

前 言

高海拔宇宙线观测站（以下简称“本项目”）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，站址中心点位置为东经 $100^{\circ} 08' 19.6''$ ，北纬 $29^{\circ} 21' 27.6''$ ，海拔 4400m。测控基地位于稻城县城内，地理位置东经 $100^{\circ} 19' 13.64''$ ，北纬 $29^{\circ} 01' 37.88''$ ，海拔 3740m。两基地直线距离约 40km，公路距离约 70km，测控基地紧临省道 S217，对外交通条件较为方便。

高海拔宇宙线观测站建设单位为中国科学院成都分院，为新建建设类点型工程。项目包括观测基地和测控基地，其中观测基地由观测设施设备区、辅助设施工程、排洪工程、道路工程、施工生产生活设施区和工程管理区 6 部分组成。观测基地建设内容由地面簇射粒子阵列、水切伦科夫探测器阵列、广角切伦科夫望远镜阵列组成，地面簇射粒子阵列(KM2A)包括在 1km^2 范围内布置 5195 个电磁粒子探测器(ED)和 1171 个缪子探测器阵列(MD)；水切伦科夫探测器阵列(WCDA)包括以测量簇射粒子在水中产生的切伦科夫光为探测技术的 78000m^2 探测器阵列；广角切伦科夫望远镜阵列(WFCTA)包括建设 12 台测量簇射极大深度的广角切伦科夫望远镜阵列。测控基地建设内容包括测控楼 1 栋、综合楼 1 栋，建筑面积 3050m^2 。

本项目实际占地面积为 136.66hm^2 ，其中永久性占地 133.9hm^2 ，临时性占地 2.76hm^2 。观测基地占地面积 135.33hm^2 ，测控基地占地面积 1.33hm^2 ，占地类型为草地、水域及水利设施用地和其他土地。工程开挖土石方 71.05 万 m^3 （含表土剥离 1.09 万 m^3 ），回填利用总量约 71.05 万 m^3 （含表土回覆 1.09 万 m^3 ），无借方，土石方内部调运平衡，无余方，本项目未设置弃渣场。

项目总工期（含地方配套建设项目）共 60 个月，地方配套建设项目于 2016 年 9 月开工，本项目于 2017 年 11 月开工，于 2021 年 8 月完工。项目总投资 120899 万元，其中土建投资 28048 万元，资金来源为国家、地方投资及建设单位自筹。

按照《中华人民共和国水土保持法》、《〈中华人民共和国水土保持法〉实施条例》，《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T51240-2018）、水利部办公厅关于印发《生产建设项目水土保持监测规程（试行）》的通知(办水保〔2015〕139号)和四川省水利厅关于加强生产建设项目水土保持监测及成果报送工作的通知（川水函[2020]1883号）、《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》（办水保[2020]161号）等法律、法规和文件中针对编制水土保持方案报告书的项目，建设和管

理单位需开展水土保持监测工作。为此，中国科学院成都分院于2021年5月委托四川宏顺华建工程设计咨询有限公司（以下简称“我公司”）开展高海拔宇宙线观测站的建设期水土保持效果监测工作。

本项目主要有观测设施设备监测区、辅助设施工程监测区、排洪工程监测区、道路工程监测区、施工生产生活设施监测区、工程管理监测区和测控基地监测区共7个水土保持监测分区。工程区水土流失以水力侵蚀为主，冻融侵蚀次之，允许土壤侵蚀模数为 $500t/(km^2 \cdot a)$ 。

我公司接受委托后，立刻组织水土保持监测专业技术人员成立高海拔宇宙线观测站监测项目组（以下简称“项目组”），多次进入现场进行实地踏勘。之后，项目组按照水土保持监测技术规程规范的相关要求，在建设单位中国科学院成都分院、参建施工单位和监理单位的大力协助下，顺利开展了高海拔宇宙线观测站水土保持监测工作，通过回顾性调查及完善施工过程资料，于2021年9月完成监测工作。

各项水土保持措施发挥了有效的水土保持防治效果，扰动土地和可能发生水土流失的场所得及时整治；可绿化区域采取林草恢复措施，达到水土保持和绿化、美化的良好效果；施工区水土保持状况总体上满足工程的水土保持要求。根据监测结果，工程区土壤侵蚀强度为微度，满足国家规定的相关土壤容许流失量要求。监测结果表明，至设计水平年结束，项目区扰动土地整治率达到99.64%、水土流失治理度达到99.20%、土壤流失控制比达到1.07、拦渣率达到99.99%、林草植被恢复率达到99.16%、植被覆盖率达到55.69%，水土保持监测三色评价为绿色，六项防治标准均能达到并超过水保方案设计 & 现行国家规定的水土流失防治目标。

2021年9月，根据项目组对本项目水土保持监测成果综合分析，最终形成《高海拔宇宙线观测站水土保持监测总结报告》。在现场工作和报告编制过程中得到了中国科学院成都分院的大力支持与协助，同时得到了四川省水利厅等主管部门的指导和帮助，在此一并表示诚挚的感谢！

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				
建设规模	观测基地建设 1km ² 地面簇射粒子阵列, 78000 m ² 的大面积水切伦科夫探测器; 12 台广角切伦科夫望远镜; 测控基地建设测控楼 1 栋、综合楼 1 栋, 建筑面积 3050m ²	建设单位及联系人	中国科学院成都分院 杜金艳/18628345373		
		建设地点	甘孜藏族自治州稻城县		
		所属流域	长江流域		
		工程总投资	120899 万元		
		工程总工期	总工期(含地方配套建设项目)共 60 个月, 地方配套建设项目于 2016 年 9 月开工, 本项目于 2017 年 11 月开工, 于 2021 年 8 月完工		
水土保持监测指标					
监测单位	四川宏顺华建工程设计咨询有限公司		联系人及电话	李通 156 0807 5343	
地貌类型	河谷地貌		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)	
	水土流失状况监测	回顾调查、巡查监测	防治责任范围监测	调查、巡查、遥感监测	
	水土保持措施情况监测	回顾调查、巡查监测	防治措施效果监测	调查、巡查、遥感监测	
	水土流失危害监测	回顾调查、巡查监测	水土流失背景值	1500t/km ² ·a	
方案设计水土流失防治责任范围	136.66hm ²	土壤容许流失量	500t/km ² ·a		
水土保持投资	2020.50 万元	水土流失验收值	466t/km ² ·a		
防治措施	工程措施	观测设施设备区: 草皮剥离 77500m ² 、草皮养护 57100m ² 、表土剥离 6510m ³ 辅助设施区: 排水沟 1925m、草皮剥离 12800m ² 、草皮养护 12800m ² 、表土剥离 378m ³ 排洪工程区: 表土剥离 1264m ³ 、涵洞排水沟 883m 道路工程区: 沉砂池 10 座、表土剥离 1980m ³ 、草皮剥离 94400m ² 、草皮养护 94400m ² 、土地平整 0.66hm ² 、路基排水 21634m 测控基地区: 表土剥离 720m ³ 、排水沟 280m、排水管网 260m			
	植物措施	观测设施设备区: 草皮回铺 104600m ² 、回覆表土 6580m ³ 、撒播草籽 32700m ² 辅助设施区: 草皮回铺 1900m ² 、撒播草籽 770m ² 排洪工程区: 表土回铺 4330m ² 、撒播草籽 10740m ² 道路工程区: 草皮回铺 78200m ² 、撒播草籽 1900m ² 测控基地区: 景观绿化 4718m ²			
	临时措施	观测设施设备区: 干砌石拦挡 5012m ³ 、土工布覆盖 56800m ² 、防尘网覆盖 78600m ² 辅助设施区: 防尘网覆盖 5580m ² 排洪工程区: 防尘网覆盖 6860m ² 、编织土袋挡墙 182.6m ³ 道路工程区: 永久道路防尘网覆盖 36800m ² 、永久道路编织土袋挡墙 710m ³ 、临时道路排水沟 1248m、临时道路沉砂池 10 座 施工生产生活区: 土工布覆盖 12400m ² 、临时排水沟 830m、临时沉砂池 8 座 工程管理区: 土工布覆盖 22310m ² 、防尘网覆盖 15600m ² 、编织土袋挡墙 280m ³ 测控基地区: 防尘网覆盖 4210m ² 、编织土袋挡墙 68m ³			
监测	防	分类指标	目标值	完成值	实际监测数量

结论	治 效 果	扰动土地整 治率	95%	99.56%	防治措施 面积	43.21 hm ²	建筑物及 硬化面积	52.92 hm ²	扰动土地 总面积	96.48hm ²	
		土壤流失控 制比	1.0	1.07	防治责任范围面积	136.66hm ²	水土流失面积			43.56hm ²	
		水土流失总 治理度	99%	99.20%	工程措施面积	2.01hm ²	容许土壤流失量			500t/km ² •a	
		拦渣率	95%	99.99%	植物措施面积	41.20hm ²	监测土 壤流失 情况	建设 期			466t/km ² •a
		林草植被恢 复率	99%	99.16%	可恢复林草植被面 积	41.55hm ²	林草类植被面积			76.11hm ²	
		林草覆盖率	27%	55.69%	实际拦渣弃土量	71.05 万 m ³	总弃土量			0	
	水土保持治理 达标评价	六项均指标达到了《生产建设项目水土流失防治标准》(GB 50434-2018) 西南紫色土区一级标准要求, 水土保持效果显著									
	总体结论	建设单位对水土流失防治责任范围内的水土流失进行了较全面、系统的整治, 完成了水土保持方案确定的各项防治任务。施工过程中的水土流失得到了有效控制, 工程区的平均水土流失强度下降到微度。经过系统整治, 工程区的生态环境将有明显改善, 总体上发挥了较好的保水保土、改善生态环境的作用									
	主要建议	加强对水土保持措施管护									

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	23
1.3 监测工作实施情况	24
2 监测内容与方法	30
2.1 扰动土地情况	31
2.2 取料（土、石）、弃渣（土、石、矸石、尾矿等）	31
2.3 水土保持措施	32
2.4 水土流失情况	33
3 重点对象水土流失动态监测	36
3.1 防治责任范围监测	36
3.2 取料监测结果	38
3.3 弃渣监测结果	38
3.4 土石方流向情况监测结果	38
3.5 其他重点部位监测	41
4 水土流失防治措施监测结果	42
4.1 工程措施监测结果	42
4.2 植物措施监测结果	45
4.3 临时防护措施监测结果	47
4.4 水土保持措施防治效果	48
5 土壤流失情况监测	50

5.1 水土流失面积	50
5.2 土壤流失量	50
5.3 潜在土壤流失量	51
5.4 水土流失危害	52
6 水土流失防治效果监测结果	53
6.1 水土流失总治理度	53
6.2 水土流失总治理度	53
6.3 土壤流失控制比	54
6.4 拦渣率	54
6.5 林草植被恢复率	55
6.6 林草覆盖率	55
7 结论	57
7.1 水土流失动态变化	57
7.2 水土保持措施评价	58
7.3 存在的问题与建议	59
7.4 综合结论	59
8 附图及有关资料	61
8.1 附件	61
8.2 附图	61
8.3 水土保持监测成果	61

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 地理位置

高海拔宇宙线观测站由观测基地和测控基地两个部分组成。观测基地位于四川省甘孜州稻城县桑堆乡，与桑堆乡直线距离 30km，与稻城亚丁机场直线距离 10km，该地块位于稻城河上游巴隆曲源头的四川海子山国家级自然保护区的实验区范围内，紧邻 217 省道，站址中心点位置为东经 $100^{\circ} 08' 19.6''$ ，北纬 $29^{\circ} 21' 27.6''$ ，海拔 4400m。测控基地位于稻城县城北滨河路祥云酒店附近，地理位置东经 $100^{\circ} 19' 13.64''$ ，北纬 $29^{\circ} 01' 37.88''$ ，海拔 3740m，与观测基地车程约 30min。

1.1.1.2 项目规模及特性

项目名称：高海拔宇宙线观测站；

建设性质：新建建设类；

建设内容：主要由地面簇射粒子阵列、水切伦科夫探测器阵列、广角切伦科夫望远镜阵列和地方配套建设项目组成。地面簇射粒子阵列(KM2A)包括在 1km^2 范围内布置 5195 个电磁粒子探测器(ED)和 1171 个缪子探测器阵列(MD)；水切伦科夫探测器阵列(WCDA)包括以测量簇射粒子在水中产生的切伦科夫光为探测技术的 78000m^2 探测器阵列；广角切伦科夫望远镜阵列(WFCTA)包括建设 12 台测量簇射极大深度的广角切伦科夫望远镜阵列。地方配套建设项目包括新建位于室外的地面簇射粒子阵列(KM2A)、广角切伦科夫望远镜阵列(WFCTA)等设施基础、新建水切伦科夫探测器阵列(WCDA)、装配大厅、变配电站、水处理机房、附属用房等公用配套设施，总建筑面积 83144.79m^2 。

本项目由中国科学院成都分院作为法人单位，中国科学院高能物理研究所作为项目共建单位。地方配套建设项目由四川省人民政府负责建设；

工程建设地点：甘孜藏族自治州稻城县；

工程建设期：项目总工期（含地方配套建设项目）共 60 个月，地方配套建设项目于 2016 年 8 月开工，本项目于 2017 年 11 月开工，于 2021 年 8 月完工；

