

LC-SJ-2018-01

焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目

水土保持监测总结报告

建设单位：焦作中晖光伏发电有限公司

编制单位：河南联成水保科技有限公司

2018 年 1 月

焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目

水土保持监测总结报告

建设单位：焦作中晖光伏发电有限公司

编制单位：河南联成水保科技有限公司

2018 年 1 月

目 录

前言.....	1
1 建设项目及水土保持工作概况	5
1.1 建设项目概况	5
1.2 水土保持工作情况	7
1.3 监测工作实施情况	9
2 监测内容和方法	14
2.1 扰动土地情况	17
2.2 取料（土、石）、弃渣（土、石、矸石、尾矿等）	18
2.3 水土保持措施	18
2.4 水土流失情况	18
3 重点对象水土流失动态监测	19
3.1 防治责任范围监测	19
3.2 取土（石、料）监测结果	22
3.3 弃土（石、渣）监测结果	22
3.4 土石方流向情况监测结果	22
3.5 其他重点部位监测结果	22
4 水土流失防治措施监测结果	23
4.1 工程措施监测结果	23
4.2 植物措施监测结果	25
4.3 临时措施监测结果	27
4.4 水土保持措施防治效果	28

5 土壤流失情况监测	29
5.1 水土流失面积	29
5.2 土壤流失量	29
5.3 取料、弃渣潜在土壤流失量	32
5.4 水土流失危害	32
6 水土流失防治效果监测结果	33
6.1 扰动土地整治率	33
6.2 水土流失总治理度	33
6.3 拦渣率与弃渣利用情况	34
6.4 土壤流失控制比	34
6.5 林草植被恢复率	35
6.6 林草覆盖率	35
7 结论.....	36
7.1 水土流失动态变化	36
7.2 水土保持措施评价	37
7.3 存在问题及建议	38
7.4 综合结论	39

前言

焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目位于焦作市马村区安阳城街道办事处安阳城村北、焦辉路东，为光伏农业结合项目，建设的主要内容是装机容量 50MW 的光伏电站。本项目由光伏发电区、升压站、集电线路、道路工程和施工生产生活区五部分组成。

光伏发电区内共布置 43 个 1.163MW 光伏阵列，安装 159960 块电池组件（其中 315W 电池组件 159339 块，320W 电池组件 621 块），配套设 43 台箱式变压器；项目设 1 个升压站，升压站位于光伏发电区东北侧的平坦区域；集电线路采用部分架空、部分地理的方式敷设；道路工程分为进场道路和场内道路两部分，采用碎石路面；施工生产生活区内部主要布置有办公生活区、搅拌站和设备停放场地，工程建设后期，将施工生产生活区拆除后进行土地整治，种植农作物。工程实际扰动土地面积 99.03hm²，全部为永久占地。本工程于 2016 年 6 月开工建设，2017 年 5 月完工，总工期 12 个月，总投资 10.0 亿元。

项目区属于北方土石山区(III)--太行山东部山地丘陵水源涵养保土区(III-3-2ht)，土壤侵蚀类型以轻度水力侵蚀为主。项目区位于河南省水土流失重点治理区。为使项目区原有的水土流失和因工程建设而导致的新增水土流失得到有效控制，工程在建设过程中，按照水土保持方案和“三同时”制度要求，随主体工程的施工对工程扰动区域实施了相应的工程、植物和临时措施。

2017 年 1 月，受焦作中晖光伏发电有限公司委托，我公司承担了焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目水土保持监测工作。2017 年 1 月，项目组展开监测工作，我们在调查监测、类比、查阅资料的基础上，结合遥感相关影像资料进行整理分析，编制完成了《焦作市马村区 50MW

农光互补光伏发电项目水土保持监测总结报告》。

本项目水土保持主要监测内容为：影响水土流失的主要因子、水土流失现状、水土保持工程实施过程的水土流失状况、水土保持措施防治水土流失效果等。

监测方法为：调查监测、现场巡查监测、类比。

根据监测结果表明，本项目建设过程中注重水土保持工程措施、植物措施和临时措施的实施，防治责任范围内的人为水土流失得到了有效控制。各防治分区水土保持措施防护到位，水土流失轻微，总体防护效果良好；施工过程中采取了相应的临时防护措施，减小了水土流失量。

实施的水土保持措施运行正常，起到了防治水土流失、保护生态环境的作用，各项水土流失防治指标达到或超过了水土保持方案确定的目标值。其中，扰动土地整治率达到 99.0%，水土流失总治理度达到 98.8%，土壤流失控制比达到 1.1，拦渣率达到 97.5%，林草植被恢复率达到 95.5%，林草覆盖率达到 21.7%。

在资料收集、外业查勘和监测报告编制整个过程中，建设单位焦作中晖光伏发电有限公司给予大力支持，施工单位、监理单位也积极予以配合和帮助，在此一并致以衷心地感谢。

项目规模及特性详见水土保持监测特性表。

焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目水土保持监测特性表

主体工程主要技术指标										
项目名称		焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目								
建设规模	装机容量50MW	建设单位		焦作中晖光伏发电有限公司						
		建设地点		焦作市马村区						
		所在流域		海河流域						
		工程总投资		10.0 亿元						
		工程总工期		12 个月，2016 年 6 月~2017 年 5 月						
水土保持监测指标										
监测单位		河南联成水保科技有限公司			联系人及电话		刘圆圆 /0371-56006303			
自然地理类型		平原区			防治标准		建设类项目 II 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		调查监测和巡查监测			2.防治责任范围监测		调查监测和巡查监测		
	3.水土保持措施情况监测		调查监测和巡查监测			4.防治措施效果监测		调查监测和巡查监测		
	5.水土流失危害监测		调查监测和巡查监测			水土流失背景值		600t/（km ² a）		
方案设计防治责任范围		102.49hm ²			容许土壤流失量		200t/（km ² a）			
水土保持投资		184.22 万元			水土流失目标值		200t/（km ² a）			
防治措施	光伏发电区		工程措施：场地平整 56.93hm ² ； 植物措施：撒播草籽 1.60hm ² ； 临时措施：彩钢板围挡 13000m ² ；							
	升压站区		工程措施：表土剥离 0.10hm ² ，修筑排水沟 80m，场地平整 0.10hm ² ，表土回覆 300m ³ ； 植物措施：场地绿化 0.10hm ² ； 临时措施：填筑装土编织袋 5.66m ³ ，覆盖防尘网 150m ² ；							
	集电线路区		工程措施：场地平整 0.44hm ² ； 临时措施：覆盖防尘网 14200m ² ；							
	道路工程区		植物措施：栽植乔木 100 株；							
	施工生产生活区		工程措施：表土剥离 1.51hm ² ，场地平整 1.51hm ² ，表土回覆 4530m ³ ； 临时措施：覆盖防尘网 2265m ² ；							
监测结论	防治效果	分类指标	目标值	达到值	实际监测数量					
		扰动土地整治率	95%	99.0%	防治措施面积	80.22hm ²	永久建筑物及硬化面积	17.81hm ²	扰动土地总面积	99.03hm ²
		水土流失总治理度	85%	98.8%	扰动土地面积	99.03hm ²	水土流失总面积	81.22hm ²		

	土壤流失控制比	1.0	1.1	工程措施面积	58.78hm ²	容许土壤流失量	200t/(km ² a)
	林草覆盖率	20%	21.7%	植物措施面积	21.44hm ²	监测土壤流失情况	182t/(km ² a)
	林草植被恢复率	95%	95.5%	可恢复林草植被面积	22.44hm ²	林草类植被面积	21.44hm ²
	拦渣率	95%	97.5%	实际拦挡弃渣量	2.78 万 m ³	总弃渣量	-
	水土保持治理达标评价	对照水土保持方案，工程扰动土地整治率、水土流失总治理度、拦渣率、土壤流失控制比、林草植被恢复率均达到方案既定的目标值。					
	总体结论	本工程的水土保持措施体系比较完善，施工过程中能严格执行，防治效果明显。					
主要建议	<p>1、加强和完善水土保持工程相关资料的归档、管理。</p> <p>2、在项目运行过程中，建立健全管理机构，加强对水土保持设施的日常管理和维护，进一步明确工程措施和植物措施的管护责任，确保各项工程水土保持效益的正常发挥。</p>						

