

建筑工程混凝土结构耐久性影响因素及提升措施研究

申 雄

哈密重力混凝土福利有限责任公司 新疆 哈密 839000

【摘要】：混凝土结构在建筑工程中得到广泛应用，其耐久性直接关系到建筑物的安全性和使用寿命。混凝土的耐久性受到多种因素的影响，如水泥质量、施工工艺、环境条件以及外部荷载等。研究表明，环境因素如湿度、温差、酸碱度等对混凝土的腐蚀和劣化作用至关重要。通过优化混凝土配合比、改进施工方法及采用先进的保护措施，可以显著提高其耐久性。针对目前建筑领域中常见的混凝土结构耐久性问题，提出了具体的提升策略，旨在为建筑行业提供有价值的技术支持和实践指导。

【关键词】：混凝土结构；耐久性；影响因素；提升措施；建筑工程

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.070

引言

建筑工程中，混凝土作为一种常见且重要的建筑材料，其耐久性在工程的长期安全性与使用性能中扮演着至关重要的角色。尽管现代混凝土在技术上有了显著进展，但由于环境变化、材料老化等多种因素，混凝土结构在使用过程中仍可能出现裂缝、腐蚀等现象，影响其长期的稳定性与功能。如何确保混凝土结构在复杂环境下的持久性，成为当前建筑工程中的研究重点。通过对影响混凝土耐久性的因素进行深入剖析，并提出科学合理的提升措施，可以有效延缓其劣化过程，提升工程质量。这项研究不仅对于混凝土工程领域的技术发展具有重要意义，也为实际施工提供了指导。

1 混凝土结构耐久性概述

1.1 混凝土结构的定义与应用

混凝土结构是由水泥、砂石、外加剂等材料按一定比例混合后，通过浇筑、振捣等工艺形成的具有特定强度和耐久性的建筑构件。它广泛应用于住宅、桥梁、高楼大厦、隧道等各类建筑物中，是现代建筑工程的主要结构形式。混凝土材料因其良好的承载力、施工方便性、经济性以及防火防潮性能，被广泛选用为工程项目的核心构件。随着建筑规模的增大与结构复杂性的提升，对混凝土结构的耐久性要求也不断提高，从而确保其在恶劣环境中仍能长期保持安全与稳定。

1.2 混凝土耐久性的重要性

混凝土的耐久性直接关系到建筑物的长期使用安全与经济效益。建筑物在投入使用后的几十年内，承受着各种外部环境的侵蚀，包括气候变化、化学侵蚀、湿度波动等因素，这些因素都会导致混凝土的逐步劣化^[1]。耐久性差的混凝土结构不仅增加了维修和加固的成本，还可能因结构破坏带来严重的安全隐患。混凝土的耐久性不仅影响建筑的使用寿命，还与建筑物的维护管理、居民的生活质量密切相关。在现代建筑中，提升混凝土结构的耐久性已经成为提高工程质量的关键目标之一。

1.3 现有混凝土结构的常见耐久性问题

当前混凝土结构面临着多种耐久性问题，尤其是在复杂环境条件下，劣化现象愈加明显。常见的问题包括混凝土开裂、钢筋锈蚀、碳化和氯盐侵蚀等。混凝土裂缝的产生往往是由于温湿度变化、施工不当或外部荷载过大引起的，这不仅影响其美观，更降低了结构的整体强度。钢筋锈蚀是由于水分、氧气以及溶解于水中的盐分进入混凝土内部，破坏钢筋的保护膜，引发钢筋膨胀并导致结构裂缝。碳化和氯盐侵蚀则通过化学反应加速混凝土的劣化过程，导致混凝土结构的整体性能下降。这些问题一旦出现，通常难以修复，因此预防混凝土耐久性问题发生显得尤为重要。

2 影响混凝土耐久性的关键因素

2.1 环境因素对混凝土的影响

环境因素对混凝土的耐久性影响显著，尤其是在恶劣的气候条件下，混凝土结构更容易受到侵蚀。在潮湿、温差变化较大的地区，混凝土容易吸水膨胀，水分蒸发时又可能导致收缩，这种交替变化加剧了裂缝的形成与扩展。高温环境下，混凝土中的水分蒸发过快，也可能导致开裂及强度降低。化学侵蚀是另一种常见的环境影响因素，含有硫酸、氯离子等化学物质的环境会加速混凝土内部钢筋的腐蚀，进而影响其结构强度。海边等盐雾较为集中的地区，氯盐渗透到混凝土中也会引发钢筋锈蚀，加速混凝土的老化过程。混凝土的耐久性受到环境中水分、温度、气候变化及化学成分等多重因素的共同影响。

