

水利工程堤坝防渗漏技术研究

张 焯

陕西省榆林市靖边县水土保持工作站, 陕西 榆林 718500

[摘要] 文章探讨了水利工程堤坝防渗漏技术的研究进展。首先介绍了堤坝渗漏的主要原因, 包括地基问题、物质结构不稳定、接缝处理不达标和水体侵袭等。接着, 讨论了多种堤坝防渗技术, 如灌浆防渗、合成材料防渗和生态防渗技术等, 并提供了相关的实例数据和应用效果。特别是生态防渗技术, 不仅提高了堤坝的防渗性能, 还保护了生态环境, 实现了水利工程与生态环境的和谐共生。最后, 介绍了监测与预警技术的应用, 通过多种监测手段实现对堤坝渗漏情况的实时监控和预警, 为堤坝安全运行提供了有力支持。

[关键词] 水利工程; 堤坝; 防渗技术; 监测预警技术

DOI: 10.33142/hst.v6i3.8550

中图分类号: TV543

文献标识码: A

Research on Leakage Prevention Technology for Water Conservancy Engineering Embankments and Dams

ZHANG Ye

Shaanxi Province Yulin City Jingbian County Soil and Water Conservation Work Station, Yulin, Shaanxi, 718500, China

Abstract: The article explores the research progress of leakage prevention technology for hydraulic engineering dams. Firstly, the main causes of dam leakage were introduced, including foundation issues, unstable material structures, substandard joint treatment, and water intrusion. Subsequently, various anti-seepage technologies for embankments were discussed, such as grouting anti-seepage, synthetic material anti-seepage, and ecological anti-seepage technologies, and relevant example data and application effects were provided. Especially the ecological anti-seepage technology not only improves the anti-seepage performance of embankments, but also protects the ecological environment, achieving harmonious coexistence between water conservancy projects and the ecological environment. Finally, the application of monitoring and early warning technology was introduced, which achieved real-time monitoring and early warning of dam leakage through various monitoring methods, providing strong support for the safe operation of dams.

Keywords: water conservancy engineering; embankment; anti seepage technology; monitoring and early warning technology

随着我国水利工程的不断发展, 水利工程的安全稳定运行已成为一个重要的问题。堤坝渗漏是影响水利工程安全稳定运行的主要因素之一。为了解决这一问题, 研究人员不断探索各种堤坝防渗技术。文章将从堤坝渗漏的主要原因、防渗技术、监测预警技术等多个方面对堤坝防渗技术的研究进展进行探讨。其中, 生态防渗技术不仅具有优异的防渗效果, 还能够保护生态环境, 实现水利工程与生态环境的和谐共生。监测预警技术的应用则为堤坝的安全稳定运行提供了重要支持。综合这些技术手段的应用, 我们可以更好地应对堤坝渗漏问题, 实现水利工程的可持续发展。本文的研究成果对推进我国水利工程安全稳定运行和水资源可持续利用具有重要意义。

1 水利工程堤坝防漏的重要意义

水利工程堤坝防渗漏对于确保堤坝安全、保护生态环境和利用水资源具有极为重要的意义。首先, 堤坝是一种重要的水利工程设施, 主要用于控制水流、调节水资源和防洪。堤坝防渗漏是确保堤坝安全稳定的基本要求。渗漏会导致堤坝内部结构逐渐削弱, 降低其抗渗能力, 甚至可能引发堤坝破裂和失效, 造成重大的经济损失和生命财产

安全威胁。其次, 堤坝防渗漏对于维护生态环境具有重要意义。如果堤坝发生渗漏, 可能会导致库区水位下降, 影响水生态系统的平衡和生物多样性。此外, 渗漏水可能会携带有害物质, 污染下游水体, 从而影响环境质量和人类健康。再者, 有效的防渗漏措施能够提高水库的有效蓄水量, 有利于水资源的合理分配和利用。渗漏不仅会浪费宝贵的水资源, 还可能导致水库蓄水量不足, 影响供水、灌溉和发电等多种用途。有效地防渗漏可以提高水资源利用率, 降低供水成本, 有利于社会发展。并且, 堤坝防渗漏可以减缓库区及周边地区地下水位的变化, 降低滑坡和泥石流等地质灾害的风险。渗漏可能导致水库周围地层的饱和度增加, 加剧滑坡和泥石流等地质灾害的发生, 影响周边地区的安全和稳定。最后, 有效的防渗漏措施有助于延长堤坝的使用寿命, 减少维修和改造成本。渗漏会逐渐削弱堤坝的稳定性, 降低其使用寿命。通过采取有效的防渗漏措施, 可以降低堤坝维修和改造的成本, 为国家和社会节省大量资金^[1]。因此, 我们需要采取有效的防渗漏措施和技术, 确保水利工程堤坝的长期安全运行。

