

# 预制装配整体式 PC 结构施工质量对策探析

杨以顺

上海建工房产有限公司, 上海 200000

**摘 要：** 为了避免预制装配整体式 PC 结构施工过程中存在的质量通病, 给后续工程带来了很大的影响。本文主要从 PC 结构预制生产阶段、运输安装阶段、施工阶段等方面阐述了预制整体式 PC 结构的施工质量控制措施及技术要点, 并结合某工程实例提出了相应的解决方案和对策, 指出为提高预制构件的施工质量, 需要建立健全预制构件的质量保证体系, 严格把控预制构件原材料、工艺、设备选择和验收等环节, 同时还要加强对预制构件安装过程的质量控制, 确保其安装符合设计要求。

**关 键 词：** 预制; 装配整体式; PC 结构; 施工质量

## Exploration of Construction Quality Countermeasures for Prefabricated and Integral PC Structures

Yang Yishun

Shanghai Construction Real Estate Co., Ltd. Shanghai 200000

**Abstract：** To avoid common quality issues during the construction of prefabricated and integral PC structures, which can have a significant impact on subsequent projects, this article mainly focuses on the construction quality control measures and technical points of prefabricated integral PC structures from the stages of prefabrication, transportation and installation, and construction. Combining with a project example, corresponding solutions and countermeasures are proposed, pointing out that to improve the construction quality of prefabricated components, it is necessary to establish a sound quality assurance system for prefabricated components, strictly control the selection and acceptance of raw materials, processes, and equipment for prefabricated components. Additionally, it is essential to strengthen the quality control of the installation process of prefabricated components to ensure that their installation meets the design requirements.

**Keywords：** prefabricated; assembled integral; PC structure; construction quality

## 引言

目前, 在我国经济发展的带动下, 装配式建筑得到迅猛发展。《中国制造 2025》提出: “到 2025 年, 培育形成若干具有国际影响力和竞争力的装配式建筑品牌企业; 到 2030 年, 实现装配式建筑占新建建筑面积 30% 以上”。装配式建筑的推广将有利于提升建筑业节能减排水平, 提高劳动生产率, 减少施工现场噪音、粉尘污染等环境问题<sup>[1]</sup>。预制整体式混凝土构件 (简称 PC 构件) 是以工业化方式生产的预制混凝土构件, 由钢筋、水泥、砂、石、外加剂等材料组成, 其自身强度较高, 尺寸精度较高, 并通过与相应的连接件配套使用而构成完整的结构体系, 主要用于高层建筑及大跨度结构的内外墙板、楼板、楼梯、阳台、梁柱节点等<sup>[2, 3]</sup>。该技术最早于 20 世纪 60 年代在欧美发达国家得到应用, 70 年代引入我国, 并快速推广开来, 尤其是近年来, 随着国家对绿色建筑的倡导以及相关政策法规的出台, PC 结构作为一种新型结构形式受到了广泛关注, 逐渐被越来越多的工程项目所采用<sup>[4]</sup>。据统计, 截至 2022 年底, 全国已有 PC 预制构件生产线 400 多条, 累计生产 PC 构件约 2 亿平方米。但也应看到, 当前我国预制装配式建筑依然处于起步阶段, 整体技术水平还不够高, 其中影响 PC 结构施工质量控制的因素很多。

## 一、工程概况

浦东新区惠南东城区中单元 (PDS3-0203) A1-3 地块 (“城中村”改造项目——红光村地块) 项目地处上海市浦东新区惠南镇, 基地东至 A1-5、A1-7 地块, 南至 A1-6、A1-7、A1-8 地

块, 西至南祝路 A1-4 地块, 北至规划拱晨路。目前场地东侧为规划幼儿园地块与待建靖海路; 场地南侧为红光小区, 最近处距离地下室外边线约 10m; 场地西侧为市政道路南祝路, 距离地下室外边线约 18m; 场地北侧为规划拱晨路及无名河支流, 宽约 15m, 距离地下室外边线约 62m。

