

# 白牦牛起源之谜破解

■本报见习记者 叶满山

青藏高原,这片被称为“世界屋脊”的神秘土地,孕育了无数独特的生物和自然资源。其中,一种具有特殊外貌的动物——白牦牛,深受当地人和游客喜爱。

兰州大学生态学院教授刘建全与中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所研究员阎萍课题组等合作,研究发现接近90%的家养牦牛拥有来自黄牛的基因组结构变异,占其所有基因组结构变异的1%至5%。这些来自黄牛的遗传渗入是家养牦牛不同品种表型变异的关键遗传基础和分子标记。

近日,相关论文发表于《自然-通讯》。

## 揭开白牦牛身世之谜

在青藏高原,家养牦牛为牧民提供了奶、肉、毛、役力、燃料等生产生活必需品,它们是牧民重要的生活和经济来源,也是当地畜牧业不可缺少的重要畜种。牦牛驯化也为人类早期居住在青藏高原高海拔地区提供了基本条件。

“研究家养牦牛的基因组可以帮助我们更好地理解牦牛的驯化历史、适应性特征、遗传背景和进化过程。”刘建全告诉《中国科学报》。

在该研究中,研究人员将系统发育、生物地理学和群体基因组数据进行整合分析,首次将环境适应性、驯化过程和杂交渗入来源的基因组结构变异进行了区分,新鉴定了一批与牦牛高原环境适应和驯化相关的关键基因和等位结构变异,揭示了家养牦牛基因组结构进化来源的复杂性及其导致的表型变异。

研究发现,90%左右的家养牦牛,拥有通过远缘种间杂交渗入、来自黄牛的基因组结构变异,占其基因组约1%至5%,并且决定了家



青藏高原白牦牛。

刘建全供图

养牦牛的很多表型。

传统家养牦牛普遍为黑色,但是也有花色和白色等品种,这是什么原因造成的?

研究人员对此也给出了解释。他们研究花牦牛调控毛色的主效基因后发现,其拥有来自花黄牛独特基因组结构变异的遗传渗入,这个渗入改变了常见的黑色牦牛表型,形成了花色牦牛;而这一渗入随后引发了新的遗传突变,产生了大家喜爱的白牦牛。

## 近30年野外采样获大量研究材料

7300多年前,生活在青藏高原上的先民驯化野牦牛,形成家养牦牛。约4000年前人类驯化野牛形成黄牛,此后黄牛随人类的交流交往活动逐渐“落户”青藏高原。

牦牛和黄牛杂交会产下犏牛,雄性犏牛不育,雌性犏牛则完全可繁育,能与牦牛或黄牛回交产下完全可育的雌性后代,这种回

交在逻辑上一定会导致杂交渗入-基因种间转移。

“生活在海拔较低地区的家养牦牛更容易接触黄牛,从而获得更多来自黄牛的杂交渗入。”刘建全表示,“但这样它们也丢失了适应高海拔所需的基因组结构变异,导致高、低海拔家养牦牛在基因组结构变异上存在显著差异。”

人工选择和种间杂交渗入在所有家养动物植物中都存在。然而,在牦牛身上,人们之前没有对它们进行有效区分,因此无法鉴定到每个过程以及一些重要表型的关键基因。

通过近30年的野外采样和野外科学考察,该研究团队取得了大量的一手研究资料。他们不仅收集了所有的家养牦牛品种样本,还多次深入可可西里无人区采集了野牦牛样品。在多年的国际合作中,他们收集了欧洲野牛、美洲野牛等国外相关近缘物种的样品。

“通过不同地理区域的完整取样,我们使用基因组结构变异和新的组合分析方法,鉴定了每个过程的关键基因和结构变异,发现种间远缘杂交不仅能直接产生新表型以及新的环境适应性,还能诱导新的突变,产生更为独特的表型。”刘建全说。

## 物种间远缘杂交是重要育种手段

“牦牛不仅是青藏高原上的重要生产资

料,还是一种具有极高经济价值的畜种。”刘建全表示,培育高效优良的品种是当前牦牛育种的核心目标。

牦牛毛是纺织品的上佳原料,毛质柔软,富有光泽,是制作衣物、家居用品和工艺品的优质材料。牦牛皮也是制作皮革的重要原料,其骨可熬制骨髓粉,骨粉和骨胶更是工业和医药的重要原料。一些牦牛品种,如生活在相对低海拔环境中的天祝白牦牛和金川牦牛,肉质更为细嫩,营养更丰富,也更受消费者喜爱。

