

基于现代技术的堤防加固与防渗施工方法研究

刘喜东

陕西省汉中市宁强县水利资源发展服务中心 陕西 汉中 724400

摘要:水利工程并非建成后就“一劳永逸”，后续的防渗透与加固工作同样非常重要。新时代背景下建设单位应借助现代化更为先进的技术手段提升堤防等水利设施的防固与防渗成效，增强其稳定性与安全性。基于此，本文就基于现代技术的堤防加固与防渗施工方法展开研究。首先深入剖析堤防工程常见的裂缝、滑坡、渗漏等病害及其成因；然后系统阐述现代技术在堤防加固与防渗施工中的应用，介绍了目前常见的新型加固防渗材料及施工工艺在防渗施工中的应用。研究表明，现代技术的应用显著提升了堤防加固与防渗施工的质量和效率，为堤防工程的安全运行提供了有力保障，也为后续相关研究和实践提供了参考。

关键词:堤防加固；防渗施工；现代技术

引言

堤防工程在抵御洪水、保护人民生命财产安全方面发挥着关键作用。然而，随着时间推移和自然环境变化，许多堤防工程出现了不同程度的病害，如裂缝、滑坡、渗漏等，严重威胁着堤防的安全稳定。传统的堤防加固与防渗施工方法在一定程度上存在局限性，难以满足现代堤防工程的高标准要求。随着现代科技的飞速发展，新型材料、先进工艺和智能化技术不断涌现，为堤防加固与防渗施工提供了新的思路和方法。研究基于现代技术的堤防加固与防渗施工方法，对于提高堤防工程的抗灾能力、保障社会经济的可持续发展具有重要意义。

1 堤防工程常见病害及成因分析

首先，裂缝是堤防工程较为常见的病害之一。其成因复杂多样，一方面，堤防地基存在不均匀沉降时，由于堤身各部分受力不均，会产生拉应力，当拉应力超过堤防材料的抗拉强度时，就会导致裂缝的产生。例如，堤防修建在软土地基上，若未进行妥善处理，在堤防自重及外部荷载作用下，软土地基会发生不均匀压缩变形，进而引发堤身裂缝。另一方面，温度变化也是导致裂缝的重要因素。在昼夜温差或季节温差较大的地区，堤防材料会因热胀冷缩产生温度应力，当温度应力累积到一定程度，超过材料的抗拉强度时，便会形成温度裂缝^[1]。

其次，滑坡病害同样不容忽视。堤防边坡过陡、填筑材料质量不佳或压实度不足，会降低边坡的稳定性。

当遭遇强降雨时，雨水渗入堤防内部，增加土体自重，同时降低土体的抗剪强度，使边坡土体在重力作用下容易发生滑动。除此之外，地震等地质灾害产生的强大动力作用，也会破坏堤防边坡的原有平衡状态，引发滑坡。

此外，渗漏病害会直接威胁堤防的安全。堤防填筑时若土料含水量控制不当、压实不密实，会形成众多孔隙，为水的渗透提供通道。堤防与建筑物结合部位处理不善，存在缝隙，也会成为渗漏的薄弱环节。另外，堤防长期受到水流冲刷、淘蚀，导致堤身局部变薄或出现空洞，也会加剧渗漏问题的发生。

2 基于现代技术的堤防加固施工方法

2.1 新型加固材料

2.1.1 高性能混凝土

高性能混凝土其实就是一种新型的混凝土材料，虽然采用常规材料和工艺生产，但具备混凝土结构所要求的各项力学性能，以及高耐久性、高工作性和高体积稳定性。通过优化配合比设计和采用高性能材料，这种材料能够实现极低的渗透性，有效阻止水分和有害物质侵入，保护内部钢筋和结构免受侵蚀。同时，高性能混凝土抗压强度显著高于普通混凝土，可达到100MPa以上，部分甚至超过200MPa，适用于承受高压力的工程结构^[1]。高性能混凝土应用于水利堤防加固中能显著提升结构的稳定性和耐久性，减少维修和更换频率，延长使用寿命，降低整个生命周期内的成本，是堤防加固的理想材料。

2.1.2 土工合成材料

土工合成材料主要以人工合成的聚合物为原料制成，将其置于土体内部、表面或各种土体之间，能够发挥加强或保护土体的作用，涵盖土工织物、土工膜、土

作者简介:刘喜东(1975年—)，男，汉族，陕西宁强人，水利水电工程专业高级工程师，水利水电工程与管理专业大专学历。主要研究方向：水利水电工程规划、勘察设计、建设与管理。

工格栅等多种类型,具有重量轻、整体连续性好、施工方便、抗拉强度高、耐腐蚀和抗微生物侵蚀性好等优点。土工合成材料用于堤防加固施工中可有效提升堤防的防渗、排水、加筋和防护功效。例如,土工膜可有效阻止水分渗透,保护堤防免受水害;土工格栅则能增强堤防的抗滑稳定性,防止滑坡等病害的发生。总之,土工合成材料的应用不仅提高了堤防的加固效果,还降低了施工难度和成本。

