

地球演化

第二卷

盖保民 著 中国科学技术出版社



地 球 演 化

第 二 卷

盖 保 民 著

中 国 科 学 技 术 出 版 社

内 容 提 要

本书运用由地球演化过程所决定的内在逻辑,将地球科学各学科知识有机地联系在一起,形成一个较为严密的理论体系,并由此建立起“地球演化学”这一综合性学科。书中对目前地球科学所面临的一系列重大理论问题,进行了大胆探索和广泛尝试,从而提出了“广泛活动论”的概念,并提出了“相对运动的地球动力学”和“相对运动构造”等模式。同时,还对本世纪地球科学的发展做出了全面概括和总结。

本书内容丰富,论述深刻,实属系统的新地球观。全书分为三卷出版,可作为地球科学各学科的科研人员、研究生、大专院校师生的一部重要参考书。

(京)新登字175号

地 球 演 化

第 二 卷

盖保民 著

责任编辑:吴之静

封面设计:赵一东

技术设计:武万荣

*

中国科学技术出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市燕山联营印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:43.875 插页:1 字数:1066千字

1991年11月第1版 1991年11月第1次印刷

印数:1—1200册 定价:45.00元

ISBN 7-5046-0417-8/P·11

目 录

第五篇 大洋起源和演化

第二十六章 洋陆演化概述	1
一、大陆和大洋的基本特征	2
二、劳亚古陆和冈瓦纳古陆	5
三、关于地史早期海陆状态的学说	11
四、联合古陆概念的意义	14
五、地球原始海陆的分异	16
第二十七章 大洋的起源	23
一、大洋起源理论的发展	23
二、大陆岩石圈中的裂谷作用	28
三、大洋的初期形态	32
四、全球性洋底扩张运动	37
五、全球洋底扩张总图型的成因	46
六、大洋岩石圈消亡的机制	51
第二十八章 大西洋的起源	59
一、大西洋形成以前古大陆的分布状态	60
二、大西洋的洋底扩张运动	64
三、大西洋张开的年代	71
四、大西洋扩张的历史	74
第二十九章 印度洋的起源	78
一、印度洋的扩张与冈瓦纳古陆	78
二、印度陆块的运动	81
三、澳大利亚和非洲陆块的运动	83
四、印度洋底基本构造形态的成因	85
五、印度洋扩张的历史	91
第三十章 北冰洋的起源	94
一、北冰洋底的地形与构造特征	95
二、北冰洋的扩张与劳亚古陆	97
三、北冰洋扩张的历史	100
四、北冰洋扩张的方式	103
五、北冰洋边缘破碎构造形态的成因	106
六、离极运动是统一的全球性规律	108
第三十一章 太平洋的起源和演化	108
一、太平洋形成的方式	109

二、太平洋的洋底扩张过程	113
三、太平洋的扩张与全球构造历史的关系	117
四、大陆坡的成因	125
五、太平洋底消亡的机制	127
六、太平洋底不对称构造形态的成因	129
七、太平洋东北地区构造形态的成因	133
八、太平洋底主要构造形态的成因	139
九、太平洋的演化	145
参考文献	148

第六篇 大陆起源和演化

第三十二章 大陆的起源	151
一、造山运动在大陆演化中的作用	151
二、大陆扩张的演化过程	154
三、大陆岩石圈的构造变形作用	159
四、大陆收缩的演化过程	162
五、大陆演化的基本矛盾运动	168
六、大陆的更新与发展	170
第三十三章 大陆更新与大陆核的起源	175
一、大陆结构与大陆核	175
二、大陆核的构造特征	177
三、大陆更新的演化过程	182
四、大陆核的形成过程	184
五、大陆核的演化	189
第三十四章 造山作用与花岗质岩浆的起源	191
一、大陆地壳的形成与造山作用	191
二、造山作用与大洋岩石圈的消亡	195
三、有关花岗质岩石形成的基本作用	201
四、花岗质岩浆的起源	203
第三十五章 大陆硅铝壳的起源和演化	209
一、地壳原始状态与地壳分异	210
二、大陆地壳的结构和地体构造	212
三、大陆硅铝壳的形成过程	217
四、大陆地壳的演化	222
第三十六章 大陆壳岛屿和边缘海的起源	226
一、大陆壳岛屿和边缘海形成的空间规律	226
二、边缘海的基本类型	229
三、边缘海的地质和地球物理特征	231
四、边缘海的扩张运动	238
五、大陆壳岛屿和边缘海形成的机制	243
第三十七章 洋陆演化的基本规律	248

一、大陆和大洋的相互关系	249
二、大洋发展的基本规律	252
三、大陆发展的基本规律	258
四、洋陆分布和地表形态变化的规律	264
五、大陆和大洋发展的历史趋势	267
参考文献	271

第七篇 相对运动构造

第三十八章 相对运动构造的理论和方法	273
一、大地构造学发展历史和现状	274
二、大地构造学目前任务和发展趋势	280
三、相对运动构造的基本观点、理论要素和方法	282
四、运动单元和构造单元的划分	281
五、大地构造过程中的基本相对运动	297
六、相对运动与构造体系	293
第三十九章 圈层相对运动构造	295
一、圈层相对运动构造的概念	295
二、圈层运动单元与圈层相对运动	296
三、地球内圈的运动和作用	298
四、圈层相对运动构造的动力学机制	301
五、圈层相对运动构造的基本模式	203
六、圈层相对运动构造在大地构造中的作用	307
第四十章 板块相对运动构造	310
一、板块相对于地球内圈的运动	311
二、全球板块运动的统一方向	314
三、板块相对运动的基本形式	318
四、板块相对运动的运动机制	321
五、大洋板块消亡的机制	323
六、板块的构造演化过程	327
七、板块相对运动构造的运动学问题	331
八、板块相对运动构造的动力学问题	335
第四十一章 板块边缘构造体系	340
一、全球洋脊构造体系	340
二、洋底扩张与洋脊构造体系的成因	345
三、大陆新造山带构造体系	356
四、造山作用与大陆新造山带的成因	364
五、岛弧-海沟构造体系	375
六、岛弧-海沟构造体系的成因	380
第四十二章 造山作用的基本原理	392
一、造山作用发生的空间原理	393
二、造山沉积体的发育原理	395

