

# 城市电力规划中负荷预测方法的优化与应用

陈永青

深圳市蕾奥规划设计咨询股份有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i8.5653

**[摘要]** 随着城市化进程的加快,城市电力需求日益增长,负荷预测的准确性对城市电力规划至关重要。本文首先概述了传统负荷预测方法和新兴负荷预测方法,提出了优化策略,包括数据预处理与特征工程、模型融合与改进。通过优化后的负荷预测方法,可以更准确地进行电网规划和电力设施建设,如变电站选址、电网架构优化、无功补偿规划、电力线路规划和分布式电源接入规划等。

**[关键词]** 负荷预测; 数据预处理; 模型融合; 电网规划; 电力设施建设

**中图分类号:** TN819.1 **文献标识码:** A

Optimization and application of load forecasting method in urban power planning

Yongqing Chen

LAY-OUT Planning Consultants Co., Ltd

**[Abstract]** With the acceleration of urbanization and the increasing demand for urban electricity, the accuracy of load forecasting is very important for urban power planning. This paper first summarizes the traditional and emerging load forecasting methods, and proposes optimization strategies, including data preprocessing and feature engineering, model fusion and improvement. Through the optimized load forecasting method, power grid planning and power facility construction can be carried out more accurately, such as substation site selection, grid architecture optimization, reactive power compensation planning, power line planning and distributed power generation access planning.

**[Key words]** load forecasting; Data preprocessing; Model fusion; Power grid planning; Power facility construction

## 引言

在城市化快速发展的背景下,电力需求持续增长,负荷预测的准确性直接关系到城市电力系统的稳定运行和经济性。传统的负荷预测方法如时间序列分析、回归分析等,虽然在一定程度上满足了预测需求,但随着数据量的增加和复杂性的提高,这些方法的局限性逐渐显现。

### 1 负荷预测方法概述

#### 1.1 传统负荷预测方法

传统负荷预测方法主要包括时间序列法、回归分析法和专家系统法等。这些方法依赖于历史数据,通过对过去负荷数据的统计分析,建立数学模型进行预测。时间序列法是最常用的方法之一,基于负荷的历史数据,利用趋势、周期性和随机性成分进行分解和预测<sup>[1]</sup>。这种方法简单易行,适用于负荷变化较为平稳的情况,但对突发性负荷变化的预测能力较弱。回归分析法通过建立负荷与影响因素之间的数学关系模型进行预测,常用的回归模型包括线性回归、多元回归等。这种方法可以考虑多种影响因素,提高预测精度,但需要大量的历史数据支持。专家系统法依赖于专家的经验 and 知识,通过规则和推理机制进行预测,适

用于复杂多变的负荷情况,但依赖于专家的主观判断,存在一定的局限性。

#### 1.2 新兴负荷预测方法

随着大数据技术和人工智能的发展,新兴负荷预测方法应运而生,包括机器学习、深度学习和组合模型等。这些方法能够处理复杂的非线性关系,并且在应对突发性负荷变化时表现出较高的预测精度。机器学习方法如支持向量机、随机森林和梯度提升树等,通过对大量历史数据的训练,建立负荷预测模型,具有较好的泛化能力和适应性。深度学习方法利用神经网络,特别是长短期记忆网络(LSTM)和卷积神经网络(CNN),能够捕捉负荷数据中的时间和空间特征,提高预测精度。组合模型则通过将多种预测方法结合起来,利用各自的优点,提高整体预测效果。

### 2 负荷预测方法的优化策略

#### 2.1 数据预处理与特征工程

##### 2.1.1 数据清洗与降噪

原始数据通常包含噪声、缺失值和异常值,这些问题若不解决会严重影响预测模型的精度。数据清洗首先要识别并处理缺

失值,常用的方法有删除含有缺失值的数据点、用平均值或中位数填补缺失值,以及基于相似数据点的插值法。处理异常值是关键步骤,可以通过统计分析法、箱线图等方法识别异常数据,并选择删除或修正异常值<sup>[2]</sup>。降噪处理则是通过平滑技术,例如移动平均、加权移动平均和指数平滑等方法,减少数据中的随机波动,使得数据更加平稳。

### 2.1.2 数据归一化与标准化

归一化是将不同量纲的数据转换到相同的尺度范围,常见方法包括最小-最大归一化,将数据线性变换到0到1之间,和均值归一化,使数据的均值为0,方差为1。标准化则是调整数据,使其符合标准正态分布,即均值为0,标准差为1,常用于提升模型训练的稳定性和收敛速度。归一化与标准化处理能够消除不同特征之间的量纲差异,使得特征在同一尺度上进行比较,提升模型的性能。

