

于清华：左手现在，右手未来

■本报记者 江庆龄

“这台仪器在国内很先进，可以帮助我们制备材料、发表论文。”20 多年前，在一场招生宣讲会上，正准备报考研究生的于清华听到一名老师介绍，实验室里有一台从国外“退休”的光电仪器。于清华敏锐捕捉到另一个信息——高水平科研成果离不开先进科研仪器，而当时我国科研仪器自主研发水平有很大提升空间。“我能不能做点什么呢？”这个念头在她脑海中冒了出来。

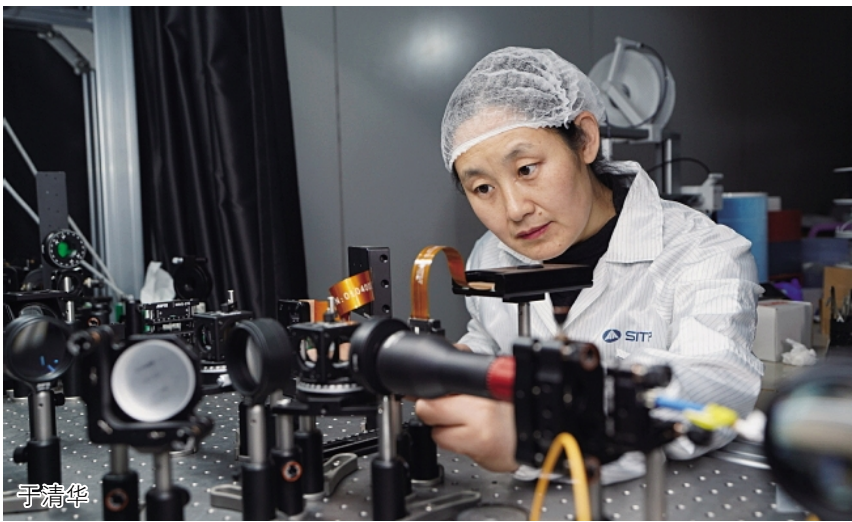
于清华了解到，中国科学院上海技术物理研究所（以下简称上海技物所）是我国红外与光电领域顶尖的科研平台。她毫不犹豫地报考了上海技物所的博士研究生，自此在空间时敏光学遥感技术领域扎下了根。

20 余年间，于清华一边专注于承担型号任务，一边面向国家需求开展技术预研。她先后开发光学自由曲面空间遥感应用系统设计与检测、棋盘星座阵列孔径广域覆盖高分辨成像方法，为空间光学技术革新提供了新途径。

近日，上海技物所研究员于清华荣获 2025 年度“全国三八红旗手”称号。

既完成眼前任务，又要“探路”未来

于清华做的事情，可以理解为给卫星装上“红外眼睛”。她长期关注的天基高时效红外探测技术，主要用于在 3.6 万公里外的地球静止轨道上又快又准地捕获稍纵即逝的红外辐射信号。借助这双“眼睛”，卫星不仅能够从太空中观测云图、海况和测绘目标，还能为公共安全和国家重大需求提供支撑。回顾过去的科研经历，于清华总结出以 7 年为周期的成长节奏。“前 7 年积累的知识、打磨的技术，能够支撑我



上海技物所供图

后 7 年的工程应用。后 7 年沉淀的成果、总结的经验，又会为之后 7 年的探索铺路。”于清华说。

博士刚入学时，于清华承担了一个光学系统相机设计任务。那时，她主要基于傍轴理论开展研究，从学习基础理论开始，一点点把这个领域吃透。2010 年，在完成阶段性任务后，她开始思考下一代成像技术，从零起步研究光学自由曲面的遥感应用。2017 年，光学自由曲面空间遥感系统设计与检测方法整套体系建立并实现工程应用后，她又开始探索新型成像理论，之后发明了棋盘式成像仪。

“如果不提前布局解决科学和技术上的问题，等国家需要用的时候可能就来不及了。”于清华告诉《中国科学报》。为此，她主动把自己每天的工作时间延长，确保在完成眼前攻关任务的同时为未来“探路”。那些短期内难

以见效的探索，逐渐成为她参与重大任务、支撑技术迭代的重要底气。目前，她的部分成果已实现民用转化。

这种科研价值观的形成，离不开团队的影响和支持。于清华所在的时敏红外探测关键技术研究集体，长期专注于先进红外信息获取技术中的时效性与灵敏度问题。最初，国内既没有成熟技术方案可参考，也缺少应用场景的数据支撑。但这一新型高性能光学载荷，对构建我国高时效空间红外探测网络具有重要战略意义。

