



扫二维码 看科学报



扫二维码 看科学网

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>

科学网 [www.sciencenet.cn](http://www.sciencenet.cn)

# 国产聚合物离子膜有望实现弯道超车

■本报记者 倪思洁 通讯员 刘爱华

在中国科学技术大学（以下简称中国科大），有一句话常被当作调侃：“中国科大研究的各种技术里，有两类是被发达国家限制的，一类是量子通信，另一类是离子膜。”

中国科大离子膜研究团队负责人徐铜文教授，有时也会在自我介绍时用这句话。很多外行人随后会问一句：“离子膜是什么？”作为一种隔膜材料，离子膜是燃料电池和液流电池中的关键部件。美国在 1949 年发明出离子膜，次年便研发出具有商业用途的离子膜。而我国离子膜研究从 1958 年起步，比美国晚了近 10 年，初衷是支持原子能事业发展。

但“起步晚”从来都不是被“卡脖子”的借口。1995 年，徐铜文和他的团队从“中国离子交换树脂之父”何炳林院士手中接过重担。之后近 30 年里，他们没敢停过。

4 月 26 日，徐铜文、杨正金团队的研究成果登上《自然》杂志。他们设计出一类新型离子膜——微孔框架聚合物离子膜，有望实现国产聚合物离子膜的弯道超车。

## “既要”“又要”的难题

蔬菜大棚的薄膜、汽车玻璃的防爆膜、手机面板的保护膜，生活中随处可见各式各样的膜。和它们不同，离子膜是一种可以选择性透过离子的薄膜。

在清洁能源、节能减排、能量转换与储存等方面，离子膜有着广泛的应用前景。正因如此，离子膜关键材料及制备技术成为国家重点发展的战略新兴产业。那么，这项“卡脖子”技术到底难在哪儿？

在液流电池、燃料电池等电化学器件或装备中，离子膜既要阻隔正负极间活性物质以防止短路，又要保证离子在充放电过程中高效通过、减少损耗。这种“既要”“又要”的要求，本身就十分“苛刻”。

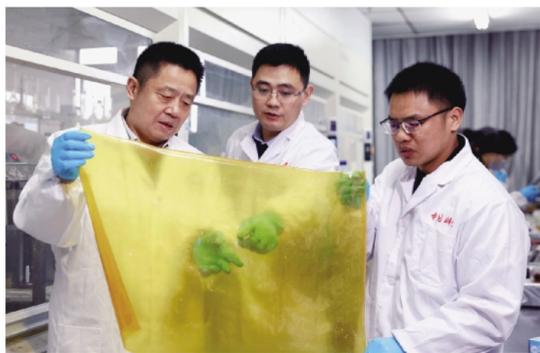
“就像用筛子筛沙，如果筛子孔小，粗沙过不去，细沙流得慢；如果筛子孔大，粗沙细沙都能过去。”徐铜文团队博士后、论文第一作者左培培说。

既要阻隔“粗沙”，又要让“细沙”快速通过，传统离子膜材料几乎无法同时满足两个要求。“传统离子膜材料用于传导离子的通道不够‘坚固’，而且长时间使用还有结构老化、性能下降等问题。”徐铜文告诉《中国科学报》。

唯一的办法就是重新为离子膜“打孔”。

经过 3 年摸索，研究团队借助计算化学方法，精准设计出一类具有贯通亚纳米离子通道的微孔框架离子膜材料。与此同时，他们对通道进行化学修饰，使离子可以在膜内近乎“零摩擦”地传导。

该成果涉及的微孔框架离子膜设计理念，可拓宽至其他功能性框架聚合物膜，为高



徐铜文（左）、杨正金（中）、左培培一起讨论离子膜相关问题。中国科大供图

性能膜材料定向设计打下了基础。

论文匿名评审人评价：“这种阳离子膜在液流电池中展示出了非凡的性能。其对于分子型活性物质的水系液流电池研究体系，具有重要的借鉴意义。毫无疑问，与迄今为止使用最好的膜相比，此类阳离子膜性能显著提升。”

## 从“奋起直追”到“齐头并进”

我国离子膜技术从一开始就是在被限制中发展的。

直到上世纪末，我国离子膜研究一直局限于从离子交换树脂制备的异相离子膜，其电阻大、选择性差，只能用于初级水处理，与发达国家存在较大差距。当时，何炳林一直有块“心病”：由于技术限制，离子交换树脂存在资源浪费、需频繁再生的缺陷。

1995 年，徐铜文进入何炳林的研究团队，从事博士后研究。鉴于徐铜文有工科背景，何炳林开始启发他开展“废弃离子交换树脂白球制备离子交换膜”的技术攻关。自此，徐铜文一头扎进“离子膜的世界”。

