

渠道衬砌材料性能评估与耐久性研究

申莲¹ 徐伟²

1 塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心 2 兵团第二师水利局

DOI:10.12238/hwr.v8i12.5936

[摘要] 本文围绕渠道衬砌材料的性能评估与耐久性展开了系统研究。首先,概述了渠道衬砌材料的常见类型及其基本特性,为后续分析奠定了理论基础。接着,详细探讨了渠道衬砌材料的性能评估方法,包括力学性能、耐久性能和环境适应性的评估,并介绍了相应的评估标准与测试技术。在此基础上,深入分析了影响渠道衬砌材料耐久性的多重因素,如材料自身特性、环境条件以及施工运维等,揭示了耐久性衰减的机理。为了提升渠道衬砌材料的性能与耐久性,本文进一步探讨了材料改性、结构优化、表面处理以及维护修复等关键技术,并对其技术经济性进行了评估。最后,总结了当前研究的局限与不足,展望了渠道衬砌材料性能评估与耐久性研究的未来趋势,为渠道工程的长期安全运行提供了科学依据和技术支撑。本研究不仅丰富了渠道衬砌材料领域的理论体系,也为实际工程应用提供了有价值的参考和指导。

[关键词] 渠道衬砌材料; 性能评估; 耐久性; 力学性能; 耐久性能评估

中图分类号: U461.7+1 **文献标识码:** A

Performance evaluation and durability research of channel lining materials

Lian Shen¹ Wei Xu²

1 Tarim River Basin Kaidu Kongque River Water Conservancy Management Center

2 Water Resources Bureau of the Second Division of the Xinjiang Production and Construction Corps

[Abstract] This article conducts a systematic study on the performance evaluation and durability of channel lining materials. Firstly, the common types and basic characteristics of channel lining materials were outlined, laying a theoretical foundation for subsequent analysis. Next, the performance evaluation methods of channel lining materials were discussed in detail, including the evaluation of mechanical properties, durability, and environmental adaptability, and the corresponding evaluation standards and testing techniques were introduced. On this basis, multiple factors affecting the durability of channel lining materials were analyzed in depth, such as material characteristics, environmental conditions, and construction and operation, revealing the mechanism of durability degradation. In order to improve the performance and durability of channel lining materials, this article further explores key technologies such as material modification, structural optimization, surface treatment, and maintenance repair, and evaluates their technical and economic feasibility. Finally, the limitations and shortcomings of current research were summarized, and the future trends of performance evaluation and durability research of channel lining materials were discussed, providing scientific basis and technical support for the long-term safe operation of channel engineering. This study not only enriches the theoretical system of channel lining materials, but also provides valuable reference and guidance for practical engineering applications.

[Key words] channel lining materials; Performance evaluation; Durability; Mechanical properties; Durability evaluation

引言

随着水利工程的快速发展和现代农业灌溉需求的不断增长,渠道作为水资源输送和分配的重要设施,其安全性和稳定性日益受到关注。渠道衬砌作为渠道工程的关键组成部分,不仅承担

着保护渠道结构、减少渗漏、提高水流效率的重要任务,还直接关系到水资源的有效利用和生态环境的保护。然而,渠道衬砌材料在长期运行过程中,会受到多种自然环境和人为因素的影响,导致其性能逐渐下降,甚至出现破损、渗漏等严重问题,严重影

响渠道的正常运行和使用寿命。

因此,对渠道衬砌材料的性能进行准确评估,并深入研究其耐久性,对于保障渠道工程的安全稳定、提高水资源利用效率、促进农业可持续发展具有重要意义。近年来,随着材料科学、水利工程学和环境科学等交叉学科的不断发展,渠道衬砌材料的种类日益丰富,性能也不断提升。然而,如何科学有效地评估这些材料的性能,预测其在使用过程中的耐久性,并根据评估结果选择合适的材料和施工技术,仍然是当前渠道工程领域亟待解决的重要问题。

1 渠道衬砌材料概述

1.1 常见渠道衬砌材料类型

渠道衬砌材料作为渠道工程的重要组成部分,其种类繁多,各具特色。根据材料的不同性质与用途,常见的渠道衬砌材料主要可分为以下几类:

混凝土类材料,包括普通混凝土、预应力混凝土、碾压混凝土等。这类材料具有强度高、耐久性好、施工方便等优点,是渠道衬砌中最常用的材料之一。普通混凝土适用于一般渠道衬砌,而预应力混凝土则更适用于大型渠道或需要承受较大水压的工程。碾压混凝土则因其施工速度快、成本低而备受青睐。

砌石类材料,如块石、条石、石板等。这类材料天然来源广泛,具有较好的抗渗性和耐久性,且能与周围环境相融合,美观大方。然而,砌石类材料施工难度较大,对技术要求较高,且成本相对较高。

塑料类材料,如聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)等塑料薄膜或板材。这类材料轻质、柔韧、耐腐蚀,施工简便快捷,尤其适用于临时性渠道或需要快速施工的工程。但塑料类材料易受紫外线照射和温度变化的影响,长期使用性能会有所下降。

