

# 装配式住宅建筑电气设计方法研究

陶爱云

吉安市建筑设计院

**摘要：**装配式建筑是由预制部品、部件在工地装配而成的建筑，以工厂预制化生产、现场装配化施工为模式，以标准化设计、构件化生产、装配化施工、一体化装修和信息化管理为特征，集成了设计、工业化生产、现场装配化施工各个业务领域的特点，可以实现建筑的节能、环保、全生命周期价值的最大化。装配式建筑是全专业全过程的系统集成结果，以工业化建造方式为基础，可以实现结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统四大系统的一体化，以及策划、设计、生产与施工的一体化。装配式建筑强调少规格、多组合的设计标准化；高质量、环保的生产工厂化；减少湿作业的施工装配化；基于BIM协同和条码的管理信息化；安全、便捷的技术智能化。近年来，随着经济社会的快速发展，用电设备不断更新，各类规范正在逐渐完善。为此，针对装配式建筑，必须着眼于电气设计，使设计更合理、科学，以提高建筑的安全性。

**关键词：**装配式；建筑电气；设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.08.092

随着建筑工业化的发展，我国多次提出发展装配式建筑的政策要求，多个省市也下发了具体实施意见，到2025年，我国新建建筑装配率需达到50%。电气专业作为装配式建筑中的重要部分，直接关系到后续施工效果，但由于预制混凝土（PC）构件内预埋管及预埋接线盒的数量、定位尺寸经常出现错误，而生产阶段是一步成型的，施工阶段易出现问题，因此预制构件的电气设计方法仍需不断完善。

## 一、推广装配式建筑的意义

### （一）满足节能减排要求

有关资料显示，在预制件系数超过90%时，工地上的模板使用率将会降低85%，而脚手架的使用率将会降低50%，在材料上，钢材和混凝土的使用率分别降低2%和7%，能源消耗也会大幅降低（电力节省10%，节水40%）。相对于传统建筑方式，装配式建筑在节能和减排上全面领先。

### （二）提升施工、设计水平

通过标准化设计，以系列化、工业化为基础的预制装配型建筑可确保构件与部件的品质平衡，使结构尺寸精度最大化，确保后期装饰及设计部件的质量。随着社会生产的集约化，农村实施规模化建设，机械化代替人工，社会化和规模化生产成为当务之急。在大规模的装配式建筑中，采用机械设备取代人工进行现场维护，可以消除传统施工的安全隐患，提高建筑的质量和性能。

标准化、模块化的机电产品充分体现了“整体的设

计，工厂的制造，装配式施工，信息化管理，智能化应用”，可以将BIM技术应用于图纸的深化设计，通过综合考虑各个专业的施工技术和施工过程，对设备和管线进行合理分段，然后在工厂预制成模块化机电部品，最后运输至工地现场进行装配化施工。与现场施工、焊接、安装相比，现场施工不需明火作业，极大地降低了施工的风险，提高了安装的效率，节省了人力和材料的费用，提升了设备的安装精度，进而缩短了施工周期，提升了安装质量。

### （三）便于维修更换

在不影响主体安全的前提下，装配式建筑中的设备与管线和主体分离、管线分层，便于维修更换。所有功能空间的固定面装修和设备设施全部安装完成，可以达到建筑使用功能和建筑性能的状态。应用综合管线集成技术，可以利用内间系统内部空间敷设各系统管线，使住宅支撑体系的结构体与填充体系的各系统管线完全分离，便于日后维修更换。

## 二、装配式建筑的电气设计流程

在传统建筑中，电气设计的一般过程是确定整体规划；装修设计，后期再进行精装深化设计，对原有方案进行修改。装配式建筑的设计程序包括科学论证方案，促进项目设备的优化配置；做好室内的精装定位，按照精装设计要求进行电气设计；各方确定设计成果，通过深化设计，对图纸进行优化；构件厂根据深化图纸生产加工。

在装配式电气设计中，应在方案确定阶段确定电源线与预制件之间的联系；在施工图设计阶段，按照精装要求实现规范设计、规范安装<sup>[1]</sup>；在深化设计时，应在预埋管箱中预留空洞，并根据客户的需求预留线路槽等，这需要由专业的装配型设计师完成；最终，经过室内设计、电气、PC设计及制造厂商等多方的确认，由各厂家进行生产和加工。

