

水保监测（云）字第 0001 号

元谋县坛罐窑水库工程

水土保持监测总结报告

建设单位：元谋县坛罐窑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

二〇二〇年四月



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坛罐窑
 水库工程使用，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



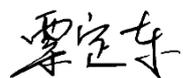
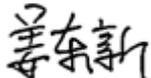
编制单位地址：昆明市二环西路625号云铜科技园工程技术中心B座二楼

项目负责人：徐源艺 15912428500
 技术负责人：王晶 15887215541
 项目联系人：保春刚 15925116618
 传真：0871—65392953
 电子邮箱：lhsb02@163.com

元谋县坛罐窑水库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:	王晶		高级工程师	
审查:	保春刚		高级工程师	
校核:	粟定东		高级工程师	
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
	姜东新		助理工程师	参加监测人员

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	39
1.3 监测工作实施情况	47
2 监测内容和方法	56
2.1 监测内容	56
2.2 监测方法	58
3 重点对象水土流失动态监测	64
3.1 防治责任范围监测	64
3.2 取料监测结果	68
3.3 弃渣监测结果	69
3.4 土石方流向情况监测结果	70
4 水土流失防治措施监测结果	74
4.1 工程措施监测结果	74
4.2 植物措施监测结果	76
4.3 临时措施监测结果	82
4.4 水土保持措施防治效果	83
5 土壤流失情况监测	85
5.1 水土流失面积	85
5.2 土壤流失量	85
5.3 水土流失危害	94

6 水土流失防治效果监测结果	95
6.1 扰动土地整治率	95
6.2 水土流失总治理度	96
6.3 拦渣率	96
6.4 土壤流失控制比	96
6.5 林草植被恢复率	96
6.6 林草覆盖率	97
7 结论	98
7.1 水土流失动态变化	98
7.2 水土保持措施评价	98
7.3 存在问题及建议	99
7.4 综合结论	99

附件:

附件 1: 元谋县坛罐窑水库工程水土保持监测委托书;

附件 2: 云南省发展和改革委员会关于元谋县坛罐窑水库工程可行性研究报告(修编)报告的批复(云发改农经〔2013〕1156号);

附件 3: 云南省水利厅关于元谋县坛罐窑工程水土保持方案可行性研究报告书的批复(云水保〔2012〕390号);

附件 4: 云南省水利厅、云南省发展和改革委员会关于元谋县坛罐窑水库工程初步设计的批复(云水规计〔2013〕53号);

附件 5: 《生产建设项目水土保持监督检查表》;

附件 6: 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		元谋县坛罐窑水库工程									
建设规模	中型水库，设计库容为 1368.68 万 m ³	建设单位 联系人		元谋县坛罐窑水库工程建设管理局 联系人：李绍珊 13987075652							
		建设地点		龙街河中游的支流黑什里河坛罐窑村下							
		所属流域		长江流域							
		工程总投资		17803.42							
		工程总工期		5.5 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、简易坡面量测场法			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		753.75t/km ² •a			
	方案设计防治责任范围		192.619hm ²			容许土壤流失量		500t/km ² •a			
方案设计水土保持投资		336.79 万元			水土流失目标值		500t/km ² •a				
防治措施		<p>①工程措施：M7.5 浆砌石挡渣墙 140m，DN1200mm 砼排水管 320m，C20 钢筋砼沉砂井 27.1m³；</p> <p>②植物措施：库区（含道路、料场、临时堆土场、1#弃渣场）栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅 10.12hm²，撒播车桑子 9.35hm²；渠道区（含 2#、3#弃渣场）栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅、夹竹桃 1.945hm²；</p> <p>③临时措施：路基路面区：编织袋拦挡 1922.20m³，临时排水沟 6290m。</p>									
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	99.5	防治措施面积	21.415hm ²	永久建筑物及硬化面积	18.368hm ²	扰动土地总面积	40.929hm ²
		水土流失总治理度		97	97.2	防治责任范围面积	236.056hm ²	水土流失总面积	40.929hm ²		
		土壤流失控制比		1.0	1.0	工程措施面积	0hm ²	容许土壤流失量	500t/km ² •a		
		拦渣率		95	95	植物措施面积	21.415hm ²	监测土壤流失情况	499.89t/km ² •a		
		林草植被恢复率		99	99	可恢复林草植被面积	21.6hm ²	林草类植被面积	21.415hm ²		
		林草覆盖率		27	52.32	实际拦挡弃渣量	9.81 万 m ³	总弃渣量	9.81 万 m ³		
	水土保持治理达标评价		水土流失六项防治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；加强工程措施的日常巡视工作。									

前言

项目简况

坛罐窑水库位于龙街河中游的支流黑什里河坛罐窑村下，龙街河是元谋县、大姚县的交界河，属金沙江水系。坝址以上径流面积 77.7km^2 ，流域中心地理坐标为东经 $99^\circ 07' 44''$ ，北纬 $25^\circ 44' 39''$ 。坛罐窑水库坝址离大姚县城 47km ，离龙街乡政府 18km ，现状龙街乡至水库公路已修为水泥路，车辆可达水库坝址。因该水库属于元谋县建设管理，为便于水库工程管理及工程建设运输砂石料至坝址需要，进库永久公路选择元谋县城、元谋县平田镇、元谋县新华镇至水库，其中元谋县至元谋县平田镇、元谋县新华镇现状为已建柏油路 34km ，路面宽 6m ，满足施工要求。新华镇至水库有河尾隧洞施工道路 11.2km ，路面宽 $3\sim 3.5\text{m}$ ，小车、农用车可开至水库坝址，根据坛罐窑水库施工机械要求，新华镇至水库段扩宽改造至路面宽 4.5m ，设龙街河桥梁一座（过水桥），新修土料、石料场临时施工道路 3km 。

元谋县坛罐窑工程规模为中型，工程等别及建筑物为三等，由枢纽工程、渠道工程、移民安置工程组成。枢纽工程区由大坝、溢洪道、导流泄洪输水隧洞组成；渠道工程由改造取水坝、续建龙街河输水隧洞、新建新华输水干渠和输水管道。坛罐窑水库设计坝高 42.5m （以建基面起算），其坝型为土石坝，挡水建筑物大坝的工程等别为 3 级，其它主要永久性水工建筑物导流泄洪输水隧洞、溢洪道按 3 级建筑物设计，输水渠道根据灌溉流量按 5 级建筑物设计。坛罐窑水库总库容 1368.68万 m^3 ，正常库容 1064.93万 m^3 ，兴利库容 994.63万 m^3 ，死库容 70.3万 m^3 ，设计灌溉面积 1.13万亩 ，年供人畜饮水量 27.35万 m^3 ，年生态用水量 152.3万 m^3 。

工程建设区总占地面积为 236.056hm^2 ，其中永久占地 225.758hm^2 ，包括枢纽工程区、扩建进库永久公路、移民安置区、渠系建筑物、水库淹没区，临时占地 10.298hm^2 ，包括渠道工程临时占地、料场区、弃渣场区、临时道路、临时堆土场区、。

项目总投资 17803.42万元 ，其中土建投资 9304.2万元 。项目于 2013 年 7 月开工建设，于 2018 年 12 月完工，工期为 5.5 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，楚雄欣源水利电力勘察

设计有限公司受建设单位元谋县坛罐窑水库工程建设管理局的委托，于 2013 年 8 月编制完成了《元谋县坛罐窑水库工程水土保持方案可行性研究报告》（报批稿），2012 年 9 月 19 日，云南省水利厅以“云水保〔2012〕390 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，受建设单位元谋县坛罐窑水库工程建设管理局的委托，我公司（昆明龙慧工程设计咨询有限公司）承担了元谋县坛罐窑水库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 2020 年 4 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 2020 年 4 月完成了《元谋县坛罐窑水库工程监测总结报告》。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，水土保持主管部门楚雄州水务局、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 236.056hm²，其中项目建设扰动面积为 40.929hm²，水库淹没区面积为 195.127hm²，无直接影响区。

项目区属以水力侵蚀为主的西南岩溶区，土壤侵蚀模数允许值为 500t/km²·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 753.75t/km²·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 499.89t/km²·a。

截至 2020 年 4 月，元谋县坛罐窑水库工程实际实施的水土保持措施主要有：

①工程措施：

M7.5 浆砌石挡渣墙 140m，DN1200mm 砼排水管 320m，C20 钢筋砼沉砂井 27.1m³；

②植物措施：

库区（含道路、料场、临时堆土场、1#弃渣场）栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅 10.12hm²，撒播车桑子 9.35hm²；

渠道区（含 2#、3#弃渣场）栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅、夹竹桃 1.945hm²；

③临时措施：

编织袋拦挡 1922.20m³，临时排水沟 6290m。

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 99.5%，水土流失总治理度达到 97.2%，土壤流失控制比达到 1.0，拦渣率达 95%，林草植被恢复率达到 99%，林草覆盖率达到 52.32%，水土流失六项防治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

坛罐窑水库位于龙街河中游的支流黑什里河坛罐窑村下，龙街河是元谋县、大姚县的交界河，属金沙江水系。坝址以上径流面积 77.7km²，流域中心地理坐标为东经 99° 07' 44"，北纬 25° 44' 39"。坛罐窑水库坝址离大姚县城 47km，离龙街乡政府 18km，现状龙街乡至水库公路已修为水泥路，车辆可达水库坝址。因该水库属于元谋县建设管理，为便于水库工程管理及工程建设运输砂石料至坝址需要，进库永久公路选择元谋县城、元谋县平田镇、元谋县新华镇至水库，其中元谋县至元谋县平田镇、元谋县新华镇现状为已建柏油路 34km，路面宽 6m，满足施工要求。新华镇至水库有河尾隧洞施工道路 11.2km，路面宽 3~3.5m，小车、农用车可开至水库坝址，根据坛罐窑水库施工机械要求，新华镇至水库段扩宽改造至路面宽 4.5m，设龙街河桥梁一座（过水桥），新修土料、石料场临时施工道路 3km。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：元谋县坛罐窑水库工程；

建设单位：元谋县坛罐窑水库工程建设管理局；

建设地点：龙街河中游的支流黑什里河坛罐窑村下；

建设性质：建设类项目；

建设内容：大坝、溢洪道、导流泄洪输水隧洞、渠道、水库管理所、检修房、移民安置区；

工程规模：中型水库，设计库容为 1368.68 万 m³；

建设工期：2013 年 7 月至 2018 年 12 月，工期 5.5 年；

工程总投资：17803.42 万元，其中土建投资 9304.2 万元。

二、工程规模与等级

元谋县坛罐窑工程规模为中型，工程等别及建筑物为三等，由枢纽工程、渠道工程、移民安置工程组成。枢纽工程区由大坝、溢洪道、导流泄洪输水隧洞组成；渠道工程由改

造取水坝、续建龙街河输水隧洞、新建新华输水干渠和输水管道。坛罐窑水库设计坝高 42.5m（以建基面起算），其坝型为土石坝，挡水建筑物大坝的工程等别为 3 级，其它主要永久性水工建筑物导流泄洪输水隧洞、溢洪道按 3 级建筑物设计，输水渠道根据灌溉流量按 5 级建筑物设计。坛罐窑水库总库容 1368.68 万 m³，正常库容 1064.93 万 m³，兴利库容 994.63 万 m³，死库容 70.3 万 m³，设计灌溉面积 1.13 万亩，年供人畜饮水量 27.35 万 m³，年生态用水量 152.3 万 m³。

工程主要特性见表 1-1。

表 1-1 工程特性表

序号	名称	单位	数量	备注
一	水文			
1	流域面积			
	坝址以上流域面积	km ²	77.7	
2	利用水文序列年限	a	33	
3	径流区多年平均年径流量	万 m ³	1486	
	设计入库年径流量 P=75%	万 m ³	942	
4	代表性流量			
	正常运用设计洪峰流量	%	225	P=2%
	非常运用校核洪峰流量	%	376	P=0.1%
	施工导流洪峰流量	%	179	P=5%
5	洪量			
	设计洪水洪量 (d)	万 m ³	751	P=2%
	校核洪水洪量 (d)	万 m ³	1260	P=0.1%
	施工导流洪量 (d)	万 m ³	595	P=5%
6	泥沙			
	多年平均入库泥沙量	万 m ³	3.2	
二	工程规模			
1	水库水位			
	校核洪水水位	m	1710.21	p=0.1%
	设计洪水水位	m	1709.48	p=2%
	正常蓄水位	m	1708	
	防洪限制水位	m	1708	溢洪道堰顶高程
	死水位	m	1688.6	
2	正常蓄水位时水库面积	万 m ²	124.15	
3	水库容积			
	总库容	万 m ³	1368.68	校核洪水水位以下
	正常库容	万 m ³	1064.93	正常蓄水位以下
	防洪库容	万 m ³	303.75	H _校 -H _限 之间库容
	兴利库容	万 m ³	994.63	H _正 -H _死 之间库容
	死库容	万 m ³	70.3	死水位以下库容
4	调节特性			多年调节
三	下泄流量			
1	设计洪水水位时最大下泄流量	m ³ /s	179.43	

2	校核洪水位时最大下泄流量	m ³ /s	304.02	
四	灌溉效益及人畜饮水			
1	灌溉面积	万亩	1.13	
2	保证率	%	75	
3	渠首设计流量/加大流量	m ³ /s	2.3/2.9	
4	年灌溉用水总量	万 m ³	816.07	P = 75 %
5	人畜饮水量	万 m ³	30.25	人饮: 4562 人, 大小生牲 2638 头, P = 95 %
6	年生态用水总量	万 m ³	148.59	
五	工程建设征地与移民安置			
1	水库淹没区征收土地			
	耕地	亩	460.7	
	园地	亩	22.73	
	林地	亩	1269	
	农村宅基地	亩	18.04	
	等外公路用地	亩	13.1	
	河流水面	亩	174.3	
2	拆迁房屋			
	淹没房屋	m ²	8691.11	
	扩迁影响房屋	m ²	10750.02	
3	搬迁人口			
	淹没人口	人	148	
	扩迁人口	人	154	
4	零星树木	株	6358	
5	坟墓	冢	14	
6	专业项目			
	四级公路	km	0.958	
	等外公路	km	0.394	
	机耕路	km	3.121	
	10kv 输电线路	km	0.4	
	80kv 变压器	台	1	
	0.42kv 输电线路	km	1.15	
	通信线路	km	0.55	
7	枢纽建设区			
	永久征地	亩	146.7	
	临时占地	亩	369.45	
8	渠道建设区			
	永久征地	亩	32.96	
	临时占地	亩	17.63	
9	农村移民安置人口			
	基准年安置人口	人	397	
	水平年安置人口	人	406	
9	建设征地移民补偿总投资			
	水库征地移民补偿投资	万元	5960.22	
	枢纽工程征地补偿投资	万元	314.65	
	渠道工程征地补偿投资	万元	62.18	

	总投资	万元	6337.05	
六	主要建筑物及设备			
1	挡水建筑物（大坝）			
	型式	坝型	粘土心墙风化料坝壳坝	
	地基特性	地层岩性为粉砂质泥岩、泥质粉砂岩		
	地震设计烈度	度	VII	
	坝顶高程	m	1711.5	
	坝顶宽	m	5	
	坝高	m	42.5	以建基面起算
	坝顶长度	m	354.7	
2	泄水建筑物（溢洪道）			
	型式	侧槽无闸控制侧堰溢洪道		
	地基特性	弱风化泥岩、粉砂质泥岩		
	侧堰顶宽度	m	50	
	堰顶高程	m	1708	
	单宽流量（侧堰）	m ³ /s	5.52	泄槽单宽流量：18.41m ³ /s
	消能方式	挑流消能		
	设计洪水时下泄流量	m ³ /s	152	P=2%
	校核洪水时最大泄量	m ³ /s	276.2	P=0.1%
	长度	m	195	
3	输水建筑物（导流泄洪输水隧洞）			
	设计流量	m ³ /s	1.02	
	断面型式	设计为有压洞，断面形式为直径 1.8 圆洞形		
	地基特性	泥质粉砂岩、粉砂质泥岩		
	闸门型式、尺寸、数量	1.8×1.8m 平板检修闸一道、1.5×1.5m 弧形工作闸一道		
	启闭机型式、容量、数量	QPG630-50 卷扬机一台、QHSY630/250KN 液压启闭机		
	长度	m	输水洞 352.22（洞身 298m）	
	进口底板高程	m	1682	
	消能方式	挑流消能		
	衬砌厚度	C20 钢筋混凝土，厚 50cm		
	设计水头	m	31	
4	灌溉干渠			
	全长	km	7.605	
	龙街河输水隧洞全长	km	4.322	隧洞 3716m,明渠 606.5m
	新建新华灌渠长	km	3.273	设计流量为 0.49m ³ /s
	渠首高程	m	1585.28	
	设计流量	m ³ /s	隧洞 2.3, 明渠 0.49	
	控制灌溉面积	万亩	1.13	
七	施工			
1	主体工程量			
	明挖土方	m ³	226532	
	洞挖石方	m ³	26877	
	回填土石方	m ³	18138	
	大坝粘土石碴填筑	m ³	361600	

