

水保监测（云）字第 0039 号

华能石林西街口太阳能光伏电站工程
(46.5MWp)
水土保持监测总结报告

建设单位：华能新能源石林光伏发电有限公司

监测单位：云南今禹生态工程咨询有限公司

二〇一八年十一月

项目名称		华能石林西街口太阳能光伏电站工程 (46.5MWp)	
建设单位		华能新能源石林光伏发电有限公司	
监测单位		云南今禹生态工程咨询有限公司	
批 准		周 祥	周祥
审 定		汪 斌	汪斌
监测项目 部	监测工程师	张家兵	张家兵
		李 静	李静
	监测员	黄佳健	黄佳健
		薛月园	薛月园
校 核		李 静	李静
报告编写		张家兵	张家兵

目 录

前言	1
1 建设项目及水土保持工作概况	5
1.1 建设项目概况	5
1.2 水土保持工作情况	19
1.3 监测工作实施情况	22
2 监测内容与方法	31
2.1 扰动土地情况	31
2.2 弃土弃渣监测	32
2.3 水土保持措施	32
2.4 水土流失情况	33
3 重点部位水土流失动态监测	35
3.1 防治责任范围监测	35
3.2 取料监测结果	38
3.3 弃土渣监测结果	39
3.4 土石方流向情况监测结果	44
4 水土流失防治措施监测结果	45
4.1 工程措施监测结果	45
4.2 植物措施监测结果	46
4.3 临时防护措施监测结果	50
4.4 水土保持措施防治效果	54
5 土壤流失情况监测	57

5.1 水土流失面积	57
5.2 土壤流失量	57
5.3 取料、弃渣潜在土壤流失量	61
5.4 水土流失危害	61
6 水土流失防治效果监测结果	62
6.1 扰动土地整治率	62
6.2 水土流失总治理度	63
6.3 拦渣率与弃渣利用情况	63
6.4 土壤流失控制比	64
6.5 林草植被恢复率	64
6.6 林草覆盖率	64
7 结论	66
7.1 水土流失动态变化	66
7.2 水土保持措施评价	66
7.3 存在问题及建议	67
7.4 综合结论	67

附件:

附件 1: 监测委托书;

附件 2: 投资项目备案证 (昆发改企业备案〔2013〕019 号);

附件 3: 昆明市水务局关于《华能石林西街口太阳能光伏电站工程水土保持方案可行性研究报告》的批复 (昆水审办〔2014〕21 号);

附件 4: 昆明市发展和改革委员会关于华能石林西街口 (100MWp) 光伏电站项目申请 2014 年 20 MWp 建设规模指标的批复 (昆发改能源〔2014〕96 号);

附件 5: 石林彝族自治县发展和改革局投资项目备案证 (石发改企业备案〔2017〕195 号);

附件 6: 施工合同 (场内工程);

附件 7: 施工合同 (升压站);

附件 8: 开工报审表;

附件 9: 原材检验报告 (钢筋、水泥、砂石料);

附件 10: 水土保持补偿费缴费证明。

附图:

附图 1: 项目区地理位置示意图;

附图 2: 华能石林西街口太阳能光伏电站工程总平面布置图 (原设计);

附图 3: 华能石林西街口太阳能光伏电站工程 (46.5MWp) 总平面布置图;

附图 4: 华能石林西街口太阳能光伏电站工程 (46.5MWp) 水土保持措施竣工图及监测点布置图。

前言

（1）项目背景

根据主体工程设计资料（可行性研究报告），华能石林西街口太阳能光伏电站工程建设规模装机容量 100MWp，年发电量为 12129.39 万 KW.h；采用国产 300Wp 多晶硅太阳能组件，采用固定式支架，建设 100 个 1MWp 太阳能电池方阵，每一个方阵设置一台逆变器及 35kV 箱式变；新建 110kV 升压站一座，新修场内道路 8.27km，场址钢丝网防护栏总长度 27km，升压站砖围墙总长度为 450m。

场地范围地理位置坐标介于东经 103°33'09"~103°35'40"、北纬 24°49'00"~24°50'18" 之间。场址主要分为东西两个片区，东、西片区之间被一条由北向南的冲沟隔开，西片区又因避让基本农田，分为南北两个部分。项目组成主要包括光伏发电系统东片区、光伏发电系统西片区、升压站、场内道路、施工生产生活区、未利用地等区域。项目规划总面积 143.49hm²，主要占地类型有其它土地（石漠化土地，基岩裸露率 > 40%）、坡耕地、草地、交通运输用地，以其它土地和草地为主，占用草地 44.30hm²，坡耕地 8.41hm²，交通运输用地 5.88hm²，其它土地 84.90hm²。工程总投资 10 亿元，其中土建工程费用为 15136.92 万元。

根据现场监测调查情况，项目于 2015 年 5 月 23 日开工建设，截至目前（2018 年 10 月）已建成光伏阵列 44 个（1#~40#装机规模 40MWp，43#~46#装机规模 6.5MWp），已建装机规模 46.5MWp。每个光伏阵列布置箱式变压器、箱式逆变器、电缆分接箱各一台。支架采用固定式支架，每个支架安装光伏组件 18 块。支架基础采用钻孔钢管灌注桩基础，箱式变压器、箱式逆变器、电缆分接箱采用钢筋混凝土箱型基础。

根据建设单位要求，为保证已建 46.5MWp 顺利投产运行使用，本项目进行分期验收，建设单位委托我公司进行华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MWp）的水土保持监测任务。因此，本次开展水土保持监测的范围为已实施的 46.5MWp 工程。

本项目建设单位为**华能新能源石林光伏发电有限公司**（原华能昆明风力发电有限公司）。

（2）项目简况

华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MWp）场址位于云南省昆明市石林县西街口镇紫处村以南、威黑村以北的山坡，行政区划属西街口镇紫处村村委会，距县城直线距离约 30km，场地范围地理位置坐标介于东经 103°33'06"~103°34'12"、北纬 24°49'00"~

24°49'28"之间，海拔高程 2030m~2140m 之间。工程场址北侧接乡村道路，交通较为便利。

本次水土保持监测范围华能石林西街口太阳能光伏电站工程装机容量 46.5MWp，采用国产 300Wp 多晶硅太阳能组件，固定式支架，钻孔钢管灌注桩基础，光伏阵列 44 个(1#~40# 方阵装机规模 40MW，43#~46# 方阵装机规模 6.5MW)，每一个方阵设置逆变器及 35kV 箱式变；集电线路电缆槽盒 15.039km，电缆沟 10.256km；新建 110kV 升压站一座，新修场内道路 3.12km，场址钢丝网防护栏总长度 9.532km，升压站砖围墙总长度为 450m。

项目组成主要包括光伏发电系统（西片区）、升压站、场内道路、施工生产生活区、未利用地等区域。项目规划总面积 76.82hm²，其中工程建设扰动面积 19.60hm²，不扰动面积为 57.22hm²。主要占地类型有其它土地（石漠化土地）、坡耕地、草地、交通运输用地，以其它土地和草地为主，占用草地 33.11hm²，坡耕地 4.00hm²，交通运输用地 0.50hm²，其它土地 39.21hm²。

工程总投资 12143.28 万元，由华能新能源石林光伏发电有限公司进行投资建设。工程施工总工期 16 个月，其中升压站施工期 2015.5.23~2016.7.13，场内工程（40MW）施工期 2015.5.23~2016.4.9，场内工程（6.5MW）施工期 2018.5.29~2018.7.11。

（3）监测任务由来及监测过程

2016 年 4 月，受华能新能源石林光伏发电有限公司的委托，我公司承担了华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）的水土保持监测任务（监测委托书见附件 1）。在接受任务后，我公司成立专门的水土保持监测项目组，监测组对现场进行了踏勘和资料收集与分析，拟定了华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）水土保持监测工作开展计划。

华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）于 2015 年 5 月 23 日开工建设，并于 2018 年 7 月 11 日完工。根据现阶段工程具体情况主要采用调查监测等监测方法对项目现场进行了外业调查及监测。针对水土保持工作的不足和存在的问题，以口头形式以及座谈会形式提出了相应的监测整改意见。

监测介入后我公司监测项目组共进行现场监测 5 次，分别于 2016 年 4 月 8 日、2017 年 3 月 2 日、11 月 9 日、2018 年 6 月 5 日、7 月 23 日对项目现场进行了外业调查及监测。完成《华能石林西街口太阳能光伏电站工程水土保持监测实施计划》以及监测简报 1 期。通过现场巡查、实地观测和走访座谈的方式，结合建设方提供的基础技术资料 and 工程竣工资料分析对比，获取了有关水土保持的资料和数据，在此基础上于 2018 年 8 月完成了《华

能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）水土保持监测总结报告》。监测内容涉及防治责任范围、水土流失量、土壤侵蚀形式、水土流失危害、工程措施及植物措施的防治作用、效果等，为水土保持设施专项验收提供依据。

（4）水土保持监测结果

根据华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）初验资料，并结合现场监测实际情况确定，核定项目水土流失防治责任范围面积为 88.84hm²，其中项目建设区面积为 76.82hm²，直接影响区 12.02hm²。

华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）主要实施的水土保持措施为工程措施、植物措施以及施工临时措施，**工程措施**：升压站浆砌石挡墙 1422m³，排水沟 498m，截水沟 182m³；场内道路区浆砌石排水沟 3346 m，浆砌石挡墙 4423m³，排水涵管 198m，蓄水池 2 个，沉沙池 4 口；**植物措施**：光伏发电系统西片区植被恢复(撒草)11.00hm²；升压站绿化 0.33hm²，框格梁植草护 0.16hm²；场内道路边坡绿化 0.49hm²，行道树 1000 株；施工生产生活区植被恢复(撒草)0.28hm²；**临时措施**：实施升压站临时排水沟 680m，三维土工网 10000m²，无纺布 1000m²；场内道路临时排水沟 3346m，无纺布 1000m²；施工生产生活区临时排水沟 300m。

根据现场监测情况，并查阅相关监理资料，项目建设共产生土石方开挖量为 6.56 万 m³，工程回填方为 6.56 万 m³，调入调出土石方 1.49 万 m³，项目建设不产生永久弃渣。

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。通过各项水土保持工程措施和植物措施的实施，项目区各分区的土壤侵蚀模数均低于容许值。根据水土流失量监测结果，华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）累计土壤流失量为 3047.08t，其中施工期 2734.60t，植被恢复期 312.48t。工程原生水土流失量为 227.11t，工程新增水土流失量 2819.97t。通过监测，项目区经过治理后，项目区平均土壤侵蚀模数降低到 478.09t/km²·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，本项目扰动土地整治率达到 99.54%，水土流失总治理度达到 99.27%，土壤流失控制比达到 1.05，拦渣率达 98%，林草植被恢复率达到 99.27%，林草覆盖率达到 27.12%，六项指标均达到方案目标值。

（5）监测结论

根据监测成果分析，在工程建设及试运行过程中，工程施工未引起大面积严重水土流失，水土保持措施基本完好，发挥了防治水土流失的作用。

水土保持监测特性表

主体工程主要技术指标											
项目名称		华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）									
建设规模		46.5MW	建设单位、联系人		华能新能源石林光伏发电有限公司 张峰						
			建设地点		云南省昆明市石林县						
			所属流域		珠江流域南盘江水系						
			工程总投资		12143.28万元						
			工程总工期		16个月（升压站施工期2015.5.23~2016.7.13，场内工程（40MW）施工期2015.5.23~2016.4.9，场内工程（6.5MW）施工期2018.5.29~2018.7.11）						
水土保持监测指标											
监测单位		云南今禹生态工程咨询有限公司			联系人及电话		张家兵/13888327966				
自然地理类型		浅切割中山岩溶石漠化地貌			防治标准		建设类一级标准				
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		实地调查			2.防治责任范围监测		资料结合实地调查			
	3.水土保持措施情况监测		实地调查			4.防治措施效果监测		实地调查			
	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		666.75t/km ² •a			
	土壤流失量		3047.08t			新增水土流失量		2819.97t			
方案设计防治责任范围			171.57hm ²			容许土壤流失量		500t/km ² •a			
水土保持投资			440.54 万元			水土流失目标值		500t/km ² •a			
防治措施			工程措施：升压站浆砌石挡墙 1422m ³ ，排水沟 498m，截水沟 182m ³ ；场内道路区浆砌石排水沟 3346 m，浆砌石挡墙 4423m ³ ，排水涵管 198m，蓄水池 2 个，沉沙池 4 口； 植物措施：光伏发电系统西片区植被恢复(撒草)11.00hm ² ；升压站绿化 0.33hm ² ，框格梁植草护 0.16hm ² ；场内道路边坡绿化 0.49hm ² ，行道树 1000 株；施工生产生活区植被恢复(撒草)0.28hm ² ； 临时措施：实施升压站临时排水沟 680m，三维土工网 10000m ² ，无纺布 1000m ² ；场内道路临时排水沟 3346m，无纺布 1000m ² ；施工生产生活区临时排水沟 300m。								
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%	99.54%	防治措施达标面积	12.17hm ²	永久建筑物及硬化面积	7.34hm ²	扰动土地总面积	19.60hm ²	
		水土流失总治理度	97%	99.27%	防治责任范围面积		88.84hm ²	水土流失总面积		19.60hm ²	
		土壤流失控制比	1.0	1.05	工程措施面积		/	容许土壤流失量		500t/km ² •a	
		拦渣率	95%	98%	植物措施面积		12.26hm ²	监测土壤流失情况		478.09t/km ² •a	
		林草植被恢复率	99%	99.27%	可恢复植被面积		12.26hm ²	林草植被面积		12.17hm ²	
		林草覆盖率	27%	27.12%	实际拦挡弃土（渣）量		/	总弃土（渣）量		/	
	水土保持治理达标评价		六项水土流失防治指标均达到《水保方案》拟定防治目标值。								
	总体结论		本工程建设单位较为重视本工程水土保持工作，基本按照工程批复《水保方案》结合实地情况实施了水土流失防治措施，对抑制项目区因工程建设造成的水土流失起到了积极作用，并有效改善了项目区生态环境。								
主要建议			1、本项目升压站位置调整，光伏阵列以及场内道路布局局部调整，建议建设单位按照水土保持相关要求及时完善水土保持方案变更备案相关手续； 2、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； 3、建设单位应高度重视运行期间水土流失治理及管护责任，与当地有关部门共同配合，作好水土保持措施的管理工作，并在每年雨季期间加强监管，指派专人负责运行期水土保持工作，发现问题及时采取相应补救措施。								

