整治（耕地恢复）。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 0.01hm^2、表土回覆 0.01 万 m^3、土地整治（耕地恢复）0.26hm^2。

临时措施：**方案新增措施**包括彩条布铺垫 60m^2、密目网苫盖 515m^2。

2）受端接地极

①汇流装置区：汇流装置区施工前进行表土剥离，剥离的表土集中堆放在电极电缆区。

工程措施：**方案新增措施**为表土剥离 0.08hm^2。

②电极电缆区：施工前剥离表土并集中堆放；施工过程中对表土及开挖土石采取拦挡、临时苫盖和彩条布铺垫的防护措施；施工结束后进行表土回覆、土地整治（耕地恢复）。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 2.82hm^2、表土回覆 0.87 万 m^3、土地整治（耕地恢复）7.51hm^2。

临时措施：**方案新增措施**包括植生袋装土拦挡 2775m^3、彩条布铺垫 33403m^2、密目网苫盖 26176m^2。

③检修道路区：施工前剥离表土，表土及开挖土石方堆放于附近电极电缆区，临时防护措施由电极电缆区统一考虑。

工程措施：**方案新增措施**为表土剥离 0.01hm^2。

④外接电源工程区：施工前剥离表土并集中堆放；施工过程中对表土及开挖土石采取临时苫盖防护措施，采取彩条布铺垫措施；施工结束后进行表土回覆、土地整治（耕地恢复）。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离 0.02hm^2、表土回覆 0.01 万 m^3、土地整治（耕地恢复）0.06hm^2。

临时措施：**方案新增措施**包括彩条布铺垫 110m^2、密目网苫盖 775m^2。

3）输电线路

①塔基及施工场地区

施工前在塔基施工场地周围设置彩条旗围护，严格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，表土和基础开挖土方均单独堆放；施工期对临时堆土

压占及其他轻微扰动区域采取铺设彩条布、堆土外侧设植生袋拦挡、密目网苫盖等临时措施，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；施工结束后对占地类型为耕地、园地、林地和草地的区域进行表土回覆、土地整治，根据原土地利用类型确定耕地恢复、园地恢复或植被恢复等土地利用方向。

工程措施：**方案新增措施**包括表土剥离25.72hm^2（7.66万m^3）、表土回覆7.66万m^3、土地整治（植被恢复）3.29hm^2、土地整治（耕地恢复）54.02hm^2、土地整治（园地恢复）2.94hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽3.29hm^2、草籽量362.16kg、恢复林地2.47hm^2、栽植灌木量4446株、幼林抚育2.47hm^2、穴状整地4446个。

临时措施：**方案新增措施**包括植生袋装土拦挡量4851m^3、植生袋装土拆除量4851m^3、彩条布铺垫145650m^2、密目网苫盖134300m^2、彩条旗围护49830m、泥浆沉淀池591个。

②牵张场区

施工前在周围设置彩条旗围护、严格限制施工机械和人员活动范围，对牵张场开挖扰动区域进行剥离表土；施工中对场地内临时堆土采取彩条布铺垫和密目网苫盖措施，对牵引机、张力机占压地表区域采取铺设钢板等临时防护措施；施工结束后进行表土回覆、土地整治，根据原土地利用类型确定耕地恢复、园地恢复、植被恢复等土地利用方向。

工程措施：**方案新增措施**包括土地整治（植被恢复）1.86hm^2、土地整治（耕地恢复）17.96hm^2、土地整治（园地恢复）0.74hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽1.86hm^2、草籽量217.44kg、恢复林地1.86hm^2、栽植灌木量3348株、幼林抚育1.86hm^2、穴状整地3348个。

临时措施：**方案新增措施**包括彩条布铺垫15150m^2、彩条旗围护15760m、铺设钢板19400m^2。

③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；施工结束后进行土地整治，根据原土地利用类型确定耕地恢复、园地恢复或植被恢复等土地利用方向。

工程措施：**方案新增措施**包括土地整治（植被恢复）1.34hm^2、土地整治（耕地恢

复）22.53hm^2、土地整治（园地恢复）0.83hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 1.34hm^2，草籽量 146.40kg。

临时措施：**方案新增措施**为彩条旗围护 36600m。

④施工道路区

相比山丘区，平原区场地开阔，对平原区的施工道路设置彩条旗围护措施，严格控制行车轨迹，部分软土地基区域铺设钢板；施工结束后对占地类型为耕地、园地、林地和草地的区域进行表土回覆、土地整治，根据原土地利用类型确定耕地恢复、园地恢复或植被恢复等土地利用方向。

工程措施：**方案新增措施**包括土地整治（植被恢复）3.56hm^2、土地整治（耕地恢复）60.34hm^2、土地整治（园地恢复）1.36hm^2。

植物措施：**方案新增措施**包括撒播草籽 3.56hm^2、草籽量 396.00kg、恢复林地 3.56hm^2、灌木 6408 株、栽植乔木 3312 株、幼林抚育 3.56hm^2、穴状整地 9720 个。

临时措施：**主体已有措施**包括钢板铺设 3500m^2；**方案新增措施**为彩条旗围护 250960m。

1.7. 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，水土流失重点监测时段为施工准备期开始至设计水平年结束，即从 2026 年 10 月开始，止于 2029 年 12 月，并在施工准备期前进行本底值监测。水土保持监测内容包括：水土流失影响因素监测、项目施工全过程各阶段扰动土地情况监测、水土流失状况监测、水土流失防治成效监测、水土流失危害监测等。监测方法主要采用地面观测、调查监测及资料分析、巡查监测、无人机低空遥感监测。根据工程水土流失特点，水土流失防治和监测重点区域为点型工程中送端榆林站站区、送端接地极电极电缆区，受端换流站站区、站外临时堆土区、受端接地极电极电缆区；线路工程中为塔基及施工场地区、施工道路区。根据工程特点及施工布置，本方案考虑在项目沿线选择具有代表性的地段或场地布设监测点位，本工程设置水土流失重点监测点位 149 处，包括 36 个固定监测点和 113 个巡查监测点。

1.8. 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 23386.14 万元，其中工程措施为 11011.50 万元，植物措施为 2908.89 万元，监测措施费为 430.79 万元，施工临时工程费为 5993.72 万元，独立费用为 1203.74 万元，预备费为 1021.08 万元，水土保持补偿费为 816.4170 万元。

水土保持总投资中陕西省措施费为 11768.91 万元；山西省措施费为 5302.24 万元；

河南省措施费为 3273.75 万元。

水土保持补偿费中陕西省水土保持补偿费为 378.3010 万元; 山西省水土保持补偿费 166.2920 万元；河南省水土保持补偿费 271.8240 万元。

通过水土保持效益分析，方案实施后各项水土保持措施起到了防治水土流失、保护生态环境的作用。设计水平年水土流失治理度达 96.05%，土壤流失控制比达 1.0，渣土防护率达 95.67%，表土保护率达 95.86%，林草植被恢复率达 96.55%，林草覆盖率达 35.49%，六项防治指标均达到并超过了预期的治理目标，方案实施后效果显著。

1.9. 结论

通过水土保持的分析论证，主体工程选址（线）避开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，避让了国家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。对于无法避让的水土保持重点预防区和重点治理区以及水土保持敏感区，主体设计采取先进施工工艺、严格控制施工范围等措施，尽量减少地表扰动和植被损坏范围，本方案已相应提高了防治标准值，并对敏感区内提高了防治措施工程量，项目建设方案可行，且符合水土保持法律法规、技术标准的相关规定。在工程建设过程中建设单位实施一系列的水土保持措施后，能有效地控制水土流失，达到方案所确定的防治目标及防治水土流失的目的，实现项目区环境的恢复和改善，从水土保持角度分析，本工程建设是可行的。

工程下阶段设计时进一步落实水保措施，并进一步优化换流站设计及线路路径，尽量减少施工临时占地面积，减少土石方挖填方量。施工过程中加强表土剥离保护、回覆和综合利用，加强临时堆土过程管护。建设单位招标时明确承包商承担防治水土流失的责任、义务。施工单位应做好施工期间的水土流失防治措施。监理单位应对水土保持措施进行全过程的监督管理。监测单位应对水土保持措施进行全过程监督管理。建设单位应依据监测结果和防治目标，提出意见，组织相关单位进行完善和改进，达到方案要求。

陕西~河南±800千伏直流输电工程水土保持方案特性表

项目名称	陕西~河南±800千伏直流输电工程		项目代码	2320-000000-04-01-527519
涉及流域机构	水利部黄河水利委员会 水利部海河水利委员会 水利部淮河水利委员会	涉及省（自治区、直辖市）	陕西省、山西省、河南省	
涉及地市和数量	榆林市、吕梁市、晋中市、长治市、安阳市、新乡市、开封市、周口市，8个	涉及县和数量	横山区、靖边县、米脂县、子洲县、绥德县、清涧县、石楼县、中阳县、交口县、孝义市、汾阳市、介休市、平遥县、武乡县、沁县、襄垣县、潞城区、平顺县、林州市、卫辉市、延津县、封丘县、祥符区、杞县、太康县，25个	
项目规模	送端榆林站、送端接地极、受端换流站、受端接地极，±800kV直流线路727.5km、送端接地极线路73.0km、受端接地极线路57.8km、迁改线路30.3km。		总投资（亿元）	189.97
土建投资（亿元）	28.85			

开工时间	2026.10	完工时间	2028.09	设计水平年	2029
工程占地（hm^2）	738.69	永久占地（hm^2）	125.18	临时占地（hm^2）	613.51

土石方量（万m^3）	挖方/表土	填方/表土	借方	项目自身建材利用方	弃方	综合利用方
	397.08/50.33	416.46/45.46	19.38	/	/	11.41

涉及的水土流失重点防治区和重点治理区，水土流失严重、生态脆弱区名称	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，黄泛平原风沙省级水土流失重点预防区，陕北丘陵沟壑重点治理区，陕北、大荔沙地重点治理区，山西省省级水土流失重点预防保护区，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，安阳市水土流失重点预防区，开封市市级水土流失重点预防区，新乡市市级水土流失重点预防区，新乡市市级水土流失重点治理区。

地貌类型	山丘和平原	涉及水土保持区划	西北黄土高原区、北方土石山区
土壤侵蚀类型	水力、风力	土壤侵蚀强度	微度~中度
防治责任范围面积（hm^2）	738.69	容许土壤流失量［t/（km^2·a）］	1000/200
土壤流失预测总量（t）	118455	新增土壤流失量（t）	48798
可减少土壤流失量（t）	63125	水土流失防治标准执行等级	西北黄土高原区一级，北方土石山区一级

防治指标			
水土流失治理度（%）	94.0	土壤流失控制比	0.9
渣土防护率（%）	94.5	表土保护率（%）	92.5
林草植被恢复率（%）	96	林草覆盖率（%）	25.5

防治措施及工程量	防治分区			工程措施	植物措施	临时措施
	山丘区	送端榆林站	站区	混凝土截排水沟10166m，雨水排水管网15590m，框格植草护坡85122m^2，表土剥离39.16hm^2，土壤改良2.77万m^3，土地整治（植被恢复）6.66hm^2	站区绿化4.94hm^2，撒播草籽1.72hm^2、草籽量206.40kg	植生袋装土拦挡1058m^3，密目网苫盖71420m^2，临时排水沟3340m，临时沉沙池3座，洒水降尘3600m^3，泥浆沉淀池3座
			进站道路区	雨水排水管800m，八字式排水口4座，框格植草护坡14000m^2，混凝土截排水沟4588m，表土剥离6.40hm^2，土壤改良0.33万m^3，土地整治（植被恢复）0.68hm^2	撒播草籽0.68hm^2、草籽量81.60kg	密目网苫盖3400m^2，洒水降尘720m^3
			施工生产生活区	表土剥离11.46hm^2，土壤改良3.44万m^3，土地整治（植被恢复）11.46hm^2	撒播草籽12.57hm^2、草籽量1508.4kg	临时排水沟长1950m，临时沉沙池3座，密目网苫盖17940m^2
			站外电源设施区	表土剥离0.05hm^2，表土回覆0.01万m^3，土地整治（植被恢复）1.46hm^2	撒播草籽1.46hm^2、草籽量175.20kg	密目网苫盖1050m^2，彩条布铺垫900m^2

防治措施及工程量	山丘区	送端榆林站	供排水工程区	钢筋混凝土管 355m，跌水沟 115m，消力池 3 座，海漫带 115m，表土剥离 1.23hm^2，表土回覆 0.25 万 m^3，土地整治（植被恢复）3.22hm^2	撒播草籽 3.22hm^2、草籽量 386.40kg	密目网苫盖 12645m^2，彩条布铺垫 8430m^2，泥浆沉淀池 1 座
			专项设施迁改区	剥离 0.04hm^2，表土回覆 0.01 万 m^3，土地整治（植被恢复）0.54hm^2	撒播草籽 0.54hm^2、草籽量 64.80kg	密目网苫盖 1200m^2，彩条布铺垫 800m^2
		送端接地极	汇流装置区	表土剥离 0.09hm^2	/	/
			电极电缆区	表土剥离 11.40hm^2，表土回覆 2.303 万 m^3，土地整治（植被恢复）25.52hm^2	撒播草籽 25.52hm^2、草籽量 3062.40kg，恢复林地 10.21hm^2，穴状整地 18378 个，栽植灌木 18378 株	植生袋装土拦挡 11828m^3，密目网苫盖 92260m^2，彩条布铺垫 61170m^2，彩条旗 6400m
			检修道路区	表土剥离 0.02hm^2，表土回覆 0.001 万 m^3，土地整治（植被恢复）0.005hm^2	撒播草籽 0.005hm^2、草籽量 0.6kg	/
			外接电源工程区	表土剥离 0.09hm^2，表土回覆 0.02 万 m^3，土地整治（植被恢复）1.12hm^2	撒播草籽 1.12hm^2、草籽量 134.40kg	密目网苫盖 1320m^2，彩条布铺垫 880m^2
		输电线路	塔基及施工场地区	浆砌石护坡 3965m^3，浆砌石挡渣墙 1540m^3，浆砌石排水沟 2030m、浆砌石量 1624m^3，表土剥离 41.25hm^2（10.11 万 m^3），表土回覆 10.11 万 m^3，土地平整 0.31hm^2，土地整治（植被恢复）78.77hm^2，土地整治（耕地恢复）43.36hm^2，土地整治（园地恢复）21.79hm^2，草方格沙障 3100m^2。	撒播草籽 78.77hm^2，草籽量 9180.00kg、恢复林地 55.41hm^2，栽植灌木量 99738 株，幼林抚育 55.41hm^2，穴状整地 99738 个。	植生袋装土拦挡量 13075m^3，植生袋装土拆除量 13075m^3，彩条布铺垫 194250m^2，密目网苫盖 391720m^2，彩条旗围护 85620m，泥浆沉淀池 2 个。
			牵张场区	表土剥离 3.65hm^2（0.90 万 m^3），表土回覆 0.90 万 m^3，土地整治（植被恢复）17.89hm^2，土地整治（耕地恢复）15.78hm^2，土地整治（园地恢复）6.35hm^2。	撒播草籽 17.89hm^2，草籽量 2109.60kg、恢复林地 17.10hm^2，栽植灌木量 30780 株，幼林抚育 17.10hm^2，穴状整地 30780 个。	彩条布铺垫 20500m^2，密目网苫盖 27850m^2，铺设钢板 23390m^2，彩条旗围护 24260m。
			跨越施工场地区	土地平整 0.11hm^2，土地整治（植被恢复）9.90hm^2，土地整治（耕地恢复）9.45hm^2，土地整治（园地恢复）7.98hm^2。	撒播草籽 9.90hm^2，草籽量 1215.36kg。	彩条旗围护 30060m。
			施工道路区	表土剥离 26.49hm^2（6.43 万 m^3），表土回覆 6.43 万 m^3，土地平整 1.18hm^2，土地整治（植被恢复）99.45hm^2，土地整治（耕地恢复）64.17hm^2，土地整治（园地恢复）25.85hm^2，草方格沙障 11800m^2。	撒播草籽 99.45hm^2，草籽量 11512.32kg，恢复林地 95.34hm^2，灌木 169794 株，栽植乔木 79531 株，幼林抚育 95.34hm^2，穴状整地 249325 个。	植生袋装土拦挡量 64300m^3，植生袋装土拆除量 64300m^3，临时排水沟 19707m（2661m^3），素土夯实 2537m^3，密目网苫盖措施 576000m^2。
	平原区	受端换流站	站区	雨水排水管网 2300m，表土剥离 19.71hm^2，表土回覆 4.35 万 m^3，土地整治（植被恢复）7.56hm^2	站区绿化 7.26hm^2，撒播草籽 0.30hm^2、草籽量 28.80kg	植生袋装土拦挡 421.5m^3，密目网苫盖 43200m^2，临时排水沟 1124m，沉沙池 4 座，洒水降尘 3600m^3

防治措施及工程量	平原区	受端换流站	进站道路区	表土剥离 1.20hm²，表土回覆 0.20 万 m³、土地整治（植被恢复）0.46hm²	植草护坡 0.46hm²	密目网苫盖 4600m²，洒水降尘 720m³	
			施工生产生活区	表土剥离 7hm²，表土回覆 3.23 万 m³，土地整治（耕地恢复）7hm².		临时排水沟 1100m 沉沙池 4 座	
			站外临时堆土区	表土回覆 0.60 万 m³，土地整治（耕地恢复）3hm²		植生袋装土拦挡 262.50m³ 彩条布铺垫 30000m² 密目网苫盖 38940m² 临时排水沟 700m 沉沙池 1 座 临时种草 3hm²	
			站外电源设施区	表土剥离 0.22hm²，表土回覆 0.07 万 m³，土地整治（耕地恢复）3.15hm²，土地整治（植被恢复）0.23hm²。	撒播草籽 0.23hm²、草籽量 22.08kg、	彩条布铺垫 4067m² 密目网苫盖 7224m²	
			供排水工程区	DN2000 排水管 300m，八字式排水口 1 座，表土剥离 6.30hm²，表土回覆 1.89 万 m³，土地整治（耕地恢复）26.76hm²		植生袋装土拦挡 26766m³ 彩条布铺垫 95663m² 密目网苫盖 145849m² 泥浆沉淀池 5 座	
			专项设施迁改区	表土剥离 0.01hm²，表土回覆 0.01 万 m³，土地整治（耕地恢复）0.26hm²		彩条布铺垫 60m² 密目网苫盖 515m²	
		受端接地极	汇流装置区	表土剥离 0.08hm²			
			电极电缆区	表土剥离 2.82hm²，表土回覆 0.87 万 m³，土地整治（耕地恢复）7.51hm²	/	植生袋装土拦挡 2775m³ 彩条布铺垫 33403m² 密目网苫盖 26176m²	
			检修道路区	表土剥离 0.01hm²	/	/	
			外接电源工程区	表土剥离 0.02hm²，表土回覆 0.01 万 m³，土地整治（耕地恢复）0.06hm²	/	彩条布铺垫 110m² 密目网苫盖 775m²	
		输电线路	塔基及施工场地区	表土剥离 25.72hm²（7.66 万 m³），表土回覆 7.66 万 m³，土地整治（植被恢复）3.29hm²，土地整治（耕地恢复）54.02hm²，土地整治（园地恢复）2.94hm²。	撒播草籽 3.29hm²，草籽量 362.16kg、恢复林地 2.47hm²，栽植灌木量 4446 株，幼林抚育 2.47hm²，穴状整地 4446 个。	植生袋装土拦挡量 4851m³，植生袋装土拆除量 4851m³，彩条布铺垫 145650m²，密目网苫盖 134300m²，彩条旗围护 49830m，泥浆沉淀池 591 个。	
			牵张场区	土地整治（植被恢复）1.86hm²，土地整治（耕地恢复）17.96hm²，土地整治（园地恢复）0.74hm²。	撒播草籽 1.86hm²，草籽量 217.44kg、恢复林地 1.86hm²，栽植灌木量 3348 株，幼林抚育 1.86hm²，穴状整地 3348 个。	彩条布铺垫 15150m²，彩条旗围护 15760m，铺设钢板 19400m²。	
			跨越施工场地区	土地整治（植被恢复）1.34hm²，土地整治（耕地恢复）22.53hm²，土地整治（园地恢复）0.83hm²。	撒播草籽 1.34hm²，草籽量 146.40kg。	彩条旗围护 36600m。	
			施工道路区	土地整治（植被恢复）3.56hm²，土地整治（耕地恢复）60.34hm²，土地整治（园地恢复）1.36hm²。	撒播草籽 3.56hm²，草籽量 396.00kg，恢复林地 3.56hm²，灌木 6408 株，栽植乔木 3312 株，幼林抚育 3.56hm²，穴状整地 9720 个。	钢板铺设 3500m²，彩条旗围护 250960m。	
投资（万元）				11011.50	2908.89	5993.72	
水土保持总投资（万元）				23386.14	独立费用（万元）	1203.74	
监理费（万元）		446.47		监测措施费（万元）	430.79	补偿费（万元）	816.4170

分省措施费（万元）	陕西省：11768.91 万元; 山西省：5302.24 万元; 河南省：3273.75 万元。	分省补偿费（万元）	陕西省：378.301 万元; 山西省：166.2920 万元; 河南省：271.8240 万元
方案编制单位	中国电力工程顾问集团西北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	刘增强	法定代表人	张智刚
地址	西安市高新区团结南路 22 号	地址	北京市西城区宣武门内大街 6 号
邮编	710075	邮编	100031
联系人及电话	伍欢/029-89583744	联系人及电话	陈豫朝/010-66597747
传真	029-89583749	传真	010-66598501
电子信箱	wuhuan@nwepdi.com	电子信箱	yuchao-chen@sgcc.com.cn

2 项目概况

2.1. 项目组成及工程布置

工程名称：陕西～河南±800千伏直流输电工程

建设单位：国家电网有限公司

建设地点：本工程途经陕西省、山西省、河南省3个省级行政区，8个地市级行政区，25个县（区）级行政区。

建设性质：新建建设类项目

主要建设内容：主要分为点型工程和线型工程，点型工程包括：新建送端榆林站、送端接地极、受端换流站、受端接地极四部分；线型工程包括：±800kV直流线路727.5km（其中陕西省境内142.8km、山西省境内371.4km、河南省境内213.3km）、送端接地极线路73.0km、受端接地极线路57.8km、迁改线路30.3km四部分，共八部分组成。

总投资及土建投资：工程动态投资189.97亿元，其中土建投资28.85亿元。

投资单位及出资比例：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2026年10月开工，2028年9月完工，总工期为24个月。

工程组成及主要特性：工程组成及主要特性表详见表2.1-1。

表2.1-1 工程组成及主要特性表

一、项目基本情况		
1	项目名称	陕西～河南±800千伏直流输电工程
2	项目组成	主要分为点型工程和线型工程，点型工程包括：新建送端榆林站、送端接地极、受端换流站、受端接地极四部分；线型工程包括：±800kV直流线路727.5km（其中陕西省境内142.8km、山西省境内371.4km、河南省境内213.3km）、送端接地极线路73.0km、受端接地极线路57.8km、迁改线路30.3km四部分，共八部分组成。
3	建设地点	**送端榆林站：**陕西省榆林市横山区响水镇。 **送端接地极：**陕西省榆林市靖边县杨桥畔镇。 **受端换流站：**位于河南省开封市杞县葛岗镇。 **受端接地极：**位于河南省周口市太康县转楼镇。 **±800kV直流线路：**线路途经陕西省榆林市（横山区、靖边县、米脂县、子洲县、绥德县、清涧县），山西省吕梁市（石楼县、中阳县、交口县、孝义市、汾阳市）、晋中市（介休市、平遥县）、长治市（武乡县、沁县、襄垣县、潞城区、平顺县），河南省安阳市林州市、新乡市（卫辉市、延津县、封丘县）、开封市（祥符区、杞县），共计3个省级行政区，7个市级行政区，23个县级行政区。 **送端接地极线路：**途经陕西省榆林市横山区、靖边县，共计1个省级行政区，1个市级行政区，2个县级行政区。 **受端接地极线路：**途经河南省开封市杞县、周口市太康县，共计1个省级行政区，2个市级行政区，2个县级行政区。 **迁改线路：途经**陕西省榆林市子洲县、绥德县，山西省吕梁市中阳县、孝义市、汾阳市，长治市襄垣县、潞城区，河南省安阳市林州市、新乡市封丘县、卫辉市，开封市祥符区，共3个省级行政区、6个市级行政区、11个县级行政区。

3	设计标准		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	送端榆林站	直流输电系统额定电压 ±800kV，包括 ±800kV 直流出线 1 回，接地极 1 回。交流 750kV 本期出线 6 回。				
			送端接地极	极环采用水平浅埋、双跑道形布置方式，外环端部半圆半径 250m，内环端部半圆半径 180m，极环总长度 6498m。				
			受端换流站	直流额定电压 ±800kV，±800kV 直流出线 1 回，接地极 1 回，500kV 规划出线 8 回，本期出线 8 回。				
			受端接地极	采用水平浅埋型电极，圆环形布置方式。内/外环半径分别为 180m/250m，极环总长度 2700m。				
		线型工程	行政区（省）		陕西省	山西省	河南省	合计
			±800kV 直流线路	长度（km）	142.8	371.4	213.3	727.5
				塔基数（基）	275	784	430	1489
			送端接地极线路	长度（km）	73.0			73.0
				塔基数（基）	188			188
			受端接地极线路	长度（km）			57.8	57.8
				塔基数（基）			181	181
			迁改线路	长度（km）	10.7	15.9	3.7	30.3
				塔基数（基）	11	51	10	72
			电压等级	±800kV 直流线路，500kV、330kV、220kV、110kV 迁改线路，35kV 接地极线路				
			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	挖孔桩基础、直柱板式基础、岩石锚杆基础、钻孔灌注桩基础、嵌岩桩基础				
			地貌类型	山丘区 69.7%、平原区 30.3%。				
			工程拆迁	居民拆迁由建设单位出资，由地方政府统一安置。				
			跨越	河流	项目区属黄河流域、海河流域和淮河流域。跨越主要河流在陕西省境内有黑木头川、大理河、两河沟河、无定河、黄河等；在山西省境内线路跨越主要河流有屈产河、南川河、汾河、文峪河、磁窑河、柳根河、惠济河、昌源河、浊漳河等；在河南境内有淅河、淇河、大沙河、黄河、惠济河及南水北调中线干渠、共产主义渠等河流。			
				电力线、公路、铁路	跨越电力线、公路（高速、等级、一般）、跨越铁路共 1189 次。			
7	总投资（亿元）		189.97	土建投资（亿元）	28.85	建设期	2026 年 10 月~2028 年 9 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）
送端榆林站	站区	39.16		39.16			
	进站道路区	6.40	0.68	7.08		1.7	7.0
	施工生产生活区		11.46	11.46			
	站外电源设施区	0.05	1.46	1.51		站用2×0.7/施工02	
	供排水工程区	0.35	3.22	3.57		供水 3/排水 0.355	
	专项设施迁改区	0.04	0.54	0.58		新建 2	
	小计	46	17.36	63.36			

送端接地极	汇流装置区	0.09		0.09			
	电极电缆区	0.12	25.52	25.64		8.45	配电电缆 32.5 导流电缆 22.5
	检修道路区	0.02		0.02		0.05	4
	外接电源工程区	0.09	1.12	1.21		20	
	小计	0.32	26.54	26.96			
受端换流站	站区	19.71		19.71			
	进站道路区	2.26		2.26			6
	站外电源设施区	0.18	3.25	3.43		站用 5.70/施工 6.63	
	供排水设施区		27.09	27.09		供水13.60 排水雨水0.30/污水6.40	
	施工生产生活区		7	7			
	临时堆土区		3	3			
	专项设施迁改区	0.01	0.26	0.27			
	小计	22.16	40.60	62.76			
受端接地极	汇流装置区	0.08		0.08			
	电极电缆区	0.01	8.33	8.34			
	检修道路区	0.01		0.01		0.012	
	外接电源工程区	0.02	0.06	0.08		5.50	
	小计	0.12	8.39	8.51			
直流线路工程	塔基及施工场地区	51.79	137.07	188.86		727.50	
	牵张场区		57.60	57.60			
	跨越施工场地区		41.10	41.10			
	施工道路区		201.98	201.98		296.83/ 300.81	4.5/1.5
	小计	51.79	437.75	489.54			
送端接地极线路工程	塔基及施工场地区	2.14	3.64	5.78		73.0	
	牵张场区		0.46	0.46			
	跨越施工场地区		3.40	3.40			
	施工道路区		25.85	25.85		36.72/42.20	4.5/1.5
	小计	2.14	33.35	35.49			
受端接地极线路工程	塔基及施工场地区	1.57	6.19	7.76		57.80	
	牵张场区		0.44	0.44			
	跨越施工场地区		6.76	6.76			
	施工道路区		20.55	20.55		35.00/32.00	4.5/1.5
	小计	1.57	33.94	35.51			
迁改线路工程	塔基及施工场地区	1.08	5.07	6.15		30.3	
	牵张场区		2.00	2.00			
	跨越施工场地区		0.88	0.88			
	施工道路区		7.53	7.53		15.63/5.27	4.5/1.5
	小计	1.08	15.48	16.56			
合计		125.18	613.51	738.69			

三、项目土石方量（单位：万 m^3）							
项目组成		挖方	填方	调入	调出	借方	余（弃）方
点型工程	送端榆林站	269.84	269.84	13.15	13.15		
	送端接地极	25.66	25.66	0	0		
	受端换流站	20.66	40.04	0	0	19.38	
	受端接地极	3.59	3.59	0.05	0.05		
	小计	319.75	319.75	13.20	13.20	19.38	
线型工程	±800kV 直流线路工程	71.69	71.69				
	送端接地极线路工程	1.73	1.73				
	受端接地极线路工程	0.61	0.61				
	迁改线路工程	3.3	3.3				
	小计	77.33	77.33				
合计		397.08	416.46	13.2	13.2	19.38	

2.1.1. 送端榆林站

(1) 站址地理位置

站址位于陕西省榆林市横山区响水镇，东北距离榆林市约 30km，西南距离横山区约 27km；站址以东距离响水镇约 8km，西南方向距榆横 1000kV 变电站约 45km。

(2) 站址现状

站址地貌属于黄土丘陵区，站址地势开阔，地形起伏较大。站址区域地势整体为：西北部为高势，西南、东北、东三面呈低势。场地内由西北至东南自然坡降约 12%，自然地面高差约 60m。站址现状为其他草地，地表植被主要为莎草。

(3) 建设规模

换流变规模：换流变型式及单台容量为单相双绕组、容量 407.5MVA，换流变台数为 24+4（备用 4 台)台变压器，换流变电抗暂为 21%。

±800kV 出线：1 回，至河南开封方向。

750kV 出线规模：750kV 远期出线规模 10 回，本期出线 6 回，分别至配套火电 3 回、榆横变 3 回、预留 4 回。

无功配置规模：榆横换流站无功补偿总容量为 4900Mvar，分成 4 大组，16 小组，无功分组容量考虑分为 16 小组，小组容量分为 2 种规格，低容量 300Mvar（11 组），高容量 320Mvar（5 组，含一组备用）。结合直流最小方式吸收无功及补偿线路充电功率的需求，在榆横换流站 2 台站用变低压侧各装设 3 × 90Mvar 低抗。

(4) 站区总平面布置

站区总平面按照“750kV 配电装置区－换流变及阀厅、交流滤波器区—直流场区”的工艺流向由北向南布置，750kV 交流线路向北方向出线，±800kV 直流线路向南出线。

750kV 交流配电装置采用户内 GIS，布置在站区北侧，本期及远景均向北出线；换流变压器和阀厅、控制楼布置在站区中部；800kV 户外直流场布置在站区南侧，向南出线；4 组交流滤波器采用改进“田”字型集中布置在站区的东侧、750kV 配电装置南侧，滤波器进线采用架空导线进线；综合楼、备品备件库、车库等布置于站区西侧；进站道路从站区西侧靠北进站。

本工程按换流站最终规模一次征地，总征地面积 45.91hm^2，其中围墙内用地面积 29hm^2，围墙内绿化面积 4.94hm^2，站区围墙外边坡、截排水沟等用地面积共计 10.16hm^2，站外排水设施（站区雨水排水系统外接消力池、海漫带）占地面积 0.35hm^2，进站道路用地面积 6.40hm^2。

送端榆林站总体规划图及总平面布置图详见附图。

(5) 站区竖向布置

站址自然标高 1050.3m~1106.8m，总体呈西北高东南低的态势。

主体设计及建管单位对平坡式布置和台阶式布置方案进行了比较论证。由于电气要求，750kV 配电装置区、换流变及阀厅、直流场电气设备之间的连接采用刚性连接，因此不能采用台阶式布置，仅交流滤波器区有台阶式布置的可能性。详细论证如下:

一、平坡式布置分析

优点: ①运行安全: 视野开阔，设备布局在同一平面，便于运行人员全面监控设备状态，减少视觉盲区。巡检便捷，无高差障碍，人员、车辆通行方便，紧急情况下可快速响应。②检修安全: 设备可达性高: 重型机械（如吊车）进出顺畅，大型设备更换效率高; 作业空间充足无高差限制，检修工具和人员活动范围大，增加作业便捷性。③节约占地: 较台阶式布置方案可减少占地 4200m^2。

缺点: 建设成本增高，且土石方挖填量较台阶式布置方案大 7.8 万 m^3。

二、台阶式布置分析

优点: 土石方挖填量较平坡式布置小: 适应场地限制，可减少土石方挖填量。

缺点: ①运行风险: 防洪隐患突出，低洼区域易积水，需额外设置强排水系统，榆林换流站土地为湿陷性黄土，雨季积水易引起土地塌陷，设备地基移位，导致设备发生故障; 巡检不便，雨雪天气结冰后，人员和车辆通行存在困难，需要做好坡度控制。②检修风险: 特种车辆，例如无动力电容器作业车，其重心较高且无动力，在坡道上行驶时，横向或纵向的倾斜增加侧翻风险，需要做好坡度控制。③需增加占地: 较平坡式布置方案需增加征地 4200m^2。

经综合比较，考虑主体工程的安全性和长期的运维要求，推荐采用平坡式布置。

站址地势较高，不受无定河和黑木头川百年一遇洪水影响（站址现状高程高于无定河河道约 70m；站址现状高程高于黑木头川河道高约 50m），换流站场地最终设计标高为 1080.70m。站址土石方量采用网格法进行计算，经计算，站区挖方 229.65 万 m^3（含表土剥离 7.84 万 m^3，场平开挖土方 203.06 万 m^3，基坑开挖 18.75 万 m^3），填方 234.96 万 m^3（含场平回填土方 216.21 万 m^3，基坑余土回填 18.75 万 m^3），调入一般土石方 13.15 万 m^3，调入方来源于进站道路，剥离的 7.84 万 m^3 表土用于响水镇土地整治（改造）项目综合利用。站址范围内西侧位于挖方区，东侧位于填方区，北侧局部位于填方区；站址外边坡分区图见图 2.1-3。

1) 挖方边坡

挖方边坡位于站址西侧和西南侧，总长约 600m，最大挖方高度约 27m，采用多级放坡，坡面采用框格植草护坡进行防护，防护面积 16333m^2。

站区西侧挖方边坡坡顶设截洪沟 800m，采用钢筋混凝土砌筑，为矩形断面，断面尺寸 0.8m（宽）×0.8m（深），拦截的雨水汇入护坡排水系统。

2) 填方边坡

填方边坡位于站址北侧、东北侧、东南侧和东侧，填方边坡总长 1637m，最大填方高度约 40m，采用多级放坡，坡面采用框格植草护坡进行防护，防护面积共计 68789m^2。为保证站区边坡的稳定，需对站区东南侧围墙外、征地红线内现有的冲沟需进行部分回填，回填区域位于红线范围内，不新增占地，经场平后，该冲沟对站址的安全不产生影响，站区建设对冲沟排水不产生影响。

东南侧填方边坡坡脚设排洪沟 760m，采用钢筋混凝土砌筑，为梯形断面，下底宽 1.2m、上底宽 3.5m、深 1.5m，拦截的雨水汇入站外雨水排水管、经消能后排入站区东南侧的自然冲沟沟底。

表 2.1-2　送端榆林站站址主要技术经济指标表

编号	项　目	单位	指　标	备　注
1	站址总用地面积	hm^2	45.91	
2	围墙内用地面积	hm^2	29	
3	进站道路用地面积	hm^2	6.4	
4	进站道路长度	m	1700	
5	站区围墙长度	m	2444	
6	站区护坡工程量	m^2	85122	
7	进站道路护坡工程量	m^2	14000	
8	站外供水管线长度	km	3	
9	站外排水管线长度	km	0.355	
10	站区绿化面积	m^2	4.94	
11	全站总建筑面积	m^2	51000	

(6) 进站道路

进站道路由站址西北侧的 S204 省道引接，引接长度 1700m，进站道路建设标准为厂矿道路四级，路面宽 6m，路基宽 7m，郊区型沥青混凝土路面。

进站道路西侧属挖方区、东侧属填方区，最大挖方边坡高度约 22m，最大填方边坡高度约 12m，道路两侧边坡采用多级放坡，坡面采用框格植草护坡进行防护，护坡面积共计 14000m^2。土质深挖路段在平台上设置了排水沟及急流槽，根据汇水面情况，在挖方坡顶 3 米外设置坡顶截水沟，采用混凝土砌筑，为矩形断面，断面尺寸 0.8m × 0.8m，总长共 1188m；道路两侧边沟采用混凝土砌筑，为矩形断面，断面尺寸 0.8m × 0.8m，总长 3400m。在自然冲沟处设置过路涵管及钢波纹管将水引至天然冲沟，进站道路共计埋设过路涵管 5 处，雨水排水管总长 800m，管道端头采用八字式管道排水口，排水口前方设置护坦，共计设置 4 座八字式排水口。

送端榆林站进站道路占地面积共计 6.40hm^2，挖方共计 18.02 万 m^3（含表土 1.28 万 m^3，路基土方开挖 16.74 万 m^3），调出一般土石方 13.15 万 m^3，调出去向用于站区场地平整，剥离的 1.28 万 m^3 表土用于响水镇土地整治（改造）项目综合利用。

(7) 供排水工程

1）供水系统

站用水源引接自横山区三镇供水工程市政自来水管线送水沟分水口，引接管道管径

DN150，平均埋深 1.5m，引接长度约 3km，供水管线路径示意见下图。

供水管线按梯形断面开挖，边坡比为 1:0.5，底宽开挖 0.5m，顶宽 2.3m，平均挖深 1.8m，供水管线途中需穿越韭殿路，穿越处采用顶管施工工艺穿越，穿越处两侧布置临时施工场地 600m^2。考虑供水管线两侧施工临时用地，临时占地宽度按 8.5m 范围计列，供水设施占地面积共计 2.61hm^2。

2）排水系统

站内排水采用分流制排水系统，主要有雨水排水、生活污水排水和阀冷却水排水。

阀冷却水：站内阀冷废水排水通过管网收集后排入站内废水蒸发池进行蒸发处理，蒸发池内污泥定期外运处理。

生活污水：站区生活污水通过管道收集并输送至地埋式一体化污水处理装置内进行生化处理，达标后贮存在废水池内，回用于站区浇洒，生活污水量可满足站区绿化灌溉需求，多余部分委托环卫部门定期清运。

雨水排水系统：站区雨水采用有组织排水方式，经雨水管道收集、通过跌水暗渠及消能池进行消能后，排至站外冲沟，站区共敷设雨水管线 15590m。各点排水方案如下：

（一）北侧排水点

西北侧护坡及截洪沟拦截的雨水，通过检查井与站内北部雨水汇集（汇集区域见示意图黄色边框区域）后，采用管道+跌水暗沟+八字口+消力池+浆砌石海漫带方案，排至站外北侧自然冲沟沟底。征地红线外排水管道采用 1 根 DN1400 钢筋混凝土管，长度约 230m；跌水暗沟断面尺寸 3m（宽）×2m（深），平面长度约 70m；末端综合消力池，尺寸为 15m（长）×8m（宽），消力池后设约 50m 长浆砌石海漫带。

（二）东北侧排水点

东北侧护坡汇集的雨水（汇集区域见示意图白色边框区域）采用管道+跌水暗沟+八字口+消力池+浆砌石海漫带方案，排至站外东北侧自然冲沟沟底。征地红线外排水管道采用 1 根 DN1000 钢筋混凝土管，长度约 125m；跌水暗沟断面尺寸 2m（宽）×2m（深），平面长度约 45m；末端综合消力池，尺寸为 12m（长）×8m（宽），消力池上下游各设 15m 长浆砌石海漫带。

（三）东南侧排水点

南侧护坡及站内南部雨水经检查井汇集后（汇集区域见示意图红色边框区域），采用管道+八字口+消力池+浆砌石海漫带方案，排至站外东南侧自然冲沟沟底。排水管道采用 1 根 DN1800 钢筋混凝土管，长度约 50m（该段管道位于站区征地红线内，工程量纳入站区雨水排水管网）；末端综合消力池，尺寸为 20m（长）×10m（宽），消力池后设约 50m 长浆砌石海漫带。

送端榆林站供排水工程区占地面积共计 3.64hm^2，其中永久占地 0.35hm^2（为消力池

及海漫带占地），临时占地 3.29hm^2。挖方共计 1.45 万 m^3，填方共计 1.45 万 m^3，无借方、余方。

(8) 站外电源设施区

站用电源从迁改后的 110kV 鱼庄线π接后采用 110kV/10kV 站用降压变引接，新建架空线路长 2×0.7km，共计立塔 6 基，其中单回路直线塔 2 基，单回路耐张塔 4 基。单回路直线塔单基占地面积约 60m^2，单回路耐张塔单基占地面积约 75m^2；单回路直线塔单基施工场地面积约 400m^2，单回路耐张塔单基施工场地面积约 500m^2；沿线设牵张场 2 处，每处占地面积 700m^2；需新修施工道路 0.8km，平均宽度 3.5m。

施工电源从站区的 110kV 鱼庄线 T 接，新建架空线路长度约 200m，新建单回路耐张塔 1 基，塔基占地面积约 75m^2，施工场地面积约 500m^2，施工道路利用现有道路。

送端榆林站站外电源设施区占地面积共计 1.51hm^2，其中永久占地 0.05hm^2，临时占地 1.46hm^2。挖方共计 0.03 万 m^3（表土 0.01 万 m^3，一般土石方 0.02 万 m^3），填方共计 0.03 万 m^3（表土 0.01 万 m^3，一般土石方 0.02 万 m^3），无借方、余方。

表 2.1-2　送端榆林站站外电源设施区指标一览表

项目名称	站外备用电源	施工电源
	直线塔、耐张塔	耐张塔
一、线路指标		
总长度（km）	2×0.7	0.2
杆塔数量	6	1
单基杆塔永久占地（m^2）	60~75	75
单基杆塔施工临时占地(m^2)	400（直线塔）、500（耐张塔）	500
跨越设施区	/	/
牵张场	共计 2 处，平均每处 700m^2，临时租地 1400m^2	/
施工道路	新修施工道路 800m，平均宽度 3.5m	利用已有村路
二、土石方挖填		
挖方（万 m^3）	0.03	
填方（万 m^3）	0.03	
总计挖填总量（万 m^3）	0.06	

(9) 专项设施迁改区

鱼庄 110kV 线路由西向东穿过送端榆林站站址范围，需要改线，需拆除原线路杆塔 4 基，新建架空线路 2km，新建杆塔 6 基，其中新建单回路直线塔 2 基、单回路耐张塔 4 基；单回路直线塔单基占地面积约 60m^2，单回路耐张塔单基占地面积约 75m^2；单回路直线塔单基施工场地面积约 400m^2，单回路耐张塔单基施工场地面积约 500m^2；迁改

线路设牵张场 2 处，每处占地面积 700m^2；需修建 3.5m 宽施工道路，长度共计 340m。

专项设施迁改区占地面积共计 0.58hm^2，其中永久占地面积 0.04hm^2，临时占地面积 0.54hm^2。挖方共计 0.13 万 m^3，填方共计 0.13 万 m^3，无借方、余方。

2.1.2. 送端接地极

（1）地理位置及极址现状

送端接地极极址位于陕西省榆林市靖边县杨桥畔镇，西南距榆林换流站站址直线距离 61km。极址区域一半较平坦，另一半属于大峁的缓坡地，场内地没有明显沟壑。极址范围现状为林地和草地，地表植被以沙蒿、梭梭为主。极址地势开阔，海拔在 1130.50～1186.10m。

（2）接地极布置型式

本工程极址按双环跑道方案布置，外环端部半圆半径 250m，内环端部半圆半径 180m，外环两端部半圆环中心距离 950m，内环两端部半圆环圆心中心距离 950m。极环总长度 6498m，极环埋深 3.5m。

送端接地极主要包括汇流装置区和电极电缆区。

汇流装置区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，汇流装置区用地面积共计 900m^2，挖方共计 0.08 万 m^3，填方共计万 0.06m^3，其中剥离的表土 0.02 万 m^3 调入电极电缆区回覆，无借方、余方。

电极电缆区包括双跑道极环配电电缆和中心设备区放射辐射的直埋导流电缆。平行于内、外环敷设配电电缆，配电电缆沟长度共计 6498m，埋深 3.5m，按梯形断面开挖，平均挖深 4m，底宽 2.5m，顶宽 14.5m，边坡比 1:1.5，考虑两侧临时堆土和施工作业带占地，电缆沟用地总宽度 32.5m，配电电缆沟临时占地面积 21.12hm^2。导流电缆沟长度共计 1956m，埋深 2.5m，按梯形断面开挖，平均挖深 3m，底宽 2m，顶宽 9.5m，边坡比 1:1.25，考虑两侧临时堆土和施工作业带占地，电缆沟用地宽度 22.5m，配电电缆沟临时占地面积 4.40hm^2。

沿接地极双环馈电棒上方的地面上布置有检测井、渗水井，为方便运行和检测。极址外环设 48 个渗水井，24 个监测井、渗水井合井，均匀布置；内环设 44 个渗水井，20 个监测井、渗水井合井，均匀布置；中心区外渗水井及监测井占地面积共计 0.12hm^2。

电极电缆区共计占地面积 25.64hm^2，其中永久占地面积 0.12hm^2。临时占地面积 25.52hm^2。挖方共计 27.74 万 m^3，填方共计 27.76 万 m^3，调入方共计 0.023 万 m^3，无借

方、余方。接地极布置情况见下图。

（3）检修道路

检修道路自汇流装置区东侧已有乡村道路引接，引接长度 50m，路面宽度 3m，两侧路肩各宽 0.5m，采用混凝土路面修筑，占地面积共计 200m^2，挖方共计 0.009 万 m^3，填方共计 0.006 万 m^3，其中剥离的表土 0.003 万 m^3 调入电极电缆区回覆，无借方、余方。

（4）站用外接电源

接地极外接电源由杨桥畔 110kV 变电站引接一路 10kV 专线，引接长度约 22km，架空线路共计新建杆塔 440 根，单杆永久占地约 2m^2，单杆施工场地占地面积约 5m^2，沿线设置牵张场 5 处，每处占地 200m^2，个别离道路较远的杆位，新修 1m 宽人抬道路 8km。送端接地极站用外接电源路径示意见下图。

站用外接电源占地面积共计 1.21hm^2，其中永久占地面积 0.09hm^2，临时占地面积 1.12hm^2。挖方共计 0.15 万 m^3，填方共计 0.15 万 m^3，无借方、余方。

2.1.3. 受端换流站

（1）站址地理位置

受端换流站位于开封市杞县葛岗镇前李村西南侧，地处葛岗镇和高阳镇交界处，站址西北距开封市城区约 40km，东距杞县城区约 9km，东南距高阳镇镇区约 7.3km，东北距葛岗镇镇区约 3.8km。

（2）站址现状

站址位于开封市杞县葛岗镇前李村西南侧，站址区属平原地貌，地势平坦、开阔，高差小，场地自然高程约 61.34m~62.68m。占地范围内土地利用现状主要为农田，种植农作物，站址北侧约 1.3km 处有乡道自西向东穿越，该道路为水泥混凝土路面，宽约 3.5m，大部分路段状况较好，局部位置转弯半径不满足大件运输要求需改造。站址区域占用耕地采用灌溉井的方式进行浇灌，不涉及占用灌溉沟渠。站址占用村道采用经济补偿的方式，由地方政府部门进行建设。

（3）建设规模

受端建设柔性直流换流站，采用双极设计，每极采用高低压阀组接线方式。

换流变规模：换流变压器采用单相双绕组型式，全站装设 12+2（备用）台换流变，每台换流变额定容量暂按 750MVA。

直流出线：±800kV 出线 1 回，接地极出线 1 回。

500kV 出线：远期出线规模 8 回，本期出线 8 回，分别至中牟 2 回、港区东 2 回、花都 2 回、开封东 2 回。

低压无功：本期在低端（郑州侧）降压变压器低压侧装设 3 组 60Mvar 低抗，高端（开封侧）降压变压器低压侧不装设低抗。

（4）站区总平面布置

站址区域属平原地貌，站区采用纵轴北偏东 9° 布置，基本布置形式为：由北向南分别布置直流场、阀厅及换流变压器区、500kV 交流配电装置及启动回路区，辅助生产区布置在站区东侧。±800kV 直流线路向北出线，8 回 500kV 交流架空线路向南出线。直流场布置于站区北侧，主要布置有限流电抗器、桥臂电抗器、直流断路器等。阀厅及换流区布置在站区中部，极 1 高端阀厅、极 1 低端阀厅和主控楼联合布置，极 2 高端阀厅、极 2 低端阀厅和辅控楼联合布置。500kV 交流配电装置采用户内 GIS 设备布置于换流区南侧，启动回路区布置在换流区和交流配电装置区中间。500kV 站用变压器布置于启动回路区和交流配电装置空地。两台备用换流变压器布置在启动回路区东西两侧空地。两组幅相校正器和降压变布置在 GIS 室东西两侧。辅助生产区集中布置在站区东侧，主要布置综合楼、综合水泵房及水池、检修备品库、阀基备品库、综合车库、应急水池、露天堆场和污水处理设施、净水站等。

站区围墙总长度为 1796m，站址用地面积 21.97hm^2，站区面积 19.71hm^2（其中围墙内用地面积 19.08hm^2，挡土墙等其他用地面积 0.64hm^2），进站道路面积 2.26hm^2。站内总建筑面积 5.20hm^2，道路及广场面积 4.20hm^2，绿化面积 7.26hm^2。

（5）站区竖向布置

站址区域属平原地貌，地形平坦，所在区域现状为农田，自然地面高程 61.34m~62.68m。主体设计从站内阀厅布置、换流变轨道布置及站内运输方便等角度考虑，同时综合考虑节约占地及降低投资、提高总平面对地形的整体适应性等方面，站区采用平坡式布置竖向布置。站区百年一遇洪水位 63.20m，站区设计标高 63.30m，站址竖向标高不受百年一遇洪水位及内涝影响。

站区场平挖方主要为场地内表土剥离（自然标高61.34m~62.68m），场地设计标高为63.30m，表土剥离面积约为19.71hm^2，站区表土剥离量为5.92万m^3，基础开挖土方16万m^3，基础开挖余土可将场地填高0.80m，达到设计标高另需外借土方19.23万m^3。表土回覆4.35万m^3，填方量为35.23万m^3。

本工程站区场平设计标高高于原始地面，站区边界采用素混凝土挡墙进行支护，站区围墙分为3m和5m高降噪围墙，均采用装配式钢筋混凝土结构，总长1796m。

站区采用有组织排水方式，地面采用排水坡度0.5%东西向找坡，每隔20m~30m间距设置雨水口，通过站区地下雨水管网收集地表雨水，站区共设置地下雨水管网2300m。±800kV直流配电装置区域由中心向四周道路0.5%找坡；阀厅及换流变压器区域平坡布置，主运输轨道采用零坡，分支轨道采用0.3%找坡，最终汇至附近雨水系统；500kV交流配电装置和启动回路区由中间向南北0.5%找坡；站前区场地由建筑物坡向四周道路，坡度0.5%~1%。站内雨水通过雨水管网汇集后通过站外雨水管线排放至站区西侧跃进干渠。站区围墙外不布设排水沟措施。

站区围墙外挡土墙占地已在站区用地面积内计列，故不再重复计列占地面积。

表 2.1-3　受端换流站站址主要技术经济指标表

编号	项　目	单位	指　标	备　注
1	站址总用地面积	hm^2	21.97	
2	围墙内用地面积	hm^2	19.08	
3	进站道路用地面积	hm^2	2.26	
4	进站道路长度	m	1985	
5	站区围墙长度	m	1796	
6	站外挡墙工程量	m^3	13932	站区
7	站外护坡工程量	m^2	4600	进站道路
8	站外供水管线长度	km	13.60	
9	站外排水管线长度	km	6.70	
10	站区绿化面积	m^2	7.26	
11	全站总建筑面积	m^2	52048	

（6）进站道路区

进站道路引接自站址北侧村道引接，对村道局部加宽改造，设计起点标高 62.40m，终点标高 63.30m，达到设计标高另需外借土方 0.15 万 m^3，进站道路总长 1985m，其中新建道路长度为 610m，采用 6m 宽的公路型沥青混凝土路面，两侧路肩各 0.50m，改造道路长度 1375m，原宽 3.50m，为水泥混凝土路面，拓宽后道路宽度 6m，采用沥青混凝土路面。进站道路两侧根据地形设置填方边坡。

进站道路填方边坡坡长 1985m，最大坡高 1m，最大坡长 1.8m，新建路段两侧采用植草护坡，改造路段只在道路一侧布设植草护坡，放坡坡率为 1:1.5。进站道路护坡工程量合计 4600m^2。

进站道路考虑路面、路肩、护坡等，占地面积合计 2.26hm^2。

进站道路挖方共计 0.50 万 m^3，填方 0.49 万 m^3，进站道路另需外借土方 0.15 万 m^3 达到设计标高。

（7）供排水工程区

受端换流站供排水工程区主要包括站区施工、运行期生活生产用水及消防补水供水系统和雨污水分流制排水系统。供水管线和排水管线均位于河南省开封市杞县境内。

1）供水系统

站区供水分为站用水源、生活用水和施工水源。

站用水源和生活用水取自杞县水厂引接，杞县水厂计划2026年12月建成，水厂建成后供水量为15t/d，本工程建成后最大生活用水水量为16.5m^3/d，生产用水水量为6144m^3/d，水厂供水量可满足本工程用水需要。生产用水管线、生活用水管线和施工用水管线为同一管线，采用DN500钢丝网骨架复合管线，长约13.60km，途中穿越省道1处，干渠4处，农村道路30处，穿越省道采用顶管施工进行穿越，穿越干渠采用定向钻工艺进行穿越，穿越农村道路采用大开挖的方式。施工用水采用永临结合的方式，与生产生活用水采用同一管线，水厂建成前从葛岗镇自来水管网接口处引接，建成后接至杞县水厂。供水管线按梯形断面开挖，边坡比为1:0.5，底宽开挖0.80m，顶宽2.60m，挖深1.80m，考虑两侧施工临时用地，临时占地宽度按13.625m范围计列，管线在穿越农村道路区域采用大开挖的穿越方式，施工结束后进行道路恢复，穿越省道和干渠采用顶管和定向钻的穿越方式，穿越处两侧布置临时施工场地，穿越省道临时占地2000m^2。穿越干渠每个临时占地1800m^2，共计7200m^2。

2）排水系统

站区雨水采用有组织排水方式，地面采用排水坡度0.5%东西向找坡，每隔20m~30m间距设置出水口，通过站区地下雨水管网收集地表雨水，站区共设置地下雨水管网2300m。站区雨水通过站内排水泵升压后排至站区西侧跃进干渠，跃进干渠自北向南流过站区西侧，最终向南汇入铁底河，管径DN2000，长度共计300m，采用焊接钢管，排水管出口采用八字式排水口，以减缓水流速度，降低排水对出水口处的冲刷作用，汇集的雨水最终通过跃进干渠排入铁底河，目前已取得杞县水行政主管部门同意（详见附件）。站外雨水排水管线按梯形断面开挖，边坡比为1:0.5，底宽开挖2.20m，顶宽5.50m，挖深3.30m，考虑两侧施工临时用地，临时占地宽度按18m范围计列，站外雨水排水管线占地面积共计0.54hm^2，为临时用地。

生产污水：站区生产污水在站内加压后排入杞县葛岗镇工业园区第三污水处理厂，站外污水排水管道长约6.40km，采用DN300钢丝网骨架复合管直埋敷设。管线在穿越农村道路区域采用大开挖的穿越方式，施工结束后进行道路恢复。站外生产污水排水管线按梯形断面开挖，边坡比为1:0.5，底宽开挖0.80m，顶宽2.60m，挖深1.80m，考虑两侧施工临时用地，临时占地宽度按11.10m范围计列，站外生产污水排水管占地面积

共计 7.10hm^2，为临时用地。

生活污水：站内设生活污水处理及回用系统，用于生活污水的收集、处理和回用，生活污水经处理后回用于站区绿化，多余部分随生产污水一起排至污水处理厂。

经统计：本工程站外供排水系统总长 20.30km（其中供水系统长度 13.60km，排水系统长度 6.70km）。供排水系统总占地面积 27.09hm^2（全部为临时占地），本方案将站外供排水系统统称供排水工程区。

（8）站外电源设施区

站用电系统采用 3 路相互独立的可靠电源供电，1 路取自站内 35kV 降压变低压侧的 10kV 站用变压器引接，1 路取自站内 10kV 站用变引接，1 路由站外备用电源从 110kV 雍丘变引接。

换流站内设置 500kV 交流开关场，换流变网侧接入 500kV 系统。500kV 交流母线方式采用一个半断路器接线方式，2 台 500kV 高压站用降压变经断路器接入 500kV 串内。站内设 2 台工作变作为站用电源接于 500kV 降压变的低压侧。

站外备用电源从邻近的 110kV 雍丘变电站 110kV 配电装置引接，新建 110kV 线路路径长 5.7km，采用单回路架设，新建塔基 21 基，其中直线塔 12 基，耐张塔 9 基；设置跨越施工场地 10 处，设置牵张场 2 处，施工道路 5.3km。扩建 110kV 雍丘变电站站内一个扩建间隔，110kV 雍丘变电站建设年代较早，于 2010 年开工建设，2012 年建成投运，本期扩建区域位于站内前期预留间隔，目前为碎石覆盖，占地面积 270m^2，站区围墙外施工临时占地 200m^2。站外备用电源占地 2.92hm^2，其中永久占地 0.16hm^2，临时占地 2.76hm^2。

施工电源由 110kV 雍丘变引接 10kV 线路，采用架空线路的方式长度 6.10km，在临近换流站附近采用电缆的方式长度 0.53km，共计 6.63km，均在杞县境内走线。架空线路每隔约 50m 架设 1 根水泥电杆，共计 122 根，单杆永久占地约 2m^2，单杆施工场地占地面积约 5m^2；架线施工利用电杆施工场地，沿线不设置牵张场；线路沿线可利用已有道路；电缆线路开挖采用梯形断面，底宽 0.30m，顶宽 1.10m，挖深 0.70m，施工作业带布设临时堆土区、施工道路和堆放材料区，共计宽 8.10m，临时占地 0.43hm^2。施工电源占地面积共计 0.51hm^2，其中永久占地 0.02hm^2，临时用地 0.49hm^2。

站外电源设施区占地面积共计 3.43hm^2，其中永久占地面积 0.18hm^2，临时占地面积 3.25hm^2。站外电源设施区挖方共计 0.59 万 m^3，填方共计 0.59 万 m^3。站外电源设施区

指标见下表。

表 2.1-3　站外电源设施区指标一览表

项目名称	站外备用电源	施工电源
	直线塔、耐张塔	水泥杆、电缆
一、线路指标		
总长度（km）	5.70	6.10、0.53
杆塔数量	21	122
单基杆塔永久占地（m^2）	39.19~97.02	2
单基杆塔施工临时占地(m^2)	400（直线塔）、500（耐张塔）	5
跨越设施区	共计 10 处，平均每处 200m^2，临时租地 2000m^2	/
牵张场	共计 2 处，平均每处 400m^2，临时租地 800m^2	/
施工道路	新修人抬道路 300m，平均宽度 1m，新修施工道路 5000m，平均宽度 3m	利用已有村路
二、110kV 雍丘变电站扩建间隔		
占地面积	永久占地 270m^2	临时占地 200m^2
二、土石方挖填		
挖方（万 m^3）	0.59	
填方（万 m^3）	0.59	
总计挖填总量（万 m^3）	1.18	

（9）专项设施迁改区

受端换流站站址范围内存在已有的 10kV 线路和 380V 线路需进行迁改，拆除塔基 24 基，拆除塔基临时占地共 0.24hm^2，迁改线路长度共计 1.95km，采用架空线路，新建 10kV 和铁塔 380V 水泥杆 39 基，单基水泥杆占地面积约 2m^2，单基水泥杆施工场地占地面积约 5m^2。

迁改线路占地面积共计 0.27hm^2，其中永久占地面积 0.01hm^2，临时占地面积 0.26hm^2。

站址征地范围内占用村道，采用征地补偿的方式由当地相关部门负责建设，不在本工程建设范围内。

2.1.4. 受端接地极

（1）地理位置及极址现状

受端接地极位于河南省周口市太康县转楼镇张仪宾村，距太康县约 20km，距周口市约 70km，距离受端换流站约 50km。场地自然高程约 51.30m~51.50m，为平原区，地面较为平坦，地势开阔，占地类型为耕地，种植有农作物。受端接地极汇流装置区平台设计标高为 52.20m，接地极极址百年一遇洪水位为 52.10m，受端接地极汇流装置区不受百年一遇洪水影响。

（2）接地极布置型式

极环采用水平浅埋、双环圆形布置。内/外半径分别为 180m/250m，内/外环周长分别为 1130m/1570m，极环总长度 2700m，极环顶部距地面 2.70m。

受端接地极主要包括汇流装置区和电极电缆区。

汇流装置区内设置混凝土平台，中心构架设备区平面尺寸 20m×17m，另设置检修区域，汇流装置区一般农田，建构筑物采用预应力高强混凝土桩，施工场地利用电极电缆区临时占地，不新增临时占地。土方挖方 0.03 万 m^3，填方 0.06 万 m^3，汇流装置区共计占地面积 0.08hm^2，全部为永久占地。

电极区采用规则的双圆环布置，外环半径 250m，内环半径 180m，采用直埋方式，极环断面 0.60m × 0.60m，内/外环周长分别为 1130m/1570m，极环总长度 2700m，极环顶部距地面 2.70m，极环截面为 0.50m × 0.50m，开挖断面底宽 1.50m，顶宽 9.76m，边坡比 1:1.5，考虑临时堆土和施工作业带占地，占地按 27.26m 范围计列，外环临时占地面积 4.27hm^2，内环临时占地面积 3.08hm^2。同时在极环的分段处设检测井，布设在极环上方，共设 16 个检测井，每个检测井上设置一个检测桩，标志桩尺寸为 150mm × 150mm，埋深 800mm；检测井永久占地面积共计 0.01hm^2。

电缆区包括双圆环极环电缆和径向导流电缆。双圆极环和双圆环极环电缆采用同沟铺设。径向导流电缆沟按梯形断面开挖，挖深 1.50m，底宽 0.30m，顶宽 1.80m，边坡比 1:0.5，考虑临时堆土和施工作业带占地，电缆沟占地按 9.80m 范围计列，径向导流电缆沟临时占地面积 0.98hm^2。

电极电缆区共计占地面积 8.34hm^2，其中永久占地面积 0.01hm^2。临时占地面积 8.33hm^2。接地极布置情况见下图。

（3）检修道路

检修道路从东侧乡道引接，采用混凝土路面，宽度 4m，转弯半径 9m，长度共计 12m。检修道路永久占地面积共 0.01hm^2。

（4）外接电源工程区

接地极中心电源设备区用电从接地极附近的 35kV 王湾变电站引接一回 10kV 架空线路至接地极极址内，长度 5.50km，同时该电源也可作为施工电源。

站用外接电源采用架空方式，架空线路每隔约 50m 架设 1 根水泥杆，共计 110 根，单杆永久占地约 2m^2，单杆施工场地占地面积约 5m^2。架线施工利用电杆施工场地，沿线不设置牵张场，线路沿线可利用已有道路。外接电源占地面积共计 0.08hm^2，其中永久占地面积 0.02hm^2，临时占地面积 0.06hm^2。

2.1.5. 线路工程

2.1.5.1. 线路路径方案

（1）±800kV 直流线路

陕西~河南±800kV 特高压直流线路工程起自送端榆林站，止于受端换流站，线路全长 727.5km，途经陕西、山西、河南 3 个省级行政区。各省路径方案描述如下:

1）陕西境内路径方案

本段线路起于陕西省榆林市横山区驮燕沟换流站，线路整体呈西北-东南方向，线路从换流站向西南方向出线后在响水镇赵峁则村东侧转向东南方向走线，依次跨越 330kV 统万-榆横双回线路、750kV 夏州Ⅰ、Ⅱ回线路、750kV 洛川-榆横同塔双回Ⅰ、Ⅱ回线路继续向东南方向走线，穿越华能陕西横山南塔 100MW 风电项目，在郭家寨附近绕过米脂县龙镇芦则沟煤矿后进入米脂县。进入米脂县后继续向东南走线，在庙峁村附近进入子洲县。随后继续向东南方向走线，经过代家沟村后进入绥德县。

进入绥德县后，连续跨越 110kV1180 暖苗线、35kV3513 子洲线、国道 G307 岐银线、大理河、铁路太中银线、G20 青银高速后转向东南方向继续走线。在纸房沟村南侧第一次跨越 110kV1575 名苗线、110kV1213 魏绥线与 110kV1214 绥子牵线后继续向东南走线，在折家硷村南侧转向东方向连续跨越 110kV1214 绥子牵线、110kV1575 名苗线、330kV31322 横绥Ⅱ线、110kV1213 魏绥线、330kV31321 横绥Ⅰ线后转向东南方向走线，并立即跨越 110kV1318 绥德Ⅱ线、G6521 榆蓝高速。随后向东南走线，连续跨越 G242

国道、包西铁路、无定河。跨越无定河后转向东南方向继续走线，依次跨越 35kV3514 绥反线、110kV1224 绥铁牵 2 线、110kV1223 绥铁牵 1 线、110kV1317 绥德 I 线/1316 绥寇线同塔双回线路、110kV1388 绥东 I 线/1389 绥东 II 线同塔双回线路、110kV1219 绥义 I 线/1220 绥义 II 线同塔双回线路后继续向东南走线。在北山村北侧转向东方向走线并连续跨越 750kV 朔方—古贤 I 、II 回线路、±800kV 陕武线，继续转向东南方向走线并连续跨越 1000kV 榆横-潍坊 I 、II 回线路、±660kV 银东线、±800kV 昭沂线后平行此输电走廊走线，在高家沟北侧进入清涧县。进入清涧县后继续平行已建输电走廊走线，跨越 S201 沿黄观光路与黄河后到达包 1 与包 2 分界点陕西省、山西省省界。

陕西境内方案线路长度约为 142.8km，途经陕西省榆林市横山区、米脂县、子洲县、绥德县、清涧县，共 1 个地（市）行政区，5 个县（区）行政区。

2）山西境内路径方案

本段线路起自陕晋省界处的石楼县李家寨北侧，线路在±800kV 昭沂线南侧平行其往东南走线，于新家坡村东侧跨越 220kV 垣泉线、220kV 泉留线后进入中阳县。在神水沟村东北侧跨越 110kV 武暖线，跨过 220kV 吕灵 I 回线、220kV 吕灵 II 回线，至大南岔北侧，平行于 500kV 柳吕线南侧走线，跨越 110kV 金交线、220kV 盘鸣线、G59 呼北高速(离隰高速)和 G209 国道,在大营村西侧跨越 220kV 吕坛线,线路依次跨越 500kV 吕孟 II 线、500kV 吕孟 I 线、500kV 吕霍线，于晋州营村南侧平行 500kV 吕晋线走线，进入交口县境内，转向东北，经锄家沿南侧进入孝义市。线路在 500kV 吕晋线南侧走线，在龙王沟西侧跨越 500kV 吕晋线后，平行 500kV 吕晋线北侧走线，跨越 110kV 汾阳-三角庄、孝义-三角庄线路，跨越孝柳铁路(隧道)后进入汾阳市境内。平行于 500kV 吕晋线北侧走线，依次跨越 G20 青银高速、G307 国道至中西庄村西北侧，向东南走线，分别跨越 500kV 吕晋 I 线和 500kV 吕晋 II 线，往东南走线，跨过 G307 国道、G20 青银高速至平陆村东侧，跨越 110kV 乔东、嵴东线，转向东，在南垣村南侧跨越 110kV 乔东线、S340 省道、在建汾石高速至仁道村东侧，跨过孝柳铁路汾阳-三角庄 110 铁路电源线，±800kV 昭沂线、220kV 峰义 I、II 线、110kV 孝乔线，平行 G2516 东吕高速往东走线，跨过 S223 省道、S243 省道，至天屯村北侧，跨越 G2516 东吕高速，平行 1000kV 横洪线往东南走线，再次跨越 G2516 东吕高速，平行 G2516 东吕高速往东南走线，跨越已建±800kV 昭沂线、220kV 汾孝 II 线，再次跨越 G2516 东吕高速，接着跨越 220kV 孝

绵 I 回、汾孝 I 回线路，平行 G2516 东吕高速北侧走线，至西河堡村东南侧往东南走，跨越 G2516 东吕高速及高速匝道，止于汾阳市、介休市县界处。

线路自汾阳市、介休市县界处进入介休市，与 ±800kV 昭沂线平行向东走线，跨越 220kV 孝绵 I 线后进入平遥县，跨越 500kV 义洪 I 线，与在建晋中-霍州 I、II 回 π 入介休变 500kV 线路两条 500kV 双回路平行；再次进入介休市，依次跨越 G108 国道、南同蒲铁路、S221 省道、500kV 晋霍 II 线、500kV 晋霍 I 线、大西高铁、G5 京昆高速、220kV 汇湖 II 线、220kV 汇湖 I 线后左转向东再次进入平遥县，依次跨越在建 G241 国道、G2516 东吕高速后右转向东平行 ±800kV 昭沂线走线；跨越 G241 国道后进入武乡县；跨越 G208 国道后继续平行 ±800kV 昭沂线向西南方向走线，途经固城镇后进入沁县，左转依次跨越太焦铁路、S322 省道后再次进入武乡县；依次跨越 500kV 榆久 I 线、500kV 榆久 II 线后至沁县与襄垣县县界东侧西厢岭。

线路自长治市沁县和襄垣县界，跨越 G55 二广高速和 G519 国道后在下良镇龙王堂村跨越沁州—王家峪 220kV 线路，在李庙坡村跨越富阳—王家峪 220kV 线路，拆分为南、北两个单极分开走线，其中，北单极在上良村北侧穿越襄矿上良煤业采空区，跨越王家峪—下良 I 、II 线 110kV 同塔双回线路；南单极在上良村南侧穿越襄矿石板沟煤业采空区并跨越王家峪—下良 I 、II 线 110kV 同塔双回线路，线路在北下良村合并为双极，在东宁静村钻越在建陇东—山东 ±800kV 线路后，连续跨越郭庄—王家峪 220kV 同塔双回、黎霍高速隧道、绿曦—郭庄 110kV 线路后向东连续跨越规划太行一号旅游公路、G22 青兰高速、潞城—正川 110kV 线路、潞城—正川 220kV 同塔双回线路、潞城—辛安 I 回 500kV 线路、潞城—辛安 II 回 500kV 线路，转向南后跨越 G207 国道、长邯铁路、天脊—山化水源 I 回 110kV 线路、天脊—山化水源 II 回 110kV 线路，再向东南走线，跨越拟建夺火高速，在平顺县中五井乡跨越瓦日铁路（隧道）、西沟—详井 220kV 线路，在张井村跨越张井—平顺 110kV 线路，在青羊镇草庄沟村跨越平顺—西沟 110kV 线路，在化圪道村跨越平顺—青阳 220kV 线路后进入虹梯关乡，继续向东南跨越 S76 平长高速（隧道）后进入东寺头乡，最后在杏城镇跨越杏城—将军岭 110kV 线路后一直向东走线直至晋豫省界。

山西省境内方案线路长度约为 371.4km，途经山西省吕梁市石楼县、中阳县、交口县、孝义市、汾阳市，晋中市介休市、平遥县，长治市武乡县、沁县、襄垣县、潞城区、平顺县，共 3 个地（市）行政区，12 个县（区）行政区。

3）河南境内路径方案

线路从山西省与河南省省界开始，翻越太行山山脉，线路沿东南方向走线，经林州市河西村东侧跨越淅河、S302 省道，线路避让弓上水库抽水蓄能项目继续往东南走向，避让柏尖山风景区，继续往南，避让好地掌省级森林公园及规划天润二期风电场项目，跨越在建的沿太行山高速公路，拐向南跨越 G342 国道继续往东南走线，跨过在建的范辉高速公路，避让占元风电场风机，在路家岭出林州市，进入新乡市卫辉市境内。

线路进入新乡市卫辉市境内，往南后转向东南走线，跨越 500kV 冀朝 I 线后拐向东南，以此跨越南水北调中线干渠饮用水源保护区、G107 国道、京广铁路、500kV 冀朝 II 线。线路往东南，依次跨越京广高铁、G4 京港澳高速公路、500kV 阳东Ⅰ、II、Ⅲ线和济郑高铁、濮卫高速。再往南跨国 S101 省道、500kV 塔仓线后进入延津县，进入延津县后向东走线，依次跨越塔铺-卫都 500kV 线路、在建安罗高速、G3511 菏宝高速、新兖铁路后，进入封丘县向东南走线，经居厢乡西北线路转向东走线，依次跨越孔雀-延津牵引站双回 110kV 线路及越翎-百里嵩双回 110kV 线路后转向东南走线，跨越 G45 大广高速、在建兰原高速、祥符-塔铺 I、II 回 500kV 单回线路后，进而跨越黄河后进入开封市境内。

线路跨越黄河后向南进入开封市祥符区后继续向南走线，依次跨越 G30 连霍高速，祥符-塔铺 I、II 回 500kV 单回线路，S213 省道及米寨-兰考 110kV 线路，线路转向南走线，依次跨越徐兰高铁、陇海铁路、S83 兰南高速、菊城-庄周 500kV 线路、祥符-龙亭 I、II500kV 双回线路及郑民高速后进入杞县，继续向南走线进入本工程受端换流站。

河南省境内线路长度约为 213.3km，途经河南省安阳市林州市，新乡市卫辉市、延津县、封丘县，开封市祥符区、杞县，3 个地（市）行政区，6 个区（县）级行政区。

（2）送端接地极线路

送端接地极线路起自横山区榆林换流站，止于陕西省靖边县柴新梁极址，线路全长 73.0km，新建铁塔 188 基（直线塔 105 基，转角、耐张及跨越塔 83 基），途经榆林市横山区和靖边县，沿线海拔 1000m～1400m，线路曲折系数为 1.16。

线路起于横山区榆林换流站，向西南方向出线后避让规划光伏园区和煤矿采矿区，与直流线路共塔一基后分开并跨越黑木头川、钻越统万—榆横 330kV 同塔双回线路、夏州—榆横I II回 750kV 线路后向南走线，至三星村东侧转向西南钻越榆横—潍坊I II回 1000kV 线路和上海庙—山东±800kV 线路，避让横山区狄青塬风电场风机，进入靖边县，

跨越青银高速公路、太中银铁路（隧道），接入靖边县柴新梁极址。

（3）受端接地极线路

受端接地极线路起自受端换流站，终于周口市太康县转楼镇张仪宾村北张仪宾村极址。受端接地极线路路径长 57.8km，新建铁塔 181 基（直线塔 132 基，转角、耐张及跨越塔 49 基），线路途经河南省开封市杞县、周口市太康县。沿线海拔 25m~75m 之间，线路曲折系数为 1.16。

线路由杞县葛岗镇受端前李换流站向北出线后，右转向南走线，至黄庄村西侧、随后线路向南走线，跨越 110kV 玄谢线、钻越 220kV 玄国线至曹李王村南侧后，线路右转向南走线，经王桥村东侧、顿屯村东侧、至栗岗村东北角。然后线路再次右转向南走线，经花胡寨东侧、梅湾村西侧，向南跨越 S60 商登高速，至庞屯村东侧。线路在此处左转向南走线，经宋庄村南侧，至平庄村西侧，于平庄村南侧跨越在建的兰沈高速至和庄东北角。线路在此处右转向南走线，经沟岭岗东侧、瓦岗村东侧、宋庄村东侧、大湾村东侧，至杞县和太康县县界处。线路进入太康县后继续向南走线，经焦庄村北侧、冯路口东侧、轩庄西侧、大祁南侧，最后接入拟建的张仪宾极址。

（4）迁改线路工程

本工程在陕西省榆林市子洲县、绥德县，山西省吕梁市中阳县、孝义市、汾阳市，长治市襄垣县、潞城区，河南省新乡市封丘县、卫辉市，开封市祥符区境内新建的±800kV 直流线路部分占用已建的输电线路通道，需进行线路迁改，迁改线路全长 30.3km，共架设铁塔 72 基（其中直线塔 18 基、耐张塔 54 基），拆除铁塔 88 基。迁建线路工程情况如下：

