

化石

洪荒时代的印记

FOSSILS:
THE KEY TO THE PAST

[英] 理查德·福提 著
邢路达 胡 晗 王 维 译
王 原 审校



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

N NATURAL
HISTORY
MUSEUM

化石

洪荒时代的印记

FOSSILS: THE KEY TO THE PAST



[英] 理查德·福提 著
邢路达 胡 晗 王 维 译
王 原 审校

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

化石：洪荒时代的印记 / (英)理查德·福提著；
邢路达，胡晗，王维译. —北京：中国科学技术出版社，
2016. 12

书名原文：Fossil：the key to the past

ISBN 978-7-5046-7403-6

I. ①化… II. ①理… ②邢… ③胡… ④王…

III. ①古生物学—普及读物 IV. ①Q91-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 323995 号

Fossils: The Key to the Past was first published in England in 2009 by the Natural History Museum, London. Copyright © Natural History Museum, London
This Edition is published by China Science and Technology Press by arrangement with the Natural History Museum, London.

本书中文版由 Natural History Museum 授权中国科学技术出版社独家出版，
未经出版社许可不得以任何方式抄袭、复制或节录任何部分。

版权所有 侵权必究

著作权合同登记号 01-2013-6266

策划编辑	吕建华 单 亭 高立波
责任编辑	高立波
装帧设计	中文天地
责任校对	刘洪岩
责任印制	张建农

出 版	中国科学技术出版社
发 行	中国科学技术出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编	100081
发行电话	010-62173865
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	354千字
印 张	16.5
版 次	2017年1月第1版
印 次	2017年1月第1次印刷
印 刷	北京盛通印刷股份有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-7403-6 / Q·199
定 价	128.00元

(凡购买本社图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责调换)



感谢

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所、中国古动物馆
为《化石：洪荒时代的印记》提供的翻译与审校支持！

序

能够应邀为中文版的《化石：洪荒时代的印记》作序自然十分高兴。一是，这是一本著名古生物学家理查德·福提撰写的介绍化石的通俗读物，知识的广度与深度俱佳，权威且易读；二是本书的译者是我熟悉的三位年轻的古生物学家，前不久，我也曾应邀为这个朝气蓬勃的三人小组翻译的《演化》一书写过一个小序，在我熟悉的同辈青年学者中，他们的博学、严谨和文字功底还是让我颇为欣赏的。能这么快见到他们新的译著问世，我感到颇为惊讶和欣喜。

本书的作者理查德·福提，是英国自然历史博物馆的资深古生物学家，在专业领域有很深的造诣。他在自然历史博物馆工作 30 余年，发表研究文章 250 余篇，主要研究对象是三叶虫——生活在 5.4 亿至 2.5 亿年前的古老节肢动物，地史上多样性最高的古生物类群之一，当然也是化石爱好者最熟悉的明星化石之一。福提 1997 年就当选英国皇家学会会员，2006—2008 年还曾担任世界最古老的地质学会——伦敦地质协会的主席。

福提同时也是一位享有盛誉的科普作家。不仅著作等身，而且还频频获奖。例如，《藏匿的风景》曾获 1993 年的“年度自然世界图书奖”；《生命：未经授权的传记》入围 1998 年的罗纳·普朗克科学图书奖；《三叶虫！演化目击者》入围 2001 年的塞缪尔·约翰逊图书奖；《地球：一段亲密的历史》入围 2005 年的英国皇家学会安万特科学图书奖。此外，福提还曾担任英国广播公司（BBC）主持人，拍摄有《幸存者：自然界中的不死生灵》（2012）、《化石奇境：隐藏在自然中的宝藏》（2014）、《自然奇境：演化之岛》（2016）等多部纪录片。因其丰富的科普著作和对公众科学的突出贡献，福提被授予刘易斯·托马斯科学作家奖以及迈克尔·法拉第科学贡献奖。2002 年成为布里斯托大学公众科技理解科利尔教席教授。

我曾有幸与福提教授于 2013 年在北京见过面，也是出自科普的缘分。当时他跟随 BBC 来中国古动物馆拍摄纪录片《化石奇境：隐藏在自然中的宝藏》的第二集，其中重点介绍了近年来中国的重要化石发现。他渊博的知识以及对科普工作的热情给我留下了深刻的印象。

