

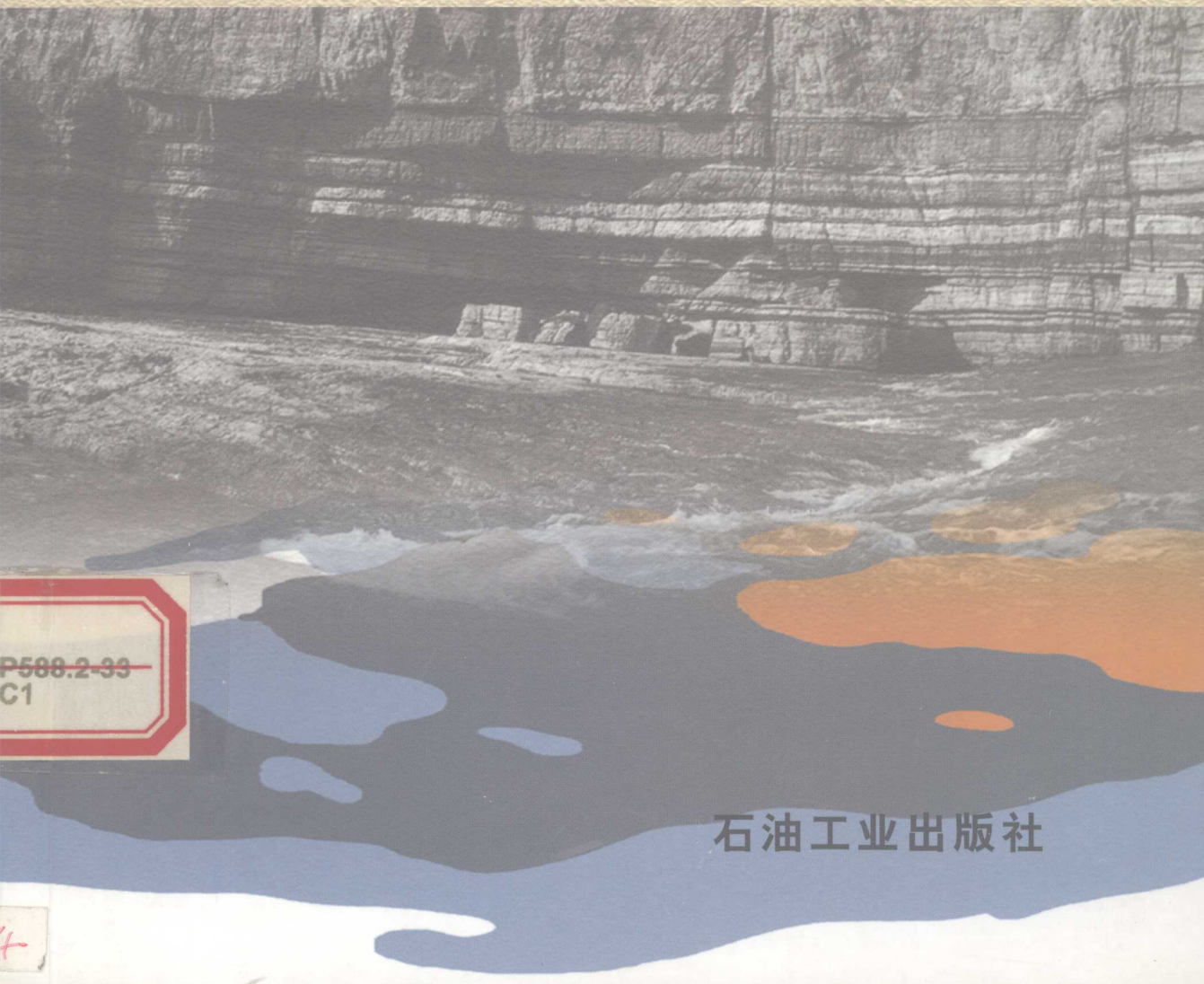


普通高等教育“十五”国家级规划教材

《沉积学》辅助教材

沉积学实验方法和技术

操应长 姜在兴 编著



P588.2-33
C1

石油工业出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

《沉积学》辅助教材

沉积学实验方法和技术

操应长 姜在兴 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是与“沉积学”教材相配套的辅助教材。本书详细介绍了沉积岩的肉眼观察、镜下鉴定的方法, 钻井岩心的描述方法, 以及沉积岩的实验室研究方法和分析技术, 具有较强的实用性。同时, 结合含油气盆地沉积学研究, 编写了沉积学研究方法的实践性教学实例训练。

本书可作为高校“沉积岩石学”、“沉积岩”、“沉积学”及相关课程的辅助教材或实践性教学教材, 也可供沉积学科研工作者、油田勘探开发地质人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

沉积学实验方法和技术/操应长, 姜在兴编著.

北京: 石油工业出版社, 2003.4

普通高等教育“十五”国家级规划教材《沉积学》辅助教材

ISBN 7-5021-4175-8

I. 沉…

II. ①操…②姜…

III. 沉积学-实验-高等学校-教学参考资料

IV. P588.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第013216号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 6印张 150千字 印1—2000

2003年4月北京第1版 2003年4月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-4175-8/TE·2945(课)

定价: 8.00元

前 言

本书是与“沉积学”相配套的辅助教材，也是“沉积学”实践性教学的参考教材。本书共分为四章，第一章为“沉积岩肉眼观察、镜下鉴定的方法和实验”，系统介绍了沉积岩的观察、描述、鉴定方法和内容，以及相应的沉积岩实践教学安排；第二章为“钻井岩心描述内容和方法”，介绍了油田钻井岩心的基本知识，重点介绍了碎屑岩、碳酸盐岩岩心的描述方法；第三章为“沉积岩的分析技术和研究方法”，介绍主要应用于沉积岩研究的现代测试技术的原理及其在沉积学研究中的应用，以及针对沉积岩的不同研究需要，可采用的测试手段和研究方法；第四章为“岩相古地理研究实践”，重点介绍实践教学的内容和安排。

