

美国石油地质学家协会进修丛书

J. M. 科尔曼 D. B. 普赖尔 著

三角洲砂体

石油工业出版社

(十五)

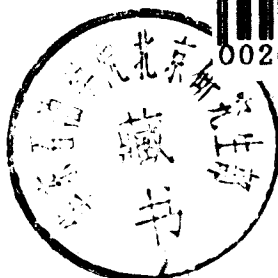
• 29456

美国石油地质学家协会进修丛书(十五)

三角洲砂体

J.M.科尔曼 D.B.普赖尔 著

周祖勋 译 陈景山 校



5774/25



200366718



石油工业出版社

内 容 提 要

本书阐述了三角洲沉积的三个主要方面：与砂体形成有关的主要作用；沉积物的沉积特征（包括陆上和水上三角洲层序）以及在各式各样的沉积相带下堆积的三角洲沉积物的变化。可供石油地质勘探和地质部门的科技人员及高等院校师生参考。

James M. Coleman David B. Prior

Deltaic Sand Bodies

Continuing Education Course Note Series 15

AAPG Department of Education

*

美国石油地质学家协会进修丛书（十五）

三 角 洲 砂 体

J.M. Coleman D.B. Prior 著

周祖勋 译 陈景山 校

*

石油工业出版社出版

（北京安定门外外馆东后街甲36号）

妙峰山印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米16开本5¹/₄印张9插页120千字 印1—1500

1987年3月北京第1版 1987年3月北京第1次印刷

书号：15037·2725 定价：2.30元

引言

三角洲沉积相是由相互影响的各种自然动力作用（波能、潮汐、气候等）所形成的，这些自然作用改造着河源碎屑物并加以扩散展布。自古以来，河流三角洲对于社会文明是至关重要的。由于三角洲在人类历史的早期是很重要的耕地，因而曾受到学者们诸如Homer、Herodotus、Plato和Aristotle的极大注意。最近，在满足世界能源的需要方面，地下三角洲相已起着举足轻重的作用，古代三角洲沉积物为大部分已知的油藏提供了生油层和储集层。在对三角洲砂体进行有效勘探之前，应该了解它们的岩相关系以及造成它们发育与分布的机制。

三角洲的环境组合通常显示出一个潜在的产油盆地所应具备的许多特征——紧接或者接近生油层的复合型储集岩，各种类型的构造圈闭和地层圈闭以及迅速变化的、相当厚的碎屑岩建造。

本篇短文将阐述三角洲沉积的三个主要方面：（a）与砂体形成有关的主要作用；（b）沉积物的沉积特征（包括陆上和水下三角洲层序）；（c）在各式各样的沉积相带下堆积的三角洲沉积物的变化。本文将利用现代密西西比河来说明前两个方面。许多有价值的地下资料以及涉及各种作用的大量研究成果，为本文的这一部分提供了依据。讨论三角洲沉积的变化，是以路易斯安那州立大学海岸研究所的工作人员在过去二十年间对各种各样的沉积环境所进行的研究为基础的。

目 录

引言	
三角洲环境	1
三角洲作用	4
气候	5
流量状况	5
河口作用	6
波能	8
潮汐作用	9
沿岸流	10
陆架坡度	10
集水盆地的几何形态与大地构造	11
作用特征小结	12
三角洲沉积环境的特征	14
密西西比河三角洲体系	14
沉积环境	17
水下三角洲环境	24
水下滑塌沉积	33
陆架边缘滑塌和同生断层	13
三角洲砂体的变化性	48
垂向序列和三角洲实例	49
三角洲砂的分布模式	64
参考文献	67

三 角 洲 环 境

“三角洲”一词最初是由希腊历史学家Herodotus（公元前约450年）用来描述尼罗河口上的三角形冲积层的。从广义上讲，可将三角洲定义为那些由河源沉积物所建造的海岸和近岸地形。按照这一定义，也包括那些受到各种海洋营力诸如波浪、海流、潮汐作用所分选的并且在三角洲平原中及其近岸水体中再堆积的沉积物。控制三角洲发育的各种物理、化学和生物作用在全球范围内变化相当大，因此，三角洲区的地形几乎跨越了海岸地貌的全部，并且包括分流河道、河口沙坝、分流河道间海湾、潮坪、潮脊、海滩沙丘组合体、树沼、草沼以及蒸发岩坪。

三角洲沉积物见于河流排入集水盆地的地方，而不论集水盆地是海洋、内陆海、海湾、河口湾还是湖泊。尽管环境各异，但所有强烈向前推进的三角洲都至少有一个共同的特点：河流将碎屑沉积物搬到海岸和内陆架的补给速度，要比海洋作用将这些沉积物搬走的速度为快。一条河系通常由四个基本部分组成：流域盆地、冲积河谷、三角洲平原和集水盆地（图1）。流域盆地基本上是水和沉积物的源地，这一盆地内的各种作用，决定着沉积物-水的补给量以及泥沙的初始粒径和成分。流域盆地内的各条支流，将沉积物和水汇集于一点并开始由此流向大海。这些支流最终归并为一条或多条主河道，从而形成冲积河谷。冲积河谷实质上是一条水道，其中的河水正是漫过和切穿其沉积物而流走的。由于冲积河道的迁移，因而常有沉积物的连续不断的分选作用以及从流域盆地进入河谷内的沉积