	反滤料及垫层	m ³	34692	
	砌石方	m ³	8173	
	砼、钢筋砼	m ³	38987	
	金属结构安装	T	87.7	
	隧洞回填灌浆	m ²	11501	
	隧洞固结灌浆	m	374	
	坝基帷幕灌浆	m	15354	
	坝基固结灌浆	m	2046	
2	主要材料			
	水泥	吨	21966	
	钢材	吨	798	
	柴油、汽油	吨	717	
	炸药	吨	186.73	
3	所需劳动力			
	总工时	万个	258.53	
4	对外交通道路	km	9.16 (扩修永久进库公路)	
5	施工导流		围堰、导流洞	
6	施工期限	年	3	
	准备工期	月	2	
	投产工期	月	34	
八	经济指标			
1	静态总投资	万元	17803.42	
2	总投资	万元	17803.42	
(1)	枢纽工程投资		8062.96	
	建筑工程	万元	5449.74	
	机电设备及安装工程	万元	116.29	
	金属结构及安装工程	万元	91.96	
	临时工程	万元	313.67	
	独立费用	万元	1494.04	
	预备费	万元	597.26	
(2)	渠道工程投资		3106.67	
	建筑工程	万元	2298.93	
	机电设备及安装工程	万元	0	
	金属结构及安装工程	万元	59.43	
	临时工程	万元	169.2	
	独立费用	万元	348.99	
	预备费	万元	230.12	
(3)	征地移民部分	万元	6337.05	
(4)	水土保持工程	万元	255.38	
(5)	环境保护工程	万元	41.36	
3	综合利用经济指标			
	水库单位库容投资	元/m ³	13.01	
	成本水价	元/m ³	0.894	
	单位灌溉面积投资	元/亩	15192.1	
	经济内部收益率	%	8.35	
	经济净现值	万元	2756.54	I = 7%

效益费用比		1.145	I = 7 %
-------	--	-------	---------

1.1.1.3 项目组成

元谋县坛罐窑水库工程按工程占地性质划分为永久占地和施工临时占地，按工程建设功能区特点永久占地的项目组成划分为枢纽工程、道路工程、渠道工程、移民安置工程，施工临时占地的项目组成划分为料场、弃渣场、临时道路、施工营地、临时堆土场，工程总用地面积为 236.056hm²。

表 1-2 项目组成表

永久占地	枢纽工程	大坝	粘土心墙石碴坝，坝顶宽 5m，长 354.7m
		溢洪道	溢洪道为无闸门控制的侧槽式溢洪道，侧堰长 50m，堰顶高程 1708.00m，溢洪道总长 195m，由控制段（侧堰）、调整段、第一陡坡段、第二陡坡段和挑流段组成
		导流输水泄洪隧洞	隧洞全长 346.72m，洞身长 300m
		水库管理所	食堂、办公室、宿舍等，占地 2170m ²
	道路工程		扩建永久进库公路 9.16km
	渠道工程	改造龙街河取水坝、续建龙街河输水隧洞、新建新华输水渠道	
	移民安置工程	安置人口 397 人，生活安置点 2.15hm ² ，生产安置 18.2hm ²	
	水库淹没区	水库淹没区占地 195.127hm ²	
施工临时占地	料场	1#粘土料场	扰动面积为 1.05hm ²
		2#粘土料场	扰动面积为 1.59hm ²
		石料场	河道内取石料，临时堆石料占地面积为 0.2hm ²
		1#石碴料场	扰动面积为 2.48hm ²
		2#石碴料场	扰动面积为 0.12hm ²
	弃渣场	1#弃渣场	占地面积为 1.32hm ² ，堆渣量为 7.95 万 m ³
		2#弃渣场	占地面积为 0.42hm ² ，堆渣量为 1.08 万 m ³
		3#弃渣场	占地面积为 0.35hm ² ，堆渣量为 0.78 万 m ³
	临时道路	新修通往料场区的临时土路 3km	
	施工营地	原设计 2#粘土料场用作施工营地	
	临时堆土场	设置临时堆土场 2 处，占地面积为 0.25 hm ²	

一、永久占地

（一）枢纽工程

坛罐窑水库枢纽工程主要建筑物由大坝、溢洪道、导流输水泄洪隧洞、灌溉渠系建筑物组成，溢洪道、导流输水泄洪隧洞均布置在右岸。

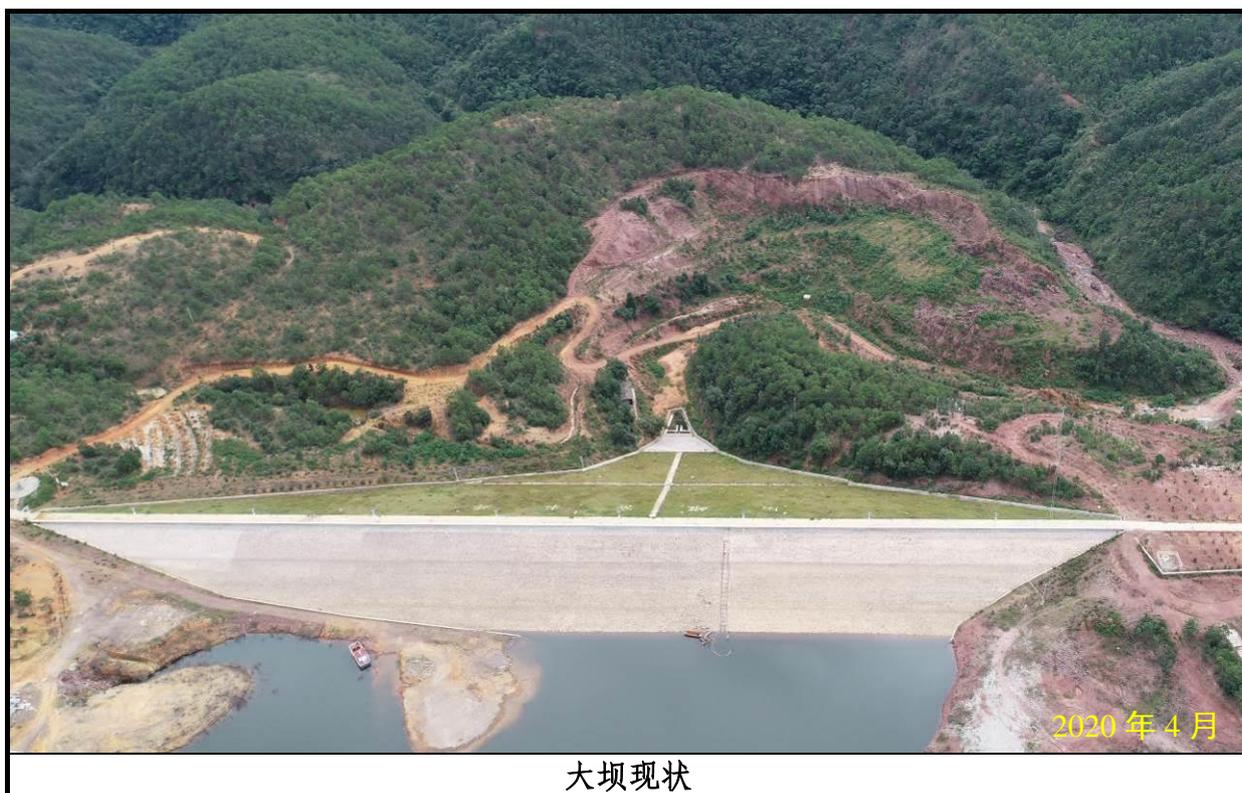
1、大坝

坛罐窑水库拦河坝推荐坝型为粘土心墙石碴坝，心墙轴线与坝轴线重叠。拦河坝坝顶高程 1711.5m，坝顶宽 5m，长 354.7m，坝顶设置 1.0m 高的防浪墙，防浪墙顶高程 1712.50m，粘土防渗心墙顶高程 1711.0m，心墙顶宽 3.0m，最大底宽 23.75m，截水槽盖板顶面最低高

程 1669.5m。坝址河床高程 1670.0m，坝高 42.5m（以建基面起算）。

大坝上游坝坡设置一个戽台，高程为 1692.5m，戽台宽 2m，坝坡坡比自上而下分别为 1:2.5、1:2.75；下游坝坡设置两个戽台，其中最低一个戽台设置在排水棱体顶部，高程为 1678.5m，另一个戽台高程为 1692.5m，戽台宽均为 2m，下游坝坡坡比自上而下分别为 1:2.0、1:2.5、1:2.0（排水棱体），堆石棱体外坡坡比为 1:2.0，内坡坡比为 1:1.5，棱体上游侧设双层反滤料，层厚 30cm。在大坝下游河槽部位设褥垫排水层以便于排水，褥垫上游连接至心墙下游侧反滤料，下游连接至排水棱体上游侧反滤料。

上游坝坡采用 C20 混凝土护坡，混凝土下垫 20cm 厚的砂砾石，护坡底界至 1685.6m 高程处，护坡底脚设 M7.5 浆砌石基座以利稳定；下游护坡采用 C20 预制砼框格梁草皮护坡。在下游坝坡与岸坡的连接处设岸坡排水沟，在下游坝坡戽台内侧设 C20 混凝土排水沟，连接至两坝肩岸坡排水沟。



2、溢洪道

溢洪道为无闸门控制的侧槽式溢洪道，侧堰长 50m，堰顶高程 1708.00m，即正常蓄水位。溢洪道总长 195m，由控制段（侧堰）、调整段、第一陡坡段、第二陡坡段和挑流段组成。

（1）控制段（0+000.0~0+050.0m）

控制段长 50m，底坡为 $i=0.025$ ，为折线型实用堰，底宽由 5m 渐变为 15m，侧槽断面

型式为梯形，边坡坡比 1: 0.5。侧堰表层 50cm 厚部位、侧槽边墙和底板为 C25 钢筋砼结构，侧堰内为 M7.5 浆砌石。

(2) 调整段 (0+050.0m ~ 0+074.0m)

调整段长 24m，C25 钢筋砼结构，其中 0+064.0 ~ 0+074.0m 为渐变段，底坡为 $i=0.00$ ，0+064.0 为底宽 15m，边坡坡比为 1: 0.5 的梯形断面，0+074.0 为底宽 15m 的矩形断面。

(3) 第一陡坡段 (0+074.0 ~ 0+134.0m)

第一陡坡段长 60m，底坡为 $i=0.02$ ，为矩形断面，与坝顶延长线相交部分 0+074.0 ~ 0+081.0 设一 5m 宽交通桥，0+074.0 ~ 0+081.0 边墙高 8.7m，0+081.0 ~ 0+134.0m 边墙高 4.5m，C25 钢筋砼结构。

(4) 第二陡坡段 (0+131.00 ~ 0+176.00m)

第二陡坡段长 55m，设计底坡 $i=0.67$ ，其中 0+131.00 ~ 0+153.00m 为渐缩段，溢洪道底板宽度由 15m 收缩为 12m，底板及边墙为 C25 钢筋砼结构。

(5) 挑流段 (0+176.00 ~ 0+185.00m)

挑段长 9m，挑流鼻坎的反弧半径为 9m，挑射角为 20° 。挑流鼻坎底板最薄处厚度为 2.0m，边墙厚 0.8m。

溢洪道每 10 或 11m 设置变形收缩缝，缝宽 2cm，缝间设 651 型止水带止水，每分段下设齿槽。泄槽底板下布设 $0.3 \times 0.3\text{m}$ 纵向排水盲沟，齿槽处用直径为 200mm 的 PVC 管过渡。



溢洪道现状

3、导流输水泄洪隧洞

导流泄洪输水隧洞布置在大坝右岸，总体设计为有压隧洞，设计输水流量 $1.02\text{m}^3/\text{s}$ ，设计泄洪最大过流流量 $27.81\text{m}^3/\text{s}$ 。隧洞全长 346.72m，洞身长 300m，采用 C20 钢筋砼衬

砌。施工导流期间隧洞进口底板高程为 1682.00m，导流结束后施工进口二期溢流堰使隧洞进口高程抬高为 1687.60m，满足水库运行期间的泄洪和输水要求。隧洞洞身断面形式为直径 1.8m 圆形洞，衬砌厚 0.5m。竖井闸室中设置 1.8×1.8m 检修平板钢闸门一套，卷扬机 QPQ-400KN 一台。出口闸室设置 1.5×1.5m 弧形闸门一套，QHSY630/250KN 液压启闭机一台。

导流泄洪输水隧洞由进口段、渐变段 1、圆形洞身段（D=1.8m）、渐变段 2、闸室段 1、渐变段 3、圆形洞身段（D=1.8m）、闸室段 2、陡坡段、挑流段和尾水段组成。

（1）里程 0+000.000~0+007.50m 为进口段，段长 7.5m。施工导流期间隧洞进口底板高程为 1682.00m，底坡 $i=0$ 。导流结束后施工进口二期溢流堰使隧洞进口高程抬高为 1687.60m，满足水库运行期间的泄洪和输水要求。进口段采用矩形断面，底宽 3m，底板厚 0.8m，边墙高 8.6m，边墙厚 0.7m。设斜拦污栅和平拦污栅两道，共 6 块。施工一期砼时需预埋二期钢筋砼插筋。进口段开挖边坡采用 1:0.5，边坡采用厚 0.1mC20 砼挂钢筋网喷锚支护。

（2）里程 0+007.50~0+012.80m 为渐变段 1，段长 5.3m，底坡 $i=1:100$ 。其中里程 0+007.50~0+009.30m 断面从 3×2.38m 矩形断面渐变为 1.8×1.8m 矩形断面。里程 0+009.30~0+012.80m 断面从 1.8×1.8m 矩形断面渐变为 D=1.8m 圆形断面。

（3）里程 0+012.80~0+082.50m 为圆形洞身段（D=1.8m），段长 69.7m，底坡 $i=1:100$ 。洞身断面形式为直径 1.8m 圆形洞，衬砌厚 0.5m。

（4）里程 0+082.50~0+086.00m 为渐变段 2，段长 3.5m，底坡 $i=1:100$ 。断面从 D=1.8m 圆形断面渐变为 1.8×1.8m 矩形断面。

（5）里程 0+086.00~0+092.00m 为竖井检修闸室段 1，段长 6m，底坡 $i=0$ 。下部 5m 闸室为 6×6m 矩形断面，上部竖井为内直径 3m 圆形结构，衬砌厚度 0.5m。井内设有检修闸门一套。闸门为 1.8×1.8m 平板钢闸门，前止水，采用卷扬机启闭。卷扬机型号为 QPQ-400KN，启闭力为 400KN。检修层高程 1715.00m，启闭室高程 1720.00m，启闭机层高 3.5m。

（6）里程 0+092.00~0+095.50m 为渐变段 3，段长 3.5m，底坡 $i=1:100$ 。断面从 1.8×1.8m 矩形断面渐变为 D=1.8m 圆形断面。

（7）里程 0+095.50~0+307.50m 为圆形洞身段（D=1.8m），段长 212m，底坡 $i=1:100$ 。洞身断面形式为直径 1.8m 圆形洞，衬砌厚 0.5m。

(8) 里程 0+307.50~0+320.50m 为弧形闸室段 2, 段长 13m。由直径 1.8m 圆洞形渐变为 1.5×1.5m 矩形, 设置 1.5×1.5m 弧形闸门一套, QHSY630/250KN 液压启闭机一台。出口段开挖边坡采用 1:0.5, 边坡采用厚 0.1mC20 砼挂钢筋网喷锚支护。

(9) 里程 0+320.50~0+333.50m 为陡坡段, 段长 13m, 底宽 1.5m。其中里程 0+320.50~0+327.82m 为椭圆连接段, 椭圆方程为 $y=0.0342 \times 2$ 。里程 0+327.82~0+333.50m 底坡 $i=1:2$, 为 1.5×2m 矩形断面, 边墙衬砌厚 0.4m, 底板衬砌厚 0.5m。

(10) 里程 0+333.50~0+339.72m 为挑流段, 段长 6.22m, 底宽 1.5m。挑坎反弧半径 6m。挑坎进口角度 27° , 出口挑角 25° 。边墙衬砌厚 0.5m, 底板衬砌厚度 1.2m。

(11) 里程 0+339.72~0+346.72m 为尾水段, 段长 7m, 底宽 1.5m, 底坡 $i=1:3$ 。底板衬砌厚度 0.5m。边墙高 2.8~2m, 边墙衬砌厚度 0.4m。

4、水库管理所

水库管理所位于大坝左岸直线距离约 120m, 由食堂、办公室、宿舍、水泥硬化篮球场等组成, 食堂为单层建筑, 办公室为两层建筑, 占地总面积为 2170m²。



(二) 道路工程

为便于水库工程管理及工程建设运输砂石料至坝址需要, 进水库永久公路选择元谋县城、元谋县平田镇、元谋县新华镇至水库, 其中元谋县城至元谋县平田镇、元谋县新华镇已建为柏油路面, 路面宽 6m, 满足施工要求。新华镇至水库有河尾隧洞施工道路 9.16km, 路面宽 3~3.5m, 小车、农用车可开至水库坝址, 根据坛罐窑水库施工机械要求, 新华镇至水库段扩宽改造至路面宽 4.5m, 扩修进库公路 9.16km, 路面铺筑 0.2m 厚 C20 砼路面, 设龙街河桥梁 1 座 (过水桥)。



(三) 渠道工程

坛罐窑水库输水灌溉渠系渠首龙街河取水坝设计取水流量为 $2.3\text{m}^3/\text{s}$ ，小于 $5\text{m}^3/\text{s}$ ，故渠道及建筑物工程等别为 V 等，主要建筑物级别和次要建筑物级别为五级。坛罐窑水库输水灌溉渠系由改造龙街河取水坝、续建龙街河输水隧洞、新建新华输水渠道和改造现有新华输水渠道组成。根据灌渠规划，坛罐窑水库控制灌溉面积 1.13 万亩，新华输水渠道控制灌溉面积 0.54 万亩，坛罐窑水库灌溉渠系设计灌水率为 $0.63\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{万亩}$ ，渠系水利用系数为 0.7。

1、改造龙街河取水坝

拆除现有闸室和 2.8m 原溢流坝，并新建闸室，同时新增 $1.8 \times 1.5\text{m}$ 取水闸门一道，由于现状坝前淤积较大，需加大冲砂闸门为 $3 \times 3\text{m}$ ，使冲砂效果更好。闸室排架采用 C25 钢筋砼框架结构，启闭房采用 $7.5 \times 3.4\text{m}$ 砖混结构。取水、冲砂闸门均为前止水，采用手动螺杆启闭。