石油大学原岩矿教研室在多年实践性教学中，总结出了“五字”实践教学法，在实践中起到了良好的教学效果。“五字”实践教学法中“五字”是指认、描、量、画（照）、析。认——认识现象，如岩石的成分、结构、构造、成岩作用等；描——描述所观察现象的特征，用文字记述下来；量——测量各种结构组分的大小；画（照）——画素描图或进行照相；析——分析岩石的成因。这些均在本教材的体系和内容安排上得到了充分体现。

沉积学实践性教学是《沉积学》“三基”（基本概念、基本理论、基本技能）学习的一个重要教学环节，也是对基本概念、基本理论学习的加深理解和巩固，有利于教学效果的提高和学生基本技能的培养。

本教材是在石油大学原岩矿教研室历届编写的《沉积岩实验指导书》（迟元苓等，校内出版，1985）、《沉积岩实验方法和技术》（姜在兴等，校内出版，1991）、《沉积岩实验技术》（狄明信等，石油大学出版社，1993）等基础上修改、补充而成，特别是根据新的教学大纲，增加了第二章、第四章内容，并对第一章、第三章内容进行了调整、修改。同时在编写过程中，参考并引用了许运新等编著的《砂岩油田岩心描述与用途》，刘岫峰主编的《沉积岩实验室研究方法》，陈丽华、姜在兴主编的《储层实验测试技术》等书中有关内容，在此表示感谢。

本教材由操应长、姜在兴编写，马玉新、孙国忠参加了部分编写工作，全书由操应长统稿。陈世悦教授、周自立教授在百忙之中对本书进行了审稿，并提出了宝贵的修改意见，在此表示衷心感谢。

本教材是根据新的教学大纲编写而成，也是石油大学沉积学教研组多年实践性教学经验的积累。由于编者水平有限，加之时间仓促，敬请广大读者对书中的不当之处批评指正。

编者

2002年9月

目 录

第一章 沉积岩肉眼观察、镜下鉴定的方法和实验	(1)
第一节 沉积构造的观察描述方法和实验	(1)
一、流动成因构造的观察描述	(1)
二、暴露成因构造的观察描述	(5)
三、同生变形构造的观察描述	(5)
四、化学成因构造的观察描述	(5)
五、生物成因构造的观察描述	(6)
实验一 沉积构造	(6)
第二节 陆源碎屑岩观察鉴定方法和实验	(7)
一、砾岩、砂岩的手标本鉴定描述的内容和方法	(7)
二、砾岩、砂岩的薄片镜下鉴定描述的内容和方法	(9)
三、泥岩的手标本肉眼观察和薄片镜下鉴定描述的内容和方法	(17)
四、陆源碎屑岩观察、鉴定描述的实例	(19)
实验二 砾岩和石英砂岩的肉眼观察和镜下鉴定	(20)
实验三 亚长石(岩屑)砂岩及长石(岩屑)砂岩类的肉眼观察和镜下鉴定	(21)
实验四 杂砂岩类、粉砂岩及粘土岩的肉眼观察和镜下鉴定	(22)
实验五 陆源碎屑岩沉积后作用的镜下鉴定	(23)
第三节 火山碎屑岩观察鉴定方法和实验	(24)
一、手标本的肉眼观察	(24)
二、薄片的镜下鉴定	(24)
实验六 火山碎屑岩的肉眼观察和镜下鉴定	(25)
第四节 碳酸盐岩观察鉴定方法和实验	(25)
一、碳酸盐岩手标本的观察描述的内容和方法	(25)
二、碳酸盐岩镜下鉴定的内容和方法	(27)
三、碳酸盐岩观察、鉴定描述的实例	(37)
实验七 碳酸盐岩结构组分的肉眼观察和镜下鉴定	(40)
实验八 石灰岩及白云岩的肉眼观察和镜下鉴定	(41)
实验九 碳酸盐岩沉积后作用的镜下鉴定	(42)
第五节 其它沉积岩观察鉴定方法和实验	(43)
一、蒸发岩	(43)
二、硅岩	(43)
三、铝土岩及铝土矿	(43)
四、铁岩及沉积铁矿	(44)
五、锰岩	(44)
六、磷岩	(44)

实验十 其它沉积岩的肉眼观察和镜下鉴定·····	(44)
第二章 钻井岩心描述内容和方法 ·····	(46)
第一节 钻井岩心的基本知识·····	(46)
一、岩心的概念及钻井取心目的·····	(46)
二、岩心的基本知识·····	(47)
第二节 岩心的描述内容和方法·····	(47)
一、岩心观察描述前的准备工作·····	(47)
二、岩心观察描述的内容和方法·····	(48)
三、不同岩性的岩心观察描述的方法·····	(49)
实验十一 钻井岩心观察和描述·····	(53)
第三章 沉积岩的分析技术和研究方法 ·····	(54)
第一节 沉积岩分析和测试技术简介·····	(54)
一、薄片分析·····	(54)
二、X 射线衍射分析·····	(54)
三、阴极发光显微镜·····	(56)
四、电子显微镜·····	(59)
五、电子探针·····	(61)
六、图像分析仪·····	(62)
七、热分析·····	(63)
八、原子吸收光谱·····	(64)
九、激光喇曼光谱仪·····	(65)
十、电感耦合等离子体原子发射光谱·····	(65)
第二节 沉积岩的实验室研究内容和方法·····	(66)
一、沉积岩的矿物成分分析·····	(66)
二、沉积岩的化学成分分析·····	(67)
三、沉积岩的结构和组构分析·····	(68)
四、沉积岩的年龄测定·····	(70)
实验十二 沉积岩实验室分析测试技术参观与实践·····	(72)
实验十三 粒度分析的资料整理及分析·····	(73)
第四章 岩相古地理研究实践 ·····	(74)
第一节 岩相古地理研究简介·····	(74)
一、岩相古地理研究的意义·····	(74)
二、岩相古地理研究的步骤及方法·····	(74)
第二节 岩相古地理研究实例训练·····	(76)
一、概述·····	(76)
二、某盆地的有关资料·····	(76)
三、作业·····	(79)
附录 I 显微镜下目测估计百分含量参照图·····	(80)
附录 II ϕ 值与毫米间的换算表·····	(82)
附录 III 岩相古地理研究实践附图·····	(83)
参考文献·····	(89)

