

构造地质学 简明教程



主 编：郭 颖
李智陵



中国地质大学出版社

构造地质学简明教程

郭颖 李智陵 主编

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书吸取了国内外同类教材的优点,结合编者教学实践和科研工作的体会,深入浅出地介绍了构造地质学的基本概念、基本理论和基本方法。内容以构造几何学为重点,为深化对构造的认识和理解,适当地论述了形成构造的运动学过程和动力学机制。

全书共12章,每章前指出本章要点,并在每章后安排了实习、实验及作业,便于学生复习、练习。本书可作为高校地质类及有关专业的教材,并可供从事生产、科研、教学的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

构造地质学简明教程/郭颖,李智陵主编. —武汉:中国地质大学出版社,1995.8

ISBN 7-5625-1000-8

I. 构…

I. ①郭…②李…

Ⅱ. 构造-地质-教程

N. P54

出版发行 中国地质大学出版社(武汉市·喻家山·邮政编码430074)

责任编辑 赵颖弘 刘士东 责任校对 胡义珍

印 刷 湖北地矿印业有限公司

开本 787×1092 1/16 印张 14 字数 360 千字 附图

1995年10月第1版 2004年8月第5次印刷 印数 7 001—8 000 册

定价:21.00 元

编者的话

随着科学技术的发展,新方法、新技术的应用以及学科的相互渗透,近年来构造地质学的研究从理论到方法都取得了飞跃的发展。为了满足教学改革的需要,使学生打好地质理论基础,本着精选内容、更新观念的精神,尽量吸取近年来构造地质学研究中的新观点、新概念、新发现,作者编写了这本《构造地质学简明教程》。本书1991年初在校内出版,使用3年来,受到师生的欢迎。经校教材委员会批准,1993年,在原书的基础上,作者进行了修改补充,准备正式出版。

在本书编写和修改过程中,作者参考了朱志澄、宋鸿林主编的《构造地质学》,并得到了朱志澄、单文琅、宋鸿林3位教授的许多精心指导和具体帮助。单文琅教授为本书写了绪言,朱志澄教授审阅了全稿,并提出了很多宝贵的意见和建议,作者在此表示深深的谢意。

书中全部图件均由中国地质大学(武汉)绘图室清绘,在此也一并致谢。

本书第一、第八章由石林编写,第二、第四、第七章、构造地质综合作业及第十一、第十二章由郭颖编写,第三、第九、第十章由李智陵编写,第五、第六章由王显达编写。由于作者水平所限,书中定存在缺点和错误,敬希读者批评指正。

编者

1994年1月

目 录

绪论	(1)
第一章 沉积岩层的原生构造	(3)
第一节 层理及沉积岩层面向的确定	(3)
一、层理及其识别	(3)
二、利用原生沉积构造确定岩层的面向	(4)
第二节 软沉积变形	(7)
一、压模与火焰状构造	(8)
二、球状和枕状构造	(8)
三、滑塌构造与卷曲层理	(9)
四、砂岩墙和砂岩床	(9)
五、碟状构造	(9)
第二章 沉积岩层的基本产状	(11)
第一节 地质体的基本产状	(11)
一、面状构造的产状要素	(11)
二、线状构造的产状要素	(12)
第二节 水平岩层	(13)
第三节 倾斜岩层	(14)
第四节 岩层的沉积接触关系	(16)
一、整合接触和不整合接触	(16)
二、不整合接触在地质图和剖面图上的表现	(16)
三、不整合接触的现察	(18)
实习一 认识和阅读地质图	(19)
实习二 用间接方法确定岩层产状要素	(22)
实习三 读不整合接触地质图并作图切地质剖面图	(24)
实习四 根据岩层产状编制倾斜岩层地质图	(26)
第三章 褶皱的几何分析	(29)
第一节 褶皱和褶皱要素	(29)
一、褶皱的基本类型	(29)
二、褶皱要素	(30)
第二节 褶皱的描述	(32)
一、转折端的形态	(32)
二、翼间角和褶皱的紧闭度	(33)
三、褶皱的波长和波幅	(33)
四、褶皱的对称性	(33)
五、枢纽的产状	(34)
六、轴面产状及其与两翼产状的关系	(35)
七、褶皱的平面形态	(36)

