

目 录

前 言

第一部分 沉积岩的一般特征..... (1)

实习一 沉积岩的常见造岩矿物..... (1)

实习二 常见沉积构造..... (2)

第二部分 沉积岩主要岩石类型、命名及成因分析..... (4)

一、粗碎屑岩类..... (4)

实习三 砾岩和角砾岩..... (6)

二、砂岩类..... (6)

实习四 石英砂岩(1) (9)

实习五 石英砂岩(2) (10)

实习六 长石砂岩..... (10)

实习七 岩屑砂岩..... (11)

实习八 粒度分析..... (12)

三、粉砂岩和泥质岩类..... (14)

实习九 粉砂岩和泥质岩..... (15)

四、碳酸盐岩类..... (16)

实习十 内碎屑灰岩、泥晶灰岩和结晶灰岩..... (23)

实习十一 鲕粒灰岩..... (24)

实习十二 生物碎屑灰岩..... (24)

实习十三 核形石灰岩和藻叠层灰岩..... (25)

实习十四 白云岩..... (26)

五、其他自生沉积岩类..... (26)

实习十五 硅质岩和石膏岩..... (26)

附 录

一、粘土矿物简易提纯..... (28)

二、粘土矿物的差热分析..... (30)

三、碳酸盐矿物的染色分析..... (30)

四、颗粒磨圆分选的目估..... (33)

第一部分 沉积岩的一般特征

实习一 沉积岩的常见造岩矿物

目的要求

掌握沉积岩常见造岩矿物肉眼和显微镜鉴定特征。

实习内容和材料

常见它生矿物：石英 长石 白云母

常见自生矿物：方解石 白云石 玉髓 自生石英 自生长石 海绿石 石膏

手标本：海绿石石英砂岩（228或236）

长石砂岩（224） 粉砂岩（251） 石灰岩（362或371） 白云岩（337） 硅质岩（305或346） 石膏（301）

薄片：海绿石石英砂岩（B₃或B_{3.7}） 长石砂岩（B₇、B₈或B_{8.1}） 粉砂岩（B_{1.1}） 白云质鲕粒灰岩（B_{2.4}） 燧石条带白云岩（B_{2.5}）

实习提示

手标本观察：一般不易区分钾长石和斜长石，但可据光泽和有无解理区分长石和石英。石英具油脂光泽，玉髓无光泽或呈暗淡的蜡状光泽。白云母呈细小的片状，银白色，具玻璃光泽。海绿石为绿色鳞片状集合体，易氧化成褐铁矿。方解石和白云石常呈粒状，色多呈浅淡，解理面十分发育，玻璃光泽，小刀可以刻划留痕。常温下，方解石与稀盐酸反应迅速，白云石只有粉末才与稀盐酸反应（详见碳酸盐岩部分）。石膏可呈板状、柱状、粒状或针状、纤维状等，无色透明，有一组解理，玻璃光泽或珍珠光泽，纤维状集合体呈丝绢光泽，硬度很小（小于方解石）。

薄片观察：

石英：无色透明，表面光洁，低正突起，无解理，最高干涉色为一级黄白，性质稳定，无任何风化蚀变现象。它生石英常为等轴粒状或呈一向伸长，可含尘点状、针状、短柱状或片状包裹体，有时有裂纹或波状消光。碎屑岩中的自生石英多呈加大边形式环绕在它生石英的周边，有时也呈全自形的三方柱状出现（在碳酸盐岩中更易见到）。硅质岩中由玉髓转化而来的自生石英呈镶嵌粒状。

长石：常见的它生长石为钾长石（多为正长石、微斜长石、条纹长石）及酸性斜长石。根据特殊的双晶、条纹、环带、蠕英石构造、解理和易高岭土化或绢云母化等特征，不难将钾长石与石英区分。如不具上述特征，只能用锥光判别，但石英受应力影响也会出现一个小到中等大小的光轴角。常见的自生长石也多呈加大边形式环绕在它生长石的周边。自生长石是由粘土矿物转化而来，故常因含杂质而很污浊。偶而也有板柱状的自生长石产出。

白云母：无色透明，片状，具一组极完全解理。垂直解理面的切面有较强的低正一中正闪突起，平行消光，干涉色可达二级顶部，很鲜艳。性质稳定，无风化蚀变现象。平行解理的

切面闪突起不明显，易与石英相混，但突起比石英高，可微见糙面。

方解石：无色透明，它形粒状或针状、柱状、叶片状、糙面十分显著，有极强的中高一低负闪突起，两组极完全解理相交成菱形，常发育聚片双晶，双晶纹平行菱形解理的长对角线，高级白干涉色，薄片过薄或近垂直光轴的切面可呈三到四级的斑斓状干涉色。

白云石：光性与方解石极相似，在沉积岩中易呈菱形自形晶出现，有时还有杂质或铁质的雾心或环带。解理和双晶可能不如方解石发育，如同时发育双晶和解理，则双晶纹平行菱形解理的短对角线。现在常规鉴定白云石多用染色法（见碳酸盐岩部分或附录三）。

玉髓：无色或稍带褐色，低负突起，晶体轮廓不固定，正交镜下静止物台常见纤状、扇状、放射状集合体或为边界弯弯曲曲的粉晶级粒状，随物台转动，其边界可在附近小范围内呈扫动或扩散、收聚式移动。最高干涉色为一级灰白。纤状玉髓的延性可正可负，分别称为正玉髓和负玉髓。玉髓易失水重结晶成镶嵌粒状石英，轮廓遂固定。

海绿石：新鲜者呈深浅不同的绿色，受氧化影响可呈红褐色。多呈鳞片状集合体出现，集合体呈颗粒状或填隙状。因其颜色较深，一般难辨其干涉色。海绿石有典型的集合偏光现象，即由极细小的单一矿物相构成的集合体在正交镜下不消光，因为这些细小微粒在集合体内的空间取向是随机的，从统计学上说，物台处在任何位置，总有大致相等的颗粒数处在干涉位。一般只有当矿物颗粒小到不易辨别时这种现象才比较典型。在沉积岩中，具有这种现象的还有泥晶碳酸盐矿物、各种粘土矿物和绿泥石等。

石膏：无色透明，板状、粒状、柱状或针状、纤维状，低负突起，一组完全解理，板、柱状晶体可发育燕尾双晶。最高干涉色为一级黄白，在蒸发岩和咸水白云岩中常见，也可作为碎屑岩的胶结物。脱水后变成硬石膏。硬石膏呈低正突起，干涉色可达三级。

实习报告

据你观察，记录手标本它生石英、长石、白云母和薄片玉髓、海绿石、白云石、泥晶方解石的鉴定特征。

思考题

1. 在什么样的条件下方解石和白云石可成为它生矿物？海绿石可成为它生矿物吗？为什么？
2. 显微镜下如何区分下列矿物？
长石和石英 自生石英和它生石英 长石和石膏 粒状玉髓和石英

实习二 常见沉积构造

目的要求

熟悉沉积岩常见构造的形态特征和显现机理，学习常见沉积构造的观察、度量和描述（包括素描）方法，加深对沉积构造形成过程及其地质意义的理解。

实习内容和材料

物理构造：

①层理构造：水平层理 平行层理 各种交错层理 波状层理 脉状层理 透镜状层理 粒序层理 韵律层理

②顶面和底面构造：波痕 晶痕（假晶） 干裂 雨痕 槽模 沟模 重荷模

③其它构造：冲刷构造 滑塌构造 包卷层理

化学构造：鸟眼构造 缝合线 叠锥 结核 假层理

生物构造：虫孔（潜穴） 爬痕 藻叠层

实习提示

对任何沉积构造，除注意观察其形态外，均需注意“量”上的特征，如纹层（层理中的细层、藻叠层中的纹层）和层系的厚度，交错层理交错角的大小，波痕指数，槽模高宽及密集度，冲刷面、缝合线等的起伏规模，干裂的垂直深度和水平宽度，晶痕、鸟眼、结核、虫孔的大小、多少等等。对各种层理、冲刷、滑塌、包卷层理、鸟眼、结核、藻叠层等构造，还需注意它们是由哪种因素表现出来的（粒度、成分或颜色）。

有些沉积构造可指示古水流方向，如槽模、不对称波痕、大多数交错层理等等；有些构造可指示岩层的顶底面，如振荡波痕、干裂、槽模、部分交错层理、柱状叠层石等等，观察时应注意这些特征。

实习报告

详细描述一种交错层理、脉状或透镜状层理、波痕、槽模、鸟眼、藻叠层、虫孔等构造并绘素描图。如果构造可指示古水流或岩层顶底面，在素描图上可用箭头表示出来。

思考题

1. 下列构造有何异同点：

槽模和重荷模 水平层理和平行层理 结核和鸟眼 层纹石和水平一微波状层理

2. 为什么大多数交错层理可以指示古水流方向，槽模和柱状叠层石可以指示岩层顶底面？

第二部分 沉积岩主要岩石类型、命名及成因分析

任何岩石的观察都分手标本（及野外露头）和薄片两个部分，前者具有宏观和空间性质，后者则是微观和断面的显示，两者相辅相成，不能偏废。按照认识事物的一般规律，观察总是从整体开始，逐渐深入到各个细部，再从细部回到整体上来。有时甚至要经过多次反复才能对岩石的特征获得较全面而深刻的认识。

一、粗碎屑岩类

粗碎屑岩即砾岩和角砾岩。由于粒度较粗，无较大视域则不能观其全貌，故许多特征（如岩石的颜色、碎屑的粒度、含量、成分、磨圆度、分选性、支撑等）应在野外露头上考察。供室内观察研究用的手标本也应根据粒级大小尽可能大一些。

（一）手标本观察

颜色是指岩石整体的颜色，它与主要砾石和填隙物的颜色有关。

结构由主要砾石的粒级和圆度决定。观察时应注意砾石的形态（等轴、扁平或其它形状）以及最大、最小及主要砾石的粒度（或范围），并据此判断其分选程度。磨圆度也应根据大多数砾石的圆度来确定。在估计砾石含量时，注意其支撑类型，进而观察相邻砾石的接触关系。当砾石为扁平状或长条状时，要注意最大扁平面和长轴的定向性，有无叠瓦状构造、叠瓦角的大小或其它定向构造。

砾石常是岩石碎屑，矿物（晶体）碎屑多在细砾岩或填隙物中出现。如果砾石内部结构过细，肉眼不能准确鉴别其岩石类型时，可根据颜色、断口、光泽、硬度等整体特征推测其所属大类。原则上，不同岩性的砾石要分别估计含量，也可用主要、其次、少量或较多、较少、偶见等程度词表述。

填隙物是泛指砾石颗粒之间的物质，可能是基质和胶结物，也可能只是其中之一。特征明显时，应尽量将它们分开；如有困难，也可不必严格区分。常见胶结物为硅质、钙质和铁质。粘土基质在重结晶过程中也可将砾石胶结起来。这些物质的鉴定特征可参看后面的砂岩部分。

（二）薄片观察

粗碎屑岩薄片观察主要是为了确切鉴定砾石的种类，详细研究填隙物的成分、结构、颗粒之间的关系及其他自生变化。由于砾石种类可以是岩浆岩、变质岩和沉积岩中任何一种岩石，因此确定砾石种类就需要全面掌握各种岩石类型的主要鉴定特征；如花岗岩主要由石英

和长石组成，带有花岗结构的特征；各种喷出岩具斑状结构或霏细、玻璃质结构，斑晶和基质成分随岩类而异；变质岩具有特征的变质矿物和特有的结构构造等等。观察时一般采用较低倍率的镜头。当砾石较粗大时，注意不要将砾石和填隙物混淆。这时，可先用肉眼观察薄片，待确定了它们的相对位置和大致范围后再放到显微镜下观察。

(三) 命名方法

目前粗碎屑岩的命名原则还未完全统一。由于我们将砾级碎屑的含量超过30%（不是50%）的岩石称为砾岩或角砾岩，故涉及到粗碎屑的岩石命名与其它岩石稍有不同。以砾岩为例：

1. 砾石 $>30\%$ ，基质 $<50\%$ 时，岩石命名如下：

按粒度：如细砾岩、中砾岩、粗砾岩。

按砾石成分：成分单一，如燧石岩砾岩、花岗岩砾岩；成分复杂，即复成分砾岩。

按胶结物：如硅质砾岩、钙质砾岩。

综合命名：如粗砾硅质燧石岩砾岩、中砾钙质复成分砾岩。

2. 砾石 $>30\%$ ，基质 $>50\%$ 时，基质应参加命名：

砂基为主，称砂质砾岩。

泥基为主，称泥质砾岩。

混基，称砂-泥质砾岩或泥-砂质砾岩。

其它单因素命名原则同上。

综合命名：如细砾钙质胶结砂质复成分砾岩。

3. 砾石5—30%，命名时应在主要岩石名称前加“含砾”二字，如含砾粗粒钙质岩屑砂岩。

(四) 成因分析

粗碎屑岩中具环境意义的特征，包括砾石成分、粒度、磨圆度、形状、表面特征、分选性、定向性以及基质成分和粒度、丰度（或支撑性质）等。通过综合分析可以推测沉积区离源区的远近、沉积速率、沉积环境的水力学特征等。如配合粒度、组构的测量和层序研究，分析将更加具体。

