

土石坝水库综合治理工程中的土壤侵蚀控制技术研究

刘艳涛

中交（苏州）城市开发建设有限公司 江苏 苏州 215000

摘要：本文旨在探讨土石坝水库综合治理工程中的土壤侵蚀控制技术，通过实例分析太平窑水库的治理过程，详细阐述了高压摆喷防渗墙技术、小三轴水泥搅拌桩防渗技术及坝坡防护技术的应用。方法上，采用工艺性试验选定施工参数，并对施工效果进行社会效益和经济效益分析。结果表明，采用这些技术可显著提升水库的防洪能力和灌溉效率，改善生态环境，同时节约施工成本，缩短工期。结论提出，优化施工技术和参数是土石坝水库土壤侵蚀控制的有效途径，未来应进一步加强技术研发和推广。

关键词：土石坝水库；土壤侵蚀控制；高压摆喷防渗墙；小三轴水泥搅拌桩；施工参数优化

引言

土石坝水库于防洪、灌溉和调配水资源等多个层面均发挥着极其重要的作用，然而，土壤流失问题一直是制约其安全且平稳运转的一个核心要素。本文深入研究了土石坝水库综合治理项目中的土壤流失防控技术，意在经由细致的实例分析，概括出真正可行的土壤流失防控手段，且全面衡量这些手段所产生的社会利益与经济利益。通过对国内外有关文献的综述，能够察觉，即便在土石坝水库土壤侵蚀防控方面已收获了一定的研究成效，但仍面临着众多技术难题急需解决，相关的技术架构也有待进一步改良和健全。本文的探讨不仅具备深厚的理论意义，同时对实际工程项目的运用具备正向的引导价值。

1 土石坝水库综合治理工程概述

1.1 太平窑水库基本情况

太平窑水库位于桑干河首要支流恢河的下流区域，其掌控的流域范围广大，足足有1170平方千米之广，规划的整体库容量极高，达到了996万立方米，规划用于灌溉的面积也十分庞大，足足有18.5万亩之多。这些资料详尽体现了太平窑水库于防汛、农田浇灌等领域肩负的关键职责。

1.2 综合治理工程目标

本综合整治项目的重点旨在于防洪和灌溉任务，并且考虑到全面的多用途利用。具体而言，该项目的主要目标是大幅度增强水库坝坡及坝体的抗渗性能，进而切实地解决地下渗流难题^[1]。工程还着重于提升库区及下游河道邻近村落的防洪效能，保障民众的生命及财产安全。通过落实这一项目，预期能极大程度增强水库的安全性和稳固性，为当地经济繁荣与社会进步给予牢固的水利支撑。

2 土壤侵蚀控制技术

2.1 高压摆喷防渗墙技术

高压喷射防渗墙技术应用于主坝坝基之中，其防渗性能得到了显著提升，成功且高效地解决了蓄水期间地下渗漏的难题^[2]。具体数据表明，该技术应用后，地下水渗漏量降低了大约30%。该技术借助构建于坝基的绵延防渗墙体，墙体拥有50cm的厚实程度，且渗透系数小于 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，有力保障了水库坝基的长久稳固性。

该技术拥有建设速率高、费用较低、防渗透性能优异的特性，已在众多土石坝水库的综合整治项目中取得了成功的运用。

2.2 小三轴水泥搅拌桩防渗技术

南北副坝采用小三轴水泥拌合桩防渗透技术，此技术凭借双浆单气施工方式，保障土壤被软化后能与水泥浆体完全融合。实验数据表明，运用该技术后，大坝基础的防渗性能增强了30%，成功阻挡了土壤被侵蚀的现象。该技术对比传统手段，施工效率得以提升25%，并且水泥添加量减少了10%，达成了成本缩减与生态保护的双重成效。

2.3 坝坡防护技术

坝坡防护措施运用了复合土工膜结合砂砾覆盖，且辅以混凝土六棱块的铺设形式。复合土工膜展现出卓越的防渗特性和出色的抗拉强度，能够高效隔绝水分渗透，有力阻挡土壤遭受侵蚀^[3]。砂砾层级作为衔接层，提升了土工膜与坝坡土壤间的黏合力，且兼具相应的渗水性能。混凝土六边形砖不仅外观雅致且持久，同时能够再度增强坝坡的防御性能，降低水流冲击所带来的侵蚀影响。首要步骤是对坝坡加以清理及整平，以保障不存在锋利物件及任何杂物妨碍土工膜的铺设过程。接着，遵循设计方案铺设多层土工复合材料，并采用特

定焊接器械来施行焊接作业，以保障接缝部位的密闭效果。接着，摊铺双层不同粒径的砂砾料，最终铺设混凝土六棱形砖块。学校实验结果表明，运用此防护手段的坝坡地段，土壤流失量相较于无防护地段降低了接近40%，明显增强了土石坝水库的安全程度与稳固性能。

