

可穿戴设备又上新 电池“织”成的衣服来了

◎吕京笏 本报记者 王春

出门不需要带充电器和充电宝,通过身上穿的衣服,就可以对手机进行无线充电——听起来像科幻片的这一场景,正在逐步成为现实。

这正是复旦大学高分子科学系彭慧胜团队的研究方向之一。近日,团队通过系统揭示纤维锂离子电池内阻随长度的变化规律,有效解决了

聚合物复合活性材料和纤维电极界面稳定性难题,连续构建出兼具良好安全性和综合电化学性能的新型纤维聚合物锂离子电池。

相关研究成果以《高性能纤维锂离子电池的规模化构建》为题,发表于《自然》杂志主刊。审稿人评价该项工作是“储能领域和可穿戴技术领域的里程碑研究”和“柔性电子领域的一个里程碑”。该研究得到科技部、国家自然科学基金委、上海市委等项目支持。

理论探索,摸清电池内阻变化规律

作为现代电子设备的“心脏”,以锂离子电池为代表的储能器件是现代电子工业和人们生活不可或缺的重要组成部分。彭慧胜团队从2008年开始研究新型柔性电池系统,在2013年提出并研制了新型纤维锂离子电池,为有效满足智能电子织物等可穿戴设备能源供给需求提供了新路径。

经过最近几年国际学术界的共同努力,纤维锂离子电池研究取得了系列积极进展,但仍然面临一些重大难题,限制了其实际应用。其关键挑战在于,面向块状锂离子电池的成熟生产体系很难适用于纤维锂离子电池,而国际上纤维锂电池的连续化制备研究几乎是空白。迄今为止报道的纤维锂离子电池长度往往在厘米尺度,并且基于整体质量的能量密度也比较低。

“纤维锂离子电池就如同毛线,要织成一件

可以充电的毛衣,必须保证有足够长的毛线。”上述论文的共同第一作者、复旦大学高分子科学系博士生何纪卿和路晨昊形容道。

研究团队在长期研究过程中逐渐意识到,要实现纤维锂离子电池的连续化构建,首先需要解决的一个重要科学问题,那就是从源头上厘清纤维电池内阻和长度的关系规律。团队成员突破以往的研究思路,通过大量的预实验筛选,广泛尝试了不同电学特性的纤维集流体材料,最终发现并揭示出纤维锂离子电池内阻随长度增加减小后逐步趋于稳定的变化规律。并且纤维集流体的导电率越高,越能有效降低纤维锂离子电池的内阻,从而有利于提升连续长纤维电池的电化学性能。上述关系规律得到了系统的实验验证,为纤维锂离子电池的连续构建提供了有力的理论支撑和依据。

创新路线,实现连续化制备

要实现高效负载纤维锂离子电池活性材料的高效连续制备,必须有效解决活性材料与导电纤维集流体的界面稳定性难题。“在纤维表面进行涂覆时很容易产生串珠等涂覆不均匀的现象,就像糖葫芦一样,严重影响了纤维电极制备的连续性和电池的电化学性能。”何纪卿解释道,经典的平面涂覆方法很难适用于高曲率的纤维。

为此,团队发展出了高效负载纤维锂离子电池活性材料的连续化方法,通过调控正负极活性材料组分和黏附力,有效解决了聚合物复合活性

材料与导电纤维集流体的界面稳定性难题,并自主设计和建立了面向纤维锂离子电池连续构建的标准化装置,实现了活性材料在千米级光滑纤维表面的高效负载和精准控制,获得了高负载量、涂覆均匀和容量高度匹配的正、负极纤维电极材料。团队进一步将正极纤维和包覆高分子隔膜负极纤维进行缠绕组装,并进行有效的封装和电解液注入,最终实现了高性能纤维聚合物锂离子电池的连续化制备。所制得的纤维电池容量随长度线性增加,显示该构建路线具有良好的可靠性。

应用前景广阔,普及任重道远

今年3月,复旦大学彭慧胜、陈培宁的团队论文《大面积显示织物及其功能集成系统》发表于《自然》杂志主刊,他们自主研发的全柔性织物显示系统,可紧贴人体不规则轮廓,像普通织物一样轻薄透气,确保良好的穿着舒适度。

谈起这一成果,彭慧胜表示:“前者是用电,我们现在的这个研究是供电,二者完全不同但又

紧密相关。”

