

# 滚动背斜油气田

李德生

(石油工业部北京石油勘探开发科学研究院)

## 一、名词解说与形成机理

滚动背斜 (Rollover anticline) 亦称逆牵引构造 (Reverse drag structure), 是与张性正断层有关的一种褶皱。“滚动”指地层向断层面的反倾回转。“逆牵引”是从“正牵引”引伸出来的名词。正牵引是断层附近发生的地层拖拉现象, 逆牵引在断层附近地层的弯曲方向与正牵引相反, 出现在同生断层的下降盘。这是中、新生界断陷盆地内普遍发育的一种构造型式。

区域性的同生断层是产生滚动背斜或逆牵引构造的必要条件。这种断层都是在沉积过程中发育的边沉积、边断裂, 向海湾或深凹陷的方向下掉。同一地层单元, 下降盘的厚度 2—10 倍于上升盘。

同生断层和滚动背斜的形成机理有三种:

第一种是重力滑动作用。随着沉积盖层厚度不断增大, 在盆地基底斜坡上由于重力作用产生自然下滑, 在下滑过程中岩层被拉伸而出现断裂, 使上、下两盘发生分离, 下盘的沉积岩在分离间隙内逐渐坍塌扭转而形成滚动斜背或逆牵引构造 (图 1)。

第二种是差异压实作用。由于沉积物颗粒的粗细不同, 在成岩过程中的压实

量也不同。如砂岩孔隙度为 40%, 压实到孔隙度为 20% 时厚度减为原来的二分之一, 泥岩孔隙度为 80%, 压实到孔隙度为 20% 时厚度减为原来的四分之一。由于沉积厚度与岩相两者的变化, 产生扭折带。沿着这条扭折带发生区域性的同生断层 (图 2)。

第三种是由于塑性岩层流动上拱。这种塑性岩层包括岩盐、石膏或软泥岩。在上复沉积盖层重力作用下, 流动上拱, 使上复岩层发生破裂, 形成断层 (图 3)。泥岩在沉积初期是

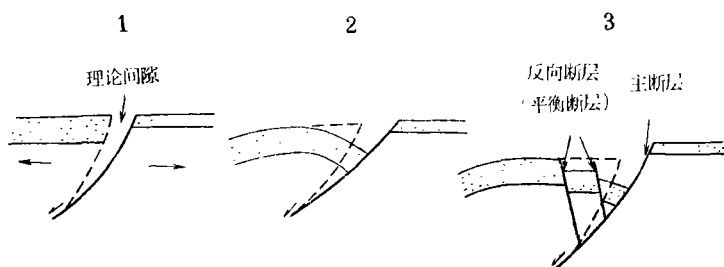


图 1 由重力滑动作用产生的逆牵引构造

\* 本文为石油工业部北京石油勘探开发科学研究院总地质师李德生同志 1979 年 7 月 3 日在广东省石油学会成立大会上的讲稿。1979 年 12 月本刊收到修改付印稿。

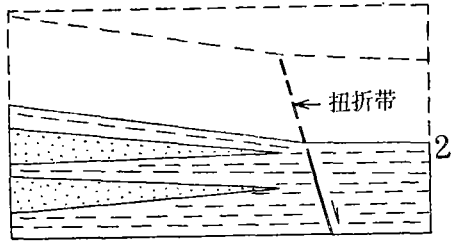
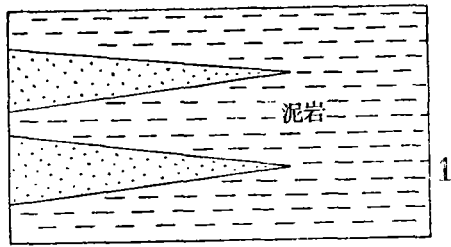


图2 由差异压实作用产生的同生断层

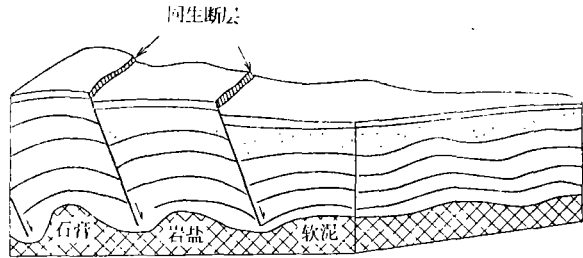


图3 由塑性岩层流动、上拱产生的同生断层与滚动背斜

水平成层的，随着海退其上沉积有较重的砂岩体，使下面未固结的粘土受压实而向下弯曲。经过继续沉积，同生断层随着泥岩块体的上拱而继续发育，在顶部产生地堑式断裂，而在同生断层的下降盘，容易形成滚动背斜或逆牵引构造。

