



沉积相模式与层控矿床

刘宝瑞

环境、相、沉积相模式的概念

环境是在物理、化学和生物学特点上与相邻地区不同的一块地球表面，例如深海、浅海、湖泊、河流、沙漠、山脉等。现代的沉积环境系指正进行沉积的一块地球表面，古代沉积环境指古代的地球表面。但因现在我们已经不能直接看到古代的地球表面了，只能根据古代环境的遗迹——沉积岩、古生物等来推断和认识某些环境的存在。之所以有这种可能性，是因为不同的环境由于其本身特殊的物理、化学及生物学条件，可造成能表征它本身特点的与其他不同的沉积岩和古生物等的组合。于是便引出了“相”的概念。如上述的理由，我们可以把“相”理解为“沉积环境的古代产物”，亦即“沉积环境的物质表现”。在沉积岩石学方面的表现为“岩相”，而在古生物学方面的表现则为“生物相”。沉积相模式乃是对环境的一种概括，它包括了沉积岩和古生物等方面的特征，以及该环境的机理（水动力、水化学等）。因之，要制定一个相模式，既要包括沉积岩石学和古生物学等方面特征的总结；也要包括对于该沉积岩层所代表的沉积环境的成因和机理的解释。

滨海相模式

滨海带或称海岸带，可以分出两种性质不同的海岸：无障壁海岸和有障壁的海岸。无障壁海岸位于与大海连通很好的海岸地带，

它与广海陆棚之间没有被障壁岛、滩、砂坝或生物礁隔开。在这种海岸地带，水的循环很通畅，没有受到局限或障壁的作用。因此，波浪和海流（岸流、裂流和沿岸流）的作用很强，水动力状况比较复杂。这地带也有潮汐作用，但与海浪相比，它的影响较弱。正是由于无障壁海岸的这一特殊的水动力条件，造成了特有的地形地貌单位，以及特征的沉积组合。

在海洋中，由于暴风等因素，引起了涌浪。涌浪是一种长而低的规则的海面上的浪。在水深等于波长（ L_0 ）的一半处，水质点运动的环形轨迹的直径只相当于表面水质点运动环形轨迹半径（等于浪的波高）的 $1/23$ 。这样小的扰动，可以忽略不计，故把此深度定为浪基面。当向海岸方向传播的涌浪到达浪基面与海底交界处（即水深为 $L_0/2$ 的海底），波浪开始对海底进行作用，随着向大陆方向的推进，海浪的波速降低，波形改变，使波浪（脊线）传播方向改变，脊线形状变化；波形的变化包括波脊变陡，波谷变宽变平，最后转变为破浪。在破浪带，海浪对海底进行强烈的机械冲刷，对碎屑沉积进行强烈簸选淘洗。再向大陆方向，进入碎浪带，波浪能减弱。至冲洗带，则因水极浅，波浪作用的能量又相对较高，对于海岸进行强烈的冲洗作用。再向大陆，则只有特别高水位浪才能对海岸作用。可以看出，由于波浪的变化，它对于海岸带的水动力状况、地貌、分带和沉积作用，有决定性影响（图1）。

自浪基面以上至特大风暴浪（特高水位浪）所及的水平包括后滨、前滨和近滨带，

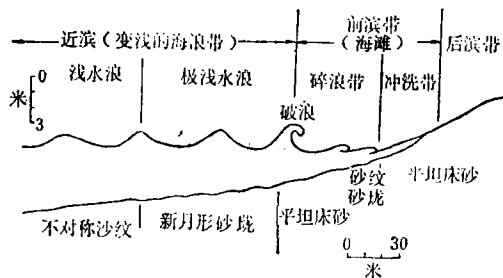


图1 无障壁海岸剖面示意图

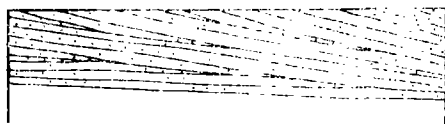


图2 冲洗层理构造

这些地带的海底是受海浪强烈作用的地带，统称为海岸带（或滨海带）。近滨带一般沉积粉砂为主，常见的是砂纹层理。此带的最高能量处是破浪带，该处冲刷强烈，可沉积粗砂、砾，细屑少，具有大型的如槽状的和楔状的交错层理，地貌上可形成沿岸砂坝。前滨带沉积的特征是成分成熟度和结构成熟度均高（如古代的石英砂岩），它呈侧向延伸稳定的席状砂。特征的构造是低角度的交错层理，称之为冲洗层理（图2）。后滨带为低能带，沉积了细屑物质。常见的是水平层理和小型砂纹层理。当前滨带的海滩上筑起砂脊时，可把一块海滩地区障壁成沼泽。沉积物埋藏后成为海陆过渡相煤田，这种砂脊称为千尼尔砂岗，它在地层中表现为与煤层共生的砂质透镜体。

