

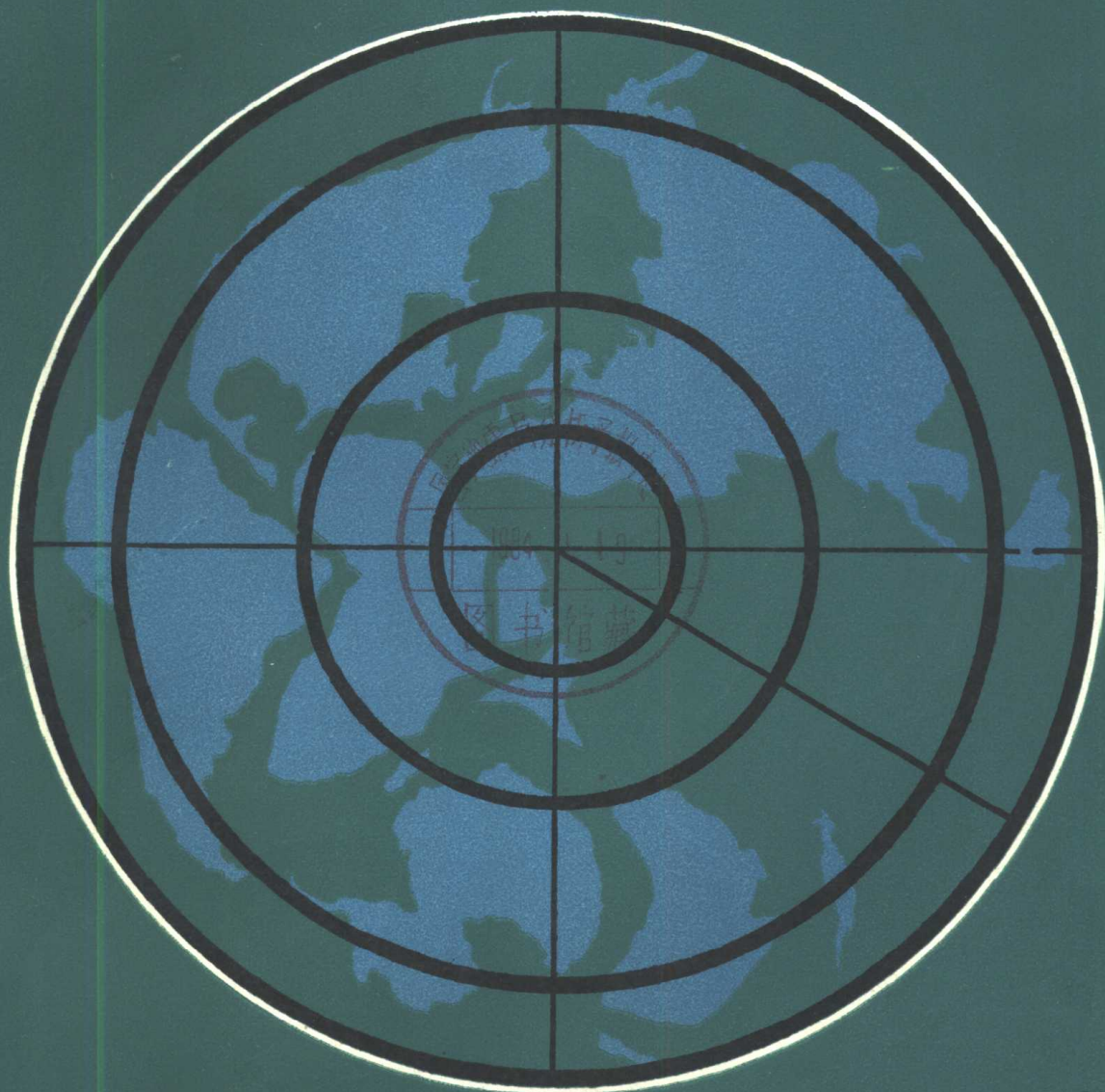
04625

# 地壳变形

[ 法国 ]

M·马托埃 著

地质出版社



LES DEFORMATIONS DES MATERIAUX DE L'ECORCE TERRESTRE

# 地壳变形

(法) M. 马托埃 著

孙 坦 张道安 译

地质出版社

## 内 容 简 介

这是一本地质构造学（包括构造地质学和大地球构造学）专著。全书共分十八章，主要从地质学角度探讨地壳物质受力变形的方式和结果。前两章概述地壳及其观察研究方法，然后深入浅出地阐述地壳物质变形的条件、表现和类型，由今至古论述了地球范围内的挤压、伸展、平移和升降等各种主要构造作用，穿插介绍并发展了构造层次的概念，对微构造的论述尤为系统，最后综合了构造学研究现状和存在的课题。全书结构严谨，别具一格，实例丰富典型，插图精美。是地质院校师生一本不可多得的教学参考书，亦适宜供广大地质研究人员和野外地质人员阅读参考。

