



科普经典译丛

KEPU JINGDIAN YICONG

活力地球

沧海桑田

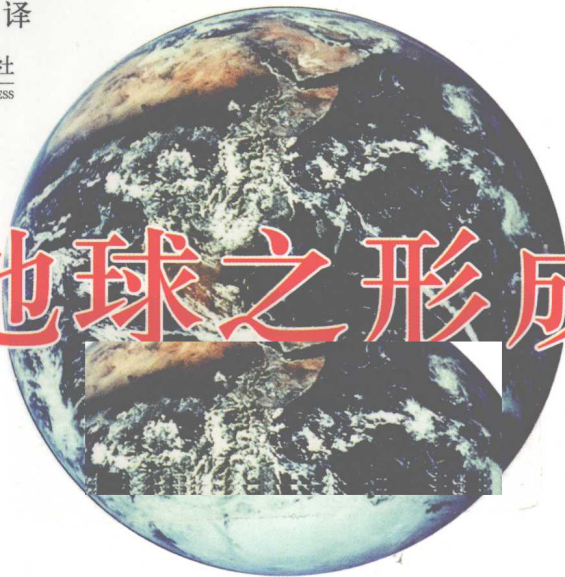
◎〔美〕乔恩·埃里克森 著

◎董锋 羊倩仪 译



首都师范大学出版社

CAPITAL NORMAL UNIVERSITY PRESS



地球之形成

MAKING OF THE EARTH

我们的地球在不断地演化。

陆地与海洋分分合合，彼此间的冲突从未消停。高山会被削平，海底会被抬升，每一寸地表的容颜，也从来不是永恒的存在。

之所以沧桑变化，是因为地球不老的雄心。

KEPU JINGDIAN YICONG
科普经典译丛



活力地球

沧海桑田

地球之形成

◎〔美〕乔恩·埃里克森 著

◎董锋 羊倩仪 译



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

致谢

作为作者我要对以下这些单位表示感谢，他们为本书提供了大量照片：美国宇航局，美国国家海洋大气局，国家公园管理局，美国空军，美国陆军工程师团，美国海岸警卫队，美国农业部，美国农业部林务局，美国农业部土壤保护局，美国地质调查局和美国海军。

我还要特别感谢以下两位，他们对本书的写作作出了贡献 Facts on File 出版社的高级编辑Frank Darmstadt先生和编辑助理Cynthia Yazbek女士。

序言

在太阳系的九大行星中，地球是最特别的一个。事实上，“地球”这个名字本身就是一个不恰当的说法，因为地球的很大一部分都是由水组成的。大约有百分之七十的地球表面被水覆盖，另外有百分之十的陆地被冰川覆盖着。地球上的水循环极大地影响着地球的表面特征。乔恩·埃里克森（Jon Erickson）写的《沧海桑田——地球之形成》就是要深入地探讨这些地质现象的重要性。

本书重点介绍有关地表外貌的地形学和相关的地质过程。这10章中的每一章将阐述一个基本的主题，这些主题对于理解组成地球的每一部分都很关键。第1、2、3、4章主要讨论那些改造着陆地和海洋结构的地球内部力量。这些力量非常强大，它们形成了主要的地表构造。我们尤其需要注意一些全球性的构造活动，它们彻底地颠覆了地球的构造历史以及形成的地质思维。本书的作者对山脉如何形成，火山和地震活动的力量，以及断层、褶皱和地貌形成的相关过程发表了最新的看法。

第5、6、7、8、9章集中在地表动力作用上，比如河流，海洋，风和冰川。我们将重点关注这些过程是如何进行的以及它们塑造的地形特征。事实上，《沧海桑田——地球之形成》这本书按时间顺序生动地描述了地球上永不停息的地质力量的相互作用。这段历史是一段关于构造运动和火山压力造成地下岩石变形和移动的剧烈地下运动的历史。一旦这些地下岩石或者地质特征出露地表之后，地表过程会不断改造它们，把它们改变和塑造成各种各样的地貌。第10章将描述一系列不同寻常的地貌结构，它们看起来比较怪

