

城市住宅建筑结构耐久性能评估与提升策略

韩祥龙

中国葛洲坝集团第二工程有限公司

摘要：城市住宅建筑的耐久性对其长期安全运营和经济效能具有决定性影响。本研究专注于探究城市住宅构造的耐久性评估及增强策略，详细讨论了现状和存在的难题，并提出了一套全面的评估工具和强化措施。通过优化设计、选用优质材料、改进施工技术以及执行定期维护，可以显著提高建筑的耐用度。本文强调了建立健全法规政策和完善管理监督体系的必要性。文章对未来提升住宅耐久性的方向进行了预测，包括新材料技术的采纳和生命周期管理的强化。本研究为城市住宅建筑耐久性的评价与增强提供了理论基础和实践指导。

关键词：城市住宅建筑；耐久性能；评估方法；提升策略；政策法规；管理与监督

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.18.009

一、引言

城市住宅作为市民日常生活的核心区域，其结构的耐久性直接影响到居住的稳定性和舒适度，是城市建设和治理的核心议题。耐久性不仅关乎建筑的使用年限和保养费用，更与居民的生命财产安全紧密相关。在当前快速的城市化进程中，建筑物正面临日益严峻的环境压力，如气候变化带来的极端气候条件、城市污染等，这些都可能导致建筑结构加速老化，削弱其耐久性。因此，强化城市住宅建筑结构的耐久性评估与增强，对于保障民众生活安全及提升居住品质具有重要意义。

从经济角度分析，建筑结构的耐久性直接影响长期运营成本。具有良好耐久性的建筑能减少维修需求，降低维修成本，延长服务寿命，从而为居民和社会节约大量资源。相反，耐久性不足的建筑会因频繁维修增加经济负担，甚至可能因结构问题诱发重大安全事故，造成无法估量的经济损失和社会影响。因此，提高城市住宅建筑结构的耐久性能，既是技术挑战，也是经济与社会发展的必然需求。

二、城市住宅建筑结构耐久性概述

（一）耐久性的定义与评估标准

耐久性指的是建筑结构在设定的使用环境下，保持其性能不降至规定阈值以下的能力，是评估建筑长期使用价值和可靠性的关键指标。耐久性评估通常涉及材料抗老化性、结构稳定性、抗腐蚀性以及抵御环境因素的能力等。这些标准综合体现了建筑在应对自然环境变迁（如温湿度波动、化学侵蚀）及人为因素（如使用过程中的负荷变化）时，维持结构完整性和功能性的能力。评估耐久性不仅要考虑当前状态，还需全面考察建筑全生命周期的表现，以保障长期的居住安全 and 经济效率。

（二）影响耐久性的因素

城市住宅建筑结构的耐久性受到多重因素的影响，

包括环境条件、材料属性、设计策略以及施工质量。环境因素如温度波动、湿度、化学腐蚀和生物侵蚀等，都有可能对建筑材质和结构造成损害。材料属性，如选择的材料种类及其老化性能，直接影响建筑的初始耐久性和长期表现。设计策略上，恰当的结构设计能有效分散荷载，减少应力集中，增强结构的抗损伤能力。施工质量也是决定耐久性的重要因素，精准的施工有助于确保设计的准确执行和材料性能的充分展现。因此，提升建筑结构的耐久性需从这些层面着手，综合考虑影响因素，并采取相应对策。

三、现有住宅建筑结构耐久性评估方法

（一）现场检测与评估技术

实地检测与评价技术构成了评估建筑结构耐久性的基石，主要通过直接或间接手段评估结构的实际状况。常见的检测手段包含目视检查、非破坏性检测（如超声波测试、磁粉检测、渗透检测等）、荷载试验以及材料样本分析。目视检查由专业人员对建筑表面进行细致观察，识别出如裂缝、形变、腐蚀等可见损坏。非破坏性检测技术允许在不损害结构的情况下，深入洞察结构内部的缺陷。荷载测试通过施加预设负荷来测试结构的承载力和变形特性。材料样本分析则通过化学和物理测试来判断材料性能及其老化程度。这些技术相辅相成，共同构建了全面的耐久性评估框架。

