[美] W.J.基奥斯 R.I.蒂林 著
王大宏 赵根模 赵国敏 译
赵 明 张彦华 校

活跃的地球

板块构造趣谈

THIS DYNAMIC EARTH:
THE STORY OF PLATE TECTONICS

地震出版社

[美] W.J.基奥斯　R
王大宏　赵根模　赵国敏　译
赵　明　张彦华　校

活跃的地球

板块构造趣谈

THIS DYNAMIC EARTH:
THE STORY OF PLATE TECTONICS

地震出版社

图书在版编目（CIP）数据

活跃的地球：板块构造趣谈 /（美）基奥斯（Kious,W.J.），（美）蒂林（Tilling,R.I.）著；王大宏，赵根模，赵国敏译 . — 北京：地震出版社，2015.9

书名原文：This dynamic earth:the story of plate tectonics

ISBN 978-7-5028-4546-9

Ⅰ . ①活… Ⅱ . ①基… ②蒂… ③王… ④赵… ⑤赵… Ⅲ . ①板块构造—普及读物 Ⅳ . ① P541-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 002638 号

地震版 XM3126

著作权合同登记 图字：01-2011-6458 号

活跃的地球——板块构造趣谈

[美] W.J. 基奥斯 R.I. 蒂林 著

王大宏 赵根模 赵国敏 译

赵 明 张彦华 校

责任编辑：樊 钰

责任校对：李 玲

出版发行：地震出版社

北京市海淀区民族大学南路9号 邮编：100081

发行部：68423031 68467993 传真：88421706

门市部：68467991 传真：68467991

总编室：68462709 68423029 传真：68455221

http: //www.dzpress.com.cn

经销：全国各地新华书店

印刷：北京地大天成印务有限公司

版（印）次：2015年9月第一版 2015年9月第一次印刷

开本：787 × 1092 1/16

字数：140千字

印张：8.25

印数：0001~6000

书号：ISBN 978-7-5028-4546-9/P (5238)

