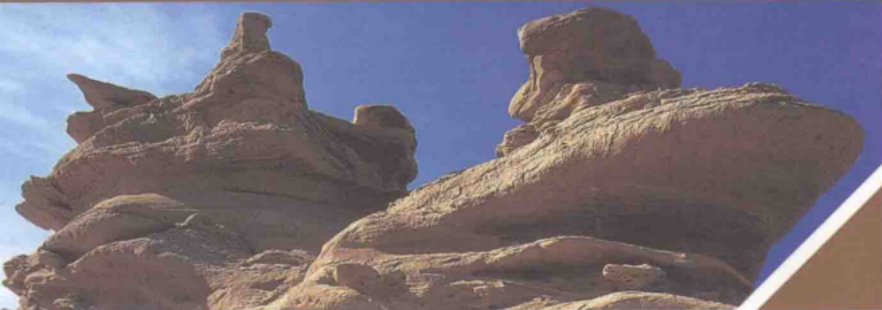




高职高专资源勘查类专业规划教材

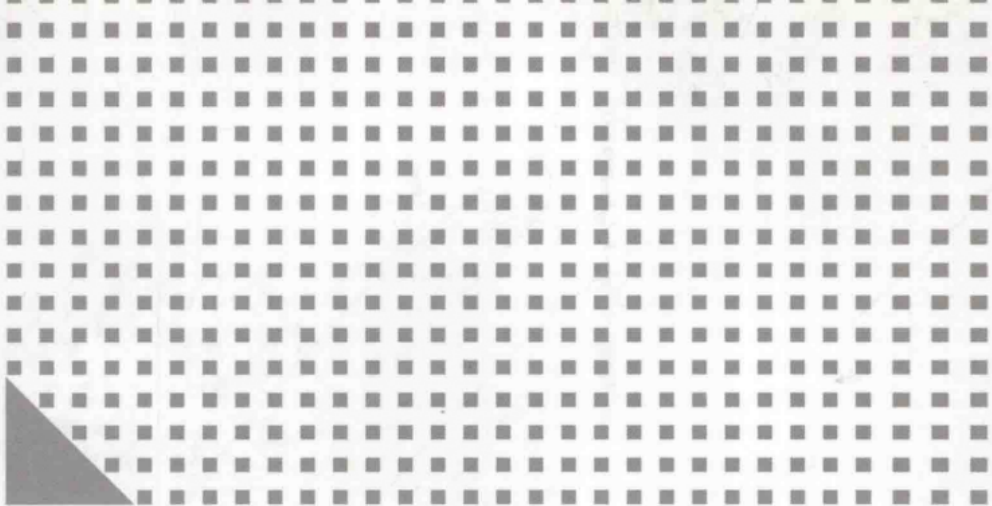
# 构造地质学

主编◎赵得思



HEUP 哈尔滨工程大学出版社  
Harbin Engineering University Press

选题策划/张盈盈  
责任编辑/张林峰  
张志雯  
封面设计/语墨弘源



上架建议：高职高专 地质

ISBN 978-7-81133-596-5



9 787811 335965 >

定价:33.00元

高职高专资源勘查类专业规划教材

# 构造地质学

主编 赵得思

哈尔滨工程大学出版社

## 内容简介

构造地质学是地质科学中的一门基础学科。本书着重讲述地壳基本地质构造,尺度上侧重于中小型地质构造的形态特征、分类、组合形式、形成机制以及各类构造的观察研究和描述方法。并设专章讲述了岩浆岩体和变质岩区构造。为了加强实践教学,配合相关理论章节,书后附有实习教材和附录等内容。

本书是以地质矿产部教育司1987年颁布的“构造地质学教学大纲”为依据编写的。本书供高职高专院校资源勘查类专业师生教学使用,也可供地质技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

构造地质学/赵得思主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2010.2

ISBN 978 - 7 - 81133 - 596 - 5

I. ①构… II. ①赵… III. ①构造地质学 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. ①P54

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第010904号

---

出版发行 哈尔滨工程大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街124号  
邮政编码 150001  
发行电话 0451 - 82519328  
传 真 0451 - 82519699  
经 销 新华书店  
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂  
开 本 787mm × 1 092mm 1/16  
印 张 17.5  
插 页 2  
字 数 420千字  
版 次 2010年2月第1版  
印 次 2010年2月第1次印刷  
定 价 33.00元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: [heupress@hrbeu.edu.cn](mailto:heupress@hrbeu.edu.cn)

