

水利工程灌区渠道工程防渗技术探讨

陈亚飞

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 水利工程灌区渠道防渗对提升水资源利用效率意义重大。本文详细探讨了灌区渠道防渗技术的核心类型,涵盖土料、水泥石、砌石、混凝土、膜料防渗技术等,分析了施工关键环节,指出材料选用适配性不足、施工操作规范性欠缺等问题。针对这些问题,提出防渗材料选用、施工操作流程、技术适配性等方面的优化措施,为提升灌区渠道防渗技术水平、保障防渗系统长效运行提供参考。

关键词: 水利工程;灌区渠道;防渗技术;施工环节;优化措施

引言:在农业灌溉领域,水利工程灌区渠道发挥着关键作用,其防渗性能直接影响水资源的利用效率。水资源分布不均,农业用水占比大,灌区渠道渗漏导致大量水资源浪费,不仅增加灌溉成本,还影响农作物产量。因此,提升灌区渠道防渗技术水平,减少渠道渗漏,成为提高水资源利用效率、保障农业可持续发展的迫切需求。在此背景下,深入研究灌区渠道防渗技术具有重要的现实意义。

1 水利工程灌区渠道防渗技术核心类型

1.1 土料防渗技术

土料防渗技术依托天然土料的致密性构建防渗层,是灌区渠道防渗中应用最为基础的技术类型^[1]。施工中优先选用粘粒含量高、塑性指数适宜的土料,经晾晒、粉碎、筛分后,分层铺设并碾压密实,形成连续完整的防渗屏障。该技术适配土质灌区渠道,施工流程简便,可就地取材降低工程成本,通过提升土料密实度减少水分下渗,契合灌区渠道防渗的基础需求。施工过程中需严格控制土料含水率与碾压强度,避免分层衔接处出现缝隙,确保防渗层整体性与稳定性,适用于地形平缓、土料资源丰富的灌区场景。

1.2 水泥石防渗技术

水泥石防渗技术通过水泥与当地土料按合理比例混合,经搅拌、摊铺、碾压形成防渗层,兼具土料的适应性与水泥的胶结强度。水泥掺量需结合土料性质通过试验确定,通常控制在土重的5%~15%,同时可掺入适量外加剂改善和易性与强度。施工中需保证水泥与土料搅拌均匀,碾压密实度达到设计标准,利用水泥水化反应形成的胶结结构填充土料孔隙,阻断水分渗透路径。该技术适配多种土质渠道,施工成本适中,防渗效果优于单纯土料防渗,施工后需进行充分养护,避免表面开裂影响防渗性能。

1.3 砌石防渗技术

砌石防渗技术选用质地坚硬、耐风化、无裂缝的石料,通过砌筑工艺形成防渗衬砌层,兼具防渗与护面双重功能。石料需经清洗去除表面泥垢与软弱边角,砌筑时采用座浆饱满工艺,确保石块衔接紧密、错缝排列,避免通缝形成渗漏通道。常用砌筑方式包括浆砌与干砌,浆砌可进一步提升防渗性能,干砌则适用于石料丰富、防渗要求适中的灌区。该技术抗冲流速大、耐磨性能强,抗冻性优于混凝土,可有效固定渠道边坡,适用于山区或石料资源丰富的灌区,施工中需控制砌缝宽度,确保砌筑质量符合技术要求。

1.4 混凝土防渗技术

混凝土防渗技术以混凝土为核心材料,通过现浇或预制铺设形成防渗衬砌,是灌区渠道防渗中防渗效果稳定的技术类型。混凝土需选用符合标准的水泥、砂石骨料,按设计配合比搅拌,浇筑后及时振捣密实,避免出现蜂窝、麻面等缺陷。施工中需合理设置伸缩缝,应对温度变化与地基沉降带来的开裂风险,表面可进行抹光处理提升防渗性能。该技术防渗效果好、耐久性强,适配各类灌区渠道,尤其适用于防渗要求较高的大中型灌区,施工后需进行规范养护,确保混凝土强度与防渗性能同步提升。

1.5 膜料防渗技术

膜料防渗技术采用高密度聚乙烯等高分子柔性材料,依托材料极低的渗透系数构建防渗层,是现代灌区渠道防渗的高效技术类型。膜料铺设前需清理渠道基底,去除尖锐杂物并平整压实,避免膜体被穿刺破损。膜体铺设需顺坡展开,预留合理松弛量适配地基沉降,接缝处采用热熔焊接工艺,确保焊接强度不低于母材。该技术防渗效率高、施工便捷,适应性强,可适配复杂地形与各类土质渠道,施工中需做好膜体保护层铺设,防止日