1 建设项目及水土保持工作概况

1.1 建设项目概况

1.1.1 项目基本情况

焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目位于焦作市马村区境内，装机容量为 50MW，本项目总占地面积 99.03hm²，全部为永久占地。本工程于 2016 年 6 月开工建设，2017 年 5 月完工，总工期 12 个月，项目总投资 10.0 亿元。

1.1.2 项目区概况

(1) 自然概况

1) 地形地貌

马村区内地貌类型较全，地势西北高东南低，自北向南分别为山地、丘岗、平原。项目区地貌类型为平原区，总体地势平坦、开阔，起伏不大。

2) 气象

马村区属于温带大陆性季风气候，气候温和，四季分明，日照充足，雨量适中，年降水量为 574.2mm，年蒸发量 1700~2000mm，多年平均气温为 13.1℃，极端最高气温 43.2℃，极端最低气温-21.7℃，最大冻土层深度为 32cm，多年平均日照时数为 1537.56h，全年无霜期 216~240d，多年平均风速 2.0m/s，年最大风速 20m/s。项目区主要气候特征见表 1-1。

表 1-1 项目区主要气象要素状况表

序号	项目	单位	数值
1	年平均气温	℃	13.1
2	极端最高气温	℃	43.2
3	极端最低气温	℃	-21.7
4	多年平均年降水量	mm	574.2
5	年平均蒸发量	mm	1700~2000
6	年平均风速	m/s	2.0
7	最大冻土深度	cm	32
8	无霜期	d	216~240

3) 水文

项目区附近的河渠有山门河和南水北调干渠。山门河属海河流域南运河水系大少河一级支流，发源于山西省境内田呈口，自北向南经修武县西村乡、焦作市马村区至待王镇东北大沙河，流域面积 134km²（山区汇水面积），主河床长 23.7km，纵比降 61.97%，为季节性河流。项目区东南距离南水北调中线干渠 1.50km。南水北调中线工程起自丹江口水库，经长江流域与淮河流域的分水岭南阳方城垭口，沿唐白河流域和黄淮海平原西部边缘开挖渠道，在河南荥阳市王村通过隧道穿过黄河，沿京广铁路西侧北上，自流到北京颐和园团城湖。干渠在在在项目区附近的设计流量 245~265m³/s，设计水深 7.0m，总干渠宽度约 70.0m，最大挖深约 32.0m。

4) 土壤

项目区土壤类型以褐土为主。海拔 800m 以下多为褐土。土壤母质为石灰岩，土壤含有机质 1.54%、氮 0.07%、磷 0.04%，土壤 PH 值 7.1 左右。项目区土壤土质疏松，保水保肥力差。

5) 植被

项目区植被属温带落叶阔叶林。项目区所在的马村区有木本植物 143 科、875 种，草本植物 69 科、469 种。主要植被有杨树、泡桐、柳树、榆树、椿树、槐树等。经济林树种主要有红枣、苹果、桃、杏、梨、葡萄、柿、山楂、核桃、花椒等。主要粮食作物有小麦、玉米等；

主要经济作物有花生、棉花、大豆、怀药等。林草覆盖率达到 31.2%。

(2) 水土流失现状

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），项目区不在国家级水土流失重点预防区和重点治理区；根据《河南省水土流失重点防治区划分图》及《河南省人民政府关于划分水土流失重点防治区的通告》，项目区位于河南省水土流失重点治理区；根据《土壤侵蚀强度分类分级标准》(SL190-2007)及水利部关于《全国水土保持区划（试行）》的通知（办水保[2012]512 号），项目区属于北方土石山区（太行山东部山地丘陵水源涵养保土区），容许土壤流失量为 200t/(km² a)。

依据《全国第二次土壤侵蚀遥感调查图》，结合外业实地调查，项目区土壤侵蚀类型为水力侵蚀，侵蚀形式主要有溅蚀、面蚀和沟蚀，以轻度水力侵蚀为主。经现场调查，确定项目区平均土壤侵蚀模数为 600t/（km² a）。

1.2 水土保持工作情况

1.2.1 建设单位水土保持管理

为了加强对本项目水土保持工作的管理，落实各项水土保持工作要求，建设单位成立了水土保持工作领导小组，明确专人负责水土保持工作。在工程建设过程中组织设计、监理、施工等参建单位，认真学习《中华人民共和国水土保持法》，研读水土保持方案有关内容，按照水土保持方案报告书的要求全面做好水土保持工程措施、植物措施、临时措施的质量、进度和投资控制，及时足额拨付资金，保证工程建设顺利进行。

1.2.2 “三同时”制度落实情况

建设单位高度重视水土保持工作，严格按照水土保持工程“三同时”

制度，开展各项水土保持工作，“三同时”制度落实良好。

(1) 水土保持方案及后续设计与主体工程设计同步进行。在主体工程可行性研究报告上报审批过程中，委托河南联成水保科技有限公司编制了本工程水土保持方案，并于 2016 年 11 月得到了焦作市水利局的批复。

(2) 在主体工程施工过程中，及时布置实施了水土保持工程措施、植物措施和临时措施，防治效果良好。

(3) 在试运行期、主体工程验收前，组织开展水土保持自查自验，拟申请进行水土保持专项验收。

1.2.3 水土保持方案编报情况

为全面贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》和《中华人民共和国水土保持法实施条例》，根据水利部《开发建设项目水土保持方案编报审批管理规定》（水利部 1995 第 5 号令，2005 年水利部 24 号令修改）的要求，焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目水土保持方案由河南联成水保科技有限公司负责编制。2016 年 7 月，河南联成水保科技有限公司编制完成了《焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目水土保持方案报告书（送审稿）》；2016 年 9 月 17 日，焦作市水利局在焦作市组织召开了《焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目水土保持方案报告书（送审稿）》技术评审会。根据专家评审意见，河南联成水保科技有限公司对报告书进行了修订和完善，于 2016 年 10 月完成了《焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目水土保持方案报告书（报批稿）》。2016 年 11 月 8 日，焦作市水利局以焦水许准字[2016]第 36 号文对本项目水土保持方案报告书进行了批复。

1.2.4 重大水土流失危害事件处理情况

工程建设期间，建设单位高度重视水土保持工作，合理安排施工时

序，各项水土保持措施的实施科学有效，在监测时段内未发生水土流失危害事件。

1.3 监测工作实施情况

1.3.1 监测实施方案执行情况

2017年1月，受焦作中晖光伏发电有限公司委托，河南联成水保科技有限公司承担了本工程的水土保持监测任务。接受任务后，我公司立即成立监测项目组，根据《生产建设项目水土保持监测规程（试行）》（办水土保持[2015]139号）的具体要求，全面开展监测工作，监测项目组于2017年1月开始进行水土保持监测。

项目组采用调查监测、现场巡查监测、类比及资料分析等方法，对项目主体工程建设进度、工程建设扰动土地面积、水土流失状况及造成的危害、水土保持工程建设情况、水土流失防治效果等进行了全面监测，积累了大量监测数据和影像资料。

1.3.2 监测项目组设置

根据本项目水土保持监测实施方案，监测工作由项目组负责实施，项目组由7人组成，其中高级工程师1人，工程师6人。项目组成员所学专业均为水土保持、水利工程等相关专业，成员具体分工见表1-2。

表 1-2 监测项目组成员分工一览表

姓名	职称	监测项目组职务	分工
李建斌	高工	项目组负责人	项目总负责
岳瀚	工程师	监测工程师	技术组
张琨	工程师	监测工程师	技术组
何远晴	工程师	监测工程师	技术组
王银花	工程师	监测员	外业组
高安峰	工程师	监测员	外业组
夏靖涵	工程师	监测员	外业组

(1) 项目组负责人：对项目监测进度、成果质量全面负责。负责组织编制项目水土保持监测实施方案，负责组织指导项目组成员开展监测

工作，负责审查监测数据及各种成果资料，组织编写监测总结报告。

(2) 监测工程师：在项目负责人的指导下，按照水土保持监测实施方案确定的监测内容、方法、频次，组织开展现场观测、数据采集和监测登记表填写等工作，负责审核数据的准确性，分析监测结果。