砾岩描述举例

产地：河北宣化 层位：白垩系

手标本描述：

浅灰色。中细砾结构，块状构造。砾石约占80%，填隙物约占20%。颗粒支撑。砾石均为等轴状，以次圆和次角状为主。大小不太均匀，粒径最大20mm，最小2mm，以10—15mm多见，分选程度中等。

砾石成分以白云岩为主，其次是硅质岩。白云岩灰白色，粉末滴稀盐酸起泡。硅质岩深灰或黑色，致密坚硬。另有少量砾石呈浅紫红或暗灰色，无光泽，断口粗糙，推测为中性喷出岩。

胶结类型为孔隙式。胶结物灰色，局部带绿色色调，可与稀盐酸反应，说明含有钙质。胶结十分紧密。

薄片描述：

砾石成分为石灰岩、白云岩、燧石岩、粗面岩和安山岩。白云岩砾石中有时含硅质条带。燧石岩中也常有少量次生交代的白云石晶体，粗面岩和安山岩具斑状结构，较新鲜。

砾石间分布有大量砂级、粉砂级碎屑，成分以石英为主，胶结物为方解石。

岩石命名：中细砾钙质复成分砾岩

成因分析：

该砾岩的砾石有较多抗风化力弱的岩石，成分比较复杂，分选磨圆均不大好，且有较多中细碎屑混入，说明沉积物未经长距离搬运和筛选淘洗，推测沉积区离源区不远，水动力相对较弱。

实习三 砾岩和角砾岩

目的要求

掌握砾岩和角砾岩肉眼和显微镜观察要点及描述方法，领会形成条件和形成过程对砾岩角砾岩成分和结构的控制作用。

实习内容和材料

手标本：石英岩砾岩（201） 复成分砾岩（202，203，214） 洞穴角砾岩（204）
粘土胶结石灰岩角砾岩（205） 砂质砾岩（208）

薄片：石英岩砾岩（B₁）

实习提示

手标本观察：比较砾岩和角砾岩的磨圆程度，单成分砾岩或角砾岩与复成分砾岩的成分差异。对砂质砾岩砂基的观察，可参考砂岩部分。

薄片观察：首先观察石英岩砾石，注意其矿物成分（以石英为主，少量白云母或硬绿泥石）和结构（粒状，大部分呈缝合线状镶嵌）。部分薄片中的砾石由直边镶嵌的石英组成，可能由石英岩或燧石岩重结晶造成。然后观察填隙物，注意其中的石英质砂基。大部分泥基已变成硬绿泥石（板片状或束状集合体，暗绿色或浅灰绿色，多色性明显，高正突起，可见一组完全解理，最高干涉色为一级橙红，一般切面仅为一级灰左右且被颜色覆盖），少部分变成白云母或石英。以上特征说明岩石已受低级变质作用的影响。

实习报告

描述复成分砾岩手标本（202）和石英岩砾岩薄片（B₁），并附镜下素描图。

思考题

1. 利用粗碎屑岩作母岩恢复时应注意什么问题？
2. 砾石的圆度和成分有何环境意义？

二、砂岩类

（一）手标本观察

1. 颜色。也是指岩石整体颜色。要注意观察颜色分布是否均匀、主要是由哪部分组分显示出来的，从而确定是继承色、原生色还是次生色。
2. 结构构造。所有砂岩均具砂状结构，但需进一步确定是粗砂状、中砂状还是细砂状。粗、中、细的划分是根据主要粒级的粒度大小，但在手标本上一般难以看出其确切数值，这

时，可与砂样管进行对比。要求学生经过几次砂岩实习后，能对粗砂、中砂、细砂集合体获得一个整体印象，能对未知样品“一目了然”。在观察粒度大小的同时，要注意其大小分布是否均匀(分选性)，并需用放大镜从不同角度观察砂粒的磨圆情况。实习用的手标本一般块度不大。常常不能全面反映构造形迹的空间特征，一般可省略对构造的观察。但如手标本上有明显的构造显示，也应按要求观察并进行必要的度量。

3. 碎屑成分。最常见的矿物碎屑是石英、长石和白云母，其鉴定特征可参阅实习一。岩屑多是结构较致密或隐晶质的；颜色较深，光泽暗淡，如暗灰、暗红、暗绿等，但也有颜色浅淡的岩屑，如某些燧石岩、石英岩等等。对岩屑的观察是概略的，准确鉴定只能在镜下进行。对不同碎屑应分别估计百分含量(全碎屑占全岩的百分比及各碎屑占全碎屑的百分比)。

4. 胶结物。手标本上有时难以区分胶结物和基质，可统称为填隙物。常见胶结物有硅质(自生石英、玉髓和蛋白石)、方解石、白云石、铁质、海绿石、粘土等。

硅质：最常见的是自生石英，一般为碎屑石英的加大边，但它已与碎屑混为一体，手标本上呈似结晶结构。玉髓和蛋白石胶结物多出现在富含火山岩岩屑的砂岩中，通常颜色浅淡，也可能呈现较深的颜色，其主要鉴定特征是硬度大，无光泽，由其胶结的岩石断面常切过碎屑颗粒(完全由石英胶结的砂岩或砾岩也有此特征)。但玉髓和蛋白石在手标本上却难以分开。

方解石和白云石：方解石常称钙质。二者均为白色或灰色，硬度较小，可用稀盐酸鉴别。

铁质：呈黄褐、紫红等色。多为赤铁矿。易风化成褐铁矿，风化后硬度降低。

海绿石：呈各种绿色。填隙状或粒状。小刀可以刻划。在氧化环境中常变为褐铁矿而呈褐紫色斑点或斑块，严重时很象铁质胶结，故需在新鲜岩面上观察。

粘土矿物：多呈浅的颜色(白、灰白等)，含色素离子或有机质时也可能较深，无光泽。粗糙疏松，易刻成粉末。不与稀盐酸反应。

(二) 薄片观察

1. 粒度。根据已知的视域直径或目镜微尺估计或度量砂粒的粗细。对单个碎屑，取最长视直径作为粒径值。注意最大、最小和大多数颗粒的粒径，并按大多数颗粒的粒径范围确定岩石的结构类型，当石英、长石有加大边时，要注意颗粒的真实大小。

2. 分选磨圆。一般使用低倍率镜头观察，这样视域大一些，较易得到正确结论。磨圆度应以大多数颗粒的圆度为准，但少数颗粒的特殊圆度变化也需在描述时提及(有时可能暗示着碎屑的来源)。观察分选磨圆时，同样要注意加大边以及交代作用造成的假象。

3. 支撑类型。砂岩中，由于砂粒形状变化不大，可按基质的含量来确定支撑类型：

基质 < 2%	颗粒支撑
基质 = 2—10%	少泥颗粒支撑
基质 = 10—25%	多泥颗粒支撑
基质 > 25%	泥基支撑

4. 碎屑成分和含量。砂岩的碎屑成分主要靠薄片观察确定。对晶体碎屑，不能仅限于确定其矿物名称，还要注意它们的标型特征，如外形(主要指石英是否有六方假象或一向伸长，石英、长石有否熔蚀现象)、包裹体、波状消光、长石双晶类型、双晶纹的粗细疏密、错动以及环带、条纹、石英加大边有否磨蚀等等。另外，手标本上一般难以辨认重矿物，镜下可作一定弥补(注意：一块薄片通常不能反映岩石全部重矿物的组成)。碎屑含量是指全

部碎屑占全岩的体积百分比，与填隙物含量之和为100%，它受沉积环境水动力、淘洗时间和成岩压实作用的控制。另一种含量是指碎屑的组成，即不同碎屑占碎屑总量的体积百分比，它是成分成熟度的反映，控制因素较复杂。这两种含量均可用机械台较精确地测得，在一般的岩性鉴定中常凭经验估计。两种含量均应以具体的百分数来表示（描述）。

5. 填隙物。镜下观察填隙物应严格区分基质和胶结物。基质常以粘土为主并混有其它杂质，镜下呈污浊的尘点状。基质若以水云母为主或变为绢云母时，正交镜下可见密集的闪亮小点或薄片。长石碎屑高岭土化或绢云母化后易与基质相混，但多少还可见到均匀的一级灰背景干涉色或双晶；若见不到干涉色或双晶，可根据具有碎屑外形识别之。广义上，粘土基质对碎屑颗粒也可起胶结作用。许多时候，岩石可能具有两种或两种以上成分的胶结物，它们可能只出现在特定部位（如颗粒表面或粒间孔的中央部分），也可能是随机分布；它们之间可能只是简单的先后关系，也可能为交代关系。确定了胶结物后应进一步判断胶结类型和胶结物自身的结构。

6. 其他成岩后生变化。包括压实（和压溶）作用、交代作用和重结晶作用等。要注意碎屑颗粒之间的接触强度（点接触、面接触、凸凹接触、缝合线状接触）、过分填集、压实定向、塑性碎屑（如泥质岩岩屑）的变形、刚性碎屑的破裂以及胶结物和交代物的生成顺序等等。但对石英颗粒的裂纹和长石双晶纹的错动要分清是继承性的还是沉积压实形成的。要注意胶结物对碎屑颗粒以及不同成分胶结物之间有无蚕食现象。

（三）命名方法

1. 单因素命名：

①按颜色：如红色砂岩、绿色砂岩等等。

②按粒度：如中砂岩、细砂岩、中细粒砂岩等等。

③按胶结物：如钙质砂岩、铁质砂岩等等。如不止一种胶结物，可取含量较高或具特殊沉积成岩标志的那种胶结物作为词头。

④按杂质含量：如净砂岩和杂砂岩。若岩石被粘土胶结（含量 $>15\%$ ），原则上应分清这些粘土的成因，若为基质成因的称为杂砂岩；若为胶结物成因的，则称为粘土质砂岩。考虑到基质也可起胶结作用，也可将它们统称为粘土质砂岩。

⑤按碎屑组成：如石英砂岩、长石砂岩等等。

2. 综合命名。按研究程度，综合各种单因素，作尽可能全面、确切的命名。各单因素在名称中的排列顺序是：

颜色-粒度-胶结物-碎屑组成

如红色中粒铁质砂岩、暗绿色细粒海绿石石英（净）砂岩、灰白色粗粒钙质长石石英杂砂岩等等。

（四）成因分析

分析依据是岩石的构造、成分成熟度、结构成熟度、各种自生矿物和成岩后生变化等。分析内容包括碎屑物质的来源（母岩分析）、大地构造背景、气候状况、搬运方式、沉积水能量的高低、成岩方式、成岩物化条件等等，即与岩石形成条件和形成过程有关的诸方面的特征。

砂岩描述举例

产地：河北唐山 层位：震旦亚界

手标本描述：

灰绿色，中粒砂状结构，粒度均匀，分选性好，磨圆度多为圆状。碎屑含量约85%，胶

结物约15%。颗粒支撑，孔隙式胶结。

碎屑几乎全由石英组成。石英无色，微透明，油脂光泽，硬度很大。胶结物为海绿石，暗绿色，无光泽，小刀可以刻划，部分氧化成褐铁矿，形成疏松的褐色斑点。有些海绿石呈颗粒状，为自生碎屑，粒径与石英碎屑相仿。

可见由海绿石含量变化显示的平行纹理，纹理厚约1mm。

薄片描述：

岩石具中粒砂状结构。多数颗粒粒径在0.2—0.4mm之间，分选好，磨圆度为圆到极圆状。碎屑含量80%，胶结物20%。碎屑由陆源碎屑和自生海绿石碎屑组成，它们分别占碎屑总量的90%、10%。陆源碎屑中97%以上都是石英，仅有极少量的长石和锆英石、帘石等重矿物。

石英无色，表面干净，圆到极圆状。部分具不规则裂纹或有尘点状包裹体，多数有明显的波状消光。长石无色，可见解理，多为微斜长石和斜长石，偶见条纹长石，一般呈次圆状。有的长石因高岭土化略带褐色或混浊不清。重矿物粒度较细，但磨圆度很高。

自生海绿石碎屑为鳞片状集合体，外形浑圆，粒径多在0.4—0.5mm之间。分布比较均匀。鲜绿色，多有集合偏光现象。少数鳞片较大者可见明显多色性和二级干涉色。

胶结物为海绿石和自生石英，以自生石英为主。胶结方式为孔隙式。自生石英均为碎屑石英的加大边。两种胶结物不在同一粒间孔中出现。胶结十分紧密严实。

部分海绿石（碎屑或胶结物）已氧化成褐铁矿，不透明。

岩石命名：灰绿色中粒海绿石质石英岩状砂岩

成因分析：岩石中石英碎屑含量极高，分选、磨圆度均好，即两个成熟度都较高，说明碎屑石英经过了长距离搬运，又经反复筛选磨蚀，不稳定组分已大量淘汰，泥基已被冲洗干净，碎屑形成于稳定地台区。海滩是形成上述特征的有利地段。海绿石为典型的海相指示性矿物，故此砂岩的形成可能与浅海环境有关。沉积物无明显压实现象，其成岩方式主要为胶结作用。在同生阶段仅有少量海绿石胶结物，随着埋深增加，进一步被共轴增生石英胶结而成岩。

