

水利工程施工中堤坝防渗加固技术研究

崔同乐

(山东黄河工程集团有限公司第二分公司, 山东 济南 250000)

【摘要】堤坝的防渗加固技术是确保水利工程安全运行的关键环节。本文针对堤坝防渗加固技术的重要性、面临的问题以及优化措施进行了系统阐述。首先强调了防渗加固对于保障堤坝安全稳定、延长使用寿命和提高工程效益的重要作用。其次分析了地质条件导致的渗漏、加固技术的施工难度和成本以及现有技术存在的局限性等问题。最后提出了优化防渗加固技术的建议,包括研发新型防渗材料、优化加固方案设计以及加强施工监管等措施。本文旨在为提高堤坝防渗加固技术水平提供参考。

【关键词】堤坝; 防渗加固; 渗漏; 新型材料

引言:

随着水利工程建设的不断发展,堤坝防渗加固技术日益受到重视。堤坝作为水利工程的核心部分,其安全稳定直接关系到工程的正常运行和下游地区的防洪安全。因此,采取有效的防渗加固措施对于确保堤坝的长期安全运行至关重要。本文将重点探讨堤坝防渗加固技术的重要意义、面临的挑战以及优化方向,为提高堤坝防渗加固技术水平提供参考。

一、堤坝防渗加固技术的重要性

(一) 堤坝安全稳定的保障

堤坝的安全稳定直接关乎水利工程的正常运转和下游地区的防洪安全。渗漏是影响堤坝稳定性的重要因素之一,如果不采取有效的防渗加固措施,将可能引发一系列严重后果。首先,渗漏会导致堤坡失稳,降低整个堤坝的抗滑稳定性,使其面临倾覆或滑移的风险。持续的渗漏不仅会削弱堤身结构的整体承载能力,还会造成堤身重心的偏移,进一步加剧倾覆或滑移的危险性。其次,持续的渗漏会导致浸润线不断上升,影响堤坝的整体稳定性,甚至可能引发内涝或堤坝溃决。一旦大量的渗流汇集在堤身内部,将导致渗流压力的剧增,加之浸润的土体抗剪强度下降,极易引起堤身失稳。一旦发生堤坝溃决,不仅会造成巨大的经济损失,更可能引发严重的人员伤亡,造成重大的人命和财产损失。因此,实施科学合理的防渗加固技术,有效控制和减少渗漏,对于保障堤坝的安全稳定至关重要。

(二) 延长堤坝使用寿命

堤坝在长期使用过程中,由于水流冲刷、温度变化、老化等因素的影响,其防渗体会逐渐发生损

坏和退化。持续的水流冲刷会造成防渗体的机械损伤,温差循环将加剧材料开裂,老化则会降低材料的抗渗性能。如果不及时采取维修和加固措施,这些损伤和退化将会不断积累和加剧,将加速堤坝的老化进程,大幅缩短其使用寿命,给水利工程的正常运行带来严重隐患。相反,通过及时的防渗加固,可以修复已有的损坏部位,提高防渗体的抗渗能力,从而延缓堤坝的老化速度,有效延长其使用寿命。这不仅可以避免频繁的大规模维修或重建,节省了大量的资金投入,也保证了水利工程的持续正常运行,发挥其应有的防洪、灌溉、发电等综合效益,为当地经济发展和民生保驾护航。因此,加强堤坝的日常检查和维护,及时发现并修复存在的问题,对于确保水利工程的安全运行至关重要。

(三) 提高水利工程效益

堤坝的渗漏不仅会影响其自身的安全稳定,也会直接降低水利工程的整体效益。由于渗漏导致的蓄水损失,会减少可用于发电和灌溉的水量,影响发电效率和农业生产收益。例如,某水电站因为渗漏严重,库容只能维持在70%的水位,发电功率下降了30%以上,每年造成数百万元的直接经济损失,同时也间接影响了区域的用电和农业生产。此外,渗漏还可能导致水土流失、河床冲刷等次生灾害,如果发生严重冲刷,甚至会影响河道的通航能力,阻碍货物运输,进一步降低了水利工程的综合效益,对区域经济发展造成不利冲击。相反,有效的防渗加固技术可以最大限度地减少渗漏量,提高蓄水效率,确保充足的水量用于发电和灌溉,充分发挥水利工程在能源、农业等领域的效益。同时,防渗加固还能避免因渗漏而引发的次生灾害,降低相关的

