

商业综合体建筑电气负荷预测模型构建与供配电方案研究

刘世强

九易庄宸科技（集团）股份有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]商业综合体作为集购物、餐饮、娱乐、办公等多功能于一体的现代化建筑，其电气负荷具有多样性、波动性和复杂性。负荷预测的准确性直接影响供配电系统的安全性、经济性与可靠性，而供配电方案的优化则是保障能源利用效率和运行稳定性关键。文中从商业综合体建筑的功能特点出发，分析电气负荷的组成特征与变化规律，提出基于统计学方法与机器学习相结合的负荷预测模型，并探讨负荷特性与建筑运营模式之间的关系。在供配电方案方面，文中结合预测结果，对变配电所布置、供电半径划分、主供电源与备用电源设置进行系统优化，提出提高供电可靠性、降低能耗和减少运行成本的综合策略。研究结果表明，基于科学负荷预测与优化设计的供配电方案，不仅能满足商业综合体用电需求，还能在节能降耗和安全运行方面取得良好效果。

[关键词]商业综合体；电气负荷预测；供配电方案；模型构建；优化设计

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18327

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Construction of Electrical Load Forecasting Model and Research on Power Supply and Distribution Scheme for Commercial Complex Buildings

LIU Shiqiang

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: As a modern building that integrates shopping, dining, entertainment, office and other functions, commercial complexes have diverse, fluctuating and complex electrical loads. The accuracy of load forecasting directly affects the safety, economy, and reliability of the power supply and distribution system, and the optimization of power supply and distribution schemes is the key to ensuring energy utilization efficiency and operational stability. Starting from the functional characteristics of commercial complex buildings, this article analyzes the composition characteristics and variation laws of electrical loads, proposes a load forecasting model based on statistical methods and machine learning, and explores the relationship between load characteristics and building operation modes. In terms of power supply and distribution schemes, the article combines the predicted results to systematically optimize the layout of substations, the division of power supply radius, and the setting of main and backup power sources. A comprehensive strategy is proposed to improve power supply reliability, reduce energy consumption, and minimize operating costs. The research results indicate that the power supply and distribution scheme based on scientific load forecasting and optimization design can not only meet the electricity demand of commercial complexes, but also achieve good results in energy conservation, consumption reduction, and safe operation.

Keywords: commercial complex; electrical load forecasting; power supply and distribution plan; model construction; optimization design

引言

随着城市化进程加快与商业模式不断升级，商业综合体建筑规模日益扩大，其功能集成度高、用电类型复杂，导致电气负荷呈现明显的多元化与动态性特征。传统经验法和简单统计模型在面对负荷变化的非线性与不确定性时，往往难以保证预测精度，进而影响供配电系统的科学设计和运行管理。因此，研究商业综合体电气负荷预测模

型的构建方法，并结合预测结果优化供配电方案，已成为提高建筑运行效率、保证电力系统安全的重要方向。本文从负荷特征出发，提出一种融合统计学规律与智能算法的预测模型，旨在解决传统预测方法的不足。在此基础上，结合供配电设计规范与商业综合体实际运行需求，对供配电方案进行优化，以期形成可推广的设计与运行路径，为商业综合体电气工程的高质量发展提供参考。

1 商业综合体电气负荷特征分析

1.1 负荷组成的多样性

商业综合体作为集购物、餐饮、办公、娱乐、住宿于一体的大型公共建筑,其电气负荷组成表现出明显的多元化特征。照明负荷几乎覆盖了综合体的全部功能区,其用电强度与营业时间高度相关,具有全天分布均匀、运行时长较长的特征。空调负荷是整体电能消耗的主导因素之一,受气候变化、外部温度、湿度以及人员流量影响显著,夏季制冷与冬季采暖时段往往形成尖峰负荷。动力负荷来源包括电梯、扶梯、水泵、风机等机电设备,具有间歇运行特征,受建筑内人流量和使用频率影响。特殊负荷则来自影院、餐饮厨房、展览场馆及信息机房等功能区,其功率需求往往集中且具有突发性。正是由于多样化的负荷来源,综合体电气负荷曲线复杂而难以预测,要求在模型构建中兼顾稳定性和波动性。

1.2 负荷变化的时序性

商业综合体的电气负荷不仅体现在多样性上,还呈现强烈的时序性规律。日负荷曲线在上午人流逐渐增加时出现上升,午后达到一个次高峰,而在傍晚至夜晚形成全天峰值,之后逐渐回落。周负荷分布通常在周末和节假日出现明显高峰,工作日则相对平稳。年负荷受气候条件的季节性影响尤为显著,夏季冷负荷和冬季热负荷均会推动整体用电需求上升。时序性不仅体现在负荷大小的波动,还反映在不同功能区的交替运行节奏上,这种节律性对负荷预测模型提出了动态捕捉的要求。