实习四 石英砂岩（1）

目的要求

掌握石英砂岩手标本和薄片观察描述方法；了解石英砂岩碎屑成分和结构的一般特征，加深对石英砂岩形成条件的理解。

实习内容和材料

手标本：海绿石石英砂岩（225，232，236） 铁质石英砂岩（229）

薄片：海绿石石英砂岩（B₃）

实习提示

手标本观察：海绿石的颜色因其阳离子中 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 比率的不同而不同， Fe^{2+} 含量高显绿色。海绿石可呈填隙状也可呈颗粒状。铁质石英砂岩中的石英碎屑可能呈铁锈色，这是因为其外表常敷有一层铁质薄膜的缘故。

薄片观察：碎屑的组成几乎全是单晶石英，仅有很少的长石、多晶石英和重矿物。这是石英砂岩碎屑组成方面的基本特征。海绿石胶结物呈填隙状，自生碎屑呈颗粒状。部分海绿石已氧化成不透明的褐铁矿。许多石英碎屑有加大边（即还有硅质胶结物），它与碎屑间的

界线是由点状杂质表现出来的（即有痕加大），有时清楚，有时仅隐约可见。此时，应注意观察碎屑的轮廓以确定其粒径和磨圆程度，并进一步观察加大边的发育程度（宽窄、是否自形等）以及它与海绿石胶结物的分布特征。

实习报告

描述海绿石石英砂岩手标本和薄片，并附镜下素描图。

思考题

1. 石英砂岩在成分和结构上有何特征？
2. 试述共轴增生石英的物质来源和形成阶段？

实习五 石英砂岩（2）

目的要求

进一步熟悉石英砂岩的碎屑成分和结构特征，了解成岩后生变化对碎屑颗粒的再改造作用。

实习内容和材料

手标本：白云质石英砂岩（227） 粘土质石英砂岩（226） 沉积石英岩（230）

薄片：白云质石英砂岩（B₁）

实习提示

手标本观察：注意比较白云质石英砂岩和粘土质石英砂岩的胶结物在结晶程度、透明度和粗糙程度上的差异。沉积石英岩在外观上已看不出碎屑结构。

薄片观察：注意石英碎屑的溶蚀现象。有极少数碎屑颗粒已全部碳酸盐化，试按其外形推测原来可能是什么矿物。薄片可见两种成分的胶结物，对其中的白云石，应注意观察其形态和光性特征。仔细观察两种胶结物之间以及胶结物与碎屑颗粒之间的关系。注意碎屑颗粒的接触强度。

实习报告

描述白云质石英砂岩手标本和薄片，并附镜下素描图。

思考题

1. 有哪些地质因素能使砂岩碎屑中的长石减少石英增多、多晶石英减少单晶石英增多？
2. 镜下观察砂岩的成分和结构有哪些成因意义？

实习六 长石砂岩

目的要求

熟悉长石砂岩碎屑成分和结构的一般特征；掌握长石砂岩手标本和薄片的观察鉴定要点；学习利用成分成熟度和结构成熟度对岩石形成条件作综合分析。

实习内容和材料

手标本：长石砂岩（222，224，235，237）

薄片：长石砂岩（B₁）

实习提示

手标本观察：由新鲜钾长石为主的长石砂岩多呈淡红色，以酸性斜长石或高岭土化长石为主的长石砂岩多呈灰白色。要仔细区分长石碎屑和石英碎屑并估计其相对含量，鉴定胶结物的成分。

薄片观察：总结镜下区分长石和石英、钾长石和斜长石的方法；对其中的重矿物进行鉴定。长石碎屑易高岭土化和绢云母化。高岭土为尘点状集合体，可使长石表面变污浊。绢云母为鳞片状集合体，较透明，干涉色最高可达二级，常见一级黄白。注意：不同长石颗粒新鲜程度不同。仔细辨认高岭土化或绢云母化强烈的长石碎屑。胶结物成分主要是粘土。注意：胶结物有无重结晶现象。是否有的已变成长石的加大边；这种加大边与石英加大边有何不同；是否还有别的胶结物；有无粘土交代石英的现象。

实习报告

描述长石砂岩手标本（224）和薄片，并附镜下素描图。

思考题

1. 比较长石砂岩和石英砂岩在成分和结构方面的差异。
2. 如何根据长石砂岩的结构或熟度进行成因分析？

实习七 岩屑砂岩

目的要求

掌握岩屑砂岩手标本和薄片的观察鉴定要点；学习几种常见岩屑的镜下鉴定方法；学习根据成分和结构特征分析具体岩屑砂岩的形成条件和形成过程。

实习内容和材料

手标本：岩屑砂岩（218，223，253）

薄片：菱铁矿质岩屑砂岩（B₈₀）

实习提示

手标本观察：一般岩屑砂岩比其他成分砂岩的颜色暗一些。要用放大镜仔细观察，注意碎屑成分中岩屑与石英长石等的区别。

薄片观察：先观察碎屑颗粒。估计碎屑总含量，注意其结构特征（粒度、磨圆、分选等）。碎屑成分中除岩屑外，还有多种晶体碎屑。要求估计晶体碎屑的相对含量，确定所鉴定岩石是否属岩屑砂岩，并进一步观察岩屑的类型。岩屑类型较复杂，观察时可作简单记录，待正式描述时再按岩浆岩、变质岩和沉积岩三大类归纳。观察过程中，应随时注意碎屑与胶结物的关系。然后观察胶结物菱铁矿的特征，包括颜色、形态、粒度、突起（闪突起不明显）和干涉色，并与其它碳酸盐矿物、尤其是白云石对比。具十字消光影的球粒也是菱铁矿，呈放射纤维状（注意菱铁矿其它特征）。试分析判断菱形菱铁矿与球粒状菱铁矿间的关系。注意菱铁矿胶结物的分布特征。在粒间还有另一种胶结物。要求鉴定后一种胶结物的成分，并判断上述两种胶结物沉淀的先后顺序。

实习报告

描述岩屑砂岩手标本（218）和薄片，并附镜下素描图。

思考题

1. 砂岩和砾岩中的岩屑有哪些不同？为什么会有这些不同？
2. 岩屑砂岩中有哪些具成因意义的特征？试作具体分析。

实习八 粒度分析

目的要求

通过对松散砂样的筛析，掌握一般粒度分析的工作程序和数据的处理；学习累积概率曲线的分析解释方法。

1. 筛析步骤：

(1) 决定套筛规格：套筛是指一组上下相互套叠在一起的筛子，其筛孔直径由上到下逐渐减小。先目估砂样的最大粒径，取比最大粒径更粗一级的筛子用手试筛，如全部砂样均可筛下，即以此筛作顶筛。如有部分砂粒不能筛下，可换更粗一级的筛子再试筛，最后取全部砂样均能筛下的筛子作顶筛。往下按 $0.25\phi-0.5\phi$ 的间距将套筛配齐。底筛孔径可用 4ϕ ，过细容易堵塞，干筛效果很差。

(2) 检查安装套筛：所选套筛不能有破损、筛孔变形或被堵的情况，也不能有碎渣、杂物残留。全套筛子按上粗下细的顺序套叠在一起。筛底加上托盘（以上步骤由实验员完成）。

(3) 取样过筛：为减少人为因素的影响，用缩分器将砂样缩分至50g左右，称其总质量 G （不能随意增减，精确到0.01g），作好记录。然后将砂样倒入顶筛，加盖。最后将套筛置于震筛机上振动10分钟。

(4) 分级称量：将筛分好的砂样分级取出（先倾倒，后清扫，不能有损失），称其质量 W_i （精确到0.01g）。作好粒级及质量记录。

(5) 计算并查表：先根据下式计算各粒级的质量百分数 X_i ，

$$X_i = \frac{W_i}{G} \times 100\%$$

然后，再从粗到细计算各级累积百分数。全部粒级的累积百分数应为100%，不足或超过100%的部分应按各粒级质量百分数进行分配。

2. 数据处理：数据处理方法有计算法、图算法和作图法。计算法是用数理统计原理进行纯数学计算，使用较少，故从略。

(1) 图算法：先作累积频率曲线，然后在曲线上量取所需特征数 ϕ_x ，最后用这些特征数计算粒度参数。

① 累积频率曲线的作法：粒径用 ϕ 单位时可用算术坐标纸。以粒径为横坐标，累积频率百分数为纵坐标，分别确定各粒级相应的点，

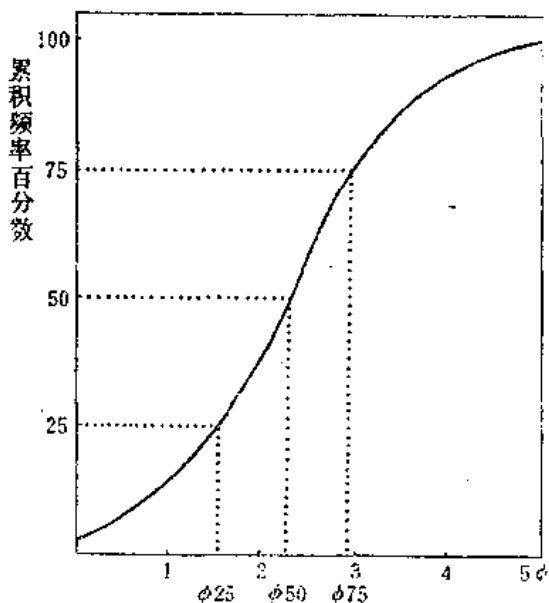


图1 特征数 ϕ_x 量取示意图

再用圆滑曲线将各点相连即为累积频率曲线(图1)。

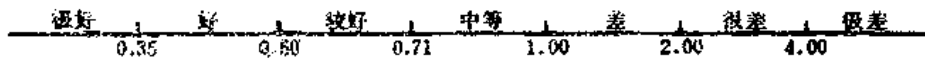
②特征数 ϕ_x 的量取： ϕ_x 是指在累积频率曲线上累积百分数为 x 的点所对应的粒径 ϕ 值。如在图1中， $\phi_{25}=1.55$ ， $\phi_{50}=2.25$ ， $\phi_{75}=2.90$ 。福克和沃德粒度参数公式使用的特征数为： ϕ_5 、 ϕ_{16} 、 ϕ_{25} 、 ϕ_{50} 、 ϕ_{75} 、 ϕ_{84} 、 ϕ_{90} 、 ϕ_{95} 。

③粒度参数的计算(按福克和沃德, 1957)：

$$\text{平均值 } M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

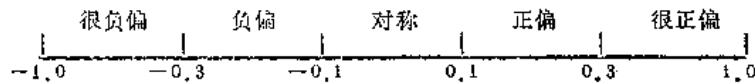
$$\text{分选系数 } \sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

按 σ_1 大小的分选分级：



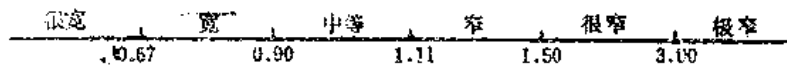
$$\text{偏度 } SK = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

按 SK 大小的偏度分级：



$$\text{峰度 } KG = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

按 KG 大小的峰度分级：



(2) 作图法：将统计数据作成图件直接反映粒度分布及其相应沉积环境的水动力特征。除上述累积频率曲线外，还可作直方图、累积概率图等等。这里只介绍概率图。概率图作图需换用正态概率坐标纸。在坐标纸上先按 ϕ 值和累积频率百分数标定各粒级相应的点。处在一条直线上的各点可用直接相连。一条直线一般要求有4个以上的点(由于各种原因，这些点可能与直线稍有偏离)，如果套筛间距过大，也可能只有3个点。最后图形可能由几段相交的直线构成，这说明样品是不同正态总体的混合物(图2)。直线之间的交点称截点。在截点附近(图2为细截点附近)，可能有的点偏离直线，可另连成短线，称其为过渡带；或只能大致用一弧线相连，称其为混合度。混合度用截点到此弧线的距离来度量。

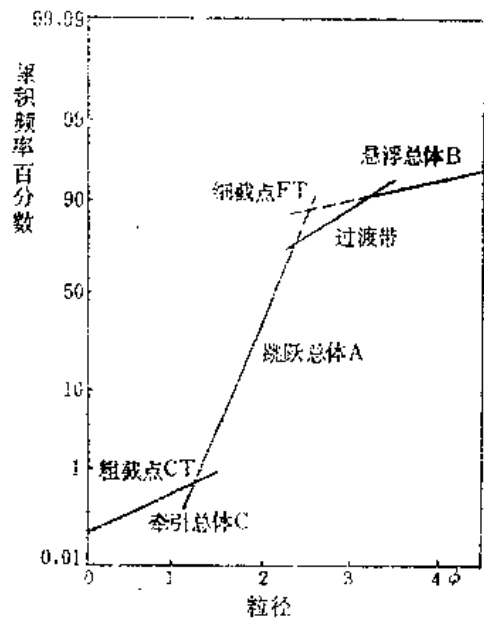


图2 搬运方式与正态总体的关系

3. 概率图的分析、解释和应用：不同水动力条件下的碎屑沉积，其概率曲线的图形特征各不相同，可从下面几个方面进行描述：

①各正态总体的发育组合情况和相对百分含量，是否有缺失。

②各正态总体与横坐标轴的夹角大小。它是该总体分选性的函数。一般认为夹角小于 30° 为分选差， 30° — 60° 为分选中等，大于 60° 为分选好。

③截点位置，即截点对应的粒径值。由此可进一步确定不同总体的粒径范围。

④不同总体间有否过渡带或混合度，过渡带类型及混合度大小。过渡带和混合度的形成一般是两种搬运方式叠加的结果。

若沉积环境已知，可通过概率图的分析揭示其中沉积物的搬运方式、分选程度和其它水动力特征。若沉积环境未知，可通过与已知环境条件的概率图进行对比为环境解释提供证据。

实习报告

包括砂样的筛析结果及其环境解释；粒度统计的原始数据、有关特征数和粒度参数、概率图；根据概率图的特征分析砂样的搬运方式、分选程度以及沉积水动力特征，通过样品概率图与已知概率图的比较，对分析样品的沉积环境作出解释。