## 三、装配式建筑的电气设计要点

### （一）施工图设计

在对装配式建筑的电气图纸进行初步设计时，首先要确定总体设计方案，在具体的设计中，有关设计者必须在预制构件的设计中清楚地标明预制构件的位置、预留的孔洞数量和孔洞的位置，确保预制管道的使用。在预装部件中，必须对配电箱和插座等设备进行精确的定位；在预留空位时，设计者必须标注出空位的高度和位置，以便在以后的工程中将预埋件与预埋件相连<sup>[2]</sup>。在完成初步设计后，设计师应该重新审视整个设计方案，以便及时找出设计中的缺陷。

### （二）电井位置的选择

在装配式建筑的电气设计中,电井位置的选择是最关键的一个环节。通常情况下,尽量将电井布置在负载中心,这既可以缩小电力系统的供电范围,又可以降低有色金属的消耗,提高电力品质,满足各方面的需要,有效防止电力消耗。从设计者的角度来看,在选择电井时,应综合考虑各种因素,以防止在预制构件区域布置电井。预制装配式建筑的电井部件在工厂内进行加工和组装,在施工过程中要尽量减少开凿、凿洞等对其的影响,避免破坏结构的稳定性,提高安装工程和电气设备的运行风险,危及居民的生命安全。另外,由于电力井内的电力管道很多,为了避免在预制板上预先埋设大量管道,必须对电井内的管道进行科学的处理<sup>[3]</sup>。

### (三) 防雷设计

以某十二层住宅建筑为例分析防雷设计要点。按照规范要求,该十二层住宅建筑的防雷等级为三级。在房屋屋顶利用 $\Phi 12$ 镀锌圆钢作为接闪器,屋顶接闪带连接线网格不大于 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 或 $24\text{m}\times 16\text{m}$ 。屋顶所有接闪装置连接成电气通路,不同标高接闪带用镀锌扁钢连接,女儿墙铝合金压顶作接闪器与引下线连接。利用所有预制剪力墙现浇边缘构件内主筋作防雷引下线,边缘构件内2根直径不小于 $\Phi 10$ 的主筋从接地网至女儿墙铝合金压顶通长焊接。所有暴露于屋面的金属管道、金属爬梯、金属栏杆、建筑装饰金属构件及设备金属外壳、钢构架等金属体,均就近与防雷装置相连。

金属栏杆、金属门窗、钢构架等金属物通过金属预埋件、支撑构件与防雷装置可靠连接。外墙内、外竖直敷设的金属管道每三层与混凝土结构内钢筋通过预埋件互相连接,并在其顶端和底端与防雷装置等电位连接。由于预制墙下连,钢筋并不相连,钢筋用套管注浆纵向连接,必须在预制墙柱中增加1根导线,然后用钢筋焊接联通预埋件内部,并将其与其他预埋件内的导线联通,从而使附加导线与其他预埋件内部的导线进行电连通。

### (四) 点位预留设计

无论是接线盒还是箱体,在进行点位预留时,应按预定的模数进行精确的定位,以保证预留部件的标准化、标准化。在预制墙壁上安装开关、插座等与电力系统有关的设施时,应事先预留安装在墙壁上的接线箱,并优先选用86型接线箱。对于需要安装在地面上的装置,也要留出深式接线箱的空间,以保证接线箱与管道的可靠连接。在接线箱定位后,应经电力专业人士鉴定,并经结构专家审核,如有问题,应立即处理。

### (五) 户内配电箱位置的选择

合理调整优化户内强弱电箱的位置,既要美观,又要保证使用方便。装配式建筑一般都有一个配电箱,为了便于维护,一般安装在套内靠近住宅公共区域的位置。在走廊和其他地方,各层的电源柜位置都一样,但因为电源柜的体积太大,而且箱体中的管道数量较多,很难保证其结构的安全,应尽量避免在预制的墙壁和承重墙上安装配电箱。若工程全部采用预制构件,需在预

