

原来，穿山甲背了个“小药箱”

■本报记者 陈彬

全身覆盖鳞片的哺乳动物——穿山甲，是动物界的奇特成员。人们通常认为，穿山甲的鳞片仅仅是保护自身免受外界伤害的盔甲。然而，温州肯恩大学教授朱绍和团队的最新研究却刷新了这一传统观念。

研究团队发现，穿山甲鳞片的结构并非人们想象的那样简单。该结构可以使鳞片像过滤器一样捕获微生物，防止机体受到伤害。更重要的是，穿山甲鳞片富含具有免疫应答功能的活性成分，很多成分具有抗菌和抗炎特性。这意味着，穿山甲的鳞片就像一个随身携带的“小药箱”。

近日，该研究成果发表于《BMC 生物学》。

具有先天“缺陷”却能存活至今

朱绍和在穿山甲研究和保护领域已工作了十余年。其间，他发现穿山甲身上有一个很神奇的现象。

“干扰素 ϵ 基因专在皮肤上皮细胞及内部黏膜保护组织中表达，是胎盘哺乳动物抵抗病原体的首要防线，能有效阻止病原体穿透表皮进入体内。”朱绍和告诉《中国科学报》，自然界病原体繁多，但很难穿透表皮进入体内，关键在于干扰素 ϵ 基因能在病原体入侵时迅速激活免疫系统，实现有效防御。

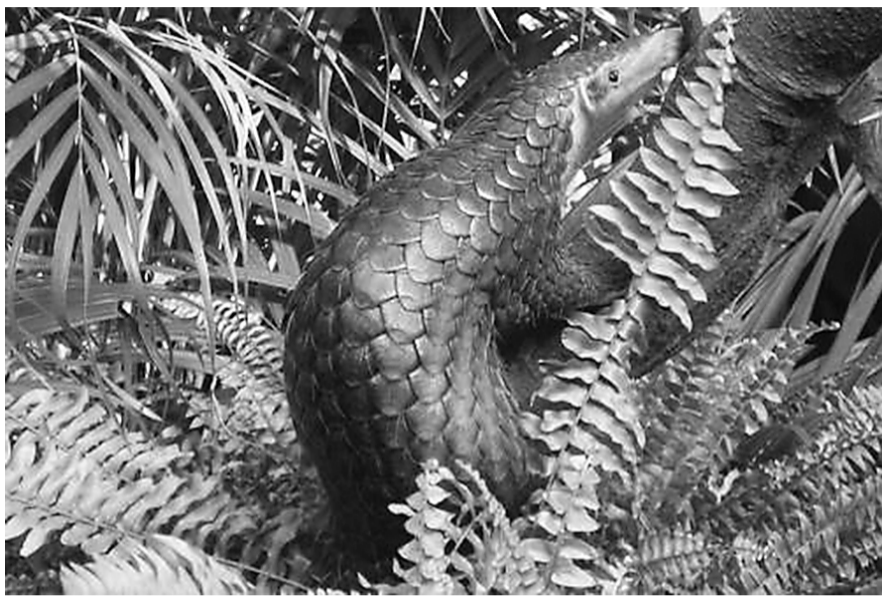
“曾有人用小鼠做过实验，当干扰素 ϵ 基因敲除后，小鼠更容易被外界细菌和病毒感染，并出现明显的表皮损伤病变。”朱绍和说。

然而，在与国际团队共同开展穿山甲基因组项目时，朱绍和团队意外发现，穿山甲体内干扰素 ϵ 功能基因缺失，这意味着当病原体入侵皮肤时，它们可能很难激活先天性免疫反应。

既然如此，穿山甲家族究竟如何在满是细菌与病毒的自然界繁衍至今的？皮肤免疫力较弱，却拥有细密鳞片，这不禁让朱绍和猜想——是否正是这些鳞片弥补了穿山甲皮肤免疫力的不足？

