

美国石油地质学家协会进修丛书

M. P. A. 杰克逊 W. E. 盖洛韦

墨西哥湾沿岸第三纪 大陆边缘构造与沉积类型 及其在油气勘探中的应用

石油工业出版社

(二十五)

美国石油地质学家协会进修丛书(二十五)

墨西哥湾沿岸第三纪
大陆边缘构造与沉积类型及其
在油气勘探中的应用

M.P.A. 杰克逊 W.E. 盖洛韦

刘民中 译 柯保嘉 校

江苏工业学院图书馆
藏书章

石油工业出版社

内 容 提 要

本书共分三大部分：第一部分简明阐述墨西哥湾沿岸第三纪大陆边缘的沉积类型、形成机理和重力构造的模式、成因机制；第二部分介绍研究正断层、盐丘的方法；第三部分应用前述原理和方法研究墨西哥湾沿岸第三纪大陆边缘的含油气远景。本书可供石油地质技术人员、科研人员 and 有关院校师生参考。

Martin P. A. Jackson and William E. Galloway

Structural and Depositional Styles of Gulf Coast Tertiary Continental Margins:
Application to Hydrocarbon Exploration

This is an author-prepared publication of the AAPG
Education Program, April 1984

*

美国石油地质学家协会进修丛书（二十五）

墨西哥湾沿岸第三纪
大陆边缘构造与沉积类型及其
在油气勘探中的应用

M. P. A. 杰克逊 W. E. 盖洛韦

刘民中 译 柯保嘉 校

*

石油工业出版社出版

（北京安定门外安华里二区一号）

北京计量印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 9 3/4 印张 234千字 印1—2,000

1988年4月北京第1版 1988年4月北京第1次印刷

书号：15037·2906 定价：1.80元

ISBN 7-5021-0056-3/TE·56

目 录

一、原理	(1)
1. 大陆边缘的基本组成	(1)
2. 第四纪的真实面目	(2)
3. 三角洲体系 I	(3)
4. 三角洲体系 II	(6)
5. 陆架体系	(8)
6. 海底陆坡体系 I	(10)
7. 海底陆坡体系 II	(15)
8. 重力构造区	(17)
9. 生长断层模式	(19)
10. 薄皮重力滑动——生长断层作用的一种机制	(24)
11. 生长断层与沉积作用之间的相互影响	(31)
12. 生长断层与石油圈闭	(36)
13. 盐构造	(39)
14. 盐和页岩如何流动	(39)
15. 上移重力构造的产生	(42)
16. 底辟发育机制	(44)
17. 盐丘生长阶段	(50)
18. 区域倾斜、排盐构造以及向上牵引构造之间的等高线效应	(54)
19. 盐丘周围的断层型式	(59)
20. 石油圈闭及盐丘伴生相	(64)
二、方法	(71)
1. 正断层分析方法	(71)
2. 拉伸地层横剖面补偿的断层分析方法	(76)
3. 塑造盐丘三维形态的等体积分析方法	(78)
4. 重建盐流的盐丘分析方法	(78)
5. 估算盐丘生长速率的盐丘分析方法	(88)
三、应用	(91)
1. 墨西哥湾沿岸第三系区域沉降	(91)
2. 墨西哥湾沿岸第三系应变区	(96)
3. 墨西哥湾沿岸第三系生长断层	(98)
4. 墨西哥湾沿岸第三系底辟作用	(104)
5. 墨西哥湾沿岸第三系盐底辟作用与生长断层作用的相互影响	(111)
6. 墨西哥湾沿岸第三系重力滑动褶皱作用和断层作用：墨西哥湾海岭	(115)

7. 墨西哥湾沿岸第三系沉积单元.....	(12)
8. Frio 地层——堡坝斜坡退覆幕	(121)
9. Hackberry 港湾——陆坡上超楔形体.....	(132)
10. 孤立的海底峡谷——Wilcox 边缘的 Yoakum 和 Hardin 水道	(134)
11. 小结——墨西哥湾沿岸第三系古大陆边缘	(137)
12. 墨西哥湾大陆边缘沉积中的石油	(142)
13. 与其它离散型陆缘的比较	(145)
参考文献	(147)

一、原 理

1. 大陆边缘的基本组成

人们通常所用的大陆边缘这个术语，包括一条浅水至陆盆与深洋盆之间的重要边界。这一术语还隐指将陆壳与洋壳分隔开的界面或过渡带。大陆边缘反映地球表面主要自然地理景观、水深情况和构造特征。

