

# 建筑混凝土耐久性检测实操要点与使用寿命评估

罗真 邱贵恒

江西赣腾工程技术研究有限公司, 江西省南昌市, 330000;

**摘要:** 本文聚焦于建筑混凝土耐久性检测的实操要点以及使用寿命评估。深入剖析了混凝土耐久性的内涵、影响因素, 详细阐述了外观、物理性能、化学性能等方面的检测要点。同时, 介绍了基于检测数据的评估模型、环境因素对使用寿命的修正及评估结果的可靠性分析。最后, 提出提高混凝土耐久性和延长使用寿命的措施, 旨在为建筑工程中混凝土质量保障提供参考。

**关键词:** 建筑混凝土; 耐久性检测; 使用寿命评估; 质量保障

**DOI:** 10. 64216/3080-1508. 25. 12. 013

在建筑工程领域, 混凝土作为一种关键的建筑材料, 其耐久性对建筑物的安全性和使用年限起着决定性作用。随着建筑行业的不断发展, 对混凝土耐久性的要求日益提高。准确检测混凝土的耐久性并合理评估其使用寿命, 能够及时发现潜在问题, 采取有效措施进行处理, 从而保障建筑物的长期稳定运行。因此, 深入研究建筑混凝土耐久性检测实操要点与使用寿命评估具有重要的现实意义。

## 1 建筑混凝土耐久性检测的基础认知

### 1.1 混凝土耐久性的内涵及其重要性

混凝土耐久性是指其在特定环境条件和服役周期内保持初始设计功能特性的一种能力, 它主要涉及到抵抗外部侵蚀、力学性能稳定性和几何形态完整等方面。经由实际操作可以知道, 高性能混凝土既保证了建筑物在其预计寿命期间的安全平稳运行状态, 又明显减少了由于材料变质而产生的维修开支及修补费用, 在像桥梁以及水利工程这样长时间暴露于恶劣自然环境中的一些重要部位的设计过程中更是如此, 提高构件的耐久程度变得十分必要, 这直接关系到整个系统安全与否的问题。

### 1.2 混凝土耐久性影响因素分析

混凝土的耐久性受很多因素影响, 大致可分成内部和外部这两大源头, 就内在机理而言, 原材料质量以及配合比设计占据主要位置, 在水泥选用上及其各项技术参数直接影响到其抗渗、抗蚀及抵抗碳化的能力, 骨料粒径分布特点是否恰当且过于含泥使得力学表现与长远服役稳定性均会受到明显干扰; 至于外界环境要素同样不能忽略存在, 当发生高水胶比率时, 则容易出现孔隙率增多情况进而对防水防冻防护能力形成安全隐患, 并且还限制了综合使用年份预期增长<sup>[1]</sup>。

外部环境因素对混凝土耐久性的影响主要体现在温度、湿度波动以及化学介质侵蚀等多个方面。在高温环境下, 混凝土内部水分快速蒸发会导致干缩裂缝的形成, 并显著降低其抗裂性能; 而在寒冷地区, 则可能因冻融循环加剧结构损伤的程度。其中, 化学腐蚀是影响混凝土耐久性的核心要素之一, 如酸雨中的特定离子或海水中某些成分与水泥水化产物发生反应, 进而导致强度下降及表面剥落等问题的发生概率上升。

## 2 建筑混凝土耐久性检测实操要点

### 2.1 外观检测要点

外观检测是混凝土耐久性检测的第一步, 通过直接观察混凝土表面的状况, 可以初步判断其耐久性。检测内容包括混凝土表面是否存在裂缝、剥落、蜂窝麻面、露筋等缺陷。裂缝是混凝土常见的病害之一, 不同类型的裂缝对混凝土耐久性的影响程度不同。收缩裂缝一般较细, 对耐久性影响相对较小, 但如果裂缝宽度较大且贯穿混凝土结构, 则会降低其抗渗性和抗冻性。荷载裂缝通常与结构受力状态有关, 可能会影响结构的承载能力。在检测裂缝时, 需要测量裂缝的长度、宽度和深度, 并记录其位置和走向。

剥落和蜂窝麻面会使混凝土表面的保护层厚度减小, 钢筋容易受到腐蚀, 从而影响混凝土的耐久性。露筋则会导致钢筋直接暴露在空气中, 加速钢筋的锈蚀, 严重影响结构的安全性。外观检测还应检查混凝土表面的颜色是否均匀, 是否有变色现象。变色可能是由于化学介质侵蚀、碳化等原因引起的, 需要进一步分析其原因<sup>[2]</sup>。

### 2.2 物理性能检测要点

物理性能检测牵涉诸多核心参数的量化评定, 主要包含混凝土强度、密度、孔隙率以及抗渗性与抗冻性的

关键指标。作为力学特性表征的核心变量——混凝土强度的测试方法多种多样，主流技术路径涵盖回弹法、超声波一回弹综合评价法和钻芯取样试验这三种典型方式，在这些手段当中，回弹法则凭借对表面硬度实施测量并间接推算出强度数值，虽然这种方法操作起来比较方便且耗时较少，不过却容易受到周围环境因素的影响从而影响到结果准确度；而另一种结合了弹性模量数据信息同回弹值情况分析的方法则能够显著提升判定可靠程度。

