

Study on crack resistance performance analysis and durability improvement measures of aqueduct engineering

Qiuwen Huang

Management Center of Bailianhe Irrigation Area in Xishui County, Huanggang, Hubei, 438200, China

Abstract

With the rapid development of water conservancy projects, aqueduct, as one of the core structures of water transmission and water conservancy facilities, plays a vital role in ensuring the stability of water resources transportation. Due to its long-term exposure to the external environment, the crack resistance and durability of the aqueduct structure are often challenged by the temperature difference, humidity, load and other factors. The appearance of cracks not only affects the stability of the structure and the conveying effect of water flow, but also may accelerate the deterioration of materials and shorten the service life. Therefore, improving the crack resistance and durability of the aqueduct project is an important research topic in the current water conservancy project. This paper analyzes the crack resistance of aqueduct engineering, discusses the key factors affecting the crack resistance, and puts forward the specific measures for durability improvement, including the selection of reasonable materials, optimizing the design scheme and construction technology, and strengthening the later maintenance, etc. This paper aims to provide theoretical basis and practical guidance for the crack resistance design and durability improvement of aqueduct engineering.

Keywords

aqueduct engineering; crack resistance; durability; material optimization; construction technology; late maintenance

渡槽工程抗裂性能分析与耐久性提升措施研究

黄秋文

浠水县白莲河灌区管理中心, 中国·湖北 黄冈 438200

摘要

随着水利工程的快速发展, 渡槽作为输水与水利设施的核心结构之一, 在确保水资源输送的稳定性中发挥着至关重要的作用。由于其长期暴露在外部环境中, 受温差、湿度、荷载等因素的影响, 渡槽结构的抗裂性能与耐久性往往会受到挑战。裂缝的出现不仅影响结构的稳定性和水流的输送效果, 也可能加速材料的劣化, 缩短使用寿命。因此, 提升渡槽工程的抗裂性能与耐久性是当前水利工程中的一个重要研究课题。本文对渡槽工程的抗裂性能进行了深入分析, 探讨了影响抗裂性能的关键因素, 并提出了具体的耐久性提升措施, 包括合理材料的选用、优化设计方案和施工工艺、加强后期维护等方面。本文旨在为渡槽工程的抗裂设计与耐久性提升提供理论依据和实践指导。

关键词

渡槽工程; 抗裂性能; 耐久性; 材料优化; 施工技术; 后期维护

1 引言

渡槽是水利工程中不可或缺的组成部分, 广泛应用于水资源调配与输送过程中。由于渡槽长期承受气候变化、水流冲击等环境因素, 结构耐久性和抗裂性能的保持尤为关键。裂缝的出现可能导致水流渗漏、结构稳定性降低等严重后果, 从而影响水利设施的正常运行。为了提高渡槽的抗裂性能和延长其耐久性, 本文将从材料选择、设计优化、施工质量控制等多方面进行探讨。通过对影响抗裂性能的因素进

行分析, 结合实际工程案例提出具体的改进措施, 力求为提高渡槽的整体性能提供理论支持和实践依据。

2 渡槽工程抗裂性能的基本概述

2.1 抗裂性能的定义及重要性

抗裂性能是指渡槽结构在承受外部荷载、温差变化、湿度波动等因素的作用下, 能够保持结构不出现裂缝或裂缝扩展较小的能力。良好的抗裂性能对渡槽的长期稳定性至关重要。渡槽作为重要的水利工程设施, 其结构需要承受长时间的水流冲击、温度变化及外部荷载作用。如果结构出现裂缝, 尤其是贯穿性的裂缝, 不仅会严重影响结构的力学性能, 还可能导致水流不畅、渗漏等一系列问题, 进而危及渡槽的功能和安全。因此, 在渡槽工程设计中, 抗裂设计成为一个

【作者简介】黄秋文(1975-), 男, 中国湖北黄冈人, 本科, 高级工程师, 从事水利水电(渡槽及灌区续建配套)研究。

重要环节，它能够有效提升结构的耐久性，保障渡槽的正常使用寿命，避免因裂缝导致的长期维修和结构安全隐患。

裂缝产生后，可能导致水渗漏，这对水利设施的功能造成直接影响，尤其在渡槽等承载水流的重要设施中，裂缝的存在会大大降低其承载能力，进而增加灾害的风险。为了确保渡槽在各种环境和荷载作用下的长期稳定性，设计时必须充分考虑抗裂性能，并采用适当的设计措施进行加强。

2.2 抗裂性能的影响因素分析

材料性能：渡槽结构的抗裂性能与所使用材料的质量密切相关。混凝土和钢筋是渡槽的主要结构材料，二者的质量直接影响抗裂性能。首先，高质量的水泥、细骨料和外加剂有助于提高混凝土的密实性、抗拉强度和抗裂能力。优质的水泥可以增强混凝土的强度，提高其抗裂性能。细骨料和外加剂如减水剂、引气剂等的使用，不仅能够提高混凝土的流动性，还能改善其耐久性，减少裂缝的产生。