1）镇绥 T 接Ⅰ、Ⅱ回线路（电铁牵引线）临时迁改：位于陕西省榆林市子洲县，新建线路长度 1.9km，新建杆塔 11 基，拆除线路 1.9km，拆除杆塔 11 基。

2）110kV 绥铁牵Ⅱ线临时迁改：位于陕西省榆林市绥德县，新建电缆路径长度 2.2km。

3）110kV 绥德Ⅰ线、110kV 绥义Ⅰ线、110kV 绥东Ⅰ线临时迁改：位于陕西省榆林市绥德县，三条线路新建电缆路径长度均为 2.2km。

4）500kV 吕孟Ⅱ线永久迁改：位于山西省吕梁市中阳县，新建线路长 2.5km，新建铁塔 8 基，拆除线路长度 1.2km，拆除 3 基铁塔。

5）110kV 电力线汾阳-三角庄，孝义-三角庄临时迁改：位于山西省吕梁市孝义市，

新建线路路径长度 1.5km，其中架空线路 1.3km，电缆线路 0.2km，新建铁塔 6 基，电缆过渡采用地表敷设，不新增占地，架线完成后拆除线路 1.5km，拆除杆塔 6 基。

6）110 乔东(崞东)线路临时迁改: 位于山西省吕梁市汾阳市，迁改线路长度 1.5km，新建杆塔 2 基，拆除杆塔 2 基;

7）晋中～介休 I 回/II 回线路临时迁改：位于山西省晋中市介休市，线路在建，建成后不迁改;

8）霍州～介休 I 回/II 回线路临时迁改：位于山西省晋中市介休市，线路在建，建成后不迁改;

9）110kV 峪良 II 线临时迁改：位于山西省长治市襄垣县，迁改线路长度 5.3km，新建杆塔 19 基，拆除杆塔 19 基;

10）220kV 潞正 I 线临时迁改：位于山西省长治市潞城区，迁改线路长度 1.8km，新建杆塔 8 基，拆除杆塔 8 基;

11）110kV 山化水源-天脊 II 线临时迁改: 位于山西省长治市潞城区，迁改线路长度 3.3km，新建杆塔 8 基，拆除杆塔 8 基。

12）弓上-桂林 110kV 线路临时迁改：位于河南省安阳市林州市，迁改线路长度 1.1km，采用电缆落地敷设，对地面扰动轻微。

13）500kV 阳东 I 线永久迁改：位于河南省新乡市卫辉市，迁改线路长度 1.0km，新建杆塔 3 基，拆除杆塔 2 基。

14）500kV 祥塔 II 线永久迁改：位于河南省新乡市封丘县，迁改线路长度 0.9km，新建杆塔 4 基，拆除杆塔 2 基。

15）500kV 祥塔 II 线永久迁改：位于河南省开封市祥符区，迁改线路长度 0.7km，新建杆塔 3 基，拆除杆塔 1 基。

2.1.5.2. 线路长度、地形及铁塔数量

本工程输电线路总路径长度为 888.6km（其中山丘区 621.4km，平原区 267.2km），按照工程组成划分：其中±800kV 直流线路路径长 727.5km（其中山丘区 522.2km，平原区 205.3km），送端接地极线路路径长 73.0km（均在山丘区），受端接地极线路路径长 57.8km（均在平原区），迁改线路路径长 30.3km（其中山丘区 26.2km，平原区 4.1km）。

本工程输电线路共新建铁塔 1930 基(直线塔 1263 基，转角、耐张及跨越塔 667 基)，按照工程组成划分：其中±800kV 直流线路新建铁塔 1489 基（直线塔 1008 基，转角、耐张及跨越塔 481 基），送端接地极线路新建铁塔 188 基（直线塔 105 基，转角、耐张

及跨越塔 83 基），受端接地极线路新建铁塔 181 基（直线塔 132 基，转角、耐张及跨越塔 49 基），迁改线路新建铁塔 72 基（直线塔 18 基，转角、耐张及跨越塔 54 基）；按照地形地貌分区划分：其中山丘区新建铁塔 1318 基（直线塔 836 基，转角、耐张及跨越塔 482 基），平原区新建铁塔 612 基（直线塔 427 基，转角、耐张及跨越塔 185 基）。本工程沿线各市（县、区）路径分段长度及铁塔分布表详见表 2.1-4，本工程路径长度及铁塔分布统计总表见表 2.1-5。

表 2.1-4　本工程沿线各市（县、区）路径分段长度及塔基分布表

序号	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	±800kV 直流线路工程	522.2	205.3	727.5	715	355	293	126	1489
1	陕西省	142.8		142.8	159	116			275
1.1	榆林市	142.8		142.8	159	116			275
	横山区	35.4		35.4	40	33			73
	米脂县	10.9		10.9	11	9			20
	子洲县	26.9		26.9	37	16			53
	绥德县	58.7		58.7	59	49			108
	清涧县	10.9		10.9	12	9			21
2	山西省	323.2	48.2	371.4	492	191	59	42	784
2.1	吕梁市	108.4	31.1	139.5	164	61	35	30	290
	石楼县	21.4		21.4	29	12			41
	中阳县	47.6		47.6	70	25			95
	交口县	5.4		5.4	8	2			10
	孝义市	15.1		15.1	29	6			35
	汾阳市	18.9	31.1	50.0	28.0	16.0	35	30.0	109
2.2	晋中市	36.9	17.1	54.0	54	23	24	12	113
	介休市	1.9	17.1	19.0	2	2	24	12	40
	平遥县	35.0		35.0	52	21			73
2.3	长治市	177.9		177.9	274	107			381
	武乡县	34.1		34.1	56	13			69
	沁县	24.5		24.5	42	11			53
	襄垣县	46.3		46.3	71	39			110

序号	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	27.3		27.3	39	13			52
	平顺县	45.7		45.7	66	31			97
3	河南省	56.2	157.1	213.3	64	48	234	84	430
3.1	安阳市	37.0	8.3	45.3	39	30	11	4	84
	林州市	37.0	8.3	45.3	39	30	11	4	84
3.2	新乡市	19.2	104.0	123.2	25	18	161	48	252
	卫辉市	19.2	33.5	52.7	25	18	50	17	110
	延津县		27.9	27.9			45	12	57
	封丘县		42.6	42.6			66	19	85
3.3	开封市		44.8	44.8			62	32	94
	祥符区		40.8	40.8			57	28	85
	杞县		4.0	4.0			5	4	9
二	接地极线路	73.0	57.8	130.8	105	83	132	49	369
1	陕西省	73.0		73.0	105	83			188
1.1	榆林市	73.0		73.0	105	83			188
	横山区	69.5		69.5	96	76			172
	靖边县	3.5		3.5	9	7			16
2	河南省		57.8	57.8			132	49	181
2.1	开封市		45.4	45.4			105	40	145
	杞县		45.4	45.4			105	40	145
2.2	周口市		12.4	12.4			27	9	36
	太康县		12.4	12.4			27	9	36

序号	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	
三	迁改线路	26.2	4.1	30.3	16	44	2	10	72
1	陕西省	10.7		10.7	5	6			11
1.1	榆林市	10.7		10.7	5	6			11
	子洲县	1.9		1.9	5	6			11
2	山西省	8.8		8.8					
2.1	吕梁市	14.4	1.5	15.9	11	38	1	1	51
	中阳县	4.0	1.5	5.5	4	10	1	1	16
	孝义市	2.5		2.5	2	6			8
	汾阳市	1.5		1.5	2	4			6
2.2	长治市		1.5	1.5			1	1	2
	襄垣县	10.4		10.4	7	28			35
	潞城区	5.3		5.3	4	15			19
3	河南省	1.1	2.6	3.7			1	9	10
3.1	安阳市	1.1		1.1					
	林州市	1.1		1.1					
3.2	新乡市		0.9	0.9			1	6	7
	封丘县		0.9	0.9			1	3	4
	卫辉市		1.0	1.0				3	3
3.3	开封市		0.7	0.7				3	3
	祥符区		0.7	0.7				3	3
四	合计	621.4	267.2	888.6	836	482	427	185	1930

注：耐张塔指转角、耐张及跨越塔。

表 2.1-5　　本工程路径长度及塔基分布总统计表

序号	工程项目		路径长度（km）	塔基数量（基）		
				直线塔	转角、耐张及跨越塔	小计
1	直流线路工程	±800kV 直流线路	727.49	1008	481	1489
2	接地极线路	送端接地极线路	73.0	105	83	188
3		受端接地极线路	57.8	132	49	181
4	迁改线路		30.3	18	54	72
合计			888.6	1263	667	1930

2.1.5.3. 塔基概况

本工程输电线路铁塔包括直线塔，转角塔、耐张和跨越塔。本工程塔基永久占地按照铁塔根开+主柱宽度（1.0~2.6m）+外扩 2m 计列，塔基临时施工场地结合铁塔分布和组塔方式按照根开+20m 扣除永久占地计列。本工程输电线路使用铁塔型式及占地面积详见下表，占地面积详表详见表 2.1-6~2.1-8。

表 2.1-6　　±800kV 直流线路使用铁塔型式及占地面积范围表

省份	项目名称	山丘区		平原区			
		双极架设（一般线路）		双极架设（一般线路）		双极架设（大跨线路）	
		直线塔	耐张塔	直线塔	耐张塔	直线塔	耐张塔
陕西省	基础根开（m）	10.35~22.5	13.13~21.02				
	主柱宽度（m）	1.2~1.8	1.6~2.8				
	塔基永久占地面积（m^2）	183~691	321~667				
	塔基施工场地（m^2）	675~1052	798~1019				
山西省	基础根开（m）	8.77 ~ 29.17	12.33 ~ 22.72	10.03 ~ 21.04	14.09 ~ 26.20		
	主柱宽度（m）	1.0~1.8	1.4 ~ 2.6	1.0 ~ 1.4	1.1 ~ 2.2		
	塔基永久占地面积（m^2）	143~907	254~632	170 ~ 588	313~912		
	塔基施工场地（m^2）	684~1238	771~2176	989~1370	1109~1608		
河南省	基础根开（m）	11.55 ~ 17.03	16.77 ~ 19.29	9.34 ~ 17.03	13.37 ~ 19.29	44.26	21.68 ~ 22.16
	主柱宽度（m）	1.4 ~ 2.4	1.8 ~ 3.0	1.2 ~ 2	1.8 ~ 2.4	2	2
	塔基永久占地面积（m^2）	227~672	386~709	162~530	301~634	3672	684~1004
	塔基施工场地（m^2）	738~1085	885~1108	909~1321	910~1407	2506	2097~2470

注：耐张塔指：转角、耐张及跨越塔。

表 2.1-7　接地极线路使用铁塔型式及占地面积范围表

序号	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	陕西省				
1	永久占地				
	基础根开（m）	5.6~12.5	7.6~8.4		
	主柱宽（m）	1.0	1.2		
	塔基永久占地面积（m^2）	73~240	116~134		
2	塔基施工场地（m^2）	169.4~266.0	193.1~204.0		
二	河南省				
1	永久占地				
	基础根开（m）			4.23 ~ 7.31	6.34 ~ 7.5
	主柱宽（m）			0.6 ~ 1.4	0.8 ~ 1.4
	塔基永久占地面积（m^2）			58~115	95~119
2	塔基施工场地（m^2）			311-383	361-387

表 2.1-8　　迁改线路使用铁塔型式及占地面积统计表

序号	项目名称	山丘区						平原区			
		110kV		220kV		500kV		110kV		500kV	
		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	陕西省										
1	永久占地										
	基础根开（m）	4.5~5.6	5.6~8.4								
	主柱宽（m）	0.6	0.8								
	塔基永久占地面积（m^2）	56~74	130~140								
2	塔基施工场地（m^2）	500	600								
二	山西省										
1	永久占地										
	基础根开（m）	4.54 ~ 6.5	5.04 ~ 9.75	7.59	7.87 ~ 11.44	10.53 ~ 13.32	11.61 ~ 16.19	5.2	7.26		
	主柱宽（m）	0.6 ~ 1.0	0.8 ~ 1.2	1	1 ~ 1.8	1.2	1.4 ~ 1.6	1	1.2		
	塔基永久占地面积（m^2）	43 ~ 71	50 ~ 168	112	118~216	189~273	231~392	68	110		
2	塔基施工场地（m^2）	500	600	500	600	700	900	500	600		
三	河南省										
1	永久占地										
	基础根开（m）									6.8	10.0~15
	主柱宽（m）									0.8~1.0	1.0~2
	塔基永久占地面积（m^2）									104	190-311
2	塔基施工场地（m^2）									700	900

2.1.5.4. 基础结构型式

根据输电线路沿线的地质条件、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，不同的基础型式具有不同的特点，承载能力、材料耗量、土石方量以及对环境的影响等各不相同，对输电线路而言，各个塔位的微地形相当复杂，这需要设计根据塔位不同的地质、地形及周边环境来选择适宜的基础型式，充分利用每个基础的优点，达到安全、经济、环保的目的。

本工程塔基基础主要采用挖孔桩基础、直柱板式基础、岩石锚杆基础、钻孔灌注桩基础、嵌岩桩基础。

表 2.1-9　塔基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	挖孔桩基础	该基础以土代模，直接将钢筋骨架和混凝土浇入掏挖成形的土胎内，充分利用了原状土承载力高、变形小的优点。	适用于陡坡地形及狭窄的山脊的塔位，利用其基础露出高度较大的特点来满足塔位地形要求。
2	直柱板式基础	该基础采用直立式主柱及钢筋混凝土底板，比较充分地利用了基础及上覆土重力的作用。	适用于地下水位较高、地质条件较差，地基承载力较低，基坑无法深挖的直线塔位。
3	岩石锚杆基础	该基础是以机械在岩体上直接钻孔后，通过水泥砂浆或细石混凝土将岩孔内的锚杆与岩体胶结成整体的岩石基础。	主要适用于硬质、整体性好基岩裸露的塔基。
4	钻孔灌注桩基础	该基础型式通过机械成孔浇筑钢筋混凝土，通过作用于桩端的地层阻力和桩周土层的摩阻力来支撑轴向荷载，依靠桩侧土层的侧向阻力来支撑水平荷载。	适用于基础作用力很大、地质条件极差或有特殊要求，普通浅埋基础不能满足要求的塔位。
5	嵌岩桩基础	该基础一般分为等截面人工挖孔桩和扩底人工挖孔桩两种型式，由桩周土总侧阻、嵌岩段总侧阻和总端阻三部分组成，充分利用岩石承载力高的优势，提高基础的抗拔、抗倾覆承载能力。	适用于“上土下岩”的二元地质结构中，桩端嵌入中等风化、微风化或新鲜基岩的桩基。

上表介绍了本工程采用的基础型式及适用范围，根据沿线的地质、水文条件和多年来在线路工程中各种基础型式的设计、试验等资料，下面将塔基基础在本工程中的应用分述如下:

（1）挖孔基础

挖孔基础属于柔性基础，位于陡坡地形及狭窄的山脊的塔位，可采用挖孔基础，利用其基础露出高度较大的特点来满足塔位地形的要求。根据基础型式对比分析，本工程档距较大的直线塔及耐张塔采用该基础型式，系本工程的主要基础型式。

（2）直柱板式基础

直柱板式基础采用直立式主柱及钢筋混凝土底板，综合造价比普通混凝土刚性基础低。另外，它要求的施工精度比斜柱板式基础低。

（3）岩石锚杆基础

该种基础以“群锚”型式充分发挥了岩石力学性能，具有较好的抗拔性能，地基变形比其它类型都小。它是以机械在岩体上直接钻孔后，通过水泥砂浆或细石混凝土将岩孔内的锚杆与岩体胶结成整体的岩石基础，从而大量地降低了基础材料的耗用量，特别是运输困难的高山地区更具有明显的经济效益。

（4）钻孔灌注桩基础

该种基础型式通过作用于桩端的地层阻力和桩周土层的摩阻力来支撑轴向荷载，依靠桩侧土层的侧向阻力来支撑水平荷载。该型基础钢筋和混凝土用量都较大，造价很高，对于本工程黄河大跨越等河流阶地内考虑冲刷的塔位可采用该类基础。

（5）嵌岩桩基础

嵌岩抗拔桩一般分为等截面人工挖孔桩和扩底人工挖孔桩两种型式。充分利用岩石承载力高的优势，提高基础的抗拔、抗倾覆承载能力。

表 2.1-10　直流线路基础型式、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	直柱板式基础	灌注桩基础	岩石锚杆基础	嵌岩桩基础
陕西省	底宽/桩径（m）		1.2/1.2~3.8/2.8	7.8~1.6			
	埋深（m）		8.5 ~ 24.2	4.8			
	山丘区	挖方（m^3）	71.52 ~ 537.6	1168.13			
		填方（m^3）	0~0	1168.13			
		利用方（m^3）	71.52 ~ 537.6	0			
		基础数（基）	273	2			
山西省	底宽/桩径（m）		1.0 ~ 2.6	1.2~9.8	0.8 ~ 6.5	1.2 ~ 3.3	1.2 ~ 4.0
	埋深（m）		7.0 ~ 33.5	3.5 ~ 6.7	15.5~35.0	2.8~4.2	2.0 ~ 12.8
	山丘区	挖方（m^3）	11.92 ~ 378.01	360 ~ 1216.8		99.36 ~ 193.68	35.3 ~ 160.85
		填方（m^3）	0	240 ~ 1216.8		90.92 ~ 176.92	0~100.1
		利用方（m^3）	11.92 ~ 378.01	0		8.44 ~ 16.76	35.3 ~ 60.84
		基础数（基）	1546	32		110	122
	平原区	挖方（m^3）			12.7 ~ 250		
		填方（m^3）			0~144.4		
		利用方（m^3）			12.7 ~ 105.6		
		基础数（基）			552		
河南省	底宽/桩径（m）		1.2 ~ 2.2	5.0 ~ 7.0	0.8 ~ 2.4（0.8 ~ 2.4）	0.8 ~ 2.4	
	埋深（m）		5.0 ~ 15.9	2.2 ~ 4.8	13 ~ 45（50 ~ 70）	2.2 ~ 4.8	
	山丘区	挖方（m^3）	4.5 ~ 70.42				
		填方（m^3）	0				
		利用方（m^3）	4.5 ~ 70.42				
		基础数（基）	112				

行政区	主要技术指标		基础型式				
			挖孔基础	直柱板式基础	灌注桩基础	岩石锚杆基础	嵌岩桩基础
	平原区	挖方（m^3）		80 ~ 120	20 ~ 1200 （560 ~ 3800）	30 ~ 50	
		填方（m^3）		40 ~ 60	0	0	
		利用方（m^3）		40 ~ 80	20 ~ 1200 （560 ~ 3800）	30 ~ 50	
		基础数（基）		4	304（4）	6	

备注：（）中为黄河大跨越基础数据

表 2.1-11　本工程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		
			挖孔基础	直柱板式基础	灌注桩基础
陕西省	底宽/桩径（m）		0.8/0.8 ~ 1.8/1.2	2.5/0.8 ~ 4.2/1	0.8/0.8 ~ 1.2/1.2
	埋深（m）		6.7 ~ 12.7	2.9 ~ 4.2	9.5 ~ 12
	山丘区	挖方（m^3）	36.52 ~ 69.3	72.5 ~ 296.4	20.4 ~ 39.7
		填方（m^3）		72.5 ~ 296.4	
		利用方（m^3）	36.52 ~ 69.3	0	20.4 ~ 39.7
河南省	底宽/桩径（m）			2.8 ~ 5.6	0.6 ~ 1.8
	埋深（m）			2.8 ~ 4.5	6 ~ 20
	平原区	挖方（m^3）		15 ~ 220	10 ~ 100
		填方（m^3）		8 ~ 120	0
		利用方（m^3）		7 ~ 100	10 ~ 100

表 2.1-12　本工程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	直柱板式基础
陕西省	110kV 迁改线路			
	底宽/桩径（m）		1.0/1.0~1.2/1.2	
	埋深（m）		6.7 ~ 12.7	
	山丘区	挖方（m^3）	5.5 ~ 12.38	
		填方（m^3）	0~0	
		利用方（m^3）	5.5 ~ 12.38	
		基础数（基）	11	
山西省	110kV 迁改线路			
	底宽/桩径（m）		1.0~1.2	0.6 ~ 1.2
	埋深（m）		5.0~8.0	2.0 ~ 4.0
	山丘区	挖方（m^3）	3.9~9.0	54.08 ~ 400
		填方（m^3）	0	18.02 ~ 133.33
		利用方（m^3）	3.9~9.0	36.07 ~ 266.67
		基础数（基）	24	26
	平原区	挖方（m^3）	3.9~9.0	
		填方（m^3）	0	
		利用方（m^3）	3.9~9.0	
		基础数（基）	20	
	220kV 迁改线路			
	底宽/桩径（m）		1 ~ 1.8	
	埋深（m）		6~11.5	
	山丘区	挖方（m^3）	6.8 ~ 130.56	
		填方（m^3）	0	
		利用方（m^3）	6.8 ~ 130.56	
		基础数（基）	31	
	500kV 迁改线路			
	底宽/桩径（m）		1.2 ~ 1.8	
	埋深（m）		7~13	
	山丘区	挖方（m^3）	10.8~112.59	
		填方（m^3）	0	
		利用方（m^3）	10.8~112.59	
		基础数（基）	105	
河南省	500kV 迁改线路			
	底宽/桩径（m）		1.8	4.0 ~ 8.0
	埋深（m）		12.5	4.0 ~ 5.0
	平原区	挖方（m^3）	25.64	136 ~ 300
		填方（m^3）	0	68 ~ 194
		利用方（m^3）	25.64	60 ~ 200
		基础数（基）	3	7

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，本工程输电线路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		
	陕西省	山西省	河南省
一、直流线路	206	578	392
1000kV 线路	2		
±800kV 线路	2	2	
±660kV 线路	1		
±500kV 线路			
750kV 线路	6		
500kV 线路		18	12
330kV 线路	4		
220kV 线路		30	12
110kV 线路	18	38	17
接地极线路			1
铁路(含待建)	4	5	6
高速公路	2	18	13
等级公路	6	27	24
一般公路	116	370	261
河流	5	40	32
油气管道	40	30	14
二、接地极线路	83		173
220kV 线路			
110kV 线路	4		4
铁路			1
高速公路			2
等级公路	2		5
一般公路	70		151
河流	1		4
35kV 线路	6		6
三、迁改线路			1
110kV 线路			
等级公路			
35kV 线路			1
四、合计	289	578	566

结合同类特高压线路工程实际施工经验，主体设计针对线路跨越高速公路、部分铁路及国道等重要跨越点位考虑布设跨越施工场地，其中针对跨越低电压等级、非等级道路等小型交叉跨越点，施工期可采用直接“封网”方式进行施工放线，同时河流、输油管道和输气管道均可以直接跨越，不搭设跨越架，以达到尽量节省临时占地、本方案将不再重复计列，可减少对原地貌扰动的水土保持要求。

2.2. 施工组织

2.2.1. 施工生产生活区

2.2.1.1. 换流站工程、接地极工程施工场地概况

（1）送端榆林站

1）施工生产生活区

送端榆林站在站外设置 2 处施工生产生活区，占地面积共计 11.46hm^2。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。其中施工临建 A 区紧邻站区北侧围墙布置，占地面积 6.9hm^2；施工临建 B 区紧邻站区北侧围墙、临建 A 区东侧布置，占地面积 4.56hm^2。

施工生产生活区采用平坡式布置，由北向南设置 5%的坡度，由西向东设置 5%的坡度，挖方共计 30 万 m^3，填方共计 30 万 m^3。经场平后形成的挖方边坡按照 1：1.25~1.5 进行放坡，填方边坡按照 1:2 进行放坡，边坡采用撒播草籽进行防护，防护面积 11070m^2。施工生产生活区竖向布置示意见图 2.2-1。施工过程中，对施工生产生活区裸露地表采用密目网苫盖，在临建区场地四周分别修建临时排水沟，排水沟末端设置沉沙池。

2）站内临时堆土区

为保证基础开挖的一般土方尽量在站区围墙内进行倒运，统筹各区域尽可能同步开展基槽开挖、回填，实现土方快速消纳，在基槽开挖的两侧，灵活设置土方倒运场地，可临时堆放土方约 1.81 万 m^3。此外，综合考虑工程建设及投运的关键路径，将直流场作为站内基槽余土集中堆放场地。在考虑安全因素后，合理规避直流场消防管沟及距环路 10m 安全距离的情况下，共在直流场设置 2.40hm^2 的基槽余土集中堆放场地（其中直流场西侧挖方区堆土面积约 1.8hm^2、直流场东侧填方区堆土面积约 0.6hm^2）。土方堆置为台体，站区围墙内临时堆土区共可堆放土方 7.84 万 m^3，用于站区的一般土方周转。不在站外另设一般土方转运区。

3）供排水工程区

站外引接管道管径 DN150，引接管长约 3km。供水管线按梯形断面开挖，边坡比为 1:0.5，底宽开挖 0.5m，顶宽 2.3m，平均挖深 1.8m，临时堆土最大堆高 2m，堆土时间

30 天，供水管线途中需穿越韭殿路，穿越处采用顶管施工工艺穿越，穿越处两侧布置临时施工场地 600m²。考虑供水管线两侧施工临时用地，临时占地宽度按 8.5m 范围计列，供水设施占地面积共计 2.61hm²。

站外排水设施包括征地红线外排水管、跌水暗渠临时占地及消能池永久占地，排水管线管径 DN1000~1800，总长 355m，为地埋铺设，排水管线按梯形断面开挖，边坡比为 1:0.5，底宽开挖 1.6m，顶宽 4.6m，挖深 3m，临时堆土最大堆高 3m，堆土时间 30 天。考虑排水管线两侧施工临时用地，临时占地宽度按 14.6m 范围计列。跌水暗沟开挖断面为矩形断面，其中北侧主排水开挖断面尺寸 3m（宽）×2m（深），考虑排水管线两侧施工临时用地，施工占地总宽度 8m；东北侧主排水开挖断面尺寸 2m（宽）×2m（深），考虑排水管线两侧施工临时用地，施工占地总宽度 7m。送端榆林站供排水工程开挖断面尺寸详见下表。

表 2.2-1　送端榆林站供排水工程开挖断面尺寸

供排水管线		长度（km）	管径/尺寸	开挖施工					施工作业面（m）	面积（hm²）		
				坡比	挖深（m）	底宽（m）	上口宽（m）	开挖量（万 m³）		永久	临时	合计
供水工程	供水管线	3.0	DN100	1:0.5	1.8	0.5	2.3	0.76	8.5		2.55	2.55
	跨路施工场地										0.06	0.06
	小计							0.76			2.61	2.61
排水工程	排水管线	0.355	DN1000~DN1800	1:0.5	3	1.6	4.6	0.38	14.6		0.52	
	跌水暗沟 1	0.07			2	3	3	0.04	8		0.06	
	跌水暗沟 2	0.045			2	2	2	0.02	7		0.03	
	小计							0.44			0.61	
合计								1.2			3.22	3.22

（2）送端接地极

送端接地极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，电极电缆区剥离的表土及开挖的一般土石方分开堆放于沟道一侧，其中剥离的表土堆放于电缆沟临时堆土区的外侧，表土堆置底部铺垫彩条布、顶部苫盖密目网；开挖的一般土石方堆放于施工作业带内侧，土方堆置底部铺垫彩条布、顶部苫盖密目网、靠近电缆沟的一侧设填土编织袋拦挡；电极电缆施工临时占地宽度按 32.5m 布设，导流电缆施工临时占地宽度按 22.5m 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。送端接地极电极电缆区开挖断面尺寸详见下表。

表 2.2-2　送端接地极电极电缆区开挖断面尺寸

项目	长度(m)	开挖施工					施工作业面宽度（m）	面积（hm^2）
		坡比	挖深（m）	底宽（m）	上口宽（m）	开挖量（万 m^3）		
极环（含配电电缆）	6498	1:1.5	4	2.5	14.5	22.09	32.5	21.12
导流电缆沟	1956	1:1.25	3	2	9.5	3.37	22.5	4.40
合计						25.46		25.52

（3）受端换流站

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。受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、材料加工场地等，施工生活区主要布置临时办公楼、临时会议楼、施工人员宿舍。施工生产生活区占地面积 7hm^2，施工场地自然高程约 61.34m~62.68m，施工前先进行表土剥离，四周布设临时排水沟，出口处布设泥浆沉淀池，施工结束后进行土地整治、植被恢复。

3）站内临时堆土区

受端换流站为保证基础开挖和土方倒运，在直流场地设置 1 处临时堆土场，可临时堆放土方约 7.10 万 m^3用于站区的一般土方周转，为平地形堆土场，堆置为台体。堆放时间为 0.5 年，占地面积 3.23hm^2，临时堆土平均堆高 3m，坡比 1：1.5，堆放期间采用临时拦挡和苫盖措施，周围布设临时排水沟进行防护。

3）供排水工程区

站用生产用水、生活用水、施工水源采用同一管线，引自杞县水厂，供水管管径 DN500，长度 13.60km，途中穿越省道 1 处，干渠 4 处，农村道路 30 处。管线采取地埋敷设，敷设管道按梯形断面开挖，挖深 1.80m，上口宽 2.6m，临时堆土最大堆高 1m，堆土时间 30 天，底宽 0.80m，边坡比 1:0.5，作业带内布设施工道路宽 3m，堆土临时用地宽度 5.525m，施工作业带宽度共计 13.625m。管线在穿越农村道路区域采用大开挖的方式，施工结束后进行道路恢复，穿越省道和干渠采用顶管穿越和定向钻的施工方式，穿越处两侧布置临时施工场地，省道穿越处施工场地临时占地每处 2000m^2，共计临时占地 2000m^2；干渠穿越每处临时占地 1800m^2，共计临时占地 7200m^2。

站外雨水排水管管径 DN2000，长度 300m，采取埋地敷设，敷设管道按梯形断面开

挖，挖深 3.30m，底宽 2.20m，上口宽 5.5m，最大堆土高度 3.5m，堆土时间 30 天，边坡比 1:0.5，作业带内布设施工道路宽 3m，施工作业带宽度按 18m 计，堆土临时用地宽度按 6m 计。

生产污水排水管管径 DN300，长度 6.40km，管线在穿越农村道路区域采用大开挖的穿越方式，施工结束后进行道路恢复。敷设管道按梯形断面开挖，挖深 1.80m，底宽 0.80m，上口宽 2.60m，最大堆土高度 2m，堆土时间 30 天，边坡比 1:0.5，作业带内布设施工道路宽 3m，施工作业带宽度按 11.10m 计，堆土临时用地宽度按 3m 计。

表 2.2-3　受端换流站供排水工程开挖断面尺寸

供排水管线		长度（km）	管径/尺寸	开挖施工					施工作业面（m）	面积（hm^2）		
				坡比	挖深（m）	底宽（m）	上口宽（m）	开挖量（万 m^3）		永久	临时	合计
供水工程	站用供水管线	16.40	DN450	1:0.5	1.80	0.80	2.60	4.20	12.06	0.07	15.61	15.68
	施工水源	3.40	DN500	1:0.5	1.80	0.80	2.60	1.04	11.10		3.77	3.77
排水工程	雨水排水管线	0.30	DN2000	1:0.5	3.30	2.20	5.50	0.38	18		0.54	0.54
	生产污水排水管线	6.40	DN300	1:0.5	1.80	0.80	2.60	1.96	11.10		7.10	7.10
合计								7.58		0.07	27.02	27.09

（4）受端接地极

汇流装置区施工场地利用电极电缆区施工场地，不新增占地，剥离表土堆放于电极电缆沟道一侧，开挖其他土石方堆放于汇流装置区内空地。施工道路采用永临结合的方式，检修道路长 12m，永久占地 0.01hm^2。电极电缆区剥离的表土及开挖的一般土石方分开堆放于沟道一侧，其中剥离的表土堆放于电缆沟临时堆土区的外侧，表土堆置底部铺垫彩条布、顶部苫盖密目网；开挖的一般土石方堆放于施工作业带内侧，土方堆置底部铺垫彩条布、顶部苫盖密目网、靠近电缆沟的一侧设填土编织袋拦挡。

受端接地极采用浅埋型接地极型式，电极、环形电缆施工临时占地宽度按 27.26m 布设，径向导流电缆施工临时占地宽度按 9.80m 布设，施工场地布置充分考虑了施工作业带、施工道路和临时堆土的宽度。

外接电源工程区每个水泥杆施工临时占地 5m^2，共计 110 根，架线施工利用电杆施工场地，沿线不设置牵张场，线路沿线可利用已有道路，临时占地 0.06m^2。

2.2.1.2 输电线路工程施工场地概况

输电线路工程塔基施工场地主要有塔基区的塔基施工临时场地、施工放线牵引的牵

张场布置牵张场区、跨越铁路、公路、高架线路等重要设施的跨越施工场地区和浇筑塔基在缓坡处修建的进场的施工道路区。

（1）塔基施工临时占地

塔基施工临时占地是包括在塔基区内的占地。塔基施工以单个塔基为单位零星布置，在塔基施工过程中每处塔基都有一处施工临时占地作为施工场地，用来临时堆置土方、砂石料、水、材料和工具等。其中山丘区塔基因挖填形成的边坡约 1~2m 宽（水平投影），平均每处塔基约形成临时边坡 80m^2，在施工过程中采取密目网苫盖进行防护。

本方案塔基永久占地和塔基施工临时占地面积由主体设计提供，塔基区永久占地采用的计列方式为：塔基永久占地=（根开+主柱宽度+2m 保护范围）^2，临时占地面积分别按照塔基类型和不同组塔方式进行计列，其中塔基类型分为直线塔和转角、耐张塔，组塔方式主要有内悬浮内拉线抱杆、内悬浮外拉线抱杆和座地摇臂抱杆，结合塔基类型和组塔方式确定塔基施工临时占地面积。

据统计，±800kV 直流线路塔基永久占地 143m^2～912m^2；±800kV 大跨越线路塔基永久占地 684~1004m^2；接地极线路塔基永久占地 58m2～240m^2；迁改线路塔基永久占地 43m^2～392m^2。±800kV 直流线路塔基施工场地范围 675m^2～2176m^2；±800kV 大跨越线路塔基施工场地范围 2097~2470m^2；接地极线路塔基施工场地范围 169.4m^2～387m^2；迁改线路塔基施工场地范围 500m^2～900m^2。

陕西直流线路山丘区单塔临时堆放基础挖方量平均为 98m^3，临时堆放表土量平均为 102m^3。塔基基础土方临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为 100m^2，土方堆置区域按照 1:2 进行放坡，最大堆土高度约 2.5m，平均堆土高度约 2.0m，可集中堆放土方 104m^3，可满足山丘区堆放基础土方要求；塔基表土临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为 100m^2，土方堆置区域按照 1:2 进行放坡，最大堆土高度约 2.5m，平均堆土高度约 2.0m，可集中堆放土方 104m^3，可满足山丘区塔基表土临时堆土堆存要求。堆置时间为塔基基础施工阶段，一般为 30d。

陕西省接地极线路山丘区单塔临时堆放基础挖方量平均为 69m^3，临时堆放表土量平均为 32m^3。塔基基础土方临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为 60m^2，土方堆置区域按照 1:2 进行放坡，最大堆土高度约 2.5m，平均堆土高度约 2.0m，可集中堆放土方 72m3，可满足山丘区堆放基础土方要求；塔基表土临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为 30m^2，土方堆置区域按照 1:2 进行放坡，最大堆土高度约 2.5m，平均堆土高度约 2.0m，可集中堆放土方 36m^3，可满足山丘区塔基表土临时堆土堆存要求。堆置时间为塔基基础施工阶段，一般为 30d，临时堆土设计及责任主体为设计单位和方

案编制单位。

陕西省迁改线路山丘区单塔临时堆放基础挖方量平均为 19m³，临时堆放表土量平均为 19m³。塔基基础土方临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为 20m²，土方堆置区域按照 1:2 进行放坡，最大堆土高度约 2.5m，平均堆土高度约 2.0m，可集中堆放土方 24m³，可满足山丘区堆放基础土方要求；塔基表土临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为 20m²，土方堆置区域按照 1:2 进行放坡，最大堆土高度约 2.5m，平均堆土高度约 2.0m，可集中堆放土方 24m³，可满足山丘区塔基表土临时堆土堆存要求。堆置时间为塔基基础施工阶段，一般为 30d。

山西省直流线路平原区单个塔基开挖土方平均堆放面积约为 225m²，堆土高度为 1.5m，坡比为 1:1.5。占用灌木、乔木林地、草地及耕地、园地的铁塔剥离塔基区的表土单独堆放在塔基施工场地内，单个塔基剥离表土平均堆放面积约为 64m²，最大堆土高度约 1.5m，平均堆土高度为 1.2m，坡比为 1:1.5。山丘区单个塔基开挖土方平均堆放面积约为 144m²，最大堆土高度约 1.5m，平均堆土高度为 1.5m，坡比为 1:1.5。塔基区临时堆土容量为 220~350m³，堆置时间为塔基基础施工阶段，一般为 30d。

河南省直流线路山丘区单塔临时堆放基础挖方量平均为 98m³，临时堆放表土量平均为 84m³。塔基基础土方临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为 100m²，土方堆置区域按照 1:2 进行放坡，最大堆土高度约 2.5m，平均堆土高度约 2.0m，可集中堆放土方 104m³，可满足山丘区堆放基础土方要求；塔基表土临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为 100m²，土方堆置区域按照 1:2 进行放坡，最大堆土高度约 2.5m，平均堆土高度约 2.0m，可集中堆放土方 104m³，可满足山丘区塔基表土临时堆土堆存要求。堆置时间为塔基基础施工阶段，一般为 30d，临时堆土设计及责任主体为设计单位和方案编制单位。

河南省直流线路平原区单塔临时堆放基础挖方量平均为 101m³，临时堆放表土量平均为 148m³。塔基基础土方临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为 90m²，土方堆置区域按照 1:1 进行放坡，最大堆土高度约 3.0m，平均堆土高度约 2.5m，可集中堆放土方 127m³，可满足平原区堆放基础土方要求；塔基表土临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为 110m²，土方堆置区域按照 1:1 进行放坡，最大堆土高度约 3.0m，平均堆土高度约 2.5m，可集中堆放土方 165m³，可满足平原区塔基表土临时堆土堆存要求。堆置时间为塔基基础施工阶段，一般为 30d，临时堆土设计及责任主体为设计单位和方案编制单位。直流线路位于河道管理范围内的塔基临时堆土，分散堆放于附近河道管理范围外塔基施工场地内，不采取集中堆放的方式。

河南省接地极线路和迁改线路全部位于平原区，单塔临时堆放基础挖方量平均为18m³，临时堆放表土量平均为85m³。塔基基础土方临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为25m²，土方堆置区域按照1:1进行放坡，最大堆土高度约2.5m，平均堆土高度约2m，可集中堆放土方21m³，可满足平原区堆放基础土方要求；塔基表土临时堆土区位于塔基施工场地，占地面积约为72m²，土方堆置区域按照1:1进行放坡，最大堆土高度约3.5m，平均堆土高度约3.2m，可集中堆放土方86m³，可满足平原区塔基表土临时堆土堆存要求。堆置时间为塔基基础施工阶段，一般为30d。

（2）牵张场

为满足施工放线需要，输电线路沿线需设置牵引场和张力场（本方案统称牵张场），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，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4km～6km设置一处牵张场，±800kV直流线路平均每处牵张场占地面积约为2400m²，接地极线路平均每处牵张场占地面积约为200m²，330kV、500kV迁改线路牵张场每处按1200 m²计列，110kV、220kV迁改线路牵张场每处按400m²计列。

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。各区域四周采用彩条旗或者硬围栏封闭。为方便机械设备和导线的运输与吊装，在牵张场内规划出施工通道，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。

（3）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，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。

根据本工程线路沿线的交通情况，本工程在地形平坦区域布设材料站，材料站占地面积计入牵张场占地，本方案不单独分区计列材料站占地。

本工程输电线路沿线牵张场及材料站作业场地布置情况见下表。

表 2.2-4　线路沿线牵张场布置一览表

序号	沿线所经行政区	牵张场数量（个）			材料站数量（个）			材料站占地（hm^2）			牵张场占地（hm^2）			合计（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	山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
一	±800kV 直流线路工程	151	75	226	7	7	14	1.68	1.68	3.36	36.24	18	54.24	37.92	19.68	57.60
1	陕西省	58		58	5		5	1.2		1.2	13.92		13.92	15.12		15.12
1.1	榆林市	58		58	5		5	1.2		1.2	13.92		13.92	15.12		15.12
	横山区	15		15	1		1	0.24		0.24	3.60		3.6	3.84		3.84
	米脂县	4		4	1		1	0.24		0.24	0.96		0.96	1.20		1.20
	子洲县	12		12	1		1	0.24		0.24	2.88		2.88	3.12		3.12
	绥德县	23		23	1		1	0.24		0.24	5.52		5.52	5.76		5.76
	清涧县	4		4	1		1	0.24		0.24	0.96		0.96	1.20		1.20
2	山西省	84	22	106	2	2	4	0.48	0.48	0.96	20.16	5.28	25.44	20.64	5.76	26.40
2.1	吕梁市	26	12	38	2		2	0.48		0.48	6.24	2.88	9.12	6.72	2.88	9.60
	石楼县	5		5							1.20		1.2	1.20		1.20
	中阳县	12		12	1		1	0.24		0.24	2.88		2.88	3.12		3.12
	交口县	1		1							0.24		0.24	0.24		0.24
	孝义市	5		5	1		1	0.24		0.24	1.20		1.2	1.44		1.44
	汾阳市	3	12	15							0.72	2.88	3.6	0.72	2.88	3.60
2.2	晋中市	6	10	16		1	1		0.24	0.24	1.44	2.4	3.84	1.44	2.64	4.08
	介休市		6	6								1.44	1.44		1.44	1.44
	平遥县	6	4	10		1	1		0.24	0.24	1.44	0.96	2.4	1.44	1.20	2.64
2.3	长治市	52		52		1	1		0.24	0.24	12.48		12.48	12.48	0.24	12.72
	武乡县	8		8		1	1		0.24	0.24	1.92		1.92	1.92	0.24	2.16
	沁县	5		5							1.2		1.2	1.20		1.20
	襄垣县	17		17							4.08		4.08	4.08		4.08
	潞城区	10		10							2.4		2.4	2.40		2.40

序号	沿线所经行政区	牵张场数量（个）			材料站数量（个）			材料站占地（hm^2）			牵张场占地（hm^2）			合计（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	山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
	平顺县	12		12							2.88		2.88	2.88		2.88
3	河南省	9	53	62		5	5		1.2	1.2	2.16	12.72	14.88	2.16	13.92	16.08
3.1	安阳市	7	2	9		1	1		0.24	0.24	1.68	0.48	2.16	1.68	0.72	2.40
	林州市	7	2	9		1	1		0.24	0.24	1.68	0.48	2.16	1.68	0.72	2.40
3.2	新乡市	2	34	36		2	2		0.48	0.48	0.48	8.16	8.64	0.48	8.64	9.12
	卫辉市	2	9	11		1	1		0.24	0.24	0.48	2.16	2.64	0.48	2.40	2.88
	延津县		9	9								2.16	2.16		2.16	2.16
	封丘县		16	16		1	1		0.24	0.24		3.84	3.84		4.08	4.08
3.3	开封市		17	17		2	2		0.48	0.48		4.08	4.08		4.56	4.56
	祥符区		14	14		2	2		0.48	0.48		3.36	3.36		3.84	3.84
	杞县		3	3								0.72	0.72		0.72	0.72
二	接地极线路	22	20	42	1	2	3	0.02	0.04	0.06	0.44	0.4	0.84	0.46	0.44	0.90
1	陕西省	22		22	1		1	0.02		0.02	0.44		0.44	0.46		0.46
1.1	榆林市	22		22	1		1	0.02		0.02	0.44		0.44	0.46		0.46
	横山区	17		17	1		1	0.02		0.02	0.34		0.34	0.36		0.36
	靖边县	5		5							0.10		0.10	0.10		0.10
2	河南省		20	20		2	2		0.04	0.04		0.4	0.4		0.44	0.44
2.1	开封市		16	16		1	1		0.02	0.02		0.32	0.32		0.34	0.34
	杞县		16	16		1	1		0.02	0.02		0.32	0.32		0.34	0.34
2.2	周口市		4	4		1	1		0.02	0.02		0.08	0.08		0.10	0.10
	太康县		4	4		1	1		0.02	0.02		0.08	0.08		0.10	0.10
三	迁改线路	15	5	20							1.56	0.44	1.24	1.56	0.44	2.00
1	陕西省	1		1							0.12			0.12		0.12
1.1	榆林市	1		1							0.12			0.12		0.12

序号	沿线所经行政区	牵张场数量（个）			材料站数量（个）			材料站占地（hm^2）			牵张场占地（hm^2）			合计（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	山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
	子洲县	1		1							0.12			0.12		0.12
2	山西省	14	2	16							1.44	0.08	0.88	1.44	0.08	1.52
2.1	吕梁市	6	2	8							0.64	0.08	0.08	0.64	0.08	0.72
	中阳县	2		2							0.24			0.24		0.24
	孝义市	4		4							0.40			0.40		0.40
	汾阳市		2	2								0.08	0.08		0.08	0.08
2.2	长治市	8		8							0.8		0.8	0.8		0.80
	襄垣县	2		2							0.08		0.08	0.08		0.08
	潞城区	6		6							0.72		0.72	0.72		0.72
3	河南省		3	3								0.36	0.36		0.36	0.36
3.1	新乡市		2	2								0.24	0.24		0.24	0.24
	卫辉市		1	1								0.12	0.12		0.12	0.12
	封丘县		1	1								0.12	0.12		0.12	0.12
3.2	开封市		1	1								0.12	0.12		0.12	0.12
	祥符区		1	1								0.12	0.12		0.12	0.12
四	合计	188	100	288	8	9	17	1.7	1.72	3.42	38.24	18.84	56.32	39.94	20.56	60.5

（4）跨越施工场地

输电线路跨越部分铁路、道路、电力线路等设施需要搭设跨越架。跨越架一般有三种形式：①采用木架或钢管式跨越架；②金属格构式跨越架；③利用铁塔作支撑体，采用封网的方式跨越。通过调查同类输电工程确定特高压直流输电线路平均每处跨越架临时占地面积约 400m^2，交叉跨越角尽量接近 90°，以减少临时占地的面积。

表 2.2-4　　线路工程沿线跨越施工场地布置一览表

序号	沿线所经行政区	跨越场地个数（处）			跨越场地面积（hm^2）		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
一	±800kV 直流线路工程	503	412	915	23.24	17.86	41.10
1	陕西省	161		161	9.82		9.82
1.1	榆林市	161		161	9.82		9.82
	横山区	28		28	1.36		1.36
	米脂县	15		15	0.60		0.60
	子洲县	27		27	1.08		1.08
	绥德县	83		83	3.74		3.74
	清涧县	8		8	3.04		3.04
2	山西省	335	143	478	13.14	6.42	19.56
2.1	吕梁市	143	78	221	5.38	3.18	8.56
	石楼县	23		23	0.16		0.16
	中阳县	54		54	2.34		2.34
	交口县	5		5	0.20		0.20
	孝义市	17		17	0.74		0.74
	汾阳市	44	78	122	1.94	3.18	5.12
2.2	晋中市	57	65	122	2.06	3.24	5.30
	介休市	7	65	72		3.24	3.24
	平遥县	50		50	2.06		2.06
2.3	长治市	135		135	5.7		5.70
	武乡县	19		19	0.88		0.88
	沁县	22		22	0.88		0.88
	襄垣县	47		47	1.94		1.94
	潞城区	38		38	1.64		1.64
	平顺县	9		9	0.36		0.36
3	河南省	7	269	276	0.28	11.44	11.72
3.1	安阳市	5	2	7	0.2	0.08	0.28
	林州市	5	2	7	0.20	0.08	0.28
3.2	新乡市	2	157	159	0.08	6.76	6.84
	卫辉市	2	21	23	0.08	1.14	1.22
	延津县		49	49		2.02	2.02

序号	沿线所经行政区	跨越场地个数（处）			跨越场地面积（hm^2）		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计
	封丘县		87	87		3.60	3.60
3.3	开封市		110	110		4.6	4.60
	祥符区		100	100		4.24	4.24
	杞县		10	10		0.36	0.36
二	接地极线路	85	169	254	3.4	6.76	10.16
1	陕西省	85		85	3.4		3.40
1.1	榆林市	85		85	3.4		3.40
	横山区	76		76	3.04		3.04
	靖边县	9		9	0.36		0.36
2	河南省		169	169		6.76	6.76
2.1	开封市		88	88		3.52	3.52
	杞县		88	88		3.52	3.52
2.2	周口市		81	81		3.24	3.24
	太康县		81	81		3.24	3.24
三	迁改线路	21	1	22	0.84	0.04	0.88
1	山西省	21		21	0.84		0.84
1.1	吕梁市	1		1	0.04		0.04
	汾阳市	1		1	0.04		0.04
1.2	长治市	20		20	0.8		0.8
	襄垣县	12		12	0.48		0.48
	潞城区	8		8	0.32		0.32
2	河南省		1	1		0.04	0.04
2.1	开封市		1	1		0.04	0.04
	祥符区		1	1		0.04	0.04
四	合计	609	582	1191	27.48	24.66	52.14

注：线路跨越不通航河流、输油、油气管道不考虑跨越施工场地。

经统计，本工程共布设牵张场 288 处，占地约 60.5hm^2，布设 1191 处跨越场地，占地约 52.14hm^2。

（3）施工生产生活区

输电线路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。因此本方案不重复计列施工营地占地。

2.2.2. 施工道路

2.2.2.1. 换流站工程、接地极工程施工材料运输

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）送端榆林站

送端榆林站大件运输线路：采用榆林火车站货场出站后公路运输至站址，运输线路全程约 64km，可满足大件运输条件。

2）受端换流站

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。

2.2.2.2. 输电线路工程施工材料运输

输电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。国家电网有限公司根据“六精四化”要求，坚持规范推进、创新发展，积极开展施工技术创新，推动施工装备标准化、系列化、智能化，施工过程中可采用机械化施工技术，提升电网施工装备水平，减少施工人员劳动强度、提高施工安全保障、提高劳动效率、降低工程建设成本。本工程临时运输道路均需要满足机械化设备运输等要求，因此，本工程针对地貌类型山丘区现有道路可利用的情况下，开辟简易施工道路。

本方案施工道路区包括施工简易道路（新修、拓宽道路）、人抬道路和索道三部分。

施工简易道路：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扩建以满足运行要求，扩建宽度一般为 1.5m；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路面宽度一般为 3.0~3.5m，同时考虑了临时排水沟、施工作业带宽度后，施工简易道路宽度为 4.0~4.5m，其中山丘区新修施工道路因挖填形成的边坡约 1~2m 宽（水平投影），在施工过程中对山丘区施工道路边坡采取密目网苫盖进行防护；人抬道路：地形坡度较缓时充分利用部分原有人抬道路，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，道路宽度按照 1.5m 宽度计列；索道：地形坡度较大或植被覆盖度较好的林区采用索道施工，减缓因修施工道路引起的水土流失及树木砍伐。索道运输有单跨单索、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，采取单跨单索往复式索道。索道两侧起点与终点分别为索道起始站和终点站（面积约 150m^2），中间有门架连接（门架面积约 50m^2）。

结合主体设计单位提供资料，本工程新修施工简易道路长度为 384.18km，新修人抬道路长度为 207.82km，山丘区和平原区新修简易道路分别为 288.00km、125.48km，分别占施工简易道路总长度的 74.96%和 25.04%。

输电线路沿线施工道路布设情况见表 2.2-5。

表 2.2-5　线路工程沿线施工道路设置情况一览表

序号	行政区	新建施工道路(km)			拓宽施工道路(km)			人抬施工道路(km)	索道（条）	施工道路占地(hm^2)		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计	山丘区	山丘区	山丘区	平原区	合计
一	±800kV 直流线路工程	237.55	88.58	296.83	198.48	52.62	300.81	176.87	36	158.14	43.84	201.98
1	陕西省	45.90		45.90	49.29		61.40	51.48		33.71		33.71
1.1	榆林市	45.90		45.90	49.29		61.40	51.48		33.71		33.71
	横山区	23.10		23.10	19.24		15.00	9.77		13.71		13.71
	米脂县	4.20		4.20	4.00		9.00	1.60		2.54		2.54
	子洲县	8.00		8.00	13.25		4.80	7.95		6.42		6.42
	绥德县	9.50		9.50	10.60		28.20	22.26		8.78		8.78
	清涧县	1.10		1.10	2.20		4.40	9.90		2.26		2.26
2	山西省	176.25	21.28	168.23	149.19	11.62	198.41	125.39	23	117.67	10.25	127.92
2.1	吕梁市	74.69	10.50	55.89	10.28	7.00	54.88	28.00		36.43	5.25	41.68
	石楼县	9.60		8.60	3.10		10.80	4.10		4.97		4.97
	中阳县	35.20		19.00	3.50		23.80	12.60		16.67		16.67
	交口县	5.00		2.20	0.10		2.70	1.70		2.30		2.30
	孝义市	15.30		6.00	0.50		7.50	5.20		7.05		7.05
	汾阳市	9.59	10.50	20.09	3.08	7.00	10.08	4.40		5.44	5.25	10.69
2.2	晋中市	12.41	10.78	23.19	13.44	4.62	18.06			7.60	5.00	12.60
	介休市		7.01	7.01		3.00	3.00				3.25	3.25
	平遥县	12.41	3.77	16.18	13.44	1.62	15.06			7.60	1.75	9.35
2.3	长治市	89.15		89.15	125.47		125.47	97.39	23	73.64		73.64
	武乡县	16.97		16.97	17.92		17.92	15.76		13.00		13.00
	沁县	12.00		12.00	12.99		12.99	11.42		9.06		9.06
	襄垣县	25.33		25.33	51.94		51.94	5.18		19.97		19.97

序号	行政区	新建施工道路(km)			拓宽施工道路(km)			人抬施工道路(km)	索道（条）	施工道路占地(hm^2)		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计	山丘区	山丘区	山丘区	平原区	合计
	潞城区	12.02		12.02	22.77		22.77	5.26		9.61		9.61
	平顺县	22.83		22.83	19.85		19.85	59.77	23	22.00		22.00
3	河南省	15.40	67.30	82.70		41.00	41.00		13	6.76	33.59	40.35
3.1	安阳市	12.00	2.30	14.30					10	5.26	1.32	6.58
	林州市	12.00	2.30	14.30					10	5.26	1.32	6.58
3.2	新乡市	3.40	47.00	50.40		25.00	25.00		3	1.50	22.67	24.17
	卫辉市	3.40	18.00	21.40					3	1.50	7.32	8.82
	延津县		12.00	12.00		10.00	10.00				6.30	6.30
	封丘县		17.00	17.00		15.00	15.00				9.05	9.05
3.3	开封市		18.00	18.00		16.00	16.00				9.60	9.60
	祥符区		16.00	16.00		14.00	14.00				8.50	8.50
	杞县		2.00	2.00		2.00	2.00				1.10	1.10
二	接地极线路	36.72	35.00	71.72	42.20	32.00	74.20	30.95		25.85	20.55	46.40
1	陕西省	36.72		36.72	42.20		42.20	30.95		25.85		25.85
1.1	榆林市	36.72		36.72	42.20		42.20	30.95		25.85		25.85
	横山区	34.48		34.48	39.40		39.40	29.55		24.31		24.31
	靖边县	2.24		2.24	2.80		2.80	1.40		1.54		1.54
2	河南省		35.00	35.00		32.00	32.00				20.55	20.55
2.1	开封市		20.00	20.00		18.00	18.00				11.70	11.70
	杞县		20.00	20.00		18.00	18.00				11.70	11.70
2.2	周口市		15.00	15.00		14.00	14.00				8.85	8.85
	太康县		15.00	15.00		14.00	14.00				8.85	8.85
三	迁改线路	13.73	1.90	15.63	4.57	0.70	5.27			6.66	0.87	7.53

序号	行政区	新建施工道路(km)			拓宽施工道路(km)			人抬施工道路(km)	索道（条）	施工道路占地(hm^2)		
		山丘区	平原区	合计	山丘区	平原区	合计	山丘区	山丘区	山丘区	平原区	合计
1	陕西省	1.70		1.70						0.69		0.69
1.1	榆林市	1.70		1.70						0.69		0.69
	子洲县	1.70		1.70						0.69		0.69
2	山西省	12.03		12.03	4.57		4.57			5.97		5.97
2.1	吕梁市	3.00		3.00						1.22		1.22
	中阳县	1.20		1.20						0.49		0.49
	孝义市	1.80		1.80						0.73		0.73
2.2	长治市	9.03		9.03	4.57		4.57			4.75		4.75
	襄垣县	2.59		2.59	1.53		1.53			1.40		1.40
	潞城区	6.44		6.44	3.04		3.04			3.35		3.35
3	河南省		1.90	1.90		0.70	0.70				0.87	0.87
3.1	新乡市		1.30	1.30		0.40	0.40				0.58	0.58
	卫辉市		0.50	0.50							0.20	0.20
	封丘县		0.80	0.80		0.40	0.40				0.38	0.38
3.2	开封市		0.60	0.60		0.30	0.30				0.29	0.29
	祥符区		0.60	0.60		0.30	0.30				0.29	0.29
四	合计	288.00	125.48	384.18	245.25	85.32	380.28	207.82	36	190.65	65.26	255.91

2.2.2.3. 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。

2.2.2.4. 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订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. 施工用水用电

（1）换流站工程、接地极工程

送端榆林站：施工用水考虑永临结合，利用提前施工的站用水源，站用水源如在开工前未具备通水条件，考虑水车运水。站用水源如在开工前未具备通水条件，由于前期施工用水量不大，考虑水车运水。施工电源从站区的 110kV 鱼庄线 T 接，新建架空线路长度约 200m，新建单回路耐张塔 1 基。换流站施工道路和进站道路采取永临结合的方式，同时充分利用站外已有道路进行施工运输。施工通讯拟采用无线电通讯方式。

受端换流站：施工用水考虑来自站址附近杞县第九水厂供水管网引接，引接长度 3.40km，其中 3.10km 管线路径与站用水源引接管道重叠，采用永临结合的方式，按照站用水源管道标准建设施工用水引接管道。施工电源由 110kV 雍丘变引接 10kV 线路，采用架空线路的方式长度 6.10km，在换流站附近采用电缆的方式，长度 0.53km。换流站施工道路和进站道路采取永临结合的方式，同时充分利用站外已有道路进行施工运输。施工通讯拟采用无线电通讯方式。

送端接地极：施工用水取自附近村庄，电源由杨桥畔 110kV 变电站引接一路采用 10kV 专线，路径长度约 22km。新建检修道路长度 50m。施工通讯拟采用无线电通讯方式。

受端接地极：施工用水取自附近村庄，从接地极附近的35kV王湾变电站引接一回10kV架空线路至接地极极址内，长度5.50km。施工道路采用永临结合的方式，利用检修道路从东侧乡道引接，采用混凝土路面，宽度4m，转弯半径9m，长度共计12m。施工通讯拟采用无线电通讯方式。

（2）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. 临时堆土场

表2.2-6　临时堆土场布置情况一览表

序号	名称	位置	面积（m^2）	堆土量（m^3）	堆土高度（m）	坡比	级别	堆存时间
1	送端榆林站站内临时堆土场A	送端站站内直流场西侧	18000	72000	5	1:1.75	5	2027.3-2027.10
2	送端榆林站站内临时堆土场B	送端站站内直流场东侧	6000	6400	1.5	1:1	5	2027.3-2027.10
3	受端换流站站内临时堆土场	受端站站内直流场区级桥抗区	32300	71000	3	1:1.5	5	2026.10-2027.10
4	受端换流站站外临时堆土场	受端站站外	30000	83800	3.5	1:2	5	2026.10-2028.5

（1）送端榆林站

为保证基础开挖的一般土方尽量在站区围墙内进行倒运，统筹各区域尽可能同步开展基槽开挖、回填，实现土方快速消纳，在基槽开挖的两侧，灵活设置土方倒运场地，可临时堆放土方约1.81万m^3。此外，综合考虑工程建设及投运的关键路径，将直流场作为站内基槽余土集中堆放场地。在考虑安全因素后，合理规避直流场消防管沟及距环路10m安全距离的情况下，共在直流场设置2.40hm^2的基槽余土集中堆放场地，其中站内临时堆土场A位于直流场西侧挖方区，堆土面积约1.8hm^2，临时堆土平均堆高5m，

坡比为 1:1.75，规划容量约 7.2 万 m^3，堆存时间为 2027 年 3 月~2027 年 10 月；站内临时堆土场 B 位于直流场东侧填方区，堆土面积约 0.6hm^2，临时堆土平均堆高 1.5m，坡比为 1:1，规划容量约 0.64 万 m^3，堆存时间为 2027 年 3 月~2027 年 10 月；站区围墙内临时堆土区共可堆放土方 7.84 万 m^3，用于站区的一般土方周转。不在站外另设一般土方转运区。

送端榆林站站内临时堆土场稳定性分析如下:

本工程站内临时堆土场 A 参照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）中弃渣场的相关规定，弃渣场级别根据堆渣量、堆渣总高度和渣场失事后对主体工程及环境造成的危害程度、周边环境状况和后期利用方向等因素确定为 5 级。

本工程站内临时堆土场 A 为平地型堆土区，站内临时堆土场 A 稳定性分析包括弃渣场整体稳定性分析、堆渣体边坡稳定性分析。

根据收集资料、现场调查、勘测成果，堆土区下部均不存在软弱夹层。堆土区根据土石方平衡成果，确定堆土区成分为均质堆体。堆土区均不会发生整体滑动，按设计坡比进行堆体边坡稳定性分析。临时堆土区场地地震基本烈度为VI度，不考虑地震工况；考虑降雨的土体饱和工况为暴雨工况。稳定计算的计算工况分为正常工况、非正常工况 2 种情况，非正常工况为暴雨工况。

①计算假定

堆土区土料均为混合料，假定土料单一均匀，土体无渗流为正常工况，饱和为非正常工况。计算断面分别选择最不利的堆土剖面。

②计算公式

本次分析中使用的软件是理正岩土 6.5，根据《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）表 10.5.6 规定：在采用瑞典条分法计算时，正常工况下 5 级弃渣场边坡稳定安全系数取 1.15，非正常工况下 5 级弃渣场边坡稳定安全系数均取 1.05。

表 2.2-7 送端榆林站站内临时堆土区堆体参数取值表

地震等级	堆土区名称	坡比	工况	岩土材料	容重（kN/m^3）	黏聚力（kPa）	内摩擦角 φ_{ef}（度）
VI度	站内堆土区	1:1.75（堆土区 A） 1:1.00（堆土区 B）	正常工况	填土	15.0	3.5	22.0
				场地原土	16.5	10.0	26.0
			非正常工况	填土	16.5	3.0	20.5
				场地原土	18.0	4.0	22.0

表 2.2-8　送端榆林站站内临时堆土区边坡稳定分析表

名称	剖面位置	工况	计算安全系数	规范要求安全系数	边坡稳定性
站内堆土区 A	1-1 剖面	正常工况	1.235	1.15	稳定
		非正常工况	1.100	1.05	稳定
站内堆土区 B	2-2 剖面	正常工况	2.108	1.15	稳定
		非正常工况	1.945	1.05	稳定

计算结论：通过选取的典型站内临时堆土区断面，堆土体边坡抗滑稳定安全系数均大于规范要求值，站内临时堆土区堆土体边坡抗滑稳定满足规范要求。

通过上述计算可以看出，主体设计的坡比可以满足站内堆土区稳定的需求。送端榆林站站内临时堆土区 A、临时堆土区 B 稳定。

（2）受端换流站

受端换流站东侧设置 1 处临时堆场，占地面积为 3hm^2，堆高 3.50m，坡比为 1:2，规划容量约 8.38 万 m^3，能够容纳受端换流站站区、进站道路区和施工生产生活区剥离的表土和站内土方临时倒运。

此外，在站区围墙内根据施工需求设置站内临时堆土场，用于外购土方的临时倒运及施工期站内基槽余土堆放，布设位置为直流场区和桥抗区，占地面积 3.23hm^2，临时堆土平均堆高 3m，坡比为 1:1.5，规划容量约 7.10 万 m^3，堆存时间为 2026 年 10 月~2027 年 10 月。

受端换流站站内临时堆土场稳定性分析如下：

受端换流站站内临时堆土区场地地震基本烈度为Ⅶ度，考虑地震工况；考虑降雨的土体饱和工况为暴雨工况。稳定计算的计算工况分为正常工况、非正常工况 2 种情况，非正常工况分为地震工况、暴雨工况 2 种情况。计算剖面选取最不利的剖面进行堆土区稳定性分析。

①计算假定

堆土区土料均为混合料，假定土料单一均匀，土体无渗流为正常工况，饱和为非正常工况 1、地震工况为非正常工况 2，岩土体参数取值见表 2.2-9。

表 2.2-9　受端换流站站内临时堆土区堆体参数取值表

地震等级	工况	岩土材料	容重（kN/m^3）	黏聚力（kPa）	内摩擦角 ϕef（度）
Ⅶ度	正常工况	填土	18.5	5.0	20.0
		粉土	18.0	10.0	20.0
	非正常工况 1	填土	19.0	4.0	18.0

		粉土	18.5	8.0	18.0
	非正常工况 2	填土	18.5	5.0	20.0
		粉土	18.0	10.0	20.0

②计算结果

本次分析中使用的软件是理正岩土 6.5，采用圆弧滑动面，依据《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013），采用简化 Bishop 法进行计算，符合规范规定。

表 2.2-10　受端换流站站内临时堆土区边坡稳定分析表

名称	剖面位置	坡比	工况	计算安全系数	规范要求安全系数	边坡稳定性
站内堆土区	1-1’剖面	1:1.5	正常工况	1.764	1.15	稳定
			非正常工况 1	1.483	1.05	稳定
			非正常工况 2	1.656	1.05	稳定

计算结论：通过选取的典型站内临时堆土区断面，堆土体边坡抗滑稳定安全系数均大于规范要求值，站内临时堆土区堆土体边坡抗滑稳定满足规范要求。

通过上述计算可以看出，主体设计的 1:1.5 的边坡比可以满足站内堆土区稳定的需求。

2.2.5. 施工工艺与方法

2.2.5.1. 换流站工程

本工程在施工过程中采用机械施工和人工施工相结合的方法，具体见表 2.2-11。

表 2.2-11　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地施工，科学合理地利用人力、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	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。对挖填方较为集中的区域，单独进行施工组织大纲编制，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。 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。其中送端榆林站西侧挖方区采用天然地基，东侧填方区采用灌注桩基础，填方区场地采用强夯预处理，灌注桩基础大多采用干成孔工艺，部分不能干成孔的采用旋挖成孔泥浆护壁施工工艺，其中采用泥浆护壁的桩基础在施工过程中需设置泥浆沉淀池，考虑采用移动泥浆池和现挖泥浆沉淀池相结合的方式。 清基及表土剥离：考虑送端榆林站占用草地，表层土中含植物根系，场地平整前应先清理去除根茎等，并对表层土进行过筛。清理完毕后，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，堆放过程中需对土方进行拍实，周边设置植生袋进行挡护，并设密目网苫盖。施工结束后，进行表土回覆。进站道路挖方余方 13.15 万 m^3 调运到站区进行站区场地平整。本工程受端换流站主体设计在充分考虑站区、进站道路区设计标高后，采用土方外借的方式对站区和进站道路进行达到设计标高。在场平前对站区、进站道路部分区域进行清表，站区、进站道路区和施工生产生活区剥离的表土 8.38 万 m^3 临时堆放在临时堆土区，施工结束后临时堆土区用于后期耕地恢复覆土。受端换流站挖方 33.07 万 m^3，填方 52.45 万 m^3，区间调入利用量 1.73 万 m^3，调出利用量 1.73 万 m^3，外借土方 19.38 万 m^3。 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，整个场地按设计进行填方平整。由于填土较深，为保证质量，回填土的含水率应严格控制，防止形成橡皮土；如土质过干，应洒水湿润再压实。回填土最佳含水率（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。 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。
3	建（构）筑物	采用人工开挖基槽，钢模板浇筑钢筋混凝土。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

序号	施工场所	施工工艺、方法
		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	排水管线、管沟	管线施工采用机械与人工相结合的方法；一般情况下要求对作业带上的附着物进行清除，表层土用推土机清基，管沟采用单斗挖掘机开挖，挖至距设计高程 0.3m～0.5m 时改用人工施工继续下挖，直至设计高程并清理槽底；管线采用汽车运输，地面焊接后，用吊车整体吊放在管沟内；管道铺设完毕，回填分层压实，管顶以上 1m 内用蛙式打夯机夯实。为方便管线的施工，在管线一侧设置临时堆土区，另一侧设置临时堆料场区；施工过程中需在临时堆料区外侧设置施工道路（宽 3m），临时堆土采用分层堆放，表层土堆放在下方，土石方堆放在上方，上方采用密目网进行苫盖，预防水土流失的发生。 在穿越高速公路、河流干渠时采用顶管的穿越方式，顶管施工是通过顶进系统推动混凝土管向端部的掘进提供推力，端部掘进采用机械动力驱动刀盘旋转，通过控制掘进速度和排碴量达到同地层压力动态平衡的一种顶进施工方法。顶管穿越施工设备主要包括液压千斤顶、挖掘机、顶铁及运土设备等。施工前开挖始发井，将设备安装就位。施工时在公路的一侧选定一处施工场地，挖槽布置设备，用千斤顶顶推钢筋混凝土套管，并从管内挖出弃土，在另一侧开挖发送沟，并进行顶管设备组装焊接。本工程在穿越地两侧布设施工场地，每处占地 600m^2，始发井长 6m，宽 6m，深 6.50m；接收井长 6m，宽 6m，深 6.50m。
6	站内外道路	站内外道路可永临结合，土建施工期间宜暂铺泥结砾石面层，待土建施工、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。

2.2.5.2. 接地极工程

本工程共建设两处接地极工程，均采用浅埋型接地极方案，施工工艺具体如下。

表 2.2-12　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(约 0.3m)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，拆除找正木卡。
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层土壤，以利于完工后植被恢复。

2.2.5.3. 输电线路工程

线路工程施工方法和工艺包括塔基施工、铁塔组装、架线工程、交叉跨越施工、迁改线路自立式塔拆除施工等 5 部分。

表 2.2-13　线路工程主要施工工艺、方法

序号	施工步骤	施工工艺、方法
1	塔基施工	1）基坑开挖 一一般基坑开挖：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。 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基塔基断面；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。 大跨越施工：大跨越塔基基础均为挖孔基础，挖孔基础属于柔性基础，位于陡坡地形及狭窄的山脊的塔位，可采用挖孔基础，利用其基础露出高度较大的特点来满足塔位地形的要求。施工场地考虑塔基永久占地部分后，大跨越耐张塔塔基施工场地约为 2097~2506㎡，施工场地可满足塔基施工。 2）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 时设置溜管、斜槽或串筒倾倒，以防离析。混凝土分层浇筑和捣固，每层厚度为 20cm，留有振捣窗口的地方在振捣后及时封严。 3）山丘区塔基施工 本工程山丘区输电线路工程共建设塔基 1318 基（含直流线路、接地极线路及迁改线路塔基），占比 68.35%。山丘区塔基所在微地貌主要有缓坡型和陡坡型。针对山丘区塔基，要结合现场实际情况，选取适宜的基础施工方式，对于土质较好的地带采用挖孔桩基础，以减小开挖量、混凝土量和钢筋使用量，节省模板等；对于地形较复杂、高差较大的地带采用与实际地形相匹配的铁塔长短腿和高低基础，减少对原地貌的破坏，降低土方开挖量。山丘区塔基施工作业存在的主要水土流失危害为溜坡溜渣，针对溜坡溜渣，基本防护措施为“上清下护”，清走基础上侧的石块石渣，做好基础下侧的拦挡防护，并在大风、暴雨前后严禁施工，合理安排施工工序，对有挡渣墙的塔基，基础开挖工序为“先山下侧，后山上侧”，先在山下侧建设挡渣墙，后进行基础土方开挖，开挖土方堆砌在挡渣墙内侧，形成施工平台，确保基础回填有土，搭设施工平台方便，保护周边环境。 4）平原区塔基施工 本工程平原区输电线路工程共建设塔基 612 基（含直流线路、接地极线路及迁改线路塔基），占全线塔基比 31.65%。平原区塔基所在微地貌全部为平地型。平原区塔基主要采取灌注桩基础和挖孔桩基础等，以减小开挖量、混凝土量和钢筋使用量，节省模板等；平原区塔基水土流失危害相对较轻，主要需注意施工过程中产生的碎石、碎渣应采取彩条布铺垫，施工结束后及时清理，防止施工结束后对植被恢复、耕地恢复产生不良影响。 5）河道管理范围内塔基施工 本工程位于黄河河道管理范围内及其他河道管理范围的塔基，均采用灌注桩基础。灌注桩基础施工时，严格按照施工设计进行现场布置，做到少占耕地、少砍伐树木，最大限度的预防水土流失；钻孔采用旋挖钻机成孔，泥浆护壁，水下混凝土灌注工艺，混凝土采用机械拌制。施工过程中产生的临时堆土，就近堆土于附近非河道管理范围内的塔基区临时占地；施工完成后产生于的余土，经原地晾晒干燥后，运往附近非河道管理范围塔基区永久占地内处置。 6）不良地质区采取的防治措施 本工程输电线路在襄垣县下良镇，穿越襄矿上良煤业采空区和襄矿石板沟煤业采空区的不良地质区，共涉及 32 基塔，其中单极塔 27 基。针对不良地质情况，将该段线路拆分为荷载较小的单极塔分开走线，并采取以下防治措施： （1）对于采厚比较大的塔位基础采用板式基础+加长地脚螺栓（采厚比 150 以上 200 以下），杆塔采用单极塔。 （2）对于采厚比较小的塔位基础采用板式基础+防护大板+加长地脚螺栓（采厚比 150 以下），杆塔采用单极塔。 （3）为减少开方减少土方开挖，减少基础材料量，防护大板采用中空大板，基础采用半挖半填来配置，对不稳定的边坡采取护坡措施。
2	铁塔组装	工程铁塔安装施工采用分解组塔的施工方法。在实际施工过程中，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。利用支立抱杆，吊装铁塔构件，抱杆通过牵引绳的连接拉动，随铁

		塔高度的增高而上升，各个构件顶端和底部支脚采用螺栓连接。
3	架线工程	线路架线采用张力架线方法施工，不同地形采取不同的放线方法，目前多采用无人机架线，施工人员可充分利用施工道路等场地进行操作，不需新增占地，在线路穿越林地、山区和江河跨越段，可免除或减少砍伐放线通道和封江断航等代价高昂的作业。施工方法依次为：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。无人机放线一般是在机身下悬挂一平衡重物，导引绳连接其上，在地面展放机械的配合下牵引飞过塔位。由塔上人员配合或机上操作人员借助导杆将导引绳放入牵引滑车槽内，再用导引绳牵牵引绳，通过相与相间渡绳等操作， 最后用牵引绳牵放导线。
4	交叉跨越施工	跨越架一般有三种形式：a.采用木架或钢管式跨越架；b.金属格构式跨越架；c.利用铁塔作支承体跨越。跨越架交叉跨越角尽量接近 90°，以减少临时占地的面积。 1）跨越架搭设：立杆—小横杆—大横杆—剪刀撑，搭设应横平竖直。2）跨越放线施工：跨越架、封网等搭设完毕，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，使用跨越塔代替跨越架作为支撑。3）拆除跨越架：跨越架拆除顺序是由上而下，后绑者先拆，先绑者后拆。
5	迁改线路自立式塔拆除施工	迁改线路涉及铁塔拆除，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，⌀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⌀13 的钢丝绳打两根临时拉线，用导链收紧两根临时拉线，以控制铁塔的倾倒方向。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。
6	山丘区施工道路施工	山丘区施工道路施工存在的主要水土流失危害为溜坡溜渣，针对山丘区路基土石方开挖期间因施工条件复杂、坡面较陡、坡面高度较高而导致溜坡、溜渣的情况，在施工前对山丘区施工道路进行表土剥离，将剥离的表土全部装入植生袋中，对山丘区施工道路边坡进行植生袋装土拦挡。同时沿坡脚设置土质排水沟，以防止坡面雨水冲刷及确保坡脚过往行人、车辆安全。施工结束后对该段坡面进行表土覆盖并进行土地整治、撒播种草，对占用林地的部分进行穴状整地、栽植乔、灌木恢复林地，并安排专人养护，定期洒水，确保植被恢复。 山丘区施工道路主要施工工艺： 1）掌握主线地形、地貌的详细资料，应尽量减少对农田和环境的污染和破坏。 2）测量定位：根据测量控制点，利用全站仪定出施工道路边线，并用水准仪控制道路高程。 3）施工方案 ①先剥离表土，然后在施工道路外侧开挖边沟，并进行原地表填土前碾压。 ②根据施工道路高程分层填筑，填料控制每层填筑松铺层厚度不大于 30cm，每层碾压完毕，检测压实度，不低于同层位路基设计要求压实度。 ③施工道路的爬坡道应设在原地面高程较高处，根据地形的变化可以调整设置施工简易道路的走向，在尽量靠近主线的前提下，保证施工道路坡度不大于 15 度，道路路基以半挖半填为主，边坡坡比控制在 1:1.5~1:1.75，对于道路开辟过程中形成的边坡采用植生袋装土拦挡，防止顺坡溜渣的情况发生。