该纤维聚合物锂离子电池表现出了良好的综合性能,显示了广阔的应用前景。基于包括封装材料在内的全电池重量,其能量密度超过85瓦时/千克(Wh/kg),长度为1米的电池可以为智能手机、手环、心率监测仪、血氧仪等可穿戴电子设备长时间连续有效供电;纤维锂离子



大于80%

纤维锂离子电池具有良好的循环稳定性,循环500圈后,电池的容量保持率仍然达到90.5%,库伦效率为99.8%;在曲率半径为1厘米的情况下,将纤维锂离子电池弯折10万次后,其容量保持率仍大于80%;甚至在重复水洗、挤压等严苛环境下也可以保持较为稳定的电化学性能。

电池还具有好的循环稳定性,循环500圈后,电池的容量保持率仍然达到90.5%,库伦效率为99.8%;在曲率半径为1厘米的情况下,将纤维锂离子电池弯折10万次后,其容量保持率仍大于80%;甚至在重复水洗、挤压等严苛环境下也可以保持较为稳定的电化学性能。进一步通过纺织方法,团队已经获得了高性能的大面积纤维电池织物。“如果将电池织物和无线充电发射装置集成,可安全、稳定地为智能手机进行无线充电。”何纪卿说。

从新现象到新规律,到连续构建关键技术的突破,到几乎所有核心设备的自主研发,再到工程化连续制备路线的不断提高……团队从未止步。通过十多年持续不断的深入研究,团队已经把纤维电池从实验室样品发展到了产品模型,特别是实现了高安全性纤维聚合物锂离子电池的

连续化构建,并致力于推动纤维电池和织物系统的规模化应用研究。

“可穿戴纤维锂离子电池的很多功能已经实现,但对于真正的推广普及来说,依然任重道远。”彭慧胜说。

从电池本身来说,目前纤维聚合物锂离子电池与生活中常用的平面电池的能量密度相比,还有较大的提升空间;也需要发展面向纤维聚合物锂离子电池构建、性能评估和使用的行业标准或规范,推动其工程化和市场化应用;此外,在很多应用方面如可穿戴领域,还需要更加先进的编织技术,将纤维锂离子电池高效地编织到各种衣物中,使穿着更舒适、更美观。

彭慧胜表示,期待锂离子电池领域产业界的合作者加入,共同探索解决新型电池体系在生产

三重防水措施让湖底隧道滴水不漏

太湖隧道底板顶面到太湖水面高度为13米到16米不等。作为水下隧道,隧道防水施工是重中之重。

如何让长约4.88千米的湖底隧道滴水不漏?项目团队采用了“三重六层”的隧道防水举措。

“第一重,是加强隧道混凝土结构自防水。我们通过优化混凝土的配合比和浇筑工艺,控制混凝土内外温差,提升混凝土本体质量。”廉云亮说,项目部加强原材料稳定性控制,对混凝土拌制、运输、浇筑、养生等工序加强工艺标准化控制,确保了混凝土强度稳定性的稳步提高。特别是在夏季高温期,在混凝土粗骨料中加冰屑,将混凝土的人模温度稳定在28摄氏度以内,减小混凝土内外温差,保证主体混凝土无贯穿裂缝产生。

第二重“金钟罩”是做优隧道纵向缝、变形缝的防水。“我们在纵向缝上,用了自粘丁基橡胶钢板止水带。另外,隧道每隔60米会有一道施工变形缝,防止地震或者湖水整体浮力变化对隧道的影响,我们经过多道防水工艺试验,在变形缝上用了外贴式止水带、中埋式钢边止水带和内装可卸式止水带三层防水措施,确定了效果最优的接缝防水工艺。”廉云亮说。

赵菲菲补充,项目部做的第三重防水措施是隧道外包防水,即在湖底隧道外侧再包裹一层高性能防水卷材,就像“雨衣”一样把隧道裹在其

中,最后,在“雨衣”外再盖上一层混凝土保护层,以及2米厚的黄黏土,确保太湖隧道滴水不漏。

废弃的混凝土循环利用,既环保又节约成本

太湖隧道穿越太湖梅梁湾生态保护区,施工区域周边旅游资源丰富,如何施工、环保两不误?廉云亮介绍,项目部通过自动感应的双控型洗车机、设置三级沉淀池洗车基础、购置喷雾式洒水车等方式,控制扬尘排放。同时,废弃的混凝土还能循环利用。