1.3 负荷波动的不确定性

商业综合体电气负荷存在较大不确定性。天气变化直接影响空调系统运行,节假日或大型促销活动可能带来额外客流,突发事件也会改变建筑运行状态。这些不确定因素使得负荷预测充满挑战。若预测模型过度依赖历史数据,可能无法应对现实中的非线性波动,因此需要引入能够处理不确定性的算法,对多变量进行建模和实时修正,从而提升模型的适应性与准确性。

2 电气负荷预测模型的构建方法

2.1 传统统计学方法的应用

在负荷预测研究的早期,统计学方法是主要工具。回归分析通过建立自变量与因变量的函数关系,能够在输入变量较为清晰时提供合理预测。时间序列分析适用于捕捉周期性规律,如日负荷曲线和周负荷曲线的重复模式。灰色预测模型则在数据不足情况下表现出一定优势,能够通过较少的数据点推断出未来趋势。这些方法的优点在于直观、计算简便,但面对商业综合体复杂、多源、非线性的

负荷数据时,预测精度往往有限。

2.2 智能算法的引入

随着人工智能技术的发展,智能算法逐渐应用于建筑电气负荷预测领域。神经网络能够逼近复杂非线性关系,通过多层结构实现输入与输出之间的映射。支持向量机通过构建最优超平面,具备较强的泛化能力,适合处理中短期负荷预测。随机森林等集成学习方法能够整合多棵决策树的结果,提升预测稳定性。近年来,长短期记忆网络(LSTM)作为一种递归神经网络,凭借其对时间序列长依赖性的建模能力,已被广泛应用于负荷预测。智能算法的引入显著改善了预测结果,使其更符合商业综合体这种复杂建筑的实际需求。

2.3 混合模型的构建思路

单一模型往往难以兼顾趋势预测与波动修正,因此混合模型逐渐成为主流。混合模型通常将统计学方法与智能算法结合,先利用统计模型捕捉负荷变化的总体趋势,再用智能算法对残差进行修正,以弥补单一方法的不足。通过这种组合方式,可以同时兼顾稳定性与灵活性。例如,采用时间序列模型分析负荷的周期规律,再通过神经网络处理不确定因素引起的随机波动。混合模型的应用不仅提高了预测精度,还增强了模型对复杂环境的适应性,适合商业综合体电气负荷的长期与短期预测需求。

3 商业综合体供配电方案设计要点

3.1 变配电所布置

变配电所的布置关系到系统整体运行的可靠性与经济性。商业综合体体量大、功能分区复杂,集中布置有利于减少管理难度,提高变压器设备利用率,但可能导致供电半径过大。分区布置能够缩短供电路径,降低线损和电压降,提高供电质量。实际设计中通常采用集中与分区结合的方式,在主干区域集中设置大型变配电所,并在重要功能区或负荷密集区布置分区配电所,以实现供电效率与经济效益的统一。

3.2 供电半径与电压等级划分

供电半径的设计需兼顾技术指标与经济指标。供电半径过大,线路损耗和电压降增加;供电半径过小,投资成本上升。电压等级方面,大型商业综合体普遍采用10kV作为高压配电电压,低压配电则采用380/220V,以适应不同负荷需求。合理划分供电半径和电压等级,有助于降低运行能耗,并提高系统运行稳定性。

3.3 主供电源与备用电源设置

商业综合体负荷的重要性决定了供电系统必须具备高度的可靠性。常规做法是采用双电源供电,确保在一侧

电源发生故障时，另一侧能够及时接管。对于核心负荷，可采用环网供电模式，提高系统冗余度。在备用电源配置方面，应急柴油发电机组和不间断电源（UPS）是必要措施，尤其是消防、安防和通信等关键系统，更需要配置独立的备用电源，以避免因电源中断引发严重后果。

4 基于预测结果的供配电方案优化

4.1 负荷预测与容量匹配

在商业综合体的电气设计中，负荷预测结果对变压器容量与数量的合理配置具有重要意义。若容量选择过大，变压器将长期处于轻载运行状态，运行效率明显下降，还会导致投资成本的增加，造成资源浪费。若容量选择过小，设备则容易出现过载运行，不仅缩短使用寿命，还会增加故障率，严重时甚至影响整体供电的安全性。通过科学的预测模型获得负荷曲线，能够为设计人员提供可靠依据，根据峰值负荷和日常波动情况，科学确定变压器的容量和台数。合理的配置既能保证在高峰时段满足供电需求，又能在低负荷时保持较高的运行效率，实现设备投资与运行经济性的平衡。通过这种方式，变压器的使用寿命得以延长，系统的安全性与可靠性也得到提升，为商业综合体的稳定运行与节能目标提供有力保障。

4.2 供电路径与负荷分配优化

在大型商业综合体中，不同功能区域的负荷特性存在显著差异，办公、商业、餐饮和娱乐区域的用电规律各不相同。通过对负荷进行预测并结合实际运行情况进行合理分配，可以有效平衡整体供电压力，避免局部过载。对于高峰负荷区域，采用分区供电或负荷转移策略是一种有效手段，将部分电力需求转移至备用回路，不仅能够减轻主回路的运行压力，还能提升系统在高强度运行下的稳定性。这样的方式能够减少因负荷集中而引发的故障风险，保证关键区域供电的持续性。供电路径的优化则进一步提高了系统的可靠性，使电能能够以更高效率传输，降低线路损耗和故障概率。在这种设计思路下，综合体的电气系统能够更好地适应复杂的运行环境，实现安全、稳定与高效的统一，为建筑整体运营提供坚实的电力保障。

