

民用建筑结构设计中的耐久性设计与材料选择

高会晓

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 民用建筑结构设计中的耐久性设计通过优化材料选择和结构构造, 有效提高建筑的使用寿命和抗腐蚀能力。在设计过程中, 重点采用高性能材料, 如高强度混凝土、耐腐蚀钢材以及新型复合材料, 以提升结构的抗风化、抗酸碱和抗冻融性能。同时, 结合现代建筑设计方法, 合理进行结构布置与构造设计, 降低材料应力集中, 减少损耗与裂缝生成。这种设计策略不仅提升了建筑的稳定性和安全性, 还大幅降低了维护和修复成本, 为民用建筑的可持续发展提供了可靠保障。

[关键词] 民用建筑; 耐久性设计; 材料选择; 高性能材料

DOI: 10.33142/ect.v2i12.14801

中图分类号: TU311.2

文献标识码: A

Durability Design and Material Selection in Civil Building Structure Design

GAO Huixiao

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Durability design in civil building structural design effectively improves the service life and corrosion resistance of buildings by optimizing material selection and structural construction. In the design process, high-performance materials such as high-strength concrete, corrosion-resistant steel, and new composite materials are emphasized to enhance the structure's resistance to weathering, acid and alkali, and freeze-thaw resistance. At the same time, combining modern architectural design methods, reasonable structural layout and construction design are carried out to reduce material stress concentration, minimize losses and crack generation. This design strategy not only enhances the stability and safety of the building, but also significantly reduces maintenance and repair costs, providing reliable guarantees for the sustainable development of civil buildings.

Keywords: civil building; durability design; material selection; high performance materials

引言

随着城市化进程的加快, 民用建筑的结构设计面临着日益严峻的耐久性挑战。环境污染、气候变化以及使用频率的增加, 使得建筑在使用寿命内受到更大的腐蚀和损耗威胁。因此, 在建筑结构设计中, 不仅要注重基础承载力, 还需关注其长期耐用性与稳定性。通过科学的材料选择和优化的结构设计策略, 可以有效提升建筑的整体性能, 使其在各种复杂环境中保持稳固与安全。这一设计理念不仅符合可持续发展的要求, 还为未来建筑的安全性和经济性提供了坚实的保障。

1 民用建筑结构耐久性设计的基本原则

民用建筑结构的耐久性设计是确保建筑在其设计寿命内保持安全、稳定和可持续性的关键环节。其基本原则主要包括以下几个方面: 首先, 应充分考虑结构在整个生命周期内可能面临的环境因素, 如气候变化、湿度、温度波动、酸碱性介质等。这些外部条件对建筑材料的侵蚀和劣化有显著影响, 因此在设计时必须综合考虑建筑所处的地理位置、周围环境以及未来的使用条件, 以确保材料能够抵御这些外部因素的长期影响。

其次, 材料的选择至关重要。耐久性设计的核心在于使用高性能的材料, 这些材料必须具有较强的抗风化、抗腐蚀、抗冻融等特性。比如, 高强度混凝土、耐腐蚀钢材

和新型复合材料等是近年来广泛应用于建筑领域的高性能材料, 能够有效提高结构的使用寿命。此外, 材料的选择不仅仅局限于其物理性能, 还需综合考虑其与其他材料的相容性、施工难易程度以及经济性等因素, 从而达到耐久性和成本之间的平衡。

再次, 合理的结构设计也是确保耐久性的关键。建筑结构的布置应尽量减少应力集中区域, 避免局部过载导致裂缝的产生。良好的结构设计能够有效分散荷载, 减少材料的疲劳与损耗。此外, 设计中应注重防水、防潮措施的加强, 避免因水分渗入引发的腐蚀和劣化, 特别是在地下结构和外墙等关键部位, 更需进行特殊处理。

最后, 定期的维护与保养同样是耐久性设计的重要组成部分。设计时应考虑未来维护的便利性, 为后期的检修和加固留出空间, 减少因维护困难造成的使用风险。通过以上原则的综合应用, 能够大幅提升民用建筑的耐久性, 降低维护成本, 延长使用寿命。

2 耐久性材料在民用建筑中的选择与应用

耐久性材料的选择与应用是民用建筑结构设计至关重要的一环, 它直接影响建筑的使用寿命和维护成本。在民用建筑中, 高性能材料的合理选择和科学应用, 能够有效提升建筑的耐久性与稳定性。首先, 高强度混凝土是建筑行业中最常用的耐久性材料之一。其优越的抗压强度

和抗风化能力使其成为地基、框架和承重结构的理想材料。此外，现代高强度混凝土通过掺入外加剂，如减水剂、硅灰和矿物掺合料，可以进一步增强其抗裂性、抗渗性和耐久性，从而适应各种恶劣的环境条件。

其次，耐腐蚀钢材在民用建筑中的广泛应用，也极大提升了建筑结构的耐久性。传统钢材在潮湿或腐蚀性环境中容易发生氧化和腐蚀，而耐腐蚀钢材通过添加合金元素，如铬、镍、钼等，显著增强了其抗氧化和抗腐蚀能力。这种材料不仅适用于桥梁、高层建筑等需要长时间暴露在外环境中的结构，还能在化工厂房等特殊场合中发挥关键作用。

