

科研取得新突破 市场初入产业化

# 光伏钙钛矿技术发展提速

■本报记者 董梓童

光伏钙钛矿技术发展近期捷报频传。日前,中国科学院化学研究所表示,该所李永舫院士、孟磊研究员团队与国际合作者成功研制了新型钙钛矿——有机叠层太阳能电池,实现26.4%的光电转化效率(经第三方认证25.7%),为迄今此类叠层太阳能电池最高效率。南开大学、香港城市大学也发布了有关钙钛矿技术的最新研究成果。

中国光伏行业协会名誉理事长王勃华表示,增强核心竞争力,坚持创新驱动降本增效,是未来光伏产业发展的关键所在。随着技术不断成熟与政策持续引导,异质结与钙钛矿太阳能电池技术将在不久的将来迎来突破性增长,为全球能源结构转型贡献重要力量。

## ■ 转换效率跃升

钙钛矿叠层电池被认为是光伏下一代技术。中泰证券指出,晶硅电池是光伏中最主流的路线,被广泛应用于新能源发电领域。晶硅路线最高效率从2016年突破26.3%以后,花费7年时间提升到27.1%,提效放缓。晶硅电池理论极限效率为29.4%。钙钛矿晶硅叠层电池效率上限达44%,自有效率记录以来,7年时间内效率从23.6%提升到33.9%。钙钛矿晶硅叠层电池效率距其理论极限还有10.1%,提效空间巨大。

在研究机构看来,光伏发展一向以降本增效为目标,晶硅路线提效缓慢,再提效难度大,钙钛矿晶硅叠层路线提效快、上限高,是晶硅的下阶段路线。上海交通大学太阳能研究所所长沈文忠也提出相同的观点:“钙钛矿叠层电池是未来光伏电池量产效率突破30%的重要路径。”

随着钙钛矿技术和传统光伏技术路线差异化表现愈发明显,钙钛矿技术更受市场青睐。中泰机械首席分析师王可表示,去年,光伏交易型开放式指数基金在二级市场光伏行情回调情况下,钙钛矿标的仍实现持续密集融资,且估值较高。钙钛矿行业有机会成为整个光伏行情的催化剂。

## ■ 企业密集布局

资本加速入局,设备、辅材、制造环节均实现大踏步发展,推动钙钛矿产业化进程。光伏设备企业京山轻机目前提供中试级钙钛矿及整体解决方案,并提供吉瓦级钙钛矿量产装备输出与技术支持。今年上半年,该公司完成了钙钛矿单结及叠层太阳能电池整线设备项目交付,验收了公司首条钙钛矿叠层电池整线设备。以协鑫科技为代表的钙钛矿制造企业已经开启吉瓦级产线招标,即将迈入量产阶段。另外,钙钛矿相关辅材产线实现投产,可供应吉瓦级电池。

在业内人士看来,随着钙钛矿叠层电池需求显现,诸多设备厂近两年持续进行叠层电池布局,目前已经具备提供叠层研发线、中试线整线能力。设备配套是叠层路线能快速推进的必要前提。

中泰证券统计,目前,行业平级组件效率达到19%以上,比去年提升3%。从行业格局来看,第一梯队的钙钛矿头部企业陆续经过长时间中试线,今年会有部分产线投产,侧重点在产品提效和增强稳定性。第二梯队的企业开始陆续进行百兆瓦中试,侧重点在产线调试;第三梯队大多为新融资的创业公司,处于技术积累和技术放大阶段,优先突破效率纪录。



## ■ 期待工艺升级

钙钛矿技术要实现大规模产业化、商业化发展,还要过成本关。业界将溶液印刷制造工艺视为未来钙钛矿技术路线的升级迭代方向。

中国科学院化学研究所最新研究结果显示,钙钛矿太阳能电池和有机太阳能电池为代表的新一代可溶液印刷制造的

太阳能电池具有易制备、重量轻以及可制备成柔性器件等优点,与当前大规模商业化应用的晶硅太阳能电池应用领域互补。

光晶能源董事长黄福志说:“与真空镀膜工艺相比,钙钛矿电池要用溶液印刷的方法制备,这样不仅可以材料一层层叠加,制备出精确控制的薄膜器件,同时可大幅降低生产成本。”

中泰证券预计,产能方面,今年至少会有两条量产产线落地,产业化路径清晰;

多家叠层电池迈入中试,晶硅厂商密集布局;效率方面,今年单节电池平级组件效率将达20%以上,四端叠层平级组件效率达26%以上。单节电池实验室效率有望突破27%,叠层电池实验室效率有望突破35%。黄福志表示,在“双碳”目标下,光伏行业潜力巨大,钙钛矿技术是未来促进产业发展的重要角色之一。在市场和技术的驱动下,钙钛矿技术将实现大规模产业化、商业化。

# 煤炭技术装备持续推陈出新

■本报实习记者 杨沐岩



在近期举办的2024中国(西安)国际采矿技术交流及设备展览会上,多位专家指出,长期以来,煤机装备不断推陈出新,持续提高开采效率、降低成本并提升安全性。当前,安全、绿色、智能、高效成为煤炭行业的新要求,5G、AI、矿山大模型等技术取得突破,深刻改变了行业面貌。

