

沉积学及古地理学

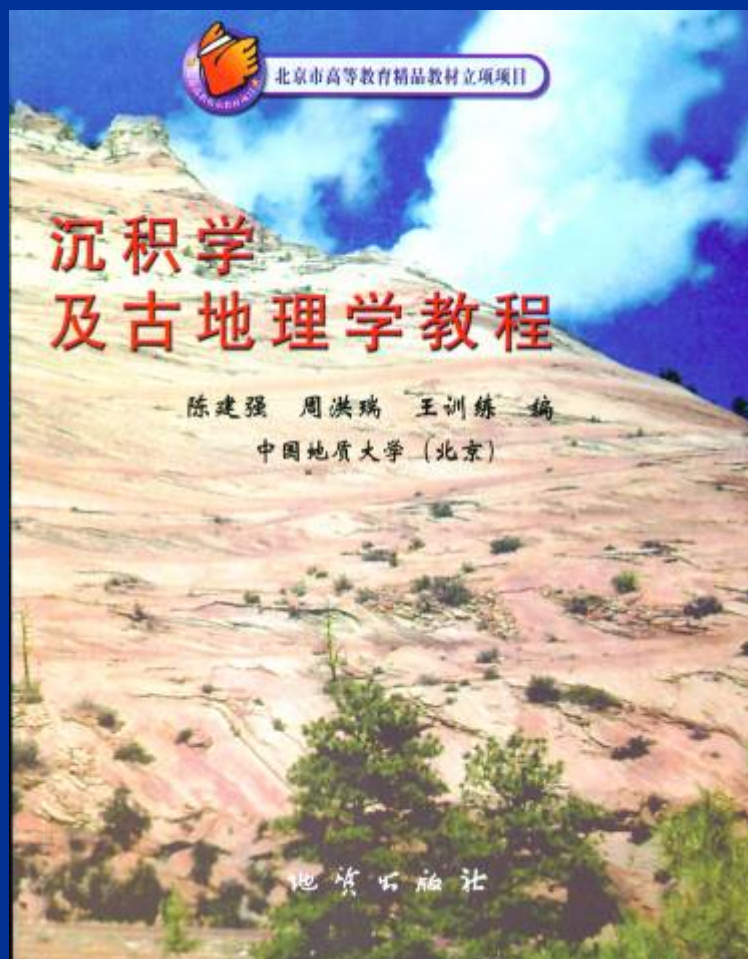


课程名称：沉积学及古地理学

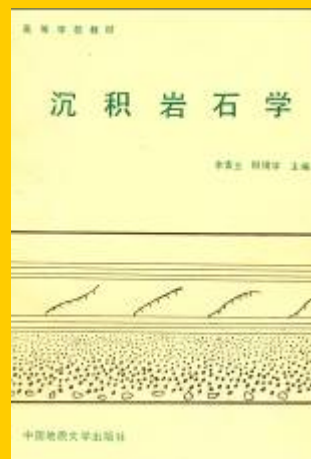
课程类别：本科地质学专业主干课

教学学时：48学时（其中，讲课36学时，实习12学时）

使用教材：陈建强、周洪瑞、王训练编，2004，《沉积学及地理学教程》。地质出版社。



参 考 书



第一章 绪论

第一节 沉积学和沉积古地理学几个概念

第二节 沉积学及古地理学的研究内容、意义及方法

第三节 沉积学及古地理学发展简史

课程的位置与知识背景

课程的位置：本科地质学（含理科基地班）的主干（专业）课，48学时，必修考试课程。

知识背景：

- ♣ **地球科学概论（普通地质学）：**外力地质作用，地学科普知识。
- ♣ **岩石学：**沉积岩石学及其成因。
- ♣ **构造地质学：**地质产物的被改造作用。
- ♣ **古生物学：**生物与环境，生物与地质时代（演化）。
- ♣ **地史学：**地层学和历史大地构造学基础，沉积古地理学基础。
- ♣ **沉积学与古地理学：**提高、系统、详细，达到参加教学、生产、科研的基本能力。

第一章 绪论

第一节 沉积学和沉积古地理学几个概念

第二节 沉积学及古地理学的研究内容、意义及方法

第三节 沉积学及古地理学发展简史

第一节 几个主要概念

沉积学及古地理学、沉积岩石学、沉积学、沉积古地理学、沉积环境、沉积相、瓦尔特相律、沉积相模式

沉积学及古地理学的概念

是地球科学范围内具有较强**综合性**和**理论性**的分支学科。

它包括沉积学和沉积古地理学两个分支学科；

与沉积学和沉积古地理学关系最为密切的是沉积岩石学。其次是现代沉积学、现代地理学。

本课程实际上就是“古沉积学、古地理学”。

狭义的沉积岩石学：研究沉积岩的物性(岩石、成分、结构、构造、分类)的学科。

广义的沉积岩石学：研究沉积岩的成分、结构、构造、分类及其形成作用、沉积环境、分布规律的一门科学。

1) 既研究物性，又研究成因：除了研究沉积岩的特点外，还进行模拟实验，探讨沉积作用的机理，分析沉积环境，研究其时空演化、分布规律以及与大地构造之间的关系。

2) 既研究古代岩石，又研究现代沉积物。

广义的沉积岩石学概念中“广”的部分，拓展的部分实际就是“沉积学”的研究内容，即广义的沉积岩石学包含了“沉积学”。这是一种观点，另一种（欧美）观点是广义的沉积学涵盖“沉积岩石学”。

沉积学是在沉积岩石学基础上发展起来的。

沉积学最早由特罗布里奇（1925）提出。沃德尔(1932)针对“沉积岩石学”经常被认为是对沉积岩的薄片研究，而提出“沉积学”是研究沉积物的学科（包含古代的沉积岩和现代的沉积物）。

