

国家地震局杭州干部培训中心继续教育教材

活动构造基础与工程地震

马宗晋 主编



地震出版社

国家地震局杭州干部培训中心继续教育教材

活动构造基础与工程地震

马宗晋 主编

地震出版社

1992

2006/03
Z.D.C

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

本书系统地介绍了活动构造的基本概念、野外识别、测量手段及实验研究方法,详细地论述了我国区域活动构造和全球三大地震构造带,概述了地震区划、水工建设、核电利用等与活动构造有关的地震工程问题。

本书系国家地震局杭州干部培训中心继续教育教材,内容丰富、新颖,可供从事地震地质、地质构造、地球物理、工程地震以及石油、海洋等学科的科研人员和高等院校有关专业的师生参考。

活动构造基础与工程地震

马宗晋 主编

责任编辑:朱向军

*

地质出版社出版

北京民族学院南路9号

北京丰华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

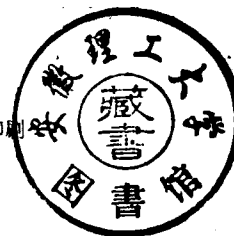
787×1092 1/16 13.25 印张 339 千字

1992年2月第一版 1992年2月第一次印刷

印数:0001—2500

ISBN 7-5028-0518-4/P.344

(906) 定价: 8.50 元



《活动构造基础与工程地震》编委会

主 编：马宗晋

副主编：叶 洪 陈树岩 钱 祝

委 员：(以姓氏笔划为序)

马宗晋 叶 洪 陈修民 陈树岩

宋新初 苏晓梅 周玉亭 钱 祝

张

前 言

近 10 年来,我国在改革开放的方针指导下,大规模的经济建设正在向纵深发展。城市建设、能源、交通以及高技术工程如核电站、海上工程、大坝等等,都在迅速地发展和规划之中,随之而来的就是如何科学地保障这一系列建设工程的稳定性问题。从地质角度来讲,主要就是要研究活动构造及由此而引起的地震及非震断层蠕滑和其它地壳变形问题。目前有众多部门的同志在直接或间接地从事着有关地震预报及工程稳定性的工作,但其中有相当多的人员没有系统地学习过有关的地质基础知识,对地震发生的地震地质背景、工程在地震等灾害的威胁下的稳定性问题以及对这些问题的研究过程缺乏全面了解,或者只从事其中某种工作而很少注意其上下左右的工作关系,他们急切地希望有一本比较全面地介绍这方面基础知识、研究手段和工作方法的读物。为此国家地震局杭州干部培训中心和国家地震局地质研究所共同合作编写了这本《活动构造基础与工程地震》,作为国家地震局杭州干部培训中心继续教育教材。可以说这是一本高级的专业性普及读物,它涉及的知识范围和工作领域是相当广泛的。

为了完成《活动构造基础与工程地震》的编写,我们组织动员了国家地震局地质研究所多方面的专家,通过各述所长、集体连贯的方式对活动构造和工程地震进行系统的介绍,力图使读者对有关的知识和工作有一个全面的了解。其中也包括一些我们从事这方面工作的体会、经验和存在的问题。

本书是《活动构造基础与工程地震》电教片课题的一部分,该课题的组长为钱 祝;副组长为陈树岩、陈修民。

本书编写人员有:

第一章:周玉亭、陈树岩、叶 洪;

第二章:宋新初、汪一鹏、叶 洪、郑炳华、王挺梅、尤惠川、马胜利、张存德、徐峰、洪汉净、白振清、陈文寄、李大明、计凤桔、严富华、彭 贵、王庆隆;

第三章:马宗晋、徐 杰、郑炳华、宋新初、周玉亭、陈树岩;

第四章:叶 洪、李坪、蒋溥、汪良谋、向宏发、李起彤、何宏林。

陈树岩、宋新初、周玉亭三位同志除参与部分编写工作外,还负责本书的统编和组织工作。

在本书编写过程中,时振梁、王国治、葛治洲、李裕彻、邓起东、张裕明、汪一鹏等专家和地震出版社的编辑同志曾提出过许多宝贵的修改意见,曾祥荣、吕建平、诸晓蓓和孙为民等同志曾做了大量的具体工作,在此一并致以诚挚的谢意!

