

GOU ZAO DI ZHI XUE JIAO CHENG
GOU ZAO DI ZHI XUE JIAO CHENG

GOU ZAO DI ZHI XUE JIAO CHENG
GOU ZAO DI ZHI XUE JIAO CHENG

构造
地质学
教程

陆克政 主编
石油大学出版社

构造地质学教程

陆克政 主编

版次：1999年7月第1版 1999年2月第2次印刷
印数：701—1700
书号：ISBN 7-293-0883-0
定价：18.00元

石油大学出版社

构造地质学教程

陆克政 主编

出版者:石油大学出版社(山东 东营,邮编 257062)

印刷者:沂南印刷总厂印刷

发行者:石油大学出版社(电话 0546—8392563)

开 本:787×1092 1/16 印张 17.125 字数:434千字

版 次:1996年7月第1版 1999年2月第2次印刷

印 数:701—1700册

书 号:ISBN 7-5636-0865-6/TE·178

定 价:18.00元

前 言

本书是根据中国石油天然气总公司人教局于1991年在新疆召开的教材会议通过的教材编写计划,为石油地质专业需要而编写的。

编写本教材既考虑了过去教材、现行教学大纲,也考虑到构造地质学最新进展和油气勘探开发的新需要和加强地质基础、加强基本技能训练、利于教学等原则。

本书是在我校原教材基础上编写的,吸收了原教材的优点。参加原教材编写的有张家环、冯石、王志成、许维忠等。此外,也参考了一些国内外的构造地质教科书。主要参考的教材列于第一章的参考文献中。

本书包括了十二章和附录及附本。第一、二、九、十章由陆克政编写;第三、六章和附本由戴俊生编写;第四、五章和附录由陈清华编写;第七、八章由漆家福编写;第十一章由杨桥编写;第十二章由周建勋编写。本书由陆克政担任主编。

本书由中国地质大学刘和甫教授主审,对本书的初稿作了详细审阅,提出了不少宝贵修改意见和建议,在此深表谢忱。

本书出版工作得到了石油天然气总公司教材编委会云川教授和石油大学教务处的支持和协助,韦国明对全书给予编辑,在此一并致谢。

由于编者水平所限,书中欠妥之处定会不少,敬希读者指正。

编 者

1994年12月

目 录

| | | | |
|-----|-------------------------------|------------|-----|
| 131 | | 精文参参要主 | |
| 132 | | 层流一章六第 | |
| 133 | | 要素何儿何层流 | 节一第 |
| 134 | | 型类合层时类代何层流 | 节二第 |
| 130 | | 流代因何层流 | 节三第 |
| 138 | | 志流何层流 | 节四第 |
| 141 | 第一章 绪论 | | 1 |
| 151 | 一、构造地质学研究对象和范围..... | | 1 |
| 156 | 二、研究的观点和方法..... | | 1 |
| 157 | 主要参考文献..... | | 3 |
| 159 | 第二章 层状岩石的产状和接触关系 | | 4 |
| 161 | 第一节 层状岩石的产状..... | | 4 |
| 167 | 第二节 层状岩石的原生构造及其对顶、底面的指示..... | | 7 |
| 169 | 第三节 地层层序及其接触关系..... | | 12 |
| 171 | 第四节 不整合面的古地貌及其演变..... | | 19 |
| 174 | 第五节 不整合的识别和表示方法..... | | 20 |
| 174 | 第六节 研究不整合的意义..... | | 23 |
| 177 | 主要参考文献..... | | 24 |
| 183 | 第三章 岩石变形分析的力学基础 | | 26 |
| 184 | 第一节 应力分析..... | | 26 |
| 187 | 第二节 变形分析..... | | 40 |
| 187 | 第三节 影响岩石力学性质和岩石变形的因素..... | | 52 |
| 190 | 第四节 构造应力场..... | | 56 |
| 191 | 主要参考文献..... | | 62 |
| 199 | 第四章 褶皱构造 | | 64 |
| 199 | 第一节 褶皱及其基本要素..... | | 64 |
| 197 | 第二节 褶皱的分类..... | | 68 |
| 197 | 第三节 褶皱的组合类型..... | | 74 |
| 199 | 第四节 褶皱的形成机制..... | | 79 |
| 199 | 第五节 影响褶皱作用的主要因素..... | | 85 |
| 202 | 第六节 褶皱构造的研究..... | | 88 |
| 203 | 主要参考文献..... | | 99 |
| 212 | 第五章 节理 | | 100 |
| 212 | 第一节 节理的概念及其基本特征..... | | 100 |
| 212 | 第二节 节理的分类..... | | 101 |
| 212 | 第三节 剪节理与张节理的特征..... | | 103 |
| 212 | 第四节 节理的组合..... | | 106 |
| 222 | 第五节 构造节理分布的基本规律..... | | 106 |
| 222 | 第六节 节理的观测和研究..... | | 110 |
| 222 | 第七节 覆盖区节理研究方法..... | | 117 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 主要参考文献..... | 121 |
| 第六章 断层 | 122 |
| 第一节 断层的几何要素..... | 122 |
| 第二节 断层的分类和组合类型..... | 124 |
| 第三节 断层的成因分析..... | 130 |
| 第四节 断层的标志..... | 138 |
| 第五节 断层的观察与研究..... | 147 |
| 第六节 生长断层..... | 151 |
| 主要参考文献..... | 156 |
| 第七章 大陆伸展构造 | 157 |
| 第一节 正断层及其断块体的基本特征..... | 157 |
| 第二节 大陆伸展盆地的基本构造样式..... | 161 |
| 第三节 变质核杂岩体..... | 167 |
| 第四节 大陆伸展模式..... | 169 |
| 主要参考文献..... | 171 |
| 第八章 重力滑动构造和底辟构造 | 174 |
| 第一节 重力滑动构造..... | 174 |
| 第二节 底辟构造..... | 177 |
| 主要参考文献..... | 183 |
| 第九章 冲断构造 | 184 |
| 第一节 基本概念..... | 184 |
| 第二节 冲断层的几何特征..... | 187 |
| 第三节 冲断作用和褶皱作用..... | 190 |
| 第四节 冲断层系的类型..... | 191 |
| 第五节 冲断层系的分带性..... | 195 |
| 第六节 冲断层发展的顺序..... | 195 |
| 第七节 冲断作用的形成..... | 197 |
| 主要参考文献..... | 197 |
| 第十章 扭动构造 | 199 |
| 第一节 基本概念..... | 199 |
| 第二节 扭动断层带的鉴别标志..... | 205 |
| 第三节 基底扭动与盖层构造..... | 209 |
| 第四节 扭动盆地..... | 211 |
| 主要参考文献..... | 214 |
| 第十一章 岩浆岩体构造 | 216 |
| 第一节 岩浆岩体产状..... | 216 |
| 第二节 岩浆岩体内部的构造..... | 218 |
| 第三节 岩浆岩体构造的观察与研究..... | 223 |
| 主要参考文献..... | 226 |
| 第十二章 劈理和线理 | 227 |

