

# 双碳、双区背景下电力需求预测方法研究实践

马燕如 王宝 贾健雄 杨敏 叶钰童

国网安徽省电力有限公司经济技术研究院, 安徽 合肥 230002

**摘要:** 在“双碳”目标和“双区”驱动下, 我国能源电力系统正经历深刻变革。本文系统梳理了近年来电力需求预测领域的研究成果, 总结“双碳”背景下的电力需求预测特点和方法, 分析“双区”驱动对城市电力需求结构与用电特性的影响。基于相关文献, 提出了适应新形势的电力需求预测框架, 为后续电网规划、能源结构优化和需求响应政策制定提供理论参考和实践指导。

**关键词:** 双碳; 双区; 电力需求; 预测方法

## Research Practice of Power Demand Forecasting Method under the Background of Peak Carbon Dioxide Emissions and Carbon Neutral Goal and Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area and Shenzhen Pioneer Demonstration Zone

Ma, Yanru Wang, Bao Jia, Jianxiong Yang, Min Ye, Yutong

State Grid Anhui Electric Power Co., Ltd. Economic and Technological Research Institute, Hefei, Anhui, 230002, China

**Abstract:** Driven by the goal of "Peak carbon dioxide emissions and carbon neutral goal" and "Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area and Shenzhen Pioneer Demonstration Zone", China's energy and power system is undergoing profound changes. This paper systematically sorts out the research achievements in the field of power demand forecasting in recent years, summarizes the characteristics and methods of power demand forecasting under the background of "Peak carbon dioxide emissions and carbon neutral goal", and analyzes the influence of "Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area and Shenzhen Pioneer Demonstration Zone" driving on the structure of urban power demand and power consumption characteristics. Based on the relevant literature, a power demand forecasting framework adapted to the new situation is put forward, which provides theoretical reference and practical guidance for subsequent power grid planning, energy structure optimization and demand response policy formulation.

**Keywords:** Peak carbon dioxide emissions and carbon neutral goal; Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area and Shenzhen Pioneer Demonstration Zone; Power demand; Prediction technique

DOI: 10.62639/ssp15.20250202

随着“双碳”目标的提出和“双区”（粤港澳大湾区与深圳先行示范区）建设的推进, 我国电力系统迎来了低碳化、高效化转型的新机遇与挑战。电力作为能源消费的主力军, 承担着推动经济社会绿色发展的核心责任。在新形势下, 传统的电力需求预测方法已经难以充分应对电力负荷多样化增长、新型负荷崛起及能源电力结构复杂化的问题<sup>[1]</sup>。因此, 亟需结合“双碳”目标对能源系统的约束要求, 以及“双区”发展对城市用能结构的重塑作用, 探索更加科学、高效的电力需求预测方法。

### 一、电力需求预测的理论基础与方法分类

#### (一) 电力需求预测的理论背景

电力需求预测是电力规划的基础, 其核心在于评估未来社会各部门的用电需求, 以此为电力供应、负荷平衡和系统规划提供依据。在“双碳”目标背景下, 预测不再局限于传统的总量增长,

而更注重以下几个方面:

电力需求的结构性调整: 重点关注终端部门电气化、能源清洁化的潜在影响;

新型负荷崛起: 包括新能源汽车充电、大数据中心耗电、新基建带来的新增需求;

需求响应的引入: 注重负荷的削峰填谷和对需求侧管理的综合考量<sup>[2]</sup>。

#### (二) 电力需求预测方法分类

根据不同的研究角度和分析粒度, 电力需求预测方法大致可以分为下表 1 中的几个类型:

表 1 电力需求预测方法分类表

方法类别	方法特点	适用场景
自上而下预测方法	基于宏观经济和能源消费总体趋势, 结合碳强度约束, 推导终端电能占比与电力需求总量的变化	能源弹性系数法、GDP 单耗法, 适用于总体趋势性判断和长周期预测场景
自下而上预测方法	通过细分行业或部门的用电需求分析, 逐层汇总得到总量预测结果, 具有更高的精细化水平	分部门用电模型, 适用于结合产业结构调整、电气化水平提升等因素的精细预测。

(稿件编号: IS-25-2-1020)

