

折纸式手机/电脑要来了 飞丝走线“织就”超折叠导电材料

■本报记者 倪伟波

近年来,柔性电子尤其是可穿戴器件发展迅速。然而,当它们朝着便携、变形等方向进一步提速时,却遭遇导电材料无法大量无损真折叠的瓶颈。

实际上,目前热销的可折叠手机只是利用了一个旋转轴,根本无法进行任意折叠。一些可穿戴电子设备反复折叠的问题至今无法解决,研发超折叠导电材料成为破题的关键。

近日,同济大学、上海师范大学及大连理工大学的科研人员,在用化学键理论阐明本征导电材料不能经受大量真折叠原理的基础上,应用超材料设计思想和仿生设计思路,使用改进的静电纺丝/梯度碳化技术,首次仿生制备了一种可承受100万次乃至无限次真折叠而没有任何损伤的超折叠导电材料(SFCMs)。

相关研究成果日前在线发表于《物质》。

难啃的超折叠“骨头”

在日常工作和生活中,人们常常陷入误区,认为导电材料的折叠根本不是事儿。

实则不然。比如,金属材料是由无方向性的金属键组成,因而具有一定的柔韧性,可以进行弯曲甚至少量折叠。但金属键作为化学键的一种,也是短程力,经不住180°真折叠的大幅度调弯,多次折叠带来的损伤积累最终会导致断裂。

导电高分子是由共轭π键组成的,具有双键性质,并且比单键具有更多刚性,经不住大的变形,更不用说反复折叠了。

记者了解到,以单层石墨烯、单根碳纳米管和碳纳米纤维为代表的碳材料通常被认为具有很好的柔性,但实际上石墨烯是由sp²杂化的大共轭π键构成的超薄平面结构,其中共轭π键具有双键性质,无法承受大量反复的真折叠;碳纳米管其实相当于卷曲的石墨烯,碳纳米纤维中含有大量的石墨化结构,自然经不住反复的真折叠。

总之,目前的本征导电材料在理论和实践上都不能承受多次真折叠。如果要实现超折叠性能,需要设计出能够避免化学键直接面对折叠的应力分散结构。



研究人员捕捉到超折叠碳实时折叠的微观结构变化和应力分散过程。

制备超折叠碳材料的仿生设计
同济大学供图

为此,科学家进行了大量探索,通过引入不同的孔结构、调节单元间的界面作用、组装不同的立体结构,制备出如金属网格、瓦楞状石墨烯多层膜、竹节状的碳纳米纤维等柔性进一步提升的导电材料。原本只能弯一弯的材料变得可以折叠,甚至有的材料在以结构损伤为代价的前提下可以实现千次折叠。

遗憾的是,由于没有理论指引,科研人员一直在黑暗中摸索,使得现有材料的折叠性能远远不能满足实际使用的要求,更谈不上超折叠。

山重水复疑无路,柳暗花明又一村。一次参观蚕厂让同济大学的科研人员备受启发,走出了一条实现超折叠结构和性能的“仿生之路”。

源于喷丝作茧的灵感

人类养蚕抽丝已有数千年历史,家蚕通过神奇的飞丝走线技艺喷丝作茧,为生产柔软的丝绸提供了优质的原材料。但是这种生蚕茧质地僵硬,不能直接制造纺织品。劳动人民在生产实践中发现,通过简单的碱煮缂丝就能同步实现蚕茧解交联、造孔和膨化等复杂变化,使

之由僵硬变得超柔,能够承受大量反复折叠,同时产生ε折叠结构。

“家蚕吐丝一作茧一缂丝等一系列过程能够获得具有超折叠能力的熟蚕茧及其自然形成的ε折叠结构。这些都为超折叠导电材料的制备提供了正确的设计思想与合理的设计路线。”论文通讯作者之一、同济大学化学科学与工程学院教授吴庆生告诉《中国科学报》。

如果能够对这个制备过程和最终结构进行模仿,就有可能实现超折叠的结构和性能。基于这样的想法,吴庆生和同济大学特聘研究员吴彤领衔的研究团队,使用仿生的高分子静电纺丝模仿家蚕的喷丝作茧过程和类似的网络结构;进一步通过梯度升温原位碳化模仿缂丝过程,不仅同时实现了材料的解交联、造孔和膨化,而且赋予材料导电特性。最终,通过过程和功能的联合仿生技术,实现了导电超折叠材料的制备。

