

山西国际能源新能源

左权县 5 万千瓦光伏电站项目

水土保持监测总结报告

建设单位：山西国际能源集团新能源投资管理有限责任公司

监测单位：山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司

编制日期：二〇二一年八月

**山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目
水土保持监测特性表**

建设项目主体工程主要技术指标								
项目名称		山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目						
建设 规模	建设单位		山西国际能源集团新能源投资管理有限责任公司					
	建设地点		山西省晋中市左权县石匣乡北部一带					
	所属流域		海河流域					
	工程总投资		24238.4 万元					
	工程主体工期		23 个月					
水土保持监测成果								
监测单位全称		山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司						
自然地理类型		北方土石山区		防治标准		建设类项目一级标准		
监测 内容	监测指标		监测方法（设施）		监测指标		监测方法（设施）	
	1 水土流失状况监测		引用资料、调查、径流小区法		2 水土流失控制比		分析计算	
	3 水土流失危害		调查、巡查		4 水土流失防治目标监测		径流小区、调查	
	5 水土流失治理度		实地量测		6 林草植被恢复率		调查、量测	
	7 植被覆盖率		调查、量测、计算		8 水保防治措施效果		实地调查、量测	
	水土流失预测总量		1412.51t		水土流失背景值		1400-2000t/km ² ·a	
	方案设计防治责任范围面积		82.29hm ²		水土流失容许值		200t/km ² ·a	
	水土保持工程投资		118.12 万元		水土流失目标值		250t/km ² ·a	
防治 措施	光伏场区		全面整地 2.40hm ² ，碎石覆盖 52.06m ³ ，撒播草籽 39.99hm ² ，临时苫盖 10000m ² ，临时铺垫 4000m ² 。					
	升压站		排水沟 200m，表土剥离 1.29 hm ² ，表土回覆 0.13 万 m ³ ，绿化美化 0.20hm ² ，编织袋堆筑 66.05m ³ ，临时苫盖 1682.29m ² 。					
	交通道路		浆砌石排水沟 600m，砖砌排水沟 200m，生态排水沟 3500m，表土剥离 0.18hm ² ，表土回覆 0.02 万 m ³ ，土地平整 3.41hm ² ，全面整地 3.41hm ² ，撒播草籽 3.41hm ² ，栽植紫穗槐 8500 株，栽植油松 1350 株，幼林抚育 1.77hm ² ，编织袋堆筑 656m ³ ，临时苫盖 350m ² 。					
	输电线路		土地平整 1.88hm ² ，全面整地 1.11hm ² ，复耕 0.77hm ² ，撒播草籽 1.11hm ² ，栽植紫穗槐 1400 株，幼林抚育 0.32hm ² ，临时苫盖 3000m ² ，临时铺垫 7700m ²					
监测 结论	分类分级指标		目标值	达到值	监测数量			
	水土流失治理度		95%	99.01%	防治责任范围面积	72.83hm ²	水土流失总面积	46.34hm ²
	土壤流失控制比		0.9	1.05	防治措施面积	45.88hm ²	容许土壤流失量	200t/km ² ·a
	渣土防护率		97%	98%	工程措施面积	1.17hm ²	治理后的平均土壤流失强度	191t/km ² ·a
	表土保护率		95%	98%	植物措施面积	44.71hm ²		
	林草植被恢复率		95%	98.98%	可恢复林草植被面积	45.17hm ²	林草类植被面积	44.71hm ²
	林草覆盖率		26%	61.39%	实际拦挡弃渣量		总弃渣量	0 万 m ³
	水土保持治理达标评价				六项防治指标都达到目标			
总体结论		各防治区防治措施基本完成，并起到防治效果，设计水平年六项防治指标、综合指标均满足《开发建设项目水土流失防治标准》中相应的防治标准，同时达到水保方案制定的目标值，有效控制了新增水土流失的产生。						
主要建议		在运行期，加强后期对各种水保设施的管理，设立专职人员定期巡查维护，对部分新实施的植物措施，要保证成活率，使之能够长期发挥作用，防止发生水土流失。						

目录

综合说明.....	1
1 建设项目及水土保持工作概况	2
1.1 建设项目概况	2
1.2 项目区概况	6
1.3 水土流失防治概况	7
1.4 监测工作实施概况	10
1.5 监测范围及分区	12
1.6 监测重点区域及监测点位布设	13
1.7 监测时段与频次	13
1.8 监测内容和方法	14
1.9 监测指标	21
2 重点部位水土流失动态监测结果	23
2.1 防治责任范围监测结果	23
2.2 弃土弃渣动态监测结果	25
3 水土流失防治措施监测结果	27
3.1 工程措施实施情况	27
3.2 植物措施实施情况	30
3.3 临时措施实施情况	32
3.4 水土保持措施实施情况监测结果	34
4 土壤流失量分析	35
4.1 各阶段土壤流失量分析	35
4.1.1 水土流失量计算方法	35
4.1.2 侵蚀模数的确定	35
4.2 各扰动土地类型土壤流失量分析	36

5 水土流失防治效果监测结果	38
5.1 扰动土地治理率	39
5.2 水土流失治理度	38
5.3 水土流失控制比	38
5.4 渣土防护率	39
5.5 林草植被恢复率	39
5.6 林草覆盖率	40
6 结论.....	42
6.1 水土流失动态变化	42
6.2 水土保持措施评价	42
6.3 存在的问题及建议	43
6.4 综合结论	43

附表

附表 1 防治责任范围动态监测汇总表

附表 2 弃土弃渣动态监测汇总表

附表 3 水土流失防治措施表

附表 4 植物措施建设监测表

附表 5 水土流失监测六项指标达标情况表

附表 6 水土保持监测季度报表

附表 7 生产建设项目水土保持三色评价指标及赋分表

附图

附图 1: 水土流失防治责任范围及水土保持措施布设竣工图

附件

附件 1: 项目区位置图

附件 2: 水土保持方案批复文件

附件 3: 水土保持补偿费缴纳证明

综合说明

根据山西省能源局文件（晋能源审备〔2019〕21号），山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目为新建工程，项目规模为50MW。

按照《中华人民共和国水土保持法》、《开发建设项目水土保持设施验收管理规定》等相关法律法规，为保证水土保持方案的有效实施和及时准确了解工程建设过程中水土流失情况及预防重大水土流失事件发生，山西国际能源集团新能源投资管理有限责任公司委托山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司承担该工程水土保持监测任务。

按照合同约定，监测单位成立了水土保持监测项目部，依据2019年10月31日山西省水利厅批复的《山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目水土保持方案审批准予行政许可决定书》（晋水审批决〔2019〕104号）中水土保持监测任务的要求，项目部技术人员对项目区周边原地貌进行了水土流失本底值调查，对光伏场区、升压站、交通道路等防治分区的工程建设情况、地表扰动范围、水土流失状况进行了实地勘查和全面调查。依据现场调查情况和水土保持方案的要求制定了水土保持监测计划，划分了监测区域，根据水土保持措施特点确定了不同监测时段和监测频率。

在监测工作中，通过对现场调查、地面观测、实验分析及资料收集取得的数据、照片等资料进行整理和分析，及时发现水土保持工作中存在的问题，并及时向建设单位提出整改意见。

2021年8月完成监测任务。对监测结果进行统计分析、综合评价，最终编制完成《山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目水土保持监测总结报告》，并报送建设单位和水土保持行政主管部门。

在水土保持监测过程中，得到了山西省水利厅、晋中市水务局、左权县水务局、山西国际能源集团新能源投资管理有限责任公司等单位的大力支持和协助，谨致谢意。

1 建设项目及水土保持工作概况

1.1 建设项目概况

项目名称：山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目

建设单位：山西国际能源集团新能源投资管理有限责任公司

建设性质：新建项目

工程规模：本项目建设规模 50MWp，配套新建一座 220kV 升压站。选用 405Wp 多晶硅太阳能电池板，通过箱变升压后送入光伏场区 220kV 升压站，再以 1 回 220kV 集电线路送至 220kV 辽阳变电站。

水保方案编制单位：山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司

水土保持监理单位：山西宏志环境工程咨询有限公司

水土保持监测单位：山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司

1.1.1 地理位置及交通

山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目位于山西省晋中市左权县石匣乡北部一带，行政区划属石匣乡管辖，项目区距左权县县城约 16 公里，地理坐标为：东经 113°19'23.93"、北纬 37°12'47.15"。

本项目施工可通过现有的乡道006、村村通道路及新建的道路运至光伏场周边，交通运输便利，可满足施工要求。

1.1.2 工程概况

根据山西省能源局文件（晋能源审备〔2019〕21号），山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目为新建工程，项目规模为 50MW。

2019 年 8 月，山西国际能源集团新能源投资管理有限责任公司委托山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司编制了《山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目水土保持方案报告书》，2019 年 10 月，通过山西省水利厅组织的专家评审会。按照评审专家所提意见，最终完成《山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目水土保持方案报告书》。2019 年 10 月 31 日山西省水利厅以“晋水审批决〔2019〕104 号”文对本项目水土保持方案予以批复。主要技术经济指

标见表 1-1。

表 1-1 主要技术经济指标表

项目名称	山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目
项目性质	新建项目
建设地点	山西省晋中市左权县石匣乡北部一带
建设单位	山西国际能源集团新能源投资管理有限责任公司
建设规模	50MW
计划建设工期	于 2019 年 10 月开始施工准备，2020 年 1 月底完工，共 4 个月
实际工期	主体工程建设期为 23 个月，于 2019 年 10 月初开始施工准备，2021 年 8 月主体完工，2021 年 8 月水土保持措施完工。
占地面积	面积 82.29hm ²
水保工程投资	103.18 万元
项目组成	工程由光伏场区防治区、升压站防治区、交通道路防治区、输电线路防治区组成

1.1.2.1 主体工程总体布局

主体及水保方案中确定的项目组成包括：光伏场区防治区、升压站防治区、交通道路防治区、输电线路防治区。

(1) 光伏场区防治区

光伏场区占地面积 71.04hm²，均为永久占地。共布置 40 个 1.25488MW 固定支架式单晶硅发电方阵。

根据图上测量和实地调查，本项目光伏场区实际占地面积 61.45hm²，均为永久占地。较原方案设计减少 9.59hm²，主要由于单个电池组件功率升高至 405w，总的数量面积较方案设计有所减少。

主要实施的水保措施有：1)完成全面整地 2.40hm²；2)完成碎石覆盖 52.06m³；3)完成撒播种草 39.99hm²；4)完成临时苫盖 10000m²；5)完成临时铺垫 4000m²。

(2) 升压站防治区

方案设计本工程新建一座 220kV 升压站，位于光伏场北侧的山坡上，地形较为平缓，围墙中心尺寸为 160m×60m，围墙为厚 240mm、高 2.4m 的实体砌筑砖墙。

本项目升压站实际位置和围墙中心尺寸与设计一致，升压站四周地形有宽 2~3m 边坡。根据图上测量和实地调查，升压站实际占地面积 1.29hm²。

主要实施的水保措施有：1)完成排水沟 200m；2)完成表土剥离 1.29 hm²；3)完成表土回覆 0.13 万 m³；4)完成绿化美化 0.20hm²；5)完成编织袋堆筑