三、板块汇聚边缘的造山作用原理	399
四、与大洋闭合相关的造山作用原理	400
五、造山发展过程的基本原理	402
六、造山压缩构造形变的原理	405
七、造山过程中的垂直运动原理	408
八、造山热力作用和物质分异原理	410
九、造山作用的全球过程原理	412
十、造山作用的动力学原理	415
第四十三章 造山作用与地槽演化问题	418
一、造山过程与大洋发展过程的关系	418
二、造山过程中岩石圈缩短的幅度	420
三、造山运动中压缩性构造形变过程	424
四、构造混杂岩和蛇绿岩的成因	426
五、褶皱山脉中巨厚沉积岩层的成因	432
六、造山运动中物质迁移和转变过程	439
第四十四章 地块相对运动构造	443
一、岩石圈地块概述	443
二、全球地块的划分与构造轮廓	445
三、大陆地盾型和大陆地台型地块的构造	455
四、大陆盆地型和褶皱高原型地块的构造	470
五、大洋盆地型地块的构造	478
六、边缘海盆型和陆间海盆型地块的构造	483
七、地块运动的特点及与板块运动的关系	489
第四十五章 地块边缘构造体系	492
一、稳定大陆边缘构造体系	492
二、海岭构造体系	505
三、洋底大断裂带构造体系	509
四、老褶皱带构造体系	511
五、大陆大断裂带构造体系	524
六、大陆裂谷构造体系	528
七、地块边缘构造体系的演化	529
第四十六章 断块相对运动构造	532
一、台盾区断块构造和运动	533
二、褶皱区断块构造和运动	540
三、洋脊区断块构造和运动	548
四、深海区断块构造和运动	552
五、边缘海断块构造和运动	555
六、陆间海断块构造和运动	557
七、微大陆断块构造和运动	558
八、断块构造和运动的基本特点	559
第四十七章 断块边缘构造体系	565
一、拉张型断裂构造体系	565

二、挤压型断裂构造体系	569
三、剪切型断裂构造体系	571
四、张剪型断裂构造体系	575
五、压剪型断裂构造体系	577
六、岩石圈断裂与线性构造	578
七、岩石圈断裂构造体系的特点及演化问题	583
第四十八章 垂直相对运动构造	589
一、洋底垂直运动	590
二、造山垂直运动	592
三、造陆垂直运动	593
四、重力垂直运动	597
五、均衡垂直运动	600
六、底辟垂直运动	605
七、构造盆地与垂直运动	609
八、垂直运动与水平运动的相互关系	615
第四十九章 区域构造的综合	617
一、综合构造型式和运动型式的方法	618
二、区域构造型式的类型	620
三、各类构造型式概述和对各区域的简要综合	622
四、构造型式与运动型式	637
五、构造型式与动力作用型式	640
六、前寒武纪构造与古构造型式的综合	647
七、区域构造演化历史的综合	650
第五十章 全球构造的基本规律	653
一、岩石圈镶嵌构造及其构造层次的规律	653
二、岩块相对运动与构造体系形成的规律	654
三、洋底扩张与全球洋脊构造的规律	656
四、造山作用与全球新造山带构造的规律	659
五、全球洋底构造的规律	662
六、全球大陆构造的规律	665
七、全球洋陆过渡带构造的规律	667
八、全球构造型式表现的构造规律	670
九、全球运动型式表现的运动规律	673
十、洋陆演化与全球构造总过程的规律	678
十一、全球构造的运动学规律	680
十二、全球构造的动力学规律	683
十三、全球构造演化的规律	687
参考文献	691

第五篇 大洋起源和演化

篇首概说

岩石圈是一个复杂的多级镶嵌的构造系统。其中，大陆和大洋是岩石圈系统的两大基本结构单元和功能单元。大陆和大洋之间既对立又统一的关系，成为岩石圈统一体发展过程的基本矛盾。这个矛盾运动，构成了岩石圈演化的基本内容，构成了全球构造历史的主线，成为岩石圈辩证发展的基本源泉和推动力。在整个地质演化的历史时期，大陆和大洋这两种构造单元始终为岩石圈所具有；大陆和大洋之间的统一和斗争，使得岩石圈充满活力和生命力，而处于不断产生和消亡的变化过程中，从而使得整个岩石圈不断得以更新和向前发展。

在地质演化历史时期中，大洋盆地作为一种与大陆相对立的构造单元，是始终存在着的，但是，它却不断以新的形态代替旧的形态，而构成了一种新大洋不断产生、老大洋不断消亡的连续系列，从而形成了一个不断更新的辩证发展过程。新大洋是在与其相对立的地质构造单元内部，即在大陆内部，孕育和产生出来的。新大洋最初起源于大陆内部的裂谷，通过洋底扩张逐渐展宽，但总体展宽到一定程度就转为收缩，而处于闭合消亡之中。大洋的消亡过程，不能局限于自身范围内、与大陆无关联地发生，而是要通过逐渐参与造山作用转变为大陆的一个新的组成部分，即最终要转化为自己的对立面。

