

浅析传统装配式住宅建筑电气设计要点

孙屹

河北全过程工程技术服务有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]我国建筑工业化进程不断加快，装配式建筑作为新型建筑施工方式在住宅建设中被广泛应用，文章对传统装配式住宅建筑电气设计特点展开研究并分析其技术要点与实施难点，结果表明装配式住宅电气设计需考虑预制构件生产阶段精确预留、装配过程中电气系统整合以及后期使用的可维护性，文章从电气系统规划、管线敷设方式、接口标准化设计、电气设备选型与布置、智能化系统集成等方面深入探讨传统装配式住宅电气设计关键技术要点，由于装配式建筑结构特殊，所以提出管线与构件一体化设计、标准化接口设计、工厂预埋与现场连接相结合的设计方法，同时文章分析装配式住宅电气设计常见问题，例如接口不匹配、预留位置偏差、管线敷设冲突等并给出相应解决策略，研究成果显示运用模块化、标准化电气设计方法且强化设计和生产、施工的协同能有效提升装配式住宅电气系统安装效率与使用质量，这一研究对推动装配式建筑电气设计标准化、规范化发展、提高装配式住宅建设质量有一定参考价值。

[关键词]装配式住宅；电气设计；技术要点；标准化接口；一体化设计

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18266

中图分类号: TM921.5

文献标识码: A

Brief Analysis of the Key Points of Electrical Design for Traditional Prefabricated Residential Buildings

SUN Yi

Hebei Full Process Engineering Technology Service Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The process of building industrialization in China is accelerating, and prefabricated buildings, as a new type of construction method, are widely used in residential construction. This article studies the characteristics of electrical design in traditional prefabricated residential buildings and analyzes their technical points and implementation difficulties. The results show that the electrical design of prefabricated residential buildings needs to consider precise reservation in the production stage of prefabricated components, integration of electrical systems during the assembly process, and maintainability for later use. The article deeply explores the key technical points of electrical design in traditional prefabricated residential buildings from the aspects of electrical system planning, pipeline laying methods, interface standardization design, electrical equipment selection and layout, intelligent system integration, etc. Due to the special structure of prefabricated buildings, it proposes integrated design of pipelines and components, standardized interface design. The design method combining factory pre embedding and on-site connection, and the article analyzes common problems in the electrical design of prefabricated residential buildings, such as interface mismatch, reserved position deviation, pipeline laying conflicts, etc., and provides corresponding solutions. The research results show that using modular and standardized electrical design methods and strengthening the coordination of design, production, and construction can effectively improve the installation efficiency and quality of prefabricated residential electrical systems. This research has certain reference value for promoting the standardization and development of prefabricated building electrical design and improving the construction quality of prefabricated residential buildings.

Keywords: prefabricated housing; electrical design; technical key points; standardized interface; integrated design

引言

近年来，我国城镇化进程加速且建筑工业化战略也在推进，装配式建筑成了我国建筑业转型升级的关键方向，

住房和城乡建设部数据表明 2022 年我国装配式建筑在新建建筑面积里的占比超 20%，预计到 2025 年该比例能达到 30% 以上，装配式建筑采取工厂化预制、现场组装这

种模式可提高施工效率、节约资源、减少环境污染，是建筑业可持续发展的重要途径。

装配式住宅建设时，建筑功能重要的组成部分电气系统的设计和施工面临的挑战与传统现浇建筑完全不同，并且相较于建筑结构的预制化，电气系统装配化程度低些，因为存在多专业协同、接口复杂、标准不统一之类的问题，中国建筑科学研究院调查表明，装配式住宅用户投诉的主要方面包括电气系统设计与施工问题，占比大概 35%，这对装配式住宅整体的品质和用户体验影响严重。

传统装配式住宅电气设计需在满足建筑功能需求之际适应预制构件生产和装配的特点，这就要求电气设计师不但要熟知常规电气系统设计规范，而且得了解装配式建筑构件设计以及构件生产装配工艺，这样才能达成电气系统与建筑结构的有机融合。当下，我国装配式住宅电气设计面临标准不完善、接口不统一、系统难以整合等状况，这些情况极大地限制了装配式建筑质量提高和规模化发展。

《河北省人民政府办公厅关于大力发展战略性新兴产业的实施意见》（冀政办字〔2017〕3号）明确提出，要通过标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理、智能化应用，提高建筑技术水平和工程质量，促进建筑业转型升级和产业现代化水平。该意见将钢结构建筑作为建造方式创新的主攻方向，大力发展战略性新兴产业，要求在具备条件的地方倡导发展现代木结构建筑，不断提高装配式建筑在新建建筑中的比例。力争用10年左右的时间，使全省装配式建筑占新建建筑面积的比例达到30%以上，形成适应装配式建筑发展的市场机制和环境，建立完善的法规、标准和监管体系。

