

MIB+智能建造在高层办公建筑中的应用

魏晓丁

中国市政工程西北设计研究院有限公司 甘肃 兰州 730030

【摘要】：高层办公建筑标准层重复、机电管综密集，模块构件的身份、位置和验收状态若分散记录，现场装配与后期运维容易脱节。本文分析模块化集成建筑（Modular Integrated Building, MIB）与智能建造的耦合关系，围绕功能需求、BIM/IFC 模型、构件编码、协同平台、施工装配流程、MIB 智能建造工程应用、施工案例和运维衔接场景展开论证。MIB+智能建造可把模块深化、工厂加工、现场安装和交付运维纳入同一数据链，使高层办公建筑的工程应用从单点软件使用转为构件级追踪、楼层级协同和运维级交付。

【关键词】：MIB；智能建造；高层办公建筑；BIM/IFC 模型；模块化施工

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.045

高层办公建筑由核心筒、标准层、幕墙系统和机电设备层共同组织空间，施工节拍依赖竖向运输、楼层交接和专业穿插。MIB 把结构、围护、机电或设备单元预先集成为可识别构件，智能建造通过 BIM 模型、物联网采集、移动验收和进度数据回传，把构件转为可计算的施工对象。两者结合后，现场判断从粗略楼层进度转向构件身份、模型位置、安装时间、验收记录和运维属性的一致控制。

1 MIB 智能建造关键技术

1.1 高层办公建筑功能需求及其 MIB 原理

模块化集成建筑（Modular Integrated Building, MIB）在高层办公建筑中同时面对空间功能和施工组织约束。办公标准层要求柱网、净高、核心筒交通、机电末端和幕墙分格保持稳定，会议、设备、商业配套等非标准区域又会改变管线密度和吊装边界^[1]。MIB 单元按功能区、专业系统和施工批次共同拆分，模块边界才能与楼层施工段、材料到场节拍和验收批次吻合；BIM 模型在此承担对象定义任务，墙板、幕墙、管线支架、设备箱和预制机房不只是三维几何，而是带有编码、规格、接口、安装楼层和验收状态的施工对象。构件在工厂取得唯一编码，BIM/IFC 模型保留空间坐标、专业属性和安装关系，现场移动端再把吊装时间、照片、质量问题和整改状态写回同一对象。图 1 用于呈现该数据流关系。

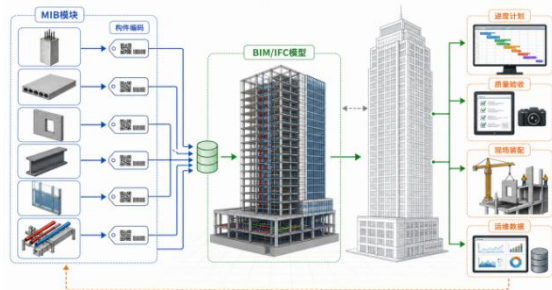


图 1 MIB 智能建造数据流示意

1.2 MIB 模块构件数据接口开发

MIB 模块构件的数据接口应在深化设计阶段完成。高层办公建筑构件库至少把楼层、轴线、系统、规格、重量、吊点、连接方式和防火耐久要求纳入属性字段，幕墙模块补充玻璃分格、开启扇和埋件编号，机电模块记录管径、标高、阀件和检修空间^[2]。字段过少时模型只能展示，字段过多且缺少现场录入路径时会增加班组负担，较稳妥的做法是把编码规则控制在构件身份、空间位置、专业系统和状态流转四组字段内。IFC 交换保留构件几何和基础属性，施工进度、质量缺陷、照片证据和整改状态由平台数据库补充，同一构件保留设计版、深化版和现场确认版三类状态，避免模型更新覆盖已完成验收记录。此外，接口开发还需为智能机器人的调度预留数据通道，将机器人的动作指令、运行轨迹和感应反馈纳入平台监控，使机器人不再是孤立设备，而是数据链中的自动执行节点。