更具体来说，它研究沉积物的来源、沉积条件(沉积环境、沉积相)、沉积作用及沉积物转变为沉积岩的一系列复杂的成岩作用变化。

“沉积岩石学”学虽然也包括对现代沉积物特征和成因的研究，但更多侧重于岩石组分的研究；虽然对宏观岩石学同样予以重视，但更多立足于显微和电子显微下的室内研究。

因此，“沉积岩石学”和“沉积学”的研究内容是相互渗透和不可分割的，同时又存在不同的研究分工。所以，也可以用广义的沉积学包含沉积岩石学。

点：相分析（沉积环境）→

线：相变、相模式（沉积环境变化）→

面：自然地理、沉积古地理。

沉积古地理学：对一定地质历史时期形成的地层进行沉积相分析，得出当时不同地区的沉积环境、沉积条件及其相互关系，再造当时的海陆分布、自然地理和气候特征的学科。

它与沉积岩石学、沉积学和地层学的关系最为密切。沉积古地理学又是一门自然地理学与地史学之间的边缘学科。

总的来说，**沉积学及古地理学**是一门综合性很强的学科，它所涉及到的学科包括：沉积岩石学、地层学、古生物学、古生态学、海洋地质学、流体力学和地球化学等。

沉积环境(Sedimentary environment 或 depositional environment)的概念

8/40

环境是地理学中的概念，地理学把地球表面划分为不同的地理学单元，如山脉、河流、潮汐、沙漠、海洋等，这些就是自然地理环境（地貌单元）。

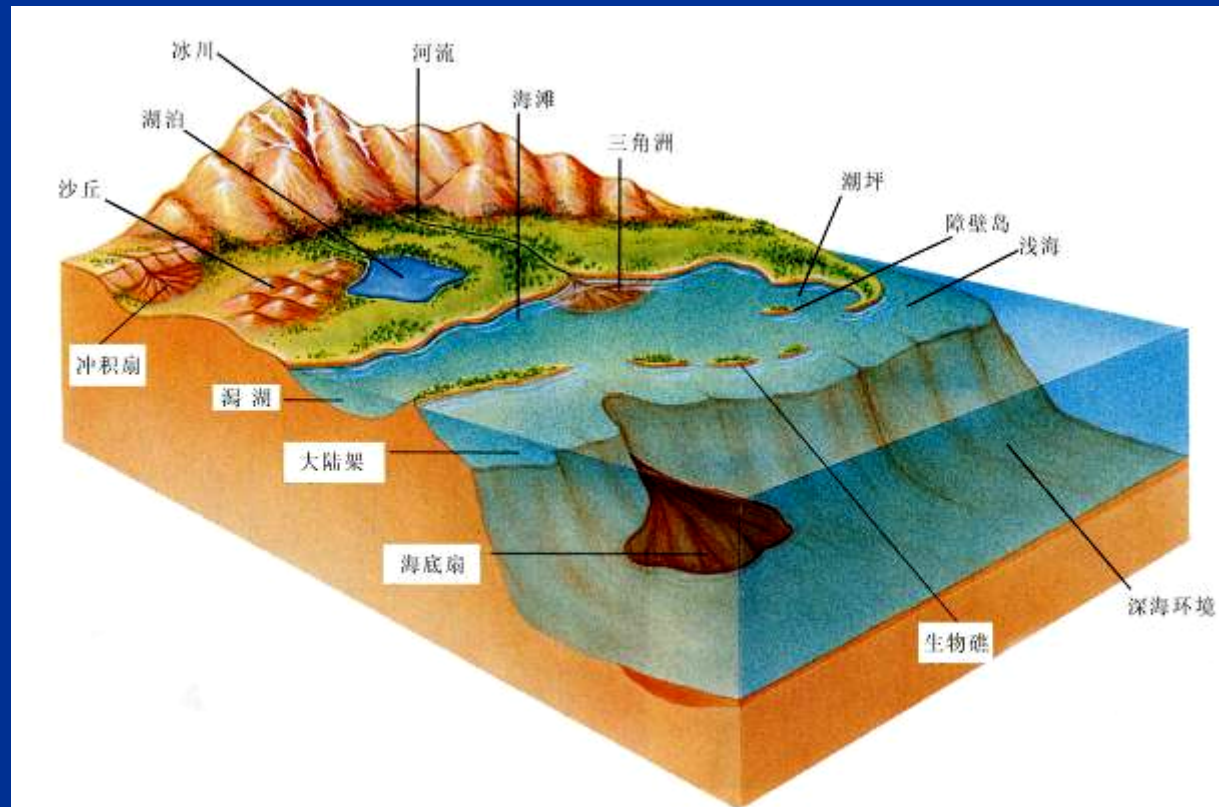
沉积学是研究沉积物质沉积时的自然地理环境，称之为“沉积环境”。

沉积环境：发生沉积作用的地貌单元（地点、场所）。指的是位置和条件。条件包括物理、化学和生物条件三个方面。

(1)物理条件：温度、压力、引力、重力、风、波浪、潮汐、水流、海流、风暴流等。

(2)化学条件：沉积介质（水、风、冰）化学成分、pH值、Eh值、溶解度、化学平衡程度、生物化学作用等。

(3)生物条件：生物的种属类型、生物物理、生物化学作用等。



丹麦学者斯坦诺(Steno, 1669), “相”表示地层学的“时期”和“阶段”。

瑞士学者格列斯利(Gressly, 1938), “相”沉积学含义, 他发现瑞士J在岩性和古生物面貌方面存在极大的差异。他将这些不同的岩石特征和生物特征称之为不同的相。

后来, 关于“相”的术语使用出现了不同的理解:

- ♣指岩石的类型（砂岩相）；
- ♣指岩石的成因类型（浊积岩相）；
- ♣指沉积环境的同义语（河流相）；
- ♣岩层生成时的古地理环境及其物质表现的总和（沉积环境+沉积相），如“河流砂岩相”，“浅海碳酸盐相”；
- ♣与构造环境相联系（大地构造相），如“磨拉石相”、“复理石相”。

当前，多数学者把“沉积相”与“沉积环境”概念分开，回到格列斯利的最初含义。即把沉积相作为自然环境（沉积环境）的产物（物质表现）。

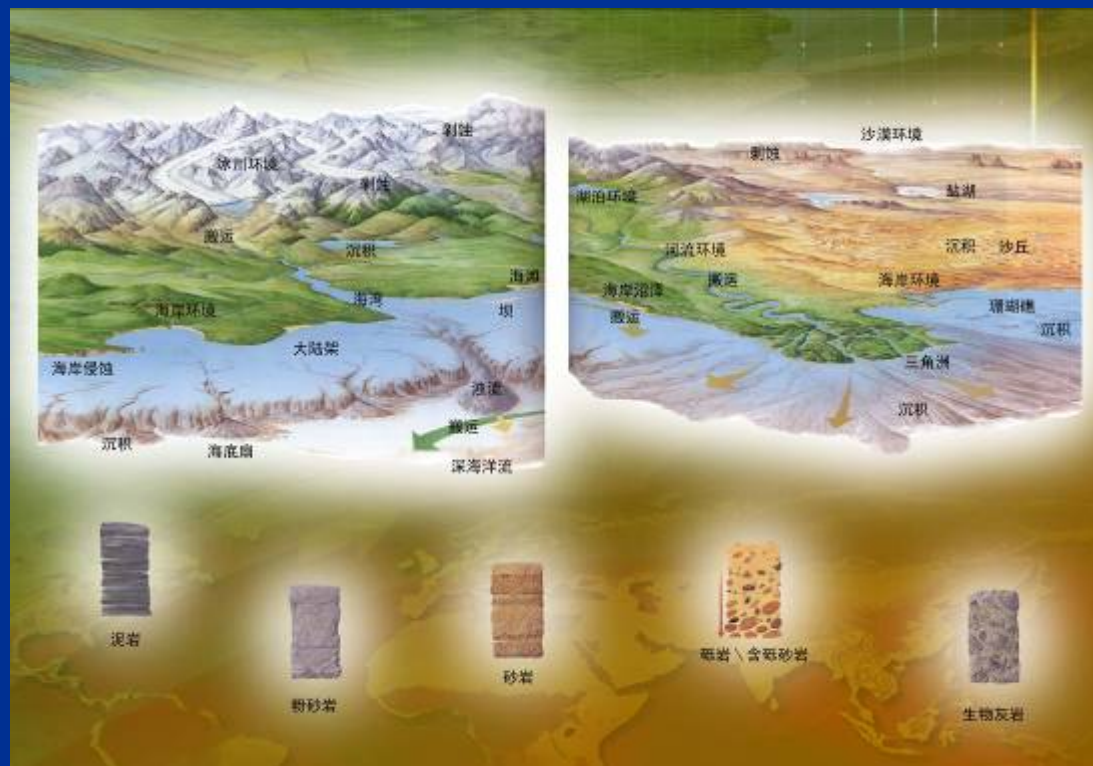
沉积相：能够反映沉积环境条件的岩石特征和生物特征的总和。

这种记录主要表现为岩石组分、几何形态、结构、构造、生物化石等方面的差异，即具有该环境的沉积特征。

术语使用中采取其词干相同，而词尾不同来区别“沉积相”与“沉积环境”，“河流环境”表示“沉积环境”；“河流相”表示“沉积相”。

在实际工作中，根据研究目的和研究程度的不同，常使用“岩相”和“生物相”等次级术语来描述沉积特征。“岩相”是能够反映沉积环境的岩石特征，如交错层理砂岩相等。“生物相”是指能够反映沉积环境的生物特征，如笔石页岩相等。

可以简单地理解为：“岩相”+“生物相”=“沉积相”。广义的“岩相”等于“沉积相”



依据自然地理条件和地貌特征进行划分。首先按一级地貌单位进行划分沉积环境，然后在每个环境内再根据次一级的地貌特征细分亚环境。

表 1-1 沉积环境(沉积相)分类体系表

沉积环境组 (沉积相组)	沉积环境 (沉积相)	沉积亚环境 (沉积亚相)
大陆环境组 (大陆相组)	残积环境(残积相)	
	坡积环境(坡积相)	
	冲积扇环境(冲积扇相)	扇根、扇中、扇端
	河流环境(河流相)	河床、边滩(或心滩)、天然堤、决口扇、泛滥平原、牛轭湖
	湖泊环境(湖泊相)	滨湖、浅湖、深湖
	沼泽环境(沼泽相)	
	沙漠环境(沙漠相)	
	冰川环境(冰川相)	冰碛、冰湖、冰海
海陆过渡环境组 (海陆过渡相组)	三角洲环境(三角洲相)	三角洲平原、三角洲前缘、前三三角洲
	河口湾环境(河口湾相)	
海洋环境组 (海洋相组)	海岸环境(海岸相)	障壁海岸:潮坪、潟湖、障壁岛、海滩
		无障壁海岸:海岸沙丘、后滨、前滨、临滨
	浅海环境(浅海相)	上部浅海、下部浅海
	半深海环境(半深海相)	
	深海环境(深海相)	

在名称的使用上,我们采用Reading H. G. (1986)的观点,即明确“沉积环境”和“沉积相”这两个词的含义,其词干相同,而词尾不同相区别,如用“河流环境”表示其“沉积环境”,用“河流相”表示其“沉积相”。

