

水利工程堤防防渗施工技术应用研究

余良缘

中国葛洲坝集团机电建设有限公司 四川 成都 610091

摘要: 水利工程水下混凝土施工技术在水利建设领域占据着举足轻重的地位。本文聚焦水利工程堤防防渗施工技术应用展开研究。首先阐述了堤防防渗施工技术的含义及作用,介绍了常见的灌浆防渗、防渗墙、土工合成材料等防渗技术。接着探讨这些技术在实际中的具体应用情况,涵盖灌浆法、高压喷射法、排水固结法等。此外,还着重分析了防渗效果评估方法,并从新型材料、技术改进、管理控制等方面提出优化策略,旨在提升水利工程堤防防渗施工水平,保障水利工程安全稳定运行,为相关实践提供有益参考。

关键词: 防渗施工技术; 施工管理; 质量控制

引言: 水利工程在防洪、灌溉、供水等方面发挥着关键作用,而堤防作为其重要组成部分,防渗性能直接关系到工程整体安全性与功能性。随着水利事业的发展,对堤防防渗施工技术要求日益提高。当前,多样的防渗施工技术不断涌现,然而在实际应用中如何科学选择、有效实施并确保良好效果仍需深入探讨。

1 水利工程堤防防渗施工技术的含义及作用

1.1 水利工程堤防防渗技术的含义

水利工程堤防防渗技术是指一系列旨在减少或阻止水透过堤防堤身与堤基的方法与手段的总和。它涵盖了多种工艺和措施,从物理层面改变堤身和堤基的渗透特性。例如通过灌浆技术将具有防渗性能的浆液注入孔隙与裂隙,填充并封堵水流通道;或是构筑防渗墙,以混凝土、黏土等材料形成连续的隔水屏障;以及铺设土工合成材料,利用其低渗透性阻止水分渗透。这些技术相互配合,从不同角度对堤防的防渗体系进行构建和完善,以保障堤防在不同水力条件下的防渗性能。

1.2 水利工程堤防防渗技术的作用

水利工程堤防防渗技术的作用至关重要。首先,能有效防止洪水期间堤身和堤基发生渗漏,避免因渗漏导致的土体饱和、强度降低,从而减少滑坡、坍塌等险情发生的概率,保障堤防结构的稳定与安全,为周边地区人民生命财产和经济发展保驾护航。其次,良好的防渗技术可维持堤防内的水位稳定,保证水利工程的正常蓄水、供水和灌溉功能。再者,可减少因渗漏造成的水量损失,提高水资源的利用效率,对水资源的合理调配和可持续利用有着积极的推动作用,在水利工程的长期运行和综合效益发挥方面有着不可替代的地位^[1]。

2 水利工程堤防防渗施工技术

2.1 灌浆防渗技术

灌浆防渗技术是利用压力将特定的浆液注入堤身或堤基的孔隙、裂隙及空洞之中,以达到防渗目的。其浆液材料丰富多样,常见的有水泥浆、黏土浆以及化学浆液等。水泥浆具有强度高、材料易获取的优点,适用于较大裂隙和孔洞的封堵;黏土浆成本较低且对环境友好,可用于一些对防渗要求不是特别高的部位;化学浆液则具有良好的可灌性,能够深入细微裂缝进行有效填充,不过其成本相对较高且可能存在一定环境影响。在施工过程中,首先要精准确定灌浆孔的位置与间距,这需依据堤身和堤基的地质状况、渗漏程度等因素综合考量。然后,严格控制灌浆压力,压力过小可能导致浆液无法充分填充,而压力过大则可能破坏堤身结构。同时,要密切关注浆液的配比与注入量,确保形成连续、密实的防渗固结体,从而有效截断渗流通道,提升堤防的防渗能力。

2.2 防渗墙技术

防渗墙技术是在堤基或堤身中构建一道连续的、具有良好防渗性能的墙体。常见的防渗墙类型有混凝土防渗墙、塑性混凝土防渗墙等。混凝土防渗墙强度高、防渗效果显著,能够承受较大的水头压力,适用于地质条件较为复杂、对防渗要求较高的堤防工程。其施工过程需使用专门的造槽机械,如冲击钻、抓斗等,在地下挖掘出具有一定宽度和深度的槽孔,随后浇筑混凝土,形成连续的墙体。塑性混凝土防渗墙则在保证一定防渗性能的基础上,具有更好的变形适应性,能够较好地适应堤基的不均匀沉降。在施工时,要特别注意塑性混凝土的配合比设计,合理控制膨润土等添加剂的含量,以确保其在满足防渗要求的同时,具备良好的变形特性。防渗墙技术通过构建坚固的防渗屏障,有效阻止了地下水和河水的渗透,为堤防的稳定运行提供了坚实保障。