晒雨淋导致膜体老化,延长防渗使用寿命。

2 水利工程灌区渠道防渗技术施工关键环节

2.1 施工前期准备环节

施工前期准备环节是防渗施工顺利开展的基础,需围绕渠道现场条件与防渗技术要求全面推进。需对渠道施工区域进行全面勘察,精准掌握地形、地质及水文条件,梳理可能影响防渗施工的各类因素,为施工方案制定提供可靠支撑^[2]。清理渠道基底杂物、杂草及松软土层,平整基底表面,修整渠道边坡坡度,确保基底承载力符合施工要求。搭建临时施工设施,合理规划材料堆放区域与施工作业路线,配备齐全施工所需设备与工具,完成设备调试与校准,确保施工期间设备运行稳定,为后续各环节施工奠定坚实基础。

2.2 防渗材料处理环节

防渗材料处理环节直接决定防渗层施工质量,需根据选用的防渗技术类型,对材料进行规范化处理。土料、水泥土等材料需按要求进行晾晒、粉碎与筛分,去除杂质与不合格颗粒,控制材料含水率与颗粒级配,确保材料性能符合设计标准。砌石、混凝土骨料等需清洗干净,去除表面泥垢与软弱部分,保障材料强度与耐久性。膜料需检查外观质量,剔除破损、老化部分,按要求裁剪尺寸,提前做好膜体预处理,提升膜体与基底的贴合度,避免材料自身缺陷影响防渗效果。

2.3 现场施工操作环节

现场施工操作环节是防渗施工的核心,需严格遵循施工工艺要求,规范每一道操作流程。土料、水泥土防渗需控制分层铺设厚度,采用适配设备碾压压实,确保防渗层致密无孔隙。砌石施工需保证座浆饱满、错缝排列,控制砌缝宽度,避免通缝形成渗漏通道。混凝土浇筑需振捣密实,避免出现蜂窝、麻面等缺陷,合理控制浇筑速度与顺序。膜料铺设需平整无褶皱,接缝焊接需均匀牢固,做好膜体保护,防止施工过程中出现破损,确保每一道施工工序都符合技术规范。

2.4 施工衔接管控环节

施工衔接管控环节聚焦各施工工序的协同推进,避免工序脱节导致防渗质量隐患。各施工环节需有序衔接,前一道工序完成后,需进行全面检查,合格后方可进入下一道工序。分层施工需注重层间衔接,清理层间杂物与浮土,确保层间结合紧密,避免出现分层剥离现象。不同防渗技术衔接处需优化施工工艺,做好过渡处理,确保防渗层连续完整,无渗漏缝隙。加强施工各环节的沟通协调,优化作业节奏,避免交叉作业干扰,保障施工流程顺畅有序。

2.5 施工后期整理环节

施工后期整理环节是保障防渗施工质量长效性的关键,需全面落实各项整理与防护措施。施工完成后,及时清理施工现场杂物、废渣,整理施工设备与剩余材料,做到文明施工。对防渗层表面进行修整,去除凸起、凹陷部位,确保防渗层平整光滑,提升防渗性能。检查防渗层完整性,排查可能存在的破损、裂缝等隐患,及时进行处理。做好防渗层后期防护,避免外力撞击、日晒雨淋等因素导致防渗层损坏,为防渗系统长效运行提供保障。

3 水利工程灌区渠道防渗技术应用现存问题

3.1 材料选用适配性不足

材料选用适配性不足是防渗技术应用中较为突出的问题,根源在于材料选用未充分结合灌区渠道实际工况与防渗技术要求。部分施工中盲目选用防渗材料,未充分考量渠道地质条件、水文特征及当地气候差异,导致材料性能与实际需求脱节^[3]。选用的土料、水泥土等材料未严格把控颗粒级配与含水率,膜料、混凝土等材料未结合防渗等级要求筛选,使得材料在使用过程中易出现老化、破损、开裂等问题,无法充分发挥防渗效能,甚至加剧渠道渗漏隐患,影响防渗系统整体稳定性。

3.2 施工操作规范性欠缺

施工操作规范性欠缺直接影响防渗施工质量,诸多施工环节存在操作不标准、流程不严谨的问题。土料碾压未控制合适力度与厚度,导致防渗层密实度不足,存在孔隙漏洞;膜料铺设未做到平整无褶皱,接缝焊接未达到标准强度,易形成渗漏通道;混凝土浇筑未充分振捣,表面抹光不规范,易出现蜂窝、裂缝等缺陷。部分施工人员缺乏专业技能,操作流程随意,未严格遵循防渗施工技术要点,进一步加剧施工质量隐患,降低防渗技术应用效果。

3.3 技术适配性与工况不符

技术适配性与工况不符导致防渗技术无法充分发挥作用,主要体现在防渗技术选型未结合灌区实际工况统筹考量。山区灌区渠道坡度较大、水流速度快,却选用抗冲性能不足的防渗技术,易导致防渗层破损;土质松软、地下水位较高的灌区,未选用针对性的防渗技术,无法有效阻断地下水渗透;寒冷地区灌区未选用抗冻性强的防渗技术,冬季易出现防渗层冻融开裂。技术选型缺乏针对性,盲目套用通用模式,忽略工况差异对防渗效果的影响,导致防渗技术应用流于形式。