2.3. 工程占地

本工程占地包括永久占地和临时占地，占地类型按照《土地利用现状分类标准》（GB/T 21010-2017）二级类别划分，本工程土地类型划分为旱地、水浇地、乔木林地、灌木林地、果园、其他园地、其他草地、公用设施用地、沙地、农村道路等类型。

本工程总占地面积为 738.69hm^2，永久占地 125.18hm^2，临时占地 613.51hm^2。占地类型中旱地 163.18hm^2，水浇地 196.36hm^2，乔木林地 119.27hm^2，灌木林地 99.88hm^2，果园 39.10hm^2，其他园地 29.59hm^2，其他草地 88.50hm^2，公用设施用地 0.03hm^2，沙地 1.62hm^2，农村道路 1.16hm^2。

本工程占地面积统计见表 2.3-1 ~ 表 2.3-7。

表 2.3-1　本工程占地面积汇总表（按行政区）　（单位：hm^2）

序号	所经行政区	按占地类型										按地形、地貌分类面积		占地性质		合计
		旱地	水浇地	乔木林地	灌木林地	果园	其他园地	其他草地	公用设施用地	沙地	农村道路	山丘区	平原区	永久	临时	
1	陕西省	84.36		0.81	17.20	37.62		80.92		1.62		222.53		58.07	164.46	222.53
1.1	榆林市	84.36		0.81	17.20	37.62		80.92		1.62		222.53		58.07	164.46	222.53
2	山西省	76.93		106.85	67.44	1.48	29.59	7.35				249.63	40.01	29.48	260.16	289.64
2.1	吕梁市	27.05		36.94	9.99	1.48	28.00					80.46	23.00	11.38	92.08	103.46
2.2	晋中市	18.65		10.32	8.24							20.44	16.77	4.04	33.17	37.21
2.3	长治市	31.23		59.59	49.21		1.59	7.35				148.73	0.24	14.06	134.91	148.97
3	河南省	1.89	196.36	11.61	15.24			0.23	0.03		1.16	23.93	202.59	37.63	188.89	226.52
3.1	安阳市	1.89	2.50	4.65	11.22							16.46	3.80	3.46	16.80	20.26
3.2	新乡市		61.23	4.53	4.02							7.47	62.31	7.63	62.15	69.78
3.3	开封市		111.13	2.43				0.23	0.03		0.33		114.15	26.08	88.07	114.15
3.4	周口市		21.50								0.83		22.33	0.46	21.87	22.33
4	合计	163.18	196.36	119.27	99.88	39.10	29.59	88.50	0.03	1.62	1.16	496.09	242.60	125.18	613.51	738.69

表 2.3-2　换流站工程占地面积统计表　　（单位：hm^2）

序号	所经行政区	按占地类型										按地形、地貌分类面积		合计
		旱地	水浇地	乔木林地	灌木林地	果园	其他园地	其他草地	公用设施用地	沙地	农村道路	山丘区	平原区	
1	陕西省							63.36				63.36		63.36
1.1	榆林市							63.36				63.36		63.36
1.1.1	送端榆林站工程							63.36				63.36		63.36
永久占地	站区							39.16				39.16		39.16
	进站道路区							6.40				6.40		6.40
	供排水工程区							0.35				0.35		0.35
	站外电源设施区							0.05				0.05		0.05
	专项设施迁改区							0.04				0.04		0.04
	小计							46				46		46
临时占地	进站道路区							0.68				0.68		0.68
	施工生产生活区							11.46				11.46		11.46
	站外电源设施区							1.46				1.46		1.46
	供排水工程区							3.22				3.22		3.22
	专项设施迁改区							0.54				0.54		0.54
	小计							17.36				17.36		17.36
2	河南省		62.17					0.23	0.03		0.33		62.76	62.76
2.1	开封市		62.17					0.23	0.03		0.33		62.76	62.76
2.1.1	受端换流站工程		62.17					0.23	0.03		0.33		62.76	62.76
永久占地	站区		19.71										19.71	19.71
	进站道路区		2.26										2.26	2.26
	站外电源设施区		0.14					0.01	0.03				0.18	0.18
	专项设施迁改区		0.01										0.01	0.01
	小计		22.12					0.01	0.03				22.16	22.16
临时占地	施工生产生活区		7.00										7.00	7.00
	站外临时堆土区		3.00										3.00	3.00
	站外电源设施区		3.03					0.22					3.25	3.25
	供排水工程区		26.76								0.33		27.09	27.09
	专项设施迁改区		0.26										0.26	0.26
	小计		40.05					0.22			0.33		40.60	40.60
换流站合计			62.17					63.59	0.03		0.33	63.36	62.76	126.12

表 2.3-3　　接地极工程占地面积统计表　　（单位：hm^2）

序号	所经行政区	按占地类型										按地形、地貌分类面积		合计
		旱地	水浇地	乔木林地	灌木林地	果园	其他园地	其他草地	公用设施用地	沙地	农村道路	山丘区	平原区	
1	陕西省				10.26			16.70				26.96		26.96
1.1	榆林市				10.26			16.70				26.96		26.96
1.1.1	送端接地极				10.26			16.70				26.96		26.96
永久占地	汇流装置区							0.09				0.09		0.09
	电极电缆区				0.05			0.07				0.12		0.12
	检修道路区							0.02				0.02		0.02
	外接电源工程区							0.09				0.09		0.09
	小计				0.05			0.27				0.32		0.32
临时占地	电极电缆区				10.21			15.31				25.52		25.52
	外接电源工程区							1.12				1.12		1.12
	小计				10.21			16.43				26.64		26.64
2	河南省		7.68								0.83		8.51	8.51
2.1	周口市		7.68								0.83		8.51	8.51
2.1.1	受端接地极		7.68								0.83		8.51	8.51
永久占地	汇流装置区		0.08										0.08	0.08
	电极电缆区		0.01										0.01	0.01
	检修道路区		0.01										0.01	0.01
	外接电源工程区		0.02										0.02	0.02
	小计		0.12										0.12	0.12
临时占地	电极电缆区		7.51								0.82		8.33	8.33
	外接电源工程区		0.05								0.01		0.06	0.06
	小计		7.56								0.83		8.39	8.39
接地极合计			7.68		10.26			16.70			0.83	26.96	8.51	35.47

表 2.3-4　　线路工程占地面积统计表　　（单位：hm^2）

项目		占地类型										按地形、地貌		合计
		旱地	水浇地	乔木林地	灌木林地	果园	其他园地	其他草地	公用设施用地	沙地	农村道路	山丘区	平原区	
1	陕西省	84.36		0.81	6.94	37.62		0.86		1.62		132.21		132.21
永久占地	塔基区	7.46		0.1	0.59	3.41		0.06		0.13		11.75		11.75
临时占地	塔基施工场地区	19.39		0.3	1.79	9.52		0.09		0.2		31.29		31.29
	牵张场区	10.97		0.13	0.48	4.12						15.7		15.7
	跨越施工场地	5.42			1.08	6.29		0.32		0.11		13.22		13.22
	施工道路区	41.12		0.28	3	14.28		0.39		1.18		60.25		60.25
	临时占地小计	76.9		0.71	6.35	34.21		0.8		1.49		120.46		120.46
2	山西省	76.93		106.85	67.44	1.48	29.59	7.35				249.63	40.01	289.64
永久占地	塔基区	8.08		10.63	6.57	0.2	3.31	0.69				24.92	4.56	29.48
临时占地	塔基施工场地区	22.06		28.51	16.56	0.53	8.59	1.7				65.01	12.94	77.95
	牵张场区	8.28		8.62	7.24		2.99	0.79				22.08	5.84	27.92
	跨越施工场地	8.9		5.34	3.19		2.52	0.45				13.98	6.42	20.4
	施工道路区	29.61		53.75	33.88	0.75	12.18	3.72				123.64	10.25	133.89
	临时占地小计	68.85		96.22	60.87	1.28	26.28	6.66				224.71	35.45	260.16
3	河南省	1.89	126.51	11.61	15.24							23.93	131.32	155.25
永久占地	塔基区	0.28	10.18	1.94	2.95							4.65	10.7	15.35
临时占地	塔基施工场地区	0.7	31.32	4.46	6.25							10.08	32.65	42.73
	牵张场区	0.24	14.24	1.01	1.39							2.16	14.72	16.88
	跨越施工场地	0.04	17.62	0.7	0.16							0.28	18.24	18.52
	施工道路区	0.63	53.15	3.5	4.49							6.76	55.01	61.77
	临时占地小计	1.61	116.33	9.67	12.29							19.28	120.62	139.9
合计		163.18	126.51	119.27	89.62	39.10	29.59	8.21		1.62		405.77	171.33	577.10

表 2.3-5　　±800kV 直流线路占地面积统计表　　（单位：hm^2）

项目		占地类型										按地形、地貌		合计
		旱地	水浇地	乔木林地	灌木林地	果园	其他园地	其他草地	公用设施用地	沙地	农村道路	山丘区	平原区	
1	陕西省	59.23		0.81	5.04	30.29		0.21				95.58		95.58
永久占地	塔基区	6.04		0.10	0.48	2.99						9.61		9.61
临时占地	塔基施工场地区	16.79		0.30	1.44	8.79						27.32		27.32
	牵张场区	10.46		0.13	0.48	4.05						15.12		15.12
	跨越施工场地	3.00			1.08	5.53		0.21				9.82		9.82
	施工道路区	22.94		0.28	1.56	8.93						33.71		33.71
	临时占地小计	53.19		0.71	4.56	27.30		0.21				85.97		85.97
2	山西省	72.93		103.43	61.91	1.48	29.59	7.35				236.92	39.77	276.69
永久占地	塔基区	7.87		10.32	6.24	0.20	3.31	0.69				24.12	4.51	28.63
临时占地	塔基施工场地区	21.04		26.77	15.55	0.53	8.59	1.70				61.35	12.83	74.18
	牵张场区	8.05		7.98	6.59		2.99	0.79				20.64	5.76	26.40
	跨越施工场地	8.42		5.34	2.83		2.52	0.45				13.14	6.42	19.56
	施工道路区	27.55		53.02	30.70	0.75	12.18	3.72				117.67	10.25	127.92
	临时占地小计	65.06		93.11	55.67	1.28	26.28	6.66				212.80	35.26	248.06
3	河南省	1.89	88.53	11.61	15.24							23.93	93.34	117.27
永久占地	塔基区	0.28	8.38	1.94	2.95							4.65	8.90	13.55
临时占地	塔基施工场地区	0.70	24.16	4.46	6.25							10.08	25.49	35.57
	牵张场区	0.24	13.44	1.01	1.39							2.16	13.92	16.08
	跨越施工场地	0.04	10.82	0.70	0.16							0.28	11.44	11.72
	施工道路区	0.63	31.73	3.50	4.49							6.76	33.59	40.35
	临时占地小计	1.61	80.15	9.67	12.29							19.28	84.44	103.72
合计		134.05	88.53	115.85	82.19	31.77	29.59	7.56				356.43	133.11	489.54

表 2.3-6　　接地极线路占地面积统计表　　（单位：hm^2）

项目		占地类型										按地形、地貌		合计
		旱地	水浇地	乔木林地	灌木林地	果园	其他园地	其他草地	公用设施用地	沙地	农村道路	山丘区	平原区	
1	陕西省	24.29			1.6	7.33		0.65		1.62		35.49		35.49
永久占地	塔基区	1.42			0.11	0.42		0.06		0.13		2.14		2.14
临时占地	塔基施工场地区	2.43			0.19	0.73		0.09		0.2		3.64		3.64
	牵张场区	0.39				0.07						0.46		0.46
	跨越施工场地	2.42				0.76		0.11		0.11		3.4		3.40
	施工道路区	17.63			1.3	5.35		0.39		1.18		25.85		25.85
	临时占地小计	22.87			1.49	6.91		0.59		1.49		33.35		33.35
2	河南省		35.51										35.51	35.51
永久占地	塔基区		1.57										1.57	1.57
临时占地	塔基施工场地区		6.19										6.19	6.19
	牵张场区		0.44										0.44	0.44
	跨越施工场地		6.76										6.76	6.76
	施工道路区		20.55										20.55	20.55
	临时占地小计		33.94										33.94	33.94
合计		24.29	35.51		1.6	7.33		0.65		1.62		35.49	35.51	71

表 2.3-7　　迁改线路占地面积统计表　　（单位：hm^2）

项目		占地类型										按地形、地貌		合计
		旱地	水浇地	乔木林地	灌木林地	果园	其他园地	其他草地	公用设施用地	沙地	农村道路	山丘区	平原区	
1	陕西省	0.84			0.3							1.14		1.14
永久占地	塔基区													
临时占地	塔基施工场地区	0.17			0.16							0.33		0.33
	牵张场区	0.12										0.12		0.12
	跨越施工场地													
	施工道路区	0.55			0.14							0.69		0.69
	临时占地小计	0.84			0.3							1.14		1.14
2	山西省	4		3.42	5.53							12.71	0.24	12.95
永久占地	塔基区	0.21		0.31	0.33							0.8	0.05	0.85
临时占地	塔基施工场地区	1.02		1.74	1.01							3.66	0.11	3.77
	牵张场区	0.23		0.64	0.65							1.44	0.08	1.52
	跨越施工场地	0.48			0.36							0.84		0.84
	施工道路区	2.06		0.73	3.18							5.97		5.97
	临时占地小计	3.79		3.11	5.2							11.91	0.19	12.1
3	河南省		2.47										2.47	2.47
永久占地	塔基区		0.23										0.23	0.23
临时占地	塔基施工场地区		0.97										0.97	0.97
	牵张场区		0.36										0.36	0.36
	跨越施工场地		0.04										0.04	0.04
	施工道路区		0.87										0.87	0.87
	临时占地小计		2.24										2.24	2.24
合计		4.84	2.47	3.42	5.83							13.85	2.71	16.56

2.4. 土石方平衡

本工程土石方平衡的原则：施工过程中土石方原则上考虑挖方、填方、调出调入利用方最终平衡。基础挖方全部平整在原地或调出回填至所需区内，山丘区塔基挖方中石方余方可作为塔基挡渣墙、护坡的建筑材料，平原区就地回填在塔基区，土石方中不包括工程建设所需的混凝土、砂石料等建筑材料。

本工程挖填土石方总量为 813.54 万 m^3，总挖方 397.08 万 m^3（其中基础开挖土石方 383.77 万 m^3，钻渣 13.31 万 m^3），总填方 416.46 万 m^3（其中基础回填土石方 403.15 万 m^3，钻渣 13.31 万 m^3），借方 19.38 万 m^3，无余方。

2.4.1. 点型工程土石方平衡

换流站站区主要是场地平整及基础挖填而产生较大量土方，进站道路、站外电源设施区、供排水工程区、专项设施迁改区等主要是施工挖填土方，施工生产生活区主要是场地平整土方以及生活区建筑基础挖填土方。

送端榆林站工程挖方 269.84 万 m^3，填方 269.84 万 m^3；区间调入利用量 13.15 万 m^3、调出利用量 13.15 万 m^3；无弃方、无外借土方，开挖的土方满足回填土质要求，全部进行回填，挖填平衡。因进站道路部分区域地势较高，需调出 13.15 万 m^3 至站区。

送端接地极挖方 25.66 万 m^3，填方 25.66 万 m^3，无借方和余方。

受端换流站挖方 20.66 万 m^3，填方 40.04 万 m^3，借方 19.38 万 m^3、用于站区和进站道路区垫高，借方来源于河南省淮河流域惠济河重点平原洼地治理工程（该工程为河南省淮河流域重点平原洼地治理工程中一项工程，2017 年 5 月 2 日，水利部以水保函〔2017〕86 号《水利部关于河南省淮河流域重点平原洼地治理工程水土保持方案的批复》对该工程水土保持方案予以批复，河南省淮河流域重点平原洼地治理工程主体工程于 2023 年 2 月 20 日开工建设），工程位于杞县，距离本工程 40km，工程于 2025 年 10 月开工，计划于 2026 年 12 月完工，工程余土 86 万 m^3，本工程所需余土现已堆放在河流两侧二滩处，进行平摊、晾干，本工程开工后运至本工程进行垫高，满足本工程土石方量需求。

受端接地极挖方 3.59 万 m^3，填方 3.59 万 m^3，无借方和余方；区间调入利用量 0.05 万 m^3、调出利用量 0.05 万 m^3。

2.4.2. 线型工程土石方平衡

塔基土石方开挖填筑活动主要集中在基坑、接地槽和施工基面的开挖、填筑，本工程还有部分塔基采用了灌注桩基础，需要设置泥浆沉淀池，泥浆沉淀干化进行处理达标

后合理处置，施工结束后进行土地整治或复耕。对坡度较大塔基开挖土方，部分土石方可考虑塔基挡渣墙、护坡的建筑材料，无法自平衡及利用土方统一考虑调运至周围输电线路施工道路用于道路翻修及平整。牵张场占地区一般选择地形平缓的区域，同时采用铺设钢板、彩条布铺垫和密目网苫盖进行防护，对于部分位于山丘区的牵张场考虑场地平整需要进行就地土方开挖与回填。跨越施工场地占地区一般依地形搭建竹架，因此跨越施工场地一般不涉及土石方挖填。施工简易道路及人抬便道主要是利用原有的道路和乡村小道，涉及土石方挖填主要是新建道路坡度较陡路堑开挖和路堤填筑。输电线路工程挖方 77.33 万 m^3，填方 77.33 万 m^3。

本工程土石方平衡一览表见表 2.4-1~2.4-3 及图 2.4-1~2.4-4。

表 2.4-1　本工程土石方平衡一览表-点型工程　　单位：万 m^3

项目	省	分区		挖方			填方			调入	调出	借方
				土石方	钻渣	小计	土石方	钻渣	小计			
一、点型工程												
送端榆林站	陕西省	山丘区	站区	221.81		221.81	234.96		234.96	13.15		
			进站道路区	16.74		16.74	3.59		3.59		13.15	
			施工生产生活区	30		30	30		30			
			站外电源设施区	0.02		0.02	0.02		0.02			
			供排水工程区	1.15		1.15	1.15		1.15			
			专项设施迁改区	0.12		0.12	0.12		0.12			
			小计	269.84		269.84	269.84		269.84	13.15	13.15	
送端接地极	陕西省	山丘区	汇流装置区	0.06		0.06	0.06		0.06			
			电极电缆区	25.46		25.46	25.46		25.46			
			检修道路区	0.005		0.005	0.005		0.005			
			外接电源工程区	0.13		0.13	0.13		0.13			
			小计	25.66		25.66	25.66		25.66			
受端开封站	河南省	平原区	站区	16.00		16.00	35.23		35.23			19.23
			进站道路区	0.14		0.14	0.29		0.29			0.15
			施工生产生活区									
			站外临时堆土区									
			站外电源设施区	0.52		0.52	0.52		0.52			
			供排水工程区	3.99		3.99	3.99		3.99			
			专项设施迁改区	0.01		0.01	0.01		0.01			
			小计	20.66		20.66	40.04		40.04			19.38

项目	省	分区		挖方			填方			调入	调出	借方
				土石方	钻渣	小计	土石方	钻渣	小计			
受端接地极	河南省	平原区	汇流装置区	0.01		0.01	0.06		0.06	0.05		
			电极电缆区	3.57		3.57	3.52		3.52		0.05	
			检修道路区			0			0			
			外接电源工程区	0.01		0.01	0.01		0.01			
			小计	3.59		3.59	3.59		3.59	0.05	0.05	
点型工程合计				319.75		319.75	339.13		339.13	13.20	13.20	19.38

表 2.4-2　本工程土石方平衡一览表-线型工程　　单位：万 m^3

项目	省	分区		挖方			填方			调入	调出	借方
				土石方	钻渣	小计	土石方	钻渣	小计			
二、线路工程												
±800kV 直流输电线路	陕西省	山丘区	塔基及施工场地区	5.33		5.33	5.33		5.33			
			牵张场区	0.84		0.84	0.84		0.84			
			施工道路区	0.57		0.57	0.57		0.57			
		小计		6.74		6.74	6.74		6.74			
	山西省	山丘区	塔基及施工场地区	16.45	0.73	17.18	16.45	0.73	17.18			
			牵张场区	2.66		2.66	2.66		2.66			
			施工道路区	15.66		15.66	15.66		15.66			
		平原区	塔基及施工场地区	0.48	1.7	2.18	0.48	1.7	2.18			
		小计		35.25	2.43	37.68	35.25	2.43	37.68			
	河南省	山丘区	塔基及施工场地区	1.1		1.1	1.1		1.1			
			牵张场区	0.13		0.13	0.13		0.13			
			施工道路区	12.5		12.5	12.5		12.5			
		平原区	塔基及施工场地区	3.22	10.32	13.54	3.22	10.32	13.54			
		小计		16.95	10.32	27.27	16.95	10.32	27.27			
	小计	山丘区	塔基及施工场地区	22.88	0.73	23.61	22.88	0.73	23.61			
			牵张场区	3.63		3.63	3.63		3.63			
			施工道路区	28.73		28.73	28.73		28.73			
		平原区	塔基及施工场地区	3.7	12.02	15.72	3.7	12.02	15.72			
		小计		58.94	12.75	71.69	58.94	12.75	71.69			
接地极线路	陕西省	山丘区	塔基及施工场地区	1.28	0.006	1.286	1.28	0.01	1.29			
			牵张场区	0.09		0.09	0.09		0.09			
			施工道路区	0.35		0.35	0.35		0.35			
		小计		1.72	0.01	1.73	1.72	0.01	1.73			

项目	省	分区		挖方			填方			调入	调出	借方
				土石方	钻渣	小计	土石方	钻渣	小计			
	河南省	平原区	塔基及施工场地区	0.13	0.48	0.61	0.13	0.48	0.61			
		小计		0.13	0.48	0.61	0.13	0.48	0.61			
	小计	山丘区	塔基及施工场地区	1.28	0.01	1.29	1.28	0.01	1.29			
			牵张场区	0.09		0.09	0.09		0.09			
			施工道路区	0.35		0.35	0.35		0.35			
		平原区	塔基及施工场地区	0.13	0.48	0.61	0.13	0.48	0.61			
		小计		1.85	0.49	2.34	1.85	0.49	2.34			
迁改线路	陕西省	山丘区	塔基及施工场地区	0.02		0.02	0.02		0.02			
			牵张场区			0			0			
			施工道路区	0.04		0.04	0.04		0.04			
		小计		0.06		0.06	0.06		0.06			
	山西省	山丘区	塔基及施工场地区	1.68	0.04	1.72	1.68	0.04	1.72			
			牵张场区	0.24		0.24	0.24		0.24			
			施工道路区	1.03		1.03	1.03		1.03			
		平原区	塔基及施工场地区		0.03	0.03		0.03	0.03			
		小计		2.95	0.07	3.02	2.95	0.07	3.02			
	河南省	平原区	塔基及施工场地区	0.22		0.22	0.22		0.22			
		小计		0.22		0.22	0.22		0.22			
	小计	山丘区	塔基及施工场地区	1.7	0.04	1.74	1.7	0.04	1.74			
			牵张场区	0.24		0.24	0.24		0.24			
			施工道路区	1.07		1.07	1.07		1.07			
		平原区	塔基及施工场地区	0.22	0.03	0.25	0.22	0.03	0.25			
		小计		3.23	0.07	3.3	3.23	0.07	3.3			
线型工程合计				64.02	13.31	77.33	64.02	13.31	77.33			

表 2.4-3　本工程土石方平衡一览表　　单位：万 m^3

项目		挖方			填方			调入	调出	借方	余方
		土石方	钻渣	小计	土石方	钻渣	小计				
点型工程	送端榆林站	269.84		269.84	269.84		269.84	13.15	13.15		
	送端接地极	25.66		25.66	25.66		25.66	0	0		
	受端换流站	20.66		20.66	40.04		40.04	0	0	19.38	
	受端接地极	3.59		3.59	3.59		3.59	0.05	0.05		
	小计	319.75		319.75	339.13		339.13	13.2	13.2	19.38	
线型工程	±800kV 直流线路	58.94	12.75	71.69	58.94	12.75	71.69				
	送端接地极线路	1.72	0.01	1.73	1.72	0.01	1.73				
	受端接地线路	0.13	0.48	0.61	0.13	0.48	0.61				
	迁改线路	3.23	0.07	3.3	3.23	0.07	3.3				
	小计	64.02	13.31	77.33	64.02	13.31	77.33				
合计		383.77	13.31	397.08	403.15	13.31	416.46	13.2	13.2	19.38	

2.5. 拆迁安置及专项设施改（迁）建

2.5.1. 拆迁安置

本工程建设因无法避让部分居民建筑物，需要进行拆除。拆迁及其安置工作执行国家及地方有关拆迁安置政策，由建设单位按当地标准进行补偿，由地方政府组织实施，相应水土流失防治工作由地方政府负责。因此，拆迁（移民）安置不纳入本工程防治责任范围。

2.5.2. 专项设施改（迁）建

受端换流站站址占用部分村道，需进行改建，改建采用经济补偿的方式，由地方政府部门负责建设实施，不纳入本工程水土流失防治责任范围。

本工程专项设施改（迁）建情况汇总详见下表。

表 2.5-1 迁专项设施改（迁）建情况汇总表

项目组成	行政区			线路名称	迁改长度（km）	新建塔基数（基）
	省	市	县			
送端站	陕西省	榆林市	横山区	鱼庄 110kV 线路	2	6
受端站	河南省	开封市	杞县	10kV 线路、380V 线路	1.95	39
线路工程	陕西省	榆林市	子洲县	镇绥 T 接牵引线路	1.9	11
			绥德县	110kV 绥德 I 线、110kV 绥义 I 线、110kV 绥东 I 线（电缆过度）	6.6	
				110kV 绥铁牵 II 线（电缆过渡）	2.2	
	山西省	吕梁市	中阳县	吕梁-孟门 500kV II 回线路	2.5	8
			孝义市	110kV 电力线汾阳-三角庄，孝义-三角庄	1.5	6
			汾阳市	110 乔东(崞东)线	1.5	2
		长治市	襄垣县	110kV 峪良 II 线	5.3	19
			潞城区	220kV 潞正 I 线	1.8	8
				110kV 山化水源-天脊 II 线	3.3	8
	河南省	安阳市	林州市	弓上-桂林 110kV 线路	1.1	电缆
		新乡市	卫辉市	500kV 阳东 I 线	1.0	3
			封丘县	500kV 祥塔 II 线	0.9	4
		开封市	祥符区	500kV 祥塔 II 线	0.7	3
合计					30.3	72

2.6. 工程进度

本工程为建设类项目，本工程计划于 2026 年 10 月开工，2028 年 9 月完工，总工期 24 个月。本工程进度安排见表 2.6-1。

表 2.6-1 本工程施工进度一览表　　单位：月

项　目		2026 年			2027 年												2028 年								
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
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																								
进站道路区、站外排水设施区、站外电源设施区、专项设施迁改区	施工准备及土建工程																								
受段站外临时堆土区	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																									
塔基及施工场地区	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）送端榆林站

送端榆林站所在区域位于鄂尔多斯地块的北部，区域内既无区域性较大断裂通过，也无规模较小的次级断层存在，地震活动微弱，属地质构造稳定地带。站址地层岩性主要以第四系风积形成的粉细砂、细砂、黄土为主。换流站及边坡地下水类型为基岩裂隙水，主要接受上游地下水径流补给，向下游径流排泄，地下水水位埋深大于 50m，因此可不考虑地下水对地基基础的影响。站址建筑场地类别暂按III类考虑，III类场地条件下的地震烈度为VI度，加速度为 0.05g，地震动反应谱特征周期为 0.35s。站址处于区域地质构造稳定部位，无全新世活动性断裂，断裂对站址无影响，适宜工程建设。

（2）送端接地极

送端接地极址区域地层主要为黄土、粉土、细砂、粉细砂。地下水类型主要为碎屑岩类裂隙孔隙潜水。极址基本地震动峰值加速度为0.10g，相应的地震基本烈度为VII度，基本地震动加速度反应谱特征周期为0.40s。极址区地下水类型主要为碎屑岩类裂隙孔隙潜水，本次勘察期间，所有勘探点在勘察深度（本次钻孔最大深度16m）范围内均未发现地下水，可不考虑地下水对基础和施工的影响。极址范围不存在滑坡、崩塌等不良地质作用。综上判断该极址场地稳定性较好，适宜建设。

（3）受端换流站

受端换流站站址地质构造单元为中朝准地台之华北坳陷之通许凸起。通许凸起位于嵩箕台隆之东，永城陷褶断束以西，济源-开封与周口两凹陷之间的通许-商丘一带。场地地下水属第四系孔隙承压水，勘测期间，地下水稳定水位埋深 10～13.30m 不等。场地基本地震加速度值为 0.10g，相应的地震基本烈度为VII度，场地特征周期值为 0.40s。站址及附近地表未见明显规模性滑坡、危岩、崩塌、泥石流、地面塌陷、地面沉降、落水洞、采空区等不良地质现象，区域地质稳定，适宜建站。

（4）受端接地极

受端接地极场地为山涧河流近侧的冲洪积漫滩相平地小平原或一级阶地，地面较平坦，地势开阔。地区内无活动断裂分布或通过，地层岩性为灰色中厚层灰岩、夹粉砂碎屑状灰岩、白云岩夹页岩、隐晶质灰岩、白云质灰岩。场地地震动峰值加速度小于 0.05g，对应的地震基本烈度小于VI度，地震反应谱特征周期值为 0.35s。极址场地属地质构造相对稳定地带，适宜建设。

（5）输电线路

1）陕西省线路

陕西省线路在大地构造上位于中朝准地台鄂尔多斯地块中部，鄂尔多斯地块内部结构完整，以整体隆起运动为主，区域内既无区域性较大活动断裂通过，也无规模较小的次级活动断层存在，地震活动较弱，属地质构造相对稳定地带。沿线以第四系风积黄土为主，局部地表分布风积砂，下伏第三系泥岩、三叠系砂岩，地下水水位较深（一般大于 10m）。线路沿线基本地震动峰值加速度 0.05g，相应的地震基本烈度为Ⅵ度，全线基本地震动反应谱特征周期为 0.35~0.45s。线路沿线区域内不良地质作用主要有滑坡、崩塌、落水洞、冲沟等，选线阶段已对上述不良地质作用影响区进行了避让。

2）山西省境内线路

山西省境内线路构造分布于中朝准地台、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 3.0m~6.0m，年变幅 2.0m~4.0m。沿线地震动峰值加速度均为 0.05g~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 0.40s~0.45s。

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，无法避开的不良地质区为山西省长治市襄垣县的山西襄矿石板沟煤业有限公司（采矿权穿越 3.3km）和山西襄矿上良煤业有限公司（采矿权穿越 2.5km）），地下煤层开采后形成采空空洞、覆岩破裂带，随时间发生垮落、沉降、滑移，从地基变形、岩土破坏、水文变化多方面作用于特高压铁塔塔基。特高压铁塔荷载大、对基础不均匀沉降、倾斜极为敏感，微小位移就会造成导线应力改变、杆塔失稳，需要针对不良地质采取防治措施以确保塔基的安全稳定。

3）河南省境内线路

河南省线路路径工程山丘区地层主要为奥陶系（O）、寒武系（∈）、第四系（Q），岩性以灰岩、白云岩等碳酸盐岩为主，局部可见石英砂岩、页岩等陆相沉积岩。平原区主要为第四系冲洪积成因的粉土、粉质黏土及砂土。工程区内地下水类型主要为松散堆积层孔隙水及基岩裂隙水，局部平地地段存在承压水。局部地段的松散堆积层孔隙水以

上层滞水的形式存在。地下水对混凝土结构具微腐蚀性；对钢筋混凝土结构中的钢筋，在长期浸水和干湿交替条件下具微腐蚀性。线路沿线基本地震动峰值加速度分别为0.05~0.20g，相应的地震基本烈度Ⅵ~Ⅷ度。山区线路的不良地质作用，主要表现为滑坡、崩塌、泥石流等，本线路工程基本避开了大规模滑坡和崩塌发育区。沿线近场地地震活动水平较低，无影响场地稳定的重大不良地质作用，沿线场地安全稳定，可以进行项目建设。

2.7.2. 地貌

（1）送端榆林站

送端榆林站站址地貌属于典型的黄土丘陵区，微地貌单元以黄土峁、小型沙丘和沙梁为主，地形起伏较大，总体西北部为高势，西南、东北、东三面呈低势，高程在1050.3~1106.8m之间，站址区域内现状为其他草地，分布有莎草等植物。

（2）送端接地极

送端接地极址地貌属于黄土丘陵地貌，地势开阔，整个场地一半较平坦，另一半属于大峁的缓坡地，整体向北倾斜。接地极址高程在1130m～1186m之间。接地极址区主要为草地和林地，地表植被主要为沙蒿、梭梭等。

（3）受端换流站

站址属平原地貌，地形平坦，地势开阔，高差小，场地自然高程约60.91m~62.79m，站址北距省道S316约4km，东距省道S218约3.20km，西距县道X002约480m，北距乡道Y013约1.3km，交通便利。场地为农田，种植有农作物。

（4）受端接地极

受端接地极位于河南省周口市太康县转楼镇张仪宾村，距受端换流站站址约50km。场地自然高程约51.30m~51.50m，为平原区，总体地势平坦，地形开阔，占地类型为耕地。

（5）输电线路

1）陕西省境内地貌

沿线地形地貌单元主要有黄土丘陵沟壑地貌、峡谷丘陵地貌等，海拔标高一般在500m~1500m。沿线主要分布有旱地、灌木林地和其他草地。

2）山西省境内地貌

沿线地形地貌单元主要以黄土丘陵、河流阶地、一般山地和高山大岭为主，高程在721m~1805m之间。黄土丘陵和河流阶地区，地形起伏较小，植被发育，多耕地和林地；

一般山地及高山大岭区域地形起伏较大，植被发育，多林地和草地。山西境内线路沿线地貌现状见下图。

3）河南省境内地貌

河南省境内线路所经地貌单元主要属山地、平地和黄河冲积平原地貌，局部地段为丘陵和高山，一般海拔 50~1400m 之间。沿线植被发育，主要分布有灌木林、乔木林以及耕地等。

2.7.3. 气象

本工程项目区属温带大陆性季风气候区、暖温带大陆性季风气候区。本工程沿线所经陕西省境内雨季为每年的 6 月~9 月；山西省境内雨季为每年的 6 月~9 月；河南省境内雨季为每年的 6 月 ~ 9 月。根据工程沿线经过各行政区有代表性的气象站近 30 年（1994 ~ 2024 年）的实测气象资料，本工程沿线各行政区基本气象要素特征值统计见表 2.7-1。

表 2.7-1　工程沿线各主要行政区基本气象要素特征值表

省级	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）	小时最大降水量（mm）	5 年一遇最大 10min 降水量（mm/min）	雨季时段（月）	最大冻土深度（cm）
陕西省	榆林市	8.9	40.4	-29.0	3500	2064.9	441.6	145	NW	2.6	51	103.9	46.4	1.6	6~9 月	133
山西省	吕梁市	8.9	41.0	-30.5	2534	1850.8	502.5	143	NNE	3.1	45	35.0	26.7	1.6	6~9 月	92
	晋中市	10.4	41.1	-33.0	3350	1735.5	477.3	151	NW	1.9	58	25.8	32.4	1.7	6~9 月	100
	长治市	9.3	38.5	-26.2	3567	1558	549.2	172	SE	2.3	61	38.5	29.2	1.8	6~9 月	54
河南省	安阳市	13.2	42.7	-23.6	4630	1948	669.3	192	N	1.3	64	697	100	2.0	6~9 月	47
	新乡市	14.3	42.5	-18.4	4638	1063.3	584.2	205	ENE	2.5	66	907	149.9	2.1	6~9 月	25
	开封市	14.0	42.9	-16.0	4450	1221.7	698.1	210	EN	3.0	66	181.1	58	2.2	6~9 月	20
	周口市	14.4	42.6	-18.0	4963	1184.3	723.2	215	N	3.0	69	185.5	62	2.3	6~9 月	18

2.7.4. 水文

项目区涉及黄河流域、海河流域和淮河流域。工程沿线水系分布图见附图。

2.7.4.1. 送端榆林站

送端榆林换流站位于榆林市横山区，属于黄河流域，站址以北直线距离约 1.7km 为无定河，站址现状高程比无定河河道高约 70m，不受无定河百年一遇洪水影响。站址东南直线距离约 700m 为黑木头川，站址现状高程比黑木头川河道高约 50m，不受黑木头川百年一遇洪水影响。站址西南角受坡面洪水的影响，经计算 100 年一遇洪峰流量为 0.5m^3/s，采取在挖方边坡坡顶布设截水沟的措施拦截坡面洪水。

站址的周边发育有 3 条规模不一的冲沟，冲沟的平面分布位置详见图 2.7-8，其中:

一号冲沟位于站址的西北侧，在平面上呈树杈型，冲沟形态为“V”字型，由东南向西北发育，宽度约 10.0m~50.0m 左右，下切深约 5.0~35.5m，长约 200m，沟壁见零星滑塌体，沟底植被发育一般。站址区域占压一号冲沟沟头部分区域，经场平后，该冲沟对站址的安全不产生影响，站区建设对一号冲沟排水不产生影响。

二号冲沟位于站址的北侧，总体走向为北西 317°，上游宽约 10~33m，深约 1~17m，下游宽约 80~110m，深约 20~40m，上游窄，下游宽，沟床纵比上游陡，下游缓，整体沟床纵剖面呈现下凹曲线型。站址区域占压二号冲沟支沟的沟头部分区域，经场平后，该冲沟对站址的安全不产生影响，站区建设对二号冲沟排水不产生影响。

三号冲沟位于站址西北侧南部，总体走向为南东 134°，上游宽约 3~44m，深约 1~30m，下游宽约 90~150m，深约 30~45m，上游窄，下游宽，沟床纵比上游陡，下游缓，站址区域占压三号冲沟多条支沟沟头区域，经场平后，该冲沟对站址的安全不产生影响，站区建设对三号冲沟排水不产生影响。

2.7.4.2. 送端接地极

送端接地极址位于陕西省榆林市靖边县。极址内天然状态下一般冲刷深度约 1.2m，极址中心受西南侧坡面洪水影响，坡面洪水遇围墙阻挡产生约 0.5m 临时性积水，冲刷深度约 1.5m，汇流装置区采取挡洪墙兼做围墙基础的型式进行防护。

2.7.4.3. 受端换流站

受端换流站场地自然高程约 61.34m~62.68m，地形平坦，地势开阔。站区设计标高为 63.30m，站区百年一遇洪水位为 63.20m，站区不受百年一遇洪水影响。站址西侧约 300m 处为已建跃进水渠，东侧约 1.8km 处为已建幸福水渠，主要为周边农田进行雨季排涝和旱季灌溉，两水渠与站址南侧 3km 处的铁底河相连通。

2.7.4.4. 受端接地极

受端接地极极址场地自然高程约 51.30m~51.50m，为平原区，地面较为平坦，地势开阔。受端接地极汇流装置区平台设计标高为 52.20m，接地极极址百年一遇洪水位为 52.10m，受端接地极汇流装置区不受百年一遇洪水影响。受端接地极附近地面水系主要为山涧河谷溪流，极址周边河流环绕于极址的东与南侧以及西南侧。

2.7.4.5. 输电线路（含直流线路、接地极线路）跨越河流概况

本工程在陕西省境内线路跨越主要河流有黑木头川、大理河、两河沟河、无定河、黄河等；在山西省境内线路跨越主要河流有屈产河、南川河、汾河、文峪河、磁窑河、柳根河、惠济河、昌源河、浊漳河等；在河南省境内线路跨越主要河流有淅河、淇河、大沙河、黄河、惠济河及南水北调中线总干渠等河流、渠道。输电线路在跨越河流时，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，河流百年一遇洪水对路径方案无影响。

输电线路经过的主要河流跨越情况详见表 2.7-2。

表 2.7-2　工程沿线主要河流概况及重要跨越情况汇总表

流域	行政区	跨越河流	河流概况	涉河手续履行情况
黄河流域	陕西省	黑木头川	黑木头川，位于陕西省横山区境内，全长约 45km，流域面积约 480km^2。黑木头川发源于横山区韩岔镇黄圪塄村，随地势高低由南向北流经韩岔、殿市、响水三个乡镇，多年平均流量 20m^3/s，于响水镇韭菜沟附近流入无定河。输电线路利用两侧地形一档跨越黑木头川，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为榆林市水利局。 2、洪水影响评价报告已于 2026 年 5 月 11 日取得榆林市水利局批复（榆政水审发〔2026〕28 号）。
		大理河	大理河为无定河的一条主要支流，发源于靖边县白于山东坡，流经靖边、横山、子洲、绥德，又汇集马尾河、槐树岔沟河、砖庙沟河、小理河、岔巴沟河和驼耳巷沟河等支流，从西向东于绥德县西北的清水沟村汇入无定河，全长 170km，流域面积 3906km^2，河道平均比降 2.6‰。输电线路利用两侧地形一档跨越大理河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为榆林市水利局。 2、洪水影响评价报告已于 2026 年 5 月 11 日取得榆林市水利局批复（榆政水审发〔2026〕28 号）。
		两河沟河	两河沟河，上游为义合水，是无定河一级支流，发源于马家川乡延家畔，向东南流经马家川、中角乡、义合镇。向西南流经满堂川乡南部、薛家峁乡东部。于薛家峁乡魏家峁注入无定河，全长 42km，沟道平均比降 6.86‰，流域面积 427km^2，实测最大流量 1600m^3/s。输电线路利用两侧地形一档跨越两河沟河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为榆林市水利局。 2、洪水影响评价报告已于 2026 年 5 月 11 日取得榆林市水利局批复（榆政水审发〔2026〕28 号）。
黄河流域	陕西省	无定河	无定河，因含沙量较大，流水浑浊，溃沙急流，河床常迁，故名无定河。它发源于定边东南白于山长春梁东麓，流经定边、靖边、内蒙古乌审旗、横山、榆林、米脂、绥德、清涧等地后注入黄河，河道全长 491km，平均比降 1.8‰，流域面积 3.0217 × 104km^2。输电线路利用两侧地形一档跨越无定河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为榆林市水利局。 2、洪水影响评价报告已于 2026 年 5 月 11 日取得榆林市水利局批复（榆政水审发〔2026〕28 号）。

		黄河	黄河发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓的约古宗列盆地，自西向东分别流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南及山东9个省级行政区，最后流入渤海，干流河道全长 5464km，流域面积 79.5×104km^2。黄河从入陕到出陕流经陕西榆林、延安、渭南3市13个县（市、区），全长719km，陕西省黄河流域的范围广泛，西、北、东三面以省界为界，南以秦岭主脊为界，南北长627km，东西宽400km。输电线路利用两侧地形一档跨越黄河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为水利部黄河水利委员会。 2、国网陕西省电力有限公司已委托黄河水文水资源科学研究院开展防洪影响评价工作，目前，洪水影响评价报告已报审。建管单位承诺将严格按照《中华人民共和国防洪法》规定，在洪水影响评价报告审批许可前，绝不开工建设。
	山西省	屈产河	屈产河是黄河中游支流，发源于山西省石楼县东石楼山西侧。流经石楼县城灵泉镇、裴沟乡，由曹家垣入柳林县，至柳林县下三交镇下塔上村汇入黄河。河长74.9km，流域面积1220km^2。线路在吕梁市石楼县裴沟乡南侧一档跨越屈产河，输电线路利用两侧地形一档跨越屈产河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为吕梁市水利局。 2、洪水影响评价报告已于2025年12月19日取得山西省水利厅批复（晋水审批决〔2025〕840号）。
黄河流域	山西省	南川河	南川河是黄河支流三川河的支流，发源于吕梁山西麓的中阳县刘家坪乡界牌岭，由南向北流经中阳县城、金罗等地，在离石区交口镇汇入三川河，主河道全长60km，流域面积835.4km^2。线路在吕梁市中阳县宁乡镇凤尾村北侧一档跨越南川河。输电线路利用两侧地形一档跨越南川河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为吕梁市水利局。 2、洪水影响评价报告已于2025年12月19日取得山西省水利厅批复（晋水审批决〔2025〕840号）。

		汾河	汾河属黄河流域，是黄河的第二大支流，流经山西省的忻州市、太原市、吕梁市、晋中市、临汾市、运城市6市的29县（区）全长约713km，流域面积39721km^2，在万荣县荣河镇庙前村汇入黄河。线路在晋中市介休市义安镇北盐场村北侧一档跨越汾河。输电线路利用两侧地形一档跨越汾河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为山西省水利厅。 2、洪水影响评价报告已于2025年12月19日取得山西省水利厅批复（晋水审批决〔2025〕840号）。
黄河流域	山西省	文峪河	文峪河是汾河的支流，属于汾河水系，发源于山西省交城县关帝山，流经交城县、文水县、汾阳市、孝义市，在孝义市境内入汾河。流域地处汾河中游，太原盆地西南缘。河流全长 155km，流域总面积 4034.57km^2，流域共涉及山西省 9 个县、市。线路在吕梁市汾阳市演武镇西河堡村西南侧一档跨越文峪河。输电线路利用两侧地形一档跨越文峪河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为吕梁市水利局。 2、洪水影响评价报告已于 2025 年 12 月 19 日取得山西省水利厅批复（晋水审批决〔2025〕840 号）。
		磁窑河	磁窑河是汾河中游支流，属于汾河水系，发源于山西省交城县西北磁窑沟内贺家岭，流经交城、文水、汾阳、平遥、介休、孝义等县（市），在介休市洪善村汇入汾河，河长 121km，流域面积为 568.6km^2。线路在吕梁市汾阳市演武镇东大王村东侧一档跨越磁窑河。输电线路利用两侧地形一档跨越磁窑河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为吕梁市水利局。 2、洪水影响评价报告已于 2025 年 12 月 19 日取得山西省水利厅批复（晋水审批决〔2025〕840 号）。
		柳根河	柳根河是汾河的支流，属于汾河水系，发源于山西省平遥县城南卜宜乡东、西观寺及明子村山顶，流经卜宜、岳壁、古陶、中都等乡镇38个村，由曹村流入汾河，全长36.70km，流域面积为184km^2。线路在晋中市平遥县岳壁乡南西泉村南侧一档跨越柳根河。输电线路利用两侧地形一档跨越柳根河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为平遥县水利局。 2、洪水影响评价报告已于2025年12月19日取得山西省水利厅批复（晋水审批决〔2025〕840号）。

黄河流域	山西省	惠济河	惠济河是汾河的支流，上游支流交汇于尹回村，经尹回水库、平遥古城、南政村等，在汾河三坝下游的西刘境内汇入汾河，河流长度44.4km，流域面积313km^2。线路在晋中市平遥县东泉镇东泉村西侧一档跨越柳根河惠济河。输电线路利用两侧地形一档跨越惠济河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为平遥县水利局。 2、洪水影响评价报告已于2025年12月19日取得山西省水利厅批复（晋水审批决〔2025〕840号）。
		昌源河	昌源河是汾河的主要支流之一，发源于山西省平遥县东泉镇南花庄村，流经平遥县、武乡县、祁县，在苗家堡村东南与乌马河汇合后，在祁县苗家堡、思贤村间注入汾河，全长88.55km，流域面积1011.16km^2。线路在晋中市平遥县孟山乡昌源庄村东侧一档跨越昌源河。输电线路利用两侧地形一档跨越昌源河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为晋中市水利局。 2、洪水影响评价报告已于2025年12月19日取得山西省水利厅批复（晋水审批决〔2025〕840号）。
海河流域	山西省	浊漳河	浊漳河是海河流域漳卫南运河水系漳河的正源，上游有南、西、北三源，全长228.km，流域面积为9991km^2。流经山西省长治市长子县、长治市区、襄垣县、黎城县、平顺县，河南省林州市，河北省涉县，在涉县合漳村与清漳河汇合后称漳河，进入岳城水库。线路在长治市襄垣县善福镇土合村东侧一档跨越浊漳河。输电线路利用两侧地形一档跨越浊漳河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为山西省水利厅。 2、洪水影响评价报告已于2025年12月19日取得山西省水利厅批复（晋水审批决〔2025〕840号）。
	河南省	淅河	淅河是淇河的支流，发源于山西省陵川县淅水村，汇入淇河。河道干流全长90km，流域面积876km^2。在淅河进入林州后建有中型水库一弓上水库，自弓上水库至汇入淇河口，河长31.38km，流域面积251.87km^2，平均纵坡约为0.69%。输电线路利用两侧地形一档跨越淅河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为安阳市林州市水利局。 2、淅河因为在省界上下游10km内，故上升到海河水利委员会审批，洪水影响评价报告已于2026年6月8日取得水利部海河水利委员会准予水行政许可决定书（海许可决〔2026〕第23号）。

海河流域	河南省	淇河	淇河是卫河左侧主要山区支流之一，发源于山西省陵川县方脑岭，入卫河。淇河干流全长147km，流域面积2142km^2，淅河口以上淇河干流长55km，其中林州市境内河长41.92km，流域面积657.9km^2。淇河上游深山区，峡谷河槽，坡降陡，约为1/15~1/200；河道比降1/250~1/400，现状宽50m~200m。输电线路利用两侧地形一档跨越淇河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为安阳市林州市水利局。 2、防洪评价报告已于2026年4月21日取得林州市水利局准予行政许可决定书（林水许准字〔2026〕第15号）。
		大沙河	大沙河在卫辉市从李源屯镇南李庄村入境，到庞寨乡东柳位村出境，境内总长约16.4公里。大沙河出卫辉后，在延津县境内继续东流，从延津县马庄乡的随庄村东南进入安阳市滑县境内，全长57.2公里，总流域面积360.2平方公里。输电线路利用两侧地形一档跨越大沙河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为新乡市卫辉市水利局。 2、洪水影响评价报告已于2026年6月9日取得卫辉市水利局准予水行政许可决定书（卫水许准字〔2026〕第12号）。
黄河流域	河南省	黄河	黄河进入郑州境后，由于河面逐渐变得更为宽阔，泥沙不断淤积，至市区邙山头以下形成“悬河”，高出南岸地面2m~7m。初步选定的跨越位置位于黄河下游中最为典型的游荡性河段-花园口至夹河滩段。该河段两岸均修有大堤，洪水完全依靠大堤束范，其间无支流汇入。两岸大堤堤距为5.5km~12.7km，河槽宽1.5km~7.2km，河滩宽0.3km~7.1km，河段水面线比降取万分之1.79。本工程在黄河河道管理范围内立塔12基，立塔处不涉及水面，现状为耕地，建设单位已于2023年7月委托黄河水利委员会河南水文水资源局开展本项目段防洪评价报告的编制工作，目前报告正在编制过程中。本工程线路路径已获得地方人民政府许可。	1、该河道管理部门为水利部黄河水利委员会。 2、国网河南公司已委托黄河水利委员会河南水文水资源局开展防洪影响评价工作，目前，洪水影响评价报告已基本编制完成。建管单位承诺将严格按照《中华人民共和国防洪法》规定，在洪水影响评价报告审批许可前，绝不开工建设。
淮河流域		惠济河	惠济河发源于开封市区，汇入涡河，总流域面积4100km^2，全长180km。惠济河在开封市境内河段上自陇海铁路桥起，下至茅草河口以上止，河线长64.00km，流域面积为1341.41km^2。其中群力闸以上流域面积366.6km^2，罗寨闸以上流域面积566.3km^2，李岗闸以上流域面积634.3km^2。输电线路利用两侧地形一档跨越惠济河，不在河道范围内立塔。	1、该河道管理部门为开封市水利局。 2、洪水影响评价报告已于2026年5月6日取得开封市水利局准予水行政许可决定书（汴水行许字〔2026〕32号）。

淮河流域	河南省	南水北调中线总干渠	南水北调中线是从长江最大支流汉江中上游横跨湖北和河南两省的丹江口水库调水（水源主要来自汉江），在丹江口水库东岸河南省淅川县境内工程渠首开挖干渠，经长江流域与淮河流域的分水岭方城垭口，沿华北平原中西部边缘开挖渠道，通过隧道穿过黄河，沿京广铁路西侧北上，自流到北京市颐和园团城湖的输水工程。南水北调中线总干渠沟通长江、淮河、黄河、海河四大流域，需穿过黄河干流及其他集流面积 10 平方千米以上河流 219 条，跨越铁路 44 处，需建跨总干渠的公路桥 571 座，此外还有节制闸、分水闸、退水建筑物和隧洞、暗渠等，总干渠上各类建筑物共 936 座。	1、该河道管理部门为中国南水北调集团中线有限公司河南分公司。 2、工程已取得中国南水北调集团中线有限公司河南分公司同意意见。 3、跨越南水北调中线总干渠不需要开展防洪影响评价工作。

2.7.5. 土壤

结合中国土壤类型图，根据现场调查情况，工程沿线陕西省境内以砂质壤土、黄土和风沙土等为主；山西省境内以褐土、潮土和山地棕壤土等为主；河南省境内以褐土、潮土为主。沿线表层土可剥离厚度在 20cm ~ 30cm 不等，土壤抗蚀性一般。工程沿线土壤分布见表 2.7-3。

表 2.7-3　工程沿线土壤分布表

行政区		土壤类型	土壤特性	可剥离范围	可剥离面积（hm^2）	可剥离量（万 m^3）
省	市（州）					
陕西省	榆林市	项目区土壤类型主要以砂质壤土、黄土和风沙土等为主。	表层土可剥离厚度在 20cm ~ 30cm 不等，土壤抗蚀性较差。	送端榆林站供排水工程区、站外电源设施区，塔基及施工场地区、施工道路区、牵张场区。	110.10	27.13
山西省	吕梁市	项目区土壤类型主要以棕土、褐土、栗褐土、山地棕壤土、潮土、黄绵土等。为主。	表层土可剥离厚度在 20cm ~ 30cm 不等，土壤抗蚀性较差。	线路工程塔基及施工场地区、施工道路区、牵张场区	87.4	21.85
	晋中市	项目区土壤类型主要为褐土、潮土和山地棕壤土。				
	长治市	项目区土壤类型主要为褐土和山地棕壤土。				
河南省	安阳市	项目区土壤类型以典型性褐土、潮褐土、褐土性土为主。	表层土可剥离厚度在 20cm~30cm 不等，土壤抗蚀性一般。	线路工程塔基及施工场地区、施工道路区、牵张场区	90.00	26.36
	新乡市	项目区土壤类型以棕壤土、褐土、粗骨土、潮土为主。		线路工程塔基及施工场地区、施工道路区、牵张场区		
	开封市	项目区土壤类型以潮土、新积土为主。		受端换流站各区（除站外临时堆土区），线路工程塔基及施工场地区		
	周口市	项目区土壤以潮土、砂姜黑土、褐土和黄褐土为主。		受端接地极各区，线路工程塔基及施工场地区		
合计					287.5	75.34

2.7.6. 植被

根据中国植被类型图，陕西省境内属温带草原带与暖温带落叶阔叶林带的过渡区域，以旱生、半旱生植物为主；山西省境内以温带灌丛、温带落叶灌丛、温带针叶林、温带落叶阔叶林以及栽培植被为主；河南省植被以暖温带落叶阔叶林为主。工程沿线林草覆盖率约为 20.0%～52.9%。植被类型见表 2.7-4。

表 2.7-4 工程沿线植被类型表

行政区		植被类型	林草植被覆盖率（%）
省	市（州）		
陕西省	榆林市	项目区属温带草原带与暖温带落叶阔叶林带的过渡区域。乔木树种有辽东栎、油松、杨树、侧柏、刺槐等；灌木树种有沙柳、柠条、梭梭、紫穗槐、沙枣、白刺等；草本植物有长芒草、百里香、莎草、冷蒿、紫花苜蓿、披碱草、草木樨等。	20.0
山西省	吕梁市	项目区多以旱生草灌植被为主并间有乔木，乔木以油松为主，间有白皮松和侧柏，次生辽东栎、山杨、桦树、白桦、山杨等，灌木以金腊梅、胡枝子、沙棘、连翘、丁香、火炬等为主，草本以矮蒿草、珠芽蓼、线叶蒿草、车前草和披碱草等为主。	27.3
	晋中市	项目区植被类型以暖温带落叶阔叶林为主，主要乔木有云杉、白皮松、银杏、榆树、蒙古栎、山杨等，灌木种类有荆条、沙地柏、大叶黄杨、月季、蔷薇等，草本植物主要有紫花苜蓿、草木樨、万寿菊、翠菊、黄花鸢尾、狼尾草、细叶针茅等。	41.6
	长治市	项目区植被类型以针阔混交林为主，夹杂有灌木和草本植物。主要乔木包括侧柏、国槐、杨树、柳树和法桐等；灌木树种主要有荆条、香樟、苏铁等；草本植物主要为白羊草、草木樨、潞党参、黄芩、苦参、蒲公英和连翘等。	52.9
河南省	安阳市	植物区系东北、华北温带落叶阔叶林区域的暖温带落叶阔叶林带。主要植物品种有栓皮栎、槲栎、鹅耳枥、麻栎、华山松、锐齿槲栎，草种有龙葵、曼陀罗、苘麻、苍耳、小蓟、牛筋草、泥胡菜、田旋花、马唐草、葎草和稗子等。	25
	新乡市	植被类型以落叶阔叶林为主。主要植物品种有雪松、扁柏、刺柏、云杉、黑松、侧柏等常绿乔木，以及水杉、国槐、臭椿、刺槐、山楂、毛白杨，草种有果岭草、牛筋草、莎草、野艾蒿等。	22.3
	开封市	植被属暖温带落叶阔叶林带。植被以华北区系植物为主，自然植被稀少，常见的木本植物资源多为人工栽培，开封市主要树种有水保用材林、灌木林、经济林等。水保用材林有毛白杨、旱柳、泡桐、刺槐、侧柏等；灌木林有紫穗槐、荆条、益母草、马唐等；经济林有苹果、梨、猕猴桃、红枣等。花草以菊花、月季、紫荆、牛筋草、狗尾草等。	22
	周口市	植被类型属华北落叶阔叶林区，由于垦殖很早,自然植被破坏，多被栽培植被代替。主要农作物有小麦、玉米、高粱、谷子、红芋、棉花、芝麻、大豆等。在自然植物中，田间杂草多，约 100 余种，以禾本科、莎草科、菊科等为多，常见的有狗尾草、马唐、莎草、马齿菜、节草、蒺藜、蒲公英等。	26.1

2.7.7. 水土保持敏感区及其他敏感区

本工程线路路径经过优化后已避开了多处饮用水水源保护区、湿地保护区等水土保持敏感区，工程在线路优化的基础上，本工程仍涉及 1 个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；2 个省级水土流失重点预防区：山西省省级水土流失重点预防保护区，黄泛平原风沙省级水土流失重点预防区；4 个省级水土流失重点治理区：陕北丘陵沟壑重点治理区，陕北、大荔沙地重点治理区，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；3 个市级水土流失重点预防区：安阳市水土流失重点预防区、开封市市级水土流失重点预防区、新乡市市级水土流失重点预防区；1 个市级水土流失重点治理区：新乡市市级水土流失重点治理区。本工程线路仍需穿（跨）越自然保护区、自然公园、水产种质资源保护区、饮用水水源保护区、重要生境以及生态保护红线等共 21 处水土保持敏感区，涉及水土保持敏感区列表详见表 2.7-5。

表 2.7-5　　本工程涉及的水土保持敏感区

序号	种类	地点	名称	与本工程位置关系	是否取得协议
1	自然保护区	山西省晋中市平遥县	山西超山省级自然保护区	直流线路穿越实验区约 4.7km，立塔约 8 基	是
2		山西省长治市沁县	山西浊漳河源头省级自然保护区	直流线路穿越实验区 0.6km，立塔 1 基	是
3		河南省新乡市封丘县	河南新乡黄河湿地鸟类国家级自然保护区	直流线路穿越实验区约 2.13km，立塔约 4 基	是
4		河南省开封市祥符区	开封柳园口省级湿地自然保护区（河南开封柳园口湿地候鸟重要栖息地）	直流线路穿越实验区约 1.54km，立塔 1 基	是
5	重要生境	陕西省榆林市绥德县	陕西省候鸟迁徙通道重点区域范围（榆林无定河重要湿地）	直流线路一档跨越约 0.15km	是
6		山西省晋中市介休市	山西省候鸟重要迁徙通道范围（山西介休汾河国家湿地公园、介休汾河省级重要湿地）	直流线路一档跨越约 0.36km	是
7		山西省长治市襄垣县	山西省候鸟重要迁徙通道范围（襄垣县三漳省级湿地公园）	直流线路一档跨越约 0.21km	是
8		山西省长治市平顺县	山西省长治市潞党参原生境保护区	直流线路一档跨越约 0.64km	是
9	自然公园	山西省吕梁市中阳县	中阳县陈家湾省级湿地公园	直流线路一档跨越约 0.05km	是
10		河南省安阳市林州市	林州白泉省级森林公园	直流线路穿越约 5.79km，立塔约 13 基	是
11	水产种质资源保护区	河南省安阳市林州市	淇河鲫鱼国家级水产种质资源保护区	直流线路一档跨越实验区约 0.13km	是
12		河南省新乡市延津县	沙河特有鱼类国家级水产种质资源保护区	直流线路一档跨越实验区约 0.10km	是

序号	种类	地点	名称	与本工程位置关系	是否取得协议
13	重要湿地	陕西省榆林市绥德县	榆林大理河重要湿地	直流线路一档跨越约 0.13km	是
14		陕西省榆林市清涧县	陕西黄河重要湿地	直流线路一档跨越约 0.20km	是
15	生态保护红线	陕西省榆林市绥德县、清涧县	陕西省生态保护红线	直流线路穿越生态保护红线约 11.93km，立塔约 7 基	是
16		山西省吕梁市石楼县、中阳县、交口县、孝义市；晋中市平遥县；长治市武乡县、沁县、襄垣县、潞城区、平顺县	山西省生态保护红线	直流线路穿越生态保护红线约 87.76km，立塔约 164 基；交流迁改线路穿越生态保护红线约 9.41km，立塔约 27 基；	是
17		河南省安阳市林州市；新乡市卫辉市、延津县、封丘县；开封市祥符区	河南省生态保护红线	直流线路穿越约 15.70km，立塔约 25 基	是
18	饮用水水源保护区	山西省吕梁市中阳县	中阳县陈家湾水库饮用水水源保护区	直流线路穿越准保护区约 15.70km，立塔约 32 基；500kV 吕孟II线迁改线路穿越准保护区约 2.50km，立塔约 7 基	是
19		山西省晋中市平遥县	平遥源神庙水库水源地保护区	直流线路穿越二级保护区约 4.80km，立塔约 9 基	是
20		河南省安阳市林州市	林州市临淇镇石门水库饮用水水源保护区	直流线路穿越二级保护区约 3.64km，立塔约 7 基	是
21		河南省新乡市卫辉市	南水北调中线干渠饮用水水源保护区	直流线路一档跨越一级保护区约 0.18km、二级保护区约 0.30km	是

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

（1）依据《中华人民共和国水土保持法》、《中华人民共和国黄河保护法》、《陕西省水土保持条例》、《山西省实施<中华人民共和国水土保持法>办法》、《河南省实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》以及《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）的规定和要求，对工程选址（线）进行了分析与评价并提出相应要求，具体详见表 3.1-1~表 3.1-4。

表 3.1-1 主体工程选址（线）水土保持制约性因素分析

序号	约束性条件	相符性分析	分析结果
《中华人民共和国水土保持法》			
1	第十七条：禁止在崩塌、滑坡危险区和泥石流易发区从事取土、挖砂、采石等可能造成水土流失的活动。	本工程不在崩塌和滑坡危险区从事取土、挖砂、采石。	符合
2	第十八条：水土流失严重、生态脆弱的地区，应当限制或者禁止可能造成水土流失的生产建设活动，严格保护植物、沙壳、结皮、地衣等	本工程不属于水土流失严重、生态脆弱地区。施工过程中严格控制扰动范围，尽量减少对地表的扰动。	符合
3	第二十四条：生产建设项目选址、选线应当避让水土流失重点预防区和重点治理区；无法避让的，应当提高防治标准，优化施工工艺，减少地表扰动和植被损坏范围，有效控制可能造成的水土流失。	本方案通过优化施工工艺，提高防治标准指标值（林草覆盖率提高 1%），如塔基施工时限定施工范围、山丘区铁塔采用不等高基础、提高林草覆盖率、塔基余土优先平摊在永久占地范围内、设置彩旗绳限界，限定施工便道，严禁施工人员越界活动和施工机械下道行驶，采取无人机防线等先进的施工工艺；施工时应在工期安排上合理有序，合理安排工期，避免大风、暴雨天气施工；加强对施工人员的培训，提高水土保持防护意识，有效控制可能新增的水土流失。	存在约束性因素，本方案通过优化施工工艺，加强施工管理，提高防治指标及目标值后符合
4	第二十五条：在山区、丘陵区、风沙区以及水土保持规划确定的容易发生水土流失的其他区域开办可能造成水土流失的生产建设项目，生产建设单位应当编制水土保持方案，报县级以上人民政府水行政主管部门审批，并按照经批准的水土保持方案，采取水土流失预防和治理措施。没有能力编制水土保持方案的，应当委托具备相应技术	建设单位已委托具有水土保持方案编制技术能力的西北院、华北院、东北院编制本工程水保方案，并履行相关审批手续。	符合

序号	约束性条件	相符性分析	分析结果
	条件的机构编制。		
5	第二十八条:依法应当编制水土保持方案的生产建设项目,其生产建设活动中排弃的砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等应当综合利用;不能综合利用,确需废弃的,应当堆放在水土保持方案确定的专门存放地,并采取措施保证不产生新的危害。	本项目送端榆林站剥离的表土进行综合利用，工程建设区域不存在永久弃土场，其他临时堆土均设置了临时堆土场地，本方案也将增设临时防护措施，不产生新的危害。	符合
6	第三十二条: 在山区、丘陵区、风沙区以及水土保持规划确定的容易发生水土流失的其他区域开办生产建设项目或者从事其他生产建设活动,损坏水土保持设施、地貌植被,不能恢复原有水土保持功能的，应当缴纳水土保持补偿费,专项用于水土流失预防和治理。	本方案计列了水土保持补偿费等相关水土流失防治费用，可满足水土保持要求。	符合
7	第三十八条:对生产建设活动所占用土地的地表土应当进行分层剥离、保存和利用,做到土石方挖填平衡,减少地表扰动范围;对废弃的砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等存放地,应当采取拦挡、坡面防护、防洪排导等措施。	本方案设计中，已对工程占地范围内的表土进行表土剥离，集中存放便于后期绿化，或由其他项目进行综合利用；临时堆土根据沿线实际情况采取适当防护措施。	符合
《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，2024 年 5 月 30 日修订）			
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防治目标值，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,提高防治目标值后符合。
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,生产建设单位应当在生产建设项目开工建设前完成水土保持方案编报并取得批准手续。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批准的,生产建设项目不得开工建设。	工程未开工建设，建设单位已经委托开展水土保持方案报告书编制工作。	符合
《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	本工程未开工建设，建设单位已经委托开展水土保持方案报告书编制工作。	符合

序号	约束性条件	相符性分析	分析结果
	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。		
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废弃的砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等应当综合利用,无法综合利用,确需废弃的,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全部利用,不产生永久弃渣。	符合
《河南省实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》(河南省人大常委会,2014 年 12 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,应当提高水土流失防治标准,减少工程永久或者临时占地面积,加强工程管理,优化施工方案和工艺,减少地表扰动和植被损坏范围,有效控制可能造成的水土流失。	本工程涉及水土流失重点预防区和重点治理区的区域执行一级标准并提高防治目标值,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,提高防治目标值后符合。
2	第二十三条 依法应当编制水土保持方案而未编制的,或者水土保持方案未经有批准权的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,已经委托开展水土保持方案报告书编制工作。	符合

表 3.1-2　与《生产建设项目水土保持技术标准》约束性规定的相符性分析

GB50433-2018 的约束性规定		相符性分析	分析结果
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。	本工程选址选线过程中避让了部分水土流失重点防治区，对于无法完全避让的水土流失重点防治区，开展不可避让论证，同时水土流失防治指标执行一级标准并提高防治目标值，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，主体工程及本方案优化施工工艺，提高防治指标值后符合。
	选址（线）应避让河流两岸、湖泊和水库周边的植物保护带。	工程沿线跨黑木头川、大理河、两河沟河、无定河、黄河、屈产河、南川河、汾河、文峪河、磁窑河、柳根河、惠济河、昌源河、浊漳河、淅河、淇河、大沙河、惠济河及南水北调中线总干渠等主要河流及其他小型沟渠，本工程不在河流两岸植物保护带内立塔。	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

表 3.1-3 《中华人民共和国黄河保护法》中水土保持制约性因素分析

黄河保护法的约束性条件		相符性分析	分析结果
工程选址(线)方面	第三十二条 禁止在二十五度以上陡坡地开垦种植农作物。黄河流域省级人民政府根据本行政区域的实际情况，可以规定小于二十五度的禁止开垦坡度。	本工程不属于在陡坡地开垦种植农作物工程。	符合
	第三十四条 禁止损坏、擅自占用淤地坝。	本工程不属于损坏、占用淤地坝。	符合
	第三十五条 禁止在黄河流域水土流失严重、生态脆弱区域开展可能造成水土流失的生产建设活动。确因国家发展战略和国计民生需要建设的，应当进行科学论证，并依法办理审批手续。 生产建设单位应当依法编制并严格执行经批准的水土保持方案。 从事生产建设活动造成水土流失的，应当按照国家规定的水土流失防治相关标准进行治理。	本工程不属于水土流失严重、生态脆弱地区。生产建设单位已委托开展水土保持方案报告书编制工作，并在施工过程中严格按照水土保持方案执行，按照国家规定的水土流失防治相关标准进行治理。	符合
	第四十四条 黄河流域生产建设活动损毁的土地，由生产建设者负责复垦。因历史原因无法确定土地复垦义务人以及因自然灾害损毁的土地，由黄河流域县级以上地方人民政府负责组织复垦。	本工程建设过程中不可避免地扰动了耕地区域，水土保持方案要求施工结束后对耕地进行耕地恢复。	符合
	第六十七条 国家加强黄河流域河道、湖泊管理和保护。禁止在河道、湖泊管理范围内建设妨碍行洪的建筑物、构筑物以及从事影响河势稳定、危害河岸堤防安全和其他妨碍河道行洪的活动。禁止违法利用、占用河道、湖泊水域和岸线。 河道、湖泊管理范围由黄河流域管理机构和有关县级以上地方人民政府依法科学划定并公布。 建设跨河、穿河、穿堤、临河的工程设施，应当符合防洪标准等要求，不得威胁堤防安全、影响河势稳定、擅自改变水域和滩地用途、降低行洪和调蓄能力、缩小水域面积；确实无法避免降低行洪和调蓄能力、缩小水域面积的，应当同时建设等效替代工程或者采取其他功能补救措施。	本工程在黄河河道管理范围内立塔 12 基，均不在黄河主槽水面立塔，建设单位已委托黄河水利委员会河南水文水资源局开展本项目段防洪评价报告的编制工作，目前报告正在编制过程中。本段工程线路路径已获得地方人民政府许可。 本工程涉及在河道管理范围内的塔基，目前已开展防洪评价专题论证，建设单位会符合相应规定的要求，不会出现威胁堤防安全、影响河势稳定，擅自改变水域和滩地用途、降低行洪和调蓄能力、缩小水域面积等。	符合

综上所述，本项目作为国家战略部署的重点线性基础设施项目，不属于生产性建设

项目；项目在选址选线和设计阶段进行了多次优化调整，尽可能避让了沿线的水土保持敏感区，但由于输电距离长、自然环境复杂、涉及地市众多，综合考虑地方规划、水土保持敏感区、重要矿产等多方限制性因素后，仍无法完全避让水土流失重点防治区。

本工程在选线虽有一定的限制性因素，通过提高防治标准（林草覆盖率提高1%），加强预防保护（如塔基施工时限定施工范围、山丘区铁塔采用不等高基础、提高林草覆盖率、塔基余土优先平摊在永久占地范围内、设置彩旗绳限界，限定施工便道，严禁施工人员越界活动和施工机械下道行驶等），基于输电线路塔基呈点状间隔占地的特点，对不可避让穿(跨)越国家级水土流失重点防治区的输电线路段，采取尽量缩短线路长度、增大档距以减少水土流失重点防治区内立塔数量及占地、优化基础型式、优化施工工艺（施工时应在工期安排上合理有序，合理安排工期，避免大风、暴雨天气施工；加强对施工人员的培训，提高水土保持防护意识，有效控制可能新增的水土流失）、加强施工期和运行期管理、减小植被破坏、加强水土保持等减缓措施，施工结束后及时采取植被恢复等迹地恢复措施，尽量减少地表扰动和植被损坏范围，采取科学可行的水土流失防治措施后，可满足水土保持要求。

输电线路工程占地较为分散，施工临时占地较多，不存在集中大量占用土地的情况，且临时占地施工结束后均给予恢复植被，或者恢复耕地归还当地农耕，对生态环境的影响仅限于施工期，并且影响较小。

项目施工时将合理布置施工场地，并采取相应保护措施，尽量减小对水土流失重点治理区的影响。从水土保持角度分析，推荐路径方案合理。因此本项目建设符合水土保持相关要求。

3.1.2.特定水土流失类型区的特殊性分析

根据主体工程可研资料及现场踏勘，本工程涉及西北黄土高原区、北方土石山区、平原区。本工程关于特定水土流失类型区的特殊规定，其水土流失特殊规定进行分析，详见表 3.1-4。

表 3.1-4　不同水土流失类型区的水土流失特殊规定分析表

序号	制约性因素条款	本工程情况	相符性
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。	本工程送端榆林站及线路塔基陡坡地区布设了排水沟、消能措施。	符合本类型区特殊规定。
2	宜设置雨水集蓄利用设施。	送端榆林站站区生活污水回用量可满足站区喷洒及灌溉需求，且站址区域属一级湿陷性黄土区域，灌溉量不宜过大，考虑主体安全，站区未设雨水集蓄设施，站区雨水经收集后排入沟道自然下渗。	符合本类型区特殊规定。
北方土石山区			
1	应保存和综合利用土壤资源。	本工程借方采取综合利用的方式，不新增取土场，借方来自河南省淮河流域惠济河重点平原洼地治理工程，该工程位于杞县，距离本工程 40km，工程于 2025 年 10 月开工，工程余土 86 万 m^3，满足本工程土石方量需求。	符合本类型区特殊规定
2	江河上游水源涵养区应采取水源涵养措施。	本工程不涉及江河上游水源涵养区。	符合本类型区特殊规定
平原地区			
1	应保存和利用耕作层土壤	本方案已补充完善耕作层土壤的保护及利用措施。	符合本类型区特殊规定。
2	应采取沉沙措施，防止河渠淤积	本工程受端换流站工程均已考虑临时堆土的临时排水沉沙措施，线路工程单个塔基临时堆土堆放时间较短，堆土量较小，并布设有临时拦挡及苫盖措施，无需布设临时沉沙池。	符合本类型区特殊规定。
3	取土(石、砂)场宜以宽浅式为主，注重取土后的恢复利用措施	本工程不涉及取土(石、砂)场。	符合本类型区特殊规定。
4	应优化场地、路面设计标高，或采取其他措施，减少外借土石方量	本工程主体设计结合原始标高及现场情况，优先考虑土石方平衡，本工程受端换流站为预防内涝和洪水，需外借土石方量，已优化设计，减少了外借土石方量。	符合本类型区特殊规定。

根据上表分析，主体工程在换流站及输电线路沿线设计的措施符合《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）中特定水土流失类型区特殊规定。

3.2. 建设方案与布局水土保持分析评价

（1）建设方案相符性分析

本方案对照《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）中关于工程建设方案与布局的相关规定进行水土保持分析与评价，并提出相应要求，详见表 3.2-1。

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	山丘区输电工程塔基应采用不等高基础，经过林区的应采用加高铁塔跨越方式。	根据主体工程设计资料，本工程为减少基面土石方开挖量和破坏山区植被，在山丘区塔基采用全方位高低腿塔及主柱加高基础。在路径选择时，尽量避开林区，对线路走廊范围内不能避开的林区，采用加高塔身的方法进行高跨，减少林木砍伐。	符合
	对无法避让水土流失重点预防区和重点治理区的生产建设项目，建设方案应符合下列规定:	本工程在可研设计阶段已尽量避开了左栏所列区域，但线路路径仍无法避免的涉及国家级、省级水土流失重点预防区、重点治理区。经主体设计对建设方案进行优化和水保方案分析补充后，本工程与左栏要求相符性分析如下:	符合
	①应优化方案，减少工程占地和土石方量。	送端榆林站及受端换流站总平面在可研设计阶段在满足电气设备要求基础上，布置紧凑，功能分区明确，并通过优化总平面布置及站外护坡设计方案，尽量减少永久占地面积。竖向布置充分考虑地形条件，采用平坡式布置，减少土石方工程量。接地极根据地形条件，送端接地极极环采用水平浅埋、双跑道形布置方案，送端接地极极环采用水平浅埋、双环圆形布置方案，工程开挖减少作业带宽尽量减少土石方量，符合土石方资源化、减量化要求。输电线路优化了线路路径方案，各塔四条腿可根据实际地形自由调节组合，并配合高低基础使用以适应塔位原地形，进而减少了总体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，充分利用已有道路或采用索道运输，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，减少牵张场设置数量，临时施工场地设置彩条旗围栏，严格控制临时施工扰动范围。本工程通过优化设计，换流站共计减少占地面积 3.23hm^2，减少土石方挖填方总量 8.9 万 m^3；塔基区减少占地面积 4.20hm^2，减少土石方挖填方总量 2.10 万 m^3；牵张场区减少占地面积 0.96hm^2；施工道路减少长度 3.9km，减少占地面积 1.76hm^2。	符合
	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。	送端榆林站及受端换流站主体设计根据《防洪标准》（GB50201-2014），防洪标准为 100 年一遇，截排水工程设计重现期为 5 年一遇；根据主体设计资料，本工程主要考虑在部分坡地型塔基区设置排水沟，以防止上坡侧雨水冲刷基面，根据左栏技术要求，塔基排水沟设计标准由 5 年一遇提高至 10 年一遇 10min 降水量设计；经	