第二十六章 洋陆演化概述

在地质系统中，岩石圈是一个起主要作用的、占主导地位的地质要素；或者说，岩石圈构成了地质系统的核心部分，而各种地质作用和过程都是围绕着岩石圈的演化这个中心来进行和展开的。在这里，对于岩石圈的演化这个中心或主题，我们还需要进行详细和深入的探讨。由前述可知，发生于岩石圈系统内部的地质作用过程，主要是构造作用过程。由此，岩石圈的演化主要是同构造作用过程相联系的。这样，我们对于岩石圈演化的探讨，更具体地说，就是要探讨岩石圈的构造过程，而特别是要着重探讨大规模的、全球性的构造过程，即所谓大地构造或全球构造的过程。

岩石圈表面形态或地表形态，虽然变化多端、高低起伏相当复杂，但从其总体轮廓来看却表现出一定的规律性特征。人们早已知道，地表的基本轮廓可以明显地分为两大部分，即大陆和大洋盆地。大陆是地球表面上的高地；大洋盆地则是相对低洼的区域，它为巨量的海水所充填。大陆和大洋盆地是岩石圈外部的基本表现形态，即它们共同构成了岩

石圈的基本组成部分。因此，对于我们要探讨的整个岩石圈的演化问题，具体地说，也就是要探讨大陆和大洋盆地的构造演化问题。

人类生存在地球表面上，要了解地球的大陆和大洋的起源、历史和现状，是很自然的和必要的。然而，甚至直到本世纪中期，人类主要是局限于同大陆打交道。在过去约一个半世纪中所提出的各种海陆起源和演化的学说，由于对大洋盆地的知识还十分贫乏，因而不得不采用了各种推断和大量假设；其结果，在许多问题上存在着很大的臆测性，即使其中研究结果最好的，给人们的印象也不过是含含糊糊。但在过去短短的二十几年中，深海勘察技术有了出人意料的飞速发展，从而，有关大洋盆地的一些带有根本性的、关键性的资料，就很快被我们得到。与对大陆研究的状况相比，虽然现在还不能说对大洋底研究得已很详尽，但洋底的主要面貌的确已被揭露出来了。著名的海底扩张说的出现，正是这种形势在理论上的表现。现在可以说，我们已经掌握了有关全球大陆和大洋底两方面的基本资料，从而，全面探讨地球海陆起源和演化的历史条件，只是在现在才真正具备了。

在地球科学领域中，有关海陆起源和演化的问题，一直是受人们特别关注的。特别是，这方面的论题，是本世纪初以来地球科学中所发起的一系列重大论争的中心。在目前的条件下，我们更有必要对这方面的问题作进一步的探讨，以求对整个岩石圈的演化获得一个更深刻的认识。在这里，我们首先要对大陆和大洋的演化作一概要论述。

一、大陆和大洋的基本特征

现在，绝大部分地球科学者都承认了大陆漂移，并一致认为海陆结构、分布及其变化与这种巨大运动直接相关。在现代发展起来的理论中，对于大陆漂移过程的机制，根本不同于以前古老的看法。现已确定，比较刚硬的岩石圈板块是作为一个单元在软流圈之上运动着，岩石圈板块的相对运动，导致了大陆漂移，并控制着全球海陆分布的型式。整个岩石圈，与海陆形态的分异相联系，也可以分为两大区域类型，即大洋岩石圈和大陆岩石圈。这两种类型的岩石圈有着很显著的差异，特别是表现在其厚度差异方面。从总体上来看，粗略地说，大洋岩石圈的厚度仅及大陆岩石圈的一半。而大洋岩石圈本身还有一个重要的特征，即其厚度很不均一：洋脊轴部岩石圈相当薄，向两侧岩石圈逐渐增厚，最厚地段可达80km左右（图26-1）。

虽然大部分大型的岩石圈板块均由大陆岩石圈和大洋岩石圈合起来构成，但面积巨大的太平洋板块仍由单一的大洋岩石圈构成，由此表现出岩石圈板块的结构和海陆分布的不均一性。以南北两半球对比，陆地要更多地集中于北半球。在北半球陆地占其总面积的五分之二，而在南半球陆地面积仅占五分之一。在北半球的中纬度地带，陆地分布几乎连续不断，表现较为宽广；南半球除较小的南极大陆位于极地以外，南纬40°以南的广阔地区几乎全部为大洋所占据。可以看到，现今地球上海陆分布的一个明显的特征，就是大部分大陆都分布在赤道附近和中纬度地区。如果我们承认大陆岩块曾经发生过大规模水平运动，那么这种特征的形成，显然是与大陆岩块的普遍性离极运动直接相关。

