

装配式建筑电气预埋精准定位施工技术 及全站仪坐标控制方法研究

冯海蓝

广东庞源工程机械有限公司, 广东 广州 510665

DOI:10.61369/WCEST.2025110009

摘 要 : 本文围绕装配式建筑电气预埋精准定位展开, 阐述电气系统及预埋件重要性, 分析定位精度影响因素, 提出改进施工次序、运用多种技术及管理机制等措施, 涵盖坐标控制、全过程测量等, 还介绍多专业平台、节点库等建设, 最后表明技术成效显著并给出发展建议。

关 键 词 : 装配式建筑; 电气预埋; 精准定位

Research on Precision Positioning Construction Technology and Total Station Coordinate Control Method for Prefabricated Building Electrical Pre embedding

Feng Hailan

Guangdong Pangyuan Engineering Machinery Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510665

Abstract : This article focuses on the precise positioning of electrical pre embedded components in prefabricated buildings, explaining the importance of electrical systems and pre embedded parts, analyzing the factors affecting positioning accuracy, proposing measures to improve construction sequence, use various technologies and management mechanisms, covering coordinate control, whole process measurement, etc. It also introduces the construction of multi professional platforms, node libraries, etc. Finally, it shows significant technical achievements and provides development suggestions.

Keywords : prefabricated building; electrical pre embedding; precise positioning

引言

随着《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》在2020年7月发布, 装配式建筑迎来新发展契机, 其电气预埋精准定位成为关键。装配式建筑电气系统复杂, 电气预埋件功能重要, 其定位精度影响整体质量。国内外标准差异及国内技术缺口凸显完善规范体系的必要。施工中, 预制构件脱模变形、现场拼装累积误差、管线碰撞等增加定位难度。基于此, 一系列技术与管理措施涌现, 如改进施工次序、运用坐标控制技术等, 旨在提升定位精度, 契合政策对建筑工业化与智能化的要求。

一、装配式建筑电气预埋精准定位基础理论

(一) 装配式建筑电气系统组成及预埋件功能

装配式建筑电气系统涵盖电力供应、照明、弱电等多个子系统。电力供应系统负责为建筑内各类设备提供电能, 照明系统满足不同区域的光照需求, 弱电系统如通信、安防等则保障建筑智能化功能实现。电气预埋件作为电气系统安装的基础, 具有重要功能。它需承载电气设备的重量与负荷, 为设备提供稳固支撑。同时, 预埋件是电气线路连接与敷设的关键节点, 确保线路走向准确与电气连接可靠。在装配式建筑中, 预埋件需依据电气系统规划精准集成, 以保障整体性能。借助 BIM 技术, 能对预埋件空

间位置进行精确解析, 全面模拟其在建筑空间中的位置、与其他构件关系等, 为实现电气预埋精准定位奠定基础^[1]。

(二) 预埋件定位精度控制规范体系

在装配式建筑电气预埋施工中, 定位精度至关重要。对比国内外建筑工业化标准, 能发现不同地区对于预埋偏差的允许范围存在差异。国外部分先进标准对电气预埋件的定位精度要求极为严格, 偏差范围被控制在极小区间, 以确保电气系统后续安装与使用的稳定性。而国内现行验收规范虽有相关要求, 但在某些细节方面仍存在技术缺口^[2]。例如, 在复杂节点部位的预埋件定位精度规定不够细化, 难以满足装配式建筑日益多样化与精细化的需求。这种技术缺口可能导致施工过程中对预埋件定位精度把控

不一致，影响整体施工质量。因此，构建更为完善、精细且与装配式建筑特点相适配的预埋件定位精度控制规范体系，对于提升电气预埋精准定位水平具有关键意义。

二、电气预埋精准定位施工技术分析

（一）精准定位关键技术难点

在装配式建筑电气预埋精准定位施工中，预制构件脱模变形会导致电气预埋位置的初始偏差。脱模过程中，构件受外力及自身重力等因素影响，产生不可避免的变形，使得原本预设的电气预埋点位置发生改变^[3]。现场拼装累积误差同样不容忽视，从构件运输到吊装拼接，每一步操作都可能带来细微误差，随着拼装工作的推进，这些误差不断累积，最终对电气预埋精准定位造成显著影响。另外，管线碰撞问题也极大增加了精准定位难度。在有限的预制构件空间内，电气管线需与其他专业管线共同布置，若各专业之间缺乏有效协同，很容易出现管线碰撞，进而影响电气预埋的精准定位，必须综合考虑多方因素，才能更好地实现电气预埋的精准定位。

（二）智能化施工工艺流程优化

基于模块化吊装的施工次序改进方案，优化了传统装配式建筑电气预埋施工流程。此方案依据电气预埋的特点及建筑结构，合理规划模块吊装顺序，使得电气预埋与各施工环节衔接更紧密，减少施工干扰与返工概率。同时，结合三维激光扫描技术建立逆向校核机制^[4]。该技术能够快速、精确获取施工现场的三维空间数据，与电气预埋设计模型对比，及时发现偏差。利用这些偏差数据反向调整施工流程，优化后续施工工艺，确保电气预埋位置更精准。这种智能化施工工艺流程优化，不仅提升了电气预埋精准度，还提高了整体施工效率与质量，为装配式建筑电气施工提供科学、高效的技术路径。