GB50433-2018 的约束性条件		相符性分析	分析结果
		本方案分析补充，本工程设计的拦挡工程主要为塔基区临时土方拦挡，根据左栏要求，本方案补充设计的临时防护措施对临时堆土采取了彩条布铺垫、密目网苫盖以及袋装土拦挡，对施工期的临时堆土密闭防护，严控水土流失。	
	③宜布设雨洪集蓄、沉沙设施。	本工程换流站工程在排水沟末端设置了沉沙池，输电线路工程铁塔分散且占地较小，不需布设左列设施。	
	④提高植物措施标准，林草覆盖率应提高 2 个百分点。	经本方案分析补充，结合工程特点确定换流站工程植被恢复与建设工程级别为 1 级，线路工程植被恢复与建设工程级别为 2 级，同时提高林草覆盖率 2 个百分点。	

根据上述分析，经主体设计优化和本方案补充完善，本工程建设方案总体合理，符合水土保持相关规定与要求。

（2）建设方案优化过程

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，本工程涉及的水土保持敏感区情况如下:

1）水土保持重点预防区和重点治理区

根据《水利部关于加强水土保持空间管控的意见》（水保〔2024〕4 号）、《水利部办公厅关于做好国家级水土流失重点预防区和重点治理区落地上图成果应用的通知》（办水保〔2025〕170 号）要求，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，确实无法避让的，应充分开展不可避让论证，并提高水土流失防治标准和措施等级，优化施工工艺，减少地表扰动和植被损坏范围，有效控制可能造成的水土流失。本工程按照最新国家级水土流失重点预防区和重点治理区划定成果进行路径优化设计，线路路径确实无法避让时，尽量减少在保护区范围内的长度以及立塔数量。

本工程陕西段线路不可避免地穿越黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区。主体设计通过优化设计方案，在可研阶段即按"避让优先"原则，结合现场障碍物分布、地形情况及城乡规划要求，通过调整线路路径、加大档距、改线绕行等措施，尽可能减少国家级两区的穿越长度。对于无法避让的区域，本段通过加大档距、一档跨越等方式，减少穿越国家级两区的立塔数量。本段线路优化前在国家级两区内立塔数量共计 383 基、穿越治理区总长度 176.22 km；通过优化，立塔数量减少至 355 基，穿越治理区总长度

减至 165.62 km，共计减少塔基数量 28 基、缩短穿越长度 10.6 km。其中，完全避让了米脂县郭家寨村小流域（0.56 km/1 基）、绥德县小流域（0.3 km/1 基）等局部敏感点；部分避让了子洲县段（穿越治理区由 16.3 km 减至 7.8 km，减少 1 处小流域穿越）及绥德县城南区域等区段。线路中心线两侧 50 km（直流）/25 km（接地极）范围内基本被该治理区连片覆盖，仅中间无定河河谷未涉及；因此无论向哪个方向绕行避让，都将遇到比穿越治理区更严重的限制性因素，绕行路径均难以成立，本段线路路径唯一。对位于国家两区的线路，通过优化施工工艺，在两区范围内通过加高杆塔高度，对跨越敏感区采用加大档距、一档跨越设计，尽量减少塔基占地和对地表的开挖扰动。优化塔基基础型式，主要采用岩石嵌固和挖孔基础，杆塔采用高低腿设计，因地制宜，优化设计杆塔接腿配置，减少土方开挖。塔基施工材料运输尽量利用现有道路，减少临时施工便道修筑。通过布设彩旗绳限界、彩条布铺垫、密目网苫盖等临时防护措施，减少两区内的地表扰动，有效减少了水土流失。另外，施工时应在工期安排上合理有序，合理安排工期，避免大风、暴雨天气施工；加强对施工人员的培训，提高水土保持防护意识，有效控制可能新增的水土流失。综上，陕西段在选线上最大可能地避让了国家级两区，对于无法避让的国家级两区，采取了优化措施，有效的控制了可能造成的水土流失。

本工程山西段线路在长治市不可避免的穿越太行山国家级水土流失重点治理区，主体设计通过优化设计方案，采取绕行方案，并结合现场障碍物分布、地形情况，通过调整线路路径、加大档距等措施，尽可能减少国家级两区穿越长度。对于无法避让的区域，本段通过加大档距，减少穿越国家级两区的立塔数量。本段线路优化前在国家级两区内立塔数量共计 249 基，通过优化，减少至 208 基，共计减少塔基数量 41 基。对位于国家两区的线路，通过优化施工工艺，在两区范围位于林区的，通过加高杆塔高度，对档中树木采用高跨设计，尽量减少档中的林木砍伐，减少水土流失。山地段杆塔基础优化基础型式，主要采用岩石嵌固和挖孔基础，杆塔采用高低腿设计，因地制宜，优化设计杆塔接腿配置，减少土方开挖。塔基施工材料运输尽量采用索道方式。通过布设彩绳旗限界、临时铺垫、临时拦挡等措施减少两区内的扰动，有效减少了地表扰动，防治了施工造成的水土流失。另外，施工时应在工期安排上合理有序，合理安排工期，避免大风、暴雨天气施工；加强对施工人员的培训，提高水土保持防护意识，有效控制可能新增的水土流失。综上，本项目山西段在选线上最大可能的避让了国家级两区，对于无法避让的国家级两区，采取了优化措施，有效的控制了可能造成的水土流失。

本工程河南段线路在林州市不可避免的穿越太行山国家级水土流失重点治理区，主体设计通过优化设计方案，采取绕行方案，并结合现场障碍物分布、地形情况，通过调整线路路径、加大档距等措施，尽可能减少国家级两区穿越长度。对于无法避让的区域，本段（林州市段）通过加大档距，减少穿越国家级两区的立塔数量。本段线路优化前在国家级两区内立塔数量共计 60 基，通过优化，减少至 38 基，共计减少塔基数量 22 基。对位于国家两区的线路，通过优化施工工艺，在两区范围位于林区的，通过加高杆塔高度，对档中树木采用高跨设计，尽量减少档中的林木砍伐，减少水土流失。山地段杆塔基础优化基础型式，主要采用岩石嵌固和挖孔基础，杆塔采用高低腿设计，因地制宜，优化设计杆塔接腿配置，减少土方开挖。塔基施工材料运输尽量采用索道方式。通过布设彩绳旗限界、临时铺垫、临时拦挡等措施减少两区内的扰动，有效减少了地表扰动，防治了施工造成的水土流失。另外，施工时应在工期安排上合理有序，合理安排工期，避免大风、暴雨天气施工；加强对施工人员的培训，提高水土保持防护意识，有效控制可能新增的水土流失。综上，本项目河南段在选线上最大可能的避让了国家级两区，对于无法避让的国家级两区，采取了优化措施，有效的控制了可能造成的水土流失。

经路径优化及论证,原路径方案涉及国家级水土流失重点治理区小流域数量 119 处，穿越长度 344.87m，立塔数量 749 基；经优化，避让了黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区小流域 3 条、太行山国家级水土流失重点治理区 3 条，优化了线路局部方案，减少了国家级水土流失重点治理区域内线路长度 38.54 公里、塔基 108 座；优化后路径涉及黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区（小流域 83 个）、太行山国家级水土流失重点治理区(小流域 29 个)，分别位于陕西省、山西省及河南省，穿越长度 306.33km，立塔数量 641 基。涉及省、市级水土流失重点预防区、重点治理区情况如下:

本工程在陕西省榆林市横山区、靖边县涉及陕北、大荔沙地重点治理区，在横山区、靖边县、米脂县、子洲县、绥德县、清涧县涉及陕北丘陵沟壑重点治理区。其中±800kV 直流线路长度为 142.8km，拟立塔 275 基；送端接地极线路长度为 73.0km，拟立塔 188 基；迁改线路长度 10.7km，拟立塔 11 基。

本工程在山西省吕梁市石楼县、中阳县、交口县、汾阳市，晋中市介休市、平遥县，长治市武乡县、沁县、襄垣县、潞城区、平顺县经过山西省省级水土流失重点治理区。山西省全线均处于省级水土流失重点治理区内，山西省境内 ± 800kV 直流线路长度为 371.4km，拟立塔 784 基；迁改线路长度 15.9km，拟立塔 80 基。

本工程在河南省安阳市林州市经过安阳市市级水土流失重点治理区；在新乡市卫辉市经过太行山省级水土流失重点治理区，在新乡市延津县经过新乡市市级水土流失重点治理区，在新乡市封丘县经过新乡市市级水土流失重点预防区和重点治理区；在开封市祥符区、杞县经过开封市市级水土流失重点预防区；在周口市太康县经过黄泛平原风沙省级水土流失重点预防区。河南省境内±800kV 直流线路长度为 213.3km，拟立塔 430 基；接地极线路迁改线路长度 57.8km，拟立塔 181 基；迁改线路长度 3.7km，拟立塔 10 基。

2）其他水土保持敏感区

本工程线路路径经过优化后已避开了多处饮用水水源保护区、湿地保护区等水土保持敏感区，工程在线路优化的基础上，本工程线路仍需穿（跨）越自然保护区、自然公园、水产种质资源保护区、饮用水水源保护区、重要生境以及生态保护红线等共 21 处水土保持敏感区。

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、风景名胜区核心景区、世界文化遗产区内立塔，对于需在自然保护区实验区和生态保护红线立塔的，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，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正在办理相关部门的支持性文件，项目建设需符合相关规定的要求。本方案也通过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。

3.3. 工程占地评价

（1）节约用地的评价

1）永久占地的评价

根据本工程用地预审与选址意见书（详见附件），对送端榆林站、受端换流站站区永久征地面积进行了用地预审，送端榆林站永久占地面积共计45.91hm^2，小于用地预审规定的45.915hm^2，受端换流站站址占地面积共计21.92hm^2，小于用地预审规定的22.0458hm^2，符合节约用地的要求。工程永久征地面积合理性分析见表3.3-1。

表 3.3-1 永久占地面积合理性分析评价表

序号	项目	指标规定	实际占地	备注
1	送端榆林站	49.915hm^2	49.91hm^2	小于指标规定
2	受端换流站	22.0458hm^2	21.92hm^2	小于指标规定

2）临时占地的评价

点型工程的施工生产生活区、供排水管线、施工电源等目前没有相应的用地指标，根据实际施工需要及开挖断面进行分析，主体工程计列的占地面积既能满足施工需求，又可严格控制施工场地的范围，符合节约用地的要求。线型工程用地按照《国家电网有限公司关于印发<输变电工程水土保持技术规程第1部分：水土保持方案>等9项企业标准的通知》（国家电网企管〔2023〕561号）的规定进行计列，符合节约用地的要求。工程临时占地面积合理性分析见表3.3-2。

表 3.3-2 临时占地面积合理性分析评价表

序号	项目	指标规定	实际占地	备注
1	塔基施工场地	（根开+20m）^{2}-永久占地	（根开+20m）^{2}-永久占地	符合指标规定
2	牵张场	特高压输电线路：2400m^2/处 500kV、330kV输电线路：1200m^2/处 220kV、110kV输电线路：400m^2/处 35kV输电线路：200m^2/处	特高压输电线路：2400m^2/处 500kV、330kV输电线路：1200m^2/处 220kV、110kV输电线路：400m^2/处 接地极线路：200m^2/处	符合指标规定
3	跨越施工场地	跨越500kV以上输电线路：1000m^2/处 其他跨越：400m^2/处	400m^2/处	符合指标规定
4	施工道路	施工道路：3~4.5m 人抬道路：1~1.5m	施工道路：4.5m 人抬道路：1.5m	符合指标规定

本工程设计征地时，充分参考了±800kV换流站用地指标要求，已将用地控制在自然资源部和项目所在地自然资源部门限制用地范围内，符合土地使用标准。两端换流站土地征用面积均低于用地预审文件规定的用地指标。施工临时占地面积在考虑站外临时堆土区面积后可满足施工需要，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、电缆电极施工占地，检修道路临时占地、外接电源工程区施工占地，汇流装置区永久征地根据实际需要情况确定，电缆电极区、检修道路区、外接电源工程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。

输电线路工程主体考虑了塔基占地、塔基施工场地占地、牵张场占地、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，输电线路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，换流站征地严格执行相关行业标准，在保证其能够正常、安全运行的同时，尽量减少土地征用，减少地表扰动面积。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，本方案无需增减。

（2）占地类型分析评价

本工程总占地面积为738.69hm^2，永久占地125.18hm^2，临时占地613.51hm^2。占地类型中旱地163.18hm^2，水浇地196.36hm^2，乔木林地119.27hm^2，灌木林地99.88hm^2，果园39.10hm^2，其他园地29.59hm^2，其他草地88.50hm^2，公用设施用地0.03hm^2，沙地1.62hm^2，农村道路1.16hm^2。

本工程施工过程中不可避免将会占用部分耕地、林地、草地，其中临时占地在施工结束后可以恢复原使用功能，通过土质改良等措施复耕、还田还林，不影响土地生产功能。在正式用地报批前按规定做好征地补偿安置、耕地占补平衡以及土地复垦有关工作。

工程占地类型基本符合水土保持要求。

（3）占地面积漏项分析评价

经查阅主体工程可行性研究报告，本工程点型工程和线型工程中，均考虑了各分项占地面积，经本方案核实，占地面积不存在漏项。

（4）占地性质分析评价

本工程总占地面积 738.69hm^2，其中永久占地 125.18hm^2，约占 16.96%，临时占地 613.51hm^2，约占 83.04%。

换流站工程在四通一平阶段扰动面积共计 89.67hm^2（为站区、进站道路区、施工生产生活区、临时堆土区），土建施工阶段及电气安装阶段扰动面积共计 126.12hm^2（为站区、进站道路区、施工生产生活区、临时堆土区、供排水工程区、站外电源设施区、专项设施迁改区），电气设备调试阶段同步开展迹地恢复工作。

接地极工程在施工阶段扰动面积共计 35.47hm^2（为汇流装置区、电极电缆区、检修道路区、外接电源工程区），电气设备调试阶段同步开展迹地恢复工作。

输电线路在基础施工阶段扰动面积共计 464.46hm^2（为塔基及施工场地区、施工道路区），组塔阶段扰动面积共计 464.46hm^2（为塔基及施工场地区、施工道路区），架线阶段扰动面积共计 577.10hm^2（为塔基及施工场地区、牵张场区、跨越施工场地区、施工道路区），电气设备调试阶段同步开展迹地恢复工作。

换流站占地较为集中，在工程建成后四周有围墙防护，留有部分绿化空地，其余部分基本硬化，对四周的生态环境影响很小。输电线路工程占地较为分散，施工临时占地较多，不存在集中大量占用土地的情况，且临时占地施工结束后均给予恢复植被，或者恢复耕地归还当地农耕，对生态环境的影响仅限于施工期，并且影响较小。

项目完工至设计水平年时对生态环境基本无影响。

3.4. 土石方平衡评价

（1）工程土石方平衡分析评价

根据对本工程的水土保持分析，本工程挖填土石方总量为 813.54 万 m^3，总挖方 397.08 万 m^3（其中基础开挖土石方 383.77 万 m^3，钻渣 13.31 万 m^3），总填方 416.46 万 m^3（其中基础回填土石方 403.15 万 m^3，钻渣 13.31 万 m^3），借方 19.38 万 m^3，无余方。

本工程送端榆林站站址及周边地形起伏较大，主体设计在充分考虑周边地形条件的基础上，统筹对站区、进站道路区及施工生产生活区的竖向布置进行优化，对站址土石方量采用网格法进行计算后确定，细化了土石方量计算过程，最大程度减小了送端榆林

站建设产生的挖填方量，并做到了站区土石方挖填平衡。

本工程受端换流站自然地面高程低于站区百年一遇洪水位，需外借土方对站区和进站道路进行垫高达到设计标高，主体工程在充分考虑基础挖方回填到站区后需外借土方19.38万m^3，土方来自河南省淮河流域惠济河重点平原洼地治理工程，该工程位于杞县，距离本工程40km，工程于2025年10月开工，计划于2026年12月完工，工程余土86万m^3，本工程所需土方现已平摊、晾干在河道两侧二滩，待工程开工后可用于本工程垫高，满足本工程土石方量需求，土方由杞县林业投资有限公司负责运输到本工程指定地点，运输过程中的水土流失防治责任由杞县林业投资有限公司负责。

输电线路各防治分区的土石方就地平衡，部分塔基少量的挖方余方在施工完结后回填至塔基永久占地范围内。

本工程挖、填方优先考虑就地平衡，各防治分区的开挖的土方均满足回填土质要求，全部在本区内进行回填，剥离的表土回填用于植被恢复或复耕，或由其他工程进行综合利用，工程无永久弃方，借方为综合利用其它工程余方，土方的综合利用能减少两个工程分别建设时的土石方挖填量，符合土石方资源化、减量化要求，符合水土保持要求。

（2）土方调运合理性分析

本工程送端榆林站土石方在征地范围内及结合施工生产生活场地平衡，土石方调运不超出站址永久征地及临时用地范围，主要为进站道路区土方调入站区作为回填土方。进站道路开挖的多余土方13.15万m^3调运到站区进行场平回填。送端榆林站挖方269.84万m^3，填方269.84万m^3，区间调入利用量13.15万m^3，调出利用量13.15万m^3，无外借土方，挖方利用率100%。综上，送端榆林站整体挖填平衡，无弃方、借方，土石方调运符合水土保持要求。

本工程受端换流站主体设计在充分考虑站区、进站道路区设计标高后，采用外借的方式对站区和进站道路进行回填达到设计标高。受端换流站挖方20.66万m^3，填方40.04万m^3，外借土方19.38万m^3，无弃方。综上，受端换流站土石方调运符合水土保持要求。

送端接地极挖方25.66万m^3，填方25.66万m^3，无借方，无弃方，综上。受端接地极土石方调运符合水土保持要求。

受端接地极挖方3.59万m^3，填方3.59万m^3，其中电极电缆区调入汇流装置区0.05万m^3土石方用于汇流装置区垫高，区间调入利用量0.05万m^3，调出利用量0.05万m^3，

无借方，无弃方，综上。受端接地极土石方调运符合水土保持要求。

输电线路工程塔位分散，单个铁塔基础开挖回填土石方量较小，工程挖、填方优先考虑就地平衡，塔基区开挖多余的土方，尽量避免土方重复开挖调用。土石方调运符合水土保持要求。

（3）余土处置合理性分析

本工程一般土石方无余方。

（4）借方来源可行性分析

本工程借方采用利用其他项目余方的方式，土方来自于河南省淮河流域惠济河重点平原洼地治理工程，该工程位于杞县，距离本工程40km，工程于2025年10月开工，计划2026年12月底完工，工程余土86万m^3，本工程所需土方现已平摊、晾晒在二滩处，本工程开工后可运至站区进行垫高，满足本工程土石方量需求。

（5）临时堆土的数量和位置

送端榆林站临时堆放的一般土石方位于站内，施工中进行临时防护。

受端换流站在站区内设置1个临时堆土场，用于作为外借土方的临时中转和站内基槽余土堆放，占地面积3.23hm^2，平均堆高按3.0m考虑，可集中堆放土方7.10万m^3。在站外临时堆土区设置1处表土堆放场地，用于堆放站区、进站道路区和施工生产生活区剥离的表土和站内土方的临时倒运，占地面积3hm^2，平均堆高按3.50m考虑可集中堆放表土8.38万m^3。

送端接地极和受端接地极临时堆土堆放于电极电缆区施工场地范围内，并进行临时防护。

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。

3.5. 取土场设置评价

换流站及输电线路工程所需的砾石、沙子等建筑材料可从砂石厂直接购买，材料生产期间的水土流失防治责任由生产单位负责，运输期间的水土流失防治责任由运输单位负责；工程开工前，建设单位需同合法合规的生产企业、运输公司签订购买及运输合同，合同中需落实水土保持相关责任。

本工程建设期不设置专门的取土场，受端换流站外借土方19.38万m^3，来自土方来自于河南省淮河流域惠济河重点平原洼地治理工程，满足本工程土石方量需求，不设置

取土场，符合水土保持要求。

3.6. 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）分析评价见表 3.6-1。

表 3.6-1 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挖填整平，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。
			边坡防护	送端榆林站填方边坡坡脚采取抗滑桩设计，防止顺坡溜渣，同时相较边坡超填方案减少占地面积约 5hm^2；填方边坡坡脚设排水沟，用于排导坡面雨水；挖方坡顶设置截水沟，用于拦截坡面来水。	符合要求，需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。山地段杆塔基础优化基础型式，主要采用岩石嵌固和挖孔基础，杆塔采用高低腿设计，因地制宜，优化设计杆塔接腿配置，减少土方开挖。山丘区塔基施工运输尽量采用索道方式，减少了新建施工道路对地表的扰动。	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、铺垫措施，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。全线有条件的区域采取无人机架线或数字化智能牵张放线的方式，减少了因开辟施工通道引起的扰动。	本工程架线施工中，结合国内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田。			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，尽量避让植被相对良好的区域和基本农田。	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，施工时序避开作物生长季。施工过程中需严格控制施工场地范围，不占用植被相对良好的

序号	评价内容	项目情况	水土保持分析与评价结论
			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，防止沿途散逸。	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表土。对于扰动深度小于20cm的施工区域进行铺垫保护。清基表土单独堆放，用于站区后期绿化覆土或表层压盖。	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、接地极及线路塔基等区域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、拆除是否采取减少流失的有效措施。	不涉及左栏内容。本工程无围堰填筑及拆除工作。	符合要求。
10	弃渣场是否满足“先拦后弃”原则。	不涉及左栏内容。本工程无弃渣场。	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。	不涉及左栏内容。本工程无取土场。	符合要求。

3.7. 主体工程设计中具有水土保持功能工程的分析评价

3.7.1. 送端榆林站具有的水土保持功能工程分析与评价

（1）站区

——雨水排水管网

站内雨水经设置在场地内的雨水口收集，汇入地下雨水排水管网后分别排放至站外东南侧及北侧的自然冲沟。站内雨水排水管道采用钢筋混凝土排水管，管径DN300~1200，雨水排水管线总长15590m。主体工程设计的雨水排水管可满足站内雨水排放需要，根据水土保持工程措施界定原则分析，雨水排水管具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

——混凝土截排水沟

站区围墙外截排水沟布设如下：①站区边坡马道排水沟总长4600m，采用混凝土砌筑，为矩形断面，断面尺寸净空0.6m×0.4m；②站区边坡坡脚排水沟总长2850m，采用混凝土砌筑，为矩形断面，断面尺寸1.2m×0.8m；③跌水沟总长1156m，采用混凝土砌筑，为矩形断面，断面尺寸0.6m×0.6m；④西侧挖方边坡坡顶设截洪沟800m，采用钢筋混凝土砌筑，为矩形断面，断面尺寸0.8m（宽）×0.8m（深），截水沟末端接入护坡截排水系统；⑤东南侧填方边坡坡脚设排洪沟760m，采用钢筋混凝土砌筑，为梯形断面，下底宽1.2m、上底宽3.5m、深1.5m，东南侧截洪沟末端设消力池进行消能，消力池末端设海漫带，雨水经消能后排入站区东南侧的自然沟道内。

经统计，站区围墙外共设混凝土截排水沟总长10166m，其中护坡马道排水沟、坡脚排水沟、跌水沟费用计列入框格植草护坡内，站区征地红线外雨水排水管、跌水暗沟、消力池及海漫带等措施工程量计入供排水工程区。

根据水土保持工程措施界定原则分析，挖方边坡坡顶外侧截水沟、挖填方边坡坡底排水沟及配套建设的八字式排水口具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

送端榆林站截排水沟按5-10年一遇短历时暴雨标准设计，满足《水土保持工程设计规范》(GB51018－2014)排水沟1级标准，因此无需提高设计标准。

下面对挖方边坡截水沟过流能力进行校核，挖方边坡截水沟最大汇流面积0.008km^2，设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度参考《水土保持工程设计规范》（GB51018-2014）。

坡面洪水设计径流量公式:

$$Qm = 16.67 \varphi q_1 F \quad \text{公式 3.7-1}$$

式中：Qm---设计洪峰流量，m^3/s;

φ---径流系数，取 0.80;

q_1----暴雨强度（mm/min），取 q_1=2.0mm/min;

F----集水面积，km^2，本工程最大汇水面积为 $0.008km^2$。

经计算，10 年一遇洪峰流量约为 $0.21m^3/s$。

截水沟过流能力校核:

排水沟过流能力采用明渠均匀流公式计算确定。

$$Q=A \times V \quad \text{公式 3.7-2}$$

式中：Q——设计流量（m^3/s）；

A——过水断面面积（m^2），需考虑安全超高 0.3m;

V——流速（m/s）；

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad \text{公式 3.7-3}$$

式中：R——水力半径(m);

i——水力坡度，取 0.005;

n——粗糙系数，取 0.014;

经计算，挖方边坡截水沟设计排水流量为 $0.65m^3/s$，大于设计洪峰流量 $0.21m^3/s$，满足过流要求。

站区东南侧排洪沟总长度 760m，断面尺寸为下底宽 1.2m、上底宽 3.5m、深 1.5m，对其过流能力进行校核，最大汇流面积为 $0.054km^2$，设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度参考《水土保持工程设计规范》（GB51018-2014）。根据《水土保持工程设计规范》(GB51018－2014)，排水沟按 1 级标准进行校核，排水沟出口断面设计洪峰流量为 $1.44m^3/s$。排水沟过流能力采用明渠均匀流公式计算确定，详见公式 3.7-2、3.7-3，排水沟需考虑安全超高 0.3m，水力坡度取 0.005，粗糙系数取 0.014，经计算，排水沟设计排水流量为 $3.86m^3/s$，大于设计洪峰流量 $1.44m^3/s$，满足过流要求。

——框格植草护坡

站区西侧和西南侧挖方边坡总长约 600m，挖方边坡自下而上采用 1：1.25、1：1.25、

1：5 和 1：2 的等坡比多级放坡，单级最大坡高为 8m，并设置平台，第二级平台设 6m 宽马道，其余各级平台设 3m 宽马道；坡面采用拱形梁进行防护，格构内采用六棱砖+植草绿化植草。

站址北侧、东北侧、东侧填方边坡总长 1637m，放坡按 1：1.50 等坡比放多级坡，单级最大坡高为 8m，第三级平台设 5m 宽的马道，其余各级平台设置 3m 宽的马道。在坡脚设置护脚墙，坡面采用拱形梁护坡，格构内采用六棱砖+植草绿化。

站外护坡防护面积共计 85122m^2，其中挖方边坡坡面防护面积 16333m^2，填方边坡坡面防护面积 68789m^2。

边坡稳定性计算如下:

1）计算工况及参数

根据边坡的结构特征及其未来可能的运行环境条件，尤其是遭遇连续暴雨等情况，本次拟定以下三种工况进行计算，选择恰当的放坡坡比:

①天然状态：仅考虑边坡岩土体的自重作用，计算时采用天然状态下的 c、φ值。

②暴雨（持续降雨）工况：在天然工况的基础上，考虑暴雨或者降雨作用下对边坡岩土体重度和抗剪强度参数的影响。

③地震工况：在天然工况的基础上，考虑VI度地震作用下对边坡稳定性的影响。

采用瑞典条分法对边坡进行稳定性分析。

2）计算结果

根据《建筑边坡工程技术规范》（ GB50330－2013）及《水利水电工程边坡设计规范》（SL 386-2007）相关规定，工程级别为一级的边坡，边坡稳定最下安全系数如下:

天然工况：1.35

暴雨及地震工程：1.25

采用瑞典条分法对设计边坡进行稳定性计算，结果如下表，结果表明，该设计方案下挖方边坡处于稳定状态。

表 3.7-1　挖方边坡稳定性计算结果

工况	挖方边坡	填方边坡	规范允许值
天然	1.397	1.368	1.35
地震	1.356	1.328	1.25
暴雨	1.252	1.251	1.25

根据稳定性系数计算结果，设计条件下的挖方边坡、填方边坡在天然、暴雨及地震

工况下均处于稳定状态。根据水土保持工程措施界定原则分析，框格植草护坡具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

——站区绿化

主体设计对站区可绿化区域进行绿化，其中站前区采用灌+草的方式进行绿化，栽植乔木 30 株、灌木 210 株，同时铺植草皮；直流场及交流滤波器区铺植草皮，草皮选择四季青草皮。站区绿化面积共计 4.94hm^2。

根据水土保持工程措施界定原则分析，植被建设界定为水土保持措施，满足水土保持要求。

（2）进站道路区

——雨水排水管及八字排水口

进站道路共计埋设雨水排水管 800m，每个排水管末端各设 1 座八字排水口进行消能，共计设置 4 座八字式排水口。根据水土保持工程措施界定原则分析，雨水排水管及八字排水口具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

——框格植草护坡

道路两侧设框格植草护坡进行防护，坡面采用拱形梁进行防护，格构内采用六棱砖+植草绿化植草，最大边坡高度约 10m，放坡坡率 1：0.75~1:1.0，进站道路护坡面积共计 14000m^2。

根据水土保持工程措施界定原则分析，框格植草护坡具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

——混凝土截排水沟

在地形、地质条件允许的情况下，道路两侧挖方边坡坡顶、填方边坡坡脚及道路两侧设混凝土截排水沟，排水沟为矩形断面，断面尺寸 0.8m × 0.8m，进站道路截排水沟总长共 1188m；另外，道路两侧设混凝土边沟，为矩形断面，断面尺寸 0.8m × 0.8m，边沟长度 3400m；进站道路混凝土截排水沟共长 4588m。进站道路排水沟出水口衔接至站区边坡截水沟内，经站外排水系统排至站区东南侧的自然沟道内。

对其过流能力进行校核，最大汇流面积为 0.00147km^2，设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度参考《水土保持工程设计规范》（GB51018-2014）。根据《水土保持工程设计规范》(GB51018－2014)，排水沟按 1 级标准进行校核，排水沟出口断面设计洪峰流量为 0.39m^3/s。排水沟过流能力采用明渠均匀流公式计算确定，详见公式 3.7-2、3.7-3，

排水沟需考虑安全超高 0.2m，水力坡度取 0.005，粗糙系数取 0.014，经计算，排水沟设计排水流量为 0.90m³/s，大于设计洪峰流量 0.39m³/s，满足过流要求。

（3）供排水工程区

——雨水排水管、跌水沟、消力池及海漫带

站区雨水采用有组织排水方式，经雨水管道收集、通过跌水暗渠及消能池进行消能后，排至站外冲沟，其中在站址东南侧设 1 个排水点，北侧设 2 个排水点。站区征地红线外敷设 DN1000~1800 雨水排水管共计长度 355m，设跌水沟 115m，消力池 3 座，消力池下游设置浆砌石海漫带共计 115m。

根据水土保持工程措施界定原则分析，排水管线及其配套跌水沟、消力池及海漫带具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求，阀冷却水站外排水管不纳入水土保持工程。

3.7.2. 受端换流站具有的水土保持功能工程分析与评价

（1）站区

——地下雨水管网

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《室外排水设计规范》（GB50014-2006）（2016 年版）中室外排水规定设计，设计重现期为 5 年。雨水管道采用 DN300～DN1500UPVC 管，总长 2300m，其中 DN300 站内雨水管出口接入站外焊接钢管。根据水土保持工程措施界定原则分析，地下雨水管网具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

——站区绿化

考虑到受端换流站站区绿化美化需要，主体设计在站区进行绿化，其中铺设草皮面积 7.26hm²，草皮选择马尼拉，站前区栽植景观灌木 30 棵，站区内绿化面积为 7.26hm²。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，满足水土保持要求。

（2）进站道路区

——植草护坡

对进站道路区护坡采取植被护坡的方式，进站道路填方边坡坡长 1985m，最大坡高 1m，最大坡长 1.8m，放坡坡率为 1:1.5，改造路段只在道路一侧布设植草护坡，新建建站道路两侧布设植草护坡，进站道路护坡工程量合计 4600m²，草籽选择狗牙根和黑麦

草。

根据水土保持植物措施界定原则分析，植草护坡具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

（3）站外供排水设施区

——钢筋混凝土排水管、泥浆沉淀池、八字式排水口

本工程站外排水管线采用 DN2000 的焊接钢管直埋敷设，排水管线长 300m，出口采用八字式排水口，以减缓水流速度，降低排水对出水口处的冲刷作用。站区雨水经雨水管线收集后，汇集的雨水最终排入站外东南侧已有沟渠内。

本工程在穿越干渠和公路处采用顶管穿越的方式进行穿越，每处布设 1 座泥浆沉淀池，每个泥浆池长 6m、宽 6m、深 2.50m，内铺土工布防护，共布设 5 座泥浆沉淀池。

根据水土保持工程措施界定原则分析，排水管、泥浆沉淀池和八字式排水口具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

3.7.3. 输电线路具有的水土保持功能工程分析与评价

（1）塔基及施工场地区

输电线路设计时考虑了塔基的拦渣、护坡、排水、草方格沙障等设计。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。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 ϕ 100PVC 管。

浆砌石护坡量共计 3965m^3。

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，满足水土保持要求。

——浆砌石挡渣墙

由于输电线路工程距离长、塔位分散，单个基础开挖产生的土石方量较小。因此，对于基础开挖产生的余方，一般根据塔位现场情况采取就近处置的方式。对于铁塔基础开挖的余方，首先用于塔座基面四周的平整；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，在堆土的下方修一道挡渣墙，将余土堆放在挡渣墙内，不让余土产生滑坡，避免水土流失和影响周边生态环境。

浆砌石挡渣墙共计1540m³。

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余土，具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

——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，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。

排水沟设计标准按10年一遇10min降水量设计，其横断面尺寸为：深×底宽×上口宽=0.5m×0.4m×0.5m（I型），深×底宽×上口宽=1.0m×0.8m×1.0m（II型）。沟底应留有不小于0.3%的纵向坡度。

线路工程截排水沟按10年一遇短历时暴雨标准设计，满足《水土保持工程设计规范》(GB51018－2014)排水沟1级标准，因此无需提高设计标准。

下面对截排水沟过流能力进行校核:

①山西省

山西段截排水沟横断面尺寸为：深×底宽×上口宽=0.5m×0.4m×0.5m（I型），塔基截排水沟汇流面积0.004km²，设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度参考《水土保持工程设计规范》（GB51018-2014）。根据公式3.7-1，经计算，10年一遇洪峰流量约为0.04m³/s。根据公式3.7-2，经计算，挖方边坡截水沟设计排水流量为0.08m³/s，大于设计洪峰流量0.04m³/s，满足过流要求。

在设计中对降基挖方的基面留有内高外低的排水坡度，坡度一般为0.5～1.0%。基面排水坡度尽可能向基础保护范围大的缓坡方向倾斜，以便基面雨水从此方向排出。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能散水措施，所用材料与排水沟保持一致，其横断面尺寸为：I型末端宽0.8m、长1.0m，II型宽1.2m、长1.0m。

浆砌石排水沟量共计1950m、2060m³。

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，满足水土保持要求。

②河南省

河南段截排水沟横断面尺寸为：深×底宽×上口宽=0.5m×0.4m×0.5m（I型），塔基截排水沟汇流面积0.002km^2，设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度参考《水土保持工程设计规范》（GB51018-2014）。根据公式3.7-1，经计算，10年一遇洪峰流量约为0.04m^3/s。根据公式3.7-2，经计算，挖方边坡截水沟设计排水流量为0.08m^3/s，大于设计洪峰流量0.04m^3/s，满足过流要求。

在设计中对降基挖方的基面留有内高外低的排水坡度，坡度一般为0.5～1.0%。基面排水坡度尽可能向基础保护范围大的缓坡方向倾斜，以便基面雨水从此方向排出。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能散水措施，所用材料与排水沟保持一致，其横断面尺寸为：I型末端宽0.8m、长1.0m，II型宽1.2m、长1.0m。

浆砌石排水沟量共计2030m、1624m^3。

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，满足水土保持要求。

——草方格沙障

陕西省靖边县境内送端接地极线路极址侧共8基35kV杆塔所在区域沙化较为严重，施工结束后于塔基施工扰动范围内布设草方格沙障以减轻风蚀的影响。

经统计：陕西境内共布设沙障3100m^2。

根据水土保持工程措施界定原则分析，主体工程设计的草方格沙障能满足塔基及施工场地区防风固沙要求，具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

——灌注桩基础泥浆沉淀池

针对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。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）×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。

泥浆沉淀池共计593座。

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，满足水土保持要求。

（2）施工道路区

——钢板铺设

因线路工程沿线部分区域涉及黄土区段，原状土承载力较弱，为方便施工器械及材料运输，主体考虑于施工道路部分区域铺设钢板，钢板厚度为6mm。铺设钢板能有效

减轻地表扰动，保护表土。施工道路共计铺设钢板 3500m^2。

根据水土保持工程措施界定原则分析，铺设钢板具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

——草方格沙障

陕西省境内送端接地极线路 8 基 35kV 杆塔所在区域沙化较为严重，施工过程中新修施工道路不可避免占用部分沙地，施工结束后于施工道路扰动范围内布设草方格沙障以减轻风蚀的影响。

经统计：陕西境内共布设沙障 11800m^2。

根据水土保持工程措施界定原则分析，主体工程设计的草方格沙障能满足塔基及施工场地区防风固沙要求，具有水土保持功能，属于水土保持工程，满足水土保持要求。

3.7.4. 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、土壤改良、土地整治（含耕地恢复）、及绿化、植被恢复等措施。

本工程主体工程设计的水保措施分析评价见表 3.7-2。

表 3.7-2　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	临时措施	植物措施
送端榆林站	陕西省	山丘区	站区	混凝土截排水沟、雨水排水管网、框格植草护坡、站区绿化、泥浆沉淀池	未考虑施工前表土剥离、施工过程中临时堆土防护、临时排水沉沙，施工结束后土壤改良、裸露区域土地整治、恢复植被	表土剥离、土壤改良、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、洒水降尘	撒播草籽
			进站道路区	雨水排水管、八字排水口、框格植草护坡、混凝土截排水沟	未考虑施工前的表土剥离、施工过程中裸露边坡的防护、施工结束后土壤改良、裸露区域土地整治、恢复植被	表土剥离、土壤改良、土地整治	密目网苫盖洒水降尘	撒播草籽
			施工生产生活区	/	未考虑施工前的表土剥离、施工过程中施工场地内临时排水沉沙、裸露边坡及地表的防护，及施工结束后土壤改良、土地整治、恢复植被	表土剥离、土壤改良、土地整治	临时排水沟、临时沉沙池、密目网苫盖	撒播草籽
			站外电源设施区	/	未考虑施工前表土剥离和防护，过程中临时堆土防护及临时占压地表保护，施工结束后表土回覆、土地整治恢复植被	表土剥离及回覆、土地整治	密目网苫盖、彩条布铺垫	撒播草籽
			供排水工程区	钢筋混凝土排水管、跌水沟、消力池、海漫带、泥浆沉淀池	未考虑施工前表土剥离和防护，过程中临时堆土防护及临时占压地表保护，施工结束后表土回覆、土地整治恢复植被	表土剥离及回覆、土地整治	密目网苫盖、彩条布铺垫	撒播草籽
			专项设施迁改区	/	未考虑施工前表土剥离和防护，过程中临时堆土防护及临时占压地表保护，施工结束后表土回覆、土地整治、恢复植被	表土剥离及回覆、土地整治	密目网苫盖、彩条布铺垫	撒播草籽
送端接地极	陕西省	山丘区	汇流装置区	/	未考虑施工前表土剥离	表土剥离	/	/
			电极电缆区	/	未考虑施工前表土剥离，施工过程中临时堆土防护，施工结束后表土回铺、土地整治、植被恢复	表土剥离及回覆、土地整治	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫、彩条旗围护	撒播草籽、、穴状整地栽植灌木
			检修道路区	/	未考虑施工前永久占地表土剥离以及施工后期临时占地的土地整治、植被恢复	表土剥离、土地整治	/	撒播草籽

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	临时措施	植物措施
			外接电源工程区	/	未考虑施工前表土保护，施工结束后土地整治、植被恢复	表土剥离及回覆、土地整治	密目网苫盖、彩条布铺垫	撒播草籽
受端换流站	河南	平原区	站区	雨水排水管网 站区绿化	未考虑施工前表土剥离，施工过程中临时堆土防护、临时排水沉沙、临时洒水降尘、施工结束后表土回覆、土地整治、植被恢复	表土剥离、表土回覆、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、洒水降尘	撒播草籽
			进站道路区	植草护坡	未考虑施工前表土剥离，施工过程中的临时苫盖、临时洒水降尘、施工结束后表土回覆、土地整治	表土剥离 表土回覆 土地整治	临时苫盖 洒水降尘	
			施工生产生活区	/	未考虑施工前表土剥离，过程中临时排水沉沙，施工结束后表土回覆、土地整治	表土剥离 表土回覆 土地整治	临时排水沟 临时沉沙池	/
			站外临时堆土区	/	未考虑过程中临时堆土防护和临时种草、临时排水沉沙，施工结束后表土回覆、土地整治	表土回覆 土地整治	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫、临时排水沟、临时沉沙池、临时种草	/
			站外电源设施区	/	未考虑施工前表土剥离，过程中临时堆土防护，施工结束后表土回覆、土地整治、撒播草籽	表土剥离 表土回覆 土地整治	密目网苫盖 彩条布铺垫	撒播草籽
			供排水工程区	排水管、泥浆沉淀池、八字式排水口	未考虑施工前表土剥离，过程中临时堆土防护，施工结束后表土回覆、土地整治	表土剥离、表土回覆、土地整治	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫	/
			专项设施迁改区	/	未考虑施工前表土剥离，过程中临时堆土防护，施工结束后表土回覆、土地整治	表土剥离、表土回覆、土地整治	密目网苫盖、彩条布铺垫	/
受端接地极	河南	平原区	汇流装置区	/	未考虑施工前表土剥离	表土剥离	/	/
			电极电缆区	/	未考虑施工前表土剥离，过程中临时堆土防护，施工结束后表土回覆、土地整治	表土剥离、表土回覆、土地整治	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫	/
			检修道路区	/	未考虑施工前表土剥离	表土剥离	/	/
			外接电源工程	/	未考虑施工前表土剥离，过程中临时堆土防	表土剥离、表土回覆、	密目网苫盖 彩条布铺垫	/

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	临时措施	植物措施
			区		护，施工结束后表土回覆、土地整治	土地整治		
输电线路工程	陕西省、山西省、河南省	山丘区	塔基及施工场地区	浆砌石护坡、浆砌石挡渣墙、浆砌石排水沟、泥浆沉淀池、草方格沙障	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、土地平整、土地整治、耕地恢复、园地恢复，施工场地植被恢复等措施。	表土剥离、表土回覆、土地平整、土地整治、耕地恢复、园地恢复	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫、彩条旗围护	穴状整地、恢复林地、撒播草籽
			牵张场	/	未考虑施工前表土剥离和防护，施工前牵张场限界措施，施工过程原地貌的保护，施工结束后施工迹地恢复、土地平整、土地整治、耕地恢复、园地恢复，施工场地植被恢复等措施。	表土剥离、表土回覆、土地平整、土地整治、耕地恢复、园地恢复、	密目网苫盖、彩条布铺垫、彩条旗围护、铺设钢板	穴状整地、恢复林地、撒播草籽
			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、土地平整、耕地恢复、园地恢复	彩条旗围护	撒播草籽
			施工道路	草方格沙障 钢板铺设	未考虑施工前表土剥离和防护，道路排水措施、完工后施工迹地恢复、土地平整、土地整治、耕地恢复、园地恢复，施工场地植被恢复等措施。	表土剥离、表土回覆、土地平整、土地整治、耕地恢复、园地恢复、	植生袋装土拦挡、临时排水沟、素土夯实、密目网苫盖	穴状整地、恢复林地、撒播草籽
	山西省、河南省	平原区	塔基及施工场地区	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、耕地恢复、园地恢复、穴状整地，施工场地植被恢复等措施。	表土剥离、表土回覆、土地整治、耕地恢复、园地恢复、	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫、彩条旗围护	穴状整地、恢复林地、撒播草籽
			牵张场	/	未考虑施工前牵张场限界措施，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、耕地恢复、园地恢复等措施。	土地整治、耕地恢复、园地恢复、	密目网苫盖、彩条布铺垫、彩条旗围护、铺设钢板	穴状整地、恢复林地、撒播草籽
			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、耕地恢复、园地恢复等措施。	土地整治、耕地恢复、园地恢复	彩条旗围护	撒播草籽
			施工道路	钢板铺垫	未考虑完工后扰动地表的迹地恢复、土地整治、耕地恢复、园地恢复、等措施。	土地整治、耕地恢复、穴状整地	彩条旗围护	穴状整地、恢复林地、撒播草籽

3.7.5. 主体工程设计中水土保持措施界定

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）的界定原则，将换流站站区内、外雨水排水管网设施，站区绿化、护坡、截排水等防护措施，线路塔基的护坡、挡渣墙、排水沟、草方格沙障、灌注桩泥浆处理等界定为水土保持措施，其投资纳入本方案投资估算中。主体工程设计中具有的水土保持功能工程的措施工程量及投资见

表 3.7-3-1~3.7-6。

表 3.7-3　送端榆林站界定为水土保持措施的工程量及投资一览表

项目分区		水保措施		单位	数量	单价（元）	工程投资（万元）
送端榆林站	站区	工程措施	混凝土截排水沟	m^3	892.8	1342.33	119.84
			DN300 雨水排水管	m	9590	240.87	230.99
			DN600 雨水排水管	m	4900	375.55	184.02
			DN1000 雨水排水管	m	1100	573.8	63.12
			框格植草护坡	m^2	85122	812.29	6914.37
		植物措施	站区绿化	hm^2	4.94	799700.00	395.05
		临时措施	泥浆沉淀池	座	3	10000	3
	进站道路区	工程措施	雨水排水管	m	800	240.87	19.27
			八字排水口	座	4	54700	21.88
			框格植草护坡	m^2	14000	253.26	354.56
			混凝土截排水沟	m^3	3800	933.86	354.87
	供排水工程区	工程措施	钢筋混凝土排水管DN≥1000	m	355	569.32	20.21
			跌水沟	m	115	528.37	6.08
			消力池	座	3	57966.67	17.39
			海漫带	m	115	281.74	3.24
		临时措施	泥浆沉淀池	座	1	2000	0.2
合计							8707.89

表 3.7-4　受端换流站界定为水土保持措施的工程量及投资一览表

项目分区		水保措施		单位	数量	单价（元）	工程投资（万元）
受端换流站	站区	工程措施	雨水排水管网	m	2300	359.85	82.77
		植物措施	站区绿化	m^2	72600	22.18	161
	进站道路区	植物措施	植草护坡	hm^2	0.46	218830.77	10.07
	供排水工程区	工程措施	排水管 DN2000	m	300	6137.33	184.12
			八字式排水管	座	1	56573	5.66
			泥浆沉淀池	座	5	2000	1
合计							444.62

表 3.7-5　直流线路界定为水土保持措施的工程量及投资一览表

项目分区		水保措施		单位	数量	单价（元）	工程投资（万元）
陕西省	塔基及施工场地区	工程措施	浆砌石护坡	m^3	85.2	855	7.28
			浆砌石挡渣墙	m^3	40	855	3.42
山西省	塔基及施工场地区	工程措施	浆砌石护坡	m^3	3760	1300	488.80
			浆砌石挡渣墙	m^3	1140	1300	148.20
			浆砌石排水沟	m^3	2060	1300	267.80
		临时措施	泥浆沉淀池	座	122	20000	244.00
	施工道路		钢板铺设	m^2	3500	50	17.50
河南省	塔基及施工场地区	工程措施	浆砌石护坡	m^3	120	590	7.08
			浆砌石挡渣墙	m^3	360	590	21.24
			浆砌石排水沟	m^3	64	590	3.78
		临时措施	泥浆沉淀池	座	308	20000.00	616.00
合计							1825.1

表 3.7-6　迁改线路及接地极线路界定为水土保持措施的工程量及投资一览表

项目分区		水保措施		单位	数量	单价（元）	工程投资（万元）
陕西省	塔基及施工场地区	工程措施	草方格沙障	m^2	3600	22.2	7.99
		临时措施	泥浆沉淀池	座	2	20000	4.00
	施工道路	工程措施	草方格沙障	m^2	11800	22.2	26.20
河南省	塔基及施工场地区	临时措施	泥浆沉淀池	座	161	20000.00	322
合计							360.19

备注：表中浆砌石排水投资中包括了排水沟末端消能池的投资。

4　表土资源保护与利用

4.1. 表土资源调查与评价

4.1.1. 表土资源调查

本工程表土资源调查范围为点型工程防治责任范围内不同占地类型（耕地、林地、园地、草地）的表土厚度，线路工程沿线各市（区）不同占地类型（耕地、林地、园地、草地）的表土厚度。调查点位和调查土壤剖面如图 4.1-1 和图 4.1-2 所示:

项目占地范围内的表土资源分布及厚度情况如表 4.1-1 所示。

表 4.1-1　本工程表土资源分布及剥离厚度统计表

行政区		项目	分区	表土剥离厚度（cm）			
				耕地	林地	园地	草地
陕西省	榆林市	送端榆林站	站区				20
			进站道路区				20
			施工生产生活区				20
			站外电源设施区				20
			供排水工程区				20
			专项设施迁改区				20
		送端接地极	汇流装置区				20
			电极电缆区		20		20
			检修道路区				20
			外接电源工程区				20
		线路工程	塔基区	30	20	30	20
			牵张场地区	30	20	30	20
			跨越施工区	30	20	30	20
			施工道路区	30	20	30	20
山西省	吕梁市	线路工程	塔基区	30	20	30	20
			牵张场地区	30	20	30	20
			跨越施工区	30	20	30	20
			施工道路区	30	20	30	20
	晋中市	线路工程	塔基区	30	20	30	20
			牵张场地区	30	20	30	20
			跨越施工区	30	20	30	20
			施工道路区	30	20	30	20
	长治市	线路工程	塔基区	30	20	30	20
			牵张场地区	30	20	30	20
			跨越施工区	30	20	30	20
			施工道路区	30	20	30	20
河南省	安阳市	线路工程	塔基区	30	20		
			牵张场地区	30	20		
			跨越施工区	30	20		
			施工道路区	30	20		

行政区		项目	分区	表土剥离厚度（cm）			
				耕地	林地	园地	草地
	新乡市	线路工程	塔基区	30	20		
			牵张场地区	30	20		
			跨越施工区	30	20		
			施工道路区	30	20		
	开封市	受端换流站	站区	30			
			进站道路区	30			
			施工生产生活区	30			
			站外电源设施区	30			20
			供排水工程区	30			
			专项设施迁改区	30			
			迁改工程区	30			
		线路工程	塔基区	30	20		
			牵张场地区	30	20		
			跨越施工区	30	20		
			施工道路区	30	20		
	周口市	受端接地极	汇流装置区	30			
			电极电缆区	30			
			检修道路区	30			
			外接电源工程区	30			
		线路工程	塔基区	30			
			牵张场地区	30			
			跨越施工区	30			
			施工道路区	30			

4.1.2. 表土资源评价

线路沿线表土资源质量如下表所示，通过下表可知本工程沿线耕地、林地、园地、草地均具有剥离的可行性，对于可剥离区域，应采取表土剥离措施。表土资源调查见下表。

表 4.1-2　项目沿线表土资源调查评价表

行政区		占地类型	评价因子												可剥离性
			pH	含盐量(mS/cm)	有机质含量(g/kg)	质地	发芽指数(%)	表土可剥离厚度(cm)	砾石含量(%)	地形坡度(°)	可视杂物	地下水位	地面平整度	表土等级	
陕西省	榆林市	（1）送端榆林站工程													
		草地	8.37±0.18	0.16-0.20	8.0-14.0	砂质壤土/粉砂质壤土	75-90	20	5-10	1	无或易清除	≥50cm	地块规则平整，无塌陷	II类	可
		（2）接地极线路工程													
		林地	8.38±0.09	0.15-0.19	10.0-18.0	粉砂质壤土/壤土	65-80	20	10-20	1	无或易清除	≥80cm	地块规则平整，无塌陷	II类	可
		草地	8.37±0.18	0.16-0.20	8.0-14.0	砂质壤土/粉砂质壤土	75-90	20	5-10	1	无或易清除	≥50cm	地块规则平整，无塌陷	II类	可
		（3）线路工程													
		耕地	8.21±0.16（	0.18-0.22	6.0-10.0	粉质壤土/黄绵土	70-85	30	5-15	1	无或易清除	≥80cm	地块规则平整，无塌陷	II类	可
		林地	8.38±0.09	0.15-0.19	10.0-18.0	粉砂质壤土/壤土	65-80	20	10-20	1	无或易清除	≥80cm	地块规则平整，无塌陷	II类	可
		园地	8.30-8.45	0.17-0.21	9.0-15.0	粉质壤土/壤土	80-90	30	5-15	1	无或易清除	≥80cm	地块规则平整，无塌陷	II类	可
		草地	8.37±0.18	0.16-0.20	8.0-14.0	砂质壤土/粉砂质壤土	75-90	22060	5-10	1	无或易清除	≥50cm	地块规则平整，无塌陷	II类	可

行政区		占地类型	评价因子												可剥离性
			pH	含盐量(mS/cm)	有机质含量(g/kg)	质地	发芽指数(%)	表土可剥离厚度(cm)	砾石含量(%)	地形坡度(°)	可视杂物	地下水位	地面平整度	表土等级	
山西省	吕梁市	线路工程													
		耕地	7.65±0.35	0.12-0.18	6.6	粉质粘土/壤土	75-90	30	10-20	1	无或易清除	≥75cm	规则平整	II 类	可
		林地	7.5-8.2	0.10-0.15	15.0-25.0	粉砂质壤土/壤土	60-75	20	15-30	1	无或易清除	≥55cm	平整	II 类	可
		园地	7.6-8.2	0.11-0.16	10.0-18.0	粉质壤土/壤土	85-95	30	5-15	1	无或易清除	≥55cm	平整	II 类	可
		草地	7.4-8.1	0.13-0.17	12.0-18.0	砂质壤土/粉砂质壤土	70-85	20	10-25	3	无或易清除	≥30cm	平整	II 类	可
	晋中市	线路工程													
		耕地	8.0	0.2	16	褐土、潮土和山地棕壤土	75	30	8	5	无或易清除	≥80cm	较平整	II 类	可
		林地	7.9	0.15	15	壤土、砂质壤土	67	20	10	15	无或易清除	≥100cm	起伏	II 类	可
	长治市	线路工程													
		耕地	7.9	0.21	20	壤土、砂壤土	69	30	7	9	无或易清除	≥80cm	较平整	II 类	可
		林地	7.8	0.19	20	壤土、砂壤土	60	20	12	15	无或易清除	≥100cm	较平整	II 类	可
		园地	7.8	0.25	17	壤土、砂质壤土	65	30	9	6	无或易清除	≥80cm	较平整	II 类	可
		草地	8.1	0.28	14	壤土、砂质壤土	60	20	6	10	无或易清除	≥80cm	较平整	II 类	可
河南省	安阳市	线路工程													
		耕地	8	0.3	14	壤土	90	30	2	<2	无	≥3m	平整	I类	可
		林地	7.9	0.25	16	壤土	92	20	4	2~6	无	≥4m	较平整	I类	可
	新乡市	线路工程													

行政区		占地类型	评价因子												可剥离性
			pH	含盐量(mS/cm)	有机质含量(g/kg)	质地	发芽指数(%)	表土可剥离厚度(cm)	砾石含量(%)	地形坡度(°)	可视杂物	地下水位	地面平整度	表土等级	
		耕地	8.1	0.35	13	壤土	88	30	2	<2	无	≥2.8m	平整	I类	可
		林地	8	0.3	15	壤土	90	20	4	2~6	无	≥3.8m	较平整	I类	可
	开封市	（1）受端换流站工程													
		耕地	8.1	0.38	12.5	壤土	87	30	2	<2	无	≥2.3m	平整	I类	可
		草地	8.1	0.28	14	壤土	60	20	2	<2	无或易清除	≥2.2m	较平整	I类	可
		（2）线路工程													
		耕地	8.1	0.38	12.5	壤土	87	30	2	<2	无	≥2.3m	平整	I类	可
		林地	8	0.32	14.5	壤土	89	20	4	2~6	无	≥3.5m	较平整	I类	可
	周口市	（1）受端接地极工程													
		耕地	8.1	0.4	12	壤土	86	30	2	<2	无	≥1.9m	平整	I类	可
		（2）线路工程													
		耕地	8.1	0.4	12	壤土	86	30	2	<2	无	≥1.9m	平整	I类	可

4.2. 表土保护方案

本工程对耕地、园地、林地、草地的扰动开挖区域进行表土剥离，并保存和利用，剥离厚度按20cm~30cm考虑，表土剥离厚度分别为：林地、草地按20cm，耕地、园地按30cm，对于扰动表层厚度小于20cm的占地进行铺垫隔离保护措施。工程施工期间主要对基础开挖面及山丘区需要平整的临时施工场地进行表土剥离，如换流站和塔基永久占地区域以及施工道路、牵张场区涉及挖填地段的区域。其他施工场地，如塔基临时占地材料堆放区考虑铺垫彩条布后堆放建筑材料，平原区牵张场区铺设钢板及彩条布、跨越施工场地搭建竹架，以上措施均可减低施工活动对原地貌的扰动；施工道路仅考虑新开辟道路地表翻整涉及的表土剥离，其他施工道路和索道不涉及大开挖，扰动有限，完工后进行整平后恢复迹地，因此无需剥离表土。为尽量减少地表扰动范围，塔基临时占地、跨越施工场地不剥离表土，而根据实际情况采取彩条布或钢板铺垫防护。

本工程共计表土剥离量为50.33万m^3，共计表土回覆量为45.46万m^3（其中就地回覆38.92万m^3，通过土壤改良回覆6.54万m^3，），余方11.41万m^3（运至响水镇土地整治（改造）项目进行综合利用）；通过铺垫等措施保护表土量共计83.00hm^2（22.83万m^3）；本工程表土保护总量为72.07万m^3。

4.2.1. 表土剥离保护

1、送端榆林站

（1）站区：站区施工前，对占用其他草地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按20cm考虑，剥离面积共39.20hm^2，表土剥离量为7.84万m^3，剥离表土运至响水镇土地整治（改造）项目进行综合利用。

（2）进站道路区：施工前，对进站道路区占用其他草地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按20cm考虑。表土剥离面积为6.40hm^2，表土剥离量为1.28万m^3，剥离表土运至响水镇土地整治（改造）项目进行综合利用。

（3）施工生产生活区：场地平整前，对施工生产生活区中的办公、生活、生产临建场地且扰动深度大于20cm的占用草地的区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按20cm考虑，表土剥离面积11.46hm^2，表土剥离量为2.29万m^3，剥离表土运至响水镇土地整治（改造）项目进行综合利用。

（4）站外电源设施区：施工前，对杆塔永久占地占用其他草地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按20cm考虑。表土剥离面积为0.05hm^2，表土剥离量为0.01万m^3，

剥离的表土临时堆放在站外电源设施区临时施工场地内，并加以防护。施工结束后全部回覆用于恢复植被。

（5）供排水工程区：施工前，对管线开挖区占用其他草地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按20cm考虑。施工结束后进行表土回覆，为植被恢复提供条件。表土剥离面积为1.23hm^2，表土剥离量为0.25万m^3，剥离的表土临时堆放在管线一侧的临时施工场地内，并加以防护。施工结束后全部回覆用于恢复植被。

（6）专项设施迁改区：施工前，对迁改线路杆塔永久占地占用其他草地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按20cm考虑。表土剥离面积为0.04hm^2，表土剥离量为0.01万m^3，剥离的表土临时堆放在专项设施迁改区临时施工场地内，并加以防护。施工结束后全部回覆用于恢复植被。

2、送端接地极

（1）汇流装置区：施工前，对占用其他草地区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按20cm考虑，剥离面积共0.09hm^2，剥离量为0.02万m^3。剥离的表土堆放在电极电缆区，用于电极电缆区回填，临时防护措施由电极电缆区统一考虑。

（2）电极电缆区：施工前，对扰动超过20cm占用林地和其他草地区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按20cm考虑，剥离面积共11.40hm^2，剥离量为2.28万m^3。施工结束后将本区及汇流装置区、检修道路区剥离表土回覆于本区，为绿化提供条件，表土回覆量2.303万m^3。

（3）检修道路区：施工之前对永久道路占用其他草地区域进行表土剥离，剥离厚度按20cm考虑，表土剥离面积为0.02hm^2，表土剥离量为0.004万m^3，剥离的表土堆放在电极电缆区，用于电极电缆区回填，临时防护措施由电极电缆区统一考虑。

（4）外接电源工程区：施工前，对扰动超过20cm占用其他草地区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按20cm考虑，剥离面积共0.09hm^2，剥离量为0.02万m^3。施工结束后回覆于电杆临时施工占地，为绿化提供条件。

3、受端换流站

（1）站区：站区施工前，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，剥离面积共19.71hm^2，表土剥离量为5.92万m^3，表土根据施工情况，堆放在站区东侧临时堆土区范围内，站区东侧临时堆土场面积3hm^2，堆高按3.50m考虑，可临时集中堆放表土约8.38万m^3。施工结束后部分表土根据站区覆土需要将表土回覆至站区绿化、撒播草籽，为绿化提供条件，回覆至站区绿化区域内的表土共计4.35万m^3。

（2）进站道路区：施工前，对进站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 1.20hm^2，剥离区域主要包括新建道路和拓宽路段，表土剥离量为 0.36 万 m^3，剥离的表土集中堆放至站区东侧临时堆土场进行防护，施工结束后根据覆土需要将 0.20 万 m^3 回覆至进站道路区的植草护坡内。

（3）施工生产生活区：场地平整前，对施工生产生活区中的办公、生活、生产临建场地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 7hm^2，表土剥离量为 2.10 万 m^3，剥离的表土堆放在站区东侧临时堆土区范围内。施工结束后将表土回覆至施工生产生活区用于植被恢复，同时，施工生产生活区回覆站区和进站道路区多余的部分表土 1.13 万 m^3，经统计，施工生产生活区表土回覆量共 3.23 万 m^3。

（4）临时堆土区：站外临时堆土区主要用于堆放站区、进站道路区和施工生产生活区的表土和站内临时土方的倒运，为了避免二次扰动，不进行表土剥离，施工结束后回覆站区多余的部分表土 0.60 万 m^3。

（5）站外电源设施区：施工前，对杆塔永久占地和电缆沟开挖区域占用耕地和草地进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。表土剥离面积为 0.22hm^2，表土剥离量为 0.07 万 m^3，施工结束后将 0.07 万 m^3 回覆至站外电源设施区用于恢复植被。剥离的表土临时堆放在站外电源设施区临时施工场地内，并加以防护。

（6）供排水工程区：施工前，对管线开挖区进行表土剥离，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，为植被恢复提供条件。表土剥离面积为 6.30hm^2，表土剥离量为 1.89 万 m^3，表土回覆量为 1.89 万 m^3。剥离的表土就近堆放在管线一侧，并加以防护。

（7）专项设施迁改区：施工前，对迁改线路杆塔永久占地占用区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑。表土剥离面积为 0.01hm^2，表土剥离量为 0.01 万 m^3，施工结束后根据覆土需要将 0.01 万 m^3 回覆至迁改线路临时占地范围内用于恢复植被。剥离的表土临时堆放在专项设施迁改区临时施工场地内，并加以防护。

4、受端接地极

（1）汇流装置区：施工之前对汇流装置区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 0.08hm^2，表土剥离量为 0.02 万 m^3，剥离的表土集中堆放在电极电缆区，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 2.82hm^2，表土剥离量为 0.84 万 m^3，剥离的表土集中堆放在电极电缆区施工作业带的临时堆土场，施工结束后进行回覆，电极电缆区表土回覆量共计 0.87 万 m^3（其中 0.02 万 m^3 来自汇流装置区，0.01 万 m^3 来自检修道路区）。

（3）检修道路区：施工之前对新修道路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 0.01hm^2，表土剥离量为 0.01 万 m^3，剥离的表土集中堆放在电极电缆区，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 0.02hm^2，表土剥离量为 0.01 万 m^3，剥离的表土集中堆放在四周，施工结束后回覆至外接电源区耕地恢复区域，表土回覆量 0.01 万 m^3。

5、输电线路工程

（1）塔基及施工场地区：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。剥离厚度根据沿线实际表土层情况按 20cm~30cm 综合考虑。该区域对塔基基础永久占地范围进行表土剥离。塔基施工场地以临时占压为主，将采取彩条布铺垫进行临时防护，不再进行表土剥离，以减少扰动破坏。

（2）牵张场区：对于地形起伏较大的牵张场考虑进行表土剥离，并保存和利用。剥离厚度根据沿线实际表土层情况按 20cm ~ 30cm 综合考虑。平原区及地形条件较好的山丘区牵张场采取铺垫彩条布、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。

（3）跨越施工场地：该区域以临时占压为主，对地表扰动较轻，不再进行表土剥离。

（4）施工道路：施工简易道路包括新修和拓宽道路、人抬道路和索道三部分。

以利用原有道路和乡村小道为主，在无现有道路可利用的情况下，本工程需新开辟机械施工道路，其中平原区新建的机械施工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；山丘区新建的部分机械施工道路（包括新修和拓宽部分）在微地形起伏较大、坡度较陡的区域时将涉及一定量的土石方挖填工程，故本工程考虑根据沿线实际情况对新修和拓宽的机械施工道路局部路段施工前进行表土剥离，剥离厚度按 20cm~30cm 考虑，施工期加以保护，完工后回覆利用。人抬道路和索道不涉及土石方开挖，因此不考虑表土剥离。

本工程表土剥离保护量如下表所示。

表 4.2-1　表土剥离保护量

行政区		项目分区		占地类型	面积（hm^2）	剥离面积（hm^2）	剥离厚度（m）	剥离量（万 m^3）	剥离时序、剥离工艺及方法
换流站工程									
陕西省	榆林市	送端榆林站	站区	草地	39.16	39.16	0.20	7.84	（一）剥离时序： 换流站表土剥离在主体工程施工前全面完成，优先剥离场地平整范围内表土，避免机械碾压扰动，保障表土可回收利用。 （二）剥离工艺及方法： 1.施工准备： 结合场地规整特点，建立完善控制网和高程系统，按设计精准放出开挖高程及边线，确保剥离范围合规。 2.测量放样： 剥离前用全站仪配合水准仪放样，加密控制点，明确开挖范围和高程，打设控制桩线，避免漏剥、多剥。 3.表土剥离作业： 以机械作业为主，用大型推土机将表土推至站内临时存储区；狭小部位人工清理后转运。存储区较远时用自卸汽车转运。 表土剥离厚度控制在 20cm ~ 30cm，剥离中及时检查，避免破坏原状土或残留杂物。
			进站道路区	草地	6.4	6.4	0.20	1.28	
			施工生产生活区	草地	11.46	11.46	0.20	2.29	
			站外电源设施区	草地	1.51	0.05	0.20	0.01	
			供排水工程区	草地	3.57	1.26	0.20	0.25	
			专项设施迁改区	草地	0.58	0.04	0.20	0.01	
			小计		63.36	58.37		11.67	
河南省	开封市	受端换流站	站区	耕地	19.71	19.71	0.30	5.92	
			进站道路区	耕地	2.26	1.20	0.30	0.36	
			站外电源设施区	耕地	3.25	0.04	0.30	0.02	
				草地	0.18	0.18	0.30	0.05	
			供排水工程区	耕地	27.09	6.30	0.30	1.89	
			施工生产生活区	耕地	7	7	0.30	2.10	
			临时堆土区	耕地	3	0	0	0	
			专项设施迁改区	耕地	0.27	0.01	0.30	0.01	
			小计		62.76	34.44		10.35	
合计					126.12	92.81		22.02	
接地极工程									
陕西省	榆林市	送端接地极	汇流装置区	草地	0.09	0.09	0.20	0.02	（一）剥离时序 接地极表土剥离在沟体开挖前完成，采用分段剥离、分段施工，避免表土流失和植被破坏。
			电极电缆区	林地	10.26	0.05	0.20	0.01	
				草地	15.38	11.35	0.20	2.27	
			检修道路区	草地	0.02	0.02	0.20	0.004	

行政区		项目分区		占地类型	面积（hm^2）	剥离面积（hm^2）	剥离厚度（m）	剥离量（万 m^3）	剥离时序、剥离工艺及方法
			外接电源工程区	草地	1.21	0.09	0.20	0.02	（二）剥离工艺及方法 1.施工准备: 清理野外场地障碍物，建立简易控制网和高程系统，按设计放出沟体开挖高程及边线，限定剥离范围避免浪费。 2.测量放样: 沿接地极沟逐段放样，确定剥离范围和高程，在沟两侧打设控制桩线，确保与施工区域精准匹配。 3.表土剥离作业: 采用机械+人工结合方式：平缓路段用小型推土机剥离并堆至沟侧（距沟边≥1.5m）；复杂路段人工清理转运。
			小计		26.96	11.6		2.32	
河南省	开封市	受端接地极	汇流装置区	耕地	0.08	0.08	0.30	0.02	
			电极电缆区	耕地	8.34	2.82	0.30	0.84	
			检修道路区	耕地	0.01	0.01	0.30	0.01	
			外接电源工程区	耕地	0.08	0.02	0.30	0.01	
			小计		8.51	2.93		0.88	
合计					35.47	14.53		3.2	
直流线路工程									
陕西省	榆林市	山丘区	塔基区	耕地	22.83	6.04	0.3	1.81	（一）剥离时序: 塔基区按“塔基优先，泥浆沉淀池和接地槽跟进”原则，在基础开挖前完成，采用单塔剥离、逐段推进，减少表土暴露时间；对于需要平整的牵张场地，在牵张场开始使用前对平整区域进行表土剥离；对于需要开挖区域的施工道路，在开挖平整前进行表土剥离。 （二）剥离工艺及方法: 1.施工准备: 排查各施工点地形植被，清理杂物后建立临时控制网，
				林地	2.32	0.58	0.2	0.12	
				园地	11.78	2.99	0.3	0.9	
			牵张场地区	耕地	10.46	0.73	0.3	0.22	
				林地	0.61	0.04	0.2	0.01	
				园地	4.05	0.28	0.3	0.08	
			施工道路区	耕地	22.94	1.87	0.3	0.56	
				林地	1.84	0.15	0.2	0.03	
				园地	8.93	0.73	0.3	0.22	
		合计			85.76	13.41		3.95	
山西省	吕梁市	山丘区	塔基区	耕地	11.63	3.16	0.3	0.95	
				林地	15.67	4.49	0.2	0.9	
				园地	12.13	3.37	0.3	1.01	
			牵张场地区	耕地	3.15	0.09	0.3	0.03	
				林地	3.65	0.24	0.2	0.05	
				园地	2.8	0.14	0.3	0.04	
			施工道路区	耕地	8.29	0.72	0.3	0.21	
				林地	21.23	2.61	0.2	0.52	
				园地	12.16	1.39	0.3	0.41	
			小计		90.71	16.21		4.12	

行政区		项目分区		占地类型	面积（hm^2）	剥离面积（hm^2）	剥离厚度（m）	剥离量（万 m^3）	剥离时序、剥离工艺及方法
山西省	晋中市	山丘区	塔基区	耕地	2.67	0.73	0.30	0.22	按设计放出塔基、泥浆沉淀池、接地槽开挖高程及边线，避免破坏周边环境。 2.测量放样: 精准放样：塔基区按照永久占地、泥浆沉淀池开挖区域、接地槽开挖区域作为剥离范围。 3.表土剥离作业 平地用小型推土机剥离堆放，山地人工清理转运。
				林地	6.67	1.80	0.20	0.36	
			牵张场地区	耕地	0.36	0.03	0.30	0.01	
				林地	1.08	0.08	0.20	0.02	
			施工道路区	耕地	1.90	0.29	0.30	0.09	
				林地	5.70	0.86	0.20	0.17	
			小计		18.38	3.79		0.87	
		平原区	塔基区	耕地	5.31	1.36	0.30	0.41	
				林地	0.58	0.15	0.20	0.03	
			小计		5.89	1.51		0.44	
		合计			24.27	5.30		1.31	
	长治市	山丘区	塔基区	耕地	9.3	2.62	0.3	0.78	
				林地	35.96	10.12	0.2	2.02	
				园地	0.5	0.14	0.3	0.04	
				草地	2.39	0.69	0.2	0.13	
			牵张场地区	耕地	2.94	0.2	0.3	0.06	
				林地	8.8	0.6	0.2	0.13	
				园地	0.19	0.01	0.3		
				草地	0.79	0.17	0.2	0.03	
			施工道路区	耕地	13.99	2.07	0.3	0.63	
				林地	55.16	6.62	0.2	1.33	
				园地	0.77	0.12	0.3	0.04	
				草地	3.72	0.99	0.2	0.2	
			小计		134.51	24.35		5.39	
		合计			134.51	24.35		5.39	
	总计				249.49	45.86	0	10.82	
河南省	安阳市	山丘区	塔基区	耕地	1.85	0.54	0.3	0.16	
				林地	7.47	2.4	0.2	0.48	
			牵张场地区	林地	1.68	0.12	0.2	0.02	
			施工道路区	耕地	1.39	0.13	0.3	0.04	
				林地	5.19	0.6	0.2	0.12	
			小计		17.58	3.79	1.2	0.82	
		平原区	塔基区	耕地	0.33	0.34	0.3	0.1	
				林地	1.35	0.43	0.2	0.09	
			小计		1.68	0.77	0.5	0.19	
		合计			19.26	4.56	1.7	1.01	
	新乡市	山丘区	塔基区	林地	5.41	1.71	0.2	0.34	
			牵张场地区	林地	0.48	0.03	0.2	0.01	
			施工道路区	林地	1.95	0.21	0.2	0.04	
			小计		7.84	1.95		0.39	

行政区		项目分区		占地类型	面积（hm^2）	剥离面积（hm^2）	剥离厚度（m）	剥离量（万 m^3）	剥离时序、剥离工艺及方法
		平原区	塔基区	耕地	22.12	10.17	0.3	3.05	
				林地	0.45	0.11	0.2	0.02	
			小计		22.57	10.28		3.07	
		合计			30.41	12.23		3.46	
	开封市	平原区	塔基区	耕地	9.22	4.54	0.3	1.36	
				林地	0.92	0.24	0.2	0.05	
			小计		10.14	4.78		1.41	
	总计				59.81	21.57		5.88	
总计					395.06	80.84	0	20.65	
接地极线路工程									
陕西省省	榆林市	山丘区	塔基区	耕地	3.85	1.42	0.3	0.43	（一）剥离时序： 塔基区按“塔基优先，泥浆沉淀池和接地槽跟进”原则，在基础开挖前完成，采用单塔剥离、逐段推进，减少表土暴露时间；对于需要平整的牵张场地，在牵张场开始使用前对平整区域进行表土剥离；对于需要开挖区域的施工道路，在开挖平整前进行表土剥离。 （二）剥离工艺及方法： 1.施工准备： 排查各施工点地形植被，清理杂物后建立临时控制网，按设计放出塔基、泥浆沉淀池、接地槽开挖高程及边线，避免破坏周边环境。 2.测量放样： 精准放样：塔基区按照永久占地、泥浆沉淀池开挖区域、接地槽开挖区域作为剥离范围。 3.表土剥离作业 平地用小型推土机剥离堆放，山地人工清理转运。
				林地	0.30	0.11	0.2	0.02	
				园地	1.15	0.42	0.3	0.13	
				草地	0.15	0.06	0.2	0.01	
			牵张场地区	耕地	0.56	0.03	0.3	0.01	
				园地	0.07	0.01	0.3	0.002	
			施工道路区	耕地	17.63	1.50	0.3	0.45	
				林地	1.30	0.11	0.2	0.02	
				园地	5.35	0.46	0.3	0.14	
				草地	0.39	0.03	0.2	0.01	
		合计			30.75	4.15		1.22	
河南省	开封市	平原区	塔基区	耕地	6.13	4.13	0.3	1.24	
	周口市	平原区	塔基区	耕地	1.63	1.06	0.3	0.32	
	总计				7.76	5.19		1.56	

