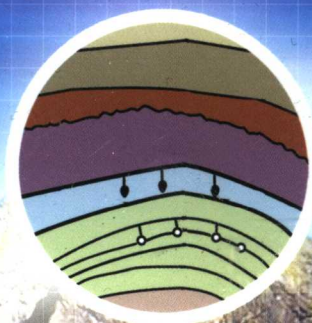
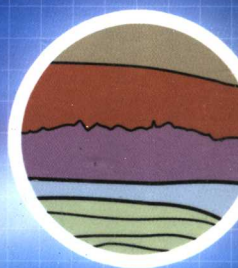


高 等 学 校 教 材

GAO DENG XUE XIAO JIAO CAI

# 构造地质学

胡 明 廖太平 © 主编



石油工业出版社

高等学校教材

# 构造地质学

胡明 廖太平 主编

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书共九章，内容包括岩层原生构造及产状、地层的接触关系、岩石变形的力学分析、褶皱构造、节理、断层、同生构造、大地构造、盆地构造以及实习指导等。

本书可用作资源勘查工程、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、工作参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

构造地质学/胡明, 廖太平主编.

北京: 石油工业出版社, 2007.9

高等学校教材

ISBN 978-7-5021-6000-5

I. 构…

II. ①胡…②廖…

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 (2007) 第 119431 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.cn](http://www.petropub.com.cn)

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

---

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 18.5

字数: 472 千字 印数: 1—3000 册

---

定价: 28.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

# 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、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。

本书是为资源勘查工程、勘查技术与工程、石油工程、土木工程等本科专业和石油与天然气地质勘探专业、地球物理勘探等专科专业的学生编写的教学用书，也可作为现场地质工程技术人员进修、学习、工作的参考用书。本书参考学时为 60~80 学时。

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 沉积岩的原生构造及产状    | 5   |
| 第一节 沉积岩层的原生构造      | 5   |
| 第二节 岩层的产状、厚度及出露特征  | 11  |
| 习题及思考题             | 22  |
| 第三章 地层的接触关系        | 24  |
| 第一节 地层的接触关系概念      | 24  |
| 第二节 不整合的类型         | 25  |
| 第三节 不整合的观察及研究      | 27  |
| 习题及思考题             | 29  |
| 第四章 岩石变形的力学分析      | 31  |
| 第一节 应力与应变          | 31  |
| 第二节 岩石的变形习性及其影响因素  | 41  |
| 习题及思考题             | 53  |
| 第五章 褶皱构造           | 54  |
| 第一节 褶皱和褶皱要素        | 54  |
| 第二节 褶皱的形态描述        | 56  |
| 第三节 褶皱的产状类型及其组合形式  | 59  |
| 第四节 褶皱的形成机制        | 63  |
| 第五节 褶皱的观察和研究       | 66  |
| 习题及思考题             | 68  |
| 第六章 节理             | 70  |
| 第一节 节理的概念及其研究意义    | 70  |
| 第二节 节理的分类          | 71  |
| 第三节 不同地质背景上发育的节理   | 77  |
| 第四节 节理的分期与配套       | 82  |
| 第五节 节理的野外观测及室内资料整理 | 84  |
| 第六节 裂缝的井下识别和研究     | 88  |
| 习题及思考题             | 108 |
| 第七章 断层             | 110 |
| 第一节 断层的几何要素        | 110 |
| 第二节 断层的分类          | 112 |
| 第三节 断层各论           | 114 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第四节 断层的观察和研究            | 120 |
| 习题及思考题                  | 134 |
| <b>第八章 同生构造分析</b>       | 136 |
| 第一节 同沉积背斜               | 136 |
| 第二节 同生断层                | 143 |
| 第三节 软沉积变形               | 152 |
| 习题及思考题                  | 155 |
| <b>第九章 大地构造基本理论</b>     | 156 |
| 第一节 槽台学说                | 157 |
| 第二节 板块构造理论              | 175 |
| 第三节 中国大地构造学派简介          | 184 |
| 第四节 中国大地构造的现代发展         | 211 |
| 习题及思考题                  | 212 |
| <b>第十章 盆地构造基本理论</b>     | 213 |
| 第一节 盆地及含油气盆地            | 213 |
| 第二节 含油气盆地的形成机制与板块构造     | 219 |
| 第三节 中国大陆板内新生代盆地的特征      | 220 |
| 习题及思考题                  | 225 |
| <b>附录</b>               | 226 |
| <b>附录 I 构造地质学实习指导</b>   | 226 |
| 实习一 地质图的基本知识及读水平岩层地质图   | 226 |
| 实习二 用间接方法确定岩层产状要素       | 236 |
| 实习三 读倾斜岩层和不整合接触地质图并作剖面图 | 240 |
| 实习四 读褶皱区地质图             | 243 |
| 实习五 编制和分析构造等高线图         | 248 |
| 实习六 编制节理极点图和等密图         | 252 |
| 实习七 分析断层地区地质图           | 255 |
| 实习八 构造地质综合实习            | 261 |
| <b>附录 II 极射赤平投影</b>     | 267 |
| 第一节 赤平投影的基本原理           | 267 |
| 第二节 赤平投影网的使用方法          | 271 |
| 第三节 赤平投影在地质构造中的应用       | 277 |
| 习题及思考题                  | 286 |
| <b>附录 III 地层代号和色谱</b>   | 288 |
| <b>参考文献</b>             | 289 |

