

建筑装配式施工技术在高层住宅建筑中的应用研究

路新

中电建建筑集团有限公司

摘要:在建筑行业发展转型过程中,装配式高层建筑成为新的选择,代表着行业产业化、标准化趋势。尽管装配式施工技术优势明显,但施工仍有不少技术及管理难题,需作出更深入的研究与探索。本文结合大湾区科创中心项目1~4#楼装配式住宅工程实际,就装配式施工技术要点进行简要分析,然后指出项目所面临的施工难点问题,并提出装配式施工技术应用相关建议,以作借鉴。

关键词:建筑工程;装配式;施工技术;高层住宅
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.01.013

建筑行业发展至今,传统现浇施工工艺仍占据主流,以至于仍无法摆脱高浪费、高耗能、粗放施工等弊端。而装配式建筑的发展,实现部分工序向工厂转移,批量生产建筑构件能耗低、效率高且质量精度更加可控,但也增加现场安装施工难度,预制构件吊运安装精度要求高,需切实掌握装配式施工技术要点,提高装配式住宅建筑工程品质。

项目2022年12月开始装配式施工,其构件厂位于距离项目18km的花都区炭步镇,通过前期的施工准备、开模、制作、首件验收、运输以及安装等工作内容,因此本文结合项目施工情况进行阐述。

一、项目概况

中国电建大湾区科创中心项目位于广东省广州市花都区人民政府旁,项目总建筑面积约27.6万 m^2 ,共计12栋楼,含住宅、幼儿园、商业以及写字楼(超高层写字楼),其中1~4#为装配式建筑,实施范围为三层~屋面层。PC构件种类包含叠合楼板、楼梯、预制钢筋混凝土围护外墙、预制飘窗、成品轻质墙板。

二、装配式施工特点

装配式概念的引入,代表着发展转型的新方向。将建筑主体分解为多种构件,通过厂家预制加现场组装方式,直接改变常规现浇施工模式,带来建筑施工效率的显著提升,并具备节能环保等优势^[1]。装配式施工技术优点包括:

一是资源节约,预制混凝土构件生产成本低,减少现场水电、钢材等浪费;二是劳动生产效率高,工厂预制生产的方式,可有效缓解施工现场工期压力,而且不受恶劣环境影响,各工序可穿插进行;三是建筑品质更有保障,工业化模式生产的建筑构件,相较于现浇方式,在构件性能质量上更有保障;四是绿色环保,装配式施工将部分工序转移至工厂,污染问题可集中管控,减少施工现场垃圾污水排放,后期装配式建筑拆除后,

有更高的回收利用率。

三、建筑装配式施工技术要点

装配式结构施工工艺流程如下:

厂家生产→预制构件运输→构件堆放→预制墙板、飘窗安装→模板支撑体系搭设→梁钢筋绑扎→叠合板安装→混凝土浇筑→预制楼梯安装

(一) 预制构件的运输、堆放与吊装

1、预制构件的运输

预制构件运输采用平板挂车运输,各类构件运输方式如下:

(1) 预制外墙板

采用竖立运输,为防止运输过程中构件的损坏,设计专门的运输架,采用型钢制作U型支架,并在支架上设置通常的橡胶垫,保证墙板装饰面与橡胶垫接触良好,预制构件与支架以及运输车辆都要进行可靠的固定。

(2) 预制叠合板、预制楼梯

采用平放运输,为防止运输过程中构件的损坏,构件已经放置在枕木上,预制构件与枕木,以及运输车辆都要进行可靠的固定。

运输路线的规划很关键,构件运输起点是花都区炭步镇,运输终点为广州市花都区大湾区科创中心基地项目,该运输线路全程共计18.0公里。根据工程特点,全程采用公路用平板挂车进行构件的运输,所有需要的钢筋混凝土预制构件在工厂制作验收合格后,于安装前根据构件需求计划运至施工现场进场验收,验收合格后码放整齐。

2、构件堆放:

①叠合板堆放

堆放场地必须平整、坚实,且须在塔吊覆盖范围内;每处堆放高度不得超过6块;堆放时,须光面朝下,外露钢筋桁架面朝上;板与板以及与地面之间须垫以100×100短木方,严禁垫以通长木方;木方伸进板间200mm,故木方长度为300~400mm即可。