随后,科研团队对该材料的柔性尤其是折叠性能进行了系统研究。他们利用自制的折叠机对其承受反复折叠的能力进行了考察,而且通过自主设计的SEM微观动态观察系统首次实现了折叠过程的实时解析。结果发现,它能够承受

超过100万次的反复折叠而没有任何的微观结构损伤和导电率变化。实时折叠观察则揭示了这种突破性的无损超折叠能力起源于折叠时形成的ε结构的全面应力分散作用。

这种导电柔性材料的问世,不仅实现了导电材料在超折叠性能上的突破,还弄清了其在折叠过程中的应力分散机制,为其他超折叠导电材料的制备指明了方向。与此同时,该项研究还将解决一系列与折叠相关的柔性电子器件的瓶颈问题,乃至为任意变形的电脑/手机一体化超柔设备的制造带来曙光。

创新永不止步

研究结果的取得令人振奋,但个中滋味只有亲历者才能体会。在研究过程中,研究人员也曾遇到很多困难,甚至一度冒出放弃的念头,但还是靠坚强的意志和团队的力量,经过3年多的刻苦攻坚,最终取得成功。

对于超折叠材料的研制而言,摆在科研团队面前的最大难题是无人知道什么样的构造可以实现超折叠。后来由于受到熟蚕茧能够超折叠并且产生ε结构的启发,科研人员明白了其中的构造奥秘,难题便迎刃而解。

如何实现这种构造的制备,是团队亟须解决的第二个难题。家蚕的喷丝作茧过程与常用的高分子静电纺丝工艺非常相似。但是现有的大量静电纺丝工作都没有实现超折叠。

“这说明生搬硬套老方法是完全行不通的,必须在传统的静电纺丝中闯出一条新路来。于是我们通过大量的仪器改造和技术优化探索,终于迎来了超折叠碳材料的诞生。”论文第一作者、同济大学博士曾广涛告诉《中国科学报》。

在科学探索的道路上,创新永无止境。“下一步,我们将会把这项工作建立的理论和方法拓展到更多更广的超折叠材料和设备中去。让可折叠手机等柔性电子设备变得收放自如,让可穿戴器件可以自身发电、自由活动、随意洗藏,让折纸式手机/电脑一体化早日实现。”吴庆生充满信心地表示。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.matt.2021.07.021>

应考「碳中和」专家献良策

■本报见习记者 田瑞颖

“碳达峰”“碳中和”是全球参与的世纪大考,我国应该如何“应考”,并考出理想“成绩”?多位院士专家对此建言献策。

“能源革命是‘双碳’大目标下的一环,我们早期的布局并不落后,新的大格局下要重新思考,范围还要扩大。”中国工程院院士、中国科学院大连化学物理研究所所长刘中民认为,“双碳”的实现首先要有顶层化的系统设计。

牵一发而动全身的复杂系统

中国工程院院士谢克昌表示,能源对社会、经济、生态、环境、气候、国家安全等主要维度都有重要影响。以能源为核心的系统,内部是相互关联、耦合的,是牵一发而动全身的复杂系统。

“如果不能准确把握能源和各个维度间的内在联系,决策时就会出现顾此失彼的现象,这也是能源发展中普遍存在的问题,双碳战略也是如此。”谢克昌表示。

在他看来,建立以能源为核心,并广泛关联经济、社会、气候、环境、科技政策等维度的开放性大数据体系,对于破解能源问题非常必要。

中国科学院院士、中国科学院地理科学与资源研究所研究员于贵瑞表示,“碳中和”在全球意义上是人类在社会发展自我修正的表达,同时还是人类在地球生物圈演变过程中的干预行为。

为此,他指出,在全球尺度上谈“碳中和”,需要理解“如何重塑自然与人类命运共同体”“如何通过人类全球规模的巨大生态工程调节环境”“我国应该怎么办”三大问题。

要以技术为王

中国科学院院士丁仲礼表示,对我国而言,“碳中和”是经济社会的系统性转型,不能仅仅依靠行政和资本的力量,一定要依靠技术的力量,建立一个完整、强大的技术支撑体系,“这是我们科技界重大的任务”。