# 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分支学科，主要研究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，并进而探讨产生地质构造的地壳运动的方式、规律和动力来源。同时，构造地质学还要研究沉积岩在沉积和成岩作用过程中所形成的原生构造以及沉积岩岩层的产状和地层的接触关系等。

地质构造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，从而形成的各种构造，如褶皱、节理、断层、劈理以及其他各种面状和线状构造等。

构造地质学研究的范围大至几百、上千千米乃至全球规模，即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组构等，需要借助显微镜才能观察；在深度上，则涉及从地壳表层至地幔深部不同层次的构造现象。因此，对地质构造的观察研究，可以按规模大小划分为许多级别，称为“构造尺度”。构造尺度的划分是相对的，一般把构造尺度划分为巨、大、中、小、微以至超显微等级别。不同尺度的地质构造各有其不同的研究任务和研究方法，例如小尺度或中尺度的地质构造观察研究通常采用野外地质调查方法。

构造地质学的主要任务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。

构造地质学主要以各种地质构造的产状、形态、规模、形成条件、形成机制、分布和组合及其演化历史为研究对象，进而探讨产生地质构造的地壳运动的方式、规律和动力来源。构造地质学还要研究沉积岩在沉积和成岩作用过程中所形成的原生构造以及沉积岩岩层的产状和地层的接触关系等。

构造地质学研究的基本内容是阐述有关中、小尺度的地质构造的基本特征（形态、产状、分布和组合关系）及对各种构造的认识方法和分析方法。本课程的主要内容包括四大部分：沉积岩层的产状特点及有关力学分析基础；褶皱构造的特征及研究方法；断裂构造的基本类型以及它们的特点；大地构造的基本理论和研究方法。

## 二、构造地质学的研究意义及发展

**理论意义：**阐明地壳构造在空间上的相互关系和时间上的发育顺序，探讨地壳构造的演化和地壳运动规律及其动力来源。构造地质学的学科发展对整个地球科学的理论建设具有重大作用。

**实际意义：**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、石油地质及环境地质等方面有关的问题。

地壳中矿产的分布是受一定的地质构造控制的，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、储集的场所，这些通道和场所与地质构造有极其密切的关系，比如石油、天然气就常常分布在背斜的顶部或具圈闭条件的断裂构造中。在另一方面，许多已形成的矿产还会受到后来的地壳运动的影响而变形。

地下水的活动和富集也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。许多工程建设要首先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，如对重大自然灾害（地震、火山、山崩、滑坡、泥石流等）的预防和治理，同样需要构造地质学研究的支持。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。