三、全站仪坐标控制方法研究

（一）全站仪坐标控制技术原理

1. 三维坐标系转换算法

在全站仪坐标控制技术原理中，三维坐标系转换算法至关重要。首先需建立 BIM 模型坐标系与施工坐标系转换模型。BIM 模型坐标系基于建筑信息模型构建，而施工坐标系是施工现场实际使用的坐标系。这两者之间存在差异，需通过特定算法进行转换。通过推导最小二乘法下的平差计算式来实现精确转换。最小二乘法可使观测值与理论值之间的误差平方和达到最小，以此优化坐标转换的精度。利用该平差计算式，结合实际测量数据，对坐标系间的转换参数进行求解，从而实现从 BIM 模型坐标系到施工坐标系的准确转换，为装配式建筑电气预埋精准定位提供坐标控制基础^[5]。

2. 动态测量误差补偿技术

在全站仪坐标控制技术中，动态测量误差补偿技术至关重要。由于在实际测量过程中，温度、震动等多源干扰因素会对测

量精度产生较大影响，导致测量结果出现偏差。因此开发基于卡尔曼滤波的温度、震动等多源干扰因素补偿算法成为提升动态测量精度的关键举措。卡尔曼滤波算法能够利用系统的状态方程和观测方程，通过预测和更新两个步骤，对测量数据进行实时处理与优化^[6]。该算法可有效过滤掉噪声干扰，精准地估计系统的状态，进而补偿因温度、震动等因素引起的动态测量误差，显著提升全站仪在复杂环境下坐标测量的精准度，为装配式建筑电气预埋精准定位施工提供可靠的数据支持。

（二）施工阶段坐标控制实施路径

1. 全过程测量控制网络架构

全过程测量控制网络架构基于基准点组网、控制网优化、测量机器人联动的三阶段控制体系展开。首先进行基准点组网，在施工现场科学选取多个基准点，这些点需具备良好的通视条件且分布均匀，通过高精度测量仪器精确测定其坐标，构建起初始的基准点网络^[7]。接着开展控制网优化，运用专业的平差计算方法，对基准点组网的数据进行分析处理，削弱误差影响，提高控制网的精度和可靠性。最后实现测量机器人联动，借助智能化的测量机器人，与优化后的控制网进行实时数据交互，自动采集坐标数据，实现对装配式建筑电气预埋位置的动态、精准测量与控制，确保施工过程中电气预埋位置的精准度满足设计要求。

2. 数字化放样技术融合应用

在施工阶段坐标控制实施路径中，数字化放样技术融合应用起着关键作用。通过集成 BIM 模型与全站仪测量系统，构建从虚拟设计到实体定位的闭环控制系统^[8]。利用 BIM 模型的可视化与参数化特性，精确提取电气预埋位置信息，并转化为全站仪可识别的坐标数据。全站仪依据这些数据进行现场精准放样，实现对电气预埋位置的精确控制。同时，在放样过程中，实时采集现场实际坐标数据反馈至 BIM 模型，对模型进行动态更新与修正，及时发现并纠正偏差，确保虚拟设计与实体施工的高度一致，进而提高装配式建筑电气预埋的精准定位，保障施工质量与效率。

四、技术方案集成管理与质量控制

（一）工程技术管理体系构建

1. PDCA 循环管理机制设计

PDCA 循环管理机制设计围绕方案评审、过程监控、偏差预警展开。方案评审阶段，组织电气、施工等多专业人员对装配式建筑电气预埋精准定位施工技术及全站仪坐标控制方案进行全面评估，确保方案的科学性与可行性。在过程监控环节，依据既定方案，运用信息化手段对施工全过程进行实时跟踪，采集电气预埋位置、全站仪测量数据等关键信息。一旦发现数据偏离预设标准，立即启动偏差预警机制。基于预警信息，分析偏差产生原因，从技术、人员、材料等方面制定针对性改进措施，形成 PDCA 循环，不断优化施工过程，保障电气预埋精准定位施工质量^[9]。

2. 多专业协同管理平台开发

为满足装配式建筑电气预埋精准定位施工需求，开发多专业协同管理平台。该平台基于 BIM 技术，以实现土建与机电专业的

高效协同作业^[10]。通过整合各专业模型，形成一个统一的数字化工作环境，让不同专业人员能在此环境下进行实时沟通与协作。平台具备测量数据实时共享功能，施工人员可随时获取并查看最新测量数据，保证各专业依据同一数据开展工作，避免因数据不一致导致的定位偏差。同时，其追溯功能可记录测量数据的整个流转过过程，便于在出现问题时迅速溯源，分析问题产生的环节与原因，从而及时采取纠正措施，确保电气预埋精准定位施工的顺利进行，提升施工质量与效率。

