



科普经典译丛
KEPU JINGDIAN YICONG

活力地球

揭开地球神秘的面纱

◎ [美] 乔恩·埃里克森 著

◎ 张元元 石头 译



首都师范大学出版社
CAPITAL NORMAL UNIVERSITY PRESS



板块构造

PLATE TECTONICS

地球表面、半熔融的地幔之上，板块在运动。

地球一直在改变，板块构造可以解释这一切：海底的扩张、大陆的离合、山脉的形成、洋流的动向、气候的变化……

人类的探索始于“吻合的海岸线”。

KEPU JINGDIAN YICONG

科普经典译丛



活力地球

揭开地球神秘的面纱 板块构造

◎〔美〕乔恩·埃里克森 著

◎张元元 石头 译



首都师范大学出版社
CAPITAL NORMAL UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

揭开地球神秘的面纱：板块构造/(美)乔恩·埃里克森著；张元元，石头译.
—北京：首都师范大学出版社，2010.7

(科普经典译丛. 活力地球)

ISBN 978-7-5656-0047-0

I. ①揭… II. ①乔… ②张… ③石… III. ①大地板块构造—普及读物
IV. ①P542-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第130748号

活力地球丛书

JIEKAI DIQIU SHENMI DE MIANSHA—BANKUAI GOUZAO

揭开地球神秘的面纱——板块构造（修订版）

[美] 乔恩·埃里克森 著

张元元 石 头 译

项目统筹 杨林玉

版权引进 杨小兵 喜崇爽

责任编辑 喜崇爽

封面设计 王征发

责任校对 李佳艺

责任印制 沈 露

首都师范大学出版社出版发行

地 址 北京西三环北路105号

邮 编 100048

电 话 010-68418523（总编室） 68982468（发行部）

网 址 www.cnupn.com.cn

三河市鑫利来印刷有限公司印刷

全国新华书店发行

版 次 2010年7月第1版

印 次 2010年7月第1次印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 17.25

字 数 242千

定 价 39.00元

版权所有 违者必究

如有质量问题，请与出版社联系退换

致谢

著者感谢美国国家航空航天局（NASA），美国国家海洋和大气局（NOAA），美国空军，美国农业部林业局，美国能源部，美国地质调查局（USGS），以及美国海军为本书提供图片。

同时，著者也感谢责任编辑Frank K. Darmstadt先生，副编辑Cynthia Yazbek，以及对出版过程中资料档案其他工作人员的大力支持，表示衷心的感谢。

序言

自古以来，人们对地球的认识已通过自身经历或邻居之间的交谈获得，以及后来越过语言障碍，通过更广范围的交流等方式形成。随着现代科学和信息技术的进步，人们对地球的了解开始形成逐步的共识。尽管地球曾一直被认为是静止不动的，但科学发现它是运动变化的，并且这种运动是超越了人所能感知的程度。类似的例子还有太阳系之外发现的10个新的星球，这又一次证实了与时俱进的科学超越于普遍的经验。

采用科学准确的语言和考究的态度，Jon Erickson 通过《揭开地球神秘的面纱——板块构造》这本书来拓宽人们对地质科学中时间和空间维度的认识。本书采用循序渐进的方式进行编排，第一章首先依次对那些近百年来对地质学基本原则和关系有贡献的科学家表示感谢。继而本书向读者介绍了早在太古代古老地质事件，从而说明地球地壳、地幔和岩石圈的演化和变化。

在地表下面一定深度，大陆板块在半熔融状态的地幔之上的运动，阐释了板块构造的真谛。这从本质上直接或间接地解释了地质历史上地球表面出现的运动和变形。从广义上讲，这些运动和变形包括大陆的漂移，洋盆的变化以及山脉的形成，并在下面的章节中分别论述。狭义上讲，板块构造可以

解释火山和地震。板块构造甚至更微妙或者间接地反映洋流和气候变化，因为这些变化均可以通过海底化石和考古遗迹的分布显现出来。尽管地质学在字面上仅代表了地球科学，但最后一章中它的范畴被延伸，就像板块构造可以被应用于推测其他相邻行星的性质。