“利用我们已经获得的结构变异和其他遗传变异进行分子辅助育种,能快速、高效地筛选出白色、无角牦牛,同时也能通过分子标记选择优异的野牦牛公牛个体,提高野牦牛和家养牦牛杂交育种水平。”刘建全说。

通过研究牦牛基因组的结构变异,可以识别出与适应性、驯化特征及生产性能相关的基因,将其作为分子标记进行育种,选择具有更好适应性和更优质遗传特征的牦牛个体作为繁殖种源,能够改良家养牦牛的品种,从而提高不同地区牦牛的生产力、抗病能力和环境适应能力。

“现在,大家都非常关注基因编辑技术和转基因育种。但是,我们的研究结果表明,物种间远缘杂交应作为培育家养动物新表型、新品种最为重要的方法。”刘建全表示。

下一步,他们将采用新思路和新方法,将黄牛更多(超过10%或更多)的基因组成分通过远缘杂交导入牦牛体内,这样不仅能通过杂交渗入使后代具有更多的杂种优势,还能诱导更多的新突变,从而选育出适应不同生境和满足人类不同需求的牦牛新品种。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41220-x>

## 发现·进展

华东理工大学

# 气液两相流研究 破解“白色浪花”之谜



白色的浪花。

华东理工大学供图

本报讯(记者张双虎)近日,华东理工大学机械与动力工程学院特聘副研究员刘博在气液两相流基础理论领域取得重要突破。相关成果在线发表于《物理评论快报》并入选编辑推荐,还被科普杂志《物理杂志》作为亮点报道。

白色浪花经常出现在海水中,但在湖泊、河流中却很难看到。这主要是因为海水中溶解的盐分(电解质)抑制了气泡的聚并,使得风浪冲击生成的小气泡停留在海水中,折射光线形成白色浪花。而在湖泊、河流中,风浪冲击形成的小气泡会迅速聚并,变成大气泡上浮、破裂进入大气中。然而,盐分不具备表面活性,且可抑制双电层斥力,按照传统胶体稳定性理论,盐分应该促进而非抑制气泡聚并,传统理论与实际观测的矛盾成为困扰科学家几十年的难题。

刘博团队通过自研仪器,观测到气泡靠近过程中形成的微纳米液膜的动态演化过程,电解质溶液中气泡呈现出与清水截然不同的两阶段合并。起初气泡靠近的规律和纯水中相似,但当距离减少到大约40纳米时,接近表面的“前缘”就会因某种排斥力而变平。结合实验观测及理论建模,研究人员提出一种纳米尺度溶质输运理论模型,在不引入任何拟合参数的前提下,解释了这种特殊的“两段式”液膜演化过程。

相关研究解释了为什么泡沫在海水中容易产生,并预测了数十种电解质在抑制气泡聚并能力方面的不同表现,及其与阴阳离子配对的相关性。该理论成果对气液两相流、电解水制氢、污水处理等过程的气泡调控有着重要意义。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.131.104003>

安徽大学等

# 揭示青藏高原甲烷浓度与气候关系

本报讯(记者王敏)安徽大学副教授魏圆圆团队和安徽理工大学教授唐超礼合作,利用GOSAT近12年的卫星数据和地基数据,开展青藏高原大气甲烷时空变化及其与气候关系的研究。近日,相关成果在线发表于《大气环境》。

研究发现,青藏高原近12年的大气甲烷浓度呈持续上升趋势且在空间分布上呈现显著的区域异质性。魏圆圆介绍,“甲烷浓度上升主要是因为全球气候变暖导致湿地扩张、冰川和永久冻土融化等,使得大气甲烷排放增加”。

在季节变化方面,青藏高原近12年平均甲烷浓度在秋季最高,夏季次之,冬季、春季较低。月趋势表明,9月是秋季大气甲烷的主要贡献时段。“这与夏季植被茂盛、人类活动增多等因素相关。”魏圆圆说。

