

高等学校教材試用本

沉积相及古地理教程

成都地质学院編



中国工业出版社

本书系为高等院校地质专业学生编写，全书共分八章，第一至四章详细叙述了相的概念与分类、以及有关各种相的理论及鉴定标志，并举有中国实例。第五章简单而全面地介绍了相及古地理的研究方法。第六章系根据我国目前生产部门的要求写成，详细介绍了关于相及古地理的各种图件的内容与编制方法，并附有实例；提出不同地质工作中对图件的要求。第七章中叙述了有关地球化学相的概念、分类及实际意义。第八章扼要地讨论了相及古地理的研究在找矿工作中的意义，亦举有实际例子。最后，在附录中对学生的实验课也作了安排。

相及古地理学是一门新发展起来的学科，在本书的内容上，一方面尽量采取国内外最新的材料；另一方面也注意到实际工作中如何运用的问题。

本书可作为高等院校各地质专业之教学课本，并可供野外地质工作人员参考之用。

本书由成都地质学院岩石教研室编写。

沉积相及古地理教程

成都地质学院编

地质部地质书刊编辑部编辑

*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第三印刷厂印

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经营

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 9·插页 1·字数 213,000

1961年11月北京第一版·1961年11月北京第一次印刷

印数 0001—2,443·定价(10—6) 1.10元

统一书号: 15165·1118(地质-83)

序 言

沉积相及古地理教程是专为高等地质院校石油及天然气专业、及地层古生物专业的学生编写的,也可作为其他地质专业和从事相及古地理工作者的参考。

全书主要内容包括有:相的概念及分类(第一章),各种相的成因特征及鉴定标志(第二、三、四章),相及古地理的分析方法(第五章),相图及古地理图的编制(第六章),沉积地球化学相(第七章),以及相与古地理的研究在矿产普查中的意义(第八章)。通过这门课的学习,主要使学生掌握相及古地理的分析理论和方法,以便正确的恢复沉积岩及沉积矿产形成时的古地理环境。这不仅对了解区域地质历史的演化过程有着重大意义,而且对编制成矿预测图,指导矿产普查和勘探工作也有重要的作用。

本书的编写是以阿·彼·列兹尼科夫“沉积岩相和建造”及成都,和北京地质学院教材为基础,并增加了J. B. 鲁欣“古地理学原理”(1959)书中的古地理分析的理论和方法。书内尽量采取了中国的实际资料,并力图将相及古地理分析方法运用于矿产普查和区域地质测量之中。

根据本书的内容和份量,可以满足40学时教学之用,讲课和实验的比例可安排为2:1。在具体采用时还可结合各地有关相及古地理的实例灵活安排。

本书的编写工作是由曾元孚、刘宝珺、夏文傑、周銘浩等人担任的。在编写中得到俄文、探工、矿床等教研室和绘图室、照象室及部分同学的帮助,在此表示感谢!

由于这是一门新的学科,在中国的实际材料也还很少,加之编写人的水平和编写时间的限制,书中的错误在所难免,希读者提出宝贵意见!

本书写成后,承北京地质学院何鏡宇同志提出许多宝贵意见,在此一并致谢!

成都地质学院岩石教研室

1981. 6. 1

目 录

| | |
|---------------------|----|
| 序言 | 1 |
| 第一章 沉积相总述 | 1 |
| 一、沉积相的概念 | 1 |
| 二、沉积相的分类 | 2 |
| 第二章 海相组 | 4 |
| 一、概述 | 4 |
| 二、濱海相 | 10 |
| 1. 概述 | 10 |
| 2. 各种濱海相沉积的鉴定标志 | 11 |
| 3. 濱海相沉积的实例 | 12 |
| 三、浅海陆棚相 | 13 |
| 1. 概述 | 13 |
| 2. 各种淺海陆棚相沉积的鉴定标志 | 14 |
| 3. 淺海陆棚相实例 | 20 |
| 四、次深海相与深海相 | 23 |
| 1. 次深海相 | 23 |
| 2. 深海相 | 24 |
| 第三章 大陆相组 | 25 |
| 一、大陆相组概述 | 25 |
| 二、残积相 | 27 |
| 1. 残积亚相(物理风化形成) | 27 |
| 2. 风化壳亚相 | 28 |
| 三、坡积和墜积相 | 29 |
| 1. 坡积相 | 29 |
| 2. 墜积相 | 30 |
| 四、洪积相 | 30 |
| 1. 冲积锥亚相 | 31 |
| 2. 干三角洲亚相 | 31 |
| 3. 山麓相 | 31 |
| 五、冲积相 | 33 |
| 1. 冲积相中各个亚相的鉴定标志 | 35 |
| 2. 古冲积相类型 | 39 |
| 3. 冲积相特有的多阶构造 | 41 |
| 4. 冲积相的产状 | 42 |
| 六、湖泊相 | 43 |
| 1. 淡水湖泊亚相 | 43 |
| 2. 盐湖亚相 | 43 |
| 七、沼泽相 | 45 |
| 1. 沼泽化森林相或“干枯”森林沼泽相 | 46 |
| 2. 大量充水沼泽相 | 46 |

| | |
|-------------------|----|
| 3. 流水河漫沼亚相 | 46 |
| 八、冰川相 | 46 |
| 1. 冰碛亚相 | 46 |
| 2. 冰水沉积亚相 | 47 |
| 3. 冰川湖沉积亚相 | 47 |
| 九、沙漠相 | 48 |
| 1. 石漠沉积亚相 | 48 |
| 2. 沙漠沉积亚相 | 48 |
| 第四章 海陆过渡相组 | 51 |
| 一、概述 | 51 |
| 二、泻湖相 | 51 |
| 1. 淡化泻湖亚相 | 52 |
| 2. 咸化泻湖亚相 | 54 |
| 3. 沼泽化泻湖亚相 | 55 |
| 三、沙洲、沙坝、沙咀相 | 56 |
| 1. 概述 | 56 |
| 2. 成因及主要特征 | 56 |
| 3. 古代沙洲的标志 | 57 |
| 四、三角洲相 | 58 |
| 1. 三角洲相的概述 | 58 |
| 2. 三角洲相各亚相之特征 | 62 |
| 五、三角港和溺谷相 | 63 |
| 第五章 相——古地理研究方法 | 66 |
| 一、相分析的目的、内容及途径 | 66 |
| 二、相分析的步骤及各阶段的内容概述 | 66 |
| 三、查明物质供给区(陆源区) | 70 |
| 四、古陆自然地理特征的研究 | 73 |
| 1. 查明古陆地形起伏特征 | 73 |
| 2. 古河流的研究 | 75 |
| 3. 古风向及古冰川流向的确定 | 78 |
| 五、古老沉积水盆地特征的研究 | 78 |
| 1. 沉积区边界的确定 | 79 |
| 2. 水介质物理化学性质的确定 | 80 |
| 3. 水介质含盐度的确定 | 81 |
| 4. 水介质的温度和气体状况的确定 | 83 |
| 5. 水盆地的深度及盆地地形的研究 | 84 |
| 6. 水动力状况之查明 | 86 |
| 7. 碎屑物堆积速度的确定 | 87 |
| 六、查明气候特征 | 88 |
| 1. 孢粉方法 | 88 |
| 2. 植物化石及古生态法 | 89 |

