

# 基于 BIM 的装配式建筑节点连接施工精度控制

朱 钢

中电建振冲建设工程股份有限公司 北京 100102

**摘要：**装配式建筑节点连接施工精度至关重要，传统方法存在诸多局限。BIM技术凭借数字化、可视化等优势，为精度控制提供新方案。其核心作用体现在三维可视化模拟优化、碰撞检测解决冲突、施工过程动态监测反馈等方面。本文构建了基于BIM的精度控制体系，涵盖标准制定、全流程控制及工具方法。还展望了BIM与数字孪生融合、制定标准化规范等未来研究方向，助力装配式建筑发展。

**关键词：**装配式建筑；节点连接；施工精度控制；BIM技术

**引言：**装配式建筑发展迅速，节点连接施工精度直接影响建筑质量与安全。传统精度控制方法以人工测量和现场试拼为主，在面对复杂节点和大规模施工时，暴露出测量精度与效率难兼顾、多为事后校验、数据割裂等诸多问题。而BIM技术具有数字化、可视化、协同化等显著优势，为解决这些难题提供了可能，成为突破传统精度控制瓶颈的关键支撑，研究其应用具有重要意义。

## 1 装配式建筑节点连接施工精度控制现状与问题

### 1.1 传统精度控制方法及局限性

装配式建筑节点连接施工传统精度控制方法以人工测量与现场试拼为主，核心手段包括水准仪、经纬仪等常规仪器测量定位，以及构件进场后的人工试装调整。这些方法在简单构件节点施工中可满足基础精度要求，但面对复杂节点与大规模施工场景时，局限性尤为显著。其一，人工测量易受环境干扰与人为误差影响，测量精度与效率难以兼顾，无法实现节点施工全过程动态把控；其二，传统方法多为“事后校验”模式，待发现精度问题时已造成构件损耗或施工延误，整改成本较高；其三，各施工环节数据割裂，设计、生产、安装阶段的精度要求缺乏有效衔接，易出现“设计精度与施工能力不匹配”的情况<sup>[1]</sup>。另外，传统方法对施工人员专业素养依赖度极高，难以实现标准化、规模化应用，制约了装配式建筑产业化发展进程。

### 1.2 精度控制难点分析

装配式建筑节点连接施工精度控制面临多重难点，首先是节点构造复杂性带来的把控难度，随着装配式建筑向大跨度、高烈度抗震方向发展，节点形式愈发多样，如灌浆套筒连接、浆锚搭接等节点的内部构造精密，对构件定位、拼接间隙的精度要求极高，微小偏差即可能影响连接性能。其次，施工全流程协同不畅加剧精度偏差，设计阶段未充分考虑施工可行性，生产阶段构件加工精

度不足，安装阶段受吊装设备精度、现场工况等因素影响，各环节偏差累积易导致节点连接精度超标。最后，环境因素与动态施工特性增加控制难度，施工现场温度变化、降水影响等易造成构件热胀冷缩或基础沉降，而传统静态控制方法无法实时响应这些动态变化，难以保障节点连接精度的稳定性与可靠性。

## 2 BIM技术在节点连接施工精度控制中的核心作用

BIM技术以其数字化、可视化、协同化的核心优势，为装配式建筑节点连接施工精度控制提供了全新解决方案，成为突破传统控制瓶颈的关键支撑。其核心作用贯穿节点施工全流程，通过构建三维数字模型整合全生命周期数据，实现精度控制从“事后补救”向“事前预防、事中控制”转变。

### 2.1 三维可视化模拟与优化

BIM技术的三维可视化模拟功能，可将装配式建筑节点连接的复杂构造与施工过程直观呈现，为精度控制优化提供有力支撑。基于BIM模型，可精准还原节点各构件的空间位置、连接方式及尺寸参数，帮助设计与施工人员清晰掌握节点构造细节，避免因图纸理解偏差导致的精度问题。在施工前，通过模拟节点拼接、吊装等关键工序，可直观发现施工流程中的不合理之处，优化施工方案与操作流程，如调整吊装顺序、优化定位基准点等，提升施工过程的可控性。利用可视化模拟可对不同精度控制方案进行对比分析，结合构件加工误差、安装偏差等因素，预判各方案的精度控制效果，选择最优方案，提前规避潜在精度风险，为节点连接施工精度提供前置保障。

### 2.2 碰撞检测与冲突解决

碰撞检测是BIM技术在节点连接施工精度控制中的核心功能之一，可有效解决传统施工中因各专业协同不足导致的节点构造冲突问题。基于整合各专业数据的BIM模型，能够自动检测节点区域构件与管线、钢筋与套筒等之

