

水保监测（云）字第 0001 号

元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程

水土保持监测总结报告

建设单位：元谋县工业园区管理委员会

监测单位：昆明龙慧工程设计咨询有限公司

二〇一九年三月



生产建设项目水土保持监测单位水平评价证书 (副本)

单位名称：昆明龙慧工程设计咨询有限公司
 法定代表人：罗松
 单位等级：★★★★(4星)
 证书编号：水保监测(云)字第0001号
 有效期：自2018年10月01日至2021年09月30日

发证机构：中国水土保持学会
 发证时间：2018年09月30日



本证书此次仅供元谋县工业聚集区小雷辛那化梁子片区一号路提升改造工程使用，再次复印无效！



生产建设项目水土保持方案编制单位水平评价证书 (正本)

单位名称：昆明龙慧工程设计咨询有限公司
 法定代表人：罗松
 单位等级：★★★★★(5星)
 证书编号：水保方案(云)字第0024号
 有效期：自2018年10月01日至2021年09月30日

发证机构：中国水土保持学会
 发证时间：2018年09月30日



编制单位地址：昆明市二环西路625号云铜科技园工程技术中心B座二楼

项目负责人：刘富平 15987165630

技术负责人：王晶 15887215541

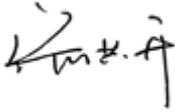
项目联系人：徐源艺 15912428500

传 真：0871—65392953

电子邮箱：lhsb02@163.com

元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程
水土保持监测总结报告责任页

昆明龙慧工程设计咨询有限公司

批准：	张洪开		副总经理
核定：	刘富平		总经理助理
审查：	王 晶		总 工
校核：	胡治军		副总工
项目负责人：	徐源艺		助理工程师
编写：	徐源艺	助理工程师	报告编写
	杨雄贵	助理工程师	附件、图纸

目 录

前言	2
项目简况	2
监测任务由来及监测过程	2
监测结果	3
监测结论	4
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	17
1.3 监测工作实施情况	23
2 监测内容和方法	30
2.1 监测内容	30
2.2 监测方法	32
2.3 监测时段、频次	错误!未定义书签。
3 重点对象水土流失动态监测.....	38
3.1 防治责任范围监测	38
3.2 取料监测结果	39
3.3 弃渣监测结果	40
3.4 土石方流向情况监测结果	41
4 水土流失防治措施监测结果.....	43
4.1 工程措施监测结果	43

4.2 植物措施监测结果	44
4.3 临时防护措施监测结果	46
4.4 水土保持措施防治效果	48
5 土壤流失情况监测	51
5.1 水土流失面积	51
5.2 土壤流失量	51
5.3 取料、弃渣潜在土壤流失量	58
5.4 水土流失危害	58
6 水土流失防治效果监测结果	59
6.1 扰动土地整治率	59
6.2 水土流失总治理度	60
6.3 拦渣率	60
6.4 土壤流失控制比	60
6.5 林草植被恢复率	61
6.6 林草覆盖率	61
6.7 表土保护率	61
7 结论	63
7.1 水土流失动态变化	63
7.2 水土保持措施评价	63
7.3 存在问题及建议	64
7.4 综合结论	64

附件:

附件 1: 监测委托书;

附件 2: 《元谋县发展和改革局关于元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路工程的批复》元发改字〔2015〕153 号;

附件 3: 《元谋县水保办关于准予元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持方案的行政许可决定书》(元水保办字〔2015〕64 号);

附件 4: 《生产建设项目水土保持监督检查表》;

附件 5: 工程现场监测照片集。

附图:

附图 1: 项目区地理位置图;

附图 2: 监测分区及监测点布设图;

附图 3: 防治责任范围图。

水土保持监测特性表

主体工程主要技术指标										
项目名称		元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程								
建设规模	城市次干道，道路全长 3.6km，道路红线宽度为 20m、22m，横断面采用双向四车道，设计行车速度 20km/h。	建设单位 联系人		元谋县工业园区管理委员会 联系人：杨德龙 13529719212						
		建设地点		元谋县黄瓜园镇金雷村委会小雷宰村						
		所属流域		长江流域						
		工程总投资		4368.6 万元						
		工程总工期		2 年						
水土保持监测指标										
监测单位		昆明龙慧工程设计咨询有限公司			联系人及电话		徐源艺 15912428500			
自然地理类型		构造侵蚀地貌			防治标准		建设类 I 级			
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	现场调查法、侵蚀钉筒易水土流失观测场法、筒易坡面量测场法、沉砂池法			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		1127.09t/km ² ·a			
方案设计防治责任范围		13.76hm ²			容许土壤流失量		500t/km ² ·a			
方案设计水土保持投资		591.57 万元			水土流失目标值		500t/km ² ·a			
防治措施		①工程措施：路基路面区：路堑边沟 423m； ②植物措施：景观绿化区：行道树绿化 0.72hm ² ；边坡区：撒播草籽、穴播灌木相思树 0.95hm ² ； ③临时措施：路基路面区：表土剥离 0.26 万 m ³ ，临时排水沟 4120m，永临结合沉砂井 52 口。								
监测结论	防治效果	分类指标	目标值 (%)	达到值 (%)	实际监测数量					
		扰动土地整治率	95	98.9	防治措施达标面积	2.17hm ²	永久建筑物及硬化面积	7.62hm ²	扰动土地总面积	9.82hm ²
		水土流失总治理度	95	98.6	防治责任范围面积	12.16hm ²	水土流失总面积	9.82hm ²		
		土壤流失控制比	1.0	1.09	工程措施面积	0hm ²	容许土壤流失量	500t/km ² ·a		
		拦渣率	95	98	植物措施面积	2.20hm ²	监测土壤流失情况	460.63t/km ² ·a		
		林草植被恢复率	97	98.6	可恢复林草植被面积	2.20hm ²	林草类植被面积	2.17hm ²		
		林草覆盖率	25	22.1	实际拦挡弃渣量	11.4 万 m ³	总弃渣量	11.4 万 m ³		
	水土保持治理达标评价	除林草覆盖率外其余指标均达到了方案拟定目标值，已实施整治措施具有较好的水土保持效果及生态效益，对防治水土流失起到了重要的作用。								
总体结论	本工程建设单位较为重视本工程水土保持工作，基本按照工程批复《水保方案》结合实地情况实施了水土流失防治措施，对抑制项目区因工程建设造成的水土流失起到了积极作用，并有效改善了项目区生态环境。									
主要建议	后期加强绿化区植被抚育管理工作，避免因管理不当而影响植被的保存率；加强排水措施的日常巡视工作。									

前言

项目简况

元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路位于元谋县黄瓜园镇金雷村委会小雷宰村。项目起点为国道 G108 与本项目交叉口工程范围线处，终点为元谋茂源实业有限公司地块后侧交叉口处，道路走向由南至北。起点坐标为北纬 25°50'39"，东经 101°49'19"，终点坐标为北纬 25°52'21"，东经 101°49'10"。项目周边有国道 G108，永元高速公路，以及已建乡村道路，交通十分便利。

元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号道路设计等级为城市次干道，南起国道 G108，起点桩号为 K0+000，与国道 G108 平面相交，北至元谋茂源实业有限公司地块后侧交叉口，终点桩号为 K3+600，全长 3.6km。本项目道路红线宽度为 20m、22m，机动车道采用沥青混凝土路面，人行道采用砼制预砖，横断面采用双向四车道，设计行车速度 20km/h，抗震设防烈度为 7 度，路面结构设计使用年限采用次干路 10 年的标准。

工程建设区总占地面积为 9.82hm²，其中路基路面区占地 6.89hm²，景观绿化区占地 0.72hm²，边坡区占地 2.21hm²，均为永久占地。

项目总投资 4368.6 万元，其中土建投资 4107.85 万元。项目于 2016 年 1 月开工建设，于 2017 年 12 月完工，工期为 2 年。

监测任务由来及监测过程

按照《中华人民共和国水土保持法》等有关法律法规的规定，昆明龙慧工程设计咨询有限公司受建设单位永胜县移民开发局的委托，于 2015 年 12 月编制完成了《元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持方案初步设计报告书》（报批稿），2015 年 12 月 31 日，元谋县水土保持委员会办公室以“元水保办字〔2015〕64 号”对《水保方案》进行了批复。

根据相关法律法规要求以及项目水土流失防治需要，2016 年 1 月，受建设单位永胜县移民开发局的委托，我公司（昆明龙慧工程设计咨询有限公司）承担了元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程的水土保持监测任务。接到任务之后，我公司即组织相关监测技术人员成立了该项目的水土保持监测组，监测时段内（2016 年 1 月至 2018 年 12 月），监测组通过现场巡查、实地观测和走访座谈的方式，结合建设方提供的基础

技术资料、监理资料、施工过程资料和工程竣工资料分析对比，获取了有关水土保持的资料和数据，在此基础上于 2019 年 3 月完成了《元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持监测总结报告》。监测内容涉及防治责任范围、弃渣量、水土流失量、土壤侵蚀形式、水土流失危害、拦渣工程及植物措施工程的防治作用、效果等。

建设单位在监测工作过程中给予了积极配合、大力支持，提供了良好的工作条件，水土保持主管部门元谋县水土保持委员会办公室也给予了大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

监测结果

根据现场踏勘量测，结合施工、监理单位提供的征占地资料，核定防治责任范围面积为 12.16hm^2 ，其中项目建设区面积为 9.82hm^2 ，直接影响区面积为 2.34hm^2 。

项目区属以水力侵蚀为主的西南土石山区，土壤侵蚀模数允许值为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。通过各项水土保持措施的实施，项目区各分区的土壤侵蚀模数均低于或等于容许值。根据同类工程情况和当地水土流失现状计算得出项目区扰动面积原生侵蚀模数为 $1127.09\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。根据监测结果，项目区经过治理后，项目区平均土壤侵蚀模数降低到 $460.63\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

截至 2019 年 3 月，元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程实际实施的水土保持措施主要有：

①工程措施：

路基路面区：表土剥离 0.26 万 m^3 ，路堑边沟 423m ；

②植物措施：

景观绿化区：行道树绿化 0.72hm^2 ；

边坡区：撒播草籽、穴播灌木相思树 0.95hm^2 ；

③临时措施：

路基路面区：临时排水沟 4120m ，永临结合沉砂井 52 口。

各项水土保持措施实施后，通过对项目区水土流失防治效果评价，该项目扰动土地整治率达到 98.9% ，水土流失总治理度达到 98.6% ，土壤流失控制比达到 1.09 ，拦渣率达 98% ，林草植被恢复率达到 98.6% ，林草覆盖率达到 22.1% ，除林草覆盖率外各项指标均达到防治目标值。

监测结论

根据监测成果分析，在工程施工建设过程中，工程施工未引起大面积严重水土流失，水土保持措施基本完好，发挥了防治因工程建设而引发水土流失的作用。

1 建设项目及水土保持工作概况

1.1 建设项目概况

1.1.1 项目基本情况

1.1.1.1 项目地理位置

元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路位于元谋县黄瓜园镇金雷村委会小雷宰村。项目起点为国道 G108 与本项目交叉口处，终点为元谋茂源实业有限公司地块后侧交叉口处，道路走向由南向北分布。起点坐标为北纬 25°50′39″，东经 101°49′19″，终点坐标为北纬 25°52′21″，东经 101°49′10″。项目周边有国道 G108、永元高速公路和已建乡村道路，交通十分便利，项目地理位置及交通示意图见附图 1。

1.1.1.2 项目建设规模及特性

一、项目特性

项目名称：元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程；

建设单位：元谋县工业园区管理委员会；

建设地点：元谋县黄瓜园镇金雷村委会小雷宰村；

建设性质：建设类项目；

建设内容：道路 3.6km，涵洞 1 处，配套交通工程、照明工程、排水工程；

工程规模及等级：城市次干道，设计行车速度 20km/h，线路总长 3.6km；

建设工期：2016 年 1 月至 2017 年 12 月，工期 2 年；

工程总投资：4368.6 万元，其中土建投资 4107.85 万元。

二、工程规模与等级

元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号道路设计等级为城市次干道，南起国道 G108，起点桩号为 K0+000，与国道 G108 平面相交，北至元谋茂源实业有限公司地块后侧交叉口，终点桩号为 K3+600，全长 3.6km。本项目道路红线宽度为 20m、22m，机动车道采用沥青混凝土路面，人行道采用砼制预砖，横断面采用双向四车道，设计行车速度 20km/h，抗震设防烈度为 7 度，路面结构设计使用年限采用次干路 10 年的标准。

项目主要经济技术指标见表 1-1。

表 1-1 工程主要经济技术指标表

总体概况				
1	项目名称	元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程		
2	建设地点	元谋县黄瓜园镇金雷村委会小雷宰村		
3	工程总投资	4368.6 万元		
4	土建投资	4107.85 万元		
5	工程施工期	2016 年 1 月~2017 年 12 月		
6	建设规模	线路全长 3.6km		
主要技术指标				
二	指标	单位	数量	备注
1	道路技术等级	级	城市次干道	
2	设计速度	km/h	20	
3	设计年限	a	10	
4	平面设计			
4.1	路面类型		沥青混凝土路面、砼制预砖	
4.2	道路红线	m	20、22	
4.2.1	机动车道	m	7.5×2、8.5×2	
4.2.2	人行道、绿化带	m	2.5×2	
5	荷载设计			
5.1	标准轴载		BZZ-100	
5.2	地震设防烈度	度	基本烈度 7 度	
7	纵向设计			
7.1	最大纵坡	%	11	
8	曲线设计			
8.1	竖曲线最小长度	m	81	
8.2	凸曲线一般最小半径	m	1200	
8.3	凹曲线一般最小半径	m	1100	
9	设计年限	年	10	
占地情况				
三	名称	单位	数量	备注
1	总占地	hm ²	9.82	永久占地
2	绿化面积	hm ²	2.20	
3	绿化率	%	22.4%	占永久占地面积比例

1.1.1.3 项目组成

元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路按工程建设功能区特点划分项目组成成为路基路面区（路基工程、路面工程、排水工程、涵洞工程）、道路边坡区（边坡工程）、景观绿化区（道路绿化工程），占地面积为 9.82hm²。

