

# 破尽密度千层障 筑实量产万里途

## —— 固态电池商业化破局开启全球竞速

中伟股份生产基地 公司供图  
视觉中国图片  
制图/韩景丰

出于对更长续航里程和更高安全性的需求,新能源汽车电池技术正不断演进。如今,以液态锂离子电池为代表的主流技术正逼近电芯能量密度上限,迫切需要寻找新的突破路径。

有望突破当前能量密度天花板的固态电池被各方寄予厚望。一项突破性技术从概念提出到大规模产业化,往往要经历科学验证、工程验证和商业验证三大阶段,且各阶段周期漫长。目前,在实验室环境下,全固态电池的各项性能指标领先,但其商业化应用仍为时尚早。

“一家车企可以不计成本装几台全固态电池的车,但想大批量售卖,就要考虑市场接受度,消费者是否愿意支付溢价。即便全固态电池的原辅料和制造成本都下降,短期内市场很难买单。”近日,中国证券报记者调研了解到,全固态电池真正走向产业化应用,仍有技术、产线制造、量产工艺与设备、成本等多个难关要过。而在固态电池的全球竞赛中,日韩寄希望于弯道超车,投入大量资源做专利布局,但就产业化进程而言,中国与海外几乎处在同一起跑线。

“十五五”规划建议提出,加快新能源、新材料、航空航天、低空经济等战略性新兴产业集群发展。政策暖风叠加巨大的潜在市场需求,使固态电池产业前景广阔。

● 本报记者 张朝晖 吴科任

### 前景可期 能量密度有望大幅提升

“电池技术的发展方向主要由能量密度决定,因为能量密度决定了电池的体积大小与续航里程。目前,磷酸铁锂电池的能量密度能做到200Wh/kg(瓦时每千克),支撑续航里程超过400公里。但即便使用高镍三元材料,能量密度达到300Wh/kg已接近液态锂电池的极限。再想往上提高,靠现有的材料体系已经很难攻克。除非牺牲其他性能,只为提升电池的能量密度。实验室可以不断刷新能量密度上限,但要实现产业化,必须兼顾各种指标性能的平衡。”中部地区某头部电池企业相关负责人表示,“想要继续突破能量密度瓶颈,则必须依靠固态电池技术。”

固态电池被业界视作锂电池的终极形态,是解决电动汽车里程焦虑和安全焦虑的终极方案。一般而言,锂电池由正极材料、负极材料、电解质、隔膜四个部分组成,其中电解质起着输送锂离子、传导内部电流的作用,是锂电池的关键构成。固态电池用固态电解质取代液态电解质,可弥补液态电解质的诸多不足,是一种更高效的技术选择。

业界普遍认为,与液态锂离子电池相比,固态电池具备三大核心竞争优势:一是电芯能量密度更高,根据深企投产业研究院的报告,目前实验室固态电池能量密度普遍超过400Wh/kg,部分样品能量密度超过500Wh/kg,理论值可达900Wh/kg,较当前主流量产液态锂离子电池的160-300Wh/kg显著提升;二是安全性更高,固态电池采用不可燃的固态电解质,热分解温度高,且因其固态特性能避免液态锂电池中电解液出现的腐蚀、挥发、漏液等问题,能够使安全性能大幅提升;三是循环寿命更长,全固态电池的理论循环寿命可达10000次以上,相较2000次以上的液态锂电池有大幅提升,进而可大幅降低电池全生命周期的使用成本。

固态电池的技术优势获得持续验证。东风汽车集团有限公司副总工程师、战略规划部总经理杨彦鼎对记者表示,东风集团正在研发基于氧化物和聚合物的新型复合电解质半固态电池,大幅降低电池内阻、加快充电速率、提高效率,当前循环寿命达1200次,低温续航表现较为优异。同时,东风集团围绕固态电池搭建全链路测试体系,从材料到电芯再到电池包,全方位验证产品可靠性,目前已通过170℃热箱安全试验,远超液态三元电池130℃的水平。

