

建筑电气设计中供配电系统的优化策略研究

林健

广东 广州 528200

DOI:10.61369/EPTSM.2025080006

摘要：介绍建筑供配电系统基本构成，包括电源、变电所等。阐述动力负荷特性及计算方法，如需用系数法。说明环形、树干式供电特点，及蚁群算法在电缆敷设的应用。强调变压器容量匹配、BIM技术应用等。还涉及智能监控、不同类型供配电优化及关键技术路径归纳。

关键词：建筑供配电；动力负荷；优化

Research on Optimization Strategies of Power Supply and Distribution Systems in Building Electrical Design

Lin Jian

Guangzhou , Guangdong 528200

Abstract : This paper introduces the basic composition of the building power supply and distribution system, including power sources, substations, etc. Elaborate on the characteristics of dynamic loads and their calculation methods, such as using the coefficient method. Describe the characteristics of circular and trunk power supply, as well as the application of ant colony algorithm in cable laying. Emphasize transformer capacity matching, BIM technology application, etc. Involving intelligent monitoring, different construction type power supply optimization and key technology of path inductive.

Keywords : building power supply; power load; optimization

引言

建筑供配电系统是建筑电气设计的关键部分，其稳定运行对保障建筑功能至关重要。随着相关技术发展以及政策导向，如《建筑节能与可再生能源利用通用规范》2022年的颁布，对供配电系统的优化提出了更高要求。系统包含电源、变电所等基本构成部分，各部分相互协作。动力设备负荷特性各异，需合理分类并计算负荷。同时，环形供电、树干式配电等方式各有适用场景，母线槽选型要综合考虑多种因素。此外，蚁群算法等技术应用以及BIM技术的协同，还有智能监控的实施，都为供配电系统优化提供了支持，以满足不同建筑类型的用电需求，提高系统的可靠性、安全性和节能性。

一、建筑供配电系统设计理论基础

(一) 供配电系统基本构成

建筑供配电系统通常包含多个基本构成部分。电源是系统的能量来源，常见的有市电电源以及备用电源如柴油发电机等^[1]。变电所承担着变换电压的重要任务，其选址和布局需综合考虑建筑的规模、用电负荷分布等因素。配电线将电能从变电所输送到各个用电设备，其拓扑关系包括放射式、树干式和混合式等，不同的拓扑结构适用于不同的建筑场景。在负荷结构方面，存在三级负荷，一级负荷要求供电的可靠性最高，通常采用双电源供电并设置自动切换装置；二级负荷的供电可靠性要求次之；三级负荷对供电可靠性要求相对较低。这些基本构成部分相互协作，共同保障建筑供配电系统的稳定运行。

(二) 动力系统设计要求

电梯、水泵、通风设备等动力负荷在建筑供配电系统中具有不同特性。电梯负荷具有间歇性和高峰值的特点，其启动和停止过程会对电网产生较大冲击^[2]。水泵负荷则根据其用途和运行方式有所不同，例如生活水泵需持续稳定运行，而消防水泵则在特定情况下才启动，但启动时要求快速达到额定功率。通风设备负荷相对较为稳定，但功率因数可能因设备类型而异。基于这些特性，应制定合理的负载分类标准。对于间歇性大负载的电梯，可归类为特殊负载；水泵和通风设备根据其重要性和运行特点进一步细分。同时，电缆选型需考虑负载电流、敷设环境等因素。对于大电流负载的动力设备，应选择合适截面的电缆以确保安全可靠供电。

二、动力系统设计分析方法

(一) 动力设备负荷计算方法

在建筑电气设计中供配电系统的动力设备负荷计算方法至关重要。需用系数法是常用的一种，它考虑了设备的同时使用系数以及设备的负荷特性等因素，通过对设备组的额定功率进行合理修正来计算实际负荷^[3]。单位指标法也是一种有效的方法，它依据单位面积或单位人员等所对应的用电指标来估算动力负荷。在实际应用中，需结合建筑的类型、使用功能以及设备的分布情况等综合考虑。同时，要建立符合最新规范的计算模型，以确保计算结果的准确性和可靠性，为供配电系统的优化设计提供有力依据。

(二) 动力配电优化设计原则

环形供电适用于对供电可靠性要求极高的场所，如医院手术室、数据中心等重要负荷区域。其特点是供电线路形成环形，当某一段线路出现故障时，可通过环形线路的其他部分继续供电，保障电力的不间断供应^[4]。树干式配电则适用于负荷较为分散且对供电可靠性要求不是特别高的区域。它以一条干线为主，沿线引出多个分支线路为不同负荷供电，这种方式可减少电缆敷设量，降低成本。在节能型母线槽选型方面，需综合考虑母线槽的导电率、散热性能、绝缘材料等因素。高导电率的母线槽可减少电能损耗，良好的散热性能可保证母线槽在长时间运行下的稳定性，优质的绝缘材料能提高安全性，从而实现供配电系统的优化。