2.2 混凝土材料及配合比对耐久性的作用

混凝土的耐久性与其材料选择及配合比密切相关。水泥、砂、石料及外加剂的种类和质量直接影响混凝土的性能。优质的水泥、清洁的骨料以及适当的外加剂能够改善混凝土的抗渗透性和抗冻性，从而延长其使用寿命。水灰比是影响混凝土强度和耐久性的一个关键因素，较低的水灰比有助于提升混凝土的致密性，降低水分和有害物质的渗透率^[2]。合理的配合比能够确保混凝土的均匀性，减少内部气泡和裂缝的形成。适当的外加剂，如防水剂、抗冻剂等，可以增强混凝土在特殊环境下

的适应性，提高其抗腐蚀和抗老化能力。材料的选择和配合比的优化是提高混凝土耐久性的基础。

2.3 施工工艺及管理的影响

混凝土结构的施工工艺和施工管理对其耐久性起着至关重要的作用。施工过程中，混凝土的搅拌、运输、浇筑以及养护等环节，都可能直接影响混凝土的质量。在搅拌过程中，若水泥和骨料未充分混合，会导致混凝土的强度和密实性不足。浇筑时不均匀的振捣会造成内部气泡和孔隙，从而降低混凝土的密实性，影响其抗渗性能。在养护阶段，混凝土未能得到足够的湿度和温度条件，也会影响水泥水化反应，导致强度发展不完全。施工管理方面，项目进度、质量控制以及材料储存管理不当，都会影响混凝土的整体质量，进而影响其耐久性。严格控制施工工艺和完善管理措施是确保混凝土耐久性的重要保障。

3 混凝土耐久性评估方法

3.1 物理性能评估

物理性能评估是衡量混凝土耐久性的重要手段之一。其核心是通过检测混凝土的孔隙率、密实性、抗渗性等物理特性，评估其在使用过程中可能出现的劣化情况。混凝土的孔隙率直接影响其抗渗性能，孔隙过多或孔隙结构不均匀，会导致水分和有害物质的渗透，促进混凝土的腐蚀与劣化。密实性良好的混凝土在承受外界环境侵蚀时，能够有效延缓裂缝和老化现象的发生。抗渗性能则是评估混凝土耐久性的关键指标之一，优质的抗渗性可以有效防止水分和化学物质进入混凝土内部，从而延长其使用寿命。通过对这些物理性能的测试，可以为混凝土的耐久性提供初步判断，进而指导后续的加固和维护工作。

3.2 化学性能评估

化学性能评估着重于混凝土中水泥与其他成分的化学反应过程，特别是混凝土与外部环境中的化学物质之间的相互作用。混凝土在使用过程中，容易受到硫酸、氯离子、二氧化碳等物质的侵蚀，这些物质的渗透会引发混凝土的化学反应，导致钢筋锈蚀、碳化等现象，从而降低混凝土的强度和耐久性^[1]。通过化学分析方法，可以检测混凝土内部的酸碱度、氯离子含量、硫酸盐浓度等指标，从而预测其在特定环境条件下的劣化趋势。酸性土壤、海洋气候以及工业污染等因素都可能引起混凝土结构的化学侵蚀，化学性能评估可以为采取相应的防护措施提供依据，并指导优化设计和材料选择。

3.3 先进评估技术的应用

科技的发展，先进评估技术在混凝土耐久性检测中得到广泛应用。这些技术能够在非破坏性条件下，对混凝土的内部结构和耐久性进行精准评估。X射线CT扫描技术可以用于观察混凝土内部的孔隙结构，识别裂缝的分布情况以及孔隙率的变化，帮助分析其抗渗性和抗裂性。红外热像技术通过探测温度分布，能够实时监测混凝土表面的缺陷和劣化现象，尤其适用于大面积结构的检查。超声波波速测试则可用于评估混凝土的密实性和强度，结合声波传播速度和结构内部的反射波，可以推断混凝土的健康状况。电化学方法、光谱分析等技术也广泛应用于混凝土的耐久性监测中，能够提供更为精准的检测数据，为后续的维护和修复工作提供科学依据。

