雷州晶科 60MW 渔光互补项目

水土保持监测总结报告

建设单位：雷州市晶科电力有限公司

监测单位：湛江华瑞科达地质勘测技术有限公司

2019 年 6 月

项目名称：雷州晶科 60MW 渔光互补项目

建设单位：雷州市晶科电力有限公司

编制单位：湛江华瑞科达地质勘测技术有限公司

项目负责人： 莫进发

审　　核：夏毅华

审　　定：马欢跃

编 写 人 员：毕中领

水土保持监测特性表

<table>
<tr><td colspan="8">主体工程主要技术指标</td></tr>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="7">雷州晶科 60MW 渔光互补项目</td></tr>
<tr><td rowspan="5">建设规模</td><td colspan="2" rowspan="5">工程总装机规模为 60MW，主要由光伏阵列、升压平台、集电线路和升压站等部分组成。</td><td colspan="2">建设单位、联系人</td><td colspan="3">雷州市晶科电力有限公司、邱群胜</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设地点</td><td colspan="3">广东省雷州市</td></tr>
<tr><td colspan="2">所属流域</td><td colspan="3">珠江水利委员会</td></tr>
<tr><td colspan="2">工程总投资</td><td colspan="3">49720 万元</td></tr>
<tr><td colspan="2">工程总工期</td><td colspan="3">2017 年 4 月开工~2019 年 6 月完工</td></tr>
<tr><td colspan="8">水土保持监测指标</td></tr>
<tr><td colspan="2">监测单位</td><td colspan="2">湛江华瑞科达地质勘测技术有限公司</td><td colspan="2">联系人及电话</td><td colspan="2">李铁/18820828618</td></tr>
<tr><td colspan="2">自然地理类型</td><td colspan="2">低山丘陵</td><td colspan="2">防治标准</td><td colspan="2">二级标准</td></tr>
<tr><td rowspan="4">监测内容</td><td>监测指标</td><td colspan="2">监测方法（设施）</td><td colspan="2">监测指标</td><td colspan="2">监测方法（设施）</td></tr>
<tr><td>1.水土流失状况监测</td><td colspan="2">定点定位监测（侵蚀沟法、桩钉法、淤积法）</td><td colspan="2">2.防治责任范围监测</td><td colspan="2">现场调查并结合地形图</td></tr>
<tr><td>3.水土保持措施情况监测</td><td colspan="2">现场调查法</td><td colspan="2">4.防治措施效果监测</td><td colspan="2">现场调查法、影像对比法</td></tr>
<tr><td>5.水土流失危害监测</td><td colspan="2">巡查法</td><td colspan="2">水土流失背景值</td><td colspan="2">500t/k m^2•a</td></tr>
<tr><td colspan="2">方案设计防治责任范围</td><td colspan="2">70.26hm^2</td><td colspan="2">土壤容许流失量</td><td colspan="2">500t/k m^2•a</td></tr>
<tr><td colspan="2">监测防治责任范围</td><td colspan="2">70.26hm^2</td><td colspan="2">水土流失目标值</td><td colspan="2">500t/k m^2•a</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">防治措施</td><td colspan="6">工程措施：混凝土排水沟 180m。</td></tr>
<tr><td colspan="6">植物措施：站区园林绿化 0.095hm^2，全面整地 0.44hm^2，撒播草籽 0.44hm²。</td></tr>
<tr><td colspan="6">临时措施：围墙 260m，砖砌排水沟 180m，彩条布苫盖 300m^2，砖砌沉沙池 2 座。</td></tr>
<tr><td rowspan="5">监测结论</td><td rowspan="5">防治效果</td><td>分类指标</td><td>目标值（%）</td><td>达到值（%）</td><td colspan="5">实际监测数量</td></tr>
<tr><td>扰动土地整治率</td><td>95</td><td>100.0</td><td>防治措施面积</td><td>1.85hm^2</td><td>永久建筑物及硬化面积</td><td>0.50hm^2</td><td>扰动土地总面积</td><td>69.86hm^2</td></tr>
<tr><td>水土流失总治理度</td><td>87</td><td>97.7</td><td>防治责任范围面积</td><td>70.26hm^2</td><td colspan="3">水土流失总面积</td><td>1.85hm^2</td></tr>
<tr><td>土壤流失控制比</td><td>1.0</td><td>1.0</td><td>工程措施面积</td><td>0.55hm^2</td><td colspan="3">容许土壤流失量</td><td>500t/km^2•a</td></tr>
<tr><td>林草覆盖率</td><td>0.4</td><td>0.44</td><td>植物措施面积</td><td>1.3hm^2</td><td colspan="3">监测土壤流失情况</td><td>500t/km^2•a</td></tr>
</table>

	林草植被恢复率	97	97.6	可恢复林草植被面积	1.3hm^2	林草类植被面积	1.3hm^2
	拦渣率	95	95	实际拦挡弃土（石、渣）量	/	总弃土（石、渣）量	/
	水土保持治理达标评价	六项指标均达到方案设定的目标值。					
总结及建议		水土保持设施的管护、维护措施落实到位；建议加强植被养护，提高林草植被成活率。					

目　录

前　言 1

1 建设项目及水土保持工程概况 5

1.1 建设项目概况 5

1.1.1 项目基本情况 5

1.1.2 项目组成 6

1.1.3 项目区概况 9

1.2 水土保持工作情况 14

1.2.1 项目区水土流失及水土保持情况 14

1.2.2 方案编制情况 14

1.2.3 水土保持方案设计概况 15

1.2.4 水土保持工程建设情况 20

1.3 监测工作实施概况 20

1.3.1 监测实施方案执行情况 20

1.3.2 监测时段及监测分区 21

1.3.3 监测频次 21

1.3.4 监测项目部设置 21

1.3.5 重点监测部位及监测点位 21

2 监测内容和方法 23

2.1 监测内容 23

2.2 监测方法 24

3 重点对象水土流失动态监测 27

3.1 防治责任范围监测结果 27

3.1.1 水土流失防治责任范围 27

3.1.2　背景值监测 29

3.1.3　建设期扰动土地面积 29

3.2 取土监测结果 30

3.2.1 设计取土（石）情况 30
3.2.2 取土（石）量监测结果 30
3.3 弃土弃渣监测结果 30
3.3.1 方案设计取土弃渣量 30
3.3.2 弃土弃渣动态监测结果 30
4 水土流失防治措施监测结果 **32**
4.1 工程措施及实施进度 32
4.2 植物措施及实施进度 32
4.3 临时防治措施及实施进度 34
5 土壤流失情况监测 **36**
5.1 水土流失面积 36
5.2 各阶段土壤流失量分析 36
5.2.1 土壤流失背景值 36
5.2.2 施工期土壤侵蚀强度分析 37
5.2.3 施工期土壤流失量 37
5.2.4 自然恢复期土壤流失量 38
5.2.5 土壤流失量分析 38
5.3 取土（石、料）弃土（石、料）潜在水土流失量 38
5.4 水土流失危害 38
6 水土流失防治效果监测结果 **39**
6.1 扰动土地整治率 40
6.2 水土流失总治理度 40
6.3 拦渣率 40
6.4 土壤流失控制比 41
6.5 林草植被恢复率和林草覆盖率 41
7 结论 **43**
7.1 水土流失动态变化 43

7.2 水土保持措施评价 43
7.3 存在问题及建议 44
7.4 综合结论 44
附件 1: 水土保持方案的批复 46
附件 2: 广东省发改委备案证 50
附件 3: 监测现场照片 51
附件 4: 项目平面布置、监测点布局图……..**52**

前　言

雷州晶科 60MW 渔光互补项目属于光伏发电工程，“渔光互补”是将光伏产业与渔业生产联系起来，光伏板利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能，板下利用原水面进行罗非鱼养殖等综合高效渔业。项目既实现了光电转换，增加了电力，又满足了渔业养殖的需要，带动绿色生态养殖业发展，有望实现真正的低碳、绿色和循环农业。本项目所在地区太阳能资源较为丰富，基本具备建设光伏电站的条件，且是国家政策支持的产业项目，符合地方经济和社会规划，能提供清洁能源，促进当地经济增长。因此，本项目建设必要可行。

雷州晶科 60MW 渔光互补项目位于湛江市雷州市雷高镇溪南水库，场地地理坐标为 N20° 48′，E110° 17′。项目属于新建项目，项目由雷州市晶科电力有限公司进行独立建设。本工程主要由光伏阵列、逆变升压、高压输配电、监控等组成；主要建设内容包括配套用房、110kV 并网点、门卫室、泵房及光伏支架若干。工程总占地面积共计 69.86hm2，均为临时占地，主要为光伏方阵占地 68.01hm2 、升压站占地 0.55 hm2、电缆沟占地 1.25hm2、施工工区占地 0.05 hm2，土地使用权均通过租地的形式获得。本项目租地为水库用地，无移民搬迁、安置、房屋及专业设施改迁问题。总挖方 2.62 万 m3，填方 2.25 万 m3，弃方为 0.37 万 m3，弃方可用于升压站站区和围墙外围的绿化覆土使用，无永久弃方。工程已于 2017 年 4 月开工，计划 2017 年 8 月完工，结合主体工程设计，工程计划总投资 43113.56 万元，工程实际总投资 49676 万元，单位千瓦计划投资 7185.59 元/kW，单位千瓦实际投资 8279.33 元/kW。

2015年2月，广东省发展改革委员会核发广东省企业基本建设投资项目备案证（附件 2），项目建设地点为雷州市溪南水库，装机规模为60MW; 2017年2月，雷州市晶科电力有限公司完成了项目预可研及实施方案；2017 年 2 月广东省气象防灾技术服务中心编制完成《晶科电力雷州 60MW 渔光互补光伏项目台风灾害风险专题研究报告》;2017 年 7 月雷州市水务局复函《关于晶科电力雷州 60MW 渔光互补光伏项目防洪评价报告的复函》（雷水函[2017]86 号）；2018 年 6 月，本项目环境影响评价报告表已获得雷州市环境保护局的批复并于同年 10 月份完成环保专项的验收；2019年3月湛江华瑞科达地质勘测技术有限公司受建设单位委托编制本项目水土保持方案报告书，于2019年4月编制完成了《晶科电力雷州60MW渔光互补光伏项目水土保持方案报告书（报批稿）》且于2019年4月17日取得湛江市水务局关于该项目的水土保持方案的批复《湛江市水务局关于晶科电力雷州60兆瓦渔光互补光伏项目水土保持方案的批复》（湛水水保安监[2019]35号文）。