(3) 监测员：在项目负责人（或监测工程师）的领导下，负责现场监测工作、采集数据、整理监测资料、编制水土保持监测成果。

按照以上要求，我公司由以上 7 人组成项目组，全面负责该项目水土保持监测工作，并配备了必要的办公设施和设备。

1.3.3 监测点布设

依据项目水土保持方案与工程实际情况，遵循监测点布设的代表性、全面性和可行性原则，本工程水土保持监测实施方案，经论证和优化比选后，设置了 10 个监测点。其中：光伏发电区设置 4 个监测点、升压站区设置 1 个监测点、集电线路区设置 2 个监测点、道路工程区设置 2 个监测点、施工生产生活区设置 1 个监测点。

表 1-3 监测点基本情况表

序号	监测分区	名称	位置	监测内容	监测方法
1	光伏发电区	光伏发电区 1#监测点	N35°19'45.28" E113°23'26.04"	水土流失因子监测、水土流失状况监测、水土保持效果监测	调查监测法、现场巡查监测法
2		光伏发电区 2#监测点	N35°19'33.34" E113°23'21.34"	水土流失因子监测、水土流失状况监测、水土保持效果监测	调查监测法、现场巡查监测法
3		光伏发电区 3#监测点	N35°19'18.75" E113°23'12.53"	水土流失因子监测、水土流失状况监测、水土保持效果监测	调查监测法、现场巡查监测法
4		光伏发电区 4#监测点	N35°19'5.70" E113°22'23.13"	水土流失因子监测、水土流失状况监测、水土保持效果监测	调查监测法、现场巡查监测法
5	升压站区	升压站区 监测点	N35°19'53.24" E113°23'27.30"	水土流失因子监测、水土流失状况监测、水土保持效果监测	调查监测法、现场巡查监测法
6	集电线路区	集电线路区 1#监测点	N35°19'26.43" E113°23'8.69"	水土流失因子监测、水土流失状况监测、水土保持效果监测	调查监测法、现场巡查监测法
7		集电线路区 2#监测点	N35°19'2.82" E113°22'20.68"	水土流失因子监测、水土流失状况监测、水土保持效果监测	调查监测法、现场巡查监测法
8	道路工程区	道路工程区 1#监测点	N35°19'27.45" E113°23'14.81"	水土流失因子监测、水土流失状况监测、水土保持效果监测	调查监测法、现场巡查监测法
9		道路工程区 2#监测点	N35°19'3.73" E113°22'28.11"	水土流失因子监测、水土流失状况监测、水土保持效果监测	调查监测法、现场巡查监测法
10	施工生产生活区	施工生产生活区 监测点	N35°19'18.61" E113°23'1.95"	水土流失因子监测、水土流失状况监测、水土保持效果监测	调查监测法、现场巡查监测法

各个监测区均布置有代表性监测点。重点监测区域布设的监测点采用全面调查监测和现场巡查监测的方法，配合 GPS 定位、全站仪、激光测距仪等手段，逐一核实占地面积等。

1.3.4 监测目标与原则

(1) 监测目标

1) 对项目区内水土保持措施及其数量进行全面调查，对水土保持方案拟定的防治措施实施情况及工程质量进行检验。

2) 通过水土保持监测，分析处理监测数据，评价工程建设对水土流

失的实际影响，掌握与主体工程同时施工的水土保持工程在控制新增水土流失过程中所起的作用。

3) 通过合理布设监测设施、运用监测设备，结合实地调查观测，分析工程水土流失动态情况，为评价水土流失防治达标情况及进一步完善水土流失治理工作提供依据。

4) 定期对监测信息进行收集整理，以评价水土保持措施运行效果，为水土保持设施管护提供依据。

5) 系统分析工程扰动区域内水土保持措施防治体系布设的科学性、合理性，对实施的各类措施的水土流失防治效果进行评价，为开发建设项目管理运行提供依据。为同类项目的水土保持监测积累经验。

6) 通过水土保持监测，全面了解工程在实施中水土流失及水土保持措施的设施情况及试运行情况，为项目竣工验收提供客观依据。

(2) 监测原则

1) 坚持全面监测和重点监测相结合的原则，根据水土保持措施总体布局及水土流失预测情况和现场勘查结果，布设调查监测点和监测小区，确定重点监测部位和监测时间。

2) 定期调查和动态观测相结合，对水土流失防治分区、地形地貌、地面组成物质、植被种类、覆盖度等的变化情况、主体工程布局和施工进度变化等，通过定期调查获取。

3) 地面监测、调查监测与巡查监测相结合，以扰动地表监测为中心。水土保持监测点按临时监测点设置，重点地段实施重点监测。对水土流失量及水土流失强度的监测以定点监测为主，对水土保持措施的实施及实施效果监测以巡查调查为主。

4) 监测分区与监测内容相结合。监测分区按项目功能分区或水土保持防治分区划分确定，根据不同分区水土流失特点及防治措施的布设，确定相应的技术经济可行、操作性强的监测内容和方法。

5) 监测技术、方法等符合《水土保持监测技术规程》的有关规定，监测方法和监测内容依据经济、合理、可靠的原则进行选择，监测方法采用地面定位观测和现场调查相结合，确保通过监测能够客观地反映各防治分区水土保持防治措施实施后，防治水土流失的情况。

6) 监测内容的设计能够全面反映六项防治目标的落实情况。

7) 监测点位布设要有代表性，能够全面反映不同时段、不同施工工艺、不同防治分区的水土流失特点。

1.3.5 监测时间与分区

(1) 监测实施时间

焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目于 2016 年 6 月开工建设，2017 年 5 月完工，总工期 12 个月。水土保持监测工作从委托之日起，至项目水土保持专项验收前最后一次外业调查，随即编写水土保持监测报告。

(2) 监测分区

在监测实施过程中，以批复的水土保持方案为依据，将本项目划分为光伏发电防治区、升压站防治区、集电线路防治区、道路工程防治区和施工生产生活防治区五个防治分区。

2 监测内容和方法

(1) 监测内容

根据《生产建设项目水土保持监测规程（试行）》（办水土保持[2015]139号）、水利部“关于规范生产建设项目水土保持监测工作的意见”（水土保持[2009]187号文）及有关规定和要求，生产建设项目水土保持监测的主要内容包括：主体工程建设进度、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、水土流失防治效果以及水土保持工程设计、水土保持管理等方面的情况。

本项目水土保持监测内容主要包括水土流失影响因子监测、水土流失状况监测和水土保持措施及防治效果监测。

①水土流失影响因子监测主要包括气象、地形地貌变化情况、地表组成物质、工程建设占用土地面积、工程建设扰动地表面积、土石方挖填数量、弃土弃渣及堆放占地情况、地表植被情况；②水土流失状况监测主要包括：水土流失类型、水土流失面积变化情况、水土流失量变化情况、土壤侵蚀强度、水土流失对下游及周边地区造成的危害与发展趋势；③水土保持措施及防治效果监测主要包括：防治措施的数量和质量、林草措施成活率、保存率、生长情况和覆盖度，防护工程的稳定性、完好程度和运行情况，各项防治措施的拦渣保土效果，水土流失防治效益监测。监测内容与水土保持防治责任分区相对应，不同的分区具有不同的监测内容。

(2) 监测方法

根据《生产建设项目水土保持监测规程（试行）》（办水土保持[2015]139号）的有关规定和要求，需对建设过程中的水土流失动态变化和水土保持措施的布设及功能进行动态监测。开发建设项目水土保持监

测方法包括地面观测、调查监测、遥感监测等。

按照本项目实际情况，本次监测方法主要包括调查监测、现场巡查监测、资料分析和类比。

1) 调查监测

调查监测是指定期采取调查的方式，通过现场实地勘测，采用全站仪结合地形图、照相机、标杆、尺子等工具，按标段测定不同防治区的地表扰动类型和不同类型的面积。填表记录每个扰动类型区的基本特征（特别是堆土和开挖面坡长、深度）及水土保持措施（拦挡工程、排水工程、土地整治等）实施情况。

