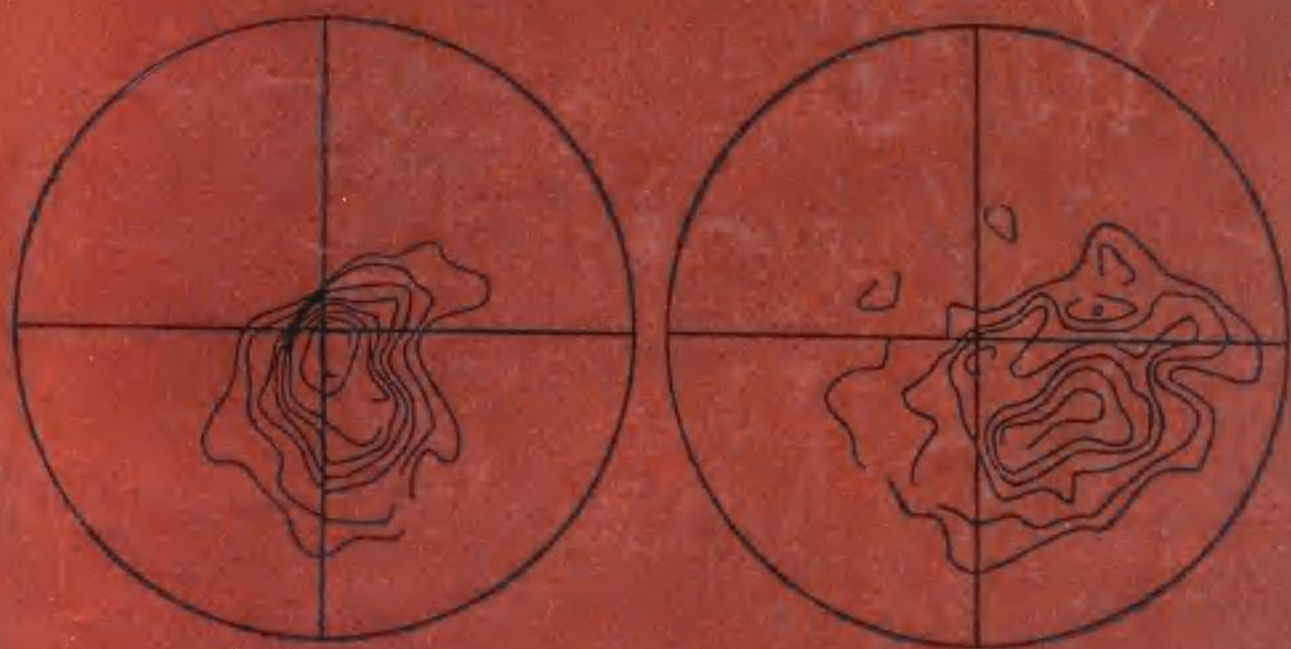


高等学校教材

# 地貌学与第四纪地质学

王飞燕 王富葆 王雪瑜 编著



高等教育出版社

# 地貌学与第四纪地质学

王飞燕 王富葆 王雪瑜 编著

高等教育出版社

1990年3月

## 内 容 提 要

地貌学研究地球表面形态及其形成过程和发展趋势，第四纪地质学研究地球历史发展最新阶段的各种地质作用与地质现象、生物界演化、人类起源和发展、环境变化等。地貌学的研究在很大程度上是研究剥蚀堆积的关系，而目前地表形态大都形成于第四纪，第四纪地层正是近期地貌演变的天然记录，因此，地貌学与第四纪地质学有着不可分割的联系。

在本书的编写过程中，力求体现教材应具备的科学性和系统性，尽量使地貌学和第四纪地质学的内容融为一体，选材上，努力反映最新的研究成果和资料。本书是供地质、农、林、水利、建筑等非地理专业系科学习地貌与第四纪地质课程所编写的教材和参考书，并可供上述学科和地球科学等有关专业的教师和科技工作者参考。

〔京〕 112 号

### 地貌学与第四纪地质学

王飞燕 王富葆 王雪瑜 编著

\*

高等教育出版社出版

高等教育出版社激光照排技术部照排

新华书店总店北京科技发行所发行

高等教育出版社印刷厂印装

\*

开本 787×1092 1/16 印张 18.75 字数 460 000

1991年10月第1版 1991年10月第1次印刷

印数 0 001—1 946

ISBN7-04-003350-X / K · 163

定价 6.00 元

# 前 言

地貌学研究地球表面形态及其形成过程和发展趋势，第四纪地质学研究地球历史发展最新阶段的各种地质作用与地质现象、生物界演化、人类起源和发展、环境变化等。两门学科相互补充，关系密切，在农林、水利、建筑等各项建设中有很强的应用价值，并共同构成地质、地理和考古学等专业的基础课。

本书是在南京大学大地海洋科学系地貌与第四纪地质学教研室多年来为校内外非地理专业开设的课程和所编写的讲义基础上，结合编著者长期实践工作的体会写成的。在编写过程中，力求体现教材应具备的科学性和系统性，尽量使地貌学和第四纪地质学的内容融为一体，选材上，努力反映最新的研究成果和资料。如“泥石流的概念”、“河型的分类”、“喀斯特概念”、“气候变化”、“环境变化”以及“沉积相与第四纪沉积物的成因类型”等。为使本书具有更广泛的适用面，尤其是为了适应农林、水利和建筑院校有关专业的教学需要，在叙述上力求做到深入浅出，图文并茂。各章附有思考题或习题，以便复习小结。因此本书是供地质、农、林、水利、建筑等非地理专业系科学习地貌与第四纪地质课程的教材和参考书，并可供上述学科和地球科学等有关专业的教师和科技工作者参考。

全书共分十四章，其中第一、二、三、四、五、七、九、十章由王飞燕执笔，第八、十一、十三和第十二章由王富葆执笔，第六、十四章和第十二章由王雪瑜执笔，由王飞燕担任主编。

本书的编写工作受到校内外许多专家、学者的大力支持和指教。杨怀仁教授在百忙中抽时间审阅了编写大纲，俞序君、林承坤、徐馨、尹国康等副教授提出许多宝贵意见。初稿完成后，国家教委地理学教材编审委员会于1986年11月在南京组织审稿，曾昭璇教授，潘明友、胡豁咸、潘裕德、顾嗣亮、李生林、卢登仕、韩高原等副教授，蒋斯善校长以及叶玲玲、李明华等同志发表了中肯的看法和意见，对书稿的修改、定稿给予很大帮助。书中附图由许培生、堵玉华同志绘制。谨此表示由衷的感谢。

