

DIMAOXUE

高等学校教材

地貌学

尚钦平 曾昭璇 主编

(北京)
-43

高等教育出版社



高等学校教材

地 貌 学

严钦尚 曾昭璇 主编

高等教育出版社

(京)112号

图书在版编目(CIP)数据

地貌学/严钦尚,曾昭璇主编. —北京:高等教育出版社,1985.9(1998重印)

ISBN 7-04-000533-6

I.地… II.①严… ②曾… III.地貌学 IV.P931

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第00923号

*

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京朝阳北苑印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 12.5 字数 303 000

1985年9月第1版 1998年3月第11次印刷

印数 49 593—52 602

定价 9.90元

前 言

随着我国为实现四个现代化建设高潮的兴起,地理、地质、交通、水利和测绘等部门都需要进行地貌调查工作。我们受高等教育出版社的委托,在学习和吸收国内外地貌科学研究新成果的基础上,编写了本书。本书内容以阐述地貌学基本理论为主,并注意在生产实践方面的应用;力求适合高等院校地貌学课程教学之用,也可供有关科研、生产单位工作者的参考。

本书由严钦尚、曾昭璇两教授主编。全书共九章,各章编写同志为:第一章绪论,曾昭璇;第二章构造地貌,钱宗麟;第三章风化作用与坡地重力地貌,刘树人;第四章流水地貌,潘明友;第五章喀斯特地貌,黄少敏;第六章风成地貌与黄土地貌,吴正;第七章冰川与冰缘地貌,许世远;第八章海岸地貌,项立嵩;第九章区域地貌调查与地貌制图,梅安新。严钦尚对全书多次统一修改并最后定稿。

在编写过程中,高校地貌教师代表曾两次集会讨论了大纲和原稿。罗来兴研究员、穆桂春、齐鑫华、景才瑞、俞序君、杨景春、肖荣寰、陈永森等同志认真审阅,提出宝贵修改意见,叶玲玲同志并对全书文字和图件逐一仔细审核,本书附图由蔡吉同志清绘,在此一并表示衷心感谢。本书由集体编写,虽经统过,但错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1984年8月

目 录

前言	(1)	第三节 河流的作用	(57)
第一章 绪论	(1)	一、河道水流运动特征	(57)
一、地貌学的研究对象	(1)	二、河流的侵蚀	(58)
二、地貌学的发展和现状	(2)	三、河流的搬运	(59)
三、地貌学的实践意义	(4)	四、河流的沉积	(59)
第二章 构造地貌	(5)	第四节 河流地貌	(60)
第一节 全球构造地貌	(5)	一、河谷基本形态	(60)
一、地球的形状	(5)	二、河床地貌	(61)
二、大陆与洋底	(6)	三、河漫滩	(66)
三、全球构造地貌的形成	(9)	四、阶地	(68)
四、内、外力作用的关系	(12)	五、河谷的不对称	(72)
第二节 海底的构造地貌	(13)	第五节 河口地貌	(73)
一、洋底构造地貌	(13)	一、河口及其分段	(73)
二、大陆边缘构造地貌	(16)	二、河口水动力特征和泥沙运动	(73)
第三节 陆地的构造地貌	(18)	三、三角洲	(74)
一、陆地构造地貌分区	(18)	四、河口湾	(80)
二、陆地构造地貌类型	(20)	第六节 流域地貌	(81)
三、地质构造地貌	(21)	一、水系和水系类型	(81)
第三章 风化作用与坡地重力地貌 (27)		二、分水岭的移动和河流袭夺	(83)
第一节 风化作用与风化壳	(27)	三、流水侵蚀地貌的演化	(83)
一、风化作用	(27)	四、侵蚀地貌演化的速度	(86)
二、风化壳	(33)	第五章 喀斯特地貌	(88)
第二节 坡地重力地貌(块体运 动)	(37)	第一节 喀斯特作用	(89)
一、块体运动的力学分析	(38)	一、喀斯特作用的化学过程	(89)
二、块体运动	(40)	二、喀斯特作用的基本条件	(89)
第四章 流水地貌	(52)	三、喀斯特水的动态	(92)
第一节 坡面径流及其所形成的 地貌	(52)	第二节 喀斯特地貌	(93)
一、坡面径流的形成与作用	(52)	一、地表喀斯特地貌	(94)
二、坡面径流作用形成的地貌	(53)	二、地下喀斯特地貌	(98)
第二节 沟谷水流及其所形成的 地貌	(54)	第三节 喀斯特地貌的发育	(100)
一、沟谷的发育	(54)	一、喀斯特地貌的发育阶段	(100)
二、沟谷水流形成的地貌组合	(55)	二、喀斯特地貌的地带性	(101)
三、泥石流及其形成的地貌	(56)	第六章 风成地貌及黄土地貌	(103)
		第一节 风沙流	(103)
		第二节 风蚀地貌	(106)
		一、风蚀作用	(106)

