

水保监测（云）字第 0001 号

水保方案云字第 0024 号

云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站

（一期工程 20.5MW）

水土保持监测总结报告

建设单位：华能洱源风力发电有限公司

编制单位：昆明龙慧工程设计咨询有限公司

2019 年 5 月



生产建设项目水土保持监测单位水平评价证书

(正本)

单位名称：昆明龙慧工程设计咨询有限公司
 法定代表人：罗松
 单位等级：★★★★(4星)
 证书编号：水保监测(云)字第0001号
 有效期：自2018年10月01日至2021年09月30日

发证机构：中国水土保持学会
 发证时间：2018年09月30日



**本证书此次仅供云南省大理州
 洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站
 站项目中使用，再次复印无效！**



生产建设项目水土保持方案编制单位水平评价证书

(正本)

单位名称：昆明龙慧工程设计咨询有限公司
 法定代表人：罗松
 单位等级：★★★★★(5星)
 证书编号：水保方案(云)字第0024号
 有效期：自2018年10月01日至2021年09月30日

发证机构：中国水土保持学会
 发证时间：2018年09月30日



设计单位地址：昆明市二环西路625号云铜科技园工程技术中心B座二楼

设计单位邮编：650000

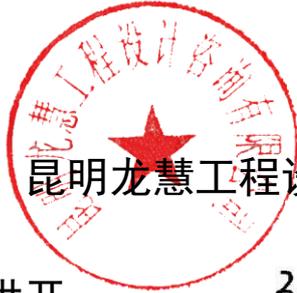
业务联系人：张洪开 13808730311

项目负责人：何建毅 15887825767

技术负责人：胡遵仁 15925180519

传真：0871—65392953

电子邮箱：lhsb02@163.com



监测单位：昆明龙慧工程设计咨询有限公司

批准：张洪开

张洪开

审查：刘富平

刘富平

校核：何建毅

何建毅

编写：胡遵仁

胡遵仁

参加工作人员：

保春刚

保春刚

王晶

王晶

粟定东

粟定东

目 录

前言.....	1
1 建设项目及水土保持工作概况.....	4
1.1 项目概况	4
1.2 项目区概况	18
1.3 水土保持工作情况	22
1.4 监测工作实施情况	23
2 监测内容与方法.....	27
2.1 监测内容	27
2.2 监测方法	30
3 重点对象水土流失动态监测.....	40
3.1 防治责任范围监测	40
3.2 建设期扰动土地面积	42
3.3 弃渣场监测结果	43
3.4 土石方流向情况监测结果	44
3.5 其他重点部位监测结果	47
4 水土流失防治措施监测结果.....	48
4.1 水土流失防治措施	48
4.2 措施质量评定	56
5 土壤流失情况监测.....	60
5.1 水土流失面积	60
5.2 土壤流失量	60
5.3 水土流失危害	70
6 水土流失防治效果.....	71
6.1 水土流失防治效果监测结果	71
6.2 扰动土地整治率	71
6.3 水土流失总治理度	72
6.4 拦渣率	72
6.5 土壤流失控制比	73
6.6 林草植被恢复率	73

6.7 林草覆盖率	73
6.8 运行期水土流失分析	73
7 结论及建议.....	75
7.1 水土保持措施评价	75
7.2 监测工作中的经验与问题	77

附件:

附件 1: 云南省能源局《云南省能源局关于同意洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站开展前期工作的通知》云能源水电〔2012〕265 号;

附件 2: 云南省能源局关于印发 2017 年光伏发电新增建设规模项目清单的通知, 云能源水电〔2017〕17 号;

附件 3: 云南省水利厅关于准予云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持方案的行政许可决定书, 云水保许〔2014〕14 号;

附件 4: 监测现场照片。

附图:

附图 1: 项目地理交通位置图;

附图 2: 洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站(一期工程 20.5MW)总平面布置图;

附图 3: 洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站(一期工程 20.5MW)水土流失防治责任范围图;

附图 4: 洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站(一期工程 20.5MW)水土保持措施竣工及监测点布置图。

前言

云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站场址位于云南省大理洱源县右所镇湾佛村西侧，距右所镇直线距离约 7km，地理坐标介于东经 100°08'05" ~ 100°08'33"、北纬 26°03'00" ~ 26°04'16" 之间。大龙潭风光互补并网光伏电站场址总体北高南低，东西向长约 0.93km，南北向长约 1.88km，高程在 2355m ~ 2455m 之间。省道 S221 从场址北侧通过，具体条件如下：昆明 ~ 大理，高速公路 G56 行驶约 326km；大理 ~ 邓川，省道 S221 行驶约 44km；邓川 ~ 进场道路接入点，省道 S221 行驶约 11km。场址交通十分便利。

大龙潭风光互补并网光伏电站设计建设规模 50MW，受云南省新能源开发政策影响，实际建设规模为 20.5MW。项目区年平均辐射总量 5996.4MJ/m²，年平均日照小时数 2071.4h，额定发电功率 20.5MWp，年平均发电量 26405.9MW.h。工程主要建设内容为：安装 1 个 0.5MW 的太阳电池方阵，20 个 1MW 的太阳电池方阵，装机包括 1MWp 的平顶支架方案、19MWp 的两列柱斜顶支架方案和 0.5MWp 的单支柱斜顶支架方案。工程实际占地面积 42.13hm²，包括光伏发电系统区 24.07hm²，升压站扩建区 0.11hm²，道路工程区 2.78hm²，弃渣场区 0.16hm²，施工场地区 0.73hm²，未扰动区域 14.28hm²。项目于 2014 年 10 月开工，2018 年 9 月完工，总工期 4 年。工程总投资 19500 万元，土建投资为 4200 万元（未决算）。

为贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》和工程建设项目的有关法律法规的规定，确保大龙潭风光互补并网光伏电站在建设过程中新增水土流失得到全面有效的治理，工程建设单位华能洱源风力发电有限公司于 2013 年 8 月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司对项目的水土保持方案报告书进行编制工作，编制单位于 2013 年 12 月完成《云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持方案可行性研究报告》（报批稿）的编制工作，2014 年 1 月 22 日云南省水利厅以“云水保许〔2014〕14 号”对本项目水保方案进行了批复，明确了本工程的水土流失防治重点、防治责任范围、防治分区、防治措施和水土保持投资。

根据《水土保持监测技术规程》和水利部令第 16 号《开发建设项目水土保持设施验收管理办法》有关规定，华能洱源风力发电有限公司于 2014 年 12 月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司开展工程的水土保持监测，接受委托之后，我公司即组织技术人员成立项目组到施工现场进行实地查勘、调查、收集有关数据，针对工程水土保持工作的不足和存在的问题，现场提出相应的整改建议。根据《水土保持监测技术规程》（SL277-2002）的技术要求编制了监测实施方案。水土保持监测时段为 2014 年 12 月-2018 年 12 月，监测时

段为 4 年（期间 2016 年 1 月至 2017 年 9 月为工程停工期）。先后共 12 次进入现场进行实地监测，分别是 2015 年 1 月、5 月、9 月、12 月；2016 年 3 月、10 月；2017 年 2 月、9 月、11 月；2018 年 4 月、8 月、12 月。采用调查监测法和定位观测法对本工程进行全面监测，共设置监测点 11 个，其中定位监测点 5 个，调查监测点 6 个。经过分析整理，于 2019 年 1 月编制完成了《云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站（一期工程 20.5MW）水土保持监测总结报告》（以下简称《监测报告》）。

通过外业监测调查复核，工程主体工程已施工结束，本项目建设过程中实际发生的水土流失防治责任范围面积为 42.13hm^2 ，全部为直接影响区面积，其中光伏发电系统区 24.07hm^2 （包括光伏板基础、光伏方阵空地、逆变器室及 35kV 箱式变和集电线路），升压站扩建区 0.11hm^2 ，道路工程区 2.78hm^2 （包括进场道路 1.12hm^2 及场内道路 1.66hm^2 ）；弃渣场区 0.16hm^2 ，施工场地区 0.73hm^2 。工程建设期间实际扰动地表面积为 27.85hm^2 。

工程实施的水土保持措施有：（1）工程措施：浆砌石挡渣墙 45m，浆砌石挡土墙 72m，浆砌石截排水沟 2590m，排水涵管 65.2m，跌水坎 16m，水窖及配套沉砂池 4 口，沉沙井 6 口，覆土 4100m^3 ，场地清理 0.89hm^2 ，复耕 1.57hm^2 ；（2）植物措施：植被恢复面积 12.73hm^2 。其中光伏发电系统区光伏方阵空地绿化 10.57hm^2 ；道路工程区道路两侧绿化 0.77hm^2 ，道路边坡植被恢复 0.52hm^2 ；弃渣场平台及边坡植被恢复 0.16hm^2 ；施工场地区植被恢复 0.71hm^2 ；（3）临时措施：临时排水沟 3100m，临时覆盖 6300m^2 ，沉砂池 2 口。

通过监测分析计算，项目区原生水土流失量为 329.78t/a ，施工期水土流失量为 413.29t/a ，植被恢复期水土流失量为 134.84t/a 。与原生水土流失量相比，水土流失量减少 194.95t/a ，各种措施的实施使这部分环境得到较大改善。

通过对项目区水土流失防治效果评价，水土保持措施实施后各项指标为：扰动土地整治率 99.17%，水土流失总治理度 98.42%，土壤流失控制比达到 1.03，拦渣率 98.0%，林草植被恢复率 98.91%，林草覆盖率 30.22%。各项指标均达到方案目标值，并达到 I 级防治标准。

目前，工程已初步完成水土保持设施的竣工结算，后期运行管理单位已明确，后续管护和运行资金有保证；各项水土保持设施具备运行条件，且能持续、安全、有效运转，符合交付使用要求，已具备水土保持设施竣工验收的条件。

云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站（一期工程 20.5MW）
水土保持监测特性表

主体工程主要技术指标										
项目名称		云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站（一期工程 20.5MW）								
建设规模	实际建设规模为 20.5MW, 年平均辐射总量 5996.4MJ/m ² , 年平均日照小时数 2071.4h, 额定发电功率 20.5MWP, 年平均发电量 26405.9MW.h		建设单位、联系人		华能洱源风力发电有限公司/杜华林					
			建设地点		大理洱源县右所镇					
			所属流域		澜沧江流域					
			工程总投资		19500万元					
			工程总工期		2014年10月—2018年9月, 共4年					
水土保持监测指标										
自然地理类型		构造剥蚀、溶蚀中高山地貌			防治标准		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		资料收集、实地调查、量测			2.防治责任范围监测		资料收集、实地调查、量测		
	3.水土保持措施情况监测		普查、抽样调查、资料收集、样地调查、巡查			4.防治措施效果监测		普查、抽样调查、资料收集、样地调查、巡查		
	5.水土流失危害监测		宏观调查及走访询问			水土流失背景值		1184.14t/km ² .a		
防治责任范围		42.13hm ²			容许土壤流失量		500t/km ² .a			
水土保持投资		332.53 万元			水土流失目标值		500t/km ² .a			
防治措施		（1）工程措施：浆砌石挡渣墙 45m, 浆砌石挡土墙 72m, 浆砌石截排水沟 2590m, 排水涵管 65.2m, 跌水坎 16m, 水窖及配套沉砂池 4 口, 沉沙井 6 口, 覆土 4100m ³ , 场地清理 0.89hm ² , 复耕 1.57hm ² ; （2）植物措施：植被恢复面积 12.73hm ² ; （3）临时措施：临时排水沟 3100m, 临时覆盖 6300m ² , 沉砂池 2 口。								
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%	99.17%	防治措施面积	14.30 hm ²	永久建筑物及硬化面积	13.32 hm ²	扰动土地总面积	27.85 hm ²
		水土流失总治理度	95%	98.42%	防治责任范围面积	42.13hm ²	水土流失总面积	27.85hm ²		
		土壤流失控制比	1	1.03	工程措施面积	1.57hm ²	容许土壤流失量	500t/km ² .a		
		林草覆盖率	25%	30.22%	植物措施面积	12.73hm ²	监测土壤流失情况	484.15t/km ² .a		
		林草植被恢复率	97%	98.91%	可恢复林草植被面积	12.87hm ²	林草类植被面积	12.73hm ²		
		拦渣率	95%	98%	实际拦挡弃渣量	0.47 万 m ³	总弃渣量	0.47 万 m ³		
	水土保持治理达标评价	本工程水土保持措施总体布局基本合理, 完成了工程设计和水土保持方案所要求的水土流失的防治任务, 水土保持设施工程质量总体合格, 水土流失得到有效控制, 整体上已具备水土保持功能, 能够满足国家对开发建设项目水土保持的要求。								
总体结论	工程措施保存基本完整, 植被长势良好, 达到验收条件。									
主要建议	加强后期的植被抚育管理工作, 避免因管理不当而影响植物措施的保存率。									

1 建设项目及水土保持工作概况

1.1 项目概况

1.1.1 地理位置及交通

云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站场址位于云南省大理洱源县右所镇湾佛村西侧，距右所镇直线距离约 7km，地理坐标介于东经 $100^{\circ}08'05'' \sim 100^{\circ}08'33''$ 、北纬 $26^{\circ}03'00'' \sim 26^{\circ}04'16''$ 之间。大龙潭风光互补并网光伏电站场址总体北高南低，东西向长约 0.93km，南北向长约 1.88km，高程在 2355m ~ 2455m 之间。

省道 S221 从场址北侧通过，具体条件如下：昆明 ~ 大理，高速公路 G56 行驶约 326km；大理 ~ 邓川，省道 S221 行驶约 44km；邓川 ~ 进场道路接入点，省道 S221 行驶约 11km。场址交通十分便利。项目区地理位置及交通状况详见附图 1。

1.1.2 项目建设规模及特性

大龙潭光伏电站实际建设规模为 20.5MW，项目区年平均辐射总量 $5996.4\text{MJ}/\text{m}^2$ ，年平均日照小时数 2071.4h，额定发电功率 20.5MWP，年平均发电量 26405.9MW.h。工程主要建设内容为：共安装 1 个 0.5MW 的太阳电池方阵，20 个 1MW 的太阳电池方阵，装机包括 1MWp 的平顶支架方案、19MWp 的两列柱斜顶支架方案和 0.5MWp 的单支柱斜顶支架方案。工程实际占地面积 42.13hm^2 ，包括光伏发电系统区 24.07hm^2 ，升压站扩建区 0.11hm^2 ，道路工程区 2.78hm^2 ，弃渣场区 0.16hm^2 ，施工场地区 0.73hm^2 ，未扰动区域 14.28hm^2 。

项目名称：云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站（一期工程 20.5MW）；

建设地点：云南大理洱源县右所镇湾佛村；

建设单位：华能洱源风力发电有限公司；

建设性质：新建建设类项目；

建设规模：装机容量 20.5MWp，方阵数 21 个；

工程等级：II 等；

工程任务：发电；

建设工期：2014 年 10 月-2018 年 9 月，总工期 4 年；

工程投资：工程总投资 19500 万元，土建投资为 4200 万元（未决算）。

表 1-1 工程特性表

一、项目基本情况			
项目名称	云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站（一期工程 20.5MW）		
建设地点	云南省大理洱源县右所镇湾佛村西侧		
建设单位	华能洱源风力发电有限公司		
建设规模	装机容量	方阵数	单机容量
	20.5MW	21	0.5/1.0MW
建设进度	2014 年 10 月-2018 年 9 月，总工期 4 年		
总投资	19500 万元	土建投资	4200 万元
二、项目基本组成			
项目组成	光伏发电系统区	光伏板基础	考虑到光伏发电占地面积大、山地地形条件复杂，在占地区域内地质条件变化较大，两列柱斜顶支架采用灌注桩基础及锚杆基础两种形式。平顶支架和单支柱斜顶支架采用钢筋混凝土独立基础。
		光伏方阵空地	本工程为光伏农业一体化并网发电项目，将农作物种植和光伏发电创新结合，更为合理地利用土地资源。
		逆变器室	本工程逆变器基础 21 个，初拟逆变器基础为箱型承重砖砌结构，顶部为逆变器预埋槽钢。
		集电线路区	项目电站 20.5MWp 光伏发电系统由 1 个 0.5MWp、20 个 1MWp 光伏发电分系统组成，由 35kV 电缆集电线路汇集电能后接入大龙潭风电场升压站。
	升压站扩建区	考虑到大龙潭风光互补并网光伏电站电能接入，本工程还需对大龙潭升压站进行改造扩建，大龙潭升压站西北侧需外扩 19m，扩建范围主要包括 35kV 配电室扩建、GIS 室扩建，新建 SVG 室和增加布置 1 台主变。	
	道路工程区	本工程道路工程主要包括进场道路和场内道路。进场道路由 1 条主线南北贯通，与省道 S221 相接，路面宽 3.5m，路基宽 4.5m，混凝土路面，道路长度约 0.89km；场内道路由 3 条支路贯通场区，路面宽 3.5m，路基宽 4.5m，道路总长度约 1.59km。	
	施工场地区	包括材料堆场、材料加工场、混凝土搅拌场地和施工生活区。	
弃渣场	实际启用 1 个弃渣场，占地面积为 0.16hm ² 。		
三、工程实际占地			
分区	占地面积 (hm ²)	占地类型	占地性质
光伏发电系统区	24.07	林地、草地、交通运输用地、其它土地	永久
升压站扩建区	0.11	草地	永久
道路工程区	2.78	林地、草地、交通运输用地	永久
施工场地区	0.73	草地、其它土地	临时
弃渣场区	0.16	林地、草地	临时
未扰动区	14.28	林地、草地、其它土地	临时
合计	42.13		

1.1.3 项目建设过程及变更情况

一、项目建设过程

项目主体工程中未规划分期建设，实际建设过程中，受云南省新能源开发政策影响，工程分为两期建设，其中第一期工程建设规模为 20.5MWp，第二期工程建设规模为 29.5MWp。

2014 年国家对于并网光伏发电项目的电价补贴实行配额制，受配额限制，本项目 2014 年获得 3.5MWp 建设规模，按大理州能源局要求，2014 年务必开工建设。2014 年开工的 3.5MWp 为示范性农业光伏，装机包括 1MWp 的平顶支架方案、2MWp 的两列柱斜顶支架方案和 0.5MWp 的单支柱斜顶支架方案。考虑到大龙潭风光互补并网光伏电站电能接入，本工程还需对大龙潭升压站进行改造扩建，对大龙潭升压站西北侧需外扩 19m，扩建范围主要包括 35kV 配电室扩建、GIS 室扩建，新建 SVG 室和增加布置 1 台主变。前期 3.5MWp 工程于 2015 年 1 月开工，2015 年 12 月完工。

2017 年 4 月 1 日，云南省能源局以云能源水电〔2017〕17 号下发了《云南省能源局关于印发 2017 年光伏发电新增建设规模项目清单的通知》，本项目获得 17MWp 的建设规模，全部为两列柱斜顶支架方案。后期 17MWp 工程于 2017 年 10 月开工，2018 年 9 月完工。

目前，一期工程已建设完成，实际建设规模为 20.5MWp，建设工期为 2015 年 1 月-2018 年 9 月。因本项目纳入国家光伏年度新增建设规模的配额已建设完毕，二期工程建设时段、建设规模暂未明确。鉴于此，按照已完工一期工程（建设规模 20.5MWp）对工程水土保持设施进行验收。

二、主体工程变更情况

根据《云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站可行性研究报告》现场踏勘情况及咨询业主，由于工程分为两期建设，主体设计变更情况具体如下：

（1）建设内容变更

项目主体工程中未规划分期建设，实际建设过程中，受云南省新能源开发政策影响，工程分为两期建设，其中第一期工程建设规模为 20.5MWp，第二期工程建设规模为 29.5MWp。

（2）建设模式变更

根据云南省发展和改革委员会云发改能源〔2015〕374 号文件，云南省新增光伏电站需按照光伏与农业综合开发的模式建设光伏电站。因此主体工程在后续设计中对大龙潭风光互补电站增加农业光伏设计，具体为：对项目太阳能电池方阵支架进行优化调整，采用