由于本书内容广泛，服务面广，加上我们学术水平有限，书中肯定有不少错误和不足之处，敬请读者批评指正。

编者

1990年3月

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1	二、风化壳类型 .....	22
<b>第一节 地貌学与第四纪地质学的性质与内容</b> .....	1	三、成土作用与土壤剖面结构 .....	24
一、地貌学的性质与内容 .....	1	四、土壤、残积物与古土壤的区别 .....	25
二、第四纪地质学的性质与内容 .....	1	<b>第三节 重力地貌</b> .....	26
三、地貌学与第四纪地质学的关系 .....	1	一、块体运动 .....	26
四、地貌学、第四纪地质学与其他学科的关系 .....	2	二、崩塌及其堆积 .....	28
<b>第二节 地貌学、第四纪地质学研究概况</b> .....	2	三、错落 .....	29
一、地貌学研究概况 .....	2	四、滑坡及其堆积 .....	30
二、第四纪地质学研究概况 .....	3	五、蠕动 .....	33
<b>第三节 地貌学、第四纪地质学与生产建设的关系</b> .....	4	<b>第四章 流水地貌</b> .....	35
一、农业生产方面 .....	4	<b>第一节 流水作用</b> .....	35
二、工程建设方面 .....	5	一、流水的侵蚀作用 .....	35
三、砂矿和油田的普查与勘探 .....	5	二、流水的搬运作用 .....	35
四、地下水的普查与勘探 .....	5	三、流水的堆积作用 .....	36
<b>第二章 地壳的结构及其表面形态</b> .....	6	<b>第二节 暂时性流水地貌</b> .....	37
<b>第一节 地壳的结构</b> .....	6	一、坡面流水作用与坡积物 .....	37
一、陆壳与洋壳 .....	6	二、侵蚀沟的发育与沟谷地貌 .....	38
二、海陆基本轮廓及其成因 .....	6	三、泥石流与泥石流堆积 .....	39
<b>第二节 大陆与大洋地貌</b> .....	10	四、洪积物、洪积扇及洪积平原 .....	42
一、山地 .....	10	<b>第三节 河流地貌与河流堆积物</b> .....	44
二、平原 .....	16	一、水流的特征 .....	44
三、大洋 .....	17	二、河谷地貌与河流冲积物 .....	46
<b>第三章 重力地貌</b> .....	19	三、河床纵横剖面的发展 .....	54
<b>第一节 风化作用</b> .....	19	四、河口三角洲与三角洲沉积 .....	56
一、风化作用的类型 .....	19	五、冲积平原 .....	61
二、风化阶段 .....	20	<b>第四节 河流地貌的发育</b> .....	61
三、影响风化作用的因素 .....	20	一、河流类型 .....	61
<b>第二节 风化壳</b> .....	22	二、水系 .....	62
一、残积物的特征 .....	22	三、流水作用下的地貌发育 .....	65
		<b>第五章 海岸与海底地貌</b> .....	68
		<b>第一节 海岸地貌</b> .....	68
		一、概述 .....	68
		二、海岸带的动力作用 .....	69
		三、海蚀地貌 .....	73

四、海积地貌 .....	75	第一节 冰川的形成及其类型 .....	118
五、海成阶地 .....	78	一、雪线 .....	118
六、海岸的分类 .....	79	二、冰川的形成过程 .....	120
第二节 海底地貌 .....	81	三、冰川的类型 .....	120
一、大陆架 .....	81	第二节 冰雪作用及其地貌 .....	123
二、大陆坡 .....	82	一、雪蚀作用与雪蚀地貌 .....	123
三、洋中脊 .....	82	二、冰川运动与冰川搬运作用 .....	125
四、海盆与平顶山 .....	83	三、冰川地貌 .....	127
五、岛弧、海沟与边缘海 .....	83	第三节 冰缘地貌 .....	134
六、海洋沉积 .....	83	一、多年冻土与季节冻土 .....	134
<b>第六章 湖泊地貌</b> .....	<b>88</b>	二、冰缘地貌类型 .....	137
第一节 湖泊类型与湖泊地貌 .....	88	<b>第九章 风成地貌</b> .....	<b>140</b>
一、湖泊的分类 .....	88	第一节 风沙运动与风沙作用 .....	140
二、湖泊的动力 .....	89	一、风沙运动 .....	140
三、湖泊地貌 .....	90	二、风沙作用 .....	141
第二节 湖泊沉积 .....	91	第二节 风成地貌 .....	142
一、淡水湖沉积 .....	92	一、风蚀地貌 .....	142
二、盐湖沉积 .....	93	二、风积地貌 .....	143
三、沼泽沉积 .....	94	三、沙丘的移动 .....	145
四、湖泊沉积特征 .....	95	四、风沙沉积物 .....	146
五、湖泊的演变 .....	97	五、荒漠类型 .....	149
<b>第七章 喀斯特地貌</b> .....	<b>98</b>	六、沙漠的成因 .....	150
第一节 喀斯特作用的基本条件 .....	98	<b>第十章 黄土与黄土地貌</b> .....	<b>153</b>
一、喀斯特的概念 .....	98	第一节 黄土的性质与分布 .....	153
二、喀斯特作用的基本条件 .....	98	一、黄土的分布 .....	153
三、喀斯特发育的因素 .....	103	二、黄土的性质 .....	153
第二节 喀斯特地貌 .....	106	三、黄土中的古土壤 .....	154
一、地表喀斯特地貌 .....	106	第二节 黄土的成因与黄土地层 .....	156
二、地下喀斯特地貌 .....	111	一、黄土的成因 .....	156
三、溶蚀残余堆积与洞穴堆积 .....	113	二、黄土地层 .....	156
四、喀斯特地貌发育 .....	115	第三节 黄土地貌 .....	159
第三节 喀斯特发育的地带性 .....	116	一、黄土沟谷地貌 .....	159
一、热带喀斯特 .....	116	二、黄土沟间地貌 .....	159
二、亚热带喀斯特 .....	116	三、黄土谷坡地貌 .....	160
三、温带喀斯特 .....	116	四、黄土的潜蚀与溶蚀地貌 .....	162
四、寒带喀斯特 .....	116	五、黄土区的水土流失与水土保持 .....	163
五、干旱区喀斯特 .....	117	六、黄土的工程地质条件 .....	163
<b>第八章 冰川与冰缘地貌</b> .....	<b>118</b>	<b>第十一章 新构造运动</b> .....	<b>166</b>

