

高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目

水土保持监测总结报告

建设单位： 中 国 科 学 院 成 都 分 院

监测单位： 中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

2021年10月

高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目

水土保持监测总结报告

责任页

(中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司)

批准：张永涛（总经理）

核定：戴向荣（教授级高工）

审查：涂斌（高工）

校核：冯磊（高工）

项目负责人：冯磊（高工）

编写：吴俊林（工程师）（编写 3、4、5 章节）

黄舒（工程师）（编写 1、2 章节）

阳凤（高工）（编写 6、7、8 章节）

目录

前言	1
1 建设项目及水土保持工作概况	7
1.1 项目概况	7
1.2 水土流失防治工作情况	19
1.3 监测工作实施情况	20
2 监测内容与方法	25
2.1 监测内容及监测频次	25
2.2 监测方法	25
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 取土(石、料)监测结果	38
3.3 弃土(石、渣)监测结果	38
4 水土流失防治措施监测结果	39
4.1 工程措施监测结果	39
4.2 植物措施监测结果	43
4.3 临时防治措施监测结果	47
4.4 水土保持措施工程量	49
4.5 水土保持措施防治效果	51
5 土壤流失情况监测	52
5.1 水土流失面积	52
5.2 土壤流失量	54
5.3 取土(石、料)弃土(石、渣)潜在土壤流失量	56
5.4 水土流失危害	56

6 水土流失防治效果监测结果.....	57
6.1 扰动土地整治率.....	57
6.2 水土流失总治理度.....	57
6.3 拦渣率与弃渣利用情况.....	58
6.4 土壤流失控制比.....	58
6.5 林草植被恢复率.....	58
6.6 林草覆盖率.....	59
7 结论.....	60
7.1 水土流失动态变化.....	60
7.2 水土保持措施评价.....	60
7.3 存在问题及建议.....	61
7.4 综合结论.....	61
8 附图及有关资料.....	63
8.1 附图.....	63
8.2 有关资料.....	63

附件：

- 1 四川省水利厅关于高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目水土保持方案的批复

前言

高海拔宇宙线观测站位于四川省甘孜藏族自治州稻城县境内，由观测基地、测控基地两部分组成，其中观测基地位于四川省甘孜州稻城县桑堆乡海子山台地，217省道100km道班附近，紧邻217省道。测控基地位于稻城县城东区北滨河路附近。两基地直线距离约40km，公路距离约70km。项目地理位置优越，交通条件较为方便。

高海拔宇宙线观测站建设内容分为地面簇射粒子阵列、水切伦科夫探测器阵列、广角切伦科夫望远镜阵列和配套建设设施，分为国家投资和地方配套投资2个项目进行立项，其中国家投资建设内容为观测基地的地面簇射粒子阵列(ED)安装、水切伦科夫探测器阵列(WCDA)建设、地面簇射粒子阵列(MD)基坑仪器安装及覆土和绿化、广角切伦科夫望远镜阵列(WFCTA)安装以及装配大厅建设；测控基地为测控楼及办公区建设。

高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目（以下简称“本项目”）建设内容包括观测基地的探测器阵列(WCDA)场地内裸露石块破碎至直径50cm以下，地面簇射粒子阵列(MD)1171个站点施工面的场地平整和基坑开挖，23.406km场内道路建设、丰水期分洪工程、场地周边铁艺围栏及大门、场地东边围栏总长度4084m及护栏外围截水防洪沟等；配套建设35kV变电站、所冲35kV输电线路、10kV配套送出工程及通信工程等。测控基地“六通一平”（道路、给水、排水、供暖、供电、通讯一级场地平整）以及1#测控辅助楼（倒班宿舍）、2#测控辅助楼（装配、仓库）、2#测控辅助楼（倒班宿舍配套）及围墙、大门及其他室外配套设施设备。

本项目实际总占地面积139.97hm²，其中永久占地面积135.21hm²，临时占地面积2.76hm²，施工扰动原地貌、损坏土地和植被面积93.60hm²，未扰动土地面积为44.37hm²，占地类型包括草地、水域及水利设施用地、其他土地等。工程土石方挖方72.13万m³（包含表土剥离1.67万m³，自然方，下同），填方14.07万m³（含表土回覆1.67万m³），利用方量为58.06万m³，其中57.22万m³用于MD基坑顶部覆土回填（由国投部分负责实施），本项目无借方和弃方。

工程于2016年9月开工，2020年10月完工，每年4月~10月为工程施工期，建设总工期为23个月。项目实际完成总投资为29662.61万元（未决算），其中土建投资17174.89万元，资金来源于四川省预算内基本建设投资。

2015年11月15日，四川省水利厅以《关于高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目水土保持方案的批复》（川水函〔2015〕1571号）对本项目水土保持方案报告书进行了批复。2016年4月27日，本项目取得了四川省发展和改革委员会关于高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目可行性研究报告的批复（川发改高技〔2016〕192号）。2016年12月10日，取得了四川省发展和改革委员会关于高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目初步设计的批复（川发改高技〔2016〕634号）。

2017年5月，建设单位委托我公司开展本工程水土保持监测工作后，我公司及时组建了水土保持监测项目部，编制完成了本工程水土保持监测实施方案。按照水利部《生产建设项目水土保持监测规程（试行）》（办水保〔2015〕139号）的要求，根据制定的实施方案，结合主体工程开工建设区域实际情况，完成了监测点的布设和相关监测工作。本工程监测分区为观测设施设备区、排洪工程区、道路工程区、施工生产生活区、工程管理区和测控基地区等6个监测分区，共布设10个固定监测点。在监测过程中采取实地测量、巡查监测和资料调查相结合的方式，在监测过程中共提交监测实施方案1份，监测季报12期。

竣工阶段，监测项目部人员分别于2020年10月、2021年4月先后2次进入现场进行外业调查，本次监测的重点是项目植被恢复期间的水土流失状况和对水土保持设施的实施及防治效果进行抽样调查监测，并通过对项目情况的详细监测和调查来反映水土流失防治效果及六项指标完成情况；通过对各项数据、资料的整理分析，结合现场实测复核，对工程水土保持治理效果做出客观真实评价。2021年6月在整理分析实际监测数据、工程水土保持资料的基础上，编写完成了《高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目水土保持监测总结报告》，为下阶段水土保持工作提供依据。

根据《水土保持监测技术规程》及相关文件要求，结合项目征占地情况以及监测实地调查情况，确定四川硕曲河去学水电站水土保持监测范围为工程建设实际发生的防治责任范围，监测范围面积为 139.97hm^2 ，包括项目建设区 139.97hm^2 ，直接影响区 0hm^2 。结合本项目特点，确定本次水土保持监测方法主要是调查监测与定位监测相结合、巡查监测辅助的模式进行监测，主要监测重点是对项目区的水土流失因子、水土流失状况及水土保持设施防治效果进行抽样调查监测，客观反映项目区目前的水土流失和水土保持状况。通过对项目水土保持监测，对项目区土壤侵蚀背景状况及监测结果分析，可以得出以下结论：

a) 根据《关于高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目水土保持方案的批复》(川水函〔2015〕1571号)和批复的水土保持方案报告书,高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目水土流失防治责任范围为工程建设区和由于工程建设活动而可能造成水土流失的直接影响区,其防治责任范围共计 139.74hm^2 ,其中项目建设区 139.74hm^2 (包括观测基地工程区 121.96hm^2 ,测控基地工程区 1.33hm^2 ,道路工程区 14.73hm^2 ,施工便道区 0.75hm^2 ,排洪工程区 0.97hm^2),直接影响区 0hm^2 。根据工程监理相关资料,通过现场采用GPS核实,并结合工程施工平面图综合分析得出,项目区实际发生的水土流失防治责任范围为 139.73hm^2 ,包括项目建设区 139.73hm^2 (包括观测基地工程区 125.97hm^2 ,测控基地工程区 1.33hm^2 ,道路工程区 8.94hm^2 ,施工便道区 0.50hm^2 ,排洪工程区 1.12hm^2 ,输变电工程区 1.87hm^2)和直接影响区 0hm^2 。根据监测结果分析得,本工程防治责任范围较水土保持方案确定的防治责任范围减少了 0.01hm^2 。

b) 根据工程监理相关资料,在实际建设过程中本工程土石方开挖总量为 64.16 万 m^3 (包含表土剥离 1.67 万 m^3 ,自然方,下同),填方 8.34 万 m^3 (含表土回覆 1.67 万 m^3),利用方量为 55.82 万 m^3 ,其中 54.98 万 m^3 用于MD基坑顶部覆土回填(由国投部分负责实施),本项目无借方和弃方。

c) 截止2021年6月,经统计水土保持措施为:

工程措施:表土剥离 16700m^3 ,浆砌石排水沟 3591m ,土质排水沟 16513m ,盖板排水沟 5477m ,土地整治 23.38hm^2 ,排水管 260m ,砖砌排水暗沟 280m ,沉沙池4座,雨水口25座,导流渠出口铺砌 678m ;

植物措施:景观绿化 0.47hm^2 ,撒播种草 23.38hm^2 ,草皮移植 17.83hm^2 ;

临时措施:编织布压盖为 188850m^2 ,干砌石拦挡 5012m ,草皮剥离 21.36hm^2 ,临时排水沟 500m 。

d) 根据水土流失量监测结果,项目区原生水土流侵蚀模数采用工程建设前的背景值 $1400\text{t}/(\text{km}^2\text{a})$,根据对施工期间的地表扰动侵蚀情况进行动态监测,以及随着各项水土保持措施发挥效益后平均侵蚀模数为 $466\text{t}/\text{km}^2\text{a}$,水土流失现象得到明显的改善,特别是随着工程完工及植物措施实施后,能较好的控制和改善项目建设所造成的水土流失。

e) 高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目实际完成的水土保持总投资为

1454.49 万元，其中工程措施投资 483.84 万元，植物措施投资 199.40 万元，临时措施投资 395.38 万元，独立费用 96.39 万元；水土保持补偿费 279.48 万元，基本预备费 0 万元。

f) 通过对项目区水土流失防治效果评价，本项目六项指标均达到或超过方案防治目标值。其中扰动土地整治率达到 99.85%，水土流失总治理度达到 99.67%，拦渣率达到 99.70%，土壤流失控制比达到 1.07，林草植被恢复率达到 99.66%，林草植被覆盖率达到 35.56%。林草覆盖率达到方案目标值及水土流失一级防治标准。

综上所述，建设单位在本工程建设中，十分重视水土保持工作，积极开展水土保持监测工作，严格按照水保方案报告书进行各项防护措施的实施，工程建设造成的水土流失得到有效的治理。目前，本工程水土保持设施也已完工，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。

水土保持监测特性表

主体工程主要技术指标					
项目名称	高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目				
建设规模	本工程为二等大(2)型工程	建设单位联系人	蔡明棋 13594106611		
		建设地点	四川省到稻城县		
		工程总投资	29662.61 万元		
		工程总工期	23 个月		
水土保持监测指标					
监测单位	中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司		联系人及电话	吴俊林 15581649310	
自然地理类型	高山台地		防治标准	建设类项目一级标准	
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	简易水土保持观测场、坡面量测、沉沙池法、资料分析		2.防治责任范围监测	实地量测、资料分析
	3.水土保持措施情况监测	实地量测、资料分析		4.防治措施效果监测	实地量测、资料分析
	5.水土流失危害监测	用实地量测、资料分析		水土流失背景值	1400t/(km ² a)
方案设计防治责任范围	137.97hm ²		土壤容许流失量	500t/(km ² a)	
水土保持投资	1454.49 万元		水土流失目标值	466t/(km ² a)	

水土保持监测特性表(续)

防治分区	防治措施监测成果		单位	实际完成量
观测基地工程区	工程措施	表土剥离	m ³	13960
		排水沟	m	2808
		土地整治	hm ²	20.15
	植物措施	撒播种草	hm ²	20.15
		草皮移植	hm ²	13.01
	临时措施	编织布压盖	m ²	140980
		干砌石拦挡	m ³	5012
		临时排水沟	m	280
草皮剥离		hm ²	9.03	
测控基地工程区	工程措施	排水管	m	260
		砖砌排水暗沟	m	280
		雨水口	座	25
		土地整治	hm ²	0.47
	植物措施	景观绿化	hm ²	15400
	临时措施	编织布压盖	m ²	4210
		临时排水沟	m	220
道路工程区	工程措施	表土剥离	m ³	2740
		浆砌石排水沟	m	783
		土质排水沟	m	16513
		盖板排水沟	m	5477
		沉沙池	座	4
		土地整治	hm ²	1.50
	植物措施	撒播种草	hm ²	1.50
		草皮移植	hm ²	4.35
	临时措施	草皮剥离	hm ²	7.35
		编织布压盖	m ²	36800
施工便道区	工程措施	土地整治	hm ²	0.19
	植物措施	撒播种草	hm ²	0.19
		草皮移植	hm ²	0.47
	临时措施	草皮剥离	hm ²	0.47

水土保持监测特性表(续)

排洪工程区	工程措施	土地整治	hm ²	1.07						
		导流渠出口铺砌	m ²	678						
	植物措施	撒播种草	hm ²	1.07						
		临时措施	编织布压盖	m ²	6860					
			草皮剥离	hm ²	0.08					
主体工程主要技术指标										
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	99.85	防治措施面积	42.62 hm ²	永久建筑物及硬化面积	50.84 hm ²	扰动土地总面积	93.60 hm ²
		水土流失总治理度	95	97.67	防治责任范围面积	137.97hm ²	水土流失总面积	42.76 hm ²		
		土壤流失控制比	0.8	1.07	工程措施面积	1.42hm ²	容许土壤流失量	500t/(km ² a)		
		拦渣率	95	99.70	植物措施面积	41.20hm ²	监测土壤流失情况	466t/(km ² a)		
		林草植被恢复率	97	99.66	可恢复林草植被面积	41.34hm ²	林草类植被面积	49.06hm ²		
		林草覆盖率	25	35.56	实际拦挡弃土(石、渣)量	57.05	总弃土(石、渣)量	57.22		
		监测结论	水土保持治理达标评价	达标						
监测结论	总体结论	各项水土保持措施运行良好，达到水土流失防治目标								
主要建议		<p>a) 项目区海拔高、气候条件差，植物生长缓慢，土壤薄瘠，地表植被破坏后恢复难度较大，建议加强对草皮的养护工作。</p> <p>b) 建议建设单位高度重视运行期间的水土流失治理及管护责任，积极配合当地相关主管部门，做好水土保持措施的管护工作，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。</p>								

1 建设项目及水土保持工作概况

1.1 项目概况

1.1.1 工程概况

a) 地理位置

高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目（以下简称“本项目”）位于甘孜藏族自治州稻城县，包括观测基地、测控基地两部分，其中观测基地位于稻城县桑堆乡海子山台地，测控基地位于稻城县城内，两基地直线距离约 40km，公路距离约 70km，测控基地紧临省道 S217，项目区位置见附图 1。

b) 基本情况

本项目由观测基地和测控基地两部分组成，主要建设观测基地场地平整及围护，场地内 1171 个站点施工面和约 23.406km 场内道路路基的平整、溪水的导流（水渠总长约 1.095km，场地外东北侧水渠约 0.675km，场地西南侧的水渠约 0.42km）、场地东边围栏总长度 4084m 及护栏外围截水防洪沟等；配套的道路、给水、供电、通讯等；35kV 变电站、所冲 35kV 输电线路、10kV 配套送出工程及通信工程。测控基地“六通一平”（道路、给水、排水、供暖、供电、通讯一级场地平整）以及新建 2 栋约 3950m² 集装箱检修、值班配套、公用动力设施等一体的测控辅助楼及其他室外配套设施设备。

工程建设所需部分的混凝土骨料及片（块）石料在周边商品料场采购，工程建设不涉及拆迁安置问题。

本工程占地总面积 139.97hm²，其中永久占地 135.21hm²，临时占地 2.76hm²。本工程挖方共计 72.13 万 m³（包括表土剥离 1.67 万 m³，自然方，下同），填方共计 14.07 万 m³（表土绿化回覆 1.67 万 m³），利用方量为 58.06 万 m³，其中 57.22 万 m³ 用于 MD 基坑顶部覆土回填（由国投部分负责实施）本工程无借方和弃方。

工程建设单位为中国科学院成都分院，代建单位为四川公路桥梁建设集团有限公司，工程于 2016 年 9 月开工，2020 年 10 月完工，每年 4 月~10 月为工程施工期，建设总工期为 23 个月。工程总投资 29662.61 万元，其中土建投资 17174.89 万元。

