防渗技术在水利工程施工中的应用

李文 孙希国

德州市河湖水利工程施工中心 山东 德州 253000

摘要：水利工程作为保障水资源合理调配、防灾减灾的关键基础设施，其运行的稳定性与安全性至关重要。本文围绕防渗技术在水利工程施工中的应用展开研究。先阐述水利工程渠道防渗施工的重要意义，随后详细介绍灌浆、防渗墙、土工膜、渠道防渗等多种技术及其细分类型，并分析各技术施工要点。针对防渗技术应用中存在的选择不合理、施工质量控制难等问题，提出科学选择技术、加强质量控制、完善后期维护管理机制等对策，旨在提升防渗技术在水利工程施工中的应用水平，保障水利工程的安全与稳定运行。

关键词：防渗技术；水利工程；施工应用

引言：水利工程作为保障国家水资源合理利用与调配的关键基础设施，其质量关乎国计民生。防渗工作是水利工程施工的核心环节，若防渗措施不到位，不仅会造成水资源的大量浪费，还可能引发渗漏、管涌等安全隐患，严重威胁工程的使用寿命与周边环境安全。然而，目前防渗技术在水利工程施工应用中仍面临诸多挑战。因此，深入研究防渗技术在水利工程施工中的应用，对提高水利工程质量，推动水利行业可持续发展具有极其重要的现实意义。

1 水利工程渠道防渗施工的意义

水利工程渠道防渗施工，对水资源的高效利用、工程自身的安全稳定以及生态环境的保护等方面，都有着不可忽视的深远意义。从水资源利用角度来看，我国水资源时空分布不均，浪费问题长期存在。渠道渗漏会导致大量水资源流失，而防渗施工能显著降低渗漏损失，提高水资源的有效利用率，确保水资源被精准输送至农业灌溉、工业生产与居民生活等各个环节，助力解决水资源短缺难题。在保障工程安全方面，长期的渠道渗漏会削弱渠道结构的稳定性，引发滑坡、坍塌等安全事故。防渗施工可有效阻止水分渗透，维持渠道基础的稳固，延长水利工程的使用寿命，避免因工程损坏而带来的巨大经济损失，确保水利工程能够持续、稳定地运行。在生态环境层面，渠道渗漏可能导致地下水位异常变化，引发土壤盐碱化、沼泽化等生态问题。通过防渗施工，能够精准控制水流走向与水量，避免对周边土壤和生态系统造成负面影响，保护生态平衡，推动生态环境与水利工程的和谐共生^[1]。

2 水利工程施工中的防渗技术

2.1 灌浆防渗技术

2.1.1 高压喷射灌浆技术

高压喷射灌浆技术通过高压装置，将水泥浆液以20~40MPa的高压，从特制喷嘴中喷射而出，冲击、切割周围土体。同时，钻杆以一定速度旋转和提升，使浆液与土体充分搅拌混合，待凝固后形成具有防渗和承载能力的固结体，构建起连续的防渗墙体。该技术适用范围广泛，无论是粉土、砂土，还是淤泥质土等复杂地质条件，都能有效发挥作用。施工时，其机械化程度高，作业效率高，极大地缩短了施工周期。而且，通过调节喷射参数，可灵活控制固结体的形状和尺寸，满足不同工程的防渗要求，因此在堤岸防渗、基坑止水等工程中应用十分普遍。

2.1.2 土坝坝体劈裂灌浆技术

土坝坝体劈裂灌浆技术依据坝体应力分布规律，沿坝体轴线单排布孔，利用灌浆压力，使坝体沿小主应力面或坝体原有裂缝劈开。随后，向裂缝内灌注合适的泥浆，随着泥浆的不断注入，坝体裂缝被填充，形成一道连续、垂直的防渗泥墙。这不仅堵塞了坝体的渗漏通道，解决坝体渗漏问题，而且泥浆在压力作用下向坝体孔隙渗透，挤压土体颗粒，使坝体密实度和稳定性大幅提高。

2.1.3 卵砾石层帷幕灌浆技术

卵砾石层帷幕灌浆技术用于解决深厚卵砾石层的渗漏问题。施工时，首先采用套阀管、打管等方法进行钻孔，在卵砾石层中形成灌浆通道。然后，从孔底向上分段灌注水泥黏土浆或化学浆液，浆液在压力作用下，渗透填充卵砾石间的孔隙，凝结后形成连续的防渗帷幕，有效截断地下水的渗漏路径。该技术是大型水利枢纽工程中不可或缺的防渗手段，像水库大坝、大型引水渠道等，只要涉及卵砾石层地基，都会采用此项技术。