1997 年，徐铜文正式入职中国科大，从“零”起步开展异相膜过渡到均相膜的研究。

从“零”起步的难度难以想象，但“奋起直追”由此开始。

为了实现对离子膜连续制备，徐铜文曾经慕名前往浙江镇海一家涂布机厂，请教涂布成膜技术。厂长被徐铜文的真诚打动，找出 600 多张技术图纸赠给他。回来后，徐铜文和同事仔细研究，发现图纸存在很多不完整的地方，于是又找到一家个体机械厂的老师傅请教，最终将图纸补充到 900 多张。他们整整花了 10 个月，研制出我国第一台均相离子

膜的连续浸胶机，为之后国产离子膜产业化打下了技术基础。

时至今日，研究离子膜的近 30 年里，徐铜文团队发表的有关“膜”的论文达到 500 多篇，跻身世界离子膜材料研究第一梯队。他们申请了国内外发明专利 100 余项，获得授权 95 项。国际数据库检索显示，近 10 年来，徐铜文领导的课题组在离子交换膜方向的论文数量稳居国际第一，研究水平在国际上处于领先地位。

## 精益求精，又柔又韧

此次发表在《自然》上的成果，是研究团队历时 3 年获得的。此后，他们又花了近两年时间撰写论文、凝练科学问题、补充科学证据。

“徐老师带着我们将论文前前后后修改了 40 余遍，反复推敲原理的创新性。”杨正金说。

论文合作者杨正金是从徐铜文团队成长起来的科研骨干。2014 年，杨正金从清华大学博士毕业后，慕名来到中国科大，跟随徐铜文从事博士后研究。

“为拓展课题组研究方向，徐老师建议我去国外继续学习。”杨正金说，“我当时选择了英国爱丁堡大学的一个‘多孔材料研究’课题组，但徐老师建议我去美国哈佛大学学习有机液流电池技术。”

2016 年，杨正金前往哈佛大学进行博士后研究，并将有机液流电池研究带回中国。2019 年起，在国家自然科学基金委优秀青年科学基金等项目的资助下，杨正金小组开始集中精力进行水系有机液流电池专用离子膜的科研攻关。

眼下，研究团队正着手将科研成果逐个从“实验室”推向“生产线”。

“这项研究拥有较强的成果转化潜力。”徐铜文说，该核心成果与光伏发电强强联合，有望解决太阳能、风能发电的间歇性问题。项目孵化的特种离子膜产品即将问世，并推向市场，为实现国家“双碳”战略目标和可持续发展提供技术支撑。

回望过去，展望未来，徐铜文在他的小诗里这样写道：“制备膜，精益求精又柔又韧；塑造人，胸怀远大能屈能伸；兴科技，学以致用为国为民；创效益，腾飞中华强国魂。”

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41586-023-05888-x>

# 近 20 年黄河流域“绿线”西移约 300 公里

本报讯（记者冯丽妃）“近 20 年的生态变化遥感调查评估发现，黄河流域植被覆盖度显著增加，‘绿线’向西移动约 300 公里，彰显了我国生态文明建设取得的伟大成就。”4 月 27 日，生态环境部召开 4 月例行新闻发布会，生态环境部自然生态保护司司长王志斌在会上表示。

王志斌表示，保护母亲河黄河是事关中华民族伟大复兴的千秋大计。近年来，生态环境部联合有关部门扎实推进黄河上游水源涵养区山水林田湖草沙一体化保护和修复工程项目，黄河源头、黄河三角洲生物多样性稳步提升。例如黄河三角洲自然保护区鸟类数量由建区时（1992 年）187 种增加到 371 种。

下一步，生态环境部将继续会同有关部门，切实落实《黄河保护法》及相关政策要求，开展黄河流域生物多样性本底调查评估，建立健全生物多样性观测网络，以全面掌握生物多样性现状和濒危物种种群生存状况，评估生物多样性保护恢复成效，切实加强黄河流域生态环境保护监管工作。

据介绍，2000 年以来，生态环境部联合中国科学院等相关部门，完成了 3 次全国生态状况调查评估，正在开展的第 4 次已基本完成。这些调查评估逐步构建形成“天地一体化”的调查技术方法，对生态保护红线划定、主体功能区战略形成、全国和国家战略区域生态环境保护规划编制等发挥了重要的基础性作用。



中科院学部局供图

为稀土矿全分析方法作出贡献、开创中国人自主研制高纯硅的历史、成功研制国产高档微处理器、主持研制我国第一台直径 2 毫米的电磁型微马达……作为新中国科技史上的杰出女将，沈天慧的成就书写在多个研究领域。

近半个世纪的科研生涯中，沈天慧成为我国著名分析化学、半导体化学家，1980 年当选为中国科学院学部委员。2011 年 1 月，沈天慧辞世，走完了自己“脚踏实地”的科学人生。

