

新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电  
示范基地石辉坪（刘家坡）100MW 光伏发电项目

# 水土保持监测总结报告

建设单位：国家电投集团盂县东方新能源发电有限公司

监测单位：山西金瓯土地矿场咨询服务有限公司

编制日期：二〇二〇年三月

**新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW 光伏发电项目  
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	新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW 光伏发电项目							
建设规模	建设单位	国家电投集团孟县东方新能源发电有限公司						
	建设地点	山西省阳泉市孟县北下庄乡和孙家庄镇						
	所属流域	海河流域						
	工程总投资	8.64 亿元						
	工程主体工期	14 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		9526.27t		水土流失背景值		1200-2200t/km <sup>2</sup> ·a	
	建设期防治责任范围面积		177.91hm <sup>2</sup>		水土流失容许值		200t/km <sup>2</sup> ·a	
项目建设区面积		177.91hm <sup>2</sup>		水土流失目标值		200t/km <sup>2</sup> ·a		
直接影响区面积		0 hm <sup>2</sup>		水土保持工程投资		390.52 万元		
防治措施	光伏电场	表土剥离 8.75hm <sup>2</sup> ，表土回覆 2.63 万 m <sup>3</sup> ，撒播种草 70.43hm <sup>2</sup> ，栽植连翘 93280 株，栽植紫穗槐 98568 株，幼林抚育 34.93hm <sup>2</sup> ，彩条布苫盖 5830.3m <sup>2</sup> ，编织袋拦挡 256m <sup>3</sup> 。						
	交通道路	浆砌石排水沟 2000m，全面整地 6.10hm <sup>2</sup> ，撒播种草 6.75hm <sup>2</sup> ，栽植油松 12000 株，栽植山楂 3000 株，栽植侧柏 11000 株，幼林抚育 6.75hm <sup>2</sup> 。						
	集电线路	撒播种草 7.83hm <sup>2</sup> ，栽植油松 1000 株，幼林抚育 0.60hm <sup>2</sup> 。						
监测结论	防治效果	分类分级指标	目标值	达到值	监测数量			
		扰动土地整治率	95%	99.63%	防治措施面积	94.45hm <sup>2</sup>	水土流失总面积	94.91hm <sup>2</sup>
		水土流失总治理度	95%	99.31%	防治责任范围面积	177.91hm <sup>2</sup>	容许土壤流失量	200t/km <sup>2</sup> ·a
		土壤流失控制比	1.0	1.03	工程措施面积	0.20hm <sup>2</sup>	治理后的平均土壤流失强度	220t/km <sup>2</sup> ·a
		拦渣率	95%	96%	植物措施面积	94.25hm <sup>2</sup>	林草类植被面积	94.25hm <sup>2</sup>
		林草植被恢复率	97%	99.30%	可恢复林草植被面积	94.91hm <sup>2</sup>	实际拦渣量	
		林草覆盖率	25%	52.98%				
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 .....	5
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 .....	12
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 .....	20
2 重点部位水土流失动态监测结果 .....	22
2.1 防治责任范围监测结果 .....	22
2.2 弃土弃渣动态监测结果 .....	24
3 水土流失防治措施监测结果 .....	25
3.1 工程措施实施情况 .....	25
3.2 植物措施实施情况 .....	27
3.3 临时措施实施情况 .....	29
3.4 水土保持措施实施情况监测结果 .....	29
4 土壤流失量分析 .....	31
4.1 各阶段土壤流失量分析 .....	31
4.1.1 水土流失量计算方法 .....	31
4.1.2 侵蚀模数的确定 .....	31
4.2 各扰动土地类型土壤流失量分析 .....	32

5 水土流失防治效果监测结果 .....	34
5.1 扰动土地治理率 .....	34
5.2 水土流失总治理度 .....	35
5.3 水土流失控制比 .....	35
5.4 拦渣率 .....	36
5.5 林草植被恢复率 .....	36
5.6 林草覆盖率 .....	37
6 结论 .....	38
6.1 水土流失动态变化 .....	38
6.2 水土保持措施评价 .....	38
6.3 存在的问题及建议 .....	39
6.4 综合结论 .....	39

- 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

- 附件 1:** 项目区位置图
- 附件 2:** 水土保持方案批复文件
- 附件 2:** 水土保持补偿费缴纳证明

## 综合说明

根据山西省发展和改革委员会企业投资项目备案证（晋发改备案〔2016〕271号），新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电项目为新建工程，项目规模为100MW。

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，国家电投集团孟县东方新能源发电有限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2017年7月6日山西省水利厅批复的《山西省水利厅关于新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电项目水土保持方案的批复》（晋水保函〔2017〕482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，对光伏电场、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。

2020年3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《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电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、阳泉市水利局、孟县水利局、国家电投集团孟县东方新能源发电有限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:新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪(刘家坡)100MW光伏发电项目

建设单位:国家电投集团盂县东方新能源发电有限公司

建设性质:新建项目

工程规模:规划容量100MW,共布置54个光伏阵列。

水保方案编制单位:山西亚图水利工程技咨询有限公司

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

新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪(刘家坡)100MW光伏发电项目位于山西省阳泉市盂县北下庄乡、孙家庄镇一带。行政区划属盂县北下庄乡和孙家庄镇管辖,距离盂县城约10-20km。风电场的地理位置处于东经东经112°20′、北纬39°43′。