（二）数值模拟与分析

数值模拟与预测分析借助计算机技术和数学模型预测建筑结构的耐久性能。通过创建精准的数学模型，模拟结构在各种环境条件下的反应，可预测其耐久性和潜在的损伤演变。常用的方法有有限元分析（FEA）、计算流体动力学（CFD）分析和结构动力学分析。有限元分析能精确计算复杂结构的应力和形变，揭示弱点。计算流体动力学分析用于评估风、水等流体对结构的影响。结构动力学分析关注结构在地震、风荷载等动态负载下的行为。数值模拟与分析使耐久性评估更为科学准确，为结构设计和维护提供有力的技术支持。

（三）耐久性评估模型

耐久性评估模型是结合耐久性理论与实践经验，通过模型化方式综合评估建筑结构耐久性的工具。这些模型通常基于材料老化理论、损伤力学等理论，结合实际环境和结构特性，通过数学建模和计算预测结构耐久性和寿命。模型构建需考虑材料性能、环境条件、结构设计和使用寿命等因素。通过模型分析，可以识别影响耐久性的关键因素，为结构优化、材料选择和维护决策提供科学依据。耐久性评估模型的应用提升了评估效率和精确度，为增强建筑结构耐久性提供了有力工具。

四、城市住宅建筑结构耐久性现状分析

（一）结构老化与损伤情况

城市住宅建筑随时间流逝，必然经历老化和损害的过程。对老化程度的考察涉及建筑服役年限、材料性能退化、结构效能下滑等多维度。典型的问题包括混凝土的碳化侵蚀、钢筋的氧化腐蚀、裂缝的形成、结构稳定性减弱和连接部位松动等。混凝土和钢筋的性能下降直接影响了整体结构承载力，而过度负载、地基沉降或设计失误等因素则诱发裂缝与形变。建筑的使用方式、维护频率及质量，以及周围环境（如气候、地质活动等）也深刻影响着结构的磨损状态。深入理解并分析现有建筑结构的老化与损伤特征，对于制定针对性的维护和修复方案至关重要。

（二）维护与修复历史

建筑的维护和修复历程是评价其耐久性能的宝贵线索。通过研究建筑的维护记录，我们可以洞察建筑在使用过程中的养护措施、修复行动及其成效，包括时间、范围、采用的材料和技术、实施单位以及成本等详细信息。这些资料有助于评估维护措施对建筑寿命延长和结构耐久性提升的实际贡献，同时也能揭示潜在的问题和改进空间。比如，频繁的小规模修补可能暗示设计或施工瑕疵，而不当的维护操作可能引发新问题。因此，深入剖析维护历史对于优化未来维护策略和增强建筑耐久性具有关键作用。

（三）耐久性能评估结果

综合评估显示，城市住宅建筑结构的耐久性表现呈现出明显的差异。新近或维护得当的建筑显示出较好的耐久性，而一些老旧建筑由于疏于维护或设计施工问题，面临严峻的耐久性挑战。评估结果基于实地检测、数值模拟分析和耐久性评估模型的数据，揭示出结构的脆弱环节，如易受损害的区域和老化迅速的部分。评估结果为建筑维护和修复提供了明确的指导，明确了亟待解决的问题和可能的改进方向。比如，对于锈蚀严重的钢筋结构，可能需要进行替换或防腐处理；而对于裂缝频繁的建筑，强化结构和修补裂缝是首要任务。通过对这些全面的评估，我们能更有效地理解和提升城市住宅建筑的结构耐久性水平。

五、建筑结构耐久性提升策略

（一）材料技术的应用

在增强城市住宅建筑结构耐久性方面，材料技术的革新起着决定性作用。选用具备高耐久性的建筑材料可显著增加建筑的使用年限，并减少维修和恢复的需求，从而降低长期维护费用。例如，高性能混凝土（如自密实混凝土、超高性能混凝土等）因其出色的力学特性和耐久性，成为提升建筑耐久性的首选。这些混凝土种类具有更佳的密实度和一致性，能有效防止水分和有害物质的侵入，减慢钢筋锈蚀和混凝土碱化的过程。

新型复合材料（如碳纤维、玻璃纤维增强塑料等）在建筑结构修复和加固中的应用日渐广泛。这些材料以其轻质、高强度和卓越的耐久性，显著增强建筑结构的承载力和抗裂性能，同时抵抗恶劣环境的侵蚀。在对现

