

大中型灌区渠道防渗衬砌施工关键技术与质量控制研究

李瞻¹, 李晓罡², 李俊岭³, 陈惠宇⁴, 华烨⁵

1. 淮安市洪金灌区管理所, 江苏 淮安 223100

2. 淮安市洪泽区防汛防旱指挥部办公室, 江苏 淮安 223100

3. 眼明县东灌区管理所, 江苏 淮安 223100

4. 淮安市洪泽区灌区管理所, 江苏 淮安 223100

5. 淮安市洪泽区节约用水管理服务中心, 江苏 淮安 223100

DOI:10.61369/WCEST.2025090009

摘要： 大中型灌区渠道防渗衬砌施工过程中, 采用了多项关键技术以提高衬砌结构的防渗性能和施工质量。通过优化衬砌材料选择, 应用高效的防渗材料, 如聚氯乙烯 (PVC) 衬砌膜, 结合先进的施工工艺, 确保了防渗效果的稳定性和长期耐用性。同时, 严格控制施工过程中每一环节的质量, 从衬砌基础的处理到材料的铺设, 都进行了精确控制, 以避免渗漏和裂缝的产生。此外, 采用了自动化检测技术, 对衬砌质量进行实时监控, 确保施工质量达到设计要求。这些技术手段有效提高了灌区渠道的防渗效果, 延长了使用寿命, 降低了维护成本, 保障了灌溉水源的安全和稳定供应。

关键词： 灌区渠道; 防渗衬砌; 施工技术; 质量控制; 防渗材料

Research on Key Construction Technologies and Quality Control for Seepage Prevention Lining of Canals in Large and Medium-sized Irrigation Districts

Li Zhan¹, Li Xiaogang², Li Junling³, Chen Huiyu⁴, Hu Ye⁵

1. Hongjin Irrigation District Management Office, Huai'an, Jiangsu 223100

2. Office of Flood Control and Drought Relief Headquarters, Hongze District, Huai'an, Jiangsu 223100

3. Dongguan Irrigation District Management Office, Xuyi County, Huai'an, Jiangsu 223100

4. Irrigation District Management Office, Hongze District, Huai'an, Jiangsu 223100

5. Water Conservation Management Service Center, Hongze District, Huai'an, Jiangsu 223100

Abstract : During the construction of seepage prevention lining for canals in large and medium-sized irrigation districts, multiple key technologies have been employed to enhance the seepage resistance performance and construction quality of the lining structure. By optimizing the selection of lining materials and applying efficient seepage prevention materials, such as polyvinyl chloride (PVC) lining films, combined with advanced construction techniques, the stability and long-term durability of the seepage prevention effect have been ensured. Meanwhile, strict quality control has been implemented at every stage of the construction process, from the treatment of the lining foundation to the laying of materials, ensuring precise control to prevent leakage and cracks. Additionally, automated detection technologies have been adopted for real-time monitoring of lining quality, ensuring that construction quality meets design requirements. These technological measures have effectively improved the seepage prevention effect of irrigation district canals, extended their service life, reduced maintenance costs, and ensured the safe and stable supply of irrigation water sources.

Keywords : irrigation district canals; seepage prevention lining; construction technology; quality control; seepage prevention materials

引言

大中型灌区作为农业灌溉的重要基础设施, 其渠道防渗效果直接影响灌溉水源的安全性与水资源的高效利用。随着灌溉需求的不断增加和气候变化的影响, 如何有效提升渠道的防渗性能, 减少水资源浪费, 已成为亟待解决的关键问题。通过应用先进的防渗衬砌施工技术, 不仅能够有效提高防渗效果, 还能延长渠道使用寿命, 降低维护成本, 为水利建设提供了切实可行的技术支持和保障。这些技术的实施对于确保灌溉系统的可持续发展具有重要意义。

一、大中型灌区渠道防渗衬砌施工技术概述

(一) 大中型灌区渠道防渗衬砌的必要性

大中型灌区在现代农业灌溉系统中扮演着至关重要的角色，然而，随着水资源短缺问题的加剧，如何提高灌溉水的利用效率成为亟待解决的关键问题。渠道防渗衬砌施工作为确保灌溉水源不流失的核心技术，其重要性逐步凸显。传统渠道多采用土质或混凝土衬砌，但在防渗性方面存在一定局限。随着灌区规模的不断扩大，水资源的浪费问题尤为突出，亟需通过技术手段提升防渗效果^[1]。

