

# 建筑工程混凝土结构设计耐久性

李少勇

内蒙古中域航天工程规划设计有限公司 内蒙古 呼和浩特 010051

**摘要：**本文深入探讨建筑工程混凝土结构设计耐久性问题。分析了耐久性设计的影响因素，包括环境作用、寿命设计、构造设计、可修复能力设计及材料制备设计。阐述了耐久性设计的原则，涵盖安全性、适用性、经济性和可持续性。详细介绍了提高混凝土结构耐久性的设计措施，如降低环境负面影响、规范施工质量与养护、改进结构材料设计及规范结构耐久性设计等。

**关键词：**建筑工程；混凝土结构；设计耐久性

## 引言

随着建筑行业的不断发展，混凝土结构在建筑工程中广泛应用。然而，混凝土结构的耐久性问题日益凸显，成为影响建筑质量和使用寿命的关键因素。环境侵蚀、材料老化、荷载作用等多种因素都可能导致混凝土结构耐久性下降。为保障建筑的安全稳定和长期使用，对建筑工程混凝土结构设计耐久性进行深入研究至关重要。本文将系统地分析影响混凝土结构耐久性的因素，阐述耐久性设计原则，并提出具体的设计措施，为提高混凝土结构的耐久性提供有益的参考和借鉴。

## 1 耐久性设计因素分析

### 1.1 环境作用影响

#### 1.1.1 物理作用方面

(1) 温度变化：温度的大幅波动对混凝土结构影响显著。在高温环境下，混凝土内部水分蒸发速度加快，导致混凝土内部产生较大的孔隙压力，可能使混凝土出现裂缝。如在炎热的沙漠地区，长期的高温作用会使混凝土结构的耐久性降低。而在低温环境中，混凝土中的水分会结冰膨胀，反复的冻融循环会使混凝土结构逐渐产生裂缝、剥落等破坏，严重影响其使用寿命。像我国北方地区的冬季，许多暴露在室外的混凝土结构都容易受到冻融破坏。(2) 湿度影响：高湿度环境会使混凝土长期处于饱水状态，加速混凝土中有害物质的渗透，例如氯离子等腐蚀性离子更容易渗入混凝土内部，从而引发钢筋锈蚀等问题。而在过于干燥的环境下，混凝土中的水分快速流失，会导致混凝土收缩加剧，产生干缩裂缝，降低混凝土结构的整体性和耐久性。(3) 机械磨损：如建筑物周边的车辆行驶、机械振动等产生的机械力，会对混凝土结构造成磨损和冲击。例如在工厂车间、物流仓库等场所，频繁的机械作业和货物搬运会使混凝土地面和基础结构受到磨损和冲击，长期积累会使

混凝土结构的耐久性受到影响。

#### 1.1.2 化学作用方面

(1) 酸性气体侵蚀：工业生产中排放的二氧化硫、二氧化碳等酸性气体，与混凝土中的氢氧化钙等碱性物质发生化学反应，会使混凝土的碱性降低，破坏混凝土的高碱性环境，导致混凝土结构的耐久性下降。在一些化工园区、重工业区域，周边建筑物的混凝土结构容易受到酸性气体的侵蚀。(2) 氯离子侵蚀：在海洋环境、盐湖地区以及使用除冰盐的道路桥梁等环境中，氯离子含量较高。氯离子会通过混凝土的孔隙渗透到钢筋表面，破坏钢筋的钝化膜，使钢筋发生电化学腐蚀，严重威胁混凝土结构的安全性和耐久性。例如沿海地区的混凝土建筑物，长期受到海水和海风中氯离子的侵蚀，钢筋锈蚀问题较为突出。(3) 硫酸盐侵蚀：土壤和水中的硫酸盐与混凝土中的水泥水化产物发生反应，生成膨胀性的硫酸盐结晶，会使混凝土内部产生膨胀应力，导致混凝土开裂、破坏。在一些硫酸盐含量较高的地区，如地下水水位较高的盐碱地，混凝土结构容易受到硫酸盐侵蚀。

## 1.2 寿命设计

混凝土结构寿命设计包括技术性、功能性和经济性使用寿命。技术性使用寿命指结构使用到承载力、整体性等技术指标不合格的时间，设计时要根据使用功能、荷载等准确计算受力性能和变形，如大型工业厂房和桥梁需严格分析计算。功能性使用寿命与使用功能相关，出现裂缝、渗漏致功能无法正常发挥时结束，如对防水等功能要求高的建筑。经济性使用寿命是新建结构比保留原有结构更经济时结束，要综合考虑维护、修复及新建成本，老旧建筑若维护修复成本高而新建成本低，则经济性使用寿命结束<sup>[1]</sup>。合理设计寿命可确保混凝土结构在不同方面满足要求，提高其耐久性和使用价值。

