

“十四五”光伏产业何处挖潜？

■本报记者 李惠钰

“十三五”临近收官，我国光伏产业也在最后关头走出了政策调整的低迷期，逐渐迈入平价上网时代。不过，随之而来的却是国内装机规模进一步下降，截至10月份国内装机规模只有17.5吉瓦。

与需求端的萎靡不形成鲜明对比的是，光伏产业在制造端上不断取得质和量的双重突破。2019年光伏产品对外出口呈井喷之势，达到近6年来的新高，在弥补了国内装机规模下降之余，也把光伏产业带向新的高度。

大规模出口的背后，是全球光伏市场的迅速增长。国家发展改革委能源研究所可再生能源发展中心主任陶治预计，“十四五”期间光伏发电经济性有望实现突破，到“十四五”末期，光伏有望成为生产成本最低的可再生能源电力技术。

在平价上网的主旋律下，“十四五”期间，我国光伏产业如何进一步挖掘潜力，迸发出新的生机与活力？

“十三五”自我蜕变

经历了2017年的高速发展，以及2018年的政策刹车，我国光伏产业在2019年不可避免地进入了转型调整阶段。

今年，光伏新增装机就出现了“断崖式”下滑。今年第三季度，光伏发电新增装机仅为459万千瓦，不及第一、二季度520万千瓦、620万千瓦的装机水平。不仅如此，与2018年和2017年同期的1024万千瓦和1860万千瓦相比，分别下滑55.2%和75.3%。

从“快速扩大”到“稳步增长”再到如今的“同比腰斩”，光伏装机虽然出现了过山车式的波动，但从国家能源局最新统计数据来看，我国光伏产业已经提前实现“十三五”规划的目标。

数据显示，截至今年9月底，全国光伏发电累计装机1.9019亿千瓦，其中分布式光伏发电装机5870万千瓦。这一数据相比《可再生能源发展“十三五”规划》中明确提到的“到2020年底，全国太阳能发电并网装机确保实现1.1亿千瓦以上”的目标，整整提高了72.9%。

而从地方层面来讲，据不完全统计，山东、江苏、浙江、安徽等十余省份也已经在今年9月底完成了“十三五”相关能源规划中明确的到2020年光伏装机容量目标。

与此同时，今年最大的特点是，海外市场的加速崛起为中国光伏企业提供了市场，光伏产品出海成为企业的一条“哥伦布航线”。

据统计，2019年前三季度我国光伏产品出口量创历史新高，出口总额为1622亿美元，同比增长32.8%，超过2018年全年出口总额。同时，光伏组件出口额大幅增长，增幅达到41.8%，出口量达到53吉瓦，同比增长80%。

“光伏产业链分为制造端和应用端，今年



“十四五”规划不能只关注分布式光伏，西部还有大量的集中电站。分布、集中一定是并举的，不能因为分布式忽略了集中式发展。另外，“十四五”还要进一步研究如何更快地融入电力市场。

这两端形势截然不同。应用端今年前三季度出现了超过50%的下降；反观制造端，多晶硅料、硅片、电池片、组件，最低的增长幅度超过了30%。“近日，中国光伏行业协会副理事长兼秘书长王勃华在第四届中国光伏产业论坛上指出，今年我国光伏组件出口预计在60吉瓦左右，对应出口额近200亿美元。通过科技创新大幅降低成本，我国光伏产品的国际竞争力和国际市场占有率大增。”

“目前，中国光伏行业已经成长为具有国际竞争力的、拖不垮、打不烂的产业。”国务院原参事石定寰说。

“十四五”将多场景互补应用

进入“十四五”，光伏、风电都将进入全面平价时代，实现真正的无补贴发展。隆基绿能科技股份有限公司创始人兼总裁李振国表示，未来，光伏产品价格和成本依然会继续下降，但降价速度不会再像过去一样飞速“腰斩”。

李振国认为，未来不应该再过分要求电价的降价速度，而是在能源消纳、电力上网以及光伏与其他能源匹配、互补等方面下功夫。为迎接“十四五”的到来，诸多专家也在论坛上对光伏“十四五”给予了诸多畅想，其中多能互补、多场景协作成为大家的共识。

在石定寰看来，虽然我国光伏行业取得了巨大进步，但在中国能源革命的征程中，仍旧缺少足够的声音和贡献。目前，相当多的人还没有把光伏和可再生能源作为能源革命的主力军去弘扬、发展和壮大。

