

# 预制装配式技术 在数据中心建设中的应用

## Application of Prefabricated Assembly Technology in Data Center Construction

卢振永,欧大春,丁 斌(中国联通上海分公司,上海 200050)

Lu Zhenyong, Ou Dachun, Ding Bin (China Unicom Shanghai Branch, Shanghai 200050, China)

### 摘 要:

结合实际数据中心项目案例,阐述预制装配式技术在项目建设中主要应用——预制装配式建筑和预制装配式空调管道。在建设管理中,充分调研装配式技术、BIM技术和管理特点,制订全面管理制度。在设计和施工阶段,严格把控关键环节,确保质量可靠,满足灵活使用功能需求;同时应用预制装配式技术实现了快速交付,产出了较好的综合经济效益。

### 关键词:

预制装配式;装配式建筑;预制化管道;数据中心; BIM技术

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2026.07.016

文章编号: 1007-3043(2026)07-0089-04

中图分类号: TP308

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

Based on a practical data center project case, the main applications of prefabricated assembly technology in project construction are elaborated, namely prefabricated buildings and prefabricated air conditioning ducts. In construction management, a comprehensive management system is formulated after thorough research on assembly technology, BIM technology, and management characteristics. During the design and construction phases, strict control is maintained over key aspects to ensure reliable quality and meet flexible functional requirements. Simultaneously, the application of prefabricated assembly technology facilitates rapid delivery, yielding significant overall economic benefits.

### Keywords:

Prefabricated assembly; Assembly building; Prefabricated pipeline; Data center; BIM technology

**引用格式:** 卢振永,欧大春,丁斌. 预制装配式技术在数据中心建设中的应用[J]. 邮电设计技术, 2026(7): 89-92.

## 0 引言

随着算力大模型的快速发展和更迭,算力需求持续增长,AIDC项目竞争不断加剧,项目交付要求时间短、质量高;长工期和灵活性不足的建设工艺难以适应行业发展,市场需求倒逼建设管理要深挖交付潜力。预制装配式技术凭借其自身优势,可实现交付工期短、交付质量可靠的目标。本文以某国际云数据中心园区新建项目为例,重点介绍预制装配式建筑和管道预制化在数据中心建设中的应用技术。

## 1 装配式建筑

某国际云数据中心园区新建项目的总建筑面积为13.67万 $\text{m}^2$ ,地下建筑面积约为2.36万 $\text{m}^2$ ,园区内含2栋独立的数据中心楼,单体建筑面积为5.5万 $\text{m}^2$ 。

本项目主要建筑采用预制装配式钢筋混凝土结构,满足当地住建委关于新建工程项目建筑单体预制率不低于40%或单体装配率不低于60%的要求。同时,本项目数据中心均采用大空间布局,单层面积接近1万 $\text{m}^2$ ,采用框架结构,满足灵活布局的使用要求,构件易于模数化、标准化和定型化,构件预制有成本优势。另外,根据项目规划和工期要求,园区建筑密

收稿日期: 2026-05-19

度约为49%,4个主要单体基本同步施工,施工场地资源紧张,采用预制装配式能够节约加工场地、减少现场湿作业量,降低现场施工协调压力。传统数据中心建设采用串行施工模式,而装配式建筑可实现构件生产与现场基础工程施工并行,构件到现场直接组装,减少支模板工程量、混凝土浇筑量和养护时间,缩短砌体墙体施工时长,缩短整体工期。综合考虑,本项目最终选择预制装配式建筑。

### 1.1 装配式建筑预制化方案

本项目数据楼和综合楼采用预制装配式,制订预制装配式方案比较关键。以数据中心为例,该建筑为地上5层,地下1层的框架结构。梁柱构件刚性连接是保障整体结构安全的重要因素,考虑到上下层预制框架柱装配连接是工程的重难点,宜减少此部分的预制比例,据此制订预制化方案的优先级。第一优选外砌体墙、楼梯和叠合板,其次选用次梁、非支撑次梁的框架梁,最后考虑框架柱,始终保持梁柱相交节点采用现浇方案。防水是影响数据中心安全运营的关键因素之一,因此屋面结构层不采用预制装配式方案,外墙预制装配接缝处需设计防水措施。预制构件深化图纸要细致,满足功能需要,构件内完成预埋,叠合板洞口要预留到位。本项目数据中心楼采用主次梁布置方案,所有支撑次梁的框架梁均采用现浇工艺,具体预制方案如表1所示。

