

灌浆料增大截面与外包钢加固施工技术应用研究

白沁鑫

上海川勤建筑工程有限公司，上海 202151

DOI:10.61369/ERA.2026070018

摘 要： 随着我国城市更新进程的加速，大量既有建筑因功能改变、标准提升或原设计承载力不足而亟需加固改造。本文以杭政储出（2019）41号地块项目5#楼加固工程为例，研究灌浆料增大截面与外包型钢两种加固技术的应用。该工程根据构件受力特征分别采用C60灌浆料增大截面或Q355B型钢外包方案，文中重点阐述了两种工艺的施工关键技术，包括基面处理、钢筋植筋、灌浆料浇筑、钢骨架安装及注胶工艺。实践证明，针对性选用单一加固方法能有效解决钢筋密集、空间受限等施工难题，研究可为类似工程提供参考。

关 键 词： 灌浆料；增大截面；外包钢；植筋

Research on the Application of Construction Techniques for Section Enlargement with Grouting Material and External Steel Encasement Reinforcement

Bai Qinxin

Shanghai Chuanqin Construction Engineering Co., Ltd., Shanghai 202151

Abstract： With the acceleration of urban renewal in China, a large number of existing buildings urgently require reinforcement and renovation due to functional changes, upgraded standards, or insufficient original design bearing capacity. This paper takes the reinforcement project of Building 5 in the Hangzheng Chuchu (2019) No. 41 plot as an example to study the application of two reinforcement techniques: section enlargement with grouting material and external steel encasement. According to the stress characteristics of the components, the project adopts either the C60 grouting material section enlargement or the Q355B steel encasement scheme. The paper focuses on the key construction techniques of the two processes, including base surface treatment, steel bar embedding, grouting material pouring, steel framework installation, and glue injection. Practical applications have demonstrated that selecting a single reinforcement method based on specific conditions can effectively address construction challenges such as dense reinforcement and limited space. This research provides a reference for similar projects.

Keywords： grouting material; section enlargement; external steel encasement; steel bar embedding

引言

随着城市更新与建筑功能改造需求的日益增多，既有建筑结构加固已成为工程建设中的重要环节^[1]。杭政储出（2019）41号地块项目因建筑方案调整，需对原结构进行大规模加固补强。本工程涉及梁、柱截面增大、外包钢、碳纤维粘贴等多种工艺，其中灌浆料增大截面与外包钢加固技术因不受加固规范承载力提高限制、加固效果显著，根据构件受力需求分别在关键受力构件中应用。本文结合该工程实践，详细阐述这两种技术的施工工艺及实施效果。

一、工程概况与加固难点分析

（一）工程概况

本工程为杭政储出（2019）41号地块住宅、商业商务及社会停车场库用房项目（二期）5#地块5#楼加固工程，建筑面积约28000 m²，地下2层，地上6层，结构形式为框架-剪力墙结构。原建筑于2023年开工建设，2024年经规划重新审批后，建筑方案发生重大调整：2~6层北侧、5~6层东侧外围轮廓重新调整并增设转换构件。部分房间用途调整。南侧2~4层A轴~B轴中

庭加设楼板。经结构复核，原设计结构承载力不足部分需进行加固处理。主要加固施工内容包括：地下室负二至负一层柱梁加固及新增斜撑。一至六层柱、梁、板加固及新增柱、梁、板。具体工艺涉及梁柱截面增大加固、梁端加腋加固、楼板碳纤维加固、柱外包型钢加固、结构拆除后临边结构恢复及新增斜墙、剪力墙等。工程计划施工工期为106日历天，施工区域划分为三个平行作业区，实行立体交叉施工。

