

河北曲阳 30 兆瓦光伏发电项目

水土保持监测总结报告

建设单位：曲阳晶投新能源科技有限公司

编制单位：河北隆源水务技术咨询有限公司

2019 年 5 月

河北曲阳 30 兆瓦光伏发电项目
水土保持监测总结报告

责任页

(河北隆源水务技术咨询有限公司)

批准：张永红

核定：刘斌

审查：郭建民

校核：刘东杰

项目负责人：李凯

编写：武子元

目 录

前 言.....	1
1 建设项目及水土保持工作概况.....	1
1.1 项目概况.....	1
1.2 水土流失防治工作情况.....	3
1.3 监测工作实施情况.....	4
2 监测内容和方法.....	13
2.1 扰动土地情况.....	13
2.2 取料（土、石）、弃渣（土、石、矸石、尾矿等）.....	13
2.3 水土保持措施.....	13
2.4 水土流失情况.....	13
3 重点部位水土流失动态监测.....	15
3.1 防治责任范围监测.....	15
3.2 取土（石、料）监测结果.....	16
3.3 弃土（石、渣）监测结果.....	17
3.4 土石方流向情况监测结果.....	17
4 水土流失防治措施监测结果.....	18
4.1 工程措施监测结果.....	18
4.2 植物措施监测结果.....	23
4.3 临时防治措施监测结果.....	25
4.4 水土保持措施防治效果.....	26
5 土壤流失情况监测.....	28

5.1 水土流失面积.....	28
5.2 土壤流失量.....	28
5.3 取土（石、料）弃土（石、渣）潜在土壤流失量.....	30
5.4 水土流失危害.....	31
6 水土流失防治效果监测结果.....	32
6.1 扰动土地整治率.....	32
6.2 水土流失总治理度.....	32
6.3 拦渣率与弃渣利用情况.....	33
6.4 土壤流失控制比.....	33
6.5 林草植被恢复率.....	33
6.6 林草覆盖率.....	33
7 结论.....	35
7.1 水土流失动态变化.....	35
7.2 水土保持措施评价.....	35
7.3 存在问题及建议.....	36
7.4 综合结论.....	36
8 附图及有关资料.....	37
8.1 附图.....	37
8.2 有关资料.....	39

前 言

河北曲阳 30 兆瓦光伏发电项目（以下称“本项目”）位于保定市曲阳县灵山镇庞家洼村。本项目建设规模 30 兆瓦，由工程建设区和保护区组成，其中，工程建设区包括光伏发电区、开关站、集电线路区、道路区和施工生产生活区，其余部分未扰动区域归为保护区。建设规模为 30MW，共分 20 个阵区，其中 17 个阵区容量各为 1.25MW 和 3 个阵区容量各为 1.00MW 子系统组成。每个子系统由 22-41 台华为 40KW KTL 逆变器组构成。共使用 40KW 组串式逆变器 748 台，单台逆变器接入 6 路光伏组串单元并联而成，每组组串 18 片光伏组件组串组成，输入并网逆变器后的三相交流电经电缆 YJHV22-0.6/1KV3*16 mm² 汇流引至汇流箱，共使用 6 进 1 出汇流箱 138 台，通过 YJHV22-0.6/1KV3*240 mm² 电缆送至箱式变压器，17 个阵区各配装一台 1250KVA 美式箱变，3 个阵区各配装一台 1000KVA 美式升压箱变，YJHV22-26/35kv 电缆汇入开关站高压柜，经开关站汇流后由 35KV 架空输出线路 18.4Km 送入唐县军城变电站。

根据监测要求，项目组编制了本项目的水土保持监测实施方案，制定了监测工作路线、确定了监测内容，并按计划对工程开展水土保持监测工作，开展监测时段为 2017 年 10 月至 2019 年 4 月。通过现场调查了解情况、搜集资料、测量、查勘，布设各类监测点进行监测，核实了项目建设期的防治责任范围和扰动土地面积、水土流失面积、扰动土地整治面积、植被恢复面积等，重点调查了解水土保持工程措施和植物措施的实施情况，测量和计算了水土保持六项指标数据等。

经过现场测量、数据采集、调查和后期数据整理、分析后，综合监测结果为：本项目占地面积 89.48hm²，其中永久占地 0.35hm²，主要为开关站占地，其它为临时占地，占地类型为灌草地。本项目施工建设过程中共动用土石方总量 5.80 万 m³，其中土石方开挖 2.90 万 m³，土石方回填 2.90 万 m³，无借方和弃方。工程水土流失六项防治目标均达到了方案设计的目标，即：扰动土地整治率为 95.89%，水土流失总治理度为 97.34%，土壤流失控制比为 1.0，拦渣率为 100%，林草植被恢复率 97.30%，林草覆盖度为 57.84%。

本工程在开展水土保持工作过程中，对工程水土流失防治责任范围及防治重点

把握准确，及时合理布设了各项水土保持措施，通过工程防护、绿化、临时苫盖等水土保持措施的实施，基本控制了由于工程施工造成的新增水土流失，各项防治措施的防护标准和施工质量基本达到了设计要求，总体上发挥了较好的保持水土、改善生态环境的作用。

2019年5月，我单位编写完成了《河北曲阳30兆瓦光伏发电项目水土保持监测总结报告》。在报告编写过程中，曲阳晶投新能源科技有限公司给予了全力支持与配合，监理、施工等有关单位提供了十分重要的支持和帮助，在此一并致谢！

水土保持监测特性表

主体工程主要技术指标										
项目名称			河北曲阳 30 兆瓦光伏发电项目							
建设规模	总装机容量为 30MW，共选用 96800 块峰值功率为 310Wp 的多晶硅光伏组件和 1 座 35kV 开关站。年平均上网电量：34076.71MW·h。小型工程		建设单位	曲阳晶投新能源科技有限公司						
			建设地点	河北省保定市曲阳县灵山镇						
			建设性质	新建						
			所在流域	海河流域						
			工程总投资	总投资约 2.26 亿元，土建投资约 2100 万元						
			工程总工期	2016 年 4 月至 2017 年 3 月						
水土保持监测指标										
监测单位		河北隆源水务技术咨询有限公司			联系人		李凯/17732822986			
自然地理类型		低山丘陵地貌		防治标准			一级			
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		2.防治责任范围监测			调查		
	3.水土保持措施情况监测		调查		4.防治措施效果监测			调查		
	5.水土流失危害监测		调查		水土流失背景值			400t/km ² ·a		
方案设计防治责任范围		89.48hm ²		土壤容许流失量			200t			
水土保持总投资		209.57 万		水土流失预测总量			465.31t			
防治措施										
防治措施		防治分区		工程措施及数量		植物措施及数量		临时措施及数量		
		工程建 设区	光伏发 电区	蓄水池 2 座；场地平整 8.6hm ² ；表土剥存 0.16hm ²		种草 9.58hm ²		——		
			开关站	覆土平整 0.01hm ² ；表土剥存 0.09hm ² ；混凝土护坡 100m；混凝土排水沟 700m		园林绿化 0.01hm ² ；种草 0.9hm ²		——		
			集电线 路区	覆土平整 0.74hm ² ；表土剥存 0.74hm ²		种草 0.9hm ²		——		
			道路区	覆土平整 1.74hm ² ；表土剥存 1.74hm ² ；过水管涵 20m；干砌石护坡 300m；混凝土排水沟 800m		种植灌木 0.65hm ²		临时拦挡 550m；临时遮盖 1000m ²		
			施工生 产生活 区	覆土平整 0.70hm ² ；表土剥存 0.70hm ²		种草 0.70hm ²		临时拦挡 180m；临时遮盖 400m ²		
		保护区		——		种草 2.3hm 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	95.89	防治措施面积	36.47hm ²	扰动土地总面积	37.54hm ²		
		水土流失总治理度	95	97.34	防治责任范围面积	89.48hm ²	水土流失总面积	37.46hm ²		
		土壤流失控制比	1.0	1.0	工程措施面积	21.27hm ²	容许土壤流失量	200t/km ² ·a		
		拦渣率	> 95	100	实际拦挡弃渣量	——	总弃渣量	——		
		林草植被恢复率	97	97.30	可恢复林草植被面积	21.11hm ²	林草类植被面积	20.54hm ²		

水土保持监测特性表

	林草覆盖率	25	57.84	植物措施面积	11.38hm ²	监测土壤流失情况	200t/km ² •a
	水土保持治理达标评价	从该项目水土保持监测结果分析可以看出，各项指标均已达到水土保持方案要求。本工程的排水、土地整治及植被恢复等工程运行效果良好，扰动区水土流失基本得到控制，水土流失量低于背景值。					
	总体结论	各项水土保持措施均已达标					
	主要建议	加强已有水土保持措施的后期管护。					

1 建设项目及水土保持工作概况

1.1 项目概况

1.1.1 基本情况

河北曲阳 30 兆瓦光伏发电项目位于河北省保定市曲阳县城北部约 32km 处，灵山镇庞家洼村北侧约 1km 的山区内。本项目建设规模为 30MW，共分 20 个阵区，其中 17 个阵区容量各为 1.25MW 和 3 个阵区容量各为 1.00MW 子系统组成。每个子系统由 22-41 台华为 40KW KTL 逆变器组构成。共使用 40KW 组串式逆变器 748 台，单台逆变器接入 6 路光伏组串单元并联而成，每组组串 18 片光伏组件组串组成，输入并网逆变器后的三相交流电经电缆 YJHV22-0.6/1KV3*16 mm² 汇流引至汇流箱，共使用 6 进 1 出汇流箱 138 台，通过 YJHV22-0.6/1KV3*240 mm² 电缆送至箱式变压器，17 个阵区各配装一台 1250KVA 美式箱变，3 个阵区各配装一台 1000KVA 美式升压箱变，YJHV22-26/35kv 电缆汇入开关站高压柜，经开关站汇流后由 35KV 架空输出线路 18.4Km 送入唐县军城变电站。本项目由工程建设区和保护区组成，其中，工程建设区包括光伏发电区、开关站、集电线路区、道路区和施工生产生活区，其余部分未扰动区域归为保护区。