随着现代科技的日新月异，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了一个崭新的阶段，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、多类型的构造的全方位动态研究的广阔领域。

20世纪60年代，板块构造理论的问世，标志着地球动力观已取代了过去准静态的地球观，石油构造学也进入一个新的发展阶段。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，逐渐形成了一套总体看法，建立了新的构造观。

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的球体，其内部热量驱动着对流，带动着板块的活动，从而建立了活动论。这是认识、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的作用；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的层圈横向上极不均匀，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，其构造形成则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。

### 三、构造地质学的特征及研究方法

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。对它们的研究，只能通过观察、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。这种研究方法称为“反序法”，它是研究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,即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,以及钻井法等。

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的学生,还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及其分布规律。分析认识石油构造需要一个新的思维方法和新的技术手段。石油构造分析应该包括以下一些内容:

(1) 基础地质资料的研究,主要研究区域地质文献资料,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的层位标定;通过建立各种样式的地质模型,进行地质模型正演模拟;对地震资料进行初步的构造解释;再利用平衡地质剖面进行验证,修正构造解释的成果;最后根据修正后的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,不整合类型的鉴别,沉降历史的分析,岩浆活动历史的分析,深部构造背景的分析,建立构造演化模式,以及盆地构造运动学、动力学分析。

(4) 盆地油气资源的预测,包括构造单元的划分,各种圈闭类型的鉴别及分布规律,有利生、储、盖组合和配置,有利圈闭的评价,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,根据油气勘探程度的差异和勘探阶段的不同,方法上应有所侧重和取舍。

#### 四、构造地质学与其他后续课程的关系

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,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。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,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,应注意培养学生地质构造观察、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的过程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、区域地质等基本知识作为基础。

本书作为石油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，为后续专业课程如矿床学、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。

## 五、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，以几何学为主，以中、小型构造为主，以构造的实际观测与研究及表示与绘制方法为重点，了解大地构造和盆地构造的基本理论和内容。

要求学生初步学会和逐步掌握对构造观察、分辨、分析的基本能力，为实际构造的观测和研究奠定基础。

要求能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，初步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；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；初步掌握构造的形成、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；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

# 沉积岩的原生构造及产状

### 本章要点

岩层的概念；层理及其识别；沉积岩层的原生构造及其顶、底面的确定；水平岩层的概念及其特征；倾斜岩层的产状、厚度、埋藏深度及其出露特征。

本章的难点是倾斜岩层的出露特征。

通过本章的学习，要求学生掌握利用沉积岩的原生构造确定岩层顶、底界面；掌握倾斜岩层的产状要素及测量、表示方法；学会利用岩层露头分布“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%。大陆地壳表层的地质构造很多是由沉积岩形成的。观测分析沉积岩层的原生构造、岩层产状和接触关系，是研究地质构造的一项基础工作，也是本课程的基本内容之一。

## 第一节 沉积岩层的原生构造

### 一、岩层的概念

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体叫做岩层。由沉积作用形成的岩层叫沉积岩层。岩层的上、下界面叫层面，上层面又称顶面，下层面又称底面。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。

同一岩层的成分、结构和颜色大体上是一致的，并由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，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（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，在其边缘沉

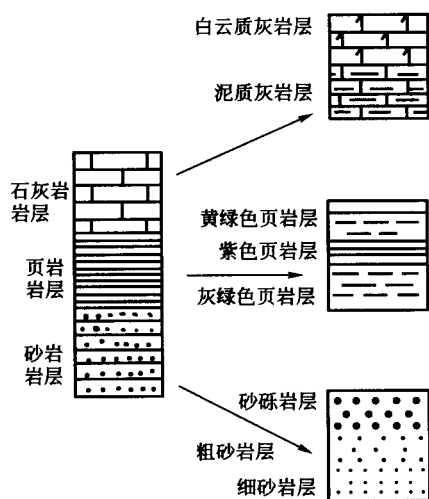


图2-1 岩层和层之间的关系示意图

积了砾石，向盆地内部逐渐过渡为砂、细砂、粘土等物质，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粘土等，使水平方向和垂直方向均呈现出由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。

