

中国科学院 2015 年先进工作者系列报道③

宋延林研究团队的主页上有一个座右铭:From "Impossible" to "I'm possible"(从不可能到可能)。他的团队有三句鼓舞士气的话:要解决问题,不要解释问题;要创造机会,不要等待机会;要压倒一切困难,不被任何困难压倒。

宋延林:
“绿色印刷”技术创造未来

■本报记者 韩天琪

►►宋延林,1989年毕业于郑州大学;1996年获北京大学理学博士学位;1996-1998年于清华大学化学系进行博士后研究。1998年至今,历任中国科学院化学研究所有机固体重点实验室副研究员、研究员、博士生导师,新材料实验室主任。现任中国科学院化学研究所中国科学院绿色印刷重点实验室主任,研究员、博士生导师。他从纳米材料的创新研究成果出发,主持开发了一条非感光、无污染、低成本的绿色印刷制版技术路线,进而形成包括绿色制版、绿色版基和绿色油墨在内的系统的绿色印刷产业链技术,并推动绿色印刷技术在印刷电子等领域的应用;获授权中国发明专利70余项,美、日、韩和欧盟等发明专利14项,形成了较为系统的自主知识产权,并与企业合作,推动绿色印刷产业链的形成和发展。



宋延林给人的印象是典型的学者模样,中等个儿,戴着眼镜,显得文质彬彬,十分儒雅,然而他却是一位产、学、研相结合的成功者。就在不久前,他获得了中国科学院2015年先进工作者称号。

从基础研究到产业应用

宋延林所在的中国科学院化学研究所是以基础研究为主,有重点地开展国家急需的、有重大战略目标的高新技术创新研究,并与高新技术应用和转化工作相协调发展的多学科、综合性研究所。在这样一个基础研究所中,宋延林却以“绿色印刷”的实用技术为人所熟悉和称道。

“我和我的团队的工作也是从基础研究出发的。与其他基础学科科研人员不一样的是,我们结合基础研究方面的工作,从事了印刷技术的研究和产业化,而且在后两个阶段下了一些功夫。”宋延林在接受《中国科学报》记者采访时表示,他和他的团队之所以引起了中科院、社会公众甚至国家的关注,源于他们建立了一个不同于主流印刷的新技术体系。“在世界近代科技史上,由中国人主导的技术体系太少了。”宋延林感慨。

中国现行科研体制下,一般的研究路径将基础研究和应用研究分得很开。但宋延林的研究领域却努力将两者结合起来,形成链条式研发。“我最早做基础研究工作时偏重信息存储方向,研究信息如何从模糊的表达式到数字化的表达。有了这样的基础,后来接触到印刷和打

印时就发现道理是相通的。对印刷品来讲,有文字的地方就是‘1’,空白的地方就是‘0’,关键问题是怎样在印刷品上实现‘0’和‘1’的区别,这里就涉及到整个印刷技术的发展过程。”宋延林说。

“化学所是以基础研究为主的研究所,我们团队主要的精力也在基础研究方面,我们课题组发表了200多篇研究论文,其中有30多篇论文作为封面论文发表,并得到了很多关注和研究亮点报道。”宋延林解释道,他现在从事的基础研究问题很多都是从产业化过程中归纳出的问题,在解决这些问题的同时也推动基础研究的发展,可以说是“从实践中来,到实践中去”。其中的很多问题既是国际上的技术难题,也是科学难题。

2002-2004年,宋延林在中国科学院高技术局材料能源化工处两年的工作经历让他对应用研究和产业化的紧迫性有了更加直观的感受:“因为实验室研究和企业需求关联度不高。我国产业发展过程中有很多技术难题,其解决方案是引进国外的生产线,买国外的技术。我国的很多基础研究对产业的发展了解很少,对市场了解更少,而我们通常所说的应用研究又很多是比较局部、零散、滞后的,技术含量不够高。总体来说,仿制的东西比较多,独立的创新比较少。”

宋延林认为,科技本来应该起到引领经济社会发展的作用,而现实中基础研究和应用研究的关系就好像是一个跑得远了,另一个在后边追,脱节的情况比较严重。“在院机关工作的两年对我的触动很大。一方面国家、社会和公众对中科院都有很高的

期望,也能尊重和理解中科院在基础研究上为国争光,但同时也希望科技的发展能对经济发展有实实在在的作用。”宋延林坦言,2004年后,他开始关注解决实际问题的发展方向,“不过这种解决实际问题不能是简单的‘配方’型研发,中科院要在重要产业发挥战略性和前瞻性的先导和引领作用。”

