

装配式建筑节点连接施工工艺优化探讨

张延钦

中国一冶集团有限公司 湖北 武汉 430080

【摘要】：装配式建筑节点连接施工质量直接决定结构整体受力、安装精度和后期耐久性。文章围绕节点连接形式、构件安装偏差、套筒灌浆、钢结构连接、后浇带与UHPC节点施工等关键工艺环节展开分析，提出以样板引路、工序协同、接口复核和过程验收为主线的施工工艺优化思路。研究认为，节点连接优化不能只追求拼装速度，还要把受力路径、施工精度和质量闭环统筹起来，才能稳定释放装配式建筑的整体性能。并把样板引路、工序交接和过程验收作为同一控制链条来组织，避免节点问题在转换工序中被放大。复核结果应回写到下一次同类工序中，并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

【关键词】：装配式建筑；节点连接；施工工艺；套筒灌浆；质量控制

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.039

引言

装配式建筑的核心不只是构件预制，而是节点连接是否能够将离散构件真正组织成整体结构。连接材料施工安装工艺优化分析指出，节点连接的施工质量会直接影响结构受力传递和施工效率^[1]。在高层住宅、公共建筑和钢结构装配场景中，若节点连接偏差、灌浆不密实或焊接质量不稳定，现场拼装即使速度较快，也难以保证后期安全和耐久性能。同时还要考虑构件运输半径、吊装窗口和现场堆场周转，以免节点质量被现场组织拖低。复核结果应回写到下一次同类工序中，并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

1 装配式建筑节点连接的质量约束

1.1 节点受力路径决定连接形式不能只看安装便利

装配式建筑节点连接首先要服从受力路径，而不能只依据安装便利选型。梁板节点、剪力墙节点、钢结构节点和混合连接节点的受力方式不同，传递弯矩、剪力和轴力的方式也不相同。如果节点形式与受力需求不匹配，结构虽然能够完成拼装，但在荷载作用下容易出现局部应力集中、滑移或开裂。施工优化应从受力路径反推连接方式，把承载要求、施工条件和后续维护一起纳入判断，避免只追求施工简单而牺牲整体安全。受力路径一旦确定，连接形式还应结合施工顺序、临时稳定和后续维护空间综合判断，不能只看单一构件的安装效率。受力分析之外还应兼顾施工时的临时稳定和后续运维空间，避免为安装方便牺牲节点综合性能。复核结果应回写到下一次同类工序中，并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

1.2 构件尺寸偏差和现场安装条件会放大节点误差

装配式建筑对构件加工精度和现场安装条件要求较高，构件尺寸偏差、预埋件偏位和吊装定位误差都会在节点处叠加。高层住宅建筑工程中装配式施工工艺分析指出，现场拼装如果缺少精准定位和工序协调，节点误差会沿结构层层传递。尤其在多层重复施工中，一层节点偏差若未及时纠偏，后续楼层的对位、连接和垂直度控制都会受到影响^[2]。因此，节点连接质

量控制必须从构件出厂精度延伸到现场安装条件，而不是把偏差都留给后续封堵处理。尺寸偏差控制应前移到构件出厂、堆放和复测三个环节，减少现场拼装时被动调整的概率。偏差前移控制应建立在出厂复测和到场抽检之上，减少现场临时修正带来的二次扰动。复核结果应回写到下一次同类工序中，并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

1.3 灌浆、焊接和后浇带共同构成节点边界

节点连接的质量边界通常体现在灌浆密度、焊缝连续性和后浇带成型质量上。住宅建筑节点连接施工中高强自密混凝土的应用研究表明，节点核心区材料的流动性和充盈性直接影响连接可靠性。若灌浆料流动性不足、封边不严或排气不畅，节点内就容易形成空腔和夹气；若钢结构节点焊缝存在咬边、未焊透或收缩变形，节点受力会进一步偏移^[3]。后浇带如果表面处理不到位，也可能成为新的薄弱界面。因而节点质量约束不仅体现在安装瞬间，更体现在材料填充和界面成型全过程。材料边界之外还应核查节点孔道清洁度、钢筋位置和封边完整性，避免空腔和夹气在隐蔽阶段留下缺陷。孔道、钢筋和封边三类细节若未同步验收，灌浆再饱满也可能把早期隐患封在节点内部。复核结果应回写到下一次同类工序中，并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