第一章 沉积岩肉眼观察、镜下鉴定的方法和实验

肉眼观察和镜下鉴定是沉积岩最基本的、最简便的、最常用的研究方法。有代表性的岩石手标本一定程度上是野外现象的缩影，肉眼观察可以了解岩石的宏观特征；光学显微镜下的薄片鉴定，可以细致地了解沉积岩的物质组成、结构、显微构造、成岩作用及孔隙等方面的信息，基本可满足岩石的成因分析、储层评价等研究的需要。因此，沉积岩的肉眼观察和镜下鉴定是《沉积学》课程教学中重要的实践性教学环节。实验是学生进行实际操作的过程，也是对理论学习内容的巩固和加深，也可弥补理论教学中的不足。

第一节 沉积构造的观察描述方法和实验

沉积构造是沉积岩的重要特征之一，是分析沉积岩形成的重要依据，也是区别于岩浆岩和变质岩的主要标志。因此，沉积构造观察、描述是沉积岩研究中一个重要内容。

一、流动成因构造的观察描述

(一) 层理的观察描述

层理的观察、描述主要对野外露头和钻井岩心进行，其观察和描述的内容有：层理的厚度和规模；层理的类型及其特征；斜层理的纹层和层系产状的测量；层理内部构造和构成方式的观察和描述。

1. 层理的基本术语

层理是指沉积物（岩）由成分、结构、颜色及层的厚度、形状等垂向的变化而显示出来的一种构造。组成层理的要素有层系组、层系、纹层。

2. 层理的描述步骤和内容

第一步：仔细观察标本或露头剖面岩石，初步确定岩石类型，分清纹层、层系、层系组，确定层系界面和层的界面。并对层理进行初期素描。

第二步：仔细观察纹层（细层）。描述纹层的形状、纹层与层系界面的关系以及同一层系内纹层间的关系，测量纹层的厚度、产状，确定组成纹层的成分等。详细的观察内容见表 1-1。

第三步：描述层系、层系组及其界面。描述层系界面的形状、层系间的关系、层系内成分特征，测量层系的厚度、产状等。详细的观察内容见表 1-2。

对于斜层理，纹层与层系上界面的夹角称为倾角，与层系下界面的夹角称为安定角。对于同一个纹层，一般安定角小于或等于倾角，因此可利用倾角和安定角的关系帮助判断岩层的顶底。

第四步：确定层理类型，分析层理的成因。根据纹层、层系等观察和描述，确定层理类型，并根据组成层理的层系厚度大小，确定层理的规模（见表 1-2）。结合纹层、层系的产状测量，分析层理形成的环境及其水动力条件。对于能确定古水流方向的，需确定古水流方向。

若条件许可，最后还需对层理进行照相。

3. 层理观察、描述时应注意的问题

1) 形态描述须进行三度空间观察。观察时应注意平面上及平行流向的纵剖面 and 垂直流向的横剖面上的特征，只有三度空间综合观察才能正确判断层理的形态特征，同一类型层理在各剖面的表现各有异同，如槽状交错层理，只在横剖面上表现为槽形弯曲的特征，而在纵剖面上则似单向斜层理。大部分斜层理在纵剖面上可见各种斜层理形态，而在横剖面上则呈现平行层理的形态。因此要注意纵、横剖面的观察才能正确判断层理的类型。

2) 成分的观察。需观察纹层内物质成分、结构特征和微韵律变化。

3) 定量测量。对于斜层理，需测量并记录不同方向纹层的倾向和岩层的倾向。测量结果可以通过箭头图解及玫瑰图解等方式进行资料处理。对于曾发生构造变动的岩层，需进行岩层的倾向校正，才能确定古水流的方向。这种校正通常采用吴氏网法。

表 1-1 纹层的描述内容 (据波特文金娜, 有修改)

细层的标志		层理类型		
		倾斜的	波状的	水平的
形态	(1) 细层的形状	1) 直线的 2) 弯曲的: 凹形、凹凸形 (S形)、凸形	1) 对称的: 凹形、凹凸形 (S形)、凸形 2) 不对称的: 凹形、凹凸形 (S形)、凸形	1) 规则的 2) 不规则的
	(2) 层系内细层之间的关系	1) 平行的 2) 收敛的: 向上下、向上、向下 3) 放射状: 成簇的、连贯的	1) 平行的 2) 收敛的: 向层系底部收敛、向层系边部收敛	总是平行的
成分	(3) 纹层的结构	1) 均一的 2) 粒序的: 正粒序、反粒序 3) 不均一的	1) 均一的 2) 两层的 3) 不均一的	
	(4) 包体类型及其位置	类型: 1) 砾石; 2) 较粗粒物质; 3) 植物屑; 4) 动物屑; 5) 矿物分层 分布: 1) 纹层底部 2) 纹层的下端 3) 纹层上部 4) 不规则	1) 纹层底部 2) 槽形底部 3) 纹层上部 4) 不规则	1) 纹层底部 2) 纹层上部 3) 不规则
配置	(5) 纹层在层系中的配置及其组合	1) 均匀的 (一致的) 2) 韵律的 (形成组) 3) 不均匀 (不一致或不规则的)		
定量指数	(6) 纹层的厚度	1) 极巨厚 >100cm; 2) 巨厚 100~10cm; 3) 很厚 10~5cm; 4) 厚 5~2cm; 5) 中厚 2~0.5cm; 6) 薄 0.5~0.1cm; 7) 很薄 <0.1cm		
	(7) 产状 (倾角)	1) 陡 >30° 2) 中等 30°~20° 3) 缓 <20° 层系内纹层倾角变化: 1) 不变 2) 加大 3) 减小	波浪指数 波长、波高 不对称指数 无	无 无

