

省道 S316（原 S304）线鹤庆至剑川公路工程（鹤庆段）

水土保持监测总结报告

建设单位：鹤庆县交通运输局

监测单位：昆明有色冶金设计研究院股份公司

2022 年 11 月

水土保持监测特性表

主体工程主要技术指标										
项目名称			省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段)							
建设规模	省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 全长 28.26km, 全线采用双车道二级公路标准建设, 行车设计速度为 40km/h, 工程采用两幅路布置形式, 路基宽度采用 8.5m 和 12m。		建设单位、联系人		鹤庆县交通运输局 李会杨/13988584663					
			建设地点		鹤庆县					
			所属流域		长江流域					
			工程总投资		2.44					
			工程总工期		37 个月 2017 年 12 月 ~ 2020 年 12 月					
水土保持监测指标										
监测单位			昆明有色冶金设计研究院股份公司		联系人及电话			王跃兵 15198801693		
自然地理类型			构造侵蚀地貌、溶蚀地貌, 剥蚀地貌及堆积地貌		防治标准			建设类一级标准		
监测内容	监测指标		监测方法 (设施)		监测指标			监测方法 (设施)		
	1. 水土流失状况监测		简易水土流失观测场		2. 防治责任范围监测			现场调查并结合地形图		
	3. 水土保持措施情况监测		现场调查法		4. 防治措施效果监测			现场调查法		
	5. 水土流失危害监测		巡查法		水土流失背景值			1106.11t / (km ² ·a)		
	变更方案设计防治责任范围			80.81hm ²		容许土壤流失量			500t/km ² ·a	
水土保持投资			3654.30 万元		水土流失目标值			500t/km ² ·a		
防治措施	工程措施: 现浇混凝土边沟 32160m, 排水沟 3640m, 截水沟 3280m, 渗沟 1800m, 跌水与急流槽 890m, 护坡 141300m ² , 盲沟 1250m, 拦砂坝 132m。植物措施: 植草护坡 5.52hm ² , 路基绿化 5.44hm ² , 植被恢复 15.06hm ² , 绿化 0.05hm ² , 栽植雪松 (1~3cm)1164 株, 栽植雪松 (5~7cm)793 株, 球花石楠 (5~7cm)380 株。									
监测结论	分类指标		目标值	达到值	实际监测数量					
	扰动土地整治率 (%)		95	99.84	防治措施面积	45.03hm ²	道路硬化面积	35.65hm ²	扰动土地总面积	80.81hm ²
	水土流失总治理度 (%)		97	99.71	防治责任范围面积		80.81hm ²	水土流失总面积		45.02hm ²
	土壤流失控制比		1.0	1.03	工程措施面积		18.95hm ²	容许土壤流失量		500t/km ² ·a
	林草覆盖率 (%)		27	32.27	植物措施面积		26.07hm ²	监测土壤流失情况		434.31t/km ² ·a
	林草植被恢复率 (%)		99	99.50	可恢复林草植被面积		26.21hm ²	林草类植被面积		26.07hm ²
	拦渣率 (%)		95	96.35	实际拦挡弃渣量		152.51 万 t	总弃渣量		158.29 万 t
	水土保持治理达标评价			六项防治指标均达到方案目标值。						
总体结论			该项目手续资料齐备, 水土保持措施落实完善, 水土保持投资满足区域水土保持的防治要求, 工程防治目标都达标, 措施防治效果明显, 满足水土保持要求。							
主要建议			建议建设单位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, 指派专人负责后期水土保持工作, 发现问题及时采取相应补救措施。							

目 录

前 言	1
1 建设项目及水土保持工作概况.....	3
1.1 建设项目概况	3
1.2 水土流失防治工作情况	24
1.3 监测工作实施情况	28
1.4 水土保持监测三色评价	43
2 监测内容与方法.....	45
2.1 监测内容	45
2.2 监测方法	47
3 重点部位水土流失动态监测.....	54
3.1 防治责任范围监测	54
3.2 取土（石、料）监测结果	55
3.3 弃土（石、渣）监测结果	56
3.4 土石方流向情况监测结果	59
3.5 其他重点部位监测结果	64
4 水土流失防治措施监测结果.....	67
4.1 工程措施监测结果	67
4.2 植物措施监测结果	85
4.3 临时防护措施监测结果	90
4.4 水土保持措施防治效果	91
5 土壤流失情况监测.....	96
5.1 水土流失面积	96
5.2 土壤流失量	96
5.3 取土（石、料）弃土（石、渣）潜在土壤流失量	99
5.4 水土流失危害	100

6 水土流失防治效果监测结果	102
6.1 扰动土地整治率	102
6.2 水土流失总治理度	104
6.3 拦渣率与弃渣利用情况	104
6.4 土壤流失控制比.....	104
6.5 林草植被恢复率.....	105
6.6 林草覆盖率	105
7 结论	106
7.1 水土流失动态变化	106
7.2 水土保持措施评价	107
7.3 存在问题及建议	108
7.4 综合结论	108

附件:

附件 1: 《云南省发展和改革委员会关于同意开展省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程项目前期工作的函》(云南省发展和改革委员会,云发改办基础〔2014〕627 号);

附件 2: 《云南省发展和改革委员会关于省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路可行性研究报告的批复》(云发改基础〔2015〕1661 号);

附件 3: 《云南省发展和改革委员会关于省道 S316 线鹤庆至剑川公路初步设计的批复》(云发改基础〔2015〕1814 号);

附件 4: 云南省交通运输厅关于省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路两阶段施工图设计的批复(云交基建〔2016〕201 号);

附件 5: 云南省交通运输厅关于省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路施工图预算的批复(云交基建〔2017〕34 号);

附件 6: 省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路分段实施情况说明;

附件 7: 云南省水利厅《关于准予省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程(鹤庆段)水土保持方案变更报告书的批复》(云水保〔2019〕1 号);

附件 8: 水土保持补偿费缴纳依据;

附件 9: 渣场选址意见;

附件 10: 林业局文件;

附件 11: 弃渣场移交协议;

附件 12: 水利主管部门检查表;

附件 13: 补偿费退回材料证明;

附件 14: 渣场稳定性分析报告结论。

附图:

1、省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程(鹤庆段)地理位置图;

2、省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程(鹤庆段)总平面布置图;

3、省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程(鹤庆段)水土流失防治责任范围图;

4、省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程(鹤庆段)水土保持措施及监测点布置图;

5、弃渣场平面及措施布置图。

前 言

省道 S316(原 S304)线鹤庆至剑川公路工程(鹤庆段)地处云南省大理州鹤庆县境内,项目区地理坐标位于东经 $100^{\circ} 2' 48.67'' \sim 100^{\circ} 11' 5.67''$, 北纬 $26^{\circ} 29' 28.02'' \sim 26^{\circ} 31' 52.61''$ 之间。线路全长 28.26km, 路线起点(K0+000)位于鹤庆县北山河村接国道 G348 线(上关至鹤庆一级公路)K134+501.982 处, 止点(K28+267.308)接剑川段起点处。

省道 S316(原 S304)线鹤庆至剑川公路工程(鹤庆段)全长 28.26km, 全线采用双车道二级公路标准建设, 行车设计速度为 40km/h, 工程采用两幅路布置形式, 路基宽度采用 8.5m 和 12m。本项目由道路工程区(路基工程区、桥涵工程区、交叉工程区、沿线设施区、改移工程区)、弃渣场区、施工营场地区、施工便道区等四部分组成, 总占地面积为 80.81hm^2 , 其中永久占地 73.67hm^2 , 临时占地 7.14hm^2 。

工程实际于 2017 年 12 月正式开工, 于 2020 年 12 月完工; 工程总投资 2.44 亿元。

2015 年 1 月 8 日, 项目获得了云南省水利厅《关于准予省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程水土保持方案的行政许可决定书》(云水保许〔2015〕3 号);

2019 年 1 月 11 日, 项目获得了云南省水利厅《关于准予省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程(鹤庆段)水土保持方案变更报告书的批复》(云水保〔2019〕1 号)。

为了掌握建设过程中水土流失的变化动态, 分析项目存在的水土流失问题和隐患, 为及时采取相应的防控措施、最大限度地减少水土流失提供信息, 也为项目建设结束后及时进行项目水土保持专项验收, 鹤庆县交通运输局于 2018 年 1 月委托昆明有色冶金设计研究院股份公司承担本工程水土保持监测工作。接受委托后, 我公司立即成立项目组, 并对项目区实施现场勘查, 收集相关资料, 制定监测计划, 自 2018 年起至 2022 年 10 月底, 每季度提交监测季报, 年底提交年报。于 2022 年 10 月完成《省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程(鹤庆段)水土保持监测总结报告》。

通过监测, 明确工程已实施的水土保持措施数量、运行状况及防治效果, 指出工程存在的问题和水土流失隐患, 以确保主体工程的安全, 最大限度的减少水土流失, 为工程水土保持专项验收提供技术资料。

经统计, 截止 2022 年 10 月, 本工程完成水土保持措施为:

(1) 工程措施: 现浇混凝土边沟 32160m, 排水沟 3640m, 截水沟 3280m, 渗沟

1800m, 跌水与急流槽 890m, 护坡 141300m², 盲沟 1250m, 拦砂坝 132m。

(2) 植物措施: 植草护坡 5.52hm², 路基绿化 5.44hm², 植被恢复 15.06hm², 绿化 0.05hm², 栽植雪松(1~3cm)1164 株, 栽植雪松(5~7cm)793 株, 球花石楠(5~7cm)380 株。

(3) 临时措施: 临时拦挡 284m, 临时排水 3275m, 临时覆盖 3305m²。

截止 2022 年 10 月, 省道 S316(原 S304)线鹤庆至剑川公路工程(鹤庆段)总占地面积 80.81hm², 扰动地表面积 80.81hm², 扰动地表治理面积 80.81hm², 其中道路硬化 35.65hm², 植物措施面积 26.07hm², 工程措施面积 18.95hm², 项目区扰动土地整治率为 99.83%。水土流失总治理度达 99.69%, 拦渣率达 96.35%, 水土流失控制比达 1.03, 林草植被恢复率达 99.47%, 林草覆盖率达 32.26%。省道 S316(原 S304)线鹤庆至剑川公路工程(鹤庆段)水土流失六项防治指标均达标。

在本工程水土保持监测工作开展过程中, 得到了云南省水利厅、云南省水土保持生态环境监测总站、大理州水务局、鹤庆县水务局等各级水行政主管部门的指导和帮助, 在现场勘查、资料收集等过程中, 建设单位、监理单位和施工单位给予了大力的支持和配合, 在此表示衷心的感谢!

1 建设项目及水土保持工作概况

1.1 项目概况

1.1.1 项目基本情况

1.1.1.1 地理位置及交通

省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 地处云南省大理州鹤庆县境内, 项目区地理坐标位于东经 $100^{\circ} 2' 48.67'' \sim 100^{\circ} 11' 5.67''$, 北纬 $26^{\circ} 29' 28.02'' \sim 26^{\circ} 31' 52.61''$ 之间。线路全长 28.26km, 路线起点 (K0+000) 位于鹤庆县北山河村接国道 G348 线 (上关至鹤庆一级公路) K134+501.982 处, 止点 (K28+267.308) 接剑川段起点处。项目的地理位置见附图 1。

1.1.1.2 建设性质及工程规模

建设性质: 新建建设类

工程规模: 省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 全长 28.26km, 全线采用双车道二级公路标准建设, 行车设计速度为 40km/h, 工程采用两幅路布置形式, 路基宽度采用 8.5m 和 12m。

1.1.1.3 项目组成

省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路 (鹤庆段) 主体工程主要由道路工程区 (路基工程区、桥涵工程区、交叉工程区、沿线设施区、改移工程区)、弃渣场区、施工营场地区、施工便道区等四部分组成。

一、道路工程区

(一) 路基工程区

1、路基工程

(1) 路基标准横断面

本工程路基采用二种宽度, 分别为 12m、8.5m, 路幅由行车道、硬路肩、土路肩组成, 具体布置形式如下:

K0+000~K1+000 段: 12m 路基断面: 0.75m (土路肩) +1.75m (硬路肩) +2 × 3.50m (行车道) +1.75m (硬路肩) +0.75m (土路肩);

K1+000~K28+267.308: 8.5m 路基断面: 0.75m(土路肩) +2 × 3.50m(行车道) + 0.75m(土

路肩);

(2) 路拱横坡

一般路段行车道、硬路肩和路缘带路拱横坡均为 2%，土路肩为 3%。

路基断面见图 1-1、1-2。

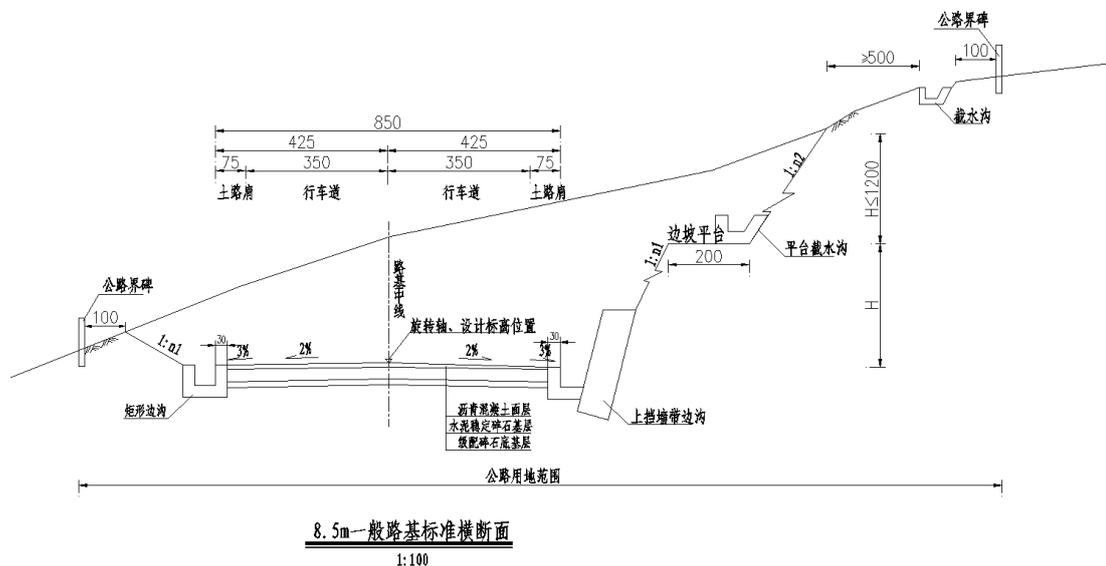


图 1-1 8.5m 一般路基标准横断面图

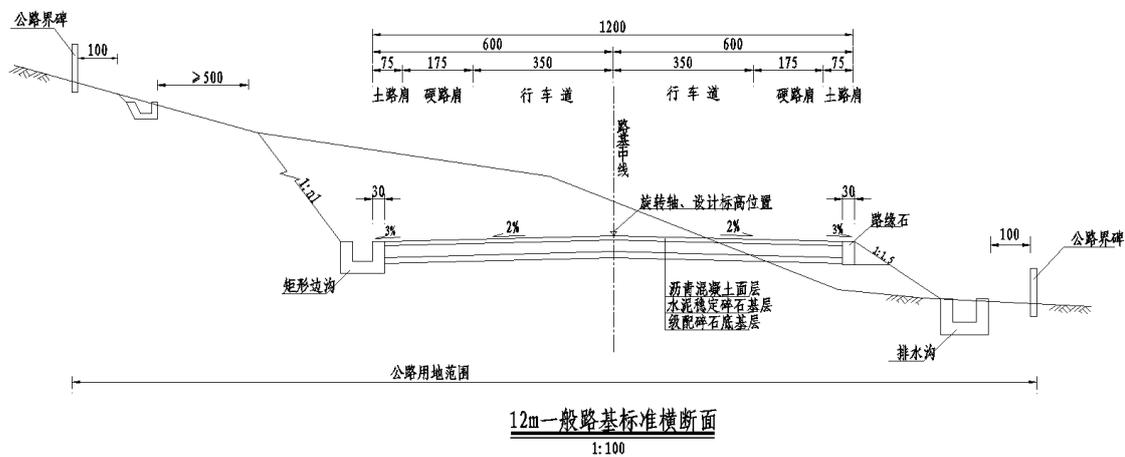


图 1-2 12m 一般路基标准横断面图

(3) 路基边坡

全线路基形式以填方路基、挖方路基、半填半挖路基为主，根据沿线岩土工程特性，参照部颁《公路路基设计规范》(JTG D30-2004) 拟定路堤边坡如下：

① 填方路基边坡

a、填方路基边坡：路基填方边坡坡度根据路基填料种类、边坡高度和基底工程地质条

件, 并经水文地质及工程地质勘察后确定。一般路基 (边坡高度 < 20m) 边坡坡率, 根据路基填土高度分段: 自上而下, 0m ~ 8m 边坡坡率为 1:1.5; 8m 处设 2m 平台, 8m ~ 16m 边坡坡率为 1:1.75; > 16 米的边坡按 8m 分级, 边坡坡率为 1:2, 坡脚与排水沟内边缘设宽 1.0m 的护坡道。

②挖方路基边坡

土质边坡设计根据边坡高度、土的湿度、密实度、地下水、地面水的情况、土的成因类型及生成年代、既有人工边坡及自然边坡稳定状况等因素确定。

岩石挖方边坡设计综合考虑岩性、构造裂隙产状与路线关系、岩体风化程度、力学性质和开挖高度, 以及地下水、地面水、既有人工边坡和自然边坡稳定状况, 并兼顾地貌、土石方平衡等因素确定, 详见表 1-1。

表 1-1 路基挖方边坡坡值表

岩土类别	一级边坡			二级边坡			三级以上边坡 (含三级)		
	高度	坡度	平台宽度	高度	坡度	平台宽度	高度	坡度	平台宽度
土质	8	1:0.75-1:1.5	2	8	1:1-1:1.5	2	8	1:1.5-1:2	2
岩质	10	1:0.1-1:0.75	2	10	1:0.1-1:1	2	10	1:0.3-1:1	2

公路全线基本沿着剑鹤公路老路进行改扩建, 部分路段新建, 经统计道路全线边坡共长 5684m (其中挖方路段长 5314m, 填方路段长 370m), 道路边坡面积共计 30.22hm², 其中填方边坡为 8.12hm², 挖方边坡面积为 22.10hm²。全段最大挖深位于 K10+216~K10+410 段, 最大挖深 20.55m; 全段最大填高位于 K2+575 ~ K2+620 段, 最大填高 14.70m。工程具体边坡分布情况见表 1-2、表 1-3。

表 1-2 挖方边坡分布情况表

序号	起讫桩号	路段长度 (m)	最大挖深 (m)
1	K2+269~K2+400	131	14.02
2	K2+460~K2+575	1263	21.90
3	K2+620~K2+803	183.34	13.30
4	K2+875 ~K3+050	175	11.14
5	K3+260~K3+393	133	10.77
6	K4+028~K4+203	175.339	10.44
7	K5+420~K5+580	160	10.32
8	K5+810~K5+950	140	10.41
9	K6+120~K6+279	159	15.02
10	K6+620~K6+900	300	14.14
11	K7+020~K7+180	160	15.50
12	K7+551~K7+740	189	13.13
13	K9+140~K9+740	600	16.29
14	K10+216~K10+410	194	20.55
15	K10+820~K10+950	130	14.97
16	K11+300~K11+420	120	10.22
17	K17+350~K17+530	180	10.72
18	K20+130~K20+700	570	20.02
19	K21+510~K21+670	160	11.96
20	K23+300~K23+491	191	11.78
合计		5314	