表 1-2 项目组成表

元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路	路基路面区	路基工程	包括路基开挖、填筑等
		路面工程	路面底基层等
		排水工程	雨污水管网、排水构筑物
		涵洞工程	钢筋砼盖板涵
		交通工程	交通安全设施等
		照明工程	太阳能路灯
	边坡区	边坡工程	道路回填或开挖边坡防护
景观绿化区	道路绿化工程	道路沿线的绿化景观	

一、路基路面区

根据水保方案批复，本项目批复路基路面区占地面积 6.5hm^2 ，建设内容包括了路基工程、路面工程、排水工程、涵洞工程、交通工程及道路照明工程等。实际建设中取消了原设计中央隔离绿带，路基路面区占地面积增加为 6.89hm^2 。

1、路基工程

路基工程根据工程地质与水文地质条件、边坡高度、排水措施、施工方法，并结合自然稳定山坡和人工边坡调查及力学分析，综合确定路边坡形式及坡率，采用合理的工程措施进行支护，确保边坡稳定及行车安全。



2、路面工程

桩号 K0+000~K3+040 路段及 K3+148~K3+600 路段采用 20m 标准横断面，即 2.5m （人行道、绿化带） $\times 2 + 7.5 \times 2\text{m}$ （机动车道） $= 20\text{m}$ ；桩号 K3+040~K3+148 路段采用 22m 标准横断面，即： 2.5m （人行道、绿化带） $\times 2 + 8.5 \times 2\text{m}$ （机动车道）。



3、排水工程

根据施工图设计及监理资料，机动车道路拱采用抛物线加直线的路拱，横坡为 1.5%，以利于路面排水，人行道采用倾向路中央的单向直线横坡，横坡度为 2%。本工程人行道雨水由路面横坡排至绿化带内，机动车道路面排水利用道路横坡、纵坡和雨水口相结合的收集方式，由路面横坡和纵坡收集到雨水口后排入雨水管，雨水口位于机动车道外侧路缘带平缘石。雨水口间距为 20~40m，交叉口处可视需要在局部路段加设进水口。K1+920~K2+345 段左侧路基挖方边坡段设置路堑墙边沟，边沟收集边坡坡面雨水后，通过横向连接管道汇入人行道路沿石边雨水口内，然后排入雨水主干管。边沟采用 M7.5 浆砌石矩形断面，并进行 M10 砂浆抹面，断面尺寸为 40×60cm，两侧衬砌厚度为 30cm。





4、涵洞工程

由于工业聚集区尚处于规划、建设阶段，项目所在区道路路网及配套设施尚未形成，为满足排水需要，本项目在 K0+124 处设 1 道 2×2 钢筋砼盖板涵。



5、交通工程

本项目交通工程设计过程中以道路基本平面为依据，本项目定位为次干道，该路与其他道路相交均采用无信号控制，保障干路优先的交通组织形式。由于片区交通出行量不大，片区路网节点暂不考虑设置交通信号，仅设计交通标志、交通标线。



6、照明工程

道路布灯采用双侧对称布置，灯杆设置于道路两侧 0.75m 人行道内。路灯灯杆为单杆单臂，灯杆高度为 10m，LED 灯安装高度为 9m，采用 24V 高亮度 LED 灯 100W，光源光通量 $\geq 110\text{lm/w}$ 。



二、边坡区

根据水保方案批复，本项目批复边坡区占地面积 2.21hm^2 ，建设内容主要为人字形浆砌片石骨架植草防护、现浇混凝土拱形护坡防护、植草防护，实际建设过程中，受实际地貌、土壤影响，取消了原设计回填边坡区域的人字形浆砌片石骨架植草防护，对回填边坡进行坡脚挡墙防护，边坡撒播车桑子、穴播相思树等灌木种子进行植被恢复，现浇混凝土拱形护坡防护中原设计拱形框格梁内的植草袋变更为浆砌石砌筑，实际建设占地面积与方案批复占地面积一致，边坡防护形式有部分变更。



边坡区现状（开挖边坡布设浆砌石挡墙）



边坡区现状（开挖边坡布设框格梁浆砌石护坡）



边坡区现状（回填边坡布设浆砌石挡墙、撒播草籽）

三、景观绿化区

根据水保方案批复，本项目批复景观绿化区占地面积 1.11hm²，建设内容主要为道路沿线的行道树绿化和中央隔离绿带。实际建设中，原设计 K3+038~K3+110 段中央隔离绿带取消，原设计道路沿线按品字形布置两排单体树池变更为单排树池，实际建设占地面积由原设计 1.11hm² 变更为 0.72hm²。



1.1.1.4 施工组织及工期

1.筑路材料及来源

本工程在施工期间所需材料主要包括混凝土、沥青混凝土、木材、钢材、砂石土料以及苗木草籽等均从元谋县当地购买。

2.施工道路

本项目利用周边的国道 G108、永元高速公路和已建乡村道路作为施工道路，不新增施工便道。

3.临时施工场地布设

本项目预制件均为外运成品、拌料场和堆料场等施工场地均布设在路基范围内，因此本项目未新增临时施工场地。

4.施工用水用电

本项目施工期间用水从距离桩号 K2+140 处 60m 的蓄水池引用，该蓄水池为建设单位所有。施工期间的用电电源从元谋市政电网 220KV 环网引入，如有特殊情况采用柴油机发电。

5.施工工期

项目建设工期 24 个月，于 2016 年 1 月开工，于 2017 年 12 月竣工。项目实施进度详见表 1-3。

表 1-3 项目实施进度表

序号	工作阶段	2016 年				2017 年			
		1~3 月	4~6 月	7~9 月	10~12 月	1~3 月	4~6 月	7~9 月	10~12 月
1	前期准备	—							
2	道路路基	—	—	—					
3	管线敷设施工		—	—					
4	路面施工			—	—				
5	景观绿化施工					—	—		
6	附属配套设施					—	—		
7	边坡防护施工			—	—				

1.1.1.5 工程占地

根据《元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持方案初步设计报告书》及批复文件显示，工程建设区总占地面积为 10.19hm²，其中永久占地为 9.82hm²，临时占地面积为 0.37hm²。根据工程实际建设情况、施工及监理资料，工程建设区总占地面积为 9.82hm²，其中路基路面区占地 6.89hm²，景观绿化区占地 0.72hm²，边坡区占地 2.21hm²，均为永久占地。

表 1-4 方案批复占地统计表 单位：hm²

项目组成	小计	占地类型及面积(hm ²)						占地性质
		交通运输用地	园地	林地	草地	梯坪地	其它土地	
路基路面区	6.5	1.83	1.81	0.74	0.34	0.04	1.74	永久占地
景观绿化区	1.11	0.61	0.14	0.12	0.06	0.01	0.17	永久占地
边坡区	2.21	0.29	0.64	0.25	0.12		0.91	永久占地
临时表土堆场	0.37				0.31			临时占地
合计	10.19	2.73	2.59	1.11	0.89	0.05	2.82	

表 1-5 项目实际建设占地统计表 单位：hm²

项目组成	小计	占地类型及面积(hm ²)						占地性质
		交通运输用地	园地	林地	草地	梯坪地	其它土地	
路基路面区	6.89	2.22	1.81	0.74	0.34	0.04	1.74	永久占地
景观绿化区	0.72	0.22	0.14	0.12	0.06	0.01	0.17	永久占地
边坡区	2.21	0.29	0.64	0.25	0.12		0.91	永久占地
合计	9.82	2.73	2.59	1.11	0.89	0.05	2.82	

注：由于工程实际建设工程中未单独设置临时表土堆场，工程建设实际占地面积与《变更方案》相比减少了 0.37hm²。

1.1.1.6 土石方平衡

根据工程施工及监理资料统计，工程建设实际产生土石方开挖 12.6 万 m³，回填 6.45 万 m³，外借换填 5.25 万 m³，废弃 11.4 万 m³。开挖土石方中基础开挖 12.34 万 m³，表土剥离 0.26 万 m³；回填土石方中基础回填 6.19 万 m³，绿化覆土 0.26 万 m³。外借换填土方

来源于工业园区内的盐地箐地块的场平多余土方，废弃土石方全部运往工业园区内的黑土锅箐地块进行场平回填。盐地箐地块、黑土锅箐地块与本项目的建设单位均属元谋县工业园区管理委员会，建设单位组织协调各项目施工时序，建设产生的土石方进行相互调运、最大化综合利用。

表 1-6 土石方平衡及流向具体情况表（实际） 单位：万 m³

项目组成	开挖			回填			外借		废弃	
	表土剥离	基础开挖	小计	基础回填	绿化覆土	小计	基础换填	来源	小计	去向
路基路面区	0.26	7.41	7.67	4.51		4.51	3.94	工业园区盐地箐地块	6.84	工业园区黑土锅箐地块
景观绿化区		1.85	1.85	0.61	0.26	0.87	0.52		1.76	
边坡区		3.08	3.08	1.07		1.07	0.79		2.8	
合计	0.26	12.34	12.6	6.19	0.26	6.45	5.25		11.4	

注：①开挖+调入+外借=回填+调出+废弃；

②上述土石方均为自然方。

1.1.2 项目区概况

1.1.2.1 地形地貌

项目区位于云贵高原的滇中北部，元谋盆地的西北部。主要山系、水系大致为南北向排例，属构造侵蚀地貌。地势以西北部云华山最高，高程 3117m，金沙江沿岸最低，约 900m，其它山峰高程约在 2700~2800m 之间，测区西部，从北至南由云华山、杨梅山和老官山等，构成渔泡江与龙川江的分水岭，元谋东山则是龙川江与绿汁江的分水岭。山间多为山间盆地，高程 1100~1900m。

项目区位于海拔 1200m 以下元谋县境中部元谋盆地，即著名的“元谋热坝”黄瓜园核心区。项目区由低丘、浸蚀土体沟谷、凹地、缓坡等地貌单元组成，海拔在 1046.16~1075.05m 之间。一般坡度在 5°~25°之间，平均坡度为 18°，项目区微地貌类型属丘陵地貌。

1.1.2.2 地质地震

1、工程地质条件

(1) 区域地质构造

项目区位于区域构造上位于扬子准地台、川滇台背斜、武定—石屏隆断束内。距离场地最近的活动断裂为元谋-绿汁江断裂（F1）。元谋-绿汁江断裂走向南北向，倾向东。该断裂向北越过金沙江进入四川境内，向南与楚雄幅的绿汁江断裂相连，长达数百公里以上，为一切穿基底的大断裂。该断裂在华力西期基性岩浆就沿此断裂带上升，并大体上与其平行作线状延伸；燕山晚期也有强烈活动，以致武定羊街一带上白垩系被错断；喜山期复活使元谋马头山—马应登一带第四系更新统与侏罗系呈断层接触，表现了该断裂的继承性与

复活性，沿断裂地震活动频繁，证明新构造运动至今仍在继续中。

(2) 区域地层岩性

项目区场地岩土主要由地表的第四系坡残积 (Q_4^{dl+el}) 黏性土层及下伏晋宁期花岗岩 (γ_2^1) 组成，局部有少量第四系更新统 (Q^p) 的黏土、砂、沙砾石层。现将各工程地质单元层从上到下作如下简述：

A、第四系坡残积 (Q_4^{dl+el}) 层：

黏性土 (单元层代号为②)：灰白、灰黄色。稍湿，一般呈坚硬~硬塑状态，混较多角砾、碎石。该层仅局部分布于低洼地段，分布范围小，多数地段缺失，一般厚度为 0~3.00m。

B、晋宁期花岗岩 (γ_2^1)：

花岗岩 (单元层代号为③)：灰白、灰色。全~强风化为主，多呈砂土、角砾、碎块状，少量块状。该层在场地大部分区域裸露于地表。

2、水文地质条件

场地地下水主要有孔隙水、岩溶裂隙水两大类。孔隙水主要分布在场地低洼处，以潜水的形式赋存在第四系粘土层中，受大气降水及地表水补给，沿沟谷排出，最终汇入金沙江。场地内年降雨量的 80% 以上集中在 6~10 月份，不利于渗入补给，岩溶裂隙水埋藏深，在基坑开挖深度内很难见到，对基础基本无影响。场地内无泉水出露，地下水位埋藏较深，对场地及施工无影响。

3、地震

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)，工程场地地震动峰值加速度 0.10g，地震动反应谱特征周期均为 0.45s，所对应的地震基本烈度均为 VII 度。

1.1.2.3 气象

元谋属南亚热带干热季风气候。多年平均气压 885.6hPa；多年平均气温 21.4℃；年均气温 21.9℃，极端最高气温 42℃，极端最低气温 -0.8℃，年积温 7378-8418℃，多年年平均降水量 657.5mm，蒸发量为降雨量的 6.4 倍。年日照时数 2670.4 小时，年平均日照时数 7.3 小时/天，日照百分率 60%。山区无霜期 305~314 天，半山区 302~331 天，坝区平均霜日 2 天。年蒸发量为降水量的 6.4 倍。年平均相对湿度为 53%。多东南风，年平均风速 2.5m/秒。最多年 906.7mm(1966 年)，最少年 287.4mm(1960 年)。雨季开始一般在 5 月，结束一般在 10 月。7 月降雨最多，平均为 137.8mm；1 月份最少，为 3.1mm。冬春雨少，3~5 月不足 60.6mm，12~2 月不足 20mm。项目区 20 年一遇 1 小时最大降雨量 36.5mm，6 小时最大降雨量 57.2mm，24

小时最大降雨量116.4mm。

1.1.2.4 河流水系

项目区位于金沙江流域，区域主要河流为金沙江及其一级支流龙川江，龙川江支流班果河、龙街河、蜻蛉河、芝麻河等河流。

项目区范围属龙川江流域，龙川江为金沙江南岸一级支流，水源丰富，发源于楚雄彝族自治州的南华县天子庙坡东侧鱼肚拉的蒲藻塘，由西向东流经沙桥镇、南华县、楚雄市，又折向北进禄丰县、黑井镇和元谋县，横穿元谋坝区，最终在元谋北部的江边乡汇入金沙江。流域面积9240.7km²，全长约246 km。发源处与入江口相对落差1600m，河床平均坡降为4.8‰，流域平均海拔1992m。流域以山区和丘陵为主，占95%，河谷盆地和浅丘约占流域面积的5%。