## 1.3 构造设计

构造设计对混凝土结构耐久性至关重要。钢筋布置方式和间距影响大,合理布置能使钢筋有效承担拉力,避免变形移位,如梁、板结构中要按设计要求设置间距,确保混凝土包裹钢筋防锈蚀。混凝土保护层是保护钢筋的屏障,足够厚度可阻止腐蚀性介质等进入,减缓锈蚀速度,设计时要根据使用环境和年限确定厚度,海洋环境下保护层应更厚。伸缩缝和沉降缝可释放温度变化、地基沉降产生的应力,避免裂缝,要根据结构尺寸和地基情况合理设置位置和间距。

#### 1.4 可修复能力设计

可修复能力设计对混凝土结构至关重要。一方面要预留修复空间,在设计时为建筑物梁、板、柱等结构预留孔洞或通道,便于维修人员检查和修复。另一方面要选择易修复的材料和构造,优先选用可修复性好的材料,如新型复合材料,强度韧性高且受损后易修复;构造设计应简单,避免复杂构造增加修复难度。此外,还需建立监测和预警系统,安装传感器等设备实时监测结构运行状态,及时发现损伤病害并预警,以便在严重问题出现前修复,提高结构可修复性和耐久性,确保混凝土结构在使用过程中能更好地应对各种问题。

#### 1.5 材料制备设计

材料制备设计可提高混凝土结构耐久性。应用高性能混凝土,通过优化配合比、添加外加剂提高性能,如加粉煤灰等矿物掺合料改善工作性和耐久性。要根据环境选适应性材料,海洋环境用抗氯离子侵蚀的水泥和外加剂,高温环境用耐高温材料。还可进行惰性选择,选化学性质稳定材料,如在高耐久性要求结构中用不锈钢钢筋等,减少老化腐蚀。

## 2 混凝土结构耐久性设计原则

### 2.1 安全性原则

安全性是混凝土结构耐久性设计的首要原则和基础。在各种荷载作用下,结构必须保持足够的强度、刚度和稳定性,这是保障人们生命财产安全的根本要求。如在地震多发地区,设计时要充分考虑地震荷载对结构的影响,确保混凝土结构在地震作用下不会发生严重的破坏或倒塌;对于高层建筑,要保证其在风荷载、自重等作用下的稳定性。为了满足安全性原则,设计师需要精确地进行结构分析和计算,合理选择结构形式和材料,确保结构能够承受设计使用年限内可能遇到的各种荷载组合。

### 2.2 适用性原则

混凝土结构在使用过程中应满足人们对建筑功能的需求,并且结构的变形、裂缝等应控制在允许的范围

内。一方面,建筑的空间布局、采光、通风等功能要得到良好的实现,比如厂房的空間要满足生产设备的布置和人员的操作需求,住宅要保证良好的采光和通风条件。另一方面,结构的变形不能影响到建筑的正常使用,例如楼板的变形过大可能会导致楼面不平整,影响人们的行走和家具的摆放;裂缝宽度超过允许值可能会影响结构的防水、保温等性能,甚至会引起人们的心理不安。

### 2.3 经济性原则

经济性原则要求在保证结构安全性和适用性的前提下,尽可能降低工程造价。这需要综合考虑多个方面的因素,如材料的选择、结构形式的优化、施工工艺的改进等。在材料选择方面,要根据结构的使用要求和环境条件,选择性价比高的材料,既要保证材料的质量和性能,又要控制材料的成本。如在一些对耐久性要求较高的部位,可以使用高性能混凝土,但在一些次要部位,可以选择普通混凝土。在结构形式设计上,要力求简洁、合理,减少不必要的结构构件和复杂的节点,降低施工难度和成本。

### 2.4 可持续性原则

随着社会对环境保护和可持续发展的重视程度不断提高,混凝土结构的耐久性设计也应遵循可持续性原则。在设计过程中,要尽量减少对自然资源的消耗,例如优先使用可再生资源或可回收利用的材料,减少对天然骨料的开采。同时要降低对环境的污染,例如采用环保型的外加剂和水泥,减少混凝土生产过程中的碳排放和废水排放。还要考虑结构的可维护性和可拆除性,以便在结构使用寿命结束后能够进行有效的回收和利用,减少建筑垃圾的产生。

## 3 建筑工程混凝土结构耐久性设计

### 3.1 降低环境方面对混凝土造成的负面影响

在建筑工程混凝土结构耐久性设计中,降低环境方面对混凝土的负面影响至关重要。(1)控制水的影响。一方面要做好防水处理,在建筑屋顶、地下室、卫生间等易接触水的部位采用高质量防水卷材和防水涂料,形成有效防水层,如地下室先铺防水卷材再浇筑混凝土确保防水性能。另一方面要合理设计排水系统,建筑物屋面设置合适坡度排水坡让雨水迅速排走,露天混凝土结构如桥梁、广场设置排水管道或排水沟避免长期浸泡。此外,在高湿度环境如沿海地区或潮湿地下室可采用通风、除湿措施降低空气湿度,减少水分侵蚀,像在地下室安装通风设备定期通风换气降低湿度。(2)应对温度变化。一是进行保温隔热处理,在温度变化大的地区,