1.2 材料选择的原则与考虑因素

在选择渠道衬砌材料时,需综合考虑多种因素,以确保材料的适用性和经济性。首先,应根据渠道的使用功能、设计水位、流量等要素,确定所需的材料强度和稳定性。对于需要承受较大水压或水流冲击的渠道,应选择强度高、耐久性好的材料。其次,要考虑材料的抗渗性和耐腐蚀性。渠道长期与水接触,若材料抗渗性差或易腐蚀,将导致渗漏和损坏,影响渠道的正常使用。因此,在选择材料时,应重点关注其抗渗性和耐腐蚀性指标。

2 渠道衬砌材料性能评估方法

2.1 力学性能评估

力学性能是渠道衬砌材料最基本也是最重要的性能之一,它直接关系到材料在承受各种外力作用时的稳定性和安全性。在力学性能评估中,抗压强度、抗拉强度和抗剪强度是三个关键的评估指标。抗压强度是指材料在受压状态下所能承受的最大压力,通常通过压力试验机进行测试,以兆帕(MPa)为单位表示。对于渠道衬砌材料,抗压强度需满足一定的设计要求,以确保渠道在承受上部荷载和水压时不发生破坏。抗拉强度则是指材料在受拉状态下所能承受的最大拉力,同样以MPa为单位,通过拉伸试验进行测试。抗剪强度则是评估材料抵抗剪切破坏的能力,

通过剪切试验获得,以千牛每平方米(kN/m^2)或兆帕(MPa)表示。这些力学性能的测试数据为渠道衬砌材料的选择和设计提供了重要的依据。

2.2 耐久性性能评估

耐久性能是评估渠道衬砌材料在长期使用过程中保持其原有性能的能力。抗渗性是衡量材料抵抗水分渗透能力的指标,对于防止渠道渗漏至关重要。通常通过渗透试验来测定材料的抗渗性,以渗透系数(cm/s)或渗透深度(mm)来表示。抗冻融性是指材料在低温条件下抵抗冻融循环破坏的能力。在寒冷地区,渠道衬砌材料需具备良好的抗冻融性,以避免因冻胀和融沉导致的材料破损。耐化学腐蚀性则是评估材料在接触化学物质时抵抗腐蚀的能力,对于防止渠道水体中的化学物质对衬砌材料的侵蚀具有重要意义。这些耐久性能的评估通常通过模拟实际使用环境的加速试验来进行,以获得材料在长期使用过程中的性能变化数据。

2.3 环境适应性评估

渠道衬砌材料在使用过程中会受到各种环境因素的影响,因此对其环境适应性的评估也至关重要。温度变化会影响材料的热胀冷缩性能,进而可能导致材料开裂或变形。湿度变化则可能影响材料的吸湿性和干燥性,进而影响其力学性能和耐久性。紫外线照射则会导致材料表面老化、褪色甚至龟裂。为了评估材料的环境适应性,通常需要进行温度循环试验、湿度循环试验以及紫外线老化试验。这些试验可以模拟材料在实际使用环境中可能遇到的各种情况,通过观测材料在试验过程中的性能变化来评估其环境适应性。

3 渠道衬砌材料耐久性影响因素分析

3.1 材料自身因素

渠道衬砌材料的耐久性首先受其自身因素的深刻影响。材料的化学成分是决定其物理性能和化学稳定性的基础。例如,混凝土中的水泥含量、水灰比以及添加剂的种类和用量,都会直接影响混凝土的强度、抗渗性和耐腐蚀性。同样,对于复合材料,其基体材料、增强材料以及它们之间的界面结合情况,都是决定材料耐久性的关键因素。此外,材料的微观结构,如孔隙率、晶粒大小、相分布等,也会对其耐久性产生显著影响。孔隙率较高的材料更容易受到水分、盐分等的侵蚀,从而降低其耐久性。制备工艺同样对材料的耐久性有重要影响。例如,混凝土的搅拌、浇筑、养护等工艺环节都会影响其最终的性能。不当的制备工艺可能导致材料内部存在缺陷,如气孔、裂纹等,这些缺陷会成为水分、盐分等侵蚀物质的通道,加速材料的劣化过程。

3.2 环境因素

环境因素是渠道衬砌材料耐久性评估中不可忽视的重要方面。气候条件,特别是温度、湿度和降水量的变化,对材料的耐久性有直接影响。在寒冷地区,冻融循环可能导致材料内部的损伤和破坏;在炎热地区,高温可能导致材料的老化和性能下降。水质也是影响材料耐久性的重要因素。水中含有的溶解盐、酸碱物质以及微生物等都会对材料产生腐蚀作用。特别是当水中

含有硫酸盐、氯离子等腐蚀性物质时,它们会渗入材料内部,与材料发生化学反应,导致材料的劣化。此外,土壤的性质,如酸碱度、含水量、有机质含量等,也会影响材料的耐久性。例如,酸性土壤可能加速材料的腐蚀过程,而含水量较高的土壤则可能导致材料受到更大的水压作用,从而增加其破损的风险。