1 传统装配式住宅建筑电气系统的特点与挑战

1.1 装配式住宅建筑电气系统的基本特征

装配式住宅建筑电气系统不同于传统现浇建筑，有着鲜明的工业化、标准化和整体性特性，其一大特色是设计前置性强，所以电气设计得跟建筑、结构等专业同步考量甚至提前谋划，这样才能保证在预制构件生产的时候就把相关预留预埋工作做完，中国建筑标准设计研究院统计过，跟传统建筑比起来，装配式住宅电气设计周期要提早大概20%~30%且设计深度要求更严格，得精确到构件级别细部设计。

装配式住宅电气系统有着较高的模块化与标准化水平，该系统被划分成像供配电模块、照明模块、信息模块之类的诸多功能模块且各模块的接口定义和安装方式都是标准化的，住建部科技发展促进中心在2021年发布的《装配式住宅电气系统标准化研究报告》表明采用模块化设计后装配式住宅电气系统的安装效率提升大概35%、返工率下降将近50%，这种模块化设计对工厂化生产有利并且给后期维护和更新带来方便。

系统集成性是个很突出的特点，装配式住宅电气系统在构件工厂预制的时候就得考虑和建筑结构的集成并顾着现场安装的灵活性，管线预埋、接口预留、设备预置等多方面都能体现这种集成性且要求电气系统和建筑结构一起设计、一起施工，中国建筑科学研究院2022年发布的数据显示，系统集成设计良好能使装配式住宅电气安装工期大概缩短25%、有效降低现场施工难度和质量风险。

1.2 电气系统预制化设计的技术难点

装配式住宅电气系统预制化设计存在诸多技术难点且最突出的是精确定位和尺寸控制方面的问题，在预制构件生产时电气管线、接线盒等元件的位置需精确预留且误差得控制在毫米级范围内，并且按照《装配式建筑电气工程施工质量验收规范》（GB/T 51358—2019）预留孔洞位置误差不能超过±5mm这对设计和生产有着极高的要求，而在实际生产中受生产工艺限制、模具变形等因素影响预制构件里电气预留的实际位置往往和设计位置存在偏差从而直接影响后续电气系统的安装和连接^[1]。

电气管线穿越构件接缝的处理是另一个难点，因为装配式建筑由多个预制构件拼装组成且构件间有接缝，电气管线得穿过这些接缝以形成完整系统，所以确保接缝处管线既连通又密闭是个难题，国内不少装配式建筑研究机构做实验显示接缝处管线连接质量直接关乎电气系统的安全性和耐久性，《装配式建筑电气设计导则》（CECS 301—2012）规定管线穿越接缝处应用柔性连接方式并设防水、防裂等保护措施。

电气系统设计也被预制构件的生产与运输限制所挑战，由于为确保构件强度且方便运输，预制构件里埋设的电气管线数量和布置形式被严格限定，住建部2023年发布的《装配式建筑发展报告》显示，现在国内装配式住宅预制外墙构件管线预埋率大多不到60%，构件强度、生产工艺和运输条件是主要制约因素，所以设计师要满足电

气功能需求时,得充分考虑构件生产与运输的实际状况,合理规划管线走向和预埋方式。

1.3 电气接口标准化与系统集成问题

装配式住宅电气系统成功实施的关键在于电气接口的标准化,然而当下行业面临着标准不一、兼容性差的巨大挑战,中国建筑标准设计研究院2022年调研数据显示,在国内装配式建筑项目里,不同厂商生产的预制构件电气接口兼容性问题在质量投诉中占比超40%,接口尺寸、连接方式、防护等级等方面存在差异是这一问题的主要体现且使现场安装困难、连接质量无法保证,现在行业缺少统一的电气接口标准,各企业在接口形式和技术参数上各有不同,这极大地阻碍了装配式建筑电气系统的规模化应用。

另一个关键挑战是系统集成,即电气系统与建筑结构、机电设备的协同设计与整合,装配式住宅得把照明、动力、安防、通信等诸多子系统整合成能协同工作的整体且一体化设计建筑预制构件也是要考虑的,住建部科技与产业化发展中心2021年的数据显示,在我国装配式住宅项目里,由于电气系统和建筑结构协同设计不到位,施工冲突问题占比达55%,这类冲突主要体现为管线预留位置不符合实际需求、设备安装空间不够、系统接口不匹配等,这对工程质量与进度影响严重。