中工环

环中，水从海洋蒸发为气团的形式被带到陆地上空，并降落，然后又以地表水或形式回到海洋。

潮湿空气冷却时，水分凝结，形成雨、雪或冰雹降落。

潮湿土地的蒸发作用和植物的蒸发——蒸腾作用增加了空气的湿度。

此一景观被分成若干流域盆地，各有自己的河网。

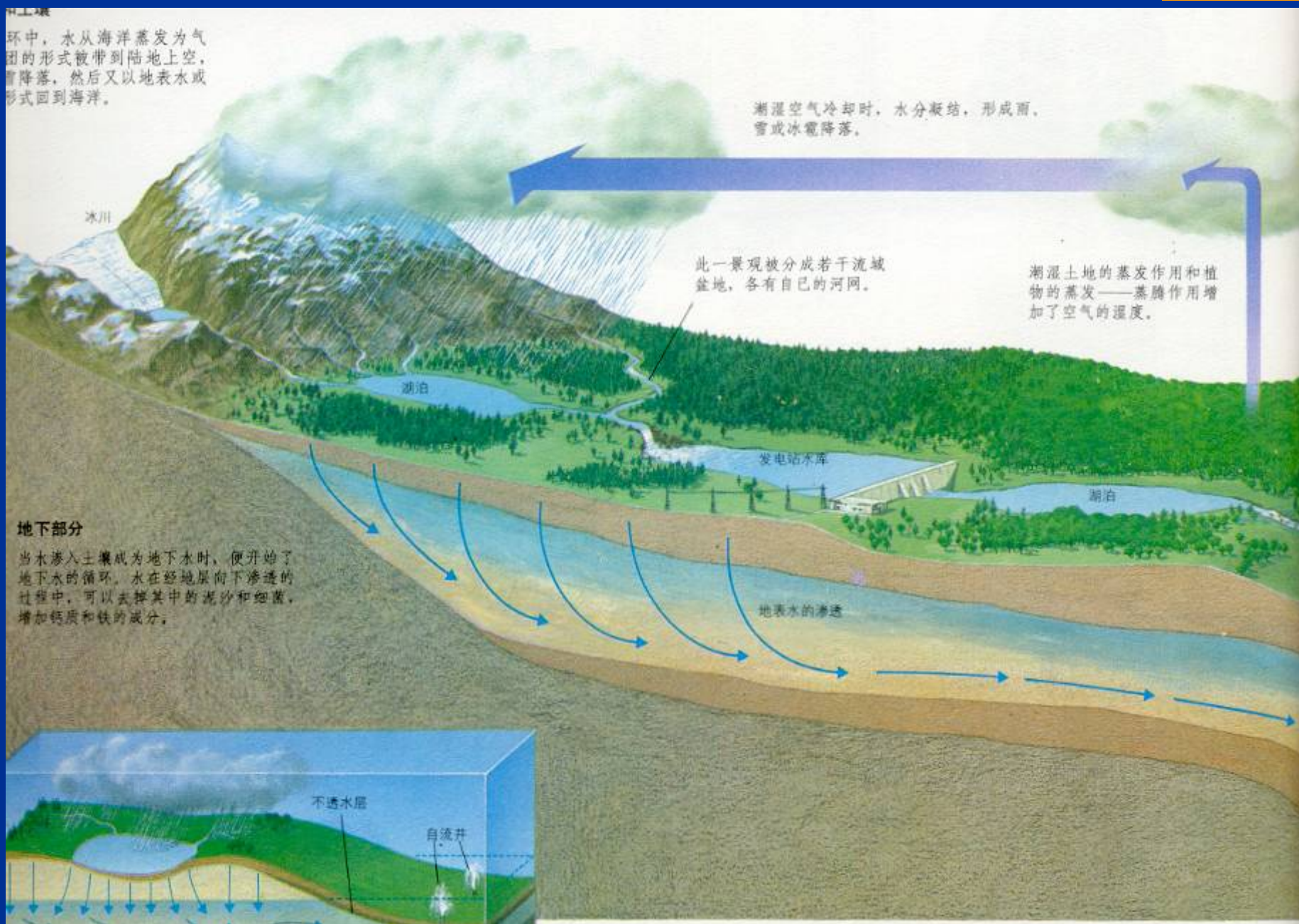
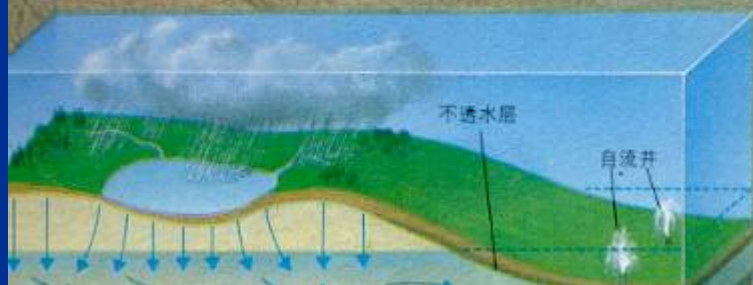
地下部分

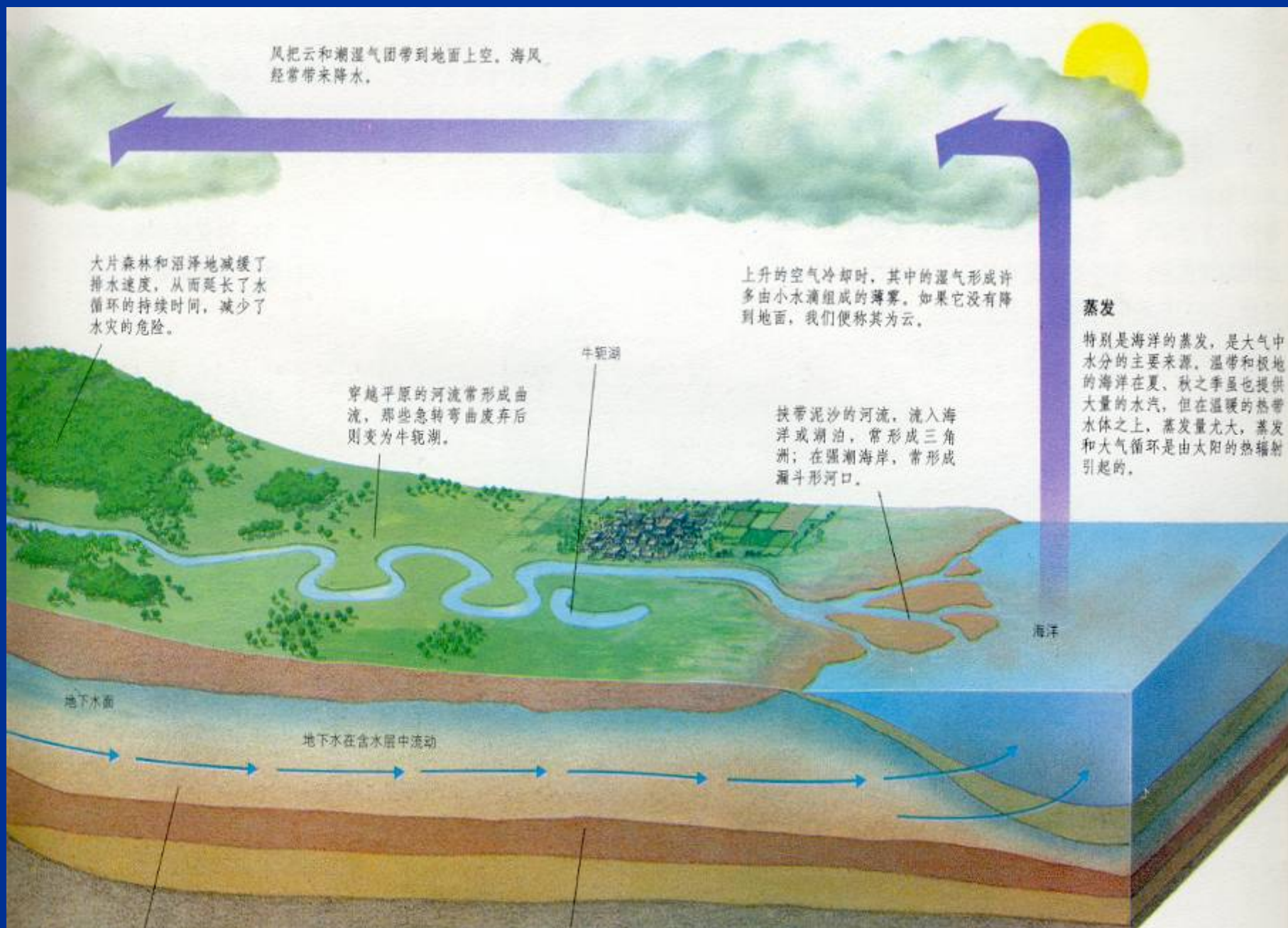
当水渗入土壤成为地下水时，便开始了地下水的循环。水在经地层向下渗透的过程中，可以去除其中的泥沙和细菌，增加钙质和铁的成分。