——博士Ernest H. Muller

简介

囊括雄伟山脉，巨型裂谷和深海海盆等各个方面的地球历史及构造都可以通过地壳板块的活动论来解释。地球外部圈层是由约12个板块组合而成，这些板块都是由上地幔或者岩石圈地幔，以及上覆的大陆和大洋地壳等组成，并且位于上地幔半熔融岩石上，携带着大陆一起运动。板块的运动可以阐释发生在地球表面的各种地质活动，并且以这种方式，板块运动持续地改变和重塑地表。

岩石圈板块的相互作用在全球构造中或在解释改造地表的许多地质事件中都具有重要的意义。板块构造的理论清楚地解释了地球的改变是怎样发生的。当两个板块碰撞时，对于大陆会形成山脉，而在洋底则形成岛弧。当洋壳俯冲到陆壳下面时，会产生错综复杂的山系。同时，板块的裂解可以产生新的大陆和海洋。事实上，大陆之间的分裂和聚合从最开始就一直持续进行着。

本书首先介绍了构造地质理论形成的基础地质发现，随后展示了地球从最初的形成到现在的演化历程，详细界定了地球表面大陆运动的驱动力，仔细分析了运动的地壳板块及其之间的相互作用和相互影响，并揭露出板块构造最好的证据是怎样在海底发现的，以及洋壳是怎么在洋中脊处形成的。

随后，本书继续讨论了洋底板块俯冲及相应的海底扩张的证据。在阐释板块构造的基本性质之后，板块构造理论被应用到解释山脉的形成——

这是改造地球的强大构造动力在地表的最显著的表现形式。阐释了板块构造是怎样在塑造地球过程中发挥重要作用之后，书中继续解释了它是怎样使我们的星球变成有生命的行星，并且详细分析了地球上生命必不可少的各种循环系统。

这次的校正及修订版对板块构造理论进行了较大的延伸。这本书使原来难懂或偶尔存在争议的理论变得更易于理解。科学热爱者可以尽情地享受这本杰出的著作，更好地理解自然力改造地球的过程。地质学和地球科学的学生更会发现这本书是一本有助于他们学习的参考书。书中插有迷人的图片、详细的解释，以及有用的表格，这样，读者可以尽兴地阅读这本清晰易懂的著作。可能没有其他理论可以像板块构造理论一样，改变我们对居住地球的认识。

目录

简表	V
致谢	VII
序言	IX
简介	XI
1 大陆漂移	
板块构造的发现	
地质学的起源 / 吻合的海岸线 / 漂移的证据	
大陆运动 / 古地磁 / 岩石圈板块	1
2 历史大地构造学	
地球历史简介	
太古代构造演化 / 元古宙的构造 / 古生代构造	
中生代构造 / 新生代构造	25
3 地幔对流	
大陆漂移的驱动力	
热流 / 地核 / 地幔	
地幔对流 / 大陆裂谷 / 超大陆	49

4	地壳板块	
	运动的岩石圈	
	大陆地壳 / 大洋地壳 / 海沟	
	热点 / 板块运动 / 地震 / 断裂带	71
5	海底扩张	
	洋中脊	
	海洋的奥秘 / 大西洋洋中脊 / 海底扩张 / 玄武质岩浆	
	磁条带 / 海山和海底平顶山 / 深海红黏土	95
6	俯冲带	
	深海海沟	
	大洋海沟 / 海底地形 / 板块俯冲 / 俯冲的板块	
	岛弧 / 环太平洋火环 / 火山喷发	119
7	造山作用	
	地壳隆升与剥蚀	
	造山期次 / 板块碰撞 / 隆升和剥蚀	
	岩浆活动 / 矿床 / 地热能源	144
8	岩石循环	
	生态平衡	
	大气圈与海洋 / 热量平衡 / 水循环 / 碳循环	
	氮循环 / 碳酸盐岩 / 火山	169
9	构造活动与生命	
	形成一个生机勃勃的地球	
	生物圈 / 岩石圈 / 构造运动与生物演化	
	构造活动与生物灭绝 / 构造运动与气候变化 / 未来的构造运动	193