廉云亮表示,他们建设的太湖隧道废弃混凝土零排放再利用系统由砂石分离系统、浆水回用系统、管道输送系统三部分组成,经过石子分离、粗砂分离、细砂分离和水浆回收,分离的砂石干净、含水率低,可直接用于混凝土的生产;浆液不需要设置沉淀池,且能循环使用,分离的水泥浆可替代部分搅拌用水,生产C30以下混凝土,能达到废弃混凝土砂、石、浆液100%循环使用的目标,有效保护了太湖水域的生态环境。

使用废弃混凝土零排放再利用系统一举多得,不仅产生了良好的社会效益和环境效益,也为项目带来了巨大的经济效益。

廉云亮介绍,按照每年300个工作日计算,全年通过清洗罐车可回收混凝土2430立方米,回收砂可节约38万余元,回收石子可节约47万余元,全年回收水泥可节约33万余元,回收粉煤灰可节约9万余元,除去设备采购费和电费,每年可节约约48万元。

成果播报

最大钻井深度9144米 智能深水钻井平台南海开钻

科技日报讯(记者翟剑)中国海油9月9日宣布,由我国自主设计建造的全球首艘智能深水钻井平台“深蓝探索”,在南海珠江口盆地成功开钻。它是为南海深水油气勘探开发“量身定制”的全球最新型半潜式钻井平台,适应我国南海复杂的水文和气候环境,堪当南海中深水海区、高温高压地层、超深埋藏地层油气勘探开发的重任。

中国海油深圳分公司深水工程技术中心总经理张伟国介绍,“深蓝探索”最大作业水深1000米,最大钻井深度9144米,集成了传统锚泊型钻井平台和现代动力定位型平台的性能优点,是全球首艘获得挪威船级社(DNV)智能认证的钻井平台。其本次开钻的探井,距香港东南约230公里,井位水深370米,紧邻我国首个自营深水油田群流花16-2油田群。

中海油服钻井事业部总经理周松民透露,“深蓝探索”搭载全新自主研发的“智能运维系统”平台,具有“感知、分析、决策”智能一体化功能,可实时采集生产运维数据,实现云端处理、远程协同和优化决策。平台配备了智能防喷器系统,极端情况下可实现自动剪切关闭,确保安全可靠。该平台可满足主、辅井口同时作业,相比常规单井口模式,综合作业效率提高35%。“该平台的人列,进一步增强了我国在中深水海域的油气勘探开发能力。”

同时,“深蓝探索”还采用了国内自主研发的世界最高强度等级锚链和相关锚泊设备,能有效应对恶劣海况和超强台风威胁,并适应全球海域作业,尤其适用于南海海域的油气勘探开发作业。



全球首艘智能深水钻井平台“深蓝探索” 受访者供图

国产水下直升机 下潜深度首次突破1000米

科技日报讯(洪恒飞 高楚清 记者江红)记者从浙江大学获悉,由浙江大学牵头,中国科学院沈阳自动化研究所、中国科学院深海科学与工程研究所等单位共同参与的国家重点研发计划“深海关键技术与装备”重点专项水下直升机项目,于8月27日至9月3日在我国南海海域完成海试验收。水下直升机的下潜深度首次成功突破1000米。

据悉,该项目于2017年7月在浙江大学舟山校区正式启动。水下直升机概念由浙江大学陈鹰教授等提出,是一种我国具有完全自主知识产权的新概念自主无人潜水器,可长期驻留海底工作,具有自由起降、定点悬停、全周转向和贴底航行等常规AUV难以实现的功能,可用于海底移动观测、海底资源勘探、海底区域巡航与探测、海底管线监测与维护、海底救援与打捞等,填补海底移动探测与作业领域的空白。

海试期间,项目海试团队对水下直升机的贴底飞行,海底停机坪起飞、降落与人坞,以及360度全周转向、定点悬停、无线充电、声学导航与追踪、布放与回收等功能进行了全面试验。

“这次海试成功,证明水下直升机技术可行,标志着水下直升机研究取得了重要的阶段性成果,也是海洋无人潜水器技术发展进程中的一个重要成果。”项目海试团队总指挥、浙江大学海洋学院司玉林副教授介绍,本次海试过程中,团队还发现了水下直升机停机坪布放难度较大等问题,这为进一步发展水下直升机技术指明了方向。

下一步,项目团队将与东海实验室、舟山当地企业联合在舟山开展产学研合作研究,进一步优化提升水下直升机的性能,不断拓展其应用范围。

全程自主作业 无人机“航母”提升电网巡检效率

科技日报讯(记者王迎霞 通讯员王艺颖 李波)9月11日,由宁夏回族自治区科协、科技厅等11个部门共同主办的2021年宁夏(银川)全国科普日暨第六届宁夏青少年科学节在银川启动。国网宁夏检修公司和宁夏超高压电力工程有限公司最新自主研发的无人机“航母”在“科学中国展示区”亮相。

