

冬季用电高峰时段区域电力供需失衡问题 及跨省区输电与可调负荷调度对策

陈利兴

国能神华九江发电有限责任公司 江西九江 332504

摘要: 冬季用电高峰时段,受极端气温、采暖负荷激增及区域能源结构差异等因素影响,部分地区出现电力供需失衡现象,严重时甚至可能威胁电网安全与居民用电保障。跨省区输电作为资源优化配置的重要手段,能够在空间范围内实现电力余缺调剂,而可调负荷则通过灵活调度用户侧用电行为,在时间维度上平抑电力波动。本文以冬季高峰用电场景为研究对象,系统分析了区域电力供需失衡的典型特征,探讨了跨省区输电与可调负荷在缓解供需矛盾中的作用机制,并提出协同调度的优化对策。研究表明,跨省区输电与可调负荷具有明显的互补性,二者的协同调度不仅能够提高电力系统运行的灵活性和安全性,还能促进清洁能源的消纳与区域电力市场的高效运行。本文的研究对于冬季电力保供和能源系统优化具有现实意义和实践价值。

关键词: 冬季高峰用电; 电力供需失衡; 跨省区输电; 可调负荷; 协同调度

引言

随着我国社会经济的快速发展和居民生活水平的提升,冬季采暖负荷在电力消费中占比不断上升,叠加电动汽车、热泵采暖等新型负荷的快速增长,使得冬季高峰时段电力系统面临前所未有的压力。在此背景下,部分地区出现了电力供需不平衡的情况,表现为高峰负荷陡增、电力供应紧张甚至电网运行风险加剧。如何缓解冬季电力供需矛盾,保障居民和工商业用户的可靠用电,成为电力调度和能源管理的重要课题。近年来,跨省区输电和需求侧可调负荷作为两种关键的调节手段,展现出显著的调控潜力。跨省区输电通过发挥不同区域电力资源禀赋差异,实现“西电东送”“北电南送”等互济模式,缓解局部电力紧张压力;而可调负荷则依托需求响应机制,引导用户主动调整用电行为,在高峰时段降低系统压力、在低谷时段提升电力利用率。两者的有机结合不仅能够实现电力系统的空间与时间协同调节,还能提升电网对新能源波动的消纳能力。本文将围绕冬季电力供需失衡问题,深入探讨跨省区输电与可调负荷的作用机制及其协同调度对策,以期对冬季电力保供和区域能源优化提供理论参考与实践路径。

作者简介: 陈利兴(1997.02--),男,汉族,河北承德人,学历:大学本科,职称:助理工程师,研究方向:火力发电。

一、冬季高峰时段电力供需失衡的表现与特征

(一) 冬季高峰用电负荷的区域差异与峰值特性

冬季高峰用电负荷呈现明显的区域差异,主要受气候条件、能源结构、产业布局及居民用电习惯等多重因素影响。北方地区冬季采暖需求集中,空调和电采暖等高功率设备在短时间内同时启动,导致日负荷曲线陡峭且峰值高,而南方地区虽然采暖负荷相对较低,但工业和商业负荷在工作日早晚仍会出现显著波动。与此同时,新能源发电比例较高的区域在冬季风光资源分布不均时,可能出现局部发电不足,进一步加剧负荷峰谷差异。统计数据显示,冬季高峰时段部分北方省份的日最高负荷可达到平均负荷的1.5倍以上,而南方沿海地区峰值与平均值的比率相对较低,但负荷波动频繁。这种区域间负荷差异不仅导致电力系统在空间上面临供需不均衡问题,也增加了调度部门在电网安全运行、储能和跨区输电安排上的复杂性^[1]。

(二) 电力供需矛盾的突出表现及典型案例分析

冬季高峰时段电力供需矛盾主要表现为局部电力紧张、频繁的负荷削减和临时电力调度压力增大。在负荷迅速攀升的时间段,如果电网调度和电源响应不足,就可能出现拉闸限电或需求侧紧急调节的情况。此外,煤电、水电和新能源发电的短期可调性差异,使得某些地区在极端寒潮或低风光条件下难以满足高峰负荷需求。典型案例包括近年来北方冬季极寒天气期间部分省份出现的高峰负荷超额增长、电网备用容量不足以及跨省输

电通道满负荷运行的情况，这些事件不仅对居民用电生活造成影响，也增加了电网运行的风险。通过对历年冬季高峰负荷和跨区电力调度数据的分析，可以发现供需矛盾具有周期性和区域集中性特征，即在寒潮影响下的短时间高峰段尤为突出，且供需失衡程度在不同省份之间差异明显。这一特征为跨省区输电和可调负荷调度的优化提供了针对性的调度需求和策略依据。