因时间和水平所限,本书中错误和问题在所难免,敬请大家指正。

马宗晋 钱 祝

1991.4.1

目 录

前 言

第一章 变动中的地球	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 地球的构造演变	(2)
一、褶皱	(2)
二、断裂	(4)
三、构造运动	(9)
四、地球的演化、地质年代表、第四纪	(9)
第三节 活动构造的定义、研究内容及尺度划分	(13)
一、活动构造的定义	(13)
二、活动构造的尺度划分	(13)
三、活动构造的分类	(14)
参考文献	(17)
第二章 单体活动构造的研究	(18)
第一节 地质图、地形图及航、卫片的分析	(18)
一、地质图	(18)
二、地形图	(19)
三、航、卫片	(21)
第二节 活动断裂的野外识别及研究	(24)
一、活动断裂的地质地貌表现	(24)
二、断裂追索法及路线穿越法、活动构造的野外定性观察	(27)
三、活动断裂地质填图	(29)
四、活动断裂的活动年代研究	(33)
第三节 活褶皱的研究与识别	(33)
一、同震褶皱作用及褶皱地震	(34)
二、为深部活断层控制的活褶皱	(36)
三、活褶皱地震危险性分析	(37)
四、活褶皱的野外识别与研究	(38)
五、活褶皱研究在地震工程工作中的意义	(39)
第四节 古地震	(40)
一、辨认古地震的标志	(40)
二、古地震震中烈度与震级的确定	(44)
三、古地震年代的测定	(45)
第五节 现代大地震	(45)
一、地震地表破裂带的含义	(45)

二、地震地表破裂带的研究内容	(46)
三、地震地表破裂带的研究方法	(51)
第六节 活动构造的年代测定	(52)
一、概述	(52)
二、测年方法简介	(53)
第七节 活动构造微动态仪器观测	(66)
一、微动态监测	(66)
二、微震测量	(72)
第八节 活动构造的实验研究	(77)
一、物理实验	(77)
二、数值模拟	(86)
参考文献	(90)
第三章 全球及区域活动构造	(91)
第一节 地壳的基本构造类型	(91)
一、洋壳、陆壳和岩石圈	(91)
二、地台和地盾	(92)
三、古生代褶皱带和中、新生代褶皱带	(92)
四、大陆裂谷	(92)
五、边缘海盆地	(93)
六、岛弧和海沟	(93)
七、大洋盆地	(93)
八、大洋中脊	(93)
第二节 中国区域活动构造	(93)
一、中国新构造运动的构造背景	(94)
二、中国新构造环境	(96)
三、中国新生代构造概述	(96)
四、中国活动构造分区	(101)
五、青藏活动构造区	(104)
六、华北活动构造区	(114)
第三节 全球活动构造	(141)
一、概述	(141)
二、环太平洋地震构造系	(141)
三、大陆地震构造系	(154)
四、大洋脊地震构造系	(161)
参考文献	(170)
第四章 与活动构造有关的工程地震学问题	(173)
第一节 地震区划及地震危险性评价中的活动构造研究	(173)

一、概述	(173)
二、地震区、带的划分与活动构造分区	(174)
三、潜在震源区与地震危险区的圈定	(176)
四、根据活动构造资料对地震活动性参数进行评估	(178)
第二节 工程场地断层活动性鉴定	(182)
一、概述	(182)
二、基岩出露区	(182)
三、基岩隐伏区	(186)
四、基岩半隐伏区	(188)
第三节 水工建设中的活动构造研究	(189)
一、概述	(189)
二、水工建设中活断层研究实例	(190)
三、水工建设中活动构造研究的若干要点	(193)
第四节 核能利用中的活动构造研究	(196)
一、概述	(196)
二、核电站选址中的活动构造研究	(196)
三、核电站设计地震动确定中的活动构造研究	(199)
四、核废料处置的活动构造问题	(200)
参考文献	(202)

第一章 变动中的地球

第一节 概 述

整个自然界正如伟大的哲学家恩格斯所论述的那样：“从最小的东西到最大的东西，从砂粒到太阳，从原生物到人，到处都在产生和消灭中，处于不休止的运动和变化中。”银河系在变动，不断地有新的天体形成和老的天体毁灭；银河系的重要成员——太阳系也在运动，它以每秒 230 公里的速度不停地围绕银河系的中心运转；我们人类赖以生存的地球，从过去至现今，从局部到整体，由地壳、地幔到地核，也无时无刻不在变动中。

