



四川省“十二五”普通高等教育本科规划教材

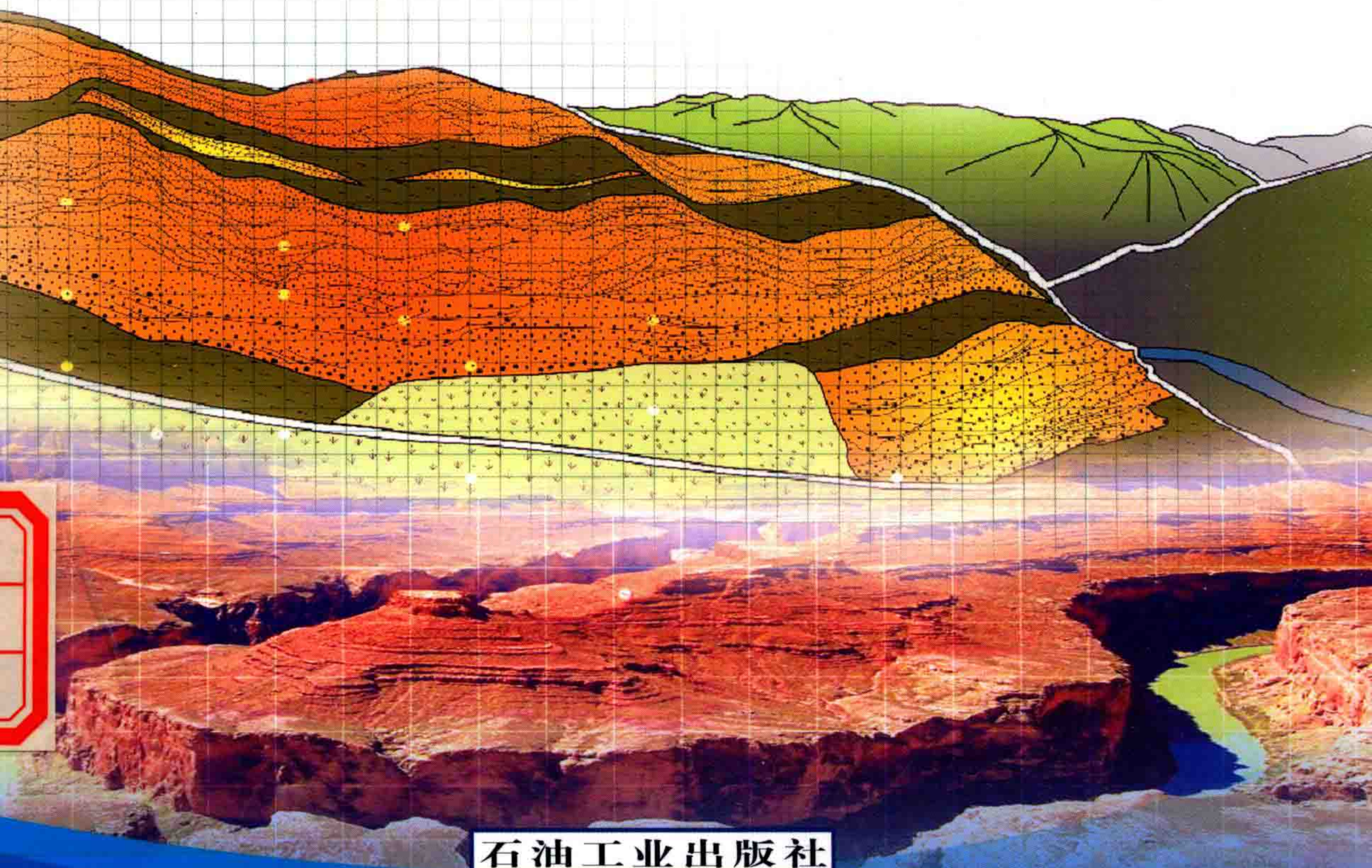
高等院校石油天然气类规划教材

构造地质学

(第二版)

主编 胡明

副主编 周小军



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

四川省“十二五”普通高等教育本科规划教材
高等院校石油天然气类规划教材

构造地质学

(第二版)

主编 胡明

副主编 周小军

石油工业出版社

北京

内 容 提 要

本书包括两部分,前半部分着重构造地质学基本理论的介绍,包括原生构造及产状、地层接触关系、岩石力学分析基础、褶皱、节理、断层、同生构造、大地构造及盆地构造理论;后半部分主要是构造地质学实习内容,着重培养学生在各种图件上认识和分析各类构造的能力和創新思维。

本书可用作资源勘查工程、地质工程、勘查技术与工程、石油工程、土木工程等高校相关专业的教科书,也可供现场地质工程技术人员进修、学习、工作的参考。

图书在版编目(CIP)数据

构造地质学/胡明主编. —2版.

北京:石油工业出版社,2015.7

四川省“十二五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5183-0759-3

I. 构…

II. 胡…

III. 构造地质学—高等学校—教材

IV. P54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 138511 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com

编辑部:(010)64523697 发行部:(010)64523633

经 销:全国新华书店

排 版:北京苏冀博达科技有限公司

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2015 年 7 月第 2 版 2015 年 7 月第 5 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:24

字数:610 千字

定价:45.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

第二版前言

构造地质学是地质学的三大支柱之一,是从事地质学理论研究和生产实践的一门重要的专业基础课程。本教材是在2007年《构造地质学》第一版的基础上经重新修编而成的。第一版教材自出版以来,由于其具有浓厚的“石油味”,非常适合石油高校的教学需求,已被国内许多高等学校选用,使用效果反映良好,出版社多次重印。但是,由于近年来构造地质学取得了许多新进展和新认识,因此,有必要对原来的教材加以修订,以反映最新的构造地质学研究成果。

2011年7月在东北石油大学召开的石油地质勘探专业教学与教材规划研讨会第三次会议上,本教材第二版被列为“十二五”行业规划教材,2012年又被列为四川省“十二五”普通高等教育本科规划教材。几年来,编者在广泛征求同行对《构造地质学》第一版意见的基础上,确定了教材的编写提纲,经过反复修改、完善,完成了本教材的编写。在大量文献查阅的基础上,根据多年从事构造地质学科研和教学中积累的丰富素材和资料,编者在教材中补充了许多最新的研究成果,在内容上进行了增补、删减、调整和更新,吸取了构造地质学的新进展及国内外一些新观点、新概念、新发现,确保教材具有起点高、内容新颖的特点。

第二版教材突出基本知识、基本理论、基本技能、基本研究方法及其与其他学科的关系,有利于学生打好基础,拓宽知识面。教材在加强基础理论的同时,针对工科院校的特点和专业培养目标,加强了构造地质学在油气勘探开发中的应用阐述,可以帮助学生提高分析问题、解决问题能力和实际动手能力。本书参考学时为60~80学时。

本书由西南石油大学胡明教授担任主编,周小军博士担任副主编。编写分工为:第一、八、九、十章由胡明编写;第二、三、五、六章由王喜华、胡明编写;第四、七章由李世琴、胡明编写;附录I、附录II、附录III由周小军、胡明编写。全书由胡明和周小军负责统稿。

在编写过程中,得到四川省“十二五”规划教材的支持、西南石油大学教务处和地球科学与技术学院领导的关怀,以及基础地质教研室同仁的无私帮助,在此一并表示感谢。

因编者水平有限,本书错误在所难免,敬请广大读者批评指正!