制构件上安装配电箱,则应按设计尺寸预留孔洞,既能确保工程质量,又方便后期维修保养。

### (六) 预埋电气管线设计

预埋件中的接线盒、电线的沟槽等应在电路图上标明并标记位置。针对预先埋入预制件的电力管道部件,线槽、线路等应作详尽的描述,并详细介绍其连接方式。针对在预埋件内预留的施工设备、建筑电气线路等应采取防火保温措施。在建筑物的电气深化设计中,应使用相应的软件进行管道的碰撞测试,以避免发生重叠、交叉。将管道埋设在现浇层中,管道防护厚度不得低于 $15\text{mm}$ 。

在实际应用中,在灯具、开关、消防探测器的管线敷设安装中,项目墙体可以选用水泥基复合夹心墙板。若按照常规设计,梁中线与墙中线重合,管线从楼板往下预埋敷设,需在预制件工字梁翼缘处开洞。但工字钢梁开洞时,需要在开洞位置加补墙板,使工字梁制作过程烦琐复杂,增加工程造价,同时延长了制作周期。通过在设计初期与建筑、结构、甲方、施工方的多方沟通,采取管线避开翼缘方式,工字梁偏移,管线避梁敷设,如图1所示。

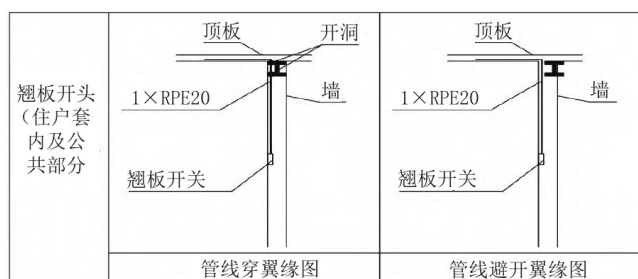


图1 管线过翼缘示意图

### (七) 变配电系统设计

在设计变配电系统时,必须清楚了解项目状态和特征,以便确定用电性质和供电容量。同时,建筑用电需要采用变配电室统一配电,由变配电室放射引至各分配电箱,由分配电箱提供设备电源。变电所应位于负荷中心附近,需要考虑供电半径,注意供电电缆电压降。采用节能型干式变压器时,需要控制变压器工作负载率,以保证变压器经济运行。

### (八) 照明设计

在进行装配式建筑照明设计时,必须按照国家有关法规和标准进行,根据照度要求科学选用光源,避免产生资源浪费。在充分利用光能资源的同时,采取合理的节能措施<sup>[4]</sup>。在选择照明强度和功率密度时,应遵循国家有关法规和标准,以免发生问题。可以采用LED绿色光源,LED光源有更高的光效和更长的使用寿命,可以降低项目的造价,达到节约能源和保护环境的目;利用智能照明控制器可以随时动态地掌握照明状态,并根据公共区域的光照情况进行严密控制,达到节能发展的目的。

### (九) 公用设施电气配套节能设计

在公用设施的电气配套设计中,必须保证节能性,

达到节能减排的目的。在进行防雷和用电设备的接地设计时，要综合考虑建筑的工程性能，保证其本身的防雷效果符合防要求和规范。在进行绿色建筑项目的设计时，要坚持绿色、节能的设计思想，从可持续发展的观点出发，加大对绿色建筑的宣传力度，以减少能耗，降低总建设费用。

### (十) 防火设计

根据《建筑设计防火规范（2018年版）》（GB 50016—2014）第10.1.10条和《火灾自动报警系统设计规范》（GB 50116—2013）第11.2条规范的规定，工程

中所有管线在吊顶内敷设时全部为钢管，吊顶内管线穿钢管敷设，金属线槽穿过防火隔墙及防火楼板时，采取防火隔离措施。不同电压等级的线缆不应穿入同一根保护管内，当合用同线槽时，线槽内隔板分隔。

在实际工程中，住宅公共区域和商业建筑的所有消防电源及火灾自动报警系统管线常为钢管敷设，楼板会出现设备管线交叉的情况。由于敷设过程中钢管不能弯曲，同时受叠合板钢筋桁架高度限制，造成穿行困难。需要在公共区域选用混凝土现浇，某工程中一段预制楼板的侧视图如图2所示。