工程投资及资金筹措：本项目总投资为 120899 万元，其中土建投资 28048 万元，资金来源为国家、四川省投资及建设单位自筹。

1.1.1.3 项目组成

根据现场实际资料，高海拔宇宙线观测站为新建建设类项目，主体工程由观测基地、测控基地两大部分组成。本工程项目组成详见表 1.1-1。

表 1.1-1 项目组成表

项目组成		项目组成概况
观测基地工程	观测设施设备工程	1 km ² 地面簇射粒子阵列(KM2A), 包括 5195 个电磁粒子探测器(ED)和 1171 个缪子探测器(MD), 78000 m ² 的大面积水切伦科夫探测器(WCDA); 12 台广角切伦科夫望远镜(WFCTA)
	辅助设施工程	由入口管理用房、入口装配用房、供水工程、净水站、供电工程、排水工程、围栏工程等组成
	排洪工程	包括引水渠 1095m, 其中一号渠长 675m, 二号渠长 420m, 均为梯形断面修砌; 场外排水沟 883m, 主要排导 S217 涵洞来水; WCDA 占地范围内东小河口联通渠 480m; 河道疏浚 100m, 位于南小河、巴隆曲汇合口下游巴隆曲淤堵段; 河岸干砌石 150m, 场区西南侧南小河、巴隆曲汇合口上下游南小河、巴隆曲段对裸露的河岸采用当地块石干砌保护
	道路工程	永久道路总长 23.41km, 包括观测基地进场道路和场内主干、次干道路三部分, 其中进场道路长 0.374km, 水泥路面, 路面宽 6.5m; 场内主干道 6.268km, 现浇混凝土路面, 路面宽度 4.5m; 次干道长 16.764km, 混凝土路面, 路基宽度 3.5m; 临时道路总长 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, 施工便道路路面宽 3.0m, 土质路面。
	施工生产生活设施	共设置 2 处施工生产生活场地, 位于观测基地征地范围内。包含施工营地、仓库、简易维修区、设备停放场等
测控基地		测控基地占地面积 1.33hm ² , 建测控楼 1 栋、综合楼 1 栋, 建筑物占地面积 1618m ² , 建筑面积 3050m ²

一、观测基地工程

观测基地占地总面积 135.33hm², 由观测设施设备区、辅助设施工程、排洪工程、道路工程、施工生产生活设施区和工程管理区 6 部分组成。

(1) 观测设施设备

本工程观测设施设备区由三部分组成, 一是 1km² 地面簇射粒子阵列(以下简称为“KM2A”), 包括 5195 个电磁粒子探测器(以下简称为“ED”)和有效面积 42000m² 的 1171 个缪子探测器(以下简称为“MD”); 二是 3000 个探测单元的 78000m² 的大面积水切伦科夫探测器(以下简称为“WCDA”); 三是 12 台广角切伦科夫望远镜(以下简称为“WFCTA”)。各个部分探测器独立分工、密切配合, 对空气簇射的不同组份进行探测,

共同实现对宇宙线和伽马射线的多参数精确测量。

表 1.1-2 观测设施设备基本情况表

序号	观测设备	单位	数量
1	MD 阵列	m ²	42000
2	ED 阵列	m ²	5195
3	WCDA 阵列	m ²	5000
4	WFCTA 阵列	t 台	12

(2) 辅助设施工程

辅助设施工程区，由入口装配、实验及办公用房、净水站、给排水工程、供电工程、围栏工程等组成。

a) 装配、实验及办公用房

根据使用功能的要求，将其置于场地的西北侧，同时也紧邻观测站的入口，交通流线清晰便捷，减小对其他功能区的干扰，占地面积 0.38hm²，包括装配大厅、室外安装平台、附属用房、门卫室等。

b) 水处理工程

本工程实施了水净化与循环系统。通过管道在就近河流取水，引入水处理泵房。4 套净水循环系统(净水循环站)、1 套净水注/补水系统和 1 套排水回用系统(净水站)和 1 套超纯水制备系统(超纯水站)。

c) 给水工程

根据《LHAASO 土建工程可行性研究方案征集文件》，观测基地运行期用水量 461.6m³/d，处理工艺为取水+沉淀+过滤+超纯水处理。给水工程主要涉及超纯水处理工艺原水箱之前的取水、输水、处理工程。

取水位置为巴隆曲河道下游处。在河岸北侧设置取水泵站，经加平流沉淀池、调节池、加压泵站、输水管道，运输至 WCDA 超纯水制备车间。岸边式取水泵房尺寸：L × B × H=5m × 3m × 7.5m，半地下式，上层框架结构，下层钢筋混凝土结构。平流式沉淀池一座(两格)，单格尺寸：L × B × H=10m × 2m × 3m，地下式，钢筋混凝土结构。调节水池有效容积为 500m³，一座(两格)，单格尺寸：L × B × H=8m × 8m × 4.2m，地下式，钢筋混凝土结构。中途加压泵站尺寸：L × B × H=5.4m × 3.9m × 9.0 m，上层框架结构，下层钢筋混凝土结构。输水管道采用 DN100 成品涂塑钢管，埋地敷设，覆土深度 1.5m，长度 955m。

d)排水工程

排水主要为探测器超纯水制备系统及排水回用系统的排水，就近排入自然沟道。日排水量：建设期间日排水量 146t/d；运行期间日排水量 42t/d。

建筑物屋面雨水由方形雨水斗或 87 型雨水斗收集经雨水管道排至室外建筑散水或雨水排水井(沟)。屋面雨水管采用 UPVC 重力排水管、承插粘接接口。

WCDA 水池屋面采用坡屋面，雨水散排至水池四周排水沟，最终汇入场内河流。

WCDA 水池新建排水沟长 805m，规格为 $1.0 \times 0.8\text{m}(B \times H)$ 。

e)供电及通信工程

由新建观测基地 35kV 变电站、所冲 35kV 开关站、35kV 输电线路新建工程、10kV 配套送出工程及通信工程组成。

包含新建从距工程区约 20km 的桑堆乡高压电线路接线，采用 35kV 高压电源线输送至工程区附近，建设 35kV 变电站，然后采用 10kV 输电线路输送至施工区。占地范围内观测基地配电站占地面积 0.24hm^2 ，测控基地配电房占地面积 0.03hm^2 。项目新增占地 0.63hm^2 ，其中观测基地 35kV 变电站新增占地面积 0.25hm^2 ，所冲 35kV 开关站新增占地面积 0.24hm^2 ，输变电路工程新增占地面积 0.14hm^2 。

f)场地周边围栏及大门

直径 1.3km 圆形场地和入口区域边沿设置围栏(总长度约 4084m)，采用铁艺围栏(护栏要求能防止狼等野生动物入侵)，护栏高度 2m 左右，围栏下方设置砖砌基座 0.5m 围墙基座预留动物穿越通道，维持小型动物正常活动和交流。基地围栏作用防止大中型野生动物和牲畜进入基地破坏科学仪器和设备。围栏采用密网格铁艺以防止小型动物进入而卡在网中受到伤害。入口处修建大门。

(3) 排洪工程

防洪排导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。

a) 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 $2.5 \times 2.0\text{m}$ (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 $2\text{m}^3/\text{s}$ 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 $16.7\text{m}^3/\text{s}$ 。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 $20\sim 30\text{cm}$ ，共铺砌面积 320m^2 。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。

b) 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 $3.5 \times 2.0\text{m}$ （高 \times 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 $2\text{m}^3/\text{s}$ 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 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 $20\sim 30\text{cm}$ ，共铺砌面积 358m^2 。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。

c) 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 $1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$ ，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。

d) 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。

(4) 道路工程

本工程道路工程主要包括永久道路和临时道路, 永久道路由进场道路和场内道路两部分组成, 临时道路为方便排洪工程施工的施工临时便道:

a) 永久道路

永久道路包括观测基地进场道路和观测基地的场内主、次干道, 总长 23.406km。进场连接道路圆曲线最小半径为 15m, 场内区主要道路最小半径为 15m。设置回车场 74 处。其中省道 S21 至观测基地进场道路路线长 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, 占地面积 0.34hm²; 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。

b) 施工便道

本项目观测基地直接通过修建进场公路到达场地, 测控基地紧邻稻城县城城区道路, 开关站和变电站通过新建进场道路直接到达。实际施工过程中, 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, 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。

二、测控基地工程

本工程测控基地位于稻城县城东区的贡巴路二段，场地总占地面积 1.33hm^2 。新建一栋测控楼和一朵集装配检修、值班配套、公用动力设施等一体的测控配套综合楼，总建筑面积约 3050m^2 ，总占地面积 1618m^2 。

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 $4.0\text{m} \sim 8.0\text{m}$ ，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 260m 。同时在建筑物周边布置排水暗沟，总长 280m 。排水沟为矩形断面，尺寸为 $0.5\text{m} \times 0.6\text{m}$ ，采用浆砌石衬砌，排水沟与排水管相连，最终排入周边河流。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 4718m^2 。

高海拔宇宙线观测测控基地 10kV 配电线路起于已建“省金线” 10kV 线路 45#杆，止于测控基地配电房进线柜进线侧，单回 10kV 线路，路径长约 0.465km （其中电缆入地长度约 0.015km ）。电缆线路采用铜芯交联聚乙烯绝缘护套钢带铠装电力电缆，电缆采用排管方式敷设。电缆通道主线采用穿管直埋，管材型号为 PE-160。全线共设置塔基 10 座，水泥杆采用直埋。

1.1.1.4 工程占地

根据四川省水利厅关于对《高海拔宇宙线观测站水土保持方案报告书》的批复（川水函[2017]337号），本项目总占地面积 137.52hm^2 ，其中永久占地 136.86hm^2 ，临时占地 0.66hm^2 。

通过查阅监理资料、竣工资料及现场核实，项目建设实际总占地面积共计 136.66hm^2 ，其中永久性占地 133.9hm^2 ，临时性占地 2.76hm^2 ，占地类型为草地、水域及水利设施用地和其他土地。

表 1.1-3 方案设计与工程实际占地面积表 单位： hm^2

项目组成		水保方案	验收阶段	占地性质
观测基地区	观测设施设备	69.9	69.9	永久占地
	辅助设施工程	2.03	2.66	永久占地
	排洪工程	4	2.47	永久占地
	道路工程	15.17	15.42	永久占地
		0.66	0.66	临时占地

1 建设项目及水土保持工作概况

	施工生产生活区	1.06	1.06	永久占地
	工程管理区	43.16	43.16	永久占地
	测控基地区	1.54	1.33	永久占地
	合计	137.52	136.66	

1.1.1.5 工程土石方量

本工程共开挖土石方土石方开挖量 71.05 万 m³（含表土剥离 1.09 万 m³，自然方，下同），回填总量 71.05 万 m³（含绿化覆土 1.09 万 m³），无借方，土石方内部调运平衡，无余方。

本项目土石方基本满足水土保持要求。

表 1.1-4 实际工程土石方量表单位 万 m³

项目名称	项目组成	土石方开挖			土石方回填			调入					调出					
		土石方	表土	小计	土石方	表土回 覆	小计	土石方		表土		小计	土石方		表土		小计	
								数量	来源	数量	来源		数量	来源	数量	来源		
观测 基地 区	观测 设施 设备	KM2A-ED	0	0	0	0	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0	
		KM2A-MD	43.38	0.44	43.82	56.12	0.66	56.78	12.66		0.22	设备区 内调配	12.88		-		-	0
		WCDA	4.58	0.21	4.79	0	0	0		-		-	0	4.58	观测设备区	0.21		4.79
		WFCTA	0	0	0	0	0	0	0	-		-	0	0	-	0	-	0
		小计	47.96	0.65	48.61	56.12	0.66	56.78	12.66	-	0.22	-	12.88	4.58	-	0.21	-	4.79
	辅助设施工程		1.66	0.04	1.7	1.66	0	1.66		-		-	0	0	-	0.04	观测设备 区、排洪工 程区	0.04
	排洪工程		5.8	0.13	6.01	0.3	0.36	0.66		-	0.23	道路工 程区	0.23	5.5	观测设施设 备区、道路 工程区		-	5.5
	道路 工程	进站道路	0.96	0.01	0.97	0.87	0	0.87		-		-	0	0.09	观测设施设 备区	0.01	观测设施设 备区、排洪 工程区	0.1
		观测基地主 干道	5.72	0.09	5.81	5.11	0	5.11				-	0	0.53	观测设施设 备区	0.09	排洪工程区	0.62
		观测基地次 干道	6.99	0.1	7.09	5.03	0	5.03				-	0	1.96	观测设施设 备区	0.1	观测设施设 备区、排洪	2.06

1 建设项目及水土保持工作概况

																工程区	
	施工便道	0.57	0	0.57	0.57	0	0.57		-	0	-	0	0	-	0	-	0
	小计	14.24	0.2	14.44	11.58	0	11.58	0	-		-	0	2.58	-	0.2	-	2.78
	施工生产生活区	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0
	工程管理区	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0
	合计	69.66	1.02	70.76	69.66	1.02	70.68	12.66	-	0.45	-	13.11	12.66	-	0.45	-	13.11
	测控基地区	0.3	0.07	0.37	0.3	0.07	0.37	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0
	总计	69.96	1.09	71.05	69.96	1.09	71.05	12.66	-	0.45	-	13.11	12.66	-	0.45	-	13.11