众所周知，地球这颗古老而神秘的星体已经历了 46 亿年的沧桑岁月，从弥散的星际星云到陆核的形成，从联合古陆的出现到它的分裂、漂移直至形成五大洲四大洋，经历了无数次变迁。尽管科学家们对大陆漂移说、海底扩张说还有某些怀疑，但无数事实足以证明：从远古开始，海洋和陆地确实发生过多种格局的变化，而且不断地在升升降降、开开合合。显然这是地壳进行缓慢的但却从未终止的长期运动的结果。当然，最能明确表现现代地球仍在激烈活动的莫过于地震和活火山了。地震是地壳内长期积累的能量突然释放的一种运动形式，它是突发的，而且是一种暂态过程，然而释放的能量往往是巨大的。一次强震可使山崩地裂、河流改道，也可使整个城市化为废墟。据全球地震台网记录，全世界每年发生地震约 500 万次，其中有感地震就达 5 万次。仅 1966 年至 1976 年的 10 年间，我国就经受了 13 次 7 级以上强震的震荡，其中 9 次造成严重灾害。火山喷发是地下物质快速运动的最直观反映，它尤如一扇能隐约窥视地球内部变化的窗口，给人类带来地球内部岩浆活动的信息。世界上现有活火山 500 多座，它们活动频繁，而且喷发时千姿百态，景象十分奇丽壮观。

有感地震和活火山是人们察觉到的地球宏观活动，而地球的微观活动却往往不被人们所注意，所以人们才有“稳如泰山”、“坚如磐石”之类的说法。实际上，不论是泰山，还是喜马拉雅山，每时每刻也都在升降之中；任何一块地表露出的岩石都在经历风化、剥蚀以至弯曲变形的过程；各大板块间存在着相对运动，或者碰撞，或者俯冲，等等。只是这些变动是非常缓慢的，往往须借助于科学仪器才能观测到。比如，据现代空间技术测量，北美大陆与欧洲大陆每年要相对拉开几厘米；据声纳测深技术等观测，位于突兀拔起于海底世界的大洋中脊中轴线上的中央裂谷不时地在开裂断陷；据板块运动历史推算，印度板块正以平均每年 5 厘米的速度向北运动，推挤在青藏高原的南边界上，由此引起青藏高原内部一些地区每年发生 0.5—2 厘米的相对运动。

地球是太阳系的一员，它每时每刻都在进行着整体机械运动，即在自转的同时还要绕太阳公转，而且还拥有一颗卫星——月亮，这种天体间的天体动力运动系统内部的相互作用，不仅仅对地壳和地球内部的变化产生重要的影响，而且也使地球发生整体性的变化，如地球自转速率的长期变化和短期变化，固体潮的出现等等。

以上所列举的地球变动现象和实例比起地球的全部变动来说，只不过是沧海一粟。仅

此，足可以使我们认识到：“平静”的地球并不平静，它过去在变动，现今仍在变动，将来无疑还会变动。而且这种变动是多方面、多层次和多成因的。在诸多变动中，对人类威胁最大的是地震，而地震主要是由活动构造的变动所产生的。因此，深入研究活动构造的分布及其活动规律是极其重要的。为了更好地阐述以后几章的内容，本章先简要介绍地球的构造变动和与活动构造有关的基本概念及基础知识。

第二节 地球的构造演变

一般认为，从最古老的岩石形成时起，地球进入了地质演化的历史。在这漫长的岁月中，地球在万有引力、自身重力和旋转惯性力以及内部热力的作用下，发生了复杂的变质作用、岩浆作用、沉积作用和构造变动，形成了今天的格局，并且这种复杂的过程还在持续着。

地球的表层在变动中形成了沉积岩；地球内部的岩浆活动形成了岩浆岩；地球内部的热、静压力和动压力对已有岩石的变质作用形成了变质岩。这些新生成的岩石，成为地壳的物质组成。组成地壳的物质是地球在变动中形成的。这些新形成的岩石开始时常常是连续完整的岩层或岩体。沉积岩层基本上是水平的，但在野外我们实际看到的岩层常常是不连续的，或者被分割成大大小小的块体，或者被切割、错开，成为明显的间断。也常常可以看到成层的沉积岩层发生了弯曲；成为弓形，有的甚至直立起来。可以想象，这些岩层必定经历了某种强烈的变动。岩浆岩、变质岩也经常是被错动了的。

沧海桑田的变化同样令人瞩目，在水下才能形成的沉积岩，我们在陆上随处可见，甚至是在几千米的高山上也可以见到。是什么力量如此神奇，使坚硬的岩石发生弯曲、断裂？这就是构造应力和构造运动。

岩石变形主要是由地壳内部的力（重力、惯性力、热能等）的作用而引起的，我们把地壳内单位面积的力叫做地应力。地应力是由地壳运动产生的，因为地壳无时无刻不在运动中，因此，地应力的大小和作用方式也在不断的增减变化。当一定范围内的地应力积累到超过岩石所能承受的限度时，就会使岩石发生变形和错断，其基本形式是褶皱和断裂。褶皱主要是岩层的塑性变形行为，而断裂则主要是脆性变形行为。

