

我国科学家揭示1.2亿年前真兽类的中耳结构

“聆听”白垩纪祖先的声音

□ 科普时报记者 陈杰

包括人类在内的哺乳动物为何能听到声音？其中最为关键的中耳是如何演化而来的？这些哺乳动物演化史上的谜题，一直是科学家们孜孜不倦的追求。

找到了一只“梦幻小兽”

11月27日，记者从中国科学院古脊椎动物与古人类研究所获悉，该所王海冰副研究员和王元青研究员带领的团队在热河生物群中发现了一件属于白垩纪的真兽类化石，被命名为“梦幻小兽”。基于这只“梦幻小兽”的研究，他们首次揭示了早白垩世真兽类的中耳结构，并结合古生物学和发育生物学证据，讨论了兽类哺乳动物中耳的演化创新。相关研究成果在线发表于《自然·通讯》杂志。

王海冰表示，中耳一直是哺乳动物渐进演化的经典案例。在过去很长时间里由于化石保存问题，哺乳动物中耳早期演化的讨论一直缺乏直接的化石证据。“研究表明，哺乳动物中耳听小骨经历了下颌中耳和过渡型中耳两个演化阶段，最终完全脱离下颌进入中耳腔，这

一演化事件在中生代哺乳动物不同支系中多次发生。然而，这些发现集中于基于类群，在与人类演化密切相关的兽类祖先中，中耳演化的直接证据十分有限。”

直到数年前，王元青团队在辽宁喀左羊角沟下白垩统九佛堂组地层中发现了这件距今约1.2亿年的“梦幻小兽”。在经过长时间室内精心修理，高精度CT扫描、三维重建，以及新的系统发育研究，研究团队确定该化石代表了早期真兽类新物种。

填补兽类中耳早期演化空白

王元青表示，相比于发现外形奇特、超乎想象的新物种，“梦幻小兽”是那种期待已久、意料之中的化石。“这只小兽的梦幻之处在于，作为最早的真兽类哺乳动物之一，它显示了现代兽类哺乳动物中耳的典型特征，填补了兽类早期演化的空白。”

通过对模式标本的高精度CT扫描，研究团队重建了“梦幻小兽”头骨形态，并首次报道了早白垩世真兽类的中耳骨骼

形态，包括外鼓骨、锤骨、砧骨和镫骨。王海冰表示，“梦幻小兽”下颌的麦氏软骨沟已完全退化，表明中耳听小骨已完全脱离下颌，具有典型哺乳动物中耳的特征。“结果不同于最近发表的九佛堂传变兽，后者仍然保留了较为纤细的骨化麦氏软骨。这表明在兽类演化的早期阶段，即使在系统关系很近的物种中，中耳形态也存在一定程度的变异。”

该项研究最重要的发现之一是“梦幻小兽”中保存了完整的、马鞍型的锤骨-砧骨关节，与目前已知的基于类群区分明显，而与现代兽类一致。“这一发现为有关早期哺乳动物锤骨-砧骨关节方式转换问题的讨论，提供了重要参考依据以及新的思考。”王海冰说。

此外，团队讨论了早期哺乳动物听觉器官和取食器官的演化趋势，并提出兽类哺乳动物听觉器官和取食器官趋同演化是独立发生的。“早白垩世真兽类听觉器官的演化创新，以及磨擦式牙齿结构的完善，为现代哺乳动物听力能力的提高和生态空间的拓展奠定了重要基础。”王海冰表示。



“梦幻小兽”生态复原图。赵闯 绘



近日，我国首条具有完全自主知识产权、时速达1000公里的超高速低真空管道磁浮交通系统试验线——山西大同（阳高）试验线一期主体工程完工。这是全球在建距离最长、规模最大的全尺寸高速飞行列车试验线，全长2公里。此后，这一工程的第二期将延长至5公里，第三期将延长至15公里。

实现时速1000公里的“近地飞行”

超高速低真空管道磁浮交通系统，是基于超导磁悬浮与低真空管道两大技术原理而设计的新一代交通工具，具有磁悬浮、低真空两大特点，靠悬浮在磁力轨道上滑行，能实现时速1000公里以上的“近地飞行”，相当于1秒钟行驶300米以上，与传统的子弹出膛速度差不多，比民航客机900公里以下的时速还要快，是目前速度最快的列车3倍以上，可谓“超级高铁”或“飞铁”。在不远的将来，它将成为继高铁后以电磁为驱动力的第五代交通工具。

超高速飞行列车利用磁悬浮技术，通过同名磁极相斥、异名磁极相吸的原理，让车体跟轨道脱离，保持大约1厘米高度的距离腾空运行快速抵达终点。之所以要把车厢和列车及其轨道用密封管道罩起来，是便于把里面的部分空气抽出来，这样就大大减小列车运行时的阻力，因为列车运行的速度达到400公里以上时来自空气的阻力就变得相当大。

