

构造地质学

GOUZAO DIZHIXUE

主 编 ● 李 忠 郝娜娜 王 京
副主编 ● 张修和 姚 斌 王 耀
编 委 ● 齐欣祎 柴晨薇

构造地质学

主 编 李 忠 郝娜娜 王 京
副主编 张修和 姚 斌 王 耀
编 委 齐欣祎 柴晨薇



西南交通大学出版社
• 成 都 •

图书在版编目 (C I P) 数据
构造地质学 / 李忠, 郝娜娜, 王京主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2019.2
ISBN 978-7-5643-6764-0

I. ①构… II. ①李… ②郝… ③王… III. ①构造地
质学 IV. ①P54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 024571 号

构造地质学

主 编 / 李 忠 郝娜娜 王 京

责任编辑 / 姜锡伟

封面设计 / 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行
(四川省成都市二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)
发行部电话: 028-87600564 028-87600533
网址: <http://www.xnjdcbs.com>
印刷: 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 11.75 字数 294 千
版次 2019 年 2 月第 1 版
印次 2019 年 2 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-6764-0
定价 36.00 元

课件咨询电话: 028-87600533
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

构造地质学是地质学的重要分支。随着大土木专业教学的深入开展,土木专业学生需要学习更多的地质学,特别是构造地质学的知识,但尚无一本比较适合土木工程专业学生使用的构造地质学教材。为此,石家庄铁道大学教学指导委员会决定编写本书,以作为土木类专业学生学习构造地质学的试用教材。

本书从土木类专业学生应掌握的构造地质学知识的角度出发,系统地介绍了构造地质学,努力将构造地质学的基本原理与土木工程紧密结合,建立符合土木工程专业的构造地质学课程教学内容体系。

本书首先详细介绍了地质构造的主要载体地层的基本知识,进而通过岩石之间的接触关系,引入了地质构造的概念;在学生初步了解了地质力学的基础后,本书对地质构造的主要形式(断层、节理、褶皱)进行了非常详细的介绍;最后,本书结合土木工程的实际,针对隐伏地质构造埋藏深、隐蔽性强、不确定性大的特点,精选了多种当今土木工程界比较常用的探测隐伏地质构造的物探方法,丰富了教学内容,拓展了学生们的知识面。

本书还针对不同学生的专业需求,专门设计了多个构造地质学的室内实习指导内容,使学生们的地质技能得到了较全面的提高,明确获取野外第一手的资料是所有地球科学包括构造地质科学研究的重点,也是研究的根本。其目的是保护和改善自然环境,预报和减轻自然灾害。

本书由石家庄铁道大学李忠、郝娜娜、王京主编。全书分 8 章,并附有室内实习指导。本书在编写的过程中得到了中国铁路上海局集团公司、中交隧道局、重庆瑾陆探测技术有限公司等工程单位的大力支持。本书具体编写分工如下:绪论由李忠、张修和编写,第 2 章由郝娜娜、王京、姚斌编写,第 3 章由郝娜娜、李忠、王京、齐欣祎编写;第 4 章由郝娜娜、李忠、王耀编写;第 5 章由李忠、郝娜娜、柴晨薇编写;第 6 章由李忠、王京、姚斌编写;第 7 章由王京、郝娜娜、李忠编写;第 8 章由李忠、王京、郝娜娜编写。

在本书编写过程中,编者在总结教研室的教学经验和中国地质大学、中国矿业大学教材的基础上,参阅了各种版本的构造地质学教材和这一学科领域的最新研究成果,并搜集了最近颁布的有关规范和规程。本书力图做到体系结构严谨、合理,基本概念清楚、明确,且内

容深入浅出，易于本科生接受，使土木类专业学生能在有限的学时内掌握构造地质学最基本的原理和方法，学以致用。

编者谨向主审和参加审查的各位教授致以谢意，他们为提高本教材质量付出了辛勤劳动。

本书除作为本科生教材外，还可作为土木工程专业专科函授生和工程地质勘察培训班的教材。此外，本书还可供从事工程地质勘察的科技人员和其他有关专业院校师生参考。本书也是一本为文、理、政、法、工、农、医、商各科大学生进行素质教育而编写的教科书，可供非地质学类各专业大学生入门之用。

