

TURING

图灵新知

全彩印刷

Earth in 100 Groundbreaking Discoveries

地球的历史

举世瞩目的 **100** 个重大发现

上

[英] Douglas Palmer 著
秦静远 译

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



图三新知



Earth in 100 Groundbreaking Discoveries

地球的历史

举世瞩目的100个重大发现（上）

[英] Douglas Palmer 著

秦静远 译

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

地球的历史 : 举世瞩目的100个重大发现. 上 /
(英) 帕尔默 (Palmer, D.) 著 ; 秦静远译. — 北京 :
人民邮电出版社, 2013. 10

(图灵新知)

书名原文: Earth in 100 groundbreaking
discoveries

ISBN 978-7-115-32148-0

I. ①地… II. ①帕… ②秦… III. ①地球—普及读
物 IV. ①P183-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第121956号

内 容 提 要

本书阐述了地球演化历史中的 100 个重大事件, 从 45 亿年前地球的起源和地质构造到现在动植物群惊人的多样性。内容涉及物质世界: 岩石、泥浆、沙漠、水晶、水、云、冰和气体; 地球的引擎——地核与磁场、断层区, 山脉和火山, 等等。

本书面向对地球科学、进化、植物学感兴趣的各个层次的读者。

◆ 著 [英] Douglas Palmer

译 秦静远

责任编辑 丁晓昀

执行编辑 梁 薇

责任印制 焦志炜

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号

邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京捷迅佳彩印刷有限公司印刷

◆ 开本: 880×1230 1/32

印张: 6.75

字数: 206千字

2013年10月第1版

印数: 1—4 500册

2013年10月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2012-2173号

定价: 45.00元

读者服务热线: (010)51095186转604 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

版 权 声 明

Original English edition, entitled *Earth in 100 Groundbreaking Discoveries* by Douglas Palmer, published by Quercus, 21 Bloombury Square, London, WC1A 2NS, England, UK. Copyright © 2011 Quercus Publishing plc. This edition arranged with Quercus through Big Apple Agency Inc., Labuan, Malaysia.

Simplified Chinese-language edition copyright © 2013 by Posts & Telecom Press. All rights reserved.

本书中文简体字版由 Quercus 通过 Big Apple Agency 授权人民邮电出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。



译者序

地球从无到有，再到现在，已经走过了几十亿年的历史。在这浩瀚无边的岁月长河中，是机缘巧合，也是冥冥之中的定数，使得各种地质作用时而如同巨浪卷挟，地动山摇，时而又似涓涓细流，孕育万物，令一颗毫无生机的星球历经跌宕起伏，并持续演变至今。

作为这颗星球上的一份子，人类从古至今都在不断尝试与努力，希望能够了解地球的奥秘之所在。《地球的历史：举世瞩目的 100 个重大发现》这本书便汇聚了关于地球科学古今中外的各种伟大发现，并展开了一幅幅生动的画面，可带领读者穿越时光，去了解地球形成和发展的历史。

本书的翻译工作大都在深夜进行，每翻毕一章，译者内心都会难以抑制地澎湃激荡。窗外虽一片漆黑，但译者脑中的世界却五彩斑斓。书中写满字的纸张和色彩鲜艳的图片背后，是短则百万年、长则上亿年的时光。在这些时光中，地球上的动植物、地理、气候等经历了万千变化。书页翻动之间，地球已从混沌诞生，历经各种反复，向我们呈现出了一片繁花似锦，生机勃勃。所有那些曾经历过的坎坷与平坦，都令人不得不感慨自然的鬼斧神工和物种的坚持不懈。此外，除了对历史的深度挖掘和科研结果的娓娓道来，对于地球的未来，原作者也提出了令人深思的观点。作为无时无刻不在改变地球环境的人类，你我或许都应心存敬畏，于点滴行动间，保护这颗大家赖以生存的星球。

由于琐事掣肘，本书从着手翻译到最后完稿，前后共花了一年的时间。在此，衷心感谢出版社的工作人员和给予了我帮助的各位亲朋好友。原作语言平实生动，兼具专业性和易读性，译者不才，在醉心翻译时，难免会有纰漏，诚望读者多多批评指正。