经济损失和环境污染风险，真正发挥水利工程在经济建设、生态保护等方面的综合价值。

二、堤坝防渗加固面临的问题

（一）地质条件导致的渗漏

堤坝的渗漏问题与其所处的地质环境条件密切相关。复杂的地质构造会增加渗漏的风险，例如断裂带、断层破碎带等构造，会形成渗透性较好的通道，加剧渗漏情况。此外，一些高渗透性的地层也会加剧渗漏，如砂卵石层、溶洞发育的岩溶地层等，都可能造成严重的渗漏隐患。在堤坝设计和施工时，如果对这些复杂的地质条件考虑不足，很容易留下“隐患”。除了上述地质构造和地层的影响，一些特殊的地质现象也会导致严重的渗漏问题。其中，溶洞是重要的隐患之一。溶洞可能发育在堤坝基础或堤身内部，一旦与渗流相通，将形成畅通的渗漏通道，引发难以控制的渗漏。另外，管涌是另一种常见的渗漏隐患，这是由于受力不均匀造成的管状流动，可能在堤身或基础上形成“豌豆管”或“沙脉”，也会加剧渗漏。这些特殊情况下的渗漏隐患，给防渗加固技术带来了极大的挑战。

（二）加固技术的施工难度和成本

堤坝防渗加固技术的施工具有一定的难度和风险，主要体现在施工空间狭小、运输条件差以及潜在的安全隐患等方面。对于已建成的堤坝进行加固改造时，施工空间往往十分有限，无法利用大型机械设备，只能采用人工或小型机具作业，这大大增加了施工的难度和工期。同时，施工材料和设备的运输也面临一定的困难，需要绕行或专门开辟道路，增加了施工的成本和组织的复杂程度。另一方面，部分加固技术存在一定的施工安全隐患，如注浆加固过程中的涌浆风险、搭接钢筋加固时的高空作业风险等，都需要采取相应的安全防护措施，进一步增加了施工的难度和成本投入。此外，像注浆加固、钢筋搭接等技术还需要投入大量的人力、物力和财力，整体施工成本较高，对于一些经费有限的工程而言，实施这些技术存在一定的经济压力。

（三）现有加固技术存在局限性

目前应用于堤坝防渗加固的技术种类虽然较多，但各自都存在一定的局限性，在不同的应用场景下防渗效果有待提高。传统的防渗体加固方法如黏土墙、膨胀土垫层等，虽然操作相对简单，但防渗性能有限，且无法从根本上解决渗漏问题，只能

起到临时的补救作用。而新型的化学注浆加固技术虽然具有良好的防渗效果，但在一些特殊地质条件下的适用性仍有待验证，如溶洞、岩溶地区等。此外，现有加固技术在环保性、耐久性等方面也存在不足。例如，一些化学材料的注浆加固技术可能会对地下水环境造成污染；而搭接钢筋加固虽然可提高抗渗性能，但钢筋易生锈腐蚀，影响加固效果的持久性。部分加固技术对地质条件的要求较为苛刻，不具备普遍适用性，限制了其推广应用。总的来说，现有堤坝防渗加固技术在防渗效果、环保性、经济性、适用范围等方面仍有待进一步改进和优化，以更好地满足不同工程的实际需求。

三、堤坝防渗加固技术的优化

（一）新型防渗材料的研究与开发

材料是防渗加固技术的基础，研发出性能优异的新型防渗材料将有助于提高防渗加固的效果和适用范围。未来，新型防渗材料的研发应当具备优异的防渗性能，能够有效阻隔各种类型的渗流，适用于不同的地质和工程环境。其次，新材料还需具备自愈合等智能化功能，一旦出现裂缝或损坏，能够自动修复，实现持续的防渗功能，从而延长防渗体的使用寿命。新材料应当符合环保要求，对环境无污染，满足可持续发展的需求。

此外，新材料的制备成本也需要经济合理，以确保加固技术的经济性。除了具备智能化、环保和经济等优势，新型防渗材料在实际应用中还需要考虑抗老化、抗侵蚀等长期稳定性能。一些新材料虽然在短期内表现出优异的防渗性能，但长期暴露于水流、温度、化学物质等环境下，可能会加速老化、降解，从而影响其防渗效果。因此，在研发过程中，应当模拟并评估材料在实际工程条件下的长期稳定性，确保其可以长期发挥防渗作用。

例如，一种新型的智能防渗材料——纳米粒子改性黏土矿物，通过在黏土矿物中引入纳米粒子改性，赋予其智能响应和自愈合的功能，具有很大的应用前景。当材料发生损伤时，纳米粒子能够检测到损伤信号，并自动活化、迁移至损伤部位，堵塞裂缝或孔洞，实现自我修复，大大延长了材料的使用寿命。这种智能防渗材料不仅具有优异的抗渗性能，而且还具有较好的环保性和经济性。由于自愈合功能，可大幅减少维修和更换的需求，降低使用成本。同时，该材料来源于天然矿物，环保无污染。此外，纳米粒子改性工艺较为简单，原材料丰富，生产成本相对较低。该智能防渗材料综合了多

