

## 行业前沿

## 新型电力系统建设为光伏转型发展带来新机遇

■ 孙李平 史英哲 云祉婷

今年3月,中央财经领导小组第九次会议明确提出将碳达峰、碳中和纳入生态文明建设总体布局,构建以新能源为主体的新型电力系统。“十四五”将是夯实新型电力系统基础,保障光伏发电转变为电力系统主角的关键时期。

## 碳中和倒逼新型电力系统加速建设

**能源生产端减排是实现碳达峰碳中和的根本措施**

全球累积排放的2.2万亿吨二氧化碳中有70%以上来源于化石能源消费,只有彻底摆脱化石能源依赖才能从源头上化解气候危机。近年来,我国碳排放强度持续下降,截至2020年底,我国单位GDP二氧化碳排放较2005年降低约48.4%,提前超额完成下降40-45%的目标。

我国煤电装机容量和发电量均居世界第一,同时,电力结构中煤电占比高,2020年煤电发电量为5.17万亿千瓦时,占总发电量的67.9%,大量排放的二氧化碳主要来源于煤电机组。因此,减少煤电发电量是实现碳达峰碳中和的关键。而且,削减的煤电发电量可为光伏等可再生能源发电提供发展空间。

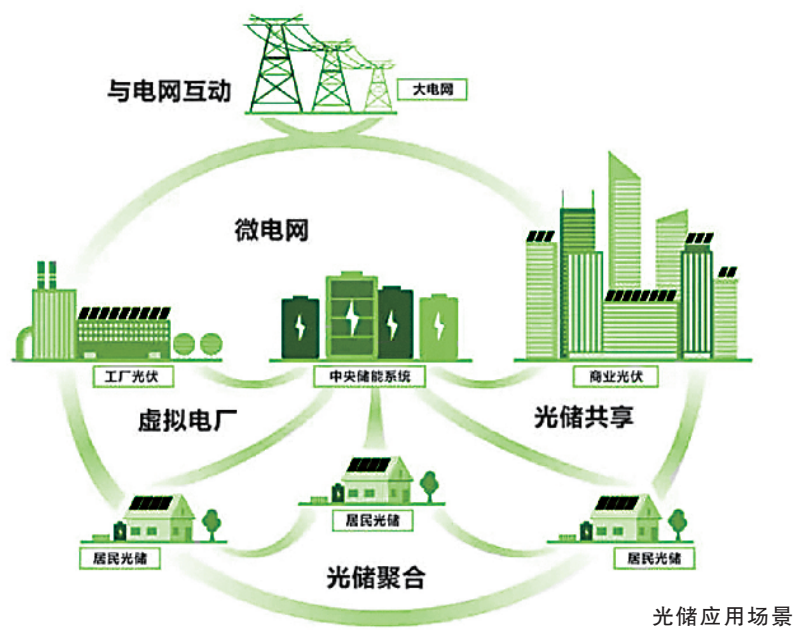
**新型电力系统是电力系统转型的内在要求**

构建以新能源为主体的新型电力系统,符合电源结构向风电、光伏发电过渡的发展趋势,可有效适应电源建设主体多元化、快节奏的发展需求。同时,建设新型电力系统是满足新型电源结构下电力系统安全稳定运行的基本要求。新型电力系统运行需要构建新的稳定运行策

略,实现发电和用电实时平衡。

传统电力系统发电端主要由煤电、燃气发电等可控电源构成,通过调节可控煤电和燃气发电来满足负荷波动的需求。新型电力系统是以不可控、间歇性的风电和光伏发电为主力电源,发电单元数量多、分布范围广,与传统电源差异大。可再生能源出力的不确定性和负荷波动叠加,将导致电力系统存在较大的安全运行风险,进而使得电力系统稳定运行更为复杂,这要求电力系统应具有更高的智慧调度能力。

电源建设主体的多元化和快节奏客观上要求必须建立新型电力系统。与传统火电相比,光伏发电单个项目体量小、数量多,建设周期短,这些特征势必造成电力系统更为复杂,对电力规划工作提出了更高要求。具体来说,一是要求能够提前研究电网结构和电源结构的合理性,并结合新电源特点更加灵活地开展电力规划工作;二是电力规划工作要更频繁的评估和滚动编制,这就需要打破原来电力系统五年一规划的节奏,充分利用数字化和智能化手段,及时掌握电力发展形势,适应光伏发电发展规律。此外,可再生能源渗透率的不断提高对电力系统灵活性资源也提出了更高要求。



