

装配式建筑机电电气一体化施工技术优化与全过程质量管控研究

童建英

西川联合建设（浙江）有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：装配式建筑规模化落地进程中，传统电气施工方式难以匹配建造高精度与一体化作业标准。现场易出现预埋位置偏移管线交叉干涉后期开孔损伤结构等现象，制约建筑用电安全与整体建设效益。文中结合现场施工实际引入BIM技术，优化构件预埋管线对接防雷安装等关键工艺，搭建覆盖全施工阶段的质量管控与专业协作机制。工程实例应用表明，相关举措能够提升安装精度与验收成效，削减质量弊病及施工损耗，可为同类装配式电气安装作业提供实操参考。

关键词：装配式建筑；机电一体化；管线预埋；施工技术优化；质量管控

引言：国内建筑行业转型步伐持续加快，装配式建造已然成为民用及公共建筑主要建设形式。电气系统承载建筑多项基础功能，施工水准深刻影响建筑运行安全与运维状态。装配式构件电气预埋多在工厂完成，成型后现场调整空间极小。不少项目沿用现浇施工思维，工艺管控与专业配合存在诸多疏漏，还会损害构件结构性能。域外相关建造领域技术积淀深厚，国内机电配套建设仍有提升空间。本文依托现场实操梳理施工现存问题，完善工艺路径与管控框架，可为行业规范建设提供实践参照。

1 装配式建筑电气施工特点与常见工程痛点

1.1 装配式电气施工核心专业特性

装配式建筑结构体系与施工流程的独特属性，决定电气安装作业呈现四大专属特征，亦是工程管控的核心重难点^[1]。电气预埋布设工作需深度融入结构设计全流程，从方案规划阶段即介入构件拆分与点位规划，而非传统模式下的后期补充，前置作业属性贯穿设计与生产全过程。预埋施工对精度控制设立严苛标准，预埋点位的标高数值、水平位置及垂直偏差均需纳入毫米级管控范畴，微小误差即可引发后续装配对接失效。多专业管线交织排布特征显著，电气管线与给排水、暖通、消防等系统管线在有限空间内集中布设，管线交叉重叠与空间冲突的发生概率大幅提升。各工序衔接呈现高度紧凑状态，电气安装与构件吊装、节点浇筑、装饰装修等作业频繁穿插，施工组织计划编制与多专业协同管理的复杂程度显著增加。

1.2 传统施工模式突出问题

现浇建筑施工模式直接套用至装配式工程的适配性极差，施工全过程凸显五大核心问题。设计环节与施工

环节存在严重脱节，预埋点位规划未充分避让结构钢筋排布与构件拼装节点，施工阶段频繁出现管线与钢筋干涉、点位与拼装边界冲突等现象。工厂预制生产阶段缺乏完善的精度管控体系，预埋作业的定位校准、固定加固及出厂验收环节流于形式，构件出厂时已存在管线偏移、线盒松动等质量缺陷。预制构件与现浇区域管线衔接工艺粗糙，接口密封、固定及防护处理不到位，形成大量隐蔽工程隐患，后期问题排查与整改作业难度极大。各专业施工团队各自为政，未建立统一的协同调度机制，管线排布方案缺乏集中会审，施工过程中停工协调、返工整改等现象频发。质量管控工作仍局限于传统事后验收模式，对工厂预埋、现场对接等关键工序缺乏全过程动态监管，质量问题成因难以追溯，同类通病反复出现无法根治。

1.3 多专业协同施工核心难点

机电专业间协同不畅是引发装配式电气施工质量问题的主要诱因，核心难点集中于三个关键层面。预制构件内部空间紧凑狭小，电气管线、接线箱体及穿墙套管等部件集中布设，极易出现位置重叠与空间冲突，依赖人工现场协调难以从根本上解决管线碰撞问题。主体结构施工与机电安装作业节奏难以匹配，工序穿插逻辑关系复杂，构件吊装、节点浇筑与电气预埋、管线对接等作业衔接不畅，易引发预埋部件遗漏、施工工序颠倒及已完工成品损坏等问题。各专业在技术交底内容、施工执行标准及质量验收要求方面未形成统一规范，管线衔接部位的施工责任划分模糊，不同专业作业人员施工精度与工艺标准存在差异，导致接口对接偏差超标、整体施工质量参差不齐。

2 装配式电气一体化施工关键技术优化

2.1 BIM前置深化设计与管线综合排布优化

质量管控重在源头,依托BIM实现设计、优化、冲突解决前置。图纸会审阶段,整合结构、电气、给排水、暖通、消防专业,搭建全专业三维BIM模型,整合预制构件与机电管线模型^[2]。一方面对预制墙板、叠合板预埋点位、管线走向、接线盒位置精准定位优化,规避钢筋、拼装节点及吊装点位冲突,从源头消除设计缺陷。另一方面开展全专业碰撞检测与管线综合排布,优化管线标高、走向与避让顺序,规范安全间距,彻底解决管线打架问题。依托优化模型开展可视化技术交底,统一施工标准与点位参数,保证设计、生产、施工数据同源一致,为一体化施工筑牢基础。

