

水利工程堤坝多维防渗施工技术应用研究

于友祥

江西建工轨道建设有限公司

摘要: 堤坝, 作为水资源控制和管理的关键结构, 其安全稳定直接关系到下游地区的生命财产安全以及区域生态平衡。因此, 有效的防渗措施成了水利工程设计与施工中的重中之重。综上, 本文将提出水利工程堤坝多维防渗施工技术应用要点, 以供施工单位参考。

关键词: 水利工程; 堤坝; 多维防渗施工技术; 应用要点

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2022.09.116

前言

水利工程堤坝多维防渗施工技术的实施, 不仅能够显著提高工程安全性、延长工程寿命, 还能有效预防灾害、保护水资源, 是水利工程建设不可或缺的重要组成部分。随着科学技术的不断进步, 未来这些防渗技术将更加完善, 为全球水利工程的发展贡献更大的力量。

一、工程概况

此项目属于大中型水利工程, 整个坝身由混凝土制成, 存在导流泄洪区和冲沙放空区。水库大坝兼顾防泄洪和农业灌溉, 是当地重要民生工程。康苏水库大坝的运行总库容为1.25亿 m^3 , 集水面积554 km^2 , 其标准洪水位为135.5m, 该工程区域内地形坡度变化较大, 存在大面积裸露的陡崖, 部分冰雪融水会随着地形结构排入水利工程。同时, 水库大坝内部水位主要受环境、气温等多种因素影响。如4~5月积雪融化, 水位上升, 6~8月气温升高, 雨水增多, 水位随之上升。水库大坝内部存在开阔的河谷, 早晚温差较大, 夏季炎热多雨, 冬季寒冷干燥, 年平均降水量为558mm。

二、水利工程堤坝渗漏危害

当水分通过堤坝体内部的缺陷, 如裂缝、孔隙等, 不断渗透时, 会逐渐侵蚀堤坝内部的材料, 降低其稳定性。长期的水流作用可能导致内部腐蚀、洞穴形成或土质松动, 使得堤坝的承载力逐渐下降, 最终可能出现坍塌或决口现象, 带来灾难性的后果。这种渗漏若在早期没有得到有效控制和修复, 将对堤坝的整体安全构成不可逆的损害。渗漏水携带堤坝内部沉积物和其他悬浮物质进入下游水体, 可能会破坏水体生态平衡, 影响鱼类和其他水生生物的栖息。同时, 渗漏还可能引起水土流失, 降低河流、湖泊的水质, 破坏周边植被, 导致生态系统退化。在一些特殊情况下, 例如含有有毒化学物质的工业废水渗入地下水, 还可能污染地下水资源, 造成更广泛的环境污染问题^[1]。

此外, 堤坝渗漏对周边社区和经济活动产生的负面

影响不容小觑。一方面, 渗漏可能导致下游农田、居民区的洪水风险增加, 对人们的生命财产安全构成威胁。例如, 当堤坝失稳导致突然决口时, 巨大的洪水将对下游社区造成毁灭性的冲击。另一方面, 堤坝工程的维修与加固需要巨额投资, 对地方财政造成压力, 同时也可能影响到水资源的正常供应和水电项目的运行效率, 进而影响到地区工商业的正常发展。堤坝渗漏问题中, 值得注意的是, 这一过程往往是渐进的, 可能在早期不易被察觉, 而一旦发现时, 问题可能已经十分严重。因此, 防患于未然, 加强堤坝工程的日常检测与维护, 采取科学有效的防渗措施, 对于预防和减轻堤坝渗漏带来的危害至关重要。

随着科技的发展, 新型的材料和技术不断涌现, 如高效防渗膜、智能监测系统, 为堤坝渗漏的预防和治理提供了更多的可能性。通过充分利用这些先进技术, 结合严格的工程管理和维护制度, 可以有效地提高堤坝的防渗性能, 保障水利工程的长期安全与稳定, 同时也为保护自然环境、促进社会经济可持续发展做出贡献。