距离项目终点大约2km有蜻蛉河流过，年均径流量为8亿m³，项目区内无河流经过。

1.1.2.5 土壤及植被

元谋县位于金沙江中游属干热河谷地带，其中干热河谷植被发育，植被主要以稀疏灌木、草丛为主。灌木矮小疏生，常见坡柳、余甘子等，土壤稍湿润处有大树稀疏生长，常见者为毛叶黄杞，马鞍页，山麻黄，牛角瓜，金合欢等，路旁村边零星生长有木棉、红椿、酸豆、麻枫树等，表现出一定的热带性质。

项目区内主要土壤种类有棕红壤、红壤等。

1.1.2.6 侵蚀类型与强度

按全国土壤侵蚀类型区划标准，项目区属以水力侵蚀为主的西南土石山区，土壤侵蚀模数允许值为 500t/km² a。项目区原地貌为主要为交通运输用地、林地、草地、园地、梯坪地、其它土地，土壤侵蚀模数背景值为 1127.09t/km²·a。元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土流失类型以水力侵蚀为主，还有部分水土流失是由于人为作用引起的物理机械侵蚀。项目建设过程中将扰动地面产生水土流失，随着工程建设完工，地表硬化覆盖、排水及绿化措施的实施，各扰动区域水土流失得到控制和治理，根据监测数据，项目现状侵蚀模数降为 460.63t/km²·a，流失强度为微度。

1.1.2.7 水土流失重点防治区划

根据关于印发“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，2013年8月），项目所在地元谋县属于金沙江下游国家级水土流失重点治理区，水土流失防治标准执行建设类I级标准。

1.1.2.8 项目区现状水土流失情况

项目目前已建设完成，主体工程已布设有路堑边沟、路基挡墙、工程护坡以及植被恢复等措施。随各项防治措施的实施，有效地降低了水土流失危害。根据监测组现场调查，项目区水土流失情况简述如下：

(1) 路基路面区：路基路面区实施了路堑边沟、路面硬化、雨污水管网等措施，区域水土流失得到了明显控制，区域现状侵蚀强度判读为微度。

(2) 边坡区：边坡区实施了路基挡墙、工程护坡、植被恢复等措施，区域流失现状判定为轻度流失。

(3) 景观绿化区：景观绿化区实施了行道树栽植等措施，植被恢复良好，区域现状判定为微度流失。

1.2 水土保持工作情况

1.2.1 建设单位水土保持管理

(1) 水土保持管理组织机构

本项目开工后，建设单位重视工程水土保持和环境保护工作，设置了安全（环保）副经理岗位领导相关工作，全面负责公司安全、水保、环保工作。

(2) 管理体系及规章制度

建设单位自主监理的过程中积极对存在的问题及时下发通知并督促整改；自主施工过程中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，水土保持管理体系相对健全。工程建设过程中，建设单位严格履行基本建设程序，认真执行项目审批制度。在项目建设过程中，制定了多项施工管理、财务管理办法，严格按照法定程序办事。工程质量管理的内容和目标层层落实，责任到人。施工管理中以加快施工进度、避免雨季施工、减少土石方活动、土石方采用即运机制和绿化覆土采用即运即填方式等举措进行控制。工程建设项目管理的办法、制度和措施，对确保工程建设的顺利进行起到了重要的作用。

1.2.2 “三同时”制度落实

本项目于 2015 年 5 月由国家林业局昆明勘察设计院完成《元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程施工图设计文件》（共 4 册），于 2015 年 11 月 6 日取得《元谋县发展和改革局关于元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路工程的批复》元发改字〔2015〕153 号，在该阶段建设单位按照《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》和云南省的有关法律法规要求，建设单位于 2015 年 11 月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司进行水土保持方案编制工作，该阶段水保方案与主体设计同时设计，并于 2015 年 12 月取得《元谋县水保办关于准予元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持方案的行政许可决定书》（元水保办字〔2015〕64 号）；项目完成前期工作后于 2016 年 1 月开工，于 2017 年 12 月竣工，在项目建设过程中，建设单位按照批复的水保方案，实施了临时排水沟、沉砂池等水土保持措施，该阶段水保措施与主体工程同时实施；项目于 2017 年 12 月竣工后，实施后的永久水保措施与主体工程同时运行。

1.2.3 水土保持方案编报及批复情况

为贯彻执行《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》和云南省的有关法律法规，确保工程建设新增水土流失得到全面有效的治理，建设单位于 2015 年 11 月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司进行水土保持方案编制工作，于 2015 年 12 月 11 日编制完成《元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持方案初步设计报告书》（送审稿）（以下简称“《水保方案》”）。元谋县水土保持委员会办公室于 2015 年 12 月 17 日主持召开《水保方案》评审会，并于 2015 年 12 月 26 日完成《水保方案》（报批稿），2015 年 12 月 31 日，元谋县水土保持委员会办公室以“元水保办字〔2015〕64 号”对《水保方案》进行了批复。项目建设过程中未发生较大的主体变更，水保相对应未变更。

《水保方案》批复主要内容有：

（1）同意该项目水土流失防治责任范围 13.76hm^2 ，其中项目建设区 10.19hm^2 ；直接影响区 3.57hm^2 。

（2）同意水保方案水土流失预测分析。工程扰动原地貌、损坏土地的面积 of 10.19hm^2 ，损坏的水土保持设施主要为具有一定水土保持功能的园地、林地、草地、梯坪地，面积为 4.64hm^2 。项目区原生水土流失总量为 102.89t ，扰动后水土流失总量为 1329.33t ，新增水土流失量为 1226.48t 。新增水土流失量主要集中在路基路面区，其次为边坡区，路基路面区为水土流失防治和水土保持监测的重点区域。

（3）同意防治措施总体布局。主体工程已考虑的水土保持措施包括：路堑边沟 423m ，中央隔离绿带、行道树绿化 1.11hm^2 ，植物综合护坡 1.82hm^2 。方案新增水土保持措施包括：路基路面区表土剥离 0.95万 m^3 ，临时排水沟 3600m ，临时沉砂池 8 口；景观绿化区临时

覆盖面积为 1.11hm^2 ；边坡区临时覆盖面积为 1.41hm^2 ；临时表土堆场植物措施面积为 0.37hm^2 ，临时覆盖面积为 0.37hm^2 ，临时拦挡长度为 229.5m 。

(4) 同意水土保持监测目的、原则及监测点的布设，确定项目建设期设置 7 个监测点，监测时段为施工期和自然恢复期。

(5) 水土保持投资概算的编制依据、方法、价格水平年、基础单价、工程单价等与主体工程一致，符合编制规定。元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持总投资 591.57 万元（其中主体工程设计措施的投资 474.93 万元，新增投资 116.64 万元），水土保持总投资中工程措施 6.69 万元，植物措施 454.71 万元，临时措施 58.77 万元，独立费用 47.42 万元（其中水土保持监测费 28.79 万元，监理费 7 万元），基本预备费 17.03 万元，水土保持补偿费 6.96 万元。

(6) 同意水土保持防治目标及效益分析。项目水土流失防治标准执行建设类 I 级标准。水土流失防治目标为：扰动土地整治率大于 95%，水土流失总治理度大于 95%，土壤流失控制比达 1.0，拦渣率达 95%，林草植被恢复率达到 97% 以上，林草植被覆盖率大于 25%。

1.2.4 变更情况

本项目地点、规模、弃渣未发生重大变化，水土保持方案未做变更方案或补充方案。根据监测过程，本项目实际建设较水保方案发生以下变化：

一、主体工程变化

1. 道路横断面变化

根据工业园区实际交通需要，原设计 22m 宽路基横断面实际建设过程中取消中央隔离绿带，断面形式由“2.5m（人行道、绿化带） \times 2+7.5 \times 2m（机动车道）+2m 中央隔离绿带”变为“2.5m（人行道、绿化带） \times 2+8.5 \times 2m（机动车道）”。

2. 边坡防护形式变化

原设计边坡区有拱形框格梁植草护坡 0.34hm^2 ，实际建设过程中受边坡地质条件影响，原设计拱形框格梁植生袋植草护坡实施后发生垮塌，为保证主体工程路基边坡的稳定性，将拱形框格梁植生袋植草护坡变更为拱形框格梁浆砌石工程护坡。

二、水土保持相关变化

1. 工程占地变化

水土保持方案中设计有临时表土堆场，新增临时占地 0.37hm^2 。实际建设过程中表土剥离量减少，采用即剥即用的形式，堆存时间较短，剥离下的表土就近堆存于建设范围内，

未设置临时表土堆场，减少对地表的新增扰动，因此减少方案设计的减少临时占地面积 0.37hm^2 。

2.水土保持措施面积变化

由于主体工程取消了中央隔离绿带，行道树绿化由双排行道树变更为单排行道树，景观绿化区植物措施面积由原水保方案中的 1.11hm^2 减少为 0.72hm^2 。受地质条件影响，拱形框格梁植生袋植草护坡变更为拱形框格梁浆砌石工程护坡，边坡区植物措施面积由原水保方案中的 1.82hm^2 减少为 1.48hm^2 。未设置临时表土堆场，无临时表土堆场植被恢复，植物措施面积减少 0.37hm^2 。因此本项目绿化率由原水保方案中的 33.8% 减少为 22.4%。

3.水土保持工程量变化

实际建设中未设置临时表土堆场，因此减少了临时表土堆场临时拦挡、临时覆盖等水土保持临时措施工程量。

1.2.5 水土保持监测意见及落实情况

监测单位自接收该项目监测委托后，先后于 2016 年 2 月、5 月、11 月；2017 年 5 月、10 月、12 月；2018 年 6 月、12 月多次到项目现场进行监测，监测过程中针对现场提出监测意见，以现场交流或简报形式向建设单位提出。

建设单位基于水土保持管理和相关水土保持措施实施的基础下，根据监测意见进行落实。相关监测意见及落实情况如下：

监测意见落实 1	
<p>监测意见：路基施工时无临时排水设施，监测单位建议设置临时排水沟及时排出场内汇水，减少对项目区内裸露地表的冲刷。</p> <p>落实情况：建设单位根据监测意见在路基一侧设置临时土质排水沟</p>	
 <p style="text-align: center; color: yellow;">2016年2月</p>	 <p style="text-align: center; color: yellow;">2016年5月</p>
监测意见前	监测意见后

监测意见落实 2

监测意见: 施工期间产生的汇水携带泥沙含量较大, 监测单位建议及时设置沉砂池等沉淀施工期间汇水携带泥沙。

落实情况: 建设单位根据监测意见, 与永久污水沉泥井相结合设置沉砂井。



监测意见前



监测意见后

监测意见落实 3

监测意见: 道路工程实施完成后, 道路一侧仍有土体裸露, 监测单位建议对该区域进行杂物清理后实施植被恢复以减少水土流失。

落实情况: 建设单位根据监测意见, 对道路工程区两侧进行清理并撒播草籽进行植被恢复, 现植被恢复良好, 水土流失轻微。



监测意见前



监测意见后

监测意见落实 4

监测意见: 人行道外侧、行道树树池内为裸露土体, 监测单位建议对该区域撒播草籽, 提高项目区内的绿化率, 减少水土流失。

落实情况: 建设单位根据监测意见, 对人行道外侧、树池内撒播草籽, 现植被恢复良好, 水土流失轻微。



监测意见前



监测意见后

监测意见落实 5

监测意见: 框格梁植生袋植草护坡局部区域发生垮塌, 水土流失较为严重, 监测单位建议建设单位向主体设计单位提出修复实施方案, 并及时进行修复。

落实情况: 建设单位对该区域进行工程措施防护, 原设计框格梁植生袋植草护坡变更为浆砌石工程护坡, 现垮塌区域工程护坡实施完成, 未出现新的垮塌, 水土流失轻微。



监测意见前



监测意见后

1.2.6 水土保持监督检查意见落实情况

2018年6月11日, 元谋县水土保持委员会办公室相关人员对元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持措施实施情况进行水土保持监督执法检查, 针对检查过程中存在未完善相关问题做出如下整改要求:

- 一、拱形框格梁护坡局部坍塌需尽快进行修复;

二、道路末端外围边坡受雨水冲刷导致水土流失，需及时清理路面提高边坡防护标准；
三、浆砌石挡墙工程建设基本满足要求，运行情况较好，应加强管理，定期维护；
四、道路边坡植草植物措施恢复效果较差，应及时进行补植补种，并加强管护、抚育工作；

五、及时完善场内植物措施，对已实施绿化措施的区域加强管护、抚育工作，对苗木长势较差区域补植补种；

六、认真做好项目水土保持工作，对已建水土保持措施加强运行管理和维护，保障今后水土保持措施的良好运行完善后续水土保持验收事宜。

建设单位结合监督检查意见进行了以下整改：

一、对拱形框格梁护坡区域进行工程措施修复；
二、清理道路末端外围边坡受雨水冲刷流失的土体，并新增路基挡土墙长度；
三、加强水土保持管理，定期维护浆砌石挡墙工程；
四、完善项目区内植物措施，针对道路边坡植草植物措施恢复效果较差的区域进行补植补种，加强管护、抚育工作。

五、完善场内植物措施，对绿化区域加强管护、抚育工作，对苗木长势较差区域补植补种。

六、对已建水土保持措施加强运行管理和维护，组织水土保持竣工验收。

1.3 监测工作实施情况

根据《中华人民共和国水土保持法》和有关开发建设项目水土保持法规及技术规范，在开发建设项目施工准备期之前、施工期及运行期间，需对建设项目防治责任范围内的水土流失情况进行监测，以便及时、准确的掌握工程建设所引起的水土流失状况以及工程项目对区域生态环境的影响程度，为工程建设的水土流失防治工作提供依据。2016年1月受建设单位元谋县工业园区管理委员会的委托，我公司（昆明龙慧工程设计咨询有限公司）承担了元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程的水土保持监测任务。