一、褶 皱

（一）褶皱的概念

大多数褶皱是地壳水平运动造成的。岩层受到顺层挤压，引起岩层弯曲，形成褶皱（图 1-1），这叫做纵弯褶皱作用。地块的水平相对运动是造成这种作用的条件。当岩层受到与层面垂直的外力作用时，也会发生弯曲，这叫横弯褶皱作用。重力和地下的上拱力是造成这种作用的条件（图 1-2）。

此外，滑褶皱（剪切褶皱）是指岩层沿着一系列与层面直交或斜交的剪切面，发生有规律的差异滑动而形成的褶皱（图 1-3）。还有一种情形即塑性岩层受压时，象粘稠流体一样，发生变形，形成形态复杂、产状无一定规律的流褶皱（图 1-4），称为柔流褶皱作用。这两种褶皱均很少见，且规模都不会很大，不占重要地位。

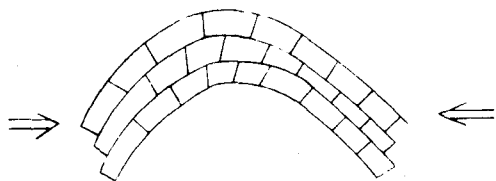


图 1-1 纵弯褶皱形成示意图

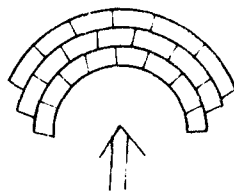


图 1-2 横弯褶皱形成示意图

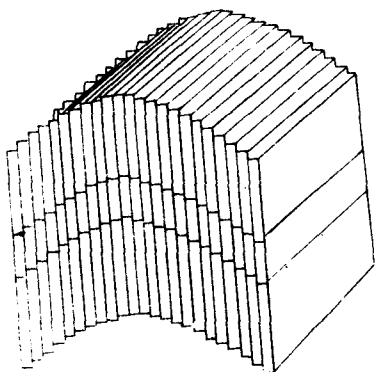


图 1-3 滑褶皱作用



图 1-4 长英质脉的肠状褶皱

(二) 褶皱的分类

很显然，岩层受力弯曲时，可以向上弯曲，也可向下弯曲，我们把向上弯曲、核心部位的岩层较老，而外侧岩层较新的褶皱称为背斜；而把岩层向下弯曲、核心部分岩层较新，而外侧岩层较老的褶皱称为向斜。

介绍各种形态的褶皱前，我们先熟悉一下褶皱的 6 种形态要素(图 1-5)：

- (1) 核部：褶皱弯曲的核心部分。
- (2) 翼部：褶皱核部两侧的地层。
- (3) 转折点：在剖面上两翼岩层弯曲变换的点。
- (4) 枢纽：褶皱的同一层面上各最大弯曲点的连线。
- (5) 轴面：连接褶皱各层枢纽的面。
- (6) 轴迹：轴面与任何平面的交线。
- (7) 转折端：泛指褶皱两翼岩层互相过渡的部分。
- (8) 脊线与槽线：背斜中同一层面上弯曲的最高点的连线称为脊线；向斜中同一层面上弯曲的最低点的连线称为槽线。

褶皱的形态是多种多样的，因此，形态分类也十分多样。根据褶皱枢纽产状、轴面产

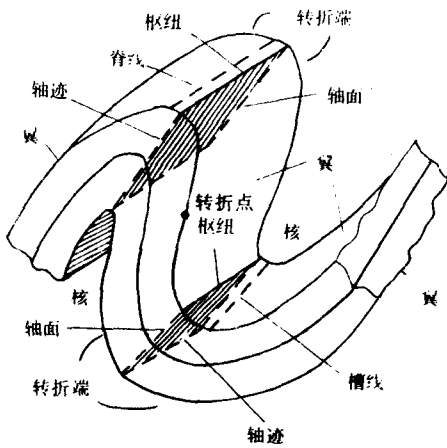


图 1-5 褶皱要素示意图

状、两翼夹角和同层的厚度分布都可以进行分类。这里我们介绍两种常用的分类：

(1) 根据褶皱岩层两翼夹角的大小，褶皱可分为：① 开阔褶皱，两翼夹角大于 70° ；② 中常褶皱，两翼夹角大于 30° ，小于 70° ；③ 紧闭褶皱，两翼夹角小于 30° ；④ 等(同)斜褶皱，两翼夹角近于 0° ，两翼产状大致相同(图 1-6)。