（二）核心施工难点

节点区域因钢筋密集导致植筋成孔困难；梁柱核心区原结构钢

筋间距较小，且植筋设计深度达25d，钻孔时易碰触原有钢筋，废孔率超过30%，影响施工进度并对原结构整体性造成潜在损伤。加固与新增结构交叉施工使工序协调复杂：尤其在 AR2-AR3轴 /TD-PG轴区域，需先完成新增柱梁结构并待其强度达标后，逐层拆除原有构件，过程中需设置考虑施工荷载、结构自重及动载的临时支撑体系。灌浆料浇筑面临空间受限问题：部分增大截面构件需跨层浇筑，对灌浆料流动度、初凝时间及排气性能要求高。浇筑孔间距800mm、孔径80mm的设置需确保灌浆料充分填充复杂截面，避免空洞等缺陷。外包钢注胶质量控制关键：钢骨架与混凝土间隙仅2~3mm，需控制注胶压力为0.4MPa，按从下往上顺序分段注胶并注重排气，胶体初粘度应低于2000mPa·s且适用期不小于60分钟。施工荷载需严格控制安全：楼层设计活荷载5kN/㎡、恒载2kN/㎡，材料堆放限载500kg/㎡，需对转运平台及支撑架体进行专项验算。超高支模体系稳定性要求高：三层裙房支模高度达11.025m，属超高支模，需重点控制架体稳定性、垂直度及其与既有结构的拉结措施。

二、加固技术总体方案

针对上述施工难点，本工程根据构件受力特征分别采用灌浆料增大截面或外包型钢加固方案。两种方案分别发挥灌浆料早强、高强、流动性好的材料优势，以及外包钢套箍效应显著、施工便捷的技术特点^[2]。

具体技术方案如下：①柱加固根据设计要求采用 C60 灌浆料增大截面（单侧增厚100~300mm）或外包∠100×10角钢（缀板规格为200×6@300）方案，增大截面时新增竖向钢筋通过植筋与原结构连接。外包钢时通过压力注入 A 级灌浆胶，使钢骨架与原结构形成整体。边柱与角柱视情况采用三面或全包钢形式。②梁加固在梁底及侧面采用灌浆料增大截面，增厚100~200mm。对受剪承载力不足的梁，采用外贴 Q355B 钢板并压力注胶加固。梁端进行45° 加腋处理，新增斜向钢筋通过植筋锚入梁柱节点。③节点区加强在梁柱交接处采用加腋并植筋连接，以增强节点刚度。针对钢筋密集区域，采用较设计孔径小2mm 的钻头进行试钻定位，确认钢筋位置后再实施正式钻孔。

施工总体顺序遵循“检测鉴定—表面处理—钢筋植筋—钢骨架制作安装—封边处理—压力注胶—模板支设—灌浆料浇筑—养护保护”流程，各工序间设置质量检查点，实行工序交接验收制度。

三、灌浆料增大截面加固施工关键技术

（一）基面处理与界面处理

原结构混凝土表面处理是保证新旧混凝土有效结合的关键。施工中采用电镐进行凿毛处理，凿毛深度4mm，点距30~50mm，形成均匀的梅花形粗糙面。凿毛范围包括柱四面、梁三面及相邻板面接触区域，凿毛面积不低于总结合面的95%。截面棱角处需剔凿成圆弧角，圆弧半径不小于20mm（梁）或25mm（柱）。处理完成后采用高压水枪（压力不低于0.5MPa）冲洗表面，清除松散颗粒和粉尘。在灌浆前24小时保持表面湿润状态，

灌浆前1小时清除表面积水。对于局部油污污染部位，采用专用清洗剂处理，确保界面洁净^[3]。

（二）钢筋工程与植筋施工

新增钢筋采用 HRB500 级高强度钢筋，直径范围为12~25mm。植筋施工前，在现场进行工艺试验，以确定最佳植筋深度。试验分组如表1所示，每组5个试件，分别在15d、20d、25d 三种深度下进行拉拔试验。