此外,研究发现,大气甲烷浓度受诸多气候因子的影响。研究人员采用主成分分析方法分析青藏高原大气甲烷和这些气候因子的交互关系。结果表明,大气温度、降水、土壤湿度、土壤湿度与大气甲烷浓度变化呈正相关,风速、风向与大气甲烷浓度变化呈负相关,且相关性都处于较高水平。

探究青藏高原大气甲烷浓度的时空变化及其影响机理,对更好理解和应对全球变暖、制定科学的节能减排策略具有重要意义。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.120088>

南方医科大学等

# 为慢性压力促进 乳腺癌进程提供新见解

本报讯(记者朱汉斌)近日,由南方医科大学教授叶玲、中国药科大学教授郝海平和南方医科大学南方医院教授姚广裕领导的团队在慢性压力促进乳腺癌进程的研究中取得新突破。相关成果发表于《自然-通讯》。

乳腺癌是全球女性最常见的癌症之一,长期的精神压力被认为是促进乳腺癌进展的潜在危险因素。然而,这一过程的潜在机制尚未完全阐明。

针对上述问题,该研究采用了一种创新的时空-微生物-表型三角分析方法,揭示了肠道微生物及其代谢产物在慢性压力促进乳腺癌进展过程中的关键角色,发现Blautia菌及其代谢产物乙酸含量的减少在其中起到了重要作用。通过补充Blautia菌和乙酸,可以增强CD8<sup>+</sup>T细胞的抗肿瘤反应,同时减弱慢性压力对乳腺癌进展的促进作用。

该研究为慢性压力、微生物组和乳腺癌之间复杂关系的谜团提供了新的见解和科学证据。这些发现不仅有助于深化人们对乳腺癌发展机制的理解,还为未来的临床治疗和预防策略提供了有益信息。

相关论文信息:

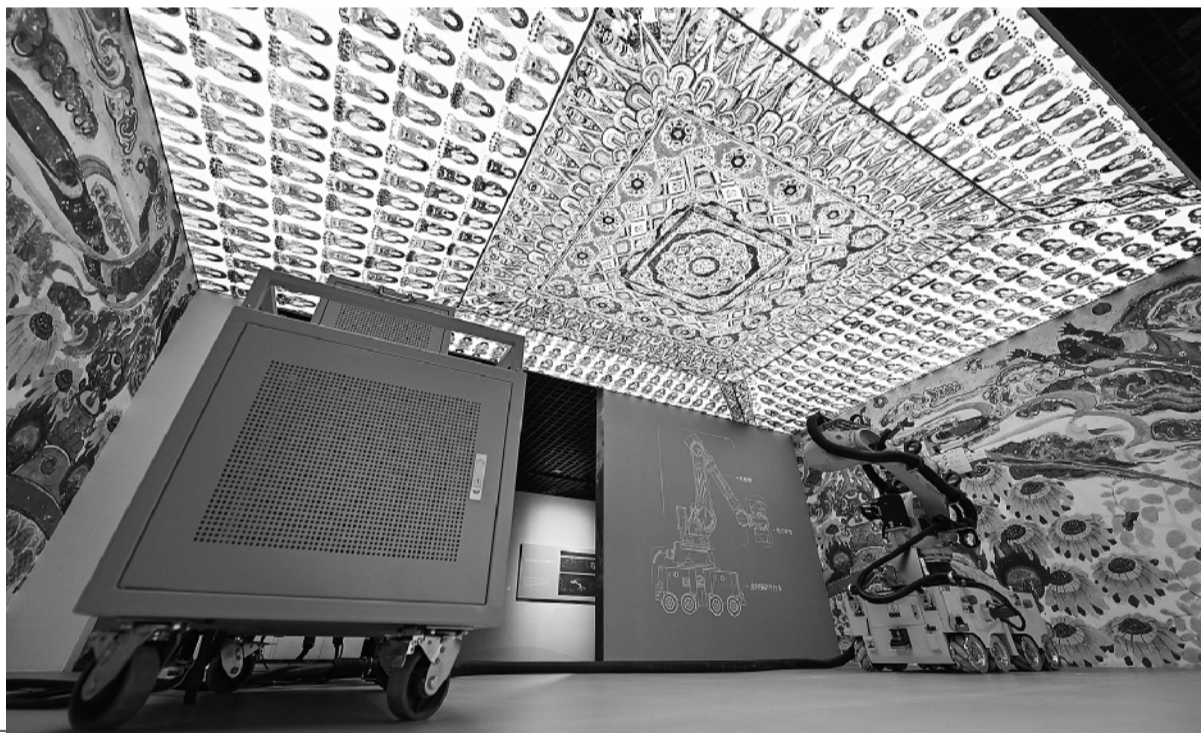
<https://doi.org/10.1038/s41467-023-41817-2>