在接受任务后我单位成立了专门的水土保持监测项目组，并于2016年1月组织技术人员成立监测小组，监测过程中，监测组2016年1月、5月、11月；2017年3月、5月、10月、12月；2018年6月、11月先后多次进入现场收集了相关的监测数据。监测组首次进场后对全区进行调查，并布设监测点，同时收集工程相关资料，在后续的多次监测外业过程中在路基开挖、回填阶段，管槽开挖回填阶段，地表硬化阶段和绿化施工阶段对开挖

土石方活动情况、场地水土流失情况和防治效果进行监测。

1.3.1 监测计划执行情况

在接受水土保持监测任务后，我公司监测组对项目区进行实地调查，资料收集，制定了水土保持监测计划，计划在项目施工期和自然恢复期进行全过程监测，收集监测数据。

监测组技术人员按照监测计划频次进入现场进行实地监测，执行了以下监测计划内容：

(1) 监测时段内对建设项目占地和扰动地表面积，挖填方数量及面积，弃渣量及堆放面积，项目区林草覆盖度等进行统计，记录随建设进度扰动面积、挖填方数量等变化情况。

(2) 调查监测期间是否发生了水土流失危害，水土流失危害造成的损失以及对水土流失危害的处理、应对措施，水土流失危害的防护措施及运行情况。

(3) 发生重大水土流失事件及时建议业主单位进行整改，并将其上报水土保持监测管理机构。

(4) 统计水土保持措施数量，监测水土保持措施防治效果。

1.3.2 监测项目部设置

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

监测组人员负责现场的监测工作。同时组成数据分析组，负责实测数据归档、分析及报告的编写。监测人员组织安排见表 1-7。

表 1-7 水土保持监测项目部人员配备表

序号	姓名	职称或职务	专业或从事专业	监测工作分工
领导小组	罗松	高级工程师	法人代表/水工	项目管理
	张洪开	高级工程师	水工	成果审查
水土流失因子监测组	保春刚	工程师	水土保持	水土流失因子监测组组长，负责土壤分析
	樊利武	工程师	水土保持	负责水土流失因子监测
水土流失状况监测组	陈密	工程师	水土保持	水土流失状况监测组组长，负责监测报告编写
	宁何	工程师	水土保持	负责水土保持状况监测
防治效果监测组	徐源艺	助理工程师	水土保持	水土流失防治效果监测组组长，项目负责人，负责监测报告统稿

序号	姓名	职称或职务	专业或从事专业	监测工作分工
	杨雄贵	助理工程师	水土保持	负责水土保持效果监测

1.3.3 监测时段、频次

根据《生产建设项目水土保持监测技术规程》《生产建设项目水土保持监测与评价标准》(GBT51240-2018),结合工程施工进度安排及水土保持监测工作实际需要,元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持监测时段为项目建设期和自然恢复期。项目建设期为2016年1月~2017年12月,监测频次为每季度监测一次,自然恢复期为2018年1月~12月,监测频次为半年监测一次。

1.3.4 监测点布设

根据《生产建设项目水土保持监测技术规程》中监测点布设原则和选址要求,在实地踏勘的基础上,针对元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程的工程特点、施工布置、水土流失的特点和水土保持措施的布局特征,并考虑观测与管理的方便性,兼顾开展水土保持监测的典型性和可操作性原则,水土保持监测主要对水土流失情况、水土保持措施实施数量及质量、水土保持措施运行情况以及植被生长状况进行监测。主要在路面硬化区、路基开挖边坡、回填边坡、排水口沉砂池处、绿化区等具有代表性的地段布设6个监测点,布设的监测点见表1-8,监测设施见照片集。

表 1-8 工程水土保持监测点布设情况表

监测分区	监测点编号	监测点位置	监测点类型
路基路面区	1#监测点	K0+600 处	调查监测点
路基路面区	2#监测点	K0+920 处	调查监测点
边坡区	3#监测点	K1+640 处开挖边坡	观测监测点
边坡区	4#监测点	K2+930 处回填边坡	观测监测点
景观绿化区	5#监测点	景观绿化	调查监测点
路基路面区	6#监测点	终点排水出口处沉砂井	观测监测点

施工期间监测点布设照片



监测开展照片



观测样点布设



观测样点数据记录



行道树胸径量测



行道树株距量测



路基挡墙量测





1.3.5 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 1-9 水土保持监测使用设备表

序号	设施和设备	规格或型号	单位	数量	备注
一	设施				
1	水土保持措施运行效果监测点	/	个	1	用于观测水土保持措施实施及运行情况
2	植物样方	1m×1m	个	1	用于观测植物措施生长情况
二	设备				
1	无人机	DJI 精灵 4pro	台	1	项目全景监测
2	激光测距仪	ELITE1500	台	1	便携式
3	测高仪		台	1	
4	手持式 GPS	展望	台	1	监测点、场地、渣场的定位量测
5	罗盘		套	1	用于测量坡度
6	皮尺或卷尺		套	1	测量植物生长状况
7	数码照相机	佳能	台	2	用于监测现场的图片记录
8	数码摄像机	佳能	台	1	用于监测现场的影像记录
9	易耗品				样品分析用品、玻璃器皿等
10	辅材及配套设备				各种设备安装补助材料

1.3.6 监测技术方法

根据《生产建设项目水土保持监测技术规程》《生产建设项目水土保持监测与评价标准》(GBT51240-2018)，结合本项目监测内容及指标，确定本次水土保持监测方法主要以定位监测和调查监测法为主、临时监测和巡查监测辅助的模式进行监测。

1.3.7 监测成果提交情况

根据《生产建设项目水土保持监测技术规程》的有关规定，结合项目所在区域气候、土壤、地形地貌等自然条件、项目实际情况，工程于 2016 年 1 月开工，2016 年 1 月下旬

监测进场，监测介入时，项目区刚开始建设扰动，经监测项目组全过程实地查勘、调查，收集监测相关数据，为水土保持设施验收提供必要的技术资料。监测时段为项目建设期2016年1月~2017年12月，自然恢复期2018年1月~2018年12月。具体监测内容及监测成果见表1-10。

表 1-10 监测内容及监测成果

监测次序	监测时间	监测方法、内容	监测成果
1	2016年1月	针对项目建设区全面详细的巡查, 布设监测信息牌	制定完成监测计划, 在元谋县水土保持委员会办公室进行了监测备案
2	2016年5月	对项目建设区扰动范围进行了全面的调查, 针对不同的区域设置了监测点	以监测简报的形式向建设单位提出临时排水、临时沉砂监测建议
3	2016年10月	对项目建设区、土石方数量、来源和去向进行全面调查	统计整理监测数据
4	2016年12月	对项目建设区进行全面调查, 对布设的监测点进行数据采集, 统计已实施临时措施数量	统计整理监测数据, 完成监测年报并报送元谋县水土保持委员会办公室
5	2017年5月	对项目建设区进行全面调查, 对布设的监测点进行数据采集	统计整理监测数据
6	2017年10月	对项目建设区进行全面调查, 量测、记录实施的水土保持措施数量	针对水土流失较强的边坡区向建设单位提出监测建议
7	2017年12月	对项目建设区进行全面调查, 量测、记录实施的水土保持措施数量	统计整理监测数据
8	2018年6月	对项目建设区进行全面调查, 量测、统计水土保持措施数量	针对框格梁植生袋植草护坡局部区域发生垮塌向建设单位提出监测建议
9	2018年12月	对项目建设区进行全面调查, 量测、监测水土保持措施效果	统计整理监测数据
10	2019年3月	统计整理监测数据, 收集施工、监理资料	完成水土保持监测总结报告

2 监测内容和方法

2.1 监测内容

根据《生产建设项目水土保持监测技术规程》及《水保方案》，结合本项目水土保持的监测目标和原则，调查分析项目建设区水土流失及其影响因子的变化情况，查清项目建设区内水土保持措施具体完建数量、质量及其防治效果。同时，根据监测数据分析确定工程项目是否达到水土保持方案提出的防治目标。本工程水土保持监测内容主要包括以下几方面：

2.1.1 项目区水土流失因子监测

- (1) 地形、地貌、降雨、水系、土壤、林草覆盖度；
- (2) 建设项目实际占用地面积、扰动地表面积；
- (3) 损坏水土保持设施面积；
- (4) 工程实际挖方、填方数量及面积，弃土、弃石、弃渣量及堆放面积。

2.1.2 防治责任范围动态监测

防治责任范围动态监测主要是在工程的施工期开展监测工作，主要包括项目建设区。本项目监测根据现场踏勘及业主、监理单位、施工单位提供的资料来复核项目实际发生变化的防治责任范围。

(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范围内、由项目建设单位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。水土保持监测是对范围地区进行认真复核，监测项目建设有无超范围开发的情况，以及各阶段永久性占地的变化情况。

②临时性占地

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

③扰动地表面积

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

认真复核扰动地表面积。

(2) 直接影响区

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

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

2.1.3 水土流失量动态监测

根据项目实际建设情况，对工程在项目建设过程中实际的水土流失因子、土壤侵蚀强度、土壤侵蚀模数和土壤侵蚀量的情况进行监测，通过对监测时段内的土壤流失量进行量化以评价项目区治理达标与否。

A 土壤侵蚀强度

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

B 土壤侵蚀模数

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

C 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。

2.1.4 水土流失防治动态监测

根据本项目现状，水土流失防治监测主要是针对现有水保措施及水土流失情况开展监测工作，监测内容主要包括水土流失状况监测、水土保持措施防治效果监测。同时，根据监测数据分析确定工程项目是否达到水土保持方案提出的防治目标。

(1) 水土流失状况监测

主要监测项目区内土壤侵蚀类型及形式、水土流失面积。根据本项目所在地区实际情况，土壤侵蚀的类型主要为水力侵蚀及重力侵蚀，其中，水力侵蚀形式分为沟蚀和面蚀。此外，对监测内容还包括水土流失面积的监测。

(2) 水土保持措施防治效果动态监测

A 防治措施的数量与质量

主要包括防治措施的类型、防治措施的数量、防治措施质量。

B 防护工程的稳定性、完好程度和运行情况

对工程建设过程中所采取的措施的稳定性、完好程度及运行情况进行监测。

C 水土流失防治要求及水土保持管理措施实施情况监测。

水土保持措施防治效果动态监测是针对整个工程的全部区域开展的，监测工程建设实际情况是否按照《水保方案》中的防治要求实施，水土保持管理措施实施情况。

2.1.5 水土流失危害监测

- 1、产生的水土流失对下游河道、农田、乡村道路及植被的危害；
- 2、水土流失对周边居民的影响及危害；
- 3、水土流失危害趋势及可能产生的灾害现象；
- 4、水土流失对区域生态环境影响状况；
- 5、重大水土流失事件监测。

对于重大水土流失事件应及时要求建设单位进行整改，并将其上报水土保持监测管理机构，以方便管理机构进行调查和检查，重大水土流失事件还应进行专题研究，向水土保持监测管理机构提交专题水土保持监测报告。

2.2 监测方法

根据《水土保持监测技术规程》和本工程建设现状及水土流失的特点，本项目的监测主要以定位监测和调查监测法为主、临时监测和巡查监测辅助的模式进行监测。

2.2.1 定位监测

定位监测方法主要用于施工期和试运行期。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) 实测法

通过本项目布置的监测设施（简易坡面量测法、侵蚀钉简易水土流失观测场法、沉砂池法等）进行实测，获得某一有代表性地区的侵蚀模数作为基础，再根据本项目其他区域的实际的地形地貌、气候特征、地面组成物质、植被覆盖度、土壤类型及扰动的实地地块坡度、坡长、侵蚀类型、弃土（弃渣）的堆放形态等因素，综合分析得出项目各侵蚀单元的平均侵蚀模数，从而求得全区的土壤流失量。

(2) 类比法

采用已有的其它同类工程监测数据为基础，结合本项目实际的地形地貌、气候特征、

地面组成物质、植被覆盖度、土壤类型及扰动的实地地块坡度、坡长、侵蚀类型、弃土（弃渣）的堆放形态等因素，综合分析得出项目各侵蚀单元的平均侵蚀模数，从而求得全区的土壤流失量。

（3）经验推测法

对于部分监测区域的侵蚀模数，可采取人工经验推测的方式。即根据实际的坡度、地面组成物质、侵蚀类型、坡长、植被盖度等，直接根据《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007）对各个侵蚀单元的侵蚀模数进行取值，再根据各侵蚀单元的面积，求得全区土壤流失量。

2.2.2 调查监测

调查监测是指定期采取全面调查的方式，通过现场实地勘测，采用 GPS 定位仪结合地形图、数码相机、测距仪、测高仪、标杆和尺子等工具，测定不同分区的地表扰动类型和不同类型的面积。填表记录每个扰动类型区的基本特征（特别是临时堆土和开挖面坡长、坡度、岩土类型）及水土保持措施（排水工程、绿化工程和临时工程等）实施情况。

（一）面积监测

面积监测主要通过收集项目资料及采用手持式 GPS 定位仪测定获取。首先对调查区按照扰动类型进行分区，如临时堆土、回填土、开挖面等，然后利用 GPS 沿各分区边界走一圈，确定各个分区的面积。面积监测的时段主要是建设期。