二、风蚀地貌形态	(106)	三、近岸流	(154)
第三节 风积地貌	(108)	第二节 海平面变动	(155)
一、风积作用	(108)	一、晚更新世晚期和全新世冰后期的海面变动	(155)
二、风积地貌形态	(108)	二、海面变动与海岸发育	(156)
三、沙丘的移动	(112)	第三节 海蚀作用与海蚀地貌	(157)
第四节 荒漠的类型	(115)	一、海蚀作用	(157)
一、岩漠(石质荒漠)	(115)	二、海蚀地貌	(158)
二、砾漠(砾石荒漠)	(116)	三、岩性和构造对海岸的影响	(159)
三、沙漠(沙质荒漠)	(116)	第四节 海岸带的泥沙运动及其地貌	(160)
四、泥漠(粘土荒漠)	(117)	一、沉积物的横向移动与均衡剖面的塑造	(160)
第五节 黄土地貌	(117)	二、沉积物的纵向移动及形成的地貌	(162)
一、黄土的分布与特征	(117)	第五节 堆积海岸与海岸堆积地貌	(164)
二、黄土的成因	(119)	一、砾石海滩	(165)
三、黄土地貌的类型	(120)	二、沙质海滩	(165)
第七章 冰川与冰缘地貌	(124)	三、淤泥质海岸	(167)
第一节 冰川的形成与演化	(124)	四、堡岛与泻湖	(167)
一、雪线与成冰作用	(124)	第六节 生物作用形成的海岸	(170)
二、冰川的运动	(126)	一、珊瑚礁海岸	(170)
三、冰川类型及其演化	(127)	二、红树林海岸	(171)
第二节 冰蚀作用与冰蚀地貌	(128)	第七节 海岸分类	(172)
一、冰蚀作用	(128)	第九章 区域地貌调查与地貌制图	(175)
二、冰蚀地貌	(130)	第一节 区域地貌调查	(175)
第三节 冰川搬运、堆积作用与冰川堆积地貌	(132)	一、地貌调查的工作程序	(175)
一、冰川的搬运与堆积	(132)	二、观测路线和观测点的布置	(177)
二、冰碛物的基本特征	(133)	三、地貌野外观测和记录的内容	(177)
三、冰碛地貌	(134)	四、填绘各类图件、照象、素描和采集标本	(178)
四、冰水堆积地貌	(135)	第二节 地貌制图	(179)
第四节 第四纪冰期	(137)	一、地貌图的编制原则	(180)
一、古冰川活动证据的确定	(137)	二、普通地貌图的编制方法	(180)
二、冰期的划分	(138)	三、部门地貌图和专题地貌图	(184)
第五节 冰缘地貌	(139)	四、地貌剖面图	(189)
一、冻土及其分布	(139)	五、地貌区划图	(190)
二、冻融作用与冻融堆积	(141)		
三、冰缘地貌	(143)		
第八章 海岸地貌	(146)		
第一节 海岸的动力作用	(146)		
一、波浪作用	(146)		
二、潮汐与潮流作用	(151)		

第一章 绪 论

一、地貌学的研究对象

地貌学 (Geomorphology) 是研究地球表面的形态特征、成因、分布及其发育规律的科学。

地表形态是复杂多样的。有大陆, 有洋盆, 有高大的山脉和山地, 有低矮的丘陵, 有极目无际的平原, 还有地势高寒的高原和四面环山的盆地等等。这些不同的地貌, 成因也是各异的。在降雨量丰沛的地方, 地表流水作用强盛, 故坡地上的冲沟, 谷地中的河流, 河口的三角洲等地貌发达; 在石灰岩分布的地方, 受地面及地下水的溶蚀可形成奇特而美丽的喀斯特地貌; 在少雨的地方, 流水作用让位于风的吹扬作用, 地表堆积沙丘, 形成大片的沙漠; 在高寒地区, 冰川成为作用于地表的主要营力, 形成冰川地貌。

地表形态虽然复杂, 但它们主要是在内营力 (内力) 和外营力 (外力) 相互作用下生成和发展的。内力是指地球内部放射能等引起的作用力。内力作用造成地壳的水平运动和垂直运动, 并引起岩层的褶皱、断裂、岩浆活动和地震等。除火山喷发、地震等现象外, 内力作用一般不易为人们所觉察, 但实际上它对于地壳及其基底长期而全面地起着作用, 并产生深刻的影响。地球上巨型、大型的地貌, 主要是由内力所造成的。

外力是指地球表面在太阳能和重力驱动下, 通过空气、流水和生物等活动所起的作用。它包括岩石的风化作用, 块体运动, 流水、冰川、风力、海洋的波浪、潮汐等的侵蚀、搬运和堆积作用, 以及生物, 甚至人类活动的作用等。外力作用非常活跃, 而且易被人们直接观察到。

地貌是内外力相互作用下的产物, 在地貌发育过程中, 两种力量是同时出现, 彼此消长, 相互作用, 相互影响的。例如当地壳下降 (内力) 成为低地和海洋时, 必然导致堆积 (外力) 作用加强; 如果地壳由下降转变为上升, 露出海面而成为山地或高原时, 主要的外力便由堆积变为侵蚀。由此可见, 内、外力是同时出现, 相互消长的。另一方面, 如果大片高山经过长期外力作用削蚀为平地时, 地壳表面负荷减轻, 失去平衡, 会引起地壳上升。平原地区如有河流大量淤积, 负荷加重, 又会引起地壳沉陷。可见内外力又是相互作用, 相互影响的。

在地球表面长期演化过程中, 内力作用与外力作用无论在数量上或强度上都具有同等重要的意义, 两者趋于动态平衡, 就现今见到的全球构造面貌而言, 仍然保持着一个大致均衡的旋转椭球体, 即反映内外力两方面总的接近平衡。

但是, 在某个具体时期和某个具体地区, 这二种作用力总是不平衡的。在某一时期和某一地区, 一种营力占了主导地位; 而在另一时期和另一个地区, 可能是另一种营力占了优势。如青藏高原和喜马拉雅山区, 在急剧上升时期, 虽然受流水和冰雪等作用进行侵蚀, 但总的上升速度远远超过了剥蚀速度, 因此, 它是个以内力作用为主的地区。相反, 在华北平原, 地壳虽然不断下降, 但那里的堆积作用十分旺盛, 下沉得到了堆积的补偿, 形成了辽阔的平

原,可见那里是以外力作用占主导地位。从地貌的长期发展史看,内力在地表变化过程中通常都起着构成地表大型地貌骨架的作用,或隆起成为高山高原,或下沉成为海洋盆地。而外力作用主要是将地表夷平,使高地削蚀,低地填高,且在此过程中塑造出各种丰富多采的外力地貌。

地貌的发育还与地表的组成物质(包括地质构造和岩石性质)和作用时间有关。就前者说,地质构造是地貌形态的骨架,在地质构造影响下,出现各类构造地貌。此外,岩石由于岩性差异,对于外力作用有着不同程度的抵抗力,因此,在同一外力作用地区,由于岩性不同,地貌形态也会千差万别。

内、外力作用的时间也是引起地貌差异重要原因之一。当其他条件相同,但作用时间长短不同则所形成的地貌形态也有区别,显示出地貌发育的阶段性的。例如,急剧上升运动减弱初期出现的高原,外力作用虽然强烈,但保存了大片高原地面。随着时间的推移,高原区在外力侵袭下,破坏殆尽,成为崎岖的山区,而再进一步发展,又可转化为起伏和缓的丘陵。