除了传统的混凝土和钢材，新型复合材料在民用建筑中的应用也日益广泛。纤维增强复合材料（FRP）因其重量轻、强度高、耐腐蚀等优点，被用于加固和修复老旧建筑结构。其良好的耐久性能，使其在应对腐蚀、紫外线辐射和化学侵蚀方面具备出色表现，能够有效延长建筑物的使用寿命。此外，这类材料的施工便捷性和灵活性，也在施工过程中降低了人力和时间成本。

最后，在材料选择过程中，还需综合考虑其经济性与可持续性。尽管高性能材料的初始成本较高，但从长期使用和维护的角度来看，这些材料能够显著降低建筑的维护费用，并减少环境负担。因此，在耐久性设计中，选择合适的耐久性材料，不仅是提升建筑质量的关键，也是实现建筑物全生命周期内经济效益最大化的重要途径。

3 结构设计对建筑耐久性的影响与优化策略

结构设计在民用建筑的耐久性中扮演着至关重要的角色，它不仅影响建筑在正常使用条件下的性能表现，还决定了建筑在极端环境下的稳定性和安全性。科学合理的结构设计可以有效减少建筑材料的应力集中、避免结构疲劳，并提高建筑抵御自然灾害的能力。首先，优化荷载分布是提高结构耐久性的重要手段。在设计过程中，通过合理安排建筑构件的位置和形状，使荷载均匀分布在整个结构体系中，减少局部构件的过度受力和变形。这种均匀荷载分布能够有效防止结构裂缝的形成和扩展，减少材料的疲劳损伤，从而延长建筑的使用寿命。

其次，在结构设计中，节点设计是影响建筑耐久性的关键因素之一。建筑节点是连接不同构件的重要部位，也是应力最集中的区域。在设计时应采用高强度材料对节点进行加固，并合理选择连接方式，以降低节点部位的应力集中和疲劳破坏的风险。例如，采用柔性连接可以使节点在一定范围内变形，从而吸收和分散外部荷载，避免应力集中对结构耐久性的不利影响。

此外，防水防潮设计是影响结构耐久性的另一个关键因素。水分渗透不仅会导致混凝土碳化、钢筋锈蚀，还会加速材料的老化过程。因此，在设计过程中，应特别关注地下结构、屋顶、外墙等易受水分侵蚀部位的防水措施。

采用高性能防水材料、设置排水通道以及优化建筑围护结构，可以有效阻止水分渗入，延缓建筑结构的劣化过程。

考虑到地震、台风等自然灾害对建筑物耐久性的威胁，抗震设计也是不可忽视的环节。在抗震设计中，通过合理的结构布局，如采用对称结构和多道抗侧力体系，可以提高建筑的抗震性能。此外，增加阻尼器、隔震层等新型抗震技术的应用，能够显著降低地震对建筑物的冲击力，从而提高结构的整体稳定性和耐久性。

最后，现代化的建筑信息模型（BIM）技术为结构设计的优化提供了新的可能。BIM技术可以在设计阶段对建筑的耐久性进行模拟分析，识别潜在的结构弱点，并提出改进建议。通过数字化模拟不同荷载、环境条件对结构的影响，设计人员可以更精确地调整建筑构件的布置和材质选择，实现从设计到施工的全流程优化。这种数字化手段不仅提高了设计的准确性，还大幅缩短了设计周期，降低了因设计失误导致的施工和维护成本。

综合以上策略，结构设计不仅是建筑耐久性的基础保障，更是提高建筑安全性和经济效益的重要途径。通过优化荷载分布、节点设计、防水防潮措施、抗震设计以及引入现代化技术手段，可以有效提升建筑的耐久性，使其在各种环境下保持长期稳定与安全。

4 环境因素对民用建筑材料与结构耐久性的影响

环境因素对民用建筑材料与结构的耐久性有着深远的影响，它们通过各种物理、化学和生物作用，逐渐削弱建筑材料的性能，甚至引发结构损坏。首先，气候条件是影响建筑耐久性的最主要因素之一。温度的变化会引起建筑材料的膨胀与收缩，特别是在昼夜温差较大或季节性温差显著的地区，频繁的热胀冷缩过程可能导致材料内部产生裂缝和微小的结构损伤。尤其在寒冷地区，冻融循环是混凝土和砖石材料劣化的主要原因，水分在材料内部结冰膨胀后，形成的应力会引起裂缝扩大和材料剥落。

其次，湿度和降水量对建筑材料的耐久性有着重要影响。高湿度和持续降水不仅会导致钢筋混凝土结构中钢筋的锈蚀，还会加速材料的碱-骨料反应，使混凝土表面逐渐粉化。为减少湿度对建筑的影响，设计中需要采取有效的防水措施，如使用防水涂料、设计合理的排水系统以及选择抗湿材料，以防止水分渗透对建筑结构的破坏。