（1）水土流失防治责任范围监测

监测指标为：永久性占地、临时性占地及扰动地表面积。主要根据工程设计资料，结合 GPS、皮尺等监测设备实地核算，对面积的变化进行监测。

（2）水土流失面积监测

对于水土流失面积，采用 GPS、皮尺等监测设备进行实地核算。水土流失面积的监测主要是在施工期开展监测工作。

水土流失面积监测是针对整个工程的全部区域开展的，结合项目建设区实地监测水土流失面积，统计项目各个时段实际发生的水土流失面积。

（二）其它调查监测

（1）水土流失因子

水土流失因子监测是在施工期和运行初期开展监测工作。

对于项目区的地形地貌因子、气象因子、植被因子、水文因子、原土地利用情况、社会因子及经济因子，在现场实地踏勘的基础上查阅相关资料、询问、对照《水保方案》等

形式获取。

对于土壤因子的监测指标有：土壤类型、地面组成物质、土壤含水率、孔隙度、土壤容重、土壤 PH 值、土壤抗蚀性，具体监测方法如下：

土壤类型及地面组成物质识别鉴定标准见表 2-1 和表 2-2。

表2-1 国际制土壤质地分类

质地分类		各级土粒重量 (%)		
类别	质地名称	粘粒 ($<0.002\text{mm}$)	粉沙粒 ($0.02 \sim 0.002\text{mm}$)	砂粒 ($2 \sim 0.02\text{mm}$)
沙土类	沙土及壤质沙土	0 ~ 15	0 ~ 15	85 ~ 100
壤土类	砂质壤土	0 ~ 15	0 ~ 45	40 ~ 85
	壤土	0 ~ 15	35 ~ 45	40 ~ 55
	粉沙质壤土	0 ~ 15	45 ~ 100	0 ~ 55
粘壤土类	砂质粘壤土	15 ~ 25	0 ~ 30	55 ~ 85
	粘壤土	15 ~ 25	20 ~ 45	30 ~ 55
	粉沙质粘壤土	15 ~ 25	45 ~ 85	0 ~ 40
粘土类	砂质粘土	25 ~ 45	0 ~ 20	55 ~ 75
	壤质粘土	25 ~ 45	0 ~ 45	10 ~ 55
	粉沙质粘土	25 ~ 45	45 ~ 75	0 ~ 30
	粘土	45 ~ 65	0 ~ 35	0 ~ 55
	重粘土	65 ~ 100	0 ~ 35	0 ~ 35

表2-2 野外土壤质地指感法鉴定标准

土壤质地	肉眼观察形态	在手中研磨时的感觉	土壤干燥时的状态	湿时搓成土球 (直径1cm)	湿时搓成土条 (2mm粗)
砂土	几乎全是砂粒	感觉全是砂砾, 搓时沙沙作响	松散的单位	不能或勉强成球一触即碎	搓不成条
砂壤土	以砂为主, 有少量细土粒	感觉主要是砂, 稍有土的感觉搓时沙沙作响	土块用手轻压或抛在铁锹上很易散碎	可成球, 轻压即碎	勉强搓成不完整的短条
轻壤土	砂多, 细土约占二三成	感觉有较多粘质颗粒	用手压碎土块, 相当于压断一根火柴棒的力	可成球, 压扁时边缘裂缝多而大	可成条, 轻轻提起即断
中壤土	还能见到砂砾	感觉砂砾大致相当, 有面粉状细腻感	土块较难用手压碎	可成球, 压扁时有小裂缝	可成条, 弯成2cm直径圆圈时易断
重壤土	几乎见不	感觉不到砂砾存在	干土块难用手压碎	可成球, 压扁时	可成条和弯成圆

土壤质地	肉眼观察形态	在手中研磨时的感觉	土壤干燥时的状态	湿时搓成土球(直径1cm)	湿时搓成土条(2mm粗)
	到沙砾			仍有小裂缝	圈,将圆圈压扁有裂缝
粘土	看不到沙砾	完全是细腻粉末状感觉	干土块手压不碎,锤击也不成粉末	可成球,压扁后边缘无裂缝	可成条和弯成圆圈,将圆圈压扁无裂缝
土壤质地	肉眼观察形态	在手中研磨时的感觉	土壤干燥时的状态	湿时搓成土球(直径1cm)	湿时搓成土条(2mm粗)
砂土	几乎全是砂粒	感觉全是砂砾,搓时沙沙作响	松散的单位	不能或勉强成球一触即碎	搓不成条
砂壤土	以砂为主,有少量细土粒	感觉主要是砂,稍有土的感觉搓时沙沙作响	土块用手轻压或抛在铁锹上很易散碎	可成球,轻压即碎	勉强搓成不完整的短条
轻壤土	砂多,细土约占二三成	感觉有较多粘质颗粒	用手压碎土块,相当于压断一根火柴棒的力	可成球,压扁时边缘裂缝多而大	可成条,轻轻提起即断
中壤土	还能见到沙砾	感觉沙砾大致相当,有面粉状细腻感	土块较难用手压碎	可成球,压扁时有小裂缝	可成条,弯成2cm直径圆圈时易断
重壤土	几乎见不到沙砾	感觉不到沙砾存在	干土块难用手压碎	可成球,压扁时仍有小裂缝	可成条和弯成圆圈,将圆圈压扁有裂缝
粘土	看不到沙砾	完全是细腻粉末状感觉	干土块手压不碎,锤击也不成粉末	可成球,压扁后边缘无裂缝	可成条和弯成圆圈,将圆圈压扁无裂缝

B 土壤含水率测定

用铝盒在剖面上取三个土样,带回室内称得湿土重,然后在105度烘箱中烘8小时至恒重,称得干土重,用下列公式计算土壤含水率:

$$\text{土壤含水率} = \frac{\text{湿土重} - \text{干土重}}{\text{干土重}} \times 100\%$$

水土流失因子监测中的地形地貌因子、气象因子、植被因子、水文因子、原土地利用情况、社会因子及经济因子是针对全区开展的;土壤因子的监测是根据实际需要,在工程的不同区域选取有代表性的土样进行测算,确定不同扰动类型下的土壤其土壤侵蚀强度及侵蚀量的关系。

2) 水土流失防治动态监测

(1) 水土流失状况监测

主要调查的监测指标为项目区内土壤侵蚀类型、形式及型式。对于土壤侵蚀类型及形式，采取现场识别的方式获取；土壤侵蚀强度根据实地踏勘，对照《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007）进行确定。

（2）水土保持措施防治效果

① 防治措施的数量与质量

本工程全区水土保持措施的数量主要由业主及监理单位提供，工程的施工质量主要由监理单位确定。

水土保持监测需要对监测重点地段或重点对象的防治措施工程量进行实地测量，对于质量问题主要由监理确定。

② 防护工程的稳定性、完好程度和运行情况

本工程的防护工程主要指挡墙、护坡、排水沟等工程，工程的施工质量主要由监理单位确定，监测时主要查看其是否存在损害或砼裂缝、挡墙断裂或沉降等不稳定情况出现，做出定性描述。

③ 水土流失防治要求及水土保持管理措施实施情况监测。

主要采用实地调查、问询、收集水土保持大事记、收集业主针对水土保持相关政策等方式获得。

2.2.2 巡查监测

巡查主要是在工程施工建设过程中和建设期针对整个工程的全部区域所采用的监测方法。结合项目实际情况，本项目监测于2016年1月份介入，主要针对项目建设期及植被恢复期进行监测，巡查的主要内容是水土流失危害和重大水土流失事件动态监测。

（1）水土流失危害监测

A 对周边河道影响情况

通过实地踏勘、走访群众等形式进行监测。

B 对周边水利设施影响情况

通过实地踏勘、走访群众、项目管理人员等形式进行监测。

C 其他水土流失危害

通过实地踏勘、问卷调查等形式进行监测。

（2）重大水土流失事件监测

根据工程实际情况结合水土流失状况，按照现场实际情况开展监测工作。

2.2.3 监测指标及监测方法

结合项目特点，本项目监测中选用植被样方法进行监测。

植被样方可用于调查林草植被的生长发育状况，根据监测指标不同，具体的测量方式方法也不同。根据本项目监测实际情况，主要监测指标测量方法如下：

(1) 林木生长情况

① 树高：采用测高仪进行测定。

② 胸径：采用胸径尺进行测定。

(2) 存活率和保存率

根据工程实际情况，对本项目全线行道树存活率和保存率进行统计，查看绿化苗木成活的株数占绿化苗木总株数的百分数，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%。

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

(3) 林草覆盖度监测

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

$$\text{覆盖度} = \frac{\sum(C_i A_i)}{A} \times 100\%$$

式中：C_i为林地、草地郁闭度或盖度；A_i为相应郁闭度、盖度的面积；A为流域总面积。

3 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

根据“元水保办字〔2015〕64号”批复情况，本项目水土流失防治责任范围总面积为13.76hm²，其中项目建设区10.19hm²，直接影响区3.57hm²。详见表3-1。

表 3-1 《水保方案》确定防治责任范围表

序号	防治分区	合计	占地类型及面积(hm ²)					
			交通运输用地	园地	林地	草地	梯坪地	其它土地
一	项目建设区	10.19	2.73	2.59	1.11	0.89	0.05	2.82
1	路基路面区	6.5	1.83	1.81	0.74	0.34	0.04	1.74
2	景观绿化区	1.11	0.61	0.14	0.12	0.06	0.01	0.17
3	边坡区	2.21	0.29	0.64	0.25	0.12		0.91
4	临时表土堆场	0.37				0.37		
二	直接影响区	3.57	3.57					
三	总面积	13.76	13.76					

根据现场踏勘量测，结合施工、监理单位提供的用地红线资料，本项目在建设过程中严格控制用地红线，未单独设置表土堆场，实际发生的防治责任范围面积为12.16hm²，其中项目建设区面积为9.82hm²，直接影响区面积为2.34hm²。实际发生的防治责任范围见表3-2。

表 3-2 工程建设实际发生的水土流失防治责任范围统计表

序号	防治分区	合计	占地类型及面积(hm ²)					
			交通运输用地	园地	林地	草地	梯坪地	其它土地
一	项目建设区	9.82	2.73	2.59	1.11	0.52	0.05	2.82
1	路基路面区	6.89	2.22	1.81	0.74	0.34	0.04	1.74
2	景观绿化区	0.72	0.22	0.14	0.12	0.06	0.01	0.17
3	边坡区	2.21	0.29	0.64	0.25	0.12		0.91
二	直接影响区	2.34	2.34					
三	总面积	12.16	12.16					

3.1.2 建设期扰动土地面积

根据“元水保办字〔2015〕64号”批复情况，本项目建设扰动、损坏原地貌土地面积为10.19hm²，详见表3-3。

表 3-3 《水保方案》扰动原地貌、损坏土地面积统计表

项目分区	扰动、损坏原地貌土地的面积 (hm ²)						小计
	交通运输用地	园地	林地	草地	梯坪地	其它土地	
路基路面区	1.83	1.81	0.74	0.34	0.04	1.74	6.5
景观绿化区	0.61	0.14	0.12	0.06	0.01	0.17	1.11
边坡区	0.29	0.64	0.25	0.12		0.91	2.21
临时表土堆场				0.37			0.37
合计	2.73	2.59	1.11	0.89	0.05	2.82	10.19

根据施工、监理单位提供的工程征占地资料，结合监测现场调查统计，由于实际施工过程中未单独设置临时表土堆场，且取消了中央隔离绿带，本项目实际扰动地表、损坏土地的面积较《水保方案》有所变化，面积减少为 9.82hm²，具体情况详见表 3-4、3-5。

表 3-4 工程建设实际扰动原地貌、损坏土地面积统计表

项目分区	扰动、损坏原地貌土地的面积 (hm ²)						小计
	交通运输用地	园地	林地	草地	梯坪地	其它土地	
路基路面区	2.22	1.81	0.74	0.34	0.04	1.74	6.89
景观绿化区	0.22	0.14	0.12	0.06	0.01	0.17	0.72
边坡区	0.29	0.64	0.25	0.12		0.91	2.21
合计	2.73	2.59	1.11	0.52	0.05	2.82	9.82

表 3-5 工程建设实际扰动原地貌、损坏土地面积与《水保方案》对比表

项目分区	《水保方案》扰动原地貌、损坏土地面积 (hm ²)	实际扰动原地貌、损坏土地面积 (hm ²)	增/减情况 (hm ²)
路基路面区	6.5	6.89	+0.39
景观绿化区	1.11	0.72	-0.39
边坡区	2.21	2.21	0
临时表土堆场	0.37		-0.37
合计	10.19	9.82	-0.37

3.2 取料监测结果

3.2.1 设计取料情况

根据《水保方案》，本项目土石方开挖量除自身回填利用外，需废弃软基土及膨胀方，外借换填土方 5.25 万 m³，外借换填土方来源于工业园区内的盐地箐地块的场平多余土方。

3.2.2 取料场位置、占地面积及取料量监测结果

监测组经过现场调查复核，本项目实际建设中未单独设置取料场，项目建设所需砂石料均外购，料场水土流失防治责任归石料场经营方所有。换填土方来源于本项目 K2+760~K3+320 西侧的工业园区盐地箐地块，该地块场平工作已于 2015 年 7 月开工，2016 年 12 月底完成，该地块建设单位与本项目同属于属元谋县工业园区管理委员会，施工时

序上由建设单位组织协调，从盐地箐地块取土避免了新增取土料场专用场地，控制了占地面积，减小扰动地表和水土流失面积，经监测调查，本项目从盐地箐地块取土方量为 5.25 万 m^3 ，与水保方案批复一致。