10 太空中的构造

太阳系探秘

月球的构造 / 水星的构造 / 金星的构造

火星的构造 / 木星的构造 / 土星的构造

天王星的构造 / 海卫一的构造

217

结语

245

专业术语

247

译后记

259

简表

1.地质年代表	9
2.大陆漂移	45
3.大洋深循环历史	46
4.地质定年中常用的放射性同位素	54
5.地球地壳的组成	73
6.地壳的分类	75
7.地震各参数汇总	88
8.地磁场倒转和其他地质现象的对比（百万年）	111
9.世界上的大洋海沟	121
10.美国各州的最高山脉（峰）	148
11.不同表面的反射率	177
12.生物圈的演化	198
13.溢流玄武岩火山作用与物质灭绝	201
14.主要的冰期事件	214
15.火星上的主要火山	227

1

大陆漂移 板块构造的发现

早期地图制作者绘制出第一张地图时，发现了一些特殊现象，如非洲大陆和南美大陆像巨型七巧板一样可以拼合在一起。同时，根据两个大陆上可以互相匹配的山脉以及被广阔大洋分开的同种生物等许多线索，我们可以推测出它们曾经应是一个联合大陆，随后发生裂解，最终到达现在的位置。但是，这对大多数学者来说是一个荒诞的想法，所以他们发明了其他各种理论来解释这些特殊现象。本章就详细介绍了板块构造理论产生的重大地质发现。

地质学的起源

古希腊人曾一直为祸害人类文明的破坏性地质事件寻找科学合理的解释。在公元前6世纪，希腊哲学家泰利斯认为世界是漂浮在水上的，这样就可以解释由地震产生的会喷发泥浆和水的喷泉。公元前5世纪，希腊哲学家阿那克萨哥拉提出地震是由于地球各组分破裂塌陷产生。并且在详细观察地震和火山喷发之后，阿那克萨哥拉认为地震是火山强烈肆虐的火花使脆弱的地壳发生震动、破裂，最终发生塌陷而形成的。

公元前4世纪，希腊哲学家柏拉图是最早研究火山起源的学者之一。他认为只有热风在地下深处高压封闭的前提下才会导致火山爆发。当热风吹过一条被柏拉图称为Pyriphlegathon的炽热的大河流时，热风就会着火，随后燃烧的风会上升到地表，在火山口处喷发出来。

古希腊地理学者斯特雷波主张火山是大型的安全阀，可以周期性地将球内部聚集的压力释放出来。他第一个认识到位于意大利那不勒斯附近的维苏威山实际上并不是一座平常的山，而是一座火山（图1）。在公元79年8月24日，维苏威火山爆发，16,000人死亡，当然还有这些丧生的庞培城市民也知道它实际上是一座火山。

罗马政治家、哲学家塞涅卡提出了一个关于火山作用的超越时代的观点。他认为火山是熔融物质从地下储库喷发到地表的出口。罗马作家小普林尼详细描述了公元79年维苏威火山爆发，成为了第一个火山学家。他的叔叔，老普林尼也一直专心研究维苏威火山，但不幸的是他在这次的火山爆发中被夺去生命。

文艺复兴晚期，中世纪整个欧洲沉寂了约1000年的对自然现象的探索终于开始复苏。在18世纪初期，法国化学家尼古拉斯·勒默里致力于研究火山是怎么爆发的，并且他认识到铁屑、硫和水的混合物可以自燃，并且释放出流体和热物质。根据勒默里的观点，硫在地球深部化学活泼性的加强是产生地震和大火灾的原因。他认为火山是某些物质在遇到空气和水时，化学性质活跃并发生自燃而产生的。

法国博物学家乔治斯·德·布丰同意这一观点，并指出火山活动的中心并没有深到地球内部，而是接近于地表，暴露于风雨之中。这个观点后来发展成为水成论，这是用罗马海神尼普顿的名字命名。德国地质学家亚伯拉罕·魏尔纳就是主要的水成论拥护者之一。他坚持认为一旦黄铁矿与水接触，它就会产生热量，加热并点燃煤，煤附近的岩石就会发生熔融，继而喷出地表。