中国工程院院士杜祥琬则表示,构建以新能源为主体的新型电力系统是走向“碳中和”的关键,对保障国家电力安全、能源

安全,实现“碳达峰”“碳中和”至关重要。

概括而言,这需要纵向的发、输、配、用和“源网荷储”协调规划,横向多能互补,发展多种类型的商业化储能技术,调动各种灵活性资源。“目的在于安全、可靠、灵活地供电,在极端情况下保证供电安全,在常态下确保经济社会正常运行。”杜祥琬说。

中国工程院院士汤广福指出,能源领域特别是电网领域的数字融合深度远远不够,人工智能的算法、大数据理论刚刚起步,仍有大量“卡脖子”技术等需要攻关,体制机制有待创新。

“绿色金融”大有可为

中金公司首席执行官黄朝晖表示,发展绿色金融,不仅可以优化资源配置,引导资本要素等向“碳中和”领域流动,助力产业转型,还能推动建立碳市场的管理体系和交易机制,促进碳市场加快形成。

中金公司首席经济学家、中金研究院执行院长彭文生认为,有3种手段可以促使经济主体增加清洁能源的使用。一是依靠技术进步降低清洁能源的使用成本;二是依靠碳定价增加化石能源的成本;三是依靠社会治理,如文化、制定绿色标准等非价格手段。

彭文生认为,依靠技术进步对经济是正面推动,将带来更多发展机遇。而依靠碳价格,对经济是负面拖累,会增加当前经济运行成本,但也能引导更多资源进入清洁能源领域。他认为,公共政策的干预是决定碳价格在多大程度上引导相关技术进步的关键。

给光伏上网设备装上「监视器」和「遥控器」

本报见习记者 李清波

日前,《钢铁行业烟气超低排放用煤质颗粒活性炭(T/CSE25-2021)团体标准面向社会发布。

煤质颗粒活性炭是一种活性吸附剂,又称“活性炭”,它与污染物之间的吸附、催化反应可以保证烟气污染物排放达到超低排放要求。

对于钢铁企业来说,烟气尾气主要污染物成分包括烟尘、二氧化硫、氮氧化物、VOCs(可挥发有机物)、二噁英等。目前,国内部分厂商采用活性炭干法一体化脱除烟气污染物技术,其中活性炭作为烟气处理的优质材料最具科技含量。

此次发布的团体标准由中国环境科学学会、中国科学院山西煤炭化学研究所(以下简称中科院山西煤化所)等单位共同起草,既兼顾了钢铁行业烟气的污染排放现状和政策要求,也考虑到活性炭产业现状及标准的先进性和实用性。

不过,严格的排放要求注定了活性炭的发展之路充满坎坷。

随着国家对环境保护的要求越来越高,各行业烟气尾气实施超低排放迫在眉睫,越来越多的钢铁企业也开始重视环保设施的研究与投入。

活性炭的研发发端于上世纪60年代的日欧等国。自上世纪80年代开始,我国钢铁企业就利用活性炭处理烟气尾气,当时很多企业都在进口活性炭时吃过“哑巴亏”,供销纠纷层出不穷,国外企业“独家供应”,议价困难、成本高昂,成为众多企业的难言之痛。活性炭成为一个“卡脖子”技术,但是随后多年,国内活性炭研究逐步发力,越来越多的国产活性炭可以代替进口产品,脱硫脱硝去除污染物的效能也逐渐超过国外水平。

中科院山西煤化所副研究员韩小金谈道,“欧美日等发达国家对氮氧化物排放要求远低于我国标准,活性炭的脱硝效率不到40%,它们的脱硝设备甚至可以白天开放,晚上休息。相比

活性焦有了“身份证” ——煤质颗粒活性炭团体标准出台记

■本报见习记者 李清波

之下,我国的环保政策要求高得多,活性焦技术研发大踏步前进,相关技术的脱硝效率可以达到90%以上,脱硫脱硝提高两倍以上,国外的活性焦也慢慢失去竞争力,我国一跃变成活性焦出口大国。”