组成大陆边缘的三个水下沉积体为陆架、陆架边缘和陆坡（图 1-1）。正如我们将要看到的那样，由于全新世的水位高，我们对陆架的概念可能需要做一些修正。

墨西哥湾西北陆架的现代大陆边缘可按水深和原始坡度描述,但在地层记录中识别古大陆边缘就困难得很。几种可资利用的判别标准包括古水深、地震地层学和同生沉积构造的生

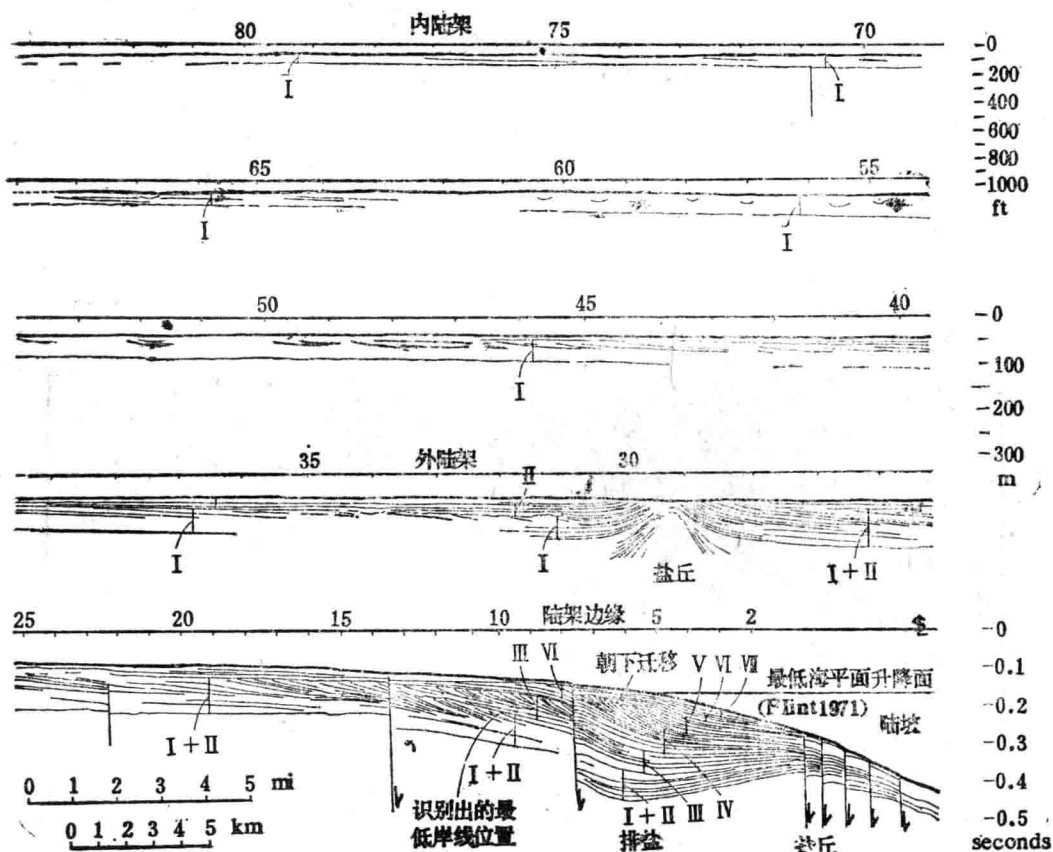


图 1-1 从 Galveston 到陆架边缘的电火花回声测深剖面示踪图 (据 Winker, 1979)

垂向放大约18倍。重要的特征包括：(1)各个地震层序(以罗马数字标记)朝盆地方向逐渐加厚，(2)整个外陆架都为低角度斜坡地形，(3)地层在陆架边缘增厚、变窄并进一步分离成不同的斜坡沉积层序，(4)大的生长断层位于或邻近陆架边缘，(5)各沉积单元横向上厚度变化极大，特别是在上陆坡，(6)外陆架和上陆坡分别被底辟和深部盐丘所刺穿。

长。后面两种判别标准已在墨西哥湾（Galveston 滨海）第四纪表 层沉积物中得到了证实，参见图 1-1。

2. 第四纪的真实面目

我们对大陆边缘水深状况和地层分布的印象受到下述情况的很大影响，即我们今天所见到的大陆边缘曾经历过从地质上说可谓突然发生且仅在几千年前才结束的全球性海侵。由于

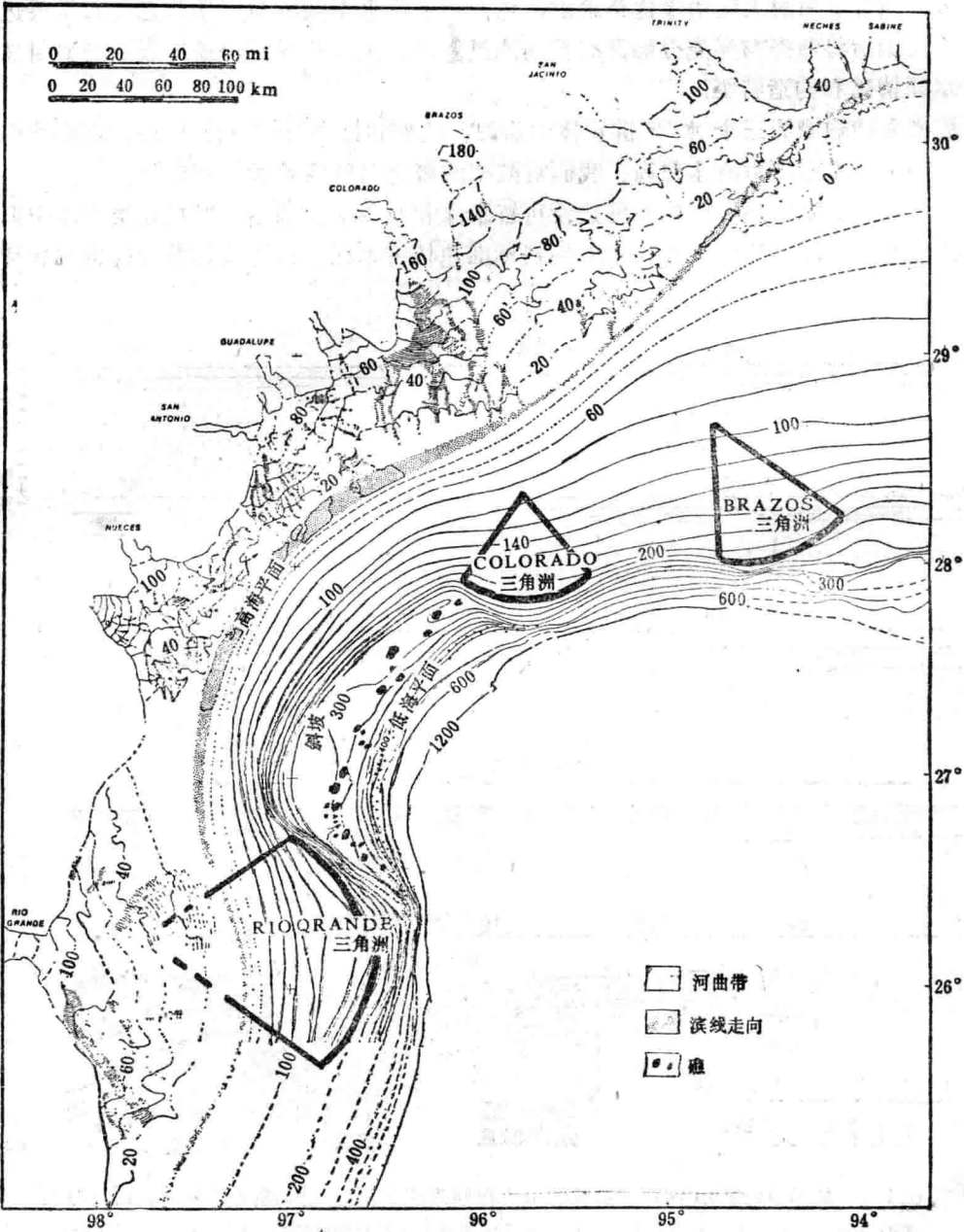


图 1-2 更新世末期得克萨斯州陆架的古地形与等深线 (据 Winker, 1979)
这些等深线是减去全新世沉积物（主要为陆架泥）的厚度后得出的。第四纪海平面高水位和低水位的大致位置恰好处在现代大型海进滨线内陆一侧和现代陆架边缘

全球海平面总共上升了 120 m 还多，一些沉积盆地的边缘（比如墨西哥湾北部）现在成了宽阔的低起伏陆架。现代陆架边缘一般都处于（或被选定在）180 m 的等深线上。

