

水利工程中混凝土材料耐久性提升措施探讨

姜 珊

密山盛合工程材料检测有限公司 黑龙江密山

【摘要】探讨了水利工程中混凝土材料耐久性提升的关键措施，旨在通过改进材料配比、优化施工工艺、增强养护方法以及应用新型添加剂等手段，有效延长混凝土结构的使用寿命。首先分析了影响混凝土耐久性的主要因素，包括环境侵蚀、物理磨损和化学腐蚀等。随后详细讨论了提高混凝土耐久性的具体策略，如采用高性能混凝土、引入纤维增强技术以及实施科学合理的养护制度。综合运用这些措施可以显著提升混凝土在恶劣环境下的抵抗能力，从而确保水利工程的安全性和稳定性。

【关键词】混凝土耐久性；水利工程；高性能混凝土；纤维增强；养护制度

【收稿日期】2025 年 2 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 26 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20250102

Discussion on measures to improve the durability of concrete materials in water conservancy projects

Shan Jiang

MiShan ShengHe Engineering Material Testing Co. Ltd, Mishan, Heilongjiang

【Abstract】 This paper explores the key measures to improve the durability of concrete materials in water conservancy projects. The aim is to effectively extend the service life of concrete structures through means such as improving the material mix ratio, optimizing the construction process, enhancing the maintenance method, and applying new types of additives. Firstly, the main factors affecting the durability of concrete are analyzed, including environmental erosion, physical wear, and chemical corrosion, etc. Subsequently, the specific strategies for improving the durability of concrete are discussed in detail, such as using high-performance concrete, introducing fiber reinforcement technology, and implementing a scientific and reasonable maintenance system. The comprehensive application of these measures can significantly enhance the resistance of concrete in harsh environments, thereby ensuring the safety and stability of water conservancy projects.

【Keywords】 Durability of concrete; Water conservancy project; High-performance concrete; Fiber reinforcement; Maintenance system

引言

水利工程对保障国家水资源安全具有重要意义，而混凝土作为主要建筑材料，其耐久性直接关系到工程的长期稳定运行。由于受到自然环境中多种不利因素的影响，混凝土结构常常面临早期损坏的风险。如何有效地提高混凝土的耐久性成为了学术界和工程界的共同关注点。本文旨在探索一系列切实可行的方法来增强混凝土材料在水利工程项目中的耐久性能，为相关领域的研究提供参考，并为实际工程应用提出建设性的建议。

1 影响混凝土耐久性的关键因素分析

在水利工程中，混凝土材料的耐久性是决定结构长期稳定性和安全性的重要因素。环境侵蚀、物理磨损和化学腐蚀等多方面因素共同作用于混凝土结构，导致其性能逐渐下降。水工建筑物长期暴露于自然环境中，面临着冻融循环、氯离子侵入、碳化以及碱-骨料反应等多种破坏机制的影响^[1]。这些因素不仅会削弱混凝土的强度，还会对其内部钢筋产生锈蚀风险，从而影响整体结构的安全性。在寒冷地区，频繁的冻融循环会导致混凝土表层剥落，进而降低其抗压强度；而在沿海或盐渍土地区，高浓度的氯离子则可能渗透进入混凝土内部，引发钢筋锈蚀，进一步加剧结构损伤。

混凝土的耐久性还受到施工过程中多种因素的影响。混凝土配合比设计不合理可能导致孔隙率过高,从而为有害物质提供了入侵通道;振捣不充分会造成内部空洞和蜂窝现象,降低结构密实度;养护不当也是影响混凝土耐久性的主要原因之一,如早期失水过快会引起表面干缩裂缝,严重影响混凝土的抗渗性能^[2]。原材料的选择同样至关重要,选用低碱水泥可以有效减少碱-骨料反应的风险;使用优质骨料和添加适量的矿物掺合料,则有助于提高混凝土的密实度和抗侵蚀能力。在实际工程应用中,科学合理地选择和控制原材料,优化施工工艺流程,对于提升混凝土耐久性具有重要意义。

温度变化引起的热胀冷缩效应会导致混凝土内部产生应力,严重时可能引发裂缝甚至结构破坏;水流冲刷作用下,混凝土表面可能发生剥蚀,尤其是对于高速水流区域,这种损害尤为明显。生物侵蚀也是一个不容忽视的问题,某些微生物代谢产物能够与混凝土发生化学反应,生成膨胀性产物,造成混凝土开裂。面对这些挑战,通过引入新型添加剂改善混凝土微观结构,增强其抵抗外界不利因素的能力,成为提高混凝土耐久性的重要途径之一。实施科学合理的维护保养措施,定期检查并及时修复受损部位,也是确保混凝土结构长期稳定运行的有效手段。

