

# 智能电网中电力调度与负荷预测技术研究

刘鹏

231083\*\*\*\*\*5418

**摘要:** 智能电网中, 电力调度与负荷预测相辅相成, 是保障电网安全稳定、高效运行的核心环节。当前部分智能电网存在负荷预测精度不足, 难以适配复杂用电场景; 电力调度响应滞后, 无法实时匹配负荷变化; 两者协同机制缺失, 导致资源配置低效等问题, 制约电网运行效能。本文围绕智能电网中的电力调度与负荷预测技术展开, 系统梳理负荷预测核心技术、电力调度优化策略、两者协同机制, 分析现存问题, 探索发展趋势, 旨在为智能电网提升调度效率与负荷适配能力提供思路, 推动电网向精细化、智能化运行转型。

**关键词:** 智能电网; 电力调度; 负荷预测技术; 协同机制; 优化策略

**DOI:** 10. 69979/3060-8767. 25. 12. 016

## 引言

随着新能源大规模接入、用户用电需求多元化, 智能电网对运行灵活性、稳定性、经济性的要求日益提升。负荷预测是电力调度的前提, 精准预测可提前掌握用电需求变化, 为调度资源配置提供依据; 电力调度是负荷预测的落地保障, 科学调度能实现电源、电网、负荷的协同, 平衡供需关系。传统电网中, 负荷预测依赖人工经验估算, 精度受主观因素影响大; 电力调度采用固定周期计划模式, 无法快速响应负荷波动。这种模式已无法满足智能电网动态调整、高效响应的需求, 易导致资源浪费或供需失衡。

## 1 智能电网中负荷预测的核心技术方法

### 1.1 基于历史数据的统计分析类负荷预测技术

该类技术以历史用电数据为核心, 通过统计规律挖掘负荷变化趋势, 适用于用电模式相对稳定的场景。时序分析技术通过分析负荷历史时间序列数据, 如每日、每月用电负荷变化, 识别负荷周期性、趋势性特征, 如工作日与周末的负荷差异、季节性负荷波动, 进而建立预测模型, 如 ARIMA 模型, 实现短期或中期负荷预测。回归分析技术则通过挖掘负荷与影响因素如历史负荷、时间变量的线性或非线性关系, 构建回归方程, 如多元线性回归模型, 根据影响因素的未来取值预测负荷。

### 1.2 融合多源数据的机器学习类负荷预测技术

机器学习类技术借助算法的非线性拟合与特征学习能力, 融合多源数据提升预测精度, 适用于复杂用电场景。神经网络技术如 BP 神经网络、LSTM 网络, 可处理海量非线性数据, 通过构建多层网络结构, 自动学习负荷与多源数据如历史负荷、气象数据、用户行为数据

的深层关联, 如 LSTM 网络能捕捉负荷时间序列的长短期依赖关系, 有效预测具有复杂波动特征的负荷。随机森林技术通过集成多棵决策树, 对多源特征如温度、湿度、用电户数进行综合分析, 降低单一模型的过拟合风险, 提升预测稳定性。

### 1.3 考虑外部影响因素的场景化负荷预测技术

场景化技术通过针对性分析外部影响因素, 构建适配不同场景的预测模型, 提升预测的场景适应性。气象因素适配方面, 分析温度、降水、风速等对负荷的影响, 如高温天气会导致空调负荷激增, 低温天气会增加供暖负荷, 通过建立气象因子与负荷的关联模型, 实现不同气象场景下的精准预测。节假日适配方面, 针对节假日用电模式与工作日的差异, 如节假日工业负荷下降、居民负荷上升, 单独构建节假日预测模型, 避免统一模型导致的预测偏差。政策适配方面, 结合电价调整、节能减排政策等对用户用电行为的影响, 如电价上涨可能减少高耗能负荷, 将政策因素转化为模型输入变量, 确保预测结果贴合政策实施后的用电场景, 提升负荷预测的实用性与精准度。

## 2 智能电网中电力调度的优化策略与技术路径

### 2.1 面向新能源消纳的电力调度优化策略

该策略通过协调风电、光伏、储能资源, 提升新能源在电网中的消纳能力, 减少弃风弃光现象。调度过程中, 先根据负荷预测与新能源出力预测, 制定风光储协同调度计划, 如在风电、光伏出力高峰时, 优先消纳新能源电能, 同时利用储能系统存储多余电能; 在新能源出力低谷时, 释放储能电能补充供电, 保障供电稳定。通过实时监测新能源出力波动与负荷变化, 动态调整储