今年 4 月是沈天慧百岁生日。回顾沈天慧的一生，她为满足国家需要三次改专业，以一生的行动实践着对党、对祖国诚挚的爱。

## 求学、科研初体验 爱国心“发芽”

沈天慧 1923 年 4 月出生于浙江省嘉善县。父亲沈质人是杭州广济医学院毕业的医生，曾任嘉善县医院院长。虽然幼年时期家境尚可，但父亲中风后多年卧床不起，沈天慧一家的生活开始变得困难。

然而，彻底击垮这个家庭的是日本侵华战争。在一篇回忆录中，沈天慧这样写道：“日机经常来‘光顾’，我家就在日机轰炸下，化为灰烬。我们就离家去杭州，后又转到金华，生活极不安定。”

即使在这样的颠沛流离下，沈天慧的父母也很重视子女的学业，每到一个地方，就为他们联系当地的中学借读。在上海上学期间，面对学业上的困难，她从来没有放弃，总是加倍用功，补习因为辗转搬家落下的功课。她每学期都能以优异成绩获得奖学金，以减轻高昂的学费给父母带来的负担。

1942 年，沈天慧即将高中毕业时，日本接管了上海租界。沈天慧的双亲再也无力为她继续提供生活费用，她只好自食其力。最终，她和许多升学无门的高中生一起来到一家药厂，一边当练习生，一边学习化学和外语。

青少年时期艰辛的求学之路，在沈天慧心中埋下了一颗爱国的种子。在她看来，自己求学历程的坎坷不平与当时国弱民孱的现实分不开。“新中国的青年生活安定，学校大门为每个有志求学的年轻人敞开。奉劝年轻人，要抓住时机，努力学习，成为一名对国家有用的人才。”沈天慧曾这样呼吁。

几年后，当沈天慧正式迈入科研第一步时，这颗爱国的种子开始生根发芽。1952 年，沈天慧响应国家“科研工作深入工矿企业，为工业解决问题”的号召，前往位于长春的中科院应用化学研究所（后改名为中科院长春应用化学研究所），与东北工矿企业结合，分析

## 科学人生·光耀百年

# 沈天慧：三改专业 一生报国终不悔

■本报记者 甘晓

地下水质和矿藏资源。在这里，沈天慧从分析化学基础研究转向了应用研究，走上了科研与实践相结合的道路。

1954 年，包头白云鄂博稀土矿被发现。查明铁矿中的稀土含量，以确定该矿的开采价值，成为摆在科学家面前的新任务。沈天慧没有犹豫，和同事们一起调到位于沈阳的中科院金属研究所，开始从事稀土矿的全分析方法研究，为进一步冶炼提供了有价值的资料。

## 成就国产高纯硅

20 世纪 50 年代，国际上掀起探索新型半导体材料——硅材料的热潮。1957 年，我国第一个长期科学技术发展规划《十二年科学技术发展规划》出炉，其中就包括半导体硅材料的科学研究。为此，1957 年，沈天慧被派往苏联科学院莫斯科冶金研究所学习半导体纯硅材料研制。

对沈天慧而言，半导体是一门全新学科，得从头学起。她深感肩负一份沉甸甸的责任——填补国家在这一科研领域的空白。于是，她每天工作学习十几个小时，努力吸收新知识。

凭借扎实的分析化学基础和顽强的毅力、坚定的信念，她花了两年时间就基本掌握了当时是世界科学尖端的半导体材料研制技术。学成回国后，沈天慧又回到中科院长春应用化学研究所，立即着手采用三氯氢硅法制备高纯半导体材料硅，目标是“6 个 9”的硅。

这种方法以“2 个 9”即纯度为 99% 的粗硅为原料，用化学方法使其形成挥发性的氯化物，然后经过分馏、吸附等手段将杂质分离出去，再用氢气将氯化物还原成硅。这样，硅材料纯度可以达到 99.9999% 以上，满足了做硅器件的要求。

那时沈天慧每天大部分时间都埋头做实验，几乎不休息。他们争分夺秒，只用了几个月就研制出我国第一批用这种方法制备的半导体高纯硅，开创了中国人自主研制高纯硅的历史。这成为沈天慧一生中最重要的科学成就之一。

20 世纪 60 年代，半导体硅材料和硅器件及微型计算机研究提上日程。半导体材料成功攻关后，沈天慧没有停下脚步，义无反顾走上了为国家攀登半导体器件科学高峰的征程。

1969 年，她离开长春，前往北京筹建 156 工程处，也就是后来的航天工业部 771 研究所，并和丈夫、孩子一起，举家迁至陕西省临潼县建所，开始了长达 17 年的坚守。（下转第 2 版）