由于施工场地狭小,构件运输难度大,无法搭设满堂脚手架,故采用平板车进行吊装。此外,该工程构件规格多、数量大,在搬运过程中容易发生磕碰、破损等现象,对其外观质量影响较大。为了保证构件质量,项目部积极与构件生产方沟通协调,优化了构件运输方案,并通过合理安排生产计划、改进构件包装方式等措施来提高构件的生产效率和运输能力,减少了运输过程的损伤风险。同时,项目部还制定了严格的质量验收标准,从源头上把控构件的质量,确保构件运输、吊装和安装等各个环节都能符合设计要求。

## 二、存在的问题及影响因素

### (一) 存在的问题

目前国内PC结构应用最多的是多层住宅、商业综合体以及酒店类建筑,而高层建筑由于建筑高度高、施工难度大、施工周期长等因素,导致在高层建筑中应用PC结构的并不多见。而且一般高层建筑中上部采用现浇结构,下部采用预制整体结构,形成“上大下小”的总体布置形式<sup>[6]</sup>。与传统的现浇板结构相比,PC结构有许多优点,但也存在一些问题<sup>[6]</sup>。例如:在高层建筑中,构件的尺寸较大,运输成本增加;构件需要现场拼装,无法进行模数化生产,制作精度降低;构件制作时受到模具形状、模具刚度、脱模时间、钢筋绑扎等因素的影响,产生变形;构件在工地进行拼装时,构件间接接位置会受到温度、湿度、混凝土收缩徐变等因素的影响,容易出现开裂、漏浆等现象,上述这些问题都会对施工质量造成一定的影响。

本工程中,1.因图纸设计原因导致预制构件无法安装。在项目中,由于预埋件未进行复核或预埋错误、梁底板间存在构造柱等原因导致预制构件不能正常安装。2.构件生产环节质量控制不足。部分预制构件厂加工工艺落后,机械化程度低,采用人工操作多,容易出现质量隐患,造成后期返工,影响工程进度。此外,部分构件厂为了降低成本,没有按照设计要求控制混凝土配合比,甚至偷工减料,也会导致产品质量不稳定,严重影响施工质量。3.预制构件安装前,需对装配式梁柱节点钢筋进行绑扎。若此时预留孔洞内的钢筋尚未绑扎完成,就可能会产生位移或弯曲变形等现象,导致连接部位混凝土浇筑不密实,影响工程质量。

### (二) 影响因素分析

对上述问题进行分析,归纳总结主要有以下几个方面的影响:

1. 设计方面。由于PC结构形式较传统混凝土现浇结构而言,其各个构件之间不再是由钢筋连接在一起,而是通过预埋件来连接,因此对于构件的节点设计和构造要求更加严格。首先,必须保证预制柱与现浇柱的节点能很好地结合;其次,预制梁与现浇梁的节点处需要设置钢筋加强区,以满足刚度要求,并保证梁内不出现空腔;再次,板与墙的节点处也同样需设置钢筋加强区。

2. 材料方面。当前工程中使用的水泥、砂等原材料均为一般合格产品,但在实际施工过程中会存在各种质量隐患。例如,砂

浆凝结时间不符合规范要求,导致混凝土浇筑后不能及时养护,从而降低了结构的整体强度;砂中含泥量过多,在振捣过程中因含泥量过大而引起混凝土振捣不密实,从而使混凝土密实度不够,降低了结构的抗压强度。

3. 施工工艺方面。一是施工人员素质参差不齐,在安装过程中存在野蛮操作现象,造成施工现场的施工垃圾及杂物较多,不仅影响到美观,而且严重阻碍了后续工序的顺利进行;二是由于各分包单位现场作业人员流动性大,导致相关技术交底没有形成书面文件或没有交底到位,给现场施工带来极大的安全风险。

## 三、预制装配整体式PC结构施工质量控制措施

### (一) 施工准备阶段

本工程的预制构件主要包括2700个混凝土楼板、1860个预制梁、960个预制墙板和360个预制楼梯。为保证构件质量,项目部严格按照《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204-2015)要求,从原材料选择、运输、浇筑到养护,均进行了严格的质量控制。

