

2026年8月26日 星期三

以“固态之芯”破解“能源之困”

(上接第一版)就算用榴弹枪打穿,电池也不会起火爆炸;二是能量密度高,也就是相同重量下能存储更多电能——液态银锌电池能量密度为每公斤70瓦时,而固态锂离子电池的能量密度可以达到每公斤420瓦时以上,是前者的6倍多;三是日历寿命长,液态电池的自放电高、日历寿命差,一般半年左右需要充放电进行界面重构修复,而固态电池自放电低,可以长时间放置免维护。这些优势让固态锂电池产业前景可观。

记者:2009年您选择回国并扎根青岛,当时国内固态电池研究几乎是一片空白,是什么让您做出这个决定?

崔光磊:回国的决定,既有个人情怀,也有对国家发展的信心。当时中国的能源结构还是以煤炭为主,但我坚信未来一定会向新能源转型,固态电池作为下一代电池核心技术,必然有巨大的发展空间。“科研不能脱离国家需求,真正有价值的技术必须能解决实际问题。”这是我一直坚信的理念、也是我回国的主要原因。

而选择青岛则是一次偶然。2008年我回国考察了解到,青岛有一个新建的能源领域研究所,也就是现在的中国科学院青岛能源所,我很感兴趣,辗转取得联系。当时,院所园区还在建设中,到处都是工地。在这片工地上,时任所长王利生博士描绘了一幅蓝图:这是中国第一个整建制可的再生能源研究所,未来要建成国家能源领域的高地。我决心成为这个蓝图的共建者,很快就加入青岛能源所。

初建的青岛能源所,实验室是临时搭建的,科研设备尤其是材料能源类设备奇缺,团队也很小,工作人员和学生寥寥几个人。但我们没有“等靠要”,而是一点点搭建平台,从材料体系攻关到器件制作,一步步积累。2012年到2015年间,我和团队专注于基础理论和前瞻材料研究突破;2015年到2018年间,我们省吃俭用、“勒紧裤腰带”建成了工程实验室、小试线、中试线,真正做出了第一批聚合物固态锂离子电池。现在回头看,正是那段艰苦的岁月,让我们打下了扎实的基础,也让团队养成了攻坚克难的韧劲。

技术破局:从实验室到深海,需求导向牵引的原始创新

记者:您团队研发的固态电池已经成功应用于深海科考,为载人潜水器“深海勇士”号提供了作业能源,保障了“沧海”号着陆器和“奋斗者”号潜水器万米深海的联合作业。能给我们讲讲这个过程中遇到了哪些挑战吗?深海这种极端环境,对电池的要求是不是特别苛刻?

崔光磊:深海环境对固态电池来说算得上是“终极考验”。我们对这个领域的开发始于2016年。彼时,中国科学院深海科学与工程院院士领导找到我们团队,提出了一个具体需求。他们当时在深海科考中使用的银锌电池成本高、寿命短,半年就得更换一次,而换一次电池要500万元。这种动力模式深海适应性差、安全隐患还大,比如,容易产生氢气,使科考设备上浮时压力发生变化,严重的话可能导致爆炸。

海洋科考需要我们研发一种长续航、高可靠的固态电池。深海环境的苛刻程度超出想象:万米深海的压力可达100个兆帕,相当于1000头成年大象踩在一个人的背上;深海设备面临海水腐蚀、介电性能差、信号干扰等问题。我们的电池不仅要抗压、抗低温(极地海域),还要做到小型化、轻量化——因为科考船的塔吊承重有限,超过十几吨的设备,一般的科考船就无法操作。

当时离出海只有两个月时间。我们团队全力攻关,吃住几乎都在实验室,终于按时做出了第一代产品。2017年3月,“青能—I”型固态锂电池随“万泉”号着陆器奔赴马里亚纳海沟,连续9次下潜,7次突破万米,供电“零故障”。这些年,从“万泉”号到“奋斗者”号,我们的电池在深海深渊经受了无数次考验,保障了系列任务的完成。

极端环境是检验高技术最好的试金石。深海应用的成功,证明了固态电池在可靠性、稳定性上的优势,也为后来的民用化应用积累了宝贵数据和工程经验。

记者:成果的突破离不开创新的支持。您的团队目前深耕固态锂电池复合材料体系的研究,研发了自己的材料体系。在这个过程中,有哪些关键的技术突破?具体解决了什么问题?

