

装配式建筑电气工程中预制构件预埋管线定位精度控制 与施工协同技术研究

张芳芳

130102*****2421

摘要: 随着装配式建筑在我国建筑行业的快速发展,其工业化、标准化的建造模式对各专业施工精度提出了更高要求。在电气工程领域,预制构件中预埋管线的定位精度直接影响后续管线连接、设备安装及建筑整体使用功能,而施工各环节的协同配合则是保障精度控制效果的关键。本文结合装配式建筑电气工程施工特点,分析预制构件预埋管线定位精度的主要影响因素,从设计优化、加工制作、现场安装三个阶段提出定位精度控制方法,并构建基于信息共享的施工协同技术体系,旨在为提升装配式建筑电气工程施工质量提供理论参考与实践路径。

关键词: 装配式建筑; 电气工程; 预制构件; 预埋管线; 定位精度; 施工协同

DOI: 10.69979/3060-8767.25.09.085

引言

装配式建筑通过工厂预制构件、现场装配施工的模式,大幅缩短了工期,减少了现场湿作业,符合绿色建筑与建筑工业化发展要求。电气工程作为装配式建筑的重要组成部分,其预制构件中的预埋管线(如强电管线、弱电管线、消防管线等)承担着电力传输、信号传递等核心功能。与传统现浇建筑相比,装配式建筑的预埋管线一旦在预制构件生产阶段出现定位偏差,现场调整难度极大,不仅可能导致管线无法正常连接,还可能破坏构件结构性能,增加工程成本与安全隐患。因此,研究预制构件预埋管线定位精度控制方法,并建立高效的施工协同机制,成为装配式建筑电气工程施工亟待解决的问题。

1 装配式建筑电气工程预制构件预埋管线定位精度影响因素分析

1.1 设计阶段影响因素

设计环节是预埋管线定位精度控制的基础,其不合理性将直接导致后续施工偏差。首先,设计图纸深度不足是常见问题,部分设计仅标注管线大致走向,未明确管线在构件中的具体坐标、标高及与钢筋、预埋件的相对位置关系,导致工厂加工时缺乏精准依据。其次,各专业协同设计不足,电气工程设计与结构工程、给排水工程设计脱节,易出现管线与钢筋、预留孔洞冲突的情况,迫使工厂在加工时调整管线位置,造成定位偏差。此外,设计未充分考虑预制构件的生产工艺与运输、吊装过程中的受力变形,如管线布置过于靠近构件边缘,

可能在运输过程中因震动导致管线移位。

1.2 工厂加工制作阶段影响因素

工厂加工是预埋管线定位精度控制的关键环节,其施工流程与操作规范性直接影响精度。首先,构件模具制作精度不足,模具尺寸偏差、平整度不达标,将导致构件成型后整体尺寸偏差,进而使预埋管线位置偏移。其次,管线固定措施不当,部分工厂仅采用铁丝简单绑扎管线,未使用专用固定支架或定位卡具,在混凝土浇筑过程中,管线易因混凝土振捣产生位移或上浮。此外,施工人员操作规范性不足,如管线切割长度偏差、接口处理不当,或浇筑混凝土时振捣棒直接接触管线,均可能导致管线定位偏差或损坏。

1.3 现场安装阶段影响因素

现场安装阶段的施工协同与操作精度,是保障预埋管线最终连接质量的重要环节。首先,预制构件进场验收不严格,未对构件中预埋管线的位置、数量、完整性进行全面检测,将不合格构件用于安装,直接导致后续管线连接困难。其次,构件吊装与拼接精度不足,吊装过程中构件定位偏差、拼接时构件接缝处错位,将使相邻构件中的预埋管线无法对齐,出现接口偏差。此外,现场二次管线施工与预制管线衔接不当,如二次管线与预制管线接口处未做密封处理,或施工时碰撞预制管线导致其移位,均影响整体管线系统的功能。

2 装配式建筑电气工程预制构件预埋管线定位精度控制方法

2.1 设计阶段: 优化设计方案, 强化协同设计

设计阶段需以“精准化、协同化”为原则,为预埋管线定位提供可靠依据。首先,深化电气工程设计图纸,明确预埋管线的三维坐标(X、Y、Z轴)、管径、材质及与构件边缘、钢筋、预留孔洞的安全距离,采用BIM技术构建三维模型,直观展示管线布置情况,避免二维图纸的歧义。其次,加强各专业协同设计,通过BIM技术进行碰撞检测,在设计阶段排查电气工程与结构、给排水等专业的管线冲突,优化管线布置方案,确保各专业管线在预制构件中合理分布。此外,设计需结合预制构件生产与施工工艺,如根据构件运输、吊装的受力要求,合理确定管线布置位置,避免管线因受力变形移位;同时,在图纸中明确管线固定方式、材料要求及验收标准,为工厂加工提供详细指导。

