

“双碳”目标倒逼新型电力系统建设提速

截至2020年底,我国风电装机2.81亿千瓦、光伏发电装机2.53亿千瓦,合计达5.34亿千瓦。要实现碳达峰、碳中和目标,到2030年我国风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上,这意味着风电、太阳能发电装机还将至少增加6.66亿千瓦。为此,近日召开的中央财经委员会第九次会议提出,实施可再生能源替代行动,深化电力体制改革,构建以新能源为主体的新型电力系统,这为推动能源电力转型发展指明了方向。

■马钊

在能源革命和数字革命相融并进,以及碳达峰、碳中和目标的大背景下,能源电力行业正发生前所未有的变化。以安全可靠、清洁经济、智慧开放、可持续发展的能源节约型社会为目标,以高渗透率的可再生能源、高比例的电力电子设备、高速增长直流负荷“三高”为主要特征的新一代电力系统正在逐步形成。特别值得关注的是,碳中和将加速电力增长零碳化进程,发展清洁和循环经济,更需要坚强大电网和智能配电系统协同发展,相得益彰,逐步向综合能源系统演化。

当前,我国已成为世界级的能源生产和消费大国,形成了煤炭、电力、石油、天然气、新能源、可再生能源全面发展的能源供给体系,能源事业发展取得举世瞩目的成就,但过去粗放式能源发展导致的生态环境问题日趋严重,能源综合利用效率相对偏低。目前,由于大量可再生能源出现,能源开发将向集中生产与分布式生产并重转变,根据资源的自然禀赋和负荷时空特性,新的能源必须连接到系统,或通过远距离输送,或就地到最终用户,可再生能源将逐步成为电网中的主要一次能源来源。优化调整电源结构,保障能源供给安全清洁可持续发展是重中之重。

新型电力系统面临的主要挑战是:高渗

透率的分分布式可再生能源将对电网安全稳定运行带来冲击,特别是大量分布式能源聚合体对电网运行能力和调度水平带来严峻考验,因此需加快整体电力系统结构改造,为可再生能源消纳提供有力保障;分散能源资源将大量小规模资产连接到配电网,并出现新的电网参与者,如当地能源社区和消费者;可再生能源渗透率与弃电率整体呈现正相关关系,降低弃电率成为挑战,也是未来电力系统改造升级和投资布局的重点。为保障可再生能源高效消纳,需提升对风电和太阳能发电输出的预测精度,为机组组合和调度做好预案,也要加强对发电侧、输电侧、用户侧、储能侧的灵活性改造、建设,提升深度调度和快速响应能力。

为保证电能供给质量(电压、频率等),风电和太阳能发电在并网发电过程中也需要必要的辅助服务,从而产生消纳成本,导致电价上升。借鉴发达国家电力系统低碳发展的标杆德国的历程,2019年,德国电力系统可再生能源发电占比突破40%,电费比2015年增长约8%。因此,可再生能源的全系统消纳成本将随着渗透率提升而增加,电力市场、价格、体制机制和各种不确定因素将影响电网发展。

提高现有电力系统的利用率,以达到物尽其用、提质增效是重要工作。同时,积极应对极端天气和气候变化,保障可靠供电,也是电力系统面临的一大任务。

未来电网将成为实现各能源网络有机互联的链接枢纽,以及含有源-网-荷-储的多元、非线性、时空变化、网中网的复杂大系统,是能源互联网的基础和核心,应具有先进的人工智能装备、充足的系统灵活性、高标准的系统可靠性。

具体而言,电网将呈现大电网、局域网和微电网并存的电网格局:广域大电网可有机整合各种可再生能源的时空互补性,并实现资源密集区域的电力向负荷密集区域的大容量远距离输送;局域网和微电网可就地利用分散资源,将大量小规模资产连接到配电网,并出现新的电网参与者,如当地能源社区和消费者,形成众多的产用储一体化聚合体。

同时,分布式能量自治单元——就地收集、存储和使用能源的微单元,成为被控制的一个简单可调度负荷,可以在数秒内作出响应,以满足电网系统需要。对于用户,微电网可以成为一个可定制电源,向用户提供差异化(电能质量、电压等级、交直流供电模式、供电可靠性等)服务。通过能源载体的电力转换,终端用户和电网的耦合加强,反之亦然。此外,对现有电网输电能力的提升挖潜、精益化资产管理将是重要任务。

