

这种智能材料 助衣服颜色实现“七十二变”

走近智能纺织材料②

◎本报记者 陈曦

在自然界中,有很多可根据环境而改变颜色的动植物“伪装高手”。人们在惊叹世界真奇妙的同时,也积极在自然界中汲取灵感,努力开发

具有“变色”功能的材料。

与大多数处于研发阶段的变色材料不同,智能变色纺织材料目前应用前景最为广泛,且部分材料已经产业化并出现在日常生活中。天津工业大学纺织科学与工程学院教授马晓光表示,智能变色纺织材料具有独特的智能可逆变色特性,在保持纺织制品基础功能的同时,将功能、时尚等融为一体,深受市场青睐。

机敏变色材料是纺织品“善变”的奥秘

“顾名思义,智能变色纺织材料(变色纤维/织物)是一种能对外界环境因素的变化作出响应的智能纺织品。”马晓光介绍,将变色材料添加到纺织材料上,纺织材料的颜色会在受到光源、温度等外界环境因素刺激后,发生可逆性变化,从而营造出绚丽多彩的视觉效果。

智能变色纺织材料之所以能像“变色龙”一样善变,其奥秘主要来自于机敏变色材料。外界环境因素的变化,诱导变色材料的分子结构产生重排、开环闭环、互变异构等变化,导致分子结构中的共轭体系发生改变,从而在表现上使材料变换颜色。因机敏变色材料不同,智能变色纺织材料主要分为光致变色纺织材料和热致变色纺织材料。

不过,研发制备智能变色纺织材料并不是把机敏变色材料和纺织材料做个简单的1+1=2的

加法,将机敏变色材料与纺织材料结合的方法,有夹层法、浸渍法、涂层法、交联法、微胶囊法、填充纤维法、纤维接枝法、成纤法等多种技术路线及相应的加工工艺。

“纺织品的可逆变色特性取决于机敏变色材料的变色性能。而机敏变色材料的性能又与技术路线的选择和加工工艺的水平有关。”马晓光表示,目前这几类结合方式各有利弊。比如浸渍法是将织物浸渍在由机敏材料制成的分散液中,使机敏材料吸附在织物上。这种方法虽然简单易操作,但产品牢度较差、不耐洗,一般仅供一次性使用;填充纤维法是将机敏材料填充到中空纤维之中,再纺织制成智能织物。这种制备方法可保持较高的智能变色效果,但填充工艺复杂、成本高,给实际生产带来一定困难。

可在多个应用领域“一展身手”

早在Alexander Wang 2014秋冬系列中,设计师王大仁就将热致变色油墨应用到面料上,结合多种油墨拼色的方法使得面料呈现出由黑色向彩色转变的可逆效果,同时再结合激光切割、编织等手段,使作品成功吸引了观众们的目光。

“目前智能变色纺织品的应用领域非常广阔。比如在时装界,特别是近些年,越来越多的国际时装周开始尝试将热致变色材料应用于成衣设计中,将智能变色与服装设计相结合。”马晓光介绍。

“在一般的民用服装领域,我们将智能变色服装同传感器件相结合还能达到情感表达、健康监测等目的。”马晓光举例说,比如设计成可监测耐力及运动员皮肤温度的运动衣,就可

大范围产业化尚面临掣肘

“随着科学技术的发展,成本低、性能优异的机敏变色材料相继被研发出来,有些已实现产业化,促进了机敏变色材料产业链的形成,这对变色智能纺织材料的研发有着极大的推动作用。”马晓光介绍,目前我国已逐步完善相关加工技术,和英国、美国以及日本一起成为少数几个能够生产变色智能纺织材料的国家。

“总体来看,智能变色纺织品在国内外还处于研发推广之中。由于机敏变色材料种类及应

以通过衣服颜色的变化实时掌握运动员的身体疲劳程度。

此外,变色材料在疾病诊断等方面的应用也引起了人们极大兴趣。比如人体各部位温度是疾病诊断的重要依据,科学家采用液晶类热致变色材料,设计出可对人体温度进行灵敏监测的纺织贴片,用于感染和血液循环变化等的早期检测。

“进入21世纪,具有热致变色功能的纺织材料还越来越多地应用于航空航天、军工等领域。同时在开发相关变色产业用布、装饰材料、防护服装等方面也取得了很好的经济效益和社会效益。”马晓光十分看好智能变色纺织品的应用前景。