有障壁的海岸的特点是有障壁岛存在，具有浅而宽平的海岸及水域，或者是多湾的海岸（图3）。有障壁的海岸具有与无障壁海岸不同的水文状况，波浪作用较弱，而较多地受潮汐作用的影响。水动力能量一般不高，海水因被局限，故盐度不正常，可以咸化或淡化，它与气候为干旱或潮涸（即蒸发程度与淡水注入及补给状况）有关。生物带为广盐度类型，或个体有变异。

有障壁海岸及陆表海的主要组成地貌单元是障壁岛、潮坪、泻湖、潮汐通道和萨勃哈。地层中的障壁岛相可以是生物礁、滩、

砂坝，向海方向可出现礁前塌积物，前滨、近滨沉积。向陆方向是礁后、潮坪、泻湖沉积，顶部亦可能有风成砂丘沉积物。

潮坪乃是高潮水位与低潮水位间的一片低缓平坦的平地，主要沉积泥和砂。能量较高地带形成砂坪，能量较低处，形成泥坪。特征的沉积构造是潮汐层理（图4）、浅水波痕（平顶的、圆峰尖谷的及刻蚀状的），人字形交错层和某些暴露标志，如泥裂等。波痕类型和规模变化大，波脊方向多变。

泻湖是被局限的水盆地，湖水可以咸化或淡化。淡化泻湖主要沉积了深色的细屑物质，咸化泻湖则沉积了一套与蒸发作用有关的岩系。按水动力状况，泻湖属于潮下低能

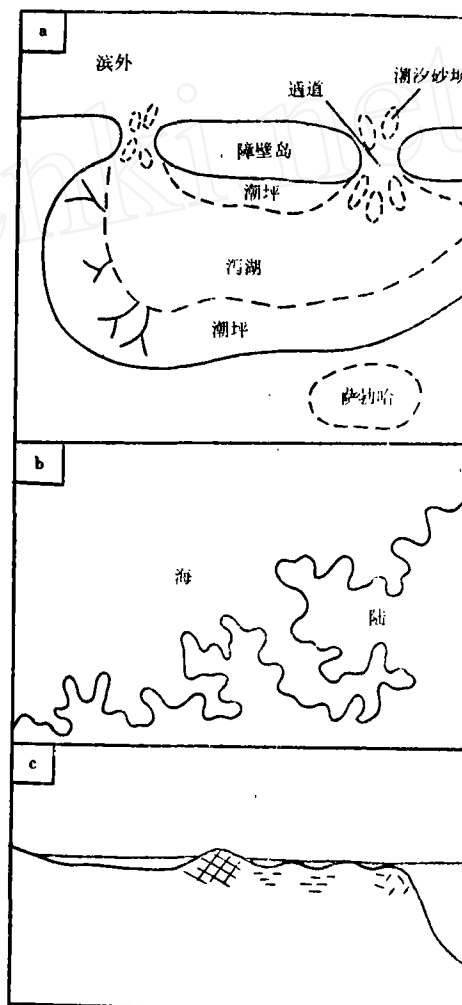


图3 几种不同类型的障壁海岸的形成

- a—有障壁岛的；b—多湾的；
- c—具有浅而宽平的海岸和水域的

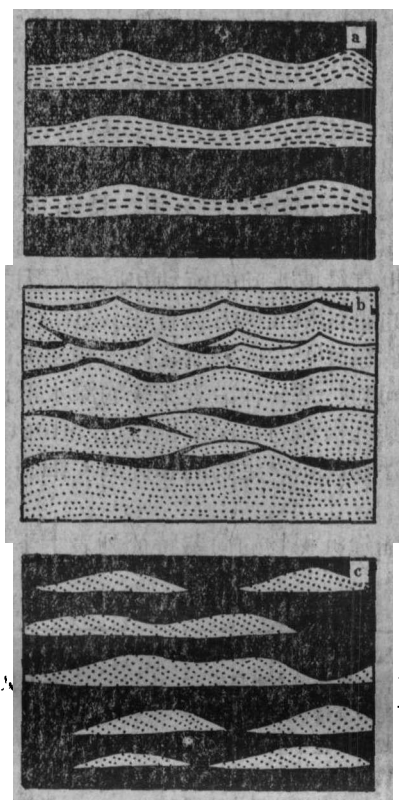


图4 潮汐层理

a—波状层理, b—脉状层理,
c—透镜状层理

带。

潮汐通道属于潮下高能带，它是潮汐流动的主要通道。有明显的冲刷作用，它的沉积物是粗屑物（砂、砾），其中常见大型交错层理。

在干旱气候的潮上带，可因地下咸水的补给和地表强烈的蒸发作用，而形成一块盐渍化地区，称为萨勃哈。与咸化泻湖的膏盐沉积不同，萨勃哈沉积中的膏盐为蠕虫状、肠状。

浅海陆棚相模式

包括近滨带下界至大约达130米水深的陆棚边缘之间的区域，这是一个坡度极小的宽广而平坦的地带，亦称滨外带。海底处于浪基面以下，只有暴风浪才能波及海底沉积物。但在中陆棚及外陆棚，也可能有海流（底流）存在。海水盐度正常，有众多的生物活动。