大洋中的大陆壳岛屿全部位于大陆附近，并且它们在地质构造上与其邻近的大陆有密切的联系，其中，有些大陆壳岛屿的基础仍连接在它们各自附近大陆的大陆架或大陆坡

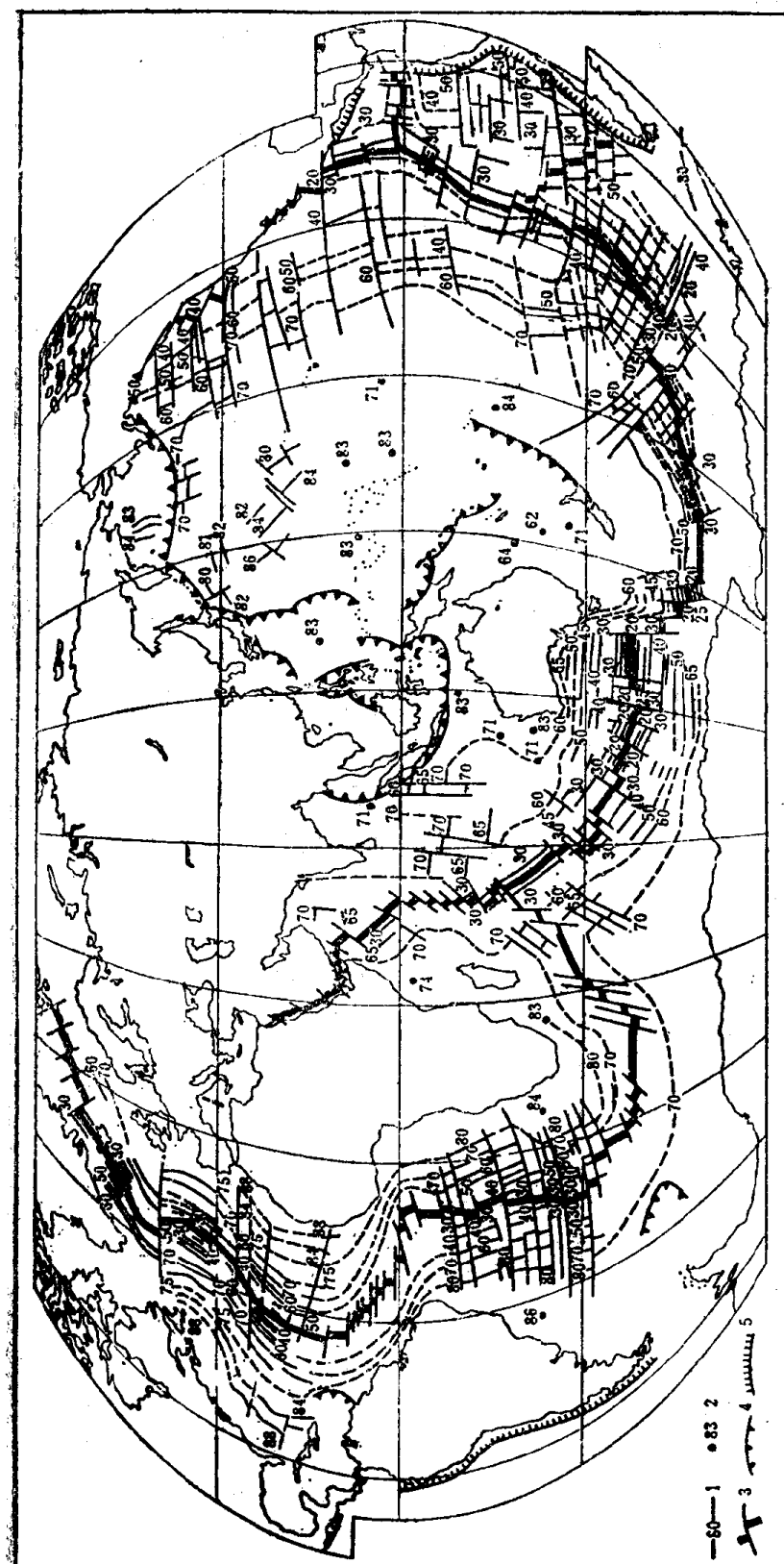


图 26-1 全球大洋岩石圈厚度和构造简图(А. М. Горюновский等, 1979)

1—等厚线(公里); 2—厚度测定值(公里); 3—岩石圈厚度小于10~15公里的裂谷带及转换断层; 4—岛弧俯冲带; 5—活动大陆边缘俯冲带。

上。前已述及，大陆壳岛屿原来都是陆地的一部分，由于大陆岩块发生破裂和运移而使它们与大陆分离一定距离。在全球范围内，大陆壳岛屿几乎全部分布在大陆东海岸一侧，而在一些大陆东部边缘，则被一连串的大陆壳岛屿构成的花彩状岛群所环绕，形成了显著向东凸出的岛弧。这种明显的规律性向我们表明，全球大陆壳岛屿在成因上具有统一的机制，而决不是一种偶然形成的形态。对此，从基本原则上说，我们可以用岩石圈板块普遍向西运动和边缘海底扩张的机制来加以说明。

大陆和大洋盆地是地表上两个基本的地形单元。长期以来，研究陆地的高度和海洋的深度及其分配规律，一直是许多学者感兴趣的工作。早在1912年，瓦格奈 (H. Wagner) 曾从事过这方面的工作，并经计算得出了固体地球表面的各级高程分配。但现在看来，当时所得结果的精度还是很差的。在最近20~30年间，有关海洋深度的资料有了急剧的增加。在1966年，梅纳德 (H. W. Menard) 等汇集了当时所得的资料，再度进行了世界海洋深度的统计，最后得到了一个较准确的固体地表各高度的分布模式。表示在图 26-2⁽²²⁾ 中的统计结果，可以完整地表现出地球表面起伏的总趋势。在图26-2(a)中可以看出一个特别显著的现象，即地球表面以0~1公里的高度和4~5km的深度这样两个标高占优势，前者相当于大陆地台和地盾；后者相当于大洋的深海盆地。图26-2(b)是地表起伏曲线，它直接给出了在任何一个选定的水平以上的地表面积，对此或是以平方公里计，或是按全部面积的百分数来表示。地表起伏曲线同样表明，地球表面以两个水平最占优势：陆地和海平面上的平均高程为0.875km，大洋的平均深度为3.729km。大洋和大陆之间的海岸线的位置，并不是这两个构造单元之间的界限，大陆有一部分边缘地带普遍为海水淹没，这一部分包括大陆架和大陆坡，二者共占整个地表面积的10.9%。大陆和大洋盆地通过大陆架和大陆坡而连接起来。对大陆包括的那部分浸没面积，通常粗略地把它定义为海水深度小于1km的那部分面积。这样，就可以发现大陆总面积接近于地表面积的40%，而实际上只有29%在海平面以上。

