



史前地球

THE PREHISTORIC EARTH

向陆地进军

从志留纪到三叠纪中期

MARCH ONTO LAND

[美] 托姆·霍姆斯 著 俞庆楼 昱 译



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

史前地球

向陆地进军

从志留纪到三叠纪中期

MARCH ONTO LAND

[美] 托姆·霍姆斯 著 俞庆楼 昱 译



图书在版编目 (CIP) 数据

向陆地进军 / (美) 托姆·霍姆斯著; 俞庆, 楼昱译. —上海:
上海科学技术文献出版社, 2017

(史前地球丛书)

书名原文: March onto land

ISBN 978-7-5439-7405-0

I. ① 向… II. ①托…②俞…③楼… III. ①古生物—进
化—普及读物 IV. ① Q911.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 113823 号

March onto Land

Copyright © 2008 by Infobase Publishing

Copyright in the Chinese language translation (Simplified character rights only) ©
2017 Shanghai Scientific & Technological Literature Press

All Rights Reserved

版权所有·翻印必究

图字: 09-2015-635

责任编辑: 张 树 杨凯茹

封面设计: 许 菲

丛书名: 史前地球

书 名: 向陆地进军

[美]托姆·霍姆斯 著 俞庆 楼昱 译

出版发行: 上海科学技术文献出版社

地 址: 上海市长乐路 746 号

邮政编码: 200040

经 销: 全国新华书店

印 刷: 昆山市亭林印刷有限责任公司

开 本: 720×1000 1/16

印 张: 9.75

插 页: 4

字 数: 120 000

版 次: 2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5439-7405-0

定 价: 26.00 元

<http://www.sstlp.com>

前言

想知道未来，就必须知道过去。

5300年前，居住于今天伊朗南部地区的苏美尔人，创造了人类第一种书面语言。从此，人类就一直用文字记录着自己所处的世界。文字令人们得以保存他们看到的正在发生的事件。文字赋予了生活一种新的永恒。语言，尤其是文字，让历史成为可能。

历史是人类神奇的创造。那么，人们是如何知道文字发明之前的事情？又是如何知道人类存在之前的事情？发生于有人类记录前的事件叫作“史前历史”。从定义上讲，史前生命就是存在于人类之前的任何生命；人类为了后代，尽力记录史前生命以及它们的周边正在发生的事件。

史前历史与历史一样，很大程度上是人类心智的产物。古生物学家是专门研究史前生命的科学家。他们研究人类史之前的生命，通常，这些生命存在于过去的几十万年、几百万年，甚至几十亿万年之前。他们研究的主要资源是动植物和其他有机物的化石，以及有关地表形貌和气候的地质证据。通过对化石进行技术分析和科学推理，古生物学家能够重构古代生命的外貌、习性、环境和亲缘关系。古生物学家不只精通史前生命的研究，为了复原精确的史前画卷，他们的研究还涉及许多其他学科——生物学、动物学、地质学、化学、气象学，甚至天体物理学等领域的资讯，都在研究中发挥了作用。借助这些现代知识体系的视角，

古生物学家得以对过去进行全面探索。

如果一个作者打算写一部体育运动史，那么仅仅描述桌球就够了吗？当然不够！然而，在书店和图书馆的书架上，我们恰巧就发现了这样的一边倒地关注恐龙的倾向。恐龙抓取了我们的想象力，而代价是，我们忽略了许多其他的同样精彩而神奇、非凡又杰出的生命。在史前世界的万神殿里，恐龙不是唯一，但是很难找到一本书，同时也能关注到恐龙之前或恐龙之后的许多其他生命类型。

《史前地球》是一套系列丛书，阐述了生命进化过程，时间跨度为从出现最早生命的 35 亿年前到出现现代人类的 30 万年前。其中三册讲述了恐龙的故事。其他七册则侧重恐龙时代同期、之前及之后的各种动物的进化。整个系列内容涵盖了：生命在海洋里的早期探索；第一批陆生动物对陆地的入侵；鱼类、两栖动物、爬虫动物、哺乳动物和鸟类的起源；现代人类的出现。

《史前地球》系列是为在校的初中生和高中生而写。它以古生物学领域的最新科学发现为基础，是针对这个年龄层最全面最紧跟时代的系列丛书。

本系列的第一册《早期生命》，介绍了相关的地质时间、地球科学、化石、生物分类和进化等基础概念。远在 5 亿年前，在前寒武纪和寒武纪，爆发了不可思议的生命形态。针对这些化石生命，本书也进行了时间上的梳理和探索。

