

# 土木工程中混凝土结构的耐久性研究

夏菲

辽宁科技大学 辽宁 鞍山 114000

**摘要：**本文旨在探讨土木工程中混凝土结构的耐久性问题，分析其影响因素、评估方法及提升策略。混凝土结构作为土木工程领域最常用的建筑材料之一，其耐久性直接关系到工程的安全性和使用寿命。本文从材料特性、环境因素、设计施工等方面深入剖析混凝土结构耐久性的关键要素，并提出相应的改善措施，以期为土木工程实践提供理论指导。

**关键词：**土木工程；混凝土结构；耐久性；影响因素；提升策略

## 引言

混凝土结构耐久性是指结构在长期自然环境和使用寿命条件下保持其预定功能的能力。随着工程技术的进步和社会发展的需求，对混凝土结构耐久性的要求日益提高。本文将从多个维度探讨混凝土结构耐久性的研究现状与发展趋势，为提高土木工程结构的长期性能提供科学依据。

## 1 混凝土结构耐久性的影响因素

### 1.1 材料特性

一是水泥类型与用量：不同类型的水泥及其用量直接影响混凝土的抗渗性、抗裂性和化学稳定性。二是骨料质量与级配：骨料的硬度、形状、粒径分布等影响混凝土的强度和耐久性<sup>[1]</sup>。三是外加剂与掺合料：合理使用外加剂和掺合料可改善混凝土的工作性能和耐久性。

### 1.2 环境因素

(1) 气候条件：极端温度、湿度变化、冻融循环等加速混凝土老化。(2) 化学侵蚀：酸雨、盐雾、地下水中的化学物质对混凝土造成侵蚀。(3) 物理磨损：风化、冲刷、磨损等物理作用降低混凝土表面质量。

### 1.3 设计与施工

一是结构设计：合理的结构布局、截面尺寸和配筋设计对耐久性至关重要。二是施工质量：搅拌、浇筑、振捣、养护等施工环节的质量控制影响混凝土的整体性能。三是裂缝控制：裂缝是耐久性降低的主要通道，有效控制裂缝是提高耐久性的关键。

## 2 混凝土结构耐久性的评估方法

### 2.1 实验室测试

#### 2.1.1 加速老化试验

实验室测试中加速老化试验是一种常用的方法，它通过模拟自然环境条件，如温度、湿度、化学侵蚀等，对混凝土样品进行加速老化处理，以快速评估其耐久

性。在加速老化试验中，可以采用多种加速老化技术，如盐雾试验、酸雨试验、冻融循环试验等，以模拟自然环境中的不同侵蚀因素。这些试验可以在相对较短的时间内对混凝土的耐久性进行评估，为工程实践提供重要的参考依据。需要注意的是，加速老化试验的结果可能受到多种因素的影响，如试验条件、样品制备、试验方法等。因此，在进行加速老化试验时，需要严格控制试验条件，确保试验结果的准确性和可靠性。

#### 2.1.2 渗透性测试

渗透性测试是评估混凝土结构耐久性的另一种重要实验室测试方法。其中，氯离子渗透试验是一种常用的评估混凝土抗渗性的手段。该试验通过模拟混凝土在实际使用环境中受到的氯离子侵蚀，测量氯离子在混凝土中的渗透深度和速度，从而评估混凝土的抗渗性能。氯离子渗透试验通常采用电迁移法或自然扩散法。电迁移法是通过施加电场来加速氯离子在混凝土中的渗透，以缩短试验周期；而自然扩散法则是在自然条件下在混凝土中扩散，以模拟实际使用环境中的渗透情况。两种方法都可以有效地评估混凝土的抗渗性。需要注意的是，渗透性测试的结果可能受到多种因素的影响，如混凝土的配合比、龄期、试验条件等。因此，在进行渗透性测试时，需要严格控制试验条件，确保试验结果的准确性和可靠性。

#### 2.1.3 力学性能测试

力学性能测试是评估混凝土结构耐久性的重要方面，尤其关注长期加载下混凝土的强度、弹性模量等力学性能的变化。这些测试旨在模拟混凝土结构在实际使用中中长期承受荷载的情况，以评估其长期力学性能的稳定性和耐久性。在长期加载试验中，通常会对混凝土样品施加持续或循环的荷载，并定期检测其强度和弹性模量的变化。通过监测这些力学性能指标随时间的演变，

可以评估混凝土在长期使用过程中的耐久性表现。需要注意的是,力学性能测试的结果可能受到多种因素的影响,如荷载水平、加载速率、试验环境等。因此,在进行力学性能测试时,需要严格控制试验条件,确保试验结果的准确性和可靠性。