1.1.1.6 工程投资

工程总投资 120899 万元，其中土建投资 28048 万元，资金来源为国家、四川省投资及建设单位自筹。

1.1.1.7 施工工期

地方配套项目于 2016 年 8 月施工，本项目计划于 2017 年 11 月开工，2016 年 6 月完工，计划总工期为 50 个月。

地方配套项目实际于 2016 年 9 月施工，本项目实际于 2017 年 11 月开工，于 2021 年 8 月底全部完工，实际工期为 60 个月。

1.1.2 项目区概况

1.1.2.1 地形地貌

观测基地地处稻城县城北部素有稻城“古冰帽”之称的高原台地上，地貌上属于高原夷平面(4400m)上的“盆垅沟岗”多样微地貌区，地形坡度不大。场区地势平缓，平均海拔高度约 4400m，整体地形为南北高中间低，东面高西面低，平均相对高差约 40m。其中，场地中心点地形较缓，为一小型低平的平台。北东走向的河流洼地系多处被冰碛垄和冰蚀鼓丘分割的盆地地形。场地地处区域分水岭中间，其河流汇水主要来自北东方向和南东方向，多湿地沼泽、河曲发育。场区微地貌主要是冰碛垄岗、冰碛台地、河流阶地、残留湖盆、堰塞湖、刨蚀沟、鼓丘和高台岗地等。其北东方向为两条近平行的小河，其南东方向为第三条河流，流向由平行于前两条的 NE 向急转为近南北向。上游被冲沟深切割，高差在 30m ~70m，在架空石块山坡分布地带，常见地下水溢出和漫流。场地整体属河流支沟冲刷凹岸堆积，近沟谷阶地因侵蚀作用而岸坡变陡，松散砂砾石裸露，出现多处小滑塌。总之，场地为现代河曲发育的残留冰碛湖盆地形，从地表水和地下水循环系统来看属地下水溢出带和地表水局部储汇水-总体径流带。

测控基地地处稻城县县城金珠镇，海拔 3740m。金珠镇位于境内北部稻城、桑堆两河汇冲地带，四周山原环绕，坝平阔开。地形以丘状高原为主，地势平缓，地貌属宽阔河谷地貌。

1.1.2.2 地质

1、观测基地

a) 地层岩性

高海拔宇宙线观测站(LHAASO)场地位于以大型岩基形式成带产出的中酸性岩带-冬措岩带中。场地主要基岩为印支期海子山中粒黑云母花岗闪长岩($\gamma \delta 51-1$), 浅肉红色, 中粗粒结构, 块状构造。主要矿物成分为斜长石、钾长石、石英、角闪石和黑云母, 其中以斜长石、钾长石和石英的含量最高, 零星发育细晶岩脉、石英脉等中酸性岩脉, 与原岩接触面无构造破坏裂隙, 结合紧密, 为熔融接触。

b) 地质构造与区域地壳稳定性

高海拔宇宙线观测站场地位于西部邓柯-乡城活动断裂和东部理塘-德巫活动断裂的两条第四纪活动断裂之间, 因此场地避开了活动断层和区域性大断裂。从中国地震台网中心收集到的场区附近 80 年代以来的地震震中和震级等 9 组数据资料显示, 在稻城县海子山为中心的边长 50km 范围内历史地震 9 次, 最大震级 4.6 级。因沿新生代断裂、稻城-古洛活动断裂, 过去 2 年来发生了 3 次 3.6 级以上地震, 故场区局部存在因地震液化的问题。根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)基本抗震设防烈度为 7 度。

整体上, 场地未见活动断裂, 稳定性中等, 场地适宜。

c) 工程地质条件

1) 岩土体工程地质特征

根据岩土体岩性组合特征, 岩土体工程地质特征可划分为两类, 包括冰碛垄块碎石土、河湖阶地相砂砾土和粗砂土。场区冰碛碎石土(包括角砾、砾砂、粗砂、中砂)大小颗粒混杂堆积, 粗颗粒多、细颗粒少, 级配良好。盆地边缘或中间岗地, 为平坦草场或台地。地表土腐植质层小于 0.5m, 下伏砂砾土层。盆地中发育了山间河流冲洪积层, 以及浅湖泊相粗砂、低洼的湿地沼泽草甸和淤泥。河流级阶地河床相, 因含有直径 5cm 左右的大量灰白色花岗岩砾石和细砾, 级配稍好, 内摩擦角可达 40° , 形成阶地边坡高陡。而盆地边缘湖滨相粗砂层, 级配差, 内摩擦角较小, 形成边坡坡角缓, 边坡高度低。

2) 工程地质岩组

场区岩土体可划分为花岗岩岩组、冰碛垄岗漂砾块石组、冰碛物碎石土组、河流堆积阶地含砾土组、湖滨相细碎屑(粗砂)组、沼泽相粉砂组等工程地质岩组。

花岗岩岩组为整体状-块状花岗岩, 多为冰蚀岩丘地形, 基岩大片裸露呈鱼背或羊背形; 冰碛垄岗漂砾块石组, 项目区以地表水形成的块碎石架空结构为主。架空块碎石层底面和地下水位面基本一致。下伏非架空结构多呈嵌入式接触, 在地形低坳处表现为

泉点出露部位或地下水溢出带；项目区多为冰水和冰碛湖堆积。粒度相差较大，无分选性，一般不具层理，厚度变化大；河流堆积阶地含砾土组，高海拔宇宙线观测站中心和下游湖面所在即 I 级阶地含砾土组，其上草场发育好，浅表层多为穴居动物所栖息活动。在高出河面约 4m 的范围较大的 I 级阶地中，还发育浅水湖泊的，多为季节性，其上游接纳高处浅谷或湿地汇水，下游出口为漫流进入河流；在间冰期发育的一定规模的冰碛湖，或冰碛垄围限而成的堰塞湖，沉积了湖湘地层；在几个盆地中，河曲发育的邻近低洼部位，多为稀疏灌木和水草发育的沼泽湿地，草甸多为孤立分布，其间多细流和滞留清水，水流滞缓，冬季多为结冰的积水洼地。

3) 岩体风化特征

场区属于高原季风气候区，海拔高，气温低，化学风化微弱，物理风化主导。高处冰蚀冰碛地貌单元(垅岗)上，历史时期遭受冰川作用，目前因气温季节性升降，冰缘作用明显，常见出露花岗岩体冻融风化。同时，高原面常年的偏北风对岩体的风蚀作用也不可忽视。总体上，该部分风化层较薄，风化物质已被强烈搬运。

中低处河湖相沉积地貌单元(盆沟)上，主要接受高处风蚀冰蚀等作用的堆积物，并在河流冲刷及水化学作用下进一步风化，形成巨厚风化沉积层。另外，在一些台地上大量灌木的根系生长，以及穴居动物的破坏也加剧了风化进程。

4) 不良地质现象

根据本项目批复水土保持方案，场区大规模的滑坡、崩塌、地面塌陷、地面沉降、地裂缝、泥石流等常规地质灾害并不发育。但也存在诸如漂砾溜/滚动、局部垮塌/滑坡、冻土冻胀与融陷等特殊地质灾害，以及不均匀沉降、砂土与粉砂土振动液化等地基问题、季节性洪流灾害等问题。

场区整体地形起伏和缓，大规模崩塌滚石灾害不发育。但场地漂砾等冰碛物广布，风化磨圆度高，尺寸大。加之场区冰碛垄岗、冰碛台、鼓丘和高台地微地貌复杂，在局部形成常形成坡度较大甚至陡峻的坡地地形，以及特有的气候水文特征导致冻融作用下的边坡蠕动或河流切脚下边坡局部失稳常有发生。最终都可能导致漂砾溜滑动，形成灾害。在这些冰碛垄岗、冰碛台、鼓丘和高台的临空坡面上，漂砾溜滚动成灾的发育程度中等。考虑到漂砾溜滚动概率较低、下落高度和冲击能量有限，危害区域内人迹罕见，观测设备为钢筋混凝土包裹结构等，场地漂砾溜/滚动成灾的整体危害不大。

场地内未发现规模性滑坡/垮塌，局部因河流侧蚀引发的岸坡垮塌以及气温升降时冻融作用引发的坡体蠕动滑移也仅仅在河流的凹岸或靠近河湖的坡体上零星分布，整体为

浅表层，规模较小。总体来说，场地局部垮塌/滑坡灾害发育不强，成灾后有一定的危害，但危害不大。

场区巨厚河湖相透水砂砾层地基的潜水位随大气降水及河水水位季节性变化而变化，而气温也周期性升降，这种时空不断转化的水热组合导致场区地基变形及承载力的不稳定，使得地基土发生不均匀沉降，对场区规划构筑物的稳定性造成不良影响。同时，也会导致土丘或斜坡在冻融交替过程中不断蠕动甚至崩滑垮塌，形成特定的冻土冻胀及融陷灾害。总体上，在场地含水率较大的土层特别是河湖附近地势较为低洼平坦的湿润区域内，季节性冻土冻胀融陷与不均匀沉降灾害发育程度中等偏弱。场区冻土冻胀融陷与不均匀沉降成灾的危险性较小。

观测设备工程重要性、场区砂土震动液化条件及危害程度等因素，地震/施工条件下场区砂土及粉砂土的震动液化成灾的危险性小。

场区降水丰富，但时空分配不均。时间上，夏季多雨，可集中全年降雨量的 90% 以上，且多午后和夜雨。空间上，受小地形影响较大，综合考虑观测设备工程重要性、场区砂土震动液化条件及危害程度等因素，地震/施工条件下场区砂土及粉砂土的震动液化成灾的危险性小。

场地四周冰碛垄和冰蚀鼓丘倾泻而下，迅速汇流至场地内部小河，而场地平缓地形又阻碍了流水的进一步下泄。同时，场区内下伏基岩为弱透水的花岗岩，使得场地地表水向深部入渗能力差，径流系数高而降水产流率大，加剧了季节性洪流暴发的概率。这些都使得场地在雨季高强度降雨或是极端天气降雨作用下，因雨水快速汇集而形成季节性洪水，淹没低洼场地，形成湖泊或沼泽而致灾。因此，在场地现有河流及其沿程低洼区域，或场地内部湖泊沼泽区域，季节性洪流灾害发育程度中等偏大，形成的危害中等偏大。综合考虑观测设备工程重要性、场区人员活动特征、季节性洪流发生条件、规模、概率等因素，场区常年流水的河道及常年储水的湖泊区域，及其水面上高程 0.5m-1m 左右区域危险性中等偏大。

5) 冻土深度

根据初勘报告内容，沼泽湿地区、部分拔河高度较小（拔河高度 < 1.0m）的砂砾区，冻前地下水位埋藏浅，表层角砾（砾砂）饱和含水且强透水率，冬季时土壤中水分冻结形成季节性冻土。地勘报告表层角砾为季节性冻土，属弱冻胀的 II 类冻土，冻深 2.3m ~ 2.5m。

地势较高的砂砾区和大孤石区冻前地下水位埋藏深度 > 2m，表层粗砂和含砾粉土天然

含水率 $\leq 7.7\%$ ，按《中国季节性冻土标准冻深线图》取值，标准冻结深度 0.6m，设计冻深 0.74m，属弱冻胀的 II 类冻土。

6) 地下水埋深

根据批复方案内容，场地平坦开阔，场地地下水位埋深 1.6m~2.0m，与两侧傍河及其支流的河水位基本一致，地基土中~强透水，地下水补给受大气降水、融雪、地表水体、河道的补给，沿山谷冲沟、洪积扇向稻城河谷中迳流排泄：枯水季节向河水补给，洪水季节受河水回灌补给，地下水埋藏深度受河水水位控制。根据区域水文资料和防洪堤设计高度分析，河水和地下水位的年自然变幅在 1.0~1.5m 左右。

7) 沼泽湿地区地基处理

场地入口有一个面积约 2.10hm²的湖泊湿地区域，工程建设不占用湖泊湿地面积。MD 区域场地平整占用 7143.5m²沼泽区。沼泽湿地区域施工前清除表层软弱土层后进行换填处理，在回填后土体表面设置 0.5m 砂石垫层进行垫高处理，垫层材料选用砂石材料。

2、观测基地

稻城界于川、滇、藏三省区交合地带，属“三江地槽褶皱”系，玉树——义敦优地槽褶皱带。地层发育基本齐全，除中生代侏罗系、白垩系缺失少，有元古界震旦系的沉积岩出露，同时也有新生界地层的零星分布。古生界、中生界地层广布全境，岩浆活动具多期性，构造作用剧烈，且具多变特征。地质灾害类型主要为滑坡、危岩和潜在不稳定斜坡及崩塌，但发生概率小。

1.1.2.3 气象

项目区属青藏高原亚湿润气候区，域内无气象站，在临近区域有稻城县气象站和亚丁机场气象站，其中稻城县气象站与测控基地地直线距离约 5km，亚丁机场气象站与观测基地地距离约 10km。

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℃，极端最低气温为 -27.6℃，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 2009~2011 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。

1.1.2.4 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。

高海拔宇宙线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。

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。西小溪、东小溪、南小河三条河流及 S217 两个涵洞的总汇流量达到 1.295m³/s。经本场地的地表径流量约 2000 万 m³。

