恐龙和鸟是否“沾亲带故”

本报记者 杨文明

R院士讲科普

网友：看见一种说法，“吃鸡蛋其实是在吃恐龙蛋”。这是真的吗？恐龙灭绝数千万年了，跟我们今天的生活还有关系吗？它们和鸟类是“亲戚”吗？

编辑：鸟类起源，是科学界最引人关注的话题之一。除了广为人知的始祖鸟，小盗龙、奇翼龙等一系列重要化石的发现，不断填补恐龙向鸟类演化的证据链。中国科学院院士、云南大学生命科学学院脊椎动物演化中心教授、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员徐星发现并命名了诸多恐龙新物种，被称为“恐龙院士”。本期“院士讲科普”，我们邀请这位“恐龙院士”，为大家详解恐龙飞向蓝天的演化之路。

始祖鸟的身份之谜：是恐龙还是鸟？

世界上最早的鸟是始祖鸟吗？

1861年，第一块始祖鸟化石在石灰岩中被发现。它有羽毛、有翅膀，还会飞——看起来具备了所有鸟的特征。

但它真的是鸟吗？徐星认为，要回答这个问题，先得弄清楚：我们凭什么特征判定一种动物是“鸟”？

20世纪末到21世纪初，我国科学家在辽宁西部、内蒙古东南部等地陆续发现了数以百计的恐龙化石。化石展现的信息令人震惊：这些恐龙拖着尾巴，体表覆盖的不只有鳞片，还有羽毛，有些恐龙甚至已具备初步的飞行能力。

“这一发现彻底颠覆了过去的认知。”徐星说，“原来恐龙也可以长出羽毛，飞行并非鸟类的专属能力。”

既然如此，鸟与恐龙之间的界限究竟在哪儿？科学家有自己的区分方式——演化树。按照生物演化的顺序，科学家厘定某一物种在演化中的具体位置，同时界定其归属。

然而，具体界限划定有时候也会产生分歧。羽毛、骨骼、肺部结构甚至体温调节方式，都可能成为分类的依据。从长出羽毛的恐龙到能自由飞行的鸟类，经历了亿万年的演化。处于过渡地带的物种应该归入哪一边，有时就会产生争议。

通过分析演化树，徐星认为，始祖鸟并不属于鸟类家族，而更接近一类被称为“恐爪龙类”的小型恐龙。虽然这一观点尚未成为主流，但越来越多学者认同，“始祖鸟是一只长着羽毛、会飞的恐龙”。

如果始祖鸟不是鸟，那最早的鸟是什么？

2025年，我国科研团队在《自然》杂志上发表了一项重要成果：在福建发现的鸟类化石“政和八闽鸟”，揭示了现代鸟类的体形结构在侏罗纪晚期就已经出现。

徐星介绍，与恐龙以及始祖鸟的细长、多节尾骨不同，“政和八闽鸟”的最后几枚尾椎融合成一个轻盈的尾综骨。尾综骨替代多节尾骨，既能减轻体重，又能让鸟类身体重心前移，飞行时保持更高的稳定性，尾骨缩短是恐龙—鸟类演化中最彻底的形态变化之一。包括始祖鸟、近鸟龙类等“潜在的侏罗纪鸟类”，它们仍然具有和恐龙一样的长尾骨，从这点来讲，它们至少在体形上与鸟类大相径庭。

“政和八闽鸟”的发现，将以尾综骨为代表的重要特征的出现时间提早了近2000万年。更关键的是，“政和八闽鸟”在演化树上清晰地位于鸟类一侧，是目前唯一确切的侏罗纪鸟类，也是已发现的最古老鸟类之一。

徐星幽默地说：“从这个意义上讲，我们吃的鸡翅就是恐龙翅膀，吃鸡蛋就是在吃恐龙蛋。”

幸存者的智慧：为何鸟类能躲过大灭绝？

6600万年前，绝大多数恐龙从地球上消失，而鸟类得以幸存。

为什么鸟类能躲过大灭绝？

首先，现代鸟类体形普遍较小。徐星说：“在食物短缺时期，小体形意味着更容易找到足以维持生命的食物，获得繁衍后代的机会。”

但小体形并不是唯一原因。当时也有很多不会飞的小体形恐龙，它们同样消失了。“不仅是不会飞的恐龙，大部分早期鸟类也在这场大灭绝中消失了。”徐星认为，真正躲过大灭绝的，是鸟类中的一个分支——今鸟类。研究发现，具有现代鸟类特征的化石，多来自湖泊、河流或沿海沉积环境。换言之，存活下来的鸟类大多数生活在水边。研究显示，白垩纪末大灭绝期间，地球上曾出现大面积林火，水体内水生植物种子、软体动物、昆虫、小型甲壳类动物不至于全部死亡，从而为鸟类提供食物，让它们有机会存活繁衍。