行政区		项目分区		占地类型	面积（hm^2）	剥离面积（hm^2）	剥离厚度（m）	剥离量（万 m^3）	剥离时序、剥离工艺及方法
总计					38.51	9.34		2.78	
迁改线路工程									
陕西省	榆林市	山丘区	塔基区	耕地	0.17	0.03	0.3	0.01	（一）剥离时序： 塔基区按“塔基优先，泥浆沉淀池和接地槽跟进”原则，在基础开挖前完成，采用单塔剥离、逐段推进，减少表土暴露时间；对于需要平整的牵张场地，在牵张场开始使用前对平整区域进行表土剥离；对于需要开挖区域的施工道路，在开挖平整前进行表土剥离。 （二）剥离工艺及方法： 1.施工准备： 排查各施工点地形植被，清理杂物后建立临时控制网，按设计放出塔基、泥浆沉淀池、接地槽开挖高程及边线，避免破坏周边环境。 2.测量放样： 精准放样：塔基区按照永久占地、泥浆沉淀池开挖区域、接地槽开挖区域作为剥离范围。 3.表土剥离作业 平地用小型推土机剥离堆放，山地人工清理转运。
				林地	0.16	0.03	0.2	0.01	
			牵张场地区	耕地	0.12	0.01	0.3	0.003	
			施工道路区	耕地	0.55	0.08	0.3	0.024	
				林地	0.14	0.02	0.2	0.004	
		合计			1.14	0.17		0.05	
山西省	吕梁市	山丘区	塔基区	林地	2.05	0.31	0.2	0.06	
			牵张场地区	林地	0.64	0.04	0.2	0.01	
			施工道路区	耕地	0.32	0.05	0.3	0.02	
				林地	0.9	0.13	0.2	0.03	
		小计			3.91	0.53		0.12	
	长治市	山丘区	塔基区	耕地	1.07	0.16	0.30	0.07	
				林地	1.34	0.33	0.20	0.07	
			牵张场地区	耕地	0.15	0.15	0.30	0.04	
				林地	0.65	0.65	0.20	0.13	
			施工道路区	耕地	1.74	1.74	0.30	0.52	
				林地	3.01	3.01	0.20	0.60	
		小计			7.96	6.04		1.43	
	合计				11.87	6.57	0	1.55	
河南省	新乡市	平原区	塔基区	耕地	0.85	0.16	0.3	0.05	
	开封市	平原区	塔基区	耕地	0.35	0.07	0.3	0.02	
	总计				1.2	0.23		0.07	
总计					14.21	6.97		1.67	
本工程共计					608.69	204.49		50.33	

4.2.2. 表土就地保护

1、送端换流站

（1）站外电源设施区

对开挖区域的表土进行了剥离保护，对临时堆土下方的表土，采取了彩条布铺垫措施，以防止生土与表土混合，导致表土肥力下降、结构破坏，同时防止杂物、碎石混入表土，增加后期清理与全面整地的成本。对于本区的未进行表土剥离和彩条布铺垫的区域，如塔基临时占地、牵张场地、跨越施工场地、施工道路等，为临时占地区域，施工周期短、扰动范围小，仅存在临时机械碾压、简易平整等轻微扰动，不会对表土结构造成深度破坏。工程完工后经简单翻耕、松土即可恢复原有土地功能，无需进行剥离表土和彩条布铺垫。

（2）供排水工程区

对开挖区域的表土进行了剥离保护，对临时堆土下方的表土，采取了彩条布铺垫措施，以防止生土与表土混合，导致表土肥力下降、结构破坏，同时防止杂物、碎石混入表土，增加后期清理与全面整地的成本。对于本区的未进行表土剥离和彩条布铺垫的区域，如施工建设道路、管材堆放区域等，为临时占地区域，施工周期短、扰动范围小，仅存在临时机械碾压、简易平整等轻微扰动，不会对表土结构造成深度破坏。工程完工后经简单翻耕、松土即可恢复原有土地功能，无需进行剥离表土和彩条布铺垫。

2、送端接地极

（1）电极电缆区

对开挖区域的表土进行了剥离保护，对临时堆土下方的表土，采取了彩条布铺垫措施，以防止生土与表土混合，导致表土肥力下降、结构破坏，同时防止杂物、碎石混入表土，增加后期清理与全面整地的成本。对于本区的未进行表土剥离和彩条布铺垫的区域，如施工建设道路、管材堆放区域等，为临时占地区域，施工周期短、扰动范围小，仅存在临时机械碾压、简易平整等轻微扰动，不会对表土结构造成深度破坏。工程完工后经简单翻耕、松土即可恢复原有土地功能，无需进行剥离表土和彩条布铺垫。

（2）外接电源工程区

对电缆沟开挖区域的表土进行了剥离保护，对临时堆土下方的表土，采取了彩条布铺垫措施，以防止生土与表土混合，导致表土肥力下降、结构破坏，同时防止杂物、碎石混入表土，增加后期清理与全面整地的成本。对于本区的未进行表土剥离和彩条布铺

垫的区域，如塔基施工场地、施工道路等，为临时占地区域，施工周期短、扰动范围小，仅存在临时机械碾压、简易平整等轻微扰动，不会对表土结构造成深度破坏。工程完工后经简单翻耕、松土即可恢复原有土地功能，无需进行剥离表土和彩条布铺垫。

3、受端换流站

（1）站外临时堆土区

站外临时堆土区堆放表土方，场地地表仅作为承托、堆放空间，对地表表土无破坏，因此表土进行就地保护。

（2）站外电源设施区

对开挖区域的表土进行了剥离保护，对临时堆土下方的表土，采取了彩条布铺垫措施，以防止生土与表土混合，导致表土肥力下降、结构破坏，同时防止杂物、碎石混入表土，增加后期清理与全面整地的成本。对于本区的未进行表土剥离和彩条布铺垫的区域，为临时占地区域，施工周期短、扰动范围小，仅存在临时机械碾压、简易平整等轻微扰动，不会对表土结构造成深度破坏。工程完工后经简单翻耕、松土即可恢复原有土地功能，无需进行剥离表土和彩条布铺垫。

（3）供排水管线区

对开挖区域的表土进行了剥离保护，对临时堆土下方的表土，采取了彩条布铺垫措施，以防止生土与表土混合，导致表土肥力下降、结构破坏，同时防止杂物、碎石混入表土，增加后期清理与全面整地的成本。对于本区的未进行表土剥离和彩条布铺垫的区域，如施工建设道路、管材堆放区域等，为临时占地区域，施工周期短、扰动范围小，仅存在临时机械碾压、简易平整等轻微扰动，不会对表土结构造成深度破坏。工程完工后经简单翻耕、松土即可恢复原有土地功能，无需进行剥离表土和彩条布铺垫。

（4）专项设施迁改区

对开挖区域的表土进行了剥离保护，对临时堆土下方的表土，采取了彩条布铺垫措施，以防止生土与表土混合，导致表土肥力下降、结构破坏，同时防止杂物、碎石混入表土，增加后期清理与全面整地的成本。对于本区的未进行表土剥离和彩条布铺垫的塔基临时占地，由于其施工周期短、扰动范围小，仅存在临时机械碾压、简易平整等轻微扰动，不会对表土结构造成深度破坏。工程完工后经简单翻耕、松土即可恢复原有土地功能，无需进行剥离表土和铺垫保护措施。

4、受端接地极

（1）电极电缆区

对开挖区域的表土进行了剥离保护，对临时堆土下方的表土，采取了彩条布铺垫措施，以防止生土与表土混合，导致表土肥力下降、结构破坏，同时防止杂物、碎石混入表土，增加后期清理与全面整地的成本。对于本区的未进行表土剥离和彩条布铺垫的区域，如施工建设道路、管材堆放区域等，为临时占地区域，施工周期短、扰动范围小，仅存在临时机械碾压、简易平整等轻微扰动，不会对表土结构造成深度破坏。工程完工后经简单翻耕、松土即可恢复原有土地功能，无需进行剥离表土和彩条布铺垫。

（2）外接电源工程区

对电缆沟开挖区域的表土进行了剥离保护，对临时堆土下方的表土，采取了彩条布铺垫措施，以防止生土与表土混合，导致表土肥力下降、结构破坏，同时防止杂物、碎石混入表土，增加后期清理与全面整地的成本。对于本区的未进行表土剥离和彩条布铺垫的区域，如塔基施工场地、施工道路等，为临时占地区域，施工周期短、扰动范围小，仅存在临时机械碾压、简易平整等轻微扰动，不会对表土结构造成深度破坏。工程完工后经简单翻耕、松土即可恢复原有土地功能，无需进行剥离表土和彩条布铺垫。

5、输电线路工程

（1）塔基区

对开挖区域的表土进行了剥离保护，对临时堆土下方的表土，采取了彩条布铺垫措施，以防止生土与表土混合，导致表土肥力下降、结构破坏，同时防止杂物、碎石混入表土，增加后期清理与全面整地的成本。对于本区的未进行表土剥离和彩条布铺垫的塔基临时占地，由于其施工周期短、扰动范围小，仅存在临时机械碾压、简易平整等轻微扰动，不会对表土结构造成深度破坏。工程完工后经简单翻耕、松土即可恢复原有土地功能，无需进行剥离表土和铺垫保护措施。

（2）牵张场区

牵张场区在张力机、牵引机等重型设备作业区域采取了铺设钢板措施，可显著提高地面承载力，避免地面沉陷、破坏表层土结构。牵张场除核心设备作业区外，其余区域仅用于人员通行、少量材料临时堆放，荷载小，原地面承载力可满足使用要求，无需采取表土剥离和铺垫保护措施。

（3）跨越施工场地

跨越施工场地仅搭设跨越架，无重型机械施工和开挖，施工周期短、扰动范围小，

工程完工后经简单翻耕、松土即可恢复原有土地功能，无需进行剥离表土和铺垫保护措施。

（4）施工道路

施工道路在水田和地下水位较高、地基承载力较弱的其他草地区域采取了钢板铺设措施，其他区域施工道路地基承载力足够机械临时通行需求，基本以机械压实为主，施工道路经车辆压实后，地表密实度提高，抗冲刷能力增强，可有效减少水土流失。工程完工后经松土、平整即可快速恢复原地貌，无需采取剥离表土和铺垫保护措施。

本工程表土就地保护情况见下表。

表 4.2-2　表土就地保护表

行政区划		防治分区		表土就地保护范围	面积（m^2）	数量(万 m^3)	保护方式
陕西省	榆林市	送端换流站	站区	---	---	---	---
			进站道路区	---	---	---	---
			施工生产生活区	---	---	---	---
			站外电源设施区	堆土下方	1050	0.01	彩条布铺垫
			供排水工程区	堆土下方	12645	0.25	彩条布铺垫
			专项设施迁改区	堆土下方	800	0.01	彩条布铺垫
			小计		14495	0.27	
		送端接地极	汇流装置区	---	---	---	---
			电极电缆区	堆土下方	61170	2.303	彩条布铺垫
			检修道路区	---	---	---	---
			外接电源工程区	堆土下方	880	0.02	彩条布铺垫
			小计		62050	2.323	
		线路工程	塔基区	堆土下方	84900	2.546	彩条布铺垫
			牵张场区	重型机械和堆料下方	22400	0.68	彩条布和钢板铺垫
			跨越施工场地区	---			---
			施工道路区	---	---	---	---
			小计		107300	3.226	
		陕西省合计			183845	5.82	
山西省	吕梁市	线路工程	塔基区	堆土下方	44344	1.33	彩条布铺垫
			牵张场区	重型机械和堆料下方	11453	0.34	彩条布和钢板铺垫
			跨越施工场地区	---			

行政区划		防治分区		表土就地保护范围	面积（m^2）	数量(万 m^3)	保护方式
			施工道路区	地基软弱路面	1295	0.04	钢板铺垫
			小计		272294	6.81	
	晋中市	线路工程	塔基区	堆土下方	14168	0.35	彩条布铺垫
			牵张场区	重型机械和堆料下方	3577	0.09	彩条布和钢板铺垫
			跨越施工场地区	---			
			施工道路区	耕地和地基承载力软弱区域路面	490	0.01	钢板铺垫
			小计		18235	0.45	
	长治市	线路工程	塔基区	堆土下方	49588	1.24	彩条布铺垫
			牵张场区	重型机械和堆料下方	12520	0.31	彩条布和钢板铺垫
			跨越施工场地区	---			
			施工道路区	耕地和地基承载力软弱区域路面	1715	0.04	钢板铺垫
			小计		63823	1.59	
	山西省合计				354352	8.85	
河南省	开封市	受端换流站	站区	---	---	---	---
			进站道路区	---	---	---	---
			施工生产生活区	---	---	---	---
			站外临时堆土区	---	---	---	---
			站外电源设施区	堆土下方	4067	0.07	彩条布铺垫
			供排水工程区	堆土下方	95663	1.89	彩条布铺垫
			专项设施迁改区	堆土下方	60	0.01	彩条布铺垫
			小计		99790	1.97	
	周口市	受端接地极	汇流装置区	---	---	---	---
			电极电缆区	堆土下方	33403	0.87	彩条布铺垫
			检修道路区	---	---	---	---
			外接电源工程区	堆土下方	110	0.01	彩条布铺垫
			小计		33513	0.88	
	安阳市	线路工程	塔基区	堆土下方	16800	0.37	彩条布
			牵张场区	重型机械和堆料下方	2000	0.04	彩条布和钢板铺垫
			跨越施工场地区	---			

行政区划		防治分区		表土就地保护范围	面积（m^2）	数量(万 m^3)	保护方式
			施工道路区	---			
			小计		18800	0.41	
	新乡市	线路工程	塔基区	堆土下方	51800	2	
			牵张场区	重型机械和堆料下方	8000	0.23	
			跨越施工场地区	---			
			施工道路区	---			
			小计		59800	2.23	
	开封市	线路工程	塔基区	堆土下方	41150	1.23	
			牵张场区	重型机械和堆料下方	5700	0.17	
			跨越施工场地区	---			
			施工道路区	---			
			小计		46850	1.4	
	周口市	线路工程	塔基区	堆土下方	5400	0.16	彩条布
			牵张场区	重型机械和堆料下方	500	0.02	彩条布和钢板铺垫
			跨越施工场地区	---			
			施工道路区	---			
			小计		5900	0.18	
	河南省合计				264653	7.07	
总计					802850	21.74	

4.3. 表土堆存与养护

4.3.1. 表土堆存

1、送端榆林站

（1）站区、进站道路区、施工生产生活区表土剥离量为 11.41 万 m^3，剥离的表土集中直接运往响水镇土地整治（改造）项目进行综合利用，无需进行临时堆存。

（2）站外电源设施区表土剥离量为 0.01 万 m^3，剥离的表土临时堆放在站外电源设施区临时施工场地内，并加以防护。电源线路塔基基础表土在电源线路塔基施工场地内堆存为台体，坡度为 1∶2，堆高 3m，堆土时，应边堆放边加固堆体边缘，做到堆体坡面平整；在每个工作日施工结束时，应做到堆体表面平整；当遇到降水天气，应中止堆放。

（3）供排水工程区表土剥离量为 0. 25 万 m^3，剥离的表土临时堆放在管沟一侧的临时施工场地内，并加以防护。表土沿管线临时堆土外侧堆放，堆放高度控制在 1.5m 以内，堆体边坡坡度不陡于 1:1.5，防止坍塌、滑坡及水土流失；与回填土用彩条布隔离，防止生土与表土混合；当遇到降水天气，应中止堆放。

（4）专线设施迁改区表土剥离量为 0. 01 万 m^3，剥离的表土临时堆放在专项设施迁改区的临时施工场地内，并加以防护。表土在专项设施迁改区的塔基施工场地内堆存为台体，坡度为 1∶2，堆高 3m，堆土时，应边堆放边加固堆体边缘，做到堆体坡面平整；在每个工作日施工结束时，应做到堆体表面平整；当遇到降水天气，应中止堆放。

2、送端接地极

（1）汇流装置区剥离量为 0.02 万 m^3，剥离的表土堆放在电极电缆区，用于电极电缆区回填，临时防护措施由电极电缆区统一考虑。

（2）电极电缆区剥离量为 2.28 万 m^3，剥离的表土临时堆放在管线一侧的临时施工场地内。表土沿电缆沟临时堆土外侧堆放，堆放高度控制在 1.5m 以内，堆体边坡坡度不陡于 1:1.5，防止坍塌、滑坡及水土流失；与回填土用彩条布隔离，防止生土与表土混合；当遇到降水天气，应中止堆放。

（3）检修道路区表土剥离量为 40m^3，剥离的表土堆放在电极电缆区，用于电极电缆区回填，临时防护措施由电极电缆区统一考虑。

（4）外接电源工程区剥离量为 0.02 万 m^3，剥离的表土临时堆放在管线一侧的临时施工场地内，并加以防护。表土沿外界电源线路电缆沟临时堆土外侧堆放，堆放高度控制在 1.5m 以内，堆体边坡坡度不陡于 1:1.5，防止坍塌、滑坡及水土流失；与回填土用彩条布隔离，防止生土与表土混合；当遇到降水天气，应中止堆放。

3、受端换流站

（1）站区、进站道路区、施工生产生活区剥离的表土共 8.38 万 m^3 根据施工情况，需集中堆放在站外临时堆土区内。

受端换流站东侧设置 1 处临时堆场，占地面积为 3hm^2，堆高 3.50m，坡比为 1:2，规划容量约 8.38 万 m^3，能够容纳受端换流站站区、进站道路区和施工生产生活区剥离的表土和站内土方临时倒运。

临时堆土场位置如下所示。

站区表土堆土方案如下:

a）表土堆放次序由内向外进行，依次向入口处推进;

b）沿等高线位置堆放表土，且相邻堆体之间应设置能满足施工车辆通行要求的隔离带，施工机械不能穿越已堆放的土壤;

c）表土堆设置为台体，坡度为 1：2，堆高 3.50m，堆土时，应边堆放边加固堆体边缘，做到堆体坡面平整；在每个工作日施工结束时，应做到堆体表面平整；当遇到降水天气，应中止堆放。

（2）站外电源设施区表土剥离量为 0.07 万 m^3，剥离的表土临时堆放在站外电源施工区临时施工场地内，并加以防护。表堆放高度控制在 1.5m 以内，堆体边坡坡度不陡于 1:1.5，防止坍塌、滑坡及水土流失；底部采用彩条布铺垫；当遇到降水天气，应中止堆放。

（3）供排水管线工程区表土剥离量为 1.89 万 m^3，剥离的表土临时堆放在管沟一侧的临时施工场地内，并加以防护。表土沿排水管线临时堆土外侧堆放，堆放高度控制在 1.5m 以内，堆体边坡坡度不陡于 1:1.5，防止坍塌、滑坡及水土流失；堆土底部采用彩条布铺垫；当遇到降水天气，应中止堆放。

4、受端接地极

（1）汇流装置区、检修道路区剥离的表土堆放在电极电缆区，用于电极电缆区回填，临时防护措施由电极电缆区统一考虑。

（2）电极电缆区堆放的表土量为 0.87 万 m^3，剥离的表土临时堆放在管线一侧的临时施工场地内。表土沿电缆沟临时堆土外侧堆放，堆放高度控制在 1.5m 以内，堆体边坡坡度不陡于 1:1.5，防止坍塌、滑坡及水土流失；堆土底部采用彩条布铺垫；当遇到降水天气，应中止堆放。

（3）外接电源区堆放的表土量为 0.01 万 m^3，剥离的表土临时堆放在外接电源区施工场地。堆放高度控制在 1.5m 以内，堆体边坡坡度不陡于 1:1.5，防止坍塌、滑坡及水土流失堆土底部采用彩条布铺垫；当遇到降水天气，应中止堆放。

5、输电线路工程

（1）塔基及施工场地区：塔基区剥离的表土堆存在塔基施工场地内，并加以防护。输电线路塔基区剥离表土在塔基施工场地内堆存为台体，坡度为 1∶2，堆高 3m，堆土时，应边堆放边加固堆体边缘，做到堆体坡面平整；在每个工作日施工结束时，应做到堆体表面平整；当遇到降水天气，应中止堆放。直流线路位于河道管理范围内的塔基表土临时堆土，分散堆放于附近河道管理范围外塔基施工场地内，不采取集中堆放的方式。

（2）牵张场区：山丘区牵张场地涉及表土剥离的，临时堆放于牵张场地内堆存为台体，坡度为1∶2，堆高3m，堆土时，应边堆放边加固堆体边缘，做到堆体坡面平整；在每个工作日施工结束时，应做到堆体表面平整；当遇到降水天气，应中止堆放。

（3）施工道路：山丘区新建施工道路涉及表土剥离的，剥离后装入植生袋，堆存于道路外侧，起到拦挡作用。

4.3.2. 表土养护

1、送端换流站

（1）站外电源设施区

表土完成堆存后，对临时堆土顶部和边坡采取密目网苫盖；与回填土用彩条布隔离，防治生土与表土混合；坡脚采取重物压实。施工结束后对临时占地区域进行全面整地后恢复原地貌。表土储存期间，应定期巡视并进行维护；开展必要的表土质量定期监测或管护考核。

（2）供排水工程区

剥离的表土临时堆放在管线一侧的临时施工场地后，对临时堆土顶部和边坡采取密目网苫盖；与回填土用彩条布隔离，防止生土与表土混合；坡脚采取重物压实。施工结束后对临时占地区域进行全面整地后恢复原地貌。表土储存期间，应定期巡视并进行维护；开展必要的表土质量定期监测或管护考核。

（3）专项设施迁改区

表土完成堆存后，对临时堆土顶部和边坡采取密目重物压实。施工结束后对临时占地区域进行全面整地后恢复原地貌。表土储存期间，应定期巡视并进行维护；开展必要的表土质量定期监测或管护考核。

2、送端接地极

（1）汇流装置区

表土养护方式见电极电缆区表土养护方式。

（2）电极电缆区

剥离的表土临时堆放在电缆管线一侧的临时施工场地后，对临时堆土顶部和边坡采取密目网苫盖；与回填土用彩条布隔离，防止生土与表土混合；坡脚采取植生袋填土袋拦挡压盖。施工结束后对临时占地区域进行全面整地后恢复原地貌。表土储存期间，应定期巡视并进行维护；开展必要的表土质量定期监测或管护考核。

（3）检修道路区

表土养护方式见站区电极电缆区养护方式。

（4）外接电源工程区

剥离的表土临时堆放在电缆管线一侧的临时施工场地后，对临时堆土顶部和边坡采取密目网苫盖；与回填土用彩条布隔离，防止生土与表土混合；坡脚采取重物压实。施工结束后对临时占地区域进行全面整地后恢复原地貌。表土储存期间，应定期巡视并进行维护；开展必要的表土质量定期监测或管护考核。

3、受端换流站

（1）站区

站区、进站道路区、施工成产生活区、剥离的表土堆放在临时堆土场，表土完成堆存后，对临时堆土顶部和边坡采取密目网苫盖，堆土坡脚设置临时拦挡，坡面采用密目网苫盖，密目网边缘用填土袋压实。表土堆存区临时排水沟沿堆土顶部外围布设，将截留的雨水通过坡面引接至临时沉沙池后就近排入自然冲沟底部。此外，堆存表土区域撒播草籽进行临时绿化。施工结束后对临时占地区域进行全面整地后恢复原地貌。表土储存期间，应定期巡视并进行排水、杂草清除等维护；开展必要的表土质量定期监测或管护考核。

（2）进站道路区

表土养护方式见站区表土养护方式。

（3）施工生产生活区

表土养护方式见站区表土养护方式。

（4）站外电源设施区

表土完成堆存后，对临时堆土顶部和边坡采取密目网苫盖；底部采用彩条布铺垫；坡脚采取重物压实。施工结束后对临时占地区域进行全面整地后恢复原地貌。表土储存期间，应定期巡视并进行维护；开展必要的表土质量定期监测或管护考核。

（5）供排水工程区

剥离的表土临时堆放在管线一侧的临时施工场地后，对临时堆土顶部和边坡采取密目网苫盖；底部采用彩条布铺垫；坡脚采取重物压实。施工结束后对临时占地区域进行全面整地后恢复原地貌。表土储存期间，应定期巡视并进行维护；开展必要的表土质量定期监测或管护考核。

（6）专项设施迁改区

表土完成堆存后，对临时堆土顶部和边坡采取密目重物压实。施工结束后对临时占地区域进行全面整地后恢复原地貌。表土储存期间，应定期巡视并进行维护；开展必要的表土质量定期监测或管护考核。

4、受端接地极

（1）汇流装置区

表土养护方式见电极电缆区表土养护方式。

（2）电极电缆区

剥离的表土临时堆放在电缆管线一侧的临时施工场地后，对临时堆土顶部和边坡采取密目网苫盖；底部采用彩条布铺垫；坡脚采取植生袋填土袋拦挡压盖。施工结束后对临时占地区域进行全面整地后恢复原地貌。表土储存期间，应定期巡视并进行维护；开展必要的表土质量定期监测或管护考核。

（3）检修道路区

表土养护方式见站区电极电缆区养护方式。

（4）外接电源工程区

剥离的表土临时堆放在电缆管线一侧的临时施工场地后，对临时堆土顶部和边坡采取密目网苫盖；底部采用彩条布铺垫；坡脚采取重物压实。施工结束后对临时占地区域进行全面整地后恢复原地貌。表土储存期间，应定期巡视并进行维护；开展必要的表土质量定期监测或管护考核。

4.4. 表土利用

4.4.1. 表土需求分析

本工程除表土剥离区域，需要覆土后进行复耕和耕地恢复，其余复耕和植被恢复区域未进行表土剥离，因此不需回覆表土，利用已有表土进行全面整地即可。本工程复耕面积和植被恢复措施面积见下表。

表 4.4-1　本工程复耕面积和植被恢复面积表

项目	省	分区		复耕面积	植被恢复面积
一、点型工程				40.17	58.92
送端榆林站	陕西省	山丘区	站区		6.66
			进站道路区		0.68
			施工生产生活区		11.46
			站外电源设施区		1.46

项目	省	分区		复耕面积	植被恢复面积
			供排水工程区		3.22
			专项设施迁改区		0.54
			小计		24.02
2					
			电极电缆区		25.52
			检修道路区		0.005
			外接电源工程区		1.12
			小计		26.645
受端换流站	河南省	平原区	站区		7.56
			进站道路区		0.46
			施工生产生活区	7	
			站外临时堆土区	3	
			站外电源设施区	3.15	0.23
			供排水工程区	26.76	
			专项设施迁改区	0.26	
			小计	40.17	8.25
受端接地极	河南省	平原区	汇流装置区		
			电极电缆区	7.51	
			检修道路区		
			外接电源工程区	0.06	
			小计	7.57	
二、线型工程				287.88	230.05
±800kV 直流输电线路	陕西省	山丘区	塔基区	21.69	14.48
			牵张场	9.94	4.92
			跨越施工场地区	2.85	6.62
			施工道路区	21.79	11.32
			小计	56.27	37.35
	山西省	山丘区	塔基区	16.5	59.32
			牵张场	4.66	13.75
			跨越施工场地区	3.53	7.92
			施工道路区	20.92	85.18
			小计	40.96	149.43
		平原区	塔基区	12.4	1.96
			牵张场	3.40	1.62
			跨越施工场地区	4.89	0.7
			施工道路区	6.63	2.26
			小计	24.10	6.03
	河南省	山丘区	塔基区	0.5	14.14

项目	省	分区		复耕面积	植被恢复面积
			牵张场		2.16
			跨越施工场地区	0.02	0.26
			施工道路区	0.07	6.69
			小计	0.59	23.25
		平原区	塔基区	32.78	1.36
			牵张场	13.68	0.24
			跨越施工场地区	10.84	0.6
			施工道路区	32.29	1.3
			小计	89.59	3.5
接地极线路	陕西省	山丘区	塔基区	7.76	0.39
			牵张场地区	0.44	0.02
			跨越施工场地区	6.76	0.34
			施工道路区	20.55	1.03
			小计	35.51	1.78
	河南省	平原区	塔基区	7.65	
			牵张场地区	0.44	
			跨越施工场地区	6.76	
			施工道路区	20.55	
			小计	35.4	
迁改线路	陕西省	山丘区	塔基区	0.16	0.16
			牵张场	0.11	0.01
			施工道路区	0.52	0.16
			小计	0.80	0.32
	山西省	山丘区	塔基区	1.07	3.39
			牵张场	0.15	1.37
			跨越施工场地区	0.48	0.32
			施工道路区	2.06	3.91
			小计	3.60	8.35
		平原区	塔基区	0.16	0.00
			牵张场	0.08	0
			跨越施工场地区	0.00	0.04
			施工道路区	0.00	0
			小计	0.19	0.04
	河南省	平原区	塔基区	1.19	
			牵张场	0.36	
			施工道路区	0.04	
			小计	0.87	
三、工程合计				328.05	288.97

4.4.2. 表土回覆

本工程表土回覆范围及面积、厚度、回覆量，以及表土回覆时序、工艺及方法等如下表所示。

表 4.4-2　本工程表土回覆情况表

项目	省	分区		表土回覆			恢复区域	回覆时序、工艺及方法
				面积（hm^2）	厚度（cm）	方量（万 m^3）		
一、点型工程				61.73		20.36		
送端榆林站	陕西省	山丘区	站区	9.23	30	2.77		（一）表土回覆时序：为土建完工后、绿化施工前。 （二）表土回覆工艺及方法： 1、施工准备 清理回覆区施工垃圾、硬化破除后的混凝土块，对回覆区域进行粗平，清除石块、杂物。 2、分层回覆 采用“基底整平→分层摊铺→人工整平→微地形修整”流程，优先将表土回覆至绿化或复耕区域 3、质量控制要点 表土回覆需与基底结合紧密，严禁出现
			进站道路区	1.1	30	0.33		
			施工生产生活区	11.46	30	3.44		
			站外电源设施区	0.05	20	0.01	本区	
			供排水工程区	1.26	20	0.25	本区	
			专项设施迁改区	0.04	20	0.01	本区	
			小计	1.35		0.27		
送端接地极	陕西省	山丘区	汇流装置区				电极电缆区	
			电极电缆区	11.40	20~22	2.303	本区	
			检修道路区	0.005	20	0.001	本区、电极电缆区	
			外接电源工程区	0.09	20	0.02	本区	
			小计	11.50		2.32		
受端换流站	河南省	平原区	站区	7.56	60	4.35	站区、施工生产生活区	
			进站道路区	0.46	43	0.20	进站道路区	
			施工生产生活区	7	46	3.23	施工生产生活区	

项目	省	分区		表土回覆			恢复区域	回覆时序、工艺及方法
				面积（hm^2）	厚度（cm）	方量（万 m^3）		
			站外临时堆土区	3	20	0.60	站外临时堆土区	空鼓、分层现象，回覆完成后禁止重型机械进入绿化区域作业
			站外电源设施区	0.21	30	0.07	站外电源设施区	
			供排水工程区	6.30	30	1.89	供排水工程区	
			专项设施迁改区	0.01	30	0.01	专项设施迁改区	
			小计	24.56	——	10.35		
受端接地极	河南省	平原区	汇流装置区	——	——	——	——	
			电极电缆区	2.82	31	0.87	电极电缆区	
			检修道路区	——	——	——	——	
			外接电源工程区	0.01	31	0.01	外接电源工程区	
			小计	2.83	——	0.88		
二、线型工程				96.18		15.58		
±800kV 直流输电线路	陕西省	山丘区	塔基区	9.61	20~30	2.83	塔基区永久占地、泥浆沉淀池开挖区域、接地槽开挖区域	（一）表土回覆时序：为基础施工完工后、绿化施工前。 （二）表土回覆工艺及方法： 1、塔基永久占地、泥浆沉淀池、接地槽等回填压实后，清理场地杂物，对塔基周边进行粗平，随后将堆存的表土回覆至塔基施工扰动区，厚
			牵张场	1.05	20~30	0.31	本区	
			施工道路区	2.75	20~30	0.81	本区	
			小计	13.41		3.95		
	山西省	山丘区	塔基区	23.44	20~30	5.55	塔基区永久占地、泥浆沉淀池开挖区域、接地槽开挖区域	
			牵张场	1.56	20~30	0.37	本区	
			施工道路区	15.67	20~30	3.60	本区	
			小计	40.67		9.52		

项目	省	分区		表土回覆			恢复区域	回覆时序、工艺及方法
				面积（hm^2）	厚度（cm）	方量（万 m^3）		
		平原区	塔基区	4.28	20~30	1.30	塔基区永久占地、泥浆沉淀池开挖区域、接地槽开挖区域	度与剥离厚度一致（通常 20~30cm）；2、牵张场、施工道路使用结束后，先破除表层碾压硬化层，对表面进行翻松整平，随后回覆表土，厚度与剥离厚度一致（通常 20~30cm）。
	河南省	山丘区	塔基区	4.65	20~30	0.94	塔基区永久占地、泥浆沉淀池开挖区域	
			牵张场	0.15	20~30	0.03	本区	
			施工道路区	0.94	20~30	0.2	本区	
			小计	5.74		1.17		
		平原区	塔基区	15.74	30	4.71	塔基区永久占地、泥浆沉淀池开挖区域	
接地极线路	陕西省	山丘区	塔基区	2.01	20~30	0.59	塔基区永久占地、泥浆沉淀池开挖区域、接地槽开挖区域	
			牵张场地区	0.04	20~30	0.01	本区	
			施工道路区	2.10	20~30	0.62	本区	
			小计	4.15		1.22		
	河南省	平原区	塔基区	5.19	30	1.56	塔基区永久占地、泥浆沉淀池开挖区域	
迁改线路	陕西省	山丘区	塔基区	0.06	20~30	0.02	塔基区永久占地、泥浆沉淀池开挖区域、接地槽开挖区域	
			牵张场地区	0.01	20~30	0.003	本区	
			施工道路区	0.10	20~30	0.03	本区	
			小计	0.17		0.05		
	山西省	山丘区	塔基区	0.78	20~30	0.18	塔基区永久占地、泥浆沉淀池开挖区域、接地槽开挖区域	
			牵张场	0.84	20~30	0.18	本区	

项目	省	分区		表土回覆			恢复区域	回覆时序、工艺及方法
				面积（hm^2）	厚度（cm）	方量（万 m^3）		
			施工道路区	4.93	20~30	1.17	本区	
			小计	6.55		1.53		
		平原区	塔基区	0.05	20~30	0.02	塔基区永久占地、泥浆沉淀池开挖区域、接地槽开挖区域	
	河南省	平原区	塔基区	0.23	30	0.07	塔基区永久占地、泥浆沉淀池开挖区域	
三、工程合计				157.91		45.46		

本工程共计剥离表土 50.33 万 m^3，其中送端榆林站站区、进站道路区、施工生产生活区剥离的表土共计 11.41 万 m^3，由于站址区域附近地形破碎，建设单位协同主体设计单位、水保单位分别在站址 30km 范围内开展多处临时堆土场选址工作，均因敏感地类冲突、林地限制、工业园区管控限制、涉及下游居民点安全、与待建或规划项目冲突等因素的影响，各备选临时堆土场均不具备落地建设条件，因此将剥离的 11.41 万 m^3 表土综合利用至响水镇土地整治（改造）项目。后期送端榆林站站区、进站道路区、施工生产生活区共计 21.79hm^2 需进行植被恢复，施工结束后对植被恢复区域进行土壤改良，针对基槽土肥力不足问题，通过土壤改良措施，改善土壤理化指标，使土壤理化形状满植被生长基础条件，再进行撒播草籽恢复植被。具体措施包括补充腐熟有机肥（如牛羊粪等）提升有机质；采用石膏（硫酸钙）调节 pH 值；施加有益微生物菌剂提升土壤生物活性；改良完成后翻耕、耙平、整地，再撒播草籽进行植被恢复为植被恢复提供条件。送端榆林站共计土壤改良 6.54 万 m^3，其中：站区土壤改良面积共 9.23hm^2，改良深度 0.3m，改良土方 2.77 万 m^3；进站道路区土壤改良面积共 1.1hm^2，改良深度 0.3m，改良土方 0.33 万 m^3；施工生产生活区土壤改良面积共 11.46hm^2，改良深度 0.3m，改良土方 3.44 万 m^3。

4.4.3. 表土再利用

4.4.3.1. 余方综合利用事宜性分析

（1）表土余方组成

本工程仅横山换流站在站区、进站道路区、施工生产生活区剥离的 11.41 万 m^3 表土共无法回覆利用，土壤类型主要以砂质壤土/粉砂质壤土构成，土壤 pH 值为 8.37±0.18，呈弱碱性至碱性；含盐量 0.16–0.20 mS/cm，属轻度盐分背景；有机质含量 8.0–14.0 g/kg（约 0.8%–1.4%），中等偏低；质地为砂质壤土/粉砂质壤土，透气性良好但保水保肥中等；发芽指数 75%–90%，生物毒性低；砾石含量 5%–10%土壤内砾石占比较小。

（2）表土综合利用必要性的评价

本工程送端换流站位于黄土丘陵区，站址附近地形破碎，建设单位协同主体设计单位、水保单位分别在站址 30km 范围内开展多处临时堆土场选址工作，均因敏感地类冲突、林地限制、工业园区管控限制、涉及下游居民点安全、与待建或规划项目冲突等因素的影响，各备选临时堆土场均不具备落地建设条件。

送端换流站所在区域土壤类型以粉细砂、细砂、黄土为主，土层厚，上下土体有机质水平差异较小，经调研，区域内既有工程的绿化场地通过实施土壤改良措施后，可满足植被正常生长要求。因此，本工程拟采用表土综合利用方案，不再设置临时堆土场，对送端换流站绿化区域实施土壤改良，以此保障植被恢复效果，该技术方案具备可行性。

取消临时堆土场能够直接减少工程地表扰动范围，降低水土流失风险；同时表土采用综合利用方案，也符合余土资源化利用的水土保持要求。

（3）综合利用适宜性分析

工程所在区域植被覆盖稀疏、水土流失敏感，区域内无定河沿岸及低洼地带土壤肥力较低，同时伴随历史遗留矿山采坑、砖厂等施工造成的土地损毁，以及部分生产建设项目存在绿化、复垦等需求。基于这一生态脆弱、耕地后备资源紧张、土地复垦需求迫切的现实。

本工程换流站表土实验分析表明，表土理化性质较好，剥离的 11.41 万 m^3 表土具备良好的可剥离性与资源化潜力，故可通过景观绿化、耕地改良、道路绿化覆土、矿山生态修复等方式进行资源化利用。

4.4.3.2. 表土余方综合利用调查

本报告拟从横山换流站30km范围内的建设项目和生产建设项目展开表土余方综合利用调查，调查范围涵盖横山区的白界镇、响水镇、殿市镇、韩岔镇、横山工业园区。

（1）榆横安置社区

2026年7月，我公司对榆横安置社区开展调查，该项目位于榆林市横山区白界镇新开沟村，总占地面积12km^2，其中居民生活区占地3.70km^2，该项目已于2026年6月末开工，预计于2029年初完工，产业区占地2.30km^2，农业发展区占地6km^2。该项目主要涉及白界镇、波罗镇2个镇3个行政村15个村民小组的搬迁安置。安置社区内规划有住宅、商业、医疗、教育、公园广场等设施，规划主次干道13条。

该工程施工时序与本工程表土剥离时间相合，但其农业发展区高标准农田和居民生活区景观绿化所需表土均来自搬迁区域耕地表土的剥离以及原地表表土资源的改良。故榆横安置社区工程无法利用本项目表土余土。

（2）横山区响水镇原峥名采石场煤矸石回填治理项目

2026年7月，我公司对横山区响水镇原峥名采石场煤矸石回填治理项目开展调查，该项目位于榆林市横山区响水镇柿子沟村，项目占地面积4.04hm^2，已于2025年11月开工，预计于2029年11月完工，工程建设内容主要包括建设内容含采坑应急排险、煤矸石回填、边坡防护与生态修复、安全环保检测。

该工程施工时序与本工程表土剥离时间相合，但经调查该工程生态复绿面积3.81hm^2，所需表土量仅为1.14万m^3，故该工程表土余土需求量较小，不满足本项目要求。

（3）横山区殿市镇吴岔村废弃矿坑煤矸石回填治理项目

2026年7月，我公司对横山区殿市镇吴岔村废弃矿坑煤矸石回填治理项目开展调查，该项目位于榆林市横山区殿市镇吴岔村，计划2026年6月开工（目前仍未开工），项目占地面积23.75hm^2，表土回覆量12.82万m^3，工程建设内容主要包括建设内容含采坑应急排险、煤矸石回填、边坡防护与生态修复、安全环保检测。

该项目实际开工日期未定，且经了解项目表土均为原地表表土资源改良，该项目无法用作本项目表土余土消纳。

（4）陕西榆能榆神横山新能源有限公司榆能横山6万千瓦风电项目

2026年7月，我公司对榆能横山6万千瓦风电项目开展调查，该项目主体位于高庙

村和闫家坻村，已于2026年3月开工，预计于2026年12月完工，项目占地面积14.71hm^2，项目建设内容主要为风电场区（占地面积11.19hm^2）和110kV送出线路（占地面积3.52hm^2）。

经调查该工程生态复绿面积13.55hm^2，所需表土量仅为4.06万m^3，故该工程表土余土需求量较小；且需土量较大的风电场区计划于10月初完成植被绿化，与本工程表土剥离施工时序相冲突，故不满足本项目要求。

（5）榆横工业区一般工业废渣处置场

2026年7月，我公司对榆林高新区榆横工业废渣处理有限责任公司经营的榆横工业区（白界镇）一般工业废渣处置场展开调查，该工业废渣处置场于2012年开工建设，目前工程三期一阶段堆存场地已完工，总占地面积133.60hm^2，设计总库容1250万m^3。

废渣处置场的施工时序和库容虽可消纳横山换流站11.41万m³表土余土，但因表土不得与废弃土石方混同处理，且该处置场近期无覆土绿化施工计划，故该处置场无法利用本工程表土余土。

（6）响水镇土地整治（改造）项目

2026年8月，我公司通过对横山区响水镇土地整治（改造）进行调查，横山区农业农村局规划于2026年10月开工实施响水镇土地整治（改造）项目，占地面积38.33hm^2，项目建设内容通过水利排盐、土地整治、土壤改良、生物培肥。

土地整治（改造）的施工时序与本工程表土剥离时间相合，且其表土需求量为11.50万m^3，可完全消纳横山换流站剥离的11.41万m^{3}表土余土量。

表4.4-3　表土余方综合利用调查情况表

序号	项目名称	所在行政区	是否利用表土余土	无法利用原因
1	榆横安置社区	横山区白界镇	否	已有可利用表土资源，不接受本项目表土余土
2	横山区响水镇原峥名采石场煤矸石回填治理项目	横山区响水镇	否	该工程表土余土需求量较小，不满足本项目要求。
3	横山区殿市镇吴岔村废弃矿坑煤矸石回填治理项目	横山区殿市镇	否	项目实际开工日期未定，且表土均为原地表表土资源改良，不接受本项目表土余土
4	陕西榆能榆神横山新能源有限公司榆能横山6万千瓦风电项目	横山区韩岔镇	否	该工程表土余土需求量较小，风电场区植被绿化施工时序与本工程表土剥离施工时序相冲突。
5	榆横工业区一般工业废渣	榆横工业区	否	废渣处置场近期无固废表层覆土绿

	处置场	（白界镇）		化的植物措施施工计划，本工程表土余土。
6	响水镇土地整治（改造）项目	横山区响水镇	是	

4.4.3.3. 资源化综合利用方案

目横山换流站站区剥离的 11.41 万 m³表土，通过土地整治（改造）项目土地整治实现全部综合利用，实现余土零废弃，符合《生产建设项目水土保持技术标准》（GB/T 50433-2018）中“剥离的表土应用于复耕、植被恢复，也可用于其他区域的土地整治”要求。本工程剥离表土余土可依托本工程新建进站道路和已建 S204 省道进行运输，避免因外新建施工道路造成的地表扰动，符合水土保持要求；运输过程中，土方应做好苫盖，避免因运输造成的表土逸散。

4.4.3.4. 表土剥离及回覆平衡一览表

本工程表土剥离 50.33 万 m^3，共计表土回覆量为 45.46 万 m^3（其中就地回覆 38.92 万 m^3，通过土壤改良回覆 6.54 万 m^3，），余方 11.41 万 m^3（运至响水镇土地整治（改造）项目进行综合利用），表土余方全部运至响水镇土地整治（改造）项目综合利用。本工程表土平衡表如下表所示。

表 4.4-4　表土剥离及回覆平衡一览表　　单位：万 m^3

项目	省	分区		表土剥离			表土回覆			借方（工程区域改良）	余土		回填区域	临时堆存场地
				面积（hm^2）	厚度（cm）	（万 m^3）	面积（hm^2）	厚度（cm）	（万 m^3）		余土量（万 m^3）	去向		
一、点型工程				107.70		25.34	61.73		20.36					
送端换流站	陕西省	山丘区	站区	39.16	20	7.84	9.23	30	2.77	2.77	7.84	响水镇土地整治（改造）项目		
			进站道路区	6.4	20	1.28	1.1	30	0.33	0.33	1.28			
			施工生产生活区	11.46	20	2.29	11.46	30	3.44	3.44	2.29			
			站外电源设施区	0.05	20	0.01	0.05	20	0.01				本区	施工场地临时堆土区
			供排水工程区	1.26	20	0.25	1.26	20	0.25				本区	施工场地临时堆土区
			专项设施迁改区	0.04	20	0.01	0.04	20	0.01				本区	施工场地临时堆土区
			小计	58.37		11.68	1.35		0.27		11.41			
送端接地极	陕西省	山丘区	汇流装置区	0.09	20	0.02	0.00	0	0				电极电缆区	施工场地临时堆土区
			电极电缆区	11.4	20	2.28	11.40	20~22	2.303				本区	施工场地临时堆土区
			检修道路区	0.02	20	0.004	0.005	20	0.001				本区、电极电缆区	施工场地临时堆土区
			外接电源工程区	0.09	20	0.02	0.09	20	0.02				本区	施工场地临时堆土区
			小计	11.60		2.32	11.50		2.32					
受端换流站	河南省	平原区	站区	19.71	30	5.92	7.28	60	4.35				本区	临时堆土区
			进站道路区	1.20	30	0.36	0.46	61	0.20					
			施工生产生活区	7.00	30	2.100	7.00	30	3.23					
			站外临时堆土区	0.00	30	0.00	3.00	30	0.600					
			站外电力设施区	0.22	30	0.07	0.21	65	0.07					
			供排水工程区	6.33	30	1.89	3.27	30	1.89					
			专项设施迁改区	0.01	30	0.01	0.01	30	0.01					
			小计	34.44		10.35	24.26		10.35					
受端接地极	河南省	平原区	汇流装置区	0.08	30	0.02	0	0	0					
			电极电缆区	2.82	30	0.84	2.82	31	0.87					
			检修道路区	0.01	30	0.01	0.00	0	0					
			外接电源工程区	0.02	30	0.01	0.01	31	0.01					
			小计	2.93		0.88	2.83		0.88					
二、线型工程							96.18		25.10					
±800kV 直流输电线路	陕西省	山丘区	塔基区	9.61	20~30	2.83	9.61	20~30	2.83					
			牵张场	1.05	20~30	0.31	1.05	20~30	0.31					
			施工道路区	2.75	20~30	0.81	2.75	20~30	0.81					
			小计	13.41	20~30	3.95	13.41	20~30	3.95					
	山西省	山丘区	塔基区	24.12	20~30	5.55	23.44	20~30	5.55					
			牵张场地区	1.56	20~30	0.37	1.56	20~30	0.37					

项目	省	分区		表土剥离			表土回覆			借方（工程区域改良）	余土		回填区域	临时堆存场地
				面积（hm^2）	厚度（cm）	（万 m^3）	面积（hm^2）	厚度（cm）	（万 m^3）		余土量（万 m^3）	去向		
			施工道路区	15.67	20~30	3.60	15.67	20~30	3.60					
			小计	41.35	20~30	9.52	40.67	20~30	9.52					
		平原区	塔基区	4.51	20~30	1.30	4.28	20~30	1.30					
	河南省	山丘区	塔基区	4.65	20~30	0.94	4.65	20~30	0.94				本区	塔基施工场地临时堆土区
			牵张场地区	0.15	20~30	0.03	0.15	20~30	0.03				本区	牵张场地区临时堆土范围
			施工道路区	0.94	20~30	0.2	0.94	20~30	0.2				本区	施工道路区两侧
			小计	5.74		1.17	5.74	0	1.17					
		平原区	塔基区	15.74	30.00	4.71	15.74	30	4.71				本区	塔基施工场地临时堆土区
接地极线路	陕西省	山丘区	塔基区	2.01	20~30	0.59	2.01	20~30	0.59					
			牵张场地区	0.04	20~30	0.01	0.04	20~30	0.01					
			施工道路区	2.10	20~30	0.62	2.10	20~30	0.62					
			小计	4.15		1.22	4.15		1.22					
	河南省	平原区	塔基区	5.19	30.00	1.56	5.19	30.00	1.56					塔基施工场地临时堆土区
迁改线路	陕西省	山丘区	塔基区	0.06	20~30	0.02	0.06	20~30	0.02					
			牵张场地区	0.01	20~30	0.003	0.01	20~30	0.003					
			施工道路区	0.10	20~30	0.03	0.10	20~30	0.03					
			小计	0.17		0.05	0.17		0.05					
	山西省	山丘区	塔基区	0.80	20~30	0.18	0.78	20~30	0.18					
			牵张场地区	0.84	20~30	0.18	0.84	20~30	0.18					
			施工道路区	4.93	20~30	1.17	4.93	20~30	1.17					
			小计	6.57		1.53	6.55		1.53					
		平原区	塔基区	0.05	20~30	0.02	0.05	20~30	0.02					
	河南省	平原区	塔基区	0.23	30.00	0.07	0.23	30	0.07					
三、工程合计				204.45		50.33	157.91		45.46	6.54	11.41			

5 弃渣场选址与堆置

5.1. 临时堆土来源及流向

本工程不设弃渣场，临时堆土场主要为受端开封站站外临时堆土场，临时堆土来源及流向见表 5.1-1。

表 5.1-1 临时堆土来源及流向

序号	名称	位置	面积（m^2）	堆土量（万 m^3）	堆土高度（m）	坡比	级别	堆存时间
1	受端换流站站外临时堆土场	受端站站外	30000	11.38（松散方）/8.38（自然方）	3.5	1:2	5	2026.10-2028.5

5.2. 临时堆土场选址、堆置方案与级别

受端换流站站外东侧耕地设置 1 处临时堆土区，为平地型堆土场，堆置为台体，堆土场长 200m，宽 150m，占地面积为 3hm^2，最大堆土厚度 3.5m，坡比 1:2，容量堆土量为 8.38 万 m^3，施工结束后恢复为耕地。

（1）站外临时堆土区选址与类型

a）站外临时堆土区必要性评价

新建受端换流站在站外东侧布置一个临时堆土场，用于堆放受端换流站站区、进站道路区和施工生产生活区剥离的表土和站内土方临时倒运。在四通一平及土建施工阶段，需要分别进行站区清表、场地初平、强夯施工、边坡支护、桩基施工、基础施工等各工序作业。站内挖填方区涉及强夯及桩基大面积施工作业，无法长时间堆放表土，因此，为保护表土资源，在站外设置一处临时表土堆存区以进行表土堆置是必要的。

b）站外临时堆土区容量分析

根据土石方平衡设计，本工程共布置 1 处站外临时堆土区，类型均为平地型，站外临时堆土区占地总面积约 3hm^2。本工程站外临时堆土区设计总容量 11.38 万 m^3，站外临时堆放土方 8.38 万 m^3，站外临时堆土区能满足堆土要求。

c）站外临时堆土区地质评价

地质条件：根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），站外临时堆土区基本地震动峰值加速度为 0.125g，相应基本烈度为Ⅶ度区，地震动反应谱特征周期为 0.55s。本区域构造稳定性好。

根据《陕西-河南±800千伏特高压直流输电工程受端换流站岩土工程勘察报告》结论，拟建站址区及堆土区域内无全新世活动断裂、发震构造和影响场地地基稳定的断裂存在，也无危及场地安全的潜在地质灾害产生的条件，站址处于相对稳定区。

承载力分析：本工程站外临时堆土区按照5级弃渣场进行地质调查。站外临时堆土所在区域属于VII度地震烈度区。本工程站外临时堆土区底部为粉土和粉质粘土层，为中压缩性土，上部荷载较小，承载力满足上覆荷载要求，沉陷问题不大。

不良地质条件：站外临时堆土区地形、地质条件均较好，无滑坡、崩塌、泥石流等不良地质现象或不良地质现象弱发育。堆土区周围无敏感目标。站外临时堆土区基本稳定，场地较适宜。

汇水条件：本工程站外临时堆土区均为平地型堆土区，汇水面积仅为堆土形成区域，北侧堆土区汇水面积1.65hm^2，东侧堆土场汇水面积1.3hm^2，临时堆土区内汇水流量较小，临时堆土区设置临时排水沟和临时沉沙池措施，临时土质排水沟长700m，断面均为矩形，断面尺寸为：沟宽×沟深=1.2m×0.8m。沉沙池为机砖抹面，单个沉沙池的尺寸为：长×宽×深=2.5m×1.2m×1.5m，单个沉沙池容积为4.5m^3，共布设沉沙池1座。在施工期间，应对站外临时堆土采取临时防护措施，最大化地避免堆土期间的水土流失。

（2）站外临时堆土区选址合理性分析

本工程站外临时堆土区布置时采用尽量减少堆土区数量、布置以平地型为主、尽量集中堆放的方案，站外临时堆土区运距适中，在满足安全的前提下，最大限度地缩短了临时堆土道路长度，节约占地。站外临时堆土占地类型遵循“少占压耕地，少损坏水土保持面积”的原则。本工程根据工程布置特点，站外临时堆土区选址尽可能与施工场地布置相结合，符合水土保持要求。

站外临时堆土区布设考虑了运距及占地类型等方面，本方案补充站外临时堆土区防护措施设计，在堆土前采取临时拦挡措施，堆土过程采取自下而上的方式进行堆放并分层进行压实，以提高堆土体的稳定性。本工程站外临时堆土区距离主体工程较近，倒运土方运距短，且有可利用的现有道路或施工临时道路通往各临时堆土区，施工较为方便。

站外临时堆土区为平地型堆土区，没有布设在对重要基础设施、人民群众生命财产安全及行洪安全有重大影响的区域，堆土区最大堆高3.5m，对周边环境不会造成危害。临时堆土区场地地震基本烈度为VII度，地质稳定且堆存时间较短，堆土区周围无敏感目标。

综上，本工程所选站外临时堆土区基本符合《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）、《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）等相关规定，不存在水土保持制约性因素。临时堆土区容量满足实际的堆土需求，且具备采取有效水土保持防护措施的条件，基本符合水土保持要求。站外临时堆土区堆土过程中认真落实水土保持工程、植物、临时防护及管理措施，使站外临时堆土区可能产生的水土流失危害降到最低。

站外临时堆土场与南侧居民点直线距离 672m，为平原地貌，根据位置关系剖面图显示（图 5.2-6），中间有沟道阻隔，对周边居民点无影响。堆土场与北侧、东侧、西侧居民点的距离均超过 1km，对周边居民点无影响。

（3）站外临时堆土区的稳定性分析

本工程站外临时堆土区参照《水利水电工程水土保持技术规范》（SL 575-2012）中弃渣场的相关规定，弃渣场级别根据堆渣量、堆渣总高度和渣场失事后对主体工程及环境造成的危害程度、周边环境状况和后期利用方向等因素确定为 5 级。

本工程站外临时堆土区为平地型堆土区，临时堆土区稳定性分析包括弃渣场整体稳定性分析、堆渣体边坡稳定性分析。

根据收集资料、现场调查、勘测成果，堆土区下部均不存在软弱夹层。站外临时堆土区场地无活动断裂分布，无地震震中分布；无软土震陷，无地基土液化效应；现状场地为平原，地势平坦，地基土以中软土-中硬土为主，为建筑抗震一般地段；场地内不良地质作用不发育，地质灾害危险性小，未发现有埋藏的河道、沟浜、防空洞等对工程不利的埋藏体。综合评价，场地为基本稳定场地。

根据收集资料、现场调查、勘测成果，堆土区下部均不存在软弱夹层。堆土区根据土石方平衡成果，确定堆土区成分为均质堆体。堆土区均不会发生整体滑动，按 1:2 的设计边坡比进行堆体边坡稳定性分析。临时堆土区场地地震基本烈度为Ⅶ度，考虑地震工况；考虑降雨的土体饱和工况为暴雨工况。稳定计算的计算工况分为正常工况、非正常工况 2 种情况，非正常工况分为地震工况、暴雨工况 2 种情况。

①计算假定

堆土区土料均为混合料，假定土料单一均匀，土体无渗流为正常工况，饱和为非正常工况 1、地震工况为非正常工况 2。计算断面选择最不利的堆土剖面见图 5.2-6。

②计算公式

本次分析中使用的软件是理正岩土 6.5，采用圆弧滑动面，依据《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013），采用简化 Bishop 法进行计算，符合规范规定。

表 5.2-1 站外临时堆土区堆体参数取值表

地震等级	堆土区名称	坡比	工况	岩土材料	容重（kN/m³）	黏聚力（kPa）	内摩擦角φ_{ef}（度）
VII度	站外堆土区	1:2	正常工况	填土	18.5	5.0	20.0
				粉土	18.0	10.0	20.0
			非正常工况 1	填土	19.0	3.0	18.0
				粉土	18.5	8.0	18.0
			非正常工况 2	填土	18.5	5.0	20.0
				粉土	18.0	10.0	20.0

表 5.2-2　临时堆土区边坡稳定分析表

名称	剖面位置	工况	计算安全系数	规范要求安全系数	边坡稳定性
东侧堆土区	2-2 剖面	正常工况	1.557	1.15	稳定
		非正常工况	1.174	1.05	稳定
		非正常工况 2	1.471	1.05	稳定

计算结论：通过选取的典型站外临时堆土区断面，堆土体边坡抗滑稳定安全系数均大于规范要求值，站外临时堆土区堆土体边坡抗滑稳定满足规范要求。

通过上述计算可以看出，主体设计的 1:2 的边坡比可以满足站外堆土区稳定的需求。站外临时堆土稳定。

（3）不同降雨工况表层饱和下边坡稳定性分析

（a）浸润线抬升情况分析

结合地质条件，本场区堆土不存在深部地下水位抬升、不存在贯通堆体的稳定浸润线，具体论证如下：

①无地下水浸润线抬升条件：场区地下水埋深极大，堆体与深部含水层被厚层粉质黏土隔水层完全阻隔，降雨入渗无法补给地下水，各暴雨工况下深部水位始终保持恒定，无浸润线抬升、贯通现象。

②区别于其它沟道条件下堆土区上游可形成地表汇水并形成边坡浸润线渗流模式，仅存在表层降雨暂态饱和区：本工程为 1:2 缓坡开放式边坡，坡面平缓、汇水均匀，暴雨工况下雨水部分坡面漫流外排、部分垂直入渗土体，仅在堆土浅表范围形成局部、暂时性饱和软化层，饱和区不贯通堆体、无稳定连续渗流通道。

③以定量饱和深度替代传统浸润线指标：因本工程无贯通浸润线，本次通过非饱和

瞬态渗流数值模拟，定量计算不同重现期暴雨对应的表层最大饱和深度，作为边坡稳定验算的控制指标，计算方式符合非饱和土边坡渗流规范要求。

（b）不同降雨工况下的堆土边坡稳定性

各工况饱和深度仅局限于堆土浅表范围，无贯通堆体渗流通道，深部地下水位全程稳定，无传统贯通式浸润线，场区渗流为暴雨诱发浅层暂态饱和模式，采用《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）简化 Bishop 圆弧滑动法，分层赋值土体强度：表层饱和软化区取饱和指标 c=4.0kPa、ϕ=18.0°；中下部非饱和天然土体取天然指标 c=5.0kPa、ϕ=20.0°。计算综合考虑土体自重、饱和浸水增重、渗流渗透力，自动搜索最不利滑动圆弧，以最小安全系数作为控制成果。

临时堆土边坡：天然工况允许安全系数 Fs≥1.15；暴雨饱和不利工况允许安全系数 Fs≥1.05。复核计算表明，最小安全系数均大于 1.05，边坡稳定。

（5）临时堆土场设置情况

本工程临时堆土场设置情况如下表所示：

表 5.2-3　受端换流站站外临时堆土场设置情况汇总表

临时堆土场名称	**受端换流站临时堆土场**
位置	站区外东侧
占地面积（hm^2）	3
汇水面积（hm^2）	3
容量（万 m^3）	9.50
堆土量（万 m^3）	8.38
最大堆土高度（m）	3.50
坡比	1:2
高程	61.74~62.10
堆放时间	2026 年 10 月~2028 年 5 月（约 1.8 年）
分析评价结论	安全稳定

6 水土流失分析与预测

6.1. 水土流失现状

6.1.1. 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、2025 年各省水土保持公报、水土流失动态监测成果、各省水土流失遥感调查成果和工程沿线各市、县（区）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，横山区、靖边县兼有风蚀。土壤侵蚀强度以轻度侵蚀为主，局部为中度侵蚀，详见表 6.1-1。

表 6.1-1 项目区水土流失面积统计表 单位：km^2

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		
陕西省	榆林市	8237.07	5460.54	2641.14	1612.09	379.98	18330.82	42.71	42923
山西省	吕梁市	4106.23	3410.76	1385.43	540.31	47.08	9489.81	44.74	21211
	晋中市	5009.1	653.53	221.06	47	14.26	5944.95	36.25	16400
	长治市	4612.55	157.71	67.95	25.14	9.95	4873.3	34.92	13955
河南省	安阳市	777.94	12.72	3.26	0.30		794.22	10.80	7355
	新乡市	802.28	0.02				802.30	12.84	6247
	开封市	308.24	25.73	2.01	0.69	0.35	337.02	3.91	8629
	周口市	26.11	0.27				26.38	0.22	11822

6.1.2. 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和北方土石山区 2 个土壤侵蚀类型区。

根据《土壤侵蚀分类分级标准》，项目区沿线西北黄土高原区容许土壤流失量为 1000t/(km^2·a)、北方土石山区容许土壤流失量为 200t/(km^2·a)。

项目区水土保持区划情况见表 6.1-2。工程沿线土壤侵蚀强度分布图见附图。

表 6.1-2　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）	容许土壤流失量（t/km^2.a）
西北黄土高原区	晋陕蒙丘陵沟壑区	陕北盖沙丘陵沟壑拦沙防沙区	横山区、靖边县	1000
	晋陕蒙丘陵沟壑区	陕北黄土丘陵沟壑拦沙保土区	米脂县、子洲县、绥德县、清涧县	1000
		晋西北黄土丘陵沟壑拦沙保土区	中阳县、石楼县、交口县	1000
	汾渭及晋城丘陵阶地区	汾河中游丘陵沟壑保土蓄水区	孝义市、汾阳市、介休市、平遥县	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	武乡县、沁县、襄垣县、潞城区、平顺县	200
	太行山山地丘陵区	太行山东部山地丘陵水源涵养保土区	林州市、卫辉市	200
	华北平原区	黄泛平原防沙农田防护区	延津县、封丘县、祥符区、杞县、太康县	200

6.1.3. 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、项目区土壤侵蚀强度图和项目区内已验收的同类工程监测结果，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。项目区以水力侵蚀为主，部分地区兼有风力侵蚀，沿线各省、市土壤侵蚀模数背景值详见表 6.1-3。

表 6.1-3　本工程沿线区域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）	扰动后侵蚀模数（t/km^2·a）
陕西省	榆林市	山丘	中度水蚀 中度风蚀	3200~4800	5500~7000
山西省	吕梁市	山丘	轻度~中度水蚀	1200~2800	3000~6000
		平原	轻度水蚀	800~2400	2500~4000
	晋中市	山丘	轻度水蚀	800~2000	2500~4500
		平原	轻度水蚀	800~2000	2500~3500
	长治市	山丘	轻度水蚀	700~1400	2000~4000
河南省	安阳市	山丘、平原	微度、轻度水蚀	150~1500	2500~3000
	新乡市	山丘、平原	微度、轻度水蚀	150~600	2500~3000
	开封市	平原	微度、轻度水蚀	150~300	2500~2800
	周口市	平原	微度、轻度水蚀	150~300	2500~2800

6.2. 水土流失影响因素分析

6.2.1. 水土流失影响分析

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如表 6.2-1。

表 6.2-1　　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			
送端榆林站	站区	场地平整，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～极强烈水蚀和风蚀。
	进站道路区	土方开挖回填，扰动地表	产生强烈～极强烈水蚀和风蚀。
	施工生产生活区	场地平整，土方开挖回填扰动	产生强烈～极强烈水蚀和风蚀。
	站外电源设施区	基坑及管沟开挖，破坏原地貌	产生中度～强度水蚀和风蚀。
	供排水工程区	管沟开挖，破坏原地貌	产生强烈～极强烈水蚀和风蚀。
	专项设施迁改区	土方开挖回填，扰动地表	产生强烈～极强烈水蚀和风蚀。
送端接地极	汇流装置区	场地平整，基坑开挖等扰动地表	产生强烈～极强烈水蚀和风蚀。
	电极电缆区	管沟开挖，破坏原地貌	产生强烈～极强烈水蚀和风蚀。
	检修道路区	土方开挖回填，扰动地表	产生强烈～极强烈水蚀和风蚀。
	外接电源工程区	基础开挖回填，扰动地表	产生中度～强度水蚀和风蚀。
受端换流站	站区	场地平整，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	场地平整，土方开挖回填扰动	产生强烈～极强烈水蚀。
	施工生产生活区	管沟开挖，破坏原地貌。	产生强烈～极强烈水蚀。
	站外临时堆土区	管沟开挖，扰动地表。	产生强烈～极强烈水蚀。
	供排水工程区	管沟开挖，破坏原地貌。	产生中度～强度水蚀。
	站外电源设施区	土方开挖回填，扰动地表。	产生强烈～极强烈水蚀。
	专项设施迁改区	土方开挖回填，扰动地表。	产生强烈～极强烈水蚀。
受端接地极	汇流装置区	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～强度水蚀。
线路工程	塔基及施工场地区	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～极强烈水蚀和风蚀。
	牵张场	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。	产生中度水蚀和风蚀。
	跨越施工场地	临时占压土地，使地表结构破损、破坏原地貌、损坏地表植被。	产生中度水蚀和风蚀。
	施工道路	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。	产生中度水蚀和风蚀。
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。	产生中度水蚀和风蚀

6.2.2. 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 738.69hm^2，永久占地 125.18hm^2，临时占地 613.51hm^2。占地类型中旱地 163.18hm^2，水浇地 196.36hm^2，乔木林地 119.27hm^2，灌木林地 99.88hm^2，果园 39.10hm^2，其他园地 29.59hm^2，其他草地 88.50hm^2，公用设施用地 0.03hm^2，沙地 1.62hm^2，农村道路 1.16hm^2。

项目扰动地表及损坏植被面积情况详见表 6.2-2。

表 6.2-2　　项目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
		旱地	水浇地	乔木林地	灌木林地	果园	其他园地	其他草地	公用设施用地	沙地	农村道路	
1	陕西省	84.36		0.81	17.20	37.62		80.92		1.62		222.53
1.1	榆林市	84.36		0.81	17.20	37.62		80.92		1.62		222.53
2	山西省	76.93		106.85	67.44	1.48	29.59	7.35				289.64
2.1	吕梁市	27.05		36.94	9.99	1.48	28.00					103.46
2.2	晋中市	18.65		10.32	8.24							37.21
2.3	长治市	31.23		59.59	49.21		1.59	7.35				148.97
3	河南省	1.89	196.36	11.61	15.24			0.23	0.03		1.16	226.52
3.1	安阳市	1.89	2.50	4.65	11.22							20.26
3.2	新乡市		61.23	4.53	4.02							69.78
3.3	开封市		111.13	2.43				0.23	0.03		0.33	114.15
3.4	周口市		21.50								0.83	22.33
4	合计	163.18	196.36	119.27	99.88	39.10	29.59	88.50	0.03	1.62	1.16	738.69

6.2.3. 废弃土（石、渣）量

本工程挖填土石方总量为 813.54 万 m^3，总挖方 397.08 万 m^3（其中基础开挖土石方 383.77 万 m^3，钻渣 13.31 万 m^3），总填方 416.46 万 m^3（其中基础回填土石方 403.15 万 m^3，钻渣 13.31 万 m^3），借方 19.38 万 m^3，无余方。本工程采取相应措施进行水土流失防护，结合工程实际建设情况，合理补充完善水土保持措施体系，最大限度控制施工中、施工后可能产生的水土流失，符合水土保持。

6.3. 土壤流失量预测

6.3.1. 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。本工程水土流失预测（计算）单元见表 6.3-1。

表 6.3-1　本工程水土流失预测（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（水力侵蚀兼风蚀侵蚀）
山丘区	送端榆林站	站区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表；站内临时堆土区：上方无来水工程堆积体
		进站道路区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表
		施工生产生活区	地表翻扰型一般扰动地表
		站外电源设施区	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
		专项设施迁改区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表
	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；临时堆土区：上方无来水工程堆积体
		检修道路区	植被破坏型一般扰动地表
		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	塔基及施工场地区	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、上方无来水工程堆积体
		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	受端换流站	站区	站区：植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表；临时堆土区：上方无来水工程堆积体
		进站道路区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表
		施工生产生活区	地表翻扰型一般扰动地表
		站外临时堆土区	植被破坏型一般扰动地表；临时堆土区：上方无来水工

一级分区	二级分区	三级分区	生产建设项目土壤流失类型（水力侵蚀兼风蚀侵蚀）
			程堆积体
		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
		站外电源设施区	植被破坏型一般扰动地表、地表翻扰型一般扰动地表
		专项设施迁改区	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 临时堆土区：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	塔基及施工场地区	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、上方无来水工程堆积体
		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

6.3.2. 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，本工程涉及区域半湿润区，自然恢复期取 3 年；涉及半干旱区，自然恢复期取 5 年。本工程水土流失预测时段划分见表 6.3-2。

表 6.3-2　本工程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)
送端榆林站	站区、施工生产生活区	施工期	2026.10-2028.09	2.0
		自然恢复期	2028.10-2033.09	5.0
	进站道路区、站外电源设施区、供排水工程区、专项设施迁改区	施工期	2026.10-2027.01	0.5
		自然恢复期	2028.10-2033.09	5.0
送端接地极	汇流装置区、检修道路区、外接电源工程区	施工期	2026.10-2027.01	0.5
		自然恢复期	2028.10-2033.09	5.0
	电极电缆区	施工期	2026.10-2027.10	1.0
		自然恢复期	2028.10-2033.09	5.0
线路工程	塔基及施工场地区、牵张场、跨越施工场地、施工道路区	施工期	2026.10-2027.10（单个施工场地施工）	1.0
		自然恢复期	2027.10-2032.09（陕西省榆林市）	5.0
			2027.10-2030.09（山西省吕梁市、晋中市、长治市）	3.0
			2027.10-2030.09（河南省安阳市、新乡市、开封市、周口市）	3.0
受端开封站	站区、施工生产生活区、站外临时堆土区	施工期	2026.10-2028.10	2.0
		自然恢复期	2028.10-2031.09	3.0
	进站道路区、站外供排水设施区、站外电源设施区、专项设施迁改区	施工期	2026.10-2026.01	0.5
		自然恢复期	2028.10-2031.09	3.0
受端接地极	汇流装置区、检修道区路区、站用外接电源区	施工期	2026.10-2026.11	0.5
		自然恢复期	2028.10-2031.09	3.0
	电极电缆区	施工期	2026.10-2027.09	1.0
		自然恢复期	2028.10-2031.09	3.0

6.3.3. 土壤侵蚀模数

项目施工期将损坏原有地形地貌和植被，增加土壤的可侵蚀性；另一方面，由于场地平整时，挖、填土方不仅造成大面积的裸露地面，而且会改变原地形，增大侵蚀扰动表面积。

自然恢复初期，项目区主体工程和布置的水土保持工程措施都已发挥一定的保水保土功能，而植物栽植初期根系不发达，扎根较浅，还不具备较强的固土能力，地面也未形成较强的覆盖来抵御降雨、径流等外营力侵蚀作用，导致植物措施发挥保水保土作用则具有后效性，在自然恢复期仍存在一定程度的水土流失。

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，详见表 6.3-3 和表 6.3-5。

表 6.3-3　本工程土壤流失预测计算公式表（水力侵蚀）

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	$M_{yz}=RKL_yS_yBETA$	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	$M_{yd}=RK_{yd}L_yS_yBETA$	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 6.3-4　本工程土壤流失预测计算公式表（风力侵蚀）

生产建设项目土壤流失类型（风力作用）	土壤流失量计算公式	备注
一般扰动地表	$M_{f4}=QIJAG_f$	M_{f4} 为一般扰动地表计算单元风蚀量，t；Q 为计算当月单位面积风蚀率，t/km^2，无气象资料时，可查导则中表格取值；I 为粗糙干扰因子，无量纲（$I=e^{-0.045v}$，v 为地表植被覆盖度和砾石盖度，%）；J 为地表物质紧实程度系数，无量纲，无测试数据时，取松方系数 1.33；G_f—风蚀可蚀性因子，无量纲，可查导则中表格取值。
工程堆积体	$M_{fd4}=QIHPAG_f$	M_{fd4} 为县域气象站累年值月值气象资料工程堆积体计算单元风蚀量，t；H—风力作用下工程堆积体高度因子，无量纲（$H=0.38\ln h+2.75$，h 为堆积体高度）；P—风力作用下工程堆积体堆放方式因子，无量纲，可查导则中表格取值；其他同上。

表 6.3-5　本工程各计算单元土壤流失因子取值表

行政区 土壤侵蚀因子	横山区	米脂县	子洲县	绥德县	清涧县	靖边县	石楼县	中阳县	交口县	孝义市	汾阳市	介休市	平遥县	武乡县	沁县
降雨侵蚀力因子 R	1320.5	1401.2	1431.4	1479.1	1554.8	1308.4	1614.1	1600.4	1688.5	1674.5	1643.0	1693.7	1720.3	2054.4	1964.5
土壤可蚀性因子 K	0.0148	0.0177	0.0183	0.0179	0.0172	0.0149	0.0165	0.0179	0.0187	0.02	0.0177	0.0193	0.0188	0.0182	0.0186
行政区 土壤侵蚀因子	襄垣县	潞城区	平顺县	林州市	卫辉市	延津县	封丘县	祥符区	杞县	太康县					
降雨侵蚀力因子 R	2113.2	2212.9	2410.2	2682.8	2894.1	3051.0	3268.3	3457.9	3606.8	3843.2					
土壤可蚀性因子 K	0.0200	0.0195	0.0151	0.0143	0.0153	0.0167	0.0175	0.0185	0.0195	0.0193					
坡长因子	$L_y=(\lambda/20)^m$ 投影坡长λ：送端榆林站站区取 100m，进站道路区取 50m，站外电源设施区取 100m，供排水工程区取 100m，施工生产生活区取 100m 专项设施迁改区取 10m；送端接地极汇流装置区取 10m，检修道路区取 100m，电极电缆区取 100m，外接电源工程区取 100m；受端换流站站区取 100m，进站道路区取 100m，站外电源设施区取 10m，站外供排水设施区取 100m，施工生产生活区取 100m，站外临时堆土区取 100m，专项设施迁改区 10m；受端接地极汇流装置区取 10m，检修道路区取 100m，电极电缆区取 100m，站用外接电源区取 10m；直流线路塔基区取 15-21m，塔基施工场地区 29-34m，牵张场区取 40m，跨越场地区取 20m，施工道路区取 100m；接地极线路塔基区取 9~10m，塔基施工场地区取 18m，牵张场区取 40m，跨越场地区取 20m，施工道路区取 100m。														
坡度因子	$S_y=-1.5+17/[1+e^{(2.3-6.1\sin\theta)}]$ 坡度因子：平原区坡度θ取 1°，陕西山丘区坡度θ取 6°，山西山丘区坡度θ取 6.5°，河南山丘区取θ取 6.5°														
植被覆盖因子 B	原地貌植被覆盖因子：农地取 1。送端榆林站站区取 0.2，进站道路区取 0.2，站外电源设施区取 0.2，供排水工程区取 0.2，施工生产生活区取 0.2 专项设施迁改区取 0.2；送端接地极汇流装置区取 0.2，检修道路区取 0.2，电极电缆区取 0.2，外接电源工程区取 0.2；受端换流站站外电源设施区取 0.242，供排水管线区取 0.242；陕西省线路工程塔基区取 0.242，牵张场区取 0.242，跨越场地区取 0.242，施工道路区取 0.242。山西线路工程塔基区取 0.614，牵张场区取 0.614，跨越场地区取 0.614，施工道路区取 0.614。河南省线路工程塔基区取 0.242，牵张场区取 0.242，跨越场地区取 0.242，施工道路区取 0.242。														
	施工期：B 均取 1														
	自然恢复期第 1 年：农地取 1。送端榆林站站区取 0.41，进站道路区取 0.41，站外电源设施区取 0.41，供排水工程区取 0.41，施工生产生活区取 0.41 专项设施迁改区取 0.41；送端接地极汇流装置区取 0.41，检修道路区取 0.41，电极电缆区取 0.41，外接电源工程区取 0.41；受端换流站站外电源设施区取 0.580，供排水管线区取 0.580；陕西省线路工程塔基区取 0.580，牵张场区取 0.580，跨越场地区取 0.580，施工道路区取 0.580。山西省线路工程塔基区取 0.5800，牵张场区取 0.5800，跨越场地区取 0.5800，施工道路区取 0.5800。河南省线路工程塔基区取 0.351，牵张场区取 0.351，跨越场地区取 0.351，施工道路区取 0.351。														
	自然恢复期第 2 年：农地取 1。送端榆林站站区取 0.36，进站道路区取 0.36，站外电源设施区取 0.36，供排水工程区取 0.36，施工生产生活区取 0.36，专项设施迁改区取 0.36；送端接地极汇流装置区取 0.36，检修道路区取 0.36，电极电缆区取 0.36，外接电源工程区取 0.36；受端换流站站外电源设施区取 0.351，供排水管线区取 0.351。陕西省线路工程塔基区取 0.420，牵张场区取 0.420，跨越场地区取 0.420，施工道路区取 0.420。山西线路工程塔基区取 0.420，牵张场区取 0.420，跨越场地区取 0.420，施工道路区取 0.420。河南省线路工程塔基区取 0.351，牵张场区取 0.351，跨越场地区取 0.351，施工道路区取 0.351。														
	自然恢复期第 3 年：送端榆林站站区取 0.36，进站道路区取 0.36，站外电源设施区取 0.36，供排水工程区取 0.36，施工生产生活区取 0.36，专项设施迁改区取 0.36；送端接地极汇流装置区取 0.36，检修道路区取 0.36，电极电缆区取 0.36，外接电源工程区取 0.36；受端换流站站外电源设施区取 0.242，供排水管														