三、水利工程堤坝多维防渗施工技术应用价值

从提高工程安全性角度看, 多维防渗施工技术的应用大大减少了渗水引起的安全隐患。在传统的堤坝构造中, 由于材质、施工技术等限制, 容易出现砂眼、裂缝等缺陷, 成为渗水的通道。水流不仅能通过这些缺陷渗透, 还可能在堤坝体内形成较大的水力作用, 导致内部侵蚀、孔洞扩大甚至发展为渗流道, 最终可能引致堤坝失稳或破坏。而采用多维防渗技术, 比如压喷射防渗砂砾石层的方法、混凝土防渗墙等, 能有效增强堤坝材料的致密性和整体性, 提高结构的抵抗渗透能力, 从而大幅度提升了堤坝工程的安全性能。通过对堤坝内部结构进行有效的防渗处理, 能够显著减缓渗水造成的结构侵蚀^[2]、物料老化等问题, 保持了堤坝结构的稳固性。长期以往, 这对提高堤坝的耐久性、减少维修频率及维护成本都具有显著的益处, 为水利工程的可持续发展奠定

了基础。

此外，从预防灾害角度考虑，有效的防渗措施能够降低由堤坝泄漏、破裂等引发的重大安全事故风险。堤坝一旦失稳甚至坍塌，不仅会造成大量的经济损失，还可能导致重大的人员伤亡和环境破坏，特别是在人口密集或生态敏感的下游区域，其后果不堪设想。因此，将多维防渗技术应用于堤坝工程的建设与维护中，能够有效地减轻这些灾难风险。更进一步地，多维防渗施工技术在水资源的有效利用和保护方面也具有重要的价值。通过确保堤坝的稳定性和防渗效能，可以有效地控制水资源，充分发挥水库、水电站等水利设施的功能，为农业灌溉、城市供水、发电等提供有力支撑。同时，这也有助于减少水体的污染和水土流失，保护水生生态环境，促进区域的可持续发展。

四、水利工程堤坝多维防渗施工技术应用要点

（一）混凝土防渗墙布置方法

地质勘察为混凝土防渗墙的布置提供了科学依据，包括地下水位、土壤类型、土壤层结构及其厚度等参数，这些都是确保防渗墙能有效发挥作用的基础。此外，还需要考虑堤坝的规模、形式以及可能承受的水压力等因素，这些因素共同决定防渗墙的尺寸、形状和深度。混凝土防渗墙的布置方法通常分为几个步骤进行，首先是防渗墙的定位。通常，防渗墙布置在堤坝的基础部位，与堤坝的主体结构紧密相连，形成一个完整的防渗系统^[3]。在定位时，需特别考虑防渗墙与堤坝主体结构间潜在的差异沉降，以及防渗墙两侧水位差所产生的水平渗压力。混凝土防渗墙通常采用现浇混凝土或预制混凝土板，通过特定的施工方法如槽壕挖掘、钢筋笼安装、混凝土浇筑等步骤完成。完成定位后，要制作施工平台，如图1。现浇混凝土墙拥有很好的整体性和适应性，能够根据地质条件合理调整墙体尺寸，更好地适应复杂地形；预制混凝土板能够提高施工效率，缩短工期，但需要严格控制拼接处的密封性。施工过程中的质量控制是防渗墙成功与否的关键，包括对混凝土材料的严格选取，保证混凝土的防渗性能和强度满足设计要求。同时，密封施工缝和预留孔的处理也极其重要，这些部位的处理不当将直接影响防渗墙的整体防渗效果。

混凝土防渗墙的末端布置上，还需要综合考虑墙体接地和连接部位的处理，如图2。合理的接地设计能够确保防渗墙深入到不透水层，有效切断水流路径；而墙体在与其他结构连接处，需要采取严密的密封措施，防止泄漏点的产生。此外，考虑到环保和生态因素，防渗

墙的布置还应尽量减少对周边环境的破坏，尤其是对地下水流的影响。值得一提的是，随着科技的发展，一些新技术和新材料也被引入到混凝土防渗墙的施工中。例如，使用高性能混凝土能够提高墙体的防渗效果和耐久性；应用智能监测技术如光纤传感器，能够实时监控防渗墙的健康状况，及时发现和处理安全隐患。

