

全装配式预制混凝土构件施工技术与要点分析

文 / 梁松鸿 广州珠江建设发展有限公司

摘要：随着装配式建筑的快速发展，全装配式预制混凝土构件施工技术的应用愈发广泛。为解决施工中存在的质量控制难、安装精度低等问题，本文以广州珠江建设发展有限公司承建的石丰路二期保障性住房项目为例（石丰路二期保障性住房项目总建筑面积约 14.9 万 m²、包括 6 栋 29 ~ 33 层高层住宅，单体装配率要求达到 50% 以上），对全装配式预制混凝土构件施工技术与要点进行研究。分析了构件生产、起吊安装、灌浆施工等环节的不足之处，提出深化设计、严控工艺、加强验收等解决措施，确保施工安全高效、质量达标。

关键词：装配式施工；预制构件；混凝土浇筑

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.19.016

引言

相较于传统现浇施工，装配式施工以在工厂生产预制构件并运至现场装配的作业形式为主，可大幅减少混凝土现浇作业，提高工程施工效率，对环境的污染小。同时，预制构件采用标准化生产，减少了现场施工工序，确保了工程质量品质，降低了材料损耗。

一、工程概况

石丰路二期保障性住房项目总建筑面积约 14.9 万 m²、包括 6 栋 29 ~ 33 层高层住宅，地下室两层，容积率 3.22，抗震设防烈度 7 度。按照该项目所处地区实施的《装配式建筑综合评定标准》，建筑的装配率必须达到或超过 50%。并采用预制构件的方式进行施工。

二、混凝土预制构件的优势

第一，较低的成本。由于采用大规模与个性化生产模式，预制构件不仅能充分满足多样化的设计需求，还能有效降低材料与劳动力成本。此外，中间施工环节的精简，大幅提升了整体施工过程的效率，让施工变得更加便捷。

第二，较高的施工效率与质量。由于预制构件已提前完成预制，品质变得更为稳定，有效避免了现场施工可能引发的结构质量问题。

第三，预制构件的制造过程使用高效节能的技术，其环保优势显而易见。基于此，混凝土预制构件的使用不但提高了施工效率与质量，而且有利于降低成本与保护环境^[1]。

三、装配式建筑预制混凝土构件安装施工技术要点

（一）开工准备

深化设计阶段应与多方开展图纸会审工作，进一步细化构件拆分方案，精准确定节点的连接形式，对构件的尺寸、预留孔洞以及预埋件的位置严格审核，保障设计与施工衔接无间，在构件生产阶段，要求厂家严格把控混凝土配合比、养护工艺等生产参数，预先对复杂构件实施工艺试验，保障构件强度及外观质量达到标准，并做好出厂检验，保证构件附带完整的质量证明文件。

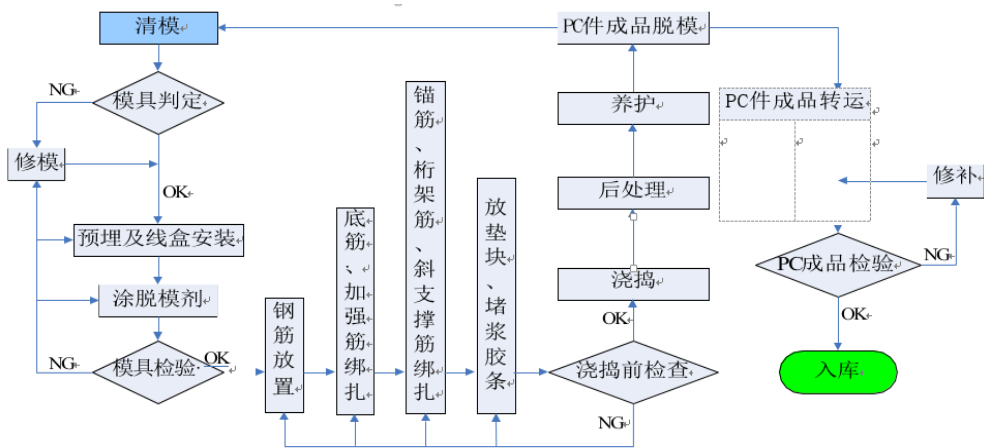


图 1 预制构件生产工艺

在施工现场准备方面，应依据构件重量、安装高度合理选择吊装器械，合理规划材料堆放场地，依照安装顺序分区放置且做好防护，防止构件二次搬运与损伤。同时，借助全站仪、激光水平仪等工具开展轴线与标高基准点的复核工作，确保定位精准。