由于编者水平所限，书中难免会有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2018年11月

目 录

1	绪 论	1
1.1	为什么学构造地质学?	1
1.2	什么是构造地质学?	2
1.3	构造地质学相关概念	2
1.4	如何学构造地质学?	4
2	沉积岩的成层性和成层构造	6
2.1	什么是岩层?	6
2.2	层理构造及识别	8
2.3	如何判别岩层的顶、底面?	9
2.4	沉积岩层的几何表示法	13
2.5	岩层的接触关系	23
3	岩石变形的力学分析	29
3.1	应力分析	29
3.2	应变分析	32
4	褶 皱	40
4.1	褶皱几何描述	40
4.2	褶皱分类	47
4.3	褶皱组合类型	51
4.4	褶皱形成机制	54
4.5	叠加褶皱	59
4.6	褶皱野外观察研究	61
5	节 理	68
5.1	节理相关概念	68
5.2	节理分类及特征	69
5.3	节理的分期与配套	79
5.4	不同区域背景上的节理	82
5.5	节理野外观测和室内研究	86

6 断 层	92
6.1 断层几何描述	92
6.2 断层分类	94
6.3 断层组合类型	97
6.4 断层岩和断层效应	102
6.5 断层形成机制	108
6.6 断层野外观察研究	112
7 极射赤平投影	124
7.1 赤平投影的基本原理	124
7.2 赤平投影网的使用方法	129
7.3 赤平投影在地质构造中的应用	134
8 隐伏地质构造的探测方法	141
8.1 地震波法	141
8.2 地质雷达法超前地质预报	145
8.3 工程应用	152
附录 室内实习指导	156
1 地质图的基本知识及读水平岩层地质图	156
2 用间接方法确定岩层产状要素	160
3 读倾斜岩层和不整合接触地质图并作剖面图	162
4 读褶皱区地质图	166
5 读断层区地质图	170
6 综合实习	174
参考文献	178

1 绪 论

1.1 为什么学构造地质学?

1.1.1 理论意义

构造地质学能够阐明地质构造在空间上的相互关系和时间上的发育顺序,进而探讨地质构造的演化和地壳运动规律及其动力来源。

1.1.2 实践意义

学生通过构造地质学的学习,可以应用地质构造的客观规律来指导生产实践,解决矿产分布、水文地质、工程地质、地震地质、石油地质及环境地质等方面有关的问题。

矿产分布 大部分矿产都受一定的地质构造所控制。地质构造为成矿物质的迁移提供通道,也为成矿物质的沉淀、储集提供有利的空间。例如,许多金属与非金属矿产的形成既与岩浆活动有关,也与褶皱或断裂构造密切相关;又如,石油、天然气通常分布在背斜的顶部或具圈闭条件的断裂构造中。

水文地质 水资源匮乏已成为很多大型城市面临的重要问题。地下水的活动和富集与地质构造有密切关系,尤其是断层构造。只有研究并认识了地下水赋存的地质构造背景与特征,才能更有效地寻找、开发与利用地下水资源。

工程地质 许多工程建设,如水库、堤坝、桥梁、隧道或大型地下工程等,都必须以地质构造研究为基本依据,都要首先查明工程地区地质构造的发育情况与活动性,对地基稳定性作出评价,为工程设计和施工提供地质依据。例如我国的三峡水利工程、青藏铁路工程以及各高速公路的建设等,都要对其地基和周边的地质构造进行系统研究。

地震地质 破坏性地震常给人民的生命财产带来巨大的损失。绝大多数地震活动是现代地壳运动的反映,因而震源与地质构造,特别是与断裂构造的关系极为密切。在研究发震规律和地震预报的工作中,研究区域构造特征及新构造活动规律,是地震地质工作的一项十分重要的基础工作。

环境地质 人类生存的环境每时每刻都在变化中。土壤的沙漠化、气候的异常变化、地方病的出现等在很大程度上都与现代地壳运动及其产生的地质构造,例如青藏高原的隆升,具有密切联系。不同地区地质环境的差异及地表元素分布的不均一,在很大程度上与各地区地质构造的不同有关。

1.2 什么是构造地质学?