## 光伏面临融资、土地成本高等制约

尚未形成光伏发电市场化发展格局。近几年,光伏发电布局快速变化是行政手段干预的结果。“十三五”初期,光伏发电主要集中在甘肃、青海,以集中式为主;“十三五”后期,光伏发电快速转向分布式,主要分布在中东部地区,特别是形成了户用光伏山东省一家独大的局面。随着光伏发电成本逐步降低,实现全面平价上网,应减少行政干预光伏发电布局,转为通过市场化机制促进光伏发电在各地多元化均衡发展,并与应用场景紧密结合,这有利于高效利用太阳能资源和土地资源。

配电网智能化水平不高,建设速度不能满足分布式光伏发电快速发展的需求。智能化程度提高可以有效改善配电网接纳光伏发电的空间,并有利于提高分布式光伏发电效率。配电网建设周期长,而分布式光伏发电项目建设周期短,若不提前开展配电网改造和技术升级,有可能导致分布式光伏发电项目延期并网,这将降低分布式光伏项目的经济性。

当前的电力系统不能充分利用和调动灵活性资源。客观来看,我国电力系统现有的灵活性资源不多,需对火电机组进行改造,增加灵活性资源供给。当前,我国电力辅助服务市场不完善,没有灵活性机组改造的补偿机制,这导致既不能利用现有的灵活性电源,也不能有效调动火电机组灵活性改造的积极性,限制了光伏消纳空间提升。

支撑光伏发电成为主力电源的电力体制机制需完善。未来光伏发电承担电力系统安全稳定运行的责任尚无明确说法,急需顶层设计,明确相关要求。当前,各地提出的光伏发电配备一定容量的储能并非最优的发展方案,相比之下,未来通过电力辅助服务市场统一解

决电网安全稳定运行问题,效率更高,成本也更低。

电力系统灵活性不足,导致西北地区成为主要弃光地区。太阳能资源条件较好的甘肃和青海在我国最早开始大规模发展集中式光伏,2015年两省光伏发电装机容量分别为610万、564万千瓦,分别位居全国第一、第二。短时间内光伏发电装机容量大幅增加,然而当地灵活性电源建设没有跟上,导致出现光伏限电,特别是甘肃。随后,为了抑制弃光现象,国家能源局采取了一系列措施引导光伏向具有消纳空间的地区发展,“十三五”光伏增量主要集中在中东部地区。2017-2019年,我国光伏发电平均弃光率分别为6%、3%、2%,光伏发电利用率得到改善。曾经的光伏大省,近几年鲜见红红火火的光伏建设场面。虽然新增光伏发电装机容量较小,但受制于当地消纳条件有限,弃光仍主要集中在西北地区。

光伏发电与其他行业融合尚处于起步阶段,融资及土地等非技术成本高。中国光伏行业协会最新统计数据显示,在光伏发电项目其他成本均下降的形势下,土地成本不降反升,是下一阶段降低光伏成本需要重点解决的。近一两年,国外光伏电站项目电价屡创新低,其中一个重要原因就是低廉的融资成本。户用光伏的投资主体主要是个人或小微企业,难以拿到优惠贷款,造成项目成本较高。

后平价上网时代,光伏投资者面临投资回报不稳定的风险,可能影响光伏发电替代煤电的进度。与平价上网时代的政策大不相同,后平价上网时代,光伏发电获取收益的不确定性增加,应通过精细化运维、科学选址等手段提高电站的效益水平。

## 光伏高质量发展迎来历史性机遇



光伏发电在多种可再生能源发电技术中具有发电成本低、资源分布广、易于安装、应用场景丰富等多种优势,被国际能源署(IEA)等许多国内外能源研究机构认为是未来主要的电力来源。作为全球最大的光伏设备制造国,我国通过顶层设计精准支持光伏发展,结合“十四五”时期部分省(市)、行业碳达峰目标,光伏产业将在“十四五”迎来历史性发展机遇。

**符合国际能源转型整体趋势**

近年来,各国纷纷加入联合国自主贡献减排承诺行列,积极采取措施应对气候变化,全球能源绿色转型步伐逐步加快,对清洁能源的重视程度不断加深。如坐拥丰富石油资源的中东国家也提出了发展清洁能源战略。国际能源署报告显示,到2030年,中东可再生能源(不含水电)总发电能力将超过192GW,为当前水平的17倍,其中光伏占比将达42%以上。在“一带一路”倡议下,我国可以利用光伏制造业世界领先的优势,向中东国家出口光伏产品,开拓市场空间。

