

甘肃省敦煌市莫高窟供水工程

水土保持监测总结报告

声明

本成果仅限于合同指定的项目和范围使用。未经我公司或知识产权拥有者书面授权，任何单位或个人不得抄袭、摘编、翻印（录）、传播或他用。对于侵权行为，我公司将保留追究其法律责任的权利。

建设单位：敦 煌 研 究 院

编制单位：中水北方勘测设计研究有限责任公司

二〇二五年五月

甘肃省敦煌市莫高窟供水工程

水土保持监测总结报告

建设单位：敦 煌 研 究 院

编制单位：中水北方勘测设计研究有限责任公司

二〇二五年五月

甘肃省敦煌市莫高窟供水工程

水土保持监测总结报告

责任页

中水北方勘测设计研究有限责任公司

批 准: 李振军 高级工程师

核 定: 李加水 正高级工程师

审 查: 王 童 高级工程师

校 核: 李朋鲁 高级工程师

项目负责人: 侯越明 高级工程师

编 写: 侯越明 高级工程师 (编写第 2~6 章)

邢启鑫 工程师 (编写前言、第 7 章)

邱 业 助理工程师 (编写第 1 章、编写第 8 章)



目录

前 言.....	- 1 -
1 建设项目及水土保持工作概况.....	1
1.1 项目概况	1
1.2 水土流失防治工作情况.....	8
1.3 监测工作实施情况.....	9
2 监测内容与方法	13
2.1 监测内容	13
2.2 监测方法	16
3 重点部位水土流失动态监测	22
3.1 防治责任范围监测.....	22
3.2 取土（石、料）监测结果	25
3.3 弃土（石、渣）监测结果	25
4 水土流失防治措施监测结果.....	27
4.1 工程措施监测结果.....	27
4.2 临时防治措施监测结果.....	27
4.3 水土保持措施防治效果.....	28
5 土壤流失情况监测	30
5.1 水土流失面积	30
5.2 土壤流失量	30
5.3 弃土（石、渣）潜在的土壤流失量	32
5.4 水土流失危害	32
6 水土流失防治效果监测结果.....	33
6.1 水土流失治理度	33
6.2 土壤流失控制比.....	33



6.3 渣土防护率	34
6.4 表土保护率	34
6.5 林草植被恢复率	34
6.6 林草覆盖率	34
7 结论.....	35
7.1 水土流失动态变化.....	35
7.2 水土保持措施评价	35
7.3 水土保持监测三色评价.....	36
7.4 存在问题及建议	37
7.5 综合结论	37
8 附图及有关资料	38
8.1 附图.....	38
8.2 有关资料	38



前言

甘肃省敦煌市莫高窟供水工程位于敦煌市莫高镇和莫高窟保护区。工程取水点位于“又见敦煌剧院”东南侧的景观大道市政自来水管线，供水管线末端为敦煌研究院东侧约 500m 处拟建调蓄水池。本工程主要由泵站工程（包括主副厂房等）、供水工程（包括新建供水管线、改建管线、阀井等）和调蓄水池工程三部分组成。

2022 年 7 月 18 日，甘肃省水利厅以《甘肃省水利厅关于敦煌市莫高窟供水工程初步设计报告的批复》（甘水规计发〔2022〕270 号）对项目初步设计进行了批复。

2022 年 10 月，甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司编制完成了《甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持方案报告书》。2022 年 12 月 10 日，甘肃省水利厅以《甘肃省水利厅关于甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持方案准予行政许可决定书》（甘水水保发〔2022〕474 号）文件，下发了本工程水土保持方案的批复。

根据《水利部关于加强事中事后监管规范生产建设项目水土保持设施自主验收的通知》（水保〔2017〕365 号）的等水土保持相关法律法规要求，敦煌研究院于 2022 年 12 月委托中水北方勘测设计研究有限责任公司承担本工程的水土保持监测工作。接到委托后，我单位立即组织项目组人员查勘现场，并编制完成了《甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持监测实施方案》，随即开展了相关的水土保持监测工作。

本工程于 2023 年 11 月主体完工，监测项目组分别 2024 年 1 月、2024 年 11 月和 2025 年 3 月、2025 年 5 月对工程现场进行了 4 次全面巡查，在与监理、施工单位沟通了解的基础上，于 2025 年 5 月，编制完成了《甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持监测总结报告》。监测结果表明，工程施工过程中无水土流失危害，已实施的水土保持设施运行正常。本项目监测过程中，建设单位积极配合，提供了便利的工作条件，有关设计、监理、施工等单位给予了大力支持和帮助，在此一并表示感谢！



水土保持监测特性表

主体工程主要技术指标										
项目名称		甘肃省敦煌市莫高窟供水工程								
建设规模	III等中型水利工程	建设单位		敦煌研究院						
		建设地点		敦煌市						
		所属流域		黄河流域						
		工程总投资		2300 万元						
		工程总工期		11 个月						
水土保持监测指标										
监测单位		中水北方勘测设计研究有限责任公司			联系人及电话			侯越明/15822892017		
自然地理类型		洪积平原			防治标准			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		地面观测、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、地面观测			4.防治措施效果监测		地面观测、调查监测		
	5.水土流失危害监测		调查监测			水土流失背景值		4200t/km ² ·a		
方案设计防治责任范围		35.91hm ²			容许土壤流失量		2000t/km ² ·a			
水土保持投资		289.82 万元			水土流失目标值		2000t/km ² ·a			
防治措施		供水管线及附属建筑物工程区：工程措施（土地整治 26.20hm ² ，表土剥离及回填 62.40m ³ ，砾石压盖 500 m ³ ），临时措施（临时苫盖 22358m ² 、编织袋拦挡 28m ³ ） 泵站工程区：工程措施（土地整治 0.08hm ² ），临时措施（防尘苫盖 896m ² 、编织袋拦挡及拆除 3.6m ³ 、洒水 320m ³ ） 调蓄水池工程区：工程措施（土地整治 0.16hm ² ，砾石压盖 270 m ³ ），临时措施（防尘苫盖 1846m ² 、编织袋拦挡及拆除 2.5m ³ 、洒水 408m ³ ） 施工道路工程区：工程措施（砾石压盖 7354m ³ ），临时措施（洒水 16620m ³ ）。								
监测结论	分类指标		目标值	达到值	实际监测数量					
	水土流失治理度		77%	78.27%	防治措施面积	23.17hm ²	永久建筑物及硬化面积	1.81hm ²	扰动土地总面积	31.91hm ²
	土壤流失控制比		0.6	1.07	防治责任范围		31.91hm ²	水土流失总面积		31.91hm ²
	渣土防护率		87%	90%	工程措施面积		23.17hm ²	容许土壤流失情况		2000t/km ² ·a
	表土保护率		98%	98.31%	植物措施面积		0m ²	监测土壤流失情况		1876t/km ² ·a
	林草植被恢复率		*	*	可恢复林草植被面积		0m ²	林草类植被面积		0m ²
	林草覆盖率		*	*	实际保护表土量		63.90m ³	实际挡护堆土量		16.45 万 m ³
	水土保持治理达标评价		各项指标均满足批准的水土保持方案报告书确定的水土流失防治目标要求。							
总体结论		工程施工过程中无水土流失危害，已实施的水土保持设施运行正常。								
主要建议		项目区局部地段砾石覆盖效果略差，需加强管理。								

1 建设项目及水土保持工作概况

1.1 项目概况

1.1.1 地理位置

甘肃省敦煌市莫高窟供水工程位于敦煌市莫高镇和莫高窟保护区。工程取水点位于“又见敦煌剧院”东南侧的景观大道市政自来水管道，供水管线末端为敦煌研究院东侧约 500m 处拟建调蓄水池。供水管线基本沿莫高窟景区 Z110 专道（省道 S217）布置，行政区划隶属敦煌市管辖。介于东经 $92^{\circ}13'$ — $95^{\circ}30'$ ，北纬 $39^{\circ}40'$ — $41^{\circ}40'$ 之间。工程地理位置示意图 1.1-1。