第一节 概述 .....	166	二、干旱地区的洪积期与间洪积期 .....	243
一、新构造运动的涵义 .....	166	三、深海沉积的气候记录 .....	247
二、研究新构造运动的意义 .....	166	第二节 全新世气候 .....	250
第二节 新构造运动的形式和类型 .....	167	一、欧洲的全新世气候 .....	251
一、新构造运动的形式 .....	167	二、中国的全新世气候 .....	251
二、新构造运动的类型 .....	169	三、北美的全新世气候 .....	252
第三节 新构造运动的研究方法 .....	177	四、非洲的全新世气候 .....	252
一、仪器法 .....	177	第三节 第四纪海面变化 .....	254
二、地质地貌方法 .....	177	一、影响海面变化的因素 .....	255
三、考古和历史记载方法 .....	180	二、全新世海面变化 .....	257
四、航空像片和卫星影像的解译 .....	180	第四节 人与环境 .....	259
<b>第十二章 第四纪生物界及</b>		一、沙漠化中的人为因素 .....	259
<b>第四纪地层</b> .....	181	二、二氧化碳的气候效应 .....	260
第一节 概述 .....	181	三、山地环境 .....	261
一、第四纪的基本特点 .....	181	四、城市环境 .....	263
二、第四纪下限 .....	181	<b>第十四章 地貌学与第四纪地质</b>	
三、更新世内部界限的划分 .....	182	<b>学研究方法</b> .....	265
第二节 第四纪生物界 .....	183	第一节 地貌与第四纪地质调查方法 .....	265
一、第四纪哺乳动物 .....	183	一、地貌与第四纪地质调查的工作程序 .....	265
二、第四纪无脊椎动物 .....	189	二、地貌调查法 .....	265
三、第四纪植物群及其演化 .....	189	三、第四纪地质调查法 .....	267
第三节 古人类 .....	191	第二节 地貌与第四纪地质制图 .....	278
一、人类的起源 .....	191	一、地貌图的编制 .....	278
二、人类的发展 .....	193	二、第四纪地质图的编制 .....	279
第四节 石器文化 .....	195	三、地貌与第四纪地层剖面图的测制 .....	279
一、石器的制作与鉴别 .....	195	第三节 地貌与第四纪地质研究中	
二、石器文化的分期 .....	197	现代技术的应用 .....	282
第五节 第四纪地层 .....	202	一、遥感技术在地貌与第四纪地质研究	
一、第四纪地层划分的依据 .....	202	中的应用 .....	282
二、中国的第四系 .....	207	二、常规实验手段 .....	283
三、欧洲的第四系 .....	228	三、稳定同位素测定法 .....	284
四、北美的第四系 .....	228	四、其他方法 .....	286
五、亚洲的第四系 .....	230	五、地球化学方法的应用 .....	286
<b>第十三章 第四纪环境</b> .....	233	六、石英颗粒表面结构的研究 .....	289
第一节 第四纪气候 .....	233	<b>主要参考书目</b> .....	291
一、第四纪冰川作用与冰期划分 .....	233		

# 第一章 绪 论

## 第一节 地貌学与第四纪地质学的性质与内容

### 一、地貌学的性质与内容

地貌学是研究地球表面形态及其发生、发展和分布规律的科学。地表形态多种多样，有大陆与大洋，山地与平原，河谷，沙丘以及海岸等。这些地貌形态的规模很不相同，大陆和海洋为一级地貌单元，山地和平原则为次一级地貌单元。山地又可分高山、中山和低山等。至于我国西北的沙漠与黄土地貌，西南的喀斯特丘陵山地，东部沿海平原等等，更是形态各异。

不同的地貌形态是内外动力相互作用的产物。内力是指由于地球内部物质运动产生的作用力，表现为地壳运动，如垂直升降运动、水平运动以及伴随出现的褶皱、火山、地震和断裂运动等。外力是指大气、水和生物在太阳能、重力和日月引力等的影响下而产生的动力对地壳表层所进行的各种作用，如风化作用、块体运动、流水作用、喀斯特、冰川、冻融、风沙以及波浪潮汐和海流等。内力造成地表起伏，外力则将隆起部分的物质剥离，经搬运在湖盆或海盆等沉降地区堆积下来。内、外动力处于相互矛盾，彼此消长的过程，这也是地表形态发展和演化的过程。

综上所述，地貌学研究的对象是地表形态结构。而其研究的内容是塑造地表形态的动力、地貌发育演化的规律以及与各种地貌相关的沉积物特征，并根据地貌发育演化的规律来利用改造自然。

### 二、第四纪地质学的性质与内容

第四纪是地质发展历史的最新阶段。早先地质学家把地质发展史分成原始纪、第二纪、第三纪和第四纪，以后原始纪、第二纪被前寒武纪、古生代、中生代所替代，剩下的第三纪 (Tertiary Period) 和第四纪 (Quaternary Period) 合称为新生代 (Cenozoic Era)。1839年英国地质学家莱伊尔 (Ch. Lyell) 提出把第四纪分为更新世 (Pleistocene) 和全新世 (Holocene)。1932年国际第四纪会议又把更新世分为早、中、晚三期。故第四纪地质学是历史地质学的一个分支，并已成为独立的学科，其下限年代为180万年前或250万年前。

第四纪地质学是研究在第四纪时期中地壳、气候和生物界发展历史与分布规律的学科。它研究的内容包括：

(一) 第四纪沉积物的形成，第四纪地层的划分和对比，拟定第四纪地质年表。

(二) 研究第四纪环境，包括地壳运动的特征、气候的演化及生物界的发展历史，并由此产生一系列分支学科：新构造运动学、古冰川学、第四纪古地理学、古人类学等。

### 三、地貌学与第四纪地质学的关系

地貌学与第四纪地质学均属于地球科学。它们阐述地球最近代的历史。地貌学的研究在很大程度上是研究剥蚀与堆积的关系，而目前地表形态大都形成于第四纪，第四纪地层正是近期



地貌演变的天然记录，因此，地貌学与第四纪地质学有着不可分割的联系，在地表形态形成过程的同时，也就形成了第四纪沉积物的形成过程。

地貌学与第四纪地质学不仅研究的时空范围一致、研究对象和内容类同，而且研究方法亦有许多相似的地方。如区域调查，沉积物岩性、岩相分析，动力分析，以及地球物理方法、同位素测年、遥感遥测等新技术的应用等，都是两者共同的研究方法。而且它们也都在这些单项研究基础上进行进一步归纳和综合。