项目主要技术经济指标见表 1.1.1-1。

表1.1.1-1 项目技术经济表

一、项目基本情况					
1	项目名称	高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目			
2	建设地点	四川省甘孜藏族自治州稻城县	所在流域	金沙江流域	
3	工程性质	新建	建设类型	建设类	
4	建设单位	中国科学院成都分院	代建单位	四川公路桥梁建设集团有限公司	
5	建设期	2016年9月~2020年10月			
6	总投资	29662.61万元	土建投资	17174.89万元	
二、项目组成					
1	观测基地工程	主要由装配区、观测设备区和配套辅助工程组成，地方配套建设内容为对观测设施设备区域内裸露的石块破碎解小至直径 50cm 以下，同时建设场地内的给水构筑物、废水处理车间、围墙大门、消防工程、场内供水供电等工程；			
2	道路工程	观测基地进场道路和观测基地的场内主、次干道，总长 23.406m；进场道路路线长 0.374km，采用双车道四级标准，设计速度 20km/h，路基宽度为 6.5m，路面结构形式为水泥路面；场内主干道路 6.268km，路基宽度为 4.5m；次干道长 16.764km，路基宽度 3.5m，道路均为混凝土路面			
3	测控基地工程	测控基地占地面积 1.33hm ² ，主要建设内容为 1#测控辅助楼（倒班宿舍）、2#测控辅助楼（装配、仓库）、2#测控辅助楼（倒班宿舍配套）及围墙、大门、场坪、给排水、供暖供电供养、运动场及硬化等配套工程			
4	排洪工程	主要包括西小溪分洪工程、东小溪分洪工程、东小溪连通工程、河道疏浚及场外排水沟工程			
5	施工便道	新建施工便道 1.10km，其中从观测基地至西小河长 0.15km，从观测基地至东小溪长 0.28km，至河道施工便道长 0.67km，施工便道路面宽度 3.5m，路基宽度 4.0m			
三、工程占地及主要技术指标					
项目组成		占地面积(hm ²)			备注
		合计	永久占地	临时占地	
1	观测基地工程	118.09	118.09	0	
2	道路工程	15.42	15.42	0	
3	测控基地工程	1.33	1.33	0	
4	排洪工程	2.47	0.37	2.10	
5	施工便道	0.66	0	0.66	
合计		137.97	135.21	2.76	

表1.1.1-1 (续)

四、项目基建土石方挖填工程量(自然方、万m ³)							
项目组成		挖方量	填方量	利用方	调入量	调出量	说明
1	观测基地工程	50.21	3.44	57.22	10.45	0	挖方中包括剥离表土数量; 填方中包括表土回覆
2	道路工程	13.87	7.93	0	0	5.94	
3	测控基地工程	1.47	1.47	0	0	0	
4	排洪工程	6.01	0.06	0.84	0	4.51	
5	施工便道	0.57	0.57	0	0	0	
合计		72.13	14.07	58.06	10.45	10.45	

c) 项目组成

本项目由观测基地工程、测控基地工程、道路工程、排洪工程、施工便道和输变电工程等 6 部分组成。

1) 观测基地工程

装配区位于场地西侧，紧临观测站入口，包括装配大厅、室外安装平台、附属用房等。观测设备区布置在入口右侧及紧靠装配试验区的右侧，既相对独立，又与装配实验区保持良好的联系。规划有簇射粒子阵列 (KM2A-MD)、水切伦科夫探测器 (WCDA)、大气荧光暨切伦科夫探测器 (WFCTA)、芯探测器阵列 (SCDA) 五种探测装置，及配套的大门及门卫、消防水池及消防泵房、调节水池及净水车间、取水泵房、回收水池、装配大厅、净水站、超纯水站、变配电室、净水循环站等。观测设备布置区呈圆形，水切伦科夫探测器 (WCDA) 布置于圆形中央，其余观测设备环绕水切伦科夫探测器 (WCDA) 布置。地方配套建设内容为对其所在的 330m×290m 区域内裸露的石块破碎解小至直径 50cm 以下，同时建设场地内的给水构筑物、废水处理车间、围墙大门、消防工程、场内供水供电等工程。地方配套建筑总面积为 431.14m²，包括大门及门卫、消防水池及消防泵房、调节水池及净水车间、取水泵房、回收水池。装配大厅、净水站、超纯水站、变配电室、净水循环站由国投部分建设。地方配套建设在装配区设置机动车位 17 个。地方配套建设负责水切伦科夫探测器阵列 WCDA 所在 330m×290m 区域，不做平整，将场地内裸露石块破碎至直径 50cm 以下，便于机械挖方和填方 (WCDA) 的场地平整，总使用面积 78000m²。地面簇射粒子阵列 (KM2A-MD) 由 1171 个缪子探测器组成。缪子探测器用直径 7m，净高 1.2

(深)的钢筋混凝土罐体封闭于地下,其上覆土 2.5m。钢筋混凝土罐壁及罐底 300m 厚,顶板 250mm 厚,采用 C30 抗渗混凝土,地方配套建设 MD 区域按照以标定水池中心点为圆心,对直径为 10m 的圆形区域进行平整并,负责 1171 个 MD 水池进行基坑开挖。施工时将 MD 基坑开挖工程与国家投资的基坑回填、圆锥形土堆堆筑、MD 设备按照及调试等相关单项工程有机结合起来,分区域流水施工,即先施工第一个区域的基坑,然后修建 MD,接着调试和安装探测器,最后基坑回填和土堆堆筑。同时,在修建第一区域 MD 的时候开挖第二个区域的基坑,如此流行循环,避免了基坑和渣土的长时间堆放。在观测基地建设过程中,对探测器整列之间局部范围未扰动。

2) 测控基地工程

测控基地位于稻城县城东区,北滨河路附近,场地总占地面积 13292.51m²,主要建设办公区、测控楼及辅助楼、实验楼以及装配区组成,其中测控楼及办公区属国家投资部分建设。地方配套建设内容为 1#测控辅助楼(倒班宿舍)、2#测控辅助楼(装配、仓库)、2#测控辅助楼(倒班宿舍配套)及围墙、大门、场坪、给排水、供暖供电供养、运动场及硬化等配套工程。

地方配套建设总建筑面积为 7000m²,道路广场面积为 4100m²,建筑基地面积为 4410m²,建筑密度为 33.07%,容积率 0.53。1#测控辅助楼(倒班宿舍)为地上 4 层的多层公共建筑,建筑高度为 14.35m,建筑面积为 2066.19m²,主要功能为宿舍,首层设有消防控制室;2#测控辅助楼(装配、仓库)为地上 1 层的单层丁类仓库,高度为 6.01m,建筑面积 1127.46m²,主要功能为装配和测试大厅及仓库;2#测控辅助楼(倒班宿舍配套)为地上 1 层、地下 1 层的单层建筑,地上高度为 6.16m,建筑面积 1022.96m²,地下一层主要功能为设备用房(消防水池和消防水泵房)、1 层主要功能为餐厅、物管用房、室内运动场和厨房等。结构均为框架结构,建筑抗震设防烈度为 VII 度,基础形式为独立基础,使用年限为 50 年,耐火等级地上部分为二级,地下部分为一级,屋面防水等级为 II 级。

测控基地外接市政道路,建筑物周边布置环状道路,混凝土路面,宽度 4.0m~8.0m,转弯半径 6.0m,共布置道路长 354m。在场区布置 12 个标准车位,采用硬化地表。场区在测控辅助楼周边布置雨水管,管径为 D110 雨水管道,管材为 UPVC 排

水管，共布置排水管长 138m。同时在建筑物周边布置排水暗沟，总长 121m。排水沟为矩形断面，尺寸为 0.5m×0.6m，采用浆砌石衬砌，排水沟与排水管相连，最终排入周边河流。为美化场区环境，实际在场区道路及建筑物周边采取了绿化措施，绿化采用撒播草籽，绿化面积为 4718m²。

3) 排洪工程

排洪工程主要包括西小溪分洪工程、东小溪分洪工程、东小溪连通渠、河道疏浚和场外排水沟。

(1) 西小溪分洪工程

在距离场区北侧约 650m 处西小溪上设置截水堤，将西小溪丰水期洪水分流至一号渠。截水堤采用 C15 埋石混凝土重力式，堤长 160m，分为 4 段挡水堤段和 4 段连接堤段；堤顶高程为 4430.00m，堤高 2.5m，顶宽 1.2m，迎水面垂直，背水面 1:0.5，底宽 2.45m，基础采用 C20 混凝土浇筑，厚 80cm 上下游各延伸 2.0m。为保护场地内原有生态型，在截水堤上设置生态基流节制闸，闸孔尺寸 2.5×2.0m（高×宽），闸门为平板钢闸门，采用手动螺杆式启闭机启闭，生态下泄流量控制在 2m³/s 以内。

截水堤接一号渠，根据地形条件将西小溪河水引入东小溪右岸滩地，经滩地汇入东小溪，最大下泄流量 16.7m³/s。渠为宽浅式梯形断面，底宽 3.0m，边坡系数 m=1.5，渠深不小于 1.5m，渠底和边坡均采用 M10 浆砌石衬砌，衬砌厚度 30cm。渠道总长 675m，进口底板高程 4428.00m，出口底板高程 4411.80m，出口 20m 范围内滩地上平铺大块石防冲，厚 20~30cm。渠道纵坡比降分别为 i=2%、1.38%、i=10%，每 15m 设一道沉降缝，采用高寒气候适应性好的聚氨酯填缝。

(2) 东小溪分洪工程

在场区东侧，东小溪进入拐弯处设置截水堤，将合流后的东、西小溪丰水期洪水分流至二号渠。截水堤采用 C15 埋石混凝土重力式，堤长 100m，分为 4 段挡水堤段和 1 段连接堤段；堤顶高程为 4410.00m，堤高 3.5m，顶宽 1.2m，迎水面垂直，背水面 1:0.5，底宽 2.95m，基础采用 C20 混凝土浇筑，厚 80cm，上下游各延伸 2.0m。为保护场地内原有生态型，在截水堤上设置生态基流节制闸，闸孔尺寸 3.5×2.0m（高×宽），闸门为平板钢闸门，采用手动螺杆式启闭机启闭，生态下泄流量控制在 2m³/s

以内。

截水堤接二号渠，将东、西小溪洪水经南侧埡口分流至南小河北侧支沟，最大下泄流量 $24.6\text{m}^3/\text{s}$ 。渠为宽浅式梯形断面，底宽 6.0m ，边坡系数 $m=1.5$ ，渠深不小于 1.5m ，渠底和边坡均采用 M10 浆砌石衬砌，衬砌厚度 30cm 。渠道总长 420m ，进口底板高程 4408.00m ，出口底板高程 4405.65m ，出口 20m 范围内滩地上平铺大块石防冲，厚 $20\sim 30\text{cm}$ 。渠道纵坡比降分别为 $i=0.5\%$ 、 1% ，每 15m 设一道沉降缝，采用高寒气候适应性好的聚氨酯填缝。

(3) 东小溪连通渠

由于场区内 WCDA 水池截断东小溪，在水池南侧设置连通渠，恢复东小溪流动性。由于连通渠位于 WCDA 水池和场内道路之间，布置空间有限，渠道断面选为矩形断面，底宽 2.0m ，边墙高 1.0m ，顶宽 0.3m ，背水面坡比 $1:0.3$ ，渠底和边强采用 M10 浆砌石砌筑。连通渠总长 480m ，进口底板高程 4395.50m ，出口底板高程 4391.14m ，比降为 0.8% ，设计过流能力 $2\text{m}^3/\text{s}$ 。连通渠共埋设 3 段涵管下穿场内道路，涵管采用现浇 C20 钢筋混凝土，净断面为 $1.0\times 1.0\text{m}$ ，厚 30cm 。连通渠每 15m 设一道沉降缝，采用高寒气候适应性好的聚氨酯填缝。

(4) 河道疏浚和场外排水沟

针对场区西南侧河道交汇段，对裸露的河岸采用当地块石干砌保护，保护长度 100m ，对汇口下游南小河淤堵段进行疏浚，解决淤堵情况，改善南小河行洪能力。由于原东、西小溪径流均汇入南小河，上述改造方案并不改变南小河径流量，其自身的行洪能力不受改变，分洪后不会改变其河道形态，而加之疏浚工程的实施，其行洪能力将进一步提升，疏浚长度 100m 。

场区西北侧省道 217 道路涵洞来水，通过设置排水沟，经场区外侧排向场区西侧湖泊。排水沟断面为梯形，底宽 1.0m ，深 1.0m ，边坡 $1:1$ ，衬砌 30cm 厚浆砌石，共设置排水沟 883m 。

4) 道路工程

道路工程包括观测基地进场道路和观测基地的场内主、次干道，总长 23.406m 。

进场道路：高海拔宇宙线观测站(LHAASO)观测基地位于稻城县桑堆乡，站址场

外道路从省道 S217 接线，总长度 374m，采用双车道四级标准，设计速度 20km/h，进场连接道路圆曲线最小半径为 15m，路基宽度为 6.5m，路面结构形式为水泥路面，占地面积 0.34hm²。

场内道路：主要为观测基地的场内道路。场内主干道路 6.268km，路基宽度为 4.5m，占地面积 5.01hm²；次干道长 16.764km，路基宽度 3.5m，占地面积 10.07hm²；道路均为混凝土路面。场内交通道路为连接各处水池和观测站内结构物，满足材料运输和运行管理的交通需求，分为场内区主要道路和场内区支线（次干道）。场内道路可利用主体工程设置的场内主干道及次干道至圆形场地内的各施工作业面。道路与水渠相交处修建桥梁或者涵洞，修建桥梁 3 座，桥梁通行能力要求能够承载 50t 工程作业车辆通行；修建涵洞 24 座，涵洞设计荷载公路—II 级。场内区主要道路采用露天矿山三级标准，设计速度 20km/h，路基宽度为 4.5m，路面结构形式为水泥路面。场内区支线（次干道）参照露天矿山三级标准建设，设计速度 15km/h，路基宽度为 3.5m，路面结构形式为碎石路面。

5) 施工便道

在施工过程中，为方便排洪工程施工，新建施工便道 1.10km，其中从观测基地至西小河长 0.15km，从观测基地至东小溪长 0.28km，至河道施工便道长 0.67km，详见表 1.1.1-2。

施工便道路面宽度 3.5m，路基宽度 4.0m，临时道路不设路面结构层，土质路面，便道基本以填方路基为主，填方高度小于 0.5m，便道使用结束后，对便道进行了植被恢复。

表 1.1.1-2 施工便道设置情况表

序号	项目名称	新道路长度 km	路面宽度 m	路基宽度 m	备注
1	至西小河施工便道	0.15	3.5	4.0	土质路面
2	至东小河施工便道	0.28	3.5	4.0	土质路面
3	至河道施工便道	0.67	3.5	4.0	土质路面
4	合计	1.10	-	-	-

d) 征占地情况

根据施工、监理及征占地等资料分析并经现场调查监测,本项目实际总占地面积 139.97hm²,其中永久占地面积 135.21hm²,临时占地面积 2.76hm²,占地类型包括草地、水域及水利设施用地、其他土地等。在观测基地建设过程中,其中扰动地表面积为 93.60hm²,对探测器整列之间局部及围栏范围内部分区域未扰动,工程未扰动面积 44.37hm²,未扰动区域植被面积 23.59hm²。项目占地类型及面积统计见表 1.1.1-3。

表 1.1.1-3 工程占地面积统计表

单位: hm²

项目名称	项目组成	占地面积	占地性质		占地类型		
			永久占地	临时占地	草地	水域及水利设施用地	其他土地
高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目	观测基地工程	118.09	118.09	0	34.72	9.26	74.11
	道路工程	15.42	15.42	0	9.32	2.07	4.03
	测控基地工程	1.33	1.33	0	0	0	1.33
	排洪工程	2.47	0.37	2.1	0.08	0.35	2.04
	施工便道	0.66	0	0.66	0.47	0.09	0.1
	合计	137.97	135.21	2.76	44.59	11.77	81.61

e) 土石方情况

根据施工、监理资料分析并经现场监测核实,本项目土石方挖方 72.13 万 m³(包含表土剥离 1.67 万 m³,自然方,下同),填方 14.07 万 m³(含表土回覆 1.67 万 m³),利用方量为 58.06 万 m³,其中 57.22 万 m³用于 MD 基坑顶部覆土回填(由国投部分负责实施),本项目无借方和弃方。土石方平衡详见表 1.1.1-4。

表 1.1.1-4 土石方平衡表

单位: 万 m³

项目组成		挖方量	填方量	利用方	调入量	调出量	说明
1	观测基地工程	50.21	3.44	57.22	10.45	0	挖方中包括剥离表土数量;填方中包括表土回覆
2	道路工程	13.87	7.93	0	0	5.94	
3	测控基地工程	1.47	1.47	0	0	0	
4	排洪工程	6.01	0.66	0.84	0	4.51	
5	施工便道	0.57	0.57	0	0	0	
合计		72.13	14.07	58.06	10.45	10.45	

f) 工程投资及工期

项目实际完成总投资为 29662.61 万元(未决算),其中土建投资 17174.89 万元,资金来源于四川省预算内基本建设投资。

工程于 2016 年 9 月开工,2020 年 10 月完工,每年 4 月~10 月为工程施工期,建设总工期为 23 个月。

g) 土建施工标段划分

本项目土建施工共划分为 2 个标段,观测基地和测控基地施工单位为四川港航建设集团工程有限公司。MD 基坑生态恢复施工单位为四川曦欧建筑工程有限公司。水土保持工程由四川港航建设集团工程有限公司和四川曦欧建筑工程有限公司负责完成。

h) 征地移民

本项目永久征地不涉及耕地,无生产安置人口,无搬迁安置人口。

1.1.2 项目区概况

a) 地形地貌

稻城县位于中国四川省西南边缘,地处青藏高原东南部,属康巴藏区的甘孜藏族自治州。县境内北高南低,西高东低,群山起伏,逶迤苍莽。第四纪期间,这里曾多次形成古冰帽,并在高原夷平面上及其边缘至今保留着多次冰川作用的地貌现象。

