

面向新能源消纳的电力调度控制模式创新

修富强

国网福建省电力有限公司武平县供电公司, 福建 武平 364300

摘 要： 随着新能源在电力系统中的占比不断增加，其消纳问题成为电力行业发展的关键挑战。本文深入研究了面向新能源消纳的电力调度控制模式创新，分析了新能源消纳面临的问题及传统调度控制模式的局限性，探讨了多种创新的调度控制模式，包括分布式电源与储能协同调度、跨区域电力互济与优化调度、智能电网技术支持下的精准调度以及需求响应参与的互动调度等，最后对未来电力调度控制模式的发展方向进行了展望，旨在为提高新能源消纳水平、促进电力系统安全稳定高效运行提供理论与实践参考。

关 键 词： 新能源消纳；电力调度控制；创新模式；分布式电源；储能

Innovation of Electric Power Dispatching Control Mode for Renewable Energy Accommodation

Xiu Fuqiang

Wuping County Power Supply Company of State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd. Wuping, Fujian 364300

Abstract： With the increasing proportion of renewable energy in the power system, its accommodation has become a key challenge for the development of the power industry. This article delves into the innovation of power dispatching control modes for renewable energy accommodation, analyzes the problems faced by renewable energy accommodation and the limitations of traditional dispatching control modes, explores various innovative dispatching control modes, including collaborative dispatching of distributed generation and energy storage, cross-regional power mutual aid and optimized dispatching, precise dispatching supported by smart grid technology, and interactive dispatching involving demand response. Finally, the article looks ahead to the future development direction of power dispatching control modes, aiming to provide theoretical and practical references for improving the level of renewable energy accommodation and promoting the safe, stable, and efficient operation of the power system.

Keywords： renewable energy accommodation; electric power dispatching control; innovation mode; distributed generation; energy storage

一、研究背景

在全球能源转型的大浪潮中，新能源凭借其显著的清洁、低碳以及可持续发展特性，实现了飞跃式的增长。太阳能、风能等新能源发电装机容量呈现出持续上扬的态势，在电力系统架构中的角色愈发关键，已然成为推动能源结构优化变革的核心力量。然而，新能源与生俱来的间歇性、波动性以及随机性特质，犹如一把双刃剑，在为能源领域带来新机遇的同时，也给电力系统的稳健运行和电能的可靠供应抛出了诸多棘手难题，其中新能源的消纳困境尤为突出，成为了限制其进一步拓展应用空间的关键瓶颈^[1]。

传统的电力调度控制模式在长期的实践过程中，是围绕火电等常规能源相对稳定的出力特性精心构建而成的。这种模式在过去的电力供应体系中发挥了重要作用，保障了电力系统的基本稳定运行和电能的持续可靠供应。但随着新能源大规模接入电力系统这一全新形势的出现，传统调度模式的短板逐渐暴露无遗。其难以有效应对新能源发电的不稳定特性，无法充分挖掘新能源的发电潜力，导致新能源在电力系统中的消纳面临重重阻碍。因此，积极探寻面向新能源消纳的电力调度控制模式创新路径，无

论是从保障当前电力系统安全稳定运行的现实角度出发，还是从推动能源行业可持续发展的长远战略高度考量，都具有不可估量的重要意义和深厚的理论价值，成为了当下电力领域亟待攻克的重要课题^[2]。

二、新能源消纳面临的问题

（一）新能源发电的间歇性和波动性

风能和太阳能发电紧密依赖于自然条件，风力的大小与方向变幻莫测，太阳光照强度也会随着时间、天气和季节等因素大幅波动，这些不稳定因素直接导致新能源发电功率呈现出显著的间歇性和波动性特征^[3]。例如，风力发电在风速不稳定的情况下，发电功率可能会在短时间内出现大幅升降；太阳能发电则在阴天、雨天或者早晚时段，发电功率会明显降低。这种不稳定的发电特性使得电力系统的供需平衡难以精准维持，极易出现功率缺额或过剩的现象，进而对电网的频率和电压稳定性产生严重的负面影响。当新能源发电功率突然大幅下降时，如果没有及时有效的补偿措施，电网频率可能会下降，影响电力设备的正常运行；