广汽集团平台技术研究院新能源动力研发负责人祁宏钟公开表示,公司现在开发的全固态电池的能量密度,较现有电池有接近一倍的提升。

受访专家表示,固态电池应用场景多元,新能源高端车电量需求大且对快充和循环能力要求高,电池安全问题必须解决;eVTOL对电池安全性能要求极高;人形机器人市场预期很大,且使用场景特殊,更需要电池本征安全。

### 挑战重重 大规模商业化落地尚早

日前,国内首条大容量全固态电池产线建成,计划2027年到2030年间逐步批量生产。然而,液态锂电池的发展历程已经表明,从实验室到中试线,再到量产线,固态电池还有多座大山待翻越。

锂电池的结构并不复杂。一边是正极,



欣旺达生产车间 本报记者李媛媛 摄



国轩高科生产车间 本报记者 李媛媛 摄

通常使用钴酸锂、锰酸锂、磷酸铁锂和三元材料(镍钴锰酸锂)等含有锂的化合物制作。另一边是负极,最常见的材料是石墨,以及比较新潮的硅基材料。在正负极之间,则是电解质和隔膜,其中电解质负责传输锂离子,隔膜则负责分开正负极、防止短路。充电的时候,外界电压驱使正极上的锂离子离开,经过电解质的传递,穿越隔膜,最终嵌入负极材料上;同时,电子经由外部线路,从负极来到正极处。因此,固态电池的正极不用大变,但要攻克固固界面的接触问题。

中国科学院物理研究所研究员黄学杰认为,现有施加高压改善接触的方案易引发锂枝晶生长、界面剥离形成孔洞等问题。另有专家表示,在现有的固态电池体系下,仍存在液态锂电池的“呼吸效应”问题,长期循环的体积变化会影响电池结构,致使电池突然失效,产生电解质断裂、枝晶蔓延等问题影响电池安全。

“固态电池生产的每一个工艺环节会有好几种方向选择,包括材料和技术。公司要做的是,找到一条最具性价比,可以实现快速产业化落地的工艺和技术路线。”上述中部地区某头部电池企业相关负责人说。

中伟股份研究总院相关负责人介绍,“以硫化物电芯为例,主材硫化锂化合物一吨约四五百万元。在原辅料如此昂贵的情况下,加工成电芯,成本不可控。除了原辅料,还有制造,规模不大时,质量还能保证。但电芯肯定要采取全自动化生产,这个能力还不具备。目前这两个层面的成熟度都比较低,2027年量产全固态电池可能性不大。不仅是技术问题,主要面临技术复杂、生产成本高、供应链不够成熟等挑战。工艺和设备端需要攻克的问题较多,在工艺端,兼顾生产效率和经济性的工艺还在优化中,工艺路线尚未定型。例如,固态电池干法电极工艺虽具有较大潜力,但目前还未达到可量产的水平。设备取决于工艺,同时

也与电芯技术路线的选择有关,如硫化物路线需专用设备,等静压设备、干法混料设备、低露点环境控制等专用设备面临投资大且产线兼容性差、调试周期长等问题。”

### 你追我赶 技术路线选择各有侧重

尽管挑战重重,固态电池技术已成为全球产业竞争的新焦点。

近年来,欧盟、美国、日本、韩国等大力支持固态电池产业发展。早在2018年,欧盟发布《电池2030+》,提出加速固态电池等未来电池技术研发,目标到2030年电池耐用性和可靠性至少提升3倍;同年,日本发布《日本汽车电动化的基本政策和具体行动》,明确提出下一代电池的技术开发方向,主要包括固态电池和创新电池。2021年,韩国发布《K电池发展战略》,提出要提供税收优惠,推动2027年全固态电池实际商业化应用;同年,美国发布《锂电池国家蓝图(2021-2030)》,提出到2030年实现固态电池、锂金属电池规模化量产,能量密度达到500Wh/kg。

