重庆大学镁中心实验室里正在进行试验的镁电池 本报记者 雍黎摄

目前，在镁金属的研究和加工方面我国已经处于领先水平，重庆大学国家镁合金工程技术研究中心建有世界上最大的镁电池研究团队和镁固态储氢团队，已开发多种镁离子电池和储氢密度高达6.1wt%、高安全性的新型储氢材料。

兼具高效、安全、资源丰富等特点

镁电池正从实验室走向应用

◎本报记者 雍 黎

随着新能源汽车、手机、计算机等技术的发展，电池已经成为我们生活中的必需品。但锂电池作为目前主要动力电源的电池，存在资源短缺、成本高、环境污染严重、安全性差等问题。作为锂电池的重要原料，碳酸锂的价格目前还未看到天花板。据报道，11月7日，无锡电子盘国内电池级碳酸锂现货平均价格为61.5万元/吨，最高价为61.7万元/吨。为此业界一直在寻找其他技术路线。

“后锂电池”时代，哪种电池能够替代锂电池？近日，重庆大学国家镁合金材料工程技术研究中心联合广东国研、广东省科学院等单位合作完成的“镁离子电池”项目荣获2022年国际“镁未来技术奖”。这为镁离子电池替代锂电池增加了新的可能，也激发了业界新的期待。

镁电池或将成为锂电池替代者

据了解，全球锂资源约为3950万吨，而具备商业开采价值的锂储备量则仅为1351.9万吨。若锂电池需求量呈爆炸性增长，预计不到17年全球锂资源就会用尽，这也是造成锂电池成本高的原因之一。其储能度电成本大致为0.6—0.9元/千瓦时，这距离规模应用的目标成本0.3—0.4元/千瓦时也还有较大差距。同时，能量密度越高安全性越差是目前锂电池很难解决的问题。此外，一些锂电池体系生产与使用过程中环境污染较严重。

发展新一代高效环保安全电池已成为全球电池产业发展的重点。氢燃料电池、硫系全固态电池、钠离子电池、镁离子电池……科学家们不断探索着锂电池的替代品。

“镁电池具有高效、安全、资源丰富等特点，一旦技术突破，将成为电池工业的颠覆性革命，市场可达万亿元以上。”中国工程院院士、国家镁合金材料工程技术研究中心主任、重庆大学教授潘复生在接受科技日报记者专访时表示，相比于锂，镁基储能材料具有资源储量丰富、成本低和安全性能高的优势，是极具潜力的新一代储能材料，也是环保且高能量密度的电池材料。

潘复生进一步解释，镁材料具有较为稳定的化学性质，其熔点高达651摄氏度，镁电池相对安全，熔沸点较高并且不容易出现镁枝晶，不易发生爆炸等危险。

镁是所有固态储氢材料中，储氢密度最高的金属材料，可达气态氢密度的1000倍，液态氢的1.5倍。同时由于镁储氢是常温常压，所以安全性远高于高压气态和液态储氢。镁电池体积理论能量密度和锂电池相当。我国镁资源丰富，占到全球的70%，且镁成本只有锂的1/25—1/50。在环保方面上，2015年之后，镁在冶炼、制造、应用及回收过程中，污染排放都小于铝合金，已经成为真正的先进绿色材料。

据了解，镁电池已被欧盟确定为研究项目；美国能源部也开始安排项目，支持一批著名研究单位介入研究；日本电池行业认为，镁电池可能成为锂电池的颠覆者。

从电池三大组件入手攻坚克难

镁电池要从实验室走进实际应用，还有许多技术以及材料方面的难题需要攻克。

“电池主要由三部分组成：正极、负极和电解液，我们的研究主要也是从这三个方面入手。”重庆大学材料科学与工程学院教授黄光胜介绍，在正极材料方面，他们研发了高容量的复合硫材料，比容量高达到1200毫安时/克（mAh/g）；高倍率的多孔硫化铜纳米球，比容量能够达到250mAh/g；长寿命高电压锰基普鲁士蓝材料，能够实现3伏（V）电压，循环寿命达1万次。在负极材料方面，他们研究了十几种镁合金负极，具有不易钝化、比容量大于500mAh/g等优势；人工界面层保护金属镁负极，过电势仅50毫伏（mV）。在电解液方面，2020年他们研发了一种全新的低成本全无机盐型电解液MLCH，这种电解液具有高电导率和稳定性；同时，团队还研发了具有高电压、低成本特点的非亲核硼基电解液，成功实现了正极、电解液等关键材料的批量试制，开发出安时级镁软包电池。

