

# 第三章 地层系统和地质年代

## 一、地层的概念和地层叠覆律

地层学研究的基本资料是在地质时期中形成的岩石记录。我们把野外见到的成层岩石（沉积岩、火山岩及其变质岩）泛称为岩层，当涉及探讨它们的先后顺序、地质年代和组成填图单位时，就称为地层（stratum）。所以地层除了具有一定的形体和岩石内容外，还具有时间顺序的涵义。人们很早（17 世纪）就发现了地层形成的时间顺序规律——上新下老，这就是著名的地层叠覆律（N. Steno, 1669）。从这个意义上来说，地壳上所有的岩石，包括侵入体在内，都属于地层学研究的范畴。

在地史学研究中，我们把各类地层视作为构成地壳的基本组成单元。由于成层岩石组成的地层无论在空间分布或研究意义上都占有重要地位，自然成为地史学研究的主要对象。长期的实践已经证明：在地史研究和区域地质调查工作中，首先要解决的问题就是确定一个地区地层顺序及其与相邻地区地层的对比关系，建立其地层系统和相应的地质年代系统，这就是狭义地层学的基本内容和任务。近年来，许多地质学家认为地层学不但要研究岩层的形成顺序和年代关系，同时还要涉及岩层形状、空间分布、物质组成、化石内容、地球物理和地球化学性质，即包括了地层的物质特征、时空分布规律和成因环境等方面的内容，这就是广义地层学。

由此可见地层学既是区域地质研究的基础，也是研究全球地质发展史的基础，同时它对矿产资源的普查和勘探、人类生存环境的保护以及地质灾害的预防都有着重要的指导作用。所以地层学的研究不但有着重要的地质理论意义，而且对国民经济建设也有着直接的影响。

## 二、地层之间的关系及其地质意义

### 1. 地层接触关系类型

一个地层与相邻地层的关系由于地史经历的差异而有不同的情况，具有不同的接触关系类型。

如果在一个沉积盆地内沉积作用不断的进行，则所形成的地层接触关系称为连续（continuity）。连续的两套地层没有明显的、截然的岩性变化，它们常常是逐渐过渡的。如果在沉积过程中，曾经有一段时间沉积作用停止，但没有发生明显的大陆剥蚀作用，而后又接受沉积，这样就产生了地层的间断（hiatus）。间断面上下的地层岩性改变有时较截然，这时较易识别；有时上下岩性并无显著变化，这时如果没有古生物化石指示地层缺失，要区分连续和间断常常是很困难的。地层的连续接触和沉积间断接触在传统地层学中均属整合接触（conformity）类型，但在新兴的层序地层学研究中将沉积间断明确归入不

整合接触范围。

不整合接触类型包括两类：一种是平行不整合（parallel unconformity）或假整合（disconformity），也称拟整合；另一种称角度不整合（angular unconformity），也称截合。

**平行不整合** 因地壳运动的结果，原来的沉积区上升为陆上剥蚀区，于是沉积作用转化为侵蚀作用，这时不但没有新的沉积物继续沉积，原有的沉积物反而被剥蚀，直到该区再次下降为沉积区，接受新的沉积。如此，两套沉积物（成岩后为地层）之间隔着一个起伏不平的大陆侵蚀面，但两者的产状平行一致，这种关系称为平行不整合（图 3—1）。

**角度不整合** 假若沉积盆地中 A 层沉积以后，沉积区不但上升成为大陆剥蚀面，而且还发生了褶皱运动，使 A 层遭受褶皱变形。待此地再次下降接受了新的沉积 B 层，此时 A 层与 B 层之间不但隔着大陆剥蚀面，而且两者之间的岩层产状还呈现截交关系，这种接触关系称为角度不整合（图 3—2）。

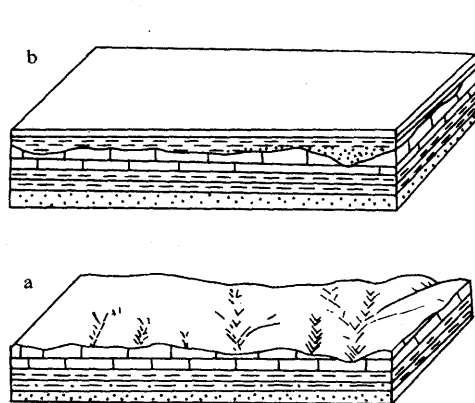


图 3—1 平行不整合形成示意图

（据《地史学教程》，1980）

a—地壳抬升造成的大陆剥蚀面；  
b—地壳重新下降接受新的沉积

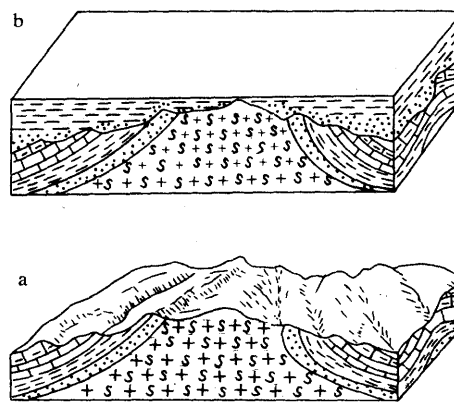


图 3—2 角度不整合形成示意图

（据《地史学教程》，1980）

a—地层褶皱、上升后形成的大陆剥蚀面；  
b—地壳重新下降接受新的沉积

需要注意的是，只从一个剖面观察，角度不整合与平行不整合有时是难于区别的。因此，要作区域性的调查才能正确判断。再者，角度不整合与平行不整合也是可以互相过渡的。

**侵入接触与沉积接触** 如前所述，侵入岩体的形成顺序也包括在地层学的研究范畴之内，它与周围的岩层也有不同的接触关系。如果岩浆岩在沉积岩形成之后侵入，则在侵入体接触带上，会出现烘烤变质等现象，侵入岩中往往还残留有围岩的捕虏体，有时还被与侵入体共生的岩脉所贯入（图 3—3），这种关系称侵入接触。在另一种情况下，如果侵入岩冷却凝固，由于剥蚀作用而露出地表，其上又被新的沉积岩层所覆盖，这时沉积岩层底部往往有侵入岩的砾石，这种关系称沉积接触。

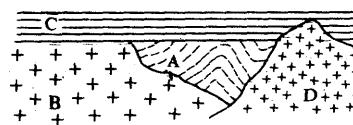


图 3—3 侵入接触及沉积接触

（据 J. 布兰，1977）

花岗岩 B 与地层 A 为侵入接触，  
与地层 C 为沉积接触；花岗岩 D  
与地层 A、C 均为侵入接触

显然，在侵入接触中，沉积岩层老于侵入体；在沉积接触中沉积岩层新于侵入体。

至于成层喷出岩的接触关系，则可按一般正常沉积岩的关系论述。

## 2. 海侵超覆与海退退覆

当我们把海水的进退、地层的岩性与地层的接触关系联系起来考虑时，它们的情况就更为复杂。

在图 3—4 中，各层沉积物都经过滨岸带海水反复的搬运—沉积，陆源碎屑颗粒的机械分异性十分明显，较粗的颗粒靠近岸边，较细的颗粒趋向海洋。在 1 层沉积时，依离海岸的远近顺序依次沉积了砾岩、砂岩、页岩和灰岩。在 2 层时，海水范围扩大，海岸线推进到原来的陆地内，即发生了海侵 (transgression)，此时仍然依次沉积了砾岩、砂岩、页岩和灰岩。3 层时又重覆了同样的情况。这样由于海水范围逐渐扩大，不断向陆地“侵入”所造成的沉积称为海进序列。从沉积盆地某一点的柱状图来看，其岩性是由下而上逐渐变细，它反映了海水向上变深的过程。从各时期地层空间展布的情况来看，2 层的展布范围明显大于 1 层，而且有一部分直接覆在更老的岩层之上，这种现象称为超覆 (onlap)。超过的那一部分地区称为超覆区。

