



从牙齿看人类演化

牙齿是一份独一无二而又可靠持久的档案，不但可以记录人的一生经历，甚至能追溯到出生之前。它能透露出一个人的童年经历、地域迁移、饮食喜好、是否遭受过辐射污染、死亡年龄等极其丰富的信息。

古人类学家彼得·翁加尔在《齿间演化史：牙齿、饮食与人类起源》一书中，用引人入胜的文字，描述了牙齿、饮食与环境之间的相互作用，并介绍了这种互动是如何塑造人类演化的。从早期人族——鲍氏傍人（生活在东非，距今230万年前-130万年前）坚固的齿列，到许多现代人比例不相称的颌骨与牙齿，本书将带领读者踏上一场精彩纷呈的旅途：化石记录、考古记录、气候历史、实地观察和实验室分析，各种内容不一而足。

翁加尔从分析食物与牙齿形状的关系入手，开启了对人类演化的探索。牙尖圆钝、窝沟较浅的牙齿可以磨碎硬而易碎的食物，比如种子。牙冠较细、形似刀片的牙齿可以刺穿或撕裂食物，比如生肉或树叶。但是，在研究者决定着手了解能否通过牙齿来预测现有灵长类动物的饮食后，一项又一研究证明，预测出的饮食与实际观察到的饮食并不相符。牙齿形状可以揭示出灵长类动物能吃什么，但这并不一定代表它们在环境良好的情况下会选择吃什么。

幸运的是，要从牙齿化石中推断饮食状况，还有更直接的方法。食物会在牙齿珐琅质上留下清晰的痕迹，这些微观标记会揭示出牙齿的主人在生前几天或几个星期内吃了哪些食物。一只鲍氏傍人样本（发现于坦桑尼亚奥杜威峡谷180万年历史的沉积物中）尤为令人震惊。鲍氏傍人又被称为“胡桃夹子人”，他们的臼齿较大，颞骨突出，拥有强健的咀嚼肌，由矢状嵴固定。

科学家们曾假设，这些特征是为了适应咀嚼坚果和根茎而产生的。咀嚼会在牙齿上留下凹坑，但微磨损分析显示，他们的牙齿上只有少数细微的划痕，这也证实了能力与选择之间的错配。翁加尔总结道，随着牙齿和颌骨的演化，动物无法获取到原本偏好的食物，而只能转而食用其它更加难嚼的食物时，它们也能应付得来。

翁加尔在书中介绍了食物选择、获取和加工的变化对于人类的意义。人脑的脑容量较大，是与人类同体型哺乳动物预期脑容量的5倍，因此需要稳定的优质食物来源。人类的直立身体使我们得以借助持久奔跑来捕捉猎物，获取各种不同的营养来源。与直系亲属或更大范围的群体共享食物是人类社会互动的基础，有助于保障后代的生存。技术进步，比如工具的使用和烹饪，使我们得以获取原本无法获得的营养和能量。

在肯尼亚科比福拉遗址等地，考古学家发现的石器和屠宰动物遗骸集中点可追溯到约200万年前，翁加尔认为，这是标志着肉和骨髓成为人类常规饮食一部分的时点。来自早期智人的牙齿样本表明，他们比其南猿祖先的牙齿更适应撕裂食物；各种各样的微磨损也表明，早期智人的饮食更加灵活多样。工具使用和后来的烹饪或许缓解了大牙齿和大颌骨的选择压力，但牙齿体积的缩小似乎是逐渐发生的。

更加多样化的饮食，辅以越来越复杂的技术，使狩猎采集者得以在上个冰期末期（约1.2万年前）占据了全世界无冰地带的大部分区域。从采集到农业的转变（即新石器革命）对人类演化产生了深远的影响，翁加尔将其视为人类“改变游戏规则，开始自己存储食物”的开端。永久性定居和可预知的食物存储使得较大型的群体得以形成复杂的社会。在一些地方，人们几乎可以确定，环境变化是推动上述转变的动力：在叙利亚的阿布·胡赖拉，最早植物栽培迹象与寒冷干旱的新仙女木期的开始时间重合，都发生在约1.3万年前。在这一时期，野外的食物开始变得稀缺。

