

# 装配式建筑电气管线预埋技术创新与施工规范

吴江豪

中国五冶集团有限公司 四川 成都 610063

**摘要：**装配式建筑工业化提速，电气管线预埋作为机电安装关键环节，其质量与技术关乎建筑功能与安全。传统预埋方式定位偏差大、现场整改难，难适配装配式建筑“工厂预制、现场装配”模式。本文基于装配式建筑特点，梳理电气管线预埋基础理论与核心要求，从设计、材料、生产、安装全流程探寻技术创新路径，构建全生命周期施工规范体系。结合BIM协同设计、新型复合材料等实践，为解决预埋痛点提供支撑，推动行业高质量发展。

**关键词：**装配式建筑；电气管线预埋；技术创新

引言：建筑工业化浪潮下，装配式建筑以高效、环保优势成为行业发展主流，而电气管线预埋技术的适配性直接决定建筑机电系统的建造质量。与传统现浇模式不同，对管线预埋的精准度、协同性提出全新要求。当前，跨专业冲突、预埋偏差等问题仍制约工程推进，亟需从技术与规范双维度破局。立足构件生产与装配全流程，探索预埋技术创新路径，构建系统性施工规范，对推动装配式建筑提质增效、实现工业化建造目标具有重要意义。

## 1 装配式建筑电气管线预埋基础理论与核心要求

### 1.1 相关概念界定

装配式建筑电气管线预埋，是在装配式建筑构件（如预制混凝土墙板等）生产与装配时，将电气线路保护管等电气附件，按设计精准固定于构件内部或连接部位，形成隐蔽电气通路的施工活动。其核心特征是“工厂预制为主、现场接驳为辅”，区别于传统现浇建筑“现场敷设”，实现电气施工与构件生产一体化。该技术涵盖构件生产预埋、现场装配连接及系统调试等环节，涉及建筑结构、电气工程等多学科技术融合，是保障装配式建筑电气系统安全稳定运行的基础工程，也是推动建筑工业化、标准化建造的关键支撑技术之一。

### 1.2 预埋工程核心原则

装配式建筑电气管线预埋要遵循四大核心原则保障可行性与安全性。精准定位原则，借助数字化建模实现毫米级定位，避免与构件钢筋等冲突；协同适配原则，电气设计要与结构、生产流程深度协同，适配构件模数与装配工艺；可操作性原则，方案兼顾工厂与现场，预留操作空间与调整余量；安全耐久原则，材料抗腐蚀老化，连接满足电气绝缘与机械强度要求。这些原则构建质量控制框架，避免后期剔凿构件，保障结构安全<sup>[1]</sup>。

### 1.3 预埋工程关键影响因素

装配式建筑电气管线预埋的质量与效率受多重因素综合影响，主要分为设计、生产、环境三类核心因素。设计因素中，各专业协同不足易导致管线冲突，预埋点与构件模数不匹配会增加施工难度，而叠合楼板现浇层厚度不足则限制管线敷设空间。生产因素方面，预制构件厂的模具精度、工人操作熟练度直接决定预埋定位精度，混凝土浇筑时的振捣工艺若把控不当，可能导致管线移位或破损。环境与装配因素也至关重要，施工现场的温度、湿度变化会影响管线接驳密封性能，预制构件安装时的吊装精度偏差可能造成预埋管线接口错位。此外，材料性能（如管线抗折强度、绝缘性能）与成品保护措施的完善程度，也是影响预埋工程质量的重要变量，任一环节失控都可能引发质量隐患。

## 2 装配式建筑电气管线预埋技术创新路径

### 2.1 设计阶段创新：基于BIM的全流程协同设计技术

基于BIM的全流程协同设计技术实现了预埋工程设计的数字化革新，彻底改变传统二维图纸设计的局限。通过构建集成建筑结构、电气系统、构件信息的三维BIM模型，设计人员可直观排查管线与钢筋、预埋件的空间冲突，提前优化管线走向。借助自主研发的数字化建模平台，输入构件尺寸、设备参数等关键数据后，可自动生成标准化预埋构件模型与生产清单，将传统4周的建模工作缩短至7天，效率提升70%。该技术打破了设计、生产、施工各环节的信息壁垒，通过BIM模型的数据化传递，使预制厂可直接获取精准的预埋定位数据，避免图纸二次解读误差。同时，利用BIM进行管线综合优化，减少交叉敷设，可有效减小结构层厚度，降低工程造价。