**作者简介:** 马燕如 (1990-), 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 安徽省合肥市, 学历: 硕士研究生, 职称: 工程师, 专业方向: 能源经济。王宝 (1986-), 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 安徽省安庆市, 学历: 硕士研究生, 职称: 高级经济师, 专业方向: 能源经济。贾健雄 (1987-), 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 安徽省合肥市, 学历: 硕士研究生, 职称: 高级工程师, 研究方向: 电力系统。杨敏 (1986-), 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 四川省泸州市, 学历: 博士研究生, 职称: 高级工程师, 研究方向: 电价与电力市场研究。叶钰童 (1995-), 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 安徽省合肥市, 学历: 硕士研究生, 职称: 经济师, 研究方向: 电力市场。

混合方法	结合自上而下与自下而上两种方法, 兼顾宏观发展目标与微观产业转型特性, 采用多层次约束优化, 适应复杂情景需求	多层次约束框架模型, 适用于包含多维度约束条件的复杂情景, 如“双碳”与“双区”背景下的预测。
新型负荷修正法	针对5G基站、大数据中心、新能源汽车、轨道交通等新型负荷, 单独建模分析其负荷特性及对整体用电需求的影响	新能源汽车充电需求预测模型、轨道交通负荷建模, 适用于新兴负荷动态特性强、影响显著的情景

## 二、双碳目标对电力需求预测方法的影响

### (一) 碳达峰与碳中和对电力需求的约束

“双碳”目标下, 能源电力系统面临从化石能源主导向清洁能源主导转型的压力。预测中需综合考虑以下因素:

1. 终端部门电气化加速, 如工业、交通、建筑领域的“煤改电”“油改电”;
2. 非化石能源占比提升对电力部门用电量的间接驱动<sup>[3]</sup>;
3. 高比例可再生能源接入后负荷不均衡特性。

### (二) 新型负荷崛起的影响

新型基础设施建设正以前所未有的速度改变电力需求的格局, 催生出新的用电热点。以5G基站为例, 其高功耗特性使其在电力需求中占据日益重要的地位。每一座基站不仅需要稳定的电力供应, 还对电力系统的规划和扩容带来潜在影响。与此同时, 数据中心的快速扩张对电力系统提出了更高的承载能力要求。这些中心通常需要全天候运转, 造成高负荷利用小时数的显著提升, 这种持续高负载可能会对电网运行的安全性与稳定性构成压力。此外, 新能源汽车的普及为用电需求特性引入了新的变量, 特别是在高峰时段的集中充电需求上, 往往加剧了电力供应的时段性紧张。这些新型负荷的崛起不仅改变了传统负荷的分布, 还迫使电力系统更灵活地适应动态变化的需求模式。

### (三) 用电特性与负荷特征变化

未来的电力负荷特性正在变得更加复杂和多样化, 波动性和不均衡性显著增加。双峰型日负荷曲线逐渐成为常态, 尤其是清晨和傍晚两个时段, 家庭与商业用电需求的叠加对电力系统的调度灵活性提出了更高的要求<sup>[4]</sup>。同时, 随着气候变化影响的加剧, 夏季和冬季的季节性用电差异显得愈发突出。制冷和取暖需求的集中爆发, 可能导致区域性电力供应能力的紧张局面。

## 三、双区驱动对电力需求预测方法的影响

### (一) 产业结构调整与用电结构变化

“双区”驱动的背景下, 区域经济一体化的进程不断提速, 产业结构正在经历深刻调整。这种调整不仅反映在制造业向高端化、智能化的全面转型上, 还体现在高耗能产业的逐步压缩和替代中。在这一趋势下, 第二产业的用电需求占比逐步降低, 推动了现代服务业的扩张和居民生活水平的提升, 二者的用电占比呈现显著上升态势。

由于不同产业的电力需求具有显著差异, 现代服务业通常对供电稳定性和灵活性要求更高, 传统高耗能产业的退出减少了电力系统的负载稳定需求, 这种结构性变化对电力需求预测的精准性提出了更高要求。同时, 各区域内资源配置的协同优化, 以及新兴产业的崛起, 都使得传统的预测方法难以完全适应复杂的用电结构变化, 需要呼唤更为动态和细化的预测模型。