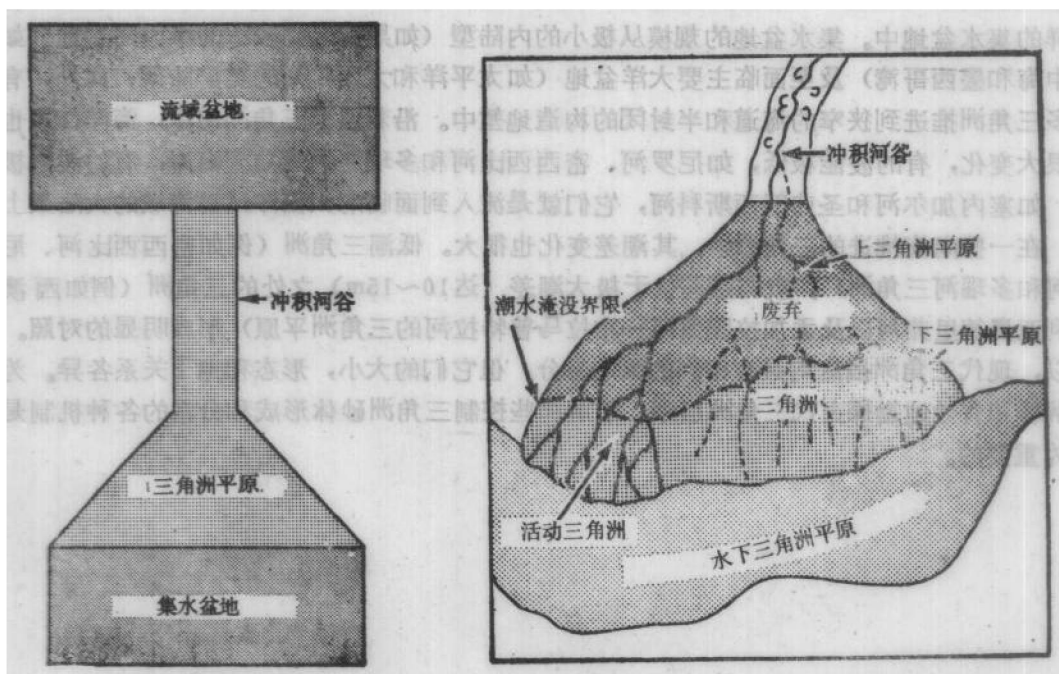


图 1 河系的组成部分

图 2 三角洲平原的组成部分

物组合在粒径大小和成分上的反复交替。当沿着河谷到达某一地点时,河流便失去了原来作为搬运营力的功能,而变成分散体系。沉积物在这里堆积下来,并开始形成三角洲平原。河系的这一部分基本上是由河流过程与海洋过程相互作用造成的。三角洲沉积的形态和几何形状反映了水力态势、输沙量、地质构造和大地构造的稳定性、气候、潮汐、风、波浪、水的密度差、岸流以及所有上述各因素的种种相互作用。集水盆地是接受河源碎屑沉积物的地方。集水盆地的特点是控制三角洲发育的最重要因素之一,三角洲海岸上的各种近岸的海洋作用,决定着河源沉积物的成形和改造。

三角洲平原一般可以进一步分为几个基本的自然地理带,其中包括颇受限制的环境组合,它们在很大程度上控制着这些带内的沉积物类型。图2表示三角洲平原的主要部分。通常将三角洲的陆上部分分为上三角洲平原和下三角洲平原。上三角洲平原一般是陆上三角洲的最老部分,分布于潮汐和海洋的主要影响区之上。可惜的是,对于古代的岩石剖面,人们只有借助动物证据才能将这两者区别开来。一般来讲,上三角洲平原基本上是冲积河谷的延续部分,以河流作用为主。下三角洲平原位于河—海相互作用带内,从低潮线起朝陆地延伸到潮汐向内陆的影响界限。在潮差较大、向海坡度较低以及地形起伏较小的地方,下三角洲平原非常广阔。水下三角洲平原系三角洲位于低潮位以下的那一部分,含有相对开阔海域内的动物。三角洲在集水盆地内的影响带宽度,视三角洲不同而有很大变化,在一些三角洲中,由河口排出的沉积物,向岸外搬运到陆架边缘以外。水下三角洲最普遍的特征就是向海一侧沉积物逐渐变细。砂和较粗粒的碎屑沉积在河口附近,较细粒的沉积物则向海展布更远。

图3表示了现代世界上一些主要三角洲的位置。如图所见,这些三角洲横跨各个气候带,从寒冷的北极起,经温带直到热带,并沿着干燥的海岸线展布。因此,现代三角洲是气候控制沉积作用的一个相当好的范例。现代三角洲将它们所携带的沉积物—水排入各种各样的集水盆地中。集水盆地的规模从极小的内陆型(如黑海)到较大的半内陆盆地(如地中海和墨西哥湾)及至面临主要大洋盆地(如太平洋和大西洋)的宽广陆架;此外,有许多三角洲推进到狭窄的海道和半封闭的构造地堑中。沿着现代三角洲海岸,海洋作用也有很大变化,有的波能极低,如尼罗河、密西西比河和多瑙河的三角洲海岸,有的波能极高,如塞内加尔河和圣弗朗西斯科河,它们就是流入到面临南大西洋风暴海域的大陆架上的。在一些向海推进的三角洲中,其潮差变化也很大。低潮三角洲(例如密西西比河、尼罗河和多瑙河三角洲),就与那些位于极大潮差(达10~15m)之处的三角洲(例如西澳大利亚奥德里弗河以及孟加拉国恒河—布拉马普特拉河的三角洲平原)形成明显的对照。所以,现代三角洲虽然均具有相同的组成部分,但它们的大小,形态和地下关系各异。为了解释和有效地勘探古代三角洲层序,了解那些控制三角洲砂体形成和分布的各种机制是极为重要的。