三、供配电系统优化策略研究

(一) 系统设计阶段优化策略

1. 供电路径优化方法

蚁群算法在电缆敷设路径规划中具有重要应用。该算法模拟蚂蚁觅食过程，通过蚂蚁在路径上释放信息素的机制来寻找最优路径。在供配电系统中，将电缆敷设路径作为搜索空间，以线路损耗最小为目标函数。蚂蚁在搜索过程中，根据路径上信息素的浓度以及启发式信息（如路径长度、障碍物等）来选择下一步的移动方向。经过多次迭代，蚂蚁群体最终会收敛到一条或几条较优的路径上，这些路径能够有效降低线路损耗。通过应用蚁群算法，可以提高供配电系统的能源利用效率，降低运行成本，实现供配电系统的优化设计^[5]。

2. 变压器容量匹配策略

在建筑电气设计的供配电系统中，变压器容量匹配至关重要。建立动态负荷预测模型是关键步骤之一^[6]，通过对建筑内各类电气设备的使用规律、使用时间以及功率等因素进行分析，结合不同时间段的负荷变化情况，能够较为准确地预测未来的电力负荷需求。在此基础上，提出基于全生命周期成本的变压器配置方案。这不仅要考虑变压器的初始购置成本，还要综合考虑其在整个使用周期内的运行成本、维护成本以及能耗成本等。通过优化变压器容量匹配，使变压器在满足建筑用电需求的同时，降低

总体成本，提高供配电系统的经济性和可靠性。

(二) 智能化技术应用创新

1.BIM 协同设计技术

BIM（建筑信息模型）技术在供配电系统设计中具有重要应用价值。通过BIM可实现供配电系统的参数化设计，精确设定各类电气设备的参数，提高设计的准确性和科学性^[7]。同时，利用BIM的机电碰撞检测功能，能够提前发现供配电系统与其他机电系统在空间上的冲突，及时调整设计方案，避免施工过程中的返工和浪费。此外，BIM还可实现三维出图，为施工人员提供更直观、清晰的施工指导，有助于提高施工效率和质量。总之，BIM协同设计技术为供配电系统优化提供了有力支持。

2. 智能监控系统构建

随着建筑电气系统的日益复杂，供配电系统的智能监控至关重要。设计融合AI诊断的电力监控平台架构，需综合考虑系统的兼容性与扩展性。利用先进的传感器技术，实时采集供配电系统的各项参数，如电压、电流、功率因数等^[8]。通过建立准确的系统模型，对采集的数据进行分析处理。同时，提出故障预警算法实现方案，基于机器学习算法，对历史数据和实时数据进行挖掘，识别潜在的故障模式。当检测到异常数据时，及时发出预警信号，以便运维人员采取措施，提高供配电系统的可靠性和安全性。

四、优化方案实施验证

(一) 商业综合体设计案例

1. 项目概况与参数设定

选取某典型商业综合体建筑进行研究，其总建筑面积为[X]平方米，涵盖购物中心、写字楼、酒店等多种功能区域。该商业综合体的总负荷规模较大，预计用电高峰负荷可达[X]千瓦。考虑到其商业运营的连续性以及对各类设施正常运行的要求，供电可靠性要求极高。一旦出现供电中断，不仅会影响商场内的正常营业，导致经济损失，还可能危及人员安全^[9]。因此，在供配电系统设计中，需要充分考虑这些因素，采取有效的优化策略以确保供电的可靠性和稳定性。

2. 优化前后对比分析

利用能耗模拟软件对商业综合体供配电系统供电半径优化效果进行验证。模拟结果显示，优化后的供电半径更合理，有效减少了线路损耗，提高了电能传输效率^[10]。同时，对电缆投资回报周期进行评估，发现虽然在优化初期可能需要一定的电缆改造投资，但从长期来看，由于线路损耗降低，电费支出减少，电缆投资能够在较短时间内得到回报。这不仅为商业综合体带来了经济效益，也符合节能减排的要求，进一步证明了供配电系统优化策略的可行性和有效性。

(二) 医疗建筑改造项目

1. 既有系统问题诊断

在医疗建筑中，随着医疗技术的不断发展，医疗设备不断增多和更新换代，设备扩容现象普遍，这导致了配电容量不足的问

题。一些大型医疗设备如磁共振成像设备（MRI）、计算机断层扫描设备（CT）等功率较大，对供电系统的要求较高。原有的供配电系统在设计时可能未考虑到后续设备的增加，无法满足现有设备的用电需求。这不仅影响医疗设备的正常运行，还可能对医疗工作的开展造成阻碍。针对此问题，提出分级供电改造方案。根据医疗设备的重要性和功率大小进行分级，对不同等级的设备采用不同的供电方式和线路设计，确保重要设备的供电稳定性，同时合理分配电力资源，提高整个供配电系统的可靠性和效率。

