

Research on the Application of Modern BIM Technology in Prefabricated Mechanical and Electrical Installation

Jingfei Li

China MCC22 Group Corporation Limited East China Company, Shanghai, 201800, China

Abstract

Prefabricated mechanical and electrical installation is a necessary stage for the construction industry to develop towards industrialization and digitization. Efficient and green prefabricated mechanical and electrical installation is the pursuit of the construction mechanical and electrical industry. The original prefabricated mechanical and electrical installation technology cannot meet the systematic and refined requirements of prefabricated mechanical and electrical installation. BIM technology has the characteristics of three-dimensional visualization, parameterization, and full life cycle informatization, providing technical support for prefabricated mechanical and electrical installation. This article analyzes the ways of combining prefabricated mechanical and electrical installation with BIM technology, as well as the problems and solutions in the combination of prefabricated mechanical and electrical installation with BIM technology from four aspects: the deepening design stage, prefabrication stage, construction and installation stage, and operation and maintenance management stage. Research has shown that BIM technology can significantly improve the design accuracy, construction efficiency, and full lifecycle management level of prefabricated mechanical and electrical installations, promoting the intelligent and refined direction of building mechanical and electrical engineering.

Keywords

BIM technology; Prefabricated electromechanical installation; Construction management; Operations optimization

现代 BIM 技术在装配式机电安装中的应用研究

李景飞

中国二十二冶集团有限公司华东分公司, 中国·上海 201800

摘 要

装配式机电安装是建筑行业向工业化、数字化发展的必经阶段, 高效绿色装配式机电安装是建筑机电行业的追求, 原有的装配式机电安装技术满足不了装配式机电安装的系统化和精细化要求, BIM技术具有三维可视化、参数化、全生命周期信息化的特点, 为装配式机电安装提供了技术支撑。本文从装配式机电安装与BIM技术结合的基础以及装配式机电安装和BIM技术结合的深化设计阶段、预制加工阶段、施工安装阶段、运维管理阶段四个方面出发, 分析了装配式机电安装与BIM技术结合的方式, 以及装配式机电安装与BIM技术结合存在的问题及解决办法。研究表明, BIM技术可显著提升装配式机电安装的设计精度、施工效率与全生命周期管理水平, 推动建筑机电工程向智能化、精细化方向迈进。

关键词

BIM技术; 装配式机电安装; 施工管理; 运维优化

1 引言

随着“双碳”计划与建筑工业化战略的提出, 装配式建筑占我国建筑市场比例逐年上升, 机电安装施工是装配式建筑施工的重要环节, 传统的现场作业模式设计不合理, 施工困难, 施工成本低廉, 不适合应用于装配式建筑的标准化一体化的施工, BIM技术是一种数字化信息技术, 基于三维信息模型, 包含全生命周期信息的模型, 是装配式建筑施工管理的关键所在。装配式机电安装 BIM技术在装配式机电安装的应用中, 能够实现预制零部件更精准的制造, 装配

式机电安装施工过程模拟与维修, 是装配式机电安装施工中的难点问题。因此, 装配式机电安装应用 BIM进一步的研究利于装配式机电工程更好的实施。

2 BIM 技术与装配式机电安装的融合基础

2.1 BIM 技术核心特性

BIM技术是建筑全生命周期的数据中心, 以三维信息模型为基础, 符合现代建筑工业化, 可视化不仅仅是将一张蓝图变成一张三维图, 而且是实现动态可剖、漫游可看等, 便于设计、施工等人员对于复杂的机电关系系统进行理解, 避免理解错位造成的失误。参数化设计就是实现一个建筑构件参数化关系, 一处更改, 全部更改, 例如更改风管尺寸, 风口、风阀、吊架尺寸等都会随之发生改变, 设计进度也会

【作者简介】李景飞(1984-), 男, 中国安徽蒙城人, 本科, 高级工程师, 从事机电安装工程管理研究。

加快不少。集成信息,就是将项目信息、设计信息、材料信息、施工信息、运维信息等,在一个模型内进行管理,各专业、各机构的信息平台,协同管理就是多专业的、多机构的在同一平台内沟通、协同,通过控制、管理,使其数据信息一致、安全,便于各部门的交流、合作^[1]。