1 建设项目及水土保持工作概况

1.1 建设项目概况

1.1.1 项目基本情况

1.1.1.1 项目地理位置

华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）场址位于云南省昆明市石林县西街口镇紫处村以南、威黑村以北的山坡，行政区划属西街口镇紫处村村委会，距县城直线距离约 30km，场地范围地理位置坐标介于东经 103°33'06"~103°34'12"、北纬 24°49'00"~24°49'28"之间，海拔高程 2030m~2140m 之间。工程场址北侧接乡村道路，交通较为便利。

项目地理位置及交通情况详见附图 1。

1.1.1.2 建设性质、工程规模与等级

本次水土保持监测范围华能石林西街口太阳能光伏电站工程装机容量 46.5MW，采用国产 300Wp 多晶硅太阳能组件，固定式支架，钻孔钢管灌注桩基础，光伏阵列 44 个（1#~40#方阵装机规模 40MW，43#~46#方阵装机规模 6.5MW），每一个方阵设置逆变器及 35kV 箱式变；集电线路电缆槽盒 15.039km，电缆沟 10.256km；新建 110kV 升压站一座，新修场内道路 3.12km，场址钢丝网防护栏总长度 9.532km，升压站砖围墙总长度为 450m。

项目组成主要包括光伏发电系统（西片区）、升压站、场内道路、施工生产生活区、未利用地等区域。项目规划总面积 76.82hm²，其中工程建设扰动面积 19.60hm²，不扰动面积为 57.22hm²。主要占地类型有其它土地（石漠化土地）、坡耕地、草地、交通运输用地，以其它土地和草地为主，占用草地 33.11hm²，坡耕地 4.00hm²，交通运输用地 0.50hm²，其它土地 39.21hm²。

工程总投资 12143.28 万元，由华能新能源石林光伏发电有限公司进行投资建设。工程施工总工期 16 个月，其中升压站施工期 2015 年 5 月 23 日~2016 年 7 月 13 日，场内工程（40MW）施工期 2015 年 5 月 23 日~2016 年 4 月 9 日，场内工程（6.5MW）施工期 2018 年 5 月 29 日~2018 年 7 月 11 日。

（1）项目名称：华能石林西街口太阳能光伏电站工程；

（2）建设地点：石林县西街口镇紫处村南面；

（3）建设单位：华能新能源石林光伏发电有限公司；

（4）建设性质：新建建设类项目；

（5）工程规模：装机容量 46.5MW

(6) 建设内容：建设 44 个太阳能电池方阵（1#~40#装机规模 40MW，43#~46#装机规模 6.5MW），逆变器、35kV 箱式变、集电线路；新建 110kV 升压站一座，新修场内道路 3.12km，场址钢丝网防护栏总长度 9.532km；

(7) 建设工期：升压站 2015.5.23~2016.7.13，场内工程（40MW）2015.5.23~2016.4.9，场内工程（6.5MW）2018.5.29~2018.7.11。

(8) 工程总投资：工程总投资 12143.28 万元。

(9) 设计单位：中国水电顾问集团昆明勘察设计院；

(10) 施工单位：中国水利水电第一工程局有限公司、中国能源建设集团广东火电工程有限公司；

(11) 监理单位：甘肃吉田项目管理有限公司；

(12) 方案编制单位：昆明龙慧工程设计咨询有限公司；

(13) 监测单位：云南今禹生态工程咨询有限公司。

工程主要特性指标见表 1-1。

表 1-1 项目技术经济指标表（46.5MW）

序号	项目名称	单位	数量	备注
	规划总装机容量	MW	100	
	已实施装机容量	MW	46.5	分期验收，本次监测验收规模
1	规划面积	hm²	76.82	
1.1	建设扰动占地面积	hm ²	19.6	
1.2	不扰动面积	hm ²	57.22	
2	项目组成			
2.1	光伏发电系统	hm ²	48.44	原设计西片区
-1	光伏板基础	hm ²	0.16	
-2	光伏方阵空地	hm ²	48.00	
-3	逆变器室及 35kV 箱式变	hm ²	0.16	
-4	集电线路	hm ²	0.12	
2.2	升压站	hm ²	1.25	
2.3	场内道路	hm ²	2.11	场内道路长度 3.12km
2.4	施工生产生活区	hm ²	0.28	2 处
2.5	未利用地	hm ²	24.74	
3	土石方工程量			
-1	挖方	万 m ³	6.56	基础、道路、电缆敷设等
-2	填方	万 m ³	6.56	
-3	弃方	万 m ³	0.00	

表 1-1 项目技术经济指标表 (46.5MW)

序号	项目名称	单位	数量	备注
4	围栏工程			
	钢丝网防护栏	Km	9.532	高 2.2m
	砖围墙	m	450	高 2.6m
5	年平均辐射总量	MJ/m ²	5713	
6	年平均日照小时数	hr	2193.1	
7	额定发电功率	MW	46.5	
8	发电系统总效率	%	79	
9	工程总投资	万元	12143.28	
10	建设工期			
	升压站	月	14	2015.5.23~2016.7.13
	场内工程 (40MW)	月	10	2015.5.23~2016.4.9
	场内工程 (6.5MW)	月	2	2018.5.29~2018.7.11

1.1.1.3 项目组成

华能石林西街口太阳能光伏电站工程 (46.5MW) 主要建设内容为建设 44 个太阳能电池方阵 (1#~40# 装机规模 40MW, 43#~46# 装机规模 6.5MW), 逆变器、35kV 箱式变、集电线路; 新建 110kV 升压站一座, 新修场内道路 3.12km, 场址钢丝网防护栏总长度 9.532km。

工程建设占地面积 76.82hm², 其中工程建设扰动面积 19.60hm², 不扰动面积为 57.22hm²。本项目组成包括光伏发电系统、升压站、场内道路、施工生产生活区、未利用地, 其中光伏发电系统 48.44hm², 升压站 1.25hm², 场内道路 2.11hm², 施工生产生活区 0.28hm², 未利用地 24.74hm²。工程主要占地类型其它土地 (石漠化土地)、坡耕地、草地、交通运输用地, 以其它土地和草地为主, 占用草地 33.11hm², 坡耕地 4.00hm², 交通运输用地 0.50hm², 其它土地 39.21hm²。

项目组成情况详见表 1-2:

表 1-2 项目组成情况表

项目组成	主要建设内容
光伏发电系统	太阳能电池方阵（300Wp 多晶硅太阳能组件，固定式支架、钻孔钢管灌注桩基础、集电线路）。装机规模 46.5MWp，光伏阵列 44 个（1#~40#装机规模 40MW，43#~46#装机规模 6.5MW）
	光伏方阵空地
	逆变器室。1#~40#方阵（40MW）建设 1MW 逆变器 40 台（2 台 500kW 逆变器集中布置），43#~46#（6.5MW）建设逆变器 66 台（500kW 逆变器 2 台、70kW 逆变器 64 台）
	35kV 箱式变。1#~40#方阵（40MW）建设箱变 40 台，43#~46#（6.5MW）建设箱变 5 台（1500kVA 箱变 3 台、1000kVA 箱变 2 台）
升压站	新建 110kV 升压站一座，矩形南北向布置，长 105m，宽 74m。主要建设内容：35kV 配电室及户外电气设备布置场地、综合楼等
场内道路	4 条，道路总长 3.12km，全部新修，路基平均宽为 4.5m，路面平均宽 3.5m，弹石路面
施工生产生活区	2 处，搅拌站、材料及设备储存场、加工区、施工办公生活区
辅助设施	围栏（墙）、给排水、采暖通风系统
未利用地	根据工程总体布置情况，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将不进行扰动，因此列为未利用地

1.1.1.4 投资

本项目工程总投资 12143.28 万元，由华能新能源石林光伏发电有限公司进行投资建设。

1.1.1.5 建设工期

工程施工总工期 16 个月，升压站施工期 2015 年 5 月 23 日~2016 年 7 月 13 日，场内工程（40MW）施工期 2015 年 5 月 23 日~2016 年 4 月 9 日，场内工程（6.5MW）施工期 2018 年 5 月 29 日~2018 年 7 月 11 日。

施工进度安排见表 1-3。

表 1-3 施工进度安排表

序号	项目	2015 年				2016 年					2017 年				2018 年			
		5~6	7~8	9~10	11~12	1~2	3~4	5~6	7~8	9~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~4	5	6	7
1	施工准备期																	
2	场内道路建设																	
3	升压站建设																	
4	光伏板支架基础开挖 (40MW)																	
5	光伏组件安装及电缆敷设 (40MW)																	
6	光伏板支架基础开挖 (6.5MW)																	
7	光伏组件安装及电缆敷设 (6.5MW)																	
8	调试运行																	

1.1.1.6 占地面积

根据华能石林西街口太阳能光伏电站工程监理资料，并结合现场监测实际情况确定，工程建设占地面积 76.82hm^2 ，其中工程建设扰动面积 19.60hm^2 ，不扰动面积为 57.22hm^2 。本项目组成包括光伏发电系统、升压站、场内道路、施工生产生活区、未利用地，其中光伏发电系统 48.44hm^2 ，升压站 1.25hm^2 ，场内道路 2.11hm^2 ，施工生产生活区 0.28hm^2 ，未利用地 24.74hm^2 。工程主要占地类型其它土地（石漠化土地）、坡耕地、草地、交通运输用地，以其它土地和草地为主，占用草地 33.11hm^2 ，坡耕地 4.00hm^2 ，交通运输用地 0.50hm^2 ，其它土地 39.21hm^2 。

项目建设占地面积及类型详见表 1-4。

表 1-4 工程占地统计表

序号	分区		占地类型及面积统计 (hm^2)					备注
			草地	坡耕地	交通运输用地	其它土地	小计	
一	光伏发电系统西片区	光伏板基础	0.05	0.04		0.07	0.16	施工扰动
		光伏方阵空地	8.70	2.30		4.52	15.52	施工扰动
			15.83	1.61		15.04	32.48	不扰动
		逆变器室及箱式变	0.07	0.04		0.05	0.16	施工扰动
		集电线路	0.04	0.01		0.07	0.12	施工扰动
		小计	24.69	4.00		19.75	48.44	
二	升压站		0.62			0.63	1.25	施工扰动
三	场内道路		0.80		0.50	0.81	2.11	施工扰动
四	施工生产生活区		0.28				0.28	施工扰动
五	未利用地		6.72			18.02	24.74	不扰动
	合计		33.11	4.00	0.50	39.21	76.82	

备注：其它土地主要为石漠化土地，基岩裸露率 $> 40\%$ 。

1.1.1.7 土石方量

根据主体工程竣工资料，工程土石方情况如下：

项目建设共产生土石方开挖量为 6.56万 m^3 ，工程回填方为 6.56万 m^3 ，调入调出土石方 1.49万 m^3 ，项目建设不产生永久弃渣。

具体见表 1-5。

表 1-5 土石方平衡及流向表

序号	项目组成	挖方			填方	调入		调出		外借		弃方	
		小计	表土收集	土石方		数量	来源	数量	去向	数量	来源	数量	去向
一	西片区光伏发电系统	1.27		1.27	0.79			0.48	升压站				
1	方阵支架基础	0.14		0.14	0.05			0.09	升压站				
2	逆变器及箱式变	0.55		0.55	0.30			0.25	升压站				
3	集电线路	0.58		0.58	0.44			0.14	升压站				
二	升压站	1.82		1.82	3.31	1.49	光伏发电系统、场内道路						
三	场内道路	3.22		3.22	2.21			1.01	升压站				
四	施工生产生活区	0.25		0.25	0.25								
合计		6.56		6.56	6.56	1.49		1.49					

注：1、表中土石方量均为自然方；

2、开挖+调入+外借=回填+调出+废弃。

1.1.2 项目区概况

1.1.2.1 地形地貌

(1) 地形地貌

项目区为典型的岩溶地区，本项目工程场地主要以南向坡和平缓东、西向坡为主，是太阳能电池方阵布置的有利区域。地形相对开阔平缓，整体平均坡度约 10° ，属浅切割中山岩溶石漠化地貌。

(2) 地层

场址区岩土层组成较为简单，分别为上覆第四系全新统黏性土（ Q_4 ）、下伏石炭系中统威宁群（ C_{2w} ）的碳酸盐岩及泥盆系上统一打得群（ D_{3i} ）、中统曲靖组（ D_{2q} ）的碳酸盐岩夹页岩等地层组成，其中各统的碳酸盐岩岩性相近，均为灰岩或白云岩。