第三节 褶皱的分类	(37)
一、褶皱的位态分类	(37)
二、褶皱的理想几何形态分类	(38)
三、等斜线的褶皱分类	(39)
四、根据组成褶皱的各褶皱层的厚度变化分类	(41)
五、根据组成褶皱的各褶皱面之间的几何关系分类	(41)
第四节 褶皱的组合型式	(42)
一、全形褶皱	(42)
二、断续褶皱	(43)
三、过渡型褶皱	(44)
第五节 叠加褶皱	(45)
第六节 褶皱形成时代的确定	(48)
实习一 读褶皱区地质图	(49)
实习二 绘制褶皱区剖面图	(51)
实习三 编绘和分析构造等高线图	(54)
第四章 断层的几何分析	(58)
第一节 断层的要素和命名	(58)
一、断层的几何要素和位移	(58)
二、断层的基本类型	(60)
三、断层的组合型式	(64)
第二节 断层的识别和断层岩	(67)
一、断层的识别	(67)
二、断层面产状的测定	(69)
三、断层岩	(70)
第三节 断层位移方向的确定	(72)
一、断层效应	(72)
二、断层两盘相对运动方向的确定	(75)
第四节 断层作用的时间性	(77)
一、断层活动时间的确定	(77)
二、断层长期活动的分析	(78)
三、同沉积断层	(78)
实习一 读断层地区地质图并求断距	(78)
实习二 分析断层地区地质图	(81)
第五章 应力与应变	(83)
第一节 应力分析	(83)
一、力和应力	(83)
二、任意截面上的应力分析	(84)
三、一点的应力状态	(89)
四、构造应力场和应力轨迹	(90)
第二节 变形和应变	(90)

一、变形的概念	(90)
二、应变	(92)
三、应变椭球体	(93)
四、递进变形	(95)
五、岩石有限应变测量	(97)
实习 简单剪切卡片模拟	(99)
第六章 岩石的变形习性	(102)
第一节 岩石的变形习性	(102)
一、实验条件下岩石变形习性	(102)
二、岩石的脆性破裂	(104)
三、塑性变形机制	(107)
第二节 影响岩石变形习性的因素	(110)
一、岩石本身的影响因素	(110)
二、外界环境的影响因素	(111)
三、时间的影响因素	(112)
实习 构造模拟实验	(114)
第七章 节理	(116)
第一节 节理及其分类	(116)
一、节理的分类	(116)
二、节理组和节理系	(120)
三、区域性节理	(120)
第二节 节理的形成作用	(120)
一、节理的形成	(120)
二、节理的分期、配套	(123)
三、雁列脉	(125)
实习一 编制和分析节理玫瑰花图	(126)
实习二 节理等密图的编制和分析	(128)
第八章 面理和线理	(132)
第一节 面理	(133)
一、劈理的结构	(133)
二、劈理的类型	(134)
三、劈理的应变意义	(137)
四、劈理的形成	(139)
五、劈理的野外观测	(140)
第二节 线理	(142)
一、小型线理	(142)
二、大型线理	(143)
三、线理的野外观测	(148)
实习 构造标本及薄片观察	(149)
第九章 岩浆岩体构造	(151)

第一节 岩浆岩体的构造	(151)
一、侵入岩体的构造	(151)
二、喷出岩体的构造	(155)
三、岩浆岩体的次生构造	(156)
第二节 侵入岩体的侵位与构造	(157)
一、底辟作用	(157)
二、气球膨胀作用	(158)
三、顶蚀作用	(160)
四、岩墙扩展作用	(160)
五、火山口塌陷作用	(160)
第三节 岩浆岩体的接触关系和形成时代	(161)
一、岩浆岩体接触关系的识别	(161)
二、岩浆岩体形成时代的确定	(162)
实习一 分析岩浆岩地区地质图并作剖面图	(163)
实习二 构造地质综合作业	(164)
第十章 褶皱的形成作用	(167)
第一节 纵弯褶皱作用	(167)
一、中和面褶皱作用	(168)
二、弯滑褶皱作用和弯流褶皱作用	(169)
三、纵弯褶皱中发育的劈理	(171)
四、褶皱的发育	(173)
五、压扁作用	(177)
第二节 剪切褶皱作用	(179)
第三节 横弯褶皱作用	(180)
一、横弯褶皱作用的基本概念	(180)
二、底辟作用	(181)
三、同沉积褶皱作用	(181)
第四节 柔流褶皱作用	(182)
第十一章 断层的形成作用	(184)
第一节 脆性断层	(184)
一、正断层的成因分析	(185)
二、逆断层的成因分析	(186)
三、平移断层的成因分析	(187)
四、拉分盆地	(189)
第二节 韧性剪切带	(190)
一、韧性剪切带的特点	(190)
二、韧性剪切带剪切方向的确定	(192)
第十二章 极射赤平投影的原理和应用	(194)
第一节 面和线的产状投影	(194)
一、投影原理	(194)