施工团队需编制完善的专项施工方案，确定吊装顺序、临时支撑的设置以及节点连接的具体流程，还得对作业人员开展全面的技术交底，重点针对吊装安全操作、灌浆料使用等关键技术进行培训。建立质量与安全管理体系，为隐蔽工程验收、构件进场检验等环节拟定标准

化操作流程，为后续安装施工奠定坚实基础，保障装配式建筑施工顺利推进。

（二）构件起吊

全面核查起重设备的运行状态，确保塔吊、汽车吊的钢丝绳、吊钩、制动系统均无损坏。同时结合构件重量、形状及安装高度精准选用吊具，如尼龙吊带、平衡梁等，防止构件边角损伤，应由专业信号工统一指挥，对手势、旗语指令明确统一，保障操作人员与吊装设备之间的沟通畅通，禁止超载、斜拉与急速升降作业，避免构件晃动碰撞。

在构件起吊初期，要短暂停留观察，待一切正常后，再平稳提升至预定安装高度，整个过程需时刻留意构件姿态，通过牵引绳辅助校正方向，防止构件在空中转动或摇摆，临近安装位置时，需缓慢下降，由作业人员辅助引导构件，通过可调式临时支撑初步固定。

采用激光水平仪、全站仪，实时监测并微调构件轴线、标高、垂直度，让安装偏差符合规范要求，待位置精准校准后，及时安设临时支撑并固定可靠，完成初步的位置定位，为后续节点连接施工创造条件，影像记录起吊过程，保留施工质量追溯的凭据，保证构件起吊与安装安全、高效、精准开展^[2]。

（三）安装

构件吊装至指定安装位置后，作业人员应立即使用可调式临时支撑系统做初步固定，利用调节支撑的长度及角度，与激光水平仪、全站仪等设备相结合，对构件轴线位置、标高及垂直度实时监测与微调，将安装偏差严格管控在规范许可的范围之内。初步定位工作结束后，应着力把控节点连接施工，就套筒灌浆连接而言，应先清理套筒内的杂物，再进行湿润处理，采用专用灌浆设备自下口匀速灌注，保证套筒被灌浆料充满且从上口溢出，及时对出浆口封堵，全程记录灌浆的时间、压力等参数。

（四）灌浆施工

装配式建筑预制混凝土构件灌浆施工是保障节点连接强度与结构整体性的关键环节，需严格把控材料性能、施工工艺与过程质量。为了确保套筒、浆锚孔内无杂物油污，应提前对内壁进行湿润处理，以此增强灌浆料粘结力；严格检验灌浆料的性能，依据说明书控制水料比例，采用专用搅拌机对其进行均匀搅拌，保证其流动度、抗压强度等指标满足设计要求范围，搅拌的灌浆料需在规定时间内运用，避免因凝结失效影响灌注的质量。

在灌浆过程中，采用专用的注浆设备自下口灌注，遵循“从下到上、先边角后中间”的规范，保障灌浆料连续又匀速地注入，避免空气滞留产生空洞；若灌浆料从上方开口处溢出，及时用橡胶塞封堵，保证套筒或浆锚孔内完全充盈，还要做好封堵时刻的记录。

施工时应同步做好影像留存，全面记录各个接头的灌浆流程，便于质量追溯，灌浆完成后，强化养护管理，避免外力对构件扰动，灌浆料未达终凝状态，严禁拆除

临时支撑；后续利用超声波探伤、敲击法等方法对灌浆饱满度进行抽样检查，一旦发现灌浆不密实处，需立即补灌，施工人员需佩戴防护用具，在通风良好的环境实施作业，避免吸入粉尘；若有雨雪等恶劣天气，应停止灌浆施工，保证灌浆质量与施工的安全。