平顶支架、两列柱斜顶支架和单支柱斜顶支架三种支架方案，同时结合方阵冲洗系统作为农业灌溉措施。

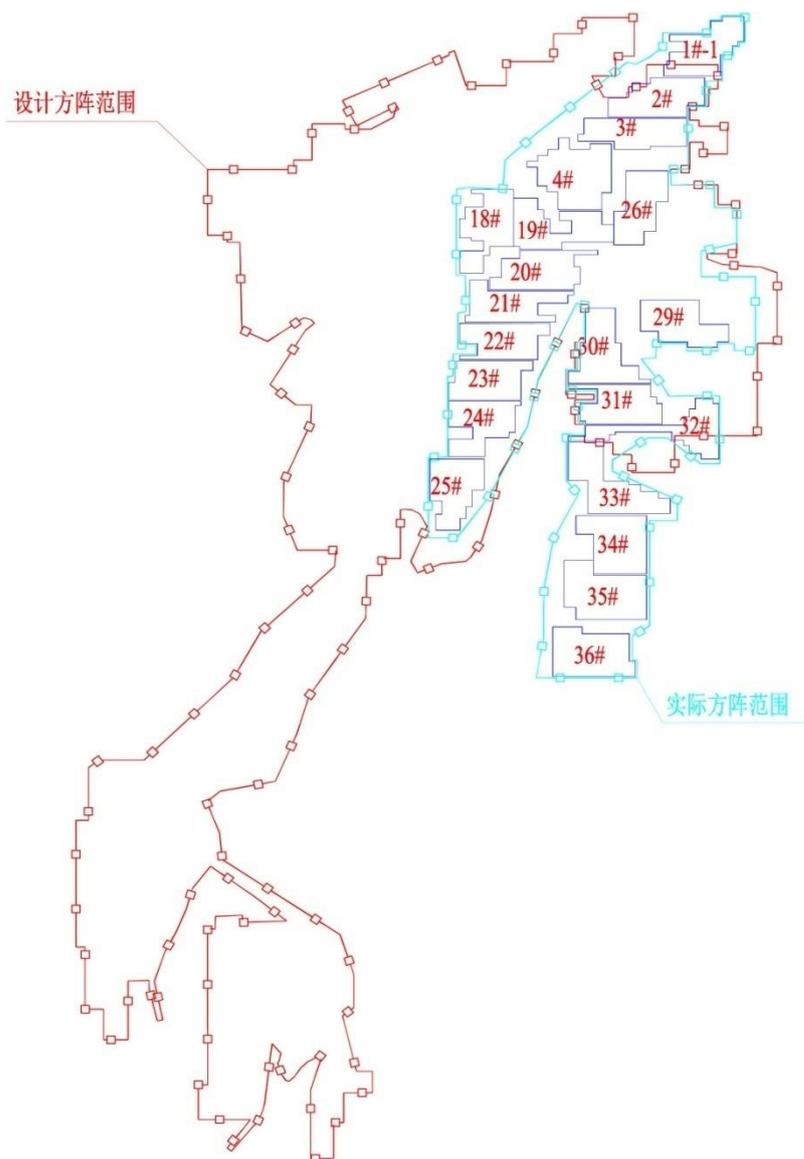
（3）布局调整变更

①受项目征地及建设模式变更影响，光伏发电系统区 1#-1、33#、34#、35#、36#共五个方阵位置发生变化，方阵整体向东侧移动，海拔相对升高，有利于充分利用光照，方阵较原布置相对集中，有利于节约占地。

②场内道路位置发生变化，随着方阵位置的变化，大龙潭风光互补并网光伏电站场内道路也发生相应的变化。与设计方案相比，实际场区道路新增了 1 条连接 33#、34#、35#、36#方阵的支线道路。

③施工场地区位置发生变化，原水保方案设计的施工临建设施沿场外道路大丽路（S221）布设，实际施工过程中，为了施工方便，施工临建设施布置在进场道路两侧及光伏发电系统区内。

④实际建设过程中，直接利用现有大龙潭升压站进行改扩建，因此取消了开关站区。



大龙潭风光互补并网光伏电站（一期工程 20.5MW）总体布局示意图

（4）占地面积

一期工程实际占地面积为 42.13hm^2 （规划总占地面积 97.14hm^2 ）。其中光伏发电系统区，原水保方案规划面积为 57.49hm^2 ，实际面积为 24.07hm^2 ，面积减少 33.42hm^2 ；规划开关站面积 0.50hm^2 ，现开关站取消，对大龙潭 110kv 升压站进行扩建，升压站扩建面积 0.11hm^2 ；道路工程区原水保方案规划面积为 6.93hm^2 ，实施面积为 2.78hm^2 ，面积减少 4.15hm^2 ；弃渣场区原水保方案规划面积为 1.32hm^2 ，实际建设过程中启用 1#弃渣场，面积为 0.14hm^2 ，面积减少 1.18hm^2 ；施工场地区原水保方案规划面积 1.55hm^2 ，实际建设过程中施工场地区扰动面积 0.73hm^2 ，面积减少 0.82hm^2 ；未扰动区原水保方案规划面积 29.55hm^2 ，实际建设过程中未扰动区面积为 14.30hm^2 ，面积减少 15.05hm^2 。

（5）进度变更

《水保方案》设计的进度为：2015年3月-2015年12月，总工期10个月。
受光伏配额限制，工程实际进度为：2015年1月-2018年9月，总工期3.75年。

表 1-2 一期工程与原设计对比情况

建设内容	原设计情况	一期工程实际施工情况
光伏发电系统区	安装 50 个 1MW 的太阳电池方阵，年上网电量 64404.5MW.h，光伏发电系统区占地 57.49hm ²	一期工程实际建设规模为 20.5MW，年平均发电量 26405.9MW.h。光伏发电系统区占地 24.07hm ² 。
开关站	35KV 开关站布置在场区西北侧，建设内容包括 35kV 配电室、综合楼、值班室、逆变器及 35kv 箱式变。开关站占地尺寸约 100m×50m，占地面积 0.5hm ²	取消
升压站扩建区	无	为了使得大龙潭光伏电站集电线路能够接入大龙潭升压站，必须对大龙潭升压站进行改扩建，大龙潭升压站西北侧需外扩 19m，扩建范围主要包括 35kV 配电室扩建、GIS 室扩建，新建 SVG 室和增加布置 1 台主变，占地面积 0.11hm ² 。
道路工程区	本项目道路工程区包括进场道路和场内道路两部分组成，总长度为 8.66km，占地面积共计 6.93hm ² ，主体设计采用简易碎石路面，道路路面宽 3.5m。	由于光伏发电系统区布置发生变化，场内道路布置随之改变。进场道路为混凝土路面，道路长度约 0.89km；场内道路长度约 1.59km，进场道路为混凝土路面，场内道路为混凝土或碎石路面。
施工场地	本工程施工场地地区占地面积约 1.55hm ² ，均为建设施工过程中的临时占地，主体考虑施工场地地区布设于项目区北侧紧邻大丽路的平缓地带。	实际施工场地地区占地面积 0.73hm ² ，施工临建设施包括材料堆场、材料加工场、混凝土搅拌场地和施工生活区，分布在进场道路两侧。
弃渣场区	本工程沿道路规划了 3 个弃渣场，总占地面积 1.32hm ² ，均为临时占地，占地类型为灌木林地、草地和其他用地。其中 1# 渣场布设于 15# 太阳能方阵北侧的沟谷内，占地面积为 0.16hm ² ；2# 渣场布设于 36# 太阳能方阵东南侧的沟谷内，占地面积为 0.45hm ² ；3# 渣场布设于 46# 太阳能方阵南侧的沟谷内，占地面积为 0.71hm ²	根据现场踏勘，工程实际启用 1 个渣场，占地面积 0.16hm ² ，占地类型为林地、草地，实际启用的渣场为方案设计的 1# 弃渣场，其位置未发生变化，堆渣范围未超出原设计面积。

1.1.4 项目组成及现状

大龙潭风光互补并网光伏电站（一期工程）建设过程中受配额限制，前期 3.5MWp 工程于 2015 年 1 月开工，2015 年 12 月完工。后期 17MWp 工程于 2017 年 10 月开工，2018 年 9 月完工。工程现状已完工部分共 20.5MWp，由光伏发电系统、升压站扩建区、道路工程区、施工场地、辅助设施、弃渣场及未扰动区域组成。具体建设现状详见如下：

1.1.4.1 光伏发电系统区

光伏发电系统区主要由光伏方阵基础、逆变器及箱变、集电线路、光伏方阵空地等组成，共计占地面积为 24.07hm²。

1、光伏方阵基础

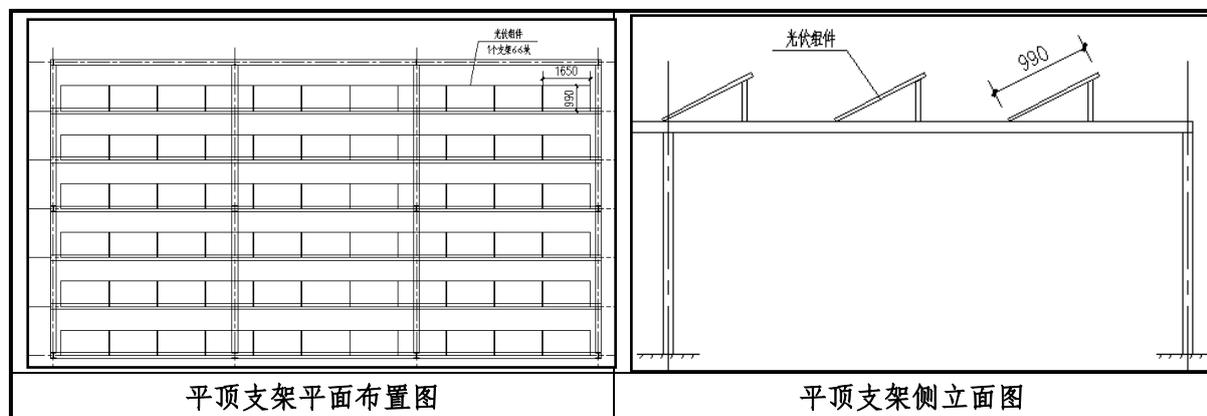
本项目太阳能电池组件全部采用国产多晶硅电池组件，峰值功率 255Wp，太阳能电池方阵的安装全部为固定支架安装方式，方阵面与地面成 27 度角。方阵南北向阵列间距可根据地形坡度调整，坡度为 0 度时，间距为 2.869m，能够满足冬至日时，所有太阳能电池组件仍有 6 小时以上的日照时间。

光伏电站方阵区是农业光伏集中实施的区域，光伏电站方阵的布置应为方阵区提供农业种植的基本条件。最根本的条件是太阳能电池方阵支架必须使方阵的布置为农业种植留有合理的空间，保证农业种植能够正常进行。为此，本项目的太阳能电池方阵支架考虑了三个方案：平顶支架、两列柱斜顶支架、单支柱斜顶支架。

平顶支架（共 1MWp）：该支架为大空间钢结构支架。该支架下部为开敞的大空间，便于人工进行农作物种植，可以实施多种农业种植方案，主要在光伏电站地形比较平坦，土壤种植条件较好的区域。

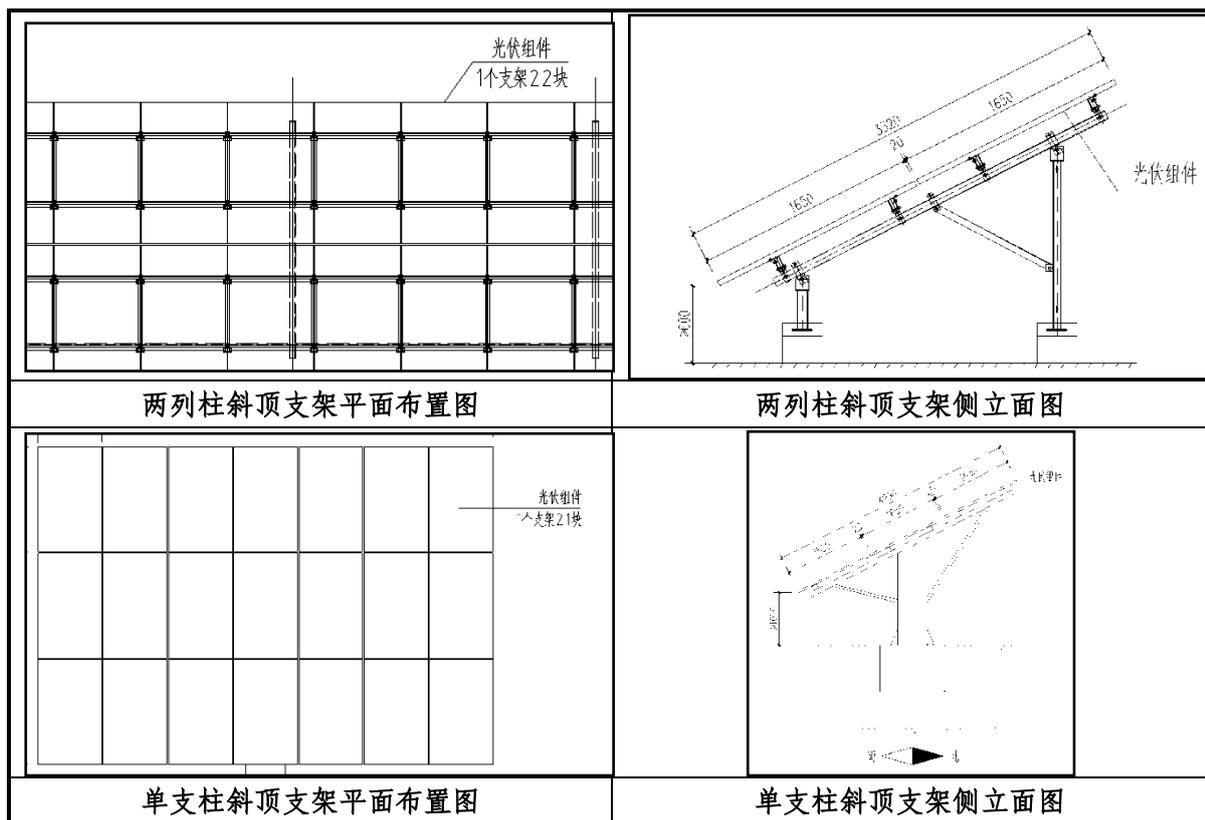
两列柱斜顶支架（共 19MWp）：该支架为钢结构支架，空间相对平顶支架方案较小，支架的低端不太有利于农业种植时的生产操作，但主要区域的作业空间还是比较大，便于进行农作物种植，农业种植可选择的方案相比平顶支架少，但还是可以实施多种农业种植方案。该方案主要在光伏电站地形比较连片，坡度较小的区域。

单支柱斜顶支架（共 0.5MWp）：该支架也为大空间钢结构支架，支架立柱为单立柱。大空间便于人工进行农作物种植，但由于支架下方的阴影面积较大，可以选择的农业种植方案较少。该支架主要用于光伏电站地形比较破碎，坡度较大的区域。

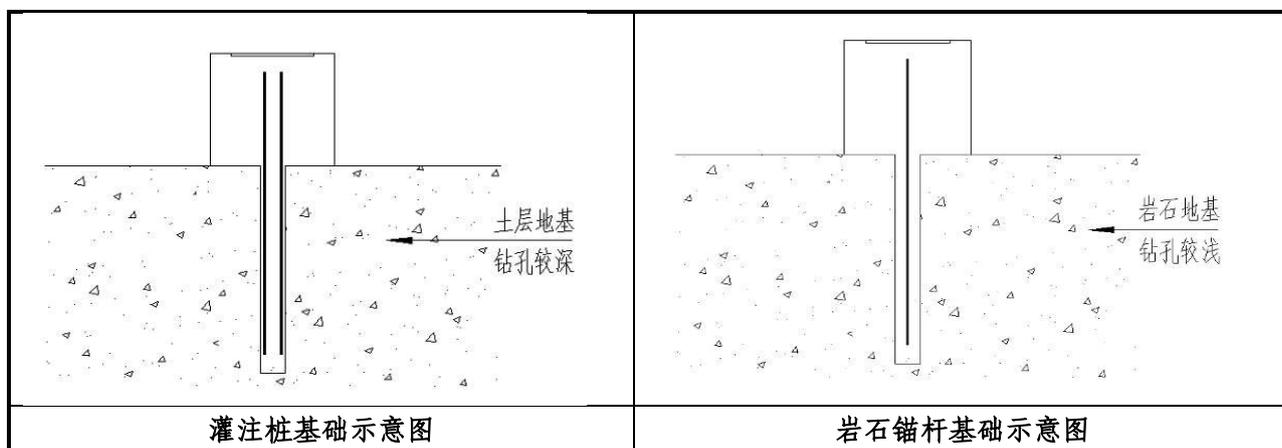


平顶支架平面布置图

平顶支架侧立面图



考虑到光伏发电占地面积大、山地地形条件复杂，在占地区域内地质条件变化较大，两列柱斜顶支架建议采用灌注桩基础及锚杆基础两种形式。平顶支架和单支柱斜顶支架采用钢筋混凝土独立基础。



2、逆变器及箱变

项目 20.5MW_p 光伏发电系统由 1 个 0.5MW_p、20 个 1MW_p 光伏发电分系统组成，1 个 1MW_p 光伏发电分系统由 2 个 500kW_p 光伏发电单元系统组成；光伏发电单元系统主要由 1 个 500kW_p 太阳能电池方阵和 1 台 500kW 逆变器组成。在 1 个 500kW 的光伏发电单元系统中，500kW_p 太阳能电池组件经串并联后发出的直流电经汇流箱汇流至各自相应的直流防雷配电柜，再接入逆变器直流侧，通过逆变器将直流电转变成交流电。每 2 台 500kW 逆变器输出的交流

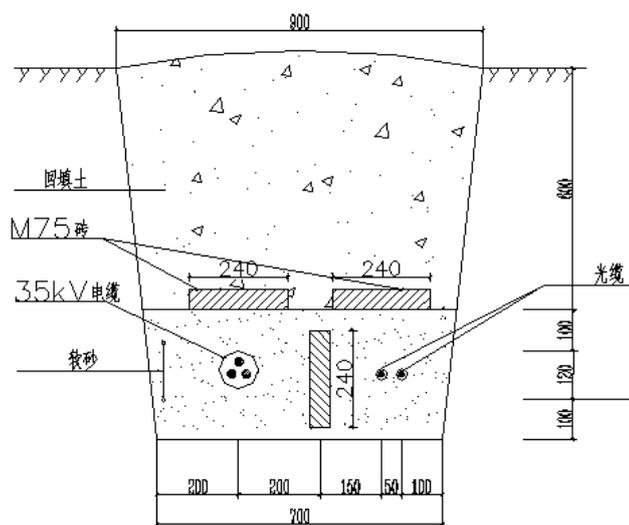
电经交流配电柜汇流至 0.4kV 母线段，由 1 台 1000kVA 升压变压器将电压从 315V 升至 35kV，经集电线路汇至升压站 35kV 的母线。

逆变器采用国产逆变器，额定交流输出功率 500kW，外形尺寸 2.4m×2.18m×0.85m，重 2.5T，共布置 41 台逆变器，基础采用天然地基，基础平面上呈“口”字形，拟采用 C30 现浇混凝土，初步设计基础下设 100mm 厚的 C15 素混凝土垫层，基础埋深-1.40m，因本项目光伏发电单元升压变为 35kV 输出，经集电线路将各方阵电缆汇集至组合箱式 35kV 开关站送出。逆变器、箱变及开关站占地面积共计 0.10hm²。

3、集电线路

本项目太阳能电池组件至汇流箱直流电缆沿电池组件背面的槽盒敷设；汇流箱至直流配电柜的直流电缆采用先沿电池组件背面的槽盒敷设，再直埋汇入逆变器室的主电缆沟；直流配电柜至逆变器的直流电缆采用电缆沟内敷设；逆变器至箱变的交流电缆采用直埋敷设；箱变之间互连交流电缆采用直埋敷设，最后汇入 35kV 配电室的主电缆沟。根据工艺要求站区管线的布置尽可能顺畅、短捷，减少深埋和交叉，电缆及集电线路沿道路布置，以方便检修。

根据主体设计资料，本工程以 35kV 电缆线路将光伏电站电能汇集后接入大龙潭风电场 110kV 升压站，共计埋设集电线路 7.49km，采用直埋电缆，占地面积 0.96hm²。道路交叉时需穿管保护。保护管应超过路基两侧至埋深不少于 1 米。电缆应敷设在壕沟里，沿电缆全长的上下紧邻侧铺以厚度不小于 100mm 的砂层，沿电缆全长覆盖 M75 的砖，覆盖宽度不小于电缆两侧各 50mm。电缆外皮距地面深度不得小于 0.7m（穿越农田处不小于 1000mm）。



直埋电缆沟断面图

4、光伏方阵空地

本项目光伏方阵空地主要为光伏板遮盖的部分土地和光伏板之间间隙，占地面积为 22.63hm²。

本项目区地势相对平坦，太阳能电池板顺原地势铺设，无需进行场地平整，存在较多的灌木和裸岩的区域影响电池板安装，需进行清理，清理工作主要为灌木清理和裸岩削平，不产生土方开挖，对原地形地貌扰动较小，灌木清理后对场地撒播草籽进行绿化。经现场复核，光伏发电系统区水土流失强度呈微度。



