

稳妥推进能源绿色低碳转型

能源是现代工业的基石，经济社会发展的基础支撑，也是全球环境治理和应对气候变化的核心议题。随着全球对清洁能源和可持续发展的需求日益增加，能源转型成为实现绿色发展的关键途径。2024年中央经济工作会议强调要协同推进降碳减污扩绿增长。“十五五”时期我国将从能耗双控转向碳排放双控。如何稳妥推进能源绿色低碳转型，在保障能源安全的前提下，加快规划建设新型能源体系，本期特邀专家围绕相关问题进行研讨。

全球能源转型存在共性特点

全球能源转型情况以及未来发展趋势如何？

檀勤良(华北电力大学副校长、经济与管理学院教授):能源转型是不同时期、不同发展阶段下因能源生产和消费方式与时代需求不相适应,依托先进能源技术的创新应用而在能源领域进行的一场持续性、系统性的变革,具有明显的阶段性特征。从发展历程来看,全球经历了从薪柴到煤炭、从煤炭到油气的两次能源转型。当前正处于从一次能源直接向二次能源安全高效利用转型、从传统高化石能源利用向绿色低碳的再生能源和新能源利用转型,从单一能源多样化利用向多品种能源智慧融合利用的第三次全球能源转型阶段。历次能源转型均促进了生产力的快速进步与经济社会的高速发展。基于能源独立与安全可及、能源绿色利用与生态环境保护、能源可持续发展与先进科技自立自强等方面的考虑,世界各国正全面推动能源转型。

油气能源在全球范围内的分布不均时常诱发地缘政治风险,其能源生产中心因美洲能源大开发而西移,消费中心因亚太地区新兴经济体崛起而东进,能源供需中心位移加速、区位错配的格局使区域能源安全形势愈加严峻。传统能源资源储备有限的欧洲和亚太地区迫切需要通过能源转型以实现能源独立,维护国家能源安全。发展中国家积极探

索可再生能源与经济产业协同发展道路,立足能源基础设施较为薄弱的现状,优先布局灵活的分布式能源系统以降低能源获取与使用成本,满足生产生活需要。联合国政府间气候变化专门委员会第六次评估报告显示,人类活动所产生的二氧化碳排放导致了全球变暖,且主要源于能源利用。为应对气候变化,各经济体结合自身资源禀赋、能源战略和技术水平,积极谋划绿色能源发展路线。其中,欧盟依托成熟的电力市场机制与灵活的发电调节能力推动可再生能源电力发展;日本、韩国基于自身传统能源极度匮乏的现状,更侧重多能互补技术开发与利用,积极推动可再生能源制氢技术规模化利用。一些国家以法律规定或政策文件的方式制定了碳中和发展目标,响应自主减排承诺,通过总量控制倒逼能源系统低碳转型。

为寻求可持续的能源供应,各国抓紧部署先进可再生能源技术研发与应用。受技术进步、规模效应和供应链竞争等因素影响,风电、光伏发电成本急剧下降,与传统能源相比竞争力逐渐显现。以中国为例,过去十年,新能源产业快速发展,截至2023年底,清洁能源发电装机容量占总装机的58.2%,清洁能源消费量占比从15.5%提高至26.4%,推动全球风电和光伏发电项目平均度电成本分别累计下降超60%和80%,支撑全球能源市场稳定供给的同时为能源可持续发展与绿色转型作出突出贡献。

能源转型是全球共同应对气候变化,各

国结合自身能源发展需要所开展的广泛性变革工作。梳理归纳各国先后开展能源转型的原因及有关做法发现,全球范围内的能源转型存在以下几个共性特点与目标。

一是构建清洁低碳、安全高效的能源结构。在持续增强能源供应保障能力基础上,逐步调整传统化石能源的角色定位,在确保能源系统适应性条件下促进非化石能源替代化石能源成为主体能源,供需双侧发力推动能源生产消费方式加快转型。