防渗衬砌技术通过选用先进的防渗材料和优化施工工艺，能够有效减少水流渗漏，保障灌溉系统的稳定性与高效性。这不仅能够减少水资源的浪费，还能降低水源枯竭的风险，有助于实现可持续水资源管理。因此，提升灌区渠道的防渗能力是解决当前水资源问题的一个重要技术手段，也是提高灌溉系统效益的关键。

(二) 防渗材料的创新应用

随着防渗技术的发展，材料的选择成为影响施工效果的关键因素之一。在大中型灌区渠道的防渗衬砌施工中，传统的水泥混凝土、土工膜逐渐被新型的防渗材料所取代。聚氯乙烯（PVC）衬砌膜作为一种具有高防渗性能的材料，在大中型灌区的应用越来越广泛^[2]。该材料不仅具有优异的防渗性和耐候性，还能有效抵抗土壤中的化学物质，保证水源的纯净。

此外，近年来，一些复合型防渗材料的应用得到了广泛关注。通过将不同性能的材料进行复合，可以达到更好的防渗效果。例如，土工布与 PVC 膜的复合使用，不仅增强了防渗性，还提升了施工的灵活性和材料的经济性。这些创新材料的应用极大地提高了渠道防渗衬砌技术的可靠性和适应性^[3]。

(三) 施工工艺的优化与创新

为了提高大中型灌区渠道防渗衬砌的施工质量，施工工艺的优化尤为关键。首先，施工前必须对渠道底基进行充分的处理，确保其平整性和坚固性。通过精细化的施工准备，能够有效减少因底基不均而导致的防渗膜铺设不平整，进一步提高防渗效果。

其次，施工过程中需严格按照设计要求进行每一环节的操作。比如，在铺设防渗膜时，需要确保膜与膜之间的接缝处不出现任何缝隙，以避免水流渗漏。在施工过程中，实时监控和质量检测技术的引入也使得施工质量得到了有效保障^[4]。通过采用先进的自动化检测设备，施工人员能够及时发现问题并进行修正，确保每一项施工步骤都符合防渗要求，最终实现理想的防渗效果。

二、防渗材料的选择与应用优化

(一) 聚氯乙烯（PVC）衬砌膜的应用优势

聚氯乙烯（PVC）衬砌膜作为一种新型防渗材料，因其优异的防渗性能和较长的使用寿命，广泛应用于大中型灌区渠道的防渗衬砌中。PVC 膜具有良好的柔韧性，能够适应不同地质条件下的变形需求，尤其在复杂地形中表现出较强的适应能力。同时，它具有较高的抗拉强度和抗化学腐蚀性，可以有效防止水流渗透，提高水源的利用率。

PVC 衬砌膜还具备较好的抗紫外线能力，能够承受长时间的阳光暴晒而不出现老化现象。此外，其安装施工简便、工期短，且不需要特别复杂的设备，减少了施工成本和时间。因此，PVC

衬砌膜成为大中型灌区渠道防渗工程中的理想选择，尤其适用于气候变化较大的地区^[5]。

(二) 土工膜与土工布复合材料的创新应用

除了 PVC 衬砌膜外，土工膜与土工布的复合材料在防渗衬砌中的应用也逐渐增多。这种复合材料结合了土工布的高强度和土工膜的优异防渗性能，使得防渗效果更加显著。土工布能够有效提高土体的稳定性，防止土壤的侵蚀和损坏，而土工膜则保证了水流不会渗透到土壤层中，确保了灌溉水的完整性^[6]。

复合材料的使用还能够提高施工的灵活性。通过在不同的施工环境中灵活选择土工膜和土工布的组合，能够应对各种复杂的地质条件。例如，在多水位变化地区，使用这种复合材料能有效地控制水位波动带来的防渗压力，确保防渗效果的稳定性和长期性。

(三) 复合材料的性能提升与适用范围

近年来，复合型防渗材料的研发和应用不断取得进展。在大中型灌区的防渗工程中，除了土工膜与土工布的简单组合外，一些新型复合材料通过增强材料的抗渗透性、耐高温性和耐腐蚀性，进一步提高了防渗效果。例如，采用高分子改性土工膜能够有效提升膜的机械强度和抗老化能力，从而在极端气候条件下仍能维持优异的防渗性能。