1.1.4.2 升压站扩建区

为了使得大龙潭光伏电站集电线路能够接入大龙潭升压站，必须对大龙潭升压站进行改扩建，大龙潭升压站西北侧需外扩 19m，扩建范围主要包括 35kV 配电室扩建、GIS 室扩建，新建 SVG 室和增加布置 1 台主变，占地面积 0.11hm²。

扩建部分设计场地采用由北高南低平坡式布置，设计场地坡度 1%。扩建部分大部分处于填方区，采用重力式浆砌毛石挡墙对填方区进行支护处理，挡墙最高处不大于 5m。

对大龙潭升压站原有围墙进行拆除，原有道路进行改线，便于满足安装、检修、运行，并满足消防要求。路面宽 4.5m，主要道口转弯半径 7m，在路端修建 12m×12m 回车平台。选用公路型道路，混凝土路面。屋外配电装置区除设备支架周围操作场地外，均铺砌碎石。

根据现场踏勘，升压站扩建区在施工结束后在场内修建了完善的排水措施，为满足消防要求，升压站场区不进行绿化，场内扰动空地区域均采用混凝土硬化或铺砌碎石。升压站扩建区土壤侵蚀强度判读为微度。



大龙潭升压站扩建区现状

1.1.4.3 道路工程区

本工程道路工程区主要包括进场道路和场内道路。为不影响太阳能电池方阵的布置用地，结合场内地形因素，进场道路由 1 条主线南北贯通，与省道 S221 相接，路面宽 3.5m，路基宽 4.5m，混凝土路面，道路长度约 0.89km；场内道路由 3 条支路贯通场区，路面宽 3.5m，路基宽 4.5m，道路总长度约 1.59km，以满足施工期间设备运输和电站建成后的运行维护需要。道路不能环绕时，道路盲端采用 20m×20m 的回车平台，便于施工和运行维护。其中进场道路为混凝土路面，场内道路为混凝土或简易石渣路面。

道路工程区中沿线设置畅通的排水沟及沉沙井，路肩栽植行道树。因部分场内道路为泥结石路面，仍然存在一定水土流失，因此目前该区域水土流失强度呈轻度。



1.1.3.4 弃渣场区

根据水保方案设计，本工程共产生永久弃渣约 8.89 万 m³(自然方)，为了减少弃渣对区域环境的影响，减少因弃渣而产生的新增水土流失，施工规划设计采用集中堆放的方式进行弃渣。结合施工场地地形和出渣情况共布置 3 个弃渣场，总占地面积约 1.32hm²，弃渣场容量 14.01 万 m³(松方)，渣场容量满足工程弃渣要求。

根据工程建设实际，结合现场踏勘情况，大龙潭光伏电站工程建设过程中开挖土石方量主要产生于支架基础开挖、逆变器及箱变基础开挖、集电线路电缆沟、场内道路基础开挖等。工程施工时启用了 1 个弃渣场，为规划的 1#弃渣场，位置未发生变化，渣场堆渣面积为 0.16hm²，堆存渣量 0.47 万 m³；实际建设过程中未启用临时堆土场，建设过程中的绿化覆土采用外购。

目前工程弃渣已结束，弃渣场区域已实施挡渣墙、截排水及植被恢复措施，弃渣场土壤侵蚀强度判读为轻度。



1.1.3.6 施工场地区

本工程施工场地区包括材料堆场、材料加工场、混凝土搅拌场地和施工生活区，分布在场址北侧进场道路两侧，实际占地面积 0.73hm^2 。其中材料堆放场地占地 0.11hm^2 ，主要作为钢结构加工及堆放、太阳能电池组件堆放；材料加工场地占地 0.21hm^2 ，主要作为钢筋等材料的加工区域；混凝土搅拌场地占地 0.16hm^2 ，主要作为砼的集中搅拌及砂石料、水泥的堆放；生活办公场地 0.25hm^2 ，主要作为施工单位办公区和生活区。

施工结束后工程使用的施工场地区拆除后撒播草籽绿化。施工场地区土壤侵蚀强度判读为轻度。



施工场地区现状

1.1.7.6 未扰动区

根据主体工程总体布置情况，在总规划范围内除有效用地、施工临时用地以外的区域，因地形、坡向和沟谷区域等原因不用于方阵布置及其他工程建设，在工程建设运行期间对该区域不进行扰动，因此列为未扰动区，未扰动区面积约为 14.28hm^2 。

根据现场实地踏勘，项目区未扰动区域主要分布在光伏空地不能布设方阵的北向坡和项目区内沟谷等不能布设光伏方阵及道路等其他设施的区域，未扰动区占地类型主要为草地、林地和其它用地（主要为裸地和难利用地），根据现场调查，确定其土壤侵蚀现状为微度侵蚀。

1.1.4 施工组织

1、施工场地布置

根据光伏电站工程建设投资大、工期紧、建设地点集中等特点，结合工程具体情况，本着充分利用、方便施工的原则进行场地布置。既要形成施工需要的生产能力，又要力求节约

用地。

整个场地施工临时设置集中布置于场址北侧进场道路入口处，分布在进场道路两侧，区域内布置有施工生活区和物资堆放区域。主要布置材料堆场（如：钢结构加工及堆放、太阳能电池组件堆放）、混凝土搅拌场地（主要作为砼的集中搅拌及砂石料、水泥的堆放）和材料加工场地。施工生活区包含施工单位办公区、住宿区。

2、施工用水

本工程施工用水从石蒲塘风电场升压站高位水池引入大龙潭光伏 1#-1 子阵东侧高位水池（200 立方米）。施工期间作为施工用水，施工结束后作为永久绿化灌溉水源。

施工用水的管理、运行和维护由工程项目公司项目经理部委托施工承包商按其规划统一负责。各施工承包商取水前在支管上安装水表，各施工承包商应服从用水的统一规划，按时交纳水费。施工中应合理调配施工用水，避免施工高峰用水量集中，同时施工中应注意节约用水，避免长流水。

3、施工用电

电站施工用电将从场址附近 10kV 农网引接。场内设置容量为 250kVA 的低压站用变压器，施工时作为施工电源，光伏电站建成后此电源作为备用电源。升压站施工用电从升压站低压配电段引接。

4、施工材料

本工程所需的主要材料为砂石料、水泥、钢材、木材、油料和火工材料等，材料的主要来源为：

砂石料：可从场址东北侧 2.5km 处砂石料厂进行采购。

水泥：从洱源县及附近地区采购。

钢筋钢材：从洱源县及附近地区采购。

木材：从洱源县及附近地区采购。

油料：从洱源县及附近地区采购。

砂、石料场均具有合法开采手续。

1.2 项目区概况

1.2.1 自然环境

1.2.1.1 地形地貌

项目区位于云贵高原和横断山脉交接地区。区域东部属滇西山地峡谷区之丽江山原湖盆亚区，西部属滇西山地峡谷区之兰坪高山峡谷亚区，峰峦重迭，山巅峥嵘，坡高谷深，气势磅礴。地形总体北高南低，山脉、河流走向与区域构造线一致，南北延伸，东西相间，平行南下。场址区地貌上属构造剥蚀、溶蚀中高山地貌。

1.2.1.2 地质概况

项目区位于扬子准地台区一级构造单元西部边缘，地质构造较为复杂，并以洱海深大断裂为界，东部为地台区，西部为地槽区，工程区处于洱海深大断裂以东，构造线主要以 NW 及 NNE 向为主。

根据可研及相关资料，场址属高原型构造剥蚀、溶蚀中高山地貌。场址地段地层出露以第四系全新统坡残积型粘性土与碎石土（ Q_4 ）及中生界三叠系上统麦初箐组（ T_{3m} ）砂岩、中统北衙组下段 T_2b^1 的灰岩为主。

根据本项目野外勘测成果及地表调查，场地斜坡地带坡、残积层中的地下水多为孔隙水或孔隙型潜水，由大气降水补给，径流途径短，一般在坡脚以泉（水井）形式出露地表。灰岩内有基岩裂隙水及岩溶水，埋藏较深。勘探揭露深度范围内未发现地下水，故不必考虑地下水对混凝土基础及施工的影响，但不排除雨季时可能形成少量上层滞水，给施工带来不便。场地内无泉水出露，地下水位埋藏较深，对场地及施工无影响。

1.2.1.3 气象

项目区属北亚热带高原湿润季风气候，地处低纬度高海拔地区，光照充足、四季不明显；冬春干燥，夏秋多雨，立体气候和区域性小气候特点明显。年均日照 2071.4h，无霜期 273d，年平均气温 14.2°C ，年平均降雨量为 719.2mm。主要气象灾害有低温冷害、霜冻、洪涝、干旱、冰雹等。由洱源气象站的历年统计资料可知，项目区累年极端最高气温 31.4°C ，累年极端最低气温 -7.6°C ，累年平均气温 14.2°C ；累年平均气压 794.4hPa，累年平均水汽压 11.3hPa，累年平均相对湿度 68%；累年平均年大风日数 8.7 天，累年平均年雷暴日数 46.6 天，累年平均年冰雹日数 0.4 天，不见沙尘天气。年平均风速一般在 $2.0\text{m/s} \sim 2.5\text{m/s}$ 以上，年平均风功率密度在 $50\text{W/m}^2 \sim 100\text{W/m}^2$ 之间，部分地区年有效利用小时数可达

3500h~4000h。洱源气象站大风月是 1 月~5 月，平均风速 2.9m/s；小风月是 7 月~12 月，平均风速为 1.7m/s。风速的年内变化不大，最大为 2 月和 3 月，平均风速为 3.2m/s，最小为 8 月和 9 月，平均风速为 1.4m/s。

项目区位于高山山坡，大理气象站位于洱海边盆地，风电场海拔比大理气象站高近 600m，场址区内的降水量会略大，从时间上看，主要降水期为每年五至十月，期间降水量约占全年降水量的 80% 左右。项目区 20 年一遇 1h、6h、12h、24h 最大降雨量分别为 53.90mm、68.83mm、82.54mm、93.80mm。

1.2.1.4 水文河流

洱源县境内主要河流为黑惠江、弥茨河、落漏河，主要湖泊有洱海（北部）、茈碧湖、西湖和东湖等，多属澜沧江水系。

项目区水文地质条件相对较简单。场地位于山顶部位，冲沟发育。项目区地下水主要接受大气降水补给。区内含水层较为单一。按地下水赋存的介质条件不同，含水层主要为基岩裂隙含水层，次为第四系松散堆积物孔隙含水层，与其相对应的地下水类型为基岩裂隙潜水及孔隙水，前者主要赋存在裂隙化的片岩、石英片岩节理裂隙中，后者主要赋存于第四系松散堆积物的孔隙中。

项目区水文地质条件相对较简单。项目区位于缓坡地带，根据现场踏勘，项目区周边没有河流和水库等重点水源，只有几条沟谷，为季节性沟谷，项目区地下水主要靠大气降水补给。

1.2.1.5 地震

项目区区域地震地质环境复杂，发震构造较发育，周边地区地震活动较为频繁。该区域历史上属于地震高发地区，有地震记载以来，到目前为止洱源县共发生破坏性地震震级 5.0 级以上的共 11 次。

根据 1:400 万《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)，工程区 50 年超越概率 10% 的地震水平动峰值加速度为 0.20g，相应的地震基本烈度为 VIII 度，地震动反应谱特征周期为 0.45s。

根据光伏电站位置图，太阳能方阵布置于观音山南端缓坡地带，地基土层以粘土、碎石土为主，液化土存在；未发现大的地下洞穴，但地表溶沟、溶槽、漏斗、溶蚀洼地发育，根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)，场地为 II 类建筑场地。

1.2.1.6 土壤

洱源县土壤类别分属于 8 个纲、13 个土类、23 个亚类、76 个土属、236 个土种。紫

色土类占土地面积的 31.75%，红壤土占 27.7%。

项目区土壤类型主要为棕壤，根据现场实地踏勘，土层厚度大于 30cm。

1.2.1.7 植被

根据现场调查，项目区地带性植被类型为亚热带半湿润常绿阔叶林。山体植被发育，多为低矮、茂密的灌木林，项目区植被可分为草丛和山顶矮林两种类型。项目区占地类型主要为林地、草地和坡耕地为主，区内现状林草覆盖率 72.36%。区内无国家级和省级规定保护的野生动植物和古树名木。

1.2.2 社会经济情况

洱源县位于大理州北部，在东经 100°07'45" ~ 100°08'33"、北纬 26°03'00" ~ 26°04'16" 之间，东邻鹤庆县、宾川县，南接大理市、漾濞县，西毗云龙县，北连剑川县，总面积约 2519.28km²，其中坝区面积占 42%，山区面积占 58%。

据《洱源县年国民经济和社会发展统计公报》，2017 年洱源县年末总人口 27.7 万人，其中农业人口 25.6 万人，非农业人口 2.1 万人。全县男女人口比例为 14.0:13.6。洱源县主要少数民族为白族、彝族和回族，全县少数民族人口占总人口的 67.8%，其中又以白族人口为主，为 169494 人，占少数民族人口的 90.6%。2016 年全县生产总值完成 592711 万元，按 2015 年不变价格计算，比上年(以下简称同比)增长 9.7%，其中：第一产业增加值 185712 万元，同比增长 5.5%；第二产业增加值 198826 万元，同比增长 12.6%；第三产业增加值 208173 万元，同比增长 10.9%。第二产业中工业实现增加值 160102 万元，同比增长 12.1%；建筑业实现增加值 38724 万元，同比增长 15.26%。三次产业结构比从 2015 年的 32.4:33.8:33.8 调整为 31.3:33.6:35.1。全县非公经济增加值完成 285260 万元，同比增长 11.3%，占全县地区生产总值的 48.1%。全县人均 GDP 达 19990 元，增长 1.57%。近年来，洱源县大力发展非公有制经济，成果显著。洱源大力发展乳制品生产及加工和梅子制品加工，努力吸引资金开发优势项目，各行业发展平稳迅速，人民生活水平显著提高。

全年农作物总播种面积 38883 公顷，其中粮食播种面积 29770 公顷。粮食总产 203253 吨，同比增长 1.5%；粮食平均单产 455.2 公斤，比上年增长 4.4 公斤。农林牧渔业总产值 376000 万元，同比增长 6.0%，其中：农业产值 187494 万元；林业产值 1463 万元；畜牧业产值 172779 万元；渔业产值 11170 万元；农林牧渔服务业产值 3094 万元。

项目区社会经济概况统计表见表 1-3。

表 1-3 项目区社会经济概况统计表

行政区划	总面积 (km ²)	耕地面积 (公顷)	总人口 (万人)	农业人口 (万人)	农业总产值 (万元)	农民人均纯收入 (元)
洱源县	2519.28	38883	27.7	25.6	185712	5987

1.2.3 洱源县水土流失情况

根据《云南省水土流失调查成果公告（2015）》，洱源县土地总面积 2519.28km²，其中微度流失面积 1796.59km²，占土地面积的 71.31%，水土流失面积 722.69km²，占土地面积的 28.69%；在水土流失面积中，轻度流失面积 574.22km²，占流失面积的 79.46%，中度流失面积 64.19km²，占流失面积的 8.89%，强烈流失面积 36.84km²，占流失面积的 5.10%，极强烈流失面积 26.10km²，占流失面积的 3.61%，剧烈流失面积 21.34km²，占流失面积的 2.95%。详见表 1-4。

表 1-4 水土流失强度分级面积统计表 单位：km²

行政区划	土地总面积	微度流失		强度分级									
				轻度		中度		强烈		极强烈		剧烈	
		面积	%	面积	%	面积	%	面积	%	面积	%	面积	%
洱源县	2519.28	1796.59	71.31	574.22	79.46	64.19	8.89	36.84	5.10	26.10	3.61	21.34	2.95

1.2.4 项目区水土流失特点

根据《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防保护区和重点治理区复核划分成果》（办水保〔2013〕188号）及《云南省水利厅关于划分省级水土流失重点预防区和重点治理区的公告》（云南省水利厅公告第 49 号），项目区所在地洱源县右所镇属于金沙江岷江上游及三江并流国家级水土流失重点预防区，同时属于云南省水土流失重点预防区，依据《开发建设项目水土保持技术规范》（GB50433-2008）的规定及相关法律、法规，确定本工程水土流失防治执行建设类一级标准。按全国土壤侵蚀类型区划标准，项目区属以水力侵蚀为主的西南土石山区，土壤侵蚀模数允许值为 500t/km² a。

本工程区属构造剥蚀、溶蚀中高山地貌，从土壤侵蚀的类型来看，全区的水土流失大多为水力侵蚀、局部为重力侵蚀。除这两种自然因素的作用外，还有部分水土流失是由于人为作用引起的物理机械侵蚀。工程各防治分区的水土流失特点分析如下：

（1）地表扰动范围呈面、线分布

本工程所扰动地表面积相对集中，扰动区域集中在道路区域内，扰动区域呈线状分布和点状分布。

（2）扰动区水土流失以水力侵蚀为主

按全国土壤侵蚀类型区划标准，项目区属以水力侵蚀为主的西南土石山区，水土流失允许值为 $500t/(km^2 \cdot a)$ ，项目区内的水土流失以水力侵蚀为主。

（3）水土流失时段集中

在工程施工期间，地表可蚀性加强，在风、雨水等水土流失外力作用下将产生严重的水土流失。同时，大量土石方的临时堆置不当也会造成严重的水土流失。工程完工后，施工基面等区域基本硬化或绿化，水土流失减小。因此，工程水土流失主要集中在工程初期开挖时段。

（4）单点暴雨较大

工程位于洱源县，该区域单点暴雨量较大，遇大暴雨情况下，如不及时做好临时防护措施，极易造成水土流失，对周边区域造成影响。

1.3 水土保持工作情况

1.3.1 水保方案编制情况

为贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》和建设工程项目的有关法律法规的规定，确保大龙潭风光互补并网光伏电站在建设过程中新增水土流失得到全面有效的治理，建设单位华能洱源风力发电有限公司于 2013 年 8 月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司对项目的水土保持方案报告书进行编制工作，编制单位于 2013 年 12 月完成《云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持方案可行性研究报告》（报批稿）的编制工作，2014 年 1 月 22 日云南省水利厅以“云水保许〔2014〕14 号”对本项目水保方案进行了批复，明确了本工程的水土流失防治重点、防治责任范围、防治分区、防治措施和水土保持投资。

1.3.2 水土流失情况

大龙潭风光互补并网光伏电站建设过程中扰动地表产生水土流失，随着工程建设完工，扰动区域被硬化、复耕及植被恢复措施的实施，各扰动区域水土流失得到控制和治理，项目区平均侵蚀模数降至土壤容许流失量以下，各时段的水土流失情况如下：

（1）工程建设造成水土流失以水力侵蚀为主，主要表现为各施工区域场地平整、基础开挖及弃渣场堆渣等扰动原地貌，造成地表破坏，降低土壤抗蚀性，在降雨作用下，易产生水土流失。

（2）工程建设主要流失时段为施工期，表现为：强度高、时段集中等特点。项目直接影响区面积相对较大，但总体流失强度低，侵蚀危害不具有积累性。

（3）随着工程建设完工，各建设区建筑物、硬化、排水、复耕及绿化的实施，各区大部分地表水土流失基本得到控制和治理。

1.3.3 水土保持管理情况

根据《中华人民共和国水土保持法》，自水土保持方案报水行政主管部门批准后，为保证水土保持方案的顺利实施，建设单位派人专人负责本项目建设过程中水土保持的领导、管理和实施工作；并配合地方水行政主管部门对本建设项目水土保持措施的实施情况进行监督和管理，搞好本项目的水土保持工作。

在工程建设过程中，把水土保持工作列入重要议事日程，并认真组织方案的实施和管理。在施工过程中要求施工单位应采取各种有效措施，防治在其防治范围内发生水土流失，避免对其范围外的土地进行扰动、破坏地表植被，避免对周边生态环境的影响；要求监理单位履行自己应承担的职责，为水土保持措施保质、按期和限额完成提供服务。

1.3.4 水土保持监督检查意见落实情况

项目建设过程中，项目水行政主管部门大理州水务局、洱源县水务局多次进入施工现场检查，提出的项目水土保持存在的问题及建议为：（1）提高施工期间水保意识，设立必要的宣传标志；（2）按照施工进度，进一步完善场区道路沿线排水沟及施工临时占地区域植被恢复等措施；（3）及时规范水土保持建设管理档案。

建设单位通过加强水土保持管理，并及时通知施工单位尽快落实完善各施工区域，相继完成了：弃渣场区域植被恢复、场内道路沿线排水及沉淀措施以及其他施工临时占地区域植被恢复，减少地表裸露的时间。