2、续建龙街河输水隧洞

龙街河输水隧洞从龙街河取水坝开始至元大公路，全长 4308.50m，其中进口渠道段长 206m，隧洞洞身段长 3716m（2008 年实施方案中已实施 802m），出口渠道段长 386.5m。

（1）进口渠道段

进口渠道段从龙街河取水坝开始至隧洞进口，里程为隧 0+000~隧 0+206，总长 206m。

①里程隧 0+000~隧 0+068 为拆除重建暗渠段，段长 68m，重建后为 $1.8 \times 2\text{m}$ 钢筋砼暗渠， 120° 拱，衬砌厚度 0.3m，底坡维持现状底坡 $i=1/340$ 不变。

②里程隧 0+068~隧 0+099 为改造现有沉沙池段，段长 31m，改造措施为采用砼将溢流堰加高 0.3m，其余部分维持现状不变。

③里程隧 0+099~隧 0+166 为改造现有明渠段，段长 67m，改造措施为采用砼将明渠左右边墙加高 0.4m，其余部分维持现状不变。

④里程隧 0+166~隧 0+206 为新建明渠段，段长 40m，断面尺寸为 $1.8 \times 1.6\text{m}$ ，边墙高 1.6m，为 M7.5 浆砌石衬砌，底板厚 0.25m，为 C20 砼衬砌。里程 0+166m 新建渠道与原河尾引水沟交叉处设两道 $1.8 \times 1.6\text{m}$ 节制钢闸门。

（2）隧洞洞身段

里程隧 0+206~隧 3+922 为隧洞洞身段，段长 3716m。隧洞里程（2+647m~2+826m）和（3+146m~3+256m）及实施过程遇到地质条件较差的地段采用厚 0.35m C20 钢砼衬砌，其余洞身地质条件较好地段采用 C20 素砼衬砌，衬砌厚 0.3m。由于隧洞较长，考虑工程出渣、进料及通风等问题，本期洞身段每隔 200m 左右布置一段扩大洞身断面，以便布置施工错车道，并在里程 0+786m、1+406m、1+906m、2+406m、2+906m、3+406m 处采用钻机钻 6 个 $\phi 150$ 通风孔通风。隧洞洞身高 1.4m 的范围内采用 651 橡胶止水带，以上部分采用

沥青栅板分缝。

洞身临时支护采用钢支撑和 C20 砼挂钢丝网喷锚型式。

(3) 隧洞出口段

里程隧 3+922 ~ 隧 4+308.5 为隧洞出口段，段长 386.5m。由取水段、陡坡段、消力池段和尾水段组成。

其中里程 3+922 ~ 3+940.05 为取水段，底坡 $i=1/15$ ，采用 C20 钢筋砼衬砌结构。衬砌断面尺寸为 $1.8 \times 1.6\text{m}$ ，边墙、底板厚均为 0.3m。在 3+932.29m 处左边墙设有取水口，并设 $1.8 \times 1.6\text{m}$ 和 $1.1 \times 1.6\text{m}$ 钢闸门各一道。

里程 3+940.05 ~ 3+986.05 为陡坡段，底坡 $i=1/3.5$ ，采用 C20 钢筋砼衬砌结构。底宽 1.8m，底板厚 0.4m，边墙高 1.5 ~ 2.6m，边墙厚 0.3m。

里程 3+986.05 ~ 3+995.05 为消力池段，底坡 $i=0$ ，采用 C20 钢筋砼衬砌结构。底宽 1.8m，底板厚 0.5m，边墙高 2.6m，边墙厚 0.4m。在消力池段左右边墙均设有 $1.5 \times 0.7\text{m}$ 放水口，引箐沟水至下游。

里程 3+995.05 ~ 4+308.50 为尾水段。其中 3+995.05 ~ 4+016.58 采用 C20 钢筋砼衬砌结构，衬砌断面尺寸为 $1.8 \times 1.6\text{m}$ ，边墙、底板厚均为 0.3m。其余段采用 C20 砼底板、M7.5 浆砌石边坡梯形衬砌结构形式。

(4) 隧洞回填灌浆

对整个隧洞洞身进行回填灌浆。回填灌浆分两序孔完成，I 序孔与 I 序孔的排距为 6m，II 序孔与 II 序孔的排距为 6m，I 序孔与 II 序孔的排距为 3m。先灌 I 序孔，后灌 II 序孔，灌浆压力 0.15 ~ 0.3Mpa，根据灌浆规范进行回填灌浆。

隧洞洞身灌浆面积计算按设计开挖半圆拱顶计算（不包含超挖尺寸）。回填灌浆施工按图示顺序进行。

(5) 止水带设置

洞身永久缝要求采用 651 橡胶止水带止水，隧洞错车道连接处及两错车道之间（每 50m）或地质条件变化较大段设一沉降缝，采用 651 止水带。



龙街河输水隧洞入口处



龙街河输水隧洞出口处

3、新建新华输水渠道

新建新华输水渠道接龙街河输水隧洞出口，经隧洞出口进场公路，元大公路左侧及后段的盘山布置至庙门下村与现状已有鼠街水库输水土渠（改造衬砌处理）相接。新建输水管段长 4127.5m。



龙街河输水隧洞入口处



(四) 移民安置工程

坛罐窑水库移民安置工程安置区选择在坛罐窑水库受益区元谋县平田乡平田村委会丙令村民小组北面丙令水库坝址下游，外迁集中建房安置 53 户 210 人，建设内容包括生活安置区和生产安置区。生活安置区占地面积 2.15hm²，建设内容包括安置住房、配套道路、绿化、排水系统、供电系统、通讯系统等，生产安置区占地面积 18.2hm²（耕地面积 273 亩，其中水田 231.0 亩，旱地 42.0 亩）。





(五) 水库淹没区

坛罐窑水库淹没区占地 195.127hm²，水库淹没处理范围为经常淹没区和临时淹没区，正常蓄水位以下的淹没区为经常淹没区，正常蓄水位以上受水库洪水回水和风浪等淹没的地区为临时淹没区。实际施工过程中由于 1#、2#粘土料场粘土材质不满足要求，新增 1 处粘土料场位于水库淹没区。

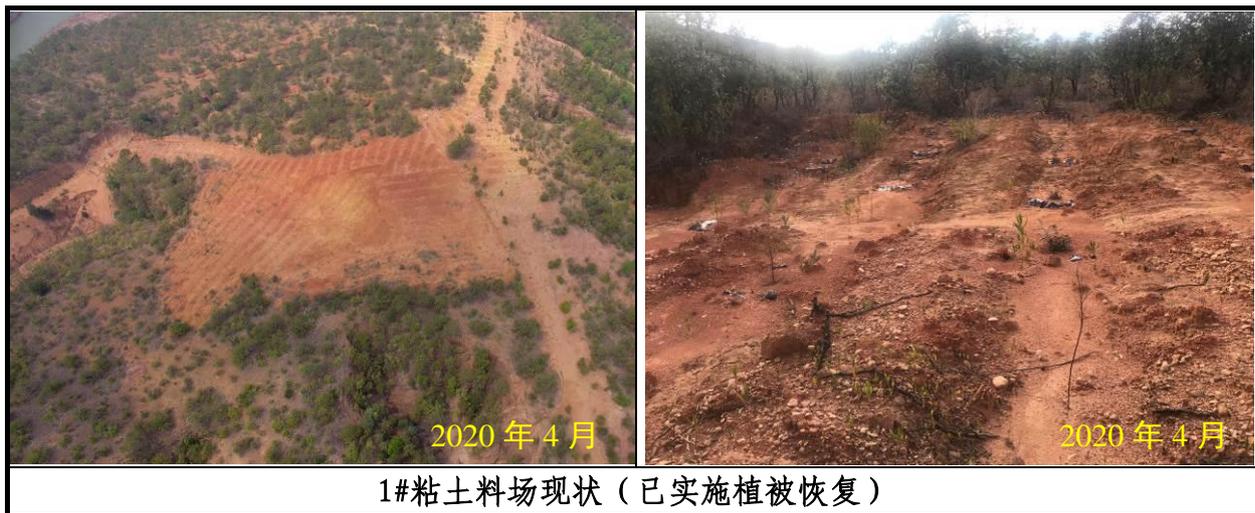


二、临时占地

(一) 料场

1、1#粘土料场

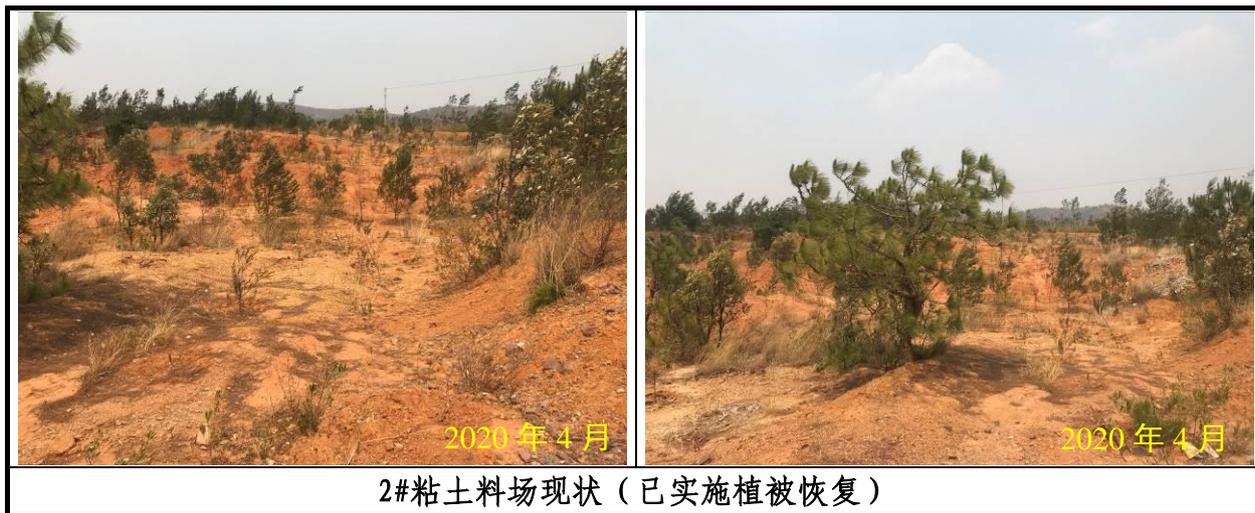
1#粘土料场位于大坝上游直线距离 450m 处，扰动面积为 1.05hm²，剥离表层土后发现土体不符合粘土心墙填筑要求，未继续取土，现已实施植被恢复。



2、2#粘土料场

2#粘土料场位于大坝左岸直线距离 100m 处，扰动面积为 1.59hm²，剥离表层土后发现土体不符合粘土心墙填筑要求，未继续取土，用作施工营场地，现施工营场地已拆除，并已实施植被恢复。





3、石料场

石料场位于龙街河输水隧洞进口北面的河道，石料从河道及两岸取用，开采扰动及临时堆石料占地面积为 0.2hm²。



4、1#石碴料场

1#石碴料场位于大坝下游直线距离 200m 处，扰动面积为 2.48hm²，取料结束后已实施分台平整、植被恢复。



1#石碴料场整体现状（已实施植被恢复）



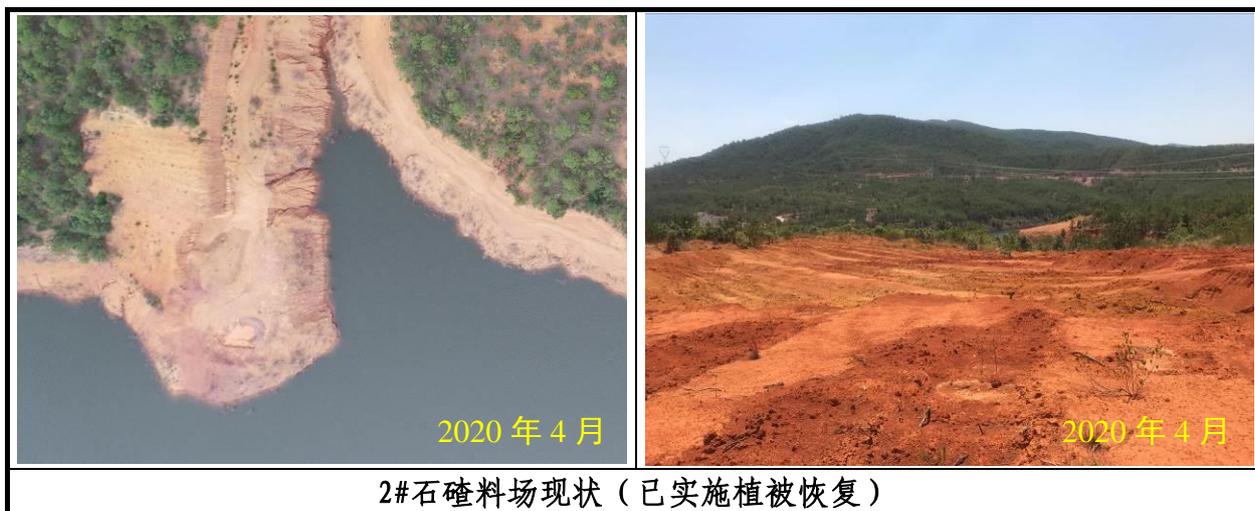
1#石碴料场平台现状（已实施植被恢复措施）



石碴料场边坡现状（已实施植被恢复措施）

4、2#石碴料场

2#石碴料场位于大坝右岸溢洪道上游直线距离 310m 处，扰动面积为 0.12hm²，取料结束后已实施植被恢复。



（二）弃渣场

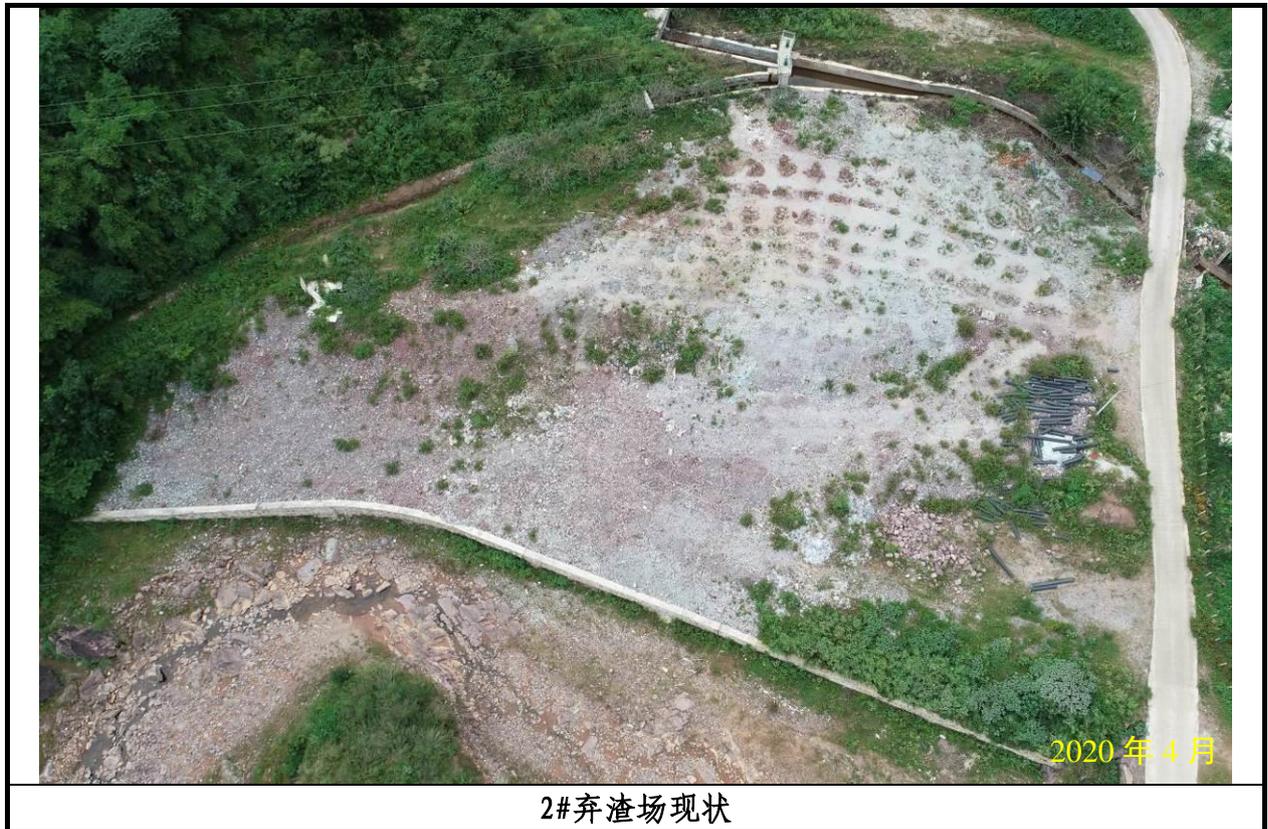
1、1#弃渣场

1#弃渣场位于大坝下游，主要堆存枢纽工程及道路建设产生的永久弃渣，1#弃渣场占地面积为 1.32hm²，已堆渣量 7.95 万 m³，已实施有浆砌石挡渣墙、排水暗涵、植被恢复等措施。



2、2#弃渣场

2#弃渣场位于龙街河输水隧洞进口处，主要隧洞开挖产生的永久弃渣，2#弃渣场占地面积为 0.42hm^2 ，已堆渣量 1.08 万 m^3 ，已实施有浆砌石挡渣墙、外围截水、植被恢复等措施。