66.05m³; 4) 完成临时苫盖 1682.29m²。

(3) 交通道路防治区

原方案设计交通道路总长 11.12km, 其中光伏场区检修道路长 11.02km, 采用泥结碎石; 升压站进站道路长 0.1km, 采用混凝土路面。交通道路占地面积 8.39hm²。其中永久占地 6.70hm², 临时占地 1.69hm²。

根据图上测量和实地调查, 检修道路实际长 10.54km, 采用泥结碎石路面, 其中有坡段检修道路长 4.10km, 无边坡段检修道路长 6.44km。根据实际情况, 有坡段检修道路上边坡临时占地为 1m 宽, 下边坡临时占地为 3m 宽。光伏场区检修道路实际占地面积为 7.96hm², 其中永久占地 6.32hm², 临时占地 1.64hm²。因升压站面积变动, 升压站进站道路长约 140m, 路面宽 6.5m, 道路靠下边坡一侧设置 1m 宽绿化带, 另一侧设 1m 宽排水, 上边坡临时占地为 1m 宽, 下边坡临时占地为 3m 宽。升压站进站道路实际占地面积为 0.18hm², 其中永久占地 0.12hm², 临时占地 0.06hm²。

综上交通道路防治区实际占地面积为 8.14 hm², 其中永久占地 6.44 hm², 临时占地 1.70 hm²。

主要实施的水保措施有: 1) 完成浆砌石排水沟 600m; 2) 完成砖砌排水沟 200m; 3) 完成生态排水沟 3500m; 4) 完成表土剥离 0.18hm²; 5) 完成表土回覆 0.02 万 m³; 6) 完成土地平整 3.41hm²; 7) 完成全面整地 3.41hm²; 8) 完成撒播种草 3.41hm²; 9) 完成栽植紫穗槐 8500 株; 10) 完成栽植油松 1350 株; 11) 完成幼林抚育 1.77hm²; 12) 完成编织袋堆筑 656m³; 13) 完成临时苫盖 350m²。

(4) 输电线路防治区

原方案设计本项目输电线路包括集电线路和施工用电线路。其中集电线路采用直埋及架空两种方式布设。直埋集电线路长10.45km, 因其沿光伏场区检修道路布置, 敷设在道路下方, 不另外考虑其占地; 架空集电线路总长7.41km, 其中双回路长4.50km, 单回路长2.91km, 采用铁塔架空形式, 共架设铁塔塔基58基, 塔基占地全部为永久占地, 占地面积0.15hm²; 施工用电从高家窑10kV线路T接, 线路总长约100m, 采用水泥砼杆架设, 共设混凝土电杆3个, 因施工用电线路的占地仅有27.27m², 四舍五入后不足0.01hm², 因此方案未予计列。

方案设计集电线路临时占地包括施工区 58 个 (每个 0.02hm²)、牵张场 1 个

(0.08hm^2)、堆料场 1 个 (每个 0.25hm^2) 和简易道路 0.4km (4m 宽), 人抬道路 1km (1m 宽)。集电线路临时占地 11.80hm^2 。输电线路占地面积为 1.90hm^2 , 其中永久占地 0.15hm^2 , 临时占地 1.75hm^2 。

本工程实际集电线路长度 16.27km , 架空集电线路长度 4.61km , 直埋集电线路长度 11.66km 。架空集电线路采用铁塔架空形式, 其中单回路 1.12km , 双回路 3.49km , 共架设铁塔 25 座, 架空集电线路实际占地面积除塔基基座永久占地外, 包括塔基施工区 25 个 (每个 0.02hm^2), 简易道路 0.4km (4m 宽), 人抬道路 1km (1m 宽), 牵张场 1 个 (0.08hm^2)、堆料场 1 个 (每个 0.25hm^2); 架空集电线路占地 1.16hm^2 , 其中永久占地 0.07hm^2 , 临时占地 1.09hm^2 。直埋集电线路中 9.21km 电缆敷设在道路下方不计占地, 新增 2.45km 电缆地埋钻越高压线; 直埋集电线路占地 0.79hm^2 , 全部为临时占地。集电线路实际占地面积为 1.95hm^2 , 其中永久占地 0.07hm^2 , 临时占地 1.88hm^2 。

实际施工用电线路的占地仅有 27.27m^2 , 四舍五入后不足 0.01hm^2 , 因此方案未予计列。

综上项目输电线路实际占地面积为 1.95hm^2 , 其中永久占地 0.07hm^2 , 临时占地 1.88hm^2 。

主要实施的水保措施有: 1) 完成土地平整 1.88hm^2 ; 2) 完成全面整地 1.11hm^2 ; 3) 完成复耕 0.77hm^2 ; 4) 完成撒播种草 1.11hm^2 ; 5) 完成栽植紫穗槐 1400 株; 6) 完成幼林抚育 0.32hm^2 ; 7) 完成临时苫盖 3000m^2 ; 8) 完成临时铺垫 7700m^2 。

(5) 施工生产生活区

原方案施工生产生活区施工生产区布置在光伏场区各方阵的空闲区域上, 可以满足施工需要。租用附近民房作为施工生活区, 故不单独设置施工生产生活区, 不另计占地面积。

根据实际情况, 施工生产生活区的设置与占地与原方案一致。

1.1.2.2 工程占地

本工程总占地 72.83hm^2 , 永久占地 69.25hm^2 , 临时占地 3.58hm^2 。工程总占地详见表 1-2。

表 1-2 工程总占地面积表

防治分区	建设区占地 面积小计 (hm ²)	占地性质	
		永久占地	临时占地
光伏场区防治区	61.45	61.45	0
升压站防治区	1.29	1.29	0
交通道路防治区	8.14	6.44	1.70
输电线路防治区	1.95	1.88	0.07
合计	72.83	69.25	3.58

1.2 项目区概况

1.2.1 项目区自然概况

(1) 地形地貌

本项目位于晋中市左权县石匣乡，属太行山中段，项目区内地势总体为东南部高、西北部低，海拔在 1300~1500m 之间。地貌类型属北方土石山区，项目区内山势连绵起伏，山顶多呈浑圆状，坡体呈舒缓坡状，地面坡度 15° ~ 45°。

(2) 水文

本项目区地处海河流域，清漳河水系，项目区周边主要河流为清漳西源。

清漳西源是清漳河的一大支流，又称西漳水。发源于和顺县的八赋岭，向东南方向流至左权县城关，在上交漳村与东源汇合，河长 106.5km，流域面积 1570km²，沿途有 13 条支流汇入。清漳西源流域地形呈西北向东南倾斜过度，平均海拔在 1100~1200m 之间。

根据《山西省地表水功能区划》，本项目区一级功能分区为清漳西源左权源头保护区，未涉及饮用水水源保护区、水功能一级区的保护区和保留区。

(3) 气象

本项目区属温带大陆性季风气候，主要特征是四季分明，昼夜温差大，春季多风少雨，夏季短促湿热、降雨集中，秋季短暂而凉爽，冬季漫长而寒冷。项目区多年平均气温 7.4℃，极端最高气温 36.2℃，极端最低气温 -33.0℃，季温和昼夜温差显著，≥10℃ 年平均活动积温为 3900℃，年平均降水量为 549.1mm，降水期多集中于 6-9 月份，约占全年降水量的 70%，年平均蒸发量为 1584mm，年平均日照小时数 2522h，风季为 11 月至第二年 5 月，年平均风速 1.6m/s，最大风速 16.7m/s。无霜期约 150 天，封冻期为 11 月至第二年 4 月，最大冻土深度为

120cm。

(4) 土壤、植被

①土壤

项目区土壤类型为山地褐土。主要发育在砂岩、石灰岩及第四纪黄土母质上，地表腐殖层厚度较薄，常在 10cm 以下。质地为轻壤—中壤，表层有石灰反应，由上至下石灰反应变强，全剖面呈微碱性。

②植被

项目区所在区域属于温带落叶阔叶林植被地带，植被种类主要以油松、白桦、杨树为主，低山岗坡以山桃、山杏、香藜、榛、酸枣、山丁子、醋柳等为主，在沟底部以艾蒿、沙棘、披碱草及文冠果等草灌植被为主，主要作物有玉米、豆类等作物。

项目区林草覆盖率为 25%。

1.2.2 项目区社会经济概况

(1) 社会经济情况

本项目区所在地行政区划隶属山西省晋中市左权县石匣乡管辖。

石匣乡位于县城西 15 华里处，乡域总面积为 435.65 平方公里，下辖行政村 28 个，自然村 30 个，全乡共有 5990 户、13914 人。本乡有农业耕地面积 5.1 万亩，可利用草地面积 20.1 万亩，森林面积 12.1 万亩；粮食作物以玉米、谷子、大豆为主，畜牧业以饲养生猪、羊、牛、家禽为主；工业企业 13 个，营业面积超过 50 平方米以上的综合商店或超市 5 个。

(2) 土地利用

项目区行政区划属石匣乡管辖，项目占地 72.83hm²。项目区范围内土地包括其他草地、旱地和裸地。

1.3 水土流失防治概况

1.3.1 项目区水土流失现状

项目区属于北方土石山区，主要侵蚀方式为水力侵蚀，工程区原地貌水力侵蚀模数为 1601t/(km².a)，依据《土壤侵蚀分类分级标准》(水利部 SL190-2007)

项目区属中度水力侵蚀区。

根据《水利部办公厅关于印发《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果》的通知》(办水保〔2013〕188号),项目区属于太行山国家级水土流失重点治理区。项目区位于北方土石山区,属水力侵蚀区,根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007),土壤容许流失量为 $200t/(km^2 \cdot a)$ 。

光伏场区防治区主要占地类型为其他草地和裸地,经监测计算,确定该区的侵蚀模数为 $1600t/(km^2 \cdot a)$ 。

升压站防治区主要占地类型为其他草地,经监测计算,确定该区的侵蚀模数为 $1470t/(km^2 \cdot a)$ 。

交通道路防治区主要占地类型为其他草地和裸地,经监测计算,确定该区的侵蚀模数为 $1550t/(km^2 \cdot a)$ 。

输电线路防治区主要占地类型为其他草地和旱地,经监测计算,确定该区的侵蚀模数为 $1890t/(km^2 \cdot a)$ 。

1.3.2 水土流失防治分区

根据《水利部办公厅关于印发《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果》的通知》(办水保〔2013〕188号),项目区属于太行山国家级水土流失重点治理区。根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007),项目区位于北方土石山区,属水力侵蚀区,容许土壤流失量为 $200t/(km^2 \cdot a)$ 。

1.3.3 工程水土流失特点

根据施工进度、建设特点、气候及地形条件,本工程新增水土流失特点是:(1)项目区土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主;(2)不同功能区水土流失存在着显著的差异;(3)按工程扰动地表情况呈片、线状集中分布;(4)施工期水土流失强度高,但时间短,范围小,只在施工期影响大;(5)在采取合理的施工工艺和施工组织的情况下可人为控制水土流失强度。

本新建项目在工程建设中,对项目区水土流失的影响主要表现在工程建设时期各施工区域基础开挖、场地平整,建(构)筑物的基础开挖、回填,修筑道路等施工活动对地表的扰动,使原地貌、植被及土体结构受到破坏,失去固土防蚀能力,降低或丧失了原有的水土保持功能,最终导致土壤加速侵蚀。

根据本工程的建设特点,施工建设活动对项目区水土流失的影响可以归纳为几个方面:

(1) 天然林草地植被受到扰动和破坏

①基础设施建设活动扰动了原地貌,形成裸露地表,导致植被对土壤的覆盖保护作用 and 根系固土作用丧失殆尽或遭到严重破坏;