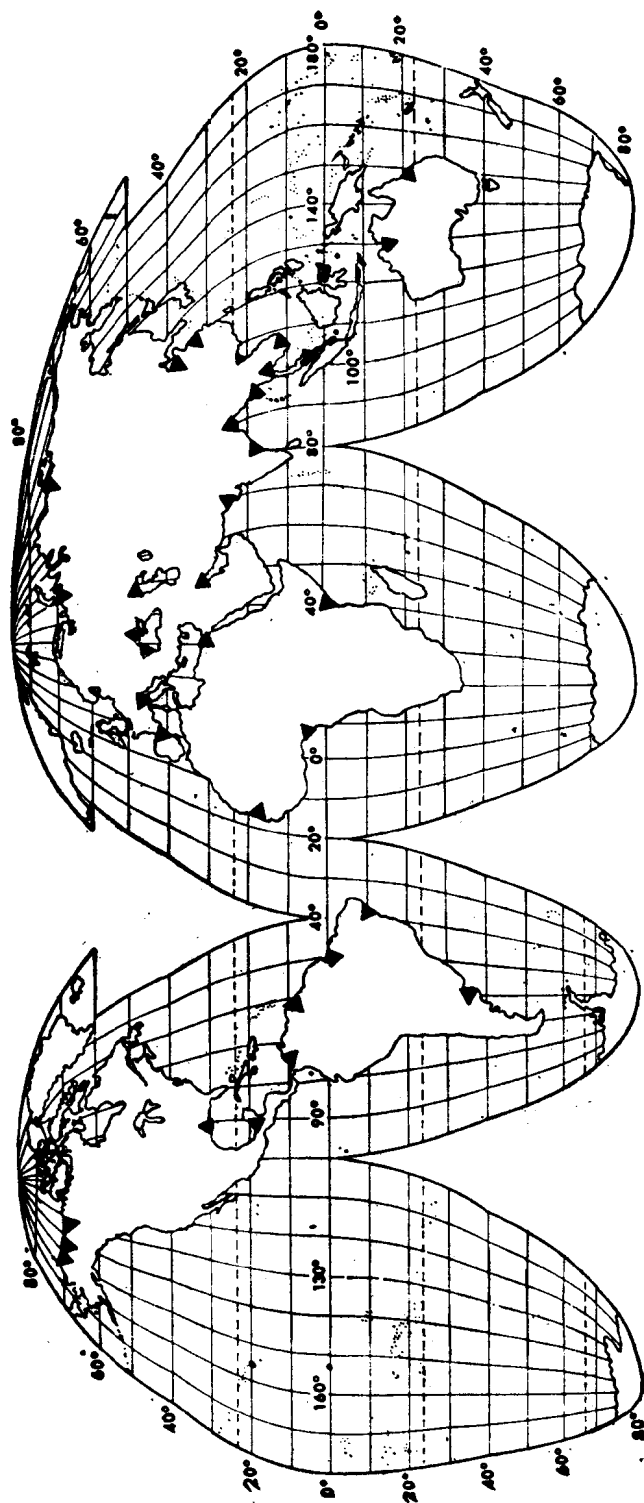


图 3 现代主要三角洲平原的位置

三 角 洲 作 用

在三角洲砂体的沉积期间，相互影响的各种物理的、生物的和化学的作用，对它们的分布、定向和内部几何形态均有明显的影响。图4示意性地表示了流域盆地、冲积河谷、三角洲平原和集水盆地内一些主要作用的变化情况。集水盆地内诸如气候、植被、土壤和地质、大地构造史等因素，在控制流入冲积河谷内的沉积物的颗粒大小和成分上，起着重要的作用。在冲积河谷内、气候与地貌特征控制着沉积物在流向三角洲的长途中的交换程



图 4 控制河系的主要作用

度。集水盆地内如波能、潮汐作用和大地构造诸因素，在控制砂体的发育上起着主要作用。人们已经付出了很大的努力，试图认识和定量表示出现在世界上各三角洲上的种种作用，以便确定它们在形成三角洲环境中所起的直接作用。通过这些研究已经确定，最重要的作用是气候、水和沉积物排放量及其变化性、沉积物的类型与输出量、河口作用、近岸波能、潮汐及潮汐状况、近岸海流、陆架坡度以及集水盆地的构造和几何形态等等。

气 候

比起其它任何一个因素来，气候对河系的各个组成部分内物理、化学和生物等各种作用强度的变化，影响更大。气候的主要控制作用如下：

A. 径流量是降水量的函数，降水量受流域盆地内气象系统的控制。在热带的大型流域盆地内，降水量一般很大，结果导致水和沉积物连续不断地补给冲积河谷。在这种条件下，沉积物-水的混合物在数量上变化不大，河道也通常显示出较为稳定的形态。与此相反，在干燥或极地的流域盆地中，降水量不定，河道多发生显著迁移并且极不稳定，因而辫状河道很普遍，在多数情况下，推移质与悬移质之比值甚高。

B. 气候控制着原地堆积物的成分和数量。热带和极地环境有助于有机质的产生和保存，往往形成大量的陆上泥炭堆积。在陆地上的各种环境内均普遍见有强烈的生物扰动作用。丰富的有机碎屑加上适宜的保存环境，导致形成厚度大的有机碎屑堆积（原地的和搬运的），它们既产于砂体中又包围着砂体。在温带和干燥气候区内，有机质的产出率也可能很高，但其保存情况一般不如热带地区。原地有机质的迅速分解，释出了许多复杂的化学溶液进入水柱和孔隙水中，从而又导致许多成岩产物的迅速生成，在很多情况下，还阻止三角洲层序的充分压实。在干燥气候条件下，蒸发作用占主导位置，蒸发岩和各种化学沉淀物形成封盖三角洲砂体的主要沉积。