与观测基地最近的水文站为濯桑水文站。濯桑站以上流域径流主要来源于降雨，其次是冰雪融水和地下水。每年4月开始随着气温逐渐回升，径流逐渐加大。5~11月为丰水期，主要由降水补给，12月~翌年4月为枯水期，主要由地下水和冰雪融水补给。多年平均流量 $49.4\text{m}^3/\text{s}$ ，年径流量15.6亿 m^3 。径流在年内的变化与降雨在年内的变化基本相应。每年4月起径流随降雨的增大而逐渐增大，6~9月水量最丰，5月及10月次之，11月后由于降雨量的减少，径流开始以地下水补给为主，稳定退水至翌年4月。径流在年内的分配较不均匀，丰水期(5~11月)多年平均流量为 $72.3\text{m}^3/\text{s}$ ，占年径流量的85.8%，枯水期(12~翌年4月)多年平均流量为 $16.9\text{m}^3/\text{s}$ ，占年径流量的14.2%。最枯段的1~3月多年平均流量为 $15.0\text{m}^3/\text{s}$ ，仅占全年径流量的7.5%；历年最小月平均流量一般出现在2月或3月，多年平均最小月(2月)径流仅占全年径流量的2.4%。

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，汇簿城河。傍河总40km，流域面积 575.97km^2 ，河口流量 $5.54\text{m}^3/\text{s}$ ，总落差812m(3708m~4520m)。傍河河口流量 $5.54\text{m}^3/\text{s}$ 。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 $5\text{m}^3/\text{s}$ ，而基地南面傍河支流的多年平均流量不超过 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 。

1.1.2.5 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；1900m~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。

1.1.2.6 植被

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%，土壤为高山草甸土，抗蚀性较差。工程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。

1.1.3 水土流失及防治情况

1.1.3.1 项目区水土流失情况

1、项目区水土流失类型

根据《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》（办水保[2013]188号），《四川省水利厅关于印发[四川省省级水土流失重点预防区和重点治理区划分成果]的通知》（川水函[2017]482号），甘孜藏族自治州稻城县属于金沙江岷江上游及三江并流国家级水土流失重点预防区。根据《生产建设项目水土流失防治标准》（GB50434-2008）的规定以及结合本工程实际情况，本项目水土保持防治执行建设类项目一级标准。水土流失类型主要为水力侵蚀、冻融侵蚀两种。

2、项目区水土流失强度

项目区位于青藏高原区中的VIII-4-1wh 川西高原高山峡谷生态维护水源涵养区，结合项目区地形图分析，并经现场踏勘调查项目区土地利用类型、面积、地形坡度和植被覆盖率等，同时结合项目区地貌、土壤和气候特征，依据《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007）推求各工程单元不同土地利用类型下的侵蚀强度，参考当地相关水保资料

最终确定项目区各个工程单元各种土地利用类型下的土壤侵蚀模数背景值。本项目沿线经过的区域地形地质条件较好，受地震灾害影响不大。根据批复方案，项目沿线平均土壤侵蚀模数背景值为 $1500t/km^2 a$ ，侵蚀强度为微度。

经过调查分析，该工程水土流失重点时段为施工期，因工程建设带来的地面扰动、植被破坏、土石方等产生的新增水土流失主要集中在施工期，此时开挖工作量为最大，相对水土保持措施如排水、绿化暂未全部实施，故流失量最大。经过工程试运行期，水土保持措施逐步产生效益，相应水土流失量减少，整个工程水土流失量基本得到控制，整个项目区土壤侵蚀强度降低到允许值范围内。

1.2 水土保持工作情况

(1) 水土保持方案编报

2016年6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编制本项目水土保持方案报告书。

接受委托后，编制单位技术人员立即查勘了工程现场，并根据本工程设计资料及其他相关资料进行水土保持方案编制。2016年11月18日，四川省水利厅组织开展了《高海拔宇宙线观测站水土保持方案报告书（送审稿）》的技术审查工作，并形成技术评审意见，随后方案编制单位根据专家组技术评审意见对报告书进行了补充、完善；

2017年2月上旬编制单位修编完成《高海拔宇宙线观测站水土保持方案报告书（报批稿）》；

2017年3月10日，四川省水利厅对《高海拔宇宙线观测站水土保持方案报告书》进行了批复（川水函[2017]337号）。

(2) 主体工程设计及施工过程中变更

主体工程设计及施工过程中未变更。

(3) 水土保持管理

工程实行“投资方+监理”的工程质量管理方式。建设单位专门成立了项目部对工程建设进行管理，设计院在现场有专门的设计，监理单位成立了监理项目部，各施工单位成了专门的施工项目部。建设单位全面负责工程水土保持管理工作。各参建单位水土保持管理部门作为工程施工期水土保持工作的主要责任机构和执行机构，严格按照合同条款和招标文件中规定的水土保持内容，具体实施施工单位承担的水土保持任务。地方水行政主管部门负责监督指导。

建设单位组织制定了多项水土保持管理制度，主要包括：工作记录制度、报告制度、函件来往制度、会议制度、人员培训和宣传教育制度、档案管理制度等。

(4) 水土保持监测成果报送

水土保持监测任务完成后于 2021 年 9 月编报完成《高海拔宇宙线观测站监测总结报告》及过程资料。

1.3 监测工作实施情况

1.3.1 监测实施方案执行情况

2021 年 5 月，建设单位委托四川宏顺华建工程设计咨询有限公司（以下简称“我公司”）开展工程的水土保持监测工作。接受委托后，我公司成立了项目监测工作组，通过回顾性调查施工期间的水土流失情况，完善施工期间的水土保持监测资料，补充监测实施方案，对现状试运行期的水土流失情况进行效果监测。

1.3.2 监测项目部设置

(1) 委托时间

建设单位于 2021 年 5 月委托我公司开展本项目的水土保持监测工作。

(2) 监测工作开展

我公司接受委托后，立即组织水土保持监测专业技术人员成立了高海拔宇宙线观测站监测项目组（以下简称“项目组”），多次进入现场并进行实地踏勘。之后，项目组按照水土保持监测技术规程规范的相关要求，在中国科学院成都分院、各参建施工单位和监理单位的大力协助下，开展了高海拔宇宙线观测站水土保持监测工作。

(3) 监测项目部组成及技术人员配备

为确保水土保持监测工作的成果质量，我公司成立了监测项目工作小组，完善质量控制体系，对监测工作实行质量负责制，由项目主持人负总责，在各监测地段和各监测点明确具体的工作质量负责人，所有的监测数据必须由质量负责人审核把关，监测数据整编后，项目负责人还将组织对监测成果进行审核和查验，以保证监测成果的准确性。

高海拔宇宙线观测站水土保持监测项目部人员构成见表 1.3-1。

表 1.3-1 工程主要监测人员情况表

序号	人员	职称	职位
1	牟启成	高级工程师	总监工程师
2	万 钰	高级工程师	监测工程师
3	司宏斌	工程师	监测工程师
4	邢广武	工程师	监测员

1.3.3 监测点布设与监测实施情况

本工程为点型工程，交通条件良好，扰动变化情况小，水土保持监测主要以调查为主，便于及时发现有无水土流失现象和查验各项水土保持措施布设情况及效果。同时根据现场条件在各监测区布设固定观测站点作细致观测，获取能满足监测目标的数据。本项目的水土流失重点区域为观测设施设备区和道路工程区，产生水土流失的位置主要集中在临时堆土的坡面。

(1) 在项观测设施设备区布设 3 地面观测点（简易测钎观测场），并辅以巡查监测。

(2) 排洪工程区、辅助设施工程区、施工生产生活区、工程管理区各布设植物样地 1 个，并辅以巡查监测。

(3) 场内永久道路和场外施工便道各布设 1 个监测点位，并辅以巡查监测。

在实施水土保持措施之后，在监测以上内容的时候，对工程措施抗冲刷能力进行监测；对排水设施破坏程度的调查确定排水沟断面大小是否满足设计标准；对植物措施苗木成活率、生长率、覆盖率及地表覆盖层厚度和土壤有机质含量进行调查和测量；监测水土保持各项措施水土保持效益及工程措施的安全、稳定性和植物措施生长发育状况。

1.3.4 监测设施设备

水土保持监测设备主要有坡度仪、经纬仪、GPS、皮尺、卷尺、数码相机、摄影机、天平、无人机、越野车等。

表 1.3-2 监测设备种类及数量

一	消耗性材料	单位	数量
1	50m 皮尺	条	1
2	钢卷尺	把	1
3	2m 抽式标杆	支	8

1 建设项目及水土保持工作概况

4	取样玻璃仪器（三角瓶，量杯）	个	5
5	采样工具（铁铲、水桶）	批	1
二	损耗性设备	单位	数量
1	GPS 定位仪	台	1
2	全站仪	台	1
3	数码相机	台	1
4	手提电脑	台	1
5	土壤水分测定仪	台	1
6	烘箱	台	1
7	雨量计	台	1
8	天平	台	1
9	测高仪	个	1
10	坡度仪	台	1
11	测绳	根	10
12	竹、木杆	根	30
13	御 Mavic 2 无人机	台	1



手持 GPS



测高仪





图 1.3-1 主要监测设备

1.3.5 监测技术方法

根据四川省水利厅关于加强生产建设项目水土保持监测及成果报送工作的通知（川水函[2020]1883号），“对建设期间未按规定开展水土保持监测的项目,生产建设单位应当采用历史遥感影像分析、人工模拟试验、现场调查、资料查阅等方法,对未开展水土保持监测期间的水土流失及水土保持状况进行分析评价,补充水土保持监测季报及监测总结报告”。故本项目针对不同水土保持监测分区,以各项监测指标为主线,制定不同的监测方法。水土保持监测的基本方法包括地面观测、调查监测、遥感监测和查阅资料。根据监测任务要求及《水土保持监测技术规程》的规定,本监测工作采用调查巡查监测与遥感监测相结合的方法进行。

(1) 调查巡查监测

对于水土流失防治责任范围、扰动地表情况、地形地貌、地表组成物质、植被、工

程（临时）措施实施情况及效果、植物措施实施情况、水土流失灾害隐患、水土流失危害等监测内容，应采用普查的方式进行监测，具体涉及到的面积、尺寸、体积、坡度、坡长等数据，尚需收集工程资料进行统计整理，并借助测量仪器进行现场复核。

普查是对整个水土流失防治责任范围的全面详查，也可称为现场巡查。在巡查时应使路线贯穿各分区典型扰动面，统计时按区域统计。

堆填体体积测量应收集到堆渣前大比例尺地形图，作为计算堆填量的基础资料。在现场需对堆填高度进行测量，对堆填高度不是很高的用皮尺量测斜坡顺坡向长和坡度经计算得出，堆填高度过高的可分别测量顶部和脚部高程计算得出，高程可借助于全站仪进行测量。堆填范围可在现场寻找参照物或用 GPS 定位，在大比例尺地形图上定界，也可采用全站仪测量。有了这些基础资料和数据后即可计算堆填体积。对于堆填体形状不规则的，测量特征点坐标对体积进行估算。

植物样地设置分为固定样地和临时样地。样地可设置为正方形或长方形，草地 $1\sim 4\text{m}^2$ 。样地调查内容、总体特征值估计、数据处理和资料整汇编按《水土保持监测技术规范》执行。

对水保措施普查，着重查看现场是否有按水保报告书确定的水保措施实施进度应实施工程措施而未实施的，实施的工程措施是否有被冲毁、破坏等情况；植物措施是否存在具有实施条件而未采取措施的，并对由于未采取水保措施而产生的水土流失现象进行重点观测；普查时还应关注施工过程中是否采取临时性水保措施，进行文字与图片记录。工程建设结束后应普查工程措施、植物措施的实施面积和永久建筑物占地，计算水土流失治理度、土壤流失控制比、渣土防护率、表土保护率、林草植被恢复率、林草覆盖率等防治效益指标。

（2）遥感监测

本项目遥感监测的主要方式有卫星遥感及无人机监测。

遥感技术应用具有信息源丰富、遥感数据可获取性强、定量数据可信度高、数据处理灵活便捷、调查过程费时少涉及面广等特点。通过对图像的处理，对工程防治责任范围、征地红线、现场调查资料等相关工程资料空间化表达处理，结合地形图、专家知识、外业调查解译标志对影像综合判读，在此基础上，利用项目区范围内不同时期的多源高分辨率遥感影像对工程进行监测、分析。

我公司监测工作组通过高精度卫星影像等方法获取项目区遥感影像资料，结合工程设计、竣工图纸对项目区施工扰动面积、边坡防护状况、水保措施实施状况及工程对周

边产生的水土流失或水土流失潜在危害进行监测，宏观全面的掌握项目不同时期的水土流失及水土保持工作状况，为水土保持监测工作提供了有力的保障。

GIS 平台是在多种行业中应用的通用化地理信息数据平台。将航拍影像信息与 GIS 平台相结合，在水土保持行业中有重要的应用。可以将各种测量数据整合在数据库中，保证数据完整性。矢量图形与测量数据相互对应，数据有来源、有依据，使得数据具有说服力。利用地理信息分析工具，对地形地貌进行分析，帮助判断建设项目对当地水土流失的影响。GIS 平台可以整合不同来源的图形、图像信息。对不同数据进行叠加、比对。

1.3.6 监测成果提交情况

2021 年 5 月我公司接到建设单位委托后，开展监测工作，并多次深入现场对水土保持措施实施和运行情况进行全面监测。通过查阅施工、监理资料和现场监测结果等进行分析，并于 2021 年 9 月编制完成《高海拔宇宙线观测站水土保持监测实施方案》、《高海拔宇宙线观测站水土保持监测季报》、《高海拔宇宙线观测站水土保持监测总结报告》。