项目区周边有314省道、S45高速及015乡道、006乡道,交通较为便利。

### 1.1.2 工程概况

根据山西省发展和改革委员会企业投资项目备案证(晋发改备案[2016]271号),新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪(刘家坡)100MW光伏发电项目为新建项目,项目规模为100MW。

2017年4月,国家电投集团盂县东方新能源发电有限公司委托山西亚图水利工程技术咨询有限公司编制了《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪(刘家坡)100MW光伏发电项目水土保持方案报告书》,2017年6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《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪(刘家坡)100MW光伏发电项目水土保持方案报告书》。2017年7月6日山西

省水利厅以晋水保函〔2017〕482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	新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电项目
项目性质	新建项目
建设地点	山西省阳泉市盂县北下庄乡、孙家庄镇
建设单位	国家电投集团盂县东方新能源发电有限公司
建设规模	100MW
建设工期	于2017年7月初开始施工准备，2017年11月底完工，共5个月
实际工期	主体工程建设期为14个月，于2017年7月初开始施工准备，2018年8月底主体完工，2020年3月水土保持措施完工
占地面积	面积186.34hm <sup>2</sup>
水保工程投资	366.88万元
项目组成	工程由光伏电场、交通道路和集电线路组成

### 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：光伏电场防治区、交通道路防治区和集电线路防治区。

#### （1）光伏电场防治区

方案设计光伏电场防治区总占地149.59hm<sup>2</sup>。全部为永久占地2.05hm<sup>2</sup>，共布置54个光伏阵列，其中包含25个1.6MW组串式发电多晶硅子方阵、25个2MW集散式发电多晶硅子方阵和4个2.5MW集中式发电多晶硅子方阵。

根据图上测量和实地调查，本工程光伏电场实际占地与水土保持方案介绍情况一致。

主要实施的水保措施有：1）完成表土剥离8.75hm<sup>2</sup>，表土回覆2.63万m<sup>3</sup>；2）完成全面整地79.67hm<sup>2</sup>；3）完成栽植连翘93280株；4）完成栽植紫穗槐98568株；5）完成撒播种草70.43hm<sup>2</sup>；6）完成彩条布苫盖5830.3m<sup>2</sup>；7）完成编织袋临时拦挡256m<sup>3</sup>。

#### （2）交通道路防治区

原方案设计交通道路总长30.45km，采用泥结碎石路面，其中有边坡段道路长3.25km，无边坡段道路长27.20km。交通道路占地面积25.66hm<sup>2</sup>。其中永久占地18.27hm<sup>2</sup>，临时占地7.39hm<sup>2</sup>。

根据图上测量和实地调查，本工程交通道路实际长31.50km，采用泥结碎石

路面，其中有边坡段道路长 3.25km，无边坡段道路长 28.25km。根据实际情况，有边坡段道路边坡为 2m 宽，无边坡道路绿化带设置在施工临时占地上，不另占地。交通道路实际占地面积为 20.20hm<sup>2</sup>，其中永久占地 12.93hm<sup>2</sup>，临时占地 7.27hm<sup>2</sup>。

主要实施的水保措施有：1) 部分交通道路靠山体一侧布设浆砌石排水沟 2000m；2) 完成全面整地 6.10hm<sup>2</sup>；3) 完成栽植油松 12000m；5) 完成栽植山楂 3000 株；6) 完成栽植侧柏 11000 株；8) 整地后对交通道路绿化带及边坡采用撒播草籽的方式恢复植被，部共撒播草籽 6.75hm<sup>2</sup>。

### (3) 集电线路防治区

本项目集电线路主要为架空集电线路，地埋集电线路位于光伏电场内部，不另计面积。

架空集电线路长 33.00km，全部为单回路，共设铁塔 144 座，架空集电线路占地除塔基基座永久占地外，还包括塔基施工区 144 个、牵张场 6 个、堆料场 3 个和简易道路 15km，人抬道路 20km 等临时占地。集电线路占地面积为 11.09hm<sup>2</sup>，其中永久占地 0.38hm<sup>2</sup>，临时占地 10.71hm<sup>2</sup>。

本工程架空集电线路实际长度 26.39km，其中单回路 21.74km，双回路 4.65km，共架设铁塔 111 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 111 个，牵张场 6 个，简易道路 11km，人抬道路 16km，堆料场设置在光伏电场内部，不另计面积。集电线路实际占地面积为 8.12hm<sup>2</sup>，其中永久占地 0.29hm<sup>2</sup>，临时占地 7.83hm<sup>2</sup>。

主要实施的水保措施有：1) 完成撒播种草 7.83hm<sup>2</sup>；2) 栽植油松 1000 株距；3) 幼林抚育 0.60hm<sup>2</sup>。



### 1.1.2.2 工程占地

本工程总占地 177.91hm<sup>2</sup>，永久占地 162.81hm<sup>2</sup>，临时占地 15.10hm<sup>2</sup>。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 <sup>2</sup> )	占地性质	
		永久占地	临时占地
光伏电场防治区	149.59	149.59	
交通道路防治区	20.20	12.93	7.27
集电线路防治区	8.12	0.29	7.83
合计	177.91	162.81	15.10

