

# 老旧混凝土建筑改造加固结构设计优化策略

田景文

上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 上海 200125

**[摘要]**随着我国城镇化进程的推进,大量老旧混凝土建筑因服役年限较长、荷载标准提高、使用功能变更及耐久性衰减等问题,面临结构安全隐患与使用性能不足的困境。结构设计优化作为老旧混凝土建筑改造加固的核心环节,直接决定加固效果、工程造价与使用功能适配性。文章结合老旧混凝土建筑的结构特性,系统分析加固材料选型、结构体系优化、构件加固设计、抗震性能优化及耐久性提升等关键优化策略,通过数值模拟验证优化方案的可行性与合理性,提出适配老旧混凝土建筑改造加固的综合设计优化体系,为同类建筑改造加固工程的结构设计提供理论支撑与技术参考。

**[关键词]**老旧混凝土建筑;改造加固;结构设计;优化策略;力学性能

DOI: 10.33142/ect.v4i2.19196

中图分类号: TU375

文献标识码: A

## Optimization Strategy for Structural Design of Renovation and Reinforcement of Old Concrete Buildings

TIAN Jingwen

Shanghai Urban Construction Design & Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200125, China

**Abstract:** With the advancement of urbanization in China, a large number of old concrete buildings are facing the dilemma of structural safety hazards and insufficient performance due to their long service life, increased load standards, functional changes, and durability degradation. Structural design optimization, as the core link in the renovation and reinforcement of old concrete buildings, directly determines the reinforcement effect, engineering cost, and functional adaptability. The article combines the structural characteristics of old concrete buildings to systematically analyze key optimization strategies such as material selection, structural system optimization, component reinforcement design, seismic performance optimization, and durability improvement. The feasibility and rationality of the optimization plan are verified through numerical simulation, and a comprehensive design optimization system suitable for the renovation and reinforcement of old concrete buildings is proposed, providing theoretical support and technical reference for the structural design of similar building renovation and reinforcement projects.

**Keywords:** old concrete buildings; renovation and reinforcement; structural design; optimization strategy; mechanical properties

### 引言

随着服役年限的增长,混凝土建筑普遍出现钢筋锈蚀、构件开裂等相关问题。此外,在城市更新的进程中,老旧混凝土建筑的功能升级加剧了结构的承载压力,若不进行科学的改造加固,极易引发结构的安全事故风险。当前,国内针对老旧混凝土建筑改造加固设计存在过度加固、方案不合理等不足,导致工程的造价提高,影响加固的效果以及建筑原有结构的整体性。基于此,本文基于老旧混凝土建筑改造加固的需求,探讨结构设计优化的相关策略,通过数值的模拟方法验证优化方案的力学性能,进而推动老旧建筑改造行业的精细化、可持续的发展。

### 1 老旧混凝土建筑结构特性与混凝土结构加固技术分类

#### 1.1 老旧混凝土建筑结构特性

老旧混凝土建筑的结构特性主要与服役年限、设计标准等因素存在一定的相关性,受当时的荷载标准较低因素的影响,老旧混凝土建筑的构件截面尺寸不足,随着使用

年限的延长,混凝土的强度逐渐衰减,钢筋锈蚀降低了构件的承载力。因此,难以承受当前的新增荷载与功能升级带来的承载需求。加之,长期暴露在自然的环境中,混凝土发生碳化、锈蚀,导致构件的截面削弱,力学的性能逐渐下降。老旧混凝土建筑多缺乏完善的抗震构造措施,在地震作用下易发生构件的破坏、结构倒塌等后果。另外,随着使用功能的变更,原有结构的柱网布置、构件尺寸已无法满足新的使用需求。具体对比见表1:

表1 老旧混凝土建筑结构核心特性对比

特性类型	具体表现	主要影响因素	潜在风险
承载力不足	构件截面小、钢筋配置不足,混凝土强度衰减	设计标准低、服役年限长、荷载增加	构件开裂、变形过大、坍塌
耐久性衰减	混凝土碳化、开裂,钢筋锈蚀,粘结性能退化	使用环境、养护不足、材料老化	结构使用寿命缩短,承载力下降
抗震性能差	抗震构造缺失,刚度不均,延性不足	早期抗震规范要求低,布置不合理	地震作用下易发生局部破坏或倒塌
功能适配性差	柱网、空间布局不符合新功能需求	使用功能变更,原有设计适配性不足	空间利用率低