混凝土的密度以及孔隙率对它的耐久性能有着很大的影响，高密实度并且孔隙率低的材料常常表现出很好的抗渗性以及抗冻能力，在密度测量上，环刀法和蜡封法都是常用的方法；对于孔隙率而言，则可凭借压汞法或者气体吸附技术实施精确测定。抗渗性的评定大多借助渗透试验来开展，其主要手段是给试件施加恒定水压力，并且记录下单位面积上的透水量变化情况以此反映防水效果如何，至于抗冻性能评价则要依靠冻融循环测试来进行，即观察样品在反复受冷热交替作用之后的质量损耗状况及其力学强度衰退情形怎样，进而全面判断它能否长久可靠地服役下去<sup>[3]</sup>。

### 2.3 化学性能检测要点

化学性能检测主要针对混凝土中的化学成分以及与环境介质的化学反应情况。碳化是混凝土常见的化学现象之一，碳化会使混凝土的碱性降低，导致钢筋锈蚀。检测混凝土碳化深度可采用酚酞试液法，通过测量酚酞变色的深度来确定碳化深度。

氯离子含量检测也是化学性能检测的重要内容。氯离子会破坏钢筋表面的钝化膜，加速钢筋的锈蚀。常用的检测方法有化学分析法和电位滴定法。碱骨料反应是混凝土中碱与骨料中的活性成分发生的化学反应，会导致混凝土膨胀开裂。检测碱骨料反应可采用岩相分析法、化学法和砂浆棒快速法等。

## 3 建筑混凝土使用寿命评估方法

### 3.1 基于检测数据的评估模型

基于检测数据的评估模型是通过收集混凝土的各项检测数据，建立数学模型来预测其使用寿命。常用的评估模型有概率模型、确定性模型等。概率模型考虑了各种不确定因素的影响，如材料性能的变异性、环境条件的随机性等。通过对大量数据的统计分析，确定各因素的概率分布，然后利用概率理论计算混凝土在不同时间内失效的概率。例如，蒙特卡罗模拟法就是一种常用的概率评估方法，通过随机抽样模拟各种可能的情况，

计算混凝土的使用寿命分布。

确定性模型则是基于确定的物理和化学原理，建立混凝土性能随时间变化的数学方程。例如，根据混凝土碳化的化学反应原理，建立碳化深度随时间变化的方程，通过测量当前的碳化深度和相关参数，预测混凝土在未来的碳化情况，从而评估其使用寿命。在实际应用中，需要根据具体情况选择合适的评估模型，并结合工程经验进行修正。

### 3.2 环境因素对使用寿命的修正

环境因素对混凝土使用寿命有显著影响，因此在评估时需要对环境因素进行修正。不同的环境条件下，混凝土的劣化速度不同。例如，在海洋环境中，混凝土受到海水的侵蚀作用，其使用寿命会明显缩短。可以根据环境条件的不同，将环境分为不同的类别，如干燥环境、潮湿环境、海洋环境等，并确定不同环境类别下混凝土的劣化系数<sup>[4]</sup>。

对于温度和湿度等环境因素，也可以建立相应的修正模型。温度升高会加速混凝土的碳化和化学腐蚀过程，湿度则会影响混凝土的抗冻性和抗渗性。通过考虑环境因素的修正，可以更准确地评估混凝土的使用寿命。

### 3.3 评估结果的可靠性分析

评估结果可靠性的验证属于保证其精确性与可信度的关键部分，由于在执行评估的时候存在多种不确定性因素，数据测量误差、模型假设条件之类的潜在偏差都包含其中，所以必须展开相关检验工作。采用灵敏度分析法、不确定量化手段以及参数稳定性测试等方法论工具来深入探究各个变量对于结论的影响程度，并以此改进研究发现的稳健水平。

敏感性分析的重点在于考察输入变量对目标函数变化情况的影响程度以及主要推动因素，经由精确测量并合理把控关键参数之后，模型预测结果的可信度与准确率可以得到明显提升。而不确定性分析着重于量化结论中的不确定部分，并且用置信区间来限定潜在的结果范围，在处理数据波动问题时，采用区间估计或者模糊集理论等办法进行应对，在工程应用方面，联系具体项目案例展开对比验证也能使研究成果更具实际操作价值和指导意义。

## 4 提高建筑混凝土耐久性及延长使用寿命的措施

### 4.1 原材料与配合比优化

混凝土耐久性的核心保障源于优质原材料的科学甄选与配合比的精准设计。水泥作为胶凝体系的核心成

分,其性能需适配工程所处的特定环境,例如在盐碱地或海洋工程中,应优先选用抗硫酸盐水泥等专用品种,确保其抗侵蚀性与体积安定性满足长期使用需求。骨料的质量控制同样关键,天然骨料需具备圆润的颗粒形态与连续级配,人工骨料则应严格控制针片状颗粒含量,同时两类骨料的含泥量与泥块含量必须符合现行国家标准中的限值要求,避免有害杂质影响混凝土结构稳定性。外加剂的合理选用能显著改善混凝土性能,高效减水剂可在保证工作性的前提下大幅降低水胶比,同步提升混凝土的抗压强度与抗渗等级;引气剂通过引入微小封闭气泡,能有效缓解冻融循环对混凝土的破坏作用。配合比设计阶段,需基于工程力学性能要求与原材料特性参数,采用正交试验等方法确定最优水胶比、砂率及胶凝材料用量。