异。第10章的这些结构提醒着我们地球上存在一系列美丽的地质特征，这使得地球拥有一些不可磨灭的魅力和特点。

除文字之外的附件部分更增加了埃里克森先生的文字的魅力。为了更清晰地表达，书中的图解——包括图表和图片——提供了生动的说明，这增强了文字描述。专业术语表可以帮助读者更好地理解地质名词，简表也为读者理解那些重要的地质特征提供了数据参考。我认为这本书可读性非常强，而且对于对地球地质奇观感兴趣的人来说，这本书也是一个历史和当前数据的参考书。

唐纳德·科茨 (Donald Coates) 博士

简介

地形学是地质学的一个分支，研究的是地球地形和地表地貌。本书探讨了那些一直在改变着地貌的地质过程。地形是地貌的基本结构，包括山脉、火山、高原、悬崖、小山、峡谷、山谷、盆地和其他很多地质结构。所有地形都源于各种地质过程的结合，这些地质过程不断地构建着陆地表面，而且最终会摧毁陆地表面。

地形通常都很容易识别，并且一些地形经常会露出组成它们的各种类型的岩石。有一些地质形式和结构通常与某种特定的岩石相联系，而且在一定距离之外就能辨别出。地表地貌的大小、形状和组成取决于组成它们的岩石性质。所以，地形学和地质结构的知识，对于理解地质学的原理至关重要，而且有助于解释一个地区的地貌和地质历史。

我们的星球一直都处于不断演化的动态之中。地球表面曾经被各种各样的地质力量影响过，最终形成各种类型的地质结构。一些比较复杂的地质活动，比如流水或者海浪，会重新改造地球表面的这些地质特征。陆地表面被这些力量强大的地质过程不停地侵蚀着，比如板块运动、抬升、侵蚀、强大的地壳运动以及陆地塌陷等。风化、坡移运动和流水等作用也不断改造着大陆的形态。

运动板块之间的相互作用产生的地质构造、火山活动以及地壳运动形成了许多不同寻常的地质特征。持续的侵蚀作用雕刻出了引人入胜的地表风景。这些侵蚀作用会削平高高的山脉，凿出深深的峡谷。这些地质现象的存在是强大构造力量的证明，而这些构造力量创造出了多种多样的地形。

本书主要是向年轻读者和相应的成年人介绍这个引人入胜的地质学领域。本文涵盖了以下主题：陆地的形成、地形的演化、山脉的形成、火山作用、河流作用、海岸带演化、沙漠地形的演化、北极地质、冰川塑造的地貌以及各种地质力量产生的独特地形——如蘑菇石、拱形地貌、天然桥、落水洞和一些奇怪的火山。

这些主题有助于我们对地质学这样一个重要领域有个基本的理解。读者将会喜欢这些清晰易懂的文字以及很好地解释文字的生动图片、照片和有用的图表。我们还提供了一个完善的术语表来定义较难的术语。学生和地质学爱好者们将会获取发掘周围精彩世界的必要工具。

目录

简表	V
致谢	VII
序言	IX
简介	XI
1 大陆的产生	
陆壳的形成	
大陆地壳 / 大陆地盾 / 稳定克拉通	
外来地体 / 大陆裂谷	1
2 构造作用	
地球外形的形成	
全球构造 / 地球的建设者——火山 / 地球的毁灭者——地震	
地壳运动 / 侵蚀作用 / 沉积作用	25
3 山脉	
地壳抬升形成的地貌	
历史上著名的山脉 / 高山的形成 / 褶皱山脉	
结晶山脉 / 断块山脉	45