更重要的是，它们拥有强大的飞行能力。能够飞翔，意味着鸟类能更快发现自然灾害、更大可能躲避灾害、前往更远的地方寻找栖息地与食物。化石证据也表明，大灭绝后存活的鸟类胸骨更坚固、飞行肌肉更发达、骨骼结构更轻——它们的飞行能力得到了强化和筛选，强者生存、弱者淘汰。

一个问题随之而来，已经灭绝的恐龙，还能被复活吗？

“以当前技术，恐龙是没有办法复活的。”徐星介绍，真正意义上的“复活”，需要提取古DNA，并重建其基因组。不同于古人类，恐龙化石年代实在太过于久远，DNA无法保存下来。不过，随着合成生物学的发展，我们未必不能制造出跟恐龙外形、颜色、运动方式相似的“新物种”。

地栖或是树栖：恐龙怎样飞向蓝天？

从地上跑的恐龙到天上飞的鸟，恐龙是如何飞起来并变成鸟的？

关于飞行起源，科学界长期有两大假说。“地栖说”认为，恐龙在奔跑时挥动前肢，速度越来越快，逐渐演化出能助力升空的翅膀，“跑着跑着飞起来”；“树栖说”则认为，小型恐龙栖居树上，从枝头滑翔而下，扑动前肢，最终掌握飞行。

1999年，徐星和同事在辽宁西部发现了生活在约1.2亿年前的小盗龙——它不仅前肢长有羽毛，连后肢也生出了宽大的飞羽。“这说明小盗龙是利用4只翅膀进行飞行的。”徐星说。

此后在辽宁西部、河北北部等地，多种四翼恐龙化石陆续被发现。据此，徐星和同事提出了更倾向于支持“树栖说”的“四翼飞行”假说。

徐星解释，树栖恐龙在树间滑翔时，生成四翼的可能性更大；而地栖恐龙的后肢主要用于奔跑，较难演化成翅膀。不过，这一猜测还需要更多化石证据支持。

既然恐龙曾有四翼，为什么今天的鸟都是两翼？“恐龙的飞行演化可能经历过漫长的试验阶段，在不同形态中演化和筛选，最终两翼飞行因展现出优势被继承下来。”徐星说。

恐龙变成鸟的过程中，依然有许多环节未被完全破解。由于恐龙古DNA证据的缺失，科研人员正尝试通过寻找古蛋白质以及更多演化关键阶段的化石证据，探索恐龙向鸟类的演化历程。戈壁深处、沙漠腹地，哪里可能存在有价值的化石，徐星和同事就去哪里，在漫长而艰苦的搜寻中，不断丰富着恐龙向鸟类演化的拼图。

2025年，徐星获得未来科学大奖生命科学奖。颁奖连线时，他头戴草帽出现在云南元谋的野外现场。在他看来，科普与科研同样有意思又有意义：“科普能让更多人了解、关注甚至投身科学研究，帮助我们更快揭开科研谜题。”

正如他在文章《飞向蓝天的恐龙》中所写：亿万年前，一种带羽毛的恐龙脱离同类，飞向蓝天，演化出今天的鸟类大家族。科学家正在一步步找回这段失落的自然之谜。

图①：徐星在野外观察恐龙化石。

图②：“政和八闽鸟”化石标本。

图③：热河生物群与燕辽生物群复原图。

以上图片均为**中国科学院古脊椎动物与古人类研究所**提供

R唠『科』

愈合糖尿病伤口，柑橘皮大显身手

常丽

人们对柑橘皮用处的“开发”，历史悠久。陈皮，这味常见且用途广泛的中药就取材于柑橘皮。烹饪时加入柑橘皮，可以去除肉腥味。将晒干的橘子皮点燃，散发的烟雾和气味可以驱蚊。此外，柑橘皮还可用来去除冰箱内的异味。

柑橘皮是自然界中的一种“神奇材料”，富含多种生物活性成分，其中抗氧化活性作用尤为显著。随着现代科学技术的发展，柑橘皮中越来越多成分被挖掘利用，在不同领域发挥神奇功效。愈合糖尿病伤口便是其中之一。