此后,让宋延林念念不忘的是怎样把基础研究和产业的变革联系起来。“国际上普遍认为为中国制造还是建立在牺牲资源、环境,利用廉价劳动力的基础之上,这两个因素目前都面临着可持续发展的挑战。与产业发展紧密结合才能使科技真正带动经济增长方式的转变。”

解决科学和技术难题

宋延林告诉《中国科学报》记者,制版技术从原理上讲经历了两个大的阶段,一是基于物理凹凸结构形成图文和空白的物理成像阶段;二是以汉字激光照排为代表的化学成像阶段。后者的贡献在于把感光化学和感光成像技术应用到印刷技术上。“这个过程相比铅字排版是一个革命性的变化,但利用感光成像原理,其生产运输等等都需要避免光操作,造成感光废液的排放,另外80%以上的感光层是被腐蚀掉的,所以会造成大量的材料浪费。”

宋延林的团队尝试在亲水的版材上打出亲油的图案,靠表面能的反差别图文区和空白区。“这样就可以直接印刷了,我们利用的正是材料表面能差异的成像原理。”这一技术申请了一系列专利,是目前最环保的印刷技术。

据宋延林介绍,这里纳米技术起到了关键作用。“普通墨打印会有图像边缘模糊现象,我们就靠纳米材料增强其亲水性和亲油性的反差,还利用纳米颗粒复合增强耐印力。这就涉及到很多具体的基础研究问题。”

一项新技术从研发到应用通常要经过很长的发展时期。由于这是一项全新的技术体系,不仅是新材料问题,甚至设备、软件都需要自己解决。这对宋延林和他的团队来说是一个不小的挑战。“从一个原理和想法出发,真正把它变为一个产业技术,不是只做自己熟悉的领域就行,这是一个全链条的过程。”

现在,宋延林及其研究团队的研究主要围绕纳米材料和印刷技术的结合问题。提出印刷技术发展的“四化”:绿色化、功能化、立体化和器件化。印刷产业链有三个大的环节会产生污染的排放,一是感光冲洗废液排放,二是印刷版材铝板的电解氧化是一个高耗能高污染的过程,三是油墨中的溶剂会污染环境。“到目前为止,我们形成了全世界最环保的绿色印刷产业链技术:不用感光冲洗制版,不用电解氧化的铝板做版基,利用水性墨,整个印刷产业中所有环节的环保要求我们都努力从源头予以解决,这也涉及很多国际科研前沿中非常基础的工作。”

宋延林强调,原来的很多制造技术都是减法原理,而新的绿色技术是做加法,没有浪费,所以不产生污染。在怀柔产业基地,利用各种纳米材料和油墨,众多的书籍、期刊,以及地铁票、APEC会议的门票等等被印刷出来。“而且我们把绿色印刷的技术推广到别的领域,比如在建材中,玻璃陶瓷上直接打印出图案,就不

用原来的高温烧结技术,能耗大大降低。”宋延林表示,印刷的视野应该拓宽,不仅仅是原来的印书印报,“纸张”和“墨”的概念可以拓展到很多领域。

传统印刷业目前正面临着两个大的挑战:一是电子阅读导致印刷读物销量下降,二是环境的巨大压力。通过绿色印刷,不仅可以大大拓宽可印刷物的范围,还可以降低印刷全过程的污染。可以说是印刷业的一场革命。

把不可能变为可能

宋延林研究团队的主页上有一个座右铭:From "Impossible" to "I'm possible"(从不可能到可能)。宋延林认为,这正是他的团队能提出和发展一种新技术的动力。“任何一项新技术的发明要经过三个阶段,一是别人没想到的时候你想了,二是别人想到没去做而你去了,三是很多人做的过程当中遇到困难就放弃了,而你没有放弃。”

宋延林对他自己和团队的要求就是一定要有这样的自信,别人都认为是不可能的事,只要原理可行,敢于创新、能够坚持,就有希望把不可能变成可能。

“从技术上来讲,走一条别人没走过的路,首先你自己要有强大的内心。当我们遇到软件和设备的研制困难时,我们也曾怀疑过这条路会不会走不通?”宋延林说,他的团队有三句鼓舞士气的话:要解决问题,不要解释问题;要创造机会,不要等待机会;要压倒一切困难,不被任何困难压倒。“要做变革性的技术一定要有这样的决心。”宋延林总结道。

转化

溢油『拖把』实现产业化

■本报记者 王晨菲 黄辛

石油污染成为海洋污染的主要类型之一,溢油则是石油进入海洋的主要方式。溢油在海面形成油膜,阻止空气中的氧气进入海水中,造成海洋生物缺氧死亡;溢油的轻质组分挥发,对大气造成污染;比重较大的成分如沥青等,则会沉到海底,几乎不可能清除掉。如何对溢油事故进行有效的预防和处理成为治理海洋污染的关键所在,然而这是一项很困难的工作。