观测基地位于稻城县桑堆乡海子山台地,海子山位于稻城与理塘之间,是沙鲁里山丘状高原的一部分,平均海拔 4400m,是青藏高原最大的古冰帽遗迹。海子山区域内是大大小小的花岗岩漂砾(砾石)组成的石河、石海及形态各异的冰蚀岩盆,规模比较大的海子是其中部的古冰体遗迹-三湖相连的兴伊措,海拔 4420m,场地坡度在 5~15°之间,局部坡面起伏较大。

观测地基位于稻城县桑堆乡,属高山台地地貌;测控基地位于稻城县县城,地貌属宽阔河谷地貌。

b) 地质

1)地质构造

项目区地质构造上属于印支期花岗岩侵入体,主要岩石类型为黑云二长花岗岩、黑云母花岗岩、闪长花岗岩等,最大漂砾直径可达 10m,表土腐殖质层小于 0.5m,

下伏沙土层。场地 10km 以内没有活动断层，有效避开了活动断层和区域性大断裂，场地稳定性较好。

2)地震

稻城县抗震设防烈度为VII度，地震加速值 0.1g，地震分组为第三组。

3)不良地质现象

场地内及附近未见滑坡、危岩、崩塌、泥石流、地表塌陷不良地质现象，整体稳定性好，场区适合该项目的建设。

c) 气象

本项目所在区域属于高原季风气候，主要表现为冬长夏短、昼夜温差大、温度垂直差异明显、干湿季分明等。

据稻城县气象站观测资料，多年平均年降水量为 657.3mm，大于 0.1mm 的降水量天数为 120.6 天，50 年一遇最大 1 小时降雨量为 48.4mm，降水量年内分配极不均匀，5~10 月降水量占全年降水量的 97.7%，11~4 月降水量仅占 2.3%。多年平均蒸发量 1818.4mm(20cm 蒸发皿)，其中 5 月份最大，为 237.7mm。多年平均气温为 5.4℃，多年平均最高气温 18.5℃，多年平均最低气温-4.5℃，极端最高气温 27.9℃(1983 年 7 月)，极端最低气温为-27.6℃(1983 年 12 月)，大于等于 10℃积温值 1254℃。多年平均相对湿度 55.1%，多发生在春季。多年平均风速 2.1m/s，瞬时最大风速 21.7m/s，相应风向 W。多年平均霜日数 201.3d。项目所在地每年 12 月至次年 2 月，当地温进入 0℃以下时，土壤中水分开始结冰，形成冻土，最大冻土深度为 2.3m~2.5m，历年最大积雪深度为 22.0cm。

据亚丁机场气象站 2009 年~2011 年观测资料，三年平均降水量为 652.8mm，最大日降水量 45.1mm，降水量年内分配极不均匀，5~10 月降水量占全年降水量的 95.3%，11~4 月降水量仅占 4.7%。三年平均气温 1.2℃，年极端最高气温 20.9℃，年极端最低气温-22.9℃。1~7 月主要盛行 NNE(北东北风)，8~12 月主要盛行 SW(西南风)。三年平均降雪日数为 42d，主要集中在 3~5 月上旬，全年最大积雪深度为 35cm。全年平均出现霜日 186d。因此工程区域有积雪期长、气温偏低、高寒缺氧、冰冻期长的特点。

d)水文

稻城县境内河流均属金沙江水系，稻城河、赤土河和东义河三大河流均经木里县水洛河注入金沙江。稻城河长 104km，流域面积 3614km²，年平均流量 51.5m³/s。河流海拔多在 3000m 以上，河叉发育，阶地宽广，特别是县城以下河段，河谷开阔，河床宽浅，河滩地发育，呈典型的高原河流地貌景观。赤土河源于波瓦山西北麓，流长 121km。东义河源于俄初山南麓，流长 111km。

本项目观测站位于稻城河上游河段巴隆曲源头的海子山范围内。巴隆曲发源于横断山脉北段沙鲁里山(主峰格聂峰，海拔 6204m)的东坡、海子山西南麓，源头分东、西、南三源，西源为西小溪，东源为东小溪，南源为南小河，汇合后始称巴隆曲，与松宗、木楠哈汇合后至稻城县附近汇入稻城河。稻城河的主要源头为海子山中部的古冰体遗迹-三湖相连的兴伊错，海拔 4420m，成三角形，面积 7.5km²，是稻城县高山天然大水库。观测基地工程涉及的东小溪、西小溪和南小河，西小溪作为巴隆曲主源，沿东北、西南向，在下游于左岸接支流东小溪后，与东源南小河汇合，西小溪河流全长约 14.9km，流域面积 43.3km²，流量 0.278~0.376m³/s；南小河上游与主源基本呈平行流向，接其支流后沿西南向继续流约 2km 后，改向西北流，在项目区域外的西南边缘与主源西小溪汇合，河流全长约 14.1km，流域面积 31.8km²，流量 0.545m³/s，与东小溪(流量 0.287~0.385m³/s)三源汇口后入巴隆曲干流，汇合口下游约 200m 处的巴隆曲干流河段以上流域面积 75.2km²。

测控基地场址区无河流水系，场址北面与傍河由城市道路隔开；南面为傍河支流，支流沿岸建有混凝土挡墙，支流在测控基地场址下游 220m 处汇入傍河干流。傍河又称稻坝河，为稻城河一级支流，发源于稻城县西无名山，东南流纳众多支沟，过永当、傍河乡、右纳色拉沟；转西北过稻城县城北，汇筹城河。傍河总长 40km，流域面积 575.97km²，河口流量 5.54m³/s，总落差 812m(3708m~4520m)。傍河河口流量 5.54m³/s。

测控基地北面河段距河口约 5km，该河段主要支流即为流经测控基地南面的小支流，粗略估计傍河位于基地北面河段多年平均流量约为 5m³/s，而基地南面傍河支流的多年平均流量不超过 0.5m³/s。

e) 土壤

稻城县土壤可分为地带性土壤和非地带性土壤，其中地带性土壤有红壤、山地褐土、黄棕壤、山地棕壤、暗棕壤、亚高山草甸土、高山草甸土、高山寒漠土；非地带性土壤有潮土、沼泽土、石灰岩等。地带性土壤主要受地势和生物气候影响较大，

并随高度垂直变化。从高海拔到低海拔地域分别为：4800m 以上至雪线为高山寒漠土；4200m~4800m 为高山草甸土；3600m~4200m 为亚高山草甸土；3500m~4300m 为暗棕壤；2700m~3500m 为山地棕壤；2200m~3000m 为黄棕壤；1900 m~2200m 为红壤。观测基地位于海子山台地，海拔为 4400m 左右，项目区土壤为高山草甸土。土壤以自然土壤为主，成土母岩主要为花岗岩、灰岩、砂页岩、板岩、石灰岩等，土壤粗骨性强、多石砾、碎屑，土层浅薄，质地含砂带壤，粒状结构，保肥保水力差。土壤含有机质从河谷到草甸逐渐增多，较为丰富，潜在养分高，但活力差，一般缺磷、多钾、少氮，养分不全面。测控基地位于稻城县稻城河谷，海拔约 3740m，项目区土壤为暗棕壤。

f) 植被

由于稻城县特殊的气候特征使得植被具有明显的垂直带谱性，从河谷底部至山顶依次为：干热河谷阔叶混交林及灌丛草甸带(海拔 1920m~2000m)、山地暗针叶混交林及灌丛带(海拔 2000m~2900m)、亚高山针叶林、灌丛草甸带(海拔 2900m~3900m)、高山灌丛草甸带(海拔 3900m~4400m)、高山荒漠植被带(海拔 4400m~4700m)、高山流石滩植被带(海拔 4700m~5000m)。观测基地位于海子山台地，海拔约 4400m 左右，项目区为高山灌丛草甸带到高山荒漠植被带过渡带，植被主要为高山灌丛草甸，局部分布草本沼泽湿地，林草植被覆盖率约 30%。工程征地范围内主要分布有密枝杜鹃灌丛、高山嵩草、四川嵩草草甸、苔草、发草沼泽草甸等植被。测控基地位于稻城县稻城河谷，海拔约 3700m，场地现状为空地。

g) 水土流失现状

稻城县分布的水土流失类型主要有水力侵蚀、冻融侵蚀两种，人为因素也占据一定比例。水力侵蚀主要分布在县境内三大流域稻城河、巨龙河、东义河，其中稻城河流域的水力侵蚀又重点分布在稻城河两岸及其支流傍河两岸 10km 以内，赤土河流域重点分布在赤土河两岸及俄初河两岸 10km 以内；冻融侵蚀主要分布在各流域的分水岭地带，一般海拔均在 4500m 以上；人为侵蚀重点分布在人类活动较为频繁的一、二级台地上和部分工矿企业所在地。

稻城县水土流失类型主要是水力侵蚀和冻融侵蚀，全县水土流失总面积 3344.93km²，占全县总幅员面积的 45.71%，平均侵蚀模数 3057t/km²·a，年土壤侵

蚀量 1324.16 万 t。其中水力侵蚀面积为 480.69km²，冻融侵蚀面积为 2864.14km²。稻城县水土流失情况详见表 1.1.2-1。

表 1.1.2-1 项目区所在县水土流失面积

稻城县 总面积	侵蚀类型	轻度侵蚀 以上面积		各级强度土壤侵蚀面积									
				轻度		中度		强度		极强度		剧烈	
		面积	%	面积	%	面积	%	面积	%	面积	%	面积	%
7317.72	水力侵蚀	480.69	6.57	340.89	70.92	125.63	26.13	12.1	2.52	1.85	0.38	0.22	0.05
	冻融侵蚀	2864.24	39.14	2864.24	100								
合计		3344.93	45.71										

h) 水土保持情况

根据《水利部办公厅印发〈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》(水利部办水保[2013]188号, 2013.08.12), 工程所在区属金沙江岷江上游及三江并流国家级水土流失重点预防区。

根据水利部办公厅关于印发《全国水土保持区划(试行)的通知》(办水保[2012]512号), 项目区所处的稻城县属全国水土保持区划的青藏高原区(藏东-川西高山峡谷区)中的川西高原高山峡谷生态维护水源涵养区。

根据土壤侵蚀分类标准, 结合项目区植被及土壤侵蚀调查, 项目区土壤侵蚀以水力侵蚀为主, 属以水力侵蚀为主的西南土石山区, 其水土流失等级为中度, 土壤容许值为 500t/km².a。

1.2 水土流失防治工作情况

2015年10月, 中国科学院/水利部成都山地灾害与环境研究所编制完成《高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目水土保持方案报告书》, 2015年12月, 四川省水利厅以川水函[2015]1751号《四川省水利厅关于高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目水土保持方案的批复》(见附件4), 对地方配套项目水土保持方案报告书进行了批复。

2016年4月, 四川省发展改革委员会以川发改高技[2016]192号《四川省发展和改革委员会关于高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目可行性研究报告(代项目建议书)的批复》(见附件2), 批准了高海拔宇宙线观测站地方配套项目(以下简称“地方配套项目”)的建设。

2016年4月，建设单位委托四川中都规划设计咨询有限公司编制了《稻城高海拔宇宙线观测站项目植被保护与恢复建设方案》，正在观测基地现场开展草皮剥离和养护试验。

2016年6月，中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司编制完成了《高海拔宇宙线观测站可行性方案研究报告》。

2016年7月，国家林业局以林护许准[2016]0998号《国家林业局关于同意在四川海子山国家级自然保护区实验区建设高海拔宇宙线观测站的行政许可决定》同意该项目在四川海子山国家级自然保护区实验区进行建设。

2017年2月，中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司(以下简称“我公司”)编制完成了《高海拔宇宙线观测站项目水土保持方案报告书》，并取得四川省水利厅的批复。

2017年5月，建设单位委托中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司开展水土保持监测工作。

1.3 监测工作实施情况

1.3.1 监测实施方案执行情况

2017年5月，建设单位委托我公司开展本工程水土保持监测工作后，我公司及时成立了水土保持监测组，编制完成了本工程水土保持监测实施方案。水土保持监测组按照水利部《生产建设项目水土保持监测规程（试行）》(办水保[2015]139号)的要求，根据制定的实施方案，结合主体工程开工建设区域实际情况，完成了监测点的布设和相关监测工作。本工程监测分区为观测基地工程区、测控基地工程区、排洪工程区、道路工程区、施工便道区。共布设10个固定监测点。在监测过程中采取实地测量、巡查监测和资料调查相结合的方式，在监测过程中共提交监测实施方案1份，监测季报12期。

1.3.2 监测项目部设置

2017年5月，建设单位委托我公司开展本工程水土保持监测工作后，我公司及时成立了水土保持监测工作组，开展水土保持监测工作。2017年7月完成水土保持监测实施方案，2017年8月进行了水土保持的宣贯及实施方案交底。

为了加强本项目水土保持监测工作领导，2017年10月成立了高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目水土保持监测与环境监测项目部，监测项目部设置了总监测工程师1名，副总监测工程师1名，监测工程师1名，监测员2名，项目部组成见表1.3.2。

表 1.3.2 水土保持监测人员及其分工一览表

序号	姓名	职称	专业	分工
1	郝连安	高级工程师	水土保持与荒漠化防治	总监测工程师
2	刘黄诚	高级工程师	水土保持与荒漠化防治	副总监测工程师
3	阳凤	高级工程师	水土保持与荒漠化防治	监测工程师
4	吴俊林	工程师	水土保持与荒漠化防治	监测员
5	黄舒	工程师	水土保持与荒漠化防治	监测员

本项目水土保持监测工作实行总监测工程师责任制，由总监测工程师负责监测项目部组建，监测实施方案的编制，监测工作的组织实施，监测管理制度的制定，监测成果的审核、统计、分析、汇编，监测总报告审核、发送。

总监测工程师全面负责项目监测工作的组织、协调、实施和监测成果质量，为本合同履行的总负责人。其主要职责包括：①负责与建设单位和施工企业负责人的沟通、协调工作；②确定监测项目部职责分工及各级监测人员职责权限，协调各项目部内部工作关系，保证监测项目部正常有序运转；③负责组织对监测人员的考核工作，调换不称职的监测人员，根据建设项目进展状况，调整监测人员配置；④组织监测实施方案的编写与设计，制定监测机构内部规章制度，组织、指导项目监测工作的开展；⑤主持召开现场例行协调会和专题会议；⑥协调参建各方的工作关系和合同争议，并在必要时对项目建设合同条款做出解释和对合同争议做出协调决定；⑦组织审核并签发监测季报、监测年报和监测总结报告；组织整理合同文件和技术档案资料。

副总监测工程师和监测工程师负责监测数据的采集、整理、汇总、校核，编制监测实施方案、监测季度报告、监测年度报告、监测总结报告等。其主要职责包括：①负责定期实施现场监测、采集数据、整理资料；②按时完成水土保持监测工作和成果的整编；③负责编制监测意见、监测季报等；④负责完成总监测工程师安排的监测任务。副总工程师还负责部分组织、协调工作。

监测员协助监测工程师完成监测数据的采集和整理，并负责监测原始记录、文档、图件、成果的管理。①协助监测工程师完成现场监测、采集数据、整理资料；②协助

监测工程师完成水土保持监测工作和成果的整编;③负责监测原始记录、文档、图件、影像及成果的管理;④负责完成总监测工程师、监测工程师安排的监测任务。

1.3.3 监测点布设

本工程监测分区主要有观测基地工程备区、测控基地工程区、排洪工程区、道路工程区和施工便道区等。本工程布设 10 个固定监测点,主要集中在观测基地工程区、排洪工程区、道路工程区,其他区域以巡查监测为主,各区域监测点数量及布设部位见 1.3.3。

表 1.3.3 监测点位布置一览表

序号	监测分区	监测点位置	监测点数量	监测方法
1	观测基地工程区	其他区域	-	巡查监测和监测遥感监测
		典型开挖边坡	1	简易坡面量测法
		表土堆存场	1	简易水土流失观测场
		典型填方边坡	1	简易水土流失观测场
		开关站	1	沉沙池法
2	排洪工程区	其他区域	-	巡查监测和监测遥感监测
		典型开挖边坡	1	简易坡面量测法
		典型填方边坡	1	简易水土流失观测场
3	道路工程区	其他区域	-	巡查监测和监测遥感监测
		典型填方边坡	1	简易坡面量测法
		典型开挖边坡	1	简易坡面量测法、沉沙池法
		其他扰动区域	-	巡查监测和监测遥感监测
4	施工便道区	其他区域	-	巡查监测和监测遥感监测
		典型填方边坡	1	简易坡面量测法
5	测控基地工程区	其他区域	-	巡查监测
		典型开挖边坡	1	简易坡面量测法
合计		-	10	