编者

2015年1月

第一版前言

构造地质学是地质学的三大支柱之一,其研究意义可以从理论和实践两个方面来阐述。构造地质学从理论上可以阐明地壳构造在空间上的相互关系和时间上的发育顺序,进而探讨地壳(岩石圈)构造的演化历史和地壳运动的规律及其动力来源;其实际应用则在于应用地质构造的客观规律指导生产实践,解决矿产分布、水文地质、工程地质、地震地质、灾害地质及环境地质等方面的有关问题。

应特别指出,近30年来,学科间横向、纵向的广泛联合、渗透,地球物理方法、遥感信息技术的完善和引入,大陆超深钻探实施和高温高压模拟技术的发展,使构造地质学在理论上和观念上以及研究方法上都取得了巨大进展,内容上也有了很大的拓展,在国民经济建设可持续发展中起着越来越重要的作用。综上所述,由于构造地质学发展之快,课程之重要,因此,非常必要着力加强本课程的教材建设。

与以往的构造地质学教科书比较,本书有两大亮点:一是继承和发展了构造地质学基本理论的传统性和成熟性;二是在此基础上有针对性地、恰如其分地增加了具有鲜明的石油地质专业特色内容,如同生构造分析(第八章)、盆地构造(第十章)、裂缝的井下识别与研究(第六章第六节)。本书及时地将现代构造地质的研究成果融入其中,体现了较高的学术价值。此外,本书重视对学生的技能训练,增加了实习指导内容,具有较强的可操作性。

本书由胡明(西南石油大学)、廖太平(重庆科技学院)担任主编,担任副主编的有张福荣(重庆科技学院)、郭宝炎(天津工程职业技术学院)、孙新铭(克拉玛依职业技术学院)。西南石油大学博士研究生邓绍强参与了本书部分章节的编写工作。

全书分工如下:第一、三、五、七、九、十章由胡明、廖太平、邓绍强编写;第八章由胡明编写;第六章由张福荣编写;第四章由郭宝炎编写;第二章由孙新铭编写;附录I由胡明、廖太平、张福荣、孙新铭编写;附录II由郭宝炎编写;附录III由孙新铭编写。邓绍强、张福荣、郭宝炎清绘了本书大量的插图。

全书由胡明和廖太平统稿,中国矿业大学许至平教授和中国科学院地质与地球物理研究所吴亚生教授主审。在编写过程中,本书得到四川省重点学科建设项目(编号:SZD0414)的资助,还得到了编者所在院校的大力支持,在此一并表示感谢。

因编者水平有限,本书错误在所难免,敬请广大读者批评指正!

编者

2007年1月

目 录

第一章 绪论	1
第二章 沉积岩原生构造及产状	5
第一节 沉积岩层原生构造	5
第二节 岩层的产状、厚度及出露特征	13
习题及思考题	27
第三章 地层接触关系	29
第一节 整合与不整合接触	29
第二节 不整合的观察及研究	34
习题及思考题	41
第四章 岩石变形的力学分析	43
第一节 应力分析	43
第二节 变形和应变	52
第三节 岩石的变形习性及其影响因素	56
习题及思考题	68
第五章 褶皱构造	69
第一节 褶皱和褶皱要素	69
第二节 褶皱的形态描述	76
第三节 褶皱的产状类型及其组合形式	81
第四节 褶皱的形成机制及影响因素	94
第五节 褶皱的观察和研究	107
习题及思考题	112
第六章 节理	113
第一节 节理的概念及其研究意义	113
第二节 节理的分类	114
第三节 不同地质背景上发育的节理	126
第四节 节理的分期与配套	133
第五节 节理的野外观测及室内研究	136
第六节 裂缝的井下识别和研究	142
习题及思考题	150
第七章 断层	151
第一节 断层几何要素	151
第二节 断层分类	153
第三节 正断层、逆断层和平移断层	155

第四节	断层形成机制与断层效应	163
第五节	断层的观察和研究	167
第六节	断层的井下识别	180
	习题及思考题	183
第八章	同生构造分析	184
第一节	同沉积背斜	184
第二节	同生断层	190
第三节	软沉积变形	195
	习题及思考题	198
第九章	大地构造基本理论	199
第一节	概述	199
第二节	槽台学说	200
第三节	板块构造学说	215
第四节	中国大地构造学派简介	229
	习题及思考题	237
第十章	盆地构造基本理论	239
第一节	盆地及含油气盆地	239
第二节	含油气盆地的形成机制与板块构造	246
第三节	中国大陆板内中—新生代盆地的特征	247
第四节	中国主要含油气盆地简介	253
	习题及思考题	257
附录 I	构造地质学实习	258
实习一	地质图的基本知识及读水平岩层地质图	258
实习二	用间接方法确定岩层产状要素	267
实习三	在地质图上求岩层厚度、埋藏深度并判断地层接触关系	271
实习四	根据放线距编制倾斜岩层地质图	275
实习五	编制倾斜岩层地质剖面图	279
实习六	构造物理模拟实验	282
实习七	分析褶皱地区地质图	283
实习八	绘制褶皱地区剖面图	288
实习九	编制和分析构造等高线图	290
实习十	编制和分析节理玫瑰花图	297
实习十一	编制节理极点图和等密度图	302
实习十二	根据共轭剪节理求主应力方位并绘制主应力迹线图	305
实习十三	读断层地区地质图并求断层产状及断距	309
实习十四	利用钻井资料编制断层构造图	315
实习十五	应用赤平投影方法换算真、视倾角并求岩层厚度	318
实习十六	应用赤平投影方法求取褶皱枢纽和轴面的产状	319
实习十七	同沉积构造分析	319
实习十八	平衡剖面编制	323

实习十九 构造地质综合实习.....	325
附录 II 极射赤平投影.....	338
第一节 赤平投影的基本原理.....	338
第二节 赤平投影网的使用方法.....	342
第三节 赤平投影在地质构造中的应用.....	348
习题及思考题.....	357
附录 III 常用符号.....	360
一、地质构造符号	360
二、岩性符号	361
三、地层代号和色谱	364
四、真倾角、视倾角换算图.....	365
英汉专业词汇索引.....	366
参考文献.....	372

构造地质学是研究各种地质构造的形成、产状、规模、形成条件、形成机制、分布和组合规律及其成因等,进而探讨产生地质构造的力学运动方式、原动力和动力来源。同时,构造地质学还研究构造在沉积和成壤过程中所起的作用,以及构造与岩浆岩在岩浆侵入、引张过程中所起的作用等。构造地质学是地质学的重要组成部分。