| | |
|-----------------------|-----|
| 第一节 劈理 | 228 |
| 第二节 线理 | 237 |
| 主要参考文献 | 243 |
| 附录 极射赤平投影 | 244 |
| 第一节 赤平投影的基本原理 | 244 |
| 第二节 吴氏网的使用方法 | 248 |
| 第三节 面状和线状构造产状及地层厚度的测算 | 253 |
| 第四节 褶皱构造的赤平投影 | 254 |
| 第五节 断裂的赤平投影 | 262 |

第一章 绪 论

一、构造地质学研究对象和范围

构造地质学是地质学的一个重要分支学科,主要是研究岩石圈的岩石、岩层、岩体在力的作用下变形所形成的各种地质构造。研究的内容包括地质构造的几何学、运动学和动力学三个方面。

构造地质学的研究对象包括了不同级别和尺度的构造。大地构造学是指研究大区域性的和全球性的构造地质学。自60年代中期以来,板块构造学说是最广泛被接受的大地构造理论,用板块活动的机制解释岩石圈大型构造及其形成、演化。

油气地质勘探和开发需要将局部构造、构造带、盆地构造、全球构造的研究密切结合起来揭示其本来存在的内部联系。石油构造地质学研究内容相当广泛,既包括结构、建造方面,也包括变形、改造方面。石油地质构造研究是石油地质研究的一根重要支柱,是评价油气远景不可缺少的依据,构造变形和演化是成藏和保存的一个控制因素。