## 1.2 混凝土结构加固技术分类

对于混凝土结构的加固技术，主要依据其作用机理、对原结构受力体系的改变模式以及施工工艺，加固方法主要分为直接加固法和间接加固法两大类。因此，需要紧密围绕工程的实际情况可以选择相应的加固方法以及施工技术。直接加固法主要是在原结构的构件上直接增设补强材料或者是构件，以此来确保混凝土的结构加固工程能够达到预期的效果，提高结构构件的刚度与承载能力。而间接加固法则是通过改变结构传力途径、增设支撑体系等方式，以此来调整原结构的受力状态，以此间接达到提高结构整体性能、保障结构的安全性与耐久性的目的。

## 2 老旧混凝土建筑改造加固结构设计优化核心策略

### 2.1 加固材料选型优化策略

高性能补偿收缩混凝土、自密实混凝土具有流动性好、强度高、粘结性能优、收缩小等优势，适用于解决老旧混凝土强度衰减问题，通过填补构件的裂缝，进而提升构件的承载力。若钢筋锈蚀较为严重，需要将钢筋更换为不锈钢钢筋、环氧树脂涂层钢筋，抵抗环境的腐蚀。加固新增钢筋时，建议选用 HRB500E 级的高强度钢筋，在确保与原有钢筋的协同受力的同时，减少钢筋的用量。在加固材料的选择上，优先选择耐腐蚀、轻质高强等加固材料，如玻璃纤维复合材料（GFRP）、碳纤维复合材料（CFRP）等，这类材料不占用空间，并且施工较为便捷，尤其适用于构件承载力提升、裂缝修补，钢绞线、型钢等材料主要应用于节点加固与梁柱加固中。选择材料时同时要注意环境的影响，根据实际情况选择相应的耐腐蚀材料。

### 2.2 结构体系优化策略

结合使用功能的变更需求，合理地调整柱网的尺寸，在不破坏原有结构主体的前提下扩大使用空间，合理拆除多余的承重构件。针对老旧建筑刚度分布不均的问题，通过增设支撑构件、剪力墙等方式，对构件截面的尺寸进行合理的调整。同时，注意优化刚度的分布，避免因局部刚度过大或过小导致结构破坏。通过加固薄弱楼层的楼板，增设梁构件等方式提高楼层的刚度，减少层间位移的问题。梳理原有结构的传力路径，对于受力不合理的构件，可以通过加固、增设连接件等方式，提升基础的承载力。

### 2.3 构件加固设计优化策略

对于承载力不足、开裂的梁构件，其中轻度至中度承载力不足，建议优先用碳纤维布进行加固，同时具有施工便捷、不占空间的优势。重度的承载力不足，建议优先用型钢加固。若裂缝比较严重且截面削弱较大，建议增大混凝土截面。梁柱节点处上下柱子的连接以及梁柱的连接由钢构件焊接。同时，优化箍筋的配置，加密梁端箍筋，提升抗剪性能。柱构件作为主要的承重构件，加固的重点是提升承载力、抗剪与抗震延性。轴心、偏心受压柱可用外

包型钢、碳纤维布包裹或增大截面加固，锈蚀严重的柱，先除锈，修补之后再行加固。针对楼板的承载力不足、渗漏等问题，主要采用的加固方法包括可粘贴碳纤维布、增设钢筋网片、浇筑叠合层等方式，做好防渗抗裂处理，提升建筑的耐久性。老旧混凝土建筑节点易剪切破坏，为了可以解决黏接不牢固、混凝土强度低等相关问题，建议采用浇筑高强混凝土包裹节点、增加型钢节点等方式，使节点的承载力提高，有利于抗震和荷载传递。