---



构造地质学是地质科学中的一门基础学科,是地质类专业的专业基础课。本书是针对高职高专院校资源勘查类专业编写的通用教材。

近年来,我国地学职业技术教育取得了长足发展,但高职高专地学类教育因为起步较晚,所以缺少完整的系统的专业教材。

本书依据国家统一专业规范——地质矿产部教育司 1987 年颁布的“构造地质学教学大纲”(以下简称“大纲”)和 1982 年 12 月修订的“中等专业学校(四年制)教学计划”,并依照中国地质调查局《区域地质调查技术要求(暂行)》(DD2001—02)(1:250 000)、《区域地质区域矿产调查技术要求》(比例尺 1:50 000)、《区域地质图图例》(GB958—1989 - T)等专业技术规范编写的。

本书根据高职高专院校的层次,注重行业技术应用的特点,着重讲述地壳基本地质构造,尺度上侧重于中小型地质构造的形态特征、分类、组合形式、形成机制及各类构造的观察研究和描述方法。对伸展构造、逆冲推覆构造、韧性剪切带等地学热点问题单独列节,并设专章讲述了岩浆岩体和变质岩区构造,供其他专业依照“大纲”选用。

为了加强实践教学,配合相关理论章节,书后附有“赤平极射投影在构造地质学中的应用”和“构造地质学实习教材”、附录、附图等。

本书由甘肃工业职业技术学院赵得思主编,定稿。

本书编写过程中,主要参考了“地质矿产部构造地质学课程教学指导委员会”审定的《构造地质学》(高等学校教材),由徐开礼、朱志澄主编;中等专业学校地质矿产类规划教材,由孙超主编;西北大学构造地质学精品课程的资料教材体系和内容,同时还参考了国内较多的同类教材和专著。我校已退休的高级讲师蔺心泉、陈敬明,根据他们多年来从事本门课程教学积累的实践经验,对编写提纲和实习内容提出了建设性的意见,哈尔滨工程大学出版社也给予了大力支持和帮助。在此,一并致谢。

限于水平及时间仓促,书中错漏之处在所难免,忘请读者批评指正。

编者  
2009 年 7 月



第1章 绪论 .....	1
1.1 构造地质学的研究对象和内容 .....	1
1.2 构造地质学的研究意义 .....	1
1.3 构造地质学的研究方法 .....	2
第2章 岩层及其产状和地层的接触关系 .....	4
2.1 成层构造 .....	4
2.2 岩层的产状、厚度及出露特征 .....	11
2.3 地层的接触关系 .....	20
第3章 地质构造分析的力学基础 .....	26
3.1 应力分析 .....	26
3.2 变形分析 .....	30
3.3 应变椭球体 .....	36
3.4 影响岩石力学性质与岩石变形的因素 .....	40
第4章 褶皱 .....	44
4.1 褶皱和褶皱要素 .....	44
4.2 褶皱的主要类型 .....	46
4.3 褶皱的类型及褶皱的组合形式 .....	49
4.4 褶皱的形成机制与成因分析 .....	55
4.5 褶皱构造的观察和研究 .....	62
4.6 表示褶皱构造的图件 .....	72
第5章 节理 .....	77
5.1 节理及其分类 .....	77
5.2 节理的分期与配套 .....	82
5.3 雁列节理 .....	85
5.4 区域性节理 .....	87
5.5 不同地质背景上发育的节理 .....	88
5.6 节理的野外观测 .....	90
5.7 节理测量资料的整理 .....	92
第6章 断层 .....	97
6.1 断层的几何要素和位移 .....	97
6.2 断层分类 .....	99
6.3 常见断层的一般特征、组合形式及其成因 .....	101
6.4 断层效应 .....	108
6.5 断层的识别 .....	111
6.6 断层的观测 .....	113
6.7 断层作用的时间性 .....	118