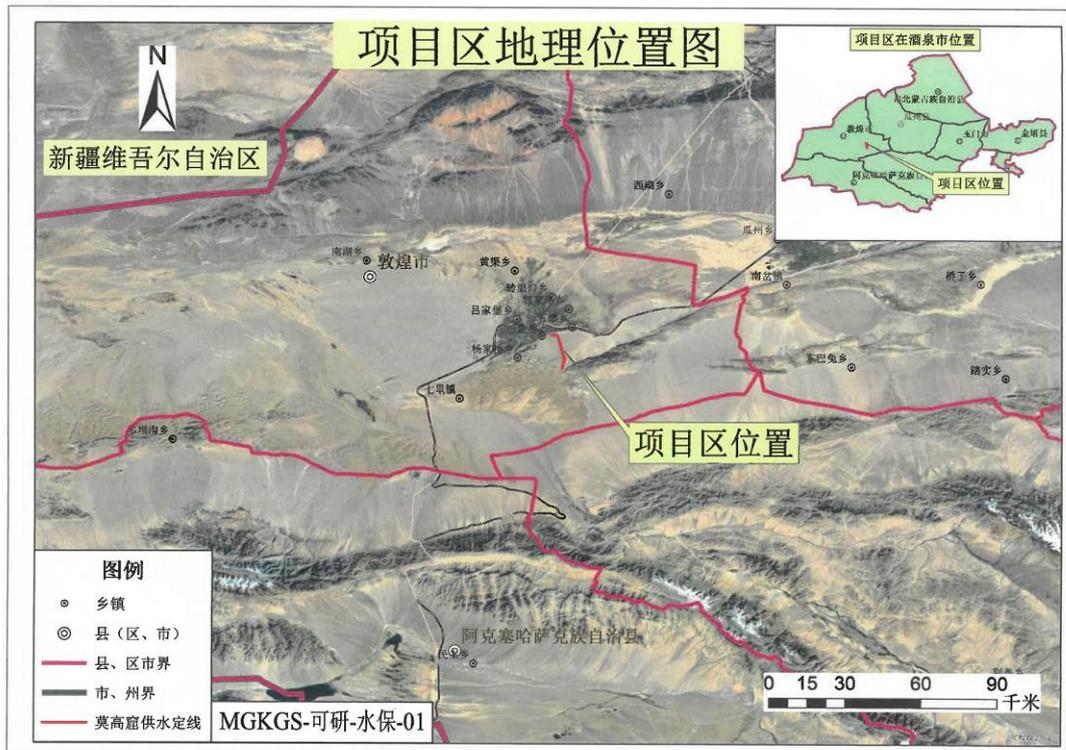


图1.1-1 甘肃省敦煌市莫高窟供水工程地理位置图



1.1.2 工程任务与规模

本工程主要任务是从“又见敦煌”景区以南 750m 处景观大道，市政供水管线引水至莫高窟供水管网，替换窟区现状地下水源，保障莫高窟文物保护单位正常稳定的生产生活用水的供水工程。本工程主要由泵站工程（包括主副厂房等）、供水工程（包括新建供水管线、改建管线、阀井等）和调蓄水池工程三部分组成。泵站工程主要有取水泵站 1 座；供水工程主要有检修放空阀井 3 座，空气阀井 20 座，放空阀经 1 座，分水阀井 1 座，减压阀井 1 座，管线总长 17.61km，其中新建供水管线长 16.91km，改造管线长 0.7km。调蓄水池为钢筋混凝土结构，容积 2000m³。

工程于 2023 年 1 月开工，于 2023 年 11 月完工，主体工程工期 11 个月。工程总投资 2300 万元。

1.1.3 项目组成

1.1.3.1 管线工程

1) 新建供水管线

新建供水管线线路总长约 16.91km，主管线设计供水流量 0.04m³/s，采用 DN200~DN250 的 K9 级球墨铸铁管供水。管线采用沟埋式，开挖深度不小于 2m，设计断面尺寸沟底管线两侧各预留施工宽度 0.4m，碎石开挖边坡为 1: 0.75。为保证管线自身稳定，管线周围采用开挖碎石料夯填，每层厚度不超过 20cm，管线两边同时上升填筑，碎石夯填相对密度不小于 0.65。k12+242.21、k11+090.38 上口宽度尺寸最大为 5.5m，其他断面尺寸均在 3.2-3.6m 之间，管线的临时堆土宽度 8m，机械作业带宽度 3m，为保证管线冬季安全运行，管线埋深必须在冻土层以下，工程区最大冻土层为 1.28m，考虑管线的安全运行和日常维护，设计管顶离地面平均在 1.5m 以上。详见管线上口宽度及占地面积表。

本工程供水线路自景观大道市政供水管线取水，由北向南至莫高窟，与交通公路、通信光缆、已建和拟建输水管线等交叉，根据工程布置及输水建筑物选型，线路无法避免穿越景观大道和 Z110 专线、通信光缆、供水管线等特殊地段。经统计穿越公路设



计采用顶管穿越法7处，穿越地下各类光缆设计采用人工开挖形式穿越法17处，穿越河道设计采用管槽开挖穿越法1处。

2) 改建供水管线

将两段窟区内DN110PE管线改造为DN200球墨铸铁管，分别长0.56km、0.14km。主要施工项目为管槽开挖及回填、顶管接收井施工、球墨铸铁管安装、原有管道维修改造。此段管线分两期施工，穿河段大泉河河床较宽，河道主流位于左岸。一期施工右岸段供水管线、顶管接收井施工，利用开挖料在上游侧及右岸侧修筑高度大于1m土堤，以防雨洪等水冲入管槽。二期施工左岸段供水管线，利用开挖料在上游侧及左岸侧修筑高度大于1m土堤，以防雨洪等水冲入管槽。

本工程供水管线穿河段的施工时可利用开挖料围成土堤挡水，基本形成干地施工，不修筑施工围堰。

3) 管线附属建筑物

供水管线在管线转弯等位置设置镇墩，镇墩均采用现浇C25混凝土结构，根据《室外给水工程设计规范》（GB50013-2006）要求，非整体连接管道在垂直和水平方向转弯处、分叉处、管道端部堵头处、检修阀门处以及管径截面变化处应设置镇墩。镇墩应根据管径、转弯角度、管道设计内水压力和接口摩擦力，以及管道埋设处的地基和周围土质的物理力学指标等因素计算确定镇墩的尺寸，共计40座。

为满足管线的检修以及安全运行，管线沿线设检修放空阀井3座，空气阀井20座，放空阀井1座，分水阀井1座，减压阀井1座。附属建筑物挖方7534m³，填方7534m³。

1.1.3.2 泵站工程布置

(1) 平面布置

泵站布置在供水管线桩号0+575处。设计扬程300m，设计流量0.04m³/s。泵房由主厂房、副厂房等组成。主厂房设计为干室型泵房，泵房内主要布置有主机组、集水井、排水沟、交通道等。选定泵站装机2台，额定工况运行时1台工作，1台备用，额定流量0.04m³/s。水泵安装高程为1117.645m。主厂房采用整体式钢筋混凝土箱型结构，基础置于砂砾石地基上，底板高程1116.85m，主厂房下部长13.6m、宽6.2m、高4m。安装间



布置在主厂房北侧。副厂房设置在主厂房南侧，长5.58m、宽6.2m、高4.6m，设计为框架结构，副厂房内设有低压配电柜。厂区地坪高程为1120.00m。

(2) 建筑物布置本工程泵房结构型式采用矩形干室型水泵室和上部矩形主副厂房相结合的布置形式，由上、下两部分组成。主厂房尺寸长14.0m、宽6.6m、高3.3m。副厂房设置在主厂房南侧，长5.58m、宽5.48m、高4.0m，设计为框架结构，副厂房内设有低压配电柜。安装间高程1127.35m，泵房底板高程1124.05m。泵站工程挖方量1660m³，填方量1660m³，基础开挖回填土方均用于泵站场平。

1.1.3.3 调蓄水池布置

(1) 平面布置

本工程调蓄水池容积取为2000m³，布置在研究院东侧500m处大泉河右岸III级阶地。调蓄水池为钢筋混凝土结构，设计采用矩形水池。水池长25m、宽20m、高4.5m，池顶覆土1.0m。基础置于换填后砂砾石地基上。水池设计水位1370m，最低水位1366.5m。水池进水管上布置进水阀井2座，出水管端布置出水阀井1座。

(2) 建筑物布置

调蓄水池为钢筋混凝土结构，容积2000m³，布置大泉河右岸III级阶地上，地面高程1369~1370m，地形平坦。水池位置地下水埋深大于20m，场地0~0.5m为Q3pl砂碎石，其下0.5~20m为Qeol风积砂层，砂层结构中密。水池设计采用矩形封闭结构，其形式简单，便于施工。水池进水管管中心安装高程为1368m，出水管管中心高程1366.3m。水池设计（最高）水位1370.00m，最低水位1366.50m。

调蓄水池混凝土标号采用C30，抗渗等级W6，抗冻等级F200。水池净尺寸长25m，宽20m，高4.5m。水池分为2格，可独立运行和分别泄空。调蓄水池池壁厚0.35m，底板厚0.4m，顶板厚0.2m。池内设置导流墙，池底设置方形吸水坑，尺寸为2×2m，深1.0m。池顶板设置直径0.8m圆形检修进人孔两个，孔顶高出覆土面0.50m。在顶板设置DN200通气管10根，高出地面0.9m。为了在管线事故状态时将水池内壅水排泄，每格水池各设置1根DN300mm钢管溢流管，管口采用喇叭口，喇叭口管顶高程基本与最高水位相同。考虑水池事故检修需要，在两个水池吸水坑底部各布置DN200放空管一根，放空管



和溢流管一同将水排至附近沟道。在池外布置出水管控制阀、放空阀及其阀井。池顶部覆土1.0m。水池基础采用砂砾石进行换填，深2.0m，其上设10cm厚C15砼垫层。调蓄水池工程挖方量11217m³，填方量6380m³，基础开挖回填土方剩余量用于供水管线及附属建筑物工程区场平。

1.1.3.4 工程竖向布置

敦煌莫高窟供水工程管线线路长 17.61km，其中新建供水管线线路长 16.91km，改造供水管线长 0.70km。

本工程供水主管线长 15.43km，在又见敦煌剧院东南角处的景观大道市政供水管线接入自来水，起点地面高程为 1120.8m；管线自西向东布置至专用公路 Z110，然后由南向北沿公路 Z110 西侧前行至茶房子，主要布置于山前洪积扇（千佛洞戈壁）之上，其中在耦合实验室南侧空地（供水主管线桩号 0+575）布置泵站提水；管线在茶房子处穿越 Z110 专用公路，布置于公路东侧；接着管线穿越大泉河主河床，沿公路敷设于大泉河右岸现代洪积扇、II级阶地之上；之后管线穿越大泉河右岸支沟，敷设在大泉河右岸I~III级阶地之上，最后至调蓄水池（主管线桩号 15+427.28）。调蓄水池布置大泉河右岸III级阶地之上，位于研究院东侧约 500m 处，地面高程 1369.83~1370.56m，容积 2000m³，地形平坦。