二、应用.....	(198)
三、小结.....	(200)
四、练习题.....	(200)
第二节 β 图解和 π 图解.....	(201)
一、 β 图解.....	(201)
二、 π 图解.....	(201)
三、练习题.....	(202)
第三节 两面夹角的测量及面的旋转方法.....	(202)
一、两面夹角及角平分线的测量.....	(202)
二、面的旋转方法(以水平线为旋转轴).....	(203)
三、小结.....	(204)
四、练习题.....	(204)
主要参考文献.....	(205)
附录 I 各种常见岩石花纹图例.....	(207)
附录 II 各种常用构造符号.....	(210)
附录 III 地层代号及色谱.....	(211)
附录 IV 埋藏深度换算尺.....	(212)
附录 V 确定视倾角的列线图.....	(213)

绪 论

构造地质学主要是研究组成岩石圈的岩石、岩层和岩体在构造作用中形成的变形现象(构造)的几何形态、组合型式及其形成和发展规律的一门学科。它的研究对象,大至整个地球的结构以及地壳的巨大单元,如大陆和大洋、山脉和盆地等的形成和发展,小到组成岩石圈内各种变形地质的空间组合和分布规律及构造特征,更小则到岩石或矿物的内部组构等,几乎涉及从 10^{-8}cm 到 10^8cm 不同空间尺度的构造现象;在深度上,则涉及到从地壳表层至地幔深部的不同层次的构造现象。但是,这些构造现象,无论从宏观到微观,都可看成是地球物质或地质体在构造力的作用下发生运动和变形的结果。从这个意义上来说,构造地质学主要是研究变形地质体,尤其是中小型地质体的几何学、运动学和动力学规律的学科,其主要任务就是要对各种变形地质体,即褶皱、断裂、面理和线理等构造现象进行识别、描述和成因解释。具体研究内容包括:各种构造的几何形态、产状、规模、组合及其空间关系和发展历史,各种构造的形成条件和形成机制,进而探讨产生这些构造的构造运动方式、方向、强度和动力学过程。

构造地质学是地质学的三大支柱之一。构造地质学的学科发展对整个地球科学的理论建设和实践具有重大作用,如板块构造学说的兴起曾导致近代地学史上的一场革命。构造地质学的科学实践对人类的生产和社会生活也有着重大的影响。例如,在国民经济建设中,各种资源的寻找和勘探、预测和开发,均离不开矿田和矿床的构造研究;在各项重大工程建设中,如铁路、水库、大坝等,也离不开基础稳定性的构造研究;对于环境地质,如重大自然灾害地震、火山、山崩、滑坡等的预防和治理,同样需要构造研究的支持。由此可见,学习和掌握构造地质学的理论和方法是地质工作者从事各项地质研究和生产任务的必备条件和基础。

当代构造地质学,随着科学技术的飞跃发展和相关学科的交叉渗透,引进了许多先进的方法技术,如航空航天、地球物理、地球化学、电子技术和超微技术等,使构造地质学的发展进入一个崭新的阶段,许多新思想、新概念和新方法不断涌现,研究内容涉及到多尺度、多层次、多体制、多因素或多成因、多类型的构造的全方位动态研究的广阔领域。但是,作为一本简明构造地质学教材,主要读者是地质学专业和相关专业的学生,本书的内容和章节安排是为未来从事地质工作的人员奠定构造地质学的基础。因此,它以基本概念、基本理论和基本方法,即以“三基”为主。构造的研究主要包括几何学、动力学和运动学。其中,几何学的研究又是基本方面,也是本书的重点所在。在重点讨论和阐述构造几何学中,本书也适当地论述形成构造的运动学过程和动力学机制,以深化对构造的认识和理解,并为分析其形成和演化提供一定的理论依据。从构造的空间尺度看,构造可分为全球或巨型构造、大型构造、中型构造、小型构造、微型和超微型构造。其中,中型和小型构造是最实际、最具体的构造,是与生产实践和相关学科存在最广泛而密切联系的构造。因此,中型和小型构造是本书论述的主体。为了开拓思路,深入理解各级构造的主控和依存关系,本书也涉及某些大型和微型构造。因此,本书的中心内容和编写主导思想是以“三基”为主,以几何学为主,以中小型构造为主。

当前,我国正全面开展1:5万区域地质调查工作,这是一项具有战略意义的地质基础工

作，也是涉及国民经济发展的重大基本建设。在这项工作中，地质调查及其主要成果地质图的测绘总是与构造的观测和研究息息相关。其实，一切与地质相关的生产活动，如找矿和水文工程建设等地质调查，总是将构造研究作为首要环节或基础，过去曾将构造地质学与地质制图学合为一门课程，原因正在于此。因此，本教材自然而然以构造的实际观测与研究及表示与绘制方法为重点。

构造的研究主要包括对构造的观察、分辨、分析和处理诸方面。这门课程就是要求学生初步学会和逐步掌握对构造观察、分辨、分析和处理的基本能力，为实际构造的观测和研究奠定基础。上述的构造研究的几个方面的主要内容概括如下：