没有参考方案就自己设计方案，没有数据就投入时间反复试验迭代。凭借这份攻坚克难的韧劲与执着，研究团队最终攻克了世界级的时敏遥感难题，为我国跻身该领域世界前列作出了重大贡献。在此过程中，团队也逐步养成了“走一步、看多步”的习惯，攻坚当前型号研发任务的同时，预判并

着手布局十年后的技术发展走向。潜移默化间，于清华很自然地开始拓展自己的研究方向。而让她有底气这么做的，则是上海技物所不唯论文、不唯项目的评价体系。为鼓励科研人员开展长周期的原始创新工作，上海技物所更是专门拿出了部分自有经费。“如果我一直陷在发论文、争取项目的焦虑中，肯定没办法沉下心来去做这些面向未来又十分小众的事。”于清华坦言。

生活随性，工作较真

工程任务既要看得远，也要落得实；准确把握大方向很重要，对细节的精益求精同样很重要。在生活中，于清华随性、坦率，有些大大咧咧，对很多事情都不在意。说话时，她的嘴角总是带着笑意，眼睛里闪着光。可一进入工作状态，她又会变得异常“较真”。

2016 年底，于清华团队向一本光学期刊投递了一篇与杂散光有关的论文，结果被拒稿。阅读审稿意见时，她意识到，国内光学从业者对“杂散光”的理解并不一致。

对此，于清华决定做些什么。起初，她想自己写一本教材，系统总结杂散光的理论知识及其在工程实践中的应用。在前期准备过程中，她发现美国雷神公司工程师埃里克·费斯特所著的《杂散光抑制设计与分析》，知识体系较为完整，转而决定翻译这本书。（下转第 2 版）



科学家打通异形胞分化调控通路

■本报记者 李思辉 通讯员 唐瑞婕

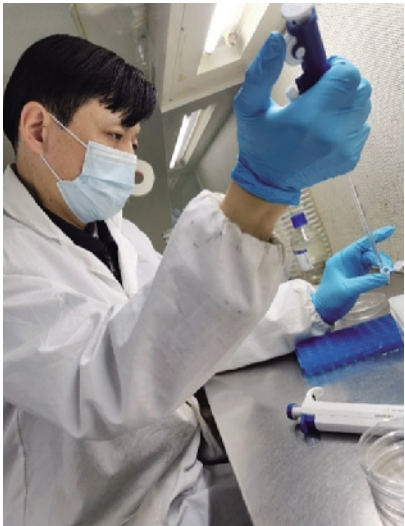
在自然界中，固氮是一个“怕氧”的生化反应。固氮酶可以把空气中的氮气转化成生物能够利用的氨氮，但这种酶在遇到氧气时很容易失活。而蓝细菌偏偏是会释放氧的生物，它一边通过光合作用制造氧气，一边保护怕氧的固氮酶，这看起来近乎矛盾。多细胞丝状蓝细菌是如何化解矛盾的？答案是，在一条细胞长链上进行合适的“分工”。

科学家发现，当环境缺氮时，模式生物鱼腥蓝细菌会让部分营养细胞分化成异形胞，它们像一间间墙壁加厚的“固氮工作室”，内部保持微氧环境，专门承担固氮任务；其余细胞则继续进行光合作用。精妙的是，这些异形胞并非随意出现，而是沿丝体呈半规律间隔分布。近日，华中师范大学、中国科学院水生生物研究所（以下简称水生所）徐旭东团队与中国科学院植物科学卓越创新中心张余团队合作，重构了蓝细菌异形胞分化的核心调控回路和整体调控网络。他们确认，长期被低估的 HetZ 在协调异形胞形成与图式排列中起到了核心作用。相关研究成果发表于美国《国家科学院院刊》。

四个角色

“要理解这项工作，首先要认清四个关键‘角色’：HetR、HetZ、PatS 和 PatU3。”徐旭东介绍，过去，HetR 常被称为异形胞分化的“主调控因子”。它像启动分化程序的关键按钮，当蓝细菌感知到缺氮信号后，HetR 参与推动一些细胞分化为异形胞。但如果只有“启动”，细胞链上可能会出现过多异形胞，分工就会失衡。