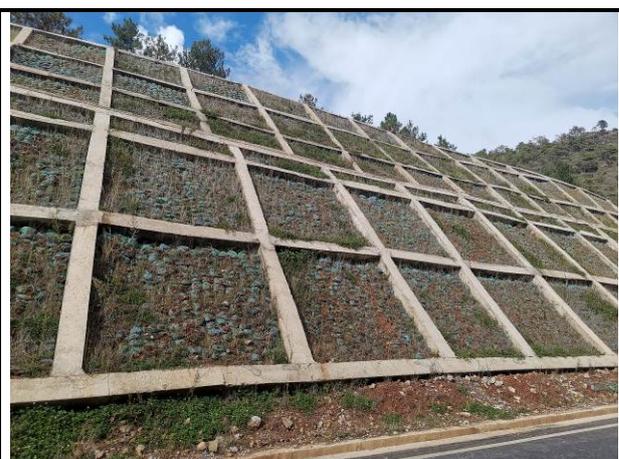
表 1-3 填方边坡分布情况表

序号	起讫桩号	路段长度 (m)	最大填高 (m)
1	K1+420.197~K1+460.613	40	11.70
2	K2+000~K2+041.62	41.62	11.30
3	K2+575.000~K2+620	45	14.70
4	K4+727.291~K4+810	83	11.20
5	K5+350~K5+420	70	11.20
6	K5+770~K5+810	40	11.80
7	K6+970~K7+020	50	12.60
合计		370	

工程边坡现状如下列照片所示:



挖方边坡防护现状



挖方边坡防护现状



(4) 不良地质段

根据《云南省交通运输厅关于省道 S316 线鹤庆至剑川公路两阶段施工图设计》以及《省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川段公路两阶段施工图设计工程地质勘察报告》资料, 本项目不良地质主要以坍塌体、潜在不稳定斜坡及次生红黏土、季节性软弱土为主。线路不良地质段及处理情况见表 1-4-表 1-9。

表 1-4

线路软弱土地基路段分布处理工程量一览表

序号	起讫桩号	长度 (m)	平均宽度 (m)	工程数量					备注
				换填片石		碎石垫层		其他工程	
				厚度 (m)	片石 (m ³)	厚度 (m)	碎石 (m ³)	清除非适用土 (m ³)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	K0+020.00~K0+800.00	780	13.4	1.2	12542	0.3	3136	12542	水田
2	K11+680.00~K11+745.00	65	16.9	1.0	1099	0.3	330	1099	次生红黏土
3	K11+770.00~K11+860.00	90	16.9	1.0	1521	0.3	456	1521	次生红黏土
4	K14+190.00~K14+300.00	110	10	1	1320	0	440	1320	次生红黏土
5	K18+540.00~K18+740.00	200	18	1	4368	0	1456	4368	次生红黏土
合计		1245		6	20850	2	5818	20850	

表 1-5

不良地质及特殊性岩土一览表 (潜在不稳定斜坡)

序号	起止里程	长度	类型	建议处治措施	备注
1	K1+540 ~ K1+600	60	潜在不稳定斜坡	放缓边坡, 适当加宽碎落平台, 左、右侧边坡坡脚增设挡土墙进行支挡, 同时加强坡面防护措施	加强坡面截、排水系统设计
2	K1+910 ~ K2+005	95			
3	K2+130 ~ K2+230	100			
4	K2+270 ~ K2+420	150			
5	K2+460 ~ K2+580	120			
6	K2+620 ~ K2+840	220			
7	K2+880 ~ K3+050	170			
8	K3+080 ~ K3+195	115		放缓边坡, 适当加宽碎落平台, 左、右侧边坡坡脚增设挡土墙进行支挡, 同时加强坡面防护措施, 右侧边坡采用柔性网进行坡面防护	
9	K3+260 ~ K3+670	430		放缓边坡, 适当加宽碎落平台, 右侧边坡坡脚增设挡土墙进行支挡, 同时加强坡面防护措施	
10	K3+820 ~ K3+920	100			
11	K4+810 ~ K4+970	160			
12	K5+220~K5+350	130			
13	K5+420 ~ K5+580	160		放缓边坡, 适当加宽碎落平台, 左侧边坡坡脚增设挡土墙进行支挡	
14	K5+600 ~ K5+780	180			
15	K5+820 ~ K5+950	190			
16	K6+350 ~ K6+430	80			
17	K6+500 ~ K6+580	80			
18	K6+640 ~ K6+760	120		放缓边坡, 适当加宽碎落平台, 右侧边坡坡脚增设挡土墙进行支挡	
19	K6+780 ~ K6+910	130			
20	K7+020 ~ K7+180	160			
21	K7+940 ~ K8+010	70		放缓边坡, 适当加宽碎落平台, 左侧边坡坡脚增设挡土墙进行支挡	
22	K10+500 ~ K10+660	160			
23	K20+200 ~ K20+700	500		放缓边坡, 适当加宽碎落平台, 左侧边坡脚增设挡土墙进行支挡; 右侧坡面采用柔性网进行坡面防护	
24	K20+730~K20+990	260		放缓边坡, 适当加宽碎落平台, 右侧边坡坡脚增设挡土墙进行支挡	
25	K27+200 ~ K27+460	260			
26	K27+680 ~ K27+820	140		放缓边坡, 适当加宽碎落平台, 左侧边坡坡脚增设挡土墙进行支挡	

表 1-6 不良地质及特殊性岩土一览表 (次生红黏土)

序号	起止里程	长度 (m)	类型	建议处治措施	备注
1	K11+680 ~ K11+860	180	次生红黏土	采用换土回填进行处治, 同时加强纵、横向排水设计	施工过程中应对用水进行严格的管理, 防止集水对路基下部岩土体的浸泡, 致使其软化
2	K13+300 ~ K13+700	400		采用换土回填进行处治, 同时加强纵、横向排水设计	
3	K13+700 ~ K14+360	660		采用换土回填进行处治, 换填厚度一般 1~2 米左右, 同时加强纵、横向排水设计	
4	K15+140 ~ K15+420	280		采用换土回填进行处治, 换填厚度一般 1~2 米左右, 溶隙内增设一定厚度的碎石垫层, 同时加强纵、横向排水设计	
5	K15+540~K15+740	200		采用换土回填进行处治, 换填厚度一般 1~2 米左右, 同时加强纵、横向排水设计。	
6	K15+840 ~ K16+000	160		采用换土回填进行处治, 换填厚度一般 1~2 米左右, 同时加强纵、横向排水设计。	
7	K18+100~K18+800	700		采用换土回填进行处治, 换填厚度一般 1~2 米左右, 溶隙内增设一定厚度的碎石垫层, 同时加强纵、横向排水设计	

表 1-7 不良地质及特殊性岩土一览表 (坍塌体)

序号	起止里程	长度 (m)	类型	建议处治措施	备注
1	K11+560 ~ K11+630	70	坍塌	对坍塌体进行部份清除处理, 左、右侧适当位置增设挡土墙进行支挡	加强坡面截、排水系统设计

表 1-8 不良地质及特殊性岩土一览表 (软弱土)

序号	起止里程	长度 (m)	类型	建议处治措施	备注
1	K0+030~K0+780	750	软弱土	浅层处治, 采用清除上部软弱土层后置换回填方法进行治理, 加大置换深度, 同时加强左、右侧路基的支挡结构	加强纵、横向排水设计, 底部增设片、碎石垫层及土工格栅

表 1-9 不良地质及特殊性岩土一览表 (岩溶强烈发育)

序号	起止里程	长度 (m)	类型	建议处治措施	备注
1	K15+500 ~ K16+300	800	岩溶强烈发育	填方路基段采用填塞或灌浆加固进行处治	
2	K22+720~K22+900	180	岩溶强烈发育	路基左侧增挡土墙进行支挡	

(5) 路基防护

① 填方边坡防护

填方路基边坡防护: 采用生态防护技术全防护, 并针对不同的边坡坡率, 通过对暴雨量、汇水量、排水方式以及各种植物的防护能力进行测算, 确定生态防护临界高度, 选用合理的防护措施。一般路段, 当路堤填高小于 4m 时, 采用植草、植灌木混播防护; 当路堤填高度为 4~8m 时, 采用浆砌片石拱形骨架护坡, 骨架内植草、植灌木混播。达到既防护又绿化、美化的目的; 当路堤高度大于 8 米时, 设置 2 米的分台, 将边坡分割成几个高度在 8 米内的小边坡进行防护。

② 挖方边坡防护

挖方路堑根据边坡地层、岩性、开挖深度和边坡坡率等分别采用植草灌、现浇混凝土拱型格骨架、锚杆(锚索)框格梁、主动型柔性系统等防护措施进行防护, 确保路堑边坡的稳定及道路运营安全。

对于稳定性比较好的边坡, 放缓边坡, 直接进行生态防护; 对于陡峭、破碎的岩石边坡, 采用柔性防护系统防止落石; 山岭重丘区深挖方路堑, 采用高陡边坡, 加强坡面工程防护措施的同时可结合生态防护遮挡圪工痕迹。土质挖方路堑段采用曲线形边坡, 取消挖方边坡的坡脚和坡顶的折角, 利用贴近自然的抛物线或圆弧线进行过渡; 岩石边坡、圪工防护边坡则一般采用直线形连起。中桩挖方超过 30m 的边坡, 主要采用抗滑桩、预应力锚索或锚杆框架梁防护或钢筋混凝土拱形骨架护坡。为消弱公路工程建设中造成的“石漠化”污染, 尽量不设置全护面圪工砌体等支挡结构物。

当框架梁间土石易溜坍时, 框架梁间设置空心砖内植草防护。

边坡整体稳定性较差且易溜坍时, 设置锚杆地梁间喷锚防护。

页岩与砂岩互层边坡, 岩层软硬不均, 边坡整体稳定, 但易风化剥落或掉块时, 设置挂网喷锚防护。

(二) 路面工程

本项目位于公路自然区划 V5 区, 设计标准轴载采用 BZZ—100 (KN), 根据项目交通量预测结论, 按照设计弯沉和拉应力计算, 路面结构如下:

表 1-10

路面结构一览表

序号	结构名称	结构层	厚度(cm)	表面检验弯沉值 (0.01mm)	备注
1	AC-16 中粒式沥青混凝土	上面层	4	23.4	
2	粘层				
3	AC-25 粗粒式沥青混凝土	下面层	7	25.7	
4	粘层				
5	乳化沥青稀浆下封层		0.6		
6	水泥稳定碎石	基层	37	27.6	
7	级配碎石	底基层	15		
8	级配碎石防冻层		30		K11+600 ~ K28+267.308 段为积雪冰冻区, 设 30cm 防冻层
9	路床顶面			155.3	

三、路基及路面排水

本项目区域属于大陆性高原季风气候, 降水充沛, 水是危害路基稳定、造成公路病害的重要因素。为防止路基水毁和边坡冲刷, 边沟、排水沟、截水沟应保持连贯畅通, 自成系统, 保证路基路面水及时排出。

1、路基排水

(1) 路堑及半挖路基地段边沟原则上采用 40×40cmC20 混凝土矩形边沟, 石质挖方段采用 40×40cm 混凝土 L 形边沟, 过村庄段采用混凝土盖板边沟。

(2) 纵坡一般与路线纵坡一致, 通常不小于 0.5%, 个别特殊情况下可减至 0.3%。排水沟纵坡也需满足以上要求。截水沟、排水沟出口, 引至路基以外, 防止水流冲刷路基坡面。

(3) 填方路基排水沟的设置与沿线排灌系统相一致, 断面形式、尺寸与其所接水沟相同。排水沟采用 60×60cm 浆砌片石矩形沟。本合同 K0+000 ~ K11+600 段采用 M7.5 浆砌片石矩形沟, K11+600 ~ K13+700 段为冬季积雪冰冻区, 采用 M10 浆砌片石矩形沟。

(4) 挖方边沟过渡到填方排水沟, 根据地表坡度, 当排水纵坡陡于 25 度时, 设置急流槽连接上、下水流, 达到消能及减少冲刷的目的, 急流槽采用 C20 混凝土现浇。当排水沟或涵洞出水口为农田时, 则设置沉淀池, 使水流通过沉淀泥沙后漫流入田, 沉淀池采用 M10 砂浆砌 MU10 砖砌体。

2、路面排水

(1) 路面采用分散排水;

(2) 平面交叉处的路基排水结合正线排水进行考虑。

①桥面排水

桥面上设置泄水孔, 桥面水由泄水孔排出。

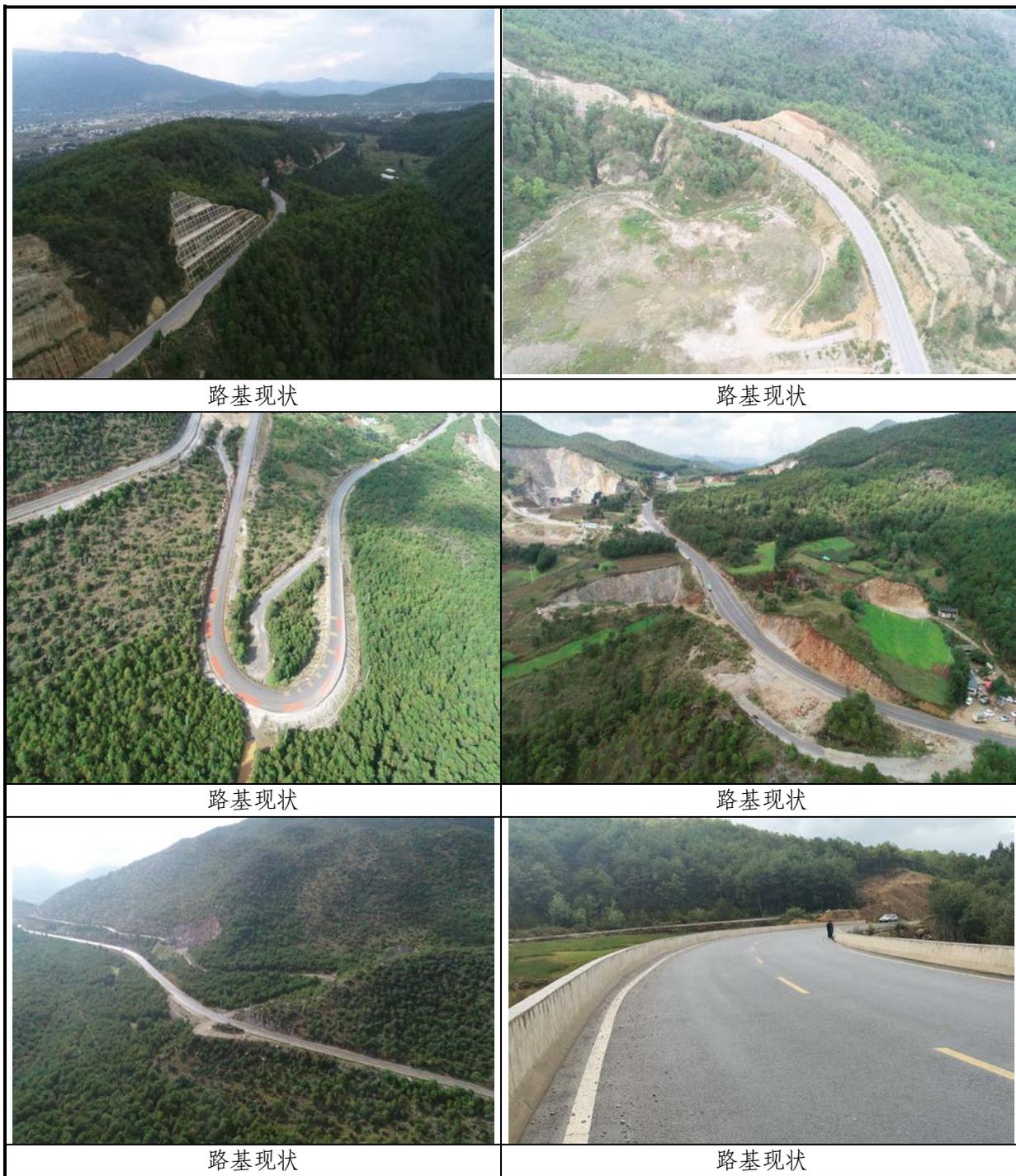
②线外排水工程

路基路面排水系统通过设置排水沟、线外涵等线外排水工程。将公路范围汇入水排入天然沟渠。

③深层排水

当山体内有地下水活动时，可采用仰斜式 PVC 塑料排水管将山体内的地下水引出。

路基路面工程现状如下列照片所示：



四、桥涵工程

本项目未设置桥梁工程,道路全线共布设涵洞 66 道/796.73m,涵洞主要为钢筋混凝土盖板涵,占地面积全部计入路基工程中。

五、线路交叉工程

根据施工图资料,本工程与主要城镇及地方道路衔接的路段,分别采取加辅转角和加渠化设计的形式进行连接,设置 Y 型或 T 型、十字型平面交叉。全线共有平面交叉 12 处,占地面积全部计入路基工程中,不再单独计列。统计情况详见表 1-11。

表 1-11 公路平面交叉口表

序号	起讫桩号	位置		长度 (m)	交叉类型	被交叉公路名称 及等级	被交叉公路 路面情况	被交叉公路 宽度 (m)	被交叉公路 改建长度 (m)
		左	右						
1	K0+000~K0+058.310	√	√	58.31	Y 形	上鹤一级公路	沥青路面	23	
2	K0+094.491~K0+142.018		√	47.53	T 形	二级路	沥青路面	8.5	41
3	K0+784.508~K0+818.353	√	√	33.85	十字形	乡村公路	水泥路面	4	39
4	K1+276.299~K1+332.884	√		56.59	T 形	乡村公路	水泥路面	5.75	
5	K9+622.155~K9+670.554	√		48.40	Y 形	乡村公路	水泥路面	8	25
6	K9+989.343~K10+014.901	√		25.56	Y 形	乡村公路	水泥路面	6.5	52
7	K13+033.661~K13+059.658	√		26.00	Y 形	乡村公路	水泥路面	4.5	26
8	K19+761.254~K19+798.751	√		37.50	T 形	三级公路	沥青路面	7.5	92
9	K21+851.883~K21+926.006	√		74.12	T 形	剑鹤三级公路	沥青路面	7.5	152
10	K24+207.380~K24+232.412	√		25.03	T 形	剑鹤三级公路	沥青路面	6.5	33
11	K25+466.005~K25+541.448		√	75.44	Y 形	等外公路	沥青路面	6.5	157
12	K27+741.855~K27+806.063		√	64.21	Y 形	等外公路	沥青路面	6.5	
合计									
				572.54					

六、沿线设施工程

根据施工图资料,为保证发挥本公路快速、安全、高效的功能,沿线设置失控车辆自救匝道 2 处、紧急停靠带 15 处、观景台 1 处等交通安全设施,沿线设施工程占地已计入路基工程当中,不再单独计列,各配套设施的位置详见表 1-12。

表 1-12

沿线设施工程一览表

序号	工程名称	对应主线中心桩号	位置 (米)		长度 (m)	宽度 (m)
			左	右		
1	失控车辆自救匝道	K13+171.345	√			
2	失控车辆自救匝道	K17+434.241				
3	紧急停靠带	K1+150.000~K1+230.000	√		80.00	3.50
4	紧急停靠带	K6+580.000~K6+660.000		√	80.00	3.50
5	紧急停靠带	K7+170.000~K7+250.000	√		80.00	3.50
6	紧急停靠带	K8+020.000~K8+100.000		√	80.00	3.50
7	紧急停靠带	K10+515.000~K10+595.000	√		80.00	3.50
8	紧急停靠带	K12+360~K12+440.000	√		80.00	3.50
9	紧急停靠带	K14+520~K14+600		√	80.00	3.50
10	紧急停靠带	K14+880~K14+960	√		80.00	3.50
11	紧急停靠带	K15+760~K15+840	√		80.00	3.50
12	紧急停靠带	K16+680~K16+760	√		80.00	3.50
13	紧急停靠带	K17+860~K17+940	√	√	80.00	3.50
14	紧急停靠带	K21+120~K21+200	√		80.00	3.50
15	紧急停靠带	K24+700~K24+780	√	√	80.00	3.50
16	紧急停靠带	K26+770~K26+850	√		80.00	3.50
17	紧急停靠带	K27+660~K27+740		√	80.00	3.50
18	观景台	K22+600	√			