②楼梯板堆放

预制楼梯板,堆放时必须按以下要求进行堆放:堆放场地必须平整、坚实,且须在塔吊覆盖范围内;每个楼梯板重达4.81吨,所以每处堆放高度不得超过2块(考虑到在地下室顶板);堆放时,须光面朝下,踏步面朝上;楼梯板与板以及与地面之间须垫以100×100双层木方;纵向木方长度为 ≥ 600 mm,横向木方长度为 ≥ 1900 mm。

③墙板堆放

堆放场地必须平整、坚实，且须在塔吊覆盖范围内；墙板最重构件重达2.8吨，须放在插放架上，以防倾倒造成损坏；预制内外墙板采用专用插放架直立存放，吊装点朝上放置，支架应有足够的强度和刚度，门窗洞口的构件薄弱部位，应有防止变形开裂的临时加固措施；L型墙板堆放处的插放架间距须满足其实际尺寸；插放架高度不小于墙板高度的3/4；墙板与插放架空隙部分用木方插销填塞；严禁把木方垫在门窗洞口的下部构件等薄弱部位。

3、构件的吊装

在预制构件吊装环节，预制构件主要采用塔吊进行垂直运输，针对本工程特点，影响塔吊选型的主要因素是预制构件的重量、吊装位置、施工过程中塔吊的工作效率和周围环境等，经综合考虑，本工程共计选用4台塔吊进行吊装，北侧地块4#-1、4#-2住宅共选用一台塔吊PT7025，塔吊实际安装臂长65m。南侧地块楼栋分布位置较远，1#住宅选用一台PT6013塔吊，安装臂长45m；2#住宅选用一台TC6513塔吊，安装臂长50m；3#住宅选用一台TC6513塔吊，安装臂长45m。

预制墙板的吊点预留方式分为预留吊环和预埋带丝套筒两种，预留吊环方式绳索与构件水平面所成夹角不宜小于45°，预留带丝套筒宜采用平衡钢梁均衡起吊。

定期检查吊具、索具。墙板等构件起吊应进行试吊，吊离地面300mm应停车或缓慢行驶，检查刹车是否灵敏，吊具是否安全可靠。

（二）施工测量技术要点

在1~4#楼装配式施工时，精准严密的施工测量很关键，应配置高质量全站仪等设备，并严格遵守施工测量技术要求，为后续装配式施工提供保障。在实际测量操作时，需要对各层轴线进行放样，主要通过全站仪完成该操作，但在此之前，需预先确定平面控制点位合格。待获取高程控制点测量数据，一般不能直接采用，而是要通过复核确定其精准度，然后再布设现场水平控制网^[3]。依靠施工测量相关数据，结合装配式施工设计图纸，便可确定构件预装位置，为后续吊装提供准确数据支持。

（三）各类预制构件安装技术要点

（1）预制外墙板的安装技术

首先要根据待吊装外墙板特点，确定构件堆放场地，塔吊吊装时预制外墙板保持平衡，若需采取平行吊运的方式，则需搭配使用多功能钢梁，完成预制外墙板吊运任务。其次，外墙板吊装技术是关键所在，直接关系到装配式施工安全，应依方案完成整个吊装过程。在实际吊装操作期间，墙板吊运现场应有专业指挥，吊车操作在现场指挥下进行，安全、精准完成预制墙板吊运。需注意的是，预制构件在下落时，要尽量避免直接落地，通常应当滞空一定时间，方便地面技术人员检查，确保外墙板吊装位置精准。最后，为满足外墙板装配式施工需要，待吊至指定位置后，应当采取适当的调整措

施，确保垂直度及水平度符合要求。在进行预制墙板调整时，需要采取一定的辅助性手段，便于预制墙体调整并能预防破坏，这里以斜撑方式为主。需要注意的是，斜撑角度控制要合理，还要有合适的高度，并会以预埋螺栓方式加以固定。