这时，PatS 登场。它是一段小肽，其抑制信号可以沿丝体扩散，阻止周围细胞也变成异形胞。若把 HetR 看作“油门”，PatS 就是能在邻近细胞之间传递的“刹车信号”。一个细胞分化成异形胞后，它周围的细胞便会收到抑制信息，从而形成间隔排列。然而，徐旭东团队发现，这套“油门－



徐旭东在实验室做研究。受访者供图

刹车”模型并不完整。真正把许多基因调动起来的，是 HetZ。研究证明，HetZ 是一种特殊 σ 因子，被称为 σ HetZ，可引导 RNA 聚合酶识别启动子，直接激活 hetR、patS、patU5－patU3、ntcA，以及异形胞包被多糖层等异形胞分化的相关基因。换句话说， σ HetZ 像中央控制室的“调度员”，把细胞命运决定、图式形成和后续结构建造协调串联起来。

PatU3 则是 σ HetZ 的“制动器”。它能够与 σ HetZ 结合，抑制其转录激活功能。由此， σ HetZ－PatU3 与 HetR－PatS 两对“激活因子－抑制因子”，共同构成异形胞分化和图式形成的核心回路。细胞是否成为异形胞，不再只是一个单按钮控制的问题，而是两组开关相互牵制、层层协调的结果。

“欠缺”的漂亮模型

在很长时间里，科学家更熟悉的是传统模型：HetR 激活异形胞分化，PatS 抑制 HetR 活性，两者类似图灵模型中的激活因子和抑制因子。这个模型简洁、漂亮，也解释了异形胞为什么会间隔出现。

但越往深处研究，徐旭东越觉得“不对劲”。图灵模型要求激活因子和抑制因子以不同速率扩散，才能形成稳定图式；可在蓝细菌中，HetR 不能在细胞间移动，能够扩散的主要是 PatS 小肽。只有抑制信号扩散，怎么支撑完整的图式形成？另一个疑点也越来越明显：如果 HetR 直接调控 patS 和 ntcA，为什么在 patS 和 ntcA 上找不到相应的 HetR 识别位点？

这些缺口指向了同一种可能：传统模型漏掉了关键一环。徐旭东团队把目光投向 hetZ－patU5－patU3 基因丛。早在 2001 年，徐旭东回国加入水生所后不久，团队就筛选到一个不产异形胞的突变株 1801。通过 6 年研究，徐旭东团队证明有一个 hetZ－patU5－patU3 基因丛能够影响异形胞分化及其在丝体上如何排列。

然而，推翻一个被广泛接受的模型并不容易。徐旭东坦言，20 年来最大的困难，就是同行认为传统模型已经“很漂亮、完美了”，不相信 HetZ 会有关键作用，只把它看作下游、次要的因子。2018 年，一个国外团队发表论文指出，HetZ 是间接调控异形胞发育的因子。

“当时心情很苦闷，因为我们认为 HetZ 应该是有核心功能的。”徐旭东说。但他也很清楚，在证据不过硬时，别人难以接受新的调控机制是正常的。“虽说还没被同行接受，但我们的信念就是一定要把它做出来，让证据说话。”

四重证据

为让 HetZ 从“间接或下游因子”变成“核心因子”，徐旭东团队拿出了四重证据。

第一重是鱼腥蓝细菌野生型和 hetZ 突变株之间的 ChIP-seq 差异分析。这就像给 HetZ 装上定位器，查看它在全基因组中究竟落在哪些位置。结果显示，全基因组至少有 546 个 HetZ 结合位点，并鉴别出保守的－35 区、－10 区启动子序列。hetR、patS、patU5－patU3、ntcA 以及异形胞结构发育相关基因上

游，都出现了 HetZ 识别的启动子。这些信息提示 HetZ 符合 σ 因子特征。

第二重是野生型和突变株的转录组差异分析。它回答的问题是，如果 σ HetZ 出了问题，哪些基因的表达量会变低？研究人员发现，当 hetZ 出现突变后，ntcA、patS、sigC 和 hep 基因从等一批异形胞分化关键基因的表达明显下降，从而说明 σ HetZ 直接激活了这些基因。