2 节点连接施工工艺的关键控制

2.1 吊装定位与临时支撑决定节点初始精度

节点连接施工的第一步是把构件准确放入设计位置。吊装过程中应提前复核控制线、标高线和预埋件位置，利用临时支撑、可调支座和限位装置完成初始定位。若只靠吊机停放位置确定节点坐标，后续灌浆、焊接和封缝都会被迫消化偏差，既增加返工，也增加构件附加应力。临时支撑还应兼顾施工荷载与安装稳定性，在节点未完全形成整体受力前，保持构件姿态和间隙稳定，这样后续工序才能在可控条件下展开。吊装结束后应立即复核支撑反力和节点间隙，并把偏差处理记录到位，避免临时状态转入隐蔽工序后再返修。支撑和间隙复核完成

后,还应把复测结果回写到构件编号,保证隐蔽前信息可直接追溯。复核结果应回写到下一次同类工序中,并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

2.2 套筒灌浆、螺栓和焊接应分别控制不同缺陷

不同节点连接方式对应不同工艺控制点。套筒灌浆要重点控制浆料流动性、灌浆压力、排气通道和封堵严密性;螺栓连接要重点控制预紧力、摩擦面处理和终拧顺序;焊接连接则要控制坡口加工、焊缝连续性和焊后变形。装配式建筑钢结构连接节点施工技术实践与性能优化指出,节点连接的性能稳定性很大程度上取决于施工过程是否把不同缺陷类型分开控制。因此,施工中不宜用统一工艺思路处理所有节点,而应根据连接形式分别建立控制表^[4]。不同连接方式的控制指标应分别量化到灌浆时间、终拧扭矩和焊后冷却条件,避免用同一把尺衡量所有节点。扭矩、压力和冷却条件分别控制后,节点的工艺波动才会真正收敛,而不是只在单个工序上达标。复核结果应回写到下一次同类工序中,并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

2.3 节点混凝土和UHPC施工要兼顾填充与耐久性

节点核心区若采用高强自密实混凝土或UHPC,应重点关注流动性、浇筑连续性和早期收缩控制。超高性能混凝土在装配式建筑节点连接中的施工工艺优化研究表明,UHPC虽然有利于提高节点致密性和抗裂性能,但施工过程对搅拌均匀性、浇筑速度和养护条件要求更高^[5]。节点浇筑时应避免分次过多、振捣过强或养护过早失水,否则材料性能再好也难以在节点核心区充分发挥。对于需要后浇的节点,还应对界面粗糙度和湿润状态作出严格控制。UHPC施工阶段还要关注模内排气、表面收光和湿养护时长,防止高性能材料因为细节控制不到位而失去应有优势。UHPC浇筑若忽视排气和养护节奏,节点表面虽平整,内部却可能留下影响耐久性的细微缺陷。复核结果应回写到下一次同类工序中,并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

3 节点连接施工工艺的优化路径

3.1 深化设计、样板引路和BIM校核前置化

节点连接优化不应等到现场拼装才开始,而应在深化设计阶段就把连接工艺、预埋件定位和容差范围全部明确。装配式建筑施工工艺与现场管理配合研究指出,现场管理和工艺设计如果缺少前置协同,装配效率虽能提高,但质量波动也会同步扩大。BIM校核、节点样板和工艺交底可以把节点构造、灌浆孔位和临时支撑方式提前固化,减少现场临时修改。样板引路的价值,不在于做一个展示件,而在于让工人、质检和技术人员对工序和验收标准形成统一理解。前置化控制还应延伸到构件排产和到场顺序,确保节点作业窗口稳定,而不是让设计优化在现场被等待时间抵消。排产与到场顺序若提前锁定,节点

工序就能按计划连续推进,减少等待对质量带来的扰动。复核结果应回写到下一次同类工序中,并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

3.2 工序协同和现场管理要围绕节点连续作业展开

节点连接施工往往跨越吊装、校正、灌浆、焊接、封堵和养护多个工序,任何一个环节等待时间过长都会削弱连接效果。现场应根据构件到场节奏和人员配置安排连续作业窗口,避免灌浆料超时、焊缝冷却失控或封边材料失效。管理上还要把质量确认嵌入工序交接,前一道工序未验收不得进入下一环节。高层住宅装配式施工工艺分析也提示,工序衔接顺畅程度直接决定节点连接效率和返修概率。连续作业组织如果遇到天气或供应波动,应优先保护节点核心工序,再安排次要工序补做,避免整体节拍失衡。遇到天气波动时,现场应优先保障灌浆、焊接和封堵这些不可中断的关键动作,再处理次要环节。复核结果应回写到下一次同类工序中,并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