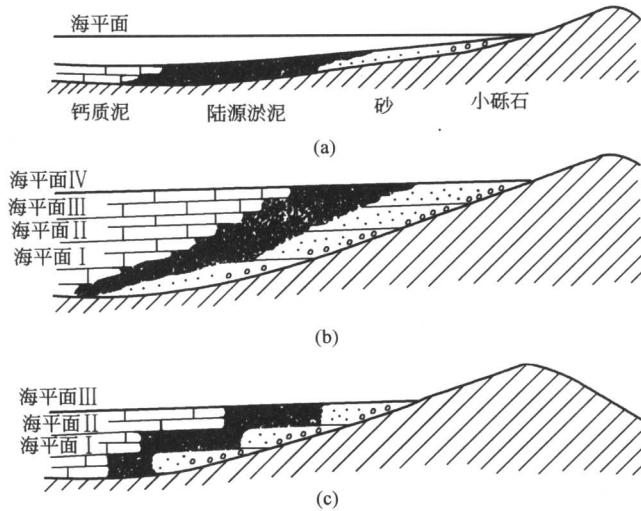


图 2-2 岩层及层理的形成

(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

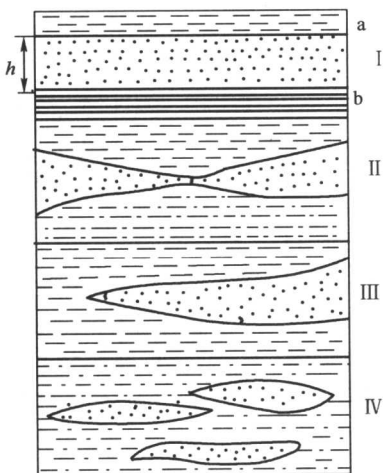


图 2-3 岩层的厚度和形态

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

同一岩层在形成过程中，由于气候条件、水流大小、物源供应等外力地质因素发生变化而显示出层理和层。因此，任何一个岩层都是一次地壳升降运动所造成的沉积单位，其性质受一定的时间、空间和自然地理环境所控制。

同一岩层顶、底面之间的最短距离，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，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，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（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和幅度以及古地理环境的影响。因此，常采用测定各个地点、同一时代的岩层厚度数据，制作该时代岩层的等厚图（即岩层厚度等值线图）。等厚图用来

分析地壳升降运动的变化规律，确定出隆起区和拗陷区，对寻找石油和天然气有一定的实际意义。

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。沉积岩的原生构造主要是沉积岩石学研究的内容，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（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，在某些情况下这些构造特征还具有特殊的作用。

## 二、层理及其识别

层理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通常将其分为三种基本类型：水平层理、波状层理和斜层理（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，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。特别是某些变质岩区，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。这就要求地质工作者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去识别层理。

野外识别层理，可根据以下四种标志：

(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、泥岩中夹有粉砂岩等，借助于这类夹层可以识别巨厚岩层的层理。

(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，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，如果有颜色不同的夹层或条带，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，就容易误认为层理；此外，在有些深色泥

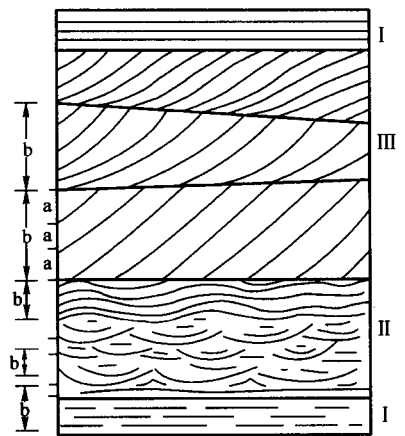


图 2-4 层理的基本类型

I—平行层理；II—波状层理；III—斜层理；  
a—细层；b—层系

岩或白云岩中，常因风化而引起退色作用，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。这些构造包括波痕、泥裂、雨痕、生物遗迹及其印模，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，详加比较分析，并根据层理面一般都延展较远、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。