七、改移工程区

根据施工图资料,为了恢复原地方道路与干线公路相接,设置改移地方道路4段,共计改移地方道路全长556.85m,改移宽度为4.5m、6.5m、7.5m。改移地方道路1号路(一合同段)起点(LK0+000, H=2267.212m)接主线K1+300、H=2267.212m处,止点(LK0+129.305, H=2261.106m)处与乡村道路顺接;改移地方道路2号路(一合同段)起点(GK0+000, H=2261.089m),止点(GK0+085.570, H=2266.459m)处与乡村道路顺接。

本项目沿线自然沟渠较多,农田灌溉系统较复杂,在不打乱现有的排灌系统前提下,对位于主线K0+980~K1+160段的灌溉沟渠进行还原,原有灌溉沟渠为0.8×0.8米的混凝土沟,主要用作灌溉使用。因该段为长流水,本次设计在K1+140处设置一道1.5×1米的涵洞,涵洞进口与原灌溉沟顺接,穿过公路后采用0.8×0.8米的混凝土沟进行还原,灌溉沟采用-0.4145%的排水坡度,其工程数量已计入路基排水工程数量表,因此不计入本项目改移工程区内。具体改移工程详情见表1-13。

表 1-13 改移工程区一览表

序号	起讫桩号	合同段	工程名称	位置		长度 (m)	宽度 (m)	路面结构
				左	右			
1	K1+300~K1+410.000	一合同段	改移地方道路 1 号路	✓		129.31	4.50	砂石路面
2	K4+760~K4+860		改移地方道路 2 号路	✓	✓	88.57	4.50	砂石路面
3	K21+850~K21+930	二合同段	改移地方道路 2 号路	✓		181.91	6.50	沥青混凝土
4	K25+500~K25+600		改移地方道路 3 号路		✓	157.06	7.50	沥青混凝土
合计						556.85		

二、弃渣场区

根据施工图资料及现场调查, 工程在沿线设置了 5 个弃渣场用于堆存施工中产生的弃渣, 经统计, 弃渣场共计占地 14.62hm²。堆渣量为 121.76 万 m³ (自然方)。各个弃渣场的基本特征如表 1-14 所示。

工程渣场现状如下列照片所示:



1#弃渣场



2#弃渣场



3#弃渣场



4#弃渣场



5#弃渣场

表 1-14

项目弃渣场特性表

序号	渣场名称	桩号	位置 (m)	地形	占地类型	占地面积 (hm ²)	便道	渣场周边情况	堆渣高程 (m)	最大堆高 (m)	设计堆渣量 (万 m ³)	实际堆渣量 (万 m ³)	渣场汇水面积 (km ²)	措施现状
1	1# 弃渣场	K2+660	左	沟谷	坡耕地、林地、其它土地	2.24		渣场上游为本项目的路基, 下游无村庄、居民点及工矿设施。	2281~2323	42	25.044	25.80	0.04	有挡墙
2	2# 弃渣场	K13+045	左	缓坡	交通运输用地、坡耕地、林地、其它土地	7.37	591	渣场周边无村庄、居民点及工矿设施。	2732.57~2749.86	17.29	59.412	60.60	0.08	有挡墙
3	3# 弃渣场	K18+715	左	凹地	林地、坡耕地	1.85	272	渣场周边无村庄、居民点及工矿设施。	3045.46-3052	6.54	19.8	21.38	0.08	无挡墙
4	4# 弃渣场	K24+570	左	沟谷	林地、坡耕地	1.63		渣场上游为本项目的路基, 下游无村庄、居民点及工矿设施。	3080~3109.56	29.56	11.22	11.31	0.03	有挡墙
5	5# 弃渣场	K27+100	右	沟谷	林地	1.53	275	渣场上游为本项目的路基, 下游无村庄、居民点及工矿设施。	3097.88~3110.51	12.63	6.684	2.67	0.07	有挡墙
合计					14.62					103.02	122.16	121.76		

三、施工营地地区

对于公路工程，施工场地优先选用路基作为施工场地，以减少征占地。在路基满足不了的情况下，再考虑进行租用或新增占地进行布设。施工场地主要包括施工营地，拌合站，堆料场，预制场，钢筋加工场等。经过调查，工程建设过程中共设施工场地 8 处，因工程施工营场地施工期间租用当地已有民房及场地，或者占用弃渣场平台，总占地面积 3.35hm^2 。工程施工营场地均为临时占地，随着工程施工结束后，临时占地均植被恢复。

工程施工场地的基本特征如表 1-15 所示。

表 1-15 项目施工场地特征表

序号	中心桩号	工程名称	位置	占地面积 (hm^2)	备注
1	K2+660	临时堆料场	右侧 20m	1.20	占用弃渣场顶部平台 (植被恢复)
		拌合站		0.50	
2	K5+206.500	石料加工站	右侧 100m	0.45	恢复植被
3	K5+500	项目部	右侧 100m	0.40	恢复植被
4	K6+000	拌合站	右侧 230m	1.25	恢复植被
		项目临时驻地	左侧 20m	1.25	
5	K11+400	生活区	左侧 350m	0.2	租用 (不计占地)
6	K20+711	项目临时驻地	左侧 1.10km	1.25	租用 (不计占地)
7	K21+900	生活区	左侧 2.47km	2.38	租用 (不计占地)
8	K22+480	石料加工站	左侧 700m	0.2	利用小马厂石料场堆料平台 (不计占地)
		临时堆料场		0.4	
		拌合站		0.5	
合计				3.35	

工程施工营场地现状如下列照片所示：

四、施工便道区

工程施工运输优先利用现有道路，项目区路网密集，县道乡道及地方道路分布于主线两侧，交通运输便利。工程施工中对于局部区域现状道路无法到达的，采取新建施工便道的方式进行连接。经统计，工程共计新建施工临时便道 5.15km ，利用老路 23.05km ，占地面积 3.79hm^2 。工程施工便道的基本特征如下表 1-16 所示：

表 1-16 项目施工便道特征表

序号	位置或桩号	长度 (m)			路面类型	路基宽度 m	备注
		新建	利用老路	小计			
1	K1+020~K1+300		280	280	土路	4.5	保通便道
2	K1+300~K6+000	2350		2350	砂石路面	6.5	施工便道
3	K6+000~K13+700		8470	8470	沥青路面	7.5	保通便道、施工便道
4	K13+700~K21+860		9873.6	9873.6	沥青路面	7.5	保通便道、施工便道
5	K21+860~K24+240	1666		1666	砂石路面	6.5	施工便道
6	K24+240~K28+267		4429.7	4429.7	沥青路面	7.5	保通便道、施工便道
7	2#弃渣场	591		591	土路	4.5	施工便道
8	3#弃渣场	272		272	土路	4.5	施工便道
9	5#弃渣场	275		275	土路	4.5	施工便道
10	合计	5154	23053.3	28207.3			

1.1.1.4 工程投资情况

项目总投资 2.44 亿元, 其中土建投资 1.46 亿元。

1.1.1.5 工程占地情况

根据施工图资料及实际情况, 本项目工程总占地为 80.81hm^2 , 其中路基工程区占地 58.26hm^2 , 改移工程区占地 0.79hm^2 , 弃渣场区占地 14.62hm^2 , 施工营场地区 3.35hm^2 , 施工便道 3.79hm^2 。工程占地类型为水田、林地、草地、原地、坡耕地、建设用地、其它土地以及交通运输用地, 各地类占地面积为水田 1.45hm^2 、林地 44.71hm^2 、草地 0.30hm^2 、园地 0.49hm^2 、坡耕地 6.72hm^2 、建设用地 0.08hm^2 、交通运输用地 21.43hm^2 、其它土地 5.63hm^2 。

根据地貌类型进行占地统计, 剥蚀构造中山地形地貌 80.81hm^2 。

根据行政区划, 工程线路途经区域为鹤庆县, 占地全部位于鹤庆县境内。

表 1-17 工程占地情况表 单位: hm^2

项目分区		土地利用类型 (hm^2)								合计	备注
		水田	林地	草地	园地	坡耕地	建设用地	其它土地	交通运输用地		
K0+000 ~ K28+267.308	路基工程	1.45	28.19	0.30	0.49	2.47	0.08	4.16	21.12	58.26	永久占地
	改移工程区		0.27			0.29			0.23	0.79	
	弃渣场区	0	11.09			2.49		0.96	0.08	14.62	
	施工营场地		1.58			1.26		0.51		3.35	临时占地
	施工便道		3.58			0.21				3.79	
	小计	1.45	44.71	0.30	0.49	6.72	0.08	5.63	21.43	80.81	

1.1.1.5 工程土石方情况

经查阅建设单位提供施工资料统计, 结合监测记录情况, 本项目实际开挖土石方 162.16万 m^3 (其中老路拆除 1.67万 m^3 、建筑垃圾 0.10万 m^3 、软基 2.09万 m^3 、一般土石方 158.30万 m^3), 回填土石方 40.40万 m^3 , 外借土石方 2.09万 m^3 (金海砂石料场、双红石料场), 废弃土石方 121.76万 m^3 (其中老路拆除 1.67万 m^3 、建筑垃圾 0.10万 m^3 、软基 2.09万 m^3 、一般土石方 117.90万 m^3), 弃方 121.76万 m^3 堆放在 5 个弃渣场内。

表 1-18 土石方平衡一览表 单位:万 m³

工程类型	开挖					回填 土石方	调入		调出		外借		表土堆 存利用 方		废弃					
	小计	拆除 老路	建筑 垃圾	软 基	一般 土石 方		数量	来源	数量	去向	数量	来源	小计	去向	小计	拆除 老路	建筑 垃圾	软 基	一般 土石 方	去向
路基工程区	153.18	1.29	0.1	2.09	149.7	35.22	0	0	0	0	2.09		0	0	117.96	1.29	0.1	2.09	114.48	
K0+000~K13+700	84.43	0.56	0.05	1.52	82.3	20.09					1.52	金 海 砂 石 料 场			64.34	0.56	0.05	1.52	62.21	1#及 2# 弃渣场
K13+700~K28+267.308	68.75	0.73	0.05	0.57	67.4	15.13					0.57	双 红 石 料 场			53.62	0.73	0.05	0.57	52.27	2#、3#、 4#、5# 弃渣场
改移工程区	0.02				0.02	0.02									0	0				
线路小计	153.2	1.29	0.1	2.09	149.72	35.24	0	0	0	0	2.09	0	0	0	117.96	1.29	0.1	2.09	114.48	0
施工营地地区	3.64				3.64	3.64									0	0				
施工便道区	5.32	0.38			4.94	1.52									3.8	0.38			3.42	1#~5# 弃渣场
合计	162.16	1.67	0.1	2.09	158.3	40.4	0	0	0	0	2.09	0	0	0	121.76	1.67	0.1	2.09	117.9	

1.1.2 项目区概况

1.1.2.1 气象

鹤庆县介于南亚热带与寒温带之间的过渡性气候区,属于冬干夏湿的大陆性高原季风气候。特殊的地理环境,悬殊的地貌差异,形成独具特色的“一山分四季,十里不同天”的立体气候。气候类型多样复杂,有南亚热带、中亚热带、北亚热带、暖热带、中温带及寒温带,具有雨热同季,干湿分明,夏秋多雨,冬春多旱,水平分布复杂,垂直差异明显等特点,主导风向 SW,年平均风速 1.9m/s,50 年一遇最大风速 23m/s。年平均气温 12.9~13.5°C,最高年 14.1°C,最低年 13.1°C,年平均降雨量 943.4mm,区域内 20 年一遇的 1 小时暴雨量为 64.72mm,6 小时暴雨量为 93.06mm,24 小时的暴雨量为 108.57mm。年平均日照 2293.6h。气候温和,雨量充沛,适宜于各种作物的生长。

1.1.2.2 水文

项目区内水系主要属于金沙江与澜沧江水系,以鹤庆与剑川之间拉木角箐山梁为界,鹤庆一端属金沙江水系,较大河流有漾弓江、洗马河、岔河、桃树河、银河及北长箐河等。河水系极为发育,多呈树枝、放射状。项目区周边主要河流有洗马河、螳螂河、金龙河、回龙河等,较大的水体有洗马池水库等。洗马池水库位于漾弓江一级支流黑龙河中游金墩乡赵屯村,距鹤庆县城约 6.0km,属金沙江水系。黑龙河自西向东汇入漾弓江后流入金沙江。水库坝址位于东经 100° 09',北纬 25° 01',水库集雨面积为 23.1km²,总库容 198.8 万 m³,灌溉面积为 1.7047 万亩,年供水量 1460.0 万 m³,是以灌溉为主,兼有城镇供水及防洪综合利用的小(一)型水库。

根据现场踏勘,结合对洗马池水库水系图资料的分析,本项目区沿线均不在洗马池水库的径流内。

1.1.2.3 土壤

大理州鹤庆县境内土壤类型多种多样,有 7 个土类,10 个亚类,19 个土属,51 个土种。土类主要为棕壤、黄棕壤、紫色土、红壤、冲积土、水稻土、盐土。分别占全县土壤总面积的 4.31%、0.29%、41.70%、43.53%、0.07%、9.75%、0.35%。花岗岩棕壤适宜于高山栎、箭竹、禾本科矮草生长,紫砂岩棕壤适宜于高山栎、箭竹、杜鹃、苔藓等植物生长;黄棕壤适宜于次生华山松、云南松幼林、禾本科草本植物生长;紫色土适宜于云南松、杜鹃、野山茶、水冬瓜、杨梅、禾本科矮草等植物生长;红壤适

宜于云南松、华山松、栎、水冬瓜、杜鹃、桃、梨、山楂、柿树、核桃、杨梅、禾本科矮草等植物生长。

本项目公路沿线地区地带性土壤以红壤、棕壤为主，土层一般较厚，呈酸性，缺乏腐殖质和钙质；耕作土壤以水稻土为最主要且是分布最广的农业土壤。

1.1.2.4 植被

本项目公路涉及的鹤庆县境内的林业资源主要有松科、柏科、樟树科、八角茴香科、紫树科、含羞草科、蚶形花科、芸香科、杨柳科、桦木科等 29 科，树种有云南松、华山松、山栎、云南油松、圆柏、白杨、樟树、云南柳、杜鹃、山茶等 100 余种。全县森林覆盖率 57.6%。鹤庆县植被类型属河谷半山暖热性镇阔叶林带和暖温性中山云南松针阔叶混交林

据调查，公路沿线树种主要有云南松、华山松、山栎、圆柏、白杨、藏柏、旱冬瓜、车桑子、杜鹃等，草种主要有早熟禾、狗牙根、黑麦草、含羞草等，植被覆盖率约为 32.45%。

1.1.2.5 容许土壤流失量、侵蚀类型及防治区划分情况

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）”和《云南省水利厅关于划分省级水土流失重点预防区和重点治理区的公告》（云南省水利厅公告第49号），项目所在地大理州鹤庆县均不属于国家级及省级水土流失“重点预防保护区、重点治理区”，经确定，确定水土流失防治执行标准与方案批复的标准一致，水土流失防治执行 I 级标准。

依据《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190—2007）及全国水土流失类型区的划分，项目区属于西南土石山区，土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主，水土流失允许值 $500t/km^2 \cdot a$ 。

根据办水保〔2012〕512号文关于印发“《全国水土保持区划（试行）》”的通知，项目区域鹤庆县属于“西南岩溶区（云贵高原区）（VII-2）”中的“滇西北中高山生态维护区（VII-2-3w）”。

1.2 水土流失防治工作情况

1.2.1 建设单位水土保持管理

（1）水土保持管理组织机构

工程开工后，建设单位高度重视工程水土保持和环境保护工作，专门设置了安全

(环保) 岗位领导相关工作, 成立安全监察与环境保护处, 全面负责项目安全、水保、环保工作, 指挥部各项目管理部设置安全与环水保兼职工程师, 紧密联系各参建单位。

(2) 管理体系

建设单位与各参建单位签订了环境保护和水土保持协议, 在合同中明确了责任与义务。同时每年与各施工单位签订《水保目标责任书》, 确保水保管理责任层层落实; 水保监理制定了监理规划、监理细则以及年度监理工作计划, 按时召开水保监理协调会议, 开展日常现场巡查和监测, 对存在的问题及时下发通知并督促整改; 各施工单位制定了施工阶段水保实施方案、管理制度及应急预案等多项制度办法措施; 建设单位委托水保专项监理定期对施工单位进行考核, 根据考核结果进行奖罚, 促进各施工单位更加积极地履行自身水保责任。本工程水土保持管理体系较为健全。

(3) 规章制度

日常工作中, 建设单位严格遵守国家《环境保护法》、《水土保持法》等法律法规的要求以及《环境保护管理办法》、《环境保护及水土保持管理办法》的相关规定, 切实做好各项水土保持和环境保护工作。

为了省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路 (鹤庆段) 生活环境与生态环境, 防止由于项目施工作业造成环境破坏, 保障施工人员的身体健康, 加强对环境保护和水土保持的监督管理, 做好环境污染和水土流失的预防及治理工作, 建设单位先后印发了《环境保护管理制度》及《环境保护实施细则及水土保持实施细则》, 制度贯穿整个项目建设期执行, 状况良好。

1.2.2 三同时落实情况

(1) 2014 年 9 月 15 日, 项目获得了云南省发展和改革委员会《关于同意开展省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程项目开展前期工作的函》(云发改办基础〔2014〕627 号);

(2) 2015 年 1 月 8 日, 项目获得了云南省水利厅《关于准予省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程水土保持方案的行政许可决定书》(云水保许〔2015〕3 号);

(3) 2015 年 12 月, 项目获得了云南省发展和改革委员会《关于省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路可行性研究报告的批复》(云发改基础〔2015〕1661 号);

(4) 2015 年 12 月 28 日, 项目获得了云南省发展和改革委员会《关于省道 S316

线鹤庆至剑川公路初步设计的批复》(云发改基础〔2015〕1814号)；

(5) 2016年8月22日，项目获得了云南省交通运输厅关于省道 S316 线鹤庆至剑川公路两阶段施工图设计的批复(云交基建〔2016〕201号)；

(6) 2017年2月20日，项目获得了云南省交通运输厅关于省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路施工图预算的批复(云交基建〔2017〕34号)；

(7) 云南省发展和改革委员会基础产业处《情况说明》(2017年6月30日)。

(8) 2019年1月11日，项目获得了云南省水利厅《关于准予省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程(鹤庆段)水土保持方案变更报告书的批复》(云水保〔2019〕1号)。

本项目获得立项批复后委托编制了水保方案，然后进行项目初步设计，随后开工建设，同时完成段施工图设计和水土保持施工图设计，工程在施工过程中发生变化，建设单位及时委托编制变更报告书，符合与主体工程同时设计，同时施工，项目于2020年12月完成完工进行试运行期，故本项目基本符合“三同时”制度。

1.2.3 水土保持方案编报情况

(一) 水土保持方案编报情况

剑川县交通运输局于2014年8月委托昆明睿清水土保持咨询有限公司承担了《省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程水土保持方案报告书》的编制工作，编制单位于2014年11月编制完成了《省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程水土保持方案报告书》(报批稿)。2015年1月8日，云南省水利厅以“关于准予省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程水土保持方案的行政许可决定书(云水保许〔2015〕3号)”对工程水土保持方案进行了批复。

(二) 水土保持方案变更报告书编报情况

根据《中华人民共和国水土保持法》、《云南省水利厅关于进一步加强省级生产建设项目水土保持方案变更管理的通知》(云水保〔2016〕49号)，参照办《水利部办公厅关于印发<水利部生产建设项目水土保持方案变更管理规定(试行)>的通知》(办水保〔2016〕65号)，经分析，本项目构成重大变更，应编制水土保持变更方案报告书。

2018年9月，鹤庆县交通运输局委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司承担《省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程(鹤庆段)水土保持方案变更报告书》报告的编制工作，并于2019年1月完成《省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程(鹤庆段)水土保持方案

变更报告书》。2019年1月11日，取得云南省水利厅《关于准予省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程（鹤庆段）水土保持方案变更报告书的批复》（云水保〔2019〕1号）。

