

上海电力大学教授施正荣:

## 城市碳中和,“硅基能源”前景无限

■本报记者 齐琛同



同样约2平方米的两块光伏板,一块是目前常见的玻璃光伏板,记者双手难以抬动;一块是厚度仅为2毫米、可弯曲的轻质光伏板,重量不到前者三分之一,被记者单手轻易拿起。近日,上海电力大学教授施正荣在其位于上海虹桥商务区的办公室里,向记者展示了轻质光伏的最直观优势。

施正荣介绍,更轻便的光伏组件将以“光伏+”的形式在城市碳中和进程中扮演更重要的角色。“随着技术进步和可再生能源迅速发展,光伏已经由过去的‘微不足道’变为如今的‘举足轻重’,而伴随着城市‘碳达峰、碳中和’进程推进,以化石能源为代表的碳基能源将转向以光伏为代表的硅基能源。”

## 有望扛起城市碳中和大旗

城市是经济活动和能源消费主要场所,也是二氧化碳排放的主要来源地。在施正荣看来,人类经济社会发展史,也是一部能源发展史。

自第一、二、三次工业革命以来,碳基能源(煤、油、气)的发现和利用,极大提高了劳动生产率。以传统化石能源为主的碳基能源推动人类进步的同时,也产生了严重的环境问题和气候变化问题。

为解决这一关乎人类永续生存发展的难题,全球已开始付诸实践行动,中国亦不例外。我国现已着手制定碳达峰总体的时间表、路线图,各省市也正积极响应落实。

施正荣分析,我国的碳中和与净零排放技术路径,将遵循以下基本路线,即从煤炭消费达峰、二氧化碳排放达峰、能源消费

达峰,到建成绿色低碳、安全、可持续的现代化能源体系,再到实现完全碳中和。

能源是否安全、稳定、可负担,必然是影响碳中和进程的现实问题。分析“碳达峰、碳中和”背景下的能源转型新形势,施正荣认为,供给侧将从煤炭、石油、天然气、核能等向光伏、风电等电力零碳化,与氢气、合成燃料等燃料零碳化转变;需求侧则向高效化、智慧化、再电气化转变。“以此为指引,可以说,阳光将为我们提供取之不尽,用之不竭的热、电、可再生燃料。人类社会将迎来从碳基向硅基能源转型的时代。”

硅是地球上含量仅次于氧的第二大元素,来源丰富,含量巨大。施正荣介绍,光伏发电所用到的晶体硅技术经过了20多年的发展,在技术、人才、设备、供应链、资本、市场已形成非常完整的体系。与其他技术相比,在“碳达峰、碳中和”战略目标的倒计时下具有明显时间优势。

## 让电力像Wi-Fi一样普及

硅基能源时代,除了大型地面集中式光伏电站之外,还要在城市中做到“电从身边来”,让城市用户成为能源的“产消者”。

将城市变成“绿色能源发电厂”,首先要实现光伏最大化地安装与利用。而城市人口密度大、用电需求量大、土地资源紧张,如何解决光伏安装的土地资源问题?

对此,施正荣告诉记者,“光伏+”的应用场景蕴含着无限潜力。以家庭、小区、工厂、公共建筑为单位作为分布式光伏电站,既可解决城市土地、资源紧缺等问题,也能满足人类的绿色能源需求。且分布式光伏与电动汽车等储能装置相结合,实现“发自自用”,可提高分布式光伏的经济性。