另外，在理论和生产实践上它们也有紧密联系。地貌工作者必需具有较充实的第四纪地质理论基础，才有可能对地貌发展的趋向进行预测性的研究。研究第四纪地层时又往往借助于地貌学的方法。因此这两门学科相辅相成，互相促进，成为兄弟学科。

#### 四、地貌学、第四纪地质学与其他学科的关系

地球科学研究的对象是地球上各个圈层，即大气圈、水圈、生物圈、岩石圈以及地球内部（地幔和地核）。每一个圈层都属于一门或一门以上的学科，如气象学和气候学研究大气圈，水文学研究水圈，生物学和土壤学研究生物圈，地质学和地球物理学则研究岩石圈和地球内部。地貌学与第四纪地质学则研究地球表面及其环境，重点研究地表与其他圈层、特别是岩石圈层间的相互影响和相互作用。

地貌学是地质学与自然地理学之间的边缘学科。研究地貌形成的内动力不仅要研究各种构造型式（褶皱、断层）和岩石性质对地貌发育的影响，而且要研究造成地貌的机制、时代、性质和强度等，这些都与大地构造学、岩石学、新构造运动学等地质学的分支学科紧密联系。而地貌学的理论和方法又是新构造运动和地震地质研究的重要手段，所以地质界认为地貌学是动力地质学或物理地质学的一部分。地貌形成的外动力与地球外部圈层息息相关，因而地貌又是地理环境的组成要素。地貌的发育深受气候、水文、土壤、植被等自然地理诸因素的综合影响，并呈现地带性和非地带性的分布规律。研究地貌的外动力需要有较深的自然地理学基础；而对其他部门自然地理学以及自然地理学的综合研究，地貌又是主要的因素和条件，因此地貌学又是自然地理学的一个分支。

第四纪地质学是历史地质学的一个分支，它把第四纪自然环境作为其研究的主要内容。在研究气候与海面变化、新构造运动、生物界与古人类的演化中，必须要有丰富的动力地质学、地史学、沉积岩石学、考古学及自然地理学等的基础知识，同时它本身又构成这些学科的研究基础。

由此可见，地貌学、第四纪地质学与上述各地球学科密切相关，彼此都利用对方有关的理论方法来从事自身研究，相互促进学科的发展。

## 第二节 地貌学、第四纪地质学研究概况

### 一、地貌学研究概况

早在二千多年前，《禹贡》将中国划分为九洲，描述了各地区的地形起伏，并对长江三角洲有较详细的描绘。以后《汉书地理志》对流水的冲淤已有科学性的记述。到了明清时代，

《徐霞客游记》对喀斯特地貌已有详细的记述和独到的见解。18世纪，世界各国为谋求市场和原料，派出各种探险考察队，足迹遍及各洲，积累了不少地貌资料。

19世纪末至20世纪初地貌学的发展进入新的阶段，1899年戴维斯（W. M. Davis）创立“侵蚀循环”学说，把地貌发育分为幼年、壮年和老年三个阶段。同一时期，彭克（W. Penck）提出了地貌是由于内外动力相互作用的结果，他在《地形分析》（1924年）一书中用分析地形的方法来确定地壳运动的性质，根据山坡发育来研究地壳运动的方向和速度。20世纪50年代地貌学开始注意应用数理分析和定量研究。从1960年第十九届国际地理学会至1988年第二十六届国际地理学会以来，地貌学的进展较快，可从下列几方面得到充分说明：

#### （一）研究领域扩大，从陆地、海洋向大洋盆发展。

由于新技术的应用，大陆和海洋地球物理、海底地貌等研究取得很大进展，地貌活动论驳斥了固定论，产生了海底扩张学说和板块运动学说。其主要论点是随着上地幔物质对流上涌，海底不断扩张，海洋与大陆间正在作不同规律的水平运动和垂直运动。这一理论对地貌等其他地球科学产生深远的影响，使学科之间渗透更加深入，地貌学与第四纪地质学结为孪生学科。

#### （二）分支学科发展迅速。

近年来地貌学产生了许多分支学科，如构造地貌学、岩石地貌学、气候地貌学、古地貌学、动力地貌学、应用地貌学和地貌制图学等。构造地貌学研究地貌的内动力作用，近年来着重研究造貌运动和新构造运动；气候地貌学研究不同气候区地貌和同一地区不同地质时期气候变化对地貌发育的影响，从而把地貌和第四纪古气候的研究紧密地结合在一起；以动力地貌为主的地貌学，把动力作为地貌学研究的主要内容，包括河流地貌、喀斯特地貌、冰川地貌、风沙地貌、黄土地貌、海洋地貌等部门；应用地貌学包括工程地貌学、砂矿地貌学和农业地貌学，近年来应用地貌学日益受到重视；对迅速发展的地貌过程（如山崩、滑坡和泥石流）的研究，称为灾害地貌学；地貌制图学在生产实践中应用广泛，国际地理学会地貌制图分会正在编制1：250万欧洲地貌图，我国1：100万地貌图的编制正在进行中。

#### （三）地貌学的研究方法从定性走向定量。

地貌学中广泛地应用新技术方法，如用电子计算机进行模拟试验、随机模式和系统分析法，以及遥感遥测和地貌测年技术的应用等。

#### （四）人类地貌学、环境地貌学以及星体地貌学的兴起。

人类地貌学又称人为地貌学，它越来越引起人们的重视，它研究人类活动或改造利用地貌所引起的后果，如开垦土地、整治河道、修建水库以及由于人类活动引起的沙漠扩大与缩小等，进而对地貌发展趋势提出预测。地貌是地理环境的组成部分，地理环境的演变与地貌发育间的反馈关系形成了地貌学的分支——环境地貌学。星体地貌学研究月球、火星等行星表面的起伏形态。

## 二、第四纪地质学研究概况

第四纪地质学是从研究第四纪沉积和冰川开始的，首先是对欧洲阿尔卑斯和斯堪的纳维亚冰川和古气候的研究。1820年前后，在瑞士平原上发现一块大石头，它从哪里来？是什么动力搬运来的？这些问题吸引了不少学者进行研究。后来有个学工程的人叫卡彭梯尔（J.D. Capentier）到山区去观察现代冰川，发现冰川可以搬运大石头，他认为现在冰川的规模很