2.2 工厂加工阶段:规范施工流程,强化精度管控

工厂加工需建立“标准化、精细化”的施工流程,从模具制作、管线固定到混凝土浇筑,全过程控制定位精度。首先,严格控制模具制作精度,模具材料选用高强度、低变形的钢材,采用数控加工设备制作模具,确保模具尺寸偏差符合规范要求;模具组装后需进行平整度、垂直度检测,合格后方可投入使用。其次,优化管线固定措施,根据管线规格与布置位置,选用专用定位卡具、U型支架或钢筋支架固定管线,支架间距需根据管线重量与混凝土振捣强度合理确定,确保管线在浇筑过程中不位移、不上浮;管线接口处采用密封处理,防止混凝土浆液渗入堵塞管线。此外,加强施工人员培训与技术交底,明确操作规范,如管线切割需使用专用工具,确保长度精准;混凝土浇筑时振捣棒需与管线保持安全距离,避免直接碰撞;同时,在构件成型后,采用激光测距仪、坐标测量仪等设备检测管线位置,不合格构件需及时返修。

2.3 现场安装阶段:严格验收检测,优化安装工艺

现场安装阶段需以“精准对接、协同施工”为核心,保障预埋管线的最终连接质量。首先,加强预制构件进场验收,制定详细的验收标准,采用BIM模型与现场实测相结合的方式,检测构件中预埋管线的位置、数量、管径及完整性,对偏差超标的构件不予验收,确保进场构件质量合格。其次,优化构件吊装与拼接工艺,采用全站仪、激光投线仪等高精度设备进行构件定位,确保构件拼接时的平面位置与标高偏差符合规范要求;拼接前需清理构件接缝处的预埋管线接口,检查接口平整度,必要时采用专用调整工具微调管线位置,确保相邻构件管线对齐。此外,规范现场二次管线施工,二次管线与

预制管线连接时需采用匹配的接口配件,接口处做密封处理;施工过程中需设置警示标识,避免碰撞预制管线,施工完成后进行压力试验或通球试验,确保管线通畅。

3 装配式建筑电气工程施工协同技术体系构建

3.1 建立基于BIM的信息共享平台

施工协同的核心在于信息高效传递与共享,基于BIM技术构建的信息平台可实现各参与方(设计单位、工厂、施工单位、监理单位)的协同工作。首先,设计单位将深化后的BIM模型及相关图纸、技术要求上传至平台,工厂可根据模型获取管线定位数据,制定加工方案;施工单位可提前熟悉构件管线布置情况,制定现场安装计划。其次,平台实时更新施工进度与质量信息,如工厂上传构件加工进度与检测报告,施工单位上传现场安装进度与验收结果,监理单位实时监督并反馈问题,确保各参与方及时掌握项目动态,避免信息不对称导致的协同失误。此外,平台可存储构件全生命周期信息,如管线材质、安装时间、维护记录等,为后续运营维护提供数据支持。

3.2 建立多参与方协同沟通机制

除信息平台外,需建立常态化的协同沟通机制,确保各参与方高效协作。首先,建立设计、工厂、施工三方技术交底会议制度,在项目启动前、设计方案确定后、工厂加工前及现场安装前分别召开交底会,明确各环节技术要求、质量标准与协同责任,解决潜在问题。其次,设立现场协同办公小组,由施工单位牵头,联合工厂、监理单位派员常驻现场,及时处理构件进场验收、安装拼接中的问题,如发现管线定位偏差,立即组织三方协商解决方案,避免延误工期。此外,建立问题反馈与整改闭环机制,对施工过程中发现的质量问题,明确责任方、整改措施与完成时限,监理单位跟踪整改情况,确保问题及时解决,避免问题积累影响工程质量。

3.3 建立协同质量管控体系

协同质量管控是保障施工协同效果的关键,需明确各参与方质量责任,构建全过程质量管控体系。首先,设计单位对设计图纸与BIM模型的准确性负责,确保管线定位数据无误;工厂对构件加工质量负责,严格按照设计要求加工,确保管线定位精度;施工单位对现场安装质量负责,规范吊装、拼接与二次管线施工;监理单位对全过程质量进行监督,重点检查管线定位精度与连接质量。其次,制定统一的质量验收标准,结合国家规范与项目实际,明确设计、加工、安装各阶段的验收指