## 文物保护技术装备应用展 在重庆展出

10月10日,“制器为先——文物保护技术装备应用展”在位于重庆市南岸区的国家文物保护装备产业基地(重庆)展出。该展览作为中国首次以文物保护技术装备应用为主题的大型场景展,汇集了来自文博机构、科研院所、高等院校、高新技术企业的64件(套)文物保护技术装备。展览全面展现了近年来中国文物保护装备的新技术、新产品、新应用、新业态。

图为智能移动式电子束辐照灭菌装置。

图片来源:何蓬磊/中新社/视觉中国



# 科学家发现 5.35 亿年前最早的翻吻肌肉化石

■本报记者 沈春蕾

小时候驱除体内蛔虫的宝塔糖曾风靡一时,多年前一部名为《铁线虫入侵》的科幻电影令人毛骨悚然……蛔虫、铁线虫、鳃曳虫等都是环神经动物,这类动物因为有可外翻的吻部,又名翻吻动物。

近期,中国科学院南京地质古生物研究所(以下简称南古所)带领的一个国际研究团队,对我国陕南地区约5.35亿年前的磷酸盐化特异保存化石开展研究,发现一种类似“五环”结构的标本可能是环神经动物翻吻部位的肌肉组织,这是目前发现最早的翻吻肌肉化石。相关成果10月11日在线发表于《英国皇家学会学报B-生物科学》。

“软组织最难保存成为化石,我们先后处理了超过10吨灰岩,仅仅发现了3枚毫米大小的标本。”南古所研究员张华侨在接受《中国科学报》采访时感叹道,“我们在研究中遇到的最大困难是标本的获得。”

## “不缺好的解释,而缺好的标本”

“环神经动物的命名源于这类动物的咽部前端,口的周围有一个环形的神经结,即环咽神经结,该神经结是这类动物的大脑,凭借这个共有特征,它们被称为环神经动物。”张华侨告诉《中国科学报》。

环神经动物还有一个特征:整体两侧对称,但吻部辐射对称。已有的研究发现,两侧对称动物可分为蜕皮动物、冠轮动物和后口动物。蜕皮动物是其中物种多样性最高的一支,包括泛节肢动物和环神经动物。分子生物学研究表明,蜕皮动物可能在埃迪卡拉纪就已经出现了,但蜕皮动物实体化石首次出现在约5.35亿年前的寒武纪早期,即寒武纪的第一个阶段。

关于蜕皮动物,张华侨团队2022年在《自然》上发表过一篇论文,对陕南约5.35亿

年前的微体化石皱囊虫的研究显示,皱囊虫是蜕皮动物,而不是已知最早的后口动物,最早的蜕皮动物化石出现在寒武纪早期,但大都是环神经动物,皱囊虫为已知最早的蜕皮动物增添了全新类型。

当年,张华侨在接受《中国科学报》采访时表示,皱囊虫在蜕皮动物内部系统中的位置尚未确定,它可能是环神经动物的祖先类型,泛节肢动物的祖先类型或蜕皮动物的祖先类型。

当记者问及这次的研究能否进一步解释皱囊虫是环神经动物的祖先时,张华侨告知:“目前还不能确定。”“认亲”是早期生命研究中比较有意思的环节,但也是最难的环节。”

“我们不缺好的解释,而缺好的标本。”张华侨说,“这次研究的标本和皱囊虫标本都来自陕西省汉中市西乡县大河镇窝坝河村张家沟剖面。”

