

电力工程中的电力负荷预测与调度优化研究

陈宜祎 刘海兵

国网江西省电力有限公司南昌市湾里供电分公司 江西南昌 330000

摘要：电力负荷预测与调度优化是电力工程稳定高效运行的核心。文章先阐述负荷预测基础理论，涵盖特性分析、模型构建与误差控制；再介绍单耗法、趋势外推法等预测方法，分析各方法适用场景与优劣；最后从需求侧响应、分布式能源协调等五方面提出调度优化策略，为电力工程全生命周期管理与电网安全运行提供支撑，助力提升能源利用效率。

关键词：电力工程；电力负荷预测；调度优化

引言

电力作为现代社会核心能源，其供应稳定性关乎生产生活。随着用电需求多元化与新能源接入增加，传统负荷预测与调度模式面临挑战。准确的负荷预测是电网规划与运行前提，科学的调度优化是能源高效配置关键。基于此，下文将系统梳理负荷预测基础理论与方法，探索适配新形势的调度优化策略，为电力工程高质量发展提供理论参考。

一、电力工程中电力负荷预测的基础理论

电力负荷预测是基于历史负荷数据、影响因素及未来发展趋势，对特定时段内电力负荷规模进行科学估算的过程。其核心理论包括负荷特性分析、预测模型构建与误差控制。从负荷特性来看，电力负荷具有周期性、波动性与关联性，受经济发展、气候条件、产业结构等因素影响，需通过多维度数据采集实现精准刻画。预测过程需遵循系统性原则，涵盖数据预处理、模型选择、结果验证等环节。数据预处理需剔除异常值，确保数据完整性与准确性；模型选择需结合预测时段与负荷特性，如短期预测侧重时序数据，长期预测需考虑宏观经济因素；误差控制则通过交叉验证与动态调整，降低预测偏差。此外，负荷预测需与电网运行需求衔接，短期预测服务于实时调度，中长期预测支撑电网规划，为电力工程全生命周期管理提供数据支撑^[1]。

二、电力工程中电力负荷预测方法

(一) 单耗法

单耗法基于“负荷=产量×单位能耗”的核心逻辑，通过分析行业或用户的单位产品耗电量，结合未来

产量规划实现负荷预测。该方法适用于工业用户等用电规律稳定的场景，需先确定基准单耗，再根据技术进步、节能措施等因素调整单耗系数。其优势在于计算简便、数据易获取，可直接关联生产计划；不足在于对非生产性负荷预测精度较低，且难以反映突发因素对负荷的影响，适用于中长期宏观负荷预测。

(二) 趋势外推法

趋势外推法假设负荷随时间呈规律性变化，通过拟合历史负荷数据的变化趋势构建预测模型。常用模型包括线性趋势模型、指数趋势模型与多项式趋势模型。线性趋势模型适用于负荷平稳增长的场景，通过最小二乘法拟合负荷与时间的线性关系；指数趋势模型适用于负荷高速增长阶段，反映负荷加速或减速变化规律；多项式趋势模型则可捕捉负荷的非线性变化趋势。该方法依赖历史数据的连续性，适用于短期至中期预测，当负荷受突发因素干扰时，需结合其他方法修正预测结果^[2]。

(三) 时间序列分析方法

时间序列分析方法聚焦负荷数据的时间维度特征，通过挖掘历史数据的周期性、趋势性与随机性，构建预测模型。其中，移动平均法通过计算一定时段内负荷平均值平滑波动，适用于短期负荷预测；指数平滑法引入权重系数，对近期数据赋予更高权重，提升对负荷变化的敏感性，包括简单指数平滑、Holt双参数指数平滑与Holt-Winters三参数指数平滑，分别适用于无趋势、有趋势与有趋势且有季节波动的负荷预测；ARIMA模型则通过差分处理消除数据非平稳性，结合自回归与移动平均模型，精准刻画负荷的动态变化规律，适用于复杂负荷场景的短期预测。

(四) 神经网络方法

神经网络方法基于模拟人类大脑神经元结构，通过多层网络架构实现负荷与影响因素的非线性映射。以BP神经网络为例，其包含输入层、隐含层与输出层，输入层接收负荷影响因素数据（如温度、历史负荷），隐含层通过激活函数处理数据，输出层输出预测结果。训练过程中，通过反向传播算法调整网络权重，最小化预测误差。该方法具备强非线性拟合能力，可处理多因素耦合的复杂负荷场景，如新能源接入下的负荷预测；不足在于需大量历史数据训练，且模型参数调整难度较大，易出现过拟合问题，需结合正则化等方法优化。

