

能源转型“先立后破”的三个维度

■本报记者 姚美娇

“当前和今后一段时间，化石能源依然重要。因此，在此期间，化石能源与非化石能源需协调互补，先立后破，构建有韧性的能源体系，保证当前和长远的能源安全。”中国工程院院士、国家气候变化专家委员会顾问杜祥琬近日在“能源中国——能源转型再出发：先立后破，稳步推进”专题研讨会上做出上述表示。

当前，经济复苏、能源安全、应对气候变化等多重战略和政策目标相互叠加，如何在诸多目标之间统筹协调、在推进落实中安排好衔接次序，成为热点问题。

转型离不开金融支持——

“预计2025年我国碳中和累计投资规模约为180万亿元”

“在‘双碳’目标推进过程中，我国会面临产业结构变化、劳动生产率提高、碳排放下降、GDP继续增长等情况。预计到2060年，我国GDP会从现在的100多万亿元涨到400多万亿元。”中国国际经济交流中心

副理事长朱民指出。

水电水利规划设计总院总规划师张益国表示，可再生能源是实现“双碳”目标的主要途径。发展可再生能源是减碳不减生产力的重要支柱。近年来，我国以风电、光伏发电为代表的新能源发展成效显著。2022年，我国可再生能源发电累计装机容量首次超过煤电，达到12.13亿千瓦。

能源转型离不开金融支持。朱民表示，碳中和投资规模大、周期长、风险高。碳达峰前的投资主要集中在新能源基础设施和新能源科技创新，这将为未来转型打下基础。同时，也需要创新投资工具，对现有投融资体制进行改革，推动债券市场发展，比如扩大REITs(不动产投资信托基金)产品在新能源领域的投资规模。据分析，预计到2050年，我国碳中和累计投资规模约为180万亿元人民币。

“要加大对绿色建筑的绿色金融支持力度，做好包括绿色住宅全生命周期的绿色认定，这涉及从土地招拍挂、城市规划、住宅建筑设计到住宅建筑绿色性能监测、住宅建筑绿色性能保险保证等一系列配

套。”中国银保监会政策研究局一级巡视员叶燕斐强调。

须做到“以立为先”——

“立电源、立储能、立电网”

杜祥琬提醒，能源转型是做加法，而非做减法。要构建韧性能源体系，让化石能源与非化石能源协调互补，先立后破，保证当前和长远的能源安全。

能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥指出，能源转型要做到“先立”，且应有“三立”。“第一要立电源，加速发展风光等可再生能源；第二要立储能，拥有一个高比例可再生能源的新型能源系统，才有可能提供稳定的能源供给，储能在此过程中将发挥重要作用；第三要立电网，中国要有强大的电网，既要解决可再生能源的就地消纳问题，又要能实现省际互通互济。如果能通过更灵活、更及时的跨地区调电输电，把现有资产存量调动起来，中国是有可能不用新建新的火电电源的。”

针对电网规划建设，全球能源互联网发展合作组织经济技术研究院院长周原冰表示，构建新型电力系统尤其需要加快建设大范围高效配置的大电网、灵活柔性智能主动的配电网，推动网源荷储协同发展，实现清洁能源的广域高效配置与就近消纳，适应经济社会高质量发展要求。“规划建设大范围高效配置的大电网，需要从三个方面入手：一是科学规划布局跨省跨区输电通道；二是持续优化区域骨干电网网架；三是不断完善省级电网主网架。”

电煤消费或在2030年后进入下降通道——

“预计到2060年煤炭消费量将降至约3亿吨”

电力行业减排是能源低碳转型的关键。从长期看，非化石能源将在未来整个能源系统中占据明显比重，煤炭消耗量应争取尽快达峰并进入下降通道。但从现实层面看，煤电仍起着重要作用。

“虽然2022年我国新能源快速增长，但仍需煤电补足用电缺口。非化石能源的新增发电量仍只能满足约3/4的新增电力需求，这意味着余下的1/4需求需用常规能源补足，其中一半源自煤电。”能源基金会战略规划主任傅莎说。

傅莎进一步表示，电煤消费预计将在2030年后进入下降通道，之后可再生能源电力将大幅替代煤炭，预计到2060年，煤炭消费量将降至约3亿吨。针对电煤消费下降和电力需求攀升，以及煤电行业转型面临的挑战，傅莎建议，短期内要严控新增煤电项目，设计煤电转型的顶层规划，同时，煤电企业应积极寻求转型。

以内蒙古为例，作为我国的富煤地区，该区的能源转型尤其值得关注。内蒙古北辰智库研究中心首席专家文凤预计，内蒙古未来将实现“两个超过”和“两个率先”：到2025年，内蒙古新能源装机要超过火电装机，达到1.35亿千瓦以上；到2030年，新能源发电量要超过火电发电量。同时，在全国率先建成以新能源为主体的能源供给体系，率先在全国构建以新能源为主体的新型电力系统。