## ■ 清洁智能是大方向

中国煤炭工业协会副会长刘峰表示,近年来,我国在大型矿井建设、特厚煤层综放开采、煤与瓦斯共采等领域达到国际领先水平。“智能开采、矿山生态、清洁煤电、煤炭转化等重要领域实现跨越式发展,智能化建设总投资规模超2000亿元,推动煤炭生产方式变革。”

刘峰说:“5G、AI、矿山大模型等技术的革命性突破,对煤炭工业的劳动者、劳动工具、劳动对象等进行系统性重塑和整体性重构,大幅度提升全要素生产率,深刻改变煤炭工业生产形态。”刘峰认为,煤炭行业应立足行业高质量发展阶段性成果,建设数字化设施,突破智能化技术,实现绿色化转型,充分发挥科技创新的增量器作用,依托煤炭智能绿色安全高效开采、清洁低碳协同转化利用两大基础理论的进步。

中国工程院院士王国法表示,当前,煤炭仍是我国可清洁高效利用的最安全、最经济、最可靠的能源。煤炭化石能源矿产资源已探明储量的95%以上,自然禀赋条件决定未来一段时间内,煤炭仍将是我国能源安全的稳定器和压舱石。

王国法指出:“近年来,煤炭产能支撑保供能力不断增强。推进数智技术与煤炭产业深度融合,进一步提升煤矿

智能化建设水平,对提升能源产业核心竞争力、推动能源产业高质量发展具有重要意义。”

## ■ 企业塑造新优势

提升装备高端化水平成为陕西煤业化工集团(以下简称“陕煤集团”)坚持科技赋能,激发高质量发展活力的重要手段。陕煤集团总工程师尚建选表示,伴随装备高端化水平不断提升,近5年来,陕煤集团原煤产量由1.1亿吨增加到2.4亿吨,所属煤矿综合单产提高61%,综合单进提高76%,智能快掘效率提高三倍以上。

尚建选进一步表示:“在灾害治理方面,陕煤集团推广应用长距离、大功率智能定向钻机等各类智能化灾害治理设备,实现了瓦斯预抽、地质勘察、超前泄压等各类灾害超前精准治理。目前,陕煤集团所属冲击地压高瓦斯和瓦斯突出等灾害严重矿井,均实现智能化建设全覆盖。”

“中国中煤经过40余年的发展,已经成为涵盖煤炭、电力、化工、新能源等产业的综合能源企业。”中国中煤集团副总经理、总工程师马世志表示,中国中煤现有煤炭产能超3亿吨,火电装机超5000万千瓦,煤化工产能1200万吨,在高端煤矿成套装备制造、大型矿井、立井建设等方面居国内领先水平。

马世志介绍,下一阶段,中国中煤将以重点落实“两个联营+”发展模式为主线,大力提升煤炭保障能力,同时加快壮大电力业务板块。“我们将有序推动新型煤化工与新能源耦合发展,拓展战略性新兴产业的新领域、新赛道,形成市场端与消费端协同并进新格局。打造煤炭煤电、新能源和煤化工产业链,提升价值创造能力,塑造发展新动能、新优势。”

## ■ 科技含量不断提升

在煤炭企业强化主责主业、塑造发展新动能的同时,装备制造企业加速产品推陈出新,助力煤炭安全高效生产。在本次展览会上,《中国能源报》记者看到一批最新的煤炭相关装备,不仅包含类型广泛,同时也显现出先进的科技水平。

薄煤层资源占我国可采储量比重较大,薄煤层高效开采成缓解煤炭供需关系紧张的“必修课”。“我们这款采煤机采用具有自主知识产权的高强度合金钢,摇臂强度提高40%。”上海创力集团有限公司相关负责人向《中国能源报》记者介绍了该公司适用于薄煤层开采的采煤机,“薄煤层厚度通常为一米,放上支架后可能只有0.8—0.9米的工作高度。这款机型功率密度高,较高的空间利用率适应薄煤层开采环境。此外,该机型具备智能化远程通信、自主智能截割功能,可有力支撑少人、无人开采。”

采煤机和掘进机上,截齿负责同煤炭和岩石“硬碰硬”,其耐用程度关系生产效率。“我们的合金头全部采用高强度钨钴合金,通过钎焊工艺和主体部分紧密结合,确保在作业使用过程中的可靠性。”山东艾德实业有限公司相关负责人向《中国能源报》记者展示了该公司制造的多种截齿产品。她表示:“通过先进的热处理工艺,合金钢的内部组织转变变得非常好,截齿成品可兼韧性和硬度,确保作业过程中既耐磨又不会断裂。”

此外,记者还从山东能源集团云鼎科技了解到,该公司和通讯厂商合作开发了多种矿机智能单兵装备,包括防爆智能手机、智能手表和骨传导耳机,在井下噪音较大环境下实现高质量通话,助力生产安全高效。

