

堤防工程渗流稳定评价与加固技术研究

邓东景

贵州禹润工程建设有限公司 贵州 毕节 551700

【摘要】：堤防属于流域防洪体系的根基性水工建筑物，其长时间运行期间，常遭水文、地质以及人为方面的干扰，常常会遇到渗流隐患，容易引发管涌，流土这些渗透破坏情况的发生，对堤防的安全造成严重威胁。本文根据堤防工程渗流作用机理来梳理常见的渗流破坏类型，阐述规范的渗流稳定评价方法，分析堤防渗流病害的主要原因，总结主流加固防渗技术的适用条件及施工要点。根据工程应用效果，对堤防加固施工方案进行优化，给同类堤防工程隐患治理、渗流控制和长效维护提供技术上的参考依据，提高堤防防洪抗渗能力，保证流域水利安全。

【关键词】：堤防工程；渗流稳定；稳定评价；加固技术；渗透破坏

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.027

1 引言

渗流稳定是堤防工程安全运行的主要指标，对渗流稳定进行科学评价，准确判断堤防隐患等级，选用合适的加固技术，是消除堤防安全隐患的有效措施。本文主要研究堤防工程的防洪、耐久性等问题，研究堤防渗流稳定性评价体系，总结出有效完善的加固技术，结合工程实际完善技术应用的过程，给堤防工程的安全控制提供理论支持和技术支持。

2 堤防渗流破坏类型及作用机理

2.1 常见渗流破坏类型

堤防的渗透破坏有管涌、流土、接触冲刷三种类型。管涌大多出现于砂性土层当中，当高水位渗透水流把细颗粒冲刷到粗颗粒孔隙里去时，就会形成管状的渗流通道，该通道会不断扩宽下去，并且会掏空堤基土体，引发堤防坍塌。流土多发生在黏性土和均匀砂土的地段，渗透水流向上的作用力大于土体自重应力，表层土体隆起、开裂，有土体浮动流失的现象。接触冲刷发生在不同土质相接的地方，水流从土层接触面上流过，冲刷掉接触面的松散土体，使堤防结构损坏加重。

2.2 渗流作用机理

江河水位上升的时候，堤防上下游之间出现水位差，水体受到水压的影响渗透到堤身内部去，从而形成稳定的渗流场。渗透水流对土体会产生渗透力，渗透力的大小与水力坡降成正比。汛期水位持续上升，水力坡降不断增加，当渗透力超过土体颗粒间的粘结强度时，土体结构就遭到破坏。长期渗流会造成土体密实度下降，使土体物理力学性质发生改变，使堤防抗剪强度和稳定受到削弱，再加上雨水的入渗、土体的冻融等因素的影响，会使堤防病害的发展速度更加

迅速。

3 堤防工程渗流稳定评价分析

3.1 评价基本原则

堤防渗流稳定评价要遵循安全性、科学性、实用性原则，根据工程地质勘察数据、水文监测资料、堤防施工档案等开展综合判定。评价过程要考虑到正常水位、汛期高水位、水位骤降等各种情况，全方位查找堤身、堤基、岸坡等主要部分的渗流隐患，并准确找到渗透破坏的风险点，给加固方案的设计给予数据上的支持。

3.2 主要评价方法

(1) 现场勘查监测法：现场勘查用人工巡查与监测设备相结合的方式对堤防表面裂缝、渗水点、土壤软化等表观病害进行排查，布置渗压计、流量计等设备，对堤身浸润线、渗流量、孔隙水压力变化规律进行长期监测。按照监测数据来判定渗流场分布特点，剖析水位变动同渗流量之间的联系，直观判定堤防实时渗流稳定状况。该方法操作简便，适配中小型堤防常态化检测。(2) 数值模拟分析法：利用专业水利计算软件建立堤防三维地质模型，输入土层渗透系数、边界水位、土体力学参数，模拟不同的水文工况下渗流场、应力场分布情况。对浸润线埋深、渗透坡降、单宽渗流量等关键参数进行准确的计算，把计算出的结果与规范允许值比较，从而判断堤防是否有渗透破坏的危险。此法适于对地质情况比较繁杂，结构形式特殊的大堤进行测量，精度高。(3) 公式计算核验法：根据水利工程的设计规范，使用经典的渗流计算公式，计算出堤防下游逸出段的渗透坡降，和土体临界水力坡降比较，判断是否会发生产生流土、管涌破坏。另外还要对堤防抗滑稳定安全系数进行计算，验证在边