4	火山地貌	
	火山作用形成的地貌	
	太平洋火山带 / 火山构造 / 世界上的热点	
	破火山口 / 火山口湖 / 气孔和间歇泉	70
5	河流作用	
	流水形成的地貌	
	江河流域 / 河流沉积 / 水系 / 峡谷和河谷	
	洪泛平原 / 洪水的危害	95
6	海岸地貌	
	波浪作用产生的地貌	
	海岸沉积 / 海崖侵蚀 / 海滩侵蚀 / 波浪运动	
	海岸下陷 / 沿海洪水 / 堡礁	121
7	沙漠地貌	
	风沙造就的地貌	
	干旱地区 / 沙漠地理 / 沙漠化 / 沙尘暴	
	风蚀 / 沙丘 / 黄土沉积	142
8	北极地质	
	北极环境塑造的地貌	
	北极苔原 / 永久冻土 / 龟裂地面	
	格陵兰岛和冰岛 / 南极 / 冰流	163
9	冰川地貌	
	冰川塑造的地貌	
	冰川侵蚀 / 冰蚀谷 / 冰斗刃脊 / 冰川湖和锅穴	
	冰川漂砾 / 冰碛岩和冰碛土 / 鼓丘和蛇形丘 / 冰砾阜和纹泥	183

10 独特的地貌

不同寻常的地质活动形成的地貌

蘑菇石 / 飞来石 / 柱状节理 / 拱形结构和天然桥梁

喀斯特地形 / 河床系统 / 最奇怪的火山

204

结语

223

专业术语

227

译后记

239

简表

1.地质时间表	3
2.地壳的分类	5
3.不同类型火山作用的对比	31
4.各州最高山峰	46
5.火山岩的分类	74
6.美国主要洪水发生时间	114
7.海平面的重大变化	136
8.主要的沙漠	144
9.不同表面的反射率	148
10.主要的冰期	184

1

大陆的产生

陆壳的形成

大陆对地球来说非常特别。本章将从第一个陆壳的形成开始，解释在地质历史中它们是如何演化的。大陆是由各种地盾、克拉通和地体组成。在地球的地质历史中，这些大陆曾经组合到一起形成了一个包含了地球上所有陆地的超级大陆。然后，这个超大陆解体形成新的大陆和海洋，如此反复循环，直到今天我们拥有了独特的一套大陆组合。

在过去的地质历史中，地球经历了很多剧烈的变迁（见表1）。早在40亿年前的前寒武纪大陆地壳开始形成，那时岩石碎片开始聚集形成大陆的核心，其他的岩石依托这个核心陆续沉积。在大约3.6亿年到2.7亿年前的古生

代，陆地聚集形成泛大陆（图1）。泛大陆这个词来自希腊语，意思是“全部的陆地”。围绕着这块巨大陆地的是一大片水体，叫做泛大洋，在希腊语中意思是“全宇宙的海洋”。当所有陆地都聚集到一侧，泛大洋实际上在连续地延伸着，跨过了整个地球。

在大约1.8亿年前的中生代，泛大陆开始解体形成现在的大陆和海洋。大陆裂解后出现了大量的火山活动，这为恐龙生活的时代创造了更加温暖的气候。从6,500万年前到现在是新生代，在这个时期内随着大陆逐渐漂移到它们现在的位置，山脉急剧形成。大多数陆地物质聚集在北极，促进了气候变冷和一系列冰期的出现。在2亿年后，可能整个大陆地壳将再次聚集成为一个新的超级大陆，从解体到聚集的整个过程将延续至很远的未来。