本系列的其余九册按时间排序。每一册都覆盖了一个特殊的地质时期，描述了这个时间段里主要生命类型。本系列也追踪了长久以来地质作用力和气候变化对生命进化的影响。《史前地球》的读者会看到由史前生命构成的整幅画卷，将了解影响地球生命的力量，了解生命有时候可能发生的进化方向上的改变，了解所有生命形式在环境中相互依赖的

方式。读完全书，读者也将认识许多对史前地球研究作出过杰出贡献的科学家。

整个系列使用科学术语，每一册都有详尽的定义解析，附有扩展的专业词汇表。在涉及相关地质、进化和早期动物生命等重要概念时，书中都会有逻辑性的渐次呈现。书中的示意图、照片、表格和地图等，增进并加强了史前生命故事的展现力。

尽管我只是在讲述史前生命的故事，但是我更希望本系列丛书能够真正激发读者的兴趣，继而开展独立研究。为此，本系列的每一册书，特别是书中附设的小栏目“想一想”，为渴望深入某些专题研究的读者提供了更多的视角和有趣的练习。

史前动物的所有物种中，仅有千分之一是从化石中甄别出来的。古生物学还有许多领域有待探索。我真诚地热切地期待，有朝一日，古生物学的某些空白将由受到本系列丛书激励的读者来完成！

——托姆·霍姆斯

于新泽西州泽西市

序

只有在事后我们才能意识到进化在生命历史中的真正重要性。例如，只有通过今天我们知道的东西去回顾过去，我们才能理解动植物的陆地生存能力对地球生物多样性和分布是多么的重要。动植物的这一举动跨越了水陆生活的障碍，开启了生物历史新的大篇章。如果志留纪和泥盆纪时期没有出现能使生命向陆地扩展的大规模进化活动，地球上的生物将依然只停留在之前其已经存在了 20 亿年或更久的海洋中。

在托姆·霍姆斯的《向陆地进军》一书中，我们看到了进化的力量，生物在半陆地和陆地栖息地中适应新的生态机会。生物向陆地进化是生物互联性非常好的体现：当一种群体进化以更好地适应新的环境的同时，它也在为其他群体创造新的机会。因此，这些共同进化过程一直在进行，把整个生态系统的各个部分连接在一起。霍姆斯通过对陆地生命真正的先驱植物和节肢动物的审视，在本书的第一部分“古生代世界绿化的形成”中对此观点进行了发展。这种生物体在很大程度上创造的物质和生物环境给古生代后半期有肢类脊椎动物的诞生带来了严峻考验。

最早的有肢类脊椎动物（早期四足动物）和它们在总鳍鱼类中最亲近的祖先已于最近几年被发现。托姆·霍姆斯已努力展示出关于日益增多的化石证据的最新发现和最新解释，它们与泥盆纪后期出现的从鱼到四足动物的进化过程有关。鉴于此问题，霍姆斯对从世界各地发现的化

石进行了探讨，也考虑了我在加拿大努勒维特地区非常崎岖的地形的亲身经历。你会了解到许多有关肢类动物的特征，例如肢体内基本骨骼结构最早起源于总鳍鱼。事实上，虽然有违直觉，但是最早的有肢类动物主要生活在水中。这显示出，最初肢体的进化是为了能在浅水和沼泽栖息地使用。只有经过几百万年之后这些早期四足动物的四肢和身体其他部位长出了特殊结构，它们才得以从赖以生存的水域中摆脱出来。

在《向陆地进军》的第三部分，托姆·霍姆斯对石炭纪（宾夕法尼亚纪和密西西比河纪）和二叠纪时期的早期羊膜动物和完全陆生四足动物进行了调查。这种多元组合展示了陆地生存的多种特殊形式——适应辐射。在这种模式中，诸如羊膜卵和改进型肢体结构等一系列新事物在不断扩大的陆地栖息地中创造了新的无穷无尽的生态机会。最终，通过对羊膜动物谱系的回顾，本书为将来对中生代时期主宰陆地和海洋栖息地的爬行类动物的任何讨论奠定了基础。

作为一个专门研究古生代脊椎动物的人，我经常听到这样的观点，“自古生代以来就没有有趣的事情发生过”。确实如此，脊椎生物使古生代得到根本性的进步。我希望通过此书介绍许多迷人的化石，这有助于你理解生物是如何以及为什么以自有的方式进行进化。主导着早期生命进化的那些原则和进程，在中生代和新生代乃至今日依然有效，它使地球上生命的历史成为人类和其他所有生物所共同拥有的一段伟大历程。难怪每一块化石都是那么有趣！

——泰德·达斯科勒博士

于宾夕法尼亚州费城自然科学院

简介

古生代寒武纪时期以带有硬壳和外骨骼多细胞生物体的大量爆炸性出现而为世人所知。寒武纪时期，早期生命的进化使得捕食者和猎物产生了竞争。这种竞争随着每一种新生物体的出现愈演愈烈，持续多年。