(1) 观察构造的能力：构造几何特征观察是研究构造的基础，因此，首先要求学生建立明确的立体空间概念，能对构造的三维形象进行观测和描述，并能初步建立各级、各类构造相互联系和相互依存的概念，进而能从运动和发展的观念动态地描述一个地区的各种构造的相互关系和演化过程。

(2) 分辨构造的能力：要求学生初步、系统地掌握各类构造的基本特点和识别标志，以便能用类比、求异的原理和方法去识别所观察构造的类型，确定其属性。

(3) 分析构造的能力：要求学生初步掌握用反序法分析构造变形的演化历史、形成环境、变形条件和变形机制。我们今天看到的构造是长期、多次变形的终结产物。要认识构造的形成、演化及其变形条件，只能由已知到未知，追本溯源，通过反演、类比、求证等方法去探索构造的发生和发展的规律性。现代普遍采用的构造解析的原则和方法就是这种反序法的具体化。

(4) 处理构造的能力：首先要求学生初步学会对所收集的各种构造数据进行统计处理和分析，对所研究的构造采用各种图表予以正确表示或填绘，能从不同层次、不同机制、不同世代、不同环境、不同体制等方面分类构造，建立研究区构造的格架、构造序列和演化模式。

当然，上述能力的培养，除了课堂学习外，更重要的是依赖实践经验的积累。对初学者来说，应当遵循由浅入深、循序渐进的认识原则，踏踏实实地从基本理论、基本知识和基本方法学起。但是，对地球科学的热爱、对探索大自然奥秘的坚定意志以及对科学事业执著追求的决心，将是步入构造地质学科学殿堂的动力。愿这本教材能成为献身地质事业的学子们攀登构造地质科学顶峰的第一级台阶。

第一章 沉积岩层的原生构造

本章要点：层理的识别及可用于确定岩层面向的原生构造标志；软沉积变形的基本特征、形态类型和研究意义。

沉积岩是地球表面分布最广泛的岩石。沉积岩层的原生构造是指在沉积过程中及沉积物固结成岩之前所产生的构造，如层理、层面构造，生物遗迹、叠层石以及软沉积物的各种变形构造等。这类构造对地质构造的研究具有重要意义，它们不仅为研究和判断岩层形成时的古地理和地壳运动特征提供了重要资料，而且有些原生构造还是鉴别岩层顶、底面及确定岩层相对层序的重要依据。因此，研究沉积岩原生构造是分析构造环境和构造几何形态的基础。

第一节 层理及沉积岩层面向的确定

一、层理及其识别

沉积岩最重要的特征是具有成层性，这种成层性是反映构造变形的最基本的标志。层理则是沉积岩中最普遍的一种原生成层性构造，是由岩层内部的成分、粒度、结构、胶结物和颜色等特征在剖面上的突变或渐变所显示出来的一种面状构造。

（一）层理的基本术语和形态分类

沉积岩的纹层、层系和层系组（或层组）既是层理的组成单位，也是其基本的描述术语（图 1-1）。

层理的形态分类是一种描述性分类，依据层理形态及其结构，主要可将其分为水平层理、波状层理、交错层理和递变层理等。

（二）层理的识别标志

沉积岩层理可根据岩石的成分、结构、色调等的变化得以识别。

1. 岩石成分的变化

沉积物成分的变化是显示层理的重要标志，即使在成分比较均一的岩层中，只要认真地观察，也会发现细微的成分变化。在成分均一的巨厚岩层中，有时可能存在成分特殊

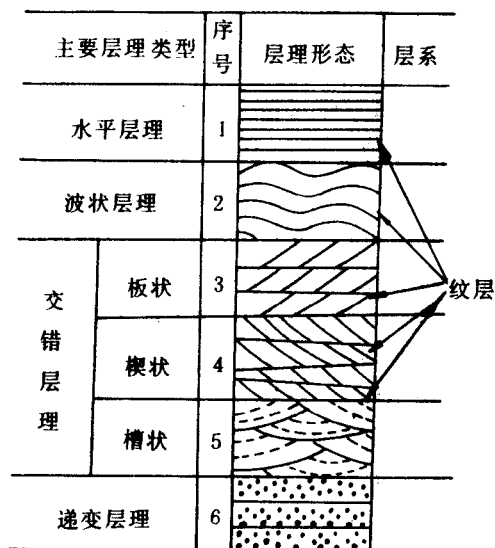


图 1-1 层理的基本术语和主要类型
(据何镜宇等, 1983)