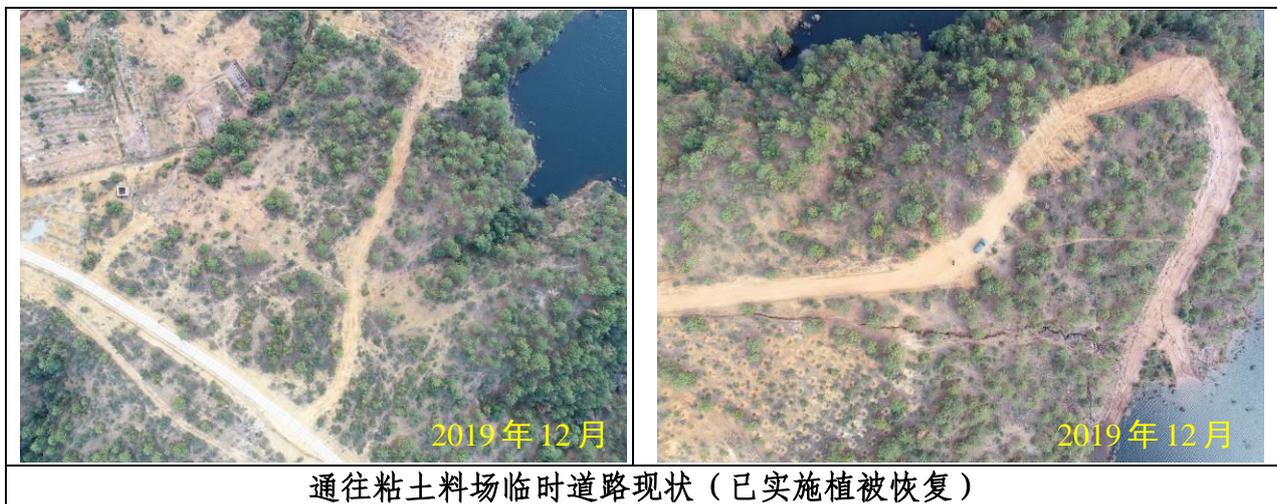
3、3#弃渣场

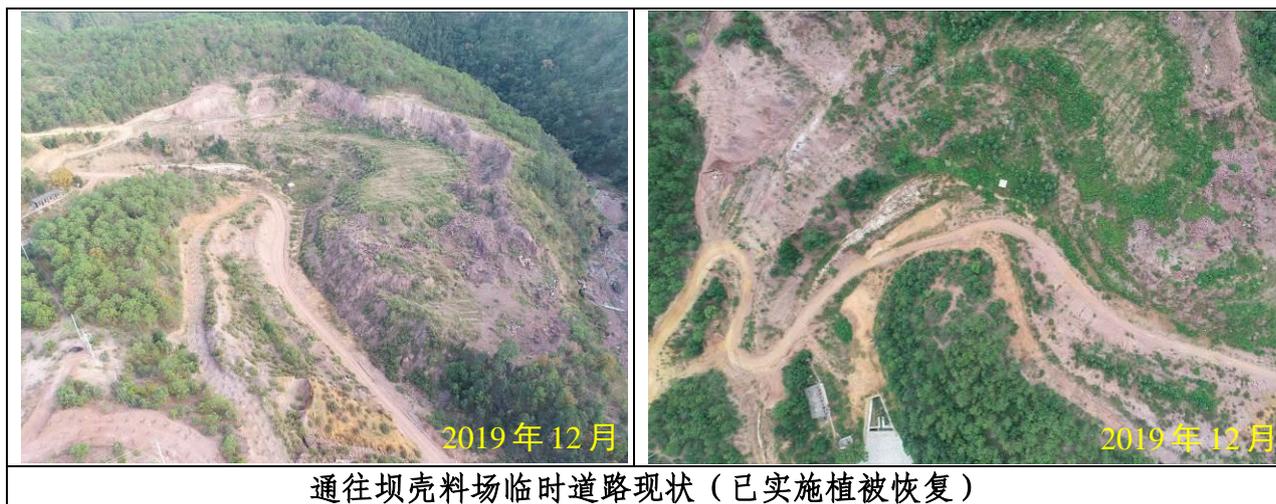
3#弃渣场位于龙街河输水隧洞出口处，主要隧洞开挖产生的永久弃渣，3#弃渣场占地面积为 0.35hm^2 ，已堆渣量 0.78 万 m^3 ，已实施有浆砌石挡渣墙、外围截水、植被恢复等措施。



(三) 临时道路

新修通往取料场的临时施工道路约 3km，临时道路为土质路面，路面宽度为 4m~4.5m，满足施工要求即可，占地面积为 1.26hm²。





通往坝壳料场临时道路现状（已实施植被恢复）

（四）施工营地

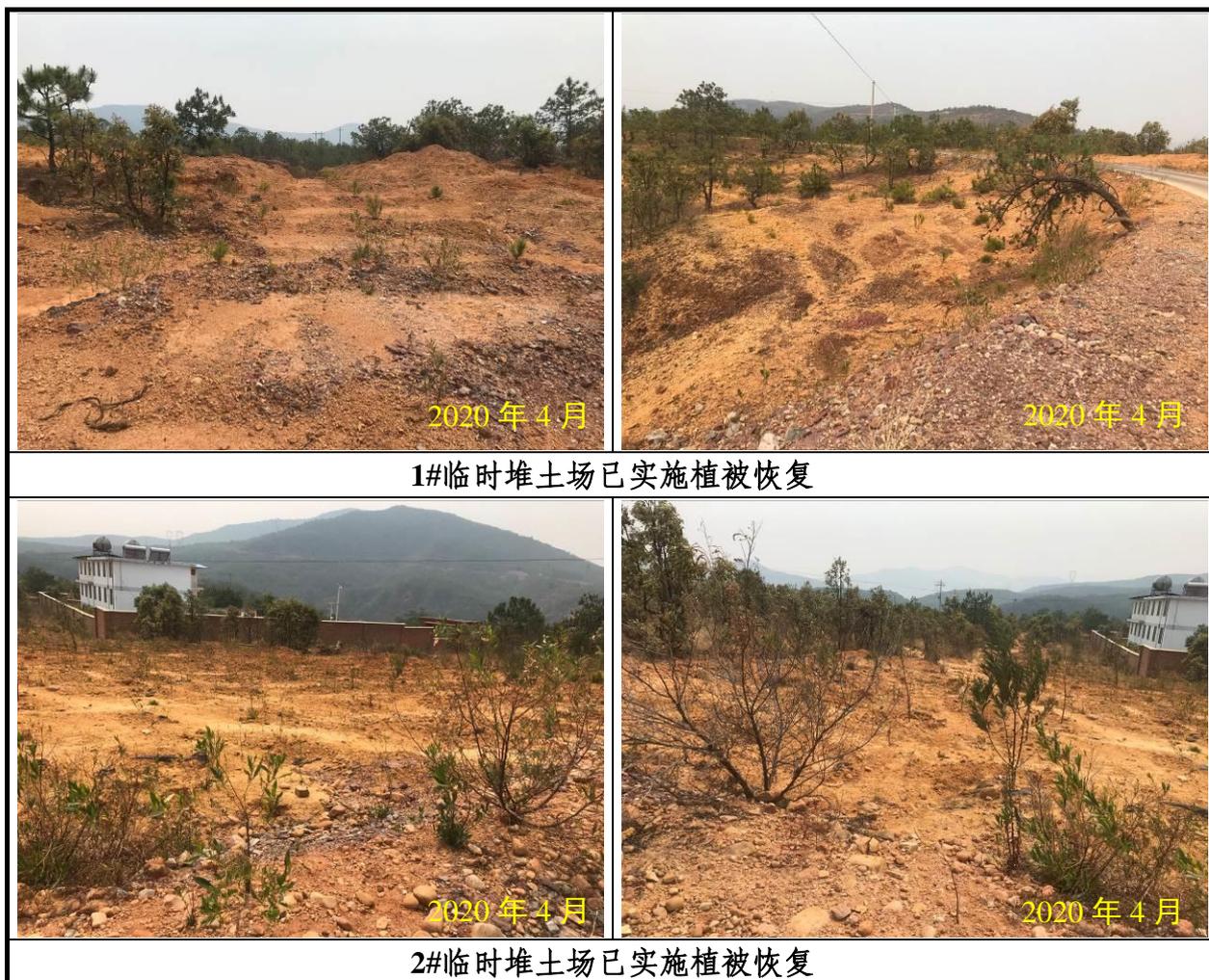
施工营地位于大坝左岸直线距离 100m 处，为原设计的 2#粘土料场，占地面积为 1.59hm²，现施工营场地已拆除，并已实施植被恢复。



施工营场地拆除后已实施植被恢复

（五）临时堆土场

临时堆土场设置了 2 处，1#临时堆土场在 2#粘土料场东面，占地面积为 0.18hm²，2#临时堆土场在水库管理所北面空地，占地面积为 0.07hm²，其余临时堆土场均在料场区范围内，不新增临时占地。



1.1.1.4 施工组织及工期

1.外来建筑材料及来源

本工程在施工期间所需建筑材料除土料、石料外主要包括水泥、木材、钢材、炸药以及苗木草籽等，水泥、木材、苗木草地均从元谋水泥厂采购，炸药由安宁火工材料厂供应。

2.施工交通

因该水库归属于元谋县建设管理，为便于水库工程管理及工程建设运输砂石料至坝址需要，进水库永久公路选择元谋县城、元谋县平田镇、元谋县新华镇至水库，其中元谋县城至元谋县平田镇、元谋县新华镇现状已建为柏油路面，路面宽 6m，满足施工要求。新华镇至水库有河尾隧洞施工道路 11.2km，路面宽 3~3.5m，小车、农用车可开至水库坝址，根据坛罐窑水库施工机械要求，部分路段扩宽改造至路面宽 4.5m，设龙街河交通桥 1 座（过水桥），新修通往料场临时施工公路 3km。灌区乡村公路四通八达，路况较好，交通比较便利。

3.临时施工场地布设

枢纽工程区施工营场地布设在大坝左岸直线距离 100m 处，渠道工程区施工场地布设在龙街河输水隧洞进出口处。

4. 施工用水用电

施工用水：枢纽工程区设 2 个 50m^3 蓄水池，采用 2 台型号为 65-40-200 的离心泵，扬程 40m，抽取河道内流水使用。水库蓄水后，工程管理局生产用水根据需要由水库供给；生活用水在水库大坝后修水井，由水井提至管理局相应屋顶水池供给。

施工、生产、生活用电，均使用羊街变电站已架设的 10KV 线路，由元谋县电力公司，属国家电网供电，如有特殊情况采用柴油机发电。

5. 建设工期

项目建设工期 74 个月，于 2012 年 10 月开工，枢纽工程于 2017 年 5 月完工，移民安置工程于 2017 年 6 月完工并搬迁入住，渠道工程于 2018 年 12 月完工。

1.1.1.5 工程占地

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 236.056hm^2 ，其中永久占地 225.758hm^2 ，包括枢纽工程区拦河坝占地 1.406hm^2 ，溢洪道占地 0.887hm^2 ，输水隧洞占地 0.538hm^2 ，水库管理所占地 0.217hm^2 ，扩建进库永久公路占地 5.600hm^2 ，移民安置区居民安置点占地 2.150hm^2 ，生产安置点 18.200hm^2 ，渠道工程占地 1.633hm^2 ，水库淹没区占地 195.127hm^2 ；临时占地 10.298hm^2 ，包括渠道工程占地 1.175hm^2 ，料场区 1#粘土料场占地 1.050hm^2 ，2#粘土料场占地 1.590hm^2 ，1#石渣料场占地 2.480hm^2 ，2#石渣料场占地 0.120hm^2 ，石料场占地 0.200hm^2 ，弃渣场区 1#弃渣场占地 1.320hm^2 ，2#弃渣场占地 0.420hm^2 ，3#弃渣场占地 0.350hm^2 ，临时道路区新建临时道路占地 1.260hm^2 ，施工营地区中枢纽工程施工营地占地计入 2#粘土料场，不再重复计列，渠道工程施工营地占地 0.083hm^2 ，临时堆土场区 1#临时堆土场占地 0.180hm^2 ，2#临时堆土场占地 0.070hm^2 。

表 1-4 项目实际建设占地统计表 单位: hm²

项目区		占地面积 (hm ²)	占地地类									备注		
			水田	坡耕地	灌木林地	有林地	梯坪地	园地	水域	农村宅基地	未利用土地			
永久 占地	枢纽区	拦河坝	1.406			0.953				0.453				
		溢洪道	0.887			0.887								
		输水隧洞	0.538			0.538								
		水库管理所	0.217			0.217								
	永久道路	扩建进库永久公路	5.600			5.600							9.16km、3.5m	
	移民安置区	居民安置点	2.150				2.150							
		生产安置点	18.200			15.040	3.160							
		渠道	1.633		0.233	1.400								
		水库淹没区	195.127	22.886	69.217	23.000	61.600	3.213	1.515	11.620	1.203	0.873		
		小计	225.758	22.886	69.450	47.635	66.910	3.213	1.515	12.073	1.203	0.873		
临时 占地		渠道	1.175		0.146	1.029								
	料场	1#粘土料场	1.050			1.050								
		2#粘土料场	1.590			1.590								
		1#石碴料场	2.480			2.480								
		2#石碴料场	0.120			0.120								
		石料场	0.200			0.200								
	弃渣场区	1#弃渣场	1.320			1.320								
		2#弃渣场	0.420			0.420								
		3#弃渣场	0.350			0.350								
	临时道路	新建临时道路	1.260			1.260							3km、4.5m	
	施工营地区	枢纽工程施工营地	0.000			0.000								
		渠道工程施工营地	0.083			0.083								
	临时堆土场	1#临时堆土场	0.180			0.180								
		2#临时堆土场	0.070			0.070								
	小计	10.298		0.147	10.152									
合计		236.056	22.886	69.597	77.551	76.685	3.213	1.515	12.073	1.203	0.873			

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 25.60 万 m^3 ，拆除建筑物 0.08 万 m^3 ，剥离表土 2.76 万 m^3 ，回填 14.07 万 m^3 ，利用 4.56 万 m^3 （其中 1.80 万 m^3 用作坝体填筑，2.76 万 m^3 用作绿化覆土），弃渣总量为 9.81 万 m^3 （其中 1#弃渣场堆存弃渣 7.95 万 m^3 ，2#弃渣场堆存弃渣 1.08 万 m^3 ，3#弃渣场堆存弃渣 0.78 万 m^3 ）。

表 1-5 土石方平衡及流向具体情况表（实际） 单位：m³

分区或分段		开挖			回 填		利 用		废 弃		
		开挖	拆除	剥离表土	数 量	去 向	数 量	去 向	数 量	去 向	
										1#弃渣场	2#、3#弃渣场
枢纽区	大坝	44866							44866	44866	
	溢洪道	45399			1157	溢洪道边墙后	17986	坝体填筑	26256	26256	
	输水隧洞	6056			298				5758	5758	
	水库管理所	1040			1040	用于场地平整回填					
永久道路	扩建进库永久公路	28000			28000	回填道路基础					
移民安置区	居民安置点	14365			14365	用于场地平整回填					
	生产安置点	65000			65000	用于场地平整回填					
渠 道	渠道建筑物	32879	807		15499	回填明渠段边墙后			18187		18187
料场	1#粘土料场	1246		3675	1246	用于回填料场开挖坑	3675	用于绿化覆土			
	2#粘土料场	1894		5565	1894	用于回填料场开挖坑	5565	用于绿化覆土			
	1#石碴料场	2976		8184	2976	用于回填料场开挖坑	8184	用于绿化覆土			
	2#石碴料场	1033		480	1033	用于回填料场开挖坑	480	用于绿化覆土			
	新增粘土料场			9720			9720	用于绿化覆土			
弃渣场区	1#弃渣场	1297			1297						
	2#弃渣场	432			432						
	3#弃渣场	655			655						
临时道路	新建临时道路	5388			2783	用于回填道路基础			2605	2605	
施工营地区	渠道工程施工营地	2133			1684	用于场地平整回填			449		449
临时堆土场	1#临时堆土场	982			982	用于场地平整回填					
	2#临时堆土场	357			357	用于场地平整回填					
合 计		255998	807	27624	140698		45610		98121	79485	18636

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

1、库区：地形呈掌状，河谷狭窄，库尾地形较开阔，库盆主要由黑什里河及其支流坛罐窑河、太平地、红山河、牛厩房、石婆婆、老弯山箐等六条河沟组成，河谷切深差异不大，相对高差 25~30m，沟谷间为平缓台地，属区域性三级剥夷面。呈丘陵地形，台面高程一般在 1730~1770m 之间，在坛罐窑南东箐沟切割台面下可见有厚 15m 以上的更新统河湖相堆积层残留，谷底至两岸剥蚀平台边缘地形较陡，多在 35° 以上，平台以上两岸边坡较缓，北部 25° 左右，南部 30° 左右。

库盆河流总体呈北西~南东流向，黑什里河东部与龙街河交汇口高程 1600m，河床上缓下陡，特别是坝段以下至龙街河交汇口段有数级迭水坎，最大的一个高差 13m，其余的 1~3m 不等。

河谷两岸崩塌、滑动变形等不良地质现象不发育。河底大部新鲜基岩裸露，但在坛罐窑村以南大面积第四系更新统地层分布区冲沟、侵蚀洼地等十分发育，其次是在南北两侧山坡上部砾岩（K₂m¹）分布带由于砾岩风化强烈，雨季饱水后陡壁易产生塌滑流蚀。

2、坝址：坝址区为山丘 U 形谷地形，河谷底部平坦开阔，坝段河流向左弯曲呈耳朵形，河床平缓，平均坡降 0.7% 左右，河谷两岸下陡上缓，左岸上部为宽广的 III 级夷平面；右岸为一低矮的山脊，高程一般在 1674~1716m 左右。属中山丘陵地貌，无滑坡、崩塌等不良物理地质现象发生。