从寒武纪的生物之源中诞生了最早的脊椎动物。在广阔的古生代海洋中，很多种鱼类成为生物界的主角，并且主宰着全世界咸水和淡水栖息地。该时期诸如鲨鱼和总鳍鱼等鱼类自诞生之日起已繁盛了4亿多年。有趣的是，正是总鳍鱼这种并不成功的鱼类在3.6亿年前造就了第一批陆地脊椎动物。

生命在陆地上的第一次探索

大约3.8亿至3.6亿年前，在泥盆纪的后半期，发生了举世瞩目的事情。某个族群的鱼类长出了腿，并出现了其他特征，这使得它们最终得以离开水面成为第一批陆地脊椎动物。这是地球生命史上非同寻常的转折点，因为它是所有陆地脊椎动物进化的开始，并最终形成一种奇怪的物种，那就是现代智人。脊椎动物从一群喜欢在浅水中打滚的体型巨大而懒惰的鱼进化而来并离开水面，这个过程完全依赖适应。人类物种是在原始总鳍鱼的基础上发展起来的，这些鱼的前肢可以证明这一点。

《向陆地进军》一书讲述了古生代动物克服离开水面生存的挑战。在干燥的陆地上初步立足后，陆生脊椎动物的数量开始增加，种类开始

增多，并成为地球上最重要的大型生物。包括人类在内的所有 45000 种存活脊椎动物，其来源都深深扎根在古生代时期。

向陆地转变需要经历数百万年的特别适应过程。鱼如何进化到有腿的动物，早期陆地动物如何适应在水面之外呼吸，以及随着进化的开展，陆地动物种类是如何变得多样性的，这些都是《向陆地进军》一书所要讲述的故事。该故事随后引入到中生代时期第一批恐龙和其爬虫类同类，继而介绍了新生代时期包括人类在内的哺乳类动物的兴起。

《向陆地进军》概览

《向陆地进军》首先介绍了古生代时期为脊椎动物在陆地生存提供可能的具有戏剧性的地质和气候条件。恰当地说，第一部分介绍了古生代世界中的绿化形成问题。第一章描述了包括世界气候在内的海洋和陆地环境的广泛变化，这种变化成为世界范围内植物和无脊椎动物扩展以及脊椎动物扩散到陆上栖息地的催化剂。

第二章介绍了第一批陆上植物从海洋藻类开始进化的过程，以及陆上栖息地绿色环境逐渐形成的过程。第三章讲述了第一批陆地生物——蝎子、大千足虫、蜘蛛和昆虫等无脊椎动物的故事。有了充足的氧气（一种植物副产品）、由树木和其他植物扎根而形成的稳定的栖息地以及以植物和无脊椎动物形式存在的维持生命所需的食物，植物和无脊椎动物在陆地上的出现使得脊椎动物向陆地扩展成为可能。

第二部分陆地脊椎动物，由两章组成，追溯了脊椎动物在陆地上为生存而适应的过程。第四章对离开水面生存所需的各种解剖适应进行了介绍，并描述了各种鱼类是如何进化为四足动物的。第五章对特定鱼类家族和早期四足动物进行仔细研究，以说明脊椎动物从水中向陆地转变的过程。在《向陆地进军》的创作过程中，本书的科学顾问泰德·达斯

科勒博士和他的同事尼尔·舒宾以及法里什·詹金斯宣称，他们发现了从鱼向四足动物转变的化石历史中一条新的重要的并且已经遗失了的线索，于是为此加了个标题。在泰德·达斯科勒的帮助下，本书对这项发现——提塔利克鱼进行了仔细介绍。这是在加拿大北冰洋泥盆纪后期岩石中发现的非常重要的化石标本。

本书第三部分是早期羊膜动物的进化。第六章先介绍了早期陆地脊椎动物，继而介绍了爬行动物及其同类的进化。许多脊椎动物离开海洋、湖泊和溪流得益于一项重要的解剖适应，即它们有能力在陆地上下蛋。这些动物产出了一种新的可渗透的羊膜卵，可以保护成长中的胚胎免受周围环境干扰。现今带卵的脊椎动物或羊膜动物起源于古生代时期。包括人类在内的脊椎动物也是羊膜动物，虽然他们的卵在体内发育。

介绍了羊膜动物的几个主要类别，包括无孔亚纲（初级爬行动物和乌龟）、单孔亚纲（原始哺乳类）、双孔亚纲（蜥蜴、鳄鱼、蛇、已灭绝的恐龙及其同类），以及上孔亚纲（已灭绝的海洋爬行动物及其同类）。这些动物的进化和适应可以追溯到临近古生代时期和三叠纪前期。根据化石记录，也正是在这个时间跨度内地球上所有生物面临着毁灭性的大规模灭绝。《向陆地进军》从二叠纪和三叠纪时期灭绝对陆地动物和植物的影响，以及一些脊椎动物家族分支幸存和灭绝的方式对此次灭绝进行审视。