15%以上的糖尿病患者会遭遇伤口“危机”。患者的伤口愈合如同被按下了“慢放键”，高血糖环境导致血管病变、神经损伤，免疫细胞陷入“罢工”状态。普通的创可贴对这些伤口“束手无策”——细菌在糖分滋养下大量繁殖，形成顽固的生物膜，有时连抗生素都无可奈何；银离子敷料虽能杀菌，但过量释放会伤害人体细胞。伤口愈合的过程如同读取老旧的录像带，卡顿、反复，还充满未知。

小小柑橘皮如何大显身手？中国农业科学院麻类研究所南方特色作物遗传育种团队的科研人员从柑橘酸橙枳壳中提取天然成分，研发出兼具杀菌、消炎、促愈合功能的天然水凝胶，让糖尿病患者伤口愈合速度提升2.7倍。

科研人员采用绿色合成工艺，从柑橘酸橙枳壳中提取活性成分，制备银纳米粒子。在枳壳活性成分的协同作用下，银纳米粒子不仅展现出卓越的抗菌性能，还表现出抗氧化、抗炎等多种效用。为进一步提高其生物安全性，科研人员又从柑橘皮渣中提取天然果胶，构建了三维网状结构的水凝胶，如同为伤口量身定制的“细胞摇篮”。这种网状结构负载银纳米粒子后，就变成了既能精准杀菌，又能促进组织再生的“活性绷带”。

这种水凝胶的神奇之处在于双管齐下：银纳米粒子如同装备了定位系统的“纳米士兵”，能穿透细菌细胞膜，阻断其能量工厂ATP（三磷酸腺苷）的合成，对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌的杀灭率高达97.6%；枳壳活性成分与果胶协同作用，如同乐团指挥般引导免疫细胞从“战斗状态”转为“建设模式”，促进血管新生和胶原蛋白合成。水凝胶的作用在糖尿病感染小鼠伤口模型中得到证实，治疗组11天愈合率达92%。显微镜下，有更令人振奋的成果，治疗后的伤口处长出了整齐的毛细血管网，成纤维细胞排列成规则的“修复纵队”，而未治疗的对照组细胞仍在混乱地“打转”。这种差异源于水凝胶的“三维导航”能力——它为细胞提供了类似健康皮肤的生长支架。更关键的是，水凝胶在体内能完全降解，避免了二次手术取出的痛苦。

源自自然的医疗材料，有望让治疗变得更安全、经济、可持续。未来，当我们享受柑橘的酸甜时，也别忘对“低调”的柑橘皮多一份敬意。

（作者为中国农业科学院麻类研究所副研究员）

量子“捕手”为寻找暗物质提供新工具

本报合肥电 （记者**李俊杰**）记者从中国科学技术大学获悉：该校自旋磁共振实验室彭新华教授和江敏教授团队在《自然》杂志发表最新研究成果，他们革新核自旋量子精密测量技术，成功搭建国际首个基于原子核自旋的量子传感网络，让暗物质探测灵敏度实现质的飞跃。

研究人员表示，这一突破意味着，人类搜寻暗物质的“工具库”中，又新增了一款更精准的量子“捕手”。本次研究不仅为暗物质探测开辟了新路径，其网络化、分布式探测思路，未来还可与引力波天文台协同，用于搜寻更多宇宙奥秘。

银河系内新发现一颗“潜在宜居”候选行星

据新华社悉尼电 （记者**薛艳雯、李惠子**）澳大利亚南昆士兰大学研究人员领衔的研究团队在银河系内新发现一颗“潜在宜居”候选行星HD137010b。该行星比地球略大，距地球约146光年。

研究团队称：该行星可能由岩石构成，环绕类似太阳的恒星运行，位于恒星的宜居带外缘，可能存在液态水但还要取决于大气条件。研究论文已发表在美国《天体物理学杂志通讯》上。

寻找地球“双胞胎”一直是科学家的目标。不过，对这颗行星还需要后续观测才能从“候选”升级为“确认”。研究人员提醒，“潜在宜居”不等于宜居，但此发现“很具吸引力”。

太空探索技术公司申请构建在轨数据中心网络

拟部署由百万颗卫星组成的系统

据新华社洛杉矶电 （记者**谭晶晶**）美国太空探索技术公司向美联邦通信委员会提交申请，拟在近地轨道部署由多达100万颗卫星组成的系统，构建在轨数据中心网络，以支持人工智能等高性能计算需求。

太空探索技术公司认为，在轨数据中心可作为应对全球算力需求快速增长的一种解决方案。这些卫星计划运行在约500至2000公里高度的近地轨道，轨道倾角约为30度，依靠太阳能供电。

