

超高层型钢混凝土组合结构安装施工工艺优化研究

丁 吉

上海市浦东新区建设（集团）有限公司 上海 200120

摘 要：型钢混凝土组合结构多用于超高层建造，兼具钢构件受力优势与混凝土耐用特性，整套施工工序繁琐，构件拼装标准严苛，竖向施工误差不易管控，常规施工易出现拼接错位、节点填充不实、作业速度慢等状况，文章依托超高层工地实际工况，梳理原有工艺短板，优化构件装配、节点处理、工序协同与质量管控相关施工手段，提升构件安装准确性与施工平稳程度，为同类工程提质提速提供参考。

关键词：超高层；型钢混凝土；组合结构；安装施工；工艺优化

引言：随着城市建筑高度与结构复杂程度不断提升，型钢混凝土组合结构已经普遍应用于超高层工程当中；该结构依靠型钢与混凝土的协同受力作用，弥补了单一结构的性能短板，拥有承载力足、刚度良好、抗震能力强等优势。超高层施工存在高空风干扰、竖向落差大、作业空间狭小等问题，传统工艺很难满足施工标准，容易造成结构受力不均、节点施工质量差等问题，因此本文针对施工难点优化原有工艺，搭建适配超高层施工的标准化作业体系。

1 超高层型钢混凝土组合结构施工核心特征

超高层型钢混凝土组合建筑的现场施工，和普通民用建筑结构施工有着较大区别，相关施工重点特点可以从现场作业条件、整体受力体系、多工序交叉配合三个方面展开说明；高空施工阶段会持续受到高空大风、温差变形带来的干扰，钢骨构件在吊运、对接过程里容易出现位置偏移，精准管控的难度会明显提升，高空狭窄作业区域也会给工人现场操作带来不少限制；这类复合结构会依靠内部钢骨与混凝土共同承担荷载，钢骨构件的安装精准度，会直接影响后续混凝土浇筑成型效果以及整栋建筑受力稳定，构件定位、拼接、加固都需要细致管控；施工期间会同步穿插钢骨安装、钢筋排布、模板搭建、混凝土浇筑多项工序，各道工序的配合衔接情况，会直接左右施工整体进度与成品质量，老旧固化的单一施工模式很难适配超高层复杂工况，工序衔接不畅、安装精度管控粗糙等问题经常出现，会直接阻碍整体施工品质提升，所以需要优化施工工艺，完善整套施工技术流程^[1]。

2 传统超高层型钢混凝土安装施工工艺及现存问题

2.1 构件预制与加工精度管控不足

传统施工模式下，型钢构件预制加工多采用标准化流水线作业，加工参数统一固化，未结合超高层竖向结构形变、高空安装偏差特性进行个性化微调。构件出厂前的精度检测仅针对单一构件尺寸参数，忽略了构件拼接适配性、预留节点匹配度的综合校验，导致部分构件进场后存在拼接缝隙不均、节点预留错位等问题。同时，构件加工过程中对温度形变的预判不足，不同温湿度环境下加工的型钢构件，会产生细微形变差异，高空安装对接时偏差累积，直接影响骨架安装的整体平整度。

2.2 高空吊装对位工艺粗放

传统吊装施工多依靠操作人员经验完成构件对位校准，采用人工目测、简易量具检测的校准方式，动态偏差管控能力薄弱。超高层高空风力、气流的持续扰动，会导致吊装构件产生小幅晃动，人工难以实现毫米级精度定位。同时，传统临时固定工艺稳定性不足，构件对位完成后仅依靠简单连接件临时固定，在后续钢筋、模板施工过程中易发生二次位移，造成型钢骨架定位偏差，为后期结构受力埋下隐患^[2]。

2.3 工序交叉协同性较差

型钢混凝土组合结构施工属于多工序交叉作业，传统施工采用分段式独立施工模式，各工序施工标准、施工节奏相互独立，缺乏统一的协同管控体系。型钢安装完成后未及时开展节点精细化处理，便直接进入钢筋绑扎工序，易出现钢筋与型钢节点冲突、钢筋布设间距偏差等问题。模板支护、混凝土浇筑工序未结合型钢骨架结构特性调整施工方案，导致模板贴合度不足、混凝土浇筑盲区增多，影响结构整体成型质量。

2.4 节点施工与结合面处理工艺滞后

型钢与混凝土的结合性能是决定组合结构整体性能的核心,传统施工对结合面的精细化处理重视程度不足,构件表面浮锈、杂物清理不彻底,导致型钢与混凝土粘结强度不足,结构受力时易出现界面脱离问题。同时,梁柱节点、主次钢构件拼接节点等核心部位节点加固、填充密实度不足,削弱组合结构的整体协同受力能力。