但是，在整个第四纪海面低水位期，现代大陆边缘生长活跃。陆架就是被海水大规模侵蚀的海岸平原，它们由河流、三角洲、滨岸带和狭窄的陆架沉积组成（图 1-2）。如果剥离了全新世的海进薄层沉积，则揭露出来的沉积台地包括：

- 1) 三角洲岬角；
- 2) 狭窄的前三角洲陆架；
- 3) 三角洲间滨岸带和相对陡峭的陆架，后者在形态上类似于碳酸盐斜坡；
- 4) 前缘陆坡。

沉积中心（以三角洲岬角为主）迅速向陆架边缘推进，一旦到达陆架边缘，三角洲就直接推进到陆坡上，那么，前三角洲和上陆坡就成为一体了。

3. 三角洲体系 I

三角洲是由河流供给物源的沉积体系，它使滨线不规则地向前推进。三角洲体系包括了所有相毗邻的陆上和水下沉积物。如果接受了这一基本概念，那么许多涉及大陆边缘砂岩储集层沉积环境的争论就易于解决了。

1) 河口作用

分流河口处沉积物的沉积作用是三角洲体系的基本作用（图1-3），它包括：（1）河口沙坝沉积作用；（2）前缘决口扇的形成；（3）前三角洲泥坪的沉积作用；（4）波浪和潮汐对河

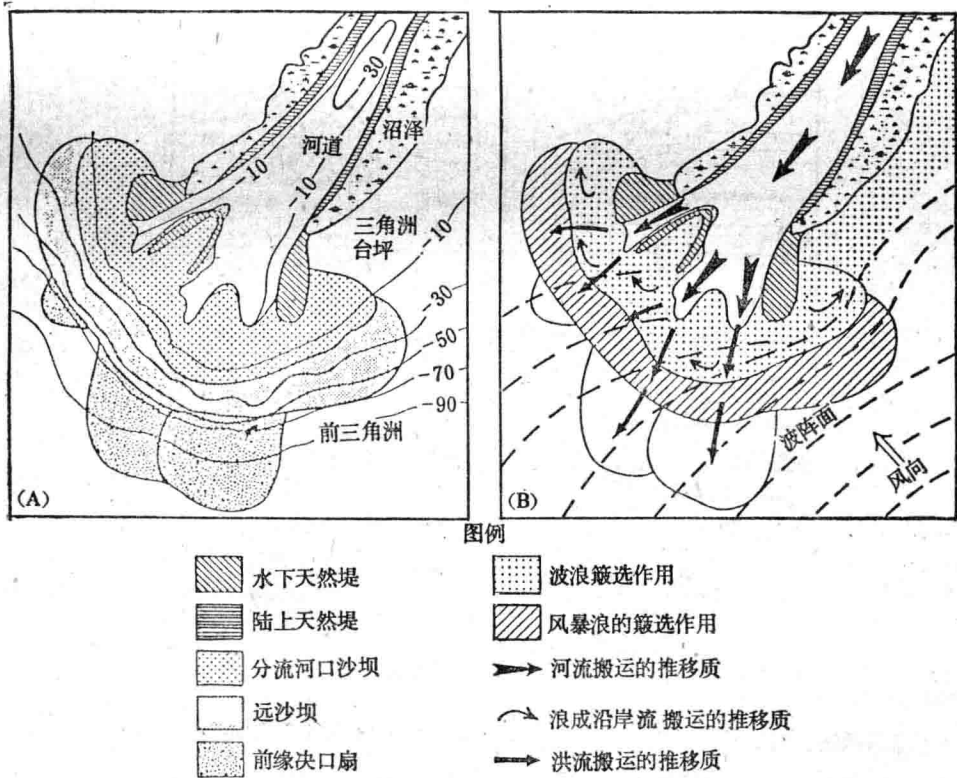


图 1-3 河口环境及其沉积作用（据 Galloway 和 Hobday, 1983）

口沙坝的改造作用。

2) 重力再沉积作用和变形作用

河口和三角洲前缘的沉积物处于易被重力位能改造、破坏或重新运动的理想位置上：首先，砂粒沉积在厚而欠压实并饱含水的前三角洲泥坪的顶部；其次，沉积场所位于倾斜的前三角洲和上陆坡裙的顶部。

现代密西西比三角洲舌形体正进积到现代陆坡顶部厚的前三角洲泥上。所观察到的各种变形特征包括：(1) 滑塌构造和较大的断层；(2) 泥流（它可形成浊流）；(3) 泥底辟构造（图 1-4）。