表 1-2 层系的描述内容 (据波特文金娜, 有修改)

层系的标志		层理类型		
		倾斜的	波状的	水平的
形态	(1) 层系界线的形状	1) 直线的 2) 弯曲的: 凹形、凹凸形 (S形)、凸形	1) 对称的: 凹形、凹凸形 (S形)、凸形 2) 不对称的: 凹形、凹凸形 (S形)、凸形	1) 规则的 2) 不规则的
	(2) 层系之间的关系	1) 平行的 2) 楔形的 3) 交错的	1) 平行的 2) 不平行的 3) 交错的	总是平行的
成分	(3) 层系的结构	相邻纹层中纹层的方向	1) 同方向的 2) 不同方向的 3) 不规则的	方向变化明显, 对斜波状层理可以是: 1) 同方向的 2) 不同方向或不规则的
		物质的变化	1) 同种的 2) 分异的	
	(4) 包体类型及其位置	类型	1) 砾石; 2) 较粗粒物质; 3) 植物屑; 4) 动物屑; 5) 矿物分层	
		分布位置	1) 在上部 2) 在中部 3) 在下部	
配置	(5) 在层内层系的配置	1) 层系厚度的变化: ①均匀的; ②按一定方向变化; ③不规则的 2) 层系物质的变化: ①均匀的; ②按一定方向变化; ③不规则的		没有变化
		3) 层系内纹层倾角的变化: ①上部变陡; ②上部变缓		
定量指数	(6) 层系的厚度	1) 特大型 >100cm; 2) 大型 100~10cm; 3) 中型 10~3cm; 4) 小型 <3cm	1) 层系厚度同斜层理 2) 测波长、波高 3) 算波痕指数、不对称指数	如有层系, 按斜层理进行分类
	(7) 层系对岩层的倾角	1) 与层面平行 2) 同一个方向的 3) 不同方向的	1) 与层面平行的 2) 与层面倾斜的	无

(二) 波痕的观察描述

波痕是常见的层面构造之一, 是由于风、水流或波浪等介质的运动, 在沉积物表面所形成的一种波状起伏的层面构造。由于介质的作用性质、作用强度及方向不同, 波痕的大小和形态也不相同。可利用波痕的形态特征、波浪的大小和波痕指数等来恢复波痕的形成条件。

1. 波痕的基本术语

描述波痕的基本术语主要有波峰、波谷、波脊、波长 (L)、波高 (H)、迎流面、背流面、波痕指数 (RI)、对称指数 (RSI) 等。

2. 波痕观察描述的方法和内容

(1) 波痕要素或参数的测量

主要测量波痕的波长 (L)、波高 (H) 以及波痕的迎流面水平投影的长度 (l_1) 和背流面水平投影的长度 (l_2), 并进行波痕指数 ($RI = L/H$) 和对称指数 ($RSI = l_1/l_2$) 的计

算。

根据对称指数可将波痕分为对称波痕和不对称波痕。若 RSI 近似为 1，称为对称波痕；大于 1，称为不对称波痕。

研究不对称波痕时还需测量缓倾斜面（迎流面）和陡倾斜面（背流面）的倾向，以恢复古水流方向。一般情况下，缓倾斜面倾向与水流方向相反，陡倾斜面倾向与水流方向一致。在野外还须测量地层的产状，若岩层发生倾斜，则须恢复原始产状后测量，或测量岩层产状和缓倾斜面的现存产状，然后进行校正，校正方法可利用吴氏网法。

（2）波痕形态及内部构造的描述

波痕形态常按波脊的形态特征进行描述，主要包括波脊的连续性、是否分叉和延伸形态等。如波脊的延伸形态可分为直线状、弯曲状、链状、舌状、菱形状、新月状等。

发育良好的波痕，是由一个或几个迎流纹层和多个前积纹层及一个或几个水平底积纹层组成。前积纹层是波痕的主要组成部分，迎流纹层和底积纹层多未被保留。前积纹层形态有直线形、切线形和凹形，是波痕迁移形成的。根据波痕内部构造与外部形态关系可分为形态协调的波痕和形态不协调的波痕。

形态协调的波痕：波痕具有上述发育完好的内部构造，只有一组前积纹层而且在成因上有直接关系，其内部构造是由该波痕迁移形成的。

形态不协调的波痕：具有复合构造的波痕，不具典型的内部构造，而且与外部形态不协调，不相适应反映在成因上与之无关；呈复合构造形态，是由多组前积纹层组成的。

（3）波痕的物质组成

波痕的大小和形态与水深和流速有关，因此组成的物质粒度也不同，流速越小粒度越细。粒度在波痕内部分布也不一致，流水波痕背部颗粒比谷中颗粒细；而风成波痕则相反，背部颗粒较粗，而谷中颗粒较细。因此，需描述组成波痕的物质成分、粒度、分布等。

（4）观察和测量波痕所指示的流向

波脊是连续的，水和风的主要流向是垂直波脊方向的，不对称波痕的陡坡倾向指示主流方向。波脊不连续的舌形波痕和菱形波痕的凸端和菱形尖端指示流向。而新月形波痕凹向指示流向。