“这辆无人‘航母’是国内首台实现全操作流程自主作业的无人机通讯指挥车,首创多平台、多机型、自主充换电等功能,实现了智能、多元、多场景应用融合,相较于其他同类型产品搭载机型单一、起降平台唯一、换电换机人工、数据传输手段有限、单次起降数据采集类型单一等,具有明显优势。”国网宁夏检修公司相关负责人介绍。

相比人工巡检,该无人“航母”的巡检效率可提升至7.5倍,大大降低了车辆使用频次和人员出动次数,同时高度缩减设备隐患和缺陷发现时间,显著提升电力输电线路运维质效,为自治区电力主网架安全稳定运行和“西电东送”外送通道保驾护航,有力保障了华北、华东地区电力增长需求。

“宁夏电网是国家西电东送的重要送端,在构建以新能源为主体的新型电力系统建设中,我们作为宁夏电网的‘保障者’,外送通道的‘护航者’,公司聚焦技术、创新、人才三大高地,利用先进技术手段,自主研发打造智能化作业装备,保障宁夏大电网外送通道的坚强可靠运行。”宁夏超高压电力工程有限公司总经理王晓平表示。

◎本报记者 金凤

9月5日的苏锡常南部高速公路太湖隧道南泉段一派繁忙景象。随着最后一节顶板顺利浇筑完成,4.88千米的隧道顶板全部完工,这标志着国内在建最长湖底隧道——太湖隧道的南泉段主体工程完工全部完成。

太湖隧道全长10.79千米,横断面采用两孔一管廊结构形式,两侧行车孔单孔净宽17.45米,隧道主体全宽43.6米,设计速度100千米/小时。

43.6米的超大断面,如何破解钢筋绑扎、浇筑混凝土难题?“深潜”太湖,又如何确保隧道滴水不漏?隧道穿越生态保护区,如何确保施工项目与环境和谐相处?对此,中铁四局项目部创新施工方式,严密防水措施,推行绿色施工,让这座湖底隧道“健康而友好”。

创新施工方式,工作效率提高3.5倍

数月前,波光粼粼的太湖湖面上,在建中的太湖隧道破湖而出。

“施工中,我们采用堰筑法从岸边向湖中逐段分段推进,先从岸边向湖中打钢板桩进行围堰施工,再将围堰中的湖水抽走、清淤、开挖基坑,然后建设隧道,再回填土方、回水,拆掉钢板桩,最终,隧道将潜入湖底。”在施工现场,中铁四局太湖隧道项目总工程师廉云亮手指着远处的浇筑现场,娓娓道来。

隧道施工的关键在于钢筋和混凝土,太湖隧道工程体量浩大,钢筋用量达33万吨,混凝土浇筑总量200余万方。常规的支架现浇投入大,施工周期长,17.45米的行车孔单孔的超大断面,让钢筋提前绑扎异常困难,场地限制也导致无法使用龙门吊等大型起重吊装设备进行钢筋固定。

“考虑到工期、质量、安全等因素,中铁四局太湖隧道项目团队,自主创新设计了‘混凝土模筑台车+钢筋绑扎台车双联动’的快速施工方法。”

科技日报记者看到,这两辆台车,像两个巨无霸,由主梁、悬挂系统、支撑系统、配重系统组成。

“钢筋绑扎台车就位后绑扎钢筋,再利用台车顶部吊梁,提升顶板钢筋。随后钢筋平台下降20厘米,再向前移动20米,混凝土模筑台车跟随钢筋绑扎台车向前移动,当前移位刚好到达钢筋下方时,混凝土模筑台车上升20厘米至设计标高,解除钢筋笼悬吊体系,浇筑混凝土。同时,下一节段隧道钢筋在钢筋绑扎台车继续绑扎钢筋,以此为循环,一步步向前移动施工。”廉云亮介绍,混凝土浇筑台车和钢筋绑扎台车配备了全机械化的自动行走系统,单人操作台车逐节移动支护到位仅需半天时间,相比传统施工工艺时间,提升工作效率3.5倍,相较传统人工搭设满堂支架的方式可节省人力成本90%以上。

中铁四局太湖隧道项目经理赵菲菲补充,从成本来看,混凝土模筑台车和钢筋绑扎台车仅需一次性投入,即可重复使用至工程结束,根据太湖隧道工程量,双台车联动法预计可节约成本1675万元。