本项目总占地面积 89.48hm²，其中永久占地 0.35hm²，主要为开关站占地，其它为临时占地，占地类型为灌草地。本项目施工建设过程中共动用土石方总量 5.80 万 m³，其中土石方开挖 2.90 万 m³，土石方回填 2.90 万 m³，无需外购土方，无弃方。

建设单位：曲阳晶投新能源科技有限公司；

水土保持方案编制单位：河北地矿建设工程集团公司；

水土保持监测单位：河北隆源水务技术咨询有限公司；

水土保持监理单位：太原理工大成工程有限公司。

本项目由曲阳晶投新能源科技有限公司投资建设，总投资约 2.26 亿元，其中土建投资约 2100 万元。于 2016 年 4 月 15 日开始施工，2017 年 3 月 31 日并网完工。

1.1.2 项目区概况

(1) 地形地貌

本项目场址属丘陵地貌，位于太行山东麓，地形呈浑圆状起伏，海拔高度为180m~380m之间，山体坡度较缓；山顶地势平坦开阔。拟建光伏发电场地位于山顶或山坡之上，坡度在10°~40°左右。地面存在灌木，有低矮枯草，覆盖层较薄。

(2) 气候与气象

曲阳属温带大陆性季风气候，多年平均气温12.6℃，≥10℃积温3617℃，多年平均蒸发量1884.3mm，多年平均降水量507mm，无霜期195d/a，多年平均风速2.2m/s，多年最大风速18m/s，主导风向为西北风，大风日数5d/a，雨季时段6~9月，风季时段3~5月，最大冻土深度为1m。

(3) 土壤与植被

项目区土壤类型以褐土为主，土层厚度0.5~1.5m，其中道路土层平均厚度0.5~1.3m，光伏发电区土层厚度平均0.5~1.5m。项目区土壤以水力侵蚀为主。

项目区植被类型为温带落叶灌丛，其中草地植被覆盖场地大部分区域，草地覆盖度较大。地表植被以低矮、耐旱耐贫瘠草本植物为主，间有小灌木伴生，草本植物有针茅、羊草、紫羊茅等，植被覆盖度在55%左右。

(4) 河流水系

项目区属海河流域，大清水系，位于通天河西侧6km，西大洋水库西北部15km。

项目区东部有通天河由北向南流过，通天河为海河流域大清河正源唐河的支流，发源于大茂山东麓，海拔1792m，全长54.9km。流经河北省保定市唐县、曲阳县，在唐县入唐河。该河在古代曾是军事重地，也是祭祀北岳恒山的路线之一。历经岳岭口（今称大岭口）、北岳行宫、石门、担（旦）里、和家庄、军城镇、娘子神，在贤（献）表，从柏岩山西入曲阳界，经灵山镇国际友人何明清故居宋家庄、定窑遗址、聚龙洞，从横河口出曲阳。在十八渡入唐县，与三会河（长星沟）会合，至东庄（张）湾入唐河。

西大洋水库位于大清河系唐河出山口唐县境内的西大洋村下游1km处，水库控制流域面积4420km²，总库容11.092亿m³，是一座以防洪为主，兼顾城市供水、灌溉、发电等综合利用的水库。

(5) 水土流失及防治现状

项目区属大清河流域，项目区内的河流主要为通天河。根据《全国土壤侵蚀类型区划》划分项目区为北方土石山区的太行山山地区，水土流失类型为水蚀区，根据《北方土石山区水土流失综合治理技术标准》确定侵蚀强度为轻度，现状土壤侵蚀模数 $400t/(km^2 \cdot a)$ 。根据《土壤侵蚀分类分级标准》，土壤容许流失量 $200t/(km^2 \cdot a)$ 。

本项目位于河北省保定市曲阳县，根据水利部办公厅《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》（水保[2013]188号）属太行山国家级水土流失重点治理区。

1.2 水土流失防治工作情况

1.2.1 建设单位水土保持管理

建设单位比较重视水土保持工作的推进和开展。工程建设之初，建设单位成立了水土保持工作组，加强对水土保持工作的管理。同时制定了一系列规章制度，涵盖综合管理、工程管理、财务管理、资料管理等内容，为工程顺利、有效、保质保量地开展和完成提供了重要保障。

建设单位坚持预防为主、全面规划、综合防治、因地制宜的水土保持方针。根据工程造成的水土流失特点，划定不同防治分区，确定重点区域，有针对性的进行分区防治措施设计和落实，积极督促和落实水土保持方案，坚持工程措施、植物措施和临时措施相结合，做到与主体工程相协调。

1.2.2 三同时落实情况

本工程在施工过程中，采取了排水沟、管涵、护坡、蓄水池、绿化、临时拦挡、临时遮盖等水土保持措施，水土保持措施基本与主体工程同步实施，基本落实了“三同时”制度。

1.2.3 水土保持方案编报情况

根据《中华人民共和国水土保持法》及有关法律法规规定，建设单位委托河北地矿建设工程集团公司编制该项目水土保持方案。2016年11月编制完成了该项目水土保持方案报告书。2017年1月23日获河北省水利厅批复，批准文号为冀水保[2017]34号。

1.2.4 主体工程设计及变更、备案情况

2015年7月，河北省电力勘测设计研究院编制的《河北曲阳30兆瓦光伏发电项目可行性研究报告》；

2015年6月26日，取得河北省发展和改革委员会颁发的河北省固定资产投资备案证，备案证号为冀发改能源备字[2015]88号。

在项目施工建设过程中未出现变更情况。

1.3 监测工作实施情况

1.3.1 监测工作执行情况

水土保持监测是水土保持生态建设的基础性工作，通过对本项目进行水土保持监测，掌握水土流失形成过程，了解不同类型水土流失分布情况及影响范围和程度，弄清水土保持设施的防治效果，确定工程的水土流失情况，从而为水土保持措施的实施和防治水土流失及监督管理提供依据。

2017年10月河北隆源水务技术咨询有限公司接受业主委托，承担该项目的水土保持监测工作，我公司成立监测工作小组，根据项目实际情况，依照水土保持监测规程、规范，多次赴现场实地监测，收集资料、了解情况，测量、查勘、核实水土流失防治责任范围、水土流失面积等相关数据，重点调查了水土保持措施实施情况、防治水土流失效果；现场监测后向建设单位提出整改意见，后期对意见的落实进行核实。

监测过程中通过现场调查、查阅相关资料和实地监测，收集了施工过程中水土流失影响因子，水土流失状况、危害，水土保持措施、效益等方面的数据和图片资料，并进行计算和分析，最终于2019年5月编制完成了水土保持监测总结报告。

(1) 监测工作技术流程

监测技术流程是保证水土保持监测工作科学、高效开展的重要内容，可使建设单位及监测人员对项目监测实施全过程一目了然。本项目监测开展过程中制定了水土保持监测工作流程图，并严格按照工作流程开展监测工作。项目水土保持监测技术流程见图1-1。

