

装配式建筑预制构件吊装施工技术研究

刘 珊

新疆城创建设工程集团有限公司 新疆 五家渠 831300

【摘 要】：装配式建筑预制构件吊装施工决定构件安装精度、结构连接质量和现场流水节拍，吊装方案若只关注起重量和机械站位，容易忽视构件重心、吊点受力、临时支撑、轴线标高和套筒连接准备之间的连续关系。施工技术应从构件验收、吊具核查、试吊观察、正式起吊、缓慢就位、校正固定和灌浆准备等环节展开，把吊装半径、起升速度、垂直度偏差、支撑角度和连接面清洁度转化为现场可检查指标。机械能力、测量控制和节点处理同步落实，才能减少碰撞、偏位、裂损和返工。

【关键词】：装配式建筑；预制构件；吊装施工；施工技术；定位控制

DOI:10.12417/2811-0722.26.08.086

引言

预制墙板、叠合板、预制楼梯、阳台板和梁柱类构件在工厂成型后进入现场安装，施工现场的主要矛盾由传统湿作业转向构件运输、起吊、就位和连接精度管理。构件体量大、边角脆弱、吊点位置固定，吊装过程受塔吊性能、道路条件、安装顺序、测量基准和作业面交叉影响；任一环节失控，都可能造成构件摆动、插筋碰撞、套筒错位或临时支撑受力异常。预制构件吊装施工技术应把吊前条件、吊中动作和吊后连接纳入同一施工链条，使机械动作与结构安装精度保持一致。

1 装配式建筑预制构件吊装施工概述

装配式建筑预制构件吊装施工的对象包括预制墙板、叠合板、预制楼梯、阳台板、梁柱节点构件和局部设备预埋构件，不同构件的重心位置、吊点数量、边缘保护和就位路径并不相同。墙板类构件通常以两点或四点吊装保持竖向姿态，叠合板类构件更关注平面刚度和吊索夹角，楼梯段则要兼顾斜向受力和端部碰撞风险^[1]。施工准备阶段按逐件编号核对、每10件至少抽测1件尺寸和关键连接件逐件检查组织验收，单块墙板重量超过3.00t或高度超过3.20m时单独标记重心线；当吊环变形、混凝土边角缺损、外露钢筋偏位或构件表面裂纹宽度达到0.20mm时，构件退出当日吊装序列，待修补、验收或替换后再进入吊装计划。

2 装配式预制构件吊装施工基本要求

2.1 进场构件外观尺寸验收技术要求

预制构件进场验收先确认运输支点、堆放方向和构件编号，再检查混凝土观感、预埋件位置、吊环外露长度、连接套筒通畅度和安装面平整度。大型墙板按高度、宽度、厚度和对角线4类尺寸抽查，门窗洞口两侧各取1处保护层观察点；套筒通孔用通针检查，通针进入长度小于120mm或孔口砂浆堵塞超过10mm时，构件不进入起吊区^[2]。堆场布置让当天安装构件靠近起吊半径内侧，垫木离地高度不小于150mm，竖向墙板临时倾角控制在5°~6°；若同一批构件存在吊环锈蚀、螺纹套筒堵塞或预埋件污染，按构件编号逐件封存问题，不把整批

构件混入可吊装区。

2.2 起重设备幅度荷载站位配置要求

吊装设备选型应同时满足构件最大重量、工作幅度、起升高度和现场回转空间，不能只按额定起重量判断。塔吊或汽车吊在不同幅度下的允许起重量差异明显，预制墙板重4.00t、吊装幅度35.00m时，应核对此幅度下的额定能力、吊具自重和风荷载影响，安全裕量不足时应调整堆场或分区安装顺序。站位复核还要考虑支腿地基承载、地下室顶板允许荷载、道路转弯半径和构件临时停放点，地下室顶板上布置汽车吊时应先核对覆土厚度、梁板跨度和支腿垫板面积，垫板边缘不得压在后浇带、洞口边或临时开槽位置；吊装半径越接近设备能力边缘，构件空中摆动和制动冲击对设备稳定性的影响越大^[3]。吊前技术交底应把吊车站位、回转禁区、吊臂仰角、吊索规格和专职指挥位置写入当日作业票，使机械参数与安装面条件互相对应。构件堆场到安装面的最短回转路径若穿过材料通道，应提前设置临时隔离带并把构件临停点移至塔吊覆盖半径内侧，减少带载回转距离；当支腿垫板下方存在回填土或地下管沟时，现场先进行压实度和沉降观察，确认垫板受力稳定后再安排连续吊装。