能充放电策略与新能源并网功率,如当风电出力骤降时,快速启动储能放电,避免电网频率波动。

## 2.2 基于实时负荷变化的动态电力调度技术路径

动态调度通过实时跟踪负荷变化,调整调度计划,提升调度的实时性与灵活性。滚动调度路径采用“预测-调度-更新”的循环模式,根据短周期负荷预测如每小时更新一次的预测结果,滚动调整调度计划,如当实际负荷高于预测值时,及时增加电源出力;当实际负荷低于预测值时,减少冗余电源投入,避免资源浪费。分级调度路径根据电网层级与负荷重要性,划分不同调度层级,如省级调度负责区域内大型电源与主干电网协调,市级调度负责区域内配电网与用户负荷匹配,县级调度负责本地分布式电源与小微负荷调度。

## 2.3 兼顾经济性与可靠性的多目标电力调度优化策略

该策略在保障电网安全运行的前提下,优化调度方案降低运行成本,实现多目标协同优化。经济性优化方面,通过合理安排电源运行方式,如优先调度发电成本低的水电、风电,减少高成本火电运行时间;优化输电线路潮流分布,降低网损,如通过调整变压器分接头、无功补偿设备,减少输电损耗,降低整体运行成本。可靠性优化方面,确保调度方案满足电网安全约束,如线路传输功率不超过限值、节点电压维持在合格范围,避免因调度不当导致电网故障。

# 3 智能电网中电力调度与负荷预测的协同机制

## 3.1 负荷预测结果对电力调度计划制定的前置支撑机制

该机制将负荷预测作为电力调度计划制定的核心依据,确保调度计划与负荷需求精准匹配。在制定中长期调度计划如月度、季度计划时,依据中长期负荷预测结果,确定电源建设、检修计划与跨区域输电方案,如根据预测的负荷增长趋势,安排新增机组并网时间。在制定短期调度计划如日计划时,结合短期负荷预测,分配各电源出力指标,如确定火电机组、风电场、光伏电站的日发电额度。同时,将负荷预测的不确定性纳入调度计划考量,如根据预测误差范围,预留一定的备用电源容量,应对负荷超出预测值的情况,避免供电短缺。

## 3.2 电力调度反馈对负荷预测模型优化的动态调整机制

该机制通过电力调度过程中产生的实际数据,反向优化负荷预测模型,提升预测精度。调度过程中,实时

收集实际负荷数据、电源出力数据、调度调整记录等信息,与负荷预测结果进行对比,分析预测误差大小与原因,如误差是由模型未充分考虑气象因素还是用户行为变化导致。根据误差分析结果,对负荷预测模型进行动态调整,如修正模型参数、补充新的影响因素变量、优化算法结构,如当发现极端天气下预测误差较大时,增加极端气象因子的权重,提升模型对极端场景的适应性。

## 3.3 基于数据共享的电力调度与负荷预测实时协同机制

该机制通过构建统一的数据共享平台,打破电力调度与负荷预测之间的数据壁垒,实现两者实时协同。平台整合负荷预测数据、实时负荷数据、电源出力数据、电网运行数据等多源信息,电力调度部门与负荷预测部门可实时获取、共享数据,如负荷预测部门能实时查看调度过程中的实际负荷变化,及时调整预测模型;调度部门能实时获取更新后的负荷预测结果,动态优化调度方案。同时,平台支持两者的实时交互,如调度部门发现负荷预测与实际偏差较大时,可通过平台反馈给预测部门,预测部门快速重新预测并反馈新结果;预测部门可通过平台向调度部门推送负荷突变预警,调度部门提前做好应对准备。

# 4 智能电网中电力调度与负荷预测技术现存的主要问题

## 4.1 极端天气/突发事件下负荷预测精度大幅下降的问题

极端天气如台风、暴雪、持续高温,以及突发事件如大型活动、设备故障,会导致用电负荷出现异常波动,超出常规预测模型的适应范围。当前负荷预测模型多基于历史正常数据训练,对极端场景的特征学习不足,如模型未充分涵盖极端高温下的负荷激增模式,导致预测值远低于实际负荷;突发事件具有不可预测性,难以提前纳入模型输入变量,如大型演唱会临时增加的用电负荷,会使预测结果与实际偏差显著。

## 4.2 新能源出力波动导致电力调度难度增加与稳定性不足的问题

新能源如风电、光伏的出力受自然条件影响大,具有显著的波动性与间歇性,如风电出力会随风速变化剧烈波动,光伏出力受昼夜、云层变化影响明显。新能源大规模接入后,其出力波动会直接传递至电网,导致电网频率、电压出现波动,增加电力调度难度。当前调度策略对新能源波动的应对能力有限,如备用电源容量不