小, 以前的冰川可能很大, 足以把大石头搬运到平原上来。1840 年以后瑞土地质学家阿格西斯 (L. Agassiz) 也接受了冰川学说。但当时对这种学说争论很大。直到 1870 年以后, 认识才趋于一致, 德国学者彭克 (A. Penck) 在阿尔卑斯山进行考察后, 于 1909 年根据冰碛物风化程度和冰川地貌对比, 把阿尔卑斯地区的冰川划分为四次冰期, 由新到老依次是: 玉木 (Würm)、里斯 (Riss)、明德尔 (Mindel) 和贡兹 (Günz)。当时认为这种气候变化是全球性的, 故美国地质学家弗林特 (R.F. Flint) 等也用同样方法把北美的冰川由新到老划分成四个冰期: 威斯康星 (Wisconsin)、伊利诺 (Illinois)、堪萨斯 (Kansas)、内布拉斯加 (Nebraska)。50 年代后期用孢粉资料研究北欧的第四纪, 发现阿尔卑斯冰川不止发生四次, 在它以前还经历过很多次。60 年代后期对深海钻探中有孔虫介壳进行  $O^{18}/O^{16}$  的测定, 其结果认为第四纪以来气候冷暖变化具有 10 万年的周期, 从而使第四纪气候的研究进入了新的阶段。各种测定手段的兴起和应用, 使第四纪年代学大大提高了一步。

20 世纪初第四纪地质学已逐渐形成为一门独立的学科。成立于 1928 年的国际第四纪研究委员会 (简称 INQUA), 专门研讨交流第四纪沉积、古生物、古气候、海面变化、新构造运动、年代学 (包括第四纪下限) 等方面的成果, 截至 1987 年已开过十二次大会。除 INQUA 外, 国际地质学和地理学会议也有许多论文研究第四纪的古地理环境等。

我国地貌学和第四纪地质学的研究也和世界一样, 19 世纪以来有很大的发展。20 世纪 30 年代, 李四光对我国第四纪冰川地貌的研究, 杨仲健对我国新生代地层和华北地文期的研究, 对地貌学和第四纪地质学都作出了重要贡献。50 年代以来在对黄河、长江、珠江和汉水等流域规划的研究工作中, 60 年代以后的黄土、沙漠、冰川、冻土、喀斯特、海岸、泥石流、河床和河流地貌与第四纪地质的专题考察研究, 都取得了很大成果。近十余年来, 对青藏高原的地貌与第四纪的研究也是举世瞩目的。

### 第三节 地貌学、第四纪地质学与 生产建设的关系

地貌学与第四纪地质学的研究在生产实践上有广泛的应用价值。农业生产、工业和民用建设等都在现代地表和第四纪地层上进行, 农业区划、农田水利建设、水土保持、水电工程、道路工程、厂矿和港口建筑、地下水勘探、砂矿勘测等都需要进行地貌与第四纪地质勘察工作。

#### 一、农业生产方面

不同地貌类型和第四纪沉积物对热量、光照、水分再分配和土壤性状有着不同影响, 因此, 地形高低、地面坡度和坡向、地面的物质结构等是形成不同农业生产类型的重要因素。为此结合农业生产编制的地貌图是农业区划的基础图。我国正在编制的 1:100 万中国地貌图就是为农业生产、国土整治服务的, 它对各地区的农田水利建设、土壤改良、水土保持和沙漠治理等将会起到积极作用。

## 二、工程建设方面

在进行道路工程、水库坝址选择、河道港口整治、城市规划及厂址选择时，地貌与第四纪地质研究是必要的前期工作。

我国冰川、冻土、沙漠、泥石流以及喀斯特等方面的研究，为西北和西南地区的城市及道路建设，特别是铁路建设提供了重要的科学依据。在河道港口整治方面，河流与海岸地貌研究的成就颇为突出，如对黄河下游游荡性河道的治理，三门峡水库的修建与渭河下游河流纵剖面的调整，长江中下游河道截弯取直和分汊河道的整治，天津新港、上海港等建设与泥沙回淤防治，河口拦门沙治理，淤泥质海滩围垦等，都作出了较大贡献。

## 三、砂矿和油田的普查与勘探

在砂矿的普查与勘探方面，地貌与第四纪地质学提供了重要手段。砂金、砂锡、钨砂、独居石及金刚石等，是经各种外动力和坡积、冲积、洪积或冰川堆积等作用才富集成矿的，而镍和铝土矿大多分布在古夷平面上的风化壳中；还可依据砂矿分布特点来追溯原生矿床。在油田勘探和开发方面，利用河流、三角洲和湖泊沉积的特征和规律，研究油田沉积的环境，用岩相与古地理方法对比含油层，已作出有效的成绩。

## 四、地下水的普查与勘探

地下水的补给、循环和排泄密切受到地貌条件、沉积物的性质和地质构造的控制，如浅层地下水的赋存于河床相的砂砾层中，除了与地貌条件有关外，主要取决第四纪堆积物的性质及其成因类型。

## 思考题

1. 对比地貌学与第四纪地质学的性质。
2. 略述地貌学的研究内容及其分支学科。
3. 略述第四纪地质学的研究内容及其分支学科。
4. 试述地貌学与第四纪地质学的关系及其在地球科学中的学科地位。

## 第二章 地壳的结构及其表面形态

### 第一节 地壳的结构

#### 一、陆壳与洋壳

地壳 (crust) 可分为陆壳 (continental crust) 和洋壳 (ocean crust) 两大部分。它们的组成物质不同, 因而形成地表起伏形态的不同 (图 2-1)。陆壳表面是由薄层的沉积岩及沉积变质岩组成的, 其上部系由花岗质岩组成的硅铝层, 下部是由玄武岩组成的硅镁层。陆壳的平均厚度约 33 公里, 最厚是青藏高原, 达 70 公里。大陆地貌主要由陆壳组成, 其表面的高低起伏与地壳厚度有密切关系, 一般是厚度大, 密度小, 有山根插入地壳深处, 地势就高; 厚度小, 密度大, 地势就低, 由于地壳内部密度差异, 因而引起硅镁层的对流。洋壳的表面为未固结的海洋沉积物, 如软泥等, 其厚度不足 500 米, 软泥层下面是玄武岩, 缺少硅铝层。洋壳的厚度小, 只有十几公里。