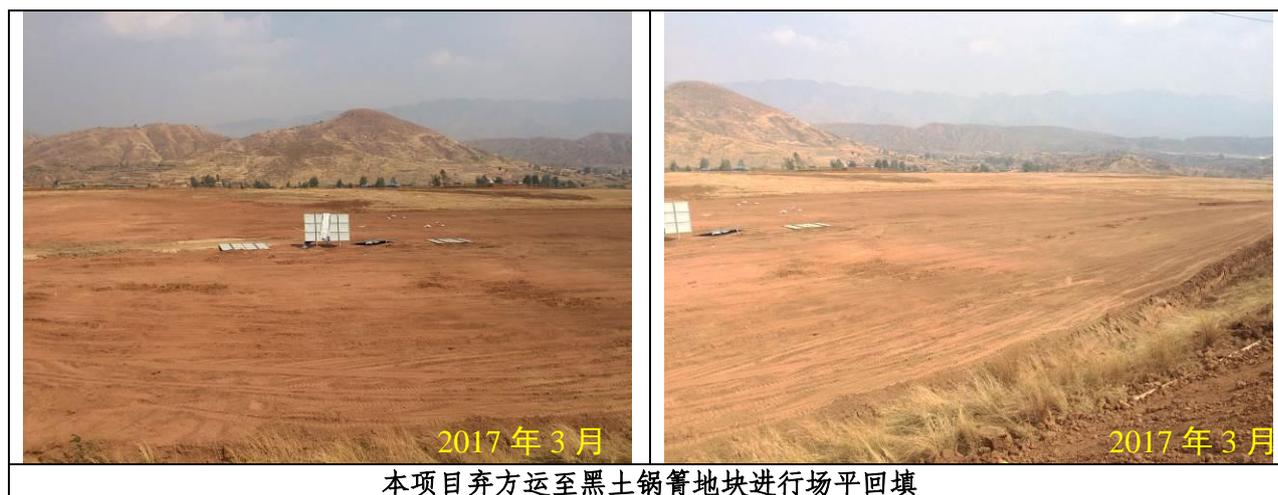
3.3 弃渣监测结果

3.3.1 设计弃渣情况

根据《水保方案》，本项目废弃土石方总量为 11.4 万 m^3 ，运往工业园区规划的黑土锅箐地块进行场平及回填。

3.3.2 弃渣场位置、占地面积及弃渣量监测结果

监测组经过现场调查复核，本项目实际建设过程中产生废弃土石方总量为 11.4 万 m^3 ，全部运往本项目 K2+440~K2+750 东侧的工业园区黑土锅箐地块进行场平回填，未新增弃渣场，减轻本项目水土流失防治压力。黑土锅箐地块场平工作实际于 2016 年 2 月开工，于 2017 年 3 月完成，该地块建设单位与本项目同属于属元谋县工业园区管理委员会，施工时序上由建设单位组织协调，避免土方临时堆存，最大化提高土方利用率，减轻水土流失。本项目实际产生弃方量、去向与水保方案批复一致。



3.3.3 弃渣对比分析

本项目实际产生弃渣量、弃渣处置与方案设计一致。

3.4 土石方流向情况监测结果

根据《水保方案》，项目区内土石方的开挖总量为 13.29 万 m^3 ，其中基础开挖量为 12.34 万 m^3 ，剥离表土量为 0.95 万 m^3 ；回填总量为 7.14 万 m^3 ，其中开挖方回填量为 6.19 万 m^3 ，绿化覆土量为 0.95 万 m^3 ；外借换填方量为 5.25 万 m^3 ；废弃土石方总量为 11.4 万 m^3 ，详见表 3-6。

表 3-6 《水保方案》土石方平衡及流向表 单位：万 m^3

项目组成	开挖			回填			外借		废弃	
	表土剥离	基础开挖	小计	基础回填	绿化覆土	小计	基础换填	来源	小计	去向
路基路面区	0.95	7.41		4.51			3.94	工业园区盐地箐地块	6.84	工业园区黑土锅箐地块
景观绿化区		1.85		0.61	0.95		0.52		1.76	
边坡区		3.08		1.07			0.79		2.8	
合计	0.95	12.34	13.29	6.19	0.95	7.14	5.25		11.4	

监测组经过现场过程监测，结合施工结算资料，项目实际建设中产生土石方的开挖总量为 12.6 万 m^3 ，其中基础开挖量为 12.34 万 m^3 ，剥离表土量为 0.26 万 m^3 ；回填总量为 6.45 万 m^3 ，其中开挖方回填量为 6.19 万 m^3 ，绿化覆土量为 0.26 万 m^3 ；外借换填方量为 5.25 万 m^3 ；废弃土石方总量为 11.4 万 m^3 。由于实际建设中取消了中央隔离绿带，行道树为带土球树池栽植，表土剥离量、绿化覆土量由 0.95 万 m^3 减少为 0.26 万 m^3 ，基础开挖、回填、换填及废弃量与《水保方案》一致。外借换填土方来源于工业园区内的盐地箐地块的场平多余土方，废弃土石方全部运往工业园区内的黑土锅箐地块进行场平回填。盐地箐地块、黑土锅箐地块与本项目的建设单位均属元谋县工业园区管理委员会，建设单位组织

协调各项目施工时序，建设产生的土石方进行相互调运、最大化综合利用。详见表 3-7。

表 3-7 实际建设土石方平衡及流向表 单位：万 m³

项目组成	开挖			回填			外借		废弃	
	表土剥离	基础开挖	小计	基础回填	绿化覆土	小计	基础换填	来源	小计	去向
路基路面区	0.26	7.41	7.67	4.51		4.51	3.94	工业园区盐地箐地块	6.84	工业园区黑土锅箐地块
景观绿化区		1.85	1.85	0.61	0.26	0.87	0.52		1.76	
边坡区		3.08	3.08	1.07		1.07	0.79		2.8	
合计	0.26	12.34	12.6	6.19	0.26	6.45	5.25		11.4	

注：①开挖+调入+外借=回填+调出+废弃；

②上述土石方均为自然方。

4 水土流失防治措施监测结果

元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持措施监测内容主要为：防治措施的类型、数量、质量，防护工程的稳定性、完好程度和运行情况，植物措施成活率、保存率、生长情况及覆盖度，水土保持管理措施实施情况等。监测过程中本项实施的水土保持措施有：临时排水沟、永临结合沉砂井、路堑边沟、绿化等措施。针对已经实施的工程措施、植物措施等，监测组通过实地测量结合资料分析的方法进行措施类型、位置、实施时间、规格、数量、防治效果的复核调查，反映项目建设区水土流失防治措施及其效果。

4.1 工程措施监测结果

一、《水保方案》批复工程措施情况

根据《水保方案》及其批复文件，方案批复水土保持工程措施为：

主体设计：

路基路面区：路堑边沟 423m；

表 4-1 水土保持方案批复的工程措施工程量表

项目分区	措施	方案批复数量	备注
路基路面区	路堑边沟	423m	主体设计

二、实际实施工程措施情况

根据施工结算资料及监测过程量测，截止 2019 年 3 月，元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程实施的工程措施为：路堑边沟 423m；路堑边沟实施时间为 2016 年 5 月至 2016 年 9 月。具体实施工程量情况及与方案批复的工程措施对比表见表 4-2。

表 4-2 实际实施与方案批复的工程措施工程量对比表

项目分区	措施	方案批复数量	实际实施数量	增减情况
路基路面区	路堑边沟	423m	423m	0

实际实施工程措施、实施时间与方案批复工程措施一致。

监测项目组认为，元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持工程措施基本能够满足项目区水土流失防治要求，实际实施情况基本到位，能满足工程水土保持防治要求。



4.2 植物措施监测结果

一、《水保方案》批复植物措施情况

根据《水保方案》及其批复文件，方案批复水土保持植物措施为：

主体设计：

景观绿化区：中央隔离绿带、行道树绿化 1.11hm²；

边坡区：植物综合护坡 1.82hm²；

方案新增：

临时表土堆场：植被恢复 0.37hm²。

表 4-3 水土保持方案批复的植物措施工程量表

项目分区	措施	方案批复数量	备注
景观绿化区	中央隔离绿带、行道树绿化	1.11hm ²	主体设计
边坡区	植物综合护坡	1.82hm ²	主体设计
临时表土堆场	植被恢复	0.37hm ²	方案新增

二、实际实施植物措施情况

根据监测现场调查统计，结合施工结算资料，截至 2019 年 3 月，本项目水土保持植物措施实施主要为景观绿化区行道树栽植 0.72hm^2 ，栽植小叶榕 1587 株；边坡区撒播草籽、穴播灌木相思树 1.48hm^2 。项目的水土保持植物措施实施时间为 2016 年 12 月至 2017 年 6 月。具体实施工程量情况及与方案批复的工程措施对比表见表 4-4。

表 4-4 实际实施与方案批复的植物措施工程量对比表

项目分区	措施	方案批复数量	实际实施数量	增减情况
景观绿化区	中央隔离绿带、行道树绿化	1.11hm^2	0.72hm^2	-0.39hm^2
边坡区	植物综合护坡	1.82hm^2	1.48hm^2	-0.34hm^2
临时表土堆场	植被恢复	0.37hm^2	0	-0.37hm^2

实际实施植物措施时间与方案批复一致，但实施植物措施数量有所减少。减少原因为：

(1) 景观绿化区实际建设中取消了中央隔离绿带，行道树绿化由原设计单侧栽植双排行道树变更为栽植单排行道树，因此景观绿化区植物措施面积减少了 0.39hm^2 ；

(2) 边坡区原设计框格梁植生袋植草护坡实施后发生垮塌，为保证主体工程路基边坡的稳定性，将框格梁植生袋植草护坡变更为拱形框格梁浆砌石工程护坡，由于拱形框格梁浆砌石工程护坡是针对不良地质采取的护坡措施，因此不能记列为水土保持措施，边坡区植物措施面积减少了 0.34hm^2 ；

(3) 实际建设过程中表土剥离量减少，未单独设置临时表土堆场区，因此无临时表土堆场区植被恢复措施，植物措施面积减少 0.37hm^2 。

监测项目组认为，元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持植物措施数量与方案批复相比有所减少，但增加了相应的地表硬化及工程防护，现实施的植物措施保存率、成活率达标，亦能够满足项目区水土流失防治要求，实际实施情况基本到位。





4.3 临时防护措施监测结果

一、《水保方案》批复临时措施情况

根据《水保方案》及其批复文件，方案批复水土保持临时措施为：

路基路面区：表土剥离 0.95 万 m³；临时排水沟 3600m，临时沉砂池 8 口；

景观绿化区：临时覆盖 1.11hm²；

边坡区：临时覆盖 1.41hm²；

临时表土堆场：临时覆盖 0.37hm²，临时拦挡 229.5m。

二、实际实施临时措施情况

根据监测现场调查统计，结合施工结算资料，项目建设期内本项目实际实施的水土保持临时措施实施主要为表土剥离 0.95 万 m³，临时排水沟 4120m，永临结合沉砂井 52 口。表土剥离实施时间为 2016 年 1 月~3 月，临时排水沟、沉砂井实施时间为 2016 年 2 月至 2016 年 6 月。具体实施工程量情况及与方案批复的工程措施对比表见表 4-5。

表 4-5 实际实施与方案批复的临时措施工程量对比表

项目分区	措施	方案批复数量	实际实施数量	增减情况
路基路面区	表土剥离	0.95 万 m ³	0.26 万 m ³	-0.69 万 m ³
	临时排水沟	3600m	4120m	+520m
	临时沉砂池	8 口	52 口	+44 口
景观绿化区	临时覆盖	1.11hm ²	0	-1.11hm ²
边坡区	临时覆盖	1.41hm ²	0	-1.41hm ²
临时表土堆场	临时覆盖	0.37hm ²	0	-0.37hm ²
	临时拦挡	229.5m	0	-229.5m

实际实施临时措施时间与方案批复一致，但实施临时措施数量有所变化。变化原因为：

(1) 表土剥离量减少了 0.69 万 m³，减少原因为：实际建设取消了中央隔离带，行道树均为带土球栽植，需要的绿化覆土量减少，施工单位按实际需要绿化覆土量进行了剥离并就近在人行道两侧需要绿化覆土的区域进行覆土。

(2) 路基路面区实际建设中根据实际地形需要布设临时排水沟排出汇水，实际实施数量较方案批复增加了 520m，由于主体工程中污水沉泥井、雨水沉泥井施工时序靠前，也可用作施工期间的临时沉砂措施，因此可记为永临结合沉砂井，数量增加了 44 口；

(3) 景观绿化区方案批复的临时措施为无纺布临时覆盖，实际实施中行道树带土球栽植，未进行绿化覆土，因此未对景观绿化区实施临时覆盖措施；

(4) 边坡区方案批复的临时措施为采用无纺布对植草的边坡区域进行临时覆盖，实际实施过程中边坡植草区域植物长势良好，因此未对边坡区实施临时覆盖措施；

(5) 实际建设过程中剥离的表土临时堆存时长较短、堆存量少，未单独设置临时表土堆场区，因此无临时表土堆场未实施临时措施。

监测项目组认为，元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持临时措施数量与方案批复相比有所减少，但增加了临时排水、沉砂措施工程量，临时

覆盖措施的缺失未造成较大的水土流失影响，临时措施基本能够满足项目区水土流失防治要求。



4.4 水土保持措施防治效果

(1) 水土保持措施实施情况汇总

经监测统计，元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程实施完成水土保持措施为：

①工程措施：

路基路面区：路堑边沟 423m；

②植物措施：

景观绿化区：行道树绿化 0.72hm²；

边坡区：撒播草籽、穴播灌木相思树 0.95hm²；

③临时措施：

路基路面区：表土剥离 0.26 万 m³，临时排水沟 4120m，永临结合沉砂井 52 口。

(2) 水土保持措施防治效果评价

元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持措施共划分为斜坡防护工程、防洪排导工程、植被建设工程和临时防护工程。

斜坡防护工程中植物护坡分部工程质量合格，边坡植草、穴播灌木措施布局满足水土保持要求，选用树草种合理，植被生长较好，植被成活率达 98%，覆盖度达 90%，在美化环境的同时，能够有效控制项目区水土流失，发挥其水土保持效益。后期运行管理中需进行抚育管理，对覆盖度未达标区域进行补植补种。

防洪排导工程实施的排洪导流设施（路堑边沟）与雨污水管网形成完整的排水系统，运行良好，沟内无淤积，无破损毁坏，排水顺畅，正确引导水流，能有效地防止径流对地表的冲刷，保持水土的效果明显。后期运行管理中需重点巡察排洪导流设施是否出现淤积、破损，如有淤积应及时进行疏通，如有破损应及时进行维修。

植被建设工程线状植被行道树绿化成活率为 100%，植物生长良好，发挥了较好的水土保持功能。

临时防护工程实施的排水、沉砂分部工程，施工期间临时排水沟、永临结合沉砂井正常运行，能及时排出施工期间汇水，沉砂井起到沉淀泥沙作用，临时防护措施质量总体合格。

表 4-5 水土保持工程措施质量评定结果表

单位工程	分部工程	布设位置	单元工程划分 (个)	单元工程评定				分部工程质量 评定	单位工程质量 评定	项目工程质量 评定
				合格 项数	合格 率%	优良 项数	优良 率%			
防洪排导工程	排洪导流设施	路堑边沟	9	9	100	9	100	合格	合格	合格

