

老旧建筑改造工程结构加固技术应用

文 / 张建伟 济南煜旗建设工程有限公司

摘要：本文对加固技术在老旧建筑改造工程中的运用进行了较为全面、系统的研究。通过对老旧建筑物在运用过程中所发生的物理化学变化、早期规划建设中存在的内在缺陷、使用状态改变等因素，实现对其安全性的精准感知。同时，对不同的加固方法，从理论上作了详细的阐述，对其性能进行了详细分析，确定其适用范围。通过本文实施，将形成一套完整的、科学的结构加固技术体系，大幅提升老旧建筑安全与耐久性能，并与城市更新进程紧密结合，具有重要的现实意义和应用价值。

关键词：老旧建筑改造；工程结构；加固技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.003

引言

在城市发展变迁的过程中，大量的老旧建筑成了城市空间的主体。然而，随着时间的推移、功能的变化以及建筑规范的不断更新，其结构性能不断退化，存在诸多安全隐患。对旧建筑进行改造，特别是合理应用结构加固技术，既能保证其安全，又能满足现代化的需求，有效地节省能源、降低新建工程对环境的压力与费用。因此，对老旧建筑工程结构加固技术进行深入研究，对推动城市更新、实现建筑可持续发展，具有十分重要的现实意义。

一、老旧建筑结构现状分析

（一）结构材料老化

老旧建筑所采用的混凝土、钢、木等建材，因其长期处于自然环境中，且频繁使用，其物理化学性质也发生了较大的变化。混凝土作为一种重要建筑材料，其水化产物与大气中的CO₂不断地进行化学反应，即混凝土碳化。如果在碱性条件下，钢筋的钝化能力达不到，将导致钢筋锈蚀。钢筋锈蚀后，其体积膨胀，外加压力作用于周边混凝土，使其产生胀裂。相关研究表明，部分服役50年以上的钢筋混凝土结构，其碳化深度可达到30-50mm，其强度可下降20%~30%。钢材是建筑结构的主要支承体，在大气中易受氧、湿等因素的影响，易发生锈蚀。锈蚀将逐步腐蚀钢材的表面，使钢材的有效截面持续弱化。如在高湿、强腐蚀介质中，Q235钢材的锈蚀量每年可达到0.1-0.2mm，严重影响钢材的强韧性能，导致其在服役过程中易发生形变，甚至发生断裂。木质结构是一种常用的老旧建筑材料。但是，随着时间的推移，木材会被霉菌腐蚀，并被各种各样的害虫所腐蚀。腐朽能损坏木料的内部构造，使木料的强度明显下降；蚯蚓会在木头中产生孔洞，从而大大降低木头的承载能力。

（二）结构与施工缺陷

与现行标准比较，我国现行的建筑设计规范还存在着诸多的缺陷。部分老旧建筑在设计阶段就存在着内在的不足，如部分房屋使用了不适宜的砌体结构，导致墙

体承载力不足，无法满足日益增长的功能需求。此外，由于结构构件承载能力较弱，且未充分考虑结构在长期使用期间可能受到的非预期荷载或环境因素的影响。在工程建设中，因受施工工艺、技术等因素的制约，加之施工管理措施的欠缺，存在着诸多安全隐患。由于预应力筋的锚固长度不够，既不能保证钢筋和混凝土的有效结合，又不能在拉力作用下将钢筋拉出。在装配式建筑中，装配式构件间的连接方式不够合理，易造成结构整体性能不佳。

二、常见结构加固技术

（一）增大截面加固法

其核心思想是在原有构件上浇注新的钢筋混凝土，增大横截面，大幅提升其承载力。对梁、板等受弯件，在受拉区增设钢筋及混凝土，可有效地改善结构的受弯承载力。当梁受荷时，在原有结构的基础上，由受拉区的钢筋及混凝土共同作用，分散受拉区拉力，提高梁抗弯承载力。在受压区增设钢筋、混凝土，既能增强受压区的稳定，又能避免受压区混凝土的过早破碎。对圆柱等打印零件而言，增大切割面可直接提高其压缩惯量。附加的钢筋和混凝土部件共同承担了原有立柱的受力，使得立柱能够承受较大的轴向负荷。它是一种比较简单的方法，可以被广泛地用于各类建筑物的防护。不管是混凝土砖，还是框架结构，均适用。结果表明，钢筋混凝土框架结构的刚度、强度及稳定性都得到了很大的改善，从而保证了结构在各种荷载作用下的承载能力。但是，增大的断面又会占据相当的面积，因此，在某些受限制的建筑物中，采用这种方法时要慎重。