隆基绿能26.81%效率纪录研究成果在《Nature Energy》发表

近日，隆基绿能自主研发的晶硅异质结电池创新技术研究成果，在世界顶级材料科学领域学术期刊《Nature Energy》上发表。虽然该新型电池所需材料95%与当前已有的晶硅电池相同，但其效率更高，达26.81%，是目前晶硅太阳能电池效率的最高纪录。

《Nature Energy》杂志于2016年由Nature出版集团创办，是一本综合研究能源工程与技术的国际期刊。该刊已被国际重要权威数据库SCI收录，2021-2022年度影响因子为67.439，在中科院JCR最新升级版分区表中位列大类学科工程技术1区。

据悉，隆基绿能与中山大学和荷兰代尔夫特理工大学合作取得了这项突破性成果。隆基绿能研发团队通过改进“纳米晶硅空穴接触层”优化了太阳能电池设计。长期以来，这一超薄纳米材料只停留在理论层面，但从未在实验上被证实过。此外，中山大学团队分析和研究了该纳米膜层的电荷输运方向，荷兰代尔夫特理工大学的团队对此进行了先进的模拟分析，这均对该技术的创新起到了关键作用。

1.5%的实质性飞跃

从2021年6月至2022年11月，隆基

绿能高效晶硅异质结电池研发团队不断打破并刷新纪录，电池效率从25.26%提升到26.81%，在1年4个月时间里，实现了绝对值增加1.55%的成绩。电池效率的显著提升，得益于该团队在新的纳米膜层技术上的突破。

据《Nature Energy》杂志刊登的内容，新的纳米膜层能以更低的电阻运输电荷显著改善电池性能。相比以前的技术，实现了1.5%的转换效率飞跃。研发团队基于工业量产硅片开发了这项新技术，所以能无缝推广至太阳能电池的工业生产中。

隆基绿能创始人、总裁李振国曾介绍，以20%转换效率的电池片为例，经测算，每提高一个百分点的转换效率，可为下游电站节约5%以上的成本。因此，哪怕电池转换效率只提高0.01个百分点都意义重大。

“在全球太阳能电池生产份额95%以上的晶硅电池技术中，这项技术在转换效率上拔得头筹。”隆基绿能中央研究院副院长徐希翔评论道。

将显著加速能源转型

在分析和研究该纳米膜层的电荷输运机理方面，中山大学的科学家发挥了关键作用。他们通过对比实验发现，合理的新膜层组合具有更低的激活能，能更好地输运电荷。他们表示，由于异质结电池表面



图为山西新荣采用隆基绿能产品建设的光伏发电项目。



图为陕西铜川采用隆基绿能产品建设的光伏发电项目。

钝化质量优异，基体中的俄歇复合成为效率损失的主导因素。实际上，正是这种极高的表面钝化质量保证了填充因子和转换效率进一步提升。

“低激活能晶硅空穴接触层的研究非常及时和重要，我们作为在探索空穴接触的电性能方面取得重大进展的代表，对于异质结、杂化结构和所有晶硅太阳能电池的进一步开发具有重要意义。”中山大学教授高平奇评论称，这种太阳能电池结构的出现将显著加速能源转型，推动更高效光伏组件的应用。

拓宽晶硅电池器件研究边界

此外，荷兰代尔夫特理工大学的研究团队提供了电荷输运建模方面的支持。

通过新模型，该团队揭示了关于电池背结界面处势垒的更多细节。模型分析了空穴在界面处的收集路径，从而在理论层面对电池的优异性能作出解释。

资讯

国家能源局：在部分地区开展电力领域综合监管

本报讯 5月16日，国家能源局发布《关于开展电力领域综合监管工作的通知》(以下简称《通知》)。

根据2023年度能源监管工作部署，国家能源局决定在内蒙古、浙江、重庆、云南、甘肃等5个省(自治区、直辖市)开展电力领域综合监管。

《通知》要求，5个省(自治区、直辖市)政府有关部门、有关电力企业要高度重视、积极配合，按照通知要求，客观、真实地准备相关材料，及时提供有关数据和资料，如实回答有关问题。所在地派出能源监管机构要与现场监管工作组加强沟通与协调，协助做好相关工作，形成监管工作合力。(宗和)

南方能源监管局强化无证并网发电企业监管

本报讯 为严格执行电力业务许可制度，充分发挥许可证在规范电力企业运营行为等方面作用，南方能源监管局日前组织广西两家无证并网发电企业和有关调度机构召开会议，督促指导无证并网发电企业依法依规持证运营。

南方能源监管局现场向企业送达《关于停止未取得许可机组发电上网的监管决定书》(以下简称《监管决定书》)，并要求相应调度机构配合监控，确保企业严格执行监管决定要求。同时，对相关解释说明，协调发电企业与调度机构就停止无证机组发电上网的具体落实措施达成共识。南方能源监管局强调，无证并网发电企业务必要增强依法依规经营意识，严格遵守《电力业务许可证管理规定》有关规定，严格落实《监管决定书》规定要求，不得违规发电上网，要加快电力业务许可证办理进度，根据要求补充完善相关材料，尽快取证。(宗和)

