

水保监测（云）字第 0001 号

普洱市五里河水库工程

水土保持监测总结报告

建设单位：普洱市五里河水库工程建设管理局

监测单位：昆明龙慧工程设计咨询有限公司

二〇二一年九月

目录

前言.....	2
1 建设项目及水土保持工作概况.....	6
1.1 建设项目概况.....	6
1.2 水土保持工作情况.....	27
1.3 监测工作实施情况.....	30
2 监测内容与方法.....	35
2.1 监测内容.....	35
2.2 监测方法.....	37
3 重点部位水土流失动态监测.....	47
3.1 防治责任范围监测.....	47
3.2 取料监测结果.....	50
3.3 弃渣监测结果.....	51
4 水土流失防治措施监测结果.....	56
4.1 工程措施监测结果.....	56
4.2 植物措施监测结果.....	58
4.3 临时防护措施监测结果.....	64
4.4 水土保持措施防治效果.....	65
5 土壤流失情况监测.....	68
5.1 水土流失面积.....	68
5.2 土壤流失量.....	68
5.3 取料、弃渣潜在土壤流失量.....	79
5.4 水土流失危害.....	79
6 水土流失防治效果监测结果.....	81
6.1 扰动土地整治率.....	81
6.2 水土流失总治理度.....	82
6.3 拦渣率.....	83

6.4 土壤流失控制比.....	83
6.5 林草植被恢复率.....	83
6.6 林草覆盖率.....	83
7 结论.....	85
7.1 水土流失动态变化.....	85
7.2 水土保持措施评价.....	85
7.3 存在问题及建议.....	86
7.4 综合结论.....	86

附件：

附件 1：委托书；

附件 2：云南省发展和改革委员会关于《普洱市五里河水库工程可行性研究报告批复》（云发改农经〔2012〕2037 号，云南省发展和改革委员会，2012 年 10 月 25 日）；

附件 3：云南省水利厅关于《普洱市五里河水库工程水土保持方案可行性研究报告书的批复》（云水保〔2012〕409 号，云南省水利厅，2012 年 10 月 9 日）；

附件 4：云南省水利厅云南省发展和改革委员会关于《普洱市五里河水库工程初步设计报告》的批复（云水规计〔2013〕20 号，云南省水利厅云南省发展和改革委员会，2013 年 3 月 15 日）；

附件 5：普洱市水务局关于《普洱市五里河水库工程弃渣场变更水土保持方案补充报告》的批复（普水许〔2021〕29 号，普洱市水务局，2021 年 9 月 27 日）；

附件 6：水土保持补偿费缴纳凭证。

附件 7：项目区监测照片集。

附图：

- 1、项目区地理位置示意图；
- 2、普洱市五里河水库工程总平面布置图；
- 3、普洱市五里河水库工程水土流失防治责任范围图；
- 4、普洱市五里河水库工程水土保持措施及监测点布置图

普洱市五里河水库工程水土保持监测特性表

主体工程主要技术指标											
项目名称		普洱市五里河水库工程									
建设规模		本工程为新建项目，建设内容包括枢纽工程和输水工程三大部分，总占地面积 143.85hm ² 。	建设单位、联系人			普洱市五里河水库工程建设管理局 艾建 18724882355					
			建设地点			云南省普洱市倚象镇五里河流域的上游					
			所属流域			澜沧江水系					
			工程总投资			20074.64万元					
			工程总工期			74个月（2013年4月-2019年5月）					
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		保春刚/15925116618			
自然地理类型			侵蚀切割低中山区地貌			防治标准		建设类项目一级标准			
监测内容	监测指标		监测方法（设施）			监测指标		监测方法（设施）			
	1.水土流失状况监测		调查监测			2.防治责任范围监测		调查监测			
	3.水土保持措施情况监测		调查监测			4.防治措施效果监测		调查监测			
	5.水土流失危害监测		调查监测			水土流失背景值		1017.47t/km ² •a			
方案设计防治责任范围			191.70hm ²			容许土壤流失量		500t/km ² •a			
水土保持投资			898.28 万元			水土流失目标值		500t/km ² •a			
防治措施			（一）工程措施：①主体工程设计的工程措施包括：枢纽工程区浆砌石截排水沟 196.52m ³ ；料场区表土剥离 6.85 万 m ³ ；施工道路区表土剥离 5.74 万 m ³ ；施工生产生活区表土剥离 1.34 万 m ³ ；②方案新增措施：枢纽工程区 C20 混凝土排水沟 37.4m ³ ，M7.5 浆砌石排水沟 345.74m ³ ，C25 混凝土排水沟 75.31m ³ ，盖板排水沟 44.94m ³ ，Φ400 混凝土涵管 20m；施工道路区 C15 埋石砼排水沟 950m ³ ；弃渣场浆砌石挡墙 361.1m，格宾钢丝石笼挡墙 2641m ³ ，截排水沟 1017m。（二）植物措施：①主体设计的植物措施包括：枢纽工程区植草护坡 18461.52m ² ；②方案新增植物措施包括：植被恢复面积 47.34hm ² ，种植爬山虎 1404 株、葛藤 9550 株，车桑子 12.5kg，种草面积 42.89hm ² ，狗牙根种子 2448.6kg，覆土量 14.56 万 m ³ ，幼林抚育面积 47.42hm ² ；（三）临时措施：临时拦挡 952m，临时排水沟 2256m。								
监测结论	防治效果	分类指标	目标值	达到值	实际监测数量						
		扰动土地整治率	95%	99.32%	防治措施面积	49.27hm ²	建筑物及硬化面积	45.09hm ²	扰动土地面积	95.01 hm ²	
		水土流失总治理度	97%	98.70%	防治责任范围面积		143.85 hm ²	水土流失总面积	49.92hm ²		
		土壤流失控制比	1.0	1.03	工程措施面积		/	容许土壤流失量	500t/km ² •a		
		拦渣率	95%	98%	植物措施面积		49.27hm ²	监测土壤流失情况	485t/km ² •a		
		林草植被恢复率	99%	99%	可恢复林草植被面积		49.27hm ²	林草类植被面积	49.27hm ²		
		林草覆盖率	27%	51.86%	实际拦挡弃土（石、渣）量		63.46 万 m ³	总弃土（石、渣）量	63.46 万 m ³		
	水土保持治理达标评价		六项水土流失防治指标均达到《水保方案》拟定防治目标值。								
	总体结论		本工程建设单位重视本工程水土保持工作，按照批复的《水保方案》结合实地情况实施了水土流失防治措施，对抑制项目区因工程建设造成的水土流失起到了积极作用，并有效改善了项目区生态环境。								
主要建议		（1）弃渣场及料场局部区域植被恢复区域恢复效果不佳，应及时补植补种。 （2）加强运行期已建水土保持措施管护工作，确保其发挥正常的水土保持功能。									

前言

一、项目简况

普洱市五里河水库工程（以下简称“五里河水库”）地处云南省普洱市思茅区倚象镇南面，位于澜沧江水系补远江上段曼老江右岸的一级支流五里河上游，流域地理坐标为东经 $101^{\circ} 01' \sim 101^{\circ} 06'$ 、北纬 $22^{\circ} 41' \sim 22^{\circ} 44'$ 。工程沿线有倚象镇至鱼塘公路通过，水库枢纽距倚象镇 11km，距普洱市约 23km，距昆明市约 446km，工程区对外交通条件较为便利。

五里河水库正常蓄水位为 1472.8m，死水位为 1430.4m，总库容 1144.21 万 m^3 ，兴利库容为 879.72 万 m^3 。工程由枢纽工程和曼歇干渠组成。枢纽工程建筑物由大坝、溢洪道、输水隧洞和导流隧洞组成，溢洪道布置在大坝右坝肩，输水隧洞位于大坝上游右岸，导流隧洞布置在大坝左岸。工程规模为中型，工程等别为 III 等。枢纽区主要建筑物为 3 级，次要建筑物为 4 级，临时建筑物为 5 级；渠道及渠系主要建筑物倒虹吸为 5 级建筑物。

2010 年 2 月云南省水利水电勘测设计研究院受普洱市城区水库管理局委托，根据《普洱市五里河及相关区域水资源利用规划报告》，开展五里河水库项目建议书阶段的勘测设计工作；并于 2011 年 8 月编制完成。2012 年 6 月，云南省水利水电勘测设计研究院编制了《普洱市五里河水库工程可行性研究报告》。2012 年 10 月 25 日，云南省发展和改革委员会以云发改农经〔2012〕2037 号文对该项目可行性研究报告进行了批复。

工程实际扰动地面积为 143.85 hm^2 ，其中永久占地面积 80.27 hm^2 、临时用地面积 63.58 hm^2 。按工程建设分区划分为：枢纽工程区 16.16 hm^2 、渠道工程区 11.67 hm^2 、施工道路区 32.94 hm^2 、弃渣场区 12.03 hm^2 、料场区 17.74 hm^2 、施工生产生活区 4.47 hm^2 、水库淹没区 48.84 hm^2 。

工程由普洱市五里河水库工程建设管理局负责建设，工程概算总投资 20074.64 万元，土建投资 12647.02 万元。实际建设工期 6.17 年，于 2013 年 4 月 12 日开工，2019 年 5 月 23 日完工。

二、监测任务由来及监测过程

为贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》和工程建设项目的有关法律法规的规定，确保本工程在建设过程中新增水土流失得到全面有效的治理，工程建设

单位普洱市五里河水库工程建设管理局于2012年6月委托云南秀川环境工程有限公司对项目的水土保持方案报告书进行编制工作，编制单位于2012年7月完成《普洱市五里河水库工程水土保持方案可行性研究报告》（报批稿）的编制工作，2012年10月9日云南省水利厅以“云水保（2012）409号”对本项目水保方案进行了批复，明确了本工程的水土流失防治重点、防治责任范围、防治分区、防治措施和水土保持投资。

项目实际建设内容及布置情况基本按照主体设计内容进行建设，但在建设过程中，原水保方案设计的占地面积、防治责任范围、水保措施布置情况发生一定的变化，主要变化内容为：取料场面积减少，弃渣场位置发生变更，但堆存容量根据实际情况进行调整，导致占地面积发生变化，施工道路根据实际需要进行修建，长度和面积发生变化，相应的占地面积、防治责任范围和水土保持措施发生一定变化。

根据《水利部生产建设项目水土保持方案变更管理规定》，结合工程变化情况对工程是否构成重大变更进行了梳理，根据梳理结果，本项目地点、建设内容、水土保持措施变化等均可以纳入水土保持设施验收管理，不存在项目重大变更，但弃渣场位置，面积及堆渣量发生变化，已构成重大变更，建设单位于2018年9月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司编制完成了《普洱市五里河水库工程弃土场变更水土保持方案补充报告书》，2021年9月27日，普洱市水务局以“普水许（2021）29号文”对《普洱市五里河水库工程弃渣场变更水土保持方案补充报告书》进行了批复。

根据《水土保持监测技术规程》和水利部令第16号《开发建设项目水土保持设施验收管理办法》有关规定，普洱市五里河水库工程建设管理局于2014年9月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司开展工程的水土保持监测，接受委托之后，我公司即组织技术人员成立项目组到施工现场进行实地查勘、调查、收集有关数据，针对工程水土保持工作的不足和存在的问题，现场提出相应的整改建议。监测项目组分别于2013年4月、8月、11月、2014年3月、6月、10月、12月、2015年2月、4月、8月、11月、2016年3月、5月、9月、12月~2021年8月共计30次对项目现场进行了外业调查，经过分析整理，于2021年9月编制完成了《普洱市五里河水库工程水土保持监测总结报告》（以下简称《监测报告》）。

三、水土保持监测结果

143.85hm²，其中项目建设区面积为 143.85hm²，直接影响区面积 0hm²。工程建设期间实际扰动地表面积为 143.85hm²，占地类型主要为水田、旱地、园地、林地、宅基地、交通运输用地、水域及其他用地。

工程实际建设过程中开挖土石方为 207.89 万 m³（自然方，下同），回填利用量 127.98 万 m³，总弃渣量为 79.91 万 m³（包括剥离表土和收集表土）。五里河水库工程建设过程中产生废弃土石方中永久弃渣量为 63.46 万 m³，堆放于主体工程布设的弃渣场内。

截止 2021 年 9 月，经统计项目实施水土保持措施具体如下：（一）工程措施：①主体工程设计的工程措施包括：枢纽工程区浆砌石截排水沟 196.52m³；料场区表土剥离 6.85 万 m³；施工道路区表土剥离 5.74 万 m³；施工生产生活区表土剥离 1.34 万 m³；②方案新增措施：枢纽工程区 C20 混凝土排水沟 37.4m³，M7.5 浆砌石排水沟 345.74m³，C25 混凝土排水沟 75.31m³，盖板排水沟 44.94m³， ϕ 400 混凝土涵管 20m；施工道路区 C15 埋石砼排水沟 950m³；弃渣场浆砌石挡墙 361.1m，格宾钢丝石笼挡墙 2641m³，截排水沟 1017m。（二）植物措施：①主体设计的植物措施包括：枢纽工程区植草护坡 18461.52m²；②方案新增植物措施包括：植被恢复面积 47.34hm²，种植爬山虎 1404 株、葛藤 9550 株，车桑子 12.5kg，种草面积 42.89hm²，狗牙根种子 2448.6kg，覆土量 14.56 万 m³，幼林抚育面积 47.42hm²；（三）临时措施：临时拦挡 952m，临时排水沟 2256m。

通过各项水土保持措施的建设，因本工程建设产生的水土流失得到有效治理，项目区原生土壤流失量为 11215.11t，施工期土壤流失量为 23609.59t，防治措施实施后土壤流失量为 975.71t。项目区防治措施实施后平均土壤侵蚀模数已降低至 485t/km².a，通过各项水土保持措施的实施，工程区内已基本形成水土流失防治措施体系，水土保持工作成效明显。

通过对项目区水土流失防治效果评价，水土保持措施实施后各项指标为：扰动土地整治率 99.32%，水土流失总治理度 98.70%，土壤流失控制比达到 103，拦渣率达到 98%以上，林草植被恢复率达到 99%，林草覆盖率达到 51.86%。项目区六项防治指标均达到方案批复的目标值。

四、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，水土保持工程基本完好，发挥了防治因工程建设引发水土流失的作用。

目前，建设单位已完成水土保持设施的竣工结算，后期运行管理单位已明确，后续管护和运行资金有保证；各项水土保持设施具备运行条件，且能持续、安全、有效运转，符合交付使用要求，已具备水土保持设施竣工验收的条件。

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

普洱市五里河水库工程（以下简称“五里河水库”）地处云南省普洱市思茅区倚象镇南面，位于澜沧江水系补远江上段曼老江右岸的一级支流五里河上游，流域地理坐标为东经 101° 01′ ~101° 06′ 、北纬 22° 41′ ~22° 44′ 。工程沿线有倚象镇至鱼塘公路通过，水库枢纽距倚象镇 11km，距普洱市约 23km，距昆明市约 446km，工程区对外交通条件较为便利。

1.1.1.2 项目建设规模及特性

项目名称：普洱市五里河水库工程

建设单位：普洱市五里河水库工程建设管理局

建设地点：云南省普洱市倚象镇五里河流域的上游

建设性质：新建

建设规模：中型水库，工程等别为Ⅲ等，主要建筑物大坝、溢洪道、泄洪输水隧洞为 3 级建筑物，次要建筑物为 4 级，临时建筑物为 5 级，

建设内容：包括枢纽工程和输水工程两大部分，总占地面积 143.85hm²。

建设工期：工程于 2013 年 4 月 12 日开工，2019 年 5 月 23 日完工，总工期为 6.17 年；

建设投资：总投资为 20074.64 万元，土建投资 12647.02 万元；

工程技术经济指标详见表 1-1。

表1-1 工程主要技术经济指标表

序号	名称	单位	数量	备注
一	水文			
1	坝址以上本区径流面积	km ²	15.6	
2	水文系列年限	年	40	
3	多年平均径流量	万 m ³	1310	
4	代表性流量			
	多年平均流量	m ³ /s	0.415	
	设计洪峰流量（P=2%）	m ³ /s	209	
	校核洪峰流量（P=0.1%）	m ³ /s	312	

序号	名称	单位	数量	备注
	施工导流洪峰流量 (P=10%)	m ³ /s	12.1	枯期
	施工导流洪峰流量 (P=5%)	m ³ /s	176	汛期
5	泥砂			
	多年平均悬移质年输沙量	万 t	0.383	
	多年平均推移质年输沙量	万 t	0.077	
二	工程规模			
1	水库水位			
	校核洪水位 (P=0.1%)	m	1477.59	
	设计洪水位 (P=2%)	m	1476.02	
	正常蓄水位	m	1472.8	
	汛限水位	m	1472.8	
	死水位	m	1430.4	
	总库容	万 m ³	1144.21	
	正常蓄水位以下库容	万 m ³	896.12	
	兴利库容	万 m ³	879.72	
	死库容	万 m ³	16.4	
	校核洪水位时最大下泄流量	m ³ /s	92	
	设计洪水位时最大下泄流量	m ³ /s	50.72	
	设计引水流量	m ³ /s	2.15	
2	灌溉工程			
	设计灌溉面积	万亩	2.01	
	灌溉保证率	%	80	
	设计泄洪流量(P=2%)	m ³ /s	50.72	
3	输水隧洞			
	设计流量	m ³ /s	2.15	
	型式			城门洞型
	隧洞全长	m	3124	
	断面尺寸	m ²	2.0×2.5	
	进口底板高程	m	1425.7	
	衬砌型式			钢筋混凝土衬砌
	工作闸门	套	1	1.0m×1.5m 平门
	检修闸门	套	1	1.0m×1.5m 平门
4	曼歇干渠工程			
	渠道总长	km	20.9	
	渠首流量	m ³ /s	2.15	
	渡槽	座	1	
	倒虹吸	座	3	
	取水坝	套	1	
	斗门	套	6	
七	施工			
1	主体工程数量			
	明挖土石方	万 m ³	68.32	

序号	名称	单位	数量	备注
	洞挖石方	万 m ³	5.28	
	坝体填筑土石方	万 m ³	75.51	
	浆砌石方	万 m ³	3.25	
	混凝土和钢筋混凝土	万 m ³	3.8	
	钢筋	t	2295	
	金属结构安装	t		
	帷幕灌浆	m	12358	
	固结灌浆	m	5153	
	回填灌浆	万 m ³	1.54	
2	所需劳动力			
	总工日	万工日	47.29	
	平均施工人数	人	1190	
3	施工动力及来源			
	供电	kV	10	由倚象镇变电站引接
4	对外交通			现有公路可满足对外交通要求
	距离	km	16	距普洱市
5	施工导流			一次断流、隧洞导流
6	施工临时占地	亩	1029.1	
7	施工总工期	月	74	
八	经济指标			
1	总投资	万元	20074.64	
	枢纽工程	万元	8969.44	
	渠道工程	万元	488.64	
2	综合利用经济指标			
	水库单位库容投资	元/m ³	17.54	
	运行水价	元/m ³	0.77	
	经济内部收益率	%	6.89	
	经济净现值	万元	3503.29	

1.1.1.3 项目组成

五里河水库工程由枢纽工程、灌溉干渠工程组成两部分组成。枢纽工程区由大坝、溢洪道、输水隧洞和导流隧洞组成；渠道工程区由输水干渠、取水坝、渡槽、倒虹吸及其他建筑物组成。普洱市五里河水库工程项目组成详见表 1-2。

表1-2普洱市五里河水库工程项目组成表

序号	工程项目	项目组成	占地性质	备注
1	水库淹没区		永久	
2	枢纽工程区	大坝、溢洪道、输水隧洞、导流隧洞等	永久	
3	输水渠道工程区	灌溉干渠	永久	包括曼歇干渠的左、右干渠
4	道路工程区	永久道路、临时道路	永久/临时	
5	料场区	土料场、坝壳料场及石料场	临时	
6	弃渣场区	枢纽工程区 3 座弃渣场，输水渠道工程区 15 座弃渣场，	临时	共 18 座弃渣场
7	施工生产生活区	施工营场地、堆料场	临时	风水电系统、管理用房及生活用房、堆料场和拌和站、混凝土加工厂等

一、枢纽工程区

水库枢纽工程建筑物由大坝、溢洪道、输水隧洞和导流隧洞组成，溢洪道布置在大坝右坝肩，输水隧洞位于大坝上游，导流隧洞布置在大坝左岸。

(1) 大坝

大坝为粘土心墙石渣坝，坝顶高程 1478.00m，坝顶宽度 6.0m，最大坝高 64m，坝顶长 205.0m。心墙顶宽 3.0m，顶高程 1477.5m，上、下游边坡均为 1:0.25，心墙上、下游侧分别各设宽为 2.0m 的Ⅰ反滤层和Ⅱ反滤层。上游坝坡坡比为 1:1.9、1:2.0、1:2.1，下游坝坡坡比为 1:2.2、1:2.3、1:2.4。上游高程 1445.00m 以下坝面采用干砌块石护坡，高程 1445.00m 至坝顶高程 1478.00m 坝面采用 C15 混凝土预制块护坡，下游坝面采用混凝土网格梁植草护坡，坝坡上、下游戕台宽度为 2.0m。坝顶上游侧设置高 1.2m 的石材防浪墙，路面铺设石材。

坝基及绕坝渗漏采用帷幕灌浆防渗处理，帷幕线长 357.75m，左岸延长段长 99.9m，右岸延长段长 52.85m。在坝基范围内布设双排孔，排距 1.5m，孔距 2.0m；在坝基范围外布设单排孔，孔距 1.5m。灌浆底界深入相对隔水层（q≤5Lu）约 5m。