在他看来,传统光伏如要在建筑领域加以利用,现行工艺和外形则必须改变,以适应建筑的特点。以轻质光伏为代表的新

型光伏组件,在轻、柔、薄、美方面能与建筑更好结合,甚至直接将光伏组件做成了建筑材料,既防水又隔热还能发电产生能源。

施正荣介绍,轻质光伏组件的创新极大地拓展了光伏安装场景,使“光伏+”的应用“无处不在”。

如光伏屋面、光伏折叠式车棚、光伏户外家具、光伏充电桩、光伏幕墙、光伏声屏障、车载移动光伏能源、光伏货车等,将可为城市用户带来无限价值。

我国东部城市已经开始了“光伏+”的探索。就在江苏省扬州市零碳公园示范项目——滨江公园,百米长的廊桥由光伏板搭建建成镂空“天花板”,年发电量可达11.7万度,廊桥一侧则是由光伏板制作的50盏“太阳花”以及支持手机无线充电的“光伏座椅”,别致、实用的造型设计成为当地的一大旅游景观,吸引了大量当地居民和外地游客参观。

在施正荣看来,城市能源消费量巨大,分布式光伏并不足以满足城市能源全部需求。而采用可再生电力大规模制氢作为储能,即让城市100%可再生能源替代成为可能。由于氢能来自光伏发电,也属于“硅基能源”的重要组成部分。

“随着技术快速进步,可再生能源未来使用成本将更低廉。当硅基能源与储能技术、绿色建筑和物流交通等相结合,可使未来电力像Wi-Fi一样免费且便利。”他展望道。

## 光伏+储能成智能城市特征之一

想象一下这个场景:数亿人将可以在家中、办公室和工厂里生产可再生能源,并通过“能源互联网”实现绿色能源共享,就

如同在网上获取和分享信息一样便捷。

“未来智能城市特征之一就是光伏与储能的结合,组成虚拟微网。有了电池,每个安装光伏的建筑或家庭都能成为独立的能源生产者,并且多余的能源可以存储或者提供给电网。”施正荣表示,未来可再生能源与互联网技术相融合的智能电网,能够实现能源生产、存储、传输和共享智能化,并以其泛在的路由设施,与社会经济紧密联系,助力智能交通、智能社区、智慧城市等未来发展。

电力公司也应从大规模发电向分布式、储能、电力信息管理和传输并举转型,为新能源小型电厂和个人用户提供能源管理,向产业链高端发展。

城市碳中和时不我待。为使光伏在城市碳中和进程中发挥更重要作用,施正荣建议,公众层面,要尽快形成低碳转型必要性的社会共识;管理者层面,要建立相关市场机制和法律法规,明确提高光伏在城市中的地位,并具体给出指标任务,让企业与用户更有落实动力;企业层面,加大创新力度,降低设备成本,提供不同应用场景的解决方案。

## 链接

硅基能源,是指基于晶体硅材料的光伏发电技术的能源体系。光伏发电可直接被利用,可对储能系统充电以满足时空的调用,可电解水制“绿氢”以实现储能和更高能源密度要求的转换。

上接 25 版

## 城市碳达峰要警惕“灰犀牛”

因此随着可再生能源逐渐站上舞台中央,如果不能有效做好不同能源之间的协同配合,以灵活机制调动起不同主体之间参与平衡调度的积极性,保障共同价值最大化,能源系统将会面临安全稳定运行方面的更大挑战和风险。

## 发挥能源数字经济作用,多管齐下消解“灰犀牛”风险,为城市升级创造可持续发展动力

能源数字经济作为一种新的经济形态,强调统筹协调社会经济运行活动中,不同主体的角色和作用,进而达到整体均衡和价值持续创造的状态。在当前的形势下,城市已不再是独立的发展主体,而与周边城市、其他地区都具有紧密的联系。

因此,需要把握城市发展核心特点,把城市“碳达峰、碳中和”目标实现路径与城镇化、工业化发展进程进行统筹考虑。

一是要在区域发展和全国发展的整体布局中考虑城市碳达峰问题。判断一个城市“碳达峰、碳中和”的实现路径,需要客观评估一段时期内城市在区域发展中的角色和作用。不必将达峰时间的先后作为评价指标,而应结合地区实际,制定有阶段、有目标的转型路径。可以选择地区具有代表性的指标,比如清洁能源利用水平、传统产业转型成效等进行引领示范。