6.8	断层的组合类型——伸展构造、逆冲推覆构造	121
6.9	研究断层的实际意义	124
<b>第7章</b>	<b>劈理和线理</b>	<b>128</b>
7.1	劈理	128
7.2	线理	136
<b>第8章</b>	<b>岩浆岩构造</b>	<b>145</b>
8.1	岩浆岩体的产状及其构造控制	145
8.2	喷出岩体及其原生构造	148
8.3	侵入岩体及其原生构造	149
8.4	岩浆岩体的次生构造	154
8.5	岩浆岩体构造的观测和研究	155
<b>第9章</b>	<b>变质岩区构造</b>	<b>162</b>
9.1	变质岩区的构造特征	162
9.2	变质岩区的构造研究	167
9.3	韧性断层(韧性剪切带)	173
9.4	变质岩区的构造解析	178
<b>附录 I</b>	<b>极射赤平投影在构造地质学中的应用</b>	<b>184</b>
第一节	极射赤平投影的基本原理	184
第二节	赤平投影网及其用法	185
第三节	极射赤平投影在构造地质学中的应用	186
	练习题	199
<b>附录 II</b>	<b>构造地质实习教材</b>	<b>202</b>
实习一	地质图的基本知识和读水平岩层地质图	202
实习二	用间接方法确定岩层产状要素	206
实习三	读倾斜岩层和不整合接触地质图并作剖面图	208
实习四	根据已知岩层产状编绘岩层露头界线	210
实习五	构造模拟实验	213
实习六	读褶皱区地质图	215
实习七	绘制褶皱地区剖面图	218
实习八	编绘和分析构造等高线图	221
实习九	绘制节理走向玫瑰花图	225
实习十	运用赤平投影方法,根据共轭断裂(剪节理、断层)求主应力作用 方位	227
实习十一	分析断层地区地质图	229
实习十二	在断层区地质图上求断距,并确定断层形成时期	231
实习十三	分析褶皱断层地质图并切制断层区地质剖面	233



实习十四 分析岩浆岩发育地区地质图并切制剖面图 .....	234
实习十五 地质图的综合分析及编制构造纲要图 .....	236
附录Ⅲ 真、视倾角换算图 .....	241
附录Ⅳ 地层代号和色谱 .....	242
附录Ⅴ 地质图件上常用的花纹图例 .....	244
附录Ⅵ 地质图件上常用的符号 .....	248
附录Ⅶ 岩层厚度的计算公式及其在袖珍电子计算器上的运算 .....	251
实习用图 .....	255
参考文献 .....	270

# 第1章 绪 论

## 1.1 构造地质学的研究对象和内容

构造地质学是研究地壳(岩石圈)地质构造的学科。地质构造是指在地壳发展过程中,其中的各类岩石在动力地质作用下产生的各种变形。包括褶皱、断层、劈理及其他面状、线状构造等。构造地质学除研究各种地质构造的形成原因、形态特征、组合方式、分布规律、形成时期和形成的地质条件外,同时还要研究对各种构造形态的描述、制图及其表示方法,以及构造地质学与矿产地质、水文地质、工程地质、地热及地震地质学等学科的相互关系。

地质构造的规模有大有小,大的可占据数百至数千平方千米或更大的范围,小的可在露头甚至一块手标本上表现其全貌,更小的则需借助显微镜才能观察到。构造地质学主要侧重于研究中、小型地质构造,较大区域的大地构造特征及其发展规律属于区域大地构造学的研究范畴,全球范围内地壳结构及其运动规律则属于全球构造学的研究范畴。构造地质学是学习地质科学的一门基础性课程,为学好后续的其他专业课程,如矿床学、找矿勘探地质学、水文地质及工程地质等课程奠定基础。

## 1.2 构造地质学的研究意义

研究地质构造在理论上和实践上都有着重要意义。

首先,它在普查勘探地下资源的工作中起一定的指导作用。各种矿产资源的形成、富集和分布是受一定地质构造条件控制的。例如,内生矿产的形成、分布常与褶皱、断裂有关,外生层状矿产的赋存状态与褶皱形态、断层分布关系密切;石油和天然气常在封闭的穹窿、背斜顶部富集;地下水和地热资源又多在向斜盆地和某些近代断裂活动区贮存。地下资源形成后,又可能受到新生的地质构造的改造,或使之富集,或使之贫化,甚至使其遭到破坏。因此,只有研究掌握区域和矿区的地质构造特征及其分布规律,才能科学地指导普查勘探工作和正确评价地下资源。

其次,它可为各种工程建筑提供必要的地质资料。矿产的开采,地表、地下工程建筑的设计和施工,都必须事先查清影响施工安全和工程建筑稳固的水文、工程地质条件,并进行论证,否则将会发生不堪设想的后果。而这些条件又直接或间接地与地质构造相关。例如断层破碎带常是一个裂隙发育强度低、压缩性大的软弱带,地下采矿、施工时遇到它,可能会出现涌水和坍塌,给采矿、施工造成困难和损失;建筑在它上面的工程,则会因地面发生不均匀沉降而产生裂缝、倾斜乃至毁坏;在其上面建造水库,则可能发生渗漏、坝下潜蚀,影响水库正常使用和危及拦河坝的稳固性。因此,必须查清地质构造的特征和分布规律,才能获得正确评述水文地质、工程地质条件所需要的地质资料。