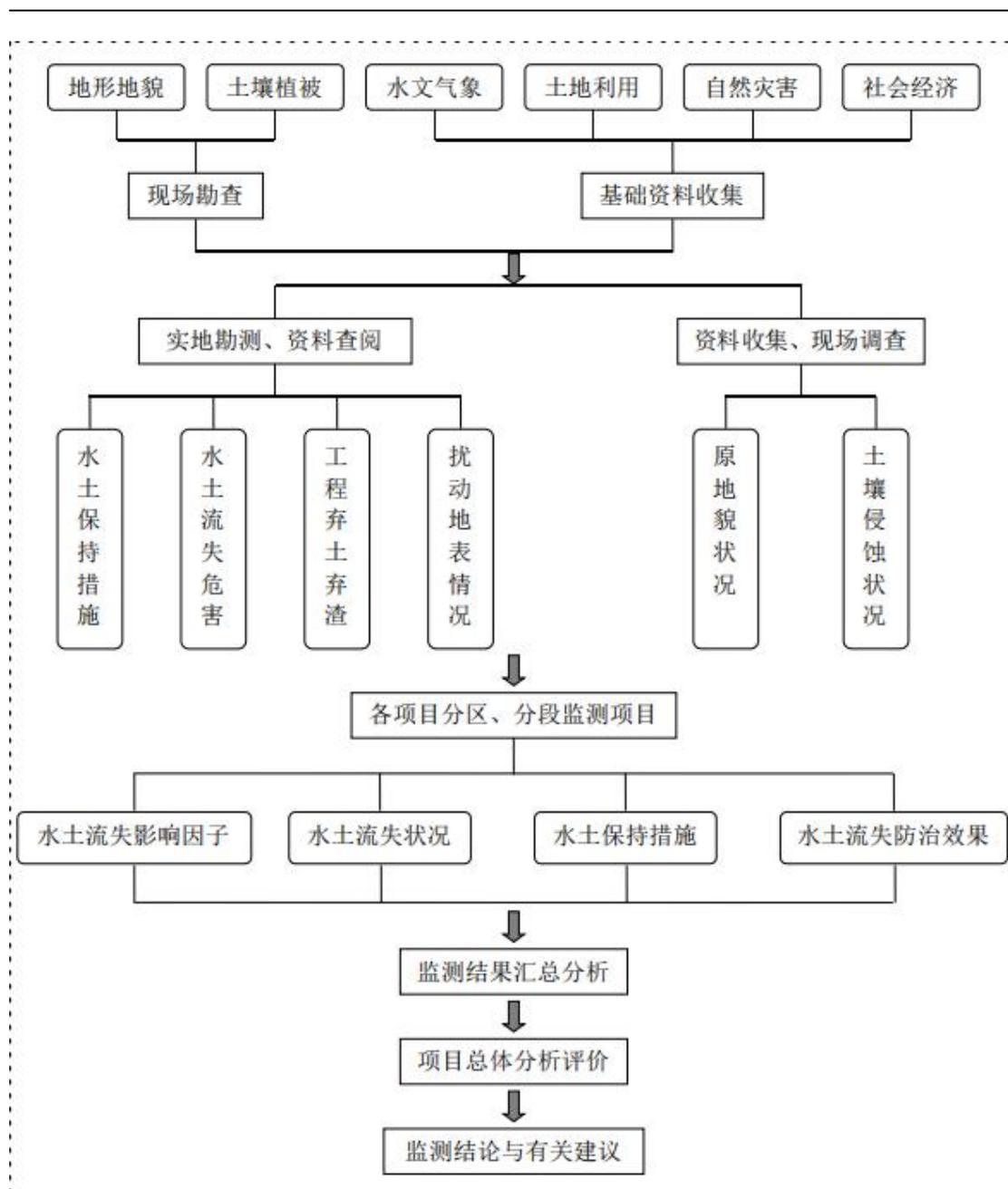


图 1-1 项目水土保持监测工作流程图

(2) 监测制度

为更好地完成本工程水土保持监测任务和目标，提高监测质量，监测单位在开展监测过程中制定、实施了详细的工作计划并制定了相应的监测制度：

1) 依据国家规定的水土保持监测技术标准，监测单位在与建设单位充分协商和征求有关专家意见的基础上，制定了项目水土保持监测实施方案，用以指导监测工作的实施。

2) 监测过程中充分考虑建设单位的意见和建议，及时交流沟通，保证监测工作的顺利实施。

3) 监测过程中要求监测人员不得随意脱岗; 不得随意改变监测工作计划; 不得随意篡改监测收集的原始数据资料; 数据采集过程中遵循随收集、随整理、随分析、随校核原则, 发现问题及时查找原因, 研究解决。

4) 监测收集、统计和调查的相关资料集中存放、专人管理。对监测数据定期进行分析整理, 统计结果及时向建设单位及相应水行政主管部门汇报。

5) 根据工程特点和技术要求, 对监测人员进行有针对性的技术培训, 确保数据采集、资料整编等工作环节的数据准确、可靠, 保证监测报告的编写质量。

(3) 监测分区、范围和重点

根据《水土保持监测技术规程》规定, 水土保持监测范围与水土流失防治责任范围一致原则。根据水土保持方案, 包括工程建设区、直接影响区和保护区, 总面积为 89.48hm²。水土保持监测范围详见表 1-1。

表 1-1 本工程水土保持监测范围统计表 单位: hm²

序号	项目			项目占地			直接影响区 (占用保护区面积)	合计
				永久占地	临时占地	小计		
1	光伏 发电区	光伏组件区			57.96	57.96	0.20	58.16
		逆变升压室			0.16	0.16		0.16
		施工吊装场地			0.98	0.98		0.98
		小计			59.10	59.10	0.20	59.30
	开关站	构建筑物区		0.09		0.09		0.09
		道路广场区		0.25		0.25		0.25
		绿化区		0.01		0.01		0.01
		小计		0.35	0.00	0.35	0.00	0.35
	集电 线路区	电缆直埋区			0.74	0.74	0.49	1.22
		桥架线路			0.18	0.18	0.12	0.31
		小计			0.92	0.92	0.61	1.53
	道路区	进站道路			0.49	0.49	0.07	0.56
		施工检修道路			3.00	3.00	1.20	4.20
		小计			3.49	3.49	1.27	4.76
	施工生产生活区				0.70	0.70	0.06	0.76
2	保护区				24.93	24.93	0.00	22.79
	合计			0.35	89.13	89.48	2.14	89.48

根据批复的水土保持方案, 结合主体工程建设特点、主体工程的布局、设计和施工情况, 以及不不同地貌单元可能造成水土流失情况、土壤特性以及本方案水土流失的防治责任范围, 划分本工程水土流失防治分区为 2 个一级分区: 工程建设区、保护区, 其中工程建设区划分为 5 个二级分区: 光伏发电区、开关站、

集电线路区、道路区和施工生产生活区。水土流失防治分区及各分区施工活动情况见表 1-2。

表 1-2 水土流失防治分区表

序号	一级分区	二级分区	三级分区	主要特点
1	工程 建设 区	光伏发电区	光伏组件区	支架基础施工、扰动
			逆变升压室	基础施工
			施工吊装场地	施工扰动
		开关站	构建筑物区	基础施工
			道路广场区	路基填筑、排水
			绿化区	扰动
		集电线路区	电缆直埋区	施工扰动
			桥架线路	施工扰动
		道路区	进站道路	路基填筑、排水
			施工检修道路	路基填筑、排水
		施工生产生活区	施工压占、临时堆土、堆料	
2	保护区			

(4) 监测指标与方法

气象水文：降雨量的监测，以收集工程区内或临近区域已有气象站的气象观测资料数据为主；水位、流量、泥沙量等，以收集工程或临近区域观测资料数据为主；气温、风速、湿度等，参照当地气象监测资料。

水土流失因子：采用《水土保持监测技术规程》（SL277-2002）中 7.4 规定的调查和量测的监测的方法。其中：地形、地貌、植被的扰动面积、扰动强度的变化采用实地勘测、线路调查、地形测量等方法，结合 GIS 和 GPS 技术的应用，对地形、地貌、植被的扰动变化进行监测。

建设项目占地面积、扰动地表面积采用查阅业主征地文件资料，结合高精度 GPS 和 GIS 技术，沿扰动边际进行跟踪作业，结合实地情况调查、地形测量分析，进行对比核实，计算场地占用土地面积、扰动地表面积。

项目挖方、填方数量及面积和各施工阶段产生的弃土、弃石、弃渣量及堆放面积采用查阅设计文件资料，结合实地情况调查、地形测量分析，进行对比核实，计算项目挖方、填方数量及面积和各施工阶段产生的弃土、弃石、弃渣量及堆放面积。人工开挖与填方边坡坡度、存弃渣体高度等采用地形测量法；弃渣量及其堆放面积采用实地测量。

项目区林草覆盖度：采用抽样统计和调查、测量等方法，并结合 GIS 和 GPS 技术的应用进行监测，即选择有代表性的地块，分别确定调查样方，并进行观测

和计算。本次监测采用的 GPS 定位和 GIS 技术，具有对监测对象的位置、边界准确定位的高精度特性，可在实地调查基础上，结合对地形图件和施工图件的综合分析，提取建设项目占地面积、地表位置及变化情况的数据信息准确可靠。

水土流失状况：包括地表扰动和人工挖填方坡面的水土流失面积、流失量、程度的变化情况及对周边和下游地区造成的危害及其趋势。

工程建设区扰动地表等施工活动引起的水土流失量，以及变化情况，可通过简易水土流失观测场法、坡面细沟水土流失监测法、堆积体积法、简易径流小区法等进行监测。

①简易水土流失观测场法：主要适用于弃渣场等分散堆积场地及边坡。布设样地规格为 $5\text{m} \times 20\text{m}$ 。将直径 $0.5 \sim 1\text{cm}$ 、长 $50 \sim 100\text{cm}$ 的钢钎，在选定的坡面样方小区按照 $1\text{m} \times 5\text{m}$ 的间距分纵横方向共计 20 支钢钎垂直打入地下，使钢钎钉帽与坡面齐平，并在钉帽上涂上油漆，编写编号（示意图如图 1-2）。以后，在每次暴雨后和汛期结束，观测钉帽距地面的高度，以此计算土壤侵蚀厚度和总的水土流失数量。计算公式为：

$$A=ZS/1000\cos\theta$$

式中：A 为土壤侵蚀数量， m^3 ；Z 为侵蚀厚度， mm ；S 为水平投影面积， m^2 ； θ 为斜坡坡度。

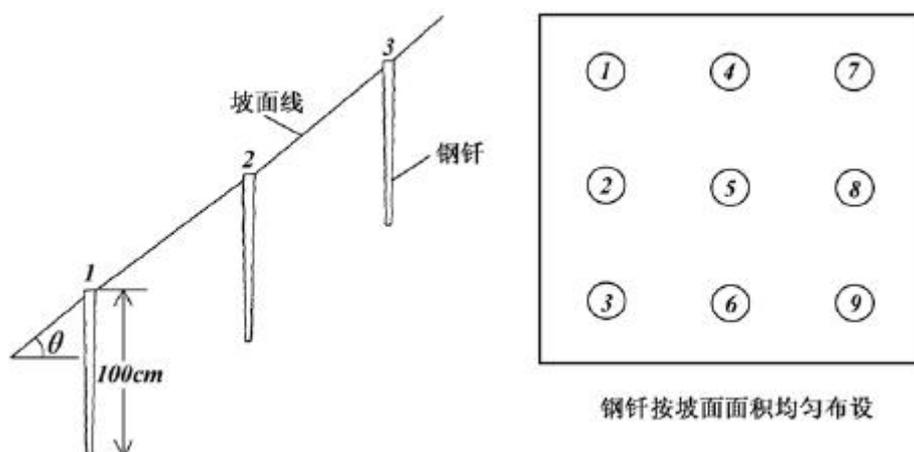


图 1-2 水土流失观测场示意

②坡面细沟水土流失监测法：主要适用于道路边坡土质开挖面、土或土石混合或粒径较小的石砾堆等坡面的水土流失量的测定。在选定的坡面，量测坡面形成初期的坡度、坡长，描述坡面组成物质，实验测定土的干密度等方法，并记录造成侵蚀沟的每次降雨强度。在每次降雨或多次降雨后，量测侵蚀沟的体积，得

