

支撑能源转型背景下电力保供的电力市场体系建设研究

朱思霖, 代江, 田石金, 姜有泉

(贵州电网有限责任公司电力调度控制中心, 贵州 贵阳 550002)

摘要: 近年来, 随着“双碳”目标和新型电力系统建设的提出, 电力能源领域不断推进向绿色低碳清洁高效转型, 同时受能源结构变化及极端天气等因素影响, 电力保供问题愈发突出。基于近年来电力保供的基本情况, 总结了能源转型过程中电力保供面临的挑战, 研究了电力市场与电力保供的关系, 探讨了电力市场建设的新变化, 并总结提出了能源转型背景下电力保供的电力市场体系相关建设, 以支撑能源安全转型。

关键词: 能源转型; 新型电力系统; 电力保供; 电力市场

Research on the construction of power market to support power supply under the background of energy transformation

ZHU Silin, DAI Jiang, TIAN Shijin, JIANG Youquan

(Power Dispatch Control Center of Guizhou Power Grid Co., Ltd., Guiyang 550002, China)

Abstract: Recently, with the proposal of the “dual carbon” targets and the construction of new power systems, the power energy field has continued to efficiently transform towards green, low-carbon and clean. At the same time, affected by changes in the energy structure and extreme weather and other factors, the problem of power supply security has become increasingly prominent. Based on the basic situation of power security in recent years, this article summarizes the challenges faced by power security in the process of energy transformation, studies the relationship between the power market and power security, explores new changes in the construction of the power market, and summarizes the energy transformation related to the power market. And it summarizes and proposes the relevant suggestion of the electricity market to ensure the power supply under the background of energy transition to support the security transition.

Key words: energy transition; new power system; power supply security; electricity market

0 引言

近年来, 国际能源形势动荡与变革, 各国博弈加剧, 随着能源低碳转型的深入推进, 能源转型过程中的矛盾愈发凸显。从国内来看, 受到国际一次能源价格波动、新能源出力波动等影响, 2021年9月我国东北地区出现限电事件^[1]。2022

年迎峰度夏期间, 四川地区降雨偏枯, 水电发电能力不足, 被迫采取应急限电等措施^[2]。从国际来看, 2020年8月, 美国加州经历严重高温天气, 导致负荷急剧上升, 风电、水电出力下降, 最终发生大规模电力轮停事故^[3]。2021年2月, 美国得州遭遇极寒天气, 低温导致采暖负荷急剧

上升,风机因叶片结冰停运,天然气因井口冻结产量降低,影响燃气轮机运行,只得多次进行切负荷操作维持系统稳定^[4]。

文献[5]分析了四川限电的主要原因,从健全灵活性资源市场交易机制、完善电力市场价格传导机制及促进新能源供电支撑的用户分布式能源交易三个方面梳理提升保供能力。文献[6]提出我国缺电的主要原因之一是电力市场不健全,应该加快深化电力市场建设与改革,并加快发展区域电力市场。

随着我国电力市场体系的不断健全,终端电价越来越能反映电力能源保供的成本。但是从实际的情况出发,能源转型中面临市场主体各方利益的调整和分配,传统的行政调整手段越来越难以保障日趋复杂的各方利益分配。因此,为了统筹规划各类型能源的发展,需要建立充分反映市场供求情况、能源成本变化情况、各类型能源贡献大小和有效体现时间价值位置信号的市场化能源价格形成机制。也就是说,深化电力市场建设是促进能源转型发展、保障电力保供的重要机制。

1 能源转型过程中电力保供面临的挑战

1.1 远期规划方面

从规划经济性层面来看,根据相关研究,随着新能源的大规模并网,电力系统的消纳成本不断上升,为了保障高比例新能源电力系统高效运行,需要增加灵活调节电源的投产和改造,与新能源相关的电网投资将显著增长,客观上会大大增加源网荷储各环节的投资^[7]。为了保障发电容量的充裕度和电力可靠供应,需要提供具有经济性的规划解决方案。目前新能源已经取消补贴政策,全面进入平价上网并参与市场化交易竞争新阶段,虚拟电厂、储能、需求侧资源等也在逐步进入到电力市场中形成新的商业模式,电源结构、灵活性资源需求将难以在规划层面实现经济性最优的评估,规划经济性矛盾将进一步突显。