3、灌渠：引水隧洞工程区山脊水系斜交隧洞轴线展布，龙街河位于洞进口西侧，由南向北径流。灌渠区内最高海拔大尖山西侧山顶 1868.5m，最低海拔龙街河 1600m，相对高差 268m。山顶浑圆，地形起伏不大，以风化薄蚀为主，冲沟源头溯源侵蚀仍在继续，山顶及山脊堆积部分第四系更新统洪积砂质粘土夹砂砾石层，属构造剥蚀地形 II 级夷平面。工程区范围内以风化剥蚀为主，岩层露头呈强风化~全风化状态，微型冲沟发育、地表水冲刷侵蚀强烈，滑坡、坍塌及岩石蠕变变形少见。龙街河河底基岩裸露，第四系冲积层覆盖厚度不大，两岸边坡陡峻地段时有岩块崩落。

1.1.2.2 地质灾害

1、地质构造

工程区位于云南山字型构造前弧西翼内侧、盾地北端扬子准地台亚一级大地构造单元内的康滇地轴二级构造单元南端大姚台凹东部，元谋断裂以西的断陷盆地边缘。基底由前

震旦系变质深浅不一的元古代结晶岩系构成。古生代至中生代早期隆起，上升运动占优势，侏罗系早期发生了强烈拗陷，盖层相继形成；褶皱、断裂发育、岩浆活动频繁，显示了基底硬化程度不高及后期的活动性。晋宁运动造成了震旦系与昆阳群之间的区域性不整合，华力西运动及印支运动表现为沿元谋大断裂分布有超基性~基性岩体，区内表现为升降运动。东部平田~车良地一带大面积出露晋宁区及华力西区构造层，基底火成岩及变质岩系。燕山运动早期本区盖层形成，晚期表现为全部沉积盖层褶皱上升。中西部出露的全是燕山运动中晚期构造层~中生界红色碎屑岩系盖层。喜山运动元谋地区第四系更新统地层普遍发生掀动，倾角一般 $5\sim 10^\circ$ 形成平缓弯曲，元谋大断层中段与马应登等地，侏罗系冯家河组与第四系地层呈断层接触。

区内新构造运动十分强烈，表现在地壳上升速度快，洪积扇、冲沟发育，下更新统地层普遍产生倾斜（倾角 $3\sim 8^\circ$ ），形成平缓褶皱。测区位于元谋断陷盆地边缘，构造线呈南北向展布，东侧为元谋南北向大断裂。元谋大断裂沿东山麓南北向延伸，向北越过金沙江入四川，向南与楚雄绿汁江断裂相接，断裂对区域地质构造起控制作用。本区历经多期构造运动，并产生大规模的南北向断裂痕迹，近期构造影响相对较弱，表现为宽缓的褶皱。水库附近地层为龙街倾伏背斜北西倾伏端，无区域性大断裂通过，次级构造不发育。

测区红色盖层褶皱紧密，轴线以北西向为主。南部为开阔的龙街倾没背斜，核部为昆阳群灯影组灰岩，翼部为侏罗系~白垩系地层。两翼对称，倾角 $20\sim 35^\circ$ ，向北西方向倾伏。北部为永仁~赵家店宽缓向斜，由拉模碗状向斜，小红山狭窄背斜及赵家店碗状向斜组成。

拉模碗状向斜：为对称的宽缓向斜，向斜主要由班三界、拉模、小猛连及小木马四个小向斜组成。岩层倾角 $5^\circ\sim 20^\circ$ ，西翼较陡，北段达 $60^\circ\sim 70^\circ$ ，核部地层为白垩系赵家店组泥岩段，两翼为赵家店组砂岩段及江底河组构成。轴向近南北向，均为短轴褶皱，裂隙发育，有煌斑岩及碱性岩脉侵入。

小红山狭窄背斜：为东陡西缓之不对称的狭窄背斜。轴向北段为北北东向（约 10° ），向南转为北北西向（约 340° ），核部地层为江底河组（K2j）上杂色泥岩段。西翼缓，倾角 $20^\circ\sim 30^\circ$ ，东翼陡， $40^\circ\sim 50^\circ$ ，向南北两端变开阔。轴部有小断层。

赵家店碗状向斜：四周岩层产状向盆地中心倾斜，倾角 $20^\circ\sim 30^\circ$ 。核部地层为赵家店组，两翼为江底河组。

区内具规模的断裂仅有分布于龙街倾没背斜中的麻栗树断裂。麻栗树断裂位于水库西部，为平推张扭性正断层，断层走向NW，断面倾向NE，产状 $60^\circ\angle 60^\circ$ ，延伸约7.8Km，

距水库约 4Km。断层附近岩层陡倾，岩石极为破碎，褶皱发育。滑动擦痕明显，沿破碎带有石英脉侵入，其它次级断裂不发育。

2、水文地质

项目区广泛分布中生界红层、赋存基岩裂隙水，局部地段埋藏有层间水或风化砾岩孔隙水。地下水化学类型简单，泉水多属 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 或 $\text{HCO}_3\text{-Ca、Na}$ 型，水质良好。中生界砂、泥岩富含基岩裂隙水，龙街河、鼠街小河除中部盆地外，狭窄河床段均有基岩零星出露，冲洪积层埋深较浅，第四系孔隙水微弱。泉水点及地下水位均高于河床，地下水补给河水。

水库附近地层主要为中生界“红层”和更新统的松散堆积层。“红层”的岩性以泥岩为主夹砂砾岩。其富水性受裂隙和层间砂岩的控制，更新统堆积层主要为粘土夹含砾砂土。富水性主要受地层岩性控制，各含水层受大气降水、地表水和上覆含水层的补给，向河流和沟谷排泄。

3、地震

工程区位于滇中红色高原中部亚区，处于通海石屏地震带以北 232km，小江地震带以西 156km，南华~楚雄隐伏地震带北东 67km，为相对弱的强震区，距元谋断裂 30km，元谋大断裂历经多期构造运动的加强和改造，力学性质复杂，具有继发性和持续性活动特点。新构造运动强烈，地震频繁。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

坛罐窑水库径流区属亚热带季风气候区，由于受海拔高低差异性和季风气候的影响，形成夏无酷暑、冬无严寒、春暖干旱、秋凉湿润、年温差小、日温差大、降水集中、干湿分明、降水随高程增加而增加的立体气候特征。根据大姚县气象站（海拔高程 1879m）多年实测资料统计，多年平均气温 15.6℃，平均日照时数为 2570 小时。极端最高气温 33.0℃（1993 年 6 月 4 日）极端最低气温 -6.1℃（1982 年 12 月 20 日）。多年平均降水量 811.4mm，年内分布不均，汛期 5~10 月降水量占年降水量的 91%，7、8 月两个月占 49.2%，枯季（11~次年 4 月）占 9%。多年平均水面蒸发量 2749.9mm（Φ20cm），多年平均相对湿度 65%。多年平均风速 3.5m/s，主风向为西南和偏南风。年无霜期 220 天左右。1 小时降雨量是 32mm，6 小时降雨量是 52mm，24 小时降雨量是 72mm。

1.1.2.4 河流水系

坛罐窑水库位于大姚县赵家店乡打苴基村委会坛罐窑村下游1.7km处的黑什里河上，黑什里河为龙川江支流龙街河中游支流，属金沙江水系，龙街河是大姚县与元谋县交界河。坛罐窑水库坝址以上控制径流面积77.7km²，主河道长14.3km，河道平均坡降13.8%。水库流域地势西高东低，流域最高点为西部的红山石岩海拔高程为2606.7m，东部地势较低最低处为水库坝址海拔高程为1690m，流域平均高程为1910m。水库流域水系呈扇形，流域长10.3km，流域宽10.9km，流域东西最长10km，南北最宽10.2km。

水文计算主要控制断面有：坛罐窑水库、龙街拦河坝、赵家冲水库、鼠街~赵家冲水库区间、鼠街~河尾水库区间、河尾水库、弯腰树水库、五大箐拦河坝、丙令水库等。

龙街拦河坝：控制径流面积347.8km²，主河道长49.52km，河床平均坡降9.47%，坝址高程1601m，上游支流上已建水利工程控制径流面积91.5km²；规划兴建红豆树中型水库，控制面积85.0km²；规划兴建坛罐窑中型水库，控制面积77.7km²；西山大沟经龙街拦河坝引水至河尾水库，进行调蓄。

河尾水库：位于班果河上，水库径流面积92.1km²，上游已建有赵家冲及鼠街两座小（一）型水库总控制径流面积30km²。

1.1.2.5 土壤及植被

1、土壤

坝址区据大姚县土壤普查资料，全县土壤按五级分类制分为8个土类，14个亚类，59个土种，37个变种。主要土壤为暗棕壤、棕壤、黄棕壤、紫色土、红壤、冲击土、盐土、水稻土等。非地带性土壤有紫色土，占全县土地总面积的59%，地带性土壤为红壤。金沙江一带海拔1200m以下有燥红土分布。土壤垂直带谱明显，在海拔2300~3657m之间为高山土，高山土包括暗棕壤、棕壤、黄棕壤三个土类，在3200m以上分布暗棕壤，2600~3200m为棕壤，2300~2600m为黄棕壤，2300m以下为紫色土，红壤、水稻土、盐土等。项目区土壤多为棕壤、黄棕壤、暗棕壤、红壤。

灌区根据元谋县土地普查资料，全县共9类，25属，51种。由于县境内地形复杂，海拔高差大，各地成土母质和成土条件不同，其分布为：898~1300m为燥红壤；1300~1600m为燥红壤与红壤过渡性的褐红壤（红壤亚类）；1600~2200m形成地带性红壤；2200~2500m属黄棕壤；2600m以上为棕壤。

2、植被

坝址区大姚县属亚热带常绿阔叶林和云南松林区。主要的植被有：

(1) 干热河谷及低山丘陵灌丛草坡：主要分布在海拔1500m以下地区，多为稀树灌丛草坡，树种为硬阔叶。

(2) 暖性、温凉性常绿阔叶林及云南松林：分布在海拔2000~2800m地区，主要乔木树种有云南松、油杉、华山松、栎类、滇桫欏、桉木、西南桦，灌木主要有山茶、杜鹃、滇杨梅等；草本有金发草、蕨类、紫茎泽兰等。

(3) 温凉性常绿阔叶林和针、阔混交林类型：分布在海拔2800~3200m的大、小百草岭一带地区。主要树种有冷杉、铁杉、石栎等，其中2900m左右地区，华山松、云南松等高大乔木散生于常绿阔叶林中。阔叶林树种有栲、栎类、银木荷、香樟等，下木层有山玉兰、三棵针、楠烛、杜鹃等。林内附着有丰富的苔藓类、蕨类。

(4) 寒温性高山灌丛草甸：分布于海拔3000m以上地区。主要树种有石栎矮树树林及多种杜鹃。草本有牛毛草、车前草、龙胆草等。

灌区元谋县境内海拔高差悬殊大和地形地貌复杂，形成了多气候带和生物多样性，孕育着丰富的生物资源，在海拔1300m以下，盆地内主要是荒山草坡，主要生长稀树灌木草丛，草本占大部分，灌木少而稀，乔木较少，在海拔1600m以下的天然种类有85科279属450种，其中主要的有乔本科71种，豆科64种和菊类42种。全部种类中，世界分面的有33属，占全部属的12%，热带分布的142属，占61%，温带分布的74属，占27%，列为国家重点保护的珍稀濒危植物有酸角、夜蒿、红椿、攀枝花4种。

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岩溶区，土壤侵蚀模数允许值为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。项目区原地貌为主要为水田、坡耕地、灌木林地、有林地、梯坪地、园地、水域、农村宅基地及未利用地，土壤侵蚀模数背景值为 $753.75\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。元谋坛罐窑水库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施工扰动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、库区蓄水，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 $499.89\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，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）、云南省水利厅公告第49号“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”，坛罐窑水库涉及到的大姚县龙街乡属于“滇中北省级水土流失重点治理区”，元谋县新华乡、平田乡属于“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

坛罐窑水库目前已建设完成，主体工程已布设有截排水沟、挡渣墙、排水暗涵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) 枢纽工程区：枢纽工程区实施了截排水沟、植被恢复等措施，扰动区域被硬化地表、建构筑物、植被覆盖，区域水土流失基本得到了控制，区域现状侵蚀强度判读为微度。

(2) 永久道路区：扩建进库永久道路实施了地面硬化、排水边沟、植被恢复等措施，区域水土流失基本得到了控制，区域流失现状判定为微度流失。

(3) 移民安置区：居民安置点实施了盖板排水沟、景观绿化等措施，扰动区域被硬化地表、建构筑物、植被覆盖，生产安置点实施了土地整治，区域水土流失基本得到了控制，区域流失现状判定为微度流失。

(4) 渠道区：渠道区实施了植被恢复措施，区域水土流失得到有效控制，区域流失现状判读为轻度。

(5) 水库淹没区：坛罐窑水库已开始蓄水，正常蓄水位以下的淹没区为经常淹没区，侵蚀强度判读为微度，正常蓄水位以上受水库洪水回水和风浪等淹没的地区为临时淹没区，区域流失现状判读为轻度。

(6) 料场区：料场区已实施植被恢复措施，受自然条件限制，植被覆盖度尚未能完全满足水土流失防治要求，区域水土流失得到一定程度控制，区域流失现状判读为轻度。

(7) 弃渣场区：弃渣场区已实施挡渣墙、截水沟、排水暗涵等工程措施及植被恢复，受自然条件限制，植被覆盖度尚未能完全满足水土流失防治要求，区域水土流失得到一定程度控制，区域流失现状判读为轻度。

(8) 临时堆土场区：临时堆土场区已实施植被恢复措施，植物长势较好，区域水土流失得到有效控制，区域流失现状判读为微度。

1.2 水土保持工作情况

1.2.1 建设单位水土保持管理

(1) 水土保持管理组织机构

本项目由楚雄州政府负责牵头成立工程建设领导小组和工程建设管理局，运行期设立坛罐窑水库管理所对工程进行管理，管理所人员定编 15 人。建设单位重视工程水土保持和环境保护工作，设置了岗位领导相关工作，全面负责坛罐窑水库水保、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

坛罐窑水库工程项目建议书、可行性研究、初步设计和施工图设计皆由楚雄欣源水利电力勘察设计有限公司完成。

2012 年 2 月 6 日云南省发展和改革委员会以云发改农经〔2012〕133 号文件下发《元谋县坛罐窑水库工程项目建议书》的批复文件。可研阶段水土保持方案设计与主体工程同步开展，2012 年 9 月 19 日云南省水利厅以云水保〔2012〕390 号文件下发了《云南省水利厅关于元谋坛罐窑水库工程水土保持方案可行性研究报告的批复》，2013 年 7 月 12 日云南省发展和改革委员会以云发改农经〔2013〕1156 号文件下发了《元谋县坛罐窑水库工程可行性研究（修编）报告》的批复文件。初步设计阶段，水土保持设计与主体工程同步开展，编写有水土保持设计专章。2013 年 8 月云南省水利厅、云南省发展和改革委员会以云水规计〔2013〕53 号文批准坛罐窑水库工程建设，同时完成坛罐窑水库主体工程施工图设计，坛罐窑水库水土保持工程措施包含在主体工程施工图设计内，水土保持措施与主体工程同步开工，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、临时拦挡等水土保持措施，该阶段水保措施与主体工程同时实施，2016 年 8 月，

完成水土保持植被恢复工程施工图设计，2018年12月，主体工程与植被恢复工程全部实施完成，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2011年5月委托楚雄欣源水利电力勘察设计有限公司进行水土保持方案可行性研究报告的编制工作，于2012年8月编制完成《元谋县坛罐窑水库工程水土保持方案可行性研究报告》(报批稿)，2012年9月19日，云南省水利厅以“云水保〔2012〕390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) 基本同意防治责任范围主要为项目建设区和直接影响区，防治责任范围面积为192.619hm²，其中项目建设区面积185.113hm²，直接影响区面积7.505hm²。坛罐窑水库工程项目建设区主要指枢纽工程区、渠道工程区、弃渣场、料场区、施工营地区、道路工程区、临时堆土场、移民安置区和水库淹没区；直接影响区指项目建设区以外由于开发建设活动而造成的水土流失直接影响的区域。

(2) 基本同意水土流失预测的预测分析，预测时段、预测分区基本可行。工程建设预测扰动原地貌、损坏和占压土地面积185.113hm²；损坏水土保持设施面积为35.199hm²；工程建设开挖土石方28.13万m³(自然方，下同)，表土剥离5.66万m³，回填利用21.79万m³(包括覆土地绿化利用的土料7.03万m³)，产生弃渣11.99万m³，折合松方15.59万m³；预测时段内新增水土流失量5.91万t；基本同意工程建设扰动原地貌可能造成水土流失危害分析。

(3) 基本同意防治措施总体布局。主要防治措施有工程措施、植物措施及临时措施等。工程措施：弃渣场设置M7.5浆砌石挡渣墙长100.1m、截水沟长1105.2m，排水暗涵597.90m，土石方开挖2796m³，M7.5浆砌石2373m³；植物措施：植树绿化面积25.329hm²、种草18.970hm²，植树25104株，撒播草种949kg；临时措施：编织土袋拦挡长1440.3m，临时排水沟长1527.8m。

(4) 基本同意水土保持监测目的、原则及监测点的布设，监测内容、监测计划及监测成果要求等基本可行。

(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。基本同意本工程水土保持估算投资为336.79万元，其中：

工程措施费 179.86 万元，植物措施费 26.94 万元，施工临时工程费 34.23 万元，独立费用 24.62 万元，基本预备费 15.94 万元，移民安置区估列水土保持投资 20.00 万元，水土保持补偿费 35.20 万元。水土保持投资纳入工程基本建设总投资中，按年度计划安排，专款专用。

(6) 基本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 95%，水土流失总治理度大于 97%，土壤流失控制比达 1.0，拦渣率达 95%，林草植被恢复率 99%9，林草植被覆盖率 27%。