崔光磊:固态电池的研发就像“闯关升级”,每项新技术都需要突破关键瓶颈。我们首先突破了单离子导体的开发。对



■崔光磊(左四)与固态电池关键技术攻关小组成员研讨电池封装参数。

●固态电池和液态电池的区别,就是电解质从液态变成了固态,能量载体锂离子在电场调控下,在固态电解质中定向传输实现充放电,在提高安全性的同时实现能量密度的跨越

●我们团队走的是高分子聚合物电解质路线,后来根据应用场景的提升发展成以聚合物复合固态电解质“刚柔并济”的复合体系——就像做混凝土会根据需求用到不同材料,其中无机材料是“刚性骨架”,高分子材料是无机材料的“粘接剂”和力学形变的“缓冲剂”,既能保证结构完整稳定,又能缓冲充放电过程的体积形变

●2017年3月,“青能—I”型固态锂电池随“万泉”号着陆器奔赴马里亚纳海沟,连续9次下潜,7次突破万米,供电“零故障”。这些年,从“万泉”号到“奋斗者”号,我们的电池在深海深渊经受了无数次考验,保障了系列任务的完成

●单离子导体开发、均质化正极技术、“刚柔并济”复合电解质体系等突破不是一蹴而就的,也不是孤立的,而是围绕国家需求展开的应用基础研究多年攻关的积累。我们先搞清楚液态电池为什么会自燃、为什么能量密度上不去,再针对性地开发新材料、新体系,这是一个多年基础研究积累、使命导向的技术突破过程

●新能源汽车是固态电池最重要的应用场景之一,也是我们重点攻关的方向。2018年,我们承担了国家科技部新能源汽车专项的重点研发计划,目标是开发能量密度300瓦时/公斤的固态电池。结项的时候,我们实现了350瓦时/公斤,研制的固态电池在北汽新能源的车型上完成了1万公里的路试,非常具有可靠性

●固态电池从产品到商品的主要卡点是成本。即使最便宜的聚合物固态电池体系,其成本目前仍高于传统液态电池20%左右。随着产能扩大和材料优化,固态电池成本会逐步下降。预计2027年后,固态电池就能实现大规模生产、小规模装车,有望在2030年左右普及

●我预测,固态电池会在未来5年进入快速发展期,能量密度持续提升、成本大幅下降、应用场景不断拓展。下一步,我们要向每公斤500瓦时、700瓦时甚至1000瓦时的高能量密度固态电池开发进军

这些突破不是一蹴而就的,也不是孤立的,而是围绕国家需求展开的应用基础研究多年攻关的积累。我们先搞清楚液态电池为什么会自燃、为什么能量密度上不去,再针对性地开发新材料、新体系,这是一个多年基础研究积累、使命导向的技术突破过程。

产业蓝图:从“大国重器”到千家万户,“革命”新能源汽车领域

记者:除了深海科考,固态电池在民用领域的应用进展如何?比如在新新能源汽车方面,大家最关心的续航和安全等问题。您牵头承担了科技部新能源汽车专项重点研发计划,这是国内首个面向新能源汽车应用的固态电池国家级项目,前沿技术带来哪些改变?

崔光磊:新能源汽车是固态电池最重要的应用场景之一,也是我们重点攻关的方向。2018年,我们承担了国家科技部新能源汽车专项重点研发计划,目标是开发能量密度300瓦时/公斤的固态电池。结项的时候,我们实现了350瓦时/公斤,研制的固态电池在北汽新能源的车型上完成了1万公里的路试,非常具有可靠性。

对消费者来说,这意味着什么?现在主流新能源汽车的电池能量密度在每公斤180瓦时,这意味着充一次电能跑300至400公里。如果使用固态电池,同样重量的电池续航能达到600至800公里。如果是SUV这种空间更大的车型,电池体积更大,续航能突破1000公里。而且固态锂电池的传输效率更高,因此充电速度更快,快充技术下15分钟就能充满,可以彻底解决新能源汽车充电难、续航焦虑的问题。

航焦虑的问题。

更重要的是安全。固态电池没有电解液,放在烘箱里加热到150摄氏度仍完好无损。极端测试显示,就算发生碰撞,也不会发生起火爆炸。

那为什么目前新能源汽车尚未大规模应用固态电池呢?固态电池从产品到商品的主要卡点是成本。即使最便宜的聚合物固态电池体系,其成本目前仍高于传统液态电池20%左右。随着产能扩大和材料优化,固态电池成本会逐步下降。预计2027年后,固态电池就能实现大规模生产、小规模装车,有望在2030年左右普及。

记者:除了新能源汽车,固态电池还有哪些应用场景?我们了解到您的团队还在布局低空经济、消费电子等领域,能给我们介绍一下吗?

