

电池技术驱动交通电动化

■本报见习记者 韩扬眉

“2009 至 2018 年的 10 年间,中国新能源汽车产业实现从无到有,目前年产量和保有量均处于全球领先地位。随着跨国汽车企业先后转型新能源汽车,该产业已经达到高潮。”近日,在由爱思唯尔主办的“新能源动力系统与交通电动化”线上研讨会上,中国科学院院士、清华大学教授欧阳明高为新能源汽车发展提振信心。

电动汽车、电动飞机、电动公交车……这些以清洁电力作为驱动系统的交通工具,其迅猛发展使得环境污染、能源短缺等诸多时代难题得以破解。

不过,交通电动化发展中还将面临哪些挑战?动力系统装置技术瓶颈又该如何破解?诸多问题仍亟待解答。

市场兴旺但难题待解

日前,国际能源署(IEA)发布《全球电动汽车展望 2020 报告》(以下简称《报告》)。《报告》指出,2019 年,全球电动汽车销量同比增长 6%,突破 210 万辆,占全球汽车销量的 2.6%;电动汽车保有量增长 40%,达到 720 万辆,占全球汽车保有量的 1%。在可持续发展的情境下,预计到 2030 年全球电动汽车年均增长 36%,达到 2.45 亿辆。

不难看出,全球电动汽车未来市场前景旺盛,前景可期,国内尤为如此。《报告》同时指出,2019 年,中国电动汽车保有量占全球 47%,多个城市的公交车已接近或全部电动化;中国继续引领公共充电基础设施的发展,尤其是快速充电基础设施发展处于国际领先地位。而这一切都得益于我国政策引导、技术引领、行业推动等多方面的驱动。

动力电池系统是动力电动化革命的核心技术之一。欧阳明高指出,经过多年研发,中国锂离子动力电池技术已跻身国际前列,其中,锂离子动力电池能量密度提升了两倍以上,成本降低 80%以上,真正实现了锂离子动力电池的革命。此外,燃料电池、混合动力系统等技术也取得了诸多进展。

“充电基础设施是新能源汽车推广应用的重要基础。”中国电力企业联合会标准化管理中心主任刘永东表示,我国完备的充电设施政策体系、充电设施标准体系已基本形成,并先后在直流充电、充电漫游、换电等领域取得重要突破,“中国声音已经成为国际标准的重要一方”。

给钙钛矿太阳能电池装块“软骨”

■本报记者 卜叶

近年来,钙钛矿太阳能电池在柔性可穿戴电子设备等方面具有独特的优势和巨大的应用潜力。然而,钙钛矿却是块“硬骨头”,其易脆性、结晶性等特点影响着其“柔性”应用的进一步发展和商业化拓展。

为了让钙钛矿太阳能电池更“温柔”,中国科学院化学研究所研究员宋延林、江西师范大学教授陈义旺、南昌大学研究员胡笑添团队展开联合攻关。近日,研究人员受坚硬的脊椎骨骼结晶和柔性结构的启发,研发出一种导电粘性聚合物界面层,通过仿生晶界和结构设计,实现大面积柔性钙钛矿太阳能电池的印刷制备。相关研究结果已发表于《自然—通讯》。

相信你的“温柔”本质

钙钛矿中的有机金属卤化物半导体具有吸光特质,研究人员受此启发,研制出钙钛矿太阳能电池。钙钛矿太阳能电池具有可低温溶液加工、大面积印刷制备的工艺特性,被公认为是有望用于质轻、柔性光伏器件的光敏材料。

但是,钙钛矿电池“点石成金”的道路并不平坦。钙钛矿材料及氧化锡透明电极本身质脆、耐弯折性较差等力学结构设计问题,令其应用受阻。

胡笑添告诉《中国科学报》,柔性钙钛矿太阳能电池机械稳定性较差。钙钛矿作为一种晶体材料,在应力作用下容易产生裂纹,进而影响器件性能。同时,柔性钙钛矿太阳能电池很“敏感”。钙钛矿材料对水氧反应灵敏,在富氧富水的工作状态下,容易发生降解。