电池三大关键组成部分的技术重要进展，为镁电池走出实验室、走向应用打好了基础。

在重庆大学镁中心实验室，记者看到数颗镁电池正在进行充放电试验。黄光胜介绍，试验结果表明，他们研发的镁—普鲁士蓝电池、镁硫电池、镁硫化铜电池、镁二氧化钒电池的能量密度均已经高于磷酸铁锂电池，特别是镁硫电池，能量密度达到了785瓦时/千克（Wh/kg），而石墨—磷酸铁锂电池仅为160Wh/kg。

“目前，我们已经拥有镁空气电池、海水激活电池，镁干电池等一系列电池的制造技术。”黄光胜介绍，镁空气电池属于一次镁燃料电池的一种，阴极使用的是空气，通过阴阳极氧化还原反应放电，是一种清洁、安全、高效的新型能源电池，其能量密度是铅酸电池的20倍以上，可为电视、照明灯、便携电脑、手机及GPS等设备供电。目前，他们已经与企业合作开始批量生产。

镁海水激活电池是直接利用海水，将金属镁的化学能转化为电能的装置，它以镁为负极材料并以海水为电解质，其最突出的特点就是不需要另外携带电解质，并且具有能量密度高、安全性好、可进行全海深工作的优点，在深海着陆器、深海原位实验站等海洋装备领域具有很好的应用前景。

打造新型储能科技创新平台

“在镁储氢、镁电池研发上，我国具有显著的技术基础和优势。”潘复生指出，在镁金属的研究和加工方面我国已经处于领先水平，重庆大学国家镁合金工程技术研究中心拥有世界上最大的镁电池研究团队和镁固态储氢团队，已开发多种镁离子电池和储氢密度高达6.1wt%、高安全性的新型储氢材料，其主要指标均处于世界领先水平。2018—2019年，重庆大学、重庆市科技局联合投入2000多万元支持镁储能材料研究。

2020年，广东省国研科技研究中心有限公司、重庆大学、广东省科学院等联手开展总投入5亿元的镁储能材料研究开发项目，在粤港澳大湾区建立了镁基储能研发中心及产业化应用示范基地，镁电池与镁基固态储/运氢即将进入试制和示范应用。

今年5月，重庆大学与重庆两江新区联合共建重庆新型储能材料与装备研究院（以下简称研究院）。研究院瞄准国家能源战略和能源转型前沿技术，聚焦科技成果转化，目标建成世界最大的新型储能材料与装备研究院。

据了解，安徽青阳县拥有丰富的镁矿资源，原镁年产高达30万吨，具有良好的镁基材料开发及制备基础。研究院拟在“镁能小镇”开展一系列镁电池示范项目，开发电瓶车、路灯、旅游车及分布式储能系统。重庆广阳岛项目则拟在广阳岛开展电瓶车、镁电池路灯、固态储氢加氢站以及氢能车等多项镁储氢及镁电池的示范项目。

“今年我们将启动对镁动力电池中试，和企业合作，先让电动自行车用上镁电池。”潘复生透露，目前镁电池的性能已经达到磷酸铁锂电池的水平，这就说明镁电池已经具备作为动力电池商用的可能。当然取代锂电池还需要更进一步的研究，对此，他们也启动了重庆新型储能材料与装备研究院全球人才招募行动，共同打造储能科技创新平台，助力我国新型储能领域的发展。