当沉积盆地内海平面相对下降时，海水分布范围不断缩小，称为海退 (regression)，它所产生的沉积称海退序列 (图 3—4, B)。从图中可以看出愈新的地层分布范围愈小，这称为退覆 (offlap)，较新地层未覆盖的地区称为退覆区。从某一地点的柱状图来看，沉积颗粒向上变粗，这表明海水向上逐渐变浅，所以在海退的情况下，海水面积缩小，海水变浅，沉积物变粗，这三者也是协调一致的。

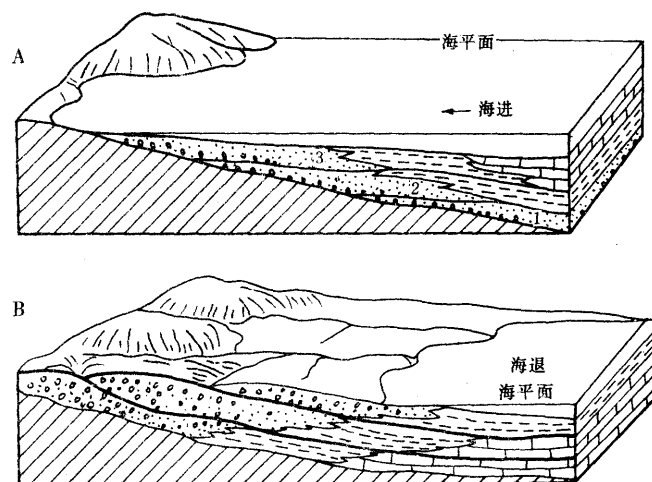


图 3—4 地层海进超覆及海退退覆相变关系示意图

(据《地史学教程》，1980 略加修改)

A—地层超覆序列；B—地层退覆序列

海进时在滨岸地带，特别是在沉积物底面坡度较大的地方 (如三角洲)，会发生岩相带向陆方向的海侵式迁移，在盆地分析的术语中称为退积 (retrogradation)。海退时则会造成岩相带向海方向的海退式迁移 (如图 3—4, B)，称为进积 (progradation)。

### 3. 沉积旋回

当海退序列紧接着一个海进序列时，就形成地层中沉积物成分、粒度、化石等特征有规律的镜像对称分布现象，这种现象称为沉积旋回（cycle of sedimentation）。在柱状图中它表现为岩性由近岸沉积转变为远岸沉积，再由远岸沉积转变为近岸沉积的发展过程（图3—5）。

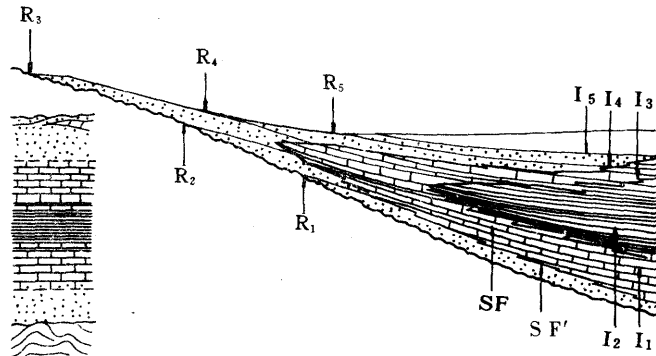


图3—5 沉积旋回模式图

（据 J. 布兰，1977）

$I_1-I_5$ —相继的等时面； $R_1-R_5$ —相继的海岸；SF、SF'—相的横向过渡面

需要指出，在海退时许多沉积物常遭受剥蚀，所以海退序列常保存不完整或完全缺失，代之而存在的是一个大陆侵蚀面，虽然物质记录的形式不同，但在地质意义上仍代表一次海水进退旋回。

除海侵和海退外，湖水进退同样也能造成沉积旋回。至于曲流河发展过程中产生的滞流沉积—一边滩沉积—洪泛平原沉积，浊流作用造成的鲍马序列，也是几种岩性规律性交替和重复出现的旋回性韵律，有时也泛称为旋回层序，但与经典的沉积旋回或旋回层（cyclothem）意义不同。

沉积物旋回层序的产生及发展形式受着诸多因素的影响。主要有海（湖）平面的升降、古气候的变化、沉积物源供应速率和构造环境的改变等四种因素。

对于一个地区或一个地层剖面来说，这些因素常常叠加在一起，使得旋回现象变得复杂并显示出级别性。如图3—6中，剖面是由河流—湖泊沉积组成的沉积旋回（I、II、III）。每个旋回下部为河流相沉积，上部为湖泊相沉积。这是本剖面中代表湖水进退的一级旋回层序（典型的沉积旋回）。而下部的河流相沉积又是由滞流沉积、边滩沉积和洪泛平原沉积构成，每一个滞流沉积—一边滩沉积—洪泛平

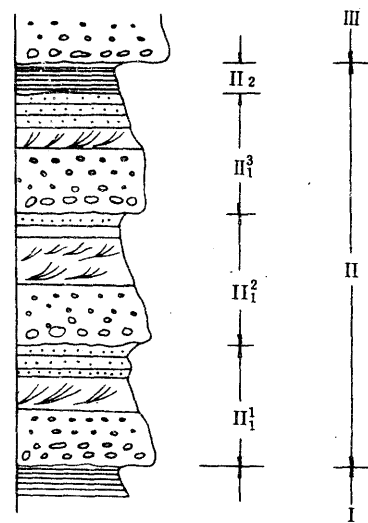


图3—6 河湖沉积的旋回现象柱状图  
表示旋回层序的不同级别和成因

原沉积都构成了一个由于河道迁移而形成的次级旋回层序。由此可见，旋回层序可有大小不同的级别和不同意义，需要进行具体的分析。

### 三、地层的划分和对比

地层作为一个地质体具有各方面的特征，如矿物成分、化学成分、岩石的结构构造、层理层面特征、地磁性质、对地震波反射吸收性质、导电性、同位素年龄以及化石内容等。因此人们就能够根据这些不同的特征去认识地层，划分、对比地层。

#### 1. 地层的划分

##### (1) 地层划分的概念

世界任何客观事物的发展都有阶段性，而且这种阶段性还可分出大小不同的级别序列。地层也是如此，所以《中国地层指南及中国地层指南说明书》(1982)认为地层划分“是把地球的岩层按其原来的顺序，系统地组织成为岩石可以具有任一特征、性质或属性的单位”。上下地层属性差别愈大，则其分类级别愈高。

例如在图 3—7 中，I 与 II 被一个明显的不整合面所分隔，且 I 是一套构造复杂的变质岩系，II 是单斜的沉积岩层，显然这代表被一个重大的地质事件——褶皱运动所分开的两个地质阶段。在图 3—7 的剖面中，I 和 II 代表最大一级的地质阶段。II 又可按岩性的不同分为四层，它们代表四个次一级的地质阶段。在③中，上部与下部所含化石不同，故又可分为两个小的阶段。这种按地层的各种属性（如岩性、化石、不整合面等）把地层剖面分为大小不同的单位就称为地层的划分（subdivision）。地层的划分及所划分出的单位系统是地层工作的重要组成部分。

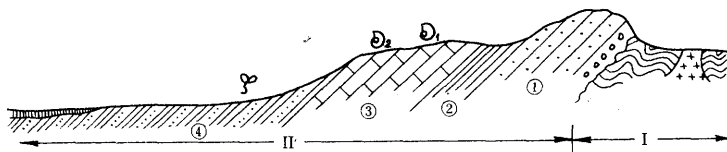


图 3—7 地层剖面划分示意图

##### (2) 地层划分的方法

由上面的例子也可看出划分的方法有三种：①构造学方法，即根据角度不整合面、平行不整合面把上下地层划分开；②岩石学方法，即根据上下地层岩性的不同或岩石物理、化学性质的不同而将两个地层划分开来，也可根据岩石的组合情况及旋回韵律划分地层；③古生物学的方法，18 世纪地质学家已经认识到“不同时代的地层含有不同的化石，含有相同化石的地层其时代是相同的”，这就是著名的生物层序律（W. Smith, 1796），因此可以根据上下地层中所含化石的不同来划分地层。

#### 2. 地层的对比

对比（correlation）在地层学的意义上是表示地层特征和地层位置的相当。由于所强调的现象不同，而有不同种类的对比。岩石地层对比是论证岩石特征和地层位置的相当，两个含化石地层的对比是论证其化石内容和生物地层位置的相当，而年代地层对比则是论

