

# 超高层钢结构核心筒与外围框架同步施工

李亚鹏

中国水利水电第十一工程局有限公司

**摘要:** 随着我国城镇化进程加快,超高层建筑已成为城市空间高效利用的重要载体,钢结构凭借自重轻、强度高、施工速度快的优势,在超高层建筑中得到广泛应用。核心筒与外围框架同步施工技术,是打破传统流水施工瓶颈、提升超高层施工效率的重要技术手段。本文梳理了同步施工技术的优势,分析了同步施工的关键技术难点,构建了覆盖设计协同、过程管控、精度控制、安全防护的全流程管控路径,为超高层钢结构工程施工提供技术参考。

**关键词:** 超高层建筑; 钢结构; 核心筒; 外围框架; 同步施工

**DOI:** 10.65976/3078-8145.2026.02.006

## 引言

当前我国超高层建筑建设持续向高空发展,建筑高度不断突破,结构形式愈发复杂,对施工效率、精度控制与安全管理提出了极高要求。传统超高层施工多采用“先核心筒、后外围框架”的流水施工模式<sup>[1]</sup>,存在施工周期长、工序衔接不畅、竖向变形难以控制等问题,已难以适配超高层建筑的建设需求。核心筒与外围框架同步施工技术,可实现多工序立体交叉作业,大幅缩短施工周期,已成为超高层施工的主流发展方向。本文系统分析同步施工的关键技术与管控路径,为同类工程建设提供借鉴。

## 1 同步施工的体系构成与技术优势

超高层钢结构核心筒与外围框架同步施工,是指在核心筒竖向结构施工的同时,同步开展外围钢框架的吊装、安装与楼板施工,打破传统流水施工的工序壁垒,实现核心筒与外围框架的协同推进<sup>[2]</sup>。与传统流水施工模式相比,同步施工技术具备显著的技术优势。一是大幅缩短施工周期,通过核心筒与外围框架的多工序立体交叉作业,可将传统模式下的串行工序转为并行工序,整体施工周期可缩短20%~30%<sup>[3]</sup>;二是优化结构受力状态,通过控制核心筒与外围框架的施工高差,减少二者的竖向变形差,降低结构附加应力,保障结构施工过程中的整体稳定;三是提升施工场地利用率,通过工序的合理穿插,可实现材料进场、吊装、安装、浇筑的有序衔接,缓解超高层施工现场场地紧张的问题;四是提前插入后续工序,外围框架与楼板施工完成后,可提前插入机电安装、二次结构等工序,实现土建与机电的协同施工,进一步压缩整体工期。

## 2 超高层同步施工的关键技术体系

### 2.1 竖向变形差协同调控技术

竖向变形差控制是同步施工的关键技术难点,核心筒与外围框架的竖向变形主要包括混凝土的收缩徐变变形、结构自重引发的弹性压缩变形、施工荷载引发的塑性变形,二者的材料特性、受力状态不同,变形量与变形速率存在显著差异,易产生竖向变形差。竖向变形差协同调控技术,首先需通过施工全过程数值模拟,结合结构设计参数、施工进度计划、材料性能指标,精准预判核心筒与外围框架在各施工阶段的竖向变形量,确定二者的变形差变化规律,为施工调控提供数据支撑<sup>[4]</sup>。

在此基础上,采取针对性的调控措施,(1)标高预调技术,根据变形模拟计算结果,对钢柱的加工长度进行预调,在钢柱下料时预留压缩变形量,抵消施工过程中的竖向压缩变形,保障结构成型后的标高符合设计要求;(2)施工进度协同调控,通过调整核心筒与外围框架的施工进度,控制二者的施工高差,优化结构受力状态,减少收缩徐变与荷载差异引发的变形差;(3)混凝土性能优化,通过优化核心筒混凝土的配合比,掺入粉煤灰、减水剂等外加剂,减少混凝土的收缩徐变变形,降低核心筒与外围框架的变形差;(4)全过程变形监测,在核心筒与外围框架设置全覆盖的变形监测点位,实时跟踪二者的竖向变形量,根据监测数据动态调整预调值与施工进度,实现变形差的动态调控。

### 2.2 施工流程与作业面协同优化技术

首先需合理确定核心筒与外围框架的施工高差,结合结构形式、爬模体系性能、吊装设备能力、安全

防护要求,确定合理的竖向高差,通常控制在5-8个楼层,既保障核心筒施工为外围钢结构安装提供稳定的基准,又为多工序穿插作业提供充足的作业面,避免高差过大引发的结构变形与安全风险。