《化石：洪荒时代的印记》从 1984 年首版，迄今已不断更新至第五版（2015 年）。得益于近年来许多新的化石发现，新的观察和分析技术的进步，还有地质学、

古生物学、分子生物学等学科快速发展，新版本的章节和内容也得到了极大的丰富。这是一本化石入门和古生物学研究的权威综合指南。作者用浅显易懂的语言，为我们讲述了化石是什么，化石如何形成，怎样对化石进行分类鉴定以及化石在我们理解地史进程和生命起源与演化方面的重要作用等丰富的知识。

本书涉及的内容十分广泛，并不仅仅局限于古生物学研究，而是扩展到与化石相关的地质学、生物学的诸多领域，包括分子生物学的最新进展、生命的起源、生物的大灭绝、人类的起源等热点问题。如今，化石的价值早已超出科学研究的范畴，因此作者还专门开辟最后两章，讲述公众常常关心的研究化石的实用价值（比如与石油和煤炭勘探的关系）以及他对化石收藏的见解，并为化石收藏者提供了许多实用的建议。

全书配有全彩色插图以及来自英国自然历史博物馆的大量藏品照片，相信所有对生命演化历史感兴趣的读者都会对《化石：洪荒时代的印记》中的内容流连忘返。

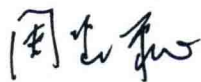
我一直认为化石是支持生物演化理论最直观的证据。它为我们理解 37 亿年地球生命演化的历史过程提供了无数珍贵的演化中间环节（或过渡类型）。生命的演化至少包括三个要素：变异、选择与时间。唯有化石记录能够提供地质历史时期生命演化的时间坐标以及生物的多样性、高阶分类单元的起源、演化的速率、地质环境背景等信息，诸如此类都是现代生物学无法替代的。化石研究当然还能帮助重建古环境，为更好地认识未来环境变化与生物的协同演化提供历史的借鉴。

三位年轻的古生物学家在自己并不轻松的科研和学习之余，能够完成这样一本书的翻译实属不易。加之，本书涉及大量的不同生物类群和种类的拉丁名、解剖术语以及地质学、古生物学的专有名词，完全准确的翻译出来是一件十分费时费力的工作。但为了方便读者理解，他们还是耐心查阅了许多国内出版的相关领域教材和书籍，将这些专业词汇逐一译出。他们的认真与严谨值得赞赏。

当然这个序中，我还不得不提及负责本书审校的王原研究员。据我所知，这本书能够顺利翻译出版，他幕后的功劳不是“审校”两字能够概括的。由于繁重的科研、科普任务，他几乎是利用周末和深夜加班加点倾心完成了全书的审校工作，不仅如此，他还为全书提供了多半的译者注，并为年轻译者们提出了许多中肯的修改、完善意见。

衷心希望他们的努力能够赢得读者的喜爱，并激励更多的化石爱好者或走向古生物学研究、科学普及之路，或仅仅就是增加一份对大自然更多的由衷喜爱与崇敬之心，了解化石对于科学研究的价值，为化石的保护贡献一份力量。我想，这也是福提教授写作此书的初衷之一。

中国科学院院士
中国科学院古脊椎动物与古人类研究所所长
国际古生物协会主席



2016年12月24日

前言

自我撰写第一版《化石：洪荒时代的印记》至今，已经有三十多年了。然而，古生物学是一门充满活力的学科，近年来接连不断的新发现迫使我必须不断修订这本著作，方能使它跟上这门学科发展的脚步。在这一新版本中，最大的改进在于增加了全新的章节来介绍关于人类演化的最新发现，并简单提及了一门新兴的学科分支——分子古生物学。此外，插图部分也有所增改。

一门学科如不发展，便会走向衰落，古生物学也不例外。但无论发展得多快，对于化石的研究及其意义的探索始终是这个学科的本分：通过化石我们可以了解地球过去，收藏化石的魅力也远胜于集邮般的乐趣。尽管新的发现不断拓展着人类知识的疆界，这门学科的本质并未改变。希望在本书中，我仍能保持前作的长处，以通俗易懂的方式为大家讲述古生物学是什么，这门学科的重要性何在。