①面积监测：面积监测采用全站仪现场测量。首先对调查区按扰动类型进行分区，如堆土、开挖等，同时记录调查点名称、工程名称、扰动类型和监测数据编号等。然后沿分区边界测一圈，在测量记录手簿上勾画出所测区域的大致形状（边界坐标），然后将监测结果转入计算机，通过计算机软件显示监测区域的图形和面积。对堆土量测量，把堆积物近似看成多面体，通过测量一些特征点的坐标，再模拟原地面形态，即可求出堆积物。

由于接收本项目水土保持监测时，项目已经进入投产试运行期，在实际调查中，对于项目施工时现场的具体情况以及施工内容只能通过向建设单位及工程监理单位咨询或查阅资料等获得。

②植被监测：选有代表性的地块作为标准地，分别取标准地进行观测并计算林地郁闭度、草地盖度和类型区林草的植被覆盖度。计算公式为：

$$D=f_d/f_e \quad C=f/F$$

式中：D——林地的郁闭度（或草地的盖度）；

C——林（或草）植被覆盖度，%；

f_e ——样方面积， m^2 ；

f_d ——样方内树冠（草冠）垂直投影面积， m^2 ；

f ——林地（或草地）面积， hm^2 ；

F ——类型区总面积， hm^2 。

需要注意：纳入计算的灌木或草地面积，其林地的郁闭度或草地地盖度都应大于 20%。关于标准地灌丛、草本覆盖度调查，采用目测方法按国际通用分级标准进行见表 2-1。

表 2-1 植被多度分级表

多度级代号	多度特征	相当于覆盖度（%）
SOC	植株覆盖满或几乎满标准地，地上部分相互衔接	76%~100%
COP	植株遇见很多，但个体未完全衔接	51%~75%
COP	植株遇见较多	26%~50%
COP	植株遇见尚多	6%~25%
SP	植株散生，数量不多	1%~5%
SOI	植株只个别遇到	<1%
Un	在标准地内偶然遇到一二株	个别

标准地的面积为投影面积，要求乔木 10m×10m、灌木 5m×5m、草地 2m×2m。在填写监测成果表时，应同时填写标准地记录表。

③水土保持设施监测。水土保持设施监测采用抽样调查的方法，对施工过程中破坏的水土保持设施数量进行调查和核实，并对新建水土保持设施的质量和运行情况采用随机抽样调查的方式进行监测，应充分利用建设单位的工程质量、安全监测和监理资料，结合水土保持调查综合分析评价。如对项目区水土保持防护工程（场外截水沟、场内排水沟、浆砌石护坡等工程）的稳定性、完好程度、运行情况等的监测。

④调查沟道淤积、洪涝灾害及其对周边地区经济、社会发展的影响，进行分析，评价建设期水土保持措施的作用与效果。

⑤水土保持效益监测，主要为水土保持设施的保土效益和拦渣效益等监测。保土效益测算应按《水土保持综合治理效益计算方法》规定进行；拦渣效益根据拦渣工程实际拦渣量进行计算。

2) 现场巡查监测

现场巡查时开发建设项目施工期间水土保持监测中的一种特殊的方

法。因为开发建设项目施工场地的时空变化复杂，定位监测有时十分困难，如临时堆土石料场的时间可能很短，来不及观测，土料已经搬走，现场巡查监测可以及时发现水土流失并采取最有效的措施加以控制。具体监测方法为：工程施工期对施工区施工方式、临时工程设施、临时水土保持措施等现场巡查、及时记录；施工结束后，对取土场边坡防护措施等进行巡查，适时监测掌握已有和在建水土保持设施的运行情况和防治效果，发现问题及时处理，消除隐患。

巡查的重点是：土方堆置的坡面，开挖量大的取土场，特别是周边有来水的陡立工作面。

各类型监测点对应监测方法见表 2-2。

表 2-2 各类型监测点对应监测方法

监测点类型	监测方法
光伏发电区	调查监测法、现场巡查监测法、查阅资料、类比
升压站区	调查监测法、现场巡查监测法、查阅资料、类比
集电线路区	调查监测法、现场巡查监测法、查阅资料、类比
道路工程区	调查监测法、现场巡查监测法、查阅资料、类比
施工生产生活区	调查监测法、现场巡查监测法、查阅资料、类比

2.1 扰动土地情况

扰动土地情况监测指标包括：扰动范围、面积、土地利用类型及其变化情况。通过调查监测和收集资料、统计分析并复核面积的方法，对项目征占地面积、地表扰动面积、防治责任范围变化情况进行监测。建设项目的防治责任范围包括项目建设区和直接影响区，项目建设区分为永久占地和临时占地。

扰动土地情况的监测内容和方法见表 2-3。

表 2-3 扰动土地情况监测内容与方法

序号	监测内容	监测方法	监测频次	备注
1	扰动范围	调查监测法、现场巡查监测法 查阅资料	1 个月监测记录 1 次	-
2	扰动面积		1 个月监测记录 1 次	-
3	土地利用类型		1 个月监测记录 1 次	-
4	变化情况		1 个月监测记录 1 次	-

2.2 取料（土、石）、弃渣（土、石、矸石、尾矿等）

本项目不涉及取料（土、石）、弃渣（土、石、矸石、尾矿等）。

2.3 水土保持措施

水土保持措施包括工程措施、植物措施和临时措施，监测内容包括措施类型、实施时间、位置、规格、尺寸、数量、林草覆盖度、防治效果、运行情况等。水土保持监测采用调查监测法、现场巡查监测法，对水土保持措施数量、位置等实施情况进行现场核实。

植被恢复期监测，通过调查、实地量测和资料分析等方法，对各监测分区水土流失防治措施类型、数量和质量，工程措施稳定性、完好程度及运行情况，林草生长情况、成活率、保存率、覆盖度及水土流失防治效果 6 项指标（扰动土地整治率、水土流失总治理度、水土流失控制比、拦渣率、林草植被恢复率、林草覆盖率），以及水土流失防治对主体工程安全运行发挥的作用，对周边生态环境发挥的作用等内容进行监测。

表 2-4 水土保持措施监测内容与方法

序号	监测内容	监测方法	监测频次	备注
1	工程措施	调查监测法、现场巡查监测法、 查阅资料	每月监测记录 1 次	-
2	植物措施		每月监测记录 1 次	-
3	临时措施		每月监测记录 1 次	-

2.4 水土流失情况

水土流失情况监测指标主要包括：土壤流失面积、土壤流失量、取土（石、料）弃土（石、渣）潜在土壤流失量和水土流失危害等内容。通过调查监测和现场巡查监测的方法，对光伏发电区、升压站区、集电线路区、道路工程区和施工生产生活区各监测分区土壤侵蚀的形式、强度、分布、土壤流失量和水土流失强度变化情况进行动态监测。

本工程建设期项目区主要的水土流失类型为水力侵蚀。

3 重点对象水土流失动态监测

3.1 防治责任范围监测

3.1.1 防治责任范围监测方法

防治责任范围监测方法和扰动土地情况监测方法相同，采用调查监测法、现场巡查监测法和资料分析。

3.1.2 防治责任范围设计情况

根据已批复的水土保持方案，本项目水土流失防治责任范围为 102.49hm²。已批复的水土保持方案确定的防治责任范围详见表 3-1。

表 3-1 已批复水土保持方案确定的防治责任范围

序号	防治分区	水土保持方案确定的防治责任范围 (hm ²)
1	光伏发电防治区	88.73
2	升压站防治区	0.96
3	集电线路防治区	3.90
4	道路工程防治区	7.39
5	施工生产生活区	1.51
	合计	102.49

3.1.3 防治责任范围监测结果

根据征占地资料及相关协议，结合实地调查和 GPS 以及测距仪量测，截止 2018 年 1 月，焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目实际扰动土地面积 99.03hm²，全部为永久占地。本项目实际发生的防治责任范围详见表 3-2。

表 3-2 监测的扰动土地面积

序号	防治分区	占地性质	实际扰动土地面积 (hm ²)
1	光伏发电防治区	永久	91.35
2	升压站防治区	永久	0.37
3	集电线路防治区	永久	0.51
4	道路工程防治区	永久	5.29
5	施工生产生活区	永久	1.51
	合计	-	99.03