融合有毒有害气体在线分析设备与集装箱快速机检设备

这个海关“电子鼻”可快速识别有害气体

◎本报记者 陈 曦
通 讯 员 赵 罡 武美怡

日前，在天津东疆港码头，一辆辆搭载着集装箱的车辆，正有序通过海关H986集装箱检查系统。与以往的停车扫描不同，汽车在停入通道后，随着提示声，一根柱形探测臂从旁边的柜形设备中平行伸出，并准确地将最前方的探头，伸入受检集装箱侧方的通气孔中。“闻”了几分钟后，探头完成取样，且未见异常，车辆随即继续通行。

这个比狗鼻子还灵的柜形设备和探头，就是最近亮相天津口岸的海关“H986集成嗅探机器人”，俗称“电子鼻”。这也是此类功能机器人在全国海关系统的首次使用，该设备的研发填补了国内基于H986的集装箱自动气味嗅探技术方面的空白。

自动嗅探技术能“看”还能“闻”

海关检疫处理会在集装箱内产生熏蒸剂残留，集装箱内装货物也会逸散有毒有害挥发性有机物等气体。在日常口岸集装箱查验过程中，由于集装箱密封状况比较好，到达中国口岸时其内部的这些气体浓度还很高，会对现场查验人员健康造成威胁。

目前国内外口岸均采用人工抽检的方式，利用便携式气体探测器手动对有毒有害气体进行检测。但因为便携式气体探测器探头难以进入密封的集装箱，而开箱检测又会对检测人员健康产生威胁等原因，因而目前对集装箱内有毒有害气体进行检测操作难度大、速度也相对较慢。

为了更好地实现对集装箱内有害气体的快速筛查，自2019年以来，天津海关实验室联合同方威视公司共同开展了集装箱自动气味嗅探技术的研究。

天津海关工业产品安全技术中心技术与装备评价实验室副主任韩伟博士介绍：“集装箱自动气味嗅探技术简单来说，就是在作业人员打开集装箱前，通过对箱内气体样本进行检测，快速识别有毒有害气体并进行预警。此项技术所在的研究领域在国内外港口的作业流程中属于全新领域，此前尚未有专业技术团队对此进行系统性研究。”

光会“闻”气味还不行，还需要分辨出哪些气味有毒有害，这就需要一个聪明的“大脑”。因此，研究人员需要把集装箱自动气味嗅探技术与H986集装箱检查系统进行集成应用。

H986是海关大型集装箱检查系统的简称，俗称海关“电子眼”，借助X射线的强大穿透力，“电子眼”通过分析系统机检图像可发现集装箱、车辆等运输设备内的货物、暗格以及违禁品，实施精准定位、精准打击。“把自动嗅探技术集成到H986，增强了现行H986集装箱检查系统的侦测能力，使其不仅能‘看’，而且还能‘闻’。”韩伟说。

“电子鼻”+“电子眼”保障口岸安全

天津海关实验室组织科研骨干先后攻克了机器人快速定位、有害气体数据库构建等科研难题，融合应用区域激光传感器、AI识别算法和机械臂控制等技术，设计研制了集装箱透气罩精准定位桁架机器人。

通过气体采样管与机器人的复合设计方案，采用机器人对集装箱固定通气孔的定位技术，研究人员将有毒有害挥发性有机物在线分析设备与集装箱快速机检设备有机融合，实现在对集装箱进行机检查验的同时，完成有害气体的快速筛查。

同时，研究人员还通过建立包括经过认证的114种常见有毒有害气体的标准谱图库，实现对集装箱内部逸散有毒有害气体的快速识别和报警。

经过集成后的“电子鼻”，不仅能够快速检测集装箱内是否含有过量有毒有害气体，还能在进行集装箱机检查验的同时，对集装箱内的挥发性有机物进行检测。当集装箱内存在过量危险气体时，机器人将发出警报，对下一步处置进行及时提示。

“H986集成嗅探机器人有助于更好地守护口岸工作人员的生命健康，保障了口岸安全生产。”韩伟表示，目前“电子鼻”可识别有毒有害的挥发性有机物超过110余种，解决了人工抽检效率较低的问题，有效降低了口岸作业成本，有助于集装箱查验和通关效率的提升。