（二）粘贴纤维增强复合材料加固法

纤维加强复合材料是一种新型的增强材料，如碳纤维布、玻璃纤维布，通过一种特殊的胶黏剂将其与原来的零件紧密结合。在荷载作用下，纤维材料和原有的结构相互配合，共同承担荷载。碳纤维因其优良的力学性能而备受关注，其抗拉强度可达到3000-4000MPa，是一般钢材的数倍；高弹力模组，能承受更大的拉力，而不

会产生太大的变形；质量轻，不会使结构自重增大；同时，它还具有很好的抗腐蚀能力，即使在苛刻的工作条件下，也能保证其力学性能的稳定。所以，粘贴纤维能明显改善零件的弯曲强度、剪切强度及抗冲击强度。如在震区老旧建筑的抗震加固中，粘贴碳纤维可使结构整体抗震能力提高30~50%。粘贴玻璃纤维，尽管在强度、弹性模量等方面比碳纤维稍逊一筹，但是它的造价比较低廉，在一些对抗震能力不是很高的工程中，在受限制情况下，可以在一定程度上满足加固的需要。该方法具有施工简便、无需大型机械、施工时对建筑物外形及空间的影响小等特点。但该工艺对黏合剂的黏合能力有较高的要求，黏合剂的黏合强度及耐用性将直接影响到增强效果。设计的品质很大程度上受黏合材料的均匀度以及黏合工艺的影响。若涂胶不均匀，则会造成纤维布与原结构的黏接强度不足，极易脱落，从而影响补强效果。

（三）粘贴钢板加固法

粘贴式钢筋补强技术是将钢板粘贴于原有结构部件表面，再利用高性能胶黏剂将其与原构件牢固连接，从而构成一个受力的整体。在对梁受弯构件进行配筋时，受拉区粘贴一层钢板，能有效地改善其承载力。该钢板强度高、韧性好，能在梁受拉时承受最大拉力。与原来的结构混凝土和钢筋共同工作，增加了梁承载力。对钢筋混凝土柱等受压构件，采用外包钢板方法，可有效地提高其抗压性能。实践表明，钢筋混凝土柱具有约束混凝土侧向变形、增强其抗压强度、改善其延性等作用。采用粘贴钢筋法进行加固，能够迅速、高效地改善结构的受力性能，缩短了施工周期。一般而言，中等强度的补强工程可在建完一至两个月后完成。但是，长期暴露于自然环境中的钢板极易发生腐蚀。钢筋锈蚀会使钢筋的有效截面变小，使其机械性能下降，对钢筋混凝土的增强作用产生不利影响。所以，在对钢板进行黏结补强时，应对钢板进行防锈处理，如涂防锈漆、镀锌钢板等。但因其耐火性能不佳，在某些有高耐火需求的建筑物中，需对其进行防火处理，从而导致工程造价和建造困难。

