

考虑现货交易收益的火电机组深度调峰运行优化研究

张国义

国家电投集团贵州金元股份有限公司, 贵州 贵阳 550081

DOI:10.61369/ER.2025070010

摘 要 : 电力市场化改革逐步推进, 电力现货交易已成为火电机组收益的关键增收点, 适配新能源并网、保障电网稳定, 火电机组的核心手段为深度调峰, 机组的运行模式会直接左右现货交易收益和长期运营效益, 当前火电机组深度调峰运行着重围绕安全环保限制, 忽略现货交易的价格波动属性, 引发调峰成本和交易收益失衡, 无法实现经济性和灵活性的兼顾。本文紧扣火电机组深度调峰的实际运行堵点, 以现货交易收益为核心, 剖析深度调峰运行与现货交易的内在关联, 深挖当前运行优化中的核心问题, 推出契合电厂实况的运行优化方案, 专为火电机组适配现货市场环境, 为实现深度调峰安全、经济、高效运行提供实操参照, 帮火电机组在市场化转型中强化核心竞争力。

关 键 词 : 火电机组; 深度调峰; 现货交易; 运行优化; 收益最大化

Research on Deep Peak Regulation Operation Optimization of Thermal Power Units Considering Spot Trading Revenue

Zhang Guoyi

Guizhou Jinyuan Co., Ltd., State Power Investment Corporation Limited, Guiyang, Guizhou 550081

Abstract : The market-oriented reform of electricity is gradually advancing, and spot trading of electricity has become a key source of income increase for thermal power units. To adapt to the integration of new energy and ensure the stability of the power grid, the core means of thermal power units is deep peak shaving. The operation mode of the units will directly affect the spot trading income and long-term operational benefits. Currently, the deep peak shaving operation of thermal power units focuses on safety and environmental protection restrictions, ignoring the price fluctuation attributes of spot trading, causing an imbalance between peak shaving costs and trading income, and unable to achieve a balance between economy and flexibility. This article focuses on the actual operational bottlenecks of deep peak shaving of thermal power units, with spot trading profits as the core, analyzing the inherent relationship between deep peak shaving operation and spot trading, digging deep into the core problems in current operation optimization, and proposing operation optimization solutions that are suitable for the actual situation of power plants. It is designed to adapt to the spot market environment of thermal power units, provide practical reference for achieving safe, economical, and efficient operation of deep peak shaving, and help thermal power units strengthen their core competitiveness in market-oriented transformation.

Keywords : thermal power units; deep peak shaving; spot trading; operational optimization; maximizing profits

引言

跟着“双碳”目标走, 风电、光伏等新能源大规模接入电网, 电网负荷峰谷差逐步扩大, 是提高电力系统调节能力的要求, 电力系统的核心调节电源为火电机组, 正从传统基荷运行模式转至深度调峰运行模式, 深度调峰的灵活度与经济性, 是电厂存活发展的核心要素^[1]。全面推开电力现货市场, 破除传统固定电价模式, 供需关系实时影响电价波动, 高峰时段价昂、低谷时段价廉的属性, 让火电机组靠优化深度调峰运行、赚取现货交易价差收益成为现实, 但现阶段多数电厂进行深度调峰运行操作, 仍采用传统运作模式, 仅聚焦机组安全稳定和环保达标, 未依据现货交易价格规律优化调峰时机、负荷区间和运行方式, 造成调峰时煤耗升高、设备损耗加大, 现货交易收益无法有效冲抵调峰成本, 甚至陷入“调峰越深入、亏损越严重”的局面, 以现货交易收益为核心方向, 推进火电机组深度调峰运行优化研究, 舍弃理论化、抽象化的分析, 紧盯电厂实际运行的具体问题, 拿出可落实、贴实际的优化方案, 对提高火电机组市场化收益、促进电力系统转型有重大现实作用。

