



# 贝壳会造血？这项发现“改写”教科书

■本报记者 廖洋 通讯员 金松

传统观念中，无脊椎动物外骨骼常被视为“无生命的石头”，而脊椎动物骨骼因具有终身造血功能，被视为“活的器官”，成为脊椎动物特有的重要演化创新。这一观点常出现在教科书中。

然而，中国海洋大学海洋生物遗传学与育种教育部重点实验室包振民院士和王师教授团队，历时 9 年在动物骨骼造血研究领域获得的最新发现，却颠覆了这一观点。近日，这项成果发表于《科学进展》。

“我们在国际上首次揭示了无脊椎动物骨骼中普遍存在造血干细胞，解开了 5 亿多年前贝壳的生命奥秘，颠覆了骨骼造血为脊椎动物特有演化创新的传统观念，为理解动物造血系统起源演化提供了全新视角，也为海洋生物干细胞研究开辟了新方向和新范式。”论文通讯作者之一王师对《中国科学报》说。

## 从一次实验“意外”到颠覆性发现

软体动物，俗称贝类，是海洋中最大的动物门类，也是寒武纪早期起源的主要矿化骨骼代表性动物类群之一。研究发现，贝壳呈现出许多令人费解的生物学特性，与脊椎动物骨骼存在关联性，却始终难以用传统认知合理解释。

寒武纪为何出现有壳类生物大爆发？贝壳是否为传统认知中“无生命的石头”？……这些生物学界的未解之谜，是生命演化史上的“悬案”。

“谁会想到，我们团队这项研究的肇端，竟是 9 年前一次实验中的意外发现。”王师说。2016 年，团队尝试对新鲜贝壳进行核酸提取时，发现了一个匪夷所思的现象：样本中不仅检测到 DNA，还有活细胞的指示物——RNA 分子。这一结果之所以“意外”，是因为 RNA 分子极不稳定，在活细胞外会快速降解，二是因为贝壳一直被认作是“无生命的石头”，不该有 RNA 残留。因此，团队最初认为这是贝壳内表面软体组织未清理干净、样本受到污染所致。但在多次对贝壳样本进行彻底清理后，他们仍能检测到 RNA 分子的存在。

这一“意外”的现象让团队意识到，贝壳里可能存在着活细胞。

“这意味着过去被认为是‘无生命的石头’的贝壳，实际上是一个‘活的器官’。”回想起当时的情景，王师仍兴奋不已，“这是学界观念的颠覆性更新，也意味着我们找到了侦破这起 5 亿多年前‘悬案’的关键突破口。”

## 不断发现、解决问题

“已经记不清有多少天，我们团队师生通宵鏖战了。”论文作者之一、中国海洋大学副教授连珊珊说，“科研攻关的过程，其实就是不断发现问题、分析问题和解决问题的过程。”

要证实贝壳里存在活细胞，团队面临的第一个难题就是从坚硬的贝壳中稳定、有效地提取 RNA。由于传统软组织研磨方式并不适用，他们只能先将贝壳在液氮中速冻，再在研钵中将其手动研磨成粉。这是进行 RNA 提取实验的先决条件，也是一项耗时费力的体力活。

团队成员、中国海洋大学博士生胡乃娜和硕士生刘思诺两人，最开始常常要连续几天在实验室重复这一工作。“磨一上午，手就起茧了，而且效率比较低，做一次 RNA 提取实验往往要耗费几天时间来做准备。”胡乃娜说，这说明做科研不只要有扎实的学术基础，还要有埋头苦干的韧劲。后来团队引入了研磨仪，才解决了稳定提取 RNA 的问题。

接下来，对贝壳内细胞进行直接观察成为新的挑战，这需要对高度钙化的贝壳进行脱钙处理。然而，针对贝壳优化的脱钙液并无现成配方，需要团队自行摸索。

团队花了近半年时间，尝试去除贝壳表面坚硬的碳酸钙层，暴露内部的有机质层。这项工作完成后，团队又开始反复优化固定和染色方法，以便在显微镜下观察细胞分布。

“最初，染色效果很不理想。在进行了若干次尝试后，我们最终选择了边脱钙边固定的方式，尽可能保持细胞的完整形态。”连珊珊说，团队最后成功脱除了贝壳的部分钙质层，并通过染色清晰观察到了细胞的存在和分布。