3.4 施工质量管控存在漏洞

施工质量管控存在漏洞,无法形成全流程闭环管控,

难以有效防范质量隐患。质量管控未覆盖施工全环节，前期材料检验流于形式，未严格排查材料自身缺陷；施工过程中缺乏常态化检查，对施工工序质量把控不严格，未及时发现并纠正操作偏差；施工衔接环节检查不到位，层间结合、不同技术衔接处的质量隐患未及时排查。管控流程不完善，缺乏明确的管控标准与责任分工，导致质量问题出现后无法及时追溯，进一步扩大防渗质量隐患。

3.5 技术应用维护不到位

技术应用维护不到位导致防渗系统使用寿命缩短，防渗性能逐步衰减。施工完成后未建立完善的维护机制，未定期对防渗层进行全面排查，无法及时发现防渗层破损、老化、裂缝等问题。对已出现的破损部位未及时开展修复作业，或修复工艺不规范，导致破损范围持续扩大，加剧渠道渗漏。缺乏针对性的日常养护措施，未根据气候、水文变化调整养护方案，长期日晒雨淋、外力扰动等因素导致防渗层性能持续下降，无法实现防渗技术长效应用。

4 水利工程灌区渠道防渗技术优化措施

4.1 防渗材料选用优化

防渗材料选用优化需立足灌区渠道实际工况，结合地质条件、水文特征及气候差异，建立科学的材料选型体系。优先选用性能与防渗要求、工况条件相适配的材料，土料选用粘粒含量、塑性指数符合标准的类型，膜料选用抗老化、抗穿刺、渗透系数低的高分子材料，混凝土、水泥土材料严格把控配比参数。材料选用前需开展全面性能检测，剔除不合格材料，结合当地资源禀赋选择性价比适宜的材料，既保障材料性能达标，又降低工程成本，从源头提升防渗材料适配性，为防渗技术有效应用奠定基础。

4.2 施工操作流程优化

施工操作流程优化需依托防渗施工技术规范，针对各环节操作痛点，细化操作标准，规范操作流程。土料碾压明确碾压力度、厚度及频次，确保防渗层密实度达标；膜料铺设优化展开方式与接缝处理工艺，避免褶皱、焊接不牢等问题；混凝土浇筑规范振捣流程与浇筑顺序，减少蜂窝、裂缝等缺陷。优化施工人员操作培训体系，提升专业技能与规范操作意识，杜绝随意操作行为，使每一道施工工序都符合技术要求，提升施工操作规范性与统一性。

4.3 技术适配性优化

技术适配性优化需坚持因地制宜原则，结合灌区工况差异制定针对性技术选型方案。山区灌区渠道优先选

用抗冲性能强的砌石、混凝土防渗技术，强化边坡固定与防渗结合；土质松软、地下水位高的灌区，采用复合防渗技术，提升防渗层抗渗能力；寒冷地区选用抗冻性优良的材料与工艺，规避冻融开裂隐患。技术选型前全面勘察现场工况，摒弃通用模式套用，优化技术参数与施工方式，使防渗技术与实际工况精准匹配，充分发挥防渗效能。

4.4 施工质量管控优化

施工质量管控优化需构建全流程闭环管控体系，覆盖施工各环节，完善管控标准与责任分工。材料检验环节严格落实检测流程，全面排查材料缺陷，做好检测记录；施工过程中建立常态化检查机制，及时发现并纠正操作偏差，强化工序质量把控；施工衔接环节加强检查力度，确保层间、技术衔接处质量达标。优化管控流程，明确各环节管控重点，建立质量追溯机制，确保质量问题可查可改，填补管控漏洞，提升质量管控实效性。

4.5 技术应用维护优化

技术应用维护优化需建立完善的长效维护机制，明确维护流程与责任主体，定期对防渗层开展全面排查，精准识别破损、老化、裂缝等隐患。制定规范化修复方案，针对不同类型隐患选用适配工艺与材料，及时开展修复作业，遏制隐患扩大。结合气候、水文变化调整日常养护措施，加强防渗层防护，避免外力撞击、日晒雨淋等因素造成损坏，定期开展养护检测，持续优化养护方案，延长防渗系统使用寿命，实现防渗技术长效稳定应用。

结束语

水利工程灌区渠道防渗技术对于保障水资源合理利用和农业稳定发展至关重要。当前，虽然已掌握多种防渗技术，但在实际应用中仍存在材料选用、施工操作、技术适配等方面的问题。通过实施防渗材料选用、施工操作流程、技术适配性、施工质量管控以及技术应用维护等方面的优化措施，能够有效解决现存问题，提升防渗技术的可靠性和长效性，为灌区渠道的稳定运行和农业灌溉的高效开展提供有力支撑。

参考文献

- [1]梁庆.试析水利工程灌区渠道工程防渗技术[J].建筑技术与设计,2021(4):1135.
- [2]何万科.试析水利工程灌区渠道工程防渗技术[J].警戒线,2021(52):98-99.
- [3]王朝晖.水利工程渠道防渗技术研究[J].水上安全,2025(13):16-18.