思考题

1. 用毫米和 ϕ 值作粒径单位各有什么优点？
2. 累积频率曲线和概率曲线越陡表示分选越好，为什么？

三、粉砂岩和泥质岩类

（一）粉砂岩

粉砂岩与砂岩并无本质差异，仅粒度更细而已，因而砂岩观察、鉴定和描述要点在原则上均适用于粉砂岩。但粒度细也使粉砂岩的观察具有某些特殊性。

1. 手标本观察

①一般难以确定粉砂岩的碎屑含量和组成：粉砂岩常含较多碎屑白云母，它们一般平行层面排列，在合适断面上对着光线可见许多针尖状闪亮细点。这是粉砂岩在碎屑成分上的重要鉴定特征。

②粉砂有粗细之分。粗粉砂有明显颗粒感，岩石断面比较粗糙。细粉砂更象泥质，但不如泥质细腻。

③粉砂岩中常含有泥质，受压力和其它成岩后生作用影响，有时也会出现程度不同的页理，故页理一般不是粉砂岩和泥质岩的可靠鉴别依据。

2. 薄片观察

①粉砂岩普遍具有良好分选性，但磨圆度很差。

②碎屑成分中如有长石，则常常是双晶中的一个单体，因而较少见到双晶纹。

③在粗粉砂岩中，局部泥基含量并不高，而且呈颗粒支撑，这时原始粒间孔径比粉砂粒径更小，可用较高倍率的镜头观察鉴定其中的胶结物成分和胶结物与碎屑的关系。

3. 命名方法

①单因素命名

按颜色：如灰白色粉砂岩、紫红色粉砂岩等等。

按粒度：如粗粉砂岩、细粉砂岩。

按胶结物：如钙质粉砂岩、铁质粉砂岩等等。

按泥质含量：粉砂岩（泥<5%）、含泥粉砂岩（泥=5—25%）、泥质粉砂岩（泥=25—50%）。

按碎屑组成：可借用砂岩的三角分类图。

②综合命名。按研究程度和实际需要综合不同单因素特征命名。各单因素在名称中的排列顺序是：

颜色-胶结物-泥基-碎屑组成-粒度

如紫红色钙质长石石英粗粉砂岩、灰白色泥质细粉砂岩等等。

（二）泥质岩

普通实验室对泥质岩的观察鉴定只限于手标本。

泥质岩具泥状结构，外观上很细腻，手摸（或碾）无粗糙颗粒感，小刀切出的面很平滑，常有混入物存在，如粉砂、钙质、铁质、硅质、碳质、细分散黄铁矿和沥青等。混有粉砂时，断面或小刀切出的面稍有些粗糙。钙质可用稀盐酸检验。铁质呈各种红、紫、褐、黄等色。硅质坚硬，抗风化。碳质色黑且污手，有时可见植物化石。细分散黄铁矿色黑或黑灰，但不污手。沥青质呈黄褐、棕或棕黑色，质地较轻，含量较高时用小刀可刮切成刨花状碎片，烧之冒烟且有沥青味。

泥质岩命名可按下表进行。

泥 质 岩 命 名 表

成 分 单 一	无 页 理 构 造		有 页 理 构 造	
	成 分 复 杂 或 成 分 不 明		有特征混入物	无特征混入物（可按颜色）
	有特征混入物	无特征混入物（可按颜色）		
高岭石粘土（岩） 蒙脱石粘土（岩） 水云母粘土（岩）	铁质泥岩或 红色泥岩 碳质泥岩 钙质泥岩	泥 岩	钙质页岩 碳质页岩 硅质页岩 铁质页岩或 红色页岩 黑色页岩 油页岩	页 岩

注：如混有粉砂，可在名称前加上“含粉砂”或“粉砂质”。

实习九 粉砂岩和泥质岩

目的要求

掌握粉砂岩、泥质岩手标本和粉砂岩薄片观察鉴定及其命名方法；了解一般粉砂岩的成分和结构特征。

实习内容和材料

手标本：粉砂岩（248，251，254） 高岭石粘土岩（271） 蒙脱石粘土岩（270）

水云母粘土岩(273, 276) 碳质页岩(292, 317) 油页岩(293)

薄片: 粉砂岩(B₁₁)

实习提示

手标本观察: 比较粉砂岩和粘土岩的外观, 体会粉砂状结构和泥状结构的差别。注意粉砂岩中的白云母碎片。高岭石粘土岩和蒙脱石粘土岩的最大区别在于遇水后是否马上膨胀。实习用的高岭石和蒙脱石粘土手标本均为纯白色, 这是较高纯度的反映。当高岭石和蒙脱石含较多杂质时, 则呈黄、灰、浅红或灰绿等色。

薄片观察: 除度量粉砂碎屑的粒度外, 还应注意粉砂磨圆差而分选好的一般特征。除有双晶的长石外, 是否还可鉴定出不具双晶的长石。其中的云母大多是白云母, 是否有黑云母。此外, 还应注意重矿物。仔细观察胶结物成分, 找准原始粒间孔部位。

实习报告

描述粉砂岩手标本(251)和薄片, 并附镜下素描图。

思考题

1. 比较粉砂岩和砂岩在成分和结构上的异同。
2. 为什么粉砂岩比砂岩更富含碎屑白云母?
3. 在手标本上如何区分粉砂岩和泥质岩?

四、碳酸盐岩类

(一) 手标本观察

1. 矿物成分。首先用5%的稀盐酸检验方解石和白云石的相对含量。在石灰岩-白云岩系列中, 反应强度大致分为4个等级:

①强反应。起泡迅速而剧烈, 并伴有小水珠飞溅和嘶嘶声。具此反应者, 以方解石为主, 属灰岩类。

②中等反应。起泡迅速, 但无小水珠飞溅, 具此反应者属白云质灰岩类。

③弱反应。气泡出现较慢较少, 有的气泡可滞留在岩面上不动。具此反应者属灰质白云岩类。

④不反应。长时间都无气泡出现, 但粉末有中等强度的反应。不反应者, 以白云石为主, 应归入白云岩类。

用稀盐酸检验的矿物成分是概略的, 因反应强度还与岩石的粒度、孔隙度、渗透性和温度有关。粒度越细, 孔隙度渗透性越好, 温度越高, 反应越强。

反应结束后, 按残留物的多少还可大致判断其中泥质成分的含量, 可用手或白纸将它们揩下来观察。

原则上, 上述方法对检验砾岩、砂岩、粉砂岩和泥质岩是否含方解石也是适用的, 可参照使用。

用稀盐酸检验矿物成分时, 应在岩面的不同部位进行, 以便确定成分分布是否均匀。滴酸后, 如果反应明显沿一条细线进行, 这很可能就是一条微方解石脉, 应换一个部位检验。

除上述成分外, 肉眼可以观察的还有自生硅质矿物、海绿石、石膏和黄铁矿等, 可按它

们的特征进行鉴定，并估计其含量。

2. 颜色。碳酸盐岩的颜色多为各种灰色，色调的深浅一般与有机质含量有关，有时甚至为黑灰色或黑色，含铁质时可以呈红或黄色。

3. 结构：

①颗粒结构：由颗粒和填隙物组成。在新鲜断面上，颗粒多由不同颜色显现出来，对颗粒结构，应按颗粒类型进一步细分，如生屑结构、砾屑结构、鲕粒结构等等；并应进一步观察颗粒的大小和形态。对磨蚀颗粒，还要观察其分选性、磨圆度和定向性。

②泥晶结构：细腻致密，无光泽，断口平滑或呈贝壳状。

③生物骨架结构：具群体生物格架，孔洞较大且发育，其中充填有颗粒（常常是生屑）、泥晶或亮晶。

④结晶结构：岩石由彼此镶嵌的晶粒组成，断面上可见各种方向的晶体解理面，具玻璃光泽。这些解理面的大小反映了晶粒的粒径，据此，可将结晶结构进一步分为粗晶（ $>0.5\text{mm}$ ）、中晶（ $0.5—0.25\text{mm}$ ）、细晶（ $0.25—0.05\text{mm}$ ）和粉晶（ $<0.05\text{mm}$ ）等结构。

4. 颗粒含量和特点。首先估计颗粒总含量，如颗粒不止一种，还要估计各种颗粒所占的比例，即颗粒的组成。要仔细观察颗粒自身的特点，如砾屑的内部结构和氧化圈（有无、厚薄等）、鲕粒、核形石的核心和圈层、生屑的种类等等，尽可能对颗粒作进一步划分。

5. 填隙物。这是针对颗粒结构而言的，主要是鉴别泥晶和亮晶。一般说，泥晶致密且多少含有一些杂质，看上去暗淡无光泽；而亮晶粒度较粗，杂质很少，常呈白色或淡灰色，比较透明，有时甚至可以看到晶体解理面。颗粒含量较少而呈“漂浮”状者，则肯定是泥晶（可能会有重结晶）。确切区分泥晶与亮晶需在镜下进行。

（二）薄片观察

观察内容与手标本基本相同，大体包括下面5个方面：

1. 矿物成分。重要的是鉴别方解石和白云石。准确简便的方法是薄片染色法。当用盐酸茜素红S作染色剂时，方解石可染成红色，白云石不染色。用这种方法可鉴别出分散在方解石（或白云石）中的粉晶级白云石（或方解石）。此外，薄片中还常能见到自生硅质矿物（玉髓或自生石英）、海绿石、石膏、黄铁矿（可氧化成褐铁矿）和陆源碎屑，应分别估计它们的含量。

2. 结构：

①颗粒结构：进一步按颗粒类型分为生屑结构、鲕粒结构、砾屑结构、砂屑结构、团粒结构、核形石结构、凝块石结构、藻屑结构和由两种或两种以上颗粒构成的结构，如生屑鲕粒结构等等。无论是哪种结构的岩石，均要度量或估计其颗粒的大小，注意颗粒的外部形态和支撑类型；对磨蚀颗粒（包括藻屑），还要进一步观察其分选性、磨圆度和定向性。

薄片上，生屑的粒度同其它颗粒（包括陆源碎屑）一样也由外部轮廓的最长轴来决定，可粗略地分为砾级、砂级和粉砂级三个级别（粒度界线同陆源碎屑）；但在涉及具体的生物时，应根据它的特殊形态作确切描述。生屑的磨圆度是指其断口、尖棱壳饰或边缘被磨蚀的程度，如见不到这些部位（如完整的有孔虫），就无法确定。成岩过程中，生屑尖棱部位容易被溶蚀，判断往往很困难。生屑分选性的确定更复杂。根据我们的体会，以自形半自形为主的生屑，可在同种生屑之间观察，以它形为主的生屑可不分种属作总体观察。严格地说，只有当生屑全部是它形时，其大小的均匀程度才可能是完全由水动力分选造成的。

②泥晶结构：颗粒含量小于5%，主要或全部由方解石或白云石泥晶组成，分不清单个

晶体，整体呈半透明或微透明，有典型的集合偏光现象。

③结晶结构：需进一步观察晶体的大小、形态、排列、洁净度和环带、雾心等等。一般只按粒度划分次一级的结构类型。

④粘结结构：为粘结岩所特有。如常见的藻叠层灰岩，纹层清晰时，有明显的亮、暗分带。暗带富含有机质和藻迹（斑点状或丝状），色深暗；亮带主要由较粗大的晶体组成，很透明。如果纹层不发育，则分不出亮、暗带而呈海绵多孔状，即深暗的泥晶部分呈筛状或网状。筛孔形状不规则，但边缘清楚，长轴大致平行排列，其中有明亮的方解石充填，称藻绵孔或显微鸟眼。这种结构的观察内容包括亮、暗层的厚度，藻绵孔的大小、形状、排列和分布等。

⑤交代结构：常见方解石被白云石（有时是硅质）交代。按交代强度可细分为：

交代××结构：原灰岩结构明显，颗粒等仍主要为方解石质（正残余），如交代鲕粒结构、交代生屑结构等等。

残余××结构：原灰岩结构仍可辨认，但颗粒等已基本上变为白云质（负残余），如残余鲕粒结构，残余生屑结构等等。如颗粒类型难以辨别，可统称残余颗粒结构。

对交代结构，尽量按原灰岩结构作进一步观察。如原灰岩结构完全被破坏，则可过渡到结晶结构。

3. 颗粒含量、类型和特征。颗粒总含量有时在手标本上估计更客观、准确（尤其是粒度较粗时），但镜下观察可与手标本相互印证。手标本上难以观察的颗粒和颗粒组成一般需在镜下估计。对颗粒类型和特征的深入观察，应特别注意有成因意义的方面。