作者简介: 张国义 (1993.04-), 男, 汉族, 贵州省遵义市人, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 火电生产运行、电力市场营销。

一、火电机组深度调峰与现货交易的内在关联

（一）深度调峰灵活性是获取现货交易收益的基础

传统 PID 控制算法由于采用固定参数，难以适应复杂多变的工况，常出现超调大、调节慢等问题，影响机组安全经济运行。针对这一问题，研究人员提出采用模糊自适应 PID 控制策略，该措施是建立负荷偏差及其变化率与 PID 三参数的模糊关系矩阵。当机组负荷发生扰动时，控制系统根据采集的负荷偏差及变化率信号，通过模糊推理，自动调整 PID 参数，使控制系统的动态响应性能始终保持在最优状态。一方面，模糊控制可有效抑制超调，使机组负荷平稳过渡，另一方面，自适应调节可加快控制系统的响应速度，缩短调峰时间，提高机组出力调节精度。

电力现货交易的核心优势，是抓住电价波动形成的价差收益，获取这类收益，依靠火电机组拥有的灵活深度调峰能力，在现货流通市场中，高峰时段电价上浮，要求机组快速提升出力，充分获取高价收益；低谷时段电价偏低，甚至可能出现负电价，指令机组迅速降低出力进入深度调峰区间，降低低价发电造成的亏损，甚至停机止损。机组深度调峰灵活性欠缺，没法伴随现货电价波动及时调整负荷，将错失高峰时段的高价盈利，同步承担低谷时段的低价发电成本，造成现货交易收益亏损，部分老旧火电机组低负荷下稳燃性能不佳，深度调峰过程易产生灭火、参数波动等问题，没法在低谷时段维持低负荷运行，只能持续以较高负荷发电，现货低价阶段，“发电即亏损”的状况就会显现^[2]。

表1分析维度

分析维度	具体情况	对现货交易收益的影响
现货交易核心优势	抓住电价波动形成的价差收益，依赖机组灵活深度调峰能力	是获取现货交易收益的核心前提，决定收益获取的可能性
高峰时段运行要求	电价上浮，需机组快速提升出力	可充分获取高价收益，提升现货交易整体盈利水平
低谷时段运行要求	电价偏低（含负电价），需机组迅速降低出力至深度调峰区间，必要时停机	降低低价发电亏损，甚至规避停机损失
深度调峰灵活性欠缺	无法伴随现货电价波动及时调整负荷	错失高价收益，承担低价发电成本，造成现货交易收益亏损
老旧机组运行短板	低负荷稳燃性能不佳，无法维持低谷时段低负荷运行，只能高负荷持续发电	现货低价阶段直接出现亏损，侵蚀整体交易收益

（二）现货交易收益是优化深度调峰运行的核心导向

调峰是电力系统通过灵活调节发电机组出力或用电负荷实现电网供需平衡的关键技术手段。针对新能源发电占比提升带来的波动性加剧问题，火电机组通过灵活性改造实现深度调峰，同时抽水蓄能电站、燃气机组、光热发电等多类型调峰资源协同应用。

深度调峰运行会直接拉高机组运营成本，囊括煤耗上升、设备磨损加重、辅助系统能耗增加等，若无对应收益支持，电厂缺乏主动实施深度调峰的动力，现货交易收益是火电机组市场化收益的核心构成部分，该波动规律直接划定深度调峰的优化方向^[3]。机组深度调峰的时机、负荷区间、运行时长，均需跟随现货电价变动做出调整，实现“调峰成本最低、交易收益最高”的

要求。有别于传统调峰，不只围绕电网调度要求开展，结合现货交易收益做深度调峰，更侧重经济性和灵活性的兼顾，调峰成本远低于现货高峰时段电价，可适当拉长深度调峰后的升负荷时长，全面把握高价收益；低谷时段电价走至低位，调峰成本填补不了，可调整优化调峰策略，减少深度调峰时长 或降低最低负荷，降低亏损。