地表水的渗透

不透水层

自流井



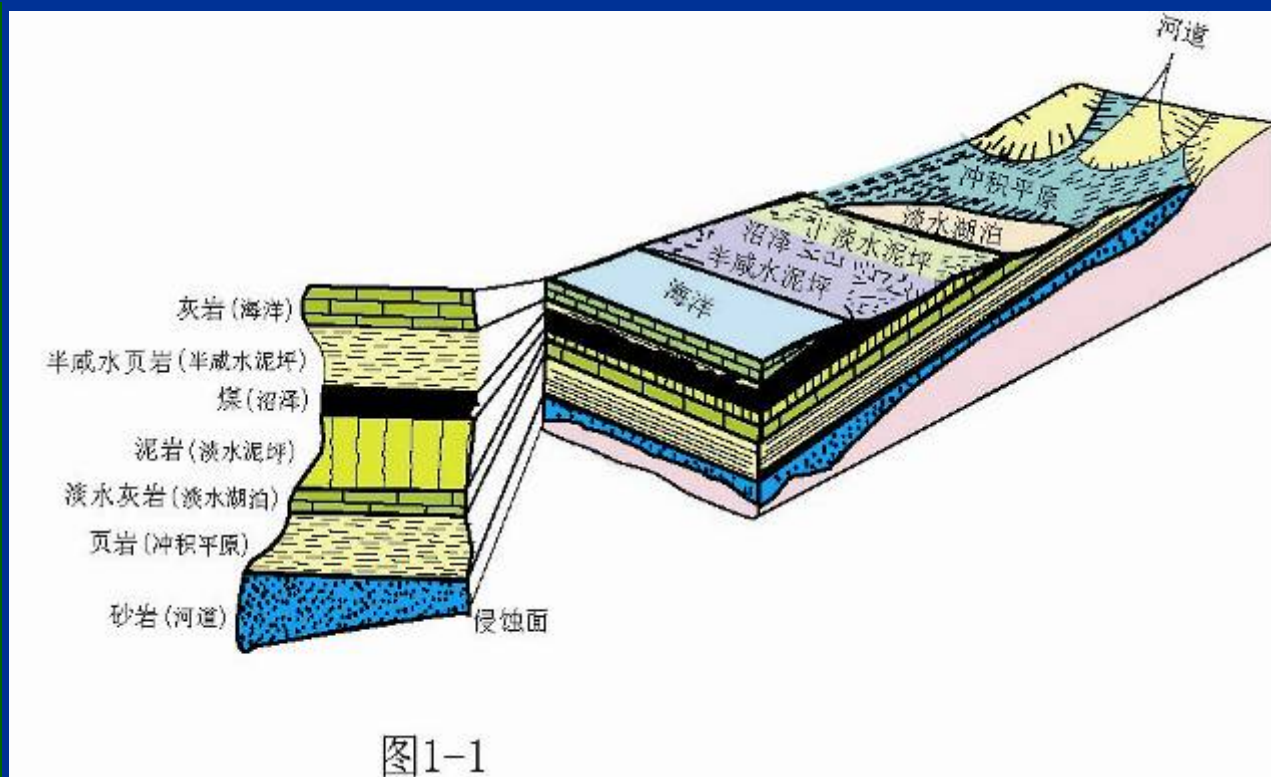


德国学者瓦尔特 (Walther, J.) (1960-1937) 于(1993-1994) 提出这个相共生原则。

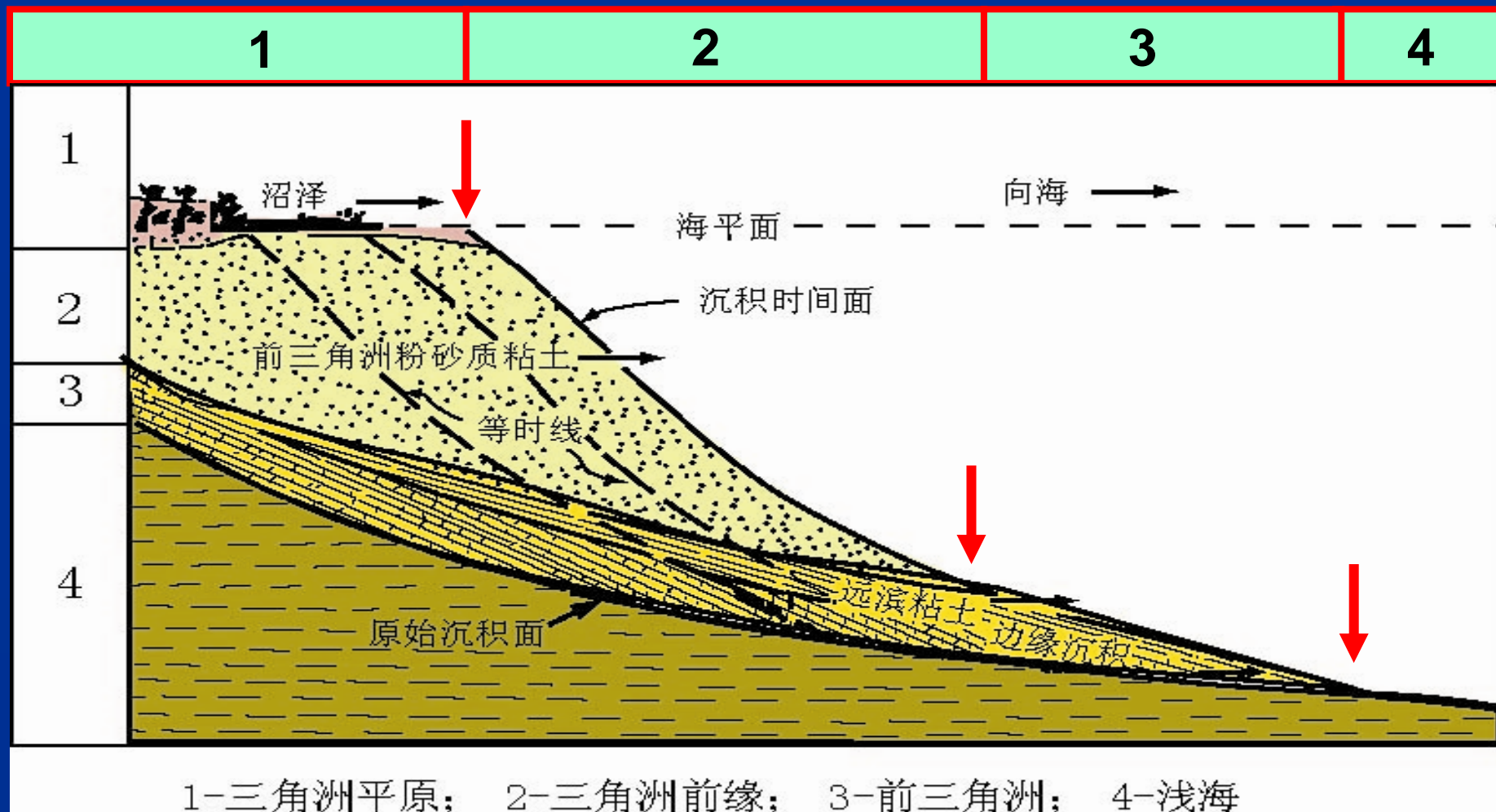
瓦尔特相律——“只有在横向上相邻出现的相，才能在纵向序列中互相叠覆”。

在连续的剖面中，相的纵向相序与横向相带是一致的。

相律的意义：根据垂向沉积序列来推断和预测可能出现的沉积相或沉积环境的横向变化关系。反之，也可根据横向上的岩相资料来建立垂向沉积序列。**科学推断与预见性。**



一个进积型三角洲的范例：前三三角洲、三角洲前缘、三角洲平原



由于现代沉积研究工作的开展，古代沉积环境资料的积累，以及室内模拟实验的深入，人们对沉积环境及其沉积作用有了更全面的了解，有可能对某种沉积环境进行全面的概括，从而提出了“沉积（相）模式”的概念。Potter（1959）首次提出相模式的概念。

Allen（1963）和Bernard等（1962）提出河流边滩的模式。Bouma（1962）提出砂质浊积岩的模式。

沉积（相）模式(Sedimentary models/depositional models/facies models/Sedimentary facies models): **是对沉积特征、发展演化及其空间组合形式的全面概括。表示方式：图形和文字。**