1.2.4 水土保持监测成果报送

建设单位于 2018 年 1 月委托昆明有色冶金设计研究院股份公司承担本工程水土保持监测工作。接受委托后, 我公司立即成立项目组, 并对项目区实施现场勘查, 收集相关资料, 制定监测计划, 自 2018 年起至 2022 年 10 月底, 每季度提交监测季报, 年底提交年报。于 2022 年 10 月完成《省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程 (鹤庆段) 水土保持监测总结报告》。

1.2.5 主体工程设计及施工过程中变更、备案情况

(1) 2014 年 9 月 15 日, 项目获得了云南省发展和改革委员会《关于同意开展省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程项目开展前期工作的函》(云发改办基础〔2014〕627 号);

(2) 2015 年 1 月 8 日, 项目获得了云南省水利厅《关于准予省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程水土保持方案的行政许可决定书》(云水保许〔2015〕3 号);

(3) 2015 年 12 月, 项目获得了云南省发展和改革委员会《关于省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路可行性研究报告的批复》(云发改基础〔2015〕1661 号);

(4) 2015 年 12 月 28 日, 项目获得了云南省发展和改革委员会《关于省道 S316 线鹤庆至剑川公路初步设计的批复》(云发改基础〔2015〕1814 号);

(5) 2016 年 8 月 22 日, 项目获得了云南省交通运输厅关于省道 S316 线鹤庆至剑川公路两阶段施工图设计的批复(云交基建〔2016〕201 号);

(6) 2017 年 2 月 20 日, 项目获得了云南省交通运输厅关于省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路施工图预算的批复(云交基建〔2017〕34 号);

(7) 云南省发展和改革委员会基础产业处《情况说明》(2017 年 6 月 30 日)。

(8) 2019 年 1 月 11 日, 项目获得了云南省水利厅《关于准予省道 S304 线鹤庆至剑川段公路工程 (鹤庆段) 水土保持方案变更报告书的批复》(云水保〔2019〕1 号)。

1.2.6 水土保持方案变更

根据《水利部办公厅关于印发生产建设项目水土保持方案变更管理规定(试行)》的通知(办水保〔2016〕65 号)、《云南省水利厅关于进一步加强省级生产建设项目水土保持方案变更管理的通知》(云水保〔2016〕49 号)等规定, 项目实际建设有所变化, 但项目的占地面积、土石方总量、水土保持措施数量及投资未发生重大变更,

其变更内容一并纳入验收管理。项目水土保持变更对比情况详见下表。

表 1-19 对照《水利部生产建设项目水土保持方案变更管理规定(试行)》办水保〔2016〕65 号文件规定分析表

序号	《水利部生产建设项目水土保持方案变更管理规定(试行)》(办水保〔2016〕65号)	本工程情况	符合性
第三条	水土保持方案经批准后,生产建设项目地点、规模发生重大变化,有下列情形之一的,生产建设单位应当补充或者修改水土保持方案,报水利部审批。		
(一)	涉及国家级和省级水土流失重点预防区或者重点治理区的	本项目所在地鹤庆县不属于国家级及省级水土流失“重点预防保护区、重点治理区”。	不符合
(二)	水土流失防治责任范围增加 30% 以上的	本项目水土流失防治责任范围 80.81hm ² ,较变更方案设计 80.81hm ² 无变化。	不符合
(三)	开挖填筑土石方总量增加 30% 以上的	本项目挖填方总量 202.56 万 m ³ ,较变更方案设计 204.01 万 m ³ 减少 1.45 万 m ³	不符合
(四)	线型工程山区、丘陵区部分横向位移超过 300m 的长度累计达到该部分线路长度的 20% 以上的	本项目属于线型工程,现状与变更方案相比线路无变化	不符合
(五)	施工道路或者伴行道路等长度增加 20% 以上的	本项目实际施工道路现状与变更方案相比无变化。	不符合
(六)	桥梁改路堤或者隧道改路整累计长度 20 km 以上的	本工程无桥梁及隧道建设	不符合
第四条	水土保持方案实施过程中,水土保持措施发生下列重大变更之一的,生产建设单位应当补充或者修改水土保持方案,报水利部审批。		
(一)	表土剥离量减少 30% 以上的	本工程实际无剥离表土,变更方案设计无表土剥离,因此无变化。	不符合
(二)	植物措施总面积减少 30% 以上的	本工程实际计划实施植物措施总面积 26.07hm ² ,较变更方案设计 30.13hm ² 减少 4.06hm ² ,减少比例 13.47%	不符合
(三)	水土保持重要单位工程措施体系发生变化,可能导致水土保持功能显著降低或丧失的	措施变化后,不会导致水土保持功能显著降低或丧失的	不符合
第五条	在水土保持方案确定的废弃砂、石、土、矸石、尾矿、废渣等专门存放地(以下简称“弃渣场”)外新设弃渣场的,或者需要提高弃渣场堆渣量达到 20% 以上的,生产建设单位应当在弃渣前编制水土保持方案(弃渣场补充)报告书,报水利部审批。	工程实际使用弃渣场 5 座,与变更方案相比无变化;本项目弃方 121.76 万 m ³ ,变更方案设计库容 122.16 万 m ³ ,堆渣 101.80 万 m ³ ,较设计相比增加 19.96 万 m ³ ,增加堆渣量未超过设计库容,且增加量对比设计堆渣量未超过 20%	不符合

1.3 监测工作实施情况

1.3.1 监测委托及实施方案情况

建设单位于 2018 年 1 月委托昆明有色冶金设计研究院股份公司承担本工程水土保持监测工作。接受委托后, 我公司立即成立项目组, 并于 2018 年 1 月对项目区实施第一次现场勘查及相关资料收集。制定了监测计划如下:

主要监测内容包括扰动土地情况监测、取料(土、石)、弃渣(土、石、矸石、尾矿等)情况、水土保持措施监测及水土流失情况监测。扰动土地情况的监测内容包括扰动范围、面积、土地利用类型及其变化情况等; 取料(土、石)、弃渣(土、石、矸石、尾矿等)情况的监测内容主要包括取料场、弃渣场及临时堆放场的数量、位置、方量、表土剥离、防治措施落实情况等; 水土保持措施监测为工程措施、植物措施、临时防护工程等水土保持措施的监测, 具体内容包括措施类型、开工与完工日期、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; 水土流失情况监测主要包括水土流失面积、土壤流失量、取料弃渣潜在土壤流失量和水土流失危害等内容监测。动土地情况监测采取资料分析、现场复核、实地量测、遥感监测、巡查、走访等方法; 取料(土、石)、弃渣(土、石、矸石、尾矿等)情况监测主要通过查阅建设单位提供施工资料统计, 结合巡查、走访等监测方法进行; 水土保持措施监测主要采取资料分析、抽样实地量测及样方调查等方法进行; 水土流失情况监测主要通过资料分析、巡查、走访、实地量测、遥感调查、同类工程类比等方法进行。

监测技术人员严格按照监测计划开展水土保持监测工作。根据项目特点、平面布局、施工工艺及项目建设区内的自然条件等特点, 结合水土流失防治责任范围的划分和主体工程中具有水土保持功能工程的分析与评价, 遵照治理措施布局合理、技术指标可行、方案实施后经济有效的原则, 在全面查勘和分析的基础上, 将本项目的水土流失监测区分道路工程区(路基工程区、桥涵工程区、交叉工程区、沿线设施区、改移工程区)、弃渣场区、施工营场地区、施工便道区 4 个水土流失监测区。

1.3.2 监测项目部组成及技术人员配备

2018 年 1 月, 建设单位委托昆明有色冶金设计研究院股份公司承担本工程水土保持监测工作。接受委托后, 我公司立即成立项目组于 2018 年 1 月第一次入场监测。

根据国家水土保持相关法律法规规定, 为了及时掌握工程水土保持措施实施情况、运行情况及水土流失动态防治效果, 保护生态环境、保障主体工程的运行安全, 同时

保证工程水土保持专项验收顺利通过并投入运行, 为保证监测工作合理、有序进行, 我公司组织成立了专门项目监测组, 并按监测内容进行了监测任务并职责分工。根据该项目实际情况及相关要求, 在每次外业监测时, 保证每次至少有 4 人参与监测工作, 参与人员应有水土保持监测能力, 根据监测外业工作量进行合理分工, 确保监测工作科学、系统的进行。

本工程实行总监测工程师负责制, 专业监测工程师受总监测工程师委托全面负责现场的监测工作。同时组成数据分析组, 负责实测数据归档、分析以及报告的编写。

表 1-20 监测技术人员安排情况表

序号	姓名	专业或从事工作	监测工作分工
1	项大学	水土保持	负责领导组织与工作协调
2	欧应花	水土保持	负责项目工作情况的监督检查及报告审核
3	黄洁	水土保持	负责水土保持监测野外工作, 测成果报告编写, 室内实验、数据处理
4	周红芬	水土保持	
5	佟志龙	水土保持	
6	王跃兵	水土保持	

1.3.3 监测点布设

本项目的水土保持监测主要以调查监测及巡查监测相结合。依据《生产建设项目水土保持监测规程(试行)》(办水保[2015]139号)中监测点布设原则和选址要求, 结合本工程实地踏勘情况, 考虑工程水土流失特点和水土保持措施布局特征, 监测项目组依据项目水土保持监测实际需要, 对项目建设区主要布设水土保持措施调查样方、植被调查样方等监测设施及样方等。监测时段内, 监测项目组共于工程建设区域布设水土保持监测点 16 个, 其中调查监测点 11 个, 观测监测点 4 个, 巡查监测点 1 个; 其中主体工程区 5 个、弃渣场监测区 8 个、施工营场地监测区 1 个、施工便道监测区 1 个, 工程全线 1 个, 监测点详细布设情况详见表 1-21。

表 1-21 水土保持监测点布设一览表

监测分区	监测重点地段或对象	监测点编号	监测时段	监测点类型	监测内容	监测方法	方法类型	主要监测设备	监测点现状	监测频次	监测说明	监测点布设时间
主体工程区	深挖方路段	1#监测点	全部时段	调查型	扰动土地情况及水土保持措施	调查监测	现场调查	GPS、胸径尺、测绳等	施工扰动	每季度监测一次	监测水土流失危害及土流失防治效果	整个监测时段
	深挖方路段	2#监测点	全部时段	调查型	扰动土地情况及水土保持措施	调查监测	现场调查	GPS、胸径尺、测绳等	施工扰动	每季度监测一次	植被样方监测	整个监测时段
	深挖方路段	3#监测点	施工期	观测型	水土流失情况	定位监测	侵蚀沟法	相机、钢卷尺、测钎等	施工扰动	雨季每月监测一次	监测水土流失量	施工期间
		4#监测点	全部时段	调查型	扰动土地情况及水土保持措施	调查监测	现场调查	GPS、胸径尺、测绳等	施工扰动	每季度监测一次	监测水土流失危害及土流失防治效果	整个监测时段
	高填方路段	5#监测点	全部时段	调查型	扰动土地情况及水土保持措施	调查监测	现场调查	GPS、胸径尺、测绳等	施工扰动	每季度监测一次	监测水土流失危害及土流失防治效果	整个监测时段
弃渣场监测区	1#弃渣场	6#监测点	施工期	观测型	水土流失情况	定位监测	插钎法	相机、钢卷尺、测钎等	施工扰动	雨季每月监测一次	监测水土流失量	施工期间
		7#监测点	全部时段	调查型	弃渣场情况及水保措施	调查监测	现场调查	相机、GPS、测距仪等	施工扰动	每季度监测一次	监测水土流失状况及防治效果	整个监测时段
	2#弃渣场	8#监测点	施工期	观测型	水土流失情况	定位监测	插钎法	相机、钢卷尺、测钎等	施工扰动	雨季每月监测一次	监测水土流失量	施工期间
		9#监测点	全部时段	调查型	弃渣场情况及水保措施	调查监测	现场调查	相机、GPS、测距仪等	施工扰动	每季度监测一次	植被样方监测	整个监测时段
	3#弃渣场	10#监测点	施工期	观测型	水土流失情况	定位监测	插钎法	相机、钢卷尺、测钎等	施工扰动	雨季每月监测一次	监测水土流失量	施工期间
		11#监测点	全部时段	调查型	弃渣场情况及水保措施	调查监测	现场调查	相机、GPS、测距仪等	施工扰动	每季度监测一次	监测水土流失状况及防治效果	整个监测时段
	4#弃渣场	12#监测点	全部时段	调查型	弃渣场情况及水保措施	调查监测	现场调查	相机、GPS、测距仪等	施工扰动	每季度监测一次	监测水土流失状况及防治效果	整个监测时段
	5#弃渣场	13#监测点	全部时段	调查型	弃渣场情况及水保措施	调查监测	现场调查	相机、GPS、测距仪等	施工扰动	每季度监测一次	监测水土流失状况及防治效果	整个监测时段
	施工营地地区	14#监测点	全部时段	调查型	水土流失隐患及危害	调查监测	现场调查	相机、GPS、测距仪等	施工扰动	每季度监测一次	水土流失危害调查	整个监测时段
	施工便道	全部	15#监测点	全部时段	调查型	水土流失隐患及危害	调查	现场	相机、GPS、测	施工扰动	每季度监测	水土流失危害调查

道区	测点	时段		监测	调查	距仪等	动	测一次		时段	
工程全线	16#	全部时段	巡查监测及遥感监测	水土流失情况、突发性重大水土流失事件动态监测	调查监测	调查监测	GPS、胸径尺、测绳等		全时段跟进	突发性重大水土流失事件动态监测	整个监测时段

1.3.4 监测设施设备

根据《水土保持监测技术规程》、《水土保持监测设施通用技术条件》以及相关的监测技术要求，本项目监测所选定的监测点需配备多种监测设备、工具和设施。经统计，本项目水土保持监测使用了以下设备，详见下表。

表 1-22 水土保持监测使用设备表

序号	设备仪器	型号规格
1	笔记本电脑	Thinkpad E440
2	罗盘	DQY-1 型
3	GPS	OREGON 550
4	皮尺	30m
5	摄像机	松下 HDC-SD1
6	数码相机	尼康 S2600
7	钢卷尺	5m

1.3.5 监测技术方法

一、调查监测

主要根据工程设计资料，施工单位、监理单位、建设单位提供的工程资料等，结合测距仪、GPS、皮尺、相机等监测设备监测实际发生扰动面积情况；监测乔、灌、草等植被的生长情况；通过查询当地气象、国土、社会经济等资料获取项目区概况的数据信息；通过测量、计算、资料分析等形式监测水土流失状况数据信息，水土保持措施实施情况及效果的数据信息。

二、定位监测

通过实测法和经验推测法获得某一有代表性地区的侵蚀模数作为基础，再根据项目区自然因数、土壤类型及扰动类型等因素，综合分析得出项目各侵蚀单元的平均侵蚀模数，从而求得全区的土壤流失量。

三、巡查监测

巡查监测主要是针对整个工程的全部区域所采用的监测方法，尤其注意对于直接影响区的影响情况。巡查的主要内容是水土流失危害和突发性重大水土流失事件动态监测。

1.3.6 监测阶段成果

鹤庆县交通运输局于 2018 年 1 月委托昆明有色冶金设计研究院股份公司承担本工程水土保持监测工作。接受委托后，我公司立即成立项目组，并对项目区实施现场勘

查，收集相关资料，制定监测计划。

本项目监测项目组已经完成的监测阶段成果：

表 1-23 水土保持监测阶段成果提交情况

完成成果	提交时间
《省道 S316（原 S304）线鹤庆至剑川公路工程（鹤庆段）水土保持监测年度报告（2018 年度）》	2018 年 12 月
《省道 S316（原 S304）线鹤庆至剑川公路工程（鹤庆段）水土保持监测年度报告（2019 年度）》	2019 年 12 月
《省道 S316（原 S304）线鹤庆至剑川公路工程（鹤庆段）水土保持监测年度报告（2020 年度）》	2020 年 12 月
《省道 S316（原 S304）线鹤庆至剑川公路工程（鹤庆段）水土保持监测年度报告（2021 年度）》	2021 年 12 月

1.3.7 水土保持监测意见及落实情况

本项目于 2017 年 12 月正式开工，于 2020 年 12 月完工，我公司入场监测后对本项目提出监测整改意见 1 次，具体如下所示：

2020 年 7 月，监测项目组在工程完工后，根据针对现场提出整改意见，建议建设单位完善。



1#弃渣场整改前

















1.3.8 重大水土流失危害事件处理情况

本项目实际于 2017 年 12 月正式开工，于 2020 年 12 月建成，施工工期 37 个月。2018 年 1 月我公司入场监测，根据施工资料及我单位调查走访，我单位入场监测前没有发生水土流失灾害事件；我单位入场监测后，根据实际监测，本工程也未发生水土流失灾害事件。

1.4 水土保持监测三色评价

监测结果表明，本项目水土保持方案的设计基本上合理可行，在工程施工过程中，建设单位基本能按照有关法律法规要求开展水土流失防治工作，保障水土保持投资专项使用，有效控制了工程建设产生的水土流失。截至 2022 年 10 月，随着项目区各项水土保持措施发挥了防护作用，取得了较好的水土保持防护效果，通过项目区巡查及查何工程资料，项目建设未发生水土流失危害、水土流失防治指标均达到水保要求。我公司根据本项目扰动土地情况、水土流失状况、防治成效、水土流失危害等监测结果，对本项目水土保持监测三色评价赋分为 75 分，评价结论为“黄色”，三色评价赋分见表 1-24。

表 1-24 生产建设项目水土保持监测三色评价指标及赋分表

项目名称		省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段)		
监测时段和防治责任范围		2022 年度第 3 季度, 80.81 公顷		
三色评价结论		绿色 <input type="checkbox"/> 黄色 <input checked="" type="checkbox"/> 红色 <input type="checkbox"/>		
评价指标		分值	得分	赋分说明
扰动 土地 情况	扰动范围控制	15	15	根据施工图设计, 扰动范围严格控制在防治责任范围内, 此项不扣分。
	表土剥离保护	5	0	工程原方案设计表土剥离, 变更方案无可剥离表土, 工程施工期间未剥离表土, 故此项扣 5 分。
	弃土 (石、渣) 堆放	15	15	本项目产生的弃渣运至方案设计弃渣场堆存, 不扣分。
水土流失情况		15	10	本工程水土流失总量未超过水土保持方案预测值, 但道路沿线内存在裸露区域, 有一定水土流失隐患, 扣 5 分。
水土 流失 防治 成效	工程措施	20	15	本工程场地内排水、截水、拦挡等工程措施已实施, 但是弃渣场复耕未实施, 扣 5 分。
	植物措施	15	10	工程实施了道路沿线绿化、部分临时占地区植被恢复以及部分弃渣场平台绿化, 且部分区域出现死苗区域, 扣 5 分。
	临时措施	10	5	部分裸露区域苫盖不及时, 扣 5 分。
水土流失危害		5	5	未产生水土流失危害。
合计		100	75	

2 监测内容与方法

2.1 监测内容

2.1.1 原地貌土地利用情况

原地貌土地利用情况监测内容包括原地貌占地性质、占地类型、原生侵蚀模数等，监测方法如下：

- (1) 查阅主体工程设计资料及现场量测，确定项目占地性质及占地面积。
- (2) 通过现场踏勘，根据《土地利用现状分类》GB/T21010-2017 确定项目占地类型。
- (3) 查阅主体设计资料集合现场踏勘，确定项目区原生侵蚀模数。

2.1.2 植被覆盖度

原地貌植被覆盖度主要为现场调查项目区原生植被生长情况及覆盖情况，通过实际踏勘量测确定项目原生植被类型、植被种类及覆盖度。

2.1.3 扰动土地情况

扰动土地情况的监测内容包括扰动范围、面积、土地利用类型及其变化情况等，具体监测方法如下：

表 2-1 扰动土地情况监测

监测内容	监测方法	监测时段	监测频次
扰动范围	资料分析、现场复核	2018 年 1 月底-2022 年 10 月底	19
扰动面积	资料分析、实地量测	2018 年 1 月底-2022 年 10 月底	19
土地利用类型	巡查、走访结合 GB/T21010 土地利用类型一级类确定	2018 年 1 月底-2022 年 10 月底	1
扰动变化情况	资料分析、实地量测、遥感监测	2018 年 1 月底-2022 年 10 月底	19