对此，石定寰表示，“十四五”期间除了大型电站的规划，也应该加大光伏在各种应用场景的规划。“国家应该组织重大应用工程项目，比如高速公路建设，将光伏建设统筹规划进去，还有污水处理光伏发电应用系统，可以全面降低发电成本。”

石定寰还指出，“光伏+储能”的未来规划，在港口、铁路、公路等基建领域，也都将大有可为。水电水利规划设计总院新能源处研究员王烁也表示，进入平价时代，当补贴不再是制约因素时，光伏规模目标将很大程度上取决于消纳空间。除了跨区外送通道，就地消纳，利用“光伏+储能”“光伏+制氢”“光伏+微电网”等新模式，都可以进行深入探索。

实际上，我国“光伏+储能”已经从示范走向实战，目前以黄河水电、鲁能集团、协合新能源为首的新能源企业已经开始进入“光伏+储能”的领域进行探索。国家发展改革委能源研究所研究员刘坚表示，发电侧的光储模式能否持续下去还要打一个问号，相反的是，在用户侧分布式光伏+储能商业模式会比较清晰，未来或将成为主流。

国网能源研究院新能源与统计研究所所长李琼慧认为，未来光伏不论是在边远地区、负荷密度高地区还是一般居民用电，都有非常大的潜力。“由于光伏基本在任何地方都可安装，且如今多能互补、新农村新城镇建设都需要能源解决方案，在边远地区、农村地区等能源短缺的地区，光伏利用空间巨大。”李琼慧说。

不过，她同时指出，“十四五”规划不能只关注分布式光伏，西部还有大量的集中电站。分布、集中一定是并举的，不能因为分布式忽略了集中式发展。另外，“十四五”还要进一步研究如何更快地融入电力市场。

降本增效仍需技术发力

谈到对光伏的预期，陶治表示，整个“十四五”期间光伏装机增长在280~300吉瓦左右，但这并不意味着光伏装机可以按平均每年50~60吉瓦装机计算，光伏装机一定是一个逐步增加的过程。

也有业内人士指出：“期望总是美好的，但现实很骨感，未来技术仍然是竞争的关键。谁能最大程度降低度电成本，才能在平价市场环境中获得最大收益。”

“只有最大程度实现平价上网，才能在市场竞争中占据优势地位。只有打破‘不可能三角’，才能进一步推广光伏发电。”在北京鉴衡认证中心副主任纪振双看来，目前是光伏行业自我蜕变、自我调整的绝佳机会。下一步光伏产业技术研发的重点就是“高效、智能、可靠、可控”。

纪振双认为，应当优先考虑光伏系统提效和长效技术，站在网络和系统高度考虑光伏发电的智能化建设，而关键设备、发电单元及整个系统运营期内性能和受控程度，以及验证和预测能力，都是提高技术“可控性”的基础。

纪振双还认为，光伏行业未来必然向着智能化、科技化的方向发展，少人值守、无人值守是光伏电站的大趋势。未来，光伏行业应当充分利用大数据、互联网、人工智能、区块链、5G等智能技术，提高行业智能化水平及质量透明度，最大程度提高用户体验。

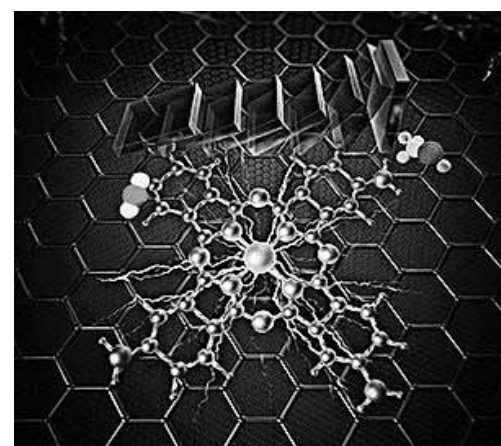
中国可再生能源学会光伏专委会秘书长吕芳表示，在成本继续下降时，可能需要看封装技术、系统技术上有没有更多的空间。她希望新技术能够标准化，让整个产业在装配、配套材料方面减少浪费。

陶治认为未来2~3年，PERC（钝化发射极和背面）技术仍是光伏的主流技术，HJT（异质结）、IBC（高效交叉背接触）等技术扩产还需要一定时间，降低成本对于新技术来说仍是挑战。

