

混凝土渠道衬砌施工技术探讨

杜治民, 蔡怀德, 韩平衡, 王亚男

中交路桥北方工程有限公司, 北京

收稿日期: 2025年8月23日; 录用日期: 2025年9月13日; 发布日期: 2025年9月25日

摘要

本文探讨了混凝土渠道衬砌施工技术在水利工程中的应用, 特别是在防渗、支护和结构保护方面的关键作用。文章详细分析了传统混凝土衬砌技术面临的挑战, 并介绍了新型施工技术, 如机械化施工、复合土工膜和高性能混凝土的应用。通过引入这些创新技术, 不仅提高了施工效率和质量, 还有效提升了水利渠道的防渗能力。

关键词

混凝土, 渠道衬砌, 施工工艺, 技术创新

Research on Concrete Canal Lining Construction Techniques

Zhimin Du, Huaide Cai, Pingheng Han, Yanan Wang

CCCC Road and Bridge Northern Engineering Co., Ltd., Beijing

Received: Aug. 23rd, 2025; accepted: Sep. 13th, 2025; published: Sep. 25th, 2025

Abstract

This paper explores the application of concrete channel lining construction technology in water conservancy projects, particularly its critical role in seepage prevention, support, and structural protection. The article provides a detailed analysis of the challenges faced by traditional concrete lining techniques and introduces new construction technologies, such as mechanized construction, composite geomembranes, and high-performance concrete. By incorporating these innovative technologies, not only has construction efficiency and quality been improved, but the seepage prevention capability of water channels has also been effectively enhanced.

Keywords

Concrete, Canal Lining, Construction Technology, Technical Innovation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国水利工程建设的不断发展,尤其是在农业灌溉领域,渠道衬砌作为一种重要的施工技术,越来越受到关注。混凝土衬砌技术被广泛应用于水利渠道的建设中,尤其是在防渗、支护以及结构保护方面,发挥着至关重要的作用。水利工程的主要目标之一是提升渠道的输水能力,确保水资源的高效利用,同时延长其使用寿命。因此,渠道衬砌的施工质量直接关系到整个工程的稳定性和长久性[1][2]。

混凝土衬砌技术的核心任务是确保渠道的防渗性能,防止水流渗漏带来的水资源浪费和土壤的盐碱化问题[3]。在渠道施工过程中,若混凝土衬砌施工不当,容易出现裂缝、渗漏等问题,这不仅会影响水利工程的正常运行,还可能威胁到周围生态环境的安全[2]。

随着水利工程的规模不断扩大,尤其是大型灌溉系统和跨区域水利工程的建设,传统的混凝土衬砌技术面临着更加复杂的施工环境和更高的质量要求[4][5]。因此,如何优化混凝土衬砌施工工艺,提高施工效率和质量,降低施工成本,成为了水利工程建设中的一个重要课题。

混凝土衬砌的施工技术已经逐渐从传统的人工施工向机械化施工转型,并结合了新型的防渗材料和工艺,例如复合土工膜的使用和多功能混凝土置缝技术的应用[6][7]。这些技术的引入有效提升了衬砌混凝土的防渗效果,同时也减少了施工过程中的人工成本和施工周期。

因此,本文将从混凝土渠道衬砌施工技术的基本概念入手,探讨当前在水利工程中应用的各类混凝土衬砌施工技术,分析其施工工艺、质量控制及创新技术的应用,以期对相关工程实践提供参考[3]。

2. 渠道衬砌施工技术概述

渠道衬砌是水利工程中重要的施工内容,尤其在灌溉和排水系统中,混凝土衬砌技术的应用对提升渠道的输水能力和延长其使用寿命具有重要意义。衬砌技术的主要目的是提高渠道的防渗能力,避免水流通过渠道结构渗漏到周围土壤,减少水资源的浪费,并减少对环境的影响[4]。

2.1. 混凝土衬砌技术的作用

混凝土衬砌不仅具有防渗功能,还能有效保护渠道免受外部物理和化学因素的侵害。首先,混凝土衬砌能够支撑和稳定渠道结构,承受水流的冲刷和外部荷载,避免渠道因过大荷载而发生变形或损坏[2][8]。其次,混凝土作为一种耐久材料,能够有效地防止水流渗透到土壤中,特别是在防渗混凝土的应用下,可进一步提升水利设施的使用寿命。最后,衬砌混凝土还能保护渠道免受土壤侵蚀、外力碰撞和化学腐蚀等问题,增强其耐久性[9]。