崭新的防御机制

最终的研究结果证明了朱绍和的猜测。



身体布满鳞片的穿山甲。

图片来源: Julian Chong

“我们发现，穿山甲鳞片结构比之前认为的复杂得多。借助这种结构，鳞片能够像过滤器一样捕获微生物，防止它们伤害机体。”朱绍和说。更令人兴奋的是，他们首次在穿山甲鳞片发现了大量分泌囊泡(外泌体)、活性成分(如溶菌酶等)以及细菌DNA。

长期以来，人们普遍认为穿山甲鳞片主要由角蛋白组成，类似于人类的头发或指甲。然而，一个关键问题始终未解——穿山甲鳞片中的活性化合物，特别是抗菌蛋白究竟源自何处？

科学家进一步研究发现，这些活性化合物很可能来源于穿山甲鳞片周边的活跃细胞，包括免疫细胞。这些细胞能够释放出一种叫作外泌体的囊泡，就像一个小小的“药囊”，装载着各种药物成分，如抗菌和抗炎物质。当它们进入鳞片内部后，会释放这些活性化合物，从而显著提升穿山甲的防御能力。

朱绍和表示，这些发现不仅为深入探索穿山甲鳞片的生理特征提供了新方向，还预示着这些活性成分未来可能被用于

开发穿山甲中药材替代物、新药或仿生材料，为人类健康作出贡献。

基于这些发现，研究团队构建了一套穿山甲鳞片防御机制模型，以此解释哺乳动物鳞片如何提供宿主-病原体防御的新功能。

朱绍和说：“穿山甲的鳞片大而硬，能有效阻挡捕食者和病原体。同时，重叠的大鳞片还能产生和储存有益物质，可能遍布皮肤表面，保护穿山甲免受病原体侵害，维持皮肤健康。”

对此，论文合著者、温州肯恩大学学术副校长杨毅欣表示，朱绍和团队揭示了穿山甲鳞片防御病原体的机制，发现鳞片是抑制病原体的生物防御武器。这是一项开创性研究，揭示了穿山甲干扰素先天缺陷的补偿机制。

开发替代物，保护穿山甲

长期以来，由于非法贸易、栖息地遭破坏等原因，世界各地的穿山甲种群数量锐减。特别是在传统中医中，穿山甲被认

为具有珍贵的药用价值，因而遭到长期偷猎和捕杀。

目前，在世界自然保护联盟濒危物种红色名录中，穿山甲已经被列为“极危”等级。十几年前，朱绍和便大力呼吁加强对穿山甲的保护。

然而，自己的研究成果进一步证明穿山甲鳞片的药用价值，会不会在某种程度上将穿山甲置于更危险的境地呢？

对于这个问题，朱绍和认为，穿山甲之所以被大肆捕杀，其根本原因在于人们长期存在包括药用价值在内的各种需求，所谓“有需求才有杀害”。

“因此，若能通过研究穿山甲鳞片发现潜在替代品，减少对穿山甲的需求，就可能在根本上瓦解买卖市场，起到釜底抽薪的作用。”朱绍和表示，目前的研究证明，穿山甲鳞片中含有的抗菌和增强免疫力的化合物，都可以在实验室中通过人工合成获得。

截至目前，朱绍和团队已成功合成一系列与穿山甲抗菌、抗炎和免疫相关的化合物的天然等同候选药物。目前，他们正在积极寻求行业合作伙伴，对这些先导化合物进行试验，开发穿山甲这一珍稀濒危中药材的替代品及功能性产品，并将其推向市场。

值得一提的是，10月21日，国家药监局、国家中医药局联合发布《关于支持珍稀濒危中药材替代物研发有关事项的公告》。其中明确提出，根据临床用药需求，结合珍稀濒危中药材资源和具体品种情况，现阶段重点支持穿山甲、羚羊角、牛黄、熊胆粉、冬虫夏草等珍稀濒危中药材用于中药生产的替代物研发。这标志着我国在保护穿山甲等珍稀濒危物种方面迈出了重要一步。