用技术的限制,大范围产业化还需时日。”马晓光解释,可以产生变色效果的材料有很多种,但适用于纺织基体材料、并可用于制备智能可逆变色纺织品的机敏变色材料,需要变色光谱宽、反应灵敏、具有可逆的快速响应速率;变色体系稳定且不损伤纺织基体;环保、成本低等,因此可供选择的余地很小。

另外,目前的变色材料普遍存在颜色变化范围窄的缺陷,大多在同一冷暖色调内变化,例如

以废治废,赤泥+秸秆化身印染废水处理利器

◎本报记者 吴长锋

记者9月20日从中国科学院合肥物质科学研究院获悉,该院研究员吴正岩和张嘉团队,利用固体废物赤泥和玉米秸秆研制出一种新型功能化生物炭,并将其应用于酸性印染废水的治理工作。相关成果已被环境科学与工程领域核心期刊《清洁生产杂志》接收发表。

印染废水是加工棉、麻、化学纤维及其混纺产品为主的印染厂排出的废水。每印染加工1吨纺织品耗水100—200吨,其中80%—90%的水会成为废水。纺织印染废水具有水量大、有机污染物含量高、碱性大、水质变化大等特点,属于难处理的工业废水之一。

用热解法将两种固体废物制成功能材料

“这完全是课题组的一个突发奇想,把碱性废物和酸性污染物放在一起,既去除了污染,又中和了二者的酸碱性。”兼任安徽省环境毒理与污染控制技术重点实验室副主任的吴正岩告诉记者。吴正岩向记者解释道,赤泥是铝冶炼工业

产生的一种碱性工业固体废物;玉米秸秆是一种农业固体废物,课题组将二者混合热解,制备出一种新型功能生物炭复合材料。研究发现,玉米秸秆上产生的多孔结构,使功能生物炭复合材料具有去除酸性印染废水中染料的能力。

中产生的一种碱性工业固体废物。据统计,我国赤泥年产量约8000吨,全球库存赤泥超过20亿吨。赤泥大多被堆积存储在铝土矿废渣处置基地中,造成大量土地资源浪费,对周边的土壤



图为曾在上海世博园外南京路步行街红唐艺术中心亮相,由法国设计师设计的服装。该衣服使用了智能变色材料,人们一碰它就会自动变色。
视觉中国供图

纺织材料之所以能像“变色龙”一样善变,其奥秘主要来自于机敏变色材料。外界环境因素的变化,诱导变色材料的分子结构产生重排、开环闭环、互变异构等作用,导致分子结构中的共轭体系发生变化,从而在表现上使材料的颜色发生改变。

从草绿(冷色调)到紫蓝色(冷色调);或是在同类色区域内颜色深度发生变化,例如从深蓝色到浅蓝色等。

“变色色谱能够跨越色调、超出同类色的变色材料很少,而性能优良最终可实际应用的更是罕见。”马晓光认为,颜色变化单一、色谱短缺,极大限制了机敏变色材料的应用及智能变色纺织品的发展。

因此对于新型变色材料的研发,获得一个全面扩展的变色色谱是非常重要的课题,也是研发广域色谱可逆智能变色纺织品所亟待解决的关键性问题。

未来发展需精准设计变色性能

“随着对各类智能纺织材料不断深入的研究,多功能融合的智能变色纺织材料必然是未来的发展方向。”马晓光举例说,通过将导电织物的电阻加热性能和热致变色材料的变色性能相结合,可解决热致变色织物颜色被动变化的问题,还可通过对发热织物温度的精确控制,结合热致变色材料的色彩叠加,实现热致变色织物多种颜色的变化;而光热变色织物,则是利用日光响应型加热层在太阳光照射下的光热转换性能,来实现颜色的调节。

在不同应用领域,产品对变色性能的需求不同。为了进一步开发智能变色纺织材料,需要有针对性地对比变色纺织材料的变色性能进行设计。例如针对不同的应用场景,研发出多样变色效果的服装,将其与人们日常生活中的各种服饰相结合,这样的产品不仅能够满足大众的需求,还具有广阔的市场前景。

