



美国中学生
课外读物

美国家庭
必备参考书



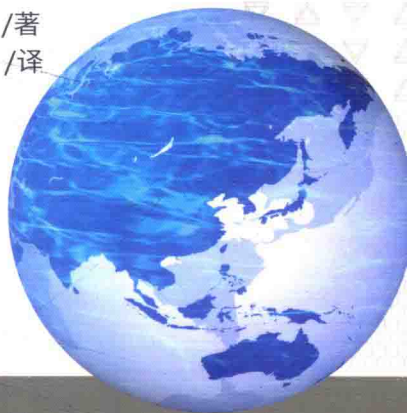
地球的年龄有多大

THE HANDY GEOLOGY ANSWER BOOK

地质详解、测量地球、宇宙中的地球
地球的分层结构、矿物全情、岩石家族
岩石中的化石、化石燃料、磨损地球、造山运动

[美] 帕特丽夏·巴尼斯 - 斯瓦尼
托马斯·E.斯瓦尼
杜瑞庆

/著
/译



历史和科学从未如此引人入胜。

——美国卡耐基图书馆



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



美国中学生
课外读物

美国家庭
必备参考书



地球的年龄有多大

THE HANDY GEOLOGY ANSWER BOOK

地质详解、测量地球、宇宙中的地球
地球的分层结构、矿物全情、岩石家族
岩石中的化石、化石燃料、磨损地球、造山运动

[美] 帕特丽夏·巴尼斯 - 斯瓦尼

托马斯·E.斯瓦尼

杜瑞庆

/著

/译



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

图书在版编目 (CIP) 数据

地球的年龄有多大 / (美) 帕特丽夏·巴尼斯-斯瓦尼, (美) 托马斯·E. 斯瓦尼著; 杜瑞庆译. —上海: 上海科学技术文献出版社, 2017

(美国科学问答·第二辑)

书名原文: The Handy Geology Answer Book

ISBN 978-7-5439-7236-0

I. ①地… II. ①帕…②托…③杜… III. ①地质学—普及读物 IV. ①P5-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 282042 号

The Handy Geology Answer Book

Copyright © 2004 by Visible Ink Press®

Translation rights arranged with the permission of Visible Ink Press.

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: 09-2014-267

责任编辑: 李 莺

封面设计: 周 婧

丛书名: 美国科学问答

书 名: 地球的年龄有多大

[美] 帕特丽夏·巴尼斯-斯瓦尼 托马斯·E. 斯瓦尼 著 杜瑞庆 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: 常熟市人民印刷有限公司

开 本: 720×1000 1/16

印 张: 16

字 数: 269 000

版 次: 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5439-7236-0

定 价: 38.00 元

<http://www.sstlp.com>

作者简介

帕 特丽夏·巴恩斯-斯瓦尼，一位纪实科学作家与科幻小说作家，曾经在世界各国游历长达18年之久。她拥有地质学的学士学位与地质学中心地貌学方面的硕士学位，曾经以地貌学者与海洋学者的身份工作多年。巴恩斯-斯瓦尼在各种杂志与期刊上发表了350余篇文章，并以作者与合作作者身份出版了近30本书籍，其中包括获奖的《纽约图书馆科学案头参考》和《流星：地球的破坏者还是开拓者？》，以及一些在全世界畅销的儿童读物。在她闲暇之余，曾在某地动物收容所参与志愿者工作，并经营一家有机草本农场。

托 马斯·E.斯瓦尼，把他广泛的科学素养与经验、热爱大自然之心、创造性的艺术气质应用于许多领域。他与巴恩斯-斯瓦尼合作，撰写了题材广泛的有关自然界的作品，其中包括古生物学的《恐龙百科问答》，还有气象领域的《天空之怒：环绕地球的怪异天气》、自然灾害领域的《冒险者的极限生存指南》及文献参考方面的《自然史奥瑞克斯指南》。托马斯·E.斯瓦尼热衷于军事艺术、禅、家猫和大自然。

最近，作为美国国家科学基金会的南极洲艺术家与作家计划的参与者，两位作者为展现这片冰雪覆盖大陆极端气候的新书进行了科学研究。当他们不去旅游的时候，居住在纽约偏僻的手指湖地区，与他们的小猫们（福拉福那特，沃夫，帕卜）相伴。