由此可见,地貌的发育受到内、外力相互作用、地质构造和岩性、以及作用时间三方面的影响。所以研究地貌学的目的,就在于揭示地表形态在这三方面影响下的发生和发展规律,以便在人类生产活动中合理地利用其有利方面,改造其不利方面。

二、地貌学的发展和现状

地貌是地理环境中的一个重要因素,它与人类生活和生产活动关系极为密切,因此,从古代开始,人们就有了地貌知识,但是作为一门科学,是在十九世纪以后逐渐形成的。

(一) 我国古代地貌知识的积累

我国是世界上的文明古国,前人在生产和生活实践中已经积累了相当丰富的地貌知识。下面列举一些有影响的著作。

早在西周(公元前八世纪前)的《诗经·大雅·笃公刘》中,已有“岗”(丘陵)、“原”(平原)、“隰”(低湿地)等三种地貌的记载。

战国时,公元前四至三世纪的《尚书》中的《禹贡》篇,是极有科学价值的地理著作。书中把我国东部分为九州,并叙述了九州内的山川大势及土壤类型。

在公元六世纪,北魏郦道元所著《水经注》,详载了黄河、长江及西江等大河及其沿岸的地形、气候等特征。

北宋沈括(1032—1096年)在《梦溪笔谈》中,对流水的侵蚀、搬运与堆积等三者的关系,有清晰的概念。他明确指出高山与深谷都是流水侵蚀的结果,陆地曾经历过沧海桑田的变化,耸拔的太行山曾经是海洋生物沉积的场所。

明代徐霞客(1586—1641年)的《徐霞客游记》,更是一部伟大的地理著作,书中对我国西南地区喀斯特地貌的类型、分布、成因及区域特征等记载十分详尽,在世界古代科学史上堪称描述喀斯特地貌的经典著作。

清初孙兰(1638—1705年)的《柳庭舆地偶说》中,对地貌的生成提出了“变盈流谦”观点。他认为堆积会使地貌由低变高(即“变盈”),侵蚀会使高地夷平(即“流谦”)。他还认为地貌的作用力是“因时而变(长期渐变的),因变而变(突发的),因人而变”。他的论述已触及了地貌学的核心问题——外力和内力作用,而更可贵的是已经指出了人为的作用。

(二) 近代地貌学的发展

地貌学是近百多年来发展起来的。随着经济发展和自然资源开发的需要，使它从地理学、水文学、测量学和地质学中分化出来，成为一门独立的科学。

十九世纪后期至二十世纪初，在地貌学理论上贡献较大、影响较为深远的人物是美国学者W·M·戴维斯(W. M. Davis, 1850—1934年)和德国学者W·彭克(W. Penck, 1888—1923年)，他们是当代地貌学的奠基人。

戴维斯于1899年创立了“地理循环(The geographical cycle)”学说(又称侵蚀循环: Cycle of erosion)。该学说曾经在相当长的时间内成为地貌学的理论基础，至今仍不失其科学价值。他认为地貌的发育要素有三个：即构造、时间(侵蚀阶段)和营力。地貌演化反映了这三者之间的函数关系，这一提法抓住了地貌演化过程中最要害的实质。他通过对外营力作用下的地貌的研究，把地理循环分为“风蚀循环”、“冰蚀循环”、“水(河流)蚀循环”及“海蚀循环”等。在每种循环中，又分出若干相对意义的发育阶段：即幼年期、壮年期和老年期。老年期地面被夷平，他称之为准平原。

戴维斯的理论能够比较全面地概括了地貌发育的因素，对地貌学发展曾经起过推动作用。但也有严重的缺点，主要是在思想方法上基于简单的推理和演绎，忽视了地貌演化过程中由于多种要素变化而使循环方向发生变化的复杂性。例如，他把内力(地壳上升)与外力(剥蚀作用)从时间上截然分开，在循环初期地壳迅速上升过程中，忽视了剥蚀侵蚀作用，认为在上升作用停息之后，外力作用才开始活动。显然，这种观点是不符合实际的。

彭克的地貌学理论，主要反映在《地形分析》(1924年)一书中。他与戴维斯的观点不同，认为地貌是内外力同时相互作用下的产物，研究地貌学的主要目的就是通过分析地貌形态实际去了解内外力之间的相互关系，以便确定地壳运动的性质。地貌分析的具体方法是分析斜坡形态。在他看来，斜坡剖面形态有三种：即凸形坡、凹形坡和直线形坡。每种形态都包含着内外力的数量关系。如凸形坡表示地壳上升大于剥蚀作用；凹形坡表示剥蚀作用强于地壳上升；直线形坡则表示两者均等。如果地壳上升时快时慢，那么，斜坡的剖面形态就变得复杂起来。彭克的提法对戴维斯学说提出了挑战。

(三) 地貌学的现状

二十世纪五十年代以后，地貌学进入了一个新的发展阶段，它逐渐从以往的定性描述转入数理分析和定量研究。为了达到这个目的，一般从三个方面入手。首先，大量引进相邻学科如河流动力学、海洋动力学、冰川动力学、风沙动力学等先进理论和技术来充实自己。其次，由于新的边缘科学的发展，有可能运用诸如物理探测、遥感(航片和卫片)、年代测定(^{14}C 、铀系法等)、微体古生物及孢子花粉等新的研究方法和手段，有效地获取确切的结论。为了地貌研究工作取得准确的数据，常在典型地貌区建立定位或半定位的观测站及试验站，如海洋动力观测站、风力观测站、水土流失实验站等，并在室内进行模拟试验。地貌的定量研究使人们能准确地了解地貌的发生与发展(速度、方向和结果)规律，使得研究成果能更好地为经济建设服务。

我国在1949年以前，地貌学与其他科学一样，在半封建、半殖民地的社会下受到了限制。中华人民共和国建立以后，地貌学也得到了飞跃的发展。首先，为了适应社会主义生产建设发展的要求，地貌研究方向加强了与生产实践的结合，从而获得了巨大的生命力。另一方面，地貌学的研究领域更为广泛与深入，对于河流地貌、喀斯特地貌、黄土地貌、沙漠地貌、冰川地貌、冰缘地貌、海岸与海底地貌、区域地貌与地貌区划、地貌制图和应用地貌等方面，