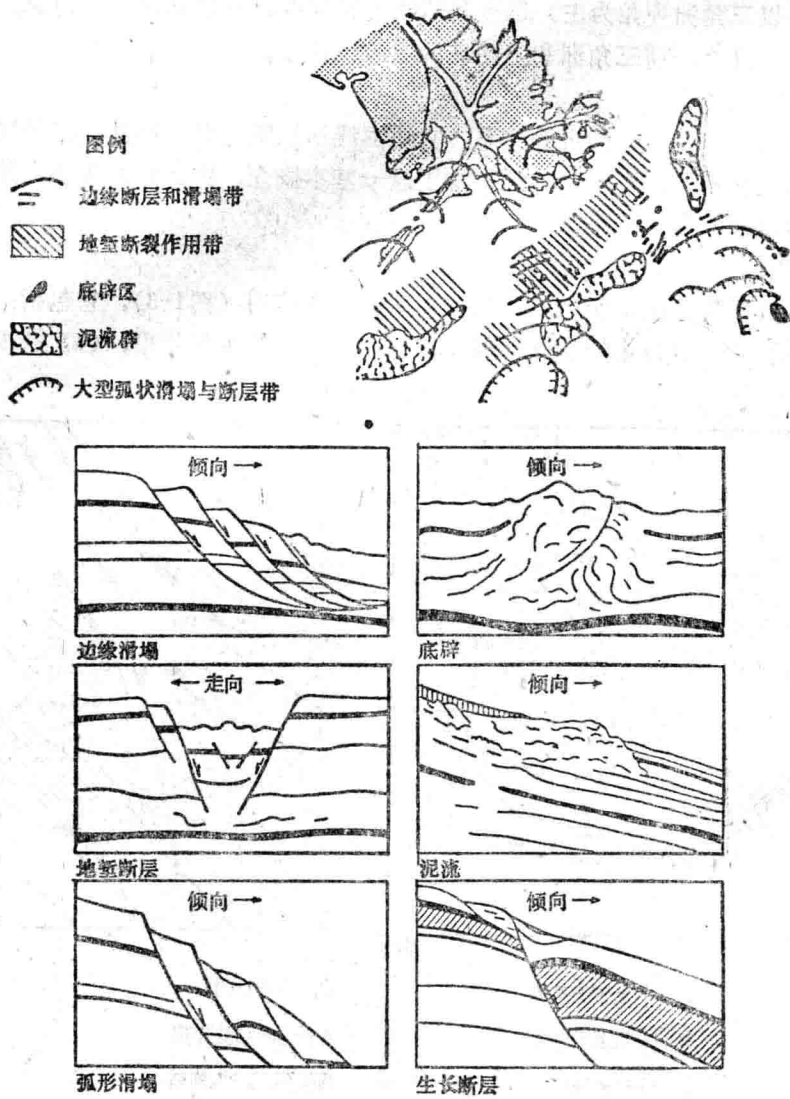
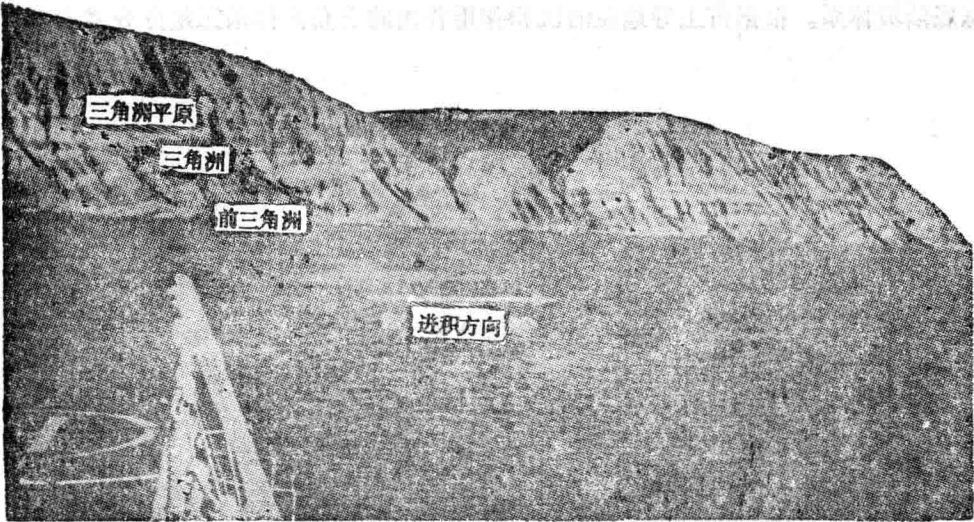
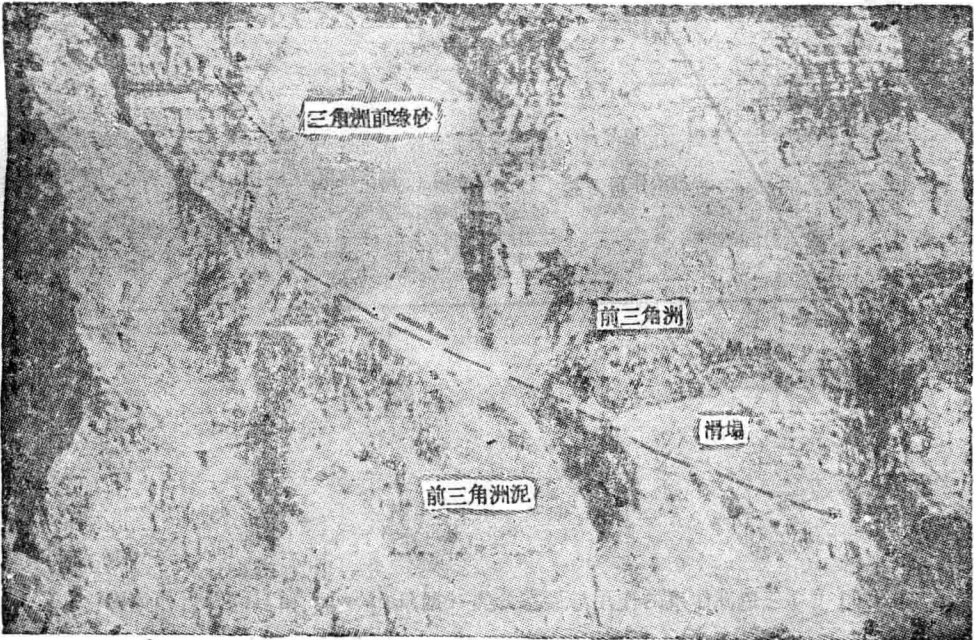


图 1-4 沿活跃进积的三角洲前缘发生的重力再沉积和变形作用型式（据 Galloway 和 Hobday, 1983；按 Coleman 和 Garrison 修改, 1977）

已经多次在不同规模上发现生长断层和滑塌构造同三角洲前缘砂相有密切的物理与成因关系，从薄的克拉通内盆地的三角洲沉积到厚的三角洲沉积（例如 Svalbard 群岛的三叠纪沉积）都有（图 1-5）。



远景



单一断块

图 1-5 挪威 Svalbard 群岛的三叠纪三角洲前缘生长断层（据 Galloway 和 Hobday, 1983, 经 M. B. Edwards 许可）

4. 三角洲体系 II

考察现代三角洲作用体系以及相关的形态和沉积物的分布型式表明，决定三角洲几何形态和主体砂相分布的三种基本作用是：(1) 沉积物的输入；(2) 波浪的能量；(3) 潮汐的能量。大量推移质沉积物重新移动，从而离开三角洲前缘，形成一个成对的但具有不同沉积特征的海底陆坡体系。根据占主导地位的沉积作用作出的三角洲体系三组分分类见图 1-6。