3.1.4 监测结果与已批复的水土保持方案设计值对比分析

已批复水土保持方案确定的水土流失防治责任范围为 102.49hm²，监测的实际扰动土地面积为 99.03hm²，减少了 3.46hm²，水土流失防治责任范围变化情况详见表 3-3。

表 3-3 防治责任范围变化情况表 单位：hm²

防治分区	方案确定的水土流失防治责任范围	实际扰动土地面积	变化情况
光伏发电防治区	88.73	91.35	+2.62
升压站防治区	0.96	0.37	-0.59
集电线路防治区	3.90	0.51	-3.39
道路工程防治区	7.39	5.29	-2.10
施工生产生活区	1.51	1.51	0
总计	102.49	99.03	-3.46

防治责任范围发生变化的原因：

(1) 光伏发电防治区由于施工过程中部分区域由于光线和角度原因无法铺设光伏板，为保证装机容量达到设计要求，增加部分占地。较方案设计的 88.73hm²增加了 2.62hm²。

(2) 升压站防治区施工过程中结合项目实际需要，核减了升压站内部建（构）筑物和设施，减少了占地，升压站防治区实际扰动土地面积为 0.37hm²，较方案设计的 0.96hm²减少了 0.59hm²。

(3) 集电线路防治区由于实际施工过程中地埋线路长度缩短，导致集电线路防治区扰动面积减少，实际扰动土地面积为 0.51hm²，较方案设计的 3.90hm²减少了 3.39hm²。

(4) 道路工程防治区施工过程中结合项目实际需要，缩短了道路的长度，减少了工程占地，实际扰动土地面积为 5.29hm²，较方案设计的 7.39hm²减少了 2.10hm²。

3.1.5 背景值监测

本项目对于水土流失主要影响因子背景值（项目区地形地貌、地面组成物质、植被、水文气象、土地利用现状、水土流失状况等）的监测，

特别是土壤侵蚀模数背景值的调查，主要是通过查阅相关资料、调查周边未扰动区域、咨询专家和类比法确定。

为借鉴同类开发建设项目土壤侵蚀模数背景值，选取“濮阳市绿源惠民农贸有限公司 20MW 农业光伏发电项目”为本项目的类比工程，其与本工程同为光伏发电和农业种植结合项目，施工方法和工艺基本相似，地形地貌、气象、植被、水土流失形式等因素基本一致，具有可比性。

表 3-4 项目区与类比工程区水土流失主要影响因子比较表

序号	类比项目	濮阳市绿源惠民农贸有限公司 20MW 农业光伏发电项目	焦作市马村区 50MW 农光互补 光伏发电项目
1	工程类型	建设项目	建设项目
2	工程规模	装机容量 20MW	装机容量 50MW
3	所属流域	黄河流域	海河流域
4	工程所在地	濮阳市经济技术开发区	焦作市马村区
5	水土流失类型区	黄泛平原防沙农田防护区	太行山东部山地丘陵水源涵养 保土区
6	容许土壤流失量	200t/(km ² a)	200t/(km ² a)
7	土壤侵蚀类型	以水蚀为主	以水蚀为主
8	水土流失强度	轻度侵蚀区	轻度侵蚀区
9	水土流失分区	省级水土流失重点预防区	省级水土流失重点治理区
10	林草覆盖率	30.4%	31.2%
11	土壤类型	潮土	褐土
12	年降水量	558.6mm	574.2mm
13	结论	具有可比性	

对于扰动侵蚀模数的确定，我们对“濮阳市绿源惠民农贸有限公司 20MW 农业光伏发电项目”做了实地调查，调查主要采取现场查看，考虑到工程大部分区域采用水土保持临时措施后流失量较小，为满足焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目施工预测参数的选取，调查区域均选取水保措施尚未完善的区域。根据现场调查情况，结合当地的降水、植被类型、土壤情况，对“濮阳市绿源惠民农贸有限公司 20MW 农业光伏发电项目”的调查资料进行校正，校正系数根据年降水量和林草覆盖率确定，校正系数为 1.2，扰动后的土壤侵蚀模数见表 3-5。

表 3-5 项目区扰动侵蚀模数表

预测项目	扰动侵蚀模数[t/(km ² a)]					
	施工期		自然恢复期			
			第一年		第二年	
	类比工程	本工程	类比工程	本工程	类比工程	本工程
光伏发电区	3000	3600	1000	1200	600	720
升压站	4300	5160	1200	1440	550	660
集电线路	4500	5400	1300	1560	530	636
道路工程	4600	5520	1300	1560	580	696
施工生产生活区	3000	3600	1000	1200	600	720

3.2 取土（石、料）监测结果

本项目不涉及取土（石、料）。

3.3 弃土（石、渣）监测结果

本项目不涉及弃土（石、渣）。

3.4 土石方流向情况监测结果

工程总挖方量 2.85 万 m³，总填方量 2.85 万 m³，开挖土方就地回填。

3.5 其他重点部位监测结果

通过查阅水土保持监理报告，并经现场核实，沿线其他部位因建设过程中未进行扰动，因此不再进行监测。

4 水土流失防治措施监测结果

水土保持措施监测，主要采用调查监测和现场巡查监测相结合的方法，同时记录和分析措施的实施进度、数量、质量与规格，及时为水土流失防治提供信息。

通过水土保持措施监测，本项目在施工过程中，基本能够按照水土保持方案的要求落实各项水土保持措施，做到水土保持工程与主体工程进度相一致，不同施工阶段实施不同的防护措施。施工中所实施的水土保持防治措施有工程措施、植物措施和临时措施。

4.1 工程措施监测结果

4.1.1 工程措施设计情况

(1) 主体工程纳入水土保持方案的工程措施

主体工程设计中具有水土保持功能，并且界定为水土保持措施的工程为光伏发电区的场地平整，由于主体工程仅提出措施，未进行详细设计，本方案将补充具体设计。

(2) 水土保持方案设计的新增工程措施

水土保持方案中新增的工程措施包括表土剥离、生态草沟-挖沟、排水沟、沉沙池和土地整治。各分区新增工程措施如下：

- 1) 光伏发电防治区：生态草沟-挖沟。
- 2) 升压站防治区：表土剥离、排水沟、沉沙池、土地整治。
- 3) 集电线路防治区：场地平整。
- 4) 道路工程防治区：生态草沟-挖沟。
- 5) 施工生产生活防治区：表土剥离、土地整治。

表 4-1 水土保持方案设计工程措施工程量汇总表

防治分区	措施名称		单位	数量	备注
光伏发电防治区	生态草沟-挖沟	土方开挖	m ³	3360	-
	场地平整		hm ²	34.16	-
升压站防治区	表土剥离		hm ²	0.45	-
	排水沟	土方开挖	m ³	294	-
		浆砌石	m ³	227	-
	沉沙池		座	2	-
	土地整治	场地平整	hm ²	0.45	-
		表土回覆	m ³	2250	-
集电线路防治区	场地平整		hm ²	3.89	-
道路工程防治区	生态草沟-挖沟	土方开挖	m ³	6664	-
施工生产生活防治区	表土剥离		hm ²	1.51	-
	土地整治	场地平整	hm ²	1.51	-
		表土回覆	m ³	7550	-

4.1.2 工程措施实施情况

根据主体工程竣工资料和水土保持监理资料，并经现场勘查，本项目实施的工程措施有表土剥离、场地平整、表土回覆和排水沟，共完成表土剥离 1.61hm²，场地平整 58.98hm²，表土回覆 4830m³，修筑排水沟 80m。

本项目工程措施实施情况表见表 4-2。

表 4-2 工程措施实施情况表

防治分区	措施名称		单位	数量	备注
光伏发电防治区	场地平整		hm ²	56.93	-
升压站防治区	表土剥离		hm ²	0.10	-
	排水沟	土方开挖	m ³	20.00	-
		混凝土	m ³	10.40	-
	土地整治	场地平整	hm ²	0.10	-
		表土回覆	m ³	300	-
集电线路防治区	场地平整		hm ²	0.44	-
施工生产生活防治区	表土剥离		hm ²	1.51	-
	土地整治	场地平整	hm ²	1.51	-
		表土回覆	m ³	4530	-