定价：58.00元

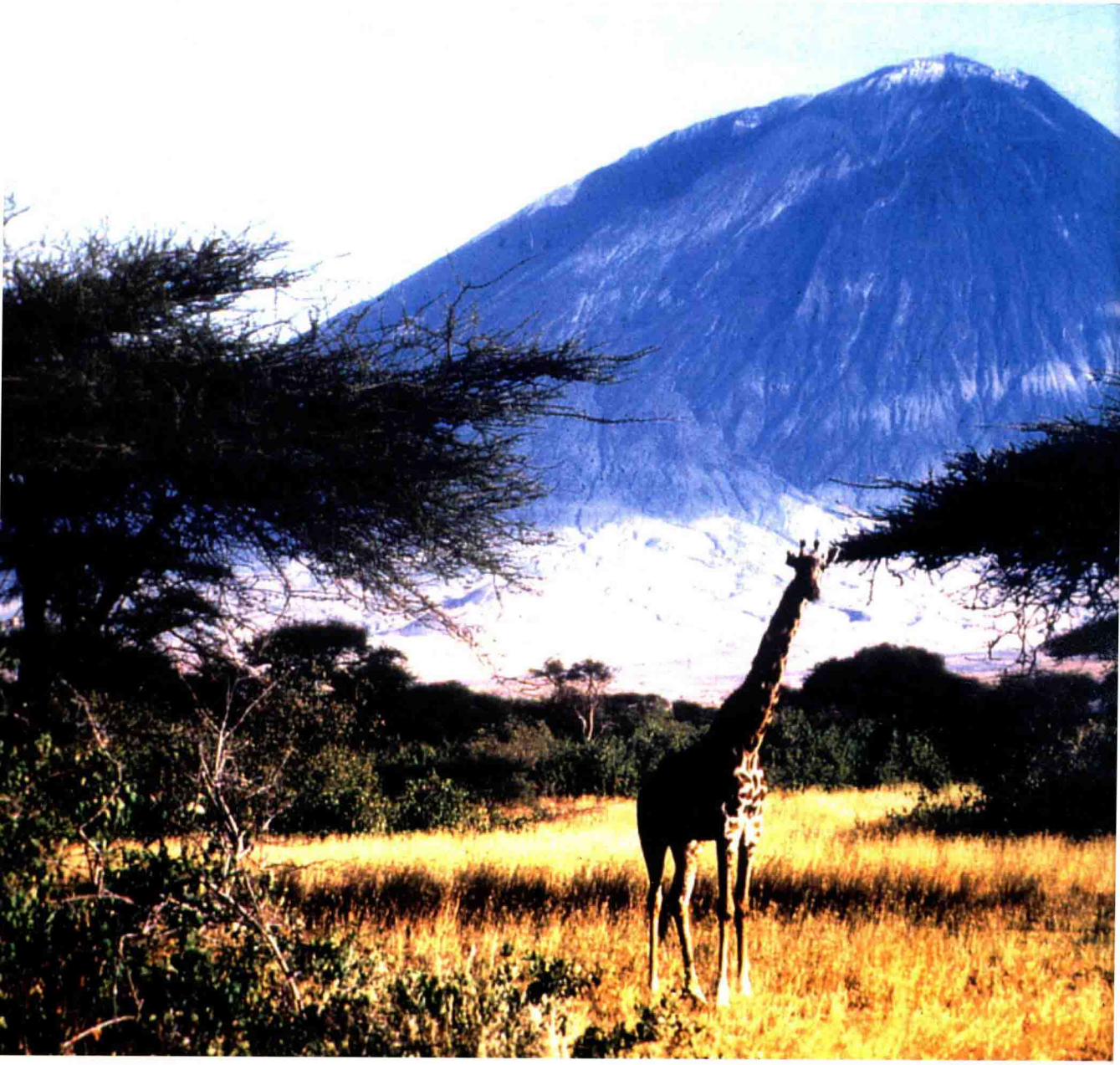
版权所有 翻印必究

（图书出现印装问题，本社负责调换）

译者的话

“科学技术是第一生产力”，中国改革开放的总设计师邓小平的这句名言已成为指导我国经济建设的重要原则。地球科学是人类认识自己居住星球的科学。历史证明，人类科学技术的重大发展都是以地球科学的进步和发现为开端的。

本书是美国地质调查局（USGS）向第 31 届国际地质大会推荐的中级科普读物，详细、生动地介绍了地球板块构造理论的缘起、曲折历史及其对人类生存的重要意义。首次披露了许多鲜为人知的重要史实，给人启迪。全书由美国权威地质学家编撰，深入浅出，通俗易懂，图文并茂，是一本难得的好书，适合于广大青少年读者阅读。



东非裂谷带的奥尔德尼奥伦盖活火山，在这里非洲正在被板块构造活动过程拉开

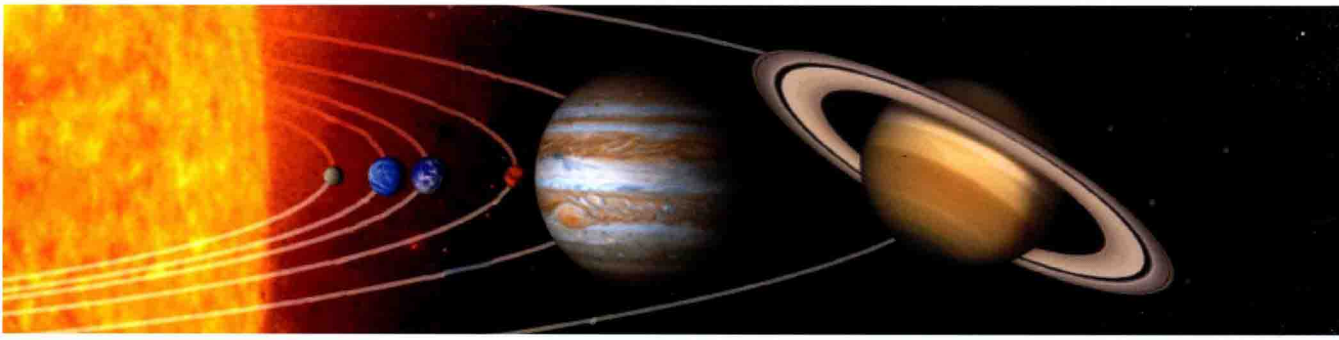
此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