流 量 状 况

在一个水文年内，瞬时流量的趋势和流量的变化，对冲积河谷和三角洲砂体的几何形态影响很大，其主要控制作用是：

A. 冲积河谷河道型式的形成 当流量变化不大时，河道能较好地调节到平衡形状，在这种情况下，形成了初级蛇曲河道，砂体呈长条形鞋带状。当流量变化很大时，河道对任何大小的流量就无充足的时间来加以调节，因而河道在一年的大部分时间中可能是不稳定的。这种河流势必经常改道，而且发生迅速和无规律的迁移，因此经常形成辫状河道。这种类型的河道迁移常造成席状砂，与在广阔范围内不断移动的辫状河道伴生。

B. 沉积物的粒径与分选作用 河流中极不稳定的流量多形成较粗的和分选差的沉积物，所造成的砂体常为粘土胶结，几乎没有渗透性。在流量稳定又有规律的河流中，砂体通常在垂向和侧向上显示出良好的分选性。由规则流量模式产生的曲流带砂体，多表现出向上变细的层序，而辫状河道砂的粒级则在冲积砂体内的横向和垂向上显示出较大的变化。

C. 三角洲的生长速度和生长型式 在全年沉积物-水排放量大而稳定的河系中，多形

成与海岸呈高角度相交的长条状砂体；在全年沉积物-水排放量极少的场合，海洋作用就能有充分的机会来改造那些被补给到海岸上的砂质物，并且常形成与岸线平行的线状砂体。

河口作用

河口所处的位置，正好是在流向海盆的水脱离河岸的限制后向四周扩展并与集水盆地内水体混合的地方，这个地方也是沉积物的动力扩散处，这就有助于三角洲连续不断地向海推进，并形成同三角洲层序伴生的主要砂体——分流河口沙坝。河口沙坝砂体的最终形态与分布，决定于河水的流动状态、流出的河水与盆地水之间的密度差、河口床底的向海坡度、潮差、下游河道的潮流、波浪以及其它营力阻塞河口的能力。在河口作用中，比较重要的要算从河口流出来的河水与集水盆地内水的种种相互作用，它们导致流出水的动量消散，其搬运能力也随之丧失。流出河水的扩散作用以及随之发生的沉积物散布方式，取决于三种基本力量的相对作用：（1）流进盆地的河水的惯性力和伴随的紊流扩散；（2）流出的河水与河口床底（向海一侧）间的摩擦力；（3）由流出的河水和盆地水之间的密度差而引起的浮力。图5示意性地表示了上述主要的河口机制。当河水外流速度很高、河口向海一侧深度较大以及密度差可以忽略不计时，惯性力将占主导地位，流出水将以一种紊流型的射流方式扩展和扩散。在此种情况下，分流河口沙坝一般呈线状，侧向扩展距离极短，沉积物往往很厚。粗粒沉积物直接沉落在河口附近，在这种沉积的垂向剖面中，由细粒的海相粘土向上迅速变为粗粒河口坝砂的现象普遍可以见到。砂质沉积物的侧向连续性通常较差。

在水深较浅的（临海一侧）河口地区，紊流扩散将局限于水平面上，而水底的摩擦力在导致流出水减速和扩展方面，起着主要的作用。最初，由于这类河口所特有的流出水的快速扩展，从而形成宽广的、弧形的放射状沙坝；不过，随着沉积物在沙坝上的不断堆积，就开始在扩展着的流出水两侧的下方——流速梯度最大的地方，形成水下天然堤。由于天然堤的形成趋于阻止流出水的进一步扩展，所以随着沙坝的连续增生，单靠增加流出水的宽度已不再能够保持其连续性。当沙坝中心部位向上生长时，紧接在水下堤的后面沿着最大的紊流带上，开始出现水道化。这一过程导致产生分叉的水道形态，它们具有三角形的拦门沙（middle-ground shoal），其间为辐射状水道分隔。在现代的许多河流三角洲中，这类分流河口沙坝极为常见。

第三种作用是由于流出水和集水盆地水之间的密度差造成的。世界上多数大的河流都是注入到咸水盆地内的，在淡河水和正常洋盆水之间存在着密度差。虽然悬浮物质也可略为增加淡水的密度，但多数河流中的悬浮物质所产生的密度差，与由海水的含盐量所产生的密度差相比，则是极小的。在这种情况下，紊流扩散作用一般多被抑制，而出现流出水的侧向扩展作用，这种侧向扩展主要是由于淡水作为一种相对均质层发生漂浮扩展造成的。向四周扩展的外流淡水在河口以外呈辐射状减速。粗砂堆积在最接近河口的地方，细粒沉积物则向海堆积。在这种情况下形成的分流河口沙坝一般较薄，并且多显示出很好的侧向连续性。