的薄的夹层，藉助于这种夹层可以识别巨厚岩层的层理。

2. 岩石结构的变化

绝大多数碎屑沉积岩层都是由不同粒度、不同形状的颗粒分层堆积的，根据碎屑粒度和形状的变化，可以识别出层理。

3. 岩石颜色的变化

在成分均一、颗粒较细、层理隐蔽的岩层中，如有颜色不同的夹层或条带，则可指示层理，但要注意区分次生变化引起的色调变化。

4. 岩层的层面原生构造

波痕、底面印模、暴露标志等也可作为确定和识别层理的标志。

二、利用原生沉积构造确定岩层的面向

面向是指成层岩层顶面法线所指的方向，即成层岩系中岩层由老变新的方向。沉积岩中的许多原生构造标志可以用来确定岩层的面向。

(一) 变异层理标志

1. 交错层理

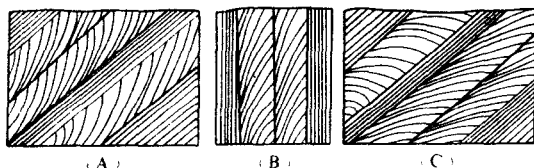


图 1-2 根据交错层理确定岩层顶、底面

(A) 顶面在左边，正常岩层；(B) 顶面在右边，直立岩层；
(C) 顶面在右边，倒转岩层

交错层理又叫斜层理，由一系列斜交于层系界面的纹层组成，有多种类型（图 1-1）。其中，可用来判别岩层顶、底面的交错层理有板状和槽状交错层理。这两种交错层理的斜纹层均呈弧形，斜纹层的顶部被截切，与层系面呈高角度相交，下部常逐渐收敛、变缓，与底面小角度相交或相切（图 1-1、1-2）。

2. 递变层理

递变层理又称粒级层，是碎屑物质在沉积过程中由于流体（通常是浊流）逐渐衰减而形成的一种沉积结构。其特点是，在一个单层中，从底到顶颗粒由粗逐渐变细。例如，由底部的砾石或粗砂向上递变为细砂、粉砂以至泥质。图 1-3 所示的递变层理是携带各种粒级悬浮体的浊流沉积，虽然其中混有粗细不同的颗粒，但总的点仍是下粗上细。另外，递变层理的顶面与其上一层的底面是突变的，有明显的界面。

在少数情况下，会出现反向递变层理，即在一个单层内，由底到顶粒度逐渐变粗。这是由于水流逐渐加强等原因造成的，与正向递变层理的区别在于它的顶界是渐变过渡的。

(二) 层面原生构造标志

1. 波痕

波痕是沉积物表面由于波浪、水流或风的流动而形成的波状起伏的堆积形态。主要发育在粉砂岩、砂岩及碳酸盐岩的表面，在细砂岩中也偶尔可见。

波痕是由波峰和波谷组成的（图 1-4）。根据波峰的形态，波痕可划分为多种类型。图 1-5 所示的几种波痕可用来确定岩层的顶、底面。这些波痕无论是原型还是其印模，都是波峰指向岩层的顶面，波谷的圆弧则凹向底面（图 1-4、1-5）。

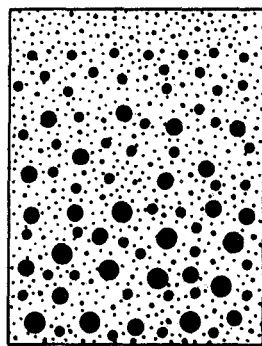


图 1-3 递变层理

细粒呈基质出现在整个层中，
由底向顶粗粒逐渐减少

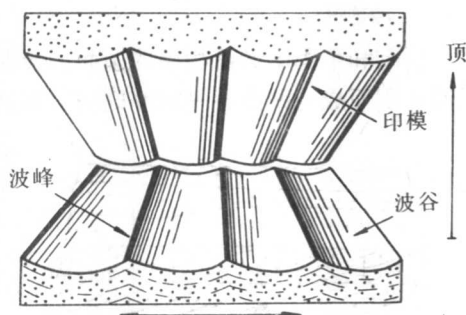


图 1-4 波痕及其印模
(据 R. R. Shrock, 1948)

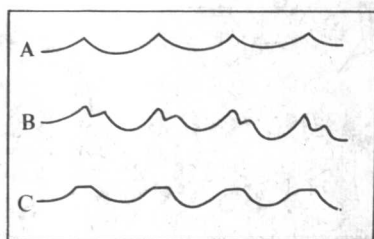


图 1-5 几种可确定岩层顶、底面的波痕
A 为浪成对称尖峰圆谷波痕, B 为双峰改造波痕,
C 为平顶改造波痕

须指出的是, 有一类在剖面上表现为不对称波形曲线的波痕, 由于其形态特征在原型与印模中相似, 故不能用来鉴别岩层顶、底面。

2. 泥裂

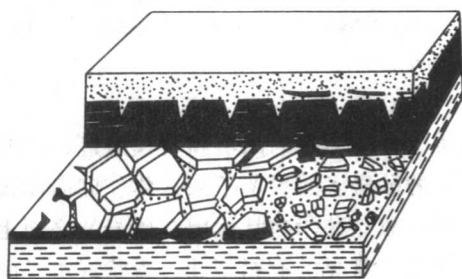


图 1-6 泥裂的示意立体图
(据 R. R. Shrock, 1948)