2.3 吊点吊具索力试吊检查要求

吊点和吊具核查是预制构件从堆场状态进入受力状态的前置控制。吊环、鸭嘴扣、平衡梁、钢丝绳和卸扣应按构件重量、吊点间距和吊索夹角复算，吊索夹角过小会放大单根索力，夹角过大又会增加构件侧向压应力，墙板类构件宜配合平衡梁减少吊点水平分力。吊具核查时应检查卸扣销轴是否拧紧、钢丝绳断丝和压扁是否超限、吊钩防脱装置是否有效，吊点周边混凝土有裂纹或露筋时不能直接挂钩。试吊离地200~300mm后停留30s，观察构件倾斜、吊索受力均衡和吊点局部变形，若构件出现明显偏摆或某根吊索松弛，应落地调整吊点组合或平衡梁位置。吊索设计拉力可按式（1）进行吊前核查。

$$F_s = \frac{G}{n \cos \theta} \times k \quad (1)$$

式（1）中， F_s 为单根吊索设计拉力，单位为kN； G 为构

件及吊具合计重力,单位为kN; n 为参与受力吊索数量,单位为无量纲; θ 为吊索与竖直方向夹角,单位为 $^\circ$; k 为动载和不均衡系数,单位为无量纲。构件重力固定时, θ 增大会降低 $\cos\theta$ 并抬高 F_s , 现场应避免用过短钢丝绳强行起吊宽大墙板。

3 装配式预制构件吊装施工关键技术

3.1 吊前轴线标高测点垫片布设方法

吊前测量放线应把楼层控制轴线、构件边线、标高控制点和套筒插筋位置同时校核。预制墙板就位前, 安装面应弹出墙身边线、门窗洞口控制线和临时支撑固定点, 楼板面局部高差超过垫片调节范围时应先凿毛或找平。测量人员不宜只在构件落位后复测垂直度, 楼层主控线应由同一基准点引测, 水准仪读数、墨线位置和插筋中心线应在吊前共同确认, 吊前应复核下层插筋间距、外露长度和套筒中心线, 避免构件悬停时才发现插筋与套筒错位^[4]。标高垫片应按设计厚度和实测楼面标高配置, 常见控制厚度可分为2mm、3mm和5mm组合, 垫片必须靠近受压位置, 不得垫在墙板边角悬挑处; 墙板底部控制线外侧预留10mm观察带, 构件落位后可直接比较边线偏差。测量结果进入吊装交底后, 指挥人员才能按同一轴线口令引导构件缓慢就位。吊装就位的控制关系见图1。

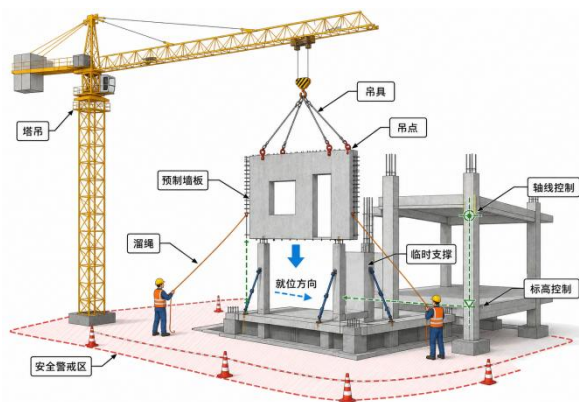


图1 预制墙板吊装就位控制关系

图1中, 吊具和吊点位于预制墙板上方, 表示竖向起升力从塔吊传至构件; 两侧溜绳分别由作业人员牵引, 限制墙板在空中旋转; 轴线控制和标高控制以绿色线条标出, 说明构件下落前已有平面和竖向基准。安全警戒区围绕吊装半径布置, 临时支撑连接墙板与楼面, 反映构件落位后仍应保持可调整固定状态。