②修筑道路等,破坏了地表原有的草地植被,形成了片状、条带状的裸露面;

③施工活动、施工机械碾压和人员往来践踏等破坏了施工场地的植被。

(2) 土壤性质相对变差

本项目区土壤主要为山地褐土。占地类型包括其他草地、旱地和裸地,大多地段具有地表结皮或覆盖有植被,具有较强的抗蚀能力。由于项目建设活动,经施工扰动的表土和临时堆置的堆土具有松散性及不整合性,土壤水分大量散失,不具有原地表土壤的抗蚀力。

(3) 地形、地貌的变化

工程建设如建(构)筑物、建(构)筑物基础开挖、堆垫,填筑等活动都影响到项目内的地形地貌的变化,增加了发生土壤侵蚀的可能。

1.3.4 水土保持方案编制

根据《中华人民共和国水土保持法》等有关法律法规规定,按照“谁破坏谁治理”以及实施建设项目“三同时”的原则,预测和评价工程建设可能造成水土流失及危害,明确建设单位法定的水土流失防治责任和义务。分析拟定水土流失防治对策与措施体系布局,为建设单位采取水土保持措施提供技术依据;为项目结构和布局及施工组织提供完善意见;为水土保持监督管理部门提供执法监督依据,使水土流失得到及时有效的控制。

为加强项目建设过程中的水土保持工作,减少和防控水土流失,2019年8月,山西国际能源集团新能源投资管理有限责任公司委托山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司编制了《山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目水土保持方案报告书》,2019年10月,通过山西省水利厅组织的专家评审会。按照评审专家所提意见,最终完成《山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目水土保持方案报告书》。2019年10月31日山西省水利厅以晋水审批决〔2019〕104号文对本项目水土保持方案予以批复。

1.3.5 水土保持方案落实

建设单位十分重视工程水土流失防治工作,按照水土保持法律、法规的规定,实行“项目法人负责,监理单位控制,施工单位保证,政府监督”的质量管理体系,认真落实批复的水土保持方案水土流失防治措施,对水土流失重点部位及时采取了水土保持措施,最大限度的降低了水土流失危害的发生。

本项目采用的水土保持措施包括工程措施、植物措施、临时措施。在工程建设过程中,从2019年11月至2021年8月,按照方案设计,对各工程区实施了各项措施,防治措施主要有光伏场区的碎石覆盖、全面整地和植被恢复等措施;升压站的排水沟、表土剥离及回覆和绿化美化等措施;交通道路的排水、表土剥离及回覆、整地、植被恢复措施;输电线路的整地和植被恢复措施。另外,在施工过程中还实施了一些临时防护措施。

1.3.6 水土保持相关的设计、监理及施工各单位

(1) 设计单位

水土保持方案编制单位:山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司

(2) 监理单位

水土保持监理单位:山西宏志环境工程咨询有限公司

(3) 施工单位

工程施工单位:中国能源建设集团浙江火电建设有限公司左权项目部

1.4 监测工作实施概况

1.4.1 监测任务及组织

1.4.1.1 监测任务

2019年10月,山西国际能源集团新能源投资管理有限责任公司委托山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司承担山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目水土保持监测任务。

1.4.1.2 项目部组织

按照合同约定,山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司成立了水土保持项目部,

项目部由 5 人组成。按照 2019 年 10 月 31 日山西省水利厅批复的《山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目水土保持方案报告书》(晋水审批决[2019]104 号文)中水土保持监测任务的要求,组织项目部人员对工程组成、水土保持工程设计与布局、施工组织设计、各水土流失防治责任分区生态环境、水土流失及水土保持现状进行了实地勘查和资料收集。项目部正式进驻项目区开展监测工作。根据工程施工进度的实际情况,项目部研究确定了有针对性的监测技术路线,在项目区周边原地貌进行了水土流失本底值调查,同时,对工程开展和建设情况、工程建设扰动范围、弃土(渣)情况、水土流失现状等情况进行了全面调查,在此基础上编写了《山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目水土保持监测实施方案》,明确了监测内容和指标,并有针对性地制定行之有效的监测方法及频次。对各水土流失防治分区相关监测内容开展全面监测,掌握了项目水土保持工程实施进度及项目试运营期的水土流失状况。

在每次监测后,及时对数据、照片等资料进行整理和分析,及时向建设单位通报了水土保持工作中存在的问题,并提出了合理的处理建议。在现场调查、地面观测、实验分析及资料收集的基础上,定期编制水土保持监测季度报告表,并及时向建设单位报送。至 2021 年 8 月初完成室外监测任务,各单项监测数据由现场观测的专题人员整理,经项目负责人检查核定后进行汇总、整理,结合收集的历史气象数据资料,在对项目水土保持现状、水土流失量及水土流失的影响等进行系统的整理和分析基础上,于 2021 年 8 月完成了《山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目水土保持监测总结报告》。

1.4.2 监测目标及原则

1.4.2.1 监测目标

水土保持监测是从保护水土资源和维护良好的生态环境出发,运用多种手段和方法,对水土流失的成因、数量、强度、影响范围及其水土保持工程效果等进行动态观测和分析。根据本次工程的实际情况,监测目标包括如下几个方面:

(1)对“水土保持方案”设计的防治措施进行实地检验,以便总结更为完善有效的防治措施,指导同类建设项目。

(2)了解水土保持措施的实施情况,确保水土保持各项措施正常发挥作用。

(3) 用实测数据计算 6 项指标, 对水土流失治理进行评价, 并为下阶段的水土流失治理提供参考和借鉴。

(4) 为水土保持专项工程验收提供依据。通过实地监测, 客观确定扰动面积, 合理确定验收评估范围; 说明水土流失效果, 评价是否达到国家规定的标准, 回答能否通过水土保持专项验收, 水土保持设施可否投入使用。

(5) 进一步为水行政主管部门开展水土保持监督提供技术资料。

(6) 积累水土流失实测资料和数据, 为确定监测参数、监测模型等服务。

1.4.2.2 监测原则

依据《生产建设项目水土保持监测规程(试行)》(办水保[2015]139号)、《关于规范生产建设项目水土保持监测工作的意见》(水保[2009]187号)、《生产建设项目水土保持监测与评价标准》(GB/T 51240-2018)、《生产建设项目水土保持技术标准》(GB 50433-2018)、《生产建设项目水土流失防治标准》(GB/T 50434-2018)。结合项目建设内容和实施进度, 确定本工程水土保持监测内容为: 工程建设扰动土地面积、水土流失灾害隐患、水土流失及造成的危害、水土保持工程建设情况、水土流失防治效果、水土保持工程设计及管理。

1.5 监测范围及分区

1.5.1 监测范围

山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目水土保持监测的范围以方案批复的水土流失防治责任范围为准, 即方案批复的水土流失防治责任范围。依据水土保持方案, 本次新建项目方案确定的建设期水土流失防治责任范围 82.29hm², 全部为建设区防治责任范围 82.29hm²。建设期实际水土流失防治责任范围 72.83hm², 全部为建设区防治责任范围。

1.5.2 监测分区

依据项目区的总体布局、水土流失防治责任范围及水土流失的监测结果, 将建设期水土保持监测单元划分为 4 个: 光伏场区、升压站、交通道路、输电线路。

1.6 监测重点区域及监测点位布设

1.6.1 监测重点区域

本项目监测重点区域为光伏场区和交通道路。

1.6.2 监测点位布设

根据监测要求和该项目水土流失防治特点，依照土壤侵蚀分布特点，设置监测点，在开展工作时监测点位设置点遵循以下原则：

(1) 有代表性的原则：不同水土流失类型区均应布设监测点位，对比观测原地貌与扰动后地貌之间应有可比性，不同分区相同部位选择一个即可。

(2) 方便监测的原则：应做到交通方便，便于实施。

(3) 排除干扰的原则：应尽量避免人为活动干扰。

(4) 因项目分时段布设的原则：施工期布设临时观测点。

水土保持监测工作组进驻现场后，根据《山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目水土保持方案报告书》，结合现场实际情况，完成了地面定位观测设施的布置，共布置13处监测点位。其中，光伏场区布设6个监测点位，升压站布设2个监测点位，交通道路布设4个监测点位，输电线路布设1个监测点位。

1.7 监测时段与频次

1.7.1 监测时段

本项目属于建设类项目，监测时段应从施工准备期开始至设计水平年结束。本项目于2019年10月正式开工建设，主体工程于2021年8月竣工，水保工程于2021年8月竣工。监测任务于2019年10月开始监测。

1.7.2 监测频次

根据监测时段安排以及项目部进场时间，监测频次确定为：2019年11月全面调查，进行驻场调查监测。

根据主体和水土保持工程的实际进展情况，每项监测内容监测时段及频次，详见表1-3。

表 1-3 水土保持监测进度记录表

监测时间	监测内容	备注
2019年11月8-15日	对项目建设区进行全面了解,明确监测范围及重点监测的区域;与建设单位进行技术交底,收集资料。	
2019年12月3-6日	对项目建设区进行全面巡查,调查各工程的开展情况。	
2019年11月-2021年8月	对光伏场区、交通道路、集电线路进行巡查,测定工程措施及植物措施实施情况及水蚀监测调查	每季度一次
2021年7月28-30日	对项目建设区各工程完成情况进行核实,并收集影像资料。	

1.7.3 监测工作进度

按照合同约定,监测单位成立了水土保持项目部,按照2019年10月山西省水利厅批复的《山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目水土保持方案报告书》中水土保持监测任务的要求,组织项目部人员驻地对工程组成、施工组织设计、各水土流失防治责任分区生态环境、水土流失及水土保持现状进行了实地勘查和资料收集。

1.8 监测内容和方法

1.8.1 监测内容

(1) 水土流失背景值

选择项目区周边未扰动的原地貌进行背景值监测。调查项目包括地貌类型、微地貌组成、地面物质组成、地面坡度;气候类型区、多年平均降水量、降水变化极值、年平均气温、年平均风速、大风日数;植被类型、植物种类组成、林草覆盖度;土壤类型、土层厚度、土壤含水率、土壤有机质含量、土壤抗蚀性;土地利用情况;水土流失类型区、平均土壤侵蚀强度。以上监测数据用于与工程建设后水土流失状况比较。

(2) 防治责任范围动态监测

a、永久性占地:永久性占地面积由国土部门按权限批准,水土保持监测是对红线范围内的土地认真核查,监测建设单位有无超越红线开发的情况及各阶段

永久性占地变化情况。

b、临时性占地：临时性占地土地管辖权属不变，但要求在主体工程竣工验收前恢复原貌。监测内容包括是否有超范围使用临时性占地的情况、各种临时性占地的临时水土保持措施、施工结束后原地貌恢复情况。

c、扰动面积：监测内容包括扰动地表（毁坏地表面积、表土被剥离面积、改变地形面积），地表堆存面积、地表堆存面积处的临时性防护措施、被扰动部分能恢复植被的地方恢复情况。

（3）弃土弃渣动态监测

对建设期的弃土弃渣情况进行监测。对发生的土石方采取调查和量测相结合进行监测，详细查阅施工单位施工记录包括及监理单位土方工程监理记录。记录回填土方数量，汇总后核对建筑物开挖土方石排放量，核对土方数量及流向。

