

地球故事系列

BBC

揭开恐龙的神秘面纱
讲述《与恐龙同行》背后的故事

THE EVIDENCE

WALKING WITH DINOSAURS



恐龙的奥秘

戴夫·马蒂尔 达伦·奈什 著
史立群 王元青 译



揭开恐龙的神秘面纱
讲述《与恐龙同行》背后的故事

THE EVIDENCE

恐龙的奥秘



戴夫·马蒂尔 达伦·奈什 著
史立群 王元青 译

 辽宁教育出版社
 英国广播公司

图书版权登记号: 图字 06-2001-193 号

图书在版编目 (CIP) 数据

恐龙的奥秘 / (英) 马蒂尔, 奈什著; 史立群, 王元青
译. —沈阳: 辽宁教育出版社, 2002. 3

书名原文: The Evidence

ISBN 7-5382-6242-3

I. 恐... II. ①马... ②奈... ③史... ④王... III.
恐龙—基本知识 IV. Q915. 864

中国版本图书馆CIP数据核字 (2001) 第094977号

The Evidence: Text copyright © Dave Martill and Darren Narish 2000

Design © BBC Worldwide 2000

BBC Commissioned photographs © BBC Worldwide 1999

This book is published to accompany the television series Walking with Dinosaurs which was produced by the BBC and first shown on BBC1 in 1999.

This translation of The Evidence first published in 2000 by BBC Worldwide Ltd. under the title The Evidence is published under licence from BBC Worldwide Limited.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced in any form or by any means, without permission in writing from the publisher, except by a reviewer who may quote brief passages in a review. The views expressed in this book are those of the author and not necessarily of the publisher.

本书中文简体字版由英国广播公司 (BBC) 授权, 辽宁教育出版社所有。未经版权所有者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权所有, 翻印必究

英文版工作人员

Executive producer: John Lynch

Series producer: Tim Haines

Producers: Tim Haines and Jasper James

Commissioning Editor: Joanne Osborn

Project Editor: Helena Caldon

Art Direction: Linda Blakemore

Book Design: Martin Hendry

出版 辽宁教育出版社
(中国辽宁省沈阳市和平区十一纬路 25 号, 110003)

发行 辽宁教育出版社

印刷 辽宁美术印刷厂

版次 2002 年 3 月第 1 版

印次 2002 年 3 月第 1 次印刷

开本 890 毫米 × 1240 毫米 1/32

印张 5.75

字数 120 千字

图片 73 幅

印数 5 000 册

定价 29.00 元

译者 史立群
王元青

总策划 俞晓群

总发行人 许苏葵

责任编辑 杨军梅

吴 璇

技术编辑 袁启江

责任校对 王 玲

版式设计 赵怡轩

封面设计 杜 江

和辐射带，再向外是环绕它的卫星月球。地球的直径与太阳的直径相差100多倍，而与银河系直径相差的倍数，在10的后面还要加上15个零。再举目远望，与银河系类似的几十个星系组成本星系群，更多的本星系群进一步组成本超星系团，仍在膨胀中的宇宙含有数百个这样的本超星系团，而这一切的一切都来自于大约150亿年前的大爆炸。

这些都是我们要在《地球故事》的总标题下讲述的故事。它们中的大多数是经过逻辑推理和科学实验证实了的真理，有一些则是科学家们正在探索和争论的问题，其中还有一些恐怕要在相当长的时间内继续争论下去。科学探索永无止境，科学的魅力就在这里。

这套书系的原版是英国广播公司(BBC)环球公司制作的系列科学节目的配套读物，出版后受到热烈的欢迎。在全民科普活动的高潮中，辽宁教育出版社再度与中国科学院科普工作领导小组合作，将这套在科学发达国家已获得成功的读物引进到国内。这是继推出《探索》书系之后科学界与出版界在科普领域合作的又一大事，我对此表示欣慰并愿为之序。

预祝《地球故事》在中国成功。

中国科学院院长

朱家骅

2000年初冬

序

直到16世纪哥白尼日心说引发的科学革命诞生之前，人类一直认为自己生活的地球就是整个世界的中心；而在今天，每一位中学生都应该知道，地球不过是茫茫宇宙中一颗普通的星宿。无论是块头和体重，还是年龄和能量，它在浩瀚无垠的星际大家庭中都是一个微不足道的小家伙。