3 超高层型钢混凝土组合结构安装施工工艺优化策略

3.1 构件预制加工精细化优化

针对传统构件加工精度、适配性不足的问题,对型钢构件预制加工全流程进行精细化升级,建立适配超高层施工的构件加工与校验体系。首先,优化构件加工参数设计,结合超高层竖向荷载分布、温度变形规律、高空安装偏差预留需求,对不同楼层、不同位置的型钢构件进行差异化参数微调,摒弃统一化的加工模式。针对竖向核心承重构件,适当优化构件拼接预留余量,抵消高空安装与结构后期形变产生的偏差,从源头控制偏差累积问题。其次,完善构件出厂多重校验机制,构建单构件尺寸检测、构件拼接适配检测、节点预留精度检测的三级校验体系。单构件检测重点把控构件长度、平整度、形变度等基础参数;拼接适配检测将同批次对接构件进行预拼装,校验拼接缝隙、对位精度,及时修正加工偏差;节点检测重点核查螺栓预留孔、钢筋接驳节点的位置与尺寸,确保进场构件完全适配现场施工需求。同时,优化构件存放与转运工艺,采用分类垫高存放、柔性包裹防护的方式,避免构件进场前出现锈蚀、形变、磕碰损伤,保障构件进场精度,为高空精准安装奠定基础^[3]。

3.2 高空吊装与对位安装工艺优化

为解决传统高空吊装对位精度低、易二次位移的问题,优化高空吊装定位、对位校准、临时固定全套施工工艺,适配超高层高空扰动工况。在吊装定位环节,采用立体化定位校准体系,结合空间定位技术完成构件精准定位,实现吊装点位的精准预判与锁定,有效规避高空气流、风力带来的动态偏差。根据超高层不同高度的风扰强度,差异化调整吊装节奏,在低风时段开展核心构件吊装作业,降低外界环境对吊装精度的干扰。在构件对位环节,通过精密量具完成微调校准控制整体位置偏差,重点把控构件水平度、垂直度、拼接间隙三大核心指标,实现毫米级安装精度。在临时固定环节,升级临时固定构件与固定方式,采用高强度组合固定件,增加构件固定的稳定性。同时,增设位移监测点位,构件固定完成后实时监测小幅位移变化,及时微调修正,保

障型钢骨架安装的整体精度与稳定性。例如,钢筋笼设置纵横向起吊桁架及加强桁架和吊点,确保钢筋笼吊装全过程均有足够的刚度。钢筋笼桁架及吊点设置如图1,图2所示。

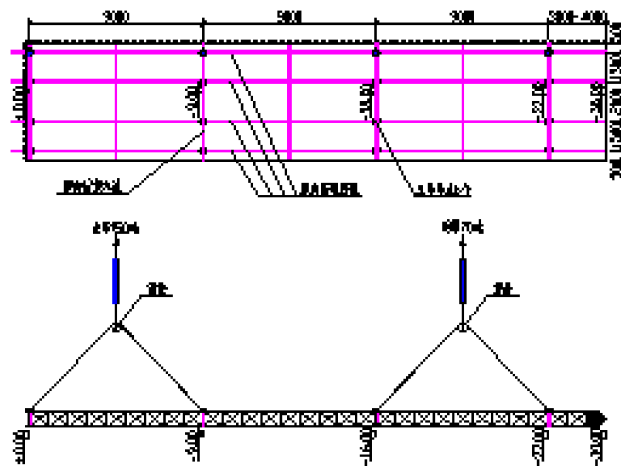


图1 钢筋笼桁架及吊点设置示意图

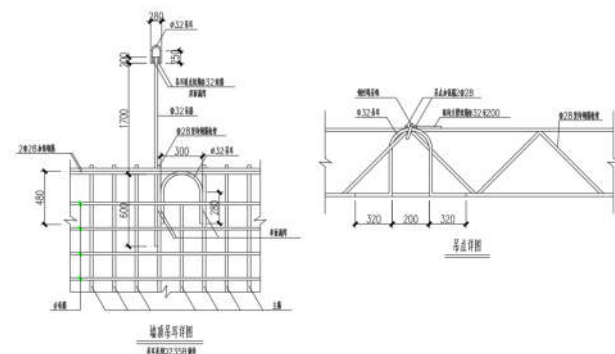


图2 钢筋笼桁架及吊点设置示意图

3.3 多工序交叉协同施工工艺优化

为改善传统施工中各道工序交叉配合脱节、现场衔接杂乱无序的各类问题,本文对多工序交叉协同施工流程进行重新梳理与调整,搭建型钢安装、钢筋布置、模板支撑、混凝土浇筑一体化的协同施工体系,有效打破各工序单独作业、互不衔接的壁垒。施工过程中首先优化各工序的衔接逻辑,采用精细化穿插施工的作业方式;在型钢骨架安装验收合格之后,施工人员立刻进行结构节点的预处理,同时对钢筋位置进行精准定位,提前排查规避型钢节点与钢筋布置的冲突位置,让型钢安装和钢筋施工作业实现无缝衔接。对于梁柱核心节点、主次结构连接位置等施工复杂的区域,针对性调