二是要发挥能源数字经济在要素组合、融合创新方面的作用,在“双循环”格局中推动产业升级调整。对于在推进国内产业链完善、提升产品国际竞争力当中具有重要作用的产业,在设定减排目标时不应“唯能论”,更应该看到相关产业的长远价值。

建议结合行业减排水平、经济贡献度等,制定分行业的碳排放核算标准,加强产业聚合力。推动传统行业从技术体系、管理体系、运营体系等各个维度进行转型变革。

一方面,加快推进数字化转型,通过流程优化带动产品向中高端迈进;另一方面,深度挖掘企业电能替代潜力,对重点耗能的环节进行改造,提高对清洁能源的利用。同时应当关注到,减碳降耗约束下,行业进入门槛和发展壁垒逐渐增加,中小微企业的发展空间将进一步受到挤压,政府应当及时给予指导和保护,以高质量发展的模式,健全产业发展生态。

三是构建能源数字经济监测平台,实现能源流、碳流的统筹管理。结合地区重点用能企业在线监测系统,建立碳排放测算和评价标准,对地区主要耗能企业的碳排放情况进行监测,将能源流和碳排放流进行联合分析,为推动减碳约束下企业高质量发展提供评估依据。同时与金融流进行统筹,创新能源金融产品和服务,创建绿色项目认证标准,推动数据、技术、资金等要素流动,为企业挖掘减排潜力、增强转型动力提供支撑。

四是有序推进碳市场建立,通过区域之间的协同配合,为城市发展争取更多空间。当前,全国统一碳市场初步建立,应当根据城市发展规划制定产业优化路径,分步骤推动碳减排示范效应显著、行业带动性强的企业进入全国统一市场。通过价格反映新能源接入、储能应用、电动汽车接入等系统转型升级的成本,并将低碳发展的重要性、艰巨性传导到终端用户。积极做好与城市群低碳发展的统一融合,从区域发展的整体角度,做好产品碳排放和转移量测算,推进区域统一碳排放行业标准制定。同时将气候变化相关风险纳入金融审慎的管理框架,通过金融市场表现及时评估政策有效性和合理性,注重防范减碳背景下金融风险发生。

(作者供职于国网能源研究院有限公司)

## 从城市低碳引领到区域协同达峰,系统思维不可少

——专访中国社会科学院生态文明研究所副所长庄贵阳

■本报记者 张胜杰



## 煤炭煤电行业有序退出是大势所趋

“‘碳达峰、碳中和’的深层次问题是能源问题。以能源转型推动经济社会系统性降碳是我国实现‘碳达峰、碳中和’的主线。”庄贵阳强调。

当前,在我国城镇化快速发展进程中,大部分城市处于扩张阶段,其碳排放特征主要表现在基础设施建设以及使用带来的能源消费不断增加,道路扩张、私人汽车明显增多、建筑需求和电力供应也随之增加。

谈及城市落实“双碳”目标面临的挑战,庄贵阳列举了一系列问题,如不少城市煤炭煤电转型迫在眉睫,减煤控煤任务繁重、城市高比例可再生能源系统增加电力安全风险、深度脱碳与CCUS技术尚不成熟、成本高等。

在庄贵阳看来,城市兑现碳达峰要统筹布局、超前部署,顺应并引领世界范围经济技术变革趋势,以长期碳中和目标为导向,避免近期高碳基础设施和产能扩张的技术锁定效应,打造新的经济增长点和新增就业机会。

“比如,城市需要超前部署建立清洁、低碳、高效、安全的能源生产和消费体系,煤炭煤电行业有序退出是大势所趋。”庄贵阳强调。

特别是对于煤炭资源富集地区,“十四五”既是尤为重要的爬坡过坎阵痛期,也是实现2030年前碳达峰开篇布局的关键期。“要按照市场规律坚决淘汰煤炭、钢铁、焦化、电力、水泥等高排放产业的落后产能,探索建设以煤电联营为基础的‘风光火储一体化’大型综合能源基地。”庄贵阳建议。

