

图灵新知 TURING

你不可不知的 50个 地球知识

Earth: 50 Ideas
You Really Need to Know

(修订版)

[英] 马丁·雷德芬◎著 金琦◎译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

图灵新知

你不可不知的 50个地球知识

[英] 马丁·雷德芬◎著 金琦◎译

(修订版)



Earth: 50 Ideas You Really Need to Know

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

你不可不知的50个地球知识 / (英) 马丁·雷德芬著;
金琦 译. — 2版 (修订本). — 北京: 人民邮电出版
社, 2019.4

(图灵新知)

ISBN 978-7-115-50787-7

I. ①你… II. ①马… ②金… III. ①地球—普及读
物 IV. ①P183-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2019) 第026045号

内 容 提 要

本书用独特的视角带领读者一览地球这个全宇宙已知唯一有生命的星球的全貌, 揭示地球的自然进程: 气候、洋流、气流、元素、板块构造、地质、生命的演变、火山、海平线以及地球的终极命运。通过 50 篇短小精悍的短文, 介绍了关于地球的一些鲜为人知或极少被人注意的、十分有趣的知识 and 现象。本书适合对地球知识以及科普知识感兴趣的各类读者阅读。

◆ 著 [英] 马丁·雷德芬 (Martin Redfern)

译 金 琦

责任编辑 戴 童

责任印制 周昇亮

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京市艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/24

印张: 8.75

字数: 228千字

2019年4月第2版

印数: 12 201 - 15 200册

2019年4月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2017-7887号

定价: 39.00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: 京东工商广登字 20170147 号



站在巨人的肩上

Standing on the Shoulders of Giants

版 权 声 明

Original English edition, entitled *Earth: 50 Ideas You Really Need to Know* by Martin Redfern, published by Quercus, 21 Bloomsbury Square, London, WC1A 2NS, England, UK. Copyright © Martin Redfern 2012. This edition arranged with Quercus through Big Apple Agency Inc., Labuan, Malaysia.

Simplified Chinese-language edition copyright © 2019 by Posts & Telecom Press. All rights reserved.

本书中文简体字版由 Quercus 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。



录

引言	1	26 沉积作用	102
01 地球的起源	2	27 海洋循环	106
02 地球的同伴——月球	6	28 大气循环	110
03 地球炼狱	10	29 水循环	114
04 年代测定之争	14	30 碳循环	118
05 三颗行星的故事	18	31 气候变迁	122
06 生机勃勃的星球	22	32 冰河时期	126
07 地心游记	26	33 冰盖	130
08 从内部看地球	30	34 冰雪地球	134
09 磁核	34	35 深时	138
10 流动的地幔	38	36 地层学	142
11 超级地幔柱	42	37 生命的起源	146
12 地壳和陆地	46	38 进化	150
13 板块构造理论	50	39 埃迪卡拉的花园	154
14 海底扩张	54	40 多样性	158
15 俯冲	58	41 恐龙	162
16 火山	62	42 灭绝	166
17 地震	66	43 适应	170
18 造山运动	70	44 化石分子	174
19 变质	74	45 人类世	178
20 黑色金子	78	46 未来资源	182
21 地层深处的财富	82	47 未来气候	186
22 地层中钻石的秘密	86	48 未来进化	190
23 岩石循环	90	49 未来板块	194
24 雕刻地貌	94	50 地球的尽头	198
25 渐变论和灾变论	98	术语表	202

引言

我们居住在一个奇妙的星球上。如果留心观察它，我们会惊异于它的美丽，敬畏它的威严，感激它赐予的礼物，我们会感到自己是幸运的。但是我们大多忙于生活，仅在地表之上行色匆匆而忘记了两个重要的维度——“深度”和“时间”。希望借由此书帮助大家记起那些被遗忘的维度。

细想一下你的脚下有什么。不要只想到你所熟悉的土壤和表层的岩石，而要想想地层深处。自地表向下几千米，是一个人类足迹尚未企及的地方，那里的高温高压环境是我们无法想象的。再往下七八千千米，你就来到了一个炽热的熔岩世界。地球并不是一块任由我们行走其上的静止的混凝土，而是一个有生命的、运动着的星球。坚硬的岩石会随着板块的漂移而运动，火山会喷发，广阔的深部地幔在缓缓地翻腾。地表下的岩石也不免受地表上的活动的影响。水、空气以及生命体都在不断地与地质相互作用着。没有海洋就没有陆地，没有生命体就没有我们赖以生存的大气或气候。地球的自然循环已经支持生命几十亿年之久，人类却不顾后果地干扰了它。