陆棚主要沉积细屑物质，层的产状稳

定，侧向延续很远，厚度变化很小。沉积物最明显的特点是成熟度高，泥质的岩屑及不稳定的矿物碎屑很少。有代表性的是陆棚泥，常见有海绿石、胶磷矿等自生矿物。常见的沉积构造是水平层理、很小的砂纹层理和生物扰动构造。陆棚泥（页岩）可含有种类众多的正常盐度的海生生物，因之古生物是极其重要的鉴别标志。

宽阔平坦的陆棚上，除了主要以悬浮方式沉积的泥而外，还有其他方式的沉积作用。一种由海底底流所搬运和沉积的矿体，由细—极细粒石英砂岩组成，其中含少量粉砂质泥。它是薄层或板状的层，单层厚2~50厘米，单层之间可被极薄泥层（几毫米至几厘米厚）所隔开。砂层中可见小型交错层和水平层理，顶面（上层面）可有波痕，还可见到蠕虫钻孔构造。薄层砂乃是海流以砂席方式周期性地搬运和沉积的。在砂的搬运间歇期，流速极慢，悬浮的泥质沉积下来，而成矿层间的薄泥层，在其上又发育了蠕虫的钻孔。

在有波浪作用的地带，在陆棚上可堆积起砂质浅滩或滨外砂坝，它的特点是剖面上粒度向上变粗，交错层向上变成大型（例如自下而上为：小型砂纹层理——小型砂垄交错层——大型槽状交错层），反映了向上水动力变强的序列。交错层中常有原地冲刷构造。滨外砂坝层序与障壁岛沉积层序的区别是上部缺少暴露（水上）部分。

当出现暴风浪时，可在陆棚海底形成暴风浪堆积。这种沉积的特点是层不厚、不稳定、呈透镜状体、层底有侵蚀面、沉积中有粗屑（泥砾、生物碎屑）、交错层构造。但因暴风浪是一个暂时性的动力，不能进行持续的分选作用，因之，砂砾中常混积有较多的泥质杂基。

次深海相模式

次深海包括从陆棚边缘（海面以下20~500米深，大多数是130米）到陆隆与深海平原的交接处（深度5600米左右）的区域。在地形上包括大陆斜坡和陆隆（图5）两部分，大陆坡与陆隆交界的深度界限是1500~3000米。

最早鉴别出来的次深海沉积是灰绿色泥

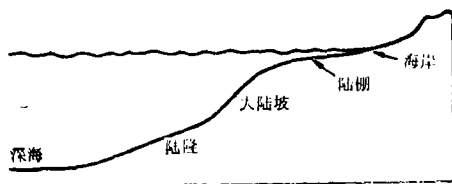


图5 陆缘的地形剖面示意图

(Murray等, 1891), 它是一种陆源的有机粘土、粉砂和远泽泥的混合物。在大陆坡上常有峡谷, 其中沉积了粗的具有滑塌构造的野复理石和滑塌浊积岩。大陆坡沉积中已发现的生物有薄壳双瓣的底内动物(infauna)、腕足动物和各种软体动物, 生物中以浮游类型为主。

近年来, 由于海泽沉积学的发展, 已搞清斜坡沉积的特征(表1, 据 Stanley, 1969)。

表1

外缘海环境	盆地底	陆坡下及底部	陆坡上中部	陆棚边缘	外陆棚
沉积厚度	宽	窄	窄	窄	窄
侧向稳定性	高	低	低	低	低
楔状沉积	有	有	有	有	有
水道、滑塌堆积	有	有	有	有	有
滑塌构造	有	有	有	有	有
大型重力滑动	有	有	有	有	有
近浊积岩	有	有	有	有	有
远浊积岩	有	有	有	有	有
泥球	有	有	有	有	有
常向水流标志	有	有	有	有	有
冲刷痕	有	有	有	有	有
工具痕	有	有	有	有	有
具细纹理沉积	有	有	有	有	有
主要生物碎屑	有	有	有	有	有
骨屑丰度	有	有	有	有	有
改造的动植物	有	有	有	有	有
生物扰动	有	有	有	有	有
古老基岩出露	有	有	有	有	有

大陆坡沉积的主要特征是: 细粒的远洋沉积、受底流影响的半深海物质、常有生物扰动、浊积岩、滑塌构造层、以及大量的内源悬浮物沉积。

现代陆隆的深度范围是1500~5600米, 宽度变化于100至数百公里, 具有很厚的地槽性质的沉积层序。陆隆上主要的流动是浊流, 也有沿坡走向的流动和底流。因之, 陆隆上的搬运和沉积方式有三: ①沿坡向下的: 滑塌沉积, 碎屑流、砂流和浊流; ②沿斜走向的: 是一种沿等深线的深水低速的底流, 其沉积称为等深流积岩(Contourite); ③悬浮物沉积: 生物的和碎屑(细屑)的沉积。