沉积相模式的3个作用：

- (1) 对比标准；
- (2) 提纲和指南；
- (3) “预测”（科学推断）。

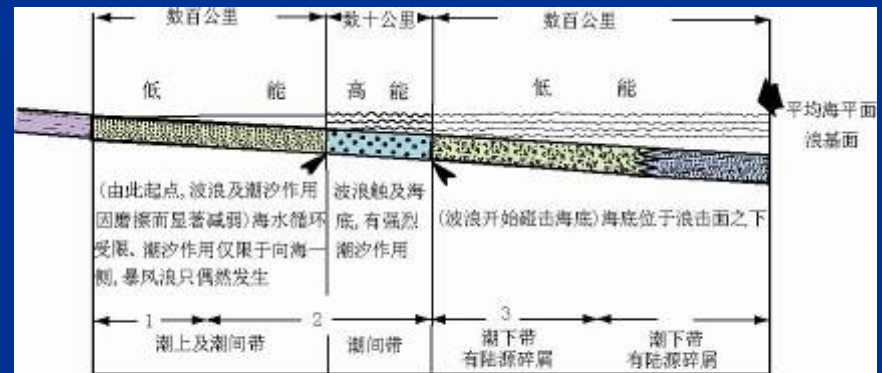
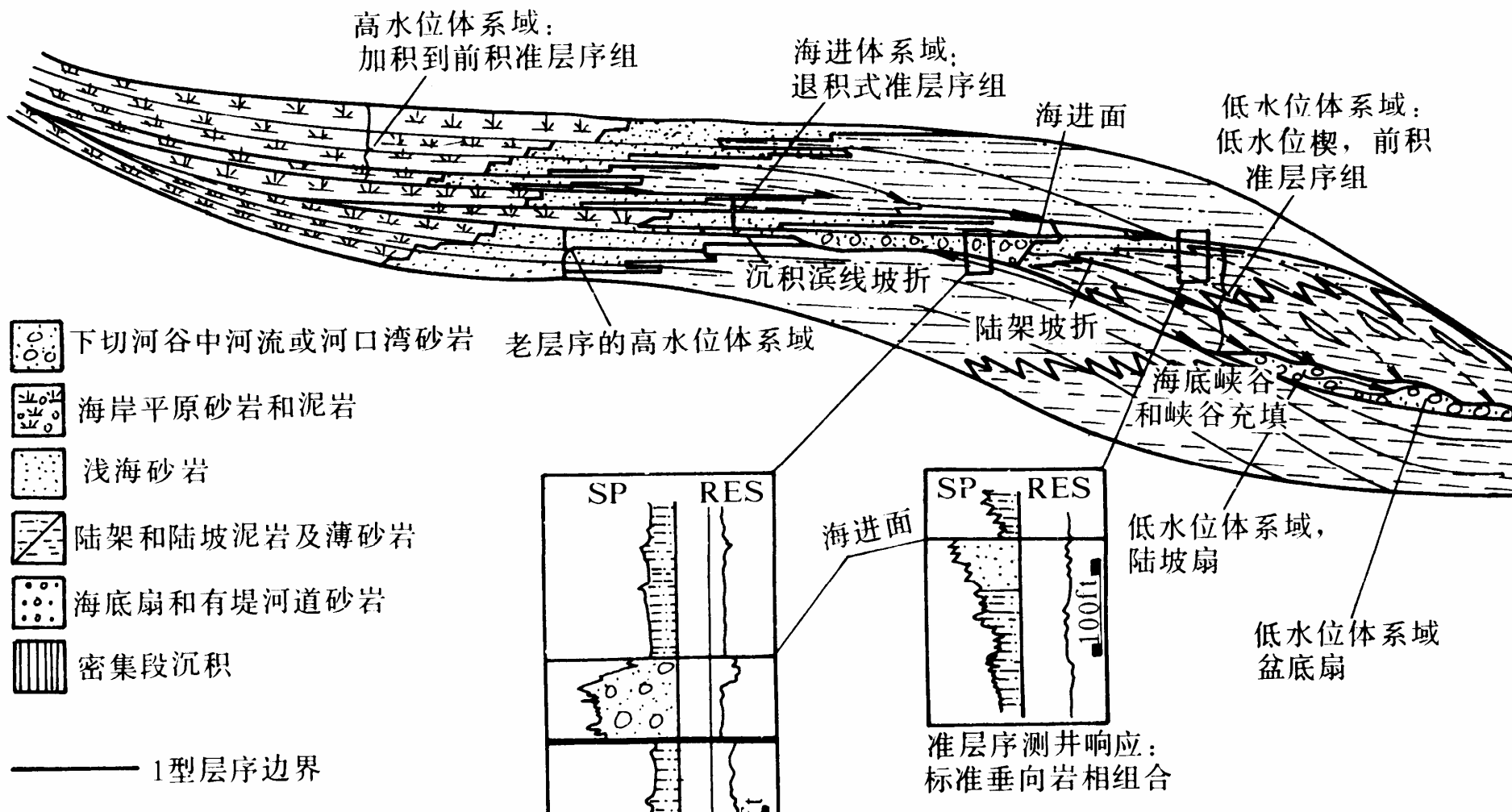
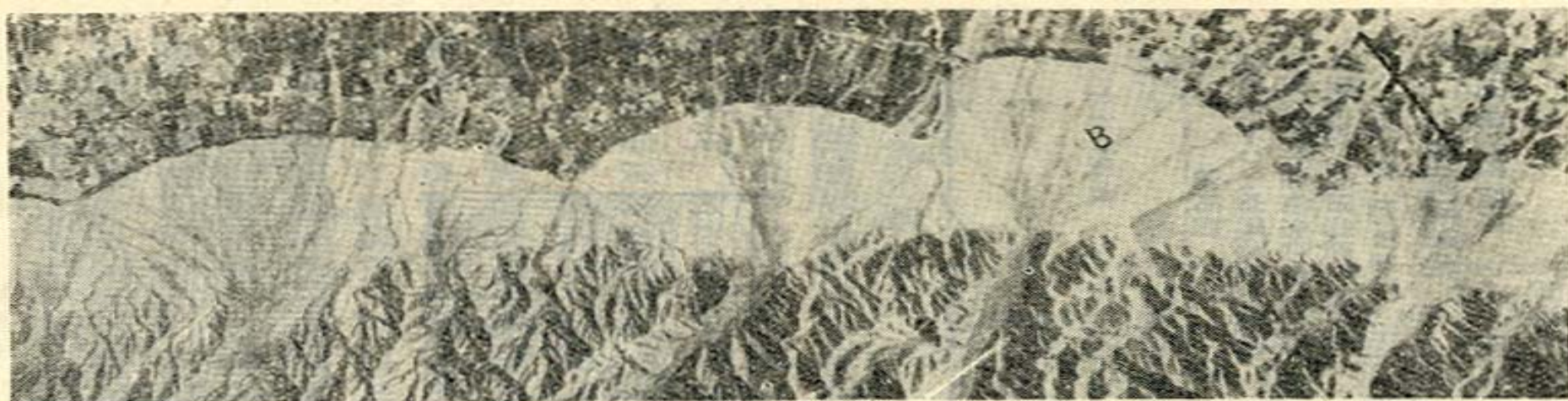
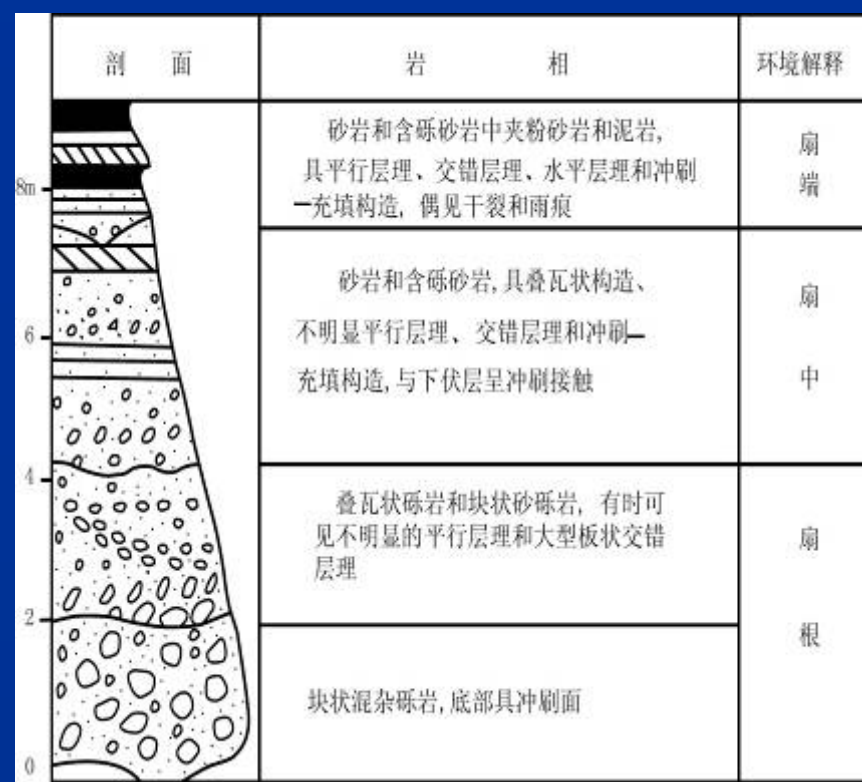
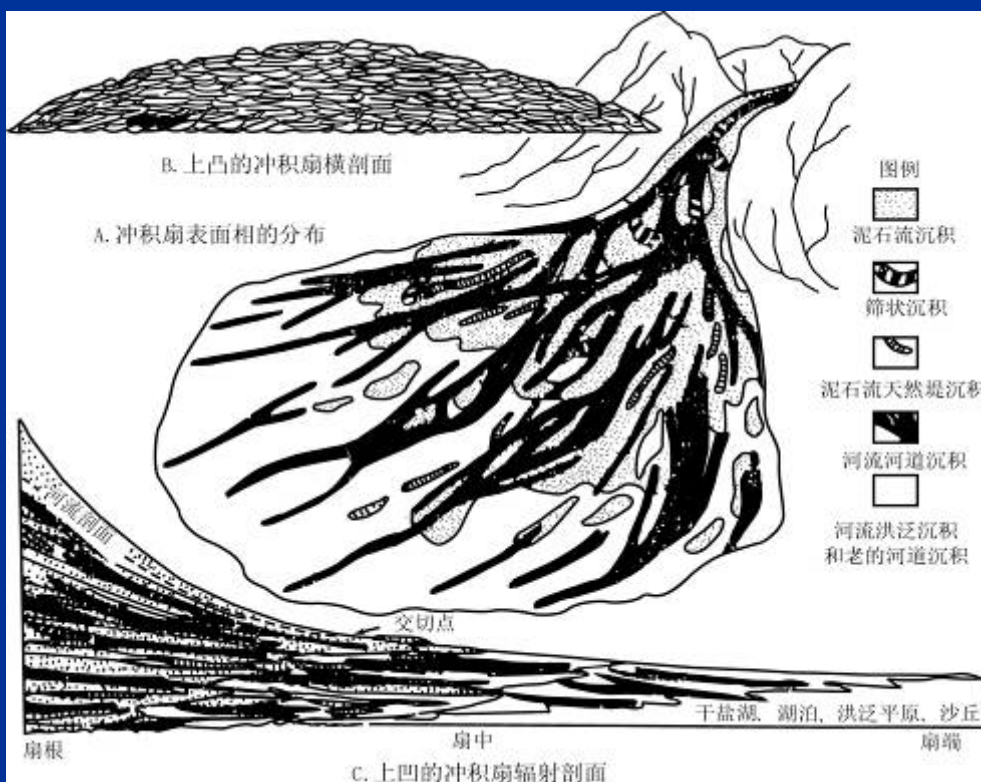


图8-26





重点：几个概念，沉积岩石学、沉积学、沉积古地理学、沉积环境、沉积相、瓦尔特相律、沉积相模式。

思考题：

- 1、“沉积环境”和“沉积相”的区别是什么？
- 2、现代地表的自然地理单元的类别有哪些？
- 3、现代环境和古环境术语的对比

环境	古环境
沉积环境	古沉积环境
（自然）地理	（沉积）古地理
地理（自然地理、生物地理、人文地理、经济地理等）	古地理（沉积古地理、生物古地理、构造古地理）

第一章-2 绪论（1学时）

第一节 沉积学和沉积古地理学几个概念（1—1）

第二节 沉积学及古地理学的研究内容、意义及方法（1—2）

第三节 沉积学及古地理学发展简史（1—2）

第二节 沉积学及古地理学的研究内容、意义及方法

一、研究内容

(1)研究沉积物的来源（5类）：

陆源母岩风化的产物（砾石、岩屑、石英、长石、重矿物）；
生物来源的产物（生物残骸、生物有机质）；
化学成因的产物（自生矿物、蒸发岩类）；
火山来源的物质（火山碎屑）；
宇宙来源的物质（陨石和宇宙尘）。