《向陆地进军》中每章都使用丰富的表格、地图、数据和图片来描述生活、栖息地以及影响古生代生物体不断变化的进化模式。许多章中也设有“想一想”板块，来对与古生代生活相关的有趣问题、人物和发现进行细致描述。本书建立在地质学、化石和生命研究的基础上。读者们想要了解过去历史研究中的某些基本术语和原则，可以查阅本书后面

的术语表。可能人们需要记住的最重要的东西就是主宰进化的基本法则：进化的方向最初是从个体所继承的特点开始，或者从基因突变开始，继而受到个体与其生活环境互相作用的影响。一代又一代日积月累的变化，使得各物种能适应它们周围不断变化的环境。达尔文（1809—1882）曾经说过，“同一物种不同种类之间的细小差异往往会逐步增加，当差异累积到一定程度，便形成了新的物种甚至是构成新的属。”这就是自然法则。它推动了古生代时期的进化过程，孕育了各种形式的生命，使得他们的子孙后代至今依然生活在地球上。

致 谢

我要感谢在切尔西出版社默默奉献和勤奋工作的人们，其中有一些人我认识，但是更多的人做的是幕后工作。特别要感谢我的编辑们——弗兰克·达姆施塔特、布莱恩·贝尔瓦尔、贾斯汀·乔瓦科、丽莎·兰德和雪莉·怀特，感谢他们对《史前地球》构想的支持和指导，感谢他们令它变成现实。弗兰克和布莱恩接受了我为在校学生创作一个综合性参考书目的宏大计划，并为突出本系列丛书的特点做了恰当的调整。布莱恩在出版过程中发挥了极大的作用。雪莉对书籍隐含的科学问题的精彩拷问，增加了此书的易读性。玛丽·艾伦·凯丽的审稿不仅细心周到，而且对最后的定稿起到了至关重要的作用。我感谢玛丽·艾伦·凯丽的耐心和她有见地的评论及建议，这些都促成了本书的成功。

在写作这个系列丛书时，我有幸与古生物学界最聪明的人一起工作。在巴黎的国家自然历史博物馆工作的格里高尔·麦特斯，审查了样稿《哺乳动物的时代》，提出了许多重要建议，对我完成写作起到了积极的影响。格里高尔还为《哺乳动物的时代》等写了序。

令史前生物起死回生也是自然历史艺术家的工作，他们中的许多人都为此系列提供了稿件。我特别要感谢约翰·锡比克，他是《史前地球》插图的主要作者。约翰的作品在古生物学家中很有声望，他经常与许多古生物学家并肩工作。

写作这样一套丛书，在许多方面，都需要准备好多年。其中一些准

备工作是学识的储备，为此我特别感谢宾夕法尼亚大学的彼特·多德森博士，感谢他多年来对我慷慨的指导和鼓励。我还要感谢新泽西州博物馆的威廉·B. 盖拉格博士，感谢他在课堂上和在新泽西州的历史化石层给予我的讲授。另一个层面的准备是要求具有采集化石的经验，为此我要感谢我的朋友和同事菲尔·柯里、马修·拉玛纳、约翰·史密斯和鲁本·马丁内斯，谢谢他们给了我这样的机会，把我带到野外和他们一起工作。

最终的工作是需要把想法落实到纸上。写作一本书所花费的时间总是比我计划的要长。我要感谢安妮，感谢她包容我这种忙忙碌碌的状态以及我讲的那些没有下巴的鱼和企鹅笔记等笑话，总是提醒我生活中一些重要的事情。你是我的力量之源。我还要感谢我的女儿，谢娜，我家的天才，另一个不断给我鼓励的人。对于沉迷于写作史前生命的父亲，甚至在我开始成为写作的一部分的时候，她都始终给予支持和迁就。

目 录

前言	001
序	001
简介	001
致谢	001
第一部 古生代世界绿化的形成	001
第一章 古生代时期的陆地环境	003
第二章 最早的陆地植物	014
第三章 最早的陆生生物	035
第二部 陆地脊椎动物	061
第四章 上岸：成为陆地生物	063
第五章 早期四足动物的多样性	077
第三部 早期羊膜动物的进化	099
第六章 接管陆地：爬行动物及其同类	101
第七章 脊椎动物的扩展	110
结语 灭绝和羊膜动物：为过渡到四足动物创造机会	132

附录一：地质年代表	135
附录二：方位术语	136
专业词汇表	137



第一部

古生代世界绿化的形成