（4）水土流失防治动态监测

①水土流失防治措施实施情况

a、工程措施

I、排水导流工程：包括排水系统及排水设施。主要监测指标是排水系统规格、长度及其畅通性，排水明沟的布局、断面尺寸及长度，导流工程的类型、规格及畅通性等。

II、土地整治工程：包括防治责任范围内所有施工场地和裸露地面在施工结束后开展的土地整治、表土剥离及回覆等。监测指标包括土地整治工程分布、整治类型、整治面积等。

III、拦挡防护工程：包括防治责任范围内所有需要防护的区域开展的干砌石护坡、浆砌石拦挡等。监测指标包括拦挡防护工程分布、防护类型、防护长度等。

b、植物措施

主要指防治责任分区内的林草植被的分布、面积、种类、绿化工程实施时间、生长状况及养护管理情况，记录同期防治责任范围的绿化面积、监测指标包括植物类型（乔、灌、草）、苗木或草种类型、株数、株行距、措施分布、面积。

c、施工期临时防护措施

施工过程中的临时防护措施包括各施工区域内临时堆土的拦挡苫盖、临时排水防护、合理控制施工占地等。

监测指标主要是各种防治措施的工程量、拦挡范围等，通过现场巡查记录分析临时防护措施的防治效果。

②水土流失防治措施实施效果

a、防治效果

监测工程措施、植物措施在拦挡泥沙、减少水土流失量、坡面稳定、绿化地表改善生态环境在主体工程运行安全的保证作用。计算水土流失的防治指标。

b、林草生长状况

监测林草的成活率、保存率、生长情况、覆盖度及生物量等。通过调查数据计算林地的郁闭度、草地的盖度等指标，计算林草植被恢复率及林草覆盖率。

c、防护工程运行情况

包括工程的稳定性、完好程度等。主要监测护坡、排水等工程是否有损坏、裂缝、断裂或沉降等。

d、拦渣保土效果

通过主要监测各项措施的实施效果，计算渣土防护率、水土流失控制率等指标。

(5) 施工期土壤流失量动态监测

土壤流失量动态监测涉及项目建设期内所有的施工扰动区域，是水土保持监测的重点，通过实地监测获得的数据分析评价项目建设期内的土壤流失控制比。

监测内容包括土壤流失量、土壤流失强度，即水蚀强度及流失量。

①水土流失面积变化

主要监测防治责任范围内各类水土流失面积变化。

②水土流失量变化监测

针对不同地表扰动类型的流失特点，对不同地表扰动类型，分别采用插钎法、侵蚀沟样方法、径流小区法等进行多点位、多频次监测。经综合分析得出不同扰动类型的侵蚀强度及水土流失量。

水蚀量监测指标如下：水蚀监测指标：水蚀面积、水蚀影响因子（降雨量、降雨历时、雨强、林草植被、地形地貌、土壤等、小地形地貌及其坡度等）、侵蚀时段、侵蚀量等。

通过水蚀监测，同时依据工程水土流失防治动态监测资料，确定各区域硬化

面积、绿化面积及植被固土效果，参考土壤表皮是否结皮、地表坡度、裸露土地面积等情况，分析各区域水蚀模数，从而确定各区域全年侵蚀量和侵蚀强度。

③水土流失程度变化监测

主要对原地貌水土流失、工程新增产生的水土流失程度变化、采取各种措施后水土流失程度的变化进行监测。

④对项目区周边造成的危害监测

包括对主体工程安全、稳定、运行产生的负面影响，对附近居民的生活带来的负面影响。通过对项目区重点地段进行典型调查和对周边居民进行访谈调查，获取监测数据。详见表 1-4。

表 1-4 水土流失防治措施监测汇总表

序号	防治分区	防治措施		工程量				
				单位	方案设计	实际完成	增减情况	
1	光伏场区	工程措施	全面整地	hm ²	2.40	2.40	0	
			碎石覆盖	m ³	112.13	52.06	-60.07	
		植物措施	撒播种草	hm ²	48.30	39.99	-8.31	
			临时措施	临时苫盖	m ²	464.2	10000	+9535.8
				临时铺垫	m ²	4000	4000	0
2	升压站	工程措施	排水沟	m	360	200	-160	
			表土剥离	hm ²	0.96	1.29	+0.33	
			表土回覆	万 m ³	0.10	0.13	+0.03	
		植物措施	绿化美化	hm ²	0.20	0.20	0	
			临时措施	编织袋堆筑	m ³	121.34	66.05	-55.29
临时苫盖	m ²	1732.02		1682.29	-49.73			
3	交通道路	工程措施	浆砌石排水沟	m	1010	600	-410	
			砖砌排水沟	m	0	200	+200	
			生态排水沟	m	2800	3500	+700	
			护坦	m ²	90		-90	
			表土剥离	hm ²	0.12	0.18	+0.06	
			表土回覆	万 m ³	0.01	0.02	+0.01	
			土地平整	hm ²	3.54	3.41	-0.13	
			全面整地	hm ²	3.54	3.41	-0.13	
		植物措施	撒播种草	hm ²	3.54	3.41	-0.13	
			栽植沙棘	株	17254		-17254	
			栽植紫穗槐	株		8500	+8500	
			栽植油松	株	1304	1350	+46	
		临时措施	幼林抚育	hm ²	3.54	1.77	-1.77	
			编织袋堆筑	m ³	593.6	656	+62.4	
临时苫盖	m ²	350	500	+150				
4	输电线路	工程措施	土地平整	hm ²	1.75	1.88	+0.13	
			全面整地	hm ²	0.98	1.11	+0.13	
			复耕	hm ²	0.77	0.77	0	
		植物措施	撒播种草	hm ²	0.98	1.11	+0.13	
			栽植沙棘	株	4356		-4356	
			栽植紫穗槐	株		1400	+1400	
			幼林抚育	hm ²	0.98	0.32	-0.66	
		临时措施	临时苫盖	m ²	3000	3000	0	
临时铺垫	m ²		7700	7700	0			

1.8.2 监测方法

根据《生产建设项目水土保持监测规程(试行)》(办水保[2015]139号)、《关于规范生产建设项目水土保持监测工作的意见》(水保[2009]187号)、及已批复的《山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目水土保持方案》确定监测方法。结合工程实际情况,监测方法以实地量测、调查为主,结合光伏场区防

治区、升压站防治区和交通道路防治区开挖边坡等情况布设监测小区、监测点等方法开展水土流失量的监测，具体方法如下：

(1) 调查监测

调查监测指定期采用分区调查的方式，通过现场实地勘测，结合基础资料按监测分区统计、分析其变化情况并记录。

①调查监测项目

a、水土流失背景值调查

采取重点调查和普查的调查方法，通过查阅主体工程设计资料，收集气象、水文、土壤、土地利用等资料，结合实地调查分析，对原地貌水土保持设施类型与数量、地面组成物质及其结构、地形地貌、原地貌植被及其覆盖度、水土流失状况进行实地勘测，最终给出水土流失背景涉及到的各项指标值。

b、施工扰动面积监测

利用 GPS、测绳、激光测距仪等测量仪器，按照监测分区，采用 GPS 卫星定位系统技术，沿占地红线和扰动边界跟踪作业，并且利用遥感图像等手段，测量施工实际扰动面积，确定防治责任范围，同时测量各监测分区扰动土地整治面积。

c、工程措施调查

对于土地整治工程、道路硬化工程、裸露地面硬化固化工程、护坡工程、排水工程和拦挡工程等，依据设计文件，参考监理报告，按照监测分区进行统计调查，对工程质量、数量、完好程度、运行状况、稳定性及其安全性采用不定期巡查和观察法监测。

d、植物措施调查

I、植物措施类型、分布和面积

按照监测分区进行分类调查，对分布面积较大的林草措施采用 GPS 测量面积，对于分布面积较小的林草措施采用钢尺或卷尺等工具实地测量其面积。

II、林草覆盖度调查

主要包括草地盖度和各分区林草的植被覆盖度，选择有代表性的地块作为样地进行监测。对植被状况的监测采用样方法或标准行法，样方投影面积为：片状乔木林采用 10m×10m 样方测定，不足 10m×10m 的造林地根据具体情况酌情测

定，线状采用标准行测定法，片状灌木林采用 5m×5m 样方测定，线状采用标准行测定法，人工种草 1m×1m，每一样方重复 3 次。

III、植被生长情况调查

包括成活率、种草的有苗面积率和林草生长及管护情况。乔木类查看胸径、高度、冠幅、覆盖度、成活率、保存率等。生长状况、成活率在春季、雨季、秋季造林种草后进行，按植被面积逐季统计。

(2) 定位监测

对水土流失强度采用定点监测的方法：

①桩钉法：将直径 1cm，长 30-50cm 类似钉子形状的钢钎相距 1×1m 分上中下、左中右纵横各 3 排（共 9 根）沿坡面垂直方向打入地下，顶帽与坡面平行，并在顶帽上涂上红漆，编号登记。每次暴雨后和汛期结束或规定时段末，观测顶帽出露地面的高度，计算土壤侵蚀深度和土壤侵蚀量。

计算公式： $A=ZS/1000\cos\theta$

式中：A——土壤侵蚀量（ m^3 ）；Z——侵蚀深度（mm）；

S——侵蚀面积（ m^2 ）； θ ——坡度（ $^\circ$ ）。

②侵蚀沟法：

本项目水蚀多发生在项目建设期的高陡边坡。由于单项工程的施工时间相对较短，因此采取侵蚀沟样方量测法，监测指标为降雨量、土壤干容重、坡度、坡长、土壤流失量，同时调查坡面植被种类与覆盖度。小区监测方法如下：

在存在一定时间且发生侵蚀的坡面上布设简易水蚀小区，边坡土壤水蚀数据统计。

③小区布设：观测方法采用断面测量法或简易沟槽法。断面测量法依据细沟侵蚀发生、发展规律，在小区内从坡上到坡下，布设若干等距施测断面，量测每一断面细沟的深度和宽度（要求精确到毫米），并累加求出该断面总深度和总宽度，直至测完每一个断面。

监测指标：降雨量、土壤、土壤干容重、土壤流失量、坡度、坡长，同时调查坡面植被种类与盖度。

侵蚀量计算：断面测量法和简易沟槽法是采取静态观测即具体量测简易观测小区内的每一条细沟，然后计算出细沟侵蚀总体积。将细沟侵蚀总体积转换成重

量即是细沟侵蚀量。

侵蚀量=(细沟侵蚀量+浅沟侵蚀量)(1+30%)。

细沟侵蚀量= $a \times h \times L \times n \times r$ 。

浅沟侵蚀量= $(a+b) \times h \times L \times n \times r / 2$ 。

侵蚀模数=侵蚀量 $\times 106 /$ (侵蚀年限 \times 投影面积)。

r--土壤容重, t/m^3 ; L--侵蚀沟长度 m;

h--侵蚀沟深度 m; a、b--侵蚀沟宽度 m。

(3) 巡查

场地巡查是水土保持监测中的一种常用方法。施工场地的时空变化复杂,定位监测有时存在困难,即采用场地巡查方法,适用于临时堆土侵蚀调查、水土流失背景值调查和临时防护措施监测等。