1.3.5 水土保持危害事件处理情况

本项目从开工到项目竣工期间未发生水土流失危害事件。

1.4 监测工作实施情况

根据《水土保持监测技术规程》和水利部令第 16 号《开发建设项目水土保持设施验

收管理办法》有关规定，华能洱源风力发电有限公司于 2014 年 12 月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司开展工程的水土保持监测，接受委托之后，我公司即组织技术人员成立项目组到施工现场进行实地查勘、调查、收集有关数据，针对工程水土保持工作的不足和存在的问题，现场提出相应的整改建议。根据《水土保持监测技术规程》（SL277-2002）的技术要求编制了监测实施方案。水土保持监测时段为 2014 年 12 月-2018 年 12 月，监测时段为 4 年（期间 2016 年 1 月至 2017 年 9 月为工程停工期）。

1.4.1 监测实施方案执行情况

根据本项目的特点和实际情况。在监测工作中，主要完成监测设施的布设、水土保持现状调查、监测设施数据观测、措施运行情况调查、内业资料整编工作，具体如下：

一、外业工作

（1）根据工程建设进度，针对已启用的弃渣场的水土流失情况进行实地勘测，并做相应分析和记录；

（2）对场内水土保持措施进行分析，统计已完成水土保持措施的工程量；

（3）根据工程建设进度，对扰动区域进行实地勘测，并对比设计图纸进行复核；

（4）通过对监测设施监测数据的收集，并经过计算，对已扰动的施工区水土流失状况进行分析，同时对扰动区域通过巡查的方式进行水土流失危害进行调查；

（8）对已扰动区域已实施水土保持措施、“三同时”落实情况及防治效果调查。

二、内业工作

（1）整编各次外业调查记录资料，包括各监测点现状文字记录资料及照片、各调查点水土保持状况及存在的问题、各调查点水土保持措施数量及其防治效果、各观测点观测数据整理，对提出整改点区整改情况的调查记录。

（2）查找监测工作开展中存在的不足，并根据工程进展和施工布置调整监测点布置，拟定下次监测工作的重点和需要增设监测设施点，确保监测设施能够满足施工区水土流失观测的需要，监测结果能够客观、全面的反映工程建设水土保持状况。

（3）编制完成《云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持监测总结报告》。

1.4.2 监测项目部设置

根据《水土保持监测技术规程》（SL277-2002）和水利部令第 16 号《开发建设项目水土

保持设施验收管理办法》（2005年7月8日，24号令修改）有关规定，我单位成立了项目监测组，并组织专业技术人员对大龙潭风光互补并网光伏电站的水土流失情况进行现场监测。监测采用定位观测和调查监测相结合监测方法，监测时段从2014年12月至2018年12月，监测时段为4年。

1.4.3 监测点布设

监测项目部根据项目施工进度、建设现状和水土流失现状，依托在道路边坡、弃渣场等重点水土流失区域布设的定位观测点，共设置监测点11个，其中定位监测点5个，调查监测点6个，为水土流失状况动态监测提供依据。

表 1-5 水土保持监测点布设

分区及组成	监测部位	监测对象	编号	类型	监测内容	监测方法
光伏发电系统区	方阵支架下	1#-1 方阵	1#监测点	调查型	水土保持措施防治效果	植被样方
		4#方阵	2#监测点	调查型	水土保持措施防治效果	植被样方
		25#方阵	3#监测点	观测型	水土流失状况、水土保持措施防治效果	侵蚀针水土流失观测场
	电缆沟	地埋线路	4#监测点	调查型	水土保持措施防治效果	调查监测
升压站扩建区	基础开挖	扩建范围线内	5#监测点	调查型	水土保持措施防治效果	调查监测
道路工程区	路基	进场道路	6#监测点	调查型	水土保持措施防治效果	调查监测
	边坡	场内道路	7#监测点	观测型	水土保持措施防治效果	侵蚀针水土流失观测场
弃渣场监测区	坡面	1#弃渣场	8#监测点	观测型	水土流失状况、水土保持措施防治效果	侵蚀沟水土流失观测场
施工营地监测区	场地	材料加工场地	9#监测点	调查型	水土流失状况	调查监测
		材料堆放场地	10#监测点	调查型	水土流失状况、水土保持措施防治效果	调查监测
直接影响范围监测区	项目影响区内	全区	11#监测点	调查型	水土流失危害	巡查监测

1.4.4 监测设施设备

大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持监测工作的主要内容为工程区水土保持现状外业调查、监测点和监测设施的布设以及主体工程进度的调查。

结合监测工作内容，监测设备主要有：激光测距仪、GPS、无人机、数码相机、笔记本电脑等。用于该项目水土保持监测的设施主要有：简易水土流失观测场、植被标准地样

方等。本项目监测设施及设备详见表 1-6。

表 1-6 水土保持监测设施和设备一览表

序号	设施和设备	型号、规格	数量	备注
一	监测设施			
1	简易水土流失观测		4	用于观测水土流失量
2	简易坡面量测		8	用于观测水土流失量
3	植被样方		8	用于观测植被生长情况
二	仪器、设备、材料			
1	激光测距仪	台	1	便携式
2	手持式 GPS	台	2	监测点、场地、渣场的定位量测
3	数码照相机	台	2	用于监测现场的图片记录
4	数码摄像机	台	1	用于监测现场的影像记录
5	笔记本电脑	台	1	用于数据处理
6	大疆精灵 4 无人机	台	3	用于监测现场的图片及影像记录
7	钢钎、监测牌、木桩			简易水土流失观测场
8	监测人员劳保用品	套	6	衣物等

1.4.5 监测技术方法

本项目的监测主要采用调查监测和定位观测相结合的监测方法。

1.4.6 监测成果提交情况

在项目监测工作结束后，对大龙潭风光互补并网光伏电站监测工作开展情况、监测结果、工程水土保持方面存在的问题及相关建议等进行汇总，于 2019 年 5 月提交了《云南省大理州洱源县大龙潭风光互补并网光伏电站（一期工程 20.5MW）水土保持监测总结报告》。

2 监测内容与方法

2.1 监测内容

根据《水土保持监测技术规程》（SL277—2002）、《水土保持方案》，结合本项目水土保持的监测目标和原则，调查分析项目建设区水土流失及其影响因子的变化情况，查清项目建设区内水土保持措施具体完建数量、质量及其防治效果。同时，根据监测数据分析确定工程项目是否达到水土保持方案提出的防治目标。大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持监测内容包括以下几方面：

2.1.1 水土流失因子监测

- （1）地形、地貌、降雨、水系、土壤、林草覆盖度；
- （2）建设项目实际占用地面积、扰动地表面积；
- （3）损坏水土保持设施面积；
- （4）工程实际挖方、填方数量及面积，弃土、弃石、弃渣量及堆放面积。

2.1.2 防治责任范围动态监测

开发建设项目的防治范围包括项目建设区和直接影响区，项目建设区分为永久征占地和临时占地，永久征占地面积在项目建设前已经确定，施工阶段及项目运行阶段保持不变，临时占地面积和直接影响区的面积则随着工程进展有一定变化，防治责任范围动态监测主要是通过监测临时占地和直接影响区的面积，确认施工期防治责任范围面积。

（1）项目建设区

①永久性占地

永久性占地是指项目建设征地红线范围内、由项目建设者（或业主）负责管辖和承担水土保持法律责任的地方。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地区进行认真复核，监测项目建设有无超范围开发的情况，以及各阶段永久性占地的变化情况。

②临时性占地

临时性占地是指因主体工程开发需要、临时占用的部分土地，土地管辖权仍属于原单位（或个人），建设单位无土地管辖权。水土保持监测是复核临时性占地面积有否超范围

使用。

③扰动地表面积

扰动地表面积是指开发建设项目在建设过程中扰动地表行为造成破坏或占用的面积。对原有地表植被或地形地貌发生改变的行为，均属于扰动地表行为。水土保持监测内容为认真复核扰动地表面积。

（2）直接影响区

主要指因工程建设引起的水土流失影响范围内（项目建设区以外）。水土保持监测主要对直接影响区是否存在占用、破坏等情况进行调查。

根据大龙潭风光互补并网光伏电站建设实际情况以及水土保持工作开展情况，由于水保方案编制时工程处于可研阶段，在实际建设过程中，主体工程及施工工艺、土（石、砂）料来源、弃渣、后期电站运行管理的需要、现场实际情况等发生了一定的变化，导致实际发生的水土保持防治责任范围面积与水保方案中确定的水土保持防治责任范围存在一定出入，因此本监测报告针对水土保持方案中确认的水土保持防治责任范围面积进行复核，并将复核后的水土保持防治责任范围作为水土保持监测范围。

2.1.3 水土流失量动态监测

土壤流失量动态监测主要包括水土流失因子监测及土壤侵蚀量的监测。

（1）水土流失因子

主要对项目区的地形地貌、气象、土壤、植被、水文、社会经济因子进行调查。

A 地形地貌因子：地貌形态、海拔与相对高差、坡面特性及地理位置。

B 气象因子：项目区气候类型分区、降雨、气温、无霜期、风速与风向等因子。其中，降雨因子主要为多年平均降雨量。

C 土壤因子：土壤类型、地面组成物质土壤容重。

D 植被因子：项目区植被覆盖度、主要植被种类。

E 水文因子：水系形式、河流径流特征。

F 土地利用情况：项目区原土地利用情况。

G 社会经济因子：社会因子及经济因子。

水土流失因子的监测是针对整个工程的全部区域开展的，通过对水土流失因子的监测，确定工程区不同区域造成水土流失的不同影响因素。

（2）土壤侵蚀量监测

土壤侵蚀量的监测内容主要包括土壤侵蚀强度、土壤侵蚀模数和土壤侵蚀量等反映整

个土壤侵蚀情况的指标。

A 土壤侵蚀强度

项目各个监测分区的土壤侵蚀强度监测，土壤侵蚀强度分为微度侵蚀、轻度侵蚀、中度侵蚀、强烈侵蚀、极强烈侵蚀及剧烈侵蚀。

B 土壤侵蚀模数

单位面积土壤及其母质在单位时间内侵蚀量的大小，是表征土壤侵蚀强度的定量指标。

C 土壤侵蚀量

监测项目区内发生的水力、重力等侵蚀所产生的土壤侵蚀总量。

根据项目实际建设情况，对整个工程的建设区域，在项目实际的水土流失因子、土壤侵蚀强度、土壤侵蚀模数和土壤侵蚀量的情况进行监测。

2.1.4 水土流失防治动态监测

水土流失防治动态监测主要是针对建设期和林草植被恢复期开展监测工作，即 2014 年 12 月~2018 年 12 月的水土流失防治动态进行量化和评价。监测内容主要包括水土流失状况监测、水土保持措施防治效果动态监测和水土流失危害监测。

（1）水土流失状况监测

主要监测项目区内土壤侵蚀类型及形式、水土流失面积。根据本项目所在地区实际情况，土壤侵蚀的类型主要为水力侵蚀及重力侵蚀，其中，水力侵蚀形式分为沟蚀和面蚀。此外，对监测内容还包括水土流失面积的监测。

（2）水土保持措施防治效果动态监测

A 防治措施的数量与质量

主要包括防治措施的类型、防治措施的数量、防治措施质量。

B 防护工程的稳定性、完好程度和运行情况

对工程建设过程中所采取的措施的稳定性、完好程度及运行情况进行监测。

C 水土流失防治要求及水土保持管理措施实施情况监测。

水土保持措施防治效果动态监测是针对整个工程的全部区域开展的，监测工程建设实际情况是否按照《水保方案》中的防治要求实施，水土保持管理措施实施情况。

（3）水土流失危害监测

A 对周边河道影响情况

监测水土流失是否流入项目区周边河道，是否对河道产生影响，造成河道淤积、堵塞等严重危害。

B 对周边影响情况

根据项目实际情况，监测工程建设是否对周边产生影响或危害。

C 其他水土流失危害

除上述几类危害外，监测工程建设是否还造成了其他的水土流失危害。

水土流失危害监测是针对整个工程的全部区域开展的，侧重于对《水保方案》中设计的直接影响区进行监测，并核实有无对周边造成危害和影响。

2.1.5 弃土弃渣监测

本工程弃土弃渣动态监测主要包括施工期和水土保持措施运行初期（林草植被恢复期）。具体如下：

（1）施工期

施工期弃土弃渣监测内容包括工程挖方的位置、数量及占地面积；弃土、弃渣的位置、处（点）数、方量及堆放面积；挖方边坡的水土流失防护、边坡的稳定性；弃土、弃渣的水土流失防治措施及效果；挖方、填方及弃渣堆放地水土流失对周边的影响。

根据弃土弃渣的动态变化情况，施工期将对整个项目区的弃土弃渣实际变化情况进行详细监测。

（2）运行初期（林草植被恢复期）

林草植被恢复期将临时占地的恢复情况、绿化覆土来源以及防护措施进展等进行动态监测。

2.1.6 重大水土流失事件动态监测

在监测期间，对于重大水土流失事件应及时进行整改，并将其上报水土保持监测管理机构，以方便管理机构进行调查和检查，重大水土流失时间还应进行专题研究，向水土保持监测管理机构提交专题水土保持监测报告。

根据项目实际建设情况，对整个工程的建设区域在项目建设过程中所发生的重大水土流失事件进行监测。大龙潭风光互补并网光伏电站在工程建设期间无发生重大水土流失事件发生。

2.2 监测方法

根据《水土保持监测技术规程》和本工程建设引起水土流失的特点，本项目的监测主要采用调查监测，定位监测、临时监测和巡查监测辅助的模式进行监测。

2.2.1 调查监测

调查监测是指定期采取全面调查的方式，通过现场实地勘测，采用 GPS 定位仪结合地形图、数码相机、测距仪、测高仪、标杆和尺子等工具，测定不同分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（特别是堆渣和开挖面坡长、坡度、岩土类型）及水土保持措施（拦挡工程、护坡工程和土地整治工程等）实施情况。

（一）面积监测

面积监测主要通过收集项目资料及采用手持式 GPS 定位仪测定获取。首先对调查区按照扰动类型进行分区，如堆渣、开挖面等，然后利用 GPS 沿各分区边界走一圈，确定各个分区的面积。面积监测的时段主要是施工期。

（1）水土流失防治责任范围监测

A 项目建设区

监测指标为：永久性占地、临时性占地及扰动地表面积。主要根据工程设计资料，结合 GPS、皮尺等监测设备实地核算，对面积的变化进行监测。

B 直接影响区

监测指标为项目建设压占地区的面积及地类。通过实地调查，结合 GPS、皮尺等监测设备实地核算。

水土流失防治责任范围监测是针对整个工程的全部区域开展的，结合项目建设区及直接影响区实地监测面积，统计项目各个时段实际发生的水土流失防治责任范围面积。

（2）水土流失面积监测

对于水土流失面积，采用 GPS、皮尺等监测设备进行实地核算。水土流失面积的监测主要是在施工期开展监测工作。

水土流失面积监测是针对整个工程的全部区域开展的，结合项目建设区及直接影响区实地监测水土流失面积，统计项目各个时段实际发生的水土流失面积。

（二）植被监测

植被监测主要是选取有代表性的地块作为标准地，标准地的面积为投影面积，要求乔木林 20m×20m、灌木林 5m×5m、草地 2m×2m。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覆盖度。植被监测主要是在运行初期开展监测工作，针对整个工程的全部区域进行监测。

（三）其它调查监测

（1）水土流失因子

水土流失因子监测是在施工期和运行初期开展监测工作。

对于项目区的地形地貌因子、气象因子、植被因子、水文因子、原土地利用情况、社会因子及经济因子，在现场实地踏勘的基础上查阅相关资料、询问、对照《水保方案》等形式获取。

对于土壤因子的监测指标有：土壤类型、地面组成物质、土壤含水率、孔隙度、土壤容重、土壤 PH 值、土壤抗蚀性，具体监测方法如下：

A 土壤类型及地面组成物质识别

土壤类型及地面组成物质识别鉴定标准见表 2-1 和表 2-2。

表 2-1 国际制土壤质地分类

质地分类		各级土粒重量（%）		
类别	质地名称	粘粒 (<0.002mm)	粉沙粒 (0.02 ~ 0.002mm)	砂粒 (2 ~ 0.02mm)
沙土类	沙土及壤质沙土	0 ~ 15	0 ~ 15	85 ~ 100
壤土类	砂质壤土	0 ~ 15	0 ~ 45	40 ~ 85
	壤土	0 ~ 15	35 ~ 45	40 ~ 55
	粉沙质壤土	0 ~ 15	45 ~ 100	0 ~ 55
粘壤土类	砂质粘壤土	15 ~ 25	0 ~ 30	55 ~ 85
	粘壤土	15 ~ 25	20 ~ 45	30 ~ 55
	粉沙质粘壤土	15 ~ 25	45 ~ 85	0 ~ 40
粘土类	砂质粘土	25 ~ 45	0 ~ 20	55 ~ 75
	壤质粘土	25 ~ 45	0 ~ 45	10 ~ 55
	粉沙质粘土	25 ~ 45	45 ~ 75	0 ~ 30
	粘土	45 ~ 65	0 ~ 35	0 ~ 55
	重粘土	65 ~ 100	0 ~ 35	0 ~ 35

表 2-2 野外土壤质地指感法鉴定标准

土壤质地	肉眼观察形态	在手中研磨时的感觉	土壤干燥时的状态	湿时搓成土球（直径 1cm）	湿时搓成土条（2mm 粗）
砂土	几乎全是砂粒	感觉全是砂砾，搓时沙沙作响	松散的单位	不能或勉强成球一触即碎	搓不成条
砂壤土	以砂为主，有少量细土粒	感觉主要是砂，稍有土的感觉搓时沙沙作响	土块用手轻压或抛在铁锹上很易散碎	可成球，轻压即碎	勉强搓成不完整的短条
轻壤土	砂多，细土约占二三成	感觉有较多粘质颗粒	用手压碎土块，相当于压断一根火柴棒的力	可成球，压扁时边缘裂缝多而大	可成条，轻轻提起即断
中壤土	还能见到砂砾	感觉砂砾大致相当，有面粉状细腻感	土块较难用手压碎	可成球，压扁时有小裂缝	可成条，弯成 2cm 直径圆圈时易断
重壤土	几乎见不到砂砾	感觉不到砂砾存在	干土块难用手压碎	可成球，压扁时仍有小裂缝	可成条和弯成圆圈，将圆圈压扁有裂缝
粘土	看不到砂砾	完全是细腻粉末状感觉	干土块手压不碎，锤击也不成粉末	可成球，压扁后边缘无裂缝	可成条和弯成圆圈，将圆圈压扁无裂缝

B 土壤含水率测定

用铝盒在剖面上取三个土样，带回室内称得湿土重，然后在 105 度烘箱中烘 8 小时至恒重，称得干土重，用下列公式计算土壤含水率：

$$\text{土壤含水率} = \frac{\text{湿土重} - \text{干土重}}{\text{干土重}} \times 100\%$$

水土流失因子监测中的地形地貌因子、气象因子、植被因子、水文因子、原土地利用情况、社会因子及经济因子是针对全区开展的；土壤因子的监测是根据实际需要，在工程的不同区域选取有代表性的土样进行测算，确定不同扰动类型下的土壤其土壤侵蚀强度及侵蚀量的关系。

2) 水土流失防治动态监测

本工程水土流失防治动态监测主要针对施工期和植被恢复期进行监测，结合本工程现状，对监测时段（2014 年 12 月～2018 年 12 月）内的水土流失防治动态进行量化和评价。

A 水土流失状况监测

主要调查的监测指标为项目区内土壤侵蚀类型、形式及型式。对于土壤侵蚀类型及形式，采取现场识别的方式获取；土壤侵蚀强度根据实地踏勘，对照《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007）进行确定。

B 水土保持措施防治效果

①防治措施的数量与质量

本项目全区水土保持措施的数量主要由业主及监理单位提供，工程的施工质量主要由监理单位确定。

水土保持监测需要对监测重点地段或重点对象的防治措施工程量进行实地测量，对于质量问题主要由监理确定。

②防护工程的稳定性、完好程度和运行情况

本项目的防护工程主要指挡墙、护坡、排水沟等工程，工程的施工质量主要由监理单位确定，监测时主要查看其是否存在损害或砼裂缝、挡墙断裂或沉降等不稳定情况出现，做出定性描述。