2.2 防渗墙技术

2.2.1 射水防渗墙技术

射水防渗墙技术在水利工程领域应用广泛。施工伊始,先利用造孔机定位,将成型器放入预定位置。启动水泵后,高压水流从成型器喷嘴高速射出,对土体进行冲切破坏,与此同时,通过泥浆泵向槽孔内注入泥浆,平衡孔壁压力,防止坍塌。成型器在槽孔内进行上下往复运动,切割出符合设计要求的标准槽段。在槽段成型后,采用水下混凝土浇筑工艺,将混凝土注入槽段,待其凝固后,便形成了连续、封闭的混凝土防渗墙。该技术成墙厚度在20-50厘米之间,能有效阻挡渗透水流,降低工程渗漏风险,由于设备操作简单,施工效率高,且成本相对较低,常用于大型水库、江河堤坝的防渗处理。

2.2.2 多头深层搅拌防渗墙技术

多头深层搅拌防渗墙施工时,由多头深层搅拌机执行作业。桩机钻头在钻进过程中,通过管道向土体注入水泥浆或石灰浆等固化剂,利用搅拌叶片对原位软土与固化剂进行强制搅拌。在搅拌过程中,固化剂与软土发生一系列物理化学反应,促使土体硬结。相邻搅拌桩之间相互搭接,形成连续的水泥土防渗墙。此技术成墙厚度在20-30厘米,不仅可以显著提升土体的抗渗性能,而且由于水泥土的固化作用,能增强地基的承载能力。因其无泥浆污染、振动小,对周围环境影响微乎其微,适用于城市水利工程以及对振动敏感区域的防渗处理,如小型水库加固、河道治理等项目。

2.2.3 薄型抓斗防渗墙技术

薄型抓斗防渗墙施工,需先利用起重设备将薄型抓斗吊起,精确定位到施工位置。抓斗张开后切入地基,通过液压系统控制抓斗的开合,挖掘出具有一定深度和宽度的槽孔。在挖掘过程中,向槽孔内注入泥浆,维持孔壁稳定,防止塌孔。槽孔成型验收合格后,采用导管法进行水下混凝土浇筑,或者填充其他防渗材料,形成薄型防渗墙。该技术成墙厚度仅10-30厘米,有效节约了材料成本。同时,抓斗的高精度作业,确保了成墙的垂直度和连续性,防渗效果显著。

2.3 土工膜防渗技术

2.3.1 土工膜的特性与种类

土工膜作为一种高效的防渗材料,凭借其独特的性能,在水利工程中得到了广泛应用。它具有优良的防渗性能,能有效阻挡水分渗透,降低渗漏损失。化学稳定性强,耐酸碱腐蚀,抗微生物侵蚀,可在复杂的环境中长期使用。同时,土工膜质量轻,便于运输与铺设,大大降低了施工难度。按材料组成,土工膜主要分为聚乙烯(PE)土工膜、聚氯乙烯(PVC)土工膜和沥青土工

膜。PE土工膜应用最为广泛,具有强度高、耐低温性能好的特点;PVC土工膜价格相对较低,柔韧性佳,焊接性能好;沥青土工膜则有较好的耐热性和耐候性,常用于特殊环境的防渗工程。

2.3.2 土工膜防渗施工要点

土工膜防渗施工过程中,前期准备工作至关重要。需对铺设场地进行平整,清除尖锐杂物,避免土工膜被刺破。铺设时,应沿水流方向进行,减少接缝数量,并确保土工膜与基层紧密贴合。土工膜之间的拼接,多采用热熔焊接或胶粘法,拼接前需进行试验,确定最佳工艺参数,保证拼接质量。铺设完成后,要及时覆盖保护层,防止土工膜受到紫外线照射老化,并在保护层施工过程中,避免对土工膜造成损伤。

2.4 渠道防渗技术

2.4.1 土料防渗技术

土料防渗技术以黏土、粉质黏土为主要材料,成本低、取材便捷。施工时,先筛除土料中的杂质,将渠道基层清理平整。随后分层铺设土料,每层厚15-20厘米,并用夯实机械压实,以此提升土料的密实度,降低渗透性。该技术工艺简单,在小型农田灌溉渠道建设中应用广泛。但它的抗冲刷和抗冻性能欠佳,易受雨水、冻融等自然因素影响,导致防渗效果逐年下降,后期需定期维护修补,才能维持正常的防渗功能。

2.4.2 水泥土防渗技术

水泥土防渗技术把水泥与土按一定比例混合,通过二者的物理化学反应,提升土体的防渗与力学性能。施工前粉碎土料,按8%-15%的比例掺入水泥,加水搅拌均匀。将拌好的水泥土铺设在渠道基层,厚度控制在10-20厘米,用平板振动器压实。初凝后洒水养护7天以上。该技术防渗效果较好,成本适中,具有一定的抗冲刷能力,常用于中小型灌溉和排水渠道,有效满足渠道对防渗和结构稳定的要求。

2.4.3 砌石防渗技术

砌石防渗分浆砌和干砌两种。浆砌时,先清洗石料,在渠道基层铺一层砂浆,按设计要求错缝砌筑,保证灰缝饱满,再进行勾缝处理。干砌则直接将石料紧密排列,用碎石或砂浆嵌缝。施工前,需精确测量、修整渠道边坡与底部。砌石防渗坚固耐用,抗冲刷能力强,能承受较大的水流速度,适用于大型灌溉渠道、山区渠道。但该技术对石料质量和施工工艺要求高,成本相对较大。