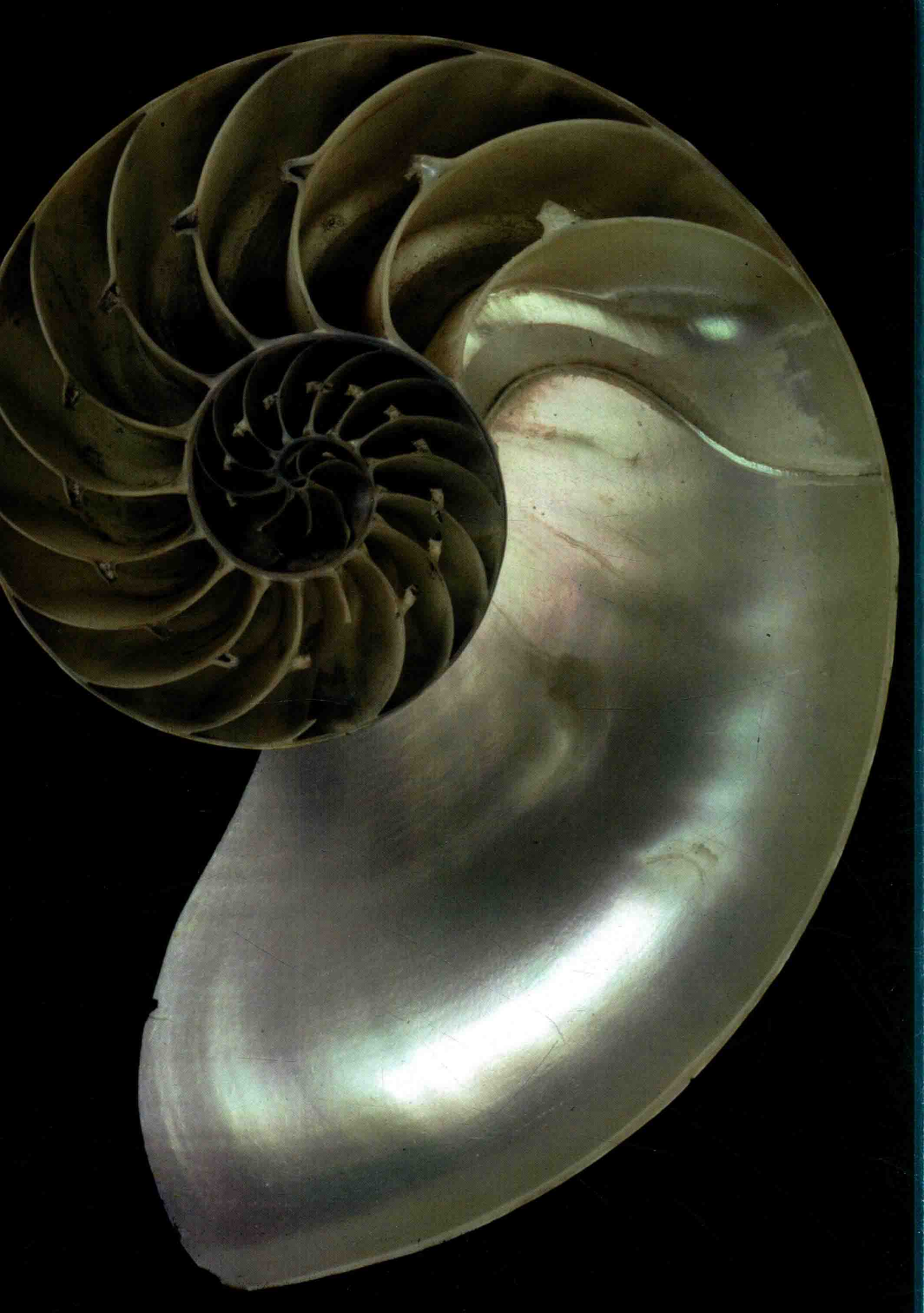
这一新版本的问世距查尔斯·达尔文发表《物种起源》已有一百五十多年。当初困扰达尔文的许多化石记录现在都得到了圆满的解答。恐龙到鸟等几大生物类群演化的中间环节有了新的化石发现；而诸如前寒武生命历史等在达尔文时代完全缺失的化石记录现在也得到了极大的丰富。当然，关于生命的演化仍有数不清的难题，但这也是一门学科应有的景象——如果再没有未解的难题，那将是一门多么无聊的学科啊！