(3) 地质构造

场址附近构造复杂，叠瓦状断层极其发育，场地南北边缘各有一条北东东向的小断层通过，南侧中部位置亦发育一条小断层，这些断层均非全新世活动断层，对场地的构造稳定性无影响，断层破碎带按不均匀地基考虑。场地所在的山脊为单斜山构造，岩层走向与山脊走向一致，倾向南，倾角 18° 左右。场地内的灰岩、白云岩、页岩节理裂隙较发育，节理走向多为南北向或东西向，倾向西或北，裂隙产状大多是陡倾的，倾角大于 70° 的占50%以上，裂隙中多无充填物，少部份充填有黏土。裂隙宽度一般 $1.0 \sim 3.0\text{cm}$ ，延伸长度一般 $0.5 \sim 5.0\text{m}$ 不等。

(4) 地震

根据 1:400 万《中国地震动参数区划图》（GB18306-2001），工程场地地震动峰值加速度 $0.15g$ ，地震动反应谱特征周期均为 $0.40s$ ，所对应的地震基本烈度为 VII 度。

1.1.2.2 气象

石林县地处滇中低纬高原，属典型的低纬高原气候，具有“冬无严寒、夏无酷暑、四季如春、干湿分明”的特点。多年平均气温 15.8°C ，多年年平均降水量 948.0mm ，多年平均蒸发量 1951.8mm ；多年平均风速 2.7m/s ，常年主导风向为西南风；年平均太阳总辐射为 $5713.00\text{MJ/m}^2\cdot\text{a}$ ，多年年平均日照小时数 2193.1 小时。20年一遇1h、6h、24h小时最大降雨量分别为 69.65mm 、 129.35mm 、 145.27mm 。

1.1.2.3 水文

石林县有大小河流 12 条，属珠江流域南盘江水系，主要河流有南盘江、巴江、普拉河及大可河，其中巴江和普拉河为南盘江一级支流，大可河为巴江一级支流。除巴江发源

于本县境内外，其余为过境河流。

通过现场踏勘及查阅西街镇水管站相关资料，项目场址西南侧直线距离约 1.5km 有威黑水库，工程场址位于威黑水库水库径流区范围内，工程区由于岩溶地貌发育，存在地下一些小型的地下暗河，地下溶洞，在工程场地内还存在在低洼地段雨季有少部分积水，地势相对较低的溶蚀洼地在雨季时易形成季节性池塘。

1.1.2.4 土壤

石林彝族自治县地处滇中岩溶高原分布地带，具有明显的地带性和地域性特点。由于地形复杂，各地的成土母质、植被、气候等自然因素不尽相同，因而土壤类型也多种多样。土壤类型有红壤、黄棕壤、紫色土、冲积土、水稻土 5 个土类。其中红壤分布最为广泛，占石林县总土面积的 80.02%，土壤肥力状况良好，作物宜种性广；其次为紫色土，占总土面积的 11.7%，磷、钾等矿物含量比红壤高。

根据现场调查，项目区土壤主要为红壤。

1.1.2.5 植被

通过现场调查，项目区占地类型主要以其它土地（石漠化土地）、草地为主，植被主要以低矮草丛为主，区内现状植被覆盖率 43.10%。在石质面积较大区域现状生长有多肉植物。

1.1.2.6 土壤容许流失量

根据《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007），项目区属以水力侵蚀为主的西南土石山区，水土流失允许流失量值为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

1.1.2.7 侵蚀类型与强度

华能石林西街口太阳能光伏电站工程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。华能石林西街口太阳能光伏电站工程建设过程中将扰动地面产生水土流失，随着工程建设完工，地表拦挡、排水及绿化措施的实施，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 $478.09\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

本工程水土流失特点如下：

（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、基坑开挖、基础开挖等扰动原地貌，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、历时短等特点。

项目直接影响区虽然范围大、运行时间长,但由于原地貌植被覆盖较好,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,各区大部分地表水土流失基本得到控制和治理。

1.1.2.8 水土流失重点防治区划

根据水利部办公厅办水保〔2013〕188号文“水利部办公厅关于印发《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果》的通知”和“云南省人民政府关于划分水土流失重点防治区的公告”,项目区所在区域石林彝族自治县属于滇黔桂岩溶石漠化国家级水土流失重点治理区,云南省水土流失“重点监督区”以及“重点治理区”,依据《开发建设项目水土流失防治标准》(GB 50434-2008)要求及相关法律、法规,确定本工程水土流失防治执行一级标准。

1.1.2.9 项目区水土流失现状

经监测组现场调查,工程于2015年5月23日开工建设,2018年7月11日完工。工程建设中,根据主体和水土保持方案设计,针对性的实施了一些水土保持临时措施和植物措施,一定程度防治了工程区水土流失情况。根据监测组现场调查,项目各组成区水土流失现状结合照片简述如下:



（1）光伏发电系统

工程现阶段已建成光伏阵列 44 个，装机规模 46.5MWp，位于原主体设计规划的西片区。其中 1#~40#方阵装机规模 40MW，43#~46#方阵装机规模 6.5MW。每个光伏阵列布置箱式变压器、箱式逆变器、电缆分接箱。采用国产 300Wp 多晶硅太阳能组件，支架采用固定式支架，每个支架安装光伏组件 18 块。支架基础采用钻孔钢管灌注桩基础，箱式变压器、箱式逆变器、电缆分接箱采用钢筋混凝土箱型基础。

光伏发电系统建设现状详见如下照片：



（2）升压站区

本工程新建 1 座 110kV 升压站，用于汇集所有光伏电能后，将西街口光伏电站以 1 回 110kV 线路接入 220kV 沙林变。110kV 升压站布置在场区中部，位于电站的汇能中心区域。

升压站区域属于综合功能区，生产区布置于北侧，生活区布置于南侧。升压站主要包括 35kV 配电室及户外电气设备布置场地、综合楼、仓库、水泵房及水池等，升压站设环行道路，作为设备运输、巡视、消防的通道。在升压站生活区以及进站门口种植绿色植物进行绿化，绿化宜布置低矮花卉、灌木，不可种植高大的树种。

升压站区建设现状详见如下照片：



水土流失现状分析：被建构筑物覆盖，道路进行硬化，区域空地进行景观绿化，绿化效果明显，起到很好的水土保持作用，水土流失强度属微度。

(3) 场内道路区

新修场内道路多沿等高线布设，设计最大路面纵坡 10%，平均坡度 7%，在满足纵坡的前提下，尽量减低路基的填土高度及挖方深度。道路总长 3.12km，全部新修，路基平均宽为 4.5m，路面平均宽 3.5m，弹石路面，现阶段已建成 1#道路、2#道路、3#道路、进站道路共 4 条场内道路，道路外侧种植行道树，内侧根据地形条件布设浆砌石排水沟。

场内道路区建设现状详见如下照片：



水土流失现状分析：弹石路面硬化，水土流失强度属微度。

(4) 施工生产生活区

本工程主要施工单位：中国水利水电第一工程局有限公司、广东火电工程有限公司，中国水利水电第一工程局有限公司主要负责一标光伏发电系统区以及场内道路区；广东火

电工程有限公司负责升压站建设。因此，本工程自开工至今共设置施工生产生活区 2 处，两个标各一处。

1#施工生产生活区、2#施工生产生活区现阶段已拆除进行植被恢复。



1#施工生产生活区现状（2017.3）



2#施工生产生活区现状（2017.3）



（5）未利用地区

根据工程总体布置情况，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将不进行扰动，因此列为未利用地。

1.2 水土保持工作情况

1.2.1 建设单位水土保持管理

工程建设过程中，建设单位严格履行基本建设程序，认真执行项目审批制度。在项目计划合同管理上依据《中华人民共和国招标投标法》等法律法规，制定了多项施工管理、财务管理办法，严格按照法定程序办事。工程质量管理的内容和目标层层落实，责任到人。全部工程建设项目管理的办法、制度和措施，对确保工程建设的顺利进行起到了重要的作用。

1.2.2 三同时制度落实

项目于 2015 年 5 月开工建设，水土保持措施设计与主体工程同步进行；主体工程施工过程中，建设单位把水土保持措施纳入主体工程土建施工中由施工单位负责统一实施；目前，水土保持措施随主体工程建设完成。在施工过程中，建设单位、设计单位、施工单位和监理单位加强水土保持法等法律法规的学习，水土保持措施与主体工程同时设计，同时施工，同时投产使用。

1.2.3 水土保持方案编报及变更

（1）水土保持方案编报情况

根据《中华人民共和国水土保持法》、《开发建设项目水土保持方案编报审批管理规定》和其他有关法律法规的要求，确保工程建设过程中新增水土流失得到有效控制，项目建设单位于 2014 年 1 月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司编制本工程水土保持方案编制工作。2014 年 2 月方案编制单位完成了《华能石林西街口太阳能光伏电站工程水土保持方案可行性研究报告》（以下简称《水保方案》），昆明市水务局于 2014 年 4 月 4 日在昆明主持召开了《水保方案》（送审稿）评审会，会后编制单位进行了认真修改和完善，编制完成了该报告书报批稿。2014 年 4 月 17 日，昆明市水务局以“昆水审办〔2014〕21 号”对《水保方案》进行了批复。

（2）项目变更情况

华能石林西街口太阳能光伏电站工程建设规模装机容量 100MWp，进行分期建设分期验收。截至目前（2018 年 10 月底）已建成光伏阵列 44 个（1#~40#装机规模 40MWp，43#~46#装机规模 6.5MWp），已建装机规模 46.5MWp。本次开展水土保持监测的范围为已实施的 46.5MWp 工程。已实施的 46.5MWp 工程主要为原设计的西片区范围，在水土保持方案和批复内容基础上，监测单位通过现场踏勘后，并与建设单位和监理单位共同讨论后，就目

前工程扰动区域，从项目建设地点、规模角度看，本项目主要存在如下变化：

（1） 升压站：位置变更，较原设计整体向东北侧移动，占地面积由原设计 1.10hm^2 调整为 1.25hm^2 ；

（2） 光伏发电系统西片区：原设计西片区 1#~11#方阵向东侧移动，其余光伏阵列布局局部优化调整，无较大变化；

（3） 场内道路：原设计西片区 1#~11#方阵向东侧移动，原设计 4#支线相应取消，其余原设计西片区场内道路布局局部优化调整，无较大变化；

（4） 施工生产生活区：原设计 2 处，实际布设 2 处，位置调整，施工生产生活区实际布设位置为 1#道路 K0+125——K0+190 道路两侧平缓场地。

项目实际建设情况较《水保方案》设计有局部的变更，但整体变化较小，主要表现见下表 1-6:

表 1-6 项目建设变化情况一览表

序号	项目组成	建设内容		变化前后对比	
		方案设计	实际施工	变化情况	说明
1	升压站	位于整个项目区中部偏西南侧，占地面积 1.10hm ²	位于整个项目区中心位置，总占地面积 1.25hm ²	位置变更	较原设计整体向东北侧移动，占地面积增加 0.15hm ²
2	光伏发电系统西片区	原设计西片区布置有 1#—72#方阵，布置 72 座逆变器室，35kV 箱式变 72 个，集电线路电缆桥架敷设电缆 22km，电缆沟敷设 17km，总面积 67.54hm ²	装机规模 46.5MWp，布置有 1#—46#方阵，光伏阵列 44 个（1#~40#装机规模 40MW，43#~46#装机规模 6.5MW）；1#~40#方阵（40MW）建设 1MW 逆变器 40 台（2 台 500kW 逆变器集中布置），43#~46#（6.5MW）建设逆变器 66 台（500kW 逆变器 2 台、70kW 逆变器 64 台）；1#~40#方阵（40MW）建设箱变 40 台，43#~46#（6.5MW）建设箱变 5 台（1500kVA 箱变 3 台、1000kVA 箱变 2 台）；集电线路电缆槽盒 15.039km，电缆沟 10.256km；总面积 48.44hm ²	方阵减少 28 个	原设计西片区 1#~11#方阵向东侧移动，其余光伏阵列布局局部优化调整，无较大变化。
3	场内道路	3 条，支线 2、3、4，长度 5.82km，占地 6.03hm ² 。路基平均宽为 4.5m，路面平均宽 3.5m，弹石路面	4 条，道路总长 3.12km，占地 2.11hm ² 。路基平均宽为 4.5m，路面平均宽 3.5m，弹石路面	4#支线取消，2#、3#支线优化调整	原设计西片区 1#~11#方阵向东侧移动，原设计 4#支线相应取消，其余原设计西片区场内道路布局局部优化调整，无较大变化
4	施工生产生活区	2 处，位于项目区北侧，进场道路西侧平缓场地	2 处，位于升压站西侧，1#道路 K0+125——K0+190 道路两侧平缓场地	位置调整	占地面积减少 0.72hm ²

根据《水利部生产建设项目水土保持方案变更管理规定（试行）》（办水保〔2016〕65号），与本项目有关影响因素，主要是防治责任范围变化、挖填筑土石方总量变化、表土剥离量变化、植物措施总面积变化四个方面。通过对本项目水土保持方案、监理报告以及现场数据核实，本项目实施水土保持方案设计的变更内容未达到须进行重大变更的约束条件，因此，未进行重大设计变更。

具体条件见表 1-7。

表 1-7 变更项实施前后变化对比表

变更项名称	方案值 (扣除原设计东片区)		实际值	增减情况	变更条件	须否变更
防治责任范围 (hm^2)	113.33		88.84	-21.61	增加 30%以上	否
挖填筑土石方总量 (万 m^3)	开挖	8.75	6.56	-25.03	增加 30%以上	否
	回填	7.57	6.56	-13.34		
表土剥离量 (万 m^3)	施工开挖区域施工前对可收集表土进行全部收集，工程收集表土进行分层临时堆存于扰动区域周边，后期直接覆于开挖区域表层。施工工艺要求，堆存时间短、堆存量小，未统计表土收集量		按水保方案要求收集表土	/	减少 30%以上	否
植物措施总面积 (hm^2)	17.58		12.36	-29.69	减少 30%以上	否