3.3 检验验收和过程记录要形成可追溯闭环

节点连接验收不能只看外观是否整齐,还应核查灌浆饱满度、焊缝外观、螺栓终拧记录、封堵密实性和节点周边裂缝情况。每个节点都应建立过程记录,包括构件编号、连接形式、施工时间、操作人员、检验结果和复核意见。装配式建筑施工工艺与现场管理配合研究说明,现场记录越完整,后续问题追溯越清晰。对出现偏差或质量波动的节点,应及时回溯到材料批次、吊装定位和工序交接环节,而不是只在最终验收时补充描述。过程记录不只是留痕,更是后续复核和责任定位的依据,因此照片、时间戳和材料批次都应同步留档。照片和时间戳不仅用于归档,也能在返修时迅速定位责任工序,减少重复排查成本。复核结果应回写到下一次同类工序中,并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

4 质量控制与应用评价

4.1 偏差控制和接口复核要围绕节点实际状态展开

节点质量控制的重点在于偏差是否被及时纠偏。构件垂直度、标高、轴线和节点间隙一旦超出容差,应立即通过支撑调整、垫片修正或局部返工处理,而不能带偏差进入后续隐蔽工序。施工安装工艺优化分析指出,连接材料和安装工艺如果缺乏统一复核,节点偏差会在多工序叠加下持续放大。接口复核应在灌浆前、焊接后和封缝前分别开展,确保质量控制不是一次性检查,而是覆盖连接全过程。偏差纠偏时还要检查临时支撑沉降和垫片受压情况,避免表面修正后再次发生累计偏移。支撑沉降和垫片受压状态一旦异常,就说明偏差不是单纯几何问题,而是受力系统已经发生变化。复核结果应回写到下一次同类工序中,并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

4.2 耐久性和抗震性能控制要落到材料与施工细节

节点连接不仅要满足施工完成时的可拼装性,更要满足长期使用中的耐久性和抗震性能。高强自密实混凝土、UHPC 和钢结构节点在不同场景下各有优势,但都依赖于界面处理、养护条件和材料配比的稳定控制。若节点封闭不严、养护失水过快或钢件防腐不到位,后期耐久性就会下降。装配式钢结构连接节点施工技术实践与性能优化表明,节点施工质量最终还是要回到材料、工艺和保护措施的协同上。耐久性控制应同时复核防腐层连续性、灌浆封闭性和节点排水路径,确保隐蔽部位不会形成长期病害。防腐、封闭和排水三项措施要同时确认,才能把耐久性问题挡在节点内部,而不是留到后期维修。复核结果应回写到下一次同类工序中,并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

4.3 返修和问题闭环要转化为工艺优化依据

节点连接施工中出现的返修、补灌和补焊不应视为孤立事件,而应归入工艺优化数据库。对偏差多发部位、灌浆不饱满区域和焊缝返修节点,应统计其出现频次、工序环节和操作班组,找出重复问题的来源。管理上应把返修数据反馈到样板深

化、工序布置和现场培训中,使问题闭环真正反哺下一轮施工^[6]。只有当质量问题被转化为可执行的工艺修订内容,节点连接施工工艺优化才具有持续价值。返修数据分析最好与节点类型、班组和天气条件联动,才能把重复问题从经验层面提升到工艺层面。把返修统计与班组、天气和节点类型联动,才能真正看见重复问题的来源,而不是只记录现象。复核结果应回写到下一次同类工序中,并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

5 结语

装配式建筑节点连接施工工艺优化的关键,是把连接形式、构件偏差、灌浆焊接、UHPC 浇筑和过程验收放在同一套控制逻辑里。节点连接质量一旦在前期得到稳定控制,结构整体受力、施工效率和后期耐久性都会同步改善。对节点而言,真正有效的优化不是加快拼装速度,而是让每一道连接工序都可校核、可复核、可追溯。节点优化最终要落到连接形式与工艺控制的匹配上,这样质量和效率才不会彼此拉扯。最终评价时应把安装效率、返修率和耐久性放在一张表里看,避免只看速度忽略后续成本。复核结果应回写到下一次同类工序中,并同步更新控制阈值、复核频率和交接要求。

参考文献:

- [1] 王超,生瑞坤.装配式建筑连接材料施工安装工艺优化分析[J].散装水泥,2026,(04):92-94.
- [2] 金鑫,郭永学,孙鲁亚.高层住宅建筑工程中装配式施工工艺分析[J].中华民居,2025,18(12):136-138.
- [3] 王宗梁,李贝.住宅建筑节点连接施工中高强自密实混凝土的应用研究[J].居舍,2026,(02):45-47.
- [4] 袁用帅.装配式建筑钢结构连接节点施工技术实践与性能优化[J].建筑工人,2025,46(10):7-9.
- [5] 蔡天成.超高性能混凝土在装配式建筑节点连接中的施工工艺优化[J].建筑机械,2025,(10):119-123.
- [6] 朱俊伟.装配式建筑施工工艺与现场管理配合研究[J].陶瓷,2025,(10):156-158+208.