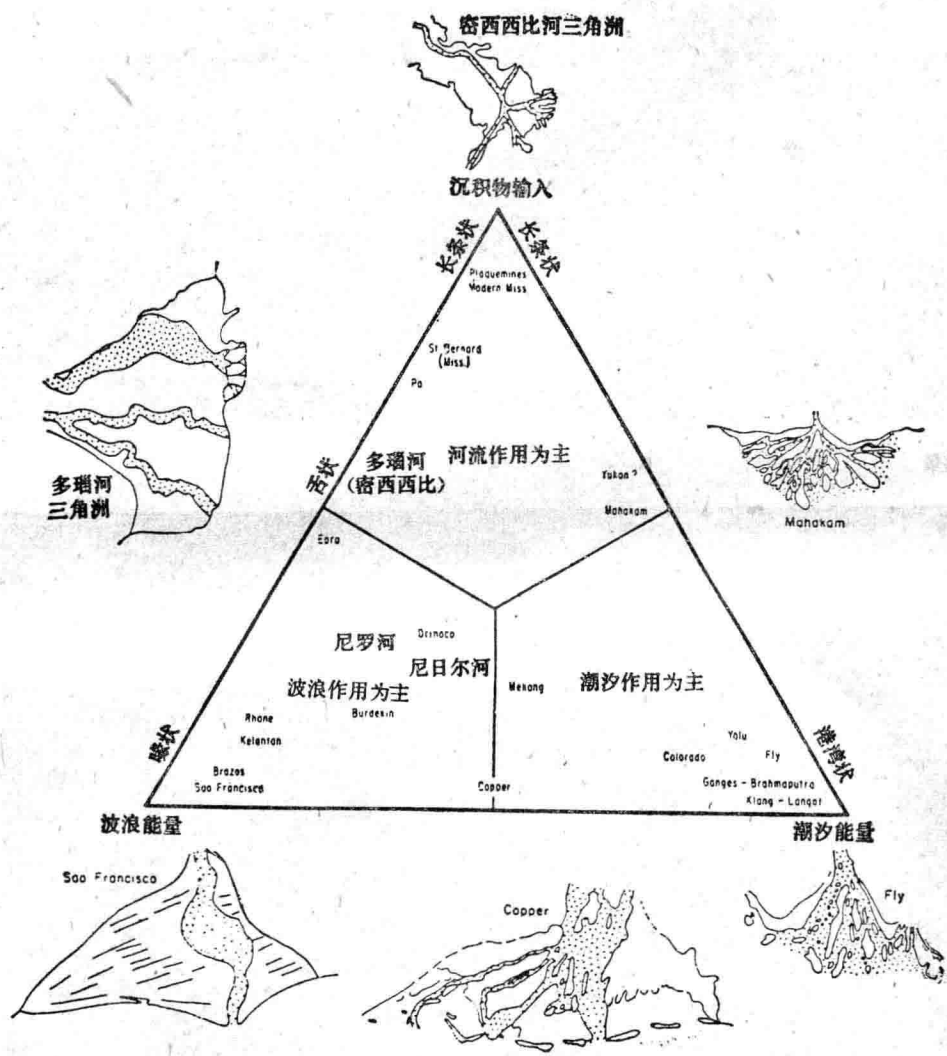


图 1-6 三角洲体系的作用与形态分类 (据 Galloway 和 Hobday, 1983)

1) 砂体几何形态和垂向层序

业已查明，墨西哥湾沿岸第三纪盆地的主要充填物由河流和波浪作用占主导地位的三角洲体系构成。

各种三角洲主体砂体的形态差异很大 (图 1-7)。以河流作用占主导地位的三角洲形成以分流河道为沉积中心的指状、分叉状河口沙坝见图 1-7(A)。方位变化不定，但一般向下

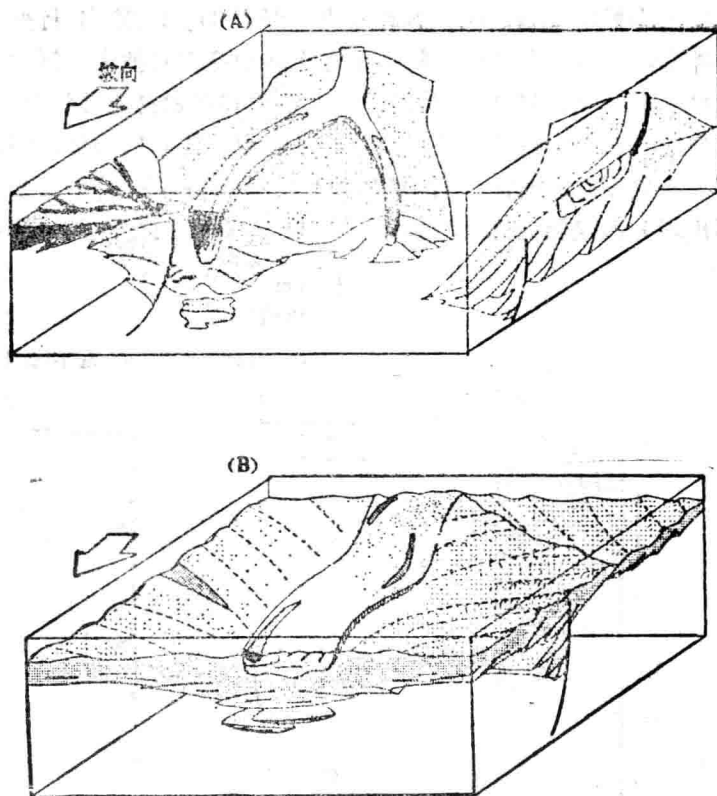


图 1-7 三角洲体系的主体砂层构型 (据 Galloway 和 Hobday, 1983)

(A) 一河流作用为主的三角洲;

(B) 一波浪作用为主的三角洲

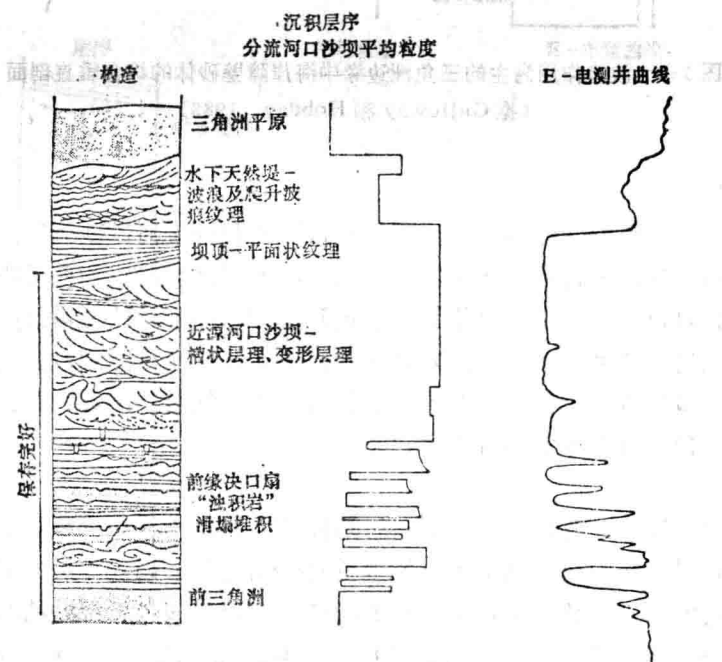


图 1-8 河口沙坝砂体综合垂直剖面 (据 Galloway 和 Hobday, 1983)

倾方向延伸。垂向层序极不规则，向上颗粒变粗（图 1-8）。粒度向上变粗，在很大程度上归因于砂层增多并变厚。在三角洲内，特别是在大陆边缘三角洲内，沉积物直接堆积在陆坡顶部，存在着大量的前缘决口扇“浊积岩”、滑塌块体和沉积物流等组分。

