



# 陈立泉的“冒险”之旅

■本报记者 韩扬眉

推进中国式现代化，科学技术要打头阵，科技创新是必由之路。新时代，中国科学院人“国家事”、“国家事”、“国家事”，切实担负起国家战略科技力量的光荣使命，在抢占科技制高点的新征程中创造出一项项杰出科技成就。《中国科学报》自今日起开设“杰出科技成就奖”专栏，报道 2024 年度中国科学院杰出科技成就奖获奖个人和成果，展示在基础研究、技术发明、科技攻关等领域取得重大突破的科学家及团队的创新故事。

陈立泉的个性中带有“冒险家”的特质。36 岁转行、在自行车还未普及的年代研究汽车电池、在日韩呈压倒性优势的形势下使我国锂电池行业成功“突围”……

如今，已 85 岁的中国工程院院士、中国科学院物理研究所（以下简称物理所）研究员陈立泉回溯半个多世纪的历程，感慨“机遇很重要，现在来看，我们的机遇抓对了”。他的“冒险”之旅还在继续，“我们希望固态电池全面领跑，为实现‘电动中国’的梦想奠定基础”。

今年年初，陈立泉获得中国科学院杰出科技成就奖“个人成就奖”。

## 36 岁确立人生方向

陈立泉在 36 岁才确立了奋斗一生的事业——研究锂电池。

1976 年圣诞节前，陈立泉被派往德国马克斯·普朗克固体化学物理研究所（以下简称马普固体所）访学，研究方向是晶体生长。

一天，偶遇马普固体所的公众开放日。陈立泉看到，扣子大小的电池摆在桌子上，材料是氮化锂，旁边则摆放着铅酸电池。陈立泉拿到手里仔细观察，发现铅酸电池很沉，而这枚“扣子”竟没什么重量。

陈立泉心中一动。他想起最近所里都在研究氮化锂晶体，疑惑为什么大家对氮化锂如此着迷。

很快，陈立泉弄清了缘由。氮化锂是一种离子导电的材料，用它制造的固态电池，能量密度远远高于铅酸电池，未来有可能应用于电动汽车。他立马冒出一个念头：要不要改方向？

趁着物理所同事郝柏林到德国访问的机



陈立泉

物理所供图

会，陈立泉把所见所闻告诉郝柏林，并问道：“是否可以转到新方向”。郝柏林毫不犹豫地说：“肯定的，应该做”。

按照要求，陈立泉立刻一纸“家书”向物理所打报告。大约一个月后，物理所回信“同意”。

那是在上世纪 70 年代的中国，自行车还未普及，陈立泉也已经 36 岁了。这是他第一次“冒险”。时至今日，陈立泉身上的果敢、勇气和魄力仍依稀可见，这不仅是他个性使然，更来自早已铭刻在心的家国情怀。

1961 年，中国科学技术大学技术物理系推荐陈立泉进入物理所，在新成立的半导体实验室实习。自此至出国前的 10 余年里，陈立泉涉猎过半导体、高温超导等，也取得了一系列研究成果。“前 10 年，需要干啥我就干啥，换的花样比较多。”他幽默地讲述着。

这一次同样如此。陈立泉预感，未来中国能源发展需要氮化锂这类材料。于是，他仅用 5 个月就完成了原计划一年的晶体生长任务。在访学的一年多里，陈立泉发表了 4 篇论文，基本掌握了固态离子学领域的关键知识。

1978 年 8 月，陈立泉踏上回国之路。陈立泉有了新的人生方向，也在祖国大地上种下了新的“希望”。

## 从“鸡舍”中起家

中国锂电池行业发展的关键时期，离不开

陈立泉的胆识与勇气。

回国之初，陈立泉给自己立下“军令状”，3 年在国内站住脚，再 3 年在世界上占有一席之地。

他们从原来物理所的一间鸡舍中开启了锂电池基础研究和攻关之路。大约 5 年时间里，在物理所和中国科学院的支持下，他们创立了国内第一个固态离子学实验室，共发表 30 多篇学术论文，与合作者成功生长出铬酸铈铀、合成了氟掺杂铜铀等一些快离子导体材料，开展了多相体系中离子传输等研究。

1982 年，《人民日报》在 3 版重要位置发表题为《在一个科学上团结拼搏的集体——记中国科学院物理研究所固体离子学室》的报道；1983 年，陈立泉在江苏无锡组织召开中国第二届固体离子学讨论会，参会的美、法两位著名科学家主动邀请研究室成员去自己国家交流；陈立泉被国际科学杂志《固体离子学》聘请为编委……