生命何其壮美，地球何其伟大，宇宙何其浩瀚，请打开这本书，与我一同感受其中的无限缤纷与无尽奥秘。



自然灾害一向都是新闻报道的主要内容。在写作本书期间，世界各地爆发了地震、山体滑坡、暴雨、洪水、海啸和火山喷发等灾害。这些灾害对人类和广阔环境造成了毁灭性的影响，成为了各大媒体争相报道的头条新闻。

但正如俗话所言，这不过是“管中窥豹”。根据地质记录，地球在过去的数十亿年里遭遇了无数类似的灾难性事件，而且与人类在相对较短历史时代中所经历的所有事件相比，它们的规模往往更大。然而，不论这些自然事件和它们的作用如何难以控制与令人不安，它们终究是地球内部变化的表现。若没有这些由地球内部能量而呈现出的外在不确定现象，地球将同月球一般死寂。这样，地球上将没有大气、水和适宜生存的环境，也不会有生命的存在。

不断变化的星球

在过去的 200 多年里，对地球的历史、地球环境的形成以及生命进化的研究逐渐向世人揭开了一个复杂多变的系统。在地球 45 亿年的漫长历史中，不断上演着生物体有机世界与无机物质之间的相互作用，后者涵盖了岩石和矿物质、海洋和河流水体、大气气体，等等。例如，这其中出现时间最早且最为重要的“协同进化”事件便包括约 24 亿年前，促成大气和海洋氧合作用增加的“大氧化事件”。正是在大量光合微生物及其强大效率的带动下，当时氧气浓度才得以增加，从而使得好氧有机体乃至人类最终的出现成为可能。

在人类的进化中，即使在距今更近且相对较短的智人阶段，也依然存在着地球与生命体协同进化过程。第四纪冰期导致大气出现极为异常的变化，而随后人类对气候的影响则对生命体和环境带来了一系列复杂的冲击。

另一个源自地球地质记录与地球历史的巨大教训在于，尽管众多经常发生的灾难性事件对生命体造成了冲击，但进化作用所具备的灵活性却能够确保生命体



的存活和繁荣生长。虽然出现过数次大规模的灭绝事件，这些事件甚至曾令当时海洋和陆地上存活的绝大多数有机体消失，但却仍有足够数量的生物能够幸免于难，并带动种群数量回升，使地球的环境得以再次恢复。

持续创新的科学

本书旨在介绍在整个地球科学中当前最引人关注的科学研究，其中包括对金属地核内部运转所进行的调查，从中我们可以了解地核内部的运动将最终如何驱动众多动态作用，进而影响我们居住的地表薄层。此外，本书还讨论了地球的短期和长期前景。近乎无一例外的是，本书所涉及的方面在研究领域上均有着快速改变，而笔者也是竭尽一切努力，尝试将最前沿的研究结果包含在内。然而，本书并非教科书，虽取材范围极广，但无法将不断拓展的地球科学课题门类全部予以涵盖。

极具讽刺意味的是，人类既是首个能够对地球整体错综复杂的“地理系统”拥有如此深刻洞察的物种，也是首个能够显著改变全球环境、影响生活在地球上其他物种命运的群体。虽然我们了解自身的行为，知道自己与赖以生存的周边环境之间的关系，但我们似乎仍无法理解自身行为将会带来哪些现实和潜在的后果。正如本书和近来的经验所示，或许在诸多自然作用面前，我们人类束手无策，但在众多其他方面，我们还是能够做出改变并使后世子孙受益的。2011年3月的日本大地震和海啸进一步强化了上述观点。我们永远无法阻止此类自然事件的发生，但不论现在还是将来，我们都能够并且应该减少核反应堆的爆炸和人员生命的伤亡。我们可能确实需要核反应堆，但正如他人所述，这些核反应堆不应建在大型断层区附近，也不应位于海啸能够波及的范围之内。