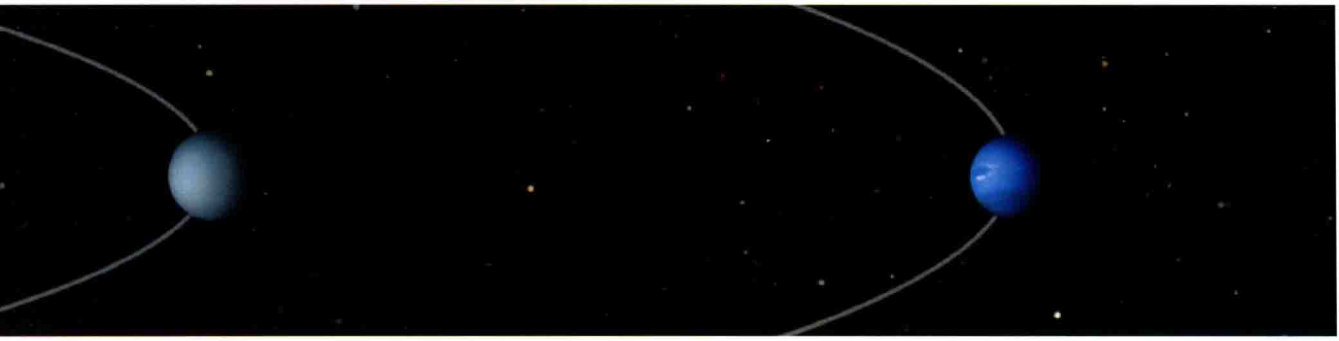
前　言

在 1960 年年初，板块构造学说的出现导致地球科学的一场革命。从那时起科学家们检验并完善了这个理论。一种可以更完美地阐释地球的理论已被证实无误。众所周知，板块构造直接或间接地影响了几乎所有的地质过程，无论是在过去抑或是现在都是如此。事实上，地球表面正在不断地移动的思想已经深刻地改变了我们观察世界的方法。地球受到板块构造力量和结果的摆布，在很少或完全没有任何警告的情况下，发生地震或火山喷发，其能量远远超过我们人类所能生产的能量。

然而，我们无法控制板块构造过程，我们目前还需要更多地了解板块构造，更好地感受地球的美丽。尽管它偶尔地显露其巨大的能量。

本书简要介绍了有关板块构造的理念，补充了 1994 年美国地质调查局和史密森学会出版的《动态行星》一书（见推荐书目）的视图和文字信息。本书高度赞扬了那些为推进板块构造理论作出重要贡献的人们。尽管板块构造理论已经被广泛地接受，但我们仍然面临科学的挑战。板块构造理论引发的地球科学革命尚未完成。





目　录

历史回顾 …… 1

地球的内部 …… 5

什么是构造板块 …… 9

阿尔弗雷德·劳塞·魏格纳：运动的大陆 …… 11

澳大利亚的极地恐龙 …… 15

大陆漂移理论的发展 …… 21

海底测绘 …… 21

地磁条带与极性反转 …… 25

地磁条带与同位素时钟 …… 26

海底扩张与海洋地壳的循环 …… 30

哈里·哈蒙德·赫斯：海底扩张说 …… 33

勘探深部洋底：热泉和奇异的生物 …… 35

地震集中区域 …… 43

了解板块运动 …… 45

离散型边界 …… 47

聚合型边界 …… 57

海－陆板块聚合 …… 57

洋－洋板块聚合 …… 60

陆－陆板块聚合 …… 60

喜马拉雅山脉：两个大陆板块碰撞的结果 …… 64

转换边界 …… 68

板块边界区 …… 68

移动速率 …… 70

“热点”：地幔热柱 …… 74

J.T. 威尔逊：发现转换断层和热点 …… 80

夏威夷热点的狭长痕迹 …… 83

尚未解答的一些问题 …… 85

什么力量驱动板块？ …… 85

古陆桥裂开之前发生了什么？ …… 88

宇宙板块构造 …… 90

板块运动与人类生活 …… 93

自然灾害 …… 93

地震 …… 94

火山喷发 …… 104

海啸 …… 110

自然资源 …… 112

肥沃的土地 …… 113

矿床 …… 115

矿产燃料 …… 117

地热能 …… 118

严峻的挑战 …… 118

推荐书目（延伸阅读） …… 120

历史回顾

在地质词汇中，“plate”的意思是一块巨大的坚硬板状岩块；“tectonics”来源于希腊语词根“构造”。把这两个词合到一起，我们就得到一个新词汇“plate tectonics”，该词意指板块是如何构建地球表面的。“板块构造理论”说明地球的最外层是由一些或大或小的板块组成，并且这些板块处于高温、可流动的物质（软流层）之上，它们的相对位置处在变动中。在板块构造理论提出之前，有些人已经认为目前的几个大陆是很久以前就存在的更大的陆地的碎块。图 1~ 图 3 展示了超级大陆古陆桥（在希腊语中意思是“所有的陆地”）的分裂。这种分裂在“大陆漂移理论”中被提及。