能源转型过程中需要考虑降碳、安全、发展

和效率等多方面因素,不仅要确保“双碳”目标的实现,还要确保能源安全,“保供应”和“促转型”是未来电力系统发展的主旋律。

为此,需要通过建设完善的电力市场体系,反映真实的供需价格信号,引导合理规划,实现电力资源的优化配置。

1.2 成本疏导方面

以煤电为例,煤炭作为我国基础性能源产业,其价格波动直接关系到宏观经济的平稳运行。近年来多次发生因煤炭价格失控而导致局部地区电力供应紧张的事件,可见我国煤电两大行业之间的联动机制存在明显不足。煤炭产业经多轮政策调整已形成基于市场的价格机制,煤炭市场反应灵敏、价格活跃^[8];而电力基本属于垂直垄断行业,电价灵活性不高,电价的反应及调整往往存在滞后的问题,煤电企业常受到高煤价、低电价的两头挤压,所以煤炭与电力在市场博弈中处于不对等的地位,上游成本和价格信号没有传导,使得煤电市场活力无法充分释放。

在我国“双碳”和能源转型目标的大背景下,电力商品的价值不断差异化和多样化,因此需要引入多种不同的交易类型以反映不同的电力价值特征,满足不同市场的多样化需求。除了传统电能量基本价值外,还可以通过电力辅助服务市场反映电力商品安全性和灵活调节性的价值属性,保障电网的灵活、安全和稳定运行。此外,通过容量补偿机制或容量市场,可以保障电力系统长期的容量充裕度,以确保中长期的电源侧投资积极性,还可以通过绿色、绿证等交易反映电力商品的绿色低碳环境价值,体现终端用电市场主体对绿色低碳消费的需求。

因此,电力市场还亟需建立起“能涨能降”的价格机制,只有充分体现不同电力商品价值属性,才能充分发挥市场资源优化配置促进保供的作用。

1.3 调度运行方面

新能源对电力平衡的支撑能力不足,特别是

随着新能源占比的不断提升，无风无光期间“大装机、小电力”带来的电力供应不足问题和风光大发期间消纳困难问题将频繁出现，弃电与限电的问题交替发生，电力平衡保障问题突出。

随着虚拟电厂、新型储能、需求侧资源不断建设和挖掘，不同类型源网荷储灵活性资源的特性、特征和适用场景各异^[9]。以储能为例，电化学储能和抽水蓄能在充放电功率、能量存储上存在较大差异，作用场景因特性不同也不一致，需要根据系统实际需求，统筹合理安排不同调节资源的利用，这是传统电力系统中没有深入研究和探索的问题。

因此，如何根据灵活性资源的时序响应能力与潜力，实现精细化管理与灵活性资源多时间尺度有序协调，以市场化手段最大程度发挥各类型资源的价值，也成为电力保供调控的新挑战。

2 在能源转型背景下电力市场与电力保供的关系

在能源转型进程中，可再生能源尤其是新能源发展是大势所趋，传统的化石能源将逐步退出历史舞台，但是不代表“一刀切”似的消灭传统煤电。2021—2022年欧洲能源出现危机，能源电力市场价格飙升，究其原因是片面强化目标引导，一味追求能源结构调整，轻视过程风险管理，未全面考虑能源安全保障问题，从而加速退煤、退核，造成一二次能源供给缺口。在能源转型过程中，不能只关注于能源结构调整政策，而是要着重对整个能源体系进行可靠性分析和经济性分析，基于经济关系进行体制机制改革建设。能源转型是通过推动电源侧的转型发展实现的，为了保障电源侧能够经济、安全和高效转型，有效电力市场的建设必不可少。通过深化电力市场建设，做到市场配置为主、政府调控有力，保障在经济高效的基础上做好电力保供，促进能源安全转型发展。