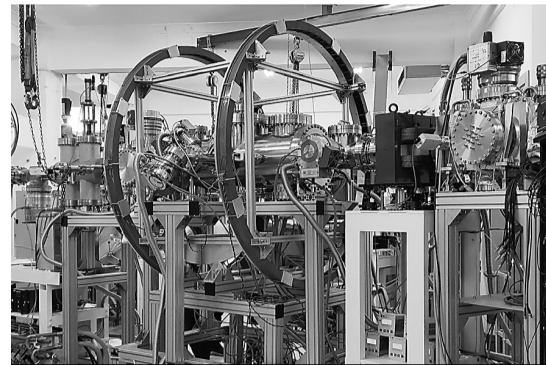
“我们呼吁各国政府提供便利，获取符合伦理道德的穿山甲组织样本。这对于深化对穿山甲生物学的理解，并挖掘其在人类医学领域可能带来的变革，具有重要意义。”朱绍和说，中国有机会引领这一倡议，成为全球穿山甲研究的先驱。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1186/s12915-024-02034-5>

发现·进展

中国科学院近代物理研究所

证实自旋统计假设 在高碰撞能量下失效



高分辨率反应显微成像谱仪。中国科学院近代物理研究所供图

本报讯(记者叶满山)近日，中国科学院近代物理研究所的研究团队获得了自旋统计假设在高碰撞能量下失效的直接证据，在离子-原子电荷交换碰撞的自旋统计破缺研究方面取得重要进展。相关研究成果发表于《物理评论快报》。

1996年，天文学家使用伦琴X射线望远镜发现了百武彗星的X射线辐射，这是人类首次探测到彗星发射X射线。此后，对高电荷离子与原子或分子碰撞中电荷交换的研究逐渐成为热点。这是因为天体物理学家需要更多精确的原子数据模拟观测到的X射线光谱，从而了解更多宇宙奥秘。除了天体物理学领域，与电荷交换有关的原子数据也被广泛应用于等离子体物理学、高能X射线激光器开发、热核聚变等领域。

电荷交换中电子布局到量子态的概率被假定遵循自旋量子统计规则。然而，这些自旋统计假设是否完全合理且具有普适性，学界并未达成共识。该实验在兰州重离子研究装

置的低能终端上进行——通过加速 C^{6+} 使之与中性氩碰撞。研究团队依托自主研发的高分辨率反应显微成像谱仪，对自旋统计破缺进行了直接测量。

研究中， C^{6+} 没有长寿命的激发态，且在碰撞区域始终处于基态，因而有利于清楚分辨不同自旋过程的贡献。此外，反应显微成像谱仪具有高精度、高灵敏度和高探测效率等特点，使研究团队能够高效、直接地确定碰撞过程中电子捕获瞬间的原子状态，分析潜在机制。

通过直接测量自旋统计破缺的截面比，并与传统的自旋统计分布比较，研究团队证实电子关联在电荷转移中扮演了重要角色，传统自旋统计假设在高碰撞能量下失效。

新发现有助于研究人员加深对超快碰撞过程中电子动力学的理解，并为探索与原子和分子反应相关的量子操控提供了新视角，也为天体物理太阳风离子X射线建模提供了新的实验依据。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.133.173002>

哈尔滨工业大学等

设计出单帧三维成像 显微系统

本报讯(记者孙丹宁)近日，哈尔滨工业大学、南洋理工大学、新加坡科技设计大学等团队共同设计了一种基于超构表面的单帧三维成像显微系统，并验证了该系统在工业和生物领域的应用。相关成果发表于《纳米快报》。

在现代光学显微成像领域，三维显微成像的发展为科研人员观察和理解微观世界提供了更全面的能力，有助于揭示生命过程中的细节、材料中的微观结构和纳米尺度的相互作用。目前常用的三维显微成像技术包括激光共聚焦显微术、光场显微术、多光子显微术以及结构光照明显微术等，这些技术都不可避免地需要长时间扫描复杂的相机结构，极大地增加了时间和硬件成本，不利于快速、高效地三维