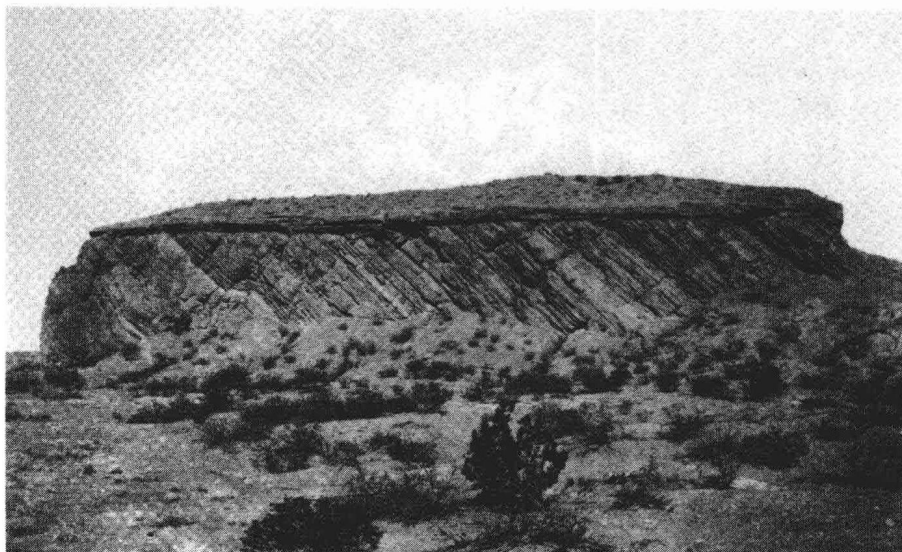
图1

1944年维苏威火山爆发
(图片由美国地质
调查局提供)

苏格兰地质学家詹姆斯·赫顿，被称为现代地质之父，一直反对水成论，并建立了一个与之对立的理论——火成论，这采用了希腊死亡之神普路托的名字来命名。他发现地球上存在沉积层的倒转、侵蚀，之上又被年轻的沉积物覆盖的不整合现象（图2），因而他认为地球的历史是非常漫长和复

图2

新墨西哥州索科罗县
San Lorenzo 附近小平
顶山上角度不整合的
现象，反映出地质年
代缺失



杂的。赫顿认为较老岩石是在海底高压下固结成岩，最后借助地球地热扩散的力量上升到地表，并且地表上年轻的岩石都是来源于较老岩石的风化物。这个理论的基本前提是地球深部是处于持续无序的动荡状态，并且熔融的物质可以通过裂缝或者裂隙上升至地表，这样也就出现了火山爆发。但是，这个理论一直没有得到验证，直到19世纪中期第一次对维苏威火山进行了详细的研究，这才为火成论提供了决定性的证据。

赫顿根据对地质营力缓慢作用过程的认识，于1785年提出了均变论。简言之，均变论是指现在是研究过去的钥匙，也就是将今论古。换句话说，均变论提出了改造地球的力是均衡的，从古至今都是以相同的速度和相同的方式影响着地球，所以地球是地质力长期作用产生的。并且赫顿猜测这些缓慢变化背后的主要动力来源是地球自身内部的热量。早期地质学家认为地球内部的岩石是熔融的，这一观点被已爆发的火山所证实（图3）。

深矿井中温度随深度的增加逐渐升高，这进一步证实了岩石朝地球内部温度持续升高。赫顿称之为地球巨大的热引擎，并且认为这些热量是早期处于熔融状态下的地球遗留下来的。英国地质学家赖尔·查尔斯，出生于1797年，同年赫顿去世。他继承发扬了赫顿的研究，使均变论被全世界广泛接受。赖尔整理了所有西欧关于岩石和地貌的研究，并且说明它们可以通过现今的地质营力给予足够的作用时间产生。