固体离子学研究在国内站住脚了，也有了一定的国际影响力。而鸡舍里掺杂污泥的味道、与同事们来回搬抬设备的场景，陈立泉至今仍记忆深刻。

此后 10 余年间，在国家和中国科学院等的支持下，陈立泉带领团队相继研制出我国第一只全固态锂电池、性能达到国际先进水平的第一只圆柱型锂离子电池，自主建成了一条年产 20 万只 18650 型锂离子电池的中试生产线……中国锂电池及产业化取得了从无到有的跨越式发展。

1997 年，陈立泉和学生李泓等在国际上首次提出纳米硅作为锂离子电池核心负极材料，并申请该领域的首个专利，后来相继发明了“元宵”和“鱼皮花生”等结构的纳米硅材料，攻克了纳米硅难分散、副反应严重等难题，并于 2017 年开始推向工程化应用。

1999 年，陈立泉受中科集团董事长张云岗之邀，担任特别顾问，推动宁德时代公司成立。而后，他又发现并培养了另一位“冒险家”——宁德时代现任董事长曾毓群。（下转第 2 版）



4 月 1 日，由国家航天局探月与航天工程中心和中国国家博物馆共同主办的“九天揽月——中国探月工程 20 年”展览在北京国家博物馆对公众展出。本次展览包含全球首次对比展出月球正面、背面样品，上百件珍贵实物与图文史料首度集体亮相。

展览以“科技+科普+成就+文化”为主线，围绕工程历史背景、研制历程、主要成就、未来任务等，以实物实证与历史档案相结合的叙事方式，系统展示中国探月工程自 2004 年立项以来，以“绕、落、回”三步走战略为引领，走出的一条高质量、高效益的月球探测之路。

图为公众在参观等比例玉兔号月球车模型。  
图片来源：视觉中国

# 1900 余名美科学家签署公开信谴责政府



根据出版计划，本报 4 月 4 日休刊。敬请留意。

休刊启事

地位现在却受到政府举措的威胁。

公开信说，“特朗普政府正通过削减研究资金、解雇数千名科学家、取消公众获取科学数据的权限，以及迫使研究人员出于意识形态原因改变或放弃工作，重创美国的科学事业”。为此，美国国家科学院、工程院和医学院的成员们不得不联合起来，向公众发出“求救信号”。

公开信指责，特朗普政府削减资金并在法律层面发出威胁，“迫使科研机构暂停研究（包括新的疾病疗法研究），冻结教职员工招聘，并停止招收研究生”。

科学家在公开信中说，希望保护独立的科学研究。然而，特朗普政府正建立审查制度，破坏这种独立性。“它利用行政命令和威胁来操纵哪些研究能得到资助或发表，如何报告研究成果以及公众可以获取哪些数据和研究成果”，阻止科学家研究特朗普政府反对的或研究结果令其不快的课题，包括气候变化、疫苗安全和经济趋势等。

公开信指出：“当前美科学界笼罩在恐怖气氛中。”研究人员因担心失去资金支持或工作保障，被迫从出版物中删除自己的名字，放弃（一些领域的）研究，重写资助申请书和论文，以删除其中令特朗普政府反感的科学术语。尽管科学界有一些人提出了口头抗议，但大多数研究机构和大学噤若寒蝉，避免因与政府对抗而危及获得资助。

科学家担心，如果研究体系被拆解，美国将失去科学优势。“我们呼吁政府停止对美国科学事业的全面攻击，我们敦促公众加入这一呼吁。”公开信说，“科学的声音不能被压制。我们都从科学中获益，如果国家的研究事业被摧毁，我们都将蒙受损失。”

参与公开信的 1900 余名科学家占美国国家科学院、工程院和医学院成员总数的近 1/4。公开信最后表示，这封信只代表签名者个人观点，不代表科学院、工程院和医学院或签名者所属科研机构的观点。（王方）

# 4.8 亿年前“海底建筑师”以磷酸钙做骨

■本报记者 张楠

湖北省宜昌市远安县螺祖镇附近，一块貌不惊人的黑色石块，在古老岩层中静静等待了数亿年。当科学家用显微镜揭开它的秘密时，一个关于生命创造力的远古故事随之浮现。

近日，中国科学院南京地质古生物研究所（以下简称南京古生物所）早古生代研究团队等，在宜昌远安发现了 4.8 亿年前、迄今最古老的层孔海绵化石，因发现地及其微观结构与丝绸相似，将其命名为螺祖冠毛层孔海绵。

