

建筑电气系统负荷预测与供电可靠性分析

曹斌

江苏万象建工集团有限公司规划建筑设计研究院, 江苏 连云港 222000

摘 要： 本文探讨了建筑电气系统中负荷预测和供电可靠性的重要性，并强调了两者之间的相互依赖和协同关系。准确的负荷预测是保障供电可靠性的基础，而供电可靠性也对负荷预测提出了更高的要求。通过协同优化，可以提升电力系统的运行效率和可靠性，实现可持续发展。

关 键 词： 建筑电气系统；负荷预测；供电可靠性；现代方法；协同优化

Load Forecasting and Power Supply Reliability Analysis in Building Electrical Systems

Cao Bin

Institute of Planning and Architectural Design, Jiangsu Wanxiang Construction Engineering Group Co., Ltd. Lianyungang, Jiangsu 222000

Abstract： This paper explores the significance of load forecasting and power supply reliability in building electrical systems, emphasizing their interdependence and synergistic relationship. Accurate load forecasting serves as the foundation for ensuring power supply reliability, while power supply reliability, in turn, poses higher demands on load forecasting. Through collaborative optimization, the operational efficiency and reliability of the electrical system can be enhanced, facilitating sustainable development.

Keywords： building electrical systems; load forecasting; power supply reliability; modern methods; collaborative optimization

引言

随着我国经济的快速发展和城市化进程的推进，建筑行业的规模不断扩大，建筑电气系统的复杂性和重要性日益凸显。建筑电气系统作为现代建筑的重要组成部分，承担着为建筑提供稳定、可靠电力供应的重要任务。然而，随着建筑能耗的增加和电力需求的多样化，如何准确预测建筑电气系统的负荷需求，并保障供电的可靠性，已成为当前建筑行业和电力系统面临的重要课题。

一、建筑电气系统概述

建筑电气系统是现代建筑的核心组成部分，它负责将电能从电网输送到建筑内部的各种用电设备，确保建筑功能的正常运行。在这一系统中，负荷预测与供电可靠性是两个至关重要的概念。负荷预测指的是通过对建筑电气系统历史负荷数据的分析，结合建筑使用特性、环境因素等，对未来一段时间内建筑电力需求进行预测的过程。这一概念的核心在于通过对电力需求的准确把握，为电力系统的合理规划和高效运行提供数据支持。供电可靠性则是指建筑电气系统能够在规定时间内，按照规定的电能质量标准，持续稳定地向建筑内所有用电设备提供电力的能力。这一概念体现了电力供应的连续性和质量，是衡量建筑电气系统性能的关键指标。供电可靠性的高低直接影响到建筑的使用功能、居住舒适度以及建筑内各项业务活动的正常开展。

在建筑电气系统中，负荷预测与供电可靠性的研究不仅涉及到电力系统的稳定运行，还关系到能源的合理利用和环境保护。通过对负荷的精确预测，可以优化电力资源配置，降低运行成

本，提高电力系统的运行效率。而供电可靠性的提升，则能确保建筑内部各项功能不受电力供应波动的影响，从而保障人们的生活品质和生产活动的顺利进行。

二、建筑电气系统负荷预测方法研究

随着电力行业的不断发展，人们用电的需求也在激增。电力对于保证经济的健康发展和社会的正常运行有着极为重要的意义。由于电和人类的生活息息相关，使得供电稳定成为必然，因此，只有精确分析电力负荷的变化规律，才能保证电网的经济稳定运行，即要确保高效、准确、稳定的电力负荷预测^[1]。

（一）传统负荷预测方法

在建筑电气系统负荷预测领域，传统方法主要包括时间序列分析法和回归分析法。时间序列分析法基于历史负荷数据的时间顺序，通过构建自回归模型（AR）、移动平均模型（MA）或自回归移动平均模型（ARMA）等，来预测未来的负荷趋势。这种方法简单易行，适用于短期预测，但缺点是对于非线性负荷变化