通过理解地球当前的各种地质运动，我们开启了对另一维度“时间”的认识。“时间”在这里指的不是午餐时间，也不是一生，而是“深时”。当时间以十亿年为单位来计量时，我们需要彻底转变思维才能理解它，要了解自己的家园就更需要转变思维了。一旦转变了思维，你就会开始明白，在深时中每天的地质运动能够塑造和摧毁山脉、扩张海洋以及分离陆地。深时能够创造出新的物种，也能让它们消亡。相对于深时之钟，人类存在的时间几乎不到一秒，但我们却已经把地球搞得面目全非了。如果我们能更好地理解自己的家园，或许会更加友善地对待它。

01

地球的起源

我们是由星尘构成的。在137亿年前的宇宙大爆炸期间产生了原始的氢和氦，它们经过无数代恒星的核反应生成了构成我们身体的碳、氧和氮元素，还有硅、铝、镁、铁等构成地球的元素。

星尘的记忆 恒星不断剥离外层物质，直至走向生命的尽头。大质量恒星因无法承受自身的重量而坍缩，从而引发超新星爆炸，它们的灰烬散落成由尘埃和分子构成的云团。我们的太阳系就诞生于这样的云团。你身体中的每个分子都包含了恒星反应生成的元素，而你手上所戴金戒指中的每个原子也都产生于超新星爆炸。

在古老的陨石中出现短寿命放射性同位素的衰变产物，这表明它们是在太阳系形成不久之前诞生于附近的超新星爆炸。可能正是这样的一场爆炸引发了太阳星云的首次坍缩。

吸积 当气体和尘埃被吸引到最终会形成太阳的中心天体处时，星云匀速旋转的角动量会使被吸积的物质形成盘状。这一观点在很长一段时期内只停留在理论层面，但在高倍望远镜出现后，人们目睹了这一现象发生在其他恒星诞生区。例如，绘架座 β 星四周明显的尘埃和岩粒吸积盘现在就能够成为行星。在其他成百上千颗恒星周围探测到的所谓“太阳系外行星”表明，恒星的诞生常常伴有行星的形成。

大事年表

46 亿年前

可能发生超新星爆炸，
太阳星云开始形成

45.67 亿年前

太阳系中最早的固体物质——
陨石中的陨石球粒产生

45.4 亿年前

原始地球的体积增至一
定程度，开始熔融并分
离出内核

45.27 亿年前

月球形成

抓一颗流星

太阳星云中最早形成的坚硬岩粒是陨石球粒。它们多为粒状体硅酸盐岩石，直径在零点几毫米到1厘米不等。当硅酸盐尘粒因为靠近新生的太阳或被辐射，温度达到1500℃时，就会形成熔滴状的陨石球粒。今天地球上80%的陨石中都有陨石球粒，而且它们生成的时间可以精确地推算出来。有着45.67亿岁高龄（误差为50万年）的陨石球粒是太阳系中最古老的物质。

人们普遍认为太阳系中的行星是细小岩粒在吸积过程中相互撞击、聚集而成。这一过程的开始阶段最难理解，因为此时几乎没有凝聚岩粒团的引力，而且冲撞还会将它们再次打散。也许，岩粒的汇集就好比运动中的液体，它们凝聚在一起并且只能偶尔获得充足的能量“飞离”星团。倘若岩粒的相对速度足够缓慢，它们就又能重新黏着在一起。当它们的直径达到好几米时，引力就会俘获越来越多的物质。

分离 引力势能、放射性衰变的热能以及碰撞所释放的能量会导致星团熔化，让铁、镍等最重的元素沉淀，形成一个直径约为几十或几百千米的球状天体的内核。这个天体还会继续吸引尘埃和较大的碎片，使之形成一定数量的体积较小的原行星。原行星之间碰撞的频率会降低，但是冲量会变大。