坡渗流工况下结构的稳定情况。该方法的计算过程简单,常被用在常规堤防的初步评价以及方案核验当中。

3.3 评价判定标准

根据水利工程堤防设计规范,渗流稳定性评价主要依靠渗透坡度和安全系数这两个指标来判断。正常运行时堤防下游的逸出渗透坡降不大于土体临界水力坡降,抗滑稳定安全系数要控制在规范允许范围内。当监测计算指标超标的时候,就说明堤防存在渗流不稳定性危险,要确定隐患级别并制订加固整改措施。

4 堤防工程主要加固技术及应用

4.1 垂直防渗加固技术

(1) 水泥土搅拌防渗墙:该技术依靠搅拌设备把水泥固化剂和原位土体强行混合在一起,固化之后形成连续致密的水泥土防渗墙体。墙体渗透系数低,结构整体性强,施工无振动、无污染,适合于软土、砂土层堤防加固。施工过程中严格控制搅拌深度、固化剂掺量,保证墙体均匀连续,有效地截断了堤基渗流通道,降低了浸润线高度。(2) 塑性混凝土防渗墙:塑性混凝土具有低弹性模量、良好的变形适应性,可以贴合堤防地基沉降形变,不容易出现开裂破损。用开槽浇筑工艺形成墙体,防渗效果好,适合于深层堤基防渗整治。该技术耐久性较好,适合于大水位、大渗压的复杂环境,多用于大江大河干流堤防加固工程。

4.2 灌浆加固技术

灌浆技术是用钻孔向堤身和堤基裂隙里注入水泥基浆液,浆液凝固后充填土体空洞和裂缝,夯实松散土体,提高土体密实度及抗渗性。常用类型包括高压旋喷灌浆和帷幕灌浆,高压旋喷灌浆适合浅层土体加固,帷幕灌浆多用在深层防渗封堵。施工过程中应控制灌浆压力及浆液配合比,防止压强大造成堤身开裂。

4.3 土工膜防渗加固技术

复合土工膜防渗技术施工方便、成本低,用高密

度聚乙烯土工膜铺设在堤身迎水坡面上,配合使用保护层形成防渗结构,阻隔水体渗入堤身。该技术自重小、柔韧好,可应对边坡微小的变化,适宜于小型堤防表层防渗工程。施工重点把控膜体搭接、锚固工序,防止出现搭接缝隙,防止水流渗透。

4.4 排水减压加固技术

在堤防下游坡脚设置排水暗沟、反滤层,疏导渗透水流,减小下游逸出水力坡降,避免管涌、流土病害的发生。反滤层用级配砂石分层铺设,按细料在上、粗料在下铺设,保证排水通畅,防止土体细颗粒流失。该技术一般会配合垂直防渗结构一起使用,适用于堤基透水层较厚的堤防。

堤防加固方案要实行因地制宜的原则,依照地质状况、防洪标准、工程造价选择适合的技术。浅层渗漏一般采用土工膜、浅层灌浆,深层堤基渗漏用防渗墙加固。复杂堤防可以采用多种技术联合的办法来达到防渗和排水的目的。施工阶段对土体碾压、墙体浇筑、浆液灌注等关键工序实施严格控制,做好质量检测验收工作。建立后期的常态观测体系,及时掌握渗流数据的变化,定时开展病害隐患排查工作,进而达到堤防长期安全维护的目的。

5 结论

渗流失稳是堤防工程最严重的安全隐患,地质条件、施工质量、运维水平一起影响堤防渗流稳定性。规范开展渗流稳定性评价,准确找到隐患点以及等级,是堤防加固治理的前提。水泥土防渗墙、塑性混凝土防渗墙、灌浆技术、土工膜防渗和排水减压技术各有适用的场合,实际工程中应根据工况选择合适的技术,改善施工工艺。今后要不断改善堤防渗流监测技术,引进智能化监测设备,提高隐患发现的准确率。同时改良加固施工材料,研制低成本、高耐久的防渗建材,完善堤防运维管理机制,创建起评价、加固、运维一体化的管控体系,全方位提升堤防工程的防洪抗渗水平,守护流域人民生命财产和生态环境安全。

参考文献:

- [1] 杨春瑞.基于 Autobank 的涉河桥梁工程对堤防渗流稳定的影响及对策研究[J].工程与建设,2026,40(01):17-19.
- [2] 李勇.防洪治理工程堤防渗流稳定分析[J].陕西水利,2026,(02):73-76.
- [3] 沈德录,石浩玮,王逸辰,等.管道穿堤工程对堤防渗流稳定和沉降的影响分析[J].浙江水利水电学院学报,2025,37(05):42-49.
- [4] 王婷.堤防加固工程渗流稳定和堤坡稳定计算与措施[J].陕西水利,2023,(07):70-72.