**已列入“十四五”重点发展行业**

“十四五”是碳达峰的关键时期和窗口期,受益于顶层设计精准支持,光伏发电有望更好地发挥能源替代作用,实现从发电主力军到主力军的转变。

《十四五规划和2035年远景目标规划纲要》(以下简称《纲要》)明确提出,加快发展非化石能源,坚持集中式和分布式并举,大力提升光伏发电规模,加快发展东中部分布式能源,建设一批多能互补的清洁能源基地,非化石能源占能源消费总量比重提高到20%左右。另外,针对当前因光伏等可再生能源发展的消纳问题,《纲要》也提出

了多种解决办法,如加快电网基础设施智能化改造和智能微电网建设,提高电力系统互补互济和智能调节能力,加强源网荷储衔接,提升清洁能源消纳和存储能力。

同时,围绕可再生能源高质量发展问题,国家能源主管部门积极开展工作,包括健全可再生能源电力消纳保障机制、推动解决可再生能源补贴资金拖欠问题,以及引导光伏发电、风电、生物质发电产业持续健康发展等。2021年政府工作报告明确提出,要制定2030年前碳排放达峰行动方案,优化产业结构和能源结构,大力发展新能源。

**我国光伏设备制造及应用全球领先**

作为全球最大的光伏设备制造国,我国持续深化光伏领域国际合作,为全球市场供应了超过70%的光伏组件。目前,我国已成为世界上最大的光伏应用市场,光伏发电的新增装机容量和累计装机容量连续多年均位居世界第一。2020年,全国光伏发电新增装机容量4820万千瓦,其中集中式光伏3268万千瓦,分布式光伏1552万千瓦;累计装机容量达2.53亿千瓦,年发电量2611亿千瓦时,占全社会总发电量的3.4%。同时,光伏发电经济性不断提升,2020年我国地面光伏发电系统初始投资每瓦造价已低于4元。全年平价上网项目装机规模约3305万千瓦,预计近一两年基本会实现新增光伏发电项目全面平价上网。

在光伏发电新增装机大幅向消纳空间充裕地区布局的前提下,光伏发电消纳形势明显改善。2020年,全国平均弃光率2%,与2019年基本持平,光伏消纳问题较为突出的西北地区弃光率降至4.8%,同比降低1.1个百分点,尤其是新疆、甘肃弃光率进一步下降,分别为4.6%和2.2%,同比降低2.8和2.0个百分点。

## 需创新体制机制和研发前沿技术

新型电力系统的基本要求是服务能源结构转型,满足从高碳向低碳转型的要求,适应高比例可再生能源接入后的安全稳定运行,同时,高效消纳可再生能源。

**协调长期与短期、整体和局部的关系**

新型电力系统建设需从系统规划、建设及运行等各维度更新,投入资金和资源巨大,成本分摊需要顶层设计,避免公共电网发展滞后,影响清洁替代和电能替代进度。

从全国来看,光伏发电在“十四五”将逐步成长成为主力电源之一。受限于西部地区的消纳条件,“十四五”光伏发电更多以分布式兼集中式,主要布局在电力负荷较高、具备消纳空间的中东部地区,同时,西南地区利用水电资源丰富的特点,可以建设风光水多能互补电站。

**创新商业模式 丰富光伏发电应用场景**

随着碳达峰碳中和要求不断深入,全社会将从过去“要我减排”转变为“我要减排”的自觉减排。其中,参与光伏发电应用涉及电力消费的重点领域有建筑、交通。如2019年我国建筑运行碳排放达22亿吨,占全国碳排放的22%,减排压力大。

因此,分布式光伏发电可与建筑及充电设施等结合,实现就地消纳,特别是公园、学校、医院、交通场站等公共建筑应大力发展分布式光伏。其中,分布式光伏发电与建筑结合,可降低建筑能耗;与充电桩结合,可实现零碳交通;与