③水土流失防治要求及水土保持管理措施实施情况监测。

主要采用实地调查、问询、收集水土保持大事记、收集业主针对水土保持相关政策等方式获得。

工程水土流失防治动态监测主要是针对整个工程的全部区域开展监测工作。

2.2.2 定位监测

定位监测方法主要用于施工期和运行初期。在工程施工建设过程中进行施工期土壤流失量动态监测和运行初期的土壤流失量监测。

对全区的土壤侵蚀模数及土壤流失量主要通过以下三种方法获得：

A 实测法

通过本项目布置的监测设施（简易水土流失观测场等）进行实测，获得某一有代表性地区的侵蚀模数作为基础，再根据本项目其他区域的实际的地形地貌、气候特征、地面组成物质、植被覆盖度、土壤类型及扰动的实地地块坡度、坡长、侵蚀类型、弃土（弃渣）的堆放形态等因素，综合分析得出项目各侵蚀单元的平均侵蚀模数，从而求得全区的土壤流失量。

B 类比法

采用已有的其它类似工程监测数据为基础，结合本项目实际的地形地貌、气候特征、地面组成物质、植被覆盖度、土壤类型及扰动的实地地块坡度、坡长、侵蚀类型、弃土（弃渣）的堆放形态等因素，综合分析得出项目各侵蚀单元的平均侵蚀模数，从而求得全区的土壤流失量。

C 经验推测法

对于部分监测区域的侵蚀模数，可采取人工经验推测的方式。即根据实际的坡度、地面组成物质、侵蚀类型、坡长、植被盖度等，直接根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)对各个侵蚀单元的侵蚀模数进行取值，再根据各侵蚀单元的面积，求得全区土壤流失量。

本项目土壤侵蚀模数选用的方法根据实际情况确定，方法的确定遵守优先性原则，即：A 优于 B 优于 C。本项目监测中采用 A、C 两种结合的监测模式。

2.2.3 临时监测

临时监测主要是在工程施工建设过程中，由于工程变动或连续多日降雨等特殊条件下，而进行的一种监测。由于临时监测的不确定性，故监测内容和方法均不确定，根据现场实际情况开展监测工作。

2.2.4 巡查

巡查主要是在工程施工建设过程中和建设期针对整个工程的全部区域所采用的监测方法，尤其注意对于直接影响区的影响情况。结合项目实际情况，本项目监测中巡查主要针对植被恢复期进行监测，巡查的主要内容是水土流失危害和重大水土流失事件动态监测。

I 施工期

(1) 水土流失危害监测通过实地踏勘和走访群众等形式进行监测。

(2) 重大水土流失事件监测。

根据工程实际情况结合水土流失状况，按照现场实际情况开展监测工作。

II 植被恢复期

(1) 水土流失危害监测通过实地踏勘和走访群众等形式进行监测。

(2) 重大水土流失事件监测。

根据工程实际情况结合水土流失状况，按照现场实际情况开展监测工作。

2.2.5 监测指标及监测方法

结合项目特点，本项目监测中选用简易水土流失观测场、简易坡面量测场、植被样方法等方法进行监测。

1、简易水土流失观测场（侵蚀钉测量法）

(1) 简易水土流失观测场原理

简易水土流失观测场主要适用于弃渣场等分散堆积场地及边坡。在坡面上钎垂直打入木桩，在每次现场监测和暴雨后，观测木桩顶距地面的高度，以此计算土壤侵蚀厚度和总的土壤侵蚀量。根据已经测算的样地土壤侵蚀量计算整个坡面及项目区的土壤侵蚀模数。

（2）简易水土流失观测场选址

主要选择在松散的堆渣坡面进行布置，应选择坡面基本稳定，并且不会对施工建设造成影响的地区布置，应布设在基本为土质的坡面上，小区内石质面积不得大于小区总面积的 10%。

（3）简易水土流失观测场布置

根据开发建设项目实际情况，布设标准样地的主要规格为 2m×2m（也可根据实际情况适当增减），将一定长度的测钎（一般为 50~80cm，也可视样方情况而定），在选定的坡面样方小区按照一定间距（视监测样区面积、测钎数而定）分纵横方向将 9 支或 36 支测钎垂直打入坡面样方，使测钎顶部与坡面留有约 30cm，用卷尺量测并记录其距离，并在坡面以上的测钎上涂上油漆。

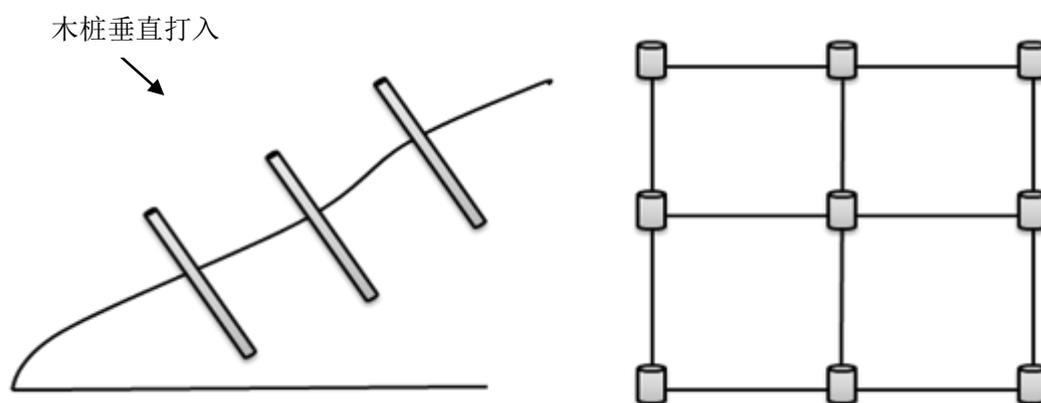


图 2-1 简易水土流失观测场示意图

（4）简易水土流失观测场的计算

计算公式为： $A=ZS/1000\cos\theta$

式中： A ——土壤侵蚀数量（ m^3 ）；

Z ——侵蚀厚度（ mm ）；

S ——水平投影面积（ m^2 ）；

θ ——斜坡坡度。

（5）注意事项

- ①测钎应垂直打入坡面；
- ②在打入测钎时，应尽量选择在周边土质均匀处，避免在大石或其他物质附近打入，影响观测精度；
- ③在测量时，应观测测钎左侧及右侧数字，进行平均后计算，不得取测钎上部或下部

数字进行计算；

④观测人员进行量测时，应尽量避免对区内进行破坏，以保证观测数据的合理性；

⑤具体计算时，数字偏差对侵蚀模数计算影响较大，读数时应注意估读，在测尺最小刻度后还应估读一位数。

2、简易坡面量测法（侵蚀沟量测法）

简易坡面量测法又称侵蚀沟量测法。主要用于土质边坡、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。调查坡面形成初的坡度、坡长、坡面组成物质、容重等，并记录造成侵蚀沟的次降雨。在每次降雨或多次降雨后，量测侵蚀沟的体积，得出沟蚀量，并通过沟蚀占水蚀的比例（50%~70%），计算水土流失量，如图 2-2 所示。

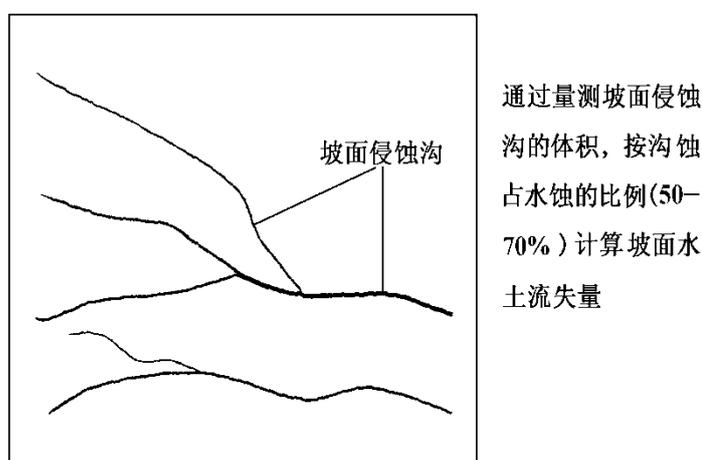


图 2-2 水土流失简易坡面量测场示意图

(2) 简易坡面量测场选址

选定的坡面应具有较为明显的侵蚀沟，以侵蚀沟形状简单为宜，所选坡面要方便量测，侵蚀沟应具有代表性。

(3) 简易坡面量测场的布置

简易坡面量测场的布置主要由实际的坡面侵蚀沟确定，布置规格不等，一般小型侵蚀沟以 5m×5m 内为佳，较大侵蚀沟则视实际情况确定观测面积。当观测坡面能保存一年以上时，应量测至少一年的水土流失量，有条件的地区，简易坡面量测法也可和简易水土流失观测场相结合，效果更佳。

(4) 简易坡面量测场侵蚀量的计算

在调查样地上等间距取若干个断面（B 样地宽×L 坡长），每个断面上量测侵蚀沟的断面积，然后按下式进行计算：

$$M = \frac{1}{2} r \sum_{i=1}^n (s_i + s_{i+1}) \times l \quad (\text{F2-2})$$

式中：M——样地侵蚀量，t；

S_i ——第 i 个断面的面积， m^2 ；

S_{i+1} ——第 i+1 个断面的面积， m^2 ；

l——样地断面间距，m；

r——土壤容重， t/m^3 ；

n——断面数。

也可以将侵蚀沟概化为棱锥、棱柱、棱台等，按下式计算：

$$\text{棱锥体积：} V = S H / 3 \quad (\text{F2-3})$$

$$\text{棱柱体积：} V = S H \quad (\text{F2-4})$$

$$\text{棱台体积：} V = H \cdot [S_1 + S_2 + (S_1 S_2)^{1/2}] / 3 \quad (\text{F2-5})$$

式中：V——体积， cm^3 ；

S_1 、 S_2 、 S ——底面积， cm^2 ；

H——高，cm。

(5) 其他注意事项

①侵蚀沟断面大致可分为“V”型和“U”型，根据实际情况应进行判别，便于采取正确的公式进行计算；

②侵蚀沟断面一般以上、中、下三处进行划分，必要是可增加观测断面；

③在量测某个侵蚀沟断面深度时，应注意“V”型需量测最深处，“U”型需要对底部实测两次以上，以减少误差；

④观测人员进行量测时，应尽量避免对侵蚀沟形状造成破坏，尽量不要践踏到侵蚀沟，保证观测数据的合理性；

⑤因具体计算时数字偏差对侵蚀模数计算影响较大，读数时应注意估读，在测尺最小刻度后还应估读一位。

3、植被样方法

植被样方可用于调查林草植被的生长发育状况，根据监测指标不同，具体的测量方式方法也不同。根据本项目监测实际情况，主要监测指标测量方法如下：

(1) 林木生长情况

①树高：采用测高仪进行测定。

②胸径：采用胸径尺进行测定。

（2）存活率和保存率

根据工程实际情况，造林成活率在随机设置 5m×5m 三个重复样方内，于秋季查看春秋造林苗木成活的株数占造林苗木总株数的百分数，单位为%。保存率是指造林一定时间以后，检查保存完好的林木株数占总造林株数的百分数，单位为%。

人工种草的成活率是指在随机设置 2m×2m 的多个样地内，于苗期查验，当出苗 30 株/m² 以上为合格，并计算和各样方占检查总样方的百分数及为存活率，单位为%，保存率是以上述合格标准在种草一定时间以后，再行查验，保存合格样数占总样数的百分比，单位为%。

（3）林草覆盖度监测

覆盖度是反映林草植被覆盖情况的指标，通过测量植被（林、灌、草）冠层的枝叶地面上的垂直投影面积占该林草标准地面积的比例进行计算。计算式为：

$$\text{覆盖度} = \frac{\sum(C_i A_i)}{A} \times 100\%$$

式中：C_i 为林地、草地郁闭度或盖度；A_i 为相应郁闭度、盖度的面积；A 为流域总面积。

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 水土保持方案确定的防治责任范围

根据《水保方案》及批复内容显示，设计确定大龙潭风光互补并网光伏电站水土流失防治责任范围包括项目建设区和直接影响区，其中项目建设区包括由光伏发电系统、升压站扩建区、道路工程区、施工场地、辅助设施、弃渣场及未扰动区，直接影响区为项目建设区扰动对周边造成的影响范围，大龙潭风光互补并网光伏电站（一期工程 20.5MW）水土流失防治责任范围总面积为 99.49hm²。其中项目建设区面积 97.14hm²，直接影响区 2.35hm²。方案批复防治责任范围面积详见表 3-1。

表 3-1 方案批复防治责任范围 单位：hm²

序号	分区	项目建设区	直接影响区	水土流失责任面积
一	光伏发电系统	57.49	2.35	99.49
1	光伏板基础	0.86		
2	光伏方阵空地	56.4		
3	逆变器室及 35kV 箱式变	0.23		
二	开关站	0.5		
三	道路工程区	6.93		
1	进场道路	0.86		
2	场内道路	6.07		
四	弃渣场区	1.32		
五	施工场地区	1.55		
六	未扰动区	29.35		
合计		97.14		

3.1.2 实际防治责任范围监测结果

通过调查复核，工程主体工程已施工结束，本项目建设过程中实际发生的水土流失防治责任范围面积为 42.13hm²，均为项目建设区。其中光伏发电系统区 24.07hm²（包括光伏板基础、光伏方阵空地、逆变器室及 35kV 箱式变和集电线路），升压站扩建区 0.11hm²，道路工程区 2.78hm²（包括进场道路 1.12hm²及场内道路 1.66hm²）；弃渣场区 0.16hm²，施工场地区 0.73hm²，未扰动区 14.28hm²。实际发生的防治责任范围面积详见表 3-2。

表 3-2 实际发生的水土流失防治责任范围 单位：hm²

防治责任范围	项目组成		实际扰动范围 占地面积	占地性质	
				永久占地	临时占地
项目建设区	光伏发电系统	光伏板基础	0.38	0.38	
		光伏方阵空地	22.63	22.63	
		逆变器室及 35kV 箱式变	0.1	0.1	
		集电线路	0.96	0.96	
		小计	24.07	24.07	
	升压站扩建区		0.11	0.11	
	道路工程区	进场道路	1.12	1.12	
		场内道路	1.66	1.66	
		小计	2.78	2.78	
	弃渣场区		0.16		0.16
	施工场地区		0.73		0.73
	未扰动区		14.28		14.28
直接影响区		0			
合计		42.13	26.96	15.17	

3.1.3 水土流失防治责任变化

工程实际扰动水土流失防治责任范围面积为 42.13hm²，较方案批复的水土流失防治责任范围面积为 99.49hm² 减少了 57.36hm²。具体情况见表 3-3。

表 3-3 水土流失防治责任范围变化情况表 单位：hm²

防治责任范围	项目组成		方案批复防治责任范围	实际扰动防治责任范围	增/减 (+/-)
项目建设区	光伏发电系统	光伏板基础	0.86	0.38	-0.48
		光伏方阵空地	56.4	22.63	-33.77
		逆变器室及 35kV 箱式变	0.23	0.1	-0.13
		集电线路	0	0.96	0.96
		小计	57.49	24.07	-33.42
	开关站		0.5		-0.5
	升压站扩建区		0	0.11	0.11
	道路工程区	进场道路	0.86	1.12	0.26
		场内道路	6.07	1.66	-4.41
		小计	6.93	2.78	-4.15
	弃渣场区		1.32	0.16	-1.16
	施工场地区		1.55	0.73	-0.82
未扰动区		29.35	14.28	-15.07	
直接影响区		2.35	0	-2.35	
合计		99.49	42.13	-57.36	

根据表 3-3 可知，本项目实际发生的水土流失防治责任范围面积比设计的水土流失防

治责任范围面积减少了 57.36hm^2 ，面积变化的主要原因有以下几点：

（1）项目建设规模由设计的 50MWP 调减为 20.5MWP，项目光伏发电系统区占地面积由设计的 57.49hm^2 调减为 24.07hm^2 ，未扰动区由设计的 29.35hm^2 调减为 14.28hm^2 ；

（2）施工阶段，取消了原设计的开关站，直接利用现有大龙潭升压站进行改扩建，升压站扩建区实际占地面积 0.11hm^2 ；

（3）由于光伏发电系统区布置发生变化，场内道路布置随之改变，道路长度减少导致道路区占地面积由原设计的 6.93hm^2 减少至 2.78hm^2 ；

（4）在工程建设过程中，由于项目建设规模调整，弃渣量较设计减少较多，仅启用了原设计规划的 1#弃渣场，启用的 1#弃渣场占地面积为 0.16hm^2 ；

（5）实际建设过程中对施工场地区布置进行了优化调整，减少了施工占地，调整后表土堆存场实际占地面积减少 0.82hm^2 ；

（6）根据水土保持监测资料，工程建设过程中未对周边造成影响，不计列直接影响区。

3.2 建设期扰动土地面积

地表扰动面积监测包括两方面的内容：即扰动类型判断和面积监测，其中扰动类型判断是关键，扰动类型的划分和判定是由其侵蚀强度确定的，监测过程中必须根据实际流失状态进行归类和面积监测。

通过对项目区现场踏勘，对工程水土流失情况进行分析，利用 GPS、测距仪、皮尺等量测工具，结合工程施工、监理和工程平面布置等资料，对工程区建设期扰动地表的面积进行量化。通过实际测算，结合主体设计资料及业主提供的有关数据，本工程实际扰动土地面积共计 27.85hm^2 ，其中 3.5MWp 建设期间 1.25 年（2014 年 10 月-2015 年 12 月），扰动面积 7.27hm^2 ；17MWp 建设期间 1 年（2017 年 10 月-2018 年 9 月），扰动面积 21.13hm^2 。扰动面积变化原因主要是因为建设规模调减，工程布局调整，对土石方进行了优化等。

工程建设扰动地表面积变化情况详见表 3-4。

表 3-4 工程建设扰动地表面积情况表 单位：hm²

项目组成		3.5MWp 建设期间扰动面积	17MWp 建设期间扰动面积	总扰动面积
		2014 年 10 月-2015 年 12 月	2017 年 10 月-2018 年 9 月	
光伏发电系统	光伏板基础	0.06	0.32	0.38
	光伏方阵空地	4.92	17.71	22.63
	逆变器室及 35kV 箱式变	0.02	0.08	0.1
	集电线路	0.18	0.78	0.96
	小计	5.18	18.89	24.07
升压站扩建区		0.11		0.11
道路工程区	进场道路	1.12		1.12
	场内道路	0.31	1.35	1.66
	小计	1.43	1.35	2.78
弃渣场区		0.09	0.16	0.16
施工场地区		0.46	0.73	0.73
合计		7.27	21.13	27.85

3.3 弃渣场监测结果

3.3.1 设计弃渣场情况

根据批复的《水保方案》，大龙潭风光互补并网光伏电站建设期间产生永久弃渣 8.89 万 m³（自然方），折合成松方为 11.56 万 m³（松方系数取 1.3）。规划布置 3 个弃渣场。

1#弃渣场位于 32#光伏方阵右侧的沟谷内，主要堆存来自于进场道路、1#、2#、3#场内道路的弃渣，占地面积为 0.16hm²，规划堆渣量为 0.55 万 m³；2#弃渣场位于 36#光伏方阵右侧的沟谷内，主要堆存来自于 4#、5#、6#场内道路的弃渣，占地面积为 0.45hm²，规划堆渣量为 1.58 万 m³；3#弃渣场位于 48#光伏方阵右侧的沟谷内，主要堆存来自于 7#、8#、9#、10#场内道路的弃渣，占地面积为 0.71hm²，规划堆渣量为 6.76 万 m³。设计弃渣场及临时堆土场特性详见表 3-5。

表 3-5 设计弃渣场特性表

项目	堆渣范围 (m)	规划容量 (万 m ³)	堆渣 (万 m ³)		占地 (hm ²)	堆渣坡 比	堆渣 方式	地形	地貌	位置	来源	最大运距
			自然方	松方								
1#弃渣场	2402.5 ~ 2412.5	0.85	0.55	0.72	0.16	1:1.8	自上而下	沟谷型	林地草地	紧挨道路右侧	进场道路、1#、2#、3#场内道路	0.6km
2#弃渣场	2350 ~ 2360	2.52	1.58	2.05	0.45	1:1.8	自上而下	沟谷型	林地草地	紧挨道路右侧	4#、5#、6#场内道路	1.5km
3#弃渣场	2282.5 ~ 2322.5	10.64	6.76	8.79	0.71	1:1.8	自上而下	沟谷型	林地草地	紧挨道路右侧	7#、8#、9#、10#场内道路	0.90km
合计		14.01	8.89	11.56	1.32							

3.3.2 弃渣场监测结果

根据现场踏勘情况及施工资料，大龙潭风光互补并网光伏电站在工程施工时启用了 1 个弃渣场，启用的弃渣场位置未发生变化，渣场堆渣面积为 0.16hm²，堆存渣量 0.47 万 m³（折合松方 0.61 万 m³，松方系数 1.3）；实际建设过程中未启用临时表土堆场，建设过程中的绿化覆土即取即用。目前工程弃渣已结束，弃渣场区域已实施完善的挡渣墙、截排水及植被恢复措施，弃渣场位置、占地、堆渣量监测结果详见表 3-6。