“近些年,韩国和日本在新能源汽车产业尤其是液态锂电池环节有所落后,所以他们在固态电池技术领域投入了很多,希望未来能垄断这项技术,进而实现弯道超车。在前期开发上,不管在投入端还是技术端,日韩在一定程度上有领先之处。但如果用10分制来衡量全球固态电池产业的成熟度,各国都处在3分到4分这个位置。固态电池真正扳手腕的是4分到10分这个区间。”中伟股份研究总院相关负责人说。

跟液态锂电池一样,固态电池也存在多条技术路线的竞争,各国策略不一。在曾佑鹏看来,当前固态电池技术路线并未定型,日本、韩国、欧美及中国的企业和科研机构在氧化物、聚合物、硫化物等多种技术路线上均有布局,只是在商业化路线的选择上各有侧重。比如,日本和韩国将重心放在硫化物全固态电池,在硫化物路线上走在前列;欧美以氧化物或聚合物路线为主;中国技术路线多元,头部企业重点瞄准硫化物路线,初创企业以氧化物或聚合物路线为主。但目前总体仍处于中试研发阶段。

曾佑鹏表示,聚合物电解质加工性好、成本低,但存在室温离子电导率低、低温性能不佳等缺点;氧化物电解质热稳定性高,安全性好,但易脆裂、固固接触差,需借助电解质或者聚合物复合电解质改善界面接触;硫化物电解质离子电导率高,易于加工,但面临空气稳定性差、制造环境要求高等缺点;卤化物电解质化学稳定性好,元素成本低,且对正极稳定性好,但对锂金属负极稳定性差,且易潮解等。因此,未来固态电解质方案并不是单一电解质可以解决所有问题,而是复合电解质方案将成为主流。

振华新材董秘王敏对记者表示,公司开发了粒径小(纳米级)、空气稳定性好、离子电导率高及分散性优等特性的复合固体电解质材料,已实现吨级稳定制备,在现有三元材料改性升级及固态电池、半固态电池方面的应用具有良好前景,并与多家主流客户建立合作关系,积极推进产品验证工作及年产百吨级中试线建设。

固态电池商业化进阶之路需汇聚众力。为抢占全球新能源市场竞争高地,专家呼吁,应鼓励大企业牵头组建创新联合体,支持中小企业深度参与共性技术的研发,打通基础研究、中试验证、工程化应用的全链条,推动创新成果加速转化为现实生产力。

## 动力电池技术迭代路： 从锂基领航到钠固竞逐新篇

● 本报记者 李媛媛

“2025年,我国动力电池出货量首破TWh(太瓦时),未来10年仍有近3倍的增长空间。”高工锂电董事长张小飞表示。随着下游需求激增,我国动力电池产业阔步迈入“TWh时代”。

与此同时,多元技术路径涌现。中国证券报记者调研了解到,当前,钠电池、固态电池等下一代电池技术竞相突破;产业化进程全面提速。日前,国内首条大容量全固态电池中试产线正式建成并投产,具备60Ah以上车规级全固态电池规模量产条件,这意味着全固态电池的产业化进程迈入新阶段。

### 产业规模优势显著

近年来,我国动力电池产业发展取得了显著成效。

“五年来,中国动力电池产业在材料体系革新方面实现重要突破。高比容量正极、高压实负极、高性能隔膜和新型电解液等创新成果,为加速全球电动化进程提供坚实材料基础。”中国电池工业协会副理事长兼执行秘书长王建新日前表示。

数据显示,中国动力电池装机量从2020年的63.6GWh跃升至2024年的548.8GWh,2025年前三季度已达493.9GWh。量产电芯能量密度普遍提升10%,4C以上快充技术使新能源汽车充电时间缩短了20分钟以上,电池循环寿命突破2000次。

