

预制装配式建筑中电气设计与配套技术研究

徐黎鹏

(深圳市光明人才安居有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要 预制装配式建筑是建筑工业化的重要发展方向, 其电气设计与传统建筑存在显著差异。本文分析了预制装配式建筑电气系统的设计要点, 包括变配电系统、照明系统、防雷与接地系统及智能化系统的设计原则与措施。同时, 探讨了预制装配式建筑电气配套技术, 如电气预埋技术、户内综合管线优化技术、预制构件电气孔洞预留技术及装配式施工技术。最后, 通过工程案例分析, 总结了预制装配式建筑电气设计与施工的关键技术, 旨在为相关工程提供参考。

关键词 预制装配式建筑; 电气设计; 节能; 装配式施工; 预制构件

中图分类号: TU85

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)12-0121-03

近年来, 随着建筑工业化和绿色建筑理念的深入推广, 预制装配式建筑逐渐成为建筑业的发展趋势。与传统现浇建筑相比, 预制装配式建筑在设计理念、结构形式、施工工艺等方面存在显著差异, 对建筑电气系统的设计与施工提出了新的要求。为保证预制装配式建筑的电气品质及使用功能, 需要针对其特点优化电气设计方案, 创新电气施工工艺。

1 预制装配式建筑中的电气系统设计

1.1 变配电系统设计

预制装配式建筑的用电负荷与建筑规模、使用功能密切相关。电气设计需要通过计算分析, 合理确定变配电容量, 优化变配电方案。就目前工程实践来看, 预制装配式建筑多采用“总配电一分区配电一楼层配电”的多级配电系统。总配电装置宜设置在靠近负荷中心的区域, 以降低线路损耗, 提高供电可靠性^[1]。考虑预制构件吊装、装配的施工需求, 应合理选择配电设备的空间布置, 并预留足够的检修通道。

在配电系统的设备选型上, 应因地制宜地优选节能环保型产品。对于大型公共建筑, 可采用 SCB11 型干式变压器, 提高供电效率, 降低噪声污染。对于住宅建筑, 可采用节能型配电变压器, 其空载损耗和负载损耗均可降低 20% 左右。同时, 应提高配电系统的自动化水平, 采用无功就地补偿、谐波治理装置等, 确保电能质量满足建筑使用要求。

配电线路的敷设是预制装配式建筑电气设计的难点之一。传统现浇建筑多采用暗敷方式布置线管, 而预制构件因吊装、运输需要, 不宜在内部预埋过多线管, 一般多采用明敷或桥架敷设。线路敷设要综合考虑建筑平面布置、结构类型及装饰装修需求等因素, 在满足安

全用电的基础上, 提高线路敷设的经济性与美观性^[2]。

1.2 照明系统设计与节能措施

针对不同空间的功能需求, 选用高效节能的灯具产品。对于公共空间如门厅、大堂、会议室等, LED 灯具凭借高显色性、低能耗、寿命长等优势, 成为照明首选。住宅建筑内则可因地制宜地采用节能型荧光灯或 LED 灯具。

灯具布置要从建筑空间形态和使用需求出发, 在满足照度要求的基础上, 提高灯具利用率, 避免过度照明。如在狭长空间可采用带状灯具, 在大空间可采用投光灯, 在吊顶处可嵌入灯具等。

白天充分利用自然光是降低照明能耗的有效措施。如在采光良好的空间增设光导管, 引入自然光; 在外窗设置反光板, 改善室内采光质量; 合理布置照明控制回路, 靠窗区域可独立控制, 自然光充足时可自动关闭照明等。

根据房间空间的位置条件和使用时间, 将照明回路划分为若干控制区域, 并安装智能控制装置。当房间无人时, 照明可自动关闭; 当自然光充足时, 可自动调光。采用分区控制, 可实现照明“按需供给”, 避免能源浪费^[3]。

表 1 给出了几种典型建筑空间的照明功率密度限值, 这是照明节能设计的重要依据。在满足照度要求的基础上, 可通过优化灯具选型与布置、加强智能控制等措施, 将照明功率密度控制在限值以内。

表 1 不同建筑空间的照明功率密度限值 (W/m²)

类别	停车场	办公室	教室	餐厅	商场
现行值	4	9	11	10	13
目标值	3	8	10	9	12

1.3 防雷与接地系统设计

依据建筑高度、地理位置、周围环境、建筑类别等因素，参照规范确定建筑物的防雷等级，并采取相应的防雷措施，一般房屋建筑物的防雷等级多为三级，设置避雷带或避雷网。

在建筑屋面、外墙等处敷设钢结构时，应重点考虑其防雷功能，将其作为接闪器和引下线的一部分，对于预制装配式建筑，钢结构件的可靠电气连接是确保防雷系统完整的关键^[4]。