（5）波痕的成因分析

在上述观察和描述的基础上，还应综合分析和判断波痕的成因。波痕按成因可分为：流水波痕、浪成波痕、风成波痕、干涉波痕和改造波痕。不同成因波痕的识别标志参见《沉积学》教材的有关内容。

（三）槽模的观察描述

槽模是分布于砂岩底面上的一种印模，是由于水流的涡流对泥质物的表面侵蚀而形成许多凹坑，后被砂质充填而成，在上覆砂岩底面形成的一系列规则而不连续的突起。

注意观察、描述突起的对称性、形态、大小、延伸方向等。

利用槽模可判断古水流方向，槽模的延伸方向为水流方向，且浑圆状突起端迎着水流方向。

（四）沟模的观察描述

沟模也是分布于砂岩底面的脊状印模。

注意观察、描述脊状印模的延伸长度、方向、脊的高度、分布状况等。

利用沟模也可判断古水流方向，沟模的脊延伸方向为水流方向。

槽模和沟模均分布于岩层的底面，且常共生，因此可利用它们判断地层的顶底。

(五) 冲刷面的观察描述

冲刷面是指在沉积物表面由于水流下蚀作用使下伏岩层形成凹凸不平的面。

注意观察冲刷面的起伏程度、界面上下沉积物特征等。

二、暴露成因构造的观察描述

(一) 雨痕和冰雹痕的观察描述

注意观察雨痕的形态、大小、深浅。雨滴垂直落下时，坑呈圆形；雨滴倾斜落下，坑稍呈椭圆形。

冰雹痕与雨痕相似，但比雨痕宽而深，形状不规则。

雨痕和冰雹痕常为上覆沉积物充填，上覆沉积物底面上可见圆形或不规则形状的凸状印模。

(二) 干裂的观察描述

软泥状态的沉积物露出地表，由于干涸时收缩形成的裂缝使沉积物表面被分割成多边形块体。因此，应注意观察裂缝的形态，包括剖面和平面形态。裂缝剖面一般呈V字形，裂块呈多边形，且裂块中央凹、四周微翘。裂缝中常充填上覆沉积物。

可利用裂缝V字形断面确定上下层面，因为裂缝尖端指向下层面，裂块凹面一般向上。

三、同生变形构造的观察描述

同生变形构造主要包括包卷层理、重荷模、滑塌构造、砂球及球枕构造、砂火山、砂岩岩脉、碟状构造等。

重荷模是发育于岩层的底层面上圆丘状或不规则的瘤状突起，注意与槽模的区别，前者多不规则和无定向性。注意观察瘤状突起的形态、大小、突起高度、分布状况等。

砂球及球枕构造是分布于泥质之中的砂质椭球体或枕状体。注意观察砂球、球枕体的形态、大小，与砂岩层的关系以及围岩的特征等。

滑塌构造是沉积层在重力作用下发生运动和位移所产生的变形构造，可引起沉积物的形变、揉皱、断裂、角砾化、岩性的混杂等。注意观察纹层产状、裂缝分布、岩性特征，以及与上、下岩层的关系、分布范围等。

四、化学成因构造的观察描述

(一) 晶体印痕、假晶以及冰晶印痕的观察描述

此三种构造均与晶体有关，因此注意观察晶体的特征（形态、表面特征、颜色等），确定矿物成分。因为矿物可以指示形成环境，如石盐和石膏晶体或假晶存在说明沉积时盐度较高且在干燥气候条件下形成的。如果有黄铁矿存在，则说明当时是还原环境。

(二) 结核的观察描述

结核是岩石中自生矿物的集合体。这种集合体在成分、结构、颜色等方面与围岩有显著差异。

结核观察、描述的内容有：成分、结构、颜色、大小、分布，同时还要描述围岩的特征（成分、结构、颜色等），以及结核与围岩中纹层之间的关系，以便判断结核的形成时间：同生结核、成岩结核和后生结核。

(三) 缝合线构造的观察描述

注意观察缝合线分布，是否切穿颗粒，与层面的关系，开启性和充填情况以及围岩特征等。

五、生物成因构造的观察描述

生物成因的构造主要包括生物遗迹构造、生物扰动构造和植物根迹等。

生物遗迹构造根据形态及行为方式，可分为居住迹、爬迹、停息迹、进食迹、觅食迹、逃逸迹、耕作迹等。

生物遗迹描述的内容主要包括：痕迹的形态、大小和空间展布（方位、深度等）特征，潜穴内部构造特征，保存方式、丰度、伴生的其它痕迹及其相互关系、居群密度、围岩性质、无机沉积构造特征等。

遗迹的形态分为简单垂直管状、“U”形、直—弯曲形、蛇曲形、环曲形、螺旋形、星射形、树枝形、网格状、卵形与胃形、点线形等。

生物扰动构造一般是不具有确定形态的，其识别标志主要为在层理发育的砂岩中常破坏层理，在泥质沉积物中显示斑点构造，在含油砂岩中出现含油不均的现象等。描述内容主要包括扰动强度、分布等。

植物根迹是指保存在沉积地层中的植物根系，但在岩心中或局部露头所显示的根迹，大多数仅仅是植物根系的一部分或极少的部分。根迹在岩石中常呈现不同的形态，如垂直状、辐射状、须状、扁平状等，在一定程度上也反映了根系的生态特点。因此，在描述时，须注意根迹的形态、分布、完整性、保存状况（是否被炭化、氧化等）等。

实验一 沉积构造

1. 目的要求

- 1) 学会观察和描述常见沉积构造的方法和内容。
- 2) 掌握常见沉积构造的特征及其识别标志。
- 3) 学会分析常见沉积构造的形成过程。
- 4) 学会并掌握利用沉积构造进行沉积环境分析的方法和原理。

