



视觉中国供图

## 逐步实现工业化应用,减少进口依赖

# 国产高压电缆绝缘材料成功破局

◎ 实习记者 都 苾  
本报记者 马爱平

近日,中国石化所属燕山石化110千伏电缆绝缘材料挂网示范工程正式启动。该工程首次应用自主研发生产的高压电缆绝缘材料,标志着国产高等级绝缘新材料实现工业化示范应用。

而在此次示范工程启动前,今年3月,首台(套)应用国产绝缘材料的220千伏高压交流电

缆系统在辽宁阜新220千伏新煤线挂网,截至目前运行稳定;在其后的4月,首台(套)应用国产绝缘材料的500千伏直流电缆系统也在张北柔直工程顺利通过竣工试验。

高压电缆作为远距离电力输送中的关键一环,绝缘材料在保障其安全运行中发挥着至关重要的作用。高压电缆绝缘材料国产化连接取得多项突破,并逐步实现工业化应用,将使其长期依赖进口的局面得到显著改善,将为我国保障能源安全、助力“双碳”目标实现贡献重要力量。

## 高压电缆对绝缘材料要求很高

理解绝缘材料的重要性,还需要从输电讲起。我国电力格局长久存在“源荷割裂”现象,能源富集地与用电负荷集中地不一致,由此而导致的长距离输电在所难免。随着“双碳”目标逐步推进,如何更加安全、高效地进行远距离电力输送,一直是我国电力事业发展中无法回避的问题。

通常,在输电距离和功率一定的情况下,输电电压越高,输电电能的损耗就越小。因此,高等级的高压输电在远距离输电中扮演着重要角色。

但输电电压等级越高,对电缆绝缘材料的要求也就越高。全球能源互联网研究院电工新材料研究所所长陈新向记者介绍道,相比于低压电缆的绝缘材料,高压电缆绝缘材料需耐受更高的电场强度;材料的空间电荷积聚和电阻率温度敏感性也要更低,如针对超高压电缆,要求其高、低温体积电阻率变化率须小于100,但对低压电缆则无相关要求。此外,超高压电缆绝缘材料对缺陷和杂质的控制要求也更加严苛,“超高压电缆绝缘材料中不允许有50微米以上的杂质,而普

通低压电缆则允许存在几百微米以上的杂质。”陈新说。

高压电缆绝缘材料的发展经历了一个漫长过程。以当下广泛采用的高压直流输电方式为例,其电力电缆绝缘材料的发展先后经历了充油绝缘(OF)、油纸绝缘(MI)和交联聚乙烯(XLPE)绝缘3个阶段。“以充油和油纸为绝缘方式的直流电缆的问世已经超过100年。”陈新表示,早期的充油电缆采用中空导体作为油流道,通过充油不断浸渍导体外的绝缘层,达到绝缘效果。但此种绝缘方式需在电缆运行过程中不断进行充油,一旦电缆外层出现破损,便会造成油料泄漏,易导致环境污染,且维护难度大,现在已基本被淘汰。

近年来建设的高压直流输电工程中,发展迅速的交联聚乙烯挤塑电缆则成为更加普遍的选择。据陈新介绍,由于交联聚乙烯挤塑电缆相对于油纸电缆的运行温度更高,机械性能和绝缘性能更好,同时安装维护方便,生产工艺简单,目前已在电力系统中广泛应用。“目前的高压直流电缆几乎都采用交联聚乙烯作为绝缘材料。”

## 联合攻关找到高压绝缘材料“配方”

我国是全球第一大电缆制造国,但在高压电缆绝缘材料制造领域,却长期依赖进口,年进口量达10万吨,严重制约了我国高端电力装备的自主可控发展。

陈新认为,此前阻碍高压电缆绝缘材料国产

化的主要困难来自于3个方面。首先,国内用于制造高压电缆绝缘材料的基础原材料性能不足,“电气性能比国外明显要低,击穿场强不到国外的60%,同时基础原材料中杂质含量高、流动稳定性也较差。”其次,国内对超高压电缆材料的配