## 1.2 项目区概况

### 1.2.1 项目区自然概况

#### (1) 地形地貌

本风电场位于盂县北下庄乡、孙家庄镇，地貌属土石山区。场地内部地形为连绵起伏的山脉和沟谷，高程在 1200~1500m 之间，地形起伏为连绵起伏的山脉，部分区域山势较陡峭，坡度一般大于 30°，山顶较平缓。灌木、草等植被发育。基岩裸露少，主要分布在顶峰或山顶边缘地带，但覆盖层相对较薄。沟谷及山脚为坡积裙及荒地及少量农田，覆盖层较厚，少见基岩，多见黄土及碎石。

#### (2) 水文

本项目区地处海河流域，属温河的一级支流阴山河水系。阴山河发源于阳泉市盂县北下庄乡西北尖山，流经北下庄、仙人、牛村等乡镇，在牛村镇温池村与温河汇合，主河道长度为 15km，控制流域面积 155.94km<sup>2</sup>，属季节性河流。

项目区范围内无常年性河流，雨季在沟谷中有短暂水流，雨水流汇入阴山河。

根据《山西省地表水水环境功能区划》(DB14/67-2014)，本项目区属于南娄-辛庄，属于工业用水保护区。

#### (3) 气象

本项目区属温带大陆性气候，冬季寒冷干燥，春季多风少雨，夏季炎热高温。据盂县气象局 1984-2016 年观测资料，本区年平均气温 9.1℃，极端最高气温 40.9℃，极端最低气温-21.6℃，大于等于 10℃活动积温为 1695.5℃。多年平均蒸发量 1881.3mm。多年平均降水量 529.9mm，降水多集中在每年的 6-9 月，约占

全年降水量的 75.3%。多年平均风速 2.8m/s，主导风向为西北风，大风日数为 19 天左右，无霜期 150 天，最大冻土深度 88cm，封冻期为每年的 10 月中旬到次年 4 月。

#### (4) 土壤、植被

##### ①土壤

项目区所在地土壤类型主要为褐土性土，表层土壤厚度 0.5~1.5m，土质较松散，干-稍湿，局部含砂土、碎石。

##### ②植被

本项目区在植被区划上属暖温带落叶阔叶林区，项目区乔木主要为油松、侧柏、桦树、山杨和栎类；灌木主要有：紫穗槐、蚂蚱腿子、黄刺玫、连翘等；草类主要有：紫花苜蓿、披碱草、野牛草、白羊草、苔草、羊胡子草、青蒿、河黑豆，芦苇、苍耳、灰菜、荆三枝、无芒雀麦等；主要作物有玉米、谷子、薯类和油葵等作物。

项目区林草植被覆盖率小于 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阳泉市盂县北下庄乡、孙家庄镇管辖。

北下庄乡位于山西省阳泉市盂县东北部的阴山河畔，东邻仙人乡，西接孙家庄镇，南毗牛村镇，北依上社镇，共有 23 个行政村，3252 户，12000 口人，全乡总面积 103km<sup>2</sup>，耕地 1772.00hm<sup>2</sup>，农作物总播种面积 1006.07hm<sup>2</sup>，其中：粮食作物 1001.60hm<sup>2</sup>（其中：谷子 106.67hm<sup>2</sup>，玉米 794.93hm<sup>2</sup>，薯类 100.00hm<sup>2</sup>），油料 5.00hm<sup>2</sup>，蔬菜瓜果类 5.00hm<sup>2</sup>。畜牧业主要以养猪、养鸡、养羊为主，猪存栏 3500 头，鸡 5000 余只，羊 1000 只，全乡财政总收入 2479.61 万元，农民人均纯收入 6255 元。

孙家庄镇地处阳泉市盂县东部，北依延长岭山脉，南与本县路家村镇接壤，西与县城毗邻，东同牛村镇相连，总面积 84 平方公里，耕地面积 26906.6 亩，全镇辖 31 个行政村，46 个党支部，7746 户，25200 人，本镇境内地下矿藏资源异常丰富，且品种繁多，北部蕴藏着大量的铁矿石、石灰石、铝矾土和少量的云母及粘土矿，中部、南部主要以煤炭为主，同时北部气候温和，土壤肥沃，是孟

县的四大经济强镇之一。主要企业有五五铁厂，桃园铁厂，东坪煤矿，石店煤矿。交通发达，金龙大街延伸线和双阳线贯穿境内。

## (2) 土地利用

项目区位于山西省阳泉市盂县北下庄乡、孙家庄镇，行政区划属北下庄乡、孙家庄镇管辖，项目占地 177.91hm<sup>2</sup>。项目区范围内土地包括其他草地、灌木林地、裸地、旱地和农村道路。

## 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 1200-2200t/km<sup>2</sup>·a，依据《北方土石山区水土流失综合治理技术标准》（SL 665-2014）项目区属中度侵蚀区。

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重点治理区。项目区属土石山区，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<sup>2</sup>·a)。