板块构造是一个 20 世纪 60 年代初提出的新的科学概念，但这个概念已经更新了我们对自己居住的星球的理解。这一理论将地球科学的一些分支学科联系起来，这些分支学科包括古生物学（对化石的研究）、地震学（对地震的研究）。对于科学家猜测了几个世纪的问题，这个理论给出了解释——例如：为什么地震和火山爆发发生在地球上的一些特定地区？像阿尔卑斯和喜马拉雅这样的山脉是怎么样形成的？

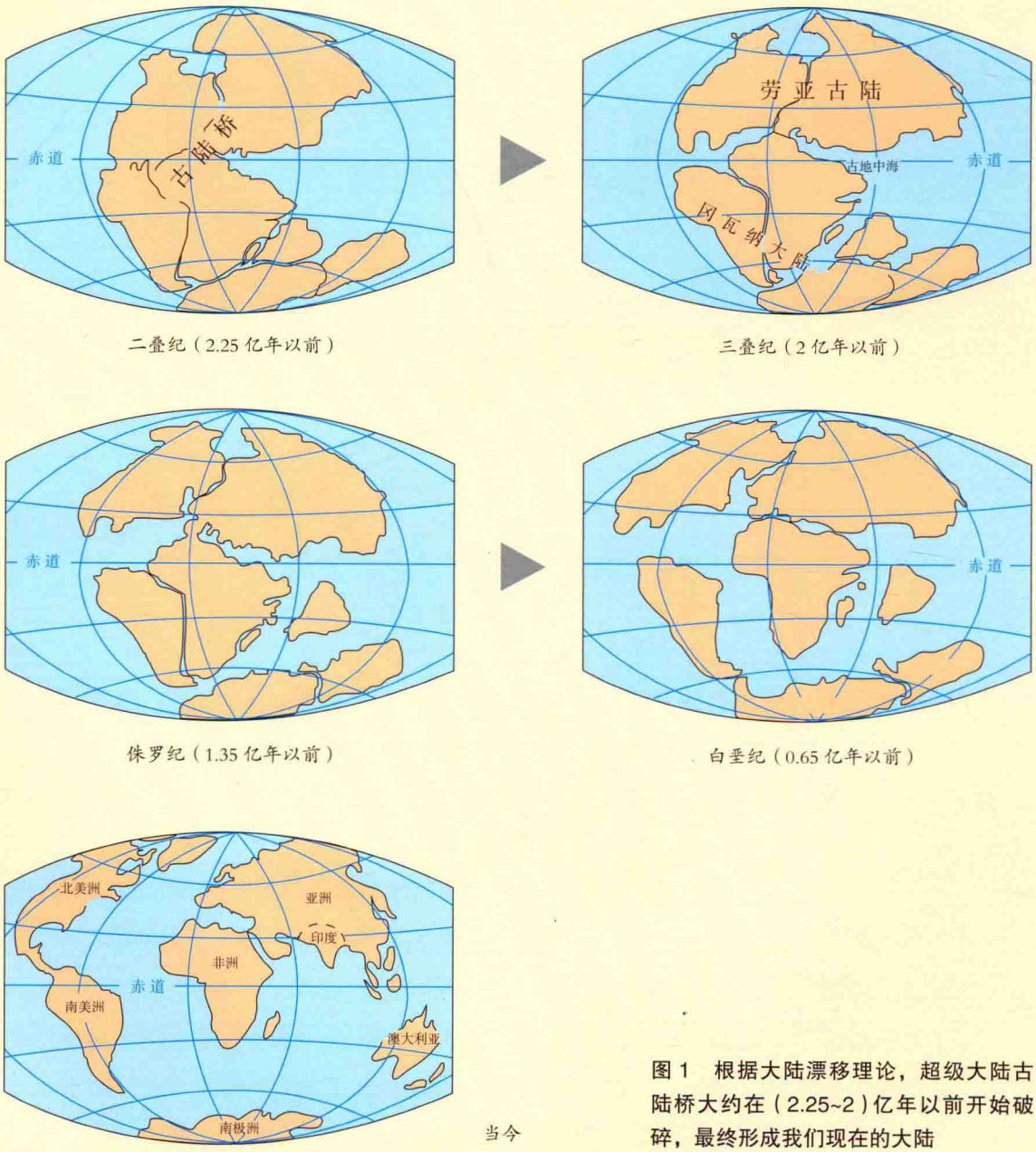


图 1　根据大陆漂移理论，超级大陆古陆桥大约在（2.25~2）亿年以前开始破碎，最终形成我们现在的大陆

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