二、跨省区输电在缓解电力失衡中的作用机制

(一) 跨区输电通道的结构布局与承载能力

跨省区输电通道是实现区域电力资源优化配置的重要基础设施，其结构布局通常依据电力资源禀赋、负荷分布和电网安全运行要求进行规划。在我国，西电东送、北电南送等跨省区输电工程通过高压直流（±800kV）及特高压交流线路，将能源富集地区的电力输送至负荷集中地区，实现电力跨区域调剂。输电通道的承载能力受到线路容量、变电站设备等级、导线热稳定性及电网短路容量等多因素影响。科学评估通道承载能力和优化线路运行参数，能够提高跨区输电在高峰期的响应速度和调节效果，为缓解局部电力紧张提供保障。

(二) 跨省区电力互济的运行模式与调度特征

跨省区电力互济通常通过集中调度和市场交易相结合的模式实现。集中调度方面，电网调度中心根据各省负荷和发电情况进行电力分配，重点考虑线路负荷率、备用容量及电网稳定性；市场交易方面，跨省区电力可以通过日内调剂、长协合同或实时市场竞价方式进行互济，调动发电企业和用户的参与积极性。运行过程中呈现出峰谷错峰、时段分散的调度特征，即在冬季高峰时段，富余电力地区的输电量迅速增加，而负荷紧张地区则通过跨区输电缓解尖峰负荷压力，从而形成动态的电力平衡机制^[2]。

(三) 跨省区输电对高峰负荷转移与削峰填谷的作用

跨省区输电能够在空间上转移高峰负荷，实现电力系统的削峰填谷效果。在冬季高峰用电期间，北方地区的采暖负荷集中，局部电网容易出现超载现象，而南方地区部分工业负荷在同一时间段相对低谷。通过跨省区输电，将北方高峰负荷部分由西部或北部富余电力区域供给，不仅减轻了局部电网压力，还优化了整体电力资源利用效率。此外，跨区输电能够延迟负荷峰值出现时间，降低系统瞬时最大负荷，提高调度灵活性，为可调负荷和新能源发电的参与提供更大的操作空间。

(四) 跨区电力交易与输电安全约束的协调问题

跨省区输电在实际运行中必须兼顾电力交易与输电

安全约束。电力市场交易引导电量流动方向，但线路热稳定性、短路电流限制以及系统动态稳定性等安全约束可能限制跨区输电规模。调度部门需要在市场机制与安全约束之间进行平衡，通过优化电网拓扑结构、调整线路功率分配和储能参与等手段，提高输电通道的可用性与可靠性。同时，考虑到电网事故、极端天气等突发事件的影响，跨省区输电调度必须建立预警与快速响应机制，以确保在高峰负荷期间电网安全运行，保障区域电力供需稳定^[3]。

三、可调负荷在冬季电力供需平衡中的应用策略

(一) 可中断负荷与可转移负荷的调度潜力

可调负荷主要包括可中断负荷和可转移负荷两类，其中可中断负荷指在短时间内可被调节或暂时中断的工业及商业负荷，例如部分生产线、集中供热系统或冷藏设施；可转移负荷则是指可在不同时间段灵活调整的用电负荷，如洗衣机、电动汽车充电及热水器等家用设备。通过合理规划和调度，可中断负荷可以在高峰时段削减系统负荷，缓解电网压力，而可转移负荷则能够将用电需求从高峰时段转移至低谷时段，实现削峰填谷效果。统计分析表明，充分利用可调负荷可以在冬季高峰期削减总负荷峰值的5%~15%，为跨省区输电提供时间和空间上的调节余地。

(二) 需求响应机制的运行模式与激励政策

需求响应机制是实现可调负荷有效调度的核心手段，通过价格信号、直接负荷控制或激励补偿引导用户调整用电行为。在价格驱动模式下，电价随系统负荷变化而动态浮动，高峰电价激励用户减少或延迟用电；在直接控制模式下，电力公司可通过远程控制或用户授权，临时调节部分负荷；在激励补偿模式下，用户在高峰期间主动削减负荷可获得一定经济回报。运行经验表明，需求响应机制能够实现快速负荷削减，并在高峰时段稳定系统运行，同时促进用户节能意识的提升，为冬季电力平衡提供持续性保障^[4]。

(三) 新型用电负荷（电采暖、电动汽车等）的可调度性分析

随着电采暖、电热泵、储能式热水器以及电动汽车的普及，冬季用电负荷结构发生显著变化。这些新型负荷具备一定的可调度性：电采暖系统可通过温度设定、运行周期调整或分区域错峰控制来降低峰值负荷；电动汽车充电负荷可通过充电桩智能调度、错峰充电策略或储能调节实现峰谷平衡。合理分析和利用这些新型负荷的可调特性，不仅能够缓解冬季高峰压力，还能增加电