光伏电场防治区主要占地类型为其他草地、灌木林地、旱地和裸地，经监测计算，确定该区的侵蚀模数为 1700t/ km<sup>2</sup>·a。

交通道路防治区主要占地类型为其他草地、灌木林地、裸地和农村道路，经监测计算，确定该区的侵蚀模数为 1400t/ km<sup>2</sup>·a。

集电线路防治区主要占地类型为其他草地、灌木林地和裸地，经监测计算，确定该区的侵蚀模数为 1500t/ km<sup>2</sup>·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》（SJ190-2007），项目区属土石山区，属于水力侵蚀区，容许土壤流失量为 200t/km<sup>2</sup>·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，扰动原地貌，地表裸露，植被对土壤的覆盖保护作用和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褐土性土。占地类型包括其他草地、灌木林地、裸地、旱地和农村道路，大多地段植被覆盖度较高，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，2017年4月，国家电投集团盂县东方新能源发电有限公司委托山西亚图水利工程技术咨询有限公司编制《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电项目水土保持方案报告书》，2017年6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《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电项目水土保持方案报告书》。2017年7月6日山西省水利厅以晋水保函〔2017〕482号文予以批复。

### 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2017年7月至2020年3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电场的表土剥离及回覆、土地平整、场区内绿化等措施；交通道路的排水、整地、植被恢复措施；集电线路的植被恢复措施。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：山西亚图水利工程技术咨询有限公司

#### （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：鄢陵县昊天园林绿化工程有限公司

## 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

2018年1月，国家电投集团孟县东方新能源发电有限公司委托山西金瓯土地矿产咨询服务有限公司承担新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电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2017年7月6日山西省水利厅批复的《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电项目水土保持方案报告书》（晋水保函〔2016〕311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《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电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2020年2月完成室外监测任务，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2020年3月完成了《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电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，为确定预测参数、预测模型等服务。

### 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

新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电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 260.96hm<sup>2</sup>，其中建设区防治责任范围 186.34hm<sup>2</sup>，直接影响区 74.62hm<sup>2</sup>。建设期实际水土流失防治责任范围 177.91hm<sup>2</sup>，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预测结果，将建设期水土保持监测单元划分为 3 个：光伏电场、交通道路和集电线路。

## 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电场和交通道路。

### 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：应尽量避免认为活动干扰。

（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《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电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 7 处监测点位。其中，光伏电场布设 4 个监测点位，交通道路布设 3 个监测点位，集电



线路布设 2 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 2017 年 7 月正式开工建设，主体工程于 2018 年 8 月竣工，水保工程于 2020 年 3 月竣工。监测任务于 2018 年 1 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：2018 年 1 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
2018 年 1 月 22-26 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。	
2018 年 3 月 19-23 日	对项目建设区进行全面巡查,调查各工程的开展情况。	
2018 年 4 月-2020 年 1 月	对光伏电场、交通道路进行巡查,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
2020 年 3 月 2-6 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 2017 年 7 月山西省水利厅批复的《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW 光伏发电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

##### ① 项目建设区

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。

##### ② 直接影响区

监测内容包括：项目影响区发生的地点、面积以及被影响、扰动的植被是否得到恢复等。

#### (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，计算拦渣率、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	水保设计	实际完成	增减情况
1	光伏电场防治区	工程措施	浆砌石排水沟	m	1850	0	-1850
			表土剥离	hm <sup>2</sup>	8.75	8.75	
			表土回覆	万 m <sup>3</sup>	2.63	2.63	
			浆砌石护坦	座	4	0	-4
			碎石覆盖	hm <sup>2</sup>	9.24	0	-9.24
			全面整地	hm <sup>2</sup>	70.43	79.67	+9.24
		植物措施	撒播种草	hm <sup>2</sup>	70.43	70.43	
			栽植连翘	株	0	93280	+93280
			栽植紫穗槐	株	0	98568	+98568
		临时措施	幼林抚育	hm <sup>2</sup>	0	30.73	+30.73
			彩条布	m <sup>2</sup>	5830.3	5830.3	
		2	交通道路防治区	工程措施	编织袋堆筑	m <sup>3</sup>	520
浆砌石排水沟	m				3250	2000	-1250
全面整地	hm <sup>2</sup>				13.16	6.10	-7.06
植物措施	栽植油松			株	19217	12000	-7217
	栽植黄刺玫			株	32844		-32844
	栽植山楂			株		3000	+3000
	栽植侧柏			株		11000	+10000
撒播种草	hm <sup>2</sup>			13.16	6.75	-6.41	
幼林抚育	hm <sup>2</sup>			13.16	6.75	-6.41	
4	集电线路防治区			植物措施	栽植黄刺玫	株	47600
		撒播种草	hm <sup>2</sup>			7.83	+7.83
		栽植油松	株			1000	+1000
		幼林抚育	hm <sup>2</sup>		10.71	0.60	10.11

## 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《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电项目水土保持方案》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，结合光伏电场防治区、交通道路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（ $m^2$ ）； $\theta$ ——坡度（°）。

## 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×106/(侵蚀年限×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	2018年1月下旬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	2018年3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)	2018年8月下旬1次
	弃土弃渣量及占地面积	实地测量法	2018年9月下旬1次
水土保持措施情况	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
水蚀监测	水蚀强度	调查、侵蚀沟体积复原法	2019年11月上旬1次

## 1.9 监测指标

根据《山西省人民政府关于划分水土流失重点防治区的通告》,本项目属于山西省水土流失重点预防保护区,根据《开发建设项目水土流失防治标准》和水土保持方案,确定本项目区执行建设类项目水土流失防治标准一级标准。