根据《中华人民共和国水土保持法》、《水土保持生态环境监测网络管理办法》等规定和要求，2019年5月，建设单位委托湛江华瑞科达地质勘测技术有限公司(以下简称“我司”)开展水土保持监测工作。监测委托合同签订后，我公司抽调水土保持监测技术人员成立了工作组，及时安排技术人员进行实地勘察。详细调查项目区自然情况、水土流失背景与水土保持现状等，结合批复的水土保持方案、本工程的施工任务安排、施工工艺及总体布局， 对本工程水土保持进行了总体规划。由于我司接受监测委托时该项目已完工，因而我司对其自然恢复期进行了重点勘查，自然恢复期重点勘查了项目区内裸露地面植被恢复、项目区绿

化等水土保持措施运行情况，并选取典型样地测定了植被的覆盖度、成活率和生长状况。

根据工程初步设计、施工图、监理月报、工程量签证单和现场监测实际情况，于 2019 年 6 月编制完成《晶科电力雷州 60MW 渔光互补项目水土保持监测总结报告》。

具体监测内容为：一是重点监测项目区水土流失防治责任范围的变化、扰动原地表面积的变化、损坏土地和植被数量、弃土弃渣量、防护措施是否到位、施工过程中是否设有临时防护措施，项目区及周边区域生态环境变化等情况；二是监测项目区的水土流失面积、土壤侵蚀强度和土壤流失量等情况；三是监测水土流失防治责任范围内的水土保持措施落实、防治效果及维护和工程运行等情况。2019 年 6 月，我公司技术人员对监测期数据和资料进行了整理、汇总和分析，编写完成《晶科电力雷州 60MW 渔光互补项目水土保持监测总结报告》。

结合项目区水土流失特点和施工工艺，依据批复的水土保持方案，本工程实际施工未涉及取土场、弃渣场，水土保持重点监测部位为光伏发电区、升压站区和施工临建区。采用施工区巡查、重点抽样调查和咨询建设相关人员相结合的方法进行监测。监测期间对项目区的踏勘及调查，监测面积为防治责任范围面积：70.26hm^2。本工程实际挖方总量 2.62 万 m^3，填方总量 2.25 万 m^3，弃方为 0.37 万 m3，弃方可用于升压站站区和围墙外围的绿化覆土使用，无永久弃方。本工程监测期土壤流失量为 94.0t，新增水土流失量为 84.6t。

本工程通过采取水土保持措施，水土流失防治指标达到了方案确定的目标值：扰动土地整治率 100.0%，水土流失总治理度 97.7%，土壤流失控制比 1.0，拦渣率 95%，林草植被恢复率 97.6%，林草覆盖率 0.8%。

由于本工程实际占地类型大部分为水域面积，施工结束后恢复水域占地，因而实际林草覆盖率较低。

在现场勘查、资料收集等过程中，建设单位、监理单位及施工单位等予以积极配合，在此表示感谢。

1 建设项目及水土保持工程概况

1.1 建设项目概况

1.1.1 项目基本情况

项目名称: 晶科电力雷州 60MW 渔光互补项目

建设单位: 雷州市晶科电力有限公司

建设性质: 新建

建设规模: 本项目占地面积 69.86hm^2，工程总装机规模为 60MW，主要由光伏阵列、升压平台、集电线路和升压站等部分组成。

项目由 44 个光伏阵列（包括 187500 块功率为 320Wp 的多晶硅光伏组件块交流汇流箱 628 台、44 台逆变器、62000m 低压电缆）、44 座 35kV 升压平台（各安装一台 1000kVA 双分裂绕组升压变压器）、110kV 升压变压器、1 台 10kV 升压变压器 1 台，14000m 的 35kV 集电线路（全部沿支架或桥架敷设）和 1 座 110kV 升压站（建设一台 40MVA 的变压器）等组成。总投资：工程总投资为 43113.56 万元，土建投资为 3158.55 万元。

建设工期: 2017 年 4 月开工，2019 年 4 月竣工，总工期 24 个月。

地理位置: 湛江市雷州市溪南水库水面，场地地理坐标 N20° 48′，E110° 17′。

项目区地理位置见图 1-1:

图 1-1　项目地理位置示意图

1.1.2 项目组成

本工程由光伏发电方阵区（光伏发电组件、架空低压电缆）、35kV 升压平台、35kV 集电线路、110kV 升压站及附属工程组成。

工程建设特性见表 1-1。

表 1-1　　工程建设特性表

名称			单位	数值
1.光伏发电工程站址	地理位置		湛江市雷州市溪南水库	
	全年太阳辐射量		千卡/cm^2	108.8～115.0
	全年日照时平均数		h	1953.8
2.土建工程	多晶硅光伏组件块		块	187500
	安装块功率		Wp	320
	逆变器		台	44
	交流汇流箱		台	628
	管桩基础	根数	根	26873
		地基特性	天然地基	

	35kV 升压平台		座	47
	110kV 升压站（含进站道路）		m^2	4862
3.施工特征	土石方	开挖	万 m^3	2.62
		回填	万 m^3	2.25
		借方	万 m^3	0
		弃方	万 m^3	0.37
	工程占地	总占地	hm^2	70.26
		永久占地	hm^2	0.4
		临时用地	hm^2	69.86
	总工期		月	24
4.投资指标	工程总投资		万元	43113.56
	土建工程投资		万元	3158.55

1、光伏发电阵列

按照光伏方阵连接方式划分，光伏方阵结构由组件、组串、串列、子方阵组成。光伏方阵的连接结构组成为：由 20 个组件串联构成组串，由 16 个组串并联接入逆变器构成串列，由 7 个串列并联接入升压变压器构成子方阵；由 2 个子方阵排布构成光伏方阵，共 44 个发电单元。

本项目共 44 个 1.25 MW 电池组件阵列（发电单元），布设 628 台交流汇流箱，44 台逆变器，共安装 187500 块功率为 320Wp 的多晶硅光伏组件块，上述组件均安装在支架上。根据光伏组件安装倾角 13 度对光伏单元进行设计，阵列前后排间距为 3.2646m，即轴间距为 6.5m，东西向间距为 0.5m，南北向通道间距为 6.5m。光伏组件采用固定式支架安装方式，阵列形式采取南北向竖铺 2 块组件、东西向 22 块组件，单组 44 块组件，支架形式采取热镀锌冷弯薄壁 C 型钢单腿固定支架。每个阵列单元均采用 5 根外径 300mm 的预应力混凝土管桩平行排布，桩上布置支架柱、主梁和檩条。共布设 26873 根桩，桩长 6~12m，根据防洪要求，光伏组件低的标高与最高洪水位设计标高的距离需大于等于 6m（最高洪水位设计绝对标高 44.740m），因此光伏组件低的标高不低于 50.74m。桩

基在正常维护情况下设计使用年限为 25 年，地基基础设计等级为丙级。

2、35kV 升压平台

每个子方阵采用 1 台 1000kVA 双分裂绕组升压变压器(升压至 35kV)的升压方式。35kV 开关柜选用国产金属铠装移开式高压开关柜，一次元件主要包括断路器、操动机构、电流互感器、电压互感器、避雷器等。动态无功补偿回路和主变进线回路断路器采用 SF6 断路器，其余回路采用真空断路器。进线柜内断路器额定电流为 1600A，最大开断电流 31.5kA，其余开关柜内断路器额定电流为 1250A。35kV 侧装设动态无功补偿装置，配 1 套 10Mvar 容量的 SVG 型动态无功补偿装置，以实现对光伏场无功功率的动态调节。

35kV 升压平台采用 6 根外径 300mm 的预应力混凝土管桩排布，桩顶设置梁板采用 C30 混凝土浇筑平台，平台平面为 7.375m×4.4m，平台采取现浇施工方式，平台上布设 35kV 箱式变压器。根据防洪要求，平台高度标高为 46.54m，与最高洪水位设计标高的距离为 1.8m（最高洪水位设计绝对标高 44.740m）。根据统计，35kV 升压平台 44 座。

3、35kV 集电线路

本工程 35kV 高压电力电缆选用铜芯电缆，沿支架或桥架敷设。35kV 集电线路支架基础利用光伏发电支架或升压平台支架，不单独建设。

整个光伏电站分 44 个发电单元，由 44 台升压设备升压至 35kV 后，1#~5#发电单元在场地东侧汇入升压站，6#~13#与 13#~31#分布在场地西侧组成两个回路，在场地中部回合后，越过水面线，输送至升压站。根据统计，35kV 集电线路长度 14000m。

4、升压站区

110kV 升压站布设在光伏电场东侧，现状为旱地，不属于水库的用地范围。110kV 升压站是光伏发电的配套工程，是整个光伏电场的运行

控制中心。升压站建设一台 40MVA 的变压器，装设一组容量为 10MVar 无功补偿装置。本项目采用户外 GIS 的配电装置。

升压站总用地面积为 0.55hm^2，总建筑面积约 1000m^2，包括综合楼、变压器、SVG 设备、事故油池、消防水池、综合水泵房、警卫室、污水处理间、停车位、配电装置区域、化粪池、隔油池等。综合楼建筑结构形式采用钢筋混凝土框架结构，基础拟采用条形基础。

5、施工临建区

本工程施工临建区应集中布置，布置在升压站旁，北侧邻近 691 县道，方便人员和设备材料进出；施工临建区设有办公生活区、设备材料堆放区、施工工厂等，同时利用场内空闲区域堆放表土，主体工程完工后，回填表土至绿化区域，临建区总用地面积 69.86hm^2。

