

既有建筑顶升加固工程的结构设计与施工要点分析

陈凯亮

中国轻工业长沙工程有限公司，湖南 长沙 410114

摘要：随着城市更新和老旧建筑改造的不断推进，既有建筑顶升加固工程逐渐成为保障建筑安全与功能提升的重要手段。顶升加固通过提升建筑结构整体承载能力，有效解决沉降、结构损伤等问题，延长建筑使用寿命。本文围绕既有建筑顶升加固的结构设计与施工实践，系统分析顶升技术的设计原则、力学特征及施工流程，重点探讨结构设计中荷载分析、刚度匹配和节点处理等关键环节。同时结合施工过程中设备选择、同步控制及安全保障措施，剖析施工难点及应对策略。通过理论与实践的结合，为既有建筑顶升加固提供科学、可行的设计与施工指导，推动相关技术的规范化和标准化发展，确保工程质量与安全，助力建筑行业的可持续发展。

关键词：既有建筑；建筑加固；顶升加固工程；加固工程；施工要点

既有建筑随着使用年限增长，常常面临沉降不均、结构老化等问题，影响安全性和使用功能。顶升加固作为一种有效的结构修复技术，通过提升建筑整体或局部结构，恢复或增强承载能力，解决沉降与裂缝问题，逐渐被广泛应用。该技术对结构设计和施工提出了较高要求，需精准掌握力学特性及施工动态，确保提升过程平稳、安全。当前，尽管顶升技术已取得一定进展，但在设计细节、施工控制及质量保障方面仍存在挑战。本文旨在系统梳理顶升加固的设计原则与施工要点，结合工程实践，探索优化策略，提升既有建筑加固效果和工程效率。

1 既有建筑顶升加固应用的重要意义

既有建筑顶升加固技术作为解决建筑沉降、结构老化及承载能力不足的重要手段，在当前城市更新和老旧建筑改造中发挥着关键作用。随着城市化进程加快，许多既有建筑因设计标准落后、材料性能下降或地基不均匀沉降等原因，出现结构安全隐患和功能退化问题。通过顶升加固，能够有效纠正建筑不均匀沉降，恢复建筑的整体稳定性和承载能力，延长使用寿命，保障居民的生命财产安全。此外，顶升加固技术相比拆除重建，具有节约资源、减少环境破坏和缩短工期的优势，符合绿色建筑和可持续发展的理念。

顶升加固还为建筑功能改造提供了技术保障。在城市更新过程中，许多既有建筑需要进行用途调整或结构改造，顶升技术能够实现对建筑局部或整体的提升，为增加层高、优化空间布局创造条件，提升建筑的利用价值和经济效益。同时，顶升工程可以有效解决地下室渗漏、管线改造等相关问题，为后续施工提供便利。

此外，顶升加固技术的推广应用，对于推动建筑行业技术进步和创新具有积极意义。通过不断完善顶升方案设计、施工工艺和监测技术，能够提升工程质量、安全管理水平，推动行业规范化发展。其在城市更新、基础设施维护等领域的广泛应用，有助

于提升整体建筑群体的耐久性和抗灾能力，增强城市韧性。

2 既有建筑顶升加固的结构设计要点

2.1 顶升荷载分析与力学特征

既有建筑顶升加固的首要任务是准确分析顶升过程中产生的各种荷载及其力学特征。顶升不仅涉及建筑自身的自重，还会产生附加的顶升设备荷载、施工荷载以及因顶升引起的临时结构内力变化。设计过程中必须全面考虑这些荷载的大小、方向及分布，避免因荷载估算不足导致结构局部受力过大甚至失稳。顶升施力通常是通过多个顶升点同时作用于建筑结构，不同顶升点间的同步性和力的协调直接影响整体受力状态。因而，结构设计需要模拟顶升过程中荷载的变化规律，重点关注顶升瞬时产生的剪力、弯矩和轴力，尤其要防止出现结构局部受压或拉伸过度的情况。与此同时，顶升过程中的动力响应也是设计考量之一，如顶升设备启动、调整时的冲击力可能引发结构震动，影响整体稳定性。因此，结构设计阶段应进行详尽的力学分析，包括静力分析和必要的动力分析，确保结构能够安全承载顶升全过程的荷载变化。此外，顶升荷载不仅限于施工阶段，设计还需考虑顶升后的结构承载状态，保证加固后建筑的长期稳定和安全。