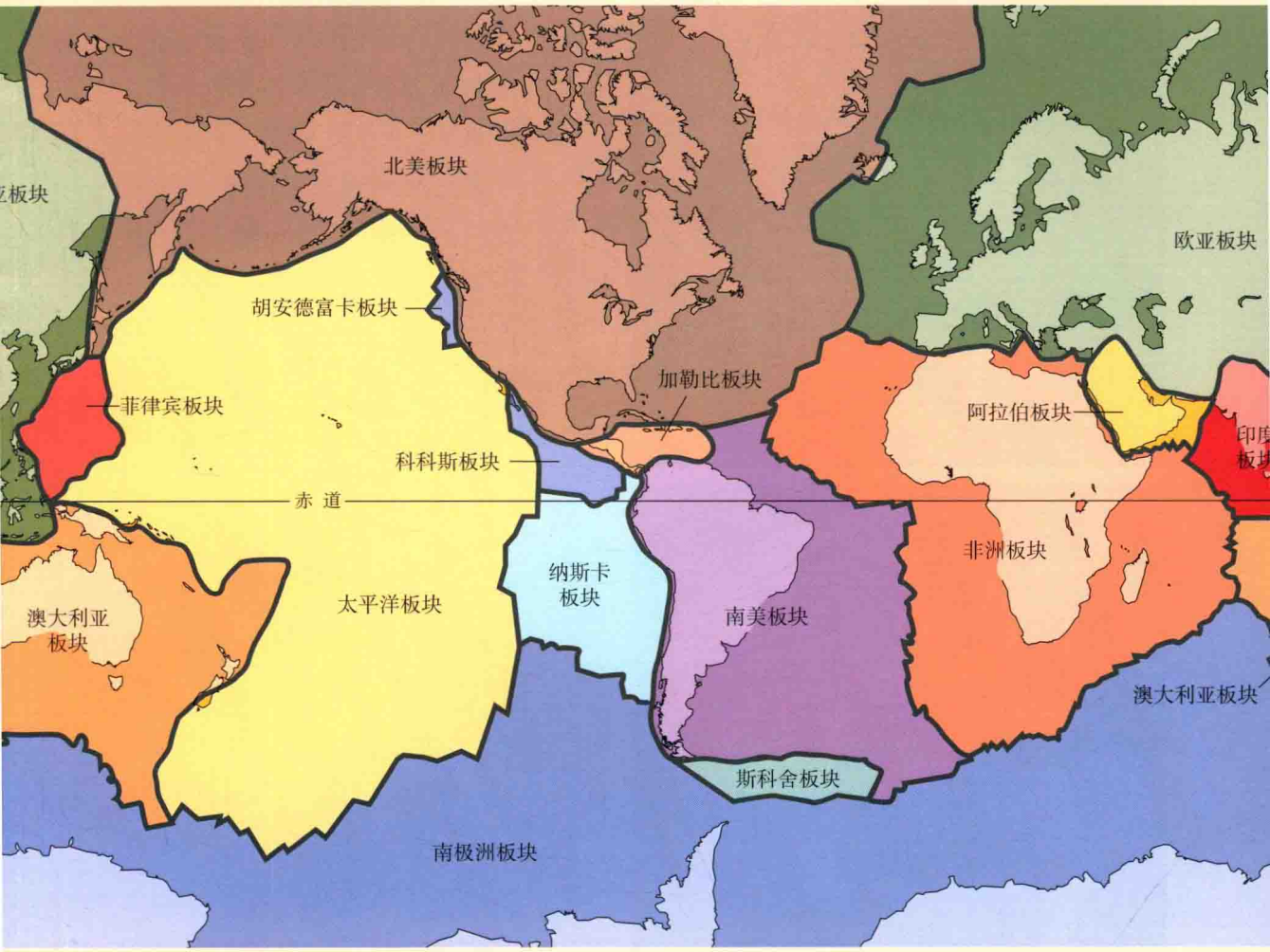


图 2　我们居住的地球岩石圈分为十几个刚性板片（地质学家称其为构造板块），它们正在相对于另一板块运动

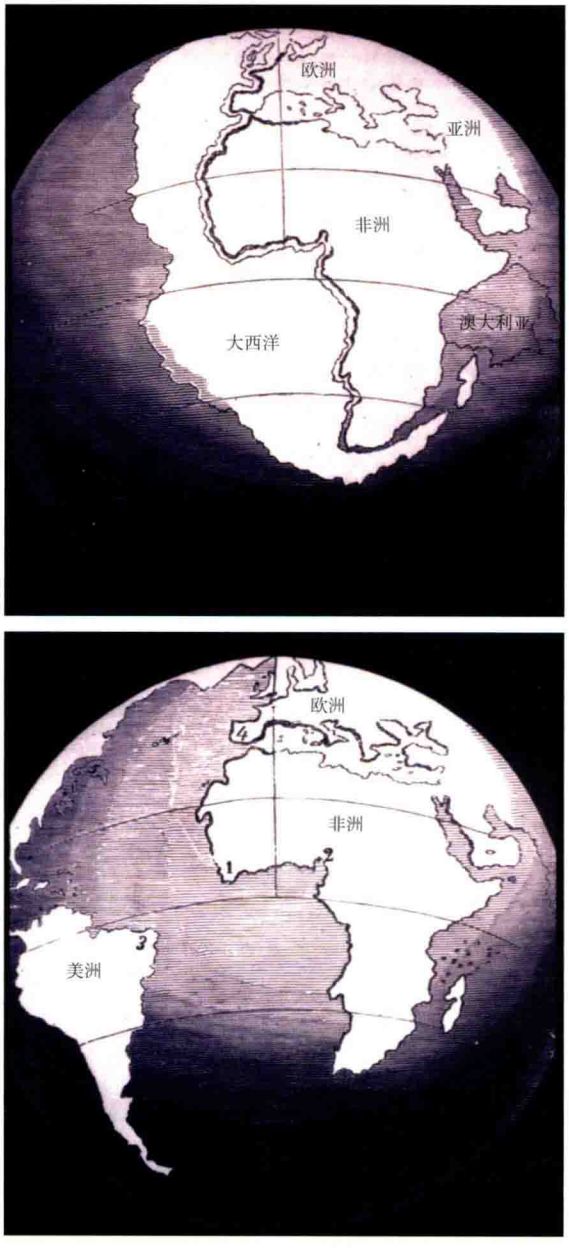


图 3　1858 年，地理学家安东尼奥·斯奈德·佩莱格里尼（Antonio Snider-Pellegrini）绘制了这两张地图，表明美洲和非洲大陆怎样曾经连在一起而后来分裂开。上图：分离前原本联合的大陆。下图：分离后的大陆（加利福尼亚大学提供）

为什么地球如此不稳定？是什么原因导致地球剧烈振动、火山爆发、大山脉被抬升那么高？科学家、哲学家和神学家花了几个世纪的时间来解答这些问题。直到 17 世纪，许多欧洲人仍然认为《圣经》上提到的洪水在塑造地球表面的过程中发挥了主要作用，这种思想就是著名的“灾变论”，并且当时的地质学（研究地球的学问）也是建立在这样的信仰上的，即地球上的所有变化都是被一系列的灾难所引发，并且是突然发生的。但是到了 19 世纪中期，“灾变论”开始让位于“均变论”，“均变论”是 1785 年苏格兰地质学家詹姆士·郝屯（James Hutton）提出的，是一种主要关注“均变原理”的新的思想。“均变原理”可简述如下：目前是理解过去的关键。持这一观点的人认为发生在目前地球上的地质营力和过程与发生在地质历史上的地质营力和过程是一样的。

