

穿堤建筑物防渗及漏洞抢险新技术应用

李永赞¹ 孟令勇² 李贯²

1. 中原大河水利水电工程有限公司经开区分公司, 河南 濮阳 457000

2. 濮阳黄河河务局第一黄河河务局, 河南 濮阳 457000

[摘要] 堤防是防洪工程的关键组成部分, 在气候变化和极端天气事件日益频发的背景下, 堤防不仅是防水灾的核心屏障, 还对周围环境的稳定与人民的生命财产安全至关重要。近年来, 随着科技的不断发展, 堤防的防渗技术和抢险手段逐步向智能化、精细化转型。从水泥灌浆、防渗膜到智能监测系统的引入, 都显著提升了堤防的防渗能力与应急响应水平。此文分析堤防防渗及抢险技术的发展现状, 重点探讨新技术的应用以及相关的管理策略。

[关键词] 堤防建筑; 渗漏; 防渗技术; 漏洞抢险; 管理与维护

DOI: 10.33142/ucp.v1i4.14131

中图分类号: TV8

文献标识码: A

Application of New Technology for Anti-seepage and Vulnerability Rescue in Embankment Crossing Buildings

LI Yongzan¹, MENG Lingyong², LI Guan²

1. Economic Development Branch of Zhongyuan Dahe Water Resources and Hydropower Co., Ltd., Puyang, He'nan, 457000, China

2. Yellow River Puyang Bureau, First Yellow River Bureau, Puyang, He'nan, 457000, China

Abstract: Embankments are a key component of flood control projects. Against the backdrop of increasingly frequent climate change and extreme weather events, embankments are not only the core barrier for waterproofing disasters, but also crucial for the stability of the surrounding environment and the safety of people's lives and property. In recent years, with the continuous development of technology, the anti-seepage technology and emergency measures of embankments have gradually transformed towards intelligence and refinement. The introduction of cement grouting, anti-seepage membranes, and intelligent monitoring systems has significantly improved the anti-seepage capability and emergency response level of embankments. This article analyzes the current development status of anti-seepage and emergency technology for embankments, with a focus on exploring the application of new technologies and related management strategies.

Keywords: embankment buildings; leakage; anti-seepage technology; vulnerability rescue; management and maintenance

引言

堤防长期受到水流压力、渗漏等因素的影响, 容易发生裂缝、渗漏甚至塌陷等问题。一旦出现漏洞, 后果可能灾难性, 水灾风险加大, 同时可能对周围的生态环境及基础设施带来严重破坏。近年来, 防渗材料和抢险技术不断创新, 以应对堤防防渗能力不足的问题。新型水泥灌浆技术、土工布复合防渗膜等, 已经成为堤防建设中不可缺少的技术手段。这些技术在提高堤防的抗渗性能方面, 发挥了重要作用。同时, 抢险技术也不断发展, 自动化封堵设备和智能泄水系统等技术的应用, 提升了抢险效率, 增强了堤防的应急响应能力。尽管如此, 仍存在许多挑战, 例如如何根据不同的地质与水文条件, 优化防渗材料的选择与抢险设备的应用等问题。如何提升技术的适应性和设备的可持续性, 依然是亟待解决的难题。

1 堤防建筑物渗漏问题概述

1.1 渗漏问题的常见类型及成因

在水利工程中, 堤防建筑物的渗漏现象十分普遍, 主要包括堤坝基础渗漏、堤体渗漏以及贯穿堤坝结构的渗漏

三种类型。常见的基础渗漏, 多是由于地基不稳固、土壤渗透性过强或地质结构断层等原因引起的。在地基中若含有砂层或砾石层, 则水流极易沿高渗透性的通道渗入堤坝内部, 最终形成基础渗漏问题。至于堤体渗漏, 通常与材料选择不当、施工工艺不足或后期维护不到位密切相关。随着堤体材料的老化, 裂缝逐渐形成并扩展, 抗渗能力显著降低。贯穿堤坝的水工建筑物(如闸门、涵洞、排水管道等)常见的渗漏问题, 则因密封处理不严、接合不当而发生。密封材料还会因长期水流冲刷与季节性温差变化影响而逐渐松动或脱落。因此, 堤防渗漏问题通常表现出复杂性和多样性, 由于地质结构差异及水文条件的变化, 需根据不同地理和气候条件对渗漏成因进行针对性分析, 从而采取适当的防渗措施以提升堤防抗渗效果。