2.1.4 防治责任范围

本工程防治责任范围监测主要包括项目建设区和直接影响区。

(1) 项目建设区

① 永久性占地

永久性占地是指项目建设征地红线范围内、由项目建设单位（或业主）负责管辖和承担水土保持法律责任的地方。永久性占地面积由国土部门按权限批准。水土保持监测是对红线范围地区进行认真复核，监测项目建设及生产有无超范围开发的情况，以及各

阶段永久性占地的变化情况。

②临时性占地

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

③扰动地表面积

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

(2) 直接影响区

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

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

2.1.5 取土（石、料）弃土（石、渣）情况

取料（土、石）、弃渣（土、石、矸石、尾矿等）情况的监测内容主要包括取料场、弃渣场及临时堆放场的数量、位置、方量、表土剥离、防治措施落实情况等。工程砂石料均向合法砂石料场采购，未单独设置石料场；工程共计使用 5 个弃渣场。

2.1.6 水土保持措施

水土保持措施监测为工程措施、植物措施、临时防护工程等水土保持措施的监测，具体内容包括措施类型、开工与完工日期、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。具体监测方法如下：

表 2-2 水土保持措施监测

监测内容	监测方法	监测时段	监测频次
工程措施	抽样实地量测、资料分析	2018 年 1 月底-2022 年 10 月底	19
植物措施	样方调查、资料分析	2018 年 1 月底-2022 年 10 月底	19
临时措施	资料分析	2018 年 1 月底-2022 年 10 月底	19

2.1.7 土壤流失量

建设期及生产期土壤流失量动态监测主要包括施工期水土流失因子监测及土壤侵蚀量的监测。

(1) 水土流失因子

主要对项目建设过程中项目区的地形地貌、气象、土壤、植被、水文、社会经济因子进行调查。

①地形地貌因子：地貌形态、海拔与相对高差、坡面特性及地理位置。

②气象因子：项目区气候类型分区、降雨、气温、无霜期、风速与风向等因子。其中，降雨因子主要为多年平均降雨量。

③土壤因子：土壤容重。

④植被因子：项目区植被覆盖度、主要植被种类。

⑤水文因子：水系形式、河流径流特征。

⑥土地利用情况：项目区原土地利用情况。

⑦社会经济因子：社会因子及经济因子。

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

(2) 土壤侵蚀量监测

土壤侵蚀量的监测内容主要包括土壤侵蚀强度、土壤侵蚀模数和土壤侵蚀量等反映整个土壤侵蚀情况的指标。

①土壤侵蚀强度

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

②土壤侵蚀模数

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

③土壤侵蚀量

监测项目区内发生的水力、重力等侵蚀所产生的土壤侵蚀总量。

2.2 监测方法

2.2.1 调查监测

(1) 水土流失因子调查

项目区内原地貌和水系分布情况通过收集地形资料和工程设计资料分析获得；因工程建设而引起地形、地貌、水系的变化，采用实地勘测、线路调查等方法进行监测。降

雨特征以项目所在地气象局资料为准,当地气象局观测仪器齐全,观测项目齐全。土壤因子监测通过实地调查方法。在监测时,应做好地表覆盖的枯落物形态与覆盖度的调查记录,对农地复垦、开挖或堆垫场整治区域还应该观测覆土厚度、容重、质地、整治面积。

林草覆盖度监测主要采用抽样调查。选择具有代表性的地块作为标准样地,标准地的面积为投影面积,乔木选择 10m×10m、灌木选择 5m×5m、草地 2m×2m,分别取标准地进行观测并计算林地的郁闭度、草地的盖度和该类型区的林草盖度。计算公式为:

$$D = f_a / f_e \quad C = f / F$$

式中: D ——林地的郁闭度 (或草地盖度)

C ——林 (或草) 植被覆盖度, %

f_e ——样方面积, m^2 。

f_a ——样方内树冠 (草冠) 垂直投影面积, m^2 。

f ——林地 (或草地) 面积, hm^2 。

F ——类型区总面积, hm^2 。

(2) 水土流失状况调查中坡面水蚀调查主要采取现场识别的方式获取,区域水蚀调查主要采用主体工程提供的资料进行统计,调查期间同时用相机、摄影机记录。重力侵蚀主要采取现场实地调查的方式进行监测,辨别其重力侵蚀并统计其数量,调查期间同时用数码相机、摄像机记录。

(3) 水土流失危害调查

水土流失危害调查中破坏土地资源、损坏水土保持设施及其数量主要根据主体工程提供施工资料统计,并根据当地土地利用现状,结合现场实地调查进行复核,现场实地调查的同时用数码相机、摄像机记录。危害主体工程调查主要采取访问施工单位、收集相关施工资料、结合现场调查确定,调查期间同时用相机、摄影机记录。对项目区下游危害调查主要采取访问民众、收集相关资料、结合现场调查确定,调查期间同时用相机、摄影机记录。

(4) 水土保持措施调查

水土保持措施调查主要采用定期的实地勘测与不定期的全面巡查相结合的方法,同时记录和分析措施的实施进度、数量与质量、规格。为更准确的掌握各种水土保持措施的实施进度、数量、规格,可由施工单位提供相关施工资料进行统计得出。抽查部分工

程措施采用皮尺、卷尺测量挡墙、截排水沟的断面尺寸、长度等进行抽样统计。若抽样与资料统计数量相符合则采用统计数据,若相差较大,则采用全面调查进行统计。监测时挡墙等工程还应查看是否出现损坏、断裂、沉降等不稳定情况、排水沟等工程查看是否存在断裂、是否淤积。对措施进行定性描述,并记录。并对水土流失防治效果进行效果评价指标。

(5) 水土流失面积

建设项目实际占用土地面积,利用建设单位提供的完成工程量及竣工、监理资料统计,结合监测记录情况复核。

(6) 工程土石方量

采用建设单位提供的实际完成工程量及竣工、监理资料统计,监测记录情况复核。

2.2.2 巡查监测

为了及时掌握工程建设中可能出现的各种水土流失问题及其防治情况,及时处理,消除隐患,常常采用巡查的方法进行全面调查。巡查即按照一定的频率,对开发建设项目水土保持监测范围的角角落落进行查看,调查水土流失及其防治状况,分析水土流失防治成效及其存在问题,为落实好水土保持措施提供技术数据和建议。

(1) 开展巡查监测工作的要求:

①首先应该制定完善的巡查计划,包括巡查的目的、时间与周期、调查登记表,并及时分析以及报告等;

②巡查过程中,应该现场填写调查登记表,并及时分析发现的问题及其发生的原因;

③最后,应该及时向水行政主管部门和建设单位汇报、提出相应的处理意见和建议,为调整水土保持工程设计、控制水土流失及时提供信息。

(2) 巡查监测的主要内容:

①全面检查和分析调研固定监测点(包括观测样地和调查样地)的观测状况;

②根据不同监测分区、监测重点地段的特点,采集相关指标的数据,补充监测点的不足(包括观测样地和调查样地)、增加监测对象的数量;

③记录偶然、特殊或典型的现象,以便突出反映某一次面的实施与状况;

④保留未被人们认识的事物或现象,以便在具有一定的积累后分析研究。

⑤突发性重大水土流失事件的监测:

重大水土流失事件是指在工程建设过程中由于单点暴雨或其他因素引起的流失量

大、危害大、影响范围广的水土流失事件。

突发性水土流失事件发生后，监测人员须及时到达现场，对事件发生的面积采用 GPS 定点后在 1: 1000 地形图上勾绘出流失面积。

对事件产生的水土流失量可能有两种形式：泥石流、重力侵蚀。对于泥石流的流失量在堆积区采用 GPS 定点，测量出堆积扇形面积，同时测量出堆积量的厚度进行计算。若堆积区有 1: 1000 地形图，则采用断面法进行计算。对于重力侵蚀直接采用皮尺、侧绳量取厚度、宽度、长度进行计算。

突发性对重力侵蚀水土流失事件造成的危害采用走访、问卷的调查方式获取。每次重大水土流失事件监测完成后编制重大水土流失事件专项报告。

(3) 注意事项:

◆在巡查时，不仅要设置观测样地的设施设备进行详细检查并分析积累的观测资料，要对调查样地的调查指标进行一次完整的测定并分析指标值的动态变化，而且要不断地通过放弃样地调查相关因素；

◆在巡查过程中，不仅要测量水土流失量、分析水土流失的原因，而且要监测水土保持措施、分析防治成效，利用表格记录土壤流失、防治措施状况的相关数据；

◆应该将巡查时的情况详细的记录，以备分析、总结水土保持成效和编制水土保持监测报告。

2.2.3 定位监测

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

对全区的土壤侵蚀模数及土壤流失量主要通过以下三种方法获得:

(1) 简易水土流失观测场

① 简易水土流失观测场原理

简易水土流失观测场主要适用于分散的土状堆积物形成的稳定坡面土壤流失观测，在坡面上垂直打入带有刻度的钢针（或木桩），在每次暴雨结束或汛期结束后，观测钢针顶距离地面的高度，以此计算土壤侵蚀厚度和总的土壤侵蚀量。根据已经计算的土壤侵蚀量计算整个坡面及项目区的土壤侵蚀模数计水土流失量。

② 简易水土流失观测场布置

简易水土流失观测场布置区域须土壤所占比例比石质多，石质所占面积不大于观测

场总面积的 10%。选择的坡面处于稳定状态, 并且不会对施工建设造成影响的地区布置。

布设标准样地的规格为 3m×3m, 也可根据实际情况适当变化, 将长 30cm 的钢针在选定的坡面上按照 2.0m×2.0m 的间距分纵横方向共 9 颗钢针垂直坡面打入地下, 使钢针顶部和地面相差 3.00cm。

③ 简易水土流失观测场的计算

土壤流失量计算公式为:

$$S_T = \frac{\gamma_s SL}{1000 \cos \theta}$$

式中: S_T ——土壤流失总量, kg;

γ_s ——侵蚀泥沙密度, kg/m³;

S ——简易土壤流失观测场水平投影面积, m²;

L ——平均土壤流失厚度, mm;

θ ——简易土壤流失观测场坡度。

(2) 水土流失简易坡面量测场

① 简易坡面量测场原理

简易坡面量测法又称侵蚀沟量测法, 主要用于土质边坡、土或土石混合或粒径较小的石砾堆等坡面的水土流失量测定。调查坡面形成初的坡度、坡长、坡面组成物质、容量等, 并记录造成侵蚀沟的次降雨。在每次降雨或多次降雨后, 测量侵蚀沟的体积, 得出沟蚀量, 并通过沟蚀占水蚀的比例 (50%~70%), 计算水土流失量。

② 简易坡面量测场布置

简易坡面量测场地的布置主要由实际的坡面侵蚀沟确定, 布置规格不等。但是选定坡面侵蚀沟必须具有代表性, 须方便测量。一般样方以 5m×5m 内为佳, 较大侵蚀沟则视实际情况确定观测面积, 当观测坡面能保存一年以上时应该量取一年的水土流失量, 有条件的地区, 简易坡量测法也可和简易水土流失观测场结合使用。

③ 简易坡面量测场侵蚀量计算方法

在布置得简易坡面观测场 (宽 B , 长 L) 上等间距取若干个断面, 每个断面上测量出侵蚀沟断面面积, 然后按照以下公式计算:

$$M = r \sum_{i=1}^n (s_i + s_{i+1}) \cdot l$$

式中: M ——样地侵蚀量, t;

s_i ——第 i 个断面的面积, m²;

S_{i+1} ——第 $i+1$ 个断面的面积; m^2 ;

r ——土壤容重, t/m^3 ;

n ——断面数。

也可以将侵蚀沟概化为棱锥、棱台、棱柱等, 按以下公式计算:

棱锥体积: $V = S \cdot H/3$

棱台体积: $V = H \cdot [S_1 + S_2 + (S_1 \cdot S_2)/2]/3$

棱柱体积: $V = S \cdot H$

式中: V ——体积, cm^3 ;

H ——高, cm ;

S 、 S_1 、 S_2 ——底面积, cm^2 。

(3) 沉砂池法

在量测沉砂池泥沙厚度后, 可以计算排水渠控制的汇水区域的土壤侵蚀量。通常是在沉砂池的四个角分别量测泥沙厚度, 并测得侵蚀泥沙的密度, 计算侵蚀量。

排水渠控制的汇水区域侵蚀总量计算公式如下:

$$S_T = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} S \gamma_s \left(1 + \frac{X}{T} \right)$$

式中: S_T ——排水渠控制的汇水区域侵蚀总量, kg ;

h_i ——沉砂池四角的泥沙厚度, m ;

S ——沉砂池底面面积, m^2 ;

γ_s ——侵蚀土壤密度, kg/m^3 ;

$\frac{X}{T}$ ——侵蚀径流泥沙中悬移质与推移质重量之比。

2.2.4 遥感监测

为了更全面的体现项目区的水土流失情况, 我公司对项目区进行了无人机航拍, 用遥感的方式对项目区整体的水土流失情况进行调查、采集项目区的水土流失区, 通过影像资料方式反应出来, 为布设水土保持监测点提供依据。

2.2.5 资料分析

根据施工单位提供的工程报告、监理单位提供的监理报告和工程计量资料, 以及工程审批、土地使用资料等, 对工程征占地面积、土石方挖填及平衡情况、水土保持措施

实施过程等进行分析整理, 作为现场踏勘的基础参照材料, 通过现场核查, 最终获得相关监测数据。

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 水土流失防治责任范围

依据《生产建设项目水土保持技术标准》(GB 50433-2018), 项目水土流失防治责任范围以占地面积计列。

根据水土保持方案变更报告书, 项目水土流失防治责任范围建设区面积为 80.81hm²; 经分析统计, 工程建设实际发生水土流失防治责任范围 80.81hm²。具体水土流失防治责任范围详见表 3-1。

表 3-1 水土流失防治责任范围监测结果表

水土流失防治责任范围			防治责任范围面积 (hm ²)		
			变更方案	监测结果	变化
项目建设区	K0+000 ~ K28+267.308	路基工程	58.26	58.26	0
		改移工程区	0.79	0.79	0
		弃渣场区	14.62	14.62	0
		施工营场地	3.35	3.35	
		施工便道	3.79	3.79	0
合计			80.81	80.81	0

对比分析:

项目建设实际发生水土流失防治责任范围较水土保持变更方案确定防治责任范围相比无变化。

原因分析:

水土保持变更方案编制时, 本项目已经开工且已经完成施工图设计, 占地面积根据实际统计, 即监测防治责任范围与水土保持变更方案一致。

3.1.2 背景值监测

本项目大型开挖填筑区域主要为路基边坡区、弃渣场区。于 2017 年 12 月开工, 2020 年 12 月完工, 2018 年 1 月我单位进场时项目各区域已经扰动, 背景值监测主要采取资料分析、走访等监测方法获得。通过收集建设单位提供资料分析, 结合周边用地情况调查结果及卫星影像资料, 本项目原生占地类型主要为水田、林地、草地、园地、坡耕地、建设用地、其他土地和交通运输用地, 原地貌侵蚀模数为 1106.11t/km².a。

3.1.3 建设期扰动土地面积

3.1.3.1 扰动地表面积监测结果

根据建设单位提供工程建设征地资料和施工图等相关技术资料统计, 结合实地调查监测记录, 省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 共占压原地貌、破坏原地表 80.81hm², 项目建设扰动地表面积具体情况见表 3-2。

表 3-2 工程建设扰动地表面积监测结果

防治分区		变更方案统计	监测情况	变化情况	
		建设项目区	建设项目区	建设项目区	
项目建设区	K0+000 ~ K28+267.308	路基工程	58.26	58.26	0
		改移工程区	0.79	0.79	0
		弃渣场区	14.62	14.62	0
		施工营场地	3.35	3.35	0
		施工便道	3.79	3.79	0
合计		80.81	80.81	0	

由表 3-2 可见, 截止 2022 年 10 月项目建设实际扰动地表面积、扰动地表类型与水土保持变更方案一致。

3.1.3.2 扰动地表面积动态监测结果

工程于 2020 年 12 月完成建设, 在开展省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 水土保持监测工作, 按可操作性原则, 最终确定监测时段为 2018 年 1 月~2022 年 10 月, 历时 58 个月。监测组入场后, 工程不再扰动, 根据工程相关资料, 结合监测人员现场核实, 项目区扰动地表面积为 80.81hm²。

3.2 取土 (石、料) 监测结果

(1) 设计取土 (石料) 情况

根据工程实际情况, 本项目回填土均来源于自身开挖土石方, 工程所需砂石料均可从周边金海砂石料场、双红石料场购买, 不设专门的砂石料场。工程沿线石料丰富, 因此工程不用单独设立取 (石、料) 场, 减少了新增占地, 同时减少了因新增占地而产生的水土流失。

(2) 取土 (石、料) 场位置及占地面积监测结果

监测组经过现场调查复核, 项目在实际建设过程中无乱取土情况, 未涉及取土场等内容。

(3) 取土 (石、料) 量监测结果

根据监测组核实, 本项目回填土均来源于自身开挖土石方, 工程所需砂石料均可从周边金海砂石料场、双红石料场购买, 不设专门的砂石料场。工程沿线石料丰富, 因此工程不用单独设立取(石、料)场, 减少了新增占地, 同时减少了因新增占地而产生的水土流失。

3.3 弃土(石、渣)监测结果

3.3.1 水土保持变更方案设计弃土(石、渣)情况

根据水土保持变更方案确定的开挖土石方 151.86 万 m^3 (其中老路拆除 1.35 万 m^3 、建筑垃圾 0.10 万 m^3 、软基 2.09 万 m^3 、一般土石方 148.32 万 m^3), 回填土石方 52.15 万 m^3 , 外借土石方 2.09 万 m^3 (金海砂石料场、双红石料场), 废弃土石方 101.80 万 m^3 (其中老路拆除 1.35 万 m^3 、建筑垃圾 0.10 万 m^3 、软基 2.09 万 m^3 、一般土石方 98.26 万 m^3), 工程未对表土进行剥离, 同时未设置表土堆场; 弃方 101.80 万 m^3 堆放在 5 个弃渣场内。

3.3.2 弃土(石、渣)场位置、占地面积及弃渣量监测结果

本工程共计使用 5 处弃渣场, 占地面积为 14.62 hm^2 , 堆渣量为 121.76 万 m^3 。

1#渣场位于里程 K2+600 左侧, 为沟谷型弃渣场, 占地面积 2.24 hm^2 , 堆渣量 25.80 万 m^3 。场地已修建挡渣墙, 长度为 20m, 高约 2m, 顶宽约 1m, 弃渣场两侧及平台修建修浆砌石排水沟 950m, 渣场分台堆放。目前, 该弃渣场边坡平台已植被恢复, 现场无明显的水土流失, 1#弃渣场总体运行情况良好, 弃渣场边坡现状基本稳定。

2#渣场位于里程 K13+045 左侧, 为缓坡型弃渣场, 占地面积 7.37 hm^2 , 堆渣量 60.60 万 m^3 。场地已修建挡渣墙, 长度为 56m, 高约 1m, 顶宽约 1m。目前, 该弃渣场边坡平台已植被恢复, 现场无明显的水土流失。2#弃渣场总体运行情况良好, 弃渣场边坡现状基本稳定。

3#渣场位于里程 K18+715 左侧, 为凹地型弃渣场, 占地面积 1.85 hm^2 , 堆渣量 21.38 万 m^3 。场地无挡渣墙。目前, 该弃渣场边坡平台已植被恢复, 现场无明显的水土流失, 3#弃渣场总体运行情况良好, 弃渣场边坡现状基本稳定。

4#渣场位于里程 K24+570 左侧, 为沟谷弃渣场, 占地面积 1.63 hm^2 , 堆渣量 11.31 万 m^3 。场地已修建挡渣墙, 长度为 23m, 高约 5m, 顶宽约 1m。目前, 该弃渣场边坡平台已植被恢复, 现场无明显的水土流失, 4#弃渣场总体运行情况良好, 弃渣场边坡现状基本稳定。