2.2 预制构件电气预埋精准施工工艺优化

针对预埋位移、偏差超标问题,采用模具化、刚性固定、标准化工艺。接线盒摒弃简易绑扎,采用专用定位钢模具刚性固定,按深化图纸精准定位,严控混凝土浇筑过程中位移、倾斜、上浮,保证出墙尺寸、平整度达标。预埋选用刚性导管,顺直布设、牢靠固定,转弯采用大弧度专用弯头,降低穿线阻力、防止管路堵塞。管线与接线盒密封连接,管口用专用堵头封堵,避免砂浆渗入。严格执行首检、二检、终检三级复核,定位成型、钢筋布设、浇筑前逐点复核,偏差超标禁止浇筑,不合格构件严禁出厂,实现预埋一次成优。

2.3 预制与现浇段管线衔接施工工艺优化

预制与现浇衔接是电气施工薄弱环节,采用精准对接、密封防护、贯通验收成套工艺。构件吊装就位后,清理复核预埋管口与接线盒,核查管路通畅性。现浇段管线按同轴要求放线,与预制外露管线采用同规格套管套接,接口密封缠绕严实,防止砂浆渗入。管线增设专用支架固定,避免浇筑移位。强弱电管线分路布设,保持规范间距规避电磁干扰。隐蔽验收前逐根做管路贯通检查,确认畅通后方可覆盖封蔽,杜绝节点堵塞、错位隐患。

2.4 电气主干系统一体化同步安装优化

配电箱、母线槽、防雷接地等主干系统,采用与主体同步穿插、一体化施工模式,摒弃传统后置安装。户内强弱电箱依据结构砌体定位精准预埋,箱体固定牢靠,进出管线规整布设,杜绝后期开槽破墙。高层建筑竖井母线槽随主体同步施工,提前预埋支架预埋件,严控安装垂直度与水平度,规范连接接地,同步完成绝缘测试。防雷接地利用预制结构钢筋做引下线,工厂阶段完成钢筋跨接定位,现场吊装后规范焊接连通,均压环、接闪

带与屋面施工同步推进,严控焊接搭接长度与防腐处理,保障接地电阻一次性达标。

2.5 强弱电规范隔离与全过程成品保护

严格执行强弱电分离布设、分层隔离,水平竖向间距符合规范,桥架独立架设,规避强电电磁干扰弱电信号。户内强弱电箱与点位错位布设、间距达标,从设计与施工双重保障信号稳定。建立全过程成品保护机制。构件出厂前管口、接线盒全封闭防护;运输、吊装、交叉施工实行硬质防护,防止磕碰污染、砂浆堵管;已完管线、设备、面板全覆盖保护,严禁其他专业随意改动踩踏,明确工序交接保护责任,减少成品损坏与返工。

3 装配式电气施工全过程质量管控体系构建

3.1 施工准备阶段源头质量管控

施工准备阶段可从五大维度开展前置管控。图纸上执行全专业联合会审与深化,未解决碰撞冲突的图纸不得施工^[3]。方案上编制装配式电气专项方案与作业指导书,明确工艺标准与精度要求。交底实行四级技术交底,结合BIM可视化讲解,全员明晰管控要点。材料严格进场验收抽样送检,预制构件进场专项核查预埋质量,不合格全部清退。人员开展装配式专项培训考核,建立质量责任追溯机制。

3.2 施工过程关键工序闭环管控

施工全过程严格推行旁站监督、工序报验、三检制度及全程留痕管理。工厂预制预埋环节,安排专业技术人员驻场开展全程监管,重点跟进预埋部件定位、固定及封堵等核心工序,细致核查定位精度与固定可靠性,及时纠正施工偏差。现场施工中,管线衔接、隐蔽工程等关键环节需履行严格报验流程,经监理及各参建方验收合格后,方可开展后续覆盖作业,未通过验收不得擅自推进下一工序。严格执行自检、互检、交接检流程,作业人员完成本道工序后先行自查,班组内部开展互检,工序交接时进行专项核验,上道工序质量不达标严禁转入下道。对管路贯通、接地焊接、绝缘测试、接线调试等关键节点实施全数检查,隐蔽工程施工中留存完整影像资料,搭建全过程可追溯、可管控的质量体系。

3.3 多专业交叉施工协同管理机制

针对多专业交叉施工协同不畅问题,构建系统化协同管理机制保障施工有序推进。成立项目机电协同管理专班,由项目负责人牵头统筹,吸纳电气、给排水、暖通、消防等各专业负责人参与,每周组织协同管理例会,统筹各专业施工进度,协调工序衔接事宜,及时化解管线冲突、作业面占用等问题。固化统一施工流程与工序顺序,结合装配式施工节奏明确各专业作业窗口期,制