1.2.1 研究对象

在山区高速公路两侧的峭壁上,在基岩出露的地方或在水库旁的悬崖上,我们总可以观察到很多自然界的岩石具有成层性,而且这些岩层经常发生变形,如弯曲(褶皱)或破裂(断层或节理),构成奇异的自然景观。其实这些由自然力(或地应力)作用引起的岩石的成层性以及岩层的弯曲或破裂现象就是构造地质学的研究范畴。

构造地质学的研究对象主要是地壳或岩石圈中的中、小型地质构造。所谓地质构造,是指组成地壳的岩层和岩体在内动力地质作用下发生变形,从而形成的诸如褶皱、断裂以及其他各种面状和线状构造等。

1.2.2 研究内容

构造地质学的主要任务是对各种变形地质体即褶皱、断裂等地质构造现象进行识别、描述和成因解释。相关的研究内容主要包括以下四方面:

(1)地质构造的几何学,主要包括地质构造的几何形态描述、产状、形体方位分析、组合形式和组合规律。

(2)地质构造形成的运动学,主要指地质构造形成过程中物质的运动方式、运动方向与基本规律。

(3)地质构造形成的动力学,包括地质构造形成的动力学条件及其变化、动力来源。

(4)地质构造的成因分析,主要讨论地质构造的形成环境、形成条件、岩石变形机制与地质构造的演化过程。

构造地质学也对沉积岩在沉积和成岩作用过程中所形成的原生构造以及岩浆岩在岩浆侵位和结晶过程中所形成的原生构造加以认识和研究。

1.3 构造地质学相关概念

1.3.1 构造尺度(Tectonic scale)

地壳和岩石圈中的地质构造规模极大:尺度范围大至几百、数千千米乃至全球规模,例如大陆和大洋、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体的空间组合和分布规律及构造特征,即一定范围的露头上或手标本上;更小则到岩石或矿物的内部结构,需借助显微镜才能观察。

在不同的尺度上,地质构造的表现形式具有一定的差异。因此,对地质构造的观察研究,可以按规模大小划分为多个级别,即构造尺度。

构造尺度的划分是相对的,学界一般把构造尺度划分为巨、大、中、小、微和超微六个级别。

巨型构造 主要指延绵数百至数千千米的区域性或全球性的地貌构造单元。这类构造往往与大型板块或古板块的岩石圈动力学过程相关,如喜马拉雅造山带、大洋中脊等。

大型构造 主要指延绵数十至数百千米的区域性地貌构造单元。这类构造往往与板内体制下的大陆动力学过程或小型板块的岩石圈动力学过程相关,如复背斜、复向斜或区域性大断裂。

中型构造 主要见于一个地段上的褶皱、断层和不整合等,在1:5万或更大比例尺地质图中可见其全貌。

小型构造 主要指野外露头或手标本上可见的构造,如褶皱、断裂等。

微型构造 在手标本或偏光显微镜下可见的构造,如云母鱼、亚颗粒等。

超微构造 在电子显微镜下可见的构造,如位错构造等。

1.3.2 构造变形场 (tectonic deformation field)

构造变形一般包括四种分量,即刚性平移、刚性转动、形变和体变。区域性构造变形场可简单概括为六种:伸、缩、升降、剪、滑和旋。

伸展构造 是水平拉伸形成的构造,或垂向隆起导生的水平拉伸形成的构造,如裂谷、地堑-地垒、盆岭、变质核杂岩等构造。

压缩构造 是水平挤压形成的构造,如褶皱系和逆冲推覆构造。

升降构造 是岩石圈或地幔物质垂向运动的体现,表现为地壳的上升和下降、区域性隆起和拗陷。隆起造就山系和高原;拗陷形成各种盆地。

走滑构造 是顺直立剪切面水平方向滑动或位移形成的构造。直立剪切面可以是区域剪切扭动形成的走滑断层,也可以是区域压缩引起的两组交叉走滑断裂。

滑动构造 主要是重力失稳引起的重力滑动构造,也包括某些大型平缓正断层。

旋转构造 是指陆块绕轴转动形成的构造。

1.3.3 构造层次 (Tectonic level)

C.E.Wegmann (1935) 提出了“构造层次”的概念。构造层次是指在同一次构造变形中,在地壳不同深度,因温度、压力不同而引起岩石物性的变化,从而形成的各具特色的构造分层。学界一般把地壳或岩石圈划分为表、浅、中、深四个构造层次。

表构造层次 主要以脆性变形为特色,主导变形作用是剪切作用与块断作用,代表性地质构造是各类脆性断层、横弯褶皱和纵弯褶皱。

浅构造层次 主要也以脆性变形为特色,主导变形作用是纵弯褶皱作用,代表性地质构造是各类脆性断层和平行褶皱。

中深构造层次 主要以脆-韧性变形、韧性变形和流变作用为特色,该层次顶面以流劈理上限为界,主导变形作用是相似褶皱作用、压扁作用、流变作用和深熔作用,代表性构造是各类脆-韧性断层、韧性断层和相似褶皱、顶厚褶皱和柔流褶皱。

1.4 如何学构造地质学?