表 3-6 弃渣场位置、占地、堆渣量监测结果

项目名称		设计批复弃渣场	实际启用弃渣场	备注
弃渣场	位置	中心坐标 (N 26°3'56.11"、W100°8'20.97")	中心坐标 (N 26°3'56.11"、W100°8'20.97")	弃渣均在设计批复的范围堆存，弃渣场已实施挡渣墙、截排水及植被恢复措施
	占地面积	0.16hm ²	0.16hm ²	
	堆渣量	0.72 万 m ³	0.61 万 m ³	

3.4 土石方流向情况监测结果

3.4.1 方案设计土石方流向情况

根据批复的《水保方案》，大龙潭风光互补并网光伏电站开挖土石方 16.97 万 m³，其中表土剥离量为 1.27 万 m³，场地平整、基础开挖量为 15.70 万 m³；工程回填利用方为 8.08 万 m³（含表土 1.27 万 m³），其余 8.89 万 m³弃方运至规划的 3 个弃渣场堆放。

3.4.2 实际土石方流向情况

根据施工、监理资料，本工程施工过程中，共开挖土石方 2.02 万 m³，回填 1.96 万 m³，外购绿化覆土 0.41 万 m³，工程建设共产生的弃方 0.47 万 m³（自然方），堆存于 1#弃渣场中，工程实际建设过程中未启用临时堆土场。实际土石方流向详见表 3-8。

3.4.3 土石方流向变化情况

相比于批复水保方案，实际发生的土石方开挖总量减少了 14.95 万 m³，回填利用总量减少了 6.12 万 m³，弃渣总量减少了 8.42 万 m³，总体上主体工程开挖量、回填利用减少，减少了弃渣堆放，有效防止或避免工程施工开挖土石方的大量流失，减少了原地表扰动和破坏面积，从而减轻工程施工产生的水土流失，有利于水土保持。

表 3-7 批复水保方案与实际发生土石方平衡变化对比表

序号	项目	单位	批复水保方案	实际发生	变化
1	开挖量	万 m ³	16.97	2.02	-14.95
2	利用量（回填量）	万 m ³	8.08	1.96	-6.12
3	调入量	万 m ³	1.27	0.41	-0.86
4	调出量	万 m ³	1.27		-1.27
5	弃渣量	万 m ³	8.89	0.47	-8.42
5.1	1#弃渣场	万 m ³	0.55	0.47	-0.08
5.2	2#弃渣场	万 m ³	1.58		-1.58
5.3	3#弃渣场	万 m ³	6.76		-6.76

表 3-8

工程土石方平衡及弃渣流向表

单位：m³

分区或分段		开挖			回填			调入		调出		废弃	
		普通开挖	表土剥离	小计	普通回填	绿化覆土	小计	数量	来源	数量	去向	数量	去向
光伏发电系统区	光伏方阵基础	0.14		0.14	0.14		0.14						
	光伏方阵空地					0.18	0.18	0.18	外购				
	逆变器及 35KV 箱变	0.17		0.17	0.12		0.12					0.05	1#弃渣场
	集电线路	0.24		0.24	0.18		0.18					0.06	
升压站扩建区		0.22		0.22	0.22		0.22						
道路工程区		1.18		1.18	0.82	0.12	0.94	0.12	外购			0.36	1#弃渣场
弃渣场区	1#弃渣场					0.04	0.04	0.04	外购				
施工场地区		0.07		0.07	0.07	0.07	0.14	0.07	外购				
合计		2.02	0	2.02	1.55	0.41	1.96	0.41				0.47	

注：均为自然方。

3.5 其他重点部位监测结果

本项目为光伏发电类新建建设类项目，本项目区地势相对平坦，太阳能电池板顺原地势铺设，无需进行场地平整，存在较多的灌木和裸岩的区域影响电池板安装，需进行清理，清理工作主要为灌木清理和裸岩削平，不产生土方开挖，对原地形地貌扰动较小，灌木清理后对场地撒播草籽进行绿化。工程在建设过程中对下游造成的影响程度较小。

4 水土流失防治措施监测结果

大龙潭风光互补并网光伏电站水土流失防治及其效果监测内容包括各项水土流失防治措施的数量、质量及其防治效果，主要为工程措施中拦渣工程、斜坡防护工程、土地整治及防洪排导工程的稳定性、完好程度及运行情况；植物措施成活率、保存率、生长情况及覆盖度。结合项目建设区水土流失特点和实际施工进度，从水土保持工程措施、水土保持植物措施、水土保持临时措施、水土流失防治效果几个方面对监测数据进行综合分析。与《水保方案》中的防治措施及水土流失量预测结果进行对比分析，反映项目建设区水土流失防治措施及其效果。

4.1 水土流失防治措施

4.1.1 工程措施及实施进度

4.1.1.1 水土保持工程措施设计情况

根据《水保方案》及批复文件，确定了大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持工程措施，具体如下：

（1）主体工程中具有水土保持功能的工程措施

主体工程设计中具有水土保持功能的措施并计入水土保持方案投资的措施主要包括光伏发电系统区表土剥离 1.27 万 m^3 ，浆砌石排水沟 2580m；开关站区浆砌石挡土墙 68m，浆砌石排水沟 560m；道路工程区浆砌石排水沟 8350m。

（2）水土保持方案新增工程措施

光伏发电系统区碎石盲沟 3250m；开关站区覆土 0.05 万 m^3 ；道路工程区水窖 12 口，沉沙池 12 口、沉沙井 18 口，覆土 0.75 万 m^3 ；施工场地场地清理 1.55 hm^2 ，覆土 0.47 万 m^3 ；弃渣场区场地清理 1.32 hm^2 ，挡渣墙 92m，排水沟 400m，截水沟 98m，马道排水沟 190m。工程量见表 4-1。

表 4-1 水保方案设计工程措施量

防治分区	措施类型	单位	措施工程量	
			主体设计	方案新增
光伏发电系统区	表土剥离	万 m ³	1.27	
	浆砌石排水沟	m	2580	
	碎石盲沟	m		3250
开关站区	浆砌石挡土墙	m	68	
	浆砌石排水沟	m	560	
	覆土	万 m ³		500
道路工程区	浆砌石排水沟	m	8350	
	水窖	口		12
	沉沙池	口		12
	沉沙井	口		18
	覆土	万 m ³		7500
弃渣场区	场地清理	hm ²		1.32
	马道排水沟	m		190
	浆砌石截排水沟	m		498
	浆砌石挡渣墙	m		92
施工场地区	场地清理	hm ²		1.55
	覆土	万 m ³		4700

4.1.1.2 水土保持工程措施实际实施情况及实施进度

一、实际实施工程措施工程量

根据工程竣工资料及监理资料统计，截至 2018 年 12 月，本项目实际实施工程措施量为：浆砌石挡渣墙 45m，浆砌石挡土墙 72m，浆砌石截排水沟 2590m，排水涵管 65.2m，跌水坎 16m，水窖及配套沉砂池 4 口，沉沙井 6 口，覆土 4100m³，场地清理 0.89hm²，复耕 1.57hm²。

具体实施工程量情况见表 4-2。

表 4-2 实际实施的工程措施与方案比较分析表

防治分区	措施名称	单位	水保方案设计		工程实际建设		变化情况 (+、-)	
			主体	新增	主体	新增	主体	新增
光伏发电系统区	表土剥离	m ³	12700				-12700	
	浆砌石排水沟	m	2580		214		-2366	
	碎石盲沟	m		3250				-3250
	复耕	hm ²				1.57		
	覆土	m ³				1800		1800
开关站区	浆砌石挡土墙	m	68				-68	
	浆砌石排水沟	m	560				-560	
	覆土	m ³		500				-500
升压站扩建区	浆砌石挡土墙	m			72		72	
	浆砌石排水沟	m			286		286	
道路工程区	表土剥离	m ³				600		600
	浆砌石排水沟	m	8350			2090	-8350	2090
	排水涵管	m				65.2		65.2
	跌水坎	m				16		16
	水窖	口		12		4		-8
	沉沙池	口		12		4		-8
	沉沙井	口		18		6		-12
	覆土	m ³		7500		1200		-6300
弃渣场区	场地清理	hm ²		1.32		0.16		-1.16
	马道排水沟	m		190				-190
	浆砌石截排水沟	m		498				-498
	浆砌石挡渣墙	m		92		45		-47
	覆土	m ³				400		400
施工场地区	场地清理	hm ²		1.55		0.73		-0.82
	覆土	m ³		4700		700		-4000

根据《水保方案》设计的措施及实际实施的措施量对比，工程量发生变化的主要原因是由于项目建设规模由设计的 50MW 调减为 20.5MW，建设单位在建设过程中根据实际生产建设的需要，结合实际地形地貌特征，对各区域的措施进行了优化调整，导致措施数量及工程量发生变化，主要表现在以下几个方面：

(1) 光伏发电系统区

光伏发电系统区设计措施与实际实施措施工程量相比，因项目建设规模减小，同时项目依地形架设光伏基座，不进行场地平整，尽量减小对地表的扰动，因此取消了原设计的表土剥离和碎石盲沟，光伏发电系统区主要利用场内道路区的排水措施进行排水，大大减少了设计的排水措施，根据农业光伏的要求，新增了复耕、覆土面积 1.57hm²，位于平顶支架区域。

(2) 升压站扩建区

实际建设过程中，直接利用现有大龙潭升压站进行改扩建，因此取消了开关站区，根据实际防治需要，对升压站扩建区实施了挡墙和截排水措施。

（3）道路工程区

因场区道路建设长度减少，道路区实际建设过程中道路排水沟，水窖、沉砂池、沉沙井及覆土的工程量较原方案设计有所减少，根据道路工程区水土流失防治需要，工程新增实施了表土剥离、排水涵管和跌水坎等措施。

（4）弃渣场区

工程建设过程中，仅启用了原设计规划的 1#弃渣场，弃渣场实际实施的场地清理、浆砌石挡渣墙工程量有所减少，实际建设过程中渣场外围截排水利用场内道路区的排水系统，取消了设计的截排水沟和马道浆砌石排水沟。

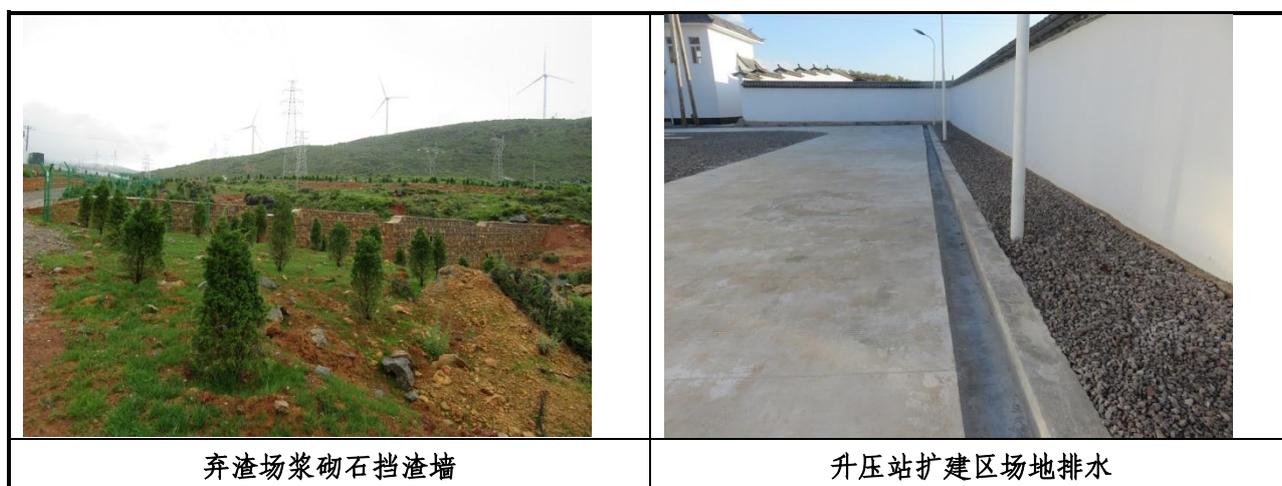
（5）施工场地区

实际建设过程中对施工场地区布置进行了优化调整，减少了施工占地，实际实施的场地清理工程量随之减少，实际建设过程中，对场地进行翻耕和场地清理，使其满足绿化条件，因此取消了场地覆土。

二、实施进度

大龙潭风光互补并网光伏电站主体工程施工期为 2014 年 10 月~2018 年 9 月，经查阅本工程相关监理、施工合同等资料，水土保持工程措施施工为 2014 年 10 月~2018 年 9 月。

大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持工程措施根据实际建设情况进行调整，能够满足项目区水土流失防治要求，实际实施情况基本到位，布局合理，实施的水土保持措施具有针对性，能满足工程水土保持防治要求。



	
<p>光伏发电系统区浆砌石排水沟</p>	<p>道路浆砌石排水沟</p>
	
<p>道路排水跌水坎</p>	<p>道路沉沙井和涵管</p>

4.1.2 植物措施及实施进度

4.1.2.1 水土保持植物措施设计情况

根据《水保方案》及批复文件，确定了大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持植物措施，具体如下：

（1）主体工程中具有水土保持功能的植物措施

主体工程设计中具有水土保持功能的措施并计入水土保持方案投资的措施主要包括开关站区绿化 0.10hm²；道路工程区道路两侧绿化 1.50hm²。

（2）水土保持方案新增植物措施

光伏发电系统区植被恢复 50.00hm²，道路工程区植被恢复 1.02hm²，弃渣场区植被恢复 1.32hm²，施工场地区植被恢复 1.55hm²。

具体工程量见表 4-3。

表 4-3 水土保持方案植物措施量

防治分区	措施名称	单位	措施工程量	
			主体设计	方案新增
光伏发电系统区	光伏方阵空地绿化	hm ²		50.00
开关站	开关站空地绿化	hm ²	0.10	
道路工程区	道路两侧绿化	hm ²	1.50	
	道路边坡植被恢复	hm ²		1.02
弃渣场	弃渣场平台及边坡植被恢复	hm ²		1.32
施工场地区	施工场地植被恢复	hm ²		1.55

4.1.3.2 水土保持植物措施实际实施情况及实施进度

一、实际实施植物措施工程量

根据工程竣工资料及监理资料统计，截至 2018 年 12 月，本项目实际实施植物措施量为：植被恢复面积共计 12.73hm²。其中光伏发电系统区光伏方阵空地绿化 10.57hm²；道路工程区道路两侧绿化 0.77hm²，道路边坡植被恢复 0.52hm²；弃渣场平台及边坡植被恢复 0.16hm²；施工场地区植被恢复 0.71hm²。

具体实施工程量情况见表 4-4。

表 4-4 实际实施的植物措施与方案比较分析表

防治分区	措施名称	单位	措施工程量		变化情况 (+、-)
			设计	实际	
光伏发电系统区	光伏方阵空地绿化	hm ²	50.00	10.57	-39.43
开关站区	开关站空地绿化	hm ²	0.10		-0.10
升压站扩建区	升压站空地绿化	hm ²			0.00
道路工程区	道路两侧绿化	hm ²	1.50	0.77	-0.73
	道路边坡植被恢复	hm ²	1.02	0.52	-0.50
弃渣场	弃渣场平台及边坡植被恢复	hm ²	1.32	0.16	-1.16
施工场地区	施工场地植被恢复	hm ²	1.55	0.71	-0.84
小计			55.49	12.73	-42.76

根据《水保方案》设计的措施及实际实施的措施量对比，项目实际实施的植物措施工程量总计 12.73hm²，与水土保持方案批复工程量植被恢复面积 55.49hm²相比较，工程实际实施植被恢复面积减少 42.76hm²，发生变化的主要原因：

(1) 项目建设规模由设计的 50MWP 调减为 20.5MWP，项目占地面积由设计的 97.14hm² 调减为 42.13hm²，可实施植被恢复面积措施面积减少；

(2) 为满足消防要求，升压站扩建场区不进行绿化，使得的植被建设面积减小。

二、实施进度

经查阅本工程相关监理、施工合同等资料，大龙潭风光互补并网光伏电站植被恢复措施实施时间为 2015 年 5-6 月；2018 年 5-9 月。

总体来看，大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持植物措施实施到位，布局基本合理，能够满足水土流失防治要求。



4.1.3 临时措施及实施进度

4.1.3.1 水土保持临时措施设计情况

根据《水保方案》及批复文件，确定了大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持临时措施，具体如下：

(1) 主体工程中具有水土保持功能的临时措施

主体工程未设计具有水土保持功能的临时措施。

(2) 水土保持方案新增临时措施

临时排水沟 1040m，沉沙池 4 口，编织袋挡墙 680m，无纺布遮蔽 32400m²。

具体工程量见表 4-5。

表 4-5 水土保持方案临时措施量

防治分区	措施名称	单位	数量
光伏发电系统区	排水沟	m	510
	无纺布	m ²	6700
	临时拦挡	m	680
道路工程区	无纺布	m ²	10200
弃渣场	沉沙池	口	3
施工场地区	无纺布	m ²	15500
	排水沟	m	530
	沉沙池	口	1

4.1.3.2 水土保持临时措施实际实施情况及实施进度

根据工程竣工资料及监理资料统计，截至 2018 年 12 月，本项目实际实施临时措施量为：临时排水沟 3100m，临时覆盖 6300m²，沉砂池 2 口。

具体实施工程量情况见表 4-6。

表 4-6 实际实施的临时措施与方案比较分析表

防治分区	措施名称	单位	措施工程量		变化情况 (+、-)
			设计	实际	
光伏发电系统区	排水沟	m	510		-510
	无纺布	m ²	6700		-6700
	临时拦挡	m	680		-680
道路工程区	排水沟	m		2480	2480
	沉沙池	口		3	3
	无纺布	m ²	10200	3500	-6700
弃渣场	沉沙池	口	3		-3
施工场地区	无纺布	m ²	15500	2800	-12700
	排水沟	m	530	620	90
	沉沙池	口	1	2	1

通过对比，项目实际实施的临时措施工程量与水土保持方案批复工程量相比有所调整，发生变化的主要原因：

- (1) 实际建设过程中，取消了布置于光伏发电系统区的临时表土堆场，相应取消了布置在临时表土堆场的临时排水、临时覆盖和临时拦挡措施；
- (2) 实际建设过程中，新增了道路工程区实施的临时排水和临时沉淀措施；
- (3) 弃渣场外围截排水利用场内道路区的排水系统，因此其临时沉淀措施均纳入道路区一并考虑。

二、实施进度

经查阅本工程相关监理、施工合同等资料，大龙潭风光互补并网光伏电站临时措施实施时间为 2014 年 10 月~2018 年 9 月。

大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持临时措施实施量较方案减少较多，由于项目建设规模减小，且施工扰动区域集中，已实施的临时措施也基本能够满足临时防护要求，未造成大的水土流失影响，要求在后续项目中加强施工过程中临时防护工程的实施，以减少施工过程中的水土流失。

4.2 措施质量评定

大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持措施主要分为主体工程具有水保功能措施以及水保方案新增措施两部分，水保措施质量评定主要根据抽查施工单位、监理单位建设期资料，抽查项目建设中间材料（砂、石料、水泥、混凝土、浆砌石砌体等）的质量评定情况，并根据监理单位、施工单位、质量监督机构项目自查初验质量评定等资料进行统计。

4.2.1 工程措施质量检验

根据项目实际情况，本次监测对于工程措施质量评价主要采取现场抽查的方式进行核实，是在建设单位自查自验基础上的复核，主要针对竣工结算报告中重要单位工程、关键工程，以技术文件、施工档案为依据，进行工程量完成情况及外观质量检测，方法是抽样复核与调查，重要单位工程面核查，其它单位工程则核查关键部位。

本次检查按照突出重点、涵盖各种水保措施类型的原则，在查阅工程设计、监理、分部工程验收资料的基础上，通过查阅工程检测资料，复核工程原材料、混凝土强度、砂浆标号是否符合设计要求；通过检查施工记录，评估隐蔽工程质量是否符合要求；通过现场量测工程外型尺寸，估算完成工程量，并与上报的工程量核对；通过核实和观察，检查工程外观质量和工程缺陷；通过工程设计、施工、监理资料和现场检查结果，分析工程运行情况，综合评价质量等级。