根据不同的技术路线，磁悬浮列车可以分为电磁悬浮车、电动悬浮车，其中电磁悬浮车在轨道和车身上分别布置线圈、电磁铁，通电后导体产生巨大的磁场，利用磁场的吸力实现车体悬浮。目前，这一技术已较为成熟，悬浮性能和安全性更高，也是未来超高速飞行列车的主要研究方向。

超高速飞行列车“优”在哪里

作为超高速的新型轨道交通工具，超高速飞行列车不仅可以大幅缩短出行时间，还具有经济环保、舒适安全等诸多优点。

超高速飞行列车无需车载电源，不需要使用电力或者煤炭等能源，在理想状态下应急运行能力强，车辆设备磨损小、运行阻力低，其维护成本及能耗成本也更低，因而更经济环保。

虽说速度越快，这种飞行列车在运行过程中的安全性甚至要比高铁、飞机和汽车还要高一些，因为它所经线路大多是直的，很少拐弯，不会出现倾斜状态，就像炮弹飞行一样稳定，也不会影响乘客的舒适度。

由于管道连接可实现无缝接轨，超高速飞行列车发车间隔可与地铁水平相似，旅客进站后即上即下，节省换乘等候时间，加上车体轻也适合高频发车。

由于真空管道的密封性，超高速飞行列车运行时不再受到暴雨、雷电、冰冻等恶劣天气的影响。正因为如此，这样的运输系统甚至可以建在海底。

超高速飞行列车研发世界领先

我国的磁悬浮列车特别是超高速飞行列车的研发在世界上占有重要地位，不少技术处于世界领先水平。我国是世界上第三个拥有中低速磁悬浮技术的国家，2002年在上海建成了磁浮列车示范线，现在长沙、北京等城市已开通了中低速磁悬浮列车。2022年，正式交付了超高速磁悬浮列车，上海到杭州之间准备建造世界上第一条实用化的高速飞行列车运输线。

我国在超高速飞行列车研发上有三条技术路线齐头并进，分别是中车四方厂的常导技术、西南交大的高温超导技术，以及中车长客、航天科工的高温超导技术。它们都取得了一系列自主知识产权。今年3月31日，由中车长客自主研发的国内首套高温超导电动悬浮全要素试验系统，完成首次悬浮运行，运行时速达600公里以上。

（作者系湖南省科普作家协会会员）

高速飞行列车是怎么「飞」起来的

□ 李耕拓

为大气做三维透视

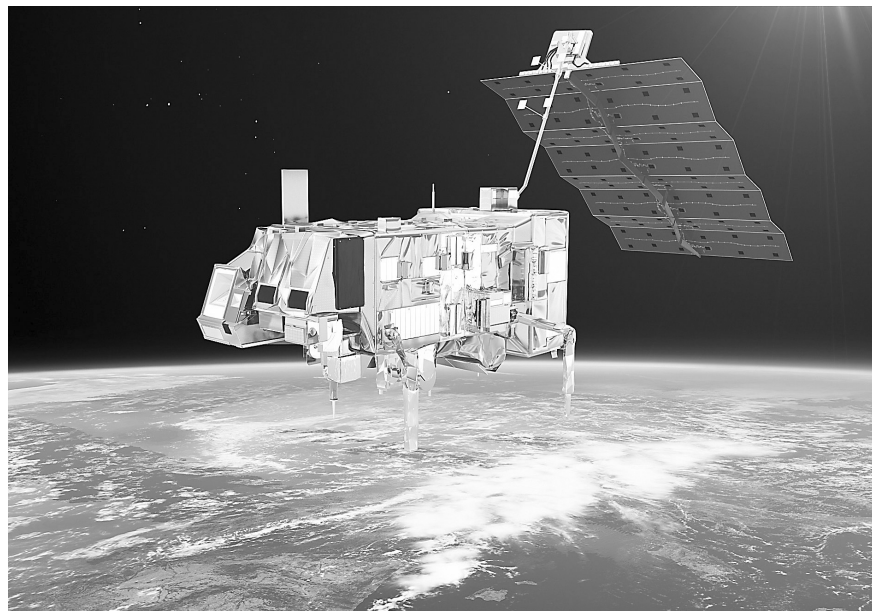
□ 皮婉楷



中国科学院大气物理研究所和中国气象局等单位的研究人员，日前研发了一套氨气浓度的反演算法，并成功将该算法应用于风云三号D星的高光谱红外大气探测仪，获得风云三号D星首幅全球氨气浓度分布图。经过多年自主创新，截至2022年，我国已成功发射19颗风云气象卫星，为124个国家和地区提供气象资料和气象服务。今天就给大家讲一讲风云四号。