钢筋作为渡槽中重要的拉力材料，其腐蚀性和粘结强度直接影响结构的抗裂能力。钢筋的腐蚀会导致其强度下降，进而影响混凝土的承载力及抗裂性。钢筋和混凝土之间的粘结强度是影响裂缝产生的重要因素，较低的粘结强度可能导致钢筋与混凝土之间的相对滑移，从而加剧裂缝的扩展。

施工工艺：施工质量在很大程度上决定了渡槽的抗裂性能。混凝土浇筑不均匀、振捣不充分以及养护不当都会导致初期裂缝的产生。尤其是在混凝土浇筑时，若振捣不均，可能导致混凝土内部存在空隙，从而降低其抗裂性。此外，养护不当，特别是在高温或低温环境下，混凝土未得到足够的湿度和温度条件下养护，容易导致早期收缩裂缝的产生。施工缝的处理不当也是裂缝扩展的潜在因素，如果施工缝处没有采取有效的加固措施，容易成为裂缝的起始点。

环境因素：渡槽常常位于潮湿、温差较大的环境中，这些环境因素对混凝土的抗裂性能有重要影响。温度变化会导致混凝土的膨胀和收缩，从而引发裂缝。特别是在冬季寒冷的地区，混凝土在冻融过程中容易出现裂缝，冻融循环会加剧混凝土的劣化，导致裂缝的扩展。此外，渡槽的浸水、冻融等环境因素也可能加速裂缝的生成和扩展，导致渡槽的耐久性和稳定性降低。因此，设计时需要考虑环境因素的影响，选用适应性强的材料，合理设计结构，增强渡槽的抗冻融和抗渗能力。

荷载作用：渡槽结构所承受的外部荷载，如水流冲击力、风荷载以及静态与动态荷载的交替变化，都会对其结构产生持续的应力作用。这些荷载变化可能在渡槽结构中产生拉应力、剪切应力或弯曲应力，导致裂缝的出现和扩展。特别是在长时间的荷载作用下，微小的裂缝可能逐渐发展为较大的结构性裂缝，影响结构的稳定性。因此，设计时应充分考虑荷载作用，采用合理的加固措施，确保结构能够在不同荷载下保持稳定。

2.3 渡槽抗裂性能的评价标准

评价渡槽抗裂性能时，通常通过裂缝宽度、深度及分布情况来衡量。根据相关标准，裂缝宽度应控制在0.3mm以内，以确保其不会对结构的力学性能和耐久性产生明显影响。裂缝的深度通常不应超过混凝土板厚度的1/3，以避免裂缝的扩展影响结构的整体强度。此外，还需对裂缝的分布情况进行评估，检查裂缝是否呈现集中性或分布均匀。通过这些标准，可以较为准确地评估渡槽的抗裂性能和结构稳定性。

抗裂性能的评价不仅限于裂缝的形态，还需要综合考虑材料的使用情况、施工质量、环境影响以及荷载作用等多方面因素。

3 渡槽工程耐久性分析

3.1 耐久性的定义与重要性

耐久性是指渡槽在长期使用过程中，能够抵抗环境腐蚀、温度变化、荷载作用等因素的能力。对于任何水利工程结构，尤其是渡槽这一重要的水流引导设施，耐久性至关重要。渡槽长期暴露于水流、气候变化和各种荷载作用中，如果其耐久性差，就会在较短时间内出现渗漏、裂缝、钢筋锈蚀等问题。这些问题不仅影响结构的力学性能，还可能导致渡槽无法完成水流传输功能，严重时甚至可能危及工程安全。因此，耐久性高的渡槽能够在恶劣的环境条件下稳定运行，减少维修和加固的频率，延长使用寿命，从而保证水利系统的长久安全性。

3.2 影响渡槽耐久性的主要因素

环境腐蚀：渡槽所处的环境是影响其耐久性的关键因素。水流中的腐蚀性物质，如盐分、酸碱性物质等，会对混凝土和钢筋产生腐蚀作用。特别是在高温和酸碱环境下，腐蚀的速度会加快，钢筋表面会逐渐生锈，混凝土的密实性下降，从而降低渡槽的整体耐久性。此外，温度的剧烈变化也会使混凝土发生膨胀与收缩，导致裂缝的产生，进一步加剧材料的腐蚀。

材料的老化：混凝土和钢筋在长期使用过程中会发生老化，导致其物理和化学性质的变化。水泥水化过程的不完全、骨料的老化以及外界环境的影响，都会影响混凝土的抗压强度和抗裂性，从而影响渡槽的耐久性。钢筋随着时间的推移，受到水分、氧气和腐蚀性物质的侵蚀，导致钢筋锈蚀，严重时会使混凝土的保护层失效，进而影响结构的稳定性。

结构设计不合理：在渡槽的设计过程中，若未考虑到所处环境的特征，未采用抗裂性和耐腐蚀性强的设计，可能会导致结构耐久性降低。例如，如果未根据温差变化设计适当的伸缩缝，或者未使用足够的防腐蚀材料，会导致材料快速老化和裂缝的产生。此外，结构设计不合理可能使得水流的压力和冲击集中在某些区域，增加了这些区域的应力，进而加速了结构的劣化。