构造地质学是地质学的重要组成部分,是研究地壳中各种地质构造的形成、产状、规模、形成条件、形成机制、分布和组合规律及其成因等,进而探讨产生地质构造的力学运动方式、原动力和动力来源。同时,构造地质学还研究构造在沉积和成壤过程中所起的作用,以及构造与岩浆岩在岩浆侵入、引张过程中所起的作用等。构造地质学是地质学的重要组成部分。

构造地质学是研究地壳中各种地质构造的形成、产状、规模、形成条件、形成机制、分布和组合规律及其成因等,进而探讨产生地质构造的力学运动方式、原动力和动力来源。同时,构造地质学还研究构造在沉积和成壤过程中所起的作用,以及构造与岩浆岩在岩浆侵入、引张过程中所起的作用等。构造地质学是地质学的重要组成部分。

二、构造地质学的研究意义

构造地质学具有重要的研究意义和实际意义。理论意义是研究地壳中各种地质构造的形成、产状、规模、形成条件、形成机制、分布和组合规律及其成因等,进而探讨产生地质构造的力学运动方式、原动力和动力来源。同时,构造地质学还研究构造在沉积和成壤过程中所起的作用,以及构造与岩浆岩在岩浆侵入、引张过程中所起的作用等。构造地质学是地质学的重要组成部分。

构造地质学是研究地壳中各种地质构造的形成、产状、规模、形成条件、形成机制、分布和组合规律及其成因等,进而探讨产生地质构造的力学运动方式、原动力和动力来源。同时,构造地质学还研究构造在沉积和成壤过程中所起的作用,以及构造与岩浆岩在岩浆侵入、引张过程中所起的作用等。构造地质学是地质学的重要组成部分。

构造地质学是研究地壳中各种地质构造的形成、产状、规模、形成条件、形成机制、分布和组合规律及其成因等,进而探讨产生地质构造的力学运动方式、原动力和动力来源。同时,构造地质学还研究构造在沉积和成壤过程中所起的作用,以及构造与岩浆岩在岩浆侵入、引张过程中所起的作用等。构造地质学是地质学的重要组成部分。

构造地质学是研究地壳中各种地质构造的形成、产状、规模、形成条件、形成机制、分布和组合规律及其成因等,进而探讨产生地质构造的力学运动方式、原动力和动力来源。同时,构造地质学还研究构造在沉积和成壤过程中所起的作用,以及构造与岩浆岩在岩浆侵入、引张过程中所起的作用等。构造地质学是地质学的重要组成部分。

第一章

绪论

一、构造地质学的研究对象与内容

构造地质学是地质学的一门基础学科,其研究对象是地壳或岩石圈的地质构造。所谓地质构造,是指组成地壳的岩层和岩体在内、外动力地质作用下发生变形,从而形成诸如褶皱、节理、断层、劈理以及其他各种面状和线状构造等。构造地质学的主要任务即是研究这些由内动力地质作用所形成的各种地质构造的形态、产状、规模、形成条件、形成机制、分布和组合规律及其演化历史,进而探讨产生地质构造的地壳运动方式、规律和动力来源。同时,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。

构造地质学的研究范畴可大可小,大至几百、数千千米乃至全球规模的地质构造,例如大陆和大洋、山脉和盆地等的形成和发展;小至表现在一定范围的露头上或标本上的地质构造,例如节理、断层以及褶皱的形态特征及其演化历史;更小到岩石或矿物的内部组构等,需要借助显微镜才能进行观察研究。因此,对地质构造进行观察研究时可以按规模大小将其划分为许多级别,这些级别称为构造尺度。构造尺度的划分具有相对性,一般划分为巨、大、中、小、微以至超显微等级别,且不同尺度的地质构造具有其特定的研究任务和研究方法。例如,小尺度或中尺度地质构造观察研究通常以野外地质调查入手,再配以地震反射剖面、钻测井数据、遥感影像及其他相关资料进行综合分析,研究其构造形态、变形机理、演化历史及其动力学背景等。此外,构造地质的研究还涉及从地壳表层至地幔深部不同层次的构造变形。

二、构造地质学的研究意义

研究地质构造具有重要的理论意义和实际意义。理论意义体现在可阐明地质构造在空间上的相互关系和时间上的发育顺序,探讨地质构造的演化和地壳运动规律及其动力来源;实际意义则在于可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。

地壳中矿产的分布受一定的地质构造控制。成矿物质的形成和运移等成矿作用,都直接或间接地受地壳运动的影响。矿产的形成需要有成矿物质运移的通道和沉淀、储集场所,这些通道和场所与地质构造关系密切,如石油、天然气常常分布在背斜的顶部或具圈闭条件的断裂构造中;另一方面,许多已形成的矿产还会受到后来地壳运动的影响发生变形。

地下水的活动和富集,与地质构造有密切关系,只有认识了地质构造特征,才能更有效地寻找地下水。

许多工程建设,首先要查明工程地区地质构造情况,对地基稳定性做出评价,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。

对于环境地质,如重大自然灾害地震、火山、山崩、滑坡、泥石流等的预防和治理,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。

三、构造地质学的研究现状

从最初的槽台学说(Hall,1859;Danna,1873)的提出发展至20世纪60年代板块构造理论的问世,标志着地球动力观(活动观)取代了过去准静态的地球观。马杏垣(1983)根据世界构造地质学的发展,对新的构造观进行了简单的概括:

(1)地球是一个高度活动体,其内部热量驱动着对流,带动着板块活动,即活动论,已作为人们认识、分析构造的根本思想。

(2)岩石圈或地壳是层圈式的,具有层圈结构。这种不同构造层次之间的界面在构造变动中起着重要作用。同时,岩石圈在构造上、组成上和物理状态上的非均质性造成了岩石圈层圈在横向上极不均匀,垂向上极不协调。这种特性可以成为一种构造的驱动力。

(3)构造变形是多种成因、多种级别、多期次形成的。多成因是指动力来源是多样化的,如地幔对流、地球旋转、天体因素等。多种级别是指构造存在不同的尺度。多期次是指地壳形成的构造是长期的,构造发展是多幕的,其构造形成由多种样式叠加在一起。

(4)受地球动力学背景的控制,伸展构造、收缩构造、走滑构造、垂直构造共同组成了沉积盆地内多种构造样式的基本类型。

而如今伴随科技的快速发展,航空航天、地球物理、地球化学、电子技术和超微技术等方法和技术手段相继应用于构造地质学领域,构造地质学的发展已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,研究内容涉及多尺度、多层次、多体制、多因素或多成因、多类型,全方位动态研究方法已渗入构造地质学的每一个领域。此外,石油构造学也进入了一个新的发展阶段。石油地质学家在研究含油气区、沉积盆地的形成、构造演化等问题时,也逐渐形成了一套总体看法,建立了新的构造观。中国地质学会地球动力学与构造地质学专业委员会组织相关专家讨论研究,认为构造地质学作为地质学科的一个重要二级学科,在21世纪应该着重解决以下10方面的问题:

(1)板块登陆后,陆内变形的机制是什么?