但是阿姆斯特朗们有另一种体验，幸运的宇航员从太空中看到的地球是那样地超凡脱俗：一个在深邃的天幕上发出蓝色光辉的透亮球体，是太阳通过大气圈和水将我们的家园装扮得如此动人魂魄。

德国著名的化学家李比希在19世纪中叶说过：“只要对碳酸氨、磷酸钙或什么钾盐进行认真的研究，就很难同意经过热、电或其他自然力的作用可以把它们变成任何一种具有繁殖功能的有机胚胎。”然而到了1953年，美国人米勒利用实验室里的人造雷电，从包含水蒸气的“原始大气”中生产出12种生命不可或缺的氨基酸。他和其他的小组利用另外的装置将类似的实验重复多次，结论都是一样：在一定的条件下，无机物可以转化成有生命的有机体。

水是万物之源。表面上覆盖着水的星球不多，从这一层意思上讲地球是宇宙中的幸运儿。当然有水也不见得就有高级的生命，智慧的出现更是奇迹中的奇迹。

法国科学家里夫把地球大约46亿年的历史压缩成一天：在这一天的前四分之一，地球上还是一片死寂；清晨六点时最低级的藻类出现在微有暖意的水中，而直到晚上八点软体动物才开始在海洋与湖沼中蠕动；恐龙于晚上十一点半匆匆登场，十分钟后谢幕而去；哺乳动物则在最后二十分钟出现并迅速地分化，而灵长类的祖先于晚上十一点五十出台，它们的大脑在最后两分钟里扩大了三倍。幸亏摩尔定律不适于生物进化，否则未来的人类将真的如同科幻小说里描绘的那样，沉重的头颅压垮了他们瘦弱的身躯。

宇宙中是否还有另外的文明与智慧？神学家认为地球是惟一的“天之骄子”，而科学家倾向于存在着球外文明。

与地球有关的故事还可以讲很多很多。它的核心是一团炽热的铁镍熔浆，向上是橄榄石的地幔和一层薄薄的主要由玄武岩构成的地壳，地壳板块之间的碰撞、挤压与摩擦不断改变着地表的面貌：高山、峡谷、海洋、江河，还有地震、海啸和岩浆的喷发。地球上存在过的物种估计有1400万种之多，哺乳动物人科中的一部分佼佼者进化中发展出了语言、文化、艺术和自己的社会结构，并借助科学与技术去探索地球内外的未知世界。从地表向外扩展则有大气圈、电离层