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	计算目标值
扰动土地整治率(%)	95	/	/	/	95
水土流失总治理度(%)	95	/	/	/	95
土壤流失控制比	0.8	/	+0.2	/	1.0
拦渣率(%)	95	/	/	/	95
林草植被恢复率(%)	97	/	/	/	97
林草覆盖率(%)	25	/	/	/	25

## 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《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW 光伏发电项目水土保持方案报告书》，本次新建项目方案确定的项目水土流失防治责任范围 260.96hm<sup>2</sup>，其中建设区 186.34hm<sup>2</sup>，直接影响区 74.62hm<sup>2</sup>。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：hm<sup>2</sup>）

序号	防治分区	防治责任范围	项目建设区	直接影响区
1	光伏电场	196.41	149.59	46.82
2	交通道路	44.18	25.66	18.52
3	集电线路	20.37	11.09	9.28
	合计	<b>260.96</b>	<b>186.34</b>	<b>74.62</b>

#### 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的方式进行核实、监测。

##### （1）建设区

本次新建项目建设内容包括光伏电场、交通道路、集电线路。建设期实际水土流失防治责任范围 177.91hm<sup>2</sup>，其中项目建设区面积 177.91hm<sup>2</sup>，直接影响区面积 0hm<sup>2</sup>。建设期实际发生的防治责任范围见表 2-2。

表 2-2 建设期实际水土流失防治责任范围表 (单位:  $\text{hm}^2$ )

序号	防治分区	防治责任范围	项目建设区	直接影响区
1	光伏电场	149.59	149.59	0
2	交通道路	20.20	20.20	0
3	集电线路	8.12	8.12	0
	合计	<b>177.91</b>	<b>177.91</b>	<b>0</b>

### 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  $177.91\text{hm}^2$ , 比方案设计的减少了  $83.05\text{hm}^2$ 。具体情况见表 2-3, 具体原因是:

(1) 实际施工中, 光伏电场严格控制在红线范围内规范施工, 直接影响区面积减少。

(2) 水土保持方案设计交通道路有边坡路段两侧边坡宽 3m, 根据实际情况, 交通道路有边坡段实际边坡宽度为 2m, 并严格控制占地范围, 因此交通道路占地面积和直接影响区面积减少。

(3) 水土保持方案设计交通道路无边坡路段两侧各有 1m 宽绿化带和 1m 宽施工临时占地, 实际无边坡段绿化带直接在施工临时占地上建设, 并严格控制占地范围, 因此交通道路占地面积和直接影响区面积减少。

(4) 根据实际情况, 架空集电线路路径较方案缩短, 塔基、牵张场和施工便道数量减少, 实际施工中堆料场设置在光伏电场内部, 并严格控制占地范围, 集电线路占地面积和直接影响区面积减少。

表 2-3 建设期防治责任范围变动情况 ( $\text{hm}^2$ )

序号	防治分区	防治责任范围 ( $\text{hm}^2$ )								
		方案确定			监测结果			增减情况		
		小计	建设区	直接影响区	小计	建设区	直接影响区	小计	建设区	直接影响区
1	光伏电场	196.41	149.59	46.82	149.59	149.59		-46.82	0	-46.82
2	交通道路	44.18	25.66	18.52	20.20	20.20		-23.98	-5.46	-18.52
3	集电线路	20.37	11.09	9.28	8.12	8.12		-12.25	-2.97	-9.28
	合计	<b>260.96</b>	<b>186.34</b>	<b>74.62</b>	<b>177.91</b>	<b>177.91</b>		<b>-83.05</b>	<b>-8.43</b>	<b>-74.62</b>

## 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 43.76 万 m<sup>3</sup>，其中挖方量 19.25 万 m<sup>3</sup>，填方量 19.25 万 m<sup>3</sup>，表土剥离 2.63 万 m<sup>3</sup>，表土回覆 2.63 万 m<sup>3</sup>，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 41.30 万 m<sup>3</sup>，其中挖方量 18.02 万 m<sup>3</sup>，填方量 18.02 万 m<sup>3</sup>，表土剥离 2.63 万 m<sup>3</sup>，表土回覆 2.63 万 m<sup>3</sup>，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 m<sup>3</sup>

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	光伏电场	14.54	14.54		14.54	14.54		0	0	0
2	交通道路	6.80	6.80		5.62	5.62		-1.18	-1.18	0
3	集电线路	0.54	0.54		0.49	0.49		-0.05	-0.05	0
	合计	<b>21.88</b>	<b>21.88</b>		<b>20.65</b>	<b>20.65</b>		<b>-1.23</b>	<b>-1.23</b>	<b>0</b>

### 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 2.46 万 m<sup>3</sup>，其中挖方减少 1.23 万 m<sup>3</sup>，填方减少 1.23 万 m<sup>3</sup>。土石方量产生变化的主要原因为：

1) 交通道路实际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。

2) 架空集电线路路径缩短，建设塔基、牵张场、施工便道工程量均有减少，土石方量减少。

## 3 水土流失防治措施监测结果

根据《新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW光伏发电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
光伏电场防治区	工程措施	场内排水沟	m	1850	主体已有
		表土剥离	hm <sup>2</sup>	8.75	
		表土回覆	万 m <sup>3</sup>	2.63	方案新增
		浆砌石护坦	座	4	
		碎石覆盖	hm <sup>2</sup>	9.24	
		全面整地	hm <sup>2</sup>	70.43	
交通道路防治区	工程措施	编织袋拦挡	m <sup>3</sup>	520	
		排水沟	m	3250	
		全面整地	hm <sup>2</sup>	13.16	