2.2 结构刚度匹配与变形协调

顶升加固工程中，结构刚度匹配和变形协调是确保顶升顺利进行及后期使用安全的关键。既有建筑结构因长期使用可能出现不同程度的刚度退化，且不同部位刚度差异较大，若顶升设备与建筑结构刚度不匹配，易导致局部应力集中，甚至产生裂缝或构件损伤。设计时需结合建筑现状，准确评估各部位的刚度分布，通过调整顶升装置的刚度和布置位置，力求实现整体刚度的平衡。变形协调则强调顶升过程中建筑各部分的同步上升，避免出现局部提升过快或滞后的现象。此种不同步变形会引发附加内力，增加结构损伤风险。为实现变形协调，设计阶段需结合顶升设备性能和控制方案，合理规划顶升点位置和顶升顺序，确保顶升力的

均匀分布和同步作用。同时，顶升过程中应设立实时监测系统，动态调整顶升速度和力度，保障整体变形协调。良好的刚度匹配和变形协调不仅提升顶升效率，也为结构的安全稳定奠定基础，是设计不可忽视的重要环节。

2.3 节点连接与受力传递设计

在既有建筑顶升加固工程中，节点连接的设计是结构安全性和稳定性关键环节之一。节点作为结构构件之间受力传递的枢纽，其性能直接关系到整体结构的受力表现和变形协调，尤其在顶升过程中更显重要。顶升加固不仅仅是对建筑整体进行升高，更涉及节点在外部荷载、顶升力及结构自重共同作用下的复杂受力状态，节点连接设计必须充分考虑这些因素，确保结构整体的安全可靠。

节点承载力是节点设计的核心。既有建筑的节点在设计初期可能未考虑后期顶升加固的特殊受力状态，节点材料、连接方式和构造细节存在不足，容易在顶升过程中产生局部应力集中，导致节点破坏甚至整体结构失稳。设计时应对节点承载能力进行重新评估，根据顶升荷载特点，对节点进行必要的加固处理。常用的加固措施包括增设钢板、采用高强度螺栓连接、焊接加固以及更换老化构件等，以提高节点的受力能力和耐久性。同时，应根据结构实际受力路径，合理布置加固构件，确保力能够均匀传递，避免产生应力集中点。

3 顶升加固施工关键技术

3.1 施工设备与方案选择

顶升加固施工作为既有建筑结构改造的重要环节，其关键在于合理选择施工设备和制定科学的施工方案。设备和方案的选择直接影响施工的安全性、效率和质量，是确保顶升工程成功实施的基础。

施工设备的选择必须根据建筑的结构形式、重量、顶升高度及现场条件综合考虑。常用的顶升设备包括千斤顶系统、液压顶升机及辅助支撑架等。液压千斤顶因其升力大、调控精准，被广泛应用于大型建筑顶升作业。选择设备时应确保其额定承载能力满足顶升要求，且具备同步控制功能，以实现多点同时顶升，避免结构因顶升不均匀产生额外应力。此外，设备的稳定性和安全性也不可忽视，防止施工过程中设备故障或失控带来的风险。设备的适用性还需结合施工现场空间条件、施工周期及环境限制，选择便于安装和拆除的设备类型，以减少对周边环境和正常使用的影响。

施工方案的制定需基于详尽的结构评估和力学分析，充分考虑顶升过程中的结构力学变化及施工顺序。顶升方案通常包括顶升点布置、顶升顺序、升降速度控制及施工阶段监测方案。合理布置顶升点可以确保载荷均匀分布，减少局部应力集中，提高顶升安全性。顶升顺序的设计要保证整体结构的同步提升，避免因

升降不协调引发结构变形或损伤。升降速度应控制在合理范围内，既保证施工效率，又避免冲击力过大导致结构不稳定。此外，方案中应明确监测措施，通过安装位移传感器、应变计等设备，实时监测结构变形和顶升力的变化，及时调整施工参数，确保施工过程安全可控。

顶升施工方案还需综合考虑施工风险管理及应急预案。由于顶升过程中涉及高强度机械作业及结构变形，存在一定安全隐患。方案应明确施工各环节的风险点和控制措施，如设备故障处理、施工人员安全防护、突发状况下的紧急停机程序等，确保施工万无一失。施工方案还应符合相关规范和标准，满足环境保护和文明施工要求。

3.2 顶升同步控制技术

顶升同步控制技术是既有建筑顶升加固施工中的核心技术之一。由于顶升过程中通常需要多个千斤顶或液压设备同时施力，保证各顶升点的同步升降至关重要。同步控制技术的应用不仅能够有效避免结构局部受力不均，还能防止因顶升不同步而导致的结构变形、裂缝甚至破坏，从而确保施工安全和顶升质量。