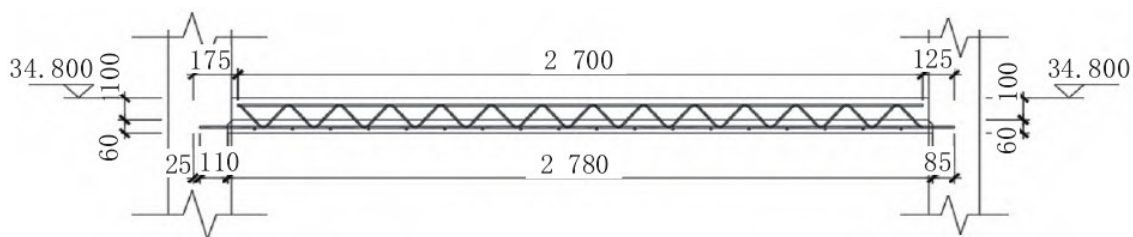


图2 工程中某段预制楼板的侧视图（单位：mm）

## 四、装配式建筑智能化技术应用

随着智能化和信息化的不断发展，将智能化技术应用于装配式建筑已成为新时代装配式建筑发展的新趋势。BIM技术是建筑智能化与信息化的产物，贯穿于整个项目建设周期，即包括设计、生产、建造、运营维护的全生命过程。BIM技术的可视化、协调性、模拟性、优化性、可出图性、信息完备性、一体化和参数化等特点，将对装配式建筑在设计、生产、建造和运营维护的全过程产生巨大的影响。

### (一) 设计方案优化

BIM技术可以实现各专业并行协同设计，系统信息实时更新交互，同时可以自动检查各专业之间的碰撞情况，代替人工绘制图纸过程中的碰撞考虑，使装配式建筑电气、智能化设计中的预留开关、线盒、管线、洞口设计更加准确合理。生成的碰撞检测报告，按照“检测→优化→再检测”的原则，不断完善设计方案，以保证装配式生产和施工的顺利进行。且三维视图更有利于设计模型可视化，从而提高设计精度和设计效率。

### (二) 生产精度优化

生产工厂在生产PC构件时可以通过BIM模型了解到各个构件的全部属性信息，通过标准化构件生产与3D打印等核心技术的集成作业，快速进行PC构件的规模化打印生产，提高构件精准度。

### (三) 施工进度优化

通过BIM三维模拟施工，预留开关、线盒、管线、洞口与结构钢筋或其他专业设备等是否冲突都一目了然。完成现浇预制模型以及现浇节点深化后，利用BIM可视化技术提前模拟现场装配，避免预制构件与现浇连接节点位置碰撞问题发生。同时还可以综合各种碰撞结

果，自动选取最优安装及施工方案。

### (四) 运营维护控制优化

基于BIM模型，整合项目各参与方和项目各阶段数据的信息至BIM数据库中，后期运营维护人员拥有访问该数据库的权限，利用BIM数据库的完整性和准确性，可以掌握建筑各种设备的实际运行情况，基于此进行运行状态的调整与各专业设备的维护，实现运营维护工作的可视化和智能化，构建完整的装配式建筑全生命周期控制体系。

## 五、结束语

综上所述，装配式建筑产业发展迅速，但由于其电气设计、电气设备等方面的缺陷，以及技术上的不成熟，国家、设计人员需要给予高度关注，开展电气设计的全面研究，通过科学、合理的设计对设计各个环节进行有效控制，不断提升设计水平，以满足装配式建筑的电气设计需求，提升装配式建筑的质量。

### 参考文献

- [1] 中国建筑东北设计研究院有限公司. 民用建筑电气设计标准: GB51348—2019[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
- [2] 中国建筑标准设计研究院. 住宅建筑电气设计规范: JGJ 242—2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [3] 国家能源局. 居民住宅小区电力配置规范: GB/T 36040—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [4] 应急管理部沈阳消防研究所. 消防应急照明和疏散指示系统技术标准: GB 51309—2018[S]. 北京: 中国计划出版社, 2019.