#### 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) 光伏电场防治区:

1) 表土剥离及回覆: 对光伏电场占用旱地区域进行表土剥离, 剥离面积 8.75hm<sup>2</sup>, 剥离厚度 30cm, 将其回覆于光伏电场光伏板间隔区域表土回覆量 2.63 万 m<sup>3</sup>。

2) 全面整地: 对光伏电场间隔区域进行全面整地, 整地面积 79.67hm<sup>2</sup>。

##### (2) 交通道路防治区

1) 浆砌石排水沟: 部分交通道路靠山体一侧设置浆砌石排水沟, 浆砌石排水沟长 2000m;

2) 全面整地: 对交通道路绿化带区域进行全面整地, 整地面积  $6.10\text{hm}^2$ 。  
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

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	光伏电场防治区	工程措施	浆砌石排水沟	m	1850	0	-1850
			表土剥离	$\text{hm}^2$	8.75	8.75	
			表土回覆	万 $\text{m}^3$	2.63	2.63	
			浆砌石护坦	座	4	0	-4
			碎石覆盖	$\text{hm}^2$	9.24	0	-9.24
			全面整地	$\text{hm}^2$	70.43	79.67	+9.24
2	交通道路防治区	工程措施	编织袋堆筑	$\text{m}^3$	520		-520
			浆砌石排水沟	m	3250	2000	-1250
			全面整地	$\text{hm}^2$	13.16	6.10	-7.06

### 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) 因光伏电场紧邻交通道路, 且光伏电场内施工对地面扰动较小, 基本不破坏原地表, 雨水在光伏电场内采用地表散排, 再利用交通道路建设的排水沟排出场外可满足光伏电场排水需要, 因此光伏电场排水沟和护坦工程量减少, 水土保持功能未降低, 满足水土保持要求。

2) 方案设计在光伏板下沿区域铺设碎石垫层, 实际在光伏板下沿区域栽植连翘来减少光伏板下沿雨水冲刷, 因此碎石垫层工程量减少, 全面整地、栽植连翘和幼林抚育工程量增加, 水土保持功能提高, 满足水土保持要求。

3) 根据现场情况, 交通道路有边坡路段道路下边坡采用植物护坡, 坡面稳定, 坡面植被生长良好, 根据实际需要无需边坡坡脚编织袋拦挡即可维护坡面稳定, 因此编织袋堆筑工程量减少, 水土保持功能未降低, 满足水土保持要求。

4) 在施工过程中, 实际需要建设排水沟路段较方案中有所减少, 因此排水沟长度减少, 水土保持功能未降低, 满足水土保持要求。

5) 交通道路占地面积较方案中有所减少, 可绿化面积减少, 因此整地面积减少, 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

序号	防治分区	防治措施		工程量	
				单位	水保设计
1	光伏电场防治区	植物措施	撒播种草	hm <sup>2</sup>	70.43
2	交通道路防治区	植物措施	栽植油松	株	19217
			栽植黄刺玫	株	32844
			撒播种草	hm <sup>2</sup>	13.16
			幼林抚育	hm <sup>2</sup>	13.16
3	集电线路防治区	植物措施	栽植黄刺玫	株	47600
			幼林抚育	hm <sup>2</sup>	10.71

### 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) 光伏电场防治区：

- 1) 撒播种草：光伏电场间隔区域撒播草籽 70.43hm<sup>2</sup>。
- 2) 栽植连翘：光伏电场光伏板下沿区域栽植连翘 93280 株。
- 3) 栽植紫穗槐：光伏阵列外围空地栽植紫穗槐 98568 株。
- 4) 幼林抚育：对栽植的连翘及紫穗槐进行抚育工作，幼林抚育面积 30.73hm<sup>2</sup>。

(2) 交通道路防治区：

- 1) 撒播种草：交通道路绿化及临时占地区域撒播草籽 6.75hm<sup>2</sup>。
- 2) 栽植油松：交通道路绿化带栽植油松 12000 株。
- 3) 栽植山楂：交通道路绿化带栽植山楂 3000 株。
- 4) 栽植侧柏：交通道路临时占地及绿化带栽植侧柏 11000 株。
- 3) 幼林抚育：对栽植的油松、山楂、侧柏进行抚育工作，幼林抚育面积

6.75hm<sup>2</sup>。

(3) 集电线路防治区：

- 1) 撒播种草：集电线路临时占地撒播草籽 7.83hm<sup>2</sup>。
- 2) 栽植油松：在塔基平台及牵张场栽植油松恢复植被，栽植油松 1000 株。