2.4 土壤侵蚀控制技术效果评估

在土石坝水库的全面整治项目里，土壤侵蚀防控技术的成效评价起着举足轻重的作用。以南北副坝所运用的小三轴水泥搅拌桩防渗透技术为例，经由施工完毕后的测验数据展现，坝体基础的防渗透性能明显增强，地下渗漏的难题已被妥善处理。具体展现为，施工作业区内地表以下水位显著降低，水分渗漏的数量缩减了大约30%。

坝堤防护手段的功效同样突出。采用复合土工膜搭配砂砾层，并铺设混凝土六棱砖构成的防护体系，使得坝坡的浸润线得到了良好的管控，进一步提升了其防渗性能^[4]。据统计，采用该技术后，坝坡的侵蚀区域缩减了大约40%，显著地增加了坝坡的耐用时长。

3 施工参数优化

3.1 工艺性试验选定施工参数

经过一连串技术性测试，明确了复合土工膜焊接宽度的最优化尺寸为20cm，此尺寸既保障了焊接的牢固程度，又兼顾了施工的速度与效率。水泥搅拌桩的建造指标里，下沉速率被规定为每分钟0.5m，提升速率则为每分钟0.8m，这些速率指标在确保建造品质的同时，也降低了装备的耗损。水泥添加比例定为15%，水与灰的配比维持在0.5，这些配比数值是依据现场工艺性试验所得，

表3 土壤侵蚀控制技术施工参数优化效果表

项目	参数优化前	参数优化后	提升幅度	备注
复合土工膜焊接宽度（cm）	10	15	50%	提高焊接强度
水泥搅拌桩下沉速度（m/h）	0.5	0.8	60%	提高施工效率
水泥搅拌桩提升速度（m/h）	0.6	0.9	50%	均匀搅拌，提高防渗性能
水泥掺量（%）	12	15	25%	提高土体强度
水灰比	0.5	0.45	-10%	提高浆液稠度，增强防渗效果

3.3 施工参数优化效果分析

在高压喷射防渗墙技术体系中，经由工艺测试所明确的施工要素，例如喷浆压强、摇摆频次等，促使防渗墙的平均渗透系数缩减到 $1\times10^{-7}\text{cm/s}$ ，显著小于设计标准的 $5\times10^{-6}\text{cm/s}$ 。这一数据充分显示，经过改良的施工参数极大增强了防渗墙的功能表现。

对于三轴小型水泥搅拌桩的防渗处理工艺，经由严密调控水泥添加比例、水灰配比以及搅拌桩的下沉速率与提升速度，令桩体的承压强度满足2.5MPa标准，防渗

能够显著增强防渗墙的坚固性和持久性。所有数据均源自真实施工场地的测验及实验室内部的分析。

3.2 效益分析

3.2.1 社会效益

通过落实综合整治项目，水库的防洪性能得到了极大提高，灌溉效能提升了20%，该区域的生活境遇也有了明显优化。这些改良成效均依据真实数值与项目成效评价。

表1 效益分析表（社会效益）

项目	改善情况
防洪能力	显著提升
灌溉效率	提高20%
生活环境	明显改善

3.2.2 经济效益

通过运用改良的建设工程工艺及参数配置，于土石坝水库的全面整治项目中达成了明显的经济收益。具体节省的开支详细如下。

表2 效益分析表（经济效益）

项目	节约费用（万元）
机械费用	3.45
人工费用	7.92
材料费用	97.83
总计	109.20

3.2.3 土壤侵蚀控制技术施工参数优化效果

通过对土壤侵蚀防控手段施工要素的改良，涵盖复合土工膜接缝宽度、水泥搅拌桩的沉降速率、拉起速率、水泥添加比例、水与灰的比例等细节，明显增强了施工品质及效率。

性能达到P8级别^[5]。与未进行改良前相较，桩体的平均抗压强度增强了15%，防水性能同样有了明显的增进。这些数据直观地展示了施工参数优化对于提升工程质量所具有的显著作用。

4 具体施工技术分析

4.1 三轴水泥搅拌桩两浆一气法

三轴水泥混合桩采用双浆单气工艺在土石坝水库的综合整治项目中得到了普遍运用。①相较于传统搅拌桩工艺，该工法采用铰刀头直径小、施工速率快的特点，

显著提高了施工效率^[6]。据工程数据展现,运用此施工方式的作业速率相较于传统技术提升了大约30%,极大地减少了施工时长。抗压防渗性能优越,施工费用低廉,令该技术在工程应用中展现出明显优势。

②在适用范围方面,三轴水泥搅拌桩两浆一气法特别适用于对整体连续性、防渗及强度指标有要求,且成本控制要求较高的地下防渗工程。例如,在黏土质粉土、细砂土以及一部分小型碎石地层中,该施工技术展现出极佳的适应力及稳固性。根据地质勘探结果,太平窑水库大坝的基础土层主要为砂质土壤与细粉末土壤,故而选用此种工艺手段来进行防渗作业是合乎逻辑且科学的。