2.2 装配式机电安装的技术需求

装配式机电安装的工厂化建造,需要较高的技术集成。机电系统设计,机电安装系统涉及给排水、电气、暖通等不同专业,传统平面图不能体现管线交叉、机电与梁的干涉等,现场返工率高达15%-20%。装配式机电安装的构件预制,需要毫米级的精度,构件分解不符合装车尺寸、安装顺序等,装配式机电安装现场不能组对。装配式机电安装的施工阶段,传统方式以人工统计进度,装配式机电安装工序多工作种类交叉、预制件到场周期长等因素使得装配式机电安装现场难以管理。装配式机电安装的运维,需要快速地定位装配式机电安装的故障点、预制件安装参数提取不易,传统的装配式机电安装的运维管理需求难以满足。这些需求驱动行业寻求技术集成方案。

3 BIM 技术在装配式机电安装中的应用路径

3.1 深化设计阶段:多专业协同与参数化优化

BIM 技术下的装配式机电安装深化设计,通过构建三维信息集成平台,将建筑、结构、机电等多个专业进行集成,在传统的二维图纸设计中,由于专业相对独立,导致在管线综合排布时存在相互碰撞的情况,而 BIM 技术将建筑各专业模型进行集成,构建建筑模型信息集合,通过模型碰撞功能检查出机电管线与结构、不同专业之间存在的干涉问题,将冲突点进行可视化显示,便于设计师进行定位修改。同时,利用 BIM 参数化设计功能,将预制构件进行建模,对预制构件的参数(管径、壁厚、连接方式等)进行设置,建立预制构件族库,在设计过程中,通过参数修改,生成不同规格的预制构件模型,预制构件模型中的尺寸、材质、接口等会根据模型中的参数信息自动进行更新,从而提升设计效率。除此之外,BIM 模型还可以对管线进行综合优化,通过 BIM 模型对施工过程进行空间布局模拟,确定最优管线走向和施工顺序,减少施工过程中方案变更的情况^[2]。

3.2 预制加工阶段:数字化生产与质量管控

进入预制加工阶段,构件的预制以 BIM 模型为基本加工模型,一方面可将 BIM 模型数据转换为数控生产设备指令数据,实现预制构件(预制支吊架,管道等)的自动生产,避免预制构件人为放样,另一方面,对预制构件分配唯一标识(二维码、RFID 等),将构件尺寸,材料、工艺、检测等信息以数据形式储存在 BIM 模型中,便于预制加工过程中通过识别标识查询到构件的进度状况、检测质量信息,确保构件预制加工的进度和质量状况,便于构件追踪。BIM 技术同时可指导预制加工方案,根据预制构件运输尺寸、安装、

现场安装能力等实际情况,预制构件拆分,减少构件现场拼凑,同时在 BIM 模型的基础上,模拟预制构件装配,验证预制构件拆分方案^[3]。

3.3 施工安装阶段:模拟优化与动态管理

在施工安装阶段,施工过程通过 4D、5D 模型进行动态管理。4D 模型是将三维 BIM 模型与施工进度计划相连接,施工进度计划以时间维度为轴,动态展示机电安装施工过程各工序的施工顺序、资源投入顺序、设备吊装线路、施工平面布置等,通过施工进度计划模拟分析,可提前发现工序冲突、空间冲突等问题,优化施工方案、优化资源配置,避免因施工进度计划不合理导致的窝工、返工现象;5D 模型是将成本信息与 4D 模型进行整合,施工进度、造价与模型同步关联,施工过程实时捕捉现场进度、造价信息,与 BIM5D 模型对比分析,发现进度偏差、成本偏差,当出现偏差时,系统自动报警,形成纠偏方案,提醒管理人员对施工计划及资源投入进行调整,保证项目顺利推进。此外,还可以利用 BIM 技术对现场交底进行三维可视化,利用 BIM 展示现场复杂节点施工工艺、安装要求,使施工人员对施工技术更加直观,有效避免施工技术沟通导致施工失误。