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：

原设计两个粘土取料场，由于粘土材质不符合大坝粘土心墙要求，后另增一个粘土取料场，位于水库淹没区内。渠道工程原设计输水明渠变更为输水管道，原设计渠道总长 7.186km（其中输水隧洞长 3.693km，明渠长 3.273km），实际实施渠道工程总长 8.436km（其中输水隧洞长 3.716km，明渠长 0.592km，管道长 4.128km），原设计输水隧道及渠道共产生开挖土石方 5.11 万 m³，回填利用土石方 1.45 万 m³，产生 3.66 万 m³ 分别堆存于隧洞出入口处的 2#、3#弃渣场以及渠道区的 4#弃渣场。根据施工、监理资料，实际实施渠道工程共产生开挖土石方 3.29 万 m³，拆除建筑 0.08 万 m³，回填利用 1.55 万 m³，产生弃渣 1.82 万 m³，由于输水明渠变更为输水管道，弃渣量减少，多余土方沿线回填堆存并布设相应的浆砌石挡土墙，因此取消 4#弃渣场，施工完成后进行植被恢复。坛罐窑水库工程其余建设内容与原设计基本一致，防治责任范围未发生变化。

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 1 月 20 日、5 月 31 日、8 月 28 日、12 月 14 日；2017 年 3 月 14 日、5 月 5 日、10 月 10 日、12 月 26 日；2018 年 4 月 20 日、7 月 5 日、10 月 8 日、12 月 29 日；2019 年 6 月 20 日、12 月 24 日；2020 年 4 月 2 日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，以现场交流或监测季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: 坝体周边地表及时进行清理, 植草进行植被恢复。</p> <p>落实情况: 建设单位根据监测意见清理地表后实施了植被恢复, 现植被恢复良好, 水土流失轻微。</p>	
	
监测意见前	监测意见后
监测意见落实 2	
<p>监测意见: 坝体坡面雨季前进行植草护坡。</p> <p>落实情况: 建设单位根据监测意见, 雨季前完成植草护坡并进行抚育管理, 现植被恢复良好, 水土流失轻微。</p>	
	
监测意见前	监测意见后

监测意见落实 3

监测意见：按照水保方案设计实施植被恢复。

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进行植被恢复，现路面已实施硬化，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：原设计 1#粘土料场及时实施植被恢复。

落实情况：建设单位根据监测意见，已实施植被恢复，水土流失减轻。



监测意见前



监测意见后

监测意见落实 5

监测意见：原设计 2#粘土料场及时实施植被恢复。

落实情况：建设单位对该区域临时建筑拆除后进行了场地平整，并实施植被恢复，现植被长势良好，水土流失轻微。



监测意见前



监测意见后

监测意见落实 6

监测意见：原设计 1#石碴料场及时实施植被恢复。

落实情况：建设单位对该区域进行了削坡、场地平整，坡脚栽植爬山虎，平台实施植被恢复，有效控制了水土流失。



监测意见前



监测意见后

监测意见落实 7	
<p>监测意见：原设计 2#石渣料场及时实施植被恢复。</p> <p>落实情况：建设单位对该区域进行了削坡、场地平整，实施植被恢复，有效控制了水土流失。</p>	
	
监测意见前	监测意见后
监测意见落实 8	
<p>监测意见：1#弃渣场及时实施植被恢复。</p> <p>落实情况：建设单位对该区域进行了削坡、场地平整，实施植被恢复，有效控制了水土流失。</p>	
	
监测意见前	监测意见后

监测意见落实 9

监测意见：2#弃渣场及时实施浆砌石挡渣墙及植被恢复。

落实情况：建设单位对2#弃渣场进行了渣体平整，实施了浆砌石挡渣墙与植被恢复。



监测意见前



监测意见后

监测意见落实 10

监测意见：临时堆土场场地平整清理并实施植被恢复。

落实情况：建设单位对该区域进行了场地平整，并实施了植被恢复。



监测意见前



监测意见后

监测意见落实 11

监测意见：输水管道区域及时实施植被恢复。

落实情况：建设单位对该区域进行了覆土、植被恢复，有效控制了水土流失。



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

2020年4月2日，元谋县水土保持委员会办公室相关人员对元谋县坛罐窑水库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、料场区、弃渣场区、输水管道区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；
- 二、弃渣场浆砌石挡渣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；
- 三、截（排）水措施建设基本满足要求，运行情况较好，应加强管理，定期维护；
- 四、及时完善各个防治分区的植物措施，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；
- 五、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、对料场区、弃渣场区、输水管道区植物措施恢复效果较差的区域进行覆土、补植补种；
- 二、加强水土保持管理，定期维护浆砌石挡墙工程；
- 三、完善项目区内植物措施，加强管护、抚育工作，对苗木长势较差区域补植补种。
- 四、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坛罐窑水库工程建设管理局的委托，我公司（昆明龙慧工程设计咨询有限公司）承担了元谋县坛罐窑水库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，监测组于2016年1月20日、5月31日、8月28日、12月14日；2017年3月14日、5月5日、10月10日、12月26日；2018年4月20日、

7月5日、10月8日、12月29日；2019年3月19日、6月20日、10月15日、12月24日；2020年4月2日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水土保持工程实施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 1-6。

表 1-6 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

序号	姓名	职称或职务	专业或从事专业	监测工作分工
	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	栗定东	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
	姜东新	助理工程师	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
	刘培静	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，元谋县坛罐窑水库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~2018年12月，监测频次为每季度监测一次，自然恢复期为2019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，针对元谋县坛罐窑水库工程的工程特点、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。共布设监测点13个，其中定位监测点1个，调查监测点12个，布设的监测点见表1-7，监测设施见照片集。

表 1-7 工程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	输水隧洞、溢洪道、拦河坝	开挖、回填边坡	调查监测点	1#	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	2#	水土流失防治效果	实地调查
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	枢纽区1#弃渣场	定位监测点	3#	水土流失状况	实地调查、植被样方调查
		2#、3#弃渣场	定位监测点	4#、5#	水土流失状况	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	6#	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	7#	水土流失因子、水	实地调查、植被样

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
					水土流失防治效果	方调查
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	8#	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	9#	水土流失因子、水土流失防治效果	实地调查、植被样方调查
施工营地区监测区	施工生产生活区	堆料及砼拌合系统、营地	调查监测点	10#	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	11#	水土流失防治效果	实地调查、植被样方调查
移民安置区	居住安置点	绿化区	定位监测点	12#	水土流失状况	实地调查
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	13#	水土流失危害	实地调查

施工期间监测点布设照片



枢纽工程区设置调查点



料场区设置监测点



移民安置区设置监测点

监测开展照片



观测样点布设、数据记录



观测样点布设、数据记录



观测样点布设、数据记录



排水沟断面量测



植被样方调查



植被恢复措施调查



植被恢复措施调查



无人机航拍调查

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 1-8 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 2013 年 7 月开工, 2016 年 1 月监测进场, 监测介入时, 枢纽工程区主要建筑物建设已接近完成, 渠道工程正在建设中, 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~2018 年 12 月, 自然恢复期 2019 年 1 月~2019 年 12 月。具体监测内容及监测成果见表 1-9。

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, 在云南省水土保持生态监测总站进行了监测备案
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	以监测季报的形式向建设单位提出监测建议
3	2016 年 8 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, 完成监测季报
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云南省水土保持生态监测总站、

			楚雄州、水务局元谋县水土保持委员会办公室
5	2017年3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,完成监测季报
6	2017年5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,完成监测季报
7	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	统计整理监测数据,完成监测季报
8	2017年12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	统计整理监测数据,完成监测年报并报送云南省水土保持生态监测总站、楚雄州、水务局元谋县水土保持委员会办公室
9	2018年4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,完成监测季报
10	2018年7月	对项目建设区进行全面调查,针对水土流失较大区域提出监测建议	统计整理监测数据,完成监测季报
11	2018年10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,完成监测季报
12	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,完成监测年报并报送云南省水土保持生态监测总站、楚雄州、水务局元谋县水土保持委员会办公室
13	2019年6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,重点调查植被恢复效果	统计整理监测数据,提出措施完善建议,完成监测季报
14	2019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,完成监测年报并报送云南省水土保持生态监测总站、楚雄州、水务局元谋县水土保持委员会办公室
15	2020年5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“云水保办字〔2012〕390号”批复情况，本项目水土流失防治责任范围总面积为192.619hm²，其中项目建设区185.113hm²，直接影响区7.505hm²。详见表3-1。

表 3-1 《水保方案》确定防治责任范围表 单位：hm²

项目分区		项目建设区	直接影响区	防治责任范围	
永久 占地 区	枢纽工程区	拦河坝	1.406	0.211	1.617
		溢洪道	0.887	0.115	1.002
		输水隧洞	0.538	0.07	0.608
		水库管理所	0.14	0.011	0.151
	永久道路	扩建进库永久公路	5.6	0.896	6.496
	移民安置区	居民安置点	2.667	0.347	3.014
		生产安置点	17.4	2.262	19.662
	渠道建筑物		1.633	0.335	1.968
	水库淹没区		129.014		129.014
小计		159.285	4.247	163.532	
临时 占地 区	渠道临时占地		0.6		0.6
	料场	1#粘土料场	4.21	0.547	4.757
		2#粘土料场	7.69	1.000	8.690
		1#石碴料场	2.2	0.286	2.486
		2#石碴料场	2.89	0.376	3.266
		石料场	0.700	0.091	0.791
	弃渣场区	1#弃渣场	1.41	0.169	1.579
		2#弃渣场	0.203	0.024	0.227
		3#弃渣场	0.241	0.029	0.27
		4#弃渣场	0.255	0.031	0.286
	临时道路	新建临时道路	1.347	0.215	1.562
	施工营地区	施工生产区	0.133	0.016	0.149
		施工生活区	0.2	0.024	0.224
	临时堆土场	1#临时堆土场（1#粘土料场）	1.053	0.126	1.179
		2#临时堆土场（2#粘土料场）	1.538	0.185	1.723
		3#临时堆土场（1#石碴料场）	0.44	0.053	0.493
		4#临时堆土场（2#石碴料场）	0.578	0.069	0.647
5#临时堆土场（石料场）		0.14	0.017	0.157	
小计		25.828	3.258	29.086	
合计		185.113	7.505	192.619	

根据现场踏勘量测调查，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，实际发生的防治责任范围为建设扰动范围，面积为 236.056hm²，无直接影响区。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 单位：hm²

项目分区		防治责任范围	
永久占地	枢纽区	拦河坝	1.406
		溢洪道	0.887
		输水隧洞	0.538
		水库管理所	0.217
	永久道路	扩建进库永久公路	5.600
	移民安置区	居民安置点	2.150
		生产安置点	18.200
	渠道		1.633
	水库淹没区		195.127
小计		225.758	
临时占地	渠道		1.175
	料场	1#粘土料场	1.050
		2#粘土料场	1.590
		1#石碴料场	2.480
		2#石碴料场	0.120
		石料场	0.200
	弃渣场区	1#弃渣场	1.320
		2#弃渣场	0.420
		3#弃渣场	0.350
	临时道路	新建临时道路	1.260
	施工营地区	枢纽工程施工营地	0.000
		渠道工程施工营地	0.083
	临时堆土场	1#临时堆土场	0.180
		2#临时堆土场	0.070
	小计		10.298
合计		236.056	

3.1.2 建设期扰动土地面积

根据“云水保办字〔2012〕390号”批复情况，本项目建设扰动、损坏原地貌土地面积为 185.113hm²。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 单位: hm²

项目分区		扰动原地貌、损坏土地面积	
永久占地区	枢纽工程区	拦河坝	1.406
		溢洪道	0.887
		输水隧洞	0.538
		水库管理所	0.14
	永久道路	扩建进库永久公路	5.6
	移民安置区	居民安置点	2.667
		生产安置点	17.4
	渠道建筑物		1.633
	水库淹没区		129.014
	小计		159.285
临时占地区	渠道临时占地		0.6
	料场	1#粘土料场	4.21
		2#粘土料场	7.69
		1#石碴料场	2.2
		2#石碴料场	2.89
		石料场	0.700
	弃渣场区	1#弃渣场	1.41
		2#弃渣场	0.203
		3#弃渣场	0.241
		4#弃渣场	0.255
	临时道路	新建临时道路	1.347
	施工营地区	施工生产区	0.133
		施工生活区	0.2
	临时堆土场	1#临时堆土场(1#粘土料场)	1.053
		2#临时堆土场(2#粘土料场)	1.538
		3#临时堆土场(1#石碴料场)	0.44
		4#临时堆土场(2#石碴料场)	0.578
5#临时堆土场(石料场)		0.14	
小计		25.828	
合 计		185.113	

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,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,实际扰动原地貌、损坏土地面积为236.056hm²,较《水保方案》增加了50.943hm²,实际扰动地表、损坏土地的面积较《水保方案》发生的变化主要为:水库管理所、移民安置区实际扰动面积有所增减;水库淹没区面积增加;粘土料场由于土料材质不符合粘土心墙填筑要求,未完全扰动,新增一处粘土料场位于水库淹没区,占地面积不重复计列;输水明渠变更为输水管道,渠道工程施工工作

业的临时占地面积增加，弃渣量减少，未启用 4#弃渣场，枢纽工程区施工营场地布置在 2#粘土料场，施工营地区占地面积减少，为减少临时占地面积，实际建设过程中临时堆土尽量堆存在取料场，因此只布置了 2 处临时堆土场，占地面积减少，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 单位：hm²

项目分区			扰动原地貌、损坏土地面积
永久占地	枢纽区	拦河坝	1.406
		溢洪道	0.887
		输水隧洞	0.538
		水库管理所	0.217
	永久道路	扩建进库永久公路	5.600
	移民安置区	居民安置点	2.150
		生产安置点	18.200
	渠道		1.633
	水库淹没区		195.127
	小计		225.758
临时占地	渠道		1.175
	料场	1#粘土料场	1.050
		2#粘土料场	1.590
		1#石碴料场	2.480
		2#石碴料场	0.120
		石料场	0.200
	弃渣场区	1#弃渣场	1.320
		2#弃渣场	0.420
		3#弃渣场	0.350
	临时道路	新建临时道路	1.260
	施工营地区	枢纽工程施工营地	0.000
		渠道工程施工营地	0.083
	临时堆土场	1#临时堆土场	0.180
		2#临时堆土场	0.070
	小计		10.298
合计			236.056

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 单位：hm²

项目分区			《水保方案》扰动原地貌、损坏土地面积	实际扰动原地貌、损坏土地面积	增/减情况
永久占地	枢纽区	拦河坝	1.406	1.406	0
		溢洪道	0.887	0.887	0
		输水隧洞	0.538	0.538	0
		水库管理所	0.140	0.217	+0.077

	永久道路	扩建进库永久公路	5.600	5.600	0	
	移民安置区	居民安置点	2.667	2.150	-0.517	
		生产安置点	17.400	18.200	+0.800	
	渠道		1.633	1.633	0	
	水库淹没区		129.014	195.127	+66.113	
	小计		159.285	225.758	+66.473	
临时占地	渠道		0.600	1.175	+0.575	
	料场	1#粘土料场	4.210	1.050	-3.160	
		2#粘土料场	7.690	1.590	-6.100	
		1#石碴料场	2.200	2.480	+0.280	
		2#石碴料场	2.890	0.120	-2.770	
		石料场	0.700	0.200	-0.500	
	弃渣场区	1#弃渣场	1.410	1.320	-0.090	
		2#弃渣场	0.203	0.420	+0.217	
		3#弃渣场	0.241	0.350	+0.109	
		4#弃渣场	0.255		-0.255	
	临时道路	新建临时道路	1.347	1.260	-0.087	
	施工营地区	施工生产区	0.133	0.083	-0.050	
		施工生活区	0.200		-0.200	
	临时堆土场	1#临时堆土场(1#粘土料场)		1.053	0.180	-0.873
		2#临时堆土场(2#粘土料场)		1.538	0.070	-1.468
		3#临时堆土场(1#石碴料场)		0.440		-0.440
		4#临时堆土场(2#石碴料场)		0.578		-0.578
5#临时堆土场(石料场)		0.140		-0.140		
小计			25.828	10.298	-15.530	
合计			185.113	236.056	+50.943	

3.2 取料监测结果

3.2.1 设计取料情况

根据《水保方案》，坛罐窑水库共设置取料场 5 个，其中粘土料场 2 个，1#粘土料场位于大坝上游直线距离 450m 处，设计开采面积为 4.210hm²，2#粘土料场位于大坝左岸直线距离 100m 处，设计开采面积为 7.690hm²，石碴料场（坝壳料场）2 个，1#石碴料场位于大坝下游直线距离 200m 处，设计开采面积为 2.200hm²，2#石碴料场位于大坝右岸溢洪道上游直线距离 310m 处，设计开采面积为 2.890hm²，石料场 1 个，位于龙街河输水隧洞进口北面，设计开采面积为 0.700hm²，设计粘土需要量为 5.56 万 m³，石碴需要量为 27.39

万 m^3 ，石料 5 万 m^3 。

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，实际建设过程中粘土料场进行开采扰动后，发现土料材质不符合粘土心墙填筑要求，因此未继续开采，原设计 1#粘土料场扰动面积为 1.05hm^2 ，剥离表土 0.37 万 m^3 ，用作绿化覆土，土方开挖 0.12 万 m^3 ，用于回填料场开挖坑，原设计 2#粘土料场扰动面积为 1.59hm^2 ，剥离表土 0.56 万 m^3 ，用作绿化覆土，土方开挖 0.19 万 m^3 ，用于回填料场开挖坑，新增一处粘土料场位于大坝上游直线距离约 800m 左右，均位于水库经常淹没区范围内，施工期间开采扰动面积为 2.46hm^2 ，粘土开采量为 5.72 万 m^3 ，全部用作粘土心墙粘料。1#石碴料场开采扰动面积为 2.48hm^2 ，剥离表土 0.82 万 m^3 ，用作绿化覆土，土方开挖 0.30 万 m^3 ，用于回填料场开挖坑，石碴开采量为 25.59 万 m^3 ，全部用作坝体填筑料，2#石碴料场扰动面积为 0.12hm^2 ，剥离表土 0.05 万 m^3 ，用作绿化覆土，土方开挖 0.10 万 m^3 ，用于回填料场开挖坑。实际使用石料场位于龙街河输水隧洞进口北面的河道，石料从河道及两岸取用，开采扰动及临时堆石料占地面积为 0.2hm^2 ，石料取用量约 4 万 m^3 。