负荷侧:电能是未来最重要的终端能源,终端电气化是大方向,将带来新负载模式,如电动汽车快速充电,其特点是短时内高功率充电会对电网造成冲击。

自下而上采用物联网(如电动车等可控负荷)及身联网(如健身环、心脏起搏器等)和人工智能等新技术,将为负荷的柔性化和优化响应奠定基础。另外,直流已在用户身边,电子设备等直流负荷快速增长,风光储直柔的直流微电网和聚合体将大幅增加,大量并网主体如分布式电源、微电网、电动汽车(V2G)、新型交互式用能设备等兼具生产者与消费者双重身份。在高比例新能源背景下,“源随荷动”式传统的解决电力系统平衡问题的基本方式将出现“荷随源动”的趋势。

因此,应研究出台由各个利益相关

者参与的有吸引力的价格机制,让具有强大响应能力的用户参与调峰。负荷的柔性处理和主动响应将是能源电力改革的新蓝海。

储能:储能技术是支撑可再生能源普及的关键技术,也是提高电力系统灵活性和可靠性的关键技术。

电力系统的灵活性越高,调节能力越强,则越能满足高比例可再生能源带来的调峰、调频和备用需求,保障电能供给质量。随着技术发展和材料革命,越来越多不同技术路线的规模化储能,如抽水蓄能电站和燃气调峰电站、氢能、碳捕集与利用技术和储能装置,以及蓄电(机械转换、化学转化等)和蓄热(水/冰蓄冷、热化学存储)等将根据不同需求在源网荷侧安装,参与控制,平衡时空变化的源与荷。因此,要加强对发、输、用侧和储能侧的灵活性建设,提升深度调峰和快速响应能力,提高供电可靠性和电能质量。

电力系统运行模式:将逐步演变为以可再生能源发电为主、交直流混合电网、源网荷储协同互动,灵活智能控制运营成为重中之重。

以大电网为“主干网”,以微网、能量自治单元为“局域网”,能够“即插即用”,以开放对等的信息-能源一体化架构,真正实现能源的双向按需传输和动态平衡使用,提供共享能量和信息平台及协作的机会。此外,大电网和微电网二者相互补充,相得益彰,因地制宜成为关键。应从现有系统中唤醒沉睡的资源,实现源网荷储的高效和最大利益化的优化调节系统。

能源和电力物理信息系统:将产生海量数据,为数字化能源电力奠定基础,实现信息流、能源流、业务流融合。

信息化对智能电网的支撑作用,正逐步由以IT技术为核心转变为以数据数字化为核心。值得注意的是,未来的信息服务模式,将由应用建设向数据分析服务模式转变,实现数字赋能。

大量高新技术集成融合:从技术上向新一代电力系统升级,“大云物移智”等新技术将逐渐成为标配。

其中,人-机-物高度融合,无人化、芯片传感、数字化等新技术和多功能融合的新设备、材料、新器件将层出不穷,能量的产、输、配、转换和使用均具备一定智能,能源互联网将具备“智慧、能自学习、能进化”的生命体特征。

理想目标:向着综合能源互联体系演进,逐步实现综合能源体系。

以电为核心、网为平台,以因地制宜的多元能源结构为基础,信息能源基础设施一体化的综合能源体系将朝着低碳化、高效化、数字化及可持续发展的清洁循环经济方向发展,形成以“能源结构生态化、产能用能一体化、资源配置高效化”为特征的全新的能源生态体系。

回顾人类三次工业革命,都源于重大科学发现和理论突破。传统的能源竞争,就是哪里有资源,就去抢夺,甚至是战争。但是,以风能、太阳能为代表的新能源,其竞争方式不是资源竞争,而是核心技术竞争。

目前,世界上主要国家和地区均把能源技术视为新一轮科技革命和产业革命的突破口,因此,我们应深刻理解“科技独立自强是发展大局的根本支撑”,开展独立自主的创新,必须深入分析面临的挑战及技术成熟性、可行性、经济性,前瞻未来发展,进而科学理智地制定切实可行的技术路线,群策群力,努力践行。应以清洁、低碳、数字、高效和物联为发展方向,以安全高效、循环可持续为驱动和目标,以研究与创新为支撑、智慧互连共享为核心,孕育新模式、新业态,推动跨界融合,实现产学研用协同。同时,从基础理论、新材料、关键技术、软硬件设备到真正能复制的工程示范,探索颠覆性技术,实现能源技术自主创新,保障可再生能源和新型电力系统理智、健康、有序发展,助力碳达峰、碳中和目标实现。(作者系山东大学特聘教授)