### 三、利用沉积岩层原生构造确定岩层的顶面和底面

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课题。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，沿着岩层的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，也可以根据岩层原生构造或某些次生构造，通过判别岩层的顶、底面去确定其相对新老层序。这里重点介绍利用沉积岩的原生构造来确定层序的一些标志。对于次生构造（如层间小褶皱、劈理等）确定岩层层序的方法，将在后面的有关章节再讨论。

#### (一) 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。根据这个特点就可以确定岩层顶、底面（图 2-5）。

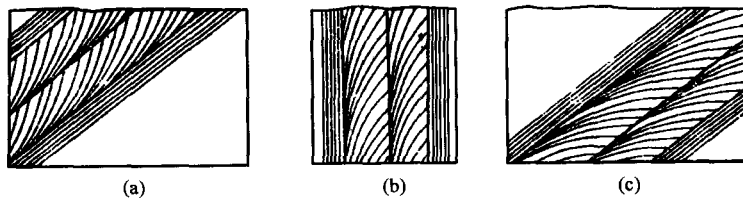


图 2-5 根据斜层理确定岩层顶、底面（据 M. P. Billings, 1947）

(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

粒级层理又叫递变层理，它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）。

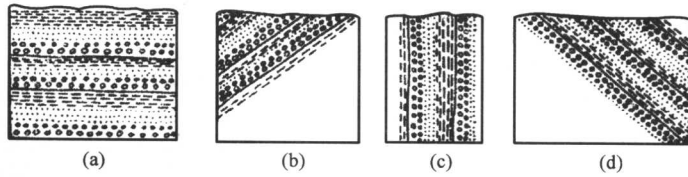


图 2-6 根据粒级层理确定岩层顶、底面 (据 M. P. Billings, 1947)  
 (a) 水平岩层, 每层自底到顶由粗变细; (b) 正常倾斜岩层, 顶面在左上方;  
 (c) 直立岩层, 顶面在右边; (d) 倒转岩层, 顶面在左下方

### (三) 波痕

波痕的成因和类型很多, 能够用来指示岩层顶、底面的主要是对称型浪成波痕 (图 2-7), 它的波峰呈尖棱形, 波谷呈圆弧形。这种波痕无论是原形还是印模, 都是波峰尖端指向岩层的顶面, 圆弧形波谷凸向底面。对称型浪成波痕主要发育在粉砂岩、砂岩及碳酸盐岩的表面, 在细砾岩中也可见到。

### (四) 泥裂

泥裂也称干裂, 是未固结的沉积物露出水面后经暴晒干涸时, 因收缩而形成的与层面大致垂直的楔状裂缝。泥裂常使层面构成网状、放射状或不规则分叉状的裂缝, 剖面上则呈“V”形或“U”形裂口。这些裂缝被上覆沉积物填充时, 使填充层的底面成脊形印模。无论是楔形裂缝或脊形印模, 其尖端均指向岩层的底面, 即指向较老岩层 (图 2-8)。泥裂常见于粘土岩、粉砂岩及细砂岩层面上, 偶尔也见于碳酸盐岩层面上。

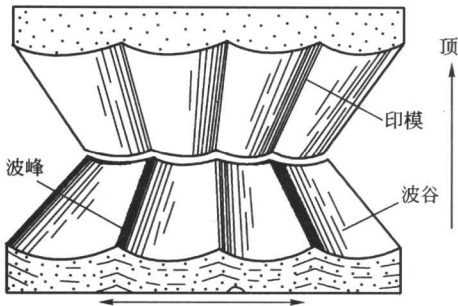


图 2-7 对称型浪成波痕及其印模  
 (据 R. R. Shrock, 1948)

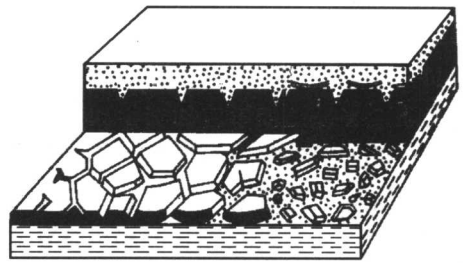


图 2-8 泥裂的立体示意图  
 (据 R. R. Shrock, 1948)