（2）叠合板吊装技术

对于叠合板吊装时，须切实保证其吊装质量与安全。在结构设计上，叠合板之间通过现浇混凝土进行连接。为保证其安装质量，需掌握叠合板吊装技术，通常情况下，测量定位是吊装的首要环节，可确定叠合板的位置数据，便于后续吊装施工。然后是构件的固定环节，叠合板吊至预定位置后，可利用夹具等使之固定，并对其底部实施必要支撑措施。待完成初步固定后，在进行水平度、垂直度检查后，需对叠合板进行调整，确保满足装配式施工设计要求。

（3）预制楼梯安装技术

在实际安装前，需完成测量放线及预制楼梯进场检查工作。应根据装配式施工图纸，确定预制楼梯的安装位置，并做好控制线复核工作，尤其要关注设计高程，使其满足标高要求^[5]。待搭设完成安装支架后，依次安装预制楼梯各个构件，并做好构件的固定工作。由于预制楼梯构件体积较大，直接吊装有较大难度，可能出现吊运不稳等问题，为此，要采取合适的辅助吊装措施，实际吊运操作常选用扁担梁，可有效降低吊运风险。需要注意的是，吊运中的楼梯构件需确保顶底平行，维持好构件整体平衡度，保证安全及安装便利。待构件吊运就位后，需要再次检查楼梯测量精度，并对错位问题加以调整。预制楼梯构件需用立杆支撑，待安装完毕需及时加以固定（本项目采用预埋螺栓+灌浆方式）。预制楼梯安装的最后工序，便是灌浆封装，可提高楼梯的整体性。

（四）套筒灌浆连接技术

在本项目装配式施工过程中，存在许多竖向结构预制构件，如预制墙板、飘窗、楼梯等，为实现上下构件可靠连接，采用套筒灌浆的连接方式。套筒设于上层构件底部，而下层构件顶部预留有钢筋，两者结合后经套筒灌浆（下口灌浆至上口留出便可停止），便可使上下相连构件紧密连接^[6]。同时，为确保套筒灌浆连接质量，应做好：一是要检查连接钢筋质量规格，须完全符合施工设计需要，确保套筒连接部位结构强度；二是灌浆材料配比要合理，要严格管控制浆过程，检查合格方可用于套筒灌浆；三是要保证灌浆作业连续性，套筒空间不应留有空隙，要达到溢出状态方能停止，并做好必要的套筒封堵措施。

四、装配式施工难点及应对措施

（一）施工难点分析

（1）施工人员经验不足

装配式施工属新型施工方式，较少应用于国内高层住宅建筑，导致施工人员缺乏相应经验，对装配式施工

技术也掌握不足，一定程度阻碍装配式建筑发展。

(2) 安装精度高，校正难度大

尽管说预制构件施工便利，但由于构件种类多样、组成复杂，且一旦完成连接施工，预制构件便与建筑成为整体，便不能再对其进行矫正，所以，预制构件务必保证安装精度。同时，矫正调整作为预制构件安装的必要环节，各个预制构件在进行安装时，其前后位置、垂直度、标高等均需根据需要加以矫正，无疑会带来极大的矫正工作量。

(3) 施工工序多且协调困难

装配式高层建筑结构复杂，有着庞大的施工工序体系，涉及多专业、多工序协调难题，要想确保装配式住宅质量，需有极高的施工组织能力，较为考验装配施工管理体系。以预制构件安装为例，需涉及运输、存放、吊装、现浇、校正等多个环节，如若工序安排不当，可导致装配现场出现窝工状况，所以，应解决装配施工协调难的问题。

(4) 高空临边作业风险高

装配式施工不仅涉及高空作业，更是有许多临边作业内容，如吊装预制外墙板等，现场作业风险高，对装配施工安全构成威胁。部分吊装及矫正工作人员，由于缺乏必要的安全作业知识，对高空临边作业风险警觉性差，容易导致施工意外的发生。