5#渣场位于里程 K27+100 右侧, 为沟谷弃渣场, 占地面积 1.53hm^2 , 堆渣量 2.67 万 m^3 。场地已修建挡渣墙, 长度为 33m , 高约 4m , 顶宽约 1m 。目前, 该弃渣场边坡平台已植被恢复, 现场无明显的水土流失, 5#弃渣场总体运行情况良好, 弃渣场边坡现状基本稳定。

3.3.3 弃渣变化情况分析

1、工程实际土石方

经查阅建设单位提供施工资料统计, 结合监测记录情况, 本项目实际开挖土石方 162.16 万 m^3 (其中老路拆除 1.67 万 m^3 、建筑垃圾 0.10 万 m^3 、软基 2.09 万 m^3 、一般土石方 158.30 万 m^3), 回填土石方 40.40 万 m^3 , 外借土石方 2.09 万 m^3 (金海砂石料场、双红石料场), 废弃土石方 121.76 万 m^3 (其中老路拆除 1.67 万 m^3 、建筑垃圾 0.10 万 m^3 、软基 2.09 万 m^3 、一般土石方 117.90 万 m^3), 弃方 121.76 万 m^3 堆放在 5 个弃渣场内。

2、变化情况分析

工程实际开挖土石方较变更方案相比开挖量增加 34.56 万 m^3 , 回填减少 3.40 万 m^3 , 弃渣增加 35.87 万 m^3 。

工程实际土石方量有所变化, 是由于实际施工中部分路段开挖边坡地质条件差, 增加开挖废弃土石方量。该路段设计采用挂网支护, 由于地质条件差, 施工期间多次滑坡增加土石方量, 因此实际采用抗滑桩支护 (详见下图)。

根据现场调查, 尽管开挖废弃土石方量有所增加, 但增加土石方量未达到 30% , 废弃土石方增加且每个渣场增加堆放量未达到 20% ; 因此未发生重大变更。虽然开挖废弃土石方量有所增加, 但部分路段调整防护形式, 有利于主体工程安全, 且有利于水土保持, 满足水土保持要求。



图 3-1 土石方增加路段照片



图 3-2 土石方增加路段照片

3.4 土石方流向情况监测结果

3.4.1 水保变更方案设计土石方流向情况

根据水土保持变更方案确定的开挖土石方 151.86 万 m^3 (其中老路拆除 1.35 万 m^3 、建筑垃圾 0.10 万 m^3 、软基 2.09 万 m^3 、一般土石方 148.32 万 m^3)，回填土石方 52.15 万 m^3 ，外借土石方 2.09 万 m^3 (金海砂石料场、双红石料场)，废弃土石方 101.80 万 m^3 (其中老路拆除 1.35 万 m^3 、建筑垃圾 0.10 万 m^3 、软基 2.09 万 m^3 、一般土石方 98.26 万 m^3)，工程未对表土进行剥离，同时未设置表土堆场；弃方 101.80 万 m^3 堆放在 5 个弃渣场内。具体见表 3-3、3-4。

3.4.2 土石方流向情况监测结果

根据建设单位提供竣工资料结合现场调查统计，本项目实际开挖土石方 162.16 万 m^3 (其中老路拆除 1.67 万 m^3 、建筑垃圾 0.10 万 m^3 、软基 2.09 万 m^3 、一般土石方 158.30 万 m^3)，回填土石方 40.40 万 m^3 ，外借土石方 2.09 万 m^3 (金海砂石料场、双红石料场)，废弃土石方 121.76 万 m^3 (其中老路拆除 1.67 万 m^3 、建筑垃圾 0.10 万 m^3 、软基 2.09 万 m^3 、一般土石方 117.90 万 m^3)，弃方 121.76 万 m^3 堆放在 5 个弃渣场内。具体情况见表 3-5、3-6。

3.4.3 土石方流向变化情况监测结果

工程实际开挖土石方较变更方案相比开挖量增加 10.30 万 m^3 ，工程实际土石方量有所变化，是由于实际施工中部分路段开挖边坡地质条件差，增加开挖废弃土石方量。

表 3-3 水保变更方案中土石方数量平衡表 单位: 万 m³

工程类型	开挖					回填 土石方	调入		调出		外借		表土堆存利 用方		废弃					
	小计	拆除 老路	建筑 垃圾	软 基	一般土 石方		数量	来源	数量	去向	数量	来源	小计	去向	小计	拆除 老路	建筑 垃圾	软 基	一般土 石方	去向
路基工程区	142.88	0.97	0.10	2.09	139.72	46.97	0.00	0.00	0.00	0.00	2.09		0.00	0.00	98.00	0.97	0.10	2.09	94.84	
K0+000~K13+700	88.91	0.37	0.05	1.52	86.97	29.89					1.52	金海砂石料场			60.54	0.37	0.05	1.52	58.60	1#及 2#弃渣场
K13+700~K28+267.308	53.97	0.60	0.05	0.57	52.75	17.08					0.57	双红石料场			37.46	0.60	0.05	0.57	36.24	3#、4#、5#弃渣场
改移工程区	0.02				0.02	0.02									0.00	0.00				
线路小计	142.90	0.97	0.10	2.09	139.74	46.99	0.00	0.00	0.00	0.00	2.09	0.00	0.00	0.00	98.00	0.97	0.10	2.09	94.84	0.00
施工营场地区	3.64				3.64	3.64									0.00	0.00				
施工便道区	5.32	0.38			4.94	1.52									3.80	0.38			3.42	1#~5#弃渣场
合计	151.86	1.35	0.10	2.09	148.32	52.15	0.00	0.00	0.00	0.00	2.09	0.00	0.00	0.00	101.80	1.35	0.10	2.09	98.26	

表 3-4 水土保持变更方案设计弃渣场情况表

序号	渣场名称	桩号	位置 (m)	地形	占地类型	占地面积 (hm ²)	便道	渣场周边情况	堆渣高程 (m)	最大堆高 (m)	设计堆渣量 (万 m ³)	实际堆渣量 (万 m ³)	渣场汇水面积 (km ²)	措施现状
1	1#弃渣场	K2+660	左	沟谷	坡耕地、林地、其它土地	2.24		渣场上游为本项目的路基, 下游无村庄、居民点及工矿设施。	2281~2318	37	25.044	20.87	0.04	有挡墙
2	2#弃渣场	K13+045	左	缓坡	交通运输用地、坡耕地、林地、其它土地	7.37	591	渣场周边无村庄、居民点及工矿设施。	2732.57~2749.86	17.29	59.412	49.51	0.08	有挡墙
3	3#弃渣场	K18+715	左	凹地	林地、坡耕地	1.85	272	渣场周边无村庄、居民点及工矿设施。	3045.46-3052	6.54	19.80	16.5	0.08	无挡墙
4	4#弃渣场	K24+570	左	沟谷	林地、坡耕地	1.63		渣场上游为本项目的路基, 下游无村庄、居民点及工矿设施。	3080~3109.56	29.56	11.22	9.35	0.03	有挡墙
5	5#弃渣场	K27+100	右	沟谷	林地	1.53	275	渣场上游为本项目的路基, 下游无村庄、居民点及工矿设施。	3097.88~3110.51	12.63	6.684	5.57	0.07	有挡墙
合计					14.62					103.02	122.16	101.8		

表 3-5 工程实际土石方详细情况 单位: 万 m³

工程类型	开挖					回填 土石方	调入		调出		外借		表土堆 存利用 方		废弃					
	小计	拆除 老路	建 筑 垃 圾	软 基	一 般 土 石 方		数 量	来 源	数 量	去 向	数 量	来 源	小 计	去 向	小计	拆 除 老 路	建 筑 垃 圾	软 基	一 般 土 石 方	去 向
路基工程区	153.18	1.29	0.1	2.09	149.7	35.22	0	0	0	0	2.09		0	0	117.96	1.29	0.1	2.09	114.48	
K0+000~K13+700	84.43	0.56	0.05	1.52	82.3	20.09					1.52	金 海 砂 石 料 场			64.34	0.56	0.05	1.52	62.21	1#及 2#弃 渣场
K13+700~K28+267.308	68.75	0.73	0.05	0.57	67.4	15.13					0.57	双 红 石 料 场			53.62	0.73	0.05	0.57	52.27	2#、 3#、 4#、5# 弃渣 场
改移工程区	0.02				0.02	0.02									0	0				
线路小计	153.2	1.29	0.1	2.09	149.72	35.24	0	0	0	0	2.09	0	0	0	117.96	1.29	0.1	2.09	114.48	0
施工营地地区	3.64				3.64	3.64									0	0				
施工便道区	5.32	0.38			4.94	1.52									3.8	0.38			3.42	1#~5# 弃渣 场
合计	162.16	1.67	0.1	2.09	158.3	40.4	0	0	0	0	2.09	0	0	0	121.76	1.67	0.1	2.09	117.9	

表 3-6 项目实际弃渣场布置情况

序号	渣场名称	桩号	位置 (m)	地形	占地类型	占地面积 (hm ²)	便道	渣场周边情况	堆渣高程 (m)	最大堆高 (m)	设计堆渣量 (万 m ³)	实际堆渣量 (万 m ³)	渣场汇水面积 (km ²)	措施现状
1	1# 弃渣场	K2+660	左	沟谷	坡耕地、林地、其它土地	2.24		渣场上游为本项目的路基, 下游无村庄、居民点及工矿设施。	2281~2323	42	25.044	25.80	0.04	有挡墙
2	2# 弃渣场	K13+045	左	缓坡	交通运输用地、坡耕地、林地、其它土地	7.37	591	渣场周边无村庄、居民点及工矿设施。	2732.57~2749.86	17.29	59.412	60.60	0.08	有挡墙
3	3# 弃渣场	K18+715	左	凹地	林地、坡耕地	1.85	272	渣场周边无村庄、居民点及工矿设施。	3045.46-3052	6.54	19.8	21.38	0.08	无挡墙
4	4# 弃渣场	K24+570	左	沟谷	林地、坡耕地	1.63		渣场上游为本项目的路基, 下游无村庄、居民点及工矿设施。	3080~3109.56	29.56	11.22	11.31	0.03	有挡墙
5	5# 弃渣场	K27+100	右	沟谷	林地	1.53	275	渣场上游为本项目的路基, 下游无村庄、居民点及工矿设施。	3097.88~3110.51	12.63	6.684	2.67	0.07	有挡墙
合计					14.62					103.02	122.16	121.76		

3.5 其他重点部位监测结果

3.5.1 路基边坡区

本工程路基深挖边坡区已采取 SNS 柔性防护网、框格梁植草护坡或抗滑桩进行加固,基本满足水土保持要求。



边坡防护现状



边坡防护现状

3.5.2 弃渣场区

本工程弃渣场区已实施截排水沟、浆砌石挡墙护脚等工程措施加以植被措施防护,水土流失得到较好处理。



1#弃渣场



2#弃渣场



3#弃渣场



4#弃渣场



5#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 水保变更方案确定工程措施及实施进度

(一) 工程措施及其工程量

根据水土保持方案变更报告：项目实施中完成较多水土保持工程措施，具体如下所示。

(1) 主体工程区

现浇混凝土边沟 30290m，排水沟 8080m，截水沟 6770m，渗沟 2250m，跌水与急流槽 770m，护坡 237300m²。

(2) 临时工程区

复耕 24000m²，排水沟 5250m，盲沟 1480m，拦砂坝 92m。

经统计，水保变更方案确定的工程措施有现浇混凝土边沟 30290m，排水沟 13330m，截水沟 6770m，渗沟 2250m，跌水与急流槽 770m，护坡 237300m²，复耕 24000m²，盲沟 1480m，拦砂坝 92m。

表 4-1 水保变更方案确定工程措施及其工程量一览表

防治区	措施名称	措施数量	
		单位	数量
主体工程区	边沟	m	30290
	排水沟	m	8080
	截水沟	m	6770
	渗沟	m	2250
	跌水与急流槽	m	770
	护坡	m ²	237300
临时工程区	复耕	m ²	24000
	排水沟	m	5250
	盲沟	m	1480
	拦砂坝	m	92

(二) 工程措施实施进度

经查阅建设单位提供资料, 水土保持变更方案确定上述措施均为项目建设期所完成, 即上述措施在建设期已全部建设完成并发挥其水土保持功能。

4.1.2 工程实际完成工程措施及实施进度

一、工程措施及其工程量

经 2018 年 1 月至 2022 年 10 月多次现场巡查监测记录结合竣工台账, 省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 实际建设过程中, 根据实际需要落实项目建设区各扰动地表区域工程措施。各扰动地表区域实际完成工程措施如下所示:

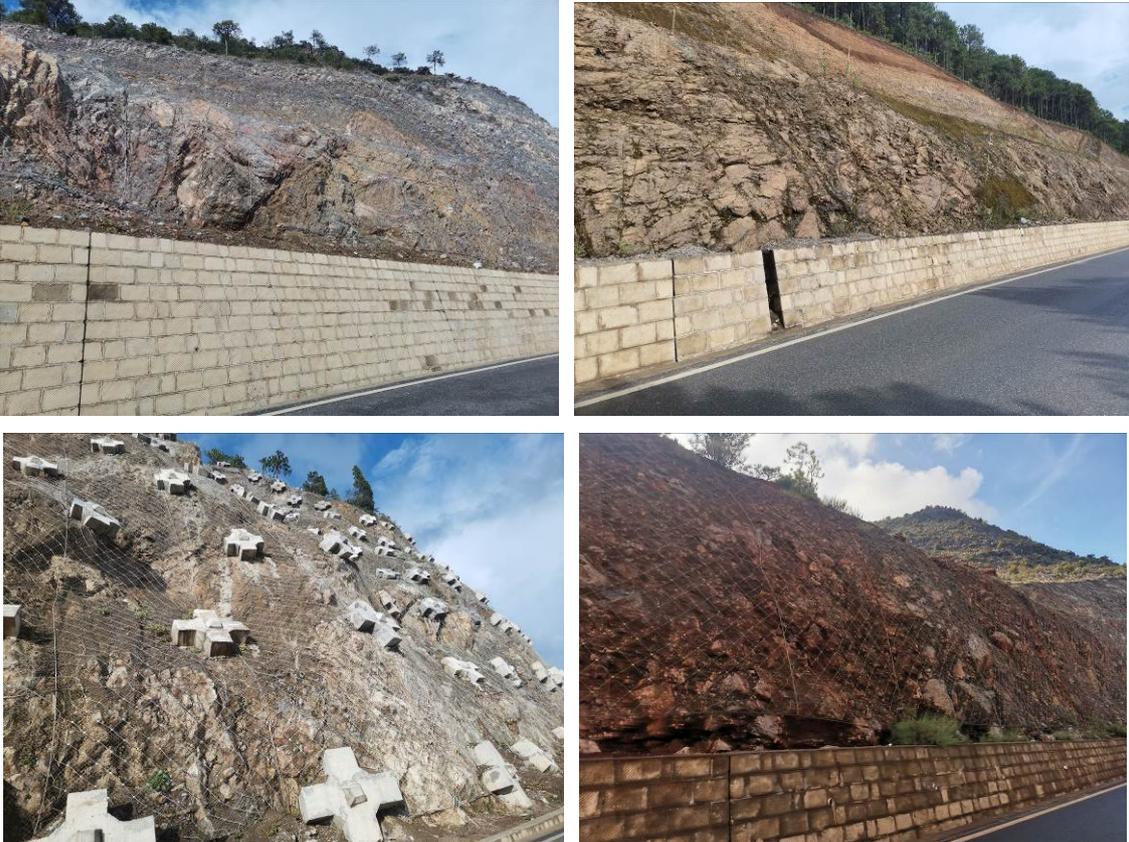
(1) 主体工程区

建设单位组织施工单位在主体工程区完成工程措施如下:

现浇混凝土边沟 32160m, 排水沟 2690m, 截水沟 3280m, 渗沟 1800m, 跌水与急流槽 890m, 护坡 141300m²。



主体工程区截排水措施



主体工程区护坡措施

(2 临时工程区)

建设单位组织施工单位在临时工程区完成排水沟 950m, 盲沟 1250m, 拦砂坝 132m。



1#渣场拦挡排水措施



2#弃渣场拦挡措施



4#弃渣场拦挡措施



5#弃渣场拦挡措施 (2021 年 9 月)

表 4-2 工程实际完成工程措施及其工程量一览表

防治区	措施名称	措施数量	
		单位	数量
主体工程区	边沟	m	32160
	排水沟	m	2690
	截水沟	m	3280
	渗沟	m	1800
	跌水与急流槽	m	890
	护坡	m ²	141300
临时工程区	排水沟	m	950
	盲沟	m	1250
	拦砂坝	m	132

二、实施进度

经查阅建设单位提供主体工程施资料，主体工程区水保措施于 2017 年 12 月至 2020 年 5 月完成；临时工程区水保措施于 2017 年 12 月至 2020 年 12 月完成。

经查阅建设单位提供工程质量检验资料和监理单位质量评定资料，工程建设完成

各项工程措施实施进度均基本按照水土保持方案设计及主体工程设计工程施工进度要求实施, 符合水土保持相关规定要求。





1#弃渣场



2#弃渣场



3#弃渣场



4#弃渣场



5#弃渣场

主体工程区 (2019 年)





临时工程区 (2019 年)



1#弃渣场



2#弃渣场



3#弃渣场

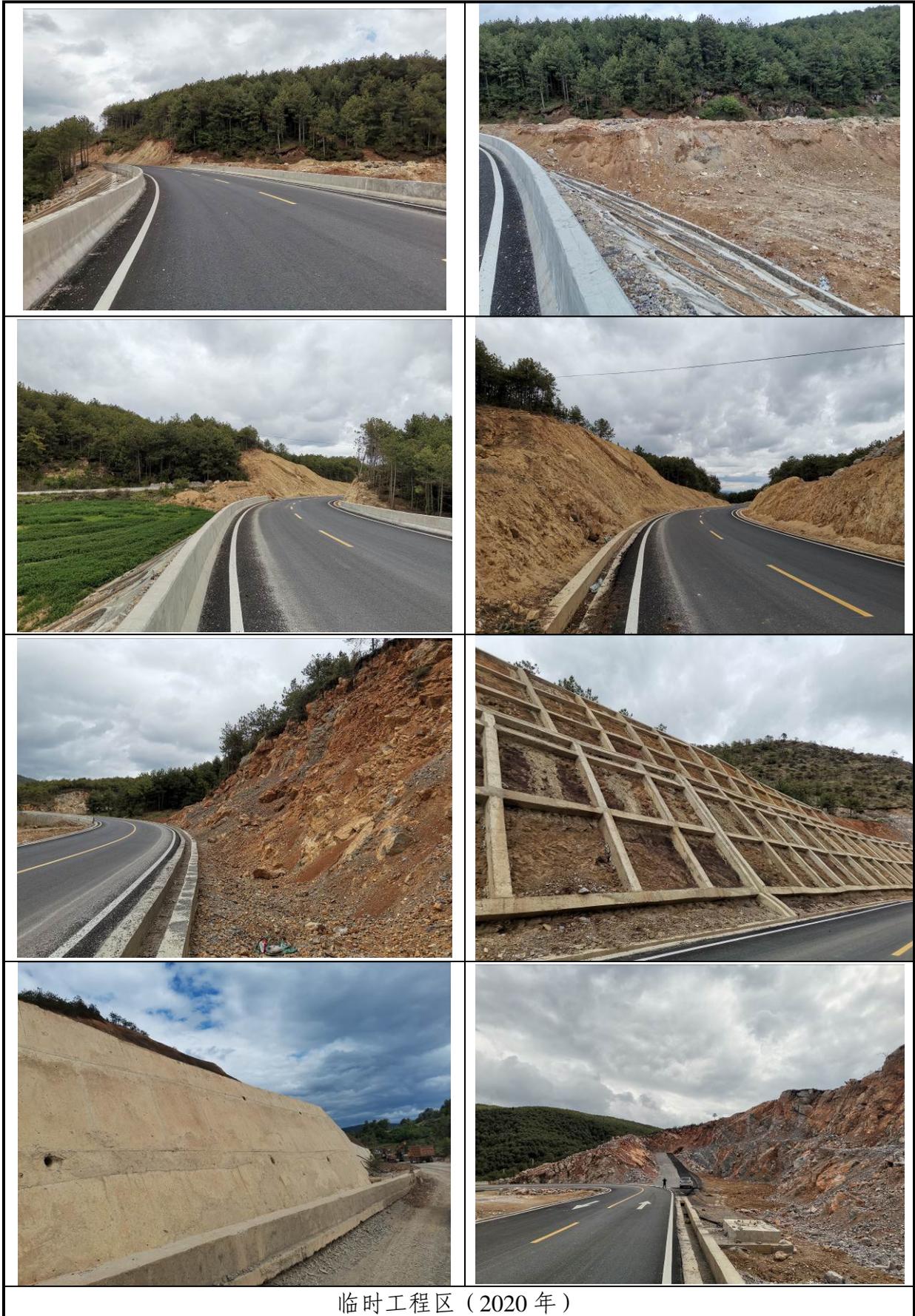


4#弃渣场



5#弃渣场

主体工程区 (2020 年)