### (五) 雨痕、雹痕及其印模

雨痕和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表面上, 击打出边缘略高于沉积物表面的圆形或椭圆形凹坑。雹痕较雨痕大而深, 形状不规则, 其边缘也较高。两种凹坑形成后又为上覆沉积物填充掩埋, 成岩后使上覆岩层的底面形成圆形或椭圆形的瘤状突起印模。因此, 凹坑总是分布在岩层的顶面, 瘤状突起的印模则位于岩层的底面, 或者说凹坑和瘤状突起印模的圆弧形面均凸向岩层的底面 (图 2-9、图 2-10)。

### (六) 冲刷面

固结和半固结的沉积岩层, 在出露水面或在水下经水流冲刷, 在沉积岩层顶面造成凹凸不平的冲刷面。此后, 这些不平整的冲刷面上又堆积物质时, 被冲刷下来的下伏岩层的碎块和砾石, 有可能在原冲刷沟、槽、坑处又堆积下来, 形成自下而上由粗变细的充填物。这种冲刷

沟、槽、坑和下粗上细的充填物特征，可以作为判别岩层的顶、底面的标志（图 2-11）。

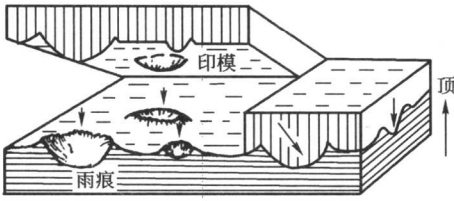


图 2-9 雨痕及其印模的立体示意图

（据 R. R. Shrock, 1948）

图中的小箭头指雨或冰雹的下落方向；  
旁侧的大箭头指层位的顶、底

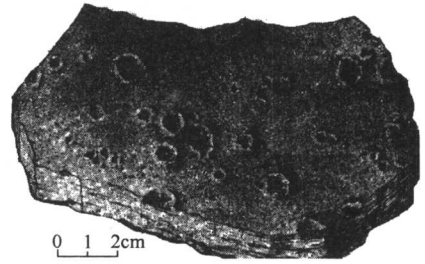


图 2-10 四川广元三叠系飞仙关组紫

红色砂质页岩的雨痕（李尚宽绘）

雨痕凹坑所在，表明为上层面

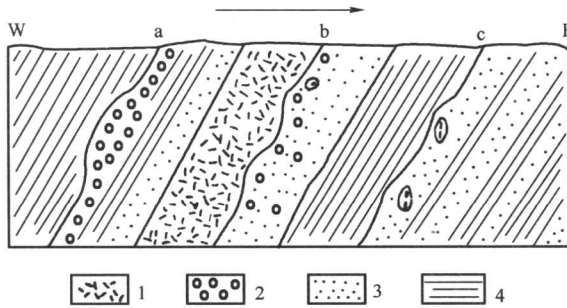


图 2-11 根据冲刷面特征确定岩层相对层序

（据 M. P. Billings, 1947）

1—熔岩；2—砾岩；3—砂岩；4—页岩

从 a、b、c 等处冲刷面形态及砾石碎块岩性等特征，说明岩层西边老、东边新；岩层又向西倾斜，所以这套岩层是倒转层位

### （七）古生物化石的生长和埋藏状态

保存在岩层中的古生物化石，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。如珊瑚，特别是群体珊瑚等

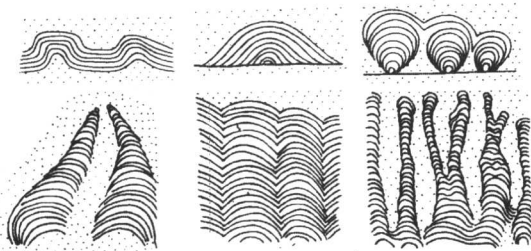


图 2-12 不同形态的叠层石纹层凸向顶面

底栖生物，若它们在原来生长的位置被掩埋，其根系总是指向岩层的底面；又如由藻类生物形成的叠层石，其类型不同，形态各异，可有柱状、分枝状、锥状和瘤状，但均具有向上穹起的叠积纹层构造，其凸出方向指向岩层的顶面（图 2-12）。