整和优化钢筋排布方案,以此减少施工现场的返工和整改情况。其次,现场改良模板支护施工工艺,施工人员可根据型钢骨架的实际结构形态,定制适配的模板支撑施工方案,调整模板的拼接方式和加固点位,提升模板与型钢构件的贴合程度。针对超高层竖向结构施工,需进一步强化模板竖向加固体系,抵消混凝土浇筑作业中产生的侧向压力,防止出现模板变形、浆液渗漏等施工问题。与此同时,施工现场提高所有工序的施工精度标准,建立配套的协同质量管控范围,使得各工序的施工精度能够相互适配,规避因各工序精度标准不统一引发的结构质量问题,有效提升交叉施工的整体效率和结构成型质量。

3.4 节点与结合面施工工艺优化

在型钢混凝土组合结构当中,节点与结构结合面是保障整体结构协同受力的关键部位,针对传统施工里结构结合面粘结效果不良等问题,本文对节点精细化作业以及结合面处理工艺做了相应的优化调整。在结构结合面处理环节,改良构件表面的预处理方式,通过机械打磨搭配高压清理的组合施工手段,全面清理型钢表面存在的浮锈、油污、氧化层以及各类杂物,能够有效保障钢构件表面的干净整洁;现场额外增加界面强化处理工序,增强型钢和混凝土之间的粘结效果,有效避免结构界面脱落、粘结失效等质量问题,提升两种材料的协同承载能力。在结构节点施工环节,针对主次构件拼接位置、梁柱交汇区域、承重加固节点等关键核心部位,优化节点填充与加固施工工艺,细化节点混凝土浇筑、振捣的整体作业流程,混凝土浇筑采用分层精细振捣的方式,有效消除节点内部空鼓、缝隙等隐蔽性质量缺陷。根据节点的实际受力特点,优化节点钢筋加密布置工艺,合理调整钢筋间距与排布方式,以此增强节点区域的结构整体性与整体承载能力。除此之外,统一规范节点成型后的养护管理工作,结合节点散热速度慢、应力集中的结构特点,采取针对性的差异化养护措施,减少节点区域温差裂缝的产生,确保建筑核心节点的施工质量与整体结构稳定性。

3.5 全过程精细化质量管控工艺优化

依托调整后的施工工序,搭建适配超高层组合结构

安装的全流程质量管控工艺体系,对全施工过程的各项作业开展全方位质量把控。施工前期,落实精细化的施工方案交底工作,结合各楼层与不同结构部位的施工难点,明确各施工环节的精度标准、操作要点以及偏差控制范围,从源头杜绝不规范作业行为;同时针对高空施工的特殊作业条件,提前预估施工质量风险,制定对应的精度偏差调整方案。施工过程中,现场搭建动态实时检测模式,对型钢安装精度、工序衔接效果、节点成型状态、结合面处理质量开展常态化抽检与复检工作,及时整改各类细微偏差,有效防止偏差持续累积;调整检测重点,重点管控高空对位、节点密实度、界面粘结质量等高频质量问题环节。施工后期,工作人员可优化结构养护与成品保护方式,根据高空环境的温度、风速、湿度变化调整混凝土养护时长和养护模式,减少结构裂缝问题,完善成品保护举措,规避后续施工对成型结构造成的损坏,全面提升整体施工质量^[4]。

结束语: 本文梳理超高层型钢混凝土组合结构原有安装施工工艺存在的各类不足,结合超高层高空竖向狭小作业的现场条件,从构件制作,吊运装配,工序配合,节点处置,质量把控多个层面完成工艺改良,改良工艺能够改善原有施工精度差,工序配合差,节点易出现质量瑕疵等情况,增强型钢与混凝土共同受力效果,完善超高层组合结构施工精细程度与稳定程度,这套改良技术体系适配各类复杂超高层施工环境,能够给同类型建筑结构安装的工艺改良,质量与施工效率提升提供实用技术借鉴。

参考文献

- [1] 朱勇,刘刚.高层钢框架-混凝土核心筒结构同步攀升施工及装配式构件安装关键技术研究[J].建筑机械,2025(7):29-33.
- [2] 罗建.超高层建筑中钢混组合剪力墙施工技术研究[J].建筑机械化,2025,46(10):128-132.
- [3] 李强.超高层建筑型钢-混凝土组合结构复杂节点施工技术[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(5):026-029.
- [4] 赵荣耀,陈辉.超高层钢结构伸臂桁架及空间微曲腰桁架施工技术[J].山西建筑,2025,51(24):62-67.