### 2.4 抗震性能优化策略

结合老旧混凝土建筑的抗震性能较差，补充抗震构造的策略，确保结构在多遇地震作用下不破坏、不倒塌。增设抗震箍筋，加密梁端、柱端箍筋等措施，确保箍筋的间距、直径均可满足相关规范要求。优化剪力墙的布置，增加剪力墙的厚度，增设边缘的构件。对于框架的结构，增设支撑构件。在梁端、柱端、节点等结构较为薄弱的部位增设阻尼器、屈曲约束支撑等耗能构件，通过优化耗能构件的布置，确保耗能的均匀，避免局部耗能不足导致结构破坏，减少了安全隐患。

### 2.5 耐久性提升优化策略

耐久性是老旧混凝土建筑改造加固的重要目标，采用碳化修复剂处理碳化较为严重的混凝土构件，阻止混凝土发生碳化情况。采用聚合物砂浆、密封胶等材料修补裂缝的构件，并在混凝土的表面涂刷防腐、抗渗涂层。与此同时，优化建筑的排水系统，避免因雨水的积聚而导致混凝土的构件出现受潮、腐蚀。采用防水卷材、防水涂料等材料处理屋面、墙面等易渗漏部位，改善建筑的使用环境，核心优化策略见表 2。

表 2 核心优化策略对比

优化策略类型	核心要点	适用场景	优势
材料选型优化	选用轻质高强、耐久、兼容的新型材料，匹配原有材料性能	各类构件加固、耐久性提升	加固效果好、耐久性强、经济性好
结构体系优化	优化柱网、刚度分布、传力路径，适配功能需求	功能变更、结构整体稳定性提升	受力合理、空间利用率高、整体性好
构件加固优化	针对梁、柱、板、节点的损伤，采取针对性加固措施	构件承载力不足、开裂、锈蚀	精准加固、效果显著、施工便捷
抗震性能优化	完善抗震构造、增设耗能构件、平衡刚度与延性	抗震等级提升、结构抗侧移能力增强	抗震效果好、延性优异、安全可靠
耐久性提升优化	混凝土防护、钢筋防腐、排水防渗	混凝土碳化、钢筋锈蚀、渗漏	使用寿命长、维护成本低

## 3 设计优化方案力学性能数值模拟验证

为验证老旧混凝土建筑改造加固结构设计优化策略的可行性与合理性，本文用盈建科软件构建原型与优化后模型，模拟其在多种荷载下的力学响应，对比分析优化前

后结构的承载力等性能以提供量化依据。数值模型构建方面,选取典型老旧混凝土建筑作原型模型并设定参数,基于优化策略对原型模型改造加固设计优化后设定优化后模型参数,运用盈建科软件构建三维实体模型,用不同单元模拟各构件,基础采用固定支座约束,以模拟建筑基础与地基之间的固定连接关系,确保模型在模拟过程中的边界条件符合实际情况。网格划分采用结构化网格技术,针对不同部位的结构特点和受力情况,合理控制网格尺寸。力学性能分析中,竖向承载力是结构核心力学指标,模拟竖向荷载逐步施加过程,发现优化后模型较原型模型通过材料升级与构件加固有效提升了竖向承载力,消除了承载力不足的安全隐患,具体的竖向承载力分析结果见表3。

表3 竖向承载力分析结果

模型类型	承载力极限值 (kN)	核心构件最大应力 (MPa)	应力分布均匀性	是否满足规范要求
原型模型	29000	19.8	较差(节点应力集中)	否
优化后模型	48000	18.2	较好	是

结构刚度与变形影响结构的稳定性与使用功能,通过计算两种模型侧向刚度、层间位移角及最大挠度评价优化方案对结构刚度与变形的改善效果,发现优化后的模型侧向刚度提升,得益于构件加固等措施,抗侧移能力增强;变形性能上,优化后模型最大层间位移角和最大挠度均满足规范要求,而原型模型存在的变形过大问题,优化后结构刚度提升、变形可控,保障了稳定性与使用舒适度。抗震性能分析采用反应谱法与时程分析法结合,关注地震应力响应等指标,结果显示优化后模型的核心构件最大地震应力降低,应力分布均匀,最大水平位移满足规范要求,延性比提升,抗震延性增强。本文提出的优化策略可有效提升结构的各项性能,消除安全隐患,满足规范的要求,具有可行性与合理性。

