

装配式机电安装技术在建筑工业化中的应用

孙乃冉¹, 岳园松²

(1. 济南万融产业发展集团有限公司, 山东 济南 250000;

2. 济南泉世界商业管理有限公司, 山东 济南 250000)

摘 要 装配式机电安装技术是建筑工业化发展的重要组成部分, 其关键技术包括模块化设计、工厂预制和现场装配等。装配式机电安装技术在建筑工业化中的应用具有提高施工效率、缩短工期、降低施工成本、节约资源、提升工程质量和保障安全等优势。然而, 装配式机电安装技术在建筑工业化中的应用也面临着设计与生产协同难度大、运输与现场安装精度要求高、专业人才缺乏和技术培训不足等挑战, 为了进一步推动装配式机电安装技术在建筑工业化中的创新应用, 可以借助 BIM 技术、机器人技术、物联网技术等先进技术, 加快装配式机电安装技术的标准化体系建设。本文探讨了装配式机电安装技术在建筑工业化中的应用优势、面临的挑战以及应用的具体策略, 以期对相关人士提供借鉴。

关键词 装配式机电安装技术; 建筑工业化; 模块化设计

中图分类号: TU767

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.22.015

0 引言

随着我国新型城镇化建设的不断推进, 建筑业面临着提质增效、转型升级的迫切需求。装配式建筑以其高效、环保、安全、高质量等特点, 成为建筑工业化发展的重要方向。机电安装工程作为装配式建筑的重要组成部分, 在建筑功能实现和品质保障方面发挥着关键作用。传统的机电安装模式存在现场作业量大、劳动强度高、工期长、质量控制难等问题, 已经无法满足建筑工业化的发展需求。因此, 发展装配式机电安装技术, 实现机电工程与土建工程的同步设计、制造和施工, 已成为建筑工业化的必然趋势。

1 装配式机电安装的关键技术

1.1 模块化设计

模块化设计强调按照功能和接口的标准化、通用化要求, 将机电系统划分为若干个功能独立、接口统一、尺寸模块化的模块单元, 各模块单元可以实现标准化生产和灵活组合, 从而大大提高机电系统的可制造性、可装配性和互换性。模块化设计需要系统考虑建筑功能需求、机电设备选型、管线布置优化、安装工艺等因素, 协同推进建筑、结构、机电一体化设计^[1]。通过参数化建模和虚拟仿真技术, 可以优化模块划分和接口匹配, 提高设计效率和质量。

1.2 工厂预制

机电系统的部分构配件、管线、设备等在工厂预先加工制造, 形成标准化的预制构件和模块, 再运输

到施工现场进行装配, 工厂预制可以在可控的环境下进行精确加工和质量检验, 减少现场湿作业和高空作业, 提高生产效率和安全性。数字化技术的应用, 如数控加工、机器人焊接、自动化装配等, 可以进一步提升工厂预制的精度和效率^[2]。合理划分预制构件和模块的类型规格, 优化生产工艺流程, 建立配套的物流供应体系, 是实现工厂预制高效运行的关键。

1.3 现场装配

现场装配是装配式机电安装的最后道工序, 对施工速度、质量和安全至关重要, 预制构件和模块运抵现场后, 需要严格按照装配图纸和工艺要求, 采用可靠的连接方式进行拼装, 常用的装配连接方式有法兰连接、卡箍连接、螺纹连接等, 选择合适的连接方式可以提高装配效率和牢固性。吊装设备的合理选择和科学布置, 如塔式起重机、汽车吊等, 可以确保装配施工的安全性和便捷性。同时, 加强装配部位的检查验收, 做好防水、防火、防震等处理, 确保机电系统的性能达标。

2 装配式机电安装技术在建筑工业化中的应用优势

2.1 提高施工效率, 缩短工期

装配式机电安装通过工厂预制和现场装配相结合的方式, 可显著提高施工效率, 缩短建设工期, 工厂预制环境稳定、工艺先进、质量可控, 生产效率远高于现场施工。通过合理划分预制构件和模块, 优化生产流程和物流组织, 可大幅度压缩现场作业工时^[3]。

同时,装配式施工减少了现场湿作业量和交叉作业,施工干扰少,工序穿插紧凑,大大缩短了建设工期。采用装配式机电安装,可较传统现场施工工期缩短 20%~30%。装配式机电与土建、装修的同步施工,可实现平行作业,工期可缩短至 50% 以上。

