

# 现代住宅建筑电气供配电系统优化设计研究

田晓盟

河北中科建研工程设计有限公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]** 伴随着我国城市化进程的深入推进, 以及人们日常生活水平的日益提升, 智能家居设备已经在住宅中得到了广泛的使用, 因此呈现出多样化的新型用电需求。然而, 目前的供配电系统设计主要采取的是以往的用电模式以及标准, 在面对当下智能家居普及所带来的复杂用电场景时, 难以精准满足这些新型用电需求。基于此, 本研究对当前住宅电气供配电系统设计存在的核心问题进行了深入性的分析, 在此基础上提出针对性的优化设计策略, 满足居民的实际用电需求, 进而提高住宅建筑的智能化水平、电气化水平, 以供参考。

**[关键词]** 住宅电气供配电系统; 智能家居用电需求; 优化设计策略

DOI: 10.33142/ec.v9i4.19487

中图分类号: TU8

文献标识码: A

## Research on Optimization Design of Electrical Supply and Distribution System in Modern Residential Buildings

TIAN Xiaomeng

Hebei Zhongke Jianyan Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** With the deepening of urbanization in China and the increasing improvement of people's daily living standards, smart home devices have been widely used in residential areas, presenting diverse new electricity demands. However, the current power supply and distribution system design mainly adopts the traditional electricity consumption mode and standards, which makes it difficult to accurately meet the complex electricity demand brought about by the popularization of smart homes. Based on this, this article conducts a comprehensive analysis of the core issues in the current design of residential electrical power supply and distribution systems. Based on this, targeted optimization design strategies are proposed to meet the actual electricity needs of residents and improve the intelligence and electrification level of residential buildings for reference.

**Keywords:** residential electrical power supply and distribution system; electricity demand for smart homes; optimization design strategy

### 引言

随着社会的快速发展, 现代住宅建筑已经演变为集多种生活场景于一体的综合性空间, 伴随着新型电器设备的广泛普及。住宅建筑的用电负荷特性也发生了明显的变化, 为了确保居民用电的便捷性、安全性, 对于住宅建筑的电气供配电系统提出了更为严格的要求。一个稳定可靠、科学合理的供配电系统能够确保各类电气设备正常稳定运行, 以此为居民提供更加便捷、舒适的生活环境, 若是任何环节出现错误, 就会导致电压不稳、频繁停电等问题, 还可能导致电能损耗过高和安全隐患突出, 甚至无法满足居民未来用电需求的扩展。基于此, 本文聚焦现代住宅建筑电气供配电系统的优化设计。

### 1 现代住宅建筑电气供配电系统构成及用电负荷特性

#### 1.1 系统核心构成

现代居民楼建筑电气供配电系统主要包括电源进户、变配电设备、配电线路、用电设备以及保护设备五大部分组成。电源进户主要是将城市公用电网中的电能引入到居民楼中来, 按照居民楼的规模大小和负荷级别不同分为高压进户方式和低压进户方式两种类型, 一般较大的居民小区都是采用高压的方式进行进户的, 由变配电装置进行降压后再提供给用户使用。变配电装置是一个转换与分配能源的重要环节, 在其中起到一个重要的作用, 能够把高压的电力转化为低电压的电力来为用户提供服务。配电线

路负责将低压电能从变配电装置输送至各楼层或单元配电箱，支线负责将电能从单元配电箱输送至每户住宅的用电设备，用电设备涵盖居民住宅内所有消耗电能的设备，是搭配电系统的终端负载。

### 1.2 用电负荷特性

现代住宅建筑用电负荷与传统住宅相比，呈现出显著的差异化特性，负荷特性参数如表 1 所示。

表 1 现代住宅建筑用电负荷特性参数表

住宅建筑面积 (m <sup>2</sup> )	最低用电负荷 (kW)	单位面积负荷密度 (W/m <sup>2</sup> )	主要负荷类型	负荷波动系数
≤60	≥6	100~120	基础照明、小型家电	0.6~0.8
60~90	≥8	110~130	照明、空调、热水器	0.5~0.7
90~140	≥10	120~140	照明、空调、热水器、充电桩 (可选)	0.4~0.6
>140	≥10+ (超出部分 ×30~40W/m <sup>2</sup> )	130~150	照明、空调、热水器、充电桩、智能家居	0.3~0.5