监测项目组检查了大量的监理资料，管理资料、竣工资料等，检查表明：建设单位档案管理规范，竣工资料齐全，主体工程中的水土保持建设按照有关规程规范的要求，坚持了对原材料、购配件的检验，严格施工过程的质量控制程序，各项治理证明文件完整，资料齐全。同时，还对施工原始纪录、材料检验报告、工程自检自验资料进行了重点抽查，各项工程资料齐全，符合施工过程及技术规范管理要求。

根据大龙潭风光互补并网光伏电站建筑材料试验报告表、分项工程质量验收记录等相关资料显示，项目水土保持工程措施质量为合格。

工程措施质量抽检措施运行情况详见表 4-7。

表 4-7 工程措施运行情况表

措施分类	布设区域	防护措施	稳定性	完好程度	运行情况
工程措施	光伏发电系统区	排水沟	满足行洪要求	断面规范、无破损	运行良好
		复耕、覆土		完好	运行良好
	升压站扩建区	浆砌石挡墙	无断裂	无破损	运行良好
		排水沟	满足行洪要求	断面规范、无破损	运行良好
	道路工程区	排水沟、排水涵管、跌水坎	满足行洪要求	断面规范、无破损	运行良好
		水窖、沉砂池、沉沙井	无断裂	无破损	运行良好
	弃渣场	浆砌石挡渣墙	无断裂	无破损	运行良好
		场地清理、覆土		完好	运行良好
	施工场地区	场地清理、覆土		完好	运行良好

项目监理单位对项目建设原材料、构配件进行了有见证取样报验，除对材料出厂合格证明及检验报告检查外，还见证取样送检。试样质量监督及检测单位为洱源县水利水电工程质量检测站，通过对报验试样进行审核，混凝土、天然砂、水泥、碎石等均符合要求，质量合格。

根据抽样调查分析，工程区内相应水土保持工程措施实施到位，工程措施质量符合设计和规范要求，各项水保措施能有效发挥其各自的水土保持功能，排水和挡渣措施质量基本稳定，运行正常，发挥了较好的防护作用。

本项目的水土保持工程措施主要有斜坡防护、防洪排导、拦渣及土地整治工程等，共有 72 个单元工程，其中合格数 72 个，优良数 26 个，经工程质量评定合格率 100%，经检验评定，工程质量合格。水土保持工程措施质量等级评定见表 4-8。

表 4-8 水土保持工程措施质量评定结果

单位工程	分部工程	布设位置	单元工程划分（个）	单元工程评定			分部工程质量评定	单位工程质量评定	项目工程质量评定
				合格项数	优良项数	合格率%			
斜坡防护工程	工程护坡	升压站扩建区	2	2	1	100	合格	合格	合格
防洪排导工程	基础开挖与处理	光伏发电系统区、升压站扩建区、道路工程区	32	32	8	100	合格	合格	合格
	排洪导流设施		32	32	14	100	合格	合格	合格
拦渣工程	基础开挖与处理	弃渣场区	1	1	1	100	合格	合格	合格
	坝（墙）体		1	1	1	100	合格	合格	合格
土地整治工程	场地整治	光伏发电系统区、弃渣场区、施工场地区	4	4	1	100	合格	合格	合格
合计			72	72	26	100	合格	合格	合格

4.2.2 植物措施质量检验

根据植物措施质量检验体系和检验方法，本工程水土保持植物措施项目为植被建设工程，共有 39 个单元工程，其中合格数 39 个，优良数 14 个，经工程质量评定合格率 100%，质量等级为合格。大龙潭风光互补并网光伏电站水土保持植物措施质量等级评定见表 4-9。

表 4-9 水土保持工程植物措施质量评定表

单位工程	分部工程	布设位置	单元工程划分（个）	单元工程评定			分部工程质量评定	单位工程质量评定	项目工程质量评定
				合格项数	优良项数	合格率%			
植被建设工程	点片状植被	光伏发电系统区	10	10	4	100	合格	合格	合格
		弃渣场	1	1		100	合格	合格	合格
		施工场地区	3	3	1	100	合格	合格	合格
	线网状植被	道路工程区	25	25	9	100	合格	合格	合格
合计			39	39	14	100	合格	合格	合格

本工程植物措施质量评定主要采取查阅竣工验收资料，并结合外业调查核实的方法。根据植物措施实施区域多、各区域相对集中的特点，植物措施外业调查主要采用全面调查和抽样调查相结合的方法。监测项目组通过查阅资料及现场调查，按植物措施实施顺序进行检查，以成活率、合格率和外观质量来确定植物措施的优劣。

4.2.3 临时措施质量检验

根据《水土保持工程质量评定规程》（SL336-2006），工程质量评定项目划分标准，本项目水土保持临时措施共划分为 1 项单位工程，3 项分部工程，42 个单元工程，合格 42 个，总体合格率 100%，质量等级为合格。工程划分及评定情况见表 4-10。

表 4-10 水土保持临时措施质量评定表

单位工程	分部工程	布设位置	单元工程划分(个)	单元工程评定			分部工程质量评定	单位工程质量评定	项目工程质量评定
				合格项数	优良项数	合格率%			
临时防护工程	排水	整个项目区	32	32	0	100	合格	合格	合格
	覆盖		8	8	0	100	合格	合格	合格
	沉淀		2	2		100	合格	合格	合格
合计			42	42	0	100	合格	合格	合格

5 土壤流失情况监测

5.1 水土流失面积

地表扰动面积监测包括两方面的内容：即扰动类型判断和面积监测，其中扰动类型判断是关键，扰动类型的划分和判定是由其侵蚀强度确定的，监测过程中必须根据实际流失状态进行归类和面积监测。

根据监测资料，结合现场踏勘，根据每次动态监测所得的数据，确定本工程（20.5MWp）在建设过程中累计扰动的地表面积为 27.85hm²，其中 3.5MWp 建设期间扰动面积 7.27 hm²，17MWp 建设期间扰动面积 21.13 hm²。

项目建设过程中扰动地表面积动态变化情况详见表 5-1。

表 5-1 项目建设过程中扰动面积变化情况表 单位：hm²

项目组成		3.5MWp 建设期间扰动面积	17MWp 建设期间扰动面积
		2014 年 10 月-2015 年 12 月	2017 年 10 月-2018 年 9 月
光伏发电系统	光伏板基础	0.06	0.32
	光伏方阵空地	4.92	17.71
	逆变器室及 35kV 箱式变	0.02	0.08
	集电线路	0.18	0.78
	小计	5.18	18.89
升压站扩建区		0.11	
道路工程区	进场道路	1.12	
	场内道路	0.31	1.35
	小计	1.43	1.35
弃渣场区		0.09	0.16
施工场地区		0.46	0.73
合计		7.27	21.13

5.2 土壤流失量

5.2.1 侵蚀单元划分

5.2.1.1 原地貌侵蚀单元划分

原地貌侵蚀单元主要根据不同的土地占用类型而确定。依据《云南省大理州洱源县大

龙潭风光互补并网光伏电站水土保持方案可行性研究报告》，原地貌侵蚀主要为各区域占地类型的原生侵蚀，项目水土流失防治责任范围内的原生占地类型主要为：林地、草地、坡耕地、交通运输用地以及其他用地。

5.2.1.2 地表扰动类型划分

为了客观的反映大龙潭风光互补并网光伏电站的水土流失特点，对项目建设扰动地表面积进行适当的分类，施工过程中对地表的扰动主要分为施工扰动平台、开挖坡面、回填坡面、堆渣面和无危害扰动五个侵蚀单元，其中无危害扰动为已实施防治措施的地表和被建筑物地表覆盖区域。根据监测工作的实际需要和大龙潭风光互补并网光伏电站的工程特点，在实地调查的基础上，依照同一扰动类型的流失特点和流失强度基本一致、不同扰动类型的流失特点和流失强度明显不同的原则，共分为 4 类地表扰动类型，大龙潭风光互补并网光伏电站侵蚀单位划分结果见表 5-2。

表 5-2 大龙潭风光互补并网光伏电站侵蚀单位划分结果

流失危害	未治理的扰动地表			无危害扰动
扰动特征	回填坡面	施工平台扰动	堆渣面	
特征描述	土质面、石质面	地势平坦、主要是施工扰动	土石混合堆渣	被建筑物覆盖、已采取硬化处理及为植被所覆盖
所在分区	道路工程区	光伏发电系统区（光伏板基础、逆变器室及 35kV 箱式变、集电线路）、道路工程区、施工场地区、升压站扩建区	弃渣场	光伏发电系统区（光伏方阵空地）

根据表 5-2 地表扰动分类表，对项目扰动地表面积进行分类，大龙潭风光互补并网光伏电站施工期间，第一期 3.5MWp 建设期间扰动面积 7.27 hm²，其中回填坡面 0.52hm²，堆渣面 0.16hm²，施工扰动平台扰动地表面积 4.54hm²，无危害扰动面积 22.63hm²；第二期 17MWp 建设期间扰动面积 21.13 hm²，其中回填坡面 0.52hm²，堆渣面 0.16hm²，施工扰动平台扰动地表面积 4.54hm²，无危害扰动面积 22.63hm²。详见表 5-3。

表 5-3 大龙潭风光互补并网光伏电站各侵蚀单位面积统计结果 面积：hm²

项目分区	扰动类型（第一期 3.5MWp）				合计
	堆渣面	回填坡面	施工扰动平台	无危害扰动	
光伏发电系统区			0.26	4.92	5.18
升压站扩建区			0.11		0.11
道路工程区		0.29	1.14		1.43
弃渣场	0.09				0.09
施工场地区			0.46		0.46

合计	0.09	0.29	1.97	4.92	7.27
项目分区	扰动类型（第一期 3.5MWp）				合计
	堆渣面	回填坡面	施工扰动平台	无危害扰动	
光伏发电系统区			1.18	17.71	18.89
升压站扩建区			0		0
道路工程区		0.23	1.12		1.35
弃渣场	0.16				0.16
施工场地区			0.73		0.73
合计	0.16	0.23	3.03	17.71	21.13

5.2.1.3 防治措施分类

在大龙潭风光互补并网光伏电站建设过程中，根据水土流失特点、危害程度和防治目标，以治理与防护相结合、生物措施与工程措施相结合、治理水土流失与重建和提高当地土地生产力相结合为原则，对地表扰动区域进行了防治措施布设，主要防治措施有工程防护措施、植物防护措施及临时措施等。

一、工程措施

大龙潭风光互补并网光伏电站完成的工程措施主要有弃渣场挡渣墙，护坡及排水措施等，具体为：浆砌石挡渣墙 45m，浆砌石挡土墙 72m，浆砌石截排水沟 2590m，排水涵管 65.2m，跌水坎 16m，水窖及配套沉砂池 4 口，沉沙井 6 口，覆土 4100m³，场地清理 0.89hm²，复耕 1.57hm²；

二、植物措施

通过现场调查，大龙潭风光互补并网光伏电站完成植被恢复面积 12.73hm²。其中光伏发电系统区光伏方阵空地绿化 10.57hm²；道路工程区道路两侧绿化 0.77hm²，道路边坡植被恢复 0.52hm²；弃渣场平台及边坡植被恢复 0.16hm²；施工场地区植被恢复 0.71hm²。

三、临时措施

临时防护措施在施工前或施工过程中实施，及时修补工程及植物措施未布设或尚未发挥作用的不足。通过现场调查得知，项目建设过程主要实施的临时防治措施有：临时排水、临时沉淀、临时遮盖等措施。其中临时排水沟 3100m，临时覆盖 6300m²，沉砂池 2 口。

5.2.2 各侵蚀单元侵蚀模数的确定

5.2.2.1 原地貌侵蚀模数

项目占用土地类型为草地、林地、交通运输用地和其他用地。项目区内的原生土壤侵蚀模数采用《水保方案》设计分析数据，确定各地类侵蚀模数如下：

草地：具有一定的水保功能，覆盖度 65% 以上，坡度 5-15°；土壤侵蚀模数 450t/km².a

林地：水土保持效果好，覆盖度 75% 以上，坡度 5-8°；土壤侵蚀模数 400t/km².a

交通运输用地：为原有乡村土质道路，地面裸露，坡度 5-8°；土壤侵蚀模数 1600t/km².a

坡耕地：坡度 10-15°；覆盖度较低，土壤侵蚀模数 3000t/km².a

其他用地：主要为砾石和裸地，土壤侵蚀模数 300t/km².a。

《水保方案》根据项目区原生占地情况，加权平均计算得出项目区土壤侵蚀模数背景值为 1184.14t/km² a。

5.2.2.2 各地表扰动类型侵蚀模数

一、回填坡面扰动类型土壤侵蚀模数分析

大龙潭风光互补并网光伏电站建设区域回填坡面扰动类型主要包括道路路基回填边坡，组成成分主要为土质或土石混合物，侵蚀类型主要为水力侵蚀，土壤流失量主要采用侵蚀钉样方对其进行监测，记录侵蚀样方的监测数据，再计算分析得出回填坡面土壤侵蚀模数。

监测项目组于 2016 年 3 月 20 日在进场道路回填坡面布设了 1 个侵蚀钉样方，侵蚀钉样方尺寸为 3m×3m。截止最后观测时间 2016 年 10 月 18 日，监测时段为 0.62a；通过对布设侵蚀钉样方的计算分析，回填坡面扰动类型土壤侵蚀模数为 3194.44t/km².a。回填坡面土壤侵蚀模数计算表详见表 5-4。

表 5-4 侵蚀钉样方监测数据计算表

小区编号	1#	小区规格	3m×3m	布设日期	2016年3月
布设部位：进场道路回填坡面					坡度：20°
项目	侵蚀深度（mm）				
	1#	2#	3#		
第1排	30	30	30		
第2排	30	30	30		
第3排	30	30	30		
小计	90	90	90		
2016年10月观测数据					
项目	侵蚀深度（mm）				
	1#	2#	3#		
第1排	30.5	31.5	31		
第2排	31.5	31	32		
第3排	31	31.5	31.5		
小计	93	94	94.5		
平均侵蚀厚度（mm）				1.2778	
流失量（t）				0.0178	
侵蚀模数（t/km ² ·a）				3194.44	
计算公式				$A=ZS/1000\cos\theta$	

二、施工平台扰动类型土壤侵蚀模数分析

大龙潭风光互补并网光伏电站建设区域施工扰动平台扰动类型主要涉及光伏发电系统区（光伏板基础、逆变器室及35kV箱式变、集电线路）、道路工程区、施工场地区、升压站扩建区扰动平台，侵蚀类型主要为水力侵蚀。通过现场踏勘，上述各种平台扰动形式均不具备布设监测点的条件，故该区域的土壤侵蚀模数取值通过参考地形、气候、植被等水土流失因子相似的同类工程，取值2200t/km²·a。

三、堆渣面扰动类型土壤侵蚀模数分析

大龙潭风光互补并网光伏电站建设区域堆渣面扰动类型主要为弃渣场，侵蚀类型主要为水力侵蚀。通过多次监测外业分析，监测项目组于弃渣场堆渣形成的坡面布设1个侵蚀沟样方。侵蚀沟样方布设于2017年2月16日，样方尺寸为5m×5m，坡度为38°。截止最

后观测时间 2017 年 11 月 5 日，监测时段为 0.75a，通过弃渣场堆渣体上布设的侵蚀沟样方计算分析，堆渣面扰动类型土壤侵蚀模数为 6041.77t/km².a。

侵蚀沟样方监测数据计算表详见表 5-5。

表 5-5 侵蚀沟样方监测数据计算表

时间	侵蚀沟编号		1	2	3	4
	近似形状		梯形	梯形	梯形	梯形
2017 年 2 月	上部(cm)	面宽	7.5	8.3	6.8	10.2
		底宽	3.3	4	3	6.3
		深	6.2	5.2	3.2	9.5
	中部(cm)	面宽	7.8	8.3	6.5	10.8
		底宽	3	4.1	2.8	6.8
		深	7.5	7.2	4.5	9.8
	下部(cm)	面宽	8.9	9.5	7.8	10.5
		底宽	4.5	4.8	4.2	7.1
		深	8.2	8.9	6.2	9.2
	平均	面宽	8.07	8.70	7.03	10.50
		底宽	3.6	4.3	3.33	6.73
		深	7.3	7.1	4.63	9.5
	长度 (m)		4.8	5	4.9	5.2
	面积(cm ²)		42.58	46.15	24.02	81.86
流失体积(cm ³)		20440	23075	11767.89	42566.33	
2017 年 11 月	上部(cm)	面宽	8.2	9.3	9.6	15.6
		底宽	4.6	4.5	5.6	8.4
		深	7.3	6.6	5.5	13.5
	中部(cm)	面宽	8.6	9.2	8	12.3
		底宽	4.2	5.8	4.2	8.6
		深	8.3	9.3	6.7	15.2
	下部(cm)	面宽	10.2	10.2	8.2	13.8
		底宽	5.6	6	5.8	9.1
		深	9.2	10.8	8.4	15.7
	平均	面宽	9	9.57	8.6	13.90
		底宽	4.8	5.43	5.2	8.70
		深	8.27	8.90	6.87	14.80
	长度 (m)		4.8	5	4.9	5.2
	面积(cm ²)		57.04	66.75	47.38	167.24
流失体积(cm ³)		27379.2	33375.00	23216.2	86964.8	
结果栏	土壤		计算公式			$V=\sum(w_i h_i L_i)$
	流失体积 (cm ³)	73085.97	流失总量(t)	0.1133	平均流失量 (t)	0.0283

侵蚀模数 (t/km ² ·a)	6041.77
特征说明	风化料场开挖面，侵蚀沟样方规格 5×5m，坡度 38°；坡面可见明显侵蚀沟

四、无危害扰动类型土壤侵蚀模数分析

大龙潭风光互补并网光伏电站无危害扰动主要集中于光伏发电系统区光伏方阵空地，该区域施工扰动活动不大，水土流失现状较为轻微，故该区域的土壤侵蚀模数取值通过参考地形、气候、植被等水土流失因子相似的同类工程，取值 1200 t/km²·a。

大龙潭风光互补并网光伏电站各侵蚀单元土壤侵蚀模数详见表 5-6。

表 5-6 大龙潭风光互补并网光伏电站各侵蚀单元土壤侵蚀模数统计表

侵蚀单元	土壤侵蚀模数(t/km ² a)
回填坡面	3194.44
施工平台	2200
堆渣面	6041.77
无危害扰动	1200

5.2.2.3 防治措施实施后侵蚀模数

根据监测项目组现场调查，大龙潭风光互补并网光伏电站土建工程已于 2018 年 9 月完工，目前各项水土保持工程措施和植物措施都已完工，各项防治措施实施后侵蚀模数具体分析如下：

(1) 光伏发电系统区

建成总占地面积 24.07hm²，地表形态包括硬化、建筑物覆盖及施工扰动面。

建筑物覆盖：主要为光伏板基础、逆变器室及 35kV 箱式变等，基本为建筑物覆盖，水土流失强度呈微度。

施工扰动面：项目区地势相对平坦，太阳能电池板顺原地势铺设，无需进行场地平整，存在较多的灌木和裸岩的区域影响电池板安装，需进行清理，清理工作主要为灌木清理和裸岩削平，不产生土方开挖，对原地形地貌扰动较小，灌木清理后对场地撒播草籽进行绿化。

结合以上各种地表形态占地及侵蚀模数，光伏发电系统区防治措施实施后平均侵蚀模数为 450t/km² a，水土流失强度为微度。

(2) 升压站扩建区

建成总占地面积 0.11hm²，地表形态主要为硬化、建筑物覆盖场地。

升压站扩建区在施工结束后在场内修建了完善的排水措施，为满足消防要求，升压站场区不进行绿化，场内扰动空地区域均采用混凝土硬化或铺砌碎石，侵蚀模数取值

300t/km² a，水土流失强度为微度。

（3）道路工程区

总占地面积 2.78hm²，地表形态包括道路路面及回填边坡。

道路路面：主要为混凝土路面及碎石路面，道路内侧布设有排水沟形成完善的排水系统，路肩栽植行道树，水土流失强度呈轻度。

回填边坡：主要为道路建设过程中回填形成，坡面较为松散。坡面采取撒播草籽的方式进行恢复。结合边坡情况，回填边坡水土流失强度呈轻度。

结合以上各种地表形态占地及侵蚀模数，道路工程区防治措施实施后平均侵蚀模数为 750t/km² a，水土流失强度为轻度。

（4）弃渣场

根据主体工程竣工资料，结合现场调查，在施工期工程建设期间产生弃渣全部运至 1# 弃渣场堆存，渣场占地面积 0.16hm²，地表形态包括堆渣平台、堆渣坡面。

堆渣平台：堆渣平台目前已进行植被恢复，水土流失强度呈轻度。

堆渣坡面：堆渣初期，建设单位在渣体下侧修建了浆砌石挡墙进行挡护，目前堆渣坡面平滑结实，渣体稳定，经过植物措施的实施，弃渣场水土流失强度已减至轻度。

结合以上各种地表形态占地及侵蚀模数，弃渣场防治措施实施后平均侵蚀模数为 600t/km² a，水土流失强度为轻度。

（5）施工场地区

施工场地区占地 0.73hm²，水土流失主要发生在施工期间的场地平整及基础开挖阶段，水土流失受人为影响较大。从现场调查情况，场地施工结束后工程使用的施工场地区拆除后撒播草籽绿化，水土流失强度为轻度，措施实施后平均侵蚀模数为 600t/km² a。