证其年龄和在地质年代表中位置的相当。地层对比的方法和可操作性标志如下：

**野外直接追溯对比** 这是一种原始、简单而又可靠的方法，即在野外根据露头从一个剖面追溯到另一剖面。但在野外实际工作中，由于两地地层剖面间常有构造破坏或被其他沉积物覆盖，所以这个方法的用途是很有限的。

**岩石相似性对比** 即按两地岩层的颜色、成分、结构和构造的相似性来建立其对比关系的方法。对岩性复杂的两个地层还可以根据其岩石组成的序列来对比。与岩性有关的物理、化学性质如电参数、放射性、声波或其他参数也可作为对比的依据。

**古生物对比** 根据两个地层所含的化石或化石组合的一致性 or 相似性来对比地层。其理论依据即是上述的生物层序律。另外，为了扩大古生物对比的范围，人们还探索不同类型化石横向渗透的可能性，例如在滨海带或海陆交互的沉积中，可见到海生和陆生生物化石间的“共生”（同一层中）或“交互”（不同层中）。如图 3—8 中，A、C 两地地层中所含化石并不相同，因此无法直接建立对比关系，但通过 B 地层化石的混生，可以建立它们的对比关系。

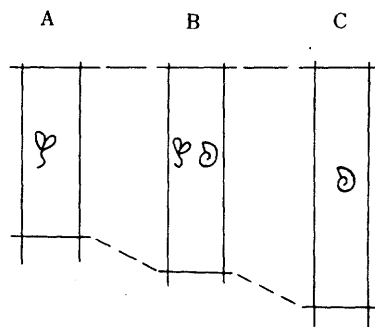


图 3—8 含不同化石的两地层通过化石混合来进行对比示意图

**地质事件对比** 近年来由于事件地层学的发展，事件对比的方法受到愈来愈多的注意。地质事件是多种多样的，如小行星的撞击、地球磁场的倒转、火山爆发、冰川的形成和消融、气候变化、海水进退等。这些地质事件虽规模大小不同，后果各异，但将其应用于地层对比的基本原理是相同的。即同一地质事件在两地所产生的物质记录可以不同，但这两种（或两种以上）不同的物质记录都代表同一地质事件，因而在等时性方面是可以对比的。应当指出，地史研究中特别注意那些意义重大而又具有全球规模的地质事件，例如地球磁场极性倒转、小行星对地球的撞击和全球性冰川等。

**古地磁极性对比** 地球磁场的极性并不是固定不变的，每隔几万年或几十万年，地磁场的极性就会发生一次倒转，即地磁北极变为地磁南极，地磁南极变为地磁北极。地球磁场的这种变化可以记录在地层中，因此可以应用地球磁场极性变化来对比地层。

**同位素年龄对比** 利用同位素衰变现象来测定岩石或矿物的年龄从 20 世纪 30 年代开始。当时发现放射性元素都是自动的、以稳定不变（不受温度、压力等条件影响）的速率逐渐衰变为非放射性的子体同位素，并释放出能量来。这样人们就能利用放射性同位素来测定矿物或岩石的年龄。必须满足的条件是：①放射性元素衰变常数必须准确地测定；②在准确计算年龄之前，先要确定现存子体同位素丰度；③进行测年的事件从其形成时起，母体或子体同位素需不受外界影响而发生增加或丢失，如有外界影响，应予以校正。在满足上述的条件下，可用下述公式计算：

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left( 1 + \frac{D}{P} \right)$$

公式中  $t$  为被测矿物或岩石的年龄； $\lambda$  为衰变常数，即单位时间内母体元素衰变出的子体同位素的原子数； $D$  为  $t$  时间内由原始总数为  $P_0$  的母体同位素所产生的子体同位素原子数； $P$  为在  $t$  时间后剩余的母体原子数。

根据上述原理,现代科学已提供了许多具体测试年龄值的方法,如钍铀铅法、铷锶法、钾氩法、普通铅法、放射性碳法、裂变径迹法等等。这些方法各有其优缺点,应根据所测样品的具体情况,合理选择。总的来说,同位素地质年龄的测定提供了地质时代的绝对年龄值和各时代单位的定量时间长度,在地史学研究中是一个重要突破。特别是对古生代以前的古老岩系和岩浆岩的年代确定提供了有效的手段,因而它在地层对比和年代地质学的研究中日益受到重视。但也要看到这种方法的局限性。首先,目前年龄测定值的误差较大,所以仅在判断纪和世一级的时限上有一定意义。再者,由于样品常受后期热变质事件的影响,所测得的年龄值有时并不代表岩层的生成年龄,而是代表热变质年龄,因此在解释和应用年龄值时要特别注意。此外,更重要的是地质年龄的测定只是为地史时期的重要事件提供一个时间刻度表,并不能代替事件内容,更不能反映地史发展的自然阶段。所以它在显生宙地质年代学的研究中,只能是一种辅助手段,而不能成为主要方法。

## 四、多重地层单位和两类地层系统

地层划分、对比的结果就产生了一个地区甚至全球的地层系统。地层系统包括两个要素:一个是组成地层序列的各种地层单位,二是这些单位之间的相互级别关系。由于地层划分、对比方法的不同,可以产生不同种类的地层单位。《国际地层指南》(1976)提出:“地层有多少种属性,就可以划分出多少种地层单位”。这就是多重地层单位学术思想产生的根据。

应当说明,多种多样的地层单位可以概括为两大类型:着重体现地层实体固有特性(岩性、电性、化学性等)的物质性地层单位系统,对地质生产工作有很大实用价值,但往往具穿时性;着重体现地层时间属性的时间地层单位系统,是研究地质历史必不可少的重要基础理论,但在如何确定判断时间的物质标志方面也存在不同见解。以下分别予以介绍。

### 1. 岩石地层单位

岩石地层单位是物质性地层单位系统中最常用的代表,主要根据地层的岩性特征进行划分、对比,建立起不同级别的完整地层系统。

#### (1) 岩石地层单位的基本层序

岩石地层单位的基本层序(primary sequence),是沉积地层垂向序列中按某种规律叠覆出现的单层组合,也是岩石地层单位的最基础结构细胞。例如浊流沉积中的鲍马序列就是一种典型的基本层序,组成这个基本层序的各单层A、B、C、D、E按顺序叠覆。基本层序之间常是侵蚀面、沉积间断面或岩石突变面。

基本层序常常带有旋回性,而由一个低级的旋回构成。例如图3—9中的a、b都是旋回性的基本层序。有些基本层序并没有旋回性(或肉眼观察不到),如粘土页岩、泥岩、某些礁灰岩等,在这种情况下应以其中明显的水下沉积间断、冲刷面或陆表暴露面等为界来划分基本层序。在具有某种随机重覆出现的夹层的地质剖面中,可根据较明显的特殊沉积层,如重力流沉积、生物富集层(图3—9)或特殊岩性夹层的重复出现分出基本层序。

必须指出,基本层序是一个可描述的客观实体,虽然其中各单层有着成因上的联系,并且是一定的沉积环境和沉积作用的产物,但划分基本层序并不依赖其成因解释,所以把

基本层序用作建立岩石地层单位的手段就有了独特的优点——客观性和科学性。

基本层序的辨认和研究对建立岩石地层单位十分重要。几乎所有的岩石地层单位都是由有限的基本层序以一定的规律组构而成的。如图 3—10 中，作为岩石地层单位的北大兴组就是由两种基本层序反复叠置而成。如果其基本层序性质发生了改变，变成了另外一种基本层序，或其组构方式不同，应当成为另外一个岩石地层单位。