2.2 降低施工成本,节约资源

装配式机电安装可通过标准化设计、工厂化生产和集成化施工,有效降低工程造价,节约资源能源。模块化设计可减少设计变更,提高设计效率,降低前期成本。构件模块的标准化批量生产,可有效控制物料消耗和废弃,取消施工现场加工、拼装等环节,场地占用少,管理费用低。装配式机电安装每平方米造价可较传统现浇节省 10% 左右。机电管线、设备与土建的一体化设计,可减少管线长度。优化设备选型,可节约材料用量 5%~8%。此外,装配式机电安装可减少湿作业产生的建筑垃圾,工厂预制可实现废料回收利用,标准化连接也便于构件拆卸和再利用,最大限度节约资源。节能环保效果突出,可有力支撑绿色建造。

2.3 提升工程质量,保障安全

装配式机电安装采用精细化设计、工厂化生产和装配化施工,可显著提升机电系统品质,确保建筑安全。模块化设计充分考虑生产、运输、安装等因素,合理控制预制构件模块尺寸,避免大型构件现场拼装,保证施工精度。工厂预制可采用数字化制造、智能化装备,严格质量检验流程,构件精度和性能更有保障。预制构件模块采用可靠的防护措施,减少现场堆放损伤。同时,装配式施工现场湿作业少、高空作业少,施工环境更加安全文明,工人劳动强度低,意外风险小。

3 装配式机电安装技术在建筑工业化中的应用挑战

3.1 设计与生产协同难度大

装配式机电安装对设计与生产协同提出了更高要求,目前实现难度较大。模块化设计需统筹考虑建筑、结构、机电等专业,各专业图纸深度、接口标准、信息传递等需高度一致,设计协同成本高,同时,机电专业内部各系统间的模块划分、接口匹配、管线综合也需统筹兼顾,专业性强,设计阶段需充分考虑生产工艺、运输条件等因素,对设计人员专业技能提出更高要求^[4]。目前缺乏成熟的跨专业协同机制,设计与生产脱节问题较为突出,设计图纸差错、深度不足等问题频发,构件模块兼容性差,生产组织难度大,影响工厂预制效率。

3.2 运输与现场安装精度要求高

装配式机电安装对预制构件和模块的运输与现场安装精度要求很高,管控难度大,工厂预制的构件和

模块需长距离运输进场,在运输过程中易发生变形、损坏等问题,影响装配质量。特别是一些大型设备、异形管线,运输难度更大,需合理规划运输方案,控制运输成本,现场装配需严格控制施工偏差,构件吊装就位需高精度定位,确保装配一次成型,在土建结构变形、预留预埋偏差等情况下,机电管线、设备的装配定位更加困难,现场装配质量容易受施工环境、作业空间等因素影响,安装部位也难以实现全面检验。

3.3 专业人才缺乏,技术培训不足

装配式机电安装需要懂设计、熟生产、善管理的复合型人才,目前专业人才紧缺,装配式机电安装覆盖设计、生产、施工、运维等环节,涉及土建、机电、工艺、管理等多个专业,需建立精细化、信息化的管理体系。生产和施工一线需大量掌握装配式机电安装操作技能的技术工人,但目前从业人员以传统机电工种为主,装配式生产工艺、质量标准、操作规范等认知不足,专业技能有待提升。高职院校装配式机电专业建设滞后,缺乏系统完善的人才培养方案。

4 装配式机电安装技术在建筑工业化中的创新应用方案

4.1 BIM 技术与装配式机电安装的集成应用

BIM 技术与装配式机电安装的深度融合,是提升设计、生产、施工质量和效率的有效途径。利用 BIM 技术构建机电工程信息模型,可实现建筑、结构、机电等专业的一体化设计和信息共享,通过碰撞检查、管线优化等,提高设计深度和准确性,减少设计错漏碰,基于 BIM 模型开展管线预制加工、模块拆分等,指导工厂化生产,提高生产效率^[5]。将 BIM 模型与数控加工、机器人焊接等自动化生产设备深度集成,可实现装配式构件、管线、支吊架等的数字化制造,提升加工精度和质量稳定性。

在施工阶段,BIM 模型可指导构件吊装、定位和现场装配,优化施工工艺,提高装配精度,通过 BIM 模型与二维码、RFID 等电子标签技术的结合,实现构件信息化管理,便于质量追溯。运用 BIM 技术仿真优化现场物流、场地布置,可有效缩短工期,降低成本。同时,BIM 模型数据与运维管理系统的对接,可实现机电设备的可视化管理,便于后期运维。