除了脱硫脱硝的要求,钢厂烧结烟气含有的极强致癌性污染物——二噁英在全国所有行业中占比超过40%,比所有垃圾焚烧厂的排放量都高,也是极为棘手的污染物。正因为其复杂性,科学家专注于活性炭功能的深度开发,各类污染物也能得到全方位的治理。

目前,包括宝武集团、鞍钢、首钢、沙钢、河钢等在内的大型企业普遍采用的活性炭干法一体化脱除烟气中污染物的工艺及传热传质等工程基础问题上积累了丰富的经验,开发的炭基催化剂干法一体化脱除技术实现了工业应用。

“很多企业让我们推荐品牌,询问哪个产品好,我们作为国立科研机构,不能做一个推销者,必须保持公正立场。我们接受企业的委托,做一些活性焦的性能鉴定工作,针对品牌的评价从不公开表态,始终坚守着旁观者的身份。与其让大家来咨询,不如主动制定一个行业标准,让更多企业少走弯路。”黄张根介绍道。

制定标准时,黄张根团队不仅要考虑国家的政策要求、国内活性焦厂商的技术条件,还要考虑我国煤炭原产地的资源禀赋。以活性焦一个重要指标灰分来说,灰分的高低和原材料的品质有着直接关系。

“不能将灰分的标准提升太多,因为灰分来源于优质煤,它是不可再生资源,不鼓励开采。每一个指标都经过了反复严格测试,各项性能和指标完成了活性焦的身份验证。”黄张根说。

日前,《钢铁行业烟气超低排放用煤质颗粒活性炭》正式发布实施。“我们认为标准的最大价值就是有效利用,不能束之高阁,下一步宣传推广标准的工作是重中之重。”黄张根说。

活性焦的极简书

随着国家对环境保护的要求越来越高,各行业烟气尾气实施超低排放迫在眉睫,越来越多的钢铁企业也开始重视环保设施的研究与投入。

活性炭的研发发端于上世纪60年代的日欧等国。自上世纪80年代开始,我国钢铁企业就利用活性炭处理烟气尾气,当时很多企业都在进口活性炭时吃过“哑巴亏”,供销纠纷层出不穷,国外企业“独家供应”,议价困难、成本高昂,成为众多企业的难言之痛。活性炭成为一个“卡脖子”技术,但是随后多年,国内活性炭研究逐步发力,越来越多的国产活性炭可以代替进口产品,脱硫脱硝去除污染物的效能也逐渐超过国外水平。

中科院山西煤化所副研究员韩小金谈道,“欧美日等发达国家对氮氧化物排放要求远低于我国标准,活性炭的脱硝效率不到40%,它们的脱硝设备甚至可以白天开放,晚上休息。相比

活性焦的极简书

随着国家对环境保护的要求越来越高,各行业烟气尾气实施超低排放迫在眉睫,越来越多的钢铁企业也开始重视环保设施的研究与投入。

活性炭的研发发端于上世纪60年代的日欧等国。自上世纪80年代开始,我国钢铁企业就利用活性炭处理烟气尾气,当时很多企业都在进口活性炭时吃过“哑巴亏”,供销纠纷层出不穷,国外企业“独家供应”,议价困难、成本高昂,成为众多企业的难言之痛。活性炭成为一个“卡脖子”技术,但是随后多年,国内活性炭研究逐步发力,越来越多的国产活性炭可以代替进口产品,脱硫脱硝去除污染物的效能也逐渐超过国外水平。

中科院山西煤化所副研究员韩小金谈道,“欧美日等发达国家对氮氧化物排放要求远低于我国标准,活性炭的脱硝效率不到40%,它们的脱硝设备甚至可以白天开放,晚上休息。相比

深入展开,相关行业的排放标准不断提高,迫切需要一套可参照的更权威团体标准,让钢厂选购品质合格的活性焦,实现烟气污染物合规排放。

做负责任的行业旁观者

自上世纪90年代开始,中科院山西煤化所就在研究员刘振宇的带动下,开始了烟气尾气脱硫脱硝的研究,这是该方向国内最早的科研团队之一。经过数十年科学理论积累,中科院山西煤化所研究员黄张根带领课题组继续在这个研究领域深耕,在多项国家级科研任务的支持下,一直从事烟气污染物干法一体化处理技术的工艺及传热传质等工程基础问题上积累了丰富的经验,开发的炭基催化剂干法一体化脱除技术实现了工业应用。