作者简介：修富强（1992.01—），男，汉族，福建省龙岩市武平县人，工程师，本科，研究方向：电力调度控制。

而发电功率突然上升，若不能合理疏导，可能会引发电压升高，对电网设备造成损害，威胁电力系统的安全稳定运行。

（二）新能源发电的预测精度有限

尽管当前在新能源发电预测领域已经涌现出多种方法和技术手段，涵盖了基于物理模型的预测方法、统计分析方法以及机器学习算法等，但由于气象条件的极端复杂性和高度多变性，加之预测模型本身存在一定的误差和局限性，使得新能源发电功率的预测精度至今仍无法满足电力调度对于高精度的严苛要求^[4]。不准确的发电预测会导致调度计划与实际发电情况之间出现较大偏差，这无疑大大增加了电力系统运行的不确定性和潜在风险。例如，在制定发电计划时，如果高估了新能源的发电功率，可能会导致其他备用电源的发电安排不足，当实际发电功率低于预期时，就可能出现电力短缺的情况；反之，如果低估了新能源发电功率，又可能造成其他电源的过度发电，造成能源浪费和发电成本的增加，同时也可能对电网的安全稳定运行带来不利影响。

（三）电网输送能力和灵活性不足

部分地区的电网基础设施建设未能跟上新能源发展的步伐，输电线路的输送能力存在瓶颈，难以将大量分散于各地的新能源电力安全、高效地输送到负荷中心，造成了新能源电力在源头的“拥堵”现象^[5]。此外，电网现有的灵活性调节手段相对匮乏，面对新能源发电的快速变化，难以迅速做出有效的响应和调整。例如，传统的电网调节手段主要依赖于火电的灵活性调节，但火电的调节速度相对较慢，无法及时适应新能源发电功率的快速波动。这种电网输送能力和灵活性的双重不足，极大地限制了新能源在电力系统中的消纳空间，使得大量的新能源电力无法得到充分利用，造成了能源的浪费和投资的低效。

三、传统电力调度控制模式的局限性

（一）发电计划制定方式单一

传统的电力调度模式在制定发电计划时，主要依据历史负荷数据和发电设备的固定参数进行简单的线性推算和经验判断^[6]。这种方式虽然在一定程度上能够满足常规能源为主的电力系统运行需求，但对于新能源发电的不确定性因素却缺乏足够的考量能力。新能源发电的间歇性和波动性使得其发电功率难以准确预测和用固定模式来规划，而传统调度模式往往对新能源发电采取较为保守的接纳策略，只是将其视为一种补充能源，在发电计划中预留的空间有限，这就极大地限制了新能源的发电潜力，无法实现新能源在电力系统中的最大化消纳，导致大量的新能源电力被浪费，无法充分发挥其在能源结构优化和环境保护方面的积极作用。

（二）缺乏有效的协同调度机制

在传统的电力调度模式下，火电、水电等不同类型电源之间以及电源与电网之间的协同调度缺乏紧密性和高效性。各发电企业通常从自身的利益出发，按照既定的调度指令独立运行，彼此之间的沟通协作相对有限，缺乏全局优化的协同意识和整体观念。这种分散的运行模式使得各类电源之间难以充分发挥互补优势，无法形成有机的协同运行体系。例如，在新能源发电充足

时，火电未能及时减少出力，导致能源的浪费；而在新能源发电不足时，水电又未能迅速补充电力缺额，影响了电力系统的供需平衡。同时，电源与电网之间的协调也不够顺畅，电网的运行方式调整往往滞后于电源发电情况的变化，难以充分发挥电网的调节作用，不利于新能源在电力系统中的有效消纳，降低了电力系统的整体运行效率和可靠性。

（三）实时调度响应速度慢

传统的电力调度系统在实时监测和控制能力方面存在明显的不足，对于新能源发电功率的实时变化响应速度较为迟缓。当新能源发电出现大幅波动时，调度系统由于监测数据的延迟和分析处理速度的限制，难以及时准确地掌握发电功率的变化情况，进而无法迅速调整其他电源的出力和电网的运行方式^[7]。这就使得电力系统的运行状态容易偏离最优状态，不仅降低了电力系统的运行效率，还可能引发一系列安全问题。例如，在新能源发电功率突然下降时，如果调度系统不能及时启动备用电源或调整电网的潮流分布，可能会导致局部地区的电压崩溃或频率失稳，严重威胁电力系统的安全稳定运行，甚至可能引发大面积停电事故，给社会经济生活带来巨大的损失和不便。