①内碎屑：应确切鉴别砾屑、砂屑和粉屑，注意其内部结构和氧化情况。砾屑可以具有灰岩中的任一种结构，但泥晶结构更常见。砂屑粉屑粒度细，内部通常都是泥晶结构。大小均匀的砂屑易与团粒相混，可注意观察它是否具有较刚性的破碎边缘或棱角。如果圆度很好，一般可视为团粒，但有时还需考虑共生岩石才能作最后鉴别。

②鲕粒：首先区分放射鲕和同心鲕，真鲕和表鲕，并估计其相对含量。偏心鲕和复鲕可归入真鲕。再观察鲕核成分、鲕核粒径和同心圈的疏密。有些鲕粒由于核心太小或切片未通过核心而看不到鲕核。如果鲕粒全由晶粒组成，应仔细辨别是充填鲕还是变晶鲕。此外，还应观察鲕粒有否破碎或压溶现象。有的鲕粒既有同心状包壳也有放射状特征（如有十字消光影），有种观点认为，这种放射状是次生的，仍属同心鲕。

③生物碎屑：应尽量鉴定出生物的门类或属、种，并估计其相对含量。鉴定的依据有二：一是生物固有的生长形态（包括是单体还是群体）、大小、壳的厚薄、壳的构造分层、房室、体腔、隔壁、壳饰等等，当生屑为自形半自形时，这些是鉴定属种的重要依据。二是骨骼或外壳的内部显微结构，包括它的矿物成分、晶体形态、大小、排列以及结构分层等（图3），当生屑很破碎、生物的固有生长形态已不复存在时，只能根据这些特征鉴定出生物的门类。

常见钙质生物碎屑的鉴定特征如下（图4）：

有孔虫：包括簏，多为多房室的壳体。个体较小，多在0.5—2mm左右。房室的排列方式可为平旋、螺旋、包旋或绕旋，形态不一，切面形态变化较大。壳体可为单层式的隐粒、微粒或玻纤结构，也可为外隐粒或微粒、内玻纤或层纤的双层式结构。

介形虫：双瓣壳，壳长从不足1mm到几毫米，比较薄。单瓣切面常呈细月牙状。具层纤或玻纤结构。

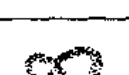
结构类型		单偏光特征	正交偏光特征	主要生物类型
片状	平行片状结构		 弱波状消光	腕足、苔藓
	柱状结构			腕足、瓣鳃
柱状	层纤结构	 可见纤体	 明显波状消光	介形虫、有孔虫、珊瑚层孔虫
	玻纤结构	 全透明	 强波状消光	介形虫、有孔虫、三叶虫
粒状	网格单晶结构			海胆
	连生单晶结构			海百合
	多晶结构			软体、绿藻、海绵骨针
	微粒结构	 半透明	 集合偏光	有孔虫、红藻
	隐粒结构	 不透明	 不透明	有孔虫、红藻

图3 常见钙质生物硬体内部结构

三叶虫：镜下多呈散落、破碎状的骨片。切面常为飘带状、弯钩状、蛇曲状等等。壳体一般比较薄，内部有时有褐色裂纹。其刺为圆管状（纵切）或圆环状（横切），均为玻纤结构。

腕足类：双瓣壳。一般个体较大，较厚，肉眼常常可见。可有壳皱、疹孔或壳刺。常为单层平行片状结构。片较厚，在垂直壳面（垂直方解石片）的切面中表现为较粗的发丝状，发丝与壳面平行或斜交。腕足刺也呈长管状或圆环状，亦为平行片状结构。有的腕足类具外片状内柱状的双层式结构。

苔藓：群体。镜下常见单个虫室或多个虫室连成枝状、网状等。单个虫室横切面呈圆形、椭圆形或多角形，纵切面呈管状，内部横板可有可无。壳壁或虫室壁多很薄。平行片状结构，片很薄，切面常呈极细的发丝状平行壳壁排列。根据形态和极薄的片状结构，可将苔

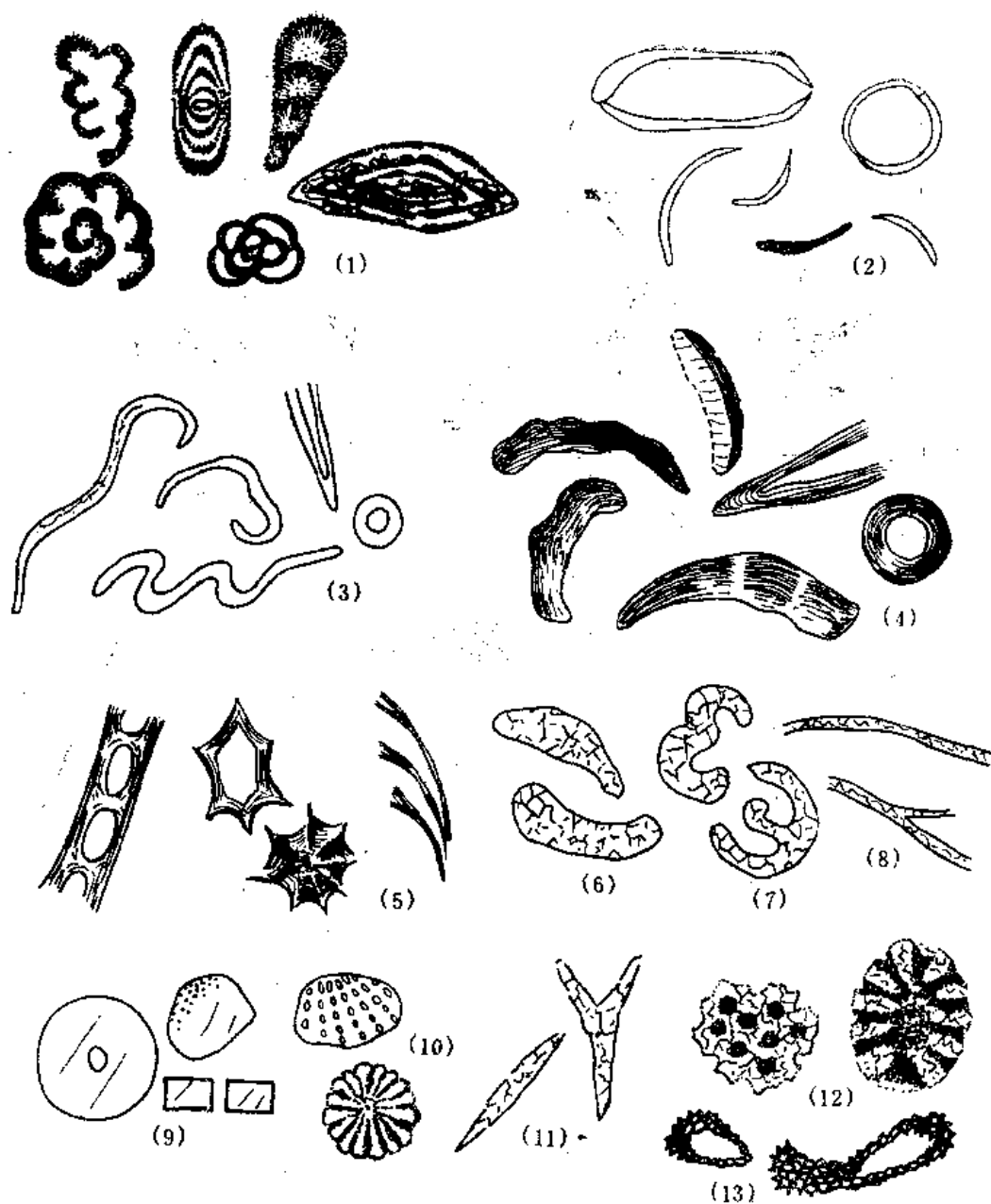


图4 常见钙质生物碎屑的镜下特征(不表示相对大小)

1. 有孔虫和䗴; 2. 介形虫; 3. 三叶虫; 4. 腕足类; 5. 苔藓; 6. 瓣鳃类; 7. 腹足类;
8. 头足类; 9. 海百合; 10. 海胆; 11. 海绵骨针; 12. 米齐藻; 13. 蠕孔藻

蚌与腕足动物相区别。

软体动物：常见的有瓣鳃类(双壳)、腹足类(螺)、头足类等。个体一般较大(瓣鳃类、腹足类也有较小者)。均为多晶结构。瓣鳃类为双瓣壳,有时壳表面还有一层柱状结构的表层。腹足类多为螺旋式,也有平旋式者,内部无隔壁。碎片的弯曲度较瓣鳃类更大一些。头足类为直管、弯管或旋转式壳体,其最大的特征是有隔壁,壳体较薄且很均匀。

棘皮动物：常见的是海百合茎和海胆骨片、海胆刺等。大小不一。海百合茎多呈分散状的茎环出现,横切面呈圆形,中心有茎孔;纵切面呈长方形,有时也可见到茎孔;为连生单晶结

构。海胆骨片多为等轴形状，海胆刺横切面为圆形，常呈各种花瓣状、辐条状等等，二者均为特征的网格单晶结构。海百合茎内有时也分布有规则的网眼，其中常被泥晶方解石充填，与网格单晶不同。

海绵骨针：呈单轴、三轴或四轴的放射状，长多在0.1—0.5mm左右。多晶结构。海绵骨针与破碎瓣鳃类的区别是，海绵骨针的每一射均很直，末端对称地收缩变尖。

粗枝藻：又称伞藻，为绿藻门的一个科。常以节片或叶状体形式出现。外形呈圆柱状、棒状、卵球状等等。大小为1—3mm。其上有侧枝孔。以多晶结构常见。这里介绍米齐藻和蠕孔藻两种。米齐藻，桶状，侧枝孔规则排列，直达中央茎，纵切面稍呈向外开口的漏斗形，横切面呈圆形，多晶结构。蠕孔藻，细长圆柱状，侧枝孔密而细小，且不与中央茎连通，微粒结构，常因富含有机质而不透明。如为多晶结构，则称假蠕孔藻。

④团粒：特征较明显的是粪团粒（或粪粒），其有机质含量很高，色很暗，切面呈圆形或两端稍尖的短纺锤形。藻团粒内部可能会有细小斑点状或丝状藻迹，常与其它藻成因的岩类共生。团粒极易与高度分选磨圆的砂屑相混。

⑤藻粒：包括核形石、凝块石、藻团块和藻屑。核形石一般粒径较大，应重点观察手标本或野外露头；镜下观察的主要目的是鉴定藻的种类（藻迹或各种微管状藻），其次是核心的成分。凝块石外形不规则，边缘凸凹不平，但很清楚；内部为泥晶质，有机质含量较高，色偏暗。但在同一个凝块石内部，有机质分布常不均匀，有的部位透明度很低，其内可能有藻迹，而另一些部位透明度稍好，二者之间是渐变的。藻团块与凝块石并无本质区别，只是内部或边缘粘结有其它颗粒，如生物碎屑、鲕粒等。藻屑除有藻纹层或藻绵孔外，其边缘一般较平整，呈现较刚性的外貌。

⑥陆源碎屑：一般含量很少，多为石英。

4. 填隙物。首先确定泥晶基质和亮晶胶结物以及它们的含量。

①泥晶基质：见泥晶结构鉴定特征。

②重结晶泥晶（假亮晶）：杂质多，杂质可包裹在晶体内部，也可处在晶间界面上。重结晶不太强时（晶粒为细晶或粉晶级），晶粒常呈不规则港湾状镶嵌。局部晶粒可能较粗，向四周逐渐变细。重结晶较强时，可能会破坏颗粒边缘。颗粒含量少而呈“漂浮”状。

③亮晶胶结物：晶体干净，透明度好，晶间界线多平直。从不影响颗粒边缘，与颗粒边缘的界线清晰截然。可出现世代性。颗粒含量高时，必定为颗粒支撑。

对亮晶胶结物，可进一步观察其晶体形态、大小、分布及其与颗粒的关系。亮晶胶结物，除可呈栉壳状、叶片状或粒状外，在棘皮动物、介形虫、三叶虫、竹节石、有孔虫等单晶或纤状结构生屑的表面也常呈加大边（共轴增生）的形式。