### 2.1.3 特征提取与选择

有效的特征可以显著提高模型的预测能力,而冗余或不相关的特征则可能引入噪声,降低模型性能。特征提取是将原始数据转化为特征向量的过程,常用方法有主成分分析(PCA)、线性判别分析(LDA)等,这些方法能够减少数据维度,保留主要信息,提高模型计算效率。特征选择则是从现有特征中挑选出对预测最有用的一部分,常用技术包括基于统计的选择方法,如方差选择法、卡方检验和互信息法;基于模型的选择方法,如LASSO回归和决策树;以及基于嵌入式方法,如递归特征消除(RFE)等。

## 2.2 模型融合与改进

### 2.2.1 多模型融合策略

多模型融合策略是提高负荷预测精度的有效手段,通过结合多个单一模型的优点,减小个别模型预测误差,实现更为准确和稳健的预测结果。常见的融合方法包括简单加权平均、投票法、Bagging、Boosting和Stacking等。简单加权平均是将多个模型的预测结果按照预定权重进行加权平均,适用于各模型性能相近的情况。投票法则适用于分类问题,通过多个模型的投票结果决定最终输出。Bagging方法通过对训练数据进行多次采样生成多个子模型,并将各子模型的预测结果进行平均,从而降低模型的方差,提高泛化能力<sup>[3]</sup>。Boosting方法如AdaBoost和Gradient Boosting,通过迭代训练一系列弱学习器,每个新模型重点关注前一轮中被错误分类的数据,逐步提高整体模型的精度。

### 2.2.2 模型参数优化

模型参数优化是提升负荷预测模型性能的关键步骤之一,通过调整模型参数,使其在特定数据集上的表现达到最佳。常用的优化方法包括网格搜索、随机搜索和贝叶斯优化等。网格搜索是一种穷举搜索方法,通过预定义参数范围,遍历所有可能的参数组合,选取表现最佳的参数组合。虽然计算量较大,但能够确保找到全局最优解。随机搜索通过随机采样参数空间中的若干点,评估其表现,虽然不能保证找到全局最优解,但在计算资源

有限的情况下具有较高的效率和较好的效果。贝叶斯优化是一种基于概率模型的方法,通过构建参数与模型性能之间的概率模型,利用贝叶斯定理迭代更新参数选择,加速收敛到最优解。

### 2.2.3 考虑时空特性的模型改进

考虑时间和空间因素,可以更全面地捕捉负荷数据的动态变化规律。时间特性方面,通过引入时间序列分析方法,例如ARIMA、LSTM等,可以充分利用负荷数据的时间依赖性和周期性特征,提高短期和长期预测的准确性。空间特性方面,通过结合地理信息系统(GIS)和空间统计方法,可以分析不同地区负荷需求的分布及其相互影响关系。使用卷积神经网络(CNN)等深度学习方法,可以捕捉负荷数据的空间结构特征,进一步提高预测精度。此外,结合时空特性的混合模型,如基于LSTM-CNN的混合模型,能够同时捕捉负荷数据的时间动态和空间分布规律,提供更为精确的负荷预测。

## 3 优化后的负荷预测方法在城市电力规划中的应用

### 3.1 电网规划中的应用

#### 3.1.1 变电站选址与容量确定

负荷预测方法的优化,为这些决策提供了更为精准的数据支持。通过对城市不同区域的负荷数据进行详细分析,可以清晰地了解各区域的电力需求变化趋势。这种数据洞察力使规划者能够在城市快速扩张的背景下,合理确定变电站的选址及其容量,从而避免过度投资或资源浪费。优化后的负荷预测不仅能识别当前的电力需求,还能通过时间序列分析预测未来的负荷变化,这为变电站的长期规划奠定了基础。在选址方面,结合地理信息系统(GIS)技术,负荷预测结果能够精确反映地理位置与电力需求之间的关系,帮助规划者选择最优的变电站位置。容量确定方面,优化后的预测方法通过综合考虑城市发展规划、人口增长,以及季节性负荷波动等因素,确保变电站的容量既能满足高峰负荷需求,又不至于造成资源的闲置。

#### 3.1.2 电网架构优化

电网架构的优化在现代城市电力规划中扮演着关键角色,直接影响电力传输的效率与稳定性。优化后的负荷预测方法为电网架构设计提供了重要的数据基础,使得电网的配置更加合理和科学。通过精确的负荷预测,规划者能够识别电网中的高负荷区与低负荷区,进而优化电力线路的布局和容量分配,减少电力传输过程中的损耗与瓶颈。负荷预测不仅能够提供实时的负荷分布情况,还可以预判未来负荷变化趋势,为电网扩容和改造提供决策依据。在实际应用中,电网架构的优化还涉及智能电网技术的应用,通过先进的监控与调度系统,实现电力资源的动态优化配置。这种基于负荷预测的数据驱动决策,使得电网在面对负荷变化时能够迅速响应,提升电力供应的稳定性与可靠性。