第三重是在大肠杆菌中重构的鱼腥蓝细菌转录体系。蓝细菌内部调控关系复杂，许多因子互相影响，很难判断谁直接作用于谁。于是，团队把鱼腥蓝细菌的 RNA 聚合酶基因丛放入大肠杆菌中，搭建了一个更“干净”的转录检测平台。这个平台像一间隔离实验室，只放入 σ HetZ，就能看到它是否直接激活了目标启动子。PatU3 则通过结合这些关键结构域关闭其功能。

“四重证据非常有力地证明了 HetZ 在蓝细菌特化固氮细胞形成中的核心作用。”徐旭东说。研究团队在论文开头写道：“本研究提供了迄今为止最全面的蓝藻异形胞分化基因调控网络图谱。”

徐旭东介绍，产异形胞蓝细菌可自由生活，也可与植物、海洋硅藻共生，是水体和土壤固氮的重要力量。其异形胞自带厌氧保护，无需诱导宿主形成根瘤。通过合成生物学改造，未来有望获得可在高等植物中稳定遗传的固氮共生体。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1073/pnas.2610149123>

国务院印发《国民健康“十五五”规划》

据新华社电 国务院日前印发《国民健康“十五五”规划》（以下简称《规划》），对“十五五”时期加快建设健康中国作出部署。

《规划》强调，坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，坚定不移走中国特色卫生与健康发展道路，坚定不移贯彻新时代卫生与健康工作方针，推动医疗卫生发展方式更加注重以健康为中心、服务体系更加注重质量效益提升、改革治理更加注重系统协同，增强健康服务均衡性和可及性，推动人民群众更加注重主动健康，加快形成有利于健康的生产生活方式和经济社会发展模式，全面提高国民健康水平，夯实中国式现代化的健康根基。

《规划》提出，到 2030 年，健康优先发展战略制度体系逐步建立，健康促进政策制度体系更加健全，中国特色基本医疗卫生制度更加完善，公共卫生安全保障能力和基层防病治病、健康管理能力显著提升，医疗卫生资源配置更加优化，多层次医疗保障体系进一步完善，面向人民生命健康的教育科技人才一体发展格局基本形成，我国在世界传统医药发展中的引

领地位进一步巩固，健康中国建设取得决定性进展，人均预期寿命达到 80 岁，主要健康指标进入高收入国家行列，为 2035 年建成健康中国打下坚实基础。

《规划》围绕优化全人群全方位全周期健康服务、持续筑牢高水平卫生健康安全屏障、加快完善优质高效整合型医疗卫生服务体系、着力培育卫生健康高质量发展新动能、深入推进以健康为中心的高效能治理等 5 个方面，部署了 24 项重点任务。同时，提出了高品质健康服务、高水平卫生健康安全、卫生健康服务体系现代化建设、面向人民生命健康的重大创新、公立医院改革与高质量发展等重大工程和项目，以及“十五五”时期医疗卫生资源配置指导原则。

《规划》要求，坚持把党的领导贯彻到卫生健康工作全过程各方面。各地区各部门要结合《“健康中国 2030”规划纲要》，因地制宜推进规划实施。国家卫生健康委要加强统筹协调，会同相关部门开展规划实施情况监测和评估，根据实际情况研究优化任务举措，确保规划各项任务落地落实。

研究实现高效乙炔选择加氢反应

本报讯(记者孙丹宁)近日,中国科学院院士、中国科学院大连化学物理研究所研究员张涛,研究员王爱琴,副研究员康磊磊等与西安交通大学研究员杨涛团队合作,开发了一种具有孤立 Pd₄ 位点的催化剂,为富乙烯条件下乙炔选择加氢反应提供了新策略。相关成果发表于《美国化学会志》。

乙炔选择加氢反应广泛应用于脱除富乙烯气中的微量乙炔杂质,以满足下游乙烯聚合的要求。目前,工业上主要采用负载型钯－银合金纳米催化剂,但在乙炔接近完全转化时,其选择性仍相对较低。自张涛团队提出单原子催化概念以来,单原子 Pd 基催化剂被广泛用于乙炔选择加氢反应,在提高选择性方面优于纳米催化剂,但同时也减弱了对氢气和乙炔的吸附,影响了部分活性。因此,获得