第三,地震是地壳运动的表现形式之一,破坏性地震常给人民的生命财产造成巨大的损失。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。因此,研究区域地质构造发育的特征及其在近代活动的规律,是地震地质工作的一项十分重要的基础工作,可为预报地震提供必要的依据。对地震地质研究和地震预报极为重要。

第四,影响人类赖以生存和发展的地质环境质量的诸多地质因素中,地质构造是其中重要的因素。不同地区地质环境的差异及地表元素分布的不均一性,在很大程度上与各地区地质构造的不同有关。因此,在环境地质学研究地质环境的形成和变化,预测和评价人类生产活动对环境的近期与长期的影响中,地质构造的研究都起到了至关重要的作用。

综上所述,构造地质学无论在理论方面还是生产实践方面,都有十分重要的意义。作为祖国社会主义建设的尖兵——中国地质工作者,要为振兴中华而勤奋学习,运用所掌握的科学技术知识为祖国社会主义现代化建设贡献力量。

### 1.3 构造地质学的研究方法

地质构造的研究包括构造几何学、运动学和动力学的研究,以及构造发育、演化的历史分析。构造几何学的研究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观察、描述和测量;构造的运动学分析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;而动力学的研究则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。构造的历史分析是通过野外观察和室内对有关资料的综合研究,阐明各种地质构造的形成时期及其发育顺序。这几个方面的研究是相互联系、相辅相成的。对构造形态进行几何分析则是构造地质学研究的基础,有了构造几何分析的基础,才可能正确分析地质构造的演化历史和成因,进而对各个地区的构造分析资料及其他方面的资料进行综合分析,从而揭示出地壳构造的形成和发展规律。

尽管对不同岩石类型地区地质构造和不同尺度构造的研究任务和方法各有不同,但是,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,可以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面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,能较好地反映地下构造形态的特征。

研究地质构造的形态、产状及其相互关系,一方面是采用填绘地质图、编制有关图件以及相应文字描述的常规方法,另一方面是通过对各种面状构造和线状构造要素的力学性质、产状和相互几何关系的系统观察和测量,应用极射赤平投影或电子计算机作数理统计分析和自动化成图,从而得出地质构造产状方位的形式和对称性的特征,为建立地质构造三维空间图像、分析构造变形机制、恢复变形史等提供依据。Bruna Snder(1930)在《岩石组构学》中提出的变形岩石显微组构的几何分析方法和运动学解释原则,经广大地质学家在实践中进行修正和补充,现已发展成为不仅可用于显微构造分析,而且也可以应用于中、小型构造乃至大型构造分析的方法。

现代航空、航天遥感技术和航空相片、卫星相片的采用,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,观察其变形特点和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。数学地质的发展和电子计算机的应用,使构造地质学研究向定量的数理分析方向发展。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。

对地质构造进行历史分析,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,或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规律有一个较为正确的认识。

随着地质构造研究的不断深入,人们对从地表到地下深处的构造有了更进一步的了解,认识到地壳或岩石圈不同深度区的变形过程、变形机制和变形产物以及构造特点都是不同的。一般把地壳或岩石圈划分为浅、中、深构造层次。

地质构造是地壳运动中岩石受力变形的遗迹,它们组合起来能反映当时岩石的受力状况,通过研究可以追索地壳运动作用力的方式、方向,有助于了解地壳运动的性质和特点,探讨地壳运动起源和运动规律。强调以大自然为实验室,投身于实践,充分观察和收集现存的地质构造痕迹,进行综合、分析、推理,再到实践中去验证,修正错误的认识,即所谓“将今论古”的方法,又称为“反序法”。

在对规模不同、类型众多、成因多样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。或者说要对地质构造进行空(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。

在构造地质学研究中,还需与岩石学、地层学、地貌学及地球物理学等学科密切结合。同时,要努力学习和掌握辩证唯物主义思想方法,遵循实践、认识,再实践、再认识这个辩证唯物主义认识论原则,坚持理论联系实际的学风和严肃认真的科学态度,才能学好、用好这门学科的基本理论和知识,并使之向前发展。

## 复习思考题

1. 对地质构造主要从哪几个方面进行研究,各有什么主要内容?
2. 将构造尺度与构造层次划分为哪几种类型?
3. 构造地质学研究的具体方法有哪几种?
4. 学习构造地质学有什么意义?