# 让三聚氰胺海绵上长出水体抗生素“解药”

◎ 本报记者 王祝华

水资源作为生态环境的一个重要组成部分,其保护和改善已经成为当前社会的一个重要课题。这其中,抗生素的广泛使用甚至滥用,造成越来越严重的水体有机物污染,引起了社会的极大关注。研究表明,光催化降解是解决此类污染的有效途径之一,而设计开发出一种光催化剂并使其可高效降解水体抗生素,成为国内外多个科研团队的研究热点。

海南大学化学工程与技术学院副院长潘勤鹤和杨玮婷教授团队受三聚氰胺海绵的启发,研发出可降解水中抗生素的晶态有机多孔聚合物(COF)复合海绵。该研究为制备具有高降解性能、易循环和高稳定性的基于共价键连接的COF提供了一种简单的策略,并为其整体催化材料的制备提供了参考。相关论文近日发表在化工领域国际学术期刊《化学工程杂志》上。

## 三聚氰胺海绵带来的灵感

潘勤鹤向科技日报记者介绍,COF作为一

团队制备的新型COF复合海绵,有效克服了一般COF粉末难以回收利用的问题,在可见光下对四环素类抗生素表现出优异的光催化活性,其对四环素类抗生素的降解率达到90%以上。

类新型的多孔结晶聚合物,通过强共价键与有机单元巧妙地构建而成。得益于独特的多孔结构、高比表面积、孔隙率和化学可调节性,COF被广泛应用于多个领域。由于具有有序、可扩展的 $\pi$ 共轭骨架和结构稳定性,COF在光催化应用中显示出巨大潜力,并被用于降解抗生素。但是COF多为粉末状态,较差的可回收性

限制了其在实际环境中的应用。

为了使材料兼具功能使用性、便利性和实际应用性,潘勤鹤团队在大量前期实验的基础上,深入对各种不同的基体和COF材料进行了分析筛选。

“三聚氰胺海绵有着低成本、大孔隙率和环境友好等优点,被广泛地应用,是一种非常理想的载体。”潘勤鹤介绍,在探索过程中,他们反复思考,COF-TpTt是一种由三聚氰胺和三醛基间苯三酚形成的COF,该材料本身就有着非常出色的光催化性能。如果让COF-TpTt附着在三聚氰胺载体上,是否就能兼顾降解抗生素的光催化性能以及良好的可回收性呢?

## 巧妙采用“反应接种”策略

最终该团队利用“反应接种”策略实现了COF-TpTt在三聚氰胺海绵表面爆发性成核、均匀牢固的生长。“反应接种”是指载体上包含COF-TpTt生长所需的官能团,从而能提供COF-TpTt生长的“种子”,让COF-TpTt在载体上附着得更加牢固。该策略满足了晶

体合成爆发性成核的条件,从而使在三聚氰胺海绵上合成的COF-TpTt粒径缩小。缩小的粒径使COF-TpTt的比表面积增大,从而暴露出更多的催化活性位点,因此也增强了其催化降解效果。而且该策略中载体也是合成COF的原材料,因此所合成的复合材料有着很高的稳定性,这就使得其循环使用性能大大提升。

最终,团队通过“反应接种”策略,采用一锅法成功制备了一种新型COF复合海绵。潘勤鹤表示,该复合海绵有效克服了一般COF粉末难以回收利用的问题,可在保证降解效果的情况下进行10轮以上的循环实验,在可见光下对四环素类抗生素表现出优异的光催化活性,其对四环素类抗生素的降解率均在90%以上。

《化学工程杂志》审稿人评价道,这种方法不仅简单,而且赋予复合海绵良好的稳定性和更强的光催化性能。合成细节和表征部分充分验证了该方法的有效性。这一研究提出了一种有前景的方法来解决COF回收性差的问题。