2021年7月1日，央视播出的天气预报公布了一张卫星云图。在这张云图上，天山的积雪、青藏高原的湖泊、河套地区的地表纹理，以及东北、华北区域上空的对流云团全部清晰可见。这张云图的摄影师就是2021年6月3日成功发射的风云四号B星，也就是我国新一代静止轨道气象卫星的首发业务星。

首先问一下，你一分钟能做些什么，看几页书，背几个单词？就在你刚刚说话的一分钟时间里，风云四号B星已对地球三分之一的区域进行了一次观测成像。



轨道上的气象卫星示意图。视觉中国供图

获取高时间分辨率的观测数据是风云四号B星的首要任务。它所搭载的快速成像仪，是世界上首个昼夜高频成像仪器，可以提供小于一分钟间隔的全天候连续监测数据，让人们看到分钟级风起云涌的过程，真正实现“哪里有灾

害”就能迅速看哪里目的。强对流天气对于预报员来说一直都是一个大的难题，因为它们来得快去得也快，需要通过不同的镜片才能看清楚。风云四号B星所搭载的静止轨道辐射成像仪，在A星14个探测通

道的基础上新增了一个水汽探测通道，可以捕捉到我们肉眼难以捕捉的大气温湿度廓线信息。这就好像给大气做了一个三维CT，提示未来几个小时哪些区域有可能会发生强对流天气，而且还能动态监测龙卷风中尺度的天气变化。

又想拍得快又想看得清，反应自然不能慢。风云四号B星距离地球赤道上空35800公里，这是一个怎样的概念呢？从我们的脚下出发，到达美国本土的距离是1.4万公里左右，而整个地球赤道的周长约只有4万公里，而风云四号B星却能精准地捕捉到地面0.05摄氏度的气温变化，并且探测到的数据与真实的数据之间误差不会超过0.5摄氏度。

（作者系广东省江门市气象局工程师，第九届全国科普讲解大赛二等奖获得者）



扫码观看讲解视频

多项无人驾驶技术成果从这里走出

科普时讯（记者 罗朝淑）11月24日至25日，第十三届中国智能车未来挑战赛在江苏常熟举行。作为全球历史最悠久的无人驾驶赛事，10余年来，中国智能车未来挑战赛培养和输送了大量智能车领域专家和人才，实现了中国无人车领域多项“从0到1”的突破，引领和推动了我国无人车跨越式发展。

2008年，国家自然科学基金委员会设立“视听觉信息的认知计算”重大研究计划，并在2009年创办了中国智能车未来挑战赛，旨在通过真实环境中的比赛，交流和验证我国视听觉认知信息处理及无人驾驶的研究进展和最新成果，推动人工智能基础研究与物理可实现系统的有机结合，研发满足国家重大需求并具有原创性的科技成果。

本届比赛设置了“真实交通环境挑战赛”和“复杂交通环境通信与感知的离线算法挑战赛”两大内容，分别有20支车队和21个团队报名参赛，其中包括不少年轻的智能车研发团队。

真实交通环境挑战赛通过增加地上、地下环境中“任意指定”上下客接驳点等赛事内容，提升无人驾驶技术在“最后一公里”时提供给乘客出行服务体验，以及在光照环境复杂、视野受限、交通参与者无序性较高的环境中，考察无人车应对道路封闭、施工引导等复杂交通状况的能力。

比赛区域内引入小型物流机器人、自动清扫机器人、机器狗等自动化机器人，检验无人车在这些新形态“交通参与者”存在的人机混合共存的新型交通环境中，自主感知和智能决策的能力，推动“人、机混合”“机、机混合”等复杂道路交通条件下无人驾驶技术的研发。

复杂交通环境通信与感知的离线算法挑战赛是本届比赛的新增内容。针对智能网联自动驾驶场景愈发复杂的问题，离线算法挑战赛突破传统简单场景的局限，设置十字路口、山区公路复杂路况，以及晴天、雨天、雪天多种气象条件，为全场景、全天候无人驾驶技术的落地提供有力的支持。

离线算法挑战赛助力智能网联所需的“聪明的车”“智慧的路”和“强大的云”融合实现，促进车路协同与无人驾驶的发展，推动无人驾驶与信息通信产业的深度融合及网联智慧交通落地应用，推动车路协同无人驾驶技术和自动驾驶产业的发展。

本届比赛由国家自然科学基金委员会信息科学部、中国自动化学会主办，常熟市人民政府承办，中国（常熟）智能车综合技术研发与测试中心协办。

馆教“牵手”，让科学传播“与民同乐”