（1）有利于整体电力保供

电力现货市场能够反映供需关系的分时电价信号，激励市场成员在逐利的过程中积极主动

地跟随市场需求变化，以价格信号激励火电企业购买高热值煤在供需紧张时段顶峰发电，用户也会根据价格信号主动削峰填谷，有利于增强发电企业自我调节的积极性，挖掘市场成员提供灵活性资源的意愿与容量。在区域市场建设的背景下，可以进一步实现省间电力电量余缺互济，有效缓解电力供应缺口。以2021年底广东现货市场开展结算试运行为例，通过现货市场高价信号“奖励多发、惩罚少发”，有效激励了火电企业顶峰发电，提高机组运维水平，非停减出力维持在1.5%的较低水平，远低于全国平均水平6%，提升了电力保供的能力。

（2）有利于促进清洁能源消纳

通过市场的价格信号引导发电主动调峰，优化统筹全网发电负荷调节资源，特别是南方区域市场模式下，通过扩大市场范围，将全区域内的常规电源、储能等作为新能源的调节手段，解决单个省内调节能力不足影响新能源消纳问题。在现货交易环节可以优化省间联络线运行方式，电网调峰消纳能力更强，为新能源提供最大发电空间，有效促进新能源电力消纳，降低弃风、弃光和弃水风险。

（3）有利于还原电力价值疏导成本

通过市场建设，自然形成有效市场波动，反映电能供需关系，做到价格能升能降，客观真实还原电力的商品属性。从2021年以来全国各地的电力保供经验表明，电价小幅度的上涨带来的经济社会影响和冲击，远远小于大规模有序用电甚至拉闸限电带来的经济损失。如果能将上游的发电成本合理科学地传导出去，既可以缓解短期内的电力供需矛盾，也能够通过短期的价格引导长期的电源规划，保障电力长期的容量充裕度，有利于保障中长期电力供应安全。

（4）有利于推动新型电力系统建设

市场的分时价格信号可以有效调动系统内具有调节灵活性的储能、蓄能、柔性负荷和虚拟电厂等新技术，给这些新业态提供新的商业模式。比如储能电池在现货市场低价时充电，在高价时放电，可以赚取充放电的价差，同时主动实现了

削峰填谷的作用，促进电网安全稳定运行，助力新型电力系统建设。

3 市场建设面临的变化

2015年以来，国内电力市场持续改革创新，各省基本均已构建了品种丰富、机制完善和功能完备的中长期市场，部分省区基本形成“中长期+现货+辅助服务市场”的电力市场体系，电力市场已成为推动能源转型、保障电力供应和平稳市场价格的重要手段。

(1) 电力市场建设目标日益多元化

最初电力市场建设的目标是推动发电侧有效竞争，促进电力资源的优化配置，实现经济调度。但随着风电、光伏等新能源大规模并网和传统煤电机组发电利用小时数逐年下滑，电力市场需要考虑的因素不仅是传统煤电企业之前的博弈和竞争，而且要设计能适应新能源快速发展后促进消纳与保供的电力市场体系。电力市场设计需要统筹绿色低碳、安全高效和健康发展等方面的具体要求。因此，未来电力市场建设的主要焦点是既能确保电力供应的可靠性，又能推动能源绿色低碳转型。

(2) 能够适应新能源全面参与市场交易

随着国家新能源财政补贴机制的逐步退坡，我国新能源已经全面进入“平价”时代。同时我国面临着可再生能源消纳指标的硬性要求，目前主要是依靠政府指令和相关法律政策规定实现可再生能源的高比例消纳，但是广大电力消费用户作为可再生能源发电消纳的主要责任方，处于长期被动的地位。因此有必要建立适应绿色、低碳消费趋势的电力市场机制，并通过有计划的政府监管，推动整个社会形成绿色低碳消费意识，推动新能源长期健康发展。