二是构建多能互补、多元协调的电力系统。充分发挥电能的耦合转化作用,提高新能源电力渗透率,推动煤炭、油气低碳零碳化利用,建设绿氢“制储输用”体系。

三是构建创新驱动、智能高效的能源产业体系。加强能源产业科技创新,持续攻关核心技术,充分发挥比较优势,逐步从能源供应支撑经济发展转向以能源产业建设引领经济发展。

四是构建弹性互济、韧性稳定的能源供应链。提升小概率极端天气与大概率气候变化下的能源安全保障水平,加强能源要素资源跨区域流通与配置体系建设,保障地缘政治冲突影响下的用能安全。

五是构建科学规范、灵活透明的治理体系。深化能源电力领域体制机制改革,加强能源领域监管,防范威胁能源安全的重大风险,致力于完善能源电力市场建设,推动生态环境市场与能源市场有效衔接。加强国际合作,在共同应对气候变化框架下深度参与全球能源治理体系变革。

加快终端用户多元清洁能源替代

在消费端,电能替代进展怎样?如何向电、氢、氨等多元清洁能源替代转变?

高虎(中国宏观经济研究院能源研究所研究员):工业、交通、建筑等领域是能源消费的终端用户。一方面,终端能源消费领域的用能结构和用能方式要适应现有能源供应体系;另一方面,这些领域的低碳化转型也对新型能源体系建设提出了具体要求。我国首部能源法将于2025年1月1日起施行,提出要提高终端能源消费清洁化、低碳化、高效化、智能化水平,明确了终端能源消费转型的总体方向。国家能源局多次提出,要推动终端能源消费转型由电能替代为主向电、氢、氨等多元清洁能源替代转变,指明了终端能源消费转型的具体路径。

电能替代是应对大气污染防治的重要手段。多年来,我国开展电能替代有效推动了用能方式转型升级。在工业领域,积极推进建材行业电窑炉应用,在冶炼行业推广冶金电炉,在轻工行业推进蓄热式与直热式工业电锅炉应用,实现以电代煤。在交通领域,通过推广电动汽车、轨道交通、港口岸电、机场桥载设备等方式实现对汽油、柴油消费替代。建筑行业是散煤利用的重点领域,在燃气(热力)管网覆盖范围以外的采暖区域,推广热泵、蓄热式电锅炉、分散电采暖等技术。截至2023年底,全社会终端用能电气化率达28%,较2014年提升约7个百分点。由于风能、太阳能需要通过发电的方式才能被有效利用,因而继续提升终端用能领域电气化水平是促进清洁能源发展、建设新型能源体系的重要措施。

尽管电力转化可在许多环节实现对传统用能方式的替代,但从技术经济性、大规模利用适用性等方面考虑,仍存在一些用能场景实施电能替代难度较大的问题。例如,炼钢主要靠焦炭作为还原剂,电炉钢只能用于短流程的工艺路线,冶金领域电气化比例整体较低。石油化工、煤化工等高耗能产业主要以化石能源为原料,目的是利用其中的碳和氢元素,电力自身无法实现这个功能。航运领域需要柴油作为动力实现远洋运输,使用电池动力的船舶只能用于内河轻载运输,航空领域也依赖煤油作为燃料来源,在当前技术条件下这些交通运输方式都难以用电力作为动力。这些对化石能源依赖程度较深的行业,恰恰也是用能强度高、低碳化需求大的领域。

因此,未来要实现碳达峰碳中和目标,必须创新利用方式,推动这些重点用能部门低碳化转型,向电、氢、氨等多元清洁能源替代转变。氢能作为二次能源,是理想的清洁能源,可从煤炭、天然气等化石能源中制取,也可利用电解水制取,其利用过程无污染、无碳排放。