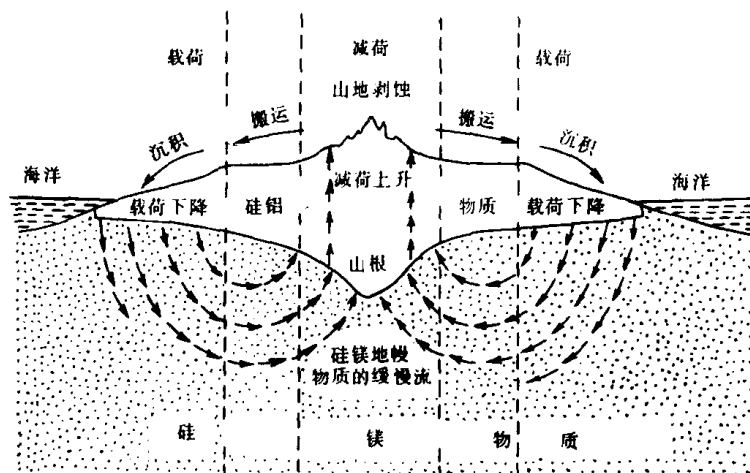


图 2-1 地表起伏与深部构造对比 (据 H. Robisson)

大陆与大洋间一般有一个过渡的浅海地带, 它与大陆的构造是连续的, 是陆壳的组成部分, 称大陆架 (continental shelf)。

#### 二、海陆基本轮廓及其成因

##### (一) 海陆基本轮廓

地球表面高低起伏, 依其基本轮廓可分为大陆与海洋两大单元。大陆面积 14 950 万平方公里, 占全球面积的 29%, 大部分分布在北半球; 海洋面积 36 100 万平方公里, 占全球面积的 71%。

地表起伏及其组成如图 2-2 所示, 地球上陆地最高的是珠穆朗玛峰, 海拔 8 848.13 米, 最低是太平洋中的马里亚纳海沟, 海拔 -11 034 米, 构成海陆最大的高差, 约 20 公里。陆地平均高度 875 米, 海洋平均深度 3 794 米。从其分布高度和形态而言, 有二个明显的阶梯:

(1) 不高的大陆平台 (continental platform), 即陆地平原, 海拔 1 000—200 米, 大部是陆地, 一部分是被海水淹没的大陆架, 占地球面积的 19%, 此外, 大于 1 000 米的多层夷平面, 占地球面积的 6%, 在图上不易表示。(2) 深海平原 (deep sea plain), 海拔 -2 430—-5 750 米, 占地球面积的 55.7%。

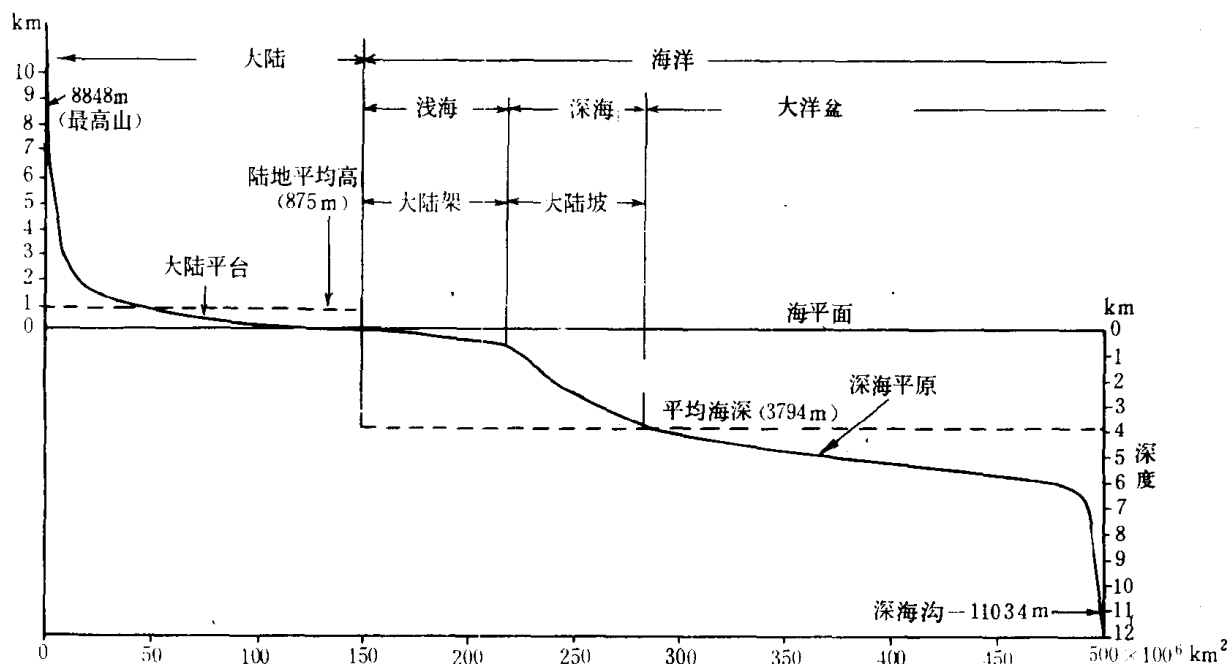


图 2-2 海陆轮廓与海陆起伏曲线 (据 A. Holmes 修改)

大陆与大洋是地球表面两个基本形态, 并以陆地平原和深海平原为主。陆地上引人注目的是山岭, 一个是环太平洋构造山系, 顺经线方向伸展, 如北美至南美洲的科迪勒拉山系; 另一个是沿纬线方向分布的山岭, 它们横贯欧亚大陆延至大巽他群岛, 自西往东有北非北部的阿特拉斯山脉、阿尔卑斯山脉、喀尔巴阡山脉、高加索山脉、兴都库什山脉、喜马拉雅山脉、爪哇和苏门答腊岛上的山脉等。山脉之间有大型盆地、平原, 如北美洲东部阿帕拉契山脉与西部科迪勒拉山脉间的密西西比平原, 南美洲东部巴西高原与西部安第斯山脉之间的亚马孙平原。洋底有隆起的海岭。如东太平洋隆起和南、北大西洋海岭。洋底的边缘与大陆岛弧紧靠的是海沟, 如日本海沟、波多黎各海沟等。由此可见海陆轮廓具有隆起和凹陷互相更替的分布特征。