大陆地壳

地球地壳形成开始于40亿年前，是短时间内急剧快速地形成的。地壳开始形成的前5亿年中，地球处于一种热混乱的状态：地球表面固化的岩石很

图1
2.8亿年前的超级大陆
泛古陆

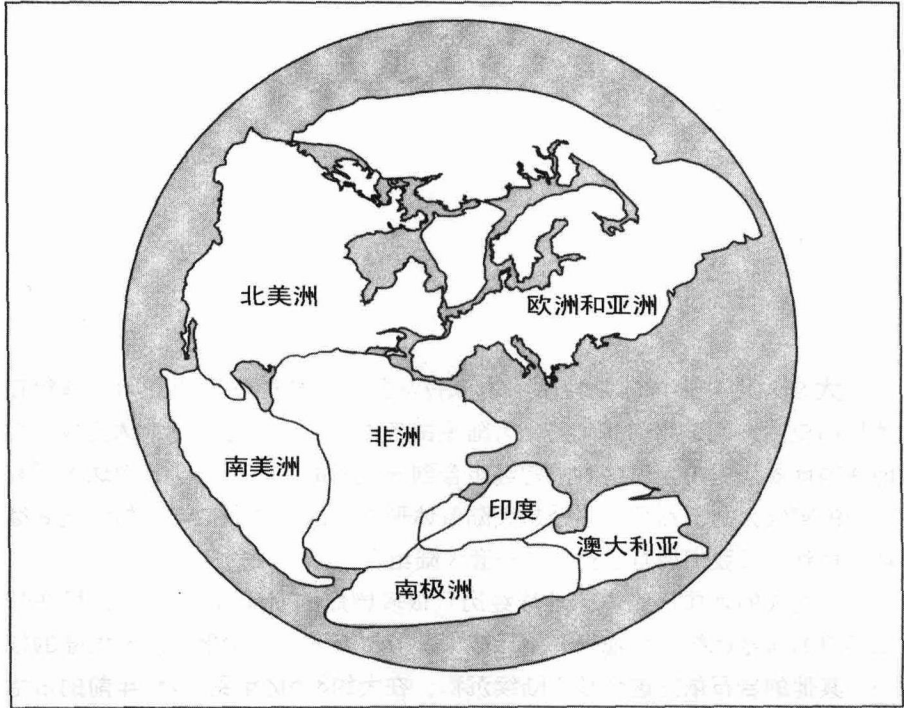


表1 地质时间表

代	纪	世	时间 (万年)	第一种 生命形式	地质事件
新生代	第四纪	全新世	10		
		更新世	300	人类	冰期
		上新世	1, 100	乳齿象	喀斯特山脉
	第三纪	新近纪			
		中新世	2, 600	剑齿虎	阿尔卑斯山脉
		渐新世	3, 700		
		古近纪			
		始新世	5, 400	鲸	
		古新世	6, 500	马、美洲鳄鱼	落基山
	白垩纪		13, 500		
中生代	侏罗纪		21, 000	鸟 哺乳动物 恐龙	内华达山脉 大西洋
	三叠纪		25, 000		
古生代	二叠纪		28, 000	爬行动物	阿巴拉契亚山脉
	宾夕法尼亚亚纪		31, 000		冰期
	石炭纪				
	密西西比亚纪		34, 500	两栖动物	泛大陆
	泥盆纪		40, 000	昆虫 鲨鱼	
	志留纪		43, 500	陆地植物	劳亚大陆
	奥陶纪		50, 000	鱼	
	寒武纪		57, 000	海洋植物 有壳类动物	冈瓦那大陆
	元古代		70, 000 250, 000	无脊椎动物 多细胞动物	
	太古代		350, 000 400, 000 460, 000	早期生命	最古老的 岩石 陨石

快因为内部的热量再次熔融。在42亿年到38亿年前之间，大量陨石撞击地表也融化了部分地壳。太阳系形成过程中留下的直径达80千米甚至更大的数以千计的陨石不断地撞击着地球。由陨石撞击形成的撞击盆地覆盖了地壳的一半，看起来就好像月球上的弹坑区（图2），只不过月球上的撞击痕迹比地球上的保存得好得多。

直到大约40亿年之前，一个稳定的地壳才形成。最初的地壳是由熔岩流构成，这些熔岩流在海洋盆地充满水前就喷到了地面。在薄薄的玄武质地壳上嵌着的巨大花岗岩块，叫做岩石。这些岩石聚集成比下面的玄武层密度轻的微陆块，使得它们能漂浮在玄武质岩层的表面。地壳的主要成分是氧、硅和铝，由它们形成的花岗岩和变质岩构成了大陆核心。