因此，滚动背斜是与同生断层有关的伴生构造。

## 二、美国墨西哥湾沿岸地区的勘探实践与模拟试验

美国墨西哥湾盆地面积64万平方公里，中、新生代地层厚达2万米。其中第三系碎屑岩沉积厚度为3000—16000米。从1901年发现第一个油田以来，已开发几千个油田。1977年石油可采储量尚有21亿吨，年产油量为2.36亿吨。

当三十年代至四十年代时期，在美国德克萨斯州南部和路易斯安那州的墨西哥湾沿岸地区大量勘探实践活动中发现了许多第三系油气田，都位于断层的下降盘。这些油气田都分布在与墨西哥湾平行的许多向南倾斜的正断层的南面，并且都被一些闭合的背斜所圈闭。这种现象本身是非常特殊的。为了区别于一般的背斜构造，石油地质家将墨西哥湾由区域性同生断层向沉积凹陷下掉盘里形成的背斜称为“滚动背斜”或“逆牵引构造”。

墨西哥湾第三系剖面主要由砂岩组成，向海方向逐渐变为页岩。可塑性较强的低密度页岩体是这些断层系统形成的主要因素。同生断层是在三角洲砂岩体较突然地变化为页岩处发育起来（图4）。

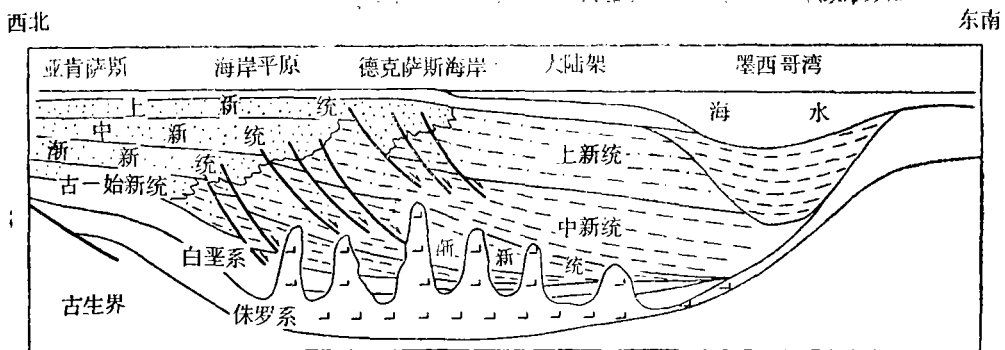


图4 美国墨西哥湾地质剖面图

与墨西哥湾海岸平行的深部埋藏的侏罗纪及二迭纪盐丘向上升起到上复岩层（白垩系和第三系），在盐丘构造顶部第三纪地层形成地堑构造，而在翼部形成正断层，即在正断层的下降盘形成逆牵引构造。因此，墨西哥湾沿岸地区油气藏基本类型有二种：一种是滚动背斜，另一种是盐丘构造（图5 A.B.）。

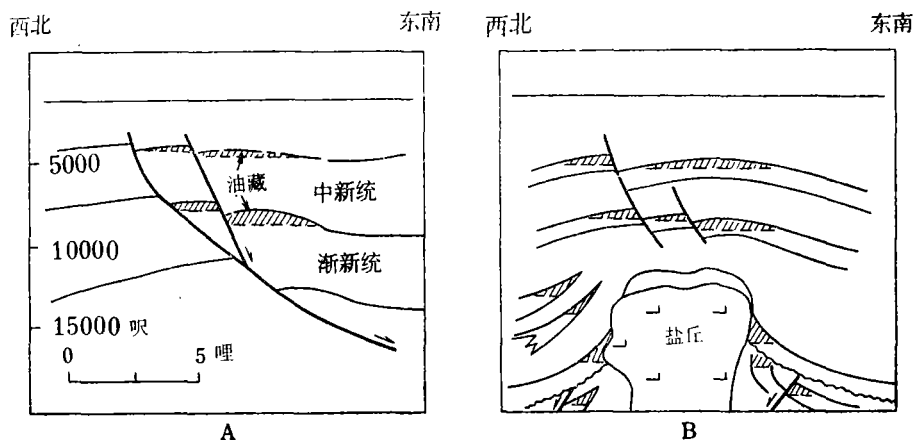


图5 美国墨西哥湾油藏类型

A. 滚动背斜型

B. 盐丘构造型

为了验证以上各种认识，H. Cloos (1928—1931) E. Cloos (1955) 和 R. E. Carver (1968) 等美国地质学者用泥、砂和金属片等进行了室内模拟实验，证实墨西哥湾的断层系统是由重力—张力作用造成的。在盆地充填沉积物的过程中由于重力滑动作用产生了向盆地下掉的正断层，在断层的下降盘地层增厚，产生了弯曲的主断层，地层向断层面的反倾，平衡断层以及断层下降盘的滚动背斜或逆牵引背斜构造。重力滑动作用最有力的证明是没有发现过逆断层（图6）。