不过，在多数天然条件下，主要是由上述三种力量联合控制着砂体的基本形态。图6

河口的各种机制

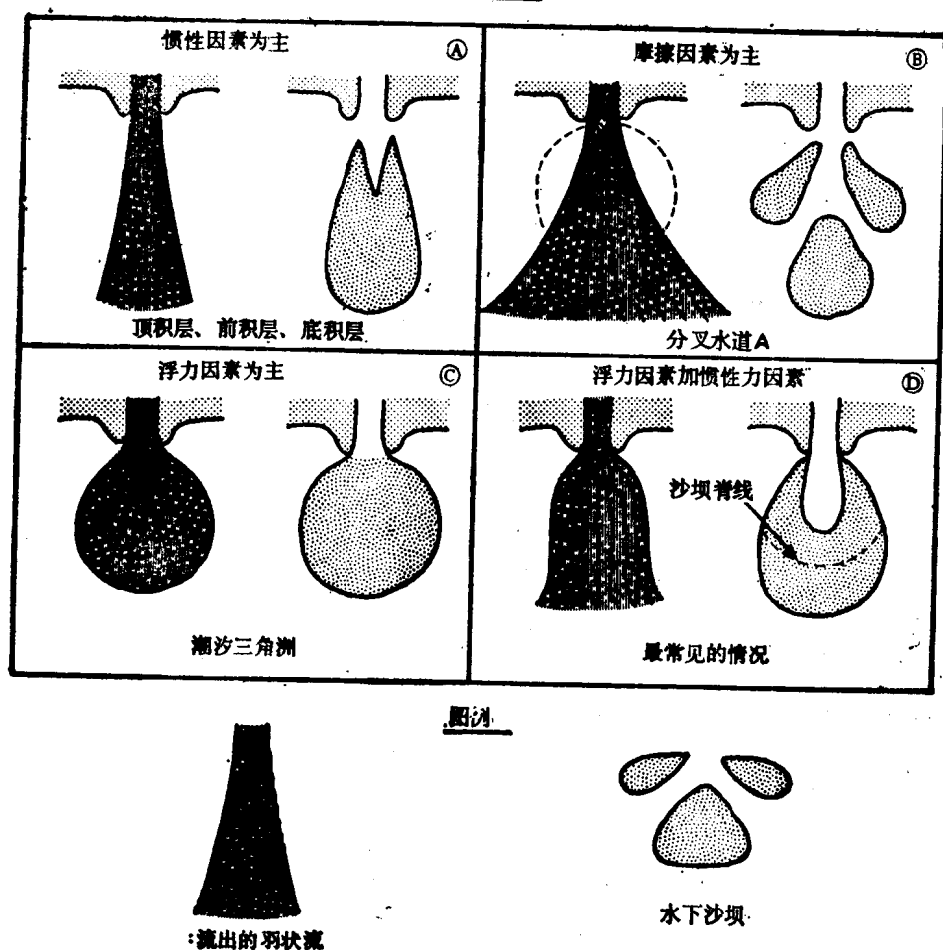


图 5 河口的各种机制

从平面上表示了如同在水文图上见到的河口沙坝的主要类型。这张图说明了分流河口沙坝的平面形态变化很大，其中多数是因为其它的力量起了很大的作用所致。象波浪、潮汐和潮流等作用重新搅悬和改造沉积物，并将它们搬运到下行区 (downdrift area)，从而改变了河口沙坝的形态。虽然人们可以确定现代河流三角洲中这几种河口沙坝的细节，但在古代岩石剖面中和钻孔内很可能会发现它们的基本平面形态几乎没有什么大的变化。在堆积于低潮差地区的分流河口沙坝（这种地区内几乎看不到潮汐改造的证据）和堆积于高潮差地区的分流河口沙坝之间，应该可以看到一些显著的差异，如其中的内部沉积特征通常就可以在岩芯中加以鉴别，并可作为判断河口沙坝形态变化的线索。分流河口沙坝的几何形态与较高的潮脊主要是由于沉积物强烈的双向搬运作用而造成的。这种作用导致形成大型的线状潮脊，它们从河口直接朝大海方向伸展（图6E）。这些沙脊一般由粗粒河源砂组成，其规模变化极大，多平行于河道分布。这类砂体在许多现代三角洲中能普遍见到，据推测它们也存在于许多古代层序中，只是至今尚未发现。