(2)构造年代学研究手段问题:一般用锆石的测年来确定变形的时代,但各种测年方法的数据差别很大,如何界定?

(3)地质历史时期气候变化与构造之间关系如何?

(4)浅部构造与深部构造之间关系如何?

(5)大洋与大陆、大块体与小块体的流变学的差别如何?

(6)流体对岩石变形行为的影响。

(7)如何界定“陆内”和“板内”两个概念?

(8)前寒武纪构造演化问题。

(9)什么是夭折的“裂谷”?

(10)构造活动与地震之间有什么关系?

四、构造地质学的特征及研究方法

由于构造地质学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在漫长的地质历史过程中历次地壳运动的产物。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,只能通过观察和系统研究来实现。通常采用反序法,即对它们的变形遗迹——各种地质构造的形态、产状及它们之间的相互关系研究,并结合其他资料加以综合分析,推测它们的受力变形的情况,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。反序法是研究地质构造的一种最基本方法。该方法的主要任务有:

(1)对地质构造进行几何分析和空间分析——观察、测量、描述。

(2)对地质构造进行历史分析——阐明各类地质构造的形成时代及其发育顺序。

(3)对地质构造进行力学分析和成因分析——鉴定构造的力学性质。

尽管研究地质构造有许多特殊的方法,但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。

以上介绍的是一般构造地质学研究的方法。作为未来从事油气勘探和开发的石油院校学生,主要应该掌握石油构造地质的研究方法。石油构造地质学发展到今天,需要从新的角度来认识石油构造的形成机制以及分布规律。石油构造分析主要包括如下内容:

(1)基础地质资料研究,这些资料包括有:区域地质文献资料;区域地质图件;古地磁资料;深部地震地质资料;重力、磁力、电法勘探资料;遥感地质资料;构造地球化学资料;火山岩、火成岩资料;地温、地热流资料;烃源岩、储集层资料;钻井、测井资料;岩石或岩心显微构造研究资料。

(2)地震资料的构造解释研究,包括:二维、三维地震资料的精细处理;综合各种资料进行地震数据层位标定;通过各种样式建立地质模型,进行地质模型正演模拟;对地震资料进行初步构造解释;利用平衡地质剖面进行验证,修正构造解释的成果;根据修正后成果编制各种构造图件。

(3)盆地构造演化史研究,包括:构造演化阶段的划分;不整合类型鉴别;沉降历史分析;岩浆活动历史分析;深部构造背景分析;构造演化模式建立;盆地构造运动学、动力学分析。

(4)盆地油气资源的预测,包括:构造单元划分;各种圈闭类型鉴别及分布规律探讨;有利生、储、盖组合和配置;有利圈闭评价;盆地油气资源预测。

总之,沉积盆地的石油构造分析是一个复杂的系统工程,由于油气是一种流体,它的生成、运移、聚集是一个复杂的过程,不同于以固体沉积矿床为目的的构造分析。对于不同的沉积盆地,油气勘探程度的差异和不同的勘探阶段,构造分析方法上应有所侧重和取舍。

五、构造地质学与其他后继课程的关系

构造地质学是资源勘查工程、勘查技术与工程、地质工程等专业的专业基础课,也是其他地矿类、环境类、水文类、土建类等专业的专业基础课。它是继普通地质学、矿物学、岩石学、测量学等课程之后进行教学的。主要目的是为各有关专业课程的学习奠定基础,培养在地质找矿、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。通过本课程学习,要求掌握观察、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;

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；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。同时，在教学过程中，培养学生在地质构造观察、资料整理和分析研究中的地质思维方式，用辩证唯物主义、历史唯物主义的观点以及实事求是、严谨认真、重视第一手资料的科学态度，把学生培养成勇于开拓进取、敢于创新、与时俱进、在社会经济可持续发展中能做贡献的高素质专业人才。

构造地质学要求具有三维甚至四维时空概念，它不仅要求一般性地理解其主要术语、名词，而且要求学生在理解的基础上建立空间模型，甚至需要像三维动画那样进行反演，需要平面与空间图形的转换。要求学生具有扎实的几何学及空间想象能力，具备基本的素描绘画、逻辑推理以及其他如地史、区域地质学等基本知识作为基础。

本书作为地质类各专业的地质基础课的教材，基本内容是阐述有关中、小型地质构造的基本特征及其识别分析方法，为后继专业课程，如矿床学、勘探地质、矿田构造、石油地质、煤田地质、水文地质、工程地质、地震地质等打下基础。

六、本书的中心内容及对学生的基本要求

本书的中心内容以“三基”为主，以几何学为指导，以中、小型构造为主要研究对象，以构造的实际观测与研究、构造的表示与绘制方法为重点，了解大地构造、盆地构造的基本理论和内容。

(1) 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，通过这些能力培养，为实际构造的观测和研究奠定基础；

(2) 要求学生能建立立体空间概念，能对构造的三维形象进行观测和描述，初步从运动和发展的观念动态地描述一个地区各种构造的相互关系和演化过程；

(3) 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，以便能正确识别所观察构造的类型；

(4) 要求学生初步掌握认识构造的形成、演化及其变形条件，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；

(5) 要求学生具有对所收集的各种构造数据进行统计处理和分析的能力，对所研究的构造能够采用各种图表予以正确表示或填绘，具有正确读图、用图、制图的熟练技能。

第二章

沉积岩原生构造及产状

本章提要

本章重点讲述沉积岩的岩层、层面、层理及其识别；沉积岩层原生构造及顶、底面的确定；水平岩层、直立岩层及倾斜岩层的概念；倾斜岩层的产状、厚度、埋藏深度及其露头特征。

本章难点是倾斜岩层的出露特征，如何在地质图上利用“V”字形法则判断倾斜岩层的岩层产状。

通过本章的学习，要求学生掌握如何利用沉积岩的原生构造确定岩层的顶、底面；掌握倾斜岩层的产状要素及其测量方法和表示方法；熟练应用“V”字形法则判断岩层产状；了解岩层露头宽度的变化特点及其影响因素。

沉积岩是地壳表层分布最广泛的岩石，其分布面积约占地球大陆面积的75%，在我国约占77%。大陆地壳表层的地质构造很多都是由沉积岩形成的。观察分析沉积岩层原生构造，确定岩层产状、厚度和岩层出露特征等，是研究地质构造的基础工作，也是本课程的基本内容。

第一节 沉积岩层原生构造

沉积岩层原生构造(Primary structure)是指在沉积物堆积与成岩过程中产生的非构造变动的构造特征，如层理构造、层面构造、包卷构造、同生结核、叠层石、生物遗迹、叠锥等。次生构造(Secondary structure)是指固结成岩之后所形成的构造，如缝合线构造、次生褶皱与断裂等。

沉积岩的原生构造主要是岩石学和沉积学研究的内容，但是，它对地质构造的研究有着重要的意义。沉积岩原生构造不仅为研究和判断岩层形成时的古地理(Paleogeography)和构造运动(Tectonic movement)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，还可以作为鉴别岩层顶、底面以及确定岩层相对层序的重要依据。