## Les déformations des matériaux de l'écorce terrestre

Maurice Mattauer

Deuxième édition corrigée janvier 1980

Hermann Paris

## 地 壳 变 形

〔法〕 M.马托埃 著

孙 坦 张道安 译

\*

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：李鄂荣

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本：787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张：22<sup>1</sup>/<sub>8</sub> 字数：509,000

1984年3月北京第一版·1984年3月北京第一次印刷

印数：1-5000册 定价：3.30元

统一书号：15038·新1005

# 译 者 的 话

M. 马托埃 (Maurice Mattauer) 是法国蒙彼利埃城朗格多克科学技术大学的构造地质学教授, 除负责教学工作外, 还担任着“构造与微构造研究室”主任的职务。他编写的构造地质教科书在法国各大学的地质学教学中被广泛采用。由于显著的学术成就, 他不仅在法国是一位颇具影响的地质学者, 在国际上, 也被公认是微构造研究方法的倡导者之一。

藉中法两国地质工作者和地球物理工作者在西藏喜马拉雅地区开展三年合作研究之机, 我们不揣浅陋, 着手翻译了此书, 目的在于使我国有关专业人员了解法国构造地质学界的某些研究方向及观察分析方法, 并对今后两国间的地质合作交流有所推动。

在本书的翻译出版过程中, 得到许多同志的热心支持和帮助。马杏垣先生在百忙中欣然为译作写了序言, 并对译稿提出了许多宝贵的修改意见; 李廷栋同志也对本书的翻译工作给予了诸多关心; 肖序常、肖庆辉、李光岑三同志在有关校对、出版等方面更是帮助我们解决了许多具体问题。可以说, 没有以上诸位同志的多方面协助, 本书是难以和读者见面的。在此, 谨向他们表示衷心的感谢!

本书前十一章由孙坦翻译, 后七章由张道安翻译, 孙坦统一加工。由于译者水平有限, 译文中的错误或不当之处在所难免, 希望读者给予批评指正。

译 者

1982.3

## 中译版序言

初次结识M. 马托埃教授是在1977年。那是在他和J. 奥布安 (Aubouin) 教授一起随法国地质代表团来我国访问时, 聆听了他们在地质研究所作的报告。这两位来自文化艺术之乡——法国的地质学家, 对欧洲地质, 特别是阿尔卑斯期构造的深刻理解、透切表达和美妙熟练的绘图, 给在座听众留下了深刻印象。以后还有几次机遇, 值得提到的是1980年7月在巴黎召开的第26届国际地质大会期间, 参加了他和舒克朗 (P. Choukroune) 博士一起领导的比利牛斯山地质旅行, 从他所在的城市蒙彼利埃开始直到把我们交给西班牙领队的八天里, 领着我们反复穿行于比利牛斯山分水岭以北的山区。他们起早贪黑, 不辞劳苦, 头顶烈日, 背着纸板, 边走、边讲、边画, 夜间还要举行讨论会, 对疑难问题有时探讨到午夜。经过他们的努力, 使各国地质学家对比利牛斯山构造的形成和演化有了较清楚的认识, 尤其可贵的是他们所表现出来的一切从实际出发、实事求是的科学态度和良好学风, 受到大家赞扬。

国外大凡有成就的构造地质学家, 多是在一些典型地区进行过长期深入地调查研究, 然后再扩大视野, 进行综合。马托埃教授也是如此。他曾在阿尔卑斯和海西期山地长期工作, 并专攻小构造研究方法, 又有丰富的教学经验。这本《地壳变形》, 就是他长期实践的结晶。

这是一本构造学 (Tectonics), 包括构造地质学和大地构造学的专著。主要从地质学角度探讨地壳物质受力变形的方式和结果。它的内容、结构和章节安排别具特色, 把野外观察研究所必须的基本概念和工作方法放在重要地位, 因为作者“始终认为, 在地球科学的发展中, 野外观测工作将始终具有着决定性的作用”。

笔者在论述地质构造的观察和研究时 (马杏垣等, 1980, 《区域地质调查野外工作方法》第三分册, 地质出版社), 曾强调指出地质构造分析必须注意在不同应力场状态和不同变形体制下, 不同岩石类型, 不同尺度和不同构造层次中的形变特点, 用不同的方法去解决不同的矛盾。

构造层次 (tectonic level) 的概念是 C. E. 魏格曼 (Wegmann, 1935) 提出来的, 指的是一特定变形幕过程中具明显相对活动性的层次。这一概念在本书中有了新的发展。

地质构造现象, 无论在空间和时间上, 都可划分为许多级, 称为尺度 (scale)。就空间尺度来说, 笔者曾把地质构造划分为①全球构造②大构造③小构造④微构造及次微构造等尺度。每一尺度的构造都强调了某些不同的方面, 而且有其不同的研究任务和观察方法。本书的“微构造”则包括了露头、标本和薄片范围的变形。