一些平凸型或凹凸型的腕足类或斧足类化石介壳被沉积物掩埋时，大多数介壳保持着凸面向上的稳定状态埋藏，因此，其凸面指向岩层的顶面（图 2-13）。

当古代羊齿类、苏铁类和其他种类植物的根系被掩埋时，保持其生长状态，则古植物根系的生长迹象也可以作为确定岩层顶、底面向的标志，根系分叉方向指向底面（图 2-14）。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。



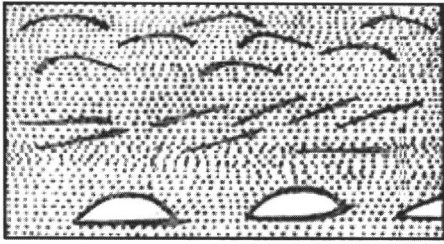


图 2-13 介壳埋藏状态示意剖面图  
(据 R. R. Shrock, 1948)

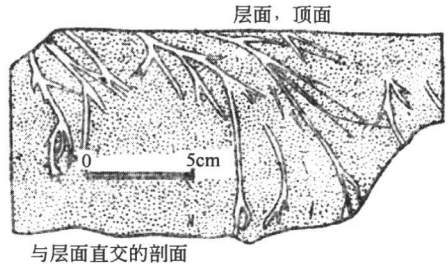


图 2-14 植物根系生长状态示意剖面图  
(据 R. R. Shrock, 1948)

## 第二节 岩层的产状、厚度及出露特征

岩层的产状是指岩层在地壳中的空间方位和产出状态。

野外认识和研究构造形态，是从观察和测量岩层的产状着手的。要正确认识和分析岩层经受什么样变形而产生这些构造形态，还需要了解岩层的原始产状。

在广阔而平坦的沉积盆地（如海洋和大湖泊）中所形成的沉积岩层，其原始产状大都是水平或近于水平的。只有在沉积盆地的边缘、岛屿、水下隆起和火山锥周围边坡等局部地带，岩层才会出现一定程度的倾斜，这是原始倾斜（图 2-15）。因此，将岩层的原始产状理解为水平的，以水平面作为参考面，是认识和分析地质构造的一个基本前提。

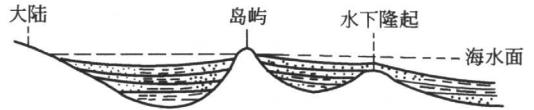


图 2-15 沉积岩层原始倾斜产状形成示意剖面图

原始产状水平的岩层有些在地壳运动影响下发生构造变形，形成倾斜岩层、直立岩层、倒转岩层和各种褶曲形态，但也有一些岩层仍保持其水平状态。在地表浅处，由于重力、流水、冰川、岩溶及吸水作用等外力地质作用，也会使岩层产状发生局部变动，形成各种表生构造。

### 一、水平岩层

观音寨



图 2-16 四川苍溪观音寨中侏罗统水平岩层素描图 (据李承三)

岩层面保持近水平状态，即同一层面上各点的海拔标高相同或基本相同的岩层称为水平岩层，即水平岩层的倾角不超过  $5^\circ$ 。在沉积盆地的中心部位或其他比较稳定的沉积环境中形成的沉积岩层，其原始产状一般都是水平或近似水平的。岩层形成以后，受构造运动影响轻微，其产状基本保持了原始水平状态，习惯上也叫水平岩层。如四川盆地中部一些地区的中侏罗世、晚侏罗世和白垩纪地层的产状基本上就是水平的（图 2-16）。

#### （一）水平岩层的分布特征

在地层层序没有发生倒转的前提下，地质