出沟蚀量，并通过侵蚀沟面积占坡面面积的比例（沟面比），计算水土流失量（示意图如下图 1-3）。当观测坡面能保存一年以上时，应量测至少一年的流失量。

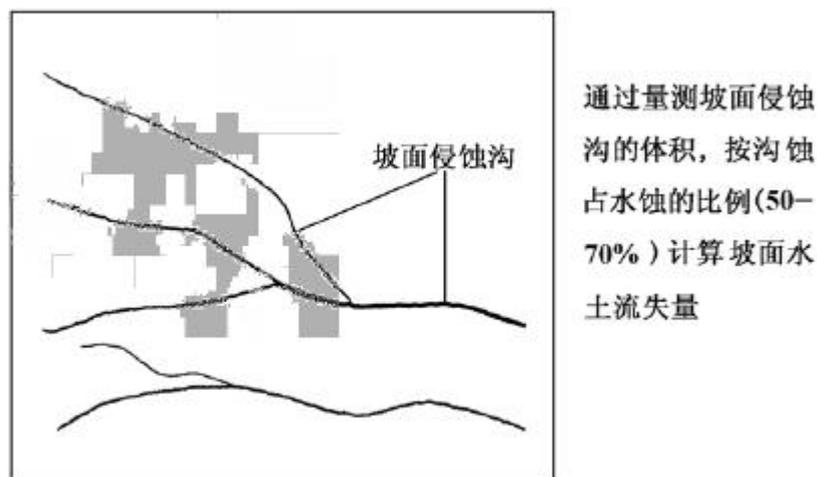


图 1-3 水土流失简易坡面量测场示意

涉及的土壤性质指标（干密度、含水量、抗蚀性等）观测方法采用土壤理化分析手册和国家有关技术规范规定的标准方法。

水土保持措施实施效果：采用抽样调查的方式进行。对于工程防治措施，主要调查其稳定性、完好程度、质量和运行状况，按照《水土保持监测技术规程》（SL277-2002）中 7.4.3 规定的方法，并参照《水土保持综合治理规划通则》（GB/T15772）、《水土保持综合治理技术规范》（GB/T16453.1~16453.6）的规定；植物措施主要调查其林草的存活率、生长发育情况（林木的树高、胸径、冠幅）、抗冻性及其植被覆盖度的变化，采用《水土保持监测技术规程》SL277-2002）中 6.5.1-6.5.4 和 7.4.4 规定的方法，参照《水土保持试验规程 SL419-2007》相关条文规定的方法。

水土流失防治效果监测主要通过实地调查、抽样调查和核算方法进行。水土保持措施保土效益按照《水土保持综合治理效益计算方法》（GB/T15774）进行；拦渣效益通过量测实际拦渣量进行计算。

全面调查水土流失防治措施，监测项目区水土流失防治措施的数量和质量，如植物措施成活率、保存率和生长情况及覆盖度；工程措施的稳定性、完好程度、运行情况和拦渣蓄水保土效果；开挖、填方边坡的防护情况及稳定情况；耕地恢复面积和恢复质量情况等。

通过监测结果，计算出工程的扰动土地整治率、水土流失总治理度、土壤流

失控制比、拦渣率、林草植被恢复率和林草覆盖率等六项防治指标值。

水土保持重大事件：采用资料搜集方式获取。

1.3.2 监测项目部组成

根据工作需要，我公司成立了河北曲阳 30 兆瓦光伏发电项目水土保持监测项目部，按照水土保持监测规范要求，制定工作计划，编制监测设计和实施计划，开展日常水土保持监测工作，定期提交监测报告。

该工程水土保持监测工作实行项目组长负责制，项目组长组建监测机构，配备监测工程师 3 人。情况见表 1-3。

表 1-3 水土保持监测人员分工表

姓名	职称	任务安排
李凯	工程师	项目组长，工作协调、人员管理
王佩	工程师	工作协调、技术报告审查
康帅	工程师	报告校核、外业调查
武子元	助工	报告编写、外业调查、资料收集、图件制作

项目组长：全面负责整个项目的监测工作，为本合同履行的总负责人，负责组织本项目水土保持监测工作。

监测工程师：负责监测数据采集、整理、分析，编制监测季报、总结报告等。

1.3.3 监测点布设

根据水土保持监测分区及分区监测重点，布设监测点位，设计监测内容和监测频次。监测点布设在每个监测区具有代表性的地段或场地，并以尽可能集中布设为原则。共布置监测点 20 个。

表 1-4 监测点位布设情况表

监测分区	数量（个）	选取原则	
工程建设区	光伏发电区	7	场地平整和基础开挖、安装扰动处、排水沟
	开关站	1	基础开挖、安装扰动处、绿化
	集电线路区	3	电缆沟、植被恢复
	道路区	5	道路护坡、按道路布局尽量均匀布置
	施工生产生活区	1	基础开挖、临时堆土堆料区
保护区	3	未扰动处，作为本底参照	

1.3.4 监测设施设备

为保证水土保持监测工作的顺利实施、提高监测数据成果的质量，监测单位

为监测技术人员配置了专用设备，水土流失观测仪器：取土钻 3 个；铝盒 60 个；百分之一电子天平 1 台；烘箱 1 台；土壤采样器 3 套；皮尺 2 把；钢尺 2 把；卡尺 2 把；雨量桶、蒸发器、径流瓶、天平 5 套。笔记本电脑 2 台；打印机 1 台；数码摄像机 1 台；通讯设备 1 个。GPS 定位仪 2 个。配置情况详见表 1-5。

表 1-5 水土保持监测设备一览表

监测项目	仪器设备	数量	用途
监测点定位	GPS 定位仪	2 个	确定监测点位置
土壤情况	取土钻	3 个	监测土壤水分
	铝盒	60 个	
	百分之一电子天平	1 台	
	烘箱	1 台	
	土壤采样器	3 套	对原状土及扰动土采样
植物生长情况	钢尺	2 个	测量植物高度、冠幅
	皮尺	2 个	打样方
	卡尺	2 个	测量植物地径等
水蚀	雨量桶、蒸发器、径流瓶、天平	5 套	监测光伏场区域内水蚀情况
其他设备	笔记本电脑	2 台	
	打印机	1 台	
	数码摄像机	1 台	

1.3.5 监测技术方法

依据工程建设进度、施工扰动以及水土流失防治措施的分布等情况，监测人员在开展监测过程中采用了以地面观测和调查监测为主的监测方法，通过现场查勘和调查、资料收集、类比分析等手段获取了本项目水土流失影响因子、水土流失状况、水土保持措施落实及发挥效益情况等监测结果，为真实、客观反映项目建设期间水土保持工作开展情况提供了依据。

1) 资料收集法。收集项目水土流失影响因子，如：区域降雨、气象水文要素等；收集有关工程占地、施工设计、招投标、监理、质量评定、竣工决算等资料，以便于汇总统计项目水土保持设施数量、程度、质量等；收集有关挖填土石方数量等资料，收集掌握土地整治面积、整治后土地利用形式等。

2) 现场勘查法。根据工程施工技术资料、工程进度等，现场巡查核实项目区地表扰动情况；利用设计监测点位，结合典型段重点观测，掌握项目区水土流失状况；现场跟踪观测水土保持措施运行情况；校核、补充、完善所收集掌握的数据资料。

3) 典型调查法。选择有代表性的典型区域，监测统计项目区微地形变化、

土壤质地、林草植被覆盖及生长成活等项目。

4) 类比分析法。利用监测点以及相似地貌类型区已完成的水土流失调查结果,通过植被、降雨、施工扰动等水土流失影响因子变化等开展类比分析,掌握项目区水土流失状况。

5) 图像采集法。包括收集记录工程典型时段、地段现场施工情况;水土保持临时措施实施、水土流失危害发生等重要水土保持事件现场情况以及水土保持监测人员开展监测情况等内容。

1.3.6 监测成果

2017年10月,我公司接到该项目的监测任务后精心组织技术骨干,成立了监测项目组,研究部署了监测技术路线,对项目的实施做了详细的安排。

在收集分析工程的有关报告、图件、照片等资料的基础上,针对项目的进展情况,项目组按实施方案计划,对工程进行水土保持监测,包括调查了解情况、搜集资料、测量、巡查,核实了项目建设期的防治责任范围和扰动土地面积、水土流失面积、扰动土地整治面积、植被恢复面积等,重点调查了解了水土保持工程措施和植物措施的实施情况,工程措施的质量和植物措施的成活率等,以尽可能客观反映施工过程中的水土流失情况及各项防治措施的实施情况。在对监测数据及调查资料进行详细的计算与分析后,编写完成了《河北曲阳30兆瓦光伏发电项目水土保持监测总结报告》。

1.3.7 水土保持监测意见及落实情况

接受建设单位委托后,我公司及时组织相关人员进场实地监测,主要勘查了光伏发电区、开关站、集电线路区、道路区、施工生产生活区,针对各分区的治理进度、治理现状及治理方案提出相关整改建议,详见8.2。

1.3.8 重大水土流失危害事件处理情况

本项目在建设过程中,建设单位及施工单位比较重视水土保持工作,未出现重大水土流失危害事件。

2 监测内容和方法

根据《水土保持监测技术规程》和《生产建设项目水土保持监测技术规程（试行）》，监测内容主要包括扰动土地面积、防治责任范围、弃土弃渣量、水土流失因子、水土流失量、水土流失危害、水土保持设施建设情况及水土流失防治效果及其动态变化等。

2.1 扰动土地情况

扰动土地监测是确定土壤流失量的基础，是项目水土保持监测的中心内容之一。扰动土地面积监测包括扰动类型判断和面积监测。工程实际扰动土地面积随着工程建设的进展不断发生变化，是个动态变化过程，扰动土地面积动态监测就是对项目建设区分为永久征占地和临时占地进行及时监测，了解其变化情况，确定防治责任范围。对于扰动土地的监测方法是实地测量和遥感监测，实地测量新开工区域，明确大致范围和位置，利用遥感监测手段，在遥感影像上量算具体面积，并按季度进行详细统计。

2.2 取料（土、石）、弃渣（土、石、矸石、尾矿等）

取料场、弃渣场监测内容主要包括场地的数量、位置、占地面积、取料或取渣数量、取料的动态变化、是否进行表土剥离、使用中和使用结束后实施的水土保持措施以及防治效果等。本工程施工过程中土石方平衡合理，无需外购土方，无弃方，与方案设计中一致，工程建设中未产生取土场、取料场。