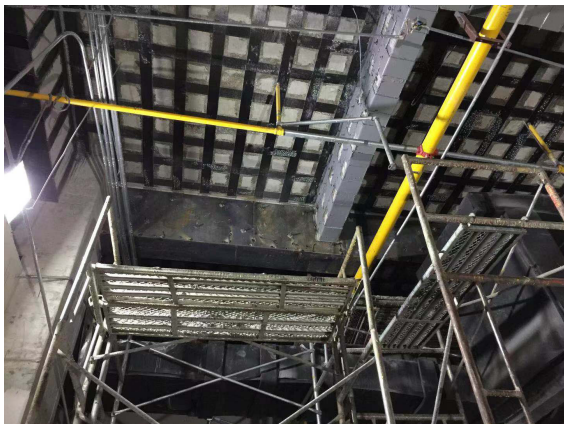


图1 粘贴钢板加固施工图

（四）增设支撑加固法

增设支撑是指在原有结构中增设支承系统，使原有结构受力系统发生变化，使原有构件的计算跨比减小，进而减少了杆件的内力，增强了结构的整体稳定性能。在工程实践中，既可采用钢架支撑，也可采用钢筋混凝土支架。钢托架以其高强度、轻质、易安装等特点，特别适合于高空间需求及工期紧张的情况下使用。由于其耐久性能好、防火性能好，在某些需要长期使用的建筑物中得到了广泛的使用。该方案适合于大型厂房、体育馆等大型建筑物，原有构件尺寸庞大、受力复杂，若增设附加支承，可有效提高结构受力状况。对结构体系不够合理的老旧建筑物，如平面形状不规则，动力传递途径不清晰等，增设附加支承能有效地提高结构的强度。增设附加支撑后，其加固效果明显，可明显改善结构的承载力与稳定性。但是，这样做势必占用大量的场地，因此在某些受限制的建中，应充分考虑支护结构对建筑功能的影响。支撑体系的布置要根据建筑的荷载特点及空间布局，保证支撑体系能够在不影响建筑功能的前提下，有效地转移荷载。比如，在对大型商场进行钢筋混凝土支撑的设计时，可以有效地提升其承载力，但在设置支撑件时，应充分考虑商场的实际需求，而不会对商场布局产生影响。

三、结构加固技术应用要点

（一）结构检测与鉴定

对老旧建筑物进行加固前，对其进行全面、详细的结构检测与评估，是加固工作的基础与重点。利用专用的测试仪器及先进的测试手段，对建筑材料进行精确的测试。如：采用回弹仪对混凝土进行强度试验，并通过取芯分析混凝土的内部微观结构；采用光谱分析法对钢材进行化学组成及力学性质测量；采用非破坏性测试方法，对木质材料的劣化及内在缺陷进行评价。仔细测量装配体的尺寸，保证与最初的设计一致。对建筑物的破坏情况，如裂缝数目、宽度、深度、钢筋锈蚀程度、木质化区域等进行了全面的检测。利用全站仪等仪器对主梁、面板挠度、立柱垂直度等进行监控。并在此基础上，结合现行的建筑检测与评价标准，对建筑的安全进行科学的评价。综合考虑结构材料性能、构件损伤及结构变形等影响因素，识别出结构存在的问题及加固需求，为下一步的加固方案制定提供精确、可靠的数据支撑。

（二）加固设计

根据结构检查和鉴定的结果，结合建筑物的功能要求和现场实际情况，进行科学合理的加固规划工作。为保证结构的安全性、适用性和耐久性，必须严格按照现行的建筑规范及加固方法进行设计。从技术、经济、施工舒适性三个角度，对各种方法的特点和适用条件进行

全面的对比,选出最优的加固方案。如在对空间要求较高且对结构自重有较高要求的建筑物中,宜采用纤维增强复合材料进行加固;当结构有较大的承载力及空间要求较高时,可适当增设截面加强筋。在设计中,注重增强结构与原有结构的协调配合。通过设置拉杆、植筋等合理构造措施,保证补强部位与原结构受力一致,防止出现应力集中等问题。结合工程实际,对钢筋混凝土结构在长期服役期间的耐久性进行研究,提出加强材料的选用及防护措施。如采用粘贴式钢板补强技术时,需对钢板进行特殊的防锈、阻燃处理,以保证补强结构能够在设计年限内继续发挥作用。