“智能变色纺织品作为高附加值产品,它的发展符合《纺织工业‘十四五’发展规划》中‘加快高功能纺织消费产品、智能纤维及制品等先进纺织制品关键技术的突破’的要求。”马晓光认为,虽然市场前景很好,但是只有在把握好纺织品的安全性、环保性和耐用性的前提下,兼顾款式设计、色彩变换、面料选择以及舒适性和卫生性等,才能更好地提高智能变色纺织品的市场竞争力。

和水体也会形成一定的危害。而玉米秸秆也是一种农业固体废物,具有量大价廉的特点。

“针对这两种常见的固体废物,我们课题组采用二者混合热解的方法,制备出一种新型功能生物炭复合材料,并将其应用于酸性印染废水的处理。”吴正岩表示,制备过程中的热解温度“很关键”。“课题组在实验室里对其结构转变机理进行了研究,充分表征了不同热解温度下功能复合材料制备过程中形貌和组成的变化,以及热解过程中气态产物的变化。”吴正岩说,通过研究发现,在玉米秸秆上产生的多孔结构,使功能生物炭复合材料具有去除水中染料的能力。此外,在约700℃的赤泥中,碳酸钙分解生成了氧化钙,这就表明功能生物炭复合材料可用于中和酸性废水。

实现废物回收与废水处理双赢

“通过进一步的研究,我们确认了功能生物炭复合材料在处理酸性染料废水中表现出了良好的性能。”吴正岩说,此外,这种功能生物炭复合材料还具有磁性,这是因为在高温热解条件下,玉米秸秆产生的还原性气体将赤泥中的铁氧化物还原为带有磁性的单质铁。

“我们把这种功能生物炭复合材料简称为生物炭。”吴正岩说,生物炭不但可吸附印染废水中的染料,同时由于其本身具有磁性,使用完毕后可进行磁回收,避免了对环境的二次污染。此外,该材料还有较强的碱性,在处理酸性印染废水的过程中,既可中和废水的酸性,又可消除材料本身的碱性。

吴正岩表示,热解法制备生物炭的操作过程简单、成本低廉,只需一步就可以直接完成。而且制备时间短,主体材料制备过程仅为3个小时左右。“我们的制备方法所用的设备也很简单、成本不高,中间仅需要极少的人力成本投入。由于我们的原料来源是固体废物,原料成本仅仅为材料的运输成本,所以整体成本仅为2500—3500元/吨。”

“与其他的酸性染料废水处理方式相比,我们使用固体废物制备的生物炭能保证废水处理效果,并且将固体废物变废为宝,既解决了其堆放导致的环境问题,又创造了一定的经济收益,实现了固体废物回收与酸性染料废水处理的双赢。”吴正岩说。

“未来,我们将对该生物炭集中进行两个方向的探索:一是探索该材料更加广阔的应用场景。二是对处理后的废旧污泥进行开发与利用。”吴正岩说。

重大突破

构建纳米发光材料有了新思路

科技日报(记者李丽云)记者9月20日从黑龙江大学获悉,该校许辉教授和新加坡国立大学刘小钢教授所带领的研究团队,在纳米发光材料领域取得重要突破:他们首次证明了配体对纳米粒子发光性质的长距离(约5纳米)调控作用,并揭示了基于配位场作用的纳米粒子表面电子态重构机制,为基于配体的杂化纳米发光材料的构建提供了全新思路。相关成果发表在国际顶尖期刊《自然·光子学》上。

据许辉介绍,超小稀土掺杂纳米发光颗粒具有发光色纯度高、谱带多、范围广、稳定性高等优点,在超分辨显示、远程诊疗、生物标记等领域有非常重要的应用。但小尺寸纳米颗粒常会遭受严重的表面猝灭作用,限制了这类材料在低浓度和高分辨率环境下的应用。通常认为,颗粒表面的有机配体可以通过物理阻隔的方式抑制表面猝灭。但这种认识大大限制了从配体功能化的角度发展具有优异发光性能的复合纳米光学体系。因此,对此类纳米材料表面猝灭机制的研究具有极为重要的理论意义。