(2) 根据褶皱轴面产状，结合两翼产状特点，褶皱可分为：① 直立褶皱，轴面近于直立，两翼倾向相反，倾角近于相等；② 斜歪褶皱，轴面倾斜，两翼倾向相反，倾角不等；③ 倒转褶皱，轴面倾斜，两翼向同一方向倾斜，有一翼地层倒转；④ 平卧褶皱，轴面近于水平，一翼地层正常，另一翼倒转平卧；⑤ 翻卷褶皱，轴面弯曲的平卧褶皱(图 1-7)。

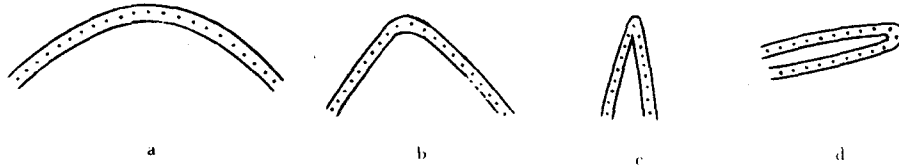


图 1-6 按两翼夹角大小的褶皱分类

a. 开阔褶皱； b. 中常褶皱； c. 紧密褶皱； d. 等斜褶皱



图 1-7 按轴面产状的褶皱分类

a. 直立褶皱； b. 斜歪褶皱； c. 倒转褶皱； d. 平卧褶皱； e. 翻卷褶皱

二、断 裂

岩石受到挤压或拉张应力持续作用，应力逐渐积累，当超过岩石的弹性限度时，岩石就会破裂，形成断裂构造。断裂构造有两种情形：一是断裂两侧的岩石沿断裂面没有发生明显的位移，或仅有微量位移的，称为节理；另一种情形是，断裂两侧的岩石沿断裂面发生了较大位移，称为断层。

(一) 节理

按岩石受力形成节理的力学性质，节理可以相应分为剪节理和张节理。

1. 剪节理

剪节理常与岩石内两组最大剪应力作用面相近，所以常成对出现。但两组剪节理有时发育的程度不同，常以一组最清楚。剪节理往往并非单纯的一条，而是由若干条方向相同、首尾相近的小节理呈羽状排列而成（图 1-8），我们称之为羽列。沿小节理的走向向前观察，前面一条出现在左侧的，我们称这种排列为左行（或左旋）；反之，称之为右行（或右旋）。

剪节理延伸平直且较远，节理面平直光滑，间距较小，常密集成带，两壁常呈闭合状。

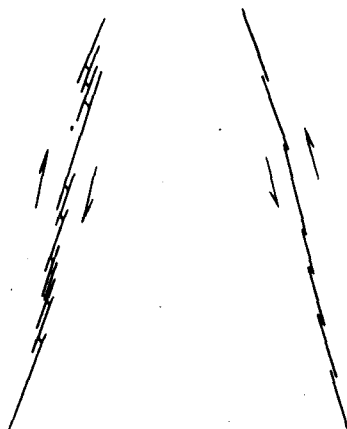


图 1-8 湖北黄陵背斜南部寒武系灰岩中剪节理羽列现象平面素描(据马宗晋等)

左图为右行，右图为左行

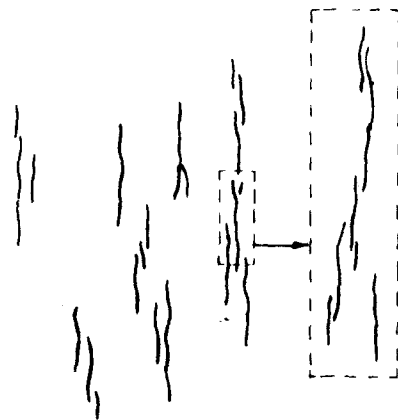


图 1-9 湖北白垩—第三系砂岩中张节理的侧列现象(据马宗晋等)

2. 张节理

岩石在拉张应力的作用下形成的节理叫张节理。张节理产状不稳定，短而弯曲，延伸不远，常呈不很规则的侧列组合（图 1-9）。节理面粗糙不平，节理间距较大，两壁间距也大，呈张开状。在剪切作用下形成的张节理，在平面上或剖面上呈雁行排列或称斜列。

节理在岩石中随处可见，这是因为地表的岩石常常是经过构造应力作用的，节理经常伴随其它构造，如褶皱、断裂等出现。

(二) 断层

1. 断层的要素

认识断层前，我们必须先了解一些关于断层要素的概念。

(1) 断层面：两侧岩块相对错动的破裂面称为断层面。断层面往往不是一个平面，而是一个曲面，起伏不平。常常并非是单一的面，而是一个有宽度的带，其中发育着一系列密集的破裂面，或者由错动搓碎的岩石碎块碎屑组成，称断层带或断层破碎带。