# 菊花也来“南繁”了

近日，在海南三亚海棠湾水稻国家公国内，近 28 万株菊花苞待放，吸引了各地游客。这是南京农业大学菊花研发团队将菊花引种到海南三亚进行南繁。

近年来，该团队收集保存各类菊花种质资源约 5000 份，保存数量居全球首位，并选育出不同花期的切花菊、茶用菊、食用菊等系列新品种 400 余个。该团队针对海南独特的气候条件，在三亚崖州坝头基地、水稻国家公国内地试种菊花，着力挖掘耐热性优异的产品，让南繁成果助力花田“掘金”。

本报记者李晨报道



三亚菊花南繁。南京农业大学供图



# 科学家担忧电动汽车迅速“增肥”

本报讯 4 月 26 日，国际能源署发布的最新数据显示，今年全球销售的新车中，近 1/5 将是全电动或插电式混合动力车型。预计今年这类汽车的总销量将达 1400 万辆，高于 2017 年的 100 万辆。

这种爆炸式增长源自行业创新和政府干预。电池成本下降使电动车续航里程更远，提高了对消费者的吸引力。一些国家即将禁止销售新的汽油车和柴油车，促使人们更加接受零排放驾驶。

这带来的结果是汽车行业转型，或重塑世界能源消费结构。国际能源署的 Fatih Birol 在一份声明中表示：“一个多世纪以来，内燃机一直无可匹敌，但电动汽车正在改变现状。”

尽管全球汽车电气化带来了气候效益，但也令人担忧。

近年来，SUV 越来越受欢迎，2022 年电动 SUV 约占电动车销量的 35%。英国牛津大学的 Christian Brand 将这种电动车大型化的趋势称为“肥胖”流行病。电动 SUV 的体积和重量抵消了一些气候效益，所需的大电池需要更多钴和锂等原材料，给已经紧张的全球供应带来了额外压力。

Brand 认为，大车趋势绝对是不可取的。他

建议出台新政策鼓励人们选择小型电动车，比如提高电动 SUV 的税收。

空气污染是另一个困扰。国际能源署报告称，在印度等欠发达国家，电动车的兴起将显著改善城市空气质量。但英国帝国理工学院的 Frank Kelly 表示，在更富裕的国家，汽油车和柴油车往往更清洁。

Kelly 认为，从废气排放的角度看，转向电动车的好处实际上非常小。因此，政府必须采取更多措施减少对私家车的依赖，尤其是在城市地区，“清洁的公共交通是解决城市空气污染问题的办法”。在他看来，“我们应该尽可能减少所有私家车的数量，而不是庆祝电动汽车数量的增加。”（辛雨）

# 农业“减肥”有助降低海域氨氮沉降

本报讯（记者温才妃 通讯员法伊莎）近日，兰州大学资源环境学院研究员刘磊团队与中国农业大学教授刘学军，通过地理学、大气科学、农业科学、生态学等多学科交叉合作，探究海域氨氮沉降时空格局及变化规律。相关论文发表于美国《国家科学院院刊》。

研究团队建立了一个农业系统氨排放经过大气环流进入海洋系统的分析框架，构建了长时序（1970 年至 2018 年）氨排放和海洋氨氮沉降数据集，系统评估了农业生产过程氨排放对海域氨氮沉降时空格局的影响。

根据大气化学传输模式的模拟结果，全球约 30% 至 38% 的陆地氨排放沉降在海洋系统，其他沉降在陆地系统。1970 年至 2018 年，全球海洋氨氮沉降增加了 89%，2018 年中国沿海、印度沿海氨氮沉降最高，其次是巴西东部沿海、黑海和美国东部沿海（西北大西洋大陆架）。1970 年至 2018 年，中国东部海域、印度东部海域氨氮沉降分别增加了 2.2 倍和 1.9 倍；美国东部海域和西北大西洋海域氨氮沉降则维持在一个较低水平，约为中国东部海域、印度东部海域氨氮沉降的 1/5。

全球农业生产氨排放占海域氨氮沉降量的 94%。鉴于全球海域氨氮沉降快速增加，迫切需要减少农业化肥的过度使用。根据推算，在不影响当前产量的情况下，可以降低 38% 的氮肥用

量。如果可以避免氮肥的过度使用，全球海洋氨氮沉降量将减少 15%，中国东部沿海、印度东部沿海氨氮沉降将减少 21% 至 25%，欧洲西部海域（东北大西洋大陆架）和美国东部海域（西北大西洋大陆架）氨氮沉降将减少 12% 至 17%。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2221459120>

## 科学网客户端全新上线！



更多科教资讯，扫描二维码下载查看

休刊启事

根据出版计划，本报 5 月 1 日、2 日、3 日休刊 3 期。