（上接第1版）

“掀开”场馆屋顶 科普才能无处不在

面对互联网时代的各种新媒体技术，以及未来教育形态，如何构建科普场馆的科学教育新体系？

“前沿科技成果的科普转化能够丰富场馆展览内容的内涵，同时借助技术的创新表达，打造开放式的展陈设计空间。”在王小明看来，科技成果科普化，科普活动学

术化，是场馆可持续发展的双引擎。

前不久，安徽省科技馆新馆正式对外开放，其中“量子探微”国内首个量子科技主题展厅、全国首个“数字孪生科技馆”揭开神秘面纱。在常设展厅的627件展品中，可参与互动的达到90%以上，裸眼3D、虚拟现实、全息成像、空气触摸互动系统等先进技术，让观众以沉浸式体验感受到现代科技的无穷魅力。

王小明建议，科普场馆在建设运营过程中，应该选择适当的功能对科普场馆精准定位，明确需求，制定规划，同步设计展陈内容，结合社区实现融合发展，不断适应数字时代发展。

“加强馆校联动新场景的创造，创新科学传播方式，提高科学教育的共享度，通过新的范式打造学习型社会。”王小明说，“掀开”科普场馆的屋顶，让科学传播不再是“自娱自乐”。

质子交换膜燃料电池：实现真正零排放

□ 杨小康 邵志刚

+ 前沿科学 +

质子交换膜燃料电池是一种将储存在氢气中的化学能通过电化学反应转换为电能的能量转换装置，同时运行温度低、启动速度快，产物仅为水，使用绿氢作为燃料时可实现真正意义的零排放。

当质子交换膜燃料电池用作汽车动力源时，燃料电池汽车相较于传统燃油车效率更高且更加环保，相较于锂离子电池汽车，加氢时间短、续航里程长、载重量高，并在零下低温环境也不会出现里程缩短的问题。这些突出的特点使得燃料电池有望成为新能源汽车领域的明日之星。

实现大规模商业化还有距离

尽管当前国家出台了一系列政策

鼓励氢能燃料电池汽车产业发展的策略，但距离燃料电池汽车实现大规模商业化还有一段距离，主要因为燃料电池汽车制造和运行成本高，燃料电池的性能和寿命还有待进一步提升，燃料电池汽车产业基础设施还不够完善。

当前，一台燃料电池汽车的售价是燃油车的2—3倍、锂离子电池车的1.5—2倍。除此之外，由于氢气的制、储、运，以及加氢站建设费用高，导致氢气价格偏高。加氢站的氢气价格大约每千克60—70元，而只有当氢气价格降低至每千克30元以下时，燃料电池汽车的燃料经济性才能与燃油车相竞争。

为了适应交通运输领域对使用寿命的需求，需要最终将燃料电池的使用寿命提升至2.5万小时以上。以氢气制取、储运和加氢站为代表的基础设施的完善，是燃料电池汽车产业大规模发展的前提。

向低成本、大功率、长寿命发展

当前，我国燃料电池汽车行业发展如火如荼，整体趋势朝着低成本、大功率和长寿命的方向发展。

燃料电池系统成本主要包括催化剂、质子交换膜、气体扩散层、双极板以及辅助系统。其中燃料电池系统年产量大于50万套时，催化剂约占总成本的41%、双极板约占28%、膜约占9%、气体扩散层约占6%、BOP约占10%。因此，降低燃料电池系统成本需要从各个部件角度考虑，技术创新、国产替代以及批量生产，是当前降低成本的主要方式。预计到2025年，我国燃料电池系统成本或降到每千瓦1000元。

为了适应更多应用场景的需求，大功率化是燃料电池发展的另一个趋势。从最初的30千瓦到如今200—300千瓦，单堆功率的提升意味着功率密度的提

升，对电堆尺寸、材料、部件以及控制策略，都提出了更高的要求。

长寿命也是燃料电池发展的一个重要趋势。重卡也是燃料电池汽车应用非常重要的一个领域，未来需要满足3万小时以上的使用寿命。目前，国际先进水平已达2.5万小时，而国内普遍还停留在1.5—2万小时，因此下一步还需提升燃料电池的使用寿命。而提升燃料电池使用寿命的措施，主要是从材料角度设计耐久性更强的材料，以及从系统控制角度开发更加适宜的控制策略。

截至2022年底，全球燃料电池汽车保有量约为6.7万辆，相较于2022年全球新能源汽车超过1000万辆的总销量占比还很低。但我们相信，随着燃料电池技术的不断进步，相关配套设施的不断完善，燃料电池汽车终将逐步走入我们的生活。

（第一作者系中国科学院大连化学物理研究所博士，第二作者系中国科学院大连化学物理研究所研究员）