1.3.4 监测设施设备

a) 监测设施

水土保持监测设备主要是指在进行水土流失及其影响因子、水土保持防治措施数量、质量及其防治效果等监测时用到的设备。本工程共投入监测设施 10 处,其中简

易水土流失观测场 3 个、侵蚀沟量测场 6 个、沉沙池设施 1 个。见表 1.3.4-1。

表 1.3.4-1 去学水电站水土保持监测设施布局表

序号	监测分区	简易水土流失观测场	侵蚀沟量测场	沉沙池法	合计
1	观测基地工程区	2	1	1	4
2	排洪工程区	1	1	0	2
3	道路工程区	0	2	0	2
4	施工便道区	0	1	0	1
5	测控基地工程区	0	1	0	1
合计		3	6	1	10

b) 监测设备

水土保持监测设备主要是指在进行水土流失及其影响因子、水土保持防治措施数量、质量及其防治效果等监测时用到的设备。本工程水土保持监测设施和设备见表 1.3.4-2。

表 1.3.4-2 主要设施设备一览表

序号	仪器设备名称	型号规格	数量	国别产地	用途	备注
1	流速流向仪	LS25-3A	1	中国	数据采集	
2	全站仪	徕卡 TCA2003	1	德国	数据采集	
3	手持 GPS	天宝 JUNO3D	1	德国	数据采集	
4	测距仪	LS206	1	中国	数据采集	
5	无人飞机	大疆 Inspire	1	中国	数据采集	
6	照相机	CANONIXNS-860	1	日本	数据采集	
7	摄像机	SONYHPR-SE	1	日本	数据采集	
8	采样瓶	-	200	中国	数据采集	
9	土钻及环刀	-	10	中国	数据采集	
10	烘箱	SC202	1	中国	数据分析	
11	电子天平	BL-220H	1	日本	数据分析	
12	台式计算机	联想	5	中国	数据分析	
13	笔记本电脑	Thinkpad	5	中国	数据分析	
14	激光打印机	CanonLBP2900	1	日本	数据分析	
15	喷墨打印机	ESPON1390	1	日本	数据分析	
16	扫描仪	柯达 I1220	1	美国	数据分析	

1.3.5 监测技术方法

本次水土保持采用的监测方法包括遥感监测、实地测量、地面观测、资料分析等，实地测量和资料分析主要是对项目的扰动土地情况、弃土弃渣和水土保持措施等进行监测，通过资料分析明确扰动面积、弃土弃渣量及水土保持措施情况等，通过抽样调查进行测量复核。地面观测主要为采取简易水土流失观测场、侵蚀沟量测场、沉沙池法等监测水土流失情况。

由于本工程占地面积较大，监测过程中采用了无人机和遥感监测。主要通过无人机对工程区范围进行航飞，并对重要部位（表土堆存场等）进行影像分析，分析其扰动面积、取弃土情况变化情况。遥感监测主要通过购买遥感影像，采用超图等遥感影像处理软件对影像进行处理分析，反应整个项目区水土流失变化情况。

1.3.6 监测成果提交情况

我公司在 2017 年 5 月~2020 年 10 月之间提交了 1 份监测实施方案、12 份季度监测报告，2021 年 10 月提交水土保持监测总结报告。

2 监测内容与方法

2.1 监测内容及监测频次

水土保持监测的主要内容主要包括扰动土地情况，取土(石、料)、弃土(石、渣)情况，水土流失情况，水土保持措施等。

a) 扰动土地情况

扰动土地情况监测的内容包括扰动范围、面积、土地利用类型及其变化情况等。扰动土地情况监测采用实地量测、资料分析的方法。扰动土地情况监测频次为每季度监测记录 1 次。

b) 弃土(石、渣)监测

弃土(石、渣)监测内容包括临时堆放场的数量、位置、方量、表土剥离、防治措施落实情况等。临时堆放场监测频次为每月监测记录 1 次。

c) 水土流失情况

水土流失情况监测主要包括土壤流失面积、土壤流失量等内容。土壤流失面积监测为每季度 1 次。遇暴雨加测。

d) 水土保持措施

水土保持措施监测内容包括措施类型、开(完)工日期、位置、规格、尺寸、数量、林草覆盖度(郁闭度)、防治效果、运行状况等。水土保持措施监测采用实地量测和资料分析的方法。水土保持措施监测为每季度监测记录 1 次。

2.2 监测方法

2.2.1 扰动地表情况监测

扰动土地情况监测的内容包括扰动范围、面积、土地利用类型及其变化情况等。扰动土地情况监测采用实地量测、GPS 测量和资料分析的方法。

2.2.2 弃土(石、渣)监测

采用查阅设计文件资料，结合实地情况调查、GPS 测量分析，进行对比核实，核算工程挖方、填方数量和施工过程中临时堆土堆放及堆放面积。

2.2.3 水土流失情况

根据方案报告书，本工程造成的水土流失类型主要为水蚀，工程建设区扰动地表、

弃渣等施工活动引起的水土流失量及变化情况，可通过典型调查、简易水土流失观测场法、简易坡面量测法和沉沙池等地面观测方法进行监测。本工程水土流失量监测主要采用简易水土流失观测场法、简易坡面量测法、沉沙池法进行监测。

a) 简易水土流失观测场法

主要适用于分散堆积场地及边坡、暂不受干扰或干扰少的弃土弃渣的水土流失监测，布设样地规格视坡面大小而定，测钎间距宜为 1m~3m。在项目建设区选取典型边坡，将直径 0.5cm~1cm、长 50cm~100cm、类似钉子状的钢钎，根据坡面面积，按一定距离分上中下、左中右纵横 3 排、共 9 根布设。钢钎沿铅直方向打入坡面，钉帽与坡面齐平，并在钉帽上涂上红漆，编号登记入册。坡面面积较大时，适当加大钢钎密度和数量。定期量测钉帽距地面的高度，在暴雨后和汛期需增加量测次数，以此计算土壤侵蚀厚度和土壤侵蚀量，计算公式见式 2.2.3-1。

$$S_t = (\gamma_s \cdot S \cdot L) / 1000 \cos \theta \quad (\text{式 2.2.3-1})$$

式中： S_t —坡面土壤侵蚀量(kg)；

γ_s —侵蚀泥沙容重 (kg/m^3)

S —观测样方水平投影面积(m^2)；

L —平均侵蚀厚度(mm)；

θ —观测样方斜坡坡度 ($^\circ$)。

堆放的土体由于沉降产生的影响，需在平坦地段设置对照观测或应用沉降率计算沉降高度。若钢钎不与土体同时沉降，则实际侵蚀厚度计算公式见式 2.2.3-2。

$$L = L_0 - \beta \quad (\text{式 2.2.3-2})$$

式中： L —实际侵蚀厚度(mm)；

L_0 —观测值(mm)；

β —沉降高度(mm)。

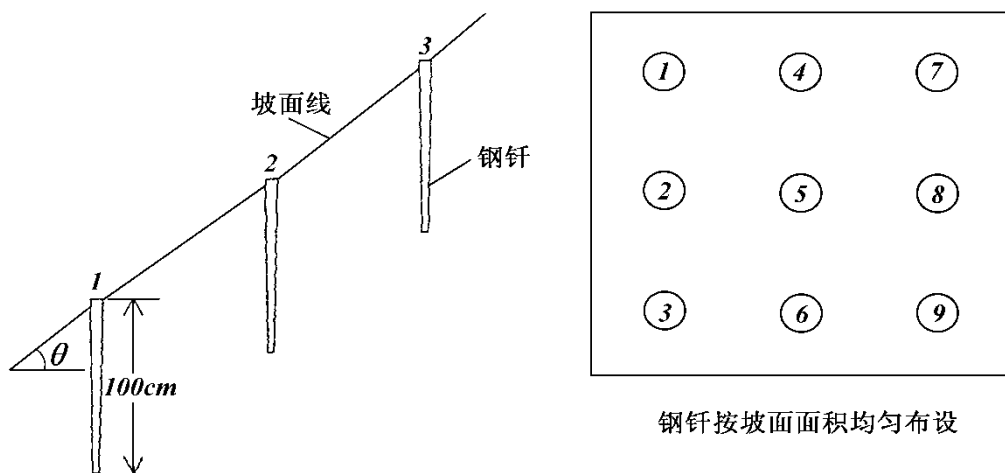


图 2.2.3-1 简易水土流失观测场示意图



照片2.2.3-1 简易水土流失观测场布点及监测

我公司在本工程观测基地工程区的填方边坡、排洪工程区填方边坡、表土堆存场等边坡处布设了 4 处简易水土流失观测场，为保证监测设施的完整性，在各个简易水土流失观测场的角落处竖立了监测标识牌，标明监测点位置、观测因子以及监测负责人。每次监测时记录影像资料，测量测钎露出的地表的高度。

b) 简易坡面量测法监测

适用于土质边坡坡面水土流失监测。其观测方法是在项目区选择一定规模（样方规格是坡面大小而定）、具有代表性的坡面，单次降雨或多次降雨后，测量坡面侵蚀沟的体积变化，以此来推算该时间段内坡面土壤流失量。选定坡面后，应量测坡面的坡度、坡长、坡面组成物质、容重等本底情况。在单次降雨或多次降雨后，在样方坡面的上、中、下部分别等距选取若干横断面，分别测量每一横断面全部侵蚀沟的尺寸（宽度、深度），然后计算出断面平均冲刷深和宽，再量测侵蚀沟曲线长，计算样方内侵蚀总体积，计算土壤侵蚀量，计算公式见式 2.2.3-3 及式 2.2.3-4。

$$V_{\text{沟}} = \frac{\sum S_1 + \sum S_2 + \dots + \sum S_n}{n} \cdot l \quad (\text{式 2.2.3-3})$$

$$M = \frac{V \cdot \gamma_s}{W_L} \quad (\text{式 2.2.3-4})$$

式中： $V_{\text{沟}}$ —侵蚀沟体积（ cm^3 ）

$\sum S_1 + \sum S_2 + \dots + \sum S_n$ —1、2、……、 n 断面量测沟蚀面积之和（ cm^2 ）；

l —调查侵蚀沟长（ cm ）；

W —样方宽（ cm ）；

L —样方长（ cm ）；

n —量测断面数（个）；

γ_s —泥沙容重（ g/cm^3 ）；

M —单位面积侵蚀量（ g/cm^2 ）。

我公司在本工程观测基地工程区开挖边坡、排洪工程开挖边坡和道路边坡和测控基地开挖边坡等区域设置了 5 个简易坡面量测监测点，在监测点处竖立了标识牌，标明监测点位置、观测因子及监测负责人。



照片2.2.3-2 简易坡面量测场

c) 沉沙池法

该法适用于冲刷物颗粒较大、汇水面积不大、有集中出口地方的水土流失监测，利用修建的沉沙池，在场(次)典型降雨或一定时段后(月、汛期或非汛期)，利用量测仪器设备，如测尺等，直接测量水深、泥深(或多点测量)、面积等，推算对应的积水量和泥沙量；量测各断面若干个水深、泥深，再计算断面平均水深、泥深，并与断面间距相乘作为部分径流量和泥沙体积，最后累加得径流泥沙总量。

如果监测时沉沙池内已经完全沉淀，可直接测量泥沙深度。操作时通常在沉沙池的四个角分别测量泥沙厚度，计算土壤流失量，计算公式见式 2.2.3-5。

$$S_t = \frac{h_1+h_2+h_3+h_4}{4} \cdot S \cdot \gamma_s \quad (\text{式 2.2.3-5})$$

式中： S_t —排水渠控制的汇水区域侵蚀总量（kg）；

h_i —沉沙池四角的厚度（m）；

S —沉沙池面积（ m^2 ）；

γ_s —侵蚀土壤容重（ kg/m^3 ）。

如果监测时沉沙池未完全沉淀，可对水体进行取样，烘干后测量泥沙。操作时应 对沉沙池内水体进行充分搅拌，让泥沙全部悬浮在水体里，测量水体深度，并对水体 进行 4 次取样，每个样本为 100ml；然后过滤烘干样本，对泥沙进行称重，计算土壤 流失量，计算公式见式 3.2-6。

$$S_t = \frac{m_1+m_2+m_3+m_4}{4} \cdot \frac{h \cdot S \cdot 1 \times 10^6}{100} \quad (\text{式 2.2.3-6})$$

式中： S_t —排水渠控制的汇水区域侵蚀总量（kg）；

m_i —沉沙池水体样本泥沙重量（m）；

S —沉沙池面积（ m^2 ）；

h —沉沙池水体深度（m）。

我公司在本工程的施工道路和变电站的沉沙池设置了沉沙监测点。



沉沙池监测点



实验室数据分析

图2.2.3-3沉沙池监测法

2.2.4 水土保持措施及防治效果

水土保持措施监测采用实地量测和资料分析相结合的方法。工程及临时措施，主要调查其实施进度、稳定性、完好程度、质量和运行状况；植物措施主要调查其成活率、生长状况及林草覆盖度情况。

a) 工程和临时措施

采用实地测量和资料分析相结合的方法。截排水沟、沉沙池主要采用钢尺或者卷尺测量其规格，用打分法监测其外观、完好程度和质量，见照片 2.2.4-1。



工程措施实地量测



工程措施实施过程现场监测



工程措施现场抽查



工程措施、临时措施巡查

照片2.2.4-1工程措施、临时措施量测、巡查

b) 植物措施

1) 林草覆盖度测量

项目区林草覆盖度采用抽样调查和测量等方法进行监测。即选择有代表性的地块，确定调查地样方，先现场量测、计算郁闭度(或盖度)，再计算出场地的林草覆盖度。具体方法为：

(1) 林地（有林地和疏林地）郁闭度的监测

采用树冠投影法，在典型地块内选定 10m×10m 的样方，用皮尺将样方划分为 1m×1m 的方格，测量每株立木在方格中的位置，用皮尺和罗盘测定每株树冠东西、南北方向的投影长度，再按实际形状在方格纸上按一定比例尺勾绘出树冠投影，在图上求出林冠投影面积和样方面积，即可计算林地郁闭度。

(2) 灌木林地盖度的监测

采用线段法，在典型地块内选定 5m×5m 的样方，用测绳或皮尺在所选定样方灌木上方水平拉过，垂直观察灌丛在测绳上的投影长度，并用卷尺测量。灌木总投影长度与测绳或样方总长度之比，即为灌木林地盖度。用此法在样方不同位置取三条线段求取平均值，即为样方灌木林地盖度。

(3) 草地盖度的监测

针刺法：在典型地块内选定 1m×1m 的样方，测绳每 10cm 处用细针($\phi=2\text{mm}$)做标记，顺次在小样方内的上、下、左、右间隔 10cm 的点上，从草的上方垂直插下，针与草相接触即算有，不接触则算无。针与草相接触点数占总点数的比值，即为草地盖度。用此法在样方内不同位置取三个小样方求取平均值，即为样方草地的盖度。

照相机法：要求把相机固定在一定的高度，并使镜头在照相时保持水平状态。在晴天中午时分，在选定的样地垂直照相，照相时可以转动角度在不同位置拍照。照相结束后，将文件复制到计算机内，用相关软件（如 CAD、PS 软件）进行面积处理，统计照片内植被冠层、植、叶等占覆盖面积的比例，即为照片区域样方的草地盖度。

(4) 林地的郁闭度或灌草地盖度的计算

计算公式见式 2.2.4-1。

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{F_e} \quad (\text{式 2.2.4-1})$$

式中：D—林地的郁闭度(或灌、草地的盖度)，%；

F_i —样方面积， m^2 ；

F_e —样方内树冠(或灌、草冠幅)的垂直投影面积， m^2 。

(5) 项目建设区内各类型场地的林草植被覆盖度的计算

计算公式见式 2.2.4-2。

$$C = \frac{f}{F} \quad (\text{式 2.2.4-2})$$

式中：C—林木(或灌草)植被的覆盖度，%；

F—类型区总面积， km^2 ；

f—类型区内林地(或灌草地)的垂直投影面积， km^2 。

表3.2.4 林、草地类划分方法一览表

地类		划分方法
林地	有林地	乔木郁闭度 $\geq 20\%$
	疏林地	乔木郁闭度 $\geq 10\%$ 但 $< 20\%$
	灌木林地	乔木郁闭度 $< 10\%$ 或无乔木，且灌木覆盖度 $\geq 40\%$
草地		灌木盖度 $< 40\%$ 或无灌木，且草本植物盖度 $> 5\%$

2) 植被生长情况

植被生长情况调查包括林木成活率、保存率、草地的有苗面积率和林草生长及管护情况。生长状况、成活率在春季、雨季、秋季造林种草后进行，寒冷、干旱地区，成活率达 75% 为合格，80% 以上为优良；其他地区达 80% 为合格，90% 以上为优良。保存率在植物措施实施一年后进行，按植被面积逐季统计，保存率达 80% 为合格，90% 以上为优良。

在典型地块内选定的样方或样行内，逐株(丛)调查，统计出样方或样行内成活的株(丛)数和总栽植株(丛)数，计算出样方或样行的成活率，再计算平均成活率。依据调查时间的不同，统计各阶段的保存率。