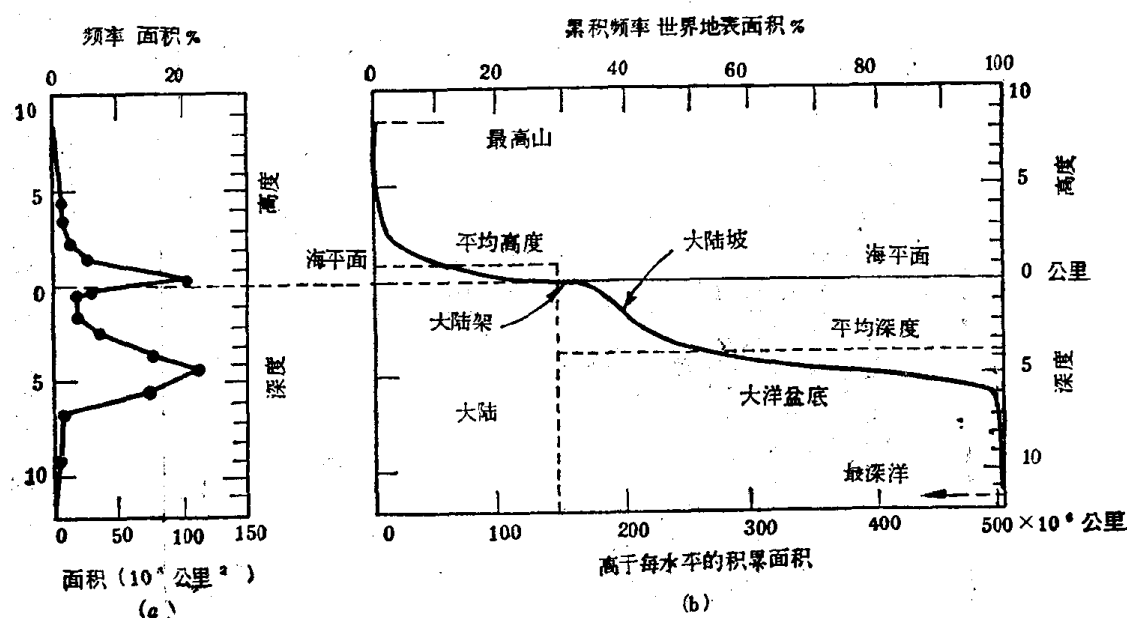


图 26-2 固体地球表面的高度分布²²⁾

(a) 频率分配, (b) 累积高深曲线。

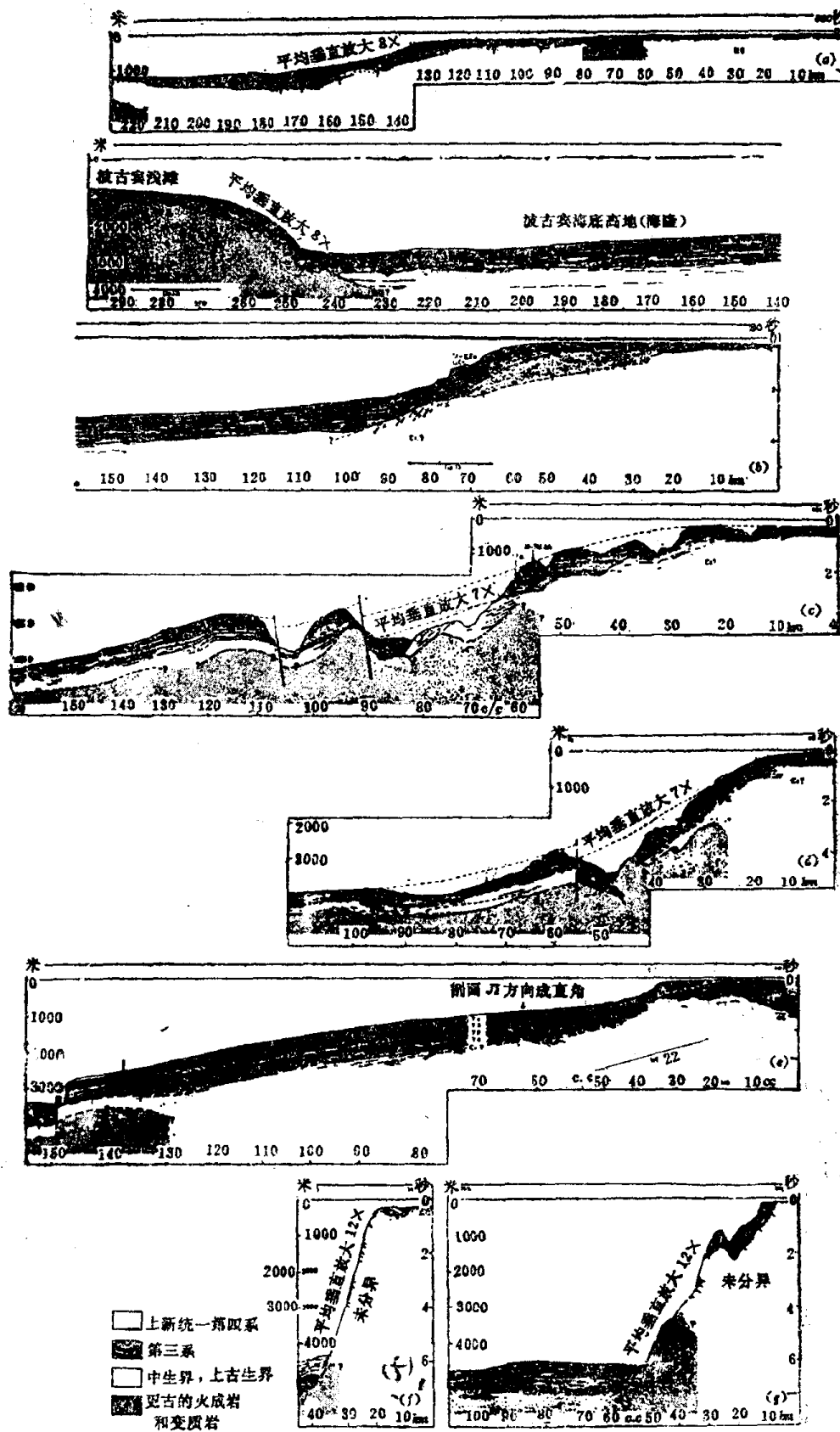
地表起伏曲线中最有意义的特征是处于海平面以下1000~3000m 高程之间的面积竟如此之小，这一特征表明，大陆有一个陡峭的水下边缘把大陆与大洋明确分开。大陆的这种突然中断，是岩石圈中的一个重要地形特征和构造特征，这对我们了解大陆和大洋的起源和演化具有重要的意义。这种大陆突然中断的大陆边缘构造形态，即为通常所称的大陆坡，它是大陆向大洋过渡的地带，一般坡度达到 $4^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 之间。在大河口外或有较多沉积物的部分，大陆坡的坡度较缓。大陆坡呈宽数十公里的条带围绕着大陆架，其平均宽度为40~50km，有时大陆坡直接从陆地外缘开始，其间无大陆架。在大陆坡上，多数地区为陆源沉积物所覆盖，但厚度一般并不太大，局部地区还分布着生物或火山沉积。大陆坡的坡麓常有浊流沉积，并且在一些地方形成了沉积扇。坡麓的沉积厚度很大，有时可达千米。由此可见，大陆坡的底部才是大陆与洋底的真正构造分界线。大陆坡上最显著的地形是海底峡谷。大多数海底峡谷仅在大陆坡范围内延伸，即海底峡谷向上至大陆架边缘、向下至大洋底边缘就消失了。有少数海底峡谷向上横切大陆架而与陆地河谷直接相连，向下可以贯穿整个大陆坡，并向大洋底延伸很长一段距离。这些海底峡谷成为沉积物离开大陆架而输移至洋底的主要通道；其结果，使大量沉积物在大陆坡下面附近的深水大洋盆地中堆积起来，而形成了大陆裙。大陆架、大陆坡和大陆裙相互连接构成了一个整体构造单元，通常称为大陆边缘(图26-3)^[23]。