了解这些构造特征，对观察、分析构造形态和分析构造环境，确定岩层产状和岩石变形特征具有一定的指导意义，在某些情况下具有特殊作用。

一、层理及其识别

(一)岩层、层面、层理的概念

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体称为岩层(Terrane)。由沉积作用所形成的岩层称为沉积岩层(Sediment terrane)。

岩层的形成过程是内动力地质作用(主要是地壳的升降作用)和外动力地质作用(包括风

化、剥蚀、搬运、沉积等作用)相互影响、相互制约的过程。如处于地壳不断下降过程中接受沉积的拗陷盆地,在其边缘沉积砾石,向盆地内部逐渐过渡为砂、细砂、黏土等物质,在盆地中心过渡为较稳定的化学沉积。这些沉积物成岩以后即分别形成了粗、细不同的砾岩、砂岩、页岩、泥灰岩或石灰岩等,如图 2-1(a)所示。如果地壳继续下降,沉积区继续扩大,沉积区段则发生变化,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,使水平方向(由陆至湖)和垂直方向(由下至上)均呈现出由粗到细逐渐过渡的关系,如图 2-1(b)所示。有时沉积下降速度明显变化,造成沉积环境的明显变化,使得上、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,如图 2-1(c)所示。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。岩层的这种特征主要是受外力地质作用的影响,如气候的变化、水量的大小以及物质来源的不同等。

