



科普经典译丛

KEPU JINGDIAN YICONG

活力地球

蓝色星球

◎ [美] 乔恩·埃里克森 著

◎ 党皓文 徐其刚 译



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



海底世界的源起

MARINE GEOLOGY

海底世界之美远非陆地上的我们所能想像。

海底的高山和深谷也不甘寂寞。大陆的分分合合，海洋一直在参与。大海深处那些奇异的生灵，他们的祖先几十亿年前就生活在那里。

人与海的相遇、相知注定是一段曲折的故事。

活力地球

蓝色星球

海底世界的源起

◎ [美] 乔恩·埃里克森 著

◎ 党皓文 徐其刚 译

KEPU JINGDIAN YICONG
科
普
经
典
译
丛



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

图书在版编目 (CIP) 数据

蓝色星球：海底世界的源起/(美)乔恩·埃里克森著；党皓文，徐其刚译。
—北京：首都师范大学出版社，2010.7
(科普经典译丛. 活力地球)
ISBN 978-7-5656-0045-6

I. ①蓝… II. ①乔… ②党… ③徐… III. ①海洋—普及读物
IV. ①P7-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第130779号

活力地球丛书

LANSE XINGQIU—HAIDI SHIJIE DE YUANQI

蓝色星球——海底世界的源起 (修订版)

[美]乔恩·埃里克森 著

党皓文 徐其刚 译

项目统筹	杨林玉	版权引进	杨小兵 喜崇爽
责任编辑	韩聿琳 林 予	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 19.25
字 数 168千
定 价 45.00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

作者感谢美国国家航空航天局 (NASA)、美国国家海洋大气局 (NOAA)、美国工程兵部队、美国农业-森林服务部、美国农业-土壤保持服务部、美国核武器防卫局、美国能源部、美国地质调查局 (USGS)、美国海洋运输管理局、美国海军 (U.S.Navy) 以及美国伍兹·霍尔海洋研究中心 (WHOI) 为本书提供了丰富的图片。

原著者向富兰克 K. 达姆斯达特、本丛书主编和所有Facts On File出版社的工作人员为本书得以出版所作的贡献表示感谢。

序言

海洋覆盖了地球表面大约2/3的面积，但我们对海洋深部秘密的了解尚不如我们探索邻近几个行星表面所得的认识。几千年来，无数神话和传说源自海洋，同时人类许多的好奇、恐惧和希望也都发源于海洋。海洋隐藏着人类和其他生物在大陆间迁移的谜团，现在又成为人类航运的主要载体。海洋为我们提供丰富的矿产资源、可再生的食物资源和能源，同时也是足以毁灭一切的飓风和台风的发源地。地球上的生命可能起源于海床上活动火山口周围的环境中，今天我们也开始在漆黑的深海发现相似的热液喷口及其附近奇异多样的生物群落。

在这本关于海洋地质学的修订本中，乔恩·埃里克森探讨了有关地球、大陆和海洋的起源，以及这些过程与宇宙起源的关系的若干理论和假说。本书还详细讨论了海洋与海水如何作用于板块构造运动，同时也为读者详尽讲解了板块构造运动的机制和表象。地球上的海盆从没停止过扩张和拼合，同时大陆也处于拼合成超级大陆然后又因新洋盆的产生而裂解的连续过程之中。地球上不同样式的生命，其出现、演化和绝灭不可避免地与海盆的不断产生、扩张和闭合相连，具体可能与构造运动进程中生物生活环境的变迁有关。本书还讨论了几十亿年来若干洋盆的历史，以及这些洋盆中生命样式的演化史。

埃里克森为我们描绘了人类探索海洋的迷人历史。他描述了早期人们如何逐渐掌握观测海流和如何勘定大陆间航线的故事，也讲述了人们如何利用拖网探得海底储量巨大的沉积矿床。我们认识海底地形和结构的巨大飞跃，

起源于第二次世界大战期间为潜艇探测航道以及侦查敌方潜艇的勘探活动。对与大陆裂解假说相匹配的洋底扩张假说的证实，其基础正在于船拖地磁探测仪和精确声纳的观测数据，而这两个假说构成了板块构造演化理论的两大支柱。大洋中脊、深海海沟和洋底火山的发现，印证了板块构造运动的运作机制。

大洋环流深刻地影响着全球气候。伦敦冬天的浓雾天气，追根溯源是源自加勒比海的墨西哥湾暖流穿越大西洋输送到不列颠群岛海岸的温暖水团。太平洋上海洋和大气环流格局的巨大变化，会引发或干燥或湿润的气候异常，也就是常说的厄尔尼诺和拉尼娜现象。这些现象能够直接作用于整个太平洋区，同时也具有全球影响。