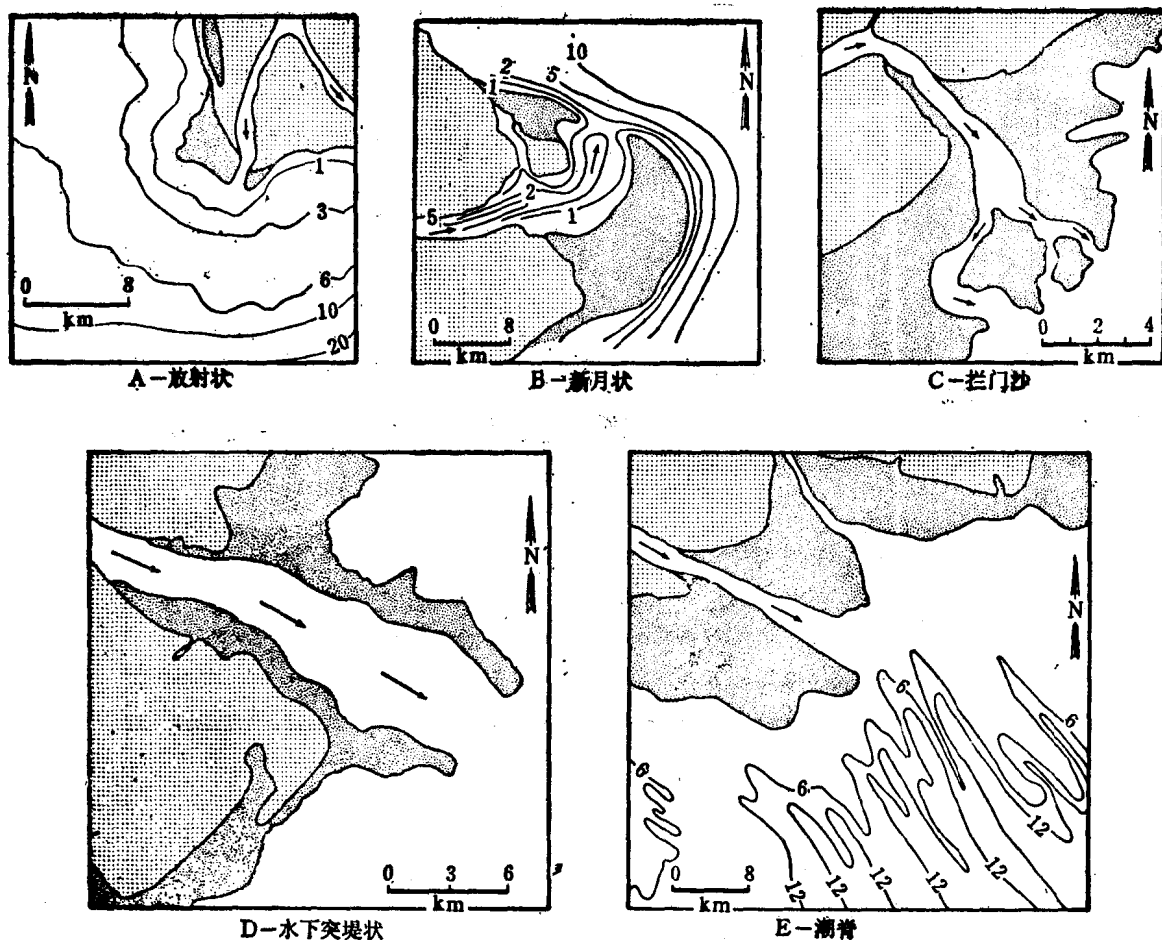


图 6 河口沙坝的类型

波 能

在海岸线的发育过程中，没有一种因素能比得上波浪动态所起的作用。波浪分选着由河流输出的沉积物，并且将它们重新分布，造成各种海岸地貌如海滩、障壁岛和沙嘴等。在三角洲地区，沉积物由河源区连续不断地迅速输入，破坏了波浪动态与沉积地形之间的正常平衡关系。许多三角洲砂体的几何形态不仅取决于波浪动力的大小和分布，而且也取决于河流补给沉积物的能力。在全世界范围内，分流河口沙坝的形态显示出一系列的变化，有些沙坝是单纯由河水流出的沉积物形成的，没有波浪作用的干扰；有些沙坝则反映出波浪在重新分布河流沉积物和整直岸线上起着主导作用。表 1 列出了七个大型河流三角洲的年平均流量、波能气候指数和地貌特征。单位河道宽度的平均流量与单位波峰宽度的近岸平均波能之比值，一般被称为流量有效指数 (discharge effectiveness index)。这一比值之绝对值并无物理意义，但是它的相对值和次序关系却可为比较各种三角洲究竟是以河流作用为主还是以波浪作用为主，提供一个有意义的手段。指数愈高，由河流向岸线输送沉积物的能力就愈大，波浪作用无大影响；指数愈低，波能就超过三角洲一河流作用，

其重要性就越大。在后一种场合下，波浪作用主要在于改造河源沉积物。表中列出的衰减比，表示波能由于深水水体与岸线之间的摩擦作用所造成的损失程度。表中列出的那些以河流作用为主的三角洲，其岸线由于受到多次伸展的指状分流的影响，多显示出剧烈曲折的形态。许多三角洲平原是由沼泽和封闭的分流河道间浅水海湾构成的。象尼日尔河与尼罗河等中等波能的三角洲，其岸线一般呈平滑的弧状，复合的河口略微突出于滨线之外，砂质海滩位于滨线的前面，在较大的滩脊体系之后，可能有小的滩脊—滩槽地形分布。在三角洲平原内，沙滩—滩脊—滩槽地形极为普遍，在许多场合下，滩槽极大。随着波能越来越高，岸线也就变得愈加平直。河口不再向海突出，许多内部的三角洲平原基本上是由含砂量极高的沉积物组成，它们常常形成大型盖层状砂层。

所以，波浪作用是一种对三角洲沉积物进行改造并形成近岸海相砂体的基本作用。在控制砂体的形态、方向以及最终的矿物成分上，这一作用是极其重要的。

潮汐作用

在以潮汐作用为主的三角洲中，我们至少可以发现三个重要的特征：(a)由潮汐活动引起的水体混合作用，破坏了水体内的垂向密度分层，致使河口处的浮力效应变得极小；

(b)就一年的部分时间而论，潮汐构成沉积物搬运能量的最大部分，而水流在一个潮汐周期内流入河口和从河口向海流出的方向变更，导致了沉积物的双向搬运；(c)海水—河水的相互作用带在垂向和水平方向上均延伸甚远。在强潮河流中，潮幅往往比河口沙坝上的水深大，而且潮波发生显著变形。在强潮河流的河口内、外，双向潮汐作用往往将河流补给的沉积物改造成线状水下沙脊，通常称之为潮脊。这些大型沙脊平行潮流分布，并且把涨潮和落潮控制的沉积物搬运带分隔开来。由于潮波的变形，涨潮平均速度显著大于落潮的平均速度，结果形成潮致底床剪切 (tide-induced bed Shear)，它在底床上产生净上升流效应 (net upstream effect)，使得推移质显著地向上游搬运。因此，出现于分流下游的一些最大和最显著的底形，其分布方向受涨潮控制。推移质向上游搬运，导致水道内砂质物的广泛堆积，当水道废弃时，它一般应当为砂质物堵塞，所以，在潮汐作用为主的三角洲中，砂质充填水道具有较重要的意义。