3.4 运维管理阶段:智能化运维与数据驱动

进入运维管理阶段后,BIM 模型作为机电设备的数字化模型,是智能化运维的载体。BIM 模型涵盖设备型号、技术参数、安装位置、维护时间周期等生命周期信息,运维人员可通过移动设备扫码或 RFID 标签扫描,实现对设备档案信息的调取管理;同时通过物联网传感技术将设备运行情况数据(温度、压强、电流、震动等)实时接入 BIM 系统,为设备运行监测提供平台支撑。设备运行参数异常时,可由系统自动识别定位故障设备并推送故障维修方案,在短时间内完成故障处置。基于前期运维数据分析,通过大数据、人工智能算法,预测设备寿命周期和故障频率,为设备主动维护提供依据,进而从被动维修转化为主动维护。此外,BIM 技术还可用于应急事件,比如当火灾、停电等事件发生时,通过 BIM 模型可以及时确定逃生、营救的路线,做好楼宇的安全管理工作。BIM 技术可实现机电设备运维管理由人工到数字化智能管理的转变,运用 BIM 技术,实现机电设备运维管理自动化^[4]。

4 BIM 技术应用面临的问题与对策

4.1 主要问题分析

在装配式机电安装领域推广 BIM 技术过程中,多重制约因素阻碍其深度应用。其一,装配式机电安装业没有统一标准,对 BIM 的应用没有从数据标准到建模水平到交付模式方面的标准,各单位使用不同软件,依据不同建模方法,模型信息在设计、生产、施工等各环节传递过程中的数据丢失或标准不统一,如 Revit 和 Tekla 软件间模型转换缺少构件属性信息等。其二,BIM 技术人才严重匮乏,缺乏精

通 BIM 软件和掌握装配式机电安装业的专业知识以及装配技术、施工管理等有丰富实践经验的人员,大部分只能利用 BIM 基本建模工作,不能把 BIM 和装配式机电安装业相结合,不能发挥 BIM 在复杂机电系统设计、施工模拟作用等。其三,软件兼容性差,建筑行业涉及设计、分析、施工等多类软件,如设计阶段的 CAD、分析阶段的 Fluent、施工管理的 Project 等,不同软件间数据接口开发滞后,导致模型数据在转换过程中存在几何信息失真、参数丢失等问题。其四,应用成本较高限制了 BIM 技术的普及,企业需投入大量资金用于 BIM 软件购买(如 Revit、Navisworks 等软件 license 费用高昂)、高性能硬件设备升级(处理大型模型需专业图形工作站),同时还需承担员工培训成本^[5]。

4.2 发展对策建议

加快建立装配式机电 BIM 应用的标准体系至关重要,由住房和城乡建设部牵头,联合行业协会、领先企业、科研院所、高等院校等,组建专项工作组,深入研究 BIM 技术在装配式机电安装各环节的应用需求和关键问题,参考国际先进经验,研究制定覆盖设计、生产、施工、运维全生命周期各阶段的 BIM 数据交换、建模、成果交付等系列标准规范。比如,细化 IFC 标准在装配式机电领域的具体应用,统一模型对象分类和编码、属性参数命名等;规范不同阶段 BIM 模型的建立标准和交付形式,明确深度参数化设计模型、预制加工模型、施工模拟模型、运维管理模型的信息载体和表达方式。通过标准的制定实施,规范行业内各参与主体的 BIM 应用行为,实现不同专业、不同软件平台间的数据无缝衔接和共享,形成高效协同的业务流程和管理机制,从而提升项目实施质量和效率,降低信息孤岛导致的沟通成本和返工浪费。