二、研究的观点和方法

(一) 活动论的构造观

60年代板块构造问世以来,岩石圈构造及其动力学理论已不断更新,新观点、新观念、新模式不断涌现。板块构造简单模式运用到大陆后出现了许多不易解释的问题。继板块构造理论后又出现地体(外来块)理论。大陆岩石圈动力学计划、深部研究计划、地学大剖面研究表明岩石圈结构是层圈式的、具流变式夹层。各层圈面常是活动性构造拆离界面,成为大地构造运动的源地,是高度活动的动力学体系。和层次构造具不协调性,横向具高度不均一性,出现了岩石圈分层拆离假说。新构造观的核心是活动论,岩石圈各大板块或陆块能长距离水平移动。构造变形具有多种成因、多种尺度、多期次和多重性质。伸展构造、挤压构造和走滑构造是组成岩石圈构造变动的基本类型。岩石圈的构造演化过程既有渐进发展,又有突变性事件。既有不可逆性,又有多级次旋回式、阶段性发展;既有块断活动,又有波浪运动。发展是不平衡的、不均一的。至少自显生宙以来板块构造运动对岩石圈及盆地演化就具有控制作用。板块和板内的构造反转是一种普遍存在的现象。岩石圈块体的开合具有多尺度和多样性,既有大开大合的威尔逊旋回,也会有规模较小的手风琴式开合、弧后式开合、走滑过程中开合等非威尔逊旋回。不同规模地体的离合概念描绘了一些陆壳生长的各构造单位的自然集合过程。环太平洋域和特得斯域地体增生样式具有不同特点。洋壳不总是俯冲于陆壳之下,有时也能仰冲于大陆基底之上。岩石圈动力来源具有复杂性和多元性(巨型地幔喷流柱、地幔热对流、重力、流体、天体撞击、地球自转)。深层流体是极其活跃的因素,在构造运动发生过程中扮演重要的角色。造山带、盆地和盆—岭关系是当前地学中基本课题,研究其形成和发展具有重要理论和实用价值。

(二) 研究方法

1. 比较构造学方法

Stille, H(1924)提出了比较构造学分析方法,其影响深远,至今仍广泛应用、联合国教科文组织(UNESCO)组织了国际地质对比计划(IGCP)。通过比较去鉴别、分类,找出共性、个性和变化规律,从而提出成因机理的探讨。

黄汲清指出历史—构造比较分析法是“以各种地质、地球物理、地球化学资料为基础,按地史发展的顺序探讨不同阶段大地构造发展的特点,着重研究和比较壳、幔各部分构造的发生、发展和转化,找出它们之间的共同性和差异性,阐明它们的运动规律。”

比较构造学分析包括许多方面,即构造层、构造—岩石组合或建造、不整合、旋回、沉降史、岩浆活动、构造变动、变质作用、成矿作用、地球物理场、地球化学元素及其变化等。构造单位的划分是比较构造学分析的结果,是一项有高度综合性的工作。其研究成果是十分有意义的,研究不同单元构造样式特征及演化对油气勘探有指导意义。研究含油气盆地古构造单元是一项重要研究课题。

许靖华(1980)曾提出比较大地构造相分析法。大地构造相指的是“在任何单一或组合的弧—弧、弧—陆及陆—陆碰撞过程中所形成的具有特殊构造式样的大地构造单元。”

每个单元都有自己特有的岩石组合、变形特点、形成环境和形成时间。这种比较不同构造单元特征的方法不仅可以解释造山带中复杂现象,而且可弥补缺失的记录。

2. 解析构造学方法

马杏垣(1978, 1981, 1983)指出构造地质学应采用先进的解析构造学方法。它包括几何学的解析、运动学的解析和动力学的解析等三个方面。解析的思维方法就是把复杂事物分解为简单的要素加以研究的方法。解析的目的是透过现象掌握本质,探索各种构造现象的相互联系、相互作用、相互制约、相互转化和查明它们在地壳、岩石圈的结构中的地位和作用。

几何学解析是指研究各类各级构造的形状、产状、方位、大小、构造内和构造间要素的几何关系,建立一个完整的具有几何规律的构造系或型式。设法提高资料品质,搞清三维几何学是后继研究的基础。

运动学解析是指再现岩石形成和变形时所发生的运动,分析原生和次生构造揭示其运动规律、运动方向、方式、运动量大小。

动力学解析是指阐明产生构造的力、应力和力学过程,包括变形应力的性质、大小、方位、方式、来源。结合岩石物性、温压、时间等条件进行应力与应变关系分析。

在解析中要研究构造变形场,分出张性、挤压、扭动及复合等不同样式或组合型式。要研究不同构造层次构造样式,不同层次间有滑脱面,新构造叠加于老构造之上,深壳甚至地幔变形可出露于地表。

要考虑构造尺度和时间尺度,研究不同构造单位、不同阶段的演化序列和速率。

3. 地球动力学方法

地质力学是根据所观察到的现存构造形态、分布排列及彼此干涉关系,用应力与应变关系分析并配合构造物理模拟实验来解释构造体系的发生和发展。

李四光对地质力学方法总结出下列七个步骤:

- (1) 鉴定每一种构造形迹或构造单位(结构要素)的力学性质。
- (2) 辨别构造形迹的序次,按照序次查明同一断裂面力学性质可能转变的过程。
- (3) 确定构造体系的存在和它们的范围。
- (4) 划分巨型构造带、鉴定构造型式。
- (5) 分析联合和复合的构造体系。
- (6) 探讨岩石力学性质和各种类型的构造体系中应力活动方式。
- (7) 模型实验。