4.2 机器人技术在装配式机电安装中的应用

机器人技术在装配式机电安装中的应用,可显著提高生产效率,保障装配质量。面对日益增长的建设规模和品质要求,传统的人工操作已难以满足装配式机电工程的生产制造需求,引入工业机器人、特种机

机器人等,通过自动化、智能化生产,可突破劳动力瓶颈制约。在工厂预制环节,利用机器人开展构件、管线、支吊架等的自动化切割、钻孔、打磨、焊接等,可提高加工精度和生产效率。采用机器人拾取、码垛、打包等,可实现构件模块智能化分拣与装配,减少人工搬运劳动强度^[6]。

在现场装配施工中,大型构件、异形管线的就位安装,采用特种机器人配合操作,可避免工人危险作业,确保施工安全和质量。狭小空间、复杂环境下的机电设备安装,机器人灵活性优势突出,装配效率高,同时,在运输和仓储环节,采用智能机器人实现构件、物料的自动识别、定位和转运,实现智能化物流,提高周转效率。装配式机电工程建造全过程应用机器人技术,可打造自动化、智能化的制造和装配体系,推动行业高质量发展。

4.3 物联网技术在装配式机电安装中的应用

物联网技术与装配式机电安装的融合应用,可实现机电工程建造的智慧化管控。

在设计阶段,利用物联网中的射频识别、二维码、传感器等技术,将设计信息嵌入预制构件模型,搭建基于 BIM 的构件信息管理平台。

在生产制造阶段,对生产设备、关键工序加装传感器等物联网终端,通过无线网络实时采集设备运行参数、能耗情况、产品质量状态等数据,实现生产线的实时监控和智能调度,预制构件嵌入 RFID 标签,可自动记录和更新构件状态信息,实现准确追溯。

在运输过程中,通过 GPS 定位和车载传感器等,实现预制构件的全程跟踪和状态监测,优化物流组织,利用智能终端移动巡检,对构件状态动态盘点,及时发现并处理构件破损等异常情况。

在现场装配阶段,基于物联网的智能穿戴设备、移动终端等,对装配过程进行数据采集和远程指导,减少操作失误,通过现场环境和施工设备的智能感知,实现安全预警和应急处置,运用大数据分析优化施工组织管理,提高装配效率。

竣工后,机电设备嵌入传感器自动采集设备状态数据,对接物业运维平台,实现机电设备性能的动态监测,及时预警,实现精细化运维。

4.4 装配式机电安装技术的标准化体系建设

加快建立装配式机电安装技术标准规范,是推动其规模化应用的关键举措。构建涵盖设计、生产、施工、验收、运维等全过程的标准规范,统一技术要求,规范工程建设各方行为,是实现装配式机电工程高效实施和质量提升的基础。

在设计标准方面,应制定统一的图纸深度、信息交付等要求,规范 BIM 模型的创建、应用和交付标准,为设计协同提供依据。

在构件和部品标准方面,应科学划分构件和部品的类型规格,形成系列化、通用化的标准构件库,实现标准化设计和生产,统一构件模块的技术参数、性能指标、接口规格等,为工厂化制造提供标准依据。

在生产和施工工艺标准方面,应规范装配式机电工程构件制作、吊装、连接等工艺流程,建立质量检验和验收的控制标准,指导装配化施工。在管理标准方面,构建装配式机电工程的招投标管理、合同管理、材料管理、安全管理、信息管理等标准,规范各参建方的权责界面,为高效协同提供基础。结合装配式机电安装新技术、新方法的应用实践,加快国家、行业、地方、团体等不同层级标准的制修订,不断完善标准体系。同时,建立装配式机电工程的认证评价机制,开展示范工程评选,树立标杆,促进标准规范贯彻落实。

5 结束语

装配式机电安装技术是建筑工业化的重要组成部分,是提升建筑品质、推动产业升级的关键抓手。通过创新设计理念、优化生产工艺、改进施工方式,大力发展装配式机电安装技术,对于缩短建设工期、降低建设成本、提高工程质量、保障施工安全、促进绿色建造等具有重要意义。装配式机电安装技术创新发展,必将助推建筑业高质量发展,为城乡建设贡献更大力量。

参考文献:

- [1] 杨军.装配式建筑机电安装质量控制方法与关键施工技术研究[J].建筑施工,2025,47(07):1160-1164.
- [2] 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.
- [3] 朱庆东.装配式建筑机电安装管线预埋施工技术分析[J].工程技术研究,2025,10(03):73-75.
- [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] 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.
- [6] 王鹏,董瀚文,刘恒洋,等.装配式建筑机电安装施工技术应用探讨[J].四川建材,2023,49(09):227-228,231.