目 录

前 言

7

第一章

新鲜血液

23

第二章

巨龙时代

47

第三章

险恶的海洋

75

第四章

空中霸主

99

第五章

林海雪原的精灵

119

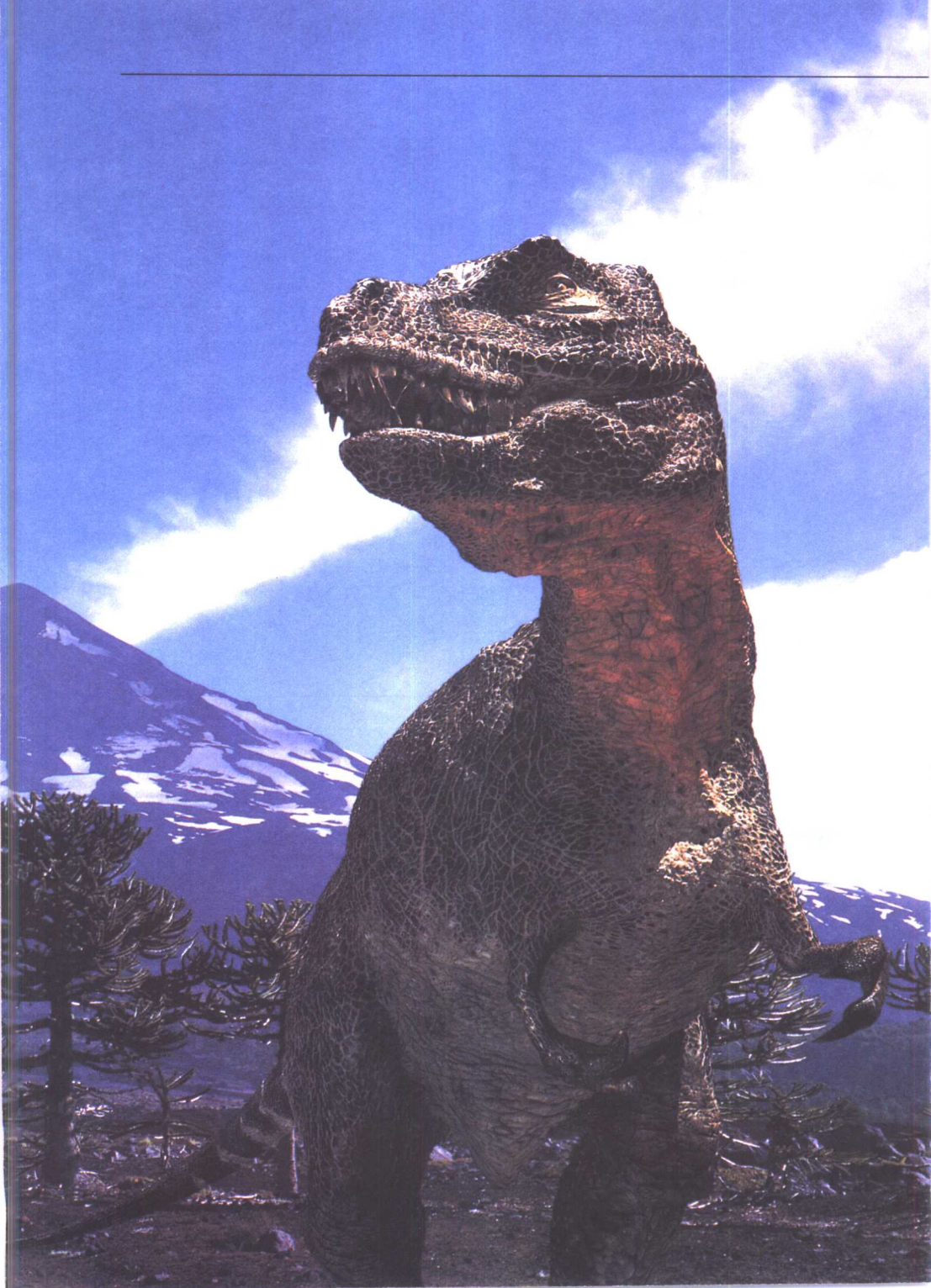
第六章

恐龙王朝的覆灭

143

索 引

173



前言

《与恐龙同行》 背后的科学

《与恐龙同行》是关于中生代野生动植物的系列纪录片。以前从未有哪一个电视系列片尝试过准确描绘恐龙的生活习性，就像它们活着的时候被拍下来一样。《与恐龙同行》展示了史前动物的觅食、繁殖、杀戮，以及它们之间以过去从未描述过的方式进行的相互交流，是试图使恐龙及其世界复活的大胆尝试。

这一新奇的探讨提出了无数问题。恐龙显然是存在过的：它们的化石遗迹表明这是真的。如果我们假定它们曾经是活着的、会呼吸的动物，那么它们曾经行走、觅食、繁殖和死亡就是不可否认的事实。《与恐龙同行》主要依靠两个资料来源使这些动物复活。古生物学家提供了从它们的化石遗迹推测出来的有关动物的大小、体型、食性和运动方式的资料；地质学家提供了有关恐龙所生活的远古世界的年龄、环境和气候的资料。在本书中我们探讨了这些资料，展示了《与恐龙同行》中的情景背后的科学方法。

《与恐龙同行》背后的科学家

为了再现这一远古世界，《与恐龙同行》与世界各地的古生物学家进行了合作。英国广播公司（BBC）聘请了一些著名古生物学家作为顾问，他们中的许多人长期以来一直致力于中生代古生物学的某一专门领域的研究。