1830年，赖尔进一步发展了均变论，并据此提出岩层及其他地质构造都

是随时间以恒定的速率形成，并接受侵蚀和改造的。然而，许多地质学家认为均变论并不能完全充分地解释所有的地质营力。过去的地质事件似乎并不是缓慢演化形成的，而是突然发生的，从而出现了与均变论相反的理论——灾变论，法国的地质学家乔治·居维叶就是灾变论最忠实的拥护者，他相信地球的历史就是一系列的灾难史，并且认为地质记录上的空白和大量物种的灭绝都支持了这一理论。

在过去一段时间内，巩固现代地质学基础的其他理论也逐渐形成。17世

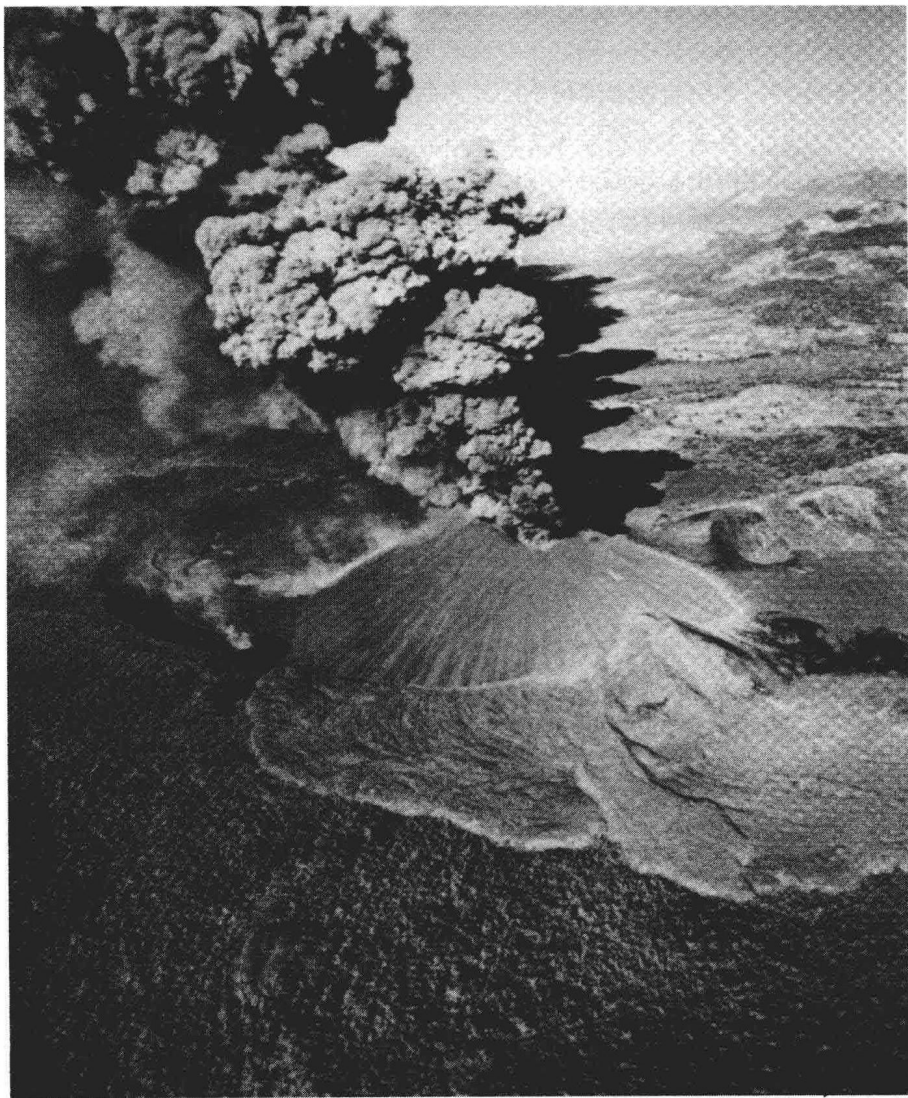


图3

1968年11月尼加拉瓜中西部与西北太平洋喀斯喀特山脉相似的火山链塞鲁尼格魯的爆发情形