泥裂也称干裂, 是未固结的沉积物露出水面后经曝晒干涸时发生收缩和裂开所形成的与层面大致垂直的楔状裂缝。常见于粘土岩、粉砂岩及细砂岩层面上, 偶而也见于碳酸盐岩层面上。泥裂常使层面构成网状、放射状或不规则分叉状的裂缝, 在剖面上一般呈“V”型(有时切穿层面也可呈“U”型)裂口。这些裂缝被上覆沉积物填充时, 其填充层的底面常形成尖脊状印模(图 1-6)。楔状裂缝和尖脊状印模的尖端均指向岩层底面(图 1-7)。

3. 雨痕和冰雹痕

因雨滴或冰雹落在湿润而柔软的泥质或粉砂质沉积物表面所形成的圆形凹坑及其凸起的边缘称雨痕或冰雹痕。雨痕或冰雹痕被上覆沉积物填充、掩埋、成岩后, 遂在岩层的顶面上留下凹坑, 而在上覆岩层底面形成瘤状突起的印模(图 1-8)。

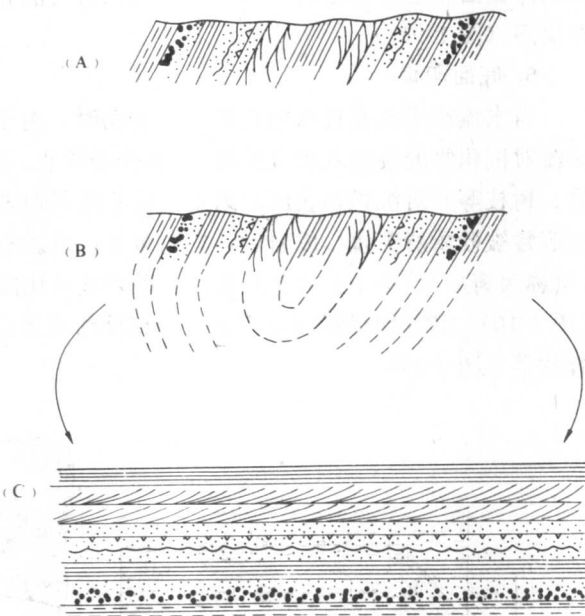


图 1-7 根据岩层原生构造恢复构造
(A) 地表出露情况; (B) 构造恢复; (C) 原始层序

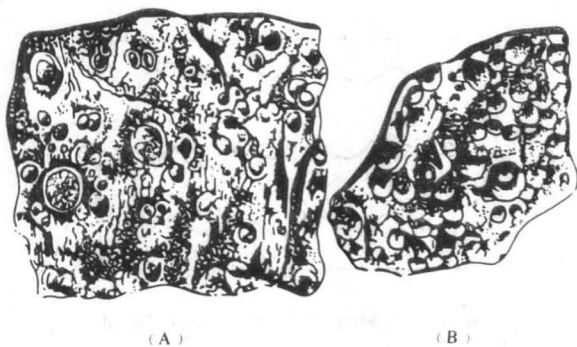


图 1-8 页岩层面的雨痕 (A) 及印模 (B)

不平整的冲刷面之上再沉积时，被冲刷下来的下伏岩层的碎块和砾石又往往堆积在冲刷出的沟、槽中。根据冲刷面和上覆岩层的碎屑，可以判别岩层的相对层序 (图 1-9)。

5. 底面印模

当水流或涡流在松软的沉积物上流动时，由于岩砾石、涡流对沉积物的侵蚀或水流携带物 (如介壳碎片、岩屑、树枝等) 对沉积物表面的刻划，会在沉积物表面留下各种形状的凹坑和沟模痕迹，这些痕迹常被砂质所充填。成岩后，它们多在泥质岩层之上的砂岩底面保留下来，称作底面印模 (也称为铸型)。由于页岩易风化，而砂岩抗风化能力强，故这种印模常保留在砂岩的底面上 (图 1-10)。底面印模都以与原始凹槽相反的形态表现出来，常见的有鳞茎状、舌状或细长的脊状等 (图 1-11)。

4. 冲刷面

固结和半固结的沉积层的顶面，会因水流冲刷而成为凹凸不平的冲刷面。在这

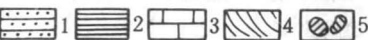
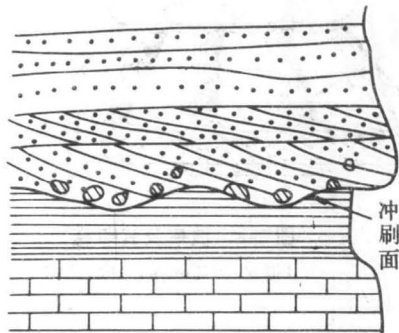