(3) 电力商品之前的属性差异将更为显著

在实施“双碳”和能源转型目标的背景下，电力商品的价值不断被细化并划分为多样的交易品种，以反映不同电力资源的价值特性，满足电网安全稳定运行的需要和不同市场主体的需求。除了考虑传统电能量的基本价值，还可以通过电

力辅助服务市场反映电力商品的安全性和调节能力，从而确保电网运行的灵活性和安全性。此外，通过容量补偿机制或容量市场可以保障电力系统长期容量充足，以激励中长期电源投资。还可以通过进行绿色和绿证等交易突显电力商品的绿色低碳环境价值，满足终端用电市场主体对绿色低碳消费的需求。

(4) 电力市场主体“朋友圈”不断扩展

随着能源转型的深入推进，市场主体也将越来越多样化，电储能、虚拟电厂、电动汽车和负荷聚合商等新兴主体将更加广泛地参与到市场交易中，并进一步促进电力与煤炭、燃气、热力等多种能源的协同和优化。这些新变化对市场建设提出了更高的要求，需要确保类型性资源能够被系统更好调用，这要求电力市场设计需要着重提高市场的灵活性，确保其安全性，并能体现电力资源的外部性，增强市场的开放性，以便进行新型能源市场体系的研究和建设。

4 支撑能源转型背景下电力保供的电力市场体系建设

1) 需要进行全面的电力市场功能设计，以更精细化的方式评估电力资源的价值。在“双碳”和新型电力系统建设背景下，为了适应高比例的新能源系统低转动惯量、高比例电力电子器件等主要运行特征，保障电网安全稳定运行，确保电力可靠供应，需要构建更加完善的市场体系，包括电能量市场、辅助服务市场、容量成本和绿电机制等。在短期内，需要加速电力现货市场的建设，尽快完善与之相关的调频、备用等辅助服务市场，合理反映短期电力供需价格信号、疏导成本，最大程度地发挥各种电力资源的灵活调节价值，从而促进电源、电网、负荷和储能之间的互动。可持续发展需要建立容量市场或者容量补偿机制，以推动煤电机组灵活性改造，以及新型储能、传统抽水蓄能等调节资源建设成本的回收，确保某些常规电源长期作为支撑性、可靠性容量甚至是战略储备容量，确保电力长期的可靠供应。同时，通过绿电、绿证等交易，有序推

动新能源参与电力市场交易，支持新型能源消费模式，以市场化方式提高新能源发电收益，提升社会资本投资建设新能源的积极性。

2) 分类、分环节理顺价格形成和疏导机制，纵深推动电价改革。从全系统角度看待新型电力系统建设、电力保供和新能源消纳的成本，处理好能源转型与保供成本、消纳成本之间的关系。建立充分反映市场供求情况、能源成本变化情况、各类型能源贡献大小和有效体现时间价值位置信号的市场化能源价格形成机制，以上网电价、输配电价和系统运行费用等多种形式，合理分摊并及时疏导电力系统整体运行成本，解决定价扭曲、市场传导不畅等问题。

3) 妥善处理政府调控与市场调节之间的关系，充分发挥各自的作用。政府的角色在于制定市场政策规则和监管框架，以保障市场的公平竞争、安全和可持续性。政府还可以在市场出现失灵的情况下采取干预措施，例如电力市场价格失灵或电力供应危机等情况，以维护市场的稳定性。同时市场有足够的自由度调整供求关系，促进创新和竞争，以确保资源的高效配置，政府鼓励市场参与者的合规行为，监管部门保持透明、公平和负责任的态度。在实际操作中，政府和市场之间的关系需要不断协调和调整，以适应不断变化的经济和社会环境。这种协调可以通过建立多方沟通机制、开展政策评估和监测市场动态实现。只有在政府和市场之间建立有效的合作和互信，才能更好地挖掘市场资源优化配置的潜力，更好地发挥政府作用，促进社会福利的最大化。