最后，我希望本书能够向读者展示：关于地球，仍有多少奥秘等待你我去发现、探寻和了解。对地球科学的研究和追寻是一个不断拓展同时又日益复杂的领域，其发展至今，已然远远突破了物理地质学的传统限制。笔者希望本书能够激励广大求知者继续对地球的探秘之旅，从而帮助我们更好地了解自己所处的星球。



目 录 CONTENTS

1	地球的起源	001	27	最早的化石	105
2	地球上最古老的物质	005	28	最后普遍共同祖先	109
3	地质定年	009	29	存在争议的起源	113
4	最古老的岩石	013	30	不断增加的氧气	117
5	早期大气	017	31	从简单生命到复杂生命	121
6	不断演变的地球水圈	021	32	罗迪尼亚	125
7	分层的地球	025	33	雪球地球	129
8	探秘地球内部	029	34	磷效应	133
9	地球构造板块	033	35	冈瓦那大陆和盘古大陆	137
10	熔化的地核	037	36	神秘的埃迪卡拉生物群	141
11	D" 层	041	37	首批动物	145
12	探寻地幔	045	38	海绵基因组的奥秘	149
13	地壳底部	049	39	陡山沱胚胎化石	153
14	洋壳	053	40	寒武纪的海洋生命	157
15	年代久远的大陆	057	41	来自奥陶纪的软体动物	161
16	地球的陆地岩石	061	42	阿瓦隆尼亚大陆	165
17	陆地裂陷	065	43	奥陶纪的激增和破灭	169
18	造山运动	069	44	陆上生存	173
19	构造隆起	073	45	氧气猛增和生长加速	177
20	冰川谜题	077	46	陆地上的四足动物	181
21	地震和板块构造	081	47	东肯克顿化石	185
22	断层为何滑动	085	48	乔金斯化石崖壁	189
23	火山活动的案例研究	089	49	煤炭森林和冰期	193
24	火山岛弧	093	50	早期的二叠纪生命	197
25	热点火山	097		术语和地质时间表	200
26	地球上最大规模的火山喷发	101		索引	204

定义 地球由围绕新生太阳旋转的碎片通过“吸积”过程形成。

发现 20 世纪 70 年代，美国天文学家乔治·韦瑟里尔提出了太阳星云模型的概念。

突破 借助阿波罗登月计划从月球带回的岩石样品，人们有可能对地球早期的关键活动进行准确定年。

意义 对地球的形成方式进行建模，对于了解地球的发展演变有着至关重要的作用。

在太阳系中，地球与其他围绕新生太阳旋转的行星一样，都形成于 45 亿年前。然而，对于这段既遥远又动荡的地球史，我们人类又真正能够了解多少？

关于地球及所处太阳系的起源，最为广泛接受的解释为星云说。该学说最早由瑞典科学家史威登堡（Emanuel Swedenborg, 1688—1772）于 1734 年提出。在此后将近三个世纪中，虽然科学进步显著，但这一学说的核心理论并未受到挑战。星云说目前的阐述涵盖了我们对地球真实存在时间的了解（通过放射性定年法测得，见第 11 页），以及人们对于形成太阳及其行星的原始物质的最新认知。在俄罗斯天文学家维克托·萨夫罗诺夫（Viktor Safronov, 1917—1999）理念的基础之上，20 世纪 70 年代，美国科学家乔治·韦瑟里尔（George Wetherill, 1925—2006）提出了“太阳星云盘”模型。该模型对通过“吸积”这种渐近式积累过程而促进地球形成的诸多活动进行了阐述。

太阳系诞生于约 45.6 亿年前的高密度太阳星云，整个星云的规模远大于目前太阳系的规模。在这一星云中，占据主要地位的是氢气分子——氢为宇宙中最丰富、质量最轻的化学元素。此外，星云中还伴有包裹质量较重元素的灰尘颗粒。随着巨大分子云的合并，重力上的不稳定使之渐渐塌缩，并在年轻星体的周边形成了一个缓慢旋转的“原行星盘”。通过一种名为“冷吸积”作用的过程，不断压紧和收缩的星盘开始加速旋转，将空间内的物质带入日渐灼热和耀眼的原太阳核心部分。在星盘旋转速度进一步加快的同时，外围部分的结冰气体和尘埃云开始碰撞，逐渐