化，帮助分析其抗渗性和抗裂性。红外热像技术通过探测温度分布，能够实时监测混凝土表面的缺陷和劣化现象，尤其适用于大面积结构的检查。超声波波速测试则可用于评估混凝土的密实性和强度，结合声波传播速度和结构内部的反射波，可以推断混凝土的健康状况。电化学方法、光谱分析等技术也广泛应用于混凝土的耐久性监测中，能够提供更为精准的检测数据，为后续的维护和修复工作提供科学依据。

4 提升混凝土耐久性的技术措施

4.1 配合比优化

优化混凝土的配合比是提高其耐久性的基础。水泥、骨料、外加剂以及水的比例对混凝土的性能有着直接的影响。合适的水灰比可以提高混凝土的致密性，减少孔隙的形成，进而降低水分和化学物质的渗透性。过高的水灰比通常会导致混凝土的强度不足，且容易形成较大的孔隙，影响其耐久性。调整水泥与水的比例时，需要充分考虑施工环境和使用要求，以确保混凝土的抗渗性和抗冻性。同时，骨料的级配对混凝土的密实度和抗压强度也有影响。合理选择骨料粒径和级配，可以提高混凝土的结构密实性，减少裂缝的发生。通过引入矿物掺合料（如粉煤灰、硅灰等）可以有效改善混凝土的抗化学侵蚀性能，增加耐久性。优化配合比时，必须综合考虑混凝土的强度、工作性、抗渗性等多方面性能，确保其在不同环境条件下的表现。

4.2 保护层与外加剂的应用

保护层和外加剂的应用是提高混凝土耐久性的常见技术措施。保护层能够有效防止水分、酸碱及盐分等有害物质侵入混凝土内部，从而避免结构腐蚀及裂缝扩展。防水涂层和抗渗涂层在多雨或潮湿的地区尤其重要，它们通过减少水分渗透，延缓混凝土的劣化^[4]。另一方面，外加剂的使用可以显著提升混凝土的性能。抗冻剂能够增强混凝土在低温环境下的耐久性，防止因水分膨胀引起的冻裂；引气剂则通过引入微小气泡改善混凝土的抗冻抗渗性能。防腐剂的应用可有效降低钢筋锈蚀的风险，增强混凝土的整体耐久性。近年来，纳米材料和高性能外加剂的研发使得混凝土在极端环境下的表现得到显著提升。这些材料能够在微观结构上改善混凝土的致密性，进一步增强其抗渗性、抗裂性和抗腐蚀性。

4.3 施工工艺的改进与标准化

混凝土施工工艺的改进与标准化对其耐久性起到了至关重要的作用。合理的施工流程可以避免混凝土在施工过程中出现质量问题，确保其长期使用中的稳定性。在混凝土浇筑过程中，采用适当的振捣方法能够消除混凝土中的空气泡和空隙，提高其密实度，减少裂缝的产生。混凝土的温控养护也是至关重要的一步。合理的养护不仅可以确保水泥水化反应的充分进行，还能避免早期干裂和强度不足。传统的养护方式通常依赖于人工喷水或覆盖湿布，而现代化的养护技术则包括使用蒸汽

养护和温控设备, 这些方法能更精确地控制温湿度, 确保混凝土的高强度与高耐久性。施工标准化的推广也同样重要, 建立统一的施工操作标准能够确保每一个施工环节符合规定, 从而降低人为因素对混凝土质量的影响。通过技术创新和施工管理的改进, 能够有效减少混凝土缺陷的发生, 提高其耐久性和使用寿命。