2.3 水土保持措施

本工程设计水土保持措施主要包括排水沟、护坡、过水管涵等；植物措施主要为绿化；临时措施主要包括临时拦挡、临时遮盖等。主要采用资料收集、现场勘查、遥感监测等方法，对各类水土保持措施的类型、开完工时间、实施位置、规格尺寸、数量等进行监测。

2.4 水土流失情况

2.4.1 水土流失面积监测

水土流失面积监测内容包括扰动地表面积、工程建设占压面积、硬化面积、产生水土流失的面积等。由于工程建设规模小，采用遥感监测和无人机监测相结

合的方法，并配合实地量测进行。

2.4.2 土壤流失量监测

土壤流失量的监测内容包括工程建设扰动地表植被面积、占用破坏水土保持设施的数量、土石方量及弃土弃渣量、流失面积和流失量、水土流失变化情况（类型、形式、流失量）等方面的监测。本工程水土流失量监测主要采取简易坡面量测法（侵蚀沟样方法）和类比分析法进行。

2.4.3 取料弃渣潜在土壤流失量监测

本工程建设中未设置取土场、取料场。

2.4.4 水土流失危害监测

水土流失危害主要包括工程建设过程中产生的水土流失及其对下游河道的影响；工程建设区植被及生态环境变化；工程建设对环境的影像等。本工程建设过程中不产生弃土弃渣场，周边没有自然泄洪沟道或生态保护区，加之水土保持工程的建设，有效控制了施工扰动，因此未产生水土流失危害。

3 重点部位水土流失动态监测

3.1 防治责任范围监测

3.1.1 水土流失防治责任范围

3.1.1.1 方案确定的防治责任范围

水保方案书根据水土流失的特点和项目施工布局,本项目建设涉及工程建设区和保护区两部分,工程建设区进一步分光伏发电区(含光伏组件区、逆变升压室、施工吊装场地)、开关站(含建构筑物区、道路广场区、绿化区)、集电线路区(含电缆直埋区、桥架线路)、道路区(含进站道路、施工检修道路)、施工生产生活区五部分。

水土流失防治责任范围为 89.48hm²,包含整个项目建设区和直接影响区。水土保持方案设计防治责任范围面积详见表 3-1。

表 3-1 方案确定的水土流失防治责任范围 单位: hm²

序号	项目			项目占地			直接影响区 (占用保护区面积)	合计
				永久占地	临时占地	小计		
1	光伏 发电区	光伏组件区			57.96	57.96	0.20	58.16
		逆变升压室			0.16	0.16		0.16
		施工吊装场地			0.98	0.98		0.98
		小计			59.10	59.10	0.20	59.30
	开关站	构建筑物区		0.09		0.09		0.09
		道路广场区		0.25		0.25		0.25
		绿化区		0.01		0.01		0.01
		小计		0.35	0.00	0.35	0.00	0.35
	集电 线路区	电缆直埋区			0.74	0.74	0.49	1.22
		桥架线路			0.18	0.18	0.12	0.31
		小计			0.92	0.92	0.61	1.53
	道路区	进站道路			0.49	0.49	0.07	0.56
		施工检修道路			3.00	3.00	1.20	4.20
		小计			3.49	3.49	1.27	4.76
		施工生产生活区				0.70	0.70	0.06
2	保护区				24.93	24.93	0.00	22.79
	合计			0.35	89.13	89.48	2.14	89.48

3.1.1.2 建设期防治责任范围

根据建设单位提供的资料,结合项目现场调查,本工程建设期实际发生的水

土流失防治责任范围面积为 89.48hm²。建设期水土流失防治责任范围统计见表 3-2。

表 3-2 建设期水土流失防治责任范围 单位: hm²

序号	项目			项目占地			直接影响区 (占用保护区面积)	合计
				永久占地	临时占地	小计		
1	光伏 发电区	光伏组件区			57.96	57.96	0.20	58.16
		逆变升压室			0.16	0.16		0.16
		施工吊装场地			0.98	0.98		0.98
		小计			59.10	59.10	0.20	59.30
	开关站	构建筑物区		0.09		0.09		0.09
		道路广场区		0.25		0.25		0.25
		绿化区		0.01		0.01		0.01
		小计		0.35	0.00	0.35	0.00	0.35
	集电 线路区	电缆直埋区			0.74	0.74	0.49	1.22
		桥架线路			0.18	0.18	0.12	0.31
		小计			0.92	0.92	0.61	1.53
	道路区	进站道路			0.49	0.49	0.07	0.56
		施工检修道路			3.00	3.00	1.20	4.20
		小计			3.49	3.49	1.27	4.76
		施工生产生活区				0.70	0.70	0.06
2	保护区				24.93	24.93	0.00	22.79
	合计			0.35	89.13	89.48	2.14	89.48

3.1.1.3 防治责任范围变化分析

与水土保持方案阶段相比,在项目实施过程中,建设单位加强施工管理,采取了较好的防护措施,并严格在批复范围内建设,本工程建设期实际发生的水土流失防治责任范围未产生变化。

3.1.2 建设期扰动土地面积

本项目扰动土地总面积为 37.45hm²,其中,光伏发电区 30.06hm²、开关站 0.35hm²、集电线路区 1.53hm²、道路区 4.76hm²、施工生产生活区 0.76hm²,工程在施工建设期间将对其占地范围内的地表造成不同程度的扰动。

3.2 取土(石、料)监测结果

本工程施工过程中土石方平衡合理,无需外购土方,无弃方,与方案设计中一致,工程建设中未产生取土场、取料场。

3.3 弃土（石、渣）监测结果

工程建设过程中不产生永久弃土场、弃渣场。

3.4 土石方流向情况监测结果

本项目施工建设过程中共动用土石方总量 5.80 万 m³，其中土石方开挖 2.90 万 m³，土石方回填 2.90 万 m³，无借方和弃方。项目土方平衡见表 3-3。

表 3-3 土石方平衡表 单位：m³

序号	项目		总量	挖方量	填方量	调入		调出	
						数量	来源	数量	去向
1	光伏 发电区	光伏组件区	0.40	0.16	0.24	0.08	逆变 升压室		
		逆变升压室	0.16	0.12	0.04			0.08	光伏 组件区
		小计	0.56	0.28	0.28	0.08		0.08	
2	开 关 站	构建筑物区	0.23	0.12	0.11			0.01	绿化区
		道路广场区	0.32	0.16	0.16				
		绿化区	0.01	0.00	0.01	0.01	构建筑 物区		
		小计	0.56	0.28	0.28	0.01		0.01	
3	集电线路区	电缆直埋区	2.80	1.40	1.40				
		桥架线路	0.10	0.05	0.05				
		小计	2.90	1.45	1.45				
4	道路区	进站道路	0.10	0.05	0.05				
		施工检修道路	1.26	0.63	0.63				
		小计	1.36	0.68	0.68				
5	施工生产生活区		0.42	0.21	0.21				
合计			5.80	2.90	2.90	0.09		0.09	

同方案设计比较，实际动用土石方总量减少 0.1m³，在于进站道路的土石方量减少。道路区采取高挖低填的方式，动土方部位主要为原有道路的扩建部分与道路新建区域。根据进站道路施工的实际情况，开挖及回填量较方案相比减少 0.05 万 m³，进站道路挖方量与填方量分别为 0.05 万 m³，挖填平衡，其中，剥存表土用于路边绿化覆土，挖方量与填方量分别为 0.04 万 m³，挖填平衡。

4 水土流失防治措施监测结果

4.1 工程措施监测结果

4.1.1 工程措施的设计情况

光伏发电区及开关站、电缆沟施工、道路区、施工生产生活区在施工前进行表土清理,保护表土资源;施工结束后将表土均匀回铺于扰动的需恢复植被的地表;光伏阵列敷设排水管、修建蓄水池,光伏阵列施工过程中占用原道路区域进行土地平整。道路旁修建排水沟、护坡,施工检修道路跨越沟道处修建过水管涵。

4.1.2 工程措施实施及监测结果

1、光伏组件区

(1) 表土剥存

①工程位置: 逆变升压室。

②工程内容: 施工前对所占地进行表土剥离,剥离厚度为 0.30m,共剥离量为 480m³。将逆变升压室剥存的表土均匀回铺于光伏组件区。

③完成的工程量: 剥离面积 0.16hm²。

(2) 蓄水池开挖与砌筑

①工程位置: 光伏区内。

②工程内容: 对光伏区修建 2 座蓄水池,规格分别为 5*3*2、6*4*1.5。

③完成的工程量: 蓄水池 2 座。

(3) 场地平整

①工程位置: 施工扰动处。

②工程内容: 施工结束后对光伏组件区占用原有道路地表和光伏支架下因基础施工造成的扰动地表进行土地平整,土地平整面积约 8.60hm²。

③完成的工程量: 土地平整面积 8.60hm²。

2、开关站

(1) 表土剥存

①工程位置: 构建筑物区。

②工程内容: 施工前对施工区进行表土剥离,剥离厚度 0.30m 左右,剥离面积约 0.09hm²,共剥离量为 19m³,将剥离的表土均匀回铺于绿化区。

③完成的工程量：剥离面积 0.09hm^2 。

(2) 混凝土护坡

①工程位置：局部陡坡段。

②工程内容：站外局部陡坡段由于开挖易造成滑落，需要对站外陡坡部位增加护坡措施，在该区段采用混凝土护坡方式，长度约 100m。

③完成的工程量：护坡长度 100m。



图 4-1 混凝土护坡

(3) 混凝土排水沟

①工程位置：道路广场区。

②工程内容：混凝土排水沟为矩形断面，排水沟厚度 0.30m，底宽 0.30m，沟深 0.30m，排水沟长度约 700m。

③完成的工程量：排水沟长度约 700m。

(4) 覆土平整

①工程位置：绿化区。

②工程内容：将构建筑物区剥存的表土均匀回铺于绿化区，回铺地表要保持平整，回填表土面积 0.01hm^2 ，回填量为 19m^3 。

③完成的工程量：回填面积 0.01hm^2 。

3、集电线路区

(1) 表土剥离

①工程位置：电缆直埋区。

②工程内容：施工前对所占地进行表土剥离，剥离厚度为 0.30m，共剥离

量为 0.22 万 m³，堆放于沟渠一侧，以备施工完毕后用于绿化覆土。

③完成的工程量：剥离面积 0.74hm²。

(2) 覆土平整

①工程位置：电缆直埋区。

②工程内容：施工结束后进行场地平整，平整面积 0.74hm²，平整土方量 0.22 万 m³。

③完成的工程量：平整面积 0.74hm²。

4、道路区

(1) 表土剥存

①工程位置：道路拓宽区域、新建道路区。

②工程内容：表土剥存采用推土机结合人工进行施工作业，清理厚度为 30cm，根据当地地形和土层适当调整厚度，连同表土及地表植被一起进行剥离，剥离的表土放置在道路两侧不影响施工的区域。剥离面积约 1.74hm²。