这本《化石：洪荒时代的印记》已经修订至第五版，但撰写此书的初衷并未改变：希望通过这本书，激发大家对化石的热情，并跟随我们一道，探索并欣赏那些埋藏于岩石之中的生命传奇。

理查德·福提，2015年

致谢

由衷感谢克里斯·斯特林格帮助我修订人类演化部分以及布莱恩·罗森为我提供其私人收藏的照片；感谢为我寻找新图片并审定图注的同事们；同时感谢出版团队在我从英国自然历史博物馆退休后对该版本组织校对付出的辛勤劳动。





目

录 CONTENTS

	第一章 尘封的印记	1
	第二章 地史变迁	22
	第三章 埋藏于岩石	38
	第四章 化石分类	56
	第五章 重现生命	136
	第六章 生命的起源	152
	第七章 灭绝与演化	172
	第八章 人类的由来	188
	第九章 化石DNA	206
	第十章 化石的用途	216
	第十一章 收藏之道	232
	扩展信息	244
	术语表	245
	索引	246
	译后记	251
	作者简介	253

第一章 尘封的印记

几乎所有人都见过化石：博物馆里展出的恐龙骨架，假日在海边拾起的菊石，或在乡间小道上捡到的各种奇形怪状的石头……研究化石的学科叫古生物学（palaeontology），这一串长长的字母代表着一门研究过去生命的学问。