对于“原始人”饮食法的爱好者来说，这是一切错误的开端。但正如翁加尔所说，多样性是人类饮食的关键。试图模仿一种单一的祖先饮食是没有意义的，因为它并不存在。自新石器革命后，人类一直在不断演化，我们中许多人拥有我们的祖先所没有的酶，使我们能有效消化含淀粉的食物，并能在成年后消化牛奶。但我们的牙齿和颌骨与现代饮食并不同步，这的确是个可以讨论的问题。如今，许多人的牙齿拥挤，或者长了歪牙或阻生牙。这是因为我们的颌骨发育不足，经过加工的柔软食物无法刺激牙齿充分生长。此外，人类对甜食的喜悦也导致牙齿上的食物残渣滋生细菌，引起蛀牙和牙龈病。

智人是最后一支人族谱系，但越来越多的证据表明，至少在350万年前至4万年前，不同的人族是共存的。未来需要解决的问题是，彼此不同的觅食策略是如何让他们得以共享同一片土地的。

（摘自 Nature 自然科研）

《科学》杂志聚焦中国年轻古生物学者邢立达

他和时间赛跑 追寻恐龙足迹

宇辰 编译

他迷上了恐龙足迹

出于寻找恐龙足迹的极大热情，邢立达跑遍了中国的100个恐龙遗址。这些遗址中的大部分足迹地，他都是第一研究者。

天刚破晓，三辆大篷车就来到了山东临沂一个偏僻的傍湖村庄。车上的人鱼贯而下，手里拿着锄子、扫帚和粉笔，在对这片地区迅速进行初步勘察后，开始凿开地面上坚实的土层。土层下的石头上布满了坑坑洼洼的凹痕，勘探者们对每个坑洞都进行了认真细致的标记和测量，然后再拍照。路过的村民不知道这些人要在这片贫瘠的荒地上做什么，纷纷好奇地问这问那，这些人都三缄其口，不予置评。

挖掘者不愿透露他们古生物学者的身份，是怕这里地下可能埋有大量恐龙足迹的消息传开而导致现场被破坏。让大家对此事保持沉默的，是这次挖掘任务的领导者、中国地质大学充满朝气的年轻古生物学者——邢立达。

勘察团队是第一次来这里，这个恐龙遗址是邢立达在当地的一位艺术家朋友最早发现的，他也是一位业余恐龙足迹研究的爱好者。

35岁的邢立达看上去比实际年龄要小10岁，工作时他经常喜欢与队员们一起唱唱歌、开开玩笑。这次发现的恐龙足迹规模，令邢立达兴奋不已，在这片相当于橄榄球场大小的地下，可能埋藏着上千个保存完好的恐龙脚印——各种年龄恐龙留下的各种大小尺寸的足迹都有，而且它们至少来自七种不同的恐龙。

“真的太棒了，比我们想象的还要棒。”邢立达说。据他推测，一亿年前，这片恐龙遗址是与坦桑尼亚塞伦盖蒂大草原相似的一处水草丰美之地，是鸟类和蜥脚类恐龙、肉食兽脚类恐龙，可能还有叫作“鸟脚类恐龙”的两脚食草动物聚居的地方。邢立达说，这个恐龙遗址可名列中国十大恐龙足迹发现地，在全球也能进入重要恐龙遗址之列。

对该遗址进行深入的研究可能需要几个月的时间，也许能为他长期以来的一个疑问提供重要的线索：在中国这片古老土地上，恐龙到底生活在哪里？它们之间又有着什么样的互动关系？

邢立达以他的一些爱好而闻名，他所收集的保存在琥珀中的羽毛和化石十分珍贵，但他最早的爱好还是探寻恐龙足迹。隐藏在化石之中的恐龙足迹，是研究恐龙生态学和行为的重要信息来源。

