我们每次吞咽都和1.64亿年前有关

新化石揭示哺乳动物复杂舌骨进化

■本报记者 唐凤 廖洋

这块1.64亿年前的化石，是一只微小柱齿兽的最后记录。它是一种类似鼩鼱的微小哺乳型动物，也是动物进化出现代舌骨的最早例子。

“现在哺乳动物已经十分多样化，能通过不同方式咀嚼食物，但它们都以同样的方式咽下食物。”该研究资深作者、美国芝加哥大学解剖学和生物学教授罗哲西说，“而从本质上讲，哺乳动物咀嚼和吞咽的特殊方式都是由灵活的舌骨实现的。”

由山东科技大学地球科学与工程学院教授周长付牵头，中国、美国、德国科学家组成的国际合作课题组经过6年研究，最终证实在我国内蒙古宁城五化地区发现的化石中的侏罗纪微小柱齿兽，具有与现生哺乳动物同样的舌骨构造。该化石也是迄今最早具有完整舌骨的原始哺乳动物化石。相关论文7月19日刊登于《科学》。

“这个发现证明我们的每次吞咽都和1.64亿年前有关。”周长付告诉《中国科学报》，“哺乳动物舌骨出现于哺乳型动物获得咀嚼能力的最早期阶段。”

“不同寻常”的美丽化石

舌骨连接口腔后部，“守卫”着食道和喉部的“大门”。包括人类在内的现代哺乳动物的舌骨呈U形排列，类似马鞍，对食物精细咀嚼和吞咽起关键作用。

研究人员表示，马鞍状舌骨决定了咽喉的框架，标志着与爬行动物相比，哺乳动物的食物咀嚼和吞咽更为精细、复杂：哺乳动物通常一次吞下小块或细碎的食物，而不是像短吻鳄那样一口吞下大块食物或整个猎物。

然而，这种独特的舌骨结构何时，以及如何首次出现在哺乳动物身上，一直是古生物学家的疑问。

2014年，当时就职于沈阳师范大学的周长付与同事在辽宁、内蒙古和河北交界的燕辽生物群发现了一个保存有精致舌骨的微小柱齿兽化石。

“这是一块原始的、美丽的化石。我第一眼就为这小小的化石保存得如此之好感到惊奇。我们有一种感觉，这块化石不寻常，但我们对它的不寻常之处感到困惑。”罗哲西说，“在拍摄了详细的照片，并在显微镜下检查了化石之后，我们才意识到，这种侏罗纪动物的舌骨非常小，很像现代哺乳动物的舌骨。”

脆弱的骨头

微小柱齿兽属于柱齿目，是中生代哺乳型动物。“哺乳型动物就是比哺乳动物更早期的动物，比如类人猿和人比较像，但是它不属于哺乳动物，而是哺乳型动物。”周长付说。

据介绍，中生代（也被称作爬行动物时代）距今2.52亿年至6600万年，在这个远古的年代，哺乳型动物是现代哺乳动物的近亲类群，所以中生代哺乳型动物化石研究是古生物学和生命演化研究的热点。

由于舌骨比较脆、比较小，难以保存，所以之前的化石研究中很少有人关注到这个领域。

“舌骨比较细小，又与其他骨骼连接不紧密，所以动物死亡后，很容易脱落或腐烂，因此很难保存下来。之前发现的更古老的哺乳型动物化石都没有完整的舌骨保存下来，大多只有牙齿或不完整的头骨等。”周长付说，“因此，该研究为系统研究哺乳动物舌骨演化课题填补了空白。”

在微小柱齿兽中发现舌骨之后，研究人员在其他中生代哺乳型动物身上也发现了类似的舌骨化石结构。

“现在我们第一次能够从化石记录中了解早期哺乳动物的关键吞咽功能是如何进化的。微小柱齿兽的微小舌状体是解释哺乳动物进食功能进化的一个重要里程碑。”罗哲西说。

研究人员还指出，该发现表明现代哺乳动物的舌骨构造起源并传承于更为原始的哺乳型动物，打破了人们对于舌骨起源于哺乳动物而不是哺乳型动物的常规科学认识。

进化新见解

研究人员还研究了微小柱齿兽的模型，并重建了其生活方式。

该化石体长约14.7厘米，体重约5~9克。据介绍，这是迄今发现的体型最小的柱齿兽类化石。它的舌骨部分只有几毫米大小，很难用肉眼分辨，科学家通过工业CT等技术手段探测，经过长时间研究，最终确定了舌骨的存在。