本书一开始在概述了地壳及其观察研究之后, 就提出了地壳变形的不同表现和不同变形类型, 并以此作为一条经线, 按挤压、引张、平移和升降等四种构造作用展开, 贯穿全书。第六章讲了伸展作用, 第七章讲全球规模的挤压作用, 第九章讲了平移断层, 而第十六章专论了垂直运动或具垂直分量的构造运动。

另一条经线是构造层次的概念 (La notion de niveau structural), 在第九章引入之

后，就在12、13、14三章中分别讲述了上、中、下三个层次的构造。穿插于上述两条主干经线之间的纬线是空间和时间上的尺度概念。就这样，全书按地壳的不同变形类型，由浅及深，从小到大，由今至古地交织成一个结构严密的整体。

最后一章强调了地表地质观察和分析只有与地幔和地球深部的地球物理和地球化学资料相结合才能正确认识地壳构造的形成演化及其机制。

须指出的是，本书是作者在七十年代开始编写的，出版周期又长，第二版也未来得及吸收当前新的资料进行改写，故在某些方面就显得不足。但作者提倡的地质构造研究的基本方法和一些基础概念仍然是有效的。本书仍不失为一部良好的构造教材。

近年来，地球科学在法国有较大进展，有许多论著问世，由于语言上的障碍很少为我国地质界所利用。这本书的译出初步弥补了这个空白，这无疑是译者孙坦、张道安同志的一个贡献，应该感谢他们。

马杏垣

一九八二年春节

# 引言

在板块构造理论使地球科学正经历一场真正变革的当今时代，研究地壳变形具有日益重大的意义。地壳变形事实上是地球运转造成的至为壮观的景象。

我将于本书内对变形的某些最明显和最易于直接观测的方面进行介绍。实际上，本书专门研究的是，漫长地质史中地壳上部岩石的变形现象，因而主要是从地质学角度探讨变形。可以说，这是一部构造地质学专著或大地构造学专著。大地构造学在大型综合方面和岩石内部变形机制研究方面均取得了重大的进展。书中，对地壳整体（或称岩石圈）运动的研究工作仅作简略叙述。这样做，目的是为了干预地球物理学论著所应担负的任务。

本人的意图是，通过观测各种规模的变形，在尽量指出研究工作使用的方法和借助大量插图的同时，对“地质”变形提出一个简明而又推理严密的总体看法。

对复杂问题通常给予从简叙述，并配以图解，其目的是使初学人员不感深奥，易于接受。

在地球科学正疾速发展的当今时代，专业划分愈来愈细，新的观点和新的方法好似雨后春笋般地涌现。因此，一部仅由一个人撰写、且其编辑出版工作又需要几年时间的著作，无疑应当被视作是一项不全面的总结工作，其诸多方面需要逐年予以补充和完善。

书中不乏从事大地构造学研究和对变形岩石诸多方面进行观测所必需的基础性概念。因为我始终认为，在地球科学的发展中，野外观测工作将始终具有着决定性的作用。

最后须指出，对地球演化和板块大规模运移所作的各种综合性研究工作均必须始终预先考虑到地质变形的问题。有关地质变形类型问题，现已取得大量认识。然而从根本上来讲，真正的定量研究还仅仅是开始。

# 序 言

自一九七〇年开始编写此书以来，我们对地壳变形的认识已被大大地丰富了。确实，众所周知，在近十年中，地球科学经历了一场真正的革命。基于此种事实，本应该在这次再版时，就本书原文的某些章节作些补充和修改。然而，鉴于出版方面的原因，没有能够对原文进行改写，而只是作了某些细节上的改动。在我看来，向读者指出大地构造学于近八年来新出现的主要趋向是必要的。

我们原来倡导的一般构造的研究方法仍然比任何时候都有效。在确认这一点的同时，笔者可以指出，当前在如下两个截然不同的方面出现了至为重大的变化：变形试验及这种试验在探讨岩石内部变形机制中的应用属第一个方面；全球构造理论和板块构造理论及它们在地质变形研究中的应用属第二个方面。由于新的试验结果，以及使用了现代化的观测手段（譬如电子显微镜），对岩石变形（脆性变形和塑性变形）的解释是被大大地丰富了。自此，可以期望对上地幔岩石的变形机制取得很好认识。在这一领域内，冶金学家使用的物理学手段已经显示出成效。在脆性变形研究方面，已取得对断裂机制问题的较好认识。目前，已经开始使用“应力”概念对其开展研究。当前，为确定地震发生的前兆正在进行着大量的研究工作。在这种情形下，第四章的内容对那些进步快的学生来说显然就不够用了。

由于持续进行的海洋调查活动，对地震活动开展的新研究，以及建立了愈来愈重视地质实际的定量模型，对发生于地球范围内的现象进行解释的工作被大大地推进了，仅仅诞生了十多年的板块构造理论亦因此而得到了很大的发展。板块构造理论已逐步发展成为一门独立的新学科。面对这些情况，应当在今后通过补充阅读有关专著来补写第十八章，而全球构造正在经历的这场重大进展使这样做尤显必要。事实上，可以说，经过十几年主要是针对海洋进行的全球构造研究以后，目前已在通过研究山脉和大陆内的变形现象而涉及到了大陆部分。