各监测内容采用的监测方法见表 1-5

表 1-5 监测内容、方法、时段及频次表

项目	监测内容	监测方法	监测时段及频次
水土流失背景值	地形地貌、气象、水文、植被、土壤、土地利用、水土流失等	收集资料、实地调查	2019年11月中旬1次
水土流失危害	对主体工程安全、稳定、运行产生的负面影响,对附近居民生活带来的负面影响	典型调查、居民访谈	2020年6月下旬1次
水土流失状况	防治责任范围动态变化、监测扰动地表面积、损坏水土保持设施面积	实地量测法(采用GPS卫星定位系统)、遥感图像法(谷歌地球卫星影像)	2020年8月下旬1次
	弃土弃渣量及占地面积	实地测量法	2020年8月下旬1次
水土保持措施实施情况	种类、胸径、高度、冠幅、覆盖度、成活率;工程数量、防护效果、稳定性	样方法 巡查和观察法监测	2019年10月中旬1次、 2020年6月上旬1次、 2021年6月中旬1次
水蚀监测	水蚀强度	调查、侵蚀沟体积复原法	2020年7月上旬1次

1.9 监测指标

根据水利部办公厅《关于印发<全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果>的通知》(办水保【2013】188号),项目区属于

太行山国家级水土流失重点治理区，根据《生产建设项目水土流失防治标准》的规定，本项目水土流失防治标准执行北方土石山区水土流失防治一级标准，且应提高措施标准。

本项目水土保持方案设计水平年水土流失防治目标值见表 1-6。

表 1-6 设计水平年水土流失防治目标计算表

六项指标	防治标准	按降雨量修正	按侵蚀强度修正	按地形修正	国家级重点治理区	计算目标值
水土流失治理度(%)	95	/	/	/		95
土壤流失控制比	0.9	/	/	/		0.9
渣土防护率(%)	97	/	/	/		97
表土保护率(%)	95	/	/	/		95
林草植被恢复率(%)	95	/	/	/		95
林草覆盖率(%)	25	/	/	/	+1	26

2 重点部位水土流失动态监测结果

2.1 防治责任范围监测结果

2.1.1 水土保持方案确定的防治责任范围

依据《山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目水土保持方案报告书》，本次新建项目方案确定的水土流失防治责任范围82.29hm²，其中永久占地78.85hm²，临时占地3.44hm²。见表2-1。

表2-1 方案确定的项目水土流失防治责任范围（单位：hm²）

序号	防治分区	防治责任范围	永久占地	临时占地
1	光伏场区	71.04	71.04	
2	升压站	0.96	0.96	
3	交通道路	8.39	6.70	1.69
4	输电线路	1.90	0.15	1.75
合计		82.29	78.85	3.44

2.1.2 建设期实际防治责任范围

通过现场巡视、重点地点利用GPS对扰动范围进行量测、并且并利用遥感图像（Google earth 卫星图片）等手段，以及向施工单位收集资料等方式进行核实、监测。

本次新建项目实际扰动范围包括光伏场区、升压站、交通道路、输电线路。建设期实际水土流失防治责任范围72.83hm²，其中永久占地69.25hm²，临时占地3.58hm²。建设期实际发生的防治责任范围见表2-2。

表2-2 实际水土流失防治责任范围表

序号	防治分区	防治责任范围	永久占地	临时占地
1	光伏场区	61.45	61.45	
2	升压站	1.29	1.29	
3	交通道路	8.14	6.44	1.70
4	输电线路	1.95	0.07	1.88
合计		72.83	69.25	3.58

2.1.3 防治责任范围变化对比分析

建设期水土流失实际发生的防治责任范围 72.83hm²，比方案设计的减少了 9.46hm²。具体情况见表 2-3，具体原因是：

(1) 实际施工中，太阳能电池组件由原来 310w 单晶硅电池组件变为 405w 单晶硅电池组件，电池组串总数减少，并严格控制在红线范围内规范施工，永久占地面积减少。

(2) 因升压站实际四周地形有宽 2~3m 边坡，因此升压站建设区面积增大，施工期间施工单位严格控制在红线范围内规范施工，永久占地面积增加。

(3) 实际施工中，光伏场检修道路较原方案设计有所减少，升压站进站道路较原方案设计有所增加，根据实际情况，检修道路面积减少量大于升压站进站道路面积增加量，并严格控制占地范围，因此总体交通道路占地面积减少。

(4) 水土保持方案设计交通道路有边坡段上侧有 2~3m 宽边坡临时占地，实际有边坡段上侧为 1m 宽边坡，并严格控制占地范围，因此交通道路占地面积减少。

(5) 实际施工中，输电线路中架空线路总长 4.61km，地埋 11.66km，集电线路塔基数量较原方案设计有所减少，塔基区永久占地与塔基施工区临时占地面积减少。输电线路中直埋线路新增 2.45km 电缆地埋钻越高压线，临时面积增大。根据实际情况，集电线路面积减少量小于直埋线路面积增加量。施工期间建设单位严格控制占地范围，本项目输电线路占地面积增加。

表 2-3 建设期防治责任范围变动情况 (hm²)

序号	防治分区	防治责任范围 (hm ²)								
		方案确定			监测结果			增减情况		
		防治责任范围	永久占地	临时占地	防治责任范围	永久占地	临时占地	防治责任范围	永久占地	临时占地
1	光伏场区	71.04	71.04		61.45	61.45		-9.59	-9.59	0
2	升压站	0.96	0.96		1.29	1.29		+0.33	+0.33	0
3	交通道路	8.39	6.70	1.69	8.14	6.44	1.70	-0.25	-0.26	+0.01
4	输电线路	1.90	0.15	1.75	1.95	0.07	1.88	+0.05	-0.08	+0.13
合计		82.29	78.85	3.44	72.83	69.25	3.58	-9.46	-9.60	+0.14

2.2 弃土弃渣动态监测结果

2.2.1 方案确定的土石方量

方案确定的土石方量总量为 10.08 万 m³，其中挖方总量为 5.04 万 m³（含表土剥离 0.11 万 m³），填方总量为 5.04 万 m³（含表土回覆 0.11 万 m³），无弃方。

2.2.2 工程实际发生的的土石方量

本项目工程实际土石方量总量为 9.36 万 m³，其中挖方量 4.68 万 m³（含表土剥离 0.15 万 m³），填方量 4.68 万 m³（含表土回覆 0.15 万 m³），无弃方。工程实际土石方平衡表详见表 2-4。

表 2-4 工程实际土石方平衡表单位：万 m³

序号	防治分区	方案设计			监测结果			增减情况		
		开挖	回填	弃方	开挖	回填	弃方	开挖	回填	弃方
1	光伏场区	1.82	1.82	/	1.48	1.48	/	-0.34	-0.34	/
2	升压站	0.39	0.39	/	0.52	0.52	/	+0.13	+0.13	/
3	交通道路	1.70	1.70	/	1.61	1.61	/	-0.09	-0.09	/
4	输电线路	1.13	1.13	/	1.07	1.07	/	-0.06	-0.06	/
	合计	5.04	5.04	/	4.68	4.68	/	-0.36	-0.36	/

2.2.3 土石方变化对比分析

①变化情况

实际发生的土石方总量比方案确定的减少了 0.72 万 m³，其中挖方减少 0.36 万 m³，填方减少 0.36 万 m³。土石方量产生变化的主要原因为：

1) 光伏场区太阳能电池组串总数减少，导致管柱基础挖填方量减少；原 40 台 1250kVA 箱式变电器，改为 25 台 2000kVA 箱式变电器，场地平整挖填方随之减少；电缆直埋长度较水土保持方案中减少，挖填方量也随之减少。

2) 升压站实际地形较水土保持方案中改变，实际站址场平产生的挖填方量增加。

3) 交通道路实际长度和占地面积较水土保持方案中有所减少，土石方量也随之减少。

4) 输电线路因实际塔基数量较原方案减少，塔基实际施工面积减少，所以

因场地平整和道路建设产生的挖填方量减少。

3. 水土流失防治措施监测结果

根据《山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目水土保持方案报告书》中确定的水土流失防治措施内容,我公司对项目施工过程中的实施情况进行监测分析。

3.1 工程措施实施情况

3.1.1 水保方案确定的工程措施

水保方案确定的水土保持工程措施情况见表 3-1。

表 3-1 水保方案确定的工程措施量

防治分区	防治措施		单位	方案设计	备注
光伏场区	工程措施	全面整地	hm ²	2.4	方案新增
		碎石覆盖	m ³	112.13	
升压站	工程措施	排水沟	m	360	主体已有
		表土剥离	hm ²	0.96	方案新增
		表土回覆	万 m ³	0.1	
交通道路	工程措施	浆砌石排水沟	m	1010	方案新增
		生态排水沟	m	2800	
		护坦	m ²	90	
		表土剥离	hm ²	0.12	
		表土回覆	万 m ³	0.01	
		土地平整	hm ²	3.54	
输电线路	工程措施	全面整地	hm ²	3.54	方案新增
		土地平整	hm ²	1.75	
		复耕	hm ²	0.77	

3.1.2 实际工程措施完成情况

通过实地监测,该项目区实际完成的水土保持工程措施有:

(1) 光伏场区防治区:

1) 碎石覆盖: 对光伏板下沿区域铺设碎石, 铺设宽度 0.5m, 铺设长度 2603m, 铺设厚度 10cm, 共铺设碎石 52.06m³。

2) 全面整地: 对光伏场内临时生产区进行全面整地, 整地面积为 2.40hm²。

(2) 升压站防治区

1) 表土剥离及回覆: 对升压站进行了表土剥离, 剥离面积 1.29hm^2 , 剥离厚度 0.1m , 剥离表土施工后期回覆用于绿化区域的植被建设, 覆土量 0.13万 m^3 。

2) 排水沟: 在升压站北侧上方设置砖砌排水沟 200m , 排水沟断面为矩形, 宽 0.3m , 深 0.3m 。

(3) 交通道路防治区

1) 浆砌石排水沟: 在检修道路土质路段靠山体一侧布设浆砌石排水沟, 排水沟均采用浆砌石矩形断面形式, 宽 0.4m , 深 0.4m , 浆砌石壁厚 0.3m , 排水沟长 600m 。

2) 砖砌排水沟: 在升压站进站道路一侧设置砖砌排水沟, 宽 0.3m , 深 0.3m , 排水沟长 200m 。

3) 生态排水沟: 在检修道路石质路段靠山体一侧布设生态排水沟, 排水沟断面为矩形, 宽 0.4m , 深 0.4m , 排水沟长 3500m 。

4) 表土剥离及回覆: 对进站道路占地土层较厚区域进行了表土剥离, 剥离面积 0.18hm^2 , 剥离厚度 0.1m , 剥离表土施工后期回覆用于交通道路两侧绿化, 覆土量 0.02万 m^3 。

5) 土地平整和全面整地: 对检修道路和升压站进站道路绿化带及临时占地区域进行了土地平整和全面整地, 整地面积 3.41hm^2 。

(4) 输电线路防治区

1) 全面整地: 施工结束后, 对施工临时占地中除旱地外的区域进行了全面整地, 整地面积 1.11hm^2 。

2) 土地平整: 施工结束后, 对施工临时占地进行土地平整, 整地面积 1.88hm^2 。

3) 复耕: 施工结束后, 对施工临时占地中占用旱地的区域进行复耕, 复耕面积 0.77hm^2 。

各防治分区水土保持工程措施实际完成与方案设计对照表详见表 3-2。

表 3-2 各防治分区工程措施完成情况对照表

防治分区	防治分区		单位	工程量		
				方案设计	实际完成	增减情况
光伏场区	工程措施	全面整地	hm ²	2.4	2.4	0
		碎石覆盖	m ³	112.13	52.06	-60.07
升压站	工程措施	排水沟	m	360	200	-160
		表土剥离	hm ²	0.96	1.29	+0.33
		表土回覆	万 m ³	0.1	0.13	+0.03
交通道路	工程措施	浆砌石排水沟	m	1010	600	-410
		砖砌排水沟	m		200	+200
		生态排水沟	m	2800	3500	+700
		护坦	m ²	90		-90
		表土剥离	hm ²	0.12	0.18	+0.06
		表土回覆	万 m ³	0.01	0.02	+0.01
		土地平整	hm ²	3.54	3.41	-0.13
		全面整地	hm ²	3.54	3.41	-0.13
输电线路	工程措施	土地平整	hm ²	1.75	1.88	+0.13
		全面整地	hm ²	0.98	1.11	+0.13
		复耕	hm ²	0.77	0.77	0