此外，现代哺乳动物的下颚和中耳是由第一个咽弓发育而来的，咽弓是脊椎动物胚胎中的结构，能发育成其他可识别的骨骼和组织。与此同时，舌骨分别由第二和第三咽弓发育。微小柱齿兽有一个原始的中耳，仍然像其他早期哺乳动物一样附着在下颌上，比如犬齿龙类动物。

“下颌式中耳等特征也为原始哺乳动物多样性和中耳的演化研究提供了新的线索。”周长付说。

耶鲁大学博士后学者Bhart-Anjan Bhullar说：“舌骨和耳骨都是原始脊椎动物嘴和鳃骨骼的衍生物，最早的鱼类祖先就是用它们进食和呼吸的。微小柱齿兽的舌骨关节和活动舌骨与古老的中耳共存。因此，现代哺乳动物的建立是对古老系统的再利用。”

而且，此次发现的微小柱齿兽是首次被发现并命名的新物种。“它具有典型的原始哺乳动物特征，骨骼轻盈，肢骨长而纤细，尾巴超过体长的一半，以树栖生活为主。”周长付说。

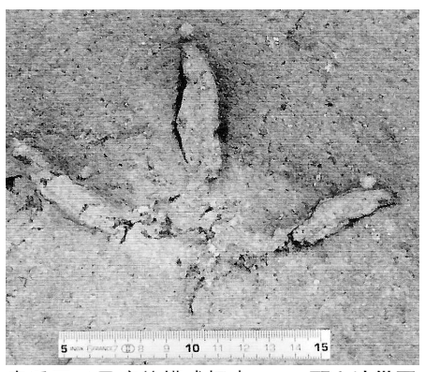
据悉，燕辽生物群是世界知名的中生代生物化石宝库，对研究恐龙、鸟类、被子植物起源具有极其宝贵的价值。微小柱齿兽的化石层可追溯到1.66亿至1.64亿年前，当时微小柱齿兽与其他柱齿动物共存，如半水栖的獭形狸尾兽等。

相关论文信息：https://doi.org/10.1126/science.aau9345

发现·进展

中国地质大学等

揭秘神秘鸟足迹



皮氏三叉足迹的模式标本 邢立达供图

本报讯 7月22日，中外古生物学家宣布，他们在西班牙北部阿斯图里亚斯省和中国云南禄丰发现了一批特殊的足迹，这些足迹显示在侏罗纪—白垩纪之交，这些地区生活着一类奇特的古鸟或鸟形恐龙。该研究由中国地质大学（北京）副教授邢立达、美国科罗拉多大学足迹博物馆馆长马丁·洛克利、澳大利亚昆士兰大学博士安东尼·罗米里奥共同完成，相关论文发表在《历史生物学》上。该发现对研究欧洲与中国晚中生代鸟类与恐龙动物群的分布与演化有着重要意义。

2002年，西班牙古生物学家加尔西亚·拉莫斯描述了一些来自阿斯图里亚斯的奇特足迹，它们长11厘米、宽14厘米，具有非常明显的鸟类足迹特征。没想到，相似的足迹在十余年后又出现在中国云南禄丰——足迹点就在恐龙谷博物馆的后山，足迹长度18.5厘米、宽度约35厘米，看起来特别像鸵鸟的足迹。

对比研究发现，禄丰足迹与阿斯图里亚斯的奇特足迹除了尺寸差异之外，其他特征非常吻合，比如很弱的前趾分异度、宽的趾间角、中趾很短、长宽比为0.5至0.8、行迹很狭窄等。

“皮氏三叉足迹（西班牙标本）的发现意味着在侏罗纪—白垩纪之交，西班牙海岸生活着一类古老的滨鸟类，而万里之外的禄丰盆地，李氏滑石板三叉足迹（云南标本）的造迹者是一类更大型的动物，它们的体型可能达1米，甚至更大，考虑到地质年代背景，这在当时是非常大型的古鸟类或鸟形恐龙了。”马丁·洛克利说。

邢立达表示，目前世界上绝大多数鸟足迹来自白垩纪早期，侏罗纪晚期的记录非常少见，此次的新发现意味着鸟类的早期演化可能比我们想象的更为复杂，大型化的趋势出现得很早。（崔雪芹）

相关论文信息：https://doi.org/10.1080/08912963.2019.1642335

简讯

2019中日韩工程技术大会召开

本报讯 日前，2019中日韩工程技术大会在青岛举行。山东省科协党组书记、副主席王春秋出席开幕式并致辞。

本次大会设主题论坛和4个专题分论坛，涵盖智能制造、高端装备、智慧工厂、人工智能技术、智慧应用以及知识产权人才交流、国际专利技术转化等内容。近300位相关领域专家、学者、企业家和机构代表共同探讨了上述热点话题。本次大会由中国科协指导，山东省科协主办，青岛市科协、山东省机器人研究会、山东省自动化学会承办。（廖洋 纪粹琳）