项目区防治措施实施后各分区土壤侵蚀模数结果详见表 5-7。

表 5-7 防治措施实施后侵蚀模数

分区	占地面积 (hm ²)	措施实施后侵蚀模数 (t/km ² a)	侵蚀强度
光伏发电系统区	24.07	450	微度侵蚀
升压站扩建区	0.11	300	微度侵蚀
道路工程区	2.78	750	轻度侵蚀
弃渣场	0.16	600	轻度侵蚀
施工场地区	0.73	600	轻度侵蚀
合计	27.85	484.15	微度侵蚀

5.2.3 项目建设区土壤流失量分析

本工程为建设类项目，参照同类工程建设经验，结合该工程建设实际情况，工程项目建设造成的水土流失主要集中在项目建设期。建设期由于要进行建筑物基础开挖、道路路基开挖和弃渣堆存活动，需进行大面积的开挖、回填等施工活动，因此，土壤侵蚀较大，但在相应同步的防治措施治理下，产生的水土流失也得到有效控制。在自然恢复期，由于水土保持防治措施效益的发挥，各区侵蚀模数开始降低。

5.2.3.1 原生土壤流失量监测结果及分析

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)，本工程属水力侵蚀为主的西南土石山区。根据监测小组对工程沿线水土流失状况实地调查资料，结合监理资料和《水保方案》确定的侵蚀模数进行分析，项目区土壤侵蚀模数背景值为 1184.14t/km².a，采用公式：流失量=∑侵蚀单元面积×侵蚀强度，对各阶段水土流失情况进行计算，计算时段按 3.5MWp 建设期间 1.25 年（2014 年 10 月-2015 年 12 月），扰动面积 7.27hm²；17MWp 建设期间 1 年（2017 年 10 月-2018 年 9 月），扰动面积 21.13hm²，项目区在建设期间背景土壤流失量应为 357.82t。项目建设区原生土壤流失量详见表 5-8。

表 5-8 项目区原生地表土壤流失量

阶段	分区	面积(hm ²)	原生平均土壤侵蚀模数(t/km ² a)	时间(a)	土壤流失量(t)
3.5MWp 建设期间	光伏发电系统区	5.18	1184.14	1.25a (2014 年 10 月-2015 年 12 月)	76.67
	升压站扩建区	0.11			1.63
	道路工程区	1.43			21.17
	弃渣场	0.09			1.33
	施工场地区	0.46			6.81
	小计	7.27			107.61
17MWp 建设期间	光伏发电系统区	18.89		1.00a (2017 年 10 月-2018 年 9 月)	223.68
	升压站扩建区	0			0.00
	道路工程区	1.35			15.99
	弃渣场	0.16			1.89
	施工场地区	0.73			8.64
	小计	21.13			250.21
合计					357.82

5.2.3.2 施工期土壤流失量监测结果及分析

通过 5.2.2.2 各侵蚀单元侵蚀模数的确定，采用公式：流失量=∑侵蚀单元面积×侵蚀强

度，对各阶段水土流失情况进行计算对比。项目施工期按 3.5MWp 建设期间 1.25 年（2014 年 10 月-2015 年 12 月），扰动面积 7.27hm²；17MWp 建设期间 1 年（2017 年 10 月-2018 年 9 月），扰动面积 21.13hm²。通过计算，项目施工期产生土壤流失量为 442.56t。各分区在不同时段水土流失量情况具体分析如下表 5-9。

表 5-9 项目施工期土壤流失量计算表

阶段	监测分区	扰动类型	面积 (hm ²)	土壤侵蚀模数(t/km ² a)	时间 (a)	土壤流失量 (t)
3.5MWp 建设期间	光伏发电系统区	施工扰动平台	0.26	2200	1.25	7.15
		无危害扰动	4.92	1200		73.80
	升压站扩建区	施工扰动平台	0.11	2200		3.03
	道路工程区	回填坡面	0.29	3194.44		11.58
		施工扰动平台	1.14	2200		31.35
	弃渣场	堆渣面	0.09	6041.77		6.80
	施工场地区	施工扰动平台	0.46	2200		12.65
小计			7.27		146.36	
17MWp 建设期间	光伏发电系统区	施工扰动平台	1.18	2200	1	25.96
		无危害扰动	17.71	1200		212.52
	道路工程区	回填坡面	0.23	3194.44		7.35
		施工扰动平台	1.12	2200		24.64
	弃渣场	堆渣面	0.16	6041.77		9.67
	施工场地区	施工扰动平台	0.73	2200		16.06
	小计			21.13		
合计					442.56	

5.2.3.3 防治措施实施后土壤流失量监测结果及分析

通过 5.2.2.3 防治措施实施后土壤侵蚀模数的确定，采用公式：流失量=∑侵蚀单元面积×侵蚀强度，对各阶段水土流失情况进行计算对比。各防治措施实施后进入自然恢复期。通过计算，防治措施实施后年产生土壤流失量为 134.84t。具体分析如下表 5-10。

表 5-10 自然恢复期土壤流失量计算表

分区	面积 (hm ²)	措施实施后侵蚀模数 (t/km ² a)	时间 (a)	土壤流失量 (t)
光伏发电系统区	24.07	450	1	108.32
升压站扩建区	0.11	300	1	0.33
道路工程区	2.78	750	1	20.85
弃渣场	0.16	600	1	0.96
施工场地区	0.73	600	1	4.38

合计	27.85	484.15	1	134.84
----	-------	--------	---	--------

5.2.4 水土流失情况对比分析

项目区背景值年产生水土流失量 357.82t，在监测时段内施工期（2014 年 10 月-2015 年 12 月；2017 年 10 月-2018 年 9 月）年产生水土流失量 442.56t，因项目建设新增的水土流失量为 84.74t，植被恢复期年产生水土流失量 134.84t，本报告认为项目区现有水土保持防治措施已发挥了一定的水土保持作用，项目的建设没有造成严重的水土流失，从分区侵蚀强度来分析，只要继续做好料场区及渣场区的水土保持防治工作，项目的建设和生产不会引发较大的水土流失危害而威胁周边环境。

5.3 水土流失危害

经现场调查以及询问周边居民，大龙潭风光互补并网光伏电站在施工期及运行期未产生水土流失危害事件。

6 水土流失防治效果

6.1 水土流失防治效果监测结果

根据《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防保护区和重点治理区复核划分成果》（办水保〔2013〕188号）及《云南省水利厅关于划分省级水土流失重点预防区和重点治理区的公告》（云南省水利厅公告第49号），项目区所在地洱源县右所镇属于金沙江岷江上游及三江并流国家级水土流失重点预防区，同时属于云南省水土流失重点预防区，依据《开发建设项目水土保持技术规范》（GB50433-2008）的规定及相关法律、法规，确定本工程水土流失防治执行建设类一级标准。按全国土壤侵蚀类型区划标准，项目区属以水力侵蚀为主的西南土石山区，土壤侵蚀模数允许值为 $500t/km^2 a$ 。批复的水保方案结合方案编制的原则和工程建设范围内地形地貌、土壤及水土流失特点，对防治目标进行修正后，确定本项目水土保持防治指标如下：扰动土地整治率95%，水土流失总治理度95%，土壤流失控制比1.0以上，拦渣率95%，林草植被恢复率97%，林草覆盖率25%。

具体分析见表6-1。

表 6-1 防治标准值情况表

防治标准	计算方法	方案批复目标值
扰动土地整治率（%）	项目建设区内水土保持措施面积与永久建筑物面积之和占扰动地表总面积的百分比	95
水土流失总治理度（%）	项目建设区内水土保持措施治理达标面积占水土流失总面积的百分比	95
土壤流失控制比	项目建设区内，项目区容许土壤流失量与方案实施后土壤侵蚀强度的比值	1
拦渣率（%）	项目建设区内采取措施实际拦挡的弃土（石、渣）量与弃土（石、渣）总量的百分比	95
林草植被恢复率（%）	项目建设区内，林草类植被面积占可恢复林草植被面积的百分比	97
林草覆盖率（%）	林草类植被面积占项目建设区面积的百分比	25

6.2 扰动土地整治率

扰动土地是指开发建设项目在建设活动中形成的各类挖损、占压、堆弃用地，均以垂直投影面积计。扰动土地整治面积，指对扰动土地采取各类整治措施的面积。扰动土地整治率为水土保持防治面积、永久建筑物面积之和与扰动地表面积的比值。

在工程建设过程中，对项目建设区进行了挡渣墙、排水沟、植被恢复及临时防护等治理措施。通过各项措施实施后，绝大多数扰动破坏土地得到了治理。

监测组根据施工征占地资料，结合现场调查核实，本项目在建设过程中，各分区均受到不同程度的扰动，本工程征占地土地面积共计 42.13hm²，扣除不扰动区面积 14.28hm²后，项目建设扰动面积为 27.85hm²，工程采取了相应的措施进行了整治，在整治面积中，建筑物及硬化面积占地 13.32hm²，水土保持防治措施面积 14.30hm²，总共整治面积 27.62hm²。经计算，扰动土地整治率为 99.17%，达到了方案目标值。具体分析详见表 6-2 的计算。

表 6-2 扰动土地整治率分析计算表 单位：hm²

项目分区	扰动面积(hm ²)	措施面积(hm ²)	建筑物覆盖及硬化地表面积(hm ²)	扰动土地整治率 %
光伏发电系统区	24.07	12.14	11.74	99.21
升压站扩建区	0.11		0.11	99.99
道路工程区	2.78	1.29	1.47	99.28
弃渣场	0.16	0.16	0	99.99
施工场地区	0.73	0.71	0	97.26
合计	27.85	14.30	13.32	99.17

6.3 水土流失总治理度

水土流失总治理度为水保措施防治达标面积与造成水土流失面积（扣除建筑物及硬化面积）的比值。经统计，项目建设扰动面积为 27.85hm²，扣除项目建构物及硬化占地 13.32hm²后，项目水土流失面积 14.53hm²，通过各种防治措施的有效实施，水土保持措施面积 14.30hm²，经计算，大龙潭风光互补并网光伏电站水土流失总治理度达 98.42%，达到了方案目标值。具体分析见表 6-3。

表 6-3 水土流失总治理度分析计算表 单位 hm²

项目分区	扰动面积(hm ²)	措施面积(hm ²)	流失面积(hm ²)	水土流失总治理度 %
光伏发电系统区	24.07	12.14	12.33	98.46
升压站扩建区	0.11	0	0.00	--
道路工程区	2.78	1.29	1.31	98.47
弃渣场	0.16	0.16	0.16	99.99
施工场地区	0.73	0.71	0.73	97.26
合计	27.85	14.30	14.53	98.42

6.4 拦渣率

本工程建设共产生废弃土石方 0.47 万 m³，全部运往弃渣场堆放，并在渣场下游设置了浆砌石挡渣墙，综合分析目前拦渣率约为 98%，达到了方案目标值。

6.5 土壤流失控制比

根据《土壤侵蚀分类分级标准》SL190—2007，项目区土壤侵蚀类型属西南土石山区水力侵蚀区，土壤容许流失量为 $500\text{t}/\text{km}^2 \text{ a}$ 。经现场查勘，项目建设区域水土保持工程措施防治效果明显，植物措施的实施具有较好的绿化美化效果。

整体上看，通过各水土保持工程措施和植物措施的实施，以及主体工程永久建筑物的相继完工以及林草植被的恢复，项目区水土流失得到了有效控制，现阶段项目建设区范围内土壤侵蚀模数为 $484.15\text{t}/\text{km}^2 \text{ a}$ ，土壤流失控制比达到 1.03，达到了方案目标值。

6.6 林草植被恢复率

林草植被恢复率为项目建设区内，林草植被面积与可恢复林草植被面积（在目前经济、技术条件下适宜于恢复林草植被）面积的比值。其中可恢复林草植被面积指在当前经济、技术条件下通过分析论证确定的适宜恢复植被的土地面积，不含国家规定应恢复的面积；林草植被面积为项目区实施的人工种植、天然林地和草地的总面积，包括成活率、保存率达到设计和验收标准天然林地和草地的面积。大龙潭风光互补并网光伏电站实际扰动面积 27.85hm^2 ，项目区内可绿化措施面积为 12.87hm^2 ，实际完成绿化措施面积 12.73hm^2 ，林草植被恢复率达到 98.91%，达到了方案目标值。

6.7 林草覆盖率

林草植被覆盖率为林草总面积与项目建设区面积的比值。结合工程施工实际情况，大龙潭风光互补并网光伏电站实际项目建设区面积为 42.13hm^2 ，项目区共实施完成绿化面积 12.73hm^2 ，经计算，工程林草覆盖率为 30.22%，达到方案目标值。

6.8 运行期水土流失分析

本项目为建设类项目，项目运行初期（即植被恢复期），水土流失主要发生在植被长势较差以及还未采取水土保持措施的区域，水土流失的形式主要以自然因素影响为主，人为扰动较少，但采取水土流失防治措施的必要性不能小视，遇到暴雨极易发生水土流失。

根据项目的实际施工情况，项目在工程运行期，需加强对已实施植物措施的管理、维护，使其尽快发挥水土保持功能，以最低限度减少运行期可能产生的水土流失量，改善项

目区及其周边范围内的生态环境。

7 结论及建议

7.1 水土保持措施评价

7.1.1 水土流失变化与防治达标情况

7.1.1.1 水土流失变化

水土流失是一个动态变化过程，其强度也是动态变化的，通过监测分析，项目区原生水土流失量为 329.78t/a，施工期水土流失量为 413.29t/a，植被恢复期水土流失量为 134.84t/a。与原生水土流失量相比，水土流失量减少 194.95t/a，各种措施的实施使这部分环境得到较大改善。

7.1.1.2 水土流失防治效果

根据监测资料统计分析，大龙潭风光互补并网光伏电站（一期工程 20.5MW）水土流失防治措施主要有工程措施、植物措施及临时措施。通过植被恢复期检验，各种措施运行稳定，发挥效益显著，项目区水土流失得到有效控制。

7.1.1.3 水土流失防治达标情况

通过监测，对工程项目建设区水土保持防治达标情况进行了定量分析，项目植被恢复期各项指标为：扰动土地整治率 99.17%，水土流失总治理度 98.42%，土壤流失控制比达到 1.03，拦渣率 98.0%，林草植被恢复率 98.91%，林草覆盖率 30.22%。

通过监测并对项目区各项防治指标进行评价，项目区扰动土地整治率、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、林草覆盖率均达到方案目标值。达标情况详见表 7-1。

表 7-1 水土保持防治目标达标情况表

防治标准	I 级标准	方案目标值	监测值	达标情况
扰动土地整治率（%）	95	95	99.17	达标
水土流失总治理度（%）	95	95	98.42	达标
土壤流失控制比	0.8	1.0	1.03	达标
拦渣率（%）	95	95	98	达标
林草植被恢复率（%）	97	97	98.91	达标
林草覆盖率（%）	25	25	30.22	达标

7.1.2 综合结论

根据项目水土保持监测，从土壤侵蚀背景状况及监测结果的分析可以看出，大龙潭风光互补并网光伏电站很重视水土保持工作和生态保护，基本按照《水保方案》实施了各种预防保护措施。根据监测成果分析，可以得出以下总体结论：

（1）本项目在建设过程中，实际发生的防治责任范围为 42.13hm^2 ，全部为直接影响区面积，其中光伏发电系统区 24.07hm^2 （包括光伏板基础、光伏方阵空地、逆变器室及 35kV 箱式变和集电线路），升压站扩建区 0.11hm^2 ，道路工程区 2.78hm^2 （包括进场道路 1.12hm^2 及场内道路 1.66hm^2 ）；弃渣场区 0.16hm^2 ，施工场地区 0.73hm^2 。工程建设期间实际扰动地面积为 27.85hm^2 。

（2）水土流失防治措施主要有工程措施、植物措施及临时措施。（1）工程措施：浆砌石挡渣墙 45m ，浆砌石挡土墙 72m ，浆砌石截排水沟 2590m ，排水涵管 65.2m ，跌水坎 16m ，水窖及配套沉砂池 4 口，沉沙井 6 口，覆土 4100m^3 ，场地清理 0.89hm^2 ，复耕 1.57hm^2 ；（2）植物措施：植被恢复面积 12.73hm^2 。其中光伏发电系统区光伏方阵空地绿化 10.57hm^2 ；道路工程区道路两侧绿化 0.77hm^2 ，道路边坡植被恢复 0.52hm^2 ；弃渣场平台及边坡植被恢复 0.16hm^2 ；施工场地区植被恢复 0.71hm^2 ；（3）临时措施：临时排水沟 3100m ，临时覆盖 6300m^2 ，沉砂池 2 口。

（3）根据水土流失量监测结果，项目区原生水土流失量为 329.78t/a ，施工期水土流失量为 413.29t/a ，植被恢复期水土流失量为 134.84t/a 。与原生水土流失量相比，水土流失量减少 194.95t/a 。各种措施的实施使这部分环境得到较大改善。

（4）通过对项目区水土流失防治效果评价，水土保持措施实施后各项指标为：扰动土地整治率 99.17% ，水土流失总治理度 98.42% ，土壤流失控制比达到 1.03 ，拦渣率 98.0% ，林草植被恢复率 98.91% ，林草覆盖率 30.22% 。各项指标均达到方案目标值，并达到 I 级防治标准。

7.1.3 存在问题及建议

为进一步做好大龙潭风光互补并网光伏电站的水土保持工作，避免建设管理漏洞造成今后水土流失的发生，消除水土流失对工程运行产生的不良影响及安全隐患，提出如下建议：

（1）及时清理项目区内已实施截排水沟中的淤积物，使其保持良好的行洪能力；

(2) 对植物措施加强管理，对出现死苗、病苗及时补置，防治水土流失加剧。

7.2 监测工作中的经验与问题

7.2.1 监测工作中的经验

通过对大龙潭风光互补并网光伏电站的监测工作，得出以下经验：

(1) 施工期水土流失监测的不可替代性。

施工期水土流失监测的特点之一是时效性，工程建设过程中容易发生水土流失的区域如临时堆土、开挖面、施工场地等在工程竣工后大多均已不存在，它们在施工期是否有流失、流失多大，只有通过实时监测才能获得。仅通过水土流失预测不能反映施工期水土流失的真实状况，过后也无法补测，因此施工期水土流失监测具有不可替代性和实时性。

(2) 合理监测频次是监测工作时效性的集中体现。

监测工作具有较强的时效性，必须严格按照《水土保持监测技术规程》和《水土保持监测实施细则》确定的各监测指标的监测频次开展监测工作。只要按照合理的监测频次进行监测，监测数据才能如实反映施工过程中的动态变化情况。

(3) 监测过程中发现问题及时报告，是监测工作内容之一

开发建设项目水土保持工作的最终目的是通过实施水土流失防治措施，减少因工程建设活动造成的新增水土流失。因此，通过阶段报告对工程建设过程中的水土流失及治理状况、施工中存在的水土流失隐患及应采取的措施及时向建设单位报告，以便建设单位采取相应的防治措施，也应是监测工作的重点工作内容之一。

7.2.2 存在的问题与建议

为确保开发建设项目在建设过程中，对生态环境的影响最低，能够按照批复的水保方案设计的内容合理地实施水土保持措施、及时委托开展水土保持监测工作，有效防治工程建设中可能产生的水土流失。提出以下建议：

(1) 在项目建设过程中要加强领导和管理，组建专门的水保工程建设领导小组，提高施工人员的水土保持意识，落实水保资金，确保水土保持方案的有效实施；

(2) 在施工过程中要注重水土保持临时措施的实施，以最大限度地减少施工期间的水土流失；

(3) 在对开挖边坡植被恢复的过程中，采取土工布临时覆盖，避免因降雨雨滴溅蚀、

冲刷裸露坡面造成水土流失，并能有效提高绿化成活率及植被恢复速率；

（4）优化施工工艺，采用对地面扰动最小的施工方式施工建设；

（5）建设单位在进行施工、监理招标时，在标书中明确施工过程中的水土流失防治责任要求。在施工过程中，积极配合当地水行政主管部门做好《水保方案》的实施和监督管理，特别是水土保持监测、监理专项检查及验收工作。