### 1.2 技术方案管理要求

传统数据中心现浇混凝土框架结构的建设模式比较成熟,设计阶段遗留的图纸错漏碰隐患,可在施工时进行调整,由此产生的成本增加相对可控;而装配式混凝土建筑与此不同,建筑主体的预制件在工厂完成生产后,批量运输到现场吊运拼装,一旦构件加工错误,将造成较大的成本损失和工期延误;因此项目建设管理必须重视图纸设计质量,要求对图纸进行多轮校审,同时要求施工企业对构件的生产、堆放、吊装和装配方案进行全盘统筹考虑,方案审核通过后方

可开始构件生产。

本项目的技术方案管理主要有以下几个步骤,通过精细化管理流程,项目所有构件加工精度均满足现场装配要求,装配施工顺利完成。

首先,设计管理宜采用设计总包模式,设计总包单位除完成施工图外,还需要采用BIM技术建模进行错漏碰撞优化,并由设计总包主导专业设计公司完成PC构件深化设计,图纸由专业三维软件建模出图,并进行节点处预制和现浇钢筋的三维模型碰撞检查。后续由施工总包及其管理的预制构件厂家共同完成设计图纸的再深化工作,建设方组织设计技术交底和施工方会审会签。最后施工总包提交预制构件施工方案,利用BIM模型完成施工方案推演;重点完成主次梁节点、梁柱节点、上下柱节点的钢筋布置,现浇柱和预制柱转换节点的钢筋布置,通过三维模型检查钢筋连接方案的可行性;推演过程中发现的问题需反馈给设计单位,采取调整构件尺寸、钢筋布置方案等措施,有效减少施工过程中的安装难度。

### 1.3 施工过程管理要求

预制装配式建筑的施工管理的核心包含构件预制和现场装配。其中现场装配是管理的重点,构件预制是保障工程质量的前提。进行构件预制生产时,需选择有实力的加工企业,并要求施工方和监理方派驻厂代表进行监督检查,按要求完成材料检试验、隐蔽工程验收、工序检验、成品构件外观检查等工作,确保构件的精度和质量。

现场装配管理的核心是工程质量,第一要务是安全生产。质量决定能否正常实现使用功能,安全决定工程管理的成败。装配施工包含材料进场堆放、吊装、安装等工序,是本项目工程管理的重难点,因此需制订针对性的管理制度,要求施工、监理、业主三方,在安全 and 质量方面进行有效协同管理。

在安全管理方面,预制构件吊装是安装阶段的主要工序之一。本项目预制构件多、质量大,分布范围广,因此构件吊装属于危大工程,是安全管控的重点。通过落实人员、机械、技术方案等安全管理要求,采用日会、周巡检等检查手段,实现了项目零事故的管理目标。在质量管理方面,需全面从严进行监督管理,施工过程中质量验收必检和隐蔽工程必验收合格后方可进行下一道工序。重点把控装配构件连接节点,包括主次梁节点、梁柱节点、柱和柱套筒灌浆等隐蔽工程验收,并委托第三方完成套筒注浆连接100%检

表1 预制方案

| 单位工程    | 结构体系         | 地下层数 | 地上层数 | 单体预制率/% | 预制构件种类及应用部位          |
|---------|--------------|------|------|---------|----------------------|
| 数据中心A/B | 装配整体式混凝土框架结构 | 1    | 5    | 40.15   | 模卡预制墙:1F/2F/3F/4F/5F |
|         |              |      |      |         | 预制楼梯:1F/2F/3F/4F/5F  |
|         |              |      |      |         | 预制叠合板:2F/3F/4F/5F    |
|         |              |      |      |         | 预制叠合梁:2F/3F/4F/5F    |
|         |              |      |      |         | 预制柱:3F/4F            |