1. 在原材料方面,项目部优选品牌商品混凝土,并对进场原材料进行质量抽检,确保质量合格后才允许使用;同时,还对水泥、砂石、外加剂等材料进行复验,不符合标准的一律不得用于混凝土生产中<sup>[7]</sup>。此外,在混凝土配合比设计中,根据不同的混凝土强度等级及坍落度要求,设置相应的粉煤灰掺量,以改善混凝土的和易性。

2. 在施工工艺方面,项目部优化了楼板与梁的连接节点,采用现浇楼板加锚栓或套管措施,避免了楼板开裂现象发生;加强了内外模板的拼缝处理,避免因缝隙过大而产生渗漏问题;采取多道防水措施,有效地控制了地下室底板的渗漏问题。

3. 在构件安装方面,项目部将各项工序安排在同一平台内,便于现场作业人员操作,减少交叉作业带来的质量隐患。

### (二) 运输安装阶段

预制混凝土构件在运输和安装过程中,不可避免会受到碰撞、振动、挤压等因素的影响,进而影响到构件的质量。因此,必须严格控制其运输过程。

1. 严格控制预制构件出厂前的检验工作,包括外形尺寸、垂直度、平整度、预埋件位置、钢筋间距及保护层厚度等<sup>[8]</sup>;同时还要对构件进行复试检验,以保证构件质量合格后方可发运。2. 根据工程实际情况确定合理的运输方式,如采用公路运输或水运等,并与相关单位签订安全协议,明确各方责任。3. 装车时要保持车辆平稳行驶,禁止急刹车,以免造成构件变形<sup>[9]</sup>。4. 运输过程中,应由专业人员全程跟踪监控,发现异常情况及时处理,确保构件安全到达施工现场。5. 卸车时应尽量避免撞击,注意轻拿轻放,不得随意堆放,防止发生构件损坏<sup>[10]</sup>。6. 构件运至施工现场后,应尽快拆除包装,做好成品保护工作。7. 运输和安装所用机具设备也应经过有关部门检测合格后才能使用。

### (三) 施工阶段

1. 基坑监测:本工程基坑拟对明挖法基坑工程主体结构、地

表、3倍深度范围内建构筑物、管线等周边环境。其他工程影响范围的地表、建构筑物（含驳岸等）、管线等周边环境设置的监测项目如下：建构筑物的垂直位移，坑外地表沉降剖面监测，围护结构顶部垂直位移、水平位移监测，围护结构侧向位移监测，支撑轴力监测，立柱桩垂直位移监测，现场巡视，按规定需要监测的其他项目（如建筑物裂缝等）以上各项监测标准按三级基坑要求控制。监测工作要周密仔细，认真严格，及时提供监测数据和信息，做到信息化施工，确保基坑围护及基坑周围工程环境的安全。

2. 连接节点。为确保预制构件和现浇混凝土之间的有效衔接，需要做好节点设计、模板制作以及安装工作。首先，在设计方面，应对施工图纸进行深入分析，明确构件节点设计内容<sup>[11]</sup>；其次，在模板制作方面，需要按照实际情况，科学合理地选择模板材质，以便于提高模板的耐久性；最后，在施工安装方面，要根据施工图纸，及时准确地将相关节点安装到位，以便有效保障连接效果。

3. 质量验收。为进一步确保预制构件的质量，可以通过建立一套完善的质量管理体系，实现全过程质量控制，包括原材料质量检验、现场实体工程检测、成品保护措施等。此外，还可以采用信息化手段来实现全过程管控，利用智能终端设备，实现信息共享，从而提升企业生产效率。

## 四、经济效益分析

预制构件在工厂生产，现场只需进行组装，大大减少了现场湿作业时间。通过严格的质量控制，可以确保预制构件的尺寸精度和安装质量，从而减少现场调整时间，进一步缩短工期；质量控制能够预防施工中的质量问题，减少返工和停工现象，这不仅节省了时间和人力成本，还避免了因延误工期而产生的额外费用，根据统计，返工成本通常占工程总成本的5%~10%，而通过质量控制可以将这一比例降低至2%~3%；标准化生产和施工可以大幅提高施工效率，缩短工期，根据实际案例，预制装配整体式PC结构的施工速度比传统现浇结构快30%~50%，从而减少人工成本和机械租赁费用；严格的质量控制能够确保预制构件在生产、运输和安装过程中的完整性，减少因损坏而导致的材料损