1.3 智能建造协同平台开发迭代

智能建造协同平台应围绕模型对象组织权限和流程。MIB 构件进入平台后，以构件编码为索引串联图纸版本、加工批次、运输批次、吊装计划、质量验收和整改记录；高层办公建筑标准层重复性强，同类模块在不同楼层的安装状态可横向比较，某类节点反复返工、某楼层材料滞后或某专业接口冲突会更早暴露。平台迭代可从幕墙模块和机电管综开始，先检查编码、模型位置和验收记录是否一致，再接入塔吊排程、垂直运输窗口和楼层作业面释放状态，随后把运维属性写入设备机房模块、阀门、传感器和检修通道。平台为机器人集群提供统一调度界面，可向运输机器人派发配送指令、向测量机器人下达检测任务，并通过反馈数据实时更新构件状态，形成人机协同闭环。平台迭代轮次越清晰，进度偏差越易被模型驱动校正识别。图 2 用于呈现平台迭代轮次与进度偏差指数的关系。

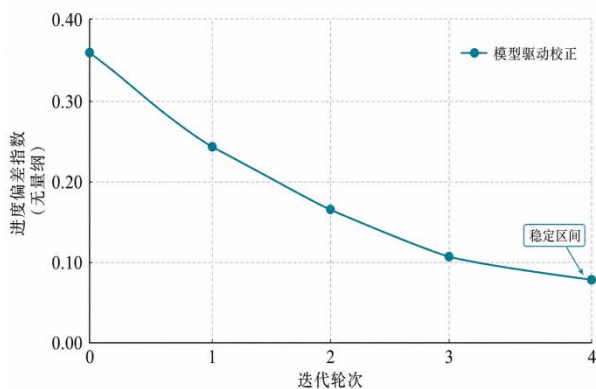


图2 模型驱动校正下进度偏差指数变化

1.4 高层办公施工装配流程迭代完善

施工装配流程围绕“模型计划—构件到场—楼层装配—质量验收—数据回写”展开。高层办公建筑竖向运输能力有限，MIB 模块到场过早会占用堆场，到场过晚会打断标准层节拍，4D 模型要把塔吊窗口、施工电梯容量、楼层作业面和专业交叉同步纳入计划。幕墙模块、机电管综和设备机房模块的安装顺序还要服从结构封顶、洞口移交、防火封堵和调试条件，按构件生产完成时间单独排序会造成现场等待。流程上，先由模型校核楼层作业面，再以编码确认到场批次，最后由移动验收将安装偏差、接口冲突和整改状态写回模型；遇供应或吊装变化时，平台仅调整受影响模块，避免整栋计划重排。其中，地面机器人承担堆场至作业面短驳，测量机器人自动验收关键节点，检测结果直接触发表单更新，实现人机协同验收，减少人工滞后与误差。

2 MIB 智能建造工程应用

2.1 高层办公建筑施工应用案例

典型高层办公建筑可把 MIB+智能建造先落到幕墙、机电和设备模块三类对象。幕墙模块与外立面分格、预埋件、楼层边梁和吊装平台直接相关，编码错误会使玻璃规格、开启方向或连接节点在高空安装时才暴露；机电管综穿越核心筒、走廊和设备层，模型碰撞检查要延伸到支吊架、检修口和防火封堵；设备机房模块涉及重量、运输路径、基础预留和调试接口，适合在工厂预装后按模型坐标定位^[3]。项目可按楼层查看模块到场、吊装、安装、复验和移交状态，标准层强调连续节拍，设备层强调专业交接面，关键节点通过照片、问题单和整改状态形成证据链。在现场实施中，项目团队引入智能地坪研磨机器人和智能测量机器人配合施工：地坪研磨机器人安装前依模型自动找平，测量机器人安装后复核典型节点并生成偏差热力图辅助移动验收判断移交条件。案例化应用的难点在于模型精度与现场响应速度之间的平衡，控制重点宜落在标准层重复构