### (二) 科技创新带来的新需求

在“双区”城市的背景下, 创新生态的活跃性显著提升, 新技术的不断涌现深刻改变了传统的用电模式。分布式能源和虚拟电厂等技术的发展使电力需求呈现出更加动态化、多样化的特征。分布式光伏的广泛接入导致了负荷曲线在日间的明显波动, 其间歇性和不可控性增加了对电力预测灵活性的要求<sup>[5]</sup>。此外, 需求侧响应措施的推广, 不仅改变了用电行为, 还带动了多层次负荷管理的深入发展。

## 四、双碳、双区背景下电力需求预测方法改进建议

在“双碳”“双区”背景下, 未来电力需求预测研究可从以下几方面深入:

### (一) 多层次情景模拟

在“双碳”目标和“双区”背景下, 传统电力需求预测方法面临复杂性和不确定性的显著增加, 这一背景下, 多层次情景模拟显得尤为重要。然而, 现有研究往往在情景构建中偏重单一层面的约束, 忽略了政策、技术与经济等多维度因素之间的动态交互关系, 可能导致情景模拟结果的适应性和科学性不足。为此, 建议在多层次情景模拟中, 引入更具系统性的约束条件构建机制。一方面, 政策层面应注重不同发展阶段的政策调整对能源需求的潜在影响, 如节能减排指标、产业结构优化政策等在短期和长期中的差异化作用。另一方面, 技术层面的分析应考虑关键技术的发展节奏及其潜在渗透率, 如储能技术、可再生能源消纳技术的实际应用潜力和对负荷特性的影响。此外, 经济层面的约束需要更紧密地结合区域经济增长路径、产业转型进程以及居民消费结构变化等因素, 充分挖掘经济活动和能源消费的内在联系。这种全方位、多层次的情景模拟, 可以更真实地描绘不同条件下电力需求的多样化发展趋势, 为电力系统规划提供更扎实的依据。

与此同时, 多层次情景模拟还应在动态调整和反馈机制上下功夫, 逐步构建能够实时捕捉政策调整、技术革新与经济变化的预测框架。当政策目标发生调整时, 可以通过敏感性分析迅速评估新目标对用电需求的可能影响; 当某种关键技术的推广速度超出预期时, 应能及时更新相关情景参数以反映技术进步的实际情况。综合而言, 这种灵活的多维度情景分析方法, 不仅可以提高预测的准确性, 还能够更有效地为不同情境下的决策提供指导。

### (二) 新型负荷预测精细化

随着数据中心、充电桩等新型负荷规模的迅速增长, 电力需求预测的复杂性进一步加剧, 传

统以总量为主的负荷预测方法在应对这些新型负荷时已显得力不从心。数据中心的负荷特性受到冷却设备、电源冗余设计等多种因素影响,其耗电规律在不同季节、时段甚至不同业务类型之间存在显著差异;充电桩的负荷特性则因电动汽车用户行为的多样性以及充电技术的不断更新而呈现出极强的动态性。这种复杂性要求负荷预测进一步向精细化方向发展,以更好地适应这些新型负荷对电力系统的挑战。

具体而言,针对数据中心,可以尝试构建更加动态化的特性建模体系,重点捕捉其用电行为的周期性特征和随机波动性。针对充电桩负荷,建议开展基于行为学的大数据分析,以掌握用户充电时间偏好、充电频率与电动汽车保有量的区域分布规律。此外,还可以针对区域性负荷的差异化特性,开发面向具体场景的预测子模块,如城市中心区与郊区的充电桩负荷分布规律可能存在显著差异,应在预测中加以体现。

进一步而言,新型负荷预测的精细化不仅需要更高分辨率的模型,还需要更强的计算能力和数据支持。这意味着需要逐步引入人工智能算法和高性能计算工具,以便在负荷建模和模拟中充分利用大数据资源和多维度关联分析。长远来看,这种精细化方法的深入研究与应用,将为电网规划和运行提供更强有力的支持,有助于推动电力系统在“双碳”背景下的优化升级。

### (三) 需求响应的深度挖掘

在现代电力系统中,需求响应作为灵活性资源的重要组成部分,不仅影响用电负荷的分布形态,还对整体预测精度起到关键作用。然而,当前的预测方法对需求响应的作用挖掘不够充分,往往将其简化为外部干扰,忽略了其对负荷动态特性的深层次影响。这种处理方式可能导致预测结果无法全面反映电力市场中灵活性资源的实际表现,进而影响系统规划的合理性和效率。