1.2.4 水土流失危害事件及处理情况

通过现场监测及调查询问，本项目从开工到项目竣工期间未发生水土流失危害事件。

1.3 监测工作实施情况

1.3.1 监测项目组设置

1.3.1.1 监测任务委托

根据《中华人民共和国水土保持法》和有关开发建设项目水土保持法规及技术规范，在开发建设项目施工准备期之前、施工期及运行期间，需对建设项目防治责任范围内的水土流失情况进行监测，以便及时、准确的掌握工程建设所引起的水土流失状况以及工程项目对区域生态环境的影响程度，为工程建设的水土流失防治工作提供依据。2016年4月受华能新能源石林光伏发电有限公司的委托，我公司承担了华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MWp）的水土保持监测任务（监测委托书见附件）。

1.3.1.2 进场及监测工作开展情况

接到任务之后，我公司即组织相关监测技术人员成立了本项目的水土保持监测组，依据工程《水保方案》设计开展监测工作。根据《水土保持监测技术规程》（SL277—2002）等有关规定，结合工程施工进度安排及水土保持监测工作实际需要，开展华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MWp）水土保持监测工作。

监测介入后我公司监测项目组共进行现场监测 5 次，分别于 2016 年 4 月 8 日、2017 年 3 月 2 日、11 月 9 日、2018 年 6 月 5 日、7 月 23 日对项目现场进行了外业调查及监测。完成《华能石林西街口太阳能光伏电站工程水土保持监测实施计划》以及监测简报 1 期。通过现场巡查、实地观测和走访座谈的方式，结合建设方提供的基础技术资料 and 工程竣工资料分析对比，获取了有关水土保持的资料和数据，在此基础上于 2018 年 10 月完成了《华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）水土保持监测总结报告》。监测内容涉及防治责任范围、水土流失量、土壤侵蚀形式、水土流失危害、工程措施及植物措施的防治作用、效果等，为水土保持设施专项验收提供依据。

1.3.1.3 监测组技术人员配备情况

为确保本项目监测工作顺利展开，我公司成立由专门的项目监测机构。其中，总监测工程师全面负责监测合同的履行，主持本项目监测机构的工作，在项目执行期间保持稳定；如果遇到特殊情况，总监测工程师需要发生变化，我公司将充分征求建设单位的意见，并书面通知建设单位，陈述变更的原因。

监测组人员负责现场的监测工作。同时组成数据分析组，负责实测数据归档、分析及报告的编写。监测人员组织安排见表 1-8。

表 1-8 水土保持监测人员组织安排和分工表

分组	成员	职务	监测上岗证号	分工情况
领导小组	周祥	总经理	第（1627）号	项目管理，对监测过程的指导、协调及监督等；
技术小组	汪斌	副总经理	第（0539）号	项目负责人所需提交监测成果的校核，项目出差工作安排；
	张家兵	工程师	第（4982）号	主要负责野外观测，监测项目数据收集、分析，主要负责数据整编和结果分析，图像编辑；
	李静	工程师	第（4977）号	辅助野外观测，数据分析，图像编辑

1.3.2 监测点布设

根据《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)中监测点布设原则和选址要求,在实地踏勘的基础,针对华能石林西街口太阳能光伏电站工程的工程特点、施工布置、水土流失的特点和水土保持措施的布局特征,并考虑观测与管理的方便性,兼顾开展水土保持监测的典型性和可操作性原则,共设监测点 6 个,主要采用调查监测以及布设植物样方。

监测点布置情况见附图,监测点数量统计表详见表 1-10。

表 1-9 项目监测实施计划表

序号	监测内容	监测位置	备注
1	工程占地、扰动地表面积	整个项目区	采用高精度 GPS 结合相关专业软件进行监测
2	地形地貌变化情况	整个项目区	全面调查和典型地段观测
3	重力侵蚀情况	整个项目区	全面调查和典型地段观测
4	水土流失危害	整个项目区	通过对周边区域的调查和走访当地群众,了解水土流失发展趋势及危害程度
5	措施实施运行情况	整个项目区	全面调查和典型地段观测

表 1-10 水土保持监测点布设情况

监测分区	监测点类型		监测点总数 (个)	备注
	调查监测点(个)	地面观测监测点(个)		
光伏发电系统西片区	2		2	
升压站	1		1	
场内道路	2		2	
施工生产生活区	1		1	
未利用地				
合计	6		6	

水土保持监测工作照片展示

	
排水沟调查	排水沟调查
	
排水沟调查	沉砂池调查
	
调查监测点	调查监测点

1.3.3 监测设施设备

华能石林西街口太阳能光伏电站工程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、监测点以及主体工程施工进度的调查。

投入本项目水土保持监测的监测设备有无人机、钢卷尺、GPS、数码相机等 10 种设备，详见表 1-11。

表 1-11 监测设备表

序号	设备仪器	型号规格
1	钢卷尺	5m
2	钢卷尺	3m
3	记录夹	硬塑
4	激光测距仪	GeoRef K2
5	GPS	
6	皮尺	30m
7	数码照相机	佳能
8	数码摄像机	松下 HDC-SD1
9	笔记本电脑	Thinkpad X61
10	无人机	大疆 PHANTOM 4

1.3.4 监测技术方法

本项目的监测主要采用调查监测和巡查监测辅助的模式进行监测。

根据《水土保持监测技术规程》（SL277—2002）中规定的开发建设项目水土流失监测，宜采用地面观测法和调查监测法。参照《开发建设项目水土保持技术规范》（GB/T50433—2008）、《开发建设项目水土流失防治标准》（GB/T50434—2008）等技术标准，结合本项目监测内容及指标，确定本次水土保持监测方法主要以调查监测和巡查监测法为主。

1.3.4.1 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。

（1）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。

(2) 植被监测

植被监测主要是选取有代表性的植被样方作为标准地，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

树高：采用测高仪进行测定。

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 20m×20m 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，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) 水土流失因子监测

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。

地形地貌的调查包括地貌类型、小地形及地面坡度三个方面。

对于土壤因子的监测指标有：土壤类型、地面组成物质、土壤容重。

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。

（4）水土流失防治动态监测

水土流失防治动态监测主要是在施工期和植被恢复期开展监测工作。

①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。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（植被样方法等）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

采用已有的其它同类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 b、c 两种结合的监测模式。

②水土保持措施防治效果

a、防治措施的数量与质量

本工程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。

b、防护工程的稳定性、完好程度和运行情况

本工程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。

c、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。

施工期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。

1.3.4.2 巡查监测

巡查主要是在工程施工建设过程中和运行初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。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。

（1）水土流失危害监测

①对周边河道影响情况

通过实地踏勘、走访群众等形式进行监测。

②对周边水利设施影响情况

通过实地踏勘、走访群众、询问水库管理人员等形式进行监测。

③其他水土流失危害

通过实地踏勘、问卷调查等形式进行监测。

（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。

巡查的监测频次为每次现场监测监测一次，通过监测小组巡查，本项目监测时段内未发生水土流失危害。

1.3.5 水土保持监测意见及落实情况

工程于 2015 年 5 月 23 日开工建设, 升压站以及 40MW 工程 2016 年 7 月 13 日完工, 监测介入时 40MW 工程已进入试运行期。经监测组现场调查, 根据现场踏勘结合主体资料显示, 工程建设中, 根据主体和水土保持方案设计, 针对性的实施了一些水土保持工程措施和植物措施, 一定程度防治了工程区水土流失情况。

2017 年 3 月 2 日监测组监测后, 完成监测简报一期, 提出整改意见为:

- (1) 定期对排水工程进行检查并清理, 保证其能够正常发挥行洪能力;
- (2) 加强项目区绿化区域抚育管护工作;
- (3) 局部裸露区域进行植被恢复;
- (4) 排水出口末端增加沉沙或消能措施;

建设单位根据监测组提出的整改要求责令施工单位落实整改。

1.3.5 监测成果提交情况

2016 年 4 月, 受华能新能源石林光伏发电有限公司的委托, 我公司承担了华能石林西街口太阳能光伏电站工程 (46.5MWp) 的水土保持监测任务。

监测介入后我公司监测项目组共进行现场监测 5 次, 分别于 2016 年 4 月 8 日、2017 年 3 月 2 日、11 月 9 日、2018 年 6 月 5 日、7 月 23 日对项目现场进行了外业调查及监测。完成《华能石林西街口太阳能光伏电站工程水土保持监测实施计划》以及监测简报 1 期。通过现场巡查、实地观测和走访座谈的方式, 结合建设方提供的基础技术资料和工程竣工资料分析对比, 获取了有关水土保持的资料和数据, 在此基础上于 2018 年 10 月完成了《华能石林西街口太阳能光伏电站工程 (46.5MW) 水土保持监测总结报告》。

2 监测内容与方法

2.1 扰动土地情况

2.1.1 监测内容

(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。

根据项目建设区及直接影响区面积变化情况，对整个工程的全部区域在项目建设过程中实际发生的水土流失防治责任范围变化情况进行监测。

2.1.2 监测方法

(1) 征占地面积监测：建设项目实际占用土地面积，主要在查阅主体工程设计资料的基础上，结合实地监测记录复核。

(2) 扰动地表面积、造成水土流失面积监测：项目建设扰动地表面积、造成水土流失面积主要利用遥感监测获取，同时结合现场调查量测复核。扰动土地面积、造成水土流失面积动态变化监测主要定期采用无人机、Google Earth 软件定点获取项目区不同时段卫星影像图片，再结合现场量测分析项目施工期间扰动土地动态变化情况。

2.1.3 监测频次

监测介入后我公司监测项目组共进行现场监测 5 次，分别于 2016 年 4 月 8 日、2017 年 3 月 2 日、11 月 9 日、2018 年 6 月 5 日、7 月 23 日对项目现场进行了外业调查及监测。

2.2 弃土弃渣监测

2.2.1 监测内容

根据项目土石方情况，对整个工程的全部区域在项目建设过程实际发生的弃土弃渣变化情况进行监测。

2.2.2 监测方法

根据现阶段工程具体情况主要采用调查监测等监测方法对项目现场进行了外业调查及监测。本项目水土保持监测工作介入时间相对较晚，项目土建施工期已过，无法实时实地的对弃土弃渣进行动态监测，因此施工期弃土弃渣量仅能结合业主提供的资料和项目区的现状进行定性分析。

2.2.3 监测频次

监测介入后我公司监测项目组共进行现场监测 5 次，分别于 2016 年 4 月 8 日、2017 年 3 月 2 日、11 月 9 日、2018 年 6 月 5 日、7 月 23 日对项目现场进行了外业调查及监测。

2.3 水土保持措施

2.3.1 监测内容

（1）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。

（2）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。

（3）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。

2.3.2 监测方法

（1）防治措施的数量与质量

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。

（2）工程防护措施的稳定性、完好程度和运行情况

通过现场实地调查的方式进行监测，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）林草的生长发育情况

林草生长发育情况主要包括林木生长情况、植物措施的存活率和保存率、林草覆盖度等。主要采取植被样方调查法进行观测。

2.3.3 监测频次

监测介入后我公司监测项目组共进行现场监测 5 次，分别于 2016 年 4 月 8 日、2017 年 3 月 2 日、11 月 9 日、2018 年 6 月 5 日、7 月 23 日对项目现场进行了外业调查及监测。

2.4 水土流失情况

2.4.1 监测内容

土壤流失量监测主要包括施工期水土流失因子监测及土壤侵蚀量的监测。对监测时段内的土壤流失量进行量化以评价项目区治理达标与否。

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。

（1）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。

（2）土壤侵蚀模数

土壤侵蚀模数是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。

（3）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，对整个工程的全部区域在项目建设过程中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。

2.4.2 监测方法

对于土壤侵蚀类型及形式，采取现场识别的方式获取；对于水土流失面积，采取 GPS、皮尺等监测设备进行实地核算；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。

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：

① 实测法

通过本项目布置的监测设施进行实测，获得某一有代表性地区的侵蚀模数作为基础，再根据本项目其它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。

② 类比法

采用已有的类似项目监测数据为基础，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。

③ 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：

①优于②优于③。

由于本工程水土保持监测开展时，工程已完工，工程区内几乎被建筑物、硬化所覆盖，具备布设监测点条件的部位较少，故防治措施实施后，即现状土壤侵蚀模数主要通过典型地段布设监测样方、现场调查各分区现状、结合《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007），经综合分析得出。

2.4.3 监测频次

监测介入后我公司监测项目组共进行现场监测 5 次，分别于 2016 年 4 月 8 日、2017 年 3 月 2 日、11 月 9 日、2018 年 6 月 5 日、7 月 23 日对项目现场进行了外业调查及监测。

3 重点部位水土流失动态监测

3.1 防治责任范围监测

3.1.1 水土保持防治责任范围

3.1.1.1 水土保持方案确定的防治责任范围

根据《水保方案》及其批复文件，批复项目水土流失防治责任范围总面积 171.57hm²，其中项目建设区 143.49hm²，直接影响区 28.08hm²。

具体见表 3-1。

表 3-1 《水保方案》确定防治责任范围统计表（100MW） 单位：hm²

序号	分区	占地类型及面积统计（hm ² ）				
		草地	坡耕地	交通运输用地	其它土地	小计
项目建设区		44.30	8.41	5.88	84.90	143.49
一	光伏发电系统东片区	14.92	1.01	1.59	24.09	41.61
二	光伏发电系统西片区	18.63	3.82	3.11	41.98	67.54
三	升压站	0.62	0.48			1.10
四	场内道路	4.05	0.78	0.94	2.85	8.62
五	施工生产生活区	0.48	0.28		0.24	1.00
六	未利用地	5.60	2.04	0.24	15.74	23.62
直接影响区		28.08				
水土流失防治责任范围		171.57				