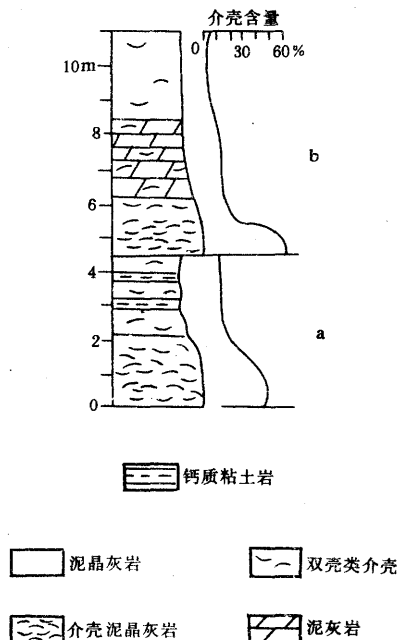


图 3—9 贵州习水官渡河早侏罗世  
东岳庙灰岩的基本层序  
(据魏家庸等, 1991)

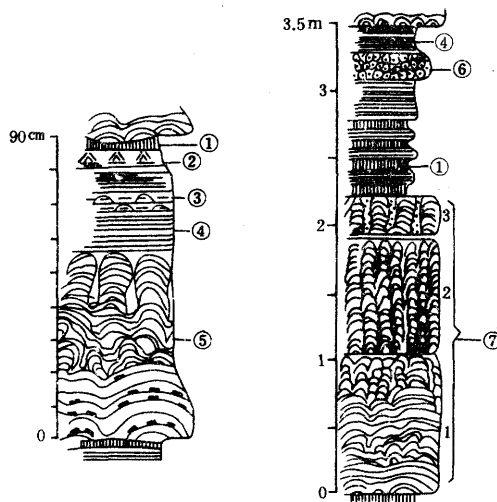


图 3—10 山西省五台县电视塔附近滹沱  
群北大兴组的两种基本层序  
(据魏家庸等, 1991)

①紫红色陆源泥岩；②具帐篷构造白云岩；③具鸟眼白云岩；④纹层状白云岩；⑤叠层石白云岩；⑥豆粒白云岩；⑦经过兼并后的叠层石白云岩

此外，岩石地层单位的顶底界线必须是基本层序的顶底界线，而不应当从基本层序的内部通过，因为基本层序是岩石地层单位的基本“粒子”而不应再被分割。

## (2) 岩石地层单位及其级别

岩石地层单位分为四级，即群、组、段、层，有时为特殊的需要在群之上可建立超群，群之下建立亚群，组之下建立亚组。

**组** 组是野外地质调查和区域填图中最重要的基本岩石地层单位。《中国地层指南及中国地层指南说明书》(1981) 规定“组的含义在于具有岩性、岩相和变质程度的一致性。组或者由一种岩石构成，或者以一种主要岩石为主，夹有重复出现的夹层；或者由两三种岩石交替出现所构成，还可能以很复杂的岩石组分为一个组的特征，而与其他比较单纯的组相区别”。组通常是由一种基本层序所构成，也可由成因关系密切的二、三种基本层序所构成。构成组的基本层序可以是旋回性的（包括两种或多种岩性单层），也可以是非旋回性的均质层或具随机夹层的地质层。组的顶、底界线应当是明显的，野外观察时易于识别，而且必须是基本层序的顶底界。组的厚度无标准可循，但为了描述和研究区域地层发



育特点和便于填图，除了岩性和地质发育历史特殊者外，划分厚度不宜过小或过大。组的平面展布范围取决于构成这个组的基本层序可能的展布范围，在古地理环境稳定、均一的地区分布范围较广，而在古地理环境复杂多变的地区分布范围就较为局限。

**群** 群是比组高一级的岩石地层单位，也是岩石地层系统中常用的最大分类单位。群是“由两个或两个以上经常伴随在一起而又具有某些统一的岩石学特点的组联合构成的”。但在群延伸的边缘地区，当构成群的组难以划分，而厚度又很巨大时，也可以称为群。群的顶底界即其顶底组的上下界，而不应当从组内穿过。群内不允许有重要的间断或不整合存在。如有必要，群也可以合并为超群或分为亚群，但一般不要这样做。在工作程度较高，分组较细的地区，合理的并组为群是进一步概括地层发育特征，简化地层划分的有效办法，因此要重视区域性的并组为群研究。

**段** 段是低于组的岩石地层单位，它必须“具有与组内相邻岩层不同的岩性特征”，且分布广泛，对研究区域地层有用。组是否要分段应根据其内部有无分段的岩性条件和区域地层研究的需要来定，有的组可全部划分为段；也可以仅指定组的某一部分为段，其余部分不正式命名为段；有的组可不分段；还有的组在某一地区分段，在另一地区不分段。

**层** 层是等级最低的岩石地层单位。它一般由岩性、成分、生物组合（视为物理特征）等特征显著而又明显区别于相邻岩层的地层构成。它的厚度不大，可以从数厘米、数米至十余米。有一些标志层可以在侧向上横穿不同的组或段，而岩性和名称不变。

### (3) 地层加积方式及岩石地层单位的穿时性

组成地层的沉积物其加积方式是随沉积环境及沉积作用的不同而变化的。在大洋或大湖的中心，其沉积物是由海洋或湖泊的表面及水体中的物质垂直降落加积而成的，这种“落雪”式的加积方式称为垂向加积（见图 3—11，a）。垂向加积造成的地层完全符合地层叠覆律。其沉积地层之间的岩性界面与时间界面完全一致，也就是说垂向加积的地层具有等时性（synchronism）。

但在河流、三角洲等沉积环境中，其沉积作用方式与上述不同，例如在河流环境中，由于横向环流作用，边滩沉积是在河流的侧向位置加积的。在三角洲环境中，海退时也是向前侧向加积的（见图 3—11，b）。因此，在侧向加积的情况下，各岩相带的岩性界面随时间的前进横向移动而穿过时间界面，使地层具有穿时性（diachronism）。

由于岩石地层单位是根据岩性特征、岩性界面而划分和建立的，所以在侧向加积的条件下，产生

了穿时现象，这就是岩石地层单位的穿时性原理。

## 2. 时间地层单位与地质年代

### (1) 生物的演化及其时间意义

自从 1859 年达尔文发表《物种起源》名著以后，进化论的观点已为世人所普遍接受。

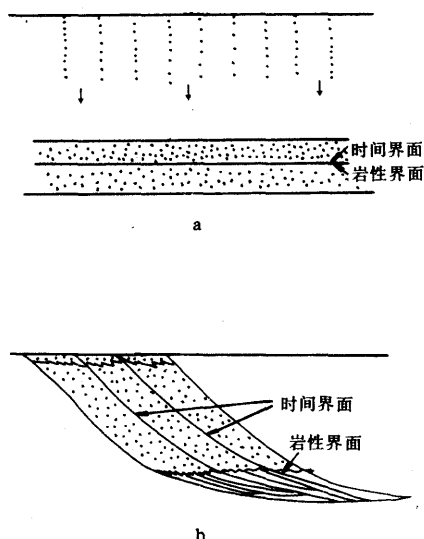


图 3—11 地层不同的加积方式  
a—垂向加积；b—侧向加积及不同加积方式的条件下，时间界面与岩性界面的关系

然而关于生物演化的过程和方式却有着不同的观点和争论。传统的渐变论认为生物由低级到高级、由简单到复杂的演化是渐变的、连续的、均速的。然而愈来愈多的事实及生物学研究成果对这种观点提出了挑战。现代科学认为生物的演化是突变乃至灾变的。在新种形成过程中，突变论认为新种通常是在地质上可以忽略不计的短时间内形成。渐变虽然也可形成新的物种，但只起次要作用。在生物的大规模绝灭过程中这种突然性就更为显著。例如在二叠纪与三叠纪之交动物界有 24 个超科和目绝灭，而科的绝灭率为 61%。在白垩纪与第三纪之交，动物界有 16 个目和超科绝灭，属数由白垩纪末的 2866 个减少为第三纪初的 1502 个，绝灭率达 52%。由于生物界存在渐变—突变（灾变）演化过程，因此就显示出演化的阶段性。

生物的演化不但具有阶段性，而且这种演化过程又是不可逆的。诚然，世界上任何事物都在不断地向前演化，但与无机界比较起来，生物演化不可逆性更为清楚，更易为人们所识别出来。例如两次海侵所造成的岩石，只要环境相同（包括物源环境和沉积环境），可能没有什么明显的区别，然而它们所含的化石却会有肉眼可见的明显变化。