3.2 试吊起升姿态低速稳定调节方法

起吊试吊采用短行程、低速度和可停顿的操作方式, 构件离地后先检查吊点受力、构件倾角和垫木脱离情况, 再进入正式起升。初始起升速度宜控制在0.20m/s以内, 构件离地200~300mm后悬停30s, 吊钩偏离构件重心投影不宜超过50mm^[5]。塔吊司机、信号工和安装工使用统一口令, 构件通过结构洞口、脚手架边缘或钢筋密集区时, 起升速度降至0.10m/s左右。平

均风速达到10.80m/s或墙板摆幅超过300mm时, 宽面构件吊装暂停或改吊小型构件; 构件接近安装面1.00m范围内只允许小幅水平修正, 防止一次摆动越过插筋或碰撞临边支架。

3.3 墙板缓慢就位套筒节点处理

缓慢就位阶段要同时处理平面位置、垂直度、标高和连接节点保护。预制墙板接近安装面约500mm时减速, 距插筋顶部100mm处暂停观察, 安装人员利用撬棍、导向棒和限位块引导套筒对准插筋, 不能让构件自重直接压弯插筋。构件底部落在标高垫片后, 先检查墙板边线与控制线偏差, 再用临时支撑调节垂直度, 接缝宽度宜控制在15~20mm, 垂直度偏差宜在连接固定前完成初调。接缝部位清理浮浆、砂粒和积水, 套筒灌浆孔、出浆孔保持畅通, 临时支撑与楼面锚点的夹角保持45°~60°并在构件稳定10min后复查; 若构件二次微调, 先确认吊索仍处于轻微受力状态, 再松动支撑或垫片。

3.4 吊装警戒区楼层作业面防护布置

吊装安全防护围绕吊装半径、构件运行路径和安装作业面设置。构件起吊前, 警戒线外扩距离不宜小于构件最大外形尺寸的1.50倍, 墙板下方和回转半径内至少设置2名看护人员, 楼层临边、洞口和安装平台要设置可靠防护, 非吊装人员不得进入构件回转路径。交叉作业协调钢筋绑扎、模板支设、机电预留和灌浆作业时间, 避免吊装构件穿越人员上方; 安装层临边材料堆放应远离构件运行边线, 散放钢筋、管线和模板卡具提前清理, 防止溜绳人员倒退牵引时被绊倒。夜间安装面照度宜不低于100lx, 信号工与塔吊司机对讲延迟超过2s或连续2次口令未复诵时暂停起吊; 吊装记录保留天气、风速、构件编号、设备工况、异常处置和复测结果。

4 装配式预制构件吊装施工案例分析

4.1 吊装案例作业面构件条件配置

预制构件吊装流程按验收、核查、试吊、起吊、就位、固定和移交组织, 适用于楼层作业面已经完成清理、插筋位置已经复测、塔吊覆盖半径能够连续服务堆场和安装面的施工场景。以一组6块预制墙板为一个吊装单元时, 构件验收和吊具核查可提前30min完成, 单块试吊控制在3~5min, 正式起吊至临时固定宜控制在12~18min^[6]。构件验收合格后, 吊具核查确认吊索、平衡梁和卸扣状态; 试吊检查通过后再确认行走路线、回转空间和安装作业面; 正式起吊进入缓慢就位后, 测量人员和安装人员同步完成垂直度校正与临时固定, 记录每块构件的等待时间、就位时间和返查原因, 便于判断问题来自吊具准备、路线占用还是安装面未清理; 套筒灌浆准备在构件稳定、接缝清洁和孔道通畅后进行。若试吊返查发生2次以上, 把构件移出连续吊装队列, 避免塔吊等待时间超过20min。流程节点与返查关系见图2。



图2 预制构件吊装流程控制节点

图2中,主流程从构件验收向右推进至终检移交,说明吊装不是孤立起吊动作,而是连续控制节点。试吊检查上方的调整后复查箭头回到吊具核查,表示吊点、吊具或构件姿态不满足要求时必须回到前置核查;合格分支进入行走路线确认,随后才允许正式起吊、缓慢就位和临时固定。