强潮型分流通常具有潮水向上游侵袭甚远的特点。涨潮控制的或向上游的推移质搬运，促进边滩的生长，而且为了保持足够的水深，需要河道侧向迁移。在许多情况下，高弯度的蛇曲形态恰好出现在潮汐影响最大的上游，而且在三角洲平原内多形成发育良好的砂体。这种形态与那些潮差低的河流三角洲中的水道形态明显不同。在很多情况下，潮差大的三角洲还表现出显著的泛滥决口作用。在涨潮期间，当水道处于中等潮位时，水体就具有流速并达到最大的扰动状态，使大量沉积物处于悬浮状态。强烈的涨潮加上高的潮差，导致向海流动的河水出现壅水效应，使得河水普遍高于其两侧堤岸，从而形成广泛的决口扇。潮水在水道内外以及在下三角洲平原上的运动，对于分流间和分流边缘地区的沉积模式也具有极为重要的意义。复杂的潮道网是许多具有高潮差的三角洲的共同特征。在赤道潮湿地区，植物繁茂，潮汐平原常以红树林和其它耐盐植物的茂密生长为特征。在比较干燥的强潮地区，分流河道间的平地通常是由从悬浮水体和泛滥水流中沉落的粉砂和粘土组成的，这些扇体在多数情况下与蒸发岩层呈指状穿插，后者形成于分流间地区更为接

近内陆的部位。

沿 岸 流

三角洲平原岸外的海流是由几种力量驱动的：冲向大陆边缘的洋流、潮汐的传播、风压应力、波浪作用以及密度梯度等等。在低潮差地区，风压应力常为主要驱动力。在高潮差地区，由潮汐驱动的沿岸流可将沉积物从河口处顺岸搬运很远，这种海流见于狭窄的海道和半封闭的具有广阔陆架的盆地中。在飓风期间，底流在短期内分选和重新组合大量沉积物，此外，当暴风浪在极软的海底上传播推进时，表面波和海底沉积物之间的相互作用，就成了沉积物的种种顺坡块体运动的一个重要驱动力。它们在沉积剖面内造成了各种各样的变形特征，在某些情况下也可造成大规模的水下变动。

在控制砂体大致平行或平行沉积走向方面，所有各类海流均起着重要的作用。在多数情况下，这些砂体见于河口向海一侧甚远的滨外地区。它们常平行岸线分布，其内部有低角度的大型交错层理。

陆 架 坡 度

沉积物的高速堆积和随着河流三角洲的快速推进，导致陆架的坡度角低于大多数其它海岸环境。现代三角洲外的坡度变化大，从巴拉那河口外的 0.003° 到塞内加尔河口外的 0.48° 。正是陆架的这一水下部分，影响着涌进来的深水波的摩擦衰减作用，因而可将其视为决定近岸波能的控制因素。由于许多河流三角洲大量排出沉积物，现代陆架和多数的上部陆坡实质上完全是沉积型的，而且是在比较短的时期内形成的，这些陆架多数具有近代向海推进的证据。这种状况与其它海岸环境前面的陆架形成明显对照，后者的陆架沉积物在多数情况下主要是残余沉积或滞留堆积，它们是在海平面起伏不大的时期内形成的，或者属于构造成因。

陆架坡度在决定三角洲变换模式上起着重要的作用，这种变换贯穿较长的地质时期。第一种变换类型是朵体的变换，其情况是三角洲随着一系列分流河道向前推进，过一段时间后，整个体系或沉积场所被废弃了，并在邻近地区形成一个新的朵体。各个依序形成的朵体相互叠覆，从而形成多层叠加的海退型砂质层序。这种模式见于滨外坡度极低、波浪功率不高以及潮差一般在2m以内的地区。在这种情况下，与每一个三角洲朵体伴生的各个分流河口沙坝沉积相互并合，形成了大型的席状砂。第二种三角洲变换类型出现于三角洲平原的上游较远处，有一条河道发生显著迁移，并且为该条河流及其三角洲发育一条相应的新河道之时。这种模式的特征是：陆架坡度中等、波能高而稳定以及潮差通常较高。常见于现代世界各地三角洲中的第三种变换类型，指的是水道的交替延展，两条或两条以上的分流在三角洲源头的同一点附近分开后就不再分叉而直达河口。通常其中的一条分流在一定时期内将排泄河流的大部分沉积物-水。因此，这条分流将积极地向外海推进，而其它的分流则几乎没有推进，其边缘处往往会受到波浪的改造。向前推进的分流最终由于其本身延伸过长而失去其坡度优势，于是河水择分流中较短的一条向外排出。随着输沙量的增加，新的河道迅速向前推进，后面留下一系列海滨滩脊。这种过程将重复多次，从而形成