利用建筑物外墙钢筋或单独敷设引下线，引下线平均间距不宜大于25 m，预制外墙构件内可预留电缆孔洞，引出钢筋作为引下线，再与基础圈梁可靠连接。

预制装配式建筑宜采用混凝土基础内钢筋及基础底板钢筋作为天然接地体，并与引下线可靠连接，地下室顶板、底板钢筋应分别设置钢筋网并可靠连接。

预制装配式建筑的高度、跨度一般较大，电气贯通部位较多，在设计和施工时需重点做好防雷及其接地连通，如预制外墙与现浇部分、预制阳台与主体结构、金属管线出入口等部位，必须采取可靠的电气连接措施，确保电气安全^[5]。

2 预制装配式建筑电气配套技术

2.1 电气预埋技术

预制构件中电气线管、箱盒等预埋件的施工质量直接影响电气系统的安全性与可靠性。传统施工多采取先埋线管再灌注混凝土的湿作业方式，而预制构件生产需采用精准定位的套筒预埋等干作业工艺，对预埋件规格、定位精度、固定稳定性提出了更高要求。

围绕装配整体式剪力墙结构体系开发的“免定位”电气预埋技术是近年来的研究热点。传统预埋件安装需要测量放线，工序繁琐，易出错。“免定位”电气预埋技术的核心是在预制构件模具上预置定位装置，预埋件采用专用胶座固定在模具预置的安装位置上，从而实现免除现场放线测量，工厂化装配定位。该技术可显著提高预埋定位精度和施工效率。

2.2 户内综合管线优化技术

户内综合管线包含强电、弱电、给排水等各类管线，设计与施工的合理性、规范性直接关系到建筑的使用功能。预制装配式建筑采用叠合楼板等新型楼板形式，板厚较薄（60~80 mm），内部管线易发生交叉碰撞，给线管铺设带来困难。

优化户内综合管线首先应统筹协调各专业管线，强电线管应独立敷设，与其他管线保持足够间距，管线平行敷设时净距不应小于20 mm，交叉敷设时净距不

应小于10 mm。管线竖向敷设时，应沿墙或叠合板边缘敷设。当板厚受限时，应采用扁平桥架，电气配管应适当错开。

2.3 预制构件电气孔洞预留技术

预制装配式建筑构件之间需预留电气管线孔洞，以实现线路及设备互连。孔洞预留需在深化设计阶段统筹考虑，并采用BIM等信息化技术手段，对孔洞的规格、位置、数量等进行优化，提高预留精度。

在预制构件生产中，可采用模数化定位技术，对常用规格孔洞进行标准化设计，形成孔洞库。现场施工时，利用激光测距仪等工具校核孔洞偏差，偏差值控制在3 mm以内。同时，可在构件连接缝预留敷设槽，作为管线铺设的补充通道。

孔洞预留的合理性是装配式施工顺利进行的关键，设计和生产阶段应高度重视。尤其是在叠合楼板与预制墙板连接处，需在预制墙体上部预留线盒或检修口，在叠合板上预留对应的检修孔，以便施工中管线连通及后期维修。

表2列出了预制外墙常用孔洞的规格及数量要求。基本孔洞主要用于穿线及线盒安装，而附加孔洞兼顾装修或设备安装需要。孔洞的定位应避免墙体抗震配筋区，并应设置加强钢筋，避免应力集中。孔洞的具体形式和布置要综合考虑建筑功能、立面效果、构造安全、节能要求等因素，既要满足电气使用功能，又要减少对结构的削弱。

表2 预制外墙常用电气孔洞规格

孔洞类型	规格 (mm)	数量 (个/户型)
基本孔洞圆形	直径 75 ~ 100 mm	6 ~ 10
附加孔洞方形	150 × 150 mm	1 ~ 2

2.4 装配式施工技术

预制装配式建筑施工需统筹协调土建、机电、装修等专业，优化劳动组织和施工工艺，提高施工效率。装配式施工应以构件吊装及连接为主线，合理穿插机电管线及设备安装等工序。

构件吊装前，应对预留孔洞和预埋件进行复核，对照图纸检查规格尺寸及偏差，必要时进行修补。构件制作精度是关键，建议采用数字化智能生产线，工厂化加工，运用机器人焊接、喷涂等工艺，减少人工操作引入的偏差。

吊装就位后即可开展部分管线敷设工作。如预制外墙与楼板在户内的接缝处，可敷设桥架作为强弱电穿线通道。同时，应及时做好预埋管与预埋管、预埋盒与墙体管线的连接施工，保证线路畅通。

管线穿放完成后,宜尽快开展配电箱、灯具、开关面板等设备的安装工作,避免后序土建、装修施工对线路及设备造成损伤。设备安装应严格控制定位偏差,与预制构件及管线接口紧密对接,确保安全、美观、可靠。