1.2 渗漏对堤防安全及环境的影响

堤体的结构稳固性会因渗漏问题而逐步减弱, 堤体材料在水流持续侵蚀下, 密度降低、内部结构松散, 其抗压能力也随之下降。如若渗漏未能得到及时处理, 局部沉降甚至坍塌的风险将随之增大。特别是在汛期, 当水位波动

显著时，渗漏更可能成为决堤的直接诱因。除此之外，渗漏还会引起水土流失，破坏堤防周边的生态系统。随着渗水的持续，水体中的悬浮物、溶解盐类等污染物沿渗漏通道迁移，使地下水水质可能逐渐恶化。渗漏区域的土壤结构也易受到破坏，从而影响农田生产能力，甚至威胁到道路、桥梁及居民区的安全。渗漏防治不仅是水利工程保障安全的重要措施，区域生态环境与资源的保护亦需依赖防渗手段。

2 穿堤防建筑物的新型防渗技术

2.1 水泥灌浆防渗技术

水泥灌浆防渗技术广泛应用于堤防工程中，其通过将水泥浆液注入渗漏部位，填充裂隙及孔隙，最终构建起一个坚固的防渗屏障。浆液在渗漏区域注入后，迅速流动并固化，形成低渗透性、高强度的防水层，能够有效阻止水流渗透。注入的水泥浆种类可根据不同需求进行选择，常见的有普通水泥浆、微膨胀水泥浆和加固水泥浆等。控制浆液的流动性、注入压力及注入量至关重要，注入过量或不足都会导致防渗效果的下降。与传统防渗技术相比，水泥灌浆的施工方法简单、成本低、原料易得，特别适用于中小规模堤防工程。然而，在面临大范围渗漏的情况下，水泥灌浆的防渗效果可能会受到一定限制。为保证长期有效的防渗功能，灌浆后的堤防需要定期检查，及时补充灌浆，才能确保防渗效果的持续性。

2.2 土工布复合防渗膜技术

土工布复合防渗膜技术利用由多层材料组成的复合膜，通过其高强度及低渗透性特性，阻止水流穿透堤体。复合膜由无纺土工布、编织土工布与高密度聚乙烯膜等材料构成，几层材料叠加后形成一个牢固的防水层。其高强度确保了膜层在抗拉伸与抗撕裂方面的优异性能，能够适应堤防基础的沉降或位移，保障防渗效果的长期稳定。铺设复合膜时，可以将其直接覆盖在堤防表面或嵌入堤防结构中。相比传统的防渗措施，复合膜能够提供更加持久且不受环境变化影响的防渗效果。该技术还具有耐化学腐蚀、耐久性强的特点，能够抵抗长时间的水流侵蚀。然而，铺设过程中接缝处理不当可能导致水流渗漏，因此，接缝部分的严密封闭是确保防渗效果的关键。若接缝未能完全密封，防渗效果将大大降低，进而影响整体的防渗功能。

2.3 高压注浆防渗技术

高压注浆防渗技术通过将浆液以高压注入堤防结构的裂缝或孔隙中，从而填充空隙并形成密实的防渗层。浆液通过高压作用迅速扩展，均匀地填充微小裂缝及孔隙，防止水体渗透。常用的浆液类型包括水泥基浆液及化学浆液，具体选用何种浆液依据渗漏类型及堤防地质条件而定。高压注浆相较于低压注浆技术，具有施工速度快、浆液分布均匀、填充效果好等优势。这项技术能够在短时间内对大范围的渗漏进行修复，尤其适合处理深层渗漏问题。在施工过程中，浆液的注入量、压力及流动性的精确控制至关重要，若注入不当，防渗层可能不均匀，从而影响效果^[1]。因此，必须由经验丰富的技术人员进行操作，确保浆液注

入的精准与及时，保证堤防防渗效果的长期稳定。

2.4 智能监测防渗系统

智能监测防渗系统通过在堤防内安装多种传感器，实时监测堤防内部的水位、温度、应力等数据。采集到的数据将自动传输到中央监控平台，并通过数据分析及时发现渗漏问题。当检测到异常时，系统会自动发出警报，并建议采取紧急措施以避免潜在的破坏。系统还可以预测渗漏发展的趋势，为预防性维护提供科学依据，提高了堤防管理的智能化水平，使得防渗工作更加精确及时。随着传感器技术与数据处理技术的不断进步，未来智能监测系统有望进一步提升堤防的防渗能力与安全性，推动堤防管理向智能化、自动化方向发展。