| | | | |
|-----------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| 3. 沉积学的方法..... | 90 | 3. 相图的内容与基础图件的要求..... | 114 |
| 七、 古火山噴发中心的确定..... | 90 | 4. 相图与矿产预测..... | 114 |
| 八、 相的分布規律以及构造变动的古地理意义..... | 91 | 第七章 沉积地球化学相 | 115 |
| 1. 相在時間上与空間上分布的一般規律..... | 91 | 一、 概述..... | 115 |
| 2. 构造变动对相分布与古地理的意义..... | 93 | 二、 决定沉积环境物理化学特性的因素及其指示标志..... | 115 |
| 第六章 相图及古地理图的編制 | 95 | 三、 地球化学相的分类..... | 116 |
| 一、 概述..... | 95 | 1. Д. В. 普斯托瓦洛夫所提出的地球化学相分类..... | 116 |
| 二、 主要基础图件的内容及編制..... | 97 | 2. Г. И. 捷奧多洛維奇所提出的地球化学相分类..... | 118 |
| 1. 原始材料图、沉积柱状图及地层柱状对比图..... | 97 | 3. Г. И. 布申斯基的地球化学相分类..... | 121 |
| 2. 岩性图..... | 97 | 4. А. А. 古利雅耶娃提出的沉积物氧化——还原环境分类..... | 121 |
| 3. 岩石类型图..... | 101 | 四、 对各种地球化学相分类的評價..... | 122 |
| 4. 等厚图..... | 105 | 五、 研究地球化学相的意义..... | 123 |
| 5. 地质图..... | 105 | 六、 地球化学相理論在我国生产实践和科学研究中的应用..... | 124 |
| 6. 古动力图..... | 105 | 第八章 沉积相及古地理研究在矿产普查中的意义 | 128 |
| 7. 古构造图..... | 105 | 一、 主要沉积矿产形成的相及古地理环境的簡要特点..... | 128 |
| 8. 沉积来源区图..... | 105 | 二、 成矿的主要古地理因素..... | 137 |
| 9. 重矿物分区图..... | 107 | 三、 由于古地理变迁所引起的矿床的次生变化..... | 139 |
| 10. 自生矿物变化图..... | 107 | 附录: 沉积相——古地理实验要求和內容安排 | 140 |
| 11. 生物化石特征变化图或古生态图..... | 108 | | |
| 12. 其他的基础图件..... | 108 | | |
| 三、 綜合图件的編制..... | 108 | | |
| 1. 相图及古地理图..... | 108 | | |
| 2. 古气候图..... | 110 | | |
| 四、 找矿勘探工作中的相及古地理研究要求 | 110 | | |
| 1. 相图及古地理图的比例尺..... | 110 | | |
| 2. 剖面位置及比例尺的选择..... | 114 | | |

第一章 沉积相总述

一、沉积相的概念

1669年丹麦地质学家斯丹诺(N. Steno)首先把“相”这个术语用于地质文献,他认为相是“时期”和“阶段”的意思,相是地质年代的单位。

1847年瑞士地质学家格列斯利(A. Gressly)开始把“相”用于沉积岩中。他的定义:“相是沉积物变化的总和,它表现为这种或那种岩性的、地质的或古生物的差异”,定义中只强调了相的沉积物标志方面。但在他的文章中却又把相理解为沉积环境,因而划分出淡水相、半咸水相、滨海相、次深海相等。这种把相的沉积物标志,和沉积环境割裂的概念,一直流传到现在。

相的现代概念,地质学家们有着不同的见解,归纳起来,主要有以下几类:

1. 相的地层学概念。

马基、沙茨基及莫尔等人认为沉积相或相是“具有特殊岩性的岩层,或具有一定岩性及古生物特征的岩层”。我们认为一个层或岩层沿走向可以有不同的相,而一个相也可以包括几个层或岩层;虽然在剖面上岩层常是相变的结果;但它也可以是由于构造运动引起沉积间断造成的;因此不能把沉积相和岩层等同起来。

2. 相是反映一定生成环境的沉积物特征的概念。

在这方面可以做为代表的是鲁欣(1953)提出的定义:“相就是能表明沉积条件的岩性特征和古生物特征的有规律综合。因此,相是沉积物形成条件的物质表现”。

捷奥多罗维奇(1950)也把相理解为:“沉积的岩石特征、古生物特征及地球化学特征有规律的综合,它反映沉积物的沉积作用与成岩作用的古地理和地球化学环境”。

他们的定义比较着重在沉积条件的物质表现,可惜的是鲁欣在做具体的沉积相分类时,并没有按照他原来的定义,仍然是以自然地理条件分成河流相、湖泊相等……。做具体的相描述时,对古地理的叙述也是放在首位的。

3. 相的古地理概念。

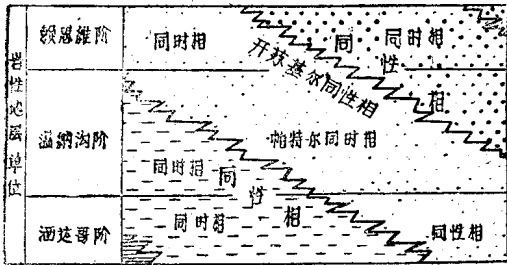
1939年,卡查科夫写道“相的分类不是岩石分类,古地理特征和地球化学特征应成为相的概念的主要因素”。

1957年,热姆丘日尼科夫提出了一个详尽的定义:“相乃是一定岩层(层)的生成和沉积环境,这个环境根据岩性特征、生物化石、地球化学差异和其它特征推断出来的”。我们认为热姆丘日尼科夫所提出的定义是比较全面而完善的。