对页图 最初，太阳系（包括地球在内）首先以密集太阳星云的形式出现，当中氢气和灰尘占据主体。数百万年后，该星云塌缩成了一个缓慢旋转的星盘，位居中央的则是不断发光、年轻但却日渐升温的原太阳。

聚集在一起。在不断增加的重力的作用下，更多的物质被吸引进来，形成了直径约1千米的微行星。

当微行星逐渐增大时，其重力也会相应增加。在暴涨吸积的过程中，微行星的密度不断加大，并从周边吸入更多的岩石物质。随后，这些微行星合并，组成了原始的地球和另外三颗离日渐炎热的太阳最近的岩质原行星（水星、金星和火星）。在地球早期的吸积过程中，首批出现的固体岩石均通过对气态硅（二氧化硅）的压缩而形成，余下的轻质元素（如氢和氦）则组成了原始大气，但这些气体被太阳风、地球的内热和来自月球的撞击所驱散。

月球的起源

地球拥有月球这样一颗如此巨大的天然卫星并非寻常现象，因为任何其他岩质行星都没有这样的卫星。一直以来，月球的起源都是人们争论的焦点。传统上，科学界存在三种主要的假说：

“巨大的能量撞击着已融化的地球表面，这一过程持续进行，直至越地轨道上绝大多数的微行星都被‘清扫一空’……月球上布满环形山的表面便以‘月海’的形式，保留着密集撞击所留下的证据。”

月球或独立形成于环绕地球的轨道上，或从相对庞大和快速旋转的“原始地球”中甩出，或由地球从太阳系的别处捕获而来。然而，阿波罗号宇航员带回距今约45亿年的岩石证明，月球整体的组成与地球的地壳和地幔岩石相似，而对月球整体密度的测量表明，月球的密度与地球上部的地幔相近，因此它不可能拥有一个巨大的金属内核。这一令人疑惑的信息催生了另一新的月球形成理论，即撞击假说，也被称作为“大碰撞”观点。这一假说认为，约45亿年前，地球似乎曾遭遇火星般大小的行星撞击，撞击的力量非常巨大，致使地球运动方向发生偏斜，碎裂出相当大的原始地壳和地幔块。这些碎片构成了围绕地球的稠密环形系统，并很快通过吸积形成了月球。碰撞产生的能量也将地球表面的温度提升至约6000℃。

地球的分异

起初，原始地球差不多只是一块质量均衡的岩石，但在1000万年左右的时间里，放射性物质释放的热量大幅提升了地球的温度，使其内部开始流动，触发了地球分层结构的形成——这一过程叫做地球的分异。铁和镍等重金属被分离出来，沉入地球中心，并在那里形成了极热的金属内核，内核的内在运动创造了地球的磁场。剩余密度较低的物质围绕内核，构成了非常厚的



左图 凝望月球，在这颗约 45 亿年前脱离地球的卫星上，至今仍有在太空远古时期留下的撞击痕迹，这些痕迹依旧清晰可见。月球表面规模最大的冲击盆地已被随后火山爆发释放的深色熔岩所填满，形成了今天近地一侧人们所熟悉的“海洋”或月海。

岩质地幔，其外表面在冷却后形成了固体地壳。富铁物质向内核的迁移，也就是所谓的“铁灾变”，其产生的热量也许足以融化整个地幔。

即便在月球成形和地球出现分层后，来自太空的猛烈撞击似乎仍在延续。巨大的能量撞击着已融化的地球表面，这一过程持续进行，直至越地轨道上绝大多数的微行星都被“清扫一空”。后来，火山喷发出的熔岩填充了低洼的撞击盆地，形成“月海”，月球上布满环形山的表面便以“月海”的形式，保留着密集撞击所留下的证据。阿波罗登月计划带回了一些与这些撞击相关的岩石，情况表明，密集的撞击发生在 41 亿年 ~ 38 亿年前。此外，对于在 39 亿年前达到高峰的“后期重轰炸期”，这些岩石也提供了令人信服的证据。