坝基进行固结灌浆处理，在帷幕灌浆轴线上、下游各设两排固结灌浆孔。固结灌浆孔的孔距、排距采用 2.0m，灌浆深度 8.0m。

(2) 输水隧洞

输水隧洞位于大坝上游右岸，由进口明渠段、有压洞身段、渐变段、竖井段、无压洞身段、出口明渠段和 1#施工支洞组成，全长 3124.8m，设计流量 2.15m³/s。输水隧洞兼顾放空功能。

进口明渠段（输 0-010.00~输 0+000.00）：长度 10.0m，底坡 $i=0$ ，底板高程 1425.70m，采用矩形断面，为 C25 钢筋混凝土整体结构，底宽 2.5~1.5m，边墙高 1.2~2.9m；输 0-006.00m 处增设一拦沙坎，坎高 2.9m，底宽 0.64m，顶宽 0.35m。

有压洞身段（输 0+000.00~输 0+071.40）：长度 71.4m，底坡 $i=0$ ，底板高程 1425.70m，采用圆拱直墙形断面，为 C25 钢筋混凝土结构，断面尺寸 1.5m×1.8m。洞身进行回填和固结灌浆。

渐变段（输 0+071.40~输 0+076.40）：长度 5.0m，底坡 $i=0$ ，底板高程 1425.70m，C25 钢筋混凝土结构，输 0+071.40 处断面尺寸为 1.5m×1.8m 圆拱直墙形断面，输 0+076.40 处断面尺寸为 1.5m×1.0m 矩形断面。洞身进行回填和固结灌浆。

竖井段（0+076.40~0+083.00）：长度 6.6m，底坡 $i=0$ ，闸室底板高程 1425.70m，闸门检修平台高程为 1478.00m，井深 52.30m，其上为启闭机房。竖井采用 C25 钢筋混凝土衬砌，启闭机房为 C25 钢筋混凝土框架结构，启闭机层高程为 1483.50m，屋面层面高程为 1487.20m。竖井内设 1.0m×1.5m 检修和工作平面钢闸门各 1 道，启闭机室内安装工作门 QPQ400kN-8m 卷扬启闭机 1 台、检修门 QPQ400kN-55m 卷扬启闭机 1 台。

无压洞身段（输 0+083.00~输 3+084.20）：长度 3001.2m，底坡 $i=1/1000$ ，采用圆拱直墙形断面，为 C25 钢筋混凝土结构，断面尺寸 2.0m×2.5m。洞身进行回填灌浆。

出口明渠段（输 3+084.20~输 3+114.8）：长度 30.6m，输 3+084.20~输 3+088.00，底坡 $i=1/1000$ ，输 3+088.00~输 3+111.80，底坡 $i=1/1.7$ ，输 3+111.80~输 3+114.80，底坡 $i=0$ ，均采用矩形断面，为 C25 钢筋混凝土结构，断面尺寸 1.5m×1.5m。

1#施工支洞：布置于输水隧洞里程 0+593 段，全长 392.25m，其中：明挖段（1 支 0-017.97~1 支 0-002.00）长 17.97m，底坡 $i=0$ ，底板高程 1445.00m；明拱段（1 支 0-002.00~1 支 0+000.00）长 2.0m，底坡 $i=0$ ；锁口段（1 支 0+000.00~1 支 0+010.00）长 10.0m，底坡 $i=0$ ；斜洞段（1 支 0+010.00~1 支 0+342.93）长 332.93m，底坡 $i=0.0606$ ；平洞段（1 支 0+342.93~1 支 0+360.93）长 18.0m；堵头段（1 支 0+347.93~1 支 0+372.93）长 25.0m。开挖断面尺寸 3.1m×3.1m，采用钢支撑和锚喷永久支护。洞口（1 支 0+000.00~1 支 0+002.00）采用 C25 混凝土封堵，封堵高度 2.205m，上部拱顶不封堵作为预留连通孔。

(3) 溢洪道

溢洪道布置在大坝右坝肩，为无闸控制开敞式溢洪道，堰顶高程 1472.80m（正常蓄水位），堰宽 6.0m。溢洪道由进水渠段、控制段、泄槽 I 段、泄槽 II 段、消力池段及护坦段组成，全长 246.0m，最大下泄流量 $91.99\text{m}^3/\text{s}$ （ $P=0.1\%$ ）。

进水渠段（溢 0+026.00~溢 0+000.00）：长度 26.0m，为矩形断面，底宽 6.0m，底坡 $i=0$ ，底板高程 1472.30m。其中溢 0+026.00~溢 0+013.00 为 M7.5 浆砌石结构，内侧挡墙高 5.7m；溢 0+013.00~溢 0+000.00 为弧形 C25 混凝土墙体，边墙高 5.7m。

控制段（溢 0+000.00~溢 0+016.00）：长度 16.0m，为有坎宽顶堰型式，堰顶高程 1472.80m，堰宽 6.0m，堰高 0.5m。在溢 0+003.968~溢 0+010.232 设置交通桥，桥面宽 6.0m。采用 C25 钢筋混凝土衬砌。

泄槽 I 段（溢 0+016.00~溢 0+068.00）：长度 52.0m，底坡 $i=1/100$ ，采用矩形断面，底宽 6.0m，为 C25 钢筋混凝土整体结构。溢 0+016.00~溢 0+029.00 段边墙高由 5.2m 降至 3.5m；溢 0+029.00~溢 0+068.00 段边墙高均为 3.5m。

泄槽 II 段（溢 0+068.00~溢 0+184.00）：长度 116.00m，底坡 $i=1/1.8$ ，采用矩形断面，底宽 6.0m，为钢筋混凝土整体结构，因泄槽段流速较高，过流面采用 400mm 厚 C40 混凝土，外侧采用 C25 混凝土。

消力池段（溢 0+184.00~溢 0+214.00）：长度 30.0m，矩形断面，池宽 6.0m，池深 7.5m，池底板高程 1411.0m，消力池底板及边墙迎水面均设计为 50cm 厚 C40 二级配抗冲磨混凝土，其余部位均为 C25 二级配混凝土。

护坦段（溢 0+214.00~溢 0+226.00）：长度 12.0m，底坡 $i=1/500$ ，M7.5 浆砌石砌筑。

(4) 导流隧洞

导流隧洞位于大坝上游左岸，为专用导流洞，进口设拦污栅及叠梁门槽，进口底板高程 1425.20m，坡度 $i=0.02$ 。洞身长度 467.33m，断面为 $1.8\text{m}\times 2.0\text{m}$ 的城门洞形。洞身段导 0+000m~导 0+191.737m 采用 C25 钢筋混凝土衬砌，洞身段 0+191.737m~导 0+467.33m 采用 C20 钢筋混凝土衬砌。洞身进行回填灌浆，导 0+171.737m~导 0+191.737m 洞段进行固结灌浆。导流度汛任务结束后，对导流洞进行封堵，导 0+172.737m~导 0+177.737m 段为 C25 混凝土临时堵头，导 0+177.737m~导 0+195.737m 段为 C25 微膨胀混凝土永久堵头。堵头段（导 0+172.737m）至隧洞出

口（导 0+475.633m）安装一根 DN500、管壁厚 8mm 的 Q345C 钢管为生态放水管，下放生态流量 $0.042\text{m}^3/\text{s}$ 。

（5）水库管理所

生产和生活管理用房的土建、照明、给排水、绿化部分，包括基础开挖及浇筑、排水、混凝土柱及圈梁、砖砌体、内外装修工程、门窗、附属配套设施及庭院、停车场绿化、石材安装。砖混结构部分（生活及文化福利用房 A、C 栋），一层。A 栋高 3.6m，总建筑面积 175.02m^2 ；C 栋高 3.9m，总建筑面积 87.67m^2 。框架结构部分（生产及管理用房 B 栋），两层。建筑总高度 7.5m，总建筑面积 449.6m^2 （其中，一层建筑面积 224.8m^2 ，二层建筑面积 224.8m^2 。）庭院绿化 972m^2 、停车场绿化 1882m^2 、停车场草格砖铺设。

二、渠道工程区

曼歇干渠取水坝布置于木乃河左岸支流老金田河上游石碓窝处，取水坝为溢流坝，坝高 4.1m，坝轴线长 14.45m，坝顶高程 1151.10m。溢流坝左右两侧设置分水口和冲砂孔，分水平面钢闸门为 $1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$ ，冲砂平面钢闸门为 $1.0\text{m}\times 2.0\text{m}$ ，螺杆式启闭机启闭。分水闸室底板高程 1150.00m，冲砂闸室底板高程 1149.50m，闸室平台高程 1154.00m，平台设启闭机房，房顶高程 1158.00m。溢流坝交通桥长 18.20m，桥面宽 4.30m。取水坝左右两端各设左干渠、右干渠分水闸，分水闸后分别接左干渠和右干渠，渠首底板高程均为 1150.00m，渠首总设计流量 $2.15\text{m}^3/\text{s}$ ，左、右干渠总长 20.9km，其中，左干渠全长 12.1km，底坡 1/1500，渠首设计流量 $1.30\text{m}^3/\text{s}$ ，加大流量 $1.69\text{m}^3/\text{s}$ ，渠系建筑物有倒虹吸 3 座，全长 1000.309m；右干渠全长 8.8km，底坡 1/1500，渠首设计流量 $0.85\text{m}^3/\text{s}$ 、加大流量 $1.11\text{m}^3/\text{s}$ ，渠系建筑物有倒虹吸 1 座，长 155.3m。

三、施工道路区

五里河水库进库永久公路由从普洱市旅游环线～竖井段（里程 K0+000.00m～K1+547.30m）的主线、从主线至旅游环线的支线 I 段（里程支 K0+000.00～支 K0+047.60m）、从主线至管理局的支线 II 段（里程支 K0+000.00～支 K0+129.60m）和从主线至大坝的支线 III 段（里程支 K0+000.00～支 K0+281.70m）所组成，公路总长为 2006.20m。

进库永久公路前段（主线 K0+000.00m～K0+500.00m）采用原进村道路，仅对局部狭窄地段进行扩宽及增加混凝土路面及两侧排水沟，其它路段采用施工时进场

道路改建。从旅游环线至导流隧洞出口段，公路总长计 1km，为新建道路。因工程施工完成后已有至大坝的永久公路，所以此段公路没有进行路面硬化。路面硬化长度总计 2006.20m，采用厚 0.15m 的碎石铺设，压实后采用 0.25m 厚 C25 水泥混凝土浇筑，每 3m 设置 1 纵向施工缝，封内设传力杆缩缝并采用沥青填缝；道路中间设置横向施工缝，采用沥青填缝。在路边增设 C15 埋石混凝土排水沟，排水沟尺寸为 0.3m×0.5m。施工完成后采用土石渣回填路肩。

四、料场区

（一）土料场

土料场主要提供围堰和坝体所需的防渗用料，工程土料设计用量为 12.5 万 m³（填筑方），规划开采有用料 17.4 万 m³（自然方）。本阶段共勘探了 2 个土料场，分别为 1#土料场和 2#土料场，方案设计阶段主要使用 2#土料场，1#土料场为备用料场，实际实施阶段仅启用了 2#土料场，1#土料场未扰动。

2#土料场位于下坝线下游左岸 0.5~1.1km，分布高程 1410~1560m，地形坡度 5~28°，开采面较宽阔。无用层为地表腐植根系层，平均厚 0.5m 有用层为地表残坡积层土红色、浅黄色砂质粘土土夹碎块石，厚 1.5~3m。土质均匀，厚度较稳定，下伏基岩为白垩系下统紫红色粉砂岩、钙质泥岩、杂色砂砾岩。第四系有用储量为 35.86×10⁴m³，剥离量 10.6×10⁴m³，剥采比 0.29。

2#土料场储量及质量满足防渗土料的用料要求，料源均高于地下水位，场面平缓开阔，料场至坝址需新建上坝公路，公路里程 1.6km。2#土料场现状为旱地、林地和园地，位于下坝线下游左岸 0.5~1.1km 处，不在水库淹没区范围内。

由于 1#土料场与 2#土料场质量、储量均能满足设计要求，运距分别为 4.2km 和 1.6km，2#土料场运距较小，因此本阶段初步规划工程所需土料主要由 2#土料场开采供应，规划开采有用料 17.4 万 m³（自然方），总开采 22.6 万 m³（自然方），施工剥采比 0.3，运距 1.6km。1#土料场作为备用料场。

2#土料场剥离由推土机进行，剥离废料（含用于复耕、水土保持植被恢复措施的表土收集部分）由挖掘机装自卸汽车运输至 1#弃渣场。

土料场开采用推土机配合挖掘机进行，用挖掘机直接开挖装自卸汽车运输上围堰及上坝。

（二）坝壳料场

崩咚山坝壳料场位于崩咚山南面山坡，料场距坝址约 5.9km，分布高程 1540~

1644.8m, 总体地形为斜坡地形, 开采施工场地较宽阔。料场山脊及陡坡处基岩裸露, 第四系残坡积层零星覆盖, 厚度一般 1~1.5m, 有用层岩性以含砾砂岩与中细砂岩为主, 夹有泥岩, 该料场强~弱风化岩石可以作为石渣料。

崩咚山坝壳料场有用层储量 $352.2 \times 10^4 \text{m}^3$, 剥采比 0.12, 至坝址公路运距 8.0km; 储量、质量满足石渣料要求。崩咚山坝壳料场不在水库淹没区范围内。崩咚山坝壳料场提供坝体所需的坝壳料及围堰填筑料。

料源位于地下水位以上, 可以采用机械化开采。开采条件较好。

崩咚山坝壳料场由人工配合推土机进行剥离, 剥离废料由挖掘机装自卸汽车运输至 5#弃渣场。石渣料场开采用梯段爆破, 开采的石渣料由挖掘机装自卸汽车运输 8.0km 上坝。

(三) 石料场

本工程枢纽工程区共布置 1 个石料场 (大滑石板石料场), 渠道工程区布置 1 个石料场 (老金田石料场)。

(1) 大滑石板石料场

大滑石板石料场位于崩咚山西北面新田河边, 料场距坝址约 4.3km, 分布高程 1380~1590m, 总体地形为斜坡地形, 开采施工场地较宽阔。料场地表基岩裸露, 覆盖极少量残坡积层, 有用层岩性为弱风化含砾砂岩、中细砂岩。石料场有用层储量 $241.5 \times 10^4 \text{m}^3$, 剥离量 $1.76 \times 10^4 \text{m}^3$, 剥采比 0.007。料源位于地下水位以上, 可以采用机械化开采。石料场至坝址公路运距约 8.1km, 不在水库淹没区范围内。

料场植被树木及灌木由人工砍伐配合推土机清除推运至料场范围外堆放; 覆盖层采用人工配合推土机进行剥离, 剥离渣料用挖掘机挖装自卸汽车运至堆渣场堆放。

采用潜孔钻分台阶钻孔梯段爆破。梯段高度采用 9~12m。大块度石料由 Y30 型手风钻钻孔解小。块石料采用装载机装自卸汽车运 8.1km 至工作面。反滤料及混凝土骨料加工原料由挖掘机装自卸汽车运 0.5km 至砂石加工厂, 成品由装载机装自卸汽车运 7.6km 至工作面。

五、弃渣场区

根据水保方案批复及其内容, 五里河水库工程设计开挖方为总开挖量为 165.88 万 m^3 (自然方, 下同), 回填利用量 94.70 万 m^3 , 总弃渣场量为 71.18 万 m^3 (包括剥离表土和收集表土)。主体工程共布设了 12 个弃渣场 (其中枢纽区工程 5 个, 渠

道工程区 7 个), 渣场容量为 79.46 万 m^3 , 占地面积 17.57 hm^2 。

根据现场调查, 结合无人机航摄、卫星影像资料核实, 目前五里河水库总弃渣 63.46 万 m^3 , 由于征地困难, 以及其他因素, 主体工程施工组织设计进行了优化和调整, 将《方案报告书》批复规划的 12 个弃渣场调整为 18 个弃渣场, 其中 8 个弃渣场位置不变 (其中 1 个弃渣场堆渣量提高 20%以上), 10 个弃渣场进行了位置调整或重新布置。将初步设计实施阶段批复规划的 14 个弃渣场调整为 18 个, 其中 9 个弃渣场位置不变 (其中 2 个弃渣场堆渣量提高 20%以上), 9 个弃渣场进行了位置调整或重新布置。弃渣场位置及数量变化主要是征地困难、为了减少征地影响, 调整后弃渣场周边安全防护距离内无居民点和敏感目标分布, 地质条件较好, 未发现能危害渣场安全的不良地质现象, 渣场布置对河道行洪基本无影响。

实施阶段共布置 18 个弃渣场, 具体调整为原方案设计枢纽工程区弃渣场 5 座, 实际启用 3 座, 取消 2 座, 渠道工程区共计 7 座弃渣场, 实际启用 5 座, 取消 2 座, 新增 10 座, 经统计, 五里河水库共启用弃渣场 18 座, 其中枢纽工程区 3 座, 渠道工程区 15 座。水土保持方案和弃渣场变更补充报告设计见表 1-4、1-5。

表 1-4 《水保方案》设计弃渣场特性表

序号	弃渣场	面积 (hm ²)	堆渣量(万 m ³)		渣场容量(万 m ³)	堆 渣 高 度 (m)	渣场级别	渣场类型	渣料来源	位置
			自然方	松方						
1	枢纽 1#渣场	3.3		15.75	20.92	39	4	沟道型	大坝、导流隧洞、围堰、土料场等开挖弃料	大坝下游左岸，距大坝公路里程 1km 处
2	枢纽 2#渣场	3.16		11.51	15.35	73	3	沟道型	大坝、溢洪道、输水隧洞等开挖弃料	大坝下游右岸，距大坝公路里程 1km 处
3	枢纽 3#渣场	0.85		1.88	2.6	19	5	沟道型	输水隧洞开挖弃料	输水隧洞 2#施工支洞进口附近,距 2#施工支洞进口公路里程 0.9km 处
4	枢纽 4#渣场	1.13		1.91	2.67	10	5	沟道型	输水隧洞、大滑石板石料场开挖弃料	输水隧洞出口附近，距出口公路里程 0.4km 处
5	枢纽 5#渣场	1.61		6.23	8.95	43	4	沟道型	崩咚山坝壳料场开挖弃料	崩咚山石渣料场附近，距料场公路里程 0.3km 处
6	右 1#渣场	0.93		3.28	3.93	32	4	沟道型	渠道沿线开挖弃渣及老金田石料场开采弃料	老金石料附近，距石料场约 0.1km 处
7	右 2#渣场	0.59		1.97	2.6	35	4	沟道型		位于右干渠 4.153km 处下游箐沟
8	右 3#渣场	0.96		2.93	4.14	27	4	沟道型		位于右干渠 6.354km 处下游箐沟
9	左 1#渣场	1.38		2.46	3.66	9	5	沟道型		位于左干渠 0.479km 处渠道上游箐沟
10	左 2#渣场	1.23		3.24	4.26	41	4	沟道型		位于左干渠 3.563km 处，下游箐沟
11	左 3#渣场	1.12		3.58	4.89	38	4	沟道型		位于左干渠左 2#倒虹吸 0.6km 处的下游箐沟
12	左 4#渣场	1.32		3.73	5.47	38	4	沟道型		位于左干渠左 2#倒虹吸 1.88km 处的下游箐沟
13	合计	17.57		58.47	79.44					

实施阶段--弃渣场特性表

弃渣场	面积 (hm ²)	堆渣量(万m ³)		渣场容量(万 m ³)	堆渣高度 (m)	渣场级别	渣场类型	渣料来源	位置
		自然方	松方						
枢纽1#渣场	1.79	11.75	15.27	18.26	44	4	沟道型	大坝、导流隧洞、围堰、土料场等开挖弃料	大坝下游左岸，距大坝公路里程1km处
枢纽2#渣场	1.36	9.6	12.29	14.17	44	4	沟道型	坝右岸及坝基、溢洪道及输水隧洞开挖料、临时工程弃渣	大坝下游右岸，距大坝公路里程1km处
枢纽5#渣场	1.72	7.25	10.01	12.46	50	4	沟道型	崩咚山坝壳料场开挖弃料	崩咚山石渣料场附近，距料场公路里程0.3km处
右1#渣场	0.59	1.4	1.96	2.36	20	5	沟道型	渠道沿线开挖弃渣	位于渠道2+280m处下游箐沟
新增右1#渣场	0.31	0.74	0.93	1.01	18	5	沟道型		位于渠道3+325m处下游箐沟
右2#渣场	0.49	1.38	1.73	1.81	18	5	沟道型		位于渠道4+860m处下游箐沟
新增右2#渣场	0.47	2.57	3.21	4.25	26	4	沟道型		位于渠道8+025m处下游箐沟
新增右3#渣场	0.42	1.18	1.47	1.62	20	5	沟道型		位于渠道9+330m处下游箐沟
左1#渣场	0.72	1.21	1.69	1.94	12	5	沟道型		位于左干渠0+420m处渠道的上游箐沟
新增左1#渣场	0.67	0.38	0.48	0.51	19	5	沟道型		位于左干渠1+770m处下游箐沟
左2#渣场	0.56	1.57	1.96	2.13	36	4	沟道型		位于左干渠4+070m处下游箐沟
新增左2#渣场	0.69	2.5	3.12	3.4	28	4	沟道型		位于左干渠4+940m处下游箐沟
新增左3#渣场	0.56	2.06	2.57	3.63	26	4	沟道型		位于左干渠6+970m处下游箐沟
新增左4#渣场	0.48	1.71	2.14	2.7	19	5	沟道型		位于左干渠8+690m处下游箐沟
新增左5#渣场	0.51	2.31	2.88	3.34	38	4	沟道型		位于左干渠10+490m处下游箐沟
新增左6#渣场	0.21	0.46	0.61	0.76	16	5	沟道型		位于左干渠10+970m处下游箐沟
左4#渣场	0.3	0.81	1.01	1.14	19	5	沟道型		位于左干渠11+130m处下游箐沟
新增左7#渣场	0.18	0.11	0.13	0.13	12	5	坡地型		位于左干渠11+870m处下游箐沟
合计	12.03		63.46	75.62					