斜坡防护工程	植物护坡	边坡植草、穴播灌木	15	14	93.3	11	73.3	合格	合格	合格
植被建设工程	线网状植被	行道树绿化	72	72	72	72	72	合格	合格	合格
临时防护工程	排水	临时排水沟	42	33	78.6	9	21.4	合格	合格	合格
	沉砂	永临结合沉砂井	52	52	100	50	96.2	合格	合格	合格

综上所述，本项目在工程建设过程中实施的工程措施、植物措施、临时措施有效保证了工程质量，达到了水土流失防治效果，发挥了较好的水土保持功能。

5 土壤流失情况监测

5.1 水土流失面积

本项目属于新建项目，建设期内整个工程占地区域均造成了新的扰动和水土流失。经过程监测分析，本项目在施工期造成水土流失总面积为 9.82hm^2 ，施工期结束后，进入自然恢复期，路基路面区硬化部分及边坡区采取拱形框格梁浆砌石护坡的部分无裸露地表，水土流失轻微，造成水土流失的主要为景观绿化区、边坡区未实施工程护坡的其他区域，自然恢复期造成的水土流失面积为 2.2hm^2 。

5.2 土壤流失量

5.2.1 侵蚀单元划分

一、原地貌侵蚀单元划分

原地貌侵蚀单元主要根据不同的土地占用类型而确定。依据元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持方案，原地貌侵蚀主要为各区域占地类型的原生侵蚀，项目水土流失防治责任范围内的原生占地类型主要为：交通运输用地、园地、林地、草地、梯坪地、其它土地。

二、地表扰动类型划分

通过现场踏勘和调查，根据重塑地貌后形成新的地形地貌，分析划分项目建设后的地表扰动类型。为了客观地反映建设项目的水土流失特点，对项目区现状地表类型进行适当的分类。施工期间，扰动后的地表主要表现为施工扰动平台、开挖边坡和回填边坡，开挖面、土质面等具有不同的水土流失特点，施工结束后，自然恢复期的地表主要表现为硬化地表、行道树绿化、边坡绿化。根据监测工作的实际需要和本项目的特点，在实地调查的基础上，依照同一扰动类型的流失特点和流失强度基本一致、不同扰动类型的流失特点和流失强度明显不同的原则，施工期分为 3 类地表扰动类型，自然恢复期分为 3 类地表扰动类型，结果见下表 5-1、5-2。

表 5-1 施工期地表扰动现状分类表

扰动类型	开挖边坡	回填边坡	施工扰动平台
分类	有危害扰动		
侵蚀对象形态	风化土质坡面，局部先实施有路基挡墙	土质回填边坡，先实施有路基挡墙	表土剥离，管槽施工，路面施工
特征描述	开挖坡面坡长<4m	回填坡面<8m	雨污水管埋设，路面施工
代号	土石质风化物	土石质风化物	土石质风化物
侵蚀类型	水蚀为主	水蚀为主	水蚀

表 5-2 自然恢复期地表扰动现状分类表

扰动类型	硬化地表	行道树绿化	边坡绿化
分类	无危害扰动		
侵蚀对象形态	机动车道沥青混凝土硬化，人行道铺砖硬化	行道树树池	植草边坡，灌木绿化边坡
特征描述	硬化覆盖，无土体裸露	树池围挡，无土体外泄	植被覆盖
代号	/	/	土质风化物
侵蚀类型	水蚀	水蚀为主	水蚀为主

三、防治措施分类

依据水土保持措施防治对象，本工程水土保持措施包括工程措施、植物措施、临时措施，具体措施为：

①工程措施：

路基路面区：路堑边沟 423m；

②植物措施：

景观绿化区：行道树绿化 0.72hm²；

边坡区：撒播草籽、穴播灌木相思树 0.95hm²。

③临时措施：

路基路面区：表土剥离 0.26 万 m³，临时排水沟 4120m，永临结合沉砂井 52 口。

5.2.2 各侵蚀单元侵蚀模数的确定

一、原地貌侵蚀模数

监测项目组通过对项目区及其周边进行现场调查，收集项目区及周边占地、植被状况等文字及影像资料，结合《水保方案》中原生水土流失量预测成果，确定项目区内各占地类型的原生土壤侵蚀模数，见表 5-3，结合本项目各防治区原始占地面积，加权平均后各单元的土壤侵蚀模数背景值为 1127.09t/km²·a，见表 5-4。

表 5-3 原生土壤侵蚀模数取值表

地类	自然因素	土壤侵蚀模数 (t/km ² a)	备注
交通运输用地	主要为土质路面	1500	轻度侵蚀
园地	主要为青枣林及农科所用地	300	微度侵蚀
林地	主要为灌木林	300	微度侵蚀
草地	天然草地	400	微度侵蚀
梯坪地	种植蔬菜	300	微度侵蚀
其它土地	主要为荒坡裸地	2000	轻度侵蚀

表 5-4 土壤侵蚀模数背景值计算表

项目分区	占地类型	占地面积 (hm ²)	土壤侵蚀模数 (t/km ² a)	面积合计 (hm ²)	平均土壤侵蚀模数 (t/km ² a)
路基路面区	交通运输用地	1.83	1500	6.89	1120.90
	园地	1.81	300		
	林地	0.74	300		
	草地	0.34	400		
	梯坪地	0.04	300		
	其它土地	1.74	2000		
景观绿化区	交通运输用地	0.61	1500	0.72	1076.39
	园地	0.14	300		
	林地	0.12	300		
	草地	0.06	400		
	梯坪地	0.01	300		
	其它土地	0.17	2000		
边坡区	交通运输用地	0.29	1500	2.21	1162.90
	园地	0.64	300		
	林地	0.25	300		
	草地	0.12	400		
	其它土地	0.91	2000		
合计		9.82		9.82	1127.09

二、监测时段内各地表扰动类型侵蚀模数

监测介入后, 监测组根据现场勘察结果, 对不同的扰动类型采用简易水土流失观测场对其产生的水土流失量进行了测定, 推算出项目区内各扰动类型在监测时段内产生的水土流失量和各扰动类型侵蚀强度。具体情况如下:

1、施工期间各侵蚀单元土壤流失量分析

(1) 开挖边坡扰动类型土壤流失量分析

施工期间, 道路开挖边坡局部已先实施路基挡墙, 土壤流失量采用简易坡面量测法对开挖边坡进行监测, 记录侵蚀样方内各侵蚀沟断面数据, 再计算分析得出道路开挖边坡土壤侵蚀模数。施工期间开挖边坡监测数据计算表详见表 5-5。

表 5-5 开挖边坡土壤侵蚀模数计算表

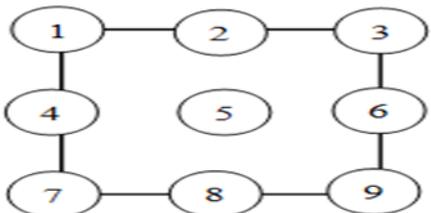
监测点位置		K1+640 处开挖边坡				监测设施类型		简易坡面量测观测样方	
样方编号		3#简易坡面量测观测样方							
侵蚀沟		2016 年 1 月				2017 年 12 月			
		1	2	3	4	1	2	3	4
断面近似形状		“v”型	“v”型	梯形	“v”型	“v”型	“v”型	梯形	“v”型
上部	面宽(cm)	7.25	8.47	6.21	5.74	15.52	16.52	14.28	13.86
	底宽(cm)	0	0	4.02	0	0	0	12.11	0
	深(cm)	5.31	6.21	5.33	4.57	13.4	14.28	13.4	14.66
中上部	面宽(cm)	8.68	7.69	9.32	8.77	17.74	18.81	19.44	17.92
	底宽(cm)	0	0	4.33	0	0	0	16.41	0
	深(cm)	5.33	6.41	6.35	4.62	15.43	16.52	17.48	15.63
中部	面宽(cm)	7.41	8.33	8.68	9.34	16.48	15.44	16.79	17.43
	底宽(cm)	0	0	3.77	0	0	0	15.88	0
	深(cm)	4.15	4.65	5.87	7.65	13.25	14.78	15.94	14.71
中下部	面宽(cm)	6.56	6.45	6.68	6.26	16.64	16.58	17.89	18.28
	底宽(cm)	0	0	3.25	0	0	0	15.38	0
	深(cm)	5.68	6.22	4.36	5.16	19.78	19.33	21.48	21.29
下部	面宽(cm)	6.98	7.32	7.15	6.89	21.08	20.44	20.36	19.97
	底宽(cm)	0	0	4.36	0	0	0	17.51	0
	深(cm)	4.33	5.11	6.21	5.87	18.48	22.29	21.33	19.97
平均	面宽(cm)	7.38	7.65	7.61	7.40	17.49	17.56	17.75	17.49
	底宽(cm)	0	0	3.95	0	0	0	15.46	0
	深(cm)	4.96	5.72	5.62	5.57	16.07	17.44	17.93	17.25
长度(m)		2.95	3.26	3.65	3.10	2.95	3.26	3.65	3.10
侵蚀量(m ³)		0.0054	0.0071	0.0119	0.0064	0.0415	0.0499	0.1086	0.0468
		计算公式	(面宽+底宽)×深/2×长度				计算公式	(面宽+底宽)×深/2×长度	
土壤侵蚀总量(m ³)		0.00770				0.06170			
监测小区面积(m ²)		9				9			
土壤流失量(t)		0.0123				0.0987			
说明		此 4 条侵蚀沟是发生在监测小区内的侵蚀沟				此 4 条侵蚀沟是发生在监测小区内的侵蚀沟			
监测样方布设时间		2016 年 1 月							
年监测数据记录日期		2017 年 12 月							
监测时段(a)		2							
土壤侵蚀模数(t/km ² a)		5484.22							
对应扰动类型		土质开挖边坡							

(2) 回填边坡扰动类型土壤流失量分析

施工期间, 监测项目组在 K2+930 处回填边坡布设简易水土流失观测场对其进行监测, 记录侵蚀样方内侵蚀钉数据, 再计算分析得出堆渣坡面土壤侵蚀模数。监测时段内堆渣坡

面监测数据计算表详见表 5-6。

表 5-6 回填边坡土壤侵蚀模数计算表

监测点、位置	K2+930 处回填边坡		监测设施类型
样方编号	2#侵蚀钉量测样方		
样方尺寸	2m×2m		
样方坡度	40°		
监测观测时间	2017 年 12 月	2016 年 1 月	
侵蚀钉	侵蚀钉底端至地表的高度 (mm)		
桩钉	1#	113	100
	2#	112	97
	3#	115	97
	4#	104	96
	5#	113	100
	6#	112	97
	7#	110	97
	8#	109	100
	9#	108	99
平均侵蚀深度 (mm)	12.61		
水平投影面积 (m ²)	3.06		
土壤流失量计算公式	$A=rZS/1000\cos\theta$		
水土流失量 (t)	0.062		
监测时段 (a)	2		
土壤侵蚀模数 (t/km ² .a)	10088.99		
对应扰动类型	回填边坡		
填表说明	侵蚀钉观测样方示意图		
1、土壤流失量公式中 r 为容重 (t/m ³)，Z 为平均厚度 (mm)，S 为水平投影面积 (m ²)，θ 为样方坡度；			
2、容重为 1.60 t/m ³ 。			

(3) 施工扰动平台类型土壤流失量分析

施工期内，路基路面区设有沉砂井监测样方，以施工期内一个月沉砂井监测样方数据推算施工期施工扰动平台造成的水土流失，监测样方计算详见表 5-7。

表 5-7 沉砂井监测数据计算表

泥沙厚度	h1	h2	h3	h4	hi
(m)	0.34	0.36	0.32	0.33	0.34
沉砂井面积 (m ²)	1				
土壤侵蚀密度	2.04				
悬移质/推移质	0.25				

水土流失面积 (hm ²)	0.03
监测时段	1 个月 (0.08a)
侵蚀模数 (t/km ² ·a)	7171.88

2、自然恢复期各侵蚀单元土壤流失量分析

(1) 硬化地表类型土壤流失量分析

自然恢复期，主体工程已实施完成，路面已进行地面硬化覆盖，部分不稳定边坡实施有共性框格梁浆砌石护坡，坡面被硬化，并实施有路堑边沟等水土保持工程措施，机动车道沥青混凝土硬化，人行道铺砖硬化，该区域几乎不再产生水土流失，土壤侵蚀模数取值采用经验取值法取值为 350t/km²·a。

(2) 行道树绿化类型土壤流失量分析

自然恢复期，行道树栽植已完成，该区域每棵行道树均栽植在树池内，树池由预制砼围成，树池内土体不外泄，土壤侵蚀模数取值采用经验取值法取值为 420t/km²·a。

(3) 边坡绿化类型土壤流失量分析

自然恢复期，边坡绿化区域为植草覆盖、灌木覆盖，该时段为植被恢复初期，仍存在轻度的水土流失，根据现场监测调查情况，结合植被覆盖度、土壤侵蚀分类分级标准，该区域土壤侵蚀模数取值采用经验取值法取值为 1050t/km²·a。

表 5-8 监测时段内项目区土壤侵蚀模数计算表

监测分区		水土流失面积 (hm ²)	平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
施工期 (2016 年 1 月~2017 年 12 月)	开挖边坡区	1.33	5484.22
	回填边坡区	0.88	10088.99
	施工扰动平台区	7.61	7171.88
自然恢复期 (2018 年 1 月~2018 年 12 月)	硬化地表区	7.62	350
	行道树绿化区	0.72	420
	边坡绿化区	1.48	1050

5.2.3 项目建设区土壤流失量分析

本工程为建设类项目，结合该工程建设实际监测过程，对监测时段内产生的土壤流失量与原生土壤流失量进行对比分析。

一、原生土壤流失量监测结果及分析

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)，本工程属水力侵蚀为主的西南土石山区。根据监测小组对工程沿线水土流失状况实地调查资料，结合《水保方案》确定的侵蚀模数进行分析，水土流失背景值为 1127.09t/km²·a，采用公式：流失量=∑侵蚀单元面积×侵蚀强度，计算时段按监测时段 2016 年 1 月至 2018 年 12 月计算，即 3a。项目建设区原生水土流失量详见表 5-9。