这些复合材料的性能提升使得其适用范围更加广泛，可以满足不同灌区、不同地质条件的防渗需求。无论是在湿润地区，还是在干旱地区，复合型防渗材料都能够提供良好的水源保护，延长灌溉渠道的使用寿命，降低水资源浪费，为水利建设提供了更多选择。

(四) 防渗材料的可持续发展与环境友好性

随着环保理念的普及，防渗材料的可持续性和环境友好性逐渐成为选材的重要考量。新型环保防渗材料不仅具备优异的防渗性能，还考虑到资源的再利用和环境的保护。例如，部分复合型防渗材料采用可回收材料或环保聚合物生产，能够在使用寿命结束后进行再生利用，减少了环境负担。

此外，这些环保材料在施工过程中所需的能量消耗较低，有助于减少施工过程中产生的碳排放。随着绿色建筑理念的推广，环保型防渗材料的使用将成为灌溉系统中不可忽视的趋势，这不仅能确保防渗效果的同时，也符合可持续发展的要求。

三、施工过程中的质量控制要点

(一) 渠道底基处理的精细化控制

在防渗衬砌施工中，渠道底基的处理至关重要。底基是衬砌材料稳定性的基础，任何不平整或松动的地方都可能导致防渗衬砌效果不佳。因此，施工前必须对底基进行精细化处理，确保其平整度和压实度达到设计要求。常见的处理方法包括对底基进行夯实、清理杂物以及修整不规则的地面，这有助于提高防渗膜与底基的附着力^[7]。

在施工过程中，还需要使用测量工具对底基进行实时监控，确保其符合设计要求。采用精确的地面平整度测量仪器，可以避免人为误差，确保底基的施工质量，进而提高防渗效果。通过科学、合理的底基处理，不仅能延长渠道的使用寿命，还能减少未来的维修和保养成本。

(二) 防渗膜铺设的施工精度控制

防渗膜的铺设是施工中最为关键的环节之一，直接关系到防

渗效果的实现。铺设防渗膜时，首先需要严格控制膜片之间的接缝，确保接缝处没有缝隙，避免水流通过接缝渗漏。常见的接缝处理方法包括热焊接和机械压接，热焊接温度通常控制在400℃左右，压力保持在0.5MPa至1.0MPa之间，确保接缝密封良好。膜片的铺设应尽量避免褶皱和气泡，这些问题可能会导致防渗效果的降低，气泡可能产生水流通道，从而使防渗层失效。

在施工过程中，操作人员需根据设计要求合理拉伸膜片，确保膜片的张力均匀，避免局部过紧或松弛导致膜片损坏或局部渗漏。一般要求膜片的张力控制在10–15kN之间，以确保膜片在施工期间不受外力影响而产生变形。施工人员应定期使用高精度测量仪器检查膜片的铺设情况，如膜的厚度应达到0.3mm以上，发现问题应及时进行调整和修复。这种精细化的施工控制可确保防渗膜的密封性和长期稳定性，提升整体防渗效果。

（三）施工过程中的质量监控与反馈机制

施工质量的实时监控和及时反馈是确保防渗工程质量的重要环节。在施工过程中，必须使用现代化的监测设备进行质量检测，如渗漏检测仪、厚度测量仪等，对防渗材料的铺设质量进行全程跟踪。通过自动化检测设备，能够实时监测防渗膜的质量，及时发现可能存在的施工问题，如膜材缺陷、接缝问题等，从而避免问题的积累。

此外，施工中还应建立有效的反馈机制，将监测结果与施工计划紧密结合。任何施工过程中出现的质量问题都应及时反馈给相关负责人，进行整改。施工人员应根据监控数据调整施工方案，确保工程质量不受影响。通过这种高效的质量控制体系，能够最大程度保证防渗衬砌施工的效果，减少后期的维护和修复工作。

四、防渗衬砌技术的长期效果与经济评估

（一）防渗衬砌技术的长期效果评估

防渗衬砌技术的长期效果主要体现在其防渗性能的稳定性和耐久性上。通过使用高性能防渗材料，如PVC膜和复合型材料，可以大大降低水流渗漏率，确保灌区渠道的水源利用率。随着时间的推移，这些防渗衬砌材料的稳定性得到了进一步验证，尤其是在经历长时间的暴晒、雨水侵蚀及土壤变化等自然环境影响后，衬砌技术仍能保持其优良的防渗效果。