## 第 2 章 岩层及其产状和地层的接触关系

### 2.1 成层构造

#### 2.1.1 岩层和地层的概念

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石叫做岩层。在沉积过程中,一层层堆叠起来的沉积物,在成岩以后,呈现明显由平行界面局限的并相互叠置的层状构造称为沉积岩层。在火山活动的地区,喷发岩也常具有层状构造。岩层的上、下界面称为层面,上层面称顶面,下层面称底面。

两套岩层的接触界面,既是上覆岩层的底面,又是下伏岩层的顶面。上、下层面间的垂直距离,就是岩层的厚度。由于沉积环境和条件的不同,有的岩层在较大范围内厚度基本一致,形成厚度稳定的板状;有的岩层厚度不稳定,发生一定的变化;有的向一侧变薄甚至尖灭,形成楔形;有的向两侧同时变薄和尖灭,形成透镜状,如图 2-1,图 2-2 所示。



图 2-1 层理特征和岩性厚度的关系(据蓝洪锋)

注:岩性和厚度不同,呈现的层理特征也不同,素描图中自上而下为中厚层砂岩、厚层砂岩、薄层砂岩、页岩、泥岩。泥岩的层理特征不明显,厚层状的砂岩层理也显示的不清楚。

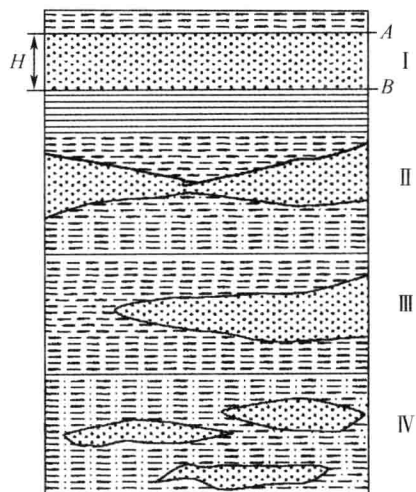


图 2-2 岩层的厚度和形态

A—顶面;B—底面;H—岩层厚度;I—厚度均匀的板状岩层;II—岩层厚度变厚变薄;III—岩层尖灭,呈楔形;IV—岩层呈透镜状

任何一套岩层都是在地质历史时期中,一定的空间、时间和自然环境下形成的,所以将某地区在某一地质时代形成的一个或一套甚至几套岩层,称为地层。

地层与岩层在概念上既有严格的区别,又有密切的联系。对岩层的划分,主要是根据岩石的成分、结构、层理、颜色等特征,不考虑它的时代归属,如砂岩层、泥岩层等,岩层的厚度和形态不能作为一个地层单位与邻区相对比。对地层的划分,不仅要注意岩性特征,而且还要确定它的地质时代的归属,如华北地区的呈透镜状中石炭统本溪组,可以作为独立的地层单位,能与邻区相对比。

### 2.1.2 层理及其识别

#### 1. 层理的概念

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,如层理、层面构造、结核、叠锥以及生物遗迹、叠层石等等。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也有重要意义。

沉积岩原生构造不仅为研究和判断岩层形成时的古地理和地壳运动特征提供重要资料,而且有些原生构造,诸如层理、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特征具有一定的指导意义,在某些情况下具有特殊的作用。层理是沉积岩最常见的一种原生构造。它是通过岩石成分、结构和颜色在剖面上的突变或渐变所显现出来的一种成层构造。层理的形成及其特征与组成岩石的成分,形成岩石的地质、地理环境以及运动介质特征有关。

#### 2. 层理的类型

层理按其形态的不同可分为三种基本类型,即平行层理、波状层理和斜层理,如图2-3所示。

在层状岩石地区观察地质构造时,首先要正确地识别岩层的层理和层序。大多数沉积岩的层理都较为明显,容易辨认。但是,某些岩层,如巨厚层岩层或砾岩层,它们的层理常常很不清楚,有的岩层则由于节理、劈理强烈发育而掩蔽了层理或与层理混淆不清,特别是在某些变质岩地区,由于次生层理特别发育,甚至层理被置换,以致原生层理极难辨认。这就要求我们在野外工作中仔细观察,尽力发现能鉴别层理的各种标志及岩层的其他原生构造去识别层理。