	线区取 0.242；陕西省线路工程塔基区取 0.351，牵张场区取 0.351，跨越场地区取 0.351，施工道路区取 0.351。山西线路工程塔基区取 0.351，牵张场区取 0.351，跨越场地区取 0.351，施工道路区取 0.351。河南线路工程塔基区取 0.242，牵张场区取 0.242，跨越场地区取 0.242，施工道路区取 0.242。
	自然恢复期第 4 年（陕西）：送端榆林站站区取 0.25，进站道路区取 0.25，站外电源设施区取 0.25，供排水工程区取 0.25，施工生产生活区取 0.25，专项设施迁改区取 0.25；送端接地极汇流装置区取 0.25，检修道路区取 0.25，电极电缆区取 0.25，外接电源工程区取 0.25；陕西省线路工程塔基区取 0.270，牵张场区取 0.270，跨越场地区取 0.270，施工道路区取 0.270。
	自然恢复期第 5 年（陕西）：送端榆林站站区取 0.2，进站道路区取 0.2，站外电源设施区取 0.2，供排水工程区取 0.2，施工生产生活区取 0.2，专项设施迁改区取 0.2；送端接地极汇流装置区取 0.2，检修道路区取 0.2，电极电缆区取 0.2，外接电源工程区取 0.2；陕西省线路工程塔基区取 0.242，牵张场区取 0.242，跨越场地区取 0.242，施工道路区取 0.242。
工程措施因子 E	E 均取 1
耕作措施因子	$T=T_1\times T_2$；陕西省农地 T1 均取 0.431，T2 取 0.28，非农地 T 取 1。山西省 T=T1×T2，农地 T1 均取 0.431；T2 西北干旱区取 0.28。非农地 T 取 1。河南省 T=T1×T2，农地 T1 均取 0.499；T2 黄淮海平原区取 0.40。
计算单元水平投影面积	$A=10^{-4}\omega\lambda$计算单元宽度ω：送端榆林换流站站区取 100m，进站道路区取 1.5m，站外电源设施区取 1.5m，供排水工程区取 1.5m，施工生产生活区取 100m，专项设施迁改区取 10m；送端接地极汇流装置区取 10m，检修道路区取 1.5m，电极电缆区取 1.5m，外接电源工程区取 1.5m；受端换流站站区取 100m，进站道路区取 1.5m，站外电源设施区取 10m，供排水工程区取 1.5m，施工生产生活区取 100m，临时堆土区取 100m，专项设施迁改区 10m；受端接地极汇流装置区取 10m，检修道路区取 1.5m，电极电缆区取 1.5m，站用外接电源区取 1.5m；陕西省直流线路塔基区取 15m，塔基施工场地区 25m，牵张场区取 10m，跨越场地区取 10m，简易道路区取 3.5m，人抬道路与索道取 1m；接地极线路塔基区取 15m，塔基施工场地区取 25m，牵张场区取 20m，跨越场地区取 10m，施工道路区取 1.5~3.5m。山西省直流线路塔基区取 17~21m，塔基施工场地区取 22-35m，牵张场区取 30m，跨越场地区取 10m，施工道路区取 1.5m。河南省直流线路塔基区取 16-21m，塔基施工场地区 30-34m，牵张场区取 30m，跨越场地区取 10m，施工道路区取 1.5m；接地极线路塔基区取 9m，塔基施工场地区取 18m，牵张场区取 30m，跨越场地区取 10m，施工道路区取 1.5m。
工程堆积体形态因子 X	X 均取 0.92
堆积体土质因子	$G_{dw}=a_1e^{b_1\delta}$土石质因子均按壤土 a1 取 0.075，b1 取-3.570。侵蚀面土体砾石含量δ送端榆林站各防治分区取 0.2，送端接地接电极电缆区取 0.2；陕西省按砂壤土 a1 取 0.075，b1 取-3.570，土体砾石含量δ取 0.1；山西省线路工程δ取值 0.20；受端换流站和受端接地极各防治分区土石质因子均按壤土 a1 取 0.046，b1 取-3.379，δ取值 0.20；河南省线路工程土石质因子均按壤土 a1 取 0.046，b1 取-3.379，δ取值 0.20。
堆积体坡度因子	$S_{dw}=(\theta/25)^{d1}$，坡度θ送端榆林站站区取 35；送端接地接电极电缆区取 35；受端换流站各防治分区和受端接地极各防治分区均取 0.632；陕西省线路工程塔基区取 30。坡度因子系数 d1 均取 1.212。山西省线路工程塔基区取 30。坡度因子系数 d1 均取 1.245。河南省线路工程塔基区取 30。坡度因子系数 d1 均取 1.245。
堆积体坡长因子	$L_{dw}=(\lambda/5)^{f1}$，坡长因子系数 f1 陕西省均取 0.751。山西省坡长因子系数 f1 均取 0.632。河南省线路工程 f1 取 0.632。
风蚀因子	风蚀率 Q：靖边县 14548。粗糙干扰因子 $I=e^{-0.045v}$，v 为地表植被和砾石盖度，I 背景值取 0.324，施工期取 0.798，自然恢复期第 1 年至第 5 年分别取 0.667、0.532、0.445、0.371、0.324。地表物质紧实程度系数 J 取 1.33。风蚀可蚀性因子 G_f 取 1.33。风力作用下工程堆积体高度因子 H=0.38lnh+2.75，h 为堆积体高度，送端接地极电极电缆区取 2m，线路工程区 2m。堆积体堆放方式因子 P，送端接地极电极电缆区取 1，线路工程区 1。

6.3.4. 预测结果

本工程施工期及自然恢复期土壤流失总量 118455t，原地貌土壤侵蚀量 48798t，新增土壤流失量 69657t。本工程土壤流失量汇总情况详见表 6.3-6（含风蚀量），送端榆林站、送端接地极、受端换流站、受端接地极、±800kV 直流线路工程、送端接地极线路工程、受端接地极线路工程和迁改线路工程土壤流失量预测情况详见附表。

表 6.3-6　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）	新增水土流失量（t）
			施工期	自然恢复期	合计		
点型工程	送端榆林站	站区	12912	2936	15848	4482	11366
		进站道路区	770	363	1133	389	743
		施工生产生活区	2916	2341	5257	2095	3162
		站外电源设施区	66	266	332	214	119
		供排水工程区	164	493	657	404	254
		专项设施迁改区	20	96	116	75	41
		小计	16848	6495	23343	7659	15685
	送端接地极	汇流装置区	6	0	6	1	4
		电极电缆区	3117	5048	8165	4178	3986
		检修道路区	1	58	59	40	19
		外接电源工程区	57	243	300	192	108
		小计	3181	5349	8530	4411	4117
	受端换流站	站区	1814	233	2047	387	1660
		进站道路区	62	18	80	23	57
		施工生产生活区	578	82	660	135	525
		站外临时堆土区	485	35	520	151	369
		供排水工程区	488	300	788	380	407
		站外电源设施区	42	27	69	34	34
		专项设施迁改区	3	2	5	3	3
		小计	3472	697	4169	1113	3055
	受端接地极	汇流装置区	1	1	2	1	1
		电极电缆区	691	81	772	108	664
		检修道路区	0.2	0.1	0.3	0.1	0.2
		外接电源工程区	0.5	0.4	0.9	0.4	0.5
		小计	693	83	775	110	666
	合计		24194	12624	36817	13293	23523
线型工程	±800kV直流线路工程	塔基及施工场地	11865	11890	23755	8339	15416
		牵张场	2076	3067	5143	2757	2386
		跨越施工场地	932	1415	2347	1272	1075
		施工道路区	13207	21062	34269	16346	17923
		小计	27581	35720	63301	27293	36008
	送端接地极线路工程	塔基及施工场地	1822	2985	4807	1620	3187
		牵张场	41	90	131	77	54
		跨越施工场地	255	595	850	509	341
		施工道路区	2281	4702	6983	4102	2881

预测区域			建设期（t）			背景流失量（t）	新增水土流失量（t）
			施工期	自然恢复期	合计		
		小计	4399	8372	12771	6308	6463
	受端接地极线路工程）	塔基及施工场地	776	75	851	88	763
		牵张场	8	5	13	6	7
		跨越施工场地	98	59	157	78	79
		施工道路区	408	245	653	327	326
		小计	1289	383	1672	499	1173
	迁改线路工程	塔基及施工场地	594	681	1275	389	886
		牵张场	78	117	195	102	93
		跨越施工场地	38.5	34.3	72.8	33.4	39.4
		施工道路区	1055	1298	2353	879	1474
		小计	1765	2129	3894	1404	2490
	合计		35034	46604	81638	35504	46134
总计			59228	59228	118455	48797	69657

水土流失危害分析注：表中施工期包括施工准备期和土建施工期。

6.4. 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，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，将对水土流失重点防治区及其他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。

（3）影响河道水质

在河道附近施工时，若得不到及时有效的防护治理，水土流失将会随地表径流汇入河网，影响水质。

（4）影响水库正常运行

在水库附近施工时，若得不到及时有效的防护治理，水土流失将会随地表径流汇入水库，影响水库库容、水库蓄水量及水库的灌溉、调蓄等正常功能。

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。

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的原则，减缓施工扰动引起的新增水土流失，及时恢复原地貌植被。根据本工程水土流失特点，提出以下指导性意见:

（1）防治重点区域的指导性意见

根据预测结果，点型工程中山丘区水土流失防治和监测重点区域为送端榆林站站区、送端接地极电极电缆区；平原区水土流失防治和监测重点区域为受端换流站站区、站外临时堆土区、受端接地极电极电缆区。线路工程中山丘区水土流失防治和监测重点区域为线路工程塔基及施工场地区、施工道路区，平原区水土流失防治和监测重点区域为线路工程塔基及施工场地区、施工道路区。

（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、临时拦挡等几个主要方面入手，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土地利用类型恢复。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，换流站土建施工及输电线路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、水蚀和风蚀因子作用下土壤流失量以及林草覆盖率的观测。

7　水土流失防治

7.1. 水土流失防治责任范围

本工程水土流失防治责任范围面积共738.69hm^2，其中永久占地面积125.18hm^2，临时占地面积613.51hm^2，按行政区统计陕西省222.53hm^2、山西省289.64hm^2、河南省226.52hm^2，详见表7.1-1。

表7.1-1　本工程按项目组成计列水土流失防治责任范围表　　单位：hm^2

一级分区	二级分区	三级分区	防治责任范围		
			永久占地	临时占地	合计
山丘区	送端榆林站	站区	39.16		39.16
		进站道路区	6.40	0.68	7.08
		施工生产生活区		11.46	11.46
		站外电源设施区	0.05	1.46	1.51
		供排水工程区	0.35	3.22	3.57
		专项设施迁改区	0.04	0.54	0.58
	送端接地极	汇流装置区	0.09		0.09
		电极电缆区	0.12	25.52	25.64
		检修道路区	0.02		0.02
		外接电源工程区	0.09	1.12	1.21
	线路工程	塔基及施工场地区	41.32	106.38	147.70
		牵张场区		39.94	39.94
		跨越施工场地区		27.48	27.48
		施工道路区		190.65	190.65
小计			87.64	408.45	496.09
平原区	受端换流站	站区	19.71		19.71
		进站道路区	2.26		2.26
		站外电源设施区	0.18	3.25	3.43
		供排水工程区	0	27.09	27.09
		专项设施迁改区	0.01	0.26	0.27
		施工生产生活区		7.00	7.00
		站外临时堆土区		3.00	3.00
	受端接地极	汇流装置区	0.08		0.08
		电极电缆区	0.01	8.33	8.34
		检修道路区	0.01		0.01
		外接电源工程区	0.02	0.06	0.08
	线路工程	塔基及施工场地区	15.26	45.59	60.85
		牵张场区		20.56	20.56
		跨越施工场地区		24.66	24.66
		施工道路区		65.26	65.26
小计			37.54	205.06	215.43
合计			125.18	613.51	738.69

7.2. 设计水平年

本工程计划2026年10月开工，2028年9月建成投运，总工期24个月。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水土保持措施实施及发挥效益的当年或后一年，根据本工程工期安排结合项目所在地实际情况，本方案设计水平年确定为工程完工下一年，即为2029年。

7.3. 水土流失防治目标

7.3.1. 执行标准等级

本工程无法避让国家级、省级、市级水土流失重点预防区和重点治理区。此外，工程不可避免穿（跨）越自然保护区、自然公园、水产种质资源保护区、饮用水水源保护区、重要生境以及生态保护红线等水土保持敏感区。

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，详见表7.3.5-1。

表 7.3-1　本工程执行水土流失防治标准等级表

省	市	县（区）	国家级重点防治区	省级/市级重点防治区	重要水土保持敏感区域	水土保持区划	执行标准
陕西省	榆林市	横山区	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	陕北丘陵沟壑重点治理区 陕北、大荔沙地重点治理区	/	西北黄土高原区	西北黄土高原区一级
		靖边县	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	陕北、大荔沙地重点治理区	/		
		米脂县	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	陕北丘陵沟壑重点治理区	/		
		子洲县	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	陕北丘陵沟壑重点治理区	/		
		绥德县	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	陕北丘陵沟壑重点治理区	榆林无定河重要湿地（陕西省候鸟迁徙通道重点区域范围）、榆林大理河重要湿地、陕西省生态保护红线		
		清涧县	黄河多沙粗沙国家级水土流失重点治理区	陕北丘陵沟壑重点治理区	陕西黄河重要湿地、陕西省生态保护红线		
山西省	吕梁市	石楼县	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	山西省生态保护红线		
		中阳县	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	中阳县陈家湾省级湿地公园、中阳县陈家湾水库饮用水水源保护区、山西省生态保护红线		
		交口县	/	山西省省级水土流失重点治理区	山西省生态保护红线		
		孝义市	/	山西省省级水土流失重点治理区	山西省生态保护红线		
		汾阳市	/	山西省省级水土流失重点治理区	/		
	晋中市	介休市	/	山西省省级水土流失重点治理区	山西介休汾河国家湿地公园（山西省候鸟重要迁徙通道范围）		
		平遥县	/	山西省省级水土流失重点治理区	超山省级自然保护区实验区、平遥源神庙水库水源地保护区、山西生态保护红线		

省	市	县（区）	国家级重点防治区	省级/市级重点防治区	重要水土保持敏感区域	水土保持区划	执行标准
	长治市	武乡县	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	山西省生态保护红线	北方土石山区	北方土石山区一级
		沁县	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	浊漳河源头省级自然保护区、山西生态保护红线		
		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	三漳省级湿地公园（山西省候鸟重要迁徙通道范围）、山西生态保护红线		
		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	山西省生态保护红线		
		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	山西省长治市潞党参原生境保护区、山西省生态保护红线		
河南省	安阳市	林州市	太行山国家级水土流失重点治理区	安阳市水土流失重点预防区	淇河鲫鱼国家级水产种质资源保护区、林州白泉省级森林公园、河南省生态保护红线、林州市临淇镇石门水库饮用水水源保护区		北方土石山区一级
	新乡市	卫辉市	/	太行山省级水土流失重点治理区	河南省生态保护红线、南水北调中线干渠饮用水水源保护区		
		延津县	/	新乡市市级水土流失重点治理区	沙河特有鱼类国家级水产种质资源保护区		
		封丘县	/	新乡市市级水土流失重点预防区和重点治理区	河南新乡黄河湿地鸟类国家级自然保护区、河南省生态保护红线		
	开封市	祥符区	/	开封市市级水土流失重点预防区	开封柳园口省级湿地自然保护区（河南开封柳园口湿地候鸟重要栖息地）、河南省生态保护红线		
		杞县	/	开封市市级水土流失重点预防区	/		
	周口市	太康县	/	黄泛平原风沙省级水土流失重点预防区	/		

7.3.2. 防治目标

按照《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T50434-2018），本工程项目位于各级人民政府和相关机构确定的水土流失重点预防区、重点治理区，项目区均执行一级标准。本方案按各防治区面积采用加权平均得出本工程设计水平年的综合防治目标值，具体为：水土流失治理度 94.0%，土壤流失控制比 0.9，渣土防护率 94.5%，表土保护率 92.5%，林草植被恢复率 96％，林草覆盖率 25.5%。

防治目标调整过程详见附表。

表 7.3-2　本工程水土流失防治标准等级表

省	市	县	防治标准	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(%)	
				施工期	设计水平年	施工期	设计水平年	施工期	设计水平年	施工期	设计水平年	施工期	设计水平年	施工期	设计水平年
陕西省	榆林市	横山区、靖边县、米脂县、子洲县、绥德县、清涧县	西北黄土高原区一级标准	-	93	-	0.8	90	92	90	90	-	95	-	24
山西省	吕梁市、晋中市	石楼县、中阳县、交口县、孝义市、汾阳市、介休市、平遥县	西北黄土高原区一级标准	-	93	-	0.8	90	92	90	90	-	95	-	24
山西省	长治市	武乡县、沁县、襄垣县、潞城区、平顺县	北方土石山区一级标准	-	95	-	1.0	95	97	95	95	-	97	-	27
河南省	安阳市、新乡市、开封市、周口市	林州市、卫辉市、延津县、封丘县、祥符区、杞县、太康县	北方土石山区一级标准	-	95	-	1.0	95	97	95	95	-	97	-	27
综合防治目标值			一级	-	94	-	0.9	92.5	94.5	92.5	92.5	-	96	-	25.5

7.4. 防治区划分

7.4.1. 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。

7.4.2. 水土流失防治分区

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榆林站防治区、送端接地极防治区、受端换流站防治区、受端接地极防治区、山丘区线路工程、平原区线路工程防治区等 6 个二级分区。

三级分区按照项目布局分区，送端榆林站划分为 6 个区：即①站区、②进站道路区、③施工生产生活区、④站外电源设施区、⑤供排水工程区、⑥专项设施迁改区。受端换流站划分为 7 个区：即①站区、②进站道路区、③施工生产生活区、④站外临时堆土区、⑤站外电源设施区、⑥供排水工程区、⑦专项设施迁改区。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塔基及施工场地区、②牵张场区、③跨越施工场地区、④施工道路区。

本方案具体水土流失防治分区见表 7.4-1。

表 7.4-1　本工程水土流失防治分区

一级分区	二级分区	三级分区	占地面积（hm^2）	备注
山丘区	送端榆林站	站区	39.16	陕西省榆林市横山区响水镇境内
		进站道路区	7.08	
		施工生产生活区	11.46	
		站外电源设施区	1.51	
		供排水工程区	3.57	
		专项设施迁改区	0.58	
	送端接地极	汇流装置区	0.09	陕西省榆林市靖边县杨桥畔镇境内
		电极电缆区	25.64	
		检修道路区	0.02	
		外接电源工程区	1.21	
	山丘区线路工程	塔基及施工场地区	147.70	陕西省境内 142.8km+73.0km（送端接地极线路）+10.7km（含迁改线路）; 山西境内 323.2km+14.4km（含迁改线路）；河南境内 56.2km+1.1km（含迁改线路）。
		牵张场区	39.94	
		跨越施工场地区	27.48	
		施工道路区	190.65	
平原区	受端换流站	站区	19.71	河南省开封市杞县境内
		进站道路区	2.26	
		施工生产生活区	7	
		站外临时堆土区	3	
		站外电源设施区	3.43	
		供排水工程区	27.09	
		专项设施迁改区	0.27	
	受端接地极	汇流装置区	0.08	河南省周口市太康县境内
		电极电缆区	8.34	
		检修道路区	0.01	
		外接电源工程区	0.08	
	平原区线路工程	塔基及施工场地区	60.85	山西省境内 48.2km+1.5km（含迁改线路）；河南境内 157.1km+57.8km（含接地极线路）+2.6km（含迁改线路）。
		牵张场区	20.56	
		跨越施工场地区	24.66	
		施工道路区	65.26	
合计			738.69	

7.5. 措施总体布局

7.5.1. 水土流失防治措施体系

——水土流失预防措施

（1）优化工程设计

通过在对主体工程水土保持评价的基础上，对主体工程施工组织设计，包括土方倒运、工序安排、进度安排、工艺改进、土石方平衡等提出水土保持建议，通过设计优化减少土石方量。

（2）加强管理，规范施工

做好水土流失临时措施，塔基施工过程中表土的临时防护，牵张场、施工道路等在施工完工后要进行植被恢复；尽量缩短施工周期，减少疏松地面的裸露时间，合理安排施工时间，尽量避开风季、雨季和汛期，同时安排好土方区间调运时的工程时序安排。

——水土流失防治措施

根据水土流失防治分区，在水土流失预测及分析评价主体工程中具有水土保持功能工程的基础上，把水土保持工程措施、植物措施、临时措施有机结合起来，形成完整的、科学的水土流失防治措施体系和总体布局。工程永久性占地区：该区开挖量较大，对地表扰动相对剧烈，水土流失防治以工程措施为主，裸露地表部分必要时辅以植物措施。工程临时性占地区：临时占地区主要是换流站施工生产生活区、站外临时堆土区、站外电源设施区、供排水工程区、专项设施迁改区、接地极电极电缆区、外接电源工程区和输电线路塔基施工场地、牵张场、跨越施工场地、施工道路等。对该区的水土流失防治主要以管理措施、植物措施以及临时措施为主。

防治措施体系和总体布局详叙如下:

1）送端榆林站

①站区

施工前剥离表土，施工过程中进行洒水降尘，站区围墙内侧布设临时排水沟，临时排水沟末端布设临时沉沙池，站内临时堆土区域设置植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池措施对临时堆土进行防护，灌注桩施工区域设施泥浆沉淀池，站外边坡布设混凝土截排水沟、框格植草护坡等水土保持措施，施工后期站内布设雨水排水管网，对边坡、站区绿化、边坡与用地红线之间区域进行土壤改良、土地整治后绿化或撒播草籽。

②进站道路区

施工前剥离表土，施工过程中进行洒水降尘，对进站道路两侧裸露边坡采用密目网苫盖。边坡设置框格植草护坡，进站道路两侧及边坡设混凝土截排水沟，埋设雨水排水管、修筑八字排水口。施工结束后，对边坡、边坡与用地红线之间区域进行土壤改良，土地整治后撒播草籽。

③施工生产生活区

施工前剥离表土，施工过程中布置临时排水沟、临时沉沙池，并对地表裸露区域采用密目网苫盖，对场平后形成的边坡采取撒播草籽进行防护。施工结束后进行土壤改良，土地整治后撒播草籽。

④站外电源设施区

施工前剥离表土并集中堆放，开挖其他土石方集中堆放，对堆土进行彩条布铺垫、密目网苫盖。施工结束后对临时占地区域进行表土回覆、土地整治后撒播草籽。

⑤供排水工程区

施工前剥离表土，表土与开挖其他土石方分开堆放于供排水管线一侧，临时堆土采取彩条布铺垫、密目网苫盖的方式进行防护。施工过程中，布设钢筋混凝土排水管、跌水沟、消力池及海漫带等与站区雨水排水系统及站外边坡截排水沟相连接，供水管线穿越韭殿路的区域采取顶管施工设置泥浆沉淀池。施工结束后对临时占地区域进行表土回覆、土地整治后撒播草籽。

⑥专项设施迁改区

施工前剥离表土，表土与开挖其他土石方分开堆放于施工临时场地内，对堆土进行彩条布铺垫、密目网苫盖。施工结束后对临时占地区域进行表土回覆、土地整治后撒播草籽。

2）送端接地极

①汇流装置区

施工前剥离表土，表土就地保护，临时防护措施由电极电缆区统一考虑。

②电极电缆区

施工前布设彩条旗对施工场地进行维护、剥离表土，施工过程中表土及一般土方就地铺垫、苫盖和植生袋拦挡临时保护。施工结束后对电极电缆区临时占地区域进行土地整治、穴状整地，并撒播草籽、栽植灌木恢复植被。

③检修道路区

施工前对永久占地区域剥离表土，表土就地保护，临时防护措施由电极电缆区统一考虑。施工结束后对检修道路区非硬化区域进行土地整治并撒播草籽恢复植被

④外接电源工程区

施工前剥离表土，表土及一般土方就地铺垫和苫盖临时保护。施工结束后对施工临时占地进行土地整治并撒播草籽恢复植被。

3）受端换流站

①站区

施工前剥离表土并集中堆放至站外临时堆土区，施工过程中，站区内临时堆土场采取植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时排水沟、沉沙池等临时防护措施，并在站区内布设洒水降尘措施。站区布设雨水排水系统，施工结束后对站区绿化区域、围墙外征地红线之间的扰动区域进行土地整治（耕地恢复），回覆表土，对站区进行绿化，对围墙外征地红线之间的扰动区域撒播种草。

②进站道路区

施工前剥离表土，集中堆放至站外临时堆土区。施工过程中在护坡布设临时苫盖措施并洒水降尘，施工结束后部分表土回覆至进站道路的植草护坡，剩余表土回填至施工生产生活区，对进站道路边坡与征地红线之间的扰动区域进行土地整治（耕地恢复）。

③施工生产生活区

施工前剥离表土并集中堆放至站外临时堆土区，施工过程中设临时排水沟和沉沙池等临时防护措施。施工结束后回覆表土，土地整治（耕地恢复）。

④站外临时堆土区

施工前将站区、进站道路区、施工生产生活区剥离的表土并集中堆放至该区，并采取植生袋装土拦挡、彩条布铺垫、密目网苫盖等临时防护措施，施工过程中设临时排水沟、沉沙池和临时绿化等临时防护措施。施工结束后将站区多余的表土进行回覆，土地整治（耕地恢复）。

⑤站外电源设施区

施工前剥离表土，集中堆放于站外电源设施区临时施工场地内，施工过程中对开挖土石方采取彩条布铺垫、临时苫盖防护措施。施工结束后进行回覆表土、土地整治（耕地恢复），撒播草籽。

⑥供排水工程区

施工前剥离管线开挖区域的表土，排水管采用焊接钢管、出口处采用八字式排水口，施工过程中开挖的土方采用密目网苫盖、植生袋拦挡、底部采取彩条布铺垫的临时防护措施，施工穿越省道、河流采用顶管穿越处，布设泥浆沉淀池。施工结束后对临时占地进行回覆表土、土地整治（耕地恢复）。

⑦专项设施迁改区

施工前剥离表土，部分集中堆放于专项设施迁改区施工场地内，施工过程中采取彩条布铺垫、临时苫盖防护措施。施工结束后进行回覆表土、土地整治（耕地恢复）。

4）受端接地极

①汇流装置区

汇流装置区施工前进行表土剥离，表土集中堆放在电极电缆区就地保护。

②电极电缆区

施工前剥离表土并集中堆放，表土及一般土方就地铺垫、苫盖和拦挡临时保护。施工结束后回覆表土，土地整治（耕地恢复）。

③检修道路区

施工前剥离表土，表土集中堆放在电极电缆区就地保护。

④外接电源工程区

施工前剥离表土并集中堆放，表土及一般土方就地铺垫和苫盖临时保护。施工结束后回覆表土，土地整治（耕地恢复）。

5）山丘区输电线路工程（包括直流线路、接地极线路和迁改线路）

①塔基及施工场地区

施工前在塔基施工场地周围设置彩条旗围护,严格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，表土和基础开挖土方均单独堆放，施工期对临时堆土压占及其他轻微扰动区域采取铺设彩条布、堆土外侧设植生袋拦挡、密目网苫盖等临时措施，对山丘区塔基场地平整形成的上下边坡采取密目网苫盖措施，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，塔基及施工场地区根据需要设置浆砌石护坡、浆砌石挡渣墙、浆砌石排水沟，施工结束后进行土地整治、土地平整，根据原土地利用类型确定回覆表土、耕地恢复、园地恢复或植被恢复等土地利用方向，接地极线路部分存在风蚀的区域布设草方格沙障。

②牵张场区

施工前对牵张场开挖扰动区域进行剥离表土，并在周围设置彩条旗围护、严格限制施工机械和人员活动范围，施工中对场地内临时堆土采取彩条布铺垫和密目网苫盖措施，对牵引机、张力机占压地表区域采取铺设钢板等临时防护措施，施工结束后进

行土地整治，根据原土地利用类型确定回覆表土、耕地恢复、园地恢复、植被恢复等土地利用方向。

③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，施工结束后进行土地整治，根据原土地利用类型确定耕地恢复、园地恢复或植被恢复等土地利用方向。

④施工道路区

施工前对新开辟的施工道路开挖扰动区域进行表土剥离，表土就地保护，对道路边坡下侧设植生袋拦挡，对道路平整产生的上下边坡采取密目网苫盖等临时措施，对道路一侧设置临时排水沟。施工结束后进行土地整治、土地平整，根据原土地利用类型确定回覆表土、耕地恢复、园地恢复或植被恢复等土地利用方向，接地极线路部分存在风蚀的区域布设草方格沙障。

6）平原区输电线路工程（包括直流线路、接地极线路和迁改线路）

①塔基及施工场地区

施工前在塔基施工场地周围设置彩条旗围护,严格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，表土和基础开挖土方均单独堆放，施工期对临时堆土压占及其他轻微扰动区域采取铺设彩条布、密目网苫盖、堆土外侧设植生袋拦挡等临时措施，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，施工结束后进行土地整治，根据原土地利用类型确定回覆表土、耕地恢复、园地恢复或植被恢复等土地利用方向。

②牵张场区

施工前对牵张场周围设置彩条旗围护、严格限制施工机械和人员活动范围，施工中对场地内材料堆置区域采取彩条布铺垫措施，对牵引机、张力机占压地表区域采取铺设钢板等临时防护措施，施工结束后进行土地整治，根据原土地利用类型确定耕地恢复、园地恢复、植被恢复等土地利用方向。

③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，施工结束后进行土地整治，根据原土地利用类型确定耕地恢复、园地恢复或植被恢复等土地利用方向。

④施工道路区

施工前对施工道路设置彩条旗围护措施，严格控制行车轨迹，部分软土地基区域铺设钢板，施工结束后进行土地整治，根据原土地利用类型确定回覆表土、耕地恢复、

园地恢复或植被恢复等土地利用方向。

本工程防治措施体系详见表 7.5-1~7.5-4，防治措施体系框图见图 7.5-1-7.5-5，水土流失防治分区及水土保持措施总体布局图及各防治分区水土保持措施典型设计详见附图。

表 7.5-1　送端榆林站水土流失防治措施体系表

防治区		措施类型	水土流失防治措施
			山丘区
送端榆林站	站区	工程措施	混凝土截排水沟*、雨水排水管网*、框格植草护坡*、表土剥离、土壤改良、土地整治（植被恢复）
		植物措施	站区绿化*、撒播草籽
		临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池、洒水降尘、泥浆沉淀池*
	进站道路区	工程措施	雨水排水管*、八字排水口*、框格植草护坡*、混凝土截排水沟*、表土剥离、土壤改良、土地整治（植被恢复）
		植物措施	撒播草籽
		临时措施	密目网苫盖、洒水降尘
	施工生产生活区	工程措施	表土剥离、土壤改良、土地整治（植被恢复）
		植物措施	撒播草籽
		临时措施	密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池
	站外电源设施区	工程措施	表土剥离及回覆、土地整治（植被恢复）
		植物措施	撒播草籽
		临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖
	供排水工程区	工程措施	钢筋混凝土排水管*、跌水沟*、消力池*、海漫带*、表土剥离及回覆、土地整治（植被恢复）
		植物措施	撒播草籽
		临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖、泥浆沉淀池*
	专项设施迁改区	工程措施	表土剥离及回覆、土地整治（植被恢复）
		植物措施	撒播草籽
		临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖

注：带“*”为主体已有措施

表 7.5-2　受端开封站水土流失防治措施体系表

防治区		措施类型	水土流失防治措施
			平原区
受端换流站	站区	工程措施	表土剥离、地下雨水管网*、表土回覆、土地整治（耕地恢复）
		植物措施	站区绿化*、撒播草籽
		临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、临时排水沟、沉沙池、临时洒水措施
	进站道路区	工程措施	表土剥离、表土回覆、土地整治（耕地恢复）
		植物措施	植草护坡*
		临时措施	密目网苫盖、临时洒水降尘
	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、沉沙池
	站外临时堆土区	工程措施	表土回覆、土地整治（耕地恢复）
		临时措施	植生袋装土拦挡、彩条布铺垫、密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池、临时种草
	站外电源设施区	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	彩条布铺垫、密目网苫盖
	供排水工程区	工程措施	排水管*、八字式排水口*、表土剥离、表土回覆、土地整治（耕地恢复）
		临时措施	植生袋装土拦挡、彩条布铺垫、密目网苫盖、泥浆沉淀池*
	专项设施迁改区	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

表 7.5-3　接地极工程水土流失防治措施体系表

防治区		措施类型	水土流失防治措施	
			山丘区	平原区
送端接地极	汇流装置区	工程措施	表土剥离	
	电极电缆区	工程措施	表土剥离及回覆、土地整治	
		植物措施	穴状整地、撒播草籽、栽植灌木	
		临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫、彩条旗围护	
	检修道路区	工程措施	表土剥离、土地整治	
		植物措施	撒播草籽	
	外接电源工程区	工程措施	表土剥离及回覆、土地整治	
		植物措施	撒播草籽	
		临时措施	密目网苫盖、彩条布铺垫	
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		表土剥离及回覆、土地整治
		临时措施		植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫
	检修道路区	工程措施		表土剥离
	外接电源工程区	工程措施		表土剥离及回覆、土地整治
		临时措施		密目网苫盖、彩条布铺垫

表 7.5-4　线路工程水土流失防治措施体系表

防治区		措施类型	水土流失防治措施	
			山丘区	平原区
线型工程	塔基及施工场地区	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、土地平整、土地整治（植被恢复、耕地恢复、园地恢复）、草方格沙障*	表土剥离及回覆、土地整治（植被恢复、耕地恢复、园地恢复）
		植物措施	穴状整地、恢复林地、撒播草籽	穴状整地、恢复林地、撒播草籽
		临时措施	植生袋装土填筑/拆除、彩条布铺垫、密目网苫盖、彩条旗围护、泥浆沉淀池*	植生袋装土填筑/拆除、彩条布铺垫、密目网苫盖、彩条旗围护、泥浆沉淀池*
	牵张场区	工程措施	表土剥离及回覆、土地整治（植被恢复、耕地恢复、园地恢复）	土地整治（植被恢复、耕地恢复、园地恢复）
		植物措施	穴状整地、恢复林地、撒播草籽	穴状整地、恢复林地、撒播草籽
		临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖、铺设钢板、彩条旗围护	彩条布铺垫、铺设钢板、彩条旗围护
	跨越施工场地	工程措施	土地平整、土地整治（植被恢复、耕地恢复、园地恢复）	土地整治（植被恢复、耕地恢复、园地恢复）
		植物措施	撒播草籽	撒播草籽
		临时措施	彩条旗围护	彩条旗围护
	施工道路区	工程措施	表土剥离及回覆、土地平整、土地整治（植被恢复、耕地恢复、园地恢复）、草方格沙障*	土地整治（植被恢复、耕地恢复、园地恢复）
		植物措施	穴状整地、恢复林地、撒播草籽	穴状整地、恢复林地、撒播草籽
		临时措施	植生袋填筑/拆除、临时排水沟、素土夯实、密目网苫盖	钢板铺设*、彩条旗围护

7.5.2. 防治措施布设原则

本工程防治措施总体布局遵循“预防为主、保护优先、全面规划、综合治理、因地制宜、突出重点、科学管理、注重效益”的方针，坚持“水土保持工程必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用”的“三同时”原则，在满足设计深度与主体工程相适应外，做好水土保持措施与主体工程设计相互衔接，综合考虑工程建设时序，合理安排水保工程与主体工程建设之间的关系，树立人与自然和谐相处的理念，尊重自然规律，注重措施设计与周边景观相协调的原则。

按照预防和治理相结合的原则，坚持局部与整体防治、单项防治措施与综合防治措施相协调、兼顾生态效益与经济效益，按分区进行措施总体布置。

7.6. 工程级别与设计标准

7.6.1. 工程级别

大型输变电工程。

7.6.2. 设计标准

（1）工程措施

1）防洪标准：参照《防洪标准》（GB50201-2014），换流站防洪标准按 100 年一遇，输电线路防护等级为I级，防洪标准（重现期）：≥100 年。

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：根据《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）和《水利水电工程水土保持技术规范》（SL575-2012），本工程换流站边坡工程安全等级为一级，线路边坡工程安全等级由三级提高为二级。

4）挡渣墙工程：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，4 级渣场最小抗滑安全系数：正常运用$[K_s]$>1.20，非正常运用$[K_s]$>1.05；抗倾覆最小安全系数：正常运用$[S_t]$>1.40，非正常运用$[S_t]$>1.30。

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~30cm，根据原占地类型、立地条件及环境绿化等需要，土地平整后表土回覆厚度按 20cm~50cm 的标准。其中，土地复耕按照《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）的相关要求执行。

6）固沙工程：参照《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014），半干旱风蚀沙化地区处于固定及半固定沙地的生产建设项目应视地表覆盖物而配置沙障，种植乔灌草。项目所在区域风沙危害为轻度，防风固沙工程级别为 3 级。

（2）植物措施

1）参照《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014），结合气候类型与降水条件，送端榆林站、受端换流站站区植被恢复与建设工程级别为 1 级，可参考园林绿化标准，选择优良园林绿化树草种。其它区域植被恢复与建设工程级别为 3 级。

乔灌木及草籽种植密度详见 5.4.3 节。

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、降水量、雨季时段、气候类型进行树种选择。项目区立地条件的划分主要是以项目区所在原土地利用类型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工程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 10min 的降雨强度计算，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。

7.7. 分区措施布设

7.7.1. 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）土地整治主要针对换流站的站区、进站道路区、施工生产生活区等、输电线路的塔基及施工场地区、牵张场、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:

a. 因地制宜，因害设防的原则；b. “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；c. 优先考虑乡土树种，注重绿化、美化相结合的绿化模式；d. 坚持高标准整地，科学栽植，提高造林成活率和保存率；e. 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工程区立地条件的树种和草种。

工程沿线各省采用绿化树（草）种见表 7.7-1，树（草）种规格见表 7.7-2。

表 7.7-1　本工程沿线采用绿化树草种一览表

行政区	绿化树草种	
	乔灌木	草籽
陕西省	侧柏、紫穗槐	紫花苜蓿、草木樨
山西省	油松、荆条	紫花苜蓿、披碱草
河南省	刺槐、胡枝子	黑麦草、狗牙根

表 7.7-2　植被恢复树（草）种规格表

灌木苗				
苗木名称	苗木种类	苗高（cm）≥	蓬径（cm）≥	土球直径（cm）
侧柏	容器苗	100	25	30
刺槐	容器苗	100	25	30
油松	容器苗	100	25	30
紫穗槐	容器苗	35	40	30
荆条	容器苗	35	40	30
胡枝子	容器苗	35	40	30
种子				
种子名称	等级	纯度	净度	发芽率
紫花苜蓿、草木樨	一级种	>90%	>90%	>80%
紫花苜蓿、披碱草	一级种	>90%	>90%	>80%
黑麦草、狗牙根	一级种	>90%	>90%	>80%

（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，密目网规格可根据沿线地形地貌等情况选用 800 目~1200 目。

4）换流站站区、施工生产生活区、站外临时堆土区及山丘区施工道路等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。

7.7.2. 措施布设

7.7.2.1. 山丘区水土流失防治措施

（1）送端榆林站

1）站区

（a）工程措施

——雨水排水管网

站内雨水经设置在场地内的雨水口收集，汇入地下雨水排水管网，站区围墙内排

水系统的末端设置雨水井，汇集站区围墙内的雨水，雨水汇集后均经排水管线与站区边坡排水系统汇集，最终经过站外排水管经消能后排入站外自然冲沟。站内雨水排水管道采用钢筋混凝土排水管，管径 DN300~1200，雨水排水管线总长 15590m。消能措施工程量计入供排水工程区。

——混凝土截排水沟

站区围墙外截排水沟布设如下：①站区边坡马道排水沟总长 4600m，采用混凝土砌筑，为矩形断面，断面尺寸净空 0.6m × 0.4m；②坡脚排水沟总长 2850m，采用混凝土砌筑，为矩形断面，断面尺寸 1.2m × 0.8m；③跌水沟总长 1156m，采用混凝土砌筑，为矩形断面，断面尺寸 0.6m × 0.6m；④西侧挖方边坡坡顶设截洪沟 800m，采用钢筋混凝土砌筑，为矩形断面，断面尺寸 0.8m（宽）× 0.8m（深），截水沟末端接入护坡截排水系统；⑤东南侧填方边坡坡脚设排洪沟 760m，采用钢筋混凝土砌筑，为梯形断面，下底宽 1.2m、上底宽 3.5m、深 1.5m，东南侧截洪沟末端设消力池进行消能，消力池末端设海漫带，雨水经消能后排入站区东南侧的自然沟道内。

经统计，站区围墙外共设混凝土截排水沟总长 10166m，其中护坡马道排水沟、坡脚排水沟、跌水沟费用计列入框格植草护坡内，站区征地红线外雨水排水管、跌水暗沟、消力池及海漫带等措施工程量计入供排水工程区。

——框格植草护坡

a）挖方边坡

站区西侧和西南侧挖方边坡总长约 600m，最大挖方高度约 27m，自下而上采用 1：1.25、1：1.25、1：5 和 1：2 的等坡比多级放坡，单级最大坡高为 8m，并设置平台，第二级平台设 6m 宽马道，其余各级平台设 3m 宽马道；坡面采用拱形梁进行防护，格构内采用六棱砖+植草绿化植草，坡面防护面积 16333m^2。

b）填方边坡

站址北侧、东北侧、东侧填方边坡总长 1637m，最大填方高度约 40m。其中：填方Ⅰ区边坡位于站址北侧，总长约 160m，最大填方高度约 8m；填方Ⅱ区边坡位于站区东北侧，总长约 721m，最大填方高度约 40m；填方Ⅲ区边坡位于站区东侧，总长约 756m，最大填方高度 40m。填方边坡采用强夯预处理后进行放坡，放坡按 1：1.50 等坡比放多级坡，单级最大坡高为 8m，第三级平台设 5m 宽的马道，其余各级平台设

置 3m 宽的马道，在坡脚设置护脚墙，局部设置抗滑桩以保证边坡稳定。坡面采用拱形梁护坡，格构内采用六棱砖+植草绿化，坡面防护面积共计 68789m^2。

经统计，站外护坡防护面积共计 85122m^2，其中挖方边坡坡面防护面积 16333m^2，填方边坡坡面防护面积 68789m^2。

——表土剥离

站区施工前，对站区占用草地区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 20cm 考虑，剥离面积共 39.16hm^2，表土剥离量为 7.84 万 m^3。

——土壤改良

施工结束后对本区拟绿化区域进行土壤改良，针对基槽土肥力不足问题，通过土壤改良措施，改善土壤理化指标，使土壤理化形状满植被生长基础条件，再进行撒播草籽恢复植被。具体措施包括补充腐熟有机肥（如牛羊粪等）提升有机质；采用石膏（硫酸钙）调节 pH 值；施加有益微生物菌剂提升土壤生物活性；改良完成后翻耕、耙平、整地，再撒播草籽进行植被恢复为植被恢复提供条件，土壤改良面积共 9.23hm^2，改良深度 0.3m，改良土方 2.77 万 m^3。

——土地整治

施工完结后，对站内绿化区域及站区边坡与用地红线之间可绿化区域进行杂物清理、场地平整、增施有机肥等整治活动，从而达到改善立地条件、保持水土和促进林草生长的目的。土地整治面积共 6.66hm^2。

经统计，站区土地整治面积共计 6.66hm^2。

（b）植物措施

——站区绿化

主体设计对站区可绿化区域进行绿化，其中站前区采用乔+灌+草的方式进行绿化，栽植乔木 30 株、灌木 210 株，同时铺植草皮；直流场及交流滤波器区铺植草皮，草皮选择四季青草皮。

经统计，站区绿化面积共计 4.94hm^2，其中：站前区 0.53hm^2，直流场 1.87hm^2，交流滤波器区 2.54hm^2。

——撒播草籽

土地整治结束后，对站区边坡与用地红线之间可绿化区域撒播紫花苜蓿和草木樨

草籽恢复植被，草籽量为 120kg/hm^2，首次撒播草籽后 2 个月左右再次撒播。经统计：撒播草籽面积为 1.72hm^2，草籽量 206.40kg。

（c）临时措施

——植生袋装土拦挡

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（堆土场尺寸：长×宽×高=120m×120m×4.0m，堆土坡度 40 度），用于站区开挖临时土石方的临时堆放。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，植生袋呈“品”字分层形堆砌成环状，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），每个临时堆土场考虑留有 10m 进场车辆宽度，临时堆土场挡护长 470m，植生袋装土拦挡工程量 1058m^3。

——密目网苫盖

在临时堆土场坡顶、坡面及施工过程中裸露区域采用密目网苫盖，临时推土区域密目网边缘用植生袋装土压实，其他区域用重物压实，共布设密目网苫盖 71420m^2。

——临时排水沟、临时沉沙池

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、临时堆土场四周修建临时排水沟，排水沟末端设置沉沙池。雨水经排水沟汇流后进入沉沙池，经沉沙池沉沙后排入站外边坡截排水沟，沉沙池定期清淤。临时排水沟长 3340m，其中临时堆土区区域布设排水沟 240m，断面均为梯形，断面尺寸为：上底宽×下底宽×深=1.0m×0.5m×0.5m。单个沉沙池的尺寸均为：长×宽×深=2.5m×1.2m×1.5m，沉沙池为机砖抹面，单个沉沙池容积为 4.5m^3，临时堆土场修建沉沙池 1 座。经统计：临时排水沟 1252.5m^3，临时沉沙池 3 座。

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）、《水土保持工程设计规范》（GB51018－2014），临时排水工程按 1 级进行校核，最大汇流面积为 0.5hm^2，设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度公式 3.7-1 计算。其中：φ 取 0.80；q_1 取 2.0mm/min（按照十年一遇 10min 计取）；F 取 0.005km^2。经计算，10 年一遇洪峰流量约为 0.133m^3/s。排水沟过流能力采用明渠均匀流公式计算确定，详见公式 3.7-2、

3.7-3，排水沟需考虑安全超高 0.2m，水力坡度取 0.005，粗糙系数取 0.014，经计算，排水沟设计排水流量为 0.18m³/s，大于设计洪峰流量 0.133m³/s，满足过流要求。

——洒水降尘

施工期间定期在场地内洒水进行降尘，洒水既要达到抑制扬尘的效果，又要防止水量过多造成地面泥泞。施工高峰期按 15 个月计，共 450 天，站区每天洒水 1 台时，每台时用水 8m³,水源利用站区施工用水。站区施工期间共洒水 450 台时,用水 3600m³。

——泥浆沉淀池

站区东侧填方区采用灌注桩基础，大多采用干成孔工艺，部分不能干成孔的采用旋挖成孔泥浆护壁施工工艺，其中采用泥浆护壁的桩基础在施工过程中需设置泥浆沉淀池，考虑采用移动泥浆池和现挖泥浆沉淀池相结合的方式，其中现挖泥浆沉淀池尺寸为 6.5m（长）× 3.5m（宽）× 1.5m（深），内铺土工布防护，站区共需布设泥浆沉淀池 3 座。

2）进站道路区

（a）工程措施

——雨水排水管及八字排水口

进站道路在自然冲沟处设置过路涵管及钢波纹管将水引至天然冲沟，共计埋设过路涵管 5 处，雨水排水管总长 800m，每个排水管末端各设 1 座八字式管道排水口进行消能，排水口前方设置混凝土硬化地面与自然沟道顺接。

经统计，进站道路共计埋设雨水排水管 800m，八字式排水口 4 座。

——框格植草护坡

进站道路西侧属挖方区、东侧属填方区，道路两侧设框格植草护坡进行防护，坡面采用拱形梁进行防护，格构内采用六棱砖+植草绿化植草，最大边坡高度约 10m，放坡坡率 1：0.75~1:1.0。

经统计，进站道路护坡面积共计 14000m²。

——混凝土截排水沟

进站道路截排水沟包括：①在地形、地质条件允许的情况下，道路两侧挖方边坡坡顶、填方边坡坡脚设混凝土截排水沟，排水沟为矩形断面，断面尺寸 0.8m × 0.8m，进站道路截排水沟总长共 1188m；②道路两侧设混凝土边沟，为矩形断面，断面尺寸

0.8m × 0.8m，边沟长度 3400m。

经统计，进站道路混凝土截排水沟共长 4588m。进站道路排水沟出水口与站区边坡截水沟衔接，经站外排水系统排至站区东南侧的自然沟道内。

——表土剥离

进站道路区场地平整前，对施工扰动区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 20cm 考虑，表土剥离面积 6.4hm^2，表土剥离量 1.28 万 m^3。

——土壤改良

施工结束后对本区拟绿化区域进行土壤改良，针对基槽土肥力不足问题，通过土壤改良措施，改善土壤理化指标，使土壤理化形状满植被生长基础条件，再进行撒播草籽恢复植被。具体措施包括补充腐熟有机肥（如牛羊粪等）提升有机质；采用石膏（硫酸钙）调节 pH 值；施加有益微生物菌剂提升土壤生物活性；改良完成后翻耕、耙平、整地，再撒播草籽进行植被恢复为植被恢复提供条件，土壤改良面积共 1.1hm^2，改良深度 0.3m，改良土方 0.33 万 m^3。

——土地整治

对进站道路雨水排水管临时占地在施工完毕后进行杂物清理、场地平整、增施有机肥等整治活动，从而达到改善立地条件、保持水土和促进林草生长的目的。土地整治面积共计 0.68hm^2。

（b）植物措施

——撒播草籽

土地整治结束后，对临时占地区域撒播紫花苜蓿和草木樨草籽恢复植被，草籽量为 120kg/hm^2，首次撒播草籽后 2 个月左右再次撒播。经统计：撒播草籽面积为 0.68hm^2，草籽量 81.60kg。

（c）临时措施

——密目网苫盖

施工期间进站道路两侧裸露边坡采用密目网苫盖，密目网之间考虑 10cm 的搭接宽度，密目网苫盖面积 3400m^2。

——洒水降尘

施工期间定期在场地内洒水进行降尘，洒水既要达到抑制扬尘的效果，又要防止

水量过多造成地面泥泞。施工高峰期按 15 个月计，共 450 天，进站道路每天洒水 0.2 台时，每台时用水 8m³，水源利用站区施工用水。进站道路区施工期间共洒水 90 台时，用水 720m³。

3）施工生产生活区

（a）工程措施

——表土剥离

施工生产生活区场地平整前，对施工生产生活区有坑洼回填的区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 20cm 考虑，表土剥离面积 11.46hm²，表土剥离量 2.29 万 m³。

——土壤改良

施工结束后对本区拟绿化区域进行土壤改良，针对基槽土肥力不足问题，通过土壤改良措施，改善土壤理化指标，使土壤理化形状满植被生长基础条件，再进行撒播草籽恢复植被。具体措施包括补充腐熟有机肥（如牛羊粪等）提升有机质；采用石膏（硫酸钙）调节 pH 值；施加有益微生物菌剂提升土壤生物活性；改良完成后翻耕、耙平、整地，再撒播草籽进行植被恢复为植被恢复提供条件，土壤改良面积共 11.46hm²，改良深度 0.3m，改良土方 3.44 万 m³。

——土地整治

施工完毕后对施工生产生活区共计 11.46hm² 进行杂物清理、场地平整、增施有机肥等整治活动，从而达到改善立地条件、保持水土和促进林草生长等目的。施工生产生活区土地整治面积共 11.46hm²。

（b）植物措施

——撒播草籽

施工过程中，对施工生产生活区场平后形成的裸露边坡采取撒播草籽的形式进行防护，边坡防护面积 1.11hm²，草籽量为 120kg/hm²，首次撒播草籽后 2 个月左右再次撒播。撒播草籽面积为 1.11hm²，草籽量 133.2kg。

施工完结后，在土地整治结束后，撒播紫花苜蓿和草木樨草籽恢复植被，草籽量为 120kg/hm²，首次撒播草籽后 2 个月左右再次撒播。撒播草籽面积为 11.46hm²，草籽量 1375.2kg。

经统计：撒播草籽面积为 12.57hm^2，草籽量 1508.4kg。

（c）临时措施

——临时排水沟

为保障施工期施工生产生活区场地内排水通畅，本方案考虑在临建区场地四周分别修建临时排水沟，排水沟末端设置沉沙池。雨水经排水沟汇流后进入沉沙池，经沉沙池沉沙后排入进站道路排水系统，沉沙池定期清淤。临时排水沟长 1950m，断面均为矩形，断面尺寸为：宽×深=1.0m×1.0m。单个沉沙池的尺寸均为：长×宽×深=2.5m×1.2m×1.5m，沉沙池为机砖抹面，单个沉沙池容积为 4.5m^3。经统计：临时排水沟 1950m^3，临时沉沙池 3 座。

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）、《水土保持工程设计规范》(GB51018－2014)，临时排水工程按 1 级进行校核，最大汇流面积为 5.44hm^2，设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度公式 3.7-1 计算。其中：φ 取 0.80；q_1 取 2.0mm/min（按照十年一遇 10min 计取）；F 取 0.0544km^2。经计算 10 年一遇洪峰流量约为 1.45m^3/s。排水沟过流能力采用明渠均匀流公式计算确定，详见公式 3.7-2、3.7-3，排水沟需考虑安全超高 0.2m，水力坡度取 0.005，粗糙系数取 0.014，经计算，排水沟设计排水流量为 1.63m^3/s，大于设计洪峰流量 1.45m^3/s，满足过流要求。

——密目网苫盖

施工过程中，对施工生产生活区场平后形成的坡面及裸露地表采用密目网苫盖，密目网苫盖面积 17940m^2。

4）站外电源设施区

（a）工程措施

——表土剥离及回覆

施工前，对扰动超过 20cm 占用耕地区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 20cm 考虑，剥离面积共 0.05hm^2，表土剥离量为 0.01 万 m^3。施工结束后表土全部回覆于本区，为植被恢复提供条件。

——土地整治

施工完毕后对站外电源设施区临时占地区域共 1.46hm^2 进行杂物清理、场地平整、增施有机肥等整治活动，从而达到改善立地条件、保持水土和促进林草生长的目的。

土地整治面积共计 1.46hm^2。

（b）植物措施

——撒播草籽

土地整治结束后，对临时占地可绿化区域进行撒播紫花苜蓿和草木樨草籽恢复植被，草籽量为 120kg/hm^2，首次撒播草籽后 2 个月左右再次撒播。经统计：撒播草籽面积为 1.46hm^2。

（c）临时措施

——密目网苫盖、彩条布铺垫

施工过程中临时堆土及剥离表土堆放于施工临时占地区域，表土与一般土石方分开堆放，临时堆土下方采用彩条布进行铺垫，上方采用密目网进行苫盖，密目网边缘用重物压实。共布设密目网苫盖 900m^2，彩条布铺垫 1050m^2。

5）供排水工程区

（a）工程措施

——雨水排水管、跌水沟、消力池及海漫带

站区雨水采用有组织排水方式，经雨水管道收集、通过跌水暗渠及消能池进行消能后，排至站外冲沟，其中在站址东南侧设 1 个排水点，北侧设 2 个排水点。站区征地红线外敷设 DN1000~1800 雨水排水管共计长度 355m，设跌水沟 115m，消力池 3 座，消力池下游设置浆砌石海漫带共计 115m。

——表土剥离及回覆

施工前，对扰动超过 20cm 占用草地区域进行表土剥离，剥离面积共 1.23hm^2，表土剥离量为 0.25 万 m^3。施工结束后根据供排水工程区覆土需要将表土回覆至剥离区域。经统计：表土剥离 1.23hm^2，表土回覆 0.25 万 m^3。

——土地整治

施工完毕后对供排水工程区临时占地中可绿化区域进行杂物清理、场地平整、增施有机肥等整治活动，从而达到改善立地条件、保持水土和促进林草生长的目的。土地整治面积共计 3.22hm^2。

（b）植物措施

——撒播草籽

土地整治结束后，对临时占地类型为其他草地的区域共撒播紫花苜蓿和草木樨草籽恢复植被，草籽量为 120kg/hm^2，首次撒播草籽后 2 个月左右再次撒播。经统计：撒播草籽面积为 3.22hm^2，草籽量 386.40kg。

（c）临时措施

——密目网苫盖、彩条布铺垫

站外供排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，先开挖表层土，后开挖深层土。表层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，密目网边缘用重物压实。共布设密目网苫盖 8430m^2，彩条布铺垫 12645m^2。

——泥浆沉淀池

站外供水管线途中需穿越韭殿路，穿越处采用顶管施工工艺穿越，需设置泥浆沉淀池 1 座，泥浆沉淀池尺寸为 6m（长）×6m（宽）×2.5m（深），内铺土工布防护。

6）专项设施迁改区

（a）工程措施

——表土剥离及回覆

施工前，对扰动超过 20cm 占用草地区域进行表土剥离，剥离面积共 0.04hm^2，表土剥离量为 0.01 万 m^3。施工结束后根据将表土回覆至临时占地区域。经统计：表土剥离 0.04hm^2，表土回覆 0.01 万 m^3。

——土地整治

施工完毕后对专项设施迁改区临时占地中可绿化区域进行杂物清理、场地平整、增施有机肥等整治活动，从而达到改善立地条件、保持水土和促进林草生长的目的。土地整治面积共计 0.54hm^2。

（b）植物措施

——撒播草籽

土地整治结束后，对临时占地可绿化区域进行撒播紫花苜蓿和草木樨草籽恢复植被，草籽量为 120kg/hm^2，首次撒播草籽后 2 个月左右再次撒播。经统计：撒播草籽面积为 0.54hm^2，草籽量 64.80kg。

（c）临时措施

——密目网苫盖、彩条布铺垫

施工过程中临时堆土及剥离表土堆放于施工临时占地区域，表土与一般土石方分

开堆放，临时堆土下方采用彩条布进行铺垫，上方采用密目网进行苫盖，密目网边缘用重物压实。共布设彩条布铺垫 800m^2，密目网苫盖 1200m^2。

（2）送端接地极

1）汇流装置区

（a）工程措施

——表土剥离

施工前，对占用其他草地区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 20cm 考虑，剥离面积共 0.09hm^2，剥离量为 0.02 万 m^3。剥离的表土堆放在电极电缆区，用于电极电缆区回填，临时防护措施由电极电缆区统一考虑。

2）电极电缆区

（a）工程措施

——表土剥离及回覆

施工前，对扰动超过 20cm 占用林地和其他草地的区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 20cm 考虑，剥离面积共 11.40hm^2，剥离量为 2.28 万 m^3。施工结束后将本区及汇流装置区、检修道路区剥离表土回覆于本区，为绿化提供条件，表土回覆量 2.303 万 m^3。

——土地整治

施工完毕后对电极电缆区临时占地区域 25.52hm^2 进行杂物清理、场地平整、增施有机肥等整治活动，从而达到改善立地条件、保持水土和促进林草生长等目的。

（b）植被恢复

施工完成后对外接电源工程区临时占用灌木林地区域进行土地整治，并采取“灌-草”复合形式恢复植被。

——穴状整地

在工程完工后对需栽植树苗处进行穴状整地，以满足后期植被恢复的要求。穴状整地规格：穴径×坑深为 50cm×50cm。共需穴状整地 18378 个。

——撒播草籽

土地整治结束后，对电极电缆区临时占用林地和其他草地区域进行撒播紫花苜蓿和草木樨草籽恢复植被，草籽量为 120kg/hm^2，首次撒播草籽后 2 个月左右再次撒播。经统计：撒播草籽面积为 25.52hm^2，草籽量 3062.40kg。

——栽植灌木

土地整治结束后，根据原地表情况栽植紫穗槐对电极电缆区临时占用林地区域进行植被恢复，栽植密度为 1800 株/hm^2。经统计：栽植灌木面积为 10.21hm^2，株数为 18378 株。

（c）临时措施

——植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫

电极电缆区施工工艺简单，施工时间短，本方案为了严格控制施工范围，考虑在极环及电缆沟两侧设置施工场地，先剥离表土，后开挖深层土。表土与深层土分开堆放，土方集中堆放于开挖沟道一侧，堆土下方铺垫彩条布，表面采用密目网苫盖，堆土边界设置植生袋装土拦挡。经统计：植生袋装土拦挡约 8214m，工程量 11828m^3，彩条布铺垫 61170m^2，密目网苫盖 92260m^2。

——彩条旗围护

为防止施工人员及车辆跨越施工场地租地范围作业，造成大面积的地表扰动，施工期间对电极电缆区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 6400m。

3）检修道路区

（a）工程措施

——表土剥离

施工之前对新修道路占用林地区域进行表土剥离，剥离厚度按 20cm 考虑，表土剥离面积为 200m^2，表土剥离量为 40m^3，剥离的表土堆放在电极电缆区，其中 10m^3 用于检修道路两侧裸露区域回填，为后期植被恢复创造条件，30m^3 用于电极电缆区回填，临时防护措施由电极电缆区统一考虑。

——土地整治

施工完毕后对检修道路区路两侧、征地红线内区域进行杂物清理、场地平整、增施有机肥等整治活动，从而达到改善立地条件、保持水土和促进林草生长等目的，土地整治面积共计 50m^2。

（b）植被恢复

施工完成后对检修道路区两侧、征地红线内区域撒播紫花苜蓿和草木樨草籽恢复植被，草籽量为 120kg/hm^2，首次撒播草籽后 2 个月左右再次撒播。经统计：撒播草

籽面积为 50m^2，草籽量 0.6kg。

4）外接电源工程区

（a）工程措施

——表土剥离及回覆

施工前，对扰动超过 20cm 占用林地区域进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 20cm 考虑，剥离面积共 0.09hm^2，剥离量为 0.02 万 m^3。施工结束后回覆于电杆临时施工占地，为绿化提供条件。

——土地整治

施工完毕后对外接电源工程区临时占地区域 1.12hm^2 进行杂物清理、场地平整、增施有机肥等整治活动，从而达到改善立地条件、保持水土和促进林草生长等目的。

（b）植物措施

——撒播草籽

土地整治结束后，对外接电源工程区施工扰动其他草地区域进行撒播紫花苜蓿和草木樨草籽恢复植被，草籽量为 120kg/hm^2，首次撒播草籽后 2 个月左右再次撒播。经统计：撒播草籽面积为 1.12hm^2，草籽量 134.40kg。

（c）临时措施

——密目网苫盖、彩条布铺垫

施工过程中临时堆土及剥离表土堆放于施工临时占地区域，表土与一般土石方分开堆放，临时堆土下方采用彩条布进行铺垫，上方采用密目网进行苫盖，密目网边缘用重物压实。共布设彩条布铺垫 880m^2，密目网苫盖 1320m^2。

（3）输电线路工程

1）塔基及施工场地区

本工程全线塔基数量为 1962 基，其中山丘区输电线路工程共建设塔基 1341 基，占比 68.35%。通过与主体设计沟通配合，塔基所在微地貌主要有缓坡型和陡坡型。位于缓坡地形的塔位，塔基采用高低腿，当坡面塔位上坡侧汇水对其冲刷影响较大的设置环状排水沟，并引至附近排水沟或自然沟道排泄，对无自然沟道的塔基，对排水沟末端设置消能池，减少雨水对土质的冲刷。余土压实后在塔基基面范围内堆放成龟背形，土石方边缘按 1：1.5 放坡，以防止积水。在本方案中已将排水沟、挡渣墙和护坡计列为主体已有措施，纳入水土保持措施体系中。施工完毕后回覆预先剥离开挖区域

表土并撒草恢复基面植被，基面外的临时用地则根据占地类型分别采取撒草绿化或复耕等措施。

对于局部的高陡边坡塔位，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，主体采用设置挡渣墙，当塔基上坡侧较陡或塔基挖方存在余土时，为了将稳定塔基上坡面并可将多余土石回填于其内，主体采用设置浆砌石护坡。同时主体设计采用了主动防护网和被动防护网进行挡护。主动防护网是以柔性网覆盖包裹在所需防护斜坡或岩石上,以限制坡面岩石土体的风化剥落或破坏以及危岩崩塌,起到加固作用；被动挡护网是在塔基下方存在公路居民等情况，将可能存在的塔基开挖基础或落石控制于一定范围内运动，起到围护作用，主要结构为：边沿（或上沿）钢丝绳锚杆+支撑绳+缝合绳。主动网和被动网是为了防止破碎岩体崩落而危及塔基安全而设置。施工完毕后回覆预先剥离开挖区域表土并撒草恢复基面植被，基面外的临时用地则根据占地类型分别采取穴状整地、恢复林地、撒草绿化或复耕等措施。

本工程在山丘区输电线路工程水保措施量将按照分省统计，其工程量详见 7.7.3 节工程量汇总表。

（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，护坡工程量分别为：陕西境内 85m^3；山西境内 3760m^3；河南境内 120m^3。

——浆砌石挡渣墙

对于山丘区铁塔基础开挖的土方，首先用于塔座基面四周的平整；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，将土方堆放在挡渣墙内。

经统计，挡渣墙工程量分别为：陕西境内 40m^3；山西境内 1140m^3；河南境内 360m^3。

——浆砌石排水沟、消能措施

线路虽在山区走线，但单个铁塔定位时通常都会选择地形较平缓的部位布置铁塔，对部分位于陡坡的塔基，为防止上坡侧汇水面的雨水及其它地表水对基面的冲刷影响，

在塔位上坡侧产生汇水处，依山势设置环状截水沟，以拦截和排除周围山坡汇水面内的地表水。

单个铁塔汇流面积小，施工时尽量将截水沟末端与自然沟道顺接在较平缓区域，截水沟出口段应设混凝土散水进行消能。塔基坡面截水沟断面尺寸其横断面尺寸为：深×底宽×上口宽=0.5m×0.4m×0.5m（I型），深×底宽×上口宽=1.0m×0.8m×1.0m（II型），浆砌石衬底厚度为20cm，同时沟底应留有不小于0.5%的纵向坡度，可满足截排水要求，截水沟出口末端浇筑C15混凝土散水，散水措施所用材料与排水沟保持一致，消能措施工程量计入浆砌石排水沟，不单独计列工程量。

经统计，排水沟长度、浆砌石和消力池工程量分别为：山西境内排水沟长度1950m，浆砌石量2060m^3；河南境内排水沟长度80m，浆砌石量64m^3。

——草方格沙障

陕西省靖边县境内送端接地极线路极址侧共8基35kV杆塔所在区域沙化较为严重，施工结束后于塔基施工扰动范围内布设草方格沙障以减轻风蚀的影响。

经统计：陕西境内共布设沙障3100m^2。

——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、表土剥离量和表土回覆量分别为：陕西境内11.68hm^2、3.44万m^3、3.44万m^3；山西境内24.92hm^2、5.73万m^3、5.73万m^3；河南境内4.65hm^2、0.94万m^3、0.94万m^3。

——土地平整

对占用无表土资源、完工后不恢复植被的区域采用土地平整措施。通过对扰动的场地进行坑凹回填、平整压实等整治活动，恢复土地原有功能。

经统计，土地平整面积为0.31hm^2，均在陕西省境内。

——土地整治

在塔基基础施工后，对塔基及施工场地区林地、草地和其他土地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。对于塔基施工场地占用耕地和园地区域，施工结束后进行场地清理、坑凹回填，人工施

肥，耕翻地后可满足作物生长需要。

经统计，土地整治（植被恢复）面积分别为：陕西境内 2.79hm²；山西境内 61.84hm²；河南境内 14.14hm²。土地整治（耕地恢复）面积分别为：陕西境内 25.52hm²；山西境内 17.34hm²；河南境内 0.50hm²。土地整治（园地恢复）面积分别为：陕西境内 12.28hm²；山西境内 9.51hm²。

（b）植物措施

——穴状整地

在工程完工后对塔基及施工场地区占用的林地进行穴状整地，以满足后期栽植灌木恢复林地的要求。穴状整地规格：穴径 × 坑深为 50cm × 50cm。

经统计，穴状整地个数分别为：陕西境内 3762 个；山西境内 78534 个；河南境内 17442 个。

——植被恢复

施工结束后，对塔基及施工场地区草地和其他土地区域撒播草籽恢复植被，对塔基及施工场地区林地采用“灌-草”复合形式恢复植被。草籽撒播密度和灌木栽植密度见 5.3.1（2）植物措施设计标准。

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：陕西境内 2.79hm²、401.76kg、3762 株、2.09hm²；山西境内 61.84hm²、7420.80kg、78534 株、43.63hm²；河南境内 14.14hm²、1357.44kg、17442 株、9.69hm²。

（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，主要为表土和基槽余土，塔基及施工场地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，剥离的表土和开挖临时土石方不能及时回填，分别集中堆放。

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 200m³ 考虑，接地极线路和迁改线路单塔存放临时堆土量平均按 80m³ 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×宽×高=0.8m×0.6m×0.4m，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1:1.0~1:1.5，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。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。彩条布铺垫面积按照直流线路单塔按200m^{2}考虑，接地极线路和迁改线路单塔平均按150m^{2}考虑。密目网苫盖面积按直流线路单塔按300m^{2}考虑，接地极线路和迁改线路单塔平均按200m^{2}考虑。

塔基场地平整施工过程中，开挖、堆土会形成上边坡、下边坡，原有地表植被被破坏，土体完全裸露，在降雨冲刷、风力侵蚀作用下极易发生面蚀、沟蚀，产生水土流失，对周边地表、植被造成扰动，需及时采取密目网苫盖防护措施。密目网苫盖面积单塔按80m^{2}考虑。

经统计，植生袋拦挡工程量、彩条布铺垫和密目网苫盖工程量分别为：陕西境内5120m^3，84850m^2，161100m^2；山西境内6275m^3，87000m^2，188060m^2；河南境内1680m^3，22400m^2，42560m^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：陕西境内36690m；山西境内38850m；河南境内10080m。

——泥浆沉淀池

对于塔基位于地下水位较浅及塔位地基属于软土的部分塔位使用灌注桩基础，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，先对塔基及施工场地区剥离表层土，剥离的表层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，施工结束后平铺植生袋，恢复施工场地的表土。

经统计，需要设置泥浆沉淀池的数量分别为：陕西境内2座。

2）牵张场区

（a）工程措施

——表土剥离及回覆

施工前，本方案建议施工单位尽量选择平坦地形进行牵张场的布设，由于在牵张放线前，需要开挖地锚坑稳定牵引机，直流线路导线为正负极两相线，分别为 8 分裂，因此需要开挖 2×8 处地锚坑，每个地锚坑的面积约 1.50m^2，同时兼顾存在牵引场和张力场有部分需要平整地段，因此本方案考虑在牵张场内需要挖填土石方区域的表土进行剥离，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：陕西境内 1.10hm^2、0.32 万 m^3、0.32 万 m^3；山西境内 2.40hm^2、0.55 万 m^3、0.55 万 m^3；河南境内 0.15hm^2、0.03 万 m^3、0.03 万 m^3。

——土地整治

对牵张场区林地、草地和其他土地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。对于牵张场占用耕地和园地区域，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（植被恢复）面积分别：陕西境内 0.61hm^2；山西境内 15.12hm^2；河南境内 2.16hm^2。土地整治（耕地恢复）面积分别为：陕西境内 10.97hm^2；山西境内 4.81hm^2。土地整治（园地恢复）面积分别为：陕西境内 4.12hm^2；山西境内 2.23hm^2。

（b）植物措施

——穴状整地

在工程完工后对牵张场区占用的林地进行穴状整地，以满足后期栽植灌木恢复林地的要求。穴状整地规格：穴径 × 坑深为 50cm × 50cm。

经统计，穴状整地个数分别为：陕西境内 1098 个；山西境内 25794 个；河南境内 3888 个。

——植被恢复

施工结束后，对牵张场区草地和其他土地区域撒播草籽恢复植被，对牵张场区林地采用“灌-草”复合形式恢复植被。草籽撒播密度和灌木栽植密度见 7.6.2（2）植物措施设计标准。

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：陕西境内 0.61hm^2、87.84kg、1098 株、0.61hm^2；山西境内 15.12hm^2、1814.40g、25794 株、14.33hm^2；河南境内 2.16hm^2、207.36kg、3888 株、2.16hm^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，在牵张场内铺设一定数量的彩条布用于隔离地表，以满足施工结束后耕地恢复或土地整治需要。

由于输电线路的单个牵引场和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铺垫，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。彩条布铺垫面积按照直流线路每个牵张场按 150m^2 考虑，接地极线路和迁改线路每个牵张场按 100m^2 考虑。密目网苫盖面积按 1.5×（堆土工程量+施工材料工程量）÷堆高计算，堆高按 1m 考虑。

经统计：彩条布铺垫、密目网苫盖面积分别为：陕西境内 11000m^2、15050m^2；山西境内 8150m^2、11000m^2；河南境内 1350m^2、1800m^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，严格控制施工扰动范围，避免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（如条件允许，布设铁架围栏亦可）。

经统计：彩条旗围护工程量分别为：陕西境内 13900m；山西境内 8560m；河南境内 1800m。

——铺设钢板

为方便机械设备和导线的运输与吊装，在牵张场内规划出施工通道，通道做适当平整后铺设 6mm 厚钢板，钢板的铺设可降低重型机械及车辆对原地貌的扰动。由于现阶段尚不能确定牵张场的位置，根据与主体单位沟通结合实际施工单位经验，直流线路单个牵张场平均铺设钢板 200m^2，接地极线和迁改路单个牵张场平均铺设钢板 100m^2。

经统计：铺设钢板的工程量分别为：陕西境内 11350m^2；山西境内 10600m^2；河南境内 1440m^2。

3）跨越施工场地区

（a）工程措施

——土地平整

对占用无表土资源、完工后不恢复植被的区域采用土地平整措施。通过对扰动的场地进行坑凹回填、平整压实等整治活动，恢复土地原有功能。

经统计，土地平整面积为 0.11hm^2，均在陕西省境内。

——土地整治

对跨越施工场地区占用的林地、草地和其他土地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。对于跨越施工场地区占用耕地和园地区域，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（植被恢复）面积分别：陕西境内 1.40hm^2；山西境内 8.24hm^2；河南境内 0.26hm^2。土地整治（耕地恢复）面积分别为：陕西境内 5.42hm^2；山西境内 4.01hm^2；河南境内 0.02hm^2。土地整治（园地恢复）面积分别为：陕西境内 6.29hm^2；山西境内 1.69hm^2。

（b）植物措施

跨越施工场地施工完成后对原占地类型为草地的区域撒播草籽进行植被恢复，由于跨越施工是在跨越施工场地进行跨越架（竹架）的搭设，只对原地貌进行占压，不砍伐树木，也无开挖土石方，跨越施工一般在一周内施工完毕拆除跨越架，因此本方案对原占地类型为林地、园地和其他土地采取撒播草籽形式恢复原土地利用类型。撒播草籽的种类同塔基及施工场地区。

经统计：撒播草籽面积分别为：陕西境内 1.40hm^2、201.60kg；山西境内 8.24hm^2、988.80kg；河南境内 0.26hm^2、24.96kg。

（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，严格限制扰动范围，避免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。

经统计：彩条旗围护工程量分别为：陕西境内 14760m；山西境内 14880m；河南境内 420m。

4）施工道路区

（a）工程措施

人抬道路、拓宽道路和索道区域的扰动以踩踏和伐疏枝条为主，对部分凹凸不平的地方进行简单的填凹削凸，扰动深度小于20cm，该部分表土可不进行剥离，而新修施工道路是需要开挖动土区域，需要进行表土剥离，本方案考虑对新修施工道路部分扰动区域进行表土剥离，并将表土采用植生袋装袋，用于拦挡施工道路下边坡，后期用于新修道路区域迹地恢复。

（a）工程措施

——表土剥离及回覆

施工前，对部分新开辟的施工道路占用的耕地、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、表土剥离量和回覆量分别为：陕西境内4.95hm^2、1.46万m^3、1.46万m^3；山西境内20.60hm^2、4.77万m^3、4.77万m^3；河南境内0.94hm^2、0.20万m^3、0.20万m^3。

——土地平整

对占用无表土资源、完工后不恢复植被的区域采用土地平整措施。通过对扰动的场地进行坑凹回填、平整压实等整治活动，恢复土地原有功能。

经统计，土地平整面积为1.18hm^2，均在陕西省境内。

——土地整治

对施工道路区占用的林地、草地和其他土地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。对于施工道路区占用耕地和园地区域，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（植被恢复）面积分别：陕西境内3.67hm^2；山西境内89.09hm^2；河南境内6.69hm^2。土地整治（耕地恢复）面积分别为：陕西境内41.12hm^2；山西境内22.98hm^2；河南境内0.07hm^2。土地整治（园地恢复）面积分别为：陕西境内14.28hm^2；山西境内11.57hm^2。