地质力学认为地球自转速度变化形成的应力场产生现存地表构造体系。

随着计算机广泛应用于地质学,近十余年来数学模拟方法得到迅速发展,特别是将有限单元法应用于构造应力场方面,取得许多成果。

海底扩张和板块构造学说提示板块构造运动的驱动机制,不仅限于应力,还有地幔热对流、重力、板块转动惯量等原因,因此,这些因素与构造形成、演化关系是应探索的问题。

新的构造观要求比较构造学方法,解析构造学方法、地球动力学方法三者紧密结合;构造几何学、运动学及动力学三部分研究密切结合;建立构造地质理论模型与构造物理模拟、数值模拟密切结合。不断引入各学科新成就,开展跨学科或交叉学科综合分析,将会提高构造地质学研究水平。

主要参考文献

- 1 朱志澄,宋鸿林. 构造地质学. 中国地质大学出版社,1990
- 2 武汉地质学院,成都地质学院,南京大学地质系,河北地质学院. 构造地质学. 地质出版社,1979
- 3 张恺,陆克政,沈修志. 石油构造地质学. 石油工业出版社,1985
- 4 俞鸿年,芦华复. 构造地质学原理. 地质出版社,1986
- 5 徐开礼,朱志澄. 构造地质学. 地质出版社,1984
- 6 Billings, M. D., Structural geology. Prentice-Hall, Inc, 1972
- 7 De Sitter, L. U.. 构造地质学. 张文佑译. 科学出版社,1956
- 8 Hills, E. s.. 构造地质学原理. 李叔达等译. 1981;地质出版社,1972
- 9 Park, R. G.. 构造地质学基础. 李东旭等译. 1988;地质出版社,1983
- 10 Russell, W. L.. 石油构造地质学. 徐韦曼等译. 1964;科学出版社,1955
- 11 Suppe, J.. Principles of structural geology. Prentice-Hall Inc, 1985

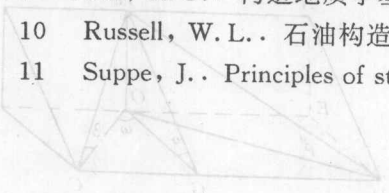


图 3-2 构造地质学原理示意图

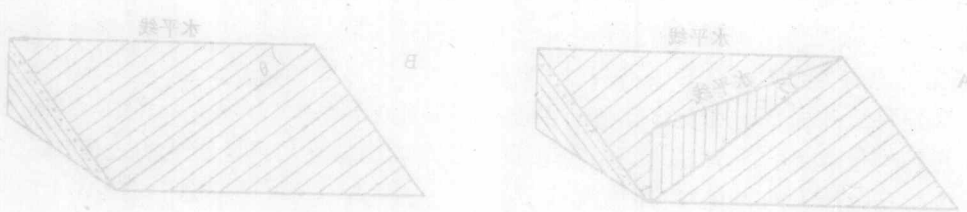


图 3-3 构造地质学原理示意图

构造地质学原理示意图

第二章 层状岩石的产状和接触关系

第一节 层状岩石的产状

一、地质界面的产状要素

地质上的任何界面(如层面、不整合面、节理面、断层面、劈理面、岩浆岩体面等)的产状,即其空间方位和形状都是由走向、倾向和倾角来确定和表示的,这就是通常所说的产状三要素。

(一) 走向 倾斜界面与水平面的交线(走向线)的延伸方向(图 2-1, AB)。

(二) 倾向 倾斜界面上与走向线垂直的、向下倾向方向线(OD)的方位(OD')。

(三) 倾角 倾斜线与其在水平面上投影线间的夹角(α)。

当剖面不垂直于走向时,则界面和水平面间的夹角称视倾角或假倾角(图 2-2, β 和 β' 角),它比真倾角(α)的值小。真倾角与视倾角间关系式如下:

$$\tan\beta = \tan\alpha \cdot \cos\omega \quad (2-1)$$

地质上的线状构造的产状要素常用倾伏向、倾伏角和侧伏角表示。倾伏向指任一下倾线在平面上投影的方位。倾伏角是下倾直线与其水平投影间所夹的锐角(图 2-3, α)。侧伏角系该线与其所在平面走向线间所夹的锐角(图 2-3, θ)。