间的空间碰撞,以及构件尺寸与安装空间的匹配冲突。通过碰撞检测可提前发现设计阶段遗留的节点构造缺陷,如钢筋布置干涉、灌浆通道堵塞隐患等,避免这些问题在施工阶段暴露导致的精度偏差与返工<sup>[2]</sup>。针对检测出的碰撞问题,BIM平台可支持各专业人员协同修改模型,优化节点构造设计与构件布置方案,确保节点各组成部分空间位置合理、连接顺畅。碰撞检测结果还可作为构件生产与安装的精度控制依据,明确各构件的避让要求与定位精度标准,提升节点连接施工的精准性。

### 2.3 施工过程动态监测与反馈

BIM技术结合传感器、物联网等技术,可实现节点连接施工过程的动态监测与实时反馈,为精度偏差的及时修正提供保障。在施工过程中,通过在节点构件关键位置布设位移、应力等传感器,实时采集吊装定位、拼接紧固等环节的精度数据,并将数据实时传输至BIM平台。BIM模型可对监测数据进行实时分析,与预设精度标准进行对比,若发现偏差超标,立即发出预警信号,并精准定位偏差位置与成因。施工人员可依据BIM平台反馈的偏差信息,及时调整施工工艺与操作参数,如校正吊装角度、调整构件定位等,实现精度偏差的动态修正。同时,监测数据可留存归档,为后续施工优化与质量追溯提供数据支撑,形成“监测-分析-反馈-修正”的闭环精度控制模式。

## 3 基于BIM的节点连接施工精度控制体系构建

### 3.1 精度控制标准制定

精度控制标准制定是基于BIM的节点连接施工精度控制体系的基础,需结合装配式建筑节点类型、施工工艺及规范要求,明确各阶段、各环节的精度控制指标与技术要求。首先,依据国家现行建筑标准与规范,结合不同节点(如灌浆套筒、榫卯连接等)的结构特性与受力要求,确定节点拼接间隙、构件定位偏差、连接紧固度等核心精度指标。其次,基于BIM模型参数化特性,将精度指标转化为可量化、可监测的模型参数,实现精度标准与数字模型的深度融合。同时,针对设计、生产、安装各阶段的施工特点,制定差异化的精度控制标准,明确各阶段的责任主体与验收流程。另外,还需考虑构件加工误差、现场施工环境等因素对精度的影响,制定合理的偏差允许范围与修正方案,确保精度控制标准的科学性与可行性。

### 3.2 全流程精度控制流程

基于BIM的节点连接施工全流程精度控制流程,贯穿设计、生产、安装三个核心阶段,通过各阶段的精准管控与协同联动,实现节点连接精度的全生命周期保障。

### 3.2.1 设计阶段

设计阶段是节点连接施工精度控制的源头,需依托BIM技术实现精度控制的前置规划。基于BIM平台构建节点三维精细化模型,精准定义各构件的尺寸参数、连接方式及空间位置关系,确保模型与实际施工需求高度契合。利用BIM的碰撞检测功能,全面排查节点区域各专业构件的空间冲突,优化构件布置与钢筋走向,避免因设计缺陷导致的精度问题。结合构件生产与安装工艺要求,制定科学合理的精度控制指标,将指标融入BIM模型参数,为后续生产、安装阶段提供明确依据。组织设计、生产、安装等多方人员开展协同评审,基于BIM模型可视化特性,共同优化节点设计方案,确保设计方案的施工可行性与精度可控性,从源头规避精度风险<sup>[3]</sup>。

### 3.2.2 生产阶段

生产阶段的精度控制是保障节点连接质量的关键环节,需以BIM模型参数为核心,实现构件加工的精准管控。首先,将设计阶段确定的精度指标转化为构件加工的具体参数,通过BIM平台将模型数据直接对接生产设备,实现构件加工的自动化、精准化,减少人工操作误差。其次,在构件生产过程中,利用BIM技术结合物联网设备,实时监测模具定位、钢筋绑扎、混凝土浇筑等关键工序的精度数据,与模型预设参数进行对比,及时发现并修正加工偏差。同时,建立构件加工精度验收机制,依据BIM模型参数对成品构件进行全面检测,重点核查节点连接部位的尺寸精度、预留孔洞位置等关键指标,确保不合格构件不进入安装环节。另外,将生产阶段的精度数据实时反馈至BIM平台,为安装阶段的精度控制提供数据支撑。