(二) 具体应对措施

(1) 做好技术交底与培训工作

首先，装配式住宅项目应重视前期培训，总结装配式施工实践经验，召集施工及管理人员集中培训或优秀项目参观学习，使其掌握预制构件施工要点，全面了解装配式施工工序流程，深化其对装配式施工设计的理解，以此奠定施工质量的基础。其次，要适当开展吊装预演，对复杂预制构件吊装任务，可通过预演的方式，在样板区完成整个过程，借此帮助熟悉吊装作业流程，提前暴露可能存在的问题，提高构件吊装实际施工质量。最后，严格开展技术交底工作，施工前应由专人讲解装配式施工方案及图纸，并告知装配施工安全风险，切实做好技术准备工作。

(2) 引入BIM技术用于施工管理

在装配式住宅建筑施工中，面对工序多且协调困难的问题，需善用BIM等先进技术，其与装配式施工极为契合，具备设计碰撞检测、装配施工模拟、吊装可视化监视、施工计划安排等应用场景，可极大提升装配施工效率，同时可借助BIM模型，实现对构件吊装的全过程模拟，以便预先调整吊装方案，实现对吊装工艺流程的优化。BIM模型还可用于可视化监控，可对预制构件吊装实施动态观测，有效规避吊装失误问题。

(3) 加强预制构件进场质检

首先，从构件进场管理流程上讲，如钢筋检测报告、构件产品合格证等，严禁质检不合格或进场资料不全而预制构件进场。其次，外观检查是进场质检主要环

节，尤其是对于各类预制构件，要确保不存在外观破损，且关键位置需标有响应信息，如型号、单位等。最后，材料及构件的抽检需严格实施，确保其性能满足装配施工要求，从源头消除装配施工安全隐患。

(4) 提高现场施工测量精度

出于装配式施工质量考虑，务必要保证预制构件安装精度，而施工测量是其前提条件，需严格管控施工测量工作。在装配式建筑工程项目中，驻场测量人员应有丰富经验，严格遵守施工测量管理规定，并熟悉预制构件安装流程。此外，现场还要配置先进测量仪器，为装配式施工测量提供便利。

(5) 严格落实高空作业相关要求

装配式建筑高空作业场景多，更需对高空作业严加管理。首先防护措施要到位，要根据装配施工高空作业要求，正确佩戴使用安全带、帽等，安全使用脚手架、平台、梯子等工具，并在使用前做好检查工作。对于装配式施工作业人员，需经过必要的专业培训，尤其是高空及临边作业人员，需常态化开展安全作业教育，并以持证上岗为基本原则，全面保障装配式施工安全。高空临边作业现场应有警示标志，还要做好环境监测，如遇雨雪雷雾等，装配施工现场严禁高空及吊装作业。

五、结束语

综上所述，随着装配式建筑持续发展，其在资源节约、提质增效、节能环保等方面的优势愈加凸显，更加广泛应用于高层住宅建筑。在建筑施工方式上，装配式建筑极大改变原有模式，减少了现场浇筑的内容，利用预制构件加以替代，并显著提升施工效率，有效迎合建筑行业产业化趋势。

但从大湾区科创中心工程实践来看，装配式施工仍面临不少困难，如施工经验不足、工序多协调难、高空临边作业现场多、安装矫正难度大等，还需对其作出更多的努力。装配式建筑要想实现长远发展，既要发掘装配施工技术优势，又要找准其制约因素，积极引入BIM等先进技术，寻求更深层次的发展与应用。

参考文献

- [1] 郑泉. 高层住宅预制装配式建筑及施工技术要点[J]. 陶瓷, 2022, (11): 172-174.
- [2] 胡秀俊, 方鲁兵, 魏晋晋. BIM技术在某高层装配式建筑深化设计与施工中的应用分析[J]. 工程与建设, 2022, 36(05): 1450-1453.
- [3] 彭皓. 高层建筑钢结构装配式施工技术运用[J]. 工程机械与维修, 2022, (04): 213-215.
- [4] 贺绪仲. 绿色建筑背景下装配式建筑施工技术的应用[J]. 陶瓷, 2022, (04): 153-155.
- [5] 侯金鹏, 隗功潮. 浅析装配式建筑施工技术在建筑工程施工管理中的应用[J]. 绿色环保建材, 2021, (11): 90-91.
- [6] 孟咸明. 高层建筑装配式混凝土结构施工技术应用[J]. 四川水泥, 2021, (09): 37-38.