成像，限制了对活细胞生命运动和三维结构的观察。

研究团队利用超构表面对光场进行亚波长分辨率的高自由度调控，提出一种在4f系统中基于超构表面实现双螺旋点扩散函数的方法。通过全介电超构表面构建的4f-超显微成功实现了单帧三维成像，避免了长时间的扫描。在此基础上，该研究将4f-超显微集成至由单层超构表面组成的2f-超显微，验证了该系统具有可调控的轴向探测范围。单帧三维成像超显微在大轴向探测范围内实现了亚微米轴向定位精度，并在工业样本和生物组织中验证了应用。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.4c03952>

深远海科考及文物考古船 “探索三号”完成试航

本报讯(记者陈欢欢 通讯员孔秀)近日，深远海多功能科学考察及文物考古船“探索三号”完成船舶试航。此次试航历时8天，完成了测速、操纵性、水下辐射噪声及信息化、智能化等30个大类的试验，结果全部达标，部分指标超出原设计目标。

“探索三号”由我国自主研发设计并建造，是我国首艘具有覆盖全球深远海(含极区)探测并具备冰区载人深潜支持能力的综合科考船。该船具备完全自主知识产权，重点突破了冰区船舶总体设计技术、智能控制技术、低温精确补偿技术、冰区载荷与重载荷结构集成设计等多项关键技术瓶颈。“探索三号”船长约104米，排水量约1万吨，最大航速16节，船艏双向破冰，续航力1.5万海里，船员80人。“探索三号”攻克了全海域船舶设

计难点，能在极区具备1.2米冰加上0.2米雪的破冰能力。试航过程中遇到了超过4米的浪高，船只能够全速航行，耐受性得到了考验。“探索三号”总设计师何光伟说。

“‘探索三号’在国产化和智能化方向实现了极区关键科考装备以及核心控制系统的自主可控，我们首次研制了冰载下的DP2级高精度定位系统，把关键核心技术牢牢掌握在自己手中。”中国科学院深海科学与工程研究所总工程师唐古拉山说。

据悉，“探索三号”计划于2025年初交船，既可进行深海科学考察及文物考古，也可在夏季进行极区海域科学考察，将使我国载人深潜能力从全海深拓展到全海域，提升我国深海考古作业能力。



“探索三号”完成船舶试航。

中国科学院深海科学与工程研究所供图

生态失衡导致野猪种群过度繁衍

■赵序芳

最近，野猪致灾一度成为网络热搜。其实，野猪种群激增造成的人兽冲突早已存在。那么，面对一系列接踵而来的问题，野猪泛滥要如何管理？冲在种群扩张最前线的野猪，能否为其他野生动物的管理提供借鉴？

2023年6月，新调整的《有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物名录》(以下简称“三有”名录)新增了700多个物种，野猪则被除名。这意味着，开展野猪猎捕活动不再需要申请、核发狩猎证。之后多地跃跃欲试，想通过猎捕的方式控制野猪数量。

实际上，调出“三有”名录只是给这件事情画上一个逗号，后边要做的事还有很多。野猪种群激增背后的根本原因是顶级捕食者缺失带来的生态失衡，这是需要直面的最大挑战。自上世纪50年代起，人类对野生动物无差别的猎杀使得野猪的天敌——豺狼虎豹等受损严重。

根据1995年全国第一次野生动物资源专项调查结果，中小型和大型食肉动物

的数量和分布在全国非常堪忧，东部一些发达地区的野猪捕食者已完全消失。

那么，中国有成千上万个物种，失去顶级捕食者制约的野猪一个物种，为何只有野猪能如此泛滥？

这与该物种本身的生物学特性有极大关系。野猪不挑食，草根、坚果、昆虫、鸟蛋，甚至腐肉，都可以果腹，这让它具有超凡的适应能力。而这——长着獠牙的大型哺乳动物，却与蟑螂、鼠兔等一样采取机会主义策略，每胎可产7只左右猪崽。而在温暖食物资源更丰富的区域，野猪一年可繁殖两胎。因此，欧洲、北美洲等多个地区都面临防治野猪的难题。

野猪种群激增也是我国近40年来对野生动物保护力度的体现之一。自天然林保护工程实施以来，至2023年，全国天然林面积增加了3.23亿亩。新增林地中有大量生态价值弱、生物多样性差的经济林和速生林。而野猪因超强的“出厂设置”，可以在这些相对贫瘠的林区安营扎寨。但它的捕食者往往适应能力较差，对栖息地