兼具高活性和高选择性的乙炔选择加氢催化剂仍面临挑战。

研究人员通过在钯 / 氧化铝 (Pd/Al₂O₃) 的 Pd 纳米颗粒上修饰部分还原的氧化镓 (Ga₂O₃),并在反应气中原位渗碳处理,构建了具有孤立 Pd₄ 位点的催化剂。在温和反应条件下,该催化剂的乙炔转化率达 95%,乙烯选择性为 99%。实验与理论计算结果表明,Pd 表面部分还原的 Ga₂O₃ 不仅起到了隔离和稳定 Pd₄ 几何结构的作用,还可以通过 Ga 向 Pd 转移电子,改变 Pd 的电子性质,从而增强乙炔吸附并削弱乙烯吸附,同时提高活性和选择性。

该研究拓展了单原子催化概念,为工业催化剂的设计提供了新思路。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1021/jacs.6c05181>



7 月 14 日,世界互联网大会开放日活动在京举办。本次活动以“数智共享,文化共融”为主题,全球 16 个国家和地区的 80 余家单位集中亮相,打造一站式、沉浸式数智文化体验空间。图为活动现场,观众通过 VR 沉浸式体验,直观感受数智科技为传统文化注入的全新生命力。图片来源:视觉中国

新西兰将开展全球最大规模野生动物 H5N1 防疫项目



本报讯 高致病性 H5N1 禽流感已在多国重创了家禽、野生鸟类及其他野生动物。随着病毒登陆澳大利亚,传入新西兰只是时间问题。而这将对该国众多珍稀的极危鸟类构成严重威胁。

据《科学》报道,新西兰环境保护部近日正式启动了疫苗接种计划,为鸮鹦鹉及另外 4 种总数均不足 500 只的极危鸟类的繁殖种群接种禽流感疫苗。这是迄今全球规模最大的野生动物 H5N1 防疫项目。

目前科研人员尚不清楚这些珍稀鸟类对该病毒的易感程度,也无法确定疫苗能否提供完全的保护。但负责新西兰鸮鹦鹉与短翅秧鸡两大旗舰物种保育恢复项目的 Andrew Digby 表示,原地观望绝对不可取。“疫病是物种走向灭绝最快的途径。我们会倾尽全力帮助这些珍稀物种度过危机。”

自 1996 年出现以来,H5N1 病毒借助候鸟长途迁徙,已感染全球至少 500 种野生鸟类、50 种哺乳动物,造成许多物种大规模死亡。

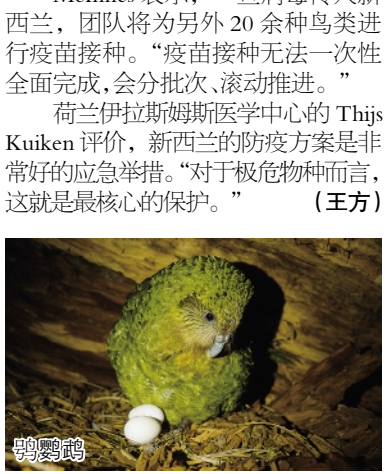
2024 年初,南美洲首次检出 H5N1 病毒,这让澳大利亚、新西兰两国科研人员进入高度戒备状态。棕鸢等多数南极繁殖候鸟在非繁殖期会向北迁徙至亚热带地区,从而成为病毒跨区域传播的重要载体。

2024 年,新西兰环境保护部首席科学顾问 Kate McInnes 团队制定了新西兰珍稀鸟类应急防疫方案,并开

始测试一款由美国硕腾动物保健公司研发、原本用于家禽的 H5N1 候选疫苗。该疫苗采用灭活 H5N2 毒株制备,可刺激机体产生针对禽流感病毒表面血凝素蛋白的抗体,从而建立免疫保护。

结果显示,在 5 种濒危鸟类中,有 4 种可维持至少 6 个月的有效抗体水平,仅黑翅长脚鸢、橙额鸮鹦鹉、新西兰秧鸡的接种难度较低,目前均已建立稳定的人工繁育种群。但鸮鹦鹉接种工作难度极大、流程复杂。McInnes 希望疫苗能守护这群体态圆润、聪明活泼、个性倔强的珍稀鸮鸟。

McInnes 表示,一旦病毒传入新西兰,团队将为另外 20 余种鸟类进行疫苗接种。“疫苗接种无法一次性全面完成,会分批次、滚动推进。”荷兰伊拉斯姆斯医学中心的 Thijs Kuiken 评价,新西兰的防疫方案是非常好的应急举措。“对于极危物种而言,这就是最核心的保护。”(王方)



图片来源:JAKE OSBORNE