植物措施监测方法见照片 2.2.4-2。



植物措施现场巡查监测

植物措施实施过程巡查监测

照片2.2.4-2植物措施调查

c) 水土流失防治六项指标

根据工程监测成果，进行工程的扰动土地整治率、水土流失总治理度、土壤流失控制比、拦渣率、林草植被恢复率和林草覆盖率等六项防治指标值计算。

1) 扰动土地整治率

根据实地调查及资料分析,分类型统计水土保持防治措施面积、永久建筑面积及扰动地表面积,分别计算各区域的扰动土地整治率。

计算公式:扰动土地整治率=[(水土保持措施防治面积+永久建筑物、地表硬化、道路硬化面积)/扰动地表面积]×100%。

2) 水土流失总治理度

根据实地调查及资料分析,统计水土流失面积,用水土保持防治措施面积相除,得出水土流失总治理度。

计算公式:水土流失总治理度=[(水土保持措施防治面积/造成水土流失面积(不包括永久建筑物、地表硬化、道路硬化面积)]×100%。

3) 土壤流失控制比

根据定位监测的流失量,分析计算各类型区的土壤侵蚀量,计算各区域的土壤流失控制比,采用加权平均方法,计算该项目的土壤流失控制比。

4) 拦渣率

根据调查、量测及统计分析,计算出弃渣堆放量和弃渣流失量,用弃渣量减去弃渣流失量即为拦渣量,算出该弃渣堆放点的拦渣率,同样采用加权平均法算得该项目的拦渣率。

5) 林草植被恢复率

根据调查、量测等方法统计出实施林草植物措施面积,可计算林草植被恢复率。

计算公式:林草植被恢复率=(实际恢复林草植被面积/可恢复林草植被面积)×100%

6) 林草覆盖率

用已实施的植物措施面积与防治责任范围面积相除,可计算林草覆盖率。

林草覆盖率=(林草总面积/项目建设区面积)×100%。

d) 工程水土保持重大事件

1)与项目水土保持相关的重大工作事项,包括行政主管部门监督检查及其整改落实情况、水土保持重大事项等。

2)与项目水土保持相关的领导视察、考察活动或重要指示、批示,与项目相关的重大水土保持宣传报道等。

3)重大水土流失事件或纠纷及其处理情况。

4)重大水土流失危害情况；包括典型流失危害案例和总体危害现象等内容，重点是典型流失案例，说明危害因由、时间、位置、过程与表现形式、灾害损失情况、危害评估与恢复治理难易程度等内容，如因水土流失对主体工程施工造成的危害等。

5)重大水土保持质量事故；包括主体工程中具有水土保持功能的措施，如新增水土保持措施的质量事故，以及事故缘由、处理与整改落实情况等，同时，需对造成重大水土保持质量事故的单位或个人实行备案登记制度，记入档案。

6)其它与项目水土保持相关重大事件。

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

a)水土保持方案确定的防治责任范围

根据《四川省水利厅关于高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目水土保持方案的批复》（川水函[2015]1751号）和批复的水土保持方案报告书，高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目水土流失防治责任范围为项目建设区范围，面积 139.74hm²。

表3.1.1-1 水土保持方案报告书确定的水土流失防治责任范围 单位：hm²

序号	建设区	建设区面积	直接影响区面积	防治责任范围面积
1	观测基地工程	121.96	根据“川水函【2014】1723号文”规定，本工程不计算直接影响区面积	121.96
2	测控基地工程	1.33		1.33
3	道路工程	14.73		14.73
4	施工便道	0.75		0.75
5	排洪工程	0.97		0.97
6	合计	139.74		139.74

b)各时段水土流失防治责任范围监测结果

本项目施工实际过程中防治责任范围就是施工实际扰动范围，结合本项目各个季度报告表关于扰动土地面积监测情况的统计，本项目各监测区防治责任范围总面积为 139.97hm²，全部为项目施工过程中实际扰动范围，无直接影响区。本项目各监测区各季度监测防治责任范围情况见详见表 3.1.1-2。

从表 3.1.1-2 来看，本项目监测的防治责任范围为 139.97hm²，其中观测基地工程 118.09hm²，测控基地区 1.33hm²，道路工程区 15.42hm²，施工便道区 0.66hm²，排洪工程区 2.47hm²。

3.重点部位水土流失动态监测

表3.1.1-2 工程监测的防治责任范围统计情况

单位：hm²

序号	项目	合计	监测介入前	各季度新增的扰动范围面积												
				2017年		2018年				2019年				2020年		
				第3季度	第4季度	第1季度	第2季度	第3季度	第4季度	第1季度	第2季度	第3季度	第4季度	第1季度	第2季度	第3季度
1	观测基地工程	118.09	83.98	7.21	0	0	7.01	6.08	0	0	5.78	5.12	0	0	2.91	0
2	测控基地工程	1.33	1.3	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	道路工程	15.42	6.34	4.86	0	0	4.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	施工便道	0.66	0.16	0.29	0	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	排洪工程	2.47	0.2	0.86	0	0	1.41	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	合计	139.97	91.98	13.25	0	0	12.85	6.08	0	0	5.78	5.12	0	0	2.91	0

备注：1、本项目位于高寒地区，在每年11月至次年3月气温在0°以下，形成冻土层，因此第一季度和第四季度基本未施工；2、观测基地工程内对探测器整列之间局部及围栏范围内部分区域未扰动，工程未扰动面积44.37hm²，但是将该部分内容纳入防治责任范围内。

c) 防治责任范围对比情况及原因分析

根据实际监测防治责任范围，对比分析本项目各监测区的防治范围情况详见表 3.1.1-3。

表3.1.1-3 水土流失防治责任范围监测表 单位：hm²

序号	项目	方案报告书			监测面积			变化情况		
		项目建设区	直接影响区	小计	项目建设区	直接影响区	小计	项目建设区	直接影响区	小计
1	观测基地工程区	121.96	0	121.96	118.09	0	118.09	-3.87	0	-3.87
2	测控基地工程区	1.33	0	1.33	1.33	0	1.33	0	0	0
3	道路工程区	14.73	0	14.73	15.42	0	15.42	0.69	0	0.69
4	施工便道区	0.75	0	0.75	0.66	0	0.66	-0.09	0	-0.09
5	排洪工程区	0.97	0	0.97	2.47	0	2.47	1.5	0	1.5
6	合计	139.74	0	139.74	137.97	0	137.97	-1.77	0	-1.77

通过查阅相关的施工、征地与档案资料和资料统计，工程建设实际发生的水土流失防治责任范围面积为 139.97hm²，均为项目区建设面积。工程建设期实际发生的防治责任范围较批复的水土保持方案中确定水土流失防治责任范围减少 1.77hm²，主要变化原因如下：

a) 实际施工时对观测基地工程内的场区进行了优化布置，道路工程占地面积增加了 0.69 hm²，观测基地工程区面积有所减少，同时观测设备区 MD 基坑数量减少 50 个，导致观测基地工程占地面积减少 3.87hm²。

b) 实际施工中修建的永久道路总长度较可研阶段布设的总长度增加 1.216km。进场道路减少 0.316km，场内主干道路增加 0.586km，场内次干道增加 0.964km，导致占地面积增加 0.69hm²。

c) 实际施工中修建的施工便道长度较可研阶段布设的长度减少 0.41km，路基宽度由 4.5m 调整为 4.0m，导致施工临时道路占地面积减少 0.09hm²。

d) 可研阶段规划渠道 1235m，排水沟 1250m。实际新建渠道 1575m，增加了 340m，其中观测场地内联通渠增加 315m，场外西小溪一号渠减少 35 m，场外东小溪增加 50 m，建南小溪护岸减少 10 m；新建排水沟 883m，排水沟减少了 367m。同时实际

施工中增加了渠顶的巡渠管护通道，且西小溪、东小溪渠道的边坡坡比由为 1:1 调整为 1:1.5，故导致占地面积增加 1.50hm²。

3.2 取土(石、料)监测结果

本工程无取土(石、料)场。

3.3 弃土(石、渣)监测结果

3.3.1 设计弃土(石、渣)情况

根据批复的《方案报告书》，本项目挖方共计 84.80 万 m³（包括表土剥离 0.43 万 m³），填方共计 77.90 万 m³（表土回覆 0.43 万 m³），石方综合利用 6.90 万 m³，本工程无弃渣产生。

3.3.2 弃土(石、渣)场位置及占地面积监测结果

根据施工、监理资料分析并经现场监测核实，本项目土石方挖方 72.13 万 m³（包含表土剥离 1.67 万 m³，自然方，下同），填方 14.07 万 m³（含表土回覆 1.67 万 m³），利用方量为 58.06 万 m³，其中 57.22 万 m³用于 MD 基坑顶部覆土回填（由国投部分负责实施），本项目无借方和弃方。

3.3.3 弃土(石、渣)量监测结果

根据施工过程资料、监理资料及现场监测，工程实际产生了 57.22 万 m³ 的余方，全部用于 MD 基坑覆土回填，实际未设置弃渣场。

4 水土流失防治措施监测结果

4.1 工程措施监测结果

4.1.1 工程措施实施情况

工程措施施工单位为四川港航建设集团工程有限公司。实施时间为2016年8月至2021年9月，我公司在收集设计资料、监理资料的基础上，通过现场巡查为主的方法进行调查监测，本项目实施的工程措施有草皮剥离、草皮养护、表土剥离、排水沟、沉沙池、土地平整等。本项目实际实施工程措施如下：

a) 观测基地工程区

该区域实施的工程措施为表土剥离、排水沟和土地整治，其中表土剥离 13960m^3 ，排水沟 2808m ，土地整治 20.15hm^2 。

b) 测控基地工程区

该区域实施的工程措施为排水管、排水暗沟、雨水系统和土地整治，其中排水管 260m ，砖砌排水暗沟 280m ，雨水口 25 个，土地整治 0.47hm^2 。

c) 道路工程区

该区域实施的工程措施为浆砌石排水沟，排水暗沟、土质水沟、沉沙池、表土剥离和土地整治，其中浆砌石排水沟 783m ，排水暗沟 5477m ，沉沙池 4 座，土质水沟 16513m ，土地整治 1.50hm^2 。

d) 施工便道区

该区域实施的工程措施为土地整治，其中土地整治 0.19hm^2 。

e) 排洪工程区

该区域实施的工程措施导流渠出口铺砌和土地整治，其中导流渠出口铺砌 678m^2 ，土地整治 1.07hm^2 。

本项目建设过程中实施的工程措施和方案工程量如表4.1.1-1~4.1.1-2。

4. 水土流失防治措施监测结果

表 4.1.1-1 水土保持工程措施监测结果

防治分区	措施名称	单位	实施工程量	实施部位	实施时间	备注
观测基地工程区	浆砌石排水沟	m	2808	地方配套建筑物周边	2018.5-2018.9	
	表土剥离	m ³	13960	占用的草地区域	2017.4	
	土地整治	hm ²	20.15	MD区域	2020.7-2021.9	
测控基地工程区	排水管	m	260	沿测控基地内部建筑物周围和道路埋设	2018.7	
	砖砌排水暗沟	m	280	硬化路面周边	2018.7-2018.8	
	雨水口	m	25	场内道路侧	2018.7-2018.8	
	土地整治	hm ²	0.47	后期绿化区域	2018.8-2018.9	
道路工程区	浆砌石排水沟	m	783	进场道路侧	2017.4-2017.7	
	土质排水沟	m	16513	场内次干道侧	2018.8-2019.7	
	盖板排水沟	m	5477	场内主干道侧	2017.4-2019.5	
	沉沙池	座	4	进场道路排水出口	2017.4-2019.5	
	表土剥离	m ³	2740	占用的草地区域	2016.8-2016.9	
	土地整治	hm ²	1.50	绿化区域	2018.4-2021.9	
施工便道区	土地整治	hm ²	0.19	占用草地区域	2019.5-2019.6	
排洪工程区	导流渠出口铺砌	m ²	678	排洪导流渠出口	2018.7	
	土地整治	hm ²	1.07	绿化区域	2018.8-2018.9	

表 4.1.1-2 水土保持工程措施实际完成与设计工程量对照

防治区	防治措施监测成果	单位	方案设计	实际完成	增减情况
观测基地工程区	表土剥离	m ³	3150	13960	10810
	浆砌石排水沟	m	2469	2808	339
	沉沙池	座	2	0	-2
	土地整治	hm ²	8.25	20.15	11.90
测控基地工程区	排水管	m	420	260	-160
	砖砌排水暗沟	m	0	280	280
	雨水口	座	0	25	25
	土地整治	hm ²	0.24	0.47	0.23
道路工程区	表土剥离	m ³	1155	2740	1585
	浆砌石排水沟	m	22190	783	-21407
	土质排水沟	m	0	16513	16513
	盖板排水沟	m	0	5477	5477
	沉沙池	座	5	4	-1
	土地整治	hm ²	6.66	1.50	-5.16
施工便道	土地整治	hm ²	0.75	0.19	-0.56
排洪工程	土地整治	hm ²	0.17	1.07	0.90
	导流渠出口铺砌	m ²	650	678	28

4.1.2 变化原因分析

对比方案设计,本项目实际完成的工程量有一定程度的增减变化,具体分析如下:

a) 观测基地工程区

实际施工中场外排水沟数量由 1250m 减为 883m,但在各建筑物四周修建了排水沟,导致整个观测基地的排水沟工程量增加;部分植物措施由国家投资部分实施,导致土地整治工程量减少;项目区降水量较少,排水沟汇水面积较小,因此工程未设置沉沙池。实际施工时,建设单位对于草皮的保护和利用非常重视,制定了植被保护与恢复专项施工方案,尽可能的保护原生草皮和表土资源,因此施工时采取应剥尽剥,进行剥离和养护,用于后期的植被恢复,因此,表土剥离工程量增加。

b) 测控基地工程区

可研阶段未规划布置排水沟措施,全部采取排水管措施,排出场地雨水。实际施

工中，增加了雨水口和排水暗沟措施，导致相应的排水管工程量减少。

c) 道路工程区

可研阶段对永久道路采取浆砌石排水沟，实际施工中对主干道采取了盖板排水沟措施；由于次干道地势平坦，汇水面小，故对其采取了土质排水沟，导致排水沟工程量发生减少。建设单位对于草皮的保护和利用非常重视，制定了植被保护与恢复专项施工方案，尽可能的保护原生草皮和表土资源，因此施工时采取应剥尽剥，进行剥离和养护，用于后期的植被恢复，因此，表土剥离工程量增加。

可研阶段对永久道路的开挖范围较大，实际施工中，通过合理控制占地和开挖范围，导致边坡较小，可恢复植被面积较小，导致土地整治工程量减少。

d) 施工便道区

实际施工中对施工临时道路采取了草皮剥离措施，后期采取草皮移植，且施工临时道路较可研阶段的长度减少，导致土地整治工程量减少。

e) 排洪工程区

实际施工时渠道增加了340m，西小溪、东小溪渠道的边坡坡比由为1:1调整为1:1.5，导致恢复的植被面积增加，土地整治工程量增加。

水土保持工程措施详见照片4.1-1~4.1-6。



照片 4.1-1 草皮养护

照片 4.1-2 表土剥离



照片 4.1-3 场内道路排水沟



照片 4.1-4 排水管



照片 4.1-5 导流渠出口铺砌



照片 4.1-6 土地整治

4.2 植物措施监测结果

4.2.1 植物措施实施情况

植物措施施工单位为四川港航建设集团工程公司和四川曦欧建筑工程有限公司，实施时间为 2017 年 6 月至 2021 年 9 月，我公司在收集设计资料、监理资料的基础上，通过现场巡查为主的方法进行调查监测，本项目实施的植物措施有：在观测基地工程区移植草皮、撒播草籽等；在测控基地景观绿化；在道路边坡撒播种草和草皮移植；施工便道平整后撒播种草；排洪工程区、输变电工程区撒播种草等。从现场考察情况看自然修复情况良好，植物覆盖率较高，能够有效防治水土流失。具体各区植物措施如下：

a) 观测基地工程区

本区采取的绿化措施有撒播种草和草皮移植，其中撒播种草 20.15hm^2 ，撒播草籽选择当地乡土草种垂穗披碱草和早熟禾，采用 1 : 1 比例进行混播，播种密度均为 $150\text{kg}/\text{hm}^2$ 。草皮移植 13.01hm^2 。

b) 测控基地工程区

本区的植物措施主要为测控基地空地内进行景观绿化，绿化面积 0.47hm^2 。

c)道路工程区

本区采取的植物措施为在道路边坡进行草皮移植和撒播草籽等。草皮移植工程量为 4.35hm^2 ，撒播种草 1.50hm^2 。

d)施工便道区

本区采取的植物措施为施工便道平整后撒播种草，面积 0.19hm^2 ，撒播草籽选择当地乡土草种垂穗披碱草和早熟禾，采用1：1比例进行混播，播种密度均为 $150\text{kg}/\text{hm}^2$ 。草皮移植 0.47hm^2 。

e)排洪工程区

对于引水渠、排水沟、联通渠施工等临时占地，施工结束后覆土撒播草籽进行植被恢复，面积 1.07hm^2 ，撒播草籽选择当地乡土草种垂穗披碱草和早熟禾，采用1：1比例进行混播，播种密度均为 $150\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