2.2. 混凝土衬砌的技术类别

混凝土衬砌技术根据施工方法和材料的不同,主要可以分为几种类型,包括现浇混凝土、预制混凝土板衬砌以及钢筋混凝土衬砌等[3]。

现浇混凝土技术：该技术通常在施工现场直接浇筑混凝土，适用于大部分水利渠道的防渗和支护需求。现浇混凝土衬砌能够形成一个整体结构，抗渗性能较好，但施工周期较长，且需要较为复杂的现场管理[7]。

预制混凝土板衬砌：预制板衬砌通常采用梯形或平板状的混凝土板块进行拼接，在施工现场进行安装。这种技术施工速度较快，适用于较短且较为简单的渠道[1] [5]。预制板衬砌能有效减少现场混凝土浇筑的复杂性，且施工质量容易控制。

钢筋混凝土衬砌：这种技术通过在混凝土中加入钢筋来增强混凝土的抗拉强度，适用于需要承受较大荷载或外部冲击的渠道。钢筋混凝土衬砌常用于隧道、地下水道等需要额外强度支持的结构[4]。

3. 混凝土衬砌施工工艺流程

混凝土衬砌施工工艺流程是确保水利工程渠道衬砌质量和防渗效果的核心。该工艺涉及到多个环节，包括土方开挖、基础处理、防渗膜铺设、混凝土浇筑、养护和拆模等步骤。在实际施工过程中，每一环节都需要严格按照设计要求进行控制，以确保衬砌混凝土的强度和耐久性[1] [5]。本章将详细阐述混凝土衬砌施工的主要工艺流程。

3.1. 土方开挖与基础处理

土方开挖是混凝土衬砌施工的首要步骤。根据设计图纸，首先需要对渠道进行开挖，并确保其断面形状和深度符合设计要求。在开挖过程中，要特别注意以下几点：

开挖深度和宽度：开挖深度需要精确到设计标高，通常在基坑开挖完成后，应进行地基检查，确保无大块松散土、树根、杂物和其他不利施工的因素[2]。

土方回填：在开挖完毕后，如果存在回填土的需求，应选择符合设计要求的土料进行回填，并保证回填土的压实度达到标准。特别是需要注意控制含水量，确保其不超过规范要求[9]。

基础处理主要包括渠道基床的整平与夯实，确保基础的稳定性。在夯实过程中，需采用分层夯实法，并严格控制每层的厚度及含水率，以防止土壤松散和后期地基不均匀沉降[5]。

3.2. 防渗膜铺设

防渗膜铺设是混凝土衬砌工艺中非常关键的步骤，其目的是增强防渗效果，防止水流通过土壤渗漏。在施工过程中，防渗膜的铺设要求如下[1]：

铺设顺序：防渗膜应从下游向上游铺设，防止后续膜片的重叠部分被破坏。铺设时，膜料需紧贴基面，不得有气泡或空隙[2]。

膜片接缝：膜片之间的接缝应按照设计要求进行焊接或搭接，并确保接缝牢固、无漏水。若出现裂口，应立即进行修补，以确保防渗效果[5]。

保护层的铺设：防渗膜铺设后，应及时铺设保护层，防止膜面受到外部环境的损伤。保护层材料通常为细粒土或人工保护板，厚度应符合设计标准[8]。

3.3. 混凝土浇筑与振捣

混凝土浇筑是渠道衬砌施工的核心环节，浇筑的质量直接决定了混凝土的强度与耐久性。浇筑混凝土时，需严格控制混凝土的配合比、浇筑顺序、浇筑速度和施工温度等关键参数[9]。

混凝土配比：混凝土的配比应根据设计要求精确确定，确保其抗压强度和耐久性。通常，水泥与砂、石的比例需振捣：要根据现场实际情况进行调整，特别是要确保水灰比在合理范围内[1]。