氢能用途非常广泛,可用于发电、供热,也可用于工业原料,在难以直接通过电气化实现降碳的领域可发挥重要替代作用。在冶金领域,焦炭带来的碳排放占工艺流程总排放70%左右,使用氢作为还原剂可使冶金行业减少焦炭消费,实现源头降碳。在石化领域,以绿氢为原料制备的绿氨和绿色甲醇可作为基础化工原料,实现传统石化领域的绿能替代。在交通领域,氢燃料电池车可在公路运输的固定路线、中长途干线和重载场景应用中替代柴油重卡。水运方面,长途重载航运的低碳燃料只能用绿氢、绿醇等易于储运的含氢载体,国际海事组织提出到2030年“零/近零”温室气体排放技术或燃料/能源使用占比至少达到5%的目标,按目前国际海运年耗燃料超2亿吨计算,预计绿氢、绿醇需求量约2000万吨/年。航空方面,我国航空煤油年消费量约3700万吨,通过绿氢合成可持续航空燃料是未来该领域脱碳的重要途径。

当前,我国多地开展了以绿色电力为源头的绿氢及氢基燃料示范项目,但总体来看,现阶段绿氢及氢基产品还面临成本较高、商业化应用场景区限的瓶颈,需加快探索推动电、氢、氨等多元清洁能源协同发力。

一是统筹优化布局。围绕清洁能源基地布局绿氢产业链,因地制宜推动内蒙古、新疆、甘肃等风光基地建设可再生能源制绿氢及氢基衍生品示范项目,实现清洁能源与绿氢产业布局的协同。同时,谋划好绿氢、绿醇等产品应用场景,实现绿氢布局与化工等对氢有需求的产业协同发展。

二是强化技术创新。突破电、氢、氨等“制储输用”全产业链核心技术,推动氢能先进技术、关键设备、重大产品示范应用和产业化发展,加强工业、交通等用能行业绿氢技术研发应用。提高可再生能源制氢转化效率,不断降低绿氢生产成本,推进高效制氢技术研发。

三是推动模式创新。提升绿氢产品的经济性,加快绿氢自身技术创新,重视应用模式和应用场景创新。建议在工业园区、大型化工企业等周边地区开展新能源源网荷储一体化项目,推动绿电直接制氢就地就近发电应用,实现制、输、用氢一体化,把西部地区风电、光伏发电的低成本优势转换为生产绿氢的成本优势。

我国能源转型具备有利条件

我国能源转型取得哪些成效?今后如何发力?

白彦锋(中央财经大学财政税务学院教授):能源低碳发展关乎人类未来,能源安全事关经济社会发展全局。2014年,习近平总书记提出推动能源消费革命、供给革命、技术革命、体制革命和全方位加强国际合作。“四个革命、一个合作”是我国能源安全发展的新战略。在这一战略指引下,我国能源绿色低碳转型取得历史性成就,走出了一条符合国情、顺应全球发展大势、适应时代要求的能源转型之路。

推动能源消费革命,能源消费方式变革取得明显进展。重点领域节能提效明显,2023年我国单位国内生产总值能耗较2014年下降约20%,能源利用效率大幅提升。能源消费结构持续优化,2023年清洁能源消费比重达26.4%,较2014年提高9.5个百分点。终端用能电气化水平持续提升,2023年终端用能电气化率达28%,新能源汽车保有量超2000万辆。

推动能源供给革命,能源供给保障能力显著增强。多元生产体系建设稳步推进,多轮驱动的能源供给体系基本形成。2023年一次能源生产总量达48.3亿吨标准煤,可再生能源发电累计装机规模15.16亿千瓦,占比52%。能源管网互联互通进程提速,“西电东送”工程的输电能力已超3亿千瓦,油气“全国一张网”基本形成,2013年至2023年我国长输油气管道总里程从10万多公里增长到19万公里。能源储备体系和新型储能建设加快,天然气储备十年来实现翻番式增长,2023年新型储能规模达3139万千瓦,能源系统韧性明显提升。

推动能源技术革命,能源科技创新水平不断提升。建成风电光伏全产业链研发设计和制造体系,量产先进晶硅太阳能电池转换效率超25%,海上风电机组最大单机容量超18兆瓦。能源产业数字化智能化水平明显提升,人工智能、5G、大数据等技术逐步应用于能源领域,智慧电厂、智能油气田等建设步伐加快,新型储能、综合能源服务蓬勃兴起。