出于寻找恐龙足迹的极大热情，邢立达跑遍了中国的100个恐龙遗址。他是大多数恐龙足迹遗址地的第一个研究者，他还在中东、韩国和美国进行过恐龙足迹的考古发掘。他希望根据他的调查结果，能够绘制出一幅完整的恐龙栖息地分布图。

高质量论文刷爆圈子

邢立达在恐龙足迹研究领域发表论文的数量和速度，在中国古生物界圈子里引起了关注，有人怀疑他不是“抄近路走捷径”。中国科学院古脊椎动物与古人类研究所著名古生物学家徐星认为，他这位年轻同事的研究成果是扎实的可靠的。

邢立达的现场调查和研究速度极为惊人，一些保存完好的恐龙足迹所



邢立达在四川古蔺的河边测量恐龙脚印。

在的岩层，由于地质运动而倾斜，甚至变得几近垂直，为此他学会了攀岩。自2010年以来，由于他反应快速的发掘活动，已形成发表了90多篇论文，这些论文报告了不同恐龙物种在时间和空间上的分布情况，填补了化石记录中的空白，描述了远古时代恐龙的栖息地和它们的行为及交互活动。邢立达几乎在他个人发现的基础上，形成了一幅整个东亚地区的恐龙栖息地分布图。

中国近年来已发现了许多重要的恐龙化石，邢立达的地图有助于将这些发现与当时恐龙生存的大环境综合起来进行研究。

“他的研究与美国的一些研究成果不谋而合，但在中国的古生物研究领域内是前所未有的。”加拿大古生物研究中心的化石足迹专家、邢立达的导师理查德·麦克利说，“可以说，邢立达为中国化石足迹研究构建了一个整体框架，在他之前只有一些零星的报道。”

邢立达出生于中国南部地区的广东潮汕，父母都是医生，他对恐龙研究的痴迷可追溯到6岁时看的一部日本动画片——《恐龙特级克赛号》，里面的时间旅行、美丽公主、激光武器和恐龙等元素，都深深地吸引了他。“从那时起，我在书店买下了所有关于恐龙的书，开始了解这些令人惊奇的生物。”邢立达回忆道。

十几岁的时候，邢立达建立了一个大约有900种恐龙的数据库，包括这些恐龙的中译名，这个数据库至今仍然是他的同事们经常使用的查询参考工具之一。他还写信给科罗拉多大学的化石足迹专家马丁·洛克利，向他请教发现恐龙脚印的一些问题，洛克利给邢立达寄来了一整套的资料。2007年，作为一名在读大学生的邢立达发表了她的第一篇科学论文，描述了在四川省古代沉积物中留下足迹的白垩纪恐龙动物群。

2009年，邢立达大学毕业，暂时放下了他的恐龙爱好，在一家报社做了一年的科技记者；之后，他被加拿大埃德蒙顿的艾伯塔大学录取，在那里学习古生物学；去年，他在中国地质大学获得博士学位。这一路走来，他与洛克利成了朋友和合作者。“大约十年前我在北京初次和他见面；2012年，我们第一次联合发表了关于恐龙足迹的第一篇论文。从那时起，我们一起发表了60多篇论文，平均每月一篇。”洛克利说。

这些论文几乎涵盖了古生物学的各个领域，为恐龙的生存时代和地域分布以及互动行为，提供了许多新的压倒性的足迹证据。邢立达记录了在中国发现的最古老的蜥脚类和鸟臀类恐龙足迹，证明这些恐龙在1.9亿至2.2亿年前的侏罗纪早期，曾在亚洲地区出没活动，比之前所认为的要早一些。对广东地区留下的恐龙足迹的调查研究揭示，体型较小、似鸟的兽脚类恐龙“鸭嘴龙”，还有白垩纪晚期在湖岸边活动的翼手龙，这些没有留下任何骨骼化石的恐龙很可能是更大的兽脚类恐龙的食物。

邢立达还敢于挑战传统观念，在2016年2月的一份科学报告中，他和他的同事报道称，中国甘肃省中部蜥脚类恐龙足迹的调查研究揭示，与长期以来普遍认同的观点不同的是，蜥脚类恐龙不会游泳——在曾