英国布里斯托尔大学（University of Bristol）的迈克尔·本顿（Michael Benton）教授一直从事古脊椎动物学各个领域的研

究。白垩纪末无可争议的
世界之王，凶暴霸王龙（*Tyrannosaurus rex*）
注视着自己的领域。

究,但他以恐龙最初进化时的三叠纪时期生物研究的重要工作最为著名。美国俄勒冈大学的肯特·史蒂文斯 (Kent Stevens) 教授是一位计算机专家,他最近开发出一种软件,使得动物骨架的三维计算机模型能够在电脑空间中处理。这些模型对体型庞大的长颈蜥脚类 (sauropod) 恐龙的颈部结构提出了新的解释,这对于《与恐龙同行》中所使用的复原是至关重要的资料。英国朴茨茅斯大学的戴夫·马蒂尔 (Dave Martill) 博士以他在牛津粘土层 (Oxford Clay) 化石的工作最为著名。牛津粘土层是一个岩石组,其中产出了轰动一时的海生动物化石,例如平滑侧齿龙 (*Liopleurodon*) 和鱼龙类 (*ichthyosaurs*), 它们是“残酷的海洋”一集的主角。柏林洪堡博物馆 (Humboldt Museum) 的戴维·昂温 (David Unwin) 博士致力于中生代在天空中飞行的爬行动物——翼龙的化石记录、生物学、结构和生物力学的研究。英国剑桥大学的戴维·诺曼 (David Norman) 博士一直从事植食性恐龙的结构和生活习性的研究,尤其是研究禽龙 (*Iguanodon*) 的世界级专家,而禽龙是最著名和数量最为丰富的恐龙之一。美国怀俄明大学的乔·赖特 (Jo Wright) 博士担任整个系列片的研究者,还带来了她自己作为恐龙脚印专家的专业知识。美国马里兰大学的托马斯·霍尔茨 (Thomas Holtz) 博士是研究称为兽脚类 (theropods) 的食肉恐龙的一位公认的专家,尤其因为他对霸王龙类 (tyrannosaurs) 的进化和生物力学的研究而闻名。美国科罗拉多州丹佛自然历史博物馆的肯·卡彭特 (Ken Carpenter) 博士广泛研究了剑龙类 (stegosaurs) 及与其相关的恐龙,是研究侏罗纪莫里森组 (Morrison Formation) 的专家。

此外,还请教了有关动物行为、生物力学、发声和颜色花纹等方面的许多其他专家。《与恐龙同行》顾问组通过因特网不断取得联系。由于植物在系列片描述的所有场面中的重要性,因而还请教了古植物学家,这对于保证背景能够正确反映古代景观尤其重要。现生阔叶林不同于侏罗纪的冷杉和南美杉林,因此背景准确是至关重要的。幸运的是,许多现生植物种类与许多古老的中生代植物亲缘关系密切,两者的确相似。

恐龙的年龄：确定过去的年代

将《与恐龙同行》中描述的恐龙放在准确的时间背景下是极为重要的。据计算，中生代，亦即恐龙时代，从2.45亿年前开始，在1.8亿年后的大绝灭事件中轰轰烈烈地结束了。在此期间，恐龙从小型、敏捷、双足行走的爬行动物祖先进化成巨大的杀人机器、食植物的笨重怪物和其他形形色色的庞然大物。与其相似的是，在同一时期内，海洋中进化出多种多样的海生爬行动物，天空中出现并发展出会飞的爬行动物——翼龙。

《与恐龙同行》中描述的动物至少应该大致是同时代的，这是非常重要的，但是必须将时间稍稍压缩。例如，中侏罗世巨大的平滑侧齿龙与产自稍微年轻的索伦霍芬灰岩（Solnhofen Limestone）中的长尾翼龙喙嘴龙（*Rhamphorhynchus*）出现在一起。但是与喙嘴龙非常相似的翼龙骨化石碎片与平滑侧齿龙发现于同一岩石，在证实相反的情形以前，假定喙嘴龙与平滑侧齿龙共同生活，或者更确切地说，是生活在后者上面的天空中是合理的。

确定岩石的年龄

产化石岩层的年龄可以用多种方法确定。有时可用化石本身来确定岩石的相对年龄。有些化石种延续时限较短，但分布广泛而且常见，因而它们的遗迹可以在很广大的区域内用作岩石年龄的可靠标志。然而，这种测年方法只是在海相岩石中很有效，而恐龙大多数产自非海相岩石，通常是在河湖里形成的。

不用化石作为标志，而利用放射性同位素测年技术可以获得真正的数值年龄。这些技术通常要求存有含诸如钾和铀等放射性元素的矿物的火山岩。这些元素的衰变量是恒定的，倘若放射衰变的产物没有逸出，就能够精确测定岩石的年龄。因此，只有保存最好的火山岩才能够被利用。它们必须是新鲜的，因为高度风化的岩石会给出错误的测年数据。