本项目进行分期建设，分期验收，本次开展水土保持监测的范围为已实施的 46.5MWp 工程，主要涉及原设计西片区范围。根据《水保方案》占地统计，光伏发电系统东片区占地 41.61 hm²，东片区场内道路支线 1 长度 2450m，占地 2.59 hm²。扣除原设计东片区光伏发电系统以及场内道路占地，原设计项目水土流失防治责任范围总面积 113.33hm²，其中项目建设区 99.29hm²，直接影响区 14.04hm²。

表 3-2 《水保方案》确定防治责任范围统计表（扣除原设计东片区） 单位：hm²

序号	分区	水保方案批复（扣除原设计东片区）
一	项目建设区	99.29
1	光伏发电系统东片区	/
2	光伏发电系统西片区	67.54
3	升压站	1.10
4	场内道路	6.03
5	施工生产生活区	1.00
6	未利用地	23.62
二	直接影响区	14.04
三	水土流失防治责任范围总面积	113.33

3.1.1.2 防治责任范围监测结果

根据现场踏勘量测，结合建设单位提供的征占地资料，本工程实际发生的防治责任范围面积为 88.84hm²，其中项目建设区面积为 76.82hm²，直接影响区 12.02hm²。

防治责任范围监测结果见表 3-3。

表 3-3 实际防治责任范围统计表（46.5MW） 单位：hm²

序号	分区	占地类型及面积统计（hm ² ）				
		草地	坡耕地	交通运输用地	其它土地	小计
	项目建设区	33.11	4.00	0.50	39.21	76.82
一	光伏发电系统西片区	24.69	4.00		19.75	48.44
二	升压站	0.62			0.63	1.25
三	场内道路	0.80		0.50	0.81	2.11
四	施工生产生活区	0.28				0.28
五	未利用地	6.72			18.02	24.74
	直接影响区	12.02				
	水土流失防治责任范围	88.84				

3.1.1.3 防治责任范围变化情况

本项目实际发生的水土流失防治责任范围为 88.84hm²，其中项目建设区面积为 76.82hm²，直接影响区 12.02hm²。实际发生的水土流失防治责任范围与《水保方案》（扣除原设计东片区）确定的防治责任范围对比减少 24.49hm²，减少比例 21.61%。

防治责任范围监测结果对比情况见表 3-4。

表 3-4 防治责任范围监测结果对比情况表

单位: hm^2

序号	项目	水保方案批复 (100MW)	水保方案批复 (扣除原设计东片区)	实际产生 (46.5MW)	变化情况	
					增加 (+) 减少 (-)	增减比例 %
一	项目建设区	143.49	99.29	76.82	-22.47	-22.63
1	光伏发电系统东片区	41.61	/		0.00	
2	光伏发电系统西片区	67.54	67.54	48.44	-19.10	-28.28
3	升压站	1.10	1.10	1.25	0.15	13.64
4	场内道路	8.62	6.03	2.11	-3.92	-65.01
5	施工生产生活区	1.00	1.00	0.28	-0.72	-72.00
6	未利用地	23.62	23.62	24.74	1.12	4.74
二	直接影响区	28.08	14.04	12.02	-2.02	-14.39
三	水土流失防治责任范围总面积	171.57	113.33	88.84	-24.49	-21.61

主要变化原因:

(1) 光伏发电系统: 原设计西片区 1#~11#方阵向东侧移动, 其余光伏阵列布局局部优化调整, 无较大变化; 原设计西片区布置有 1#—72#方阵, 本次分期验收已实施西片区装机规模 46.5MWp, 布置有 44 个方阵, 方阵减少 28 个, 导致水土流失防治责任范围减少较多;

(2) 升压站: 位置变更, 较原设计整体向东北侧移动, 占地面积由原设计 1.10hm^2 调整为 1.25hm^2 , 占地面积增加 0.15hm^2 ;

(3) 场内道路: 原设计西片区布置场内道路 3 条: 支线 2#、3#、4#, 长度 5.82km; 实际原设计西片区 1#~11#方阵向东侧移动, 原设计 4#支线相应取消, 其余原设计 2#、3#支线布局局部优化调整, 导致水土流失防治责任范围减少;

(4) 施工生产生活区: 原设计 2 处, 实际布设 2 处, 位置调整, 导致水土流失防治责任范围减少。

3.1.2 建设期扰动土地面积

3.1.2.1 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。

按照监测实际介入情况, 通过对项目区现场踏勘, 对工程水土流失情况进行分析, 监

测工作组并利用 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，本工程占地面积 76.82hm²，建设期扰动面积为 19.60hm²。

工程建设占地面积情况详见表 3-5。

表 3-5 工程占地面积统计表

序号	分区		占地类型及面积统计（hm ² ）					备注
			草地	坡耕地	交通运输用地	其它土地	小计	
一	光伏发电系统西片区	光伏板基础	0.05	0.04		0.07	0.16	施工扰动
		光伏方阵空地	8.70	2.30		4.52	15.52	施工扰动
			15.83	1.61		15.04	32.48	不扰动
		逆变器室及箱式变	0.07	0.04		0.05	0.16	施工扰动
		集电线路	0.04	0.01		0.07	0.12	施工扰动
		小计	24.69	4.00		19.75	48.44	
二	升压站		0.62			0.63	1.25	施工扰动
三	场内道路		0.80		0.50	0.81	2.11	施工扰动
四	施工生产生活区		0.28				0.28	施工扰动
五	未利用地		6.72			18.02	24.74	不扰动
	合计		33.11	4.00	0.50	39.21	76.82	

备注：其它土地主要为石漠化土地，基岩裸露率>40%。

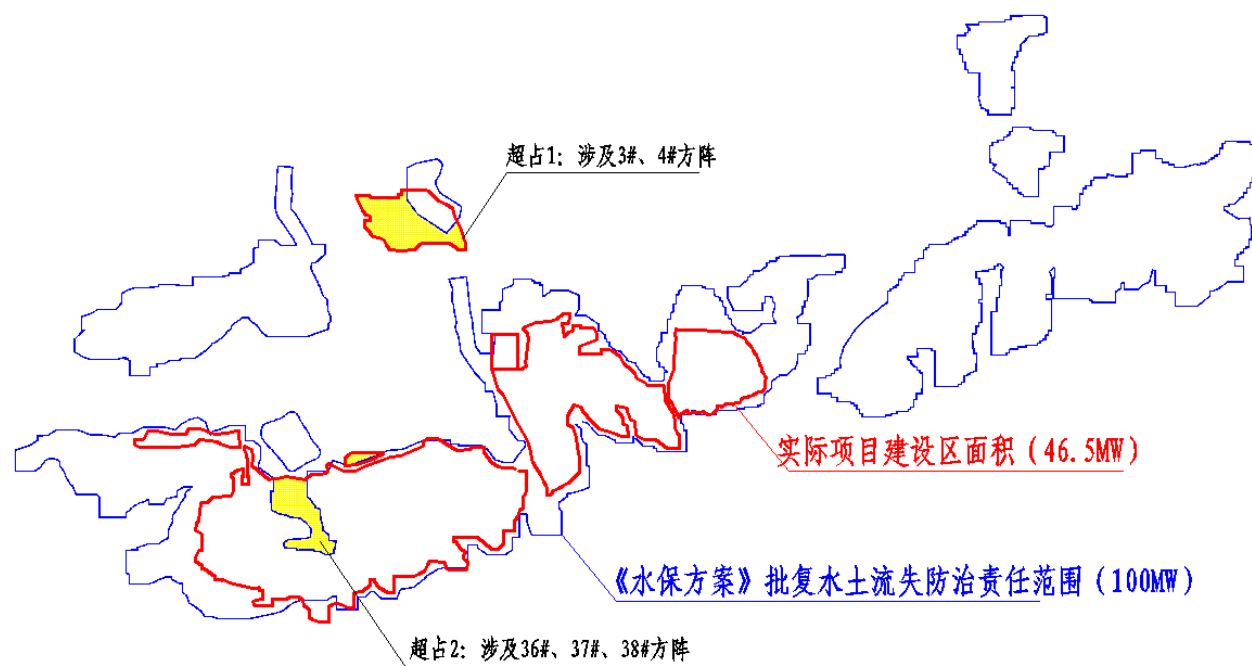
表 3-6 工程建设扰动土地面积统计表

序号	分区	总占地面积（hm ² ）	工程建设扰动土地面积（hm ² ）
1	光伏发电系统	48.44	15.96
2	升压站	1.25	1.25
3	场内道路	2.11	2.11
4	施工生产生活区	0.28	0.28
5	未利用地	24.74	
	小计	76.82	19.60

3.1.2.2 实际扰动面积与批复防治责任范围变化情况

与《水保方案》批复对比，本工程实际发生的防治责任范围部分超出批复的项目水土流失防治责任范围，经统计，超出部分面积为 6.66hm²，主要分为两部分：其中涉及 3#、4#方阵超占 3.71hm²；涉及 36#、37#、38#方阵超占 2.95hm²。超出部分面积占实际项目建设区面积（46.5MW）76.82hm² 的 8.67%，占水保方案批复项目建设区面积（100MW）143.49hm² 的 4.64%，占水保方案批复项目建设区面积（扣除原设计东片区）99.29hm² 的 6.71%。

具体见下图实际扰动面积与批复防治责任范围关系图：



实际扰动面积与批复防治责任范围关系图

3.2 取料监测结果

3.2.1 设计取料情况

根据《水保方案》，本项目建设期间未布置取料场，本项目建设期间所需建筑砂石料全部外购。

3.2.2 取料监测结果

本项目建设期间所需施工材料均从合法厂商购得，不存在取土（石、料）场。根据工程施工监理资料，施工用水泥从昆明宏熙水泥有限公司购得；砂石料从昆明市石林县宏达采石厂购买。详见原材检验报告（钢筋、水泥、砂石料）。

3.3 弃土渣监测结果

3.3.1 设计弃渣情况

根据《水保方案》及其批复，本工程建设过程中共产生土石方开挖量为 9.21 万 m^3 ，其中开挖土方 2.11 万 m^3 ，开挖石方 7.10 万 m^3 ；工程回填方为 8.03 万 m^3 ；调入调出土石方 0.74 万 m^3 ；产生弃方 1.18 万 m^3 。弃方主要为石方 1.18 万 m^3 临时堆存于 1#、2#、3#、4#堆石点，将利用用于后期工程建设石料以及水保措施石料，项目建设不产生永久弃渣。

设计弃渣情况（100MW）见表 3-7。

本项目进行分期建设，分期验收，本次开展水土保持监测的范围为已实施的 46.5MWp 工程，主要涉及原设计西片区范围。根据《水保方案》土石方统计，光伏发电系统东片区共产生土石方开挖量为 0.46 万 m^3 ，工程回填方为 0.16 万 m^3 。扣除原设计东片区光伏发电系统土石方量，原设计项目共产生土石方开挖量为 8.75 万 m^3 ，工程回填方为 7.57 万 m^3 ，产生弃方 1.18 万 m^3 。弃方主要为石方 1.18 万 m^3 临时堆存于 1#、2#、3#、4#堆石点，将利用用于后期工程建设石料以及水保措施石料，项目建设不产生永久弃渣。

设计弃渣情况（扣除原设计东片区）见表 3-8。

3.3.2 弃渣监测结果

工程弃土弃渣监测主要根据施工和监理资料查阅取得。根据主体工程竣工资料以及施工和监理资料，项目建设共产生土石方开挖量为 6.56 万 m^3 ，工程回填方为 6.56 万 m^3 ，调入调出土石方 1.49 万 m^3 ，项目建设不产生永久弃渣。

弃渣监测结果（46.5MW）见表 3-9。

3.3.3 弃渣对比分析

通过监测，工程建设过程实际开挖土石方比原设计减少 2.19 万 m^3 ，回填土石方比原设计减少 1.01 万 m^3 ，实际施工过程中不产生永久弃渣。

表 3-7 设计弃渣情况统计表（100MW）

序号	项目组成	挖方				填方	调入		调出		外借		弃方	
		小计	表土收集	土方	石方		数量	来源	数量	去向	数量	来源	数量	去向
一	东片区光伏发电系统	0.46		0.13	0.33	0.46								
1	方阵支架基础	0.12		0.04	0.08	0.12								
2	逆变器及箱式变	0.20		0.04	0.16	0.20								
3	集电线路	0.14		0.05	0.09	0.14								
二	西片区光伏发电系统	1.34		0.36	0.98	1.34								
1	方阵支架基础	0.30		0.10	0.20	0.30								
2	逆变器及箱式变	0.50		0.10	0.40	0.50								
3	集电线路	0.54		0.16	0.38	0.54								
三	升压站	3.13		0.70	2.43	1.21			0.74				1.18	
1	场地平整	2.50		0.55	1.95	0.70			0.74	场内道路			1.06	1#-4#堆石点
2	基础开挖	0.63		0.15	0.48	0.51							0.12	1#堆石点
四	场内道路	3.73		0.62	3.11	4.47	0.74	升压站						
五	施工生产生活区	0.55		0.30	0.25	0.55								
合计		9.21		2.11	7.10	8.03	0.74		0.74				1.18	