陆隆沉积物的简要特征列表于下(表2):

表2

厚度>50厘米的块状砂层	少
富含重矿物的交错层系	极常见
富泥的交错层系	无
砂或粉砂层中重矿物的纹理	极常见
砂或粉砂层中富泥的纹理	少
粉砂与泥的薄纹层的互层	极常见
砂和粉砂的粒序层	常见

陆隆上重要的沉积物类型是浊积岩和等深流积岩。等深流积岩与浊积岩不同, 它是具有牵引流性质的沉积。与浊积岩相比, 它的特点是: 粒度分选好、单层厚度较小(<5厘米)、可具有正或逆粒序、层的顶和底为突变接触、常见交错层、无块状层理、砂岩中杂基少(0~5%)、按成分它可能是次硬砂岩、长石砂岩或石英砂岩。

浊流相模式

浊流是一种水下重力流, 它以悬浮方式搬运颗粒, 颗粒在流体中呈下粗上细的粒序状。浊流可以由于滨海或浅海的沉积物经液化作用而形成。由于它的密度大、流速快、而且底部为粗屑物, 因之它具有很强的侵蚀能力, 它是造成海底峡谷的动力。浊流在前进过程中, 流速逐渐变缓(特别是在深海平原或深湖底), 沉积物可按粒度大小沉积下来, 而在剖面上及平面上形成粒序性分布。这就是剖面上砂岩中所见的粒序层及平面上的海底扇(图6)。

根据已有研究资料, 可以举出以下几点

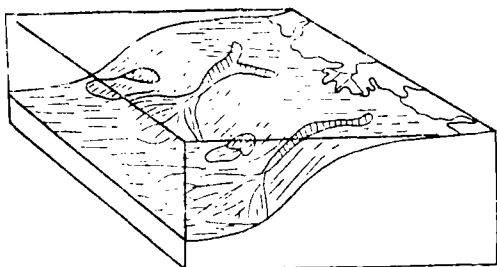


图6 浊流的运移、沉积与海底地形

作为浊流相的鉴别依据：①砂体稳定，可延长许多公里仍保持相当平的席状和似毯状的形状，但也可能有枝状和分叉状的，它向海延伸入盆地。②砂岩和页岩的韵律性互层，岩石中有大量成熟度低的物质，杂基含量高，粒度分布范围宽。③砂岩层底界清晰，向上粒度逐渐变细（正粒序），剖面上层理类型的出现有一定顺序，即所谓鲍马层序。④层底有大量印模，岩石中常见液化构造和泄水构造。⑤不与海岸冲洗砂、浪成浅水波痕、浅滩构造、大型交错层、泥裂等暴露标志、蒸发岩、生物礁、根土岩及冲积相沉积共生。

1962年A. 鲍马提出的鲍马层序是较早期得到普遍承认并被大量引用的浊流模式，他的层序包括（自下而上）：粒序或块状砂岩（a段）—具平行层理的砂岩（b段）—具砂纹层理的粉砂岩（c段）—具水平纹理的粉砂质泥岩（d段）—泥岩（e段）。70年代由沃克以及马蒂和李奇卢基所提出来的浊流相模式，则是更为全面的描述浊流沉积的模式。该相模式共分出七个相：A相为砾岩和砾砂岩，B相是粗砂岩，C、D和E相是具有鲍马层序的砂岩和页岩，F相是重力潜动堆积，G相为远洋泥。这七个相完整地描述了自斜坡浊流水道至上、中、下部水下浊积扇、以及扇上的浊流水道各部分的沉积环境。

三角洲及河口湾相模式

三角洲是非常复杂的沉积体系，它地处大陆河流与盆地（湖或海）间的过渡地带。其形成兼受河流与盆地水动力的作用（包括海浪和潮汐等）。其沉积也反映出海与陆的影响。古代三角洲的鉴别特征如下：

1. 沉积厚度大，剖面上为海退相序，下部是前三角洲泥（浅海陆棚或半深—深湖沉积），中部是相当于河口砂坝的三角洲前缘沉积，上部是以河流相为主（分支河道）的三角洲平原沉积。

2. 三角洲砂体在平面上成朵状重叠，剖面上呈大的透镜状，厚度等值线图上表现为扇状。

3. 剖面上自下而上粒度有变粗的趋势，至分支河道相，又因河流旋回本身特点而出现向上变细的剖面结构（图7）。

4. 生物化石可有咸水、半咸水与淡水分子共生的情况。

在河流入海处，如河流能量大大超过潮汐能量和海浪能量时，可形成巨厚的河口砂坝沉积和以河流为主的三角洲平原沉积。如波浪能较强时，则河口砂坝沉积薄，大量砂质沉积成海滩和砂脊。当潮汐能较强时，相当于河口砂坝的沉积也薄，并可形成潮汐砂坝和潮坪组合的水下及水上三角洲。此时，实际上已过渡为河口湾相了。