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

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	光伏电场防治区	植物措施	撒播种草	hm <sup>2</sup>	70.43	70.43	
			栽植连翘	株	0	93280	+93280
			栽植紫穗槐	株	0	98568	+98568
			幼林抚育	hm <sup>2</sup>	0	30.73	+30.73
2	交通道路防治区	植物措施	栽植油松	株	19217	12000	-7217
			栽植黄刺玫	株	32844		-32844
			栽植山楂	株		3000	+3000
			栽植侧柏	株		11000	+10000
			撒播种草	hm <sup>2</sup>	13.16	6.75	-6.41
			幼林抚育	hm <sup>2</sup>	13.16	6.75	-6.41
3	集电线路防治区	植物措施	栽植黄刺玫	株	47600		-47600
			撒播种草	hm <sup>2</sup>		7.83	+7.83
			栽植油松	株		1000	+1000
			幼林抚育	hm <sup>2</sup>	10.71	0.60	10.11

### 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：

光伏电场防治区：原方案设计在光伏板下沿铺设碎石垫层的方式防治光伏板下沿地面的冲刷，实际采用光伏板下沿栽植连翘的方式进行防护，实际光伏场内除撒播草籽外还在光伏阵列外围栽植紫穗槐，因此，栽植连翘、栽植紫穗槐和幼林抚育工程量增加，水土保持措施功能提高，满足水土保持要求。

交通道路防治区：根据实际情况，交通道路占地面积较方案中有所减少，可绿化面积减少，实际施工中根据立地条件，除油松外还栽植山楂及侧柏，因此栽植油松工程量减少，栽植山楂和栽植侧柏工程量增加。水土保持措施功能未降低，满足水土保持要求。

集电线路防治区：集电线路路径缩短，建设内容减少，可绿化面积减少；根据现场情况集电线路施工便道区域，不适于栽植灌木，在对集电线路施工便道进行后进行种草绿化，在立地条件较好的塔基施工区及牵张场栽植油松恢复植被，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

序号	防治分区	防治措施		工程量	
				单位	水保设计
1	光伏电场防治区	临时措施	彩条布苫盖	m <sup>2</sup>	5830.3
			编织袋堆筑	m <sup>3</sup>	256

#### 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) 光伏电场防治区：

1) 临时苫盖：建设期间对临时堆土进行了彩条布苫盖，彩条布 3542m<sup>2</sup>。

2) 临时堆土场：建设期间将剥离的表土临时堆放在临时堆土场，堆土场工程量包括彩条布苫盖 2288.3m<sup>2</sup>，编织袋堆筑 256m<sup>3</sup>。

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

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	光伏电场防治区	临时措施	彩条布	m <sup>2</sup>	5830.3	5830.3	0
			编织袋堆筑	m <sup>3</sup>	256	256	

#### 3.3.3 水土保持临时措施分析与评价

项目区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：新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪（刘家坡）100MW 光伏发电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

程措施中的土地整治基本达标，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： $t/(km^2 \cdot a)$

预测分区	侵蚀模数	地貌类型
光伏电场	1700	土石山区
交通道路	1400	
集电线路	1500	

##### （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  $5350t/(km^2 \cdot a)$ ，说明施工期是造成水土流失加剧的主要时

段，尤其集中在土建施工期。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/(km<sup>2</sup>·a)**

预测分区	侵蚀模数	地貌类型
光伏电场	5300	土石山区
交通道路	5700	
集电线路	5500	

### (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电场防治区、交通道路防治区、集电线路防治区。防治措施主要有光伏电场的表土剥离及回覆、全面整地、光伏电场内绿化措施；集电线路植被恢复措施；交通道路的排水、绿化措施。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**

预测分区	侵蚀模数	扰动面积 (hm <sup>2</sup> )	备注
光伏电场	1800	149.59	通过加权平均法计算得项目区平均土壤侵蚀模数 1820t/(km <sup>2</sup> ·a)
交通道路	2000	20.20	
集电线路	1700	8.12	

## 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 <sup>2</sup> )	各阶段侵蚀单元侵蚀模数 (t/(km <sup>2</sup> ·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
光伏电场	149.59	1700	5300	1800	2543.03	7928.27	2692.62
交通道路	20.2	1400	5700	2000	282.8	1151.4	404
集电线路	8.12	1500	5500	1700	121.8	446.6	138.04
合计	177.91				2947.63	9526.27	3234.66

项目区原地貌年土壤侵蚀量为 2947.63t；扰动后年土壤侵蚀量为 9526.27，；实施措施后年土壤侵蚀量为 3234.66t。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 6578.64t；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 6291.61t。

在新增流失量中，按施工类型分析，光伏电场防治区流失量最大，占总新增侵蚀量的 81.86%，其次是交通道路防治区，占总新增侵蚀量的 13.20%，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、光伏电场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 扰动土地整治率

扰动土地整治率是指项目建设区内扰动土地的整治面积占扰动土地总面积的百分比,即

$$\text{扰动土地整治率}(\%) = \frac{\text{水土保持措施面积} + \text{永久建筑物占地面积}}{\text{建设区扰动地表面积}} \times 100\%$$

在项目建设过程中采用场地调查、巡查的办法,跟踪监测各防治分区土地扰动情况,逐个记录扰动土地面积动态变化过程,最后可得到各防治分区的扰动土地总面积。到建设期末对各防治责任区的土地整治情况进行全面的调查统计,记录整理可算得各区域的土地整治面积。确定了各分区土地整治面积和扰动土地面积之后即可计算扰动土地整治率。