除了稳定性,宋延林认为,现阶段,基于高质量钙钛矿薄膜的大面积印刷工艺尚不成熟,需要对钙钛矿薄膜制备过程中的形核结晶过程进行细致分析和精确调控,“钙钛矿器件的大面积制备任重道远”。

面对制备难题,胡笑添依然相信其潜质。“我们的研究工作始终以可穿戴太阳能电池为目标,进行适当的改性、封装和力学结构设计。”



分布式光伏、智能电网、电池储能从无序充电变为有序充电用于电动汽车。

不过,专家们也坦言,新能源汽车发展虽然态势可喜,但问题依然严峻。

针对新能源汽车 3 大核心技术,欧阳明高提出 3 个科学问题,即动力电池热失控导致的安全问题、燃料电池性能衰减导致的寿命问题,以及多能源混合动力系统燃烧导致的排放问题。

在充电基础设施产业发展方面,刘永东指出,单靠充电服务作为主要盈利收入的商业模式远远不能满足当前充电服务重资产特点下的充电服务市场需求。此外,车主充电体验差、充电时间长、充电互联互通不足等问题仍旧存在。充电和电网之间的配合并不十分成熟,特别是老旧小区,建充电桩依然困难。

动力电池是重中之重

“动力电池大多能满足纯电动汽车的要求,但大家比较关注的还是安全性。”欧阳明高说。

影响动力电池安全性的诱因是什么?如何提高安全性?在欧阳明高看来,动力电池热失控就是原因之一。他解释道,热失控的诱因有很多,比如碰撞、短路、过充电、内短路以及过热等引发电池负反应,甚至连锁反应,到一定程度时,温度急剧上升引发热失控。一个单体电池热失控之后,

还会在整个电池模块和电池系统中蔓延,最后造成燃烧事故。

欧阳明高团队长期对热失控的发生机理进行研究。他们发现,在不发生内短路的情况下,电池仍会发生热失控,采用新型电解液也会热失控,同时正极是先后失氧后释氧。在此基础上,他们开发了相应的热失控抑制技术和软件,并应用于多家企业的产品上。

燃料电池也是电动汽车的动力源之一,它利用氢气和空气中的氧在催化剂的作用下,在燃料电池中经电化学反应产生电能,从而驱动汽车前进。

“功率密度越来越高,耐久性越来越好,功率范围越来越宽,专业分工越来越细,成本下降越来越快,产业链越来越完善。”清华大学教授李建秋用 6 个“越来越”指出了国内燃料电池系统技术的快速进步。

李建秋表示,燃料电池主要用于商用车,目前国外有数百辆燃料电池客车正在进行示范,国内的燃料电池重型卡车、轻型卡车也处于研发示范中。

在他看来,商用车对燃料电池的性能要求主要有 5 个方面,耐久性、环境适应性、功率密度和总功率大小、系统的可靠性稳定性以及成本和经济性。而且,各性能之间并不是独立的,而是相互耦合和影响的。

比亚迪股份有限公司动力电池事

业部副总经理、研发总监孙华军则从企业研发的角度指出,电池系统的安全正在从被动安全到主动安全,从单体电池的安全逐步升级为系统安全。

被动安全即在电池失效后,有效降低事故危害。而主动安全则是在系统偏离正常状态后且失效前主动调节系统并预警,从而避免事故的发生。

“现阶段,电池系统更多集中在被动安全设计上。随着技术的发展,主动安全也将大量用于电池系统,从而大大提升系统的安全性。”孙华军说。

未来发展融合三大革命

“新能源汽车是交通电动化的领头羊。”欧阳明高指出,从动力电动化出发,持续推进高比能电池与高比功率电驱动系统将带来电动底盘平台化、电动底盘平台化与车身材料轻量化带来车型多样化和小型化,车型多样化与个性化将促进新能源电动汽车普及化,新能源电动汽车普及化将带动交通全面电动化。

新能源汽车未来将如何发展?欧阳明高表示,要从三大革命高度全面看新能源汽车。即动力电动化(电动车革命)、能源低碳化(新能源革命)和系统智能化(人工智能革命)。

一方面,动力电动化与能源低碳化结合,新能源汽车的规模推广推动新能源革命。在欧阳明高看来,新能源革命的瓶颈之一是储能技术,而储能要靠电池、氢能、电动汽车等来解决,“对于短周期分布式小规模可再生能源储存,以锂离子电池为代表的动力电池是最佳选择”。