经的湖底留下的浅浅的脚印表明，它们会利用水的浮力浮在水中，但它们的爪子留下了更深的洞，表明它们并不是在游泳，而是努力抓紧湖底地面以保持身体平衡。

“邢立达无疑是中国最杰出的化石足迹研究人员。”洛克利说。然而邢立达发表论文的数量和速度在中国古生物的小圈子里引起了关注，有人怀疑他是不是在“抄近路走捷径”。

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所著名古生物学家徐星曾是邢立达的研究生导师，他认为，他的这位年轻同事的研究成果是扎实的可靠的。

他的时间表非常紧迫

邢立达希望，他们发现的恐龙足迹能对恐龙研究产生更多更大的影响。“也许在今后两三年里，我们将能够详细解释远古时代的中国拥有哪些种类的恐龙，它们的栖息地、分布情况，以及它们都生存在哪些不同的时期。”

邢立达如此拼命“抢时间”是有充分理由的。近年来随着中国工业的快速发展，许多建筑工地上古文物遗址不断被发现，但同时这些遗址被破坏的速度与发现的速度一样快，邢立达为此感到痛心。几年前，他的团队在某地发现了一处化石足迹遗址，当地一家矿业公司听闻科学家要求政府保护现场遗迹之后深夜出动，邢立达和他的同事只抢救了很小一部分化石足迹证据。

此后，邢立达对新发现的遗址采取了更为谨慎低调的策略，包括对团队的发现保持沉默。但在临沂，他以一种更有力方式打破了这种沉默：邀请附近大学的古生物学家一起加入开挖工作，他们的支持对于说服当地政府保护遗址，并将其划归为化石足迹保护区至关重要。

邢立达对寻找恐龙化石十分着迷，甚至成了他业余生活的中心。他的恐龙化石收藏包括有200个保存在琥珀中的恐龙羽毛标本。这些琥珀样本还为他发表的论文提供了素材。

2016年在《当代生物学》上发表的一篇文章中，邢立达和加拿大萨斯喀彻温皇家博物馆的瑞安·麦克拉克共同描述了他们团队的发现：琥珀中封存的是大约9900万年前的一个幼小恐龙的尾巴。这一发现引起了全世界的关注。

不久前，邢立达在《冈瓦纳研究》上发表的一篇文章，描述了他在一块来自缅甸琥珀中发现的又一珍贵文物——保存完好的9900万年前的幼鸟化石。

邢立达希望，他们发现的恐龙足迹能对恐龙研究产生更多更大的影响。他为在临沂发现的在细节上保存良好的恐龙足迹感到兴奋，在那里，甚至一些蜥脚类脚印的脚趾也清晰可辨，新发现的临沂遗址将在邢立达希望建立的恐龙生态环境全景图上增添极为重要的一笔。

“也许在今后两三年里，我们将能够详细解释远古时代的中国拥有哪些种类的恐龙，它们的栖息地、分布情况，以及它们都生存在哪些不同的时期。”他说。

这是一个很有雄心壮志的时间表，但随着中国各地的快速开发建设，邢立达要争分夺秒地与推土机抢时间在湖岸边活动的翼手龙，这些没有留下任何骨骼化石的恐龙很可能是更大的兽脚类恐龙的食物。邢立达希望，他们发现的恐龙足迹能对恐龙研究产生更多更大的影响。他为在临沂发现的在细节上保存良好的恐龙足迹感到兴奋，在那里，甚至一些蜥脚类脚印的脚趾也清晰可辨，新发现的临沂遗址将在邢立达希望建立的恐龙生态环境全景图上增添极为重要的一笔。

（题图：在临沂新发现的这个恐龙遗址里，有着至少七种不同恐龙留下的一千多个足迹。）



两个半片琥珀中保存完好的恐龙身体各部位标本



琥珀中褐色部分是一条恐龙尾巴



这块琥珀中封存的是只幼鸟的脚、翅膀、尾巴和部分头盖骨



邢立达与蜥脚类恐龙肩胛骨合影

图片来源于网络