陶治告诉记者，在全面“平价”实现之前，经济激励政策仍要持续完善。财政主管部门要完善补贴机制，价格主管部门要确定好价格机制，能源主管部门要针对补贴项目进行管理，提出消费侧约束性指标。

据他透露，明年的政策已经在研究中，会尽快出台。未来，消纳责任权重指标作用将在平价时代更为突出，并做循序渐进式调整，增加地方建设和使用、消费绿色清洁能源的动力。

百叶窗



二氧化碳和水转化为甲醇的新型催化剂构想

甲醇是一种无色、透明、易挥发的液体燃料，一直以来都受到工业界的重视。最近，美国耶鲁大学的化学家们开辟了一条新的电子“高速公路”，使得甲醇的制造变得容易很多。

这一研究在线发表于11月27日的《自然》杂志。它为两项化学任务找到了一种新的解决方案：生产甲醇和从大气中去除二氧化碳。王海亮作为耶鲁大学化学系助理教授及耶鲁大学西校区能源科学研究所成员，领导了此项研究。

甲醇可用于生产多种产品，例如防冻剂、油漆稀释剂和玻璃清洁剂等。它也被用于生产生物柴油燃料、塑料、胶合板和服装的持久定型等。

耶鲁大学的研究人员开发了一种利用电力将二氧化碳和水转化为甲醇的催化剂。这是一种被称为非均相分子电催化剂的催化剂类型。之所以说其“非均相”，是因为它是一种在液体电解质中工作的固体催化剂材料，而“分子”指的是催化剂的活性位点是分子结构。

“新型催化剂独特的结构是这项研究的关键。”王海亮说。

他和他的团队将个别分子的酞菁钴（或其衍生物）固定在碳纳米管的表面。碳纳米管是纳米尺寸的石墨烯层。碳纳米管就像一条电子高速公路，快速而连续地将电子输送到催化位点，将二氧化碳转化为甲醇。“这是一个六电子还原过程。”研究人员说，“这意味着六个电子被注入一个二氧化碳分子。”

在此之前，科学家们实现了一种更为有限的电子传递，即双电子还原过程。它意味着分子催化剂只能将二氧化碳转化为一氧化碳之类的产物。

王海亮说：“异构化的分子催化剂使得我们团队能够以更好的方式进行新的和已知的化学反应，这就是一个例子。”

（计红梅编译）

相关论文信息：
<http://doi.org/10.1038/s41586-019-1760-8>

资讯

中国首次成功申办世界地热大会

本报讯 11月28日，在新西兰奥克兰召开的世界地热协会会议上，国际地热协会理事会决定将2023年世界地热大会主办权授予中国。这是中国首次获得世界地热大会主办权。

近年来，中国十分重视地热能源科学开发利用。2017年1月23日，国家发展改革委、国家能源局等发布《地热能源开发利用“十三五”规划》。这个我国历史上首次颁布的地热开发利用专项规划提出，到2020年，地热供暖（制冷）面积累计达到16亿平方米，地热发电装机容量约530兆瓦，替代标煤7000万吨。

国际地热协会成立于1970年，是现有规模最大的地热协会。世界地热大会由国际地热协会主办，是全球地热资源领域政、产、学、研各方交流最新研究成果、最新进展的重要平台，截至目前已举办五届。（李羽壮）

四方共建中科院大学太原能源材料学院

本报讯 由中国科学院大学、太原市人民政府、中国科学院山西煤化所、中北大学四方共建中国科学院大学太原能源材料学院协议，近日在北京签署。该学院成为中国科学院第一所四方共建学院。

根据协议，中国科学院大学太原能源材料学院将围绕太原重大战略需求，重点在煤炭清洁高效利用、炭材料制备与应用、新能源材料、煤层气综合利用、可再生能源利用、生态环境和金属材料等领域，建设以煤炭清洁高效转化和利用、新型功能炭材料和金属材料为特色，多学科交叉融合、特色鲜明、具有国际视野和国际影响力的科教融合学院，并通过人才培养带动学科建设、科学研究和技术创新，打造独具特色、国内知名的高层次人才培养基地、人才聚集高地和科技创新基地，为太原市能源、材料领域的创新和产业发展提供人才保障和智力支撑。（程春生）

中石化与帝国理工合建资源地球物理研究院

本报讯 11月28日，《中国科学报》记者获悉，中国石化—帝国理工学院资源地球物理研究院正式成立，将在相关前沿领域开展世界级的科研攻关，加强产学研用协同，促进成果转化。中国科学院董事长戴厚良和帝国理工学院校长爱丽丝·加斯特共同为研究院揭牌。

