

# 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和精准度。

## 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

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，推动物联网领域向绿色、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.