3.3 弃渣监测结果

3.3.1 设计弃渣情况

根据《水保方案》及批复内容显示，坛罐窑水库共产生弃渣 11.99 万 m^3 （自然方），折合松方 15.59 万 m^3 ，规划设计 4 个弃渣场，1#弃渣场位于大坝下游左侧，运距 0.5km，2#弃渣场位于隧洞进口处，3#弃渣场位于隧洞出口处，4#弃渣场位于渠道。弃渣场设计总占地 2.109hm^2 ，设计可弃渣容量为 16.63 万 m^3 （松方），设计堆渣量为 15.59 万 m^3 （松方），《水保方案》及批复内容设计弃渣场特性详见表 3-6。

表 3-6 方案设计坛罐窑水库工程弃渣场特性表

名称	里程 (km+m)	位置	地形	占地(hm^2)	设计容积(万 m^3)	堆渣量(万 m^3)	
						自然方	松方
1#弃渣场	大坝下游左侧，运距 0.5km		冲沟	1.410	11.21	7.98	10.38
2#弃渣场	0+221	隧洞进口	冲沟	0.203	1.16	0.88	1.15
3#弃渣场	3+912	隧洞出口	冲沟	0.241	2.11	1.55	2.02
4#弃渣场	5+979	渠道	冲沟	0.255	2.15	1.58	2.04
合计				2.109	16.63	11.99	15.59

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，坛罐窑水库工程实际建设过程中产生弃渣总量为 9.81 万

m³ (自然方), 折合松方 12.75 万 m³, 实际启用《水保方案》批复的 1#、2#、3#弃渣场, 未启用 4#弃渣场, 弃渣场位置与《水保方案》设计一致, 弃渣场实际总占地 2.090hm²。

表 3-7 坛罐窑水库工程实际启用弃渣场特性表

名称	位置	占地面积(hm ²)	堆渣量(万 m ³)	
			自然方	松方
1#弃渣场	中心坐标 (N25° 43' 3.25"、W101° 35' 30.08")	1.320	7.95	10.34
2#弃渣场	中心坐标 (N25° 14' 58.30"、W101° 19' 41.11")	0.420	1.08	1.40
3#弃渣场	中心坐标 (N25° 41' 58.75"、W101° 38' 27.17")	0.350	0.78	1.01
合计		2.090	9.81	12.75

3.3.3 弃渣对比分析

经对比, 坛罐窑水库工程实际建设产生弃渣量较《水保方案》减少了 2.18 万 m³ (自然方), 实际启用弃渣场占地面积较《水保方案》减少了 0.019hm², 未启用 4#弃渣场, 弃渣处置与方案设计基本一致。

表 3-8 坛罐窑水库工程实际启用弃渣场与《水保方案》设计对比表

名称	占地面积(hm ²)		堆渣量(万 m ³)		备注
	实际占地	《水保方案》	实际堆存	《水保方案》	
1#弃渣场	1.320	1.410	7.95	7.98	占地面积减少 0.09 hm ² , 堆渣量减少 0.03 万 m ³
2#弃渣场	0.420	0.203	1.08	0.88	占地面积增加 0.217 hm ² , 堆渣量增加 0.2 万 m ³
3#弃渣场	0.350	0.241	0.78	1.55	占地面积增加 0.109hm ² , 堆渣量减少 0.77 万 m ³
4#弃渣场	/	0.255	/	1.58	实际未启用 4#弃渣场
合计	2.090	2.109	9.81	11.99	

3.4 土石方流向情况监测结果

根据《水保方案》, 项目区内产生土石方开挖量为 28.13 万 m³, 剥离表土量为 5.66 万 m³; 回填量为 14.76 万 m³, 利用量为 7.03 万 m³, 其中坝体填筑利用 1.37 万 m³, 绿化覆土量为 5.66 万 m³; 弃渣总量为 11.99 万 m³, 详见表 3-9。

监测组经过现场过程监测, 结合施工结算资料, 工程建设实际产生土石方开挖 25.60 万 m³, 拆除建筑物 0.08 万 m³, 剥离表土 2.76 万 m³, 回填 14.07 万 m³, 利用 4.56 万 m³ (其中 1.80 万 m³用作坝体填筑, 2.76 万 m³用作绿化覆土), 弃渣总量为 9.81 万 m³ (其中 1#弃渣场堆存弃渣 7.95 万 m³, 2#弃渣场堆存弃渣 1.08 万 m³, 3#弃渣场堆存弃渣 0.78 万 m³)。详见表 3-10。

表 3-9 《水保方案》土石方平衡及流向表 单位: m³

分区或分段		开挖		回 填		利 用		废 弃
		开挖	剥离	数 量	去 向	数 量	去 向	数 量
枢纽区	大坝	41341						41341
	溢洪道	44556		7134	溢洪道边墙后	13745	坝体填筑	23677
	输水隧洞	5886		298				5588
	水库管理所	560		560	用于场地平整回填			
永久道路	扩建进库永久公路	28000		28000	回填道路基础			
移民安置区	居民安置点	10668		10668	用于场地平整回填			
	生产安置点	60000		60000	用于场地平整回填			
渠 道	渠道建筑物	51072		14479	回填明渠段边墙后			36593
料场	1#粘土料场	3157	17998	3157	用于回填料场开挖坑	17998	用于绿化覆土	
	2#粘土料场	4614	27146	4614	用于回填料场开挖坑	27146	用于绿化覆土	
	1#石碴料场	8800		8800	用于回填料场开挖坑		用于绿化覆土	
	2#石碴料场	2313	9448	2313	用于回填料场开挖坑	9448	用于绿化覆土	
	石料场	840	1990	840		1990	用于绿化覆土	
弃渣场区	1#弃渣场	5360						5360
	2#弃渣场	1015						1015
	3#弃渣场	1205						1205
	4#弃渣场	1275						1275
临时道路	新建临时道路	5388		5388	用于回填道路基础			
施工营地区	施工生产区	532		532	用于场地平整回填			
	施工生活区	800		800				
临时堆土场	1#临时堆土场	982			用于场地平整回填			982
	2#临时堆土场	1187			用于场地平整回填			1187
	3#临时堆土场	635						635
	4#临时堆土场	727						727
	5#临时堆土场	357						357
合 计		281270	56582	147583		70327		119942

表 3-10 实际建设土石方平衡及流向表 单位: m³

分区或分段		开挖			回 填		利 用		废 弃		
		开挖	拆除	剥离	数 量	去 向	数 量	去 向	去 向		
									数 量	1#弃渣场	2#、3#弃渣场
枢纽区	大坝	44866							44866	44866	
	溢洪道	45399			1157	溢洪道边墙后	17986	坝体填筑	26256	26256	
	输水隧洞	6056			298				5758	5758	
	水库管理所	1040			1040	用于场地平整回填					
永久道路	扩建进库永久公路	28000			28000	回填道路基础					
移民安置区	居民安置点	14365			14365	用于场地平整回填					
	生产安置点	65000			65000	用于场地平整回填					
渠 道	渠道建筑物	32879	807		15499	回填明渠段边墙后			18187		18187
料场	1#粘土料场	1246		3675	1246	用于回填料场开挖坑	3675	用于绿化覆土			
	2#粘土料场	1894		5565	1894	用于回填料场开挖坑	5565	用于绿化覆土			
	1#石渣料场	2976		8184	2976	用于回填料场开挖坑	8184	用于绿化覆土			
	2#石渣料场	1033		480	1033	用于回填料场开挖坑	480	用于绿化覆土			
	新增粘土料场			9720			9720	用于绿化覆土			
弃渣场区	1#弃渣场	1297			1297						
	2#弃渣场	432			432						
	3#弃渣场	655			655						
临时道路	新建临时道路	5388			2783	用于回填道路基础			2605	2605	
施工营地区	渠道工程施工营地	2133			1684	用于场地平整回填			449		449
临时堆土场	1#临时堆土场	982			982	用于场地平整回填					
	2#临时堆土场	357			357	用于场地平整回填					
合 计		255998	807	27624	140698		45610		98121	79485	18636

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。

经对比分析，坛罐窑水库实际建设产生土石方开挖量减少了 2.53 万 m³，剥离表土量减少了 2.90 万 m³；回填量减少了 0.69 万 m³，坝体填筑利用量增加了 0.43 万 m³，绿化覆土利用量减少了 2.90 万 m³，废弃方量减少了 2.18 万 m³，详见表 3-11。

表 3-11 土石方平衡及流向对比表 单位：万 m³

类别	《水保方案》设计	实际建设	增/减情况
开挖	28.13	25.60	-2.53
剥离表土	5.66	2.76	-2.90
回填	14.76	14.07	-0.69
利用	坝体填筑	1.37	+0.43
	绿化覆土	5.66	-2.90
废弃	11.99	9.81	-2.18

4 水土流失防治措施监测结果

元谋县坛罐窑水库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、挡渣墙、排水暗涵、植被恢复等措施。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：

弃渣场设置 M7.5 浆砌石挡渣墙长 100.1m、截水沟长 1105.2m，排水暗涵 597.90m。

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
弃渣场区	M7.5 浆砌石挡渣墙	100.1m
	截水沟	1105.2m
	排水暗涵	597.90m

二、实际实施工程措施情况

根据施工结算资料及监测过程调查，截止 2020 年 4 月，元谋县坛罐窑水库工程纳入水土保持措施工程措施为：M7.5 浆砌石挡渣墙 140m，其中 1#弃渣场 M7.5 浆砌石挡渣墙 45m，2#弃渣场 M7.5 浆砌石挡渣墙 95m，M7.5 浆砌石砌筑工程量为 401.13m³，DN12000mm 砼排水管 320m，C20 钢筋砼沉砂井 27.1m³，C20 砼工程量为 27.1m³，钢筋制安工程量为 3.15t。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
弃渣场区	M7.5 浆砌石挡渣墙	100.1m	140m	+39.9m
	排水暗涵	597.90	320m	-277.9m
	C20 钢筋砼沉砂井	0	27.1m ³	+27.1m ³
	截水沟	1105.2m	0	-1105.2m

经对比分析，实际实施工程措施类型、实施时间与方案批复工程措施一致。工程措施数量变化原因为：1#弃渣场排水暗涵实际建设由浆砌石变为砼涵管，根据实际需要增设了 C20 钢筋砼沉砂井，因此排水暗涵长度有所减少，2#弃渣场、3#弃渣场位于输水隧洞进出

口处，根据实际建设情况，隧洞进出口输水明渠可起到拦截汇水的作用，汇水不会冲刷到堆渣，因此不再重复实施截水沟。

监测项目组认为，元谋县坛罐窑水库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，方案批复植物绿化面积 25.329hm²，水土保持植物措施具体为：

枢纽工程区：撒播黑麦草 0.833hm²；

渠道区：栽植栓皮栎 3273 株；

道路区：栽植圆柏 5500 株，撒播车桑子 0.673hm²；

施工营地区：栽植栓皮栎 1111 株；

临时堆土场：撒播车桑子 3.309hm²；

移民安置区：栽植栓皮栎 1010 株，撒播黑麦草 0.110hm²；

料场区：撒播车桑子 14.045hm²、爬山虎 7180 株；

弃渣场区：栽植栓皮栎 7030 株。

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
枢纽工程区	撒播黑麦草	0.833hm ²
渠道区	栽植栓皮栎	3273 株
道路区	栽植圆柏	5500 株
	撒播车桑子	0.673hm ²
施工营地区	栽植栓皮栎	1111 株
临时堆土场	撒播车桑子	3.309hm ²
移民安置区	栽植栓皮栎	1010 株
料场区	撒播黑麦草	0.110hm ²
	撒播车桑子	0.673hm ²
	爬山虎	7180 株
弃渣场区	栽植栓皮栎	7030 株

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 2020 年 4 月,本项目水土保持植物措施实施主要为库区(含道路、料场、临时堆土场、1#弃渣场)栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅 10.12hm²,撒播车桑子 9.35hm²,渠道区(含 2#、3#弃渣场)栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅、夹竹桃 1.945hm²,项目的水土保持植物措施实施时间为 2017 年 4 月至 2018 年 12 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	方案批复措施数量	实际实施措施数量	增减情况
枢纽工程区	撒播黑麦草 0.833hm ²	栽植杨梅 322 株	植被恢复面积一致
渠道区	栽植栓皮栎 3273 株	栽植华山松、黑荆树、清香木 3917 株	栽植乔木数量增加 644 株
道路区	栽植圆柏 5500 株	栽植华山松、黑荆树、清香木 2279 株	植被恢复面积一致,栽植乔木数量减少 3221 株,撒播车桑子增加 1.077 hm ²
	撒播车桑子 0.673hm ²	撒播车桑子 1.75hm ²	
施工营地区	栽植栓皮栎 1111 株	实际启用施工营地位于 2#粘土料场,措施量计入料场区	/
临时堆土场	撒播车桑子 3.309hm ²	栽植华山松、黑荆树、清香木 625 株	临时堆土场扰动面积减少,植被恢复面积减少为 0.25hm ²
		栽植杨梅 21 株	
		栽植爬山虎 475 株	
移民安置区	栽植栓皮栎 1010 株	景观绿化 0.645hm ²	植被恢复面积增加 0.131 hm ²
	撒播黑麦草 0.110hm ²		
料场区	撒播车桑子 14.045hm ²	撒播车桑子 5.44hm ²	料场区实际扰动面积减少,植被恢复面积相应减少
	爬山虎 7180 株	栽植华山松、黑荆树、清香木 13776 株	
		栽植爬山虎 3102 株	

项目分区	方案批复措施数量	实际实施措施数量	增减情况
弃渣场区	栽植栓皮栎 7030 株	栽植黑荆树、清香木、夹竹桃 3337 株	弃渣场实际扰动面积减少 0.019 hm ² , 植被恢复面积相 应减少
		栽植杨梅 121 株	
		撒播车桑子 1.52 hm ²	

实际实施植物措施进度、措施类型与方案批复一致，由于实际建设中料场、弃渣场扰动面积减少，因此实施植被恢复面积有所减少，但植物措施数量充足。

监测项目组认为，元谋县坛罐窑水库工程水土保持植被恢复面积与方案批复相比有所减少，但扰动区域均已实施植被恢复，无地表外露，现实施的植物措施保存率、成活率达标准，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。

实施的植物措施照片集



大坝左肩平台实施植被恢复现状



大坝下游边坡实施植被恢复现状



水库管理所内植物措施



道路区实施植物措施现状



道路区实施植物措施现状



原设计 1#粘土取料场实施植物措施现状



原设计 2#粘土取料场实施植物措施现状



石碴料场平台实施植物措施现状



石碴料场边坡实施植物措施现状



1#弃渣场实施植物措施现状



2#弃渣场实施植物措施现状



4.3 临时措施监测结果

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：

临时堆土场：编织袋拦挡 3888.7m³；

料场区：临时排水沟 1527m。

二、实际实施临时措施情况

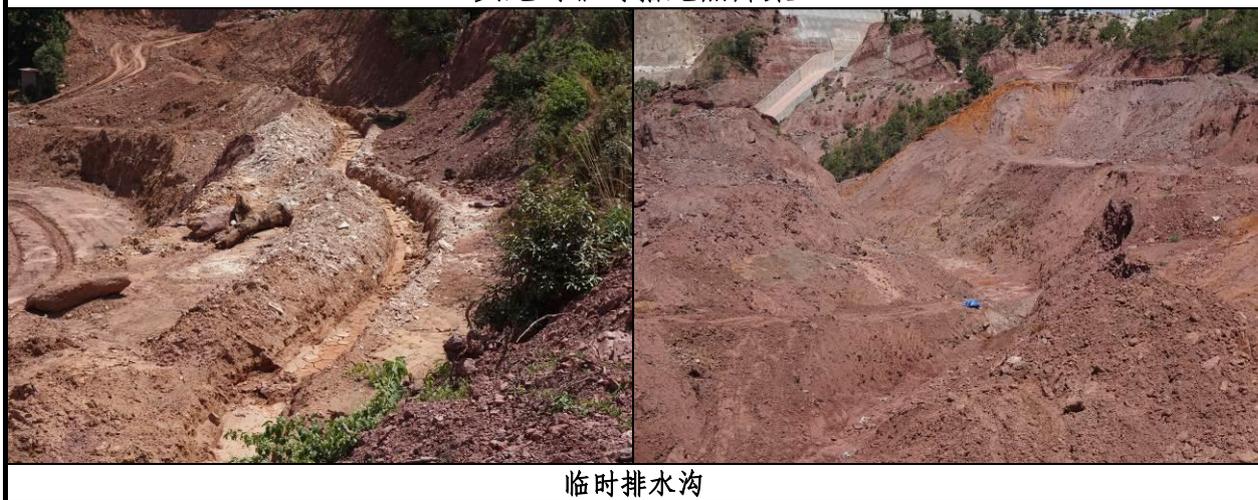
根据监测现场调查统计，结合施工结算资料，项目建设期内本项目实际实施的水土保持临时措施实施主要为编织袋拦挡 1922.20m³，临时排水沟 6290m，编织袋拦挡、临时排水沟实施时间为 2014 年 2 月至 2016 年 6 月。具体实施工程量情况及与方案批复的工程措施对比见表 4-5。

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
料场区、临时堆土场	编织袋拦挡	3888.7m ³	1922.20m ³	-1966.5m ³
	临时排水沟	1527m	4763m	+3236m