崔光磊:固态电池的应用场景非常广泛——只要有能源需求,它就能发挥作用。我们正在场景和需求驱动下,针对性开发各类专用电池。

比如,在低空经济领域,我们正和相关单位合作开发能量密度每公斤400瓦时的固态电池,为低空飞行器提供能源保障。届时,无人机电池续航有望达到原来两倍以上。这种技术已经在监测黑土地氮磷钾肥料含量精准施肥的无人机-智能电动拖拉机上进行了试用,在避免频繁充电的前提下,一次性就能完成100多亩地的监测工作。

在消费电子领域,我们正通过产业化公司,面向手机、智能穿戴设备用等消费电子领域研制电子产品级固态电池,有望提升手机的续航时长,同时提升安全性。未来,我们还

要面向人形机器人等领域研制高安全、高能量密度的固态电池。

在储能领域,我们开发了深海深渊能源基站。它就像海底设备的“能源大本营”,不仅能给水下机器人充电,还具备信息交互功能,能支撑深海设备智能化、海洋数据的收集与传递,在海洋科考和深海采矿等领域前景广阔。

每一种电池都有最适合它的场景。我们不追求“万能电池”,而是针对不同场景的需求,持续研发最适配的能源解决方案。

扎根青岛:从产业配套到人才培养,赋能城市产业发展

记者:您见证了青岛新能源产业的发展。您觉得青岛在发展固态电池产业方面有哪些独特的优势?未来还有哪些方面需要加强?

崔光磊:青岛的优势很明显,能形成“需求—研发—产业化”的发展闭环。首先是科研资源集中,青岛能源所、崂山实验室等科研机构能通过源头创新,为产业提供强大的技术支撑;其次是产业基础雄厚,在智能家电、海洋装备等领域全国领先,为固态电池的应用提供了丰富的场景;最后是区位优势显著,作为港口城市,更便于产品“走出去”、国际化。

但实事求是地说,青岛在相关领域的产业链配套还不够完善。固态电池的核心材料、生产设备等还需要从外地采购,这给本土产业发展造成了成本掣肘。我认为,青岛应该进一步完善产业配套,重点发展海洋装备新能源、低空经济新能源这两个特色赛道,把场景优势转化为产业优势。

记者:作为科研带头人,您培养了很多优秀的学生,其中不少人已经成为头部企业的技术骨干。在人才培养方面,您有什么理念?您希望培养出什么样的科研人才?

崔光磊:人才培养和科研创新一样,都要需求导向,培养学生解决实际问题的能力。我常对学生说,做科研不能关起门来做,要知道市场需要什么、国家需要什么。我们培养的学生,既要懂基础理论,又要懂产业需求和应用,还要有解决实际问题的能力。

我的教育理念可以总结为三点:一是打好基础补齐学科短板,不管是化学、物理还是材料知识,基础不牢,地动山摇;二是建立跨学科视野,固态电池是交叉学科,需要电化学、材料学、物理学等多方面知识,要鼓励学生多跨领域学习和见习;三是强化实践能力,每个学生都要参与项目实践,从实验室研发到产业化落地,在实践中锻炼、成长、发展。

我常说,做科研要有“工匠精神”,要耐得住寂寞,不能追热点、赶时髦;同时也要有家国情怀,要把个人发展和国家需求结合起来。真正的人才,不要只会发论文,而要能解决实际问题,我希望我的学生都能成为这样对国家、对社会有贡献的人。回国近17年,我的团队累计培养了50名博士、硕士和联合培养学生,他们中的不少人在宁德时代、比亚迪等头部企业大展身手。

记者:您提到未来想更多地聚焦开发新材料和制造新体系,请您展望一下固态电池的未来发展趋势,并介绍一下您和团队接下来的研究重点。

崔光磊:我预测,固态电池会在未来5年进入快速发展期,能量密度持续提升、成本大幅下降、应用场景不断拓展。下一步,我们要向每公斤500瓦时、700瓦时甚至1000瓦时的高能量密度固态电池开发进军。

具体来看,有三个研究重点:一是通过开发新的高比容正负极和综合性能优异的电解质材料,打造更高能量密度的电池体系;二是利用人工智能和大数据,缩短研发周期,降低试错成本,提高开发效率和成功率;三是以绿色低碳为导向,开发可回收、无氟的固态电池,为“碳中和”作贡献。

从全球来看,中国的固态电池技术已经走在前列。在国际会议上,我们看到了其他国家对中国“仰望”。但创新是没有止境的,而且真正的创新要突破行业瓶颈、满足国家需求。我会一直坚守并秉持这个理念,继续深耕固态电池领域,助力中国电池技术持续领跑,也为青岛的新能源产业发展贡献自己的微薄力量。