1.4.1 研究方法

构造地质学的研究对象是地壳或岩石圈的地质构造,而绝大多数地质构造又是漫长的地质历史过程中地壳运动的产物。所以,人们既不可能直接看到当初它们变形的环境和过程,也不可能在实验室中以同样的规模和时间过程来再造它们。因此,对它们的认识,只能通过观察、系统研究它们的变形遗迹——各种地质构造的形态、产状及它们之间的相互关系,并结合其他资料加以综合分析,推测它们的受力变形情况,进而探讨其区域应力状况及其所反映的地壳运动的性质和特点。这种研究方法称为“反序法”,是研究构造的一种最基本的方法。该研究方法应包括构造几何学、运动学、动力学以及构造演化历史的研究共四部分。

(1) 构造几何学研究 (Geometric analysis) 是对各种地质构造的形态、产状和规模及其组合形式和相互关系进行几何分析和空间分析,即观察、测量、描述。

(2) 构造运动学研究 (Kinematic analysis) 是根据构造几何学的有关资料和数据,去追索现有构造状态和位置的岩体在变形时,物质相继发生的位移、转动和应变等内部和外部的运动。

(3) 构造动力学研究 (Dynamic analysis) 是探索构造变形时作用力的性质、大小、方向、应力场的演化以及外力与应力之间的关系,对地质构造进行力学分析和成因分析,即鉴定构造的力学性质。

(4) 构造演化历史研究是通过野外观察和室内对有关资料的综合研究,对地质构造进行历史分析,即阐明各种地质构造的形成时代及其发育顺序。

尽管研究地质构造有许多特殊的方法,但在当前,对地质构造的研究主要有以下几种方法:填图法,模拟实验法——物理模拟和数学模拟,地球物理方法——物探和测井,航空、航天遥感技术方法,钻井法等。

野外观察和地质填图始终是研究地质构造的基本方法。通过野外观察填绘的地质图,不仅反映出—一个地区各种岩层和岩体的分布,而且根据岩层和岩体的产状、相互关系和各自的时代,可认识该区各种地质构造的形态、组合特征和发育史。通过绘制剖面图和根据地表的构造形态观测及钻井和物探等提供的资料,编绘构造等高线图和等厚图,能较好反映地下隐伏构造形态的特征。

现代航空、航天遥感技术和航片、卫片的采用,扩大了观察地质构造的视域和深度,弥补了野外地质观察的局限性。而钻探、坑探和物探等工程和探测技术的应用,为了解地下隐伏构造情况提供了重要资料。因此,在研究一个地区地质构造时,应充分利用这些方面的资料。

研究地质构造不能只满足于形态描述,还要应用力学原理,鉴定各个构造的力学性质和相互关系,并分析它们的形成机制和各构造之间的内在联系,以便得出区域地质构造的分布和发展规律。

研究地质构造形成的力学机制,常常需要进行模拟实验。例如根据相似原理,用泥巴、石蜡、沥青或凡士林等材料,做成某种形态和尺寸的试件,在设置的相应几何边界条件下,施加一定方式的力使之发生变形,观察其变形特点、应力与应变之间的关系,并将实验模型与自然界的构造原型进行类比,借以说明这种构造的形成、发展和组合关系以及构造变形的

边界条件和应力作用方式。也可利用明胶、塑料或其他适当的透明材料做成试件,通过在光弹仪上受力以及通过偏振片观察由于干涉色带组成的图像,从而了解在一定的受力方式下变形体内部应力的分布情况。

近几年来,数学地质的发展和计算机技术的应用,使构造地质的研究向定量的数理分析方向发展。例如,应用概率统计处理分析构造数据;应用有限单元法来计算一定地区内的各点的应力方向和大小,并进而对这个地区的构造应力场作出数学模拟,据此推断相应的构造图像,并与该地区的地质构造特征进行比较。

高温高压实验和电子显微镜的应用,补充、修正和加深了一些理论上的认识。需要指出,自然界地质构造的形成受到多种可变因素的影响,尤其是变形的规模和经历的漫长时间,都是在实验室不可能模拟的。但是,在进行地质构造的力学机制的分析和探讨中,模拟实验仍是一种有用的辅助手段。