在建筑物外墙、屋顶等部位使用保温材料如聚苯板、岩棉等降低传热系数，减少室内外温度传递。二是根据混凝土结构的长度、宽度和温度变化合理设置伸缩缝，吸收温度变化产生的膨胀和收缩，避免温度应力过大导致裂缝，如在桥梁、道路等大型结构中每隔一定距离设置伸缩缝保证安全稳定。（3）防止化学侵蚀。一是选择合适材料，根据环境条件选择抗化学侵蚀性能的水泥、骨料和外加剂，在硫酸盐侵蚀地区用抗硫酸盐水泥，氯离子侵蚀环境采用耐腐蚀钢筋和外加剂。二是对混凝土结构表面进行防护处理，如涂刷防腐涂料、粘贴防腐卷材形成防护屏障，在海洋环境中可涂刷防腐涂料提高抗腐蚀能力。（4）避免机械损伤。一方面在使用过程中对易受机械损伤部位设置防护装置，如建筑物阳角、门边设置防撞角、防护栏。另一方面在施工过程中严格控制施工荷载，避免超载导致裂缝或变形，模板拆除和设备安装要按施工方案操作，不得随意堆放重物或施加过大荷载<sup>[2]</sup>。

### 3.2 施工质量规范与结构养护措施

在建筑工程混凝土结构耐久性设计中，施工质量规范与结构养护措施至关重要。施工过程中，应严格遵循质量规范，确保混凝土的配合比准确，搅拌均匀，浇筑密实。加强对钢筋的保护，防止钢筋锈蚀影响结构耐久性。同时，规范施工缝的处理，避免因施工不当形成薄弱环节。在结构养护方面，混凝土浇筑后应及时进行保湿养护，防止水分过快蒸发导致裂缝产生。根据环境温度和湿度合理调整养护时间和方法。对处于恶劣环境中的混凝土结构，如海洋环境或寒冷地区，应采取特殊的养护措施，如涂刷防腐涂料、加强保温等。定期对混凝土结构进行检查和维护，及时发现并处理问题，确保混凝土结构始终保持良好的耐久性，延长建筑的使用寿命。

### 3.3 改进建筑工程结构材料的设计

在建筑工程混凝土结构耐久性设计中，改进建筑工程结构材料的设计至关重要。首先，应选择高质量的水泥，优先选用抗硫酸盐、抗碳化性能好的水泥品种，以减少环境因素对混凝土的侵蚀。其次，优化骨料的级配

和品质，严格控制含泥量和有害物质含量，提高混凝土的密实度。在混凝土中合理添加外加剂，如减水剂、引气剂等，改善混凝土的工作性能和耐久性。对于处于恶劣环境中的结构，可考虑使用高性能混凝土或纤维增强混凝土，增强其抗裂、抗渗和抗腐蚀能力。同时注重钢筋的选材和防护，采用耐腐蚀的钢筋或对普通钢筋进行防腐处理，如涂刷防锈漆等。通过改进建筑工程结构材料的设计，有效提高混凝土结构的耐久性，确保建筑工程的安全和长期使用性能。

### 3.4 规范建筑工程结构的耐久性设计

在建筑工程混凝土结构耐久性设计中，规范建筑工程结构的耐久性设计至关重要。首先，应明确耐久性设计的目标和要求，根据建筑物的使用功能、环境条件等因素确定合理的设计使用年限。在设计过程中，要充分考虑各种可能影响耐久性的因素，如环境侵蚀、荷载作用等。加强对混凝土材料的选择和控制，选用质量可靠、耐久性好的水泥、骨料和外加剂。合理设计混凝土配合比，确保混凝土具有足够的强度和抗渗性等性能<sup>[3]</sup>。同时要重视结构的构造设计，如合理确定钢筋的保护层厚度、设置伸缩缝等，以减少结构在使用过程中的损伤。

结束语：建筑工程混凝土结构的耐久性设计是一项复杂而重要的任务。通过对耐久性设计因素的分析，明确了环境、寿命、构造、可修复能力和材料等方面对混凝土结构耐久性的影响。遵循安全性、适用性、经济性和可持续性原则，采取降低环境负面影响、规范施工质量与养护、改进结构材料设计以及规范结构耐久性设计等措施，能够有效提高混凝土结构的耐久性。

### 参考文献

- [1]张进云.建筑工程混凝土结构设计耐久性分析[J].建材与装饰,2021,17(3):76-77.
- [2]刘葵.探究建筑工程混凝土结构设计耐久性[J].模型世界,2021(12):145-147.
- [3]姚晓亮.初探建筑工程混凝土结构设计耐久性[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2020(1):1740-1741.