生物演化的另一特点是它的统一性。无机界在世界各地千差万别，在同一时间内，甲地可能由河流演变为湖泊；乙地由滨海转化为浅海；而丙地可能始终保持着山地环境而无任何变化。但生物的演化却具有统一性，也就是说，新的生物门类在全球出现的时间是一致的，例如筳类产生于早石炭世后期，单笔石类产生于志留纪初期；生物类群的绝灭更是这样，例如四射珊瑚、筳类在二叠纪末的绝灭，菊石、恐龙在白垩纪末的绝灭。这种新生、绝灭在全球范围内时间上的一致性，就体现了生物演化的统一性。虽然生物的演化与局部环境、地理隔离有着密切的关系，因此存在着一定的差别，但是这种差别只体现在较低的分类单元（主要是属、种级）上。整个生物演化史证明：分类级别愈高统一性愈强，分类级别愈低统一性愈低。

由于生物的演化存在着明显的不可逆性、阶段性和统一性，而且演化过程又是随着时间的流逝而进行的，所以生物的演化最能反映时间的进程，成为时间前进的“指示剂”。

(2) 时间地层单位及其级别

按地史中生物演化阶段可建立六个级别的时间地层单位及其对应的地质年代单位（表 3—1）。

表 3—1 不同类型地层单位的级别体系

时间地层单位	地质年代单位	岩石地层单位
宇 Eonthem	宙 Eon	
界 Erathem	代 Era	群 Group
系 System	纪 Period	组 Formation
统 Series	世 Epoch	段 Member
阶 Stage	期 Age	层 Bed
时带 Chronozone	时 Chron	

宇 宇是最大的高级时间地层单位，目前整个地球历史只划分出四个宙，相应的地层单位是：冥古宇、太古宇、元古宇和显生宇。冥古宇包括地球形成（46 亿年前）至 38 亿年前的时间阶段，在此阶段迄今尚无发现地质记录的报道。太古宇（38 亿年—25 亿年前）和元古宇（25 亿年—5.7 亿年前）由于生命处于低级阶段，没有分泌硬壳的能力，其中化

石很少。显生宙（5.7 亿年—现代）生物门类繁多，能分泌硬壳或骨骼，化石丰富。

**界** 界是第二级高级时间地层单位，界与界的划分是根据全球生物界大阶段总体演化面貌的不同，例如下古生界所产的古生物以海生无脊椎动物的繁盛为特征；上古生界以鱼类、两栖类、蕨类植物和海生无脊椎（四射珊瑚、腕足类、筴）并存为特征；中生界以爬行类、裸子植物和菊石类繁荣为特征；新生界以哺乳类、被子植物和软体动物发展为特征。

**系** 系是第三级时间地层单位，根据全球生物界演化总貌来划分。例如寒武纪带壳动物群中三叶虫总体上占优势，称为三叶虫时代；泥盆纪以脊椎动物中的鱼类大量繁盛为特征，称为鱼类时代等。

**统** 统是常用的第四级时间地层单位，代表比系次一级的生物界演化阶段。以寒武纪内三叶虫演化为例，全球范围内下寒武统一般都呈多节多刺、头大尾小的原始类型，表现了相似的演化水平和阶段。由此可见，统、界和宇均属全球性时间地层单位，不受世界各地自然地理环境和生物区系不同的影响。

**阶** 阶是常用的基本时间地层单位，是一个统范围内生物演化阶段的更具体划分。阶的概念由法国学者奥比尼（A. d'Orbigny）在 1842 年提出，认为每个阶都有其特有的动物群。以华北寒武系标准剖面（山东张夏）为例，根据三叶虫可以建立 7 个阶。以上统崑山阶为例，著名的蝴蝶虫（*Blackwelderia*）和蝙蝠虫（*Drepanura*）占重要地位，尾板较大并具有强壮的多对尾刺，这种特殊类型不见于崑山阶以上地层；在下伏的张夏阶中虽也有尾刺发育的德氏虫（*Damesella*），但同时出现大量尾板较小而无刺的小肩虫科（*Anomocariidae*）化石，而后者在崑山阶中几乎完全绝迹。据此崑山阶代表寒武纪三叶虫演化的一个特殊阶段，在华北地区普遍存在，但这种情况在西欧、北美等地并不出现。所以根据底栖生物演化阶段建立的阶只具有大区域性的等时意义。只有根据分布广泛的浮游、游泳生物（笔石、牙形类、菊石等）所建立的阶，才可以有全球性等时意义。

**时带** 时带是最小的时间地层单位，一般在深入进行生物地层学研究或从事高分辨地层学综合研究时才使用。例如崑山阶内部的蝴蝶虫产出层位在下，蝙蝠虫层位在上，两者并不混淆，又无法根据三叶虫化石组合特征作更精细的划分，就建立了下部 *Blackwelderia paronai* 时带和上部 *Drepanura premisnili* 时带。张夏剖面上已划分出 19 个以三叶虫特殊演化阶段为标志的时带（图 3—12）。

### （3）时间地层单位的定义——界线层型概念

全球统一的地层系统和地质年代表虽然在 19 世纪已经基本建立，并在促进地层学和地史学发展成为独立学科方面作出了巨大贡献，但限于当时科学水平条件，在如何给时间地层单位（例如系）下定义方面，仍然很不精确甚至自相矛盾。

20 世纪中叶前的地质工作首先要求建立全球通用、野外又便于识别的年代地层单位（界、系、统），当时流行统一地层单位学术思想，趋向于强调岩性、生物、构造运动、岩浆和变质作用相互结合是划分重要年代地层单位（系）的基本原则。实践的结果往往是在不同时代化石层位之间寻找明显的不整合面作为系的最佳界线。由于不整合面代表了地质记录的缺失和地质时代的不连续，显然不能给系的上、下界限规定精确的年代地层单位定义。

20 世纪 70 年代层型剖面（特别是界线层型）概念的提出（H. D. Hedberg, 1976），

是近代地层学的一个重大进步，在推动全球地层学家加强协作，加深研究程度，给现有年代地层单位（系、阶）重新厘定精确定义方面发挥了重要作用。H. D. 赫德伯格主编的《国际地层指南》（1976）中提出了建立一个标准全球年代地层表的目标，具体要求是“建立一个完整而系统排列的、命了名并下了定义的、区域或全球应用的年代地层单位等级”。

为了做到标准全球年代地层表中的每级年代地层单位之间整体上全部无间断、也无重叠，要求在连续沉积的地层、相同的岩相类型和同一古生物演化系列中确定一个特殊点，用以标定年代地层单位的界线层型（boundary-stratotype）。这个特殊点主要根据能在全世界广泛追踪的重要古生物属种首次出现来标定，例如石炭系底界已公认以牙形类 *Siphonodella presulcata* 至 *S. sulcata* 连续演化系列中 *sulcata* 种的首次出现为标志。三叠系底界近年也公认应以牙形类 *Hindeodus parvus* 的首次出现为标志。界线层型也可用于岩石地层单位，但实际上在年代地层单位研究中最有意义。另一个术语单位层型（unit-stratotype）是泛指不同类型地层单位的典型剖面，其上、下限由界线层型标定，内部允许存在部分覆盖（图 3—13）。

界线层型概念在理论上比较精确、严密，当前仍然是国际地科联（IUGS）地层委员会执行的主要技术路线，但在实践中也遇到不少困难。关键在于：①地史中不同时期内全球都存在岩相类型分异，在单个界线层型（理想是在浮游相区）上标定的古生物标志无法直接运用到浅海底栖和大陆相区，而地史中某些时期古生物区系的严重隔离，即便同属浮游相区的菊石带也完全不能对比（如侏罗纪末至白垩纪初）；②目前国际习用的采取投票表决方式选定全球唯一层型界线的办法，容易形成一些人为干扰因素，并不能使广大地层学家真正满意；③在界线层型标定时过份强调古生物新分子出现的唯一标准，以至重要的系级年代地层单位界线一定要在岩性完全相同的岩层内部通过，使得广大地质工作者在野外调查和生产实践中无法直接追踪研究。这些问题的存在促使地层学家继续探索能将年代地层单位和物质地层单位两方面优势更好结合的渠道，这就是层序地层学应运而生并得到迅速发展的客观背景。