三、电力工程中电力调度的优化策略

(一) 需求侧响应与负荷调控策略

需求侧响应是电力调度从“被动满足负荷”转向“主动引导负荷”的核心手段，通过调节用户用电行为实现负荷与供电资源的动态平衡。其关键在于构建“感知-分析-响应”的闭环体系：感知环节依托智能电表、物联网终端覆盖工业、商业、居民等全场景用电设备，实时采集用电功率、时长等特征数据，确保完整捕捉负荷变化规律；分析环节引入机器学习算法，对历史用电数据与实时负荷曲线进行挖掘，精准识别可调节负荷，例如工业领域可通过调整生产工序转移连续运转设备的负荷，居民领域可依据用户生活习惯与电网状态灵活调控空调、热水器的运行时段；响应环节结合电网实时状态制定差异化方案，对工业用户通过错峰补贴、容量电价调整等方式，激励其在用电低谷时段提升产能、高峰时段降低负荷，对居民用户通过APP推送电价信息、智能家电控制建议，引导其自发调整用电时间。此外，需注重时间维度的优化，短期聚焦日内负荷平抑，通过实时调控缓解早、中、晚用电高峰的供电压力；中长期结合季节特征调整响应预案，夏季针对制冷负荷高峰强化调控力度，冬季围绕采暖负荷优化响应节奏，最终提升电网对负荷波动的适应能力，减少因负荷骤增骤减引发的供电压力与能源浪费^[3]。

(二) 分布式能源接入与协调调度

分布式能源的规模化接入打破了传统电网“集中发电、单向输电”的固有格局，需从“技术适配-调度协同-安全保障”三个维度构建系统性优化策略。技术适配层面，首要任务是制定统一的接入标准，明确分布式光伏、小型风电等不同类型能源的接入电压等级、功率因数控制范围、谐波治理要求，避免因设备特性差异

导致的电网兼容性问题；同时推广柔性并网技术，通过改进逆变器控制算法实现谐波抑制，降低能源出力波动对电网电压、频率的冲击，确保电网电能质量符合运行标准。调度协同层面需搭建分布式能源与主网的一体化调度平台，实时监测分布式能源的出力变化趋势，结合负荷预测结果动态优化出力分配——在分布式能源出力充足的时段，优先消纳其产生的电能，减少主网电源的发电压力；当分布式能源出力不足时，及时调整主网电源的出力，保障供电稳定性。安全保障层面需建立分布式能源出力预测模型，整合气象数据、设备运行参数等信息量化出力波动风险，提前制定应对方案；配置储能设备平抑出力波动，避免其对电网安全运行造成影响；完善电网保护机制，设置合理的保护定值与动作逻辑，防止分布式能源孤岛运行引发设备损坏或供电中断等安全事故，确保分布式能源与电网协同运行的安全性与可靠性。

(三) 储能系统的优化配置与调度应用

储能系统是解决电力供需时空错配问题的关键技术支撑，需从“类型选择-容量配置-调度策略”三个核心环节实现系统性优化。类型选择需结合不同应用场景的特性差异化配置：短期调频场景对响应速度要求极高，优先选择电化学储能，凭借其充放电速度快、调节精度高的优势，快速平抑电网频率波动；中长期调峰场景侧重成本与容量的平衡，可采用机械储能，依托其储能容量大、运行寿命长、单位成本低的特点，应对日内或季节性的用电高峰；偏远地区供电场景因能源供应不稳定、电网基础设施薄弱，可结合氢能储能构建“发电-制氢-储氢-氢能发电”的全链条运行模式，实现多能源互补，保障偏远地区的持续供电。容量配置环节需以负荷预测结果与电源出力特性为基础，通过经济性与可靠性权衡模型确定储能系统的最优容量，避免容量不足导致调度失效，或容量过剩造成资源浪费。调度应用层面需构建多场景适配的调度模式：在日内调度中，根据负荷变化规律，在用电高峰时段释放储能系统储存的电能，缓解电网供电压力，在用电低谷时段则利用多余电能为储能系统充电，实现电能的“移峰填谷”；在季节调度中，针对不同季节的负荷特征调整策略，冬季增加储能系统的充电频率，以应对采暖负荷高峰，夏季则优化储能系统的放电策略，保障制冷用电需求。同时，需优化储能系统的充放电控制策略，合理设定充放电深度与充放电速率，避免过度充放电对储能设备造成损害，延长设备