生命系统中的恐龙

生命存在于地球上已有大约 40 亿年或更久了。我们不是从看得见摸得到的化石遗迹，而是从大多数古老沉积岩中测得的生命地球化学标记得知的。与这些地球化学标记相反的真正的化石最早出现在 30 亿年左右的岩石中，是保存在燧石中的古老细菌的遗迹。后生动物，亦即细胞分化成组织（例如肌肉和皮肤）的复杂生命形式，直到远古代晚期才出现，大约是 10 亿年前。我们很少有这些最早动物的证据，而是从潜穴化石推知它们的存在。矿化的（骨头和外壳）骨架的生物“发明”是相对较晚的事件，在大约 5.4 亿年前同时出现了多种多样的生物体。

这一事件标志着真正“完美的”化石记录的开始，因为生物

化石的类型

古 生物学家区分出三种主要的化石类型：遗体化石、遗迹化石和分子化石。

遗体化石是生物体的有形遗存，例如骨骼、牙齿、蚌壳和叶片。遗体化石可以保存为原来的物质，也可以由矿物质所替代，这常常会使得它们比活着的时候更重。这种遗存很普遍，可以很容易在暴露于地表的年龄不超过 5.4 亿年左右的沉积岩中发现。

遗迹化石是古代动物的活动造成的主要在沉积岩中留下的痕迹。最常见的是行走和觅食的痕迹，一种动物的日常活动可以产生几百个遗迹化石。一条恐龙死后只能留下一具骨架，它的一生中也可能留下几百枚散落的牙齿，但从理论上说，它可能留下成千上万的脚印。其他遗迹化石包括作为动物生活场所所产生的构造，例如潜穴和巢，还有排泄物的遗迹，叫做粪化

石。粪化石特别重要，因为其中经常以碎骨头或嚼碎的植物等形式保存了食物的残渣。遗憾的是，人们很难确定是哪种动物留下了这些粪化石。加利福尼亚大学的卡伦·清 (Karen Chin) 博士在美国蒙大拿州最晚白垩世地层中发现了含有碎骨头的巨大的粪化石。因为在这些沉积物中惟一的大型食肉动物是凶暴霸王龙，因此她推论，是这些巨大的食肉动物留下了这样的粪化石。

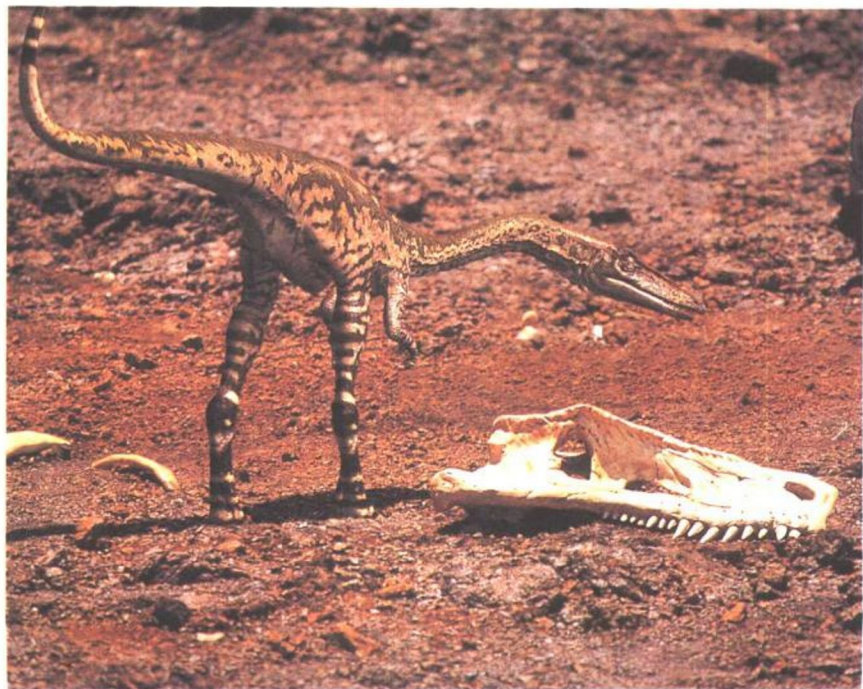
分子化石通常只有地球化学家借助复杂的分析仪器才能看到。它们是组成动物和植物的分子的遗迹——或者是原来的分子，或者是原来分子解体后的产物。DNA 化石也许是最著名的分子化石，但是还有成千上万的其他种类。尽管有人声称发现了恐龙 DNA 化石，但是还没有哪个实验室能够复制它们，因此，目前恐龙 DNA 化石是否仍然存在是令人怀疑的。

