

长距离输电与储能协同发力 书写新型电力系统“新篇章”

□ 吴 昊

在近日召开的国家发展改革委新闻发布会上，国家能源局相关负责人介绍，当前和今后一个时期，我国将加大新型电力基础设施建设力度，实施可再生能源替代行动，稳步推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地、西南水电基地以及电力外送通道建设，可再生能源电量输送比例原则上不低于50%。

当前，构建以新能源为主体的新型电力系统，已成为我国推进能源转型的重要路径。中国工程院院士李立涅指出，在构建新型电力系统背景下，新能源发电占比将逐渐提高并发展成为电力供应的主体电源。为实现非化石能源消费占比目标，未来，我国每年开发建设新能源将超过1亿千瓦。

新型电力系统建设加快

在“双碳”目标下，我国新能源行业正不断刷新“亮眼”的成绩单，持续推动能源、电力脱碳。全国工商联新能源商会专业副会长兼秘书长曾少军表示，电力将是减排力度最大、脱碳最快的领域。“十四五”时期，我国新增电源装机主要为新能源发电，新能源发展内生动力强劲，并网规模有望翻番。

随着新能源发展持续加快，新能源发电装机占比不断提升，电力系统转型任务也逐渐迫切。新型电力系统是按照安全、低碳、高效的高质量发展要求，以技术创新和体制机制创新为支撑，形成源网荷储协同发展、融合互动的新的电力系统，成为推动新能源消纳供给体系建设的系统平台。

为此，电网企业正在成为这一变革的重要“推手”。据南方电网公司相关负责人介绍，该公司正加大力度规划建设新能源供给消纳体系，2021年南方五省区新增新能源装机约1300万千瓦，同比增长23%，占当年新增电源装机的55%，南方电网服务区域可再生能源发电利用率达99.8%，风电、光伏发电基本全额消纳。

该负责人表示，为促进新能源利用率提升，南方电网公

司大力提升系统调节能力，加快发展抽水蓄能，引导新型储能有序有效发展，同时，加大科技创新，加快数字电网建设，推进市场机制建设，积极引领绿色用能方式。预计2030年前，南方电网公司基本建成新型电力系统，在实现碳达峰碳中和目标过程中，确保新能源高效消纳和电力可靠供应。

与此同时，西北地区电力系统转型也持续加快。国家电网有限公司西北分部市场交易六部主任孙晓强表示，该地区正积极开展新型电力系统的建设，预计2022年底，西北电网新能源装机将达到1.8亿千瓦，成为网内第一大电源。西北电网将成为首个以新能源为第一大电源的区域电网，以及国内最具备新型电力系统特性的区域电网。

西电东送工程意义凸显

去年以来，大型风电光伏基地建设成为新能源发展的“重头戏”，其中，西部等风光资源丰富地区成为大基地建设和未来新能源发展的重点。但与此同时，这些资源丰富的区域往往远离我国用电负荷中心，为平衡这一矛盾，跨区域远距离输电成为构建新型电力系统的一个重要路径，而西电东送工程的作用也变得更加明显。

“我国能源资源总量丰富，但分布不均衡，风电资源和太

阳能资源主要集中在‘胡焕庸线’西侧地区，而‘胡焕庸线’东侧人口相对集中的东中部地区一次能源资源匮乏。”孙晓强表示，能源资源与用电负荷的不均衡性决定了必须通过西电东送国家战略，把西部地区丰富的风电和太阳能资源转化为电力资源，通过特高压直流输电工程和柔性直流输电工程，输送到东中部地区。

据孙晓强介绍，作为国家电网的重要送端，西北电网目前在运直流11条，规模达7071万千瓦，向区外19个省(市)输送着清洁、稳定、经济电能。2021年，西北电网外送新能源728亿千瓦时，占国网系统跨省跨区新能源市场化交易电量的6成以上，外送水电142亿千瓦时，实现黄河富余水电在国网更大范围消纳。按照国家规划，“十四五”期间，西北电网将新开工建设特高压直流6条，容量4800万千瓦。

同时，在南方电网区域西部，风光和水等可再生能源资源丰富，开发潜力巨大。依托西电东送将新能源电力送至广东的负荷中心十分重要，对于实现以新能源为主体的新型电力系统是不可或缺的资源配置方式。据了解，经过20年的发展，南方电网已形成“八交十一直”的西电东送大通道，最大送电能力超过5800万千瓦，年送电量超过2300亿千瓦时，其中