1.1.4 工程防治责任范围

工程防治责任范围包括：供水管线及附属建筑物工程区、泵站工程区、调蓄水池工程区、施工生产生活区和施工道路区等，总面积为 31.91hm²。

表 1-1 工程水土流失防治责任范围 单位：hm²

防治分区	合计	占地性质	
		永久占地	临时占地
供水管线及附属建筑物工程区	26.27	0.07	26.20
泵站工程区	0.22	0.14	0.08
调蓄水池工程区	0.36	0.20	0.16
施工生产生活区	0	0.00	0.00



施工道路区	5.06	1.40	3.66
合计	31.91	1.81	30.10

1.1.5 土石方情况

本工程建设过程中，共产生土石方挖方总量 180878m^3 ，土石方回填总量 182678m^3 ，借方总量 1800m^3 。

1.1.6 工程进度安排

主体工程总工期 11 个月，工程开工时间为 2023 年 1 月，工程完成时间为 2023 年 11 月底。

1.1.7 自然条件

1) 地形地貌

(1) 干燥剥蚀低山区分布盆地南缘，为东西走向的三危山、鸣沙山山基岩区，区内年降雨量在 200mm 以下，海拔 1400~2000m，侵蚀作用强烈，基岩裸露，冲沟发育，呈荒漠山地景观。

(2) 山前洪积扇区（千佛洞戈壁滩）位于三危山、鸣沙山山前。洪积扇规模巨大，呈叠置发育，扇面高程 1100~1450m，地势由南向北倾斜，扇面平均纵坡坡降 14~16‰，地形平坦，表层岩性为 Q31pl、Q2pl 砂砾碎石，区内发育大泉河，大泉河向北东方向发育，平时河床干枯无流水。

2) 水文气象

(1) 水文

莫高窟属于大泉河流域，大泉河为河西内陆河疏勒河流域的二级支流，党河的一级支流。大泉河发源于祁连山脉的野马山，源地海拔高程 4308m，大泉河上游山地分布有许多支沟，这些支沟出山后地表径流随即潜入地下，形成地下潜流向下游汇集，经过约 40km 的洪积沙漠戈壁滩，在这一区间内由于平时没有地表径流，河道形态不甚明显，河流于大泉一带以泉水形式出露，逐渐汇入大泉河，最终汇入党河。

大泉河流域总地势由东南向西北倾斜，河水的流向受地势影响也基本上是由东南流向西北，流经好布拉、小草湖、大泉、大拉牌、小拉牌、莫高窟、茶房子、于敦煌的五墩乡一带汇入党河。敦煌莫高窟就座落于大泉河下游河段左岸的陡崖上，该处河

段的河床形态为宽浅式河床，河道较为顺直平坦，河床质主要由砂砾石组成。

(2) 气象

莫高窟位于甘肃省敦煌市境内，地处欧亚大陆腹地，属大陆性干旱气候区。降水稀少、蒸发强烈、日照长、昼夜温差显著、多风沙、夏季炎热、冬季寒冷，是该地区的主要气候特征。

工程区内设有敦煌地面气象站，该站观测规范、观测项目全面，观测资料精度高、系列长。因此，将敦煌气象站作为本工程的气象依据站。根据敦煌气象站 1988-2018 年共 30 年资料统计：多年平均气温 9.5°C ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 3686.8°C ，1 月平均气温 -8.3°C ，7 月平均气温为 24.6°C ，极端最低和最高气温分别为 -30.5°C 和 41.7°C 。降水主要集水在 6~8 月份，占全年降雨量的 69.9%，年降水量仅为 42.2mm，年蒸发量 2505.1mm，蒸发量是降水量的 60 倍，为极干旱区。区内大风和沙尘暴频繁，平均风速为 2.0m/s，全年 8 级以上的大风日为 13.5 天，沙尘暴日数 10 天左右。

年均无霜期 142 天，绝对无霜期 100 天，最长无霜期 162 天，最短无霜期 114 天。冻土期为 9 月~次年 4 月，最大冻土深度 128cm。年日照时数为 3257.9h，日照百分率达 73%。年平均相对湿度 43%，最大相对湿度 55%，最小平均湿度 31%。

3) 土壤植被

敦煌绿洲内主要以灌淤土、潮土、风沙土为主，绿洲区外围分布有棕漠土、盐土、草甸土和沼泽土。莫高窟区大部分土地为基岩裸露或沙漠覆盖，土壤资源在这里很少，仅是在窟前大泉河谷 I 级阶地上零星分布土壤层，土质以沙壤土为主，也有少量的淤泥粘性土。

项目区属河西走廊西部干旱荒漠草原植被类型。砾石戈壁段基本无植被，荒漠戈壁段植被项目概况被稀少，极少的降雨和急剧变化的温差不利于植物生长，植被稀疏，通常不超过 5%，莫高窟前的微小型沙漠戈壁绿洲有人工种植的以杨树、柽柳、沙枣、杨槐为主的林带，还有以苹果、梨树为主的小园林。在窟区南部和东部是光秃的基岩山区，北部至西部约 15.0km 范围内为荒漠戈壁或沙漠，仅有极少量零星分布的盐生草、沙拐枣、白刺和红柳等耐旱、耐盐植物。



1.1.8 水土流失及水土保持情况

1) 水土保持区划

按《全国水土保持区划（试行）》，项目区属北方风沙区（新甘蒙高原盆地区）（II）河西走廊及阿拉善高原区（II-2）河西走廊农田防护防沙区（II-2-2nf）；根据水利部办公厅关于印发《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果》的通知，本项目不涉及国家级水土流失重点预防区和重点治理区；根据甘肃省人民政府印发《甘肃省人民政府关于划定省级水土流失重点预防区和重点治理区的公告》（甘政发〔2016〕59号），项目区属于内陆河流域省级水土流失重点治理区，项目区水土流失以风力侵蚀为主。

2) 水土流失类型和强度

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)，项目区地处北方风沙区，土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主，项目区容许土壤流失量为 $2000t/(km^2 \cdot a)$ ，水土流失背景综合值为 $4200t/(km^2 \cdot a)$ ，以中度侵蚀为主。

1.2 水土流失防治工作情况

1.2.1 建设单位水土保持管理

本工程建设单位为敦煌研究院，建设单位下设甘肃省敦煌市莫高窟供水工程建设管理部，为了更好地执行国家和行业水土保持法律、法规，统一规范各参建单位的工程建设管理行为，建设单位于2023年1月成立了甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持工作领导小组，由专人负责水土保持工作。

水土保持工作领导小组主要从领导层面协调、沟通各承建单位内存在的水土保持问题。工程部对工程建设状态进行监控，并组织现场办公，对各标段的水土保持工作进行实时监督，针对现场存在水土保持问题提出整改建议、指令，各部门组织整改并报告整改结果。

工程建设期间，由主体监理单位承担施工期水土保持监理工作，对工程施工期水土保持措施落实及运行情况，水土保持措施是否符合水土保持要求进行监督和管理。建设单位委托中水北方勘测设计研究有限责任公司（我公司）承担工程水土保持监测

工作。

1.2.2 “三同时”制度落实情况

2022年4月，甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司编制完成了《甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持方案报告书》。2022年12月10日，甘肃省水利厅以《甘肃省水利厅关于甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持方案报告书的批复》（甘水水保发〔2022〕474号）文件，下发了本工程水土保持方案的批复。

2023年1月，主体工程开始施工建设，同时按照批复的水土保持方案和施工图设计要求，水土保持工程施工单位甘肃大禹节水集团水利水电工程有限责任公司，同步实施了堆土防护、土地整治等水土保持措施。

2023年11月，主体工程施工完毕，工程在实施过程中存在部分水土保持变化情况，对照《水利部生产建设项目水土保持方案变更管理规定（试行）》（办水保〔2016〕65号）的有关规定，本工程不需办理水土保持变更手续，详见验收报告。

2025年5月，对项目水土保持工程开展验收工作，并计划在验收后投入使用。

综上，项目在实施过程中严格遵守“三同时”制度，水土保持工程在设计、施工及完工验收投入使用过程中均与主体工程同时设计、同时施工，并在验收后同时投入使用。

1.2.3 水土保持监督检查意见落实情况

1) 监督检查意见

工程建设期间，敦煌市水务局对本项目进行多次现场指导，提出水土保持临时措施（主要是拦挡、苫盖等）落实不到位，存在水土流失问题或隐患。

2) 落实情况

建设单位及时对水土保持措施进行整改，确保水土保持措施到位。已完善临时堆土临时拦挡，并及时更换临时苫盖等防护措施。

1.3 监测工作实施情况

1.3.1 监测工作的实施

1) 监测准备



根据水土保持相关法律法规要求，敦煌研究院于 2022 年 10 月委托中水北方勘测设计研究有限责任公司承担本工程的水土保持监测工作。接受委托后我单位立即成立了本项目水土保持监测项目部，监测项目部成员由具有多年水土保持工作经验的专业人员组成，监测项目组成员为：总监测工程师 1 人，监测工程师 2 人，监测一般工作人员 3 人。根据相关要求，项目组人员职责与监测任务见表 1-2。