申请文件称，这些卫星将直接利用太阳能运行，旨在降低运营和维护成本，提高能源利用效率，减少传统地面数据中心在能源消耗和环境方面的压力。

业内专家指出，此类大规模轨道部署计划面临发射成本、卫星运营与维护、轨道拥挤、空间碎片增加风险以及监管审查等多重挑战，相关申请能否获批仍有待监管机构进一步评估。

我国科研团队刷新真空紫外激光输出纪录

本报北京电 （**吴月辉、奚嘉悦**）中国科学院新疆理化技术研究所潘世烈团队成功研制出一种新型非线性光学晶体——氟化硼酸铵（ABF）晶体，该晶体最短相位匹配输出波长可达158.9纳米，创造了通过双折射相位匹配技术输出真空紫外激光的最短纪录。相关成果在国际学术期刊《自然》发表。

非线性光学晶体是实现全固态真空紫外激光输出的关键材料，其性能决定了激光器的输出波长、转换效率等。随着应用需求的不断发展，寻找一种兼具真空紫外高透过性、强非线性光学响应、大双折射与优异生长性能的新型晶体，成为该领域颇具挑战性的难题。

潘世烈团队创新性提出真空紫外非线性光学晶体氟化设计及性能调控机制，创制出以ABF为代表的系列高性能晶体。科研人员攻克了晶体生长和器件加工技术难题，成功获得厘米级高光学质量的ABF单晶和真空紫外倍频器件，为紧凑、高效的全固态真空紫外激光器提供了全新的关键材料体系。

测试结果表明，该晶体在直接倍频真空紫外激光输出方面刷新了3项世界纪录：直接倍频真空紫外激光输出波长最短、纳秒177纳米脉冲能量最高、光光转换效率大幅提升，综合性能远超现有材料。

湖北人形机器人创新中心完成训练数据交易——

机器人变得更聪明

本报记者 吴 君

R探一线

今年1月，湖北人形机器人创新中心向智元创新（上海）科技股份有限公司售出数千小时的人形机器人训练数据，这是我国企业间人形机器人训练数据的首单交易。

在湖北人形机器人创新中心，随处可见这样的场景：人形机器人在“启蒙老师”——机器人训练师控制下，灵活地翻转、跳跃，还能倒水、下棋……每完成一个动作，一旁的屏幕上就会实时显示相关数据。

“这些数据，就是人形机器人的‘知识’。一个看似简单的动作，人形机器人往往要训练两三个月，累积上万条训练数据。”武汉大学机器人学院教授李淼解释，后台工作人员会把训练产生的数据搜集起来，清洗掉其中无用的数据，再将有用的数据进行标注并予以输入，经过反复多轮程序后，最终得到对人形机器人有用的“知识”。

“人形机器人要想独立完成一个任务，还需要跟着不同‘老师’学习。”李淼介绍，如果只让一位“老师”教，机器人就学不会变通。

这种机器人训练师通过手柄、控制台、VR等设备，实时训练机器人做出动作，进而获得训练数据的方式，被称为人形机器人学习的遥操作方式，除此之外，还有仿真方式和视频方式等。

仿真方式是在人形机器人仿真训练环境中，技术人员生成近似人类的行为数据，再将这些数据“注入”人形机器人；视频方式是用视频将人类的行为记录下来，形成相关数据“注入”人形机器人。

“相比于人类，人形机器人还是四肢发达、头脑简单。”李淼说，人形机器人要想更好地成长，需要跨越“奇点时刻”——技术上迎来关键转折，实现从实验室到规模化商用的质变。

跨越“奇点时刻”，必须依靠大量有效数据。“至少要储存400亿条有效数据，人形机器人才能真正实现‘有用’，再一步步进化为‘好用’。”李淼说，人形机器人“大脑”目前储存的数据还比较少，要获取更多有效数据需要企业之间协作和共享。

“训练数据的交易流通，可为人形机器人的制造者节省大量训练成本，加快人形机器人的商业化和规模化。”李淼说。

此外，人形机器人要跨越“奇点时刻”，还需要提升有效数据在人形机器人之间的传播效果。“有效数据在不同形态人形机器人中的传播效果差，其通用性就不好，规模化应用也会受到一定的阻碍。”李淼说，人形机器人最终要服务于人，因此，不同行业和个人的使用和参与也至关重要。只有更多人使用它们，人形机器人才有“按需成长”的方向，才能变得更聪明。

本版责编：曹怡晴 陈圆圆 陈世涵 版式设计：张芳曼