四、加强全装配式预制混凝土构件施工技术应用措施

（一）构件生产工艺管控

在总建筑面积 14.9 万 m²、地上 6 栋 29 ~ 33 层及两层地下室的住宅项目中，为实现装配率不少于 50% 的要求，需全程开展预制混凝土构件生产工艺管控，构件开始生产前应依照深化设计图纸，与设计、施工单位一同复核构件拆分方案，保障墙板、楼板等构件的尺寸、预留孔洞及预埋件位置与现场施工相符，防止因设计偏差导致生产返工。针对高层住宅 7 度抗震设防烈度的要求，需进一步强化构件连接部位生产工艺把控，如套筒灌浆连接对应的预埋套筒，应严格把关其定位精度和灌浆质量，保障抗震性能满足设计要求。

在产品生产阶段，混凝土配合比设计至关重要，应依据构件使用部位及其性能需求，对骨料级配及外加剂掺量做优化处理，让构件强度符合设计要求，同时管控水胶比，以降低收缩裂缝的潜在风险，面对墙板这类薄壁构件，借助高频振捣与分层浇筑工艺，让混凝土振捣密实；面对楼板等水平构件，采用真空吸水、表面抹压等技术提高平整度与耐磨性。

养护阶段必须严格执行蒸汽养护制度，按照构件的大小与强度增长曲线，精准调节养护温度与时间，避免因温差过大而出现温度裂缝，切实做好湿度把控，维持混凝土强度持续增长，为了保障构件外观质量，应采用高精度模具，并定期检查维护模具的尺寸精度与表面平整度，避免因模具变形让构件出现偏差。如带保温层夹心墙板等复杂构件，需要预先开展试生产，验证保温层与混凝土层的结合工艺效果，确保复合结构整体性能。

设立构件生产全阶段质量追溯体系，将原材料进场、生产工序、养护记录等信息实施数字化管理，要对每批次构件进行强度抽样检查与外观质量检验，留存检测报告与影像资料，保障出厂构件百分百符合设计与规范标准，为项目高效、高质量的装配施工奠定坚实基础。

（二）加强 BIM 技术应用

在全装配式预制混凝土构件施工中，加强 BIM 技术应用是提升施工效率与质量的重要手段。结合项目实际需求，利用 BIM 技术搭建包括两栋公寓楼以及地下两层结构的全专业三维信息模型，对预制构件做进一步深化设计，以 BIM 模型为依托，能精准拆分出墙板、楼板、楼梯等构件，明确各构件尺寸、预留孔洞与预埋件的位置，同时对复杂节点开展可视化模拟，提升连接构造方案的合理性，提前规避设计冲突和施工难题，保障构件生产与现场安装精准契合。

在施工管理环节，利用 BIM 5D 技术把三维模型与进度、成本信息整合起来，制订精细化的施工进度安排，

采用模拟施工流程的方式，有效规划构件吊装顺序及设备入场走向，防范交叉作业引起的工期延误和安全隐患，借助BIM模型对构件运输及堆放场地开展虚拟布局，按照安装的顺序对存放区域做分区规划，降低二次搬运频次，提高现场施工效率。

为实现装配率50%以上的既定要求，可采用BIM模型对装配式建筑评分项进行预演评定，实时对设计及施工方案加以调整，保证各项指标符合《装配式建筑综合评定标准》要求，在质量及运维管理方面，给每个预制构件设置唯一的二维码或RFID标签，并与BIM模型建立关联，实现构件从生产、运输、安装至后期维护这一全生命周期的信息追溯。在施工阶段，通过BIM模型为隐蔽工程虚拟交底，引导作业人员实施精准施工；融合BIM与物联网技术，实时监测施工过程中的关键数据，且反馈至模型中，实现质量问题动态预警及迅速处理，项目交付后，BIM模型作为运维管理的数字资产，为公寓楼设施的维护及改造升级提供数据支撑，充分展现BIM技术在装配式建筑全流程中的价值^[3]。

（三）优化施工现场管理

在全装配式预制混凝土构件施工中，优化施工现场管理是确保工程高效推进、质量安全达标的关键。针对总建筑面积14.9万 m^2 ，地上29~33层地下2层的6栋住宅楼项目，需兼顾装配率至少50%和抗震设防烈度7度的要求，对施工流程做系统性规划，参照构件重量、外形规格及安装高度，合理选择塔吊、汽车吊等起重设备，保证吊装能力覆盖整个作业区域，同时规划设备定期检查及维护计划，杜绝设备故障造成工期延误。合理规划构件堆放场地，按照BIM模型模拟的安装顺序做分区存放，设置防撞垫块与醒目的标识，减少二次搬运造成的构件损耗，提高吊装操作的效率。