该团队发现,通过具有特殊配位模式的有机配体,可在纳米颗粒表面形成长程场作用,从而激活表面猝灭的发光离子,优化纳米颗粒中的能量传递过程,从而大幅度增强转换发光。这一效应可将10纳米尺寸内的纳米颗粒发光强度增加3000余倍。这一结果表明,配体对纳米颗粒表面电子态具有显著的调控作用,颠覆了只考虑配体物理阻隔作用的传统认识,形成了对配体作用局部与整体相结合的全面理解,为超小纳米颗粒在生物、显示、防伪和探测等诸多重要领域的应用奠定了理论基础。

天大团队

将电池废料制成高效催化剂

科技日报(记者陈曦 通讯员张华)锂离子电池由于其高能量和高功率密度,已成为便携式电子产品和电动汽车的主流电源。随着锂离子电池产品的普及,未来将不可避免地会出现大量的废旧电池,必将对社会的可持续发展造成严重的压力。记者9月20日从天津大学获悉,该校材料科学与工程学院教授胡文彬、陈亚楠团队,利用浸渍法结合电化学原位转化,将废旧电池正极材料中的磷酸铁锂,转变成高效的析氧反应电催化剂。相关成果近日发表在《中国科学材料》上。

废旧电池正极材料中含有的铁元素是重要的金属矿产资源,并作为多种催化剂的主要成分广泛应用于工业催化领域。受此启发,团队尝试通过合理设计将废弃电池中的磷酸铁锂材料转化为高活性的纳米催化剂。他们通过引入镍元素,激活了电池废料中的惰性铁元素,从而获得了高活性镍铁基纳米片催化剂。

在催化反应过程中,近球形微米磷酸铁锂颗粒会自发转化为超薄纳米片,这一结构变化产生了大量开放空间,从而大大加快了催化反应过程。另一方面,镍和铁之间的协同作用还降低了电催化反应所需要的能量,进而提高了其催化活性。胡文彬介绍,“用此方法获得的镍铁基纳米片催化剂,克服了废弃电池中磷酸铁锂材料颗粒尺寸大、比表面积小、活性差等问题,在催化性能测试中表现出了与其他贵金属催化剂相媲美的优异催化活性和稳定性。”

作为一种绿色且通用的方法,该研究有望实现用低成本的电池废料替代价格昂贵的贵金属催化剂。该方法具有材料损耗低、生产周期短、产率高、可放大等特点,具有很高的工业价值,成本优势和市场潜力。废旧电池材料的低成本高效回收利用也将为我国节能减排以及碳中和作出贡献。

我国选择性分离膜精密构筑

取得新进展

科技日报(记者吴长锋)记者9月19日从中国科学技术大学获悉,该校徐铜文教授团队构筑了一种亚2纳米共价有机框架(COFs)膜,该膜表现出较高的一价阳离子渗透速率和极低的二价阳离子透过率,实现了高效的离子传输与分离。相关成果日前发表在国际著名期刊《先进材料》上。

针对节能减排和传统产业转型升级等国家重大需求,离子分离技术的发展对于化学工业可持续性具有重要意义。目前,国内一价/二价离子选择性分离膜仍处于实验试制阶段,还没有真正实现规模化批量制备,而日本等发达国家一直在这方面对中国进行技术封锁和价格垄断。

自2011年开始,徐铜文教授团队在一价/二价离子选择性分离膜开发、传质机理研究和分离应用等方向开展了深入研究,构筑了具有自主知识产权的产品体系,为选择性分离膜的规模化制备和产业化积累了丰富的经验。

为了进一步研究亚2纳米通道壁面化学环境对于离子传质与分离性能的影响,团队通过界面生长策略构筑出一维垂直通道的超薄COFs膜,利用氮气和空气氛围中的升温红外表征,证明了通道内氢键位点能与水分子形成氢键。构筑的COFs膜表现出较高的一价阳离子渗透速率和极低的二价阳离子透过率,实现了高效离子选择性。

该研究成果表明,构建具有丰富氢键位点的COFs多孔膜,在保持离子渗透速率的同时,能显著提高离子选择性,不但为离子在亚2纳米受限空间中的传输机制提供了理论基础,同时也为聚合物基离子选择性分离膜的结构设计与调控提供了理论指导。

据悉,在系列研究成果的基础上,研究团队开发出具有自主知识产权的高性能离子选择性分离膜一次性成型制备工艺,已实现一价/二价离子选择性分离膜中试膜产品制备,在系列典型混合离子体系均展现优异的分