他们发现，贝壳内的确存在活细胞。新的问题也随之而来：这些活细胞属于什么类型，又有什么功能？

单细胞测序技术给团队提供了很大帮助，也提出了更大挑战。“该实验的关键难点在于，单细胞测序技术通常要求对活细胞进行分析。仅解决这一问题，团队就耗费了近一年时间。”连珊珊说，后来团队摸索出了相对直接的方法，一是分析贝壳内偏好表达的胶原类型；二是短时间内将贝壳物理破碎成小块，这样能显著加快脱钙速度。“这一过程非常考验实验者操作的流畅度，必须在最短时间内完成上述操作，以确保细胞的活性。任何一步出现问题，就得从头再来。”

最终，团队成功建立了适用于无脊椎动物外骨骼的干细胞研究体系，并通过多组学遗传解析、细胞体外培养和诱导分化、活体动物细胞示踪和功能验证等系统性证据，揭示了贝壳内存在造血干细胞。

研究显示，贝壳内存在高丰度的造血干细胞，比例高达 40%~60%；贝壳造血谱系展现出许多与脊椎动物相似的生物学特征；贝类造血干细胞除具有造血功能外，还具有生物矿化功能；动物界主要类群的矿化骨骼中均具有潜在的造血干细胞。研究还揭示了动物祖先造血干细胞核心调控基因集。基于此，研究团队提出了“骨骼干细胞集的重大演化创新为寒武纪动物大爆发的重要驱动力”的新理论学说。

## 热爱与坚守才能走得更长远

“‘无脊椎动物骨骼内普遍存在造血干细胞集’的原创性发现，是迄今国际上首次发现存在跨动物界保守的普适性干细胞集，也是生命科学领域的重要认知突破，颠覆了骨骼造血为脊椎动物特有演化创新的传统观念，解答了长期困扰学术界的无脊椎动物造血干细胞来源之谜……”

论文发表后，第一时间便被选为期刊网站主页的 3 篇亮点文章之一，并被 Science Adviser 予以重点推介。对于成果，王师说：“这归功于团队全体成员的齐心协力与不懈奋斗。”

“科研之路充满了未知和挑战，做科研要坚持、坚守和坚定。”这是连珊珊的深切体会。胡乃娜 2016 年进入实验室，她笑称 9 年多来自已与项目“共生”。“有长达一两年的时间，我处于反复尝试却难以获得理想结果的循环中，这是对我的巨大考验。所幸，我坚持了下来。”胡乃娜感慨道，“我知道周围不少同学和我一样，深夜还坚守在显微镜前，心无旁骛地钻研。这都是出自对科学的热爱。”

目前，团队已启动“探究计划”，将研究目标从最初 9 个物种扩展到近 50 个，涵盖整个动物界的主要动物骨骼类群和完整进化链条，以期重塑对无脊椎动物造血系统的认知，为理解动物造血与矿化骨骼的宏观演化提供全新理论框架。

“我们想以更宏观的研究视角确认这一发现的普遍性，更想探索无脊椎动物类群骨骼干细胞高丰度的维持机制，为人类再生医学领域干细胞研究或治疗策略研发提供重要启示。”王师说。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1126/sciadv.adw0958>

# 国务院印发《关于深入实施“人工智能+”行动的意见》

据新华社电 国务院日前印发《关于深入实施“人工智能+”行动的意见》(以下简称《意见》)。

《意见》坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，完整准确全面贯彻新发展理念，坚持以人民为中心的发展思想，充分发挥我国数据资源丰富、产业体系完备、应用场景广阔等优势，强化前瞻谋划、系统布局、分业施策、开放共享、安全可控，以科技、产业、消费、民生、治理、全球合作等领域为重点，深入实施“人工智能+”行动，涌现一批新基础设施、新技术体系、新产业生态、新就业岗位等，加快培育发展新质生产力，使全体人民共享人工智能发展成果，更好服务中国式现代化建设。

《意见》提出加快实施六大重点行动。一是“人工智能+”科学技术，加速科学发现进程，驱动技术研发模式创新和效能提升，创新哲学社会科学研究方法。二是“人工智能+”产业发展，培育智能原生新模式新业态，推进工业全要素智能化发展，加快农业数智化转型升级，创新服

务业发展新模式。三是“人工智能+”消费提质，拓展服务消费新场景，培育产品消费新业态。四是“人工智能+”民生福祉，创造更加智能的工作方式，推行更富成效的学习方式，打造更有品质的美好生活。五是“人工智能+”治理能力，开创社会治理人机共生新图景，打造安全治理多元共治新格局，共绘美丽中国生态治理新画卷。六是“人工智能+”全球合作，推动人工智能普惠共享，共建人工智能全球治理体系。