和生物多样性的要求较高，因而难以在这些区域生存。

我们必须明确，虽然野猪种群快速繁衍，在很多地方甚至出现泛滥的趋势，但自然界离开野猪是万万不行的。在森林生态系统中，野猪有着属于自己的生态功能和地位。尤其在大山被积雪覆盖后，很多小型野生动物和鸟类都会跟在野猪的屁股后面，靠它拱出的坑取食、栖息。此外，野猪还有利于森林里种子的传播，在保护栖息地生物多样性方面起到重要作用。

自然界虽然不能没有野猪，但野猪多了也不行。如何把握这个度？如果是处于健康的生态系统，这个度不需要人类把握，因为野猪的天敌会通过食物链作用，控制野猪种群过度繁衍。但目前最大的问题是，野猪的天敌在很多地方是缺失的。少了天敌的控制，就需要人类充当天敌，其难点仍是把握好度。在一个地区，野猪需要多大的种群规模，需要进行详细的科学调查和研究。这样，人类捕杀才能够起到天敌的作用，可以对这些生存能力极强

的物种进行种群控制。

但猎杀野猪有技术上的难度。中国禁止枪支并且职业猎户数量很少，虽然如今野猪已被移出“三有”名录，不再受保护，但野猪多生活在保护区，这种情况下仍然无法对其进行猎杀。寻找野猪还需要具备专业技术，中国境内绝大多数地区不允许狩猎，只开出了少数几个允许狩猎的场地。虽然野猪不受保护，但人类也不能私自对其进行猎杀。

此外，猎杀野猪需要投入大量成本，成立公司进行猎杀则需要考虑如何盈利。猎杀野猪后的流通同样是一大难题。野猪肉可能携带寄生虫和各种病毒，但现在没有相关的质检制度。而“悬赏捕猪”的措施成本高，难度也高。

最后，政府有组织地猎杀野猪是没有办法的办法，因为我们无法解决最根本问题——顶级掠食者缺失造成的生态失衡。这也是我们最需要关注的，因为像野猪这类动物，未来可能还有很多。(作者系兰州大学生态学院教授)

中国科学院亚热带农业生态研究所

叶面喷施锌硒 可降低水稻镉含量

本报讯(记者王昊昊)镉是一种有毒重金属，在土壤中活性高，易被作物吸收，然后在籽粒中积累，并通过食物链进入人体。中国科学院亚热带农业生态研究所研究员黄道友团队系统阐明了叶面喷施锌/硒，通过调控基因表达和生理功能缓解水稻镉毒的机制，为降低水稻籽粒的镉积累、确保粮食安全生产提供了理论依据。近日，该研究成果在线发表于《危险材料杂志》。

水稻是全球一半以上人口的主要能量来源，也是镉进入人体的主要途径。叶面喷施技术可以缓解水稻镉污染。锌和硒是有益的有机生命微量元素，在增强植物抗氧化能力、改善光合作用过程、缓解重金属胁迫等方面具有重要作用。叶面单独喷施锌或硒可降低水稻镉含量，缓解水稻镉胁迫。然而，锌硒配施能否进一

步增强水稻抗氧化能力、细胞壁镉固定能力和组织镉截留能力尚不清楚。

中国科学院亚热带农业生态研究所副研究员许超依托中国科学院长沙农业环境观测试验站北山分站，通过两个季节的田间试验，研究了叶面喷施锌硒及其混合溶液对不同水稻品种镉转运、抗氧化酶活性、镉亚细胞分布和功能基因表达的影响。

研究发现，叶面喷施锌和硒混合溶液能够提高细胞壁中果胶与镉的结合效率，促进镉在旗叶细胞壁中的固定，增强镉在旗叶中的固定能力，从而降低水稻籽粒镉含量。研究表明，锌和硒混合溶液可上调金属结合蛋白和抗氧化酶相关基因，下调金属转运基因。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.136302>