化学环境因素对建筑材料的侵蚀作用不可忽视，尤其是空气中的酸性气体、工业废气和海水中的盐分。在沿海地区或工业污染严重的区域，大气中的氯化物、硫化物等化学物质会加速钢材的腐蚀和混凝土的碳化，导致结构强度下降和材料耐久性减弱。为应对这些问题，建筑设计中应优先选用耐腐蚀材料，如耐候钢、高性能混凝土等，同时采取表面处理技术，如涂层、镀锌和电化学保护，以增强材料的抗侵蚀能力。此外，设计应考虑外墙的抗风雨性，尽量减少化学物质的直接接触。

生物因素对建筑材料的侵蚀也不可忽视,植物根系、真菌、藻类和微生物尤其在潮湿环境中对材料的腐蚀更为明显。微生物在建筑材料表面繁殖,不仅会加速其腐蚀,还可能引发表面的老化、变色甚至结构退化。因此,建筑设计中应选用防霉、抗菌材料,并保持良好的排水和通风条件,以减少潮湿积聚,降低生物侵害的风险。

此外,紫外线辐射对建筑材料的老化有显著催化作用,长期暴露在强烈阳光下的材料如塑料、涂料和某些合成材料,会因紫外线的破坏作用逐渐变脆、褪色或失去原有的机械性能。为减缓紫外线的影响,通常在材料表面添加防紫外线涂层,或选用抗紫外线的材料进行外部装饰。综合考虑环境中的化学、生物和物理因素,采取合理的建筑材料选择和保护措施,可以有效提升建筑在复杂环境中的使用寿命和稳定性,从而增强其耐久性与经济性。

5 提升民用建筑耐久性的技术手段与发展趋势

提升民用建筑耐久性的技术手段在近年来得到了显著的发展,通过新材料、新技术和科学管理方法的综合应用,可以大幅度延长建筑物的使用寿命。首先,材料技术的创新在提升建筑耐久性中起到了关键作用。高性能混凝土、纤维增强复合材料(FRP)、自修复混凝土等新材料的应用,不仅增强了建筑结构的抗压、抗裂和抗腐蚀性能,还大大提高了其在恶劣环境条件下的适应能力。例如,自修复混凝土通过添加微胶囊或细菌,可在材料裂缝形成时自动修复,延缓结构损坏的进程。

其次,先进的施工工艺和技术手段也在提升建筑耐久性方面发挥了重要作用。预应力技术的广泛应用,通过在构件中施加预应力来抵消外部荷载引起的拉应力,有效减少了结构中的裂缝与变形。此外,采用数字化建造技术,如BIM(建筑信息模型),可以在设计阶段进行精确的模拟和分析,优化建筑结构设计,减少施工过程中的误差和材料浪费,同时提高整体施工质量。

防水和防腐蚀技术的发展也是提升建筑耐久性的关键领域。现代建筑中普遍采用多层防水系统、耐腐蚀涂层以及智能排水设计,以防止水分渗透和化学物质对材料的侵蚀。这些技术的应用,不仅能显著延长建筑结构在潮湿环境中的使用寿命,还能在腐蚀性较强的环境下保持结构

的稳定性。此外,表面处理技术如阳极氧化、电镀和涂层保护等,能够为建筑材料提供额外的防护层,减少外部环境对结构的直接影响。

未来,随着科技的不断进步,智能材料和物联网(IoT)技术在建筑中的应用前景广阔。智能材料可以根据环境变化主动调整其性能,例如温控玻璃可以根据温度变化自动调节光线透过率,从而减少能耗和环境损耗。物联网技术则能够实现对建筑物健康状况的实时监测,及时发现和处理潜在的结构问题,大幅度降低维护和修复的成本。通过这些创新技术的应用,未来的民用建筑将更加坚固耐用、节能环保,并具备更高的适应性和可持续性,为建筑行业的长远发展奠定了坚实基础。

6 结语

民用建筑结构的耐久性设计在保障建筑物的长期使用和安全性中具有至关重要的作用。通过合理选择耐久性材料、科学优化结构设计以及积极应对环境因素,可以显著提升建筑的整体性能和使用寿命。新型高性能材料、先进的施工工艺以及智能化技术的不断发展,为提升建筑耐久性提供了更多可能性和解决方案。同时,关注建筑全生命周期内的维护和可持续性,不仅能有效降低后期维护成本,还能促进资源的合理利用。未来,随着技术的进步,民用建筑的耐久性设计将更加趋向于智能化和绿色化,为人类居住环境的质量提升奠定坚实基础。

[参考文献]

- [1]赵东菊.民用建筑防水工程质量影响因素研究[D].重庆:重庆大学,2022.
- [2]刘建廷.民用建筑水泥混凝土裂缝应对措施[J].散装水泥,2022(2):88-90.
- [3]刘科.夏热冬冷地区高大空间公共建筑低碳设计研究[D].南京:东南大学,2021.
- [4]陈柳灼.基于设计值法的一般大气和氯盐环境下混凝土结构耐久性设计与评定方法研究[D].西安:西安建筑科技大学,2021.

作者简介:高会晓(1986.9—),女,汉族,毕业学校:大连理工大学,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。