表 5-9 项目区原生土壤流失量计算表

项目分区	水土流失面积 (hm ²)	流失时段 (a)	平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)	水土流失量(t)
路基路面区	6.89	3	1120.90	231.69
景观绿化区	0.72	3	1076.39	23.25
边坡区	2.21	3	1162.90	77.1
合计	9.82		1127.09	332.04

二、监测时段内土壤流失量监测结果及分析

通过 5.2.2 各侵蚀单元侵蚀模数的确定, 采用公式: 流失量=∑侵蚀单元面积×侵蚀强度, 对监测时段内水土流失情况进行计算对比。监测时段为 2016 年 1 月~2018 年 12 月, 其中施工期为 2016 年 1 月~2017 年 12 月, 自然恢复期为 2018 年 1 月~2018 年 12 月。经计算, 监测时段内施工期项目区土壤流失量为 1415.38t, 自然恢复期项目区水土流失量为 45.52t。详见表 5-10、5-11。

表 5-10 施工期土壤流失量计算表

项目分区	水土流失面积 (hm ²)	流失时段 (a)	平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)	水土流失量(t)
开挖边坡区	1.33	2	5484.22	145.44
回填边坡区	0.88	2	10088.99	178.37
施工扰动平台区	7.61	2	7171.88	1091.56
合计	9.82		7206.59	1415.37

表 5-11 自然恢复期土壤流失量计算表

项目分区	水土流失面积 (hm ²)	流失时段 (a)	平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)	水土流失量(t)
硬化地表区	7.62	1	350	26.67
行道树绿化区	0.72	1	420	3.02
边坡绿化区	1.48	1	1050	15.54
合计	9.82		460.63	45.23

三、水土流失情况对比分析

经对比分析, 项目区原生平均土壤侵蚀模数为 1127.09t/km²·a, 施工期间平均土壤侵蚀模数为 7206.59t/km²·a, 自然恢复期平均土壤侵蚀模数为 460.63t/km²·a, 水土流失量由施工期间 1415.37t 减少为 45.23t, 与原地貌对比, 施工期间项目的施工扰动造成了一定程度的水土流失, 随着工程施工完成, 通过各项水土保持措施的实施, 各项水土保持措施发挥效益, 本项目产生的水土流失危害减少, 且比原生水土保持情况有所提高, 因此本工程水土保持措施可满足水土保持要求。

5.3 取料、弃渣潜在土壤流失量

监测组经过现场调查复核，本项目实际建设中未单独设置取料场，换填土方来源于本项目 K2+760~K3+320 西侧的工业园区盐地箐地块场地平整开挖的多余土料，本项目实际建设过程中产生废弃土石方全部运往本项目 K2+440~K2+750 东侧的工业园区黑土锅箐地块进行场平回填，未新增取料场、弃渣场，减轻本项目水土流失防治压力。盐地箐地块场地平整项目、黑土锅箐地块场地平整项目已实施相应的水土保持措施，实际实施过程中，本项目土方进行综合运用，取料、弃渣潜在水土流失量较小。

5.4 水土流失危害

通过对本项目周边区域实地走访巡查，监测组针对元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程在建设过程中未发现直接或间接对所在流域水系内的水体、周边农田等因水土流失造成危害。监测结果显示元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程在建设期间未产生水土流失危害事件。

6 水土流失防治效果监测结果

本项目已全部施工结束，监测组根据现场踏勘及收集数据分别对现阶段的六项指标进行量化计算，检验项目区内水土保持工程是否达到治理要求，以便对工程的维护、加固和养护提出建议。

根据关于印发“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，2013年8月），项目所在地元谋县属于金沙江下游国家级水土流失重点治理区，水土流失防治标准执行建设类Ⅰ级标准。据《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007），项目区属以水力侵蚀为主的西南土石山区，土壤允许流失量为 $500\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。项目的建设对所在区域直接产生水土流失影响，因此本项目水土保持工作重点是坚持以预防为主、保护优先的方针，建立健全管护机构，制定有力措施，强化监督管理；依法实施重点监督，加强执法检查，加大宣传力度，增强法制观念，遏制人为造成的水土流失。

本项目水保方案批复水土保持防治指标作为元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程水土保持监测和后期验收的目标依据，具体情况如下表 6-1。

表 6-1 水土保持措施（设施）分类分级评价指标

防治标准	计算方法	防治标准值
扰动土地整治率（%）	项目建设区内扰动土地的整治面积占扰动土地总面积的百分比	95
水土流失总治理度（%）	项目建设区内水土流失治理达标面积占水土流失总面积的百分比	95
土壤流失控制比	项目建设区内，容许土壤流失量与治理后的平均土壤流失强度之比	1.0
拦渣率（%）	项目建设区内采取措施实际拦挡的弃土（石、渣）量与工程弃土（石、渣）总量的百分比	95
林草植被恢复率（%）	项目建设区内，林草类植被面积占可恢复林草植被面积的百分比	97
林草覆盖率（%）	林草类植被面积占项目建设区面积的百分比	25

6.1 扰动土地整治率

扰动土地是指开发建设项目在建设活动中形成的各类挖损、占压、堆弃用地，均以垂直投影面积计。扰动土地整治面积，指对扰动土地采取各类整治措施的面积。扰动土地整治率为水保措施防治面积、永久建筑物面积之和与扰动地表面积的比值。

至监测结束，工程扰动土地面积为 9.82hm^2 ，实施植物措施面积为 2.2hm^2 （其中植物措施达标面积为 2.17hm^2 ，植物措施未达标面积为 0.03hm^2 ），实施路面硬化面积为 6.89hm^2 、实施边坡硬化工程防护面积为 0.73hm^2 ，经综合核定，扰动土地整治率为 98.9%，达到水土

流失防治目标。具体分析见表 6-2。

表 6-2 扰动土地整治率计算表 单位: hm^2

监测分区	建设区扰动土地总面积	植物措施达标面积	植物措施未达标面积	工程措施面积	硬化面积	扰动土地整治率 (%)
路基路面区	6.89				6.89	99
景观绿化区	0.72	0.72				99
边坡区	2.21	1.45	0.03		0.73	98.7
合计	9.82	2.17	0.03		7.62	98.9

6.2 水土流失总治理度

水土流失总治理度为项目建设区内水土流失治理达标面积占水土流失总面积的百分比。本工程建设区内自然恢复期仍存在水土流失区域为景观绿化区和边坡区实施植物措施区域, 面积为 2.2hm^2 , 实际完成的水土保持措施达标面积 2.17hm^2 , 水土流失总治理度为 98.6%。具体分析见表 6-3。

表 6-3 水土流失总治理度计算表 单位: hm^2

监测分区	水土流失面积	植物措施达标面积	植物措施未达标面积	工程措施面积	水土流失总治理度%
路基路面区	/	/	/	/	/
景观绿化区	0.72	0.72	/	/	99
边坡区	1.48	1.45	0.03	/	98
合计	2.20	2.17	0.03	/	98.6

6.3 拦渣率

根据监测调查及施工、监理资料, 本工程实际建设过程中, 工程建设实际产生土石方开挖 12.6万 m^3 , 回填 6.45万 m^3 , 外借换填 5.25万 m^3 , 产生废弃土石方 11.4万 m^3 , 全部运往本项目 K2+440~K2+750 东侧的工业园区黑土锅箐地块进行场平回填综合利用, 不产生永久弃渣, 本项目拦渣率达 98%。

6.4 土壤流失控制比

土壤流失控制比是指项目区容许土壤流失量与水保措施实施后土壤侵蚀强度之比。项目区属以水力侵蚀为主的西南土石山区, 容许土壤流失量为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。通过各水土保持工程措施和植物措施的实施, 项目区各分区的土壤侵蚀模数均低于或等于容许值。各项防治措施实施后, 项目区加权平均土壤流失强度降到 $460.63\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$, 经计算项目区土壤流失控制比为 1.09。

6.5 林草植被恢复率

林草恢复率为植物措施面积与可绿化面积的比值，本项目可绿化面积为 2.20hm^2 ，植物措施达标面积为 2.17hm^2 ，林草恢复率达 98.6%。

6.6 林草覆盖率

林草覆盖率为林草总面积与项目建设区面积的比值，本项目植物措施达标面积为 2.17hm^2 ，项目区总面积为 9.82hm^2 ，林草覆盖率达 22.1%。

6.7 表土保护率

根据《生产建设项目水土保持技术标准》(GB50433-2018)，增加表土保护率监测结果分析。表土保护率为项目区内保护的表土数量占可剥离表土总量的百分比，建设区总占地面积为 9.82hm^2 ，原始占地类型为交通运输用地、园地、林地、草地、梯坪地和其它土地，可剥离表土面积为园地 2.59hm^2 、草地 0.52hm^2 、梯坪地 0.05hm^2 ，按平均剥离 30cm 计算可剥离表土约 0.95 万 m^3 ，实际施工中剥离表土 0.26 万 m^3 ，表土保护率为 27.4%，造成了一定程度的表土资源浪费。

综上所述，本工程水土保持措施实施后，除林草覆盖率、表土保护率其余几项指标达到了防治目标值。

林草覆盖率未达标原因为：项目实际建设中根据园区交通需求取消了原设计中央隔离绿带，实施路面硬化，原设计拱形框格梁植生袋护坡区域由于受地质条件影响变更为拱形框格梁浆砌石工程护坡，因此降低了项目区的绿化面积，导致林草覆盖率未达标。

表土保护率未达标原因为：项目建设时尚未施行《生产建设项目水土保持技术标准》(GB50433-2018)，表土保护率未记列为防治目标，施工单位对表土进行了按需剥离，未进行全部剥离保护，造成了部分表土资源的浪费。但项目建设实施的水土保持工程措施、植物措施、临时措施有效，一定程度地遏制了新增水土流失量，具有一定的生态效益。

各项指标达标情况见表 6-4。

表 6-4 水土流失防治效果监测达标情况

序号	防治指标类型	防治标准值	监测指标	达标情况
1	扰动土地治理率 (%)	95	98.9	达标
2	水土流失治理度 (%)	95	98.6	达标

序号	防治指标类型	防治标准值	监测指标	达标情况
3	土壤流失控制比	1.0	1.09	达标
4	拦渣率 (%)	95	98	达标
5	林草植被恢复率 (%)	97	98.6	达标
6	林草覆盖率 (%)	25	22.1	未达标
7	表土保护率 (%)	99	27.4	未达标

7 结论

7.1 水土流失动态变化

水土流失是一个动态变化过程，其强度也是动态变化的。

根据监测结果，在项目区水土流失强度变化主导因子是降雨情况，随着雨季旱季的更替增大减小，项目区的水土流失强度有明显变化。项目区水土流失量随着时间的增加累积。防治目标达标情况能反映项目区防治措施的到位情况，项目施工初期水土流失强度最大，随着各项水土保持措施的实施，水土流失强度逐渐减小，通过各项水土保持措施的实施，截止 2019 年 3 月，本工程各项水土保持指标的达标情况见表 7-1。

表 7-1 六项指标监测结果与方案目标对比情况表

防治标准	方案目标值	监测值	达标情况
扰动土地整治率 (%)	95	98.9	达标
水土流失总治理度 (%)	85	98.6	达标
土壤流失控制比	1.0	1.09	达标
拦渣率 (%)	95	98	达标
林草植被恢复率 (%)	95	98.6	达标
林草覆盖率 (%)	20	22.1	未达标
表土保护率 (%)	99	27.4	未达标

从表中可以看出，本项目除林草覆盖率、表土保护率外其余几项指标达到了方案批复的目标值。项目建设实施的水土保持工程措施、植物措施、临时措施有效，一定程度地遏制了新增水土流失量，具有一定的生态效益。

7.2 水土保持措施评价

本项目路基路面区采取了路堑边沟、临时排水沟、永临结合沉砂井等排洪导流设施，形成完整的排水系统，正确引导水流，能有效地防止径流对地表的冲刷，保持水土的效果明显。现状永久措施路堑边沟运行良好，沟内无淤积，无破损毁坏，排水顺畅。

景观绿化区采取了植被建设工程，措施布局满足水土保持要求，选用树种合理，植物生长较好，植被成活率达 100%，覆盖度达 90%，在美化环境的同时，能够有效控制项目区水土流失，发挥其水土保持效益。

边坡区采取了边坡区撒播草籽、穴播灌木相思树等植物措施，减少边坡土体裸露，通过植物的生长活动达到根系加筋、茎叶防冲蚀的目的，可在坡面形成茂密的植被覆盖，在

表土层形成盘根错节的根系，有效抑制暴雨径流对边坡的侵蚀，增加土体的抗剪强度，减小孔隙水压力和土体自重力，从而大幅度提高边坡的稳定性和抗冲刷能力。起到较好的水土保持效果。

各项水土保持防治措施布局合理，数量充足，防治效果明显，基本达到水土保持方案设计要求。

7.3 存在问题及建议

通过监测，对元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程提出以下问题及建议：

(1) 未对项目建设区内可剥离表土区域实施全部的表土剥离和收集，造成了一定程度的珍贵表土资源浪费，建议以后再实施其它项目时一定要做好表土剥离、收集工作，提高表土保护率，保护好珍贵的表土资源。

(2) 边坡区部分实施植物措施区域未能达到林草覆盖度标准，加强绿化区植物措施的抚育管理，对绿化区内未能达到林草覆盖度标准的区域及时进行补植补种。

(3) 在工程运行期间要重点对已有水土保持措施的管理维护，保证各项措施的有效运行，发现问题及时完善补救。

7.4 综合结论

监测结果表明，元谋县工业聚集区小雷宰那化梁子片区一号路提升改造工程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批复的水土保持方案和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，有效控制了工程的水土流失。

截至 2019 年 3 月，随着工程区各项水保措施已完全发挥防护作用，取得了较好的水土保持防护效果。通过项目区巡查及查阅工程资料，项目建设未发生水土流失危害，除林草覆盖率外的几项指标均达到了方案批复目标值。

综上所述，建设单位在水土流失防治责任范围内的水土保持设施具备正常运行条件，且能持续、安全、有效运行，水土保持设施的管护、维护措施落实到位，符合交付使用要求。