右图：1988年，科学家在尼日尔恐龙化石发掘现场清理暴露出来的蜥脚类恐龙肢骨。



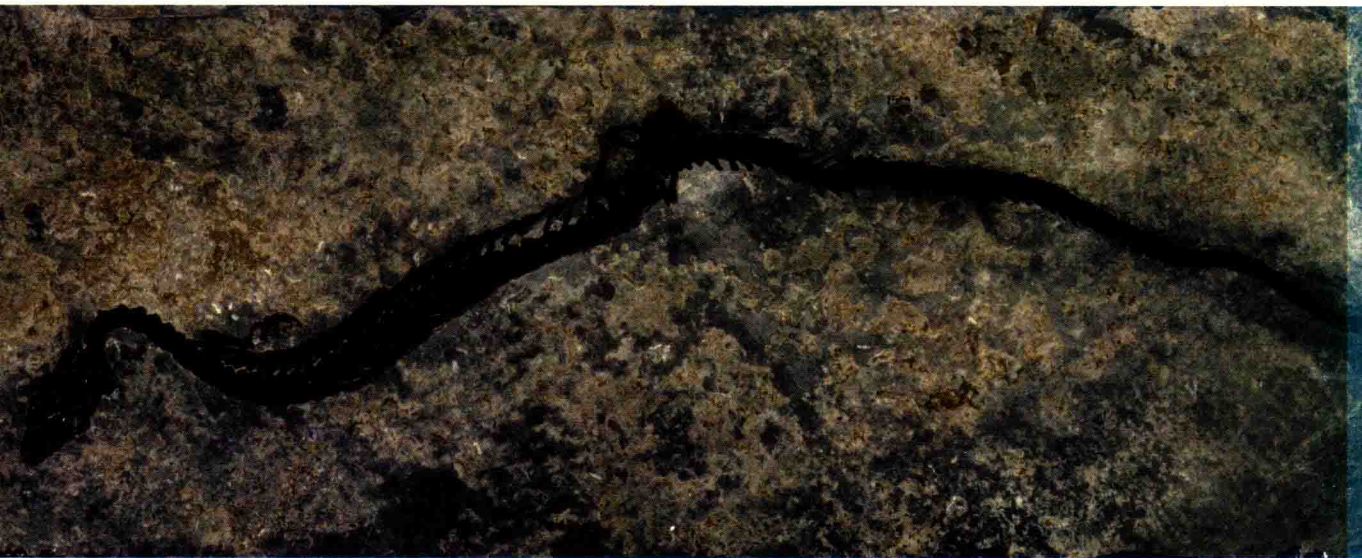
2 化石：洪荒时代的印记

于是大家便会对古生物学家产生了这样的印象：一个守旧迂腐的老教授，跟他研究的某些化石一样枯燥乏味，正在满是灰尘的柜子前忙得不亦乐乎……然而，和几乎所有自然科学一样，古生物学在过去的几十年中有了突飞猛进的进展，一系列激动人心的新发现使得这门学科焕然一新，许多新的方法被用来解读这些“陈旧的”化石。化石研究与埋藏化石的岩石息息相关，化石也为过去十亿年间或更早的地史变迁提供了许多关键证据。人类文明纪元以来的全部历史不过几千年，要成为一个研究过去几十亿年地球历史的“历史学家”似乎是一项不可能的工作。古生物学家很清楚，化石的发现是没有尽头的。因此，本书在描述化石本身的同时，也会告诉大家通过化石我们可以知道什么，如何让这些远古的生命“死而复生”，如何将它们分门别类，如何用它们了解过去的气候波动和海陆变迁。所以，无论您手中的化石看起来多么平凡，它都可能成为一把打开地球奥秘的钥匙。

化石是史前动植物保留下来的遗存，通常是灭绝生物有机体中不易腐烂的坚硬部分，被封闭保存在沉积物里，并最终被埋藏在岩石之中。化石也可以是保存在岩石中的动物行为记录，比如脚印，或者身体部分难以保存的软体动物行动时遗留下来的潜穴或痕迹。

古生物学家的研究领域与考古学家有所重合，但总的来说，古生物学家所关注的生命遗存在时代上远远早于考古学家所关注的人类历史记录。发掘出土的一副 500 年前的奶牛骨架也可以被称作化石，但它所反映的是人类当时的农业活动。考古学的研究范畴是过去大约几百万年以来的人类活动，而本书所谈及的大部分化石时代都更加久远。不过，在一些早期人类遗址中，也可以看到古生物学家与考古学家并肩共事。

下图：苏斯亚德龙（*Adriosaurus suessi*）化石，一种白垩世早期的蜥蜴化石，产地为克罗地亚达尔马提亚地区莱西纳岛。





大部分化石看起来毫不起眼，但有些化石却绚丽夺目，并在远古时期便吸引了人类的注意。考古学家曾发现许多化石被当作“护身符”保留在人类远祖居住过的洞穴里。值得注意的是，人类意识到化石的真正意义不过是最近200年以来的事。相较物理或数学而言，古生物学是一门年轻的学科。

古希腊哲学家们已经开始观察岩层的形成。现在看来，当时的许多记录体现出相当敏锐的洞察力，但这些早期的调查记录并没有激起文艺复兴时期科学家们太大的兴趣。达·芬奇（Leonardo da Vinci）以其惯有的敏锐观察力，记录下了出现在远离海岸岩石中的贝壳化石，并推测这些岩石是在水下环境形成的。可惜的是，这些记录被淹没在他浩瀚的著作中，大都被忽视了。这或许是因为自然科学中有太多亟待解决的难题：运动的本质、太阳系的结构、元素的真相……直到18世纪，关注化石的人还主要是古物收藏者，他们将这些“带花纹的石头”与自然界其他有趣的东西一起绘画成册。剑桥、牛津等大学已经开始对化石进行收藏，这为后来的研究积累了大量原始材料。

人们真正开始关注化石，是随着对现代生物分类兴趣的浪潮而来的。最初对现生动植物的分类很不准确，甚至有些异想天开，只有很少的学者以生物之间的形态相似性进行分类。直到17—18世纪，这种分类的混乱情况才开始有所改观：那是一个人类坚信世间存在规律与秩序的时代。与此同时，由于精美的自然类图书在富人阶层有很大的市场，动植物绘图与描述的水平有了很大的提升。英国的雷（John Ray, 1627—1705），法国的布丰（George Buffon, 1707—1788）和瑞典的林奈（Carl von Linné, 1707—1778），这三位学者的工作构建出了现在我们依然使用的生物分类框架。他们最卓越的贡献在于，将各类动植物

上图：仍半埋在砂岩中的帝王埃德蒙顿龙（*Edmontosaurus regalis*），产自加拿大阿伯塔省的晚白垩世地层，生存于距今7000万年前。

划分到“种”这个基本的分类单元。林奈创造出了我们今天仍遵循的生物层级分类规则，而从某种程度上讲，命名一个物种成为了认识它的必经步骤；这也创造出一种世界通用的语言：从此全世界的科学家只要使用经科学方法命名的学名，便知道他们在讨论同一种动物或植物。