1.1.3 项目区概况

1、地理位置

雷州晶科60MW渔光互补项目位于湛江雷州市雷高镇溪南水库，场地地理坐标为 N20° 48′，E110° 17′。

2、地形地貌

雷州位于粤桂加里东褶皱隆起带的东南缘，云开古陆的东南端，吴川——四会大断裂的南端，第四系火山喷溢产物玄武岩覆盖几乎全境。属低丘 台地地形，主要是第四纪熔岩地貌和海成地貌，地势自北向东、西、南三面沿海倾斜，北部地势较高，海拔一般在 100-150 米。中部地区起伏平缓，海拔 20-80 米。

本工程位于广东湛江雷州市雷高镇溪南水库及其周边，场地中心坐

标为N20° 48′，E110° 17′。工程场地属沿海剥蚀准平原地貌，地形低缓平坦， 场地地形基本平坦，局部有水滩。 工程区范围内海拔标高+9.83m～+28.85m，平均标高约 14m，自然地形坡度 0～20°。

3、地质概况

①区域地质概况

在大地构造上，雷州境内位于粤桂加里东褶皱隆起带的东南缘，云开古陆的东南端，吴川——四会大断裂的南端。第四系火山喷溢产物玄武岩覆盖几乎全境。构造形迹多为平缓褶曲及断层，多隐伏于第四系地层之下而形成 基底构造。本区附近存在迈车坎正断层，断层上盘为湖光岩段玄武岩和凝灰 岩，下盘为湖光岩段凝灰岩及湛江组粉砂夹薄层状黏土。北东向断裂，规模 较大，斜切整个雷州半岛，走向 45°，由区外延伸而来，其中规模较大者有 吴川—海康港、庵里—龙门、淡水—流沙港、灯楼角—西禄断层、规模较小 有河头断裂等。但未发现地壳的差异升降活动及其它活动性断裂穿过工程场区，综合评估工程场区处于相对稳定的地质构造单元上。

②工程地质概况

1、建设场地周边比较空旷，工程环境条件简单，地貌单一。场地内无活动断层通过，无影响工程稳定的不良地质作用；未发现诸如古河道、沟浜等对工程不利的其它埋藏物，该区标准冻深一般为 0.2-0.3m，适宜建设。

2、岩土设计参数根据室内岩、土工试验及现场标贯、静力触探试验等结果，并结合地区工程实践经验综合确定，其中工程特性物理性指标压缩模量（Es）为平均值，抗剪强度（c、Φ）为标准值。根据本次勘察结果，结合地区经验建议各层承载力特征值如下:

（1）层粉质粘土　　fak= 110kPa

（2）层粉土　　fak= 110 kPa

（3）层粘土　　fak= 135kPa

3、勘探期间站前区地下水埋深 1.6-4.2 米，为孔隙潜水，年变化幅度为 1.0～1.5m，建议抗浮水位 0.8m。场地地下水环境类型II类，地下水对混凝土有微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋在长期浸水条件下有微腐蚀性，地基土对建筑材料有微腐蚀性。

4、雷州抗震设防烈度为 8 度，设计基本地震加速度值为 0.20g，拟建场地属中软场地土，建筑场地类别为III类，设计地震分组为第一组，特征周期为 0.65s。建筑抗震地段划分为对建筑抗震一般地段，建筑抗震设防类别为标准设防类（丙类）。

③水文地质

场地内地下水位埋藏较浅，勘探期间，站前区地下水位埋深 1.6-4.2m，为第四系孔隙潜水，地下水受大气降水与侧向径流补给，人工建设与径流排泄，属孔隙型潜水，地下水位年变幅 1.5m 左右。

④地震

据湛江市地震局资料，湛江市境内自 1936 年有记录以来累计发生地震 78 次，震级大于 4.5 级者 14 次，最大震级为 5.75 级。综合区域地震规律为：震级小、震感强、震源浅。控震构造主要为北东向和北西向两组活动性基底断裂，两组断裂交汇处为主要发震构造部位。据《地震动峰值加速度区划图（GB18306-2001）》划分及《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010），雷州抗震设防烈度为 8 度，设计基本地震加速度值为 0.20g，拟建场地属中软场地土，建筑场地类别为III类，设计地震分组为第一组，特征周期为 0.65s。建筑抗震地段划分为对建筑抗震一般地段。

4、气象

雷州市位于北回归线以南，地处亚热带，濒临南海。地理坐标：109°42′12" ~ 110°23′34"，北纬 20°26’08" ~ 21°11’06"，是大陆通往海南的咽喉之地，市城距离湛江市区 50 多公里，距离海口市只有 25 海里。全市（县）属热带海洋性季风气候，阳光充足，热量丰富，全年温暖，终年无霜，水热同季，降雨、气温和太阳辐射的高峰期大致相同，都出现在 5 月~10 月。境内的灾害性天气主要是破坏性极端风速、 极端最高气温、雷暴和台风等。多年平均气温 23.6℃，各月平均气温均高于 15℃，最热为 7 月、平均气温 28.4℃、极端高温为 38.7℃，最冷为 1 月、平均气温 16℃、极端最低温 3.4℃；多年平均降雨量 1413.2mm，但雨量的年际 和年内变化较大且地区分布极不均匀，每年 4 ~ 9 月为雨季，降水量占全年 的 80%以上，降水以台风雨居多；年平均蒸发量为 1788.5mm；年平均相对 湿度为 83%，各年都在 80 ~ 85%之间，各月平均的相对湿度都在 80%以上，季节差异不明显；年平均气压为 1003.5hPa，多年平均雷暴日数为 91.7d。日 照年平均 2003.6 小时。

5、水文

雷州市境内集水面积 100 km 2 以上的河流有 12 条，其中单独出海的河流有：南渡河、调风河、英利河、土贡河、龙门河、通明河、企水河、雷高河等 8 条。境内多年平均径流总量 19.64 亿 m3，虽有 8 条较大河流，但分布不均，只集中于一半人口和耕地的地区，其余地区（主要为西南部和西北部）却严重缺水。

全市现有中型水库 13 宗，小（一）型水库 33 宗，小（二）型水库 79 宗，山塘 318 宗。其中，中型水库有余庆桥水库、土乐水库、大湾水库、恭坑水库、曲溪水库、溪南水库、滨洋水库、田西水库、红心楼水库、迈生水库等。

本工程位于溪南水库，溪南水库位于东里镇西北部距离雷州市区 35 公里，属于溪南河流域，主要以灌溉、防洪、养殖的综合性利用水库。水库坝址以上集水面积 35.34km 2 ，干流河长 16.65km，设计洪水标准为 50 年一遇（设计洪水位 21.93）。水库的总库容为 2500 万 m 3 ，兴利库容为 1756 万 m 3 ，为多年调节水库。

根据现场调查及地形图标高分析，本工程在施工过程中的雨水通过沉砂池后排入溪南水库，也排入其他小河流和沟渠，通过本方案的水保措施，本工程建设对周边的河道及现状沟渠影响较小。

6、土壤植被

雷州市土壤类型多样，有水稻土、砖红壤、滨海沙、堆叠土、菜园土、滨海盐渍沼泽土和滨海盐土等，其中以砖红壤土类、水稻土类和滨海土类为主，共 231.76 万亩，约占土地总面积的 87%。土壤的成土母质主要是玄武岩，其次是浅海沉积物和滨海冲积物。砖红壤土层深厚，肥力较高，有机质含量平均 2.79%，含氮 0.13%。黄色砖红壤土层深厚疏松，耕性良好，肥力也不低。滨海沙土较为瘦瘠。项目区内土壤类型为铁质砖红壤，厚度 0.5～6m，以棕红、褐红色为主，粘粒含量较高，持水性能强。土壤含铁较高，一般在 10%以上，有机质含量一般为 1%～3%，植被覆盖较好地段可达 5%，是当地自然肥力最高的一种土壤，适宜种植各类经济作物，特别是热带作物。

雷州市自然植被类型主要为热带雨林-季雨林，其次为稀树灌木草原和红树林。植物的科属种类丰富，可划分出 6 种植被群落：雨季乔木群落、稀树灌木群落、多刺灌木群落、红树灌木群落、稀树中草原和砂荒

草原。项目区现状为农业种植用地，项目区及周边植被原始植被已经不复存在，主要为人工植被农作物植被，主要农作物有菠萝、甘蔗、香蕉等；以及少部分以荒草为主的自然植被。项目区大部分为水域，现状林草植被覆盖率 11.33%。

1.2 水土保持工作情况

1.2.1 项目区水土流失及水土保持情况

根据《广东省第四次水土流失遥感普查成果报告》（广东省水利厅、珠江水利委员会珠江水利科学研究院，2013 年 8 月 1 日），雷州市水土流失总面积 13.58km^2，其中自然侵蚀 2.02km^2，人为侵蚀 11.56km^2。项目区域不在泥石流易发区、崩塌滑坡危险区、以及易引起严重水土流失和生态恶化地区，最大限度地减少人为水土流失。

根据《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》及广东省两区划分，工程涉及的湛江市雷州市均不属于国家级及省级水土流失重点预防区和水土流失重点治理区。结合本工程水土保持方案设计要求，本工程执行二级防治标准;

根据《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-96），本项目区所属土壤侵蚀类型为水力侵蚀，属南方红壤丘陵区，土壤容许流失量为 500t/km^2.a。

1.2.2 方案编制情况

结合项目区水土流失特点，根据《水土保持法》及《开发建设项目水土保持方案编报审批管理规定》等规定和要求，2019 年 3 月，建设单位委托湛江华瑞科达地质勘测技术有限公司编制本工程水土保持方案报告书，接受任务后，湛江华瑞科达地质勘测技术有限公司组织有关技术人员在业主、主体工程设计单位及当地水利部门的大力协助下，对工程