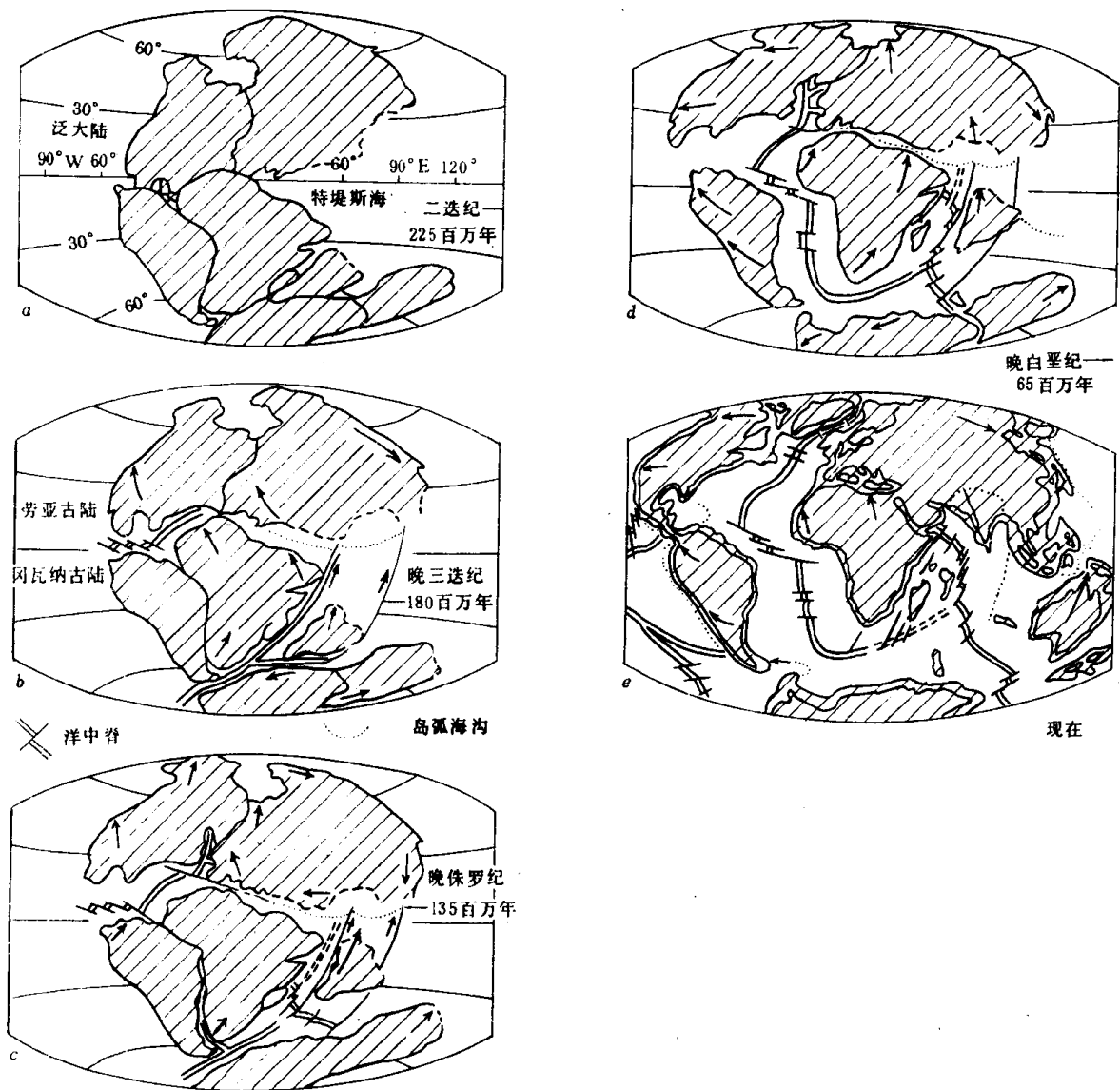
## (二) 海陆的成因

关于海陆成因和全球构造的探讨, 在 19 世纪有地壳均衡学说; 20 世纪初有大陆漂移学说; 发展到本世纪 60 年代有海底扩张、板块构造学说, 使地学理论发生根本性的变革。

1. 地壳均衡学说 (Theory of Earth Crust Isostasy) 是英国普拉特 (J.H. Pratt, 1854 年) 和艾里 (G.B. Airy, 1855 年) 提出的, 他们认为轻的地壳象冰山一样浮在较重的地幔物质之上, 并达到均衡状态。而均衡的机制, 两人说法有异, 普拉特认为地壳底部的深度 (即均衡面) 是相同的, 但各处的地壳密度不一, 地壳厚度小的地区地势高, 反之地势低; 艾里则认为地壳密度各处相同, 只是地壳厚度不一, 因而形成起伏的均衡面, 均衡面越深地势越高, 反之地势低。实际情况是两种学说的结合, 并可用来说明两种地幔物质的对流情况。

2. 大陆漂移学说 (Theory of Continental Drift) 1912 年德国地球物理学家魏格纳

(Alfred Lothar Wegener) 根据大西洋两岸的轮廓非常相似的特征进行对比, 发现这两个大陆的地层、古生物、地质构造、甚至古冰川遗迹都有许多相似之处, 并能互相连接。因此他认为约在 2.5 亿年前, 即古生代, 地球上只有一个联合大陆, 称为泛大陆, 其周围是一片广阔的海洋, 称为泛大洋, 中生代末泛大陆开始分裂, 漂移至今日的位置 (图 2-3), 泛大陆被分成几个大陆和若干岛屿, 泛大洋分成几个大洋和海盆。如美洲陆块从非洲和欧亚大陆分裂, 分离时就出现了大西洋、南极大陆、澳大利亚大陆。马达加斯加岛和印度半岛原是泛大陆的一部分聚合在非洲南端, 当这些陆块分离后就出现了印度洋。由于受当时科学水平和资料的限制, 该学说论据尚不够充分, 大陆漂移学说受到不少人的反对。直到 50 年代末由于地球物理等新技术的发展, 取得了关于大陆由联合到分离的有力证据, 使大陆漂移学说重新得到重视和发展, 出现了海底扩张和板块学说。

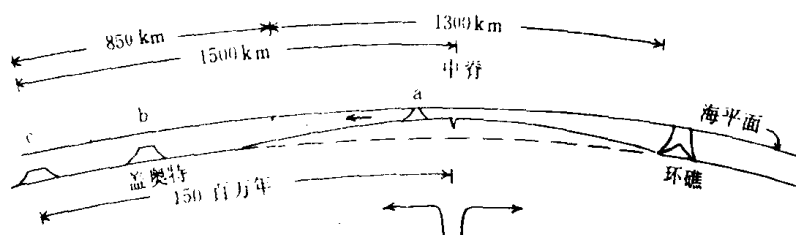


箭头所示是推测的岩石圈板块运动的方向

图 2-3 泛大陆解体的五个阶段 (据 A.N. Strahler, 1978)