临时工程区 (2020 年)



1#弃渣场



4#弃渣场



5#弃渣场

主体工程区 (2021 年)



临时工程区 (2021 年)



1#弃渣场



2#弃渣场



3#弃渣场



4#弃渣场



5#弃渣场

主体工程区 (2022 年)





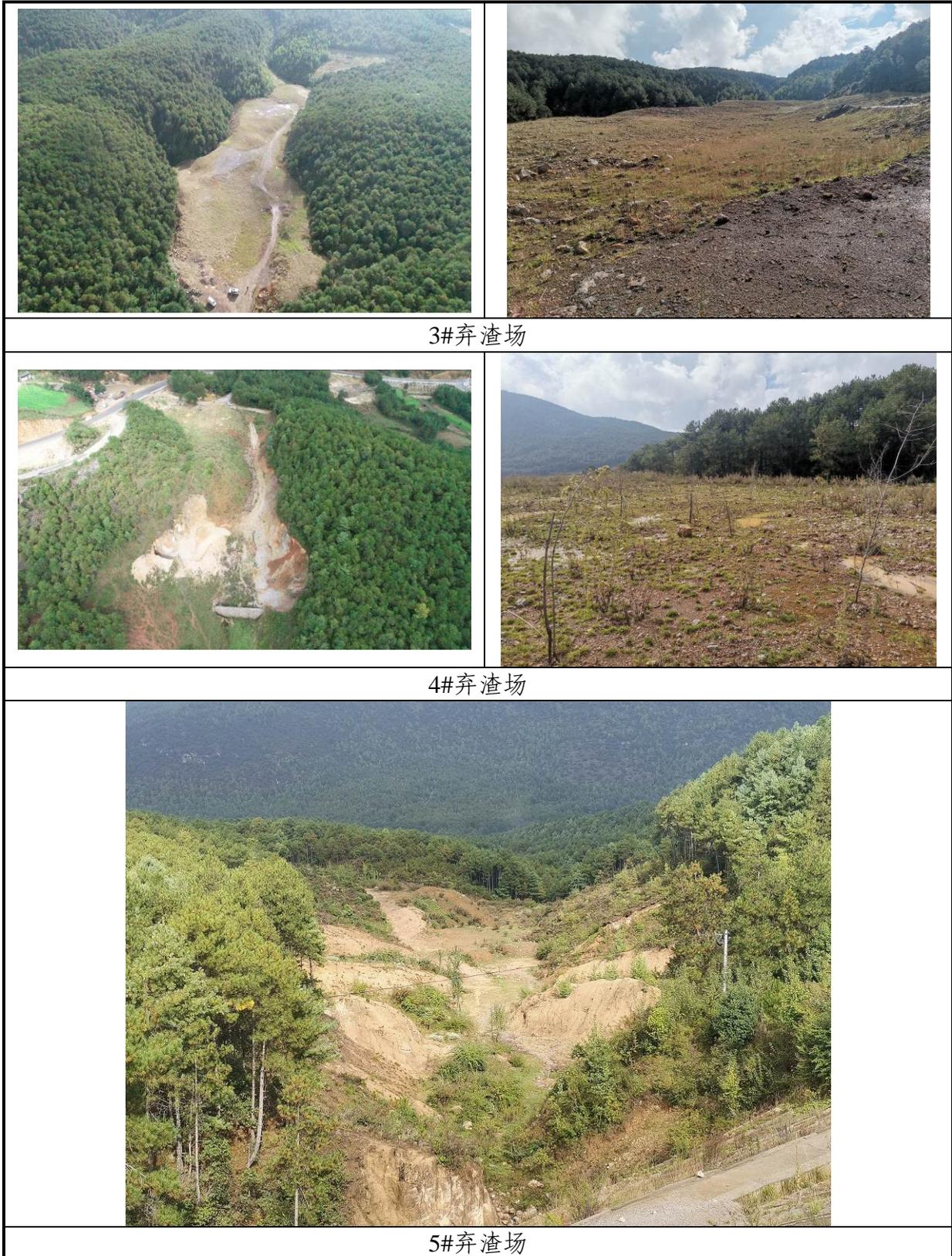
临时工程区 (2022 年)



1#弃渣场



2#弃渣场



4.1.3 工程措施运行情况

经监测项目组全面巡查监测记录，项目建设各扰动地表区域所实际完成的截排水沟运行良好，挡渣墙没有坍塌，排水沟未出现淤塞、毁坏等现象，措施运行良好，能

正常发挥其水土保持功能。

4.2 植物措施监测结果

4.2.1 植物措施监测方法

植物措施监测一般采用植被样方调查方法，主要是选取有代表性的地块作为标准地，标准地的面积为投影面积，要求乔木林 20m×20m、灌木林 5m×5m、草地 2m×2m。分别取标准地进行观测植被生长发育状况，主要监测指标测量方法如下：

(1) 林木生长情况

- ① 树高：采用卷尺或测高仪进行测定。
- ② 胸径：采用胸径尺进行测定。

(2) 存活率和保存率

根据本项目实际情况，造林成活率在随机设置的 20m×20m 的三个重复样方内，于后期查看前期造林苗木成活的株数占造林苗木总株数的百分数，单位为%，保存率是指造林一定时间以后，检查保存完好的林木株数占总造林株数的百分数，单位为%。

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

(3) 林草覆植被覆盖度监测

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

$$D = f_d / f_e \quad C = f / F$$

式中：D——林地的郁闭度（或草地盖度）

C——林（或草）植被覆盖度，%

f_e ——样方面积，m²。

f_d ——样方内树冠（草冠）垂直投影面积，m²。

f ——林地（或草地）面积，hm²。

F ——类型区总面积，hm²。

4.2.2 水保变更方案确定植物措施及实施进度

(一) 植物措施及其工程量

根据水土保持方案变更报告：项目实施中完成较多水土保持工程措施，具体如下所示。

(1) 主体工程区

植草护坡 11.37hm²。

(2) 临时工程区

植被恢复 18.71hm²，绿化 0.05hm²。

经统计，水保变更方案确定的植物措施有植草护坡 11.37hm²，植被恢复 18.71hm²，绿化 0.05hm²。

具体见表 4-4。

表 4-4 变更方案确定植物措施及其工程量一览表

防治区	措施名称	措施数量	
		单位	数量
主体工程区	植草护坡	hm ²	11.37
临时工程区	植被恢复	hm ²	18.71
	绿化	hm ²	0.05

(二) 植物措施实施进度

经查阅建设单位提供资料，水土保持变更方案确定上述植物措施均为项目建设期所完成，即上述措施在建设期已全部建设完成并发挥其水土保持功能。

4.2.3 工程实际完成植物措施及实施进度

一、植物措施及其工程量

经 2018 年 1 月至 2022 年 10 月多次现场巡查监测记录结合竣工台账，省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 实际建设过程中，根据实际需要落实项目建设区各扰动地表区域植物措施。各扰动地表区域实际完成植物措施如下所示：

(1) 主体工程区

建设单位组织施工单位主体工程区完成植草护坡 5.52hm²，路基绿化 5.44hm²，栽植雪松 (1~3cm)377 株，栽植雪松 (5~7cm)793 株，球花石楠 (5~7cm)380 株。



边坡绿化、行道树绿化现状

(2) 临时工程区

建设单位组织施工单位临时工程区完成植被恢复 15.06hm²，绿化 0.05hm²，栽植雪松 (1~3cm)787 株。





弃渣场植被恢复





施工临时场地植被恢复

表 4-5 实际完成措施及其工程量一览表

防治区	措施名称	措施数量	
		单位	数量
主体工程区	植草护坡	hm ²	5.52
	路基绿化	hm ²	5.44
	雪松 (1~3cm)	株	377
	雪松 (1~3cm)	株	793
	球花石楠 (5~7cm)	株	380
临时工程区	植被恢复	hm ²	15.06
	绿化	hm ²	0.05
	雪松 (1~3cm)	株	787

二、实施进度

经查阅建设单位提供主体工程施工资料,植物措施将于 2020 年 1 月开始绿化,于 2020 年 12 月完成并投入使用。

经查阅建设单位提供工程质量检验资料和监理单位质量评定资料,工程建设完成各项植物措施实施进度均严格按照相关设计要求实施,符合水土保持相关规定要求。

4.2.4 植被恢复情况

省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 建设区域绿化于 2020 年 12 月全部实施完成,区域绿化植被长势较好,成活率较高,覆盖率为 95.05%,能够正常发挥其水土保持功能。

4.3 临时防护措施监测结果

4.3.1 临时措施监测方法

水土保持临时防护措施监测方法与工程措施监测方法类似, 临时措施的数量主要由业主及监理单位提供, 水土保持监测需要对监测重点地段或重点对象的临时防护措施工程量进行实地测量, 记录临时措施实施位置、时段、类型、数量以及防治效果等。临时措施的施工质量主要由监理单位确定。

4.3.2 水保变更方案确定临时措施及实施进度

(一) 临时措施及其工程量

根据水土保持方案变更报告: 项目实施中完成较多水土保持工程措施, 具体如下所示。

表 4-6 水保变更方案确定临时措施及其工程量一览表

防治区	措施名称	措施数量	
		单位	数量
主体工程区	临时拦挡	m	5000
	临时覆盖	m ²	23000
	临时排水	m	10537
临时工程区	临时拦挡	m	1000
	临时排水	m	2500

(二) 临时措施实施进度

经查阅水土保持变更方案报告书, 水土保持方案确定上述措施均为建设初期完成。

4.3.4 工程实际完成临时措施及实施进度

一、临时措施及工程量

临时措施实施量经查阅竣工台账结合现场巡查记录, 工程建设期间, 主要实际完成临时防护措施为临时拦挡, 具体见表 4-7。

(1) 主体工程区

建设单位组织施工单位主体工程区实施临时排水 3275m, 临时拦挡 284m。

(2) 临时工程区

建设单位组织施工单位临时工程区实施临时覆盖 3305m²。

表 4-7 实施完成临时措施及其工程量一览表

防治区	措施名称	措施数量	
		单位	数量
主体工程区	临时拦挡	m	284
	临时排水	m	3275
临时工程区	临时覆盖	m ²	3305

二、实施进度

经查阅工程施工资料, 项目建设期间实际完成临时措施实施进度: 临时拦挡随主体工程施工进度需要而实施, 具体时间为 2017 年 12 月到 2018 年 6 月, 主体工程建设结束, 其根据实际需要而拆除。

经综合分析主体工程分部工程实施进度情况, 评价工程建设区域各项临时防护措施实施进度情况, 监测项目组认为各项临时防护措施实施进度均严格按照主体工程进度水土保持要求实施, 满足“三同时制度”要求。

4.4 水土保持措施防治效果

4.4.1 建设项目区水土流失防治效果

省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 总占地面积为 80.81hm², 主要由路基路面区、路基边坡区、桥涵工程区、附属设施区、施工场地区、弃渣场区 6 部分组成。经过工程措施及其植物措施综合治理后各扰动地表区域水土保持防治效果如下:

一、主体工程区

线路全长 28.26km, 全线采用双车道二级公路标准建设, 行车设计速度为 40km/h, 工程采用两幅路布置形式, 路基宽度采用 8.5m 和 12m, 路面已经铺设沥青等为硬化。目前路基路面区实施完成各项工程措施、植物措施均运行良好, 实施完成排水沟、截水沟等工程措施未出现损坏的现象; 开挖边坡、填方边坡等实施植被恢复区域植被基本郁闭, 能够正常发挥其水土保持功能。

表 4-8 路基路面区水土流失防治效果监测情况表

监测区域	主体工程区	照片时段	2022 年 10 月
			
主体工程区水土保持治理效果			
拍摄时间	2022 年 10 月	拍摄区域	主体工程区
地貌类型	剥蚀构造中山地形地貌	海拔高度	2221.08~3151.07m
土壤类型	红壤、棕壤	地质情况	地质构造复杂, 区域稳定
水土流失防治效果简要说明	截止 2022 年 10 月该区目前大部分已被硬化, 道路一侧修有排水边沟结合植被绿化措施进行治理。		
水土保持监测内容	水土流失防治效果监测		
水土保持监测指标	防治措施质量、完好程度和运行情况、植被生长状况		

二、临时工程区

临时工程区为工程建设期的临时施工场地和 5 个弃渣场, 目前场地使用结束, 实施了挡渣墙、截排水沟、和绿化措施。

表 4-9 临时工程区水土流失防治效果监测情况表

监测区域	临时工程区	照片时段	2022 年 10 月
 <p style="text-align: center;">1#</p>		 <p style="text-align: center;">2#</p>	
 <p style="text-align: center;">3#</p>		 <p style="text-align: center;">4#</p>	
 <p style="text-align: center;">5#</p>			



临时施工场地

拍摄时间	2022 年 10 月	拍摄区域	弃渣场区
地貌类型	剥蚀构造中山地形地貌	海拔高度	2221.08~3151.07m
土壤类型	红壤、棕壤	地质情况	地质构造复杂, 区域稳定
水土流失防治效果简要说明	截止 2022 年 10 月, 该区实施了挡渣墙、截排水沟、和植被恢复措施。		
水土保持监测内容	水土流失防治效果监测		
监测指标	防治措施质量、完好程度和运行情况		

4.4.2 防治效果综合分析

综上所述, 项目建设各扰动地表区域水土流失经采取排水沟、浆砌石挡墙等措施

综合治理，因工程建设所造成的裸露面及水土流失已得到了有效治理，实施完成各项工程措施、植物措施能够保证公路今后通车运行水土保持要求。

5 土壤流失情况监测

5.1 水土流失面积

1、施工准备期

监测组通过分析项目区卫星图片、工程水土保持变更方案以及征占地等资料, 获取项目区背景情况, 具体如下: 施工准备期流失面积为 7.14hm^2 , 主要为施工场地区和施工便道区, 流失形式以原生水土流失为主, 流失强度判定为轻度侵蚀。

2、施工期

工程总工期 37 个月, 2017 年 12 月开工建设, 主体工程于 2020 年 12 月完工并试运行。施工扰动后, 缺乏各项水保措施, 大量裸露面伴随风蚀及水蚀情况下存在水土流失现象, 水土流失面积在降雨、风力、重力作用下逐渐增大, 施工期也是发生水土流失的主要时段, 监测判定施工期水土流失强度为极强烈侵蚀、强烈侵蚀, 施工期流失面积为 80.81hm^2 。

3、运行期

通过监测实地调查, 本项目于 2020 年 12 月完工后进入试运行期, 随着各项水土保持不断发挥水土保持效益, 项目区扰动地表经过地表硬化区域不再产生水土流失。其他扰动区域经过场地平整以及绿化等治理, 水土流失强度也控制在微度流失。

5.2 土壤流失量

5.2.1 土壤流失量监测成果

5.2.1.1 原地貌侵蚀模数

依据水保方案、批复文件结合监理资料及监测数据分析, 本项目总占地面积为 80.81hm^2 , 占地类型为水田、林地、草地、园地、坡耕地、建设用地、其他土地和交通运输用地, 项目建设区原地貌侵蚀模数为 $1106.11\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$, 详见表 5-3。

表 5-3 原地貌侵蚀模数监测结果一览表

项目分区		土地利用类型 (hm ²)									平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)	备注
		水田	林地	草地	园地	坡耕地	建设用地	其它土地	交通运输用地	合计		
K0+000 ~ K28+26 7.308	路基工程	1.45	28.19	0.30	0.49	2.47	0.08	4.16	21.12	58.26	1063.23	永久占地
	改移工程区	0.00	0.27	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.23	0.79	1770.89	
	弃渣场区	0.00	11.09	0.00	0.00	2.49	0.00	0.96	0.08	14.62	1155.61	
	施工营场地	0.00	1.58	0.00	0.00	1.26	0.00	0.51	0.00	3.35	2083.58	临时占地
	施工便道	0.00	3.58	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	3.79	571.77	
	小计	1.45	44.71	0.30	0.49	6.72	0.08	5.63	21.43	80.81	1106.11	

5.2.1.2 各扰动地表侵蚀模数

本工程于 2017 年 12 月开工, 于 2020 年 12 月完工。2018 年 1 月我公司入场监测, 施工期各扰动地表侵蚀模数主要结合此类项目水土保持监测经验综合分析确定。

表 5-7 各侵蚀单元 2017 年土壤侵蚀模数

监测年份	监测分区	扰动面积 (hm ²)	土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
2017 年	施工营场地	3.79	5000
	施工便道	3.35	5000

表 5-8 各侵蚀单元 2018 年土壤侵蚀模数

监测年份	监测分区	扰动面积 (hm ²)	土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
2018 年	路基工程	58.26	5000
	改移工程区	0.79	5000
	弃渣场区	14.62	5000
	施工营场地	3.35	3000
	施工便道	3.79	5000

表 5-9 各侵蚀单元 2019 年土壤侵蚀模数

监测年份	监测分区	扰动面积 (hm ²)	土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
2019 年	路基工程	58.26	4000
	改移工程区	0.79	4000
	弃渣场区	14.62	5000
	施工营场地	3.35	2000
	施工便道	3.79	4000

表 5-10 各侵蚀单元 2020 年土壤侵蚀模数

监测年份	监测分区	扰动面积 (hm ²)	土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
2020 年	路基工程	58.26	2000
	改移工程区	0.79	2000
	弃渣场区	14.62	2500
	施工营场地	3.35	2000
	施工便道	3.79	2000

5.2.1.3 防治措施实施后侵蚀模数

2020 年 12 月, 工程进入自然恢复期, 全部建设完成并进入试运行期, 各项水保措施均能发挥其水土保持功能, 侵蚀模数明显变小, 全区水土流失情况得到有效治理和控制, 根据监测组初步测算, 目前防治措施实施后侵蚀模数如下:

表 5-11 各侵蚀单元土壤侵蚀模数

侵蚀单元		占地面积 (hm ²)	侵蚀单元概况	侵蚀模数 (t/km ² .a)	加权平均侵蚀模数 (t/km ² .a)
项目 建设 区	路基工程区	58.26	目前路面已经铺设沥青等为硬化, 切内侧修有排水沟, 挖方边坡、填方边坡, 开挖回填边坡大部分区域均布设有框格网、绿化措施。	480	485.39
	改移工程区	0.79	路面已经铺设沥青等为硬化, 切内侧修有排水沟, 挖方边坡、填方边坡, 开挖回填边坡大部分区域均布设有框格网、绿化措施。	480	
	弃渣场区	14.62	弃渣已经结束, 实施了挡渣墙、截排水沟、和绿化措施。	500	
	施工营场地区	3.35	目前已经使用结束, 并实施植被恢复措施。	500	
	施工便道	3.79	目前已经使用结束, 施工便道保留给周边村庄使用或用于弃渣场防火通道, 路面铺设碎石。	500	