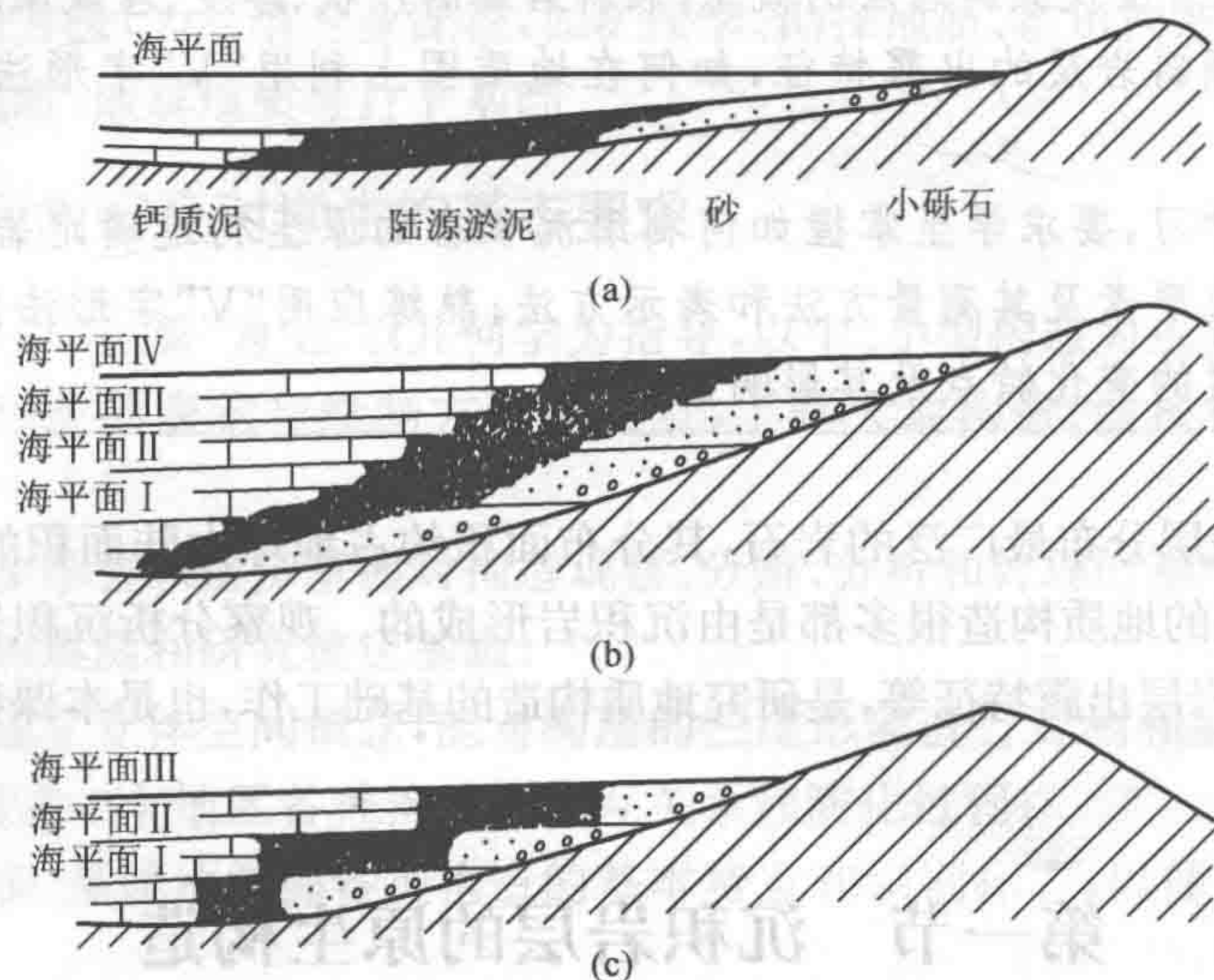


图 2-1 岩层及层理的形成

(a)沉积盆地中陆源沉积物与海岸线的分布关系;(b)当沉积盆地缓慢下降时,各岩层间物质成分的渐变关系;(c)当沉积盆地迅速下降时,各岩层间物质成分的突变关系

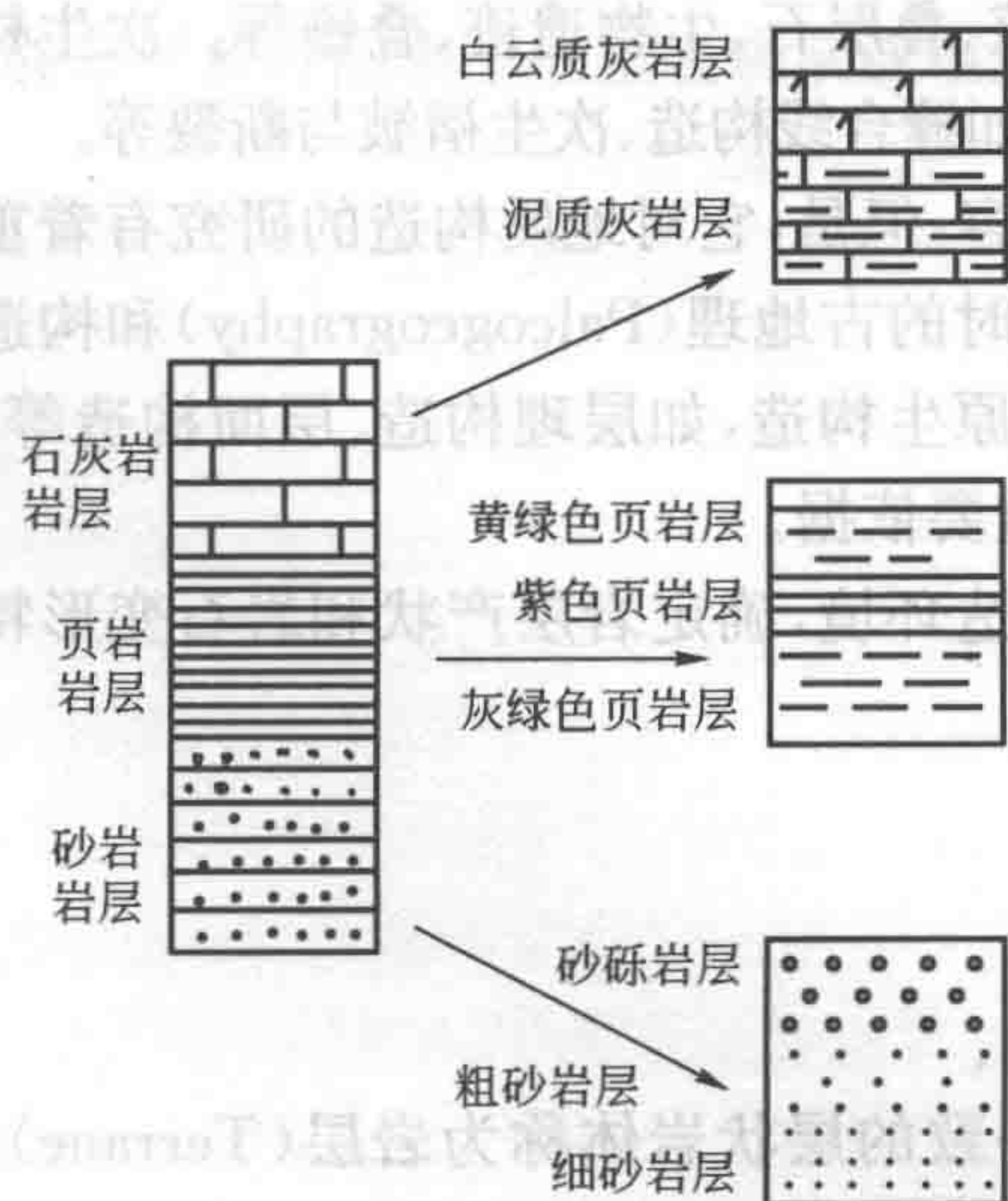


图 2-2 岩层和层之间的关系示意图

岩层的上、下界面称为层面(Bedding surface)。下层面又称为底面,形成在先,上层面又称为顶面,形成在后。层面代表了短暂的无沉积或沉积作用突然变化的间断面。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(图 2-2)。

沉积岩层一般都具有成层性。所谓沉积岩层的“层或单层”,是指在基本稳定的环境条件下沉积的一个单元,表示最小的岩石地层单位。一个“层或单层”是由成分基本一致的沉积物所组成的。层与层之间由层面分隔,两层面之间的垂直距离就是岩层的厚度(Thickness)(图 2-3)。由层面所分隔的单层厚度可分为:块状层($>1\text{m}$);厚层($1\sim 0.5\text{m}$);中厚层($0.5\sim 0.1\text{m}$);薄层($0.1\sim 0.01\text{m}$);极薄层或微层($<0.01\text{m}$)。

由于沉积环境和条件的不同,岩层的厚度区域分

布有变化,可由数毫米至数米。同一岩层在不同地段或在同一地段的的不同部位,其厚度也会有明显变化,甚至可能会出现岩层尖灭现象。它们有的是原来沉积时由于沉积物的不均衡性所致,而有的是由于被后来的构造运动所改造的结果。例如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,形成岩层尖灭现象;有的岩层中间厚且向两侧发生尖灭,形成透镜状岩层(图 2-3)。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、幅度以及古地理环境的影响。因此,我们常采用测定各个地点同一时代岩层厚度数据,制作该时代岩层的等厚图(即岩层厚度等值线图)来分析地壳升降运动的变化规律,确定出隆起区和拗陷区,这对寻找石油和天然气有一定的实际意义。

层理(Bedding)是沉积岩中最常见的一种原生构造,也是沉积岩最基本的特征。层理是沉积物沉积时由于介质(如水、空气等)的流动在层内形成的成层构造,可以通过岩石成分、结构和颜色等特征在剖面上的突变或渐变显示出来。另外,沿垂直层面方向的剖面仔细观察,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,岩层内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。依据层理的形态不同,通常将其分为三种基本类型(图 2-4):水平层理(Parallel bedding)、波状层理(Wavy bedding)和斜层理(Oblique bedding)。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,还有许多过渡类型和特殊类型,例如斜波状层理、递变层理等。