2.1.3 纤维增强复合材料

纤维增强复合材料由增强纤维材料与基体材料经过缠绕、模压或拉挤等成型工艺制成,具有比强度高、比模量大、材料性能可设计性强、抗腐蚀性和耐久性能好等特点。纤维增强复合材料的应用,不仅增强了堤防的结构强度,还提高了其耐久性和抗灾能力。目前市面上常见的纤维增强复合材料包括玻璃纤维增强复合材料、碳纤维增强复合材料和芳纶纤维增强复合材料等^[2]。在堤防加固中,纤维增强复合材料可用于堤防的裂缝修补、结构补强和抗震加固等方面。

2.2 先进加固工艺

2.2.1 振冲碎石桩加固技术

振冲碎石桩加固技术是利用振冲器产生水平振动力将碎石等粗粒填料挤入周围土层,形成高强度碎石桩,与原土体组成复合地基。该技术在堤防加固中可显著提高地基承载力与抗滑稳定性。施工期间,操作人员应先借助振冲器在预定位置成孔,再分批投入碎石并振密,每段桩体需满足密实电流、填料量和留振时间要求,避免断桩、缩径现象。对于粉细砂等土层,需加填料以获得良好振密效果。该技术适用于砂性土地基,尤其对滑坡除险加固效果显著,也可用于新建或已建堤防、涵闸基础处理,提高抗震防液化能力。其优势在于施工机具简单、处理费用低,能充分利用天然地基强度潜力,且可在软粘土中设置排水碎石桩,加速地基排水固结,提高地基强度。

2.2.2 高压喷射注浆加固技术

该施工方法是借助高压射流冲击破坏土体使浆液与土粒掺和凝结,从而形成防渗板墙或桩体。堤防加固中,该技术的科学运用可有效解决堤防渗漏问题,提高堤防稳定性。具体施工中,应先在预定位置钻孔,放入高压注浆管,通过高压水泵、空气压缩机等设备,按规定要求一边灌注浆液,一边提升注浆管,实现水泥浆和土粒的掺搅混合,逐孔连续进行,最后连接成板墙帷幕。根据工程要求和土质条件可选择单管法、二管法、三管法或多管法等不同施工方法^[3]。该技术具有可灌性

好、可控性强、连接可靠、机动灵活等优点,能适应多种地层和深度,施工场地要求不高,且可用于软基加固,在堤防防渗加固工程中得到广泛应用。

表1 单管法、二管法、三管法或多管法对比

对比项目	单管法	二管法	三管法	多管法
主要工作原理	利用高压水泥浆流冲击、切割、搅拌、渗透土体并与之混合凝固。	高压浆流被高速气流包裹,形成能量更集中、衰减更慢的浆气复合射流。	先利用高压水气复合射流切割破碎土体形成通道,同时或稍后注入低压水泥浆填充置换并与土粒混合凝固。	利用极高能量的水气复合射流彻底破碎土体,形成大空间,再由低压水泥浆填充置换凝固。
主要优点	设备简单,操作方便,成本相对较低。	比单管法切割能力增强,桩径增大,成本适中。	切割能力最强(在三管及以下方法中),桩径最大(在三管及以下方法中),适用于较硬土层和含砾地层。	能力最强,能处理最复杂地层(大卵石、块石、障碍物),形成最大直径、最高强度的桩体。

2.2.3 深层搅拌桩加固技术

深层搅拌桩加固技术利用深层搅拌机将水泥等材料送入软土层深部,与软土充分搅拌,产生物理化学反应,使软土硬结成水泥土,形成具有显著抗水性和整体性的复合地基。深层搅拌桩可用于堤防地基加固和防渗加固,施工时先进行桩位对中、预搅下沉,再制备水泥浆,提升喷浆搅拌,重复上下搅拌,最后清洗设备。搅拌桩可布置成柱状、壁状和块状三种型式,用于堤防地基加固主要采用桩式,用于防渗加固则采用壁状式,将相邻搅拌桩部分重叠搭接,组成水泥土挡墙。该技术最适宜加固饱和软粘土,如淤泥、淤泥质土、粘土等,成桩深度可达30m,采用多头小直径桩成墙深度可达18m,具有施工速度快、造价较低、可充分利用原软土等优点。

3 基于现代技术的堤防防渗施工方法

3.1 新型防渗材料

3.1.1 膨润土防水毯

膨润土防水毯由高膨胀性的钠基膨润土填充在特制的复合土工布和无纺布之间,用针刺法制成。钠基膨润土遇水时吸附自身重量五倍的水,体积膨胀到原来的15-17倍以上,在垫内形成均匀高密度的胶状防水层,有效防止水的渗漏。其具有优异的防水防渗性能,抗渗静水压可达1.0MPa以上,渗透性低。同时,作为天然无机材料,不会发生老化反应,耐久性好,且不会对环境造成不利影响,属于环保材料。

3.1.2 塑性混凝土防渗墙材料

塑性混凝土防渗墙材料是用粘土和(或)膨润土取代普通混凝土中的大部分水泥形成的一种柔性墙体材料。其弹性模量比普通混凝土或黏土混凝土小得多,与周围土体的变形模量相近,能很好地适应地基的变形,大大减小墙体内部的应力,避免墙体开裂^[4]。同时,其还能节约水泥材料,具有低强度、低弹模和大应变等特性。塑性混凝土防渗墙具有弹性模量低、极限应变大的优良特性,在三向受力条件下强度有很大提高,且几乎与围压呈直线增大,大大提高了防渗墙的安全性。