大力加强 BIM 专业人才的培养和储备,高等院校要主动适应行业发展需求,结合工程管理、建筑学、机电工程等专业,开设 BIM 技术与装配式建筑的交叉课程,优化人才培养方案,强化学生 BIM 建模、应用、管理等方面的理论知识和实践能力。同时建立校企联合培养机制,引入企业真实项目案例,让学生参与 BIM 技术在装配式机电工程的实践应用,提升动手能力。鼓励高校与企业共建 BIM 技术应用联合实验室,开展关键技术攻关和人才培训。而企业要高度重视 BIM 人才队伍建设,积极引进和培养既懂机电专业知识,又掌握 BIM 技术的复合型人才。一方面,通过校园招聘、社会招聘拓宽引才渠道;另一方面,利用在职培训、脱产进修、借调锻炼等方式,提升现有员工的 BIM 技能。聘请经验丰富的 BIM 咨询专家,对重点项目、关键环节进行技术把脉,指导 BIM 实施,帮助员工在实践中快速成长。建立科学的绩效评价和激励机制,将 BIM 技术应用与员工职级晋升、薪酬福利挂钩,调动学习和运用 BIM 的主动性和创造性。

深化技术创新,突破软件壁垒,当前,市场上的 BIM 软件种类繁多,各有侧重,不同软件平台间的互操作性差,

给跨专业、跨阶段的协同工作带来困难。因此,亟须引导和支持软件企业加强二次开发,围绕装配式机电工程的特定需求,开发数据接口和转换工具,实现异构系统的互联互通。比如,打通 CAD 图纸与 BIM 模型的转换通道,减少重复建模;实现设计软件与施工管理系统的无缝连接,使设计变更自动传导至施工现场;开发适配不同专业软件的通用格式插件,做到模型数据的一次录入、多次调用。

5 BIM 技术在装配式机电安装中的发展趋势

5.1 与新兴技术深度融合

未来 BIM 与物联网、大数据、人工智能、5G、数字孪生等技术的融合是装配式机电安装行业发展的主要趋势和动因。BIM 模型融合物联网(IoT),将 IoT 作为信息传递的载体,通过与机电设备、管路系统中的各类传感器的深度融合,获取设备信息、环境信息的实时数据,为运维人员提供设备基础数据,并将信息可视化呈现,实现机电系统运行状态的可视化。与大数据结合将会进一步提升 BIM 的解析能力,通过收集并整理大量的项目数据例如设计数据、施工数据、运维数据等信息,通过机器学习算法挖掘数据之间的规律与内涵,例如通过分析不同类型项目的机电系统设计数据与实际运行效果之间的关系,为优化设计做数据支撑,为施工过程中可能出现的问题进行预测,提前做好对策准备^[6]。

AI 技术将会赋予 BIM 系统更多的决策权力,AI 算法会自动对 BIM 中复杂的资讯数据进行自主分析和处理,例如,自动检查设计不合理的地方,提出优化方案;根据施工进度、施工资源自动调整施工方案;运维时,根据设备的运行数据,预测故障发生的概率,提出维护方案。5G 高速率、低时延技术将为 BIM 技术带来更多的网络技术应用。在 5G 建设期,利用 5G 网络传输 BIM 模型数据及施工数据,进行施工阶段远程监控;在运维阶段,利用 5G 网络传输海量设备数据,由 BIM 系统进行实时响应,实时解决问题。数字孪生技术可通过 BIM 模型创建与真实机电系统对应的孪生模型,通过实时数据传输,让虚拟数字孪生模型反映真实系统的状态,便于模拟仿真和优化,如设备改造仿真、应急预案演练等,降低真实世界的操作风险和成本。

5.2 全生命周期管理深化

BIM 技术将会在装配式机电安装全过程全周期中,更加深入、广泛的应用。在装配式机电安装的设计过程中,除了目前的装配式机电安装的多专业协同设计、装配式机电安装的碰撞检测分析之外,在未来的 BIM 系统将会更加全面的对机电系统能耗、声环境、热环境等进行分析,让装配式机电安装设计方案,在满足性能要求的情况下,有更好的性能。预制加工阶段将 BIM 技术融入智能制造技术,直接将设计模型转化为生产指令,利用数字化流水线对预制构件进行生产,按 BIM 模型的参数和要求自动完成预制构件的预制、质检、打包等,提高生产质量和生产效率,同时,利用