H986集成嗅探机器人还能对特定有害气体进行检测识别，有助于提升海关对固体废物等违禁品的鉴别能力，丰富了打击“洋垃圾”走私的查发手段，为筑牢国门安全防线注入智慧力量。与此同时，在现行H986集装箱检查系统上集成智能嗅探机器人，拓展了目前智能机器人的应用领域和范围。

近年来，天津海关聚焦天津口岸非传统安全，通过系统研发关键技术、专用技术装备、培养专门的安全科技人才，打造科技创新平台，先后研制了H986集成嗅探机器人、5G+辐射探测智能机器人、矿产品固废排查仪等装备，为保障天津口岸安全、建设天津港绿色港口提供了有力的科技支撑。

韩伟表示，下一步，天津海关将继续扩展有害气体数据库，不断强化设备功能，推动“电子鼻”机器人在更多场景的应用推广。

110余种

目前“电子鼻”可识别有毒有害的挥发性有机物超过110余种，解决了人工抽检效率较低的问题，有效降低了口岸作业成本，有助于集装箱查验和通关效率的提升。

成果播报

克服高水压大直径难题 我国自主研制盾构机平稳穿越长江

◎本报记者 张 晔

日前，记者来到位于长江下游的江阴靖江过江通道隧道。江底深处，一台我国直径最大、性能最先进的泥水平衡盾构机，正在奋力前行，穿越长江。

沿着已经成型的江阴靖江过江通道左线隧道，科技日报记者自北向南前行约1500米，伴随着轻微低沉的轰鸣声，一台直径16.09米、长约170米、重约5000吨、高约6层楼的“钢铁巨兽”映入我们的眼帘，这就是由中交天和自主研制的“聚力一号”盾构机。

工程技术人员告诉记者，这台“钢铁巨兽”每天最多可掘进20米，且误差极小，在已成型的近1500米隧道中，管片错边量不超过3毫米，管片上浮量控制在5毫米以内，远远低于行业内5—10毫米的隧道掘进数据。

超强盾构机让穿越长江变得容易

让“钢铁巨兽”般的盾构机轻松穿越长江，绝不是一件容易的事。长距离、高水压、复杂的地质环境对盾构机的设计研发、生产制造和掘进技术都会带来极其严峻的考验。

江阴靖江过江通道隧道全长6445米，其中盾构段全长4937米，总长度在长江隧道中排名第二。盾构机在掘进过程中，需多次下穿敏感建构筑物、有害气体集聚区域，不良地质掘进距离长，对盾构机的系统性、可靠性要求极高。为确保隧道掘进的快捷性、安全性和环保性，江阴靖江过江通道隧道采用了复合式泥水平衡盾构机。

“聚力一号”最大总推力为268800千牛（kN），最大程度优化了刀盘冲洗装置，有效避免了在同等地质条件下盾构机掘进过程中聚结泥饼的难题，掘进速度达到甚至超过设计速度。以2022年8月为例，“聚力一号”最大日掘进速度为10环（20米），月总掘进215环（430米）。

“聚力一号”穿越长江的最大水压达0.87兆帕，相当于每个指甲盖大小面积需承受8.7公斤压力，是国内在建承受水压最高的公路盾构隧道。复杂的掘进作业环境，对盾构机密封系统和机体耐压力等提出更高要求。为此，研发人员为盾构机配置了专门的气垫舱，把掌子面压力精准控制在±0.02兆帕以内，随时控制掘进过程中的泥水压力，防止地层出现沉降，确保盾构机掘进姿态平稳优美。

“聚力一号”需下穿富含胶结物的粉细砂、中粗砂、石英含量高地层等复杂地层，且江底段为断层破碎带，覆土最薄处仅11米，透水性强，施工难度大，仅刀盘刀具磨损就为同类型软土的3倍。但经采用特有技术，可实现长距离不换刀。