3.1.3 工程措施分析与评价

实际施工和方案设计相比，工程措施工程量有所变化，发生变化原因如下：

- 1) 因实际建设中光伏板铺设区域平坦部分较少，因此碎石覆盖工程量减少，水土保持功能未降低，满足水土保持要求。
- 2) 因实际建设中升压站内排水沟长度减少，水土保持功能未降低，满足水土保持要求。
- 3) 因实际升压站占地面积增加，升压站全部占地进行了表土剥离，因此表土剥离、表土回覆随之增加，水土保持功能未降低，满足水土保持要求。
- 4) 根据实际需要，升压站站内排水沟主要设置在升压站北侧边坡下方，排水沟长度有所减短，水土保持功能未降低，满足水土保持要求。
- 5) 原方案中升压站进站道路浆砌石排水沟，实际施工中改为砖砌排水沟，水土保持功能未降低，满足水土保持要求。
- 6) 在实际施工过程中，部分交通道路开挖面为基岩，在基岩上开挖排水沟，即可满足道路排水需要，因此浆砌石排水沟、护坦工程量减少，水土保持功能未

减弱，满足水土保持要求。

7) 交通道路占地面积较方案中有所减少，因此土地平整、全面整地均随之减少，水土保持功能未降低，满足水土保持要求。

8) 在实际施工过程中，升压站进站道路占地面积较方案中有所增加，因此表土剥离以及剥离的表土回覆量均随之增加，水土保持功能未降低，满足水土保持要求。

9) 实际施工建设中，输电线路临时占地面积增加，可绿化面积增加，因此土地平整、全面整地均随之增加，水土保持功能未降低，满足水土保持要求。

3.2 植物措施实施情况

3.2.1 方案确定的植物措施

水保方案确定的水土保持植物措施情况见表 3-3。

表 3-3 水保方案确定的植物措施量

防治分区	防治措施		单位	方案设计	备注
光伏场区	植物措施	撒播种草	hm ²	48.3	方案新增
升压站	植物措施	绿化美化	hm ²	0.2	主体已有
交通道路	植物措施	撒播种草	hm ²	3.54	方案新增
		栽植沙棘	株	17254	
		栽植油松	株	1304	
		幼林抚育	hm ²	3.54	
输电线路	植物措施	撒播种草	hm ²	0.98	方案新增
		栽植沙棘	株	4356	
		幼林抚育	hm ²	0.98	

3.2.2 实际植物措施完成情况

通过实地监测，该项目区实际完成的水土保持植物措施有：

(1) 光伏场区防治区：

1) 撒播种草：在光伏板间隔撒播草籽恢复植被，撒播种草面积 39.99hm²。

(2) 升压站防治区

1) 绿化美化：对升压站内进行绿化美化，绿化面积 0.20hm²。

(3) 交通道路防治区：

1) 撒播种草：交通道路绿化带及临时占地区域撒播种草 3.41hm²。

2) 栽植紫穗槐：检修道路绿化带栽植紫穗槐 8500 株。

- 3) 栽植油松: 检修道路绿化带栽植油松 1350 株。
4) 幼林抚育: 对栽植的油松、紫穗槐进行抚育工作, 幼林抚育面积 1.77hm²。

(4) 输电线路防治区:

- 1) 撒播种草: 输电线路临时占地撒播种草 1.11hm²。
2) 栽植紫穗槐: 检修道路绿化带栽植紫穗槐 1400 株。
3) 栽植油松: 检修道路绿化带栽植油松 1350 株。
4) 幼林抚育: 对栽植的紫穗槐进行抚育工作, 幼林抚育面积 0.32hm²。

各防治分区水土保持植物措施实际完成与方案设计对照表详见表 3-4。

表 3-4 植物措施完成情况对照表

防治分区	防治分区		单位	工程量		
				方案设计	实际完成	增减情况
光伏场区	植物措施	撒播种草	hm ²	48.3	39.99	-8.31
升压站	植物措施	绿化美化	hm ²	0.2	0.2	0
交通道路	植物措施	撒播种草	hm ²	3.54	3.41	-0.13
		栽植沙棘	株	17254		-17254
		栽植紫穗槐	株		8500	+8500
		栽植油松	株	1304	1350	+46
		幼林抚育	hm ²	3.54	1.77	-1.77
输电线路	植物措施	撒播种草	hm ²	0.98	1.11	+0.13
		栽植沙棘	株	4356		-4356
		栽植紫穗槐	株		1400	+1400
		幼林抚育	hm ²	0.98	0.32	-0.66

3.2.3 植物措施分析与评价

项目区在施工过程中水土保持植物措施完成情况与水保方案设计的植物措施工程量相比有所调整, 具体情况为:

光伏场区防治区: 实际光伏场区占地面积减少, 光伏组件占地面积减少, 因此光伏板间隔撒播种草面积减小, 水土保持措施功能未降低, 满足水土保持要求。

升压站防治区: 本项目升压站防治区植物措施按照水保方案设计完成, 植被生长良好, 水土保持功能完善, 符合水土保持要求。

交通道路防治区: 根据实际情况, 交通道路长度和占地面积较方案设计有所减少, 可绿化面积减少, 撒播种草工程量减少, 实际施工中取消了道路工程栽植沙棘, 将其优化为栽植紫穗槐。水土保持措施功能未降低, 满足水土保持要求。

输电线路防治区: 实际施工建设中施工临时占地区面积增加, 可绿化面积增

加,撒播种草工程量增加,实际施工中取消了栽植沙棘,将其优化为栽植紫穗槐,水土保持措施功能未降低,满足水土保持要求。

3.3 临时措施实施情况

3.3.1 方案确定的临时措施及完成情况

水保方案确定的水土保持临时措施情况见表 3-5。

表 3-5 水保方案确定的临时措施量

防治分区	防治措施		单位	方案设计	备注
光伏场区	临时措施	临时苫盖	m ²	464.2	方案新增
		临时铺垫	m ²	4000	
升压站	临时措施	编织袋堆筑	m ³	121.34	
		临时苫盖	m ²	1732.02	
交通道路	临时措施	编织袋堆筑	m ³	593.6	
		临时苫盖	m ²	350	
输电线路	临时措施	临时苫盖	m ²	3000	
		临时铺垫	m ²	7700	

3.3.2 实际临时措施完成情况

通过实地监测,该项目区实际完成的水土保持临时措施有:

(1) 光伏场区防治区:

1) 临时苫盖: 建设期间对光伏场区临时堆土进行了防护网苫盖, 防护网 10000m²。

2) 临时铺垫: 对施工生产区铺设土工布进行临时铺垫, 铺设土工布 4000m²。

(2) 升压站防治区

1) 编织袋拦挡: 建设期间对升压站内的临时堆土采用编织袋堆筑的方式进行临时拦挡, 编织袋堆筑 66.05m³。

2) 临时苫盖: 建设期间对升压站内的临时堆土进行了防护网苫盖, 防护网 1682.29m²。

(3) 交通道路防治区:

1) 编织袋堆筑: 在交通道路有坡段下边坡坡脚处采用编织袋堆筑的方式进行临时防护, 编织袋堆筑 656m³。

2) 临时苫盖: 建设期间对交通道路临时堆放的表土进行了防护网苫盖, 防

护网 500m²。

(4) 输电线路防治区:

1) 临时铺垫: 对输电线路临时占地为旱地的区域铺设土工布进行临时铺垫, 铺设土工布 7700m²。

2) 临时苫盖: 建对输电线路中直埋电缆敷设时沿线堆放的临时堆土进行防护网苫盖, 防护网 3000m²。

各防治分区水土保持临时措施实际完成与方案设计对照表详见表 3-6。

表 3-6 临时措施完成情况对照表

防治分区	防治分区		单位	工程量		
				方案设计	实际完成	增减情况
光伏场区	临时措施	临时苫盖	m ²	464.2	10000	+9535.8
		临时铺垫	m ²	4000	4000	0
升压站	临时措施	编织袋堆筑	m ³	121.34	66.05	-55.29
		临时苫盖	m ²	1732.02	1682.29	-49.73
交通道路	临时措施	编织袋堆筑	m ³	593.6	656	+62.4
		临时苫盖	m ²	350	500	+150
输电线路	临时措施	临时苫盖	m ²	3000	3000	0
		临时铺垫	m ²	7700	7700	0

3.3.3 水土保持临时措施分析与评价

光伏场区防治区: 光伏场区在施工过程中防护网易磨损, 因此防护网不循环使用, 防护网临时苫盖工程量增加, 水土保持功能完善, 符合水土保持要求。

升压站防治区: 实际施工中剥离的表土全部堆放在一座临时堆土场内, 编织袋堆筑与防护网苫盖工程量减少, 水土保持功能完善, 符合水土保持要求。

交通道路防治区: 实际施工中, 升压站进站道路变长, 因此道路工程表土临时苫盖措施也随之增加, 有边坡段道路较方案中有所增加, 临时拦挡措施随之增加, 水土保持功能完善, 符合水土保持要求。

输电线路防治区: 输电线路在施工过程中水土保持临时措施完成情况均按照水保方案设计的临时措施工程实施, 水土保持功能完善, 符合水土保持要求。

3.4 水土保持措施实施情况监测结果

监测与调查表明：山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目部分水土保持措施与主体工程同步实施，剩余一些植物措施与工程措施在主体工程完工后实施，本工程施工中合理安排施工季节，避开大风或雨季施工，合理组织施工，严格控制施工扰动范围。工程措施中的土地平整和全面整地基本达标，砌石工程表面平整，石料坚实，勾缝严实，外观结构和缝宽符合要求，无裂缝、脱皮现象；施工场地已经进行了恢复治理。各项措施防护作用显著，减少了工程建设造成的水土流失，也对主体工程起到防护作用。

4 土壤流失量分析

4.1 各阶段土壤流失量分析

4.1.1 水土流失量计算方法

通过定位观测和调查收集到的监测数据按各个防治责任分区进行分类、汇总、整理，利用水土流失面积、侵蚀模数和侵蚀时段计算出各分区水土流失量。侵蚀量计算公式： $M_s=K_s \times F \times T$

式中： M_s —侵蚀量（t）； K_s —侵蚀模数（ $t/(km^2 \cdot a)$ ）；

F —水土流失面积（ km^2 ）； T —侵蚀时段（a）。

4.1.2 侵蚀模数的确定

侵蚀模数的确定主要是通过参考历史资料和收集现场监测结果相结合的方式进行。我单位在工程建设期对该工程防治责任范围内的土壤流失量进行监测，主要依据各分区的水蚀量与风蚀量作计算。

