

堤防工程防渗处理技术应用及效果分析

刘俊霞 142701198704191823

摘要

堤防工程是我国水利防洪体系的核心组成部分，其防渗性能直接决定堤防工程的运行安全性与使用寿命，本文围绕堤防工程常见渗漏病害的成因展开分析，梳理当前主流防渗处理技术的适用场景与施工要点，结合工程实例分析不同防渗技术的应用效果，总结防渗处理技术的选型原则，为同类堤防工程防渗加固作业提供参考。研究表明，堤防防渗处理需要结合工程地质条件、渗漏等级与工程预算合理选型，复合防渗技术能够兼顾处理效果与成本控制，在大中型堤防工程中具备推广价值。

关键词：堤防工程；防渗处理；渗漏病害；水利工程

一、堤防工程渗漏病害的成因与危害

堤防工程长期处于水文地质环境中，受水体侵蚀、荷载变化与材料老化等多重因素影响，容易出现渗漏病害，若得不到及时处理，会逐步发展为管涌、滑坡甚至溃堤等重大安全事故，威胁沿岸居民的生命财产安全。从病害成因来看，堤防渗漏主要分为三类：第一类是材料自身缺陷导致的渗漏，部分早期修建的堤防工程采用当地土料填筑，土料级配不合理，黏粒含量不足，压实度达不到设计标准，土体本身存在较多孔隙，水体在渗透压作用下容易穿透堤身形成渗流通道。第二类是外部作用导致的结构破损渗漏，堤防运行过程中，受水位周期性涨落影响，堤身会反复承受干湿循环与冻融循环作用，土体结构逐步松散开裂，形成连续渗流通道；此外，动物洞穴、植物根系侵入也会破坏堤身结构的完整性，为渗漏提供通道。第三类是地基处理不到位导致的渗漏，部分堤防工程修建时对地基透水层处理不彻底，地基存在隐伏透水带，长期高水位运行下，渗流会沿着地基透水层向上发展，最终穿透堤身形成渗漏。

堤防渗漏病害的危害会随着渗流发展不断放大，初期渗漏仅表现为堤身背水面潮湿渗水，对结构安全性影响较小，但渗流会不断携带土体中的细颗粒，逐步扩大渗流通道的孔径，进而发展成为管涌，导致堤身内部形成空洞，大幅降低堤防结构的整体稳定性，在高水位作用下极易发生堤身塌陷、滑坡等事故。因此，针对堤防工程开展常态化防渗检测与处理，是保障水利工程运行安全的核心措施。

二、常见堤防工程防渗处理技术应用要点

（一）堤身劈裂灌浆防渗技术

劈裂灌浆防渗技术是利用泥浆压力将堤身沿轴线方向劈裂，向裂缝中灌注黏土水泥泥浆，泥浆凝结后形成连续的防渗帷幕，切断原有渗流通道，该技术适用于堤身整体存在渗漏、但堤基条件较好的堤防工程，施工不需要大规模开挖堤身，对堤防原有结构破坏较小，施工成本较低，适合中小型堤防的防渗加固。施工过程中，首先需要沿堤防轴线布置灌浆孔，孔距一般控制在 2-5m，根据堤身高度确定孔深，要求孔深穿透渗漏层深入相对不透水层 0.5-1m；随后采用逐步升压的方式施加灌浆压力，避免压力过大导致堤身发生隆起变形，灌浆作业按照先疏后密的顺序进行，先施工边缘孔，再施工中间孔，保证泥浆能够充分填充裂缝；灌浆完成后需要对孔口进行封填压实，避免孔口形成收缩裂缝。该技术的核心控制要点是保证灌浆帷幕的连续性，避免出现漏灌导致帷幕存在缺口，影响防渗效果。

（二）高压喷射灌浆防渗技术

高压喷射灌浆防渗技术是利用高压水射流切割破坏原有土体结构，将水泥浆液与土体混合搅拌，凝结后形成连续的防渗墙，该技术对地质条件的适应性较强，既可以处理堤身渗漏，也可以处理堤基透水层渗漏，适用于砂性土、黏性土与碎石土层，在大中型堤防防渗处理中应用广泛。按照施工方式可以分为定喷、摆喷与旋喷三种，防渗工程中一般采用摆喷或旋喷工艺形成连续墙。施工要点为：施工前需要进行现场试喷，确定符合地质条件的喷射压力、提升速度与浆液配合比，一般高压水压力控制在 20-30MPa，水泥浆液水灰比控制在 1:1 到 1.5:1 之间；钻孔完成后将喷射管下放到设计深度，按照预定参数自下而上进行喷射作业，相邻喷射段需要设置不小于 20cm 的搭接长度，保证防渗墙的连续性。