2 监测内容与方法

按照水保方案报告表的要求，结合水利部文件“办水保〔2015〕139号”文、“川水函〔2018〕887号”、“《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》（办水保〔2020〕161号）”、“办水保〔2015〕139号”和“川水函〔2020〕1883号”文中监测内容、重点以及相关规规定对项目进行监测。

结合工程建设和工程水土流失特点，对水土流失影响因子及主要流失部位的水土流失状况、水土保持措施及防治效果进行监测，分析主要因子对水土流失的影响，分析监测部位水土流失量随时间的变化情况。监测内容主要包括扰动面积、水土流失因子、水土流失变化情况、水土流失危害、水土保持设施建设情况及水土流失防治效果等几大类。

1、水土流失防治责任范围、扰动面积监测

建设项目的防治责任范围为项目建设区。项目建设区分为永久征占地和临时占地，永久征占地面积在项目建设前已经确定，施工阶段及项目运行阶段保持不变，临时施工场地位于项目区永久占地外，属于新增占地，故本项目防治责任范围根据卫星影像图确定。

2、水土流失因子监测

主要通过回顾性调查结合遥感影像资料类比分析监测范围内的地形地貌、地质土壤、地面组成物质、植被、气象（降水、风速、蒸发量、气温）、水土流失状况及水土流失侵蚀模数（背景值）等因子进行监测。

3、水土流失动态变化监测

主要通过回顾性调查结合遥感影像资料类比分析建设扰动地表植被面积、占用破坏水土保持设施的数量、动用土石方量及弃土弃渣量、流失面积和流失量、水土流失变化情况（类型、形式、流失量）等。

4、水土流失危害监测

通过回顾性调查结合遥感影像资料类比分析工程建设过程产生的水土流失及其对河道的影响工程建设区植被及生态环境变化；对于局部施工区域因侵蚀性降雨引起的地表径流冲刷造成局部坍塌、淤积等情况，进行现场调查，调查发生面积、坍塌（淤积）量和对周边的影响，工程建设对环境的影响等。

5、水土流失防治效果监测

主要监测水土保持设施实施包括防洪排导工程、降水蓄渗工程、土地整治工程、植

被建设等措施的数量、质量、稳定性、林草的生长发育状况、水土保持效益及防治效果（控制水土流失量、提高渣土防护率、改善生态环境的作用等）等。

2.1 扰动土地情况

扰动地表面积监测是确定土壤流失量的基础，是项目水土保持监测的中心内容之一。扰动地表面积监测包括扰动类型判断和面积监测。工程实际扰动土地面积随着工程建设的进展不断发生变化，是个动态变化过程，扰动土地面积动态监测就是对项目建设区分为永久征占地和临时占地进行监测，了解其变化情况，确定防治责任范围。本工程扰动土地面积为项目实际建设区面积，为 136.66hm^2 ，根据本项目建设特点、水土流失特性和水土保持监测目标，确定扰动土地情况的监测频次与方法。针对项目特点，监测组根据项目实际情况，主要采取调查监测进行监测，具体情况见表 2.1-1。

表 2.1-1 扰动土地情况监测情况一览表

监测分区		监测内容	监测方法	监测频次
观测基地区	观测设施设备	扰动范围、面积、土地利用、类型等变化情况	调查、巡查监测	验收阶段进行 3 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查
	辅助设施			验收阶段进行 2 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查
	排洪工程		调查、巡查监测	验收阶段进行 2 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查
	道路工程		调查、巡查监测	验收阶段进行 2 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查
	施工生产生活区		调查、巡查监测	验收阶段进行 2 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查
	工程管理区		调查、巡查监测	验收阶段进行 1 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查
测控基地区			调查、巡查监测	验收阶段进行 1 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查

2.2 取料（土、石）、弃渣（土、石、矸石、尾矿等）

- (1) 无取料场。
- (2) 项目挖填方平衡，不涉及弃渣场。

2.3 水土保持措施

2.3.1 工程措施监测内容及方法

本工程设计的水土保持工程措施包括防洪排导工程、土地整治工程等。按照工程建设实际情况，建设实施的水土保持工程措施类型有防洪排导工程、土地整治工程等。由于本工程的建设内容空间分布较大，每个施工单元相对简单，因此采取的监测方法是对各点位、施工单位采用全调查监测的工作方法，并详细量测、记录各类工程措施的类型、开工及完工时间、实施位置、规格尺寸、数量等。

2.3.2 植物措施监测内容及方法

水土保持方案设计的水土保持植物措施主要为绿化区域内植被建设工程。由于本工程的建设内容空间分布较大，每个施工单元相当于简单，因此采取的监测方法是按采用全调查监测的工作方法，并详细量测、记录各类植物措施的物种种类、数量、苗木规格、栽植数量、生长势、成活率、开工及完工时间等。

2.3.3 临时措施监测内容及方法

水土保持方案中针对项目特点，提出了施工期间临时防护要求，设计的临时措施主要为临时遮盖、排水措施及临时绿化等。临时措施的监测是根据措施的实施部位和进度随机进行监测，监测内容包括措施类型、工程量、开始及结束时间等。

通过现场调查等，按照水土保持方案设计的防治措施体系，在监测过程中对个分区的工程措施、植物措施位置数量以及实施时间和防治效果等进行监测，详见下表 2.3-1。

表 2.3-1 水土保持措施监测情况一览表

序号监测分区		监测内容	监测方法	监测频次
观测 基地 区	观测设施设备	措施类型、 实施进度、 位置、规 格、林草覆 盖率、防治 效果和运 行情况等	调查、巡 查监测	验收阶段进行 3 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查
	辅助设施			验收阶段进行 2 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查
	排洪工程			验收阶段进行 2 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查
	道路工程			验收阶段进行 2 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查
	施工生产生活区			验收阶段进行 1 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查

	工程管理区			验收阶段进行 1 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查
	测控基地区			验收阶段进行 2 次整体效果水土流失防治监测，施工期采取结合施工过程资料进行回顾性调查

2.4 水土流失情况

2.4.1 水土流失面积监测

水土流失面积监测内容包括扰动地表面积、工程建设占压面积、硬化面积、产生水土流失的面积等。本工程水土流失面积的监测主要通过回顾调查监测的方法进行，监测频次为 1 次。

2.4.2 土壤流失量监测

土壤流失量的监测内容包括工程建设扰动地表植被面积、占用破坏水土保持设施的数量、土石方量及弃土弃渣量、流失面积和流失量、水土流失变化情况（类型、形式、流失量）等方面的监测。本工程水土流失量监测主要采取调查以及巡查相结合方法。

2.4.3 水土流失危害监测

水土流失危害主要包括工程建设过程产生的水土流失及其对下游河道的影响；工程建设区植被及生态环境变化；工程建设对环境的影响等。本次工程建设中临时堆土场均采用有效的防护措施，因此建设中未产生水土流失危害。

项目建设对水土流水的影响主要是工程施工活动。根据工程建设实际情况和《报告书》对水土保持监测的要求，结合现场调查分析，水土流失的重点区域是观测设施设备工程区。

参考批复的水保方案，确定项目区土壤侵蚀类型以轻度水力侵蚀为主，伴有冻融侵蚀。

因项目在施工活动过程中进行了较大的土石方开挖回填活动，水土流失量增大。在项目区建设完成后，由于采用工程措施和植物措施进行防护，在运行期水土流失到防治标准，水土流失量小。水土流失主要采用调查监测法。

表 2.4-1 水土流失情况监测一览表

监测时段	监测区域	监测内容	监测方法	监测点位	监测频次
2017.11-2021.5 (回顾性调查)	观测设施设备	扰动土地范围、面积、土地利用类型及其变化情况	遥感监测、回顾性调查、资料分析	3	根据遥感影像结合施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土流失情况			根据沉砂池结合施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土保持措施防治效果			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土流失情况			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土保持措施防治效果			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
	辅助设施	扰动土地范围、面积、土地利用类型及其变化情况	遥感监测、回顾性调查、资料分析	1	根据遥感影像结合施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土流失情况			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土保持措施防治效果			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
	排洪工程	扰动土地范围、面积、土地利用类型及其变化情况	遥感监测、回顾性调查、资料分析	1	根据遥感影像结合施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土流失情况			根据沉砂池结合施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土保持措施防治效果			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土流失情况			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土保持措施防治效果			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
	排洪工程	扰动土地范围、面积、土地利用类型及其变化情况	遥感监测、回顾性调查、资料分析	2	根据遥感影像结合施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土流失情况			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土保持措施防治效果			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
	道路工程	扰动土地范围、面积、土地利用类型及其变化情况	遥感监测、回顾性调查、资料分析	1	根据遥感影像结合施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土流失情况			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土保持措施防治效果			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
	施工生产生活区	扰动土地范围、面积、土地利用类型及其变化情况	遥感监测、回顾性调查、	1	根据遥感影像结合施工过程资料进行一次回顾性调查

2 监测内容与方法

2021.5-2021.8 (巡查监测)		水土流失情况	资料分析		根据施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土保持措施防治效果			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
	工程 管理 区	扰动土地范围、面积、土地利用类型及其变化情况	遥感监测、回顾性调查、资料分析	1	根据遥感影像结合施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土流失情况			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土保持措施防治效果			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
	测 控 基 地 区	扰动土地范围、面积、土地利用类型及其变化情况	遥感监测、回顾性调查、资料分析	1	根据遥感影像结合施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土流失情况			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
		水土保持措施防治效果			根据施工过程资料进行一次回顾性调查
	项目各分区	扰动土地范围、面积、土地利用类型及其变化情况	实地量测、遥感监测、资料分析	测设设施设备布设3个，道路工程布设2个，辅助设施、排洪工程、测控基地、施工生产生活区、工程管理区各布设1个，共布设10个点位	根据遥感监测开展一次整体调查
		水土流失情况	地面观测		土壤流失面积监测3次，土壤流失量3次
		水土保持措施防治效果	实地测量、资料分析		工程措施及防治效果3次；植物措施生长情况监测记录3次
		水土流失情况	地面观测		土壤流失面积监测3次，土壤流失量3次
水土保持措施防治效果		实地量测、资料分析	工程措施及防治效果3次；植物措施生长情况监测记录3次		

3 重点对象水土流失动态监测

3.1 防治责任范围监测

3.1.1 水土流失防治责任范围

(1) 根据批复水保方案，本工程水土流失防治责任范围 137.52hm²。

批复的水土流失防治责任范围详见表 3.1-1 所示。

表 3.1-1 方案设计的水土流失防治责任范围 单位：hm²

工程建设区	项目组成	建设区面积	直接影响区面积	责任范围面积
观测基地	观测设施设备	69.90	0	69.90
	辅助设施	2.03	0	2.03
	排洪工程	4.0	0	4.0
	道路工程	15.83	0	15.83
	施工生产生活区	1.06	0	1.06
	工程管理区	43.16	0	43.16
	小计	135.98	0	135.98
测控基地		1.54	0	1.54
总计		137.52	0	137.52

(2) 根据现场查勘及资料分析结合施工期间资料，工程实际防治责任范围 136.66hm²。本工程实际水土流失防治责任范围详见表 3.1-2。

表 3.1-2 工程实际水土流失防治责任范围情况表 单位：hm²

工程建设区	项目组成	建设区面积	防治责任范围面积
观测基地	观测设施设备	69.90	69.90
	辅助设施	2.66	2.66
	排洪工程	2.47	2.47
	道路工程	16.08	16.08
	施工生产生活区	1.06	1.06
	工程管理区	43.16	43.16
	小计	135.33	135.33
测控基地		1.33	1.33
总计		136.66	136.66

各阶段水土流失防治责任范围变化对比表见 3.1-3。

表 3.1-3 各阶段水土流失防治责任范围对比表 单位: hm^2

防治责任范围		批复方案	验收阶段	验收后	变化量(验收阶段较批复方案)	变化原因
观测基地	观测设施设备	69.9	69.9	69.9		
	辅助设施	2.03	2.66	2.66	0.63	输变电工程新增占地 0.63hm^2
	排洪工程	4	2.47	0.37	-1.53	引流渠实际占地面积较方案减少 1.53hm^2
	道路工程	15.83	16.08	15.42	0.25	实际占地增加 0.25hm^2
	施工生产生活区	1.06	1.06	0		
	工程管理区	43.16	43.16	44.22		
	小计	135.98	135.33	132.57	-0.65	
测控基地		1.54	1.33	1.33	-0.21	根据实际面积计列
共计		137.52	136.66	133.90	-0.86	综合减少 0.86hm^2

3.1.2 背景值监测

根据该工程项目区土壤侵蚀分布图,结合项目区地形图分析,并经现场踏勘调查项目区土地利用类型、面积、地形坡度和植被覆盖率等,同时结合项目区地貌、土壤和气候特征,参照《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)推求各工程单元不同土地利用类型下的侵蚀强度,根据经验确定项目区各个工程单元各种土地利用类型下的侵蚀强度,最终确定项目区各个工程单元各种土地利用类型下的土壤侵蚀模数背景值。根据批复方案,工程区平均土壤侵蚀模数背景值为 $1500\text{t}/\text{km}^2\text{a}$ 。

3.1.3 建设期扰动土地面积

工程建设占地面积 136.66hm^2 ,其中永久性占地 133.9hm^2 ,临时性占地 2.76hm^2 ,占地类型为草地、水域及水利设施用地和其他土地。

表 3.1-4 工程实际占地面积表(单位: hm^2)