③完成的工程量：剥离面积约 1.74hm²。

(2) 覆土平整

①工程位置：道路拓宽区域、新建道路区。

②工程内容：施工结束后，土石方完成平整，将剥存的表土回铺于道路路侧绿化及坡面部分。表土回铺采用人工进行施工作业，回铺土层约 30cm，回铺地表要保持平整，覆土面积 1.74hm²。

③完成的工程量：平整面积 1.74hm²。

(3) 混凝土排水沟

①工程位置：道路旁。

②工程内容：结合地形及施工条件，在雨水排顺不畅处修建混凝土排水沟，以减小雨水对道路的冲刷，排水沟长度约 800m。

③完成的工程量：排水沟长度约 800m。

(4) 干砌石护坡

①工程位置：局部陡坡段。

②工程内容：进站道路局部陡坡段由于开挖易造成滑落，需要对道路陡坡部位增加护坡措施，该区段采用干砌石护坡方式，长度约 300m。

③完成的工程量：护坡长度约 300m。

(5) 过水管涵

①工程位置：道路跨沟道处。

②工程内容：在施工检修道路穿越沟道处修建管涵疏导坡面汇水，施工顺序为：人工挖坑→了解持力层软弱区域→土方开挖→砂卵石换填、夯实（依现场情况确定）→垫层施工→管道安装→土方回填。共修建管涵 2 道，总长度约 20m。

③完成的工程量：过水管涵长度约 20m。

5、施工生产生活区

(1) 表土剥存

①工程位置：场地内。

②工程内容：施工生产生活区开建前进行部分的表土剥离，剥离面积 0.70hm²，采用机械结合人工施工作业，清理厚度 0.30m，连同表土及地表植被一起进行剥离，清理表土量 0.21 万 m³。

③完成的工程量：剥离面积约 0.70hm²。

(2) 覆土平整

①工程位置：场地内。

②工程内容：表土回铺采用机械施工作业，将集中堆放的表土均匀回铺于原地表，回铺地表要保持平整，厚度 0.30m，土地平整量 0.21 万 m³。

③完成的工程量：平整面积约 0.70hm²。

本工程实际完成水土保持工程措施情况详见表 4-1。本工程水土保持工程措施完成情况对比详见表 4-2。

表 4-1 实际完成水土保持工程措施情况表

防治分区	水保措施	单位	实际完成
光伏发电区	表土剥存	hm ²	0.16
	蓄水池开挖与砌筑	座	2
	场地平整	hm ²	8.60
开关站	表土剥存	hm ²	0.09
	混凝土护坡	m	100
	混凝土排水沟	m	700
	覆土平整	hm ²	0.01
集电线路区	表土剥存	hm ²	0.74
	覆土平整	hm ²	0.74
道路区	表土剥存	hm ²	1.74

	覆土平整	hm ²	1.74
	混凝土排水沟	m	800
	干砌石护坡	m	300
	过水管涵	m	20
施工生产生活区	表土剥存	hm ²	0.70
	覆土平整	hm ²	0.70

表 4-2 水土保持工程措施完成情况对比

防治分区	水保措施	单位	方案设计	实际完成	增减 (实际-设计)
光伏发电区	排水管敷设	m	2500	0	-2500
	蓄水池	座	1	2	1
	场地平整	hm ²	8.6	8.6	0
	表土剥存	hm ²	0.16	0.16	0
开关站	浆砌石护坡	m	50	0	-50
	浆砌石排水沟	m	700	0	-700
	覆土平整	hm ²	0.01	0.01	0
	表土剥存	hm ²	0.09	0.09	0
	混凝土护坡	m	0	100	100
	混凝土排水沟	m	0	700	700
集电线路区	表土剥存	hm ²	0.74	0.74	0
	覆土平整	hm ²	0.74	0.74	0
道路区	表土剥存	hm ²	1.74	1.74	0
	覆土平整	hm ²	1.74	1.74	0
	浆砌石排水沟	m	2200	0	-2200
	浆砌石护坡	m	900	0	-900
	过水管涵	m	300	20	-180
	混凝土排水沟	m	0	800	800
	干砌石护坡	m	0	300	300
施工生产生活区	表土剥存	hm ²	0.70	0.70	0
	覆土平整	hm ²	0.70	0.70	0

从表 4-2 可以看出,和方案设计情况相比较,本工程基本完成了水土保持方案设计的各项措施,主要差异为:

(1) 光伏发电区的排水管敷设工程,由于施工实际情况及光伏发电区地势条件无需铺设大面积的排水管,雨水可随地势向下自然排泄汇入道路区的排水沟,同时蓄水池较方案相比增加 1 座,蓄集雨水用于消防及后期光伏板清洗工作。

(2) 开关站及道路区的浆砌石措施工程由于施工条件,大量浆砌石无法运入施工区域,在保证水土保持的条件下采用混凝土排水沟、混凝土护坡和干砌石护坡,同时根据项目区实际地形条件护坡及排水沟长度均略有减小。过水管涵穿越道路区修建了两道,道路路面宽约 10m,总长度约 20m。

4.2 植物措施监测结果

4.2.1 植物措施的设计情况

光伏阵列施工区局部场地平整部位、施工吊装扰动区、开关站内绿化区域、集电线路区开挖回填区、道路区路侧、施工生产生活区、保护区施工结束后均种草恢复植被。

4.2.2 植物措施实施及监测结果

1、光伏发电区

(1) 种草

①工程位置：光伏组件区、吊装场地。

②工程内容：对光伏架设过程中占用原有道路部位，以及基础施工扰动造成的裸露地表进行撒播种草，恢复植被面积约 9.58hm²。

③完成的工程量：植被恢复面积约 9.58hm²。

2、开关站

(1) 园林绿化

①工程位置：绿化区。

②工程内容：在开关站绿化区域栽植灌木和铺设草皮相结合，绿化美化环境，面积 0.01hm²。

③完成的工程量：园林绿化面积约 0.01hm²。

(2) 种草

①工程位置：电缆直埋区、施工扰动区域。

②工程内容：电缆沟覆土平整后，撒播草籽，恢复植被，种草面积 0.74hm²。施工结束后，对桥架基础施工扰动处进行种草绿化恢复植被，种草面积 0.16hm²。

③完成的工程量：植被恢复面积约 0.90hm²。

3、道路区

(1) 种植灌木

①工程位置：进站道路两侧、施工检修道路一侧。

②工程内容：对施工扰动造成的裸露地表种植灌木绿化，恢复植被面积约 0.65hm²。

③完成的工程量：植被恢复面积约 0.65hm²。

4、施工生产生活区

(1) 种草

①工程位置：场地内。

②工程内容：施工生产生活区表土回铺后种草，采用撒播草籽的方式进行种植。面积约 0.70hm²。

③完成的工程量：植被恢复面积约 0.70hm²。

5、保护区

(1) 种草

①工程位置：沟道底部。

②工程内容：种植于保护区沟道底部，采用撒播草籽的方式进行种植，面积 2.3hm²。

③完成的工程量：植被恢复面积约 2.3hm²。

本工程实际完成水土保持植物措施情况详见表 4-3。本工程水土保持植物措施完成情况对比详见表 4-4。

表 4-3 实际完成水土保持植物措施情况表

防治分区		水保措施	单位	实际完成
工程建设区	光伏发电区	种草	hm ²	9.58
	开关站	园林绿化	hm ²	0.01
		种草	hm ²	0.74
	道路区	种植灌木	hm ²	0.65
	施工生产生活区	种草	hm ²	0.7
保护区		种草	hm ²	2.3

表 4-4 水土保持植物措施完成情况对比

分区		水保措施	单位	方案设计	实际完成	增减 (实际-设计)
工程建设区	光伏发电区	种草	hm ²	9.58	9.58	0
	开关站	园林绿化	hm ²	0.02	0.01	-0.01
	集电线路区	种草	hm ²	0.90	0.90	0
	道路区	种植灌木	hm ²	0.67	0.65	-0.02
	施工生产生活区	种草	hm ²	0.70	0.70	0
保护区		种草	hm ²	2.3	2.3	0

从表 4-4 可以看出，和方案设计情况相比较，本工程基本完成了水土保持方

案设计的各项植物措施,引起措施工程量变化的原因是虽然施工扰动破坏了原地貌植被,但仍有部分原有植被未被破坏,生长良好,在道路区的植被恢复中面积相应减小了 0.02hm²,同时后期进行植被抚育管理即可。开关站的园林绿化面积根据实际情况较少了 0.01hm²,减少部分面积改造为停车场及员工活动区域。

4.3 临时防治措施监测结果

4.3.1 临时措施的设计情况

工程建设期主要受大风与降雨影响,大风天气与降雨天气对临时堆土堆料进行拦挡与遮盖。工程施工时序和施工安排要合理。主体工程施工前要特别重视表土收集和利用。基础开挖及场地平整时尽量避开大风天气施工;施工道路以及临时堆放的土石料和运输土石料的车辆要遮盖防尘,施工场地内要定期洒水,临时堆放的土石料和运输车辆应遮盖。