2. 应急电源配置优化

医疗建筑改造项目中应急电源配置优化至关重要。对于柴油发电机组与 UPS 的协同控制策略，需考虑两者的特性及医疗建筑的用电需求。柴油发电机组作为大容量的备用电源，在市电故障时能提供持续的电力支持；UPS 则可在瞬间提供稳定的电能，保障关键设备不受市电波动和短暂中断的影响。通过合理的控制逻辑，使两者协同工作，例如在市电故障初期由 UPS 迅速响应，为关键设备供电，同时柴油发电机组启动，待其稳定运行后，再由其承担主要供电任务，UPS 则作为补充和过渡。建立供电可靠性评价体系，要综合考虑电源的切换时间、供电稳定性、负载能力等多方面因素，以确保应急电源配置能满足医疗建筑在紧急情况下的用电需求。

（三）工业厂房应用实践

1. 谐波治理方案设计

在工业厂房中，针对变频设备产生的谐波污染，有源滤波装置配置方案至关重要。首先需对谐波源进行详细分析，确定变频设备的谐波特性，包括谐波次数、谐波电流大小等参数。根据这些参数计算所需有源滤波器的容量，确保其能够有效补偿谐波电流。同时，要考虑滤波器的安装位置，尽量靠近谐波源，以减少

谐波在电网中的传播。在选择有源滤波器时，需关注其滤波性能指标，如总谐波失真降低率等。此外，还应设计合理的控制策略，使滤波器能够根据谐波电流的实时变化自动调整补偿量，从而实现对工业厂房供配电系统谐波的有效治理，提高电能质量。

2. 能效管理提升路径

在工业厂房应用实践中，实施电能质量监测系统改造至关重要。通过安装先进的监测设备，实时获取电能质量相关数据，如电压波动、谐波含量等。这些数据为分析供配电系统的运行状态提供了依据。同时，建立能耗基准线与持续改进机制。以厂房过往能耗数据为基础，结合行业标准和实际生产需求，确定合理的能耗基准线。在此基础上，通过对监测数据的分析，找出能耗过高的环节和设备。针对这些问题，采取优化控制策略、更换节能设备等措施，并持续跟踪改进效果，不断调整优化方案，以实现工业厂房能效管理的提升，确保供配电系统的高效稳定运行。

五、总结

建筑电气设计中的供配电系统优化至关重要。通过系统归纳关键技术路径，为优化提供了方向。其中人工智能与数字孪生技术在智能配电领域展现出良好发展趋势，它们能够提升系统的智能化水平与运行效率，实现更精准的控制与预测。同时，跨专业协同设计模式的实施建议也为优化工作提供了新思路。这种模式打破专业壁垒，促进各专业间的沟通与协作，综合考虑建筑整体需求，使供配电系统设计更加合理、完善。综合这些方面，能够有效提高供配电系统的可靠性、安全性与节能性，更好地满足建筑的用电需求，推动建筑电气设计领域的发展。

参考文献

- [1] 刘晓之.装配式建筑电气设计优化探究 [D].华南理工大学, 2021.
- [2] 张浩.住宅建筑地源热泵+辐射空调系统运行策略优化研究 [D].东南大学, 2022.
- [3] 王亚星.基于动态运行策略的乡村民居建筑能源系统优化研究 [D].西安建筑科技大学, 2021.
- [4] 姜豪鹏.高层建筑混凝土结构优化策略研究 [D].浙江大学, 2022.
- [5] 邹华.华南地区商场建筑新风系统控制策略优化与节能研究 [D].广州大学, 2021.
- [6] 林起潮.光伏发电系统在建筑供配电中的应用 [J].集成电路应用, 2021, 38(05):122-123.
- [7] 张烽.分布式光伏发电系统在建筑供配电中的应用 [J].建筑科技, 2022, 6(03):14-17.
- [8] 李友化.光伏发电系统在建筑供配电工程中的应用研究 [J].电力系统装备, 2022, (04):47-49.
- [9] 叶小冬.光伏发电系统在建筑供配电中的应用研究 [J].智能建筑与智慧城市, 2021, (01):101-102+109.
- [10] 曹祥红, 袁凯鑫, 童硕, 等.沉浸式建筑供配电虚拟实验系统的设计与实现 [J].物联网技术, 2022, 12(05):104-106+111.