有建筑进行维修和加固时，利用这些先进材料能实现快速施工，减少对正常运营的影响。

防腐技术的运用同样是提高建筑耐久性的重要途径。使用防腐涂料和阴极保护系统等技术能有效保护钢筋和金属部件，延缓腐蚀进程。特别是在沿海地区，由于盐雾和潮湿环境加速金属腐蚀，这些技术的应用显得尤为关键，有助于保持建筑结构的耐久性。

总之，借助高耐久性材料和创新技术，可以有效地增强城市住宅建筑的耐久性能，这不仅有助于延长建筑的使用寿命，还能优化资源利用效率，推动可持续发展的目标。

（二）创新设计提升

提升建筑结构的持久耐用性，设计策略扮演着核心角色。卓越的设计不仅要满足功能和美学需求，还需兼顾结构的耐用性和可维护性。设计优化的方法包括但不限于选择先进的结构布局、精细化材料运用、以及全面考量环境对建筑的影响。

在结构选择上，应优先考虑那些能有效分散负载，减少不均衡沉降和潜在裂纹问题的系统。例如，框架-剪力墙组合体系因其出色的整体稳定性与抗震性能而备受青睐。借助先进的计算模拟工具，设计师能够在设计初期预估并应对可能出现的问题，如材料老化、负荷变化等，提前实施防护措施。

材料使用方面的优化也是至关重要的。通过挑选适应特定环境条件的耐久材料，比如具有抗盐雾侵蚀特性的防腐涂层，或者拥有高强度且低吸水性混凝土，能大幅增强建筑的耐久性能。同时，设计师需确保材料间的兼容性，以防止因材料间的化学反应导致过早老化或损坏。

环境因素在耐久性提升中不可或缺。设计时需充分考虑地理位置的气候特点、地质条件以及周边环境，实施有针对性的设计策略。比如，针对多雨或湿度高的地区，重点在于防水排水系统的规划；而在沿海或盐碱地带，强化建筑材料和结构的防腐设计显得尤为重要。

通过这些创新设计优化，建筑在诞生之初就具备了强大的耐久性基础，确保其长期稳定地服务于用户。

（三）优化施工技术方案

施工技术的革新对增强城市住宅建筑结构的耐久性具有决定性影响。精确的施工手段能确保建筑材料的潜能得以全面发挥，同时防止施工过程中对结构造成潜在损害，进而提升整体的耐久度。现代技术如BIM（建筑信息模型）的运用，能在施工前期实现细致规划和仿真，减少现场作业中的失误和资源损耗。BIM技术可详尽模拟建筑施工的各个阶段，预测可能遇到的结构问题，以便预先采取预防措施。

混凝土浇筑时，采用合理的配合比和添加剂，例如减水剂和缓凝剂，可优化混凝土的流变性能，减少混凝土内部的气泡和水分残留，这对提高混凝土的致密度和耐久性至关重要。利用振动棒等设备确保混凝土充分密实，排除空洞和振捣不均的区域，这些因素直接影响混

混凝土的耐久性。

施工过程中，采用高精度的测量和施工器械，保证结构尺寸和定位的精确性，能有效防止因施工误差造成的应力集中，降低裂缝和变形的发生概率。此外，施工环境的控制也不容忽视，适宜的温度和湿度条件有助于混凝土的养护，防止因养护不当引发的强度不足或裂缝问题。

通过这些施工技术的改进，不仅能提升建筑结构的初始质量，还能在建筑使用期间减少维修需求，显著增强建筑结构的耐久性能。

（四）保养与维护策略

建筑结构的持久稳定性并非仅依靠出色的设计和施工，还需要妥善的保养与维护策略作为支撑。周期性的保养工作能够及时识别并处理建筑结构潜在的问题，防止小故障恶化，进而延长建筑的使用年限。建立一套切实可行的保养计划至关重要，这涵盖了对建筑物各组成部分进行定期检查的时间规划和手段，例如结构的静力测试、混凝土碳化程度的测量、防水层的状况评估等。

在维护过程中，采用先进的检测技术，如无损伤检测技术（包括超声波检测、红外热成像技术等），能够高效精确地诊断结构的健康状态，及时捕捉可能的风险。对于检测到的缺陷，需采取适当的修复行动，比如裂缝修补、防水层的更新、结构的加固等，以保证结构的安全性和耐久度。