六、施工生产生活区

水库枢纽区施工布置采取相对集中的布置方式，分别布置有混凝土拌和站、钢筋加工厂、施工供风、供水、供电设施、物资材料仓库、弃渣场及生活区。

五里河水库坝址区地形狭窄，为“V”字型河谷，两岸陡峻，坝址附近两岸无开阔场地可作集中施工布置场地，只有大坝右岸坝顶上部、输水隧洞1#、2#施工支洞进口、输水隧洞出口附近地形稍平缓，可作为施工布置场地，因此实施阶段枢纽工程区主要生活区、生产区分别布置在上述地点。施工生产生活区共布置2个主要生活区、5个生产区。

输水渠道施工布置采取渠道沿线分散布置方式，在渠道沿线平缓坡地分别布置有5个生产生活区。

七、水库淹没区

五里河水库淹没处理范围包括居民搬迁线、耕园地征用线、林地及其他土地以内的区域。

（1）农村居民搬迁线

对于回水不明显的坝前段按正常蓄水位1472.8m加1.0m接 $P=10\%$ 洪水回水线的外包线作为居民迁移线，五里河回水长度3.66km，尖灭点高程1478.64m。

（2）耕园地征用线

对于回水不明显的坝前段按正常蓄水位1472.8m加0.5m接 $P=20\%$ 洪水回水线的外包线作为土地征用线，五里河回水长度3.65km，尖灭点高程1478.48m。

（3）林地及其他土地

林地及其他土地采用正常蓄水位高程1472.8m以下范围，五里河回水长度3.290km。

1.1.1.4 施工组织

一、施工交通

五里河水库位于普洱市思茅区倚象镇境内的五里河的上游。对外交通路线为五里河水库枢纽——倚象镇——普洱——昆明。枢纽区距倚象镇11km、普洱23km、昆明446km。

昆明至普洱为高速路，公路里程为423km；普洱至倚象镇为二级路，公路里程为12km；倚象至白虎山路口为四级路，公路里程为9km，白虎山路口至枢纽区（场内交通）需新建1.4km道路、改扩建1.0km道路以满足施工对外交通要求，道路等

级为四级双车道，泥结石路面。

五里河渠尾至普洱为二级路，公路里程为 15km。

安宁经安晋高速至坝址的公路里程为 450km。

二、施工场地布置

由于受地形条件所限，施工总布置采取集中与分散相结合的方式，以方便施工及管理为原则；结合水土保持要求，施工布置时兼顾环境保护。

根据施工总体布置，把施工场地划分为 2 个大区，即由枢纽工程和输水工程 2 大施工区，其中枢纽工程区主要生活区、生产区分别布置在上述地点。施工生产生活区共布置 2 个主要生活区、5 个生产区。输水渠道施工布置采取渠道沿线分散布置方式，在渠道沿线平缓坡地分别布置有 5 个生产生活区。

三、施工用水、用电

枢纽区施工生产及生活用水可从五里河中取水，输水隧洞 2#支洞、出口工作面及砂石料加工系统生产及生活用水可从新田河中取水。施工用电可从倚象镇变电站架设 10kV 输电线至工程区内，分别设置降压站，再由各降压站架设输电线至各用电点，施工通信可从倚象镇架设通信线路至生产生活区。

渠道工程施工生产及生活用水可从沿线河流、箐沟中取水。各生产生活区施工用电由附近村庄接引 10kV 输电线路至工程区内，分别设置降压站，再由各降压站架设输电线至各用电点。沿线大部分地区均有通信线路覆盖，施工通信可由附近村镇架设通信线路至各生产生活区。

四、施工材料

工程所需的钢材钢筋可采用昆钢产品，火工材料可采用安宁化工厂产品，水泥可采用竹塘水泥厂产品，木材可就近组织供应，柴油、汽油可就近选择加油站供应。

1.1.1.5 土石方平衡情况

根据工程监理及施工结算资料，工程实际建设过程中开挖土石方为 207.89 万 m^3 （自然方，下同），回填利用量 127.98 万 m^3 ，总弃渣量为 79.91 万 m^3 （包括剥离表土和收集表土）。五里河水库工程建设过程中产生废弃土石方中永久弃渣量为 63.46 万 m^3 ，堆放于主体工程布设的弃渣场内；表土收集及剥离量为 16.45 万 m^3 ，其中料场区、弃渣场区和施工生产生活区为点状区域，剥离表土临时堆存于场内一角或平缓高处；施工道路区剥离表土沿公路沿线分堆集中堆放）。

表 1-4 工程土石方平衡情况表

项目区		开挖			回填	调出	调入	弃渣去向						
		土石方开挖	表土剥离	小计				枢纽1# 弃渣场	枢纽2# 弃渣场	枢纽5# 弃渣场	右干渠 弃渣场	左干渠 弃渣场	临时 堆土场	合计
枢纽工程区	大坝工程	16.76		16.76	0.37			10.92	5.47					16.39
	溢洪道工程	7.23		7.23	1.75				5.48					5.48
	导流、输水隧道	3.92		3.92		1.37		2.55						2.55
	施工支洞开挖	0.66		0.66	0.07				0.59					0.59
	围堰开挖及拆除	0.48		0.48				0.48						0.48
	小计	29.05		29.05	2.19	1.37		13.95	11.54					25.49
渠道工程区	右干渠	15.43		15.43	6.22						9.21			9.21
	左干渠	28.26		28.26	11.98							16.28		16.28
	小计	43.69		43.69	18.20						9.21	16.28		25.49
料场区	土料场	22.21	5.24	27.45	22.21								5.24	5.24
	坝壳料场	76.37	1.24	77.61	54.32	15.04				10.01			1.24	11.25
	石料场	15.21	0.37	15.58	15.21								0.37	0.37
	小计	113.79	6.85	120.64	88.74	15.04				10.01			6.85	16.86
施工道路区		3.76	5.74	9.50	16.73		15.04	1.32	0.75				5.74	7.81
施工生产生活区		1.08	1.34	2.42	2.45		1.37						1.34	1.34
弃渣场区		0.07	2.52	2.59	0.07								2.52	2.52
合计		191.44	16.45	207.89	128.38	16.41	16.41	15.27	12.29	10.01	9.21	16.28	16.45	79.51

1.1.1.6 项目占地

根据工程征占地资料、竣工总平面图及工程建设实际情况，五里河水库项目建设区面积为 143.85hm²。其中，工程施工扰动面积 95.01hm²，水库淹没面积 48.84hm²。

按工程用地性质划分为：永久占地面积 80.27hm²、临时用地面积 63.58hm²。

按工程建设分区划分为：枢纽工程区 16.16hm²、渠道工程区 11.67hm²、施工道路区 32.94hm²、弃渣场区 12.03hm²、料场区 17.74hm²、施工生产生活区 4.47hm²、水库淹没区 48.84hm²。

表 1-5 工程占地类型及数量统计表单位：hm²

项目区		工程占地类型及面积							水域	其他用地 裸地	合计	备注
		耕地		林地	园地	宅基 地	交通运输用地					
		水田	旱地	有林地			公路 用地	农村道 路用地				
枢纽工程区		0.23	0.85	11.75	2.86			0.38	0.09		16.16	永久占地
渠道工程区		0.09	0.17	6.35	5.06						11.67	永久占地
弃渣场区	枢纽区渣场		0.9	2.61	1.36						4.87	临时占地
	渠道区渣场		0.12	3.49	3.55						7.16	临时占地
	小计	0	1.02	6.1	4.91						12.03	
料场区	土料场		2.94	1.47	8.88						13.29	临时占地
	坝壳料场		0.62	2.47							3.09	临时占地
	石料场			1.36							1.36	临时占地
	小计	0	3.56	5.3	8.88						17.74	
施工道路区	施工永久公路	0.49	0.97	0.73	1.41						3.6	永久占地
	施工临时道路	2.43	6.94	5.06	14.91						29.34	临时占地
	小计	2.92	7.91	5.79	16.32						32.94	
施工生产生活区		0.17	0.3	0.66	3.34						4.47	临时占地
水库淹没区		6.24	9.12	20.73	9.03	0.11	0.41	0.2	1.25	1.75	48.84	永久占地
合计		9.65	22.93	56.68	50.4	0.11	0.41	0.58	1.34	1.75	143.85	

1.1.2 项目区概况

1.1.2.1 地形地貌

五里河处于云贵高原的南部，属中山—低山类型，局部地段夹丘陵地块。河谷海拔处于 1425~1050m 之间，河流侵蚀下切强烈，河谷断面多呈“V”字型。库区为构造侵蚀浅切割中低山峡谷地貌，河床呈“U”字型。流域平均海拔 1580m，总体地势西南高东北低，分水岭海拔在 1400~1900m 之间。尤以流域东部的分水岭较高，最高点位于秦麻地大山，高程为 1866.9m；最低点为水库坝址处，高程在 1410m 左右，最低最高相差约 450m。五里河水库地处山区，人迹稀少，仅在五里河上游段有个五里河自然村。所以，流域内人类活动影响极小，现状来水呈天然状态；流域

主要分布有泥岩、粉砂岩和石英砂岩等岩石类型。

项目区地貌形态主要受构造控制，以构造侵蚀浅切割低中山地形地貌为主，在河流两岸和山间盆地发育堆积地貌。

库区为构造侵蚀浅切割中低山峡谷地貌，除五里河外，主要汇水支流为龙潭河，蓄水库盆呈“Y”字型，其中五里河段库区长约 2.4km，龙潭河段库区长约 0.7km。库区两岸山顶高程一般 1550~1700m，河床高程为 1425~1480m，相对高差 125~275m。河床呈“U”字型，宽一般 8~25m，总体左缓右陡，自然坡度 25° ~ 40° ，局部地段较陡，沿河一级阶地发育，一般高出河水面 3~4m。

1.1.2.2 地质

一、地质构造

工程区位于青藏滇缅印尼“歹”字型构造体系的兰坪~思茅上迭拗陷的南部。图幅内广泛发育着北西—北北西向构造，这种构造发育规模大、延伸远，是区内最主要的构造形迹。按区域构造形迹的区域分布、展布形式和各自的地质特征，划分为三个构造类型或构造带，即：北北西向构造、近南北向构造、北东向构造。

①北北西构造

这是区内分布最广、最突出的一种构造形迹，表现为呈波状弯曲或反“S”形趋势分布的褶皱、逆冲断层等。与工程区有关的构造形迹如下。

项目区褶皱主要分布于工程区东南部，褶皱轴向呈北西 35° ~ 55° 展布，与主要断裂走向一致，主要的褶皱为盘子花塘-小科林向斜、三棵桩复背斜及鱼塘-张德寨褶皱。其中与工程相关的为鱼塘-张德寨褶皱，该褶皱位于工程区东南部鱼塘、阿烈河、张德寨一带，依次由三个背斜及两个向斜组成，它们交替出现，线状排列，互相平行，轴向 315° 左右，单个褶曲长 19-34km，宽 3-7km。背斜核部由 J_2b 、 K_{1j} 组成，向斜核部由 K_{1m} 、 K_{1W} 组成。岩层倾角一般 30° ~ 55° 。工程区处于鱼塘-张德寨褶皱西北部。

②断裂

项目区与工程有关的北北西向断裂主要有： F_1 、 F_{26} 、 F_{28} ，其中 F_{26} 距离工程区较近，对工程影响较大，该断层倾向 SW，发育宽度 10~20m，两侧断裂影响带宽 5~10m，断层带组成物质为碎裂岩。

（2）近南北向构造

项目区内近南北向构造在图中分布较少,主要有 F_{11} , 断层发育规模较小,且具离工程区较远,对工程无影响。

(3) 北东向构造

项目区内北东向构造主要为 F_6 、 F_{16} 、 F_{18} 、 F_{27} , 从区域及现场实地来看,北东向断层多为张性断层,部分具压扭性,这些断层都交叉切割了北西向主干构造。上述几个北东向断层发育规模不大,距工程较远,对工程无影响。

二、地震

根据《中国地震动参数区划图》、《中国地震动反应谱特征周期区划图》(GB18306—2001),项目区地震加速度值为 $0.20g$,地震动参数反应谱特征周期为 $0.45s$,地震基本烈度为Ⅷ度,根据《建筑物抗震设计规范》(GB50011-2001)规定,项目区工程抗震设计烈度为Ⅷ度。

三、水文地质

(1) 地下水类型

① 松散岩类孔隙水

主要赋存于河谷阶地、河床及山坡残坡积第四系松散地层的孔隙内,粘土层透水性弱,砂卵砾石、碎石土层透水性中等至极强,富水性差。

② 基岩裂隙水

主要赋存于 K_{1m} 、 K_{1j} 、 J_2h 、 T_{3y} 及 T_{3l} 全风化泥岩、泥质粉砂岩、砂岩内。由于基岩岩体节理裂隙多闭合,故其属于中等~弱透水层,富水性差,泉流量小于 $1L/S$,地下水径流模数 $0.1 \sim 1L/S \cdot km^2$ 。

(2) 地下水补给、径流、排泄特征

项目区地下水的补给主要依赖于大气降水,沿赋存介质中的孔隙、裂隙、溶隙通道径流,向河谷排泄。五里河为工程区最低侵蚀基准排泄面。

1.1.2.3 气象

本流域属亚热带山地季风气候。由于地形、地貌影响,降水量区域分布不均,境内立体气候明显,具有低纬、高温、多雨、湿润、静风的特点。冬无严寒,夏无酷暑,四季温和。

根据区域内的普洱气象站多年实测资料统计分析,11月至翌年4月为旱季,降雨量仅占全年的13%,5月至10月为雨季,降雨量占全年的87%。雨热同季,低温

干旱同期，年太阳辐射总量 125.8 大卡/cm²，年日照时数 2133h，光热资源较丰富。多年平均降雨量为 1507.6mm，年际变化小（Cv 为 0.14 左右）；多年平均蒸发量（d=20cm）为 1601.8mm；多年平均气温为 18.4℃，最高温度为 35.7℃（1997 年 7 月 15 日），最低温度为-3.4℃；多年平均风速为 1.0m/s，最大平均风速为 13.3m/s，最多风向为 SW，历年最大风速为 28.0m/s，相应风向为 NW。

项目区 10 年一遇最大 1、6、24 小时的暴雨量分别为 57.8mm、105.8mm 和 121.63mm。

1.1.2.4 水文

普洱市江河纵横，溪流众多。澜沧江水系、红河水系、怒江水系，均有支流流经区内。三大水系径流总面积为 44005km²，年径流量为 326.12 亿 m³。径流面积 100km² 以上的河流有 60 余条，其中径流面积 1000km² 以上的有 14 条，径流面积 5000km² 以上的有 5 条。全区年入境水量为 502.5 亿 m³，出境水量为 亿 m³。水能理论蕴藏量 619 万 Kw（未包括澜沧江干流和南卡江），占全省的近 1/3。

思茅区境内共有大、小河流 135 条，均属澜沧江水系。澜沧江流经区境 64km。区内河流年平均产水量 58.7 亿 m³，水资源总量为 57.7 亿 m³，水资源开发利用潜力巨大。

工程区周边的主要河流有五里河和木乃河。

五里河属澜沧江水系，补远江上段曼老江右岸一级支流。发源于思茅区倚象坝窝驼寨以北的竜竜村大尖山，河源海拔约 1758m。自河源由西向东流经竜竜村、大头寨、董家寨，至老叶寨与曼广河汇集后向北，流至大窝塘与西东向来的倚象河汇集后再向北，行至 1.8km 处与永庆河汇合继续往北流经旗杆田、史牛圪，最后汇入北南向来的勐先河，其下段又称曼老江、补远江。全河长 38.1km，河道平均坡降 14.7%，径流面积 331km²。其中，五里河与软桥河交汇口以上流域河长 29.2km，河道平均坡降 17.9%，径流面积 191km²，占全流域径流面积的 57.7%。而五里河水库上坝址径流面积 15.6km²，河长 8.16km，河道平均比降 24.8‰。

邻近流域木乃河也同属澜沧江水系，是补远江右岸一级支流大开河的上游段。发源于普洱市以西的三棵桩附近，河源海拔约 1437m。自河源由东向西流，与西东向而来的龙洞箐河汇集后向南，行至 6.6km 处与木栗河汇集流经木乃河村后称木乃河，继续往南穿越芒昔坝，在芒昔坝与芭蕉箐河、清水河汇集后转东南向流，至南

岛河坝子均有较大支流汇入（大箐河、龙龙河、腊子河、南岛河）后转南向流，行至右岸支流三涧河汇入后称为大开河。大开河由北向南进入普文坝，流经普文镇后称为普文河，普文河继续由北向南最后转向西汇入补远江。补远江于勐仑镇附近汇入澜沧江。木乃河流域径流面积 307km²，河长约 45.0km，河道平均坡降 6.6%。

1.1.2.5 土壤

普洱市土壤类型有 10 个土类、22 个亚类、49 个土属、71 个土种。海拔从低到高依次分布有砖红壤、赤红壤、红壤、黄棕壤、棕壤、亚高山草甸土 6 个地带性土类；依成土母质及水育状况，有紫色土、石灰（岩）土、冲积土、水稻土 4 个非地带性土类。红壤占总面积的 74.5%。

项目区土壤主要为红壤。

1.1.2.6 植被

由于地形地貌、气候及土壤等诸多因素的综合影响，普洱市植被类型丰富多彩，云南亚热带气候和北热带气候条件的植被类型在思茅地区几乎均有分布。阔叶林主要分布在思茅区境东郊的倚象镇，其他乡镇仅零散分布，以沙松为主。针叶林主要分布在思茅区境中部和西部的南屏、云仙、六顺等乡镇。竹林分布于西部思茅港镇的橄榄坝澜沧江沿岸。海拔在 800m 以下的地区为北亚热带季雨林，主要有大药树；海拔在 800m~1100m 的地区为南亚热带季节性雨林，主要有大叶藤黄、红栲、六驳树等树种；海拔在 1100m~1800m 的地区为南亚热带季风雨林，主要有阔叶松和思茅松等树种。

通过现场调查，项目区植被发育，主要植被类型为经济林。经济林种为松树、咖啡园和茶园，项目区植被覆盖率可达 60%，植被覆盖较好。

1.1.2.7 侵蚀类型与强度

本工程属构造侵蚀浅切割低中山地形地貌，主要土壤为红壤，全区的水土流失类型主要为水力侵蚀。本工程水土流失特点如下：

（1）工程建设所引起水土流失区域主要为枢纽工程区、渠道工程区、弃渣场区域，由于工程施工挖损破坏及占压地表，使其地形地貌、植被、土壤发生较大变化而引起的水土流失，属典型的人为加速侵蚀，具有流失面积集中、流失形式多样、流失量大等特点，并主要集中在工程施工期间；

（2）水土流失具有集中性及季节性，主要集中在项目建设过程中的裸露边坡及

弃渣场，流失时段主要为雨季。

1.1.2.8 水土流失重点防治区划

根据《水保方案》及批复，项目所在地属“云南省“重点治理区”及“重点预防保护区”，确定本项目水土流失防治标准执行建设类一级标准。

根据《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防保护区和重点治理区复核划分成果》（办水保〔2013〕188号）及《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），项目所在地不属于国家级重点治理区，同时也不属于省级重点治理区及重点预防区，依据《开发建设项目水土保持技术规范》和《开发建设项目水土流失防治等级标准》要求及相关法律、法规，本工程水土流失防治等级执行二级标准。

因此，本次监测过程中，确定水土流失防治标准按方案批复标准执行建设类一级标准。防治目标值分别取值为：扰动土地整治率 95%，水土流失总治理度 97%，土壤流失控制比 1.0 以上，拦渣率 95%，林草植被恢复率 99%，林草覆盖率 27%。

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岩溶区，土壤容许流失量为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

1.1.2.9 项目区水土流失现状

项目目前已建设完成，主体工程已布设有浆砌石挡墙、截排水沟、框格植草护坡、植被恢复、临时排水、临时拦挡等措施。随各项防治措施的实施，有效地降低了水土流失危害。

（1）枢纽工程区：本区域土石方主要发生于基建期大坝枢纽基础开挖阶段，坝肩形成裸露边坡，在降水冲刷下造成流失；基础浇筑完成回填后，进行建构筑物体支砌、地面采取了硬化，周边完善排水沟，裸露区域植被恢复，有效防治了因工程建设引起的水土流失。因此，该区域水土流失主要发生在基础开挖、回填阶段，随着建构筑物的建设完成，扰动地表均实施绿化，水土流失得到防治。覆盖度已达到较高水平，目前该区域水土流失强度呈微度。

（2）渠道工程区：本区域建设过程主要包括引水隧洞开挖、引水渠道浇筑等几个施工阶段。基础开挖产生较大的土石方开挖、回填以及调运，改变了地表形态，松散、裸露的边坡和地面在降水冲刷下造成水土流失；目前引水隧洞已浇筑完毕，取水坝周边扰动区域实施了绿化措施。因此，该区域水土流失主要发生在基础开挖

阶段，随着植物措施实施，因工程建设引起的水土流失得到有效防治，目前该区域水土流失强度呈微度。

(3) 施工道路区：道路施工水土流失主要发生在路基平整阶段，开挖、回填破坏了地表形态以及原始植被，在降水冲刷下造成水土流失，随着泥结石路面、排水系统以及绿化的完成，道路区的水土流失得到有效地防治。由于施工临时道路保留给当地村民继续使用，土质路面，道路内侧无排水沟，仍然存在一定水土流失，因此目前该区域水土流失强度呈轻度。

(5) 料场区：本项目建设过程中，需要大量建筑骨料，规划的料场自主开采，开采区域破坏了地表形态及原始植被，在降水冲刷下造成水土流失，目前料场开采已结束，建设单位对料场进行了植被恢复。在树、草栽植初期，因植物成长需要一定的过程，绿化区域覆盖度未能达到较高水平，因此仍然存在一定的水土流失。在绿化植物经过自然恢复期后，覆盖度达到了较高水平，能够有效发挥其保持水土的作用。目前该区域水土流失强度呈轻度。