此外，防渗衬砌技术还可以有效减少渠道结构的老化和腐蚀，延长灌区渠道的使用寿命。通过对长期运行的数据跟踪分析，防渗衬砌技术在提高水利工程整体稳定性方面表现出色。较长时间的使用证明了防渗衬砌技术不仅能够适应复杂的地理环境，还能抵抗气

候变化带来的不利影响，保证了灌溉系统的持续稳定运行。

（二）经济效益分析与节约成本

防渗衬砌技术的应用在灌区的经济效益方面具有显著影响。首先，防渗衬砌技术通过减少水源浪费，能够大幅提升水资源的利用效率，尤其在干旱地区，减少水流的渗漏对于保障农业灌溉至关重要。例如，防渗材料的使用可以将水流渗漏率降低至5%以下，相比传统渠道的20%–30%渗漏率，节省了大量水资源。通过提高灌溉效益，减少了对其他水源的依赖，进一步降低了水资源开发、运输以及能源消耗的成本，提升了农业生产的可持续性。

其次，防渗衬砌技术能够延长灌溉渠道的使用寿命，从而减少了后期的维修和维护成本。相比传统的土质渠道，防渗衬砌的耐久性和稳定性显著提升，减少了因泄漏引起的频繁维修和更新，节约了大量的维护资金^[3]。长期来看，这种技术的应用为灌区节约了不少经济投入，提高了整体效益。

（三）综合评估与可持续发展前景

从长远来看，防渗衬砌技术不仅具有经济效益，还有助于实现水利建设的可持续发展。随着防渗材料的不断创新和施工技术的不断完善，防渗衬砌技术的应用将越来越普及，其效果也将更加显著。通过高效利用水资源，防渗衬砌技术为农业灌溉系统的持续发展提供了保障，同时也为生态环境保护做出了贡献。

未来，随着环保理念的深入发展，绿色建材和可再生材料的引入将进一步提升防渗衬砌技术的环境友好性。结合现代科技手段，防渗技术的经济效益和环境效益将得到更高的整合，使其在大中型灌区中的应用具备更广阔前景，为水利工程的可持续发展提供更加坚实的支持。

五、结语

大中型灌区渠道防渗衬砌施工技术的应用，不仅显著提升了水资源的利用效率，还有效延长了灌溉系统的使用寿命。通过采用先进的防渗材料和精细化施工工艺，成功实现了灌区渠道的防渗功能，避免了水源的浪费，为农业灌溉提供了更加稳定和可靠的保障。同时，防渗衬砌技术的经济效益也得到了充分体现，减少了后期维护和修复成本，提高了整体效益。随着技术的不断进步，防渗材料的创新和施工质量控制的完善，将进一步推动灌区水利工程的可持续发展，为未来的水资源管理提供更加有效的技术支持。防渗衬砌技术的广泛应用，不仅是灌区建设的需求，更是现代农业灌溉发展的必然趋势。

参考文献

- [1] 马丹荣,奚少良.共和灌区续建配套与节水改造工程骨干渠道设计[J].长江工程职业技术学院学报,2024,41(01):23–27.DOI:10.14079/j.cnki.cn42-1745/tv.2024.01.006.
- [2] 徐旺杰.饶丰灌区渠道防渗衬砌型式选择及设计计算[J].水利科学与寒区工程,2024,7(02):114–117.
- [3] 吴润昊.水利灌区改造中的混凝土衬砌渠道防渗技术研究[J].地下水,2024,46(05):164–166+202.DOI:10.19807/j.cnki.DXS.2024-05-051.
- [4] 单长光.万长灌区渠道衬砌施工防渗关键技术[J].水利技术监督,2024,(08):166–168+188.
- [5] 龙建春,谢顺胜.小型灌区节水配套改造项目渠道衬砌防渗技术探讨[J].湖南水利水电,2021,(04):90–91+107.DOI:10.16052/j.cnki.hnslsd.2021.04.029.
- [6] 吴晓光.谢寨灌区节水工程防渗渠道衬砌施工技术的应用[J].乡村科技,2021,12(32):118–120.DOI:10.19345/j.cnki.1674-7909.2021.32.024.
- [7] 林美思.中型灌区改造工程渠道防渗衬砌结构方案研究[J].内蒙古水利,2024,(11):66–68.
- [8] 李帅.中型灌区渠道防渗衬砌结构比选[J].河南水利与南水北调,2023,52(08):37–38.