### 2 现代住宅建筑电气供配电系统设计现存问题

负荷计算是供配电系统设计的基础，当前部分设计人员仍采用传统的单位面积负荷法，尽管该方法目前未致使供配电系统过载运行，但其中存在诸多安全隐患，亟待引起重视并加以解决。系统接线直接影响供配电系统的可靠性和灵活性，高压接线方式选择不当，增加设备投资和运维成本。低压配电干线接线方式不合理，一旦某一段线路故障，将导致大面积停电，套内配电回路划分不规范，存在回路过载、故障扩大的风险。变压器选用不规范，未按负荷分布及变化情况来选择变压器容量和台数，造成变压器长期处于轻载或重载状态，耗损过大不满足绿色建筑的要求。高低压配电柜选型不合理，有些配电柜的防护等级不够高。保护装置选型不合适，有时会发生保护失灵或者保护误动现象不能及时避免发生漏电事故。配电线路的敷设是电能传送的重要组成部分，线路走向不合理，造成线路较长，电能损耗大，存在安全隐患；导线选择及敷设方式不合适，影响住宅外观及使用的安全性；接地系统设置不合理，不能有效地避免触电事故发生。目前有些住宅供配电系统仍然沿袭传统的人员管理方式，缺少完备的电能监控系统，不能实时掌握系统的故障及耗电情况；负荷控制手段薄弱，造成用电效率低下；运行维护智能化程度低，无法做到远方监视设备状况、异常诊断以及报警功能，费用较高。

### 3 现代住宅建筑电气供配电系统优化设计基本原则

安全是供配电系统的核心前提，优化设计需将人身安全和设备安全放在首位。供配电系统的可靠性直接关系到居民生活的便利性，确保电能持续、稳定供应。针对一级负荷采用双电源供电，二级负荷采用双回路供电，三级负荷采用单电源供电，确保不同等级负荷的供电可靠性，减少电能质量问题。优化设计需兼顾技术可行性和经济合理性，合理控制设备投资和线路造价，同时降低电能损耗，结合住宅规模选择适配的接线方式，小型住宅优先考虑经济性，大型住宅兼顾可靠性与经济性。响应绿色建筑和“双碳”目标要求，优化设计需注重节能降耗，提高电能利用效率，减少设备自身的电能损耗，避免变压器长期轻载或过载运行，实现能源就地生产与消纳，降低对外部电网的依赖。现代住宅用电需求的增长趋势，采用灵活的系统接线方式，便于后续系统升级和负荷扩展。

### 4 现代住宅建筑电气供配电系统优化设计具体措施

#### 4.1 负荷计算优化措施

负荷计算的优化核心是提高计算精度，结合现代住宅用电负荷特性，采用“单位指标法+需要系数法”相结合的计算方式。需要系数的取值需结合当地气候条件和采暖方式及电炊具使用情况等因素，参考表 2 确定。

表 2 现代住宅建筑各类用电负荷需要系数及功率因数参考表

负荷类型	需要系数 $K_x$	功率因数 $\cos \phi$	备注
基础照明	0.6~0.8	0.85~0.9	LED 照明取上限，传统照明取下限
家用电器 (冰箱、电视等)	0.3~0.5	0.75~0.85	设备数量越多， $K_x$ 取值越大
大功率家电 (空调、热水器)	0.7~0.9	0.8~0.9	集中使用时取上限
电动汽车充电桩	0.28~1.0	0.9~0.95	7kW 交流充电桩，台数越多 $K_x$ 取值越小
智能家居设备	0.4~0.6	0.85~0.9	含智能控制、传感设备等
公共区域负荷 (电梯、消防)	0.8~1.0	0.85~0.95	一级、二级负荷取上限

#### 4.2 系统接线优化措施

根据住宅规模及负荷级别合理确定高低压接线形式以及套内配电回路划分是系统接线优化的重点，对于小户型住宅小区，采用简单的接线方式，减少投资；大型住宅小区，负荷大，可考虑采用双电源双放射式或者单环式，

双电源来自不同的变电站或同一变电站的不同母线。保证一级、二级负荷的连续供电，高压接线中设分段开关，方便故障隔离和运维检修。低压配电干线接线对于重要负荷采用放射式接线，保证供电可靠性，提高灵活性和经济性。