### 3. 层序地层学及其意义

层序地层学（sequence stratigraphy）是80年代后期发展起来的一个地层学分枝，其

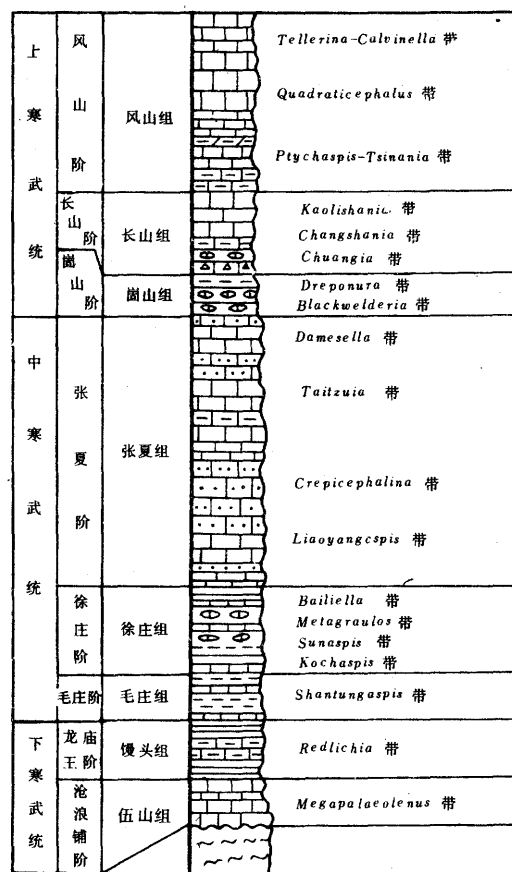


图 3—12 山东寒武系综合剖面示  
统、阶、带的关系  
(据卢衍豪, 1955 等修改)

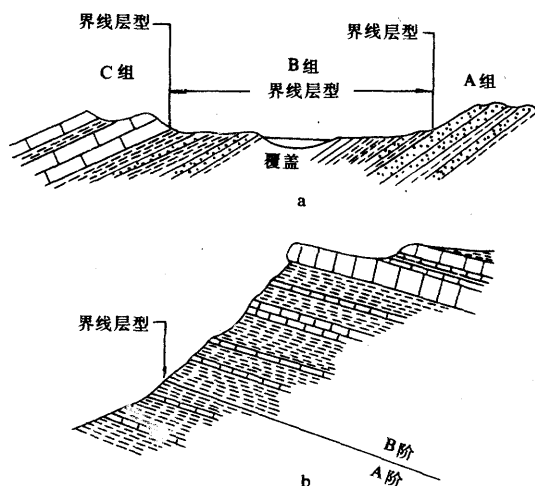


图 3—13 界线层型与层型剖面

(据 H. D. 赫德伯格, 1976)

a—岩石地层单位 (B 组) 的单位层型和界线层型;

b—年代地层单位的界线层型 (A 阶的上界即 B 阶的下界)

曲线前一个下降拐点 ( $F_1$ ) 至后一个下降拐点 ( $F_2$ ) 之间的沉积产物 (图 3—14)。下面介绍在一次海平面下降—上升—再下降过程中所产生的沉积物岩性岩相规律性组合特征以及常见的沉积体系域 (sedimentary systems tract) 类型。

**低水位体系域 (lowstand systems tract, 简称 LST)** 是在 F 和 R 点之间最大海平面下降及其后缓慢上升时期的沉积序列。由于海平面降至陆棚坡折外侧, 暴露陆棚上出现河流深切谷, 大量陆源碎屑越过陆棚直接带至陆坡、盆地区, 先后形成成分复杂的低水位扇和低水位楔。前者主要由斜坡扇及海底扇组成, 后者以粒度细的楔形斜坡沉积为主 (图 3—15)。

**海侵体系域 (transgressive systems tract, 简称 TST)** 形成于海平面迅速上升时期。它是从低水位体系域之上的最初海泛面 (first marine - flooding surface, 简称 ffs) 开

始, 内部以出现一系列海侵事件为特征, 顶部以出现最大海侵面 (maximum flooding surface, 简称 mfs) 结束。海侵体系域代表了持续海侵阶段的特有沉积相组合, 通常在垂向上呈现向上变深的退积序列, 在碎屑岩中以出现分选良好的滨岸带沉积为标志; 在碳酸盐岩中往往呈现成层清晰, 化石经过海浪筛选的特征; 也包括深切河谷中后来充填的海相沉积物 (图 3—15)。

理论基础就是认为地质历史中存在过全球 (大区域) 性的海平面升降变化。而这种海平面变化又能根据其沉积记录及各类物质界面识别出来。因此, 就能根据这种全球 (大区域) 海平面升降的同时性来对比地层。

由于层序地层学发源于与油气寻找关系十分密切的地震地层学, 近年露头层序地层学研究的开展又发现在地层学基础理论研究方面也具有重要潜力, 目前开展的新一轮 1:50000 地质填图也必须应用层序地层学方法, 所以下面首先介绍有关的基本概念和术语。

在层序地层学研究中, **沉积层序 (sedimentary sequence)** 是一个最重要的概念和基本单位。它由一系列的沉积体系域组成, 并被认为是全球海平面变化

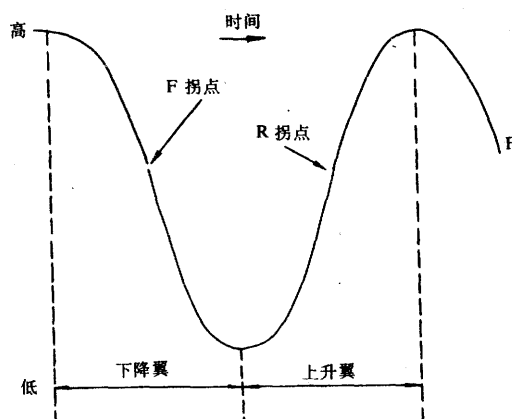


图 3—14 全球海平面变化曲线要素

(据 H. W. Posamentier 等, 1991)

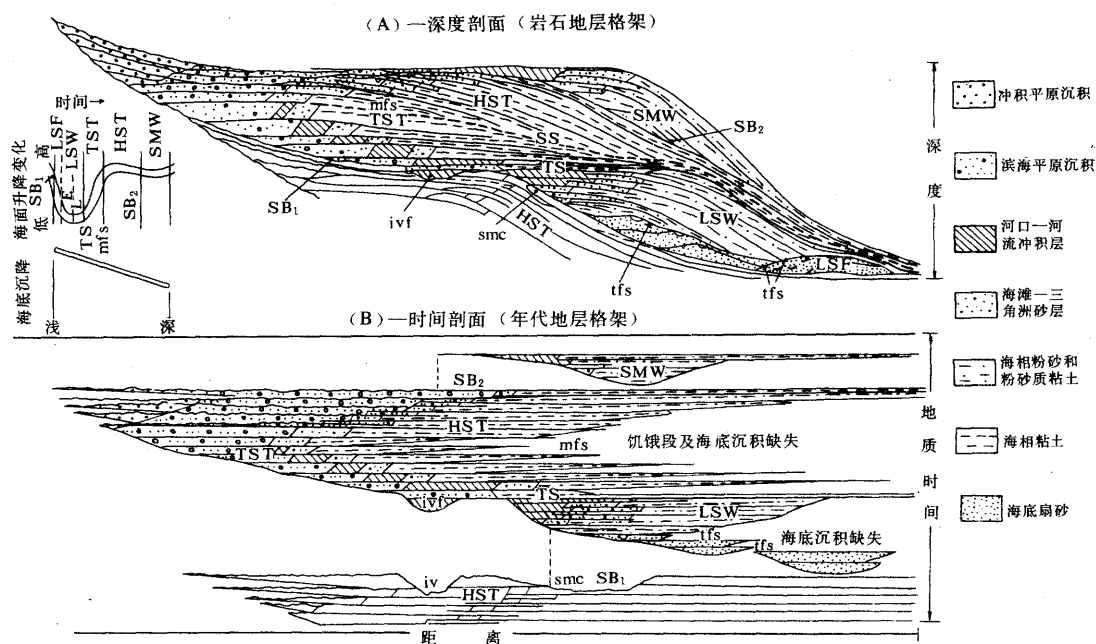


图 3—15 层序地层学的概念格架

(据 P. R. Vail, 1988; 转引自魏家庸等, 1991)

