

# 建筑工程中混凝土结构耐久性研究

李颖

聊城市住房与建设事业保障中心 山东 聊城 252000

**摘要：**混凝土结构作为现代建筑工程中最常用的结构形式之一，其耐久性直接关系到建筑物的使用寿命、安全性及经济效益。本文旨在系统探讨影响混凝土结构耐久性的主要因素，分析耐久性评估方法，并提出提升耐久性的策略与建议。通过理论分析与文献综述，本研究为工程实践提供了科学依据和技术指导，以期促进建筑工程领域的可持续发展。

**关键词：**建筑工程；混凝土结构；耐久性

## 引言

混凝土结构耐久性是指在预期的使用年限内，结构能够抵抗环境侵蚀、保持原有性能并满足设计要求的能力。随着城市化进程的加快和极端气候事件的增多，混凝土结构的耐久性面临严峻挑战。因此，深入研究混凝土结构的耐久性机制，对于保障建筑安全、延长使用寿命、减少维修成本具有重要意义。

### 1 影响建筑工程混凝土结构耐久性的主要因素

#### 1.1 环境因素

##### 1.1.1 气候条件的复杂影响

建筑工程混凝土结构长期暴露于自然环境中，温度与湿度的周期性变化，特别是极端天气条件下的冻融循环，对混凝土结构的耐久性构成了严峻挑战。在低温环境下，混凝土内部的水分结冰膨胀，导致微裂缝的产生与扩展；而融化过程中，水分迁移又进一步加剧了混凝土的损伤，这种反复的冻融作用会显著降低混凝土的力学性能与耐久性。

##### 1.1.2 化学侵蚀的潜在威胁

环境中的硫酸盐、氯盐等化学物质，通过雨水、地下水或土壤等媒介渗入混凝土内部，与混凝土中的水泥水化产物发生化学反应。硫酸盐侵蚀可导致混凝土体积膨胀、开裂甚至崩解；氯盐则能破坏钢筋表面的钝化膜，引发钢筋锈蚀，进而削弱混凝土结构的整体承载力。这些化学侵蚀作用不仅缩短了混凝土结构的使用寿命，还严重威胁到建筑物的安全性能。

##### 1.1.3 碳化作用的长期影响

混凝土中的氢氧化钙等碱性物质，在二氧化碳气体的持续渗透下，会发生碳化反应，导致混凝土碱度逐渐降低。这一变化不仅削弱了混凝土对钢筋的保护作用，使得钢筋更易于锈蚀；同时，碳化还会降低混凝土的强度与刚度，影响其长期性能<sup>[1]</sup>。碳化作用的进展速度受混

凝土密实度、保护层厚度及环境湿度等多重因素影响，是评估混凝土结构耐久性时必须考虑的重要因素之一。

#### 1.2 材料因素

##### 1.2.1 水泥类型与用量的关键作用

水泥作为混凝土的主要胶凝材料，其类型和用量直接决定了混凝土的基本性能。不同类型的水泥具有不同的水化特性、硬化速度及强度发展潜力，因此选择合适的水泥品种对于满足特定工程需求至关重要。同时，水泥的用量也需严格控制，过多的水泥虽能提高早期强度，但可能导致混凝土后期收缩增大、耐久性下降。

##### 1.2.2 水灰比的精确调控

水灰比，即拌合水中水与水泥的质量比，是影响混凝土强度和耐久性的核心参数。水灰比过大，意味着混凝土中自由水含量增加，这不仅会降低混凝土的强度，还会增加其渗透性，使得外部侵蚀性物质更易侵入，从而加速混凝土的劣化过程。因此，通过精确调整水灰比，可以在保证施工流动性的同时，最大化混凝土的强度和耐久性。

##### 1.2.3 外加剂与掺合料的双刃剑效应

外加剂和掺合料是现代混凝土技术的重要组成部分，它们能够显著改善混凝土的工作性能、力学性能和耐久性。例如，减水剂能降低混凝土的水灰比，提高强度；引气剂能增加混凝土的含气量，提高其抗冻融性能。然而，不当的使用或过量的掺加也可能带来负面影响，如引起混凝土体积不稳定、降低长期强度或增加渗透性等。因此，在选择和使用外加剂与掺合料时，必须充分考虑其与混凝土其他组分的相容性，以及其对混凝土长期性能的综合影响。

#### 1.3 设计与施工因素

##### 1.3.1 结构设计的科学性与细致性

结构设计的合理性不仅关乎建筑物的安全性和稳定

性,还直接影响到混凝土的耐久性。通过优化结构布局,避免不必要的应力集中,可以减少因荷载作用而产生的裂缝,从而延长混凝土的使用寿命。同时,细部设计也至关重要,如合理设置施工缝、后浇带等,可以有效阻断侵蚀性介质的侵入路径,提高结构的整体耐久性。