（二）技术方案设计优化策略

1. 标准化预埋节点模块库建设

在装配式建筑电气预埋施工中，标准化预埋节点模块库建设至关重要。通过深入研究不同户型体系的电气需求，全面收集各类相关数据，研发出覆盖多种户型体系的标准化预埋节点数据库。该数据库能够精准反映不同户型电气预埋的位置、规格等关键信息。在设计阶段，设计人员可直接依据数据库中的标准节点模块进行设计，极大提高设计效率与精准度。同时，该模块库还具备动态更新功能，随着施工实践经验的积累和技术发展，不断优化完善节点模块，确保其始终符合最新的施工要求和技术标准，从而为装配式建筑电气预埋的精准定位提供坚实的技术支撑。

2. 可调节式预埋套管装置设计

可调节式预埋套管装置通过创新设计，具备三维微调功能，有效解决施工误差吸收难题。该装置采用特殊结构，能在 X、Y、Z 三个维度对预埋套管进行精准调节。其主体结构坚固，确保在混凝土浇筑等施工过程中稳定可靠。装置上设置了高精度的调节旋钮或螺杆，施工人员可依据全站仪测量数据，灵活且精确地调整预埋套管的位置。比如，当全站仪测得某预埋套管在水平方向存在偏差时，可通过调节旋钮将其在 X 或 Y 轴方向移动至准确位置；若垂直方向有误差，利用 Z 轴方向的调节结构进行微调。这种设计优化，大大提高了预埋套管定位的精准度，为装配式建筑电气预埋精准定位施工提供有力技术支持。

（三）全过程质量控制方法

1. 关键工序质量管控要点

在装配式建筑电气预埋精准定位施工中，关键工序质量管控要点至关重要。预制阶段，模具检验需严格把控尺寸精度，其偏

差应控制在极小范围内，保证模具表面平整光滑，避免因模具问题影响电气预埋位置准确性。钢筋绑扎时，要确保电气线管与钢筋固定牢固，防止振捣过程中线管移位。拼装阶段的定位复测是关键，借助全站仪坐标控制方法，对已预埋电气构件的位置进行精准测量，与设计坐标对比，若偏差超出允许范围，及时调整。在混凝土浇筑工序，需安排专人看护，防止振捣棒触碰导致电气预埋部件偏移，通过对这些关键工序的严格质量管控，保障装配式建筑电气预埋精准定位施工质量。

2. 质量追溯区块链技术应用

在装配式建筑电气预埋精准定位施工中，区块链技术为质量追溯提供了有力支持。通过将测量数据上链存储，可极大保障质量数据的不可篡改性。测量人员对电气预埋位置进行精准测量后，相关数据实时上传至区块链。每个数据块包含测量时间、测量值、测量人员等详细信息，且数据一经记录便无法被篡改。这使得在后续施工过程中，若出现电气预埋位置偏差等质量问题，能够快速、准确追溯到测量环节的原始数据，明确责任主体，分析问题产生的原因，从而采取针对性措施解决问题，同时也为后续类似项目提供可靠的数据参考，有效提升装配式建筑电气预埋精准定位施工的整体质量。

五、总结

研究表明，全站仪坐标控制技术在装配式建筑电气预埋精准定位施工中成效显著，能将定位精度提升至 $\pm 2\text{mm}$ 级别，有效解决了定位偏差问题。同时，构建的标准化施工体系大幅降低返工率达 37%，提高了施工效率与质量，节约了成本。此外，所提出的三维动态补偿算法为智能建造装备研发奠定理论基础，助力行业技术升级。基于以上成果，建议进一步加强 BIM+ 测量机器人集成技术的深度开发，充分发挥二者优势，为装配式建筑电气预埋精准定位施工提供更先进、高效的技术手段，推动行业朝着智能化、精准化方向发展。

参考文献

[1] 杨长浩. 装配式建筑施工安全风险管理与控制研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2021.
[2] 李科达. 基于 SD 的装配式建筑施工成本控制研究 [D]. 沈阳建筑大学, 2022.
[3] 常立新. 装配式建筑施工风险评价研究 [D]. 华北电力大学 (北京), 2021.
[4] 龚培镇. 装配式建筑施工安全风险智能诊断方法及应用研究 [D]. 东南大学, 2021.
[5] 刘晓之. 装配式建筑电气设计优化探究 [D]. 华南理工大学, 2021.
[6] 弓秀梅. 大跨度异形钢结构预埋螺栓精准定位技术研究 [J]. 建材发展导向 (上), 2022, 20(7): 7-9.
[7] 雒加岩, 杨保坤, 王晓航. 装配式混凝土建筑预制柱钢筋精准定位快速施工技术 [J]. 建筑施工, 2021, 43(10): 2048-2050.
[8] 杨柱. 高层建筑电气预埋模块化施工技术 [J]. 科学技术创新, 2024(14): 151-154.
[9] 马文斌. 装配式建筑机电预留预埋施工技术探析 [J]. 四川建材, 2024, 50(2): 98-99.
[10] 马文斌. 装配式建筑机电预留预埋施工技术探析 [J]. 四川建材, 2024, 50(2): 98-99.