（1）原地貌侵蚀模数

根据项目水土保持方案，参照《山西省土壤侵蚀模数分区图》及《土壤侵蚀分类分级标准（SL190-2007）》，结合具体的地形地貌、降雨参数等因素分析，确定了各监测单元的土壤侵蚀模数背景值，结果见表 4-1。

表 4-1 各监测单元的土壤侵蚀模数背景值单位： $t/(km^2 \cdot a)$

监测分区	侵蚀模数	地貌类型
光伏场区	1600	北方土石山区
升压站	1470	
交通道路	1550	
输电线路	1890	

（2）扰动地表侵蚀模数

该项目建设期监测工作除采用调查法外，还对场区周边及道路两侧临时堆土坡面采用复原法进行了取样调查。

通过收集到监测数据按各防治分区进行分类、总结，项目区在施工过程中土壤侵蚀模数均值高达 $3500t/(km^2 \cdot a)$ ，说明施工期是造成水土流失加剧的主要时段，

尤其集中在施工期。由于开挖中加大了地面坡度，改变了植被条件，破坏了土体结构，使土壤松散性和可蚀性指数升高，因此各防治分区在不采取任何防治措施的情况下致使土壤侵蚀模数较原地貌侵蚀模数显著增加。根据各场区不同扰动情况，结合调查结果及附近类似建设生产类项目得出地表扰动类型区的侵蚀模数。具体结果见表 4-2。

表 4-2 项目建设区扰动地表侵蚀模数表单位：t/(km²·a)

监测分区	侵蚀模数	地貌类型
光伏场区	3400	北方土石山区
升压站	2980	
交通道路	3800	
输电线路	3550	

(3) 实施措施后侵蚀模数

本工程建设期水土流失防治区分为光伏场区防治区、升压站防治区、交通道路防治区、输电线路防治区。防治措施主要有光伏场区的碎石覆盖、全面整地和植被恢复等措施；升压站的排水沟、表土剥离及回覆和绿化美化等措施；交通道路的排水、表土剥离及回覆、整地、植被恢复措施；输电线路的整地和植被恢复措施。另外，在施工过程中还实施了一些临时防护措施。通过各监测分区的监测数据和现场调查结果，得出工程建设区域各项水土流失防治措施实施后的侵蚀模数，详见表 4-3。

表 4-3 防治措施实施后各侵蚀单元侵蚀模数统计表

监测分区	侵蚀模数	扰动面积 (hm ²)	备注
光伏场区	1800	61.45	通过加权平均法 计算得项目区平 均土壤侵蚀模 1939t/(km ² ·a)
升压站	1770	1.29	
交通道路	2850	8.14	
输电线路	2650	1.95	

4.2 各扰动土地类型土壤流失量分析

依据上述计算原理，结合各阶段地表扰动面积，计算得出原地貌侵蚀单元、扰动地表侵蚀单元、防治措施实施后的水土流失量。侵蚀单元各阶段水土流失量汇总表见表 4-4。

表 4-4 侵蚀单元各阶段水土流失量汇总表

监测分区	扰动面积 (hm ²)	各阶段侵蚀单元侵蚀模数 (t/(km ² ·a))			各阶段年土壤侵蚀量 (t)		
		原地貌	扰动后	实施措施后	原地貌	扰动后	实施措施后
光伏场区	61.45	1600	3400	1800	983.20	2089.30	1106.10
升压站	1.29	1470	2980	1770	18.96	38.44	22.83
交通道路	8.14	1550	3800	2850	126.17	309.32	231.99
输电线路	1.95	1890	3550	2650	36.79	69.11	51.59
合计	72.83				1165.13	2506.17	1412.51

项目区原地貌年土壤侵蚀量为 1165.13t；扰动后年土壤侵蚀量为 2506.17t；实施措施后年土壤侵蚀量为 1412.51t。通过对比，因工程建设活动引起的工程建设区域年新增土壤侵蚀量为 1341.04t；工程施工结束后即各项水土保持防治措施实施后水土流失量明显降低年土壤侵蚀量减少 1093.66t。

在新增流失量中，按施工类型分析，光伏场区防治区流失量最大，占总新增侵蚀量的 82.48%，其次是交通道路防治区，占总新增侵蚀量的 13.66%，扰动面积是造成水土流失的重要因素，所以交通道路防治区、光伏场区防治区是主要的新增流失区，也是水土保持防治的重点区域。

5 水土流失防治效果监测结果

根据中华人民共和国国家标准《水土保持效益计算方法》(GB/T15744—2008)及国家建设部、水利部等部门有关建设项目经济评估的相关规定。主要分析和预测方案实施后,控制水土流失、恢复和改善生态环境、保障项目设施安全、促进地区经济发展等方面的环境效益和社会效益。用定性和定量相结合的方法进行分析。

目前,主体工程已进入运行期,水土防治措施已全部实施完毕,通过六项指标可以反映出整个防治效果。通过对防治指标的对比分析,可对项目建设期末水土保持防治措施实施后的防治效果做出合理的分析与评价,以总结项目建设期的水土流失防治状况,评定项目目标达标情况

5.1 水土流失治理度

水土流失治理度是指项目区内水土流失治理达标面积占水土流失总面积的百分比,即

$$\text{水土流失治理度}(\%) = \frac{\text{水土流失治理达标面积}}{\text{水土流失总面积}} \times 100\%$$

根据建设期间采取的防治措施,本工程水土流失治理度达 99.01%,见表 5-1。

表 5-1 水土流失治理情况表

防治分区	建设区防治责任范围 (hm ²)	水土流失总面积 (hm ²)	水土流失措施面积 (hm ²)		建筑物及硬化面积 (hm ²)	水土流失治理度 (%)
			植物措施	工程措施		
光伏场区	61.45	40.38	39.99	0.10	21.07	99.28
升压站	1.29	0.25	0.2	0.02	1.04	88.00
交通道路	8.14	3.83	3.41	0.28	4.31	96.37
输电线路	1.95	1.88	1.11	0.77	0.07	100.00
合计	72.83	46.34	44.71	1.17	26.49	99.01

5.2 土壤流失控制比

项目防治责任范围内容许土壤流失量与项目防治责任范围内治理后的平均土壤流失强度的百分比值。根据监测的流失量,分析计算各类型区的土壤侵蚀量,计算各区域的土壤流失控制比,采用加权平均法,计算该工程项目的土壤流失控制比。

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007),项目区属北方土石山区,土壤容许流失量为 $200\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。本工程在采取完善的水土保持措施以后,工程占地范围内的土壤流失控制比均达到水土保持目标值的要求,水平年平均土壤侵蚀模数为 $191\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,水土流失控制比为 1.05,见表 5-2。

表 5-2 水平年项目建设区土壤流失控制比

防治分区	扰动土地面积 (hm^2)	造成水土流失面积 (hm^2)	容许侵蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}^{-1}$)	实施措施后侵蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}^{-1}$)	土壤流失控制比
光伏场区	61.45	40.38	200	190	1.05
升压站	1.29	0.25	200	174	1.15
交通道路	8.14	3.83	200	194	1.03
输电线路	1.95	1.88	200	196	1.02
加权平均			200	191	1.05

5.3 渣土防护率

渣土防护率是项目区内采取措施实际拦挡的弃土(石、渣)量与工程弃土(石、总量)的百分比。计算公式:

$$\text{渣土防护率}(\%) = \frac{\text{采取措施实际挡护的永久弃渣、临时堆土量}}{\text{永久弃渣和临时堆土总量}} \times 100\%$$

根据监测结果,本项目工程实际土石方量总量为 9.36万 m^3 ,其中挖方量 4.68万 m^3 (含表土剥离 0.15万 m^3),填方量 4.68万 m^3 (含表土回覆 0.15万 m^3),无弃方。该项目渣土防护率可以达到 98%以上,达到目标值 97%,符合要求。

5.4 表土保护率

表土保护率是指项目水土流失防治责任范围内保护的表土数量占可剥离表土总量的百分比,即

$$\text{表土保护率}(\%) = \frac{\text{保护表土数量}}{\text{可剥离表土总量}} \times 100\%$$

经监测项目组测算，本项目可剥离表土总量为 0.15 万 m³，使用临时苫盖保护的表土数量为 0.15 万 m³，由于对输电线路临时占地扰动程度小，对该区域铺设土工布进行临时铺垫保护的表土数量为 0.77hm²，表土保护率可以达到 98%以上，达到批复的水土保持方案确定的防治目标值 97%。

5.5 林草植被恢复率

林草植被恢复率：项目水土流失防治责任范围内林草类植被面积占可恢复林草植被面积的百分比，即：

$$\text{林草植被恢复率}(\%) = \frac{\text{林草植被面积}}{\text{可恢复林草植被面积}} \times 100\%$$

本工程水土保持方案实施后，通过工程措施和植物防护能够较好地固化地表，增加土壤抗冲刷能力和抗风蚀能力，同时结合绿化工程能够通过植物截留降雨，消除了降雨动能，减小了径流量，使建设期的水土流失总量可以得到有效控制，既保护了水土资源，又美化了环境。

工程建设结束后，本方案设计中对所有扰动的地表进行土地整治及恢复植被，针对可绿化的区域，除少部分难利用的土地以外全部采取植物措施进行绿化，恢复原来的植被。由表中可以看出，本工程所采取的植物措施总面积为 44.71hm²，可绿化面积为 45.17hm²，林草植被恢复率达到 98.98%，符合验收标准。见表 5-3。

表 5-3 林草植被恢复率指标分析

防治分区	项目区面积 (hm ²)	植物措施面积 (hm ²)	可绿化面积 (hm ²)	林草植被恢复率 (%)
光伏场区	61.45	39.99	40.28	99.28
升压站	1.29	0.20	0.23	86.96
交通道路	8.14	3.41	3.55	96.08
输电线路	1.95	1.11	1.11	100.00
合计	72.83	44.71	45.17	98.98

5.6 林草覆盖率

林草覆盖率：林草植被面积占项目区总面积的百分比，即

$$\text{林草覆盖率} = \frac{\text{林草植被面积}}{\text{项目建设区面积}} \times 100\%$$

根据实际监测结果，项目区林草覆盖率计算情况见表 5-4。

表 5-4 林草覆盖率指标分析

防治分区	项目建设区面积 (hm ²)	植物措施面积 (hm ²)	林草覆盖率 (%)
光伏场区	61.45	39.99	65.08
升压站	1.29	0.20	15.50
交通道路	8.14	3.41	41.90
输电线路	1.95	1.11	57.02
合计	72.83	44.71	61.39

由上述计算与分析可知，项目区各防治分区绿化完成后，林草覆盖率将达到 61.39%，符合验收标准。

综上所述，工程实施后，各项水土保持防治指标均达到水土保持方案设计标准。其中水土流失治理度达 99.01%，大于目标值 95%；土壤流失控制比 1.05，大于目标值 0.9；渣土防护率达到 98%以上，大于目标值 97%；表土保护率达到 98%以上，大于目标值 97%；林草植被恢复率 98.98%，大于目标值 95%；林草覆盖率达 61.39%，大于目标值 26%。

6 结论

6.1 水土流失动态变化

(1) 实际扰动面积变化

水土保持方案确定项目区扰动面积为 82.29hm²。经实地调查结合资料收集（包括工程施工、工程监理等），实际扰动土地面积为 72.83hm²。与方案设计相比较减少了 9.46hm²。