2. 实验内容

(1) 层理

水平层理、波状层理、浪成沙纹层理、槽状交错层理、楔状交错层理、板状交错层理、羽状交错层理、平行层理、块状层理、粒序层理、变形层理。

(2) 层面构造

波痕（直脊波痕、曲脊波痕、对称波痕、干涉波痕、改造波痕）、槽模、冲刷面。

(3) 同生变形构造

重荷模、火焰构造、滑塌变形构造。

(4) 暴露成因构造

干裂、雨（冰雹）痕。

(5) 化学成因构造

石盐假晶、黄铁矿晶体印痕、结核。

(6) 生物成因构造

生物扰动、生物遗迹（居住迹、觅食迹、爬行迹）。

3. 课堂报告要求

选择槽状交错层理、羽状交错层理、对称波痕、槽模、石盐假晶、觅食迹、爬行迹等，

观察标本，画出素描图，并分析其成因。具体内容如下：

- 1) 岩石类型；
 - 2) 沉积构造类型；
 - 3) 构造形态、要素，并画出素描图；
 - 4) 分析水动力特征和沉积环境。对流动成因的构造要指出古水流方向（图示）。
4. 实验的重点、难点
- 1) 交错层理的纹层、层系界面的观察。
 - 2) 层理的素描方法。
 - 3) 沉积构造的成因解释及环境分析。

第二节 陆源碎屑岩观察鉴定方法和实验

在实验过程中，首先详细地观察手标本，对岩石的成分、结构、构造、风化特点有了较全面的了解之后，再有目的、有意识地进行镜下薄片观察、描述，以弥补手标本鉴定中的不足之处，效果极好。以下介绍陆源碎屑岩（主要为砾岩、砂岩）的肉眼观察和镜下鉴定的方法和内容，由于泥岩的粒度细小和结构特殊，泥岩的肉眼观察和镜下鉴定的方法和内容将单独进行介绍。

一、砾岩、砂岩的手标本鉴定描述的内容和方法

（一）颜色

颜色是岩石最醒目的标志，主要从手标本获得。要分清原生色和次生色，应重点描述新鲜面的原生色。岩石的颜色往往不是单一颜色，描述时主要颜色放后，次要颜色放前，如紫红色、灰绿色等。

（二）物质成分及含量

根据成因和结构特征，陆源碎屑岩的组成可分为碎屑颗粒（矿屑和岩屑）、填隙物（胶结物和杂基）、孔隙，因此岩石的物质成分包括碎屑颗粒成分和填隙物成分。

1. 碎屑颗粒

指出占整个岩石的含量。

（1）矿屑

指出占碎屑颗粒的含量。

对主要矿屑应描述肉眼鉴定特征并目估百分含量（占碎屑颗粒的含量），为正确命名提供矿物含量依据。

常见的矿屑主要有石英、长石、云母、重矿物等，其在手标本中识别标志如下：

石英：浅色、透明或半透明（因磨蚀而呈毛玻璃状）、无解理、粒状，具油脂光泽、硬度=7、大于小刀。

长石：肉红色或灰白色，新鲜者具闪光的解理面，玻璃光泽；蚀变者则为浅色，土状光泽，具碎屑轮廓，以此与粘土杂基相区别。

云母：片状、珍珠光泽，常沿层理面分布，闪闪发亮。白云母为白色，黑云母为黑色或褐色。

重矿物：一般含量少，颗粒小，肉眼较难以鉴定。大者可根据颜色、晶形鉴定。

（2）岩屑

指出占碎屑颗粒的含量。

岩屑类型很多，特别在砾岩或角砾岩中，砾石成分以岩屑为主，可根据砾石的表面特征（光滑程度）、断口特征（贝壳状、平坦状、砂状）及岩石物理性质等进行砾石的成分鉴定。但当颗粒小时，较难以分辨岩屑的种类，可目估岩屑的含量（占碎屑颗粒的含量），结合薄片进行详细鉴定。以下介绍几种常见岩屑的肉眼识别特征：

脉石英岩屑：表面光滑，断口贝壳状、油脂光泽，色浅。

石英砂岩岩屑：表面较粗糙，砂状断口，由碎屑及填隙物两部分组成，碎屑具油脂光泽。

燧石岩岩屑：表面光滑，黑色或灰色，断口致密，显隐晶结构，硬度大。

石灰岩岩屑：浅色，表面光滑，硬度低，滴稀盐酸剧烈起泡。

千枚岩岩屑：灰色，丝绸光泽，硬度低，具片理。

2. 胶结物

指出占整个岩石的含量。

胶结物常见类型有钙质、铁质、硅质等，手标本鉴定特征如下：

硅质：一般为石英、玉髓和蛋白石，灰白色或乳白色，硬度大于小刀，岩石致密坚硬。

铁质：多为赤铁矿或褐铁矿，常使岩石呈红色。

钙质：灰白色或乳白色，硬度小，结晶粗大的可见解理面，以方解石为主，加稀冷盐酸起泡。

3. 杂基

指出占整个岩石的含量。

杂基多为粘土、细粉砂，手标本上可见比较疏松而碎屑颗粒突出。如粘土重结晶则比较硬。有时也出现灰泥杂基，其颜色较暗，且加稀冷盐酸起泡。

（三）岩石结构

陆源碎屑岩的结构包括碎屑颗粒结构、胶结物结构、杂基结构、孔隙结构以及胶结类型、支撑类型等。

碎屑颗粒结构主要包括颗粒的粒度（大小、分选性）、形状、圆度、球度及颗粒表面特征等。对于砾岩，可进行仔细观察、描述，大的砾石可用尺子直接测量砾石的大小（注意：练习用肉眼正确目估颗粒直径大小），近圆形或卵形颗粒则取其平均直径描述，扁圆形砾石则描述砾石的扁圆直径，长条状砾石则应描述长轴直径和短轴直径的大小。对于砂岩可简单描述颗粒的粒度、分选等。