(6) 弃渣场：弃渣场主要堆存大坝建设、渠道开挖产生的弃渣。堆渣过程占压地表，破坏原地表植被，形成松散的较高回填边坡，降水冲刷容易造成水土流失。但渣场已经于前期实施了拦渣墙，并在堆渣完成区域进行植被恢复，能够有效防止堆渣流失到渣场之外，不会对下游及周边区域造成影响。目前弃渣场水土流失强度呈微度。

(7) 施工生产生活区：该区域土石方产生在场平开挖，施工过程中存在临时堆存土，在降水冲刷下造成流失；场地平整完成后，进行建构筑物体支砌等施工，地面采取了硬化，周边完善排水沟，施工临时设施拆除后植被恢复有效防治了因工程建设引起的水土流失。因此，该区域水土流失强度呈微度。

1.2 水土保持工作情况

1.2.1 建设单位水土保持管理

本工程建设期间，建设单位依据自身管理体系的要求，并结合工程建设特点，组建了五里河水库水土保持质量管理体系。履行了工程建设管理职能，组织施工区环保水保措施实施与管理。各参建单位成立了以主要负责人为组长的水土保持领导小组，建立了水土保持管理体系，确定专人负责水土保持日常工作。

1.2.2“三同时”制度落实

项目完成前期工作后于 2013 年 4 月 12 日开工，2019 年 5 月 23 日竣工，2012 年 6 月委托云南秀川环境工程有限公司进行水土保持方案编制工作，2014 年 9 月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司进行水土保持监测工作。建设单位严格落实三同时制度。项目建设期间，建设单位重视水土保持工作，严格按照水土保持方案和初步设计水保专章进行施工，最大限度的减少对当地造成的水土流失影响。

1.2.3 水土保持方案编报及变更

（1）水土保持方案编报情况

为贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》和工程建设项目的有关法律法规的规定，确保本工程在建设过程中新增水土流失得到全面有效的治理，工程建设单位普洱市五里河水库工程建设管理局于 2012 年 6 月委托云南秀川环境工程有限公司对项目的水土保持方案报告书进行编制工作，编制单位于 2012 年 7 月完成《普洱市五里河水库工程水土保持方案可行性研究报告》（报批稿）的编制工作，2012 年 10 月 9 日云南省水利厅以“云水保〔2012〕409 号”对本项目水保方案进行了批复，明确了本工程的水土流失防治重点、防治责任范围、防治分区、防治措施和水土保持投资。

（2）项目变更情况

项目实际建设内容及布置情况基本按照主体设计内容进行建设，但在建设过程中，原水保方案设计的占地面积、防治责任范围、水保措施布置情况发生一定的变化，主要变化内容为：取料场面积减少，弃渣场位置发生变更，但堆存容量根据实际情况进行调整，导致占地面积发生变化，场内道路根据实际需要进行修建，长度和面积发生变化，移民安置区采用货币补偿和，相应的占地面积、防治责任范围和水土保持措施发生一定变化。

根据《水利部生产建设项目水土保持方案变更管理规定》，结合工程变化情况对工程是否构成重大变更进行了梳理，根据梳理结果，本项目地点、建设内容、水土保持措施变化等均可以纳入水土保持设施验收管理，不存在项目重大变更，但弃渣场位置，面积及堆渣量发生变化，已构成重大变更，建设单位于 2018 年 9 月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司编制完成了《普洱市五里河水库工程弃土场变更水土保持方案补充报告书》，2021 年 9 月 27 日，普洱市水务局以“普水许〔2021〕29

号文”对《普洱市五里河水库工程弃土场变更水土保持方案补充报告书》进行了批复。批复内容主要为：工程所涉及 18 个弃渣场中枢纽工程区 3 个弃渣场、渠道工程区 5 个弃渣场没有变更。初设设计阶段所选取渣场位置，在近几年发展变化，如房屋建筑修建、施工临时道路修建困难、渣场附近居民不同意修建、工程施工组织变化等若干因素，造成实施阶段期间前期阶段选择的渣场不可用或者征地拆迁费用较高，因此进行了渣场的优化调整，具体调整为原方案设计枢纽工程区弃渣场 5 座，实际启用 3 座，取消 2 座，渠道工程区共计 7 座弃渣场，实际启用 5 座，取消 2 座，新增 10 座，经统计，五里河水库共启用弃渣场 18 座，其中枢纽工程区 3 座，渠道工程区 15 座。

1.2.4 水土保持监督检查意见落实情况

2019 年 10 月 30 日，云南省水利厅联合省水土保持生态环境监测总站、普洱市水务局对普洱市五里河水库进行了水土保持监督检查，现场提出的检查及整改意见如下：

一、存在问题

1、原水保方案共设计有 12 座弃渣场，实际启用 18 座弃渣场，原方案设计的弃渣场有 4 座未启用，有一座弃渣场容量增加 20 万 m^3 (5#)，实际新增 10 座弃渣场，导致本项目水土流失防治责任范围、水土保持措施等发生变化，未依法履行水土保持方案变更手续，存在“未批先变”及“未批先弃”行为。

2、粘土料场风化石边坡植被恢复效果不佳,部分区域仍然裸露。

3、水土保持监测工作开展滞后（2014 年 9 月委托）。

二、整改意见

1、建设单位要进一步提高认识，认真贯彻落实《中华人民共和国水土保持法》，严格落实水土保持“三同时”制度，做好后续设计，按照省水利厅批复的水土保持方案，落实各项水土保持措施。

2、依法履行水土保持方案变更手续。

3、加强粘土料场风化石边坡的植被恢复工作。

4、尽快开展水土保持设施自主验收工作。

建设单位落实情况：

(1) 已按照省水利厅批复的水土保持方案，落实各项水土保持措施。

(2) 完善水土保持方案变更手续，报备至普洱市水务局。

(3) 针对粘土料场风化石边坡存活率较低的区域进行了补植补种。

(4) 已委托了第三方昆明伽略工程勘察设计有限公司开展水土保持设施验收工作。

1.3.5 水土流失危害事件及处理情况

通过现场勘察及调查询问，本项目从开工到项目竣工期间未发生水土流失危害事件。

1.3 监测工作实施情况

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。普洱市五里河水库工程建设管理局于 2014 年 9 月委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司进行该工程的水土保持监测，接到任务之后，我公司成立了项目监测组，并组织监测技术人员于 2014 年 10 月第一次进场对本工程的水土流失情况进行现场监测。经过对项目区进行实地调查，资料收集，提交了水土保持监测完善建议。

本工程监测时段始于 2014 年 9 月，止于 2021 年 8 月，监测时段为 72 个月。在接受水土保持监测任务后，我公司监测组技术人员先后共 30 次进入现场进行实地监测，提交，监测实施计划，监测季报（24 期）等资料。结合本项目实际，主要采用定位监测、调查监测和巡查监测辅助的模式进行监测。

1.3.1 监测实施方案执行情况

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、分析以及报告的编写。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	高级工程师	水土保持	水土流失因子监测组组长，负责土壤分析
	杨平	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	蒙利宏	高级工程师	水土保持	水土流失状况监测组组长，负责监测报告编写
	徐源艺	工程师	水土保持	负责水土保持状况监测
防治效果监测组	刘培静	高级工程师	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
	姜东新	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》(GB51240-2018)，结合工程施工进度安排及水土保持监测工作实际需要，水土保持监测时段为 2014 年 9 月~2021 年 8 月，监测频次为每季度监测一次。

1.3.4 监测点布设

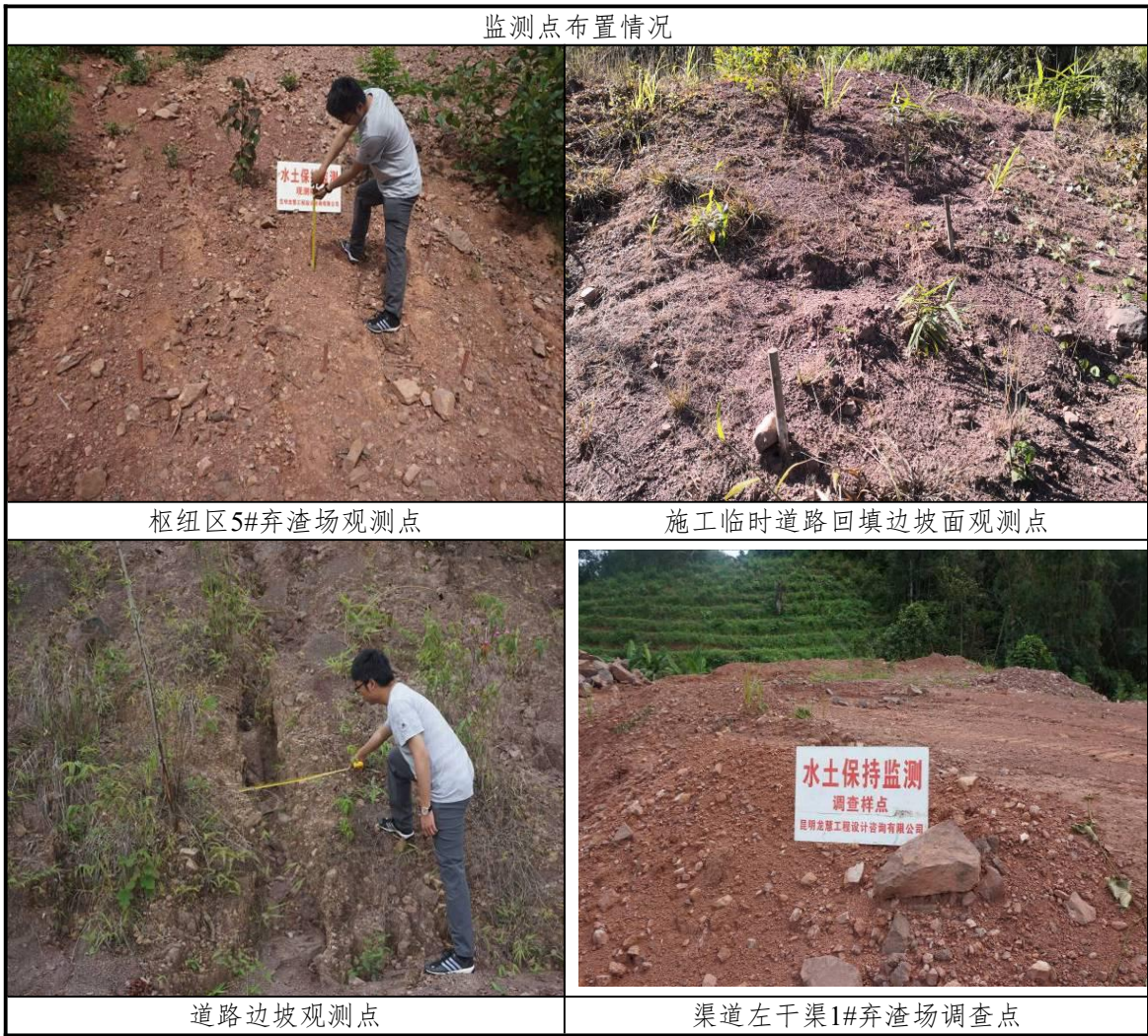
根据《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)中监测点布设原则和选址要求,结合本项目实际情况,监测点的布设主要是为了监测工程措施及林草植被的恢复情况、数量、质量情况,采取调查监测及巡查监测方式进行监测。

根据本工程水土流失特点和水土保持措施布局特征,并考虑观测结果的代表性和管理的方便性,在项目区域内设置监测点 17 个,其中定位监测点 9 个,调查监测点 8 个,巡查点 1 个。

表1-6水土保持监测点布设情况表

监测分区	监测对象	监测对象	监测点类型	编号	监测内容	监测方法
枢纽工程区监测区	输水(导流)隧洞、溢洪道、拦河坝	开挖、回填边坡	定位监测点	1#	水土流失状况	简易坡面量测法
	植被恢复区	植被恢复区	调查监测点	2#	水土流失防治效果	实地调查
渠道工程区监测区	左干渠、右干渠	扰动较多、开挖及回填边坡较多段	定位监测点	3#、4#	水土流失状况	简易坡面量测法,插钎法
	植被恢复区	植被恢复区	调查监测点	5#	水土流失因子、水土流失防治效果	实地调查、植被样方调查
水库淹没区监测区	淹没库区	水土流失危害			水土流失类型及危害	巡查
弃渣场监测区	弃渣场	枢纽1#弃渣场	定位监测点	6#	水土流失状况	简易坡面量测法、沉沙池法
		枢纽5#弃渣场	定位监测点	7#	水土流失状况	简易坡面量测法
		由右2#、左2#弃渣场	定位监测点	8#、9#	水土流失状况	插钎法、沉沙池法
	植被恢复区	植被恢复区	调查监测点	10#	水土流失因子、水土流失防治效果	实地调查、植被样方调查
料场监测区	土料、石料场、坝壳料场	开挖、回填边坡	定位监测点	11#	水土流失状况	简易坡面量测法
	植被恢复区	植被恢复区	调查监测点	12#	水土流失因子、水土流失防治效果	实地调查、植被样方调查
施工道路区监测区	永久道路、临时道路	扰动较多、开挖及填方边坡较多路段	定位监测点	13#、14#	水土流失状况	简易坡面量测法
施工生产生活区监测区	施工生产生活区	堆料及砼拌合系统、营地	调查监测点	15#	水土流失状况	实地调查
	植被恢复区	植被恢复区	调查监测点	16#	水土流失防治效果	实地调查、植被样方调查
直接影响区	直接影响区	项目建设区周边直接影响区域	调查监测点	17#	水土流失危害	实地调查

监测点布设照片



1.3.5 监测设施设备

根据工程水土流失特点和项目区水土流失现状，实际使用的监测设备主要有：全站仪、激光测距仪、GPS、罗盘、无人机、数码相机、笔记本电脑等。

表 1-7 水土保持监测设施和设备一览表

序号	设施和设备	单位	数量	备注
1	TSYJ-07 型人工模拟降雨器	套	1	
2	全站仪	套	1	控制站
3	激光测距仪	台	1	便携式
4	土壤水分仪	套	1	测 4 个深度
5	电子天平	套	1	1/500g
6	土壤刀、铝盒、环刀、酒精	套	1	用于土壤含水率、容重等的量测
7	手持式 GPS	台	2	监测点、场地、渣场的定位量测
8	罗盘、塔尺		1	

序号	设施和设备	单位	数量	备注
9	雨量计	台	1	
10	数码照相机	台	2	用于监测现场的图片记录
11	数码摄像机	台	1	用于监测现场的影像记录
12	笔记本电脑	台	1	用于数据处理
13	大疆精灵 4 无人机	台	3	用于检测现场的图片及影像记录
14	钢钎、监测牌、木桩			简易水土流失观测场
15	易耗品			样品分析用品、玻璃器皿等
16	监测人员劳保用品	套	6	衣物等

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、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

监测项目组开展监测期间, 项目组共进场监测 30 次, 提交监测实施计划 1 份, 监测季报 24 次, 提交监测年报 6 次, 主要反映项目的建设现状、水土保持措施实施情况及现场提出的整改意见, 同时对项目自主验收工作提出工作方案, 协助业主尽快完成水土保持设施专项验收工作。

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 2014 年 9 月开工, 2021 年 8 月完工, 监测介入时, 项目区刚开工, 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 2014 年 9 月~2021 年 8 月。

2 监测内容与方法

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 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

A 永久性占地

永久性占地是指项目建设征地红线范围内、由项目建设者负责管辖和承担水土保持法律责任的范围。永久性占地面积由国土部门按权限批准。水土保持监测是对红线范围地区进行认真复核，监测项目建设有无超范围开发的情况，以及各阶段永久性占地的变化情况。

B 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。

C 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

直接影响区的范围不易确定，不好划定责任范围，故在本次监测过程中取消直接影响区。

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，本项目的监测主要采用调查监测和巡查监测辅助的模式进行监测。

2.2.1 调查监测

调查监测是指定期采取全面调查的方式，通过现场实地勘测并结合无人机航拍，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

A 项目建设区

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 ($0.02\sim0.002\text{mm}$)	砂粒 ($2\sim0.02\text{mm}$)
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
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：

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

由于监测介入施工程刚开工，因此此监测方法针对施工期及植被恢复期进行监测。

(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、截排水沟等工程，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2014年9月份介入，监测介入时工程刚开工，主要针对项目施工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

1、简易水土流失观测场（侵蚀钉测量法）

(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弃渣场等分散堆积场地及边坡。在坡面上钎垂直打入木桩，在每次现场监测和暴雨后，观测木桩顶距地面的高度，以此计算土壤侵蚀厚度和总的土壤侵蚀量。根据已经测算的样地土壤侵蚀量计算整个坡面及项目区的土壤侵蚀模数。

(2) 简易水土流失观测场选址

主要选择在松散的堆渣坡面进行布置，应选择坡面基本稳定，并且不会对施工建设造成影响的地区布置，应布设在基本为土质的坡面上，小区内石质面积不得大于小区总面积的 10%。

(3) 简易水土流失观测场布置

根据开发建设项目实际情况，布设标准样地的主要规格为 $3\text{m}\times 3\text{m}$ （也可根据实际情况适当增减），将一定长度的测钎（一般为 $50\sim 80\text{cm}$ ，也可视样方情况而定），在选定的坡面样方小区内按照一定间距（视监测样区面积、测钎数而定）分纵横方向将 9 支或 36 支测钎垂直打入坡面样方，使测钎顶部与坡面留有约 30cm ，用卷尺量测并记录其距离，并在坡面以上的测钎上涂上油漆。

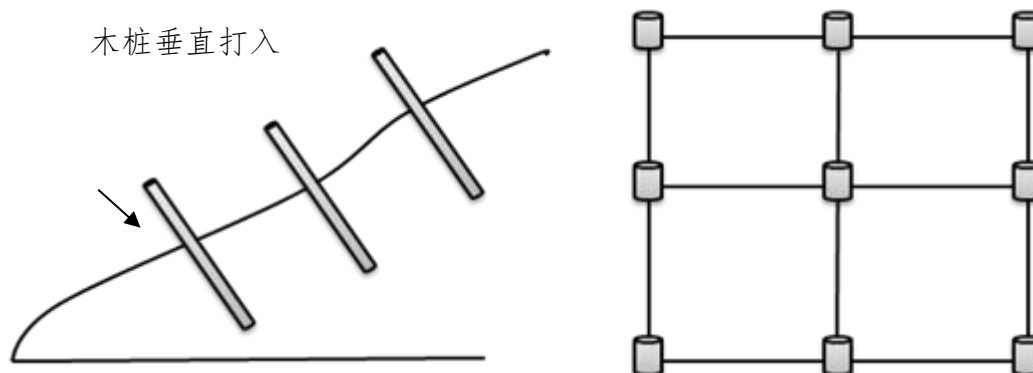


图 2-1 简易水土流失观测场示意图

(4) 简易水土流失观测场的计算

计算公式为： $A=ZS/1000\cos\theta$

式中： A ——土壤侵蚀数量（ m^3 ）；

Z ——侵蚀厚度（ mm ）；

S ——水平投影面积（ m^2 ）；

θ ——斜坡坡度。

(5) 注意事项

①测钎应垂直打入坡面；

②在打入测钎时，应尽量选择周边土质均匀处，避免在大石或其他物质附近打入，影响观测精度；

③在测量时，应观测测钎左侧及右侧数字，进行平均后计算，不得取测钎上部或下部数字进行计算；

④观测人员进行量测时，应尽量避免对区内进行破坏，以保证观测数据的合理性；

⑤具体计算时，数字偏差对侵蚀模数计算影响较大，读数时应注意估读，在测尺最小刻度后还应估读一位数。

2、简易坡面量测法（侵蚀沟量测法）

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的测定。调查坡面形成初的坡度、坡长、坡面组成物质、容重等，并记录造成侵蚀沟的次降雨。在每次降雨或多次降雨后，量测侵蚀沟的体积，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，如图 2-2 所示。

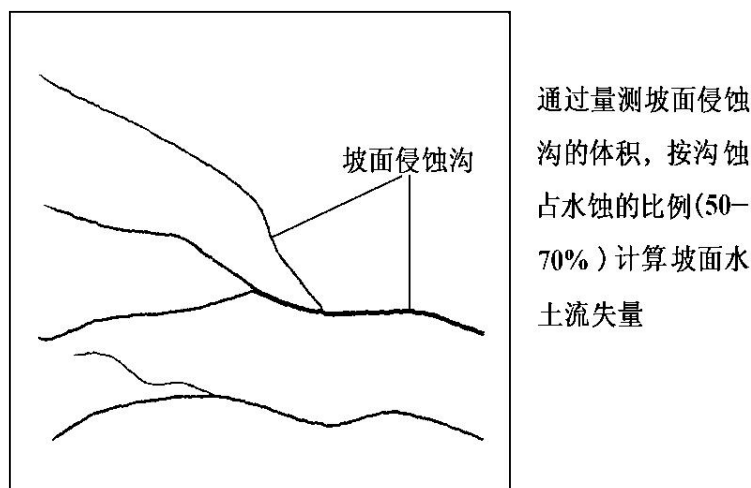


图 2-2 水土流失简易坡面量测场示意图

(2) 简易坡面量测场选址

选定的坡面应具有较为明显的侵蚀沟，以侵蚀沟形状简单为宜，所选坡面要方便量测，侵蚀沟应具有代表性。

(3) 简易坡面量测场的布置

简易坡面量测场的布置主要由实际的坡面侵蚀沟确定，布置规格不等，一般小型侵蚀沟以 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，应量测至少一年的水土流失量，有条件的地区，简易坡面量测法也可和简易水土流失观测场相结合，效果更佳。