足,无法快速补偿新能源出力缺口;储能系统的充放电速度与容量无法满足高频次、大波动的调节需求。

### 4.3 电力调度与负荷预测数据互通不畅、协同响应滞后的问题

部分智能电网中,电力调度系统与负荷预测系统分属不同部门管理,数据标准不统一、接口不兼容,导致数据互通不畅,如负荷预测数据需人工导出后再导入调度系统,存在数据延迟与误差;调度过程中的实际负荷数据无法及时反馈给负荷预测系统,影响模型优化。协同响应滞后体现在两者的互动缺乏实时性,如负荷预测出现偏差时,调度系统无法及时获取更新后的预测结果,仍按原计划调度;调度过程中发现负荷突变时,负荷预测系统无法快速重新预测,导致调度调整滞后于负荷变化。数据互通与协同响应问题,削弱了两者的协同效应,制约了智能电网的运行效率。

## 5 智能电网中电力调度与负荷预测技术的未来发展趋势

### 5.1 融合数字孪生的电力调度与负荷预测一体化发展趋势

数字孪生技术将构建与智能电网物理实体高度一致的虚拟模型,实现电力调度与负荷预测的一体化运行。虚拟模型整合电网拓扑、设备参数、负荷数据、新能源出力数据等信息,实时映射物理电网的运行状态。在该模式下,负荷预测可基于虚拟模型进行多场景仿真,如模拟不同气象、政策场景下的负荷变化,提升预测精度;电力调度可在虚拟模型中预演调度方案,如模拟新能源消纳策略的实施效果,评估方案的经济性与安全性。同时,两者在虚拟模型中实时交互,负荷预测结果动态指导调度方案调整,调度反馈数据实时优化预测模型,实现“预测-调度-优化”的闭环一体化,大幅提升智能电网的运行效率与决策科学性。

### 5.2 依托边缘计算的分布式电力调度与负荷预测发展趋势

边缘计算技术将计算能力下沉至电网边缘节点如变电站、配电站,推动电力调度与负荷预测向分布式方向发展。在分布式负荷预测方面,边缘节点可实时采集本地用户负荷数据、气象数据,通过本地化模型快速完成预测,减少数据传输至云端的延迟,如社区边缘节点可精准预测本社区的短期负荷,为本地分布式电源调度

提供支撑。在分布式电力调度方面,边缘节点可根据本地负荷预测结果与分布式电源出力情况,自主完成本地调度,如调整户用光伏、储能的运行状态,实现本地供需平衡;同时,边缘节点与云端调度中心协同,云端负责全局优化,边缘负责局部调控,形成“云端-边缘”协同的分布式调度体系,提升电网对分布式资源的管控能力与响应速度。

## 5.3 面向零碳电网的电力调度与负荷预测低碳化优化发展趋势

在零碳电网目标推动下,电力调度与负荷预测将以低碳化为核心优化方向。负荷预测方面,将重点预测低碳负荷如电动汽车充电负荷、分布式新能源消纳负荷,分析低碳政策如碳税、新能源补贴对负荷结构的影响,为电网低碳转型提供数据支撑。电力调度方面,将优先调度新能源与储能资源,最大化减少化石能源消耗,如建立新能源消纳优先级机制,在满足电网安全的前提下,新能源出力优先上网;优化低碳调度策略,如通过需求响应引导用户在新能源出力高峰时用电,提升新能源消纳率。

## 6 结论

智能电网中,电力调度与负荷预测通过技术创新与协同机制,共同支撑电网的安全、高效、低碳运行。当前虽面临极端场景预测精度不足、新能源调度难度大、协同响应滞后等问题,但通过数字孪生一体化、边缘计算分布式、低碳化优化等发展趋势,可有效突破瓶颈。未来,随着技术不断成熟,电力调度与负荷预测将实现更深度的协同与更智能的运行,不仅能提升智能电网的资源配置效率与运行稳定性,还将为新能源大规模消纳与零碳电网建设提供关键支撑,推动能源领域向绿色、可持续方向发展。

### 参考文献

- [1]何林佳,钱玉联,凌峰,等. 电力调度自动化中的智能电网技术运用[J]. 农电管理,2025,(08):21-22.
- [2]白宇,李建伟. 智能电网调度运行技术应用策略研究[J]. 光源与照明,2025,(04):248-250.
- [3]张雨轩. 电力调度自动化系统中的智能技术分析[J]. 集成电路应用,2025,42(02):280-281.
- [4]杨科楠. 电力调度自动化中智能电网技术的应用研究[J]. 仪器仪表用户,2024,31(11):112-114.