以波浪作用为主的三角洲在靠近活跃河口处具有相似的垂向层序，但在分流间的三角洲前缘位置上则形成一些厚的、通常为块状的海岸障壁砂体（图 1-9）。强烈的波浪改造作用可形成沿走向不规则分布但侧向连续的砂体，如图 1-7(B)，此砂体以海岸障壁相为主体。

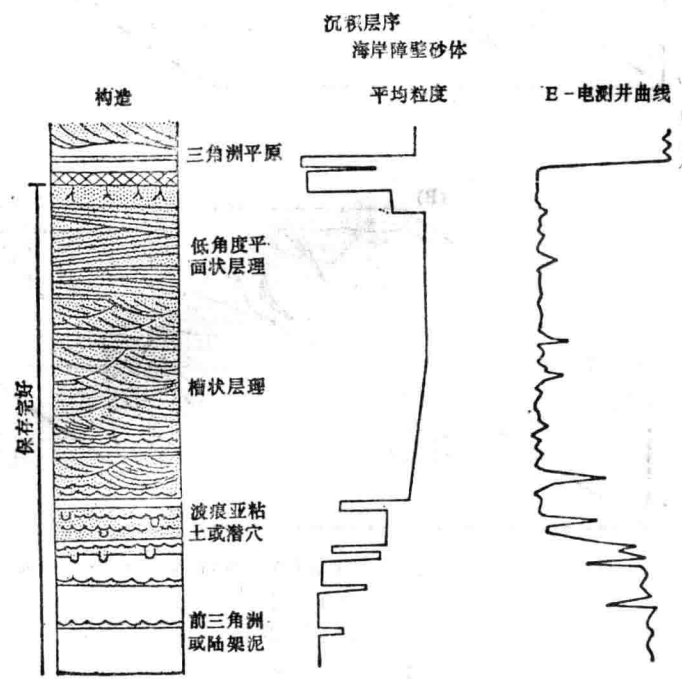


图 1-9 波浪作用为主的三角洲边缘中海岸障壁砂体的综合垂直剖面
(据 Galloway 和 Hobday, 1983)

2) 储集层相

河流作用为主的三角洲边缘的储集层相由河口沙坝和分流河道砂体组成。最大的滑塌沉积的体积可能大到足以成为局部的储集层。远三角洲前缘砂（滑塌和前缘决口扇沉积）的厚沉积（后面讨论）可以在墨西哥湾沿岸第三系内形成一些不连续的低渗透的储集层。

波浪作用为主的三角洲储集层相主要是一些横向连续的海岸障壁砂。前缘决口扇和滑塌相在局部地区可能也很重要，但一般都是一些低渗透的产气层。随着三角洲前缘的波浪改造作用逐渐加强，油田开发起来就更加容易。

5. 陆架体系

潮汐、风暴浪、涌浪以及由风驱动的水流是陆架上搬运推移质沉积物最有效的营力。

在墨西哥湾这样的地中海型盆地内，潮汐变化范围有限，潮汐作用似乎也不重要。

在晴朗天气的波基面（该面确定了滨面的深度，在现代和第三纪的墨西哥湾沿岸区一般为 10 m）之下，风暴浪可将沉积物搬运到 30~300 m 深处。现在普遍将波状交错层理作为陆架上风暴浪作用的构造标志。

风和气压使海水拍击滨岸,形成了风暴涌浪。风暴一过,回流就形成能搬运砂粒的底流。

当风暴使海水拍击滨岸时,在浅水和中深水处形成风驱动的水流。不同于风暴涌浪,这种水流可连续几天不退,并且在靠近滨面处沿走向转折。离岸搬运(退潮涌浪)和走向搬运(风驱动水流)在正常水流作用以下的深水部位和陆架边缘处,对砂粒的沉积可能都起着重要的作用,但在陆架边缘以外的更深水区,这些作用的影响迅速消失。

在墨西哥湾第三纪盆地内,沉积记录显示风驱动的水流和风暴涌浪都在陆架沉积体系中形成了一些砂质沉积,而该体系本来是应该富含泥质沉积的。这样形成的体系或许可以说成是风暴干扰的结果(图 1-10)。图 1-11 表示了这种受 风 暴 干 扰 的 陆 架 体 系 由 进 积 作 用 产 生 的 综 合 垂 向 层 序。该层序厚度增大,粒度向上变粗,它由多个厚度和砂含量均向上递增(在较浅水中)的混合型风暴薄层组成。这一层序向上逐渐变化为三角洲前缘或滨岸带的下滨面砂质沉积。

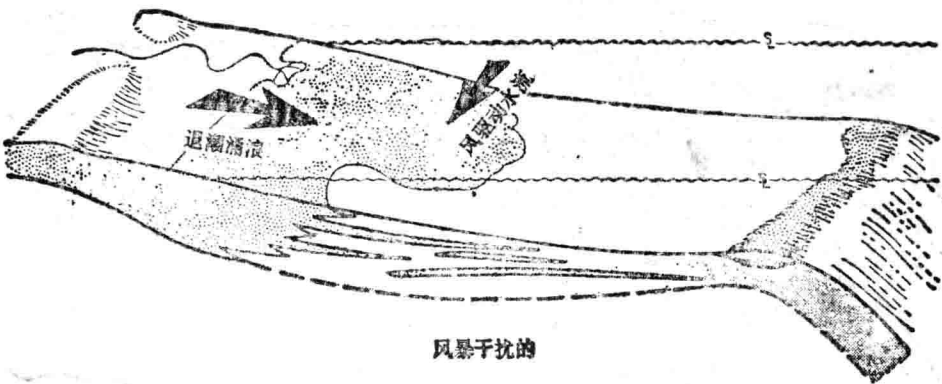


图 1-10 受风暴干扰的陆架体系中砂的分布

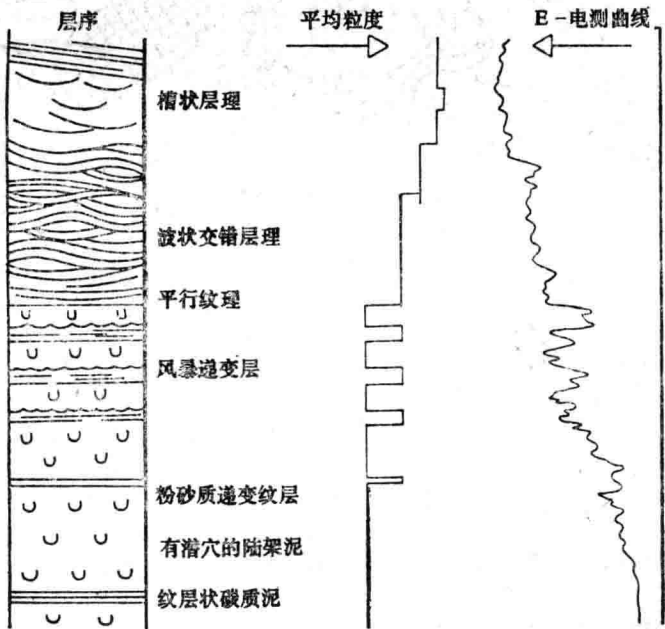


图 1-11 由受风暴干扰陆架的进积作用形成的层序,粒度向上变粗(据 Galloway 和 Hobday, 1983)