都取得了重大的进展。从而对国家的流域规划、河道整治、水土保持、沙漠治理、冰雪资源的利用、滩涂利用和港湾建设等工作起了良好的作用。

近年来，国内外的地貌学在生产发展的要求和和其他自然科学的进展影响下，正朝着纵深方向发展，出现了如构造地貌学、气候地貌学和动力地貌学等新的分支。

构造地貌学是研究地貌与地质构造和地壳运动之间关系的。构造地貌学的内容包括：(1)地壳结构和大地构造地貌。近几十年来随着板块构造学说的兴起，对这方面内容有了一整套新的看法；(2)直接由近期构造运动、火山、地震等形成的地貌；(3)由外力作用剥蚀后出露、反映近地表的地质构造的地貌；(4)反映不同岩性的岩石地貌。

气候地貌学是研究世界上各种气候带(区)内地貌形成及其演变规律。由于地貌发育的外力作用主要是受气候因素支配，因此，地球表面不同的气候带(区)就有不同的外力组合的特点，所以地貌具有地带性的特性，如寒冻气候区、湿热气候区、干旱气候区的地貌等。

动力地貌学(理论地貌学)着重研究外动力与地貌发育之间的关系。由于当代地貌学的研究趋向于动态的和定量的分析，因此，常需借助于各种动力学原理，特别是对于重力地貌、河流地貌、海岸地貌、冰川地貌、风沙地貌及喀斯特地貌等更是如此。

此外，对地貌的研究，不能局限于形态，而必须同时研究构成地貌的物质，不仅是岩层性质，更重要的是沉积物特征，诸如物质组成、结构、构造和分布等。侵蚀和沉积是地貌作用过程中不可分割的、相互联系着的两个方面，这往往不是单纯研究地貌形态所能获得的信息，研究沉积物就可以从中获得满意的解答。

三、地貌学的实践意义

地貌是地理环境中的一个基本因素，人类在生产斗争中必然要接触到有关地貌的问题。因此，地貌学在经济建设和改造自然工作中的作用是不可忽视的。

在农业方面，如合理利用土地，进行农业规划，兴建农田水利工程，防止土壤侵蚀与水土保持，进行土壤调查与土壤改良，防风固沙，找寻地下水源，围海造田扩大耕地面积，以及农业机械化等，运用地貌学都可以为之进行必要的评价，提供利用和改造自然的依据。

在工程建设方面，如水利工程中有关水库及坝址、开凿运河时地貌条件的评价和选择，河道、河口、三角洲的整治和开发利用，道路、港口工程中的选线和确定建港位置，以及城市、工业与大型建筑位置的评价和选择等，也必须运用地貌学的知识。

在找寻矿产资源方面，某些矿床与特定的地貌类型有关，如风化矿床中的镍、铂、铝土矿多产于剥蚀夷平的准平原上，沉积砂矿如金、铂、锡、钨、金刚石以及其他重砂矿床，常见于古、今河床和滨岸特定部位。找寻石油、天然气和煤层等动力资源，必须开展岩相研究，这方面工作要求具备与地貌学有关的现代沉积作用机理、沉积物特征和沉积环境的系统知识。总之，地貌学在四个现代化建设中应有不可忽视的作用。

第二章 构造地貌

构造地貌是主要由岩石圈构造运动造成的地表形态。由于它是地球内部物质运动的产物，所以也称为内营力地貌。

按构造地貌的规模，可将其分为三个等级。世界上最宏伟的构造地貌就是大陆与洋底，可将这最高一级称为全球构造地貌。第二级是大地构造地貌，指大陆上的褶皱山脉、大型拱起高原，以及洋底内部的洋中脊、海岭和深海平原等。第三级为地质构造地貌，指由断裂、褶皱和火山等作用造成的地貌。

上述三级构造地貌之间存在着内在联系。不仅同一级别的各种构造地貌之间在成因上相互联系，而且不同等级的构造地貌在体系上和成因上也相互联系。低级的构造地貌从属于高一级的构造地貌，构成了有规律性的构造地貌体系。所以弄清一个地区小型构造地貌的成因，是阐明这个地区大型构造地貌的基本依据；而对大型构造地貌成因的认识，又是分析局部小型构造地貌的理论依据。

第一节 全球构造地貌

一、地球的形状

这里所说的地球形状，是指包括水圈在内的整个地球在自转和重力作用下呈现的外形，也就是大地水准面的形体。

地球为一接近扁率 1:298 的旋转椭球体。地球的自转作用使其外形比较接近完整的旋转椭球体。图 2-1 是通过对人造卫星运行轨道的观察分析，得到的地球形状图。说明地球各部

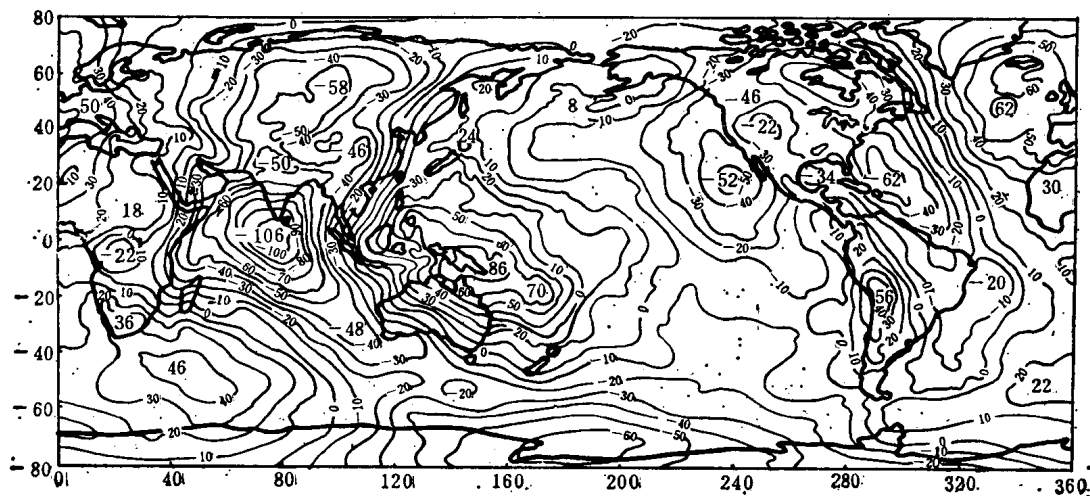


图 2-1 据重力观测资料编的大地水准面图(数值表示平均海平面与旋转椭球面的高差)，等值线间距为 10 米(根据 Gaposchkin, 1974)