太阳风 太阳的形成可能仅用了1万年的时间，它俘获了足够多的星际物质，达到了核聚变发生以及太阳发光所需的温度。因此年轻的太

44.2 亿年前

“阿波罗号”带回的月岩样本中最早的矿物颗粒产生

44.04 亿年前

地球上产生最早的矿物颗粒，水可能出现

42.8 亿年前

地球上出现现存最早的岩石，可能诞生于加拿大哈德逊湾的深海热液喷口

38.5 亿年前

格陵兰岛现存最早的沉积岩出现

恒星的炼金术

恒星都是核熔炉。它们就像氢弹一样，将宇宙中最多的元素（氢和氦）转变成重元素，并在此过程中释放出使自己发光的能量。普通恒星会产生碳、氮和氧等生命元素，以及其他构成地球的成分，如钠、钾、钙、铝和硅。恒星在逐渐消亡的过程中会向太空中释放这些元素。有些恒星释放出太多碳元素以致自己被烟灰云笼罩，最终形成铁元素。产生重元素所需要的能量比恒星释放的能量多得多。因此，当一颗大质量恒星的中心变成铁核时，核聚变就会停止。这时的恒星已经无法承受自身巨大的质量而发生坍缩，引发惊人的爆炸，使得恒星向四周喷散，产生丰富的重元素。铀元素正是这样产生的。

阳吹出一股强劲的粒子流，形成了太阳风。此后，太阳夺走地球早期大气层中的氢和氦，只留下比较“顽固”的岩石，而它继续吸积到的大量气体形成了木星和土星这两个巨大的气体行星。挥发性物质，如甲烷和水，则进一步凝结成外太阳系的冰态天体：冥王星之类的矮行星、覆冰卫星、柯伊伯带天体以及彗星。

一颗新的行星 年轻的地球继续生长。至此，其内部也许已经基本熔化，呈原始硅酸盐地幔包围铁核的状态。当它的质量增长到今天的40%后，在引力的作用下大气层得以存在，而地核所产生的磁场能够保护大气层免受太阳粒子的破坏。最初的大气可能主要是由氮、二氧化碳和水汽组成。

在稍后的篇章中我们将会了解到，吸积的过程将继续，最终在形成月球的大撞击下终止。随着地球慢慢冷却，液态水能够留存于地球表面。一些水汽可能是由地球本身的火山气体产生，但绝大多数可能是来自掉落于地球上的冰冷的彗星以及流星与小行星中的岩石物质。这种小规模吸积过程直到今天仍在进行。如果你在晴朗的夜晚仰望星空，会

看见流星划过天际。这些流星是坚硬的物质经过大气层燃烧最终抵达地球的微小颗粒。通常的流星只有沙粒大小，最大的流星不过如米粒一般，但是每一年它们累积起来的重量达4万~7万吨。流星持续撞击地球的过程正是当初地球诞生的过程。

吸积产生行星

02

地球的同伴——月球

地球进化接近2000万年的时候经历了有史以来最严重的一次灾变。一颗和火星体积相当的行星以5万千米的时速冲向地球！这次冲击虽然熔化了地球，却也为我们带来了月球这个同伴，它使地球上的四季得以稳定，为生命的出现开辟了前路。

多年来，关于月球的起源一直有多种猜测。在板块漂移理论被人们接受之前，有人猜测月球是从今天太平洋所在位置的一处凸起处被甩出去的，还有些人认为月球是和地球一起因吸积而产生的，或是在别处形成，经过时被地球引力捕获的。但是这些理论都与我们所知的月球轨道不符。

地球的翻版 直到“阿波罗号”的宇航员登上月球并带回那里的岩石样本后，真相才逐渐浮出水面。月球岩石与地球上火山喷发的玄武岩以及地幔岩石的成分非常相似。地球和月球是由相同的物质组成的。

如今，在计算机仿真技术的帮助下，科学家已经非常肯定当时发生了什么。在地球前方或后方一个叫作拉格朗日点的位置形成了另一颗原行星，它到地球和太阳的距离相等。它是由太阳星云中的一系列相同物质构成的，这就能解释为什么它和地球有着相同的组成成分。在进化的过程中，这颗行星的轨道变得不稳定，并最终和地球相撞。这个天体被叫作“忒伊亚”，这是以古希腊神话中的一个提坦族人，即月亮女神塞