二、考虑现货交易收益的火电机组深度调峰运行现存问题

（一）调峰运行与现货价格脱节，收益导向不明确

多数电厂目前的深度调峰运行，仍以落实电网调度指令为核心，对现货交易价格既无精准判断，也无联动响应，调峰策略灵活性不足，机组调峰时间和现货电价波动不匹配，部分电厂在现货低价时段仍维持深度调峰低负荷状态，引发低价发电亏损及调峰成本增长；在现货价格走高阶段，但调峰后升负荷速度滞后，没能及时拉满出力，错失高价盈利，调峰负荷区间规划不合理，未根据现货电价高低调整最低调峰负荷，不管电价涨跌，均执行固定最低负荷标准，引致电价偏高时出力未能充分提增，电价低位阶段未有效减少亏损，无法让现货交易收益达到峰值^[4]。

（二）深度调峰运行成本管控不足，侵蚀现货交易收益

开展深度调峰运行，必然抬升机组运营成本，但目前多数电厂没有针对性的成本管控办法，让调峰成本飙升，大幅压缩现货交易收益，从实际运作情况看，两个方面集中反映成本浪费问题：一是燃料消耗管理存在疏漏，深度调峰低负荷运行阶段，炉膛温降、燃烧失稳，部分电厂保障燃烧稳定，随意加大燃料供应量或启用助燃设备，造成煤耗大幅攀升，增加燃油成本；二是辅助系统运行逻辑有误，在深度调峰阶段，部分辅机维持额定负荷运转，出现“大马拉小车”现象，辅机用电量增长，进一步抬高调峰成本，现货交易的价差收益被过高调峰成本冲抵，甚至产生亏损^[5]。

（三）运行人员专业能力不足，难以适配收益导向的调峰需求

兼顾现货交易收益的深度调峰运行优化，要求运行人员掌握机组深度调峰操作技能，还要掌握现货交易规则、分析电价波动规律，实现运行操作与交易收益的挂钩，但现阶段多数电厂运行人员，长期采用传统基荷运行与被动调峰操作，对现货交易认知不足，不能跟着电价波动及时调整调峰策略；部分运行人员欠缺深度调峰节能操作技巧的掌握能力，在低负荷运行阶段，无法借助优化燃烧调整、辅机联动等手段减少成本，造成调峰运行经济表现差，没法实现现货交易收益和调峰成本的平衡^[6]。

三、考虑现货交易收益的火电机组深度调峰运行优化策略

（一）建立现货价格联动机制，优化调峰时机与负荷区间

核心要实现深度调峰运行和现货交易价格精准联动，按电价

波动调整调峰策略，拉高现货交易盈利，搭建现货电价研判机制，安排专人紧盯现货市场价格变动，结合电网负荷预测、新能源出力状态，预测未来24小时内电价的高峰、低谷时段，敲定针对性调峰时机安排^[7]。高峰时段提前落实升负荷准备，快速拉升机组出力，充分把握高价收益；低谷时段适配调峰策略，若电价偏低，可合理提高最低调峰负荷，缩短低价发电时长，甚至停机止损，避免调峰成本和低价亏损双重累积。优化调峰负荷区间配置，摒弃固定负荷标准，按现货电价高低调整最低调峰负荷，电价升至较高水平，适度降低最低调峰负荷，延长低负荷运行周期，为高峰时段提负荷留存能力；低价电价区间，适度上调最低调峰负荷，减少燃料消耗与设备损耗，兼顾调峰成本和交易收益。