还有一些突发性更强的海洋运动，包括因地震、海底火山爆发或者大型洋底滑坡引发的海啸。历史上最近一次海啸悲剧是1883年印度尼西亚科拉卡托亚火山喷发引起的。（译者按：原著出版于2000年，事实上人类历史最近的一次海啸灾难是2004年发生的印度尼西亚大海啸，造成223,000人死难，1,800,000人无家可归。）科拉卡托亚火山爆发摧毁了火山的中心部分，海水倒灌导致海啸。火山可以急速加热大量海水，并将其快速向外喷出。此次火山喷发造成的海啸浪高达120英尺（约36米），据估算，周围海岸区有36,500人死于这次灾难。1998年一次浪高50英尺（约15米）的海啸袭击巴布亚新几内亚，造成2,000人死亡，10,000人无家可归。

海洋中蕴含着丰富的沉积矿产，包括大陆架和大陆坡上的石油和天然气，以及大洋中脊周围的金属矿产。海底还储存有世界上大部分的锰、铜和金。海洋还盛产各种鱼，但人类需保证合理取用以避免破坏性的过度捕捞。海产蔬菜越来越流行，它们可能帮助人类提供解决农业用地紧张的困境。海洋还为现代世界提供了解决人口激增产生的能源和食物压力的可能办法。新的生命样式不断地在海洋深部被发现，在人类活动对其生活环境产生影响而使它们覆亡之前，我们必须好好认识这些生命奇迹。

——蒂姆希·M·库斯基 博士

简介

我们这颗地球上实在含有太多的水，以至于被命名为“海星”反倒比“地球”更合适。它是太阳系已知唯一的一个包围于满布特殊地质构造并富含多样海洋生物的水体中的行星。大洋深部底床上的许多最奇异的生灵，其祖先可追溯到几十亿年前的远古时期。许多洋脊孕育着被时间遗忘了的怪诞世界——寒冷、黑暗的深渊中遍布高大的喷泻富含矿物质热液的烟囱，许多科学上从未发现的特殊物种就生存其间。

大洋底床上地貌景观之雄伟远非陆地上任何地方能够与之媲美。远比陆地山脉广阔的海底山脉绵延于洋底。尽管深埋于洋底，大洋中脊系统显然可称得上是这个行星上最显著的地表特征。地幔中喷涌出的熔融岩浆在扩张的大洋持续地制造新生大洋底床，同时世界上最深的海沟不断消灭着老旧的大洋底床。世界上许多未开发的资源深埋于洋底，因此海底也就有理由成为人类探索能源和矿产的新的前沿阵地。

海浪底下还隐藏着数量巨大——比陆地上多得多——的火山。不断改造地表面貌的火山活动大部分都发生在海底。活动的火山从洋底升至海面，生成最高的山脉。事实上，世界上大多数岛屿都是洋底火山突出到海面以上而形成的。然而绝大多数的海底火山并未出露到海面以上，而是散布在海底，形成孤立的海山。

可挑战陆地上最大的大峡谷的海底深渊陷入距地球表面极远的深度。大型海底滑坡沉入深深的海底，在洋底沉积形成巨大的沉积物堆积体。海底滑坡偶尔也会造成巨浪，捣击周边海域，给周围海滩居民带去灾难。伴随着强

烈海流的深海风暴刮擦海底，掀起巨大的沉积物云团，海底形貌被重塑。对海底以及这些大型沉积物堆积体的探查引出非常复杂的海洋地质学的学问。

这册《蓝色星球——海底世界的源起》，概括并且适当扩展了海洋地质学科的有关内容。迷人的海洋地质学科注定会长久保有科学热情，并且不断推动人们更深入地理解自然力量是如何作用于地球的。本书可为地质学和地球科学的学生提供有价值的参考。本书文字清楚明了，可读性强，同时辅有大量精美的照片、详细的插图及有助理解的表格，足供读者轻松享读。书后附录的词汇表解释了较难理解的词句。众多营力参与创造了这个“活的地球 (Living Earth)”，塑造行星表面形态的地质过程正是其中极重要的一部分。

目录

简表	V
致谢	VII
序言	IX
简介	XI
1 蓝色星球	
地球上的海洋	
海与天空的起源 / 泛大洋 / 古大西洋 / 盘古大洋 特提斯海 / 大西洋	1
2 探索海洋	
洋底新发现	
海底探查 / 海床勘测 / 地质观测 / 大洋钻探 地磁勘查 / 卫星测绘	31
3 洋底动力	
大洋地壳	
岩石圈板块 / 大洋地壳 / 岩石圈循环 / 大洋盆地 海底峡谷 / 微板块与陆块	59