监测项目部成立后，监测组成员对项目现场进行了详细踏勘，结合收集到的相关资料，编制完成了《甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持监测实施方案》，并按我单位质量管理体系，经各级校审人员审核后，形成本项目的水土保持监测实施方案最终稿。

2) 监测设备

本工程监测使用的监测设备主要包括：无人机、摄像机、照相机、坡度仪、皮尺、测钎、GPS、测距仪、天平、取土钻、土样盒、烘箱、量杯等。

表 1-2 项目组主要人员情况

姓 名	职务/职称	拟承担的工作
李朋鲁	高级工程师	总监测工程师
王 童	高级工程师	监测工程师
侯越明	高级工程师	监测工程师
陈际旭	工程师	监测员
邢启鑫	工程师	监测员
邱 业	助理工程师	监测员

3) 监测点位布设及监测技术方法

根据不同工程对地表扰动特点不同，在不同监测区选择具有代表性的地段或场地布设监测点。本工程共布设水土保持监测点位 5 处，分别是：供水管线及附属建筑物工程区 2 处、泵站工程区 1 处、调蓄水池工程区 1 处、道路区 1 处。

水土流失监测点位布设见表 1-3。

表 1-3 监测点位分布

监测点编号	监测区域	监测内容	监测方法	监测频次
-------	------	------	------	------



1#点位和 2# 点位	供水管线及附属建筑物工程区	扰动原地表面积、构筑物基础开挖临时堆土、管沟开挖、填筑、防护措施落实情况、土壤流失量	实地调查法 简易观测法	工程扰动地表面积、水土保持工程措施拦挡效果等至少每 1 月监测记录一次；主体工程的建设进度、水土流失影响因子。遇暴雨、大风等情况应及时加测。水土流失灾害事件发生一周内完成监测。
3#点位	泵站工程区	扰动原地表面积、构筑物基础开挖临时堆土、泵站开挖、填筑、防护措施落实情况、土壤流失量	实地调查法 简易观测法	
4#点位	调蓄水池工程区	扰动原地表面积、构筑物基础开挖临时堆土、调蓄水池开挖、填筑、防护措施落实情况、土壤流失量	实地调查法 简易观测法	
5#点位	道路区	扰动原地表面积、开挖、回填、防护措施落实情况、土壤流失量	实地调查法 简易观测法	

根据全面调查与重点观测相结合原则，通过实地调查、询问调查、记录查阅等技术方法，全面掌握工程施工区域水土流失总体情况。同时，根据工程施工和地面扰动的实际情况，运用多种方法，针对土壤流失量、水土流失危害、防治措施实施状况、工程区植被恢复情况、防治效果和设施稳定情况进行重点监测和调查。本次水土保持监测总结报告编制过程中，通过地面观测、现场调查、无人机遥感和查阅施工监理记录等方式进行水土流失量、水土流失防治责任范围、扰动土地面积、土地整治面积、水土流失危害及各项水土流失防治措施的调查。

1.3.2 监测成果

根据本项目水土保持监测实施方案的工作计划，结合工程建设实际进展情况，我单位于 2022 年 12 月开始对本工程进行现场调查，并开展全面现场监测，截止 2023 年 11 月项目完工，我单位项目监测人员严格按照《生产建设项目水土保持监测规程（试行）》（办水保[2015] 139 号）和《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》（办水保[2020] 161 号）等水土保持法律法规的相关要求，多次赴现场进行项目的水土保持监测工作，收集到了项目现场大量的一手资料和影像资料等，

并针对项目施工过程中出现的水土流失防治问题，多次与项目建设单位、项目监理单位 and 项目施工单位沟通和交流，同时出具了多份项目水土保持监测意见书和项目水土保持监测季度报告（2023年1季度报告~2023年4季度报告以及2024年1季度报告表~2024年4季度报告，2025年1季度报告）。建设单位在接到我单位监测意见书之后，及时组织监理单位和施工单位对存在的水土流失问题进行了积极整改。

截止2025年5月，工程施工过程中无重大水土流失危害事件发生。

1.3.3 水土保持监测意见落实情况

我单位在项目监测过程中，对现场存在的水土流失防治问题以口头形式或项目水土保持监测意见书形式通知了建设单位，建设单位将意见或项目水土保持监测意见书发送至各施工单位和监理单位，监理单位和施工单位均对存在的水土流失防治问题进行了积极整改。

甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持监测意见书		甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持监测意见书	
项目名称	甘肃省敦煌市莫高窟供水工程	项目名称	甘肃省敦煌市莫高窟供水工程
建设地点	甘肃省敦煌市	建设地点	甘肃省敦煌市
建设单位	敦煌研究院	建设单位	敦煌研究院
监测单位	中水北方勘测设计研究有限责任公司	监测单位	中水北方勘测设计研究有限责任公司
监测人员	侯越明、郭琦	监测人员	侯越明、邱业
监测时间	2023年1月1日至2023年3月31日	监测时间	2024年4月1日至2024年6月30日
监测意见	①对施工造成的裸露区域及时进行防尘网覆盖处理； ②及时推进主体施工进度，避免工期延长造成水土流失加剧。	监测意见	①供水管线工程区土地整治和砾石压盖不到位； ②调蓄水池工程区砾石压盖不到位。
监测照片 (拍摄于 2023年 第一季 度)		监测照片 (拍摄于 2024年 第二季 度)	
	主体工程区部分裸露区域未能及时进行防尘网覆盖处理		对供水管线工程区土地整治和砾石压盖不到位的地方进行整改
	主体工程区部分裸露区域未能及时进行防尘网覆盖处理。		对调蓄水池工程区砾石压盖不到位的地方进行整改

2 监测内容与方法

2.1 监测内容

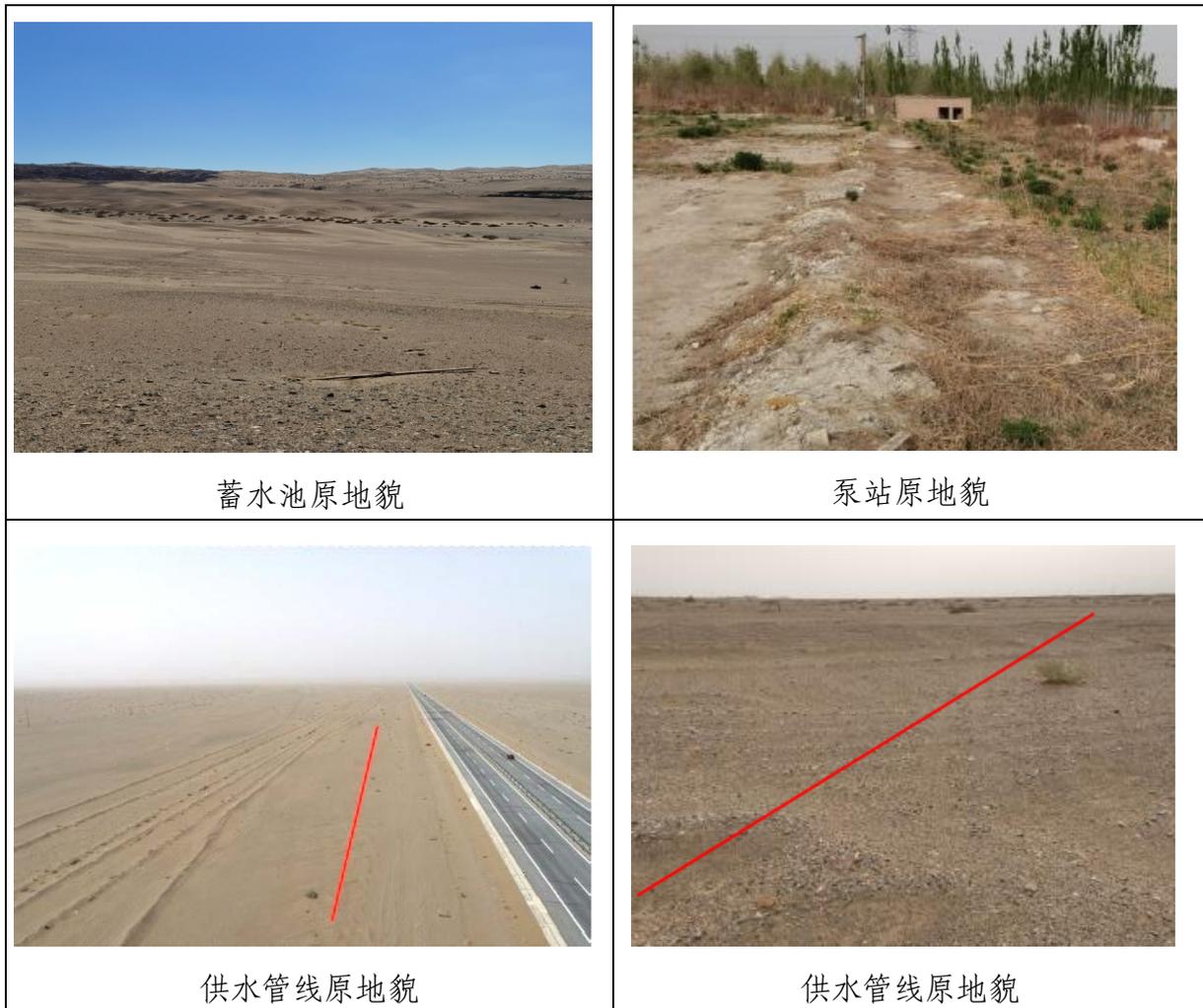
2.1.1 施工（监测）准备期

施工（监测）准备期监测内容包括：监测项目防治责任范围内的地形地貌、地面组成物质、水文气象、植被覆盖度、扰动面积情况、水土流失状况等基本信息，掌握项目建设前生态环境本底状况。