4.3.2 临时措施实施及监测结果

1、道路区

(1) 草袋装土拦挡

①工程位置:表土堆放区域。

②工程内容:对临时堆土进行草袋拦挡,拦挡长度约 550m。

③完成的工程量:拦挡长度约 550m。

(2) 防尘网苫盖

①工程位置:表土堆放区域。

②工程内容:减少开挖土方在大风天产生扬尘,对临时堆土采用密目网进行遮盖,临时遮盖面积约 1000m²。

③完成的工程量:遮盖面积约 1000m²。

2、施工生产生活区

(1) 草袋装土拦挡

①工程位置:表土堆放区域。

②工程内容:对临时堆土进行草袋拦挡,拦挡长度约 180m。

③完成的工程量:拦挡长度约 180m。

(2) 防尘网苫盖

①工程位置：表土堆放区域。

②工程内容：减少开挖土方在大风天产生扬尘，对临时堆土采用密目网进行遮盖，临时遮盖面积约 400m²。

③完成的工程量：遮盖面积约 400m²。

实际完成水土保持临时措施情况详见表 4-5。水土保持措施工程量完成对比详见表 4-6。

表 4-5 实际完成水土保持临时措施情况表

防治分区	水保措施	单位	实际完成
道路区	草袋装土拦挡	m	550
	防尘网苫盖	m ²	1000
施工生产生活区	草袋装土拦挡	m	180
	防尘网苫盖	m ²	400

表 4-6 水土保持临时措施工程量完成情况对比

分区	水保措施	单位	方案设计	实际完成	增减 (实际-设计)
道路区	草袋装土拦挡	m	550	550	0
	防尘网苫盖	m ²	1000	1000	0
施工生产生活区	草袋装土拦挡	m	182	180	-2
	防尘网苫盖	m ²	400	400	0

从表 4-6 可以看出，和方案设计情况相比较，本工程基本完成了水土保持方案设计的各项措施，各分区措施工程量未发生较大变化，只有施工生产生活区临时拦挡措施减少了 2m，在项目实际施工过程中，部分区域靠施工生产生活区已有建筑墙体进行堆放，相应草袋使用有所减少。

4.4 水土保持措施防治效果

河北曲阳 30 兆瓦光伏发电项目完成的水土保持措施经过核实如下表。

表 4-7 水土保持措施监测表

序号	分区	防治措施监测结果		单位	方案设计	实际完成
1	光伏发电区	工程措施	排水管敷设	m	2500	0
			蓄水池开挖与砌筑	座	1	2
			场地平整	hm ²	8.6	8.6
			表土剥存	hm ²	0.16	0.16
		植物措施	种草	hm ²	9.58	9.58
2	开关站	工程措施	浆砌石护坡	m	50	0
			浆砌石排水沟	m	700	0
			覆土平整	hm ²	0.01	0.01
			表土剥存	hm ²	0.09	0.09
			混凝土护坡	m	0	100

4 水土流失防治措施监测结果

			混凝土排水沟	m	0	700
		植物措施	园林绿化	hm ²	0.02	0.01
3	集电线路区	工程措施	表土剥存	hm ²	0.74	0.74
			覆土平整	hm ²	0.74	0.74
		植物措施	种草	hm ²	0.90	0.90
4	道路区	工程措施	表土剥存	hm ²	1.74	1.74
			覆土平整	hm ²	1.74	1.74
			浆砌石排水沟	m	2200	0
			浆砌石护坡	m	900	0
			过水管涵	m	300	20
			混凝土排水沟	m	0	800
			干砌石护坡	m	0	300
		植物措施	种植灌木	hm ²	0.67	0.65
		临时措施	草袋装土拦挡	m	550	550
防尘网苫盖	m ²		1000	1000		
5	施工生产生活区	工程措施	表土剥存	hm ²	0.70	0.70
			覆土平整	hm ²	0.70	0.70
		植物措施	种草	hm ²	0.70	0.70
		临时措施	草袋装土拦挡	m	182	180
			防尘网苫盖	m ²	400	400
6	保护区	植物措施	种草	hm ²	2.3	2.3

根据对水土流失防治措施监测结果来看,各项措施都进行了布设,并进行了合理的调整,对水土流失防治区内的水土流失进行了全面、系统的整治,完成了水土保持方案所规定的各项防治任务,工程的各类开挖面、临时堆土、施工场地等得到了及时的整治。施工过程的水土流失得到了有效控制。各项工程措施运行良好,工程、植物措施结合实施,人为水土流失基本上得到了控制。总体来说,由于水土保持措施的落实,水土保持效果明显,达到了水土保持方案要求。

5 土壤流失情况监测

5.1 水土流失面积

通过查阅档案资料，按照主体工程的施工进度，施工土建期为 11 个月，即 2016 年 4 月至 2017 年 3 月；自然恢复期约 2 年，即 2017 年 4 月至 2019 年 4 月。由于水土保持监测时期为工程施工建设期开始至方案设计水平年末，即 2016 年~2017 年，自然恢复期数据根据 2017 年 4 月数据估算。

施工期（2016 年 4 月~2017 年 3 月）是本工程水土流失最为严重的时期，施工期的扰动主要包括支架基础施工、路基填筑等人为扰动。施工期的水土流失面积最大，基本为工程建设区扰动面积。

自然恢复期（2017 年 4 月~2019 年 4 月）主体工程基本完工，采取地面硬化、土地整治及地表植被恢复等措施，植物长势良好，工程各分区的水土流失得到有效控制。此时水土流失面积除去建（构）筑物、地面硬化和水域面积，本阶段水土流失面积约为 36.96hm²。

根据对各监测分区调查和各单位工程验收资料统计，本项目建设期水土流失面积 37.46hm²，完工后水土流失面积 36.96hm²。

表 5-1 水土流失面积 单位：hm²

项目分区		施工期	自然恢复期
工程建设区	光伏发电区	30.06	29.90
	开关站	0.35	0.01
	集电线路区	1.53	1.53
	道路区	4.76	4.76
	施工生产生活区	0.76	0.76
保护区		0	0
合计		37.46	89.15

5.2 土壤流失量

5.2.1 工程建设期土壤流失量分析

2017 年 10 月，受曲阳晶投新能源科技有限公司委托，河北隆源水务技术咨询有限公司承担了本工程的水土保持监测工作。接受水土保持监测任务后，根据水土保持方案报告书，结合工程实际情况，布设监测点，由于监测工作开始时本工程主体施工基本完成，工程建设期土壤流失量通过查阅相关资料估算获得，计算表如表 5-2 所示。施工期项目区共产生水土流失侵蚀量 465.31t，其中原地貌

土壤侵蚀量 182.24t, 新增土壤流失量 283.07t。

表 5-2 工程建设期水土流失量计算表

监测分区		侵蚀面积 (hm ²)	原地貌侵蚀模数 (t/km ² ·a)	施工期		原地貌侵蚀量 (t)	扰动侵蚀量 (t)	新增水土流失量 (t)	
				平均侵蚀模数 (t/km ² ·a)	时间 (年)				
工程 建设 区	光伏 发电 区	光伏组件区	28.92	400	1000	1.25	144.60	361.50	216.90
		逆变升压室	0.16	400	1100	1.25	0.80	2.20	1.40
		施工吊装场地	0.98	400	900	1.25	4.88	10.97	6.09
		小计	30.06				150.28	374.67	224.40
	开关 站	构建筑物区	0.09	400	1400	0.5	0.18	0.63	0.45
		道路广场区	0.25	400	1200	0.5	0.51	1.52	1.02
		绿化区	0.01	400	800	0.5	0.01	0.03	0.01
		小计	0.35				0.70	2.18	1.48
	集电 线路 区	电缆直埋区	1.22	400	1000	1.25	6.10	15.25	9.15
		桥架线路	0.31	400	800	1.25	1.53	3.05	1.53
		小计	1.53				7.63	18.30	10.68
	道路 区	进站道路	0.56	400	1200	0.5	1.12	3.36	2.24
		施工检修道路	4.20	400	1200	1.25	21.00	63.00	42.00
		小计	4.76				22.12	66.36	44.24
	施工生产生活区		0.76	400	1000	0.5	1.52	3.80	2.28
	保护区		0.00	400	400	1.25	0.00	0.00	0.00
合计		36.70				182.24	465.31	283.07	

5.2.2 自然恢复期土壤流失量分析

整个工程建设期间, 虽然对项目区进行了大面积地表扰动, 损坏了原地貌, 占压了土地, 增加了水土流失。但随着水土保持工作的逐步落实, 绿化和土地平整等措施基本实现, 水土流失危害得到有效控制。监测结果显示, 各项工程防治措施运行良好, 植物措施生长良好, 人为水土流失基本得到控制, 参照同类型地

区类似工程恢复期情况,估算第一年自然恢复期项目水土保持措施逐步实施完毕后初步发挥效益时的平均土壤侵蚀模数为 600 ($t/km^2 \cdot a$), 土壤流失量为 226.13t, 第二年自然恢复期平均土壤侵蚀模数为 400 ($t/km^2 \cdot a$), 土壤流失量为 148.76t。

表 5-3 自然恢复期（第一年）水土流失计算表

分区			扰动面积 (hm^2)	自然恢复期		水土流失量 (t)	
				平均侵蚀模数 ($t/km^2 \cdot a$)	时间 (年)		
工程建 设区	光伏发电区	光伏组件区	28.92	600	1	173.52	
		施工吊装场地	0.98	600	1	5.85	
		小计				179.37	
	开关站	绿化区	0.01	500	1	0.03	
	集电线路区	电缆直埋区	1.22	600	1	7.32	
		桥架区	0.31	500	1	1.53	
		小计				8.85	
	道路区	进站道路	0.56	700	1	3.92	
		施工检修道路	4.20	700	1	29.40	
		小计				33.32	
	施工生产生活区		0.76	600	1	4.56	
	合计						226.13