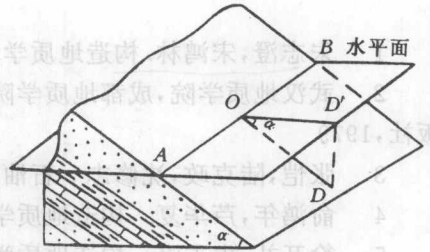


图 2-1 产状要素

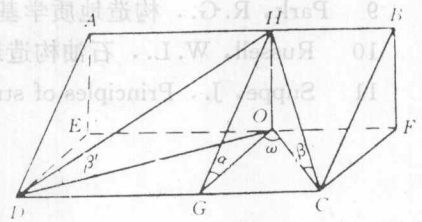


图 2-2 真倾角与视倾角的关系

α —真倾角; β, β' —视倾角;
 ω —真倾角与视倾角的夹角

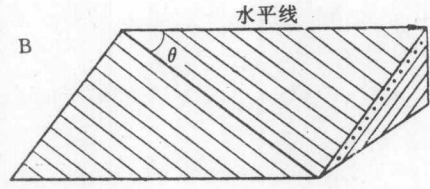
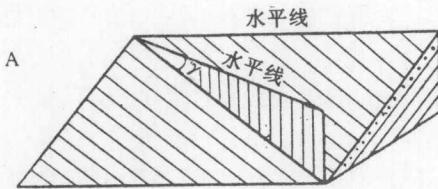


图 2-3 线状构造的产状要素

A—箭头示倾伏向; γ —为倾伏角
B—箭头示侧伏向; θ —为侧伏角

二、水平岩层

沉积岩层的原始产状是多为水平或近于水平的,由于盆缘和盆内隆起也会出现原始倾斜。

水平岩层多出现在未经变动或变形微弱地区,如北美克拉通中部、俄罗斯克拉通中部和我国川东、鄂尔多斯盆地中部等地区。

水平岩层在地质图上具如下特征:

(一) 水平岩层的地质界线与地形等高线是平行的或是相合的。水平岩层的尖牙状曲线指向沟谷上游。

(二) 新地层分布于山顶,老地层分布于谷地。

(三) 水平岩层厚度值与出露顶底面界线的高差值相同。

(四) 水平岩层露头的宽度取决于地形坡度和岩层的厚度(图 2-4)。

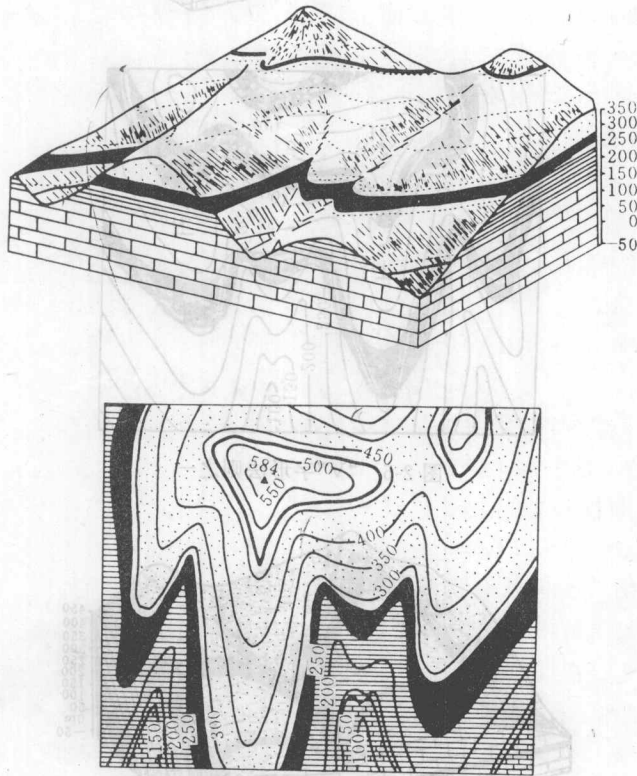


图 2-4 水平岩层的出露特征

三、倾斜岩层

由于构造作用,水平岩层大都要变成倾斜岩层。倾斜岩层在地表出露线的分布规律遵循“V”字形法则。

(一) 岩层倾向与地面坡向相反时,沟谷处“V”字形出露线指向上游,但其弯度小于等高线(图 2-5)