### 1.3.2 施工质量的严格控制

施工质量是确保混凝土结构耐久性的关键环节。振捣不充分会导致混凝土内部空洞和密实度不足,降低其强度和抗渗性;养护不当则会影响混凝土的水化进程,导致强度发展不充分或产生干缩裂缝<sup>[2]</sup>。因此,必须严格按照施工规范进行操作,确保每一道工序的质量都达到设计要求,从而保障混凝土结构的整体性能。

### 1.3.3 裂缝的有效控制

裂缝是混凝土结构中常见的病害之一,也是侵蚀性介质侵入的主要途径。裂缝的存在不仅降低了混凝土的力学性能,还加剧了其化学和物理侵蚀的速度。因此,在设计和施工过程中,必须采取有效措施来控制裂缝的产生和发展。这包括合理设置钢筋网片、采用低热水泥、加强施工监控等。同时,对于已经出现的裂缝,应及时进行修补和处理,以防止其进一步扩展和恶化。通过综合运用多种手段,可以有效提高混凝土结构的耐久性,延长其使用寿命。

## 2 混凝土结构耐久性评估方法

### 2.1 外观检查与监测

混凝土结构耐久性的评估首先依赖于对其外观的细致检查。专业人员需通过目视方式,仔细观察混凝土表面是否存在裂缝、剥落、锈迹、渗水等异常现象,这些直观表现往往能够初步反映混凝土结构的健康状况。然而,仅凭外观检查是不够的,还需要结合长期的监测数据来进行综合评估。通过安装传感器或采用其他监测手段,定期收集混凝土结构的温度、湿度、应力、变形等关键参数,可以更加全面地了解其性能变化。将这些监测数据与外观检查结果相结合,可以更加准确地评估混凝土结构的耐久性状态,为后续维护、修复或加固提供科学依据。这种方法不仅提高了评估的准确性,还有助于及时发现潜在问题,确保建筑结构的安全与稳定。

### 2.2 性能测试

#### 2.2.1 强度测试

混凝土强度是衡量其力学性能的重要指标,直接关系到结构的承载能力和耐久性。为了准确评估混凝土的强度,我们可以采用多种测试方法,其中回弹法和钻芯法是最为常用的两种。回弹法是一种无损检测方法,通过回弹仪对混凝土表面进行敲击,根据回弹值来推算混

凝土的强度。这种方法操作简便、快速,适用于大面积混凝土的强度检测。然而,回弹法的准确性受到多种因素的影响,如混凝土表面状况、龄期、湿度等,因此在实际应用中需要结合其他测试方法进行校核。钻芯法则是一种更为直接、准确的测试方法。它通过钻取混凝土芯样,进行力学性能测试,从而得到混凝土的强度值。钻芯法能够反映混凝土内部的真实强度,但会对结构造成一定的损伤,因此在使用时需要谨慎考虑。在实际工程中,我们通常会结合回弹法和钻芯法,对混凝土的强度进行全面、准确的评估。

#### 2.2.2 渗透性试验

混凝土的渗透性是其耐久性的重要影响因素之一。渗透性高的混凝土更容易受到外部侵蚀性物质的侵入,从而加速结构的劣化。为了评估混凝土的抗渗性,我们可以进行氯离子扩散系数测试等渗透性试验。氯离子扩散系数测试是通过测量氯离子在混凝土中的扩散速度,来评估混凝土的抗渗性能。这种方法能够直观地反映混凝土对氯离子等侵蚀性物质的抵抗能力,为结构的防腐设计提供重要依据。在实际应用中,我们可以通过在混凝土表面施加氯离子溶液,并测量一定时间内氯离子在混凝土中的扩散深度,从而计算出氯离子扩散系数。除了氯离子扩散系数测试外,还可以采用其他渗透性试验方法,如渗水试验、气体渗透试验等,来全面评估混凝土的抗渗性能。这些试验方法各有特点,可以根据实际工程需求进行选择。

#### 2.2.3 电化学测试

钢筋锈蚀是混凝土结构耐久性降低的主要原因之一。为了监测钢筋的锈蚀状态,我们可以采用电化学测试方法,如半电位法。半电位法是一种基于电化学原理的测试方法,通过测量钢筋与混凝土之间的电位差,来判断钢筋的锈蚀状态。当钢筋发生锈蚀时,其电位会发生变化,通过测量这种电位变化,我们可以及时了解钢筋的锈蚀情况,并采取相应的防腐措施<sup>[3]</sup>。电化学测试方法具有灵敏度高、操作简便等优点,适用于各种复杂环境下的钢筋锈蚀监测。在实际工程中,我们可以将电化学传感器埋设在混凝土结构中,定期对钢筋的电位进行测量和分析,从而实现钢筋锈蚀状态的实时监测和预警。