施工质量问题：施工过程中的质量问题也会对渡槽的耐久性产生重要影响。若混凝土浇筑不均匀、振捣不充分、接缝未密封等，都会在结构中留下薄弱环节，导致水流渗透或外部因素对结构的侵蚀。混凝土在未充分振捣的情况下，可能会形成气泡和空洞，降低其密实性，导致后期出现裂缝。施工过程中，接缝的处理不到位，可能成为腐蚀性物质渗透的通道，加速钢筋锈蚀。

3.3 渡槽工程耐久性评估方法

耐久性评估是确保渡槽长期稳定运行的重要手段。通过定期对渡槽结构进行评估，可以及时发现潜在的问题，采取相应的维修和加固措施。常见的耐久性评估方法包括以下几种：

裂缝监测：裂缝是影响结构耐久性的一个重要因素。通过定期监测裂缝的宽度、深度及发展趋势，可以评估结构的健康状况。特别是在荷载、温度和湿度变化的作用下，裂缝的扩展可能导致混凝土保护层的失效和钢筋的暴露，因此定期监测裂缝变化至关重要。

混凝土碳化试验：混凝土碳化是钢筋锈蚀的主要原因之一。混凝土中的水泥和二氧化碳反应，导致混凝土的碱性环境降低，使钢筋更容易发生锈蚀。通过碳化试验，可以评估混凝土的耐腐蚀性，预测钢筋锈蚀的风险，进而采取相应的防护措施。

钢筋锈蚀评估：钢筋的锈蚀是影响渡槽耐久性的关键因素之一。通过电化学方法、无损检测技术等手段，评估钢筋的锈蚀程度，能够提前发现问题并采取修复措施，避免进一步损伤结构。

4 渡槽抗裂性能与耐久性提升措施

4.1 材料选择与优化

选择高性能混凝土：使用低水胶比的混凝土、掺加高效水泥和矿物掺合料（如粉煤灰、硅灰）能够提高混凝土的抗裂性能和耐久性。此外，采用具有自密实特性的混凝土可以有效减少结构中的孔隙率，提高密实性。

钢筋防腐措施：采用不锈钢筋或涂覆防腐涂层的钢筋，能够提高钢筋的抗腐蚀性能，延缓钢筋锈蚀的发生，进而提升渡槽的整体耐久性。

4.2 施工工艺与控制

科学施工方法：确保混凝土浇筑时均匀密实，避免空气孔隙的产生。振捣过程中要充分消除气泡，确保混凝土内部结构的密实性。同时，施工后应进行合理养护，避免因快

速干燥引发裂缝。

接缝与变形缝处理：合理设置施工缝和变形缝，避免由于温度变化引起的结构变形过大，从而产生裂缝。变形缝的密封处理也有助于防止水分渗入，从而减少裂缝的发生。

4.3 后期养护与维护管理

定期检查与评估：通过定期对渡槽结构进行裂缝监测、钢筋锈蚀检测等，及时发现潜在的安全隐患。加强对裂缝的修复和加固措施，防止裂缝扩展，确保结构的长期稳定性。

养护管理制度：建立健全的养护管理体系，制定科学的养护计划，定期检查并修复渡槽结构中的裂缝、渗漏等问题。采用适合的修复材料，如环氧树脂、聚合物砂浆等，修复裂缝并增强其耐久性。

5 实例分析

5.1 某水库渡槽抗裂性能分析

通过对某水库渡槽工程的抗裂性能进行评估，分析该工程在实际应用中存在的裂缝问题，并结合项目特点提出改进措施。案例中，主要关注材料选用、施工质量控制以及后期维护管理的改进。

5.2 耐久性提升措施应用效果

通过该实例的分析，进一步验证了采用高性能材料、优化施工工艺以及加强后期养护对提升渡槽抗裂性能和耐久性的实际效果。

6 结语

渡槽工程的抗裂性能和耐久性直接影响到水利设施的运行安全与稳定性。通过优化材料、改进施工工艺、加强后期养护等措施，可以显著提高渡槽的抗裂能力和耐久性，延长其使用寿命。随着技术的不断发展，未来渡槽工程将更加注重环保、高效与可持续发展。通过本研究提出的措施，可以有效应对渡槽工程中常见的裂缝问题，为水利工程的长期安全提供保障。

参考文献

- [1] 周厚贵.南水北调中线漕河渡槽工程施工的关键技术问题[J].南水北调与水利科技,2005,(04):10-13.
- [2] 张军,王怀国,赵英杰.碳纤维加固技术在王铺渡槽工程中的应用[J].南水北调与水利科技,2006,(S1):68-69+72.
- [3] 张彪.污水提升泵站水池混凝土工程抗裂、抗渗技术措施[J].中小企业科技,2007,(08):87-88.
- [4] 齐锋.地铁站纤维混凝土结构抗渗试验及阻裂防水机理的研究[D].上海交通大学,2007.