2 高性能混凝土在水利工程中的应用研究

高性能混凝土因其卓越的力学性能和耐久性,在水利工程中的应用日益广泛。通过优化材料配比,如增加胶凝材料用量、减少水胶比以及添加矿物掺合料等手段,可以显著提升混凝土的工作性能和耐久特性。在实际工程中,高性能混凝土能够有效抵抗外界环境带来的侵蚀,例如抗氯离子渗透性能优异,这对于位于沿海或盐渍土地区的水利设施尤为重要。其出色的抗冻融能力使得它成为寒冷地区水利工程的理想选择。高性能混凝土内部结构致密,孔隙率低,这不仅增强了其物理强度,还提高了对外界有害物质的抵御能力。在设计阶段充分考虑这些因素,并合理选用高性能混凝土,对于延长水利基础设施的使用寿命具有关键意义。

采用低碱水泥、优质骨料及高效减水剂是提高混凝土性能的基础。特别是高效减水剂的应用,能够在保持良好工作性的前提下大幅降低水胶比,从而增强混凝土的密实度和早期强度发展。矿物掺合料如粉煤灰、矿渣微粉和硅灰等的适量加入,不仅可以改善混凝土的微观结构,还能增强其长期耐久性能^[3]。硅灰由于其细小颗粒尺寸和高火山灰活性,能有效填充混凝土内

部孔隙,形成更加致密的结构。这种改进不仅提升了混凝土的整体性能,还在一定程度上减少了水泥用量,降低了成本并有利于环境保护。在水利工程中推广应用高性能混凝土技术,不仅是提升工程质量的有效途径,也是实现可持续发展的必然要求。

为确保高性能混凝土在水利工程中的最佳应用效果,施工过程中的质量控制不可或缺。从混凝土拌合、运输到浇筑和养护,每个环节都需要严格把控。特别是在大体积混凝土浇筑过程中,应采取有效的温控措施以防止因温度应力引起的裂缝产生^[4]。合理的养护制度对于保证高性能混凝土的质量尤为关键。及时且充分的湿养护有助于促进水泥水化反应,提高混凝土的早期强度和后期耐久性能。定期对混凝土进行检测与评估,及时发现并处理潜在问题,也是保障水利设施长期稳定运行的重要手段。

3 纤维增强技术对混凝土耐久性的影响

纤维增强技术通过在混凝土中添加不同类型的纤维材料,显著提升了其力学性能和耐久性。纤维可以均匀分散于混凝土基体中,形成三维网状结构,有效抑制裂缝的产生和发展。这种微观结构的改变不仅增强了混凝土的抗拉强度,还提高了其韧性,使得混凝土在承受动态荷载或冲击时表现出更好的性能。在水利工程中常见的溢洪道、泄水渠等部位,水流的高速冲刷容易造成混凝土表面剥蚀,而纤维增强混凝土由于其较高的抗裂性和耐磨性,能够有效抵御这种侵蚀,延长结构使用寿命^[5]。纤维还能改善混凝土的抗冻融性能,对于寒冷地区水利设施尤为重要,有助于减少因温度变化导致的结构损伤。

钢纤维以其高强度和高弹性模量,显著增强了混凝土的抗压和抗拉强度,适用于需要高强度和良好韧性的工程部位;聚丙烯纤维则因其良好的化学稳定性和较低的成本,在提高混凝土抗裂性能方面表现出色,尤其适用于对抗腐蚀要求较高的环境;碳纤维虽然成本较高,但其优异的力学性能和低密度特性使其成为高性能混凝土的理想增强材料之一^[6]。实际应用中,根据具体工程需求选择合适的纤维类型和掺量至关重要。比如在大型水坝工程中,采用钢纤维增强混凝土可以显著提升坝体的整体稳定性;而在海洋环境中,则更多考虑使用聚丙烯或玻璃纤维来增强混凝土的抗海水侵蚀能力。