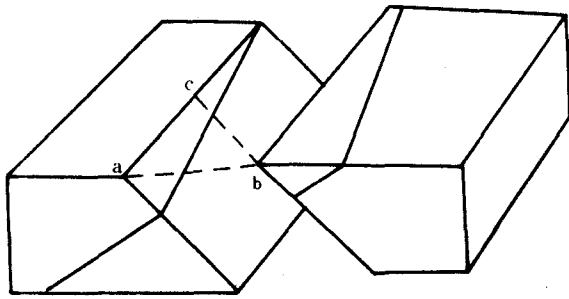


图 1-10 断层位移图 (据 M.P. Billings)

ab. 总滑距; ac. 走向滑距; cb. 倾向滑距

(2) 断层的盘: 断层面两侧相对错动的岩块称作盘。对于断层面倾斜的断层, 有上下盘之分, 其上的一盘称上盘, 其下的一盘称下盘, 平面上可按方位称, 如南盘、东南盘等。

(3) 断距: 断层两盘错动的距离。断距还分为总断距、走向断距和倾向断距。

总断距是两盘相当点 (原为一个点的两个对应点) 间的距离, 如图 1-10 中的 ab 。

走向断距是总断距在走向线上的分量,

如图 1-10 中的 ac 。

倾向断距是总断距在断层面倾斜线上的分量, 如图 1-10 中的 cb 。

2. 断层的分类

断层的分类有多种方法, 主要有断层的形态(包括几何关系)分类, 和断层的成因分类。

(1) 断层的形态分类: 断层的形态分类也有多种方案。根据断层走向与区域构造线方向的关系, 可将断层分为纵断层、横断层和斜断层。纵断层走向与区域构造线方向平行; 横断层走向与区域构造线方向直交; 斜断层走向与区域构造线方向斜交。根据断层面产状与地层产状的关系, 可将断层分为走向断层、倾向断层和顺层断层。走向断层走向与地层走向基本平行; 倾向断层走向与地层走向基本垂直; 斜向断层走向与地层走向斜交; 顺层断面与岩层层面大致一致。

(2) 断层的成因分类:

根据断层两盘岩块相对移动的性质, 可将断层分为正断层、逆断层和平移断层。这是活动断层研究中最常用的一种分类方案。

a. 正断层: 上盘相对向下移动的断层称为正断层 (图 1-11a)。倾角中等, 在 45° — 90° 之间, 以 60° — 70° 最为常见。通常正断层断面之间夹有角砾, 角砾棱角明显, 显示它不是挤压应力造成的, 而是由于垂直于断层走向的水平张应力的作用结果。垂直作用力也可造成剪切正断层, 但一般规模较小。

b. 逆断层: 上盘相对向上运动的断层称为逆断层(图 1-11b)。当倾角小于 30° 时, 我们称之为逆掩断层。规模巨大并且上盘沿低角度波状起伏的断层面远距离推移(数公里到数十公里)的逆掩断层, 我们称之为推覆构造(图 1-12)。

逆断层和逆掩断层带普遍发育有糜棱岩、构造透镜体、破碎角砾的压扁及圆化等构造现象, 反映了它们是在较为强烈的水平推挤作用下形成的。

c. 平移断层(走滑断层): 两盘沿断层面走向相对滑动的断层称为平移断层(图 1-11c), 顺时针相对平移的称右行(右旋), 逆时针相对平移的称左行(左旋)。平移断层在平移过程中, 两盘还会出现沿断层面某一点旋转的现象, 这时我们称之为枢纽断层。