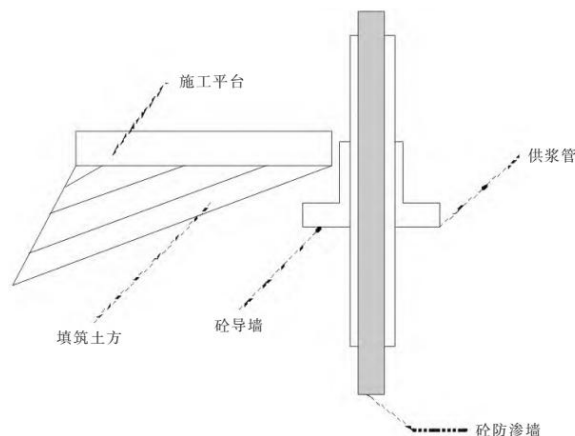


图1 施工平台

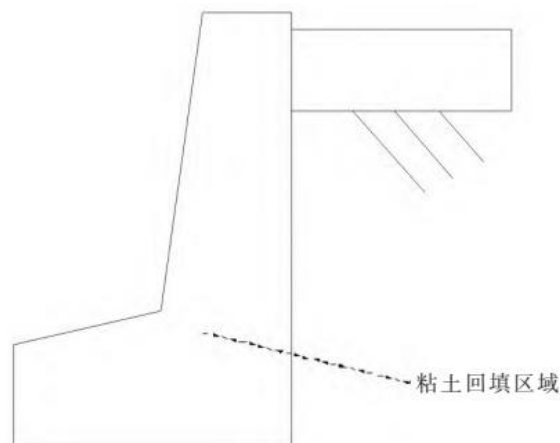


图2 混凝土防渗墙示意图

（二）堤坝帷幕灌浆技术

理想的灌浆材料应具备良好的流动性、适宜的凝固时间、高的防渗性能和较长的耐久性。常用的灌浆材料包括水泥浆、化学浆液等。在选用时，不仅要考虑材料本身的性能，还需结合实际的地质条件、构筑物的特点以及环保要求等因素来综合判断。例如，在裂缝较窄或土质较细的情况下，可能会选择添加适量的细粉料以改善水泥浆的流动性和渗透能力。合理设计的灌浆工艺能够确保灌浆效果，减少资源和时间的浪费。这包括灌浆孔的布设、灌浆压力的选择、灌浆顺序及方法等多个方面。灌浆孔的布置需考虑堤坝的结构、地质条件和预期的防渗效果，以确定合适的孔位、孔深和孔间距^[4]如图

3. 灌浆压力的选择则要保证灌浆材料能够有效渗透至裂隙或空隙中，同时又不能过高以避免对地层或构筑物造成损害。灌浆顺序及方法的确定则需根据具体情况灵活掌握，通常采用由下而上、由内而外的顺序，以层次推进，达到最佳防渗效果。

进行具体的灌浆操作时，精确控制每一步骤的实施是保证灌浆质量的基础。这包括对灌浆材料的配制要严格按照设计要求进行；灌浆过程中要实时监控灌浆压力、流量等参数，根据实际情况调整灌浆参数；同时要注意观察灌浆周边的反应，如土体涌出、地表沉降等，确保灌浆操作的安全性。此外，帷幕灌浆技术的另一个重要环节是灌浆效果的监测与评估。通过地质雷达、地声波检测等现代化监测手段，可以有效评估灌浆后的防渗效果，及时发现灌浆过程中的问题，为后续的调整和补强提供依据。同时，对灌浆效果的长期监测，也是确保堤坝长期稳定运行的重要措施之一。