注：1、各种土石方均为自然方量；2、土石方平衡计算公式为：开挖 + 调入 + 外借 = 回填 + 调出 + 废弃。

表 3-8 设计弃渣情况统计表（扣除原设计东片区）

序号	项目组成	挖方				填方	调入		调出		外借		弃方	
		小计	表土收集	土方	石方		数量	来源	数量	去向	数量	来源	数量	去向
一	西片区光伏发电系统	1.34		0.36	0.98	1.34								
1	方阵支架基础	0.30		0.10	0.20	0.30								
2	逆变器及箱式变	0.50		0.10	0.40	0.50								
3	集电线路	0.54		0.16	0.38	0.54								
二	升压站	3.13		0.70	2.43	1.21			0.74				1.18	
1	场地平整	2.50		0.55	1.95	0.70			0.74	场内道路			1.06	1#-4#堆石点
2	基础开挖	0.63		0.15	0.48	0.51							0.12	1#堆石点
三	场内道路	3.73		0.62	3.11	4.47	0.74	升压站						
四	施工生产生活区	0.55		0.30	0.25	0.55								
合计		8.75		1.98	6.77	7.57	0.74		0.74				1.18	

注：1、各种土石方均为自然方量；2、土石方平衡计算公式为：开挖 + 调入 + 外借=回填 + 调出 + 废弃。

表 3-9 弃渣监测结果统计表（46.5MW）

序号	项目组成	挖方			填方	调入		调出		外借		弃方	
		小计	表土收集	土石方		数量	来源	数量	去向	数量	来源	数量	去向
一	西片区光伏发电系统	1.27		1.27	0.79			0.48	升压站				
1	方阵支架基础	0.14		0.14	0.05			0.09	升压站				
2	逆变器及箱式变	0.55		0.55	0.30			0.25	升压站				
3	集电线路	0.58		0.58	0.44			0.14	升压站				
二	升压站	1.82		1.82	3.31	1.49	光伏发电系统、场内道路						
三	场内道路	3.22		3.22	2.21			1.01	升压站				
四	施工生产生活区	0.25		0.25	0.25								
合计		6.56		6.56	6.56	1.49		1.49					

注：1、各种土石方均为自然方量；2、土石方平衡计算公式为：开挖 + 调入 + 外借 = 回填 + 调出 + 废弃。

3.4 土石方流向情况监测结果

(1) 光伏发电系统

通过监测，工程建设过程实际开挖土石方、回填土石方较原设计均减少，主要是分期建设，现阶段东片区光伏发电系统还未建设。

(2) 升压站

工程建设过程实际开挖土石方比原设计减少 1.31 万 m³，回填土石方比原设计增加 2.10 万 m³，实际施工过程不产生弃渣。升压站位置调整，根据实际地形条件建设，导致土石方量变化。

(3) 场内道路

工程分期建设，原设计场内道路 8.27km，现阶段实施西片区道路 3.12km，导致土石方量减少。

表 3-10 土石方情况监测表

监测分区	方案设计（扣除原设计东片区）			实际土石方（46.5MW）			增减情况		
	开挖	回填	弃方	开挖	回填	弃方	开挖	回填	弃方
光伏发电系统	1.34	1.34		1.27	0.79		-0.07	-0.55	
升压站	3.13	1.21	1.18	1.82	3.31		-1.31	2.10	-1.18
场内道路	3.73	4.47		3.22	2.21		-0.51	-2.26	
施工生产生活区	0.55	0.55		0.25	0.25		-0.30	-0.30	
小计	8.75	7.57	1.18	6.56	6.56		-2.19	-1.01	-1.18

表土剥离情况监测

项目区为典型的岩溶地区，岩溶发育的基本条件：1)具有可溶性岩层；2)具溶蚀能力和流量足够的水；3)地下水有下渗、流动的途径。石灰岩山地石多土少，表土极易流失，难于再生，并且易涝易旱，蓄水保墒能力差，受特殊的地形地势和气候条件的影响，生态环境十分脆弱，覆盖在岩溶面上的冲积、洪积层，在地表水下渗或地下水升降变化的情况下，土颗粒沿岩溶、洞穴裂隙带走，岩溶地区碳酸盐岩母质具有易溶、易淋失，成土速度极为缓慢的特点，所以岩溶地区表土资源十分珍贵。根据《水保方案》，为保护珍贵的表土资源，水保方案设计对项目区施工开挖区域施工前对可收集表土进行全部收集，工程收集表土进行分层临时堆存于扰动区域周边，后期直接覆于开挖区域表层，由于堆存时间较短，且堆存量不大，故不设置临时表土点。实际施工中基本按照水保方案要求收集表土进行回收利用。

4 水土流失防治措施监测结果

华能石林西街口太阳能光伏电站工程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 工程措施监测结果

4.1.1 水土保持工程措施设计情况

根据《水保方案》及批复，水土保持工程措施主要为：升压站浆砌石挡墙 980m^3 ，浆砌石截水沟 150m^3 ，浆砌石排水沟 378m^3 （ 480m ），光伏发电系统东片区碎石带 47747m ；光伏发电系统西片区碎石带 122778m ；场内道路浆砌石排水沟 8270m ，浆砌石挡墙 3000m^3 ，设置 50m^3 蓄水池 4 口，沉沙池 3 口；施工生产生活区布设挡墙 200m ，土地复耕 0.76hm^2 。

4.1.2 水土保持工程措施实际实施情况

（1）工程量

根据工程竣工统计资料、监理资料和现场调查情况，项目在实施过程中实际实施的工程措施主要为：升压站浆砌石挡墙 1422m^3 ，排水沟 498m ，截水沟 182m^3 ；场内道路区浆砌石排水沟 3346m ，浆砌石挡墙 4423m^3 ，排水涵管 198m ，蓄水池 2 个，沉沙池 4 口。

（2）施工进度

挡墙、排水沟、沉砂池等施工时段集中于 2015 年 5 月~2015 年 12 月，蓄水池施工时段集中于 2018 年 6 月~2018 年 7 月。工程措施基本与主体工程同步实施。

工程措施施工时段见表 4-1。

表 4-1 工程措施施工时段统计表

防治分区		措施类型	单位	实施数量	实施进度
工程措施	升压站	排水沟	m	498	2015 年 7 月~2015 年 10 月
		截水沟	m ³	182	2015 年 7 月~2015 年 8 月
		浆砌石挡墙	m ³	1422	2015 年 6 月初~2015 年 7 月底
	场内道路	浆砌石排水沟	m	3346	2015 年 5 月~2015 年 12 月
		浆砌石挡墙	m ³	4423	2015 年 5 月~2015 年 12 月
		涵管	m	198	2015 年 5 月~2015 年 12 月
		蓄水池	个	2	2018 年 6 月~7 月
		沉沙池	口	4	2015 年 5 月~2015 年 12 月

(3) 变化情况

通过对比分析,水土保持工程措施实际实施情况与设计变化如下:光伏方阵空地碎石带减少 122778m,实际调整为撒草恢复;升压站位置调整,导致浆砌石挡墙增加 442m³,排水沟增加 18m,截水沟增加 32m³;场内道路浆砌石挡墙增加 1423m³,排水涵管增加 198m,沉沙池增加 1 口,排水沟、蓄水池由于现阶段东片区未实施导致相应措施量减少;施工生产生活区位置调整,根据实际地形条件设计浆砌石挡墙未实施,根据实际占地类型土地复耕调整为植被恢复。

工程措施变化情况见表 4-2。

表 4-2 方案设计与实际实施的工程措施比较分析表

防治分区		措施类型	单位	数量			变化情况	备注
				方案设计		实施		
				主体	新增			
工程措施	光伏发电系统东片区	光伏方阵空地碎石带	m		47747		/	现阶段东片区未实施
	光伏发电系统西片区	光伏方阵空地碎石带	m		122778		-122778	实际调整为撒草恢复
	升压站	截水沟	m ³	150		182	32	
		排水沟	m	480		498	18	增加
		浆砌石挡墙	m ³	980		1422	442	增加
	场内道路	浆砌石排水沟	m	8270		3346	-4924	分期建设，现阶段东片区未实施，相应道路排水沟未实施
		浆砌石挡墙	m ³	3000		4423	1423	增加
		涵管	m			198	198	增加
		蓄水池	个		4	2	-2	分期建设，现阶段西片区实施2座150m ³ 土质蓄水池，东片区主体工程未实施，相应措施未实施
		沉沙池	口		3	4	1	增加
	施工生产生活区	浆砌石挡墙	m		200		-200	根据实际地形条件未实施
		土地复耕	hm ²		0.76		-0.76	根据占地类型调整为植被恢复

工程措施实施情况	
	
升压站浆砌石挡墙、框格梁植草护坡	升压站站区东侧框格梁上方边坡绿化
	
升压站排水沟	升压站站区西侧浆砌石挡墙
	
场内道路区浆砌石挡墙	场内道路区浆砌石排水沟及沉砂池

	
场内道路区浆砌石排水沟及沉砂池	场内道路区排水涵管出口
	
场内道路区沉砂池	场内道路区浆砌石挡墙及排水沟
	
场内道路区蓄水池	场内道路区蓄水池

4.2 植物措施监测结果

4.2.1 水土保持植物措施设计情况

根据《水保方案》及批复，设计水土保持植物措施主要为：光伏发电系统东片区撒草

面积 6.57hm²；光伏发电系统西片区撒草面积 17.58hm²；未利用地撒草面积 2.04hm²，升压站站区绿化 2500m²；场内道路绿化 9500m²。

4.2.2 水土保持植物措施实际实施情况

(1) 工程量

根据工程竣工统计资料、监理资料和现场调查情况，项目在实施过程中实际实施的植物措施主要为：光伏发电系统西片区植被恢复(撒草)11.00hm²；升压站绿化 0.33hm²，框格梁植草护 0.16hm²；场内道路边坡绿化 0.49hm²，行道树 1000 株；施工生产生活区植被恢复(撒草)0.28hm²。

实施树草种有雪松、塔柏、亮毛杜鹃、云南松、杨梅、桃树、樱花，亮毛杜鹃、假连翘、红叶石楠球、叶子花球等；早熟禾、百喜草、高羊茅等。

(2) 施工进度

植物措施施工时段集中于 2016 年 5 月~2016 年 7 月，植物措施基本与主体工程同步实施，监测介入后现场提出整改意见加强项目区绿化区域抚育管护工作，根据要求，建设单位加强了植物措施的抚育管护工作，目前植被恢复较好，满足水土保持要求。

植物措施施工时段见表 4-3。

表 4-3 植物措施施工时段统计表

防治分区		措施类型	单位	实施数量	实施进度
植物措施	光伏发电系统西片区	植被恢复(撒草)	hm ²	11.00	2016 年 5 月~2016 年 7 月
	升压站	绿化	m ²	3300	2016 年 5 月~2016 年 7 月
		框格梁植草护坡	m ²	1606	2015 年 7 月~2016 年 7 月
	场内道路	绿化	m ²	4900	2016 年 5 月~2016 年 7 月
		种植土	m ³	18032	2016 年 5 月~2016 年 7 月
		行道树	株	1000	2016 年 5 月~2016 年 7 月
	施工生产生活区	植被恢复(撒草)	hm ²	0.28	2016 年 5 月~2016 年 7 月

(3) 变化情况

通过对比分析，工程根据实际占地面积优化调整绿化面积。

植物措施变化情况见表 4-4。

表 4-4 方案设计与实际实施的植物措施比较分析表

防治分区		措施类型	单位	数量		变化情况	备注	
				方案设计				实施
				主体	新增			
植物措施	光伏发电系统东片区	植被恢复(撒草)	hm ²		6.57		/	现阶段东片区未实施
	光伏发电系统西片区	植被恢复(撒草)	hm ²		17.58	11.00	-6.58	光伏方阵空地占用草地、坡耕地扰动区域进行植被恢复
	升压站	绿化	m ²	2500		3300	800	实际实施升压站站区内 部空地绿化以及南侧围 墙外绿化
		框格梁植草护坡	m ²			1606	1606	增加
	场内道路	绿化	m ²	9500		4900	-4600	升压站西侧以及东侧边 坡绿化
		种植土	m ³			18032	18031.61	增加
		行道树	株			1000	1000	雪松
	施工生产生活区	植被恢复(撒草)	hm ²			0.28	0.28	
	未利用地	植被恢复(撒草)	hm ²		2.04		-2.04	

植物措施实施情况	
	
光伏发电系统植被恢复	光伏发电系统植被恢复
	
光伏发电系统植被恢复	光伏发电系统植被恢复
	
升压站南侧进站大门两侧绿化区域	升压站站区东侧框格梁上方边坡绿化

	
升压站站区西侧植被恢复	升压站站区内部生活区空闲区域绿化
	
道路行道树	道路行道树
	
1#施工生产生活区	2#施工生产生活区植被恢复

4.3 临时防护措施监测结果

4.3.1 水土保持临时措施设计情况

根据《水保方案》及批复，设计水土保持临时措施包括：光伏发电系统东片区临时堆石点干砌石挡墙 150m；光伏发电系统西片区施工期临时浆砌石排水沟 430m，临时堆石点干砌石挡墙 240m；升压站堆石点干砌石挡墙 150m，永临结合临时排水沟约 480m；场内道路永临结合临时排水沟约 8270m；施工生产生活区临时排水沟约 240m。