分的物质质量存在着一些差别是大地水准面偏离椭球面的原因。从图上正、负偏离区既没有表现出与椭球体的相关性,也没有表现与海陆分布的相关性,可见偏离区是兼跨海陆范围的。一般认为世界大地水准面微微起伏特征,可能是地幔内部物质差异的表现,或是地球内部对流运动导致密度差异的表现,而与地壳状况无重大联系。

大地水准面也是反映外营力地貌过程的一个重要基准面。陆地上的河流,除了一些内陆河流注入低于海平面的凹地外,其他入海河流的河水到达海平面时就会停滞下来,所以,平均海平面表示的大地水准面也就是陆地的终极侵蚀基准面。

二、大陆与洋底

(一) 特征

一般来说,海岸线是为陆、海的分界线。但是从固体地球表面形态起伏和地壳结构来看,陆地和洋底之间的浅海区为一过渡性的大陆边缘地带。表 2-1,表示了各个高程的陆地面积和各个水深的海底面积,以及它们所占地球总面积的百分数。图 2-2 是根据表 2-1 数据给出的地表起伏的累积曲线。图 2-3 表示了地壳结构的基本特征。下面分别对洋底、陆地和大陆边缘的基本形态和地壳特征作一简述。

表 2-1 各个高程及海深的地表面积统计(根据茂木昭夫, 1978)

陆 高 (m)	面 积 (10^6 km^2)	占地球总 面积(%)	海 深 (m)	面 积 (10^6 km^2)	占地球总 面积(%)
>3000	6.12	1.2	0--200	27.45	5.6
2000--3000	10.20	2.0	-200--1000	15.33	3.0
1000--2000	23.97	4.7	-1000--2000	14.87	2.9
200--1000	60.69	11.9	-2000--3000	24.56	4.8
0--200	47.94	9.4	-3000--4000	70.81	13.9
			-4000--5000	120.58	23.2
			-5000--6000	83.13	16.4
			>-6000	4.33	0.9
合 计	148.92	29.2	合 计	361.08	70.8

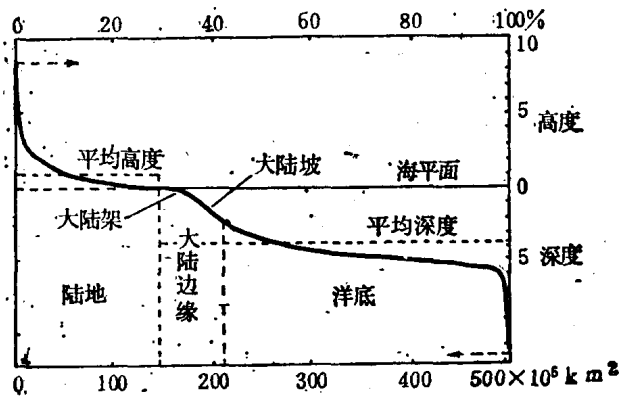


图 2-2 固体地球表面积分配(根据佐藤, 1969)

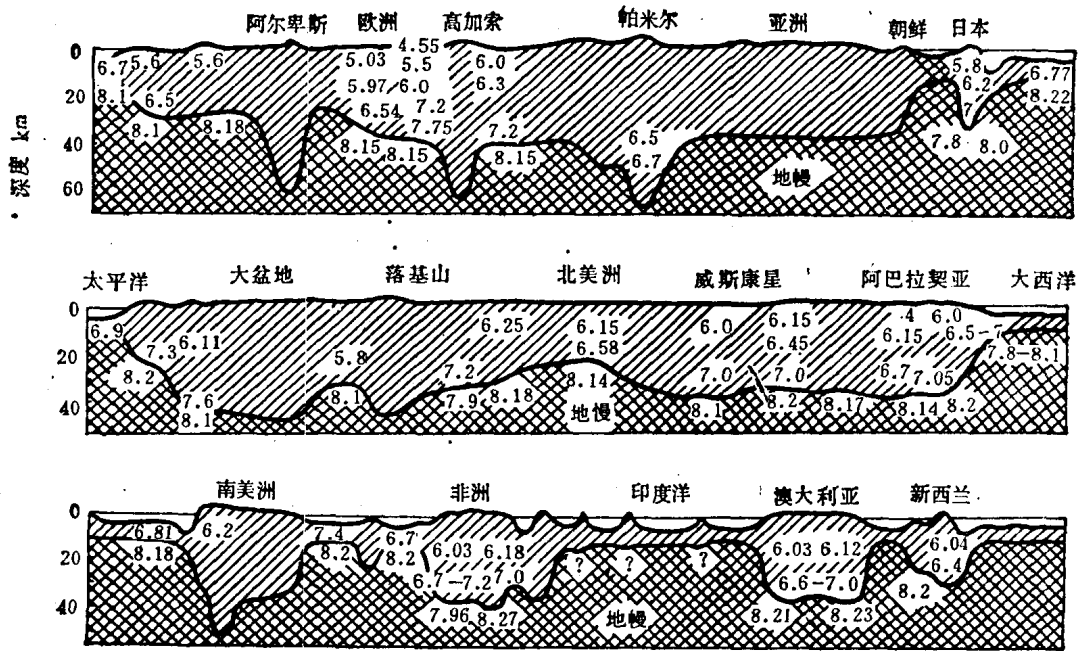


图 2-3 大陆和洋底的地壳特征。数字表示以 km/S 计的纵波速度（根据 Holmes, 1965）

洋底是指水深一般超过 3000m 的大洋底部，全球洋底平均深达 3800m，面积约 $2.81 \cdot 10^8 \text{ km}^2$ ，占地球总面积的 55%。洋底的地壳厚度很薄，一般仅 5—10 km。洋底地壳(洋壳)是玄武岩质的，洋壳表面覆盖着薄层的深海沉积物，一般只有几百米，很少超过 10^3m 。有些地方玄武岩直接出露海底，是海底火山喷发或溢流的产物。大约在 2 km 厚的玄武岩下面是更为基性的岩石，密度为 2.9，纵波传播速度为 6.7—7.0 km/s。