在施工阶段，建立完善的进度及质量管控机制，利用BIM 5D技术对施工进度计划细化，实时跟踪各工序的进展情况，实时调整资源配置；实施构件安装精度的全程跟踪监测，用全站仪、激光水平仪等设备对轴线、标高及垂直度复核，保障墙板、楼板等构件安装的偏差严格控制在规范的范围之内。针对抗震关键节点与套筒灌浆、螺栓连接等主要工序，制定标准化的作业指导手册，实施专项技术交底及实操培训，使施工人员熟练掌握工艺核心要点，采用“三检”制度，针对隐蔽工程实施影像记录与验收签字，实现质量的可追溯管理。

在安全管理方面，划定吊装作业警戒区域，指派专职安全员做全程管控，禁止违规操作；为高空作业人员配备齐全的防护装备，构建稳固的操作平台，确保施工的安全，制定紧急应对预案，针对构件供应延迟、极端天气等突发情况制订替代方案，如预先对关键构件进行储备、优化施工顺序等，降低外部因素对工程工期的影响，通过信息化管理平台集成人员、材料、设备等各项数据，实现对施工现场动态且精细的管理，保障全装配式建筑施工安全、高效、高质量地完成^[4]。

（四）建立严格的进场验收制度

在全装配式预制混凝土构件施工中，建立严格的进场验收制度是保障工程质量的首要防线。为此应严格核验构件质量证明文件，包括出厂合格证、混凝土强度报告、结构性能检验报告等材料，确保构件生产过程与设计及规范相符，重点核查抗震设防烈度7度对应的力学性能指标，构件若资料不全、数据异常，一律不得进场，实体检验阶段，借助“全数核查+抽样检测”相结合的方式。对构件外观质量实施全面检查，主要排查表面蜂窝、麻面、裂缝、缺棱掉角等缺陷，特别检查套筒、预埋件周边混凝土的密实程度。

采用游标卡尺、靠尺等工具对构件尺寸进行测量，让长度、宽度、厚度偏差控制在规范允许的范围内，防止尺寸误差导致现场安装无法顺利拼接，针对墙板、楼板等关键受力构件，按批次抽样进行强度回弹测定，并对套筒灌浆预留孔、钢筋连接部位等隐蔽构造展开专项检查，保证内部结构完好可靠^[5]。

在验收过程中，设立多方共同联检机制，组织建设、监理、施工及构件生产单位共同参与，留存影像资料并签署验收凭据，实现责任可追溯，若存在验收不合格的构件，立即设置隔离标识然后退场处理完毕，严禁用于工程实际施工；对连续暴露质量问题的厂家，启动约谈与责任追溯，更换供应商。采用信息化管理手段，给所有进场构件赋予唯一识别码，把质量信息与验收数据关联，扫码即可对构件生产、运输、验收全流程进行追溯，打造透明化与标准化的质量管控体系，为项目装配施工筑牢质量基础，确保整体工程安全，使其符合装配式建筑评定的标准。

结语

综上所述，预制构件由于具有低成本、高效率、优品质及环保等特点，已经成为建筑行业今后的重点发展方向。尽管预制构件的现场吊装施工流程并不繁琐，但这并不代表着对施工人员技术要求有所降低，相关工作人员在施工期间要遵守职业操守，严格按照行业规范和要求进行，保证施工工作能够顺利开展。

参考文献

- [1] 王小奇. 装配式建筑预制混凝土构件施工技术分析[J]. 住宅与房地产, 2025(2): 107-109.
- [2] 余露. 装配式建筑预制混凝土构件安装施工技术分析[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2025(4): 041-044.
- [3] 周友余. 预制构件装配式施工技术分析[J]. 新材料·新装饰, 2025, 7(1): 127-130.
- [4] 夏莹莹. 预制装配式建筑施工技术要点分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2025(3): 054-057.
- [5] 聂涛. 房屋建筑装配式混凝土结构施工技术要点分析[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2025(3): 061-064.