# 船舶「捕碳存海」技术助力海运业脱碳

■本报记者 王林

加州理工学院、南加州大学和技术初创公司Calcearea近期合作研发了一种船舶“捕碳存海”技术,通过一个安装在船舶上的“反应堆”,捕获船舶排放出来的二氧化碳放入其中,并与相关物质发生化学反应,从而转化成一种碳酸氢盐溶液,最终安全融入海水。业内人士指出,这是一个针对现有船舶碳排放的新技术路线,可以与海运业务高效集成,从而助力海运业脱碳。

## ■ 模仿海洋自然捕碳过程

海水会自然吸收大气中约1/3的二氧化碳,让水的酸性更强,从而溶解海洋中大量存在的碳酸钙,溶解的碳酸钙随后与水中的二氧化碳反应形成碳酸氢盐,而碳酸氢盐是海水的一种天然成分。

加州理工学院、南加州大学和Calcearea公司研发的Ripple反应堆技术,就是模仿这一自然过程,直接从船舶发动机废气中提取二氧化碳,然后与海水、碳酸钙进行混合并发生反应,转化为含有少量碳酸氢盐的溶液,随后将这种溶液安全释放回海洋,整个过程对海洋整体化学影响很小。

Calcearea公司表示,在自然界中,这个反应需要1万年以上,但在Ripple反应堆中只需要大约1分钟,并且这一过程对海洋生物、海洋环境和生态系统的影响可以忽略不计,与此同时,碳酸氢盐溶液可以在Ripple反应堆中储存长达10万年。

“这是地球几十亿年来一直在进行的一种反应,目前海洋中已经有38万亿吨碳酸氢盐。”美国加州理工学院地球化学和全球环境科学教授、Calcearea公司创始人兼首席执行官杰斯·阿德金斯表示,“如果研发顺利且快速,海运业就有机会找到一种安全、永久的二氧化碳储存方法。”

“这一技术模仿海洋的自然碳捕获过程,但速度要快得多。”南加州大学教授、Ripple反应堆技术研究员之一威尔·贝雷尔森表示。

## ■ 既可捕碳又可捕硫

根据Calcearea公司估算,一个全尺寸的Ripple反应堆,可以捕获和储存一艘船大约一半的二氧化碳排放量。目前,Calcearea公司已经筹集了350万美元资金,建造两个原型反应堆——Ripple 1原型堆和Ripple 2商业测试堆。同时,还在研究给Ripple反应堆增添预过滤器的可行性,旨在去除可能混入水中的其他污染物,如颗粒物、未燃烧的燃料以及其他杂质。

Calcearea公司通过Ripple 1原型堆测试

在严格控制条件下海水碳捕获能力,通过Ripple 2商业测试堆探索规模化应用前景。5月底,Calcearea公司与国际海运公司Lomar研发部门建立合作关系,寻求在Lomar公司旗下船舶上安装首个全尺寸Ripple反应堆,反应堆整体重量约占船舶载重吨位的4%—5%。Ripple反应堆可以根据不同船舶尺寸进行定制,适用于运载18万吨货物纽卡斯尔型散货船等超大型船舶。

不过,推进技术研发和商业化的同时,还需要解决工程和成本的挑战,包括如何准确将Ripple反应堆安装在船上等。根据目前估计,Ripple反应堆技术成本约为每捕获一吨二氧化碳花费100美元。

值得一提的是,Ripple反应堆技术还可以捕获硫。目前,大部分船舶都安装了洗涤器,目的是捕获对人类健康和环境有害的硫排放。根据英国港口协会数据,截至2023年6月,全球约有5%的商船队安装了洗涤器。

## ■ 助力现有船舶减少排放

“我们的目标是将这项技术发展成一种商业上可行的解决方案,可以轻松地集成到现有海运业务中,从而大幅减少海运业碳排放。”威尔·贝雷尔森表示。

海运业碳排放量占全球碳排放总量的3%。国际海事组织计划到2030年将国际海运业碳排放量较2008年相比至少减少40%,到2040年,碳排放量较2008年相比至少减少70%,2050年前后实现净零排放。

有分析指出,截至目前,甲醇、氢、氨等低排放船舶燃料距离规模化普及还有一段距离,而且还需要突破成本挑战。因此,降低现有船舶碳排放无疑是海运业当前最直接有效的减碳路径。

据悉,英国Seabound公司也制造了一种类似设备,可以捕获船舶排放25%—95%的二氧化碳,不过其产生的固体碳酸盐卵石必须运到港口卸载。

对此,普林斯顿大学地质与地球物理学教授丹尼尔·西格曼指出,相比之下,Ripple反应堆技术整个反应过程发生在船舶内部,不会提高海洋酸化水平,进而导致对海洋生物有害的海洋酸化问题。

“我们认为,船舶实际上能够与地下二氧化碳储存相竞争。”杰斯·阿德金斯强调,“这项技术将是有效、安全将碳以碳酸氢盐形式储存在海洋中的解决方案之一,不仅提供了更低的能源需求、更低的成本,并且与减少海运业排放的同类型替代方案相比,对基础设施的要求更低。”