前言

承蒙《指环王》三部曲，电影观众被带到一个名叫“中土世界”的虚幻之地，千变万化的自然景观恍若外星世界。

《指环王》的故事来自于两位伟大的说故事者，作家J. R. R. 托尔金和导演彼得·杰克逊，但是电影中选择的景观却是真实的。这个迷人的幻想世界实际上源自于新西兰的一块通过火山运动与板块构造运动形成与塑造之地，人类对于这两种运动所了解到的就是其令人畏惧的、巨大的破坏力。这是地质学使电影变得更加吸引人的一个例子。

但地质不仅仅是令人惊奇的自然景观。它是岩石、矿物、化石、过程、周期、物理特性和我们令人惊叹的地球的特征。我们被地质所包围，它存在于每个人的后院，也存在于每个人的脚下。地质是描述环境如何变成现在这个样子及地球与其万物的历史发展过程。针对这个吸引人的科学领域，《地球的年龄有多大》从我们的后院到外太空，解答了数百个基础问题。

通过100多幅照片和插图，《地球的年龄有多大》带我们游历了一遍我们的世界。它解答的问题，从微小的钛的结晶过程到长达亿万年的岛屿、山脉、大洲以及地球的形成过程。你将会被带到过去去探寻恐龙化石的秘密，然后跳跃回来感受科学发展的最前沿，你将知晓人工宝石是如何合成的、冰川学家为什么担忧全球变暖对于全球巨大冰架产生影响。

身为科学家和作家，我们是在用我们的经历写作。我们的专业背景与对大自然的热爱使我们得以接触这个世界的地质珍品。我们曾广泛地游历这个地球，开展野外工作，与科学家访谈，进行我们自己“狩猎宝石”的游戏。我们曾经跨越南极洲的横贯山脉，在欧洲的阿尔卑斯山脉远足，穿越海洋，在新西兰或其他地区寻找由于板块漂移引起的抬升的证据。我们曾经视察了美国国内几乎所有的地质“热点”，我们曾在大峡谷徒步旅行，在陨石坑的边缘巡走，观察一个喀斯喀特山脉的活火山；我们曾探测许多休眠火山，经历了几起加利福尼亚地震，

上述这些仅仅是我们探险的一小部分。我们也没有忽视我们的后院，我们正好居住在已经有上万年历史的最新冰川层的边缘，恰恰邻近著名的纽约手指湖区，那里拥有一些由于上百万年的冰川进退雕刻而成的深深的槽谷。

某种程度上，这本书展示了我们游历中发现的精华部分，并且回答了关于我们这个行星地球的最有趣的话题的基本问题。舒服地坐下来，拿起你的岩石锤和放大镜，享受这片地质美景吧！

目录

CONTENTS

前言	1
一 地质详解	1
研究地球	1
历史与地质学	3
著名的地质学家	5
二 测量地球	14
有关地球的观点	14
有关地球的数字	17
记录时间	27
野外工作	34
三 宇宙中的地球	38
地球与宇宙	38
太阳系的形成	40
地球的早期地壳	42
地球与太阳	44
地球母亲, 月球女儿	50
地球与小空间碎片	56
生命适宜之地	60



目录

四 地球的分层结构	66
地球内部的故事	66
地壳、地幔与地核	70
地震学与地震	76
大陆漂移与板块构造说	79
五 矿物全情	91
矿物形式	91
结晶学详情	104
细观常见矿物	109
丰富的宝石	114
六 岩石家族	124
岩石分类	124
熟悉的岩石	135
矿产采掘	143
七 岩石中的化石	155
化石的历史	155
化石的形成	159
测定化石年代	169
恐龙, 人类和其他著名化石	173



Contents

八 化石燃料.....	180
石油生产	183
天然气勘探	192
挖煤	196
当前的问题,受限的未来	200
九 磨损地球.....	204
物质坡移	212
风成沙与沙漠	220
土壤	223
十 造山运动.....	226
山脉的形成	226
山的历史	231
山的进化	236
著名的山脉与山峰	238
词汇表.....	241
译者感言.....	244





地质详解

研究地球

► 什么是地质学 (geology)?

简单地说,地质学就是对地球的研究。就像其他科学词汇,英文“地质学”也是由词根“geo”与后缀“ology”组成。从词根可以追溯到古代的单词,“geo”是从希腊词语演化而来,意思是“地球”;把它作为前缀可构成其他相关领域的词汇,例如:地理学 (geography)、测地学 (geodesy) 和地球物理学 (geophysics)。后缀“ology”从希腊单词“logos”发展而来,意思是“论述”,可大致译为“研究”。

► 地质科学的历史有多久了?