2.4.4 混凝土防渗技术

混凝土防渗技术通过浇筑混凝土,形成高强度防渗

层。施工前,依据渠道设计要求进行配合比设计,确定原材料用量。在渠道基层安装模板,确保拼接严密、支撑牢固。将搅拌好的混凝土输送至现场,用振捣器振捣密实,浇筑厚度8-20厘米。初凝后洒水养护14天以上,并合理设置伸缩缝,填充止水材料。该技术防渗效果好、强度高、耐久性强,广泛应用于大型水利和城市输水渠道^[2]。

3 防渗技术应用中的问题与对策

3.1 应用中存在的问题

3.1.1 技术选择不合理

在水利项目的防渗施工里,技术选择常因前期调研不足陷入困境。许多项目在立项阶段对工程地质勘查不细致,没有全面掌握土壤结构、地下水位等关键信息,导致施工时技术选型错误。比如,在存在大量裂隙的岩石层采用常规防渗技术,未能针对性地选择高压喷射灌浆技术,结果造成渗漏现象频发。此外,部分工程设计人员对各类防渗技术的适用范围和优缺点缺乏了解,在面对新的工程需求时,难以做出合理的技术决策,导致施工成本增加、工期延长,甚至难以达到预期的防渗效果。

3.1.2 施工质量控制难

水利工程防渗施工的质量控制,因人员、管理等多方面因素而困难重重。一方面,施工人员的专业素养参差不齐,部分一线工人缺乏系统的培训,对复杂的防渗施工工艺一知半解,在操作过程中出现诸多失误。例如,在土工膜焊接环节,因焊接温度、速度控制不当,致使焊缝不牢固,留下渗漏隐患。另一方面,施工单位质量管理体系不完善,内部监管形同虚设,对施工过程中的质量问题未能及时发现并整改,最终影响了整个工程的防渗质量。

3.1.2 施工质量控制难

防渗施工环境的复杂性,给质量控制带来了严峻挑战。在露天施工过程中,天气变化如暴雨、高温等,会对混凝土、水泥土等材料的性能产生显著影响,若施工单位未能及时采取有效的应对措施,极易造成质量事故。此外,施工场地的地形地貌复杂,部分区域施工空间狭窄,大型机械设备难以施展,增加了施工的难度和质量控制的不确定性。而且,不同施工工序之间的衔接缺乏有效的协调机制,前后工序相互干扰,不仅降低了施工效率,也给质量控制带来了更大的困难。

3.2 解决对策

3.2.1 科学选择防渗技术

项目立项初期,需组织专业地质勘查团队,运用地

质雷达、钻探等技术,对工程区域地质条件进行详尽勘查,全面掌握土壤结构、地下水位等信息。同时,工程设计人员要持续学习各类防渗技术,深入了解其适用场景与特性。建立专家论证机制,在技术选型阶段,邀请业内专家,结合工程实际,对多种技术方案进行评估,综合考量成本、工期与防渗效果,选出最优方案,确保防渗技术适配工程需求,降低施工成本,提高防渗成效。

3.2.2 加强施工质量控制

施工单位要建立严格的人员培训机制,针对土工膜焊接、混凝土浇筑等关键施工环节,组织专项培训,提升施工人员专业技能。完善质量管理体系,设立专门的质量监管岗位,对施工全过程进行实时监督。引入先进检测设备,如无损探伤仪、压力测试仪等,对材料和施工质量进行严格检测。合理安排施工工序,制定详细的工序衔接计划,减少工序间干扰,确保施工质量达标,打造高质量的水利防渗工程。

3.2.3 完善后期维护管理机制

构建常态化的维护管理体系,配备专业维护人员,定期对水利工程防渗设施进行巡查,通过外观检查、渗漏监测等手段,及时发现潜在问题。制定应急预案,针对暴雨、地震等自然灾害可能对防渗设施造成的破坏,提前制定应对方案,确保在突发情况下能迅速响应。利用信息化技术,建立防渗设施管理数据库,记录工程建设、维护信息,为后期维护管理提供数据支持,延长防渗设施使用寿命,保障水利工程长期稳定运行^[3]。

结束语

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,其防渗效果直接关系到工程的安全运行与水资源的有效利用。本文详细探讨了灌浆、防渗墙、土工膜以及各类渠道防渗等技术在水利工程施工中的应用,并分析了技术应用过程中存在的问题,提出了相应的解决对策。希望这些研究成果,能为水利工程建设者提供有益参考,助力科学选择防渗技术,提升施工质量,完善后期维护管理。

参考文献

- [1]段凯涛.浅析水利工程建设施工中防渗技术的应用[J].建筑工程技术与设计,2019,(36):2778.
- [2]李燕.水利工程施工中防渗技术的应用分析[J].农业科技与信息,2019,(24):96-97.
- [3]苏敏.关于水利工程施工中防渗技术的应用[J].建筑工程技术与设计,2019,(31):2496.