测,确保整体项目达到质量可靠的目标。

图1所示为数据中心楼单层施工现场,一层面积约为9 600 m<sup>2</sup>,施工区分为6个区块,采用流水作业和夜间加班的施工方式。白天主要进行搭设脚手架、吊装预制梁作业,夜间吊装叠合板;待梁、板吊装完成后,工人在叠合板面绑扎梁、板上部钢筋,验收通过后进行浇筑混凝土与养护作业。数据中心A楼于2022年11月1日启动桩基进场施工,2023年4月底完成地下室顶板施工,2023年8月8日完成结构封顶。



图1 装配式建筑施工现场俯视图

## 2 预制装配式空调管道

数据中心一期机电配套新建工程,在数据中心A-1内实施,采用集中冷冻水空调系统,配置5台中压冷机(单台2 200冷吨),为3 500架综合8 kW机柜供冷。该空调系统主管道直径为1.0和1.1 m,全部管道总长度约为1.6万m。项目计划在2023年12月底完成安装作业,此阶段施工与土建二结构和装修工程存在深度交叉;根据工期计划,留给空调管道安装的工期仅有4个月,管道工程是整个机电项目交付的关键路径。

数据中心空调管道的传统施工流程为:现场切割加工→预安装后拆卸→将管道返厂镀锌→运回现场正式安装。此流程施工周期长,现场焊接工作量大,同时受场地有限、风雨天、交叉作业、动火量大等不利因素影响,存在质量不稳定、施工周期不能保障等问题,无法满足本项目进度交付目标要求。因此本项目空调工程经过技术论证,最终采用预制装配式管道方案。

管道预制化方案要利用BIM技术:施工单位在设计院交付的BIM模型基础上进行深化,结合自身施工经验进行分段,生成施工BIM模型后,交付工厂数字化下单,由自动化生产线完成加工和焊接管道,焊缝探伤检验合格后进行构件热镀锌。现场装配根据管道编号和BIM模型构件定位进行安装。

管道预制装配管理的要点和预制装配式建筑基

本一致;BIM模型要精准,控制好与主设备的对接;选择有实力、自动化加工程度高的企业,并要求施工方和监理方派驻厂代表进行监督检查。在现场装配过程中,安全管理层面要加强对吊装和高空拼接的管理,质量层面需重点关注法兰连接、管道压力验收等关键环节。预制管道生产示意如图2所示。



图2 预制管道生产示意

## 3 预制装配式技术工期分析

本项目建筑和空调管道均采用预制装配式,预制构件在工厂内标准化生产,不受天气等外界不利因素影响,生产效率高、产出有保障;2项工程的预制生产环节均根据工期计划与现场施工并行推进,在收到现场施工指令后,进场安装施工。最终本项目结构主体和外墙实现从4月底冲出正负零、8月8日完成屋面封顶的目标;空调工程施工实现了仅用4个月就完成安装和调试的目标。

### 3.1 预制装配式建筑工期

以数据中心A楼的楼层实际工期为例,各楼层施工工期存在差异。各楼层实际工期如表2所示。

a) 四层工期优于二层和五层,主要原因是四层预制柱施工速度要优于二层和五层的现浇柱施工模式。

b) 三层工期最长,主要原因是该层为转换层(二层现浇柱转换为本层预制柱),柱内插筋施工、每个梁柱核心区钢筋绑扎难度大。

c) 二、四和五层优于一层,主要原因是板、梁和柱

表2 数据中心A楼的楼层实际工期

| 楼层           | 构件施工工艺               | 楼层实际工期/天 |
|--------------|----------------------|----------|
| 一层(标高0.0 m)  | 模卡墙、其他现浇             | 23       |
| 二层(标高5.4 m)  | 模卡墙、叠合板、叠合梁、现浇柱      | 21       |
| 三层(标高10.8 m) | 模卡墙、叠合板、叠合梁、预制柱(转换层) | 26       |
| 四层(标高16.2 m) | 模卡墙、叠合板、叠合梁、预制柱      | 20       |
| 五层(标高21.6 m) | 模卡墙、叠合板、叠合梁、现浇柱      | 22       |



装配速度快于现浇。

综合实际工期分析可知,采用预制装配式建筑施工时,预制构件无需模板,能够减少工序、混凝土浇筑量以及湿作业量;在保障吊运能力、组织合理的前提下,装配式施工的速度相对较快;框架柱现浇转预制的转换层施工,节点处理复杂、工期长;对于外墙装配,可在楼面混凝土浇筑完成 36 h 后开始吊装作业,与框架柱施工并行,相较于传统砌筑填充墙的工法,工期节约效果十分明显。