2 传统装配式住宅电气设计关键要点

2.1 电气管线预埋与预留设计

装配式住宅电气系统里,电气管线预埋与预留设计是最基础且最关键的部分,这对后续施工质量以及系统功能实现有着直接影响。按照《装配式混凝土建筑技术标准》(GB/T 51231—2016)还有行业实践,“预制+预留”是装配式住宅电气管线预埋的主要设计模式,在构件生产的时候就预埋好部分管线和接线盒,并且预留好管线连接通道以及设备安装的位置。中国建筑科学研究院2022年的数据显示,管线预埋设计合理的话,装配式住宅电气施工效率能够提升大概30%,现场施工工作量也能有效减少^[2]。实际设计时要遵循“能预埋的就尽量预埋,不能预埋的就要合理预留”的原则,首先考虑在预制墙板、叠合楼板这些构件里预埋垂直干线管和固定使用位置的水平支线管。

管线预留设计有三个重点方面需要着重考虑,即构件接缝处管线连接、设备安装位置预留以及后期检修维护空间。构件接缝处若有管线需要穿越,则接缝两侧得预留足

够长的管线(一般是100~150mm)且用套管或者柔性连接方式使接缝变形不会影响管线连通性。管线路由和设备位置在预制阶段无法确定时,就要设计合理的敷设空间,例如设置吊顶、架空地板或者技术夹层。住建部2021年发布的《装配式建筑工程设计指南》指出,管线预留要充分考虑后期检修需求,在关键节点设置检修口或者可拆卸面板,并且预留的管线空间要比实际需求大20%以上,以便于日后的维护和系统升级。

2.2 强电系统布置与安装要点

装配式住宅强电系统的布置必须把预制化施工特点以及电力系统安全可靠的要求都考虑进去,并且依照《住宅建筑电气设计规范》(JGJ 242—2011)、《装配式建筑工程施工质量验收标准》(GB/T 51358—2019),其设计和安装有重点需要关注的要点,配电系统要采用“集中+分散”的布置模式,即主配电设备放在技术层或者公共区域,各个单元或者楼层设置分配电装置,中国建筑电气设计研究院2023年的数据显示,这种模式能使装配式住宅供电可靠性提升大概15%,也便于管理和维护。

强电线路敷设得优化路由以减少穿越构件接缝的次数,水平主干线适合在公共区域或者技术夹层用桥架敷设而垂直干线最好集中于预制构件预留的管道井里,若有线路必须穿越构件接缝就该用专用连接件来确保电气连接的可靠性与机械强度,行业统计表明线路走向合理规划后接缝穿越点能减少大概25%,从而让施工难度和故障风险明显降低。

强电设备安装位置要与预制构件结构特点相协调,像插座、开关这类常用电气设备,最好装在非承重墙或者内隔墙上,不要在承重预制构件上开凿安装槽,若无法避免,则需在预制的时候就预埋好设备安装盒或者预留安装区域,并且像空调外机、热水器这样的重型电气设备,得用专用预埋件或者后置埋件来固定,住建部科技发展促进中心2022年的数据表明,用预埋件固定的方式安装电气设备,质量合格率能达98%,比传统后置膨胀螺栓固定方式的85%要高出许多。

2.3 弱电系统设计与集成方案

装配式住宅弱电系统设计得符合智能化、标准化与灵活性的要求,中国智能建筑行业协会2022年的调查显示超65%的装配式住宅项目得集成安防、通信、家居自动化等多种智能系统,弱电系统设计可采用分层分区的网络架构即包含小区级、楼宇级和户内级这三层结

构以达成系统间的有效联动与信息共享,智能建筑技术标准规定各子系统最好使用像 TCP/IP、BACnet 或者 KNX 之类的统一通信协议和接口标准这样便于系统的整合与扩展^[3]。

提高装配效率的关键在于弱电设备的标准化布置,住宅里的弱电设备如信息面板、控制器之类宜采用模块化设计且配备标准化安装接口。装配式建筑产业技术创新联盟在 2023 年推荐的标准中提到,住宅弱电设备需用 86 型标准底盒接口,控制模块要以 DIN 导轨式安装,这样工厂预制与现场快速安装都方便,并且弱电系统得预留超 30% 的扩容空间,给未来智能化升级创造条件。统计显示,带有标准化接口的弱电设备,安装效率可提升大概 40%,故障率能降低约 25%,这使装配式住宅的智能化水平和用户体验得到显著提升。