推动能源体制改革,能源发展快车道全面打通。能源市场化改革持续深化,统一开放、竞争有序的能源市场体系逐步完善。内外资市场准入进一步放宽,投资主体更加多元,全国统一的能源市场加快构建。竞争性环节价格进一步放开,电力、油气网络环节科学定价制度初步建立。能源治理体系建设不断推进,覆盖战略、规划、政策、监管、服务的能源管理体系基本形成,

相关法律法规标准体系建设稳步推进。

全方位加强国际能源合作,成为全球能源转型的重要参与者与引领者。2014年至2023年,全球非化石能源消费占比从13.6%增至18.5%,我国贡献率为45.2%。我国风电、光伏产品已覆盖200多个国家和地区,大批有实力的新能源企业“走出去”。与此同时,我国利用超大规模市场优势,通过应用绿色低碳技术,为全球能源转型探索出更多可复制可推广的应用模式和场景。

当前国际形势错综复杂,维护能源产业链供应链稳定和能源安全困难增大。与此同时,产业发展偏重、能源结构偏煤、能源效率偏低一直是我国能源绿色低碳转型面临的问题。但也要看到,我国能源转型具备很多有利条件:低碳产业基础强,具有容纳技术创新的广阔市场空间,人力资源丰富,具有集中力量办大事的体制优势等。党的二十届三中全会通过的《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》提出“加快规划建设新型能源体系”“建立能耗双控向碳排放双控全面转型新机制”,为新征程全面推动能源转型指明了方向。

一是供给侧和需求侧双向发力,推动能源生产和消费绿色升级。在供给侧,坚持集中式和分布式并举,大力发展风电和太阳能发电,加快建设新型电力系统。在需求侧,开展重点领域节能升级改造,大力倡导绿色低碳生活方式,提高终端用能绿色能源比重。

二是技术创新和模式创新齐头并进。完善能源领域核心技术创新风险疏解机制,优化科技成果应用转化机制,提升绿色能源技术和产业竞争力。推动能源基础设施数字化,构建智慧能源平台、数字中心,加快能源全产业链数字化智能化升级。

三是政府与市场双轮驱动,健全绿色低碳发展体制机制。更好发挥有效市场作用,进一步健全能源市场体系,完善电力中长期、现货、辅助服务交易有机衔接机制,适应新能源大规模发展需要。强化有为政府作用,加强财税、金融、投资、价格等政策协同,完善能源法律法规和标准体系,优化能源领域营商环境。

四是统筹国际国内两个市场、两种资源,保障开放条件下的国家能源安全。稳固油气与新能源矿产多元进口格局,拓宽进口渠道。高质量推进全球绿色能源合作,深度参与全球能源治理,加强清洁能源技术和标准体系国际衔接互认。

截至2024年11月底

全国累计发电装机容量约

32.3亿千瓦

同比增长14.4%

其中

太阳能发电装机容量约

8.2亿千瓦

同比增长46.7%

风电装机容量约

4.9亿千瓦

同比增长19.2%

数据来源:
国家能源局

平衡好能源安全与能源转型

如何理解能源安全与能源转型之间的关系?怎样推动我国能源平稳有序转型?

朱彤(中国社会科学院工业经济研究所研究员):随着能源转型持续推进,能源安全形势日趋复杂。地缘政治是影响能源安全的重要因素,气候变化和能源转型对能源安全的影响逐渐显现。这些因素相互叠加与强化导致能源供应和能源价格的受冲击强度上升,持续时间延长、不确定性增强。系统理解能源转型过程中能源安全的复杂性及其作用机制,对实现能源转型与能源安全的统筹协调,保障能源安全下的能源转型持续推进至关重要。