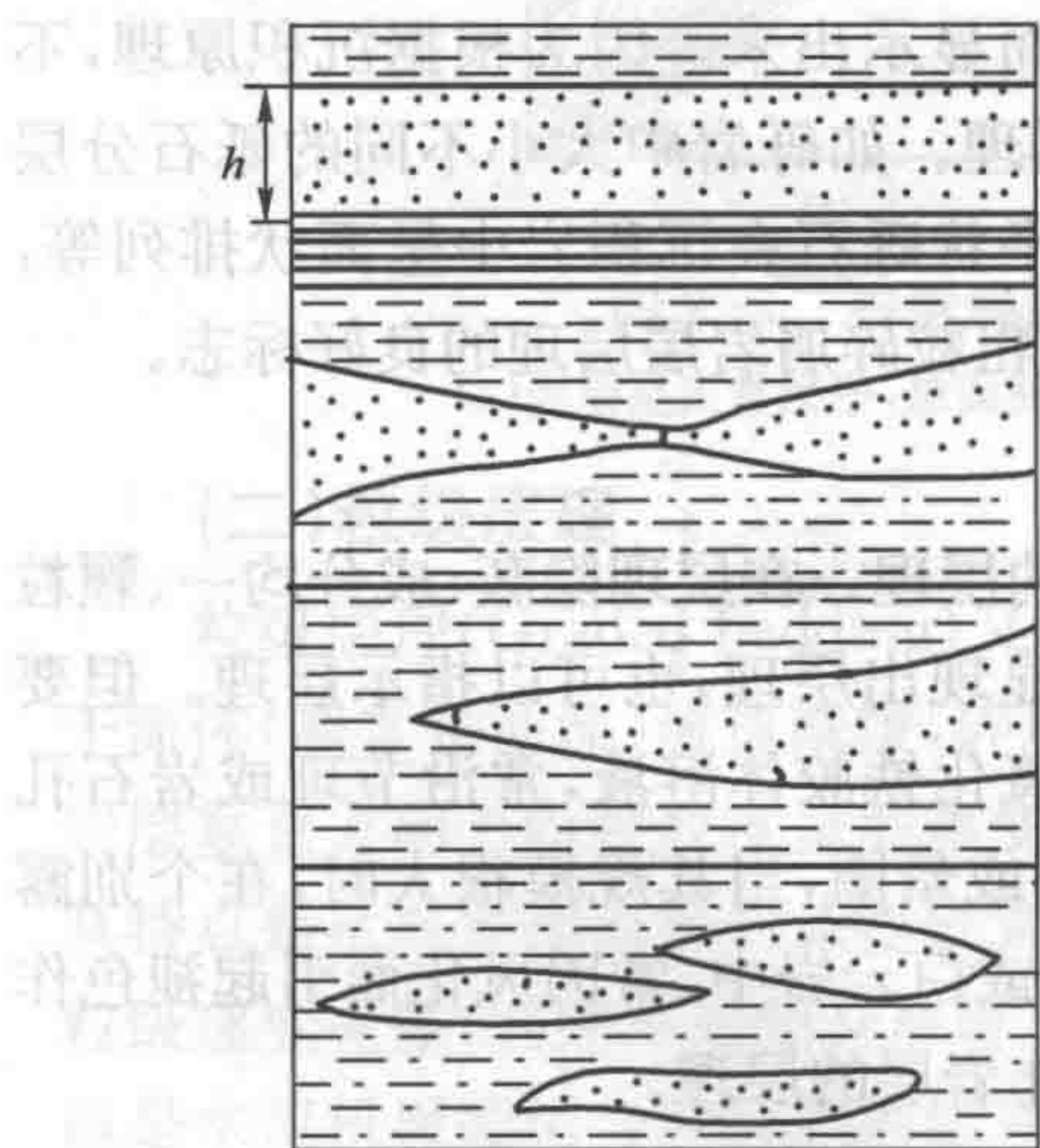


图 2-3 岩层的厚度和形态图

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

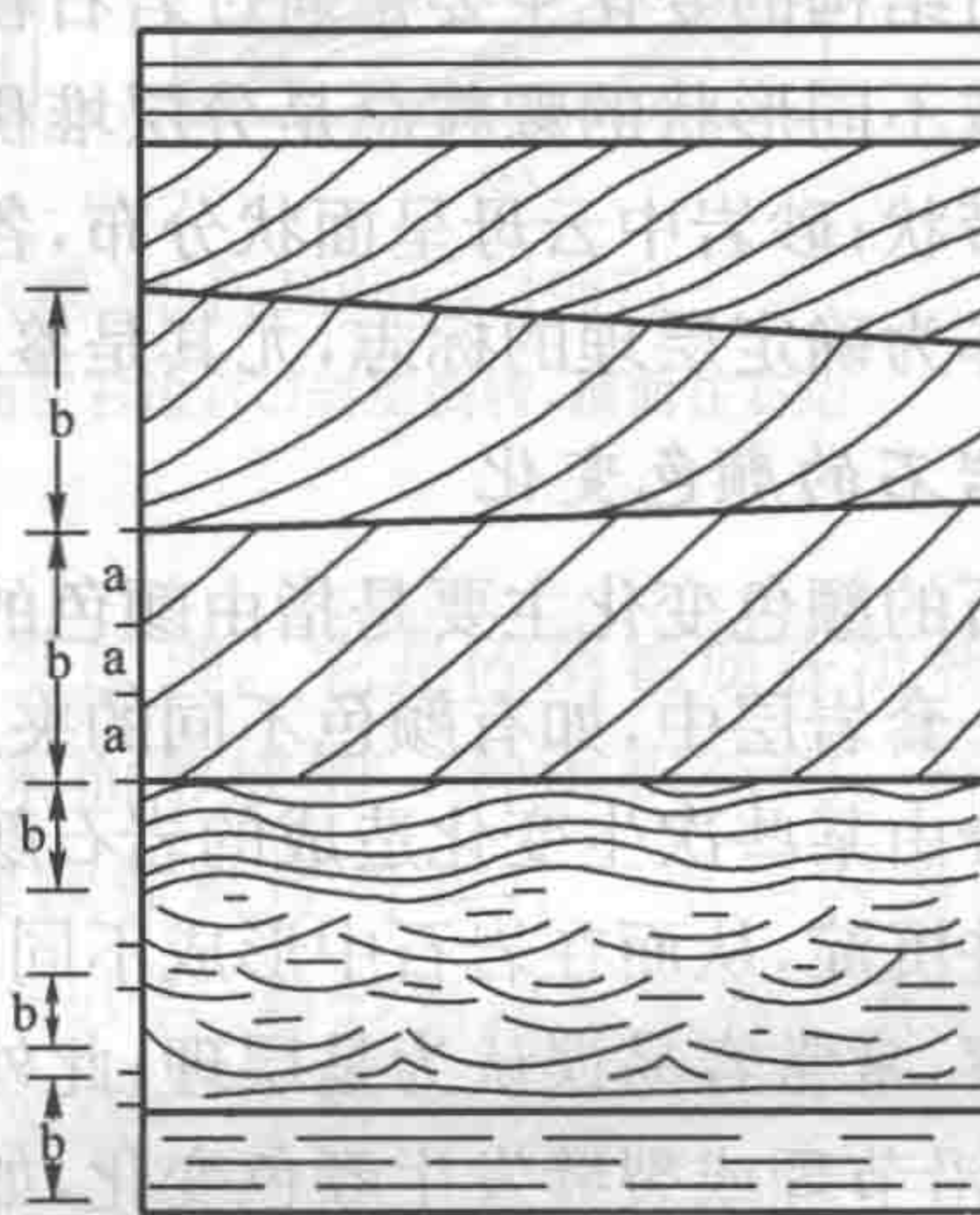


图 2-4 层理的基本类型

I—水平层理;II—波状层理;III—斜层理;
a—细层;b—层系

组成层理的要素有细层、层系、层系组。

细层又称纹层(图 2-4 中的 a),是指组成层理的最小单位,其厚度极小,数以毫米计。细层与层面平行或斜交,也可以是平直的、波状的或弯曲的。

层系(图 2-4 中的 b)是指由成分、结构和产状上相同的许多细层组成。水平细层组成的层系由于层系间缺乏明显的划分标志,一般难以划分层系;而由倾斜细层组成的层系则易于识别,层系间由明显的层系界面分隔。层系的上、下界面之间的垂直距离称为层系厚度。

层系组由两个或两个以上的相似层系叠置而成,是在同一环境的相似水动力条件下形成的。

(二)层理的识别

在进行地质构造研究时,判别层理是最基础的工作。很多情况下只有识别出层理,才能确定出岩层面的位置,进而判断岩层的正常层序,恢复地质构造的原始形态。大多数情况下,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,它们的层理常常很不清楚;有的岩层中则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。特别是在某些变质岩区,次生面理特别发育,甚至层理被置换,致使原生层理极难辨认。这就要求我们在野外工作中必须仔细观察,尽力发现能鉴别层理的各种标志及岩层的其他原生构造。

野外识别层理,主要根据以下4种标志:

1. 岩石的成分变化

岩石成分的变化主要是指由成分差异而显示出来的层理,此为显示层理的重要标志。在岩性比较单一的巨厚或厚岩层中,要特别注意寻找成分特殊的薄夹层,如块状砂岩中的砂砾层、粗砂岩薄夹层或透镜体,巨厚层石灰岩或白云岩中夹有的薄层状泥灰岩、页岩或硅质条带,巨厚层泥岩中夹有粉砂岩等。查明这些薄夹层的层面,有助于识别包含这些薄夹层的巨厚岩层的层面,所以此类薄夹层是识别巨厚岩层层面比较可靠的标志。

2. 岩石结构的变化

岩石结构的变化主要是通过岩石粒度和形状的变化而显示出来。因为根据沉积原理,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,都可以作为确定层理的标志,尤其是鉴别岩性单一的块状粗粒碎屑岩层层理的良好标志。

3. 岩石的颜色变化

岩石的颜色变化主要是指由颜色的不同而显示出来的层理。在层理隐蔽、成分均一、颗粒较细的一套岩层中,如有颜色不同的夹层或原生条带,常显现出层理,也可以指示层理。但要注意区分由某些次生变化造成的岩石颜色差异。例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,常常容易误认为是层理;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. 岩层原生层面构造

原生层面构造包括波痕、泥裂、雨痕、生物遗迹及其印模等,也可以作为确定和识别层理的标志。

在野外观察中,如果在一个露头上层理不易看清,或者分不清是层理还是其他次生构造(如节理、劈理)时,应多观察一些附近的露头,详加比较和分析。如根据层理面一般都具有延展较远、连续性较好等特点加以区别。当沉积岩中发育有大型斜层理时,应注意要把斜层理的细层与层系的主层理区别开来。

二、利用沉积岩层原生构造确定岩层的顶面和底面

正确地鉴别层理构造和层面构造是地质构造研究的基础,也是恢复和研究区域构造格架

所必需的。因为未经构造变动的岩层,其正常层序总是上顶下底,即上新下老,沿着岩层倾斜方向是按照由老到新的层序排列;但经构造变动后、岩层则可倾斜、直立,甚至倒转,从而出现岩层底面在上,顶面反而在下,岩层沿着倾斜方向,出现由新到老的层序倒置现象。确定岩层的地质时代和层序,主要是依据化石。但是在某些情况下,尤其在缺乏化石的“哑地层”中,也可以根据岩层的原生构造或某些次生构造来鉴别岩层的顶、底面,进而确定其相对新老层序。正因为原生构造的方法比化石来得更容易些,因此,在这里介绍几种常见的而又比较可靠的确定岩层顶、底面的原生构造。关于利用次生构造(如层间小褶皱、劈理等)确定岩层顶、底面问题,将在后面有关章节中论述。

(一)斜层理

斜层理(Oblique bedding)是由一组或多组与主层面(或层系界面)斜交的细层组成。斜层理在水成和风成的碎屑沉积中都可形成。斜层理的表现形式较多,如单向斜层理和交错层理等。利用斜层理中的细层和层系界面的关系可以确定岩层的顶面和底面。其判别特征是:每组细层理与层系顶部主层面成截交的关系,即细层撒开一端指向岩层的顶面,与层系面呈高角度相交;与层系底部主层面呈收敛变缓,与底面小角度相交或相切关系,弧形层理凹向顶面,即“顶截底切”,又称为“上截下切”。根据这个特点可以确定岩层顶、底面(图 2-5)。

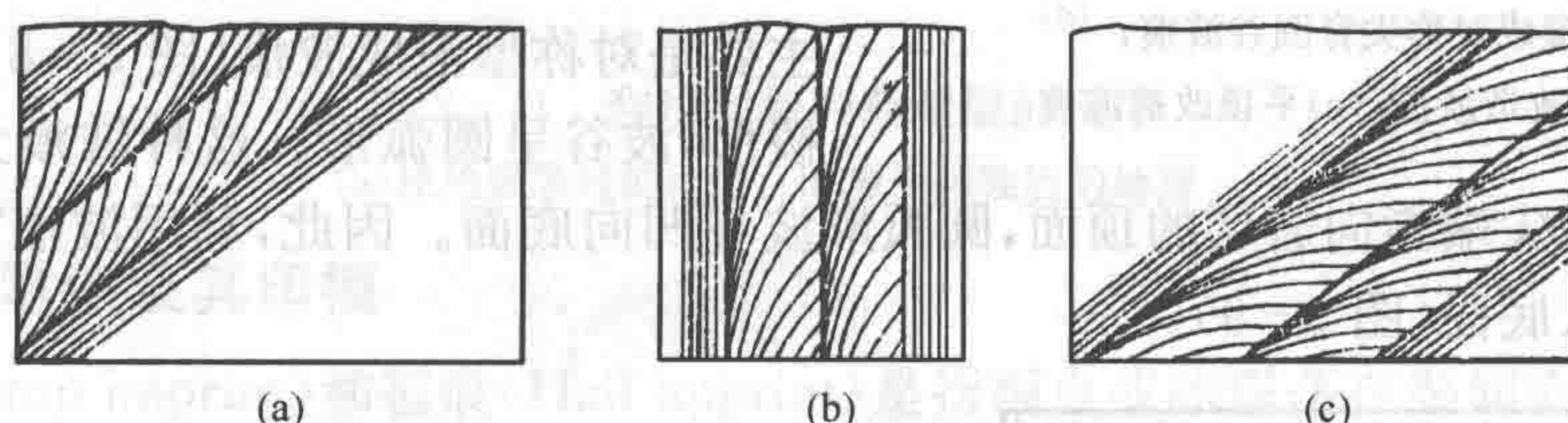


图 2-5 根据斜层理确定岩层顶、底面(据 M. P. Billings, 1947)

(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

(二)粒级层理

粒级层理(Graded bedding)又称为粒序层理或递变层理。它是碎屑物质在沉积过程中由于流体(通常是浊流)流速减缓,碎屑物质逐渐沉积下来而形成的一种沉积结构。碎屑颗粒在岩层垂直方向上颗粒粒度呈韵律变化。正常粒级层理颗粒粒度分布在一单层内为下粗上细,其特点是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。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异沉积的结果,也可以由浊流搬运形成粒级浊积层。

粒级层理厚度不等,可由几厘米到几米。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,且有明显的界面存在。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)。这种具有粒级层理特征的岩层浅变质后,还可能保留粒级层理的特征,不过当变质程度较深时,由于成分、粒度不同,对变质作用的反应也就不同。如原来细粒的泥质物质经重结晶后,可能形成比由砂质变质的石英质粒度还要粗大的新矿物,因而会出现与原岩粒级层理相反的现象。此外,在某些粗碎屑岩中,也有反粒级层理的现象,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或粗碎屑物质相互碰撞、悬浮,细碎屑先沉积(动力筛作用)等原因造成的,与正常粒级层理的区别在于它的顶界面是渐变过渡的。因此,在利用粒级层理判断岩层顶、底面时,要注意区别这些反常现象。粒序层理一般海进层序保存较好,较可靠,即从老到新,由粗到细。