(2) 水土流失量动态变化

从水土流失监测结果可以看出，从开工以来，工程施工活动不同程度破坏、损坏了原有地貌、土体结构和植被，使其丧失或降低了原来所具有的保持水土的功能，在遇到不利气候条件的情况下，即可产生比较严重的水蚀。各区域普遍实施了水土保持措施后，实施绿化及植被恢复的区域，随着植被覆盖度的逐渐提高，根系固土能力的增强，水土流失量明显降低；同时，工程措施及主体中具有水土保持功能工程措施的相继实施，有效拦截了和防止了水土的流失。工程建设期年土壤侵蚀土壤流失量为 1412.51t。

受施工的影响，各防治区地表植被遭到破坏后，土壤抗侵蚀能力降低，在水力和人为因素的综合作用下，扰动地表土壤流失量较原地貌状态下土壤流失量明显增加。根据建设期原地貌土壤流失量和施工扰动后土壤流失量的计算比较，年土壤侵蚀量增加 1341.04t。

6.2 水土保持措施评价

由于各项水土保持设施发挥了良好的保持水土作用，工程建设过程中引起的水土流失得到有效控制，目前，防治责任范围内的水土流失量低于原地貌的水土流失量，随着植被的生长和逐渐充分发挥水土保持效益，林草覆盖率得到大幅度地提高，6项防治目标将达到方案提出的目标，并接近国家规定的容许流失量，使项目区的生态环境得到显著改善。本工程水土流失防治六项目标达到情况。防治目标对比情况表表 6-1。

表 6-1 防治目标对比情况表

指标	防治标准	实际达到值	实际与方案设计对比	对比结论
水土流失治理度(%)	95	99.01	+4.01	达标
土壤流失控制比	0.9	1.05	+0.15	达标
渣土防护率(%)	97	98	+1	达标
表土保护率	95	98	+3	达标
林草植被恢复率(%)	95	98.98	+3.98	达标
林草覆盖率(%)	26	61.39	+35.39	达标

由此可见该项目水土保持工程布置合理，水土保持防护效果较明显，通过现场调查，已完成的各项水土保持措施的水土流失防治效果与水土保持方案设计的六项指标值比较，均达到水土保持方案设计要求。

山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目已完成的水土保持措施布局合理，防治效果明显，水土保持措施具备正常运行条件，可以交付使用。

6.3 存在的问题及建议

水土保持方案实施后，各项水土保持措施受自然环境和人为因素的影响，必须定期对其变化情况进行巡查、监测，来确定方案防护作用发挥的功能和效果，以达到预期的目的。

光伏场区防治区和交通道路植物措施中，部分植物成活率低，要加强后期的管护，确保成活率，使之发挥水土保持功效。

交通道路部分排水沟有泥沙淤积现象，容易造成排水不畅，建议建设单位对交通道路排水沟定期清理，以确保排水工程持续发挥效益。

升压站防治区中有部分二期临时堆土，如不做任何措施容易造成土壤流失，建议建设单位布设措施对堆土区进行防护，保护水土资源。

水土保持工程后期管理运行是件长久工作，要使工程长期稳定发挥防护功能，就要经常性的进行维护管理。建议固定专职人员，进行定期维护，对防治范围内的各项水保设施进行有效的维护管理。确保已有的工程发挥长期稳定的效用。

6.4 综合结论

各防治区防治措施基本已实施完成并已发挥防治效果，设计水平年六项防治综合指标满足《开发建设项目水土流失防治标准》中相应的防治标准，同时达到水保方案制定的目标值，有效控制了新增水土流失的产生。

(1) 按照水土保持法律、法规的规定，依法编报了水土保持方案，并报省水利厅批复。

(2) 在施工过程中，认真按照水土保持方案中的设计进行施工，基本落实了水土保持防治措施；

(3) 委托了专门的、具有相应资质等级的机构开展了工程水土保持监测工作；

(4) 建设单位设专门的负责水土保持与环境的综合协调与管理，督促各相关单位较好地落实了水土保持与环境防治责任与义务。

(5) 在施工期间，因工程建设扰动和破坏原地表和植被，加剧了原有的水土流失。建设单位按照水土保持方案的要求，落实了各项水保防治措施，项目区水土流失得到期有效控制，对周边环境并未产生明显的水土流失危害，达到了防治水土流失的目的，能够满足国家对开发建设项目的水土保持的要求

(6) 方案实施后，由项目建设所造成的人为水土流失将得到有效防治，从而减轻了洪水、泥沙对项目区及周边地区的威胁，生态环境得到明显改善，保障了光伏场区的安全运行，对加快区域经济发展和周边农民脱贫致富，促进社会稳定等均有重要作用。

综上所述，工程实施后，各项水土保持防治指标均达到水土保持方案设计标准。水土流失治理度达 99.01%，大于目标值 95%；土壤流失控制比 1.05，大于目标值 0.9；渣土防护率达到 98%以上，大于目标值 97%；表土保护率达到 98%以上，大于目标值 97%；林草植被恢复率 98.98%，大于目标值 95%；林草覆盖率达 61.39%，大于目标值 26%。六项指标全部达标。各项治理指标满足防治标准的要求，水土保持设施具备正常运行的条件，可以交付使用，本项目符合生产建设项目水土保持设施验收条件。

表 1 山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目防治责任范围动态监测汇总表

监测单位：山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司

序号	防治分区	防治责任范围 (hm ²)									扰动土地面积 (hm ²)		
		方案确定			监测结果			增减情况			方案预测	监测结果	增减情况
		小计	永久占地	临时占地	小计	永久占地	临时占地	小计	建设区	临时占地			
1	光伏场区	71.04	71.04		61.45	61.45		-9.59	-9.59		71.04	61.45	-9.59
2	升压站	0.96	0.96		1.29	1.29		+0.33	+0.33		0.96	1.29	+0.33
3	交通道路	8.39	6.70	1.69	8.14	6.44	1.70	-0.25	-0.26	+0.01	8.39	8.14	-0.25
4	输电线路	1.90	0.15	1.75	1.95	0.07	1.88	+0.05	-0.08	+0.13	1.90	1.95	-0.05
合计		82.29	78.85	3.44	72.83	69.25	3.58	-9.46	-9.60	+0.14	82.29	72.83	-9.46

负责人：

填表人：

日期： 年 月 日

表 2 山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目弃土弃渣动态监测汇总表

监测单位：山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司

序号	防治分区	方案设计 (万 m ³)			监测结果 (万 m ³)			增减情况 (万 m ³)		
		开挖	回填	弃方	开挖	回填	弃方	开挖	回填	弃方
1	光伏场区	1.82	1.82	/	1.48	1.48	/	-0.34	-0.34	/
2	升压站	0.39	0.39	/	0.52	0.52	/	+0.13	+0.13	/
3	交通道路	1.70	1.70	/	1.61	1.61	/	-0.09	-0.09	/
4	输电线路	1.13	1.13	/	1.07	1.07	/	-0.06	-0.06	/
合计		5.04	5.04	/	4.68	4.68	/	-0.36	-0.36	/

负责人:

填表人:

日期: 年 月 日

表 3 山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目水土流失防治措施监测汇总表

监测单位：山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司

序号	防治分区	防治措施		工程量			
				单位	水保设计	实际完成	增减情况
1	光伏场区	工程措施	全面整地	hm ²	2.4	2.4	0
			碎石覆盖	m ³	112.13	52.06	-60.07
		植物措施	撒播草籽	hm ²	48.3	39.99	-8.31
		临时措施	临时苫盖	m ²	464.2	10000	+9535.8
			临时铺垫	m ²	4000	4000	0
2	升压站	工程措施	排水沟	m	360	200	-160
			表土剥离	hm ²	0.96	1.29	+0.33
			表土回覆	万 m ³	0.1	0.13	+0.03
		植物措施	绿化美化	hm ²	0.2	0.2	0
		临时措施	编织袋堆筑	m ³	121.34	66.05	-55.29
			临时苫盖	m ²	1732.02	1682.29	-49.73

表3 山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目水土流失防治措施监测汇总表

监测单位：山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司

序号	防治分区	防治措施		工程量			
				单位	水保设计	实际完成	增减情况
3	交通道路	工程措施	浆砌石排水沟	m	1010	600	-410
			砖砌排水沟	m		200	+200
			生态排水沟	m	2800	3500	+700
			护坦	m ²	90		-90
			表土剥离	hm ²	0.12	0.18	+0.06
			表土回覆	万 m ³	0.01	0.02	+0.01
			土地平整	hm ²	3.54	3.41	-0.13
			全面整地	hm ²	3.54	3.41	-0.13
		植物措施	撒播草籽	hm ²	3.54	3.41	-0.13
			栽植沙棘	株	17254		-17254
			栽植紫穗槐	株		8500	+8500
			栽植油松	株	1304	1350	+46
			幼林抚育	hm ²	3.54	1.77	-1.77
		临时措施	编织袋堆筑	m ³	593.6	656	+62.4
临时苫盖	m ²		350	500	+150		

表 3 山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目水土流失防治措施监测汇总表

监测单位：山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司

序号	防治分区	防治措施		工程量			
				单位	水保设计	实际完成	增减情况
4	输电线路	工程措施	土地平整	hm ²	1.75	1.88	+0.13
			全面整地	hm ²	0.98	1.11	+0.13
			复耕	hm ²	0.77	0.77	0
		植物措施	撒播草籽	hm ²	0.98	1.11	+0.13
			栽植沙棘	株	4356		-4356
			栽植紫穗槐	株		1400	+1400
			幼林抚育	hm ²	0.98	0.32	-0.66
		临时措施	临时苫盖	m ²	3000	3000	0
			临时铺垫	m ²	7700	7700	0

负责人：

填表人：

日期： 年 月 日

表 4 山西国际能源新能源左权县 5 万千瓦光伏电站项目植物措施建设监测表

监测单位（盖章）：山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司

序号	防治分区	措施	栽植株数/面积	折合面积 (hm ²)
1	光伏场区	撒播草籽	39.99hm ²	39.99
2	升压站	绿化美化	0.20hm ²	0.20
3	交通道路	栽植紫穗槐	8500 株	3.41
		栽植油松	1350 株	
		撒播草籽	3.41hm ²	
4	输电线路	栽植紫穗槐	1400	1.11
		撒播种草	1.11hm ²	
合计				44.71

负责人：

填表人：

日期： 年 月 日

表5 山西国际能源新能源左权县5万千瓦光伏电站项目水土流失监测六项指标达标情况表

监测单位：山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司

序号	六项指标		单位	指标值	方案目标值%	实际达到值%	达标情况
1	水土流失治理度	水土流失治理达标面积	hm ²	45.88	95	99.01	达标
		水土流失总面积	hm ²	46.34			
2	土壤流失控制比		-	-	0.9	1.05	达标
3	渣土防护率	实际拦挡的弃土（石、渣）量	万 m ³	-	97	98	达标
		工程弃土（石、渣）总量	万 m ³	-			
	表土保护率	保护表土数量	万 m ³	-	95	98	达标
		可剥离表土总量	万 m ³	-			
5	林草植被恢复率	林草植被面积	hm ²	44.71	95	98.98	达标
		可恢复林草植被	hm ²	45.17			
6	林草覆盖率	林草类植被面积	hm ²	44.71	26	61.39	达标
		项目建设区面积	hm ²	72.83			

负责人：

填表人：

日期： 年 月 日