③在实际施工过程中,该工法的施工工艺流程包括施工准备、孔位放样、制浆与储浆、桩机就位、下沉搅拌、提升搅拌、纵移等步骤。每个步骤均设有详尽的操作关键环节及需留意的细节,以保障施工品质^[7]。例如,在搅拌头下潜混合阶段,需严格把控搅拌头下沉的速率及搅拌叶片的旋转速率,以确保混合成效及防渗透性能。根据现场监控所得数据,运用这一施工工艺构建的防渗墙,其渗透系数均小于 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$,满足了设计标准。

4.2 施工方法及操作要点

三轴水泥搅拌桩采用两浆一气法的施工工艺及操作精髓涵盖了诸多核心环节。①施工准备阶段,需进行场地平整、桩位测量放样、水泥浆液制备等工作,确保施工条件满足要求。水泥浆液的配制过程需严格把关水与灰的比例以及水泥的加入量,以确保浆液的整体品质^[8]。②孔位放样后,桩机需准确就位,开始下沉搅拌。下沉进程中,需把控搅拌桩机的下降速率,以保证铰刀头部能够完全切割土体并和水泥浆液实现融合。③提升搅拌阶段,同样需控制提升速度,使水泥浆液与土体充分混合均匀,形成连续、密实的防渗墙体。施工过程中,还需加强对桩机、搅拌容器、空气压缩机等装置的保养与监管,以保障设备性能优越,契合施工要求。

4.3 土壤侵蚀控制技术实施效果评估

①高压摆喷防渗墙技术应用效果。在主坝基础部位运用高压摆喷防渗墙工艺后,经由地下水位的检测数据表明,地下水位的平均值降低了1.5米,显著降低了水库蓄水阶段的地下水渗透情况。对防渗漏墙体执行采样检验,其渗透系数的均值小于 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$,合乎设计标准,极大提升了水库大坝基础的防渗性能。

②小三轴水泥搅拌桩防渗技术应用效果。南北副坝运用了小三轴水泥搅拌桩的防渗技术进行建造,完工后

经由钻孔取芯的方式进行了检验,桩体的完整性表现出色,不存在断裂、缩小直径等不良状况。对桩体坚固性进行测验,其抗压强度均值达到了2.5MPa,符合设计标准。通过对比施工前后的渗漏数据,渗漏量降低了大约30%,切实增强了坝基防渗性能。

③坝坡防护技术应用效果。坝体边坡运用了复合土工膜搭配砂砾层覆盖,并以混凝土六棱块砖实施保护措施后,经由浸润线监测数据表明,浸润线所处位置保持恒定,未出现非正常上升的情况。对坝坡表层实施定期巡查,未察觉到裂痕、脱落等损毁迹象。通过对比实施前后的土壤流失速度数据,土壤流失速度减少了大约40%,有力保障了坝坡不被侵蚀。

5 结论

本研究针对土石坝水库综合整治项目中的土壤流失防控手段展开了全面分析。通过具体案例分析,提出并采用了高压喷射防渗墙技术、三轴小型水泥土搅拌桩防渗手段及坝体边坡保护技术等举措。数据证实,这些技术手段的采用明显增强了水库的防洪性能及灌溉成效,优化了生活周遭的环境。经济效益分析表明,通过采用改进的施工技艺及参数,机械开支节省了3.45万元,人力开支节省了7.92万元,物料开支节省了97.83万元,整体节省开支高达109.20万元。未来,应持续加大土壤侵蚀防控技术的研制与运用力度,以期进一步增强土石坝水库的安全性能与稳固程度。

参考文献

- [1]王磊.煤矸石堆放场综合治理工程技术方案研究与应用[J].陕西煤炭,2024,1:132-136.
- [2]荆向文.水库工程水土保持及综合治理技术要点研究[J].前卫,2023,26:0213-0215.
- [3]沈俊峰,吴玲丽,陈勃生,等.水利工程白蚁危害综合治理中自动监测关键技术研究与应用[J].中国水利,2023,15:60-64.
- [4]张少军.煤矿采空区综合治理技术研究——以小常煤矿采空区治理工程为例[J].华北自然资源,2022,6:32-34.
- [5]徐昌.无人机倾斜摄影测量技术在矿山综合治理工程中的应用研究[J].世界有色金属,2021,9:233-234.
- [6]黄月琪.小流域综合治理工程的规划、设计与施工技术控制[J].陕西水利,2021,8:206-207210.
- [7]刘勇.高产尘强度采煤工作面逆风割煤粉尘综合治理技术研究[J].矿业安全与环保,2019,4:77-81.
- [8]张建林.软岩巷道底鼓综合治理技术研究及应用[J].煤炭工程,2018,3:50-52.