4.3.2 水土保持临时措施实际实施情况

（1）工程量

监测介入时土建工程已基本结束，临时措施主要通过查阅工程水土保持施工、监理等方面的资料，经分析统计，实际实施的临时措施为：实施升压站临时排水沟 680m，三维土工网 10000m²，无纺布 1000m²；场内道路临时排水沟 3346m，无纺布 1000m²；施工生产生活区临时排水沟 300m。

（2）施工进度

设计临时措施实施时段主要为监测介入前，通过查阅工程水土保持施工、监理等方面的资料，临时措施实施时段为 2015 年 6 月~2016 年 7 月，临时措施基本与主体工程同步实施。

表 4-5 临时措施施工时段统计表

防治分区		措施类型	单位	实施数量	实施进度
临时措施	升压站	临时排水沟	m	680	2015 年 6 月~2016 年 7 月
		三维土工网	m ²	10000	2015 年 6 月~2016 年 7 月
		无纺布	m ²	1000	2015 年 6 月~2016 年 7 月
	场内道路	临时排水沟	m	3346	2015 年 5 月~2015 年 12 月
		无纺布	m ²	1000	2016 年 5 月~2016 年 7 月
	施工生产生活区	临时排水沟	m	300	2015 年 5 月~2015 年 12 月

（3）变化情况

本项目实际水土保持临时措施基本按照设计进行实施，同时根据项目实际情况增加三维土工网、无纺布等临时覆盖实施数量，有效防治水土流失；实际未设置临时堆石点，相应措施未实施。

工程量具体分析见表 4-6。

表 4-6 方案设计与实际实施的临时措施比较分析表

防治分区		措施类型	单位	数量		变化情况	备注	
				方案设计				实施
				主体	新增			
临时措施	光伏发电系统东片区	干砌石挡墙	m		150		/	现阶段东片区未实施
	光伏发电系统西片区	干砌石挡墙	m		240		-240	实际未设置临时堆石点，相应措施未实施
		施工期临排	m		430		-430	实际未设置临时堆石点，相应措施未实施
	升压站	干砌石挡墙	m		150		-150	实际未设置临时堆石点，相应措施未实施
		临时排水沟	m		480	680	200	增加
		三维土工网	m ²			10000	10000	增加
		无纺布	m ²			1000	1000	增加
	场内道路	临时排水沟	m		8270	3346	-4924	分期建设，现阶段东片区未实施，相应道路排水沟未实施
		无纺布	m ²			1000	1000	增加
	施工生产生活区	临时排水沟	m		240	300	60	增加

4.4 水土保持措施防治效果

4.4.1 实际实施水土保持措施工程量汇总

华能石林西街口太阳能光伏电站工程实际实施的水土保持措施主要有：

（1）工程措施：升压站浆砌石挡墙 1422m³，排水沟 498m，截水沟 182m³；场内道路区浆砌石排水沟 3346 m，浆砌石挡墙 4423m³，排水涵管 198m，蓄水池 2 个，沉沙池 4 口；

（2）植物措施：光伏发电系统西片区植被恢复(撒草)11.00hm²；升压站绿化 0.33hm²，框格梁植草护 0.16hm²；场内道路边坡绿化 0.49hm²，行道树 1000 株；施工生产生活区植被恢复(撒草)0.28hm²；

（3）临时措施：实施升压站临时排水沟 680m，三维土工网 10000m²，无纺布 1000m²；场内道路临时排水沟 3346m，无纺布 1000m²；施工生产生活区临时排水沟 300m。

具体见表 4-7。

表 4-7 实际实施水土保持措施汇总表

防治分区		措施类型	单位	实施数量	备注
工程措施	升压站	排水沟	m	498	
		截水沟	m ³	182	
		浆砌石挡墙	m ³	1422	
	场内道路	浆砌石排水沟	m	3346	
		浆砌石挡墙	m ³	4423	
		涵管	m	198	
		蓄水池	个	2	分期建设，现阶段西片区实施 2 座 150m ³ 土质蓄水池，东片区主体工程未实施，相应措施未实施
		沉沙池	口	4	
植物措施	光伏发电系统	植被恢复(撒草)	hm ²	11.00	光伏方阵空地占用草地、坡耕地扰动区域进行植被恢复
	升压站	绿化	m ²	3300	实际实施升压站站区内部空地绿化以及南侧围墙外绿化
		框格梁植草护坡	m ²	1606	
	场内道路	绿化	m ²	4900	升压站西侧以及东侧边坡绿化
		种植土	m ³	18032	
		行道树	株	1000	雪松
	施工生产生活区	植被恢复(撒草)	hm ²	0.28	
临时措施	升压站	临时排水沟	m	680	
		三维土工网	m ²	10000	
		无纺布	m ²	1000	
	场内道路	临时排水沟	m	3346	
		无纺布	m ²	1000	
	施工生产生活区	临时排水沟	m	300	

4.4.2 水土保持工程措施运行情况监测结果

本项目实施挡墙无断裂、沉降，无破损，运行良好；排水沟断面规范、无破损，满足行洪要求。

华能石林西街口太阳能光伏电站工程工程实施的水土保持工程措施运行情况详见表 4-8。

表 4-8 已实施的水土保持工程措施运行情况

措施	稳定性	完好情况	运行情况
挡墙	无断裂、沉降	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

4.4.3 水土保持植物措施运行情况监测结果

经现场踏勘结合绿化施工资料，华能石林西街口太阳能光伏电站工程绿化面积为 12.26hm²。通过采用样方调查的方式进行监测。景观绿化采用乔灌木相结合，树草种类较多，多样性丰富。选用的乔木树种主要有：雪松、塔柏、亮毛杜鹃、云南松、杨梅等；灌木有亮毛杜鹃、红叶石楠球、叶子花球等；草本主要有早熟禾、百喜草、高羊茅等。

华能石林西街口太阳能光伏电站工程工程实施的水土保持植物措施运行情况详见表 4-9。

表 4-9 已实施的水土保持植物措施运行情况

措施	名称及比例	混交、造林方式	工程整地	成活率 %	生长状况
乔木	雪松、塔柏、亮毛杜鹃、云南松、杨梅等	植苗	块状整地	>55	一般
灌木	亮毛杜鹃、红叶石楠球、叶子花球等	植苗	块状整地	>55	一般
铺草皮		铺草皮	全面整地	>90	良好
撒草	早熟禾、百喜草、高羊茅等		全面整地	>90	良好

5 土壤流失情况监测

5.1 水土流失面积

根据工程相关资料，结合监测人员现场调查，本工程实际占地面积为 76.82hm²，项目建设施工期产生水土流失面积 19.60hm²。

具体各区域水土流失面积详见表 5-1。

表 5-1 工程施工期水土流失面积统计表

序号	分区	总占地面积 (hm ²)	工程建设扰动土地面积 (hm ²)
1	光伏发电系统	48.44	15.96
2	升压站	1.25	1.25
3	场内道路	2.11	2.11
4	施工生产生活区	0.28	0.28
5	未利用地	24.74	
	小计	76.82	19.60

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

根据项目设计资料调查结果显示，项目实施前项目区水土流失防治责任范围内的原生地貌主要有：其它土地（石漠化土地，基岩裸露率>40%）、坡耕地、草地、交通运输用地。

侵蚀单元比例见图 5-1，各侵蚀占地情况见表 5-2。

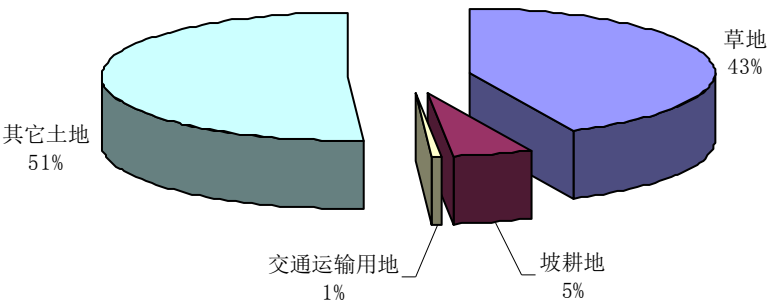


图 5-1 侵蚀单元比例饼图

表 5-2 各侵蚀单元占地表 单位：hm²

序号	分区		占地类型及面积统计 (hm ²)				
			草地	坡耕地	交通运输用地	其它土地	小计
一	光伏发电系统西片区	光伏板基础	0.05	0.04		0.07	0.16
		光伏方阵空地	8.70	2.30		4.52	15.52
			15.83	1.61		15.04	32.48
		逆变器室及箱式变	0.07	0.04		0.05	0.16
		集电线路	0.04	0.01		0.07	0.12
		小计	24.69	4.00		19.75	48.44
二	升压站		0.62			0.63	1.25
三	场内道路		0.80		0.50	0.81	2.11
四	施工生产生活区		0.28				0.28
五	未利用地		6.72			18.02	24.74
	合计		33.11	4.00	0.50	39.21	76.82

5.2.2 各侵蚀单元侵蚀模数

5.2.2.1 原地貌侵蚀模数

项目区占用土地类型主要有其它土地、草地、坡耕地、交通运输用地。由于地形地貌及土地类型的不同，土壤侵蚀模数也存在差异。各土地类型原生土壤侵蚀模数取值依照《云南省 2004 年土壤侵蚀现状遥感调查报告》以及《岩溶地区水土流失综合治理技术标准》，结合实地踏勘综合分析后进行取值。岩溶地区土壤侵蚀强度分级根据相关地类、坡度、基岩裸露率等进行判定。原生土壤侵蚀模数取值情况详见表 5-3。

表 5-3 其它土地原生土壤侵蚀模数取值

项目	石漠化程度	面积 (hm ²)	侵蚀模数 (t/km ² ·a)	面积合计 (hm ²)	平均侵蚀模数 (t/km ² ·a)
石漠化土地	轻度石漠化	8.79	480	39.21	407.87
	中度石漠化	23.76	420		
	重度石漠化	4.62	300		
	极重度石漠化	2.04	200		

表 5-4 原生土壤侵蚀模数取值

序号	地类	自然因素	原生土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)	备注
1	草地	多为缓坡荒草地，具有一定水土保持功能，基岩裸露率 < 20%	400	微度侵蚀
2	坡耕地	坡度在 5-15°的耕地	2400	轻度侵蚀
3	交通运输用地	泥结石路面，地表裸露	1200	轻度侵蚀
4	其它土地	石漠化土地，基岩裸露率 > 40%	407.87	微度侵蚀

根据上表结合项目区原生占地情况确定其平均侵蚀模数为 666.75t/km²·a。

表 5-5 项目区原生土壤侵蚀模数

序号	分区	总占地面积 (hm ²)	水土流失面积 (hm ²)	地类及平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)				平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
				草地	坡耕地	交通运输用地	其它土地	
				400	2400	1200	407.87	
1	光伏发电系统	48.44	15.96	8.86	2.39		4.71	701.82
2	升压站	1.25	1.25	0.62			0.63	403.96
3	场内道路	2.11	2.11	0.80		0.50	0.81	592.59
4	施工生产生活区	0.28	0.28	0.28				400.00
5	未利用地	24.74						
	小计	76.82	19.60					666.75

5.2.2.2 扰动后侵蚀模数

由于监测介入时间晚，土建施工已基本结束，无法对工程施工建设前期土壤流失量动态监测，工程扰动后侵蚀模数根据施工、监理相关资料以及项目施工期影像资料判读。

表 5-6 扰动后平均土壤侵蚀模数

序号	项目组成	土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)	
		施工期	植被恢复期
1	光伏发电系统	7000	600
2	升压站	7000	600
3	场内道路	8000	600
4	施工生产生活区	7000	600
5	未利用地		

5.2.3 项目建设区土壤流失量分析

根据水土流失量监测结果，华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）累计土壤流失量为 3047.08t，其中施工期 2734.60t，植被恢复期 312.48t。工程原生水土流失量为 227.11t，工程新增水土流失量 2819.97t。通过监测，项目区经过治理后，项目区平均土壤侵蚀模数降低到 478.09t/km²·a。各种措施的实施使这部分环境得到较大改善。

表 5-7 原生水土流失量统计

序号	分区	总占地 面积 (hm ²)	水土流失 面积 (hm ²)	地类及平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)				平均土壤 侵蚀模数 (t/km ² ·a)	预测时 段 (a)	原生水 土流失 量 (t)
				草地	坡耕地	交通运 输用地	其它土 地			
				400	2400	1200	407.87			
1	光伏发电系统	48.44	15.96	8.86	2.39		4.71	701.82	1.75	196.02
2	升压站	1.25	1.25	0.62			0.63	403.96	2.00	10.10
3	场内道路	2.11	2.11	0.80		0.50	0.81	592.59	1.50	18.76
4	施工生产生活区	0.28	0.28	0.28				400.00	2.00	2.24
5	未利用地	24.74								
	小计	76.82	19.60					666.75		227.11

表 5-8 施工期土壤流失量统计

序号	分区	总占地面 积 (hm ²)	水土流失面 积 (hm ²)	流失时段 (a)	侵蚀模数 (t/km ² ·a)	土壤侵蚀 量 (t)	比例 (%)
				施工期			
1	光伏发电系统	48.44	15.96	0.75	7000	2543.10	93.00
2	升压站	1.25	1.25	1.00	7000	87.50	3.20
3	场内道路	2.11	2.11	0.50	8000	84.40	3.09
4	施工生产生活区	0.28	0.28	1.00	7000	19.60	0.72
5	未利用地	24.74				0.00	0.00
	小计	76.82	19.60		7107.65	2734.60	100.00