标,如管线定位偏差允许值、接口密封要求等,确保各参与方验收标准一致。此外,采用信息化手段进行质量管控,如利用移动终端拍摄现场施工照片、上传检测数据至 BIM 平台,实现质量问题可视化追溯,提高管控效率。

4 案例分析

某装配式住宅项目为当地重点推进的建筑工业化示范项目,整体采用装配整体式剪力墙结构,在保障建筑结构稳定性的同时,最大化实现构件工厂预制与现场装配的高效结合。该项目的电气系统工程涵盖居民日常生活所需的强电管线、满足智能安防与通信需求的弱电管线,以及保障建筑消防安全的消防管线,所有管线均需在预制构件生产阶段完成预埋,对管线定位精度与施工协同效率提出极高要求。项目团队在实施过程中,全面应用本文提出的预制构件预埋管线定位精度控制方法与施工协同技术,通过各阶段精细化管控,有效解决了装配式建筑电气工程施工中的常见难题,取得显著实践效果。

在设计阶段,项目团队摒弃传统二维图纸设计模式,引入 BIM 技术构建全专业三维协同模型。针对电气工程预埋管线,通过模型深化明确管线在构件中的具体走向、空间位置及与其他专业构件的衔接关系,并利用 BIM 碰撞检测功能对管线与结构钢筋、预留孔洞等进行全方位排查。在排查过程中,及时发现并优化了多处管线与结构构件冲突的问题,避免了因设计疏漏导致工厂加工阶段被迫调整管线位置的情况,为后续精准施工奠定坚实基础。同时,设计团队还结合构件生产工艺特点与现场吊装需求,对管线布置方案进行优化,确保管线位置既满足功能需求,又能规避运输、吊装过程中可能出现的移位风险。

进入工厂加工阶段,项目严格按照设计深化后的 BIM 模型要求,采用高精度数控设备制作构件模具,确保模具尺寸与平整度符合规范标准,从源头控制构件成型精度。对于预埋管线,根据不同管径与布置位置,选用专用定位卡具与支架进行固定,避免传统铁丝绑扎易松动的问题;在混凝土浇筑环节,明确振捣操作规范,防止振捣棒直接接触管线导致移位或损坏,同时安排专人全程监督管线位置情况。构件成型后,利用专业测量设备对预埋管线位置进行全面检测,确保每一件出厂构件的管线定位精度均符合设计要求,杜绝不合格构件流入现场。

现场安装阶段,项目结合 BIM 模型建立完善验收机制,核对进场构件预埋管线的位置、数量与完整性,确保合格构件入场。吊装拼接时用高精度仪器实时监测,控制偏差以实现管线精准对接。二次管线施工前制定衔接方案,选匹配配件密封连接,并加强管控防管线碰撞。竣工后经检测,电气管线系统运行稳定,无堵塞、渗漏等问题,施工流程顺畅且工期缩短、成本降低,验证了相关技术的可行性与有效性。

5 结论与展望

本文通过分析装配式建筑电气工程预制构件预埋管线定位精度的影响因素,从设计、工厂加工、现场安装三个阶段提出了精度控制方法,并构建了基于 BIM 的施工协同技术体系,得出以下结论:

预制构件预埋管线定位精度受设计、加工、安装多环节影响,需从源头优化设计方案,规范加工与安装流程,才能有效控制偏差;

BIM 技术在设计深化、碰撞检测与信息共享中发挥关键作用,可显著提升定位精度与施工协同效率;

建立多参与方信息共享平台、协同沟通机制与质量管控体系,是保障施工协同效果的重要支撑。

未来,随着装配式建筑向智能化、数字化方向发展,可进一步探索 BIM 与物联网、人工智能技术的融合应用,如利用物联网传感器实时监测构件运输与安装过程中管线的位移情况,利用人工智能算法优化管线布置方案,进一步提升预埋管线定位精度与施工协同智能化水平,推动装配式建筑电气工程施工技术的持续创新。

参考文献

- [1] 王彦祯,陈海涛,王德海. 浅谈装配式变电站建筑电气预埋施工质量问题与改进措施[J]. 建筑工程技术与设计,2018.
- [2] 麦明勒. 装配式建筑电气工程施工存在问题及对策分析[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023.
- [3] 王建军. 装配式建筑电气管线技术研究[J]. 居舍,2020(11):66-66. DOI:CNKI:SUN:JUSH.0.2020-11-058.
- [4] 蒋柳风. 装配式建筑机电安装线管的预埋施工技术分析[C]//人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集(二). 2025.
- [5] 胡戎,朱文,陈众励. 装配式建筑电气管线技术研究[J]. 建筑电气,2018,37(8):4. DOI:CNKI:SUN:JZDP.0.2018-08-004.