另一方面,动力电动化与系统智能化结合形成交通能源互联网,即以电动汽车为核心,把分布式光伏、智能电网、电池储能从无序充电变为有序充电,最后达到车网互动。

“车网互动十分关键。”欧阳明高假设,“如果在 2035 年我国新能源汽车达 1 亿辆,那么就有 50 亿度电用于车上。如果全国轿车都改成电动轿车,那么我们会 有 150 亿度电的需求,相当于现在全国每天消耗的总电量,这完全可以平衡大规模风光电等可再生能源,而无需煤电厂发电。”

“动力电动化、能源低碳化、交通智能化三大革命三位一体集成的新能源智能化电动车新时代,才是我们最终的目标。”欧阳明高强调说。



胡笑添(右二)和团队成员正在做实验。

对基于疏水黏性界面层柔性器件耐弯折性能提高的力学解释,通过弯折多次后的形貌表征来说明耐弯折性能的优化。“这种解释角度过于笼统和模糊,只是单纯的看图说话,不具备显著的借鉴意义。”陈义旺说。

他认为,在机械稳定性大幅度优化的背景下,对效果进行合理的解释非常有必要。为此,研究人员翻阅了大量文献,并向相关领域专家请教,最终总结出了一套基于杨氏模量的柔性钙钛矿器件力学分配系数计算体系。该方法结合有限元模拟,更深入地解释和说明了器件机械稳定性提高的根源。

“经历这样的研究过程,我最大的感悟就是科学研究要学会学科交叉。许多自己研究方向的关键科学问题往往能从其他领域的研究结果中获得灵感和帮助,这个过程可能会很枯燥和乏味,但获得的研究成果一般都会很有趣并具备显著的科学意义。”陈义旺说。

志在可穿戴

谈及该研究的创新之处,胡笑添总结了三个词——更大、更高、更耐弯,即实现了钙钛矿器件的大面积印刷制备,刷新了柔性器件的功率转换效率,柔性器件在极限弯折半径下可循环弯折 7000 次。值得一提的是,该钙钛矿电池经过

在印尼和泰国的火山地区,地面温度高达 70 摄氏度,而在这样恶劣的环境下,却活跃着一种昆虫——长角甲虫。这种甲虫的翅膀上有微小的三角形结构,不仅能够反射太阳光,还可以帮助其散发体内的热量。

受其启发,来自上海交通大学、美国得克萨斯大学奥斯汀分校以及瑞典皇家理工学院组成的一支研究团队,基于刻蚀旋涂真空热固化的新方法,仿生制备出具有长角甲虫类似结构的柔性薄膜,在被动式辐射降温的同时,实现了辐射降温薄膜的宏量制备。

相关研究近日发表在美国《国家科学院院刊》上。

长角甲虫带来灵感

在自然界中,一些生物具有特殊的表面结构,通过被动辐射,表现出惊人的热调节能力。长角甲虫就是其中一种。

“我们在昆虫馆偶然发现这种甲虫外表呈现金色的光泽,这引起了我们的关注。”论文作者之一、上海交通大学材料科学与工程学院教授周涵告诉《中国科学报》,长角甲虫大多生活在温度很高的火山口附近,这也引起了他们的兴趣,并对其微观形貌、光学、热学特性进行了系列的研究,最终发现了一些新奇的特性。

研究人员首先观察了长角甲虫前翅的微观结构,发现其前翅表面长满了绒毛,密度达每平方厘米 2.55 万根以上。前翅的颜色也可以有效地抵御褪色处理,展现出光子晶体的结构色特征。

他们又通过进一步的观察发现,每根绒毛都是由两个光滑面与一个粗糙面组成的三角形结构,粗糙面是宽度为 1 微米、高度为 0.18 微米的波紋型结构,与绒毛本身构成了多级粗糙结构。

在掌握了前翅表面的微观结构之后,周涵等人又对其光学性质与温度调节能力进行了研究。通过观察前翅在有绒毛情况下的反射情况发现,绒毛可以将光反射率提高 35 %以上。通过乙醇溶液的浸没实验则进一步确定了高反射率是得益于绒毛表面存在的多级微观结构。