表4.2.1-1 水土保持植物措施监测结果

防治分区	措施名称	单位	实施工程量	实施部位	实施时间	备注
观测基地工程区	撒播种草	hm^2	20.15	施工扰动区域	2020.7-2021.9	
	草皮移植	hm^2	13.01	观测设施设备区域	2020.7-2020.10	
测控基地工程区	景观绿化	m^2	4718	测控基地空地上	2018.8-2018.9	
道路工程区	撒播种草	hm^2	1.50	道路边坡和路肩	2018.6-2018.7	
	草皮移植	hm^2	4.35	扰动区域占用草地区域	2018.8-2021.9	
施工便道区	草皮移植	hm^2	0.47	扰动区域占用草地区域	2019.5-2019.6	
	撒播种草	hm^2	0.19	便道疏松平整的区域	2019.5-2019.6	
排洪工程区	撒播种草	hm^2	1.07	扰动平整区域	2019.8-2019.9	

表4.2.1-2 水土保持植物措施实际完成与设计工程量对照表

防治区	防治措施监测成果	单位	方案设计	实际完成	增减情况
观测基地工程区	撒播种草	hm ²	6.79	20.15	13.36
	草皮移植	hm ²	1.46	13.01	11.55
测控基地工程区	景观绿化	hm ²	0.24	0.47	0.23
	植草砖	m ²	110	0	-110
道路工程区	撒播种草	hm ²	6.21	1.50	-4.71
	草皮移植	hm ²	0.45	4.35	3.90
施工便道	撒播种草	hm ²	0.75	0.19	-0.56
	草皮移植	hm ²	0	0.47	0.47
排洪工程	撒播种草	hm ²	0.17	1.07	0.90

4.2.2 变化原因分析

对比方案设计，本项目实际完成的工程量有一定程度的增减变化，具体分析如下：

a) 观测基地工程区

实际施工中由于该场地植物措施由国家投资部分实施，实际施工时，建设单位对于草皮的保护和利用非常重视，制定了植被保护与恢复专项施工方案，尽可能的保护原生草皮和表土资源，尽可能的恢复植被，因此施工时采取应剥尽剥，进行剥离和养护，用于后期的植被恢复，因此，撒播草籽和草皮移植工程量增加。

b) 测控基地工程区

为美化测控基地环境，实际施工中增加了景观绿化面积，导致工程量增加。

c) 永久道路区

可研阶段对永久道路的开挖范围较大，实际施工中，通过合理控制占地和开挖范围，导致边坡较小，可恢复植被面积较小，导致植物措施工程量减少。

d) 施工临时道路区

实际施工时，建设单位对于草皮的保护和利用非常重视，制定了植被保护与恢复专项施工方案，尽可能的保护原生草皮，因此施工时采取应剥尽剥，进行剥离和养护，用于后期的植被恢复，因此，草皮移植工程量增加，撒播种草工程量减少。

e) 排洪工程区

实际施工增加了渠道的长度和放缓了渠道的坡比，导致恢复的植被面积增加，撒

播种草工程量增加。

水土保持工程措施详见照片4.2-1~4.2-4。



照片4.2-1 观测基地草皮移植



照片4.2-2 道路草皮移植照片



照片4.2-3 撒播种草



照片4.2-4 景观绿化

4.3 临时防治措施监测结果

临时措施施工单位为四川港航建设集团工程限有公司和四川曦欧建筑工程有限公司。实施时间为2016年9月至2017年10月，我公司在收集设计资料、监理资料的基础上，通过现场巡查为主的方法进行调查监测，本项目实施的临时措施有：观测基地工程区采取编织布压盖、干砌石拦挡、临时排水沟和草皮剥离等措施；测控基地工程区的临时排水措施和编织布压盖；道路工程区和施工便道的草皮剥离；排洪工程区的编织布压盖和草皮剥离等；施工便道区的草皮剥离和编织布压盖。

本工程采取的临时措施有编织布压盖、干砌石拦挡、临时排水沟和草皮剥离等措施。其中编织布压盖为188850m²，干砌石拦挡5012m，草皮剥离21.36hm²，临时排水沟500m。

本项目采取的临时防护措施见表4.3-1~4.3-2。

表4.3-1 水土保持临时措施监测结果

防治分区	措施名称	单位	实施工程量	实施部位	实施时间
观测基地工程区	编织布压盖	m ²	140980	表土堆场、裸露扰动区域	2017.9-2017.10
	临时排水沟	m	280	表土堆存场周边	2017.9
	干砌石拦挡	m ³	5012	临时堆土坡脚	2017.9-2017.10
	草皮剥离	hm ²	9.03	扰动草地区域	2017.9-2017.10
测控基地工程区	编织布压盖	m ²	4210	表土堆存场	2016.9-2016.10
	临时排水沟	m	220	临时堆土周边	2016.9-2016.10
道路工程区	草皮剥离	hm ²	7.35	扰动草地区域	2016.9-2016.10
	编织布压盖	m ²	36800	临时堆土及草皮剥离后的裸露区域	2016.9-2016.10
施工便道区	草皮剥离	hm ²	0.47	扰动草地区域	2017.4-2017.5
排洪工程区	编织布压盖	m ²	6860	排洪渠开挖料	2017.5-2017.7
	草皮剥离	hm ²	0.08	扰动草地区域	2017.5-2017.7

表4.3-2 水土保持临时措施实际完成与设计工程量对照表

防治区	防治措施监测成果	单位	方案设计	实际完成	增减情况
观测基地工程区	编织布压盖	m ²	6753	140980	134227
	干砌石拦挡	m ³	0	5012	5012
	砖砌围栏	m	110	0	-110
	临时排水沟	m	387	280	-107
	沉沙凼	座	1	0	-1
	编织袋土埂	m	353	0	-353
	草皮剥离	hm ²	1.46	9.03	7.57
测控基地工程区	编织布压盖	m ²	200	4210	4010
	临时排水沟	m	485	220	-265
	沉沙池	座	1	0	-1
道路工程区	草皮剥离	hm ²	0.45	7.35	6.90
	编织布压盖	m ²	0	36800	36800
施工便道区	草皮剥离	hm ²	0	0.47	0.47
排洪工程区	编织布压盖	m ²	2970	6860	3890
	草皮剥离	hm ²	0	0.08	0.08

对照批复的水土保持方案报告书的水土保持临时措施数量,实际施工时建设单位对于草皮的保护和利用非常重视,制定了植被保护与恢复专项施工方案,尽可能的保护原生草皮,因此施工时采取应剥尽剥,进行剥离和养护,用于后期的植被恢复。导致相应的临时措施工程量增加,且在实际施工中充分利用当地岩石资源丰富特点,将编织袋土埂和砖砌围栏变化为干砌石拦挡,未降低其水土保持功能,有效满足施工期间的水土流失防治任务,符合水土保持的要求。

本工程临时防治措施见照片 4.3-1~4.3-5。



照片 4.3-1 临时排水沟



照片 4.3-2 临时排水沟



照片 4.3-3 编织布压盖



照片 4.3-4 表土苫盖



照片 4.3-5 草皮剥离

4.4 水土保持措施工程量

根据我公司监测人员实地量测和业主提供的资料，本工程实际完成工程措施：表土剥离 16700m³，浆砌石排水沟 3591m，土质排水沟 16513m，盖板排水沟 5477m，土地整治 23.38hm²，排水管 260m，砖砌排水暗沟 280m，沉沙池 4 座，雨水口 25 座，导流渠出口铺砌 678m；植物措施：景观绿化 0.47hm²，撒播种草 23.38hm²，草皮移植 17.83hm²；临时措施：编织布压盖为 188850m²，干砌石拦挡 5012m，草皮剥离 21.36hm²，临时排水沟 500m。

本工程实际完成的分区工程量详见表 4.4。

表4.4 分区水土保持措施实际完成工程量表

防治区	防治措施监测成果		单位	方案设计	实际完成	增减情况
观测基地工程区	工程措施	表土剥离	m ³	3150	13960	10810
		排水沟	m	2469	2808	339
		沉沙池	座	2	0	-2
		土地整治	hm ²	8.25	20.15	11.90
	植物措施	撒播种草	hm ²	6.79	20.15	13.36
		草皮移植	hm ²	1.46	13.01	11.55
	临时措施	编织布压盖	m ²	6753	140980	134227
		干砌石拦挡	m ³	0	5012	5012
		砖砌围栏	m	110	0	-110
		临时排水沟	m	387	280	-107
		沉沙函	座	1	0	-1
		编织袋土埂	m	353	0	-353
		草皮剥离	hm ²	1.46	9.03	7.57
测控基地工程区	工程措施	排水管	m	420	260	-160
		砖砌排水暗沟	m	0	280	280
		雨水口	座	0	25	25
		土地整治	hm ²	0.24	0.47	0.23
	植物措施	景观绿化	hm ²	0.24	0.47	0.23
		植草砖	m ²	110	0	-110
	临时措施	编织布压盖	m ²	200	4210	4010
		临时排水沟	m	485	220	-265
		沉沙池	座	1	0	-1
道路工程区	工程措施	表土剥离	m ³	1155	2740	1585
		浆砌石排水沟	m	22190	783	-21407
		土质排水沟	m	0	16513	16513
		盖板排水沟	m	0	5477	5477
		沉沙池	座	5	4	-1
		土地整治	hm ²	6.66	1.50	-5.16
	植物措施	撒播种草	hm ²	6.21	1.50	-4.71
		草皮移植	hm ²	0.45	4.35	3.90

表4.4 (续)

防治区	防治措施监测成果		单位	方案设计	实际完成	增减情况
道路工程区	临时措施	草皮剥离	hm ²	0.45	7.35	6.90
		编织布压盖	m ²	0	36800	36800
施工便道区	工程措施	土地整治	hm ²	0.75	0.19	-0.56
	植物措施	撒播种草	hm ²	0.75	0.19	-0.56
		草皮移植	hm ²	0	0.47	0.47
临时措施	草皮剥离	hm ²	0	0.47	0.47	
排洪工程区	工程措施	土地整治	hm ²	0.17	1.07	0.90
		导流渠出口铺砌	m ²	650	678	28
	植物措施	撒播种草	hm ²	0.17	1.07	0.90
	临时措施	编织布压盖	m ²	2970	6860	3890
		草皮剥离	hm ²	0	0.08	0.08

4.5 水土保持措施防治效果

本项目各项工程措施及植物措施实施完成后,能有效控制工程建设造成的水土流失,保证项目的安全运行,绿化、美化环境,恢复改善工程建设破坏的土地及植被。

本项目实施过程中以工程措施为先导,结合工程建设拦挡、截排水、沉沙等工程措施,以及临时拦挡、覆盖等临时措施,保护边坡稳定,减少地表径流冲刷,使水土流失得到有效控制。同时,通过对原生草皮进行草皮移植,对新生裸露地表进行土地整治、撒播草籽等林草措施,通过以上综合防治体系,达到保护地表、改善生态环境、防治水土流失、发挥植物措施的观赏性和长效性的目的。自建成投产至今运营期间,边坡稳定、排水通畅、植物生长良好。

监测结果表明,工程建设中,采取了边坡防护、拦挡、排水、绿化等措施,各项水土保持措施的实施有效地防治了水土流失,达到了水土保持方案设计的治理目标和要求。

5 土壤流失情况监测

5.1 水土流失面积

5.1.1 项目建设区水土流失现状

通过查阅相关资料和现场调查，参考《土壤侵蚀分级分类标准》（SL190-2007）的土壤侵蚀强度分级标准（表 5.1.1-1）和面蚀分级指标（表 5.1.1-2）等规定，确定水土流失等级。项目建设区扰动地表范围内的永久建筑物、场地平整、地表硬化及道路硬化等占地范围，工程措施占地范围和坡度在 0~5° 之间的植物措施占地范围均划分为微度水土流失区，其余区域则参照《土壤侵蚀分级分类标准》的规定划分为轻度以上的水土流失区域。根据监测结果，项目建设区水土流失现状分布情况详见表 5.1.1-3。

表 5.1.1-1 土壤侵蚀强度分级标准表

侵蚀级别	平均侵蚀模数 $t/(km^2 a)$	平均流失厚度(mm/a)
微度侵蚀	<500	<0.37
轻度侵蚀	500-2500	0.37-1.9
中度侵蚀	2500-5000	1.9-3.7
强烈侵蚀	5000-8000	3.7-5.9
极强烈侵蚀	8000-15000	5.9-11.1
剧烈侵蚀	>15000	>11.1

表 5.1.1-2 面蚀分级指标表

地类		地面坡度				
		5°-8°	8°-15°	15°-25°	25°-35°	>35°
非耕地林草 覆盖度(%)	60-75	度				
	45-60	轻	度		强烈	
	30-45	中		强烈	极强烈	
	<30			强烈	极强烈	剧烈
坡耕地		轻度	中度			

表 5.1.1-3 项目建设区水土流失分布情况表

单位: hm^2

项目分区	扰动面积	微度	水土流失面积			
		流失区域	轻度流失	中度流失	强烈流失	小计
观测基地工程	118.09	84.48	31.9	1.66	0.05	33.61
测控基地工程	1.33	0.8	0.53	0	0	0.53
道路工程	15.42	8.61	6.62	0.17	0.02	6.81
施工便道	0.66	0	0.66			0.66
排洪工程	2.47	1.32	1.15			1.15
合计	139.97	95.21	40.86	1.83	0.07	42.76

5.1.2 水土流失面积分析

本工程水土保持监测时间为 2016 年 8 月至 2020 年 10 月, 扰动面积为 92.96hm^2 , 未扰动区面积为 44.37hm^2 , 由图可知, 水土流失面积呈现先增加后下降的趋势, 这是由于前期主要开展道路工程、排水工程等; 待道路工程施工完成后, 开始观测设施设备等的施工, 由于该区面积较大, 因此, 呈现增加的趋势, 在 2019 年第 2 季度, 水土流失面积达到监测期间最大为 70.18hm^2 , 此时为观测基地工区施工高峰期, 测控基地工程区和施工道路等的水土保持工程措施尚不完善, 植物措施覆盖度较低, 尚未发挥水土保持效益, 故该时间段水土流失面积较大。此后, 针对存在问题进行整改, 完善了各项水土保持措施, 随着各项水土保持措施效益的发挥, 水土流失面积逐渐降低。至自然恢复期, 根据监测成果, 各项水土保持措施效益充分发挥, 水土流失面积较小。本工程分季度水土流失面积见图 5.1。

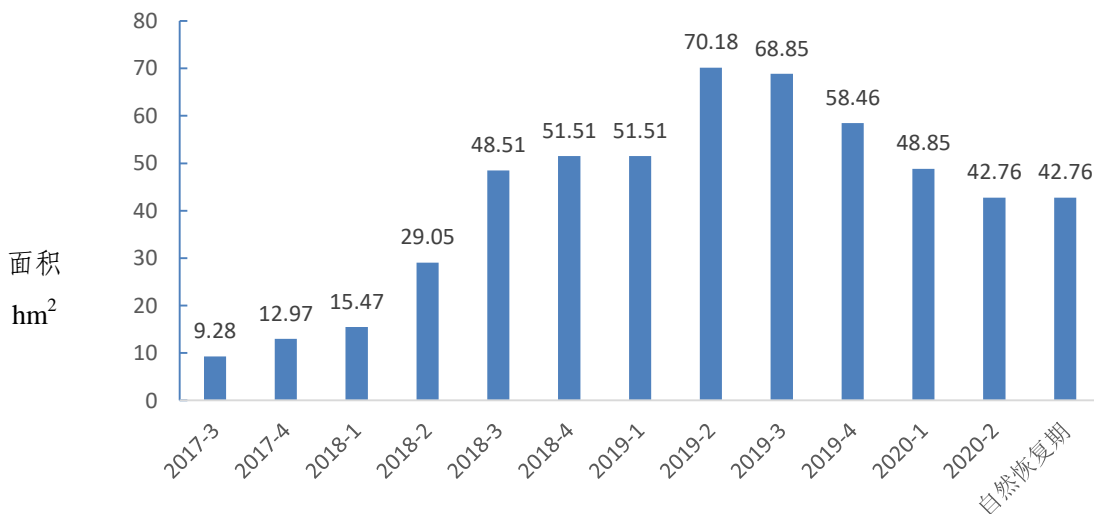


图 5.1 分季度水土流失面积图

5.2 土壤流失量

a) 原地貌土壤流失量

结合方案报告书与现场原始照片资料等，根据土壤侵蚀分类分级标准，对不同类型单元，采用专家判估、现场测定等方法获得各分区侵蚀模数。根据监测时段水土保持监测时间为3年，各分区水土流失量背景值详见表5.2-1。

表 5.2-1 原地貌土壤侵蚀模数估测成果表

序号	监测分区	面积 hm ²	背景值 t/km ² a	监测时间 a	水土流失量背景值 t
1	观测基地工程	118.09	1400	3	4960
2	测控基地工程	1.33	1400	3	56
3	道路工程	15.42	1400	3	648
4	施工便道	0.66	1400	3	28
5	排洪工程	2.47	1400	3	104
6	合计	139.97			5796

b) 扰动后土壤流失量

根据每个季度各个固定监测点监测、巡查监测等成果，统计分个季度的水土流失量，水土流失量最大为2019年第二季度，该季度水土流失面积最大，属于观测基地工程区建设高峰期，其他区域基本已经施工结束，水土保持措施也开始发挥防护效果。后随着观测基地工程的施工和水土保持措施的实施，水土流失量开始之间降低。