《意见》提出强化 8 项基础支撑能力，包括提升模型基础能力、加强数据供给创新、强化智能算力统筹、优化应用发展环境、促进开源生态繁荣、加强人才队伍建设、强化政策法规保障、提升安全能力水平等。

《意见》要求，坚持把党的领导贯彻到“人工智能+”行动全过程，国家发展改革委要加强统筹协调，各地区各部门要结合实际、因地制宜抓好贯彻落实，确保落地见效。要强化示范引领，适时总结推广经验做法，加强宣传引导，广泛凝聚社会共识，营造全社会共同参与的良好氛围。



8 月 25 日，贵州黔南州，在建世界第一高桥贵州花江峡谷大桥荷载试验顺利完成，通车在即。

在静力荷载试验过程中，96 辆总重达 3300 吨的重型大货车分批驶上桥面，对大桥进行了一次全面而严格的“体能测验”。荷载试验顺利完成，标志着大桥通过了通车前的“关键大考”，有望于 9 月下旬通车。

花江峡谷大桥是贵州六枝至安龙高速公路的控制性工程，全长 2890 米，主桥跨径 1420 米，桥面到水面高度 625 米。花江峡谷大桥建成后，主桥跨径将居山区桥梁跨径世界第一，桥梁高度将居世界第一。

图片来源：视觉中国

# 我国启动全球首个神经重症脑机接口多中心临床试验

本报(记者陈彬)日前，天津大学脑机交互与人机共融海河实验室与天津市环湖医院牵头，联合国内顶尖医疗机构，共同启动了全球首个神经重症脑机接口多中心临床试验。

该项目以脑机接口精准诊疗为切口，标志着脑机接口技术首次突破传统运动和认知功能修复应用范畴，全面进入神经重症这一全新领域。

作为神经重症患者的常见并发症，脑积水是脑脊液在脑室内积聚过多所致，全球 65 岁以上人群中，平均每百人中就有 2 人患脑积水。神经重症脑积水的误诊率高达 62%，同时在临床上面临诊断周期长、治疗手段有限等一系列瓶颈问题，亟待引入创新技术予以解决。

活动现场，天津大学脑机交互与人机共融海河实验室团队发布了“神工-神箭”“神工-无量”“神工-神调”等重症脑机接口国产医疗器械产品，并展示了基于完整自主知

识产权的新一代脑机接口技术和围绕脑积水“监测-诊断-治疗-调控”所研发的系列创新研究成果。

此次启动的“基于无创技术的神经重症多模态脑监测”“无创迷走神经刺激联合数字疗法改善重症空间记忆”等 6 组多中心临床试验，旨在实现神经重症多模态无创实时监测、脑功能在线实时评估和脑疾病高效治疗。

天津大学脑机交互与人机共融海河实验室副主任刘秀云表示，作为医工融合领域最为前沿的研究方向，脑机接口技术已经在医疗筛查、干预和辅助性系统中为患者带来帮助，特别是基于非侵入式脑机接口技术的精准诊断及治疗技术，为脑积水救治提供了全新思路。依托多中心临床试验，有望重塑神经重症诊疗新体系，建立“基础研究-临床试验-规模应用”闭环，催化更多具有自主知识产权的创新疗法从科研突破走向临床实用，为患者打开通向未来医疗的新入口。

# 非洲国家太阳能电池板进口数量创纪录



示，假如过去一年进口的所有太阳能电池板都已安装，16 个国家进口的太阳能电池板的发电量至少占当前发电量的 5%；塞拉利昂仅进口的电池板就可以产生目前所需的 60% 以上电力。

“非洲的公正能源转型不再是一个愿景，它正在徐徐展开。”肯尼亚能源智库“非洲电力变革”的 Amos Wemanya 说，“这一转变具有巨大潜力，可以重塑我们面对气候变化的韧性并推动发展。”

恩伯的 Dave Jones 指出，上述激增部分来自正在建设的大型太阳能装置，部分来自屋顶或农场上的小型分布式太阳能设施。人们在寻求更便宜、更可靠的能源。

在研究人员看来，这是充满希望的发展趋势，因为非洲近一半的人口(约 6 亿人)无法获得可靠的电力。同时，非洲大陆的太阳能发展仍然落后于世界其他地区。因此，非洲国家一直在努力吸引可再生能源投资。

