

# 25年长跑，他们破解柴油车尾气净化难题

冯丽妃

柴油车尤其是重型货车堪称“经济动脉”——承担着全国70%以上的公路货运量，是物流运输和经济发展的“强劲引擎”。但这个“大力士”也有“副作用”，高频次长途运行使其成为交通行业大气污染的“头号选手”。

氮氧化物(NO<sub>x</sub>)、颗粒物(PM)……这些柴油车排放的污染物，是我国大气PM2.5和臭氧污染的主要“元凶”，全国NO<sub>x</sub>排放总量中约30%来自柴油车。

怎么啃下这块“硬骨头”？这是美丽中国建设的一道“必答题”，也是一个关乎自主技术的“卡脖子”难题。中国工程院院士、中国科学院生态环境研究中心（以下简称“生态中心”）研究员贺泓带领团队以“催化剂技术”为突破口，二十五载砥砺前行，攻克了这道难题，并实现了技术的迭代升级。日前，贺泓团队的研究成果获得2024年度中国科学院杰出科技成就奖技术发明奖。

## 催化材料成为突破口

2001年，在海外深造工作11年的贺泓回到祖国。彼时的中国，正处于经济快速发展与环境保护并重的新阶段。交通运输行业是环境污染和碳排放的“大户”之一。更严峻的是，尽管重型货车的保有量不足10%，却贡献了超过50%的碳排放，其排放的NO<sub>x</sub>和PM分别占汽车总排放量的75.4%和52.1%，成为“高污染、高排放”的典型代表。

我国机动车污染排放标准从无到有、从“国一”到“国六”仅用20余年，这对重型柴油车污染控制技术提出了前所未有的挑战。

“由于我国柴油车排放标准实施时间较欧美同类标准晚近10年，使得我国柴油车排放控制存在‘卡脖子’技术难题。”贺泓回忆说。

与汽油车相比，柴油车采用富氧的燃烧模式，具有燃烧效率高、燃油经济性好的优势。然而，这一燃烧特点也带来了新的技术挑战：提高柴油机燃烧效率会加剧热力型NO<sub>x</sub>排放，形成难以协调的“跷跷板效应”。

贺泓敏锐认识到：“关键在于高性能的后处理催化材料！”

作为柴油车排气净化系统的关键组成部分，催化材料的性能直接决定了NO<sub>x</sub>、PM等污染物的转化效率及排放达标水平，是突破技术瓶颈、提高净化效率的关键和难点所在。

机遇总是眷顾有准备的人。2001年，国家“863”计划首次纳入资源环境技术领域，贺泓团队成功申请到首个柴油机NO<sub>x</sub>净化技术研究课题。从此，他们开启了长达25年的科研长跑，连续承担“十五”到“十四五”期间的“863”计划和国家重点研发计划项目，在柴油车污染控制领域持续深耕。

## 从实验室研究到产业化落地的25年长跑

在攻克柴油车尾气净化这一难题的过程中，贺泓团队构建了“原理性技术-工艺性技术-产业化应用”全链条创新体系，开创了我国柴油车尾气治理的新局面。

“我们的研究路径很明确——先吃透催化反应机制、实现高性能催化剂的设计合成，再利用产业化技术研发平台，破解放大合成、涂覆成型等技术难题，最终实现自主可控生产以及规模化应用。”贺泓说。

这条看似清晰的科研路线，走起来却充满艰辛与变数。

最初，基于技术先进性考量，研究团队选择了以车载燃油和乙醇添加剂作为还原剂的碳氢选择性催化还原(HC-SCR)技术路线实现NO<sub>x</sub>净化。但2004年欧洲排放标准升级后，国际上侧重于以尿素为还原剂的氨选择性催化还原(NH<sub>3</sub>-SCR)技术路线，迫使团队不得不转向“双轨并行”策略。

