

老旧框架结构加固改造结构设计方案对比分析

邱于川

重庆市地质矿产勘查开发集团检验检测有限公司 重庆 400000

【摘要】：建筑框架抽柱改造存在施工与加固难点，文章针对两种柱体支顶、三种梁体加固方式，对比其构造设计、施工特点与受力表现。结合承载能力、施工条件、结构变形、工期造价等指标，分析外置钢管支顶与内置短桶柱支顶的应用差异，总结增大截面、粘钢、FRP加固方式的适用场景与技术缺陷。柱内短桶柱支顶受力表现更好，用料更少、施工更快，增大截面加固可提升整体结构综合性能。多类方案对比可确定大跨度重度抽柱改造的适配工艺，为同类改造工程提供技术参考。

【关键词】：框架抽柱；支顶施工；梁体加固；结构性能；方案比选

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.024

引言

建筑框架结构抽柱改造多用于建筑改扩建施工，梁体跨度会随抽柱施工大幅扩大，结构内力、挠度与剪力数值随之上涨，原有受力体系失去平衡，施工现场存在明显安全隐患。抽柱支顶作业与梁体加固处理为此类工程核心施工环节，施工及加固工艺的选取影响施工安全、结构稳定性能与建筑后续使用年限。市面现有框架抽柱改造施工与加固工艺品类丰富，各类工艺的结构受力状态、施工效率、建设成本及后期运维效果均存在明显区别。本文比等多项支顶与加固工艺的核心技术参数，甄别各类工艺的优势短板与适用场景，筛选适配工程现场的优质施工工艺，为实际工程项目开展提供科学化技术支撑。

1 框架抽柱改造支撑施工方案对比

1.1 传统外部钢管支顶拆柱方案构造设计

传统外部钢管支顶拆柱方案依托待拆柱外围满堂钢管支撑体系传递竖向荷载，竖向钢管立柱布置于梁柱上下端位置，螺旋千斤顶与加厚钢垫板的组合可构建完整传力结构，横杆与剪刀撑的布设能够维持结构侧向稳定^[1]。整套支撑体系设置于结构外部，会占用建筑周边施工区域，落地立杆依托下层楼板布设，配套垫板可分散集中荷载。三层框架改造工程施工过程中，单根待拆柱对应八根竖向钢管与三层拉结构件，现场搭建的全部构件均属于临时施工设施，结构加固成型后需完成全数拆除，整体搭建构件体量庞大、构造组装流程复杂，施工物资消耗成本偏高。

1.2 柱内分拆内置短桶柱支顶方案构造设计

柱内分拆内置短桶柱支顶方案利用原有柱体内部空间开展作业，不用在结构外部搭设钢管架体，施工核心为分段剔除柱体混凝土结构并嵌入定制钢管短桶柱承担竖向压力。施工单次凿除截面控制在柱体四分之一范围内，保留原有柱体纵筋并切断部分箍筋，凿除区域装配搭配14毫米厚钢垫片的短桶柱，

依托A级结构胶找平处理与楔形板预压操作成型刚性连接节点。300mm×300mm规格待拆柱可内置四根短桶柱实现均匀传力，各类钢制构件无需后期拆除，直接嵌固于后续加固梁体内部形成复合结构体系，构件受力状态均匀无偏心问题，省去支撑拆除作业环节，不占用室内施工场地，整体结构具备较高的一体化成型程度。

1.3 两类支顶方案承载力与施工条件对比

外置钢管支撑由多根立杆分担486kN柱恒载，受力分布不均易出现偏心损耗，剪刀撑仅维持结构稳定，不能增强承压性能。柱内分拆工艺保留3/4柱体混凝土，承压承载力可达554.04kN，内置短桶柱可提升结构安全储备，传力均匀无偏心损耗。传统施工需封闭作业区域，工序繁杂且耗材、耗时更多。内置短桶柱仅做局部凿除，占用施工空间更少，工期可缩短1/3，钢材用量仅为传统工艺的四成。凿除、胶结养护与预压作业均有严苛施工标准，现场需加密沉降监测，施工容错率较低，具备更高的技术门槛。

2 抽柱后框架梁加固设计方案对比

2.1 增大截面加固方案节点构造设计

本工程抽柱后梁跨由3.1m增至6.6m，采用C25混凝土对原有C20结构梁做增大截面加固^[2]。梁底与梁侧拓宽截面实现补强，纵筋以15d植筋锚固，钢筋错位时改用10d植筋或15d锚固，新旧箍筋采用双面5d焊接，节点配置Φ22吊筋并加密箍筋。原有内置钢构件嵌入新梁共同受力，新旧混凝土界面经凿毛润湿处理，依托微膨胀灌浆料与喇叭口浇筑杜绝缝缺陷。工艺可提升构件抗弯、抗剪与节点承压性能，结构刚度、耐久性与原结构保持一致，适配大跨度抽柱后的高强度补强工况。