4.3 节能降耗与智能化管理

在负荷预测的基础上，供配电系统可以进一步引入智能能耗管理平台，实现对运行状态的实时监测与动态调节。通过对预测数据与实际运行数据，系统能够快速识别负荷变化趋势，并主动调整运行策略。例如，在用电低谷时段，自动关闭部分备用设备以减少不必要的能耗；在用电高峰来临时，则提前投运调节设备，确保供电的平稳与可靠。这种灵活的管理方式不仅提升了电能利用效率，还显

著降低了整体能耗水平，使运行更加经济合理。优化措施的持续实施，使建筑的能源消耗与运行需求之间保持最佳平衡，减少了资源浪费，也降低了长期运维成本。智能能耗管理平台的应用，使供配电系统真正体现出绿色建筑与智慧能源管理的价值，为商业综合体的节能减排和可持续发展提供了强有力的技术支撑。

5 研究成果与发展方向

5.1 安全性与可靠性的提升

基于科学预测与优化设计的供配电系统，在商业综合体的运行中能够发挥显著的安全保障作用。通过对电气负荷的精准预测，设计人员能够更好地掌握系统运行规律，从而制定出合理的容量配置与供电方案。在多电源供电的支持下，系统具备更高的灵活性与可靠性，即使在某一电源或线路发生故障时，也能迅速切换至备用电源，保证供电不中断。合理的分区设计则进一步提升了系统的抗风险能力，使局部故障不会扩散至整体范围，从而保持核心区域的持续稳定供电。这种设计思路不仅减少了因运营中断带来的经济损失，还有效降低了人员安全风险，为综合体内部的商户与用户创造更加稳定的用电环境。通过科学预测与优化设计的结合，供配电系统能够在复杂环境中保持长期可靠运行，为商业综合体的高质量运营提供坚实支撑。

5.2 经济性与资源利用效率

在商业综合体的电气设计中，合理的容量配置与科学的供电路径优化，是保障系统高效运行的重要手段。通过精准的负荷预测结果进行容量分配，可以避免因冗余设计造成的设计浪费，也能防止因容量不足而导致的运行风险，使系统运行更加符合经济规律。供电路径的优化不仅提升了电能输送的效率，还能减少线路损耗，确保电力供应稳定可靠。合理的配置方式使设备投资与运行成本之间达到最佳平衡，既保障了供电的可靠性，又提升了整体经济效益。在这一过程中，预测模型的支撑作用十分关键，它为容量分配提供了科学依据，使决策过程更加精确。通过优化设计，商业综合体能够在长期运行中实现节能降耗，降低维护费用，形成安全、经济与高效统一的电气系统，为建筑的可持续发展和智慧化运营奠定坚实基础。

5.3 未来发展方向

未来商业综合体的电气负荷预测与供配电优化，将在大数据、人工智能和物联网的支撑下，逐步实现实时预测与动态优化。通过海量数据的采集与分析，系统能够快速响应负荷变化，并借助智能算法持续调整供配电策略，使运行更加灵活高效。分布式能源与储能系统的应用，为商业综合体提供了新的能源管理方式，在削峰填

谷和提升电能利用率方面展现出巨大潜力。可再生能源的引入不仅能减少对传统能源的依赖,还能推动建筑整体向绿色低碳方向发展。多种技术的融合,使未来的供配电系统突破了传统模式的局限,不再局限于满足基本的安全与经济要求,而是向着智能化、低碳化和可持续发展迈进。

6 结论

商业综合体建筑的电气负荷预测与供配电方案优化,是电气设计中至关重要的环节。通过对用电特征进行深入分析,可以识别出负荷的变化规律,并结合统计学方法与智能算法,构建高精度预测模型,使预测结果更符合实际运行需求。预测的准确性直接关系到供配电方案的科学性与可靠性,在此基础上进行优化设计,能够有效实现安全、稳定与经济运行的目标。合理的供配电方案不仅提升了系

统的运行效率,还能减少能量浪费,延长设备寿命,降低后期维护成本。研究结果表明,将负荷预测与供配电优化协同推进,可以显著提升建筑整体电气系统的运行水平,为商业综合体的节能减排提供切实可行的路径。

【参考文献】

- [1]张伟.商业综合体电气负荷预测与配电系统优化研究[J].建筑电气,2021(5):33-39.
- [2]李强.基于智能算法的建筑电气负荷预测方法探讨[J].电力系统自动化,2022(8):72-78.
- [3]王芳.商业建筑供配电方案优化与节能设计分析[J].建筑技术开发,2023(4):45-50.

作者简介: 刘世强 (1993.1—), 男, 汉族, 毕业学校: 河北建筑工程学院, 现工作单位: 九易庄宸科技(集团)股份有限公司。