水土保持工程措施变化情况及原因：

(1) 光伏发电防治区：施工过程中部分区域由于光线和角度原因无法铺设光伏板，为保证装机容量达到设计要求，增加了部分占地，场地平整面积由方案设计的 34.16hm² 扩大为 56.93hm²，增加了 22.77hm²；由

于光伏发电区内部种植农作物，不再设置生态草沟。

(2) 升压站防治区：由于施工过程中结合项目实际需要，核减了升压站内部建（构）筑物和设施，减少了占地，表土剥离面积由方案设计的 0.45hm^2 减少为 0.10hm^2 ，减少了 0.35hm^2 ；施工过程中优化施工工艺，原方案设计升压站内部设置的浆砌石排水沟更换为混凝土现浇排水沟，不再设置沉沙池；土地整治面积由方案设计的 0.45hm^2 减少为 0.10hm^2 ，减少了 0.35hm^2 。

(3) 集电线路防治区：由于实际施工过程中地理线路长度缩短，导致集电线路防治区扰动面积减少，场地平整由方案设计的 3.89hm^2 ，减少为 0.44hm^2 ，减少了 3.45hm^2 。

(4) 道路工程防治区：由于道路工程区采用碎石路面，且部分路段原有排水沟完好，故不再设置生态草沟；

(5) 施工生产生活防治区：由于施工前表土剥离厚度为 30cm ，导致表土剥离和回覆量由方案设计的 7550m^3 减少为 4530m^3 ，减少了 3020m^3 。

4.2 植物措施监测结果

4.2.1 植物措施设计情况

主体工程设计中提出对升压站进行场地绿化，未进行详细设计，水土保持方案进行详细设计并新增了植物措施，主要为生态草沟-植草。各分区植物措施如下：

- (1) 光伏发电防治区：生态草沟-植草。
- (2) 升压站防治区：场地绿化。
- (3) 道路工程防治区：生态草沟-植草。

表 4-3 水土保持方案设计植物措施工程量汇总表

防治分区	措施名称		单位	数量	备注
光伏发电防治区	生态草沟-植草	撒播白羊草	hm ²	1.32	30kg/hm ²
升压站防治区	场地绿化	栽植大叶黄杨	株	1125	-
		撒播白三叶	hm ²	0.45	30kg/hm ²
道路工程防治区	生态草沟-植草	撒播白羊草	hm ²	2.62	30kg/hm ²

4.2.2 植物措施实施情况

根据主体工程竣工资料和水土保持监理资料，并经现场勘查，本项目实施的植物措施为场地绿化，共完成撒播草籽 1.70hm²，栽植乔木 100 株。

本项目植物措施实施情况表见表 4-4。

表 4-4 植物措施实施情况表

防治分区	措施名称		单位	工程量	备注
光伏发电防治区	场地绿化	撒播草籽	hm ²	1.60	30kg/hm ²
升压站防治区	场地绿化	撒播草籽	hm ²	0.10	30kg/hm ²
道路工程防治区	场地绿化	栽植乔木	株	100	-

水土保持植物措施变化情况及原因：

(1) 光伏发电防治区：由于光伏发电区内部种植农作物，未设置生态草沟，不再进行草沟植草；结合工程实际情况，新增部分绿化措施，在围栏周边撒播草籽，草种选用菵草、狗尾草，撒播密度为 30kg/hm²，绿化面积 1.60hm²；空闲区域已自然恢复，植被自然恢复面积为 19.23hm²，草种包括狗尾草、菵草、青麻、狗牙根、牛筋草等。

(2) 升压站防治区：由于升压站的特殊性，考虑到安全因素，不再栽植大叶黄杨，仅在部分区域撒播草籽进行绿化，草种选用狗牙根、牛筋草、菵草等，撒播密度为 30kg/hm²，绿化面积为 0.10hm²；铺设鹅卵石和碎石的区域已自然恢复，自然恢复面积 0.16hm²。

(3) 集电线路防治区：根据工程竣工资料，并结合现场调查，施工结束后集电线路地理电缆沟已自然恢复，植被恢复面积为 0.11hm²。

(4) 道路工程防治区：由于道路工程区部分路段原有排水沟完好，故未设置生态草沟，不再进行草沟植草；根据实际需要，在道路工程区

采用栽植乔木的方式进行绿化，共栽植乔木 100 株，绿化面积 0.03hm²；场内道路两侧扰动区域已自然恢复，自然恢复面积 0.20hm²。

4.3 临时措施监测结果

4.3.1 临时措施设计情况

主体工程设计中没有提出临时措施的相关设计情况，临时措施全部为水土保持方案新增措施，包括临时拦挡、临时覆盖和临时排水。各分区新增临时措施如下：

- (1) 光伏发电防治区：临时围挡。
- (2) 升压站防治区：临时拦挡、临时覆盖。
- (3) 集电线路防治区：临时覆盖。
- (4) 施工生产生活防治区：临时排水、临时覆盖。

表 4-5 水土保持方案设计临时措施工程量汇总表

防治分区	措施名称		单位	数量	备注
光伏发电防治区	临时围挡	彩钢板	m ²	12400	-
升压站防治区	临时拦挡	填筑装土编织袋	m ³	36	-
		拆除装土编织袋	m ³	36	-
	临时覆盖	防尘网	m ²	1050	-
集电线路防治区	临时覆盖	防尘网	m ²	16200	-
施工生产生活防治区	临时排水	土方开挖	m ³	112	-
	临时覆盖	防尘网	m ²	3200	-

4.3.2 临时措施实施情况

根据本工程水土保持监理资料，本项目实施的临时措施为临时拦挡、临时覆盖和临时排水。临时措施实施情况表见表 4-6。

表 4-6 临时措施实施情况表

防治分区	措施名称		单位	数量	备注
光伏发电防治区	临时围挡	彩钢板	m ²	13000	-
升压站防治区	临时拦挡	填筑装土编织袋	m ³	5.66	-
		拆除装土编织袋	m ³	5.66	-
	临时覆盖	防尘网	m ²	150	-
集电线路防治区	临时覆盖	防尘网	m ²	14200	-
施工生产生活防治区	临时覆盖	防尘网	m ²	2265	-

4.4 水土保持措施防治效果

(1) 工程措施防治效果

监测结果表明，本项目实施的工程措施中表土剥离和土地整治效果较好，措施布置合理，符合工程设计标准，有效防治了水土流失。施工前进行表土剥离，施工结束后及时对扰动区进行土地整治，对改善周边生态环境起到了积极作用。建议在项目运行管理过程中，对工程措施定时进行巡查养护，确保工程安全运行。

(2) 植物措施防治效果

本项目在施工结束后对施工过程中扰动的土地通过撒播草籽的方式进行植被恢复，未进行撒播草籽的区域大部分已经自然恢复植被。目前植被生长状况较好，被扰动土地的植被得到了及时的恢复，降低了扰动区域的水土流失强度，水土流失量显著减少，对防治水土流失起到了较好的效果。

(3) 临时措施防治效果

根据竣工资料，施工过程中，对光伏发电区周边进行临时围挡，对表土进行临时拦挡和覆盖，对集电线路区开挖的土方进行临时覆盖，防止了雨水冲刷造成水土流失；从整体上看，临时措施的实施有效防治了施工过程中的水土流失，防护效果较好。

5 土壤流失情况监测

土壤流失情况监测指标主要包括：土壤流失面积、土壤流失量、取土（石、料）弃土（石、渣）潜在土壤流失量和水土流失危害等内容。通过调查监测和布设定位监测点的方法，对光伏发电区、升压站区、集电线路区、道路工程区和施工生产生活区各监测分区土壤侵蚀的形式、强度、分布、土壤流失量和土壤流失强度变化情况进行动态监测。

5.1 水土流失面积

本工程在监测范围内共设置 10 个监测点，监测点布局涵盖各个监测分区，其中光伏发电区设置 4 个监测点、升压站区设置 1 个监测点、集电线路区设置 2 个监测点、道路工程区设置 2 个监测点、施工生产生活区设置 1 个监测点。监测时段从 2017 年 1 月 20 日至 2018 年 1 月 30 日。