(二) 岩层倾向与地面坡向相同,且岩层倾角大于地面坡度时,“V”字形出露线尖端指向沟谷下游(图 2-6)。

(三) 岩层倾向与地面坡向相同,且岩层倾角小于地面坡度时,“V”字形出露线尖端指向沟谷上游,其弯度大于等高线(图 2-7)。

岩层直立时,岩层出露线投影于平面为一直线,不受地形的影响(图 2-8)。

川同英研暗中... 图 2-5 “V”字形法则之一

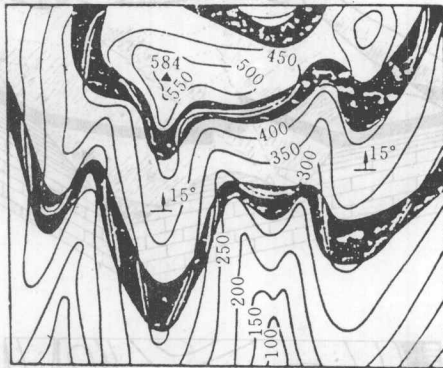
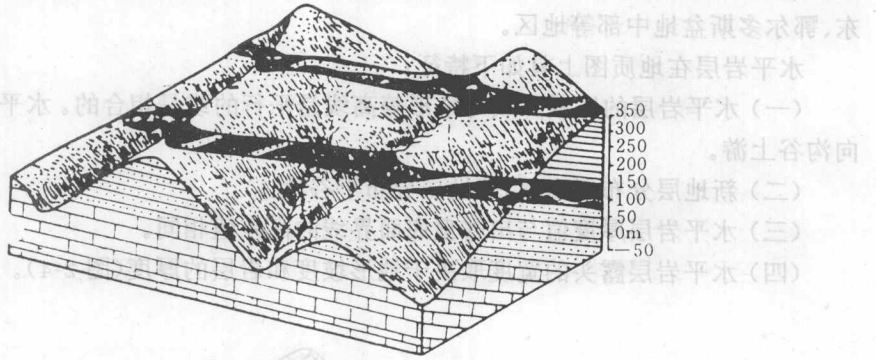


图 2-5 “V”字形法则之一

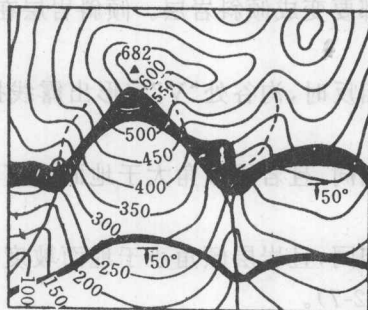
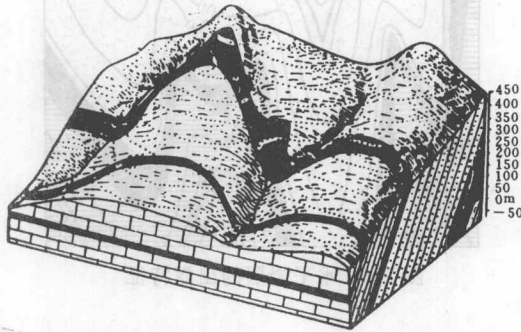


图 2-6 “V”字形法则之二

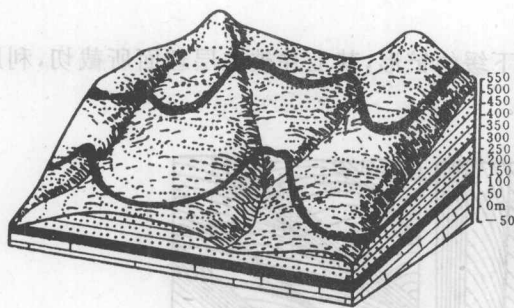


图 2-7 “V”字形法则之三

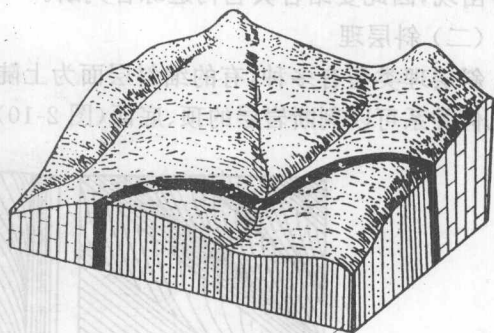
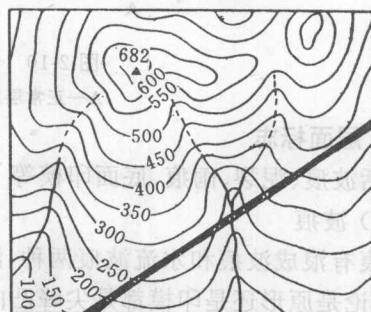
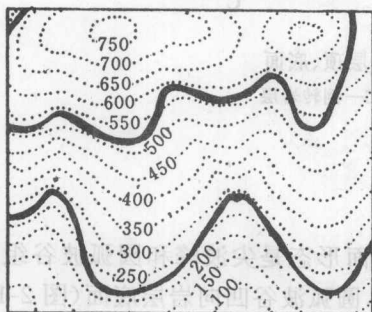


图 2-8 直立岩层的出露特征



第二节 层状岩石的原生构造及其对顶、底面的指示

在地壳变动微弱的地区,用下部地层时代较老,上部地层时代较新的地层层序律是完全适用的。然而在地壳运动强烈地区,岩层发生直立、甚至倒转的情况下,确定岩层顶、底面就不是那么简单和容易,而是需要利用各种能够示顶、底的原生构造,其中包括沉积层在沉积、成岩过程中形成的、也包括火山岩在冷凝过程中所形成的。下面仅列举常用的一些构造。