## 10吨灰岩里的3枚标本

“这次研究的标本一共有3枚,是我们团队在2021年秋天发现的。”张华侨告诉记者,“十几年来,我们先后处理了超过10吨灰岩样品,发现了大量的蜕皮动物化石标本,但是大多数只保存了与表皮相关的结构,肌肉化石标本只有这3枚。”

化石稀缺性决定了张华侨团队的工作量非常大。他们在室内将岩石样品用稀释的醋酸溶解,再通过双目显微镜在不溶残渣中找到了这3枚化石标本。

相比找化石,解释化石相对容易些。这3枚标本均为毫米大小,其中1枚编号为NIGP179459的化石保存非常完好,宽约3毫米、高约0.5毫米,整体呈现“五环”状结构,即从吻到底由5个直径逐渐增大的环组成。

张华侨介绍,第1环和第2环是同圆心

且共平面,它们之间有明显的空隙。第2环到第5环紧密贴合,形成圆台状结构。第1环与第3环之间通过19条辐射状结构连接,第3环和第5环之间由36条纵向结构连接。

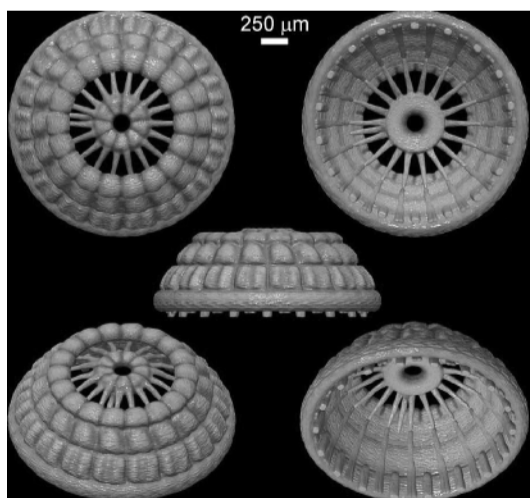
研究表明,躯体末端(头或尾)具有辐射对称性的两侧对称动物只有环神经动物,而其他两侧对称动物末端的纵肌多为两侧对称排列。张华侨团队发现的标本与环神经动物大类中鳃曳动物翻吻内部的肌肉系统具有较高的可比性。

张华侨解释道:“我们将鳃曳动物作为对比模型,在比较翻吻内部肌肉系统时发现,我们的标本第2环到第5环对应4条体壁环肌,36条纵向结构对应36条辐射对称的体壁纵肌,环肌和纵肌共同构成翻吻体壁的肌肉纤维网。”

谈及环神经动物如何进行运动和摄食等生活时,张华侨介绍,通过标本研究可推测出类似鳃曳动物在生活时,翻吻内部的肌肉系统有可能控制翻吻的内翻,从而协助运动和摄食。但其具有的较短翻吻收缩肌说明翻吻可能只有有限的内翻能力,而现生的鳃曳动物具有较长的翻吻收缩肌,所以翻吻能完全内翻。

## 此前未发现过肌肉化石

“虽然寒武纪早期早期蜕皮动物实体化石已经有较高的丰度和多样性,但是它们仅保存了与表皮相关的结构,关于内部软组织,如肌肉和神经组织,却未曾有过报道,这限制了学术界对该时期蜕皮动物内部软躯体的功能形态学和演化意义的认识。”张华侨说。



标本 NIGP179459 复原图。

杨定华/绘

此前的研究已经报道过一些环神经动物化石,但是只保存了表皮,属于外骨骼,是硬体组织。张华侨团队此次发现的化石来自肌肉组织,肌肉组织在埋藏过程中极易腐烂,所以保存肌肉组织对环境要求极高。

“翻吻肌肉系统在晚一些时代的化石中曾被发现过,比如在澄江和布尔吉斯页岩中的宏体环神经动物化石,但压扁的碳质膜不能很好地保存肌肉系统的三维拓扑结构。”张华侨表示,“在寒武纪早期发现环神经动物翻吻肌肉系统,这是第一次报道。”

张华侨说:“我们的研究不仅首次报道了已知最早的环神经动物的肌肉系统,并首次利用内部软躯体信息限定了该环神经动物的亲缘关系,揭示了早期动物肌肉系统的演化,彰显了肌肉系统的重要演化意义。”

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1098/rspb.2023.1803>