体的坚硬部分——例如骨骼、牙齿和外壳——很容易保存。由这些硬体部分所展现的化石记录是重建地球生命历史的主要资料组合。进化生物学家用于重建生命历史和生物多样性的其他重要资料来源包括生物钟和分子化石。现生动植物的进化路线可以由比较它们的基因组来确定。尽管根据遗传学来计算进化事件的时限是困难的，但是应用遗传学技术与化石和地质资料相结合，我们就能够描绘出一幅相当精确的生物进化历史的图画。

最早的恐龙化石发现于三叠纪，亦即2.45亿年至2.08亿年的岩石中，从此开始了恐龙时代。最晚的恐龙发现于白垩纪末期大约6500万年的岩石中。从技术上讲，恐龙并没有绝灭，因为兽脚类恐龙的直接后裔——鸟类，严格地说应该被看做是一群特化的恐龙。因为今天生活着大约1万种鸟类，所以人们可以认为，我们仍然生活于恐龙时代！

▽ 一只腔骨龙

(*Coelophysis*) 注视着—具波斯特鳄 (*Postosuchus*) 的头骨。这具头骨后来被埋入沉积物中，然后变成化石。



《与恐龙同行》中的时间和地点

恐龙遗迹在各个大陆都有发现,但是有些地方恐龙化石较丰富或保存得特别好。《与恐龙同行》集中描绘了这些重要地点的化石。北美洲晚白垩世的赫尔沟组(Hell Creek Formation)和伦斯组(Lance Formation)出产了霸王龙、三角龙(*Triceratops*)和鸭嘴龙类(hadrosaurs)。澳大利亚维多利亚州早白垩世产恐龙的地层是白垩纪南极附近的沉积。尽管居住在较冷地区的恐龙必须具有应付寒冷和长期黑暗的生存策略,但是在这些岩石中仍产出了多种恐龙。其他早白垩世岩石包括英格兰的怀特岛(Isle of Wight),在那里我们发现了多棘龙(*Polacanthus*)和禽龙,它们都出现在《与恐龙同行》中。巴西东北部早白垩世产翼龙的沉积物中发现了古翼龙(*Tapejara*)和鸟掌翼龙(*Ornithocheirus*)。

对于侏罗纪来说,英格兰著名的牛津粘土层是世界上海生爬行动物保存最好的地点之一。这些富含有机质的海相泥岩中产有丰富的庞大动物的化石,例如平滑侧齿龙、鱼龙类的大眼鱼龙(*Ophthalmosaurus*)和偶尔漂流到海洋里的恐龙。这些泥岩中还含有大量的海洋无脊椎动物。在北美洲,晚侏罗世的莫里森组是绵延150多万平方公里,跨越科罗拉多、新墨西哥、犹他和怀俄明州的巨大沉积体。其中产出了著名的异龙(*Allosaurus*)、梁龙(*Diplodocus*)、剑龙(*Stegosaurus*)以及许多其他恐龙。

三叠纪岩石,例如亚利桑那州金利组(Chinle Formation),对于重建晚三叠世生命历史起到了不可估量的作用。分布广泛的金利沉积不仅含有波斯特鳄和扁肯氏兽(*Placerias*)化石,而且还有恐龙类的腔骨龙。这些沉积岩中还含有巨大的森林化石,其中大树的树干有10多米长。

复活恐龙

计算机和电影工业动画制作技术的发展使得《与恐龙同行》

的动画小组制作出了迄今人们所看到的对恐龙时代生活的最准确和真实的恢复。这部六集系列片考察了中生代漫长时限中生物的多样性和复杂性。尽管已有许多电视节目专门介绍了恐龙,但没有哪个节目将恐龙放入它复杂的时代和动态的生态系统中。《与恐龙同行》率先做到了这一点。

新的化石发现意味着古生物学家在不断地重新评价他们对化石记录的解释。《与恐龙同行》制作组希望该系列片尽可能地准确和反映最新的研究成果。虽然他们在很大程度上是依据已知的动物化石的外貌和生活方式制作的,但制作组还介绍了尚未发表的新资料。这种“活跃”的态度是希望该节目在科学上尽可能地准确。尽管如此,在系列片的制作期间,仍有因来得太晚而没有被包括进来的新发现。例如,中生代会飞的爬行动物——翼龙的至少4个新种在《与恐龙同行》制作期间被发现。其中的一个种甚至比披羽蛇翼龙(*Quetzalcoatlus*)还大,后者是“恐龙王朝的覆灭”一集中体型巨大的空中角色。