（二）强化调峰运行成本管控，降低收益侵蚀

结合电厂实际情况，聚焦燃料、辅机2个核心环节突破，管控调峰开支，保障现货交易收益不遭过度侵占，管控燃料环节，优化低负荷燃烧调控，参照煤种特性，调控风煤配比、煤粉细度，增强燃烧稳定性，禁止盲目提升燃料供给和开动助燃设备；合理配搭煤种，采用易稳燃、低煤耗煤种 保障深度调峰低负荷运行，减少燃料用量。辅机运行环节，实施辅机联动优化，结合机组调峰负荷波动，调整辅机运行状态，在低负荷运行阶段，关停部分冗余辅机，或采用变频调控技术，减少辅机电耗；优化辅机启停节点，防止辅机空转耗电，靠精准精细管控，把调峰运行成本压到最低，增加现货交易净收益^[8]。

（三）提升运行人员专业能力，适配收益导向调峰需求

结合一线运行人员的实际诉求，实施靶向培训，增强综合专业素养，保障优化策略落实到位，举办现货交易相关培训，阐释

现货交易规则、电价波动规律，引导运行人员树立“收益导向”调峰观念，令运行人员参照电价波动，及时调整调峰作业^[9]。举办深度调峰节能操作培训，核心讲授低负荷燃烧调整、辅机优化运行等技巧，强化运行人员的精细化操作水准，引导运行人员守住机组安全稳定底线 / 靠优化操作压缩调峰成本，构建激励机制，倡导运行人员主动摸索优化调峰运行的途径，可提升现货交易收益、压缩调峰成本的操作方法，发放恰当奖励，唤起运行人员的积极性^[10]。

四、结论

电力现货市场全面推进、新能源大规模并网的阶段，结合现货交易收益的火电机组深度调峰运行优化，是电厂推进市场化转型、提升核心竞争力的核心，本文针对电厂实际运行痛点，剖析深度调峰与现货交易的内在关联，明确当前运行优化存在的核心问题：调峰与电价脱节、成本管控力度不够、人员能力不达标，制定建立现货价格联动机制、强化成本管控、提升人员能力等贴合实际、易于执行的优化策略，采取以上优化措施，才能高效实现火电机组深度调峰运行与现货交易收益的联动，保障机组安全稳定、环保达标，减少调峰成本，拉高现货交易盈利，兼顾经济性与灵活性。电力现货市场逐步完善，火电机组深度调峰运行优化需结合市场规则变化、机组设备升级，不断改进优化，全力挖掘现货交易盈利空间，帮助火电机组在市场化浪潮中达成高质量运营。

参考文献

[1]王学华,姚力,陈学州,王小伟.超超临界百万机组20%负荷深度调峰运行试验研究[J].能源与节能,2024,(01):1-6+12.
[2]唐昊,严臻,方道宏,李端超.基于深度迁移强化学习的含弹性资源电网调度优化方法[J].控制工程,1-13.
[3]叶智明.适应火电机组深度调峰运行的锅炉火检系统优化[J].吉林电力,2023,51(05):28-30+40.
[4]贺刚.火力发电厂机组深度调峰运行的自启停控制优化[J].电工技术,2023,(09):203-206+209.
[5]冯文嵩,闫晶.火电机组深度调峰运行阶段风险管理及策略[J].中小企业管理与科技,2023,(01):115-117.
[6]王淑强,刘世件,黄超,梁家豪.火电多市场联合运行策略研究[J].湖南电力,2022,42(06):76-82+89.
[7]常伟,徐贤,魏然,王斌,于佳宇,马彪.煤电机组深度调峰对锅炉受热面管的影响[J].电力科技与环保,2022,38(06):458-466.
[8]刘旋坤,邓博宇,张思海,张双铭,杨欣华,张缦,杨海瑞.330 MW CFB锅炉机组深度调峰运行优化[J].洁净煤技术,2022,28(12):87-93.
[9]曹延晋,付金朋.火电机组深度调峰期间断煤故障的处理措施[J].光源与照明,2022,(11):110-112.
[10]郭良杰,王德林,谢棚,牛景瑶,喻心,孙超.高风电渗透下电网调峰运行时的频率稳定控制策略研究[J].热力发电,2022,51(10):103-113.