对构造演化历史的研究,一般是根据地层之间的不整合接触关系及各种构造间成因联系和交截、叠加关系,并结合沉积岩相、厚度以及岩浆活动等方面的分析,配合同位素地质年代的测定资料,分析该区构造形成时代和发育顺序,划分构造发育的阶段,恢复区域构造发展史,从而对该区地质构造的演化规律有一个较为正确的认识。

在对规模不同、类型众多、成因各异的地质构造进行几何学、运动学和动力学的研究时,要兼顾宏观与微观、空间与时间、定性与定量的分析,或者说要对空(空间)、时(时间)、力(外力与应力)、物(岩性和物态)、境(地质背景和环境)等方面进行统一的、辩证的分析。

1.4.2 与其他课程的关系

构造地质学是资源勘查工程专业的专业基础课,也是其他地质矿产类、环境类、水文类、土木建筑类等专业的专业基础课,是继普通地质学、矿物学、岩石学、测量学等课程之后进行教学的。这门课的主要目的是为各有关专业课程的学习奠定基础,培养学生在地质找矿、工程地质、水文地质及有关科研工作中解决地质构造问题的能力。通过本课程的学习,学生应掌握观察、认识、描述各种地质构造及收集、整理、分析有关地质构造方面资料的知识和方法,掌握地质图的阅读分析及编制地质图件的一般知识和方法,能初步应用力学原理和岩石变形理论分析地质构造的形成、发展和组合关系。

2 沉积岩的成层性和成层构造

沉积岩，其分布面积约占地球大陆面积的 75%，是地壳表层分布最广泛的岩石，也是成层性表现最为特征的岩石类型。沉积岩的成层性（Stratification）主要通过岩石层理与层面的存在来表现。

大陆地壳表层的地质构造（如褶皱、断裂）多是由沉积岩形成的。因此，观测分析沉积岩层的成层性，是研究沉积岩发生变形（弯曲成褶皱或断裂成节理甚至断层）的基础，更是本课程应掌握的基本内容。

2.1 什么是岩层？

由两个平行或近于平行的界面所限制的、岩性基本一致的层状岩石叫作岩层（Rock formation）。由沉积作用形成的岩层叫沉积岩层。本书中下述岩层均指沉积岩层。岩层的上、下界面叫层面，上层面又称顶面，形成在后；下层面又称底面，形成在先。两个岩层的接触面，既是上覆岩层的底面，又是下伏岩层的顶面。

同一岩层的成分、结构和颜色大体上是一致的，两个相当清楚的界面将其与上覆岩层和下伏岩层分隔开。但在同一岩层内，沿垂直层面方向的剖面仔细观察，我们还会发现有颗粒粗细、颜色深浅甚至含有其他物质多少的变化。根据这些变化，岩层还可以细分为若干更小的层。所以，层又是岩层的基本组成单位。一个岩层可以由一个或几个层组成（图 2-1）。

岩层的形成过程是内力地质作用和外力地质作用相互影响、相互制约的过程，如一个处于地壳不断下降过程中的接受沉积的拗陷盆地，其边缘沉积了砾石，向盆地内部逐渐过渡为砂、细砂、黏土等物质，在离岸更远的地方为较稳定的化学沉积。这些沉积物成岩以后就分别形成了砾岩、砂岩、页岩、泥灰岩或石灰岩等[图 2-2（a）]。如果地壳继续下降，沉积区不断扩大，沉积区段发生变化，在原来砾石层上面又沉积了砂层，原砂层上面又沉积了细砂或黏土等，则水平方向和垂直方向均呈现出自粗到细逐渐过渡的关系[图 2-2（b）]。有时沉积下降速度明显变化，造成沉积环境的明显变化，使上、下两套沉积物在物质成分、结构和颜色等方面均有明显的差异[图 2-2（c）]。这种相互重叠并有明显差异的地质体，成岩以后在构造上的明显特征是具有层状构造（Layering structure）。

同一岩层顶、底面之间的垂直距离，就是岩层的厚度（真厚度）。由于沉积环境和条件的不同，岩层的厚度区域分布有变化（图 2-3）：有的岩层在较大范围内厚度不变或基本一致，形成厚度稳定的板状岩层；有的岩层在较小范围内明显地向一个方向增厚，而向另一个方向