陆道培血液病高峰论坛聚焦临床治疗

本报讯 近日，由陆道培医疗集团和清华大学医学院联合主办的“第七届陆道培血液病高峰论坛”在京举行。论坛聚焦造血干细胞移植、CAR-T细胞免疫治疗、淋巴瘤/骨髓瘤诊治等血液学临床及科研进展，为血液病临床治疗寻找更多解决方案。来自国内外的1200余名血液病方面的专家学者参加了研讨。（辛雨）

首届长三角区块链应用创新大赛举行

本报讯 首届长三角区块链应用创新大赛日前在上海科学会堂举行。本次大赛共有长三角及全国范围的98个区块链应用项目参赛，通过海选和初选，评审出10个企业项目进入决赛。经过赛前抽签、项目路演、专家提问、答辩评分等竞赛流程，评选出一等奖1名、二等奖2名、三等奖3名以及其他奖项。（黄辛）

近日，2019年青少年高校科学营海洋科学专题营、中国海洋大学分营在青岛开营。

①营员在进行海藻标本的采集与制作。

②中科院海洋研究所科研人员带领营员来到青岛第二海水浴场，进行潮间带海洋生物的现场采集。

本报记者廖洋 通讯员王敏摄影报道

香港大学

开发出新蛋白质优化平台

本报讯（记者唐凤）香港大学李嘉诚医学院研究团队成功开发出一套新技术，能够大量组装及系统地引入多点修改到蛋白质的变体中，并以条形码编码的形式，同时分析各个组合在筛选过程的频率变化，寻找出最合适的组合修改。该技术平台可以广泛应用于不同领域，实现高通量表征及蛋白质变体的筛选。该研究近日刊登于《自然—方法》，并已提交专利申请。

目前，改良CRISPR-Cas酶以及其他蛋白质的挑战在于，要从众多氨基酸序列组合变化中，筛选出最合适的氨基酸替代组合。过多或过少的修改，均可能对提高基因编辑酶的准确性和效率有负面影响。但传统定点诱变技术只能逐一产生蛋白质变体，不能同时作大量的平行分析。

该研究团队开发的新技术（CombiSEAL）能够大量组装及引入多点修改，更省时且大幅降低成本，并可以直接用于研究人类细胞表征基因编辑酶及其他治疗性蛋白质的活性。

研究人员表示，SpCas9是CRISPR-Cas系统中最被广泛应用的基因编辑酶，他们利用CombiSEAL技术，快速建造了948个SpCas9变体，每个变体包含1至8个氨基酸的替代式修改。团队将其递送到人类细胞中进行测试，系统地量化了每一个变体的基因编辑效率和准确性。该研究表征的SpCas9蛋白变体的数量，大大超过所有迄今已被报道的研究的变体总和。

最终，研究人员成功筛选出可降低基因编辑错误的两个新变体Opti-SpCas9和OptiHF-SpCas9，其中Opti-SpCas9拥有较高的基因编辑活性。

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41592-019-0473-0

与祖国同行 与科学共进
中科院大连化物所70年
——人物篇——
1949-2019

时光虽短 记忆绵长

■肖丰收

时间真快，自从到大连学习，已经30多年过去了。

1986年末，作为吉林大学与中国科学院大连化学物理研究所（以下简称化物所）联合培养的博士生，我来到大连师从郭燮贤老师学习，现在回想起来，在大连度过的时光十分美好。

刚到化物所，我的感觉是整个研究所的水平很高，那时郭老师正在筹备组建催化基础国家重点实验室，购买了大量的先进仪器，因此我在大连学习期间的第一份任务是协助安装大功率的X-射线衍射仪（XRD），并利用该仪器研究无机盐的自发分散现象。这对于深入理解无机反应，特别是对后来成功实现无溶剂合成沸石分子筛有很大的帮助，因为无机盐的自发分散是无机反应的必要条件。

后来，我加入了503组，在郭燮贤老师和辛勤老师的指导下，主要利用原位红外光谱表征催化反应活性中心，在研究过程中，还得到了应品良、张慧等老师的诸多帮助，并学会和掌握了吹玻璃和烧制玻璃真空系统的一些技术。后来，在日本北海道大学市川胜实验室，我利用在化物所学到的这些技术独立烧制了一套玻璃真空系统进行原位红外表征，并捕获到了许多催化反应中间体，这对深入理解催化反应机理具有较大帮助。