3 堤防漏洞抢险新技术

3.1 快速堵漏材料应用

在堤防漏洞修复过程中，新型快速凝固材料，如聚氨酯与水凝胶，已被广泛应用于快速修复，能够迅速在裂缝中形成密封，阻止水流渗透。聚氨酯材料的膨胀性可深入裂缝深处，填补细小孔隙，构建坚固的防水屏障；水凝胶则能够在裂缝处迅速硬化，形成高强度的密封层，有效防止水渗透。得益于其极短的固化时间，这些材料能在几分钟内完成初步修复，显著缩短了抢修周期，降低了人工操作的复杂性^[2]。然而，尽管这些材料在短期内表现出色，长期耐久性仍需加强，尤其是在高水压环境下，修复材料的持久性可能受到影响，后期的定期检查与维护工作显得尤为重要。

3.2 自动化封堵设备技术

随着自动化技术的不断发展，自动化封堵设备在应急修复中发挥了巨大的优势，特别是在大规模渗漏事件中，通过集成先进的传感器、控制系统及执行机构，根据实时环境数据自动调节作业参数，确保封堵过程既精准又高效。机械化或自动化设备的应用，减少了人为操作带来的误差与安全风险，抢险人员可以远程操控设备，避免了进入渗漏区域的危险，从而在保障安全的前提下，提升了修复速度。封堵设备的自动调节喷射压力与物料量的功能，确保了封堵层的均匀性与稳定性，从而提高了封堵效果的持久性。未来，随着技术的不断创新，自动化封堵设备将结合更多智能化特性，朝着无人化操作的方向发展，为堤防抢险提供更加高效与精确的解决方案。

3.3 泄水系统智能化改造

堤防泄水系统引入高精度传感器与物联网技术，泄水系统能够实时监控堤防周围的水位与水流情况，从而提前预警潜在风险，并通过自动调节措施避免堤防的进一步渗漏。智能泄水系统不仅能够根据实时水文数据调整泄水流量，减轻堤防的水压，还能预测未来的水文变化，提前做好应对准备。这些系统基于数据分析与历史数据的结合，可以动态调整泄水流量，防止堤防因过大水压而遭受结构性破坏。随着人工智能技术的进步，泄水系统将变得更加智能，能够在面对复杂气候变化与地质条件时，提供更加精准的应对策略，从而提升堤防的安全性及稳定性。

3.4 应急抢险指挥系统

应急抢险指挥系统集成了物联网、传感器网络与大数据分析等技术，能够实时获取灾害预警与现场数据，通过数据分析，系统能够全面掌握堤防结构、渗漏情况以及气象条件，从而科学调度抢修资源。实时监控系統可同步分析各个抢险点的数据，保障了整个抢险过程的信息流与资源流的畅通无阻。指挥系统具备根据历史数据与天气预报进行预测的能力，能够提前识别潜在的风险并做好应急准备。通过智能化、数据驱动的调度与决策，抢险工作得以高效执行，显著提高了修复工作的协同效率^[3]。随着人工智能与大数据技术的进一步发展，应急指挥系统将愈加智能化，能够在复杂情况下进行更加精准的决策，从而进一步提升抢险工作的效果与安全性。

4 堤防防渗及抢险技术的管理与维护

4.1 防渗及抢险技术设备的定期检测

堤防防渗与抢险技术设备的正常运行是防止事故发生的关键。检测不仅仅是对设备外观的检查，更要对关键部件进行详细验证，尤其是注浆系统、泄水装置及智能监测设备等，它们直接影响抢险工作的顺利进行。设备的性能评估应结合使用年限、负荷以及实际工作环境等多方面因素进行。此外，堤防所处环境的变化，如温度与湿度等外部条件，可能加速设备的老化过程，进而影响设备的性能。因此，设备检测的频率需要根据环境的变化做出适时调整。通过定期的检测，潜在的故障可以在发生前被发现，避免因设备故障延误抢险工作。