4) 提高市场运行规范性和透明度，提振市场建设的信心。为确保公平，市场运营机构应尽可能避免干预市场，如为保安全、保供应、保消纳等采取的紧急控制措施，应该事先明确下来，在执行过程中准备记录，并在事后及时披露，避免事后遭受市场主体质疑并可能影响市场结算。除此之外，信息披露是当前电力市场建设的重中之重，唯有加强市场信息披露，提升市场运行的透明度，让市场主体和政府主管部门更加充分地了解市场和电网运行情况，才能提振各方对于市

场建设的信心。

5) 加快建设全国统一的能源电力大市场体系。建设完善跨省、跨区的电力市场交易机制，深度挖掘供应能力，破除省间壁垒，实现电力资源更大范围的优化配置，并推动电力市场、碳交易市场、一次能源市场和绿色电力市场等多元市场的协同运营与发展，促进全国统一的能源电力市场体系建设，服务国家能源安全转型发展。

5 结束语

本文基于近年来电力保供发生的事故事件，对能源转型下电力保供在远期规划、成本疏导和调度运行等方面面临的挑战进行了总结，分析了电力市场建设有利于整体电力保供和新型电力系统建设。在能源转型过程中，电力市场建设也面临目标多重化、可再生能源参与市场、电力商品价值不断差异化以及市场主体不断丰富等新变化，最后提出了要加强电力市场体系的建设，建立良好的疏导机制，更好地发挥政府和市场的作用，加快建设全国统一电力市场体系等方面的建议。随着能源转型不断推进，新型电力系统建设不断深入，电力市场化改革不断迈进深水区，还有很多问题有待发现和解决。能源转型是一个漫长的过程，在这过程中唯一不变的就是要坚守能源安全的底线，保障电力可靠供应，才能推动经济社会的高质量健康发展。

参考文献

- [1] 陶凤，吕银玲. 追踪东北限电：电力缺口为何这么大[N]. 北京商报，2021-09-28.
- [2] 国网四川省电力公司. 迎峰度夏保供电 | 坚守一线保电有我我必胜[EB/OL]. 2022[2022-09-20]. <http://www.sc.sgcc.com.cn/html>
- [3] 李可昕，郭鸿业，陈启鑫. 从加州限电事故与美国WEIM机制看电力市场的融合协同[J]. 电力系统自动化，2021，45(10): 1-8.
- [4] 钟海旺，张广伦，程通，等. 美国得州2021年极寒天气停电事故分析及启示[J]. 电力系统自动化，2022，46(6): 1-9.

[5] 高红均, 郭明浩, 刘俊勇, 等. 从四川高温干旱限电事件看新型电力系统保供挑战与应对展望[J/OL]. 中国电机工程学报, 2023, 43(12): 4517-4538.

[6] 林江, 柯意志. 缓解中国电力短缺和加速清洁能源转型的三大重点[J]. 能源, 2021(12): 28-29.

[7] 杨修宇, 穆钢, 柴国峰, 等. 考虑灵活性供需平衡的源-储-网一体化规划方法[J]. 电网技术, 2020, 44(9): 3238-3246.

[8] 刘五星, 庄婧媛, 巫成方, 等. 区间调控机制对我国煤炭市场价格的影响研究——兼析政府对煤炭价格调控政策的发展与创新[J/OL]. 价格理论与实践: 1-5[2022-09-10].

[9] 张运洲, 张宁, 代红才, 等. 中国电力系统低碳发展分析模型构建与转型路径比较[J]. 中国电力, 2021, 54(3): 1-11.

作者简介

朱思霖（1993—），硕士，工程师，研究方向为发电调度运行、电力市场。

（收稿日期：2023-12-28）