项目占地		批复方案	验收阶段	验收后
观测基地	观测设施设备	69.9	69.9	69.9
	辅助设施	2.03	2.66	2.66
	排洪工程	4	2.47	0.37
	道路工程	15.83	16.08	15.42
	施工生产生活区	1.06	1.06	0
	工程管理区	43.16	43.16	44.22
	小计	135.98	135.33	132.57

测控基地	1.54	1.33	1.33
共计	137.52	136.66	133.90

3.2 取料监测结果

本工程施工过程中所需成品砂石料均从附近商用料场购买，成品料场的水土流失防治责任由料场业主负责。

3.3 弃渣监测结果

根据本项目施工单位、监理单位核实挖填方情况，本项目土石方挖填情况较批复方案减少。

项目实际开挖土石方 71.05 万 m^3 （自然方，下同，含表土剥离 1.09 万 m^3 ），回填土石方 71.05 万 m^3 （含绿化覆土 1.09 万 m^3 ），无借方，无余方，本项目不设置弃渣场。

3.3.1 设计弃渣情况

方案设计共开挖土石方 79.22 万 m^3 （含表土剥离 1.19 万 m^3 ），回填利用总量约 79.22 万 m^3 （含表土回覆 1.19 万 m^3 ），无借方，无余方，未设取土场及弃土场。

3.3.2 弃渣场位置、占地面积及弃渣量监测结果

本项目不涉及弃渣场。

3.3.3 弃渣对比分析

实际施工过程中项目余方经综合利用后土石方挖填平衡，无弃渣量，有利于水土保持。

3.4 土石方流向情况监测结果

根据批复方案，本项目施工过程中土石方完全利用，无弃渣，经查阅施工资料和现场调查，主体工程土石方开挖量 71.05 万 m^3 （含表土剥离 1.09 万 m^3 ），回填利用总量约 71.05 万 m^3 （含表土回覆 1.09 万 m^3 ），无借方，无余方，未设取土场及弃土场。

表 3.4-1 实际工程土石方量表 单位: 万 m³

项目名称	项目组成		土石方开挖			土石方回填			调入					调出				
			土石方	表土	小计	土石方	表土回 覆	小计	土石方		表土		小计	土石方		表土		小计
									数量	来源	数量	来源		数量	来源	数量	来源	
观测 设施 设备	观测 设施 设备	KM2A-ED	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0
		KM2A-MD	43.38	0.44	43.82	56.12	0.66	56.78	12.66		0.22	设备区 内调配	12.88		-		-	0
		WCDA	4.58	0.21	4.79	0	0	0		-		-	0	4.58	观测设备区	0.21		4.79
		WFCTA	0	0	0	0	0	0	0	-		-	0	0	-	0	-	0
		小计	47.96	0.65	48.61	56.12	0.66	56.78	12.66	-	0.22	-	12.88	4.58	-	0.21	-	4.79
	观测 基 地 区	辅助设施工程		1.66	0.04	1.7	1.66	0	1.66		-		0	0	-	0.04	观测设备 区、排洪工 程区	0.04
		排洪工程		5.8	0.13	6.01	0.3	0.36	0.66		-	0.23	道路工 程区	0.23	5.5	观测设施设 备区、道路 工程区	-	5.5
		道路 工程	进站道路	0.96	0.01	0.97	0.87	0	0.87		-		-	0	0.09	观测设施设 备区	0.01	观测设施设 备区、排洪 工程区
	观测基地主 干道		5.72	0.09	5.81	5.11	0	5.11				-	0	0.53	观测设施设 备区	0.09	排洪工程区	0.62
	观测基地次 干道		6.99	0.1	7.09	5.03	0	5.03				-	0	1.96	观测设施设 备区	0.1	观测设施设 备区、排洪 工程区	2.06

3 重点对象水土流失动态监测

	施工便道	0.57	0	0.57	0.57	0	0.57		-	0	-	0	0	-	0	-	0
	小计	14.24	0.2	14.44	11.58	0	11.58	0	-		-	0	2.58	-	0.2	-	2.78
	施工生产生活区	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0
	工程管理区	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0
	合计	69.66	1.02	70.76	69.66	1.02	70.68	12.66	-	0.45	-	13.11	12.66	-	0.45	-	13.11
	测控基地区	0.3	0.07	0.37	0.3	0.07	0.37	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0
	总计	69.96	1.09	71.05	69.96	1.09	71.05	12.66	-	0.45	-	13.11	12.66	-	0.45	-	13.11

3.5 其他重点部位监测

根据施工过程资料、监理资料及现场调查情况，施工初期，工程建设过程中对地表的扰动导致原始植被的丧失和土壤结构的破坏，使得地表土壤的抗冲蚀能力降低，基坑开挖，产生大量的裸露边坡，容易发生面蚀等水土流失形式，水土流失强度较高。

工程在后续施工过程中的水土保持措施相继实施，土壤侵蚀强度逐渐降低，至施工结束时，工程总体土壤侵蚀强度降低到轻度范围。后期随着施工活动逐步减弱、裸露坡面相继实施迹地恢复措施，开挖坡面土壤侵蚀强度逐渐降低。施工结束后实施工程措施和植物措施，整个过程中未发生重大水土流失危害。

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 工程措施设计情况

水土保持工程措施设计包括观测基地区及测控基地区共 2 个防治分区，观测基地区包含观测设施设备区、辅助设施区、排洪工程区、道路工程区。

4.1.1.1 观测设施设备区

根据批复方案，观测设施设备区占用草地面积共 23.34hm^2 ，其中可剥离草皮面积 77500m^2 。可剥离草皮主要来源为 MD、WCDA 占地范围内草地，主要用于 MD 封土的植被恢复。因两种观测设施设备施工均分区分阶段实施，每个分区施工时将草皮剥离后堆存于指定地进行养护，经计算养护面积为 57100m^2 ，养护周期一般为 3 个~6 个月。MD 封土施工完成后及时回铺。

观测设施设备区占用其他土地 45.61hm^2 ，其中可供剥离表土的稀疏灌木地 10.85hm^2 ，在土石方开挖时清除灌木然后收集表土。本区域表土厚度约 $0.1\text{m}\sim 0.3\text{m}$ ，由于收集难度大，可收集 $600\text{m}^3/\text{hm}^2$ ，观测设备区可收集表土 6510m^3 ，堆存于指定区域采取临时覆盖措施进行防护。

4.1.1.2 辅助设施区

根据批复方案，主体工程设计中，对 WCDA 周围设有混凝土排水沟 805m ，矩形断面，规格为 $1.0\text{m}\times 0.8\text{m}$ 。水土保持方案在主体工程已有措施的基础上新增。装配大厅区和附属用房区布设排水沟 390m ，供电工程区布设排水沟 160m ，供水工程区布设排水沟 110m 。辅助设施区共新增排水沟 660m 。

沉沙池采用浆砌石结构，壁厚 0.3m ，池底为 0.15m 厚 C20 混凝土垫层，共布设沉砂池 3 个。

辅助设施区占用草地面积共 1.28hm^2 ，其中可剥离草皮面积 12800m^2 。可剥离草皮主要来源为项目永久占地范围内草地，一部分用于供水工程管线和围栏工程植被恢复，其余的用于 MD 封土的植被恢复。在辅助设施施工时将草皮剥离后堆存于指定地点进行养护，养护面积 12800m^2 ，养护周期一般为 3 个~6 个月。MD 封土施工完成后及时回铺。

辅助设施区占用其他土地 0.74hm^2 ，其中可供剥离表土的稀疏灌木地 0.63hm^2 ，在土

石方开挖时清除灌木然后收集表土。本区域表土厚度约 0.1m~0.3m，由于收集难度大，预计可收集 $600\text{m}^3/\text{hm}^2$ ，辅助设施区预计可收集表土 378m^3 ，堆存于指定区域采取临时覆盖措施进行防护，并在 MD 封土完成后就近回覆。

4.1.1.3 排洪工程区

根据批复方案，沿场区西北侧设置总长 883m，宽 1.5m 的两条 M10 浆砌石矩形排水沟，将 S217 道路涵洞来水从场区外侧排向场区西侧湖泊。

排洪工程区占用草地和其他土地 3.59hm^2 ，其中可供剥离表土的草地 0.08hm^2 ，稀疏灌木地 3.51hm^2 ，在土石方开挖时清除灌木然后收集表土。本区域表土厚度约 0.1m~0.3m，草地可收集表土厚度为 0.2m，稀疏灌木地由于收集难度大，预计可收集 $600\text{m}^3/\text{hm}^2$ ，排洪工程区预计可收集表土 2106m^3 ，堆存于指定区域采取临时覆盖措施进行防护，施工完成后用于排洪工程区绿化。

4.1.1.4 道路工程区

根据批复方案，主体工程设计中沿进场道路及场内主干道一侧设有排水沟 6544m，规格为 $0.5\text{m}\times 0.4\text{m}$ 。沿场内次干道路一侧设排水沟 15090m，规格为 $0.3\text{m}\times 0.3\text{m}$ 。主体工程所设排水沟断面均为矩形，浆砌石砌筑。

道路排水沟每隔约 1000m 设置 1 座沉沙池，道路排水沟与急流槽或者天然沟道连接处也设置沉沙池。道路区沉沙池规格为 $3\text{m}\times 1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$ (长×宽×深)，按每年清淤 6 次计算，沿途布设 25 座沉沙池。

永久道路工程区占用草地面积 8.97hm^2 ，其中可剥离草皮面积 8.97hm^2 。可剥离草皮主要来源为道路征占地范围内草地，主要用于道路路基边坡的植被恢复，多余部分用于 MD 封土植被恢复。道路路基开挖剥离的草皮就近堆存于道路两侧，路基工程施工完成后直接用于路基边坡植被恢复。多余部分堆存于指定地点进行养护，养护周期一般为 3 个~6 个月，MD 封土施工完成后及时回铺。临时道路区占用草地面积共 0.47hm^2 ，其中可剥离草皮面积 0.47hm^2 。可剥离草皮主要来源为施工便道征占地范围内草地，道路路基开挖剥离的草皮就近堆存于道路两侧，施工便道使用结束后回覆。

道路工程区占用其他土地 4.03hm^2 ，其中可供剥离表土的稀疏灌木林 3.30hm^2 ，在土石方开挖时清除灌木然后收集表土。本区域表土厚度约 0.1m~0.3m，由于收集难度大，预计可收集 $600\text{m}^3/\text{hm}^2$ ，道路工程区预计可收集表土 1980m^3 ，堆存于指定区域采取临时覆盖措施进行防护。

临时道路使用结束在回铺草皮前进行土地平整，回填沉沙池及排水沟，平整面积 0.66hm²。

4.1.1.5 测控基地区

根据批复方案，主体工程沿测控基地周边设计了浆砌石排水沟 650m，断面为矩形，规格为 0.3m×0.3m。道路区沉沙池规格为 2.0m×1.0m×1.0m(长×宽×深)，共布设 4 个沉沙池。

测控基地占用其他土地 1.54hm²，其中可供剥离表土 720m³，堆存于该区一角，采取临时覆盖措施防护，用于后期景观绿化用土。

4.1.2 工程措施实施情况

项目于 2016 年 9 月开工，于 2021 年 8 月竣工，经查阅及核实现场施工记录、资料、现场状况等，水土保持工程措施于工程施工期间完成，总体进度满足主体工程和水土保持“三同时”要求。

4.1.3 工程措施监测结果

水土保持工程措施量通过现场调查以及查阅施工资料、设计资料获得，批复水保方案设计与实际设置的措施类型基本一致，工程量根据项目实际情况进行调整。

实际完成和批复方案的水土保持工程措施量对比表 4.1-5。

表 4.1-5 实际完成和批复方案的水土保持工程措施工程量对比

防治分区		措施名称	单位	设计工程量	实际完成量	变化率	原因
观测基地区	观测设施设备区	草皮剥离	m ²	77500	77500	0	前期已完成，无变化
		草皮养护	m ²	57100	57100	0	
		表土剥离	m ³	6510	6510	0	
	辅助设施区	排水沟	m	1465	1925	460	根据实际调整
		沉沙池	座	3	0	-3	临时沉砂池数量减少
		草皮剥离	m ²	12800	12800	0	前期已完成，无变化
		草皮养护	m ²	12800	12800	0	
		表土剥离	m ³	378	378	0	
	排洪工程区	表土剥离	m ³	2106	1263.6	-842.4	实际占地减少
		涵洞排水沟	m	1250	883	-367	主体工程设计
	道路工程区	沉沙池	座	25	10	-15	工程减少临时沉砂池数量

防治分区		措施名称	单位	设计工程量	实际完成量	变化率	原因
		草皮剥离	m ²	94400	94400	0	前期已完成，无变化
		草皮养护	m ²	94400	94400	0	
		表土剥离	m ³	1980	1980	0	
		土地平整	hm ²	0.66	0.66	0	
		路基排水	m	21634	21634	0	主体工程设计
观测基地区		表土剥离	m ³	720	720	0	前期已完成，无变化
		排水沟	m	650	280	-370	新增了管网排水
		排水管网	m	0	260	260	
		沉沙池	座	4	0	-4	实际未布设永久沉砂池