为更精准地刻画需求响应的作用,建议在预测模型中引入对需求响应措施的系统分析。在居民侧需求响应中,可以重点关注分时电价、负荷削峰等措施对用户用电习惯的长远影响,并通过构建行为学分析框架,量化不同激励措施的效果。在工业侧需求响应中,需结合具体行业的生产特性,深入分析响应能力的上限与潜在灵活性资源的利用空间。特别是在极端天气或突发事件背景下,需求响应的作用往往被放大,因此需建立专门针对这种特殊情境的负荷调整模型。此外,还可以探索将需求响应的多样化表现形式嵌入到整体预测框架中,在分区模型中分解需求响应的区域差异,进而优化预测结果的区域适配性。

这一过程中,协调短期需求响应动态调整与长期负荷预测趋势的平衡是关键。一方面,可以采用实时数据流捕获需求响应在不同时间尺度上的表现;另一方面,通过基于历史数据的预测手段,将需求响应的作用纳入中长期模型,从而为电网运行和调度提供更全面的参考。这样的方式不仅能够提升预测的科学性,也能够更好地服务于灵活性资源的规划和利用。

### (四) 数据驱动与模型融合

随着大数据技术和人工智能算法的快速发展,电力需求预测正在从传统的经验驱动转向数据驱动模式。这种转变为提高预测精度提供了新契机,但在实践中,数据驱动技术与传统模型的融合仍然面临诸多挑战。单纯依赖机器学习模型进行预测可能导致对物理规律的忽略,而传统基于统计学或工程学的模型在处理高维复杂数据时往往显得力不从心。如何在两者之间找到平衡,成为进一步提升预测精度的核心课题。

为此,可以探索一种融合式的预测框架,将数据驱动的灵活性与传统模型的物理约束相结合。具体而言,人工智能算法可以用于挖掘季节性变化、用电习惯差异等负荷历史数据中的潜在规律,而传统物理模型则可以为这些数据提供明确的约束边界,避免算法在训练过程中出现过拟合或偏离实际的情况。进一步地,在融合式框架中,深度学习技术可以作为子模块用于特定场景的负荷预测,如基于卷积神经网络的时序负荷分析,又如基于强化学习的需求响应优化。与此同时,传统模型的全局约束能力可以用来确保预测结果与实际系统行为保持一致性。

在实际应用中,这种数据驱动与模型融合的预测框架还需与多源数据深度结合,比如将电力市场交易数据、气象信息、社会经济指标等多维数据纳入预测范围,扩展模型的适用性和灵活性。此外,提升数据质量和可用性同样至关重要,包括加强数据采集的实时性和全面性,以及采用先进的数据清洗和标准化技术,减少噪声和异常值的干扰。通过这样多层次的融合与优化,预测技术不仅能够短期准确性上取得突破,也可以在长期趋势性分析中展现更高的可靠性,为能源系统的低碳转型和“双碳”目标实现提供更有力的技术支撑。

## 五、结论

总之,“双碳”目标的确立和“双区”建设的推进,为电力需求预测注入了新的挑战和动力。面对这一变革,本文从宏观发展趋势到行业细分特性,再到新型负荷变化的角度,尝试构建出一套更为精准和适应性的预测方法体系。在未来,电力需求预测若能进一步朝着精细化和智能化的方向发展,将更有力地服务于能源低碳转型,为实现“双碳”目标提供可靠的科学依据和实践支持。

### 参考文献:

- [1] 苏步芸, 张英杰, 熊晓晟. 双碳、双区背景下深圳电力需求预测[J]. 南方能源建设, 2022, 9 (04): 127-134.
- [2] 马燕如, 王宝, 贾健雄, 杨敏, 叶钰童. “双碳”“双区”背景下电力需求预测方法研究实践[J]. 科技创新与应用, 2024, 14 (16): 12-15.
- [3] 杨萌, 邓振立, 李虎军, 邓方钊, 李文琦, 孙伟卿. 基于分类-关联-修正的电力需求预测方法研究[J]. 自动化仪表, 2024, 45 (04): 101-105.
- [4] 陈晓华, 吴杰康, 龙泳丞, 王志平, 蔡锦健, 杨宜豪, 周旭展. 基于TSO-ELM的广东省电力需求预测方法[J]. 黑龙江电力, 2024, 46 (01): 1-5.
- [5] 王可蕙. “双碳”背景下电力需求预测方法研究[D]. 华北电力大学(北京), 2023.