2.3 土工合成材料防渗技术

土工合成材料防渗技术主要利用土工膜、土工织物等材料来实现堤防防渗。土工膜具有极低的渗透系数，是一种高效的防渗材料，它能够有效阻止水分透过，常铺设在堤身或堤基表面。在铺设过程中，要确保基底平整、坚实，无尖锐物体，防止土工膜被刺破。相邻土工膜之间需采用可靠的连接方式，如焊接或粘接，且要保证足够的搭接宽度，以确保连接部位的密封性和防渗效果。土工织物则主要起反滤和排水作用，它能够防止土颗粒随水流流失，同时排除堤身内的多余水分，与土工膜配合使用可显著提高整体防渗效果。土工合成材料防渗技术具有施工便捷、工期短、成本相对较低等优点，并且能够适应不同的地形条件，在水利工程堤防防渗中得到了广泛应用，为提高堤防防渗性能发挥了重要作用^[2]。

3 水利工程堤防防渗施工技术的具体应用

3.1 灌浆法的应用

灌浆法在水利工程堤防防渗中应用广泛。首先需对堤防渗漏情况进行详细勘察，确定灌浆孔的位置、深度与间距。在施工时，将按特定配比制备的浆液，如水泥浆或化学浆，通过灌浆泵以一定压力注入堤身或堤基的孔隙与裂缝中。对于堤身局部松散或存在孔洞区域，可采用填充式灌浆，使浆液充分填充空隙，增强堤身结构强度与防渗性。若面对堤基的深层渗漏问题，则运用帷幕式灌浆，在堤基中形成连续的防渗帷幕，阻断地下水的渗流路径。在灌浆过程中，要严格控制灌浆压力与浆液流量，压力过高可能破坏堤体结构，过低则无法保证灌浆效果，需实时监测灌浆情况，根据吸浆量等指标调整灌浆参数，确保浆液均匀扩散与填充，最终形成稳定、密实的防渗固结体，有效提升堤防的防渗能力与整体稳定性。

3.2 高压喷射法的应用

高压喷射法借助高压设备产生的强大喷射流冲击、切割地层，同时将浆液与被冲击的土体搅拌混合，形成防渗固结体。施工前，依据堤防地质状况确定喷射方式，如旋喷、定喷或摆喷，并合理设计喷射参数，包括喷射压力、提升速度、旋转速度等。施工时，先将带有特殊喷嘴的喷射管下放到预定深度，然后开启高压泵，使高压浆液或水从喷嘴高速喷出。在旋喷模式下，喷射管边旋转边提升，形成圆柱状固结体；定喷则是喷射管固定方向喷射，形成板状固结体；摆喷是在一定角度范围内摆动喷射，形成扇状固结体。这种方法对不同地层适应性强，能有效处理砂性土、粘性土及含有少量砾石的地层渗漏问题，在处理堤防基础渗漏或堤身局部薄弱

部位防渗加固方面效果显著，可迅速改善堤防防渗性能并提高其承载能力。

3.3 排水固结法的应用

排水固结法主要针对软土地基的堤防防渗工程。其原理是通过在地基中设置排水系统，如砂井、塑料排水板等，缩短排水路径，加速地基土的排水固结过程，从而提高地基的强度和防渗性能。在施工中，首先按设计要求在堤基中打设排水竖井，如砂井的直径、间距和深度都需根据地基土的性质和工程要求精确确定。然后铺设水平排水砂垫层，将竖井与垫层连接起来，形成完整的排水体系。之后在堤身加载，如填土筑堤，使地基土在压力作用下排水固结。随着固结过程的进行，地基土的孔隙比减小，抗渗性增强。同时，结合预压措施，如真空预压或堆载预压，可以进一步加快固结速度，有效减少堤基的沉降和渗漏，为堤防的长期稳定运行奠定坚实基础，尤其适用于软土地基上的新建堤防或需要加固的既有堤防工程。

4 水利工程堤防防渗施工技术的效果评估与优化

4.1 防渗效果评估方法

4.1.1 渗透系数测试

渗透系数测试是评估水利工程堤防防渗效果的关键方法之一。通常采用现场原位测试和室内试验相结合的方式。现场原位测试如抽水试验或注水试验，在堤防的特定区域设置观测井，通过控制抽水量或注水量，测量水位变化，依据达西定律计算出该区域地层的渗透系数。这种方法能直接反映堤身和堤基在实际工况下的渗透特性。室内试验则是采集堤身和堤基的土样，利用专门的渗透仪进行测试。将土样装入渗透仪，在一定的水力梯度作用下，测量通过土样的渗流量，进而计算渗透系数。室内试验可以对不同深度、不同土层的土样分别进行测试，详细了解地层的渗透性能变化。