在加拿大的西北部有一种古老的变质花岗岩，时间最老可以达到40亿年前，叫作艾加斯塔片麻岩，这种岩石的存在说明组成现在陆地10%的大陆地壳在那时就已经出现了。在格陵兰西南部的一个遥远的山区——依苏阿——建造中发现的变质海洋沉积物说明含有盐水的海洋至少在38亿年前就已经出现。在南极洲和非洲都发现了很古老的岩石，但是年龄没有超过37亿年的。

图2

月球表面马留萨山区的弹坑区（图片由美国地质调查局D. H. Scott提供）

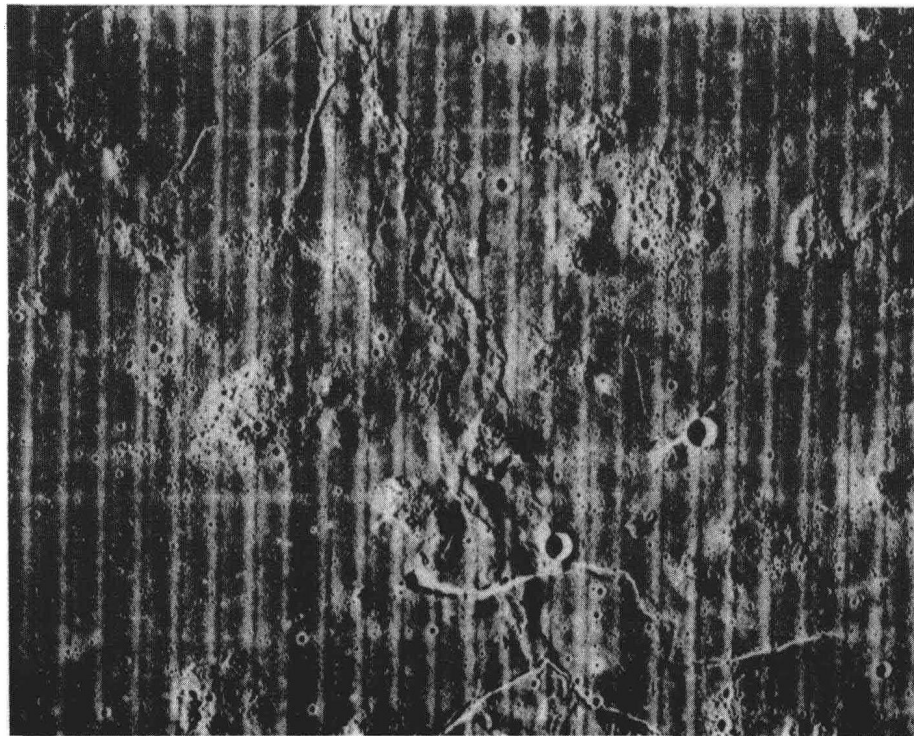


表2 地壳的分类

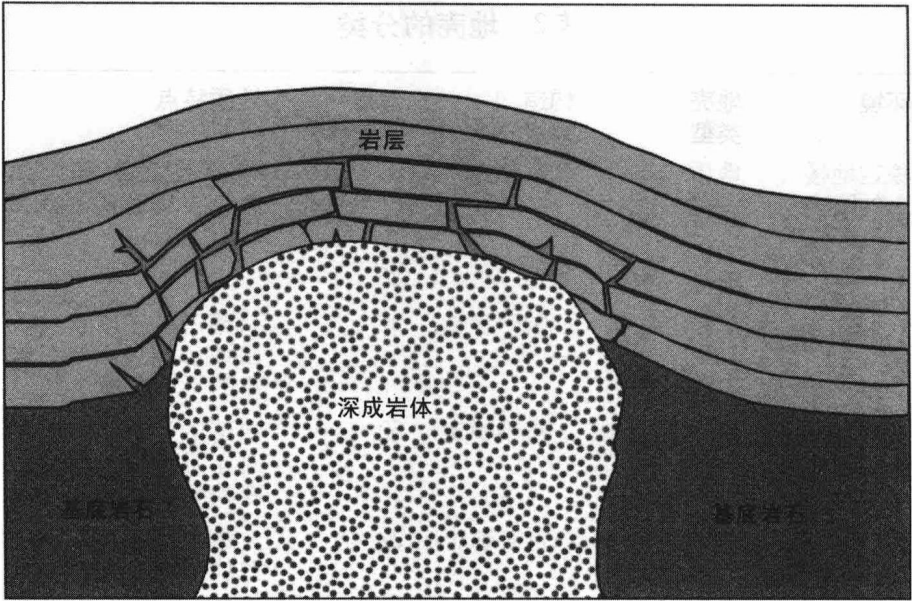
环境	地壳类型	构造特点	厚度 (千米)	地质特点
稳定地幔上的陆壳	地盾	非常稳定	35	很少或者没有沉积物，出露有前寒武纪岩石
	中等大陆	稳定	38	
	盆岭山系	非常不稳定	32	有最近的正断层，火山作用和侵入体，较高的平均海拔
不稳定地幔上的陆壳	阿尔卑斯山	非常不稳定	55	快速的近期抬升，相对年轻的侵入体，较高的平均海拔
	岛弧	非常不稳定	32	大量的火山作用，强烈的褶皱和断层
稳定地幔上的洋壳	海洋盆地	非常稳定	11	玄武岩上薄的沉积物，没有厚厚的古生代沉积
不稳定地幔上的洋壳	大洋中脊	不稳定	10	活跃的玄武质火山作用，较少或者没有沉积物

这说明许多早期地壳都已经再循环进入地幔了。因此，今天的大陆物质中，只有很少的一部分是那个时候形成的。

那个时候并没有很明显的大陆，只有很薄的地壳板片在地球的水面上到处漂移。它们受地幔对流或循环运动驱动，那时热流大约是今天的三倍。持续的热损失减慢了对流运动，这使得较轻的岩石物质上浮到地球表面，在这里它形成了一种熔渣，类似于熔化了铁矿石上的矿渣。实质上，地壳恰恰是由这些地幔的废弃物组成。