现状进行了查勘和调查，根据现场查勘及收集的相关资料，于 2019 年 4 月编制完成《晶科电力雷州 60MW 渔光互补光伏项目水土保持方案报告书》(报批稿)，湛江市水务局于 2019 年 4 月 17 日以湛水水保安监〔2019〕35 号文对其进行了批复。

1.2.3 水土保持方案设计概况

根据《晶科电力雷州 60MW 渔光互补项目水土保持方案报告书》(报批稿)，项目水土保持设计情况如下:

（1）防治责任范围

本项目的方案设计水土流失防治责任范围面积为 70.26hm^2，项目建设区为 69.86hm^2，直接影响区为 0.4hm^2。本项目永久占地 0.55hm^2，临时占地 69.86hm^2。水土流失防治责任范围统计表见表 1-2。

表 1-2　　水土流失防治责任范围统计表　　单位：hm^2

项目组成	占地性质	地类	项目建设区	直接影响区	小计	界定依据
光伏发电区	临时占地	水库水面	**68.01**	**0**	**68.01**	全部水上作业，不考虑直接影响区
升压站区	永久及临时占地	旱地	**0.55**	**0.15**	**0.7**	按占地界限外扩 3m 计
施工临建区	临时占地	旱地	**1.3**	**0.25**	**1.55**	按占地界限外扩 1m 计
合计			**69.86**	**0.4**	**70.26**	

（2）防治目标

根据《开发建设项目水土流失防治标准》的规定，本工程的水土流失防治标准为建设生产类二级标准。本项目为渔光互补发电项目，水上发电，水下养殖，项目林草覆盖率较低，最大可达到 0.3%。根据《生产建设项目水土保持方案技术审查要点》（水保监〔2014〕58 号），林草

植被覆盖率调低至 0.3%。方案中确定的防治目标值见表 1-3。

表 1-3　　方案确定的水土流失防治目标

防治目标	二级目标值			方案设计值
	标准	修正	综合防治目标	
扰动土地整治率（%）	95	0	95	90
水土流失总治理度（%）	85	+2	87	82
土壤流失控制比	0.7	+0.3	1.0	1.0
拦渣率（%）	95	0	95	95
林草植被恢复率（%）	95	+2	97	97
林草覆盖率（%）	20	+2	22	0.4

（3）防治分区

根据水土流失防治分区和水土保持措施布局原则，本工程水土保持方案将项目区划一级分区划分为光伏发电区、升压站区和施工临建区 3 个一级分区。

（4）水土流失防治体系布局

根据本工程的施工特点和水土流失特点，结合主体工程已设计的混凝土排水沟和站区园林绿化等一系列具备水土保持功能的措施，本工程水土保持方案主要考虑施工期的表土剥离、临时防护措施和完工后的绿化工程等。本项目水土流失防治思路:

1）光伏发电区：其占地类型为水库水面用地，因而未布设水土保持措施。

2）升压站区：该区主要为主体已列和方案新增水保措施，主体已列主要包括排水工程和站区绿化；方案新增主要包括前期的表土剥离及施工过程中的临时排水及防护措施等。

3）施工临建区：本项目区主要为方案新增水保措施，主要为前期的表土剥离及施工过程中的临时防护和排水措施，以及施工结束后的绿化

措施。

主体设计中具有水土保持工程的有措施工程量：混凝土排水沟180m，站区园林绿化950m^2。

本方案新增的主要水土流失防治措施及工程量有:

35kV 电缆沟：全面整地 0.36hm^2，撒播草籽 0.36hm^2。

升压站区：表土剥离 0.55hm^2，表土回填 8900m^3，土袋拦挡 92m，砖砌沉沙池 1 座，彩条布苫盖 500m^2。

施工临建区：表土剥离 0.05hm^2，采用活动板房，则基本不涉及场地平整，无土方产生。

根据水土流失的危害和拟采取的防治措施的特点， 方案设计的水土保持防治措施体系框图见图 1-2。

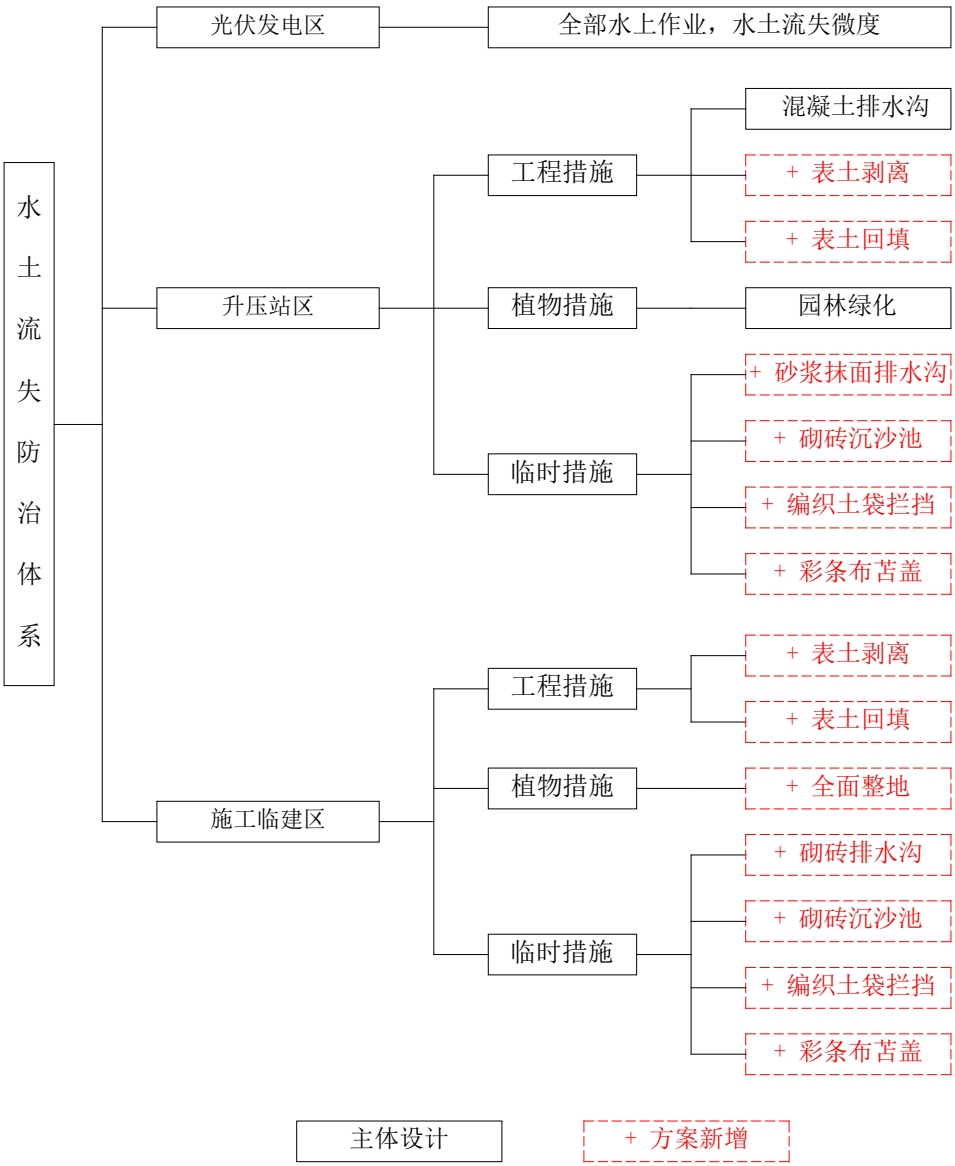


图 1-2 水土保持防治体系框图（水保方案设计）

（5）水土保持措施工程量及水土保持投资

主体设计及方案新增水土保持工程量及投资见表 1-3~1-5。

表 1-3　　主体工程设计中具有水土保持功能的工程汇总表

序号	工程或费用名称	单位	数量	合计(万元)
1	工程措施			**4.5**
1.1	混凝土排水沟	m	180	4.5
2	植物措施			**9.5**
2.1	站区园林绿化	m²	950	9.5
合计				**14**

表 1-4　　水土保持方案新增工程量汇总表

分区及措施		单位	电缆沟区	升压站区	施工临建区	合计
一、工程措施						
表土剥离		hm²		0.55	0.05	0.6
表土回填		m³		8900		8900
二、植物措施						
全面整地		hm²	0.36	0.03	0.05	0.44
三、临时措施						
砖砌沉沙池	数量	座		2		2
	挖土方	m³		16.16		16.16
	M7.5 浆砌砖	m³		3.3		3.3
	水泥砂浆抹面	m²		23		23
彩条布苫盖		m²		500		500

表 1-5　　水土保持工程投资估算总表　　单位：万元

工程或费用名称	建安工程费	植物措施费	独立费用	新增措施小计	主体已有小计	投资合计
第一部分 工程措施	**4.5**					**4.5**
升压站区	4.5					4.5
电缆沟区						
施工临建区						
第二部分 植物措施		**9.5**		**2.23**		**11.73**
升压站区		5.5		0.23		5.73
电缆沟区		4		2		6
施工临建区						0.02
第三部分 临时措施		**0.22**				**0.22**
升压站区		0.05				0.05
电缆沟区		0.1				0.1
施工临建区						
其他临时工程		0.07				0.07
第四部分 独立费用			**32.67**			**32.67**
建设管理费			0.07			0.07
工程建设监理费			4.5			4.5
科研勘测设计费			6			6
水土保持监测费			13.6			13.6
技术评估及验收费			8.5			8.5
基本预备费			**1.08**			**1.08**
水土保持设施补偿费			**0.0216**			**0.0216**
总计	**4.5**	**9.72**	**33.77**	**2.23**		**50.22**

1.2.4 水土保持工程建设情况

在水土保持措施建设过程管理中，建设单位根据水土保持工程和主体工程相辅相成的特点，将水土保持设施作为主体工程的一部分，纳入主体工程一并管理实施，在设计、施工招标文件中明确提出水土保持要求。水土保持措施与主体工程同时开工，水土保持措施由各标段施工单位承建，措施质量、进度及投资由主体工程监理公司一并承担。