图 1-9 冲刷面的特点及与层序的关系

1. 砂岩；2. 硅质岩；3. 灰岩；4. 交错层；5. 硅质

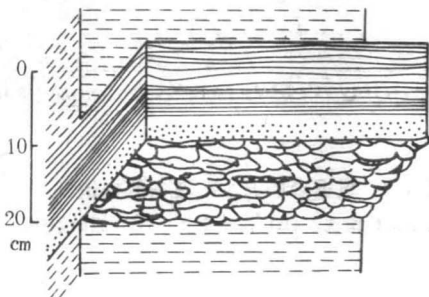


图 1-10 砂岩的底面印模
(据 K. Richter, 1965)

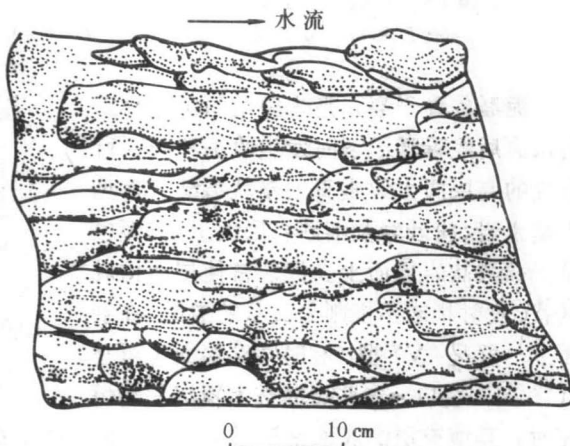


图 1-11 舌状底面印模
(据 Haaf, E. Ten, 1959)

(三) 生物标志

根据某些化石在岩层内的埋藏保存状态，也可鉴定岩层的顶、底面。

由某些藻类形成的叠层石，虽其类型不同、形态各异，如柱状、分枝状和锥状等，但均具有向上弯起的叠积纹层构造，这些弯状纹层的凸出方向即指示岩层的面向（图 1-12）。

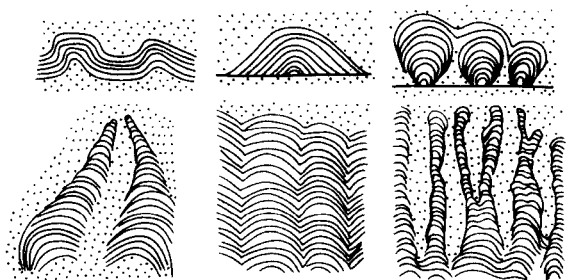


图 1-12 不同形态的叠层石
纹层凸向顶面

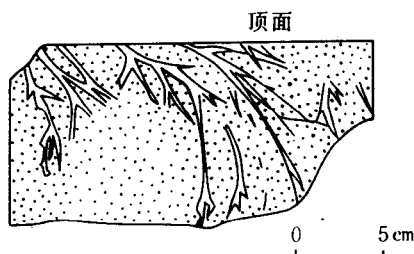


图 1-13 植物根系生长状态示意剖面
(据 R. R. Shrock, 1948)

一些古植物的根系也可作为确定岩层顶、底面的标志，如图 1-13 所示，根系向上变粗并收敛，向下变细且分叉。此外，生物活动造成的遗迹化石，如三叶虫的停息迹、爬行觅食迹及潜穴的蹠状构造凹面均指示岩层的顶面（图 1-14）。异地埋藏的腕足类、腹足类和瓣鳃类介壳化石，多数保持着凸面向上的稳定状态，故其凸面方向往往指示岩层的面向（图 1-15）。

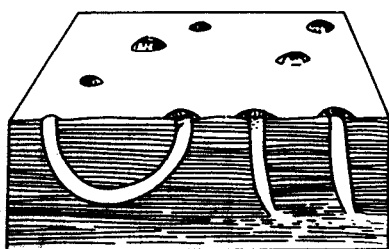


图 1-14 虫穴和茎岗开口向上
(据 Hjilla, 1972)

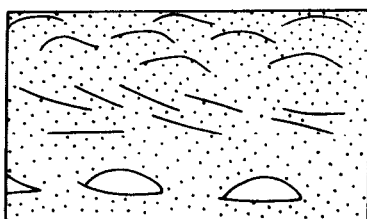


图 1-15 介壳埋藏状态示意图
(据 R. R. Shrock, 1948)