耗，材料浪费的减少可以降低材料采购成本，根据统计，传统施工中材料浪费率约为5%~10%，而通过质量控制可以将这一比例降低至2%~3%。总体来说，项目工期比传统现浇结构缩短了40%，节省了人工成本和机械租赁费用约200万元；通过精确的材料使用和优化库存管理，材料浪费率降低至2%，节省材料成本约150万元；项目交付后未出现重大质量问题，减少了维修成本和纠纷处理费用约100万元；高品质的建筑吸引了更多的客户，项目销售价格比周边同类项目高出10%，销售速度提高了20%。

## 五、结论

综上所述，预制装配整体式PC结构因其良好的综合性能和经济性，被广泛应用于大型公共建筑、住宅项目等工程中。但是由于其构件尺寸大、节点构造复杂、施工工序多，从而造成了质量通病频发的问题。通过分析上述工程中存在的质量问题，发现主要原因有两方面：一是设计人员在计算结构内力时没有充分考虑施工误差及拼装过程中的变形，导致构件截面不满足要求；二是现场施工方存在未严格按照设计图纸进行施工的现象，使构件连接件无法满足装配式结构的要求。

基于以上原因，提出以下建议，应加强预制混凝土结构的生产管理，严格控制其质量；PC构件运输和安装应进行分段运输，防止产生裂缝；当发现预制构件存在影响施工质量的缺陷时，应及时采取相应措施进行处理；对成品保护不到位的情况下，在搬运、吊装等施工过程中，应注意避免对成品造成损伤，以免影响后续施工；为保证钢筋连接质量，钢筋绑扎完成后，需要将外露钢筋擦净并涂上防锈漆后才能进行后续工作；当出现弯曲、变形或严重锈蚀等现象时，需要立即更换新的材料，确保连接质量；在施工阶段，由于工人缺乏相关技术培训，且工序流程繁琐复杂，导致施工人员可能会存在操作不当的问题。因此，对于PC构件的安装，需要制定出详细的作业指导书，并对现场工人进行技术交底，提高工人的施工水平。预制装配整体式PC结构施工质量控制后的经济效益分析表明，严格的质量控制不仅能够确保建筑物的安全性和耐久性，还能为企业带来显著的经济效益。因此，加强PC结构施工质量控制是提升项目经济效益的重要途径之一。

## 参考文献

- [1] 苑庆涛, 梁少岗, 龚志伟, 等. 基于六西格玛的PC预制构件吊装质量管理研究[J]. 工程质量, 2023, 41(S1): 1-3+8.
- [2] 蔡信团. 预制装配式混凝土结构施工质量控制——以东南大数据产业园研发楼为例[J]. 福建建材, 2022, (07): 100-103.
- [3] 沙会清, 邢乾, 杨晓方. 装配式混凝土结构全流程图解[M]. 化学工业出版社: 202207.369.
- [4] 周旭东. 预制装配式钢筋混凝土框架结构施工质量控制通病防治[J]. 安徽建筑, 2022, 29(06): 75-76+95.
- [5] 苗小芒. 装配式建筑PC结构施工阶段控制要点分析[J]. 四川水泥, 2021, (11): 91-92.
- [6] 张文. 预制装配式剪力墙结构施工质量控制研究[J]. 中国建筑金属结构, 2021, (10): 50-51.
- [7] 张来彩. 装配式住宅施工组织设计与进度管理研究[J]. 住宅与房地产, 2021, (24): 134-135.
- [8] 韩子毅. 预制装配式混凝土剪力墙结构施工及质量控制要点[J]. 建筑技术开发, 2021, 48(11): 12-13.
- [9] 钟海云. 预制装配整体式PC结构施工质量控制措施[J]. 建设监理, 2020, (05): 68-71.
- [10] 贾广前. PC结构施工质量控制要点[J]. 工程质量, 2018, 36(06): 37-40.
- [11] 段柯佑. 装配式建筑PC构件施工质量控制及施工管理[J]. 建筑技术开发, 2022, 49(24): 155-157.