陆地面积约 $1.49 \cdot 10^8 \text{ km}^2$ ，占地球总面积的 29%，平均海拔约 850 m。大陆地壳比洋壳厚，平原地区约在 35 km 左右，大型山脉高原地区地壳可厚达 60—70 km。陆壳除了近地表的沉积岩、变质岩和火山岩外，陆壳基础是花岗岩质的，主要是花岗闪长岩和闪长岩，密度为 2.7，纵波传播速度为 6 km/s 左右。陆壳基部往往有一密度可达 3 左右、纵波传播速度可达 6.5—7.7 km/s 的岩层，过去曾称作玄武岩质层，也可能是处于高压状态下的中、基性岩石。

大陆边缘是指陆地周围水深小于 3000 m 的海底，成带状围绕在大陆四周，面积约 $81 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ ，占地球总面积的 16%。大陆边缘的地壳具过渡性质，大部分地方接近陆壳，地壳厚度一般不足 30 km。

总的来说，大陆、洋底的形态是和地壳性质及其厚度变化紧密联系的。与洋壳相比、陆壳密度小，二氧化硅含量大，厚度大，质轻。

(二) 成因

大陆、洋底的形态与地壳性质差异，可根据阿基米德原理用地壳均衡理论来说明。这个理论合理地解释了“浮”在地幔之上的不同地壳所保持的形态稳定性。

普拉特(J. H. Pratt, 1855)和艾里(C. B. Airy, 1855)通过大地测量发现山体下部密度比平原要小，但二人却对地壳物理特征的认识有所不同。普拉特认为在地球内部某一深度上“浮”着的地壳，不论其形态高差如何，沿铅垂方向上其总质量是一致的，形态高差是地壳岩石密

度不同的表现。也就是说，高原和山地的地壳厚、密度小，而平原地壳薄、密度大（图 2-4 A）。艾里则认为“浮”着的地壳象是漂在海面上的冰山，露出海面较高的冰山必定在水里也浸得越多，所以高大山脉必定有插入地幔的深“根”。而平原地壳虽薄，但得到了埋藏较浅、密度较大的地幔的质量补偿（图 2-4 B）。以后，各种有关地壳和地幔的新资料证明普拉特和艾里二人提出的不同看法可以互相补充。因为世界各地地壳的厚度与密度都不尽一致，在地壳均衡运动中不同的地壳密度和不同的地壳厚度都起着作用。大陆（或山脉）通过陆壳较厚来

补偿其密度较小带来的质量不足，洋底则通过深部地幔密度较大的物质来补偿洋壳较薄及海水层密度较小带来的质量不足，从而保持地表形态的相对稳定（图 2-4）。

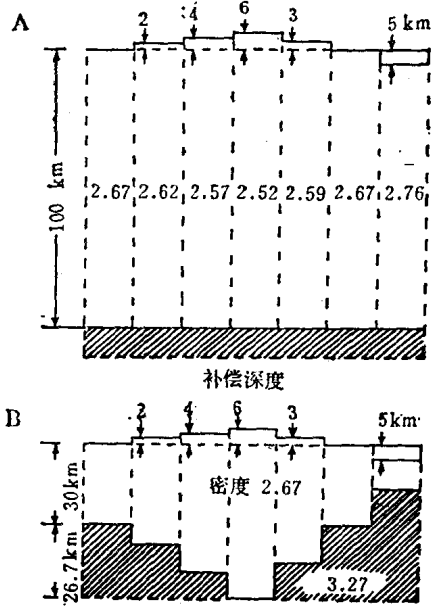


图 2-4 地壳均衡模式。A 普拉特模式，
B 艾里模式（根据 Helsing, 1958）

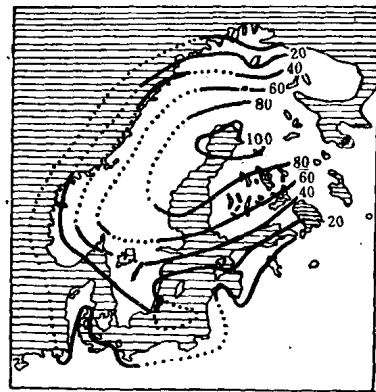


图 2-5 芬兰—斯堪的纳维亚的冰后期
地面回升（根据 Cutenberg, 1958）

地壳均衡理论是建立在地球静态应力基础上面的质量平衡理论。事实上，地球各部分物质经常是处于运动之中，地表的侵蚀、搬运和堆积作用，以及地表覆冰、覆水的变化都是地表物质质量转移现象；地下岩浆活动和地幔对流也引起质量转移，这些也都破坏着地壳的静态均衡，成为均衡异常及均衡调整运动的原因。图 2-5 示一万多年前欧洲北部波罗的海周围地区的大陆冰盖消融后，由于地面质量损失所引起的地壳抬升现象。显然也可以设想当冰盖形成时，由于地表质量增加曾使地壳发生沉降。同样，一个大湖泊的出现或消失所带来的地表质量增减也会引起地壳的均衡异常与均衡调整运动。一些大水库建成后诱发的地震活动往往是这种均衡异常及其调整运动的表现。从地貌演变观点来看，区域性的侵蚀与堆积过程是经常起作用的，侵蚀作用盛行的山区因质量损失会发生抬升；相反，以堆积作用为主的平原因质量不断增加而发生沉降。

与上述外部过程不同，发生在地壳以及其下深处的质量转移是地球内部的物质运动，它是引起包括地壳均衡运动在内的整个岩石圈构造运动的根本原因。特别是新生代的岩石圈构造运动更是直接参与了大陆与洋底，以及它们内部构造地貌的生成，并且控制着这些地方的地壳均衡运动。一般来说，凡是新生代构造运动强烈作用的地方常出现明显的地壳均衡异常现象。