4.2 建立防渗及抢险技术数据库

在堤防管理中，建立防渗与抢险技术数据库，包含堤防的结构信息、技术参数、设备运行情况以及维护记录等各类数据，使得管理者能在出现问题时迅速找到解决方案，避免因缺乏信息而导致的决策滞后。此外，随着堤防运行情况的不断变化，数据库应持续更新并与实时监控系統相结合，以便于对堤防状态进行动态管理。数据库中的数据不仅用于日常管理，还能在发生渗漏等突发情况时，帮助技术人员快速定位问题并采取有效的应对措施。整合不同领域的的数据，堤防管理者能够获得更准确的技术分析结果，提前识别潜在的技术瓶颈或薄弱环节，进而做出合理的技术调整。

4.3 培训专业防渗与抢险人员

定期开展专业培训，涉及防渗技术、抢险设备的使用、设备故障的排除以及应急操作流程，力求提升工作人员的技术能力，并使其熟悉应急处臵流程。工作人员应不仅掌握现有技术，还要学习新型设备的操作与维护方法。培训重点除了强化理论知识外，更应注重实践操作与应急演练。通过模拟演练，工作人员可以提前熟悉抢险流程，提升面对突发情况时的应变能力^[4]。演练环节中，复杂环境下的应急响应将成为重点，演练内容应涵盖多种可能出现的突发事件，确保工作人员能够在各种情境下冷静高效地作出决策。

4.4 定期更新与维护技术方案

随着时间的推移，堤防结构及外部环境会发生一定的变化，这些变化可能影响原有技术方案的有效性。随着防渗材料与抢险技术的不断发展，新型材料及设备的应用能够有效提升防渗效果，增强堤防的抗风险能力。定期更新技术方案，也有助于克服堤防在运行过程中可能出现的薄弱环节。更新后的技术方案应结合堤防结构变化与环境条件，考虑到新的施工技术与防渗手段，使堤防能够应对极端天气、地质变化等可能影响防渗效果的因素。此外，定期更新技术方案的过程中，还应结合运行数据，结合实际操作的反馈，确保技术方案与堤防运行的实际需求相匹配。每次更新的方案，应着眼于长期安全与稳定运行，确保堤防的防渗与抢险工作能够持续高效地进行。

4.5 成立应急预案与模拟演练机制

应急预案的完善与模拟演练的开展，建立完善的应急预案，可以在堤防出现渗漏或其他突发情况时，快速启动抢险工作，减轻突发事件对堤防结构的影响。应急预案应根据不同的突发情况，设计出多种应对措施，明确各个环节的责任分配，确保各项工作有序进行。模拟不同类型的突发情况，工作人员能够在没有压力的情况下进行反复操作，熟练掌握抢险技能。演练应涵盖堤防受损、泄水装置失效等多种情景，确保工作人员能够应对各种突发事件。演练后的总结，能够帮助识别不足之处，进一步完善应急预案，提升抢险效率。

5 结语

随着全球气候变化加剧，堤防的防渗能力与抢险技术的有效性直接决定了堤防安全的保障。本文介绍的水泥灌浆、防渗膜技术等新型防渗措施，以及智能化抢险设备、自动化封堵技术，都在提高堤防防渗性能和抢险效率方面发挥了重要作用。如何优化防渗技术以适应不同地质和气候条件，如何提升抢险技术的智能化与自动化程度，仍是亟待解决的问题。堤防防渗与抢险技术的创新不仅依赖于技术本身的进步，还需要加强管理体制建设，提高应急响应能力，确保设备的高效性与可持续性。未来的堤防管理应更加注重技术的综合性与系统性，通过数字化与智能化手段，打造更加精确高效的堤防管理系统。

[参考文献]

- [1] 蔡海基. 防渗堵漏施工技术在水工建筑物中的实际应用研究[J]. 水上安全, 2023(7): 188-190.
 - [2] 高洪亮. 浅析水工建筑物的防渗质量控制[J]. 水科学与工程技术, 2024(4): 79-81.
 - [3] 姬玉霞. 后河川水库防洪调度与应急抢险探析[J]. 海河水利, 2023(4): 57-60.
 - [4] 李鸿均. 某堤防特大漏洞险情成因分析、处臵措施及抢险实践[J]. 水利水电技术(中英文), 2022, 53(2): 5-9.
- 作者简介: 李永赞(1984.12—), 男, 毕业院校: 河海大学, 本科学历, 专业: 水利水电工程, 就职单位: 中原大河水利水电工程有限公司经开区分公司, 职务: 副经理, 目前职称: 助理工程师。