#### 3. 层理的识别

层理主要是根据岩石的成分、结构和颜色的变化以及层间分界面等几个方面来识别的。

(1) 岩石成分的变化 在成分比较单一的巨厚层岩石中要注意寻找成分特殊的夹层。如块状砂岩中的砂砾层、粗砂岩夹层或透镜体,巨厚层岩石或白云岩中的薄层泥灰岩、页岩夹层或硅质条带等,查明这些夹层的层理,有助于识别包含这些夹层的巨厚岩层的层理,所以这些夹层是识别巨厚岩层层理比较可靠的标志。

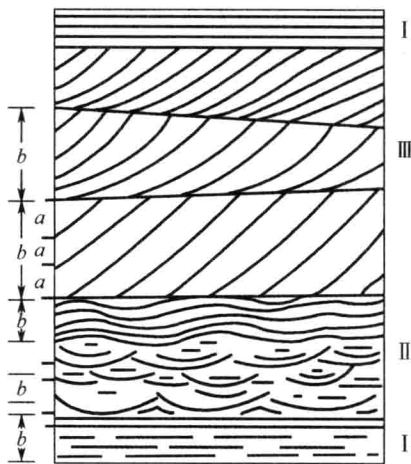


图2-3 层理的基本类型

I—平行层理; II—波状层理; III—斜层理;  
a—细层; b—层系

(2) 岩石结构的变化 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,都可作为确定层理的标志。

(3) 岩石颜色的变化 在成分单一、颗粒较细、层理隐蔽的岩石中,如有颜色不同的夹层或条带,也可指示层理。但要注意区别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,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) 岩层的原生层面构造 这些构造包括波痕、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面状构造(如节理,劈理)时,应多观察一些附近的露头,详加比较分析,并根据层面一般都延展较远,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。

### 2.1.3 利用岩层的原生构造确定岩层的层序

确定岩层的新老层序是野外观察研究地质构造的重要问题。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,沿着岩层倾向,按由老到新的层序排列,但也有些岩层在强烈的构造变动后,产状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,出现由新到老的层序倒置现象。确定岩层的地质时代和层序,主要的依据是化石。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,通过判别岩层的顶、底面确定其相对新老层序。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。这里只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。

#### 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,可以向同一方向倾斜,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,其判别特征是:每组细层与层系顶部主层面成截交关系,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。根据这个特点就可以确定岩层顶、底面了,如图 2-4、图 2-5 所示。

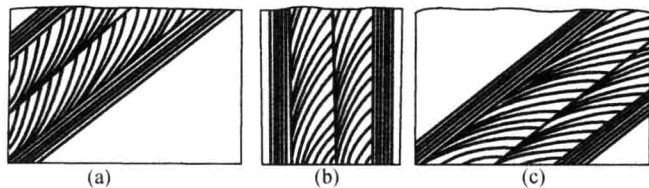


图 2-4 根据斜层理确定岩层顶、底面(据 M. P. Billings, 1947)

(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

#### 2. 粒级层理

粒级层理又叫递变层理。其特点是在一单层内,从底到顶粒度由粗逐渐变细,如底部是



图 2-5 河南嵩山元古界石英岩中交错层理的素描图(据《野外地质素描》)

注:锤柄指向上层面。

砾石或粗砂质,向上可递变为细砂、粉砂,以至泥质。递变层厚度可由几厘米到几米,如图 2-6(b)。在相邻两粒级层之间,下层顶面通常受过冲刷,因而两层在粒度上或成分上不是递变而是突变,如图 2-6(c)。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,如图 2-7。