平移断层显然是由于水平侧向挤压作用所致, 或者是岩块的推进速度不同, 或者是由平面 X 剪切面发展而来的。

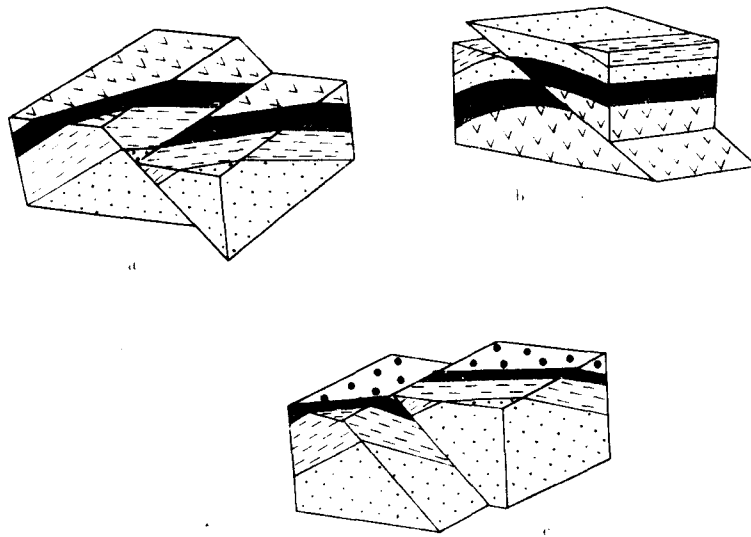


图 1-11 断层形态分类

a. 正断层; b. 逆断层; c. 平移断层

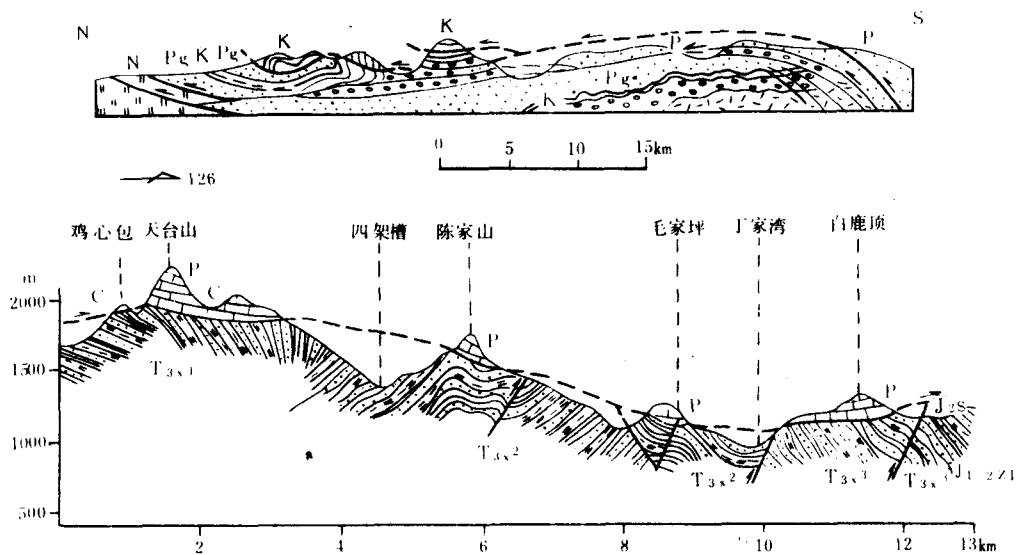


图 1-12 推覆构造剖面图

上图—阿尔卑斯山格拉鲁斯推覆构造 (英文字母代表地层时代, 据 J. Oberholzer)

下图—四川彭县推覆构造 (据西川二区测队)

J_{2s} 侏罗系沙漠庙组; J_{1-2s} 侏罗系自流井群; T_{3s}² 三叠系须家河组中段; T_{3s}³ 三叠系须家河组下段; P. 二叠系; C. 石炭系

根据断层的力学性质可将断层分为张性断层、压性断层和扭性断层。

a. 张性断层：在张应力的作用下所形成的断层，一般为正断层。

b. 压性断层：在压应力的作用下所形成的断层，一般为逆冲层或逆掩断层。

c. 扭性断层：一般情况下，扭性断层总是兼有压性或张性，从而出现过渡类型的断层，如张扭性断层或压扭性断层。

3. 断层的组合类型

在一个地区，断层常成群出现，相同时期在同一构造应力场的作用下形成的断层总是构成一定的组合形态，常见的有以下几种类型：

(1) 阶梯断层：若干条产状大致相同的正断层平行排列，在剖面上各个断层的上盘呈阶梯状向同一方向依次下降，这种断层的组合类型称阶梯断层(图 1-13)。阶梯断层一般发育在地壳块断运动上升块体的边缘。