的预测能力有限。回归分析法则是通过建立负荷与影响因素之间的数学关系模型，如线性回归、多元回归等，来进行预测^[2]。这种方法能够考虑多种因素的影响，预测结果较为准确，但需要大量的历史数据和较强的统计学背景知识。

（二）现代负荷预测方法

随着人工智能技术的发展，现代负荷预测方法逐渐成为研究的热点。主要包括人工神经网络法、支持向量机法和深度学习法。

人工神经网络法（ANN）模拟人脑的处理方式，通过构建多层感知器模型，实现对负荷的预测。ANN具有较强的非线性映射能力，能够处理复杂的输入输出关系，但在网络结构设计和参数优化方面存在一定的挑战。支持向量机法（SVM）是一种基于统计学习理论的机器学习方法，通过寻找最优分割平面，实现负荷的预测。SVM在处理小样本、非线性问题上具有优势，但计算复杂度较高，对大规模数据的处理能力有限。深度学习方法，如卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）等，通过多层次的特征学习和抽象，能够捕捉到数据中的深层次信息，从而提高预测的准确性^[3]。深度学习方法在处理大量复杂数据时表现出色，但模型训练需要大量的计算资源和时间。

（三）负荷预测方法比较与选择

在负荷预测实践中，传统方法与现代方法的比较揭示了各自的优势与局限。时间序列分析法和回归分析法在处理线性和小规模数据时，因其简便和快速的特点而具有一定的优势。这些方法通过统计手段，能够有效地识别和模拟数据的线性关系，但在面对电力系统负荷的复杂非线性特征时，其预测能力往往受限，难以捕捉到数据中的深层次规律。

相比之下，人工神经网络法、支持向量机法和深度学习法等现代方法，在处理非线性和大规模数据方面展现出显著的优势。这些方法通过模拟人脑的神经网络结构，能够学习到数据中的复杂模式和潜在关系，尤其在处理具有高度非线性和不确定性的电力负荷数据时，这些现代方法能够提供更为精确的预测结果^[4]。然而，这些方法的模型构建和训练过程通常较为复杂，计算资源的需求也相对较高。

在实际应用中，负荷预测方法的选择需兼顾预测精度、计算效率、数据规模和可用性等多方面因素。对于短期预测，尤其是当系统负荷呈现明显的日周期性或周周期性时，可以先采用时间序列分析法来提取基本的时间趋势和周期性特征，然后利用人工神经网络对预测结果进行细化，以捕捉负荷的短期波动。而对于长期预测，深度学习模型能够从海量的历史数据中挖掘出更为复杂的长期趋势和季节性变化，从而为电力系统的规划和调度提供更为可靠的依据^[5]。

另外，为了进一步提升预测的准确性和鲁棒性，实践中常采用多种方法的组合策略。例如，可以将时间序列分析法的初步预测结果作为输入，再通过深度学习模型进行进一步的优化和调整。这种融合策略不仅能够弥补单一方法的不足，还能够提高预测模型对于不同工况的适应能力，从而在保障供电可靠性的同时，也为电力系统的经济运行提供了有力支持。

三、建筑电气系统供电可靠性分析

（一）供电可靠性影响因素

电网运行是一个系统性、复杂性的工作，特别是配网运行，影响因素更是居多，如网架结构、防雷技术、带电作业、智能设备运行等，都会影响供电可靠性^[6]。这些因素相互交织，共同作用于系统的稳定运行：

1. 系统的设计质量是基础，包括电源的选择、配电网络的布局、保护装置的配置等。例如，是否采用了多电源互备或分布式发电系统，以及是否在关键节点设置了足够的保护装置，这些都会直接影响供电的连续性。