记者近日从中国科学院宁波材料技术与工程研究所获悉,该所已经研制出国内首条日产2500平方米连续式亲油疏水材料生产线,并在上海仪耐新材料科技有限公司进行规模化生产。这标志着该所海洋功能材料研发团队研发的高性能亲油疏水溢油应急材料实现产业化。

神奇的高分子刷

随着海洋经济发展,海洋运输、开采过程中的石油泄漏等突发事件发生频率越来越高。同时,货轮靠岸时压舱水、洗舱水、机舱污水的排放也会导致大量含油废水产生。

传统的溢油应急清理方法主要包括围油栏、撇油器机械法回收、溢油分散剂、微生物等。这些方法存在诸多缺点:吸附材料吸油的同时也吸水,油的回收较为困难;对油污处理速度较慢,效率较低;残留的薄油层分散到水里,形成乳化油,严重危害海洋生物。

为解决这些问题,实现高效、快速的溢油应急处理,中科院宁波材料所海洋功能材料研发团队曾志翔、王刚等研究人员,从2012年开始从事海洋油污处理、油水分离材料与装备研究,研制了一系列亲油疏水材料,并基于这些材料开发新型智能溢油应急装置。

“通过对材料的孔径控制、结构设计及表面能调控,分别实现对水上原油、重油、轻油、柴油、汽油、有机化学液体及水下有机化学液体等的高效吸附与回收。”曾志翔介绍。

研究人员采用的是一种叫作“高分子刷”的技术。这是一种化学的方法,是一种附着在基材表面的高度伸展的单分子层结构材料,而刷子的“毛”由无数几十到几百纳米的大小分子组成。

“虽然是属于化学方法,但生产过程中没有废水废气排放,不仅环保而且工艺步骤少、

成本低。”曾志翔他们制作吸附材料时,先通过发泡技术设计具有不同孔结构及表面活性基团的海绵材料,再放到溶液浸渍,挤压烘干后即制作完成。

这块海绵可不是普通的海绵,它是一种高强度、可重复使用的亲油疏水三维多孔弹性高分子材料。其通过在多孔材料表面接枝具有油水响应特征的长链烷烃分子刷,利用这种长链分子刷在水中收缩及油中伸展的特性,实现超疏水和高效吸油。这种材料能够吸附自重23倍以上的原油,保油率达93%,可重复使用1000次以上,不仅可用于水上浮油的吸附,且可实现水下高密度有机污染液体的吸附。

“它和传统吸油材料相比有几个特点:吸油不吸水、吸油倍率很高、吸油速度快、油可以挤出来重新使用。”科研人员简单地描述出其特色。目前市场上的传统吸油材料则是油和水一吸即吸,吸油倍率在五倍左右。

物美价廉的溢油“拖把”

用户良好的反馈也给了科学家们信心。“由于材料轻且疏水,可以浮在水面,我们到溢油现场吸油,发现拖行起来阻力很小。传统方法是把吸油毡丢进去捞上来而我们则在材料里面做一些管道和泵浦时提取油污,可以像拖地一样进行较大面积的区域作业。”

据悉,预计今年年底,该生产线日产量将达到25000平方米,批量产品已在苏州河进行油污处理试点。目前已与中石油海上应急救援响应中心签署了全面战略合作协议,并与金山石化物流有限公司、胜利油田等石化企业达成合作意向。

据介绍,基于研制的亲油疏水材料,该研发团队正在联合上海北斗产业园区相关企业开发5平方米的智能海洋溢油应急示范装备系统。该智能溢油应急系统能够利用北斗导航系统和无人机,通过图像处理系统检测溢油事件。当发现溢油时,系统会选择相应溢油回收装置,并自动指挥无人船及溢油回收装置前往溢油事故地点,进行海域溢油事故的处理。

由于亲油疏水材料的超疏水特性,其在水面中拖行时具有极低的阻力,因此该系统采用两艘无人船将吸附材料高速拖行至溢油事故地点。吸附材料内置仿生吸油管道、网状结构体、管道泵等。材料吸附油渍后,通过管道泵,逐级进入提纯储油囊,利用储油囊中的过滤系统,对油进行逐级分离与提纯,最后运至储油船。吸附材料外层采用网状柔性纤维结构,防止波浪打散或损坏材料。在线监测装置对吸油后的海水进行在线检查,主要检查海水水质是否达标,如果海水水质不达标,系统将再次进行清理。

“大规模生产后,在吸附同等重量的油污情况下,这款材料的价格会低于传统材料价格。”曾志翔预估。

实验室

近年来,分布式供能与可再生能源实验室组织承担了国家分布式能源“973”项目,在能的综合梯级利用理论、微小型动力、余热利用和系统集成方法及验证方面取得诸多成果,验收成绩在能源领域同期项目中名列前茅。