在相的定义中,我们认为首先必须明确相的空间概念。既然相是反映一定沉积物质的生成和沉积环境,就必须具有一定空间上的条件(即古地理环境)。因此,相是一定层(或岩层)生成时的古自然地理环境。

再则定义中还必须明确沉积物质的生成和沉积环境必须要通过具体的物质来表现,正如热姆丘日尼科夫的定义中指出的:“……这个环境是根据岩性特征、生物化石、地球化学差异和其它特征推断出来的”。我们认为把古地理概念和物质表现紧密结合起来,是完全正确的。

因此,相是一个综合性的概念,它既有一定的空间概念,又是一定沉积环境的物质表现。这里应该特别指出的,美国地质学家到现在还采用了很多不恰当的相的术语,如岩相、



生物相、构造相; 岩境、生物境、构造境等, 必然要分裂相的总的概念, 使这个统一整体弄得支离破碎, 这些学者很随意使用相的术语, 实际上已陷入形而上学的境地。

还必须指出, 美国权威学者卡斯特尔 (Caster 1934) 提出将相划分为“同性相”和“同时相”也是不正确的。因为从这个概念出发, “同性相就是将一种岩石当成一个相, 而“同时相”

图 I-1 同性相与同时相示意图 (按克鲁拜因) 就是将一个地层当成一个相, 实际上两者都是忽略了相的空间概念, 而仅仅是一个地层学的概念, 因之卡斯特尔对相的概念也是模糊不清的。

二、沉积相的分类

1. 1933 年纳利夫金把沉积相分为海相和陆相两类

1956 年他在“论相”书中, 按照他自己的相的概念, 把沉积相分为四级。

- (1) 相: 是成分相同的岩层。
- (2) 组 (Сервия): 是一个地理区内相的组合, 是按地理环境划分的。
- (3) 群 (Нимия): 是一个大地理区的相 (或组) 的组合。
- (4) 建造 (Формация): 是地表最大的地理区。

表 I-1 纳利夫金沉积相分类表如下

| 建造 | 群 | 组 |
|----|----------------------------|--|
| 海 | 外陆棚 | 平原岸、多山岸, 水下谷地, 水下高地, 外海峡, 岛屿, 冰川和冰海沉积区, 风成海洋沉积区, 假深海沉积区 |
| | 独立陆棚 | 港湾, 海湾, 海峡, 潮汐带, 软泥洼地, 闭流盆地。 |
| | 泻湖区 | 泻湖、潮谷、自沉积泻湖和海岸湖, 海岸龟裂带, 泥炭深湖和海岸泻湖, 腐植湖和海岸湖, 铁砂铝深湖和海岸湖, 沙洲和沙嘴。 |
| 洋 | 陆缘海, 内海, 群岛, 暗礁区、次深海区, 深海区 | |
| 大陆 | | 淡水湖, 沼泽, 微咸湖和盐湖, 盐沼地, 河谷, 间歇河流, 火山, 泥火山, 沙丘, 喀斯特穴和洞穴, 沙锥, 三角洲, 覆海平原, 沙漠, 山麓, 山脉, 准平原 |

2. 1939 年美国童豪夫把沉积环境分为三类: (图 I-2)

- (1) 大陆环境: 沙漠、冰川、河流 (山麓、河谷平原)、湖泊 (淡水湖、盐湖) 沼泽 (湖沼、河流沼、平原沼、近海沼) 及洞穴等环境。
- (2) 陆海混合环境: 海滨、边缘泻湖、三角洲、三角港等环境。
- (3) 海洋环境、浅海、中深海、深海等环境。

3. 1953 年鲍利夏克把沉积相分为三类:

- (1) 陆相

(2)海相

(3)泻湖相。

4. 本书所采用的分类

沉积相既是一定沉积物(岩石)的沉积环境,那么沉积相的分类就应该以能够代表一定沉积环境的古地理景观单位做为划分的基础,如浅海相、湖泊相、冲积相等。在每个单元内,由于沉积条件的不同,又可以再细分,如冲积相可以分成河床亚相、河漫滩亚相、牛轭湖亚相等;

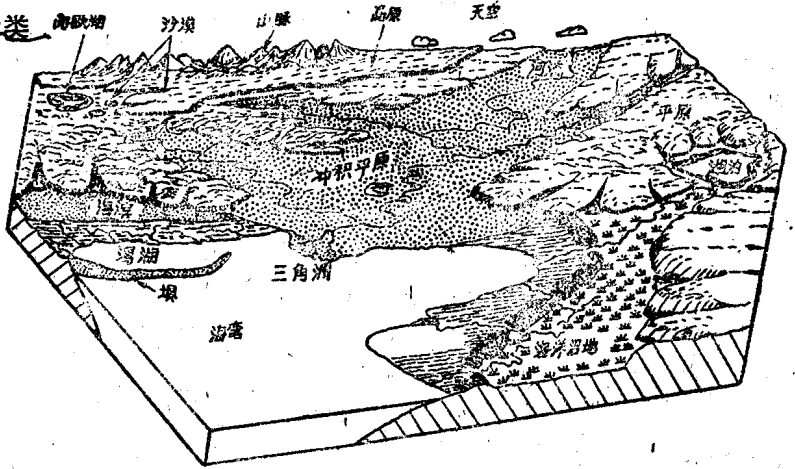


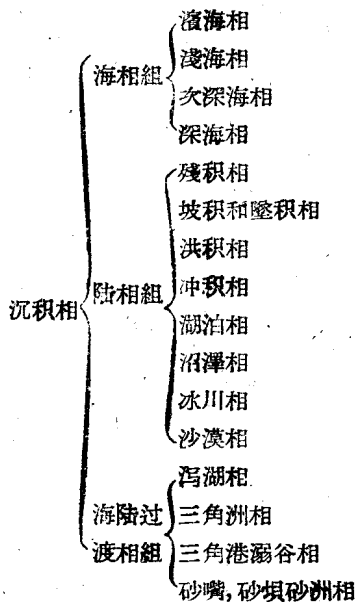
图 1-2 接近或远离海洋的大陆环境,及沿海的海洋环境(按童秉夫,施罗克 1935)

如需要再进一步划分时,则可以分成若干岩石“成因类型”如河漫滩亚相中又可细分成粉砂岩型、泥岩型等。叶连俊称为相素,如粉砂岩相素,泥岩相素等。

需要指出的是大的分类原则基本上是按自然地理环境,细分的原则就不一定单根据自然地理环境,有时也考虑到岩性特征及古生物特征等。

沉积相按照自然地理环境分类是合理而正确的,但有时也按照时代分为现代相和古代相,虽然我们主要研究的是古代的岩层,也就是古代相,但是为了更好的了解古地理环境,我们应用现实主义原则,将今论古的方法,适当研究一部分现代相帮助了解古代相,这是应该预先加以说明的。