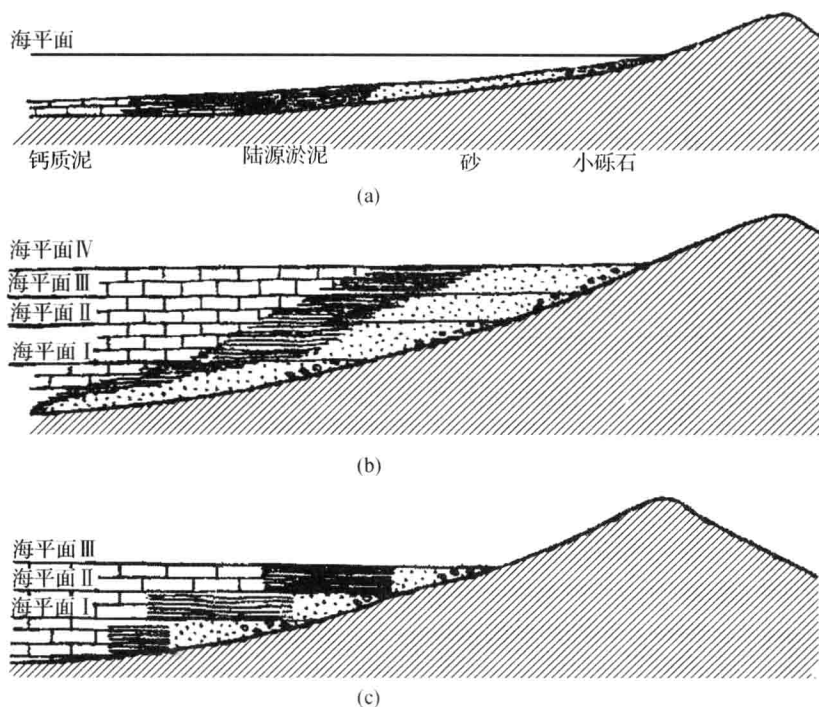


图 2-6 岩层及层理的形成(据 Г. Д. 阿日吉列)

- (a) 沉积盆地中陆源沉积物与海岸线的分布关系;  
 (b) 当沉积盆地呈缓慢下降时,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

粒级层理除发育于砂岩等碎屑岩中外,在以凝灰质为主的火山碎屑岩中也可见到,也同样可作为鉴别岩层顶、底面的特征。这种具粒级层理特征的岩层变成浅变质岩石时,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不同,如原来细致的泥质物质经重结晶,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。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。

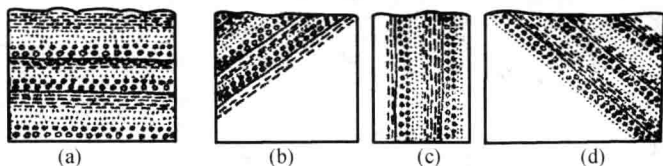


图 2-7 根据粒级层理确定岩层顶、底面 (据 M. P. Billings, 1947)  
 (a) 水平岩层,每层自底到顶由粗变细;(b) 正常倾斜岩层,顶面在左上方;  
 (c) 直立岩层,顶面在右边;(d) 倒转岩层,顶面在左下方

### 3. 波痕

波痕的成因和类型很多,能指示岩层顶、底面的主要是对称型的浪成波痕。浪成波痕由尖棱状波峰和圆弧形波谷组成,如图 2-8 所示。这种波痕无论是原型还是其印模,都是波峰尖端指向岩层的顶面,波谷的圆弧则凹向岩层的底面,如图 2-9 所示。波痕常见于砂岩、粉砂岩、泥灰岩和石灰岩中。

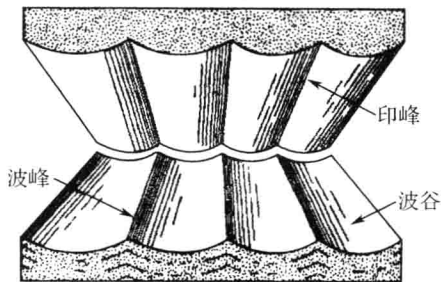


图 2-8 对称形的浪成波痕及其印模示意图  
 (据 R. R. Shrock, 1948)

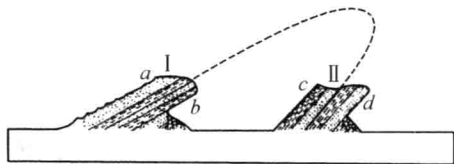


图 2-9 利用波痕确定岩层顶、底面  
 (据 M. P. Billings, 1947)

a—波痕原型,波峰指向左上方;b—波痕印模,波峰指向左上方;c—波痕印模,波峰指向右下方;d—波痕原型,波峰指向右下方;I—正常岩层;II—倒转岩层

### 4. 泥裂

泥裂又称干裂,是未固结的沉积物露出水面,失水干涸时,因收缩而形成与层面大致垂直的裂缝。泥裂常见于黏土岩和粉砂岩中,也见于碳酸盐岩中。泥裂使层面构成网状、放射状或不规则的分叉状的裂缝,在剖面上一般呈“V”字形(有时切穿层面也可呈“U”字形),这些裂缝被上覆沉积物填充时,其填充层的底面成为脊形印模(图 2-10)。

