
科学家破解牛羊打嗝致暖之谜，新发现改写教科书

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39717.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

科学家破解牛羊打嗝致暖之谜，新发现改写教科书。从牛羊打嗝到甲烷排放，再到全球气候变暖，这三个在很多人看来关联不大的事物，被一项重要科学发现紧紧绑在一起。

中国科学院水生生物研究所（以下简称水生所）缪炜研究员团队联合南京农业大学、江汉大学、北京大学、西北工业大学等多家单位协同攻关，在反刍动物瘤胃里，找到了驱动甲烷排放的幕后主角——瘤胃原生动物纤毛虫，并首次发现一种全新的产氢细胞器氢小体。

相关成果4月30日发表于《科学》。这项研究不仅揭开了纤毛虫与甲烷排放之间的关系，而且为全球畜牧业减碳提供了全新路径。

从一个科学猜想引发的兴趣，到四处采集有味的牛羊瘤胃胃液，再到取得改写教科书的科学发现，这背后是一群科研人员6年如一日的坚守，也是一次被审稿人逼出来的科学突破。

从右至左依次为水生所缪炜、姜传奇、熊杰。李思辉摄

一头牛的嗝，何以成为地球变暖的隐形推手

甲烷，是仅次于二氧化碳的第二大温室气体，对全球变暖的贡献约占30%。在人为活动产生的甲烷中，牛羊等反刍动物养殖占比超过30%，是当之无愧的甲烷排放大户。

据估算，全球约有15亿头牛、12亿只绵羊、10亿只山羊以及其他数亿只反刍动物。两头牛一年排放甲烷造成的温室效应，就约等于一辆家用小汽车全年的排放量。数十亿头牛羊，如同一个个移动的甲烷发生器，持续影响着地球气候。

为什么牛羊会源源不断产生甲烷？答案藏在它们独特的消化系统里。缪炜介绍，反刍动物有四个胃，第一个胃叫瘤胃，相当于一个恒温、密闭、持续发酵的生物反应器。其内部生活着海量微生物，包括原核的细菌和产甲烷菌，以及真核的纤毛虫和真菌等。这些不同的微生物协同工作，分解草料中的纤维素，最终生成甲烷。

长期以来，科学界把目光锁定在产甲烷菌上——因为它是甲烷的直接生产者。但一个关键事实被长期忽略：瘤胃纤毛虫的生物量，最多可占瘤胃微生物总量的一半以上。早在多年前就有实验发现，移除瘤胃纤毛虫，甲烷排放可减少35%，可纤毛虫到底如何影响甲烷产生？其中机制始终是一个谜。

缪炜团队给出的猜想是：虽然产甲烷菌只是执行者，但是纤毛虫是重要的调控者。撬开纤毛虫的秘密，可能给畜牧业减甲烷开辟新的方向。

六年艰苦攻坚：在瘤胃里捕捉看不见的小虫

一项研究牛羊的课题，为何由水生所牵头破题？答案藏在百年学科传承里。

中国科学院水生生物研究所，是中国原生动物学的发源地之一。老所长王家楫院士，被誉为中国原生动物学之父，自上世纪20年代起，便开展了原生动物研究；该所沈韞芬院士也长期深耕并开拓我国原生动物学研究领域。

几代学者近百年的积累与传承，使水生所团队在原生动物研究方面形成了国际领先的研究实力，特别是在纤毛虫研究方面。而这是许多畜牧领域研究团队相对欠缺的。

2020年，在南京农业大学毛胜勇教授和西北工业大学邱强教授等专家的建议下，缪炜团队下定决心，开启了瘤胃纤毛虫与甲烷调控机制的合作研究。一场长达六年的科研攻坚战，就此打响。

采样是第一道难关。瘤胃纤毛虫只有几十到一百多微米，比头发丝还要纤细，对样品的新鲜度和活性要求极高。团队主要采用活体无创采样方法：在养牛场条件下，首先对牛只进行固定与安抚处理，随后将柔软的采样管经口腔缓慢送入瘤胃，类似胃镜操作，并通过虹吸方式抽取瘤胃内容物。每次采样通常需要获取3至5升瘤胃液。

另一部分样本来自屠宰场。团队成员常常需要凌晨一两点顶着夜色出发，趁牛只刚屠宰完毕迅速采集瘤胃液。无论寒冬酷暑、刮风下雨，采样工作从未中断。面对气味刺鼻的发酵胃液，大家必须强忍不适，第一时间完成样品的妥善保存与处理。

冯金梅、姜传奇、谢斐和熊杰等青年学者，累计完成牛羊等动物采样上千次。

比采样更难的是分离与培养。在此之前，全球范围内的实验室几乎都无法稳定、纯培养瘤胃纤毛虫，只能混合培养，实验结果难以精准。团队在显微镜下针尖绣花，用微吸管一个个挑取单个细胞，再自主搭建厌氧培养体系，突破了多种瘤胃纤毛虫的体外培养难关。

最终，团队完成450个瘤胃纤毛虫基因组测序，72%为全球首次发现，构建起全球最大、最干净的瘤胃纤毛虫基因资源库，为重大科学发现打下了坚实基础。

被审稿人逼出来的创新：单层膜氢小体改写教科书

2025年，团队将研究成果投向《科学》。审稿人高度赞赏，并提出一个极为重要的问题：纤毛虫的关键结构到底是单层膜还是双层膜？如果是单层膜就可以确定研究者发现了一个新细胞器，这意义重大。

熊杰告诉《中国科学报》，正是这个非常有建设性的审稿意见，让研究团队开启了更加细致的观察和研究。

在此之前，生物学教科书明确写道：所有产氢细胞器都由线粒体衍生而来，是双层膜结构。

团队利用返修的七八个月时间，重新采样、优化实验，并借助水生所和北京大学的电镜平台进行高精度观测。当电镜图像清晰呈现时，所有人都为之震撼：

在纤毛虫的细胞膜下方、纤毛之间，整齐分布着一个个微小细胞结构——它们都只有一层膜。

中国科学院院士、植物生理学及藻类学家赵进东为这个全新细胞器起了个全新名词——氢小体（hydrogenobody）。

这一发现打破了几十年来的普遍认知：产氢细胞器不一定来自线粒体，单层膜的内膜系统也能形成产氢细胞器。有评论指出：这一结论改写了生物学教科书。

随着氢小体的发现，纤毛虫调控甲烷的完整机制也被彻底破译：氢小体与纤毛相伴而生，多毛型纤毛虫的氢小体数量，最多可达少毛型的60倍以上。

缪炜介绍，氢小体一方面用独特氢酶产氢，为产甲烷菌提供食物；另一方面用独特氧还原酶快速除氧，为甲烷菌创造最舒适的厌氧环境。简单说：纤毛虫细胞表面纤毛覆盖区域越大，氢小体含量就越多，产甲烷菌产生的甲烷就越多。

这一发现，给出了一条新的畜牧业减碳路径：通过调控瘤胃内多毛纤毛虫的比例，或靶向抑制氢小体相关的氢酶、氧酶，就可能在不影响牛羊健康与消化的前提下，显著降低甲烷排放，同时还能减少饲料能量损失。

从恶臭瘤胃里寻宝，到取得开创性成果，从微观细胞器到全球气候治理，科学家用六年坚守完成了一次从0到1的原创突破，为全球应对气候变化、发展绿色畜牧业贡献了中国智慧。（来源：中国科学报 李思辉 孙慧）

相关论文信息：<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adv4244?sessionid=>

作者：缪炜等 来源：《科学》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发