5. 其它成岩后生变化。

①压固：在刚性颗粒接触点处或其附近，颗粒出现变形、断裂、错动。颗粒间呈塑性面接触或凸凹接触。颗粒呈过分填集状。

②压溶：颗粒间出现缝合线状接触或岩石中有缝合线穿过。

③溶解：有鲕粒、生屑、铁白云石等的溶模孔、粒内孔、石膏假象、充填鲕和不规则状溶孔、溶缝或溶沟。有时仅基质被溶解而留下颗粒。

④交代：具交代结构。注意交代有否选择性，选择性受哪些因素的控制，有无交代假象。

（三）命名方法

视方解石和白云石的相对含量而遵循不同的方案命名。

1. 白云石 $<5\%$ ：按纯灰岩的结构-成因分类表命名，如亮晶鲕粒灰岩。

2. 白云石 $=5-25\%$ ：在纯灰岩结构-成因分类名称前冠以“含云”二字，如含云亮晶鲕粒灰岩。

3. 白云石 $=25-50\%$ ：在纯灰岩结构-成因分类名称前冠以“云质”或在名称中加进“云质”二字，如云质亮晶鲕粒灰岩、含生屑云质泥晶灰岩。

4. 白云石 $>50\%$ ：按什维佐夫的白云岩结构-成因分类表命名，如残余鲕粒灰质白云岩。

(四) 成因分析

1. 沉积环境。分析内容主要包括盐度正异常、水能量高低和沉积水体深浅，进而推断所属相带。分析依据主要是：

①颜色和沉积构造。

②沉积结构，包括颗粒类型、粒度、分选性、磨圆度及支撑类型和粒基比等。

③颗粒特征，如真鲕、表鲕、放射鲕的丰度，砾屑氧化圈的发育程度，生物组合特征（种类的多寡、广盐狭盐、底栖、漂浮、浮游等）、蓝绿藻活动强度、类型及造岩特点等。

④特征的原生矿物，如海绿石、石膏或其假象等。

2. 成岩后生变化。分析内容主要包括成岩方式、成岩物化条件和后生改造等。分析依据是沉积后的各种物化作用产物或痕迹：

①颗粒的各种压固现象，常指示胶结作用进行缓慢或出现较晚，有时压固是与胶结作用同时发生的。

②胶结物矿物成分、晶体大小、形态、分布等特征与不同成岩环境有关。

③各种铸模孔、充填假象和溶孔等表明有淡水活动。

④各种交代作用及其产物与交代溶液和其它物化条件有关。如较早期的选择白云石化常受沉积结构构造的影响；次生白云石化可能只受次生裂隙、缝合线等的控制；白云石晶体的某些矿物学特征（杂质、环带、雾心、含铁量等等）与交代溶液的物化特征有关；自生硅质矿物对方解石的交代说明了二氧化硅浓度加大或pH值的降低等等。

碳酸盐岩描述举例

产地：云南宁浪 层位：石炭系

手标本描述：

深灰—黑灰色。生物碎屑结构。生屑白色或浅灰色，含量约50%，分选性很差，局部自形程度很高，主要为双壳类，呈双瓣铰合状，内部被泥晶充填。壳长10mm左右，最大约25mm，壳很薄，除喙部外均不到1mm。其次为海百合茎，均为圆形断面，直径2—3mm，可见茎孔。另外，可见大量砂级生物碎片，呈微弧状或粒状，估计也是双壳和海百合。所有化石均无定向性。粒间为泥晶质，深灰—黑灰色，较致密，用稀盐酸检验为纯方解石质。

薄片描述：

生物碎屑结构。生屑含量约60%，泥晶基质40%。

生屑以软体动物为主，其次为海百合茎和苔藓及少量介形虫、有孔虫、腕足类等。软体动物多为双壳和头足类，壳体较大，多在5mm以上，但常为半自形—它形，少数较自形。分选、磨圆均较差。海百合也较破碎，大小约1mm。苔藓、介形虫和腕足类均为半自形—它形碎

片，多呈砂级大小，偶而可见较大的苔藓群体碎块。所有化石长轴取向均杂乱。

粒间均为泥晶基质，但苔藓虫室内为亮晶充填。

有不均匀的白云石化现象，但不太强烈，且主要局限在基质中，白云石呈细小斑块状或沿裂隙分布。白云石多为分散自形晶，细—粗粉晶级，含量不到5%。

岩石定名：泥晶生物碎屑灰岩

成因分析：沉积物中化石颗粒分选、磨圆差，富含泥晶基质，应是低能环境的产物。生物以广盐性双壳类和游泳生物头足类为主，且破碎较严重，可能与邻近泻湖浪基面以下的沉积作用有关。其中白云石受裂隙控制，推测是次生交代的结果。

实习十 内碎屑灰岩、泥晶灰岩和结晶灰岩

目的要求

掌握用稀盐酸检验碳酸盐岩中方解石和白云石相对含量的方法；熟悉泥晶结构手标本和薄片鉴定特征；掌握内碎屑灰岩手标本和薄片观察描述要点。

实习内容和材料

手标本：竹叶状灰岩（344） 泥晶灰岩（355） 云化结晶灰岩（366） 灰质白云岩（315） 白云岩（337，348）

薄片：竹叶状灰岩（B₂₂）

实习提示

手标本观察：首先用滴管在泥晶灰岩、云化结晶灰岩、灰质白云岩和白云岩上各滴一滴稀盐酸，观察比较反应强度。然后，观察白云岩粉末的反应强度。

观察和体会泥晶灰岩断面致密细腻和光泽暗淡等特征。在结晶灰岩上，观察晶粒的形态和大小，结合酸检结果给岩石定名。

观察竹叶状灰岩中似“竹叶”砾屑的粒度、形态、排列、分选、磨圆和支撑性质以及砾屑内部结构、有否氧化圈和氧化圈的发育情况。估计砾屑总含量。观察粒间充填物，尽量判别充填物类型（泥晶或亮晶）。用稀盐酸分别检验充填物和砾屑成分（用酸量应尽量少一些）。

薄片观察：先用肉眼确定砾屑和充填物在薄片上的大致位置，然后，放到低倍率显微镜下观察。注意体会砾屑内部泥晶结构的特征（整体半透明，灰色，看不到晶粒，正交镜下呈灰暗的高级白，无消光位）。检查砾屑有无其它成分和结构变化。最后观察充填物。注意：有的砾屑边缘已被充填物晶体切穿，即砾屑轮廓线稍呈折线状。

实习报告

描述竹叶状灰岩手标本和薄片，并附镜下素描图。

思考题

1. 内碎屑是如何形成的？
2. 砾屑灰岩与砾岩有何异同点？

实习十一 鲕粒灰岩

目的要求

掌握一般鲕粒灰岩手标本和薄片的观察鉴定及描述方法；熟悉显微镜下栉壳状-粒状世代性胶结物的特征。

实习内容和材料

手标本：鲕粒灰岩（333，334，345，362，378）

薄片：鲕粒灰岩（B₂₁）

实习提示

手标本观察：比较不同手标本中鲕粒的粒度；观察不同标本中鲕粒大小的均匀程度。已知345号标本为颗粒支撑，仔细观察其中鲕粒的聚集密度和含量，由此再对其它标本的支撑类型作出判断。

薄片观察：先浏览整块薄片，观察除鲕粒外是否还有其它颗粒，估计颗粒的总含量和组成。观察鲕粒的大小、鲕核的粒度和成分以及包壳的特征（相对鲕核的厚度、同心纹的疏密、粗细等）及变化等，确定鲕粒类型，特别要注意真鲕和表鲕的相对丰度。仔细观察亮晶胶结物的特征：干净透明，第一世代的纤状方解石垂直鲕粒表面生长（栉壳状），可填满狭窄的粒间空隙，第二世代较粗的粒状方解石只出现在较大粒间空隙的中央部位，两世代间界线明显。注意除胶结物亮晶外，是否还有泥晶基质及其重结晶产物，有无缝合线和压溶鲕。

实习报告

描述鲕粒灰岩手标本（345）和薄片，并附镜下素描图。

思考题

1. 为什么鲕核大小可以不同，但鲕粒大小总是很均匀的？
2. 为什么方解石胶结物在鲕粒灰岩中可呈栉壳状而在砂岩中却常呈粒状？

实习十二 生物碎屑灰岩

目的要求

初步掌握常见生物门类或属种的镜下鉴定特征：有孔虫、介形虫、三叶虫、腕足类、苔藓、软体动物、棘皮动物和粗枝藻；掌握生物碎屑灰岩手标本和薄片的观察描述方法。

实习内容和材料

手标本：生物碎屑灰岩（341，347，371，397）

薄片：生物碎屑灰岩（B₂₀，B₄₀）

实习提示

手标本观察：341号标本中生屑粒度细小，可用放大镜仔细观察。一般生屑颜色较浅淡。标本347、371和397中生屑粒度较粗，有些很自形，可尽量鉴定出其所属大类。

薄片观察：薄片B₄₀，只供观察生物种类和泥晶基质之用，其中有软体动物（试判断双壳类、腹足类和头足类）、苔藓、腕足类、棘皮动物和粗枝藻等。加深体会泥晶基质的鉴定特征，

薄片 B_{20} 是观察重点。其中可见有孔虫、介形虫、腕足类、苔藓和棘皮动物，偶而有三叶虫。先估计生屑总含量和主要粒级。注意哪些生物碎屑较自形哪些较破碎，分选、磨圆怎样。仔细观察原始粒间孔部位，以确定胶结类型、泥晶或亮晶。

实习报告

描述生物碎屑灰岩手标本（341）和薄片（ B_{20} ），并附镜下素描图。

思考题

1. 如何鉴别下列化石碎片：
腕足类和苔藓，海百合和海胆，有孔虫、介形虫和三叶虫，双壳类、腕足类和头足类，软体动物和粗枝藻。
2. 在进行环境分析时，应注意生物碎屑的哪些特征？

实习十三 核形石灰岩和藻叠层灰岩

目的要求

掌握核形石灰岩手标本和薄片的观察、鉴定和描述方法；熟悉藻叠层的镜下鉴定特征；学会蓝绿藻迹和微管状藻的镜下观察。

实习内容和材料

手标本：核形石灰岩（371, 373, 392, 380） 藻叠层灰岩（383, 387）

薄片：核形石灰岩（ B_{45} ） 藻叠层灰岩（ B_{57} ）

实习提示

手标本观察：不同手标本中核形石的形态和大小有差异，但均为同心状（重结晶者除外）。注意同一标本中核形石的形态大小是否相近；注意藻叠层灰岩中富藻纹层的延伸特点、纹层的厚薄变化等。

薄片观察：先观察藻叠层灰岩（ B_{57} ）的亮、暗带，仔细辨认暗带内的藻迹：多为隐约的斑点状或稍显一向伸长状（丝状），中心色深暗，边部透明度稍好。

再观察核形石灰岩（ B_{45} ）。核形石个体较大，先用肉眼观察薄片，然后用最低倍率的显微镜观察。核形石核心有两种，一为生物屑（应鉴定其种属），一为藻团。藻团内可见微管状藻，管壁均由泥晶组成，但色偏暗；藻体中空，粗短，直或稍弯，粗细均匀。藻团内亮晶方解石是藻体腐烂后又被充填的结果。注意包壳的层数和厚薄。包壳均由微管状藻在核心外附着生长形成。比较这些微管状藻与核心内微管状藻的形态和大小（在其它核形石灰岩中，核形石的包壳可能由其它藻体或藻迹组成）。在核形石粒间还有大量其它较细小的颗粒（它们的分选性怎样？），其中有些是核形石包壳的破碎产物（也是一种藻屑），看还有什么其它成分？注意部分颗粒之间具藻粘结特点：大大小小的颗粒呈斑块状聚集，之间为含藻迹的泥晶，有机质含量较高。斑块有自己的边界且被亮晶胶结。部分核形石之间为面接触或凸凹接触。

实习报告

描述核形石灰岩手标本（371）和薄片（ B_{45} ）并附镜下素描图。

思考题

1. 试分析藻的粘结作用参与岩石结构形成的过程。
2. 蓝绿藻比较发育，反映了什么样的环境条件？

实习十四 白云岩

目的要求

学习结晶白云岩手标本的粒度命名法；观察一般薄片和染色薄片中的白云石和方解石；掌握具残余结构白云岩手标本和薄片的观察、鉴定及描述要点。

实习内容和材料

手标本：白云岩（337，338，348） 残鲕灰质白云岩（350）

薄片：白云质灰岩（B₃₀，已用茜素红S染色） 残鲕灰质白云岩（B₂₄）

实习提示

手标本观察：用稀盐酸检验所有标本的成分；观察结晶白云岩的粒度，结合酸检结果给岩石命名。按一般程序和要求观察残鲕灰质白云岩。

薄片观察：先参观薄片B₃₀（其中方解石已染成红色，白云石不染色），估计方解石和白云石的相对含量，然后详细观察薄片B₂₄。注意白云石晶体的形态、雾心。鲕粒白云石化的强度很不均匀，大体可分为两个等级。注意各等级的特征及其之间的关系。比较填隙物和鲕粒白云石化的强度，观察填隙物是否也有残余特征显示。

实习报告

描述残鲕灰质白云岩手标本（350）和薄片（B₂₄）；并附镜下素描图。

思考题

1. 白云岩有哪些成因类型？分析其形成条件。
2. 在碳酸盐岩中，有时只有颗粒强烈白云石化，填隙物仍是纯方解石质或仅有轻微白云石化，或者反过来。试分析造成这种现象的各种可能原因。

五、其他自生沉积岩类

常见的其它自生沉积岩是硅质岩，其观察描述方法与碳酸盐岩相同，可参照进行。蒸发岩的数量在沉积岩中不占重要位置，但有十分重大的经济意义。其观察重点是矿物成分以及结构构造特征。