### 3.2 管道预制化工期

在土建施工的同时,工厂同步进行预制管道的生产;打破了传统“土建完成→现场预装→工厂镀锌→现场制作安装”的串行流程,实现了土建施工与管道生产的并行推进。

待现场具备条件后,预制好的管段及组件运抵现场,通过法兰盘螺栓连接进行快速对位和组装。现场无须(或仅须少量)进行焊接、切割等耗时工序,也无须在现场设置加工平台,省去材料二次搬运等环节,安装效率大幅提升。

本项目空调工程管路系统采用 2N 和环网的冗余设计方案<sup>[1]</sup>,管道总长度约为 1.6 万 m,主要分布在地下室冷冻站、屋面、竖井及楼层空调间等区域,通过本项目实际交付应用,验证了预制装配式技术是缩短空调管道工程安装工期的最优方案。

## 4 预制装配式技术优势分析

### 4.1 质量标准高

预制装配式的质量优势主要体现在“标准化、工厂化、精细化”的生产模式上。对于混凝土构件而言,质量可靠、性能稳定、尺寸精准、外观光滑平整,能改善建筑整体性和美观度;采用工厂振捣工艺,可保障混凝土密实、保护层控制准确,有效提升构件的耐久性能。对于空调管道,工厂化制造具有精密优势;在工厂洁净、可控的环境下,使用专业自动化设备完成管道切割、坡口、焊接等工序,管道的尺寸精度、坡口质量都远高于现场手工作业。工厂焊接能保证焊缝均匀、致密、无缺陷,极大降低了泄漏风险,焊缝可进行 100% 无损探伤,这是现场施工模式难以达到的效果。

### 4.2 安全管理风险点降低

预制构件的生产在专业化工厂进行,生产安全有保障;现场装配式施工作业均由专业化队伍承接,作

业人员技能相对较高,操作流程规范。尽管现场吊装作业量大,但该工序被列为重点安全管控项,各种安全措施执行到位,管理和技术协同更加紧密,加之相对于传统方式工期大幅缩短,项目全周期安全管理风险显著降低。

### 4.3 成本可控

预制装配式会带来一定的材料成本增加。结合本项目实际成本费用进行测算,预制装配式结构主体工程建安成本每平方米增加 250 元,比全现浇施工高出约 17%,该增幅低于市场 20%~25% 的平均水平<sup>[2]</sup>。管道预制化增加了管道法兰盘数量,但效率提升可节省人工成本,经测算综合成本高于焊接连接约 11%。根据《中国联通数据中心造价指引 V4.0》,土建成本占基础设施总投资比例约为四分之一,地上结构主体占比约为土建投资的 30%。据此测算园区数据中心楼和综合楼采用预制装配式增加的成本,项目基础设施总投资占比小于 1%;空调工程中管道费用占比约为 9%,预制化管道增加的成本占比空调工程投资的比例约为 1%。根据实际数据分析,该部分成本增加处于可控范围,而工期缩短、质量可靠使项目尽快达产所产生的经济效益更大。

## 5 总结

目前算力需求增长态势强劲,相关技术迭代快,基础设施的建设交付也须适应新的形势,匹配技术迭代的速度,预制化建设模式成为破局关键方案之一。本文结合实际数据中心项目案例,阐述了预制装配式技术在项目中的实践应用,重点介绍预制装配式技术实施过程中的管理要点,定性或定量分析该项技术在工期、质量、安全方面的优势及其对项目成本的影响,可为同类型数据中心基础设施建设项目提供参考。

### 参考文献:

- [1] GB50174-2017 数据中心设计规范[S].
- [2] 徐建元,刘梦溪.装配式混凝土建筑成本分析及应用推广研究[J].江苏建材,2022(1):93-94.

### 作者简介:

卢振永,毕业于浙江大学,高级工程师,硕士,主要从事通信机房楼、数据中心建筑结构设计及建设管理工作;欧大春,正高级工程师,主要负责通信网络建设、AIDC 建设及管理工作;丁斌,毕业于南京大学,工程师,学士,主要从事 AIDC 规划及建设管理工作。