据悉，中国工程院院士、中国石化总经理马永生将出任研究院中方院长，帝国理工学院油藏地球物理中心主任王仰华担任外方院长。研究院将为中国石化在资源地球物理/地质科学、信息工程、探测装置、石油炼制、化学工程、HSE等相关专业领域培养一批博士生。戴厚良表示，此次双方合作成立资源地球物理研究院，希望在学术交流、联合攻关、高层次人才培养等方面持续深化务实合作，加快培养具有世界一流水平的创新人才，在相关前沿领域合作开展科研攻关，加强产学研用协同，促进先进科技成果转化为现实生产力。

爱丽丝·加斯特表示，中国石化与帝国理工学院一直有着良好和成功的合作，特别是在提升完善地球物理学科研究及培养方面有着密切的交流。双方新成立的研究院，将有力推动地球物理、岩石圈动力学的高质量研究和高效应用。（计红梅）

中国核电：安全系数很“硬核”

■本报见习记者 程唯珈



侯小琳（左）和队友在野外采样。

广岛原子弹爆炸让人触目惊心，切尔诺贝利核泄漏令人心有余悸。由于核能的特殊性，核电站的安全性和可靠性引起人们的高度关注。

“我国核电站是足够安全的，完全满足国际上各安全监管机构对新建反应堆的安全要求。”中国科学院地球环境研究所研究员侯小琳在接受《中国科学报》采访时表示。

近日，他带领团队通过分析采集于我国沿海地区表层土壤中的钚（Pu）元素²³⁹Pu和²⁴⁰Pu，再次印证了这一观点。该研究成果发表于《臭氧层》。

核活动的指纹

一直以来，核电站的安全运行是人们极为关注的社会热点。分析核电站周边环境中的放射性水平，有助于准确评价核电站运行的辐射影响。在这一过程中，钚元素成为考量核安全的重要指标。

“自然界并没有钚元素，它是通过人工核

的指纹，通过分析环境中钚同位素比值的大小，就能判断它的来源。“比如，我们在核电站附近采集的样品中钚同位素比值是0.3左右，就可以推测它有核武器试验全球沉降以外的来源，即有可能来源于该核电站。”侯小琳分析道。

基于这个独特的指标，研究人员可以进一步评估核电站的安全隐患。

“核电站正常运行是不可能钚元素排出的，个别反应堆燃料元件破损，可能会有少量挥发性放射性物质泄漏到附近地区。假如在5公里乃至10公里外都能检测到钚的存在，说明已经有一定量通过气体排放和扩散。由于钚是一种非挥发性元素，这就意味着该核电站可能出现一定程度的放射性泄漏了。”侯小琳说。

不存在核泄漏

我国核电站是否存在核泄漏呢？为此，团队系统采集了我国核电站所在的沿海地区表层土壤和土壤剖面，测定了其中钚同位素的分布情况。

结果发现，我国沿海地区土壤钚同位素水平和全球同纬度平均水平没有明显差别，呈现从北向南逐渐降低的梯度分布，和全球沉降的纬度分布一致。

“因为地球是南北自转的，不是东西自转。从理论上说，核爆炸产生的放射性物质大部分进入平流层大气中，并在平流层充分混合后再进入对流层，最后沉降于地表。由于全球大气核武器试验场主要分布在北半球中高纬度地区，因此沉降的放射性物质存在纬度差异，即中高纬度地方的沉降水平高，纬度低的地方低。”论文第一作者、中国科学院地球环境研究所环境放射性实验室博士张伟超告诉《中国科学报》。

实验验证了这一观点。采集于新疆、内蒙古、东北等中低纬度地区的土壤中钚同位素的浓度偏高，在南方如江苏、浙江等地偏低。而从东西走向来看，从东北到西北并无太大差异。

“整体来说，从我国沿海地区土壤中钚同位素比值上看，没有发现任何核电站泄漏的信号，从水平上来说也看不出这些钚同位素

反应合成的。”侯小琳介绍，不同来源的钚，其同位素组成不同。上世纪50~80年代的大气核武器试验导致的全球放射性沉降中，钚同位素²³⁹Pu与²⁴⁰Pu的原子比值为0.18。但是，核电站反应堆由于较高的能耗，其产生的钚同位素比值则为0.3~0.5。

换句话说，钚同位素的比值就像核活动