### 3. 海底扩张学说 (Theory of Sea Floor Spreading) 这是关于岩石圈发展的一种假说。

其主要论点是地幔物质上涌溢出，形成新的海底，并推动原来的海底岩石圈向两侧移动。该学说最早是由美国地质学家赫斯 (H. H. Hess) 和狄兹 (R. S. Dietz) 于 1961 年提出的，赫斯用地幔对流的机制来解释海底地形的形成，认为大洋中脊是地幔物质热流上升的地方，地幔对流喷出物形成了海底火山，并逐渐上升，同时顶部被削成平顶山，这些平顶山又随着热流下降而沉入海底称为盖奥特 (guyot)，当又一次地幔物质上涌时，把前一次形成的海底和海底火山从大洋中脊向两侧推开，新的海底平顶山又形成 (图 2-4)，狄兹称为海底扩张。这样海底一方面不断向两侧扩张，一方面岩石圈又在海沟处沉入地下返回软流圈，这种作用过程很好地解释了洋盆地壳的地质年龄相当年轻的原因。



a. 海底火山; b. c. 早期的海底平顶山从大洋中脊移开，下沉为盖奥特。

图 2-4 海底扩张图解 (据许靖华)

海底扩张的主要论据是海底磁性条带和海底沉积物时代的对称分布、洋中脊和转换断层上地震分布的资料等。海底扩张的论述使大陆漂移说增加了新的内容，并得到了继承和发展，同时还成为板块学说的理论支柱。

4. 板块构造学说 (Theory of Plates Tectonics) 大量海洋地质、地球物理和海底地貌等资料的积累，以及海底扩张学说的发展，使全球构造研究日趋深化。1966 年英国的布拉德 (E. Bullard) 对大西洋两岸轮廓极为相似的现象，用电子计算机进行研究，得出大陆边界 500 英寻 (相当于 900 米) 的等深线处的大陆拼接图。1967 年英国地质学家麦肯齐 (D. Mckenzie) 提出了板块构造学说。其主要论点是刚性的岩石圈分裂成许多块体称板块。这些块体位于软流圈之上，作大规模水平运动，导致相邻板块互相作用 (冲撞)，因而板块边缘成为地壳活动的强烈地带。接着 1968 年法国的勒皮琼 (Xavier Lepichon) 把整个地球划分成六大板块：太平洋板块，亚欧板块，印度板块，非洲板块，美洲板块，南极板块。除太平洋板块基本上属于海洋外，其余的板块都包括陆地和海洋两部分。他应用大量的海洋学和地磁学的资料，计算这六大板块的运动方式及其移动速度，并绘制了板块构造图。勒皮琼认为板块内部是一个相对稳定的整体，而两个板块之间的边界地带则是大洋中脊、岛弧、海沟以及年轻的褶皱山系，可见板块间的接触带是各种构造变动、地震、火山活动和地貌变化的地带。板块构造学说较合理地解释了全球构造、大地貌、包括大陆与大洋的成因和分布规律。故为国际地学界普遍接受。



## 第二节 大陆与大洋地貌

大陆与大洋是地球上两大一级地貌单元，第二级地貌单元是陆地上的山地（包括丘陵）、平原（包括高原和盆地）和大洋中的海盆、海岭和海沟等。此外，尚有被海洋包围的岛屿，岛屿又因其成因不同可分为大陆岛和海洋岛。大陆岛在地质构造上是大陆的延伸部分，后因大陆沉降被海水所淹与大陆相隔成岛，如我国的台湾岛、海南岛，非洲的马达加斯加岛，欧洲的不列颠群岛，北美的格陵兰岛和纽芬兰岛。其中格陵兰岛是世界最大的岛屿，面积约 217.56 万平方公里。海洋岛又称大洋岛，它的面积比大陆岛小，在地质构造和成因上与大陆无联系，通常是由于洋底火山喷发而成，有时在火山岛上堆积珊瑚残骸，如我国南海诸岛和太平洋中的夏威夷火山群岛等。

### 一、山 地

山地地势相对高起，表面起伏很大，切割深度和切割密度亦大，通常处于地壳上升带，其构造运动和外力剥蚀作用活跃，地貌结构复杂。全球高大的山系大致分布在两个地带，一个是环太平洋山系，另一个是横贯欧、亚、非大陆近东西向山带。山地地貌的研究对经济建设至为重要，如道路、农林水利规划以及城市建设等都要评估地貌条件，作出科学的选择。

#### （一）山地地貌特征

山地是由山岭与其间的谷地组合而成。山岭延伸较长，大多是连绵数十公里、数百公里，甚至数千公里，较大的山脉往往由几条山岭组成，岭间夹有谷地或山间洼地。丘陵是切割较破碎的山岭，没有明显的脉络，起伏亦比较小，一般相对高度不超过 200 米，但在成因上与山地相同，因此把它纳入山地的范畴。

1. 山岭的组成 山岭在形态上由山顶（山脊）、山坡和山麓三部分组成。山顶可分为尖顶、圆顶和平顶三种，其尖顶大多数由冰川侵蚀或基岩崩坠造成；圆顶是长期风化剥蚀的结果；平顶是受坚硬水平岩层影响所致，也有的是古夷平面。山坡可分为凹形、直形、凸形、阶梯形及其组合的各种复式类型。山岭的外围为山麓线所绕，山麓线是山坡和毗连平原相交接的地带。从山坡到平原有一个过渡的山麓带，被深厚的松散物质覆盖，常形成坡积裾。

2. 山坡的发育 山坡的不同形态反映山坡的复杂成因。除了岩性构造因素外，主要反映坡地的发育条件和发育阶段。据武德 (A. Wood) 的研究，山坡的初始形态为陡崖（自由面），它是由地壳运动造成的，如断层或新构造运动上升阶段。随着风化作用持续进行，陡崖后退，风化碎屑物集中于坡脚下（图 2-5）。这时坡的下方岩屑大量积累，上部自由面的高度随着下部被埋藏而不断降低，山坡平行后退（parallel retreat）（图 2-5, a、b）。这个岩屑堆的坡度取决于岩屑物质成分的休止角。其发育一般可分三个阶段：①当岩屑的粒度不变，尽管山坡平行后退，而岩屑坡将保持同样的角度，称为稳定坡（constant slope），其下方为一凹形坡（图 2-5, a），基坡被埋藏为一凸形坡。②倒石堆上部的基坡由于山坡的平行后退，便形成了与稳定坡角度大致相等的剥蚀坡（图 2-5, b）。③当山坡发育到较晚阶段，山坡上部接近分水岭的谷坡地带为凸坡，坡下为凹坡，成为上凸下凹的复合坡（图 2-5, c）。当地壳处于长期稳定时，剥蚀作用不断进行，山坡平行后退，坡长加长，最终山坡呈凹形坡；当地壳间歇性上