分布式供能与可再生能源实验室:
低碳排放不是梦

■本报记者 沈春雷



太阳能热发电实验台

针对槽式太阳能集热技术年均集热效率低,管路复杂的问题,中国科学院工程热物理研究所分布式供能与可再生能源实验室提出了广角跟踪抛物槽式集热技术。

在实验室主任金红光院士的带领下,实验室团队正为实现能源的低碳排放而努力。

推进分布式供能

分布式供能与可再生能源实验室副主任郝勇在接受《中国科学报》记者采访时说:“城市里的电厂采用集中发电模式,再将电传输给每家每户,而这种传统的发电模式在传输过程中电量的损失不可避免。”

实验室主攻的分布式供能系统可以有效解决能源的浪费,因为它位于或临近用户,可以满足用户多种能量(冷、热、电等)需求。另外,分布式供能系统就地取材,比如用太阳能和风能等可再生能源来发电。

“这类可再生能源不仅分布广泛,还能够通过分布式供能系统实现高效利用。”郝勇说。分布式供能系统从能量供应角度,重点强调系统集成能量配置的联产功能;从用户需求角度,重点强调负荷牵引式能量供应的联供功能。

实验室研究员杨金福指出,基于能量等值互补与交换原理的供需衔接式供能系统,具有系统功能集成的灵活、可靠与经济、环保性,实现满足用户多种能量变化的需求牵引,进行供需“无缝”衔接的系统集成技术,并向规模化、智能化的方向发展。

近年来,分布式供能与可再生能源实验室组织承担了国家分布式能源“973”项目,在能的综合梯级利用理论、微小型动力、余热利用和系统集成方法及验证方面取得诸多成果,验收成绩在能源领域同期项目中名列前茅。

多能源互补发电

当前,可再生能源凭借取之不尽和清洁环保等优势,正在成为世界能源舞台上的主角,并将逐渐取代化石燃料。

郝勇表示,将太阳能与成熟的常规发电技术整合,进行多能源互补发电,不仅可降低开发利用太阳能的技术和经济风险,有效解决太阳

能利用不稳定和蓄热技术不成熟等技术瓶颈问题,还能实现高效、低成本地利用太阳能。

在中低温太阳能热化学互补发电技术方面,分布式供能与可再生能源实验室原创性提出并研制了15kW槽式太阳能驱动甲醇裂解合成气的内燃机发电装置,成功实现了300℃太阳能燃料发电,太阳能年均净发电效率达到25%,标志着太阳能热化学发电实验样机研制的重大突破,为该技术向产业化迈进提供了坚实基础。

实验室还原原创性提出部分旋转的槽式聚光集热新方法,研发了变辐照主动调控聚光集热场技术,开展我国首座10MW光煤互补示范电站关键技术的研究。实验室不仅研制了百kW级太阳能热化学发电样机,还在郑州富士康能源站建立槽式太阳能热化学发电示范装置。

太阳能与火电机组互补发电可使中低温太阳能发电规模发展到单台容量几万千瓦,与一座太阳能单独发电电站规模相当,因此具有低成本、规模化开发利用太阳能资源的潜力。

低能耗捕集CO₂

燃煤电站的CO₂减排是煤炭清洁、低碳、

高效利用的重要课题之一。传统的燃煤电站采用的是“先污染、后治理”链式方式,即从燃烧后的尾气中捕集CO₂。采用传统燃烧后捕集90%的CO₂,会使电厂发电效率下降10~15个百分点,发电成本上升70%~110%。

针对传统燃煤电站CO₂捕集能耗和成本高的缺陷,分布式供能与可再生能源实验室以燃料转化过程的做功能力利用与CO₂生成、迁移之间的关联关系为突破口,提出了“燃料转化过程化学能梯级利用与CO₂捕集一体化”的思路,即在减小燃料转化过程的不可逆损失的同时,实现CO₂的定向富集,从而减小CO₂分离能耗,在CO₂形成的源头实现低能耗的CO₂捕集。

基于“一体化”思路,实验室开展了燃料转化过程的不可逆损失与CO₂富集耦合机理研究,开发了“煤炭碳氢元素定向气化与CO₂富集一体化”方法、化学链燃烧技术与方法、控制CO₂的煤基化工动力多联产技术等。

目前,实验室研究团队搭建了10kW级的燃料转化与二氧化碳富集一体化实验台,用于研究燃料转化过程中CO₂富集机理,为实现“煤炭碳氢组分定向气化与CO₂富集”煤化工及化工动力多联产方向CO₂提供实验依据。