增加水土保持监测意见的落实情况，监督检查意见落实及重大水土流失危害事件处理情况等。

本工程水土保持工程由建设单位进行统一管理。水土保持工程与主体工程同时设计、同时施工，同时进行管理监督。水土保持工程监理由主体监理单位实施。

本工程水土保持工程建设管理通过日常监督检查，加强对各标段施工管理，严格控制弃土弃渣去向实施。

1.3 监测工作实施概况

1.3.1 监测实施方案执行情况

2019 年 3 月，建设单位委托我司开展本工程水土保持监测工作。监测委托合同签订后，我公司及时安排技术人员进行实地勘察，详细调查项目区自然情况、水土流失背景与水土保持现状等，结合本工程的施工任务安排、施工工艺及总体布局，对本项目水土保持进行了总体规划，由于我司接受监测委托时该项目已完工，主要对项目自然恢复期进行勘测，自然恢复期重点勘查了可绿化空地植被恢复，项目区内水土保持措施运行情况，并选取典型样地测定了植被的覆盖度、成活率和生长状况。2019 年 6 月，编写完成《晶科电力雷州 60MW 渔光互补光伏项目水土保持监测总结报告》。

1.3.2 监测时段及监测分区

（1）监测时段

本工程于2019年3月接受委托，开展监测工作。监测时段主要为自然恢复期。

（2）监测分区

根据工程水土流失特性，监测分区划分为光伏发电区、升压站区和施工临建区3个一级分区。

1.3.3 监测频次

监测频次根据监测实施方案中的监测规划进行实施。

施工期的常规监测频次为：雨季每季度不少于 2 次，非雨季每季度不少于1次，遇暴雨进行加测。在施工过程中，我院严格按照方案设计，实地量测每季度 1 次；水土保持措施每季度不少于 2 次，土壤流失面积每季度 1 次，遇暴雨、大风天气加测 1 次；工程措施及防治效果每月监测 1 次；临时措施及防治效果每月监测记录 1 次，植物措施生长情况不少于每季度监测记录1次。

1.3.4 监测项目部设置

本项目水土保持监测工作投入外业专业技术人员 4 人，综合数据处理及报告编制若干人，项目监测日常工作人员安排由项目负责人统一调度。项目负责人定期检查协调，解决存在的问题，按时保质完成监测工作。

1.3.5 重点监测部位及监测点位

根据《水土保持监测技术规程》7.1.2 条“建设性项目的水土保持监测点应按临时点设置。生产性项目应根据基本建设与生产运行的联系，设置临时点和固定点”的规定，由于我公司接受委托时该项目土建施工已

完工，因而未单独布设水土保持监测点。

2 监测内容和方法

2.1 监测内容

① 水土流失现状

建设项目的防治责任范围包括项目建设区和直接影响区。项目建设区分为永久占地和临时占地，占地面积及直接影响区面积随着工程进展有一定的变化，防治责任范围监测主要是对工程永久和临时征地范围的调查核实，确定施工期水土保持防治责任范围面积。

② 扰动、破坏地表和植被面积

工程建设中扰动、损坏地表和植被面积的过程也是一个动态过程，是随着工程的进展逐步进行的，对该项内容的监测就是为了掌握水土流失面积变化的动态过程。本项内容包括两个方面:

a）扰动、损坏地表植被的面积及过程。

b）项目区挖方、填方数量，堆放、运移情况以及回填、表土处置、体积、形态变化情况。

③ 弃土弃渣监测

监测施工过程中弃土弃渣数量、堆放位置、是否位于指定地点以及采取的防治水土流失措施。

④ 土壤流失量监测

土壤流失量监测包括地表扰动类型监测和不同扰动类型侵蚀强度监测。通过扰动面积和侵蚀强度确定不同阶段土壤流失量。地表扰动类型监测包括扰动类型判断与面积监测。不同扰动类型其侵蚀强度不同，在监测过程中，必须认真调查扰动的实际情况并进行适当的归类，在此基础上进行面积监测然后根据侵蚀强度计算土壤侵蚀量。

⑤ 水土流失防治措施及防治效果监测

水土流失防治措施及防治效果监测包括水土保持工程措施和植物措施的监测。工程措施（包括临时防护措施）主要监测实施数量、完好程度、运行情况、措施的拦渣保土效果。林草措施主要监测不同阶段林草种植面积、成活率、生长情况及覆盖率等。

⑥ 水土流失危害

根据项目区地形条件和周围环境，通过调查分析，确定水土流失去向，监测项目区内水土流失对周边地区生态环境的影响。

2.2 监测方法

本工程采用施工区巡查、重点抽样调查和咨询建设相关人员相结合的方法进行监测。

① 调查监测

1）水土流失现状调查

主要是开工以来水土流失量的调查。通过对项目区现有水土保持措施以及排水沟、周边环境或工程建设区下游沟道淤积的调查，查阅相关资料，咨询周边群众，对开工以来产生的水土流失量有个基本的了解。

2）水土流失防治责任范围

根据主体工程施工图，通过现场实地勘测，采用测尺、大比例尺地形图、摄像机、照相机等工具，按不同防治分区测定不同地表扰动类型的面积，同时记录调查点名称、工程名称、扰动类型和监测数据编号等。

3）水土流失防治措施

A、防治措施实施情况

包括措施的实施数量和完成情况。通过查阅主体工程施工图、监理

月报、工程量签证单、施工中影像资料等，实地抽样调查防治措施数量和保存情况，监测和验证防治措施实施数量，了解实施情况。

B、防治效果情况

在工程措施布设区，主要调查措施的稳定情况、完好程度和运行情况。通过查看工程措施是否出现明显的裂痕，是否存在滑落或掉块，措施布设区是否存在坡面侵蚀沟、滑坡等威胁项目建设区的水土流失隐患，排水沟是否淤塞、对防治效果进行评价，提出存在的问题和改进建议。

在植物措施布设区，选有代表性的地块作为标准地，要求乔木林 20m×20m、灌木林 5m×5m、草地 2m×2m，测定林草的成活率、保存率和林草植被覆盖度等，评价植物防治措施效果。

对水土保持措施实施进度的监测，同时采用影像对比监测法。通过不同时期影像的对比，监测措施的实施进度、完好程度、运行情况等。

②咨询调查

通过咨询周边群众、建设单位、施工单位，了解建设过程中有无土方(泥浆)侵占道路、掩埋农田、淤塞河道等现象。

③侵蚀沟样方法

在暂不扰动的临时开挖面或堆填坡面，能够表现整个区域水土流失状况的区域，在已经发生侵蚀的地方，通过选定样方，测定样方内侵蚀沟的数量和大小来确定侵蚀量。样方大小取 5~10m 宽的坡面，侵蚀沟按大（沟宽＞30cm）、中（沟宽 10~20cm）、小（沟宽　10cm）分三类统计，每条沟测定沟长和上、中上、中、中下、下一定部位的多边形面积，通过侵蚀沟的体积推算流失量。

当坡面下游淤积堆保存完好时，可以同时监测淤积体的体积，通过综合分析确定侵蚀量。

本工程水土流失主要调查、监测方法见表 2-1。

表 2-1　　水土流失主要调查、监测方法一览表

序号	监测项目	主要调查和监测方法
1	降雨强度降雨量	收集附近气象站多年观测资料，主要包括年降水量、年降水量的季节分配和暴雨情况；记录监测期间暴雨出现的季节、频次、雨量、强度占年雨量的比例。
2	水蚀量	地面监测法：采用定位插钎法、侵蚀沟样方法。
3	堆土场	坡度、堆高、体积采用地形测量法。
4	植物防护措施监测	植物措施和管护情况监测：绿化林草的生长情况、成活率等采用标准地样法（样线法），植物措施管护情况采用工作记录检查法和调查访问方法。
5	工程防护措施监测	巡视、观察法确定防护的数量、质量、效果及稳定性。 拦渣工程效果：主要记录临时拦挡工程拦渣量、雨季后拦护效果； 排水工程效果：排水系统、防护措施的实施效果及稳定性；

3 重点对象水土流失动态监测

3.1 防治责任范围监测结果

3.1.1 水土流失防治责任范围

（1）方案批复的水土流失防治责任范围

根据已批复的《湛江市水务局关于晶科电力雷州60兆瓦渔光互补光伏项目水土保持方案报告书的批复》，本项目防治责任范围 70.26hm^2，其中项目建设区69.86hm^2，直接影响区0.40hm^2。

（2）建设期水土保持防治责任范围

在施工过程中，建设单位对工程各项占地进行严格控制，根据征地资料、征地协议、工程图纸和现场调查情况，分析、统计工程施工期防治责任范围总面积为69.75hm^2，主要分为光伏发电区68.01hm^2、电缆沟区1.2、升压站区0.52hm^2、施工临建区0.02hm^2。实际防治责任范围详见表3-1。

表3-1　　施工期水土保持防治责任范围　　单位：hm^2

项目分区	建设区面积	直接影响区	界定依据	防治责任范围
光伏发电区	68.01	/	控制在征地范围内	68.01
电缆沟区	1.2		控制在征地范围内	1.2
升压站区	0.52	/	控制在征地范围内	0.52
施工临建区	0.02	/	控制在征地范围内	0.02
合计	69.75	/		69.75

（2）运行期水土保持防治责任范围

工程施工完成后，运行期本项目水土保持防治责任范围不包含直接影响区和项目建设区中的临时用地。本工程运行期的水土保持防治责任范围为0.52hm^2。

（3）防治责任范围变化情况

本项目防治责任范围在实际建设过程中发生了变化，与水保方案中防治责任范围预测值有所减少。防治责任范围变化情况详见表 3-2。

本工程实际水土流失防治责任范围与方案设计对比如下:

①光伏发电区

本区实际防治责任范围与方案设计的防治责任范围一致，均为 68.01hm^2，全部为项目建设区用地，未计直接影响区。

②升压站区

本区实际发生的水土流失防治责任范围面积为 0.52hm^2，方案设计的防治责任范围为 0.55hm^2，其中项目建设区未发生变化，直接影响区减少了 0.03hm^2。主要原因是优化了各功能区占地，使各功能区的平面布置更加合理，在实际施工过程中，该区的扰动范围严格控制在项目建设区内，且实施的水土保持措施能有效的防止施工过程中水土流失的发生，因此直接影响区未发生。

③电缆沟区

本区实际防治责任范围 1.2hm^2，方案设计的防治责任范围为 1.25hm^2，实际发生的防治责任范围较方案设计减少了 0.05hm^2，主要原因是在实际施工过程中，将扰动范围严格控制在项目建设区内。

④施工临建区

本区实际防治责任范围 0.02hm^2，方案设计的防治责任范围为 0.05hm^2，实际发生的防治责任范围较方案设计减少了 0.03hm^2，主要为减少了直接影响区面积。主要原因是在实际施工过程中，将扰动范围严格控制在项目建设区内，因此该区在实际施工过程中未产生直接影响区。

监测期间对项目区的踏勘及调查，未发现项目区周边出现明显的水土流失影响痕迹，项目区施工产生的水土流失基本全部控制于项目建设区范围内。

综上所述，本项目施工期实际防治责任范围面积为 69.75hm^2，较方案设计减少了 0.11hm^2，均为项目建设区面积，不计列直接影响区。

表 3-2　　水土保持防治责任范围监测对照表　　单位：hm^2

防治分区	方案设计的责任范围		实际防治责任范围		增加+/减少-	
	项目建设区	直接影响区	项目建设区	直接影响区	项目建设区	直接影响区
光伏发电区	68.01		68.01	/	0	0
电缆沟区	1.25		1.2			-0.05
升压站区	0.55		0.52	/	0	-0.03
施工临建区	0.05		0.02	/	0	-0.03
小计	69.86		69.75	/	0	-0.11
合计	69.86		69.75		-0.11	

备注：“+”表示面积增加，“－”表示面积减少。

3.1.2　背景值监测

由于本工程接受监测委托时项目已完工，根据有关设计资料、图纸，按照本项目水土保持监测实施方案，对项目区内植被现状、林草覆盖度、水土流失背景值进行调查监测。项目区内水土流失背景值为 500t/km^2·a。

3.1.3　建设期扰动土地面积

经统计，本项目实际扰动地表面积为 69.75hm^2，其中光伏发电区 68.01hm^2、电缆沟区 1.2hm^2、升压站区 0.52hm^2、施工临建区 0.02hm^2，其中永久占地 0.52hm^2，临时占地 0.05hm^2。具体占地面积详见表 3-3。

表 3-3　　工程建设扰动地表面积统计表　　单位：hm^2

项目分区	永久（hm^2）	临时（hm^2）	合计（hm^2）
光伏发电区		68.01	68.01
升压站区	0.52	0	0.52
电缆沟区		1.2	1.2
施工临建区		0.02	0.02
合计	0.52	69.23	69.75

3.2 取土监测结果

3.2.1 设计取土（石）情况

根据已批复的《晶科电力雷州 60MW 渔光互补光伏项目水土保持方案报告书》，本工程未设置取土场。

3.2.2 取土（石）量监测结果

根据有关施工、监理和竣工资料以及对现场的勘查，本项目实际建设过程中，所需的砂石料均从合法料场购买，未设置取土场，取土（石）量为 0。

3.3 弃土弃渣监测结果

3.3.1 方案设计取土弃渣量

根据已批复的《晶科电力雷州 60MW 渔光互补项目水土保持方案报告书》，方案设计的土石方开挖总量约 2.62 万 m^3，填方为 2.25 万 m^3，弃方 0.37 万 m^3，全部用于后期绿化覆土。

3.3.2 弃土弃渣动态监测结果

根据工程监理资料及施工方提供资料进行统计，结合现场的勘查了解，本工程实际挖方总量 2.62 万 m^3，填方总量 2.62 万 m^3，土石方平衡，本项目无弃借土。未设取土弃渣场。实际土石方量表详见表 3-4.

表 3-4 **实际土石方开挖回填量表** **单位：万 m^3**

序号	分区	开挖	回填	弃方	
				数量	来源
①	光伏发电区	0	0	0	/
②	升压站区、电缆沟区	2.62	2.62	0	/
③	合计	2.62	2.62	0	/

4 水土流失防治措施监测结果

4.1 工程措施及实施进度

本工程水土保持工程措施主要在 2017 年 4 月至 2018 年 9 月期间实施，主要为混凝土排水沟等。监测方法采用现场调查法，实时监测工程措施实施数量、完好程度、运行情况、措施的拦渣保土效果。

完成工程量：混凝土排水沟 180m。

各防治区工程设施完成情况如下:

（1）升压站区

升压站内排水考虑了场地雨水排放，在站场道路两侧布置了完善的盖板排水沟，场地雨水经边沟收集后，再排至站外雨水排水系统。排水沟采取钢筋混凝土结构，长约 180m;升压站排水口处设置新增 2 座沉砂池，通过沉砂池沉淀泥沙后排走水流,

具体水土保持工程措施详见表 4-1.

表 4-1　　实际完成的水土保持工程措施及措施量

序号	措施类型	单位	工程量	备注
1	**升压站区**			
1.1	混凝土排水沟	m	180	主体已列
1.2	沉砂池	座	2	新增

4.2 植物措施及实施进度

本工程水土保持植物措施主要在 2017 年 8 月 ~ 2018 年 9 月实施。已

完成水土保持植物措施主要为站区园林绿化、全面整地及撒播草籽。监测方法采用现场调查法，实时监测不同阶段林草种植面积、成活率、生长情况及覆盖率、防治效果等。

主要完成植物设施工程量详见表 4-2。各防治区工程设施完成情况如下:

（1）升压站区

本工程升压站区绿化主要为站区内园林绿化方式，通过现场监测，其绿化植被成活率较高。全面整地 0.03hm²，撒播草籽 0.03hm²。

（2）电缆沟区

本工程电缆沟区绿化措施面积为 0.36hm²，撒播草籽 0.36hm²。

（3）施工临建区

本工程施工临建区全面整地 0.05hm²，撒播草籽 0.05hm²，主要采用全面整地和撒播草籽的方式进行，草本种类主要有狗牙根、结缕草、地毯草、百喜草、糖蜜草等。

本工程主要完成的措施及措施量见表 4-2。

表 4-2　　实际完成的水土保持植物措施及措施量

序号	措施类型	单位	工程量	备注
1	**升压站区**			
1.1	站区整地、撒播草籽	hm²	0.03	新增
2	**施工临建区**			
2.1	全面整地	hm²	0.05	新增
2.2	撒播草籽	hm²	0.05	新增
3	**电缆沟区**			
3.1	全面整地	hm²	0.36	新增
3.2	撒播草籽	hm²	0.36	

根据现场实际监测，本工程实际实施的植物措施能满足项目要求，减少地表裸露，能有效拦截降雨，缓解地面冲刷，减少水土流失。

4.3 临时防治措施及实施进度

本工程水土保持临时措施主要在2017年4月～2017年9月期间实施。已完成水土保持临时措施包括砂浆抹面排水沟、砖砌沉沙池、砖砌排水沟和彩条布苫盖等。采用的监测方法主要采用现场调查法，实时监测临时防护数量、防治效果等等。

主要完成措施数量为：砂浆抹面排水沟 180m，砖砌沉沙池 2 座，彩条布苫盖 1000m^2。完成临时防护设施工程量详见表 4-3。各防治区工程设施完成情况如下：

（1）升压站区

升压站区布设的水土保持临时措施主要包括砂浆抹面排水沟、彩条布苫盖，其工程量分别为砂浆抹面排水沟 180m，砖砌沉沙池 2 座，彩条布苫盖 200m^2。

（2）电缆沟区

电缆沟区布设的水土保持临时措施彩条布苫盖 750m^2。

（3）施工临建区

施工临建区区布设的水土保持临时措施主要为彩条布苫盖 50m^2。

本工程主要完成的措施及措施量见表 4-3。

表 4-3　　实际完成的水土保持临时措施及措施量

序号	措施类型	单位	工程量	备注
1	**升压站区**			
1.1	砂浆抹面排水沟	m	180	
1.2	砖砌沉沙池	座	2	
1.3	彩条布苫盖	m²	200	
2	**电缆沟区**			
2.1	彩条布苫盖	m²	750	
3	**施工临建区**			
3.1	彩条布苫盖	m²	50	

5 土壤流失情况监测

5.1 水土流失面积

（1）施工期

通过实地调查，随着本工程土建施工，项目开挖、回填及施工对地表造成扰动，从而极易产生水土流失的流失源，在降雨径流的冲刷下，水土流失面积不断增大，由于光伏发电区占地类型为水库水面用地，不计其水土流失面积，本工程施工期水土流失面积为 1.74hm^2。

（2）自然恢复期

通过实地调查，工程于 2018 年 9 土建工程完工，完工后各项工程及植物措施恢复较好，本工程自然恢复期水土流失面积为 0.04hm^2。

5.2 各阶段土壤流失量分析

5.2.1 土壤流失背景值

土壤侵蚀背景值通过实地调查地面坡度、植被覆盖度等水土流失主要因子，结合《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190-2007)中面蚀(片蚀)分级标准(见表 5-2)，调查项目区土壤侵蚀背景值。

根据施工期的照片和工程监理报告，采用土壤侵蚀分级分类法按标准对各地类进行推测，其中，各种类型的土壤侵蚀容许量和相应的地质条件有关，南方降雨量大，水力侵蚀强。本项目位于南方红壤丘陵区容许土壤流失量为 500t/（km^2.a），即为轻度范围内，具体的分级和指标见表 5-2。