工程建设中将对建设的各区域分别采取相应的水土流失治理措施,竣工验收时本项目的扰动土地整治率达到 99.63%,符合验收标准。

表 5-1 扰动土地整治情况表

防治分区	建设区防治责任范围 (hm <sup>2</sup> )	扰动土地面积 (hm <sup>2</sup> )	水土保持措施面积 (hm <sup>2</sup> )		建筑物及硬化面积 (hm <sup>2</sup> )	扰动土地整治率 (%)
			植物措施	工程措施		
光伏电场	149.59	149.59	79.67		69.91	99.99
交通道路	20.2	20.2	6.75	0.20	12.60	96.78
集电线路	8.12	8.12	7.83		0.29	100
合计	177.91	177.91	94.25	0.20	82.8	99.63

## 5.2 水土流失总治理度

水土流失总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

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

根据建设期间采取的防治措施，本工程水土流失总治理度达 99.31%，见表 5-2。

表 5-2 水土流失治理情况表

防治分区	扰动土地面积 (hm <sup>2</sup> )	扰动土地面积 (hm <sup>2</sup> )	水土流失措施面积 (hm <sup>2</sup> )		建筑物及硬化面积 (hm <sup>2</sup> )	水土流失总治理度 (%)
			植物措施	工程措施		
光伏电场	149.59	149.59	79.67		69.91	99.99
交通道路	20.2	20.2	6.75	0.20	12.60	90.13
集电线路	8.12	8.12	7.83		0.29	100
合计	177.91	177.91	94.25	0.20	82.8	99.31

## 5.3 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)，项目区属土石山区，土壤容许流失量为 200t/km<sup>2</sup>.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 193t/km<sup>2</sup>.a，水土流失控制比为 1.03，见表 5-3。

表 5-3 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 <sup>2</sup> )	造成水土流失面积 (hm <sup>2</sup> )	容许侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> .a)	实施措施后侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> .a)	土壤流失控制比
风机箱变场	149.59	79.68	200	190	1.05
输电线路	20.2	7.60	200	210	0.95
交通道路	8.12	7.83	200	205	0.98
加权平均			200	193	1.03

## 5.4 拦渣率

拦渣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：

$$\text{拦渣率}(\%) = \frac{\text{采取措施后弃土(石、渣)量}}{\text{弃土(石、渣)总量}} \times 100\%$$

根据实际监测结果，本项目工程实际土石方量总量为 41.30 万 m<sup>3</sup>，其中挖方量 18.02 万 m<sup>3</sup>，填方量 18.02 万 m<sup>3</sup>，表土剥离 2.63 万 m<sup>3</sup>，表土回覆 2.63 万 m<sup>3</sup>，无弃方。该项目拦渣率可以达到 96%以上，达到目标值 95%，符合要求。

## 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面，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 94.25hm<sup>2</sup>，可绿化面积为 94.91hm<sup>2</sup>，林草植被恢复率达到 99.30%，符合验收标准。见表 5-4。



表 5-4 林草植被恢复率指标分析

防治分区	项目区面积 (hm <sup>2</sup> )	植物措施面积 (hm <sup>2</sup> )	可绿化面积 (hm <sup>2</sup> )	林草植被恢复率 (%)
光伏电场	149.59	79.67	79.68	99.98
交通道路	20.2	6.75	7.40	91.21
集电线路	8.12	7.83	7.83	100
合计	177.91	94.25	94.91	99.30

## 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 5-5。

表 5-5 林草覆盖率指标分析

防治分区	项目建设区面积 (hm <sup>2</sup> )	植物措施面积 (hm <sup>2</sup> )	林草覆盖率 (%)
光伏电场	149.59	79.67	53.26
集电线路	20.2	6.75	33.42
光伏电场	8.12	7.83	96.43
合计	177.91	94.25	52.98

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 52.98%，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。其中扰动土地整治率达 99.63%，大于目标值 95%；水土流失总治理度达 99.31%，大于目标值 95%；土壤流失控制比 1.03，大于目标值 1.00；拦渣率达到 96%以上，大于目标值 95%；林草植被恢复率 99.30%，大于目标值 97%；林草覆盖率达 52.98%，大于目标值 25%。

## 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 186.34hm<sup>2</sup>。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 177.91hm<sup>2</sup>。与方案设计相比较减少了 8.34hm<sup>2</sup>。

#### (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风蚀、水蚀及重力侵蚀。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 3234.66t。

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 6578.64t。

### 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
扰动土地整治率(%)	95	99.63	+4.63	达标
水土流失总治理度(%)	95	99.31	+4.31	达标
土壤流失控制比	1.00	1.03	+0.03	达标
拦渣率(%)	95	96	+1	达标
林草植被恢复率(%)	97	99.30	+2.3	达标
林草覆盖率(%)	25	52.98	+27.98	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。

新建山西阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地石辉坪(刘家坡)100MW光伏发电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。

光伏电场防治区和交通道路植物措施中,部分植物措施实施滞后,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。

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, 保障了矿井的安全运行, 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。其中扰动土地整治率达 99.63%, 大于目标值 95%; 水土流失总治理度达 99.31%, 大于目标值 95%; 土壤流失控制比 1.03, 大于目标值 1.00; 拦渣率达到 96%以上, 大于目标值 95%; 林草植被恢复率 99.30%, 大于目标值 97%; 林草覆盖率达 52.98%, 大于目标值 25%。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。