(2) 地堑、地垒：地堑是指走向大致平行的两条断层之间的共同下降盘（岩块）。地垒则指走向大致平行的两条断层之间的共同上升盘（岩块）。

地堑和地垒两侧的断层一般是正断层，但也可以是逆断层，通常不止一条，而是若干条。

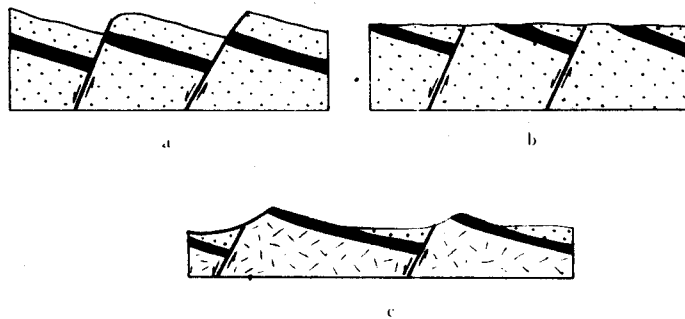


图 1-13 阶梯断层

a. 未经剥蚀； b. 经受剥蚀； c. 经受剥蚀

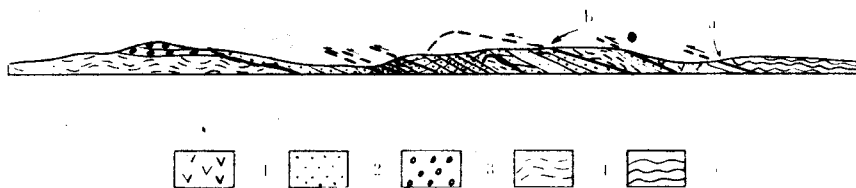


图 1-14 苏格兰西北高地叠瓦构造剖面图 (据苏格兰地调所简化)

1. 早古生代花岗岩及有关岩石； 2. 寒武系； 3. 阿尔冈系 (托里顿群)； 4. 太古界 (勒维新群)；

5. 时代不明 (莫因片岩)； a. 莫因逆掩断层； b. 本莫尔逆掩断层

地堑的中间部分相对下降，显示一种拉张作用，地壳变薄，不仅形成新的沉积环境，而

且岩浆、火山活动频繁，预示着岩石圈将在这里分离或正在分离。

(3) 叠瓦构造：若干条产状大致相同的平行排列的逆断层，其上盘在剖面上呈叠瓦状，沿同一方向依次上推而组合成叠瓦构造或称叠瓦断层（图 1-14）。

这种构造显示地壳受到了强烈的挤压作用，常常出现于地壳活动强烈的地区。

三、构造运动

断裂和褶皱构造的形成并不是孤立的，它们常常相伴而生交织在一起。在地壳运动中，岩层和岩块受到强大的构造力的作用，随之便产生大量的构造变形，我们把这一全过程叫做构造运动或构造变动。构造运动主要是由地球内部的因素（重力、热力、物质流动、旋转惯性力等）所引起的。按照构造运动的方向，我们可以把它分为垂直运动和水平运动两类。

(1) 垂直运动（升降运动）是指组成地壳的物质沿着地球半径方向的上升或下降。事实上，二者常常是交替进行的，有升也有降。它主要引起海陆变迁、地势高低改变和断裂的活动（边界断层）。

(2) 水平运动是地壳物质沿地球切线方向的运动。这种运动使地壳受到挤压、拉伸或者平移，引起断裂、褶皱强烈活动，形成山脉和盆地。

地球在不断地运动，构造运动也就从未停息过，它发生在地球历史上的每一个阶段和地球上的每一个角落，它是整个地球演化中很重要的一种行为表现，它不断地改造旧的、建造新的地质构造和地表地貌，控制着海陆分布、影响着气候状况和环境的变化，同时也影响着风化、剥蚀和沉积等外力作用的进行。

地壳运动在时空上都有一定的规律性。在空间上，不同地区所表现的活动性是不一样的，上升或下降不会同时发生在同一个地区，一个地区为水平运动，另一个地区可能正在上升和下降，而且运动的强度和幅度也不一致。在时间上，地壳运动除了表现为强度的变化以外，还表现为时间上的阶段性和周期性。某个时期比较平静，运动速度和幅度相对较小，而接着是一个强烈活动期，运动速度和幅度都比较大，二者交替出现，形成韵律或类似周期的变化。地质学家研究了地球 38 亿年的历史，一致认为，地球上曾经发生过多次相当强烈、影响范围很大的构造运动，甚至全球构造格局的改变。

四、地球的演化、地质年代表、第四纪

(一) 地球的演化

据目前较普遍的天体演化观点，太阳系最初是一团温度不高、转动不快的星云，其范围比现在的太阳系大得多。原始星云在引力作用下，逐渐聚积收缩，从而使角速度加快。当角速度加快到一定程度时，便沿赤道突出，最终脱出一个个旋转不快的圆盘，这些“圆盘”后来发展成为包括地球在内的九大行星，而星云中心继续收缩，最后形成太阳。

我们在地球上发现的最老的岩石约 38 亿年，在此之前，也许还有一些更老的岩石，但熔融或被卷入深处。地球近于均质体，后来内部生热，导致物质运动和化学分异作用，重者下沉、轻者上浮，于是，出现了地壳、地幔和地核的分离。通常我们把保留最老岩石的年代定为地球的地质发展演化的开始。

地球原始地壳被认为是玄武岩质的，相当于现今大洋壳的地壳成分。目前地球上洋壳面