时间—温度曲线也表明,表面绒毛具有显著的降温作用,在真空与空气中分别达到 3.2 摄氏度与 1.5 摄氏度的温度降幅。这种出色的温度控制能力,有利于昆虫在高温、阳光暴晒的环境中进行日常觅食活动。

“长角甲虫具有可见近红外高反射特性和中红外波段高发射特性,能有效地进行表面降温,使其具有耐热能力。”周涵补充道。

制备仿生薄膜

基于对长角甲虫前翅表面结构及温度控制能力的研究,研究者们力图制备出具有类似结构的仿生辐射降温薄膜。周涵告诉记者,仿生类似长角甲虫的结构,难点就在于精准制备微观结构以及实现大面积的制备。

在制备过程中,研究人员首先利用光刻法制备具有三角形结构的硅模板,然后再将含有有机硅与氧化铝微粒的前驱体溶液旋涂于模板表面,热聚合后分离得到表面为三角形的微结构薄膜。此种方法,可以实现薄膜的大尺度、宏量制备,并且具有一定的通用性,可实现氧化锌、氧化铝、氧化镁、二氧化钛等多种陶瓷颗粒的掺杂。

在得到了仿生薄膜后,研究人员又对其性能进行了测试,结果显示其在太阳光谱范围内的平均反射率约为

仿生薄膜贴一贴 被动制冷无能耗

■本报记者 李惠钰



长角甲虫前翅的形态特征

95%。薄膜实际制冷能力评估结果显示,在平均太阳强度约 862 瓦/平方米、湿度为 22.7%的条件下,仿生薄膜的平均温度降为 5.1 摄氏度,最大温度降为 7 摄氏度。

“我们在制备前对甲虫的微观结构进行了仿真模拟解析,对结构进行了改造优化,使得中红外发射率更高。”周涵表示,他们经过理论研究提炼出优化的仿生结构模型,揭示了其机理。在此基础上,通过效仿优化结构模型的仿生机理,使得仿生薄膜具有类似的功能。研究人员还通过结构优化,功能材料复合,使得仿生薄膜的光学、热学性能更优。

被动辐射制冷前景可期

据统计,我国建筑能耗约占全国总能耗的 35%,而制冷空调系统的能耗又占建筑能耗的 50%~60%左右。现有的制冷技术大都基于蒸汽压缩制冷,该技术需要消耗大量电力。因此,制冷技术已经成为能耗大户,技术亟须更新换代。

学习自然,制备特殊的表面结构,实现被动辐射制冷,无疑是一项极具前景的技术。仿生薄膜不仅可以自行冷却,还可以将周围环境与膜所覆盖的设备或热体的温度显著降低。

周涵表示,未来,仿生薄膜可以用于被动辐射冷却领域,无须外加电源,如建筑物降温、水系统冷却、荒漠治理、太阳能电池热管理等。此外,除了实现辐射制冷,这种仿生薄膜的柔韧性和疏水性也为其在各种可穿戴设备、个人电子设备以及车辆中的应用奠定了基础。

“未来要想大规模应用,还需要扩大生产规模和产品规格,并进一步降低成本。”周涵表示,这种被动辐射制冷的热调控技术无疑更加节能环保。这一工作也为后续基于高性能光子辐射器的辐射冷却技术的大规模生产铺平了道路。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1073/pnas.2001802117>

资讯

塑料包装新材料让“棉服”变“T 恤”

本报讯 近日,《中国科学报》获悉,中国石化所属北京化工研究院自主研发的双向拉伸聚乙烯(BOPE)专用料及薄膜产品,经鉴定各项性能指标达到世界领先水平,填补了国内空白。BOPE 薄膜可应用于大米真空包装、速冻食品包装、饮料透明软包装等多个领域,相对传统聚乙烯薄膜,能减少材料使用量 30%,让塑料包装由“棉服”变“T 恤”。

据介绍,BOPE 薄膜是通过特殊的双向拉伸工艺,将具有特殊分子结构设计 的聚乙烯树脂制成高性能的薄膜产品。与传统聚乙烯薄膜相比,



双向拉伸聚乙烯 BOPE 原料。徐子懿摄影