(2)研究沉积岩的形成机理（沉积过程）：

包括风化作用、搬运作用、沉积作用、沉积期后变化。研究沉积岩及其中有用矿产的形成机理及富集规律。

(3)沉积相标志、沉积相与环境的研究：

物理标志、化学标志、生物标志；
判断沉积相与沉积环境；
恢复沉积岩形成时的古气候条件、古地理环境以及大地构造环境。

二、研究意义

理论意义和实际意义（国民经济建设的需要，地球及其环保成为21世纪人类最为关切的问题，地球是人类唯一的家园）。

理论意义：推断古地理面貌（古地理图）及演化、“将今论古、将古论今”，预测全球环境变化。

实际意义：矿产资源的勘查、预测，环境保护。



环境变化

5.沙漠正在侵蚀耕地



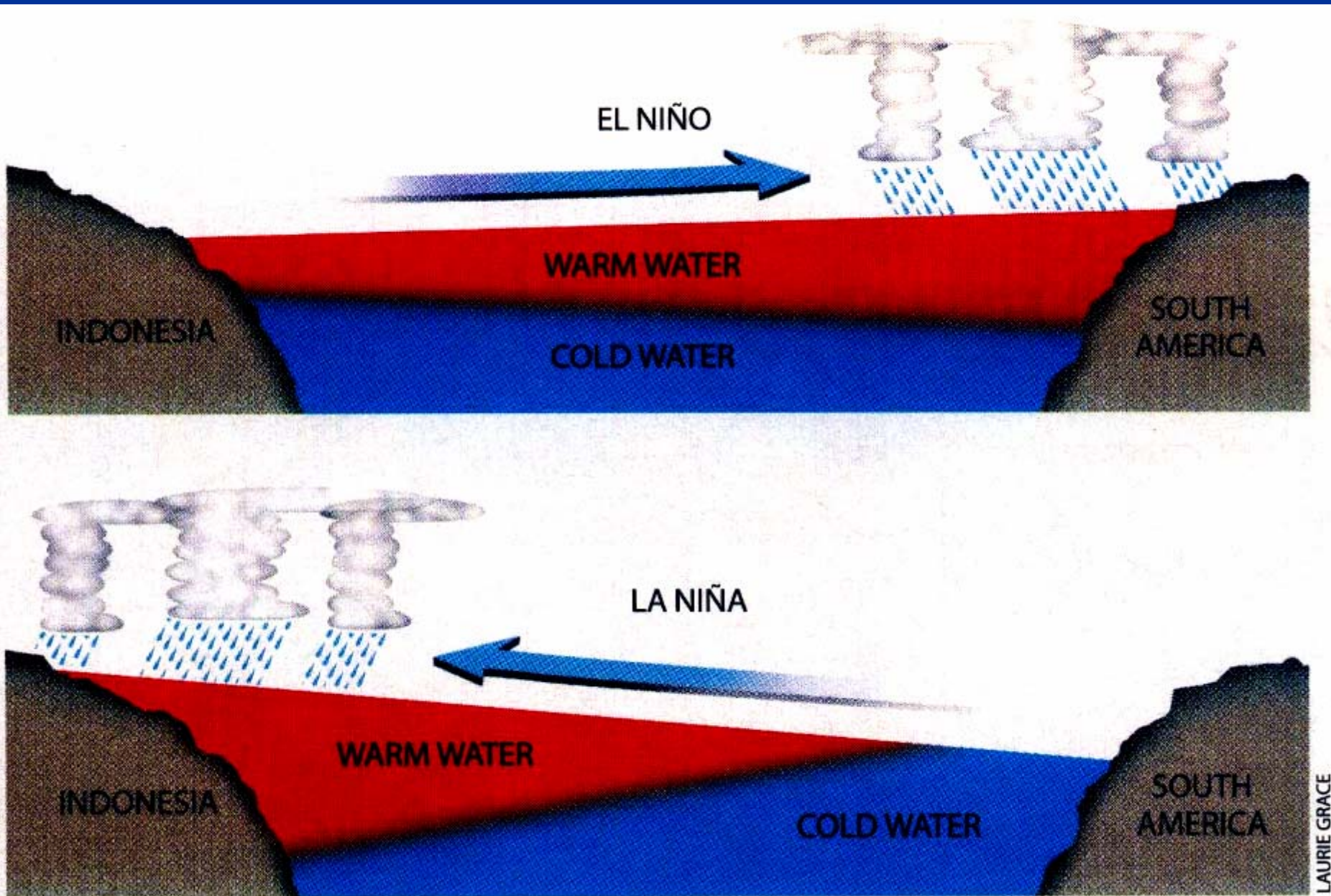
环境变化

▲大漠油田

(一)理论意义—1 / 4

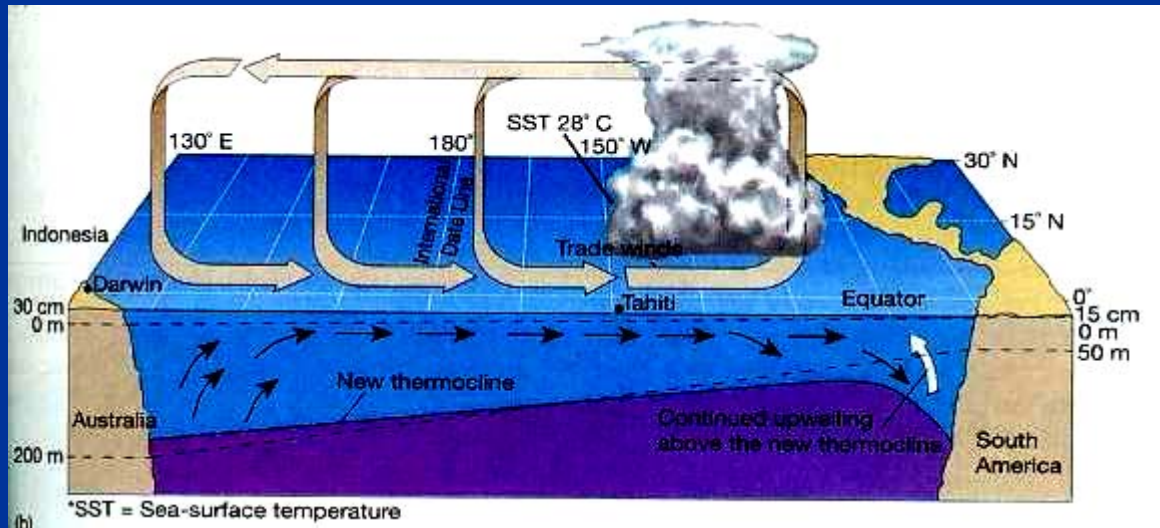
1. 沉积岩在地表分布广泛，在地质历史时期中延续的时间极长，成为研究地球发展和演化历史的重要材料；
2. 恢复沉积环境、沉积古地理面貌；
3. 研究盆地发展史（沉积盆地的古地理演化）、大地构造环境（盆地分析、沉积地质学）。