深度挖掘气象大数据价值

云南电网着力服务当地新型电力系统建设

■李琛 周于欣

云南电网公司依托气象大数据运用，紧扣电网发展涉及的气象监测、预警需求，不断提升预测准确率指标，持续为云南新型电力系统建设提供有效支持。

聚焦气象特点 全力以赴“追光捕风”

大理是个“有风的地方”，这里海拔超过2500米以上的山脊，年平均风速达每秒6.5米多。

地处云南中部偏西的大理州，拥有丰富的新能源资源。特别是太阳能资源十分丰富，全年日照时数平均为2167小时。而且，大理所处区域环境特殊，微地形气象特征明显，“山脚是夏天，山顶是冬天”的情况比较常见。

一方面风光资源丰富，另一方面风电、光伏发电不稳定带来的生产、调度、并网等又属于世界性难题，云南电网研究人员面

对这一难啃的硬骨头全力探索，力图找到攻克难题的突破口。

“我们既要靠天吃饭，又不能完全看老天爷的脸色。”云南电网公司电力科学研究院高级研究员苏适说。

针对当地特有的气候现象，云南电网公司一直致力于研究微气象条件下如何改进绿色能源功率预测技术，提高功率预测整体精度。

时至今日，苏适仍然记得7年前他与同事爬上雪邦山的情景。

雪邦山山脉连绵数百公里，山上有一座风电场。该风电场是云南海拔最高的风电场，风机分布在海拔3300-4235米的山脊上。近1000米的海拔落差，使得不同高度的风机出力差别较大，采用传统典型风机功率预测的风机出力偏差较大、准确性低。

实际上，关于风机发电功率预测，仅采用数值天气预报数据，而没有实测风速，即使采用计算机的算法也算不准确。

为了研究一种适用于立体垂直微气象

的风机功率预测方法，2016年，苏适和同事第一次登上了雪邦山。

苏适坦言：“高原上有微气候，十里不同天，经常同一座山头，这台风机转得快，那台风机却没动静。”

苏适和同事默默坚守在大山，致力于研究改进风机功率预测技术，提高风电场功率预测整体精度，让电场风机以最优方式并网发电。后来，他们克服高海拔、山顶温度低、风速大的困难，又多次前往雪邦山风电场开展现场调研、实测具体参数，改进风机功率预测技术，提高了风电场功率预测整体精度，最终和大理供电局共同研究了一种动态样板风机选取方法，对于微气象环境下提高风电的功率预测精度起到较大促进作用。改进风机功率预测技术后，雪邦山风电场整场发电功率超短期预测精度从86.3%提升到90.5%。

而通过开展一系列类似的研究，云南电网公司对于改进绿色能源功率预测技术、提高功率预测整体精度取得了显著成效，新能源发电功率超短期预测精度从

84.2%提高到了87.6%。

通过对气象数据的预测和精准分析，云南电网有效提高了新能源应用占比和消纳率，充分发挥新能源的优势，加快推进新型电力系统数字化转型发展。

新能源功率预测运用 让电网运行更安稳

日前，在位于大理州马鞍山山脉南段的石蒲塘风电场，壮观的“风车阵”在山风的吹拂下，呼呼转动。这个“有风的地方”在云南新能源蓬勃发展的当下，也成为风力发电的主战场。随着风机的快速转动，这里发出的电将源源不断并入云南电网，为云南新型电力系统建设增添更鲜明的底色。

石蒲塘风电场总装机99兆瓦，全年风电利用小时数2778小时，消纳率100%。这样高比例的绿色能源消纳率，不仅是在风电、光伏资源丰富的大理州，在整个云南电网也是相当出色。2022年，纳入云南省调平

衡电源总发电量3405.5亿千瓦时，其中新能源总发电量262.02亿千瓦时，并网新能源基本实现全额消纳，风电发电利用率99.88%，光伏发电利用率99.58%。

“今年寒潮那几天，在新能源波动较大的时候，我们通过气象大数据，提前做出预警和负荷调整，及时消除电网风险，保证了大理区域电网安全稳定运行。”大理供电局系统运行部李玉江说。

不仅如此，大理供电局基于目前的天气预测系统，可以判断未来几天或者几个小时可能有的风光出力，然后根据风光出力合理安排电网运行方式，优化负荷分配，实现新能源消纳最大化。

随着新型电力系统建设的不断深入，准确的新能源功率预测对电网安全运行及提升新能源消纳利用率具有重要意义。

据云南电网公司系统运行部蒋介绍，通过天气预报、天气实况、场站出力、运行限值等多种类型数据，运用物理方法和统计方法搭建新能源发电功率预测模型，云南电网风光功率监测及调度管理系统已实现每日滚动预测未来10日新能源出力，同时接入单站未来8日功率预测数据、人工主观订正功率预测数据，成功实现多源预测数据的融合利用，有效提高了云南新能源出力预测准确率。