使用寿命，降低整体运行成本^[4]。

(四) 电网实时监测与智能决策支持

实时监测与智能决策支持是提升电力调度效率、保障电网安全运行的核心支撑，需构建“数据驱动-模型支撑-动态优化”的一体化智能调度体系。数据驱动层面，首要任务是搭建全域数据采集平台，整合电网运行数据（如母线电压、线路功率、变压器运行状态）、全类型负荷数据、新能源出力数据，通过边缘计算技术在数据采集终端附近完成数据预处理，包括清洗异常值、统一数据格式、压缩数据传输量，消除数据延迟与噪声干扰，为后续的分析与决策提供高质量的数据基础。模型支撑层面需开发多维度的决策模型体系，负荷预测模型可采用基于LSTM的深度学习技术，通过挖掘历史负荷数据的时序特征与影响因素（如气象条件、用户行为），提升短期负荷预测精度；电源优化调度模型结合各类电源的特性（如发电成本、启停成本、出力限制），优化发电计划，实现发电成本最低化与能源利用效率最大化；电网安全分析模型通过计算电网各节点电压、线路功率等参数，识别潜在的安全风险（如线路过载、电压越限），为调度决策提供安全约束依据。动态优化层面需建立实时反馈机制，基于预处理后的实时数据持续更新模型参数，确保模型能准确反映当前电网运行状态；当电网出现线路过载、电源故障等异常情况时，智能决策系统可快速调用相关模型进行计算，生成负荷转移、电源出力调整的最优方案，并通过自动化控制系统将调度指令下发至现场设备，实现决策与执行的无缝衔接。此外，需提升决策系统的可视化水平，通过三维电网模型、动态负荷曲线等形式，直观呈现电网运行状态，辅助调度人员快速掌握电网情况，做出精准判断与决策。

(五) 跨区域电网互联与资源优化配置

跨区域电网互联通过打破地理限制，实现区域间电力资源互补，是优化资源配置、提升能源利用效率的重要途径，需从“网络构建-调度机制-利益协调”三维度推进优化。网络构建层面，核心是完善输电通道建设，结合各区域电力供需与资源禀赋，优化通道布局、电压等级及传输容量，对能源富集但负荷低的区域，建设高等级、大容量通道，将风电、光伏等清洁能源输送至负

荷中心；同时推广柔性直流输电技术，依托其控制灵活、谐波抑制强、适配复杂电网的优势，减少输电损耗，提升传输稳定性与经济性。调度机制层面，需建立跨区域协同调度中心，打破区域独立调度模式，统一制定规则并明确责任。中心整合各区域负荷预测、电源出力及资源数据，通过优化算法制定传输计划，清洁能源充足时加大向负荷中心输电以消纳；负荷高峰时协调能源区提升输电规模；遇电源故障或负荷骤增，及时调整计划实现应急调配。利益协调层面，构建市场化电力交易机制，明确输电价格形成逻辑，综合建设、运维、损耗成本定合理价格，避免区域利益失衡；同时建立分配机制，平衡发电方、输电方与用电方收益，激发参与积极性。此外，需建立风险防控体系，通过故障仿真模型模拟突发事件影响，制定备用通道、应急电源等预案，保障传输安全，防止局部故障扩大^[5]。

结语

电力负荷预测与调度优化研究对电力工程发展意义重大。研究明确负荷预测的理论框架与多元方法，提出覆盖需求侧、能源接入、储能应用等维度的调度优化策略，可有效提升电网适应性与能源利用效率。未来可进一步结合先进技术深化研究，推动电力系统向更高效、安全、稳定方向发展，为能源可持续供应提供更强保障。

参考文献

- [1] 张伟, 王殿玺, 徐国川. 电力工程中的电力负荷预测与调度优化研究[J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(3): 86-88.
- [2] 孙悦, 王啸宇. 基于智能算法的电力系统负荷预测与调度优化研究[J]. 电工技术, 2025(15): 8-10.
- [3] 左继恩. 基于大数据分析的电力系统负荷预测与优化调度方法研究[J]. 家电维修, 2024(1): 52-54.
- [4] 朱斌, 周新宸. 基于人工神经网络的电力系统负荷预测与优化调度方法研究[J]. 自动化应用, 2024, 65(S02): 89-91.
- [5] 李梦鸽. 电力系统负荷预测与调度优化方法研究[J]. 电力系统装备, 2024(4): 42-44.