在化物所，我真正感受到了老师们在科学研究上的严谨、工作上的相互协作，以及对我们生活上的关心、成长上的关怀。

在科学研究上，郭燮贤老师严格要求数据准确与客观，要进行误差分析，对反应机理描述要深入，还要通过多种手段进行表征与验证。这种科学严谨的态度对我的科研工作产生了深远影响。

我在大连学习期间，生活上也得到了郭燮贤老师和梁娟老师无微不至的照顾。当时，作为一名博士研究生，一个月的细粮指标只能购买大米或精粉2斤，这对大饭量的年轻人来说仅够塞牙缝的。除了经常到老师家里蹭饭以外，郭老师还让我拿他家的“粮本”购买细粮以解馋。这些温暖与关爱令我终生难忘！

为了让研究生得到更好的锻炼，郭老师多次派我们参加国内外会议。令我印象非常深刻的是参加1987年在厦门举办的“中日美三国催化会议”。当时科研人员参加国际会议的机会十分难得。郭老师要求我们在听完国际会议报告后立即提问，这对我的锻炼极大，在后来的国际会议上我经常与国外同行进行科学交流，这与郭老师当时的悉心指导和精心培养有很大的关系。

为了帮助我们更多地接触国际科学前沿，郭老师先后将他的学生分别派遣到不同的国家学习，而我则十分幸运地被送到了日本北海道大学教授市川胜的研究组进行博士联合培养。

在化物所，不仅仅是自己的导师郭燮贤先生，还有林励吾等多位先生都对我的成长倾注了大量心血。他们非常了解我在化物所的学习情况，当我遇到困难时，他们坚定地支持我。印象非常深刻的一次是在大连机场候机时遇到林先生，我向他汇报了我们制备的高稳定性多孔有机材料，他建议我们进行甲烷的吸附研究。这对于天然气的综合利用意义巨大，几年的时间，林先生的远见就被验证了。

在化物所，我十分幸运地遇到了众多志趣相投的小伙伴，我们互相学习与讨论，在周末一起去滨海路郊游，其中多位如今已经成为大科学家，为国家科学基础研究与经济发展作出了巨大贡献。

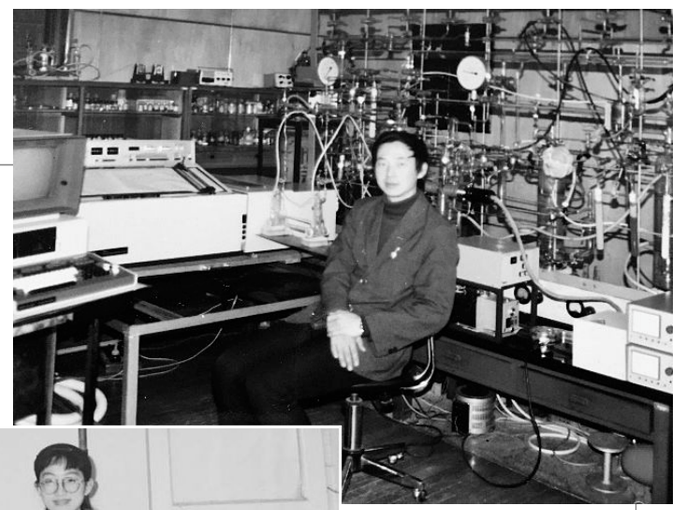
在化物所的学习经历，让我深深体会到了基础研究与应用相结合的重要性，科学基础研究要面向国民经济发展的重大需求，要和国家的命运与发展联系在一起。由此，我也认准了将来研究工作的方向。

在化物所的科研经历，也让我认识到科学研究团队的重要性。一个人能力再强也很难完成一个大的项目；而一个科学研究团队则相对容易完成。

回想起来，尽管我在化物所的时光十分短暂，但却留下了许多美好回忆。化物所的科研与学习经历对我的一生都有重大影响。在那里，我开阔了眼界，认识到科学研究团队建设的重要性，理解了基础与应用研究的关系，认准了我一生所追求的科学研究目标！

作者简介：

1963年生于山东，1990年获得博士学位，其导师为化物所郭燮贤院士、辛勤研究员和吉林大学徐如人院士以及日本北海道大学市川胜教授。目前为浙江大学求是特聘教授，就职于浙江大学化学系。



▲503组的原位红外光谱仪与真空系统

◀在郭燮贤老师、梁娟老师家蹭饭