4 洋脊和海沟

海底的高山和深谷

大洋中脊 / 热引擎 / 洋底扩张 / 玄武岩岩浆

环太平洋地震带 / 深海海沟 / 板块俯冲

85

5 海底火山

洋底火山喷发

火山链 / 上升的岩浆 / 岛弧 / 海底平顶山和海岭

裂谷火山 / 热点火山 / 火山活动

111

6 深海洋流

大洋环流

深海河流 / 厄尔尼诺 / 深海风暴 / 潮汐流

大洋波浪 / 地震海浪

141

7 海岸地质

活动的海岸线

沉积物 / 风暴潮 / 海岸侵蚀 / 波浪作用

海岸沉降 / 海侵

167

8 富庶海洋

海洋中的资源

海洋法则 / 石油和天然气 / 矿产

海洋能源 / 海洋水产

197

9 海洋生物

海水中的生命

生物多样性 / 海洋物种 / 深海生物

珊瑚礁 / 热液喷口处的生命奇迹 / 潮间带

225

10 罕见的海底构成

海底的异常地质现象

泥火山 / 海底间歇泉 / 海底滑坡 / 海蚀洞
海下陨石坑 / 海底爆炸

251

结语

279

专业术语

281

译后记

293

简表

1. 地质年代表	2
2. 物种的大辐射与大灭绝	10
3. 生物圈的演化过程	12
4. 地质历史中的主要冰期	13
5. 大陆裂解	47
6. 地磁倒转事件与其他现象的对比	55
7. 地壳分类	65
8. 碳的相对含量	70
9. 海洋深部循环发展史	73
10. 世界大洋中的海沟	105
11. 火山类型对比	112
12. 20世纪主要的火山灾难	115
13. 火山岩类型	119
14. 主要怒潮	157
15. 波弗特海海风等级	174
16. 海平面的主要变迁	190
17. 自然资源储量水平	198
18. 海洋生产力	222
19. 物种分类	231

1

蓝色星球

地球上的海洋

本章乃开篇首节，将为读者展示地球形成和海洋演化的历史。地球是非常独特的，因为它是太阳系中唯一一颗拥有由水组成的海洋和氧化组成的大气的行星。在地球这颗行星的历史上，约有20个海洋曾经出现过，后来又都消失了。与之相伴的是大陆不断裂解又聚合的过程，这也就是“超级大陆”不断分分合合的地质过程。现代的大洋格局是存在于约17,000万年前的“盘古大陆”——又称“泛大陆”（源于希腊语“所有陆地”的意思），裂解为现在的各个陆块而形成的。

在盘古大陆裂解之前，一个名叫“泛大洋”的巨型单个大洋完全围绕着超级联合大陆。泛大洋也出自希腊语，意为“遍及全部地域的海”。而在盘

表1 地质年代表

代	纪	世	年龄 (百万年)	首次出现的 生命形式	地质学事件
新生代	第四纪	全新世	0.01		
		更新世	3	人类出现	大冰期
		上新世	11	乳齿象	卡斯卡迪斯山脉
		新近纪			
	第三纪	中新世	26	剑齿虎	阿尔卑斯山
		渐新世	37		
		古近纪			
		始新世	54	鲸	
中生代	白垩纪	古新世	65	马、短吻鳄	洛基山脉
			135		
				鸟类	内华达山脉
	侏罗纪		210	哺乳动物 恐龙	大西洋
		三叠纪	250		
		二叠纪	280	爬行动物	阿巴拉契亚山脉
		宾夕法尼亚期	310		冰期
				陆生树木	
	古生代	石炭纪			
		密西西比期	345	两栖动物、 昆虫	盘古大陆
泥盆纪		400	鲨鱼		
志留纪		435	陆生植物	劳亚古陆	
奥陶纪		500	鱼		
寒武纪		570	海洋植物、 有壳动物	冈瓦纳古陆	
元古代		700	无脊椎动物		
		2500	后生生物		
		3500	早期生命		
太古代		4000		最古老的岩石	
		4600		最古老的陨石	

古大陆形成之前，所有的陆块又都分散地围绕在一个叫做“亚皮特斯海”（又称“古大西洋”）的超级大洋周围。再对历史深究，人们又发现了一个称为“罗迪尼亚大陆”的超级大陆，是俄语“母亲之地”的意思。罗迪尼亚大陆的裂解产生了许多分散的小陆块和小的陆缘海，为新生命物种的爆发式起源提供了温床。事实上，自地球产生不久后就一直存在的全球大洋的底部，可能早已有了生命活动。

海与天空的起源

太阳系中储存的水的数量是十分惊人的，远比单单存于地球上的水分多。当太阳自一片气体与星尘中凝结出现时，围绕于这颗幼年恒星周围的刚性的、扁平的星子盘之中聚集着极少量的冰和岩石碎片。星子盘的某些局部区域的温度可能足以满足液态水的存在条件，换句话说，足够使之前存在的固态的冰融化。此外，行星地球母体内原始大气中的水蒸气可能会由于星子内的爆炸事件，以及幼年太阳强劲的太阳风被吹到行星以外很远。但是这些水汽可能会在离太阳很远的地方重新结晶成为彗星组分，之后又重新回到地球为地球补给水分。