一、层理

层理是一种普遍存在的原生成层构造,常见于沉积岩及火山岩中,它是由岩石成分变化、粒度变化、颜色变化和层面构造而显现出来。层理有渐变的和突变的。按其形态、结构有水平层理和斜层理。通常用于鉴别顶、底面的标志有下列几种:

(一) 递变层理

又称粒级层理,多是在浊流沉积中形成的。特别是在一单层内由底至顶逐渐变细,但相邻

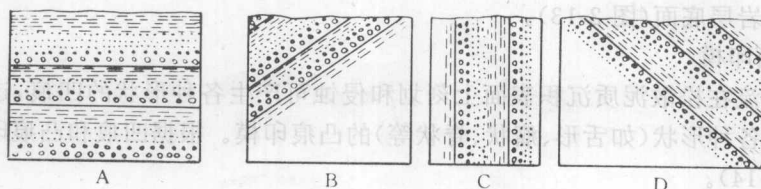


图 2-9 不同产状岩层的递变层理(据 Billings)

A—水平岩层;B—倾斜岩层;C—直立岩层;D—倒转岩层

粒级层的粒度是突变的。利用这种变化特点可确定岩层顶、底面(图 2-9)。但在有时也有反向

粒序出现,因此要结合其它构造综合判断。

(二) 斜层理

斜层理类型有多种,有的细斜层面为上陡下缓的铲形,其上并被主层理面所截切,利用这种几何关系可以判断岩层的顶、底面(图 2-10)。

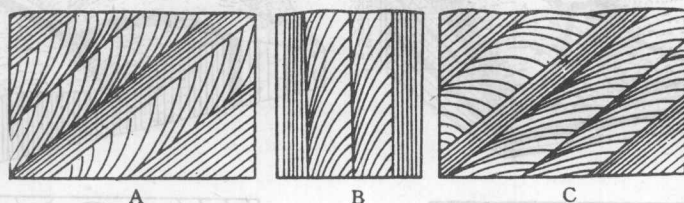


图 2-10 依斜层理确定岩层顶、底面
A—正常层序;B—直立岩层;C—倒转岩层

二、层面标志

包括波痕、泥裂、雨痕、底面印模等

(一) 波痕

波痕有浪成波痕和水流波痕两种,浪成波痕的剖面形态是尖波峰和圆弧波谷组成的对称波形,无论是原形还是印模都是尖峰凸向岩层的顶面,圆弧波谷凹向岩层底面(图 2-11)。

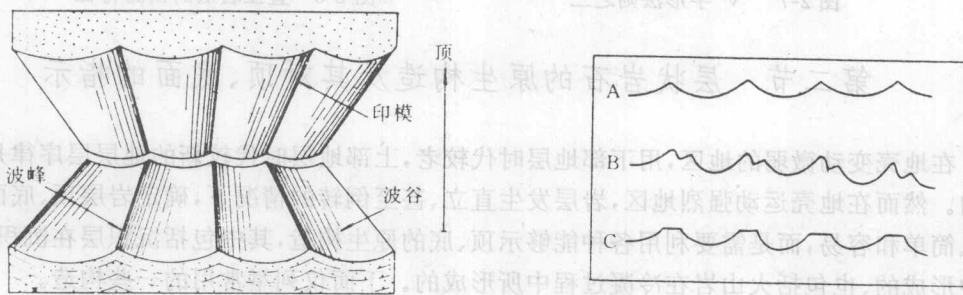


图 2-11 浪成波痕及其印模(据 shrock)

(二) 泥裂

泥裂在剖面上呈“V”形或“U”形裂口,其内被沉积充填,形成楔形印模。无论裂口还是楔形印模,其尖端都是指向岩层的底面(图 2-12)。

(三) 雨痕

雨滴冲打到泥质或粉沙质沉积表面上所形成的凹坑以及在上覆岩层底所形成的向下突出的印模都指示岩层底面(图 2-13)。

(四) 底面印模

流水或浊流在松散泥质沉积表面上刻划和侵蚀可产生各种形状的凹痕,这些凹痕又常被沙质充填产生各种形状(如舌形、瘤状、脊状等)的凸痕印模。根据凹痕和凸痕印模可确定岩层顶、底面(图 2-14)。

三、生物标志

利用一些化石的生长和埋藏情况可确定岩层的顶、底面,如叠层藻形态的向上分枝和穹形生长纹层均指示岩层顶面(图 2-15)。古植物的根系分叉可指示底面。在水流或波浪作用下的

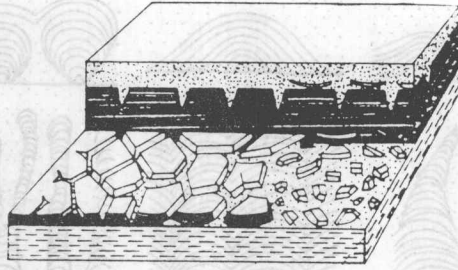


图 2-12 泥裂及填充物示意图(据 shrock)