其次需优化施工工序的穿插逻辑,构建“核心筒竖向施工→外围钢结构吊装→压型钢板铺设→楼板混凝土浇筑→机电安装插入”的流水作业体系,每个工序之间合理搭接,实现各作业面的连续施工。核心筒采用液压爬模体系实现逐层流水施工,为外围钢结构安装提供轴线与标高基准;钢结构吊装采用大型塔式起重机,分区分段流水吊装,与核心筒施工保持协同进度;钢结构安装完成后,立即开展压型钢板铺设、栓钉焊接,同步插入机电管线预埋,随后开展楼板混凝土浇筑,实现各工序的无缝衔接。同时需建立进度协同管控机制,制定详细的周、月施工进度计划,明确各工序的施工周期与节点目标,定期开展进度比对,及时调整施工计划,确保核心筒与外围框架施工进度协同匹配。

### 2.3 钢结构吊装与安装精度控制技术

钢结构吊装与安装精度控制,是保障同步施工质量的关键环节,直接决定核心筒与外围框架的结构匹配度。首先需优化钢结构吊装方案,根据建筑高度、结构形式、构件重量与现场场地条件,选用合适的大型塔式起重机,合理布置塔吊位置,确保吊装覆盖范围无盲区;根据钢构件的重量、尺寸与安装位置,优化吊装顺序,采用分区分段、对称吊装的方式,避免单侧吊装引发的结构不均匀变形;钢柱吊装采用一点正吊法,钢梁吊装采用两点吊装法,严格控制吊装过程中的构件变形,保障吊装安全。

其次需建立超高层全过程测量控制体系,采用全站仪、GPS定位系统、铅垂仪等高精度测量设备,构建“首级控制网-楼层控制网-构件安装控制点”的三级测量控制体系,消除竖向施工的累积误差。首层设置首级控制网,采用激光铅垂仪将控制点竖向传递至各施工楼层,形成楼层控制网,每层控制网都需进行闭合校验,确保传递精度;钢柱安装时,严格控制柱顶标高、轴线偏差与垂直度,采用双经纬仪双向监测,单节钢柱的垂直度偏差控制在规范允许范围内,累计偏差逐层调整,避免误差累积;钢梁安装时,严控钢梁的标高、水平度与拼接精度,保障钢框架与核心筒的精准连接。同时需严控钢结构焊接质量,采用二氧化碳气体保护焊,制定合理的焊接顺序,采用对称焊接、分段焊接的方式,减少焊接变形,焊接完成后开展无损检测,确保焊接质量符合设计要求。

### 2.4 作业面立体交叉防护技术

首先需构建分层级的高空水平防护体系,在核心筒爬模体系底部设置全封闭的防护平台,阻挡核心筒施工的坠物;在外围钢结构施工楼层,设置随作业面提升的水平安全网,每层钢梁安装完成后,立即铺设安全平网,实现作业面的全封闭防护;在上下交叉作业的楼层之间,设置硬质隔离防护棚,隔绝上下作业面的坠物风险,防护棚采用型钢骨架+钢板铺设,具备足够的抗冲击能力。

其次需规范高空作业的临边防护,钢结构安装楼层的临边位置,设置标准化的防护栏杆,采用工具式、可周转的防护构件,随作业面推进及时安装,确保临边防护无缺口;压型钢板铺设严格遵循“随铺随固定”的原则,铺设完成后立即采用栓钉固定,严禁未固定的压型钢板上人作业。同时需规范吊装作业管理,划定吊装作业警戒区,严禁无关人员进入,吊装作业时设专人指挥,统一信号,确保吊装作业有序开展;立体交叉作业时,合理划分各工序的作业时间与作业区域,尽量避免同一垂直方向的上下同时作业,无法避免时设置专项防护措施,确保作业安全。

## 3 同步施工质量安全全流程管控路径

### 3.1 设计与施工一体化协同优化

设计与施工的一体化协同,是同步施工顺利推进的前置基础,需在设计阶段提前融入施工需求,实现设计方案与施工工艺的深度适配。一方面,需建立设计与施工的协同工作机制,在项目设计阶段,施工单位、钢结构加工单位提前介入,结合同步施工的工艺要求,对结构设计方案提出优化建议,重点优化核心筒与外围框架的连接节点、钢结构构件的分段设计,确保节点构造适配同步施工的安装精度要求,构件分段适配吊装设备的性能,减少现场施工难度。