长期以来，人们就注意到地表上的某些大陆构造能够拼合在一起，这正好象一个拼板玩具。特别是非洲的西海岸与南美洲的东海岸之间的吻合性最为明显而令人惊异。这种特征也同样不是一种偶然的现象。现在，它用大陆岩石圈的直接破裂和大陆岩块的长途运移，得到了简单而明确的说明。

在以前的一个长时期内，在一般的模式中，人们通常把地球外壳看作是一个比较均一的层次，大陆和大洋被看作是这个地壳上受到抬升和陷落的区域，而山脉则是地壳的褶皱和变厚的部分。现代地球物理技术的发展及其在地壳构造研究中的运用，使得人们逐渐放弃了这种简单的模式。已经证明，大陆和大洋之间在结构和构造上有一些根本性的区别。大洋底的平均深度只能作为大陆区和大洋区不同的一个标志。被称为地壳的莫霍面以上的固体部分，是一个最不均一的层次。大陆地壳和大洋地壳的差异是非常明显的。大陆地壳的总化学成分是花岗岩质的，包括有巨厚的沉积岩层、片麻状基底岩石、花岗岩和花岗岩质喷出物，但所有这些岩石类型在总成分上是相似的。与此不同，大洋盆地下的岩石除了厚度不大的沉积盖层以外，全部是基性的玄武岩或辉长岩。因此，整个地壳可以分为大陆硅铝壳和大洋硅镁壳两大类型。由此表明，地壳结构在空间上的分布是具有一定规律的。此外，与大洋地壳相比，大陆无疑是岩石圈中较古老的、有长期演化历史的构造单元；因而，大陆现存的特征大致地记载了岩石圈较早期的地质历史。

二、劳亚古陆和冈瓦纳古陆

通过对地球上海陆分布和大陆构造的长期观察，自然就提出了这样的问题：海陆分布特征和大陆上地质构造的对应关系等是否属于某种岩石圈内构造规律性的表现。自本世纪初期形成较系统的大陆漂移说以来，解释现存大陆和大洋分布与构造特征的新模式，就是一个或两个很大的原始大陆的破裂和水平漂移。通常，如果设想只有一个原始大陆存在，



则此大陆被称为联合古陆 (Pangaea), 此联合古陆的概念主要是由魏格纳 (A. L. Wegener, 1912) 建立的。如果设想有两个原始大陆时, 则这两个原始大陆就分别被称为劳亚古陆 (Laurasia) 和冈瓦纳古陆 (Gondwanaland), 这一模式主要是由杜托特 (A. L. Du Toit, 1937) 建立的。

19世纪中叶, 斯奈德 (A. Snider, 1858) 从美洲和欧洲的石炭纪植物化石之间的相似性得到启示, 提出所有大陆过去都曾经是一个巨大陆地的一部分的设想。斯奈德在其著作中还提出了一张大陆拼合图, 此图的基本特征同后来所谓的联合古陆的复原图很相似。魏格纳在其著作中提出, 所有的大陆在中生代开始以前曾连接成一个单一的巨大陆块, 并明确称之为联合古陆。对此值得注意的是, 魏格纳曾把这个联合古陆的很大一部分标明为浅海。然而, 对这一联合古陆的成因问题, 魏格纳仅仅作出了一些含糊不清的推测^[1]。

本世纪30年代, 在大陆漂移说趋向衰落的形势下, 杜托特继续研究了大陆漂移问题; 他在1937年发表的著作——《我们漂移的大陆》^[24], 可以说是地质学领域中最重要著作之一。在这部著作中, 杜托特通过对大陆运动和地质演化历史的进一步研究, 明确提出了两个原始大陆的模式, 这两个原始大陆就是劳亚古陆和冈瓦纳古陆。这样, 实际上就把目前地球上的许多大陆综括为两大部分, 而不是象以前由魏格纳等人所主张的那样, 把全球大陆只归结为一个部分。杜托特认为, 这两个原始大陆原来是在靠近地球的两极处形成的, 其中劳亚古陆在北, 冈瓦纳古陆在南; 在它们形成以后, 便逐渐发生破裂, 并可能生长, 而且有一部分运移到现今大陆块的位置 (图26-4)^[24]。当《我们漂移的大陆》一书出版时, 劳亚古陆和冈瓦纳古陆模式的拥护者寥寥无几。然而, 这一模式在今天却受到了广泛的尊重和承认。现代的证据都支持有两个巨大陆块的观点: 冈瓦纳古陆在南半球, 劳亚古陆在北半球。