力系统对可再生能源波动的吸纳能力，实现用户侧与电网侧的协同优化。

（四）可调负荷与新能源消纳的协同调控途径

可调负荷与新能源发电的协同调控是提高系统灵活性和可再生能源消纳率的重要策略。通过将可调负荷与风电、光伏等波动性电源的输出特性相匹配，可以在高风光发电时段引导负荷增加，低发电时段削减负荷，实现电力系统的动态平衡。技术手段包括智能电表、分布式能源管理系统和储能装置的联合调控，同时配套市场机制激励用户参与。实践表明，协同调控不仅改善了负荷峰谷差，还提升了新能源利用率，为冬季电力供需平衡和低碳目标实现提供了有力支撑。

四、跨省区输电与可调负荷的协同调度对策

（一）跨省区输电与区域负荷特性的耦合优化模式

跨省区输电与区域负荷特性的耦合优化是实现冬季高峰电力供需平衡的关键手段。通过分析不同省份的负荷峰值时间、负荷曲线陡度以及可调负荷潜力，可建立跨省区输电与区域负荷协同模型。在高峰时段，调度中心可以根据负荷预测和输电通道容量，合理分配跨区输电资源，将富余电力输送至负荷紧张地区，同时结合可调负荷削峰填谷措施，实现电力空间与时间上的双重优化。此类耦合优化模式能够提高电网灵活性和安全性，降低因负荷集中引起的电网压力，为电力系统平稳运行提供科学依据。

（二）可调负荷与跨区电力资源互济的协调机制

可调负荷与跨区电力资源的协调机制是确保高峰期供电可靠性的核心环节。在实际调度中，可调负荷作为短期负荷调节工具，与跨省区输电形成互补，通过需求侧响应减轻局部电网负荷压力，同时跨区输电调剂远程富余电力，形成整体平衡。建立统一的协调机制，包括负荷调度优先级、实时监测和动态优化算法，可以根据电网实时运行状态和负荷波动情况，快速调整可调负荷参与程度与跨区输电量，实现区域间电力互济与负荷响应的有机结合，提高系统整体稳定性和应急响应能力^[5]。

（三）综合能源管理平台在调度优化中的应用

综合能源管理平台在跨省区输电与可调负荷协同调度中发挥着重要作用。该平台通过实时采集各区域负荷数据、发电状态、输电线路负荷及可调负荷可用性信息，进行大数据分析和优化调度决策。平台能够在冬季高峰时段根据负荷预测、气象条件及新能源出力波动，自动生成调度方案，协调可调负荷的削峰填谷与跨区电力输

送，实现供需平衡。同时，平台还可提供调度仿真、应急响应和经济性评估功能，为电力公司和调度中心提供决策依据，提高跨省区输电与可调负荷的协同效率。

（四）建立多主体协同的电力调度与应急保障体系

为应对冬季高峰供需失衡，需建立多主体协同的电力调度与应急保障体系，包括电网调度中心、发电企业、需求侧管理机构及用户端的协同参与。在该体系中，跨省区输电和可调负荷的调度需纳入统一指挥框架，通过信息共享、负荷预测、紧急削峰与备用容量调用等手段，实现快速响应和动态调节。多主体协同不仅能够提升电网安全性和可靠性，还能在极端天气或突发事件下保障重点用户供电，同时优化能源利用效率，推动冬季电力保供与清洁能源高效消纳的双重目标。

结论

本文针对冬季高峰时段区域电力供需失衡问题，分析了其负荷特征和典型表现，指出其主要特征为区域集中、峰值陡峭和波动频繁。研究表明，跨省区输电能够在空间上调剂电力资源，缓解局部紧张压力，而可调负荷通过需求响应和新型负荷管理在时间维度上平抑波动。进一步提出两者协同调度的对策，包括耦合优化、协调机制、综合平台和多主体保障体系，以实现空间与时间的双重调控。总体来看，跨省区输电与可调负荷的协同作用不仅有助于提升电力系统安全性和灵活性，还能促进新能源消纳与市场高效运行，为冬季电力保供和区域能源优化提供了有效路径。

参考文献

- [1] 王邦彦, 皮俊波, 王秀丽, 等. 天气数据驱动下基于深度主动学习的新型电力系统供需失衡风险快速评估方法[J]. 电网技术, 2024, 48(10): 4050-4059.
- [2] 高红均, 郭明浩, 刘挺坚, 等. 新型电力系统电力电量平衡分析研究综述[J]. 高电压技术, 2023, 49(7): 2683-2696.
- [3] 阮前途, 叶荣. 保障极端天气下供需安全的新型电力系统电源规划[J]. 电力系统自动化, 2025, 49(4): 103-115.
- [4] 秦雨. 基于大数据技术的用电负荷预测与调度算法分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(4): 156-157.
- [5] 黄文浩, 林杰胜, 谢国栋, 等. 梯级水电站跨省区多电网调峰优化调度方法[J]. 水力发电, 2023, 49(12): 89-93.