如：海平面上升对人类生活的巨大影响；
厄尔尼诺(El Nino)--拉尼娜(La Nina)现象等。

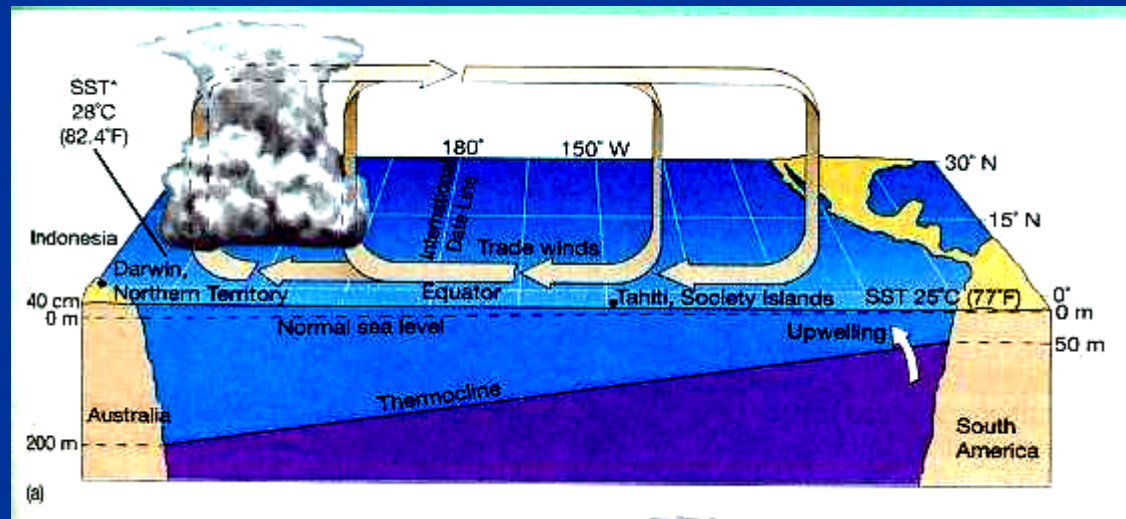


(一)理论意义—3 / 4

El Nino 事件与海气相互作用



国际海洋全球 变化研究



岩石圈—水圈—大气圈的相互作用体系

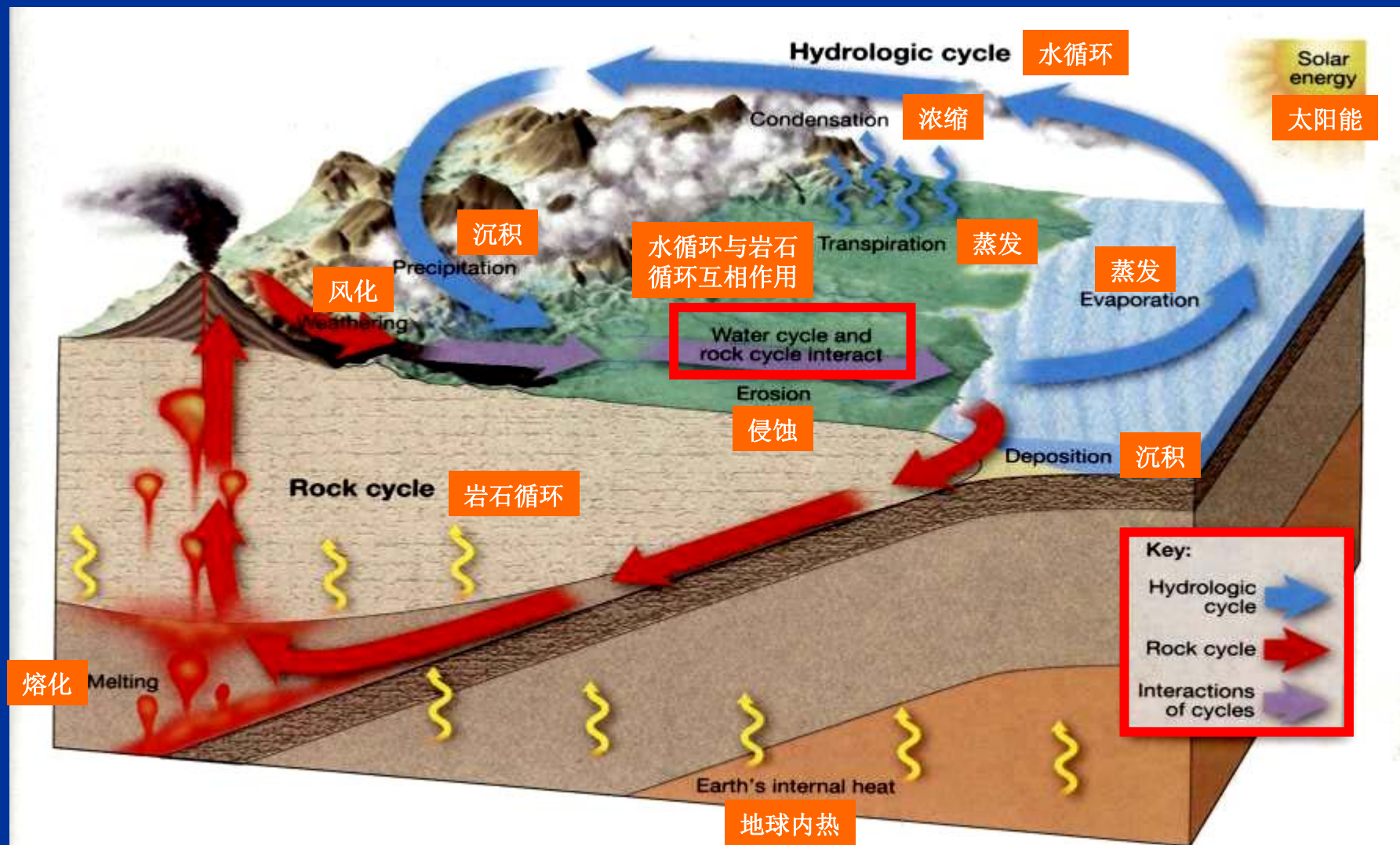


Figure 1.6 Each part of the Earth system is related to every other part to produce a complex interacting whole. The Earth system involves many cycles including the hydrologic cycle and the rock cycle. Such cycles are not independent of each other. There are many places where they interface.

(二)实际意义

- ♥ 沉积岩占大陆地表面积75%，海底几乎全被沉积物覆盖。
- ♥ 沉积中有丰富的矿产，占总储量的80%。
- ♥ 能源矿产、铝土矿、锰矿、盐矿、钾盐矿等几乎为沉积矿产。
- ♥ 极大部分铁矿、磷矿亦属于沉积矿产。
- ♥ 放射性原料、有色金属(铜、铅、锌)、稀有元素、非金属(重晶石、萤石)等矿产中，沉积类型也占很大的比重。
- ♥ 不少金、铂、钨、锡、金刚石等矿产也产出于沉积砂矿中。
- ♥ 有些沉积岩本身就是工业的主要原料或辅助原料。如石灰岩和白云岩作为冶金的熔剂，石灰岩是制造水泥和人造纤维的主要原料；白云岩作为镁质耐火材料。纯净的粘土岩作为耐火材料、陶瓷原料、钻井泥浆原料、吸收剂、填充剂和净化剂；石英砂岩为玻璃原料。
- ♥ 沉积岩是重要的地下蓄水层。水库建设、港口建设、土壤研究等均与沉积岩相关。

三、研究方法

1.现实主义原则

★现实主义原则是莱伊尔（1830）在《地质学原理》中首次论述的一个原则。即：现在的地质作用，也曾在地质时期发生过，古代的地质事件可以用今天的地质作用加以解释。

★ 1905年盖基(A. Geikie)提出了“**the present is the key to the past**”的表述。即“将今论古”，或“历史比较法”。

★对现代沉积学研究越多，就更有助于解释过去，碳酸盐沉积学新理论的提出、潮坪、风暴岩、浊流、三角洲等许多沉积相模式的建立就是范例。

2.沉积相分析方法

恢复沉积环境和古地理的方法是沉积相分析法。
包括野外和室内两个方面。

相标志：物理标志、化学标志、生物标志。

野外研究方法

研究沉积岩的物质组分、结构、构造、产状、接触关系、厚度、古流向资料、各种成因标志，建立沉积相组合与分布特征，查明沉积岩的时空分布和演化特点。最基本的方法是系统测制沉积岩相剖面，并进行区域相剖面的分析与对比。

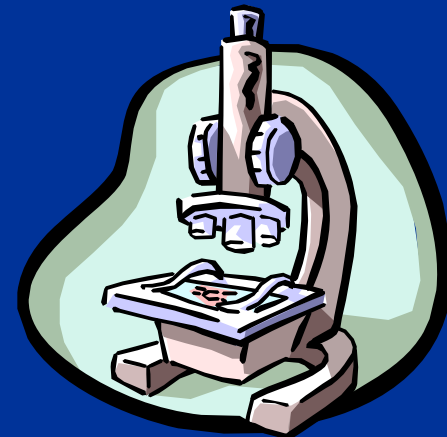
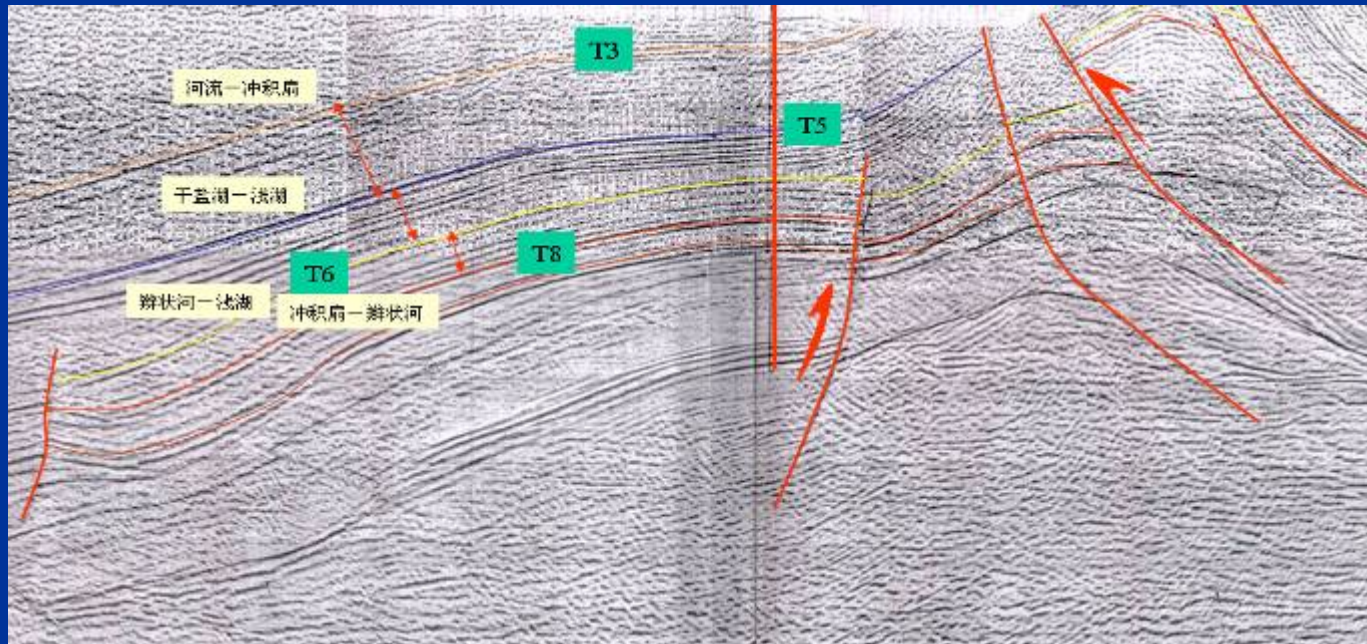
此外，还引进了大量新技术和新方法。如遥感技术、钻探技术、测井技术、反射地震、航空摄影、声纳法等。