国家制造强国建设战略咨询委员会副主任、工业和信息化部原党组副书记、副部长苏波表示,动力电池技术水平大幅提升,纯电动乘用车平均续航里程接近500公里,动力电池单体成本降低30%。

同时,“固态电池研发取得关键进展,部分企业已完成小批量的试验和装车测试;钠离子电池在储能、低速电动车等场景实现商业化的落地,电池安全技术持续升级。”苏波说。

随着技术不断成熟,动力电池的应用场景正加速向船舶、低空飞行器及机器人等前沿领域拓展。

### 多元技术路径竞相发展

宁德时代推出“钠新”钠离子电池,行业半固

态电池逐步量产装车、全固态电池加速建设中试生产线……多元技术路径加速发展。

随着产业链各环节的协同推进,固态电池也正在从实验室走向商业化应用的新阶段。

据高工产研(GGII)测算,到2035年全球锂电池总出货量将达10TWh级别,其中,固态电池渗透率有望达到5%-10%。未来十年内,固态电池仍不会对液态锂电池的负极、电解液、隔膜、设备等成熟产业链造成实质性替代冲击。

备受市场青睐的固态电池,是未来电池技术的唯一选择吗?

“相较于液态锂电池,固态电池是否能够提高能量密度,是否具有更高的安全性,尚未得到证实。”中国工程院外籍院士张久俊表示,不要局限于某一种形式的电池,关键要在能量密度、安全性两个指标上下功夫。

张久俊补充称,全固态电池是未来电池技术重要方向,但仍面临固态电解质离子导电率低和固-固界面稳定性两大难题,其商业化应用尚需时日。在发展全固态电池的同时,也要大力发展金属锂电池、锂硫电池、锂空气电池等。

国轩高科副总裁周复也表示,液态锂电池的潜力尚未挖尽,国轩高科将继续深耕。

### 增强产业链竞争力

面向“十五五”的动力电池产业如何高质量发展?

苏波表示,要加强科技协同创新,以新一代电池技术突破为核心,系统布局新材料、全固态电池等前沿领域的研发,加快推动新技术从实验室到产业化的进程;要把握固态电池产业化关键窗口期,支持企业开展小批量装车试验,同步拓展到新兴应用场景,通过多元化需求实现技术的突破。

同时,增强产业链竞争力,在资源端加大锂资源回收、盐湖提锂技术研发投入,降低对海外矿产资源的依赖;在生产端推动电池企业与上下游产业链协同,构建核心技术攻关合力。

另外,持续完善法规标准体系建设、提升产品质量与安全底线,规范市场秩序,治理无序竞争等行为,培育公平竞争的市场环境;加快开展动力电池全生命周期碳足迹管理,积极推动完善废旧动力电池综合利用长效机制。

## 固态电池商用进阶之路

● 本报记者 李媛媛

### 中试产线加快建成

——2025年11月,国内首条大容量全固态电池中试产线正式建成并投产,具备60Ah以上车规级全固态电池规模量产条件。国轩高科的全固态电池“金石电池”正处于中试阶段。

### 材料体系爆发式突破

——贝特瑞开发了首款匹配全固态电池的锂碳复合负极材料;容百科技开发出适配于硫化物全固态电池的8系高镍正极和9系高镍正极材料;蜂巢能源2025年年底将完成10Ah级全固态电芯体系开发,能量密度达400Wh/kg。

### 新兴领域应用加速拓展

——2025年9月,亿纬锂能“龙泉二号”全固态电池成功下线,主要面向人形机器人、低空飞行器以及AI等高端装备应用领域。

### 商业化逐步推进

——行业预计到2030年前后,全固态电池将完成中试验证和小批量装车应用。宁德时代表示,公司全固态电池2027年有望实现小批量生产。

### 市场规模前景广阔

——据高工产研(GGII)测算,2035年全球锂电池总出货量将达10TWh级别,其中固态电池渗透率有望达到5%-10%。

视觉中国图片