(4) 简易坡面量测场侵蚀量的计算

在调查样地上等间距取若干个断面（B 样地宽×L 坡长），每个断面上量测侵蚀沟的断面积，然后按下式进行计算：

$$M = \frac{1}{2} r \sum_{i=1}^n (s_i + s_{i+1}) \times l \quad (\text{F2-2})$$

式中：M——样地侵蚀量，t；

s_i ——第 i 个断面的面积， m^2 ；

s_{i+1} ——第 i+1 个断面的面积， m^2 ；

l——样地断面间距，m；

r——土壤容重， t/m^3 ；

n——断面数。

也可以将侵蚀沟概化为棱锥、棱柱、棱台等，按下式计算：

$$\text{棱锥体积: } V=S \cdot H / 3 \quad (\text{F2-3})$$

$$\text{棱柱体积: } V=S \cdot H \quad (\text{F2-4})$$

$$\text{棱台体积: } V=H \cdot [S_1+S_2+(S_1 \cdot S_2)^{1/2}] \quad (\text{F2-5})$$

式中: V ——体积, cm^3 ;

S_1 、 S_2 、 S ——底面积, cm^2 ;

H ——高, cm 。

(5) 其他注意事项

①侵蚀沟断面大致可分为“V”型和“U”型, 根据实际情况应进行判别, 便于采取正确的公式进行计算;

②侵蚀沟断面一般以上、中、下三处进行划分, 必要是可增加观测断面;

③在量测某个侵蚀沟断面深度时, 应注意“V”型需量测最深处, “U”型需要对底部实测两次以上, 以减少误差;

④观测人员进行量测时, 应尽量避免对侵蚀沟形状造成破坏, 尽量不要践踏到侵蚀沟, 保证观测数据的合理性;

⑤因具体计算时数字偏差对侵蚀模数计算影响较大, 读数时应注意估读, 在测尺最小刻度后还应估读一位。

3、植被样方法

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, 造林成活率在随机设置 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 三个重复样方内, 于秋季查看春秋造林苗木成活的株数占造林苗木总株数的百分数, 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 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 的多个样地内, 于苗期查验, 当出苗 $30 \text{株}/\text{m}^2$ 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。

2.2.4 无人机监测

随着“无人机”技术不断成熟、完善、普及，民用已经很广泛，如国土监察、城市规划、水利建设、林业管理、实时监控、影视航拍、广告摄影、气象遥感等领域。无人机具有能在云层下低空飞行、无需机场起降、而且成本低、运用灵活等优点，因此可以轻易获取相对清晰的影像。因而，无人机航拍更适合安全性要求高，拍摄成果质量要求高、散列分布式任务，大比例尺测图等工作需求。

无人机监测的主要技术路线是：

1、航摄方案设计

以监测区地形图为基础，根据监测区域地形、地貌设计航摄方案。主要包括航摄比例尺、重叠度、航摄时间等。

2、外业工作

在航摄区域布设一定数量的地面标志，检测无人机起飞后即可野外航摄。

3、数据预处理及格式标准化

整理航摄范围内航片、清除异常航片、错误纠正、重复航片的清除等。

4、数据处理及解译校对

利用遥感影像处理软件对影像进行拼接、纠正、调色等处理；通过野外调查，建立解译标志；依据解译标志针对影像提取植被覆盖度及土地利用信息；利用 GIS 坡度分析功能从 DEM 数据空间分析获取坡度信息。

5、分析比对叠加及成果输出

结合土壤侵蚀分级指标，在建立的土地利用、植被覆盖和坡度三类信息的矢量图层基础上，利用 GIS 矢量图层叠加分析，根据土壤侵蚀分类分级标准判别各划分单元的土壤侵蚀强度。利用同样的方法，对项目实施完成的航拍影像进行处理，得

到项目监测期末的各项数据，通过对比分析，得到水土保持动态监测结果；通过项目区控制点进行空间插值可以获得项目区的 **DEM**，通过与原地形对比分析，计算项目扰动情况。

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

3.1.1.1 水土保持方案确定的防治责任范围

根据《水保方案》及批复，本项目水土流失防治责任范围总面积为 191.70hm²，其中项目建设区 151.17hm²，直接影响区 40.52hm²。

表 3-1 《水保方案》确定的水土流失防治责任范围单位：hm²

工程区	项目建设区	直接影响区	合计
枢纽工程区	16.44	0.83	17.27
渠道工程区	11.08	13.46	24.54
弃渣场区	17.57	5.62	23.20
料场区	19.06	5.15	24.21
施工道路区	33.93	14.13	48.06
施工生产生活区	4.25	0.98	5.23
水库淹没区	48.84	/	48.84
专项设施复建区		0.36	0.37
合计	151.17	40.52	191.70

3.1.1.2 实际防治责任范围监测结果

监测过程中，结合《水保方案》中确定项目组成对水土流失防治责任范围进行了复核，经核实，本项目实际建设过程中发生的水土流失防治责任范围面积为 143.85hm²，其中项目建设区面积为 143.82hm²，直接影响区面积 0hm²。

实际发生的水土流失防治责任范围详见表 3-1。

表 3-2 实际发生的水土流失防治责任范围单位：hm²

分区	项目区		工程占地类型及面积									合计
			耕地		林地	园地	宅基 地	交通运 输用地		水域	其他 用地	
			水田	旱地	有林地			公路 用地	农村道 路用地		裸地	
项目建设区	枢纽工程区		0.23	0.85	11.75	2.86			0.38	0.09		16.16
	渠道工程区		0.09	0.17	6.35	5.06						11.67
	弃渣场区	枢纽区渣场		0.9	2.61	1.36						4.87
		渠道区渣场		0.12	3.49	3.55						7.16
		小计	0	1.02	6.1	4.91						12.03
	料场区	土料场		2.94	1.47	8.88						13.29
		坝壳料场		0.62	2.47							3.09
		石料场			1.36							1.36
		小计	0	3.56	5.3	8.88						17.74
	施工道路区	施工永久公路	0.49	0.97	0.73	1.41						3.6

	施工临时道路	2.43	6.94	5.06	14.91						29.34
	小计	2.92	7.91	5.79	16.32						32.94
	施工生产生活区	0.17	0.3	0.66	3.34						4.47
	水库淹没区	6.24	9.12	20.73	9.03	0.11	0.41	0.2	1.25	1.75	48.84
	合计	9.65	22.93	56.68	50.4	0.11	0.41	0.58	1.34	1.75	143.85
直接影响区	0										
合计	143.85										

3.1.1.3 水土流失防治责任变化

本工程实际发生的水土流失防治责任范围面积为 143.85hm²，与水土保持方案批复的防治责任范围面积 191.70hm² 相比面积减少了 47.85hm²，主要变化原因为项目建设区的弃渣场区面积减少，导致防治责任范围面积减少，实际施工过程中的扰动范围即防治责任范围，因此，不计列直接影响区。

表 3-3 工程防治责任范围变化情况对比表

分区	项目区	方案批复 (hm ²)	实际占地 (hm ²)	对比 (+/-)
项目建设区	枢纽工程区	16.44	16.16	-0.28
	渠道工程区	11.08	11.67	0.59
	弃渣场区	17.57	12.03	-5.54
	料场区	19.06	17.74	-1.32
	施工道路区	33.93	32.94	-0.99
	施工生产生活区	4.25	4.47	0.22
	水库淹没区	48.84	48.84	0
	合计	151.17	143.85	-7.32
直接影响区		40.52	0	-40.52
合计		191.69	143.85	-47.84

变化原因：

(1) 在实际施工过程中，主体布局进行了优化，枢纽工程区取消了 2#施工支洞的建设，占地面积较原方案设计减少，导致直接影响区及防治责任范围面积减少；

(2) 由于原水保方案是基于可研阶段编制，在实际的施工过程倒虹吸增加 167m，相应的渠道减少，导致渠道工程区面积增加，从而防治责任范围面积增加；

(3) 在大坝施工阶段，由于取消右干渠的老金田石料场，大滑石板石料场开采面积增加 0.38hm²，导致了料场区面积增加，从而防治责任范围面积减少；

(4) 弃渣场数量从方案批复的 12 座增加到 18 座，数量上增加 6 座，实际使用的 18 座弃渣场中有 8 座弃渣场位置不变（其中 1 座弃渣场堆渣量提高 20%以上），新增 10 座弃渣场进行了位置调整或重新布置，面积较方案批复面积减少。

(5) 施工道路区中永久道路较方案批复减少了 0.99km，因此导致了面积减少。

(6) 施工生产生活区面积增加主要由于实际施工过程中根据枢纽过程区及渠道

布置优化了施工场地的布置，实际比方案枢纽区增加 1 个生活区，2 个生产生活区，渠道区减少 1 个生产生活区。

(7) 实际施工过程中的扰动范围即防治责任范围，未出现超出红线范围施工现象，因此，不涉及直接影响区，导致防治责任范围减少。

3.1.2 建设期扰动土地面积

地表扰动面积监测包括两方面的内容：即扰动类型判断和面积监测，其中扰动类型判断是关键，扰动类型的划分和判定是由其侵蚀强度确定的，监测过程中必须根据实际流失状态进行归类和面积监测。

按照监测实际介入情况，通过对项目区现场踏勘，对工程水土流失情况进行分析，监测工作组并利用 GPS、测距仪、皮尺等量测工具，结合工程施工、监理和工程平面布置等资料，对工程区建设期扰动地表的面积进行量化。经复核分析，工程建设期间，实际扰动地表面积为 143.85hm²，其中水田 9.65hm²，旱地 22.93hm²，园地 50.40hm²，林地 56.68 hm²，宅基地 0.11 hm²，交通运输用地 0.99 hm²，其他用地 1.75hm²，水域 1.34hm²。

表 3-4 《水保方案》扰动地表面积统计表单位：hm²

项目区		工程占地类型及面积														
		耕地		林地	园地	宅基地	交通运输用地						水域	其他用地	合计	备注
		水田	旱地	有林地			公路用地	农村道路用地						裸地		
枢纽工程区		0.23	0.85	12.03	2.86			0.38	0.09		16.44	永久占地				
渠道工程区		0.09	0.17	5.76	5.06						11.08	永久占地				
弃渣场区	枢纽区渣场		0.9	3.32	5.83						10.05	临时占地				
	渠道区渣场		0.12	3.65	3.75						7.52	临时占地				
	小计		1.02	6.97	9.58						17.57					
料场区	土料场		2.94	1.47	10.28						14.69	临时占地				
	坝壳料场		0.62	2.48							3.1	临时占地				
	石料场			1.27							1.27	临时占地				
	小计		3.56	5.22	10.28						19.06					
施工道路区	施工永久公路	0.49	0.97	0.73	4.02						6.21	永久占地				
	施工临时道路	2.43	6.94	5.06	13.29						27.72	临时占地				
	小计	2.92	7.91	5.79	17.31						33.93					
施工生 产生活区		0.17	0.3	0.7	3.08						4.25	临时占地				
水库淹没区		6.24	9.12	20.73	9.03	0.11	0.41	0.2	1.25	1.75	48.84	永久占地				
合计		9.65	22.93	57.2	57.2	0.11	0.41	0.58	1.34	1.75	151.17					

表 3-5 工程建设实际扰动地表面积统计表单位：hm²

项目区		工程占地类型及面积														
		耕地		林地	园地	宅基 地	交通运输用地						水域	其他 用地	合计	备注
							公路 用地	农村道 路用地								
		水田	旱地	有林地												
枢纽工程区		0.23	0.85	11.75	2.86			0.38	0.09		16.16	永久占地				
渠道工程区		0.09	0.17	6.35	5.06						11.67	永久占地				
弃渣场区	枢纽区渣场		0.9	2.61	1.36						4.87	临时占地				
	渠道区渣场		0.12	3.49	3.55						7.16	临时占地				
	小计	0	1.02	6.1	4.91						12.03					
料场区	土料场		2.94	1.47	8.88						13.29	临时占地				
	坝壳料场		0.62	2.47							3.09	临时占地				
	石料场			1.36							1.36	临时占地				
	小计	0	3.56	5.3	8.88						17.74					
施工道路区	施工永久公路	0.49	0.97	0.73	1.41						3.6	永久占地				
	施工临时道路	2.43	6.94	5.06	14.91						29.34	临时占地				
	小计	2.92	7.91	5.79	16.32						32.94					
施工生产生活区		0.17	0.3	0.66	3.34						4.47	临时占地				
水库淹没区		6.24	9.12	20.73	9.03	0.11	0.41	0.2	1.25	1.75	48.84	永久占地				
合计		9.65	22.93	56.68	50.4	0.11	0.41	0.58	1.34	1.75	143.85					

表 3-6 工程占地面积对比情况表单位：hm²

项目区	方案批复（hm²）	实际占地（hm²）	对比（+/-）
枢纽工程区	16.44	16.16	-0.28
渠道工程区	11.08	11.67	0.59
弃渣场区	17.57	12.03	-5.54
料场区	19.06	17.74	-1.32
施工道路区	33.93	32.94	-0.99
施工生产生活区	4.25	4.47	0.22
水库淹没区	48.84	48.84	0
合计	151.17	143.85	-7.32

较《水保方案》工程占地变化原因与水土流失防治责任范围变化基本一致，因此，不再赘述。

3.2 取料监测结果

3.2.1 设计取料情况

本项目水保方案规划 2 座土料场，1 座坝壳料场及 2 座石料场。

（一）土料场

土料场主要提供围堰和坝体所需的防渗用料，工程土料设计用量为 12.5 万 m³（填筑方），规划开采有用料 17.4 万 m³（自然方）。本阶段共勘探了 2 个土料场，分别为 1#土料场和 2#土料场。本阶段主要使用位于下坝线下游左岸 0.5~1.1km 的

2#土料场，1#土料场为备用料场。

（二）坝壳料场

崩咚山坝壳料场位于崩咚山南面山坡，料场距坝址约 5.9km，分布高程 1540~1644.8m，总体地形为斜坡地形，开采施工场地较宽阔。料场山脊及陡坡处基岩裸露，第四系残坡积层零星覆盖，厚度一般 1~1.5m，有用层岩性以含砾砂岩与中细砂岩为主，夹有泥岩，该料场强~弱风化岩石可以作为石碴料。

（三）石料场

本工程枢纽工程区共布置 1 个石料场（大滑石板石料场），渠道工程区布置 1 个石料场（老金田石料场）。大滑石板石料场位于崩咚山西北面新田河边，料场距坝址约 4.3km，分布高程 1380~1590m，总体地形为斜坡地形，开采施工场地较宽阔。渠道沿线块石料在老金田石料场开采，料场位于右干渠里程 2+500 渠段北侧岸坡，料场分布高程 1126~1333m，料源岩性为 K_1m^1 紫红色砂岩，表层第四系残坡积层厚 1~3m。该石料场有用层储量 $52.5 \times 10^4 m^3$ ，剥离量 $14.2 \times 10^4 m^3$ ，剥采比 0.27。储量满足设计要求，虽然部分指标偏低，但是可以满足渠道块石料设计要求。

3.2.2 取料监测结果

工程建设过程中启用 2#土料场，1 座石料场（大滑石板石料场），崩咚山坝壳料场。

3.2.3 取料对比分析

工程建设过程中启用的 2#土料场，位置未发生变更；在大坝施工阶段，仅启用了 1 座石料场，为大滑石板石料场，取消了右干渠的老金田石料场，导致大滑石板石料场开采面积增加 $0.38 hm^2$ ；实际施工过程中，启用了崩咚山坝壳料场，主要提供坝体所需的坝壳料及围堰填筑料，位置未发生变更。

3.3 弃渣监测结果

3.3.1 设计弃渣情况

根据批复的《水保方案》，五里河水库工程设计开挖方为总开挖量为 165.88 万 m^3 （自然方，下同），回填利用量 94.70 万 m^3 ，总弃渣场量为 71.18 万 m^3 （包括剥离表土和收集表土）。主体工程共布设了 12 个弃渣场（其中枢纽区工程 5 个，渠道

工程区 7 个)，渣场容量为 79.46 万 m³，占地面积 17.57hm²。

表 3-6 水保方案规划弃渣场特性表单位：hm²

序号	弃渣场	面积 (hm ²)	堆渣量(万m ³)		渣场容 量(万m ³)	堆渣高 度 (m)	渣场 级别	渣场类 型	位置
			自然方	松方					
1	枢纽1#渣场	3.3		15.75	20.92	39	4	沟道型	大坝下游左岸，距大坝公 路里程1km处
2	枢纽2#渣场	3.16		11.51	15.35	73	3	沟道型	大坝下游右岸，距大坝公 路里程1km处
3	枢纽3#渣场	0.85		1.88	2.6	19	5	沟道型	输水隧洞2#施工支洞进口 附近,距2#施工支洞进口 公路里程0.9km处
4	枢纽4#渣场	1.13		1.91	2.67	10	5	沟道型	输水隧洞出口附近，距出 口公路里程0.4km处
5	枢纽5#渣场	1.61		6.23	8.95	43	4	沟道型	崩咚山石渣料场附近，距 料场公路里程0.3km处
6	右1#渣场	0.93		3.28	3.93	32	4	沟道型	老金石料附近，距石料场 约0.1km处
7	右2#渣场	0.59		1.97	2.6	35	4	沟道型	位于右干渠4.153km处下 游箐沟
8	右3#渣场	0.96		2.93	4.14	27	4	沟道型	位于右干渠6.354km处下 游箐沟
9	左1#渣场	1.38		2.46	3.66	9	5	沟道型	位于左干渠0.479km处渠 道上游箐沟
10	左2#渣场	1.23		3.24	4.26	41	4	沟道型	位于左干渠3.563km处， 下游箐沟
11	左3#渣场	1.12		3.58	4.89	38	4	沟道型	位于左干渠左2#倒虹吸 0.6km处的下游箐沟
12	左4#渣场	1.32		3.73	5.47	38	4	沟道型	位于左干渠左2#倒虹吸 1.88km处的下游箐沟
13	合计	17.57		58.47	79.44				

3.3.2 弃渣场位置、占地面积及弃渣量监测结果

实际启用的弃渣场与方案批复发生了重大调整，因此，建设单位委托昆明龙慧工程设计咨询有限公司编制完成了《普洱市五里河水库工程弃土场变更水土保持方案补充报告书》，根据《变更设计报告》，实施阶段共布置 18 座弃渣场，具体调整为原方案设计枢纽工程区弃渣场 5 座，实际启用 3 座，取消 2 座，渠道工程区共计 7 座弃渣场，实际启用 5 座，取消 2 座，新增 10 座，经统计，五里河水库共启用弃渣场 18 座，其中枢纽工程区 3 座，渠道工程区 15 座。弃渣场调整后，相应的弃渣场水土保持措施也调整，有变化。

表 3-7 实际使用弃渣场布置表单位：hm²

弃渣场	面积 (hm ²)	堆渣量(万 m ³)		渣场容量 (万m ³)	堆渣高度 (m)	渣场级别	渣场类型	渣料来源	位置
		自然 方	松方						
枢纽1#渣场	1.79	11.75	15.27	18.26	44	4	沟道型	大坝、导流隧洞、围堰、土料场等开挖弃料	大坝下游左岸，距大坝公路里程1km处
枢纽2#渣场	1.36	9.6	12.29	14.17	44	4	沟道型	坝右岸及坝基、溢洪道及输水隧洞开挖料、临时工程弃渣	大坝下游右岸，距大坝公路里程1km处
枢纽5#渣场	1.72	7.25	10.01	12.46	50	4	沟道型	崩咚山坝壳料场开挖弃料	崩咚山石渣料场附近，距料场公路里程0.3km处
右1#渣场	0.59	1.4	1.96	2.36	20	5	沟道型	渠道沿线开挖弃渣	位于渠道2+280m处下游箐沟
新增右1#渣场	0.31	0.74	0.93	1.01	18	5	沟道型		位于渠道3+325m处下游箐沟
右2#渣场	0.49	1.38	1.73	1.81	18	5	沟道型		位于渠道4+860m处下游箐沟
新增右2#渣场	0.47	2.57	3.21	4.25	26	4	沟道型		位于渠道8+025m处下游箐沟
新增右3#渣场	0.42	1.18	1.47	1.62	20	5	沟道型		位于渠道9+330m处下游箐沟
左1#渣场	0.72	1.21	1.69	1.94	12	5	沟道型		位于左干渠0+420m处渠道的上游箐沟
新增左1#渣场	0.67	0.38	0.48	0.51	19	5	沟道型		位于左干渠1+770m处下游箐沟
左2#渣场	0.56	1.57	1.96	2.13	36	4	沟道型		位于左干渠4+070m处下游箐沟
新增左2#渣场	0.69	2.5	3.12	3.4	28	4	沟道型		位于左干渠4+940m处下游箐沟
新增左3#渣场	0.56	2.06	2.57	3.63	26	4	沟道型		位于左干渠6+970m处下游箐沟
新增左4#渣场	0.48	1.71	2.14	2.7	19	5	沟道型		位于左干渠8+690m处下游箐沟
新增左5#渣场	0.51	2.31	2.88	3.34	38	4	沟道型		位于左干渠10+490m处下游箐沟
新增左6#渣场	0.21	0.46	0.61	0.76	16	5	沟道型		位于左干渠10+970m处下游箐沟
左4#渣场	0.3	0.81	1.01	1.14	19	5	沟道型		位于左干渠11+130m处下游箐沟
新增左7#渣场	0.18	0.11	0.13	0.13	12	5	坡地型		位于左干渠11+870m处下游箐沟
合计	12.03		63.46	75.62					

3.3.3 弃渣对比分析

根据批复的《水保方案》，本水库工程开挖 207.89 万 m³（自然方，下同），回填利用量 127.98 万 m³，总弃渣量为 79.91 万 m³（包括剥离表土和收集表土）。五里河水库工程建设过程中产生废弃土石方中永久弃渣量为 63.46 万 m³，堆放于主体工程布置的 12 座弃渣场内。