“很多企业让我们推荐品牌,询问哪个产品好,我们作为国立科研机构,不能做一个推销者,必须保持公正立场。我们接受企业的委托,做一些活性焦的性能鉴定工作,针对品牌的评价从不公开表态,始终坚守着旁观者的身份。与其让大家来咨询,不如主动制定一个行业标准,让更多企业少走弯路。”黄张根介绍道。

制定标准时,黄张根团队不仅要考虑国家的政策要求、国内活性焦厂商的技术条件,还要考虑我国煤炭原产地的资源禀赋。以活性焦一个重要指标灰分来说,灰分的高低和原材料的品质有着直接关系。

“不能将灰分的标准提升太多,因为灰分来源于优质煤,它是不可再生资源,不鼓励开采。每一个指标都经过了反复严格测试,各项性能和指标完成了活性焦的身份验证。”黄张根说。

日前,《钢铁行业烟气超低排放用煤质颗粒活性炭》正式发布实施。“我们认为标准的最大价值就是有效利用,不能束之高阁,下一步宣传推广标准的工作是重中之重。”黄张根说。

再严一点 再进一步

随着国家对环境保护的要求越来越高,各行业烟气尾气实施超低排放迫在眉睫,越来越多的钢铁企业也开始重视环保设施的研究与投入。

活性炭的研发发端于上世纪60年代的日欧等国。自上世纪80年代开始,我国钢铁企业就利用活性炭处理烟气尾气,当时很多企业都在进口活性炭时吃过“哑巴亏”,供销纠纷层出不穷,国外企业“独家供应”,议价困难、成本高昂,成为众多企业的难言之痛。活性炭成为一个“卡脖子”技术,但是随后多年,国内活性炭研究逐步发力,越来越多的国产活性炭可以代替进口产品,脱硫脱硝去除污染物的效能也逐渐超过国外水平。

中科院山西煤化所副研究员韩小金谈道,“欧美日等发达国家对氮氧化物排放要求远低于我国标准,活性炭的脱硝效率不到40%,它们的脱硝设备甚至可以白天开放,晚上休息。相比

资讯

兆瓦级质子交换膜水电解制氢系统成功运行

本报见习记者 李清波

近日,中国科学院大连化学物理研究所研制的兆瓦级质子交换膜(PEM)水电解制氢系统,在国家电网安徽公司氢综合利用站实现满功率运行。经国家电网安徽公司组织的专家现场测试,该系统额定产氢220标立方米每小时,峰值产氢达到275标立方米每小时。

PEM水电解技术具有能低、电流密度大、产气压力高、设备占地面积小、抗波动性强等技术优势,是国际上可再生资源绿色制氢技术的重要发展方向。中科院大连化学物理研究所自上世纪90年代以来开展PEM水电解制氢的研发,逐步形成了PEM水电解制氢自主知识产权体系,开发了数代PEM制氢电解槽及系统,并通过普通技术许可等方式推进成果转化和应用。

兆瓦级PEM水电解制氢系统



兆瓦级质子交换膜(PEM)水电解制氢系统。
中科院大连化学物理研究所供图

的成功运行,标志着中科院大连化学物理研究所承担的国家电网安徽公司氢综合利用站科技示范项目取得阶段性成果。该兆瓦级制氢系统与正在建设的兆瓦级燃料电池发电系统,为大规模绿色氢能综合利用新模式的示范奠定了技术基础。

(卜叶)

国产高等级绝缘新材料首次实现工业化示范应用

本报见习记者 李清波

110千伏电缆绝缘材料及电缆制品

中国石化供图

使用寿命,能够满足电压等级为110千伏的高压电缆对绝缘材料的性能要求。

目前,燕山石化高等级电缆绝缘料年产能达2.5万吨,已与20余家大中型电缆厂建立合作关系。据悉,下一步,燕山石化将继续研发220千伏、500千伏等更高等级的电缆绝缘料,进一步推进我国高等级电缆绝缘料国产化进程。

(计红梅)



110千伏电缆绝缘材料及电缆制品
中国石化供图