(三) 施工质量控制

为了保证钢筋计划的顺利执行,必须对施工阶段进行严格的质量控制。对钢筋原料的质量进行严格的控制,根据设计的需要,对混凝土的搅拌部位进行精确的设计。在施工期间,要对原材料的质量进行严格的控制,以保证混凝土的强度、耐久性等性能达到设计要求。钢材必须符合国家标准,具有良好的机械性能和可焊性。纤维复合材料的性能,如碳纤维织物的强度和弹性模量以及玻璃纤维织物质量,必须符合设计要求。对黏接强度、固化时间等各项性能指标要进行严密的检测。在混凝土浇筑时,应严格按照施工规范要求进行,使用合适的振捣设备及振捣方式,保证混凝土浇筑严密,防止产生蜂窝、屑痕等差错。在粘贴钢板时,要保证钢板的表面干净,胶涂的均匀,黏结牢固。采用合适的加压方法,可以改善浆料的品质。在嵌入纤维织物时,要保证纤维织物平整、不起皱,胶黏剂充分渗入织物内部。在安装过程中,要保证支座的定位正确、与原有的结构连接牢固、牢固。在施工过程中,必须对施工过程中的各道工序进行严格的质量检查,包括浇注后的强度测试,钢板黏结后的黏结强度测试,支架安装后的垂直度测试等。对施工中出现的质量问题进行及时的检测和处理,对不合格的部位坚决进行返修,保证了整体的质量。

四、加固后结构的维护与监测

(一) 日常维护

对已加固的老旧建筑物,仍需进行常规例行维修,才能保证建筑物在较长时间内保持完好。对建筑物的外观进行定期检查,看有无新的裂纹、变形、破损等现象。每月应至少进行一次目视检查。若出现裂缝,应对裂缝的宽度、长度进行测量,并对产生的原因进行分析。对建筑构件进行清洗,定期清理其表面的尘埃、污物,防止其长时间积累,造成对构件的腐蚀。对钢结构的表面进行防锈处理,并在1~2年内进行防锈处理。施工期间,应密切关注施工期间的荷载变化情况,严禁超载。在施工过程中,由于施工过程中出现的各种原因,例如混凝

土表面的损伤,钢筋的局部变形,都需要及时的修补和补强。

(二) 长期监测

对重要的老旧建筑物或使用新型加固技术的建筑物,建立长期的监测体系显得尤为重要。采用传感技术对桥梁的拉、变形、振动等关键参数进行了实时监控。在结构的关键受力部位,如梁、柱等,加装了电压传感装置,对结构受力状态进行了实时监控;采用位移传感器对梁的弯曲、柱的水平位移等进行监控;振动传感器是一种用来监控结构在外界刺激下的振动反应和对其动力特性进行评价的装置。采用实测资料分析法,对结构受力状态进行时变规律进行分析,并利用专门的结构分析软件对实测资料进行处理与分析,并绘出时变曲线。若在监控过程中发现异常现象,例如电压突升、变形超出警戒值、振动响应异常,则可立即采取相应的处理措施。比如,当一个组件的电压超出了设计容许范围时,它可以暂时地支承这个组件,以便对其进行深入的分析,并发展永久性的解决办法,从而保证整个建筑的安全性。

结语

结构加固技术在老旧建筑中的应用是一项极其复杂和系统的任务,涵盖了结构测试和鉴定、加固概念、施工和后续维护监测等多个密切相关的方面。对老旧建筑结构进行科学、合理的选取与运用加固技术,可有效改善老旧建筑物的受力状况,为其安全服役提供可靠保障,也是实现其功能升级与价值升级的重要途径。随着我国城市化进程的推进,在实际工作中,对加固技术、质量控制与管理等方面进行了持续的研究与完善,极大地提高了老旧建筑的潜力,也为城市的可持续发展提供了强有力的支撑。在新一代建筑科技飞速发展革新的今天,技术人员应当更为积极探索新型加固方法与新材料,以更好地解决老旧建筑物更新面临的难题,为我国的城市建设与发展贡献一份智慧与力量。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 纪晓鹏. 房屋建筑工程结构加固改造技术的应用分析[J]. 建筑与装饰, 2020(5): 146.
- [3] 姜宁. 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]. 现代装饰, 2023(10): 115-117.
- [4] 王亚博. 老旧小区改造中建筑结构加固设计的分析[J]. 模型世界, 2022(9): 76-78.
- [5] 元策. 分析房屋建筑工程结构加固改造技术的应用[J]. 城镇建设, 2021(14): 61.

作者简介: 张建伟(1989.03.26), 男, 汉, 山东省鄄城县, 学历本科, 研究方向: 房地产开发施工建设。