古代河口湾相的鉴别特征为：

1. 平面上位于海陆交互带，剖面上常位于自大陆河流相向海相过渡的海进层序中。

2. 平面上砂体呈指状，剖面上（如果是大型河口湾）为长透镜状、层状。

3. 含半咸水、咸水及陆生生物化石。

4. 砂岩中有交错层，人字形交错层，粉砂和泥质岩石中有潮汐层理，生物扰动构造、浅水波痕。

河口湾相实际上是潮汐能比河流能要强的河口，这种河口已成为潮汐通道，因之，河口湾沉积实际上是潮下高能的潮汐砂坝沉积与潮汐带的潮坪沉积的组合。沉积物质可能为陆源的，亦可能是海源的，亦可能是海源+陆源的。如四川峨嵋龙门洞嘉陵江组底部河口湾相由海源的碳酸盐（生物碎屑灰



图7 三角洲剖面的粒度变化

岩、鲕状灰岩组成的潮汐砂坝)和陆源岩石(红色粉砂质泥岩组成的潮坪)组成。

河流相模式

河流沉积物变化很大,根据对现代及古代河流沉积的研究,可以提出以下的鉴别特征:

1.平面上砂体呈宽窄不同的条带状,剖面上呈透镜状、板状。沉积剖面具二元结构,下部为砾—砂质沉积,上部为粉砂—泥质沉积。

2.剖面上常出现不完整的半韵律旋回结构,上覆旋回下部的粗屑层与下伏旋回顶部的细屑泥质层之间常有冲刷面。

3.含植物和淡水生物化石,无海相生物化石。

4.有大气暴露标志,如干裂、钙质结核等。

5.层理类型多,特征的是反映强水动力和单向水流的交错层理,如大型槽状交错层、板状交错层、平行层理、逆行砂波层理。

可以划分出两种极端的河流类型——辫状河与曲流河。辫状河的特征是河道宽而浅、坡降陡、流速急、水的流量变化大、河道不稳定、水流不断分叉与会合、以下切侵蚀作用为主、心滩发育、边滩不发育、很少或不发育河漫滩、沉积物以粗屑者为常见。曲流河的特征是河道窄而深、坡降陡、流速缓、水的流量变化小、河道稳定、侧向侵蚀为主、在凸岸发育边滩、心滩不发育、河漫滩很发育、沉积物中粉砂和泥的百分比高。曲流河与辫状河之间存在过渡类型,如低弯度

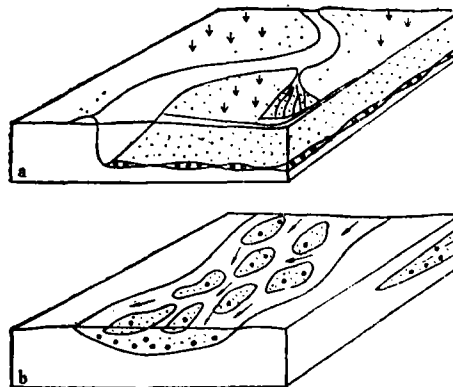


图 8

a. 曲流河相模式 b. 辫状河相模式

河。

古代冲积岩层中区别曲流河流相与辫状河流相的标志如表 3 所列(参见图 8)。

湖泊相模式

通常指的是淡水湖泊相,大型的淡水湖与潮汐作用弱的海洋在动力条件上颇多相似之处,也有波浪作用和湖流作用。非常巨大的湖泊中,也可有潮汐作用。在湖缘地区,沉积作用集中在河口附近,可形成三角洲。因无潮汐作用,波浪作用弱,故以河流能为主。由于注入的河水与湖水的比重相若,所以,带入湖中的泥砂堆积速度快。三角洲前缘的坡度可达休止角,称之为吉尔伯特型三角洲。在河口以外的地方,波浪的作用可形成湖滩、砂咀、砂堤。它们与海成的类似物的区别,是分选性与成熟度均差,这是由于波浪能弱的缘故。在地形起伏大的地区,冲积扇可直接形成于湖内,冲积扇末端的陡坡可达休止角。整个层序可以是被冲积扇覆盖的具有陡前缘斜坡的吉尔伯特型三角洲。

湖泊的深水区可沉积悬浮的细屑物质,也可有浊流沉积和底流沉积。在寒冷地区和季候风气候区,可有纹层状湖底沉积,属季节性层沉积。

湖泊中的化学的和生物的沉积包括豆状铁质沉积、硅藻土、 CaCO_3 、铁锰结核、核形石、蒸发盐矿物、沸石、燧石等。它们的形成与水化学、泄水类型及气候有密切关系。

古代地层中的湖泊相的鉴别特征如下:

1.平面上亚相的分布有一定顺序。大的

表 3

曲 流 河	辫 状 河
1. 冲积旋回中,上部旋回的粉砂泥岩较厚	1. 上部旋回的粉砂泥岩薄
2. 下部旋回的砂岩呈板状产状	2. 砂岩呈透镜状
3. 堤岸沉积发育	3. 堤岸沉积不发育
4. 大型板状交错层为特征	4. 大型槽状交错层、平行层理
5. 表示流向的交错层倾向分散	5. 表示流向的交错层倾向集中

沉积盆地中,由边缘到中心,可依次出现:冲积扇—河流相—三角洲—滨湖相—浅湖相—深湖相。

2.剖面上具旋回性,例如我国松辽盆地白垩系青山口组滨浅湖相,由泥岩、粉—细砂岩、生物灰岩组成的小旋回,厚1.5~3.0米。

3.含特有的淡水生物化石,如淡水鱼类。

4.深湖相位于浪基面以下,沉积物为泥质,具水平层理。半深湖相位于浪基面附近,或在浪基面以下兼有湖流作用,粉砂质—泥质沉积中有小型交错层、水平层理和生物扰动构造。浅湖相位于浪基面以上,粉砂质沉积中上叠砂纹交错层理发育,而滨湖砂中则具有冲刷构造、双向交错层、泥裂、雨痕等构造。

5.深湖和浅湖相砂体一般为毯状或长形板状(受构造控制),滨湖砂体呈带状。深湖浊流沉积为扇状。

6.特殊的岩性(生物灰岩、油页岩、碳质页岩等)、矿物(某些粘土矿物)和地球化学(Sr/Ba 、 B/Ga 比值等)指标,亦可作为辅助的鉴别标志。

碳酸盐沉积相模式

碳酸盐岩石中最重要的类型是石灰岩、白云岩和含陆源物质的陆源—石灰岩。组成石灰岩的原生结构要素为颗粒(包括生物、鲕粒、内碎屑、球粒)、灰泥和淀晶方解石。岩石中颗粒与灰泥的相对含量,可以说明形成时的能量条件(水动力强弱),因之,可以作为岩石成因分类与环境分析的基础。

直接由水中析出并沉淀的“原生”或“同生”白云岩是否存在,目前尚有争论。至于白云岩的准同生成因、成岩或后生成因,则获得绝大多数人的支持。然而由于准同生和成岩白云岩亦在特定条件下形成,因之,对分析环境也有意义。

由于碳酸盐物质的沉淀,要求一定的饱和度,水中溶解的 CO_2 要少,所以大量碳酸盐主要堆积在温暖、清洁(无或很少泥沙注入)的浅水环境。由于在自然界,最能满足这种条件的首先是具有宽广陆棚的陆表海,

因之它被大片碳酸盐沉积覆盖后,形成碳酸盐台地。

古代碳酸盐岩的沉积环境,是对于现代碳酸盐沉积物的形成环境有了较多的了解之后,才可能有较深入的认识的。现代碳酸盐沉积研究得最好的有巴哈马台地、波斯湾等地区。巴哈马碳酸盐台地位于拉丁美洲北部,是一个远离大陆的、孤立于深水海洋中的、又为深海峡分隔的浅水碳酸盐台地。安德鲁斯岛是许多岛屿中最大的一个。在安德鲁斯岛以东(迎风一侧)形成珊瑚藻礁,再向东是一深入台地内的深水洋舌,其中潮汐作用强,形成鲕粒砂坝。礁与安德鲁斯岛之间是泻湖,沉积了介屑和粪球粒。安德鲁斯岛的两侧是一个广阔的潮坪,主要沉积灰泥和球粒。在潮上带发育了白云岩化。再向西,是一广阔的浅水局限海,再向西到台地西缘,由于潮汐作用强,形成由鲕粒和生物颗粒组成的滩(图9)。

在波斯湾的卡塔尔地区,海底沉积物的分带(粒度、圆度、分选性),与潮汐作用强度、水深、水动力条件以及生物的关系十分密切。在阿布札比地区,由于有一系列障壁岛,故形成泥坪、红树林与砂坝的复合体。岛之间是潮汐通道,海水由此进入泻湖。低潮时,湖底常露出水面,泻湖中沉积了粪球粒和文石泥,潮间带广泛发育藻席(藻叠层石),可延至潮上带。潮上带堆积着正在进行白云化的文石泥和石膏,即所谓的“萨勃哈”——潮上盐碱地。

60年代以来,沉积学者根据对现代碳酸盐地区的研究资料,提出一些碳酸盐(相)环境模式。杨等(1972)所提出的潮汐作用相带模式分出四个相带,潮上带由白云岩、白云质泥晶灰岩、球粒泥晶灰岩组成,有鸟眼、干裂、藻纹层构造和石膏铸模。潮间带的沉积常被改造和再沉积(如内碎屑沉积),