沉积相按自然地理环境分类如下:



第二章 海相組

一、概述

1. 海洋沉积环境的一般特征:

(1) 海水的物理化学特征:

根据当代海洋资料的研究, 海洋地质作用的物理化学情况与陆地上的环境极不相同, 陆上的沉积作用都是在空气中或水中进行, 有氧气参加, 大气压力正常, 温度变化不定 (+80°~ -60°), 而海中的环境, 则不一样。

海水温度要比大陆低, 变化也小。现代海洋表面温度在回归线附近为 -18° (含盐水冻结的温度) 到 +28°, 而海洋深处则不超过 +2°, 在北极海中则降到 -16°。

在地质历史中海水温度不是不变的, 据对钙质化石中同位素 O^{16}/O^{18} 比值的测定, 发现海底温度在中、上第三纪时较现在高出 10—12° 之多。

海底压力较大陆有所增加。海底压力决定于深度, 如在 10 公里深的海底可达 1000 大气压。

海水中的氧气含量不一, 在远洋中随着深度的增大氧的含量有所减少, 但减少不多。而在涡流或激流中部氧气缺乏, 在与大洋隔绝的内海底部的低洼处通常也缺乏游离氧, 甚至没有游离氧。故海洋沉积作用是在各种氧化-还原条件下进行的, 而大陆上多半是在氧化条件下进行的。

含盐度乃是海水很重要的性质之一, 它影响着很多沉积物的形成和具有特殊的性质; 也影响海水中的生物界。现代海水主要是氧化物、硫酸盐及碳酸盐的溶液, 其化学成分极其复杂, 其中经常有 50 种以上的化学元素, 但大部分的含量都很少。

海水盐类成分在地质历史中是有所变化的(图 II-1)。自古代到现代, 海水中氯和钠是有所减少的, 特别是钠, 这是由于火山活动减弱的缘故; 而镁和硫酸根与日俱增, 这是由于地台扩大, 因而引起带入大洋中的风化产物数量增多所造成; 钾的含量增加极少, 而钙的含量

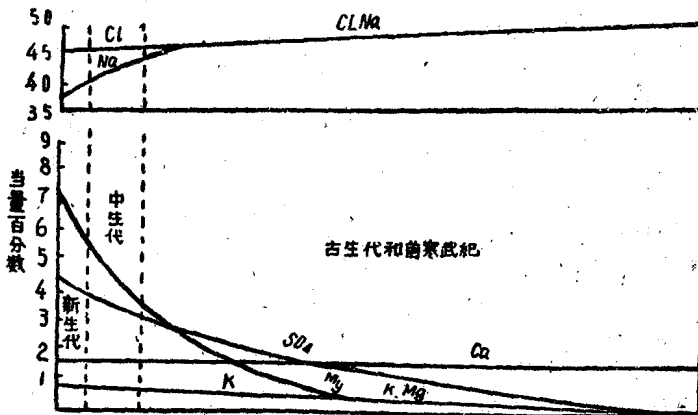


图 II-1 海洋盐分变化略图(据布里诺夫)

基本上沒增减,这是由于海洋水对鈣易飽和的緣故。

(2) 海洋盆地的主要类型:

按照現代海洋盆地的形态可分为四类:大洋、边缘海(如中国南海,日本海,巴倫支海等)、內陆海(里海,黑海,波罗的海等)和湖泊(青海湖,苏必略湖,貝加尔湖等)。其中除大洋外,海和湖泊均又按其海底形态和深度分为深洼的和平淺的二种类型。深洼的水盆地深度一般为1000—4000米,个别深洼的湖只有500米(如日內瓦湖);它們通常分布在地震較多并往往有火山活动的地区。而平淺的水盆地通常深度仅数百米。多分布在地震不多和沒有火山活动的地区。

如按地質构造特点現代海洋盆地可分为大洋凹地中的盆地、地槽海(里海、黑海、地中海等)和地台海(波罗的海、北海、巴倫支海等)。地槽海的特征是海底地形割切厉害,有年青的褶皱和强烈的火山作用及地震活动。地台海的特征是深度不大,地形略有起伏,并且沒有携帶着大量物質的河流注入。介于上述二者之間的称作过渡海(我国沿海、暹罗灣,爪哇海等),它們具有某些地台海特点,但却直接分布在阿尔卑斯褶皱带附近。

根据介質的物理化学和水生物学特征可把現代水盆地分为以下六种类型:

- A. 大洋: 含盐度正常(3.5±0.2%), 气体情况正常, 氧化电位高, 具弱碱性, 大生物到处繁生。
- B. 边缘海: 物理化学性质与水生物特征均与大洋类似,唯水文情况較复杂。
- C. 潮湿区內陆海: 为淡化水, 具异常的气体情况, 主要是缺乏氧, 因此生物較少, 种属有变化。如波罗的海、白海、黑海等。
- D. 潮湿区湖泊: 为淡水, pH值变化大, 在深水层中缺乏氧, 生物种类少而数量多, 水文情况复杂。
- E. 干燥区內陆海: 逐渐盐化, 为弱碱性, 含氧, 底栖生物少。如紅海, 黑海等。
- F. 干燥区湖泊: 一直在盐化, 水化学性质复杂, 含氧多, pH值高, 生物种类和数量均少。

显然不同类型的水盆地,其沉积物性质和古生物特征是会有所不同的。

(3) 海底地形与海水深度:

通常按照海底地形可把大洋盆地分为四个主要地形区: 陆棚(大陆淺滩)、大陆坡、大洋底(远海)和深海盆地。每一个海底地形区常有大致一定的深度,因此有些学者就按海水深度来进行分区,通常分为: 濱海区、淺海区、次深海区和深海区。有的地質学家认为淺海区与陆棚相当,次深海区与大陆坡相当,其实二者之間不能划等号。