监测方法主要采用实地量测和调查监测为主。施工（监测）准备期监测情况详见表 2-1。

表 2-1 施工（监测）准备期监测情况表

监测区域	监测方法	监测内容
全部工程区	实地量测	扰动面积情况、水土流失状况等
	调查监测	地面组成物质、水文气象、植被覆盖度等



监测准备期调查项目区现状

2.1.2 工程建设期

(1) 扰动土地情况监测

扰动土地情况监测的内容包括扰动范围、面积、土地利用类型及其变化情况等。扰动土地情况监测主要采用实地量测法，每季度监测 1 次。

(2) 弃土（石、渣）监测

根据主体工程设计，经土石方综合平衡分析复核后，本工程无弃渣，本项目监测过程中针对工程施工中的土石方挖填量进行调查监测，核实是否有弃渣，以及如果有弃渣，弃渣的去向。

(3) 水土流失情况监测

水土流失情况监测包括土壤流失面积、土壤流失量、临时堆土潜在的土壤流失量和水土流失危害等内容。

①土壤流失量是指输出项目建设区的土、石方数量。

②临时堆土潜在的土壤流失量是指项目建设区内未实施防护措施,或者未按水土保持方案实施的表土(临时堆土)数量。

③水土流失危害是指项目建设引起的基础设施和民用设施的损毁,河道阻塞等危害。

采用地面观测、实地量测的方法。土壤流失面积监测每季度1次,土壤流失量每月1次,遇大风天气应加测。

(4) 水土保持措施监测

水土保持措施监测指对工程措施、植物措施和临时措施监测。包括措施类型、开(完)工日期、位置、规格、尺寸、数量、林草覆盖度(郁闭度)、防治效果、运行状况等。采用实地量测、遥感监测的方法。

工程建设期监测情况详见表2-2。

表2-2 工程建设期监测情况表

监测项目	监测方法	监测内容
扰动土地情况监测	实地量测、调查监测	扰动范围、面积、土地利用类型及其变化情况
弃土(石、渣)监测	调查监测、资料分析	监测工程土石方挖填情况,核实施工中是否存在弃渣等
水土流失情况监测	地面观测、实地量测	土壤流失面积、土壤流失量、弃土(临时堆土)潜在的土壤流失量和水土流失危害
水土保持措施监测	实地量测、遥感监测	工程措施和临时措施实施及防治效果

2.1.3 工程试运行期

试运行期主要对水土保持措施的运行状况和防护效果进行监测,包括水土保持防

治措施（工程措施）的数量和质量；工程防护措施的稳定性、完好程度和运行情况；各种已实施的水土保持措施的防护面积、防治效益（拦渣保土效果）监测，包括控制水土流失量、提高拦渣率、改善生态环境的作用等。六项指标达标情况评价等内容。

2.2 监测方法

2.2.1 地面观测法

（1）测钎法

地面监测所采用的途径包括常规小区观测、典型样地调查和控制站观测等。根据本项目规模及特点，确定监测方法以钢钎监测为主，参照标准为《水土保持监测设施通用技术条件》（SL342—2006），即将直径 0.30—1cm，长 30—100cm，最小刻度为 mm 的测钎相距 1m、左中右纵横各 3 排（9 根）沿坡面垂直方向打入坡面，钉帽与坡面齐平，并在钉帽上涂上红漆，编号登记入册。每个监测小区配备雨量筒一套。坡面面积较大时，为提高精度，钢钎密度可加大。钢钎布置如图 2-1。

每月观测钉帽出露地面高度，据此计算土壤侵蚀深度和土壤侵蚀量。计算公式采用：

$$A=ZS/1000\cos\theta$$

A - 土壤侵蚀模数 ($t/km^2 \cdot a$) Z - 侵蚀深度 (mm)

S - 水平投影面积 (m^2) θ - 坡度值

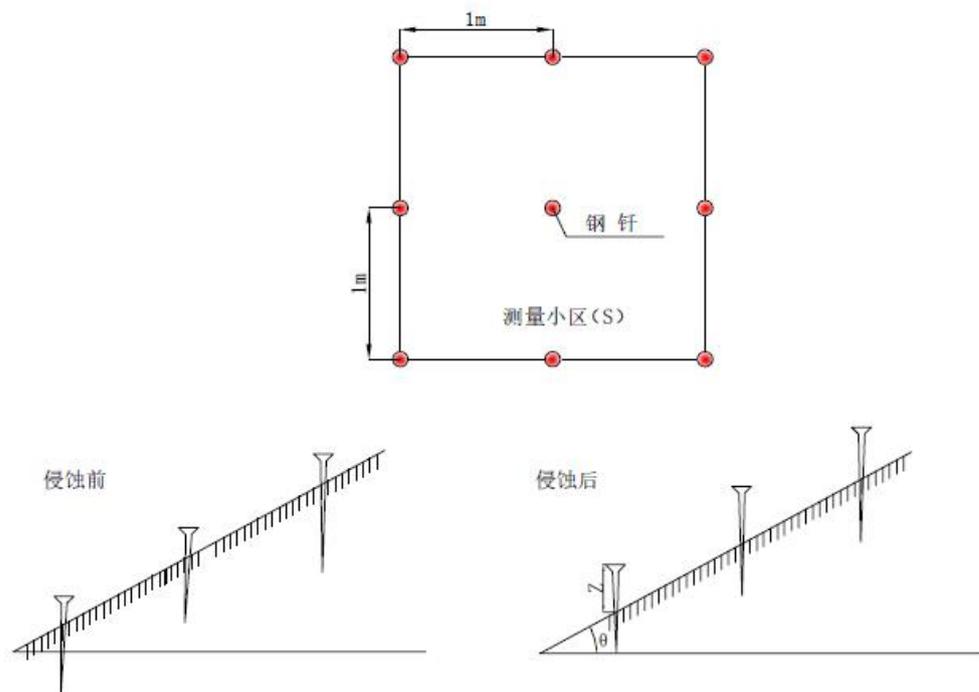


图 2-1 测钎法监测水土流失示意图

测钎法土壤流失观测场记录表如下表 2.2-1。

表 2.2-1 测钎法土壤流失观测场记录表

项目名称					
监测点编号			位置描述:		
监测区域					
建立时间					
测钎长度(cm)	测钎数量				
测钎间距(m)					
测钎编号	高度(mm)	测钎编号	高度(mm)	测钎编号	高度(mm)
测钎 1		测钎 2		测钎 3	
测钎 4		测钎 5		测钎 6	
测钎 7		测钎 8		测钎 9	
平均高度(mm)		土壤流失量(t)		土壤侵蚀模数(t/km ² ·a)	
存在问题及改正意见					

填表人: 建设方代表: 校核人: 调查时间: 年 月 日

- 1、测钎的刻度从顶端开始向下延伸为“+”，向上淤积为“-”；
- 2、“位置描述”：填写 WGS84 坐标；文字描述相对位置；
- 3、“土壤流失量”是指测钎区域内、某段时间内流失的土壤质量。

2.2.2 调查监测法

实地量测的主要内容包括扰动土地面积、损坏水土保持设施数量，与水土流失有关的降雨、大风等气象因子，土石方开挖与回填量，各项防治措施的面积、数量、质量，工程措施的稳定性、完好性和运行情况，河道淤积、水土流失危害、生态环境变化等内容。

主要水土流失因子监测指标和方法如下：

1) 地形地貌监测

① 监测指标和方法

包括地貌类型区、小地形和地面坡度组成两个方面。

地貌类型区：在一定的范围内，各种地貌形态彼此在成因上相互联系，有规律地组合，称之为地貌类型。同一类型有相同的地貌形态组成，反映了一定的外表形态和成因。根据《水土保持综合治理技术规范》，地貌类型划分指标见表 2.2-2。

小地形：应确定每一地块的地貌部位和坡地特征。地貌部位划分如表 2.2-3。坡地特征包括坡位、阶地、坡向、坡度等。坡度一般分五级：小于 5°、5~15°、15~25°、25~35°和大于 35°。然后计算出各级坡度所占面积的数量和百分比。地面坡度的组成对确定土地利用方式，认识水土流失形式和强弱等密切相关。

表 2.2-2 地貌类型区划分指标

阶梯	地貌类型区	海拔高程(m)	相对高差(m)
高原面 4000-1000m	高山区	> 2500	> 1000
	中山区	2000-00	500-1000
	低山区	1500-2000	200-500
	丘陵区（山前台地）	< 1500	< 200
	盆地区（谷地）	可低于 1000	可成负地形
平原面 1000-0m	高原区	1000	< 50
	中山区	> 1000	> 500
	低山区	500-1000	200-500
	丘陵区（山前台地）	< 500	< 200
	洼地区（谷地）	可低于海平面	可成负地形
	平原区	< 200	< 50