一个以滩脊的复式序列为特征的三角洲平原。

集水盆地的几何形态与大地构造

集水盆地的几何形态对三角洲的形状和三角洲的变换模式似乎有强烈的控制作用。人们虽然能够划分出多种类型的沉积盆地，但要量化却极为困难。图7示意性地给出了各种类型集水盆地的主要形态。第I种类型由一个狭窄的凹槽组成，其两端开口，通常作为联接两个大的水体的通道出现。在这种盆地内曾经发生过构造下拗作用，由河流带来的沉积物从盆地两侧注入到海道的中轴。由于盆地的狭窄性，潮流很强，因而许多三角洲具有歪斜的沿岸形状，而且属于潮流或海流控制的三角洲类型。第II种类型的盆地由一个一端封闭的、狭窄的构造凹槽构成，而且河流是从凹槽的封闭端供给沉积物的。这类盆地中的潮波，由于受到盆地形状的影响，大多发生显著变化，潮流往往在狭长盆地中流入流出，没有出现强大的沿岸分潮。在很多情况下，三角洲分流的下游端完全是以潮流为主的。在这类盆地中堆积的三角洲内，以大型的线状滨外潮脊和砂质充填的水道为主。第III种类型由位于岸线内陆中的一个拗陷区构成，然而活动三角洲的沉积场所是在这个拗陷区的向海一侧，而且三角洲是在一个比较稳定的台地上向前推进。在这类盆地中，于上三角洲平原和冲积河谷内常见许多大型的内陆淡水三角洲和大型沼泽。第IV类盆地是一个位于现代海岸线向海一侧的活动沉降区，通常发现这类盆地面向大型的开阔洋盆。许多三角洲沿海岸和沿走向出现，它们都在力图充填迅速沉降的盆地。第V种类型是半封闭盆地或封闭盆地所特有的，如墨西哥湾。快速沉降带紧靠盆地的一边。注入这类盆地中的河流，通常显示出不断迅速沉降所具有的特征，其沉积物在短期内可达到比较大的厚度。

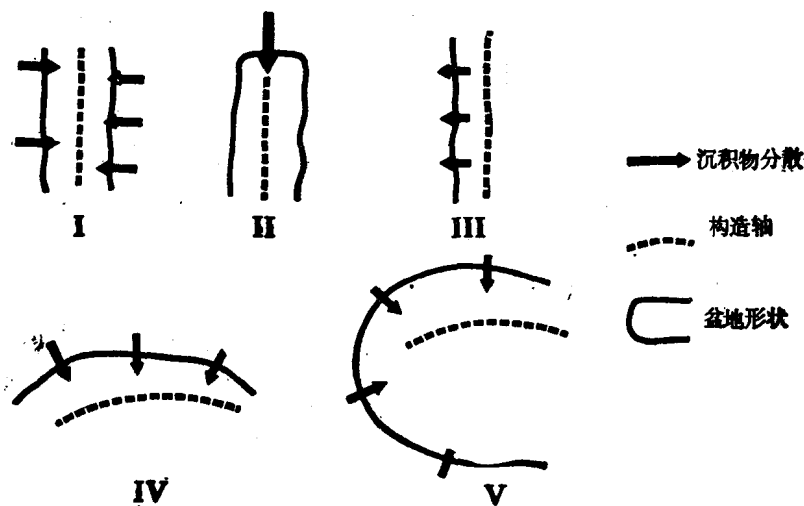


图7 集水盆地的主要形态

三角洲序列在三度空间上主要受沉积场所稳定性的控制。虽然这一参数具有重要意义，但在实际上是不可能以当前的知识用任何方式来定量表达的。大多数三角洲地区内的迅速沉降，是由于构造拗陷作用和粘土层在上覆较密实的三角洲沉积物的压力下所引起的浅层脱水、脱气作用而造成的。在这种情况下，常见到由于准同生变形作用和各种水下块

体运动所造成的三角洲相的重新分布。这类特征通常见于那些有大量细粒悬浮沉积物注入陆架的三角洲中。各种快速沉降,不管其原因如何,在所有场合下都会使三角洲砂体显著增厚,一般超过正常三角洲沉积的几倍。在那些沉降速率低、稳定性较高的集水盆地中,厚度不大的三角洲序列较为常见。三角洲砂体通常分布广泛,并且往往显示出较好的侧向连续性。

作用特征小结

发生在沉积物上的各种相互影响的动力作用,造成了现代三角洲中三角洲砂体在几何形态和分布上的千差万别。下面列出了在前几节中已经讨论过的每种作用对三角洲相的主要控制情况。

A. 气候

1. 控制沉积物一水的输出量;
2. 控制原地三角洲的沉积;赤道区:厚大的泥炭堆积;温带区:薄的、侧向连续性好的泥炭层;干燥区:复杂的、相互穿插的潮上沉积和蒸发盐沉积。

B. 流量状况

1. 流量不稳定,产生辫状河道,具有宽广的侧向连续性;
2. 流量稳定,形成较稳定的蛇曲河道(鞋带状砂体);
3. 流量不稳定,常造成许多复杂的相互穿插、向上变细的层序,其孔隙度—渗透率关系变化很大。

C. 输沙量

1. 富含细粒悬移质的河流,形成宽广的不稳定台地,其特点是具有复杂的压实和变形特征。

D. 河口作用

1. 分流河口沙坝砂体的形态和分布,受三种基本力控制:惯性力(狭窄线状砂体);浮力(薄层的、宽广的联合砂体);摩擦力(由水下天然堤沉积物覆盖的、具有拦门沙坝的分叉水道);
2. 所有分流河口沙坝沉积均具有向上变粗的层序。

E. 波能

1. 高而稳定的波能形成笔直的三角洲滨线;砂体具有海相特征并平行沉积走向分布,或者为纯净的、分选良好的席状砂;砂体的高石英质含量与母岩无关。
2. 低波能形成不规则的犬牙交错的三角洲滨线,砂体的排列与沉积走向呈高角度相交;砂体常由粘土胶结,分选差。

F. 潮汐作用

1. 高潮差三角洲具有砂质充填水道;有许多砂质的泛滥决口扇,在上三角洲平原内有许多复杂的蛇曲带砂体;
2. 狭窄海道、海峡等在高潮差情况下,形成一些比较大的线状滨外潮脊和沙坝,长度达数十公里,厚度达20~30m。

G. 风的作用