——草方格沙障

陕西省境内送端接地极线路 8 基 35kV 杆塔所在区域沙化较为严重，施工过程中新修施工道路不可避免占用部分沙地，施工结束后于施工道路扰动范围内布设草方格沙障以减轻风蚀的影响。

经统计：陕西境内共布设沙障 11800m^2。

（b）植物措施

——穴状整地

在工程完工后对施工道路区占用的林地进行穴状整地，以满足后期栽植灌木恢复林地的要求。穴状整地规格：穴径 × 坑深为 50cm × 50cm。

经统计，穴状整地个数分别为：陕西境内 5803 个；山西境内 228312 个；河南境内 15210 个。

——植被恢复

施工道路施工完成后进行土地整治，对原占地类型为林地、草地和其他土地区域均撒播草籽进行植被恢复，对原占地类型为林地区域采取“灌-草”或“乔-草”复合形式恢复林地植被，草籽类型、灌木选择以及撒播和栽植密度同塔基及施工场地区。

经统计，撒播草籽面积、草籽量、栽植灌木、栽植乔木和恢复林地面积分别为：陕西境内 3.67hm^2、528.48kg、5400 株、403 株、3.28hm^2; 山西境内 89.09hm^2、10341.60kg、152352 株、75960 株、85.37hm^2；河南境内 6.69hm^2、642.24kg、12042 株、3168 株、6.69hm^2。

（c）临时措施

——植生袋装土拦挡

新修施工道路需要对开挖动土区域进行表土剥离，本方案考虑对新修施工道路部分扰动区域进行表土剥离，本方案对临时堆土遵循“先拦后堆”原则，其中表土进行剥离后采用植生袋填筑，用于拦挡施工道路下边坡，后期用于新修道路区域迹地恢复。同时施工道路采取临时排水沟进行排水，排至附近的自然冲沟，严禁对道路下边坡顺坡弃土弃渣，施工结束后将植生袋清理干净进行回填利用。

经统计：植生袋拦挡工程量分别为：陕西境内 14600m^3；山西境内 47700m^3；河南境内 2000m^3。

——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，做好临时性排水工程，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，临时排水沟排水排至自然沟道中。此外，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：临时排水沟工程量分别为：陕西境内 8432m，1139m^3；山西境内 9735m，1314m^3；河南境内 1540m，208m^3。

——密目网苫盖

山丘区新建施工道路在路面整形施工过程中，开挖、堆土会形成上边坡、下边坡，原有地表植被被破坏，土体完全裸露，在降雨冲刷、风力侵蚀作用下极易发生面蚀、沟蚀，产生水土流失，对周边地表、植被造成扰动，需及时采取密目网苫盖防护措施。密目网苫盖面积每延米施工道路按 2m^2 考虑。

经统计，密目网苫盖工程量分别为：陕西境内 168640m^2；山西境内 376560m^2；河南境内 30800m^2。

7.7.2.2. 平原区水土流失防治措施

（1）受端开封站

1）站区

（a）工程措施

——地下雨水管网

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《室外排水设计规范》（GB50014-2006）（2016 年版）中室外排水规定设计，设计重现期为 5 年。雨水管道采用 DN300～DN1500UPVC 管，总长 2300m，其中 DN300 站内雨水管出口接入站外焊接钢管。

——表土剥离

站区施工前，对站区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 19.71hm^2，表土剥离量为 5.92 万 m^3，剥离的表土堆至临时堆土区。

——表土回覆

施工结束后表土回覆至站区绿化区域，为绿化提供条件，回覆面积 7.56hm^2（其中站内 7.26hm^2，站区围墙外、征地红线之间的扰动区域 0.30hm^2），表土回覆量为 4.35 万 m^3，回覆厚度 60cm，用于站前区灌草区绿化用土和墙外绿化用土，其余表土 1.57 万 m^3 回覆至施工生产生活区和临时堆土区用于该区复耕覆土。

——土地整治（植被恢复）

施工完毕后对站区绿化区域和征地红线之间的扰动区域进行土地整治，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（植被恢复）面积约 7.56hm^2。

（b）植物措施

——站区绿化

考虑到受端换流站站区绿化美化需要，主体设计在站区进行绿化，其中铺设草皮面积 7.26hm^2，草皮选择马尼拉，站前区栽植景观灌木 30 棵，站区内绿化面积为 7.26hm^2。

——撒播草籽

对站区围墙外、征地红线之间的扰动区域采取播撒草籽恢复植被，草籽选择狗牙

根和黑麦草，按 1:1 比例混合播撒，撒播密度为 96kg/hm^2，撒播面积为 0.30hm^2，共撒播草籽 28.80kg。

（c）临时措施

——洒水降尘

施工期间定期在场地内洒水进行降尘，洒水既要达到抑制扬尘的效果，又要防止水量过多造成地面泥泞。施工高峰期按 15 个月计，共 450 天，站区每天洒水 1 台时，每台时用水 8m^3,水源利用站区施工用水。站区施工期间共洒水 450 台时,用水 3600m^3。

——植生袋装土拦挡

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（堆土场尺寸：长×宽×高=497m×65m×3.0m，坡比 1:1.5），用于站区借方的临时转运及堆放基槽余土。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，植生袋呈“品”字分层形堆砌成环状，植生袋拦挡断面为梯形（梯形断面尺寸：上底宽×下底宽×高=0.35m×1m×0.5m），临时堆土场挡护长 1124m，植生袋装土拦挡工程量 421.5m^3。

——密目网苫盖

在临时堆土场坡顶、坡面及施工过程中裸露区域采用密目网苫盖，临时推土区域密目网边缘用植生袋装土压实，其他区域用重物压实，共布设密目网苫盖 43200m^2。

——临时排水沟、沉沙池

为保障施工期站内临时堆土区排水通畅，本方案考虑在站内临时堆土场四周修建临时排水沟，排水沟末端设置沉沙池；临时排水沟断面为矩形，断面尺寸为：沟宽×沟深=1.3m×0.8m，沉沙池为机砖抹面，单个沉沙池的尺寸为：长×宽×深=2.5m×1.2m×1.5m，单个沉沙池容积为 4.5m^3。经统计，临时堆土场需设临时排水沟 1124m，开挖土石方为 1168.96m^3；沉沙池 4 座。

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）、《水土保持工程设计规范》（GB51018－2014），站内临时堆土区临时排水工程按 1 级进行校核，最大汇流面积为 0.03km^2，φ 取 0.40；q_1 取 2.44mm/min（按照十年一遇 10min 计取）；F 取 0.03km^2。设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度公式 3.7-1 计算。经计算，10 年一遇洪峰流量约为 0.49m^3/s。排水沟过流能力采用明渠均匀流公式计算确定，详见

公式 3.7-2、3.7-3，排水沟需考虑安全超高 0.3m，水力坡度取 0.008，粗糙系数取 0.025，经计算，排水沟设计排水流量为 0.99m^3/s，大于洪峰流量 0.49m^3/s，满足过流要求。

2）进站道路区

（a）工程措施

——表土剥离

施工前对进站道路区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 1.20hm^2，剥离区域主要包括新建道路和拓宽路段，表土剥离量 0.36 万 m^3，表土集中运至站外临时堆土区堆放。

——表土回覆

施工结束后将部分表土回覆至进站道路区植草护坡，回覆面积 0.46hm^2，表土回覆量 0.20 万 m^3，回覆厚度 43cm，其余表土 0.16 万 m^3 回覆至施工生产生活区用于该区耕植覆土。

——土地整治（植被恢复）

施工完毕后对进站道路区护坡进行土地整治，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（植被恢复）面积约 0.46hm^2。

（b）植物措施

——植被护坡

对进站道路区护坡采取植被护坡的方式，进站道路填方边坡坡长 1985m，最大坡高 1m，最大坡长 1.8m，放坡坡率为 1:1.5，改造路段只在道路一侧布设植草护坡，新建建站道路两侧布设植草护坡，进站道路护坡工程量合计 4600m^2，草籽选择狗牙根和黑麦草，按 1:1 比例混合播撒，撒播密度为 96kg/hm^2，撒播面积为 0.46hm^2，共撒播草籽 44.16kg。

（c）临时措施

——密目网苫盖

施工过程中为预防水土流失，在进站道路护坡布设临时苫盖措施，密目网苫盖面积 4600m^2。

——洒水降尘

施工期间定期在场地内洒水进行降尘，洒水既要达到抑制扬尘的效果，又要防止

水量过多造成地面泥泞。施工高峰期按 15 个月计，共 450 天，进站道路每天洒水 0.2 台时，每台时用水 8m³，水源利用站区施工用水。进站道路区施工期间共洒水 90 台时，用水 720m³。

3）施工生产生活区

（a）工程措施

——表土剥离

施工前对施工办公、生活、生产临建场地占用耕地的进行表土剥离，剥离厚度根据地表情况按 30cm 考虑，表土剥离面积 7hm²，表土剥离量 2.10 万 m³。

——表土回覆

施工结束后将该部分表土 2.10 万 m³ 和站区、进站道路区多余的表土 1.13 万 m³ 一同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 3.23 万 m³，回覆面积 7hm²，回覆厚度 46cm。

——土地整治（耕地恢复）

工程完工后，通过对扰动的场地进行坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复耕地原有功能。经统计：耕地恢复面积 7hm²。

（c）临时措施

——临时排水沟、沉沙池

为保障施工期施工生产生活区排水通畅，本方案考虑在四周修建临时排水沟，排水沟末端设置沉沙池；临时排水沟断面为矩形，断面尺寸为：沟宽×沟深=1.2m×0.8m，沉沙池为机砖抹面，单个沉沙池的尺寸为：长×宽×深=2.5m×1.2m×1.5m，单个沉沙池容积为 4.5m³。经统计，施工生产生活区需设临时排水沟 1100m，开挖土石方为 1056m³；沉沙池 4 座。

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）、《水土保持工程设计规范》（GB51018－2014），受端施工生产生活区临时排水工程按 2 级进行校核，考虑到施工生产生活区部分板房，最大汇流面积为 0.07km²，φ 取 0.40；q_1 取 2.44mm/min; F 取 0.07km²。设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度公式 3.7-1 计算。经计算，10 年一遇 10 分钟洪峰流量约为 1.14m³/s。排水沟过流能力采用明渠均匀流公式计算确定，详见公式 3.7-2、3.7-3，排水沟需考虑安全超高 0.20m，水力坡度取 0.009，

粗糙系数取 0.025，经计算，排水沟设计排水流量为 1.23m³/s，大于设计洪峰流量 1.14m³/s，满足过流要求。

4）站外临时堆土区

（a）工程措施

——表土回覆

施工结束后将站区的表土回覆至站外临时堆土区，表土回覆量共 0.60 万 m³，回覆面积 3hm²，回覆厚度 20cm。

——土地整治（耕地恢复）

工程完工后，通过对扰动的场地进行坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复耕地原有功能。经统计：土地整治（耕地恢复）面积 3hm²。

（b）临时措施

——植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫

施工过程中，站外临时堆土区内设置 1 个表土临时堆土场（表土堆土场尺寸：长×宽×高=200m×150m×3.5m，堆土坡度为 1:2，堆高 3.5m）。临时堆土场最大堆土容量 8.38 万 m³，临时堆土场面积可满足换流站站区、进站道路区和施工生产生活区剥离表土堆放需求。

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，植生袋呈“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=0.5m×1m×0.5m），挡护长 700m，植生袋装土拦挡工程量为 262.50m³；堆土坡顶、坡面采用密目网苫盖，边缘用植生袋装土压实，表土堆放底部用彩条布铺垫，密目网苫盖面积为 38940m²，彩条布铺垫 30000m²。

——临时排水沟、沉沙池

考虑场地周围局部雨水汇流影响，在站外临时堆土区四周设临时土质排水沟，排水沟末端连接沉沙池，场地内雨水经排水沟汇流后进入沉沙池，经沉沙池沉沙后排至附近自然沟道内，沉沙池定期清淤。

为保障施工期站外临时堆土区排水通畅，本方案考虑在四周修建临时排水沟，排水沟末端设置沉沙池；临时排水沟断面为矩形，断面尺寸为：沟宽×沟深=1.2m×0.8m，

沉沙池为机砖抹面，单个沉沙池的尺寸为：长×宽×深=2.5m×1.2m×1.5m，单个沉沙池容积为 4.5m³。经统计，临时堆土场需设临时排水沟 700m，开挖土石方为 672m³；沉沙池 1 座。

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）、《水土保持工程设计规范》（GB51018－2014），站外临时堆土区临时排水工程按 2 级进行校核，最大汇流面积为 3hm²，设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度参考开封市暴雨强度公式见 5.3-1，φ 取 0.40，汇流面积 0.03km²，q_1 取 2.44，Qm 为 0.49m³/s。

截水沟过流能力校核公式见 3.7-2 和 3.7-3，水力坡度取 0.009，粗糙系数为 0.025，超高按 0.20m 考虑，经计算临时土质排水沟设计排水流量为 1.23m³/s，大于设计洪峰流量 0.49m³/s，满足过流要求。

——临时种草

因本项目施工周期较长，表土堆放时间超过 1 年，因此针对表土堆土进行临时绿化。具体形式为在表土堆土顶部撒播狗牙根和黑麦草草籽，草籽比例为 1：1，撒播密度为 96kg/hm²，撒播面积约 3hm²，共撒播草籽 288kg。

5）站外电源设施区

（a）工程措施

——表土剥离

施工前对站外电源设施区塔基永久占地和电缆沟开挖区域进行表土剥离，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，为原土地利用类型恢复提供条件。表土剥离面积为 0.22hm²，表土剥离量为 0.07 万 m³。

——表土回覆

施工结束后进行表土回覆，回覆量为 0.07 万 m³，回覆厚度 30cm，回覆面积 0.21hm²。

——土地整治（耕地恢复）

为改善施工迹地的理化性质，保证植被生长环境，对占用耕地和草地区域进行土地整治以满足绿化需要，土地整治（耕地恢复）面积为 3.15hm²，土地整治（植被恢复）面积为 0.23hm²。

（b）植物措施

——撒播草籽

施工结束后对可绿化区域采取播撒草籽恢复植被，草籽选择狗牙根和黑麦草，按1:1比例混合播撒，撒播密度为96kg/hm^2，撒播面积为0.23hm^2，共撒播草籽22.08kg。

（c）临时措施

——彩条布铺垫、密目网苫盖

站外电源临时堆土堆放应将表层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4067m^2，密目网苫盖面积为7224m^2。

6）供排水工程区

（a）工程措施

——雨水排水管、八字式排水口

本工程站外雨水排水管线采用DN2000的焊接钢管直埋敷设，排水管线长300m，排水管末端设置八字式排水口1座，以减缓水流速度，降低排水对出水口处的冲刷作用，汇集的雨水最终排入站外西侧跃进干渠。

——表土剥离

站外供排水管线施工前，对管线开挖区域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。表土剥离面积为6.30hm^2，表土剥离量为1.89万m^3。

——表土回覆

施工结束后进行表土回覆，为绿化恢复提供条件。表土回覆量为1.89万m^3，回覆厚度30cm，回覆面积6.30hm^2。

——土地整治（耕地恢复）

工程完工后，通过对扰动的场地进行坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复耕地原有功能。经统计：土地整治（耕地恢复）面积26.76hm^2。

（c）临时措施

——植生袋装土拦挡、彩条布铺垫、密目网苫盖

施工过程中临时土方临时堆放于开挖管线一侧，堆土采用植生袋装土拦挡，拦挡高度0.50m，植生袋呈“品”字分层形堆砌成环状，植生袋拦挡断面为梯形（梯形断面尺寸:上底宽×下底宽×高=0.5m×1m×0.5m），临时堆土场挡护一侧长13298m，共26596m，

植生袋装土拦挡工程量 9974m³。管线在穿越高速公路和干渠时采用在穿越地两侧布设临时施工场地，临时施工场地内布设临时土方场，共布设 5 处临时堆土场，每个堆土场尺寸：长×宽×高=10m×7m×3.5m，堆土坡度为 1:0.5，每个穿越区域临时挡护长 34m，植生袋装土拦挡工程量 12.75m³，穿越区共计需植生袋拦挡 63.75m³。共需植生袋拦挡 10037.75m³。

施工过程中临时堆土区和裸露边坡在雨天或风天采用密目网苫盖，坡脚用重物压盖，表土堆放底部用彩条布铺垫，彩条布铺垫面积共计 95663m²，密目网苫盖面积共 145849m²。

供排水管线在穿越省道、干渠时采用顶管施工的穿越方式，施工期间在施工场地布设泥浆沉淀池，共布设 5 座泥浆沉淀池，每个泥浆池长 6m、宽 6m、深 2.50m，内铺土工布防护，土工布防护面积 1125m²。

7）专项设施迁改区

（a）工程措施

——表土剥离

施工前对专项设施迁改区永久占地中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，为原土地利用类型恢复提供条件。表土剥离面积为 0.01hm²，表土剥离量为 0.01 万 m³。

——表土回覆

施工结束后表土回覆量为 0.01 万 m³，回覆面积 0.01hm²，回覆厚度 30cm。

——土地整治（耕地恢复）

工程完工后，通过对扰动的场地进行坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复耕地原有功能。经统计：土地整治（耕地恢复）面积 0.26hm²。

（b）临时措施

——彩条布铺垫、密目网苫盖

专项设施迁改区临时堆土堆放应将表层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 60m²，密目网苫盖面积为 515m²。

（2）受端接地极

1）汇流装置区

——表土剥离

开工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，施工结束后将表土回覆至电极电缆区，为耕地恢复提供条件。表土剥离面积为0.08hm^2，表土剥离量为0.02万m^3，剥离厚度30cm。

2）电极电缆区

（a）工程措施

——表土剥离

施工前，对开挖面占用耕地的部分进行表土剥离，按30cm的厚度剥离。电极电缆区表土剥离量0.84万m^3，剥离面积2.82hm^2。

——表土回覆

施工结束后将剥离的表土全部回覆至整平后的扰动区用于恢复耕地。表土回覆面积2.82hm^2，回覆量0.87万m^3（其中0.02万m^{3}来自于汇流装置区，0.01万m^{3}来自于检修道路区），回覆厚度31cm。

——土地整治（耕地恢复）

工程完工后，通过对扰动的场地进行坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复耕地原有功能。经统计：土地整治（耕地恢复）面积7.51hm^2。

（b）临时措施

——植生袋装土拦挡、彩条布铺垫、密目网苫盖

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，施工过程中临时土方临时堆放于开挖电缆沟一侧，堆土采用植生袋装土拦挡，植生袋呈“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=0.5m×1m×0.5m），挡护长7400m，植生袋装土拦挡工程量为2775m^3；堆土坡顶、坡面采用密目网苫盖，边缘用植生袋装土压实，表土堆放底部用彩条布铺垫，密目网苫盖面积为26176m^2，彩条布铺垫33403m^2。

3）检修道路区

（a）工程措施

——表土剥离

开工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，施工结束后将表土回覆至电极电缆区，为耕地恢复提供条件。表土剥离面积 0.01hm^2，表土剥离量 0.01 万 m^3。

4）外接电源工程区

（a）工程措施

——表土剥离

施工前，对占用耕地的场地进行表土剥离，按 30cm 的厚度剥离，剥离表土 0.02hm^2、剥离量 0.01 万 m^3。

——表土回覆

施工结束后将剥离的表土全部回覆至整平后的扰动区用于恢复耕地，回覆量 0.01 万 m^3，回覆厚度 31cm，回覆面积 0.01hm^2。

——土地整治（耕地恢复）

工程完工后，通过对扰动的场地进行坑凹回填、翻松土壤、增施有机肥等整治活动，恢复耕地原有功能。经统计：土地整治（耕地恢复）面积 0.06hm^2。

（b）临时措施

——彩条布铺垫、密目网苫盖

施工过程中临时堆土区在雨天或风天采用密目网苫盖，坡脚用重物压盖，表土堆放底部用彩条布铺垫，彩条布铺垫面积共计 110m^2，密目网苫盖面积共 775m^2。

（3）输电线路工程

1）塔基及施工场地区

本工程的输电线路工程全线塔基数量为 1962 基,其中平原区输电线路工程共建设塔基 621 基，占全线塔基比 31.65%。通过与主体设计沟通配合，塔基所在微地貌全部为平地型。下面将简要介绍平地型塔基措施布设和边坡土石方处理方式。

平地型塔位：平地型塔基约为 621 基，占全线塔基比 31.65%。

位于平地型的塔位，由于塔基及附近施工场地较平整，基础浇筑后基坑土石方采取在基面范围内平铺回填堆放处置，平均堆高≤0.3m。余土压实后在塔基基面范围内平铺于塔基基面范围内。施工完毕后回覆预先剥离开挖区域表土并撒草恢复基面植被，基面外的临时用地则根据占地类型分别采取撒草绿化或复耕等措施。

本工程在平原区输电线路工程水保措施量将按照分省统计，其工程量详见 7.7.3 节工程量汇总表。

（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、表土剥离量和表土回覆量分别为：山西境内 4.56hm^2、1.32 万 m^3、1.32m^3；河南境内 21.16hm^2、6.34 万 m^3、6.34 万 m^3。

——土地整治

整治面积：在塔基基础施工后，对塔基及施工场地区林地、草地和其他土地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。耕地恢复：对于塔基施工场地占用耕地和园地区域，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(植被恢复)面积分别为:山西境内 1.93hm^2; 河南境内 1.36hm^2。土地整治（耕地恢复）面积分别为：山西境内 12.40hm^2；河南境内 41.62hm^2。土地整治（园地恢复）面积为：山西境内 2.94hm^2。

（b）植物措施

——穴状整地

在工程完工后对塔基及施工场地区占用的林地进行穴状整地，以满足后期栽植灌木恢复林地的要求。穴状整地规格：穴径 × 坑深为 50cm × 50cm。

经统计，穴状整地个数分别为：山西境内 2610 个；河南境内 1836 个。

——植被恢复

施工结束后，对塔基及施工场地区林地、草地和其他土地区域撒播草籽恢复植被。根据当地自然环境条件，山西境内为紫花苜蓿、草木樨混播，草籽按 1:1 比例混合，河南境内为黑麦草、狗牙根混播，草籽按 1:1 比例混合，根据项目区沿线各地水热条件的实际情况，山西省境内按照撒播密度为 100kg/hm^2，河南省境内按照撒播密度为 80kg/hm^2。水土保持敏感区撒播密度上浮 20%。灌木密度按 1500 株/hm^2，敏感区上浮 20%；乔木密度按 1200 株/hm^2。敏感区上浮 20%。

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：山西境内 1.93hm^2、231.6kg、2610 株、1.45hm^2；河南境内 1.36hm^2、130.56kg、1836 株、1.02hm^2。

（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，主要为表土和基槽余土，塔基及施工场地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，剥离的表土和开挖临时土石不能及时回填，分别集中堆放。

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，接地极线路和迁改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×宽×高=0.8m×0.6m×0.4m，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 1:1.0~1:1.5，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。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。彩条布铺垫面积按照直流线路单塔按 200m^2 考虑，接地极线路和迁改线路单塔平均按

150m^{2}考虑。密目网苫盖面积按直流线路单塔按300m^{2}考虑，接地极线路和迁改线路单塔平均按200m^{2}考虑。

经统计，植生袋拦挡工程量、彩条布铺垫和密目网苫盖工程量分别为：山西境内1028m^3，21100m^2，31500m^2；河南境内3823m^3，92750m^2，134600m^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：山西境内9450m；河南境内40380m。

——泥浆沉淀池

对于塔基位于地下水位较浅及塔位地基属于软土的部分塔位使用灌注桩基础，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，先对塔基及施工场地区剥离表层土，剥离的表层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，施工结束后平铺植生袋，恢复施工场地的表土。

经统计，需要设置泥浆沉淀池的数量分别为：山西境内122座；河南境内469座。

2）牵张场区

（a）工程措施

——土地整治

整治面积：对牵张场区林地、草地和其他土地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。耕地恢复：对于牵张场占用耕地和园地区域，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（植被恢复）面积分别：山西境内1.62hm^2；河南境内0.24hm^2。土地整治（耕地恢复）面积分别为：山西境内3.48hm^2；河南境内14.48hm^2。土地整治（园地恢复）面积为：山西境内0.74hm^2。

（b）植物措施

——穴状整地

在工程完工后对牵张场区占用的林地进行穴状整地，以满足后期栽植灌木恢复林地的要求。穴状整地规格：穴径×坑深为50cm×50cm。

经统计，穴状整地个数分别为：山西境内 2916 个；河南境内 432 个。

——植被恢复

施工结束后，对牵张场区草地和其他土地区域撒播草籽恢复植被，对牵张场区林地采用“灌-草”复合形式恢复植被。草籽撒播密度和灌木栽植密度见 7.6.2（2）植物措施设计标准。

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：山西境内 1.62hm^2、194.4kg、2916 株、1.62hm^2；河南境内 0.24hm^2、23.04kg、432 株、0.24hm^2。

（c）临时措施

——彩条布铺垫

为减少对地表的扰动，在牵张场内铺设一定数量的彩条布用于隔离地表，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，接地极线路和迁改线路单个牵张场彩条布平均铺垫 100m^2。

经统计：彩条布铺垫面积分别为：山西境内 3800m^2；河南境内 11350m^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，严格控制施工扰动范围，避免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（如条件允许，布设铁架围栏亦可）。

经统计：彩条旗围护工程量分别为：山西境内 4020m；河南境内 11740m。

——铺设钢板

为方便机械设备和导线的运输与吊装，在牵张场内规划出施工通道，通道做适当平整后铺设 6mm 厚钢板，钢板的铺设可降低重型机械及车辆对原地貌的扰动。由于现阶段尚不能确定牵张场的位置，根据与主体单位沟通结合实际施工单位经验，直流线路单个牵张场平均铺设钢板 200m^2，接地极线和迁改路单个牵张场平均铺设钢板 100m^2。

经统计：铺设钢板的工程量为：山西境内 5000m^2；河南境内 14400m^2。

3）跨越施工场地区

（a）工程措施

——土地整治

整治面积：对跨越施工场地区占用的林地、草地和其他土地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。耕地恢复：对于跨越施工场地区占用耕地和园地区域，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（植被恢复）面积分别为：山西境内 0.74hm^2；河南境内 0.60hm^2。土地整治（耕地恢复）面积分别为：山西境内 4.89hm^2；河南境内 17.64hm^2。土地整治（园地恢复）面积为：山西境内 0.83hm^2。

（b）植物措施

跨越施工场地施工完成后对原占地类型为草地的区域撒播草籽进行植被恢复，由于跨越施工是在跨越施工场地进行跨越架（竹架）的搭设，只对原地貌进行占压，不砍伐树木，也无开挖土石方，跨越施工一般在一周内施工完毕拆除跨越架，因此本方案对原占地类型为林地和草地的均采取撒播草籽形式恢复原土地利用类型。撒播草籽的种类同塔基及施工场地区。

经统计：撒播草籽面积分别为：山西境内 0.74hm^2、88.8kg；河南境内 0.60hm^2、57.6kg。

（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，严格限制扰动范围，避免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。

经统计：山西境内 8460m；河南境内 28140m。

4）施工道路区

（a）工程措施

本工程施工道路区包括了拓宽施工道路、新修施工道路两部分，其中拓宽道路主要是部分路段乡村道路不能满足施工要求，需进行拓修；新修施工道路主要是为了塔基基础施工和牵张场的进厂道路，新修施工道路长度是根据主体终勘定位确定；施工结束后进行土地整治和耕地恢复。

（a）工程措施

——土地整治

整治面积：对施工道路区占用的林地、草地和其他土地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。耕地恢复：对于施工道路区占用耕地和园地区域，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（植被恢复）面积分别为：山西境内 2.26hm^2；河南境内 1.30hm^2。土地整治（耕地恢复）面积分别为：山西境内 6.63hm^2；河南境内 53.71hm^2。土地整治（园地恢复）面积为：山西境内 1.36hm^2。

（b）植物措施

——穴状整地

在工程完工后对施工道路区占用的林地进行穴状整地，以满足后期栽植灌木恢复林地的要求。穴状整地规格：穴径 × 坑深为 50cm × 50cm。

经统计，穴状整地个数分别为：山西境内 5508 个；河南境内 4212 个。

——植被恢复

施工道路施工完成后进行土地整治，对原占地类型为林地、草地和其他土地区域均撒播草籽进行植被恢复，对原占地类型为林地区域采取“灌-草”或“乔-灌-草”复合形式恢复林地植被，草籽类型、灌木选择以及撒播和栽植密度同塔基及施工场地区。

经统计，撒播草籽面积、草籽量、栽植灌木、栽植乔木和恢复林地面积分别为：山西境内 2.26hm^2、271.2kg、4068 株、1440 株、2.26hm^2；河南境内 1.30hm^2、124.80kg、2340 株、1872 株、1.30hm^2。

（c）临时措施

——铺设钢板

为方便机械设备的运输，部分施工道路经过软弱地基区域，需做适当平整后铺设 6mm 厚钢板，钢板的铺设可降低重型机械及车辆对原地貌的扰动。

经统计：铺设钢板的工程量为：山西境内 3500m^2。

——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，平原区施工道路共设置彩条旗围护。

经统计：山西境内 42560m；河南境内 208400m。

7.7.3. 防治措施工程量汇总

本工程水土保持工程量汇总详见表 7.7-3~表 7.7-8。

1）山丘区

表 7.7-3　送端榆林站水土保持措施工程量汇总表

分　区			措施		单位	工程量
送端榆林站	工程措施	站区	混凝土截排水沟		m	10166
					m^3	892.8
			雨水排水管网		m	15590
			框格植草护坡		m^2	85122
			表土剥离		hm^2	39.16
			土壤改良		万 m^3	2.77
			土地整治（植被恢复）		hm^2	6.66
		进站道路区	雨水排水管		m	800
			八字排水口		座	4
			框格植草护坡		m^2	14000
			混凝土截排水沟		m	4588
					m^3	3800
			表土剥离		hm^2	6.40
			土壤改良		万 m^3	0.33
			土地整治（植被恢复）		hm^2	0.68
		施工生产生活区	表土剥离		hm^2	11.46
			土壤改良		万 m^3	3.44
			土地整治（植被恢复）		hm^2	11.46
		站外电源设施区	表土剥离		hm^2	0.05
			表土回覆		万 m^3	0.01
			土地整治（植被恢复）		hm^2	1.46
		供排水工程区	钢筋混凝土排水管 DN⩾1000		m	355
			跌水沟		m	115
			消力池		座	3
			海漫带		m	115
			表土剥离		hm^2	1.23
			表土回覆		万 m^3	0.25
			土地整治（植被恢复）		hm^2	3.22
		专项设施迁改区	表土剥离		hm^2	0.04
			表土回覆		万 m^3	0.01
			土地整治（植被恢复）		hm^2	0.54
	植物措施	站区	站区绿化		hm^2	4.94
			撒播草籽	撒播面积	hm^2	1.72
				撒播量	kg	206.40
		进站道路区	撒播草籽	撒播面积	hm^2	0.68
				撒播量	kg	81.60
		施工生产生活区	撒播草籽	撒播面积	hm^2	12.57
				撒播量	kg	1508.4

分　区			措施		单位	工程量
		站外电源设施区	撒播草籽	撒播面积	hm^2	1.46
				撒播量	kg	175.20
		供排水工程区	撒播草籽	撒播面积	hm^2	3.22
				撒播量	kg	386.40
		专项设施迁改区	撒播草籽	撒播面积	hm^2	0.54
				撒播量	kg	64.80
	临时措施	站区	植生袋土（石）拦挡		m	470
					m^3	1058
			密目网苫盖		m^2	71420
			临时排水沟		m	3340
					m^3	1252.5
			临时沉沙池		座	3
			洒水降尘		m^3	3600
			泥浆沉淀池		座	3
		进站道路区	密目网苫盖		m^2	3400
			洒水降尘		m^3	720
		施工生产生活区	密目网苫盖		m^2	17940
			临时排水沟		m	1950
					m^3	1950
			临时沉沙池		座	3
		站外电源设施区	彩条布铺垫		m^2	900
			密目网苫盖		m^2	1050
		供排水工程区	彩条布铺垫		m^2	8430
			密目网苫盖		m^2	12645
			泥浆沉淀池		座	1
		专项设施迁改区	彩条布铺垫		m^2	800
			密目网苫盖		m^2	1200

表 7.7-4　送端接地极水土保持措施工程量汇总表

分　区			措施		单位	
送端接地极	工程措施	汇流装置区	表土剥离		hm^2	0.09
		电极电缆区	表土剥离		hm^2	11.40
			表土回覆		万 m^3	2.303
			土地整治（植被恢复）		hm^2	25.52
		检修道路区	表土剥离		hm^2	0.02
			表土回覆		万 m^3	0.001
			土地整治（植被恢复）		hm^2	0.005
		外接电源工程区	表土剥离		hm^2	0.09
			表土回覆		万 m^3	0.02
			土地整治（植被恢复）		hm^2	1.12
	植物措施	电极电缆区	撒播草籽	撒播面积	hm^2	25.52
				撒播量	kg	3062.4
			穴状整地		个	18378
			栽植灌木	栽植面积	hm^2	10.21
				栽植量	株	18378
		检修道路区	撒播草籽	撒播面积	hm^2	0.005
				撒播量	kg	0.6
		外接电源工程区	撒播草籽	撒播面积	hm^2	1.12
				撒播量	kg	134.40
	临时措施	电极电缆区	植生袋土（石）拦挡		m	8214
					m^3	11828
			彩条布铺垫		m^2	61770
			密目网苫盖		m^2	92260
			彩条旗围护		m	6400
		外接电源工程区	彩条布铺垫		m^2	880
			密目网苫盖		m^2	1320

表 7.7-5　山丘区线路工程分省段水土保持措施工程量汇总

措施类型	防治分区	名称		单位	陕西				山西			河南				合计
					直流线路	迁改线路	接地极线路	小计	直流线路	迁改线路	小计	直流线路	迁改线路	接地极线路	小计	
工程措施	塔基及施工场地区	浆砌石护坡		m^3	85			85	3760		3760	120			120	3965
		浆砌石挡渣墙		m^3	40			40	1140		1140	360			360	1540
		浆砌石排水沟		m					1950		1950	80			80	2030
				m^3					2060		2060	64			64	1624
		表土剥离		hm^2	9.61	0.06	2.01	11.68	24.12	0.80	24.92	4.65			4.65	41.25
				万 m^3	2.83	0.02	0.59	3.44	5.55	0.18	5.73	0.94			0.94	10.11
		表土回覆		万 m^3	2.83	0.02	0.59	3.44	5.55	0.18	5.73	0.94			0.94	10.11
		土地平整		hm^2			0.31	0.31								0.31
		土地整治（植被恢复）		hm^2	2.20	0.16	0.43	2.79	58.48	3.36	61.84	14.14			14.14	78.77
		土地整治（耕地恢复）		hm^2	21.69	0.17	3.66	25.52	16.27	1.07	17.34	0.50			0.50	43.36
		土地整治（园地恢复）		hm^2	11.19		1.09	12.28	9.51		9.51					21.79
		草方格沙障		m^2			3100	3100								3100
	牵张场区	表土剥离		hm^2	1.05	0.01	0.04	1.10	1.56	0.84	2.40	0.15			0.15	3.65
				万 m^3	0.31	0.003	0.01	0.32	0.37	0.18	0.55	0.03			0.03	0.90
		表土回覆		万 m^3	0.31	0.003	0.01	0.32	0.37	0.18	0.55	0.03			0.03	0.90
		土地整治（植被恢复）		hm^2	0.61			0.61	13.75	1.37	15.12	2.16			2.16	17.89
		土地整治（耕地恢复）		hm^2	10.46	0.12	0.39	10.97	4.66	0.15	4.81					15.78
		土地整治（园地恢复）		hm^2	4.05		0.07	4.12	2.23		2.23					6.35
	跨越施工场地	土地平整		hm^2			0.11	0.11								0.11
		土地整治（植被恢复）		hm^2	1.29		0.11	1.40	7.92	0.32	8.24	0.26			0.26	9.90
		土地整治（耕地恢复）		hm^2	3.00		2.42	5.42	3.53	0.48	4.01	0.02			0.02	9.45
		土地整治（园地恢复）		hm^2	5.53		0.76	6.29	1.69		1.69					7.98
	施工道路区	表土剥离		hm^2	2.75	0.10	2.10	4.95	15.67	4.93	20.60	0.94			0.94	26.49
				万 m^3	0.81	0.03	0.62	1.46	3.60	1.17	4.77	0.20			0.20	6.43
		表土回覆		万 m^3	0.81	0.03	0.62	1.46	3.60	1.17	4.77	0.20			0.20	6.43
		土地平整		hm^2			1.18	1.18								1.18
		土地整治（植被恢复）		hm^2	1.84	0.14	1.69	3.67	85.18	3.91	89.09	6.69			6.69	99.45
		土地整治（耕地恢复）		hm^2	22.94	0.55	17.63	41.12	20.92	2.06	22.98	0.07			0.07	64.17
		土地整治（园地恢复）		hm^2	8.93		5.35	14.28	11.57		11.57					25.85
		草方格沙障		m^2			11800	11800								11800
植物措施	塔基及施工场地区	穴状整地		个	3132	288	342	3762	73584	4950	78534	17442			17442	99738
		撒播草籽	撒播面积	hm^2	2.20	0.16	0.43	2.79	58.48	3.36	61.84	14.14			14.14	78.77
			撒播量	kg	316.80	23.04	61.92	401.76	7017.60	403.20	7420.80	1357.44			1357.44	9180.00
		恢复林地	恢复面积	hm^2	1.74	0.16	0.19	2.09	40.88	2.75	43.63	9.69			9.69	55.41
			栽植灌木量	株	3132	288	342	3762	73584	4950	78534	17442			17442	99738
			幼林抚育	hm^2	1.74	0.16	0.19	2.09	40.88	2.75	43.63	9.69			9.69	55.41
	牵张场区	穴状整地		个	1098			1098	23328	2466	25794	3888			3888	30780
		撒播草籽	撒播面积	hm^2	0.61			0.61	13.75	1.37	15.12	2.16			2.16	17.89
			撒播量	kg	87.84			87.84	1650.00	164.40	1814.40	207.36			207.36	2109.60

		恢复林地	恢复面积	hm^2	0.61			0.61	12.96	1.37	14.33	2.16			2.16	17.10
			栽植灌木量	株	1098			1098	23328	2466	25794	3888			3888	30780
			幼林抚育	hm^2	0.61			0.61	12.96	1.37	14.33	2.16			2.16	17.10
	跨越施工场地	撒播草籽	撒播面积	hm^2	1.29		0.11	1.40	7.92	0.32	8.24	0.26			0.26	9.90
			撒播量	kg	185.76		15.84	201.60	950.40	38.40	988.80	24.96			24.96	1215.36
	施工道路区	穴状整地		个	3211	252	2340	5803	221537	6775	228312	15210			15210	249325
		撒播草籽	撒播面积	hm^2	1.84	0.14	1.69	3.67	85.18	3.91	89.09	6.69			6.69	99.45
			撒播量	kg	264.96	20.16	243.36	528.48	10221.60	120.00	10341.60	642.24			642.24	11512.32
		恢复林地	恢复面积	hm^2	1.84	0.14	1.30	3.28	81.46	3.91	85.37	6.69			6.69	95.34
			栽植灌木量	株	2808	252	2340	5400	146628	5724	152352	12042			12042	169794
			栽植乔木	株	403			403	74909	1051	75960	3168			3168	79531
			幼林抚育	hm^2	1.84	0.14	1.30	3.28	81.46	3.91	85.37	6.69			6.69	95.34
临时措施	塔基及施工场地区	植生袋土（石）填筑		m^3	4125	55	940	5120	6075	200	6275	1680			1680	13075
		植生袋土（石）拆除		m^3	4125	55	940	5120	6075	200	6275	1680			1680	13075
		彩条布铺垫		m^2	55000	1650	28200	84850	81000	6000	87000	22400			22400	194250
		密目网苫盖		m^2	104500	3960	52640	161100	176140	11920	188060	42560			42560	391720
		彩条旗围护		m	24750	660	11280	36690	36450	2400	38850	10080			10080	85620
		泥浆沉淀池		座			2	2								2
	牵张场区	彩条布铺垫		m^2	8700	100	2200	11000	7350	800	8150	1350			1350	20500
		密目网苫盖		m^2	11600	150	3300	15050	9800	1200	11000	1800			1800	27850
		钢板铺设		m^2	9280	90	1980	11350	9800	800	10600	1440			1440	23390
		彩条旗围护		m	11600	100	2200	13900	7840	720	8560	1800			1800	24260
	跨越施工场地	彩条旗围护		m	9660		5100	14760	13620	1260	14880	420			420	30060
	施工道路区	植生袋土（石）填筑		m^3	8100	300	6200	14600	36000	11700	47700	2000			2000	64300
		植生袋土（石）拆除		m^3	8100	300	6200	14600	36000	11700	47700	2000			2000	64300
		临时排水沟		m	4590	170	3672	8432	8832	903	9735	1540			1540	19707
				m^3	620	23	496	1139	1192	122	1314	208			208	2661
		素土夯实		m^3	496	23	496	1015	1192	122	1314	208			208	2537
		密目网苫盖		m^2	91800	3400	73440	168640	352500	24060	376560	30800			30800	576000

2）平原区

表 7.7-6　受端换流站水土保持措施工程量汇总表

防治分区			措施名称	单位	数量
受端换流站	工程措施	站区	地下雨水管网*	m	2300
			表土剥离	hm^2	19.71
			表土回覆	万 m^3	4.35
			土地整治（植被恢复）	hm^2	7.56
		进站道路区	表土剥离	hm^2	1.20
			表土回覆	万 m^3	0.20
			土地整治（植被恢复）	hm^2	0.46
		施工生产生活区	表土剥离	hm^2	7
			表土回覆	万 m^3	3.23
			土地整治（耕地恢复）	hm^2	7
		站外临时堆土区	表土回覆	万 m^3	0.60
			土地整治（耕地恢复）	hm^2	3
		站外电源设施区	表土剥离	hm^2	0.22
			表土回覆	万 m^3	0.07
			土地整治（耕地恢复）	hm^2	3.15
			土地整治（植被恢复）	hm^2	0.23
		供排水工程区	排水管 DN2000*	m	300
			八字式排水口*	座	1
			表土剥离	hm^2	6.30
			表土回覆	万 m^3	1.89
			土地整治（耕地恢复）	hm^2	26.76
		专项设施迁改区	表土剥离	hm^2	0.01
			表土回覆	万 m^3	0.01
			土地整治（耕地恢复）	hm^2	0.26
	植物措施	站区	站区绿化*	hm^2	7.26
			撒播草籽	hm^2	0.30
		进站道路区	植草护坡*	hm^2	0.46
		站外电源设施区	撒播草籽	hm^2	0.23
	临时措施	站区	植生袋装土拦挡	m	1124
				m^3	421.5
			密目网苫盖	m^2	43200
			临时排水沟	m	1124
				m^3	1168.96
			临时沉沙池	座	4
			洒水降尘	m^3	3600
		进站道路区	临时苫盖	m^2	4600
			洒水降尘	m^3	720
		施工生产生活区	临时排水沟	m	1100
				m^3	1056
			临时沉沙池	座	4

防治分区			措施名称	单位	数量
		站外临时堆土区	植生袋装土拦挡	m	700
				m^3	262.50
			彩条布铺垫	m^2	30000
			密目网苫盖	m^2	38940
			临时排水沟	m	700
				m^3	672
			临时沉沙池	座	1
			临时种草	hm^2	3
		站外电源设施区	彩条布铺垫	m^2	4067
			密目网苫盖	m^2	7224
		供排水工程区	植生袋装土拦挡	m	26766
				m^3	10037.75
			彩条布铺垫	m^2	95663
			密目网苫盖	m^2	145849
			泥浆沉淀池	座	5
		专项设施迁改区	彩条布铺垫	m^2	60
			密目网苫盖	m^2	515

表 7.7-7　受端接地极水土保持措施工程量汇总表

防治分区			措施名称	单位	数量
受端接地极	工程措施	汇流装置区	表土剥离	hm^2	0.08
		电极电缆区	表土剥离	hm^2	2.82
			表土回覆	万 m^3	0.87
			土地整治（耕地恢复）	hm^2	7.51
		检修道路区	表土剥离	hm^2	0.01
		外接电源工程区	表土剥离	hm^2	0.02
			表土回覆	万 m^3	0.01
			土地整治（耕地恢复）	hm^2	0.06
	临时措施	电极电缆区	植生袋装土拦挡	m	7400
				m^3	2775
			彩条布铺垫	m^2	33403
			密目网苫盖	m^2	26176
		外接电源工程区	彩条布铺垫	m^2	110
			密目网苫盖	m^2	775

表 7.7-8　平原区线路工程水土保持措施工程量汇总表

措施类型	防治分区	名称		单位	山西			河南				合计
					直流线路	迁改线路	小计	直流线路	迁改线路	接地极线路	小计	
工程措施	塔基及施工场地区	表土剥离		hm^2	4.51	0.05	4.56	15.74	0.23	5.19	21.16	25.72
				万 m^3	1.30	0.02	1.32	4.71	0.07	1.56	6.34	7.66
		表土回覆		万 m^3	1.30	0.02	1.32	4.71	0.07	1.56	6.34	7.66
		土地整治		hm^2	1.93		1.93	1.36			1.36	3.29
		耕地恢复		hm^2	12.24	0.16	12.4	32.78	1.19	7.65	41.62	54.02
		园地恢复		hm^2	2.94		2.94					2.94
	牵张场区	土地整治		hm^2	1.62		1.62	0.24			0.24	1.86
		耕地恢复		hm^2	3.40	0.08	3.48	13.68	0.36	0.44	14.48	17.96
		园地恢复		hm^2	0.74		0.74					0.74
	跨越施工场地	土地整治		hm^2	0.70	0.04	0.74	0.60			0.60	1.34
		耕地恢复		hm^2	4.89		4.89	10.84	0.04	6.76	17.64	22.53
		园地恢复		hm^2	0.83		0.83					0.83
	施工道路区	土地整治		hm^2	2.26		2.26	1.30			1.30	3.56
		耕地恢复		hm^2	6.63		6.63	32.29	0.87	20.55	53.71	60.34
		园地恢复		hm^2	1.36		1.36					1.36
植物措施	塔基及施工场地区	穴状整地		个	2610		2610	1836			1836	4446
		撒播草籽	撒播面积	hm^2	1.93		1.93	1.36			1.36	3.29
			撒播量	kg	231.60		231.6	130.56			130.56	362.16
		恢复林地	恢复面积	hm^2	1.45		1.45	1.02			1.02	2.47
			栽植灌木量	株	2610		2610	1836			1836	4446
			幼林抚育	hm^2	1.45		1.45	1.02			1.02	2.47
	牵张场区	穴状整地		个	2916		2916	432			432	3348
		撒播草籽	撒播面积	hm^2	1.62		1.62	0.24			0.24	1.86
			撒播量	kg	194.40		194.4	23.04			23.04	217.44
		恢复林地	恢复面积	hm^2	1.62		1.62	0.24			0.24	1.86
			栽植灌木量	株	2916		2916	432			432	3348
			幼林抚育	hm^2	1.62		1.62	0.24			0.24	1.86
	跨越施工场地	撒播草籽	撒播面积	hm^2	0.70	0.04	0.74	0.60			0.60	1.34
			撒播量	kg	84.00	4.80	88.8	57.60			57.60	146.4
	施工道路区	穴状整地		个	5508		5508	4212			4212	9720
		撒播草籽	撒播面积	hm^2	2.26		2.26	1.30			1.30	3.56
			撒播量	kg	271.20		271.2	124.80			124.80	396.00
		恢复林地	恢复面积	hm^2	2.26		2.26	1.30			1.30	3.56
			栽植灌木量	株	4068		4068	2340			2340	6408
			栽植乔木	株	1440		1440	1872			1872	3312
			幼林抚育	hm^2	2.26		2.26	1.30			1.30	3.56
临时措施	塔基及施工场地区	植生袋土（石）填筑		m^3	1010	18	1028	3180	100	543	3823	4851
		植生袋土（石）拆除		m^3	1010	18	1028	3180	100	543	3823	4851
		彩条布铺垫		m^2	20200	900	21100	63600	2000	27150	92750	145650
		密目网苫盖		m^2	30300	1200	31500	95400	3000	36200	134600	134300
		彩条旗围护		m	9090	360	9450	28620	900	10860	40380	49830
		泥浆沉淀池		座	122		122	308		161	469	591
	牵张场区	彩条布铺垫		m^2	3600	200	3800	8700	450	2200	11350	15150
		彩条旗围护		m	3840	180	4020	9280	480	1980	11740	15760
		钢板铺设		m^2	4800	200	5000	11600	600	2200	14400	19400
	跨越施工场地	彩条旗围护		m	8460		8460	17940	60	10140	28140	36600
	施工道路区	钢板铺设		m^2	3500		3500					3500
		彩条旗围护		m	42560		42560	134600	3800	70000	208400	250960

7.8. 施工组织

7.8.1. 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。

7.8.2. 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。塔基及施工场地区、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。

7.8.3. 主要水土保持工程施工方法与施工工艺

7.8.3.1. 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层土，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，表土剥离的厚度按 20cm ~ 30cm。

（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。

（6）表土回覆

土地平整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，表土回覆厚度按 20cm ~ 50cm 的标准。

7.8.3.2. 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，不得无浆直按贴靠，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，砂浆应分次向缝内填塞密实；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。

7.8.3.3. 排水沟工程

浆砌石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。

7.8.3.4. 挡渣墙工程

浆砌石砌筑采用坐浆法，先铺砂浆在砌，无架空、通缝、叠砌现象，达到平整、稳定、密实、错缝及设计高程等要求，参照主体设计。

1）测量放线

采用经纬仪、水准仪对挡渣墙的主要四大角轴线相关尺寸进行测量放线。根据测量放线结果设置定位桩，采用外控轴线向设计轴线量取。采用水准仪对开挖部位的原始地貌进行复测，并做好记录。用石灰洒出开挖线，进行基础开挖。

2）清基挖土

土方开挖采用挖掘机及自卸车配合进行，由边到中，自上而下，分层循序进行取土。当开挖到接近路基设计顶面时，根据土质情况注意预留碾压沉落高度，严防超挖。挖土过程中，基底工作面按设计保持一定的纵、横坡度。

3）浆砌石挡墙

墙体施工严格按《水电工程施工组织设计规范》NB/T 10491-2021、《砌石坝设计规范》（SL 25-2006）、《水工建筑物荷载设计规范》（SL 744-2016）、《水工建筑物抗震设计标准》（GB 51247-2018）执行。

7.8.3.5. 土地整治工程

土地整治时先清除表层块石、杂物等，再翻耕 100~200mm，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。在工程完工后对栽植灌木恢复林地的区域进行穴状整地，穴状整地规格：穴径 × 坑深为 50cm × 50cm。

7.8.3.6. 耕地恢复

复耕应将按照《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，复耕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≤1.4g/cm^3，砾石含量≤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、配合施肥的复耕方案以保持土壤具有较好的肥力，以利后期作物生长。

7.8.3.7. 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 5 月 ~ 10 月。

撒播：把种子尽可能均匀地撒在地表松土表面并耧耙覆土。

陕西境内采用紫花苜蓿、草木樨，撒播密度 100kg/hm^2，敏感区考虑补植补种，撒播密度提高 20%，撒播密度 120kg/hm^2，播种深度：2cm；山西境内采用紫花苜蓿、草木樨，撒播密度 100kg/hm^2，敏感区考虑补植补种，撒播密度提高 20%，撒播密度 120kg/hm^2，播种深度：2cm；河南境内采用黑麦草、狗牙根，种子比例均为 1:1，撒播密度 80kg/hm^2，敏感区考虑补植补种，撒播密度提高 20%，撒播密度 96kg/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踩踏致死，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。

7.8.3.8. 乔、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 5 月 ~ 10 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。坑的规格为 50×40×40cm。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，陕西境内乔、灌木选择侧柏、紫穗槐；山西境内选择油松和荆条；河南境内选择刺槐、胡枝子。

栽植密度：乔木种植密度为 1200 株/hm^2，敏感区内栽植密度提高 20%。灌木种植密度为 1500 株/hm^2，敏感区内栽植密度提高 20%。

（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、硫酸二氢铵等含氮高的化肥。

7.8.3.9. 密目网苫盖、彩条布苫盖、植生袋拦挡

密目网和彩条布就近购买。临时堆放的细颗粒土石料，为了避免裸露，在顶部及四周采用密目网苫盖进行防护，人工将密目网边缘用细铁丝缝合连接在一起。为防止山丘区和风积沙漠区开挖土方顺坡溜，人工用植生袋装土后在临时堆土下边坡进行拦挡，高度约 1m。密目网拆除时，先拆除装土植生袋，分片折网，叠好后回收待用。

为了避免对原地貌进行扰动，在临时堆放材料底部采取彩条布铺垫措施。施工后期，拆除密目网苫盖、彩条布铺垫，将密目网、彩条布分片折叠，叠好后回收。

7.8.3.10. 水土保持敏感区内的水土保持施工方法

（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。

（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。

（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。

（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。

（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土地利用类型生态条件。

7.8.4. 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《开发建设项目水土保持设施验收技术规程》（GB/T22490-2008）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。

7.8.5. 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表 7.8-1。

表 7.8-1　本工程水土保持措施施工进度表

防治分区		措施类型	措施名称	2026 年		2027 年						2028 年				
				10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
主体工程																
送端榆林站	站区	工程措施	雨水排水管													
			表土剥离、混凝土截排水沟、框格植草护坡													
			土壤改良、土地整治													
		植物措施	站区前绿化、撒播草籽													
		临时措施	植生袋装土（石）拦挡、密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池、泥浆沉淀池													
	进站道路区	工程措施	表土剥离、雨水排水管、八字排水口、混凝土截排水沟、框格植草护坡													
			土壤改良、土地整治													
		植物措施	撒播草籽													
		临时措施	密目网苫盖													
	施工生产生活区	工程措施	表土剥离													
			土壤改良、土地整治													
		植物措施	撒播草籽													
		临时措施	密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池													
	站外电源设施区	工程措施	表土剥离													
			表土回覆、土地整治													
		植物措施	撒播草籽													
		临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖													
	供排水工程区	工程措施	表土剥离、钢筋混凝土排水管、跌水沟、消力池、海漫带													
			表土回覆、土地整治													
		植物措施	撒播草籽													
		临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖、泥浆沉淀池													
	专项设施迁改区	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	2026 年		2027 年						2028 年				
				10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
		植物措施	撒播草籽													
		临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖													
送端接地极	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													
		植物措施	穴状整地、撒播草籽、栽植灌木													
		临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫													
	检修道路区	工程措施	表土剥离、土地整治													
		植物措施	撒播草籽													
	外接电源工程区	工程措施	表土剥离													
			表土回覆、土地整治													
		植物措施	撒播草籽													
		临时措施	密目网苫盖、彩条布铺垫													
受端换流站	站区	工程措施	雨水排水管													
			表土剥离													
			表土回覆、土地整治													
		植物措施	站区前绿化、撒播草籽													
		临时措施	植生袋装土（石）拦挡、密目网苫盖、临时排水沟、临时沉沙池													
	进站道路区	工程措施	表土剥离													
			表土回覆、土地整治													
		植物措施	植草护坡													
	站外电源设施区	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	彩条布铺垫、密目网苫盖													
	供排水工程区	工程措施	表土剥离、排水管、八字式排水口													
			表土回覆、耕地恢复													

防治分区		措施类型	措施名称	2026 年		2027 年						2028 年				
				10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
		临时措施	植生袋装土（石）拦挡、彩条布铺垫、密目网苫盖、泥浆沉淀池													
	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、临时沉沙池													
	站外临时堆土区	工程措施	表土回覆、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、临时沉沙池													
	专项设施迁改区	工程措施	表土剥离													
		临时措施	表土回覆、耕地恢复													
			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、耕地恢复													
		临时措施	植生袋装土拦挡、密目网苫盖、彩条布铺垫													
	检修道路区	工程措施	表土剥离													
	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	密目网苫盖、彩条布铺垫													
线路工程	塔基及施工场地区	工程措施	表土剥离、浆砌石护坡、浆砌石挡渣墙、浆砌石排水沟及消能措施													
			表土回覆、土地平整、土地整治、耕地恢复、园地恢复、草方格沙障													
		植物措施	穴状整地、撒播草籽、恢复林地													
		临时措施	植生袋装土填筑和拆除、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、园地恢复													

防治分区		措施类型	措施名称	2026 年		2027 年						2028 年				
				10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
		植物措施	穴状整地、撒播草籽、恢复林地													
		临时措施	彩条布铺垫、密目网苫盖、铺设钢板、彩条旗围护													
	跨越施工场地区	工程措施	土地平整、土地整治、耕地恢复、园地恢复													
		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	表土剥离													
			表土回覆、土地平整、土地整治、耕地恢复、园地恢复、草方格沙障													
		植物措施	穴状整地、撒播草籽、恢复林地													
		临时措施	植生袋装土填筑和拆除、临时排水沟、彩条旗围护、铺设钢板													

注：

主体工程：

工程措施：

临时措施：

植物措施

8 水土保持监测

本工程的水土保持监测按照《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。

8.1. 监测范围和时段

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、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，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。本工程监测时段从2026年10月开始，止于2029年12月，以每年6月~9月（雨季）、11月~次年2月（风季）为重点监测时段。

8.2. 内容、方法与频次

8.2.1. 监测内容

根据《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T51240-2018）、《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），本工程监测内容主要包括水土流失影响因素监测、项目施工全过程各阶段扰动土地情况监测、水土流失状况监测、水土流失防治成效监测、水土流失危害监测等。

水土流失影响因素应重点监测包括气象水文、地形地貌、地表组成物质、植被等自然影响因素。

扰动土地情况监测方面，应重点监测实际发生的永久和临时占地、扰动地表植被面积、土石方挖填情况、永久和临时弃渣量及变化情况等，本工程无取土场及弃土场，但需对临时堆土的占地面积及堆放方式进行监测。

在水土流失状况方面，应重点监测水土流失类型、形式、面积、分布、强度及变化情况等。

水土流失防治成效监测的内容包括：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。水土流失危害监测的内容包括：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；生产建设项目造成的沙化、崩塌、滑坡、

泥石流等灾害；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；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。在工程开工建设之前，应对项目区土壤侵蚀背景值进行监测；在大暴雨、特大暴雨、泥石流等自然灾害后应进行重大水土流失事件监测，事发后一周内上报地方水行政主管部门。

8.2.2. 监测方法与频次

8.2.2.1. 监测方法

根据“关于印发《生产建设项目水土保持监测规程（试行）》的通知”（办水保〔2015〕139号）、《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T51240-2018）和《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》（办水保〔2020〕161号），本工程主要采用地面观测、调查监测及资料分析、巡查监测、无人机低空遥感监测和卫星遥感监测相结合的方式进行监测。

本工程选取换流站站区、临时堆土场及接地极汇流装置区、电极电缆区为典型的长时间保留定点监测点，进行驻点监测，并对重点塔基及施工区作定点监测，其他点位以调查巡查监测为主。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）地面观测

根据项目建设区实际情况设置定位观测点，主要采用简易径流小区法、侵蚀沟法、测钎法、集沙池法监测。

1）简易径流小区法

主要针对换流站站区及施工期较长的大跨越塔基，选择具有代表性，且交通方便、观测便利的土质稳定坡面，简易径流小区面积可根据坡面情况布设，面积不应小于10m^2，形状宜采用矩形，径流小区四周设置水泥板或金属板等截水墙围成矩形，边墙高出地面10~20cm，埋入地下20~30cm，小区底端修建集流槽，通过集流管连接沉沙池，沉沙池采用高标号水泥抹面。沉沙池出口排水沟用Φ25mmPVC管，施工完毕后用棉砂堵塞，PVC管接边坡下游的排水沟。按照设计频次或每次降雨后测量泥沙集蓄设施中的泥沙量，然后计算土壤流失量。

2）侵蚀沟法

在具有一定坡度的坡面上，重点监测边坡的水蚀量，量测坡面形成初期的坡度、坡长、地面组成物质、容重等，每次降雨后对选定坡面上的侵蚀沟数量、深度、长度进行量测，测算出侵蚀沟的体积，计算得出沟蚀量。

3）测钎法

测钎法可适用于开挖、填筑和堆弃形成的、以土质为主的稳定坡面土壤流失简易监测，于本工程中可应用于山丘区塔基水土流失量监测。按照每月1次的频次观测钉帽距地面的高度变化，通过测量观测区土壤容重、坡面面积、坡面坡度及土壤流失厚度计算出坡面土壤流失量。

4）集沙池法

结合本工程换流站站区、站外临时堆土区及施工生产生活区排水沟末端的沉沙池，可采用集沙池法，定期观测清理沉沙池土石物质，晾干称重，求得土壤流失量。

水力侵蚀定位观测应对下垫面土壤的含水量、紧实度等理化性质进行相应的观测。

5）风蚀盘法

风蚀盘法用于估算区域风蚀量，在风蚀季定期测一次风蚀量，从而定量统计区域内风蚀强度。结合本工程榆林市风蚀区域，可采用风蚀盘法，定期测量出该区域防治责任范围内土壤流失量。

施工阶段地面观测法重点针对换流站站区、进站道路区、站外临时堆土场、输电线路塔基及施工场地区的土壤侵蚀强度、水土流失状况进行监测；施工完成后，地面观测法重点对各区域土壤侵蚀强度、土壤流失控制比达标情况进行监测。

（2）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、填方数量及堆放面积

采用查阅设计文件资料，沿扰动边际进行跟踪作业，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土石方数量及堆放面积。人工开挖与填方边坡坡度等采用地形测量法。施工完成后，重点关注开挖土方是否完成回填，场地是否平整。

3）项目区林草覆盖度

施工前采用抽样调查、测量等方法，选择有代表性的地块，分别确定项目区原地貌调查地样方，并进行现场测量和计算。土建施工结束后，通过样方调查的方式，确定林

草植被恢复情况。

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，按照《水土保持监测技术规程》（SL277-2002）中规定的方法，并参照相关规定进行调查，在施工完成后，定期赴工程现场开展调查监测，对措施的稳定性、完好程度、质量及运行情况进行跟踪调查。

植物措施主要调查林草的成活率、保存率、生长发育情况及其林草覆盖率的变化。

5）水土流失防治效果

施工期重点关注临时拦挡、临时苫盖等临时措施的防护效果，确定施工期渣土防护率等指标达标情况。施工完成后，通过面积量测、样方调查等方式，确定扰动土地迹地恢复情况。

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。

（3）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。

（4）遥感监测

本工程属于点+线型工程，施工作业面较分散，项目区占地和扰动地表面积、防治责任范围变化情况、林草植被恢复情况等可在现场调查的基础上辅以无人机低空遥感监测和卫星遥感监测进行分析统计。完成遥感数据处理、应用分析最终获得项目区的遥感影像资料，全面、直观地对项目区施工动态进行监测。

①无人机低空遥感监测

适用于大面积、长距离的线性项目，通过对项目区高分辨率遥感影像的解译，能够及时、快速、客观、周期性地获取水土保持相关信息。利用遥感技术监测建设项目地表扰动、水土保持措施布局、水土流失面积、水土流失强度及分布等内容。

无人机遥感监测主要利用先进的无人驾驶飞行器技术、遥感传感器技术、遥测遥控技术、通讯技术、GPS 差分定位技术和遥感应用技术，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。

②卫星遥感片监测

在监测过程中每季度各拍摄1期卫星遥感图像。完成遥感数据处理、应用分析最终获得项目区的遥感影像资料，全面、直观地对项目区施工动态进行监测。

水土保持遥感监测工作应按资料准备、遥感影像选择与预处理、解译标志建立、信息提取、野外验证、分析评价和成果资料管理等程序。资料准备时，应选择性地搜集已有成果资料，至少包括项目区地形图、土地利用状况、地貌、土壤、植被、水文、气象、水土流失防治等资料。开展各比例尺的水土保持适感监测的大地基准应按GB/T22021-2008中4.1的要求，采用CGCS2000国家大地坐标系统；高程基准应按GB/T22021-2008 中5.1的要求，采用1985国家高程基准。水土保持遥感监测成果比例尺参照GB/T13989-2012规定的国家基本比例尺地形图系列执行，项目监测成果比例尺不小于1：10000。水土保持遥感监测工作应按资料准备、遥感影像选择与预处理、解译标志建立、信息提取、野外验证、分析评价和成果资料管理等程序进行。前期资料准备时，应选择性地搜集已有成果资料，至少包括项目区地形图、土地利用状况、地貌、土壤、植被、水文、气象、水土流失防治等资料。航拍影像选择应有不小于影像宽度1%的重叠，分辨率不低于2.5m。航拍影像经预处理和解译标准建立后，进行水土保持信息提取。提取信息包括：土壤侵蚀因子（土地利用、植被覆盖度、坡度坡长、降雨侵蚀力、地表组成物质、水土保持措施等）、土壤侵蚀类型等。信息提取结束后，进行野外验证。野外验证主要内容包括：①解译标志检验；②信息提取成果验证；③解译中的疑、难点以及需要补充的解译标志验证；④与现有资料对比有较大差异的解译成果验证。野外验证可采用抽样调查的方法进行。验证内容为航拍影像提取的土壤侵蚀因子和土壤侵蚀类型信息。野外验证应根据实际情况修改补充解译标志，并根据新建立的解译标志进行校核修改解译结果。在遥感解译、野外验证工作完成后，应进行资料的整理和综合分析，并按对应的工作阶段形成文字报告。

（6）资料分析法

项目区地形、地貌、植被、气象、水文、土地利用、水土流失等水土保持背景值可在实地调查的基础上，收集当地已有资料进行分析。施工过程中的扰动地表面积、土石方量、水土保持措施实施数量等依据工程设计资料、监理资料并结合现场实地调查确定。项目施工、运行阶段的水土保持措施管理、水土流失防治、各级水行政主管部门监督检查情况，主要利用资料分析法收集相关资料进行统计。在项目建设过程中，还要采用询问法向周边群众咨询，掌握本项目对当地及周边地区的影响和危害情况。

8.2.2.2. 监测频次

根据《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T 51240-2018）、《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），监测频次应符合:

（1）水土流失影响因素情况

扰动土地情况应至少每月监测 1 次，全过程记录防护措施实施情况。

气象因子每月 1 次，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。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

水土流失状况应至少每月监测 1 次，发生强降水等情况后应及时加测。

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、应不少于每月 1 次，遇暴雨、大风等应加测。土壤流失面积、土壤流失量潜在土壤流失量监测精度不小于 90%。地表扰动情况点式项目每月监测 1 次；线型项目全线巡查每季度不少于 1 次，典型地段每月 1 次。

（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表 8.2-1。

表 8.2-1　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。	采用调查、资料分析、遥感监测的方法	气象因子每月 1 次，扰动土地情况应至少每月监测 1 次，全过程记录防护措施实施情况。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。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、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、资料分析的方法	水土流失状况应至少每月监测 1 次，发生强降水等情况后应及时加测。 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、应不少于每月 1 次，遇暴雨、大风等应加测。土壤流失面积、土壤流失量潜在土壤流失量监测精度不小于 90%。	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，提出意见，编写监测季度和年度报告。

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。	采用地面观测、实地量测、资料分析、遥感监测的方法	水土流失危害事件发生后1周内完成监测工作。	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。	1、工程建设前，根据水土保持方案，监测防治责任范围内水土流失面积。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。	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。

8.3. 点位布设与监测设施

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，确定本工程设置水土流失重点监测点位 149 处，包括 36 个固定监测点和 113 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及接地极、输电线路沿线典型的塔基及施工场地区、施工道路、牵张场、跨越施工场地等区域。

表 8.3-1　水土保持监测点位布设表

行政区划		监测点位		数量	备注
陕西省	横山区	送端榆林站	站区	2	固定监测点
			进站道路区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			施工生产生活区	1	固定监测点
			供排水工程区	1	巡查监测点
			站外电源设施区	1	巡查监测点
			专项设施迁改区	1	巡查监测点
		线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	靖边县	送端接地极	汇流装置区	1	固定监测点
			电极电缆区	1	固定监测点
			检修道路区	1	巡查监测点
			外接电源工程区	1	巡查监测点
		线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	米脂县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	子洲县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点

行政区划		监测点位		数量	备注
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	绥德县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	清涧县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
山西省	石楼县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	中阳县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	交口县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	孝义市	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	汾阳市	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	介休市	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点

行政区划		监测点位		数量	备注
			施工道路区	1	巡查监测点
	平遥县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	武乡县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	沁县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	襄垣县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	潞城区	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	平顺县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
河南省	林州市	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	卫辉市	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点

行政区划		监测点位		数量	备注
	延津县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	封丘县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	祥符区	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	杞县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	太康县	线路工程	塔基及施工场地区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			牵张场区	1	巡查监测点
			跨越施工场地区	1	巡查监测点
			施工道路区	1	巡查监测点
	杞县	受端换流站	站区	2	固定监测点
			进站道路区	1	巡查监测点
			施工生产生活区	1	巡查监测点
			站外临时堆土区	2	1 个固定监测点，1 个巡查监测点
			站外电源设施区	1	巡查监测点
			专项设施迁改区	1	巡查监测点
			供排水工程区	1	巡查监测点
	太康县	受端接地极	汇流装置区	1	固定监测点
			电极电缆区	1	固定监测点
			检修道路区	1	巡查监测点
			外接电源工程区	1	巡查监测点
合计				149	

8.4. 实施条件和成果

8.4.1. 实施条件

（1）监测设施

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，用红外线（激光）测距仪对防治责任范围、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。

（2）监测人员配置

本工程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工程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详见表 8.4-1。

表 8.4-1　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	陕西省	5	2	2	1
2	山西省	6	2	2	1
3	河南省	5	2	2	1
合计		16	6	/	/

8.4.2. 监测成果

监测成果应包括监测实施方案、监测记录表、监测意见、监测季度报告、水土保持监测总结报告、相关监测图件、影像资料。

（1）监测实施方案应根据实际情况，结合水土保持方案合理确定监测重点及计划。

（2）监测季度报告客观反映工程施工过程中水土保持监测情况，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。

（3）水土保持监测总结报告应内容全面、数据真实、重点突出、结论客观。报告包括以下内容：①建设项目及水土保持工作概况。包括项目建设概况、水土流失防治工

作概况及监测工作实施概况。②重点部位水土流失动态监测结果。包括防治责任范围监测结果（包括水土保持防治责任范围、建设期扰动土地面积）。③水土流失防治措施监测结果。包括工程措施及实施进度、植物措施及实施进度及临时措施实施进度。④土壤流失量分析。包括各阶段土壤流失量分析、各扰动土地类型土壤流失量分析。⑤水土流失防治效果监测结果。包括水土流失治理度、土壤流失控制比、渣土防护率、表土保护率、林草植被恢复率及林草覆盖率。⑥结论。包括水土流失动态变化、水土保持措施评价、存在问题及建议、综合结论。

（4）监测图件主要包括工程地理位置图、监测分区及监测点位分布图、水土流失防治责任范围图、工程建设前项目区水土流失现状图、水土保持措施布局图、工程竣工后项目区水土流失现状图等，作为监测成果报告的附图。

（5）监测影像资料主要包括监测过程中各监测点（简易观测点）照片、水土保持设施施工前、中、后照片及监测人员现场监测的录像资料等。

（6）监测制度

每次监测前，需对仪器设备进行检验，合格后方可投入使用。对每次监测结果进行统计分析，做出简要评价，提出防治水土流失的意见及建议。监测单位要及时对监测成果进行整理、统计、分析和归档，监测单位在项目开工前向有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》；监测过程中，每季度报送《生产建设项目水土保持监测季度报告表》，并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。因降雨、大风或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）监测成果报告

监测单位应当在每季度第一个月向审批水土保持方案的水行政主管部门报送上一季度的监测季报。其中，本工程属于水利部审批的生产建设项目，监测季报应向项目涉及的流域管理机构及省级水行政主管部门报送。

（8）实行生产建设项目水土保持监测三色评价

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的土地情况、水土流失状况、防治成效及水土流失危害等监测结果，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。

9 水土保持投资估算及效益分析

9.1. 投资估算

9.1.1. 编制原则及依据

9.1.1.1. 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《水利部关于发布<水利工程设计概（估）算编制规定>及水利工程系列定额的通知》（水总〔2024〕323 号文）规定计列;

（3）主体工程估算定额中未明确的，如表土剥离、表土回覆、土地整治、土地平整、撒播草籽、栽植乔（灌木）木、临时拦挡、临时苫盖、临时排水沟等措施采用水土保持的定额、取费项目及费率;

（4）工程投资估算价格水平年为 2026 年第二季度。

9.1.1.2. 编制依据

（1）《水利部关于发布<水利工程设计概（估）算编制规定>及水利工程系列定额的通知》（水总〔2024〕323 号）;

（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）《电力建设工程施工机械台班费用定额》（2018 年版）;

（6）《关于印发<国家电网公司特高压交流工程环水保监理、监测及验收等 6 项费用计列指导意见（试用）>的通知》(国家电网电定〔2018〕32 号);

（7）《关于颁布<变电站一键顺控分系统调试补充定额（试行）等 14 项企业计价依据>的通知》(国家电网电定〔2025〕20 号);

（8）《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）;

（9）《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）；

（10）《陕西省财政厅等五部门关于明确水土保持补偿费征收问题的通知》（陕财办税〔2020〕9号）；

（11）《山西省财政厅、山西省物价局、山西省水利厅、中国人民银行太原中心支行关于印发《全省水土保持补偿费征收使用管理实施办法》的通知》（晋财综〔2015〕87号）；

（12）《山西省发展和改革委员会、山西省财政厅、山西省水利厅关于水土保持补偿费收费标准的通知》（晋发改收费发〔2018〕464号）；

（13）《河南省财政厅河南省发展和改革委员会河南省水利厅中国人民银行郑州中心支行关于印发<河南省（水土保持补偿费征收使用管理办法）实施细则>的通知》（豫财综〔2015〕107号）；

（14）《河南省发展和改革委员会 河南省财政厅 河南省水利厅 国家税务总局河南省税务局关于继续执行我省水土保持补偿费收费标准的通知》（豫发改收费〔2021〕1112号）。

9.1.2. 投资估算说明

9.1.2.1. 费用构成

水土保持工程投资由工程措施费、植物措施费、监测措施费、施工临时工程费、独立费用、预备费、水土保持补偿费构成，具体见表9.1-1。

表9.1-1 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、利润、税金
			方案新增	直接工程费、间接费、利润、材料补差、税金
	2	植物措施费	主体已有	直接费、间接费、利润、税金
			方案新增	直接工程费、间接费、利润、材料补差、税金
	3	监测措施费		水土保持监测费、弃渣场稳定监测费、建设期监测费
	4	施工临时工程费		临时防护工程费、其他临时工程费、施工安全生产专项
	5	独立费用		建设管理费、工程建设监理费、科研勘测设计费
	6	预备费		
	7	水土保持补偿费		

9.1.2.2. 估算编制方法说明

（1）基础单价编制

1）人工预算单价

人工预算单价根据水利部《水利工程设计概（估）算编制规定 水土保持工程》（水

总〔2024〕323 号）人工预算单价标准计取，其中陕西省人工单价 6.57 元/时，山西省人工单价 6.38 元/时，河南省人工单价 6.38 元/时，各省人工工时预算单价见表 9.1-2。

表 9.1-2　水土保持工程人工单价表

序号	项目	陕西省	山西省	河南省
1	人工工时预算单价（元/时）	6.57	6.38	6.38

2）材料预算单价

主要材料预算价格由当地市场材料原价、运杂费、运输保险费和采购及保管费组成；材料原价以 2026 年第二季度当地市场价格为准；运杂费铁路运输按《铁路货物运价规则》及有关规定计算，公路及水路运输按所在省交通部门规定标准或市场调查标准计算；运输保险费按工程所在地标准计算；采购及报关费按材料运到工地仓库不含增值税价格的 2.3%计算。

苗木、草、种子预算价格以苗圃或工程所在地市场价格、运杂费和采购及报关费计算。采购及保管费按运到工地不含增值税价格的 0.55%~1.1%计算。

3）施工用水用电价格

与主体工程一致。

4）施工机械台时费

根据水利部《水利工程施工机械台时费定额》（水总〔2024〕323 号）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、利润、材料补差和税金组成。

直接费包括基本直接费和其他直接费。基本直接费指人工费、材料费和施工机械使用费三项。其他直接费指冬雨季施工增加费、夜间施工增加费、临时设施费和其他。

间接费包括规费和企业管理费。规费指社会保险费和住房公积金。企业管理费包括管理人员工资、差旅交通费、办公费、固定资产使用费、工具用具使用费、职工福利费、工会经费、职工教育经费、劳动保护费、保险费、财务费用、税金和其他。

利润：按直接费与间接费之和的 7%计算。

材料补差：按材料预算价格与材料计价之差乘以材料消耗量计算。

税金：按直接费、间接费、利润、材料补差之和的 9%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详见表 9.1-3。

表 9.1-3　工程定额费率表

序号	费用名称	陕西省				山西省			河南省			取费基础
		土地整治工程	固沙工程	植物措施	其他措施	土地整治工程	植物措施	其他措施	土地整治工程	植物措施	其他措施	
一	其他直接费	3	3	3	4.3	2.3	2.3	4	2.3	2.3	3.6	直接费
三	间接费	5	5	6	5	5	6	5	5	6	5	直接费+间接费
四	利润	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	直接费+间接费+利润
五	税金	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	直接工程费+间接费+利润+税金
六	扩大系数	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