表 2.2-3 小地形地貌部位划分

山地	山脊、山坡、山麓
丘陵地	丘顶(梁)、丘波、丘间凹地、丘间低地
沟谷地	沟掌、沟坡、阶地、沟底、滩地、冲积扇

②观测频次

在工程建设前后各一次，施工期间配合监测工作开展来选择监测的次数。

2) 地面组成物质监测

①监测指标和方法

分析工程区的地面组成物质即土壤和形成土壤的主要矿物质。调查主要内容有：土壤类型、土壤质地、土壤厚度、土壤水分含量、土壤养分等。以便采取适应的整地工程与植树种草措施。常见土壤类型主要有砖红壤、红壤、黄壤、褐土、棕壤等。土壤质地分类和野外指感法鉴定，其标准分别见表 2.2-4 和表 2.2-5。土壤厚度、土壤水分含量可调查实测。土壤养分可查阅土壤志或农业区划相关资料。

②观测频次

在工程建设前后各一次，施工期间配合监测工作开展来选择监测的次数。

表 2.2-4 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 2.2-5 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	几乎全是沙粒	感觉全是沙粒,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容易碎	可成球,轻压既碎	勉强搓成不完整的短条
轻壤土	砂粒多,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	全是细腻粉末状感觉	干土块手压不碎,锤击也不成粉末	可成球压扁无裂缝	可成条和弯成圆圈将圆圈压扁无裂缝

2.2.3 遥感监测法

水土保持遥感监测工作,主要按资料准备、遥感监测与影像预处理、解译标志建立、信息提取、野外验证、分析评价和成果资料管理等程序进行。

资料准备,资料准备主要包括项目区地形图、土地利用状况、土壤、植被等资料;

遥感监测与影像预处理,遥感监测主要采用无人机对工程的施工扰动范围进行现场航拍摄影,获取工程现场遥感影像资料。根据任务要求,遥感影像应易于区分土地利用、植被覆盖度、水土保持措施等类型,影像分辨率应优于 0.2m;影像预处理,主要是利用 photoscan 软件对现场影像进行拼接、合成,并进行几何校正和必要的增强处理等,运用地形图进行几何校正时,校正后图面误差不应大于 0.5mm,最大不应大于 1.0mm;

解译标志建立,遥感影像解译前应根据监测内容、遥感影像空间分辨率等进行解译标志的建立,其内容包括土地利用、植被覆盖度等土壤侵蚀因子和水土流失防治状况的典型影像特征,解译标志应通过野外验证,并根据实际情况进行修改补充;



信息提取, 解译标志建立后, 进行航片信息提取, 包括工程区地形地貌、施工扰动范围和水土保持措施情况等, 对遥感影像不能或不易获取的信息, 应结合收集到的资料和现场调查等方法进行补充;

野外验证, 野外验证主要包括解译标志检验、信息提取成果检验、与现有资料有较大差异的解译成果验证等。野外验证, 验证点的平面位置误差应小于所使用的遥感影像的 1 个像元的大小, 图斑属性判对率应大于 90%;

分析评价和成果资料管理, 分析评价方法主要包括综合评判法和模型法, 采用综合评判法和模型法进行土壤侵蚀分析时, 应按照 SL190-2007 的要求执行。并结合土壤侵蚀调查和水土流失防治资料等, 对水土保持遥感监测结果进行合理性分析; 成果资料管理, 在进行遥感解译和野外验证工作完成后, 应进行资料整理。原始数据、中间成果和最终成果均应有元数据, 最终成果可采用 ArcGIS 等软件转化为数字化产品。

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 水土保持防治责任范围

(1) 方案确定的防治责任范围

根据甘肃省水利厅《甘肃省水利厅关于甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持方案报告书的批复》（甘水水保发〔2022〕474号）文件，本工程扰动面积 35.91hm²。

1) 永久占地

永久占地总面积1.81hm²，主要为阀井、泵站、调蓄水池、进场管理道路等。

2) 临时占地

临时占地总面积34.10hm²，主要包括供水工程管线开挖、泵站开挖、调蓄水池开挖、施工生产生活区及施工临时便道等占地。

根据本工程水土保持方案，工程扰动面积即为工程水土流失防治责任范围，即 35.91hm²。

表 3-1 方案确定的水土流失防治责任范围 单位：hm²

防治分区	合计	占地性质	
		永久占地	临时占地
供水管线及附属建筑物工程区	26.54	0.07	26.47
泵站工程区	0.22	0.14	0.08
调蓄水池工程区	0.36	0.20	0.16
施工生产生活区	1.29	0.00	1.29
施工道路区	7.5	1.40	6.10
合计	35.91	1.81	34.10

(2) 监测的防治责任范围

根据项目实际情况及水土保持监测收集到的资料，确定工程实际防治责任范围为31.91hm²。

表 3-2 水土流失防治责任范围监测结果 单位：hm²

防治分区	合计	占地性质	
		永久占地	临时占地
供水管线及附属建筑物工程区	26.27	0.07	26.20
泵站工程区	0.22	0.14	0.08
调蓄水池工程区	0.36	0.20	0.16
施工生产生活区	0.0	0.00	0.00
施工道路区	5.06	1.40	3.66
合计	31.91	1.81	30.10

(3) 工程占地变化情况及原因分析

经监测，本工程防治责任范围实际减少了4.00hm²，其中泵站工程区和调蓄水池区占地均未发生变化，基本无变化，扰动面积发生变化的主要为施工生产生活区、道路区和供水管线及附属工程区，具体变化原因如下：

1) 施工生产生活区：施工生产生活区扰动面积减少1.29hm²，无扰动面积，主要原因是工程采用租用民房的方式供人员和设备使用，未新增施工生产生活区用地。

2) 施工道路区：施工道路区扰动面积减少2.44hm²，主要原因是工程施工过程中管线施工辅助路征占地宽度减少，导致施工扰动面积减少。

3) 供水管线及附属建筑物工程区：供水管线及附属建筑物工程区扰动面积减少0.27hm²，主要原因是工程施工过程中供水管线及附属建筑物工程区临时堆土和堆放管材的临时征占用土地宽度减少，导致施工扰动面积减少。

表 3-3 防治责任范围对比表

分 区	防治责任范围 (hm ²)								
	方案设计			实际情况			增减情况		
	小计	永久占地	临时占地	小计	永久占地	临时占地	小计	永久占地	临时占地
供水管线及附属建筑物工程区	26.54	0.07	26.47	26.27	0.07	26.20	-0.27	0.00	-0.27
泵站工程区	0.22	0.14	0.08	0.22	0.14	0.08	0.00	0.00	0.00
调蓄水池工程区	0.36	0.20	0.16	0.36	0.20	0.16	0.00	0.00	0.00
施工生产生活区	1.29	0.00	1.29	0.00	0.00	0.00	-1.29	0.00	-1.29
施工道路区	7.50	1.40	6.10	5.06	1.40	3.66	-2.44	0.00	-2.44
合计	35.91	1.81	34.10	31.91	1.81	30.10	-4.00	0.00	-4.00

3.1.2 建设期扰动土地面积

根据项目区水土流失特点和主体施工进度，将本工程水土流失分为三个阶段，分别为施工准备期、施工期、自然恢复期。施工准备期较短，主要是施工机械进场、施工临时道路建设；施工建设期为主要阶段，供水工程管线开挖的土石方开挖及其堆放、调蓄水池工程的池体开挖及回填、泵站工程基础开挖及回填，使施工建设期扰动面积达到最高值。在自然恢复期，因施工引起水土流失的各项因素逐渐消失，地表扰动面积逐渐降低，随着各种防护工程的实施和完善，水土流失得到有效控制。

施工准备期，原地貌面积所占比例较高，随着施工道路建设的进展，扰动地表的面积逐渐增大，原地貌所占比例逐渐减少，即水土流失面积逐渐增大，施工准备期水土流失面积最高值为1.52hm²。

施工建设期，随着主体工程全面开展，扰动地表面积增加到最大，经实地测量和调查，本工程施工期的水土流失面积最高值为31.91hm²。

随着供水管线及附属建筑物工程、泵站工程、调蓄水池工程等工程完工，扰动地表面积为施工期扰动面积减去硬化、建构物和水域面积，即为自然恢复期的水土流失面积，经实地测量和资料分析，硬化、建构物和水域面积为1.81hm²，自然恢复期的水土流



失面积为30.10hm²。

工程建设期扰动土地动态监测结果见表 3-4。

表 3-4 工程建设期扰动土地动态监测 单位: hm²

项目	占地性质		
	施工准备期	施工期	自然恢复期
	2022.12	2023.1~2023.11	2023.12~2025.5
供水管线及附属建筑物工程区	0	26.27	26.20
泵站工程区	0	0.22	0.08
调蓄水池工程区	0	0.36	0.16
施工生产生活区	0	0	0.00
施工道路区	1.52	5.06	3.66
合计	1.52	31.91	30.10