四、面向新能源消纳的电力调度控制模式创新

（一）分布式电源与储能协同调度模式

分布式电源由于其靠近负荷中心的地理位置优势，具备就地消纳新能源电力的天然便利性。通过与储能系统紧密结合并进行协同调度，可以有效地缓解新能源发电的间歇性和波动性难题。当新能源发电充足时，例如在阳光明媚的白天或风力强劲的时段，储能系统能够充分利用这一有利时机进行充电操作，将多余的电能储存起来，避免能源的浪费；而当新能源发电不足或者遭遇用电高峰时，储能系统则可以迅速放电，及时补充电力缺额，确保电力供应的稳定性和可靠性。

同时，在协同调度过程中，还可以对分布式电源的发电计划进行优化调整^[8]。根据当地的负荷需求变化规律、新能源发电的预测情况以及储能系统的充放电状态，合理安排分布式电源的发电时段和发电功率，提高其发电的可靠性和稳定性，进一步增强对新能源的消纳能力。例如，通过智能控制系统，在电价较低的时段优先使用储能系统供电，鼓励分布式电源在新能源发电效率高且电价较高的时段多发电并储存起来，实现经济效益和能源利用效率的双提升。这种分布式电源与储能协同调度模式不仅能够提高新能源在本地的消纳比例，减少对电网的依赖和冲击，还能提升电力供应的质量和可靠性，为用户提供更加稳定、高效的电力服务。

（二）跨区域电力互济与优化调度模式

不同地区的新能源发电资源在时间和空间上存在着显著的互补性，这为跨区域电力互济提供了广阔的发展空间。通过构建先进的跨区域电力调度平台，能够实现区域间电力的灵活调配和优化调度，充分挖掘新能源发电资源的潜力，提高电力系统整体的新能源消纳水平。

例如，我国北方地区风能资源丰富，但当地的用电负荷相对

有限，在风力发电高峰期往往出现大量的风电无法就地消纳的情况；而南方地区太阳能资源较为充足，且用电需求较大。通过跨区域的输电网络，可以将北方的风电输送到南方地区，与南方的太阳能发电以及其他电源进行互补融合^[9]。在时间维度上，不同地区的新能源发电高峰时段可能有所差异，通过合理的调度安排，可以实现电力在不同时段的相互补充，使电力系统在一整天内都能保持相对稳定的新能源发电供应。在空间维度上，将能源富裕地区的新能源电力输送到能源短缺地区，优化了电力资源的配置，避免了能源的浪费和弃风弃光现象的发生。

这种跨区域电力互济与优化调度模式不仅有助于提高新能源的总体消纳率，还能增强电力系统的可靠性和稳定性，同时通过资源的优化配置，降低了电力系统的综合运行成本，促进了区域间的能源合作与经济协同发展，实现了能源效益、经济效益和社会效益的多赢局面。

（三）智能电网技术支持下的精准调度模式

智能电网技术的蓬勃发展为电力调度控制领域带来了革命性的变化，为实现精准调度提供了强大的技术支撑。通过在电力系统的各个环节广泛安装大量的智能监测设备和先进的通信系统，能够对电力系统的运行状态进行全方位、高精度的实时监测，获取海量的运行数据，包括新能源发电功率、负荷需求、电网电压电流等参数的实时变化情况。基于这些丰富的数据资源，利用大数据分析技术和人工智能算法，可以对新能源发电功率和负荷需求进行更加准确的预测和分析。通过深度挖掘历史数据中的潜在规律和关联关系，结合实时气象数据和电力系统运行状态信息，建立更加精准的预测模型，从而能够提前预知新能源发电的变化趋势和负荷的波动情况，为制定科学合理的调度计划提供坚实的数据基础。

在精准的预测结果指导下，调度部门可以制定出更加精细、灵活的调度计划，精确调控各类电源的出力和电网的运行参数，实现电力系统的优化运行。例如，根据新能源发电功率的预测变化，提前调整火电、水电等其他电源的发电计划，确保电力供需的实时平衡；通过智能电网的自动化控制技术，及时优化电网的潮流分布，降低电网损耗，提高电网的运行效率和稳定性。当新能源发电出现突发变化时，智能电网调度系统能够迅速做出响应，快速调整电网的运行方式和电源的出力分配，确保电力系统能够安全稳定地运行，有效提高了新能源消纳效率和系统的整体运行稳定性，为电力系统的智能化发展奠定了坚实的基础。