3.3 施工与运维因素

施工与运维因素对渠道衬砌材料的耐久性同样具有重要影响。施工质量的好坏直接影响材料的初始性能和长期稳定性。例如,混凝土的浇筑质量、砌石的砌筑质量以及复合材料的安装质量等,都会对其耐久性产生显著影响。不当的施工方法或劣质的施工材料可能导致材料内部存在缺陷或应力集中,从而降低其耐久性。运维管理也是确保材料耐久性的关键环节。定期的维护和检查可以及时发现并修复材料的破损和老化部分,防止问题进一步恶化。维护频率的合理性以及维护措施的有效性都会直接影响材料的耐久性。例如,对于混凝土渠道,定期的清洗、防渗处理和裂缝修补都是必要的维护措施。

4 渠道衬砌材料性能提升与耐久性增强技术

4.1 材料改性技术

材料改性技术是提升渠道衬砌材料性能和耐久性的有效途径。通过添加特定的添加剂,可以显著改善材料的物理力学性能。例如,在混凝土中加入高效减水剂,可以大幅降低混凝土的水灰比,提高其抗压强度和抗渗性。同时,添加适量的矿物掺合料,如粉煤灰、硅灰等,可以细化混凝土的孔结构,提高其耐久性。纤维增强技术也是一种有效的改性方法,通过在材料中加入纤维,如钢纤维、聚丙烯纤维等,可以显著提高材料的抗拉强度和韧性,减少因裂缝扩展而导致的材料破坏。近年来,纳米技术也被应用于渠道衬砌材料的改性中。纳米材料因其独特的尺寸效应和表面效应,可以显著改善材料的力学性能、抗渗性和耐腐蚀性。通过添加纳米粒子,如纳米二氧化硅、纳米碳酸钙等,可以显著提高混凝土的密实性和耐久性。

4.2 结构优化设计

结构优化设计是另一种提升渠道衬砌材料耐久性的重要手段。复合结构是一种有效的优化设计方法,通过将不同性能的材料进行组合,可以充分发挥各自的优势,提高整体结构的性能。例如,在混凝土衬砌中加入钢筋或钢板,可以形成钢筋混凝土或钢板混凝土复合结构,显著提高衬砌的抗压、抗拉和抗剪强度。双层衬砌也是一种常用的结构优化设计方法,通常由内层防渗层和外层保护层组成。内层防渗层主要采用高分子防渗材料,如聚乙烯(PE)膜、聚氯乙烯(PVC)膜等,具有优异的防渗性能;外层

保护层则采用混凝土、砌石等材料,主要承担抗压、抗冲等力学作用。这种双层衬砌结构可以显著提高渠道的耐久性和使用寿命。

4.3 表面处理技术

表面处理技术是提高渠道衬砌材料耐久性的另一种有效方法。通过在材料表面涂覆特定的涂层或粘贴防渗膜,可以显著提高材料的抗渗性、耐腐蚀性和耐磨性。例如,在混凝土表面涂覆环氧树脂、聚氨酯等防水涂料,可以形成一层致密的防水层,有效阻止水分和腐蚀性物质的渗入。同时,涂层还可以提高混凝土的表面硬度,减少因机械磨损而导致的材料破坏。防渗膜则是一种常用的表面处理材料,具有优异的防渗性能和较高的抗拉强度。通过将其粘贴在渠道衬砌材料的表面,可以形成一层连续的防渗屏障,显著提高渠道的防渗性能和耐久性。

5 结论

综上所述,渠道衬砌材料的性能提升与耐久性增强是确保水利工程长期稳定运行的关键。通过材料改性技术、结构优化设计、表面处理技术以及维护与修复技术的综合应用,可以显著提升渠道衬砌材料的力学性能、耐久性和环境适应性。这些技术不仅能够有效抵抗物理侵蚀、化学腐蚀和生物侵蚀等多种衰减机制,还能延长材料的使用寿命,减少维修成本,提高水利工程的整体效益。因此,在渠道衬砌材料的选择、设计、施工和维护过程中,应充分考虑各种因素的影响,科学合理地运用上述技术手段,以确保渠道衬砌材料具备优异的性能和耐久性,为水利工程的可持续发展提供有力保障。通过不断优化和创新,我们可以推动渠道衬砌材料技术的不断进步,为水利事业的蓬勃发展贡献更多力量。

[参考文献]

- [1]胡小勇.改性环氧修复材料在渠道衬砌板潮湿界面的修复性能试验[J].水利科学与寒区工程,2023,6(07):33-36.
- [2]刘伟.冻融-风沙吹蚀环境渠道衬砌混凝土的耐久性与寿命预测[D].内蒙古农业大学,2022.
- [3]洪亮.渠道衬砌混凝土配合比设计优化和耐久性研究[J].内蒙古水利,2021,(06):33-34.
- [4]武继虎,武中兴,张山.渠道衬砌耐久性混凝土配合比优化试验[J].山东水利,2013,(10):24-25.

作者简介:

申莲(1978—),女,汉族,江苏泰县人,大学,高级工程师,研究方向:生产运行管理。