表 5-4 自然恢复期（第二年）水土流失计算表

分区			扰动面积 (hm^2)	自然恢复期		水土流失量 (t)	
				平均侵蚀模数 ($t/km^2 \cdot a$)	时间 (年)		
工程建 设区	光伏发电区	光伏组件区	28.92	400	1	115.68	
		施工吊装场地	0.98	500	1	4.88	
		小计				120.56	
	开关站	绿化区	0.01	400	1	0.03	
	集电线路区	电缆直埋区	1.22	400	1	4.88	
		桥架区	0.31	400	1	1.22	
		小计				6.10	
	道路区	进站道路	0.56	400	1	2.24	
		施工检修道路	4.20	400	1	16.80	
		小计				19.04	
	施工生产生活区		0.76	400	1	3.04	
	合计						148.76

5.3 取土（石、料）弃土（石、渣）潜在土壤流失量

本工程无永久弃方,开挖土方全部用于自身回填,不涉及弃土弃渣场,故实际不存在弃土潜在土壤流失量情况。

5.4 水土流失危害

工程自 2016 年 4 月开工，2017 年 3 月完工，建设总工期 11 个月。工程在
施工过程中未发生水土流失危害事故。

6 水土流失防治效果监测结果

6.1 扰动土地整治率

扰动土地整治率指已整治的扰动地表面积与扰动地表总面积的比值。建设期实际扰动地表面积为 37.45hm²，扰动区域通过主体建筑、路面硬化及排水、土地平整、撒播种草等水土保持措施基本都得到了治理，治理措施面积与永久建筑物面积 36.47hm²。扰动土地整治率 = (水土保持措施面积+永久建筑物占地面积) /建设期扰动地表面积 = 95.89%，达到了防治目标。

表 6-1 扰动土地整治率

分区		扰动地 表面积 (hm ²)	扰动地表治理面积 (hm ²)				扰动土地 整治率 (%)
			水保措施面积		建构筑物 (含道路)	小计	
			工程措施	植物措施			
工程 建设区	光伏发电区	30.06	19.80	9.58	0.16	29.54	98.27
	开关站	0.35	0.17	0.01	0.17	0.35	98.93
	集电线路区	1.53	0.70	0.74	0.00	1.43	93.90
	道路区	4.76	0.30	0.10	3.49	3.89	93.70
	施工生产生活区	0.76	0.00	0.70	0.00	0.70	92.11
保护区		—	—	—	—	—	—
综合指标		37.45	21.27	11.38	3.82	35.91	95.89

6.2 水土流失总治理度

随着施工的开展，本工程建设期扰动土地面积不断扩大，水土流失面积不断增加，其中工程扰动造成的水土流失面积为 32.36hm²。在施工过程中按照施工组织设计，对开挖破坏面采取了防护措施，扰动地表施工完毕后进行土地整治并恢复植被，水土流失面积逐渐减少。现状水土保持措施防治面积为 31.50hm²，测算水土流失总治理度为 97.34%，可达到《开发建设项目水土流失防治标准》一级防治标准的要求。

表 6-2 水土流失总治理度

分区	水土流失面积 (hm ²) -建构筑物 (含道路)			水保措施面积 (hm ²)			水土流失 总治理度 (%)
	工程占地	建构筑物	小计	工程措施	植物措施	小计	
光伏发电区	30.06	0.16	29.90	19.80	9.58	29.38	98.26
开关站	0.35	0.17	0.18	0.17	0.01	0.18	97.92
集电线路区	0.92	0.00	0.92	0.10	0.74	0.83	90.93
道路区	3.49	2.82	0.67	0.30	0.10	0.40	59.70
施工生产生活区	0.70	0.00	0.70	0.00	0.70	0.70	100.00

分区	水土流失面积 (hm ²) -建筑物 (含道路)			水保措施面积 (hm ²)			水土流失 总治理度 (%)
	工程占地	建筑物	小计	工程措施	植物措施	小计	
综合指标	35.51	3.15	32.36	20.37	11.13	31.50	97.34

6.3 拦渣率与弃渣利用情况

工程施工期间由于采取了临时拦挡及临时遮盖等措施，能够有效地防治堆土、堆料产生的水土流失，拦渣率能达到 95% 以上。

6.4 土壤流失控制比

本项目所在地容许土壤流失量为 200t/(km²·a)，原地貌侵蚀模数 400t/(km²·a)，方案设计水平年末土壤侵蚀模数可达到 200t/(km²·a)，土壤流失控制比为 1.0。

6.5 林草植被恢复率

根据现场调查，项目区林草植被面积 20.54hm²，可恢复林草植被面积 21.11hm²，林草植被恢复率为 97.30%，达到防治目标。

6.6 林草覆盖率

根据现场调查，林草植被面积共计 20.54hm²，项目区占地 35.51hm²，林草覆盖率达到 57.84%，达到防治目标。水土保持效益表见表 6-4。

表 6-3 林草植被恢复率及林草覆盖率结果分析表

序号	工程分区	林草植被恢复率 (%)			林草覆盖率 (%)			备注
		绿化面积	可绿化面积	计算结果	绿化面积	工程占地	计算结果	
一	光伏发电区	19.00	19.50	97.44	19.00	30.06	63.22	自然恢复面积不计算林草覆盖率
二	开关站	0.01	0.01	100	0.01	0.35	2.86	
三	集电线路区	0.73	0.75	97.60	0.73	0.92	80	
四	道路区	0.10	0.15	66.67	0.1	3.49	2.87	
五	施工生产生活区	0.70	0.70	100	0.70	0.70	100	
综合指标		20.54	21.11	97.30	20.54	35.51	57.84	

表 6-4 水土流失防治效果监测表

评估指标		计算依据	单位	数量	实际值	实际结果
名称	目标值					
扰动土地整治率	95%	扰动土地整治面积	hm ²	36.47	95.89%	达标
		建设区扰动地表面积	hm ²	37.54		
水土流失总治理度	95%	水土保持措施面积	hm ²	31.50	97.34%	达标
		建设区水土流失总面积	hm ²	32.36		
土壤流失控制比	1.0	项目区容许土壤流失量	t/km ² ·a	200	1.0	达标
		方案实施后土壤侵蚀控制水平	t/km ² ·a	200		
拦渣率	95%	实际拦渣量	万 m ³	—	100%	达标
		总弃渣量	万 m ³	—		
林草植被恢复率	97%	林草植被面积	hm ²	20.54	97.30%	达标
		可恢复林草植被面积	hm ²	21.11		
林草覆盖率	25%	林草植被面积	hm ²	20.54	57.84%	达标
		项目建设区总面积	hm ²	35.51		

7 结论

7.1 水土流失动态变化

通过计算，河北曲阳 30 兆瓦光伏发电项目六项指标如下：扰动土地整治率为 95.89%，水土流失总治理度为 97.34%，土壤流失控制比为 1.0，拦渣率大于 95%，林草植被恢复率 97.30%，林草覆盖率为 57.84%。计算表详见表 7-1，具体达标情况详见表 7-2。

表 7-1 水土流失防治六项指标计算表

评估指标		计算依据	单位	数量	达到值
名称	目标值				
扰动土地整治率	95%	扰动土地整治面积	hm ²	36.47	95.89%
		建设区扰动地表面积	hm ²	37.54	
水土流失总治理度	95%	水土保持措施面积	hm ²	31.50	97.34%
		建设区水土流失总面积	hm ²	32.36	
土壤流失控制比	1.0	项目区容许土壤流失量	t/km ² ·a	200	1.0
		方案实施后土壤侵蚀控制水平	t/km ² ·a	200	
拦渣率	95%	实际拦渣量	万 m ³	—	100%
		总弃渣量	万 m ³	—	
林草植被恢复率	97%	林草植被面积	hm ²	20.54	97.30%
		可恢复林草植被面积	hm ²	21.11	
林草覆盖率	25%	林草植被面积	hm ²	20.54	57.84%
		项目建设区总面积	hm ²	35.51	

表 7-2 水土流失防治六项指标达标情况表

水土流失防治目标	扰动土地整治率	水土流失总治理度	土壤流失控制比	拦渣率	林草植被恢复率	林采覆盖率
方案值	95%	95%	1.0	95%	97%	25%
实际值	95.89%	97.34%	1.0	>95%	97.30%	57.84%
是否达标	是	是	是	是	是	是

7.2 水土保持措施评价

工程建设期间，对项目建设区的进行了大面积地表扰动，损坏了原地貌，占压了土地，增加了水土流失。随着水土保持工程的逐步落实，水土流失危害得到有效控制，工程主体进入自然恢复期后各项措施水土保持效果逐渐发挥，监测结果显示，建设单位对水土流失防治区内的水土流失进行了全面、系统的整治，基本完成了水土保持方案所规定的各项防治任务，工程的各类开挖面、临时堆土、施工场地等得到了及时的整治，施工过程的水土流失得到了有效控制。各项工程防治措施实施后运行良好，林草植被恢复率达到 97% 以上，人为水土流失基本得

到控制，水土保持措施所产生的保土效果日益明显，项目区生态环境得到了明显改善，总体上发挥了较好的保持水土、改善生态环境的作用。

通过对比分析本工程水土流失防治目标均已达到水土保持方案确定的水土流失防治目标。

7.3 存在问题及建议

(1) 问题

部分植物措施由于栽种后抚育管理不到位，造成部分植被死亡或生长状况较差。

(2) 建议

加强植物措施的后期养护工作，对于死亡的植被进行及时补种，生长状况较差的植被加强抚育管理，以保证植物措施发挥最大效益，防止水土流失。

7.4 综合结论

项目建设中，能够按照水土保持法律法规的相关要求，履行生产建设项目水土保持职责，积极落实防治责任范围内的各项措施。施工过程中，能够执行工程建设管理程序，施工管理规定，并根据实际情况优化设计、调整施工方案，做到了尽量减少地表扰动和土方开挖量，尽可能减轻了水土流失危害。

监测结果表明，项目建设期间采用的水土保持措施合理可行，适宜于具体建设情况，工程布局合理，工程质量较好，运行情况良好，各项水土保持设施均能发挥其功能，有效控制了防治责任范围内的水土流失，达到了水土保持设计的要求。

8 附图及有关资料

8.1 附图

(1) 项目区地理位置图