（三）土工膜防渗技术

土工膜防渗技术属于水平防渗技术，是在堤身迎水面铺设高密度聚乙烯土工膜作为防渗层，阻断水体与堤身土体的接触，从而达到防渗目的，该技术适用于堤身迎水面坡度较缓、渗漏范围较大的堤防工程，施工速度快，防渗效果稳定，近年来在堤防除险加固工程中应用逐步推广。施工要点为：首先需要对迎水面堤坡进行整理，清除杂物、尖锐石块，将坡面修整平整，铺设 10-15cm 厚的中粗砂作为垫层，避免土工膜被尖锐土体刺破；随后分幅铺设土工膜，土工膜幅间搭接采用热熔焊接工艺，搭接宽度不小于 10cm，焊接完成后需要对焊缝进行气密性

检测，保证焊接质量；土工膜铺设完成后，需要在表面铺设 20-30cm 厚的素土或混凝土作为保护层，避免土工膜受紫外线照射老化、受水位波动冲刷破坏。该技术的核心是保证土工膜的完整性，焊接施工质量是控制防渗效果的关键。

三、工程应用及效果分析

本次选取某流域堤防除险加固工程作为分析案例，该堤防总长 12.6km，修建于上世纪 70 年代，设计防洪标准为 20 年一遇，经过多年运行，堤身普遍存在渗漏问题，高水位运行时背水面多处出现散浸，局部位置渗流量达到 $0.2\text{L/s}\cdot\text{m}$ ，存在较大的安全风险。工程勘察结果显示，该堤防堤身填筑土料为粉质壤土，压实度仅为 0.86-0.90，堤身存在连续渗流通道，堤基为 2-8m 厚的粉质砂透水层，下部为不透水黏土层。

结合该工程的地质条件与渗漏情况，项目对不同堤段采用差异化防渗处理方案：对于堤身渗漏为主、堤基透水层厚度小于 3m 的堤段，采用劈裂灌浆防渗处理，灌浆孔距 3m，孔深穿透透水层进入下部不透水层 0.5m，浆液采用黏土水泥浆，配合比为黏土:水泥:水=7:2:1；对于堤基透水层厚度 3-8m 的堤段，采用多头深层搅拌水泥土防渗墙处理，墙体厚度 30cm，渗透系数设计要求不大于 $1\times 10^{-6}\text{cm/s}$ 。

处理完成后，项目采用注水试验与汛期高水位观测对防渗效果进行检测，检测结果显示：劈裂灌浆处理段堤身渗透系数由处理前的 $1.2\times 10^{-4}\text{cm/s}$ 降低至 $2.8\times 10^{-6}\text{cm/s}$ ，满足防渗设计要求，汛期达到设计高水位时，背水面无散浸渗漏现象，防渗效果良好；多头深层搅拌防渗墙处理段，墙体完整性检测合格率达到 98.7%，墙体渗透系数平均值为 $3.1\times 10^{-7}\text{cm/s}$ ，远低于设计标准，汛期运行过程中未发现渗漏现象，防渗效果稳定。

四、结语

堤防工程防渗处理是保障水利工程运行安全的核心工作，不同防渗技术具备不同的适用场景，处理效果与成本差异明显，实际工程中需要结合渗漏成因、地质条件与工程预算合理选型，对于渗漏程度较轻、堤基条件好的中小型堤防，可以优先选用劈裂灌浆技术控制成本；对于渗漏风险高、堤基存在深厚透水层的重点堤防，应当选用垂直防渗墙或高压喷射灌浆技术保证防渗可靠性，条件允许时可以采用差异化复合处理方案，兼顾防渗效果与工程经济性。

参考文献

- [1] 张修照. 堤防工程防渗处理施工技术应用探析[J]. 水利科技, 2021, 47(2): 45-47.
- [2] 王新军. 劈裂灌浆技术在堤防防渗处理中的应用效果分析[J]. 黑龙江水利科技, 2020, 48(11): 164-166.
- [3] 李中华. 高压喷射灌浆技术在堤防防渗工程中的应用[J]. 中国水运, 2022, (6): 135-137.