实际启用弃渣场与可研阶段相比，弃渣场由 12 个调整为 18 个，数量上增加 6

昆明龙慧工程设计咨询有限公司 53

个，其中 8 个弃渣场位置不变（其中 1 个弃渣场堆渣量提高 20%以上），10 个弃渣场进行了位置调整或重新布置，占地面积减少 5.54hm²。

实际启用弃渣场与初设阶段相比，弃渣场由 14 个调整为 18 个，数量上增加 4 个，其中 9 个弃渣场位置不变（其中 1 个弃渣场堆渣量提高 20%以上），9 个弃渣场进行了位置调整或重新布置，占地面积减少 4.42hm²。

堆渣量变化：实施阶段工程建设因为坝壳料场实际开挖揭示的地质情况与设计勘察及推测成果有出入，造成枢纽区 5#弃渣量增加；渠道工程扰动平台长度增加，造成弃渣量相对增加，由于征地原因、施工临时道路修建困难、渣场附近居民不同意修建等原因，同时由于渠道工程线路较长，弃渣运距较远，实施阶段为了防止施工过程中弃渣乱堆乱弃和有效防治渣场的水土流失，调整了施工组织，弃渣场数量根据实际情况进行了优化调整。

根据《变更方案》批复内容，实施阶段共布置 18 座弃渣场，其中枢纽工程区弃渣场 3 座（枢纽 1#、枢纽 2#、枢纽 5#弃渣场均为原方案设计弃渣场），渠道工程区 15 座（其中右 1#、右 2#、左 1#、左 2#、左 4#弃渣场为原方案设计弃渣场，剩余 10 座弃渣为新增弃渣场），与原方案设计对比均有一定的减少。

3.4 土石方流向情况监测结果

根据工程监理及施工结算资料，工程实际开挖土石方为 207.89 万 m³（自然方，下同），回填利用量 127.98 万 m³，总弃渣量为 79.91 万 m³（包括剥离表土和收集表土）。五里河水库工程建设过程中产生废弃土石方中永久弃渣量为 63.46 万 m³，堆放于主体工程布设的弃渣场内。本项目实际产生弃方量、去向与水保方案批复有一定变化。

土石方变化的原因为施工过程中产生的弃渣，一部分用于项目区内泥结石路面铺设，另一部分用于坝壳料场采空区回填，提高了土石方回填利用率，因此，导致了弃渣量减少。

工程土石方工程量具体详见表 3-5。

表 3-5 工程实际土石方工程量结算表单位: m³

项目区		开挖			回填	调出	调入	弃渣去向						
		土石方开挖	表土剥离	小计				枢纽1# 弃渣场	枢纽2# 弃渣场	枢纽5# 弃渣场	右干渠 弃渣场	左干渠 弃渣场	临时 堆土场	合计
枢纽工程区	大坝工程	16.76		16.76	0.37			10.92	5.47					16.39
	溢洪道工程	7.23		7.23	1.75				5.48					5.48
	导流、输水隧道	3.92		3.92		1.37		2.55						2.55
	施工支洞开挖	0.66		0.66	0.07				0.59					0.59
	围堰开挖及拆除	0.48		0.48				0.48						0.48
	小计	29.05		29.05	2.19	1.37		13.95	11.54					25.49
渠道工程区	右干渠	15.43		15.43	6.22						9.21			9.21
	左干渠	28.26		28.26	11.98							16.28		16.28
	小计	43.69		43.69	18.20						9.21	16.28		25.49
料场区	土料场	22.21	5.24	27.45	22.21								5.24	5.24
	坝壳料场	76.37	1.24	77.61	54.32	15.04				10.01			1.24	11.25
	石料场	15.21	0.37	15.58	15.21								0.37	0.37
	小计	113.79	6.85	120.64	88.74	15.04				10.01			6.85	16.86
施工道路区		3.76	5.74	9.50	16.73		15.04	1.32	0.75				5.74	7.81
施工生产生活区		1.08	1.34	2.42	2.45		1.37						1.34	1.34
弃渣场区		0.07	2.52	2.59	0.07								2.52	2.52
合计		191.44	16.45	207.89	128.38	16.41	16.41	15.27	12.29	10.01	9.21	16.28	16.45	79.51

4 水土流失防治措施监测结果

本工程水土流失防治及其效果监测内容包括各项水土流失防治措施的数量、质量及其防治效果，主要为工程措施的稳定性、完好程度及运行情况；植物措施成活率、保存率、生长情况及覆盖度；临时措施的实施情况、防护效果。结合项目建设区水土流失特点和实际施工进度，从水土保持工程措施、水土保持植物措施、水土保持临时措施、水土流失防治效果几个方面对监测数据进行综合分析。与《水保方案》中的防治措施及水土流失量预测结果进行对比分析，反映项目建设区水土流失防治措施及其效果。

4.1 工程措施监测结果

4.1.1 工程措施设计情况

根据《水保方案》、《弃渣场补充报告》及其批复，设计水土保持工程措施包括主体工程设计措施和方案新增措施，具体为：①主体工程设计的工程措施：枢纽工程区浆砌石截排水沟 528m，浆砌石量 303.32m³；②方案新增：本方案各区共收集和剥离表土共 175849m³，除弃渣场剥离表土 52720m³计列投资外，其它区域收集表土工程量已计入主体工程，本方案水土保持投资不再重复计列。格宾钢丝石笼挡墙长 440m，截排水沟 3145m，沉沙池 6 口，需格宾钢丝石笼 4662m³，M7.5 浆砌石 2033m³，土方开挖 1437m³。

表 4-1 水保方案设计的水土保持工程措施类型及数量表

防治分区	措施类型	单位	方案批复措施量	
			主体设计	方案新增
枢纽工程区	截水沟	m ³	303.32	
料场区	表土剥离	万 m ³	5.49	
施工道路区	表土剥离	万 m ³	5.54	
弃渣场区	表土剥离	万 m ³	5.27	
	格宾钢丝石笼挡墙	m ³		4640
	排水沟	m		3145
	土方开挖	m ³		1332
	M7.5 浆砌石	m ³		1978
施工生产生活区	表土剥离	万 m ³	1.28	

4.1.2 工程措施实施情况

根据施工单位结算资料及监理单位资料统计，截止 2021 年 11 月，本项目实施的工

程措施：（1）主体工程设计的工程措施包括：枢纽工程区浆砌石截排水沟 196.52m³；料场区表土剥离 6.85 万 m³；施工道路区表土剥离 5.74 万 m³；施工生产生活区表土剥离 1.34 万 m³。（2）方案新增措施：枢纽工程区 C20 混凝土排水沟 37.4m³，M7.5 浆砌石排水沟 345.74m³，C25 混凝土排水沟 75.31m³，盖板排水沟 44.94m³， ϕ 400 混凝土涵管 20m；施工道路区 C15 埋石砼排水沟 950m³；弃渣场浆砌石挡墙 361.1m，格宾钢丝石笼挡墙 2641m³，截排水沟 1017m。根据工程建设资料，项目水土保持工程措施实施时间为 2017 年 10 月至 2018 年 12 月。

表 4-2 实际实施的工程措施量统计表

防治分区	措施类型	单位	实际实施
枢纽工程区	C20混凝土排水沟	m ³	37.4
	M7.5浆砌石排水沟	m ³	345.74
	M7.5浆砌石截水沟	m ³	196.52
	C25混凝土排水沟	m ³	75.31
	盖板排水沟	m ³	44.94
	ϕ 400混凝土涵管	m	20
施工道路区	C15埋石砼排水沟	m ³	950
弃渣场	表土剥离	m ³	24729
	浆砌石挡墙	m	361.1
	格宾钢丝石笼挡墙	m ³	2641
	排水沟	m	1017
	土方开挖	m ³	3229
	M7.5浆砌石	m ³	1617

4.1.3 工程措施完成情况对比分析

通过对比，工程实施的工程措施量与《原水保方案》批复的措施量相比有一定变化，具体变化情况如下：

表 4-3 实际实施工程措施与原设计情况对比统计表

防治分区	措施类型	单位	方案批复措施量		实际实施	变化情况 (-/+)
			主体设计	方案新增		
枢纽工程区	截水沟	m ³	303.32		196.52	-106.8
	C20混凝土排水沟	m ³			37.4	37.4
	M7.5浆砌石排水沟	m ³			345.74	345.74
	C25混凝土排水沟	m ³			75.31	75.31
	盖板排水沟	m ³			44.94	44.94
	ϕ 400混凝土涵管	m			20	20
料场区	表土剥离	万 m ³	5.49		6.85	1.36
施工道路区	表土剥离	万 m ³	5.54		5.74	0.20
	C15埋石砼排水沟	m ³			950	950

弃渣场区	表土剥离	万m ³	5.27		4.94	-0.332
	浆砌石挡墙	m			361.1	
	格宾钢丝石笼挡墙	m ³		4640	2641	-1999
	排水沟	m		3145	1017	-2128
	土方开挖	m ³		1332	3229	1897
	M7.5浆砌石	m ³		1978	1617	-361
施工生产生活区	表土剥离	万m ³	1.28		1.34	0.07

变化原因：

(1) 实际施工过程中，根据枢纽区上游实际的汇水面积，优化了截水沟的布设，导致了工程量减少，坝顶及溢洪道一侧增加了排水沟，且为了有效的排出水库管理所的地面汇水，也布设了相应的盖板排水沟，因此，导致了工程量发生了变更；

(2) 针对施工道路区的永久道路，为避免坡面径流冲刷路面，造成路面损坏，建设单位在道路一侧增加了 C15 埋石砼排水沟，导致了工程量增加；

(3) 由于弃渣场优化调整，根据变更方案调整，由原来的格宾钢丝石笼挡墙调整成浆砌石挡墙，且排水沟数量也根据其汇水面积进行了调整，因此导致了工程量减少；

(4) 各分区的表土量根据施工过程中实际可剥离厚度和占地类型进行了优化调整，导致了各分区表土剥离量较方案相比有一定的变化。

4.2 植物措施监测结果

4.2.1 植物措施设计情况

根据《水保方案》、《渣场补充报告》及其批复，设计的水土保持植物措施为：主体设计的植物措施包括：枢纽工程区植草护坡 17952m²；方案新增植物措施包括复耕 14.25hm²，复耕覆土 33380m³，植树面积 58.73hm²，绿化覆土 142382m³，栽植水冬瓜 41477 株，西南桦 40877 株，火棘 176916 株，葛藤 5261 株，爬山虎 1950 株，条播车桑子 13.0g，撒播狗牙根 3317.88kg。

表 4-4 水土保持植物措施类型及数量表

防治分区	措施类型	分项	单位	方案批复措施量	
				主体设计	方案新增
枢纽工程区	植草护坡		m ²	17952	
	植被恢复	面积	hm ²		0.08
		栽植葛藤	株		810
		葛藤	株		810
		抚育管理	hm ²		0.08

防治分区	措施类型	分项	单位	方案批复措施量	
				主体设计	方案新增
渠道工程区	植被恢复	面积	hm ²		4.3
		栽植水冬瓜	株		4160
		栽植西南桦	株		4160
		撒播狗牙根	株		4.3
		水冬瓜	株		4160
		西南桦	株		4160
		狗牙根	kg		133.08
		抚育管理	hm ²		4.3
料场区	植被恢复	面积	hm ²		5.22
		栽植爬山虎	株		1950
		栽植葛藤	株		1950
		条播车桑子	hm ²		4.45
		栽植水冬瓜	株		3292
		栽植西南桦	株		3292
		栽植火棘	株		13165
		撒播狗牙根	hm ²		13.29
		爬山虎	株		1950
		葛藤	株		1950
		车桑子	kg		13
		水冬瓜	株		3292
		西南桦	株		3292
		火棘	株		13165
		狗牙根费	kg		237
		绿化覆土	m ³		13342
		抚育管理	hm ²		5.22
	复耕	面积	hm ²		13.84
		覆土	m ³		41520
弃渣场	植被恢复	面积	hm ²		6.97
		栽植水冬瓜	株		6249
		栽植西南桦	株		6249
		栽植火棘	株		23231
		撒播狗牙根	hm ²		6.97
		水冬瓜	株		6249
		西南桦	株		6249
		火棘	株		23231
		狗牙根费	kg		418.2
		绿化覆土	m ³		20910
		抚育管理	hm ²		6.97
	复耕	面积	hm ²		11.62
		覆土	m ³		34870
施工道路区	植被恢复	面积	hm ²		5.06
		栽植葛藤	株		2501
		栽植水冬瓜	株		4818
		栽植西南桦	株		4218
		栽植火棘	株		16865
		撒播狗牙根	hm ²		5.06

防治分区	措施类型	分项	单位	方案批复措施量	
				主体设计	方案新增
		葛藤	株		2501
		水冬瓜	株		4818
		西南桦	株		4218
		火棘	株		16865
		狗牙根费	kg		303.6
		绿化覆土	m ³		10120
		抚育管理	hm ²		5.06
	复耕	面积	hm ²		22.66
		覆土	m ³		45320
施工生产生活区	植被恢复	面积	hm ²		0.7
		栽植水冬瓜	株		583
		栽植西南桦	株		583
		栽植火棘	株		2333
		撒播狗牙根	hm ²		0.7
		水冬瓜	株		583
		西南桦	株		583
		火棘	株		2333
		狗牙根	kg		42
		绿化覆土	m ³		2100
		抚育管理	hm ²		0.7
	复耕	面积	hm ²		3.55
		覆土	m ³		10650

4.2.2 植物措施实施情况

根据施工单位结算资料及监理单位资料统计,截止 2021 年 9 月,项目在建设过程中实际实施的植物措施主要为:主体设计的植物措施包括:枢纽工程区植草护坡 18461.52m²;方案新增植物措施包括:植被恢复面积 47.34hm²,种植爬山虎 1404 株、葛藤 9550 株,车桑子 12.5kg,种草面积 42.89hm²,狗牙根种子 2448.6kg,覆土量 14.56 万 m³,幼林抚育面积 47.42hm²。根据工程建设资料,项目水土保持植物措施实施时间为 2019 年 4 月至 2020 年 12 月。

表 4-5 实际实施植物措施量统计表

防治分区	措施类型	分项	单位	实际实施
枢纽工程区	植草护坡		m ²	18461.52
	植被恢复	面积	hm ²	0.08
		栽植葛藤	株	810
		葛藤	株	810
		抚育管理	hm ²	0.08
渠道工程区	植被恢复	面积	hm ²	4.3
		栽植水冬瓜	株	4160
		栽植西南桦	株	4160
		撒播狗牙根	hm ²	4.3

防治分区	措施类型	分项	单位	实际实施
		水冬瓜	株	4160
		西南桦	株	4160
		狗牙根	kg	133.08
		抚育管理	hm ²	4.3
料场区	植被恢复	面积	hm ²	17.74
		栽植爬山虎	株	1404
		栽植葛藤	株	1404
		条播车桑子	hm ²	4.45
		栽植水冬瓜	株	11077
		栽植西南桦	株	11077
		栽植火棘	株	13165
		撒播狗牙根	hm ²	13.29
		爬山虎	株	1404
		葛藤	株	1404
		车桑子	kg	12.5
		水冬瓜	株	11077
		西南桦	株	11077
		火棘	株	13165
		狗牙根	kg	797.4
		绿化覆土	m ³	53220
		抚育管理	hm ²	17.74
弃渣场	植被恢复	面积	hm ²	12.03
		栽植水冬瓜	株	10027
		栽植西南桦	株	10027
		栽植火棘	株	40096
		撒播狗牙根	hm ²	12.03
		水冬瓜	株	10027
		西南桦	株	10027
		火棘	株	40096
		狗牙根	kg	721.8
		绿化覆土	m ³	48120
		抚育管理	hm ²	12.03
施工道路区	植被恢复	面积	hm ²	8.80
		栽植葛藤	株	2211
		栽植水冬瓜	株	7336
		栽植西南桦	株	7336
		栽植火棘	株	15865
		撒播狗牙根	hm ²	8.80
		葛藤	株	2211
		水冬瓜	株	7336
		西南桦	株	7336
		火棘	株	15865
		狗牙根	kg	528.12
		绿化覆土	m ³	26406
		抚育管理	hm ²	8.80
施工生产生活区	植被恢复	面积	hm ²	4.47
		栽植水冬瓜	株	3726

防治分区	措施类型	分项	单位	实际实施
		栽植西南桦	株	3726
		栽植火棘	株	14899
		撒播狗牙根	hm ²	4.47
		水冬瓜	株	3726
		西南桦	株	3726
		火棘	株	14899
		狗牙根	kg	268.2
		绿化覆土	m ³	17880
		抚育管理	hm ²	4.47

4.2.3 植物措施完成情况对比分析

根据竣工结算资料及现场调查，对项目实际实施的植物措施进行统计，通过与《水保方案》对比分析，实际实施的植物措施工程量较《水保方案》批复的措施量存在一定变化。

表 4-6 实际实施植物措施与原设计情况对比统计表

防治分区	措施类型	分项	单位	方案批复措施量		实际实施	变化情况 (-/+)
				主体设计	方案新增		
枢纽工程区	植草护坡		m ²	17952		18461.52	509.52
	植被恢复	面积	hm ²		0.08	0.08	0
		栽植葛藤	株		810	810	0
		葛藤	株		810	810	0
		抚育管理	hm ²		0.08	0.08	0
渠道工程区	植被恢复	面积	hm ²		4.3	4.3	0
		栽植水冬瓜	株		4160	4160	0
		栽植西南桦	株		4160	4160	0
		撒播狗牙根	株		4.3	4.3	0
		水冬瓜	株		4160	4160	0
		西南桦	株		4160	4160	0
		狗牙根	kg		133.08	133.08	0
		抚育管理	hm ²		4.3	4.3	0
料场区	植被恢复	面积	hm ²		5.22	17.74	12.52
		栽植爬山虎	株		1950	1404	-546
		栽植葛藤	株		1950	1404	-546
		条播车桑子	hm ²		4.45	4.45	0
		栽植水冬瓜	株		3292	11077	7785
		栽植西南桦	株		3292	11077	7785
		栽植火棘	株		13165	13165	0
		撒播狗牙根	hm ²		13.29	13.29	0
		爬山虎	株		1950	1404	-546
		葛藤	株		1950	1404	-546
		车桑子	kg		13	12.5	-0.5
		水冬瓜	株		3292	11077	7785
		西南桦	株		3292	11077	7785
		火棘	株		13165	13165	0

		狗牙根费	kg		237	797.4	560.4
		绿化覆土	m ³		13342	53220	39878
		抚育管理	hm ²		5.22	17.74	12.52
	复耕	面积	hm ²		13.84		-13.84
		覆土	m ³		41520		-41520
弃渣场	植被恢复	面积	hm ²		6.97	12.03	5.06
		栽植水冬瓜	株		6249	10027	3778
		栽植西南桦	株		6249	10027	3778
		栽植火棘	株		23231	40096	16865
		撒播狗牙根	hm ²		6.97	12.03	5.06
		水冬瓜	株		6249	10027	3778
		西南桦	株		6249	10027	3778
		火棘	株		23231	40096	16865
		狗牙根费	kg		418.2	721.8	303.6
		绿化覆土	m ³		20910	48120	27210
		抚育管理	hm ²		6.97	12.03	5.06
	复耕	面积	hm ²		11.62		-11.62
		覆土	m ³		34870		-34870
施工道路区	植被恢复	面积	hm ²		5.06	8.802	3.742
		栽植葛藤	株		2501	2211	-290
		栽植水冬瓜	株		4818	7336	2518
		栽植西南桦	株		4218	7336	3118
		栽植火棘	株		16865	15865	-1000
		撒播狗牙根	hm ²		5.06	8.802	3.742
		葛藤	株		2501	2211	-290
		水冬瓜	株		4818	7336	2518
		西南桦	株		4218	7336	3118
		火棘	株		16865	15865	-1000
		狗牙根费	kg		303.6	528.12	224.52
		绿化覆土	m ³		10120	26406	16286
		抚育管理	hm ²		5.06	8.802	3.742
	复耕	面积	hm ²		22.66		-22.66
		覆土	m ³		45320		-45320
施工生产生活区	植被恢复	面积	hm ²		0.7	4.47	3.77
		栽植水冬瓜	株		583	3726	3143
		栽植西南桦	株		583	3726	3143
		栽植火棘	株		2333	14899	12566
		撒播狗牙根	hm ²		0.7	4.47	3.77
		水冬瓜	株		583	3726	3143
		西南桦	株		583	3726	3143
		火棘	株		2333	14899	12566
		狗牙根	kg		42	268.2	226.2
		绿化覆土	m ³		2100	17880	15780
		抚育管理	hm ²		0.7	4.47	3.77
	复耕	面积	hm ²		3.55		-3.55
		覆土	m ³		10650		-10650

变化原因：（1）枢纽工程区高边坡植被恢复方案在实际施工过程中进行了局部的优化调整，增加了溢洪道一侧的植草护坡，也保证了边坡的稳定性，导致植草护坡面积增加；

（2）其他各分区区植被恢复面积较方案批复面积增加主要由于原方案设计的复耕措施未实施，实际进行了植被恢复，因此导致植被恢复面积增加。

监测项目组认为，工程目前已对具备实施条件的裸露区域完成了植被恢复，布局基本合理，选取的树草种长势良好，起到了防治水土流失，改善人居环境的作用。

4.3 临时防护措施监测结果

4.3.1 临时措施设计情况

根据《水保方案》及其批复，方案设计的临时措施包括：废弃土石编织袋挡墙长 1180m，体积 2124m³；临时排水沟 2430m，土石方开挖 428m³。

表 4-7 方案设计的水土保持临时措施类型及数量表

防治分区	措施类型	单位	方案批复措施量
料场区	临时土袋挡墙	m	170
	临时排水沟	m	2430
弃渣场区	临时土袋挡墙	m	375
施工道路区	临时土袋挡墙	m	470
施工生产生活区	临时土袋挡墙	m	165