生物界内部的逻辑框架被建立起来之后，林奈的生物命名系统自然而然会被用到化石物种的命名分类中。林奈本人对化石中数量最多的无脊椎动物知之甚少，但拉马克（Jean Baptiste Lamarck, 1799—1829）对这些简单的生命进行了专门研究，并通过对现生无脊椎动物的研究成功地完成了这些化石类群的命名与分类工作。在那个时代，生命随着时间推移是否发生了变化已经成为一个开放的问题，拉马克坚信，通过有益性状的获得性遗传，一个物种可以变化为新的物种。但当时大多数人仍相信物种固定不变的观点，伟大的比较解剖学家居维叶（Baron Cuvier, 1769—1832）就是这种观点的支持者之一；同时，这种观点也与宣称是上帝之手创造了当今纷繁复杂的生命世界的基督教教义相符，如同赞美诗中所唱道：“主造万物分高低，万物听主分层级”。

地质学的崛起

同时，另外一门满足人类探索自然的渴望、并从观察中总结规律的学科——地质学开始逐渐受到人们的重视。化石埋藏在岩石中，要探索化石背后的意义，就必须了解这些岩石地层的形成过程。如同人类对其他事物的认知过程一样，最早关于岩层形成的解释十分简单：18世纪著名矿物学家维尔纳（Abraham Werner）认为所有的岩石都是由远古泛大洋的一次沉积事件形成。粗砾岩（现在我们知道这种岩石其实是火成岩）是最先沉积并形成的岩石，而后在它的上面沉积并形成其他岩石，如此便有了沉积岩地层的层理结构；这一事件只需很短的时间，因而与基督教的创世论相符。现在，就连小孩子都可以随口说出“几百万年前”，然而，这种已经成为老生常谈的大尺度“地质纪年”思想在当时还是天方夜谭。这一思想肇始于英国，18世纪末苏格兰地质学家赫顿（James Hutton, 1726—1797）发表了地质学的经典著作——《地球原理》（*The Theory of the Earth*）一书。赫顿在书中记录了在野外对岩层的详细观察，并且认识到“将今论古”在地质学研究上的重要性。岩石地层所记录下的过去并没有发生过什么不可思议的灾变；过去和现在的地质原理是相通的，通过观察现在正在进行的地质事件，我们便可以了解过去。当然，岩石的形成需要很长的时间，“上帝造物”也必定是一个长时间持续不断的过程。



上图：雷本（Henry Raeburn）创作的赫顿肖像，赫顿是一名苏格兰科学家和地质学家，曾于1795年出版《地球原理》，并在书中阐述了岩石是经过漫长时间形成的观点。

渐渐地，赫顿的这些观点开始被人们所接受。但在19世纪早期，关于岩石地层形成最广为接受的解释仍是维尔纳观点的加强版：多种多样的岩石地层与古生物群落都是接连不断的灾变产生的，每次灾变过后，地球又会有上帝重新创

6 化石：洪荒时代的印记

① 译者注：沃拉斯顿奖章（Wollaston Medal）是地质学界的最高奖，以英国化学家及物理学家沃拉斯顿（William Wollaston）命名，由伦敦的地质协会颁发，奖章最初由沃拉斯顿发现的金属——钼制成。该奖每年评选一次，每次只选一人，史密斯是该奖章的首位获得者。

19 世纪上半叶也是实业兴起的时代。在当时，理论科学与应用技术相互影响使得与社会生产直接相关的新发明不断涌现，形成了生机勃勃的工业社会。没有经过正规科学训练的实用主义者们并不关心当时地球科学的理论争端，却同样有许多新的科学发现。当史密斯（William Smith, 1769—1839）于 1815 年出版英格兰及威尔士地质图的时候，其巨大的实用价值在当时是显而易见的。通过这样的岩石地层图，我们可以知道哪里适合开凿运河，哪里可以获得制砖用的黏土。史密斯已经意识到，化石可以用来区分不同的地层，并在他绘制的地图中用不同颜色表示。他在整个英国的各个地区收集化石，有些来自于开凿运河的沟渠，有些来自于制作石灰和砖的采石场和矿坑。这些化石埋藏的地层不同，类型也不同，位于下部的岩石是在上部地层形成之前逐渐沉积形成的。随着化石材料的不断积累，整理编辑而成的化石图集可以用来区分地区时，并理清它们出现的时间顺序。一旦总结出了化石在地层中的分布规律，当我们到了一个陌生的地区，就可以依靠地层剖面中发现的化石种类来解释地层关系；而化石之间的生物亲缘关系并不太重要（就像我们可以通过指纹识别出一个罪犯，却不一定需要知道他的名字）。