A B

图 2-13 A—雨痕;B—印模

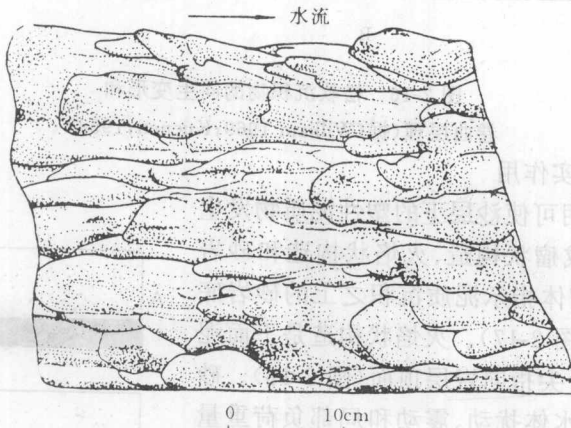


图 2-14 舌形底面印模

贝壳通常在凸面朝上时最易稳定保存。

四、同生变形

指沉积物在沉积同时或紧随其后发生的软沉积变形,是在沉积物未固结或半固结时形成的。

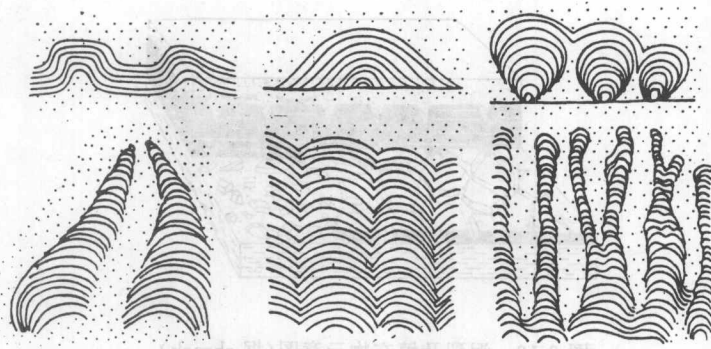


图 2-15 示叠层藻向上分枝和穹形生长纹层

(一) 滑移作用产生变形

在不稳定斜坡上的松散沉积物,由于重力、水流、地震等因素引起下滑产生褶皱、断裂和卷曲层理,其后产生剥蚀。故被截顶的一面常代表岩层的顶面(图 2-16)。

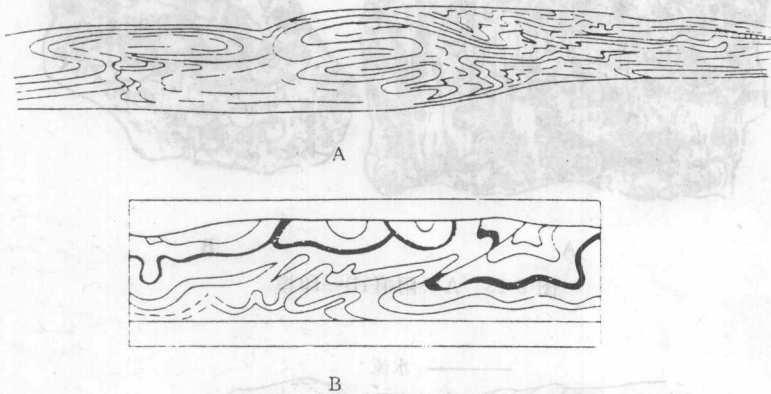


图 2-16 松软沉积物的同生变形和卷曲层理(据(William 1969;Kuenen,1953))

(二) 差异负荷压实作用

差异负荷压实作用可使沙层下的塑性泥质物发生向下的垂向流动,形成瘤状构造、火焰状构造和砂岩球、砂岩枕。凸出的瘤体指示泥质沉积之上的砂岩底面,是一种底面印痕(图 2-17)。火焰状构造是下面泥岩挤入上覆砂岩,其舌尖指向岩层顶面(图 2-18)。砂岩球和砂岩枕是由于水体扰动、震动和局部负荷重量使砂层破裂、下沉形成,也可能与滑塌作用有关,其凹面多指向岩层顶面(图 2-19)。

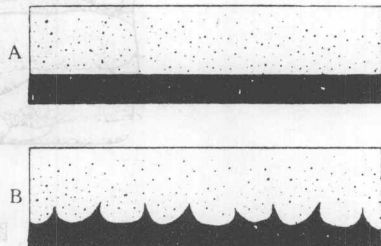


图 2-17 负荷引起瘤状构造

(三) 异常孔隙压力作用

当饱和水的砂层被不透水层封闭并受到重压作用时,砂层中的孔隙水会产生异常的高压,这就是异常孔隙压力。它可引起地表滑坡、滑塌构造,