## 2.2 现场监测与评估

### 2.2.1 外观检查

外观检查是现场监测与评估混凝土结构耐久性的基础环节。这一步骤要求对混凝土结构的表面进行定期检查,以识别并记录任何损伤或裂缝的情况。检查过程中,需特别关注混凝土表面的剥落、磨损、腐蚀以及裂缝的产生和发展。裂缝是混凝土结构耐久性问题的重要指示器,因此对其的检查尤为关键。裂缝的宽度、长度、深度以及分布模式都需要被详细记录,以便后续的分析 and 评估。此外,还需注意检查混凝土表面的渗水、变色等现象,这些都可能暗示着潜在的耐久性问题。外观检查的结果对于评估混凝土结构的当前状态以及预测其未来性能具有重要意义。通过定期检查,可以及时发现并处理潜在的问题,从而避免更严重的损害发生。同时,这些检查结果也为制定和维护合理的维护计划提供了宝贵的依据,有助于确保混凝土结构在长期使用过程中保持良好的耐久性能。

### 2.2.2 无损检测技术

无损检测技术在评估混凝土结构内部状态方面发挥着重要作用,其非破坏性特点确保了检测过程不影响结构的完整性。以下是2种常用的无损检测技术:(1)超声波检测:该技术利用超声波在混凝土中的传播特性来评估其内部结构状态。检测时,通过发射超声波并接收其反射信号,分析信号的传播速度、振幅衰减及波形变化等参数,可以推断出混凝土内部的缺陷(如裂缝、空洞)位置、大小及性质。超声波检测具有穿透力强、检测范围广、精度高等优点,广泛应用于混凝土结构的质量控制和耐久性评估中。(2)红外热成像:红外热成像技术利用红外辐射原理,通过检测混凝土表面温度分布的差异来评估其内部结构状态<sup>[2]</sup>。混凝土内部的缺陷或损伤往往会导致局部热传导性能的改变,从而在表面形成温度异常区域。红外热成像仪能够捕捉这些细微的温度变化,并将其转化为直观的图像显示,帮助检测人员快速识别混凝土内部的缺陷和损伤情况。该技术具有非接触、快速、直观等优点,适用于大面积混凝土结构的快速筛查。

### 2.2.3 取样分析

取样分析是评估混凝土结构耐久性的重要手段之

一,其中钻芯取样尤为常用。该方法通过从混凝土结构内部钻取芯样,进而分析混凝土的微观结构和化学成分变化,以评估其耐久性。钻芯取样通常选用合适的钻机 and 钻头,确保取样的代表性和完整性。取样过程中,需避免对周围混凝土造成过大损伤,同时确保芯样的长度和直径满足分析要求。取得芯样后,可以利用显微镜、扫描电镜等仪器观察其微观结构,分析孔隙率、水泥浆体与骨料界面等特征。此外,化学成分分析也是取样分析的重要环节。通过化学分析,可以了解混凝土中水泥、骨料、外加剂等组分的含量和分布,以及可能存在的有害物质。这些信息的获取对于评估混凝土的耐久性至关重要。

## 3 提升混凝土结构耐久性的策略

### 3.1 材料优化

在提升混凝土结构耐久性的策略中,材料优化主要围绕混凝土的组成、性能及其长期稳定性进行展开。首先,针对混凝土的组成,优化策略注重选择高质量的原材料。水泥作为混凝土的主要胶凝材料,其品质直接影响混凝土的耐久性。因此,选用品质稳定、活性高的水泥是首要步骤。同时,骨料的选用也不容忽视,其粒径、形状和强度均会对混凝土的耐久性产生影响。优质的骨料能够提供更好的骨架支撑,增强混凝土的抗裂性和抗渗性。其次,在混凝土的性能方面,优化策略着重于提高其密实度、强度和抗裂性。通过调整混凝土的配合比,如降低水灰比、增加粉煤灰等掺合料的用量,可以有效提高混凝土的密实度和强度,从而增强其抵抗外部侵蚀的能力。同时,采用纤维增强混凝土等新型材料,可以进一步提升混凝土的抗裂性能,减少裂缝的产生和发展<sup>[3]</sup>。最后,长期稳定性是材料优化的另一重要考虑因素。混凝土结构在使用过程中会受到各种环境因素的侵蚀,如酸碱盐、冻融循环等。因此,优化策略需要注重提高混凝土的抗化学侵蚀能力和抗冻融循环能力。这可以通过选用具有优异耐久性的水泥品种、添加适量的外加剂以及采用合理的施工工艺来实现。