地球的内部

古希腊人早已知道了地球的大小（直径大约 12750km），但直到 20 世纪初，科学家们才确定了我们的地球内部由地壳、地幔和地核三层组成（图 4）。这种层状结构和煮熟的鸡蛋相类似。最外面的地壳和其他两层比起来是最硬并且是最薄的一层。洋底地壳在厚度上变化不大，一般在 5km 左右。大陆地壳在厚度上变化很大，平均厚度在 30km 左右，但在诸如阿尔卑斯或其他山脉的下面，地壳厚度可以达到 100km。地壳是脆性的，容易破裂，类似于鸡蛋壳。

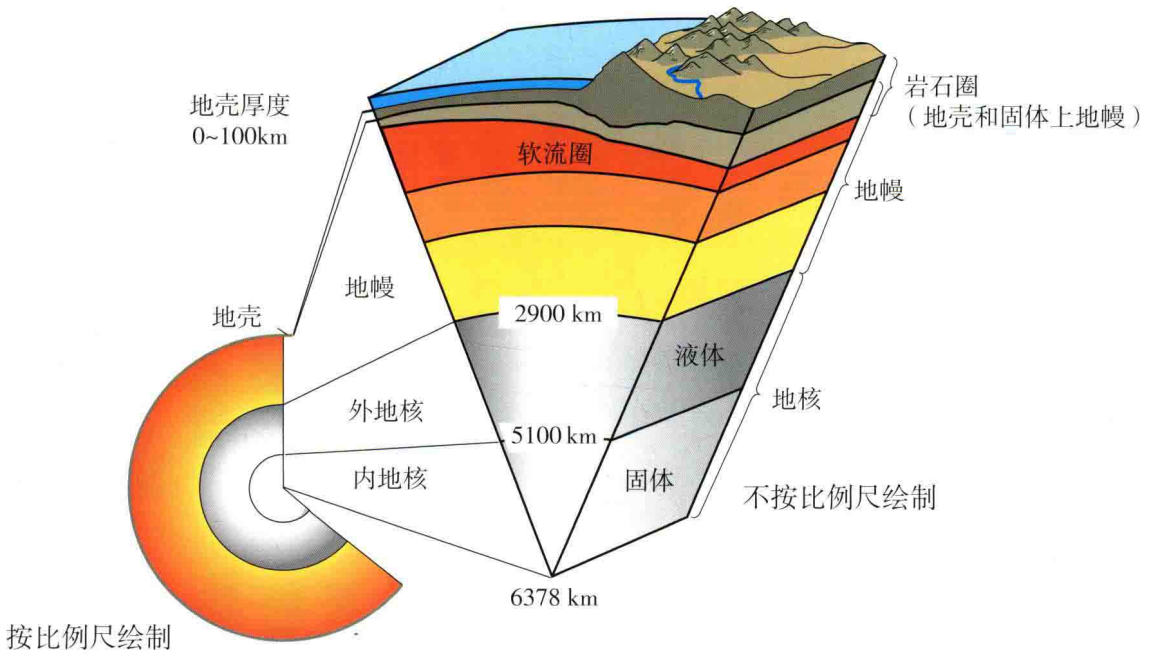


图 4　显示地球内部构造的剖面图。下部：按比例绘制的图显示出地壳只是很薄的外层。右上方：不按比例尺绘出的图显示出地球的三层主要结构（地壳、地幔和地核）

地壳下面是地幔，地幔由厚度大约 2900km 的炽热的半固体岩石组成。由于地球内部的温度和压力随着深度的加深而增大，比地壳含有更多的铁、镁、钙等元素的地幔密度更大，温度更高。地幔类似于熟鸡蛋的蛋白。地球的中心是地核，由于主要由金属（铁、镍）而不是石头组成，所以地核的密度将近地幔的两倍。与鸡蛋的蛋黄不同，地核实际上是由两部分组成：一部分是厚度 2200km 的液态外核，另一部分是 1250km 厚的固态内核。当地球旋转的时候，液态外核跟着旋转，并产生地球磁场。