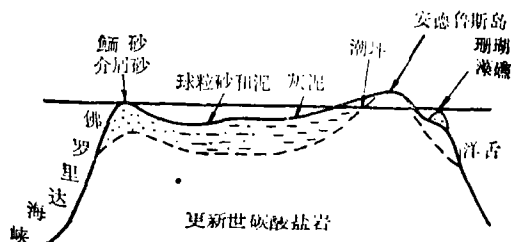


图9 巴哈马台地现代碳酸盐沉积的分布

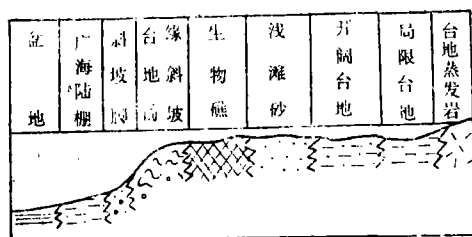


图10 威尔逊的理想碳酸盐标准相带示意图

有冲刷沟槽、虫孔、藻叠层石、泥裂等构造。潮下高能带沉积了无灰泥的内碎屑灰岩或介屑灰岩，有交错层。潮下低能带主要沉积了灰泥物质，由于轻微冲刷，可有少量介屑泥晶灰岩。还有由生物泥晶灰岩与粘结岩组成的局部的生物丘。

威尔逊(1975)提出的理想标准相带模式(图10)共分出九个相带：1.盆地相：细屑岩；2.广海陆棚相：生物灰泥岩等；3.斜坡脚相：碎屑流沉积、灰泥丘；4.台地前缘斜坡相：滑塌砾灰岩；5.台地边缘生物礁相：骨架礁、粘结岩、障积岩；6.台地边缘浅滩砂相：障壁岛及浅滩的砂(鲕、内碎屑、介屑)灰岩；7.开阔台地相：生物灰泥岩、粒泥岩。藻灰结核灰(粒)泥岩；8.局限台地相：潮坪和藻坪的白云化叠层石灰泥岩、球粒纹层灰泥岩、通道中的颗粒泥晶灰岩；9.台地蒸发岩相：结核状硬石膏、纹层状泥晶白云岩。

除研究较成熟的上述浅水碳酸盐台地相模式而外，近年来对于深水碳酸盐和一些非海相碳酸盐沉积，也做了不少工作。

沉积相与层控矿床

层状矿床与层控矿床均赋存于一定地层层位之内，层状矿床的矿体沿层延伸，层控矿床的矿体切过层理(呈“热液”产状)。近年来所做的大量研究表明，许多层控矿床都是在沉积演化过程中富集起来的，成矿作用与岩浆活动、火山喷发及变质作用无关。它只与沉积作用带的成岩作用、后生作用和表生成岩作用有关。

沉积演化各阶段均可形成矿床，同生沉积期的新生堆积物代表一定的时间地层单位，成岩期形成物主要是本层物质重新分配

组合而成。故此两阶段富集起来的矿床既有一定层位控制，矿体又沿层理方向延伸，因之多形成层状矿床。后生期和表生成岩期形成物的形成作用中，因有外来物质加入，其聚集堆积受外部因素(如构造因素)影响很大。故矿质堆积体虽可有一定层位控制，但矿体本身是任意延伸(可与层理相交切)，而且矿体本身亦作“热液”产状(如交代、浸染、囊状、脉状等)，因之多形成层控矿床。

矿质的富集常通过掺合与分异作用完成，沉积作用圈内存在着风化分异、同生期的沉积分异及沉积物埋藏后的沉积期后分异作用。对于层控矿床的形成来说，应更强调沉积期后分异作用。这是因为(与同生期相比)：1.作用的时间长；2.更易出现有利矿质富集的长期稳定的物理化学平衡条件；3.陆源区或矿源层可长期不断供给成矿物质；4.生物埋藏后经分解而形成硫族物质，这是造成硫化物矿床所必不可少的。

同生期形成的层状矿床受岩相(环境)控制，是很容易理解的。近年来，大量的研究表明，成岩一后生一表生成岩矿床虽系沉积埋藏后才富集成矿的，但它也受岩相(原生沉积环境)控制。其原因是一定的古地理环境及岩相可造成一种沉积障壁和地球化学障壁，它们所起的作用是：

1.在局限性沉积环境中造成一种沉积障壁(潮坪、泻湖、生物礁、滩、海湾及湖湾等)，在受障壁的局限或半局限水体中，金属均不会扩散，而会发生浓集，遂至形成背景值高的矿源层。形成硫化物矿床的重要组成部分——硫，也是特定岩相的生物(如潮坪上的藻席)的分解产物。

2.某些高盐度的含矿溶液的形成，可能与蒸发岩系有关，促使含矿溶液进行流动的动力梯度乃是一定岩相的特征。如潮上带的蒸发泵作用、古地形造成的地下水水头、快速堆积带所造成的超孔隙压力等。