尽管我们现在所知的地质科学是一个相对年轻的领域,但对于地球运动的深入观察可以追溯到久远的古希腊。有一些早期的理论从古代流传到现在。例如:希罗多德(公元前484—约公元前425)对于尼罗河三角洲的形成,还有由于洪水泛滥沉淀下来的沉积物使尼罗河流域土地肥沃起到了重要作用等方面有着较现代的洞察。希腊的历史学家常使用一种叫做“均变论”原理的早期形式即现在的地质过程,以解释过去发生过的地质变化(“均变论”的详述见下文)。



对现在来说,古希腊的其他“地质”观察仿佛富于幻想。比如:亚里士多德(公元前384—公元前322),著名的哲学家与亚历山大大帝的导师,认为火山爆发的高温来自于地下的大火,他同时认为火山洞穴中的空气流动摩擦生热产生了这些大火。

► 地质学都有哪些分支?

地质学是一个宽泛的领域,从古生物学延展到矿物学。这是很容易看到的,地球上与地球外有许多地质地貌和正在发生的地质过程。下面列出了地质学的一些重要分支:

- 经济地质学——研究岩石的利用、开采、买卖交易,譬如对金属矿的搜寻。换句话说,经济地质学是对地质资源的勘探与开发。
- 环境地质学——研究由于地质状况的改变对环境产生的影响,及反过来环境问题对地质的影响。例如:测定河道水流与洪水的相互关系,研究诸如污染与城市发展之类的环境问题对地质的影响。
- 地球化学——研究岩石与矿物的化学成分,化学家们利用这些信息进而判断有关物质内部构造的更多知识。
- 地貌学——研究地形发展,比如:河流随着时间推移的形成与发展。
- 地球物理学——研究地球的物理特性,包括的领域有:涉及解释地球内部构造的地震学、地球的磁场与电场的影响等。
- 冰川地质学——研究冰河与冰原之间的互相影响及其对冰川区域的地质状况的作用。
- 水文学——研究水对区域地质状况的作用,例如:喀斯特地貌中的地下水流,污染是如何随水在地下迁移的。
- 湖沼地质学——研究古代与现代的湖泊地质。
- 海洋地质学——研究洋流与海岸线的地质状况,尤其是它们是如何随着时间变化的。
- 古生物学——研究以化石形式存在的古代生物,包括无脊椎动物、脊椎动物、植物、恐龙等专属分支。
- 石油地质学——研究石油产品是如何形成、发现及提取的。

- 行星学——研究太阳系的行星及其卫星,特别关注的是它们与地球比较的同异信息。
- 火山学——研究火山及火山现象。

► 什么是层序律?

地质学没有真实的法则,毕竟许多与地质相关的变化过程、事件和各种繁多的规则并不总是能适应所有情况,但许多科学家认为总有一些真理在大部分情况下成立,比如层序律。

层序律指的是:古老的岩层位于下面,离现代近的岩层位于上面。当然,事实也并非完全如此,尤其当山脉形成时将岩层折叠起来时,老的岩层就会位于新的岩层上面。

► 在地质学中术语“互切关系”指的是什么?

互切关系指的是较老的岩层被诸如较新的侵入火成岩体切入而形成的关系。在地质学的实际应用中经常使用这种关系,尤其是在探讨断层、岩床和岩脉问题时。

历史与地质学

► 什么是均变论?

均变论(或均变论原则)是一种学说,意思是现今的地质变化过程和自然法则足以解释所有历史上的地质变化。大约1788年,苏格兰地质学家詹姆斯·赫顿(1726—1797)第一次提出这个观点;后来,英国地质学家查尔斯·莱尔(1779—1875)于1830年创造了“均变论”的术语来描述这个学说。



► 什么是水成论、灾变论和火成论？

到18世纪末期，即地质学的“英雄时代”，在地质学术圈出现了三大分支。当时大部分的争论主要是地球上的地表地貌的进化方式。现在，这三大分支的论点依然被大多数地质学家认同。下面介绍这三个主要的阵营（注：这三大论点经常被应用）。