5.2.1.4 原生土壤流失量

项目原生水土流失量为 3092.81t, 具体计算成果见下表。

表 5-12 原生土壤侵蚀量计算结果

预测分区	面积 (hm ²)	平均土壤侵蚀模数 (t/km ² .a)	预测时段 (a)	原生水土流失量 (t)
路基工程	58.26	1063.23	3.5	2168.03
改移工程区	0.79	1770.89	2.5	34.98
弃渣场区	14.62	1155.61	3.5	591.33
施工营场地	3.35	2083.58	3.5	244.30
施工便道	3.79	571.77	2.5	54.18
总计	80.81	1106.11		3092.81

5.2.1.5 施工期土壤流失量

施工期内土壤流失量为 9002.96t, 具体计算成果见下表。

表 5-13 各扰动地表区域施工期土壤流失量计算表

施工期	防治分区	扰动面积 (hm ²)	流失面积 (hm ²)	土壤侵蚀模数 (t/km ² .a)	预测时段 (a)	流失量 (t)
2017 年	施工营场地区	3.79	3.79	5000	0.08	15.16
	施工便道	3.35	3.35	5000	0.08	13.40
2018 年	路基工程	58.26	58.26	5000	1	2913.00
	改移工程区	0.79	0.79	5000	1	39.50
	弃渣场区	14.62	14.62	5000	1	731.00
	施工营场地	3.35	3.35	3000	1	100.50
	施工便道	3.79	3.79	5000	1	189.50
2019 年	路基工程	58.26	58.26	4000	1	2330.40
	改移工程区	0.79	0.79	4000	1	31.60
	弃渣场区	14.62	14.62	5000	1	731.00

	施工营场地	3.35	3.35	2000	1	67.00
	施工便道	3.79	3.79	4000	1	151.60
2020	路基工程	58.26	58.26	2000	1	1165.20
	改移工程区	0.79	0.79	2000	1	15.80
	弃渣场区	14.62	14.62	2500	1	365.50
	施工营场地	3.35	3.35	2000	1	67.00
	施工便道	3.79	3.79	2000	1	75.80
合计						9002.96

5.2.1.6 治理后土壤流失量

经治理后,本工程自然恢复期产生水土流失量 392.24t, 平均侵蚀模数为 485.39t/km²·a。

表 5-14 治理后各扰动地表区域土壤流失量计算表

序号	项目分区	流失面积 (hm ²)	预测时段 (a)	侵蚀模数 (t/km ² ·a)	流失量 (t)
1	路基工程	58.26	1	480	279.648
2	改移工程区	0.79	1	480	3.792
3	弃渣场区	14.62	1	500	73.1
4	施工营场地	3.35	1	500	16.75
5	施工便道	3.79	1	500	18.95
合计		80.81		485.39	392.24

5.2.2 土壤流失情况及影响分析

土壤流失量主要通过资料分析、项目类比等方法获得,根据土壤流失量监测结果,确定本项目土壤流失主要发生在施工期,随着施工进度的推荐,流失面积增加,土壤流失量随之增加,施工后期扰动面逐步完善了各项目水土保持措施后,土壤流失量逐渐减少。

经全线巡查监测并寻访当地居民进行分析,项目建设没有对周边河流造成不良影响,项目建设区周边河流没有出现因项目建设所产生的水土流失淤积的迹象、项目建设区周边道路亦没有出现因项目建设所产生的水土流失影响而产生明显损毁的现象及排水系统堵塞等。

5.3 取土(石、料)弃土(石、渣)潜在土壤流失量

(1) 潜在流失量

经查阅建设单位提供施工资料结合监测记录情况,在项目建设过程中,共堆放弃渣 121.76 万 m³,根据项目区土壤的特点,其容重取 1.3t/m³进行计算,共产生弃渣 158.29 万 t,流失系数取 0.03。按公式计算,若不及时对弃渣场实施拦挡、截水沟等工程措施,

项目在建设过程中弃土弃渣可能产生流失量为 47476.40t, 计算过程见下表。

表 5-15 弃土弃渣潜在流失量计算表

预测分区	弃土弃渣量		流失系数	流失量 (t)
	(m ³)	(t)		
弃渣场	1217600	1582900	0.03	47476.40
合计				47476.40

(2) 潜在流失量控制结果

综上所述, 潜在土壤流失量部位为弃渣场区, 根据建设单位提供施工资料, 施工单位对各扰动区域产生的弃渣进行集中堆放, 并对弃渣场实施截排水沟、挡渣墙、植被恢复措施进行综合治理, 因此潜在土壤流失量得到了有效控制, 经现场巡查监测并寻访当地居民进行分析, 上述潜在流失量未对周边环境造成明显危害。

5.4 水土流失危害

省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 工程水土保持监测工作于 2017 年 1 月开始开展, 水土流失危害主要经全面巡查其危害迹象, 沿河附近监测点监测, 全线巡查监测并寻访当地居民进行分析得出。经分析, 得出如下结论:

(1) 对周边河流影响监测结果

经全面巡查监测及其走访, 项目建设没有对周边河流造成不良影响, 施工期进行土石方开挖时, 均采取边挖边填的模式, 多余的弃渣均外运至指定地点堆放, 基本没有进入周边河流。

(2) 影响周边生态环境监测结果

项目建设区周边直接影响区: 经全面巡查记录, 项目建设期间, 没有出现为项目建设区周边直接影响区扰动的情况, 项目建设所产生的弃渣亦没有乱堆乱弃于直接影响区, 即项目建设没有对项目建设区周边直接影响区造成明显危害的现象。

(3) 其他水土流失危害监测结果

省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 建设及运行可能产生的其它水土流失危害主要为项目建设产生的水土流失是否对周边河流造成明显淤积、对周边道路是否产生明显损害等, 经全面巡查记录, 项目建设期间及监测时段内, 项目建设区周边河流没有出现因项目建设所产生的水土流失淤积的迹象、项目建设区周边道路亦没有出现因项目建设所产生的水土流失影响而产生明显损毁的现象。

综上所述, 省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 建设期间, 因

工程建设产生的水土流失得到了较好的控制, 没有对项目建设区、项目建设区周边直接影响区等区域生态环境造成明显的水土流失危害。

6 水土流失防治效果监测结果

6.1 扰动土地整治率

扰动土地整治率指项目建设区内扰动土地的整治面积占扰动土地总面积的百分比。扰动土地是指开发建设项目在生产建设活动中形成的各类挖损、占压、堆弃用地,均以垂直投影面积计。扰动土地整治面积,指对扰动土地采取各类整治措施的面积。

截止 2022 年 10 月,省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 总占地面积 80.81hm^2 , 扰动地表面积 80.81hm^2 , 扰动地表治理面积 80.81hm^2 , 其中道路硬化 35.65hm^2 , 植物措施面积 26.07hm^2 , 工程措施面积 18.95hm^2 , 项目区扰动土地整治率为 99.83 %。

表 6-1 扰动土地整治率监测计算结果

分区	建设项目区面积 (hm ²)	扰动面积 (hm ²)	道路硬化面积 (hm ²)	水土流失治理面积 (hm ²)			土地整治面积 (hm ²)			扰动土地整治面积 (hm ²)	扰动土地整治率 (%)
				工程措施	植物措施	小计	恢复农地	土地整治	小计		
路基工程	58.26	58.26	28.93	18.46	10.85	29.31				58.24	99.97
改移工程区	0.79	0.79	0.51	0.16	0.11	0.27				0.78	98.73
施工营场地区	3.35	3.35	2.76		0.56	0.56				3.32	99.10
施工便道区	3.79	3.79	3.45		0.29	0.29				3.74	98.68
弃渣场区	14.62	14.62	0	0.33	14.26	14.59				14.59	99.79
合计	80.81	80.81	35.65	18.95	26.07	45.02				80.67	99.83

表 6-2 水土流失总治理度监测计算结果

分区	建设项目区面积 (hm ²)	扰动面积 (hm ²)	建筑物及道路硬化面积 (hm ²)	水土流失面积 (hm ²)	水土流失治理面积 (hm ²)			土地整治面积 (hm ²)			水土流失总治理度 (%)
					工程措施	植物措施	小计	恢复农地	土地整治	小计	
路基工程	58.26	58.26	28.93	29.33	18.46	10.85	29.31				99.93
改移工程区	0.79	0.79	0.51	0.28	0.16	0.11	0.27				96.43
施工营场地区	3.35	3.35	2.76	0.59		0.56	0.56				94.92
施工便道区	3.79	3.79	3.45	0.34		0.29	0.29				85.29
弃渣场区	14.62	14.62	0	14.62	0.33	14.26	14.59				99.79
合计	80.81	80.81	35.65	45.16	18.95	26.07	45.02				99.69

6.2 水土流失总治理度

水土流失总治理度是指项目建设区内水土流失治理达标面积占水土流失总面积 (不含永久建筑物及水面等面积) 的百分比。

截止 2022 年 10 月, 省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 总占地面积 80.81hm², 造成水土流失面积 45.16hm², 水土保持措施治理面积 45.16hm², 其中植物措施面积 26.07hm², 工程措施面积 18.95hm², 项目区水土流失总治理度为 99.69。

6.3 拦渣率与弃渣利用情况

拦渣率是指项目建设区内采取措施实际拦挡的弃土 (石、渣) 量与工程弃土 (石、渣) 总量的百分比。

本项目共堆放弃渣 121.76 万 m³, 根据项目区土壤的特点, 其容重取 1.3t/m³进行计算, 共产生弃渣 1582900t, 建设单位组织施工单位, 依据变更单位的意见进行弃渣, 渣场容量满足弃渣需求, 较好的拦蓄了项目弃渣, 累计拦蓄弃渣 1525124t, 弃渣开始前实施了浆砌石挡墙设施, 拦渣率为 96.35%, 达到水土保持方案批复目标值。

表 6-3 拦渣率监测计算结果表

弃土弃渣总量 (t)	弃土弃渣实际拦挡量 (t)	方案目标值 (%)	拦渣率 (%)
1582900	1525124	95%	96.35

6.4 土壤流失控制比

土壤流失控制比是指项目建设区内容许土壤流失量与治理后的平均土壤流失强度之比。

省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 所在地容许土壤流失量为 500t/km².a, 各项水土保持工程措施实施后, 目前项目区土壤流失量为 485.39/km².a, 项目建设土壤流失控制比达 1.03, 达到防治目标值。

表 6-4 土壤流失控制比计算结果表

治理后土壤流失量 (t/(km ² .a))	容许土壤流失量 t/(km ² .a)	土壤流失控制比
485.39	500	1.03

6.5 林草植被恢复率

林草植被恢复率是指项目建设区内林草植被面积占可恢复林草植被 (在目前经济、技术条件下适宜于恢复林草植被) 面积的百分比。

省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 目前条件下可恢复植被面积 26.21hm^2 , 截止 2022 年 10 月, 项目区完成植被措施面积为 26.07hm^2 , 整个项目区林草植被恢复率达到 99.47%。

表 6-5 林草植被恢复率计算结果

分区	建设项目区 (hm^2)	可恢复植被面积 (hm^2)	恢复植被面积	林草植被恢复率 (%)
路基工程	58.26	10.87	10.85	99.82
改移工程区	0.79	0.12	0.11	91.67
施工营场地区	3.35	0.59	0.56	94.92
施工便道区	3.79	0.34	0.29	85.29
弃渣场区	14.62	14.29	14.26	99.79
合计	80.81	26.21	26.07	99.47

6.6 林草覆盖率

林草覆盖率为林草类植被面积占项目建设区面积的百分比。

省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 总占地面积 80.81hm^2 , 植被恢复面积达到 26.07hm^2 , 项目区林草覆盖率达 32.26%。

表 6-6 林草覆盖率计算结果

分区	建设项目区 (hm^2)	恢复植被面积	林草覆盖率 (%)
路基工程	58.26	10.85	18.62
改移工程区	0.79	0.11	13.92
施工营场地区	3.35	0.56	16.72
施工便道区	3.79	0.29	7.65
弃渣场区	14.62	14.26	97.54
合计	80.81	26.07	32.26

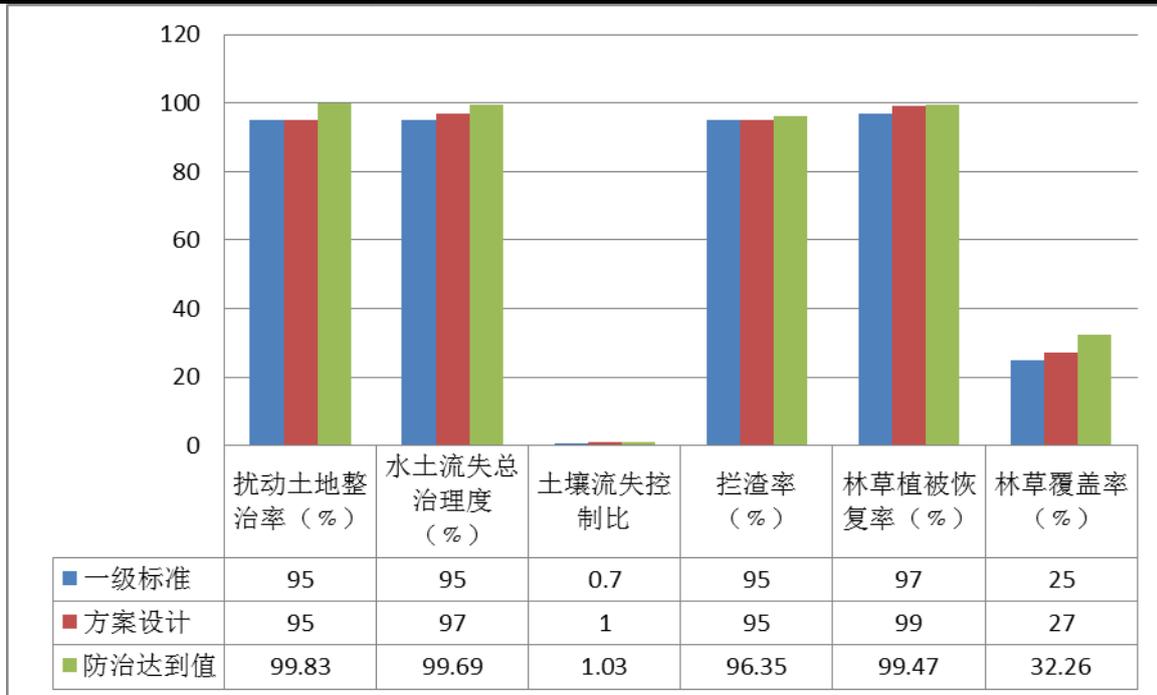
7 结论

7.1 水土流失动态变化

通过监测,对省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 水土保持防治达标情况进行定量分析。分析表明,省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 总占地面积 80.81hm², 扰动地表面积 80.81hm², 扰动地表治理面积 80.81hm², 其中道路硬化 35.65hm², 植物措施面积 26.07hm², 工程措施面积 18.95hm², 项目区扰动土地整治率为 99.83%。水土流失总治理度达 99.69%, 拦渣率达 96.35%, 水土流失控制比达 1.03, 林草植被恢复率达 99.47%, 林草覆盖率达 32.26%。

表 7-1 水土流失防治达标情况表

防治指标	防治目标值		防治达到值	达标情况	
	一级标准	方案设计		一级标准	方案目标值
扰动土地整治率 ()	95	95	99.83	达标	达标
水土流失总治理度 ()	95	97	99.69	达标	达标
土壤流失控制比	0.7	1.0	1.03	达标	达标
拦渣率 ()	95	95	96.35	达标	达标
林草植被恢复率 ()	97	99	99.47	达标	达标
林草覆盖率 ()	25	27	32.26	达标	达标



由表7-1可见,省道S316 (原S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 水土流失六

项防治指标均达到GB50434-2008规定的 I 级防治目标值以及水土保持方案确定的防治目标值。从项目建设用地性质、项目建设实际情况等因素分析,本项目水土流失防治六项指标符合水土流失防治要求。

施工初期,因大面积、大规模开挖扰动原地貌、损坏原土地等,项目建设区造成大面积疏松裸露面,受降雨、地表径流等冲刷,项目建设区产生了一定量的水土流失,项目建设区水土流失呈面状中度侵蚀。随着主体工程施工进度,各扰动地表区域场地的硬化,以及主体工程及水土保持方案设计的各扰动地表区域工程护坡、排水沟等工程措施的实施,项目建设区各扰动地表区域水土流失由中度侵蚀转化为局部区域的强度侵蚀。项目建设区各扰动地表区域场地硬化以及工程护坡、排水沟等设施建成后,可绿化区域采取栽植乔木、灌木、撒播草籽等植物措施综合防护,项目建设区水土流失由轻度侵蚀转变为微度侵蚀。

综上所述,本项目水土流失变化总体呈:中度侵蚀——强度侵蚀——轻度侵蚀——微度侵蚀的变化过程。

7.2 水土保持措施评价

2018年1月至2022年10月期间,监测人员多次对本项目水土保持工程进行现场调查、巡查监测。通过现场勘察、图片拍摄、调查巡访等,对项目各扰动地表区域实施的水土保持措施进行评价。工程建设期间水土保持措施评价主要参照水土保持方案设计情况,结合现场巡查记录(记录方式采用图片拍摄、表格记录等),查阅指挥部提供《省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 工程质量检验报告》和《省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 交工验收报告》进行综合分析、评价。经分析、评价,得出如下结论:

1) 项目各扰动地表区域已基本按照主体工程设计和水土保持方案设计要求实际完成整形、护坡、排水系统的建设,经试验检验中心检验,工程实际完成各项工程措施质量合格,监测项目组现场调查、量测,实际完成各项工程措施尺寸、规格符合水土保持要求。水土保持工程质量检验评定结果合格。

2) 项目各扰动地表区域可恢复植被区域均已按照主体工程设计及水土保持设计要求实际完成边坡绿化、植草、人工栽植乔木、灌木等植被绿化措施。

3) 道路建设期间,施工单位基本按照水土保持方案设计及水土保持相关规定要求于各扰动地表区域实际完成临时排水设施、临时拦挡措施等防护工程建设期间可能产

生的水土流失。施工期间实际完成各项临时防护措施实施数量、类型基本满足工程建设水土流失防治实际需求, 尺寸、规格满足水土保持要求, 能达到因地制宜的防治工程建设区域水土流失的目的。

4) 截止 2022 年 10 月, 项目实际完成各项工程措施均运行良好, 未出现损坏、倒塌等现象, 能够正常发挥其水土保持功能; 实际完成的各区域植被绿化措施恢复良好, 能够发挥其水土保持功能。

7.3 存在问题及建议

监测组经过分析本项目监测工作, 并根据现场情况, 结合水土保持相关规范要求, 对本工程水土保持工作提出如下建议:

建议建设单位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, 指派专人负责后期水土保持工作, 发现问题及时采取相应补救措施。

7.4 综合结论

监测结果表明, 省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 水土保持措施布局合理。在工程施工过程中, 建设单位基本能按照批复的水土保持方案和有关法律法规要求开展了水土流失防治工作, 保障水土保持投资专项使用, 有效控制了工程的水土流失。

截止 2022 年 10 月, 随着工程区各项水保措施已完全发挥防护作用, 获得了较好的水土保持防护效果。通过各项措施的实施, 省道 S316 (原 S304) 线鹤庆至剑川公路工程 (鹤庆段) 总占地面积 80.81hm^2 , 扰动地表面积 80.81hm^2 , 扰动地表治理面积 80.81hm^2 , 其中道路硬化 35.65hm^2 , 植物措施面积 26.07hm^2 , 工程措施面积 18.95hm^2 , 项目区扰动土地整治率为 99.83%。水土流失总治理度达 99.69%, 拦渣率达 96.35%, 水土流失控制比达 1.03, 林草植被恢复率达 99.47%, 林草覆盖率达 32.26%。水土流失六项防治指标均达到目标值, 项目水土保持监测三色评价结论为“黄色”。

通过以上监测成果可以看出, 本项目建设对水土保持工作较为重视, 各项措施基本依照水土保持方案设计的要求实施, 工程措施目前安全有效运行且发挥了较好的拦挡和截排水作用, 临时措施发挥了较好的临时防护作用, 植物措施也发挥了较好的固土保水作用, 但局部区域植被恢复效果欠佳, 须进一步加强补植补种和抚育管理。