件、设备层非标准构件和幕墙转角节点，普通零星支架采用批量编码即可。

2.2 高层办公施工运维衔接应用场景

施工运维衔接要求 MIB 构件在交付前已经带有可维护属性。设备机房模块记录设备编号、阀门位置、检修净距、调试参数和质保信息，机电管综记录管线标高、阀门方向、保温防火做法和检修口位置，幕墙模块记录玻璃规格、开启扇、密封材料和更换路径。运维端读取这些属性后，故障定位、备件采购和空间检修不必重新测绘^[4]。幕墙模块、机电管综、设备机房模块、垂直运输、楼层装配区和运维终端分布在同一塔楼内，显示施工记录可以沿建筑空间转化为运维资产。面向运维，智能巡检机器人交付时同步录入导航地图与识别特征，将结构尺寸、设备位置和检修通道数据转化为自主巡检路径库与停靠点，使 MIB 数字化交付成果既能服务人员，也可直接引导机器人执行日常巡检与异常排查，延长数据服务链条。对物业，交付数据直接约束检修路径与备件识别；对施工方，运维字段前置倒逼设计阶段确认设备可达性与维护净距，减少竣工后补充测绘成本。图3用于呈现 MIB 应用区的位置关系。

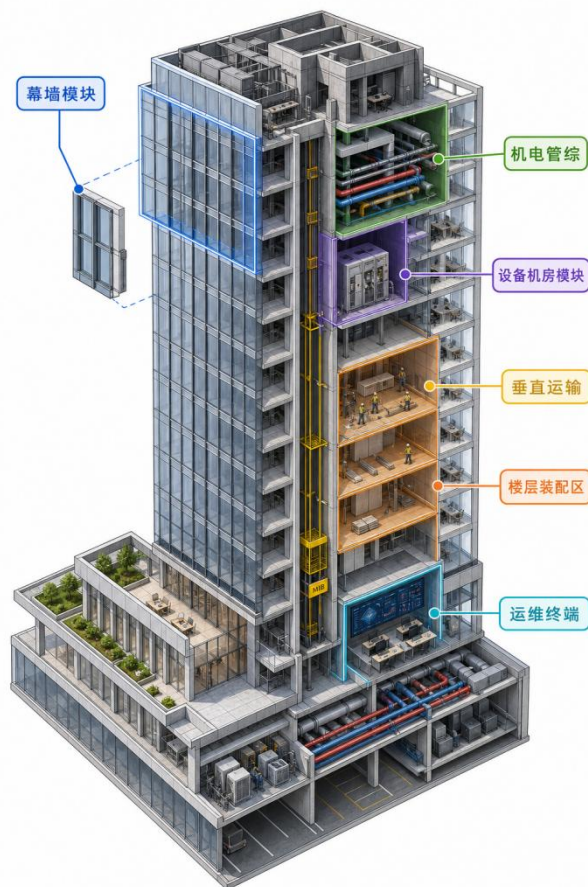


图3 高层办公建筑 MIB 应用区剖面示意

3 结语

MIB+智能建造在高层办公建筑中的应用,应以模块构件身份、BIM/IFC 模型对象、施工进度质量记录和运维属性为主线。功能需求决定模型属性深度,构件编码保证工厂加工、运输、吊装和验收记录能够追溯,协同平台把设计变更、现场安

装和质量问题压缩到同一信息通道。工程应用中,幕墙、机电管综、设备机房和楼层装配区可以形成稳定的批次控制单元;进度偏差在模型校正后逐步收敛,但供应节拍、垂直运输能力和专业穿插仍会限制后期改善幅度。模型字段、编码规则和验收表单应在深化设计阶段同步确定,现场记录回到同一模型对象后,MIB 模块的工业化优势才能转化为稳定施工秩序。

参考文献:

- [1] 李晨,赵楠.MIB 模块化集成建筑在高层办公建筑智能建造中的应用[J].建筑施工,2026,48(2):312-316.
- [2] 陈凯,孙璐.高层办公建筑 BIM 与智能建造协同应用研究[J].建筑技术开发,2025,52(18):47-50.
- [3] 王强,刘航.智能建造背景下建筑工程构件编码与现场装配管理[J].建筑经济,2024,45(9):88-92.
- [4] 张敏.数字孪生驱动的高层建筑施工进度偏差控制研究[J].工程管理学报,2023,37(6):74-79.