（四）需求响应参与的互动调度模式

将需求侧资源纳入电力调度的范畴，通过实施多样化的需求响应措施，积极引导用户调整用电行为，是一种创新的电力调度控制模式^[10]。在新能源发电高峰时段，例如在白天太阳能发电充足或者夜间风力发电较强时，通过峰谷电价、实时电价等价格信号或者激励补贴机制，鼓励用户增加用电负荷，如启动电动汽车充电、电热水器加热等可中断负荷设备，充分利用此时的廉价清洁能源，提高新能源的就地消纳能力。

而在电力供应紧张或者新能源发电不足的时段，则通过预先设定的协议或者智能控制系统，引导用户减少不必要的用电需求，如降低空调温度、暂停部分非关键电器设备的运行等，从而有效平衡

电力供需关系，缓解电力短缺压力。这种与用户互动的调度模式充分挖掘了需求侧的灵活性资源，将用户从传统的电力被动消费者转变为电力系统运行的积极参与者，为新能源消纳创造了更多的空间和机会。同时，需求响应参与的互动调度模式还能够提升用户在电力市场中的参与度和获得感。用户通过合理调整用电行为，不仅可以降低自身的用电成本，还能够为能源的可持续发展做出贡献，增强了用户对能源问题的关注度和责任感，促进了全社会节能意识的提高，形成了电力系统供需双方互利共赢的良好局面，推动了电力市场的健康发展和能源消费模式的绿色转型。

五、结论

随着新能源在电力系统中的占比持续攀升，传统电力调度控制模式已难以满足新能源消纳的迫切需求。通过分布式电源与储能协同调度、跨区域电力互济与优化调度、智能电网技术支持下的精准调度以及需求响应参与的互动调度等一系列创新模式的探索与实践，为有效解决新能源消纳问题提供了可行的途径和方法，显著提高了新能源的消纳水平，有力地增强了电力系统的稳定性、可靠性和经济性，推动了电力行业向绿色、智能方向的转型升级。

然而，这些创新模式在推广和完善过程中仍面临着诸多技术、经济和政策等方面的挑战。例如，储能技术的成本仍然较高，限制了其大规模应用；跨区域调度涉及多个地区和部门的协调，存在一定的管理难度和利益冲突；需求响应市场机制尚不完善，用户参与的积极性和持续性有待进一步提高等。未来，需要进一步加大在技术研发方面的投入，降低储能成本，提高新能源发电预测精度，提升智能电网的智能化水平；完善相关政策法规，加强对新能源消纳的政策支持和监管力度；积极促进市场机制建设，建立健全电力市场交易规则和价格机制，充分调动各方参与新能源消纳的积极性和主动性，持续推动电力调度控制模式的创新与发展，以更好地适应新能源大规模接入的电力系统发展趋势，实现能源的可持续发展和电力系统的绿色转型。

参考文献

- [1] 郑松. 新能源配电网电力调度优化方法分析 [J]. 通讯世界, 2023, 30(11).
- [2] 王德强. 新能源的电力调度分析 [J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13 (12): 256-257+260.
- [3] 何港港. 新能源配电网电力调度优化方法研究 [J]. 光源与照明, 2022, (10): 231-233.
- [4] 高洪洋. 考虑新能源接入的电力系统优化调度 [D]. 中原工学院, 2019.
- [5] 茅郭胤. 智能电力调度控制系统中的安全运行策略分析 [J]. 文渊 (中学版), 2023(3): 630-632.
- [6] 罗妹晨. 考虑风电消纳的暖通空调与储能频率响应及优化调度策略 [D]. 湖南大学, 2021.
- [7] 孙航. 电力自动化技术在电力工程中的应用研究 [J]. 中国高科技, 2023, (2).
- [8] 刘宪翔, 王云昊, 王原, 等. 电力系统调度监控一体化运行的分析 [J]. 山东工业技术, 2017(22): 180.
- [9] 赵莉娅. 人工智能技术在电力自动化控制中的运用 [J]. 科技与创新, 2022, (7).
- [10] 刘高吉. 智能控制技术在电力系统中的应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(8): 416-417.