4.2 吊装质量偏差测点结果比较

吊装质量测点应放在构件落位前后,常用指标包括轴线偏差、标高偏差、垂直度偏差、支撑角度、套筒插筋外露长度、接缝宽度和构件边角状态。墙板底部至少取2个轴线测点、顶部至少取2个垂直度测点,门窗洞口边缘另取1处保护检查点,墙板测点数量高于叠合板2处^[7]。墙板就位后先测底部边线与控制线偏差,再测顶部垂直度;若底部已经偏离控制线,单纯调节支撑会让墙体产生扭转;叠合板则先查支承长度和板缝宽度,楼梯段先查上下端搁置位置和踏步面标高,避免不同构件套用同一测点顺序。质量记录按构件类型设置不同控制项,墙板强调垂直度和套筒对位,叠合板强调支承长度和板缝,楼梯段强调端部标高和成品保护;预制墙板轴线偏差3.00mm低于预制梁5.00mm,差值为2.00mm,标高偏差2.00mm低于叠合板4.00mm,差值为2.00mm。不同构件的吊装质量控制参数可按表1区分。

表1 预制构件吊装质量验收参数

构件类型	轴线偏差 (mm)	标高偏差 (mm)	垂直度偏差 (mm)	支撑夹角系数	接缝宽度 (mm)	复测停留时间 (min)
预制墙板	3.00	2.00	4.00	0.64	20.00	10.00
预制柱	4.00	3.00	5.00	0.57	18.00	12.00

参考文献:

- [1] 刘海涛,赵雅静.基于BIM的装配式建筑工程竖向预制构件施工技术研究[J].科技资讯,2026,24(13):157-159.
- [2] 姜首杰,李翔.装配式建筑工程中混凝土预制构件吊装与定位施工技术研究[J].现代工程科技,2026,5(7):17-20.
- [3] 白冠凌.装配式建筑预制构件连接节点施工技术研究[J].世界家苑,2026,(1):13-15.
- [4] 刘颂.装配式建筑预制构件安装施工技术研究[J].城市开发,2026,(1):120-122.

预制梁	5.00	3.00	4.00	0.71	15.00	10.00
叠合板	6.00	4.00	3.00	0.00	12.00	8.00
预制楼梯	5.00	3.00	4.00	0.00	10.00	8.00
阳台板	5.00	4.00	4.00	0.00	12.00	10.00

(注:续表1)

表1中,预制墙板轴线偏差控制为3.00mm、标高偏差控制为2.00mm,严于叠合板的6.00mm和4.00mm,原因在于墙板套筒对位对底部边线和标高更敏感;预制柱支撑夹角系数为0.57,复测停留时间为12.00min,高于预制梁的10.00min,说明竖向构件稳定后仍需保留较长观察时间。

4.3 吊装缺陷修补后外观强度结果

吊装成品保护贯穿卸车、堆放、起吊、就位和连接全过程。构件边角使用橡胶垫、木垫或专用护角保护,构件卸车后先拍照记录角部、洞口和预埋件外观,吊索与混凝土棱角接触处不得直接摩擦,门窗洞口和预埋线盒周边避免承受集中拉力。构件落位后发现小面积掉角,可在不影响受力和连接的前提下按修补方案处理。例如,一处掉角深度为18mm、沿边长度为120mm时,修补后外观缺陷应控制在深度2mm、长度5mm以内,掉角深度较修补前减少16mm。套筒清理前通针进入长度80mm、清理后达到160mm时,通道增加80mm,灌浆准备才具备连续注浆条件。支撑调整前垂直度偏差7mm、调整后3mm时,差值为4mm,缺陷处置记录应同时保留修补前读数、修补后读数和复测时间。

5 结语

装配式建筑预制构件吊装施工技术的核心不在单次起吊完成,而在构件状态、吊装设备、测量基准、临时固定和连接准备之间形成连续受控的安装过程。吊前以构件验收、吊具核查、道路承载和吊装半径为基础,吊中控制起升速度、空中姿态、溜绳牵引和就位偏差,吊后完成临时支撑、垂直度复测、接缝清理和套筒灌浆准备。技术稿写作和现场管理均应把参数、测点、容许偏差和复测动作写实,避免把吊装简化为机械吊运。