### 2.2 材料与构件创新：新型预埋材料与集成化构件应用

新型预埋材料与集成化构件的应用，为预埋工程提供了性能更优的解决方案。在材料创新方面，模压节能

桥架采用玻璃纤维增强树脂复合材料，重量较传统钢制桥架减轻30%，承重能力却提升20%，且具备优异的耐腐蚀性，使用寿命达30年以上，无需后期维护涂装，减少VOC排放。预制墙体内预埋管线采用高韧性阻燃PVC管，抗冲击性能较普通管材提升40%，能有效抵御混凝土浇筑过程中的挤压与振动<sup>[2]</sup>。在构件集成化方面，智慧配电箱实现模块化设计，通过可调支架与标准底板连接，装配灵活度提升50%，可适配不同项目的电气参数需求；集成式接线盒将管线接口、固定装置一体化预制，工厂预埋时直接安装，减少现场接驳工序。重庆地铁5号线应用模压节能桥架后，不仅降低30%运输成本，还使安装工期缩短15天，凸显材料创新价值。

### 2.3 生产阶段创新：工厂化精准预埋施工技术

工厂化精准预埋施工技术通过工业化生产模式，实现了预埋质量与效率的双重提升。预制构件厂采用自动化生产线，配备数控定位设备，将BIM模型中的预埋坐标精准转化为模具定位参数，确保接线盒、管线的安装误差控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内。针对预制墙体预埋，开发专用固定工装，将管线与接线盒牢固固定于模具内，避免混凝土浇筑时出现移位。在叠合楼板生产中，根据管线走向预设定位卡槽，使水平管线无需额外固定即可保持稳定。生产过程中引入在线检测技术，通过红外扫描实时核查预埋构件位置与完整性，不合格产品及时返工。合肥地铁4号线制冷机房构件生产中，采用该技术实现电气管线与机房模块同步预制，现场装配率达100%，较传统现场焊接模式，不仅消除了火灾隐患，还使后续安装工期缩短75%，充分体现工厂化生产的优势。

### 2.4 安装阶段创新：现场精准接驳与质量控制技术

现场精准接驳与质量控制技术解决了预制构件与现场管线连接的核心难题，保障系统完整性。开发可调式接驳装置，通过螺栓调节结构化解 $\pm 50\text{mm}$ 的构件安装误差，实现预制墙体内管线与现浇层管线的柔性连接。针对不同接驳场景制定标准化流程：插座管线采用向下接驳方式，开关管线采用向上接驳方式，在预埋盒连接处预留 $150\text{mm}\times 150\text{mm}\times 80\text{mm}$ 的操作空间，确保接线便捷。质量控制方面，引入便携式超声检测设备，对接驳点进行实时探伤，检查管线连接的密封性与导通性；采用电气性能测试仪，现场检测预埋系统的绝缘电阻与接地电阻，确保符合规范要求。深圳龙华区中医院项目中，通过该技术实现管线安装效率提升3倍，现场无焊接作业，接驳点一次验收合格率达100%，获得监理单位高度认可。

## 3 装配式建筑电气管线预埋施工规范体系构建

### 3.1 施工规范编制依据与核心目标

装配式建筑电气管线预埋施工规范的编制，以现行国家标准为基础，结合装配式建筑工业化特性形成系统性技术要求。核心依据包括《建筑设计防火规范》《装配式混凝土建筑技术标准》等国家规范，以及BIM应用、预制构件生产等相关行业标准，同时融入中建奇配等企业的实践创新成果。规范编制的核心目标分为三个层面：技术层面，明确预埋工程各环节的技术参数与操作标准，统一毫米级定位、材料选型等关键要求；质量层面，建立全流程质量控制体系，实现从设计审查到竣工验收的闭环管理；管理层面，规范各参与方职责分工，推动设计、生产、施工的协同衔接<sup>[1]</sup>。通过规范实施，旨在解决行业内预埋施工标准不统一、质量管控薄弱等问题，提升工程质量稳定性，助力装配式建筑产业标准化发展。

### 3.2 前期准备阶段规范

前期准备阶段规范聚焦设计协同与生产筹备，为预埋工程奠定基础。设计准备方面，要求组建多专业协同团队，完成建筑、结构、电气专业的BIM模型融合，出具管线综合排布图，明确预埋点位、管线规格及走向，确保与构件模数匹配，优先采用86型标准接线盒等标准化配件。技术准备需开展专项技术交底，向预制厂与施工单位明确BIM模型应用要求、预埋工艺标准及质量验收指标。生产筹备环节，预制厂需依据BIM模型制作专用模具与定位工装，对进场材料进行抽样检测，模压桥架、阻燃管线等关键材料需提供3C认证与性能检测报告。施工单位需编制现场接驳方案，准备可调式接驳装置、超声检测设备等专用工具，并完成施工人员的专项培训，确保其掌握标准化操作流程，避免因准备不足导致施工延误。