由表5.2-2可知：施工期的新增土壤流失量较大，这主要是由于观测基地工程区以及道路工程区等的边坡裸露面较多，坡面防护措施实施较迟，因此造成的水土流失量很大。随着各项水土保持措施的实施，水土流失量逐渐降低，新增土壤流失量明显减少，这主要是由于工程配套的水土保持措施(草皮养护、排水沟、沉沙池、临时覆盖、混播灌草籽等措施)起到了一定的防护效果，从一定程度上减少了水土流失。但是恢复期还是有一定的新增水土流失量，这主要是部分植物措施尚未完全发挥效益。

5.土壤流失情况监测

根据每季度监测成果，每季度的水土流失量见表 5.2-2。

表 5.2-2 分季度水土流失量

单位：t

序号	分区	水土流失量												自然恢复期
		施工期												
		2017-3	2017-4	2018-1	2018-2	2018-3	2018-4	2019-1	2019-2	2019-3	2019-4	2020-1	2020-2	
1	观测基地工程	0	25	46	68	486	523	537	641	602	546	351	178	157
2	测控基地工程	33	21	28	13	7	6	6	7	7	5	5	5	3
3	道路工程	138	98	85	89	69	60	57	59	50	49	37	24	32
4	施工便道	7	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3
5	排洪工程	27	13	10	11	4	4	4	4	4	4	4	4	5
6	合计	205	161	172	184	568	595	606	713	665	606	399	213	200

5.3 取土(石、料)弃土(石、渣)潜在土壤流失量

本工程无取土(石、料)场和弃土(石、渣)场。

本工程剥离的表土 16700 万 m³，集中堆存在表土堆存场内。表土堆存场潜在水土流失量主要发生在临时堆土边坡，主要时段为 2017 年 3 季度(部分临时堆土边坡未采取防护措施)，潜在土壤流失量约为 5.2t，未对周边道路等设施造成不利影响。建设单位发现潜在水土流失后为防止雨季雨水直接冲刷坡面，对表土堆存场采取编织布遮盖等措施，临时堆土的水土流失得到有效控制。

5.4 水土流失危害

本工程水土流失危害主要为：项目区海拔高、气候条件差，植物生长缓慢，土壤薄瘠，地表植被破坏后恢复难度较大，雨季易引发强烈的水土流失。建设单位根据现场实际情况，制定了《植被保护与恢复专项施工方案》，对灌丛草皮的剥离、养护以及施工时间等做了详细的安排，尽可能的保护高寒湿地、高寒草甸等的生态系统，大大减轻了水土流失危害。

6 水土流失防治效果监测结果

6.1 扰动土地整治率

本工程项目建设区占地面积为 139.97hm²，扰动面积 93.60hm²，未扰动面积 44.37hm²。至水土保持监测期末，各项水土保持措施占地面积 42.62hm²，建筑物及场地道路硬化面积 50.84hm²，扰动土地整治面积为 93.46hm²，扰动土地整治率为 99.85%，达到方案报告书确定的目标值。

本工程扰动土地整治情况分析见表 6.1。

表 6.1 扰动土地整治率

防治分区	占地面积 hm ²	未扰动面积 hm ²	扰动面积 hm ²	扰动土地治理面积 hm ²				扰动土地 整治率 %
				建筑物 及硬化	工程 措施	植物 措施	小计	
观测基地工程区	118.09	44.37	73.72	40.11	0.35	33.16	73.62	99.86
测控基地工程区	1.33	0	1.33	0.8	0.05	0.47	1.32	99.25
道路工程区	15.42	0	15.42	8.61	0.95	5.85	15.41	99.94
施工便道区	0.66	0	0.66			0.65	0.65	98.48
排洪工程区	2.47	0	2.47	1.32	0.07	1.07	2.46	99.6
合计	137.97	44.37	93.60	50.84	1.42	41.20	93.46	99.85

6.2 水土流失总治理度

本工程水土流失面积 42.76hm²。至水土保持监测期末，水土保持措施逐步到位，各分区植物措施生长良好，各措施的水土流失防治总面积达 42.62hm²，水土流失治理度为 99.67%，达到方案报告书确定的目标值。

本工程水土流失总治理度情况分析见表 6.2。

表 6.2 水土流失总治理度

防治分区	项目建设区面积 hm ²	未扰动面积 hm ²	建筑物及硬化面积 hm ²	水土流失面积 hm ²	水土流失治理面积 hm ²			水土流失总治理度 %
					工程措施	植物措施	小计	
观测基地工程区	118.09	44.37	40.11	33.61	0.35	33.16	33.51	99.7
测控基地工程区	1.33	0	0.8	0.53	0.05	0.47	0.52	98.11
永久道路区	15.42	0	8.61	6.81	0.95	5.85	6.8	99.85
施工临时道路区	0.66	0	0	0.66	0	0.65	0.65	98.48
防洪排导工程区	2.47	0	1.32	1.15	0.07	1.07	1.14	99.13
合计	137.97	44.37	50.84	42.76	1.42	41.20	42.62	99.67

6.3 拦渣率与弃渣利用情况

经过实地调查、监测，工程建设实际产生了 57.22 万 m³ 的余方，全部用于 MD 基坑覆土回填，国投部分基坑覆土基本与地方配套同步实施，施工中对表土和临时堆土进行了集中堆存，并采取了干砌石拦挡和编织布压盖等措施，拦渣率为 99.70%。达到水土保持方案确定的 95% 的目标防治要求。

6.4 土壤流失控制比

根据土壤侵蚀分类标准，结合项目区植被及土壤侵蚀调查，项目区土壤侵蚀以水力侵蚀为主，属以水力侵蚀为主的西南土石山区，其水土流失等级为中度，土壤容许值为 500t/km².a。截至 2021 年 6 月，建设区域水土流失防治措施已经实施完成。结合现场的实际调查得知平均土壤流失量为 466t/km² a，土壤流失控制比达 1.07，达到方案报告书确定的目标值。

6.5 林草植被恢复率

本工程施工扰动原地表、损坏土地和植被面积 93.60hm²，未扰动土地面积为 44.37hm²，未扰动区域植被面积 7.86hm²，可恢复林草植被面 41.34hm²，恢复的林草植被面积 41.20hm²，林草植被恢复率为 99.66%，达到方案报告书确定的目标值。

6.6 林草覆盖率

项目建设区占用土地面积按 139.97hm² 计，至水土保持监测期末，林草植被面积为 49.06hm²，其中未扰动区域植被面积 7.86hm²，恢复植被面积 41.20hm²，故林草覆盖率为 35.56%，达到方案报告书确定的目标值。

林草植被恢复率及林草覆盖率分析见表 6.6。

表 6.6 林草植被恢复率及林草覆盖率分析表

序号	分区	项目建设区面积 hm ²	未扰动区域 植被面积 hm ²	可恢复植 被面积 hm ²	已恢复植 被面积 hm ²	林草植被 恢复率 %	林草 覆盖率 %
1	观测基地工程区	118.09	7.86	33.25	33.16	99.73	34.74
2	测控基地工程区	1.33	0	0.48	0.47	97.92	35.34
3	永久道路区	15.42	0	5.87	5.85	99.66	37.94
4	施工临时道路区	0.66	0	0.66	0.65	98.48	98.48
5	排洪工程区	2.47	0	1.08	1.07	99.07	43.32
合计		139.97	7.86	41.34	41.20	99.66	35.56
计算公式：林草植被恢复率=(实际恢复林草植被面积/可恢复林草植被面积)×100% 林草覆盖率=(林草总面积/项目建设区面积)×100%							

7 结论

7.1 水土流失动态变化

根据监测成果，本工程扰动地表面积 139.97hm²，扰动面积 93.60hm²，未扰动面积 44.37 hm²，监测时段内水土流失面积 42.76hm²，水土流失总量为 25523t，平均土壤侵蚀模数为 4647t/km² a。

施工期内，水土保持工程措施基本与主体工程基本同时进行，但测控基地植物恢复略有滞后，各项水土保持措施至施工期末才开始发挥效益，施工期内土壤流失控制比为 0.25，小于目标值。至植被恢复期，各项指标达到或超过本工程设置的水土流失防治标准，水土流失基本得到控制，有效地保护和改善项目区的生态环境。

本工程水土流失防治目标达标情况见表 7.1。

表 7.1 本工程水土流失防治目标达标情况表

序号	指标	单位	水土流失防治标准		
			方案报告书确定的防治标准	本工程实际防治标准	达标情况
1	扰动土地整治率	%	95	99.85	达标
2	水土流失总治理度	%	95	99.67	达标
3	土壤流失控制比	-	0.8	1.07	达标
4	拦渣率	%	95	99.70	达标
5	林草植被恢复率	%	97	99.66	达标
6	林草覆盖率	%	25	35.56	达标

7.2 水土保持措施评价

2017 年 5 月至 2021 年 10 月期间，我公司监测人员分多次对各分部水土保持工程进行现场调查、巡查监测。监测时采用现场量测、巡查监测、资料分析等方法，对水土保持措施进行评价。

根据外业调查，结合工程竣工进行核算，得出以下监测结论：

a) 工程措施

各分区土地整治、排水措施施工质量良好，其中观测基地工程区设置了表土剥离、浆砌石排水沟、土地整治等，各项措施施工质量良好，根据抽样检测资料分析，认为水土保持监理结论与实际相符，认为水土保持工程原材料、中间产品和成品质量合格，合

合格率 100%；结构尺寸基本符合设计要求，外形整齐，工程质量合格，合格率 100%。测控基地区设置了排水管、砖砌排水暗沟、浆砌石排水沟和土地整治等，根据抽样检测资料分析，认为水土保持工程原材料、中间产品和成品质量合格，合格率 100%；结构尺寸基本符合设计要求，外形整齐，工程质量合格，合格率 100%。道路工程区设置了表土剥离、草皮养护、排水沟和土地整治等，根据抽样检测资料分析，认为水土保持工程原材料、中间产品和成品质量合格；结构尺寸基本符合设计要求，外形整齐，工程质量合格。施工便道区设置了土地整治等，根据抽样检测资料分析，认为水土保持工程原材料、中间产品和成品质量合格，合格率 100%；外形整齐，工程质量合格，合格率 100%。

b)植物措施

各分区除建筑物及场地道路硬化面积及工程措施占地外，基本上实施了植物措施，其中在观测设备区移植草皮、撒播草籽等；在测控基地景观绿化；在道路边坡撒播种草和草皮移植；施工便道平整后撒播种草；排洪工程区撒播种草等。从现场考察情况看自然修复情况良好，植物覆盖率较高，能够有效防治水土流失。总体来看本工程植物措施满足水土保持要求，根据抽样调查结果各植物措施生长良好。

c)水土保持临时措施评价

本工程建设比较重视水土保持工作，在回填施工过程中采取临时拦挡措施措施，对临时堆土采取了临时覆盖措施，有效的减少了工程施工中水土流失，减少了工程实施对项目区及其周边生态环境的影响。

7.3 存在问题及建议

a) 项目区海拔高、气候条件差，植物生长缓慢，土壤薄瘠，地表植被破坏后恢复难度较大，建议加强对草皮的养护工作。

b) 建议建设单位高度重视运行期间的水土流失治理及管护责任，积极配合当地相关主管部门，做好水土保持措施的管护工作，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。

7.4 综合结论

中国科学院成都分院高度重视水土保持工作，成立了水土保持工作机构，按方案报告书的要求，采取拦挡、排水、沉沙、覆盖以及植被恢复等措施，治理水土流失。

根据水土保持监测成果，至 2021 年 10 月，本工程扰动土地整治面积为 139.97hm^2 ，建筑物及场地道路硬化面积 50.84hm^2 ，水土保持措施占地面积 42.62hm^2 ，其中植物措施面积 41.20hm^2 ，项目区土壤侵蚀模数为 $466\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，施工期扰动土地整治率达到 99.85%，水土流失总治理度达 99.67%，土壤流失控制比达到 1.07，拦渣率达到 99.70%，林草植被恢复率达到 99.66%，林草覆盖率达到 35.56%，达到方案报告书水土流失防治目标。

建议运营管理机构做好后期水土保持工程养护。对损坏的工程措施及时进行维修，确保正常运行和发挥效益；在雨季之前清理淤积的排水沟，保证汛期排水畅通；加强运行期的植物措施养护工作，以保证林草正常生长，使水土保持工程能够最大限度地发挥保持水土的功能，使项目区水土流失将得到控制，生态环境将得到改善。

8 附图及有关资料

8.1 附图

- (1) 项目区地理位置示意图
- (2) 监测分区及监测点布设图
- (3) 防治责任范围图

8.2 有关资料

- (1) 监测影像资料
- (2) 监测季度报告
- (3) 其他项目监测工作相关的资料

附件 1 水土保持方案报告书批复

四川省水利厅

川水函〔2015〕1751 号

四川省水利厅关于高海拔宇宙线 观测站地方配套建设项目水土保持方案的批复

中国科学院成都分院：

你院《关于申请审批〈高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目水土保持方案报告书〉的函》（科成发函字〔2015〕127 号，省政府政务服务中心受理编号：510000-20151211-000023）收悉。经研究，我厅基本同意该工程水土保持方案，现批复如下：

一、高海拔宇宙线观测站地方配套建设项目位于四川省甘孜州稻城县境内，为建设类新建工程，由观测基地工程、测控基地工

— 1 —

程、道路广场、施工便道工程及防洪排导工程组成。工程总占地面积 139.74hm²，其中永久占地 138.82hm²，临时占地 0.92hm²。工程挖方总量 84.81 万 m³(含表土剥离 0.44 万 m³，自然方，下同)，填方总量 77.91(含表土回覆 0.44 万 m³)，综合利用 6.90m³，无弃方。工程总投资 108300 万元，其中土建投资 6612.6 万元。工程计划于 2016 年 9 月开工，建设总工期 14 个月。

二、方案编制依据充分，内容全面，资料详实，图表规范。对工程及工程区概况介绍清楚，防治目标明确，防治责任范围界定清楚，水土流失防治措施总体布局合理，防治措施可行，基本达到水土保持方案可行性研究阶段深度，可作为下阶段水土保持工作的依据。

三、工程区水土流失现状分析合理。工程区为台地、宽阔河谷地貌，多年平均降水量 657.3mm。工程区水土流失以轻度侵蚀水力为主，属金沙江岷江上游及三江并流国家级水土流失重点预防区，容许土壤流失量为 500t/km²·a。

四、同意方案对主体工程水土保持的分析与评价，本工程无水土保持制约性因素，工程建设可行。

五、同意方案确定的水土流失防治责任范围，面积共计 139.74hm²。水土流失防治分区划分为观测基地工程区、测控基地工程区、永久道路区、施工临时道路区及防洪排导工程五个防治

分区。

六、同意该工程水土流失防治执行建设类项目一级防治标准。

七、方案中防治措施总体布局合理,基本同意各分区主要防治措施为:

(一)观测基地工程区。主体设计了浆砌石排水沟进行防护。方案新增施工前进行表土及草皮剥离,施工中在主体设计的排水沟出口修建浆砌石沉砂池,并设置临时排水、沉砂、遮盖、挡护及防护围栏等措施,施工结束后进行土地整治、覆土及植被恢复。

(二)测控基地工程区。主体设计了排水管及景观绿化措施。方案新增施工中设置临时排水、沉砂、遮盖及防护围栏等措施,施工结束后对景观绿化区域进行土地整治,并对停车位采用植草砖进行铺设。

(三)永久道路区。主体设计了浆砌石排水沟进行防护。方案新增施工前进行表土及草皮剥离,施工中在主体设计的排水沟出口修建浆砌石沉砂池,施工结束后进行土地整治及植被恢复。

(四)施工临时道路区。施工结束后进行土地整治及植被恢复。

(五)防洪排导工程。主体设计在导流渠出口进行碎石铺设。方案新增施工中设置临时遮盖措施,施工结束后进行土地整治及植被恢复。

八、基本同意水土保持监测时段、范围、内容和方法,下阶段要进一步细化监测方案。

九、基本同意水土保持方案投资估算编制的原则、依据、方法和费率标准。本工程水土保持总投资 1386.91 万元(新增水土保持投资 545.51 万元)。

十、基本同意水土保持方案实施进度安排,建设单位要严格按照审批的水土保持方案所确定的进度组织实施水土保持工程。

十一、建设单位在工程建设中要重点做好以下工作:

(一)按照批复的水土保持方案,做好水土保持初步设计、施工图设计等后续设计,加强施工组织和管理,切实落实水土保持“三同时”制度,并接受工程所在地各级水行政主管部门的监督检查。

(二)严格按方案要求落实水土保持各项措施。各类施工活动要严格限定在用地范围内,严禁随意占压、扰动和破坏地表植被,做好草皮的后期利用。根据方案要求合理安排施工时序和水土保持措施实施进度,做好水土保持临时防护措施,严格控制施工期间可能造成水土流失。