### 3.2.3 安装阶段

安装阶段是节点连接施工精度控制的核心实施环节,需依托BIM技术实现吊装定位、拼接连接等全过程的精准管控。施工前,基于BIM模型开展安装工序可视化模拟,优化吊装顺序、定位基准点设置等方案,明确各构件的安装精度要求与操作流程。施工过程中,利用BIM结合激光定位仪、全站仪等精密测量设备,实现构件吊装的精准定位,实时采集节点拼接间隙、构件垂直度等精度数据,并与BIM模型预设标准对比。若发现偏差,通过BIM平台分析偏差成因,及时调整吊装角度或构件位置,确保节点拼接精度达标。节点连接完成后,开展全面精度验收,通过BIM模型进行数字化比对验收,验收合格后形成精度控制报告归档至平台,实现安装阶段精度控制的可追溯性,保障节点连接的最终质量。

### 3.3 精度控制工具与方法

基于BIM的节点连接施工精度控制体系,需整合多元化的控制工具与科学的控制方法,形成协同高效的精度管控能力。核心工具包括BIM核心建模软件(如Revit、Bentley)、碰撞检测软件(如Navisworks)、动态监测系统(含传感器、数据采集终端)及精密测量仪器(如激光跟踪仪、全站仪)。这些工具通过BIM平台实现数据互通,支撑精度控制全流程的数字化、智能化管控。在控制方法上,采用“参数化设计-模拟优化-动态监测-偏差修正”的闭环方法,结合统计过程控制、PDCA循环等管理方法,实现精度风险的提前规避与持续改进。同时,引入协同管理方法,依托BIM平台构建多方协同工作机制,确保设计、生产、安装等各环节精度控制要求的有效衔接与高效落实,提升整体精度控制效率。

#### 4 未来研究方向

##### 4.1 BIM与数字孪生技术的深度融合

BIM与数字孪生技术的深度融合,将是未来提升节点连接施工精度控制智能化水平的核心研究方向。数字孪生技术可实现物理施工场景与虚拟BIM模型的实时映射,依托物联网、大数据等技术,将节点施工过程中的各类动态数据(如构件变形、环境参数、施工操作数据)实时同步至虚拟模型,构建“物理-虚拟”双向交互的精度控制体系。通过该融合技术,可实现节点施工全过程的精准复刻与提前预判,不仅能实时监测精度偏差,还能基于虚拟模型进行施工过程的模拟推演,预判潜在精度风险并提前制定应对方案<sup>[4]</sup>。未来研究需重点突破数据实时传输、模型动态更新、多源数据融合分析等关键技术,解决融合过程中数据延迟、模型与实际场景偏差等问题,实现精度控制的前瞻性、智能化升级,进一步提升节点连接施工精度的稳定性与可靠性。

##### 4.2 标准化精度控制规范的制定

标准化精度控制规范的制定,是推动基于BIM的节点

连接施工精度控制技术规模化应用的关键研究方向。当前,行业内缺乏统一的BIM精度控制标准,导致不同项目的精度要求、控制方法差异较大,影响技术推广效果与工程质量稳定性。未来研究需依托大量工程实践数据,结合不同类型装配式建筑节点的结构特性与施工工艺,制定涵盖设计、生产、安装全流程的BIM精度控制规范。规范应明确各阶段的精度指标、BIM模型构建标准、数据交互要求、精度检测方法 with 验收流程等核心内容,实现精度控制的标准化、规范化管理。同时需推动规范与国家现行建筑标准的衔接,明确BIM精度控制在工程质量评估中的核心地位,建立配套的认证与监管机制。另外,还应结合技术发展动态,及时更新规范内容,确保规范的科学性、时效性与可操作性,为行业精准管控节点连接施工精度提供统一依据。

#### 结束语

基于BIM的装配式建筑节点连接施工精度控制,为提升装配式建筑质量提供了有效途径。通过构建精度控制体系,在各阶段发挥BIM技术优势,实现了精度的事前预防与事中控制。未来,BIM与数字孪生技术的融合以及标准化精度控制规范的制定,将进一步推动该技术智能化、规模化应用,促进装配式建筑产业向更高质量、更高效益的方向发展,值得持续深入研究与实践。

#### 参考文献

- [1]张倩.探究建筑工程工程中的后浇带施工技术[J].中国房地产业,2022(11):42-43.
- [2]梁发荣.后浇带施工技术在建筑工程中的应用要点分析[J].中国建筑金属结构,2023,22(05):55-57.
- [3]柳文明,邓程元,邓云天.超长结构后浇带施工技术在建筑施工中的运用[J].中国住宅设施,2023(03):187-189.
- [4]王佳宇,牛永尧.建筑施工中后浇带的功能作用与施工技术分析[J].石材,2022,(10):18-20+42.