非化石能源电量占比约85%。

“在实现‘双碳’目标背景下，西电东送的战略意义将更加凸显。”李立涅表示，西电东送是西部大开发的重要标志性工程，也是协作互补、东西双赢、科学发展的历史见证。西电东送工程既促进了西部地区把能源资源优势转变为经济优势，又保障了东部地区的电力供应。

储能多元发展任重道远

对于解决高比例新能源消纳，除了长距离输电，发展储能也是重要路径。在孙晓强看来，储能已具备快速发展的基础，未来应抓住新型电力系统平衡这条主线，结合不同储能的技术特点进行科学配比。他表示，从技术特点及电网友好性看，抽蓄、光热及储热具有运行稳定、储能时间相对较长、电网友好型强等优势，未来或将有较大配比。

其中，光热在增加系统灵活调节能力方面，具有启动时间短、调节速率快、调峰能力强等优势。孙晓强表示，太阳能热发电有助于解决高比例可再生能源系统的电力电量供应问题、系统灵活调节问题以及电力系统安全问题。他强调，短期来看，太阳能热电站需要政策的扶持；长远来看，还需价值补偿，需要一个符合高比例新能源需求和适应新型电力系统

的电力市场。

对此，曾少军指出，光热型熔盐储能技术主要功能是储能、调峰，通过并联配置多对熔盐储罐，可轻易实现大规模(10GWh级)的储能，对风电、光伏发电的消纳作用明显。“光热发电商业化推广任重道远。我国光热发电处于商业化示范阶段，还未形成规模效应，成本的削减还需更大程度的规模化生产、应用及政策支持。”他说。

“未来，要加快构建以储能为核心的多能互补新能源体系。”曾少军表示，构建新型电力系统，需要促进新型储能多元化发展，推动热储能、氢储能、电化学储能等各类储能形式发展，支撑多能互补能源体系建设。他还表示，要坚持集中式与分布式储能并举，积极发展源网荷储一体化和多能互补，同时创新储能产业模式，培育发展新动能。

在电力系统转型过程中，电网侧储能发挥作用明显。南方电网公司相关负责人认为，电网侧储能接受统一调度，参与电网调峰、调频、备用等多场景应用，可在电网发挥全局性、系统性作用。据介绍，南方电网公司将加大选点布局抽水蓄能电站，大力拓展电网侧独立储能项目。到2035年，该公司抽水蓄能和新型储能装机将分别达到4400万千瓦和1000万千瓦。



闽粤电力联网工程竣工投产

近日，国家电网和南方电网共同投资建设的闽粤电力联网工程竣工投产。图为闽粤电力联网工程运维人员在巡视设备。

新华社记者 林善传 摄

支撑新型电力系统建设 破解新能源大规模并网难题

□ 张 宇

近日，中国西电集团所属西安西电电力电子有限公司在陕西西安揭牌成立。该公司旨在更好地推动我国电力电子事业蓬勃发展，助力以新能源为主体的新型电力系统建设，为中国电力事业提供自主可控的电力产品。

长期以来，火电、水电等作为电网主要支撑性电源，有力保障了电网安全稳定运行。随着“双碳”目标推进，新能源占比不断增加，而同步发电机比例不断降低，电力系统面临系统平衡机制由“确定性发电跟踪不确定负荷”转变为“不确定发电与不确定负荷双向匹配”。现有可控电源的深度调节能力难以抵消新能源出现的随机波动性等问题，电网安全稳定运行将受到严峻考验。

“就目前而言，基于新能源的特性，电网是没办法无限接纳新能源并网的。”西安西电电力电子有限公司执行董事姜彦涛表示，目前，在实际工程中广泛

使用的变流器采用跟网型控制策略，其外部表现为电流源特性，无法承担按需提供惯量保持供需平衡(频率稳定)和平稳电网电压，随着新能源发电装置的不断增加，系统扰动对电力系统安全运行的影响越来越明显。

姜彦涛表示，近年来，随着大规模新能源建设的推进，暴露出了系统安全稳定风险问题，包括整个系统一次调频能力不足、故障影响范围扩大等，对电网造成了较大冲击。

在西安西电电力电子有限公司副总经理白世军看来，当前存在的新能源打捆水电、火电并网送电，其实也是从保障电网稳定考虑，一定程度上限制了大规模新能源规模外送的需要。为了应对新能源发电高比例并网导致传统电网惯性减弱的问题，新能源装备的创新发展以及构网型技术越来越被行业所关注。