（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

植物措施估算按设计工程量乘以工程单价进行编制。

4）监测措施

①水土保持监测：土建设施及设备按设计工程量和设备清单乘以单价计列；②建设期观测费根据主体工程土建投资为基数进行计列。

4）施工临时工程

临时防护工程按设计工程量乘以单价编制，其他临时工程按一至三部分投资合计的2.0%计取，施工安全生产专项按一至四部分建安工作量（不含设备购置费）之和的2.5%计算。

5）独立费用

①建设管理费：项目经常费按一至四部分之和的1.8%计算，其中水土保持竣工验收费按行业标准进行计；本工程不计列技术咨询费。②工程建设监理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列。③科研勘测设计费：本工程不涉及工程科学研究试验费，因此不计列此项费用，工程勘测设计费已包含在主体工程设计费中，因此不计列此项费用，水土保持方案编制费根据实际合同费用计列。

6）预备费

预备费包括基本预备费和价差预备费。本方案编制阶段为可研设计阶段，基本预备费按一至五部分之和的10%计列。生产建设项目水土保持工程不单独计列价差预备费。

7）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，具体见表9.1-4。

表9.1-4　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
陕西省	1.7元/m^2
山西省	0.4元/m^2
河南省	1.2元/m^2

9.1.3. 估算成果

9.1.3.1. 水土保持投资估算汇总

本工程水土保持措施总投资 23386.14 万元，其中工程措施为 11011.50 万元，植物措施为 2908.89 万元，监测措施费为 430.79 万元，施工临时工程费为 5993.72 万元，独立费用为 1203.74 万元，预备费为 1021.08 万元，水土保持补偿费为 816.4170 万元。

水土保持总投资中陕西省措施费为 11768.91 万元；山西省措施费为 5302.24 万元；河南省措施费为 3273.75 万元。

水土保持补偿费中陕西省水土保持补偿费为 378.3010 万元；山西省水土保持补偿费 166.2920 万元；河南省水土保持补偿费 271.8240 万元。

表 9.1-5　水土保持投资估算总表　单位：万元

序号	工程或费用名称	建筑安装工程费	设备购置费	独立费用	合计
第一部分 工程措施		**11011.5**			**11011.50**
（一）	山丘区	10434.85			10434.85
1	表土保护工程	260.56			260.56
2	拦渣工程	172.86			172.86
3	边坡防护工程	7772.08			7772.08
4	防洪排导工程	1312.49			1312.49
5	土地整治工程	883.78			883.78
6	固沙工程	33.08			33.08
（二）	平原区	576.65			576.65
1	表土保护工程	130.5			130.50
2	防洪排导工程	272.55			272.55
3	土地整治工程	173.6			173.60
第二部分 植物措施		**2908.89**			**2908.89**
（一）	山丘区	2639.56			2639.56
1	植被恢复与建设工程	2194.65			2194.65
2	绿化工程	395.05			395.05
3	抚育工程	49.86			49.86
（二）	平原区	269.33			269.33
1	植被恢复与建设工程	106.39			106.39
2	绿化工程	161			161.00
3	抚育工程	1.94			1.94
第三部分 监测措施		**379.53**	**51.26**		**430.79**
（一）	山丘区	242.12	32.70		274.82
1	水土保持监测		32.7		32.70
2	建设期观测费	242.12			242.12
（二）	平原区	137.41	18.56		155.97
1	水土保持监测		18.56		18.56
2	建设期观测费	137.41			137.41
第四部分 施工临时工程		5993.72			5993.72
一	临时防护工程	5694.43			5694.43

序号	工程或费用名称	建筑安装工程费	设备购置费	独立费用	合计
（一）	山丘区	3412.11			3412.11
1	临时拦挡工程	2317.47			2317.47
2	苫盖防护	962.58			962.58
3	临时排水	25.28			25.28
4	临时沉沙池	8.08			8.08
5	临时洒水	7.51			7.51
6	临时限界	91.19			91.19
（二）	平原区	2282.32			2282.32
1	临时拦挡工程	402.59			402.59
2	苫盖防护	472.9			472.90
3	临时排水	2.32			2.32
5	临时洒水	5.32			5.32
6	临时限界	211.55			211.55
7	临时绿化	3.36			3.36
二	其他临时工程	82.55			82.55
三	施工安全生产专项	216.74			216.74
第五部分 独立费用				**1203.74**	**1203.74**
一	建设管理费			362.15	362.15
二	水土保持监理费			446.47	446.47
三	科研勘测设计费			395.12	395.12
I	**一至五部分合计**	**20302.19**	**42.71**	**1203.74**	**21548.64**
II	**预备费**				**1021.08**
III	**水土保持补偿费**				**816.4170**
水土保持总投资		**20302.19**	**42.71**	**1203.74**	**23386.14**

9.1.3.2. 分部工程估算表

（1）陕西省境内

陕西省境内水土保持措施投资估算汇总见表 9.1-6~9.1-7。

表 9.1-6 陕西境内水土保持措施投资估算表-送端榆林站和送端接地极

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				8893.28
（一）	山丘区				8893.28
1	送端换流站				8859.06
1.1	站区				7752.43
1.1.1	表土保护工程				27.79
	表土剥离	hm^2	39.16	7097	27.79
1.1.2	边坡防护工程				6914.37
	框格植草护坡	m^2	85122	812.29	6914.37
1.1.3	防洪排导工程				597.97
	雨水排水管网	m	15590		478.13
	DN300 雨水排水管	m	9590	240.87	230.99
	DN600 雨水排水管	m	4900	375.55	184.02
	DN1000 雨水排水管	m	1100	573.8	63.12
	截排水工程				119.84
	混凝土截排水沟	m^3	892.8	1342.33	119.84
1.1.4	土地整治工程				212.3
	土壤改良	万 m^3	2.77	750000	207.75
	土地整治	hm^2	6.66	6837.08	4.55
1.2	进站道路区				780.33
1.2.1	表土保护工程				4.54
	表土剥离	hm^2	6.4	7097	4.54
1.2.2	边坡防护工程				354.56
	框格植草护坡	m^2	14000	253.26	354.56
1.2.3	防洪排导工程				396.02
	雨水排水管	m	800	240.87	19.27
	八字排水口	座	4	54700	21.88
	截排水工程				354.87
	混凝土截排水沟	m^3	3800	933.86	354.87
1.2.4	土地整治工程				25.21
	土壤改良	万 m^3	0.33	750000	24.75
	土地整治	hm^2	0.68	6837.08	0.46
1.3	施工生产生活区				273.97
1.3.1	表土保护工程				8.13
	表土剥离	hm^2	11.46	7097	8.13
1.3.2	土地整治工程				265.84
	土壤改良	万 m^3	3.44	750000	258

	土地整治	hm^2	11.46	6837.08	7.84
1.4	站外电源设施区				1.07
1.4.1	表土保护工程				0.07
	表土剥离	hm^2	0.05	7097	0.04
	表土回覆	万 m^3	0.01	33469	0.03
1.4.2	土地整治工程				1.00
	土地整治	hm^2	1.46	6837.08	1.00
1.5	供排水工程区				50.83
1.5.1	表土保护工程				1.71
	表土剥离	hm^2	1.23	7097	0.87
	表土回覆	万 m^3	0.25	33469	0.84
1.5.2	防洪排导工程				46.92
	钢筋混凝土排水管 DN≥1000	m	355	569.32	20.21
	跌水沟	m	115	528.37	6.08
	消力池	座	3	57966.67	17.39
	海漫带	m	115	281.74	3.24
1.5.3	土地整治工程				2.20
	土地整治	hm^2	3.22	6837.08	2.20
1.6	专项设施迁改区				0.43
1.6.1	表土保护工程				0.06
	表土剥离	hm^2	0.04	7097	0.03
	表土回覆	万 m^3	0.01	33469	0.03
1.6.2	土地整治工程				0.37
	土地整治	hm^2	0.54	6837.08	0.37
2	送端接地极				34.22
2.1	汇流装置区				0.06
2.1.1	表土保护工程				0.06
	表土剥离	hm^2	0.09	7097	0.06
2.2	电极电缆区				33.25
2.2.1	表土保护工程				15.80
	表土剥离	hm^2	11.4	7097	8.09
	表土回覆	万 m^3	2.303	33469	7.71
2.2.2	土地整治工程				17.45
	土地整治	hm^2	25.52	6837.08	17.45
2.3	检修道路区				0.01
2.3.1	表土保护工程				0.01
	表土剥离	hm^2	0.02	7097	0.01
	表土回覆	万 m^3	0.001	33469	0.003
2.3.2	土地整治工程				0.003
	土地整治	hm^2	0.005	6837.08	0.003
2.4	外接电源工程区				0.90
2.4.1	表土保护工程				0.13

	表土剥离	hm^2	0.09	7097	0.06
	表土回覆	万 m^3	0.02	33469	0.07
2.4.2	土地整治工程				0.77
	土地整治	hm^2	1.12	6837.08	0.77
二	第二部分 植物措施				493.97
（一）	山丘区				493.97
1	送端换流站				418.03
1.1	站区				397.01
1.1.1	植被恢复与建设工程				1.96
	撒播草籽	hm^2	1.72	11387.83	1.96
1.1.2	绿化工程				395.05
	站区绿化	hm^2	4.94	799700	395.05
1.2	进站道路区				0.77
1.2.1	植被恢复与建设工程				0.77
	撒播草籽	hm^2	0.68	11387.83	0.77
1.3	施工生产生活区				10.21
1.3.1	植被恢复与建设工程				10.21
	撒播草籽	hm^2	11.46	11387.83	10.21
1.4	站外电源设施区				1.66
1.4.1	植被恢复与建设工程				1.66
	撒播草籽	hm^2	1.46	11387.83	1.66
1.5	供排水工程区				3.67
1.6.1	植被恢复与建设工程				3.67
	撒播草籽	hm^2	3.22	11387.83	3.67
1.6	专项设施迁改区				0.61
1.6.1	植被恢复与建设工程				0.61
	撒播草籽	hm^2	0.54	11387.83	0.61
2	送端接地极				75.94
2.1	电极电缆区				74.65
2.1.1	植被恢复与建设工程				72.10
	撒播草籽	hm^2	25.52	11387.83	29.06
	穴状整地	个	18378	1.54	2.83
	栽植灌木	株	18378	21.88	40.21
2.1.2	抚育工程				2.55
	幼林抚育	hm^2	10.21	2502.04	2.55
2.2	检修道路区				0.006
2.2.1	植被恢复与建设工程				0.006
	撒播草籽	hm^2	0.005	11387.83	0.006
2.3	外接电源工程区				1.28
2.3.1	植被恢复与建设工程				1.28
	撒播草籽	hm^2	1.12	11387.83	1.28
三	第三部分 监测措施				66.30

（一）	山丘区				66.30
1	送端换流站				54.93
1.1	水土保持监测				6.50
1.2	建设期观测费				48.43
2	送端接地极				11.37
2.1	水土保持监测				1.39
2.2	建设期观测费				9.98
四	第四部分 施工临时工程				482.88
（一）	山丘区				482.88
1	送端换流站				94.02
1.1	站区				66.09
1.1.1	临时拦挡工程				23.44
	植生袋土（石）拦挡	m^3	1058	205.60	21.75
	植生袋土（石）拆除	m^3	1058	15.97	1.69
1.1.2	苫盖防护				31.78
	密目网苫盖	m^2	71420	4.45	31.78
1.1.3	临时排水				1.17
	临时排水沟	m^3	1252.5	9.38	1.17
1.1.4	临时沉沙池				3.44
	临时沉沙池	座	3	1468.95	0.44
	泥浆沉淀池	座	3	10000	3.00
1.1.5	临时洒水				6.26
	洒水降尘	m^3	3600	17.40	6.26
1.2	进站道路区				2.76
1.2.1	苫盖防护				1.51
	密目网苫盖	m^2	3400	4.45	1.51
1.2.2	临时洒水				1.25
	洒水降尘	m^3	720	17.4	1.25
1.3	施工生产生活区				10.25
1.3.1	苫盖防护				7.98
	密目网苫盖	m^2	17940	4.45	7.98
1.3.2	临时排水				1.83
	临时排水沟	m^3	1950	9.38	1.83
1.3.3	临时沉沙池				0.44
	临时沉沙池	座	3	1468.95	0.44
1.4	站外电源设施区				0.99
1.4.1	苫盖防护				0.99
	彩条布隔离	m^2	900	5.80	0.52
	密目网苫盖	m^2	1050	4.45	0.47
1.5	供排水工程区				10.72
1.5.1	苫盖防护				10.52
	彩条布隔离	m^2	8430	5.8	4.89
	密目网苫盖	m^2	12645	4.45	5.63
1.5.2	临时沉沙池				0.20

	泥浆沉淀池	座	1	2000	0.20
1.6	专项设施迁改区				0.99
1.6.1	苫盖防护				0.99
	彩条布隔离	m^2	800	5.8	0.46
	密目网苫盖	m^2	1200	4.45	0.53
2	送端接地极				343.99
2.1	电极电缆区				342.89
2.1.1	临时拦挡工程				262.07
	植生袋土（石）拦挡	m^3	11828	205.6	243.18
	植生袋土（石）拆除	m^3	11828	15.97	18.89
2.1.2	苫盖防护				77.06
	彩条布隔离	m^2	61770	5.8	35.83
	密目网苫盖	m^2	92660	4.45	41.23
2.1.3	临时限界				3.76
	彩条旗围护	m	6400	5.88	3.76
2.2	外接电源工程区				1.10
2.2.1	苫盖防护				1.10
	彩条布隔离	m^2	880	5.8	0.51
	密目网苫盖	m^2	1320	4.45	0.59
3	其它临时措施费				14.91
4	施工安全生产专项				29.96
四	陕西合计				9936.43
	山丘区				9936.43

注：播种费数量按面积乘以撒播次数计列

表 9.1-7 陕西境内水土保持措施投资估算表（线路工程）

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
	第一部分 工程措施费				214.78
（一）	山丘区				214.78
1	直流线路				137.54
1.1	塔基区				87.22
1.1.1	表土保护工程				43.02
	表土剥离（人工）	万 m^3	2.83	56254.00	15.92
	表土回覆（人工）	万 m^3	2.83	95745	27.10
1.1.2	拦渣工程				3.42
	浆砌石挡渣墙	m^3	40	855	3.42
1.1.3	边坡防护工程				7.27
	浆砌石护坡	m^3	85	855	7.27
1.1.4	土地整治工程				33.51
	土地整治（植被恢复，人工）	hm^2	2.20	9552.07	2.10
	土地整治（耕地恢复，人工）	hm^2	21.69	9552.07	20.72
	土地整治（园地恢复，人工）	hm^2	11.19	9552.07	10.69
1.2	牵张场				13.17
1.2.1	表土保护工程				2.83
	表土剥离（机械）	hm^2	1.05	11726.00	1.23
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.31	51463.00	1.60
1.2.2	土地整治工程				10.34
	土地整治（植被恢复，机械）	hm^2	0.61	6837.08	0.42
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	10.46	6837.08	7.15
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	4.05	6837.08	2.77
1.3	跨越施工场地				6.71
1.3.1	土地整治工程				6.71
	土地整治（植被恢复，机械）	hm^2	1.29	6837.08	0.88
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	3.00	6837.08	2.05
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	5.53	6837.08	3.78
1.4	施工道路				30.44
1.4.1	表土保护工程				7.39
	表土剥离（机械）	hm^2	2.75	11726.00	3.22
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.81	51463.00	4.17
1.4.1	土地整治工程				23.05
	土地整治（植被恢复，机械）	hm^2	1.84	6837.08	1.26
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	22.94	6837.08	15.68
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	8.93	6837.08	6.11
2	迁改线路				1.47
2.1	塔基区				0.61

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
2.1.1	表土保护工程				0.30
	表土剥离（人工）	万 m3	0.02	56254	0.11
	表土回覆（人工）	万 m^3	0.02	95745.00	0.19
2.1.2	土地整治工程				0.31
	土地整治（植被恢复，人工）	hm^2	0.16	9552.07	0.15
	土地整治（耕地恢复，人工）	hm^2	0.17	9552.07	0.16
2.2	牵张场				0.11
2.2.1	表土保护工程				0.03
	表土剥离（机械）	hm^2	0.01	11726.00	0.01
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.003	51463.00	0.02
2.2.2	土地整治工程				0.08
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	0.12	6837.08	0.08
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	0	6837.08	0.00
2.3	施工道路				0.75
2.3.1	表土保护工程				0.27
	表土剥离（机械）	hm^2	0.1	11726	0.12
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.03	51463	0.15
2.3.2	土地整治工程				0.48
	土地整治（植被恢复，机械）	hm^2	0.14	6837.08	0.10
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	0.55	6837.08	0.38
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	0	6837.08	0.00
3	送端接地极线路				75.77
3.1	塔基区				21.49
3.1.1	表土保护工程				8.97
	表土剥离（人工）	万 m^3	0.59	56254	3.32
	表土回覆（人工）	万 m^3	0.59	95745.00	5.65
3.1.2	土地整治工程				5.64
	土地平整	hm^2	0.31	22394.00	0.69
	土地整治（植被恢复，人工）	hm^2	0.43	9552.07	0.41
	土地整治（耕地恢复，人工）	hm^2	3.66	9552.07	3.50
	土地整治（园地恢复，人工）	hm^2	1.09	9552.07	1.04
3.1.3	固沙工程				6.88
	草方格沙障	m^2	3100	22.20	6.88
3.2	牵张场				0.42
3.2.1	表土保护工程				0.10
	表土剥离（机械）	hm^2	0.04	11726	0.05
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.01	51463	0.05
3.2.2	土地整治工程				0.32
	土地整治（植被恢复，机械）	hm^2	0	6837.08	0.00
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	0.39	6837.08	0.27
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	0.07	6837.08	0.05
3.3	跨越施工场地				2.50

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
3.3.1	土地整治工程				2.50
	土地平整	hm^2	0.11	22394.00	0.25
	土地整治（植被恢复，机械）	hm^2	0.11	6837.08	0.08
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	2.42	6837.08	1.65
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	0.76	6837.08	0.52
3.4	施工道路				51.36
3.4.1	表土保护工程				5.65
	表土剥离（机械）	hm^2	2.1	11726	2.46
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.62	51463	3.19
3.4.2	土地整治工程				19.51
	土地平整	hm^2	1.18	22394.00	2.64
	土地整治（植被恢复，机械）	hm^2	1.69	6837.08	1.16
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	17.63	6837.08	12.05
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	5.35	6837.08	3.66
3.4.3	固沙工程				26.20
	草方格沙障	m^2	11800	22.2	26.20
	第二部分 植物措施费				74.46
（一）	山丘区				74.46
1	直流线路				52.50
1.1	塔基区				19.26
1.1.1	植被恢复与建设工程				17.39
	穴状整地	个	3132	6.07	1.90
	撒播草籽（高羊茅、早熟禾）	hm^2	2.2	11387.83	2.51
	栽植灌木（紫穗槐）	株	3132	41.45	12.98
1.1.2	抚育工程				1.87
	幼林抚育（第一年）	hm^2	1.74	6056.38	1.05
	幼林抚育（第二年）	hm^2	1.74	4710.51	0.82
1.2	牵张场				10.66
1.2.1	植被恢复与建设工程				10.00
	穴状整地	个	1098	6.07	0.67
	撒播草籽（高羊茅、早熟禾）	hm^2	0.61	11387.83	0.69
	栽植灌木（紫穗槐）	株	1098	41.45	4.55
1.2.2	抚育工程				0.66
	幼林抚育（第一年）	hm^2	0.61	6056.38	0.37
	幼林抚育（第二年）	hm^2	0.61	4710.51	0.29
1.3	跨越施工场地				1.47
1.3.1	植被恢复与建设工程				1.47
	撒播草籽（高羊茅、早熟禾）	hm^2	1.29	11387.83	1.47
1.4	施工道路				21.11
1.4.1	植被恢复与建设工程				19.13
	穴状整地	个	3211	6.07	1.95
	撒播草籽（高羊茅、早熟禾）	hm^2	1.84	11387.83	2.10

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
	栽植灌木（紫穗槐）	株	2808	41.45	11.64
	栽植乔木（油松）	株	403	85.37	3.44
1.4.2	抚育工程				1.98
	幼林抚育（第一年）	hm^2	1.84	6056.38	1.11
	幼林抚育（第二年）	hm^2	1.84	4710.51	0.87
2	迁改线路				3.22
2.1	塔基区				1.72
2.1.1	植被恢复与建设工程				1.54
	穴状整地	个	288	6.07	0.17
	撒播草籽（高羊茅、早熟禾）	hm^2	0.16	11387.83	0.18
	栽植灌木（紫穗槐）	株	288	41.45	1.19
2.1.2	抚育工程				0.18
	幼林抚育（第一年）	hm^2	0.16	6056.38	0.10
	幼林抚育（第二年）	hm^2	0.16	4710.51	0.08
2.3	施工道路				1.50
2.3.1	植被恢复与建设工程				1.35
	穴状整地	个	252	6.07	0.15
	撒播草籽（高羊茅、早熟禾）	hm^2	0.14	11387.83	0.16
	栽植灌木（紫穗槐）	株	252	41.45	1.04
2.3.1	抚育工程				0.15
	幼林抚育（第一年）	hm^2	0.14	6056.38	0.08
	幼林抚育（第二年）	hm^2	0.14	4710.51	0.07
3	送端接地极线路				18.74
3.1	塔基区				2.33
3.1.1	植被恢复与建设工程				2.12
	穴状整地	个	342	6.07	0.21
	撒播草籽（高羊茅、早熟禾）	hm^2	0.43	11387.83	0.49
	栽植灌木（紫穗槐）	株	342	41.45	1.42
3.1.1	抚育工程				0.21
	幼林抚育（第一年）	hm^2	0.19	6056.38	0.12
	幼林抚育（第二年）	hm^2	0.19	4710.51	0.09
3.2	跨越施工场地				0.12
3.2.1	植被恢复与建设工程				0.12
	撒播草籽（高羊茅、早熟禾）	hm^2	0.11	11387.83	0.13
3.3	施工道路				16.29
3.3.1	植被恢复与建设工程				14.89
	穴状整地	个	2340	6.07	1.42
	撒播草籽（高羊茅、早熟禾）	hm^2	1.69	11387.83	1.92
	栽植灌木（紫穗槐）	株	2340	41.45	9.70
3.3.2	抚育工程				1.40
	幼林抚育（第一年）	hm^2	1.30	6056.38	0.79
	幼林抚育（第二年）	hm^2	1.30	4710.51	0.61

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
	第三部分 监测措施				71.86
1	水土保持监测				71.86
1.1	直流线路	万元			50.69
	送端接地极线路	万元			21.17
	迁改线路	万元			0.00
	第四部分 施工临时工程				1471.38
一	临时防护工程				1420.85
（一）	山丘区				1420.85
1	直流线路				852.82
1.1	塔基区				303.64
1.1.1	临时拦挡工程				193.80
	植生袋土（石）填筑	m^3	4125	415.24	171.29
	植生袋土（石）拆除	m^3	4125	54.58	22.51
1.1.2	苫盖防护				95.29
	彩条布铺垫	m^2	55000	6.40	35.20
	密目网苫盖	m^2	104500	5.75	60.09
1.1.3	临时限界				14.55
	彩条旗围护	m	24750	5.88	14.55
1.2	牵张场				101.22
1.2.1	苫盖防护				95.76
	彩条布铺垫	m^2	8700	6.4	5.57
	密目网苫盖	m^2	11600	5.75	6.67
	钢板铺设	m^2	11600	72	83.52
1.2.2	临时限界				5.46
	彩条旗围护	m	9280	5.88	5.46
1.3	跨越施工场地				5.68
1.3.1	临时限界				5.68
	彩条旗围护	m	9660	5.88	5.68
1.4	施工道路				442.28
1.4.1	临时拦挡工程				380.55
	植生袋土（石）填筑	m^3	8100	415.24	336.34
	植生袋土（石）拆除	m^3	8100	54.58	44.21
1.4.2	临时排水				8.94
	临时排水沟	m^3	620	38.21	2.37
	素土夯实	m^3	620	105.91	6.57
1.4.3	苫盖防护				52.79
	密目网苫盖	m^2	91800	5.75	52.79
2	迁改线路				25.58
2.1	塔基区				6.31
2.1.1	临时拦挡工程				2.58
	植生袋土（石）填筑	m^3	55	415.24	2.28
	植生袋土（石）拆除	m^3	55	54.58	0.30

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
2.1.2	苫盖防护				3.34
	彩条布铺垫	m^2	1650	6.4	1.06
	密目网苫盖	m^2	3960	5.75	2.28
2.1.3	临时限界				0.39
	彩条旗围护	m	660	5.88	0.39
2.2	牵张场				0.92
2.2.1	苫盖防护				0.87
	彩条布铺垫	m^2	100	6.4	0.06
	密目网苫盖	m^2	150	5.75	0.09
	钢板铺设	m^2	100	72	0.72
2.2.2	临时限界				0.05
	彩条旗围护	m	90	5.88	0.05
2.4	施工道路				18.35
2.4.1	临时拦挡工程				16.06
	植生袋土（石）填筑	m^3	300	415.24	12.46
	植生袋土（石）拆除	m^3	300	54.58	1.64
2.4.2	临时排水				0.33
	临时排水沟	m^3	23	38.21	0.09
	素土夯实	m^3	23	105.91	0.24
2.4.3	苫盖防护				1.96
	密目网苫盖	m^2	3400	5.75	1.96
3	送端接地极线路				542.45
3.1	塔基区				155.90
3.1.1	临时拦挡工程				44.16
	植生袋土（石）填筑	m^3	940	415.24	39.03
	植生袋土（石）拆除	m^3	940	54.58	5.13
3.1.2	苫盖防护				48.32
	彩条布铺垫	m^2	28200	6.4	18.05
	密目网苫盖	m^2	52640	5.75	30.27
3.1.3	临时限界				6.63
	彩条旗围护	m	11280	5.88	6.63
3.1.4	临时沉沙池				4.00
	泥浆沉淀池	个	2	20000	4.00
3.1.5	苫盖防护				52.79
	密目网苫盖	m^2	91800	5.75	52.79
3.2	牵张场				20.31
3.2.1	苫盖防护				19.15
	彩条布铺垫	m^2	2200	6.4	1.41
	密目网苫盖	m^2	3300	5.75	1.90
	钢板铺设	m^2	2200	72	15.84
3.2.2	临时限界				1.16
	彩条旗围护	m	1980	5.88	1.16

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
3.3	跨越施工场地				3.00
3.3.1	临时限界				3.00
	彩条旗围护	m	5100	5.88	3.00
3.4	施工道路				363.24
3.4.1	临时拦挡工程				291.29
	植生袋土（石）填筑	m^3	6200	415.24	257.45
	植生袋土（石）拆除	m^3	6200	54.58	33.84
3.4.2	临时排水				7.15
	临时排水沟	m^3	496	38.21	1.90
	素土夯实	m^3	496	105.91	5.25
3.4.3	苫盖防护				64.80
	钢板铺设	m^2	9000	72	64.80
二	其他临时工程	%	2	292.17	5.84
三	施工安全生产专项	%	2.5	1787.79	44.69
	陕西省合计				1832.48
	山丘区				1832.48

注：播种费数量按面积乘以撒播次数计列

（2）山西省境内

山西省境内水土保持措施投资估算汇总见表 9.1-8。

表 9.1-8 山西境内水土保持工程措施投资估算表（线路工程）

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**				**1304.37**
（一）	**山丘区**				**1261.46**
1	**直流线路**				**1238.00**
1.1	塔基区				1078.39
1.1.1	表土保护工程				81.43
	表土剥离（人工）	万 m^3	5.55	54256.00	30.11
	表土回覆（人工）	万 m^3	5.55	92473.00	51.32
1.1.2	拦渣工程				148.20
	浆砌石挡渣墙	m^3	1140	1300	148.20
1.1.3	边坡防护工程				488.80
	浆砌石护坡	m^3	3760	1300	488.80
1.1.4	防洪排导工程				267.80
	浆砌石排水沟	m^3	2060	1300	267.80
1.1.5	土地整治工程				92.15
	土地整治（人工）	hm^2	58.48	10936.27	63.96
	土地整治（耕地恢复，人工）	hm^2	16.27	10936.27	17.79
	土地整治（园地恢复，人工）	hm^2	9.51	10936.27	10.40
1.2	牵张场				20.62
1.2.1	表土保护工程				2.35
	表土剥离（机械）	hm^2	1.56	7107	1.11
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.37	33549	1.24
1.2.2	土地整治工程				18.27
	土地整治（机械）	hm^2	13.75	8851.02	12.17
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	4.66	8851.02	4.12
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	2.23	8851.02	1.97
1.3	跨越施工场地				11.63
1.3.1	土地整治工程				11.63
	土地整治（机械）	hm^2	7.92	8851.02	7.01
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	3.53	8851.02	3.12
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	1.69	8851.02	1.50
1.4	施工道路				127.37
1.4.1	表土保护工程				23.22
	表土剥离（机械）	hm^2	15.67	7107	11.14
	表土回覆（机械）	万 m^3	3.60	33549	12.08
1.4.2	土地整治工程				104.15
	土地整治（机械）	hm^2	85.18	8851.02	75.39

	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	20.92	8851.02	18.52
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	11.57	8851.02	10.24
2	**迁改线路**				**23.45**
2.1	塔基区				7.48
2.1.1	表土保护工程				2.64
	表土剥离（人工）	万 m^3	0.18	54256	0.98
	表土回覆(人工)	万 m^3	0.18	92473	1.66
2.1.2	土地整治工程				4.84
	土地整治（人工）	hm^2	3.36	10936.27	3.67
	土地整治（耕地恢复，人工）	hm^2	1.07	10936.27	1.17
2.2	牵张场				2.55
2.2.1	表土保护工程				1.20
	表土剥离（机械）	hm^2	0.84	7107	0.60
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.18	33549	0.60
2.2.2	土地整治工程				1.35
	土地整治（机械）	hm^2	1.37	8851.02	1.21
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	0.15	8851.02	0.13
2.3	跨越施工场地				0.71
2.3.1	土地整治工程				0.71
	土地整治（机械）	hm^2	0.32	8851.02	0.28
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	0.48	8851.02	0.42
2.4	施工道路				12.71
2.4.1	表土保护工程				7.43
	表土剥离（机械）	hm^2	4.93	7107	3.50
	表土回覆（机械）	万 m^3	1.17	33549	3.93
2.4.2	土地整治工程				5.28
	土地整治（机械）	hm^2	3.91	8851.02	3.46
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	2.06	8851.02	1.82
（二）	**平原区**				**42.92**
1	**直流线路**				**42.57**
1.1	塔基区				22.72
1.1.1	表土保护工程				7.57
	表土剥离（机械）	hm^2	4.51	7107	3.21
	表土回覆（机械）	万 m^3	1.30	33549	4.36
1.1.2	土地整治工程				15.15
	土地整治（机械）	hm^2	1.93	8851.02	1.71
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	12.24	8851.02	10.83
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	2.94	8851.02	2.60
1.2	牵张场				5.10
1.2.1	土地整治工程				5.10
	土地整治（机械）	hm^2	1.62	8851.02	1.43

	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	3.40	8851.02	3.01
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	0.74	8851.02	0.65
1.3	跨越施工场地				5.68
1.3.1	土地整治工程				5.68
	土地整治（机械）	hm^2	0.70	8851.02	0.62
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	4.89	8851.02	4.33
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	0.83	8851.02	0.73
1.4	施工道路				9.07
1.4.1	土地整治工程				9.07
	土地整治（机械）	hm^2	2.26	8851.02	2.00
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	6.63	8851.02	5.87
	土地整治（园地恢复，机械）	hm^2	1.36	8851.02	1.20
2	**迁改线路**				**0.35**
2.1	塔基区				0.24
2.1.1	表土保护工程				0.10
	表土剥离（机械）	hm^2	0.05	7107.00	0.04
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.02	33549.00	0.07
2.1.2	土地整治工程				0.14
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	0.16	8851.02	0.14
2.2	牵张场				0.07
2.2.1	土地整治工程				0.07
	土地整治（耕地恢复，机械）	hm^2	0.08	8851.02	0.07
2.3	跨越施工场地				0.04
2.3.1	土地整治工程				0.04
	土地整治（机械）	hm^2	0.04	8851.02	0.04
二	**第二部分 植物措施费**				**1935.82**
（一）	**山丘区**				**1877.89**
1	**直流线路**				**1806.50**
1.1	塔基区				356.41
1.1.1	植被恢复与建设工程				345.99
	穴状整地	个	73584	1.48	10.92
	撒播草籽（紫花苜蓿、草木樨）	hm^2	58.48	11329.12	66.26
	栽植灌木（荆条）	株	73584	36.53	268.81
1.1.2	抚育工程				10.42
	幼林抚育（第一年）	hm^2	40.88	1447.29	5.92
	幼林抚育（第二年）	hm^2	40.88	1102.23	4.51
1.2	牵张场				107.56
1.2.1	植被恢复与建设工程				104.26
	穴状整地	个	23328	1.48	3.46
	撒播草籽（紫花苜蓿、草木樨）	hm^2	13.75	11329.12	15.58
	栽植灌木（荆条）	株	23328	36.53	85.22

1.2.2	抚育工程				3.30
	幼林抚育（第一年）	hm^2	12.96	1447.29	1.88
	幼林抚育（第二年）	hm^2	12.96	1102.23	1.43
1.3	跨越施工场地				8.97
1.3.1	植被恢复与建设工程				8.97
	撒播草籽(紫花苜蓿、草木樨)	hm^2	7.92	11329.12	8.97
1.4	施工道路				1333.55
1.4.1	植被恢复与建设工程				1312.79
	穴状整地	个	221537	1.48	32.88
	撒播草籽(紫花苜蓿、草木樨)	hm^2	85.18	11329.12	96.50
	栽植灌木（荆条）	株	146628	36.53	535.66
	栽植乔木（油松）	株	74909	86.47	647.75
1.4.2	抚育工程				20.77
	幼林抚育（第一年）	hm^2	81.46	1447.29	11.79
	幼林抚育（第二年）	hm^2	81.46	1102.23	8.98
2	**迁改线路**				**71.39**
2.1	塔基区				23.32
2.1.1	植被恢复与建设工程				22.62
	穴状整地	个	4950	1.48	0.73
	撒播草籽(紫花苜蓿、草木樨)	hm^2	3.36	11329.12	3.80
	栽植灌木（荆条）	株	4950	36.53	18.08
2.1.2	抚育工程				0.70
	幼林抚育（第一年）	hm^2	2.75	1447.29	0.40
	幼林抚育（第二年）	hm^2	2.75	1102.23	0.30
2.2	牵张场区				11.28
2.2.1	植被恢复与建设工程				10.93
	穴状整地	个	2466	1.48	0.37
	撒播草籽(紫花苜蓿、草木樨)	hm^2	1.37	11329.12	1.55
	栽植灌木（荆条）	株	2466	36.53	9.01
2.2.2	抚育工程				0.35
	幼林抚育（第一年）	hm^2	1.37	1447.29	0.20
	幼林抚育（第二年）	hm^2	1.37	1102.23	0.15
2.3	跨越施工场地				0.36
2.3.1	植被恢复与建设工程				0.36
	撒播草籽(紫花苜蓿、草木樨)	hm^2	0.32	11329.12	0.36
2.4	施工道路				36.43
2.4.1	植被恢复与建设工程				35.44
	穴状整地	个	6775	1.48	1.01
	撒播草籽(紫花苜蓿、草木樨)	hm^2	3.91	11329.12	4.43
	栽植灌木（荆条）	株	5724	36.53	20.91
	栽植乔木（油松）	株	1051	86.47	9.09

2.4.2	抚育工程				1.00
	幼林抚育（第一年）	hm^2	3.91	1447.29	0.57
	幼林抚育（第二年）	hm^2	3.91	1102.23	0.43
（二）	**平原区**				**57.92**
1	**直流线路**				**57.88**
1.1	塔基区				12.48
1.1.1	植被恢复与建设工程				12.11
	穴状整地	个	2610	1.48	0.39
	撒播草籽(紫花苜蓿、草木樨)	hm^2	1.93	11329.12	2.19
	栽植灌木（荆条）	株	2610	36.53	9.53
1.1.2	抚育工程				0.37
	幼林抚育（第一年）	hm^2	1.45	1447.29	0.21
	幼林抚育（第二年）	hm^2	1.45	1102.23	0.16
1.2	牵张场				13.33
1.2.1	植被恢复与建设工程				12.92
	穴状整地	个	2916	1.48	0.43
	撒播草籽(紫花苜蓿、草木樨)	hm^2	1.62	11329.12	1.84
	栽植灌木（荆条）	株	2916	36.53	10.65
1.2.2	抚育工程				0.41
	幼林抚育（第一年）	hm^2	1.62	1447.29	0.23
	幼林抚育（第二年）	hm^2	1.62	1102.23	0.18
1.3	跨越施工场地				0.79
1.3.1	植被恢复与建设工程				0.79
	撒播草籽(紫花苜蓿、草木樨)	hm^2	0.70	11329.12	0.79
1.4	施工道路				31.27
1.4.1	植被恢复与建设工程				30.69
	穴状整地	个	5508	1.48	0.82
	撒播草籽(紫花苜蓿、草木樨)	hm^2	2.26	11329.12	2.56
	栽植灌木（荆条）	株	4068	36.53	14.86
	栽植乔木（油松）	株	1440	86.47	12.45
1.4.2	抚育工程				0.58
	幼林抚育（第一年）	hm^2	2.26	1447.29	0.33
	幼林抚育（第二年）	hm^2	2.26	1102.23	0.25
2	**迁改线路**				**0.05**
2.1	跨越施工场地				0.05
2.1.1	植被恢复与建设工程				0.05
	撒播草籽(紫花苜蓿、草木樨)	hm^2	0.04	11329.12	0.05
三	**第三部分 监测措施费**				**131.85**
1	**水土保持监测**				**15.69**
2	**建设期观测费**				**116.16**
四	**第四部分 施工临时措施费**				**1930.21**

（一）	**山丘区**				**1407.87**
1	**直流线路**				**1148.95**
1.1	塔基区				246.02
1.1.1	临时拦挡工程				115.04
	植生袋土（石）填筑	m^3	6075	173.90	105.65
	植生袋土（石）拆除	m^3	6075	15.47	9.40
1.1.2	苫盖防护				105.44
	彩条布铺垫	m^2	81000	3.77	30.55
	密目网苫盖	m^2	176140	4.25	74.89
1.1.3	临时限界				25.54
	彩绳旗围护	m	36450	7.01	25.54
1.2	牵张场				57.27
1.2.1	苫盖防护				51.77
	彩条布铺垫	m^2	7350	3.77	2.77
	钢板铺设	m^2	9800	50.00	49.00
1.2.2	临时限界				5.49
	彩绳旗围护	m	7840	7.01	5.49
1.3	跨越施工场地				9.54
1.3.1	临时限界				9.54
	彩绳旗围护	m	13620	7.01	9.54
1.4	施工道路				836.12
1.4.1	临时拦挡工程				681.73
	植生袋土（石）填筑	m^3	36000	173.90	626.05
	植生袋土（石）拆除	m^3	36000	15.47	55.68
1.4.2	临时排水				4.59
	临时排水沟	m^3	1192	9.05	1.08
	素土夯实	m^3	1192	29.41	3.51
1.4.3	苫盖防护				149.81
	密目网苫盖	m^2	352500	4.25	149.81
2	**迁改线路**				**258.91**
2.1	塔基区				20.97
2.1.1	临时拦挡工程				3.79
	植生袋土（石）填筑	m^3	200	173.90	3.48
	植生袋土（石）拆除	m^3	200	15.47	0.31
2.1.2	苫盖防护				15.50
	彩条布铺垫	m^2	6000	3.77	2.26
	密目网苫盖	m^2	11920	4.25	5.07
2.1.3	临时限界				1.68
	彩绳旗围护	m	2400	7.01	1.68
2.2	牵张场				4.81
2.2.1	苫盖防护				4.30

	彩条布铺垫	m^2	800	3.77	0.30
	钢板铺设	m^2	800	50.00	4.00
2.2.2	临时限界				0.50
	彩绳旗围护	m	720	7.01	0.50
2.3	跨越施工场地				0.88
2.3.1	临时限界				0.88
	彩绳旗围护	m	1260	7.01	0.88
2.4	施工道路				232.26
2.4.1	临时拦挡工程				221.56
	植生袋土（石）填筑	m^3	11700	173.90	203.47
	植生袋土（石）拆除	m^3	11700	15.47	18.10
2.4.2	临时排水				0.47
	临时排水沟	m^3	122	9.05	0.11
	素土夯实	m^3	122	29.41	0.36
2.4.3	苫盖防护				10.23
	密目网苫盖	m^2	24060	4.25	10.23
（二）	**平原区**				**374.02**
1	**直流线路**				**371.38**
1.1	塔基区				290.00
1.1.1	临时拦挡工程				19.13
	植生袋土（石）填筑	m^3	1010	173.90	17.56
	植生袋土（石）拆除	m^3	1010	15.47	1.56
1.1.2	苫盖防护				20.50
	彩条布铺垫	m^2	20200	3.77	7.62
	密目网苫盖	m^2	30300	4.25	12.88
1.1.3	临时沉沙池				244.00
	泥浆沉淀池	座	122	20000	244.00
1.1.4	临时限界				6.37
	彩绳旗围护	m	9090	7.01	6.37
1.2	牵张场				28.05
1.2.1	苫盖防护				25.36
	彩条布铺垫	m^2	3600	3.77	1.36
	密目网苫盖	m^2	0	4.25	0.00
	钢板铺设	m^2	4800	50.00	24.00
1.2.2	临时限界				2.69
	彩绳旗围护	m	3840	7.01	2.69
1.3	跨越施工场地				6.01
1.3.1	临时限界				6.01
	彩绳旗围护	m	8580	7.01	6.01
1.4	施工道路				47.32
1.4.1	苫盖防护				17.50

	钢板铺设	m^2	3500	50.00	17.50
1.4.2	临时限界				29.82
	彩绳旗围护	m	42560	7.01	29.82
2	**迁改线路**				**2.64**
2.1	塔基区				1.44
2.1.1	临时拦挡工程				0.34
	植生袋土（石）填筑	m^3	6	173.90	0.31
	植生袋土（石）拆除	m^3	6	15.47	0.03
2.1.2	苫盖防护				0.85
	彩条布铺垫	m^2	300	3.77	0.34
	密目网苫盖	m^2	400	4.25	0.51
2.1.3	临时限界				0.25
	彩绳旗围护	m	120	7.01	0.25
2.2	牵张场区				1.20
2.2.1	苫盖防护				1.08
	彩条布铺垫	m^2	200	3.77	0.08
	密目网苫盖	m^2	0	4.25	0.00
	钢板铺设	m^2	200	50.00	1.00
2.2.2	临时限界				0.13
	彩绳旗围护	m	180	7.01	0.13
（三）	其它临时工程费	%	2	2467.01	49.34
（四）	施工安全生产专项	%	2.50	3958.97	98.97
五	**山西省合计**				**5302.24**
	山丘区				**4809.83**
	平原区				**492.41**

（3）河南省境内

河南省境内水土保持措施投资估算汇总见表 9.1-9~9.1-10。

表 9.1-9　河南境内水土保持措施投资估算表-受端换流站和接地极

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**				**391.67**
（一）	**平原区**				**391.67**
1	**受端换流站**				**369.87**
1.1	**站区**				**117.86**
1.1.1	防洪排导工程				82.77
	地下雨水管网	m	2300	359.85	82.77
1.1.2	表土保护工程				30.38
	表土剥离	100m^2	1972	75.38	14.86
	表土回覆	100m^3	435	356.82	15.52
1.1.3	土地整治工程				4.71
	土地整治	hm^2	7.56	6224.46	4.71
1.2	**进站道路区**				**1.90**
1.2.1	表土保护工程				1.61
	表土剥离	hm^2	120	75.38	0.90
	表土回覆	万 m^3	20	356.82	0.71
1.2.2	土地整治工程				0.29
	土地整治	hm^2	0.46	6224.46	0.29
1.3	**施工生产生活区**				**21.17**
1.3.1	表土保护工程				16.81
	表土剥离	100m^2	700	75.38	5.28
	表土回覆	100m^3	323	356.82	11.53
1.3.2	土地整治工程				4.36
	土地整治	hm^2	7	6224.46	4.36
1.4	**站外临时堆土区**				**4.01**
1.4.1	表土保护工程				2.14
	表土回覆	100m^2	60	356.82	2.14
1.4.2	土地整治工程				1.87
	土地整治	100m^3	3	6224.46	1.87
1.5	**站外电力设施区**				**2.52**
1.5.1	表土保护工程				0.42
	表土剥离	100m^2	22	75.38	0.17
	表土回覆	100m^3	7	356.82	0.25
1.5.2	土地整治工程				2.1
	土地整治	hm^2	3.38	6224.46	2.1
1.6	**供排水工程区**				**217.93**
1.6.1	防洪排导工程				189.78
	排水管 DN2000	m	300	6137.33	184.12
	八字式排水口	座	1	56573	5.66

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
1.6.2	表土保护工程				11.49
	表土剥离	$100m^2$	630	75.38	4.75
	表土回覆	$100m^3$	189	356.82	6.74
1.6.3	土地整治工程				16.66
	土地整治	hm^2	26.76	6224.46	16.66
1.7	**专项设施迁改区**				**4.48**
1.7.1	表土保护工程				4.32
	表土剥离	$100m^2$	100	75.38	0.75
	表土回覆	$100m^3$	100	356.82	3.57
1.7.2	土地整治工程				0.16
	土地整治	hm^2	0.26	6224.46	0.16
2	**受端接地极**				**21.8**
2.1	**汇流装置区**				**6.03**
2.1.1	表土保护工程				6.03
	表土剥离	$100m^2$	800	75.38	6.03
2.2	**电极电缆区**				**9.9**
2.2.1	表土保护工程				5.23
	表土剥离	$100m^2$	282	75.38	2.13
	表土回覆	$100m^3$	87	356.82	3.1
2.2.2	土地整治工程				4.67
	土地整治	hm^2	7.51	6224.46	4.67
2.3	**检修道路区**				**0.75**
2.3.1	表土保护工程				0.75
	表土剥离	$100m^2$	100	75.38	0.75
2.4	**外接电源区**				**5.12**
2.4.1	表土保护工程				5.08
	表土剥离	$100m^2$	200	75.38	1.51
	表土回覆	$100m^3$	100	356.82	3.57
2.4.2	土地整治工程				0.04
	土地整治	hm^2	0.06	6224.46	0.04
二	**第二部分 植物措施费**				171.67
（一）	**平原区**				171.67
1	**受端换流站**				171.67
1.1	**站区**				**161.34**
1.1.1	绿化工程				161
	站区绿化	hm^2	7.26	221763.09	161
1.1.2	植被恢复与建设工程				0.34
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）	hm^2	0.3	11208.56	0.34
1.2	**进站道路区**				**10.07**
1.2.1	植被恢复与建设工程				10.07
	植草护坡	hm^2	0.46	218830.77	10.07
1.3	**站外电力设施区**				**0.26**

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
1.3.1	植被恢复与建设工程				0.26
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）	hm^2	0.23	11208.56	0.26
三	**第三部分 监测措施**				**66.3**
1	受端换流站				54.93
1.1	水土保持监测				6.50
1.2	建设期观测费				48.43
2	受端接地极				11.37
1.1	水土保持监测				1.39
1.2	建设期观测费				9.98
四	**第四部分 临时措施费**				536.67
（一）	**平原区**				516.65
1	**受端换流站**				425.49
1.1	**站区**				**34.05**
1.1.1	临时拦挡工程				9.32
	植生袋土（石）拦挡	$100m^3$	4.215	20579.32	8.67
	植生袋土（石）拆除	$100m^3$	4.215	1540.72	0.65
1.1.2	苫盖防护				18.98
	密目网苫盖	$100m^2$	432	439.46	18.98
1.1.3	临时排水				0.75
	临时排水沟	$100m^3$	8.32	904.67	0.75
1.1.4	临时沉沙池				0.57
	临时沉沙池	座	4	1426.63	0.57
1.1.5	其他临时工程				4.43
	洒水降尘				4.43
	洒水车	$8m^3$	450	74.35	3.35
	水费	m^3	3600	3	1.08
1.2	**进站道路区**				**2.91**
1.2.1	苫盖防护				2.02
	密目网苫盖	$100m^2$	46	439.46	2.02
1.2.2	其他临时工程				0.89
	洒水降尘				0.89
	洒水车	$8m^3$	90	74.35	0.67
	水费	m^3	720	3	0.22
1.3	**施工生产生活区**				**1.53**
1.3.1	临时排水				0.96
	临时排水沟	$100m^3$	10.56	904.67	0.96
1.3.2	临时沉沙池				0.57
	临时沉砂池	座	4	1426.63	0.57
1.4	**站外临时堆土区**				**43.07**
1.4.1	临时拦挡工程				5.80
	植生袋土（石）拦挡	$100m^3$	2.625	20579.32	5.40
	植生袋土（石）拆除	$100m^3$	2.625	1540.72	0.40

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
1.4.2	苫盖防护				33.16
	彩条布铺垫	100m^2	300	535.01	16.05
	密目网苫盖	100m^2	389.4	439.46	17.11
1.4.3	临时排水				0.61
	临时排水沟	100m^3	6.72	904.67	0.61
1.4.4	临时沉沙池				0.14
	临时沉沙池	座	1	1426.63	0.14
1.4.5	其他临时工程				3.36
	临时种草（黑麦草、狗牙根）	hm^2	3	11208.56	3.36
1.5	**站外电力设施区**				**5.35**
1.5.1	苫盖防护				5.35
	彩条布铺垫	100m^2	40.67	535.01	2.18
	密目网苫盖	100m^2	72.24	439.46	3.17
1.6	**供排水工程区**				**338.32**
1.6.1	临时拦挡工程				222.05
	植生袋土（石）拦挡	100m^3	100.38	20579.32	206.58
	植生袋土（石）拆除	100m^3	100.38	1540.72	15.47
1.6.2	苫盖防护				115.27
	彩条布铺垫	100m^2	956.63	535.01	51.18
	密目网苫盖	100m^2	1458.49	439.46	64.09
1.6.3	临时沉淀池				1
	泥浆沉淀池	座	5	2000	1
1.7	**专项设施迁改区**				**0.26**
1.7.1	苫盖防护				0.26
	彩条布隔离	100m^2	0.60	535.01	0.03
	密目网苫盖	100m^2	5.15	439.46	0.23
2	**受端接地极**				91.16
2.1	**电极电缆区**				**90.76**
2.1.1	临时拦挡工程				61.39
	植生袋土（石）拦挡	100m^3	27.75	20579.32	57.11
	植生袋土（石）拆除	100m^3	27.75	1540.72	4.28
2.1.2	苫盖防护				29.37
	彩条布铺垫	100m^2	334.03	535.01	17.87
	密目网苫盖	100m^2	261.76	439.46	11.5
2.2	**外接电源工程区**				**0.40**
2.2.1	苫盖防护				0.40
	彩条布铺垫	100m^2	1.1	535.01	0.06
	密目网苫盖	100m^2	7.75	439.46	0.34
3	**其它临时措施费**	**%**	**2**	**119.72**	2.39
4	**施工安全生产专项费**	**%**	**2.5**	**702.37**	17.63
四	**河南合计**				1166.32
	平原区				1166.32

表 9.1-10　河南境内水土保持措施投资估算表（线路工程）

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				207.4
（一）	山丘区				65.34
1	直流线路				65.34
1.1	塔基区				58
1.1.1	表土保护工程				13.79
	表土剥离（人工）	万 m^3	0.94	54256.00	5.1
	表土回覆（人工）	万 m^3	0.94	92473.00	8.69
1.1.2	拦渣工程				21.24
	浆砌石挡渣墙	m^3	360	590.00	21.24
1.1.3	边坡防护工程				7.08
	浆砌石护坡	m^3	120	590.00	7.08
1.1.4	防洪排导工程				3.78
	浆砌石排水沟	m^3	64	590.00	3.78
1.1.5	土地整治工程				12.11
	土地整治（人工）	hm^2	14.14	8273.44	11.7
	耕地恢复（人工）	hm^2	0.5	8273.44	0.41
1.2	牵张场				1.56
1.2.1	表土保护工程				0.22
	表土剥离（机械）	hm^2	0.15	7538.00	0.11
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.03	35682.00	0.11
1.2.2	土地整治工程				1.34
	土地整治	hm^2	2.16	6224.46	1.34
1.3	跨越施工场地				0.16
1.3.1	土地整治工程				0.16
	土地整治	hm^2	0.26	6224.46	0.16
1.4	施工道路				5.62
1.4.1	表土保护工程				1.42
	表土剥离（机械）	hm^2	0.94	7538.00	0.71
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.2	35682.00	0.71
1.4.2	土地整治工程				4.2
	土地整治	hm^2	6.69	6224.46	4.16
	耕地恢复	hm^2	0.07	6224.46	0.04
（二）	平原区				142.06
1	直流线路				107.87
1.1	塔基区				71.17
1.1.1	表土保护工程				28.67
	表土剥离（机械）	hm^2	15.74	7538.00	11.86
	表土回覆（机械）	万 m^3	4.71	35682.00	16.81

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
1.1.2	土地整治工程				21.25
	土地整治	hm^2	1.36	6224.46	0.85
	耕地恢复	hm^2	32.78	6224.46	20.4
1.2	牵张场				8.67
1.2.1	土地整治工程				8.67
	土地整治	hm^2	0.24	6224.46	0.15
	耕地恢复	hm^2	13.68	6224.46	8.52
1.3	跨越施工场地				7.12
1.3.1	土地整治工程				7.12
	土地整治	hm^2	0.6	6224.46	0.37
	耕地恢复	hm^2	10.84	6224.46	6.75
1.4	施工道路				20.91
1.4.1	土地整治工程				20.91
	土地整治	hm^2	1.3	6224.46	0.81
	耕地恢复	hm^2	32.29	6224.46	20.1
2	受端接地极线路				31.51
2.1	塔基区				14.24
2.1.1	表土保护工程				9.48
	表土剥离（机械）	hm^2	5.19	7538.00	3.91
	表土回覆（机械）	万 m^3	1.56	35682.00	5.57
2.1.2	土地整治工程				4.76
	耕地恢复	hm^2	7.65	6224.46	4.76
2.2	牵张场				0.27
2.2.1	土地整治工程				0.27
	耕地恢复	hm^2	0.44	6224.46	0.27
2.3	跨越施工场地				4.21
2.3.1	土地整治工程				4.21
	耕地恢复	hm^2	6.76	6224.46	4.21
2.4	施工道路				12.79
2.4.1	土地整治工程				12.79
	耕地恢复	hm^2	20.55	6224.46	12.79
3	迁改线路				2.68
3.1	塔基区				1.9
3.1.1	表土保护工程				0.42
	表土剥离（机械）	hm^2	0.23	7538.00	0.17
	表土回覆（机械）	万 m^3	0.07	35682.00	0.25
3.1.1	土地整治工程				0.74
	耕地恢复	hm^2	1.19	6224.46	0.74
3.2	牵张场	0			0.22

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
3.2.1	土地整治工程				0.22
	耕地恢复	hm^2	0.36	6224.46	0.22
3.3	跨越施工场地	0			0.02
3.3.1	土地整治工程				0.02
	耕地恢复	hm^2	0.04	6224.46	0.02
3.4	施工道路	0			0.54
3.4.1	土地整治工程				0.54
	耕地恢复	hm^2	0.87	6224.46	0.54
二	第二部分 植物措施费				232.97
（一）	山丘区				193.23
1	直流线路				193.23
1.1	塔基区				88.47
1.1.1	植被恢复与建设工程				86.21
	穴状整地	个	17442	1.48	2.58
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）	hm^2	14.14	11208.56	15.85
	栽植灌木（胡枝子）	株	17442	38.86	67.78
1.1.2	线路工程抚育工程				2.26
	幼林抚育（第一年）	hm^2	9.69	1317.57	1.28
	幼林抚育（第二年）	hm^2	9.69	1012.79	0.98
1.2	牵张场				18.61
1.2.1	植被恢复与建设工程				18.11
	穴状整地	个	3888	1.48	0.58
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）	hm^2	2.16	11208.56	2.42
	栽植灌木（胡枝子）	株	3888	38.86	15.11
1.2.2	线路工程抚育工程				0.5
	幼林抚育（第一年）	hm^2	2.16	1317.57	0.28
	幼林抚育（第二年）	hm^2	2.16	1012.79	0.22
1.3	跨越施工场地				0.29
1.3.1	植被恢复与建设工程				0.29
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）	hm^2	0.26	11208.56	0.29
1.4	施工道路				85.86
1.4.1	植被恢复与建设工程				84.3
	穴状整地	个	15210	1.48	2.25
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）	hm^2	6.69	11208.56	7.5
	栽植灌木（胡枝子）	株	12042	38.86	46.8
	栽植乔木（刺槐）	株	3168	87.58	27.75
1.4.2	线路工程抚育工程				1.56
	幼林抚育（第一年）	hm^2	6.69	1317.57	0.88
	幼林抚育（第二年）	hm^2	6.69	1012.79	0.68

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
（二）	平原区				39.74
1	直流线路				39.74
1.1	塔基区				9.15
1.1.1	植被恢复与建设工程				8.92
	穴状整地	个	1836	1.48	0.27
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）	hm^2	1.36	11208.56	1.52
	栽植灌木（胡枝子）	株	1836	38.86	7.13
1.1.2	线路工程抚育工程				0.23
	幼林抚育（第一年）	hm^2	1.02	1317.57	0.13
	幼林抚育（第二年）	hm^2	1.02	1012.79	0.1
1.2	牵张场				2.06
1.2.1	植被恢复与建设工程				2.01
	穴状整地	个	432	1.48	0.06
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）	hm^2	0.24	11208.56	0.27
	栽植灌木（胡枝子）	株	432	38.86	1.68
1.2.2	线路工程抚育工程				0.05
	幼林抚育（第一年）	hm^2	0.24	1317.57	0.03
	幼林抚育（第二年）	hm^2	0.24	1012.79	0.02
1.3	跨越施工场地				0.67
1.3.1	植被恢复与建设工程				0.67
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）	hm^2	0.6	11208.56	0.67
1.4	施工道路				27.86
1.4.1	植被恢复与建设工程				27.56
	穴状整地	个	4212	1.48	0.62
	撒播草籽（黑麦草、狗牙根）	hm^2	1.3	11208.56	1.46
	栽植乔木（刺槐）	株	1872	87.58	16.39
	栽植灌木（胡枝子）	株	2340	38.86	9.09
1.4.2	线路工程抚育工程				0.3
	幼林抚育（第一年）	hm^2	1.3	1317.57	0.17
	幼林抚育（第二年）	hm^2	1.3	1012.79	0.13
三	第三部分 监测措施费				94.48
（一）	山丘区				21.95
1	直流线路				21.95
1.1	水土保持监测				2.61
1.2	建设期观测费				19.34
（二）	平原区				72.53
1	直流线路				55.77
1.1	水土保持监测				6.63
1.2	建设期观测费				49.14

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
2	接地极线路				16.76
2.1	水土保持监测				2
2.2	建设期观测费				14.76
四	第四部分 临时措施费				1572.58
（一）	山丘区				145.39
1	直流线路				145.39
1.1	塔基区				69.7
1.1.1	临时拦挡工程				37.16
	植生袋土（石）填筑	m^3	1680	205.79	34.57
	植生袋土（石）拆除	m^3	1680	15.41	2.59
1.1.2	苫盖防护				26.73
	彩条布铺垫	m^2	22400	5.35	11.98
	密目网苫盖	m^2	42560	4.39	18.68
1.1.3	临时限界				5.81
	彩条旗围护	m	10080	5.76	5.81
1.2	牵张场				12.96
1.2.1	苫盖防护				12.13
	彩条布铺垫	m^2	1350	5.35	0.72
	密目网苫盖	m^2	1800	4.39	0.79
	钢板铺设	m^2	1800	59.00	10.62
1.2.2	临时限界				0.83
	彩条旗围护	m	1440	5.76	0.83
1.3	跨越施工场地				0.24
1.3.1	临时限界				0.24
	彩条旗围护	m	420	5.76	0.24
1.4	施工道路				58.56
1.4.1	临时拦挡工程				44.24
	植生袋土（石）填筑	m^3	2000	205.79	41.16
	植生袋土（石）拆除	m^3	2000	15.41	3.08
1.4.2	临时排水				0.8
	临时排水沟	m^3	208	9.05	0.19
	素土夯实	m^3	208	29.30	0.61
1.4.3	苫盖防护				13.52
	密目网苫盖	m^2	30800	4.39	13.52
（二）	平原区				1391.64
1	直流线路				948.09
1.1	塔基区				781.79
1.1.1	临时拦挡工程				70.34
	植生袋土（石）填筑	m^3	3180	205.79	65.44

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
	植生袋土（石）拆除	m^3	3180	15.41	4.9
1.1.2	苫盖防护				78.96
	彩条布铺垫	m^2	95400	5.35	51.04
	密目网苫盖	m^2	63600	4.39	27.92
1.1.4	临时限界				16.49
	彩条旗围护	m	28620	5.76	16.49
1.1.5	临时沉沙				616
	泥浆沉淀池	座	308	20000.00	616
1.2	牵张场				78.44
1.2.1	苫盖防护				73.09
	彩条布铺垫	m^2	8700	5.35	4.65
	钢板铺设	m^2	11600	59.00	68.44
1.2.2	临时限界				5.35
	彩条旗围护	m	9280	5.76	5.35
1.3	跨越施工场地				10.33
1.3.1	临时限界				10.33
	彩条旗围护	m	17940	5.76	10.33
1.4	施工道路				77.53
1.4.1	临时限界				77.53
	彩条旗围护	m	134600	5.76	77.53
2	受端接地极线路				432.15
2.1	塔基区				370.69
2.1.1	临时拦挡工程				12.01
	植生袋土（石）填筑	m^3	543	205.79	11.17
	植生袋土（石）拆除	m^3	543	15.41	0.84
2.1.2	苫盖防护				30.42
	彩条布铺垫	m^2	27150	5.35	14.53
	密目网苫盖	m^2	36200	4.39	15.89
2.1.3	临时限界				6.26
	彩条旗围护	m	10860	5.76	6.26
2.1.4	临时沉沙				322
	泥浆沉淀池	座	161	20000.00	322
2.2	牵张场				15.3
2.2.1	苫盖防护				14.16
	彩条布铺垫	m^2	2200	5.35	1.18
	钢板铺设	m^2	2200	59.00	12.98
2.2.2	临时限界				1.14
	彩条旗围护	m	1980	5.76	1.14
2.3	跨越施工场地				5.84

序号	工程或费用名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）
2.3.1	临时限界				5.84
	彩条旗围护	m	10140	5.76	5.84
2.4	施工道路				40.32
2.4.1	临时限界				40.32
	彩条旗围护	m	70000	5.76	40.32
3	迁改线路				11.4
3.1	塔基区				5.12
3.1.1	临时拦挡工程				2.21
	植生袋土（石）填筑	m^3	100	205.79	2.06
	植生袋土（石）拆除	m^3	100	15.41	0.15
3.1.1	苫盖防护				2.39
	彩条布铺垫	m^2	2000	5.35	1.07
	密目网苫盖	m^2	3000	4.39	1.32
3.1.3	临时限界				0.52
	彩条旗围护	m	900	5.76	0.52
3.2	牵张场				4.06
3.2.1	苫盖防护				3.78
	彩条布铺垫	m^2	450	5.35	0.24
	钢板铺设	m^2	600	59.00	3.54
3.2.2	临时限界				0.28
	彩条旗围护	m	480	5.76	0.28
3.3	跨越施工场地				0.03
3.3.1	临时限界				0.03
	彩条旗围护	m	60	5.76	0.03
3.4	施工道路				2.19
3.4.1	临时限界				2.19
	彩条旗围护	m	3800	5.76	2.19
（三）	其他临时措施费				10.06
1	山丘区	%	248.42	2.00	4.97
2	平原区	%	254.33	2.00	5.09
（四）	施工安全生产专项				25.49
1	山丘区	%	388.16	2.50	9.7
2	平原区	%	631.64	2.50	15.79
五	河南省合计				2107.43
	山丘区				440.58
	平原区				1666.85

9.1.4. 监测措施估算表

表 9.1-11　监测措施费估算详表

工程或费用名称		单位	数量	单价（元）	合计（万元）	耗损计费方式
第三部分 监测措施					430.79	
一	水土保持监测				51.27	
（一）	土建设施				3.60	
水蚀监测小区		个	36	1000	3.6	全计
（二）	设备及安装				47.67	
1	监测设备、仪表				47.67	
耐用设备	无人机	台	6	8000	2.52	折旧率按 15%，2 年折旧
	植被盖度测定仪	台	6	5900	1.86	
	土壤水分快速测定仪	台	6	41000	12.84	
	红外测距仪	台	6	1800	0.54	
	笔记本电脑	台	6	6000	1.86	
	坡度仪	台	8	500	0.24	
	自计雨量计	个	8	1500	0.64	
	手持风速风向仪	台	6	3000	0.96	
	手持式 GPS	台	6	3000	0.96	
	电子天平	台	6	4600	1.44	
	烘箱	台	4	6000	1.24	
	蒸发皿	个	8	65	0.00	
	1/1000 电子天平	台	8	10000	4.16	
消耗性设备	遥感影像卫片	期	4	20000	8.00	易耗品、全计
	5m 卷尺	个	10	10	0.01	
	50m 皮尺	个	10	20	0.02	
	自记雨量记录纸	张	2000	1	0.20	
	标志绳	m	2000	3	0.60	
	标志牌	个	36	30	0.11	
	测钎	个	900	90	8.10	
	环刀	个	180	65	1.17	
	铝盒	个	180	11	0.20	
二	建设期观测费				379.52	

9.1.5. 独立费用估算表

本工程独立费用估算见表 9.1-12~9.1-14。

表 9.1-12　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	为水土保持设施验收费，费用参考《关于颁布<变电站一键顺控分系统调试补充定额（试行）等 14 项企业计价依据>的通知》-附件 11《国家电网有限公司特高压直流工程环保水保监测与验收费用计列指导意见》费用计取，按 362.15 万元计列）	362.15
2	工程建设监理费	参考《特高压直流工程环保水保监理、监测及验收费用编制细则》费用计取	446.47
3	科研勘测设计费	按实际合同金额计列	395.12
4	**合　计**		1203.74

表 9.1-13　工程建设监理费估算详表

序号	工程类别	取费基数	费率/费用	取费基数	小计万元
1	送端榆林站	建筑工程费+安装工程费	0.09%	193589 万元	174.23
2	受端换流站	建筑工程费+安装工程费	0.09%	135671 万元	122.10
3	直流输电线路工程	单回路	0.14 万元/km	727.5km	101.85
4	接地极线路工程	单回路	0.26 万元/km	130.8km	34.01
5	接地极		7.14 万元/极	2 极	14.28
合计					446.47

表 9.1-14　水土保持设施验收费估算详表

序号	工程类别	取费基数	费用	取费基数	小计万元
1	送端榆林站	新建	50.96 万元/站	1 站	50.96
2	受端换流站	新建	50.96 万元/站	1 站	50.96
3	直流输电线路工程	路径长度	0.274 万元/km	727.5km	199.33
4	接地极线路工程	路径长度	0.3 万元/km	130.8km	39.24
5	接地极		10.83 万元/极	2 极	21.66
合计					362.15

9.1.6. 预备费

表 9.1-15 预备费估算表

序号	工程名称及费用	编制依据及计算公式	费用（万元）
1	预备费	（工程措施 + 植物措施+监测措施+施工临时工程+独立费用-主体已有措施投资）×10%	1021.08

9.1.7. 水土保持补偿费

本工程水土保持补偿费见表 9.1-16。

表 9.1-16 本工程水土保持补偿费计算表

序号	沿线所经行政区	防治责任范围（hm^2）	单价（元/m^2）	补偿费（元）
1	陕西省	222.53	1.7	3783010
1.1	榆林市	222.53	1.7	3783010
	横山区	124.02	1.7	2108340
	米脂县	6.71	1.7	114070
	子洲县	17.81	1.7	302770
	绥德县	35.50	1.7	603500
	清涧县	8.96	1.7	152320
	靖边县	29.53	1.7	502010
2	山西省	289.64	0.4	1158560
2.1	吕梁市	103.46	0.4	413840
	石楼县	11.22	0.4	44880
	中阳县	35.65	0.4	142600
	交口县	4.22	0.4	16880
	孝义市	16.10	0.4	64400
	汾阳市	36.27	0.4	145080
2.2	晋中市	37.21	0.4	148840
	介休市	14.33	0.4	57320
	平遥县	22.88	0.4	91520
2.3	长治市	148.97	0.4	595880
	武乡县	25.15	0.4	100600
	沁县	17.61	0.4	70440
	襄垣县	42.39	0.4	169560
	潞城区	25.63	0.4	102520
	平顺县	38.19	0.4	152760
3	河南省	226.52	1.2	2718240
3.1	安阳市	20.26	1.2	243120
	林州市	20.26	1.2	243120
3.2	新乡市	69.78	1.2	837360
	卫辉市	27.06	1.2	324720
	延津县	16.06	1.2	192720
	封丘县	26.66	1.2	319920
3.3	开封市	114.15	1.2	1369800
	祥符区	26.59	1.2	319080
	杞县	87.56	1.2	1050720
3.4	周口市	22.33	1.2	267960
	太康县	22.33	1.2	267960
合计		738.69		8164170

9.1.8. 工程单价汇总

主体工程水土保持措施单价汇总见表 9.1-17，方案设计的水土保持措施单价汇总、方案新增施工机械台时费汇总、方案设计的水土保持措施单价计算表详见附表。

表 9.1-17　主体工程水土保持单价汇总表

序号	工程名称	单位	单价（元）
1	陕西省		
1.1	送端榆林站		
	站区混凝土截排水沟	m^3	1342.33
	雨水排水管网	m	
	DN300 雨水排水管	m	253.26
	DN600 雨水排水管	m	375.55
	DN1000 雨水排水管	m	573.8
	站区框格植草护坡	m^2	812.29
	土壤改良	m^3	75
	站区绿化	hm^2	799700
	进站道路雨水排水管	m	240.87
	进站道路八字排水口	座	54700
	进站道路框格植草护坡	m^2	224.41
	进站道路混凝土截排水沟	m^3	933.86
	钢筋混凝土排水管 DN≥1000	m	569.32
	跌水沟	m	528.37
	消力池	座	57966.67
	海漫带	m	281.74
	泥浆沉淀池（站区）	座	10000
	泥浆沉淀池（供排水管线区）	座	2000
1.2	线路工程		
	浆砌石护坡	m^3	855
	浆砌石挡渣墙	m^3	855
	泥浆沉淀池	座	20000
	草方格沙障	m^2	22.2
	钢板铺设	m^2	72
2	山西省		
2.1	线路工程		
	浆砌石护坡	m^3	1300

序号	工程名称	单位	单价（元）
	浆砌石挡渣墙	m^3	1300
	浆砌石排水沟	m^3	1300
	泥浆沉淀池	座	20000
	钢板铺设	m^2	50
3	河南省		
3.1	受端换流站		
	地下雨水管网	m	359.85
	排水管 DN2000	m	6137.33
	八字式排水口	座	56573
	站区绿化	hm^2	22.18
	植草护坡	hm^2	218830.77
	泥浆沉淀池	座	2000
3.2	线路工程		
	浆砌石护坡	m^3	590
	浆砌石挡渣墙	m^3	590
	浆砌石排水沟	m^3	590
	泥浆沉淀池	座	20000
	钢板铺设	m^2	59

9.1.9. 分年度投资

本工程水土保持投资分年度实施计划见表 9.1-18。

表 9.1-18　本工程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				合计
		2026	2027	2028	2029	
第一部分　工程措施		3704.40	4955.18	2351.93		11011.50
1	山丘区	3652.20	4695.68	2086.97		10434.85
2	平原区	52.2	259.49	264.96		576.65
第二部分 植物措施		290.889	1745.33	872.67		2908.89
1	山丘区	263.96	1583.74	791.87		2639.56
2	平原区	26.93	161.60	80.80		269.33
第三部分 监测措施		43.08	129.24	129.24	129.24	430.79
第四部分 施工临时措施		1333.00	2898.56	1064.49		5993.72
1	山丘区	1100.44	2200.88	366.81		3668.13
2	平原区	232.56	697.68	697.68		2325.59
第五部分 独立费用		439.77	178.59	223.24	362.15	1203.74
1	建设管理费				362.15	362.15
2	水土保持监理费	44.65	178.59	223.24		446.47
3	科研勘测设计费	395.12				395.12
一至五部分合计		5811.13	9906.89	4641.56	491.39	21548.64
预备费		102.11	306.33	306.33	306.33	1021.08
水土保持补偿费		816.4170				816.4170
陕西		378.3010				378.3010
山西		166.2920				166.2920
河南		271.8240				271.8240
水土保持总投资		6729.66	10213.21	4947.88	797.71	23386.14

9.2. 效益分析

本方案实施后各项水土保持措施起到了防治水土流失、保护生态环境的作用。设计水平年六项防治指标均达到并超过了预期的治理目标，方案实施后效果显著。

（1）水土流失治理度

设计水平年末，各项水土保持措施实施完毕并初步发挥效益后，可减少水土流失量63125t，水土流失治理度达96.05%，满足防治目标94%的要求。

（2）土壤流失控制比

本工程水土流失防治责任范围内治理后每平方公里年平均土壤流失量均接近当地容许土壤流失量，设计水平年末，土壤流失控制比达1.0，满足防治目标0.9的要求。

（3）渣土防护率

工程建设过程中临时堆土均采取临时拦挡、苫盖等防护措施，渣土防护率达95.67%，满足防治目标94.5%的要求。

（4）表土保护率

本工程对存在表土资源且开挖深度超过20cm的区域进行表土剥离，其他占压扰动为主的区域对表土进行铺垫保护，表土保护率达95.86%，满足防治目标92.5%的要求。

（5）林草植被恢复率

设计水平年末，项目区内可恢复林草植被区域基本恢复林草植被，设计水平年末，林草植被恢复率达96.55%，满足防治目标96%的要求。

（6）林草覆盖率

本工程两端换流站站区内均考虑绿化，塔基区永久占地及其他各类施工临时占地有条件进行植被恢复的均实施植物措施，设计水平年末，林草覆盖率达35.49%，防治目标25.5%的要求。

10 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设施验收备案工作。

10.1. 组织管理

根据国家有关法律法规，生产建设单位是生产建设项目水土流失防治的责任主体，应当加强全过程水土保持管理，优化施工工艺和时序，提高水土资源利用效率，减少地表扰动和植被损坏，及时采取水土保持措施，有效控制可能造成的水土流失。水土保持方案经水利部批准后，建设单位将成立“陕西～河南±800千伏直流输电工程”水土保持方案实施管理机构，配置专职人员负责水土保持工作的组织、管理和落实。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。

水土保持实施管理机构应认真贯彻、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；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；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有效落实，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；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。依据《水土保持补偿费征收使用管理办法》（财综〔2014〕8号）的要求，在工程开工前应及时缴纳水土保持补偿费。自觉接受水行政主管部门的监督检查，与沿线各省、市、县（区）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。

10.2. 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，明确水土流失防治措施、标准和水土保持投资，施工图设计应当细化水土保持措施设计，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保措施实施专项设计和“一塔一设计”，特别是西北黄土高原区、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。

10.3. 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。

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。

10.4. 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，本项目占地面积大于200公顷、挖填土石方总量大于200万立方米，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。水土保持监理工作应按照水利工程建设监理的规定和《水土保持监理规范》(SL523-2024)执行。

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，将实行工程监理制，并接受各级水行政主管部门的监督和检查。生产建设项目水土保持监理单位应根据合同约定，建立有效的水土保持监理工作管理制度，督促参建各方全面、及时、有效落实各项水土流失防治任务，强化对水土保持临时措施实施的监督和管理；应强化对涉及水土保持相关工程实施的事前预控，并应将水土流失的预防控制贯彻到工程建设的全过程；应组织或参与水土保持工程项目划分。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、质量、进度和投资，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。

10.5. 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工作任务和内容纳入施工合同，落实施工单位水土保持责任，在建设过程中同步实施水土保持方案提出的水土保持措施，保证水土保持措施的质量、实施进度和资金投入，并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。

10.6. 水土保持设施验收

依据《生产建设项目水土保持方案管理办法》（水利部令第 53 号）及《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），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。根据《生产建设项目水土保持方案管理办法》（水利部令第 53 号）有关要求，承担生产建设项目水土保持方案技术评审、水土保持监测、水土保持监理工作的单位不得作为该生产建设项目水土保持设施验收报告编制的第三方机构。 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《生产建设项目水土保持设施验收技术规程》（GB/T22490-2025）

附件 I 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《生产建设项目水土保持设施验收技术规程》（GB/T22490-2025）附录 J 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等。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。

5）验收核查。对完成验收报备的生产建设项目，应按照相关规定接受水土保持设施验收核查。

（2）水土保持设施未经验收或者验收不合格的情形

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。