在这方面，已提示了新的研究方法（已开始利用重视应力状态的推理方法替代和补充以运动学观点进行推理的方法）。在今后若干年内，将会出现许多新的概念。

十分感谢R. 达尔思、H. 达尔迈拉克、F. 普鲁斯特、J. 苏日及P. 达包尼埃等诸位先生帮助我对第一版原文作了修改。此外，我还要高兴地提及一点，即本书中所有的素描图都是由G. 卡尔西亚绘制的，他为本书的完成费神不少。最后，我要着重指出一点，本书之所以能够出版问世，是与Cl. J. 阿莱格尔友好的执意要求分不开的。

# 目 录

译者的话

中译版序言

引言

序言

|            |                        |    |
|------------|------------------------|----|
| <b>第一章</b> | <b>地壳变形的观测方式及其研究手段</b> | 1  |
| 一          | 沉积岩观测                  | 2  |
| 二          | 地球的地貌形态                | 4  |
| 三          | 岩石内部构造观测               | 5  |
| 四          | 所使用的不同学科               | 7  |
|            | (一) 现代和近代变形的研究         | 7  |
|            | (二) 古老变形研究             | 7  |
|            | (三) 变形机制研究             | 8  |
| <b>第二章</b> | <b>地壳</b>              | 9  |
| 一          | 定义                     | 9  |
| 二          | 研究地壳的方法                | 10 |
| 三          | 莫霍面和不同的地壳类型            | 11 |
| 四          | 大陆型地壳                  | 12 |
|            | (一) 无重大隆起的稳定大陆带        | 12 |
|            | (二) 山脉                 | 14 |
| 五          | 大洋型地壳                  | 14 |
|            | (一) 典型大洋带              | 14 |
|            | (二) 大洋中脊               | 15 |
|            | (三) 内海                 | 15 |
| 六          | 中性地壳                   | 15 |
| 七          | 关于地壳性质的结论              | 15 |
| 八          | 现代地壳和古老地壳              | 16 |
| <b>第三章</b> | <b>地壳的各种状态</b>         | 18 |
| 一          | 板块、或无变形带               | 18 |
|            | (一) 非洲板块实例             | 18 |
|            | 1. 非洲大陆                | 18 |
|            | 2. 非洲板块的海洋延伸部分         | 18 |
|            | 3. 对“板块”一词的说明          | 20 |
|            | (二) 地球在近代演化中的八大板块      | 20 |
| 二          | 地壳的不同变形类型              | 22 |
|            | (一) 收缩带或山脉             | 22 |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| (二) 伸展带 .....                     | 23        |
| (三) 垂直运动 .....                    | 23        |
| (四) 平移运动 .....                    | 23        |
| 三 挤压和伸展的不同作用方式 .....              | 23        |
| 四 对五千万年以来地壳变形的一般总结 .....          | 25        |
| <b>第四章 岩石力学概念</b> .....           | <b>27</b> |
| 一 应力概念 .....                      | 27        |
| (一) 地壳岩石的应力状态 .....               | 28        |
| 二 根据三轴试验建立的应力与应变之间的关系 .....       | 29        |
| (一) 各种试验类型 .....                  | 30        |
| (二) 应力-应变曲线 .....                 | 31        |
| (三) 时间-应变曲线 .....                 | 32        |
| (四) 回顾几个定义 .....                  | 22        |
| (五) 破裂方式 .....                    | 33        |
| (六) 围压对变形的影响 .....                | 35        |
| (七) 温度对变形的影响 .....                | 36        |
| (八) 岩石随深度增大而呈现的性态 .....           | 37        |
| (九) 浸透流体对变形的影响 .....              | 38        |
| (十) 岩石的各向异性对变形的影响 .....           | 39        |
| (十一) 应力、围压和温度对蠕变的影响 .....         | 39        |
| 三 对几个构造作用的试验研究 .....              | 40        |
| (一) 定性研究 .....                    | 41        |
| (二) 定量研究 .....                    | 45        |
| 1. 几个试验研究 .....                   | 45        |
| (1) 岩层粘性与褶曲(由扭曲作用造成)波长之间的关系 ..... | 45        |
| (2) 重力构造研究 .....                  | 47        |
| (3) 膝折带的形成 .....                  | 48        |
| <b>第五章 基础构造术语的定义</b> .....        | <b>49</b> |
| 一 断层 .....                        | 49        |
| (一) 断层几何学 .....                   | 49        |
| (二) 断层的命名 .....                   | 51        |
| 1. 地层保持水平的简单情况 .....              | 51        |
| (1) 对一个断层进行确定 .....               | 51        |
| (2) 对两个共轭断层的确定 .....              | 53        |
| (3) 断层带的确定 .....                  | 53        |
| 2. 岩层未保持水平的情况 .....               | 53        |