6. 海底陆坡体系 I

海底陆坡的特点是坡度比较陡。虽然沉积作用活跃的陆坡倾角一般小于 5° ，但这已足以导致相当的不稳定性，特别是上陆坡更是沉积物的不稳定带和越流带 (Zone of Sediment Bypass)，而且也是侵蚀作用中心。沉积物重新移动和搬运是以重力块体搬运和密度潜流为主。块体搬运作用包括：(1) 沿单个滑移面的滑塌作用；(2) 由粘性的沉积物-水混合物组成的泥石流。

由于重力位能是顺坡搬运的主要作用机制，因此可依其将最粗粒沉积物堆积在海底低地

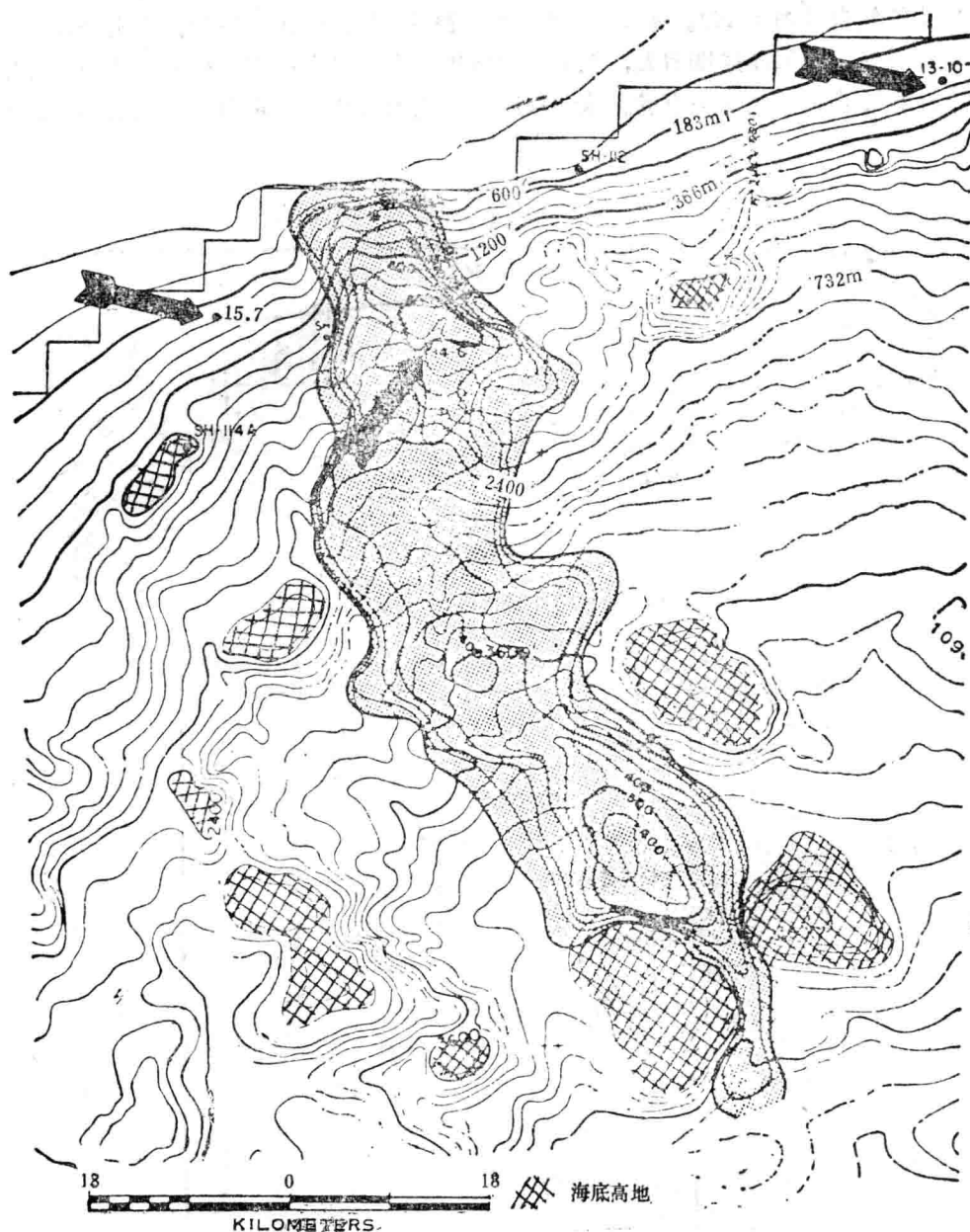


图 1-12 重叠在水深图上的滑塌位移沉积物等厚度图 (据 Woodbury 等, 1978)

注意由底辟引起的海底高地间泥石流的定位。地层为更新统，地点在得克萨斯陆架边缘

内沉积层序的底部这一自然趋势来区分陆坡体系（图 1-12）。砂虽然也是再沉积的一部分，却不可能沉积在海底高地的顶部，这已被墨西哥湾北部第四纪陆坡中所取的岩芯证实（表 1-1）。

表 1-1 不同海底位置的岩芯收获率①

海底位置	岩芯试验次数	见砂岩次数	砂岩样所占百分比
封闭高地	3	0	0
封闭凹陷	3	3	100
高地或脊部边侧	7	1	14
陆坡区	16	4	25
	29	8	

①岩芯收获长度在1.5米以上（据Woodbury等，1978）。

陆坡沉积单元内的沉积物代表了沉积在陆架边缘和上陆坡的物质。例如，三角洲前缘砂的滑塌作用（这种现象在陆架边缘三角洲中常见）可将大量的砂顺上陆坡向下移走（图 1-13）。一次大型滑塌可以产生一些海底峡谷，这些峡谷的头部发生侵蚀，其层序的下部被泥石流和浊流沉积物所回填（图 1-14）。最近的工作表明，大型峡谷和现代密西西比峡谷都是以滑塌作用为主而产生的。