3.1.3 化学灌浆材料

化学灌浆材料是由有机材料配制的浆液,通过灌入地层或裂缝扩散固结,可有效解决水泥灌浆无法处理的细微裂隙问题,主要用于岩土加固、防渗堵漏等工程领域。实际应用中,工作人员可根据工程需求分为环氧树脂类(高强度加固)、聚氨酯类(弹性填充)、丙烯酸盐类(快速堵漏)等类型。化学灌浆材料黏度低,可渗透0.1mm裂隙,固化时间可控,固结体耐久性强。例如环氧树脂固结体抗压强度超60MPa,聚氨酯弹性体伸长率超300%,能适应变形结构,且抗酸碱腐蚀,在潮湿环境中性能稳定,部分材料服役周期超50年。

3.2 先进防渗工艺

3.2.1 混凝土防渗墙施工技术

混凝土防渗墙施工方法实践中需先进行场地平整、测量标高、安装导墙仪器等准备工作,然后根据工程需求选择合适的混凝土材料,如低碱度水泥、矿物掺合料及外加剂,以增强抗渗性和耐久性。具体施工中,工作人员应采用专业的成槽设备,如抓斗机、冲击钻等,按设计要求进行成槽作业。成槽后,通过混凝土搅拌车、泵车等设备,将搅拌均匀的混凝土输送至槽内,并采用振捣器振实,确保混凝土的密实度和抗渗性能。需要注意,必须严格控制浇筑速度和厚度,避免出现施工缝和冷缝。施工结束后,进行必要的养护工作,保证混凝土早期强度和抗渗性。并加强现场监理和管理,对混凝土施工进行全方位监控,确保施工质量符合设计要求和工程标准。

3.2.2 垂直铺塑防渗技术

垂直铺塑防渗技术即利用链斗式挖槽机在堤防中垂直开出槽孔,铺设防渗塑膜并进行回填,形成复合型防渗帷幕。该技术防渗体无接缝,整体性和连续性好,防渗能力强。实践中,需根据地质条件和防渗深度要求,选择合适的开槽设备,如往复射流开槽机、链斗式开槽机等。开槽时,控制槽孔的深度、宽度和垂直度,确

保槽壁稳定。铺设防渗塑膜时,注意相邻两幅之间的搭接宽度和连接质量。回填时,在槽底回填粘土密封,防止水从下部绕渗,再回填与原筑坝土质相同的土,并压实。该技术施工速度快,工程造价低,适用于平原地区截渗深度较小的堤防防渗工程。

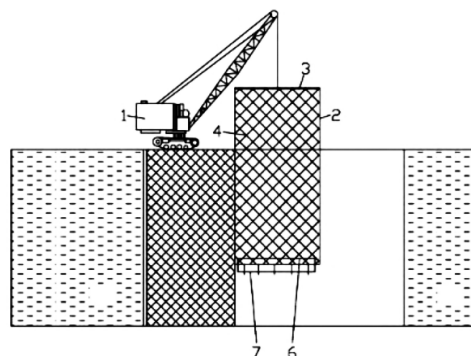


图1 垂直铺塑防渗技术

3.2.3 水平防渗铺盖施工技术

水平防渗铺盖施工技术是在堤防迎水面铺设防渗材料,形成水平防渗层,阻止水分渗透。实践中,需根据堤防的地质条件、水位变化和防渗要求选择合适的防渗材料,如土工膜、复合土工膜等。铺设前,对堤防表面进行清理和平整,确保防渗材料与堤防表面紧密贴合。铺设时,注意防渗材料的搭接宽度和连接质量,避免出现渗漏通道。对于堤防的薄弱部位,如裂缝、孔洞等,需进行特殊处理,如灌浆、填充等,确保防渗效果。铺设完成后,进行必要的保护措施,如覆盖保护层、设置排水设施等,防止防渗材料受到破坏。该技术施工简便,成本较低,适用于堤防迎水面的防渗处理。

结束语

总而言之,基于现代技术的堤防加固与防渗施工显著提升了堤防工程的稳定性和防渗能力。然而,堤防工程情况复杂,未来仍需进一步研究不同技术的优化组合,探索更高效、环保、经济的施工方法,并加强智能化监测技术在施工全过程的深度应用,以更好地保障堤防工程安全,为防洪减灾提供坚实支撑。

参考文献

- [1]王红.水利堤防加固工程防渗墙施工技术研究[J].工程技术研究,2024,9(24):73-75.
- [2]黄进华.防渗截渗技术在水利工程堤防加固处理中的应用探讨[J].治淮,2024,(08):53-55.
- [3]郭建国.浅谈堤防工程防渗加固方案[J].中国新技术新产品,2024,(06):91-93.
- [4]王勇.堤防大坝工程抗渗加固研究[J].中国科技信息,2022,(02):42-43.