#### 4.3 设备选型优化措施

根据负荷计算结果和负荷分布，选择合理的变压器容量和台数，避免长期轻载或过载运行。采用多台变压器并列运行，提高运行效率适配住宅建筑环境提高供电可靠性和电能质量，抑制谐波污染。高低压配电柜的规格需符合设备安装需求，便于后续设备升级和负荷扩展。低压配电柜内设置浪涌保护器，抑制过电压，保护设备安全，套内配电箱选用具有隔离功能的进线开关电器，保护电器单排布置的家居配电箱底边距离地面高度不应小于 1.80m，双排布置的不应小于 1.60m。断路器的型号和参数需与负荷电流选用 C 型断路器，脱扣曲线为 C6-C16；大功率负荷回路，选用 D 型断路器，脱扣曲线为 D20-D32。

#### 4.4 线路敷设优化措施

高压线路、低压干线尽量靠近负荷集中区域，缩短线路长度；避免线路穿越潮湿区域，避免与危险设施近距离平行敷设，间距不小于 0.5m，交叉敷设时间距不小于 0.1m。导线材质优先选用铜芯导线，适配住宅供电系统的长期运行需求。照明回路选用 2.5mm<sup>2</sup> 铜芯导线，普通插座回路选用 4mm<sup>2</sup> 铜芯导线，大功率负荷回路选用 6mm<sup>2</sup> 及以上铜芯导线；中压电缆干线截面积不小于 240mm<sup>2</sup>，按负荷需求选择；导线截面的计算公式为： $S = (I_{js}/J) \times K$ ，其中  $S$  为导线截面积 (mm<sup>2</sup>)， $I_{js}$  为计算电流 (A)， $J$  为导线允许载流量电流密度 (A/mm<sup>2</sup>)， $K$  为安全系数。住宅套内线路优先采用暗敷方式，暗敷时选用阻燃、耐火型 PVC 保护管或钢管，保护管埋入墙体深度不小于 15mm，避免外露影响美观。线路敷设过程中，预留足够的导线余量，便于后续检修和维护。

#### 4.5 防雷接地系统优化措施

根据住宅建筑高度和年预计雷击次数，确定防雷类别，年预计雷击次数大于 0.25 的住宅建筑，按不低于第二类防雷建筑物采取防雷措施；其他可能发生地闪地区的住宅建筑，按不低于第三类防雷建筑物采取防雷措施。确保屋顶所有区域都在防雷保护范围内，低层住宅采用避雷带防雷，低压出线处设置浪涌保护器，抑制雷击过电压，保护变配电设备安全，也设置专用浪涌保护器，避免雷击损坏设备。接地体选用镀锌角钢、镀锌扁钢，当遇到土壤腐蚀性较强等特殊状况需要补打人工接地极时选用 -40×4 不锈钢，埋入地下深度不小于 0.8m，接地体间距不小于 5m，

确保接地可靠。设置局部等电位联结端子箱，与等电位联结端子箱可靠连接，消除电位差，预防触电事故；进出住宅建筑的金属管道，与住宅建筑接地装置做等电位联结，必须设等电位联结作为附加防护。等电位联结导线选用 2.5mm<sup>2</sup> 及以上铜芯导线，连接牢固，接触良好。

#### 4.6 智能化管控系统优化措施

引入智能负荷调控技术，根据负荷波动情况，合理调节负荷，采用峰谷分时调控策略，平衡电网负荷，降低电能损耗。实现供配电设备状态远程监测，建立设备故障预警模型，及时发出故障预警信号，实现故障自动报警，便于运维人员快速抢修。引入移动运维终端，运维人员可通过终端实时查看设备运行数据、接收故障预警、记录运维情况，提高运维效率，降低运维成本。