大事年表

45.27 亿年前

可能发生大撞击，从而形成月球

44.2 亿年前

出现迄今所知月球上最早的矿物颗粒

43.6 亿年前

出现迄今所知最早的月球岩石

勒涅的母亲的名字命名的。

宇宙大撞击 忒伊亚以每秒 16 千米的速度运行，它的身影在地球初生的天空中连续多日隐约可见，而且离地球越来越近。最终，这场撞击在瞬间爆发。短短几秒钟内，超音速风吹走地球的大气层，忒伊亚的地幔以及地球的部分地幔瞬间蒸发，被抛入太空。忒伊亚的大部分高密铁核环绕在地球周围，再次和地球相撞并熔入地球内核，其余的铁核拖着炽热的熔岩逃逸到太空中去。所有这一切都发生在一天之内。设想一下，我们如果在安全距离之外观看的话，一定会惊异于眼前的壮丽景观。

渐渐地，大多数物质落回地球，但仍有相当数量的物质残留在地球赤道附近的一个炽热环的轨道上。在冷却的过程中，它们凝结成粒子，经过数十年时间最终聚成月球。“阿波罗号”带回了月球的岩石样本，如果这些岩石是硅酸盐气体在真空环境下凝结的产物，就能解释其成分为什么令人惊讶了。

尤金·休梅克

尤金·休梅克（1928—1997）是月球地质学的先驱。他对美国亚利桑那州的陨石坑进行了研究，并借此证明月球上的大多数陨石坑并非火山爆发的产物，而是由撞击产生的。尤金·休梅克原本希望成为一名宇航员，但由于身体原因夙愿未了，然而他却在“阿波罗号”登月的选址和宇航员的培训中发挥了重要作用。1997 年他丧身于车祸，他的部分骨灰于 1999 年由“月球勘探者号”搬到了月球上。

41 亿 ~39 亿年前

与行星发生剧烈冲撞，
月球上出现盆地

36 亿年前

月核凝结，月球磁场消失

31 亿年前

月球上的盆地发生最近一次的
玄武岩大喷发

第二个月球 所有喷发物有可能聚集成不只一个月球。相关研究表明，同时期还在大约 1000 千米之外形成了另一个月球，绕地球运行几百万年之后，它才在一次相对温和的撞击中最终熔入我们今天的月球。如果这场撞击发生在今天的月球的背面，就能解释为什么该处的地壳比正面的厚了 50 千米，以及为什么月球正反两面的组成成分会有差异。

随着月球地壳慢慢凝固，一些元素随着熔岩物质留于地壳和地幔之间，其中包括了大量的钾、稀土元素和磷，形成了有名的富克里普矿物岩浆。我们的月球在将另一个小月球吸引到其背面时，可能将其自身的熔岩层挤向了正面，使得月球正面的克里普矿物元素特别丰富。

“我突然大吃一惊，这个美丽的蔚蓝色小球竟是地球。我举起拇指，闭上一只眼睛，拇指刚好遮住了地球。我并没有感觉自己是个巨人，相反，却感到自己非常非常渺小。”

——尼尔·阿姆斯特朗

白昼短暂，夜晚壮观 忒伊亚急速与地球擦肩而过时会加速地球自转。在二者发生撞击之后，地球白昼的时间只有大约 5 个小时，自此以后稳步延长。新生的月亮与地球的距离太近了，从地球的角度看，其大小是现在的 15 倍——如果能站在地球炽热的火山地表上，你将会看到这一奇观。月球的潮汐效应也比今天强很多，尽管当时的地球上还没有可以感受它的海洋，但是地表之下蔓延着巨大的熔岩之海。也许每当月球经过地球上空时，火山活动就会加剧。

从那时起，随着潮汐耗费其轨道能量，月球逐渐远离地球。

经过几百万年的时间，潮汐力抓住月球，使得它的一面一直朝向地球。借助“阿波罗号”宇航员留在月球上的反射器进行的激光测量表明，如今月球正在以每年 3.8 厘米的速度远离地球。

破坏者兼守护者 在经历这场灾难性撞击之前，地球上可能已经出现了原始生命。果真如此的话，这些生命也在撞击中灰飞烟灭了，而且经过了相当长的一段时间之后，火山爆发和彗星冲击才重新塑造地球