BIM 系统实时对生产进行跟踪管理,保证生产进度和质量。

施工阶段管理更加智能化、精细化。BIM 技术可以用于施工模拟,用于工程进度管理的同时还会与智能建造装备相结合,实现自动、半自动化的施工,如利用无人机和机器人进行施工现场扫描和检测,并将数据结果反馈到 BIM 模型中,实现施工质量管理;利用智能塔吊、运输装备,根据 BIM 模型中施工计划完成设备的吊装和运输工作。在运维管理过程中,BIM 形成一体化智能运维平台,该平台可以对设备基本、检修记录信息进行管控,并对设备的运行情况信息、能耗信息、环境信息等进行整合,通过挖掘分析为运维管理做参考。同时,结合 VR 技术、AR 技术让运维管理人员可以更加直观地对设备内部结构、运行情况进行查看,远程指导维修、培训。

5.3 标准化与普及化发展

随着行业内对于 BIM 的应用更加深入,标准化将成为 BIM 应用的重要基础支撑。虽然目前行业已部分有 BIM 相关标准和规范,但尚未有针对装配式机电安装行业的成体系标准,未来将加速制定和出台统一的数据标准、建模标准、交付标准等,确保不同项目、不同参与方的 BIM 数据无缝对接和共享,不仅有助于项目全过程的协同,还减少了因标准不统一而导致的沟通成本及误伤问题。在软件工具方面,随着技术的发展会更加注重均衡 BIM 软件易用性和功能性,降低使用门槛,让更多的企业和人员使用起来。软件商也会加强联合,使软件之间的数据兼容性增强、互相可操作,减少数据转换过程中的信息丢失与错误。同时以云计算、SaaS(软件即服务)方式为依托的 BIM 平台也将越来越多,企业无需购买昂贵的硬件设备和软件许可,只要通过互联网就能访问 BIM 服务,降低使用成本。在政策层面,政府将继续出台鼓励和支持 BIM 技术在装配式机电安装领域应用

的政策支持,通过资金扶持、税收减免、项目补贴等方式,引导和鼓励企业加大对 BIM 技术的投入力度,将 BIM 应用纳入工程项目招投标和考核评价体系,提升企业应用 BIM 技术的积极性。通过各项政策的实施,将有助于 BIM 技术在装配式机电安装领域更广泛的应用,使得 BIM 技术成为装配式机电安装行业的标准,引领整个行业朝着数字化、智能化方向发展。

6 结语

BIM 技术与装配式机电安装的深度融合,为建筑机电工程带来了系统性变革。尽管还面临着技术、人才、成本等方面的问题,但科技推动下,政策支持下的 BIM 技术将与物联网、人工智能等技术加速融合,装配式机电安装也即将迈入全生命周期数字化、智能化发展进程,健全的标准体系、丰富的人才储备、领先的技术升级也将成为 BIM 技术服务于建筑行业发展的主要内容。

参考文献

- [1] 何仲虎.基于BIM技术的机电安装工程的装配式施工技术[J].大众标准化,2025,(08):152-154.
- [2] 王成行,蒋润萍,张必洪.基于BIM技术的装配式建筑机电系统应用与分析[J].云南水力发电,2024,40(12):167-170.
- [3] 高建.探究BIM技术在装配式建筑机电安装工程中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2025,(02):82-84.
- [4] 杜晓英,黄瑞,杨智明,等.BIM技术在装配式建筑机电安装工程中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2024,(08):63-65.
- [5] 曾尉.BIM技术在装配式机电安装中的应用研究[J].重庆建筑,2024,23(06):62-64.
- [6] 孙金阳,王明星,胡卢成,等.BIM技术在装配式建筑机电安装工程中的运用探讨[J].中国建筑装饰装修,2024,(10):141-143.