实习十五 硅质岩和石膏岩

目的要求

掌握常见硅质岩手标本和薄片的观察、鉴定及描述方法；观察石膏岩手标本特征。

实习内容和材料

手标本：燧石条带白云岩（346） 碧玉岩（305） 硅藻岩（304） 鲕粒硅质岩（361）
石膏岩（316）

薄片：燧石条带白云岩（B₂₆） 硅藻岩（B₁₈） 鲕粒硅质岩（B₃₂）

实习提示

手标本观察：蛋白石质或玉髓质硅质岩硬度大，致密，具贝壳状或尖棱状断口，光泽暗淡，如含较多石英则有油脂光泽，与石英岩相象。碧玉岩为含氧化铁的层状硅质岩，颜色发红，也有其它颜色的。硅藻岩一般质轻、疏松，有时有极薄的水平纹理，不与稀盐酸反应，当含较多粘土时，易与泥岩相混。准确鉴定硅藻岩需用显微镜或电镜。石膏岩的主要矿物成分是石膏（或硬石膏），可按石膏（或硬石膏）的特征鉴定之。

薄片观察：观察燧石条带白云岩（B_{2a}）中粒状和纤状玉髓。用试板判断纤状玉髓的延性正负。有的玉髓已重结晶成粒状石英，注意它们的光性差异。硅藻岩（B_{1s}）中的硅藻很细小，其矿物组成为蛋白石，故突起较高（负），可在单偏光镜下用中倍率镜头小心寻找，找到后，仔细观察组成矿物的光性和生物学的特征。在鲕粒硅质岩（B_{3z}）中，鲕粒的形态、粒度和含量在单偏光镜下更易观察，但矿物成分（玉髓或石英）和内部结构等需在正交镜下鉴定。观察时，注意鲕粒内晶体轮廓或边界及同心圈和核心的显现特征。鉴定填隙物成分是玉髓还是石英，观察其晶形有无规律变化。

实习报告

描述鲕粒硅质岩手标本和薄片，并附正交镜下素描图。

思考题

1. 硅质岩和石灰岩在结构上的相似性反映了它们在成因上的相似性，试作具体分析。
2. 什么是蒸发岩？它在矿物成分和结构上有何特点？

附录

一、粘土矿物简易提纯

(一) 原理

粘土矿物颗粒极为细小，常在0.002mm以下。按斯托克斯法则，可计算一定介质和温度下不同粒度颗粒的沉降速度（见下表）。掌握沉降时间和沉降深度，先据此除去大于0.002mm的非粘土颗粒，然后清除所含杂质，就可获得较纯的粘土矿物样品。

(二) 方法及步骤

提纯的简化流程如29页示意图。

颗粒沉降速度

(引自Kachinsky, 1958)

粒 径 (mm)	样 品 相 对 密 度	沉 降 深 度 (cm)	沉 降 时 间			粒 径 (mm)	样 品 相 对 密 度	沉 降 深 度 (cm)	沉 降 时 间		
			20°C	22.5°C	25°C				20°C	22.5°C	25°C
			时·分·秒	时·分·秒	时·分·秒				时·分·秒	时·分·秒	时·分·秒
<0.05	2.20	25	2 34	2 25	2 16	0.05	2.55	25	1 59	1 51	1 46
<0.01		10	25 36	24 10	22 45	0.01		10	19 51	18 41	17 39
<0.005		10	1 42 24	1 36 41	1 30 59	0.005		10	1 19 24	1 14 44	1 10 37
<0.001		7	29 52 6	28 12 17	26 32 30	0.001		7	23 9 23	21 48 13	20 36 0
<0.05	2.25	25	2 27	2 10	2 11	0.05	2.60	25	1 55	1 49	1 43
<0.01		10	24 34	23 12	21 50	0.01		10	19 14	18 6	17 6
<0.005		10	1 38 18	1 32 50	1 27 21	0.005		10	1 16 55	1 12 24	1 8 25
<0.001		7	28 40 29	27 4 39	25 28 51	0.001		7	23 25 57	21 7 17	19 57 26
<0.05	2.30	25	2 22	2 14	2 6	0.05	2.65	25	1 57	1 45	1 40
<0.01		10	33 38	22 19	21 0	0.01		10	18 39	17 33	16 35
<0.005		10	1 34 31	1 26 16	1 24 2	0.005		10	1 14 34	1 10 12	1 6 21
<0.001		7	27 34 22	26 2 11	24 30 16	0.001		7	21 45 9	20 28 59	19 21 13
<0.05	2.35	25	2 17	2 9	2 1	0.05	2.70	25	1 49	1 42	1 37
<0.01		10	22 45	21 29	20 13	0.01		10	18 6	17 2	16 6
<0.005		10	1 31 2	1 25 58	1 20 54	0.005		10	1 12 24	1 8 10	1 4 24
<0.001		7	26 33 9	25 4 35	23 35 51	0.001		7	21 6 44	19 52 47	18 48 40
<0.05	2.40	25	2 12	2 4	1 57	0.05	2.75	25	1 45	1 39	1 34
<0.01		10	21 59	20 41	19 33	0.01		10	17 35	16 33	15 38
<0.005		10	1 27 54	1 22 45	1 18 13	0.005		10	1 10 19	1 6 13	1 2 34
<0.001		7	25 28 20	24 8 23	22 48 31	0.001		7	20 30 32	19 18 40	18 14 51
<0.05	2.45	25	2 7	2 0	1 53	0.05	2.80	25	1 43	1 37	1 31
<0.01		10	21 13	19 59	18 53	0.01		10	17 6	16 6	15 12
<0.005		10	1 24 58	1 19 54	1 15 31	0.005		10	1 8 22	1 4 22	1 0 50
<0.001		7	24 45 15	23 18 23	22 1 15	0.001		7	19 56 28	18 40 34	17 44 23
<0.05	2.50	25	2 3	1 56	1 49						
<0.01		10	20 31	19 19	18 15						
<0.005		10	1 22 1	1 17 14	1 12 58						
<0.001		7	23 55 43	22 31 52	21 17 17						

1. 制备提供纯样：选择有代表性的样品适量（视粘土含量和所需粘土量的多少而定，一般可取100g）。松散沉积物直接用水浸泡，使其松解成泥水备用。如为岩石样品，先用铁乳钵冲碎。破碎时，力求采用温和的方法，用力不能过猛，以免破坏粘土矿物的形态。若有条件，最好使用超声波振动器或流动搅拌器破碎。破碎后过筛，取1—0.1mm间的样品置于大烧杯中，加蒸馏水浸泡搅拌。然后，将杯中上层泥水倒入另一个大烧杯，将下层不能全部离散的粗粒部分倒入玻璃乳钵中加水稍用力研磨，使之成为泥水，再将上层泥水倒入烧杯，剩下的残渣可再加水研磨，倒出泥水，如此反复3次。

2. 制取悬浮液：将泥水加水至1000mL，搅拌两分钟，静置。如沉降太快不能

形成悬浮液，可加入数滴分散剂氨水（ NH_4OH 10%），再搅拌使其成悬浮液。

3. 提取悬浮液：让悬浮液静置，使大于0.002mm的颗粒沉降至容器底部。静置时间可查附表。常见粘土矿物的相对密度：高岭石2.58—2.67，蒙脱石2.2—2.9，伊利石2.65—2.75。表中无0.002mm的粒径，可用内插法大致计算；要求不严时，也可取0.005mm。静置结束后，用虹吸管将上部悬浮液吸入另一烧杯中，加2—3滴5%的HCl使之聚沉，吸除上部的清水即得到所需粒度的样品。如样品数太少，可在沉降有较粗颗粒的烧杯中再加1000mL蒸馏水搅拌，重新静置、吸取悬浮液和聚沉。

4. 清除杂质：在所得样品中可能含有非粘土矿物的杂质，需用化学方法清除。

(1) 除碳酸盐：在聚沉物中加10滴5%的HCl，若起泡或加热起泡，说明有碳酸盐矿物存在，需在加热条件下继续加入HCl至不起泡为止，最后用pH试纸检查呈酸性反应。

(2) 除有机质：在聚沉物中加入3%的双氧水，加热，如起泡，说明存在有机质，需继续加入双氧水至无泡为止。最后加热10分钟使剩余的双氧水分解。

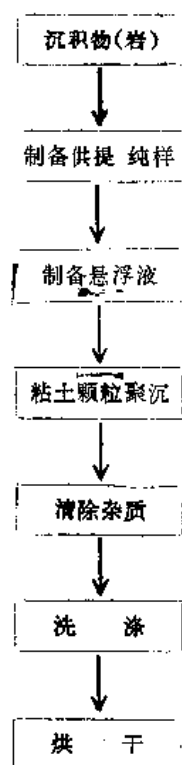
(3) 除铁质：以50mL聚沉物计，加入0.3mol/L柠檬酸钠溶液5mL和1mol/L碳酸钠溶液0.6mL，搅拌加热不超过60℃，再加入0.1g连二亚硫酸钠，搅拌数分钟，直到聚沉物变成白色或灰白色为止。

5. 洗涤：在上述化学处理过的样品中，含有剩余的 Ca^{2+} 和 Cl^- ，必须将其清洗干净。清洗方法是在样品中加蒸馏水，静置后吸除上部清水。如为悬浮液，可加入5%的HCl聚沉。需反复洗涤几次，至清水中不含 Ca^{2+} 、 Cl^- 为止。

Ca^{2+} 检查：取吸取的清水5mL，加入10%的氨水15滴，再加入10%的醋酸中和，然后加饱和草酸铵数滴，若无白色沉淀，证明无 Ca^{2+} 存在。

Cl^- 检查：取吸取的清水5mL，加入5%的 AgNO_3 2滴，若无白色沉淀，证明无 Cl^- 存在。

6. 烘干：将清洗干净的样品置于烘箱中烘干，温度不超过60℃，最后即得较纯的粘土矿物。



(三) 注意问题

1. 粘土矿物结构脆弱，容易碎损，机械或热处理应尽可能温和适度，按要求操作。
2. 提纯过程中，酸碱度要控制好。酸为凝聚剂，碱为分散剂。pH值控制在5—9的范围为宜。滴酸或碱时，不要过多，以避免造成清洗困难。

二、粘土矿物的差热分析

在加热过程中，矿物成分和结构将发生变化。其主要变化有失水、变价元素的氧化、二氧化碳和二氧化硫的逸出、非晶质矿物的重结晶及矿物相的转变等。伴随这些变化会同时出现吸热或放热反应。不同矿物出现热反应的温度和热反应强度不同。差热分析就是利用特征的热反应来鉴定矿物。那些在1200℃以下有明显热反应的矿物都可用差热分析予以鉴别，如粘土矿物、含水氧化物和氢氧化物、各种含水盐、碳酸盐及煤等。

试样在加热过程中因热反应会出现温度变化，从而形成差热曲线。吸热反应的曲线向下凹，称为吸热谷；放热反应的曲线向上凸，称为放热峰；没有反应时线段是水平的，称为基线。吸热谷和放热峰的面积代表了试样吸放热的数量。一般说，不同矿物的差热曲线均有自己的特殊形状，它取决于曲线上峰、谷的数目，峰谷的起始和极点温度，以及峰谷的大小和形状等。如果两矿物差热曲线的形状完全相同或基本相同，则它们就应该是同一种矿物。因此，只要对比待测矿物和已知矿物的差热曲线就可对矿物进行鉴定。实际运用时，常常先用肉眼或其它方法大致确定待测矿物的可能范围，这样可以事半功倍。

常见粘土矿物差热曲线(图5)的特征是：

高岭石族：曲线在600℃附近有一大的吸热谷，此时析出结构水，矿物破坏成非晶质的 Al_2O_3 和 SiO_2 。在960—1000℃附近，有一明显放热峰，峰顶尖锐，为非晶质的 Al_2O_3 转变成晶质的 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 。

蒙脱石族：曲线在150—160℃附近的低温吸热谷较大，是失去层间水的结果。此谷有时分为两个。这种双谷的形成与吸附的阳离子有关。第二个吸热谷在510—700℃附近，是失去结构水造成的。蒙脱石、拜来石、绿脱石结构水析出的温度逐渐降低。其它各峰尚无定论，可能与结构的破坏和新晶质的生成有关。

伊利石族：一般可见三个吸热谷。第一个在100—200℃之间，析出层间水。第二个在500—650℃之间，析出结构水。第三个在850—950℃之间，晶体被彻底破坏。三个谷的形状都较开阔。

三、碳酸盐矿物的染色分析

碳酸盐矿物染色分析适用于薄片和光面，一般粉晶级以上的颗粒染色效果较好，也便于观察。染色前，先将试样用稀盐酸(8—10mL工业纯HCl加100mL蒸馏水)浸蚀；如室温下起泡，可维持3分钟；如不起泡，可加热至起泡后0.5—1分钟。然后，用蒸馏水洗净即可染色。在下面介绍的染色过程中，如果需要煮沸，则要用环氧树脂粘制的薄片。如果染色是在碱性溶液中进行的，染色后的清洗最好使用稀的 $\text{Na}(\text{OH})$ 溶液，以免pH值变化太大，影响染色效果。