(三)切实做好水土保持监测工作,并将监测情况定期上报当地水行政主管部门。

(四)落实并做好水土保持监理工作,确保工程建设质量和进

度。

(五)工程开工前应向我厅如实报送该项目征占地面积并一次性缴纳水土保持补偿费。

(六)本工程的建设地点、规模如发生重大变化,应及时补充或修改水土保持方案,并报我厅审批。水土保持方案实施过程中,水土保持措施如需做出重大变更的,须报我厅批准。

十二、按照水土保持法的规定,本工程在投产使用前应通过水土保持设施验收。

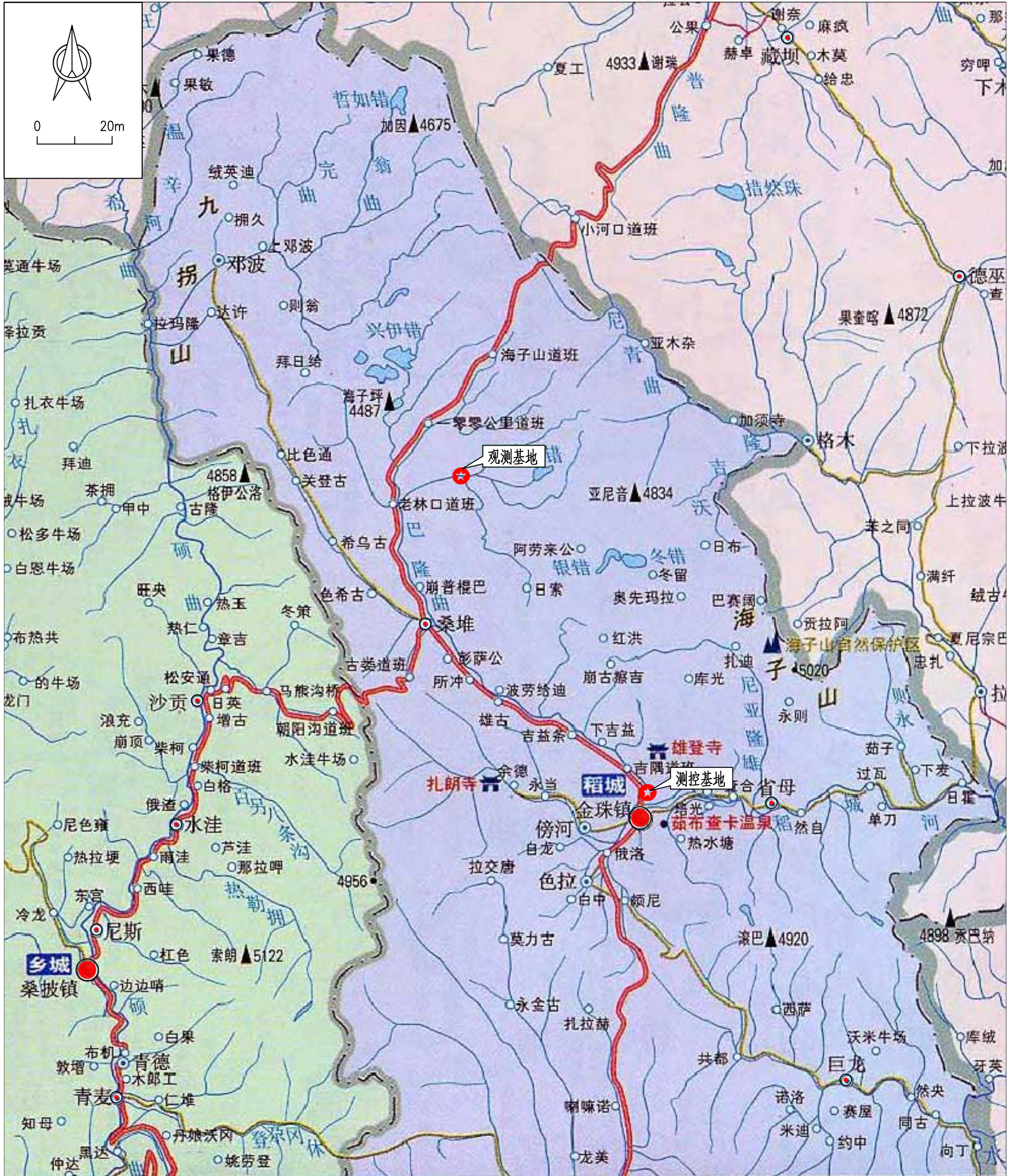


信息公开选项：依申请公开

抄送：水利部水土保持司，长江委水土保持局，省发展改革委，环境保护厅，省水利综合监察总队，省水土保持生态环境监测总站，甘孜州水务局，稻城县水务局，中国科学院，水利部成都山地灾害与环境研究所。

四川省水利厅办公室

2015年12月15日 印发



图例

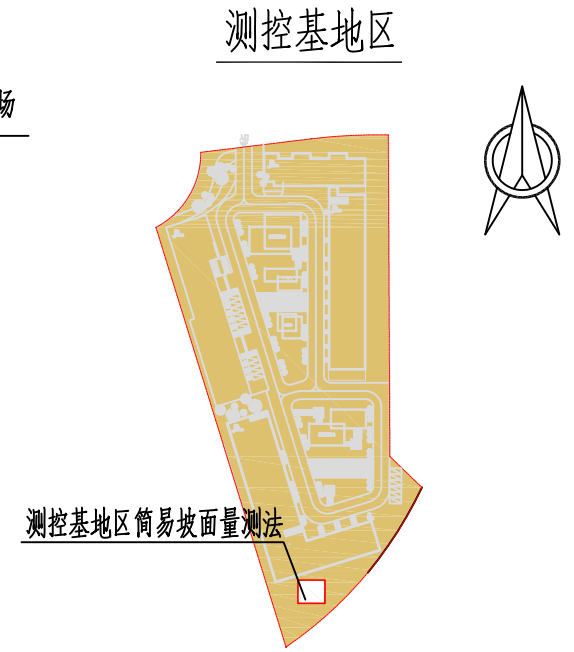
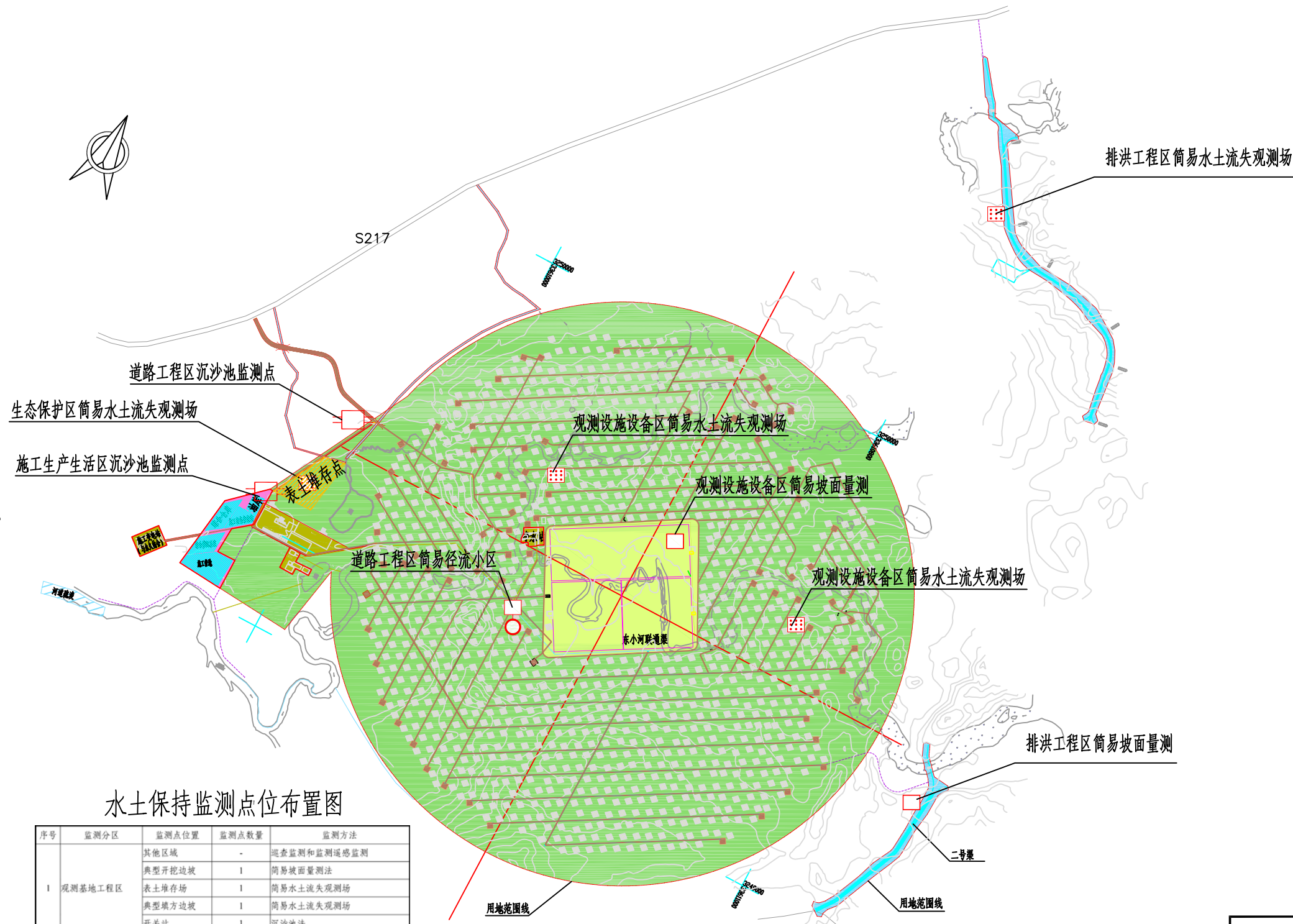
- ⊙ 县
- 乡镇
- 村
- 省道
- 河流
- ★ 本工程

附图01 地理位置示意图

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司
POWERCHINA ZHONGNAN ENGINEERING CORPORATION LIMITED

核准		高海拔宇宙线观测站地方配套工程	竣工设计
核定			水保部分
审查	<i>[Signature]</i>	地理位置示意图	
校核	<i>[Signature]</i>		
设计	<i>[Signature]</i>		
发证单位	住房和城乡建设部	比例	见图
设计号	A143000032	图号	YZX-STBC-01
		日期	2021.10

附图2 水土保持监测点位布置图 1:2000



说明:
 1.本图为1980西安坐标系, 1985国家高程基准。
 2.图中坐标单位以m计。

水土保持监测点位布置图

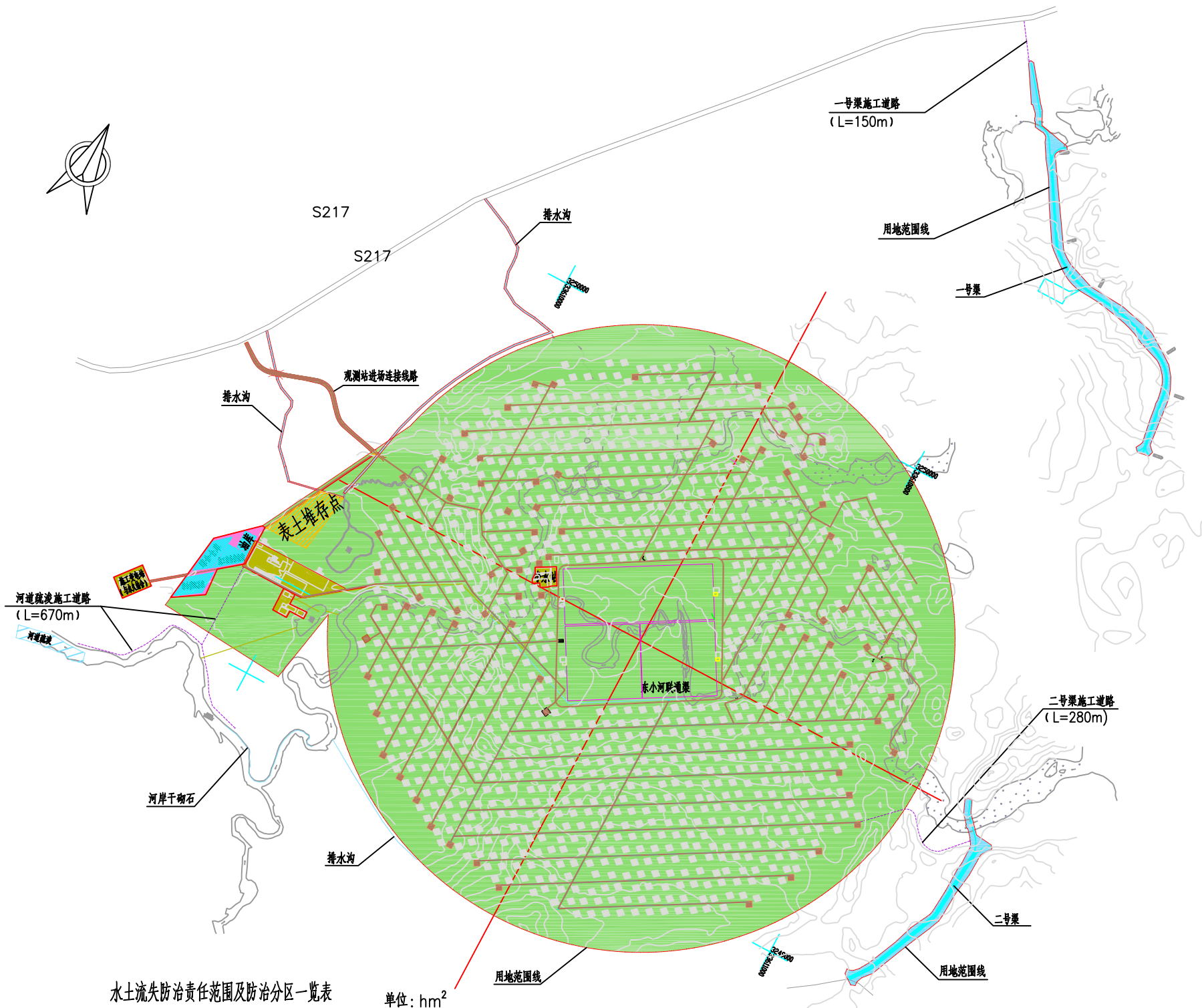
序号	监测分区	监测点位置	监测点数量	监测方法
1	观测基地工程区	其他区域	-	巡查监测和监测遥感监测
		典型开挖边坡	1	简易坡面量测法
		表土堆存场	1	简易水土流失观测场
		典型填方边坡	1	简易水土流失观测场
		开关站	1	沉沙池法
2	排洪工程区	其他区域	-	巡查监测和监测遥感监测
		典型开挖边坡	1	简易坡面量测法
		典型填方边坡	1	简易水土流失观测场
3	道路工程区	其他区域	-	巡查监测和监测遥感监测
		典型填方边坡	1	简易坡面量测法
		典型开挖边坡	1	简易坡面量测法、沉沙池法
		其他扰动区域	-	巡查监测和监测遥感监测
4	施工便道区	其他区域	-	巡查监测和监测遥感监测
		典型填方边坡	1	简易坡面量测法
5	测控基地工程区	其他区域	-	巡查监测
		典型开挖边坡	1	简易坡面量测法
合计			10	

- 沉沙池监测点
- 简易监测小区
- 简易水土流失观测场
- 简易坡面量测

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司
 POWER CHINA SOUTH SURVEYING AND DESIGN RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

核准		高海拔宇宙线观测站地方配套工程	竣工设计
核定			水保部分
审查			水土保持监测点位布置图
校核			
设计			
发证单位	住房和城乡建设部	比例	见图
设计证号	A143000032	图号	YZX-STBC-02
		日期	2021.10

附图3 水土流失防治责任范围图



说明：
 1. 本图为1980西安坐标系，1985国家高程基准。
 2. 图中坐标单位以m计。
 3. 比例尺：1:2000。

水土流失防治责任范围及防治分区一览表

单位：hm²

序号	项目	方案报告书			监测面积			变化情况		
		项目建区	直接影响区	小计	项目建区	直接影响区	小计	项目建区	直接影响区	小计
1	观测基地工程区	121.96	0	121.96	118.09	0	118.09	-3.87	0	-3.87
2	测控基地工程区	1.33	0	1.33	1.33	0	1.33	0	0	0
3	道路工程区	14.73	0	14.73	15.42	0	15.42	0.69	0	0.69
4	施工便道区	0.75	0	0.75	0.66	0	0.66	-0.09	0	-0.09
5	排洪工程区	0.97	0	0.97	2.47	0	2.47	1.5	0	1.5
6	合计	139.74	0	139.74	137.97	0	137.97	-1.77	0	-1.77

图例

- 观测设施设备区
- 测控基地区
- 施工便道区
- 道路工程区
- 排洪工程区

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司
 CHINA ZHONGNAN ENGINEERING & CONSULTING GROUP CO., LTD.

核准			竣工设计
核定		高海拔宇宙线观测站地方配套工程	水保部分
审查	<i>[Signature]</i>	水土保持监测点位布置图	
校核	<i>[Signature]</i>		
设计	<i>[Signature]</i>		
发证单位	住房和城乡建设部	比例	见图
设计证号	A143000032	图号	YZX-STBC-03
		日期	2021.10