变薄甚至尖灭，这种现象称作岩层的尖灭现象；有的岩层中间厚而向两侧尖灭，形成透镜状岩层。岩层厚度的这些变化，受当时堆积形成时地壳运动的升降速度和幅度以及古地理环境的影响。

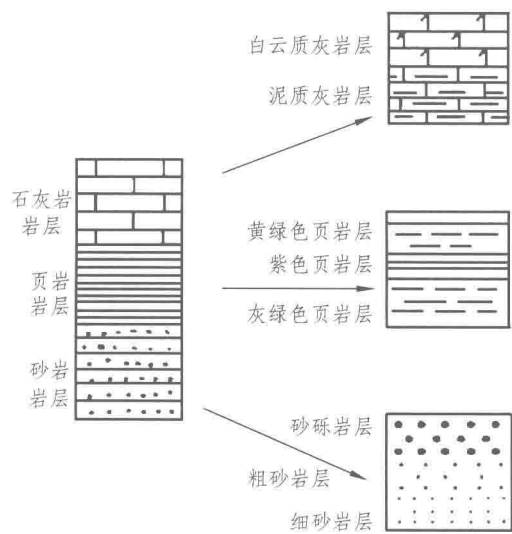


图 2-1 岩层和层之间的关系示意

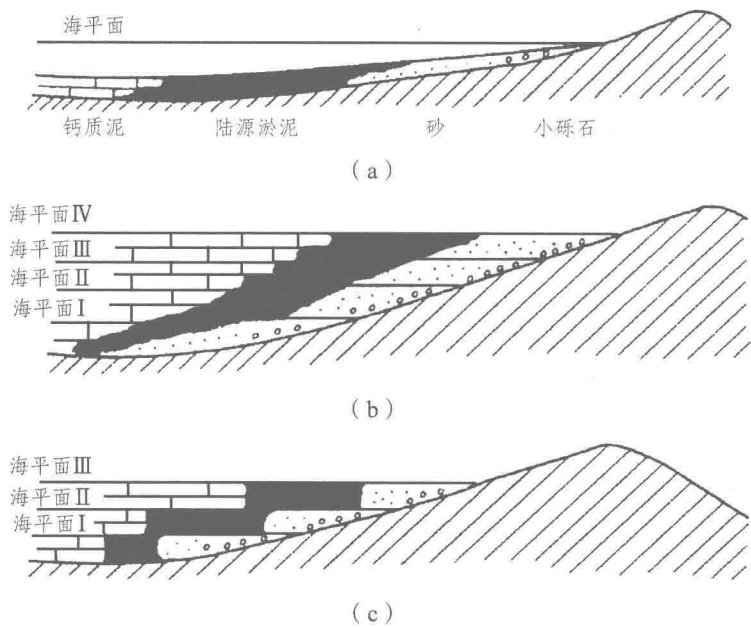


图 2-2 岩层及层理的形成

沉积岩在沉积过程中和成岩作用过程中产生的非构造变动的构造特征称为沉积岩层的原生构造 (Primary structure)，如层理构造、层面构造、结核以及生物遗迹、叠层石等。沉积岩原生构造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重要资料，而且有些原

生构造（如层理构造、层面构造等）还是鉴别岩层顶、底面和确定岩层相对层序的重要依据。了解这些构造特征，对观察、分析构造形态，确定岩层产状和岩石变形具有一定的指导意义。