2. 电气设备本身的可靠性也是关键，设备的制造工艺、材料选择、老化速度等都可能系统故障。

3. 外部环境因素如气候条件、地理环境、电磁干扰等，也对供电可靠性构成挑战。极端天气事件如雷击、大风或温度骤变，都可能引发设备故障。

4. 运维管理水平同样重要，包括日常巡检、预防性维护、故障响应等，这些环节的疏忽都可能导致供电中断。

（二）供电可靠性评价模型

为了科学评价供电可靠性，研究者们发展了多种评价模型。其中，基于概率论的模型能够量化不确定因素对供电可靠性的影响。例如，通过建立故障树分析（FTA）模型，可以识别导致供电中断的各种底层事件及其发生概率，从而评估整个系统的可靠性。另一方面，基于人工智能的评价模型，如神经网络和机器学习算法，能够处理大量的历史数据，预测系统的未来表现^[7]。这些模型通过学习历史故障模式，能够提供更为精确的可靠性预测。同时，仿真模型如 Monte Carlo 模拟，通过模拟成千上万次系统运行情况，可以得出供电可靠性的统计分布，为系统改进提供量化依据。

（三）供电可靠性提升措施

提升供电可靠性的措施需要从系统设计、设备选择、运维管理等多个层面进行综合考虑。在设计阶段，应采用冗余设计原则，确保关键部位有足够的备用路径，同时考虑到系统的可扩展性和未来升级的需求。在设备选择上，应优先考虑经过长期市场验证的高可靠性产品，并注重设备的维护性和可替换性。在施工过程中，应严格执行相关标准和规范，确保工程质量，避免因施工不当导致的可靠性问题。在运维管理方面，建立完善的预防性维护计划，定期对系统进行检查、测试和保养，是降低故障率的有效手段^[8]。此外，利用先进的监测技术，如在线监测系统，可以实时监控设备状态，及时发现异常并采取措施。最后，制定并演练应急响应计划，确保在突发事件发生时，能够迅速恢复供电，减少对建筑功能的影响。

四、负荷预测与供电可靠性的关联性分析

（一）负荷预测对供电可靠性的影响

负荷预测是电气系统规划和运行的关键环节，其准确性直接

影响到供电可靠性。精确的负荷预测能够为电力系统的设计提供依据,确保系统在峰值负荷时仍能稳定运行。例如,通过对历史负荷数据的深入分析,结合气象、节假日、建筑使用模式等因素,可以预测未来一段时间内的负荷需求。这种预测帮助工程师合理配置变压器容量、优化线路布局、选择合适的保护装置,从而减少系统过载和故障的风险。反之,如果负荷预测存在较大偏差,可能会导致系统设计不足或过度,前者会引起频繁的供电中断,后者则会导致资源浪费和运行成本增加。因此,负荷预测的准确性是保障供电可靠性的前提。

（二）供电可靠性对负荷预测的要求

供电可靠性对负荷预测提出了更高的要求。一个稳定的供电系统需应对各种负荷波动,这意味着负荷预测不仅需保持精确性,还应具备前瞻性和适应性^[9]。在确保供电稳定方面,系统设计需考虑极端情况下的负荷需求,例如极端天气或意外事件可能引发的负荷剧增。负荷预测模型应能识别这些特殊情况,并提供必要的安全余量。同时,提升供电可靠性也依赖于负荷预测的实时性和动态调整能力。得益于信息技术的进步,实时监控和短期负荷预测得以实现,这为供电系统的即时调整和优化提供了技术支撑。为保障供电稳定性,负荷预测需迅速适应系统状态的变化,以便及时调整供电策略,维持系统的平稳运行。

（三）负荷预测与供电可靠性的协同优化

负荷预测与供电可靠性的协同优化是电力系统运行与管理的核心内容。在这一过程中,通过对负荷的精准预测,可以有效提升供电可靠性,确保电力系统的稳定运行。负荷预测作为供电可靠性分析的基础,两者之间的关联性体现在以下几个方面:

负荷预测通过分析历史数据、天气条件、经济发展趋势等多方面因素,为电力系统提供未来一段时间内的负荷需求信息。这种预测结果的准确性直接影响到供电可靠性的评估。在准确预测

的基础上,电力系统可以合理调配资源,优化电网运行方式,从而降低供电中断的风险^[10]。同时,供电可靠性的提升又反过来验证了负荷预测的准确性,形成良性循环。

协同优化过程中,负荷预测与供电可靠性相互促进。一方面,通过对负荷预测结果的分析,发现潜在的供电瓶颈,提前采取措施,如调整电网结构、加强设备维护等,以确保供电可靠性。另一方面,提高供电可靠性要求电力系统具备较强的抗干扰能力,这又对负荷预测提出了更高的要求。在预测过程中,需充分考虑各种不确定因素,提高预测模型的适应性。

在实际操作中,负荷预测与供电可靠性的协同优化体现在以下几个方面:一是优化电网调度策略,根据负荷预测结果,合理安排发电计划,确保电力供需平衡;二是加强电网设备管理,针对负荷预测结果,对关键设备进行定期检查和维护,降低故障率;三是提高应急响应能力,通过负荷预测,提前制定应急预案,确保在突发事件时快速恢复供电;四是推动需求侧管理,引导用户合理用电,减轻电网负荷压力,提高供电可靠性。

五、结束语

近年来,建筑电气系统负荷预测与供电可靠性研究取得了显著进展。基于人工智能和大数据技术的预测模型,如深度学习、机器学习等,能够更准确地预测负荷需求,为电力系统规划和调度提供有力支持。同时,供电可靠性评价模型的构建和应用,有效提升了电力系统的运行效率和可靠性。未来,随着物联网、云计算等新兴技术的融合应用,建筑电气系统负荷预测与供电可靠性研究将朝着更加智能化、精细化的方向发展。通过实时监测、数据分析和智能决策,可以实现对电力系统运行状态的全面感知和精准控制,进一步提升供电可靠性和服务质量。

参考文献

[1] 刘林虎. 基于深度神经网络的短期电力负荷预测 [D]. 东北石油大学, 2023.DOI:10.26995/d.cnki.gdqsc.2023.000227.
[2] 胡乙丹, 张俊芳. 面向城市用电负荷预测的混合机器学习模型 [J]. 软件导刊, 2023, 22(09): 65-72.
[3] 刘小超. 基于改进 CNN-SVM 的短期电力负荷预测 [D]. 东北石油大学, 2023.DOI:10.26995/d.cnki.gdqsc.2023.000209.
[4] 张耀聪. 基于深度学习神经网络的可再生能源“源荷”预测研究 [D]. 兰州理工大学, 2023.DOI:10.27206/d.cnki.ggsgu.2023.000822.
[5] 黄巍, 黄锋, 彭伟, 等. “115 质量管控模式”提升供电可靠性 [J]. 中国电力企业管理, 2023, (29): 52-53.
[6] 李卫, 杨婷. 兴义供电局: 提高供电可靠性推进一流企业建设 [N]. 黔西南日报, 2023-09-04(008).DOI:10.28636/n.cnki.nqxb.2023.001300.
[7] 薛乔匀. 建筑电力负荷时频分析方法研究 [D]. 北京建筑大学, 2023.DOI:10.26943/d.cnki.gbjzc.2023.000704.
[8] 满达, 张卓凡, 张金金, 等. 基于 LSTM 的高校建筑电力负荷预测方法 [J]. 建筑电气, 2021, 40(11): 58-63.
[9] 陈雪薇, 张继东, 田园, 等. 基于迁移学习的电力负荷预测研究 [J]. 机电信息, 2021, (23): 12-14.DOI:10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2021.23.004.
[10] 刘陆. 基于 QGA 和 SVM 的电力负荷预测研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2021.DOI:10.27393/d.cnki.gxazu.2021.001058.