在上述密集撞击期间，地球与月球经历了相同的遭遇，地表出现了非常明显的撞击坑。但在地球此后变化莫测的历史当中，地幔物质和绝大部分地壳都出现了循环，抹去了上述早期撞击的痕迹和地球历史中前 5 亿年的地质证据——但幸运的是，有一些线索得以保留下来。



地球由围绕新生太阳旋转的碎片通过“吸积”过程形成。

20 世纪 70 年代，美国天文学家乔治·韦瑟里尔提出了太阳星云盘模型的概念。

借助阿波罗登月计划从月球带回的岩石样品，人们有可能对地球早期的关键活动进行准确定年。

对地球的形成方式进行建模，对于了解地球的发展演变有着至关重要的作用。

在地球的历史长河中，由于缺少当时留存下来的物质，因此其中最早的 5 亿年一直笼罩在神秘当中。正因为此，围绕地球需要多长时间才从具有大量熔岩的球体实现冷却，以及固体地壳和最早的海洋用了多久形成，地质学家目前仍争论不休。

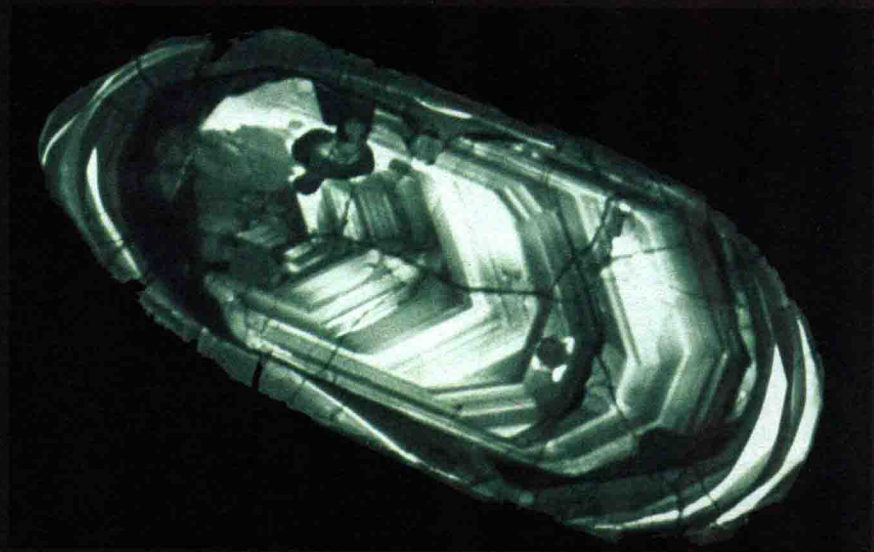
对地球的地质测勘显示，尽管拥有数十亿年的地质历史，但在澳大利亚、南非、北美及格陵兰岛等古老大陆的核心区域，地面仍然裸露着一些年代久远的岩石。经鉴定，这些地区的部分岩石和矿石已有近 40 亿年的历史，但由于地球的历史约为 45.4 亿年，这就意味着其中有 5 亿年的历史无从考证——这段历史即为科学界所称的冥古宙。然而，对于这段迄今仍神秘未知的历史，最近的科学发现却带来了将其破解的希望。

冥古宙遗迹

地球上发现的最古老岩石的历史介于 38 亿年至 42.8 亿年间（见第 13 页），但有极少数锆石矿物（硅酸锆， ZrSiO_4 ）的历史可能长达 43.6 亿年。应对如此巨大的时间跨度，其中的差异看似微不足道，但锆石矿物多出的 8 千万年历史，却为我们了解地球的早期发展提供了最佳的线索。

这些已发现的锆石嵌入在年代较新的岩石内，发掘地位于西澳大利亚的杰克丘地区。虽然丰度不足重量的百万分之一，且长度通常小于 0.3 毫米，但这种晶体竟能够奇迹般地分解其原始火山母岩的整个侵蚀循环中幸存下来，并将自身的碎片转变成