实际实施植物措施进度、措施类型与方案批复一致，由于实际建设中料场、临时堆土场扰动面积减少，开挖土方量、表土剥离量减少，因此临时措施编织袋拦挡工程量有所减少。监测项目组认为，元谋县坛罐窑水库工程水土保持临时措施数量与方案批复相比有所减少，但增加了临时排水工程量，工程建设期间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。

实施的临时措施照片集



临时排水沟

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，元谋县坛罐窑水库工程实施完成水土保持措施为：

①工程措施：

M7.5 浆砌石挡渣墙 140m，DN12000mm 砼排水管 320m，C20 钢筋砼沉砂井 27.1m³；

②植物措施：

库区（含道路、料场、临时堆土场、1#弃渣场）栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅

10.12hm²，撒播车桑子 9.35hm²；

渠道区（含 2#、3#弃渣场）栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅、夹竹桃 1.945hm²；

③临时措施：

编织袋拦挡 1922.20m³，临时排水沟 6290m。

（2）水土保持措施防治效果评价

元谋县坛罐窑水库工程水土保持措施共划分为拦渣工程、防洪排导工程、植被建设工程和临时防护工程。

拦渣工程挡渣墙浇筑体稳定，无裂纹、缺角现象，拦渣效果良好，拦渣率达 95% 以上，工程质量合格。

防洪排导工程实施的排水暗涵、沉沙井运行良好，沟内无淤积，破损毁坏，排水顺畅，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。

植被建设工程栽植乔木、爬藤植物、撒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。

临时防护工程实施的编织袋拦挡、临时排水沟在工程建设期间起到临时挡护作用，能及时排出施工期间汇水，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%			
拦渣工程	坝（墙、堤）体	弃渣场区	2	2	100	0	100	合格	合格	合格
防洪排导工程	排洪导流设施	弃渣场区	1	1	1	0	0	合格	合格	合格
植被建设工程	点片状植被	库区、渠道区	3	3	3	0	0	合格	合格	合格
临时防护工程	拦挡	料场、临时堆土场区	2	2	2	0	0	合格	合格	合格
	排水		4	4	4	0	0	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，建设期内除水库淹没区外，其它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 40.929hm²，施工期结束后，进入自然恢复期，枢纽工程区、道路、渠道区、移民安置区大部分区域为建构物、硬化地表覆盖，造成水土流失的主要为料场区、弃渣场区、临时堆土场区以及其它实施植被恢复的区域，自然恢复期造成的水土流失面积为 2.2hm²。

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。依据元谋县坛罐窑水库工程水土保持方案，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：水田、坡耕地、灌木林地、有林地、梯坪地、园地、水域、农村宅基地、未利用土地。

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建构物覆盖、硬化地表、植被恢复。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	土质坡面或风化土质坡面	堆渣回填边坡, 先实施有挡渣墙	表土剥离, 施工作业面
特征描述	开挖坡面坡长<4m	回填坡面<5m	枢纽工程建筑施工、渠系建筑施工
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	建构筑物	植被恢复
分类	无危害扰动		
侵蚀对象形态	路面硬化、地表硬化	枢纽工程、渠系建构筑物覆盖	料场区、弃渣场区、临时堆土场植被恢复
特征描述	硬化覆盖, 无土体裸露	无土体裸露	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:

M7.5 浆砌石挡渣墙 140m, DN12000mm 砼排水管 320m, C20 钢筋砼沉砂井 27.1m³;

②植物措施:

库区 (含道路、料场、临时堆土场、1#弃渣场) 栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅 10.12hm², 撒播车桑子 9.35hm²;

渠道区 (含 2#、3#弃渣场) 栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅、夹竹桃 1.945hm²;

③临时措施:

编织袋拦挡 1922.20m³, 临时排水沟 6290m。

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 753.75t/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
灌木林地	天然灌木林, 植被覆盖度约 60%~70%	780	轻度侵蚀
有林地	天然林, 植被覆盖度 80% 以上	500	微度侵蚀
坡耕地	坡度 10° ~25°	2800	中度侵蚀
水域	/	0	微度侵蚀

表 5-4 土壤侵蚀模数背景值计算表

监测分区		占地类型	流失面积	土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
枢纽区	拦河坝	灌木林地	0.953	780
		水域	0.453	0
	溢洪道	灌木林地	0.887	780
	输水隧洞	灌木林地	0.538	780
	水库管理所	灌木林地	0.217	780
道路区	扩建进库永久公路	灌木林地	5.600	780
	新建临时道路	灌木林地	1.260	780
移民安置区	居民安置点	有林地	2.150	500
	生产安置点	灌木林地	15.040	780
		有林地	3.160	500
渠道区		坡耕地	0.379	2800
		灌木林地	2.429	780
料场	1#粘土料场	灌木林地	1.050	780
	2#粘土料场	灌木林地	1.590	780
	1#石碴料场	灌木林地	2.480	780
	2#石碴料场	灌木林地	0.120	780
	石料场	灌木林地	0.200	780
弃渣场区	1#弃渣场	灌木林地	1.320	780
	2#弃渣场	灌木林地	0.420	780
	3#弃渣场	灌木林地	0.350	780
施工营地区	渠道工程施工营地	灌木林地	0.083	780
临时堆土场	1#临时堆土场	灌木林地	0.180	780
	2#临时堆土场	灌木林地	0.070	780
合计			40.929	753.75

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

工程建设期间, 开挖边坡扰动区域为施工临时道路、石碴料场, 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，再计算分析得出开挖边坡扰动区域土壤侵蚀模数。施工期间开挖边坡监测数据计算表详见表 5-5。

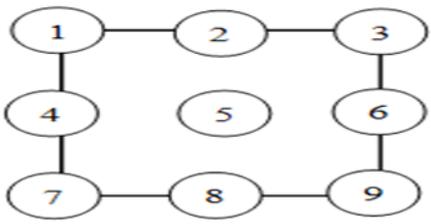
表 5-5 开挖边坡土壤侵蚀模数计算表

监测点位置		石碴料场开挖边坡				监测设施类型		简易坡面量测观测样方	
样方编号		1#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							
对应扰动类型		土石质开挖边坡							

(2) 回填边坡扰动类型土壤流失量分析

工程建设期间，监测项目组在 1#粘土料场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，再计算分析得出粘土料场回填后的土壤侵蚀模数。监测时段内粘土料场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	1#粘土料场		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	23°		
监测观测时间	2016 年 1 月	2017 年 12 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)	10089		
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 。			

(4) 石料场土壤侵蚀模数分析

工程建设期内，石料场地表扰动较小，主要为石料堆放，土壤侵蚀模数取值 750t/km²·a。

(4) 枢纽工程区土壤侵蚀模数分析

监测进场时，枢纽工程区均已建设完成，枢纽工程区被建筑物、硬化地表及植被恢复区域所覆盖，建构筑物及硬化地表面积为 1.888hm²，几乎不产生水土流失，土壤侵蚀模数取值为 650t/km²·a，植被恢复区域面积为 1.160hm²，植被恢复区域存在一定的水土流失，

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 $2850\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

(5) 永久道路区土壤侵蚀模数分析

监测进场时，永久道路区均已建设完成，路面已进行混凝土硬化，沿线修建有混凝土排水沟、种植车桑子，水土流失较轻微，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 $790\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

(6) 渠道区及渠道区施工营场地土壤侵蚀模数分析

工程建设期内，渠道区正在进行渠系建筑物、输水管道的施工，存在较大的施工扰动，由于施工区域呈线状分布且扰动频繁，不适于侵蚀钉布设监测样方，因此渠道区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施工期间同类工程，取值 $6500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

(7) 弃渣场区土壤侵蚀模数分析

工程建设期内，弃渣场堆渣面为动态变化，不适于侵蚀钉布设监测样方，因此弃渣场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施工期间同类工程，取值 $3450\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

(8) 移民安置区土壤侵蚀模数分析

工程建设期内，移民安置区生活安置点进行场地平整，建筑施工扰动，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 $2650\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。生产安置点进行土地整治，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 $1680\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

2、自然恢复期各侵蚀单元土壤流失量分析

(1) 硬化地表、建构筑物类型土壤流失量分析

自然恢复期内，主体工程已实施完成，枢纽工程区、道路、渠道区、移民安置区大部分区域为建构筑物、硬化地表覆盖，该区域几乎不再产生水土流失，土壤侵蚀模数为 0。

(2) 植被恢复区域土壤流失量分析

自然恢复期内，料场区、弃渣场区、临时堆土场区以及其它实施植被恢复的区域均已实施植物措施，受当地自然条件影响，自然恢复期内植被恢复区域仍存在一定的水土流失，根据植物生长、植被覆盖度情况，土壤侵蚀模数取值采用经验取值法取值为 $825\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

(3) 移民安置区土壤流失量分析

自然恢复期内，移民安置区生活安置点均为建构筑物、硬化地表及景观绿化覆盖，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 $300\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，生产安置点完成土地整治，现为梯坪地，土壤侵蚀模数取值采用经验取值法取值为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$

表 5-8 监测时段内项目区土壤侵蚀模数计算表

监测分区		流失面积	施工期土壤侵蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$)	自然恢复期土壤侵蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$)
枢纽工程区	硬化地表、建构筑物覆盖区域	1.888	650	0
	植被恢复区域	1.160	2850	825
道路区	永久道路	5.600	790	0
	临时道路	1.260	5484	825
料场区	石渣料场	2.600	5484	825
	粘土料场	2.640	10089	825
	石料场	0.200	750	400
渠道区		2.808	6500	825
施工营地区	渠道工程施工营地	0.083	780	825
临时堆土场区		0.250	10089	825
弃渣场区		2.090	3450	825
移民安置区	居民安置点	2.150	2650	300
	生产安置点	18.200	1680	500
合计		40.929		

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 $753.75\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，采用公式：流失量 = Σ 侵蚀单元面积 \times 侵蚀强度，计算时段按监测时段 2016 年 1 月至 2020 年 4 月计算，即 4.33a。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

监测分区		占地类型	流失面积	土壤侵蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$)	流失时段 (a)	水土流失量(t)
枢纽区	拦河坝	灌木林地	0.953	780	4.33	32.19
		水域	0.453	0	4.33	0.00
	溢洪道	灌木林地	0.887	780	4.33	29.96
	输水隧洞	灌木林地	0.538	780	4.33	18.17
	水库管理所	灌木林地	0.217	780	4.33	7.33
道路区	扩建进库永久公路	灌木林地	5.6	780	4.33	189.13

	新建临时道路	灌木林地	1.26	780	4.33	42.56
移民安置区	居民安置点	有林地	2.15	500	4.33	46.55
	生产安置点	灌木林地	15.04	780	4.33	507.96
		有林地	3.16	500	4.33	68.41
渠道区		坡耕地	0.379	2800	4.33	45.95
		灌木林地	2.429	780	4.33	82.04
料场	1#粘土料场	灌木林地	1.05	780	4.33	35.46
	2#粘土料场	灌木林地	1.59	780	4.33	53.70
	1#石碴料场	灌木林地	2.48	780	4.33	83.76
	2#石碴料场	灌木林地	0.12	780	4.33	4.05
	石料场	灌木林地	0.2	780	4.33	6.75
弃渣场区	1#弃渣场	灌木林地	1.32	780	4.33	44.58
	2#弃渣场	灌木林地	0.42	780	4.33	14.19
	3#弃渣场	灌木林地	0.35	780	4.33	11.82
施工营地区	渠道工程施工营地	灌木林地	0.083	780	4.33	2.80
临时堆土场	1#临时堆土场	灌木林地	0.18	780	4.33	6.08
	2#临时堆土场	灌木林地	0.07	780	4.33	2.36
合计			40.929	753.75		1335.80

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~2020 年 4 月，其中施工期为 2016 年 1 月~2018 年 12 月，自然恢复期为 2019 年 1 月~2020 年 4 月。经计算，监测时段内施工期项目区土壤流失量为 3637.02t，自然恢复期项目区水土流失量为 400.58t。详见表 5-10、5-11。

表 5-10 施工期土壤流失量计算表

监测分区		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)
枢纽工程区	硬化地表、建构筑物覆盖区域	1.888	3	650	36.82
	植被恢复区域	1.160	3	2850	99.18
道路区	永久道路	5.600	3	790	132.72
	临时道路	1.260	3	5484	207.30
料场区	石碴料场	2.600	3	5484	427.75
	粘土料场	2.640	3	10089	799.05
	石料场	0.200	3	750	4.50
渠道区		2.808	3	6500	547.56
施工营地区	渠道工程施工营地	0.083	3	780	1.94
临时堆土场区		0.250	3	10089	75.67
弃渣场区		2.090	3	3450	216.32
移民安置区	居民安置点	2.150	3	2650	170.93
	生产安置点	18.200	3	1680	917.28
合计		40.929		2962.04	3637.02

表 5-11 自然恢复期土壤流失量计算表

监测分区		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)
枢纽工程区	硬化地表、建构筑物覆盖区域	1.888	1.33	0	0
	植被恢复区域	1.160	1.33	825	12.73
道路区	永久道路	5.600	1.33	0	0
	临时道路	1.260	1.33	825	13.83
料场区	石碴料场	2.600	1.33	825	28.53
	粘土料场	2.640	1.33	825	28.97
	石料场	0.200	1.33	400	1.06
渠道区		2.808	1.33	1400	30.81
施工营地区	渠道工程施工营地	0.083	1.33	825	0.91
临时堆土场区		0.250	1.33	1400	2.74
弃渣场区		2.090	1.33	1400	22.93
移民安置区	居民安置点	2.150	1.33	300	8.58
	生产安置点	18.200	1.33	500	121.03
合计		40.929		499.89	272.12

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 753.75t/km²·a，施工期间平均土壤侵蚀模数为 2962.04t/km²·a，自然恢复期平均土壤侵蚀模数为 499.89t/km²·a，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逐渐减少，因此

本工程水土保持措施可满足水土保持要求。

5.3 水土流失危害

通过对本项目周边区域实地走访巡查，监测组针对元谋县坛罐窑水库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坛罐窑水库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）、云南省水利厅公告第49号“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”，坛罐窑水库涉及到的大姚县龙街乡属于“滇中北省级水土流失重点治理区”，元谋县新华乡、平田乡属于“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岩溶区，土壤允许流失量为 $500t/km^2 \cdot a$ 。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坛罐窑水库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	97
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	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

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，工程建设扰动土地总面积为 $236.056hm^2$ ，实施植物措施面积为 $21.415hm^2$

建构筑物、硬化地表面积为 18.368hm²，经综合核定，扰动土地整治率为 99.5%，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：hm²

监测分区	建设扰动土地总面积	植物措施面积	建构筑物、硬化地表面积	淹没区面积	扰动土地整治率 (%)
项目扰动区域	236.056	21.415	18.368	195.127	99.5

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面积占水土流失总面积的百分比。本工程项目建设区内存在水土流失面积为除淹没区外的扰动区域，面积为 40.929hm²，实际完成的水土保持措施面积为 21.415hm²，建构筑物、硬化地表面积为 18.368hm²，水土流失总治理度为 97.2%。具体分析见表 6-3。

表 6-3 水土流失总治理度计算表 单位：hm²

监测分区	水土流失面积	植物措施面积	建构筑物、硬化地表面积	水土流失总治理度%
项目扰动区域	40.929	21.415	18.368	97.2

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永久弃渣 9.81 万 m³ 全部堆存在《水保方案》批复的 1#、2#、3#弃渣场，并实施有相应的拦挡措施、排水措施和植被恢复措施，本项目拦渣率达 95%。

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岩溶区，容许土壤流失量为 500t/km².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 499.89t/km².a，经计算项目区土壤流失控制比为 1.0。

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，坛罐窑水库工程可绿化面积为 21.6hm²，实施植物措施面积为 21.415hm²，林草恢复率达 99%。

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，坛罐窑水库工程植物措施面积为 21.415hm²，除水库淹没区外的项目区建设区面积为 40.929hm²，林草覆盖率达 52.32%。

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	99.5	达标
2	水土流失治理度 (%)	97	97.2	达标
3	土壤流失控制比	1.0	1.0	达标
4	拦渣率 (%)	95	95	达标
5	林草植被恢复率 (%)	99	99	达标
6	林草覆盖率 (%)	27	52.32	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 2020 年 4 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

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	99.5	达标
2	水土流失治理度 (%)	97	97.2	达标
3	土壤流失控制比	1.0	1.0	达标
4	拦渣率 (%)	95	95	达标
5	林草植被恢复率 (%)	99	99	达标
6	林草覆盖率 (%)	27	52.32	达标

从表中可以看出，坛罐窑水库工程水土流失六项防治指标均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

本项目实施完成的工程措施为：M7.5 浆砌石挡渣墙 140m，DN12000mm 砼排水管 320m，C20 钢筋砼沉砂井 27.1m³；排水暗涵能正确引导水流，能有效地防止径流对地表的冲刷，挡渣墙能正常发挥拦挡功效，现状工程措施运行良好，无破损毁坏，保持水土的效果明显。

本项目实施完成的植物措施为：库区（含道路、料场、临时堆土场、1#弃渣场）栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅 10.12hm²，撒播车桑子 9.35hm²；渠道区（含 2#、3#弃渣场）栽植黑荆树、清香木、华山松、杨梅、夹竹桃 1.945hm²；植物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%，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，从而大幅度提高边坡的稳定性和抗冲刷能力。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，起到较好的水土保持效果。

本项目实施完成的临时措施为：编织袋拦挡 1922.20m³，临时排水沟 6290m。临时防护措施布局合理，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，对元谋县坛罐窑水库工程提出以下问题及建议：

(1) 对植被恢复区域加强植物措施的抚育管理，对绿化效果欠佳的区域及时进行补植补种。

(2) 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，元谋县坛罐窑水库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 2020 年 4 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，六项水土保持防治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。