海底地形和海水深度有紧密关系,但不能完全統一起来,一般从地質学上的意义來說,陆棚是介于地台与大洋盆地之間的过渡构造,其性质通常和毗連的陆地相似,其特点为坡度不大,由几分到几度,几乎总是 $<4^\circ$,而大陆坡有較大的坡度,从 $4-7^\circ$,甚至达 13° ,且大陆坡几乎到处被深远的峡谷所切割。海底地形与陆地上一样,也是起伏不平的,在陆棚上广泛分布有海底谷地,它是大陆上河流在海中的延續,故其特点与河谷类似。而在大陆坡上普遍发育有海底峡谷,通常海底峡谷开始于陆棚外部边缘,沿大陆坡向下延伸到不同深度,甚至可延續到4000—5000米深处,其特点是峡谷幽深,坡度陡峭。在大洋底部既有广寬平原,又有隆起的海底长垣,海底山脊和海底山脉,也有低洼的海沟和海底盆地。

各处的海底地形是有所不同的,魯欣曾指出: 靠近平原陆地的地台型海,具有平緩的海

底地形,反之与高山陆地相接壤的地槽型的海,具有切割的地形。

海底地形决定了海流分布情况,水体循环的整个系统,水化学状况,从而影响了沉积物特性,特别对粒度分布影响尤大;同时还决定了产生生物的化学元素的分布情况,因而亦就决定了海中生物分布。

(4)海洋生物特征及其分带性:

海洋中的生物可分为三大类:

- A. 浮游生物。
- B. 游泳生物。
- C. 底栖生物。

H. M. 斯特拉霍夫认为在水体上部 50—100 米处主要是浮游生物和游泳生物,而海洋底部有底栖生物的大量集中,现代海洋中绝大部分底栖生物栖息于 0~100 米处,即栖息于滨海带和浅海带的上部,而浅海带之下部(100—200 米)就较少了,种类也不多了,次深海带就更少了,主要底栖生物群的深度分布如图 II-2 所示。游泳生物和浮游生物死亡后,其遗体沉降在不同深度的海底区,主要聚集在大洋底地区,其次是大陆坡下部地区,较大游泳生物有时也堆积在浅处。

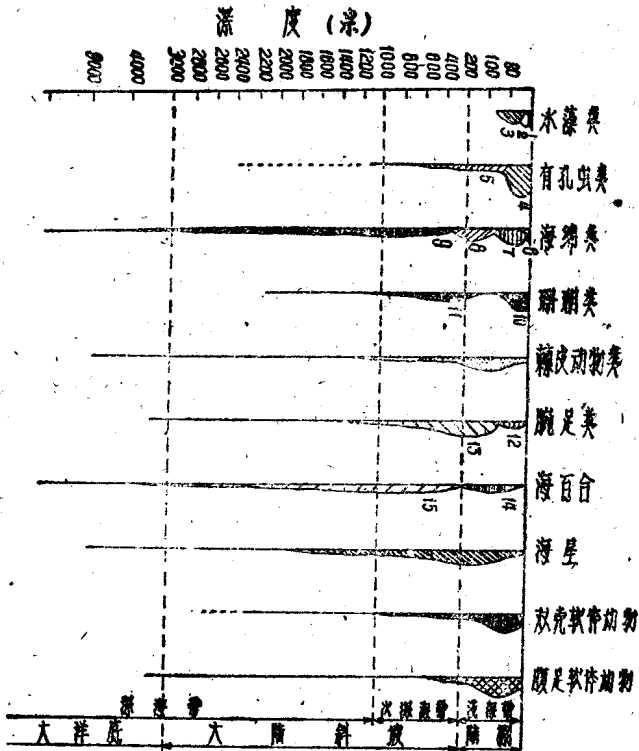


图 II-2 主要底栖生物群的深度分布图(据吉涅尔、塞却尔、克什曼、童豪富等报告综合)

1—蓝绿藻; 2—褐藻; 3—红藻; 4—Miliolidae; 5—Lagenidae; 6—Calcispongia; 7—硅质角
 质海绵与角质海绵; 8—Lithistidae; 9—六轴海绵; 10—外来的造礁珊瑚; 11—单体珊瑚; 12—
 腕足动物无核类; 13—腕足动物有核类; 14—Comatulidae; 15—其他的海百合类。

由图可看出海洋底栖生物群是随深度而改变的,可按生物群划分为浅海带(0—200 米)、次深海带(200—1000 米)和深海带(>1000 米),很明显这种生物带和一般海底地形区并不

一致。

斯特拉霍夫(1948)认为:海藻是关于深度最清晰与最明显的证据,由于光合作用需要一定的光的强度,因而海藻定居的深度相当小,叶绿素植物主要生活在0—50米,在50到100米深度间水底植物群很快就减少,甚至消灭,只在个别情况下超过100米,因之,海藻深度分布有一定的明显的分带性,在最浅的海岸带里主要生长绿藻或蓝绿藻,其中只混杂个别褐藻和红藻,自最大退潮线到将近27米深处主要生长褐藻,在这个带里海藻生长在复成分土和介壳土上,而泥质和泥砂质土上。则生长着丰富的海草,从27米到90米占优势的是分泌石灰质的红藻,再下去海底植物实际上是没有了,因此,整个海生植物群是典型的浅水生物,它是推测古代岩相深度的标志。

斯特拉霍夫继续写道:“从图里不难看出,极大多数海底动物都在陆棚上半部(0~100米)特别是陆棚四分之一处(0~50米),这里生活着最主要的一部分底栖有孔虫、大部分斧足类和腹足类、所有的造礁珊瑚、钙质海绵和硅质角质海绵、部分石质的以及大部分的苔藓虫、几乎全部的无腕腕足类和许多海胆等,其中以珊瑚礁、介壳滩(牡蛎滩和壳菜滩等等)和在大规模的海藻和海草丛上的大量有孔虫为陆棚上半部的代表。在深度100—200米的陆棚下部,生物已较单调了,主要的生物有:苔藓动物、腕足类、石质海绵、海胆,其中混杂有斧足类、腹足类、有孔虫等。在这个带里开始出现漂浮的有孔虫遗体,还可能有介壳滩生物群,不过介壳本身变得小而薄。在次深海区内,主要是海百合和砂质六轴海绵,还居住着部分腕足类、部分苔藓虫、部分海胆、某些单体珊瑚和底栖有孔虫。其中,主要由腕足类堆积的介壳灰岩,在次深海带的上部边缘还能见到,但以后很快就没有了。在次深海区,随着深度增加,还有愈来愈多的漂浮有孔虫遗体加入到底栖生物群中,在大陆坡下部和大洋底,动物群贫乏的现象更甚,大洋底虽不是真正的荒漠,但生物终究是极少的”。