无论是楔形裂缝或脊形印模的尖端均指向岩层的底面,即指向较老岩层。

### 5. 雨痕、冰雹痕及其印模

雨痕和冰雹痕是雨点或冰雹落在湿润而柔软的泥质或粉砂质沉积物上,冲打出圆形或椭圆形,边缘略高于沉积物表面的凹坑。冰雹痕较雨痕大而深,形状不太规则,也较粗糙,凹坑边缘也较高。两种凹坑形成后又被上覆沉积物填充掩埋,成岩之后,遂在岩层的顶面上留下凹坑,而在上覆岩层的底面形成圆形或椭圆形瘤状突起的印模。因此,凹坑总是分布在岩层的顶层(图2-11),瘤状印模则出现在岩层的底面,或者说,凹坑和瘤状印模的圆弧外形总是凹或凸向岩层的底面。

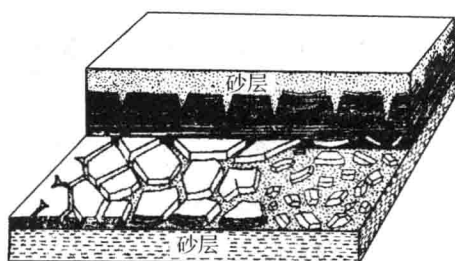


图2-10 泥裂示意图(据 R. R. shrock)

此外,还有许多不同成因、形态各异的印痕和印模,如由生物活动形成的虫迹,脚印;流水的流痕,或者流水携带某些“工具”(如石块、贝壳、树枝等)对沉积物表面的冲击或刻划所造成的各种印痕,它们在上覆岩层底面都会形成各种对应的印模,如槽模、沟模……这些印痕和印模都是凹形印痕分布在岩层的顶面,凸起的印模则出现在上覆岩层的底面。

### 6. 冲刷痕迹

固结或半固结的沉积层,在露出水面或在水下时,因流水的冲刷,在沉积层的层面上造成沟、槽和浅坑等凹凸不平的冲刷痕迹。此后,在其上覆沉积层的底面上也可形成相应的印模,岩层面上的这些沟、槽和浅坑,及其上覆沉积岩层底面上的印模,同样可以作为确定岩层顶、底面的标志(图2-12)。

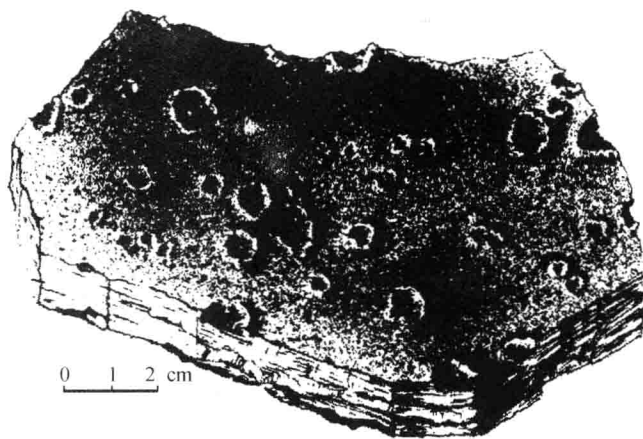


图2-11 四川广元三叠系飞仙关组紫红色砂质页岩中之雨痕(李尚宽绘)

### 7. 古生物化石的生长和埋藏状态

保存在岩层中的古动、植物化石,除了根据其种属确定地层的地质时代外,还可以根据某些化石在岩层内的埋藏保存状况和生长状态鉴定岩层的顶、底面。例如珊瑚(特别是群体珊瑚)等底栖生物,常可能就以当初生长状态被掩埋起来。因此,它们的基部总是指向岩层的底面。又如由某些藻类形成的叠层石(图2-13),其类型不同,形态各异,如柱状、分枝状、锥状和瘤状,但均具有向上穹起的叠积纹层构造。这些穹状纹层的凸出方向,往往指向岩层的顶面。

一些腕足类或斧足类动物的介壳,在被沉积物掩埋时,大多数保持着凸面向上这样一种最稳定的埋藏状态。所以,大多数介壳较凸的一瓣的凸出方向,往往指向岩层的顶面(图2-14)。

古代羊齿类、苏铁类和其他种类植物的根系,当被掩埋时,保持其生长状态,则古植物根系的生长迹象也可作为判断岩层顶、底面的标志。