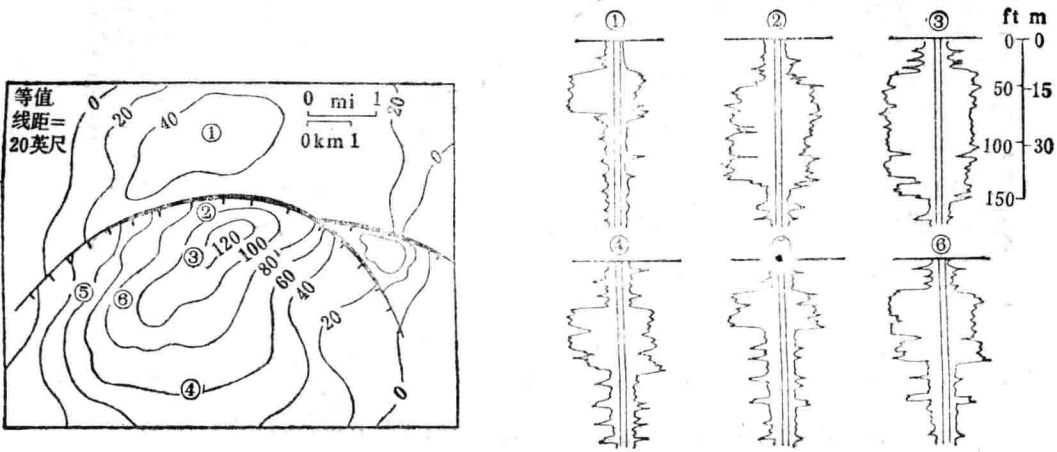


图 1-13 密西西比三角洲前缘的大型滑塌沉积（据 Galloway 和 Hobday, 1983）

曾用过两种沉积模式来说明墨西哥湾沿岸第三纪沉积物充填。众所周知的海底扇模式就已被多次引用过。这一模式的要素综述于图 1-15 和图 1-16 中。其主要组成部分包括上部的扇形水道和下部的上叠扇加积裙。这一模式是依据一些构造上活跃、含砂丰富的叠超斜坡的研究结果建立起来的。虽然现代密西西比扇同典型的海底扇模式有一些相同的要素，但此模式对于含泥丰富、不稳定的进积型墨西哥湾大陆边缘的大部分地区来说，好象并不十分适用。

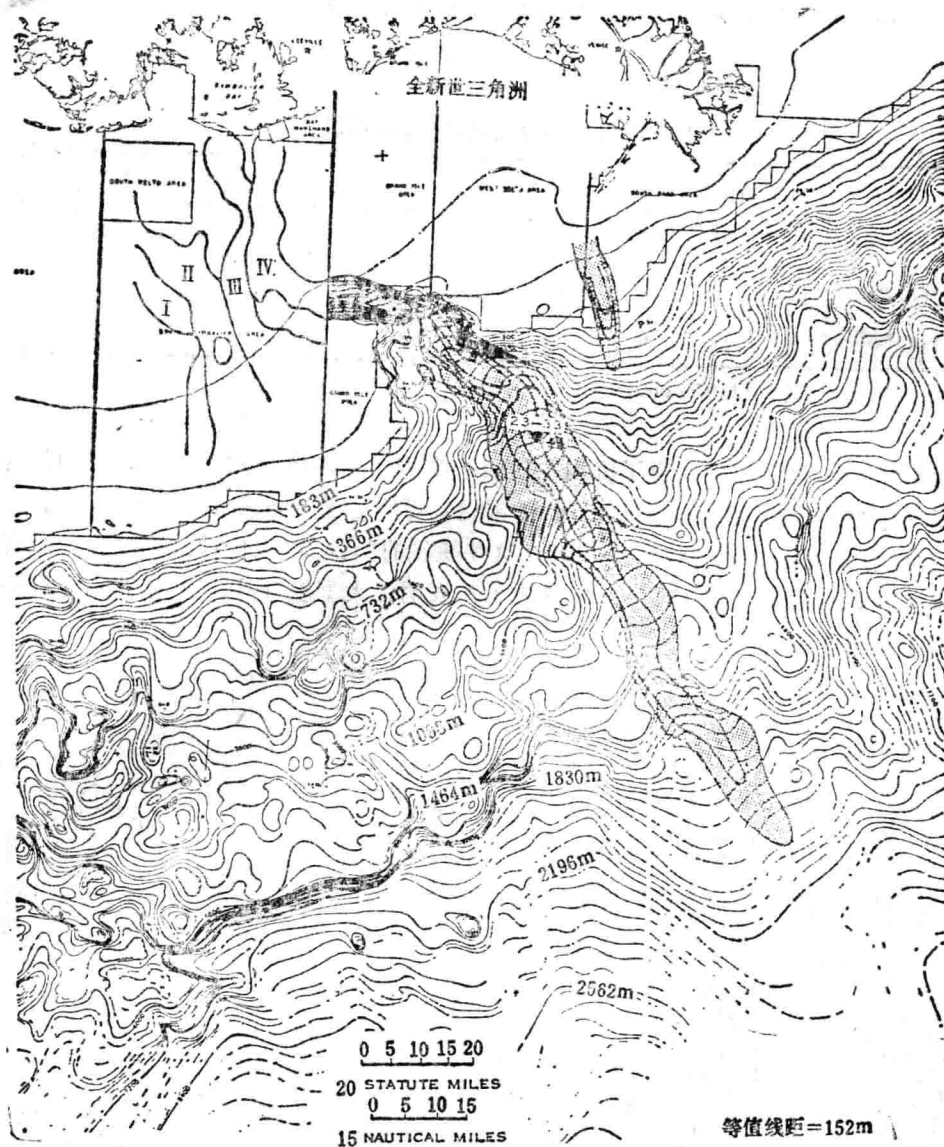


图 1-14 更新世密西西比海底峡谷充填物等厚图 (据 Woodbury 等, 1978)

墨西哥湾沿岸第四纪陆坡提供了另一种陆坡体系模式。这种陆坡大多由复合体组成，该复合体包括泥石流和滑塌物的沉积层、舌状体、楔状体以及裙状体。在局部地区，滑塌作用和侵蚀作用一道形成一些海底大峡谷或小峡谷，这些峡谷由滑塌沉积和狭窄浊积扇沉积充填 (图 1-14)。

图 1-17 的 (A) 和 (C) 显示了富砂海底扇和峡谷充填的主体砂体形态。滑塌作用和泥石流并不能形成完整的主体砂分布体系，但这类作用却可使大量的砂沉积在陆坡上。