同步控制技术主要依靠现代化的自动化控制系统，实现对各顶升设备的实时监测和调节。系统通过传感器采集各顶升点的位移、压力等关键数据，反馈至中央控制单元，由控制单元根据预设参数自动调整各设备的动作，使顶升过程保持高度一致。相比传统的人工控制，自动同步控制能够快速响应设备间的微小差异，确保顶升速率和顶升高度的一致性，极大降低人为误差带来的风险。

此外，顶升同步控制技术还包括故障诊断和报警功能。在施工过程中，一旦某个顶升点出现异常，如超载、液压泄漏或设备失灵，系统能够及时发出警报并自动调整其他顶升设备的工作状态，防止事故发生。部分先进系统还能结合远程监控技术，实现对施工现场的实时监管，保障施工安全。

同步控制技术的实现不仅依赖于高性能的设备和先进的控制软件，还需要合理的顶升方案和周密的施工组织配合。设计时应充分考虑结构刚度分布、顶升点布置及施工顺序，确保控制系统能够准确实现预期目标。施工阶段则需严格执行监控和维护，确保系统设备运行稳定。顶升同步控制技术是提升顶升施工安全性和精准度的关键保障。通过技术手段实现多点顶升的精确协调，有效避免施工风险，保障既有建筑顶升加固工程顺利完成。

3.3 施工安全保障措施

既有建筑顶升加固施工涉及高强度机械操作和复杂结构受力，安全风险较高，施工安全保障措施必须严密完善，确保人员和结构的双重安全。施工前应全面开展风险评估，识别可能存在的安全隐患，如设备故障、结构局部失稳、施工环境不稳定等，制定详细的安全预案。针对高风险环节，设置专项安全措施和应

急处理流程，保障施工万无一失。施工现场必须落实严格的安全管理制度，明确各岗位职责，加强施工人员的安全教育和技能培训。操作人员应熟悉顶升设备的性能和使用规范，掌握应急处置方法，做到警惕细节，严防操作失误。此外，施工现场应设立安全监护员，实时监督施工动态，及时发现和纠正安全隐患。

技术层面，顶升设备及辅助设施必须通过严格的检验和维护，确保设备性能稳定。液压系统、千斤顶和同步控制装置等关键设备的定期检测和保养，是避免机械故障的根本保障。施工过程中，应安装完善的监测系统，对结构变形、顶升力及设备状态进行实时监测，确保顶升过程在安全范围内运行。一旦监测数据异常，应立即暂停施工，分析原因并采取措施。

环境安全同样重要，施工区域应设置警戒线和警示标志，禁止无关人员进入。施工期间应注意防护措施，防止高空坠物、机械伤害等事故发生。施工现场的物料堆放、通道安排等也需科学规范，避免安全隐患。

4 结论

综上所述，既有建筑顶升加固工程是一项技术要求高、涉及多学科交叉的复杂工程。结构设计需充分考虑荷载特性、刚度匹

配及节点受力，确保整体安全性和稳定性。施工阶段强调设备合理选择与同步控制，严格安全管理，是保障顶升质量和效果的关键。在今后的工作中，随着材料技术和智能监测手段的发展，顶升加固技术将更加成熟与高效。本文的分析为相关工程提供了理论指导和实践参考，有助于推动顶升加固技术的规范化，促进既有建筑安全与可持续发展。

参考文献：

- [1] 杨党团, 汪过兵, 花美玲, 王志俊. 钢框架结构商砼搅拌楼高位纠偏加固研究 [J]. 甘肃科技纵横, 2024, 53(3): 66-70
- [2] 裴先科, 汪过兵, 董超, 等. 湿陷性黄土地区钢筋混凝土框架结构顶升纠倾加固研究 [J]. 工程抗震与加固改造, 2023, 45(5): 181-187
- [3] 史军, 黄林伟, 杨桦. 既有建筑高位基础加固及顶升纠倾施工 [J]. 施工技术, 2014, 43(22): 78-80, 83
- [4] 杨国哲. 地铁盾构隧道下穿人行天桥施工技术 [J]. 建筑技术, 2025, 56(13): 1632-1634
- [5] 张爱彬. 框架结构顶升纠偏施工关键技术分析 [J]. 工程技术研究, 2025, 10(3): 66-69