SMW—陆棚边缘楔 (进积型沉积); HST—高水位体系域 (加积—进积型沉积); SS—饥饿段 (低速沉积及海底间断); TST—海侵体系域 (退积—加积型沉积); ivf—深切河谷充填物 (河流沉积等); LSW—低水位楔 (进积型沉积), 包括早期 (E) 的斜坡扇和晚期 (L) 的低水位三角洲; LSF—低水位扇 (海底扇); SB<sub>2</sub>—2 型不整合 (无严重的侵蚀现象); mfs—最大海泛面 (位于饥饿段中部, 上覆层的下超面); TS—海侵面 (TST 的底界, 海相沉积与陆相沉积的界面; 或称 ffs 最初海泛面); tfs—扇顶面, SB<sub>1</sub>—1 型不整合, 有明显的侵蚀现象, 如深切河谷 (iv)、海底峡谷 (smc) 等

**高水位体系域** (highstand systems tract, 简称 HST) 是在全球海平面的高水位期沉积下来的体系域。高水位期一般指从 R 拐点之后的某一时刻开始, 至 F 拐点之前某一时刻结束的时间间隔。该体系域的底是最大海侵面, 顶界则是另一个不整合面 (图 3—15, B)。高水位体系域代表海侵达到最大范围后相对静止再转化为开始海退的特殊阶段, 垂向沉积相组合呈现向上变浅的进积序列。在碎屑岩中可以分选较差的三角洲沉积为典型代表, 底部下超面 (downlap surface) 十分明显 (图 3—15, A); 碳酸盐岩中经常呈现巨厚层至块状外貌, 顶部出现白云岩和多种暴露标志。

**凝缩段** (condensed section, 简称 CS) 时间上处于海侵体系域和高水位体系域之间的特定层位, 空间上分布在陆棚中至外部、大陆坡和盆地部位。凝缩段是海侵达到最大范围时期 (相当于 mfs) 的特殊地质记录。在陆源物质供应最少、沉积速率最低和海水相对最深的条件下, 呈现沉积物厚度很薄的饥饿盆地状态 (也称为饥饿段) (图 3—15, B)。在陆坡至盆地区以硅质、泥质远洋至半远洋沉积为主, 在陆棚区则以瘤状灰岩、泥灰岩、磷块岩、锰矿层和富含海绿石等相对较深水沉积为特征。古生物化石在陆坡至盆地区以漂浮生物的聚集式密集保存为特征, 如硅质岩中的放射虫和泥质岩中的笔石、竹节石、菊石

等；在陆棚区则以密集的较深水生物遗迹化石、保存完整而丰富的原位底栖介壳化石为特征。地球物理性质上以泥质高、导电性差、放射性含量高为特征，在钻孔测井曲线中有明显反应（由于很薄的厚度中曲线呈密集状收缩，也称为**密集段**）。由此可见，凝缩段具有特殊的岩性界面、生物界面和地球物理界面，是一个比较容易识别的关键界面，对于划分不同体系域和指导沉积矿产寻找都有重要意义。但滨岸带和陆表海浅水区不具备凝缩段形成的条件。

**陆架边缘体系域**（shelf margin systems tract，简称**SMST**）与低水位体系域同属最大海退阶段的沉积序列，但因海退规模小，陆棚并未全部暴露，也未出现深切河谷和相应的低水位扇和楔。本体系域下界的特点是海岸平原或滨海—三角洲沉积覆于河流沉积之上，上界为一海侵面，与上覆的堆积型海侵体系域分开。

根据沉积层序内部沉积体系域组合特征，可以区分出两种常见类型。各自的沉积体系域配置和关键界面的关系表示如下：

I 型层序	II 型层序
I 或 II 型不整合	I 或 II 型不整合
高水位体系域 HST	高水位体系域 HST
最大海侵面 mfs、凝缩段 CS	最大海侵面 mfs、凝缩段 CS
海侵体系域 TST	海侵体系域 TST
最初海泛面 ifs	最初海泛面 ifs
低水位体系域 LST	陆架边缘体系域 SMST
I 型不整合	II 型不整合

由此可见，一个层序代表一次完整的海平面升降旋回，是一次海平面升降旋回的产物。而全球（大区域）性海平面升降旋回所形成的沉积层序及其**关键界面**（key surface）具有等时意义，可以根据一系列物质标志来划分、对比地层。例如层序顶底的不整合面和层序内部沉积体系域间的最初海泛面、最大海侵面等，都可以通过具体的**生物面**（化石层位）、**物理面**（古喀斯特面、古土壤层、渗滤带、凝缩段、岩性变化、上超和下超、地层结构转换面等）和**地球化学面**（常量和稀土元素变化）予以识别和追踪。这种多学科交叉的综合研究对于沟通不同沉积相带间的地层对比具有极大的优越性，无疑对于解决上述存在问题、优化时间（年代）地层单位界线和全球（或大区域）对比方面具有良好前景和广阔前途。

#### 4. 其他地层单位简介

##### （1）生物地层单位

生物地层单位是根据地层中所含有的生物化石内容和特征所划分出来的地层单位。《中国地层指南及中国地层指南说明书》认为生物地层单位是“以含有相同化石内容和分布为特征，并与邻层化石有别的三度空间岩层体”。并认为“在地层层序中，却有许多不含化石的部分，因此它们就不具有生物地层的特征，就不是生物地层划分的对象”。

常使用的生物地层单位有三种类型：**组合带**（assemblage-zone）、**延限带**（range-zone）和**顶峰带**（acme-zone）。

**组合带** 组合带是指所含的化石或其中某一类化石，从整体来看，构成一个自然的组合，并以此区别于相邻地层的生物组合。

**延限带** 延限带是指任一生物分类单位在其整个延续范围之内所代表的地层体。

**顶峰带** 顶峰带是某些化石种、属最繁盛的一段地层。它不包括前期出现数量不多的地层，也不包括后期逐渐稀少的地层。

需要指出，上述的组合带、延限带和顶峰带是生物地层单位的三种类型，而不是互相包括或从属的三个级别。对一个地区的地层划分来说，生物地层单位并不是普遍建立的，各单位之间也不一定是互相连续的，对那些缺少化石的地层就无法建立生物地层单位，这时称之为**间隔带** (interval zone)。

生物带与时带是常常被混淆的两个概念。其区别在于生物带只是指含有该类化石的地层，而时带是指该生物带存在时间内所有的地层，而不论其是否含该类化石。前者是具体的物质性地层单位，后者已上升为理论上的时间地层单位。

## (2) 地磁地层单位

根据地层记录中古地磁极性变化所建立的地层单位称地磁地层单位或磁性地层单位。地磁地层单位有三级：极性超带、极性带、极性亚带。与之对应的地质时代是：超极性时、极性时、极性亚时。

必须指出，地磁场的变化是全球一致的，因此地磁地层单位也具有与时间地层单位类似的全球等时性特点。而且据海斯 (Hays, 1971) 研究，地磁场的改变还影响了生物的演化。所以可以期望，地磁地层学的研究及其与其他方法的综合使用将会大大推动年代地层学的前进，从而对整个地层学的发展发挥更大的作用。

此外，还有根据地层的地球化学性质划分的化学地层单位；根据地层的地震波性质划分的地震地层单位等。

总之，地层具有多种属性，人们可以按照这些属性特征建立不同种类的地层单位，这就是多重地层单位的概念。但是也应指出，这些地层单位并不是平行的。我们在承认多重地层单位的同时，强调它们隶属于两大类地层系统。凡是反映岩性、电性、地震感应、化学和矿物特征等物质属性的地层单位属一大类，它们随地而异，与时间阶段没有严格固定的对应关系，因而是地方性的。另一类是全球或大区域统一性的，它们有着强烈的时间概念，如年代（时间）地层单位，客观上反映了全球或大区域的地史自然发展阶段。