## 3 提升混凝土结构耐久性的策略

### 3.1 材料优化

在追求混凝土结构耐久性的提升过程中,材料的优化选择与创新应用显得尤为重要。首先,推广使用高性能混凝土是提升耐久性的关键一步。高性能混凝土通

过精确控制原材料比例,特别是降低水灰比,显著提高了混凝土的密实度和强度,从而有效抵御外部环境的侵蚀。同时,增加掺合料比例,如粉煤灰、矿渣粉等,不仅能减少水泥用量,降低混凝土内部温升和收缩,还能细化孔结构,进一步提升混凝土的抗渗性和耐久性。此外,针对特定环境条件下的混凝土结构,开发新型抗侵蚀材料成为提升耐久性的另一重要途径。例如,耐腐蚀水泥通过调整水泥熟料中的矿物组成,增强了混凝土对硫酸盐、氯盐等侵蚀性物质的抵抗能力。同时,研发特殊外加剂,如抗裂剂、防水剂、阻锈剂等,能够针对混凝土结构的特定需求进行定制化设计,显著提升其综合性能。在实际工程中,材料优化不仅要求我们选用高质量的原材料,更需关注材料之间的协同作用。通过科学配比和精细管理,确保每一种材料都能发挥其最佳性能,共同构建出耐久性强、性能优异的混凝土结构。同时,随着科技的进步和材料的不断创新,我们还应积极探索和应用新型建筑材料,为提升混凝土结构的耐久性开辟更广阔的空间。

### 3.2 设计改进

在提升混凝土结构耐久性的征途中,设计层面的改进同样占据举足轻重的地位。将耐久性设计理念融入建筑设计的每一个环节,是确保结构长期稳定运行的关键。这要求设计师不仅关注结构的即时性能,更要从全生命周期的角度出发,综合考虑成本效益,力求在满足当前使用需求的同时,减少未来维护、修复和更换的成本。耐久性设计理念的实施,首先体现在对结构细节的精心优化上。例如,通过增加混凝土保护层的厚度,可以有效隔绝外部环境对钢筋的侵蚀,延长钢筋的使用寿命,从而提高整个结构的耐久性。同时,合理设置防水层,能够阻止水分和侵蚀性物质的渗入,为混凝土结构提供一道坚实的屏障。这些设计细节的优化,虽然可能在一定程度上增加初期建设成本,但从长远来看,却能够显著降低结构的维护成本和风险,实现成本效益的最大化。此外,设计改进还体现在对结构形式的创新上。通过采用更加科学合理的结构形式,如预应力混凝土结构、轻质高强混凝土结构等,可以在保证结构安全性的同时,提高其抗震、抗风等性能,进一步提升结构的耐久性<sup>[4]</sup>。这些新型结构形式的应用,不仅能够满足现代建筑对美观、舒适性的追求,更能有效应对极端天气和自然灾害的挑战,确保建筑结构的长期安全稳定。

### 3.3 施工与维护管理

加强施工过程质量控制,确保振捣、养护到位。

在混凝土结构耐久性的提升策略中,施工过程的严格控制与后期的精心维护管理同样至关重要。施工是混凝土结构成型的关键环节,其质量控制直接影响到结构的初始性能与长期耐久性。因此,必须加强施工过程的质量控制,确保每一步操作都符合规范要求。特别是在混凝土的振捣与养护阶段,要严格控制振捣的均匀性与充分性,以避免内部空洞和密实度不足的问题;同时,养护过程也需严格按照既定方案进行,确保混凝土强度的正常发展,减少干缩裂缝的产生。然而,即使施工质量控制得再好,混凝土结构在使用过程中也难免会出现各种病害。因此,实施定期检查与维护是保持结构耐久性的必要手段。通过定期巡查,可以及时发现并修复混凝土表面的裂缝、剥落等病害,防止其进一步发展导致结构性能的严重下降。此外,对于隐藏在结构内部的病害,如钢筋锈蚀、混凝土内部损伤等,也需要通过专业的检测手段进行定期评估,以便及时采取修复措施。随着科技的进步,智能监测技术在混凝土结构维护管理中的应用越来越广泛。通过安装传感器、数据采集与分析系统等,可以实现对混凝土结构耐久性状态的实时监测与预警。这不仅能够及时发现潜在的安全隐患,还能为结构的维护、修复提供科学依据,大大提高维护管理的效率和准确性。

### 结语

混凝土结构耐久性是一个涉及多因素、多学科的复杂问题,需要从材料、设计、施工到维护的全链条管理。通过深入研究耐久性机理,不断优化设计与施工技术,以及加强后期的维护管理,可以显著提升混凝土结构的耐久性,延长建筑使用寿命,促进建筑行业的绿色可持续发展。未来,随着新材料的研发、智能监测技术的进步,混凝土结构耐久性的研究与应用将迈上新的台阶。

### 参考文献

- [1]王晓亮,张俊生.基于耐久性的建筑工程混凝土结构设计分析探讨[J].绿色环保建材,2020,(04):82+84.
- [2]王晨飞.关于建筑施工中混凝土结构工程耐久性探析[J].四川水泥,2018,(02):276.
- [3]徐晓蕾.关于建筑工程中混凝土结构耐久性的影响因素与控制要点分析[J].居舍,2018,(33):31.
- [4]张冬冬.建筑工程混凝土结构耐久性设计的探讨[J].江西建材,2021,(10):286-287.