对于较近时期,如晚第三纪和第四纪生物群的分布,可直接和现代生物群比较,但时间距我们愈远,古代海中生物和现代海中的生物就愈不同。最主要的海生动物群按深度分布,在基本特点上能够保持到上古生代甚至泥盆纪,但有某些深度减小的可能;另外有些生物群则明显地比现代生物群更接近海岸,象海百合在上古生代则同珊瑚礁、海藻灰岩、有孔虫(特别是纺锤虫灰岩)等共生,所以上古生代海百合的居住深度从0到50~100米,只有在以后(约中生代)才迁移到更深的地方,同样证明小嘴介、穿孔介在上古生代也主要生活在浅水里(现在它们分布在深水中)。

斯特拉霍夫认为原始海洋里,最初出现浮游生物,后来一部分生物在争取生存斗争的影响下才迁居海底,最先是植物然后是动物。因此最初底栖生物出现在浅水部分,后来部分留在海岸带,但大部分还是迁到深水带,即在还没有生存竞争的地方。他着重指出:这一普遍倾向的确定,引出了一个明显的方法学意义的结论,现在是深水里的生物群,过去可能生活在浅水里,这一点特别涉及到这样一些生物,象苔藓动物、腕足类、海绵、海胆等等。

2. 影响海洋沉积的因素:

除了上述的因素变动对沉积物的性质有影响外,在不同深度或即使在同一深度所沉积的物质随气候、海底及附近大陆地形以及该海盆地与大洋隔绝的情况不同,沉积物的性质也不同。

一般说来,随着远离海岸,海水深度加大,沉积物颗粒愈来愈细,底栖生物也愈来愈少,斜层理和波痕就很少遇到。

另外，海底地形也有影响，它决定了海流的分布，氧气的分布情况(如低洼处时常造成缺乏氧气的环境)。海底地形对沉积物粒度分布影响是很大的。如图 II-3 所示，近岸的陆棚区

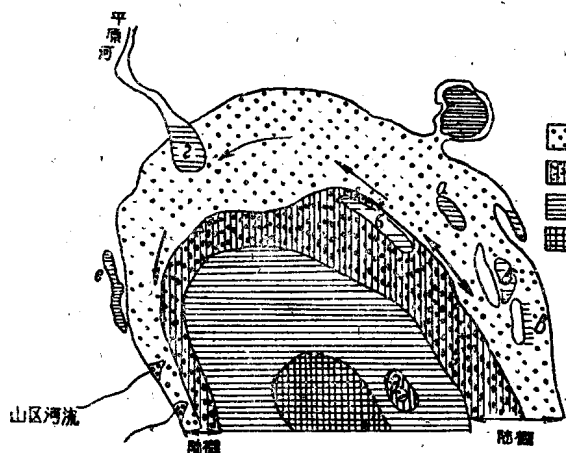


图 II-3 水盆地中，沉积物粒度分布示意图(据斯特拉霍夫 1954)

1—砂；2—粗粉砂；3—细粉砂；4—粘土。

a—侵蚀洼地；b—构造洼地；c—平静带；d—河口附近粘土舌；e—海底隆起；f—泻湖。

主要为粗粒沉积物(砂，粗粉砂)所复盖，而向盆地中心逐渐变细，为细粉砂、粘土所分布。但在陆棚上也有细粒沉积物分布，如分布于大河河口附近，侵蚀洼地构造生成的拗陷地区，靠近岛屿的平静地区以及海湾中。而在水盆地中心海底局部隆起区，海流区也沉积有较粗颗粒。

气候也有影响，如温暖地区有较多的碳酸盐沉积，软体动物及腕足类的贝壳，并有珊瑚礁。气候也影响着陆地的风化作用，从而供给出不同的沉积物质，如只在潮湿炎热气候带才能有大量铁、铝沉积物供给。

陆地地形可以影响风化及搬运作用，所以陆地地形不同，运到附近海盆中就有成分不同的沉积物，在陆地地形割

切愈厉害，其中搬运出的碎屑物质也就愈多，而缓倾斜地形将搬来细粒物质和化学风化的产物。

海盆隔离可引起海水的咸化和淡化，亦可以引起生物变化，并生成特殊的沉积物，淡化海碎屑物增多，而咸化海可沉积一些盐类沉积。

海中的火山活动对沉积物的成分也有影响，可以形成一系列的火成碎屑岩，同时供给大量的 Si、Fe、Mn、P 等元素。

3. 海相沉积的一般特征:

沉积地层中的海相分布最广，它的特点是具有广大的面积，其剖面特别是距海岸线一定距离的剖面，具有相当大的稳定性，(但在靠近海岸的沉积层产状变化亦较大)。它有大量的各种海相生物化石(腕足类、软体动物、三叶虫、海胆等)，海相中可以划分各种各样的沉积物类型，经常遇到的是粘土沉积，碳酸盐沉积和硅质沉积。在海中还形成粗碎屑沉积，砂质沉积以及铝质、铁质、锰质、磷质沉积。海相的特性因深度而改变，随着远离海岸，碎屑沉积颗粒越来越细，底栖生物的数量及造岩作用减少并没有海藻遗体，沉积物的堆积速度变小，成岩作用改变沉积物的强度则有所增加。在次深海和深海中主要为各种软泥。在近岸的海相沉积中还可见到斜层理(照片 II-1, II-2, II-3)和波痕，泥裂等层面构造。

4. 海相组的分类:

海相组分类方法很多，目前还没有通用的统一的海相分类，但归纳起来，不外根据以下四个原则:

- (1)按海底地形区的分类。
- (2)按海水深度的分类。
- (3)按生物带的分类。

(4)按沉积物特点的分类。

下面介绍前两种分类:

(1)第一种分类在研究现代海洋沉积的地理学家和地质学家中广泛应用,这一分类可以Д. B. 纳里夫金(1956)和童豪富(1936, 1950)的分类为例。

按海底地形的分类(Д. B. 纳里夫金 1956)

| 相 | 深度 (米) |
|-----------|-------------------|
| 陆棚相 | >200—400 米 |
| 次深海相(大陆坡) | 200 至 2000—3000 米 |
| 深海相(大洋底) | 2000—10000 米 |

童豪富(1936, 1950)对大洋盆地分区如下:

| 环境 | 深度 (呎) |
|--------------|----------|
| 滨海(Littoral) | 涨潮—退潮 |
| 浅海(Neritic) | 退潮—600 |
| 次深海(Bathyal) | 600—6000 |
| 深海(Abyssal) | >6000 |