### 3.2 设计创新

在提升混凝土结构耐久性的策略中,设计创新主要聚焦于结构设计的优化与创新,旨在通过巧妙的设计构思和先进的设计理念,从根本上增强混凝土结构的耐久性能。首先,设计创新强调对结构形式的优化。传统的混凝土结构形式往往存在应力集中、裂缝易发等问题,而创新的设计则能够通过改变结构形式,如采用预应力混凝土、薄壁结构等,有效分散应力,减少裂缝的产生,从而提升结构的耐久性。其次,细节设计的完善也

是设计创新的重要方面。在混凝土结构中，细节设计往往关系到整体性能的发 挥。例如，合理的钢筋布置、恰当的接缝处理、有效的排水设计等，都能够显著提升结构的耐久性能。创新的设计策略会注重这些细节的优化，确保结构在长期使用过程中能够保持稳定的性能。再者，设计创新还体现在对新材料、新技术的应用上。随着科技的进步，越来越多的新材料和新技术被应用到混凝土结构中，如高性能混凝土、智能监测技术等。这些新材料和新技术的应用能够进一步提升混凝土结构的耐久性能，使其更好地适应复杂多变的使用环境。最后，设计创新还需要考虑结构的可维护性和可修复性。一个易于维护和修复的结构，在长期使用过程中能够及时发现并处理潜在的问题，从而避免更严重的损害发生。

### 3.3 施工工艺改进

在提升混凝土结构耐久性的策略中，施工工艺的改进是确保设计意图得以实现、材料性能得以充分发挥的关键环节。可以采用先进的计量设备，确保混凝土原材料的精确计量，减少误差。同时，采用强制式搅拌机，确保混凝土拌合物的均匀性。搅拌时间需根据试验确定，保证水泥与骨料的充分反应，提高混凝土的和易性和密实度。根据工程需要，合理选用减水剂、引气剂、膨胀剂等外加剂，以改善混凝土的流动性、减少水灰比、提高抗渗性和抗冻融性等性能。外加剂的掺量需经过试验确定，避免过量或不足导致的性能下降。对于大体积混凝土或高度较大的结构，应采用分层浇筑的方法，每层厚度不宜超过振动器作用半径的1.5倍，以减少内部温差和收缩裂缝的产生。振捣是确保混凝土密实性的关键步骤。应选用合适的振捣设备，避免过振或漏振。振捣时间以混凝土表面不再显著下沉、不再出现气泡且表面泛出灰浆为准<sup>[4]</sup>。在混凝土浇筑后，应及时进行表面处理，如抹平、压光等，以减少表面裂缝的产生。对于重要部位或特殊要求的结构，可采用抛光、刷漆或喷涂特种涂料等方法进行表面防护。养护是混凝土硬化和强度发展的关键环节。应根据天气情况和混凝土性能制定合理的养护方案，如喷水养护、覆盖保湿等。养护

时间应满足设计要求，确保混凝土达到足够的强度。

### 3.4 维护与修复

在提升混凝土结构耐久性的策略中，维护与修复是确保结构长期保持良好状态的关键环节。首先要定期检查与评估，根据混凝土结构的使用环境和重要性，制定定期检查计划，包括检查频率、检查内容和检查方法。通过目视检查、无损检测等方法，评估混凝土结构的耐久性状况，包括裂缝、剥落、腐蚀等损伤情况。其次要及时维护与修复，对于轻微的损伤，如表面裂缝、剥落等，可以采取表面处理的方法进行修复，如填补、抹平、喷涂等。对于严重的损伤，如大面积裂缝、腐蚀等，需要进行结构加固，如增设钢筋、粘贴碳纤维布等。对于易受水或化学物质侵蚀的混凝土结构，需要进行防水与防腐处理，如涂刷防水涂料、设置防水层等。此外要长期监测与管理，在混凝土结构中设置传感器，实时监测结构的应力、温度、湿度等参数，及时发现潜在问题。针对可能出现的严重损伤或突发情况，制定应急预案，包括抢修措施、人员疏散等。

### 结语

混凝土结构耐久性是土木工程领域的重要研究课题，涉及材料、环境、设计与施工等多个方面。通过深入研究其影响因素、评估方法及提升策略，可为提高土木工程结构的长期性能和安全性提供科学依据。未来，随着新材料、新技术的不断涌现，混凝土结构耐久性的研究将更加深入，为土木工程可持续发展贡献力量。

### 参考文献

- [1]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.
- [2]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.
- [3]周超民,张辉,卢开艳.混凝土结构耐久性的公路桥梁变形安全控制方法[J].建筑技术,2023,54(08):900-903.
- [4]周静.公路桥梁混凝土结构的耐久性设计研究[J].工业建筑,2023,53(01):247.