显微镜薄片法是最基本的方法。

其它室内方法有：粒度分析、重矿物分析、不溶残渣分析、差热分析、化学分析、光谱分析等。

较新的测试手段：阴极发光、稳定同位素、扫描电镜、X衍射、图像分析、电子探针、原子吸收光谱、红外光谱等。

在油田区，地下地层和沉积相以圈定油气储集层的重要手段：如利用测井曲线、地震资料进行岩性和沉积相分析（测井相分析、地震相分析）。



第一章-2 绪论（1学时）

第一节 沉积学和沉积古地理学几个概念（1—1）

第二节 沉积学及古地理学的研究内容、意义及方法（1—2）

第三节 沉积学及古地理学发展简史（1—2）

第三节 沉积学及古地理学发展简史

沉积学及古地理学的发展是与整个地质学的发展密切不可分的。

沉积学及古地理学研究基础是沉积岩石学、现代沉积学和地理学。

沉积学及古地理学的发展可以分为三个阶段：

- 1、古代沉积学及古地理学启蒙阶段—19世纪中叶以前。
- 2、近代沉积学及古地理学早期阶段—19世纪中叶—20世纪中叶。
- 3、现代沉积学及古地理学发展阶段—20世纪中叶以来。
- 4、沉积学及古地理学在中国的发展。

1、古代沉积学及古地理学启蒙阶段—19世纪中叶以前 (1500年左右)

沉积学及古地理学研究基础是沉积岩石学和地史学。换句话说，早期主要是沉积岩石学和地史学的研究。

整个19世纪，沉积岩石学的研究主要是结合地史学进行的（即早期主要是地史学的研究，其后是沉积岩石学，再后才有沉积古地理）。

地史学早期主要是关于地壳不断升降和海陆沧桑变迁的思想形成，地层叠覆律（1669年，Steno, N., 1638-1686）、水成论、火成论等概念的产生。大致经历了从公元300年至18世纪末西欧工业革命前长达1500年的历史。形成的最重要的科学思想是由火成论学派的代表人物郝屯开创的“现实主义”研究方法。

地史学的学科体系是随着18世纪末西欧工业革命浪潮而建立的。以史密斯（1769—1839）提出的“化石层序律”为标志。莱伊尔(1797-1875)发展了郝屯（1726—1797）的现实主义思想。居维叶（1769—1832）提出灾变论的思想。

2、近代沉积学及古地理学早期阶段—19世纪中叶—20世纪中叶 (100年左右) —1 / 5

- ★ 这段阶段是沉积岩石学发展的早期阶段，
- ★ 对沉积岩的野外研究仍然是主要的。
- ★ 沉积岩石学的研究主要是结合地层学进行的。
- ★ 沉积岩石学的开始：**1850年索尔贝(H. C. Sorby)**开始使用显微镜研究岩石，使岩石学研究扩大到微观领域。
- ★ 沉积古地理学的开始：以瓦尔特（**J. Walther, 1894**）的“相对比定律”的提出为标志。

2、近代沉积学及古地理学早期阶段—19世纪中叶—20世纪中叶 (100年左右) —2 / 5

这个阶段其他主要学术思想：

★ 格莱斯利 (A. Gressly, 1838) 首先使用相 (facies) 的术语。

★ J. Murry等 (1884) 对深海沉积物进行了描述和分类。

★ 瓦尔特 () 提出了岩相类型在时空分布上存在内在联系的相对比定律，为沉积学和古地理学的发展奠定了基础。

★ 华莱士 (A. R. Wallace, 1875) 提出了动物地理分区概念。

★ 卡尔宾斯基 (1889) 编制了俄国欧洲部分不同时代古地理图。

这个阶段其他主要学术思想:

★ 格莱斯利 (A. Gressly, 1838) 首先使用相 (facies) 的术语。

★ J. Murry等 (1884) 对深海沉积物进行了描述和分类。

★ 瓦尔特 (1894) 提出了岩相类型在时空分布上存在内在联系的相对比定律, 为沉积学和古地理学的发展奠定了基础。

★ 华莱士 (A. R. Wallace, 1875) 提出了动物地理分区概念。

★ 卡尔宾斯基 (1889) 编制了俄国欧洲部分不同时代古地理图。

在19世纪末到20世纪20年代：

沉积岩石学日趋成熟和专业化，遂从地层学中分出成为一门独立的学科。“沉积学”术语最早由特罗布里奇(1925)提出。沃德尔1932年提出“沉积学”是研究沉积物的学科。

对沉积岩(物)展开了大量工作，积累了丰富的资料，出现了一批沉积岩石学专著。

美国的默里(J. Murray)和雷纳(A. F. Renard)合著的《深海沉积物》(1881)；

哈奇(F. H. Hatch)和拉斯泰尔(R. H. Rastall)合著的《沉积岩石学》(1913-1978年出版了修订第六版)；

米尔纳(H. B. Milner)的《沉积岩石学引论》(1922)；

美国特温霍费尔(W. H. Twenhorel)主编的《沉积作用论文集》(1926)；

法国卡耶(Lucien Cayeux)的《法国沉积岩》第一卷(1929)，即硅质岩部分。

20世纪30年代至50年代：

沉积学继续得到了发展，相继有更多的沉积岩石学专著出版。

特温霍费尔(1939)的《沉积岩石学原理》；

佩蒂庄约翰(1949)的《沉积岩石学》；

纳利夫金(1932)的《相论》；

普斯托瓦洛夫(1940)的《沉积岩石学》；

什韦佐夫(1932)的《沉积岩石学》；

克里宁、巴格诺尔德、斯特拉霍夫等人也做了大量工作，并出版有专著。

这些著作反映了研究程度的深化，标志着沉积学及古地理学已进入成熟期。

经历了第一次世界大战（1914—1918）和第二次世界大战（1939—1945）后，20世纪50年代开始处于恢复时期，60年代随着对矿产资源的需求日益增加，促进了地球科学的繁荣。

新技术、新方法、边缘学科的不断出现，把地球科学推上了新的阶段。例如古地磁、海洋地质、海底地球物理研究的进展，有力地促进了大陆漂移、海底扩张和地壳消减概念的发展，导致了60年代末板块构造学说的诞生，并在70年代带动地球科学各分支学科的发展。

沉积古地理学也是在20世纪50年代以后得到迅速发展的。由于现代沉积研究的广泛开展，新技术、新方法的应用，相关科学新成就的引进和渗透，以及模拟实验的大量工作，促使沉积古地理学得到了全面迅速的发展，成为地质学中非常活跃的学科之一。

20世纪50年代以后沉积学的重要进展有：

- 1、对各类沉积岩性质和成因的了解大为深入。尤以碳酸盐岩最为突出。
- 2、沉积作用机理的研究有很大的发展和深入，如浊流沉积、等深流沉积。
- 3、出现了一系列新技术和方法，如粒度分析、地球化学方法、地球物理资料(测井资料、地震资料)。
- 4、沉积相模式概念的应用，对沉积体加强了时间和空间分布和变化规律的研究。
- 5、板块构造学说理论促进了沉积古地理的发展。促进了对盆地形成和演化机制的研究。
- 6、新型沉积矿床的发现和成矿理论研究的不断深入，如热水沉积。
- 7、数理统计和计算机技术的应用更加广泛和深入。

在我国，解放前的沉积岩石学研究工作寥寥无几。解放后，尤其近一、二十年来已得到了迅速发展。

随着地质勘探工作的大规模开展，找到了大批矿产基地，系统总结了石油、煤、锰矿、磷矿、盐矿、沉积铜矿等的成矿理论。

在沉积环境、沉积模式、古地理、沉积建造、沉积地球化学、现代沉积等方面也都获得了很大进展。主要代表性的成果和教材有：

刘鸿允(1955)出版我国第一部古地理图《中国古地理图》。王鸿祯(1956)出版我国第一本高等学校教材《地史学教程》。王鸿祯主编中国第二代古地理图《中国古地理图集》(1985)。刘宝珺主编《沉积岩石学》(1980)、刘宝珺主编《岩相古地理基础和工作方法》(1985)。曾允孚、夏文杰出版《沉积岩石学》(1986)。余素玉、何镜宇出版《沉积岩石学》(1989)和《化石碳酸盐岩》(1982)。孙永传、李蕙生出版《碎屑岩沉积相和沉积环境》(1986)。何镜宇、孟祥化出版《沉积岩和沉积相模式及建造》(1987)。孟祥化等出版《沉积盆地与建造层序》(1993)和《内源盆地沉积研究》(1993)。

为了进一步促进我国沉积岩石学的发展，1979年成立了全国沉积学会；相继召开了多次专题学术讨论会，这无疑对提高我国沉积学研究水平起到积极的推动作用。

第一章-结束

第一章 绪论

第一节 沉积学和沉积古地理学几个概念（1—1）

第二节 沉积学及古地理学的研究内容、意义及方法（1—2）

第三节 沉积学及古地理学发展简史（1—2）

沉积学及古地理学的发展可以分为三个阶段：

- 1、古代沉积学及古地理学启蒙阶段—19世纪中叶以前（1500年）。
- 2、近代沉积学及古地理学早期阶段—19世纪中叶—20世纪中叶（100年）。
- 3、现代沉积学及古地理学发展阶段—20世纪中叶以来（50年）。
- 4、沉积学及古地理学在中国的发展。