据了解，构网型变流器是通过在变流器控制环节中模拟同步发电机的运行机制，让新

能源发电机组变得像同步机一样对电网有足够的支撑能力。“在风电、光伏等新能源发电侧，打造构网型并网技术，能够帮助提升电力系统的稳定性和可靠性。”姜彦涛认为，构网型技术的实现将极大地降低当前大规模新能源并网的电网风险。目前这一技术已经在国内外的新能源变流器、储能系统中开展了部分研究示范，其技术应用前景被寄予厚望。

据统计，西北电网2022年预计新能源投产超4千万千瓦(包括沙漠、戈壁、荒漠大型风光基地项目)，总装机将超过1.8亿千瓦，同时，电化学储能投产将突破300万千瓦，西北电网将迎来史上新能源投产规模最大的年份。为此，西北电网也在相关规划中提出，要持续做好涉网性能提升，加快新能源抗扰、主动支撑、感知能力改造，推动其从“并网”向“组网”转变；积极试点支撑新型电力系统的构网型新能源和储能涉网技术，尽可能避免“先投产、再改造”的发展老路。

姜彦涛透露，“构网型”电力电子变流器推广应用是电网企业、新能源设备制造商、新能源业主等多方博弈发展的过程。未来，市场刚性需求会比较强烈，目前主流设备厂商都在布局相关产业。西安西电电力电子有限公司正在做相关领域的产业布局。

与此同时，随着新型电力系统构建的加快，电力行业的电力电子化趋势也日趋明显。姜彦涛认为，以新能源为主体的新型电力系统，给电力电子技术带来了巨大的发展空间。他表示，现有的传统并网方式还存在损耗高、占地大等问题，西安西电电力电子有限公司提出基于全国产化IGCT-Plus器件为核心的新型构网型高压级联电力电子装备，通过电力电子级联的方式，具有电压支撑和主动惯量支持特性，维持电力系统稳定性。同时与跟网型设备相比在占地面积、建设周期和设备运维等方面都有较大的优势，是未来电力电子装备发展的趋势，具有广阔发展

与应用前景。

据悉，西安西电电力电子有限公司以“深耕电力电子技术新领域，开创零碳柔性配电新生态”为使命，核心业务覆盖多场景电力电子变流器、交直流混合配网解决方案、先进储能并网解决方案、电能质量监测与治理解决方案以及第三代半导体功率器件封测技术研发。

姜彦涛表示，中国西电集团在电力电子行业有着深厚的积淀，从设计制造到产业链布局都有着先发优势。西安西电电力电子有限公司的成立将继续承担起央企责任与使命，致力融合智能化技术和先进电力电子技术。除关注解决大规模新能源并网消纳问题外，公司还将全力打造新型柔性配电网尖刀产品和解决方案，如百兆瓦的级联式直挂储能、构网型电力电子变流器等，为零碳柔性配电新生态贡献西电智慧，为中国西电集团实现成为世界一流智慧电气系统解决方案服务商的目标提供强有力支撑。

企事录

白鹤滩水电站第十三台百万千瓦水轮发电机组正式投产

□ 张莉娟

近日，白鹤滩水电站12号机组顺利通过72小时试运行，正式投入商业运行。这是白鹤滩水电站投产发电的第13台百万千瓦水轮发电机组，也是三峡集团在长江干流上建成投产的第107台水轮发电机组。

12号机组位于白鹤滩水电站右岸厂房，单机容量100万千瓦。百万千瓦机组为目前世界上单机容量最大的水电机组，其研制难度远大于世界在建和已投运的水轮发电机组，被誉为当今世界水电行业的“珠穆朗玛峰”。

为确保12号机组顺利投产，国庆假期期间，三峡集团白鹤滩工程建设部始终坚持以精品工程为目标，在严抓疫情防控的同时，统筹部署、科学组织，与电网公司、电站运行单位、各参建单位通力协作，全力推进机组安装调试工作。10月5日，12号机组开始正式并网调试，10月6日首次完成12号机组并网发电，10月14日顺利完成所有既定调试项目，结束72小时试运行、正式投产发电，实现了“一次安装完成、一次启动成功、一次调试成功”。

投产后的白鹤滩水电站12号机组运行安全稳定，指标优良，其中带100万千瓦负荷时机组三部轴承振动、摆度值均在0.05毫米左右，达到精品标准，远远优于国际和国家标准。