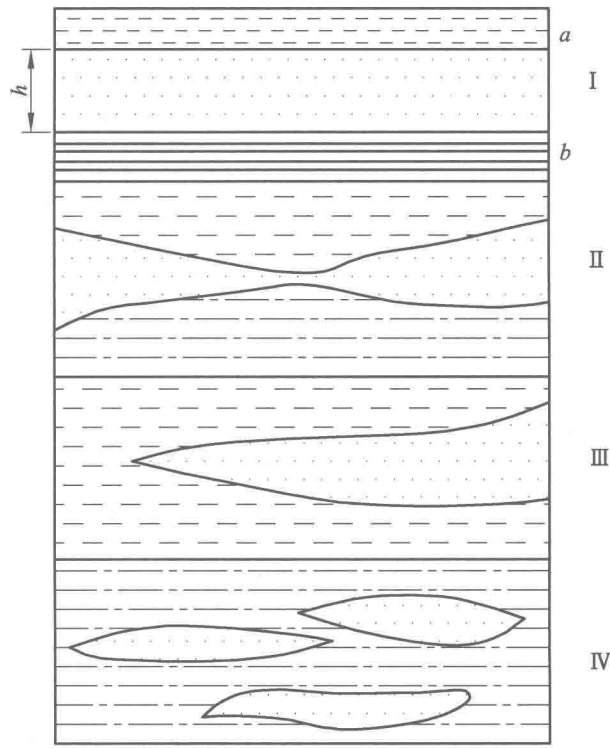


图 2-3 岩层的厚度和形态

a—顶面；*b*—底面；*h*—岩层厚度；I—板状岩层；II—岩层厚度变薄；III—岩层尖灭，呈楔形；IV—岩层呈透镜状

2.2 层理构造及识别

层理构造（Bedding structure）是沉积岩中最普遍的原生构造。它是通过岩石成分、结构和颜色等特征在剖面上的突变或渐变所显现出来的一种成层性构造。层理的形成及其特征，与组成岩石的成分及形成岩石的地质、地理环境、介质运动特征有关。依据层理的形态及其结构，我们通常将其分为三种基本类型：平行层理或水平层理、波状层理和斜层理或交错层理（图 2-4）。

除上述三种基本类型外，由于沉积作用过程中介质的复杂运动和其他因素的影响，层理还有许多过渡类型和特殊类型，如斜波状层理、递变层理等。

在进行地质构造研究时，判别层理是最基础的工作。很多情况下只有找出层理，才能确定岩层面的位置，进而判断岩层的正常层序，恢复地质构造的原始形态。大多数沉积岩的层理较为明显，容易辨认。但某些岩层，如成分较为单一的巨厚岩层，它们的层理常不清楚；有的岩层中发育密集定向的节理或劈理，掩盖了层理或与层理混淆不清。

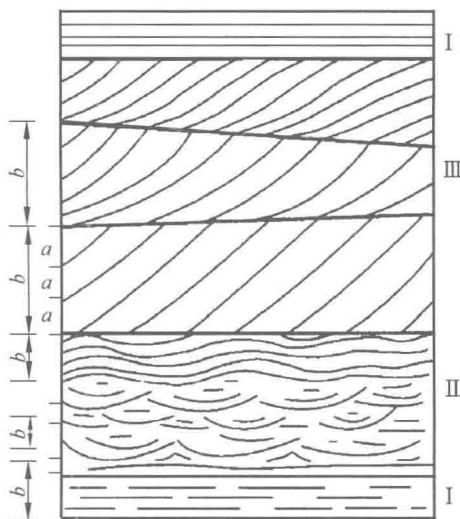


图 2-4 层理的基本类型

I—平行层理；II—波状层理；III—斜层理；a—细层；b—层系

野外识别层理，可根据以下 4 种直接标志进行：

(1) 岩石的成分变化。岩石成分的变化是显示层理的重要标志。特别是在岩性比较均一的巨厚岩层中，要注意寻找成分特殊的薄夹层，如石灰岩中夹有页岩、砂岩中夹有砾岩等，借助于这类夹层可以识别巨厚岩层的层理。

(2) 岩石的结构变化。根据沉积原理，不同粒度或不同形状的颗粒总是分层堆积的，从而显示出层理。如砾岩中大小不同的砾石分层堆积呈带状，砂岩中云母呈面状分布，各种原生结核或扁平状砾石在沉积岩中呈面状排列等，可以作为确定层理的标志。

(3) 岩石的颜色变化。在层理隐蔽、成分均一、颗粒较细的岩层中，若有颜色不同的夹层或条带，也可指示层理，但要注意区分由某些次生变化造成的岩石颜色差异。如氢氧化铁胶体溶液，常沿节理或岩石孔隙扩散并沉淀，从而在岩石中形成不同色调的褐红色条带或晕圈，当其规模很大时，在个别露头上观察，就容易误认为层理；此外，在有些深色泥岩或白云岩中，常因风化而引起褪色作用，也会沿节理或裂缝发生颜色变化，如不注意也会误当作岩层的层理。