3.2 取土（石、料）监测结果

3.2.1 设计取土（石、渣）情况

根据水土保持方案报告书设计，本工程土石方开挖总量为19.07万m³，土石方回填总量20.02万m³，借方0.95万m³，借方为外购，无取土场。

3.2.2 取土（石、渣）场位置及监测结果

经现场调查，工程实际施工过程中，本工程土石方开挖总量为18.09万m³，土石方回填总量18.28万m³，借方0.18万m³，借方为外购，仍无取土场。

3.3 弃土（石、渣）监测结果

3.3.1 设计弃土（石、渣）情况

根据水土保持方案报告书设计，本工程土石方开挖总量为 19.07 万 m³，土石方回填总量 20.02 万 m³，借方 0.95 万 m³，借方为外购，无弃渣。

3.3.2 弃土（石、渣）场位置及监测结果

通过现场调查，并结合查阅工程施工、监理资料，工程土石方开挖总量为 18.09 万



m³，土石方回填总量 18.28 万 m³，借方 0.18 万 m³，无弃渣，无弃渣场。

工程实际土石方监测情况见表 3-3。

表 3-3 土石方平衡监测情况

项目分区	方案设计量 (m ³)			实际土石方量 (m ³)			差值 (m ³)		
	挖方	填方	借方	挖方	填方	借方	挖方	填方	借方
供水管线及附属 建筑物工程区	166121	171458	500	162034	167172	0	-4087	-4286	-500
泵站工程区	1660	1660	0	1594	1580	0	-66	-80	0
调蓄水池工程区	11217	6380	0	10656	5532	0	-561	-848	0
施工生产生活区	1548	1548	0	0	0	0	-1548	-1548	0
施工道路区	10145	19123	8978	6594	8394	1800	-3551	-10729	-7178
合计	190691	200169	9478	180878	182678	1800	-9813	-17491	-7678

与批复的水土保持方案相比，工程土石方开挖、回填量变化量较小，其中开挖量减少 9813m³，填筑量减少 17491m³，借方量减少 7678m³，其主要原因是施工单位在供水管线开挖过程中优化工艺，减少了管槽开挖宽度，施工临时道路占地宽度减少，开挖深度根据现场情况降低，进而导致工程挖填方量均降低。

4 水土流失防治措施监测结果

4.1 工程措施监测结果

4.1.1 工程措施设计情况

根据工程批复的水土保持方案,本工程设计的水土保持工程措施主要有供水管线及附属建筑物工程区的土地整治 26.47hm²,表土剥离及回填 65m³,砾石压盖 500m³;泵站工程区的土地整治 0.08hm²;调蓄水池工程区的土地整治 0.16hm²,砾石压盖 270 m³;施工道路工程区的砾石压盖 8978m³;施工生产生活区土地整治 1.29hm²。

4.1.2 工程措施实施情况

本工程的水土保持工程措施监测主要采用调查、巡查方式进行,各区实施的工程措施如下:

- (1) 供水管线及附属建筑物工程区: 土地整治、表土剥离及回填、砾石压盖;
- (2) 泵站工程区: 土地整治;
- (3) 调蓄水池工程区: 土地整治、砾石压盖;
- (4) 道路工程区: 砾石压盖。

工程实际实施的工程量及进度见表 4-1。

表 4-1 工程措施工程量及实施进度表

分区	措施类型	措施	单位	完成工程量	完成时间
供水管线及附属建筑物工程区	工程措施	土地整治	hm ²	26.20	2023.11
		表土剥离及回填	m ³	62.40	2023.10
		砾石压盖	m ³	500.00	2023.11
泵站工程区	工程措施	土地整治	hm ²	0.08	2023.11
调蓄水池工程区	工程措施	土地整治	hm ²	0.16	2023.11
		砾石压盖	m ³	270.00	2023.11
道路工程区	工程措施	砾石压盖	m ³	7354.40	2023.11

4.2 临时防治措施监测结果

4.2.1 临时措施设计情况

根据工程批复的水土保持方案，本工程设计的水土保持临时措施主要有供水管线及附属建筑物工程区的临时苫盖 22129m²、编织袋拦挡 22m³；泵站工程区的临时苫盖 856m²、编织袋拦挡 2m³、洒水车洒水 90m³；调蓄水池工程区的临时苫盖 1735m²、编织袋拦挡 2m³、洒水车洒水 196m³；道路工程区的洒水车洒水 9000m³；施工生产生活区的洒水车洒水 1548m³。

4.2.2 临时措施实施情况

本工程的水土保持临时措施主要采用全面调查的方式进行，各区实施的临时措施如下：

- (1) 供水管线及附属建筑物工程区：该区实施的措施包括编织袋拦挡、密目网苫盖；
- (2) 泵站工程区：该区实施的措施包括编织袋拦挡、密目网苫盖和洒水；
- (3) 调蓄水池工程区：该区实施的措施包括编织袋拦挡、密目网苫盖和洒水；
- (4) 施工道路区：该区实施的措施为洒水车洒水。

工程实际实施的工程量及进度见表 4-2。

表 4-2 临时防护措施工程量及实施进度

分区	措施类型	措施	单位	完成工程量	完成时间
供水管线及附属建筑物工程区	临时措施	临时苫盖	m ²	22358.00	2023.10
		编织袋拦挡及拆除	m ³	28.00	2023.10
泵站工程区	临时措施	临时苫盖	m ²	896.00	2023.11
		编织袋拦挡及拆除	m ³	3.60	2023.11
		洒水	m ³	320.00	2023.11
调蓄水池工程区	临时措施	临时苫盖	m ²	1846.00	2023.11
		编织袋拦挡及拆除	m ³	2.50	2023.11
		洒水	m ³	408.00	2023.11
道路工程区	临时措施	洒水	m ³	16620.00	2023.11

4.3 水土保持措施防治效果



监测项目组经过现场调查及查阅施工管理制度、主要材料试验报告、工程质量验收评定资料、水土保持工程验收材料、施工月报等资料，对照批复的水土保持方案内容，认为：工程完成的水土保持工程措施、植物措施和临时措施经监理单位质量评定合格，符合相关技术规范要求，措施数量及实施进度基本满足批复的水土保持方案的要求，水土保持措施防治效果明显，满足水土保持要求。

表 4-4 水土保持措施实施及防治效果表

分部工程	防治分区	单元工程	数量	质量评定结果	
				合格	优良
土地整治工程	供水管线及附属建筑物工程区	表土剥离	1	1	0
		表土回覆	1	1	1
		土地整治	27	27	5
	泵站工程区	土地整治	1	1	1
	调蓄水池工程区	土地整治	1	1	0
防风固沙工程	供水管线及附属建筑物工程区	砾石压盖	1	1	0
	调蓄水池工程区	砾石压盖	1	1	1
	道路区	砾石压盖	6	6	5
合计			39	39	13

5 土壤流失情况监测

5.1 水土流失面积

本项目建设主要在 2023 年 1 月~2023 年 11 月进行，结合本工程特点，将本工程水土流失情况分为三个阶段，分别为施工准备期、施工期和试运行期。施工准备期较短，主要是施工机械进场、施工道路建设；施工期为主要阶段，供水工程管线开挖的土石方开挖及其堆放、调蓄水池工程的池体开挖及回填、泵站工程基础开挖及回填等，施工期水土流失面积达到最高值；在试运行期，因施工引起水土流失的各项因素逐渐消失，地表扰动基本停止，随着各种防护工程的实施和完善，逐渐恢复自然状态，水土流失得到有效控制。

项目水土流失面积见表 5-1。

表 5-1 各阶段水土流失面积汇总 单位: hm^2

项目	占地性质		
	施工准备期	施工期	自然恢复期
	2022.12	2023.1~2023.11	2023.12~2025.5
供水管线及附属建筑物工程区	0	26.27	26.20
泵站工程区	0	0.22	0.08
调蓄水池工程区	0	0.36	0.16
施工道路区	1.52	5.06	3.66
合计	1.52	31.91	30.10

5.2 土壤流失量

5.2.1 原地貌侵蚀模数

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)，项目区地处北方风沙区，土壤侵蚀类型以风力侵蚀为主，项目区容许土壤流失量为 $2000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ，水土流失背景综合值为 $4200\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ，以中度侵蚀为主。

5.2.2 各地表扰动类型侵蚀模数



本工程于2023年1月正式开工，至2023年11月，主体工程基本完工。本工程土壤侵蚀监测工作主要针对施工期和试运行初期开展，在现场调查监测和地面观测的基础上，推算出各扰动区的土壤侵蚀模数。根据现场水土保持监测结果，施工期和试运行期土壤侵蚀模数如表5-2所示。

表 5-2 各地表扰动类型年平均侵蚀模数 单位： t/ (km²·a)

分区	监测时段	
	施工期	试运行期
供水管线及附属建筑物工程区	2477.16	2010
泵站工程区	1913.64	735
调蓄水池工程区	3688.85	833
施工道路区	2158.30	1850

5.2.3 各阶段土壤流失量

本工程于2023年1月开工，截止到2025年5月试运行初期，根据对各监测点位土壤流失量监测的结果，结合工程区风力变化情况，通过对土壤流失量监测结果的分析、计算，得出监测点位所代表的地表扰动区域的土壤侵蚀模数，并将得出的土壤侵蚀模数应用于工程区范围内，结合工程区扰动地表面积变化情况监测结果，最终计算各阶段土壤流失量。土壤流失量按以下公式计算：

$$\text{土壤流失量} = \sum \text{侵蚀单元面积} \times \text{侵蚀强度} \times \text{侵蚀时间}$$

根据计算，不同阶段地表扰动类型土壤流失量见表5-3。



表 5-3 各阶段土壤流失量统计 单位: t

分 区	小 计	各区占比	监测时段	
			施工期	试运行期
供水管线及附属建筑物工程区	1107.78	84.50%	976.12	131.66
泵站工程区	2.25	0.17%	2.11	0.15
调蓄水池工程区	20.25	1.54%	19.92	0.33
施工道路区	180.74	13.79%	163.82	16.93
合计	1311.03	100.00%	1161.96	149.06