3.一定的岩相在沉积演化的不同阶段，可在层系的一定部位形成某种性质的地球化学障壁系统，它决定了某些物理化学参数(Eh、pH等)的空间变化，这是含矿溶液中矿质进行沉淀和分异的必要条件。

4.要使金属能在长时间内进行富集，必须有一个长期稳定的矿化条件，而后者是与

稳定的岩相环境相对应的，它意味着古地理、古水文、古构造状况的稳定。

形成金属硫化物矿床的萨勃哈模式 (Renfro, 1974) 能很好地说明上述结论的正确性，这个模式的主要内容是 (图11)：

1. 在萨勃哈地带，大陆地下水因有一水头，可把金属携至该处；2. 由于蒸发率高，使含金属地下水向地表流动；3. 由于藻席埋藏以后的分解，一方面可提供足够的硫族物质；另一方面可产生一有利于金属沉淀的还原的物化条件 (Eh、pH 梯度)，促使金属硫化物在此地带富集；4. 持续不断的萨勃哈和潮间带的沉积作用，造成一长期稳定的矿化条件。因之，在很长的地质时间间隔内，不断矿化堆积而成大矿。

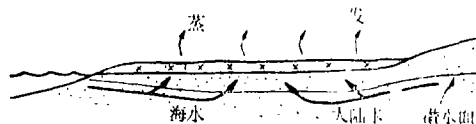


图11 金属硫化物矿床形成的萨勃哈模式图

这个模式清楚地说明了原生积沉环境或岩相，为什么可以影响到积沉期后的金属矿床的矿化富集问题。除了与潮坪—萨勃哈有关的矿化而外，自然界还见到与冲积有关的、与生物礁有关的以及与湖沼有关的成岩—后生的矿化作用，其富集的机理基本上符合上述的原则。



冶金电法勘探会议简讯

1981年9月6~11日，中国金属学会地质学术委员会物探学组和冶金部物探公司在北京联合召开了冶金电法勘探经验交流和讨论会。参加会议的有生产、科研、教学等方面的代表共65人。会议收到电法找矿经验、科研论文共27篇，其中在会议上宣读的有13篇。

物探公司副经理、物探学组组长王继伦同志主持了这次会议。冶金部地质局地质处处长姚培慧同志，金属学会地质学术委员会负责人、北京冶金地质研究所副所长马力同志等出席了会议，并就当前有关电法勘探的问题做了报告。

在分组讨论时，与会代表回顾了五十年代和六十年代应用电法直接和间接找矿，在云南、吉林等省都取得了很好的地质效果。后来有一个时期，受“以钢为纲”的影响，过份地强调了磁法寻找富铁矿，加上人员调走、设备不齐等某些其他原因，致使电法工作量减小，甚至中断。尽管如此，在黑龙江的吴努克头山，在辽宁的望宝山和肖家营子，以及陕西、广西等省（区）用电法找到了有色金属矿，另外在山东用电法圈定蚀变带并找到了金矿。在贵州、甘肃、内蒙等省（区）电法亦取得了好的地质效果。在解决某些特定的地质任务以及寻找地下水方面，都获得一些显著的成效。代表们认为，电法勘探是大有可为的，是寻找有色金属和黄金必不可少的手段之一。

近年来在电法勘探科研方面，也取得良好进展，解决了找矿中某些急待解决的问题（例如地形改正、清除激电的感应耦合等）。激电和电磁法仪器的研制也取得了大的进展，另外还开展了参数测定和电异常区分问题的研究。

航空和地面过渡场法的研究也在积极进行，为全面更好地推广电法勘探创造条件。

与会代表提出，要振兴电法，端正认识，实事求是地进行调查，迅速采取有效措施，在增加工作量的同时，提高工作质量，充分发挥电法在地质找矿中的应有作用。

为此建议：

1. 希望各级领导加强对电法工作的领导，重视和支持电法工作，认真研究和解决工作中存在的问题。

2. 因地制宜地大力开展各类电法的普查找矿工作。迅速推广地面电磁法，并争取在两三年内完成航空电法仪器的研制，交付找矿部门使用。积极开展井中电测，做到空中、地面、地下都展开电法工作，更大地发挥它的作用。

3. 适当进口一批适于我国条件的仪器，满足当前的急需。但仍要立足于国内，加强对仪器研制工作的领导，改变目前的落后局面。过去进口的仪器要充分发挥作用，现有国产仪器的检修和维护也要搞好。

4. 充实电法的科研力量，要求以解决当前实践中遇到的带普遍性的关键问题为主要科研目标。

5. 分期分批培训电法技术骨干。

通过这次会议，统一了认识，找出了存在的问题，明确了主攻方向。相信在各级领导的关心和支持下，广大电法工作者振奋精神，努力工作，电法勘探必将振兴，也一定能为寻找更多的矿产资源作出贡献。

（阎立光 丘荣蕃供稿）