| (1) 复杂的情况 .....                   | 55        |
| (三) 断层的表示方法 .....                 | 55        |
| 二 节理 .....                        | 56        |
| 三 褶曲和连续变形 .....                   | 57        |
| (一) 利用一个参考面进行确定 .....             | 58        |
| (二) 借助几个参考面进行确定 .....             | 60        |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| (三) 按照褶曲的一般产状进行确定 .....       | 65  |
| (四) 褶曲的表示方法 .....             | 67  |
| 四 对几种构造“转换”的确定 .....          | 68  |
| (一) 直移 .....                  | 68  |
| (二) 旋转 .....                  | 68  |
| (三) 严格意义上的变形 .....            | 68  |
| 1. 纯变形或压扁变形 .....             | 68  |
| 2. 简单剪切变形或简单滑动变形 .....        | 70  |
| 3. 旋转压扁变形 .....               | 71  |
| 4. 全面“转换” .....               | 71  |
| 五 构造建造的几何性质和对称因素 .....        | 71  |
| 第六章 伸展作用 .....                | 74  |
| 一 全球规模的伸展作用 .....             | 74  |
| (一) 大陆板块内部的伸展作用 .....         | 74  |
| 1. 非洲板块内部的近代伸展作用 .....        | 74  |
| 2. 西欧的近代伸展作用 .....            | 81  |
| 3. 几个古老伸展作用的实例 .....          | 82  |
| (二) 大洋板块内的伸展作用 .....          | 82  |
| 1. 洋中脊的形态、性质和构造 .....         | 82  |
| 2. 洋中脊磁异常及洋中脊形成的一般机制 .....    | 84  |
| 3. 大洋平移断层(或转换断层)问题 .....      | 86  |
| 4. 对洋中脊总体形态的解释 .....          | 86  |
| 5. 对一亿年以来海洋带伸展作用的概要总结 .....   | 90  |
| (1) 恢复原则 .....                | 90  |
| (2) 大西洋的演化过程 .....            | 91  |
| (3) 印度洋和太平洋的演化过程 .....        | 94  |
| 6. 关于海洋带近代伸展作用的结语 .....       | 96  |
| 7. 两亿年前海洋带内的伸展作用 .....        | 96  |
| 二 山脉中的伸展作用 .....              | 97  |
| 三 地区性的伸展作用 .....              | 97  |
| (一) 张性构造的不同类型 .....           | 97  |
| (二) 对西欧新生代地堑的描述 .....         | 98  |
| (三) 具有倾斜擦痕的张性断层 .....         | 100 |
| (四) 洋中脊部位伸展作用的形态: 以冰岛为例 ..... | 101 |
| (五) 局部伸展作用具有的几种情况 .....       | 102 |
| (六) 正断层的产状与倾角 .....           | 103 |
| (七) 断层的演化过程 .....             | 105 |
| 1. 和沉积作用同时代的断层 .....          | 105 |
| 2. 连续活动断层 .....               | 106 |
| 3. 重褶正断层 .....                | 106 |
| 4. 关于正断层的年龄 .....             | 107 |
| 5. 关于几个例外情况 .....             | 107 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| <b>第七章 全球范围的挤压作用</b> | 109 |
| 一 近代山脉（或称阿尔卑斯期山脉）    | 109 |
| （一）一般论述              | 109 |
| 1. 大板块范围内的山脉         | 109 |
| 2. 成千公里范围内的山脉        | 109 |
| （1）环太平洋山脉            | 109 |
| （2）陆间山脉              | 111 |
| （3）小结                | 112 |
| （二）阿尔卑斯期山脉的各个演化阶段    | 112 |
| 1. 一次沉积期             | 112 |
| 2. 多期挤压              | 112 |
| 3. 一次破坏期             | 112 |
| （三）阿尔卑斯期山脉的变形样式      | 113 |
| 二 古老山脉               | 113 |
| （一）海西期山脉             | 113 |
| （二）加里东期山脉            | 114 |
| （三）前寒武纪山脉            | 115 |
| 三 结论                 | 116 |
| <b>第八章 山脉的典型演化</b>   | 118 |
| 一 关于山脉座落部分的地壳性质      | 118 |
| 二 沉积期（或“地槽期”）        | 119 |
| （一）“地槽”的形态和规模        | 119 |
| （二）“地槽”的形成方式         | 120 |
| （三）“地槽”沉积层的厚度和岩相     | 120 |
| （四）地槽期的持续时间          | 121 |
| 三 褶皱期（或构造运动期）        | 121 |
| 四 均衡调整期              | 122 |
| 五 关于山脉的形成机制          | 123 |
| <b>第九章 构造层次的概念</b>   | 124 |
| 一 确定构造层次的原则          | 124 |
| 二 上、中、下构造层次的确定       | 126 |
| 三 构造层次的位置            | 128 |
| （一）区域范围              | 128 |
| （二）山脉范围              | 129 |
| （三）构造层次和叠加构造         | 131 |
| <b>第十章 挤压断层</b>      | 133 |
| 一 断层存在的条件            | 133 |
| 二 断层的产状              | 133 |
| 三 逆断层的倾角             | 134 |
| 四 逆断层和逆掩断层           | 138 |
| （一）山脉地区              | 138 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| (二) 区域范围           | 140 |
| 五 平移断层             | 148 |
| (一) 与应力场和应变场的关系    | 148 |
| (二) 对几个大型平移断层的研究   | 149 |
| (三) 对几个区域性平移断层的研究  | 154 |
| 1. 山麓带的小断距平移断层     | 154 |
| 2. 与褶曲共生的平移断层      | 154 |