2 水利工程堤坝渗漏的主要原因

2.1 容易受到水体严重侵袭

水压力是水体侵袭的基本因素。堤坝上游水体压力大于下游,导致水分子向下游运动。当堤坝内部的抗渗能力不足以抵抗水压力时,水分子就会穿透堤坝材料,造成渗漏。长期的水压力作用可能导致堤坝内部结构发生破裂或变形,进一步加剧渗漏现象^[2]。此外,水流冲刷会对堤坝表面和内部结构产生破坏作用。当水流速度较快时,水体对堤坝的冲击力增大,可能导致堤坝表面的材料磨损、剥落,从而使堤坝抗渗性能降低。长时间的水流冲刷会导致堤坝下游地貌改变,可能引发局部侵蚀、滑坡等现象,进一步加剧堤坝渗漏。水体中的化学物质也可能对堤坝材料产生化学侵蚀作用。长期的化学侵蚀可能导致堤坝材料性能下降,如混凝土碳化、钢筋锈蚀等现象,从而降低堤坝的抗渗性能。水体中的溶解氧、二氧化碳和硫酸盐等物质会与堤坝材料发生化学反应,导致材料结构破坏,增加渗漏风险。

2.2 堤坝物质结构不稳定

水利工程堤坝渗漏在很大程度上与其物质结构的稳定性密切相关。堤坝物质结构不稳定可能导致渗漏,从而影响堤坝的安全性能。首先,堤坝选用的土壤、混凝土等建筑材料可能存在质量问题,如土壤颗粒过大、混凝土不均匀或含有气泡。这些问题都可能导致堤坝内部结构疏松,降低抗渗性能,从而引发渗漏现象。为确保堤坝的物质结构稳定,需选用高质量的材料,并对材料进行严格的质量控制。其次,施工工艺对堤坝物质结构稳定性具有重要影响。施工过程中,可能出现施工质量不合格、密实度不够、抗渗设施安装不到位等问题。这些施工问题会导致堤坝内部结构存在缺陷,使抗渗能力下降,增加渗漏风险。因此,在施工过程中需严格按照设计要求和施工规范进行操作,确保堤坝物质结构的稳定性。外部环境因素也可能影响堤坝物质结构的稳定性。例如,地震、洪水冲刷、气候变化等自然因素可能导致堤坝结构发生变形,从而降低抗渗性能。长期的自然风化作用会使堤坝材料逐渐老化,使其内部结构逐渐削弱,进一步加剧渗漏现象。此外,地质条件和地下水位变化也可能对堤坝物质结构稳定性产生不利影响。堤坝建设地点的地质条件可能导致堤坝抗渗性能降低,增加渗漏的可能性。地下水位的变化可能引发滑坡和泥石流等地质灾害,影响堤坝物质结构的稳定性。

2.3 堤坝接缝问题处理未达标

堤坝混凝土浇筑接缝是渗漏的常见原因之一。在混凝土浇筑过程中,由于施工顺序和施工间隔等原因,堤坝内部可能存在多个浇筑接缝。这些接缝如果处理不当,会形成裂缝、空洞等缺陷,导致堤坝内部抗渗能力下降。为了避免接缝问题,需要在混凝土浇筑过程中严格控制浇筑间隔,确保新旧混凝土间的黏结强度,并采取措施降低混凝土

收缩裂缝的产生。土石防渗墙接缝处理不当也可能导致渗漏。在土石防渗墙施工过程中,墙体的横向、纵向接缝需要进行严密处理,确保防渗墙整体性。如果接缝处理不达标,防渗墙的渗透系数可能增大,从而影响堤坝抗渗性能。因此,施工过程中需要严格按照设计要求进行接缝处理,确保防渗墙的密实度和连续性^[3]。此外,堤坝其他抗渗设施,如混凝土面板、防渗膜、排水系统等,也可能因为接缝问题产生渗漏。这些设施的连接部位需要进行严格的密封处理,以确保堤坝整体抗渗性能。如果接缝处理不达标,设施的密封性能可能受损,导致渗漏问题。因此,在堤坝施工过程中,需要对各种抗渗设施进行细致的检查和处理,确保接缝的密封性。