确定胶结类型和支撑方式时，首先观察碎屑颗粒是否彼此接触。如果颗粒间紧密接触，则为颗粒支撑，此时要观察孔隙中是否有胶结物或杂基。如果颗粒间孔隙均被充填，则为孔隙式胶结，若孔隙未被充填或部分充填，则为接触式或孔隙—接触式胶结。若颗粒间彼此基本不接触，则为杂基支撑；基底式胶结。

（四）沉积构造

观察、描述可见到的层理、层面构造或其它沉积构造，并描述其特征。描述方法见第一节有关内容。

（五）综合命名

在以上观察、描述的基础上，根据物质成分含量进行综合命名，原则如下：

1) 砾岩命名原则：

颜色 + 沉积构造 + 特征矿物 + 结构 (粒度) + 成分 + 名称
例: 褐色块状构造复成分细角砾岩。

2) 砂岩命名原则:

颜色 + 沉积构造 + 特征矿物 + 结构 (粒度) + 成分 + 名称
例: 灰绿色平行层理海绿石细粒石英砂岩。

二、砾岩、砂岩的薄片镜下鉴定描述的内容和方法

(一) 物质成分及含量

1. 碎屑颗粒

指出占整个薄片的含量 (显微镜下目测估计百分含量参照图见附录 I)。

(1) 矿屑

指出占碎屑颗粒的含量。

薄片下, 根据颜色、晶形、解理和断口、干涉色、突起、次生变化、包裹体等对矿物成分进行鉴定并估计含量, 为正确命名提供矿物含量依据。

1) 石英: 无色, 透明, 粒状, 无解理, 有时有裂纹, 折光率略高于树胶, 突起糙面不显著, 表面光滑。干涉色一级灰白, 最高时可达一级淡黄, 一轴晶, 正光性。除此以外, 常见波状消光及气液体或其它矿物的包裹体。

2) 长石: 在碎屑岩中含量仅次于石英, 由于长石较石英易风化, 应区分“新鲜的”和“风化的”。

在砂岩中最常见的长石是正长石和微斜长石, 还有较少的酸性斜长石, 中基性斜长石很少见。根据光性特征应区别开正长石、微斜长石、透长石和斜长石。通常在砂岩中, 由于颗粒较小, 正长石的卡氏双晶常见不到, 而其它光性又与石英很相似, 主要根据其折光率略低于树胶、颗粒表面常因风化而污浊、微带浅棕色等特点与石英区别。

长石易风化, 正长石和微斜长石常风化成高岭土, 使长石表面呈浅棕黄色、土状。一般情况下, 微斜长石风化程度比正长石差。斜长石风化后易产生绢云母, 其光性与白云母相似, 只是呈极小的鳞片状。长石风化后透明程度减低。

3) 云母碎屑: 常见白云母和黑云母碎屑。

白云母在薄片中的无色, 具闪突起, 片状, 一组解理完全, 最高干涉色达二级末, 近平行消光。

黑云母在薄片中的深褐色或浅红褐色, 有时为浅绿褐色, 具极强的吸收性, 解理平行下偏光方向吸收性最强, 片状, 一组解理完全, 干涉色为二级。

4) 重矿物: 重矿物薄片的鉴定内容和顺序与在薄片中的造岩矿物的鉴定基本一致, 包括颜色、多色性、晶形、解理、相对折射率、干涉色、消光类型、消光角大小、延性符号、轴性、光性、2V大小、色散现象等。所不同之处就在于, 重矿物往往以整个颗粒出现, 厚度相对较大, 故干涉色偏高, 颜色及多色性较显著。除此之外, 重矿物鉴定的侧重点也不完全相同, 兹分述如下:

① 颜色及多色性: 由于重矿物颗粒较厚, 故颜色和 多色性要比在标准薄片 中更为明显。如紫苏辉石, 在岩石薄片 中为淡红—淡绿色多色性, 对于初学者不易观察出颜色变化, 但作为重矿物, 这种多色性就更加显著。

② 晶形: 重矿物的晶体形态不仅能够反映出矿物的结晶习性, 而且也能说明它在破碎、搬运、沉积过程中所经受的各种变化。一般来讲, 硬度大、化学成分稳定的重矿物抗磨蚀性

强，多保存有完整的晶体，如锆石和锡石常为柱状或双锥状；那些硬度较小、抗磨蚀性差的重矿物，常呈浑圆状，如磷灰石等。

③包裹体：很多重矿物都含有包裹体，包裹体可分为气体、液体和固体。由于不同重矿物的生成条件不同，可含有不同的包裹体，同时，来自不同母岩的同种成分的重矿物可能含有不同的包裹体。因此，通过对包裹体的研究不仅可以鉴定矿物，而且可以判断母岩的成分。

④解理和断口：有些重矿物的解理和断口具有明显特征，如蓝晶石作为重矿物出现时，几乎总能见到一组解理；石榴石重矿物具贝壳状断口；重晶石的断口往往参差不齐。

⑤突起：由于重矿物颗粒较厚，其突起要比在岩石薄片中更为显著。

⑥干涉色：由于重矿物颗粒较厚，干涉色要比标准薄片增高，因此在测定矿物干涉色的级序时，应充分考虑到厚度较大这一因素。一般把重矿物的干涉色分为低、中、高三个级别。低干涉色：一级干涉色，如磷灰石；中干涉色：二级至三级干涉色，如蓝晶石、普通角闪石、辉石、电气石等；高干涉色：高级白干涉色，如锆石、独居石、榍石等。