除了直接增强混凝土的力学性能外,纤维增强技术还有助于改善混凝土的工作性能。纤维的存在可以增加混凝土混合物的粘稠度,减少泌水现象,从而有利

于施工操作。纤维增强混凝土在浇筑过程中不易发生离析,保证了结构内部质量的一致性。为了充分发挥纤维的作用,施工过程中的细节控制同样重要。在拌合过程中确保纤维均匀分布,避免结团现象;在振捣环节采取适当的工艺,以防止纤维聚集影响结构性能。针对特定工程环境,还需进行充分的试验研究,确定最佳的纤维掺量和配合比方案。

4 科学养护制度对提高混凝土耐久性的意义探究

科学养护制度对于提高混凝土耐久性具有不可忽视的重要性。混凝土在浇筑完成后,初期的养护直接影响其强度发展和内部结构的形成。合适的湿养护可以确保水泥水化反应充分进行,减少因早期失水导致的收缩裂缝。在水利工程中,由于工程规模大、环境条件复杂多变,合理的养护措施显得尤为重要。在高温或干燥环境中,混凝土表面水分蒸发速度快,容易出现塑性收缩裂缝,通过覆盖保湿材料并定期洒水,能够有效保持混凝土表面湿润,促进水泥的持续水化,从而增强混凝土的整体性能^[7]。针对不同季节和气候条件调整养护策略也是必要的,如冬季施工时应采取保温措施,防止混凝土受冻影响其力学性能。

养护过程中的细节管理同样对混凝土耐久性产生深远影响。除了控制温度和湿度外,还应注意养护的时间长度和方法选择。长时间的湿养护有助于提高混凝土的密实度,降低孔隙率,进而增强其抗渗性和耐化学腐蚀能力。对于暴露于侵蚀性介质中的水利设施,如含有硫酸盐或氯离子的水体,良好的养护能够提升混凝土的抗侵蚀性能,延长结构使用寿命^[8]。采用先进的养护技术,如蒸汽养护或固化剂处理等,可以在不影响施工进度的前提下加快混凝土早期强度的发展,进一步提高其后期耐久性。这些技术的应用不仅需要考虑成本效益,还需结合具体工程要求和现场实际情况灵活运用,以达到最佳效果。

科学养护制度的有效实施还需要建立完善的质量监控体系。通过对混凝土养护过程中的关键参数进行实时监测,如温度、湿度变化以及强度增长情况,及时调整养护方案,确保护养质量。定期开展养护效果评估,分析不同养护措施对混凝土性能的影响,总结经验教训,不断优化养护工艺流程。在实际工程应用中,还需加强对施工人员的技术培训,使其掌握正确的养护方法和操作规范,保证每一环节都能严格按照标准执行。

通过这一系列措施,不仅可以显著提升混凝土的耐久性,还能为水利工程提供更加坚实的安全保障,实现经济效益和社会效益的双赢。

5 结语

提升水利工程中混凝土材料的耐久性是一个涉及多方面因素的复杂过程,需要从材料选择、配比优化、施工工艺到养护制度进行全面考虑。通过采用高性能混凝土、纤维增强技术以及实施科学合理的养护措施,可以有效提高混凝土结构在恶劣环境下的抵抗能力,延长其使用寿命。这些策略不仅有助于增强水利设施的安全性和稳定性,也为实现工程的长期可持续发展提供了坚实基础。面对未来更多的挑战,持续的技术创新和严格的工程管理将是确保混凝土耐久性的关键所在。

参考文献

- [1] 杜羨羨,王亚男,刘树康.混凝土材料的耐久性提升及其在建筑工程中的应用[J].居舍,2025,(08):51-53.
- [2] 宋乐然,吴书培.混凝土施工技术在水利施工中的应用探讨[J].治淮,2025,(03):31-32+53.
- [3] 侯荣丽.水利工程混凝土裂缝产生原因及防治措施研究[J].水上安全,2025,(03):22-24.
- [4] 司政,杨正午,张朝森.低压环境下混凝土抗冻耐久性试验及损伤模型研究[J].实验力学,2025,40(01):91-100.
- [5] 高瑞.基于高性能混凝土水利堤坝结构的耐久性分析[J].水泥,2025,(02):99-101.
- [6] 李松涛.水利工程混凝土施工技术及其质量控制的策略[J].水上安全,2025,(01):94-96.
- [7] 江东伟.混凝土浇筑技术在水利工程施工中的应用分析[J].工程技术研究,2024,9(19):79-81.
- [8] 于小龙.混凝土坝结构在水利工程中的应用及优化设计[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(28):214-216.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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