2.4 堤坝地基建设与标准存在差异

首先,地基的承载能力不足可能导致堤坝渗漏。堤坝地基主要由土壤、岩石等组成,承载能力受到地质条件、土壤类型、地下水位等因素影响。如果地基承载能力不足,堤坝在受到水压力和自重作用下可能发生变形、沉降,从而导致堤坝材料产生裂缝,引发渗漏。因此,在堤坝选址和设计阶段,需要充分考虑地基承载能力,确保堤坝安全稳定。其次,地基渗透性过大会增加渗漏风险。地基的渗透性能受到土壤颗粒大小、土层结构、地下水流动等因素的影响。如果地基渗透性过大,堤坝抗渗性能可能受到削弱,水分子更容易穿透堤坝,导致渗漏。为了降低地基渗透性,可以采取预处理措施,如加固地基、设置防渗层等。此外,地下水位变化也会影响堤坝地基的稳定性和抗渗性能。地下水位上升可能导致地基土壤的承载能力降低,增加堤坝沉降和变形的风险;地下水位下降可能导致地基土壤干裂,进一步影响堤坝的抗渗性能。因此,需要密切关注地下水位变化,采取相应措施调整堤坝设计和运行方式,确保堤坝地基的稳定性和抗渗性能。

3 水利工程堤坝防漏技术研究

3.1 灌浆防漏技术

灌浆防漏技术作为水利工程堤坝防漏技术研究的重要内容之一,主要通过向堤坝内部或地基注入特定类型的灌浆材料,填充裂缝、空洞等缺陷,增强堤坝和地基的抗渗性能。灌浆防漏技术在堤坝渗漏修复、加固和防护等方面具有广泛应用和良好效果。首先,灌浆材料是灌浆防漏技术的关键,其性能直接影响到防渗效果。主要研究内容包括水泥浆、化学灌浆、颗粒灌浆等多种类型的灌浆材料。通过改进灌浆材料的配比、黏结性能、抗渗性能等方面的特性,提高灌浆防漏效果。例如,某研究中采用水泥-黏土-砂浆灌浆材料,注浆后堤坝抗渗指数提高了20%。其次,灌浆工艺是实现灌浆防漏的关键环节,涉及灌浆方法、设备、压力、时间等多个参数。研究目标是优化灌浆工艺,提高灌浆效率和质量,降低灌浆成本。常用的灌浆方法有压力灌浆、自重灌浆、潜孔灌浆等。例如,某水利工程堤

坝渗漏问题采用压力灌浆工艺，注浆压力控制在 0.8-1.2MPa，成功将渗水量降低了 90%。再者，灌浆防漏效果的监测与评价对于堤坝渗漏修复和加固至关重要。研究内容包括灌浆过程监测、灌浆效果评价、渗漏风险分析等。应用声波检测、电磁检测、地质雷达等先进技术，实现灌浆防漏效果的实时监测和评价。最后，灌浆防漏技术与其他防漏技术（如防渗墙、防渗膜等）相结合，可实现堤坝防漏的综合治理。研究如何将灌浆技术与其他防漏技术有机融合，提高堤坝整体抗渗性能，降低渗漏风险^[4]。

3.2 防渗材料研究

防渗材料在水利工程堤坝防漏技术研究中具有重要意义。为了提高堤坝的抗渗性能，研究人员致力于开发高性能防渗材料，如高强度混凝土、改性沥青、高密度聚乙烯（HDPE）防渗膜等。这些材料在具备良好防渗性能的同时，需满足耐久性、抗老化性能及环境适应性等要求。例如，高强度混凝土是一种强度较高、密实度较好的混凝土材料，具有较低的渗透系数，可以显著提高堤坝的防渗性能。某水库大坝采用 C60 高强度混凝土进行修复，在修复后的渗透系数降低了约 60%，有效降低了渗漏风险。改性沥青通过在沥青中添加改性剂，如聚合物、橡胶等，提高沥青的抗渗性能、抗老化性能和抗裂性。某堤坝采用 SBS 改性沥青作为防渗层，经过 5 年运行，防渗层无明显老化裂纹，渗漏问题得到有效控制。高密度聚乙烯（HDPE）防渗膜是一种具有优良抗渗性能、耐腐蚀性和抗老化性能的塑料薄膜。某水库大坝采用 1.5mm 厚的 HDPE 防渗膜作为防渗层，在施工后 3 年的监测数据显示，渗水量降低了约 80%，防渗效果显著。此外，防渗材料的研究还涉及新型复合材料和生态材料。如聚合物改性土、生物活性黏土等，这些材料旨在兼顾防渗性能、环境友好性和可持续性。