2.2 粘钢加固方案受力计算设计要点

粘钢加固设计遵照 GB 50367-2013 规范, 依托平截面假定计算梁体荷载滞后应变, 校正钢板有效应力, 构件受弯承载力提升幅度严控在 40% 以内, 杜绝结构脆性破坏。等效矩形应力图可核算钢板面积, 钢板粘贴位置可灵活调整, U 型箍板锚固可杜绝粘结界面剥离。设计区分恒载与活载验算挠度及裂缝, 大跨度梁提前卸荷弱化二次受力影响, 测算界面剪应力并增设压条补强, 钢材常规利用系数取值 0.9。该工艺不会产生新增混凝土自重内力, 施工后落实钢材防腐措施, 长期核查钢板有效承载截面。

2.3 FRP 加固方案适用工况与局限对比

FRP 加固自重体量小, 可适配异形构件施工, 多用于空间受限、承载力小幅提升的轻度改造场景, 能够约束梁腹裂缝并强化局部抗剪能力, 恒温避光的干燥室内环境可维持材料短期稳定性能。材料缺陷在本工程重度改造场景中较为明显, 结构弯矩、剪力与挠度会出现大幅涨幅, 自身不具备塑性变形能力, 地震作用下易出现脆性剥离问题。胶层耐热、防潮及抗老化性能偏弱, 高温火灾环境中会快速丧失作用。工艺无法改善梁体刚度与节点承压水平, 材料强度利用效率偏低, 仅可作为辅助加固手段, 后期脱粘排查与修复更换会产生较高运维成本。

3 各类加固改造方案综合效益对比

3.1 结构内力、变形控制性能对比

增大截面加固能够提升梁体整体刚度, 优化结构内力分布, 控制柱轴压比、梁弯矩与剪力参数, 跨中挠度符合规范标准, 长期徐变变形处于较低水平, 结构抗连续倒塌能力更为优异^[3]。粘钢加固仅小幅提升抗弯刚度, 抗剪与节点补强效果不足, 构件内力涨幅偏高, 钢板锈蚀会持续削弱整体结构刚度。FRP 加固刚度提升效果不足, 无法控制抽柱后大幅增大的挠度, 只可抑制表层裂缝, 大变形工况下易剥离失效, 内力调节与整体稳定性不及其余两种加固方式。

参考文献:

- [1] 杨威. 增大截面加固法在框架结构厂房加固中的应用[J]. 工程技术研究, 2024, 9(18): 31-33.
- [2] 严恺, 唐兴荣. 框架结构抽柱托换施工全过程数值模拟[J]. 安徽建筑, 2024, 31(9): 66-68.
- [3] 杨涛. 顶层抽柱改造内置钢箱-混凝土梁框架抗震性能研究[D]. 黑龙江八一农垦大学, 2024.

3.2 施工工期、操作难度指标对比

传统外置钢管支撑施工工序繁杂、工期较长, 操作门槛低且容错空间充足。柱内短桶支撑装配化程度更高, 工期可缩减 30%, 施工精度标准严苛, 整体技术难度更高。FRP 加固无需浇筑支模, 耗时最短且操作简便。粘钢加固工序适中, 存在动火作业, 基体处理标准严格。增大截面加固工序完备、工期最长, 现场管控内容较多。不同工艺组合施工节奏不同, 内置支撑搭配 FRP 加固施工效率最高, 传统支撑搭配增大截面加固工期最慢, 本次工程选用的组合可兼顾施工效率与结构安全。

3.3 工程造价、后期使用效果对比

从造价与运维角度对比各类工艺: 外置钢管支顶搭设、拆除工序多, 架体耗材租赁人工成本高; 内置短桶柱钢材用量仅传统方案四成, 构件永久埋置无需拆除, 综合造价更优, 仅施工技术人工成本略高。FRP 主材价格高, 胶层易老化, 后期修复成本大; 粘钢需定期防锈检测; 增大截面采用常规钢筋混凝土, 材料廉价, 新旧结构协同受力, 长期几乎无运维支出。综合全生命周期成本, 内置短桶柱支顶搭配增大截面加固投入均衡、耐久省钱, 适配重度抽柱改造; 轻度小幅加固工程可选用内置支顶搭配 FRP 方案。

4 结语

本文结合框架结构抽柱改造工程, 对比多项支顶与梁体加固施工工艺。外置钢管支顶耗材量大、受力不均且施工周期长, 柱内短桶柱支顶承载力充足、无偏心受力问题, 施工经济性与稳定性更佳, 仅施工技术要求较高。三类加固方式中, 增大截面加固在结构性能、耐久性 & 造价方面优势显著, 适配重度改造场景, 粘钢与 FRP 加固均存在使用弊端。短桶柱支顶搭配增大截面加固的组合工艺, 可平衡施工安全、结构性能与长期服役质量, 契合本次工程改造需求, 可为同类结构改造工程提供参考。