| 3. 侏罗山的平移断层        | 155 |
| 4. 朗格多克地区的平移断层     | 156 |
| 第十一章 各类褶曲          | 157 |
| 一 挠曲滑动褶曲(或等厚褶曲)    | 157 |
| (一) 单岩层的变形研究       | 157 |
| 1. 连续变形            | 157 |
| 2. 非连续变形           | 160 |
| (二) 叠置岩层中的变形研究     | 160 |
| 1. 褶皱作用的一般形态       | 160 |
| 2. 断层形态            | 163 |
| (三) 等厚褶曲和缩短作用      | 167 |
| 二 压扁褶曲             | 167 |
| (一) 不同的压扁作用方式      | 168 |
| (二) 压扁褶曲的几何形态      | 171 |
| (三) 压扁褶曲和缩短作用      | 172 |
| 三 流动褶曲             | 173 |
| (一) 变形形态           | 174 |
| (二) 褶皱的几何形态        | 174 |
| (三) 流动褶曲的物理条件      | 176 |
| 四 挠曲—剪切褶曲          | 176 |
| 五 挠曲—压扁褶曲          | 177 |
| (一) 挠曲作用先于压扁作用     | 177 |
| (二) 挠曲作用与压扁作用同期    | 178 |
| 六 膝折和尖楞形褶曲         | 179 |
| (一) 膝折机制           | 180 |
| (二) 尖楞形褶曲的形成机制     | 182 |
| (三) 膝折的一般形态        | 182 |
| 第十二章 表层构造          |     |
| 重力作用与滑落推覆体         | 185 |
| 一 表层构造的特征          | 185 |
| (一) 鸟瞰地势面的情况       | 185 |
| (二) 水面以下的情况        | 187 |
| 二 重力造成的构造 滑落推覆体的情况 | 188 |
| (一) 概论             | 188 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| (二) 滑落推覆体的研究 .....             | 192        |
| 1. 滑落推覆体在山脉中的分布 .....          | 192        |
| 2. 滑动发生的岩性条件 .....             | 192        |
| 3. 坡度问题 .....                  | 193        |
| 4. 滑落推覆体与挤压构造运动的关系 .....       | 193        |
| 5. 滑落推覆体的构造 滑塌岩块与滑塌层 .....     | 195        |
| 6. 北非的滑落推覆体 .....              | 197        |
| <b>第十三章 中间构造层次的等厚褶曲 .....</b>  | <b>201</b> |
| 一 一般产状 .....                   | 201        |
| 二 等厚褶曲演化的不同程度 .....            | 204        |
| 三 若干实例的研究 .....                | 205        |
| (一) 侏罗山的褶曲 .....               | 205        |
| (二) 外阿尔卑斯山脉 .....              | 209        |
| (三) 比利牛斯山脉的褶皱山麓带 .....         | 210        |
| (四) 北非阿特拉斯山的褶曲 .....           | 212        |
| (五) 中东阿尔卑斯期山脉的褶皱山麓带 .....      | 213        |
| <b>第十四章 下部构造层次的不等厚褶曲 .....</b> | <b>215</b> |
| 一 对下部构造层次的各种进一步划分 .....        | 215        |
| 二 直立劈理带的褶曲 .....               | 218        |
| (一) 莱茵劈理化地块和德国的海西期地块 .....     | 218        |
| (二) 高加索 .....                  | 220        |
| (三) 撒丁岛伊格莱西亚斯 .....            | 220        |
| (四) 加利西亚海西造山期 .....            | 220        |
| (五) 法国南部海西造山期晚期 .....          | 221        |
| (六) 比利牛斯山脉中的垂直劈理 .....         | 221        |
| (七) 与平移断层有关的垂直劈理 .....         | 223        |
| 三 倾斜劈理带中的褶曲 .....              | 223        |
| 四 近水平劈理带中的褶曲 .....             | 225        |
| (一) 黑山的海西期推覆体 .....            | 227        |
| (二) 塞文山脉的海西期构造 .....           | 229        |
| (三) 嘎尼古的海西期推覆体 .....           | 230        |
| (四) 阿尔卑斯山脉内带 .....             | 231        |
| (五) 苏格兰的加里东期山脉 .....           | 233        |
| (六) 霍加尔地区的前寒武纪晚期山脉 .....       | 233        |
| 五 流动区的褶曲 .....                 | 238        |
| (一) 阿尔卑斯山脉内带的佩奈恩推覆体 .....      | 238        |
| (二) 挪威南部的前寒武纪推覆体 .....         | 239        |
| (三) 格陵兰加里东期造山带的流褶曲 .....       | 241        |
| <b>第十五章 微构造 .....</b>          | <b>242</b> |
| 定义 .....                       | 242        |
| 微构造学方法 .....                   | 242        |
| 一 断裂的微构造学分析 .....              | 242        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| (一) 位移方向的确定 .....                 | 243        |
| 1. 平面状断裂的情况 .....                 | 243        |
| 2. 非平面状断裂的情况 .....                | 244        |
| 3. 复杂情况 .....                     | 244        |
| (二) 缩短方向的确定及缝合结构 .....            | 245        |
| (三) 伸长方向的确定及裂隙 .....              | 252        |
| (四) 对非连续变形的总体解释 .....             | 253        |
| (五) 节理的研究 .....                   | 256        |
| (六) 等厚褶皱断裂的研究 .....               | 256        |
| 二 劈理带内的微构造 .....                  | 258        |