长期以来,我国能源安全关注的主要是石油和天然气高对外依存度产生的油气供应安全问题。2023年,我国原油对外依存度超70%,天然气对外依存度超40%。这类能源安全问题是全球油气资源分布高度不均衡条件下地缘政治事件导致的。随着全球能源转型的推进,有三类能源安全风险日益成为关注的焦点。第一类是随着光伏发电与风力发电、电池与电动汽车制造等清洁低碳产业快速发展,部分关键金属对外依存度偏高,存在资源供给不足的风险。第二类是极端天气频发使电力能源供应大幅减少或中断造成的风险。第三类是能源转型政策与气候变化共同作用使天然气和煤炭价格短期大幅上涨带来的风险。

因此,我国在深入推进能源转型过程中将面临几类不同能源安全风险交织的复杂局

面。其中,与油气和关键金属高对外依存度相关的能源安全风险来自资源分布不均条件下的地缘政治风险;后两类能源安全风险是气候变化和能源转型作用下产生的能源安全风险,从产生原因、作用机制、应对措施等方面与第一类能源安全风险有较大差异。

重大能源安全风险的发生通常以“能源危机”的形式呈现。2021年以天然气与煤炭价格暴涨为主要特点的欧洲能源危机是这几类能源安全风险叠加相互作用的典型案例。2021年3月至2022年2月底,欧洲天然气和煤炭期货价格经历了前所未有的暴涨:天然气上涨11.7倍,煤炭上涨5.6倍。此次欧洲能源危机是气候变化、能源转型与地缘政治等因素共同作用的结果。

由于影响因素不同,这一时期欧洲天然气和煤炭期货价格上涨分为两个阶段,分别是2021年3月至10月的“持续性”上涨阶段和2021年11月至2022年3月的“脉冲式”上涨阶段。“持续性”价格上涨是气候变化和能源转型政策相互作用导致持续供需缺口的结果。首先,欧洲2021年初极寒与夏季极端高温导致电力能源需求高企;其次,2021年上半年受天气影响欧洲可再生能源发电量大幅下降需要气电和煤电来弥补,导致作为发电燃料的天然气和煤炭短期需求大幅增加;最后,由于能源转型政策对煤炭和天然气中长期投资抑制作用限制了产能增加,加大天然气和煤炭短期供需缺口。因此,前一个阶段欧洲天然气和煤炭价格持续性大幅上涨实际上是气候变化与能源转型政策共同作用的结果。后一个阶段价格上涨源于

地缘政治因素影响欧洲能源供应渠道,但由于对能源实际供需水平影响不大,价格上涨后很快回落,形成“脉冲式”上涨。总之,此次欧洲能源危机是气候变化、能源转型和地缘政治共同作用的结果,其中气候变化和能源转型是主因,地缘政治因素只是加剧了危机的后果。

当前能源安全面临的问题,不仅表现在能源安全风险来源增多、影响程度加大,还表现在气候变化与能源转型使能源安全冲击的作用机制发生颠覆性变化,产生了多元、复杂的后果。气候变化既增加了化石能源系统的脆弱性,也给可再生能源带来了新的安全问题。因此,需要平衡好能源安全和能源转型。

一是在平衡能源安全与能源转型目标基础上,考虑我国能源转型进程中化石能源发展战略定位。随着能源低碳转型持续推进,因对外依存度高而产生的能源安全风险将得到缓解,并随着转型成功而最终解决。然而,煤电机组和燃气发电机组在新型电力系统中不仅承担“备用”功能,更要弥补因天气原因导致可再生能源发电大幅下降产生的电量缺口。这意味着煤炭和天然气产能不能因可再生能源规模增加而同步下降,而是要进一步加强其产能储备能力。

二是逐步降低关键金属对外依存度相关的能源安全风险。通过进口来源多样化,加强关键金属战略储备,提高利用效率和循环利用,从而有效降低此类能源安全风险。

三是提升能源系统韧性。为有效应对极端天气发生的不确定性以及影响难以准确预测的风险,除了增加能源基础设施稳健性和灵活性等常规措施外,还要推动能源系统从传统的大规模集中控制系统向局部平衡的分布式系统转变,并且加快能源市场化改革以提升能源系统的机制韧性。