然而,对于许多恐龙和中生代其他动物来说,我们知道它们的年龄、食性、猎物、捕食者和环境,还有一些我们知道它们的性生活。我们了解从蛋到成年的生长史,我们还可以从脚印计算出它们行走和奔跑的速度。同样从这些脚印中,我们能够确定它们行走的方式。这对于动画师来说是极为重要的,令他们能够重新创作出各种恐龙的行走和奔跑方式。将这些实际资料与从现生动物推断出的结果相结合,中生代时期生物栩栩如生的画面就产生了。

恢复化石动物生活时的外貌

《与恐龙同行》的工作中使生物体复活的第一步是恢复化石动植物生活时的外貌。对于恐龙来说,有关身体大小和形态的基本信息都来自石化的骨架。对于保存极为完好的骨架,它所有的骨头都原位保存,这个任务相对简单。对于骨头散落的骨架,任务就较为艰巨,而对于不完整的骨架来说则更加困难了。将恐龙

▷ 专家们依据几种密切相关的翼龙类型的资料复原了翼龙类的鸟掌翼龙。



骨架拼接起来就像玩一个巨大的拼板玩具,但是因为经常发现骨骼化石受挤压变形,每块骨头并不总是能够完美地装配在一起,许多关键部位还可能缺失——而且这些骨头当然不是出自一只盖子上带有图画盒子!

骨架复原以后,从骨头之间关节的大小和结构以及测定韧带和肌肉对它们的限制可以确定所有骨头的活动范围。带有软组织的动物轮廓由复原肌肉群来确定,而复原肌肉群则由我们所了解的有关现生动物的解剖学来确定。肌肉可以由它们留在骨头表面的附着痕迹来鉴别,因此可以确定它们的位置和大小,但这并不总是一件很容易的事。

一旦复原了肌肉群,将皮肤放置在肌肉表面就是一项相对简单的工作。然而,化石证据表明,不同种类恐龙的皮肤组织结构

▽图中看到的梁龙背上的锯齿状装饰物是保存非常完美的罕例,直到最近人们才有所了解。



亦不相同，而且在许多类群中，皮肤上长有几行骨质盾板（像鳞片一样的结构）、棘刺和骨板，就像在众所周知的剑龙中那样。关于剑龙的骨板和棘刺的分布一直存在争议，今后应该对这种恐龙的发掘多加重视，以便能够确定骨板和棘刺的确切位置。

再现恐龙的行为

《与恐龙同行》显示，恐龙表现出与在现生动物中所发现的相类似的行为方式。根据化石本身的性质，我们永远不会得到像有关现生动物一样多的关于古代动物生活方式的资料。像颜色和声音这样的信息均没有记录，同样，动物行为方式的大多数关键细节也没有保存。考虑一下现生动物行为的复杂性——鳄鱼母亲将自己的宝宝带到水里，保护它们免受捕食者的侵袭，对它们的求救信号作出反应。我们怎么能够知道恐龙母亲具有相似的行为方式？我们不能。然而，在几个特殊的例子中，行为被保存在化石里。例如，一些小型恐龙坐在它们巢的顶上被保存下来，另一些则在与其他种类恐龙的格斗中被埋藏并保存下来。一些恐龙，例如侏罗纪的美颌龙（*Compsognathus*），人们发现它们的胃中仍保留着食物，这提供了它们觅食活动的确凿证据。在这个例子中，美颌龙将小型蜥蜴作为它的部分食物。

但是，再现化石动物的行为在很大程度上依赖于推论和基于资料信息的推测，受到现生动物行为的启发。在《与恐龙同行》中，这种行为的重建在最简单的水平上给出了示范，其中描绘了这样一个场面，体型巨大的恐鳄（*Deinosuchus*）作为水陆两栖的捕食者，在水体边缘伏击陆生动物。这是根据与恐鳄相似的大型现生鳄类和短吻鳄类的行为类推而描绘出来的。

如果不存在现生参照动物，例如长颈的蜥脚类恐龙，行为的重现就变得更加困难。在历史上，早期的恐龙研究者认为，蜥脚类太大了，不能在陆地上行走，因此许多早期的美术复原图描绘它们在湖中涉水，它们巨大的身躯由水来支持，只有头和颈伸出水面。现在我们知道，水的重量会阻碍它们呼吸，而且生物力学