#### 4.2 施工过程质量控制

施工阶段的精细化管控是确保混凝土设计耐久性得以实现的关键环节。搅拌环节需采用强制式搅拌机,根据骨料含水率实时调整加水量,严格控制搅拌时间在90~120秒范围内,保证胶凝材料与骨料充分混合均匀。原材料计量系统应定期校准,采用电子计量设备实现水泥、骨料、外加剂等组分的精准投放,计量误差控制在±2%以内,避免因配比偏差导致混凝土性能波动。运输过程中需选用密闭式罐车,根据运输距离调整坍落度损失补偿方案,长距离运输时可添加缓凝型外加剂,同时控制运输时间不超过混凝土初凝时间,防止离析现象发生。浇筑作业时应采用分层浇筑方式,每层厚度不超过500mm,使用插入式振捣器进行振捣,振捣点间距控制在振捣器作用半径的1.5倍范围内,确保振捣密实且避免过振导致骨料离析,有效杜绝蜂窝、麻面等施工缺陷。养护阶段需实施差异化方案,高温干燥环境下应在浇筑完成后12小时内覆盖保湿材料并定时洒水,保持表面湿润养护不少于14天;严寒季节则采用蓄热法或蒸汽养护技术,确保混凝土核心温度不低于5℃,防止早期受冻破坏。

#### 4.3 后期维护与修复策略

混凝土结构的后期维护与病害修复是延长其使用寿命的重要手段,需建立全生命周期的监测与养护体系。定期巡检工作应重点关注混凝土表面裂缝、剥落、碳化深度及钢筋锈蚀等病害,采用超声波检测、电磁感应等无损检测技术,实现隐蔽病害的早期识别。针对不同类型的病害需采取针对性修复措施:宽度小于0.3mm的微裂缝可采用环氧树脂浆液表面封闭法处理,阻止水分

与有害介质侵入;宽度大于0.3mm的结构性裂缝则需采用压力灌浆法,注入低粘度环氧树脂或水泥基灌浆材料,恢复结构整体性。当混凝土表面出现剥落、露筋或碳化深度超标等问题时,应先凿除破损部分至坚实基层,清理表面浮尘后涂刷界面处理剂,再采用聚合物修补砂浆或喷射混凝土进行修复。环境管理方面,海洋环境中的混凝土结构需在表面涂刷氟碳涂层或聚脲涂层等防腐材料,形成隔离屏障抵御氯离子侵蚀;工业环境中的结构则应定期清除表面腐蚀性介质。对于钢筋锈蚀引发的结构病害,可采用阴极保护技术或电化学脱盐处理,通过施加外部电场抑制钢筋电化学腐蚀过程,延缓锈蚀速率,保障混凝土结构的长期安全使用。

#### 5 结束语

综上所述,建筑混凝土耐久性检测和使用寿命评估是保障建筑工程质量和安全的重要工作。通过对混凝土耐久性的基础认知,明确了影响其耐久性的主要因素。在检测实操方面,外观检测、物理性能检测和化学性能检测各有要点,能够全面评估混凝土的质量状况。基于检测数据的评估模型、环境因素修正和可靠性分析为准确评估混凝土使用寿命提供了科学方法。未来,随着建筑技术的不断发展,对混凝土耐久性的要求将越来越高。在检测技术方面,将朝着更加精准、快速、无损的方向发展。在评估方法方面,将更加注重多因素耦合作用的研究,建立更加完善的评估模型。同时,人工智能和大数据技术的应用将为混凝土耐久性检测和使用寿命评估提供更强大的支持,提高评估结果的准确性和可靠性。

#### 参考文献

- [1]惠云玲,岳清瑞,牛荻涛,徐建,郭小华,胡邦喜,徐善华,姚继涛,常好诵,王东林.工业建筑混凝土结构诊治关键技术与应用.北京市,中冶建筑研究总院有限公司,2016-01-01.
- [2]潘俊彦,龙伦芳.环境潮湿地区房屋加固改造耐久性现场试验的应用探究[J].科技创新与应用,2023,13(20):71-74.
- [3]冯磊磊,耿欧.不同浓度硫酸盐环境下建筑混凝土结构耐久性能研究[J].中国住宅设施,2023,(05):124-126.
- [4]宋娟,刘飞.闲置建筑再利用的安全、耐久性检测鉴定及处理措施[J].价值工程,2023,42(06):49-51.

作者简介:罗真(1986.11—),性别:女,民族:汉,籍贯:江西吉安,学历:本科,职称:工程师,研究方向:建筑工程。