浇筑顺序与方法：混凝土的浇筑应分段进行，每段的浇筑间隔时间不应过长，避免出现冷缝。浇筑

顺序一般是从渠底开始,逐步向两侧和边坡推进。若使用混凝土泵车进行浇筑,浇筑过程中应保证混凝土流动均匀,避免出现泵送不均或堵塞情况[8]。

振捣:混凝土浇筑后,需使用插入式振捣器进行振捣,确保混凝土的密实度。振捣过程中要避免过振和漏振现象,特别是在渠道的边角部位,需采用手动插入振捣器对混凝土进行补振[2]。

3.4. 养护与拆模

混凝土浇筑完成后,进入养护阶段。养护的目的是保证混凝土在硬化过程中保持足够的湿润度,以获得足够的强度。在养护过程中,施工人员应特别注意以下几点[7]:

养护时间与方法:混凝土的养护时间一般为7到14天,具体时间根据天气和混凝土的配比情况进行调整。在低温环境下,需要采取保温措施,而在高温环境下,应进行降温处理。常用的养护方法包括喷水、覆盖湿麻布等[8]。

拆模时机:混凝土养护结束后,方可进行拆模。拆模应确保混凝土表面不受损坏,且拆模过程要顺畅,避免对混凝土表面产生过大冲击[7]。

3.5. 质量控制

在混凝土衬砌施工过程中,质量控制是确保工程质量的重要环节。质量控制涉及的方面包括材料的选择、施工过程中的技术管理以及后期的质量检查[1]。

材料控制:所有混凝土原材料(如水泥、砂、石、钢筋等)应符合设计要求,并经过严格的质量检测。混凝土的配合比应按照试验结果进行调整,确保混凝土的抗压强度和耐久性[2]。

施工过程控制:在施工过程中,需要专人监督各项工序的执行,确保施工质量符合设计要求。特别是在混凝土浇筑、振捣和养护过程中,需严格控制每个环节,防止因操作不当导致的质量问题[9]。

后期检查:混凝土衬砌施工完成后,应进行必要的质量检查,检查内容包括混凝土的表面质量、裂缝情况、浇筑密实度等[5]。

4. 技术创新与应用

随着水利工程规模的不断扩大和施工要求的日益严格,传统的混凝土衬砌施工技术面临着更加复杂的环境和挑战。为提高施工效率、降低成本、增强防渗效果,许多创新技术和新型材料已经被应用于混凝土衬砌施工中。这些技术创新不仅提高了施工质量,还推动了水利工程技术的发展。

4.1. 机械化施工技术的应用

传统的混凝土衬砌施工多依赖人工操作,施工效率较低且存在一定的质量控制难度。近年来,随着机械化施工技术的发展,许多施工环节已实现机械化,显著提高了施工效率并减少了人工成本。特别是在混凝土衬砌的施工过程中,使用了混凝土置缝机等机械设备,有效减少了人工切缝的复杂性和操作难度[6]。

例如,采用多功能渠道衬砌混凝土置缝机的应用可以在混凝土的塑性阶段进行置缝操作,避免了传统切缝法可能对衬砌底部防渗膜造成的破坏[6]。此技术不仅缩短了施工周期,还提高了衬砌缝隙的密封性,减少了后期渗水的风险。通过这种机械化施工,水利工程的施工质量得到了进一步保证,且施工成本得到了有效控制。

4.2. 新型防渗技术的集成

防渗技术是混凝土衬砌施工中的关键环节。近年来,复合土工膜和现浇混凝土防渗材料的结合,成

为一种重要的技术创新。复合土工膜具有优异的防渗性能，能够有效防止水流渗漏，并且施工过程中便于铺设和维护[3][7]。在施工过程中，防渗膜与混凝土衬砌结合应用，不仅能提高防渗效果，还能增强衬砌结构的稳定性。

具体来说，防渗膜铺设后，表面覆盖一层混凝土保护层，可以防止膜面受到损坏，并提高整体防渗能力。研究表明，这种防渗技术能有效防止渠道水流对基础土壤的侵蚀，减少水资源的浪费[7]。此外，防渗膜的铺设还能够在较短时间内完成，节省了施工时间并提高了施工效率[3]。