4.2 植物措施监测结果

4.2.1 植物措施设计情况

4.2.1.1 观测设施设备区

MD 封土施工完毕，进行植被恢复面积 13.73hm²，其中剥离的草皮可以回铺 10.46hm²。草皮回铺采用满铺，并用竹签进行固定

MD 封土草皮回铺不够部分，覆表土后撒播草籽，面积 32700m²，覆土厚度为 0.2m，需覆盖表土 6580m³。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 15g/m²。

4.2.1.2 辅助设施区

根据批复方案，供水工程的管线、围栏工程开挖土石就地平衡，土石方回填后回铺草皮或者撒播草籽恢复植被。其中排水沟工程供水工程的管线回填后植被恢复面积 1800m²，全部采用草皮回铺。围栏工程植被恢复面积 800m²，其中 100m²采用草皮回铺，700m²撒播草籽恢复植被，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 15g/m²。

4.2.1.3 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 1.79hm²，覆土厚度为 0.2m，共覆盖表土 3580m³。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 150kg/hm²。

4.2.1.4 道路工程区

永久道路路基施工完毕具备植被恢复条件时，将堆存于道路两侧的草皮回铺，总面积 7.35hm²。草皮回铺采用满铺，并用竹签进行固定。

临时道路施工结束后，将草皮进行回铺，由于临时道路收集的草皮不足回铺，故待草皮铺设完毕后对不足部分撒播草籽进行补植，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，播种密度为 15g/m²。播种面积为 1900m²，经计算，临时道路共回铺草皮 4700m²、撒播草籽 1900m²。

4.2.1.5 测控基地区

停车位铺砌植草砖，进行植草砖区域绿化，以增加降雨入渗。共布置植草砖铺砌面积 110m²，植草面积 60m²，回覆表土 720m³。

4.2.2 植物措施监测实施情况

项目于 2016 年 9 月开工，于 2021 年 8 月全部完工。经查阅及核实现场施工记录、资料、现场状况等，水土保持植物措施于工程施工期间完成，总体进度满足主体工程和水土保持要求。

4.2.3 植物措施监测结果

通过查阅施工过程、主体监理相关资料施工过程中采取了一系列的水土保持措施，水土保持效果良好，无水土流失危害，植物措施类型按照主体设计实施，根据调查复核后，实际完成的工程量根据项目情况进行调整，与批复方案设计工程量变化较少。

实际完成和批复方案的水土保持植物措施量对比详见下表。

表 4.2-3 项目水土保持植物措施变化情况

防治分区		具体措施	单位	方案设计	实际完成	变化情况	变化原因
观测基地区	观测设施设备区	草皮回铺	m ²	104600	104600	0	主体设计
		回覆表土	m ³	6580	6580	0	
		撒播草籽	m ²	32700	32700	0	
	辅助设施区	草皮回铺	m ²	1900	1900	0	主体设计，工程量基本一致
		撒播草籽	m ²	700	770	70	
	排洪工程区	回覆表土	m ³	3580	4330	750	实际占地减少

防治分区	具体措施	单位	方案设计	实际完成	变化情况	变化原因
	撒播草籽	m ²	17900	10740	-7160	
道路工程区	永久道路草皮回铺	m ²	73500	73500	0	主体设计
	临时道路草皮回铺	m ²	4700	4700	0	
	临时道路撒播草籽	m ²	1900	1900	0	
测控基地区	植草砖	m ²	110	0	-110	主体设计
	景观绿化	m ²	5410	4718	692	

4.3 临时防护措施监测结果

4.3.1 临时措施设计情况

临时措施已基本被拆除，技术人员通过查阅的工程施工过程资料、影像资料、主体监理资料等相关资料确认，建设单位在施工过程中对表土实施了临时拦挡、临时排水沟和临时遮盖。实施临时措施时结合现场实际情况进行了合理布设，建设单位临时措施实施进度根据主体工程施工进度相继实施完成，总体进度满足主体工程和水土保持要求。

表 4.3-1 实际完成和批复方案的水土保持临时措施对比情况

防治分区	水土保持措施名称	单位	方案设计	实际完成	变化量	变化原因	
观测基地区	观测设施设备区	干砌石拦挡	m ³	4098.5	5012	913.5	根据实际施工调整工程量
		土工布覆盖	m ²	60000	56800	-3200	
		防尘网覆盖	m ²	75000	78600	3600	
	辅助设施区	防尘网覆盖	m ²	5000	5580	580	
	排洪工程区	防尘网覆盖	m ²	10000	6860	-3140	
		编织土袋挡墙	m ³	262.5	182.6	-79.9	
	道路工程区	永久道路防尘网覆盖	m ²	40000	36800	-3200	
		永久道路编织土袋挡墙	m ³	750	710	-40	
		临时道路排水沟	m	1510	1248	-262	
		临时道路沉沙池	座	3	10	7	
	施工生产生活区	土工布覆盖	m ²	11000	12400	1400	
		临时排水沟	m	800	830	30	
		临时沉沙池	座	5	8	3	
	工程管区	土工布覆盖	m ²	20000	22310	2310	
		防尘网覆盖	m ²	13000	15600	2600	
编织土袋挡墙		m ³	240	280	40		

防治分区	水土保持措施名称	单位	方案设计	实际完成	变化量	变化原因
测控基地区	防尘网覆盖	m ²	5000	4210	-790	
	编织土袋挡墙	m ³	50	68	18	

4.3.2 临时措施防治效果

通过对主体工程中具有水土保持功能措施和水土保持工程措施完成情况的统计分析。从时间上，实施过程中先进行了临时遮盖，在土建工程即将完成之际，及时实施绿化措施，工序衔接合理，符合植物措施施工作业界面要求和水土保持要求。

4.4 水土保持措施防治效果

施工初期，工程水土保持防治措施实施情况由主体工程监理单位监督实施，根据工程建设过程控制资料，监测小组进场后，主要通过巡查和回顾调查的方法，对前期工程水土保持防治水土保持防治效果进行了回顾性监测及其工程量进行了核查。根据建设过程控制资料和现场监测情况，已实施的各项水土保持防治措施，在施工过程中发挥了应有的水土保持效果，工程建设过程中未发生因工程水土保持防治措施不完善带来的水土流失灾害情况。

通过调查以及结合施工期间的资料，工程施工过程中，为控制施工扰动产生的水土流失建设单位采取了相应的水土保持工程措施及临时措施，有效的保证了本工程施工的正常进行；观测设施设备工程区采取了工程措施为主，临时措施为辅的防治体系，有效的保证了观测设施设备工程区正常施工；同时有效的控制了工程新增水土流失的产生；施工结束后，对绿化区域及时实施了植物措施，为本工程建设期的安全提供了有力的保障。以上实施的各项工程措施及植物措施现均保存完好，运行良好。

根据监测结果，高海拔宇宙线观测站建设期间水土流失面积为 136.66hm²，至设计水平年结束（以 2021 年 9 月监测为准），实际水土流失面积为 43.56hm²，水土流失整治面积为 43.21hm²，水土流失总治理度为 99.20%。

高海拔宇宙线观测站建设过程中，参照“报告书”及批复要求，落实了相关水土保持措施，有效防治了现场水土流失，目前工程各监测区治理后平均土壤侵蚀模数为 466t/km² a，土壤流失控制比为 1.07，达到了“报告书”设计目标值。

高海拔宇宙线观测站施工期间共产生临时堆土量 71.05 万 m³，实际拦渣量 71.05 万 m³，拦渣率为 99.56%，满足“报告书”设计的目标要求。

高海拔宇宙线观测站建设区扣除建筑占压、道路占地等区域后，可恢复植被面积为 41.55 hm²，设计水平年末已恢复植被面积为 41.2hm²，林草植被面积共计为 76.11hm²（含工程管理区未被扰动部分的植被面积约 37.87hm²），植被恢复率为 99.16%。经测算，覆盖率为 55.69%，高于方案目标值 27%。

5 土壤流失情况监测

5.1 水土流失面积

(1) 施工准备期

从收集的工程施工组织设计资料分析,本工程施工准备较短,主要是确定施工单位、招投标以及材料购买等,基本不会扰动地表,因此施工准备期项目区全部处于自然侵蚀,无加速水土流失面积。

(2) 施工期

本工程施工期从2016年9月~2021年8月,施工期60个月。通过施工过程控制资料资料监理记录资料、影像资料及现场调查,本工程施工期的水土流失面积为136.66hm²。

(3) 试运行期

截至目前,本项目水土保持设施已全部完工并投入使用,项目地表硬化等基本不会产生水土流失,因此,试运行期水土流失区域主要为可实施植物措施的区域。建设期的水土流失面积为136.66hm²。

5.2 土壤流失量

本工程施工期间的土壤流失量主要通过调查监测获得。经查阅资料及数据分析,工程占地面积为136.66hm²,水土流失面积为136.66hm²,原地貌土壤平均侵蚀模数为1500t/(km²·a)。

表 5.2-1 各分区水土流失详情

防治分区		项目建设区(hm ²)	治理后土壤流失量 (t/km ² ·a)	容许土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
观测基地	观测设施设备	69.9	463	500
	辅助设施	2.66	481	500
	排洪工程	2.47	376	500
	道路工程	16.08	528	500
	施工生产生活区	1.06	517	500
	工程管理区	43.16	457	500
测控基地		1.33	300	500
合计		136.66	466.00	500

根据现场调查，工程在扰动期间土壤侵蚀量比较大，但由于这些部位在扰动结束后进行了治理，以及植被的逐渐恢复，后期土壤侵蚀量相比前期而言大幅度降低。根据项目区水土流失情况、批复水土保持方案及验收前的最后一次调查数据结果，按照不同分区加权平均计算出项目区土壤侵蚀模数为 443t/km²·a。

据调查，本项目在施工期至验收阶段，项目共减少水土流失量 2099t。

表 5.2-2 各阶段水土流失情况表

行政区划	调查时期	分区	采取措施后侵蚀模数 (t/km ² ·a)	扰动侵蚀模数 (t/km ² ·a)	调查面积 (hm ²)	调查时段 (a)	采取措施后流失量 (t)	无措施流失量 (t)	已减少流失量 (t)
稻城县	施工期	观测设施设备	1017	1500	69.9	5	3554	5243	1688
		辅助设施	872	1500	2.66	5	116	200	84
		排洪工程	1014	1500	2.47	3	75	111	36
		道路工程	1172	1500	16.08	3	565	724	158
		施工生产生活区	954	1500	1.06	5	51	80	29
		工程管理区	457	1500	43.16	0	0	0	0
		测控基地	1021	1500	1.33	3	41	60	19
	自然恢复期	观测设施设备	463	1063	69.9	0	0	0	0
		辅助设施	481	837	2.66	0	0	0	0
		排洪工程	376	743	2.47	2	19	37	18
		道路工程	528	685	16.08	2	170	220	50
		施工生产生活区	517	725	1.06	0	0	0	0
		工程管理区	457	457	43.16	5	986	986	0
		测控基地	300	912	1.33	2	8	24	16
		小计			136.66	5	5585	7684	2099

5.3 潜在土壤流失量

项目区存在潜在水土流失量，根据调查及结合施工期间资料，施工初期，是大量土石方挖填的时段，扰动频繁且剧烈，但部分区域水土保持措施实施不完善，并且在降雨等因素的影响下，项目区内土壤侵蚀强度增大，水土流失量较大，存在一定的潜在水土流失量。建设单位督促施工单位及时实施水土保持相关措施，在后续的施工过程中，逐渐形成了以工程措施为主，植物措施和临时措施相结合的防治体系，有效的控制了土壤侵蚀强度，水土流失量在这期间较施工初期逐渐减少，基本不存在主体开挖及回填过程

中项目区潜在水土流失量。

5.4 水土流失危害

(1) 对土地资源的破坏

工程建设大量扰动和破坏原地貌，使表土层剥离形成裸露地表和基岩及高陡边坡，失去原有植被的防冲固土能力。建设过程中将破坏、扰动原地表，若不采取水土保持措施对其加以防护，表层耕植土或腐殖质层将被剥离、冲刷殆尽；若对工程开挖弃渣不加防护，则其周围的地表可能被流失的土石渣淤埋覆盖，使土壤中的养分大大降低，造成区域植被生长立地条件变差，对植被生长不利。

(2) 对生态环境的影响

由于工程建设破坏了区域内原有的地表、植被和自然景观，加剧了水土流失，对当地环境造成影响。

(3) 对工程施工和运行的影响

在施工期，受工程区地形地貌及场地限制，施工企业布置相对紧凑若不采取防护措施，产生的水土流失将损坏周围道路，造成局部施工作业面的淤积，影响主体工程施工进度。

目前项目基本完工，并且布设了措施，减少了水土流失，未对周边生产生活造成影响。项目区内基本无裸露地表，截至目前未发生严重水土流失事件，无水土流失危害。

6 水土流失防治效果监测结果

6.1 水土流失总治理度

根据水土保持监测结果并结合项目建设前后遥感影像分析，工程实际扰动原地貌、损坏土地和植被面积 96.48hm²，建设过程中，施工损坏和新形成并易造成水土流失的开挖面、填筑面，根据施工进度采取了工程措施和植物措施进行防护。