水的勘测

阿波罗太空项目之后，月球探索中断了很长一段时间。但是近来，几艘无人飞船重返月球，它们的首要任务之一就是寻找水。“月球勘探者号”在月球两极探测到了大量的氢元素，所以水可能在月球背阳的陨石坑处以水冰的形态存在。2009年，美国月球陨坑观测与传感卫星（LCROSS）撞击了月球南极附近的陨石坑，尽管没有达到预期的量，但还是产生了一股含155千克微晶体水冰的喷出物羽流。印度“月船一号”探测卫星利用雷达查明了月球北极附近地表下的冰。这些发现的重要性在于，它们能够为将来的太空任务补给火箭燃料，还有可能为开拓者提供供水。

上的大气与海洋。但是重生的煎熬与延迟都是值得的。没有月球，我们不仅没有了潮汐，而且地球自转的轴也会变得不稳定——它可能会以不规律的节奏自转，可能会出现一极面向太阳、半个地球被黑暗笼罩的情况。而我们的夜空中最美丽的天体也会消失了。

行星大冲撞

03

地球炼狱

在诞生之初的7亿年间，地球不是一个宜居的星球。这一时期被称作冥古宙（Hadean），是以地狱之王哈迪斯的名字命名的。这是地球遭受小行星猛烈撞击、火山不断喷发的一段时期。有时，整个地球表面或局部会被熔融的岩浆覆盖，大气散尽，海洋蒸发。但是据我们所知，这就是世界的雏形。

月球简史 年轻的太阳系在大约 40 亿年前仍然是个危险的地方。随着较小的天体不断聚合，天体之间冲撞的频率降低了，但剧烈程度却加深了。这段时间被称为后期重轰炸期^①，一直持续到 38.5 亿年前。地球表面早已经没有了当时行星冲撞的痕迹，但在月球上却依然清晰可见。

正是后期重轰炸造成了我们今天所看到的月球暗斑。它们就是月海，虽不曾有过船只行驶其上，但它们曾经是液态的——液态的熔岩。撞击引发玄武岩岩浆大喷发并流入广阔的月球盆地，从而形成了月海。因为有了它们，“阿波罗号”登月者们才有了相对平坦的着陆点。若以地球为参照标准，则宇航员从月球带回的岩石样本堪称古老，就连熔岩

① 又名月球灾难或晚期重轰炸，指在月球上形成大量撞击坑的事件，对地球、水星、金星及火星亦造成影响。——编者注

大事年表

44.5 亿年前

地球地壳开始凝固

44.04 亿年前

最古老的岩粒出现

42.8 亿年前

努夫亚吉图克绿岩可能成岩

流入月海形成的最新的月球岩石也有 31 亿年的历史了。这个既干燥又没有大气的月球表面上保留下来的宇宙特征，比地球上现存的任何特征都要古老得多。

古老的月表 月海周围以及月球背面的大部分苍白区域都是月球高地，是月球最古老的岩石所在，其年代比地球上任何古老的岩石都要久远。很多岩石在后来的冲击中破碎变质，但是其中保留下来的白色岩石区域是现存的月球原始地壳。“阿波罗 15 号”的宇航员发现了一块这样的岩石，并将它命名为“起源石”。它是一种斜长岩，可能是随着晶体在熔融的岩浆中形成的。它比我们预期的要年轻，仅有 41 亿年的历史。“阿波罗 16 号”带回了岩龄 43.6 亿年的样本，但是仍比预期中最古老的月球地壳要年轻得多。经测定，一种锆石晶体是月球上最古老的矿物岩粒，距今已有 44.2 亿年的历史。

最早的岩石

当冰雪融化流入加拿大魁北克北部哈德逊湾东岸的冻土带后，就能看见露出地表的岩层。有些岩层非常古老。加拿大麦吉尔大学的唐·弗朗西斯和乔纳森·奥尼尔希望能够找到和努夫亚吉图克绿岩带一样古老的 38 亿年前的岩层。但是美国卡内基研究所的科学家应用最新的年代测定技术，发现这里的岩石竟然有 48 亿年的历史了。这是迄今为止发现的最早的冥古宙岩石。大多数暴露出地表的岩层为变质的火山岩石，也有一些夹层含铁矿石，它们是在海底热液喷口附近产生的岩石，产生过程中需要有活的细菌存在。

40.31 亿年前

阿卡斯塔片麻岩成岩

38 亿年前

后期重轰炸期与冥古代