表1 植筋工艺试验分组表

序号	钢筋直径 d (mm)	设计植筋深度组别	试件根数 (根)	试验目标植筋深度 (mm)	设计植筋深度与直径关系	备注
1	18	15d	5	270	15×18=270	每组试件在同一构件相邻位置钻孔，孔距≥3d
2	18	20d	5	360	20×18=360	清孔后实测孔径为20~22mm，清孔深度≥设计深度+10mm
3	18	25d	5	450	25×18=450	注胶前孔内粉尘厚度≤1mm
4	20	15d	5	300	15×20=300	钢筋植入前进行除锈处理，除锈长度≥植入长度+50mm
5	20	20d	5	400	20×20=400	植筋胶为 A 级胶，混合后初粘度为1800~2000mPa·s
6	20	25d	5	500	25×20=500	胶体固化期间环境温度 为20~25℃，相对湿度 ≤70%
7	22	15d	5	330	15×22=330	拉拔试验在胶体固化7天后进行
8	22	20d	5	440	20×22=440	试验加载速率为1.5~2.0 kN/s
9	22	25d	5	550	25×22=550	终止加载条件：钢筋滑移≥0.1mm 或胶体破坏
10	25	15d	5	375	15×25=375	试验用混凝土基材强度为 C35，与工程实际一致
11	25	20d	5	500	20×25=500	钻孔采用喜利得 TE-70 电锤，钻头为四刃合金钻头
12	25	25d	5	625	25×25=625	每组试验数据记录包括：极限拉力、破坏形态、滑移量

试验结果表明，在混凝土强度 C35 条件下，20d 植筋深度即可满足抗拉承载力要求，较25d 深度减少废孔率约35%。正式施工中，植筋孔清孔采用“高压风吹—尼龙刷清刷—再次吹净”的三步工艺，清孔后孔内粉尘厚度不大于1mm。

植筋胶注入孔深2/3后插入钢筋，以旋转方式缓慢插入至设计深度。胶体固化期间（常温下24小时）严禁扰动钢筋。对于钻孔过程中产生的废孔，采用同规格钢筋按正常工艺植筋，待胶体固化后切除外露部分，保证结构完整性^[4]。

（三）模板支设体系

模板系统采用18mm 厚覆膜胶合板，背楞采用40×90mm 木

方,间距不超过200mm。柱模板加固采用双钢管围檩配合 M14 对拉螺杆,底部三道围檩间距不大于400mm,上部间距不大于500mm。梁底支撑体系采用承插型盘扣式脚手架,立杆纵距1200mm,横距900mm,步距1500mm,顶部可调托座伸出长度不大于300mm。对于需凿除楼板的梁加固区域,在板底设置临时支撑体系。支撑架沿板带方向布置,纵距1200mm,横距900mm,步距1500mm。上部可调托座放置双钢管,将楼板自重传递至下层结构。经验算,施工工况下荷载基本组合为4.3kN/m²,小于下层楼板设计承载力。灌浆料浇筑孔按800mm 间距预留,位于模板侧壁或楼板面,孔径80mm,兼作排气孔。浇筑孔设置角度朝上倾斜30°,便于灌浆料流动和排气。

(四) 灌浆施工

灌浆料采用 C60 高性能产品,水料比严格控制在3.5~3.75kg 水 /25kg 料的范围内。搅拌工艺采用强制式搅拌机,转速400~600rpm。先加入总用水量的80%,再加入2/3干料,搅拌3分钟后加入剩余材料,继续搅拌至均匀无结块,总搅拌时间不少于5分钟。搅拌完成后静置2分钟排气。灌浆施工从构件一侧多点注入,灌浆点间距不大于1.5m,灌浆压力控制在0.2~0.3MPa。灌浆料应连续浇筑,中断时间不超过20分钟。灌浆至排气孔连续流出浆体后,保持压力1分钟再封闭灌浆孔。灌浆料应在搅拌完成后30分钟内使用完毕,初凝后严禁使用。对于大体积灌浆部位(如柱帽厚度900mm),掺入5~16mm 连续级配细石骨料,掺量不超过灌浆料重量的30%。骨料加入时机为浆体搅拌均匀后分次加入,至浆体达到最佳和易性为止。工程采用的加固技术,通过灌浆料增大截面或外包钢的单独应用,有效提升结构整体性和承载能力。