项目实际完成扰动土地整治面积 96.13hm²，扰动土地整治率为 99.64%，达到批复的水土保持方案确定的防治目标值 95%。

表 6.1-1 各分区扰动土地整治率一览表（单位：hm²）

防治分区	项目建 设区	扰动面积	硬化及建 筑物面积	水土流失治理面积			扰动土 地整 治 面 积	扰动整 治率(%)	
				工程措施	植物措施	小计			
观 测 基 地 区	观测设施设备	69.9	69.9	40.4	0.35	28.87	29.22	69.62	99.60
	辅助设施	2.66	2.66	1.78	0.6	0.27	0.87	2.65	99.62
	排洪工程	2.47	2.47	1.32	0.07	1.07	1.14	2.46	99.60
	道路工程	16.08	16.08	8.61	0.95	6.5	7.45	16.06	99.88
	施工生产生活区	1.06	1.06			1.06	1.06	1.06	100.00
	工程管理区	43.16	2.98			2.96	2.96	2.96	99.33
测控基地区	1.33	1.33	0.81	0.04	0.47	0.51	1.32	99.25	
合计	136.66	96.48	52.92	2.01	41.2	43.21	96.13	99.64	

6.2 水土流失总治理度

根据水土保持监测结果并结合项目建设前后遥感影像分析，工程实际造成水土流失面积 43.56hm²。实际完成水土流失治理面积 43.21hm²，水土流失总治理度为 99.20%，达到批复的水土保持方案确定的防治目标值 96%。

表 6.2-1 水土流失总治理度表

防治分区	扰动 面积	硬化及建 筑物面积	水土流 失面积	水土流失治理面积			水土流失总 治理度(%)	
				工程措施	植物措施	小计		
观 测 基 地 区	观测设施设备	69.9	40.4	29.5	0.35	28.87	29.22	99.05
	辅助设施	2.66	1.78	0.88	0.6	0.27	0.87	98.86
	排洪工程	2.47	1.32	1.15	0.07	1.07	1.14	99.13
	道路工程	16.08	8.61	7.47	0.95	6.5	7.45	99.73

	施工生产生活区	1.06	0	1.06	0	1.06	1.06	100.00
	工程管区	2.98	0	2.98	0	2.96	2.96	99.33
测控基地区		1.33	0.81	0.52	0.04	0.47	0.51	98.08
合计		96.48	52.92	43.56	2.01	41.2	43.21	99.20

6.3 土壤流失控制比

根据水土保持监测结果，项目区平均土壤侵蚀模数约为 $466\text{t}/\text{km}^2\text{a}$ ，土壤流失控制比为 1.07，达到批复的水土保持方案确定的防治目标值 1.0。

表 6.3-1 土壤流失控制比一览表

防治分区		项目建设区(hm^2)	估计土壤侵蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$)	容许土壤侵蚀 模数 ($\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$)	水土流失控制 比
观测基地 区	观测设施设备	69.9	463	500	1.08
	辅助设施	2.66	481	500	1.04
	排洪工程	2.47	376	500	1.33
	道路工程	15.83	528	500	0.95
	施工生产生活区	1.06	517	500	0.97
	工程管区	43.16	457	500	1.09
测控基地区		1.33	300	500	1.67
合计		136.66	466.14	500	1.07

6.4 拦渣率

根据施工资料及批复方案核查，项目开挖土石方（含表土）为 71.05万 m^3 ，实际进行挡护的堆土量 71.05万 m^3 ，拦渣率 99.99%，达到批复的水土保持方案确定的 95%防治目标值。

表 6.4-1 拦渣率一览表

防治分区		临时堆土数量 (万 m^3)	临时挡护总量 (万 m^3)	拦渣率 (%)
观测基地区	观测设施设备	56.78	56.78	99.99
	辅助设施	1.66	1.66	99.99
	排洪工程	0.66	0.66	99.99
	道路工程	11.58	11.58	99.99
测控基地区		0.37	0.37	99.99
合计		71.05	71.05	99.99

6.5 林草植被恢复率

根据水土保持监测结果并结合项目建设前后遥感影像分析，因施工扰动后可恢复的绿化面积 41.55hm^2 ，项目实际恢复的林草植被面积 41.2hm^2 ，林草植被恢复率为 99.16%，达到批复的水土保持方案确定的防治目标值 99%。

表 6.5-1 各分区林草植被恢复率一览表 单位： hm^2

防治分区		项目建设区	可恢复林草植被面积	已恢复绿化面积	林草植被恢复率 (%)
观测基地区	观测设施设备	69.9	29.15	28.87	99.04
	辅助设施	2.66	0.28	0.27	96.43
	排洪工程	2.47	1.08	1.07	99.07
	道路工程	16.08	6.52	6.5	99.69
	施工生产生活区	1.06	1.06	1.06	100.00
	工程管理区	43.16	2.98	2.96	99.33
测控基地区		1.33	0.48	0.47	97.92
合计		136.66	41.55	41.2	99.16

6.6 林草覆盖率

根据主体监理资料、监测资料、竣工资料及结合现场调查，项目建设区面积 136.66hm^2 。至工程建设期结束时，林草植被面积为 76.11hm^2 （含工程管理区未被扰动部分，植被面积约 37.87hm^2 ），林草植被覆盖率为 55.69%，达到方案确定的达到了方案设计目标值 27.0%。

表 6.6-1 各分区林草覆盖率一览表 单位： hm^2

防治分区		项目建设区	项目区绿化面积	林草覆盖率 (%)
观测基地区	观测设施设备	69.9	28.87	41.30
	辅助设施	2.66	0.27	10.15
	排洪工程	2.47	1.07	43.32
	道路工程	16.08	6.5	40.42
	施工生产生活区	1.06	1.06	100.00
	工程管理区	43.16	37.87	87.74
测控基地区		1.33	0.47	35.34
合计		136.66	76.11	55.69

六项指标均达到批复的《水保方案》中提出的水土保持防治目标，水土保持防治效

果较好。

7 结论

7.1 水土流失动态变化

按照《生产建设项目水土保持技术规范》(GB50433-2018)、《生产建设项目水土流失防治标准》(GB50434-2018)要求和有关规定,项目水土流失防治的总体要求是:预防和防治责任范围的水土流失,通过实施主体工程具有水土保持功能的各项措施及水土保持措施,保障工程建设及运行安全,并尽可能改善工程区生态环境。

由于本项目位于四川省甘孜藏族自治州稻城县,属于金沙江岷江上游及三江并流国家级水土流失重点预防区,根据《生产建设项目水土流失防治标准》(GB50433-2008)的规定以及结合本工程实际情况,本项目水土保持防治执行建设类项目一级标准。

根据批复的水土保持方案,最终工程水土流失防治目标为:扰动土地整治率达到 99.64%、水土流失总治理度达到 99.20%、土壤流失控制比达到 1.07、拦渣率达到 99.99%、林草植被恢复率达到 99.16%、植被覆盖率达到 55.69%。

高海拔宇宙线观测站在建设过程中,施工活动扰动原地貌和地表植被,实际造成水土流失面积 43.16hm²,对应产生了一定的新增水土流失,主要表现为面蚀、沟蚀等,施工期本工程建设过程中的重点水土流失时段。

监测小组进场后,结合工程实际情况,及与建设单位沟通交流,严格按照“报告书”要求通过调查与巡查监测落实各项水土保持措施。本项目以工程措施为主,植物措施为辅的水土流失防治措施体系,水土流失隐患得到了有效控制,水土流失危害得到有效避免。

根据监测成果,已实施的水土保持工程防护措施保存完好、运行正常,水土保持植物措施效果逐渐显著,水土保持综合防治体系得到完善,工程总体新增水土流失量明显降低,目前水土流失强度在微度,达到了当地土壤侵蚀模数容许值,满足国家水土流失防治标准和水土保持方案报告书设计目标。

根据监测及统计成果,本项目水土流失防治责任范围为 136.66hm²,建构筑物占压、水面及地表硬化面积 52.92hm²;水土流失面积 43.21hm²;水土流失治理面积 43.16hm²;其中水土保持工程措施面积 2.01hm²;植物措施面积 41.20hm²。项目扰动土地整治率达到 99.64%、水土流失治理度达到 99.20%、土壤流失控制比达到 1.07、拦渣率达到 99.99%、林草植被恢复率达到 99.16%、植被覆盖率达到 55.69%,水土保持监测三色评价为绿色,

六项防治标准均能达到并超过水保方案设计及现行国家规定的水土流失防治目标。

通过对项目区村民、政府、施工单位及建设单位的调查，证实高海拔宇宙线观测站施工过程中未发生水土流失事故，工程建设过程中的水土流失投诉为零，工程建设中总体的水土流失危害较小，基本达到了防治水土流失的目的和效果。

7.2 水土保持措施评价

(1) 水土保持措施体系布局

监测组经过审阅设计、施工档案及相关验收资料，并进行了实地查勘，认为水土流失防治措施在总体布局上基本维持了原设计的框架。工程建设单位在严格设计管理的前提下，根据实际情况对该工程水土保持措施的总体布局和水土保持工程措施的具体设计进行适度调整是合理的、适宜的。根据实地抽查复核和回访，未造成水土流失事故，从目前恢复情况看植被覆盖度基本满足水土保持要求。

水土流失防治效果达到了国家有关法律、法规和技术规范的要求，投资与调整报告批复的投资相比有所增加，治理规模合适，治理效果较好，达到水土流失防治目标。因此，评估组认为水土流失防治总体布局合理，治理效果满足要求。

(2) 水土保持措施数量变化情况

总体从“报告书”来看，观测设施设备工程区基本按照水土保持的要求实施了工程、植物和临时措施等各类水土保持措施，观测设施设备工程区中针对工程区域降雨较多的实际情况，优化水土保持措施，有效的保证了观测设施设备工程区的正常运行。

(3) 水土保持措施运行维护情况

工程措施：通过查阅施工期间的资料，建设单位重视已有工程措施的管护工作，在工程建设中，进行定期巡视和修补，对措施破损部分，及时进行修补和定期清淤。工程试运行后，对人力整地等工程措施进行巡视，并对不完善措施及时修整，确保已有工程措施运行良好。

植物措施：通过查阅施工期间的资料，在施工过程中，建设单位重视原有地表植被保护，对工区内剥离的表土集中保存、专人养护，基本保证了表土的肥沃性，施工结束后及时回填表土；施工后期，在植物措施实施后及时对已有绿化植物进行了浇水、更替枯死植株、围栏防护等养护管理。

临时措施：通过查阅施工期间的资料，在施工过程中施工单位对临时挡护、临时遮盖等临时措施进行及时检查和维护，发现破损和淤积及时进行修补、更换和清理，基本

保证了这些临时措施充分发挥水土保持作用。

(4) 水土保持措施总体效果评价

本工程施工过程中实施的各项水土保持措施基本控制了工程建设带来的新增水土流失。

工程措施：通过查阅施工期间的资料项目区排水沟、透水铺装等工程措施大部分保存完整、运行良好。

植物措施：通过查阅施工期间的资料，项目在施工结束后及时实施了相应的植物措施，可绿化区域已进行景观绿化，植物措施形成的覆盖层达到了良好的防治效果；采取的植物措施在林草恢复期起到了绿化和防治水土流失的良好效果。

临时措施：通过查阅施工期间的资料，施工过程中，表土剥离、临时拦挡、临时遮盖措施实施及时，实施量基本满足现场水土流失防治需要。整体上临时措施有效发挥了水土保持作用，减少了施工过程中的水土流失。

目前工程基本竣工，建设期内工程在已建成的各类排水等工程措施的防护下，排水基本通畅，周边住户及未受到影响，大部分已实施的迹地植物恢复措施在养护和管理下生长良好，工程整体植被覆盖率较高，有效发挥了减轻土壤侵蚀强度、美化生态环境的作用。总体来讲，工程建设过程中采取的各项水土保持措施基本控制了新增水土流失。

7.3 存在的问题与建议

本工程实施的工程、植物措施满足水土保持要求，但在后期仍需加强实施的植物措施的管护工作。

7.4 综合结论

高海拔宇宙线观测站建设单位在工程建设过程中对水土保持工作给予了充分的重视，按照水土保持相关的法律法规，在项目前期委托有关单位编报了水土保持方案，并取得批复。在实际施工过程中，水土保持防治措施较批复方案有局部变化，但基本保持原设计思路，工程基本落实了水土保持方案报告设计的各项水土流失防治措施，将工程建设过程中的水土保持工程的建设和管理纳入高标准、规范化管理模式和程序中，在工程建设过程中落实了项目法人、建设单位、施工单位、监理单位的水土保持职责，强化了对水土保持工程的管理，确保了水土保持方案报告的顺利实施。

建设单位对本工程水土流失防治责任范围内的水土流失进行了全面、系统的治理，

完成了水土保持批复方案确定的各项防治任务、目标。从监测的成果来看，工程项目区等区域的表土剥离、雨水管等措施到位，植物措施得到了较好的落实。总体来看，本工程水土保持措施落实较好，施工过程中的水土流失得到了有效控制，项目区大部分区域水土流失强度由中度下降到轻度以下。经过系统的整治，项目区生态环境有明显的改善，总体上发挥了较好的保水保土、改善区域生态环境的作用。

8 附图及有关资料

8.1 附件

- (1) 水土保持监测委托书;
- (2) 项目立项文件;
- (3) 四川省水利厅关于对《高海拔宇宙线观测站水土保持方案》的批复;
- (4) 监测工作现场照片

8.2 附图

- (1) 项目区地理位置图;
- (2) 项目水土保持设施监测点位图

8.3 水土保持监测成果

- (1) 监测实施方案文本附件
- (2) 水土保持监测季度报告表附件