5 综合性提升策略及实践应用

5.1 综合评估与优化方案

混凝土耐久性的提升离不开对多种因素的综合评估与优化方案的实施。全面的耐久性评估应结合环境影响、材料性能、施工工艺等各方面的因素。通过对混凝土的物理、化学性能进行细致分析, 能够准确识别其弱点所在, 并根据评估结果调整优化方案。若发现混凝土抗渗性不足, 可以在配合比中增加适量的外加剂来改善抗渗能力; 若发现混凝土在寒冷气候中容易出现冻裂, 则需调整水泥种类, 选择更具抗冻性能的材料。考虑到不同地区的气候条件及污染物的差异, 优化方案还应根据地理位置和环境要求进行量体裁衣的调整。为确保方案的实施效果, 优化方案还应包括质量监控、施工技术指导等方面的措施, 通过实施有效的施工管理, 确保各项优化措施能够在实际施工中得到落实。综合评估与优化方案不仅可以提升混凝土的耐久性, 还能够提高建筑物的整体性能, 延长其使用寿命。

5.2 案例分析与技术实践

通过具体案例的分析与技术实践的积累, 可以为混凝土耐久性提升提供实际的指导与借鉴。在多个高难度工程项目中, 混凝土耐久性问题已逐渐成为影响工程质量和使用寿命的重要因素。在海洋环境下的建筑中, 氯盐对混凝土的侵蚀问题尤为突出, 采用高性能的抗氯盐外加剂以及防护涂层有助于显著提升结构的抗腐蚀能力。在寒冷地区, 结合冻融循环测试, 采用低水灰比配合比并引入抗冻剂, 可以有效防止冻裂现象^[1]。在桥梁建设中, 为应对高温、湿度等复杂环境, 强化混凝土的

抗渗透性和抗裂性已成为提升其耐久性的关键技术之一。在多个长期使用的建筑物中, 定期的耐久性监测和维护已被证明是保持混凝土结构持久性能的有效手段。通过红外热像技术, 能够实时监测混凝土表面温度变化, 提前发现潜在的裂缝和劣化区域, 实施精准维修, 从而减少了维护成本, 延长了建筑的使用寿命。这些技术实践通过验证了优化材料选择、改进施工工艺以及后期监测的重要性, 同时也为类似工程项目提供了宝贵的经验。

5.3 总结与未来改进方向

材料创新仍是提升混凝土耐久性的核心方向。随着纳米技术和高性能外加剂不断发展, 未来可能会出现更加高效的材料体系, 进一步提升混凝土的抗渗透、抗冻融、抗腐蚀等多重性能。施工工艺的改进和施工管理的提升仍是一个重要的研究方向, 如何在复杂环境下保持混凝土结构的长期稳定性, 需要在施工过程中的每个环节加强质量控制, 减少人为错误。现代建筑对混凝土耐久性的需求逐步向高性能、高适应性方向发展, 未来可能会有更多定制化的解决方案, 针对特定环境提供最优的混凝土配方和施工技术。除了材料和工艺上的创新, 后期的耐久性监测与维护也将成为未来研究的重点。利用传感技术、智能化监测设备等手段, 实现对混凝土结构的实时监控, 将为早期发现问题并及时修复提供有力支持, 减少建筑物长期运营中的维护成本。未来的混凝土耐久性研究将朝着更加精细化、智能化和可持续的方向发展, 为建筑工程提供更加长效、可靠的技术保障。

6 结语:

混凝土结构的耐久性问题在建筑工程中起着至关重要的作用。影响其耐久性的因素众多, 包括环境、材料、施工工艺等方面。通过优化材料配比、应用先进技术以及改进施工方法, 可以显著提高混凝土的耐久性, 延长建筑物的使用寿命。未来, 随着材料技术和施工工艺的不断发展, 混凝土的耐久性将得到进一步提升, 为建筑行业提供更加稳定和持久的保障。

参考文献:

- [1] 宋肖俊,何其斌.建筑工程中水泥混凝土结构耐久性检测技术研究[J].中国水泥,2025,(06):48-50.
- [2] 徐伟.高性能钢筋混凝土结构耐久性影响因素及稳定性分析[J].建筑技术开发,2025,52(03):139-141.
- [3] 李有强.高层建筑钢筋混凝土结构耐久性影响因素及优化措施综述[J].价值工程,2024,43(22):166-168.
- [4] 姜志慧.混凝土结构耐久性研究与提升策略探讨[J].居业,2024,(04):217-219.
- [5] 王凯.影响桥梁混凝土结构耐久性的因素及设计优化研究[J].运输经理世界,2024,(07):74-76.