隆基森特“双品牌”战略重新定义BIPV

□ 张小宝

近日，隆基与森特股份的“双品牌”战略取得积极进展，森特先后与山东重工、三棵树和徐工集团、北新建材，以及中国化学桂林有限公司签订了战略合作协议。隆基森特的股权交易不仅给光伏及建筑行业带来重要影响，也为BIPV(光伏建筑一体化)市场开启了全新商业模式。

公开信息显示，隆基绿能于2021年3月4日公告，拟以协议转让方式现金收购森特股份27.25%股份，交易总对价16.35亿元。时隔1年，隆基与森特举行了第一次战略研讨会，双方决定推出“双品牌”战略，同时也给森特定下了BI-PV业务计划。

中国分布式光伏上一次爆发式增长源于2016年，在政策的激励下，分布式光伏业务欣欣向荣。由于看好其发展前景，隆基逐渐开始在BIPV技术路线上进行自主研发，最终将技术路线锁定在光伏组件与压型钢板进行结合从而替代屋面这条技术路线上。历经3年多的研发，隆基第一款装配式BIPV产品——“隆顶”于2020年7月13日下线。虽然隆顶被客户及设计院所接受，但是隆基在项目开发的过程中发现，BIPV市场对金属屋面的设计及施工能力十分看重。于是，隆基开始在金属屋面领域寻找龙头企业进行合作。经过数月的市场调研，最终选定了森特股份。

森特股份创立于2000年。伴随着中国基建的红利，森特在金属屋面围护领域迅速成长为领军者。经过20余年的发展，也开始面临企业转型问题。森特早在2010年就已接触光伏，但因为传统屋面

三峡集团白鹤滩工程建设部副主任康永林表示，0.05毫米大约就是成人头发尖部的宽度。白鹤滩水电站单台机组有50多米高、8000多吨重，这么大的机组振动、摆度值只有头发丝大小，体现出中国水电在装备制造、设计、安装等领域的核心能力，也代表着中国水电在世界水电的引领地位。

目前，白鹤滩水电站已投产的13台百万千瓦机组运行稳定、指标优良，累计生产清洁能源超过460亿千瓦时。

白鹤滩水电站位于四川省宁南县和云南省巧家县交界的金沙江下游干流河段上，是实施“西电东送”的国家重大工程，是当今世界在建规模最大、综合难度最高的水电工程。电站共安装16台我国自主研发、全球单机容量最大的百万千瓦水轮发电机组，总装机容量1600万千瓦，多年平均发电量可达624.43亿千瓦时，建成投产后能满足约7500万人的生活用电需求。

白鹤滩水电站全面投产后，三峡集团在长江干流建成投产的水电机组将达到110台，总装机容量将达7169.5万千瓦，且与乌东德、溪洛渡、向家坝、三峡、葛洲坝电站构成世界最大清洁能源走廊，持续为长江经济带建设和中国经济发展提供绿色动力，助力实现碳达峰碳中和目标。

光伏会对金属屋面造成损坏，所以，森特以前对传统BAPV(附着在建筑物上的太阳能光伏发电系统)的方式不是很认同。然而，隆顶这一产品完全站在建筑的角度考虑光伏产品的设计，不会对屋面产生破坏，符合森特的技术要求。因此，在隆基提出与森特共同进行BIPV行业开发时，两个企业不谋而合。

隆基从决定寻找建筑企业合作，到最后收购森特成为第二大股东，过程，仅仅用时6个月。2021年3月4日，隆基宣布拟以协议转让方式现金收购森特27.25%股份，交易对价16.35亿元，溢价30%。

隆基森特合作之后，双方1+1>2的“双品牌”战略渐渐展现出优势。自2022年以来，隆基森特1+1>2的效应初显，2022年被隆基森特定义为重点项目的落地年，而未来3年~4年是迅速占领市场的关键期，目标是在BIPV领域引领行业的发展，并且成为领军者。

从总体上来看，隆基森特2022年的签约额已经相当于建筑光伏一体化市场过去20年的总量。而在单体项目规模上，森特成功中标山东重工集团下属公司屋面分布式光伏发电项目，规模达140MW，项目金额高达7.99亿元。山东重工项目不但是隆基森特进军BIPV领域后的第一笔大单，而且还是这一市场历史上规模最大的单体项目之一，再创历史新高。

据隆基绿能中国政企地区部总裁陈鹏飞透露，隆基还在研究“智能组件”，同时研发一个能源管理系统将这些智能组件进行链接。未来可以看到每一块电池、每一块光伏板之间的发电情况。若这一构想变成现实，隆基森特将再次对BIPV进行重新的定义。