毫无疑问，地球的内部结构影响着板块构造。地幔上部（上地幔）比地幔下部（下地幔）温度要低，并且硬度要大，在大部分情况下，上地幔的运动与覆盖于其上的地壳运动相似。上地幔的上部分与地壳共同构成了一个坚硬的岩石层，叫岩石圈。岩石圈在洋底和火山活动地区（如美国西部地区）是最薄的。在全球范围内，岩石圈的平均厚度是 80km，岩石圈破裂成为包含大陆板块和大洋板块的移动的板块。科学家认为，在岩石圈下面的地幔中存在一个相对薄的、流动的区域，这个区域叫做软流圈。软流圈由高温的半固体物质构成。由于在整个地质时代受到高温和压力的作用，岩石会软化并且流动，坚硬的岩石圈被认为在缓慢流动的软流圈上“漂浮”并移动。

早在 1596 年，荷兰地图制作者 A. 奥铁留斯（Abraham Ortelius）在他的著作《地理百科》（*Thesaurus Geographius*）中暗含了这样的观点：地球上几个大陆目前的位置并非从来就是如此。在 20 世纪以前很长一段时间，这一观点一直处于被怀疑状态。奥铁留斯认为美洲大陆“由于地震和洪水而同欧洲大陆和非洲大陆分离。如果有人拿着世界地

图，对这三个大陆的海岸线进行仔细分析，就会发现它们分裂的断痕。”奥氏的观点在19世纪再次被人提到。1912年德国气象学家、32岁的阿尔弗雷德·劳塞·魏格纳（Alfred Lothar Wegener）在他的两篇文章中正式提出了“大陆漂移”理论，从那以后，大陆移动的观点才被作为严肃的科学理论来讨论。魏格纳认为超级大陆古陆桥在2亿年以前开始分裂。魏格纳理论的最坚定支持者之一，约翰内斯堡大学地质学教授亚历山大·杜·托伊特（Alexander Du Toit）提出超级大陆古陆桥最初分成两部分，即处于北半球的劳亚大陆和处于南半球的冈瓦纳大陆，劳亚大陆和冈瓦纳大陆然后继续分裂成现存的一些较小的大陆。

魏格纳的理论部分是建立在南美洲和非洲大陆边缘形态看上去非常吻合的基础上的，即奥铁留斯早在其3个多世纪前第一个注意到的这一现象。魏格纳非常惊奇地发现，被大西洋分隔开的南美洲和非洲的海岸线有许多相似的地质构造和动植物化石，他认为大量的生物游过大西洋或被运送到对岸都是不可能的。对于魏格纳来说，南美洲和非洲海岸线上的动植物化石是证明这两大洲曾经连在一起的最有力证据。

在魏格纳的思路中，古大陆破裂后的大陆漂移不仅能够解释相同的化石在两地出现，而且能够解释气候在某些大陆的巨大变化。例如，在南极洲发现的热带植物化石，说明这个冰封的大陆曾位于接近赤道的热带植物能够生长的温暖的地方。不相匹配的地质和气候包括在目前的极地地区发现的蕨类植物化石；在炎热的非洲发现的冰川擦痕，如南非的瓦尔河河谷。

大陆漂移理论就像是电火花，它照亮了人们认识地球的新的道路。但是在魏格纳提出他的理论的时候，当时的科学界都固执地认为大陆和海洋是地球表面永恒不变的特征，虽然他的理论与当时得到的科学信息是一致的，但人们并不情愿接受大陆漂移理论。

魏格纳提出大陆绝对通过洋底而移动的“大陆漂移”理论，不能圆满地回答反对者所提出的基本问题：“是什么样的巨大力量能推动这样庞大的岩体移动这么远的距离？”著名的英国地球物理学家哈罗德·杰弗里斯（Harold Jeffreys）就坚决反对“大陆漂移”这一观点，他提出从物理学的角度来看，巨大的固体岩石在不破碎的情况下通过洋底而移动是不可能的。

在被反对之后，魏格纳固执地将他的余生投入到为捍卫他的理论而寻找证据的工作中去。1930 年，在一次穿越格陵兰冰盖的探险中被冻死。然而，在他去世之后，来自洋底探测的新的证据和其他研究重新引起人们对魏格纳理论的兴趣，最终使板块构造理论得到发展。

板块构造理论被证明与关系到物理学和化学的原子结构的发现和关系到生命科学的进化论一样重要。虽然板块构造理论目前被科学界广泛接受，但是该理论的某些方面仍有争论。突出的问题之一是魏格纳没有解决的问题：是什么自然力量推动板块？科学家们仍然争论板块构造在地球史的早期是否发生过移动？那么类似的过程是否会或者曾经在我们的太阳系的其他行星上发生呢？

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com