表 5-9 植被恢复期土壤流失量统计

序号	分区	总占地面 积 (hm ²)	水土流失面 积 (hm ²)	流失时段 (a)	侵蚀模数 (t/km ² ·a)	土壤侵蚀 量 (t)	比例 (%)
				植被恢复期			
1	光伏发电系统	48.44	11.00	1.00	600	290.64	93.01
2	升压站	1.25	0.49	1.00	600	7.50	2.40
3	场内道路	2.11	0.49	1.00	600	12.66	4.05
4	施工生产生活区	0.28	0.28	1.00	600	1.68	0.54
5	未利用地	24.74				0.00	0.00
	小计	76.82	12.26			312.48	100.00

通过对项目土壤流失量的分析，华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）累计土壤流失量为 3047.08t，其中施工期 2734.60t，植被恢复期 312.48t。各监测分区在措施实施完善后，土壤流失量均呈现递减趋势，随着植物措施的保水保土效益的不断增强，各监测分区的土壤流失量会不断减弱。

5.2.4 水土流失情况对比分析

项目区原生平均土壤侵蚀模数为 $666.75\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，施工期土壤侵蚀模数为 $7107.65\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，措施实施后平均土壤侵蚀模数为 $478.09\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。通过各项水土保持措施的建设，本工程建设产生的水土流失危害得到恢复，因此本工程建设的水保措施可满足水土保持要求。

5.3 取料、弃渣潜在土壤流失量

根据建设单位提供的建设资料，本项目建设过程中未专门布置取料场，同时，本项目不产生永久弃渣。通过周边走访调查，本项目建设期间未发生严重的水土流失，未对项目区周边造成严重影响。

5.4 水土流失危害

通过对本项目周边区域实地走访巡查，监测组未发现华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）在建设过程中直接或间接对所在流域水系内的水体、周边农田等因水土流失造成危害。调查结果显示华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）在施工期未产生水土流失危害事件。

6 水土流失防治效果监测结果

监测组分别对六项指标进行量化计算，检验项目区内水土保持工程是否达到治理要求，为今后建设单位水土保持工作提供依据。

本项目在监测过程中将项目监测分区划分为项目建设区和直接影响区，项目建设区共计监测面积 76.82hm²，直接影响区共计监测面积为 12.02hm²。

根据《水保方案》确定本项目防治目标值按以下标准执行建设类一级标准，即：扰动土地整治率 95%，水土流失总治理度 97%，土壤流失控制比 1.0 以上，拦渣率 95%，林草植被恢复率 99%，林草覆盖率 27%。具体见表 6-1。

表 6-1 水土保持措施（设施）分类分级评价指标

防治标准	计算方法	防治标准值	批复目标值
扰动土地整治率（%）	项目建设区内扰动土地的整治面积占扰动土地总面积的百分比	95	95
水土流失总治理度（%）	项目建设区内水土流失治理达标面积占水土流失总面积的百分比	95	97
土壤流失控制比	项目建设区内，容许土壤流失量与治理后的平均土壤流失强度之比	0.8	1.0
拦渣率（%）	项目建设区内采取措施实际拦挡的弃土（石、渣）量与工程弃土（石、渣）总量的百分比	95	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	99
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	27

6.1 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保措施防治面积、永久建筑物面积之和与扰动地表面积的比值。

本项目在建设过程中，各分区均受到不同程度的扰动，且采取相应的措施进行了整治，经统计，项目扰动面积为 19.60hm²，整治面积为 19.51hm²（水土保持措施治理但未达标面积为 0.09hm²），通过分析扰动土地整治率为 99.54%，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

防治分区	总占地 面积 (hm ²)	建设区扰动 土地面积 (hm ²)	项目建设区扰动土地整治面积(hm ²)					扰动土 地整治 率(%)
			①水土保 持措施达 标面积	②永久建构 筑物占地面 积	③道路 硬化面 积	④石漠 化土地	结果 =(①+②+③+④)	
光伏发电系统西 片区	48.44	15.96	10.95	0.44		4.52	15.91	99.69
升压站	1.25	1.25	0.49	0.14	0.62		1.25	100.00
场内道路	2.11	2.11	0.47		1.62		2.09	99.05
施工生产生活区	0.28	0.28	0.26				0.26	92.86
未利用地	24.74							
小计	76.82	19.60	12.17	0.58	2.24	4.52	19.51	99.54

6.2 水土流失总治理度

水土流失总治理度为水保措施防治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，项目扰动面积为 19.60hm²，扣除项目建构筑物及硬化占地 7.34hm²，项目建成后水土流失面积 12.26hm²，项目水土保持措施达标面积 12.17hm²，水土流失总治理度达 99.27%。具体分析见表 6-3。

表 6-3 水土流失总治理度分析计算表

防治分区	总占地 面积 (hm ²)	项目建设区竣工后水土流失面积(hm ²)					水土保 持措施 达标面 积(hm ²)	水土流 失治总 理度(%)
		①项目区扰 动土地面积	②永久建 筑物占地 面积	③道路硬化 面积	④石漠 化土地	结果 =(①-②-③-④)		
光伏发电系统西 片区	48.44	15.96	0.44		4.52	11.00	10.95	99.55
升压站	1.25	1.25	0.14	0.62		0.49	0.49	99.99
场内道路	2.11	2.11		1.62		0.49	0.47	95.92
施工生产生活区	0.28	0.28				0.28	0.26	92.86
未利用地	24.74							
小计	76.82	19.60	0.58	2.24	4.52	12.26	12.17	99.27

6.3 拦渣率与弃渣利用情况

根据项目监理资料分析，项目建设过程共产生开挖土石方 6.56 万 m³，回填利用 6.56 万 m³，内部调运 1.49 万 m³，项目建设不产生永久弃渣。通过查阅相关资料，同时考虑本工程特点，工程拦渣率能够达到 98%，达到了方案目标值。

6.4 土壤流失控制比

土壤流失控制比是指项目容许土壤流失量与水土保持方案实施后土壤流失量之比。工程区属以水力侵蚀为主的西南土石山区，容许土壤流失量为 500t/km²·a。主体工程完工、工程措施的完好运行，以及植物措施、临时措施的实施，项目区水土流失得到有效的控制，项目区各分区的土壤侵蚀模数均低于或等于容许值。项目区措施实施后现状平均土壤侵蚀模数为 478.09t/km²·a，经计算项目区设计水平年土壤流失控制比为 1.05。

表 6-4 土壤流失控制比分析计算表

防治分区	扰动土地面积 (hm ²)	现状土壤侵蚀模数 [t/(km ² ·a)]	现状土壤平均侵蚀模数 [t/(km ² ·a)]	土壤流失控制比
光伏发电系统西 片区	15.96	480	478.09	1.05
升压站	1.25	450		
场内道路	2.11	480		
施工生产生活区	0.28	480		
未利用地				
小计	19.60			

6.5 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术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。经分析项目扰动土地面积为 19.60hm²，可恢复林草植被面积为 12.26hm²，现恢复植被达标面积为 12.17hm²，经计算林草植被恢复率为 99.27%。

6.6 林草覆盖率

林草覆盖率为林草类植被面积占项目建设区面积的百分比。项目建设区总面积为 76.82hm²，水土保持植物措施及主体绿化工程实施后，项目区林草植被达标面积为 12.17hm²，项目区未扰动区域内的原生植被面积为 22.55hm²，设计水平年项目区林草植被面积合计 34.72hm²。经现场踏勘，水保措施实施后林草植被覆盖面积为 20.83hm²（实际林草面积 34.72hm²，由于自然恢复期间，植物无法达到完全发挥水土保持效益，考虑项目植被生长状况，部分植被未达到郁闭度和覆盖度，本次林草植被覆盖面积取植被面积的 60%），

林草覆盖率为 27.12%。林草覆盖率达到水土流失防治目标。

7 结论

7.1 水土流失动态变化

水土流失是一个动态变化过程，其强度也是动态变化的，水土流失是一个动态变化过程，其强度也是动态变化的。根据监测结果：随着本工程施工期场地平整、基础开挖等建设的开始，地表扰动强度增大，水土流失强度增强；随着基础工程的结束，水土保持措施效益发挥，水土流失强度减小；施工过程中土壤流失强度决定性因素为降雨，因此在雨季的流失强度远大于旱季流失强度。通过对项目土壤流失量的分析，华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MWp）累计土壤流失量为 3047.08t，其中施工期 2734.60t，植被恢复期 312.48t。通过监测，项目区经过治理后，项目区平均土壤侵蚀模数降低到 478.09t/km²•a。各种措施的实施使这部分环境得到较大改善。各监测分区在措施实施完善后，土壤流失量均呈现递减趋势，随着植物措施的保水保土效益的不断增强，各监测分区的土壤流失量会不断减弱。工程施工建设过程中水土流失程度总体呈轻度侵蚀→中度侵蚀→微度侵蚀的动态变化过程。

本工程水土保持措施实施后，有效控制了新增水土流失数量，具有较好的生态效益，各项指标均能达到即定目标。

各项指标达标情况见表 7-1。

表 7-1 水土流失防治效果监测达标情况

序号	防治指标类型	防治标准值	方案批复目标值	监测指标	达标情况
1	扰动土地治理率（%）	95	95	99.54	达标
2	水土流失治理度（%）	95	97	99.27	达标
3	土壤流失控制比	0.8	1.0	1.05	达标
4	拦渣率（%）	95	95	98	达标
5	林草植被恢复率（%）	97	99	99.27	达标
6	林草覆盖率（%）	25	27	27.12	达标

7.2 水土保持措施评价

通过现场勘察、无人机、图片拍摄、调查巡访等，对工程各扰动地表区域实施的水土保持措施进行评价。工程建设期间水土保持措施评价主要参照水土保持方案报告书设计情况，结合现场巡查记录（记录方式采用图片拍摄、表格记录等），查阅建设单位提供施工单位、监理单位相关施工资料进行综合分析、评价。经分析、评价，得出如下结论：

（1）各扰动地表区域可恢复植被区域均已按照主体工程设计及水土保持方案设计要

求实施完成园林式绿化。经监测项目组巡查监测记录，工程建设区域实施完成植被恢复良好，能够满足工程各扰动地表区域今后运行水土保持。

(2) 工程建设期间，施工单位基本按照水土保持方案设计及水土保持相关规定要求于各扰动地表区域实施完成临时排水、临时覆盖、车辆清洗等临时防护措施，有效防治工程建设期间可能产生的水土流失。经建设单位提供工程施工资料，施工期间实施完成各项临时防护措施实施数量、类型基本满足工程建设水土流失防治实际需求，尺寸、规格满足水土保持要求，能达到因地制宜的防治工程建设区域水土流失的目的。

7.3 存在问题及建议

为进一步做好华能石林西街口太阳能光伏电站工程的水土保持工作，我公司提出建议如下：

(1) 定期对排水工程进行检查并清理，保证其能够正常发挥行洪能力；

(2) 加强项目区绿化区域抚育管护工作；

(3) 做好项目区内的水土保持措施的管理与养护，对工程运行中存在的安全隐患及时排查。

7.4 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，业主和施工单位很重视水土保持工作和生态保护，基本按照《水保方案》设计实施各种预防保护措施。根据监测成果分析，可以得出以下总体结论：

(1) 根据华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MWp）初验资料，并结合现场监测实际情况确定，核定项目水土流失防治责任范围面积为 88.84hm²，其中项目建设区面积为 76.82hm²，直接影响区 12.02hm²。

(2) 华能石林西街口太阳能光伏电站工程（46.5MW）主要实施的水土保持措施为工程措施、植物措施以及施工临时措施，**工程措施**：升压站浆砌石挡墙 1422m³，排水沟 498m³，截水沟 182m³；场内道路区浆砌石排水沟 3346 m，浆砌石挡墙 4423m³，排水涵管 198m，蓄水池 2 个，沉沙池 4 口；**植物措施**：光伏发电系统西片区植被恢复(撒草)11.00hm²；升压站绿化 0.33hm²，框格梁植草护 0.16hm²；场内道路边坡绿化 0.49hm²，行道树 1000 株；施工生产生活区植被恢复(撒草)0.28hm²；**临时措施**：实施升压站临时排水沟 680m，三维土工网 10000m²，无纺布 1000m²；场内道路临时排水沟 3346m，无纺布 1000m²；施工生产生活区临时排水沟 300m。

(3) 根据现场监测情况,并查阅相关监理资料,项目建设共产生土石方开挖量为 6.56 万 m^3 ,工程回填方为 6.56 万 m^3 ,调入调出土石方 1.49 万 m^3 ,项目建设不产生永久弃渣。

(4) 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 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。通过各项水土保持工程措施和植物措施的实施,项目区各分区的土壤侵蚀模数均低于容许值。根据水土流失量监测结果,华能石林西街口太阳能光伏电站工程(46.5MW)累计土壤流失量为 3047.08t,其中施工期 2734.60t,植被恢复期 312.48t。工程原生水土流失量为 227.11t,工程新增水土流失量 2819.97t。通过监测,项目区经过治理后,项目区平均土壤侵蚀模数降低到 $478.09\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。各种措施的实施使这部分环境得到较大改善。

(5) 通过对项目区水土流失防治效果评价,本项目扰动土地整治率达到 99.54%,水土流失总治理度达到 99.27%,土壤流失控制比达到 1.05,拦渣率达 98%,林草植被恢复率达到 99.27%,林草覆盖率达到 27.12%,六项指标均达到方案目标值。

(6) 监测结论

总体上,华能石林西街口太阳能光伏电站工程(46.5MWp)建设对水土保持工作较为重视,基本按照主体工程和水土保持方案的设计要求开展了水土流失防治工作,各项措施基本依照要求落实到位,水土保持措施的实施效果较好。