

新场景不断涌现，研发加紧提速——

固态电池离商业化还有多远？

本报记者 吕九海

续航更长、“体重”更轻、安全性更强、循环寿命更长……固态电池好处很多。和传统电池电芯采用液态电解质和隔膜不同，固态电池电芯用的是固态电解质。近年来，市场对高性能电池的需求日益增加，作为下一代电池技术的“明星”，固态电池赛道吸引了大量资金和技术投入，商业化进程不断提速。

目前固态电池研发取得了哪些突破？距离量产还有多远？难点在哪？记者探访相关企业机构，了解固态电池的发展故事。

优势多 前景广

“准备就绪，起飞，开始计时！”飞速旋转的螺旋桨拨弄着风声，一架白色涂装的飞行器垂直冲上云霄，视野里的树木、道路、场地越来越小。

在飞行测试基地，搭载“猎鹰”锂金属固态电池的电动垂直起降飞行器（eVTOL）亿航EH216按照既定路线完成高功率起飞、巡航、悬停等动作后，缓缓降落在地面上。

48分10秒！机舱屏幕上的时间，定格了一个新纪录。深圳欣界能源科技有限公司（以下简称“欣界能源”）总裁孙立很兴奋：“这场飞行共持续了48分10秒！创下载人eVTOL续航时长的新纪录，相较行业现有水平取得大幅提升。”

孙立介绍，“猎鹰”电池的单体能量密度达到480Wh/kg，比传统电池提升1倍以上。采用创新材料体系，电池安全性也更有保障。

“猎鹰”锂金属固态电池是欣界能源研发的新产品，每千克电芯可释放出480瓦时的电能。业界认为，固态电池的能量密度一般应达到400Wh/kg，而目前市面上主流的锂离子电池能量密度约在150—250Wh/kg之间。从能量密度上看，固态电池具有很大优势。

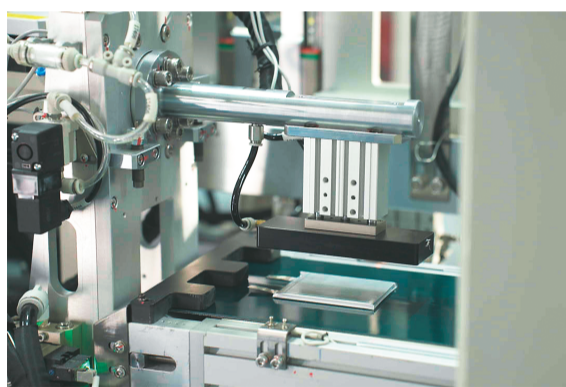
固态电池的优势还不止于此。在低温环境下，传统锂电池往往容易出现续航缩短、性能下降现象。而固态电池适应极端温度的能力更加出色，即使在寒冷的冬季也可以保证正常使用。“这款电池的使用温度比较宽，一般锂电池的工作温度在0℃到60℃之间，固态电池在-40℃到150℃都可以使用。”孙立介绍。

随着飞行汽车、电动垂直起降飞行器、城市空中交通（UAM）的发展，固态电池有望成为低空飞行载具的一项主流电池技术，为固态电池下游应用打开市场空间。

除了低空经济领域，固态电池在新能源汽车、3C数码、储能、深海探测等领域同样展现出不俗的潜力。有机构预测，2025年全球固态电池需求量为17.3GWh，到2030年有望超过200GWh的市场规模，2025年至2030年年复合增长率达65.8%。

数据显示，截至今年11月，国内固态电池产业链相关企业已超过200家；近4年固态电池行业投产规划金额超2000亿元，规划产能超过400GWh，若以纯电动汽车每辆80千瓦时的电池容量测算，可装车500万辆。

业内人士告诉记者：“固态电池突破了传统液态锂电池面临的一些瓶颈，具有高密度和优异的安全性，在电动汽车及高端消费电子领域，固态电池的应用前景广阔。”



▲ 搭载欣界能源“猎鹰”固态电池的电动垂直起降飞行器亿航EH216。

▲ 欣界能源生产的电芯在传送带上准备贴侧边胶。

本文图片均为受访者供图

一场攻关“马拉松”

作为下一代电池技术的“明星”，固态电池赛道吸引到大量的真金白银和技术投入。

在固态电池这条新赛道，不少企业立下“军令状”：比亚迪计划2027年小批量生产硫化物全固态电池，并在2030年将其应用于主流电动车型；宁德时代拟于2027年达到小批量生产全固态电池水平；亿纬锂能计划2026年取得工艺突破、2028年实现技术突破，推出400Wh/kg高比能全固态电池；国轩高科计划2027年固态电池小批量上车实验，2030年实现量产；长安汽车计划在2030年推出液态、半固态、固态等8款自研电芯。