- 水成论——在19世纪末期，水成论是一种流行的学说，尤其受到一些著名地质学家的推崇，例如德国科学家亚伯拉罕·沃纳。这个学说认为这个世界在过去曾经全是海洋，现在所看到的地壳中的岩石，包括玄武岩和花岗岩，都是由于海洋中的沉淀作用而形成的。
- 灾变论——这个学说坚持认为大多数地质结构是由于突然的、剧烈的、灾难性的事件所造成的，比如地震、洪水、行星撞击和火山爆发。今天还有许多地质学家认为地球的面貌是通过漫长的自然过程形成的，有时偶有某些灾难性的事件发生。
- 火成论——苏格兰地质学家詹姆斯·赫顿曾是一位狂热的火成论的拥护者。火成论认为岩石是由海洋及地下的两种变化过程造成的，例如浅海的沉积和火山运动；另外，地形也是由于这些变化过程所引起的，比如



► 是谁第一次提出大陆绕着地球运动的？

尽管德国科学家阿尔弗雷德·魏格纳被认为是第一位提出大陆漂移的人，在同一时代早在他之前就有其他科学家提出了相同观点。其中一位就是美国地质学家理查德·欧文，他认为大陆是随时间互相漂离的。《一篇短文：地球地质的关键问题》解释了他的观点。这篇短文曾经被遗忘了数十年之久，直到1912年魏格纳出版了他关于大陆漂移专著时才提到。（关于阿尔弗雷德·魏格纳的更多信息，请查阅“地球的分层结构”。）

熔化的岩浆致使山脉抬升。这个学说也支持地球是由一个熔融体凝固而成的。赫顿在他的《地球的理论》一书中提出了这些理念。

著名的地质学家

► 格奥尔格乌斯·阿格里科拉是谁？

格奥尔格乌斯·阿格里科拉(原名吉奥格·鲍尔, 1494—1555), 一位德国科学家, 被许多学者称为“矿物学之父”。阿格里科拉最初是一位研究古代文本与语言的语言学者; 后来, 他在当时欧洲最大的矿区工作, 矿区位于德国的约阿希姆斯塔尔附近。由于这次经历, 促使他创作了7本关于地质学的书, 为后来长达两个世纪的现代地质学发展奠定了基础。他的贡献在于编制了他那个时代有关采矿和熔炼的百科知识, 并提出通过诸如硬度和颜色等可观察到的矿物特性进行矿物分类的建议方法。

► 尼古拉斯·斯丹诺为地质学做出了什么贡献？

尼古拉斯·斯丹诺(1638—1686), 是一位丹麦的地质学家与解剖学家。1669年, 他确定了在马耳他的地中海岛屿售卖的能够带来好运的“舌石”实际上是鲨鱼牙齿化石。他定义了斯丹诺定律, 即层序叠加律。这个理论认为在任何给定的地层中, 底层的岩石最先形成、最古老。

斯丹诺提出了其他两个定律: 岩石层最早形成时是水平的(通常称作“原始水平律”); 地面的岩石露头只是岩石层的边缘部分, 是经过诸如侵蚀和地震的地质过程形成的(通常称作“隐匿分层定理”)。现在这些定理仍被人们赞同。有些人把斯丹诺看做是“现代地质学之父”, 这样的头衔也属于其他早期的地质学家, 其中包括詹姆斯·赫顿。

► 亚伯拉罕·戈特洛布·维尔纳是谁？

亚伯拉罕·戈特洛布·维尔纳(1750—1817), 德国地质学家与矿物学



家。他第一次基于矿物外部特征对矿物进行系统分类。他对水成论笃信不移。

► 谁创建了英国地质调查局?

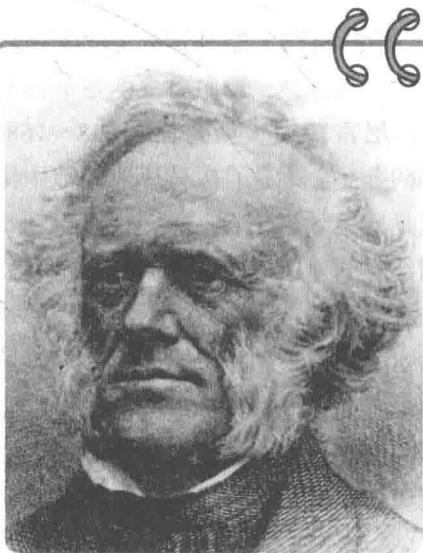
亨利·托马斯·贝什爵士(1796—1855),英国地质学家。他创建了英国地质调查局,官方认可地质调查局成立于1835年,当时贝什被任命为局长。他在国际上的知名度来自于他对英国、法国、瑞士及牙买加的地质研究。

► 詹姆斯·赫顿对地质学的贡献有哪些?