定科学合理的管线避让原则,界定不同专业管线排布优先级,杜绝无序施工、抢占作业面等现象,保障施工高效推进。针对预制构件预埋、现浇节点衔接、管道竖井等多专业交叉作业重点区域,组织全专业联合技术交底,统一施工标准、工艺要求及质量验收规范,明确各专业衔接部位施工责任,消除专业间对接偏差,实现多专业有序穿插、高效推进。

3.4 质量通病专项防治与闭环整改

聚焦装配式电气施工高频质量通病,建立专项防治与闭环整改体系。针对预埋偏差、管路堵塞、接地不达标、强弱电干扰、成品破损等常见问题,结合工程实践经验制定专项预防措施,将防治要求融入施工方案编制与技术交底全过程,从施工工艺、操作规范、质量管控等方面实现源头防控。建立完善质量问题台账,详细登记质量问题具体表现、责任人员、整改措施及整改时限,安排专人跟踪整改落实情况,整改完成后组织专项复查,复查合格方可销项,形成发现登记整改复查销项的完整闭环管理^[4]。定期开展质量复盘工作,对施工过程中反复出现的质量问题进行根源分析,梳理工艺缺陷与管理漏洞,优化施工工艺与管控措施,完善质量管控体系,推动施工质量持续改进,降低质量通病发生概率。

3.5 施工安全与标准化配套管理

施工过程同步强化安全管控与标准化管理,推动质量与安全协同提升。现场临时用电严格落实三级配电、两级保护规范,合理布设临时用电线路,定期对配电箱、线缆等设施进行检查维护,及时消除漏电、线路老化等用电安全隐患,保障施工用电安全。高处作业、竖井作业、构件吊装等危险作业环节,要求作业人员配齐安全防护用品,落实安全防护措施,安排专人现场监护,杜绝违章施工行为,防范安全事故发生。推行现场施工标准化管理,统一电气管线布设方式、固定工艺及标识标牌设置标准,规范作业流程,确保施工过程规范有序、施工观感规整统一。同步推进资料标准化管理,按照竣工验收要求,及时整理技术资料、验收记录、调试报告、竣工资料等各类文件,保证资料填写规范、数据真实、内容完整闭环,全面满足工程竣工验收及资料归档需求。

4 工程实例应用与效果分析

4.1 项目概况

研究成果应用于某装配式住宅项目,总建筑面积12.8

万m²,含11栋18层装配式剪力墙住宅楼,预制率42%,涵盖预制墙板、叠合楼板、阳台及空调板等构件。电气系统包含高低压配电、照明动力、防雷接地、消防及弱电预埋等全分项,施工精度高、多专业协同难度大,为区域装配式示范工程。

4.2 项目施工难点与方案应用

项目初期沿用传统施工模式,出现预埋偏差、管线碰撞、管路堵塞、返工率高等问题,质量与进度难以达标。后期全面应用本文一体化施工技术 with 全过程管控体系,通过BIM前置深化、预埋工艺升级、节点标准化衔接、全周期质量管控及多专业协同统筹,彻底破解施工重难点,现场管理秩序与施工质量大幅提升。

4.3 应用成效与综合效益

实践表明,电气预埋一次验收合格率由82%提升至99%以上,质量通病发生率大幅下降,管路堵塞、点位错位等问题基本消除^[5]。施工工期缩短,返工损耗、材料浪费及人工成本显著降低,综合效益良好。项目一次性通过竣工验收,电气系统运行安全稳定,得到建设、监理及主管部门认可,验证了方案的实用性与推广价值。

结束语

机电电气一体化施工模式搭配全流程质量管控,能够适配装配式建筑建造需求。电气工程管控要落实前期深化、工艺改良、过程监管、专业协作多重举措,仅依靠后期整改难以解决现场固有问题。借助BIM规划管线布局,能够减少管线干涉与设计疏漏,精细化预埋及节点处理可以把控施工误差。整套管控模式还能平衡建造品质、建设周期与工程投入,在装配式建筑电气领域具备良好应用空间。行业发展形态正朝着工业化与数字化方向转型,建造各环节数据互联与协同作业会成为常态。相关从业者应当不断完善施工工艺和管控方式,助力装配式建筑行业稳步向好发展。

参考文献

- [1]GB/T51231-2016装配式混凝土建筑技术标准[S]
- [2]GB50303-2015建筑电气工程施工质量验收规范[S]
- [3]GB50057-2010建筑物防雷设计规范[S]
- [4]王强.装配式建筑机电管线一体化施工技术研究[J].施工技术,2021,50(12):78-80.
- [5]刘浩.BIM技术在装配式建筑机电安装中的应用实践[J].建筑科技,2022,6(03):45-48.