业内普遍认为，2030年或是固态电池产业化的关键节点。但是，目前固态电池大规模商业化应用尚有一段差距。

从技术上看，固态电池的研发之路还面临着不少挑战。这场比新比强的技术竞赛，更像是一场需要耐心与毅力的“马拉松”。

与传统电池的“固-液界面”相比，“固-固界面”的接触性和稳定性更差，离子传输效率相对较低，这是固态电池研发的首要技术难题。“固态电解质之间有缝隙就是断路状态，

所以怎么把电解质无缝隙地压到一起，是我们攻关的问题。”惠州亿纬锂能股份有限公司中央研究院常务副院长赵瑞瑞介绍。

不少企业选择了一条过渡线路：半固态、凝胶态电池。这两类电池保留了部分电解质，能够改善界面接触和电导率问题，而且结构与液态电池相仿，与企业现有产线的兼容度高。不过，赵瑞瑞团队在研究中发现，半固态、凝胶态电池发热现象增多，不得不牺牲电池的一部分性能。所以，发展固态电池仍然是主流趋势。

按照电解质的不同，固态电池的技术路线可分为聚合物、氧化物、硫化物、卤化物等路线。出于多种考量，赵瑞瑞团队把目光投向硫化物路线。

硫化氢是剧毒物。提起研发经历，赵瑞瑞的语气透露着一丝紧张。

做实验前的第一件事，就是把硫化物电解质暴露在空气中，测定硫化氢的含量。“为了判断实验环境是否安全，我们在每个房间内都安装了3个以上的硫化氢监测探头，即使有一个出故障，其他两个还能工作。”赵瑞瑞说，“每个人都全副武装，穿戴好防护服、防毒面具，但还是有很大心理压力。”

经过反复尝试，预实验取得了一些成果，团队逐渐掌握了硫化物电解质的特性，看到



▲ 中国科学院青岛生物能源与过程研究所生产的固态电池在恒温试验箱和低温试验箱内进行性能检测。

了固态电池研发的希望。

要让固态电池走进千家万户，还需克服一个巨大障碍，那就是成本。中国科学院青岛生物能源与过程研究所固态能源系统技术中心副研究员鞠江伟向记者介绍：“前期投入大，固态电池尚未形成规模，难以实现从原材料到制备流程的降本。不过，随着材料体系、产线装配逐渐成熟，未来固态电池成本会逐渐降下来。”

保持信心与耐心

在固态电池产业化不断提速的同时，许多人好奇，中国的固态电池研发在全球竞争中处于何种水平？

从固态电池的研发历史来看，日本、韩国和一些欧美国家起步相对较早，中国虽入局较晚，但在部分特定领域的技术专利上并不落后。鞠江伟分析，日本在前期材料的制备合成上研究比较成熟，因此在固态电解质材料方面有不少专利；而在中后期的制膜、叠片、组装及设备开发方面，我国的专利布局比较系统，具有技术上的领先性。

国家知识产权局数据显示，截至2023年5月，全球固态电池关键技术专利申请量为20798项，其中中国有7640项，占比达36.7%；2018—2023年，中国固态电池全球专利申请量年均增长20.8%，增速位列全球第一，中国企业和科研机构在研发竞赛中展现出强劲势头。

作为未来技术高地，固态电池研发的全球竞争十分激烈：日本经济产业省推出国家电池战略，目标是在2030年左右实现固态电池的全面商业化；韩国拟通过固态电池打造第二个“汉江奇迹”；欧盟发布《电池战略研究与创新议程》，将固态电池确定为重点研究主题之一……

因此，中国要在这场竞赛中赢得先机，

还需多方主体共同发力。

“固态电池研发投入大，且短期内难以收到回报。从实验室走向企业和市场的过程，需要国家给予政策支持，并引导龙头企业加大研发力度。”鞠江伟表示。

近年来，国家政策密集出台，行业所需已成政策所向：2020年10月，国务院办公厅发布《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》，首次将固态电池列入行业重点发展对象，并提出加快研发和产业化进程；2023年1月，工信部等六部门联合发布《关于推动能源电子产业发展的指导意见》，提出加强固态电池标准体系研究；今年6月，工信部发布《2024年汽车标准化工作要点》，明确提出围绕固态电池、电动汽车换电、车用人工智能等新领域，前瞻研究相应标准体系，支撑新技术、新业态、新模式创新发展……