“我们面临的真正挑战是如何通过调整融资、政策和当地产业，将上述增长势头转化为持久收益，以确保清洁能源不仅可用，而且可靠、能负担得起，从而惠及所有非洲人。”Wemanya 说。

在过去两年中，除南非外的非洲国家进口的太阳能电池板增加了两倍多。研究人员表

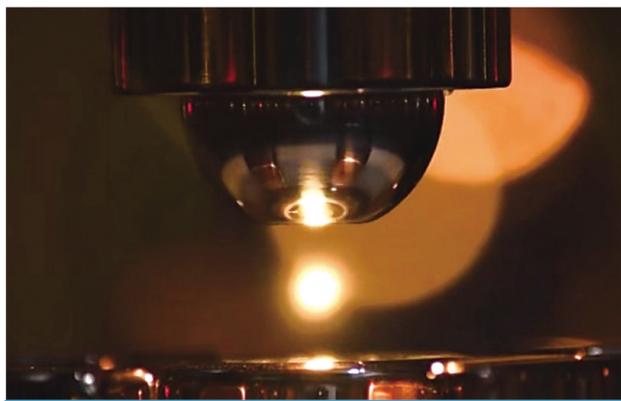
# 创世界纪录！钨合金在中国空间站加热至超 3100℃

本报(见习记者李媛)近日，我国科学家利用中国空间站上的无容器材料科学实验柜，成功把钨合金加热到超过 3100℃，创造了新的世界纪录。

金属钨是目前已知的熔点最高的金属，熔点高达 3422 摄氏度，比铁高 1800 多摄氏度。由于具有超高的熔点，钨及其合金能够在核聚变反应堆等极端环境下使用。长期以来，钨合金在超高温下的物理化学性质研究一直是科学界的难题。

这项空间材料科学实验由西北工业大学科研团队负责。在前期实验中，团队通过自行研制的静电悬浮设备，利用静电场提供的电场力克服重力，从而让实验材料在中国空间站的无容器材料科学实验柜中呈现稳定悬浮状态。科研团队通过在地面环境下进行充分的预先实验，进而设计确定了空间站环境下的研究方案。

西北工业大学物理科学与技术学院教授胡亮介绍，在空间站做钨合金实验，主要有两方面原因。第一，空间站提供的微重力条件，可以使金属钨熔化后达到一个非常标准的球形状态，这对于精确获取它的物理、化学性质非常有利。第二，钨的密度非常高，加上其他元素后，在地面上制备会出现重的沉下去、轻的飘上来的现象。



钨合金被加热到超过 3100℃。西北工业大学供图

如果在空间站制备钨合金，那么会得到一个组织和成分都高度均匀的状态，这对于提升材料性能非常有利。

“这项工作不仅验证了我国自主设计的空

间材料科学实验柜具有非常优异的性能，也积累了大量的超高温材料在轨实验的原始数据。”胡亮说，研究结果将为新型钨合金设计及其性能提升提供重要的理论依据。

# 研究实现乙醇高选择性氧化制乙醇酸

本报(记者孙丹宁)中国科学院大连化学物理研究所研究员丁云杰、严丽、宋宪根团队开发出一种新型单原子催化剂，实现了乙醇在温和条件下高选择性定向转化为乙醇酸，并揭示了水介导的氧穿梭机制。近日，相关成果发表于《美国化学会志》。

乙醇作为一种可利用的生物质和煤化工衍生平台分子，有望转化为高附加值化学品。乙醇酸是生产可生物降解材料的重要原料，然而乙醇直接氧化制备乙醇酸的反应路径尚未见报

道。因此，开发高效催化剂实现乙醇制备乙醇酸具有重要意义。

该工作中，研究人员开发了一种可控的单原子催化剂合成方法：通过调节载体预处理工艺，制备了活性炭上 S/N/1 配位的 Rh 单原子催化剂。

实验结果表明，在 160℃、I<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 共同催化作用下，该催化剂可将乙醇直接氧化为乙醇酸，目标产物选择性为 93%，周转频率约为 251 h<sup>-1</sup>。研究发现，S/N/1 的协同配位效应提高了 Rh 周

围的电子离域性能，降低了底物吸附和决速步的能垒。活化的碘自由基夺取乙醇的 β-C-H 键，从而避免了乙醛副产物的生成。通过多项原位表征，研究人员揭示了一种新的水介导的氧穿梭机制。

该工作将研究内容拓展至低碳醇选择性氧化为高附加值化学品，为高效单原子催化剂的应用提供了新思路。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1021/jacs.5c07150>