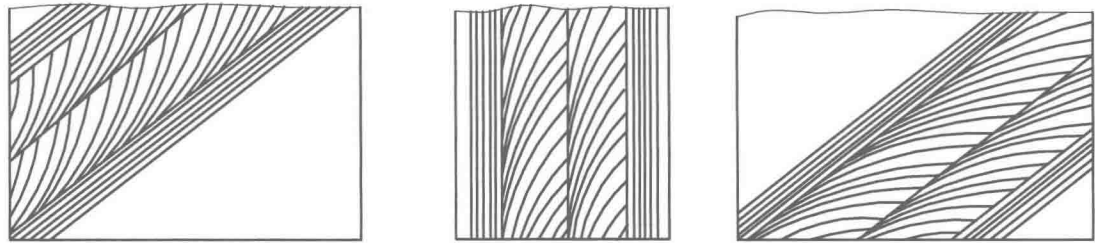
(4) 岩层的老生层面构造。层面构造指在层面上出现的一些同沉积构造现象，这些构造包括波痕、泥裂和雨痕、生物遗迹及其印模等。

2.3 如何判别岩层的顶、底面？

确定岩层的新老层序是野外观察研究地质构造的一个重要方面。这是因为岩层形成并经受构造变动。虽然有的还保持其正常层序，即岩层的顶面在上、底面在下；但也有些岩层在强烈的构造变动后，变为直立甚至发生倒转，造成岩层底面在上，顶面反而在下，使岩层沿着倾斜方向出现由新到老层序倒置的现象。确定岩层的地质时代和层序，主要是依据化石，但在某些情况下，尤其在缺乏化石的“哑地层”中，也可以利用沉积岩的原生构造来判别岩层的顶、底面并确定其相对新老层序。

2.3.1 斜层理

斜层理由一组或多组与主层面斜交的细层组成。不同类型的斜层理，细层的倾斜方向也不同，可向同方向倾斜，也可向不同方向倾斜。斜层理能用来确定岩层顶、底面的方向，判别特征是：每组细层理与层系顶部主层面成截交的关系，而与层系底部主层面呈收敛变缓而相切的关系，弧形层理凹向顶面（图 2-5）。

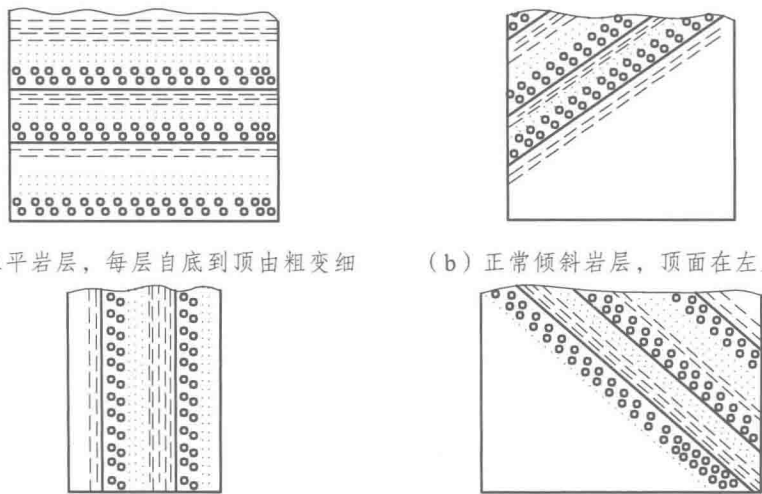


(a) 岩层是正常层序，顶面在左边 (b) 岩层直立，顶面在右边 (c) 岩层倒转，顶面在右边

图 2-5 根据斜层理确定岩层顶、底面（据 M. P. Billings, 1947）

2.3.2 粒级层理

粒级层理又叫递变层理，是由岩石颗粒的粒度大小变化显示出来的。正常情况下，颗粒分布为下粗上细，其特点是在单层中从底到顶由砾岩或粗砂岩开始，向上递变为细砂岩、粉砂岩以至泥岩。有的由砾至泥粒级递变完整；有的不完整，只有砾—砂，或砂—泥；有的重复呈条带状出现，似间互层或韵律层。粒级层理在海相、湖相碎屑岩中很普遍。它可以是水流机械搬运分级沉积的结果，也可以是由浊流搬运形成的粒级浊积层。在相邻两粒级层之间，下层顶面常受过冲刷，因而两层在粒度上或成分上不是递变而是突变。根据粒级层理这种下粗上细粒度递变的特征，可以确定岩层的顶、底面（图 2-6）。



(a) 水平岩层，每层自底到顶由粗变细 (b) 正常倾斜岩层，顶面在左上方
(c) 直立岩层，顶面在右边 (d) 倒转岩层，顶面在左下方

图 2-6 根据粒级层理确定岩层顶、底面（据 M. P. Billings, 1947）