四、外包钢加固施工关键技术

(一) 钢骨架制作与安装

型钢材料采用 Q355B 高强度合金钢,角钢规格 $\angle 100 \times 10$, 缀板规格200×6,间距300mm。钢材进场后先进行喷砂除锈处理,除锈等级达到 Sa2.5级,表面粗糙度40~70 μm 。安装前在混凝土表面粘贴2~3mm 厚环氧砂浆垫片,垫片尺寸50×50mm,间距600mm,确保注胶间隙均匀。钢骨架就位后采用临时卡具固定,缀板与角钢采用双面围焊,焊缝高度6mm,焊缝长度不小于60mm。安装允许偏差控制:垂直度 $\leq 3\text{mm}$,平整度 $\leq 2\text{mm}$,轴线偏差 $\leq 5\text{mm}$,其中,外包钢构造做法见图1。

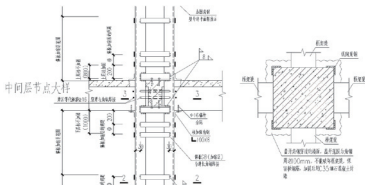


图1 外包钢加固节点构造方法

(二) 压力注胶施工

注胶采用 A 级灌注型结构胶,胶液初粘度控制在1800~2000mPa·s,适用期不少于60分钟(25℃环境)。注胶设备采用专用压力注胶机,工作压力范围0~0.6MPa,流量可调。

注胶压力维持在0.4MPa,从最低注胶孔注入,注胶速度控制在0.5~1.0L/min。待上部排气孔连续溢胶后,保持压力30秒再封堵排气孔。柱体注胶采用分段施工法,每段高度不超过3m,下层胶体初凝(约3~4小时)后再进行上一段注胶,防止底部封边胶因压力过大而崩裂。注胶过程中实时监控压力变化,压力异常升高时立即停止注胶,检查注胶管路是否堵塞。注胶完成后,注胶孔用木楔封堵,排气孔用快干胶封闭。

(三) 缺陷处理与防护

注胶完成后24小时,采用锤击法检查粘结质量。检查面积覆盖全部粘结区域,锤击力度均匀,通过声音判断粘结状况。空鼓面积大于10000mm² 的部位需剔除重做。空鼓面积小于10000mm² 的部位采用钻孔注胶法修补,注胶孔直径8mm,间距150mm。钢表面防护采用30mm 厚 M20 水泥砂浆抹面,分两层施工。底层砂浆厚度15mm,内挂20×20mm 钢丝网,网片与角钢焊接固定。面层砂浆厚度15mm,表面压光。砂浆养护时间不少于7天,养护期间保持表面湿润。

五、实施效果

本工程加固施工总面积约8500m²,共计使用灌浆料约520m³、型钢86t、碳纤维布3200m²。实际施工工期102天,较计划工期提前4天完成。经第三方检测,各项指标均符合规范要求:植筋抗拔力抽检56组合格率100%,平均值为设计值的1.25倍。灌浆料抗压试块68组平均强度达68.5MPa,为设计强度的114%。注胶密实度经超声波检测覆盖92% 面积,X 射线检测关键节点12处均无空洞。施工期间结构最大竖向变形3.2mm、水平位移1.8mm,均处于受控范围。

六、结语

本工程的成功实践验证了灌浆料增大截面与外包钢加固技术的综合优势。杭政储出(2019)41号地块5# 楼加固工程实践证明,在既有结构加固中,应结合构件受力特点与现场施工条件,合理选择加固方法并优化关键施工工艺。通过对植筋深度、灌浆施工及外包钢注胶等环节的针对性控制,有效解决了钢筋密集、空间受限等施工难题,保证了结构加固质量与施工效率。该技术的成功应用,有助于提升既有建筑加固工程的实施效果,对类似工程具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 岳启伦,孟庆男,丁传奇,等.一种梁增大截面加固法施工技术[J].山西建筑,2024,50(02):106~109.
- [2] 马在勇.钢管束混凝土剪力墙转换普通剪力墙抗震性能试验研究[D].长春工程学院,2023.
- [3] 徐志远,单昆明.基于锈蚀箍筋约束的加固柱抗震性能试验[J].中国建筑金属结构,2024,23(8):17~19.
- [4] 林佳辉,张爱军,朱旦,等.钢-混组合加固梁承载能力试验研究[J].土木与环境工程学报(中英文),2023,45(2):141~149.
- [5] 侯佳鹏.灌浆料增大截面法加固柱抗压承载性能研究[D].西安建筑科技大学,2022.