第二节 软沉积变形

软沉积变形是指沉积物尚未固结成岩时发生的变形。构造研究确认，软沉积变形是比较常见的，有些还具有一定的规模。斯宾塞 (E. W. Spencer, 1977) 指出，褶皱造山带中坚硬岩石内见到的一些构造，可能是在沉积物尚未固结或半固结时形成的。他甚至提出，巨大的逆冲断层、褶皱系、甚至某些板状劈理，都可能是岩石处于半固结状态时发生的。我们提出软沉积变形的目的：一方面是要指出构造现象并不全是成岩后构造作用引起的，以便更好地理解构造形成和发展的复杂历程；另一方面是为了正确分析和区分成岩前与成岩后的变形和其叠加关系，避免构造分析的简单化。

软沉积变形涉及面很广，包括形成软沉积变形的构造环境、动力或促成因素、形态类型等。从局部沉积区来说，软沉积变形的形成作用主要包括负荷作用、重力滑塌和滑移作用、液化作用、孔隙压力效应以及水体扰动作用等。以下着重对一些常见的软沉积变形作一实例分析。

一、压模与火焰状构造

压模是一种底面印模，又叫重荷模或负荷铸型，一般发育在泥质物之上的砂层底面，呈圆丘状或不规则的瘤状突起。其排列杂乱，大小不一，突起高度从几毫米到十几厘米，但在同一层面上，压模的形状和大小较近似。有时砂岩中的原生层理因这种构造存在而变形，但向上层面逐渐恢复正常。

压模是当砂层沉积处在塑性状态的泥质层之上时由于超负载或差异负载作用使沉积物发生垂向流动而成（图 1-16）。

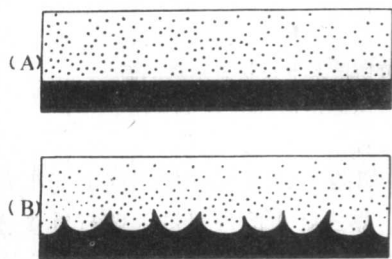


图 1-16 泥层（黑色）之上的砂层底面
负荷铸型的成因示意图

(A) 初沉积状态；(B) 负荷引起的变形

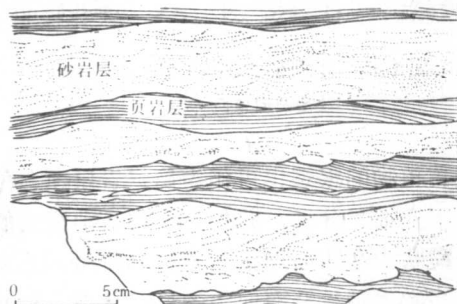


图 1-17 火焰状构造

(据 R. W. B. Davis, 1994, 修改)

火焰状构造是与压模密切相关的一种现象，即下伏的泥质层向上尖灭形成一排尖舌（图 1-17），这些尖舌有时弯曲并向一个方向倾斜。这是由于上覆砂岩的不均匀负载压力使砂岩之下呈塑性状态的泥质沉积物挤入负载瘤状突起之间形成的。

压模和火焰状构造在判断岩层面向时是极为重要的标志。具压模的层面为岩层的底面；火焰状构造的泥质舌尖指向岩层顶面。

二、球状和枕状构造

球状和枕状构造多发育在泥岩或粉砂岩之上的砂岩底部，一般局限在某一层内。其特征是，砂岩层的底部往往破裂成紧密排列或孤立分布的膝垫状和枕状体，有的为半球状或肾状体，大小从几厘米到数米不等。砂岩的纹层与砂体的枕状边界一致，常呈向上凹的盆状或倒磨菇状。发育球-枕构造的砂岩层具有起伏不平的底面和平直的顶面，其下伏泥质层常常发生变形，甚至被挤压成舌状伸入到砂岩枕和砂岩球之间（图 1-18）。

球状和枕状构造是由于地震、水体扰动和局部负重使砂层破裂、下沉而形成的。某些砂岩球和砂岩枕的形成也

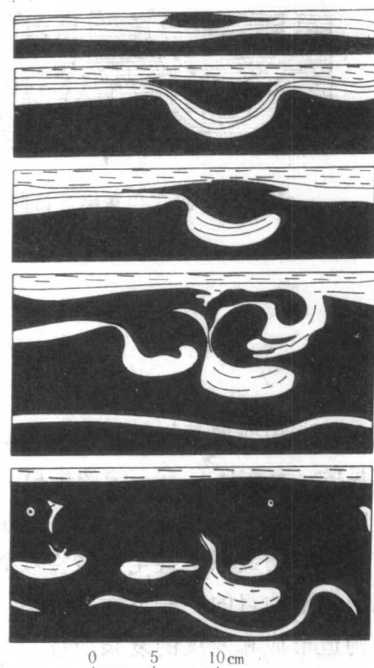


图 1-18 砂岩球和砂岩枕
发育过程示意图

(据 P. H. Kuenen, 1965)