种优势，必将在水利工程的防渗加固领域发挥重要作用，有望广泛应用于堤坝、水库等重要水利设施，为其提供长期可靠的防渗保护，确保水利工程的安全高效运行。

（二）加固方案设计与优化

针对不同的堤坝情况和地质条件，需要优化加固方案的设计，以发挥最佳的防渗作用。加固方案的优化设计可以借助数值模拟等手段，预测并比较不同加固方案在特定条件下的防渗效果，选择最优的加固方式。同时，还可以结合工程实践经验，分析各种加固技术的适用性和局限性，为方案设计提供参考。针对复杂的地质和工程环境，可以将多种加固技术相结合，发挥各自的优势，提高整体的加固效果。在加固方案优化设计时，还需要充分考虑经济性因素。不同的加固技术其成本存在较大差异，应结合工程预算、效益分析等，选择经济合理的加固方式。同时也要评估加固工程的后期维护成本，确保长期经济效益最大化。此外，在满足防渗要求的前提下，应尽可能选择施工工期短、操作简便的加固技术，以提高工程进度和施工质量。总之，加固方案设计需要统筹考虑防渗效果、经济性、施工难易度等多方面因素，才能获得真正优化的结果。

例如，对于一座位于溶洞发育地区的堤坝，单一的注浆加固技术可能难以彻底解决渗漏问题。可以先采用水泥等固化材料对溶洞进行充填，切断主要的渗流通道；然后在堤身内外进行注浆加固，提高防渗性能；最后在下游一侧设置排水系统，收集和排除残余的渗流。这种组合式的加固方案，能够更有效地解决复杂环境下的渗漏问题。在实施该组合加固方案时，还需要注意施工技术和质量控制。溶洞充填作业应严格把控注浆压力、扩散范围等，避免出现空洞未充实或堤身损坏的情况。堤身注浆时也需要精心设计注浆位置、顺序和参数，确保渗流区域得到全面加固。

（三）加强施工过程的监管和检查

施工质量是保证防渗加固技术发挥作用的关键。因此，需要加强对施工过程的监管，严格按照设计要求和施工规范操作，确保加固质量。施工监管应当贯穿于整个施工过程，涵盖原材料检查、施工方案审核、工序检查、成品检验等多个环节。在每个环节，都需要制定明确的质量标准和检查制度，对关键工序实行全过程监督，发现问题及时整改，确保施工质量。同时，加固完工后还需进行后

续检查和养护，定期对已完工的防渗加固体进行检测评估，及时发现并处理潜在的质量问题，保证长期的防渗效果。为确保施工监管的严格执行，应当建立健全的质量管理体系，明确各方的职责分工和监管流程。

可引入第三方专业机构担任监理，对关键工序实施旁站监督。同时加大处罚力度，对违规行为形成有力惩治。施工单位也需要加强自身的质量意识，建立质量责任制，对每一个工序和每一名作业人员实施全面监管。此外，施工监管还需要与设计、施工、运维等各阶段的质量控制相衔接，形成全生命周期的质量闭环管理。只有从源头到终端环环相扣，才能真正保证防渗加固工程的整体质量和效果。

例如，在堤坝注浆加固施工过程中，需要监控注浆压力、渗流情况等关键参数，一旦出现异常，立即停止作业并查找原因。完工后，可采用高精度的渗流检测手段，评价加固效果，对于发现的局部渗漏点，及时采取补救措施。注浆加固是一项技术含量较高的施工工艺，对于注浆压力的控制尤为关键。过大的注浆压力可能会冲破堤身结构，形成新的渗漏通道；而压力过小则无法将加固材料充分灌注到需要加固的区域。因此需要实时监测注浆压力，将其控制在合理的范围内。只有严格的施工监管和全过程质量控制，才能确保防渗加固技术的高效发挥。

结束语：

堤坝的防渗加固技术关系到水利工程的安全运行和效益发挥。虽然目前的防渗加固技术在一定程度上解决了渗漏问题，但仍面临诸多挑战。未来，需要在新型防渗材料的研发、加固方案的优化设计以及施工监管等方面下功夫，不断提高防渗加固技术的水平，为堤坝的长期安全运行保驾护航。

参考文献：

- [1]曹学义.堤坝防渗加固施工技术在水利工程中的应用分析[J].科技与创新, 2024 (07) : 176-178.
- [2]聂培.水利工程堤坝施工中的防渗漏加固施工技术研究[J].工程技术研究, 2024, 9 (06) : 106-108.
- [3]薛森.水利工程项目堤坝复合混凝土防渗与加固施工技术[J].价值工程, 2024, 43 (05) : 130-132.
- [4]王小茹, 张世安.水利工程施工中堤坝防渗加固技术探析[J].东北水利水电, 2023, 41 (11) : 14-16+49..