表5-2　　水力侵蚀强度分级

级别	平均侵蚀模数[t/（km^2·a）]	平均流失厚度（mm/a）
微度	<200，<500，<1000	<0.15，<0.37，<0.74
轻度	200，500，1000 ~ 2500	0.15，0.37，0.74 ~ 1.9
中度	2500 ~ 5000	1.9 ~ 3.7
强烈	5000 ~ 8000	3.7 ~ 5.9
极强烈	8000 ~ 15000	5.9 ~ 11.1
剧烈	>15000	>11.1
注：本表流失厚度系按干密度 1.35g/cm^3 折算，各地可按当地土壤干密度计算。		

本工程水土流失量主要采用调查法进行预测，根据工程特性、施工工艺、项目区的气候条件、地形地貌、土壤、植被、水土保持状况等进行比较分析，确定项目区的土壤侵蚀模数。结合表 5-2，项目区原地貌水土流失强度属轻度范围，无明显侵蚀现象，土壤侵蚀模数背景值取 500t/km^2.a。

5.2.2 施工期土壤侵蚀强度分析

工程自 2017 年 4 月开始施工，2018 年 9 月完工，我司于 2018 年 12 月接受监测委托开展监测工作，接受监测时该项目已完工，因而根据工程的扰动形式，我司技术人员将工程划分各防治分区，然后采取调查法和类比法对其水土流失侵蚀强度进行动态监测。

在对各个监测样方实际观测成果的基础上，根据地形条件、降雨情况对各个扰动形式进行修正，得出本工程施工期水土流失平均侵蚀强度为 5000t/km^2.a

5.2.3 施工期土壤流失量

根据 2018 年 12 月监测所得的工程建设扰动地表面积及平均土壤侵蚀强度，工程施工期因建设产生土壤流失总量 94.0t，新增土壤流失量 84.6t

5.2.4 自然恢复期土壤流失量

通过实地调查，工程于 2018 年 9 月完工，完工后各项工程及植物措施恢复较好，因而未进行自然恢复期监测，因而不计自然恢复期水土流失量。

5.2.5 土壤流失量分析

本项目监测期水土流失总量 94.0t，新增水土流失总量为 94.6t，主要为施工期。施工建设期是水土流失重点监测期。

5.3 取土（石、料）弃土（石、料）潜在水土流失量

本项目临时堆土堆放时间较短，后期均用于项目区回填，本项目无弃方，因此不存在取土（石、料）弃土（石、料）潜在水土流失量。

5.4 水土流失危害

通过调查，本项目施工对周边环境未造成任何水土流失危害。

6 水土流失防治效果监测结果

本工程水土保持方案于2019年3月由湛江华瑞科达地址勘测技术有限公司编制完成《晶科电力雷州60MW渔光互补光伏项目水土保持方案报告书》（报批稿），湛江市水务局于2019年4月17日以湛水水保安监〔2019〕35号文对其进行了批复。

水土流失防治效益监测指实施水土保持措施后，水土流失控制和景观改善的效果，是否满足开发建设项目水土流失防治标准的要求。主要通过随机抽取样方实施调查监测，根据监测数据计算工程的扰动土地整治率、水土流失总治理度、拦渣率、土壤流失控制比、林草植被恢复率、林草覆盖率等防治指标，是否达到已批复的水保方案和批复文件要求以及国家和地方的有关技术标准。已批复的水土保持方案中确定的防治目标值见表6-1。

表6-1　　水土流失防治指标标准值

水土流失防治目标	方案目标值		计算公式
	施工期	生产运行期	
扰动土地治理率(%)	95	>95	项目建设区内扰动土地的整治面积（含永久建筑物面积）÷扰动土地总面积×100%
水土流失总治理度(%)	87	>87	水土流失治理达标面积÷造成水土流失面积×100%
土壤流失控制比	1.0	1.0	项目区容许值÷治理后平均土壤流失强度
拦渣率(%)	95	95	实际拦渣量÷总弃渣量×100%
林草植被恢复率(%)	97	>97	林草类植被面积÷可恢复林草植被面积×100%
林草覆盖率(%)	0.3	>0.3	林草总面积÷项目建设区面积×100%

6.1 扰动土地整治率

本工程扰动土地 69.75hm^2。施工结束后对可绿化部分进行绿化，扰动土地整治后的工程措施面积为 1.33hm^2，植物措施面积为 0.41hm^2，建构筑物及硬化面积为 0.02hm^2，水利及水域设施面积 68.01hm^2，扰动土地治理面积 69.75m^2，扰动土地整治率 100.0%。扰动土地整治率计算见表 6-2。

表 6-2　　扰动土地整治率计算表

项目分区	扰动面积（hm^2）	扰动土地治理面积（hm^2）					扰动土地整治率（%）
		工程措施	林草植被	建（构）筑物及硬化	水利及水域设施用地	小计	
光伏发电区	68.01				68.01	68.01	100.0%
电缆沟区	1.2	0.84	0.36			1.2	
升压站区	0.52	0.49	0.03	0.50		0.52	98.6%
施工临建区	0.02		0.02			0.02	100.0%
合计	69.75	1.33	0.41	0.50	68.01	69.75	100.0%

6.2 水土流失总治理度

本工程完工后，实际发生水土流失面积 1.74hm^2。采取各项措施后，各分区水保措施基本达到设计要求，水土保持治理达标面积为 1.7hm^2，水土流失总治理度 97.7%。水土流失总治理度计算见表 6-3。

表 6-3　　水土流失总治理度计算表

项目分区	水土流失面积（hm²）	建构筑物及硬化（hm²）	水域及水利设施用地（hm²）	水土流失治理达标面积（hm²）			水土流失治理度（%）
				工程措施	植物措施	小计	
光伏发电区	0.00	0.00	68.01	0.00	0.00	0.00	/
升压站区	0.52	0.50	0.00	0.45	0.03	0.48	94.7%
电缆沟区	1.2			0.84	0.36	1.2	
施工临建区	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	100.0%
合计	1.74	0.50	68.01	1.29	0.41	1.70	97.7%

6.3 拦渣率

本工程实际挖方总量 2.62 万 m^3，填方总量 2.62 万 m^3，土石方平衡，

本项目无弃借土，未设取土弃渣场。工程施工过程中对临时开挖土方进行了有效拦挡，其拦挡效果较好，可认为拦渣率达 95%，达到了方案确定的目标值。

6.4 土壤流失控制比

项目区容许土壤流失量为 500t/km^2·a；通过对水土保持情况的监测，采取水土保持防治措施后，各防治分区年平均土壤流失量均达到区域容许值 500t/km^2·a，土壤流失控制比可达到 1.0。

6.5 林草植被恢复率和林草覆盖率

通过查阅工程设计资料及现场巡查，工程总占地 69.86hm^2，其中可绿化面积 0.42hm^2，实际绿化达标面积 0.41hm^2，林草植被恢复率 97.6%，林草覆盖率 0.8%。林草植被恢复率、林草覆盖率计算见表 6-4。

表 6-4　　林草植被恢复率、林草覆盖率计算表

防治分区	防治责任范围（hm²）	恢复植物面积（hm²）	可绿化面积（hm²）	林草植被恢复率（%）	林草覆盖率（%）
光伏发电区	68.01	0.00	0.00		0.0%
升压站区	0.52	0.36	0.36	94.1%	23.2%
电缆沟区	1.2	0.36	0.36	100.0%	100.0%
施工临建区	0.02	0.02	0.02	100.0%	100.0%
合计	69.75	0.41	0.42	97.6%	0.8%

水土流失防治指标达标情况对比分析见表 6-5。

表 6-5　　水土流失防治指标对比分析表

水土流失防治目标	防治目标值	实际达到值	达标情况
扰动土地治理率(%)	95	100.0	达标
水土流失总治理度(%)	87	97.7	达标
水土流失控制比	1.0	1.0	达标
拦渣率(%)	95	95	达标
林草植被恢复率 (%)	97	97.6	达标
林草覆盖率(%)	0.3	0.8	达标

通过表 6-5 可以看出，本项目的六项指标均达到方案设计值，其中项

目区林草覆盖率较低，为 0.8%，主要原因是项目区光伏发电区基本为水利及水域设施用地，施工结束后，大部分恢复水利及水域设施用地，因而其林草覆盖率相对较低。

7 结论

7.1 水土流失动态变化

土壤侵蚀背景值通过实地调查得出；施工期的土壤侵蚀模数现场调查及类比得出。运行期土壤侵蚀模数通过现场调查实测得出。

建设过程中升压站区等的开挖、土方临时堆放、施工机械碾压等，增加了地表起伏，植被覆盖度降为零，土壤流失量剧增；项目建成后，人为扰动停止，各项水土保持措施逐步发挥效益，土壤流失量降低至原地貌程度。

水土流失动态变化说明项目建设过程中，人为扰动将各项土壤侵蚀因子叠加，在降雨、重力等外营力作用下，土壤流失量将剧增；同时，在采取各项水土保持措施后，土壤流失量可控制在允许的范围内。

本工程水土流失动态变化同时也印证了人为扰动是开发建设项目的主要水土流失因素，采取防治措施是控制水土流失的必要手段。

7.2 水土保持措施评价

（1）工程措施

本工程涉及的工程措施主要有升压站区的混凝土排水沟。通过现场勘查各项措施运行效果、量测外观尺寸，项目区经过土地平整后大部分地势平坦，无明显人工堆体及开挖洼地，基本能满足后期绿化措施的要求。各项工程措施等能根据实际情况进行调整施工，无出现坍塌、裂缝，发挥了良好的水土保持作用。

（2）植物措施

水土保持植物措施主要为升压站区和施工临建区的绿化工程。通过巡视以及典型样地调查，施工扰动区域可绿化部分植被恢复良好，植物

措施成活率 95%以上，主要由于现场占地类型主要为水利及水域设施用地，因而覆盖率达 0.8%以上，未发现大面积裸露地表，土壤活土层保存完整，水土保持作用明显。

（3）临时措施

工程临时措施要包括临时排水沟、彩条布苫盖及临时沉沙池，工程建设完毕后基本拆除完毕。通过施工期现场勘查，各项措施运行效果良好，沉沙池数量基本满足排水要求，场地内排水较为通畅，临时覆盖措施合理，有效防止了降雨冲刷造成水土流失，影响已建地面建筑安全。