3 工程案例

3.1 项目概况

该项目为北京市某产业园区二期工程的电气设计及施工。该项目总建筑面积 10.8 万 m^2 ,地上 6 层,局部 8 层,地下 2 层。工程采用装配整体式剪力墙结构体系,预制率 55%。楼板采用叠合板,外墙采用 ALC 板材,内墙采用蒸压加气混凝土砌块。屋面光伏、雨水回收、空调热回收等多项绿色节能技术。

3.2 电气设计方案

本项目按建筑功能划分为研发办公、商业餐饮、员工宿舍三个区域,电气负荷等级为二级。变配电系统主要包括:1 路 10 kV 高压进线,经环网柜下的 2 台 SCB10 干式变压器(型号 S11-M-1250/10)降压后向低压配电系统供电。所有公共区域均设置智能照明控制系统,每个防火分区和租户独立设置配电箱,并计量用电量。应急照明在疏散通道和安全出口处设置,疏散指示灯具应采用集中控制型,平时在主电源供电下工作,停电时自动投入应急电源。

电气竖向干线敷设充分利用电气竖井,同时在大堂、走道等处预留敷设槽盒。水平支线多数设于吊顶或架空地板内,开敷线槽采用金属材质,阻燃且表面光滑,附近无腐蚀性气体。照明配电每个房间独立回路控制,办公和宿舍房间均设置智能照明控制模块,可根据人员在离、自然光强度自动调节照明亮度。

防雷及接地系统采用共用接地方式。屋面避雷带利用金属屋面面板及屋面女儿墙内钢筋,与檐口避雷带及金属构件可靠连接。预制外墙埋置圆钢作为引下线,每 2 个钢筋混凝土柱就有 1 根引下线,引下线最大间距不超过 12 m。接地装置利用建筑物基础钢筋,电气竖井内预留接地汇集排与钢筋焊接,形成完整接地系统。

3.3 施工难点及解决措施

1. 预制外墙底部与现浇部分衔接处的配管连通问题。设计在预制外墙底部预留检修孔,并与现浇层检修孔对应,施工时先行预埋穿线管,再用金属软管连通,确保线路畅通。

2. 叠合楼板端部现浇部分管线布置问题。楼板端部现浇段管线较为集中,施工时严格控制垂直间距,管线交叉处设置过桥弯头,并采用专用卡码固定,防止管线上浮。

3. 预制阳台与主体结构间电气连通问题。在预制阳台与主体结构连接处预留穿线槽,并在槽口设置防水密封圈,同时采用金属软管连通,提高防水及密封性能。

4. 设备安装施工与土建、装修施工配合问题。加强各专业间的协调,预先与土建、装修专业沟通图纸,优化施工方案。管线铺设尽量靠前,与土建施工同步进行。设备安装应在精装修施工前完成,并采取保护措施。

3.4 工程效果评估

该工程严格执行设计方案,加强施工过程管控,电气系统安全可靠,运行功能良好,达到预期目标。同时,通过采用免灯架灯盘、免开槽配管等装配化技术,显著降低了现场湿作业量,提高了施工效率,增强了施工的环保性与安全性。

得益于精细化电气设计及装配化施工,该工程实现了用电分项计量、能耗数据分析、设备状态监测、智能控制等多项功能,电能利用效率较同类项目提高 10% 以上。空调系统采用分体式新风热回收装置,显著改善了室内空气品质。

4 结束语

预制装配式建筑是建筑工业化、可持续发展的必然趋势。与传统现浇建筑相比,预制装配式建筑在设计理念、施工工艺等方面存在显著差异,对建筑电气系统提出了新的要求。合理的电气设计是预制装配式建筑的关键环节,需要综合考虑建筑功能、空间布局、节能环保、装配施工等因素,优化变配电、照明、防雷接地等系统方案;要因地制宜采用节能环保产品,合理选择配电方式,提高照明系统的智能化水平,并充分利用建筑构配件实现防雷接地。

参考文献:

- [1] 王纪松,李瑞,王晓龙.预制装配式建筑中电气设计与配套技术[J].建材世界,2014,35(06):82-85.
- [2] 覃葳.预制装配式建筑施工技术及其配套装备的创新研究[J].住宅与房地产,2024(11):98-100.
- [3] 廖静.居住建筑中装配式装修电气设计分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(07):129-132.
- [4] 侯文丽,蒋必凤.推进 BIM 技术在预制装配式工程中的应用研究[J].内蒙古科技与经济,2024(02):127-129,133.
- [5] 鹿晓明,王剑,卢建光,等.装配式建筑施工安全管理中的 BIM 技术研究[J].科技与创新,2024(01):143-146.