在技术推广阶段，研究团队本想推广更先进的HC-SCR技术，却遭遇未曾料到的市场阻力。因此，他们不得不重新布局——既要考虑技术先进性，又要兼顾现实可行性。最终，他们优先满足国家重大需求，全力攻关NH<sub>3</sub>-SCR技术，成功研制出满足“国四”至“国六”标准的系列后处理系统。

贺泓还组建了专项攻关团队，成功实现了催化剂技术的迭代，完成了从传统钒基催化剂到富铝分子筛催化剂的技术跨越。

“每项突破都是集体智慧与努力的结晶。”贺泓强调，团队构建了老中青结合、多学科交叉的创新梯队，形成了覆盖基础研究到工程转化的完整创新链条。

在这个团队中，贺泓作为带头人，负责规划研究方向和总体技术路线；催化剂关键原理及技术的攻关突破，主要由生态中心研究员余运波、何广智与中国科学院城市环境研究所（以下简称“城市所”）研究员连志华负责；而在中试验证、放大生产和技术创新等环节，城市所研究员单文波和生态中心研究员单玉龙发挥了关键作用。

此外，研究团队采用了“开放式攻关模式”，将深层次合作扩展到团队外部。2012年，贺泓与浙江大学教授肖丰收的一次偶遇，促成了富铝分子筛催化剂的联合攻关。2015年，为解决控制系统的“卡脖子”问题，研究团队与东风商用车公司一起，研发自主控制系统，实现了“催化剂—载体—封装—控制”一整套全自主后处理系统的应用，打破了国外公司的垄断。

通过产学研协同创新，研究团队还与整车、整机厂和车用排气后处理厂商等合作，研发了适配不同车型的后处理系统，已在超过500万辆中重型柴油车上实现应用，满足“国四”“国五”“国六”排放标准，年减排NO<sub>x</sub>约200万吨。同时，富铝分子筛的高活性也为“史上最严”的“国六”排放标准实施提供了重要的科技保障。

回顾25年来从实验室研究到产业化应用的科研长跑，贺泓有三点深刻体会：一是抓基础，以理论创新引领技术突破；二是抓关键，打通科研成果转化关键卡点；三是抓落地，满足国家重大需求。“科学研究要紧扣国家重大需求，从现实需求中凝练科学问题，把论文写在祖国大地上。”贺泓说。

## 把论文写在祖国大地上

“科学无国界，但科学家有祖国。”一路走来，这句话始终印刻在贺泓心中。

贺泓曾立志做“基础研究”，因为认识到“中国落后在‘技术’只是表象，根子在‘科学’，在于基础研究里没有原创的东西”。

然而，1998年，在一趟回国航班上，他看到被污染的大气像锅盖一样笼罩在我国城市上空，毅然决定从应用研究着手，开展环境治理研究。

为推动相关研究落地，他一路带领团队“过五关斩六将”，克服重重困难。

2010年与中国重汽的合作，就是其中一次考验。为突破产业化瓶颈，研究团队在中国重汽的济南厂区安营扎寨，老师、学生与企业工人同吃同住，共同攻关。夏天车间温度超过40℃，冬天又冷得伸不出手，就这样“夏练三伏、冬练三九”，他们终于协助中国重汽建立了首条符合“国四”“国五”标准的催化剂产线。

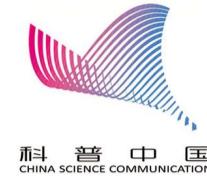
然而，与单一企业合作不利于成果的推广应用。为转变科研成果转化模式、更好地推动成果落地，单文波带队在宁波市北仑区建成先进的催化材料产业化技术研发平台，打破了从实验室到产业化的关键工艺卡点，在柴油车尾气净化催化剂的产业化和规模应用中发挥了重要作用。