4.3.2 临时措施实施情况

根据工程竣工统计资料、施工资料和现场调查情况，项目实际实施的临时措施为：临时拦挡 952m，临时排水沟 2256m。临时措施实施时间为 2012 年 5 月至 2018 年 10 月。实际实施临时措施工程量见表 4-8。

表 4-8 实际实施的水土保持临时措施类型及数量表

防治分区	措施类型	单位	方案批复措施量	实际实施	变化情况 (-/+)
料场区	临时土袋挡墙	m	170	218	48.33
	临时排水沟	m	2430	2256	-174.00
弃渣场区	临时土袋挡墙	m	375	157	-218.33
施工道路区	临时土袋挡墙	m	470	455	-15.00
施工生产生活区	临时土袋挡墙	m	165	122	-43.00

4.3.3 临时措施完成情况对比分析

通过对比，实际实施的临时措施工程量与《水保方案》批复的措施相比有一定变化。

表 4-9 方案设计临时措施与原设计情况对比统计表

防治分区	措施类型	单位	方案批复措施量	实际实施	变化情况 (-/+)
料场区	临时土袋挡墙	m	170	218	48.33
	临时排水沟	m	2430	2256	-174.00
弃渣场区	临时土袋挡墙	m	375	157	-218.33
施工道路区	临时土袋挡墙	m	470	455	-15.00
施工生产生活区	临时土袋挡墙	m	165	122	-43.00

变化原因：在实际施工过程中，优化了施工工艺及时序，土方即拉即填，减少了临时堆土，导致临时拦挡措施减少。

监测项目组认为已实施的临时措施也基本能够满足临时防护要求，未造成大的水土流失影响，要求建设单位在后续项目中加强施工过程中临时防护过程的实施，以减少施工过程中的水土流失。

4.4 水土保持措施防治效果

4.4.1 实际实施水土保持措施工程量汇总

截至目前，根据监测资料统计分析，本项目得出水土流失防治措施主要有工程措施、植物措施及临时措施。其中（1）工程措施：①主体工程设计的工程措施包括：枢纽工程区浆砌石截排水沟 196.52m³；料场区表土剥离 6.85 万 m³；施工道路区表土剥离 5.74 万 m³；施工生产生活区表土剥离 1.34 万 m³；②方案新增措施：枢纽工程区 C20 混凝土排水沟 37.4m³，M7.5 浆砌石排水沟 345.74m³，C25 混凝土排水沟 75.31m³，盖板排水沟 44.94m³，Φ400 混凝土涵管 20m；施工道路区 C15 埋石砼排水沟 950m³；弃渣场浆砌石挡墙 361.1m，格宾钢丝石笼挡墙 2641m³，截排水沟 1017m。

（2）植物措施：①主体设计的植物措施包括：枢纽工程区植草护坡 18461.52m²；②方案新增植物措施包括：植被恢复面积 47.34hm²，种植爬山虎 1404 株、葛藤 9550 株，车桑子 12.5kg，种草面积 42.89hm²，狗牙根种子 2448.6kg，覆土量 14.56 万 m³，幼林抚育面积 47.42hm²。

（3）临时措施：临时拦挡 952m，临时排水沟 2256m。

4.4.2 水土保持措施防治效果评价

根据《水土保持工程质量评定规程》(SL336-2006)中工程质量评定项目划分标准,本项目水土保持措施共划分为斜坡防护工程、拦渣工程、防洪排导工程、植被建设工程和临时防护工程等 5 个单位工程。

斜坡防护工程中包括工程护坡、植物护坡及截排水三个分部工程,三个分部工程质量合格,满足斜坡防护要求,能够有效控制边坡水土流失,发挥正常防护效果。

拦渣工程中包括基础开挖及处理和坝体两个分部工程,两个分部工程质量合格,满足弃渣场挡护要求,能够有效控制弃渣场区域水土流失,发挥正常防护效果。

防洪排导工程实施的排洪导流设施(排水沟)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。

植被建设工程点片状植被、线状植被绿化成活率为 90%,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拦挡、排水分部工程,施工期间临时排水沟正常运行,能及时排出施工期间汇水,临时拦挡起到临时堆土的挡护作用,临时防护措施质量总体合格。本项目实施的水土保持措施运行情况详见下表

表 4-10 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	优良项数	优良率(%)			
斜坡防护工程	工程护坡	枢纽工程区	2	2	2	100.00	优良	优良	优良
		施工道路区	3	3	3	100.00	优良	优良	优良
	植物护坡	枢纽工程区	1	1	1	100.00	优良	优良	优良
		枢纽工程区	4	4	4	100.00	优良	优良	优良
	截(排)水	料场区	2	2	2	100.00	优良	优良	优良
防洪排导工程	排洪导流设施	渠道工程区	6	6	5	83.33	优良	优良	优良
		弃渣场区	7	7	6	85.71	优良	优良	优良
		料场区	3	3	3	100.00	优良	优良	优良
		施工道路区	1	1	1	100.00	优良	优良	优良
拦渣工程	基础开挖与处理	弃渣场	16	16	14	87.50	优良	优良	优良
	坝(墙、堤)体	弃渣场	16	16	14	87.50	优良	优良	优良
植被建设	点片状植被	枢纽工程区	3	3	2	66.67	优良	优良	优良
		渠道工程区	3	3	2	66.67	优良	优良	优良

工程		料场区	4	4	3	75.00	优良	优良	优良
		施工道路区	5	5	4	80.00	优良	优良	优良
		施工生产生活区	4	4	3	75.00	优良	优良	优良
		弃渣场区	5	5	4	80.00	优良	优良	优良
临时防护工程	拦挡	料场区、施工道路区、弃渣场区及施工生产生活区	5	5	3	60.00	优良	优良	优良
	排水	料场区	10	10	7	70.00	优良	优良	优良
合计			117	117	95	81.20	优良	优良	优良

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

本工程为建设类项目，结合项目实际，监测报告将整个项目区考虑纳入水土流失面积监测中，根据各阶段水土流失面积监测结果，汇总分析施工期、试运行期水土流失面积，以此说明工程水土流失情况和水土流失的防治效果是否达到规定的允许标准，能否通过水土保持验收，水土保持设施及主体工程可否投入使用。施工过程中在降雨、风力等作用下产生水土流失变化情况为施工准备期水土流失面积主要为原地面，开始施工时流失面积逐渐增多，防治措施实施后流失面积逐渐减少。总体流失面积由少增多再减少的过程，主要流失时段为施工期。

工程水土流失面积详见表 5-1。

表5-1 水土流失面积统计表单位：hm²

序号	名称	施工期	自然恢复期
1	枢纽工程区	16.16	1.93
2	渠道工程区	11.67	4.3
3	施工道路区	32.94	8.80
4	弃渣场区	12.03	12.03
5	料场区	17.74	17.74
6	施工生产生活区	4.47	4.47
7	水库淹没区	48.84	
合计		143.85	49.27

5.2 土壤流失量

5.2.1 侵蚀单元划分

5.2.1.1 原地貌侵蚀单元划分

原地貌的侵蚀单元划分主要是根据项目设计资料土地利用类型、植被覆盖划分，项目实施前项目区水土流失防治责任范围内的原生占地类型主要为水田、旱地、园地、林地、宅基地、交通运输用地、水域及其他用地。原地貌侵蚀单元划分情况详见表 5-2。

表 5-2 原地貌侵蚀单位划分情况表单位：hm²

项目区		工程占地类型及面积								
		耕地		林地	园地	宅基地	交通运输用地		水域	其他用地
		水田	旱地	有林地			公路用地	农村道路用地		裸地
枢纽工程区		0.23	0.85	11.75	2.86			0.38	0.09	16.16
渠道工程区		0.09	0.17	6.35	5.06					11.67
弃渣场区	枢纽区渣场		0.9	2.61	1.36					4.87
	渠道区渣场		0.12	3.49	3.55					7.16
	小计	0	1.02	6.1	4.91					12.03
料场区	土料场		2.94	1.47	8.88					13.29
	坝壳料场		0.62	2.47						3.09
	石料场			1.36						1.36
	小计	0	3.56	5.3	8.88					17.74
施工道路区	施工永久公路	0.49	0.97	0.73	1.41					3.6
	施工临时道路	2.43	6.94	5.06	14.91					29.34
	小计	2.92	7.91	5.79	16.32					32.94
施工生产生活区		0.17	0.3	0.66	3.34					4.47
水库淹没区		6.24	9.12	20.73	9.03	0.11	0.41	0.2	1.25	48.84
合计		9.65	22.93	56.68	50.4	0.11	0.41	0.58	1.34	143.85

5.2.1.2 地表扰动类型划分

该工程是在遵守《中华人民共和国土地管理法》等法律法规的前提下，遵循保护环境、尽可能减少用地、合理利用土地的原则进行施工场地、工程布置等永久及临时性用地的规划。在工程建设过程中，各项施工活动尽可能控制在规划用地范围内。

为了客观地反映建设项目的水土流失特点，对建设项目地表扰动进行适量的分类。施工过程中地表扰动主要为开挖面和临时堆料场地等。堆渣、开挖面具有不同的水土流失特点。根据监测工作的实际需要和项目建设的工程特点，在实地调查的基础上，依据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进行。

根据该工程各分区的水土流失特点，将该项目在工程建设过程中的扰动类型分为施工平台、开挖坡面、回填坡面、堆渣面及无危害扰动等五种。

1、施工平台是建设过程中最常见的扰动地表类型，因其经常受施工、交通等影响，导致降雨入渗减少，地表径流增多，加之局部存在零星临时堆渣（料），在没有采取硬化或水土流失防治措施的前提下，存在一定的水土流失；

2、开挖边坡是指施工形成的裸露开挖边坡，其中，土质开挖面以低矮型为主，

不易发生大量水土流失，石质开挖边坡为基岩裸露状态，一般不存在水土流失，根据现场调查并结合项目建设区地形资料，该项目开挖面主要为土质；

3、回填坡面是指施工形成的裸露回填边坡，其中，回填面以低矮型为主，不易发生大量水土流失，根据现场调查并结合项目建设区地形资料，该项目回填面主要为土质或土石混合物；

4、渣面在各种扰动地表侵蚀形态中，堆积填方面因表层渣土较为松散，较易受降水冲刷形成水土流失，故是该工程水土保持监测重点关注的扰动地表类型；

5、无危害扰动指已实施防治措施的地表和被构筑物地表覆盖区域。

表 5-3 地表扰动类型划分情况表

流失危害	未治理的扰动地表				已实施防治措施的地表
扰动特征	堆渣坡面	开挖坡面	回填坡面	施工平台扰动	无危害扰动
特征描述	主要由土、石组成的混合物，高度 $\geq 4\text{m}$	土质面、石质面	土质面、石质面	地势平坦、零星	被建筑物覆盖、已采取硬化处理、及为植被所覆盖

5.2.1.3 防治措施分类

根据水保方案中对水土保持措施的布置设计，结合现场调查监测，核实主要防治措施有工程措施、植物防护措施、临时防护措施三大类。

工程措施主要为①主体工程设计的工程措施包括：枢纽工程区浆砌石截排水沟 196.52m^3 ；料场区表土剥离 6.85万 m^3 ；施工道路区表土剥离 5.74万 m^3 ；施工生产生活区表土剥离 1.34万 m^3 ；②方案新增措施：枢纽工程区 C20 混凝土排水沟 37.4m^3 ，M7.5 浆砌石排水沟 345.74m^3 ，C25 混凝土排水沟 75.31m^3 ，盖板排水沟 44.94m^3 ， $\phi 400$ 混凝土涵管 20m ；施工道路区 C15 埋石砼排水沟 950m^3 ；弃渣场浆砌石挡墙 361.1m ，格宾钢丝石笼挡墙 2641m^3 ，截排水沟 1017m 。

植物措施主要为：①主体设计的植物措施包括：枢纽工程区植草护坡 18461.52m^2 ；②方案新增植物措施包括：植被恢复面积 47.34hm^2 ，种植爬山虎 1404 株、葛藤 9550 株，车桑子 12.5kg ，种草面积 42.89hm^2 ，狗牙根种子 2448.6kg ，覆土量 14.56万 m^3 ，幼林抚育面积 47.42hm^2 ；

临时措施主要为：临时拦挡 952m ，临时排水沟 2256m 。

5.2.2 各侵蚀单元侵蚀模数的确定

5.2.2.1 原地貌侵蚀模数

监测项目组通过对项目区及项目区周边进行现场调查，收集了有关项目区及周边的占地、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，确定区内各地类的平均土壤侵蚀模数。

表 5-3 原地貌侵蚀模数取值

序号	地类	自然因素	原生土壤侵蚀模数	备注
1	水田	常年有农作物覆盖，水土流失现象轻微	300 t/km ² .a	微度侵蚀
2	旱地	常年有农作物覆盖，坡度5°~20°	3500t/km ² .a	中度侵蚀
3	有林地	坡度5°~20°，林草覆盖度大于50%	450t/km ² .a	微度侵蚀
4	园地	坡度5°~20°，林草覆盖度约为30%	650t/km ² .a	轻度侵蚀
5	宅基地	大面积属建筑物占地，水土流失轻微	200 t/km ² .a	微度侵蚀
6	农村道路用地	地面裸露，存在着较强的土壤侵蚀现象	3500 t/km ² .a	中度侵蚀
7	公路用地	大面积地面已硬化，水土流失轻微	300 t/km ² .a	微度侵蚀
8	水域	大部分面积为水面，不产生水土流失	0	微度侵蚀

表 5-4 项目区原生侵蚀模数

项目组成	占地类型	面积（hm ² ）	侵蚀强度（t/km ² .a）	
			侵蚀模数	加权平均
枢纽工程区	水田	0.23	300	712.90
	旱地	0.85	3500	
	有林地	11.75	450	
	园地	2.86	650	
	农村道路用地	0.38	3500	
	水域	0.09	0	
渠道工程区	水田	0.09	300	579.99
	旱地	0.17	3500	
	有林地	6.35	450	
	园地	5.06	650	
施工道路区	水田	2.92	300	1268.20
	旱地	7.91	3500	
	有林地	5.79	450	
	园地	16.32	650	
弃渣场区	旱地	1.02	3500	790.23
	有林地	6.1	450	
	园地	4.91	650	
料场区	旱地	3.56	3500	1162.18
	有林地	5.3	450	
	园地	8.88	650	
施工生产生活区	水田	0.17	300	798.43
	旱地	0.3	3500	
	有林地	0.66	450	
	园地	3.34	650	
水库淹没区	水田	6.24	300	1077.13

项目组成	占地类型	面积 (hm ²)	侵蚀强度 (t/km ² .a)	
			侵蚀模数	加权平均
	旱地	9.12	3500	
	有林地	20.73	450	
	园地	9.03	650	
	宅基地	0.11	200	
	公路用地	0.41	3500	
	农村道路用地	0.2	300	
	水域	1.25	0	
	其他用地	1.75	1200	
合计		143.85		1017.47

5.2.2.2 扰动后侵蚀模数

一、开挖坡面扰动类型土壤侵蚀模数分析

项目建设区开挖面集中在枢纽工程区坝基开挖、施工道路区路基路面开挖、料场取料形成的开挖面。

通过监测外业分析，路工程区路基路面开挖面由于样方尺寸限制、开挖面坡度及开挖面组成等因素影响，不具备布设监测设施。因此，监测组在不影响主体施工进度的前提下，在大坝开挖形成的坡面上布设 1 个侵蚀沟样方观测点，样方尺寸为 5m×6m，坡度均为 30°，布设于大坝开挖边坡的底部，观测时间段为 2015 年 1 月至 2015 年 12 月，观测时间为 12 个月。监测期间，通过对开挖坡面布设的侵蚀沟量测样方所得监测数据的计算分析，施工期间开挖坡面扰动类型平均土壤侵蚀模数为 5142.72t/km².a。侵蚀沟样方监测数据计算表详见表 5-5。

表 5-5 开挖边坡侵蚀沟样方监测数据计算表

时间	侵蚀沟编号		1	2	3	4	5
	近似形状		梯形	梯形	梯形	梯形	梯形
2015 年 1 月	上部 (cm)	面宽	6.3	7.1	5.6	9	0
		底宽	3.1	3.8	2.8	6	0
		深	4.7	3.6	1.8	8.2	0
	中部 (cm)	面宽	6.6	7.1	5.5	9.5	0
		底宽	2.8	3.8	2.5	6.5	0
		深	6.2	5.9	3.1	8.5	0
	下部 (cm)	面宽	7.7	8.3	6.5	9.5	0
		底宽	4.2	4.5	4.1	9.2	0
		深	6.8	7.5	4.8	8.6	0
	平均	面宽	6.87	7.50	5.87	9.33	0
		底宽	3.37	4.03	3.13	7.23	0
		深	5.90	5.67	3.23	8.43	0

	长度（m）		4.8	5	4.9	5.2	0
	面积(cm²)		30.19	32.68	14.55	69.86	0.00
	流失体积(cm³)		14490	16338.889	7129.50	36325.18	0
2015 年 12 月	上部 (cm)	面宽	7.2	8.2	8.5	14.2	0
		底宽	4.5	4.2	5.4	8.3	0
		深	5.8	5.1	4.2	12.2	0
	中部 (cm)	面宽	7.5	8.2	6.8	11	0
		底宽	4.1	5.6	4.5	8.2	0
		深	6.6	7.8	5.5	13.5	0
	下部 (cm)	面宽	9.2	9	7.4	12.5	0
		底宽	5.5	5.8	5.4	8.8	0
		深	7.8	9.5	7.6	14.2	0
	平均	面宽	7.97	8.47	7.57	12.57	0
		底宽	4.70	5.20	5.10	8.43	0
		深	6.73	7.47	5.77	13.30	0
	长度（m）		4.8	5	4.9	5.2	0
	面积(cm²)		42.64	51.02	36.52	139.65	0
	流失体积(cm³)		20469.33	25511.11	17895.89	72618	0
结果栏	土壤		计算公式			$V=\sum(w_ih_iL_i)$	
	流失体积(cm³)	62210.37	流失总量(t)	0.0964	平均流失量 (t)	0.0241	
	侵蚀模数（t/km².a）		5142.72				
特征说明			大坝开挖面，侵蚀沟样方规格 5×5m，坡度 25°，坡面可见明显侵蚀沟				

二、回填坡面扰动类型土壤侵蚀模数分析

项目建设区域回填坡面扰动类型主要包括施工道路区回填边坡，组成成分主要为土质或土石混合物，侵蚀类型主要为水力侵蚀，土壤流失量主要采用简易坡面量测法（侵蚀沟量测法）对其进行监测，记录侵蚀样方内各侵蚀沟断面、长度，再计算分析得出回填坡面土壤侵蚀模数。

项目监测组在交通道路回填边坡共布设 2 个简易坡面量测样方（侵蚀沟量测样方），分别编号为 2#侵蚀沟量测样方和 3#侵蚀沟量测样方，其中 2#侵蚀沟量测样方尺寸为 3m×3m，3#侵蚀沟量测样方为 2m×2m，坡度均为 25°，观测时间段为 2016 年 3 月至 2016 年 9 月，观测时间为 7 个月。

施工过程中，通过对施工道路回填边坡布设的两个侵蚀沟量测样方观测数据的计算分析，施工期间回填坡面扰动类型平均土壤侵蚀模数为 4774 t/km².a。

表 5-6 回填边坡侵蚀沟样方监测数据计算表

监测点位置		施工道路回填边坡				监测设施类型		简易坡面量测观测样方	
样方编号		2#简易坡面量测观测样方				3#简易坡面量测观测样方			
侵蚀沟		1	2	3	4	1	2	3	4
断面近似形状		“v”型	“v”型	梯形	“v”型	梯形	“v”型	梯形	梯形
上部	面宽(cm)	5.23	5.31	5.4	5.15	3.67	3.73	3.73	3.67
	底宽(cm)	0	0	3.47	0	2.17	0	2.36	2.36
	深(cm)	3.3	3.38	3.05	3.02	1.43	2.36	2.03	1.98
中上部	面宽(cm)	5.16	5.23	6.02	5.05	3.86	3.73	4.16	4.12
	底宽(cm)	0	0	2.68	0	2.02	0	1.74	1.74
	深(cm)	2.61	2.69	2.32	2.95	1.78	1.74	1.62	1.62
中部	面宽(cm)	5.84	5.98	5.93	6.34	4.16	4.23	4.13	3.98
	底宽(cm)	0	0	3.55	0	2.36	0	2.42	2.42
	深(cm)	2.78	2.89	2.55	3.2	1.49	1.92	1.75	1.85
中下部	面宽(cm)	5.96	5.96	6.03	5.46	4.35	4.23	4.16	4.12
	底宽(cm)	0	0	3.64	0	2.98	0	2.48	2.45
	深(cm)	2.98	3.65	3.47	3.32	2.42	2.48	2.36	2.36
下部	面宽(cm)	6.68	6.78	6.98	6.73	4.72	4.72	4.85	4.76
	底宽(cm)	0	0	3.92	0	2.98	0	2.73	2.73
	深(cm)	3.47	3.47	3.2	2.98	1.8	2.3	1.99	1.98
平均	面宽(m)	0.057	0.058	0.060	0.057	0.042	0.041	0.042	0.041
	底宽(m)	0	0	0.034	0	0.025	0	0.023	0.023
	深(m)	0.030	0.032	0.029	0.031	0.018	0.022	0.020	0.019
长度(m)		3.39	3.56	3.41	3.47	3.48	3.52	3.46	3.51
侵蚀量(m³)		0.003	0.003	0.005	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
		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(m³)		0.0141				0.0081			
监测小区面积(m²)		9				4			
土壤流失量(t)		0.023				0.013			
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			
填表说明		1、断面近似形状：指侵蚀沟的大致断面形状，可以近似为梯形、“V”型(三角形)、上梯下 V 型或其它形状。							
		2、小区土壤侵蚀量包括面蚀和沟蚀量两个方面，该表记录的是沟蚀侵蚀量。							
		3、计算其土壤流失量时，土壤容重取 1.60t/m³。							