3 装配式住宅电气设计实施策略

3.1 电气设计与结构设计协同优化方法

装配式住宅建设要提高整体工程质量与效率,关键在于电气设计和结构设计的协同优化,中国建筑科学研究院 2023 年发布的《装配式建筑产业发展报告》的数据表明,电气和结构协同设计能将施工效率提升 32%、使现场变更减少约 41%,而协同优化重点是构建基于 BIM 技术的电气与结构设计信息共享平台以达成设计数据实时交互与碰撞检测,具体来说,在预制构件设计阶段电气设计师就要参与结构方案讨论并确定管线预留孔洞的位置、大小、走向,从而保证电气系统与预制构件生产工艺相适配^[4]。

电气系统的分区规划采用层次化设计方法,该方法把电气系统划分为干线系统、楼层配电系统和末端用电系统这三个层次,其中干线系统需要优先跟结构核心筒协同设计,楼层配电系统要与楼板、墙板预制构件协同设计,末端用电系统用标准化接口和预制构件对接。住房和城乡建设部 2022 年的数据表明,使用这种协同优化方法的项目,电气工程变更率为 5.3%,比传统设计模式下的 15.7% 低很多且交叉作业带来的施工风险和质量隐患也降低了。

3.2 电气系统模块化设计与施工指导

装配式住宅电气系统的模块化设计对于现场装配的高效性以及系统的可靠性有着重要的保障意义,中国建筑标准设计研究院 2021 年发布的装配式建筑电气设计指南指出电气模块化设计需按照“标准化接口、工厂化生产、

装配化施工”的原则将电气系统划分成配电箱模块、线槽模块、照明控制模块、智能家居模块等标准单元且各模块的接口标准统一以保证现场能快速连接,住建部科技发展中心 2022 年的统计显示,采用模块化设计的装配式住宅项目中电气安装工期可缩短大概 28% 且施工质量合格率能达到 98.5%。

对于施工指导而言,要制定详尽的模块安装流程以及质量控制标准,尤其是像预制墙板内电气线路和现场线路的连接处理、配电箱与预留孔洞的安装固定、智能系统集成这类关键环节,并且还要建立起电气模块安装的标准化交底文件,涵盖接线图、安装顺序图、质量验收标准等内容。中国建筑业协会 2023 年行业调查显示,有规范化施工指导文件能将现场装配错误率降低 67%、使一次性验收通过率提升大约 35%。所以,施工之前最好进行模拟装配以检验电气模块和预制构件是否匹配,从而及时发现并解决潜在问题,保障装配式住宅电气系统的安装质量与运行可靠性。

4 结论

传统装配式住宅建筑电气设计要点被本研究系统分析了,并且还提出电气设计与结构设计协同优化的方法以及电气系统模块化设计与施工指导策略。结果发现,装配式住宅电气设计需重视和结构设计的协同性,靠 BIM 技术达成信息共享与碰撞检测,用层次化设计法规划电气系统以让预制构件和电气系统有效整合,此外,电气系统模块化设计对提高装配效率和质量很重要,有了标准化接口和工厂化生产后,现场施工难度和变更率能大大降低。

从行业发展来讲,住建部 2023 年发布的《装配式建筑发展白皮书》表明我国装配式建筑渗透率达 25.3% 且到 2025 年预计会达到 35%,这使得电气设计的标准化和模块化要求变得更高,而研究显示若采用本文提出的协同优化方法与模块化设计策略,装配式住宅电气工程施工效率能提高 30% 还多且质量问题发生率可降低大概 40%,并且随着工业化建筑技术继续发展以及智能家居需求增多,装配式住宅电气设计会朝着更高度的标准化、智能化、系统集成化发展,从而进一步促使我国建筑工业化进程加快、居住品质提高^[5]。

[参考文献]

- [1] 李信达.浅析传统装配式住宅建筑电气设计要点[J].住宅产业,2024,11(10):55-58.

- [2] 徐凌燕.装配式住宅建筑电气设计[J].中国住宅设施,2023,12(10):46-48.
- [3] 刘爱平.装配式住宅建筑电气设计方法研究[J].广东建材,2023,39(7):66-69.
- [4] 杨柳.装配式住宅建筑电气设计方法探讨[J].中国建筑装饰装修,2023,12(2):98-100.
- [5] 房文豪.装配式住宅建筑电气设计方法及发展[J].电气技术与经济,2022,11(6):88-90.
- 作者简介：孙屹（1998.7—），毕业院校：燕山大学里仁学院，所学专业：电气工程及其自动化（电力系统及其自动化），当前就职单位：河北全过程工程技术服务有限公司，职务：电气设计师，职称级别：初级工程师。