据表 5-3, 工程自 2023 年 1 月至 2023 年 11 月共造成土壤流失 79.96t, 工程造成的水土流失集中在施工期(2023 年 1~2023 年 11 月), 期间共产生土壤流失 1161.96t, 占整个项目土壤流失总量的 88.63%, 其中供水管线及附属建筑物工程区为重点流失区占整个项目土壤流失总量的 84.50%, 主要是因为项目区管槽开挖、回填施工等。

5.3 弃土(石、渣)潜在的土壤流失量

根据现场调查结果, 本工程无弃渣, 施工过程中临时堆放的土方均已实施防护措施, 无潜在土壤流失发生。

5.4 水土流失危害

经现场监测调查, 工程在建设过程中, 各参建单位均较好地完成了水土流失防治任务, 水土保持工作的三同时要求得到了较好地落实, 根据监测情况, 本工程无重大水土流失危害发生。

6 水土流失防治效果监测结果

6.1 水土流失治理度

根据现场调查结果，主体工程区的供水管线及附属建筑物工程、调蓄水池工程、泵站工程和施工永久道路等工程区均已完成建设或硬化，运行初期水土流失面积主要为供水管线及附属建筑物工程和施工临时道路占地面积共计 30.10hm²，其中施工单位对该部分面积均采取了各项水土保持措施，但除主体工程区外，各区均有覆盖不完善、不到位等情况存在，水土流失治理达标面积共计 23.17hm²，水土流失总治理度为 78.27%，超过方案制定的 77% 的目标，满足验收标准要求。

表 6-1 各防治分区水土流失治理度计算表

项目区	水土流失面积 (hm ²)	永久建筑物、硬化 (hm ²)	水土流失治理达标面积 (hm ²)			水土流失治理度 (%)	
			植物措施	工程措施	小计	效果值	目标值
供水管线及附属建筑物工程区	26.27	0.07	0.00	20.44	20.44	78.06	77.00
泵站工程区	0.22	0.14	0.00	0.06	0.06	89.09	77.00
调蓄水池工程区	0.36	0.20	0.00	0.11	0.11	86.67	77.00
施工道路区	5.06	1.40	0.00	2.56	2.56	78.30	77.00
综合目标	31.91	1.81	0.00	23.17	23.17	78.27	77.00

6.2 土壤流失控制比

工程区属于北方风沙区，容许土壤流失量为 2000t/(km²·a)，目前，经过采取各项水土保持措施进行防治之后，项目区的蓄水保土能力得到了恢复和改善，现状平均土壤侵蚀模数为 1876t/(km²·a)，土壤流失控制比 1.07，满足方案制定的 0.60 的目标要求。

表 6-2 各防治分区控制比计算表

防治分区	土壤侵蚀模数 ($t/km^2 \cdot a$)		土壤流失控制比	
	容许值	效果值	目标值	效果值
供水管线及附属建筑物工程区	2000	2010	0.6	1.00
泵站工程区	2000	1535	0.6	1.30
调蓄水池工程区	2000	1833	0.6	1.09
施工道路区	2000	1850	0.6	1.08
综合目标	2000	1876	0.6	1.07

6.3 渣土防护率

本工程无永久弃渣，临时堆土量为 $182740.4m^3$ ，其中表土堆存量为 $62.40m^3$ ，主体工程回填土石方量为 $182678m^3$ 。施工过程中对 16.44 万 m^3 临时堆土全部采用临时苫盖及临时拦挡措施。因此渣土防护率可达 90% ，超过方案制定的 87.00% 的目标，满足验收标准要求。

6.4 表土保护率

根据监测，本项目水土流失防治责任范围内剥离的表土数量为 $62.40m^3$ ，覆盖保护的表土数量为 $1.5m^3$ ，可剥离的表土资源量为 $65.00m^3$ ，表土保护率为 98.31% ，超过方案制定的 98% 的目标，满足验收标准要求。

6.5 林草植被恢复率

由于项目区属于极干旱区，林草植被恢复率不做定量要求，因此本工程水土保持方案未做植物措施设计，工程实施过程中亦未实施植被建设工程。林草植被恢复率满足验收标准要求。

6.6 林草覆盖率

由于项目区属于极干旱区，林草覆盖率不做定量要求，因此本工程水土保持方案未做植物措施设计，工程实施过程中亦未实施植被建设工程。林草覆盖率满足验收标准要求。

7 结论

7.1 水土流失动态变化

1) 水土流失防治责任范围

根据批复的水土保持方案,本工程水土流失防治责任范围包括项目永久占地和临时占地,面积共计 35.91hm²。

经调查监测,施工期实际防治责任范围共计 31.91hm²,较原方案减少 4.00hm²。

2) 土石方

根据批复的水土保持方案,本工程土石方开挖总量为 19.07 万 m³,土石方回填总量 20.02 万 m³,借方 0.95 万 m³,借方为外购,无弃渣。通过现场调查,并结合查阅工程施工、监理资料,工程实际土石方开挖总量为 18.09 万 m³,土石方回填总量 18.28 万 m³,借方 0.18 万 m³,无弃渣。

与批复的水土保持方案相比,工程土石方开挖、回填量变化量较小,其中开挖量减少 9813m³,填筑量减少 17491m³,借方量减少 7678m³,其主要原因是施工单位在供水管线开挖过程中由于优化工艺,减少了管槽开挖宽度,施工临时道路占地宽度减少,开挖深度根据现场情况降低,进而导致工程挖填方量均降低。

3) 水土保持治理达标评价

水土保持方案确定的水土流失防治目标:水土流失治理度为 77%,土壤流失控制比为 0.60,渣土防护率为 87%,表土保护率为 98%,林草植被恢复率和林草覆盖率不做定量要求。

通过对实际监测结果分析得出:本工程的水土流失防治指标值,水土流失治理度为 78.27%,土壤流失控制比为 1.07,渣土防护率为 90.00%,表土保护率为 98.31%,林草植被恢复率和林草覆盖率均满足方案设计要求。

7.2 水土保持措施评价

1) 工程措施

本工程采取的水土保持工程措施主要为土地整治、表土剥离及表土回复何砾石压



盖等，工程措施施工质量合格，运行正常，有效防治了施工期和运行期的水土流失。

2) 植物措施

本工程位于极干旱区，林草植被恢复率和林草覆盖率不做定量要求，本工程未实施水土保持植物措施，满足方案设计要求。

3) 临时措施

工程主体工程开挖和填筑过程中产生了大量的临时堆放的土石方及裸露坡面，施工单位对此采取了完善的临时拦挡、苫盖和洒水措施，对防治施工期的水土流失起到一定的作用，减少了工程施工对周边环境的不利影响。

7.3 水土保持监测三色评价

根据《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》(办水保[2020]161号)中的相关要求，我公司根据对项目施工期间扰动土地情况、水土流失状况、防治成效及水土流失危害等监测结果，对水土流失防治情况进行了评价，根据相关监测资料，在2023年1季度~2025年1季度，本项目三色评价平均得分为89分，“三色”评价结论为“绿色”。水土保持监测三色评价情况见表7-1。

表 7-1 水土保持监测三色评价情况汇总表

监测季度	三色评价得分	评价结论
2023年1季度	90	绿色
2023年2季度	84	绿色
2023年3季度	84	绿色
2023年4季度	82	绿色
2024年1季度	84	绿色
2024年2季度	92	绿色
2024年3季度	92	绿色
2024年4季度	96	绿色
2025年1季度	96	绿色
综合得分	89	绿色

7.4 存在问题及建议

本工程目前处于试运行阶段，各区域水土流失得到了有效控制，在后续工作中需加强水土保持措施的管护，确保工程措施的有效运行，将土壤侵蚀模数控制在容许土壤流失量以下。

7.5 综合结论

工程建设过程中，各相关单位按照批复的水土保持方案及相关法律法规的要求，履行了生产建设项目水土保持职责，积极实施了防治责任范围内的各项水土保持措施。施工过程中，严格按照施工管理程序，进行了工程施工的优化设计，做到了减少施工扰动面积和工程土石方开挖量，减少了水土流失的发生。

监测结果表明，工程的各防治区的水土保持措施布局合理、可行，较适合于工程建设的实际情况，各项措施质量合格，总体运行情况良好、稳定，有效控制了水土流失防治责任范围内的水土流失及其潜在的危险性，达到了良好的水土保持效果。



8 附图及有关资料

8.1 附图

- 1) 工程地理位置图
- 2) 工程总平面布置图
- 3) 工程防治责任范围图及监测点位图

8.2 有关资料

- 1) 甘肃省敦煌市莫高窟供水工程监测影像资料
- 2) 甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持监测三色评价表
- 3) 《甘肃省敦煌市莫高窟供水工程水土保持方案审批准予行政许可决定书》