“科学精神就应该是实事求是、求真务实、不怕困难、开拓创新。”贺泓如是说。

他向笔者分享了突破科技成果转化瓶颈的3个策略。一是坚持以成果应用和问题解决为导向，在与企业合作中不计较个人和团队利益得失；二是科研人员进车间，共同攻关建产线；三是建立产业化技术研发平台，与行业企业开展全方位合作，培养一批既懂技术研发又精通后处理系统的复合型人才。

贺泓表示，获得中国科学院杰出科技成就奖，既是对团队数十年如一日坚持创新的高度认可，凸显了科技创新在破解环境治理难题中的核心价值，也是对未来科研航向的指引。

“经过几十年的快速发展，当前我国交通运输行业减污降碳协同增效已进入‘深水区’。我们将持续深耕基础研究，着力突破技术难关，加速推进新一代清洁能源和碳中和燃料内燃机排放控制技术的研发与产业化应用，为全球环境治理贡献‘中国方案’。”贺泓表示。



## 科学家发现控制家蚕滞育的关键“开关”

中国科学院分子植物科学卓越创新中心研究员詹蔚团队发现核心生物钟基因Cycle是控制家蚕滞育的关键“开关”，揭示了家蚕生活史变异的遗传机制。这一成果对理解昆虫季节性适应策略、掌握害虫种群的发生和分布规律有重要意义。

研究团队通过正向遗传学手段，利用家蚕二化蝶育品系和非蝶育多化品系构建定位群体，并结合全基因组关联分析，确定了Cycle基因是控制家蚕滞育和化性差异的主效基因。该基因是昆虫核心生物钟基因，主要参与昆虫的昼夜节律调控。

研究团队发现，家蚕Cycle基因通过可变剪接编码3个亚型。相较于蝶育品系，非蝶育品系的C亚型功能缺失，但A和B亚型保留完整。通过基因编辑、生理生化实验、行为学实验等，他们发现C亚型控制家蚕滞育的环境诱导，而A和B亚型发挥Cycle本身的昼夜节律调控功能，并进一步证明Cycle基因的双重功能在鳞翅目昆虫中具有普适性。

这项研究找到了控制家蚕滞育的关键“开关”，初步回答了关于家蚕化性变异的百年难题；解释了生物钟基因如何在不影响昼夜节律调控稳定性的前提下，实现季节节律调控的可塑性。研究还为掌握虫害发生规律、制订防治方案，“无创”打破滞育、高效利用资源昆虫，以及在全球变暖大背景下预测昆虫种群潜在的动态变化，提供了分子水平的理论依据。

王兆显

## 江苏泗洪：“智转数改”抢市场



6月2日，工人在江苏东磁新能源科技有限公司5G智能车间赶制光伏板组件出口订单。

许昌亮

## 山东荣成：大型风电叶片运输忙



近日，在山东荣成石岛管理区海上风电产业基地，大型风电叶片整齐排列，等待运往海上作业区进行安装。

张斌

## 江苏海安：“农机战‘三夏’”抢收抢种忙



近日，在江苏省海安市城东镇高标准农田里，农机手正在进行小麦收割、田块平整、稻田施肥等作业。

顾金昌

## 迄今最清晰日冕图问世

天文学家利用迄今最清晰的日冕图像，揭示了太阳大气中正在发生的新过程。美国国家太阳天文台的Dirk Schmidt和同事使用美国加利福尼亚州的古德太阳望远镜拍摄了这些图像。

研究人员利用自适应光学技术，消除了观测太阳时由地球大气层产生的模糊区，从而首次观察到太阳外层大气日冕的特征。

Schmidt说：“你可以看到很多前所未见的细节。”这些细节包括在日冕中舞动的等离子体流，以及分裂和重组的被称为日珥的等离子体环。

这些图像还展示了有史以来最好的日冕雨图像，日冕雨是相当于地球城市大小的等离子体“雨滴”在冷却并变得更致密后落回太阳表面所形成的。“它们被引力拉回了太阳表面。”Schmidt说。