“聚力一号”还配备了智能化导向、智能化地质超前预报、刀具磨损光纤监测、盾尾间隙自动测量、管片上浮及收敛自动监测、高精度有害气体监测和同步双液注浆等系统，确保隧道掘进做到“可视、可测、可控、可达”，使高强度、高风险、高污染的隧道掘进作业转变为安全、高效、节能、环保的绿色掘进模式。

“钢铁巨兽”与“微笑天使”和谐共处

除了“钢铁巨兽”刚硬的一面，“聚力一号”也有温柔的一面。其刀盘涂装了江豚图案。江豚是国家一级保护动物，被称为“水中大熊猫”，也因为亲切友好的微笑形象而被称为“微笑天使”。作为世代以长江为家园的江豚，对水质和噪声异常敏感。刀盘涂装“微笑天使”图案，不仅凸显了江苏的地域文化特色，也蕴含了对长江生态保护的高标准和严要求。从设计研发、生产制造到掘进作业，中交天和始终把爱护江豚、保护长江生态摆在最突出位置，把大保护理念渗透到各个环节，始终将绿色研发、绿色设计、绿色制造和绿色掘进作为初心使命。

中交天和设计研发团队围绕长江生态保护，无数次修正和完善方案，把对江豚家族生存延续的影响降至最低，积极寻求保护江豚和珍稀鱼类的最优参数，为它们提供一个健康、安全、优质的生活环境。基于水下噪声监测技术，建立刀盘转速、掘进速度与作业噪声间的关系模型，实时监测掘进过程产生的噪声，确保控制在设计阈值（80分贝）内；配备绿色环保管路延长装置，杜绝隧道内泥水溢出对作业环境的污染，自觉维护周边环境及生物的多样性。

江阴靖江过江通道北起靖江公新公路，南至江阴芙蓉大道，按照双向六车道高速公路标准建设，设计行车速度80公里/小时，对缓解江阴长江大桥交通压力、增强长江干线过江通道通行能力、促进长三角高质量一体化发展等具有重大意义。

据中交天和总经理助理杨辉介绍，江阴靖江过江通道工程作为交通强国建设江苏样板标志性工程、中国高水压大直径盾构隧道建设创新工程，预计将于2023年底实现整体贯通。

“金香玉1号”水稻亩产近800公斤 推广面积已超百万亩

科技日报讯（记者**过国忠** 通讯员**肖宁**）受农业农村部科教司委托，近日江苏省农业农村厅组织水稻育种、栽培、推广等领域的7位专家，来到江苏省泰州市兴化市钓鱼镇钓鱼村，对江苏里下河地区农科所历时8年攻关育成的水稻品种“金香玉1号”百亩示范方进行测产。

该示范方面积103亩，于今年5月21日播种，6月8日机插，10月26日成熟。专家组按照超级稻确认的测产方法，在考察示范方的基础上，随机抽取3块田，采用收割机收割脱粒，经测量面积、测定水分等，现场测产为实收平均亩产量达797.5公斤。

“金香玉1号”属迟熟中粳稻新品种，是国家重点研发计划七大农作物育种攻关项目重要科技成果。该品种在研发过程中，先后得到国家自然科学基金、江苏省重大新品种创制和省重点研发计划等专项资金联合支持，并于2020年正式通过江苏省水稻新品种审定，在长江中下游地区开展示范种植。今年，该品种作为江苏省主推品种，累计种植面积已超100万亩。

扬州大学农学院教授霍中洋介绍，为提高“金香玉1号”抗性，攻关组采用现代生物分子技术，成功导入了主效稻瘟病抗性基因，同时利用基因组选择育种策略等，有效解决了已有优质食味稻品种抗性偏弱的缺陷，将抗性、高产等特点融合，既大幅度降低了农药化肥施用量，又对稻田水土起到很好的保护作用，同时降低了水稻生产作业成本，达到降本增效。

值得一提的是，今年“金香玉1号”在示范种植上，先后经受住了几轮台风和持续高温的考验。这得益于推广协作联合体采取钵苗培育壮秧、精准化机插、有机无机配方高效施肥、病虫草害绿色防控等技术，确保了水稻生长，实现高产高效。