月球的成因至今仍是个谜（图1）。科学家们猜想曾有一个与火星尺寸



图1

摄自阿波罗号宇宙飞船的月球表面照片，展示其地表许多地形地貌特征（照片由美国国家航空航天局提供）

图2

美国科罗拉多州吉尔平县亚斯佩尔断层地区稀土带中的锆石
(照片由美国地质调查局E. J. 扬提供)



相当的星体撞击地球，碰撞溅散出的物质在地外轨道上重新糅合成了一个子行星——月球。作为这么一个巨大规模的卫星，也是太阳系中相对于其母星体的大小而言最大的一颗卫星，月球，可能对地球上生命的出现和早期演化具有相当重要的意义。地球-月球系统的独特属性引动海洋潮汐，而海边潮水坑的干-湿变化节律则可能有助于生命的出现，因此生命实际出现的时间可能早于人们以往的认识。月球同样也在帮助地球保持其生态环境的稳定性。月球控制着地球的地轴倾角并保持相对稳定，协助地球产生了四季，从而使地球适于生命居住。假如没有月球，地球上的生命可能将需面对如火星上一样剧烈的气候波动。

地球的地壳出现在大约40亿年前，只占当时地球总体积的0.5%，最初的原始地壳与现代大陆性地壳的成分迥异。形成初期的地球自转非常快，绕地轴旋转一周只需要14个小时，因此整个地球表面都维持着很高的温度。在这种高温条件下，地球物质垂向的升腾作用远大于横向的滑移作用，因此无法进行像现代板块运动一样的地质构造过程。因此，现代板块构造运动模式的建成大约始于27亿年前地壳基本上完全成形之后。

很显然，地球在其一半历史的时间过后，才形成与现代岩石圈规模相

当地壳岩石圈层。一些仍然保存完好的最古老的岩石给我们提供了有关早期地壳的信息。在地球形成之后几百个百万年的时间之内，这些岩石在地表以下深处形成，而如今它们出露到地表。花岗岩中的锆石结晶体能够抵抗极高的温度和压力，由此告诉我们地球最早期的、42亿年前地壳刚刚形成时的历史。加拿大西北地区的阿卡斯塔片麻岩是世界上最老的岩石之一，它是花岗岩经历变质作用的结果。阿卡斯塔片麻岩的存在说明了在地球形成早期地壳已经存在，地球表面在很早以前已经有一些“补丁”状的大陆地壳块体。

在地球的原初时期，即42亿年前到39亿年前之间，大量的流星和彗星撞击并融入地球和月球。太阳系形成之初的大量物质碎片也不断地轰击地球。这个过程可能向地球输入了激发原始生命快速创生所需要的热能和有机物。反之，这样的能量和物质爆发式的输入也可能造成原有的生命形式集群性大绝灭。

主要由岩石碎片和冰组成的彗星也大量投入地球，释放出大量的水蒸气和其他气体。这些宇宙侵入物质气化产生了二氧化碳、氮气、甲烷等等早期大气的主要成分，这些地球原始大气自44亿年前开始形成。事实上，地球早期大气，包括水蒸气和其他各类气体，主要都是通过火山活动由地球内部输出的。早期地球的火山活动比现在剧烈得多，因为那时候地球内部更热，而且岩浆含有的挥发分也更多。

很快，通过火山活动的大量供给，主要由二氧化碳、氮气、水蒸气和其他气体组成的原始大气圈形成了。那时大气圈中含有非常非常多的水蒸气，以至于地球初形成时的大气压比现在要大好几倍。同时刚刚形成的大气圈中二氧化碳的含量也是现在的1,000倍以上。事实上，这样的状态对地球是有利的，因为当时的太阳辐射量只是今天的75%，因而强的温室效应有助于保持海洋免遭冰冻之虞。另外当时地球的自转速度很快，约为14小时旋转一周，而且没有成型的大陆阻拦海洋洋流，这些都有助于海洋保存热量。

地球大气圈的氧气来源有二：其一可能直接来自火山喷发或者陨星的气化，其二也可能是通过水分子或者二氧化碳分子在太阳紫外线的作用下分解而得到。通过上述这些方式产生的氧气，很快就会与地壳中的金属元素结合，可以想象铁生锈的过程。氧气分子也会与氢气及碳化合，重新生成水和二氧化碳。当时可能有极小量的氧气存在于大气圈顶层，为地球提供一个氧气幕，它可以减少来自太阳的紫外线对水分子的分解作用，从而阻碍海洋水分的流失，帮助地球免遭亿万年来金星的厄运（图3）。

地球上的氮气来自于火山喷发和早期大气中氨的裂解。氨由1个氮原子