另一方面,需开展施工全过程模拟分析,采用BIM技术与有限元分析软件,对同步施工的全过程进行数值模拟,验算不同施工阶段结构的受力状态、竖向变形量与稳定性,优化核心筒与外围框架的施工高差、施工进度计划,提前识别施工过程中的风险点,制定针对性的防控措施。同时需基于BIM技术构建三维信息模型,实现钢结构构件加工、吊装、安装的全流程信息化管控,核心筒与外围框架的施工进度、安装精度、质量验收数据实时录入模型,实现设计与施工的信息协同,提升施工管控的精细化水平<sup>[5]</sup>。

### 3.2 施工过程动态管控与工序衔接

施工过程的动态管控,是保障同步施工有序推进的关键,需建立全流程、精细化的施工管控体系。首

先需建立进度协同管控机制,制定详细的总进度计划、月进度计划与周进度计划,明确核心筒施工、钢结构吊装、楼板浇筑等各工序的节点目标,将进度责任落实到具体班组与个人;每日召开进度协调会,比对实际进度与计划进度的偏差,分析偏差原因,及时调整施工资源与工序安排,确保核心筒与外围框架的施工进度协同匹配,避免工序脱节。

其次需强化施工工序的衔接管控,制定标准化的工序交接制度,上一道工序完成后,需经质量验收合格后方可移交下一道工序,重点管控核心筒预埋件安装、钢结构吊装、压型钢板铺设、楼板浇筑等关键工序的衔接,明确各工序的施工范围、质量标准与交接时间,避免工序交叉冲突。同时需强化施工资源的统筹调配,根据施工进度计划,提前做好钢结构构件、钢筋、混凝土等材料的进场计划,合理调配塔吊、施工电梯等机械设备,保障各工序施工的资源供应,避免因资源短缺导致的工期延误。

### 3.3 全过程测量与变形监测体系

全过程测量与变形监测,是同步施工精度控制与结构安全的重要保障,需构建全覆盖、高精度的监测体系。第一,需建立标准化的测量控制体系,在项目开工前,布设高精度的首级平面控制网与高程控制网,控制网点位设置在不受施工影响、稳定可靠的位置,定期进行复核校验;采用激光铅垂仪进行控制点的竖向传递,每层传递完成后,开展闭合校验,确保传递精度,消除竖向累积误差;钢结构安装过程中,严格执行“初校-复校-终校”的三级测量校准制度,确保钢柱的垂直度、标高、轴线偏差符合规范要求。

第二,构建全过程结构变形监测体系,在核心筒与外围钢框架设置全覆盖的监测点位,监测内容包括结构竖向压缩变形、水平位移、垂直度、构件应力等,制定合理的监测频率,施工期间每完成一个楼层施工开展一次监测,变形速率较大时加密监测频次;

实时跟踪监测数据,分析核心筒与外围框架的变形变化规律,当变形量或变形差超过预警值时,立即停止施工,分析原因,采取标高预调、进度调整等措施,控制变形持续发展,保障结构施工过程中的安全稳定。

## 4 结语

本文系统梳理了超高层钢结构核心筒与外围框架同步施工的体系构成与技术优势,分析了同步施工的工程特征与技术难点,构建了覆盖竖向变形调控、工序协同优化、精度控制、安全防护的关键技术体系,提出了全流程的质量安全管控路径。当前我国超高层建筑建设持续向高空、向复杂结构发展,对施工技术与管控水平提出了更高要求。未来需进一步深化同步施工的结构变形机理研究,推广 BIM 技术、智能化监测、数字孪生技术在施工全过程的应用,完善同步施工的技术标准体系,持续提升超高层建筑施工的效率、质量与安全水平。

### 参考文献:

- [1] 沈钦梁,张宇,陈淑美,等.施工时变性下的钢结构-核心筒等高同步攀升建造体系[J].建筑技术开发,2025,52(03):13-16.
- [2] 陈钟,胡文学,杨欢,等.高层钢框架-混凝土核心筒结构同步等高攀升施工技术[J].施工技术(中英文),2022,51(04):114-117+127.
- [3] 方世宏,卢德辉,潘正玉,等.“外爬内支”施工技术在超高层建筑核心筒结构施工中的应用[J].广州建筑,2025,53(04):20-25.
- [4] 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,(07):29-33.
- [5] 马静,扶新立,张秀凤.超高钢筋混凝土框架-核心筒结构整体钢平台模架施工关键技术[J].建筑施工,2022,44(11):2619-2622.