这些观测是在2023年和2024年的夏天进行的。人们希望其中一些图像能提供新见解，解释为什么日冕比太阳表面热得多——前者有数百万摄氏度，而后者只有数千摄氏度，这是一个尚未解开的谜团。

一种可能是太阳日冕中的磁场发生了碰撞。Schmidt说：“在我们提供的许多图像和影像中，你可以看到缠结和扭曲的结构，以及非常小的尺度上的扭曲运动。”这可能会形成能够加热日冕的纳米耀斑。

此外，图像中的一些特征是一个谜，包括一束变成多个斑点的等离子体。“我们目前缺乏一个明确的解释。”Schmidt说，“我相信这可能是新的发现，看其他科学家如何回答这个问题将非常令人兴奋。”

文乐乐



日冕中的等离子体流 资料图

## 7300万年前，鸟类已在北极“安家”



古代鸟类在北极圈上空筑巢示意图 资料图

最近从美国阿拉斯加出土的微小骨骼碎片，揭示了一个令人惊讶的秘密：鸟类在7300万年前就已跑到北极“安家”。这比科学界此前的认知提前了3000万年。相关研究5月29日发表于《科学》。

“这真是不可思议，因为在北极生活并养育幼鸟绝非易事。”美国普林斯顿大学的Lauren Wilson说道。

如今，大约有250种鸟类适应了在地球两极生存。有些鸟类会长距离迁徙，只在那里过夏，因为每天都有24小时的日照；有些则全年留在极地，忍受着严寒和数周的黑暗。然而，研究人员对这些鸟类何时以及如何到达地球最高纬度地区却知之甚少。

Wilson和同事在阿拉斯加北部被

称为“王子溪组地层”的一系列岩石中寻找古代鸟类的痕迹，这些岩石形成于约7300万年前的一片沿海冲积平原上。

研究团队在冬季从该地层的一些薄岩层中采集了古代土壤，当时气温低至-30℃，而他们的住所只是一个帐篷。“这绝对是我做过的最艰苦的野外工作。”Wilson说。

回到实验室后，研究人员花了数小时盯着显微镜下不到两毫米的沉积颗粒，搜寻其中的微小化石碎片。最终，他们发现了超过50块古代鸟类化石碎片，其中许多来自雏鸟甚至胚胎。这类年轻个体的骨骼化石呈现海绵状纹理，表明骨骼处于快速生长的阶段。

虽然鸟类可能在7300万年前就

开始在北极筑巢，但这些化石是迄今发现的筑巢行为的最早证据，它们将鸟类的这项纪录提前了3000万年。由于化石非常零碎，无法说明这些鸟类是全年都生活在北极，还只是在较温暖的夏季出现。

英国爱丁堡大学学者Steve Brusatte表示：“我们所知道的北极生态系统，尤其是那些在寒冷与黑暗中勉强生存的食物网，如果没有许多栖息在高纬度地区的鸟类，便无法存在。这些化石表明，鸟类早在几千万年前就已经是这些高纬度生态群落的重要组成部分。”

在这些化石碎片中，研究人员识别出3种主要鸟类：一类是已灭绝的与潜鸟类似的带牙鸟类；另一类是已灭绝的类似海鸥的带牙鸟类；还有一些可能与所有现代鸟类属于同一个大类。

然而，这些样本中并没有发现一种更原始的鸟类——反鸟类。这种鸟类在全球其他地区同时期的化石记录中占据主导地位。

德国森肯伯格研究所学者Gerald Mayr认为这是一个“意义重大”的发现，可能表明更高级的鸟类祖先因具备原始鸟类缺乏的独特进化特征，因而能够适应恶劣的北极环境。

形成王子溪组地层的生态系统存在于非鸟类恐龙统治地球的时代。化石证据显示，古代鸟类与暴龙类和角龙类等物种共享北极生态系统。此前甚至还有证据表明，一些恐龙也在北极筑巢。

蒲雅杰

虽然鸟类可能在7300万年前就