深入开展用能权交易正当时

■吴鹏 张玉琢 刘小聪 贾跃龙



用能权交易机制是一种促进社会节能的市场机制,通过能源消费量交易,引导社会资本向节能领域投资并促进绿色技术进步。自“十三五”首次在国家层面正式提出以来,用能权交易机制不断推进和完善,成为了助力能源消费革命、促进绿色低碳发展的重要举措之一。



四省已开展用能权交易试点

2015年10月,《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》中提出:“建立健全用能权、用水权、排污权、碳排放权初始分配制度。”2016年7月,国家发改委印发了《用能权有偿使用和交易制度试点方案》(以下简称“《方案》”),提出在浙江省、福建省、河南省、四川省开展用能权有偿使用和交易制度试点工作。2017年12月,国家发改委办公厅下发《关于浙江省、河南省、福建省、四川省用能权有偿使用和交易试点实施方案的复函》(发改办环资[2017]2078号),正

式批复四省开展用能权有偿使用和交易试点工作。2021年3月,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中进一步明确“推进排污权、用能权、用水权、碳排放权市场化交易”。

具体而言,2015年,浙江省率先启动了用能权交易试点,在2018年和2019年分别印发了《浙江省用能权有偿使用和交易试点实施方案》《浙江省用能权有偿使用和交易管理暂行办法》,并于2019年12月26日正式启动市场交易;2017年,福建省用能权有偿使用和交

易试点实施方案》印发,率先在水泥和火电两个行业(共88家单位)开展用能权交易试点,并于2018年12月19日正式启动用能权交易;2018年,《河南省用能权有偿使用和交易试点实施方案》印发,形成了用能权“1+4+N”制度体系,同年,《四川省用能权有偿使用和交易管理暂行办法》印发,确定了钢铁、水泥、造纸三个行业首批纳入用能权交易,公布了110家第一批纳入用能权交易的重点用能单位名单。河南省和四川省分别于2019年12月22日和2019年9月26日正式启动用能权交易。



有利于提高全社会能效

根据国际能源署(IEA)的《全球能源回顾2019》和《世界能源投资2020》等相关报告,能效提升是促进绿色低碳发展的最要途径之一。2019年针对建筑、交通、工业部门能效提升的投资总额为2500亿美元;扣除物价上涨因素,各国政府用于新型能效技术研发的资金总计高达45亿美元,同比增长12%。能效已成为能源相关研发投入中占比最大的方向之一。

用能权交易与绿色低碳发展之间通过能效形成了连接纽带。一方面,能效管理是开展用能权交易的基础条件。从用能权交易制度体系设计来看,用能单位初始用能权的确定是非常重要的,确权的基础就是科学合理地进行能效管理和评估。

《方案》指出:“产能严重过剩行业、高耗能行业可采用基准法,即结合近几年产量、行业能效‘领跑者’水平以及化解过剩产能目标任务,确定初始用能权。”“通过各行业的能效水平确定各企业的能效总量配额,即初始用能权,低能耗企业与高能耗企业构成能源消费的供需双方,从而展开用能权交易。”

另一方面,用能权交易有利于促进用能效率提升。交易的本质是实现资源的最优配置,在保障企业投入产出不变或增长的同时,实施用能权交易能够倒逼企业提升能效或减少损失而主动提升用能效率,并减少能源浪费,实现单位产量或产值的能耗下降,从而促进绿色低碳发展。

从企业角度看,对于单位生产能耗较高的企业,在保证产出的前提下,必须通过购买用能权或进行技术改造降低单位生产能耗,一旦大部分企业选择购买用能权,则会提高其市场价格,进而不断增加用能成本,最终倒逼企业进行技术进步投入以降低单位生产能耗,否则,企业在价格竞争方面将处于劣势。对于单位能耗较低的企业,其产品价格本身就在优势,在用能权交易的前提下,可以通过出售用能权余量获得额外收益,其中部分收益又可以进一步投入到技术改造中,从而实现正向循环,保持技术领先。