4.3. 高性能混凝土的应用

高性能混凝土(HPC)在水利工程中得到了广泛应用，尤其在混凝土衬砌施工中，它能够提供更高的抗压强度和更好的耐久性[5]。HPC 的应用可以显著提高混凝土的防渗效果，尤其是在受水流冲刷和外力影响较大的水利渠道中。与常规混凝土相比，HPC 能够有效提高混凝土的抗裂性能、抗渗性和抗冻性，从而延长混凝土结构的使用寿命。

在实际应用中，HPC 的配合比通常经过严格设计，以确保其最佳性能。例如，加入适量的矿物掺合料(如粉煤灰、硅灰等)可以提高混凝土的密实度和抗渗性，这对于水利工程中混凝土衬砌的防渗性能至关重要[5]。此外，高性能混凝土还可以减少裂缝的产生，从而降低渗漏的风险，确保渠道结构的长期稳定。

4.4. 信息化与自动化施工管理

随着信息技术的快速发展，信息化和自动化施工管理已逐渐在混凝土衬砌施工中得到了应用。通过 BIM(建筑信息模型)技术和施工现场的自动化监控系统，施工过程中的各项数据可以实时采集并进行分析，为施工管理提供准确的数据支持[3]。

通过 BIM 技术，施工团队可以在施工前进行虚拟建模，提前发现可能存在的设计缺陷或施工问题，从而降低施工风险[5]。同时，自动化监控系统能够实时监测施工现场的温度、湿度和混凝土的养护情况，确保施工过程中的每个环节符合设计要求，减少人为失误的发生[3]。

4.5. 创新施工材料的应用

除了高性能混凝土和防渗膜外，其他创新材料也在混凝土衬砌施工中得到了应用。例如，采用环保型的可回收材料代替传统的建筑材料，以降低施工过程中的环境影响。再如，采用高性能纤维增强混凝土(FRC)，能够提高混凝土的抗裂性和韧性，尤其适用于复杂的渠道结构[9][10]。

这些创新材料的使用，不仅提高了混凝土衬砌的耐久性，还在一定程度上降低了施工的成本，并使整个工程更加环保可持续[7]。

5. 结论

随着水利工程规模的扩展，传统的混凝土衬砌技术逐渐难以满足复杂的施工环境要求。因此，通过引入机械化施工技术、复合土工膜及高性能混凝土等创新材料和技术，极大地提升了混凝土衬砌的质量和防渗效果。这些技术的应用不仅提高了施工效率，还降低了成本，同时确保了水利渠道的长期稳定性和防渗性，对水资源的保护和可持续利用具有重要意义。未来，水利工程的进一步发展将依赖于这些技术的持续创新与应用。

参考文献

- [1] 苏晓东. 浅谈农田水利工程中渠道衬砌混凝土预制板施工技术[J]. 内蒙古水利, 2024(8): 42-43.
- [2] 李彦斌. 渠道衬砌混凝土施工技术研究[J]. 农业与技术, 2017, 37(11): 38-39.

-
- [3] 马小溪. 现浇混凝土防渗渠道衬砌施工探讨[J]. 科学技术创新, 2020(5): 119-120.
 - [4] 温茂卿. 水利工程渠道施工中衬砌混凝土技术研究[J]. 工程技术研究, 2023, 8(3): 213-215.
 - [5] 游灿, 谭婷. 水利渠道工程施工中的衬砌混凝土技术的应用分析[J]. 黑龙江水利科技, 2017, 45(8): 164-166.
 - [6] 朱国建. 渠道混凝土衬砌机械化置缝施工技术及应用[J]. 岩土工程学报, 2022, 44(S2): 226-228.
 - [7] 宋向平, 杨振宇. 现浇混凝土防渗渠道衬砌施工工艺及效果[J]. 河南水利与南水北调, 2019, 48(3): 50-53.
 - [8] 崔亮. 水利工程渠道衬砌施工技术探讨[J]. 四川水泥, 2022(5): 137-139.
 - [9] 李常. 水利灌溉渠道工程中衬砌混凝土施工技术[J]. 云南水力发电, 2023, 39(7): 166-169.
 - [10] 桑成宇. 新疆地区防渗渠道施工和维护的探讨[J]. 水科学与工程, 2016(4): 90-93.