随着这些古老地壳下沉进入地幔，通过构造运动熔融，古老的地壳被改造形成第一批花岗岩。岩石进入热的地幔后全部发生变质，或者改变了结晶结构，或者彻底地熔融。接着它们都变成熔融的岩石，即熔岩。岩浆通过叫做底辟构造的巨大通道上升到地表，底辟这个词来自希腊语，意思是“挤入”。有一些岩浆通过大型火山喷发到达地表，其余的被埋藏在地壳内部，

图3
岩浆侵入体进入上覆
岩石形成的深成岩体



在这里岩浆侵入体形成巨大的花岗岩体，即深成岩体（图3）。

早期的陆地是具有高度移动性的地壳碎片，而且不断地彼此碰撞着。当单独的地壳板块相互碰撞并且发生大面积的变形时，面积相对较大的地壳就开始形成。随着地球内部的持续降温，陆地减慢了它们的随机漂移速度，并且开始结合成为12个甚至更多的原始大陆或者原始大陆物质。

在地球的历史上，原始大陆有几次都汇聚到一起形成了更大的超大陆。形成全球性超大陆的时间大约分别在29亿～26亿年前，19亿～17亿年前，13亿～11亿年前和5亿～3亿年前。地壳内部大量的火山活动和深成岩体构成了大陆的内部，同时侵蚀和沉积的持续作用导致大陆边缘不断向外扩张。

地壳的厚度不到地球半径的1%，质量约占地球物质的0.3%。地壳由古老的大陆岩石和相对年轻的洋壳组成。陆壳就好像一个层状蛋糕，上面是沉积岩，中间是花岗岩和变质岩，底部是玄武岩。这种结构就好像果冻三明治，相对柔韧的中间层置于固体上——地壳和坚硬的岩石圈（地幔上部最坚硬的一层）之间。大部分大陆岩石都来自海洋中的火山，并通过板块构造活动汇聚在一起的；板块构造活动这个词来自希腊语中，意思是“建造者”。