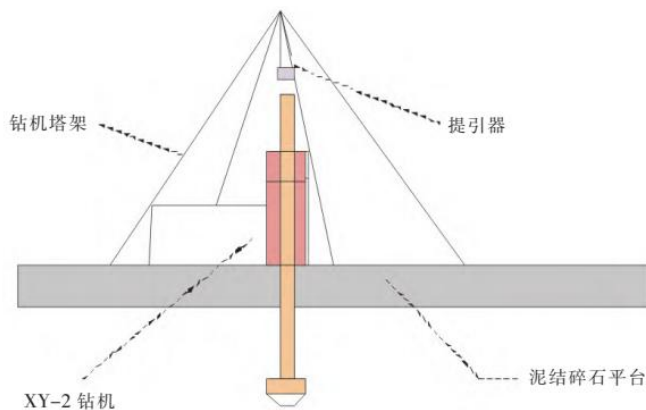


图3 钻孔示意图

（三）高压喷射防渗砂砾石层

压喷射防渗砂砾石层方法是通过高压喷射技术，将含有水泥和其他黏结材料的混合液体，精准地喷射到堤坝的砂砾石层中。这种方法能够在不破坏原有地质结构的前提下，有效渗透并填补砂砾石层中的空隙和裂缝，从而形成一个坚固、连续、具有高度防渗效能的人工复合层，大大提高了堤坝的整体防渗性能。实施该技术的首要步骤是对堤坝现场的周详调查和准确评估，通过对堤坝地质结构、地下水流动状态以及砂砾石层的具体情况等进行深入分析，制定出具体可行的施工方案。这一过程需要依托高精度的地质探测设备以及丰富的工程经验，确保方案的科学性和有效性。随后，技术人员需要精心选择适当的水泥浆配比和添加剂。这要根据砂砾石层的具体条件，如空隙大小、石料成分和地下水化学特性，进行精确调配。合适的水泥浆不仅需要具有良好的

流动性，以便于充分渗透，还要有适宜的凝结时间和最终的强度，确保长期稳定的防渗效果。

操作过程中，采用高压喷射设备是实现防渗效果的关键。这种设备能够将配制好的水泥浆以极高的速度和压力喷射到堤坝的砂砾石层中。通过对喷射压力、角度和速度的精密控制，可以确保水泥浆均匀、有效地渗透到目标层中，补充填密各种空隙和裂缝，达到预期的防渗目的。此外，施工过程中还必须做好严格的质量控制和监测。在施工前、中、后各阶段，通过采用地质雷达、超声波检测技术等现代化手段，对压喷射防渗层的构成、密实度以及防渗效果进行全面的评估和检查。这些监测数据不仅可以为施工过程中的调整提供科学依据，还能确保达到最终的工程质量要求。需要强调的是，虽然压喷射防渗砂砾石层技术在堤坝防渗中展现出了巨大的潜力和优势，但其成功应用还需要依靠高水平的技术支持和丰富的施工经验。施工团队需要具备专业的技术知识，以及对施工设备和材料的熟练掌握，确保在复杂多变的地质条件和工程环境中，能够灵活应对，精确施工，最大限度地发挥出压喷射防渗砂砾石层技术的效能。

结语

水利工程堤坝多维防渗施工技术以其先进的原理和方法，已成为当前水利工程堤坝建设中不可或缺的防渗施工技术之一。通过精心的方案规划、科学的材料选择、精密的施工操作以及严格的质量监控，这一技术能够有效提升堤坝工程的安全性和稳定性，为水资源的保护与利用提供了有力保障。随着科技的不断进步和施工经验的积累，相信在未来的水利工程建设中，水利工程堤坝多维防渗施工技术将会得到更广泛的应用和更深入的发展。

参考文献

- [1] 孙佳文. 灌浆技术在农业水利工程堤坝防渗施工中的应用与效果分析[J]. 中国新技术新产品, 2022, (04): 109-111.
- [2] 刘艳珍. 水利工程施工中堤坝防渗加固技术应用及质量控制[J]. 珠江水运, 2021, (15): 53-54.
- [3] 丁振刚. 灌浆技术在农业水利工程堤坝防渗施工中的应用[J]. 南方农业, 2021, 15(15): 211-212.
- [4] 李泽优. 水利工程施工中堤坝防渗加固技术的应用分析[J]. 居舍, 2020, (07): 41+62.
- [5] 杨东生. 关于水利工程施工中堤坝防渗加固技术的应用[J]. 甘肃科技纵横, 2020, 49(01): 43-45+13.