| (一) 劈理 .....                      | 258        |
| 1. 定义 .....                       | 258        |
| 2. 流劈理 .....                      | 258        |
| 3. 叶理 .....                       | 260        |
| 4. 破劈理 .....                      | 262        |
| 5. 褶破劈理与折劈理 .....                 | 262        |
| 6. 各种劈理之间的关系 .....                | 262        |
| (二) 线理 .....                      | 266        |
| 1. 交切线理 .....                     | 266        |
| 2. 拉伸线理 .....                     | 271        |
| 3. 矿物线理 .....                     | 271        |
| 4. 微褶线理或细褶线理 .....                | 273        |
| (三) 微褶曲 .....                     | 274        |
| (四) 劈理、线理与褶皱三者之间的关系 .....         | 275        |
| 1. 同劈理褶曲的一般形态 .....               | 275        |
| 2. 褶曲中拉伸线理的形态 .....               | 276        |
| 3. 破劈理和劈理扇的形态细节 .....             | 276        |
| 4. 同劈理褶曲的几何形态细节 .....             | 277        |
| (1) 挠曲与压扁作用联合的实例 .....            | 277        |
| (2) 由破裂造成的复杂情况 .....              | 279        |
| (五) 应用劈理、线理与微褶曲的规则 .....          | 279        |
| 1. 单一构造期的情况 .....                 | 279        |
| 2. 多期叠加构造的情况 .....                | 280        |
| (1) 两期构造的情况 .....                 | 281        |
| (2) 具有两个以上构造期的情况 .....            | 284        |
| (六) 对叠加构造的实际评述 .....              | 284        |
| <b>第十六章 垂直运动或具垂直分量的构造运动 .....</b> | <b>287</b> |
| 一 大陆板块中真正的垂直运动 .....              | 288        |
| (一) 由于冰盖的形成或融化而造成的特殊类型的垂直运动 ..... | 289        |
| 二 与裂谷形成有关的垂直运动 .....              | 290        |
| 三 由山脉的地壳均衡调整造成的垂直运动 .....         | 291        |
| 四 沉积槽地中的沉降作用 .....                | 292        |
| 五 垂直运动——褶皱运动的直接结果 .....           | 293        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 六 局部原因引起的垂直运动 .....            | 295        |
| <b>第十七章 对山脉若干构造特征的研究 .....</b> | <b>297</b> |
| 一 山脉的规模和总体形态 .....             | 297        |
| (一) 在西欧山脉中的研究实践 .....          | 298        |
| 二 山脉构造的走向与倒向 .....             | 299        |
| 三 构造样式 .....                   | 301        |
| (一) 构造样式与构造层次 .....            | 302        |
| (二) 构造样式与岩性 .....              | 302        |
| 1. 盖层构造 .....                  | 302        |
| 2. 基底构造 .....                  | 303        |
| 四 构造期或挤压期的概念 .....             | 304        |
| (一) 定义 .....                   | 304        |
| (二) 中间构造层次和上部构造层次中的挤压期 .....   | 305        |
| (三) 下部构造层次中的挤压期 .....          | 306        |
| (四) 内壳构造和外壳构造研究总结 .....        | 308        |
| 五 山脉的一般变质作用 .....              | 308        |
| (一) 回顾一般变质作用的某些特点 .....        | 308        |
| (二) 构造与引起变质作用的地热异常之间的关系 .....  | 309        |
| (三) 变质等变线与构造结构的关系 .....        | 311        |
| (四) 结论 .....                   | 311        |
| 六 山脉在褶皱运动前的历史: 地槽的概念 .....     | 311        |
| (一) 地槽的某些特征 .....              | 312        |
| 七 山脉演化的各种事件 .....              | 316        |
| (一) 深成作用 .....                 | 316        |
| (二) 同构造或构造后的磨拉石阶段 .....        | 317        |
| (三) 与垂直运动有关的构造期后火山作用 .....     | 317        |
| (四) 结论 .....                   | 317        |
| <b>第十八章 地球的构造演化及其机制 .....</b>  | <b>318</b> |
| 一 关于构造现象的范围 .....              | 318        |
| 二 认识的现状 .....                  | 318        |
| (一) 普遍的看法 .....                | 318        |
| (二) 有关机制的论述 .....              | 319        |
| 1. 岩石圈及板块构造的概念 .....           | 319        |
| 2. 软流圈的概念 .....                | 325        |
| 3. 山脉的形成 .....                 | 326        |
| 4. 结论 .....                    | 327        |
| 三 尚待明确的概念 .....                | 327        |
| <b>结束语 .....</b>               | <b>334</b> |
| <b>索引 .....</b>                | <b>335</b> |