3.3 监测与预警技术

在水利工程堤坝防漏技术研究中，监测与预警技术起到关键作用。通过发展先进的堤坝渗漏监测技术，实现堤坝渗漏的实时监测和预警，评估堤坝渗漏风险，为运维决策提供依据。地质雷达（GPR）技术通过向地下发射电磁波，测量波在地下结构中的传播时间和反射强度，以探测堤坝内部渗漏通道和空洞。水利工程利用地质雷达技术检测大坝内部，可以成功发现潜在的渗漏通道，及时进行修复处理，避免安全事故发生。光纤传感技术可以实现堤坝内部温度、应力和渗水等参数的实时监测。水库大坝采用布里渊光纤传感系统监测堤坝渗漏，可以实现对渗水量、渗透路径和漏水点的实时监控，为大坝运行安全提供有力保障。无人机遥感技术可在大范围、高空间分辨率下对堤坝表面进行监测，通过红外、多光谱等遥感手段，识别堤坝表面渗漏和植被异常，为堤坝渗漏评估提供数据支持。利用无人机遥感技术进行表面渗漏检测，可以及时发现潜

在渗漏点，为防渗修复提供准确信息。这些监测与预警技术的应用，可以更加准确地掌握堤坝的实际运行状态，为堤坝安全运行提供保障。通过定期分析和综合评估这些监测数据，工程师们能够更好地识别和评估堤坝的渗漏风险，制定相应的防治措施，并对堤坝的运行状态进行持续优化，确保堤坝的安全稳定运行。

3.4 生态防渗技术

生态防渗技术是一种兼顾堤坝防渗性能和生态环境保护的防渗方法，主要包括生物活性黏土技术、植物根系防渗技术等。这些技术在提高堤坝防渗性能的同时，有利于保护生态环境，实现水利工程与生态环境的和谐共生。生物活性黏土是一种特殊的黏土材料，其主要成分为膨润土与有机高分子聚合物复合材料。生物活性黏土既具有良好的防渗性能，又具有较高的生态适应性和环境友好性。例如，某水库大坝采用生物活性黏土作为防渗层，在施工后 5 年的监测数据显示，渗水量降低了约 75%，同时未对周围生态环境产生显著影响。植物根系防渗技术通过选择具有较强抗渗性能的植物种类，利用植物根系在土壤中的渗透和扩展作用，提高堤坝土体的抗渗性能。利用适宜当地生长的芦苇、香蒲等植物进行堤坝防渗改造。可以减少堤坝的渗水量约 60%，同时改善堤坝周边生态环境。生态护坡技术利用生态材料和植被搭建堤坝护坡，提高堤坝的防渗性能，同时改善堤坝周边生态环境。采用生态护坡技术，利用生物降解纤维和植被构筑护坡，不仅可以提高堤坝的防渗性能，还可以增强堤坝抗冲刷能力，提高生态环境质量。

4 结语

堤坝渗漏问题一直是水利工程建设中的难点和瓶颈，如何实现堤坝的长期稳定运行，是我们面临的重要任务。未来，我们需要继续探索和推广新的防渗技术，不断完善防渗技术体系，同时加强监测预警体系建设，提高防渗技术的可持续性和环保性。在此基础上，我们可以更好地保障水资源的合理利用和人民群众的生命财产安全，实现水利工程建设与生态环境的和谐共生。

[参考文献]

- [1] 刘汉波. 水利工程堤坝防渗漏技术研究[J]. 四川水泥, 2022(1): 80-81.
 - [2] 邹文胜. 水利工程堤坝防渗漏技术探究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022(34): 130-132.
 - [3] 李红华. 水利工程堤坝防渗漏技术研究[J]. 湖南水利水电, 2021(3): 49-50.
 - [4] 岳华. 水利工程堤坝防渗漏技术探究[J]. 现代农村科技, 2022(5): 50-51.
- 作者简介: 张辉(1985.7-), 女, 大连理工大学水利工程, 靖边县水土保持工作站干事, 助理工程师