对于日常使用阶段的维护，关注清洁与防护措施同样重要，比如清理屋顶积水、检查排水系统、定期清洗外墙面等，这些措施有助于减轻环境因素对建筑耐久性的影响。对于处于特殊环境的建筑（如沿海地区、高污染区域等），更需采取额外的防护手段，如使用抗腐蚀涂料、定期检查并替换损坏的防护层等。

通过执行这些保养与维护策略，能够有效地延长城市住宅建筑结构的寿命，并确保其在整个使用周期内维持卓越的耐久性能。

六、政策与管理建议

（一）立法与规范强化

为了推动城市住宅建筑结构耐久性的提升，亟须强化相关政策法规，确保设计、施工和维护过程的规范化。强化建筑设计和施工的质量管控，实施严格的审批体系和监督体系，确保所有建筑结构严格遵循既定的标准和规程。特别针对城市住宅，制定定制化的结构耐用性评估准则和手册，为设计和施工提供明确的技术指导。

同时，鼓励创新并推广环保、耐用的建筑材料和技术，将它们融入城市住宅的建设中，从源头上增强建筑结构的耐久性。政府可以通过财政激励措施，如税收优惠或补贴，激励业主和开发商在提升结构耐久性上加大投入，推动整个行业向更高标准迈进。

（二）管理和监督创新

提议构建一个高效且严密的建筑结构耐久性管理体系，对城市住宅建筑结构的耐用性进行全方位的监管。设立专门的机构或部门，负责定期进行结构耐久性评估和

监督，制定明确的评估标准和操作规程，并公开透明地公布评估结果，以提高公众对建筑结构耐久性的关注。

建立完善的建筑结构质量文档管理系统，涵盖设计、施工和维护的全过程。同时，创建一个信息共享平台，汇集和传播关于建筑耐久性的数据、技术和案例，为行业提供实时的学习资源。通过这些创新的管理和监督手段，有望显著提升城市住宅建筑结构的耐久性能和稳定性。

七、总结与前景展望

（一）总结

本研究深入剖析了城市住宅建筑结构耐久性现状及其挑战，提出了一套针对性的评估框架和优化路径。关键洞察包括：借助科技创新，如环保材料的选用和高效施工工艺的革新，以及定期维护的重要性，可以显著提升建筑的耐用性。同时，强化法规指导和监管体系，为建筑耐久性的提升提供了坚实的保障。这些措施的实施，将有力地推动城市住宅建筑在安全性、功能性及经济效益上的全面提升。

（二）前景展望

步入科技与可持续发展的新时代，城市住宅建筑结构耐久性的提升将展现全新的发展趋势。前沿材料和智能技术的应用将更为广泛，如自我修复混凝土和智能化感知系统，为耐久性提升开辟更多可能。建筑管理将全面迈向生命周期管理，涵盖设计、施工、运营和维护，强调建筑的环保性能和整体可持续性。未来，在政策支持和技术创新的双重驱动下，城市住宅建筑将以更高的耐久性、更强的环境适应性和卓越的经济效益为目标，开启新的篇章。

参考文献

- [1] 罗大明, 李凡, 牛荻涛. 人工智能时代混凝土结构耐久性诊断研究进展[J]. 建筑结构学报, 2024, 45(02): 1-13.
- [2] 胡修玮. 大空隙沥青混凝土结构耐久性试验研究[D]. 南京林业大学, 2023.
- [3] 姚淑芳, 曾兵, 王先前. 混凝土结构耐久性修复与防护用涂装技术标准化进展[J]. 新型建筑材料, 2022, 49(12): 92-96+139.
- [4] 马中超. 影响混凝土结构耐久性因素[J]. 居舍, 2022, (16): 33-35+41.
- [5] 汪晨. 建筑工程混凝土结构耐久性设计的探讨[J]. 价值工程, 2022, 41(14): 48-50.
- [6] 冯云芬, 冯泽玉. 混凝土结构耐久性国际规范的比较与分析[J]. 四川水泥, 2022, (05): 4-6.
- [7] 王锡武. 混凝土结构耐久性检测与加固技术[J]. 四川建材, 2022, 48(01): 4-5+9.
- [8] 郭向勇, 王建军, 李东彬. 既有建筑混凝土结构耐久性修复技术综述[J]. 工程质量, 2021, 39(11): 8-12.
- [9] 张靖宇. 土木工程建筑结构中存在的问题及对策[J]. 砖瓦, 2020, (09): 82-83.