詹姆斯·赫顿(1726—1797),苏格兰自然哲学家,他对地质学的贡献更为重大,某些人把他看做是“现代地质学之父”。赫顿是火成论的狂热拥护者。他是《地球的理论》的作者,这本书强调了地质学的一些基本法则,包括地球的年龄超过6 000年,地热能使变质岩类物质产生的过程与地下水中由沉淀物的沉积形成岩石的过程一样重要,某些特定的作用于现在地形的法则同样适用于过去,这个原理称为“均变论”。

► 著名的地质学家是如何扩展詹姆斯·赫顿的理论的?

英国地质学家查尔斯·莱尔(1779—1875)在他的《地质学原理》一书中发展了詹姆斯·赫顿的理论。他是最早把地质学描述为对地球的组成、历史、结构和变化过程的研究的科学家之一。莱尔相信地质地貌是随时间流转以恒定的速度被侵蚀、塑造和成形的。他是最早创造“均变论”这个术语的人。



查尔斯·莱尔(1779—1875)曾经战斗在研究形成地球地质的组成、构造和发展过程的最前线。美国国会图书馆



为什么总是把塞奇威克与莫其森的名字放在一起?

亚当·塞奇威克(1785—1873)和洛德维克·英佩·莫其森爵士(1792—1871)的名字经常成对出现是因为他们对于理解岩层的共同贡献。塞奇威克是英国的一名地质学家,在威尔士命名了寒武系岩层,使它成为全球其他地区寒武系岩石的标准。莫其森是苏格兰的一名地质学家,对地质的研究最初缘于业余时的观察。他最终于1838年出版了《志留系》。一年以后,他和塞奇威克在英格兰西南部定义了泥盆纪,后来也成为全球划分该时期的一个标准。

谁出版了第一张美国简易地质图?

第一张美国简易地质图是由出生于苏格兰的商人威廉·麦克卢尔(1763—1840)出版的。他在1796年成为美国公民,于1809年编写了《美国地质情况的观察报告》,那张地质图就在其中。

谁是英国地质学的奠基人?

威廉·史密斯(1769—1839),曾经是一位受雇于运河建筑的测量员,最终成为著名的英国地质学的奠基人。当他从事运河工作时,通过观察记录了大量丰富的笔记。他最终于1815年出版了《英格兰与威尔士的地层略图》,这是这种种类第一张真正的地质图,也是使得史密斯成名的地质图。有时史密斯与赫顿、斯丹诺一起,被称为“现代地质学之父”。

约翰·普莱费尔是谁?

苏格兰地质学家约翰·普莱费尔(1748—1819)与当时同时代的地质学家



的观点不同,他提出河谷是经过河流的切割而成,这是现在容易接受的观点。他的许多同行在当时却认为河谷的形成是在陆地的灾变性抬升过程中形成的,河流顺河谷而流是后来的事情。

► 詹姆斯·豪尔对地质学有什么贡献?

詹姆斯·豪尔(1811—1898),美国地质学家,公认的造山运动理论的创立者之一。豪尔是第一个撰写美国各地上石炭统地层下面发现的所有化石记录人。在他那个时代,他被称为美国首席无脊椎古生物学家。

► 另一位詹姆斯·豪尔是谁?

苏格兰地质学家詹姆斯·豪尔爵士(1761—1832),是把实验研究作为地质研究辅助手段的创立者之一。例如,他的一个实验证实了熔岩冷却时如何生成不同种类的岩石。豪尔也是詹姆斯·赫顿和约翰·普莱费尔的好朋友。他的岩石研究帮助证实了赫顿关于侵入岩形成的大部分观点。

► 路易斯·阿加西是谁?

让·路易斯·鲁道夫·阿加西(1807—1873),以路易斯·阿加西为世人所知,生于瑞士的地质学家和古生物学家,他引入了“冰期”的概念。“冰期”指的是当冰川和冰原覆盖大部分北部半球的一段时期。阿加西于1837年在瑞士自然科学学会上发表的著名演讲中宣布了这个令人吃惊的理论。“冰期”这个术语是从卡尔·斯奇姆珀(1803—1867)那里吸收而来,他在一年前创造了这个单词。阿加西后来搬到美国居住,在那里,直到他死亡,他都是地质学与古生物学的主导力量。有趣的是,他是当时排斥



路易斯·阿加西(1807—1873),第一位提出地球经历过几次冰期的地质学家。美国国会图书馆