#### 3.1.3 无功补偿规划

无功补偿在电力系统中至关重要,通过优化后的负荷预测方法可以有效指导无功补偿的规划与实施。无功功率对电力系

统的电压稳定性有直接影响,而合理的无功补偿规划可以改善电网的功率因数,降低线路损耗,提高电压质量。负荷预测的精准性为无功补偿提供了可靠的数据基础。通过对不同时段、不同区域的负荷变化趋势分析,可以识别出无功需求的时空分布特征<sup>[4]</sup>。这使得规划者能够有针对性地部署无功补偿设备,例如在高负荷地区配置静止无功补偿器(SVC)和静止同步补偿器(STATCOM),以快速响应负荷变化,稳定电压水平。此外,负荷预测还可以结合电网运行状态监测数据,动态调整无功补偿策略,实现无功补偿的最优配置。

### 3.2 电力设施建设中的应用

#### 3.2.1 电力线路规划

优化后的负荷预测方法在电力线路规划中具有重要应用,通过准确预测负荷分布和未来变化趋势,为电力线路的设计和建设提供科学依据。在实际规划过程中,精确的负荷预测使得规划者能够识别电网中的高负荷区和低负荷区,从而优化电力线路的布局和容量分配,减少电力传输过程中的损耗和瓶颈。通过分析不同区域的用电需求及其变化规律,可以在高负荷区设计高容量线路,确保电力供应的稳定性和可靠性。在低负荷区则可以考虑建设成本较低的线路,以节约资源。负荷预测还可以结合地理信息系统(GIS)技术,对电力线路的走向进行优化,避开地形复杂或施工难度大的区域,降低建设成本。此外,负荷预测方法还可以预判未来的负荷增长,提前规划电力线路的扩容和升级,避免因负荷增长导致的供电紧张问题。

#### 3.2.2 分布式电源接入规划

分布式电源的接入规划在现代电力系统中具有重要意义,优化后的负荷预测方法为这一过程提供了重要的数据支持和决策依据。分布式电源,如太阳能和风能,在接入电网时需要考虑其对负荷分布和电网运行的影响。通过精确的负荷预测,规划者能够识别哪些区域适合接入分布式电源,从而实现电源与负荷的最佳匹配。负荷预测可以帮助确定分布式电源的最佳接入点,避免因接入点选择不当导致的电网不稳定问题。同时,负荷预测还可以评估分布式电源接入后的负荷变化情况,提前规划电网的扩容和升级,以应对可能的负荷波动。此外,负荷预测方法还

可以结合分布式电源的发电特性和用电需求,优化分布式电源的调度策略,实现分布式电源的高效利用和电网的稳定运行。

#### 3.2.3 电力设施建设成本控制

通过精确的负荷预测,规划者可以合理确定电力设施的建设规模和配置,避免因过度建设导致的资源浪费和成本增加。负荷预测方法能够提供详细的用电需求数据,使得电力设施的建设能够更好地匹配实际需求,提高资源利用效率<sup>[5]</sup>。负荷预测还可以结合地理信息系统(GIS)技术,优化电力设施的选址和布局,避开地形复杂或施工成本高的区域,降低建设成本。此外,负荷预测方法可以预判未来的负荷增长,提前规划电力设施的扩容和升级,避免因负荷增长导致的供电紧张问题和二次建设成本。

## 4 结论

总之,负荷预测是城市电力规划中的关键环节,其准确性直接影响到电力系统的稳定性和经济性。通过采用数据预处理、特征工程、模型融合与改进等优化策略,可以显著提高负荷预测的准确性。这些优化后的负荷预测方法在电网规划和电力设施建设中的应用,不仅有助于提高电力系统的运行效率,还能有效控制建设成本,促进城市电力系统的可持续发展。

### [参考文献]

[1]孙耀光.电力规划中负荷预测方法研究及其优化[J].中国新技术新产品,2016,(14):61-62.

[2]付熙.电力规划中负荷预测方法研究及其优化[J].科技创新与应用,2015,(26):213.

[3]卢伟东.电力规划中负荷预测方法研究及其优化[J].中国高新技术企业,2014,(03):29-30.

[4]刘二小.关于城市电力规划负荷预测的分析[J].科技创新与应用,2012,(20):122.

[5]杨慧萍.城市电力规划负荷预测之我见[J].电子世界,2012,(14):43-44.

### 作者简介:

陈永青(1991--),男,汉族,广东汕头人,本科,工程师,研究方向:电力工程规划。