从行业角度看,高耗能行业是当前用能权交易的重点,其他行业将逐步纳入考核范围。按发电煤耗法计算,2018年我国能源消

费总量为47.2亿吨标准煤,工业能源消费占比为65.9%。其中,包括钢铁制造和铁合金制造行业等在内的黑色金属冶炼和压延加工业,有色金属冶炼和压延加工业,包括水泥、陶瓷、混凝土、玻璃等在内的建材工业,包括原油加工、乙烯、合成氨、烧碱、纯碱等制造在内的石化和化学工业,以及电力、煤气、水生产和供应业等行业的能源消费总量占比较大,相关企业将最先被纳入用能权交易考核。

从全社会角度看,用能权交易制度通过设定能源消费总量目标并将其确权给用能主体用于匹配,从而实现用能主体间的能源消费互配。供需双方形成的市场价格可以使边际用能成本较低的企业从中获利,并加强节能力度,从而降低用能成本。换言之,可交易的用能权可以促使在受约束的用能主体之间建立起一个分配能源消费的市场,确保用能主体能以更低的成本用能,以及降低产品单耗。同时,单位能源资本的生产率将得到提升,最终实现全社会整体能效提升。



需完善政策、机制设计

考虑用能权交易市场的运行成本。在我国碳达峰、碳中和的目标愿景下,用能权交易的重要性更加凸显,是未来我国缓解能源约束和实现碳达峰以及推进生态文明体制改革的重要举措之一。用能权交易体系的构建是一个系统工程,需要付出巨大的社会成本,涉及用能企业的覆盖面和交易制度的复杂程度都直接影响用能权交易市场的构建与运行的成本。因此,在用能权交易体制机制设计上要注重成本与效益的关系。

加强监管力度和引入惩罚机制。加强政府监管可以促进市场有效运行,维护企业利益,保障企业的活跃度和市场的流动性。在未来的用能权交易机制设计中应进一步明确责任主体和监管部门,并逐步引入类似于碳市场交易中的惩罚机制,以提高企业参与用能权交易或实施节能改造的积极性。

科学合理地设定用能权交易初

始价格。《方案》规定的交易价格为:“用能权初始交易价格由试点地区确定,伴随市场发展,逐步过渡到由交易方集合竞价方式形成交易价格。”初始交易价格即政府指导价,合理的市场价格能够反映用能权的稀缺性。只有保持用能权的稀缺性,才能激励企业减少不必要的能源浪费,并增加技术进步投入。

考虑用能权考核中的绿色能源电力使用。《方案》规定的用能权配额指标为:“在能源消费总量控制目标的‘天花板’下,合理确定用能单位初始用能权。”“能源消费总量既包含化石能源消费,也包含非化石能源消费,虽然政策中指出“鼓励可再生能源生产和使用,用能单位自产自消可再生能源不计入其综合能源消费量”,但这并未排除绿色能源电力的购买和使用量,与大力推进可再生能源消纳要求并不协调。因此,为进一步促进可再生能源消纳,建议在制度设计中考虑企业绿色用能考核的相关问题。



要注重衔接碳交易市场

考虑用能权市场、碳市场和电力市场的协同耦合。以高耗能的发电企业为例,用能权交易与碳排放权交易分别是企业实现节能和减排的两种市场行为。在两个市场中,企业或者付出交易成本购买配额,或者选择技术进步投入降低单位能耗和碳排放,或者承担高额罚金。企业在用能权市场和碳市场中需要付出成本,而在电力市场中通过售电获取收益。因此,用能权市场、碳市场和电力市场不是相互独立的,三个市场需形成完善的协同耦合机制,才能既实现企业的节能减排,又能保证企业的利润,从而支撑绿色低碳循环发展的经济体系。

考虑用能权交易与需求侧管理间的协同。需求响应通过经济手段引导用户改变用能行为,本身也应属于广义的

“用能权交易”范畴,如在电力尖峰时段,用户可以根据自身实际选择削减负荷获得收益,也可以选择继续用电但付出较高昂的电费,这实际就是一种间接的用能权交易。用能权交易只明确了用能总量的约束,而需求响应则更强调特定时间段的“用能权”,非特定时段无约束,这就可能出现用户响应后只是调整了用电(能)时段,并未影响用电(能)总量的情况。但需要注意的是,虽然用电(能)总量未改变,但通过改变用电(能)时段可以实现削减尖峰负荷、降低峰谷差等作用,对提升电力系统的整体效率仍具有重要意义。因此,在后期用能权交易的细则设计中,可以在总量约束的基础上,考虑时序因素的影响。

(作者均供职于国网能源研究院有限公司经济与能源供需研究所)