表 5-7 回填坡面扰动类型土壤侵蚀模数分析表

监测点位置	观测样方	样方面积 (m ²)	监测时段 (a)	土壤流失量 (t)	土壤侵蚀模数 (t/km ² .a)
道路工程区回填边坡	3#侵蚀沟观测样方	9	0.58	0.023	4406.13
	4#侵蚀沟观测样方	4	0.58	0.013	5603.45
回填坡面平均土壤侵蚀模数					4774

三、施工平台扰动类型土壤侵蚀模数分析

项目建设区域施工扰动平台扰动类型主要涉及枢纽工程坝基、导流洞施工平台、堆渣形成的平台、施工道路区路基施工平台、料场区取料平台、施工生产生活区扰动平台等，侵蚀类型主要为水力侵蚀。

通过现场踏勘监测及监测资料分析，施工期间，施工扰动平台的平均土壤侵蚀模数为 1200t/km².a。

四、堆渣面扰动类型土壤侵蚀模数分析

工程建设区域堆渣坡面扰动类型主要包括弃渣场堆渣边坡，组成成分主要为土石混合物，侵蚀类型主要为水力侵蚀，根据弃渣场实际地形，弃渣场为沟谷型，下侧坡脚设置了挡渣墙，区域内产生水土流失区域主要为堆渣坡面，土壤流失量主要采用简易坡面土壤流失观测法（侵蚀钉量测法）对其进行监测，分别记录侵蚀钉出土高度，再计算分析得出堆渣面土壤侵蚀模数。

监测过程中，监测组在 1#弃渣场堆渣边坡布设 1 个简易坡面量测样方（1#侵蚀钉量测样方），1#侵蚀钉量测样方规格为 3m×3m，坡度均为 25°，布设于枢纽 2#弃渣场堆渣边坡中部，观测时间段为 2016 年 1 月至 2016 年 12 月，观测时间为 12 个月。结合简易坡面量测样方观测数据计算分析，施工期堆渣坡面平均土壤侵蚀模数为 7026t/km².a，具体详见表 5-8。

表 5-8 堆渣面扰动类型土壤侵蚀模数分析表

样方编号	1#侵蚀钉量测样方	规格	3m×3m	布设日期	2016 年 1 月
枢纽区 2#弃渣场堆渣边坡					坡度：24°
2016 年 1 月监测数据					
项目	侵蚀针顶端至地表的高度（mm）				
	1#	2#	3#		
第 1 排	84	85	85		
第 2 排	86	86	87		
第 3 排	87	88	89		

小计	257	259	261
平均深	86.33		
2016 年 12 月监测数据			
项目	侵蚀针顶端至地表的高度 (mm)		
	1#	2#	3#
第 1 排	92.4	89.25	89.25
第 2 排	94.6	91.16	92.22
第 3 排	95.7	94.16	95.23
小计	282.7	274.57	276.7
平均深	92.66		
平均侵蚀深度 (mm)	6.33		
水平投影面积 (m ²)	8.22		
流失量计算公式	$A=ZS/1000\cos\theta$		
水土流失量 (m ³)	0.052	t	0.070
测点历时	12 个月		
侵蚀模数 t/km ² ·a	7026		

五、无危害扰动类型土壤侵蚀模数分析

五里河水库工程无危害扰动主要集中于施工辅助设施区被建筑物及硬化的区域以及水库淹没区，上述营地水土流失现状较为轻微，故该区域的土壤侵蚀模数取值通过参考地形、气候、植被等水土流失因子相似的同类工程，取值 400 t/km²·a。

表 5-9 五里河水库工程各侵蚀单元土壤侵蚀模数统计表

侵蚀单元	土壤侵蚀模数(t/km ² ·a)
开挖坡面	5142.72
回填坡面	4774
施工平台	1200
堆渣面	7026
无危害扰动	400

5.2.2.3 防治措施实施后侵蚀模数

截至 2021 年 9 月，建设单位根据主体设计和《水保方案》设计，实施了拦挡、排水、护坡和植被恢复等水保措施，目前各项措施已建设完工，且运行良好，有效的控制了项目建设造成的水土流失，降低了项目各区域的土壤侵蚀模数，各防治分区主要表现为：

(1) 枢纽工程区

枢纽工程区地表为永久建构筑物覆盖，且大坝下游边坡、坝肩边坡已实施工程护坡及植物护坡措施，该区域水土流失强度为微度，土壤侵蚀模数为 380t/km²·a。

(2) 渠道工程区

输水工程区部分地表已被输水渠道及硬化覆盖，输水渠道建设过程中扰动的施工平台及临时占地已实施植被恢复措施，该区域水土流失强度为微度，土壤侵蚀模数为 $350\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

(3) 施工道路区

永久道路路面已实施硬化，且道路外侧已实施植被恢复措施，临时道路已实施植被恢复、复耕措施；道路建设造成的水土流失已得到有效控制；该区域水土流失强度为微度，土壤侵蚀模数为 $450\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

(4) 弃渣场

项目建设过程中使用的 18 座弃渣场已实施挡渣墙、截排水沟及植被恢复措施，建设造成的水土流失已得到有效控制；该区域水土流失强度为微度，土壤侵蚀模数为 $550\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

(5) 水库淹没区

水库淹没区由于在建成后主要为水域，因此本次监测防治措施实施后不对其进行分析。

(6) 料场区

料场区已实施植被恢复措施，但由于立地条件较差，部分区域植被覆盖率较低，具有一定的水土流失隐患；该区域水土流失强度为轻度，土壤侵蚀模数为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

(8) 施工生产生活区

施工生产生活区已实施植被恢复措施，实施的水保措施水土流失防治效果较好；该区域水土流失强度为微度，土壤侵蚀模数为 $300\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

项目区防治措施实施后各分区土壤侵蚀模数结果详见表 5-10。

表 5-10 防治措施实施后侵蚀模数

分区	措施实施后侵蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$)	侵蚀强度
枢纽工程区	380	微度侵蚀
渠道工程区	350	微度侵蚀
施工道路区	450	微度侵蚀
弃渣场区	550	轻度侵蚀
料场区	500	微度侵蚀
施工生产生活区	300	微度侵蚀
水库淹没区	--	

5.2.3 项目建设区土壤流失量分析

5.2.3.1 原生土壤流失量

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007),项目区属水力侵蚀为主的西南土石山区。根据监测小组对工程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 $1017.47\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$,采用公式:流失量=∑侵蚀单元面积×侵蚀强度,对各阶段水土流失情况进行计算,计算时段均按 2013 年 4 月~2021 年 8 月,为 8.5a。项目建设区原生土壤流失量为 11215.11t。

表 5-11 项目区原生地表土壤流失量

项目分区	面积 (hm ²)	原生平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)	时间 (a)	土壤流失量 (t)
枢纽工程区	16.16	712.90	8.5	979.24
渠道工程区	11.67	579.99	8.5	575.32
施工道路区	32.94	1268.20	8.5	3550.83
弃渣场区	12.03	790.23	8.5	808.05
料场区	17.74	1162.18	8.5	1752.45
施工生产生活区	4.47	798.43	8.5	303.37
水库淹没区	48.84	1077.13	8.5	3245.85
合计	143.85			11215.11

5.2.3.2 扰动后土壤流失量

根据本报告扰动后侵蚀模数分析结果可得各监测区域施工期土壤侵蚀模数,计算时段均按 2013 年 4 月~2019 年 5 月,为 6.17 年。通过计算可得本项目施工期每年土壤流失量为 23609.59t。

表 5-12 扰动后土壤流失量

监测分区	扰动类型	面积 (hm ²)	土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)	时间 (a)	土壤流失量 (t)
枢纽工程区	开挖坡面	4.85	5142.72	6.17	1538.30
	回填坡面	6.46	4774	6.17	1904.01
	施工扰动平台	4.85	1200	6.17	358.95
渠道工程区	开挖坡面	2.92	5142.72	6.17	925.74
	回填坡面	3.50	4774	6.17	1031.24
	施工扰动平台	5.25	1200	6.17	388.82
施工道路区	开挖坡面	9.88	5142.72	6.17	3135.62
	回填坡面	8.24	4774	6.17	2425.67
	施工扰动平台	14.82	1200	6.17	1097.49
弃渣场区	堆渣面	12.03	7026	6.17	5215.06
料场区	开挖坡面	11.53	5142.72	6.17	3658.85
	施工扰动平台	6.21	1200	6.17	459.71
施工生产生	施工扰动平台	3.13	1200	6.17	231.67

活区	无危害扰动	1.34	400	6.17	33.10
水库淹没区	无危害扰动	48.84	400	6.17	1205.37
合计					23609.59

5.2.3.3 防治措施实施后土壤流失量

由于本项目监测介入时项目已开工，防治措施实施后土壤流失量计算时段按 2019 年 6 月~2021 年 8 月，为 2.33 年。根据防治措施实施后各分区侵蚀模数分析结果，经计算得出工程区防治措施实施后的土壤流失量为 975.71t。

表 5-10 防治措施实施后土壤流失量计算表

分区	面积 (hm ²)	措施实施后侵蚀模数 (t/km ² ·a)	时间 (a)	土壤流失量 (t)
枢纽工程区	16.16	380	2.33	143.08
渠道工程区	11.67	350	2.33	95.17
施工道路区	32.94	450	2.33	345.38
弃渣场区	12.03	550	2.33	154.16
料场区	17.74	500	2.33	206.67
施工生产生活区	4.47	300	2.33	31.25
水库淹没区	48.84	--	2.33	
合计	143.85			975.71

5.2.3.4 水土流失情况对比分析

通过各项水土保持措施的建设，因本工程建设产生的水土流失得到有效治理，项目区原生土壤流失量为 11215.11t，施工期土壤流失量为 23609.59t，防治措施实施后土壤流失量为 975.71t。项目区防治措施实施后平均土壤侵蚀模数已降低至 485t/km²·a，通过各项水土保持措施的实施，工程区内已基本形成水土流失防治措施体系，水土保持工作成效明显。

5.3 取料、弃渣潜在土壤流失量

本项目设置了一座土料场，已实施排水、植被恢复等措施，施工期土壤流失量为 4118.57t，自然恢复期流失量为 206.67t。

根据现场调查，弃渣场已实施拦挡、排水、植被恢复等措施。施工期土壤流失量为 5215.06t，自然恢复期流失量为 154.16t。通过周边走访调查，本项目建设期间未发生严重的水土流失，未对项目区周边造成严重影响。

5.4 水土流失危害

通过对本项目周边区域实地走访巡查，监测组未发现本项目在建设过程中直接

或间接对所在流域水系内的沟道、周边村庄、农田等因水土流失造成危害，工程在施工期及使用期未产生水土流失危害事件。

6 水土流失防治效果监测结果

监测组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，为项目水保验收提供数据支撑。

根据《水保方案》及批复，项目所在地属“云南省“重点治理区”及“重点预防保护区”，确定本项目水土流失防治标准执行建设类一级标准。

根据《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防保护区和重点治理区复核划分成果》（办水保〔2013〕188号）及《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），项目所在地不属于国家级重点治理区，同时也不属于省级重点治理区及重点预防区，依据《开发建设项目水土保持技术规范》和《开发建设项目水土流失防治等级标准》要求及相关法律、法规，本工程水土流失防治等级执行二级标准。

因此，本次监测过程中，确定水土流失防治标准按方案批复标准执行建设类一级标准。防治目标值分别取值为：扰动土地整治率 95%，水土流失总治理度 97%，土壤流失控制比 1.0 以上，拦渣率 95%，林草植被恢复率 99%，林草覆盖率 27%。

具体分析见表 6-1。

表 6-1 防治标准值情况表

防治标准	计算方法	一级标准值	方案目标值
扰动土地整治率（%）	项目建设区内水土保持措施面积与永久建筑物面积之和占扰动地表总面积的百分比	95	95
水土流失总治理度（%）	项目建设区内水土保持措施治理达标面积占水土流失总面积的百分比	97	97
土壤流失控制比	项目建设区内，项目区容许土壤流失量与方案实施后土壤侵蚀强度的比值	1.0	1.0
拦渣率（%）	项目建设区内采取措施实际拦挡的弃土（石、渣）量与弃土（石、渣）总量的百分比	95	95
林草植被恢复率（%）	项目建设区内，林草类植被面积占可恢复林草植被面积的百分比	99	99
林草覆盖率（%）	林草类植被面积占项目建设区面积的百分比	27	27

6.1 扰动土地整治率

扰动土地是指开发建设项目在建设活动中形成的各类挖损、占压、堆弃用地，均以垂直投影面积计。扰动土地整治面积，指对扰动土地采取各类整治措施的面积。

扰动土地整治率为水保措施防治面积、永久建筑物面积之和与扰动地表面积的比值。

本项目在建设过程中，各分区均受到不同程度的扰动，本工程扰动土地面积共计 143.85hm²，扣除水库淹没区面积 48.84hm²，项目建设扰动面积为 95.01hm²，工程采取了相应的措施进行了整治，在整治面积中，建筑物及硬化面积占地 45.09hm²，水土保持防治措施面积 49.27hm²，总共整治面积 94.36hm²。经计算，扰动土地整治率为 99.32%，达到了方案目标值。具体分析详见表 6-2 的计算。

表 6-2 扰动土地整治率分析计算表单位：hm²

防治分区	扰动土地总面积 (hm ²)	项目建设区扰动土地整治面积(hm ²)				扰动土地 整治率(%)
		①水土保持措 施面积	②永久建构 物占地面积	③硬化面 积	结果=(①+ ②+③)	
枢纽工程区	16.16	1.93	0.75	13.18	15.86	98.14
渠道工程区	11.67	4.3	7.32		11.62	99.57
施工道路区	32.94	8.80	0	23.84	32.64	99.09
弃渣场区	12.03	12.03			12.03	100.00
料场区	17.74	17.74	0		17.74	100.00
施工生产生活区	4.47	4.47			4.47	100.00
合计	95.01	49.27	8.07	37.02	94.36	99.32

注：扰动土地整治面积考虑全部扰动面积的治理，由于实际工作中的制约因素，各区域土地整治率不以 100%计。

6.2 水土流失总治理度

水土流失总治理度为水保措施防治达标面积与造成水土流失面积（扣除建筑物及硬化面积）的比值。经统计，扣除水库淹没区占地面积 48.84m²，项目扰动面积为 95.01hm²，扣除项目建构筑物及硬化占地 45.09hm²，项目水土流失面积 49.92hm²，通过各种防治措施的有效实施，水土保持措施面积 49.27hm²，经计算，工程水土流失总治理度达 98.70%，达到了方案目标值。具体分析见表 6-3。

表 6-3 水土流失总治理度分析计算表单位 hm²

防治分区	项目建设区水土流失面积(hm ²)				水土保持 措施面积 (hm ²)	水土流失 总治理度 (%)
	①项目区	②永久建筑物 占地面积	③硬化面积	结果= (①-②-③)		
枢纽工程区	16.16	0.75	13.18	2.23	1.93	86.52
渠道工程区	11.67	7.32	0.00	4.35	4.30	98.85
施工道路区	32.94	0	23.84	9.10	8.80	96.70
弃渣场区	12.03	0	0.00	12.03	12.03	100.00
料场区	17.74	0	0.00	17.74	17.74	100.00
施工生产生活区	4.47	0	0.00	4.47	4.47	100.00
合计	95.01	8.07	37.02	49.92	49.27	98.70

注：水土流失总治理面积考虑全部扰动面积的治理，由于实际工作中的制约因素，各区域

水土流失总治理度不以 100% 计。

6.3 拦渣率

根据项目竣工结算资料，工程实际开挖土石方为 207.89 万 m^3 （自然方，下同），回填利用量 127.98 万 m^3 ，总弃渣量为 79.91 万 m^3 （包括剥离表土和收集表土）。五里河水库工程建设过程中产生废弃土石方中永久弃渣量为 63.46 万 m^3 ，堆放于主体工程布设的弃渣场内；表土收集及剥离量为 16.45 万 m^3 ，其中料场区、弃渣场区和施工生产生活区为点状区域，剥离表土临时堆存于场内一角或平缓高处；施工道路区剥离表土沿公路沿线分堆集中堆放。考虑本工程特点，工程拦渣率达 95% 以上，达到了方案目标值。

6.4 土壤流失控制比

土壤流失控制比是指项目容许土壤流失量与水土保持方案实施后土壤流失量之比。工程区属以水力侵蚀为主的西南岩溶区，容许土壤流失量为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。工程措施的完好运行，以及植物措施的实施，项目区水土流失得到有效的控制。项目区加权平均土壤流失强度降到 $485\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，经计算项目区土壤流失控制比为 1.03，达到了方案目标值。

6.5 林草植被恢复率

林草植被恢复率为项目建设区内，林草植被面积与可恢复林草植被面积的比值。其中可恢复林草植被面积指在当前经济、技术条件下通过分析论证确定的适宜恢复植被的土地面积，不含国家规定应恢复的面积；林草植被面积为项目区实施的人工种植、天然林地和草地的总面积，包括成活率、保存率达到设计和验收标准天然林地和草地的面积。经分析，项目建设区面积为 143.85hm^2 ，扣除水库淹没区面积 48.84hm^2 ，项目建设扰动面积为 95.01hm^2 ，可恢复林草植被面积为 49.27hm^2 ，现恢复植被面积为 49.27hm^2 ，经计算林草植被恢复率为 99%。达到了方案目标值。

6.6 林草覆盖率

林草植被覆盖率为林草总面积与项目建设区面积的比值。结合工程施工实际情况，项目建设区面积为 143.85hm^2 ，扣除水库淹没区面积 48.84hm^2 ，实际扰动面积

为 95.01hm^2 ，植物措施面积 49.27hm^2 ，经过分析项目区林草覆盖率达 51.86%，达到方案目标值。

7 结论

7.1 水土流失动态变化

普洱市五里河水库工程建设过程中的开挖回填等人为原因对原地形地貌和地表植被的扰动和破坏，不可避免地产生了一定的新增水土流失，主要表现为面蚀、沟蚀等，其中在施工期的流失强度相对集中、流失量较大。根据水土保持相关要求和规划，项目在建设过程中采取的水土保持措施，对工程建设期防止水土流失起着至关重要的作用，极大地减少了水土流失。根据现场调查与监测结果，本工程实施水土保持措施后，运行良好，并持续发挥作用，水土流失强度逐渐降低，区域内总体水土流失强度控制在微度范围内。

工程建成后，施工活动停止，工程进入试运行期。此阶段，由于工程区内不再有施工扰动，各分区均进入自然恢复期，同时，已实施的水保措施将继续发挥其重要水土保持作用，工程区内水土流失情况进一步降低，目前多数区域的水土流失强度在微度范围内，与周边环境基本一致。

7.2 水土保持措施评价

(1) 根据监测情况，项目防治责任范围分为 7 个防治区，即枢纽工程区、渠道工程区、施工道路区、弃渣场区、料场区、施工生产生活区和水库淹没区。其中料场区和弃渣场为水土流失防治的重点区域。

在施工过程中，遵守“三同时”原则，分区采取了较适宜的水土保持防治措施，水土保持工程的总体布局较合理，效果明显，基本达到水土保持方案设计要求。

(2) 监测结果表明，弃渣场及料场是该项目主要的水土流失源，水土保持方案将弃渣场和料场作为重点防治区是合适的，弃渣场采用的拦挡、截排水、护坡及绿化措施，料场区则实施了分台及植被恢复措施，从监测结果来看，针对弃渣场及料场采取的措施合理可行，有效的防治了水土流失。

(3) 水土保持工程措施主要采用浆砌石挡墙、排水以及绿化措施等，有效地控制了水土流失，而且也保证了工程的安全运行，因此，主体工程和水土保持方案中所设计的水土保持措施是可行的。

总体上看，本项目水土保持方案针对项目特点，设计的各种防治措施较切合实际，具有较强的可操作性，水土保持方案效果较显著。

7.3 存在问题及建议

本项目在工程建设过程中实施了一系列水保措施后，对本工程水土流失防治工作起到了积极作用，有效减少了水土流失。但是在监测过程中发现，部分区域仍然存在一些问题，针对此部分提出建议，具体如下：

- (1) 弃渣场及料场区植被恢复区域恢复效果不佳，应及时补植补种，加强管护。
- (2) 加强运行期已建水土保持措施管护工作，确保其发挥正常的水土保持功能。

7.4 综合结论

建设单位在对工程建设中的水土保持工作给予了充分重视，按照水土保持法律法规的规定，在项目前期依法编报了水土保持方案。工程建设中能够较好地按照相关要求开展水土保持工作，将水土保持工程管理纳入了整个主体工程建设管理体系，组织领导水土保持措施的基本落实。在工程建设过程中落实项目法人、设计单位、施工单位、监理单位的水土保持职责，强化了对水土保持工程的管理，实行了“项目法人对国家负责，监测单位控制，承包商保证，政府监督”的质量管理体系，确保了水土保持方案的顺利实施。

项目法人单位对水土流失防治责任区内的水土流失进行了较全面、系统的整治，完成了水土保持方案确定的各项防治任务。从监测的情况来看，工程施工期间扰动地表面积控制在水土流失防治责任范围内；施工中弃渣堆放规范，水土流失得到有效控制；工程项目区内各弃渣场、工程永久占地等区域挡墙工程、排水系统较完善，水土保持工程措施运行正常；迹地恢复、植物措施已落实，项目区林草植被覆盖率达到规范要求。实施的各项水土保持措施及时到位并发挥了有效的水土保持作用，满足水土保持要求。经过系统整治，项目区的生态环境有明显改善，总体上发挥了较好的保水保土、改善生态环境的作用。