这一发现不仅将造礁的层孔海绵的化石记录提前了约 2000 万年，还揭示了早期礁生态系统与生物矿化演化的独特机制，为未来研究早期地球环境与生物相互作用提供了新方向。相关成果 4 月 1 日发表于美国《国家科学院院刊》。

## 发现最古老的层孔海绵化石

与一般的海绵动物不同，大部分古生代层孔海绵没有骨针，而是具有钙质骨骼，这是一个重要特征。在北美大陆，由层孔海绵形成的生物礁是非常重要的油气储层。

层孔海绵作为古生代奥陶纪—泥盆纪标志性的浅海造礁动物之一，与珊瑚的生态地位和地理分布颇为类似。它们共同成为礁生态系统的“主力军”。

然而，这些“海底建筑师”最早何时出现？它们如何进化出坚硬的骨骼，如何成为礁生态系统的组成成分，如何在全球范围内几乎同时分布，并为礁生态系统作出贡献？

由于早期层孔海绵化石记录缺失，这些问题一直悬而未决。

论文第一作者、韩国高丽大学的全青完在南京古生物所就读博士期间，在论文共同通讯作者、南京古生物所研究员张元动的建议下，前往宜昌进行野外考察，发现了这次报道的化石。

“宜昌地区早奥陶世生物礁研究已经相当深入，因此这是一个出乎意料的发现。”全青完向《中国科学报》介绍了该化石名称的由来，“化石发现地附近有螺祖镇。中国传说中螺祖发明了养蚕和丝绸，这种层孔海绵的微观结构与丝绸有相似之处，所以用‘螺祖’命名。”

## “时装周”上不走寻常路

在刚发现“螺祖”化石时，全青完花了很长时间才理解它。此后，他在博士毕业后与多位学者持续合作研究，获得了一系列发现。

他们认为，螺祖冠毛层孔海绵通过氟磷酸钙构建骨骼，这在整个海绵类中是独一无二的。

张元动表示：“就像厨师尝试新菜谱一样，早期动物在进化过程中‘尝试’用不同材料构建骨骼。以往研究中的海绵礁化石骨骼构建，要么是碳酸钙，要么是硅。”

而“螺祖”海绵选择由一种主要成分为磷酸钙的磷酸盐矿物——氟磷酸钙构建骨骼，表明海绵动物在奥陶纪早期就已具备使用硅、碳

酸钙、磷酸钙这 3 种生物矿物质建造骨骼的能力和机制，展示了早期生物适应环境的多样性。为科学家理解生命演化提供了新视角。

“这就像生物在进化的‘时装周’上尝试了一种独特‘材料’。虽然最终在海绵动物中没有成为主流，却展示了生命演化的更多可能性。”张元动进一步解释了这种独特性。

这一新发现突破了此前已知的两种海绵骨骼材料：硅质（如玻璃质地）和碳酸钙质（如贝壳质地），让海绵成为首个掌握了“3 种造骨技能”的动物类群。

## 化石记录前推约 2000 万年

早期层孔海绵骨骼中磷酸钙的存在，拓展了人类对早期动物生物矿化能力的理解。这表明早期海绵可能已具备多样化生物矿化策略所需的遗传能力。

研究团队认为，“螺祖”海绵可能代表了磷酸盐生物矿化的早期“实验品”，后来在海洋化学变化的背景下，被基于碳酸盐的海绵所取代。这一发现强调了环境因素在塑造生物演化过程中的重要性。

不仅如此，“螺祖”海绵还形成复杂的礁结构，在框架构建和结合钙微生物、石松海绵、瓶筐石、棘皮动物等其他造礁生物组分方面，发挥了关键作用。

这些早期层孔海绵所建造的礁结构的复杂性，堪比后来的礁生态系统。这一发现将造礁层孔海绵的化石记录前推约 2000 万年。

这项研究的意义不仅在于填补了层孔海绵早期演化历史的空白，还为理解早期动物的生物矿化过程提供了新视角。它揭示了地球历史上关键时期礁生态系统的复杂性，以及生物如何适应和改变环境。

审稿人认为，目前关于层孔海绵早期演化历史的相关信息仍然非常有限，因此该研究对推进这一领域的理解具有重要意义。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2426105122>