童豪富曾把滨海划入海陆混合环境中,再有上表中浅海有时译为近海,次深海或译为半深海,深海或译为远海或远海洋,从下图可以看出他的浅海区即指陆棚区,次深海区即大陆坡区,同时他把这四个海底地形带又称为“四大生命带”,强调了地形、深度和生物之间的关系(图 II-4)。

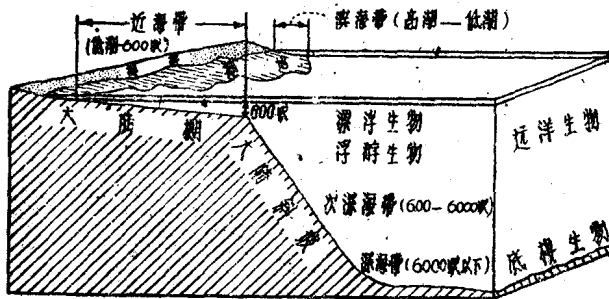


图 II-4 按深度、地形、生物区分类之间关系(据童豪富)

(2)按海水深度分类。

比较完备的是 1953 年鲁欣提出的。

按海水深度的分类(Л. B. 鲁欣 1953)

| 相 | 深度 (米) |
|------|-------------------|
| 滨海大相 | 涨潮和退潮带 |
| 浅海大相 | 退潮最低限至 70—100 |
| 半深海区 | 由 70—100 至 500 |
| 深海区 | 由 500 至 2000—3000 |
| 极深海区 | >2000—3000 |

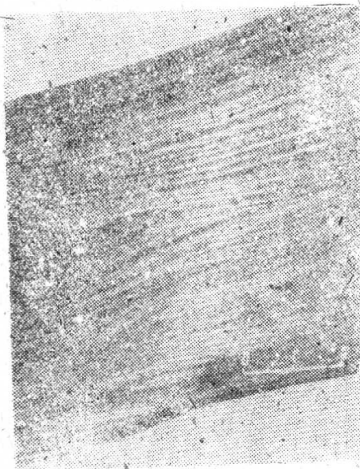
(3)按生物区分带划分海相分类在地质学家、地层学家和古生物学家中是最流行的。

按生物带划分的海相分类

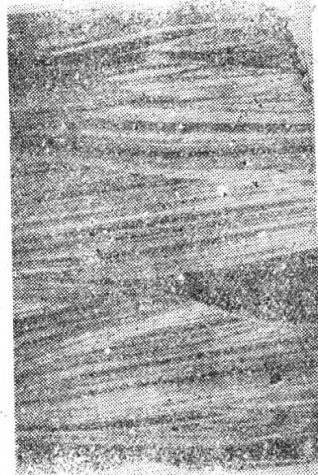
| 相 | 深度 (米) |
|------|--------------|
| 滨海相 | 涨潮至退潮 |
| 浅海相 | 退潮至 200 米以内 |
| 次深海相 | 200 米—1000 米 |
| 深海相 | >1000 米 |

从以上所举出的分类表可以看出,各个分类表有相似之处,但所根据的分类原则不同,又因各学者所持见解不同,因此各带的深度也很不统一,我们的意见认为主要按海底地形区,同时又结合海水深度分类比较好,因此本书主要采取纳里夫金的分类,并加以适当的补充,如下表:

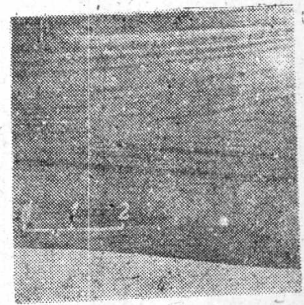
| 相 | 深度 (米) |
|-----------|------------------------|
| 滨海相 | 涨潮至退潮带 |
| 陆棚相(浅海相) | 退潮最低限至 200—400 米 |
| 大陆坡(次深海相) | 200—400 米至 2000—3000 米 |
| 大洋底(深海相) | 2000—3000 米至 10000 米 |



照片 II-1 细砂岩中的交错层理(略具波状),有泥质细条带。细斜层倾角平缓(苏联顿涅茨盆地石炭纪)。



照片 II-2 粗粉砂岩中的交错波状层理。波长达 5—8 厘米,振幅 1.5—2 厘米;层理由粉砂和粘土薄层交互成层而表现出来(苏联顿涅茨盆地石炭纪)。



照片 II-3 细砂岩中的波状槽状交错层理,层理由粒度不同而表现出来,波很大,照片中仅为其一部分(苏联顿涅茨盆地石炭纪)。

二、滨海相

1. 概述:

滨海沉积发生在陆棚最上部的涨潮和退潮地带。当退潮时,沉积露出水面,而在涨潮时则位于几米的深处。滨海沉积带的宽度是不稳定的,靠近陡峻海岸处,宽度以数米计,而靠

近傾斜海岸处則有几公里甚至 10 公里以上的寬度。但在与大洋隔离的海中,漲潮和退潮几乎看不出来,这时直接靠近海岸綫的沉积才是濱海相。

現代濱海沉积很窄,但古代濱海沉积是在海岸綫不断迁移的情况下形成的,因此可以形成比較寬的濱海相沉积,在剖面中保存下来,很多海相岩系的基底层就是古代的濱海沉积。

濱海带的特点是光綫充足,氧气充分,植物茂盛;由于漲落潮周期性的变化和波浪作用,海水振荡运动表現剧烈;温度变化大,季节性变化大,水的含盐度变化也大,时常有淡水注入,并带来各种各样的物質成分;此外,受海岸地形和岩性的影响也較大。

由于以上特点也就决定了濱海沉积物的特点。岩性成分比較复杂,其中以碎屑沉积为最常見,自粗粒到細粒均可出現,碎屑分选好,圓度也高。在生物上的特征是海相生物較淺海相来得少,如有的話多半是破碎的介壳或厚壳生物,以及紧紧固定在岩石上或在岩石中的鈎洞生物,鈎在軟泥里的生物。此外,还常混杂有陆相植物。在构造上除水平层理外,还有交錯层理,拍岸浪波痕和浪成波痕、泥裂、雨痕等层面构造。在产状上常呈透鏡体断續分布;并經常在古老侵蝕面上,或直接复盖在陆相沉积上,而其上經常复盖的是淺海相沉积。

按照岩性特征的不同,濱海相可分为各种相素。

2. 各种濱海相沉积的鉴定标志:

(1) 濱海石块相素

这种沉积多半形成在高山陡崖海岸地区,由于波浪冲击陡崖海岸崩塌而成。有二种情况:当海水較深时由于受波浪影响极小,石块多呈角砾状。如海水較淺,受波浪作用形成有一定磨圓的石块,巨砾、砾、砂、粘土、經分选后形成石块巨砾层。

在古代沉积中則为一些成透鏡体的角砾岩层,很快尖灭,生物一般不存在。这种石块甚为巨大,如苏联烏拉尔上石炭紀中这种沉积物由灰岩石块(最大直徑可达 6—8 米)和砾石組成,透鏡体长 1—30 米不等,与海相砂岩、粉砂岩交互成层。

(2) 濱海砾石相素

現代濱海砾石和細砾石多半分布在高山岩岸地区,可延綿数公里,在平坦海岸地区少見,有时在砂层中呈小而薄的透鏡体出現。

濱海砾石在拍岸浪强烈作用下,造成了与河相砾石显然不同的特点。一般說来濱海砾石扁平形的最常見,但也常有圓形的,砾石对称性較高,以平緩的角度(7—7.5°)傾向海的一方(图 II~5),砾石长軸大多順岸排列,只在岸堤陆坡处沉积的砾石排列方式可以不同,常以 10°—20° 傾斜向陡的一方。通常砾石分选好,圓度高。

濱海相砾石通常形成于 0—60 米深处,其砾石来源可能有二种:由海岸岩石破坏而来的,其成分就与海岸岩性一致;另一种是由山区河流搬运而来,其成分就比較复杂,其中以石英岩,燧石等成分最常見。

濱海相砾岩在分布上一般不成連續的层,而成为断續的透鏡体、层不厚,而厚度变化較大。在生物化石上有时含貝壳或其他遺体的破碎細片,也有保存完整的厚壳介壳。

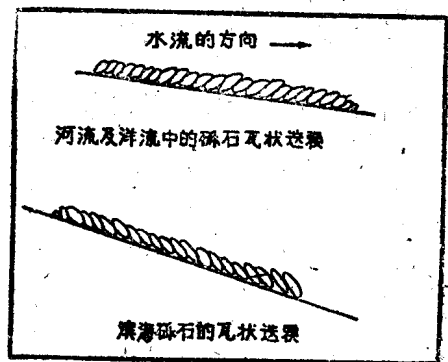


图 II-5 海濱和河流的瓦状迭层图, 箭头指河流方向,在海濱区水流上下流动,但向上活动常較强。如后者較强,砾石将傾向海岸。

(3) 濱海砂岩粉砂岩相素:

在稍平坦的海岸上有砂和粉砂的沉积,由于砂受到长期的再沉积而有良好的分选,砂粒很圓,表面光滑,砂粒中几乎没有粉状质点的混入物;砂粒的矿物成分是多种多样的,这决定于破坏地区的岩石,若为結晶岩区,濱海砂可以是复矿物的,但受到以后的再沉积,不稳定的矿物顆粒可以被破坏分解,形成单矿石英砂,这种砂最为常見。在結晶岩发育的海岸带还可形成磁铁矿(含鈦铁矿)、石榴石、鎢石、金紅石、独居石、黑鎢矿、錫石和金等砂矿。在热带珊瑚島沿岸可以形成石灰質砂。由于水运动强烈,濱海砂质沉积常具有緩斜的交錯层,細斜层傾角 5° — 10° (20°),层系結合面不清楚。其层面上时有拍岸浪波痕,其延伸方向与海岸平行。濱海砂由于长期处于水面之上,只有大风暴时才处于水中,故有海陆相的动植物化石,海生动物的貝壳碎片、陆生植物碎片等。

濱海砂的成因也有两种,由于海岸岩石受海蝕作用而形成的砂,称作海蝕砂,这种砂层一般厚度不大,分布面积不广;另一种由河流搬运而来,称作剝蝕砂,这种砂层可能很厚,甚至达数百米,分布面积也大。

(4) 濱海泥頁岩相素:

在比較平靜的緩斜的海岸地区,分布着粘土沉积,通常它分选很差,含有多量的砂、粉砂、有机质、动植物化石的遺体,在其表面上可以看到許多由漲潮和落潮的海浪形成的坑洼,以及由于退潮时露出海面所形成的泥裂、雨痕、动物足迹和刻划象等层面构造。在产状上往往成为断續分布。

在沿海沼澤地带形成泥炭沉积,其特点是炭质沉积可以含有碎屑顆粒的混入物,有时还会含有介壳的碎屑,它的表面常常有漲潮和落潮水流所冲成之坑洼。有时泥炭沼澤沉积与粘土沉积成过渡关系,或粘土沉积中夹有泥炭。

(5) 濱海生物岩相素:

濱海生物岩有时是破碎的介壳堆积,以后由这种介壳形成介壳灰岩,几乎不含胶結物。在现代濱海带有时見到有孔虫砂中有孔虫很富集,因此可以推断古代的与濱海沉积层共生的有孔虫灰岩,也可能是濱海相的。

3. 濱海相沉积的实例:

为了进一步了解濱海相的特点,茲举云南中部武定地区康滇台背斜与昆明凹陷之間下奥陶系紅石崖統的濱海相沉积为例:

主要岩性为紫紅色及鮮綠色頁岩或砂质頁岩与灰黄色薄层砂岩交互成层,韵律构造明显,每一韵律厚从几公分到数公尺,岩石含有較多的白云母片;此外尚夹有灰白色至灰黄色石英砂岩数层,每层厚数米,砂粒細,圓度高,分选也好,主要为硅质胶結,层面凹凸不平,层次不稳定,多为透鏡体;此外,有时也夹有含少量生物碎屑的石英砂岩,貝壳碎片直徑約0.5厘米,而且大小很均匀;还夹有少量灰岩、泥灰岩透鏡体。

除韵律构造明显外,层面不平,常具斜层理或波状层理是其最主要的构造特征。在灰白

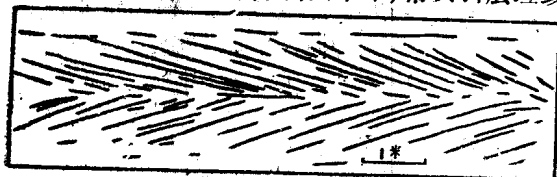


图 II-6 云南武定下奥陶系石英砂岩中之楔状层理

色的石英砂岩中既有交錯的斜波层也有楔状层(图 II-6 和图 II-7),証明当时是处于不稳定的水运动激烈的浅水区,对称或不对称的波痕、泥裂及类似虫迹的层面构造也极常見,証明当时沉积物常