根据竣工资料和水土保持监理资料，并经现场勘查，项目区扰动土地面积为 99.03hm²。通过采取相应水土保持措施各防治分区得到了全面治理，各分区工程措施、植物措施发挥作用，水土流失基本得到控制，水土保持措施防治效果初步得以体现。

水土流失面积详见表 5-1。

表 5-1 各年度水土流失面积情况表

侵蚀单元	水土流失面积 (hm ²)		备注
	面积	合计	
光伏发电区	91.35	99.03	-
升压站区	0.37		
集电线路区	0.51		
道路工程区	5.29		
施工生产生活区	1.51		

5.2 土壤流失量

5.2.1 土壤流失量监测方法

本工程建设期项目区水土流失类型以水力侵蚀为主，兼有风力侵蚀。主要采用实地调查法对各阶段、各扰动地貌土壤流失量进行监测。首先对设计资料进行分析，在防治责任区范围内，结合实地调查对土地扰动面积和程度、林草覆盖度进行监测，以保证水土流失危害评价的准确性。

5.2.2 各侵蚀单元侵蚀模数

根据水土流失特点，将施工期项目防治责任范围划分为原地貌单元（未施工地段）、扰动地表单元（各施工地段）和实施防治措施单元三大类侵蚀单元。在施工初期，原地貌单元所占比例较高，随着工程进展，扰动地表单元的面积逐渐增大，原地貌所占比例逐渐减少。最终原地貌完全被扰动地表单元和防治措施单元取代，随水土流失防治措施逐渐实施，实施防治措施的地表单元比例大增。

（1）原地貌侵蚀模数

通过对类比工程土壤侵蚀模数进行修整，得出工程建设区域原生地貌的侵蚀模数。

（2）各地表扰动类型侵蚀模数

施工期是造成水土流失加剧的主要时段，尤其是集中在土建施工期，由于土方开挖，破坏了土体结构，使土壤可蚀性指数升高，因此各施工场所根据扰动强度不同，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。为了更好地反映工程建设过程中的水土流失防治措施及效果，经整理得出各地面观测点代表地表扰动类型区的侵蚀模数。

（3）防治措施实施后侵蚀模数

本项目土壤侵蚀模数主要采用类比工程修正后的土壤侵蚀模数。水土流失防治区分为光伏发电区、升压站区、集电线路区、道路工程区和施工生产生活区。防治措施主要有表土剥离、场地绿化、土地整治、临

时拦挡、临时排水、临时覆盖等。

5.2.3 各阶段土壤流失量

通过对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。结合各阶段水土流失面积（即地表扰动面积），计算得出施工期水土流失量。通过计算，得出各扰动地表类型水土流失量，详见表 5-2、表 5-3、表 5-4。

表 5-2 施工期水土流失量计算结果

预测单元	面积 (hm ²)	监测时段(a)	背景侵蚀模数 [t/(km ² a)]	预测侵蚀模数 [t/(km ² a)]	水土流失量 (t)		
					背景值	施工期	新增
光伏发电区	91.35	1.0	600	3600	548.10	3288.60	2740.50
升压站区	0.37	0.3	600	5160	0.67	5.73	5.06
集电线路区	0.51	0.3	600	5400	0.92	8.26	7.34
道路工程区	5.29	0.3	600	5520	9.52	87.60	78.08
施工生产生活区	1.51	0.2	600	3600	1.81	10.87	9.06
合计	99.03	-	-	-	561.02	3401.06	2840.04

表 5-3 自然恢复期水土流失量计算结果

预测单元	面积 (hm ²)	预测时段(a)	背景侵蚀模数 [t/(km ² a)]	预测侵蚀模数 [t/(km ² a)]	水土流失量 (t)		
					背景值	自然恢复期	
						第一年	
光伏发电区	20.83	1.0	600	1200	124.98	249.96	124.98
升压站区	0.27	1.0	600	1440	1.62	3.89	2.27
集电线路区	0.11	1.0	600	1560	0.66	1.72	1.06
道路工程区	0.23	1.0	600	1560	1.38	3.59	2.21
合计	21.44	-	-	-	128.64	259.16	130.52

表 5-4 水土流失总量计算结果

预测单元	水土流失总量 (t)			新增水土流失量 (t)		
	施工期	自然恢复期	小计	施工期	自然恢复期	小计
光伏发电区	3288.60	249.96	3538.56	2740.50	124.98	2865.48
升压站区	5.73	3.89	9.62	5.06	2.27	7.33
集电线路区	8.26	1.72	9.98	7.34	1.06	8.40
道路工程区	87.60	3.59	91.19	78.08	2.21	80.29
施工生产生活区	10.87	-	10.87	9.06	-	9.06
合计	3401.06	259.16	3660.22	2840.04	130.52	2970.56

本项目建设期水土流失总量为 3401.06t，其中新增水土流失量为 2840.04t。

5.2.4 土壤流失量分析

依据施工前和完工后水土流失量的对比，工程施工结束后各项水土保持防治措施实施后水土流失量明显降低，水土流失防治效果明显。

5.3 取料、弃渣潜在土壤流失量

本项目不涉及取料、弃渣，因此不存在取料、弃渣潜在土壤流失量。

5.4 水土流失危害

在工程建设过程中，建设单位通过采取落实防治责任范围，强化建设管理、因地制宜设计、合理安排工序、规范施工防护、加强扰动地表的植被恢复等措施，减少了工程建设对原地貌的破坏，减少了水土流失，在项目的整体建设过程中未发生水土流失危害事件。

6 水土流失防治效果监测结果

6.1 扰动土地整治率

根据水土保持监理资料，本工程建设实际扰动土地面积 99.03hm²，其中光伏发电区 91.35hm²，升压站区 0.37hm²，集电线路区 0.51hm²，道路工程区 5.29hm²，施工生产生活区 1.51hm²。项目扰动土地治理面积 80.22hm²，其中工程措施面积 0.01hm²，植物措施面积 21.44hm²（含自然恢复面积），复耕面积 58.77hm²，建筑物压占及硬化面积 17.81hm²。工程扰动土地治理率达到 99.0%，超过批复的防治目标值 95%。

表 6-1 本工程建设扰动土地治理情况表

防治分区	扰动土地面积 (hm ²)	扰动土地治理面积 (hm ²)				建筑物占压及 路面硬化 (hm ²)	扰动土地 治理率 (%)
		工程措施	植物措施	复耕	小计		
光伏发电区	91.35	-	20.83	56.93	77.76	12.62	98.9
升压站区	0.37	0.01	0.27	-	0.28	0.08	97.3
集电线路区	0.51	-	0.11	0.33	0.44	0.05	96.1
道路工程区	5.29	-	0.23	-	0.23	5.06	99.9
施工生产生活区	1.51	-	-	1.51	1.51	-	99.9
合计	99.03	0.01	21.44	58.77	80.22	17.81	99.0

6.2 水土流失总治理度

根据水土保持监理资料，本工程在建设过程中，实际扰动土地面积 99.03hm²，除去建筑物压占及硬化面积 17.81hm²外，还有 81.22hm²的水土流失面积需要进行治理，主要治理措施为各防治分区的土地整治和绿化等。实际治理水土流失面积 80.22hm²，水土流失总治理度达到 98.8%，超过水土保持方案所确定的目标值 85%。各分区治理度都明显高于方案目标值。

表 6-2 本工程建设水土流失治理情况表

防治分区	扰动土地面积 (hm ²)	建筑物占压及路面硬化 (hm ²)	水土流失面积 (hm ²)	水土流失治理面积 (hm ²)				水土流失治理程度 (%)
				工程措施	植物措施	复耕	小计	
光伏发电区	91.35	12.62	78.73	-	20.83	56.93	77.76	98.8
升压站区	0.37	0.08	0.29	0.01	0.27	-	0.28	96.6
集电线路区	0.51	0.05	0.46	-	0.11	0.33	0.44	95.7
道路工程区	5.29	5.06	0.23	-	0.23	-	0.23	99.9
施工生产生活区	1.51	-	1.51	-	-	1.51	1.51	99.9
合计	99.03	17.81	81.22	0.01	21.44	58.77	80.22	98.8