三、全球构造地貌的形成

新生代岩石圈构造运动对全球地貌特征的形成有着特别重要的意义。因为它不仅直接造成一系列构造地貌现象，而且还影响到外力的侵蚀、搬运和堆积作用的强度。

(一) 特点

根据新生代的构造运动特点，可将地球表面分为带状分布的构造活动带和位于构造活动带之间的相对稳定区。世界上有三条规模巨大的活动构造地貌带，它们的共同特点是地形高差起伏悬殊，新生代岩层发生显著形变错位、火山与岩浆活动强烈，岩层显著变质，以及频繁的地震活动等。

1. 环太平洋大陆边缘带：从北美洲和南美洲西海岸的沿岸山脉，接亚洲东部边缘的许多列岛，北部从阿留申群岛开始，经千岛群岛、日本、琉球、台湾、菲律宾、印度尼西亚、新喀里多尼亚，直到新西兰。这里集中了世界上60%的活火山和绝大部分的深源地震（震源深度达300km以上），并伴有极其频繁的浅、中源地震。新生代地层因受构造活动造成比较复杂的地质构造现象，也是典型的活动大陆边缘所在。

2. 地中海—喜马拉雅山脉带：包括地中海和阿尔卑斯山脉在内，往东经土耳其，伊朗高原，兴都库什山、帕米尔高原、喜马拉雅山脉，再延伸接马来半岛直至印度尼西亚。这里地震频繁，某些段落有火山活动。新生代地层受强烈水平挤压作用往往呈现大规模逆掩推覆构造。

3. 洋脊裂谷带：世界各大洋洋脊及其轴顶的裂谷带是地球上绵延最长，宽度极大和构造运动活跃的洋底山脉。海底火山和岩浆的喷发溢流普遍，并伴有频繁的浅源地震（震源深度不足30km）。

在这些新生代构造强烈活动带之间，是比较稳定的区域。这里地形起伏较缓，新生代岩层形变错位不强，很少有新生代火山岩浆活动，地震活动弱。这种稳定区内最稳定的是洋底深海平原区和大陆上由古老地质构成的高原和平原区。另外在稳定区之内还穿插一些新生代构造活动比较明显的山脉，特别是在大陆内部，这种山脉常是古、中生代构造运动强烈活动的地带。新生代构造活动以块断运动为特征，地貌上多呈断块山地，并伴有岩层的形变、岩浆活动和地震。

(二) 成因

自从第二次世界大战以来，随着对洋底知识的积累，使人们有可能从全球角度来重新认识有关地球的发展历史。六十年代后期诞生的板块构造理论，正是基于这个原因才成为当代地学的最重要的理论。而作为这个理论先驱与基础的大陆漂移学说和海底扩张概念，又都把洋底地貌的认识和分析作为重要依据的。所以过去限于陆面知识是不可能正确认识地球的发展历史的。

板块构造学说根据新生代构造活动带的格局，将全球划分为若干板块。勒比雄（X. Le Pichon 1968）将全球分为六大板块：太平洋板块、欧亚板块、印度洋板块、非洲板块、美洲板块和南极洲板块。其中除了太平洋板块完全属洋壳构成外，其他的五个板块范围兼包陆壳和洋壳部分（图2-6）。板块之间的边界活动带是由上述环太平洋大陆边缘带、地中海—喜马拉雅山脉带和洋脊裂谷带组成。这些边界地貌反映了两侧板块性质与活动的特点。洋脊裂谷带的生成反映了两侧洋壳板块的分离，环太平洋大陆边缘主要反映了洋壳板块与陆壳板块（部

分为洋壳或“中间型”地壳的板块)的汇聚,喜马拉雅山突出反映了两侧陆壳板块的碰撞过程(图 2-6)。

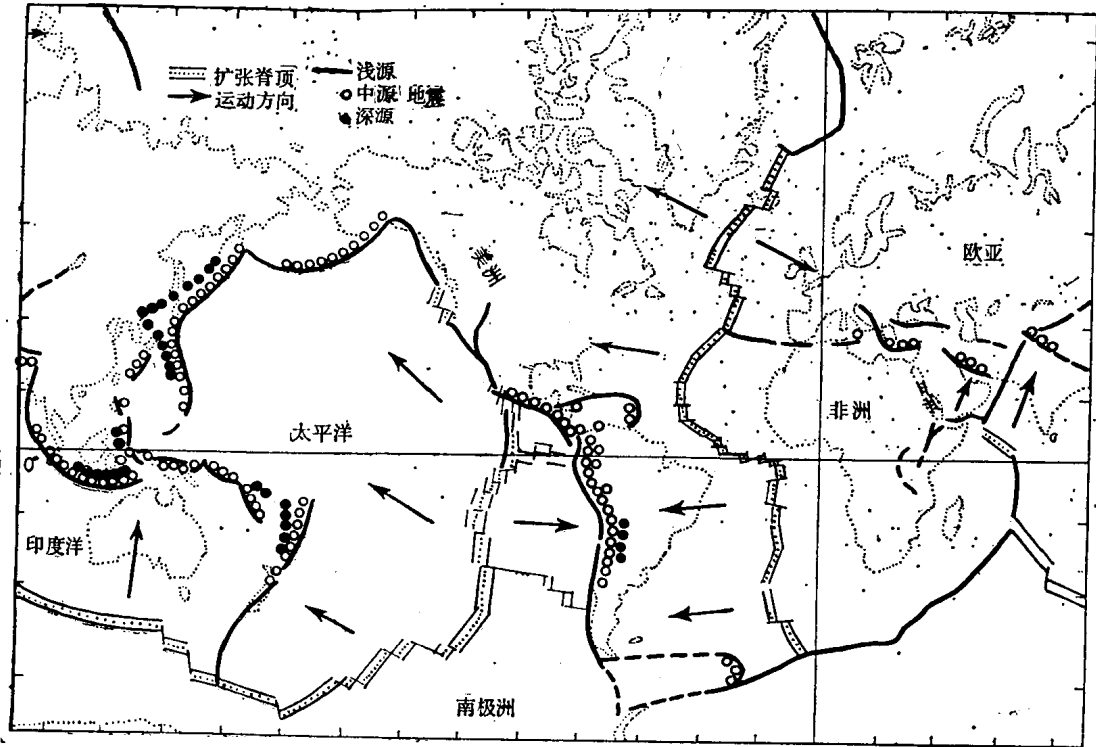


图 2-6 地球上的板块(根据 Vine 等, 1970)