## 四剂“药方”解燃城市减碳排

总结截至目前国家发改委推出的三批低碳

“我国要实现碳排放提前达峰,打造出城市发展的新范式还任重道远。”近日,中国社会科学院生态文明研究所副所长庄贵阳在接受记者专访时直言。

谈及“城市作为控制碳排放的主战场,该如何因地制宜选择减碳路径”这一话题时,庄贵阳指出,在新发展阶段,既要供给侧改革,也要需求侧改革,只有二者做到同时不断推进,才能推动社会经济发展全面绿色转型。

城市试点成效,庄贵阳评价认为,低碳试点城市开创了顶层设计和试点示范相结合的治理模式,整体而言积累了宝贵经验,如深圳创新发展模式、广元后发地区转型发展模式,以及成都后来居上的模式,均需要总结与推广。

但庄贵阳亦提醒,虽然一些试点城市低碳发展成效显著,但还有部分试点城市比较迷茫,缺乏亮眼表现。“若缺乏清醒地认识,城市绿色低碳发展就容易懈怠或进入瓶颈期。”

“由于中央政府的介入力度和地方政府的学习能力强弱不同,城市发展可以分为争先模式、模仿模式、自主模式和守成模式。”庄贵阳说。

按照城市类型评估,低碳城市主要分为工业主导型、消费主导型、综合发展型和生态优先型城市。针对不同类型的城市,庄贵阳开出了不同的减碳排“药方”——

对工业主导型城市,要聚焦能源优化和产业结构升级,积极运用低碳技术改造和提升传统产业,提高资源利用效率,协同推进大气污染防治与二氧化碳减排;

对消费主导型城市,主要聚焦建筑、交通领域低碳发展与碳排放控制,引领消费侧改革,改变消费行为,建立新型碳达峰示范区;

对综合发展型城市,要聚焦工业、能源、建筑、交通四大重点部门的碳排放控制,构建多元化产业体系;

对生态优先型城市,要聚焦生态保护和生态修复,建立产业生态化和生态产业化的生态经济体系,发展创新型绿色经济。

庄贵阳进一步举例,对于东北老工业基地、唐山、包头等以第二产业为主的城市,降碳之路既有困难又有潜力,亟需加大低碳技术改造力度,提高降污减碳水平;而对于北京、深圳等主要以第三产

业为主的城市,工业企业占比很少,碳排放总量和强度基数不高,碳减排任务主要集中在建筑和交通领域。

## 需以系统思维推进区域协同达峰

我国区域发展不平衡,各区域技术、经济发展水平、资源禀赋存在较大差异。“‘碳达峰、碳中和’需要在全国一盘棋的工作思路下,各省市因地制宜制定差异化行动方案,充分利用各区域自然资源禀赋,推动资源深度融合。”庄贵阳认为。

庄贵阳进一步强调,在新发展阶段,推动区域协调发展是扩大内需的战略基点。“碳达峰、碳中和”在全国的布局必然要依据经济基础和碳排放情况进行差异化安排,保障有条件的地区率先达峰。

目前,我国在地方际合作、东西部省市对口协作方面积累了很多经验,“碳达峰、碳中和”新战略目标要求化解可再生能源资源供给和需求空间不匹配的矛盾,这离不开国家层面统筹协调,突破体制机制障碍,将西部、北部地区的资源优势转化为经济优势,消纳西部新能源电力的同时,促进全国碳减排,可谓一举两得。

“城市要以系统思维统筹落实战略部署,积极推动建立清洁、低碳、高效、安全的能源生产和消费体系,推进支撑深度脱碳技术研发和产业化发展,推进体制机制改革和碳价机制与碳市场发展,为长期低碳化转型营造良好的制度环境、政策环境和市场环境。”庄贵阳进一步说。