4.1.2 防渗墙厚度与强度检测

对于采用防渗墙技术的堤防，防渗墙厚度与强度检测至关重要。厚度检测可利用超声波测厚仪，沿防渗墙表面或在钻孔中进行测量。通过发射和接收超声波信号，根据信号传播时间和速度计算出防渗墙的厚度。确保防渗墙厚度符合设计标准是保证其防渗性能的基础，若厚度不足，可能导致防渗能力下降。强度检测主要采用钻孔取芯法，从防渗墙中钻取混凝土芯样，然后在实验室进行抗压、抗拉等强度试验。此外，还可运用无损检测技术，如回弹法、超声回弹综合法等间接评估防渗墙的质量。强度足够的防渗墙才能承受住堤内外的水头压力差，有效阻止水流渗透。

4.1.3 其他相关指标的测试

除了渗透系数和防渗墙厚度与强度检测外,还有其他相关指标用于评估堤防防渗效果。例如,对堤身和堤基的孔隙水压力进行监测,通过在不同深度埋设孔隙水压力计,实时测量孔隙水压力变化。若防渗效果良好,孔隙水压力应处于稳定且较低水平;反之,若孔隙水压力异常升高,则可能存在渗漏隐患。另外,对堤身表面的渗流量进行观测也是重要指标之一。在堤身设置渗流观测点,收集并测量渗水量,对比设计允许渗流量,判断实际渗流情况是否超标。同时,还可对堤身和堤基的土体压实度进行检测,压实度高的土体防渗性能更好。

4.2 防渗施工技术的优化策略

4.2.1 新型防渗材料的研发与应用

随着科技的不断发展,新型防渗材料的研发成为提升堤防防渗性能的重要方向。例如,纳米材料改性的防渗材料,通过在传统防渗材料中添加纳米颗粒,能够显著提高材料的抗渗性、耐久性和抗老化性能。纳米颗粒的小尺寸效应和表面活性可以填充材料内部的微小孔隙,增强分子间的作用力,从而有效阻挡水分子的渗透。此外,智能防渗材料也逐渐崭露头角,这类材料能够根据环境条件的变化自动调节防渗性能。如遇水位上升或水压增大时,材料的防渗结构会自动加密或增强,以适应更高的防渗要求。在应用方面,需要建立完善材料性能评估体系和施工规范,确保新型防渗材料在水利工程堤防中的正确使用,充分发挥其优势,提高堤防防渗的长期稳定性和可靠性,为水利工程的可持续发展提供有力支持。

4.2.2 施工技术的改进与创新

在施工技术改进与创新方面,数字化技术的应用日益广泛。例如,利用 BIM(建筑信息模型)技术对堤防防渗施工进行全过程模拟和优化。通过建立三维模型,可以直观地展示施工场地、防渗结构的布局以及施工流程,提前发现施工过程中可能出现的问题,如不同施工工艺之间的衔接冲突、地下管线与防渗设施的碰撞等,并进行合理调整。同时,自动化施工设备的研发也在推进。例如,自动化灌浆设备能够根据预设的灌浆参数精

确控制灌浆压力、流量和浆液配比,实现灌浆过程的自动化和智能化,提高灌浆质量的稳定性和一致性。此外,新型防渗墙施工技术不断涌现,如采用振冲法结合高压喷射技术形成的复合防渗墙,综合了两种技术的优点,提高了防渗墙的施工效率和防渗效果,为水利工程堤防防渗施工技术的发展注入新的活力。

4.2.3 施工管理与质量控制的加强

加强施工管理与质量控制对于确保堤防防渗施工质量至关重要。建立健全施工管理制度,明确各部门和人员的职责与权限,制定详细的施工流程和质量标准规范。例如,在灌浆施工中,规定严格的浆液制备、运输和灌注流程,以及各环节的质量检验标准。施工过程中的质量监督与检查。采用定期检查与不定期抽查相结合的方式,对施工材料、施工工艺、施工设备等进行全面检查。如对防渗材料的进场检验,包括材料的规格、性能指标等进行严格检测;对施工工艺的执行情况进行现场监督,确保施工人员按照规范操作。建立完善的质量追溯体系,对施工过程中的每一个环节、每一批材料、每一项操作都进行详细记录,以便在出现质量问题时能够迅速查找原因并采取针对性的整改措施,从而有效保障水利工程堤防防渗施工的质量和效果,提高工程的整体安全性和可靠性^[3]。

结束语

水利工程堤防防渗施工技术的研究与应用对水利工程的稳固和效能发挥起着决定性作用。通过对各类防渗技术含义、作用、应用、效果评估及优化策略的深入剖析,可知在实践中需依据工程特性灵活选用技术并严格把控质量。未来,随着科技进步,新型材料与创新技术将持续涌现,施工管理也将更加精细高效。

参考文献

- [1]高学龙. 水利工程堤防防渗施工技术应用的初步探讨[J]. 城镇建设, 2019(4):88-89.
- [2]付强. 水利工程堤防防渗施工技术的应用研究[J]. 中国房地产业, 2019(18):212-217
- [3]朱森东. 刍议防渗施工技术在水利工程堤防中的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2019(22):335-339