⑦次生变化：不同的矿物可以发生不同的次生变化，如透辉石易发生绿帘石化，橄榄石的蛇纹石化。即使同一种矿物，由于发生次生变化的程度不同，可能反映来自不同的母岩。

⑧重矿物的特殊结构、构造等，又可称为“标型特征”。它不仅可鉴定矿物，而且还可用来划分、对比地层或判断物源方向。

常见重矿物的主要光性特征如下：

磁铁矿：铁黑色，切面中常呈菱形、三角形或四边形，集合体为粒状或致密块状。反射光下钢灰色，强金属光泽。

黄铁矿：浅铜黄色，晶体为立方体、五角十二面体，表面常见条纹，切面形状多为三角形、正方形或不规则形，集合体为致密块状、浸染状、散布粒状或形成球状结核体。反射光下亮黄色，强金属光泽。

磷灰石：无色透明，柱状，横切面六边形，解理不发育。中正突起，糙面显著。一级灰白干涉色，平行消光，负延性。

电气石：多色性显著，长柱状，横切面为复三角形或六边形，有环带构造，中正突起。二级至三级干涉色，平行消光。

锆石：无色、浅棕色或浅红色，具良好的四方双锥柱形。高正突起，常含包裹体。高级白干涉色，正延性。

金红石：棕红色，反射光有金刚光泽，柱锥状晶体或不规则粒状，极高正突起，尤其在重矿物中可见显著的黑轮廓边。高级白干涉色，常被本身颜色所掩盖。平行消光，正延性，双晶常见。

锡石：淡黄棕色，四方柱、四方双锥形或不规则粒状，膝状双晶常见，高正突起，糙面显著。高级白干涉色，常被本身颜色所掩盖。正延性。

榍石：亮黄色及棕色，多色性微弱。自形晶为信封状，横切面为菱形、楔形或不规则形。高正突起，糙面显著。高级白干涉色，斜消光。

其它重矿物的识别特征参见有关矿物学参考书。

(2) 岩屑

指出占碎屑颗粒的含量及其特征。

碎屑岩中可见到各种成分的岩石碎屑，在镜下要准确地鉴定出各种岩屑，必须有岩浆岩、变质岩和各类沉积岩的镜下鉴定基础。因为碎屑岩中的岩屑是母岩经过风化搬运，在一

定环境下沉积而成，本身的成分、结构、构造等特征远没有母岩那样清楚，所以鉴定时要尽量根据矿物组合和结构特征确定岩屑名称。常见岩屑的主要识别标志如下：

燧石岩岩屑：单偏光下表面光洁，正交光下具小米粒结构或放射状结构。

细粒石英岩岩屑：单偏光下表面光洁，正交光下具细粒结构。

脉石英岩岩屑：单偏光下无色透明，正交光下具齿状嵌晶结构。

石英砂岩岩屑：单偏光下无色，具碎屑结构。

泥岩、页岩岩屑：单偏光下表面污浊，正交光下可见鳞片状绢云母，具二级干涉色。

喷出岩岩屑：单偏光下少数无色，多数具褐色，具斑状结构，基质为隐晶质或细晶质。其中酸性喷出岩具霏细结构或放射状球粒结构；中性喷出岩具玻基交织结构；基性喷出岩具粗玄结构；碱性喷出岩具粗面结构。

花岗岩岩屑：石英、长石等颗粒近等轴状，具花岗结构。

凝灰岩岩屑：单偏光下透明，常见棱角状晶屑、玻屑，具凝灰结构。

千枚岩、片岩岩屑：绢云母、绿泥石、黑云母等变质矿物具定向排列。

岩屑的详细识别标志和其它岩屑的识别标志见《沉积学》教材有关内容。

2. 胶结物

指出占整个薄片的含量。

常见胶结物的特征如下：

1) 碳酸盐：以方解石和白云石为主。在染色片中可区分开方解石、铁方解石、白云石、铁白云石。经茜素红和铁氰化钾的复合染色剂染色后，方解石为红色，铁方解石为紫红色，白云石不染色，铁白云石为蓝色。

2) 硅质：有石英、玉髓和蛋白石等。

蛋白石：无色透明，折光率比树胶低很多，为 1.4~1.6，正交光下全消光，是均质体矿物。

玉髓：无色透明，折光率与树胶接近，在正交光下可见玉髓呈小米粒状的微晶结构或呈放射纤维组成的球粒状、十字花状或扇形的集合体，一级灰干涉色。

3) 铁质：最常见的铁质胶结物为赤铁矿或褐铁矿，在显微镜下为红色、褐色，不透明或半透明。

除此以外有时还有石膏、硬石膏、海绿石等胶结物。一块岩石中若有两种以上的胶结物，应注意不同胶结物之间、胶结物与颗粒之间的接触关系，以判断其生成顺序。

胶结物成分确定后，便估计其含量，选择有代表性的几个视域，估计每个视域中胶结物占多少面积，几个视域平均一下，就可直接得出其百分含量。

3. 杂基

指出占整个薄片的含量。

主要指泥质、细粉砂，也包括泥、粉晶碳酸盐矿物。在镜下呈点状隐晶质，由于经常被铁质浸染而带浅褐色，在含油砂岩中，杂基常被原油浸染而呈棕色、黑色。有时，粘土矿物后期重结晶，呈细小鳞片状或纤维状矿物。

显微镜下注意杂基与其它泥质组分如泥岩岩屑、自生粘土、交代颗粒的粘土等的区别。

(二) 岩石结构

陆源碎屑岩的结构包括碎屑颗粒结构、胶结物结构、杂基结构、孔隙结构以及胶结类型、支撑类型，重点观察、描述碎屑颗粒结构。