赵瑞瑞认为，在现有政策支持的基础上，还应针对电池研发出台一些规范或指导性意见，防止部分研究者急于求成，忽视必要的技术和安全条件盲目实验。一旦酿成重大事故，将会打击整个行业的研发积极性和市场的信心。

当前，固态电池还处在商业化的初级阶段。面对激烈的技术竞争，中国的研究者们对固态电池的研发、量产和商业化保持着信心与耐心。提起研发经历，赵瑞瑞说，她在项目规划时会把任务分解成多个阶段，一步一步来。“对固态电池这种特别难的项目，我们的每一步探索并不需要创造多大的经济价值，只要和之前比，循环寿命、环境适应能力等指标有所突破，那就是值得的。”

“现在我们已经站在了潮头浪尖上。我们希望通过全行业的努力，开拓更多的应用领域，为消费者带来更多的便利，为社会创造更多的价值，让中国企业在固态电池领域不断创新、奋勇争先。”孙立说。



▲ 在2024年德国国际烟草和烟具贸易博览会上，惠州亿纬锂能股份有限公司展出凝胶态电池。

中企承建乌兹别克斯坦最高等级公路交付

本报北京电（记者丁美栋）近日，由中铁二十局承建的乌兹别克斯坦A380公路重建工程项目正式交付。这是乌兹别克斯坦目前建设标准等级最高的公路，全长87公里，也是中亚区域经济走廊的重要组成部分。

原有的乌兹别克斯坦A380公路仅有2车道，沥青路面破损严重，车辆行驶时只有60公里。“这条道路不仅是当地连接主城区和乡郊的交通大动脉，更是乌通往哈萨克斯坦及里海地区国家的国际通道。尤其在当地棉花丰收的时节，大型车辆通行需求激增。”项目负责人王百忍介绍，边通车边施工是A380公路重建工程项目最大的特点。在建设过程中，70多名中方技术管理人员带领600多名乌籍员工进行维修、测量、试验等，确保工程施工顺利推进。

重建后的A380公路拥有4车道，路面由水泥混凝土铺设，设计时速120公里，通车后将改善当地交通状况，促进沿线经济发展。



已顺利交付的乌兹别克斯坦A380公路。

中铁二十局供图

贵州安盘高速首条长大高瓦斯隧道双线贯通

据新华社北京电（记者樊曦）近日，贵州安盘高速公路黎家寨隧道顺利实现双线贯通，成为全线首条双线贯通的长大高瓦斯隧道，标志着项目建设取得重大突破。

安盘高速是既有沪昆高速公路的扩容通道，线路起于贵州省安顺市，止于盘州市云贵两省交界，全长约134公里，为设计时速100公里、双向六车道高速公路。其中，全长2880米的黎家寨隧道是全线关键节点与控制性工程。

据项目负责人介绍，黎家寨隧道穿越喀

斯特地貌区，地质复杂，围岩破碎、稳定性差，存在瓦斯泄漏和爆炸风险。为确保长大高瓦斯隧道施工安全，建设团队在掌子面、二衬施工作业区等重点部位设置有毒有害气体监测传感器，实时显示洞内有毒有害气体浓度，同时加密人工检测频次，对机械设备和供电系统进行防爆改装，确保隧道安全掘进和顺利贯通。

安盘高速建成通车后，将进一步加密贵州西部地区高速公路网，提升贵州西南重要陆路交通枢纽地位。

闽粤联网工程输送电量超100亿千瓦时

新华社福州电（记者周义）记者从国网福建省电力有限公司获悉，截至12月15日，闽粤联网工程累计输送电量超100亿千瓦时，相当于270多万户家庭一年的用电量。其中，福建输送广东电量超60亿千瓦时，广东输送福建电量超40亿千瓦时。

闽粤联网工程是国家“十四五”发展规划重点电力项目，于2022年9月30日竣工投产，线路全长303公里，是连接福建、广东两省的电力大动脉，实现了两省间电力互补互济、余缺调剂，应急情况下可以互为备用、相互支援。

“福建水电与广东入的西南水电分属不同流域，来水相差近两个月，二者具有良好的跨流域季节互补性。”国网福建省电力有限公司调控中心调度计划处处长余秀月说，福建电力在自平衡基础上具备向外省输出的条件，广东则是典型的受端电网，近30%的电力需要从省外输入，通过闽粤联网工程，两地季节性送电电力可达50万千瓦至200万千瓦，相当于减少一座大型火电厂的建设。

闽粤联网工程还促进了两省间电力交易。据统计，闽粤两省之间已累计完成28次电力互送交易。