(一) 简易染色法

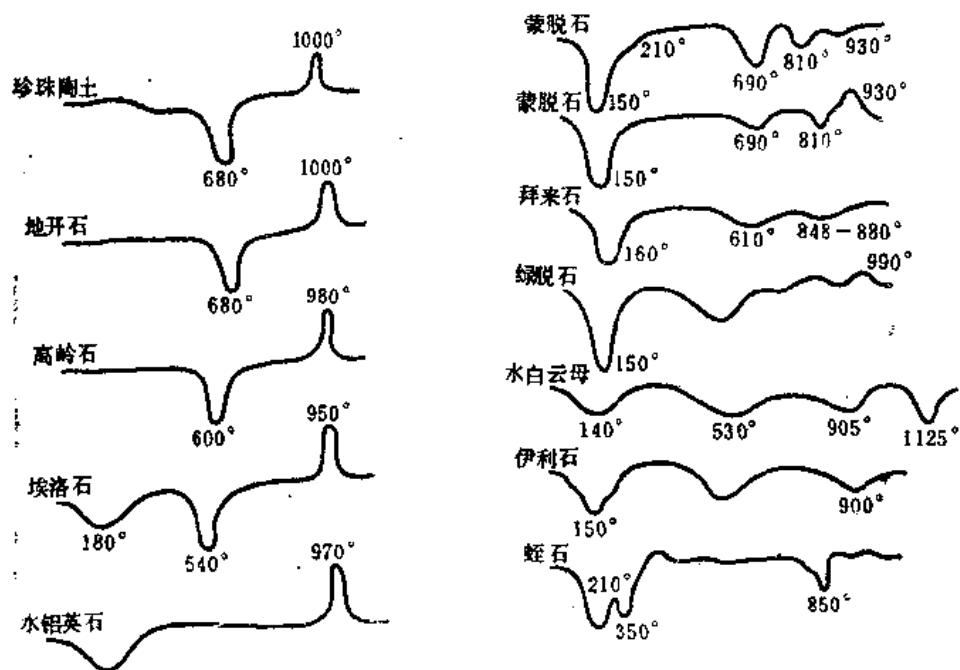


图5 常见粘土矿物的差热曲线

1. 盐酸茜素红S法:

染色剂: 在100mL0.2%的冷HCl中溶解0.1g茜素红S。

操作: 用染色剂覆盖试样2—5分钟, 用蒸馏水小心冲洗。

结果: 方解石、镁方解石、文石、毒重石染成深红色。铁白云石、含铁白云石、菱锆矿染成紫色。其它碳酸盐矿物和石膏、硬石膏不染色。

一般薄片常用此法染色, 以区分方解石和白云石。

2. 甲醇茜素红S法:

染色剂: 在25mL甲醇中溶解0.2g茜素红S得甲醇茜素红S溶液; 在70mL蒸馏水中溶解30g Na(OH)得氢氧化钠溶液。取等体积的上述溶液混合。

操作: 将试样放入染色剂中煮沸5分钟, 冷却后, 用稀Na(OH)溶液清洗。

结果: 镁方解石、白云石、菱镁矿、菱锰矿、菱锌矿、白铅矿和石膏染成紫色。铁白云石染成暗紫色。菱铁矿染成暗褐到黑色。方解石、毒重石、菱锆矿和硬石膏不染色。

一般试样可用此法区分方解石、白云石和菱铁矿。

3. 铁氰化钾茜素红S法:

染色剂: 在100mL0.2%的盐酸中溶解1g茜素红S和5g铁氰化钾。

操作: 用染色剂覆盖试样30—45秒钟, 用蒸馏水反复冲洗。

结果: 无铁方解石 ($\text{FeO} < 0.05\%$) 呈红色。铁方解石 ($\text{FeO} = 0.5—1.5\%$) 呈蓝紫色。铁方解石 ($\text{FeO} = 1.5—2.5\%$) 呈淡蓝色。铁方解石 ($\text{FeO} = 2.5—3.5\%$) 呈深蓝色。无铁白云石不染色。含铁白云石 ($\text{Fe}^{2+}/\text{Mg}^{2+} < 1$) 呈亮蓝色。铁白云石 ($\text{Fe}^{2+}/\text{Mg}^{2+} > 1$) 呈暗蓝色。

(二) 逼近染色法

当岩石成分较复杂时, 用简易染色不能将某些矿物种分开。这时, 可采用图6所示的流程作逼近染色。现按图中方框内的顺序号逐一说明。

1. 按简易染色法中的盐酸茜素红S法染色。

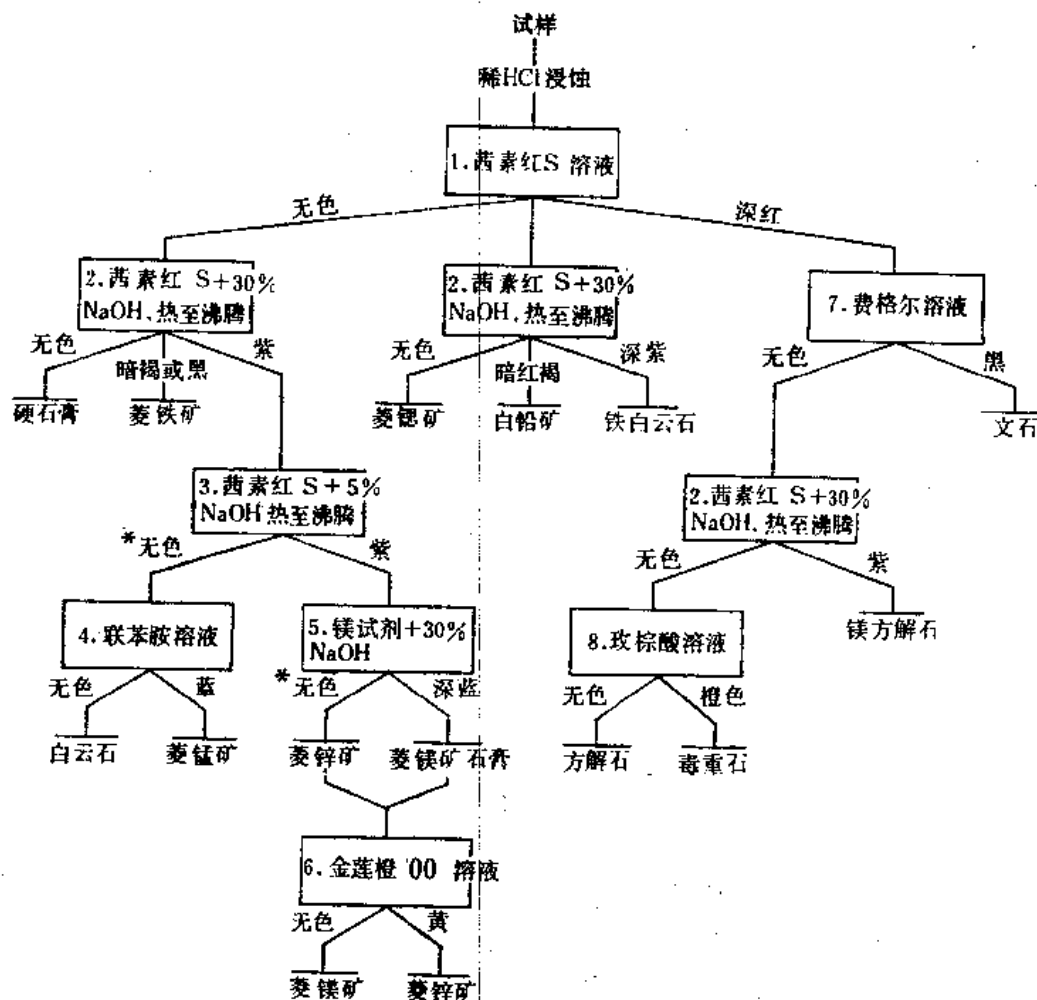


图6 主要碳酸盐矿物逼近染色程序

(据Warne, 1962, 改画)

方框中数字为正文说明顺序; * 或有轻微染色

(图中最上边方框下的竖线旁为“紫”字)

2. 用等体积的盐酸茜素红S溶液(配制方法同简易染色法1)和30%的Na(OH)溶液混合,将试样放入混合液中煮沸5分钟,冷却后清洗。

3. 用等体积的盐酸茜素红S溶液(同简易染色法1)和5%的Na(OH)溶液混合,将试样放入混合液中煮沸5分钟,冷却后清洗。

4. 联苯胺溶液的配制:在100mL蒸馏水中加入1mL10mol/L的HCl,再溶解2g纯联苯胺。
操作:将酸蚀、洗净的试样浸在1—3%的Na(OH)溶液中1.5分钟,在空气中暴露1.5分钟,再用联苯胺覆盖试样。

5. 镁试剂的配制:在100mL1%的Na(OH)溶液中溶解0.5g硝基苯-偶氮间苯二酚即成。
用等体积的镁试剂和30%的Na(OH)溶液的混合液覆盖试样1分钟,菱镁矿变蓝,覆盖3分钟变深蓝,但即使覆盖5分钟,菱锌矿也不变色或仅有轻微变色。

6. 金莲橙00溶液的配制:在100mL蒸馏水中溶解0.01g金莲橙00即可。
操作:取1份金莲橙00溶液、1份0.75mol/L的硫酸和3—5份刚制得的2%铁氰化钾溶液混合,使混合液覆盖试样5分钟,尔后清洗。

7. 费格尔溶液的配制:在100mL蒸馏水中溶解11.8g的 $MnSO_4 \cdot 7H_2O$,再溶解1g

Ag_2SO_4 ，煮沸，冷却后过滤，加入1—2滴稀 $\text{Na}(\text{OH})$ 溶液，1—2小时后滤去沉淀物即可。此溶液最好临用前配制。需保存时，要用深色玻璃瓶，且保存时间也不宜太长。

操作：用此溶液覆盖试样10分钟，尔后清洗。

8. 玫棕酸（又称玫红酸）溶液的配制：在100mL蒸馏水中溶解2g玫棕酸二钠即可。

操作：用此溶液覆盖试样5分钟，尔后清洗。

四、颗粒磨圆分选的目估

在陆源碎屑岩和颗粒灰岩的薄片，手标本和野外露头上，可按图7和图8目估颗粒磨圆和分选程度。

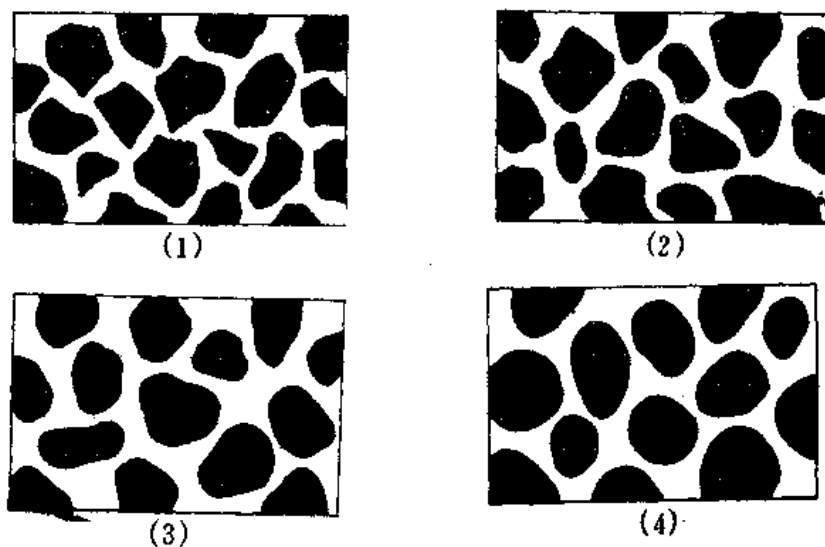


图7 磨圆度目估图

(1) 棱角状；(2) 次棱角状；(3) 次圆状；(4) 圆状

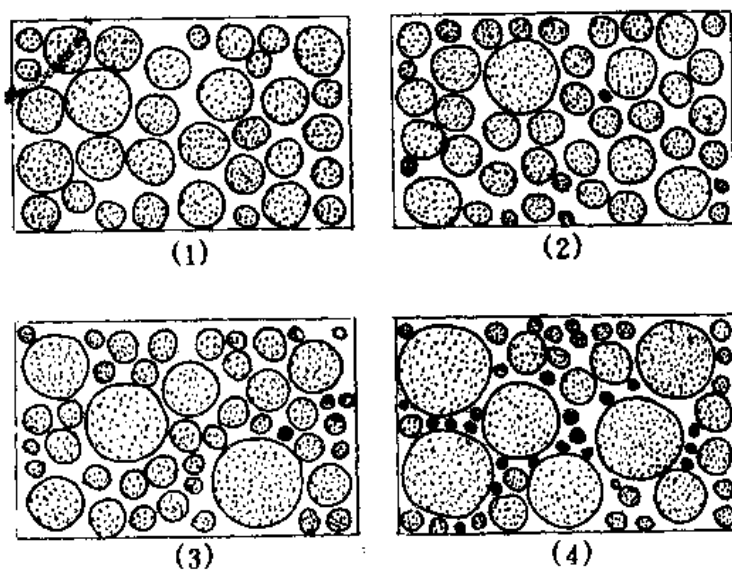


图8 分选性目估图

(1) 分选好；(2) 分选中等；(3) 分选差；(4) 分选极差