## 5. 不同地层单位的相互关系

根据地层不同的属性，人们建立了不同的地层单位，这些单位之间有着错综复杂的关系，研究这些关系是地层学的重要内容之一。本节中我们重点讨论岩石地层单位与时间地层单位的关系。

### (1) 岩石地层单位的穿时性及时间地层单位的非穿时性

前面已论述过由于侧向加积的作用，在区域上岩石地层单位常常具有穿时性。而时间地层单位是按代表时间界面的生物演化阶段而建立的，因此它永远与时间界面一致，绝不会产生穿时现象。

### (2) 地层单位上下界线与时间界面的关系

时间地层单位的根本特点在于它与时间（地质年代）的严格对应。例如一个系严格的对应于一个纪，系的底界相当于纪的开始，顶界相当于纪的结束。而岩石地层单位不受此限制，它可以从任一时间开始，也可在任一时间结束。因此，除在特例的情况外，它的顶底界线与地质年代界线是不一致的。



### (3) 展布范围的不同

岩石地层单位所具有的岩石学特征,取决于沉积古地理环境,而沉积古地理环境不可能全球一致。每一种沉积古地理环境只能局限于某一地区,因此决定岩石地层单位也只能局限于某一区域。

而时间地层单位则不受此限制,因为时间阶段在全球各处是一致的,所以时间地层单位能在全球范围做无限制的延伸。

### (4) 时间地层单位没有固定的具体岩性内容

例如一个统,不论它是砂岩、页岩、灰岩或火山岩,也不论它是由什么基本层序组成的,只要它占有对应的世的时间,这套地层就可以称为统。而岩石地层单位(如组)必须有规定的岩石学内容,当岩性内容改变后,就不是原来的岩石地层单位了。

总的来说,时间地层单位反映了全球统一的地质发展阶段性,对了解全球地质史有巨大的优点;岩石地层单位反映了具体一个地区的地质发展阶段性,对了解某一地区地质发展史有重要意义。两种单位从不同的侧面互补地反映了地质发展阶段的共性与个性,从而对了解全球和区域地质发展的联系做出重大贡献。

此外,岩石地层单位与层序地层学的层序、体系域单位在划分原则上也有重大区别。两者的界线有时可以重合,有时则显著不同,这将在分论部分中进一步介绍。

## 6. 地质年代表

19世纪晚期地质年代表的建立是地层学发展史中的里程碑,从此地层学才走向系统化、科学化。以后随同位素年代学、事件地层学、古地磁学的发展及层型剖面的研究,使地质年代表内容日益丰富和精确,也更加引起各国地质学家的关注。国际地层委员会的成立及《国际地层指南》的出版就是这种关注的具体体现,我国也分别于1959、1979出版了《中国地层规范》和《中国地层指南及中国地层指南说明书》。表3—2就是我国目前常用的地质年代表,其中同位素年龄主要根据王鸿祯和李光岑(1990)。应当指出,现有的地质年代表仍有待进一步完善和发展,例如显生宙开始的年龄需精确厘定,太古宙的划分尚显粗略,显生宙各系适用于全球精确对比的可操作性界线方案实际上仍未获得公认。可以展望21世纪中随着综合地层学(全息地层学)和理论地层学研究的加强,必将使地质年代表达到一个新的水平,从而在推动整个地球科学的发展过程中发挥重要作用。

## 课外阅读文献

1. H. D. 赫德柏格主编, 1976, 国际地层指南(张守信等译, 1979)。科学出版社。
2. 全国地层委员会编, 1982, 中国地层指南及中国地层指南说明书。科学出版社。
3. 吴瑞棠、张守信等, 1989, 现代地层学。中国地质大学出版社。
4. C. K. 威尔格斯等, 1987, 层序地层学原理(徐怀大、魏奎生等译, 1993)。石油工业出版社。
5. W. B. Harland等, 1982, 地质年代表(袁相同等译, 1987)。地质出版社。
6. 王鸿祯、李光岑, 1990, 国际地层时代对比表。地质出版社。
7. 侯鸿飞, 1980, 界线是人为的还是自然的。地质论评, 26(4): 368—371。
8. 姚华舟, 1993, 对穿时普遍性的解释。地球科学进展, 8(5): 81—87。
9. 吴智勇、姜衍文, 1996, 地层记录中的天文事件及其研究意义。岩相古地理, 16(4): 62—70。
10. 张守信编, 1983, 英汉现代地层学词典。科学出版社。
11. 周维屏、陈克强、简人初等, 1993, 1:50000 区调地质填图新方法。中国地质大学出版社。
12. 杨逢清、胡昌铭、张克信, 1990, 沉积地层工作指南。中国地质大学出版社。

表 3-1-2 地质时代、地壳运动与生物演化简表

地质时代		同位素年龄值 (Ma)	构造阶段与地壳运动			生物演化阶段 (以高等类型出现为标志)
		现在	主要地质事件	欧 美 习 用	中 国	
显生宙	新生代	全新世	联合古陆解体阶段	撒夫运动 Savian 比利牛斯运动 Pyrenean 拉米运动 Laramidian 新西末利运动 Gimmerian 老西末利运动 Gimmerian 阿帕拉钦运动 Appalachian 布列东运动 Bretonic 伊里运动 Erian 太康运动 Taconic	喜马拉雅运动(晚) 喜马拉雅运动(早) 燕山运动(晚) 燕山运动(中) 燕山运动(早) 印支运动(晚) 印支运动(早) 伊宁运动 天山运动 祁连(广西)运动 古浪运动 兴凯运动	人类出现 近代哺乳动物出现 鲸类出现 被子植物、浮游类钙藻出现 鸟类、哺乳类出现 蜥龙、鱼龙出现 兽形类、裸子植物出现 坚头类、种子蕨出现 总鳍鱼、蕨类——节蕨、石松、真蕨植物出现
		更新世				
		上新世				
		中新世				
		渐新世				
	中生代	早第三纪				
		始新世				
		古新世				
		白垩纪				
		侏罗纪				
元古宙	晚古生代	三叠纪	联合古陆形成阶段	海西(华力)西(Variscan)阶段 加阶 Caledonian 晋宁运动(晚) 晋宁运动(早) 吕梁(中条)运动 五台运动 阜平运动	喜马拉雅运动(晚) 喜马拉雅运动(早) 燕山运动(晚) 燕山运动(中) 燕山运动(早) 印支运动(晚) 印支运动(早) 伊宁运动 天山运动 祁连(广西)运动 古浪运动 兴凯运动	人类出现 近代哺乳动物出现 鲸类出现 被子植物、浮游类钙藻出现 鸟类、哺乳类出现 蜥龙、鱼龙出现 兽形类、裸子植物出现 坚头类、种子蕨出现 总鳍鱼、蕨类——节蕨、石松、真蕨植物出现
		二叠纪				
		石炭纪				
		泥盆纪				
		志留纪				
	早古生代	奥陶纪				
		寒武纪				
		震旦纪				
		元古宙				
		中古宙				
太古宙	晚古宙	冥古宙	陆核形成阶段 天文阶段	阿森提运动 Asyntian 哥德—格林威尔运动 Gotic—Grenvillian 卡瑞里—赫德孙运动 Karelic—Hudsonian 萨姆—肯诺尔运动 Samic—Kenoran	喜马拉雅运动(晚) 喜马拉雅运动(早) 燕山运动(晚) 燕山运动(中) 燕山运动(早) 印支运动(晚) 印支运动(早) 伊宁运动 天山运动 祁连(广西)运动 古浪运动 兴凯运动	人类出现 近代哺乳动物出现 鲸类出现 被子植物、浮游类钙藻出现 鸟类、哺乳类出现 蜥龙、鱼龙出现 兽形类、裸子植物出现 坚头类、种子蕨出现 总鳍鱼、蕨类——节蕨、石松、真蕨植物出现
		冥古宙				
		冥古宙				