#### 5 优化设计效果

通过采用本文提出的优化设计措施，有助于提高现代住宅建筑电气供电系统的安全性、可靠性、经济性、节能性。通过科学合理的接地系统规划，以及严格按照标准进行施工，进而使接地电阻降低，同时对线路流量进行核算以及科学合理的选型，降低线路过载的概率，在一定程度上可以防止因线路过热而导致的火灾等安全事故的发生。通过合理布局配电设备以及采用先进的自动化控制技术，促使供电连续性显著提升，智能化的故障诊断与定位系统可以缩短故障处理时间，供电可靠性完全满足现代住宅对高品质电力供应的严苛需求。设计阶段进行多方案比选与优化，工程造价和年运维成本明显降低，实现了系统可靠性提高、运维成本下降的设计目标。采用高效节能的变压器以及合理规划线路布局等措施使电能损耗率下降，变压器运行效率显著提高，同时也降低了能源消耗和碳排放，进一步验证了优化设计措施的有效性和可行性。

#### 6 结论与展望

##### 6.1 结论

住宅电气供电系统的优化设计是现代化住宅发展对智能化、绿色化转型以及住户用电需求提升的重要体现。本文根据住宅用电负荷特点与现阶段存在的设计问题，确立“安全、可靠、经济、节能、可扩展”的优化原则，并针对住宅供电系统在负荷计算、系统接线方式、供电设备选择、线路敷设、防雷接地、智能化管控等方面提出了相应的优化建议，并对参数及效果进行量化。采取“单位指标法+需要系数法”计算负荷，提高精度，解决传统计算偏差大的问题；优化接线形式及配电回路，提高系统的可靠性和灵活性，降低造价成本，解决接线不合理的问题；依据负荷特点选型节能适应性的设备，提高设备运行效率

和安全性,解决设备不匹配的问题;优化线路路径、导线及敷设方式,减少损耗,提高安全性和美观性,解决线路敷设不规范的问题;完善防雷接地系统,提高防雷防触电的能力,解决保护不完善的问题;形成智能化系统,提高运维效率,降低损耗,满足智能化需求,解决管控水平低问题。

## 6.2 展望

展望未来,“新能源集成、系统智能、运行低碳”的现代化住宅电气供配电系统将进一步发展。加强分布式能源与供配电系统之间的互动,充分发掘光伏、储能、风能等新能源在住宅中的应用潜力并实现能源的有效配置,普及推广“光储直柔”系统建设,促进住宅绿色发展。加快实现系统智能化发展,应用人工智能、大数据、物联网等技术,改进负荷预测、故障诊断等算法,实现自主决策及智能运维,提高运行效率及可靠性。完善规范标准,细化新能源接入等相关要求,给设计指明方向。随着建筑业整体耗能的逐年增长,电气系统能耗占到整个建筑物能耗的比例很高,是建筑节能的主要切入点。绿色建筑就是从建筑全寿命周期内对能源进行高效利用,在保证建筑使用功能、舒适性及安全性的情况下,通过合理设计、技术选择以及管理控制实现将建筑融入大自然之中,电气节能设计是在技术上创新,在工序上优化,达到电气系统“供能高效、用能合理、损耗最低”。

## [参考文献]

- [1]宋立立,孙妍.高层建筑电气工程供配电系统研究[J].建材与装饰,2023,19(1):117-119.
  - [2]华丹.公共建筑的电气设计[D].南昌:南昌大学,2019.
  - [3]王江琼,李维康,张文业,等.电缆绝缘材料交联聚乙烯的老化及寿命调控[J].物理学,2024(4):23-25.
  - [4]韩晓辉.住宅小区建筑电气工程的设计与实践[D].长春:长春工业大学,2018.
  - [5]吕诗如.长沙某超高层商住楼电气系统设计[D].株洲:湖南工业大学,2018.
  - [6]伍娟.小高层住宅的电气设计及其节能措施研究[D].湘潭:湖南科技大学,2017.
  - [7]车晋波.建筑电气照明系统节能设计研究[J].砖瓦世界,2023(4):166-168.
  - [8]高慧英.民用建筑配电变压器容量与运行方式的经济性分析[J].电力系统装备,2021(10):31-32.
  - [9]龙清波.建筑电气设计中的节能技术研究[J].科学技术创新,2022(34):5-7.
  - [10]沈月青.基于绿色节能技术对智能建筑中变压器选型的应用[J].智能建筑电气技术,2023,17(05):92-96.
- 作者简介:田晓盟,毕业于河北建筑工程学院电气工程及其自动化专业,工程师,现就职于河北中科建研工程设计有限公司,任电气设计师。