板块的分离与汇聚运动是以地球内部物质对流运动为基础的(图 2-7)。地球内部物质对流运动问题作为一种设想,早已提出,但到本世纪的 60 年代,才由赫斯(H. H. Hess, 1960、

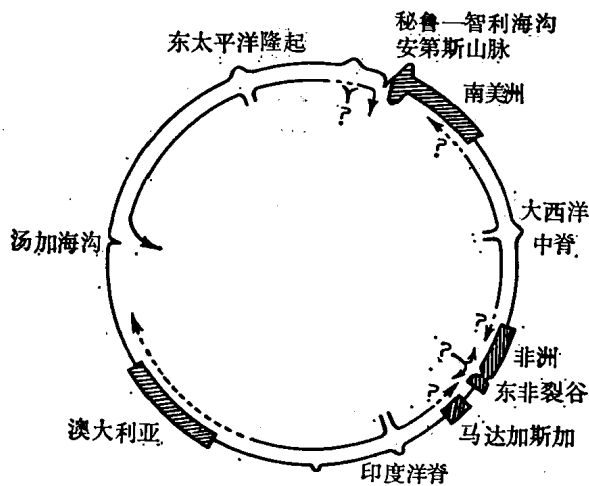


图 2-7 板块运动与地球内部对流运动

1962)把它与洋脊的生成联系起来,提出了海底扩张假说,并被凡因(F. J. Vine)和马修斯(D. H. Matthews, 1963)根据磁极多次倒转现象相对比的检验方法所证实。因为用这个方法获得的洋脊磁异常条带是从中央裂谷往两侧呈对称形式分布的,往外距离愈远,岩石年代愈老(图 2-8),这就为板块构造理论的诞生奠定了基础,同时也使大陆漂移学说得到了新生。但在新理论中,大陆并不象魏格纳(A. Wegener, 1912)在大陆漂移说中设想的那样,它不是在塑性洋底上独立漂移的运动体,整个地壳(包括洋壳和陆壳)和上地幔组成的岩石圈板块是随地球内部物质对流运动的表层的被动部分。由于对流运动在大洋中脊轴部上涌,使两侧板块发生平移分离运动,而在对流下沉区则发生板块汇聚和碰撞,以致造成上述三种板块边界构造活动带不同的构造和地貌特征(图 2-7)。

由于洋底上最老的物质是侏罗纪的，这就说明现在的世界洋底是中、新生代形成的（图 2-8）。中生代早期及以前的古老地壳，随着中、新生代洋底的扩张而发生漂移，逐步演变成现代大陆与洋底的面貌。图 2-9 示美洲、欧洲和非洲大陆在大西洋扩张形成前的面貌。

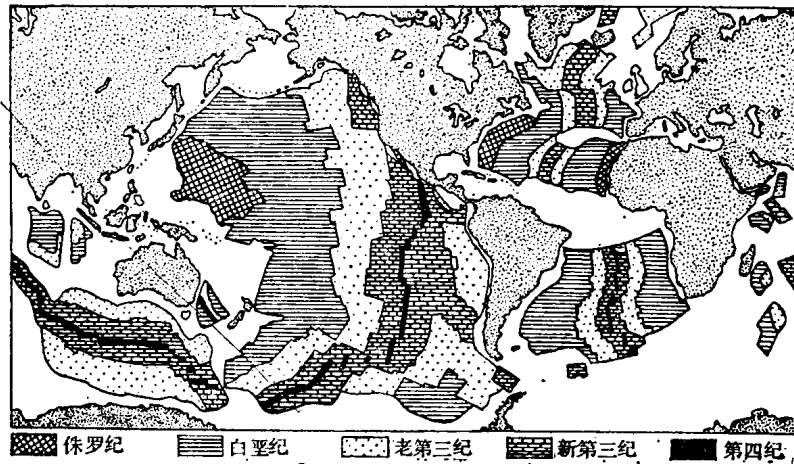


图 2-8 世界洋底的地质时代 (根据 Thenius)

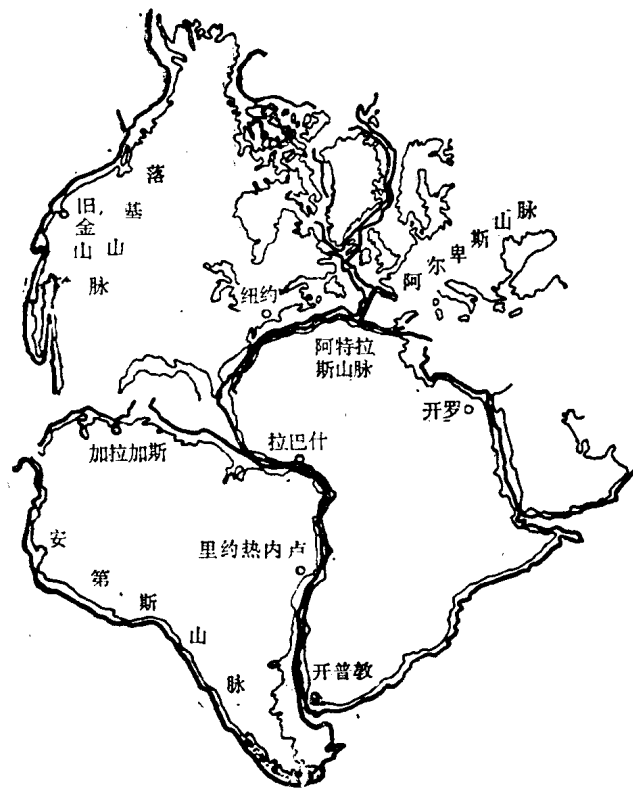


图 2-9 用电子计算机进行的沿大西洋周围大陆的拼合图。用 900m 等深线拼合最佳 (根据 Bullard 等, 1965)

由此可见，中、新生代的板块运动对全球构造地貌的形成有着重要的意义。早中生代和以前的构造运动遗迹仅见于陆壳范围。在漫长地质历史时期内，“浮”在地幔上面的陆壳在不断增生、扩大，才使古老构造遗迹得以保存，并且在陆地构造地貌的形成中起着一定的作用。