#### 4 老旧混凝土建筑改造加固结构设计优化实施要点

为了确保老旧混凝土建筑改造加固设计优化策略可以有效的推进,并且保障工程质量达到高标准的相关要求,因此需要对设计的整个流程进行全面的规范。在项目开展的前期阶段,需要开展细致且全面的检测评估工作,通过运用精准科学的检测手段分析建筑结构的各项性能指标,了解材料性能的退化程度,构件的损伤状况以及结构的承载能力等结构的真实状况,从而制定具有针对性的改造优化策略。在优化方案的设计环节中,基于前期的检测结果,综合考量多方面的因素,不仅要追求结构的安全性及耐久性的提高,同时也应该高度重视施工的可行性以及成本,从施工周期、成本效益以及技术可行性等多个维度进行综合性的判断,从而筛选出最为可行的优化策略。与此同时,在整个的设计过程中需要严格遵循国家以及行

业相关的规范标准。为了保障工程的质量,施工阶段是最为关键的一个环节,因此定期组织施工人员进行专业的培训,使其可以熟练掌握改造加固施工的工艺以及质量标准要求。对材料进行把关,在各类建筑材料设备进入施工现场时进行严格的检验工作,要确保其质量符合设计要求,以及相关的标准规范。在施工过程中对于每一道工序进行实时的监控与检测,及时发现施工过程中所存在的质量问题,及时纠正。后期要做好全面的验收工作,建立长期监测体系,加强运营的维护,制定应急预案。

#### 5 结论与展望

钢筋混凝土结构是如今建筑结构的主流形式,本文针对老旧混凝土建筑普遍存在的承载力不足、抗震性能差、功能适配性差等不足,提出了一系列的改造加固措施与结构设计优化,结合使用功能的变更需求,注重材料的选型、结构体系优化等策略,进而提高结构的竖向承载力、侧向刚度、延性比,降低最大的水平位移,消除原有结构的安全隐患,确保加固质量,延长其使用寿命,使其能继续正常工作。未来可加大新型加固材料与技术的研发,优化加固的工艺,同时融入智能化设计与监测技术的应用,提升设计的精度。此外,需要充分考虑地震、腐蚀等多因素的耦合作用,不断优化加固的策略,保障建筑物的安全,实现老旧建筑改造的可持续发展。

#### [参考文献]

- [1] 欧阳宗华.房屋建筑工程结构加固改造中存在的问题及技术研究[J].居业,2025(7):61-63.
- [2] 韦智斌.建筑工程混凝土结构加固设计与应用研究[J].现代工程科技,2025,4(22):133-136.
- [3] 兰曾祥.房屋建筑工程结构加固改造技术的运用探究[J].居业,2023(10):16-18.
- [4] 王高欣.关于历史风貌区内老旧工业建筑更新改造的设计探索——以上海市长宁区武夷路 155 号仪电地块装修改造项目为例[J].中国建筑装饰装修,2024(13):118-120.
- [5] 任泽军.房屋建筑工程结构加固改造问题及技术应用[J].中外建筑,2020(8):183-185.
- [6] 陈佳侃,石蕾,何天杰,等.老旧建筑装修改造中的结构安全评估与加固技术应用[J].建筑,2025(5):119-121.
- [7] 庞拓,闵旭,付正权,等.房屋建筑工程结构加固改造技术的应用分析[J].建筑技术开发,2021,48(20):5-6.
- [8] 张杰.房屋建筑工程结构加固改造中存在的问题及常用技术分析[J].工程技术研究,2022,7(15):226-228.
- [9] 毛柏之.房屋建筑工程结构加固改造技术的应用探讨[J].中国建筑金属结构,2022(1):62-63.
- [10] GB55021—2021.既有建筑鉴定与加固通用规范[S].北京:中国标准出版社,2021.

作者简介: 田景文(1976.10—), 毕业院校: 河海大学, 所学专业: 建筑工程, 职称级别: 中级。