## 寻材问料

## 微生物催化陶瓷材料可促进骨组织再生

科技日报讯(记者王春)记者11月22日从中国科学院上海硅酸盐研究所获悉,该所吴成铁研究团队,提出了微生物催化活性矿物诱导成骨的思想,并利用微生物催化作用构建出用于骨组织再生的生物陶瓷支架表面微纳米结构。相关研究成果以“微生物催化生物陶瓷用于骨再生”为题发表在最新一期国际学术期刊《先进材料》上。

受自然界中微生物矿化现象的启发,吴成铁团队通过微生物催化作用使传统陶瓷材料(硅酸盐)表面生长出具有生物活性的纳米碳酸钙矿物,将传统陶瓷材料与微生物活性材料相结合用于骨组织再生。

骨骼是一种复杂的生物矿化组织,由微米尺度的有机(细胞、蛋白质)和无机(羟基磷灰石、碳酸钙)物质组成。理想的生物材料需要具有优良的骨传导性与骨诱导性,能高效促进新骨的形成。

越来越多研究表明,生物材料表面的微纳米形貌及其化学特征能有效调控细胞的成骨活性。然而,传统的三维打印陶瓷支架的表面改性主要基于水热法、有机模板法等化学方法,这种非生物调控的矿化过程不利于晶体尺寸与结晶度的控制,从而限制了其生物学效应的高效发挥。

研究团队利用产脲酶的代谢作用在陶瓷材料表面诱导均匀的生物矿化层。微生物在陶瓷材料表面构建的纳米碳酸钙矿物明显抑制了硅酸钙陶瓷的快速降解,并对骨髓间充质干细胞的粘附、铺展、增殖、迁移和分化等细胞生物活性具有更好的促进作用。在皮下植入和大块骨缺损修复动物实验中,经微生物催化的生物材料具有良好的生物相容性,表现出显著的促骨组织再生活性。

除了用于骨组织再生,这种微生物与组织工程相结合的策略,还为生物医学材料的制备提供了新思路。



视觉中国供图

## 中空硫化铜纳米笼将在光热转换领域显身手

科技日报讯(记者吴长锋)记者11月21日从中国科学院合肥物质科学研究院了解到,该院固体物理研究所王振洋研究团队在等离激元太阳能光热材料研究方面取得新进展,研制出高性能的硫化铜太阳光热墨水及光热薄膜。相关成果日前发表在《纳米研究》上。

太阳光热是太阳能利用的一个重要方面。目前太阳光热仅用于太阳能热水器、节能建筑、干燥系统等领域,如何实现其高端利用,成为太阳能利用领域的挑战性课题。

金纳米颗粒等常见的贵金属纳米材料表现出等离激元光热现象,但这类材料的带内跃迁及散射损耗较大,作为光热转换材料时会降低收集能量的利用率。研究发现,通过调控半导体自身非化学计量比组分,或利用掺杂原子诱导其结构缺陷,可提高载流子浓度,半导体将显示出与贵金属相似的光学性质,适于作为光热转换材料。此外,中空纳米笼结构能够进一步拓展可利用的光照区间,有效提升光热转换效率。

鉴于此,科研人员运用制备中空纳米颗粒的柯肯达尔(Kirkendall)效应,合成了中空的硫化铜纳米笼,并结合第一性原理计算和有限元仿真模拟,模拟出纳米笼的光学特性,预测了其良好的太阳光热性能。在此基础上,科研人员进一步开发出太阳光热墨水和太阳光热薄膜产品。该研究成果表明,中空的硫化铜纳米笼在太阳光热应用领域具有巨大应用潜力。

## 农田秸秆制成全降解地膜用纤维材料



近年来,江西省南昌市新建区大力推进秸秆综合利用工程,通过秸秆还田和原料化、饲料化、燃料化等多种途径深加工利用,有效解决秸秆焚烧带来的资源浪费与环境污染问题,助推当地农业可持续发展。图为近日在位于南昌市新建区的江西衡壤生态农业科技有限公司,工人在利用秸秆生产用来制作全降解地膜的纤维材料。

新华社记者 万象摄