19世纪末, 地质学界已开始对南半球各大陆之间的相互联系进行探讨。当时, 地质学者休斯 (E. Suess) 注意到南半球各大陆上的地质构造十分接近一致, 因而就将它们合并成一个单一古大陆进行研究, 并将其称为冈瓦纳古陆。这个名称来源于冈瓦纳 (Gondwana), 它是印度东中部的一个标准地层区。休斯在《地球面貌》一书中, 运用了地质构造、岩层、矿物、古生物以及古冰川等资料对冈瓦纳古陆进行了首次系统的论证。冈瓦纳古陆包括了现今的南美洲、非洲、阿拉伯半岛、马达加斯加岛、锡兰岛、印度半岛、南极洲、澳大利亚和新西兰。冈瓦纳古陆的组成部分, 都成为现今这些大陆和岛屿的古老地盾区。地层、古生物和古冰川研究得到的证据是: 对南半球所有地区的冰碛岩, 不仅发现它们是形成于相同的地质时代, 而且在一系列的岩层中都存在有同种植物化石。这个系列包括从泥盆纪到三迭纪地质时代中的岩层, 因而被称为冈瓦纳岩系。在石炭-二迭纪地层中, 其中有两种特殊的植物种, 即舌羊齿属和圆舌羊齿属, 达到了最繁盛的时期。这些植物最后结成了石炭纪煤层而普遍夹在冈瓦纳岩系之中。据此, 休斯认为南半球的大陆曾连接在一起而构成一个统一的古大陆。虽然休斯曾找到许多证据证明冈瓦纳古陆的存在, 但对于这个古大陆后来的演化问题, 他却认为是由于位于目前南半球各大陆之间的陆地发生大规模沉陷, 而使这些陆地最后孤立起来。这样, 休斯最后的解释还是陷入了传统的固定论和陆桥说。

杜托特用以证明劳亚古陆和冈瓦纳古陆存在和漂移的大部分证据, 是来自地质学、古生物学和古气候学方面。通过对冈瓦纳古陆的拼合重建以后就可以看到, 南半球各大陆较

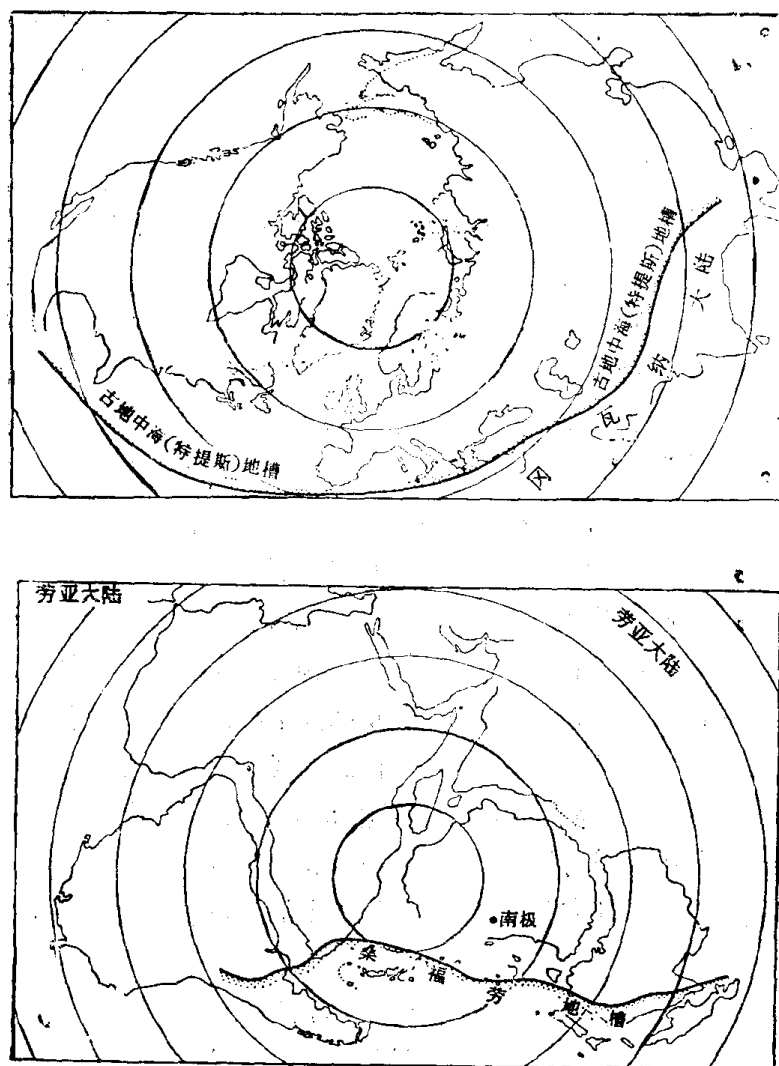


图 26-4 杜托特设想的劳亚古陆(上图)和冈瓦纳古陆(下图)^[24]