对页图 45 亿年前，在尚未出现任何土地或水之时，地球的表面还是暗黑色的熔岩地壳，以及各处喷涌而出、大量沸腾和滚动的熔岩。



上图 在高压高温下形成的锆石是全球最坚硬和历时最长的矿物之一，它能够做到经历众多地质作用过程而丝毫不受影响。锆石内部含有放射性同位素的痕量，通过该痕量可追溯矿物以及孕育其岩石的形成历史

更加年轻的沉积“聚合”岩。锆石之所以能够保存下来，主要原因在于它是一种非常坚硬的矿物——形成于强压和高达 1400°C 的温度下，能够在不出现任何显著变化的情况下，经历侵蚀循环，而众多其他矿物则会被各种物理和化学过程所分解和改变。

通过分析放射性状态或内部铀、钍和铅“同位素”的比例，可以得知晶体的形成历史。数十亿年里，原始样品内的铀会经历放射性衰变，形成钍，钍则会转化为铅——通过测量目前样品内每种同位素的比例，地质学家能够计算出样品的形成时间。不过虽然在发现后不久，锆石的历史便获得了确认，但直至本世纪初，在澳大利亚佩恩的科廷科技大学的西蒙·王尔德带领下，一组科学家才通过这些锆石得以初窥地球的早期环境。

开启过去的线索

通过分层或“区域状”的增长图案，以及增长区域内松散的“稀土”元素分布，锆石晶体保留了关于自身形成的有用信息。这些特点能够揭示当时的压强和温度。此外，对矿物包裹体（微小颗粒，通常嵌入和保留在晶体内部）的研究则可提供关于锆石形成原始母岩的更多信息。

例如，通过研究发现，在这种晶体中存在一种重要的环

境指示物质：铪。铪的存在可表明晶体形成时的温度（出现的铪元素越多，温度就可能越高）。另外，根据两种铪同位素（ $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ ）比例的不同，还可获知晶体形成的熔融岩浆是完全由地表深处的地幔类物质组成（见第 45 页），还是含有地壳类成分。与此相似，“较重”的 ^{18}O 同位素含量越高，表明岩浆与地表液体水发生交互作用的可能性也就越大。

杰克丘的锆石最初发现于 20 世纪 80 年代，在之后的数十年间，地质学家收集到了足够多的独立的晶体，勾画出了详尽的早期地球全景图片。由王尔德领导的团队在 2001 年公布的研究显示，锆石来自于 42.5 亿年至 40 亿年前的花岗岩岩浆环境，所处温度约低于 680°C 。这里的岩浆明显源自于地幔和地壳岩石的混合，而地壳岩石已经与地表水或浅层地下水相互接触。因此，在锆石形成时，地球似乎已经降至足够低的温度，出现了成形的地壳和地表水。

“对矿物包裹体（微小颗粒，通常嵌入和保留在晶体内）的研究则可提供关于锆石形成原始母岩的更多信息。”

然而，最近对于锆石等众多矿物包裹体中的钻石展开的发现和研究，却又让人们对于地球这段早期历史产生了些许疑问。钻石通常无法在相对低温的花岗岩岩浆内出现。众所周知，钻石仅能够在高压情况下生成——这种高压或源自极深的地下，或直接为陨石撞击的结果。但对于锆石而言，不论是深埋于地下，或是遭受强烈撞击，它都未表现出任何受到上述高压环境作用的迹象。

关于这一难解之谜，科学界目前存在两种广受追捧的解释。一种是钻石形成于 43.6 亿年前的一次诸如巨大撞击的高压冲击，随后循环进入年代较新的岩石，嵌入到了锆石内（正如锆石能够完好无损地保留下来，并进入后来形成的岩石的情况一样）。另一种解释是，在地球早期，钻石通过一些未知和重复的过程，进入到形成中的锆石晶体内部。无论说法如何，两种解释均未能完全令人信服，而且它们都回避了当时地球表面温度的问题。还有一种说法则坚持了“冷却地球”的观点，认为形成钻石的碳元素最初通来自原始、富含碳元素的石墨被带入到锆石内部（见第 17 页）。在锆石随后的“潜没”阶段，这些碳元素可能通过某些形式的压缩而转化为钻石。