# 第 一 章

## 地壳变形的观测方式及其研究手段

——如何从观测阶段过渡到解释阶段为构造地质学的任务

大致一看，地壳是很稳定的，岩石好似永恒不变，并最终被固定在那里。但仅仅是粗略看才如此。实际上，在地球的某些地震区内，当发生强烈地震时，可产生切割所有地表

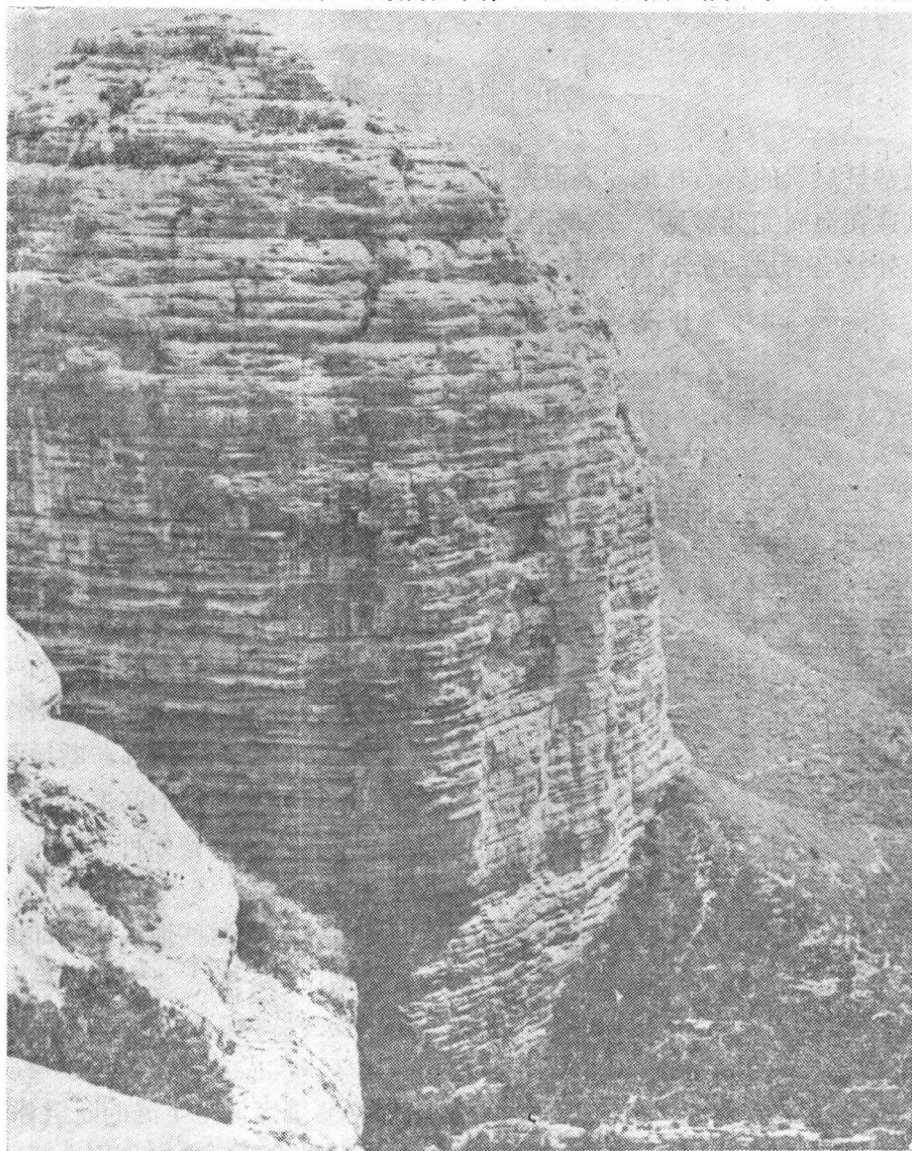


图 1—1 未变形的水平地层（陡崖高度约300米）。比利牛斯山南坡的渐新世陆相岩层，不整合于“比利牛斯期”褶皱之上。根据景观推定，褶皱发生的年代应为中、晚始新世