废弃的采矿区结合,可为资源枯竭型城市注入新活力。

集中式光伏电站方面,“十四五”期间,可发挥西部太阳能发电成本低的优势,开展光伏制氢、光伏制燃料等应用,这将有助于解决西部电力系统光伏消纳空间小的问题。

**加快电力体制改革 构建新型电力系统下的运行机制**

一直以来,光伏发电一直被认为是新生事物,需要扶持和帮助,电力系统中传统的煤电和燃气发电承担了调峰、调频等稳定电力系统安全运行的责任。近年来,随着煤电机组更多参与调峰、调频等,发电空间让给了光伏发电和风电,煤电利用小时逐年降低。未来随着煤电退役规模逐步增加,光伏等可再生能源发电将转变为电力主力电源,自然少不了承担电力安全稳定运行的责任。

目前,各省(市)要求光伏配备一定容量的储能,由于电池成本较高,这将造成光伏项目经济性下降,影响其更大规模应用。因此,建议完善电力辅助服务市场,从电力系统全局考虑灵活性调节问题,提高灵活性电源的利用效率,这可以借鉴更多的光储应用场景,而不是采用行政命令一刀切,要求各项目均配备储能。如澳大利亚光伏发展速度较快,面临中午高峰期发电能力强、电网难以消纳的问题。对此,澳大利亚能源市场委员会(以下简称AEMC)近日提出,拟对向电网出售太阳能电力的居民征收“太阳能税”。根据公布的规则草案,AEMC建议在中午时段对上网的太阳能

同时,青海实现了高比例可再生能源电力系统稳定运行,为全国全面建设以光伏发电、风电为主的新型电力系统作出了示范。截至2020年底,青海光伏发电装机容量1237万千瓦,风电装机容量622万千瓦,水电装机容量1301万千瓦,火电装机容量仅为37万千瓦,清洁能源发电装机容量占比高达89.3%。

**双碳目标下 我国光伏发电市场空间广阔**

我国巨大的电力需求存量和维护经济社会持续发展所需的电力需求增量是支撑光伏发电跨越式发展的基础。全球能源互联网合作组织预测,到2025年我国太阳能发电装机容量将达5.6亿千瓦,其中集中式光伏3.7亿千瓦,分布式光伏1.8亿千瓦,光热936万千瓦;分区域来看,西部和北部地区3.1亿千瓦,中东部地区2.45亿千瓦。中国光伏行业协会预计“十四五”期间,我国年均新增光伏装机将达7000万-9000万千瓦。

我国承诺在2030年前实现碳达峰,并不是2030年前一个时间点统一达峰,而是结合各行业和各地经济社会发展特点,科学规划,分阶段、分领域和分地区逐步达峰。今年3月21日,生态环境部部长黄润秋在中国发展高层论坛2021年会上指出,推动制定2030年前碳达峰行动方案,稳步推进碳强度和总量“双控”制度,支持有条件的地方和重点行业、重点企业率先达峰。

得益于光伏发电和风电成本快速下降,电力行业减排将有更多技术路径,其中,通过光伏发电实现清洁替代,能够较为经济地实现碳达峰。具体而言,为再现东部地区逐步碳达峰,“十四五”将不再新建煤电项目,并要实现4000万千瓦煤电机组退役,这将为光伏发电等绿色电力腾出发展空间。

电力征收2美分/千瓦时。AEMC表示,征税将发送“价格信号”,以帮助减少电网拥堵,并鼓励更多的家庭安装电池存储设备,减少高峰上网电力。

**协同供需两侧 挖掘光伏发展空间**

发电侧在碳排放强度较大的地区开展光伏发电替代煤电,消费侧开展电能替代,提高终端电力消费比重。随着电气化进程加快及工业、建筑等领域电能替代提速,我国人均用电量增长潜力较大。预计到2025年,我国人均用电量约为6425千瓦时,相当于2016年美国的1/2,加拿大的1/5,与主要发达国家仍有较大差距,增长空间巨大。

**科技赋能 光伏转型发展**

在基础前沿领域,建议重点攻关高效率高安全性大容量储能、氢能及燃料电池、高效率光伏发电材料、新型绝缘材料、超导材料、宽禁带电力电子器件等技术;在工程应用领域,可重点攻关适应高比例可再生能源电力系统的安全稳定运行技术,以及高效率低成本光伏发电、虚拟电厂、源网荷储协调运行、主动需求响应等技术。

总的来说,建设新型电力系统是一个系统工程,需综合考虑发、输、配、用和储等各个环节,建议从全局、长远的角度进行体制机制创新和前沿技术研发,服务于未来主力电源光伏发电发展,让光伏发电安全、稳定、高效、可靠地融入新型电力系统。(作者均供职于海南省绿色金融研究院)