（4）整体评价

本工程水土保持措施布局合理、措施体系完善、各项设施保存完好、外型美观，工程措施与植物措施相结合，景观效果与生态效益良好，具备良好的水土保持功能。各分区的各项水土保持措施已经基本实施到位，地表植被恢复情况良好，各项措施水土保持效益发挥得当，扰动地表经治理后防治水土流失功能基本得以恢复。

7.3 存在问题及建议

1、项目区植被尚未完全恢复，建议加强植被养护，提高林草植被成活率。

2、由于植物的生长特性，在运行管护过程中，应加强巡查力度，发现枯死、病死植株应立即采取措施，防病治虫、补植补种、更新草种。

7.4 综合结论

通过监测结果表明：各项措施运行良好，六项防治指标全部达标，土壤流失量控制在允许的范围内，水土保持措施布局合理，发挥了水土保持作用，建设单位水土流失防治责任落实到位；通过走访周边群众，

未发生由于施工带来水土流失造成危害的现象。

综上所述，建设单位在水土流失防治责任范围内认真履行了水土流失的防治责任，水土保持设施具备正常运行条件，且持续、安全、有效运行，符合交付使用的要求，水土保持设施的管护、维护措施落实到位。

附件 1：水土保持方案的批复

湛江市水务局文件

湛水水保安监〔2019〕35 号

关于晶科电力雷州 60MW 渔光互补光伏项目水土保持方案的批复

雷州市晶科电力有限公司：

你单位《关于雷州晶科 60MW 渔光互补光伏项目水土保持方案报告书审查申请函》及有关材料收悉。我局组织专家对该方案报告书进行了技术评审，根据审查意见并经研究，现批复如下：

一、原则同意该水土保持方案。该项目位于湛江雷州市东里镇溪南水库。本工程主要由光伏阵列、逆变升压、高压输配电、监控等组成，建设内容主要包括配套用房、110kV 并网点、门卫室、泵房及光伏支架若干。工程总占地面积 69.86 公顷，均为临时占地。

—1—

工程土石方挖方总量2.62万立方米，填方总量2.62万立方米，挖填平衡，无永久弃方。工程总投资43113.56万元，其中土建投资3158.55万元，建设总工期17个月。截止2019年3月，该项目主体工程已基本完工。本水土保持方案为补报方案。项目区不属于国家和广东省划定的水土流失重点预防区、重点治理区。

二、水土保持方案总体意见

（一）同意水土流失防治责任范围为70.26公顷，其中项目建设区为69.86公顷，直接影响区为0.40公顷。

（二）同意水土流失防治执行建设生产类项目二级标准。

（三）同意设计水平年水土流失防治目标为：扰动土地整治率95%，水土流失总治理度87%，土壤流失控制比1.0，拦渣率95%，林草植被恢复率97%，林草覆盖率4%。

（四）基本同意水土流失预测的内容和方法。预测工程建设将扰动地表面积69.86公顷，损坏水土保持设施面积1.85公顷，需征缴水土保持补偿费面积0.72公顷。项目可能产生水土流失总量8.91吨，其中新增水土流失总量4.86吨。

（五）基本同意本方案确定的水土流失防治措施的布设原则、措施体系和总体布局。

（六）基本同意水土保持监测的内容和方法。

（七）同意水土保持投资编制的原则、依据和方法。核定项目水土保持总投资为50.22万元，其中主体工程已列投资14.0万元，方案新增水土保持投资36.22万元。按粤发改价

格〔2016〕180号文规定，该项目符合免征部分涉企行政事业性收费地方收入条件，核定代收中央部分的水土保持补偿费共216元。

三、有关工作要求

（一）落实主体责任。项目法人是水土流失预防和治理工作的责任主体，应按照水土保持“三同时”制度的要求，加强对水土保持工作的管理，将水土保持方案确定的任务分解落实到相关责任部门及参建单位，督促落实好防治措施。组织开展水土保持宣传和知识培训，提高施工单位和人员水土保持意识。

（二）依法落实水土保持监测工作。按规定向我局和雷州市水务局提交水土保持监测季度报告和年度报告。主动接受水土保持监管部门的监督检查。

（三）强化施工期预防保护措施。施工组织设计和施工时序安排上应充分体现预防为主的原则，严格控制好各阶段的施工用地范围，减少植被破坏和土地扰动面积，缩短地表的裸露时间。施工结束后，应及时恢复迹地植被。

（四）结合主体工程做好水土保持监理工作，确保水土保持工程建设质量和进度。

（五）鉴于本项目水土保持方案为补报，该方案批复送达后15个工作日内，建设单位应向我局缴纳中央部分的水土保持补偿费。

（六）水土保持方案在实施过程中需要变更的，应按相关

规定办理。

（七）项目主体工程竣工验收时，应依照有关规定及时办理水土保持设施验收并向水行政主管部门报备。

湛江市水务局

2019年4月17日

公开方式：主动公开

抄送：雷州市水务局，湛江水政监察支队，湛江华瑞科达地质勘测技术有限公司。

湛江市水务局办公室　　2019年4月18日印发

附件 2：广东省发改委备案证

广东省企业基本建设投资项目备案证

项目名称	晶科电力雷州60MW渔光互补光伏发电项目	项目建设地点	雷州市雷高镇
项目申请单位	晶科电力有限公司		
项目建设性质	新建	申请单位经济类型	有限责任公司
建设规模（或建筑面积）	1000000.0 平方米	主要建筑物	光伏发电系统等
产品名称	光伏发电	项目总投资	49720.0 万元，其中：土建投资 4500.0 万元，设备投资 45200.0 万元 进口设备用汇 0.0 万美元
主要生产能力	总装机规模60兆瓦，年发电量约8212万千瓦时。	计划开工时间	二〇一五 年 五 月
		计划竣工时间	二〇一五 年 十二 月

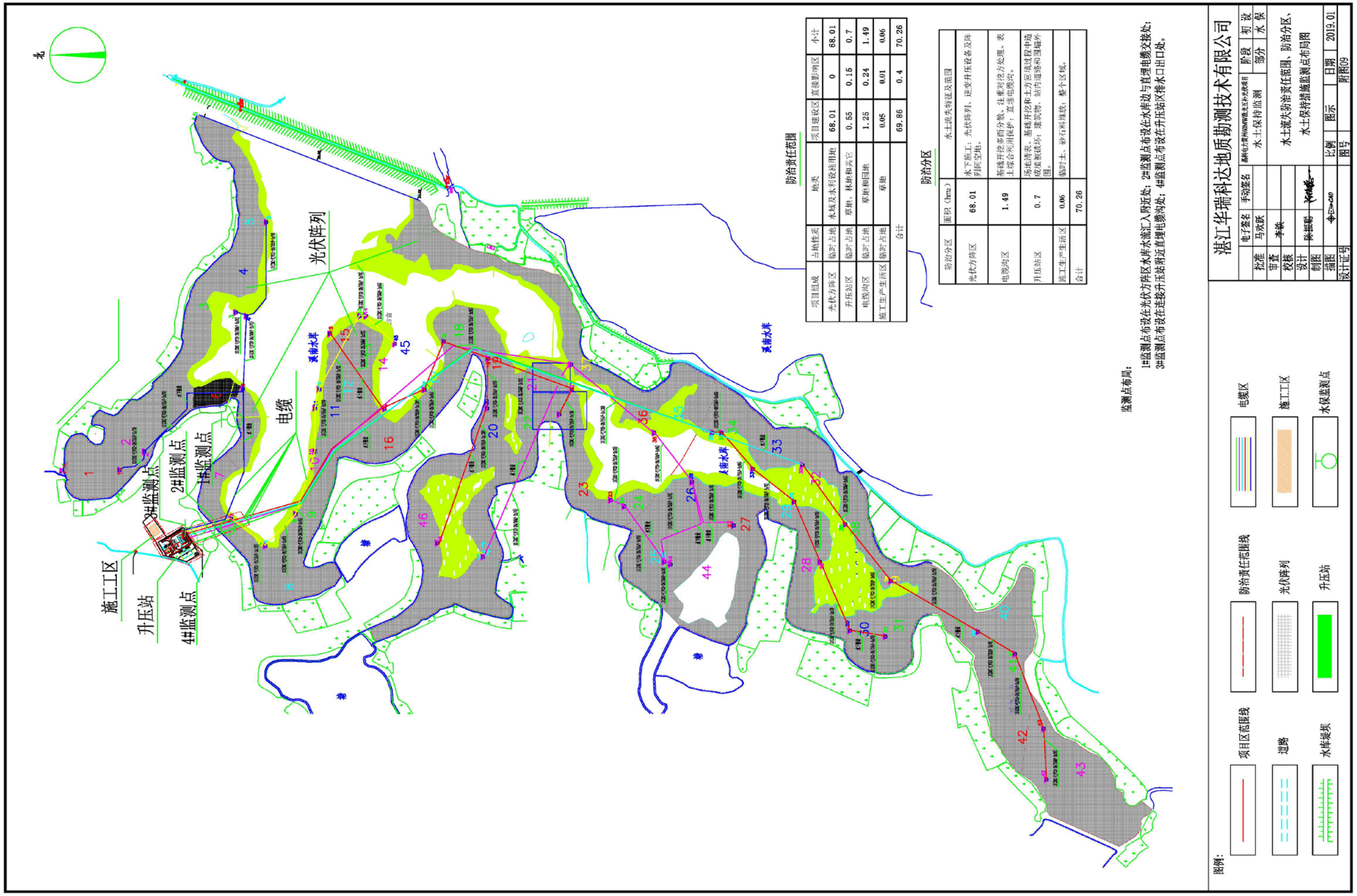
备案项目编号 150800441519001

（发证单位盖章）

二〇一五 年 二 月 十二 日

本备案证有效期为二年

广东省发展和改革委员会监制

附件 3：监测现场照片

附件 4：项目平面布置、监测点布局图