6.3 拦渣率与弃渣利用情况

本工程总挖方量为 2.85 万 m³。根据水土保持监理报告,施工过程中,对临时堆土进行袋装土拦挡和防尘网临时覆盖措施,未发生明显的水土流失,拦渣量约为 2.78 万 m³,拦渣率为 97.5%,超过水土保持方案所确定的目标值 (95%)。

工程施工过程中不产生弃渣,本项目不涉及弃渣利用情况。

6.4 土壤流失控制比

经过工程措施、植物措施和复耕措施等全面治理,项目区的水土流失基本得到控制,各项防护措施已经具备了一定的水土保持功能。土地整治及复耕、绿化措施的实施,使得水土流失强度低于工程建设前的水平。

水土保持方案中设定的土壤流失控制比 1.0,按预测设计水平年容许土壤流失量 200t/(km² a) 计算。本项目位于北方土石山区,计算得出土壤流失控制比 1.1。说明本项目建设过程中通过水土保持措施的实施,土壤侵蚀模数由 200t/(km² a) 降到了 182t/(km² a),效果显著,较原始地貌条件下的水土流失状况也有很大改观。随着复耕地生产力的逐步提高,水土保持效果将进一步增加。

表 6-3 本工程土壤流失控制比调查统计表

防治分区	扰动面积 (hm ²)	水土流失状况	土壤侵蚀模数 (t/km ² a)	控制比
光伏发电区	91.35	大部分区域进行复耕, 围栏周围和空闲区域植物长势良好, 水土流失得到有效控制	200	1.0
升压站区	0.37	围栏周围植物长势良好, 鹅卵石和碎石敷设区域自然恢复, 水土流失得到有效控制	180	1.1
集电线路区	0.51	大部分区域进行复耕, 水土流失得到有效控制	180	1.1
道路工程区	5.29	大部分为路面, 空闲区域自然恢复, 植物长势良好, 水土流失得到有效控制	150	1.3
施工生产生活区	1.51	施工结束后进行复耕, 水土流失得到有效控制	200	1.0
合计	99.03	-	182	1.1

6.5 林草植被恢复率

项目区总面积 99.03hm², 扣除建筑物占压及硬化场地、复耕的土地面积外, 还有可绿化面积约 22.44hm²。项目区共实施绿化面积 21.44hm², 林草植被恢复率达到 95.5%, 超过水土保持方案所确定的目标值 (95%)。

表 6-4 本工程林草植被恢复率调查统计表

绿化总面积 (hm ²)	可绿化面积 (hm ²)	林草植被恢复率 (%)
21.44	22.44	95.5

6.6 林草覆盖率

项目区总面积 99.03hm², 共实施绿化面积 21.44hm², 林草覆盖率达到 21.7%。林草植被覆盖率超过水土保持方案所确定的目标值 (20%)。

表 6-5 本工程林草覆盖率调查统计表

绿化总面积 (hm ²)	项目区面积 (hm ²)	林草覆盖率 (%)
21.44	99.03	21.7

7 结论

7.1 水土流失动态变化

水土流失动态变化和防治达标情况，反映了项目建设过程中的水土流失状况、水土保持措施防止效果及存在的问题。

7.1.1 水土流失防治责任范围分析评价

监测结果表明，本项目建设期实际扰动土地面积 99.03hm^2 。与水土保持方案确定的防治责任范围相比，减少了 3.46hm^2 。

工程在后续设计和施工过程中优化设计、优化施工，尽可能利用现有道路进行管线、设备的运输，无新增临时占地。施工生产生活区使用结束后进行拆除，架设光伏板。有效控制了人为扰动造成的水土流失，符合水土保持相关要求。

7.1.2 土石方变化分析评价

工程全段施工期总挖方量 2.85万 m^3 ，总填方量 2.85万 m^3 ，利用方 2.85万 m^3 ，无弃方。与水土保持方案相比，挖方量、填方量和利用方量均减少了 0.3620万 m^3 。变化的原因主要是：实际施工中集电线路长度有所减少，施工工艺得到优化，工程总挖方量减少。

7.1.3 分项指标达标情况分析评价

(1) 从扰动土地整治率和水土流失总治理度方面分析评价

项目建设过程中实际扰动土地面积 99.03hm^2 ，扰动土地治理面积 80.22hm^2 ，工程扰动土地治理率达到 99.0% ，大于水土保持方案所确定的目标值 95% 。

项目建设区水土流失面积 81.22hm^2 ，实际治理水土流失面积

80.22hm²，水土流失总治理度达到 98.8%，大于水土保持方案所确定的目标值 85%。

(2) 从土壤流失控制比和拦渣率方面分析评价

本项目位于北方土石山区，计算得出土壤流失控制比 1.1。说明本项目建设过程中通过水土保持措施的实施，土壤侵蚀模数由 200t/（km² a）降到了 182t/（km² a），效果显著，较原始地貌条件下的水土流失状况也有很大改观。

通过与本工程监理单位咨询及查阅工程施工和监理日志，本工程的实际拦渣量 2.78 万 m³，拦渣率为 97.5%，大于水土保持方案所确定的目标值（95%）。

(3) 从植被恢复系数和林草覆盖率方面分析评价

项目区总面积 99.03hm²，扣除硬化场地、建筑物占压、复耕的土地面积外，还有可绿化面积约 22.44hm²。项目区共实施绿化面积 21.44hm²，林草植被恢复率达到 95.5%，达到水土保持方案所确定的目标值 95%；林草覆盖率达到 21.7%，未达到水土保持方案所确定的目标值（20%）。

7.2 水土保持措施评价

焦作中晖光伏发电有限公司将水土保持建设纳入主体工程施工之中，使水土保持建设与主体工程建设同步进行，建立了一套完整的质量保证体系。并且在整个过程中严把原材料质量关，合理调整施工工艺和工序，加强巡视检查、旁站监理、质量监督；控制中间产品，对施工的各项工序、隐蔽工程工作程序进行控制；对工程计量、质量记录进行控制，通过采取以上措施，有效地保证了工程计量。

对工程现场抽查表明：工程的结构尺寸符合设计要求，施工工艺和方法符合技术规范和质量要求。施工现场已基本清理平整，外观基本平整，与周围景观基本协调。

光伏发电区和道路工程区的植物措施做到了有规划、有设计、有承包合同、程序规范、资料基本齐全。草种管理较细致，草地植被恢复率达到 95%以上，植物措施生长良好，对保护、改善生态环境起到积极作用。

7.3 存在问题及建议

7.3.1 存在问题

经水土保持监测后，认为施工现场主要存在以下水土保持问题：

(1) 施工单位因工期紧任务重，非常重视主体工程施工，但对水土保持工作的认识相对缺乏。

(2) 监测过程中，由于建设单位没有对水土保持设施资料进行单独的归档处理，因此给监测工作的开展带来一定的困难。

(3) 光伏发电区个别区域覆土后，当地村民未及时耕种。

7.3.2 建议

焦作市马村区 50MW 农光互补光伏发电项目在水土保持方面取得了较好的成效，基本实现了水土保持方案确定的水土流失防治目标，但还存在一些遗留问题，建议尽快解决，以充分发挥各项水土保持措施的作用和功能。

(1) 建议建设单位尽快完善水土保持工程相关资料的归档、管理。

(2) 对光伏发电区裸露地表补播适宜的草种或进行复耕，以增加地面覆盖，控制水土流失。

(3) 建设单位应结合主体工程运营，建立健全管理机构，加强对水土保持设施的日常管理和维护，进一步明确工程措施和植物措施的管护责任，确保各项工程水土保持效益的正常发挥。

7.4 综合结论

监测结果表明，建设单位从主体工程安全角度出发，注重水土保持工程措施、植物措施的实施，防治责任范围内的人为水土流失得到了有效控制。光伏发电区、升压站区、集电线路区、道路工程区和施工生产生活区，施工过程中采取了防护措施，减小了新增水土流失量。从目前情况看，总体防治效果良好。

本项目扰动土地治理率、水土流失总治理度、拦渣率、土壤流失控制比、林草植被恢复率和林草覆盖率等六项防治指标基本达到水土保持方案报告书确定的目标值。