用化石来解决英格兰岩石地层的序列和构造问题是一种实用而高效的办法。1831 年伦敦地质学会为史密斯颁发了沃拉斯顿奖章^①，伦敦地质学会时任主席称其为“英国地质学之父”，这一称号至今仍为世人所公认。法国也出

下图：一种植食性恐龙——禽龙（*Iguanodon*）的手骨化石。禽龙与斑龙（*Megalosaurus*）、林龙（*Hylaeosaurus*）都是最早被描述的恐龙之一。



现了类似这样通过化石分析岩石地层序列的研究。到了 19 世纪 20 年代,人们已经确信化石不再仅仅是古物收藏者手中的玩物,它们对解决地质学问题具有重要的实用价值,其中许多都可以带来直接的经济利益。直至今日,化石仍在这一方面扮演着重要的角色,所以,从某种意义上讲,现在的古生物学家能够通过鉴定化石而在石油公司找到工作,这应归功于史密斯和与他同时代的学者们。

在史密斯的地质图出版后的 20 年里,英国政府也逐渐意识到史密斯所开创的地质测绘与化石采集工作的重要性,因此便成立了大不列颠地质调查局。调查局的早期成员名单上包含了许多地质学界最响亮的名字。随着加入这一行列的人员不断增多,知识的积累催生了更多新的研究手段,从而解决了更多新的问题。而随着大量搜寻工作的展开,更多新的化石被公诸于世,其中许多新物种之奇特简直超乎 50 年前人们对化石的期待和想象。1825 年,首件恐龙骨骼化石的描述论文发表。随着大量化石材料的积累,许多学者成为了对某些特定门类动植物化石描述和鉴定的专家。大部头化石描述著作的出版得到了充足资金的支持,而其中绝大多数化石都是首次被描述。在那个博物学的黄金时代,公众对于这类专著具有极大的兴趣,只要有足够的人数,各地都会成立起地方性的博物学协会,研究岩石成为了一项有钱绅士们的体面工作。19 世纪 50 年代至 90 年代是古生物学的全盛时期,关于化石的书籍之多,大概只有新发现远古生命物种数才能与之比肩。许多古生物学的经典著作都在那一时期写就,欧洲和北美的古生物群落通过博物馆逐渐展现在公众面前。在这个过程中,人们也逐渐认识到,地质历史极为漫长,地球上曾出现过许多奇特的生命,它们走向繁荣,又逐渐衰亡,最终被其他生命所替代。

随着地质图测绘工作在更多地区的开展,化石一次又一次地证明了它们在划分地层层序和确定将岩石扭曲挤压成现代地层的各类地质事件上的重要性。这些研究工作改变了我们对现代地貌的认识:高山是地质运动导致岩石褶皱堆砌形成的;山谷曾经是远古湖泊的湖床,湖水已经全部流入了大海。随着认识的深入,地貌是由一系列灾变事件形成的观点越发显得武断。赫顿“将今论古”的地质学思想越发具有说服力,并在莱伊尔(Charles Lyell, 1797—1875)的著作中得到了强有力的支持,尤其是在其《地质学原理》(1830—1833)一书中。过去与现在遵循着相同的自然法则,尽管有时产生的变化更为剧烈,但岩石中的秘密都可以通过对现代火山、海洋和风的直接观察和记录来阐明。

尽管现在我们已经意识到,远古时期的地球与现在的地球在某些重要方面不尽相同,“将今论古”的地质观察法则至今仍被公认是正确的,地质学家依然使用现代沉积物的形成规律去解释古代岩层的形成。同时,接受莱伊尔著