近期的造山活动被限制在一个能够连续贯穿冈瓦纳古陆的被称为桑福劳 (Samfrau) 的地槽带内。在南半球, 从发生在石炭纪和二迭纪时期的一系列冰川作用所发现的相关现象的证据, 对冈瓦纳古陆的存在和漂移是很有说服力的。这些冰川作用, 在南美洲、非洲、澳大利亚的南部、印度半岛和马达加斯加, 以及最近发现在南极洲, 都留有清楚的地质记录。这些冰川作用显示出从相当于当时南极位置的一个点向周围扩展。普遍存在的冈瓦纳岩系证明, 这些大陆不但过去是连续着的, 而且它们曾位于南极区或其附近。根据古生物证据, 冈瓦纳古陆直到中生代显然还是一个单元, 或其成员彼此相当靠近, 以后才开始分裂成几块并运移开来。冈瓦纳植物化石的复杂的种类, 能够出现在我们现在所看到的分离着的各陆块上是不可想象的, 因为只要存在一条不太宽的海域, 就足以截断多种植物体系的散布。此外, 如果不用陆地曾直接连接的方式, 则南美和澳大利亚同时出现有袋目等事实是很难说明的。在中生代以后, 生物的演化是沿着发散的途径进行的, 结果导致我们现今在不同大陆上看到的各种生物种类的差异。显然, 所有这些证据都有利于确立冈瓦纳古陆的理论。

过去二十多年中迅速积累起来的资料, 有力地证明冈瓦纳古陆的理论基本上是正确的

的。特别是通过对整个南极大陆的大量考察，表明南极大陆与南半球其他大陆之间在地质上存在着惊人的相似性。南极洲横断山脉的褶皱和变质岩与澳大利亚东南部的岩石相类似，这两个地区的岩层都是在古生代发生褶皱，并伴随有花岗岩体侵入。另外，这两块大陆均存在有一个古生代早期造山带，该造山带与位于东面的一个古生代中期造山带相平行。虽然这两个地区的构造走向是不规则的，与目前的海岸线近乎垂直，但它们却大致与冈瓦纳古陆复原图上的海岸线相平行(图26-5)^[25]。从冈瓦纳古陆的构造纲要图中我们可以看到，非洲南端的开普山脉只沿东西方向延伸很短的一段距离；但在复原图中，实际上它向西延伸同南美洲的古生代褶皱山脉相连接，而向东延伸则与南极洲和澳大利亚东部的褶皱山脉连接起来。对南极大陆的实地考察发现，东南极洲沿岸的基底岩石与冈瓦纳古陆其他陆块的沿岸基底岩石类同，并且那些古南极洲岩石的构造纹理与冈瓦纳古陆其他陆块对峙海岸的同类岩石的构造纹理相一致。此外，所有这些地区基底岩石的组成十分相似，都是一种片麻岩的深变质岩和花岗岩的侵入岩，其中特别是一种独特的紫苏花岗岩，在东非、斯里兰卡、印度东部及南极洲东部沿岸都有广泛分布。南极洲和澳大利亚之间的构造带，由古生代早期的罗斯和阿德莱德造山带以及古生代中期的博什格雷文克(Borchgrevink)和塔斯曼(Tasman)造山带构成。1958年，在南极洲横断山脉首次发现了古老的冰碛岩带，而现在已在南极洲的许多地方发现了古生代冰碛岩。这些冰碛岩在时代上属于石炭纪或二迭纪。冰碛层上覆的是较年轻的二迭系，它通常包含有煤层和舌羊齿植物化石。这样，随着南极洲古冰碛岩的发现，目前在冈瓦纳古陆的所有主要部分都已发现古生代晚期冰川作用的证据。南极洲植物群化石，特别是石炭-二迭纪的舌羊齿植物群化石，与南半球其他地区的植物群化石极为相似。最近在南极洲横断山脉发现的三迭纪爬行动物和两栖动物化石，对论证大陆漂移也是十分重要的，因为这些动物，如水龙兽属，一定是经陆地而传布的。所有在南极洲新近发现的动植物化石都有力地证明，该大陆目前在地理位置上的孤立，在古生代甚至在中生代的早期是不存在的。此外，海底扩张的研究和深海钻探的结果，都已为冈瓦纳古陆的存在提供了非常有力的证据。

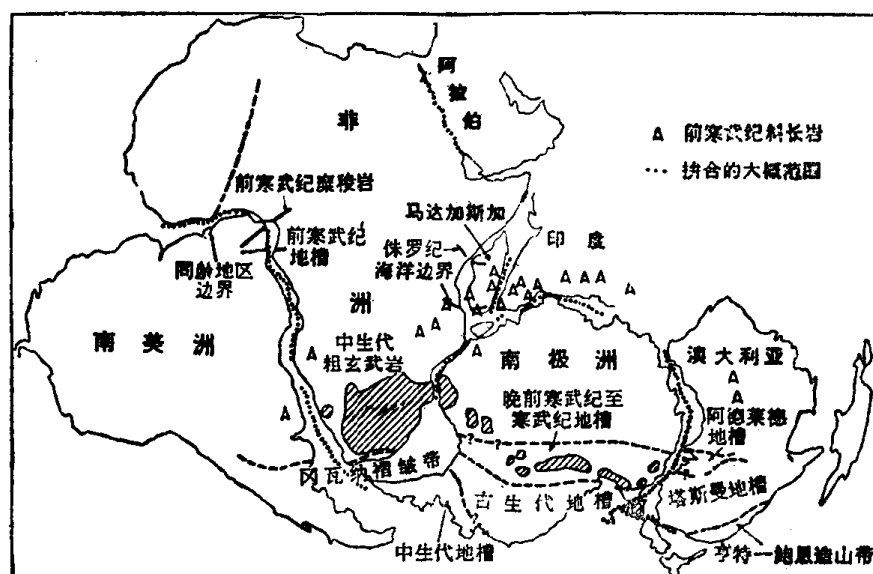


图 26-5 冈瓦纳古陆的构造纲要和造山带分布图^[25]

劳亚古陆是欧洲、亚洲和北美洲的结合体，它们即使在现在还没有离散得很远。劳亚