### 3.3 工厂预埋施工规范

工厂预埋施工规范明确了预制构件生产过程中的预埋操作标准与质量控制要求。模具安装阶段，需根据BIM模型导出的定位数据，采用数控设备精准定位接线盒、管线固定装置，误差控制在 $\pm 1\text{mm}$ 范围内，固定后需经质检人员复核。管线敷设时，阻燃PVC管弯曲半径不小于管径的10倍，与接线盒连接采用专用锁母固定，确保密封严密；竖向管线需与构件钢筋避让，必要时采用套管保护。混凝土浇筑环节，需控制振捣强度与范围，避免触碰预埋构件，浇筑完成后及时清理管线接口，防止水泥浆堵塞。每个构件需粘贴包含预埋信息的二维码，实现质量追溯。规范要求建立“自检-互检-专检”三级检验制度，重点核查预埋位置、管线导通性，不合格构件严禁出厂，确保工厂预埋质量可控。

### 3.4 现场安装与接驳规范

现场安装与接驳规范围绕构件吊装、管线连接等关键工序制定操作准则。构件吊装前,需核对构件二维码信息,确认预埋管线与现场施工图纸一致,采用激光定位仪调整构件安装精度,减少接驳误差。管线接驳时,严格按“上开下接”原则操作:开关等距楼面近的设备采用向上接驳,插座等距地面近的设备采用向下接驳,接驳处需清理干净并涂抹密封胶,确保防水绝缘。采用成品支架固定外露管线,支架间距符合规范要求,且通过螺栓连接实现“零焊接”作业。施工过程中,需采取成品保护措施,对已接驳的管线接口进行临时封堵,防止杂物进入。规范明确接驳完成后需立即开展现场检测,绝缘电阻测试值不低于 $0.5M\Omega$ ,接地电阻符合设计要求,检测合格后方可进入下道工序。

### 3.5 质量验收规范

质量验收规范为电气管线预埋工程精心构建了一套分阶段、多维度的严密验收体系,全方位保障预埋工程严格符合使用要求。分阶段验收包含三个关键环节,工厂出厂验收时,着重核查预埋构件的定位精度,确保其位置精准无误,同时严格检查管线的完整性,防止出现破损、断裂等问题。现场接驳验收采用超声检测与电气测试相结合的创新方式,超声检测能精准探测连接部位的内部结构,电气测试则可验证连接后的电气性能,二者协同,全面验证连接质量。竣工验收则需对整个系统性能展开全面核查,确保系统稳定可靠运行;验收内容涵盖四个重要维度,外观质量上,预埋盒、管线接口必须无破损变形,封堵严密,防止异物进入;位置精度方面,预埋点位偏差严格控制在不超过 $\pm 5\text{mm}$ ;性能指标上,绝缘电阻、接地电阻等必须完全符合设计标准;资料完整性上,需包含 BIM 模型、材料报告、检测记录等全套资料<sup>[4]</sup>。对于验收不合格项,会出具详细的整改通知书,明确整改要求与时限,整改完成后重新验收,直至全部指标达标,切实保证电气管线预埋工程质量可靠。

## 4 装配式建筑电气管线预埋技术发展展望

随着科技不断进步,装配式建筑电气管线预埋技术将朝着更智能、更绿色、更高效的方向发展。智能化方面,物联网与人工智能技术深度融合,预埋工程将实现全流程智能监控。传感器实时采集预埋位置、管线状态等数据,通过大数据分析预测潜在问题,提前预警并自动调整施工参数,提升施工精度与质量稳定性。绿色化层面,新型环保材料持续涌现,如可降解的生物基预埋管线,减少对环境的污染。同时,优化设计降低材料损耗,提高资源利用率。高效化方向,机器人技术将广泛应用,自动完成预埋定位、管线敷设等工序,大幅缩短施工周期,降低人力成本。另外,标准化程度将进一步提高,完善施工规范体系,加强各环节衔接,推动行业规范化发展。未来,装配式建筑电气管线预埋技术将不断创新突破,为建筑工业化进程注入新动力,助力打造更安全、舒适、环保的建筑环境,实现建筑行业的高质量可持续发展。

### 结束语

装配式建筑电气管线预埋技术对建筑功能与安全意义重大。本文通过系统研究,从多方面提出创新举措并构建规范体系,为行业发展提供有力支撑。未来,随着智能化、绿色化、高效化技术不断融入,以及标准化程度提升,该技术将持续创新突破,为建筑工业化注入新活力,助力建筑行业实现高质量可持续发展,创造更优质的建筑环境。

### 参考文献

- [1] 张晓峰.论建筑机电安装中电气预留预埋施工要点[J].陶瓷,2024,(10):200-203.
- [2] 余毅阳.建筑电气管线预埋方法及注意要点研究[J].绿色建筑与智能建筑,2024,(10):102-105.
- [3] 周昕玮,于军琪,黄炜,张万虎.装配式住宅建筑电气设计方法研究[J].建筑电气,2022,41(05):45-48.
- [4] 李学荣.浅谈装配式建筑电气工程施工技术存在的问题及其对策[J].智能建筑电气技术,2022,16(01):113-116.