华南早奥陶纪层孔海绵礁复原图。  
埃洛伊·曼萨内罗 / 绘

# 尼安德特人特有石器技术首现我国西南地区

本报讯（记者冯丽妃）中国科学院青藏高原研究所（以下简称青藏所）联合云南省文物考古研究所，通过对位于云南省大理白族自治州鹤庆县龙潭遗址的多学科综合研究，首次在东亚地区发现特征明确的旧石器时代中期基纳技术体系，指示尼安德特人可能曾扩散到我国西南地区。这不仅进一步填补了东亚旧石器时代技术体系的空白，更新了对东亚旧石器时代技术演化模式的传统认识，也为理解这一关键时期东亚古人类演化动态和格局提供了全新视角。相关论文 4 月 1 日在线发表于美国《国家科学院院刊》。

“基纳技术是欧洲旧石器时代中期最具代表性的技术类型之一，集中出现在距今约 7 万至 4 万年，是尼安德特人应对干冷环境的一种特殊技术适应策略。该技术此前在东亚地区未有明确的发现和报道。”论文共同第一兼通讯作者、青藏所研究员李浩介绍。

龙潭遗址年代距今约 6 万至 5 万年。此次研究发现龙潭遗址石制品组合呈现出典型的基纳技术特点。首先是有组织性地剥取厚石片作为工具毛坯；其次，有选择性地使用软锤和硬锤进行基纳刮削器刃缘修理，并依次产生凸形修疤和凹形修疤；再次，通过再修理策略，持续更新和维护刃缘，以延长基纳刮削器的使用时间；最后，以再修理石片为毛坯制作小型工具，同时存在石片石核类型，展现出基纳技术体系中多层次分化的消减策略。微痕分析表明，龙潭遗址基纳刮削器用于骨头、木头、兽皮等多种对象的加工处理，具有多功能性。

“龙潭遗址基纳技术的发现和确认，从考古文化遗存角度为东亚古人类复杂演化格局增添了新要素和新内涵。”论文第一作者、云南省文物考古研究所副研究员阮齐军表示，距今约 30 万年以来，中国境内可能并存多种类型的古人类群体，共同构成了东亚地区中更新世晚期以来多线演化、复杂交织的人类演化格局。

研究者表示，龙潭遗址基纳技术的发现，不仅极大拓展了该技术的时空分布范围，也为进一步理解尼安德特人在东亚的出现及其潜在时空分布提供了宝贵材料和线索。未来，对这一区域有望发现人类化石或基因线索的遗址开展系统发掘和研究工作，将为解译基纳石器的制作者提供直接证据。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2418029122>

# 科学家提出单原子催化剂设计全新理论模型

本报讯（记者王敏）中国科学技术大学教授路军岭、武晓君团队联合中国科学院大连化学物理研究所副研究员杨冰团队，创新性地将前线分子轨道理论引入单原子催化剂设计中，成功研发出兼具高活性和高稳定性的单原子加氢催化剂，实现了前线分子轨道理论在多相催化中的实验验证与突破性应用。该研究为高活性、高稳定性单原子催化剂设计提供了一个全新的理论模型，有望为人工智能高通量筛选催化剂奠定新的理论基础，并大幅加快高活性、高稳定性催化剂开发，缩短其工业化应用进程。4 月 2 日，相关成果在线发表于《自然》。

从本质上说，单原子催化剂的活性和稳定性分别由金属—底物分子和金属—载体相互作用决定。

路军岭团队在 14 种半导体载体表面构建了 34 种单原子催化剂。他们通过调控载体种类与尺寸，实现了对载体最低未占分子轨道（LUMO）能级位置的精准调控，并利用紫外对其 LUMO 能级位置的精准测量。杨冰团队利用高分辨电镜确认了钌原子的原子分散状态。红外

和光电子能谱表征则发现，随着氧化物尺寸的减小，钌原子的价态逐步升高，与纳米氧化物的电子相互作用逐步增强。

在乙炔选择性加氢反应中，研究发现，当氧化铈、氧化铈等载体尺寸降至纳米级时，钌单原子催化剂的活性显著提升 20 倍以上，并展现出更优异的稳定性。进一步研究发现，上述钌单原子催化剂的活性与其价态并无直接关系，而与实验上测得的载体 LUMO 能级位置呈线性关系。

武晓君团队通过理论计算揭示了金属—载体及金属—分子间的前线轨道耦合内在机制，并证实了前线分子轨道理论在单原子催化中完全可行，为高活性、高稳定性单原子催化剂设计提供了一个全新的理论模型。

审稿人评价，“通过实验和理论建立了金属—载体电子相互作用以及分子吸附强度的内在关联，是我见过的金属—载体电子相互作用讨论最为透彻的工作”，并认为“作者提出的观点非常吸引人”。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-08747-z>