然后用石蜡代替金属底板，模拟整个墨西哥湾的断层系统，所得结果与地质图幅十分相似（图7）。

滚动背斜油气田的理论是由于墨西哥湾大量的勘探实践而认识，并经过室内模拟实验得到证实。

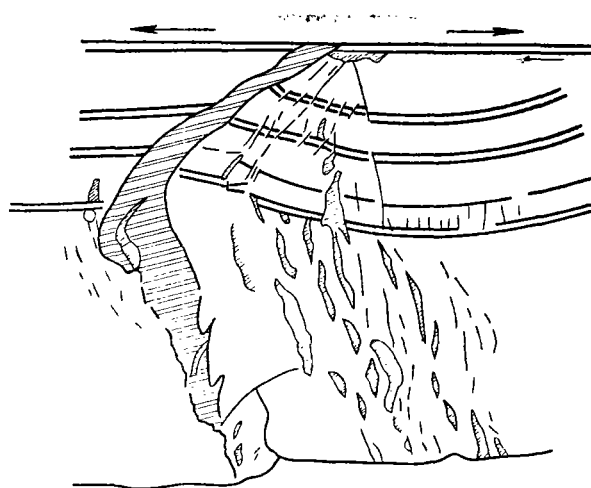


图6 用粘土实验得出的逆牵引构造，带擦痕的主断层面，反向断层的斜视立体图（根据E. Cloos 1968）

### 三、应用滚动背斜理论在尼日利亚发现了一系列油气田

非洲尼日利亚海岸盆地包括沿海的沼泽和热带森林地区和水深 183 米以内的大陆架地区，面积 9 万平方公里（其中陆地 6 万平方公里，海域 3 万平方公里）。盆地基底为白垩纪

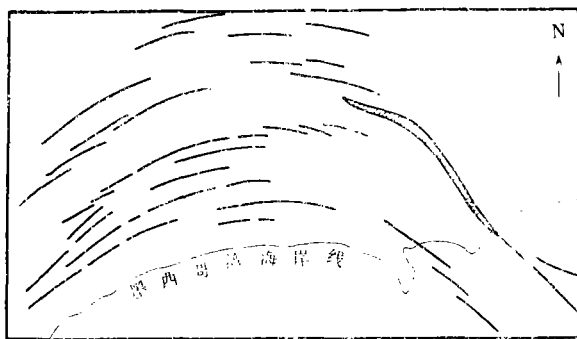


图7 粘土模型得出的墨西哥湾断裂系统图与实际资料十分相似 根据F. Cloos (1968)

以前的地层，多已变质。其上为白垩系、第三系和第四系沉积。始新世早期，开始了尼日尔河三角洲沉积，逐渐向几内亚湾充填，沉积物的最大厚度可达12000米以上。海相古新世蓝灰色有孔虫泥岩厚度可达600—6000米，这种富含水、密度低、塑性强的泥质岩向侧向上流动，造成泥脊上拱，形成同生断层。在断层下降盘产生一系列狭长的平缓背斜构造带，即“滚动背斜带”。每个背斜的面积不大，长轴为6—9公里，短轴为3—5公里，并被一些

些从属于主正断层的小断层所复杂化。

尼日利亚自1908年开始在北部白垩系砂岩出露油苗的浅层进行钻探。1937—1951年进行地质及地球物理勘探。1952—1955年在三角洲边缘进行钻探，均无发现。直到1956年才在森林沼泽区找到第一个工业油气田。随后进行大规模的区域勘探。各公司应用同生断层、软泥上拱和滚动背斜的理论作指导，采用地震加地层倾角测井相结合的方法。先用地震普查主要的同生断层，然后在断层弯曲处加密一、二条测线找“滚动背斜构造”，在高点布一口探井，进行地层倾角测井，再补做一、二条地震测线，补钻几口估价井和开发井。到1972年，尼日利亚所发现的120多个油田中，有70多个在陆上，50多个在海上。最主要的产油层为第三系阿格巴塔组砂岩，单个砂层厚度为15—45米，与泥岩相间呈互层，总厚可达3000—5000米。主要的油气圈闭类型都是与同生断层有关的滚动背斜圈闭和断层圈闭（图8、9）。

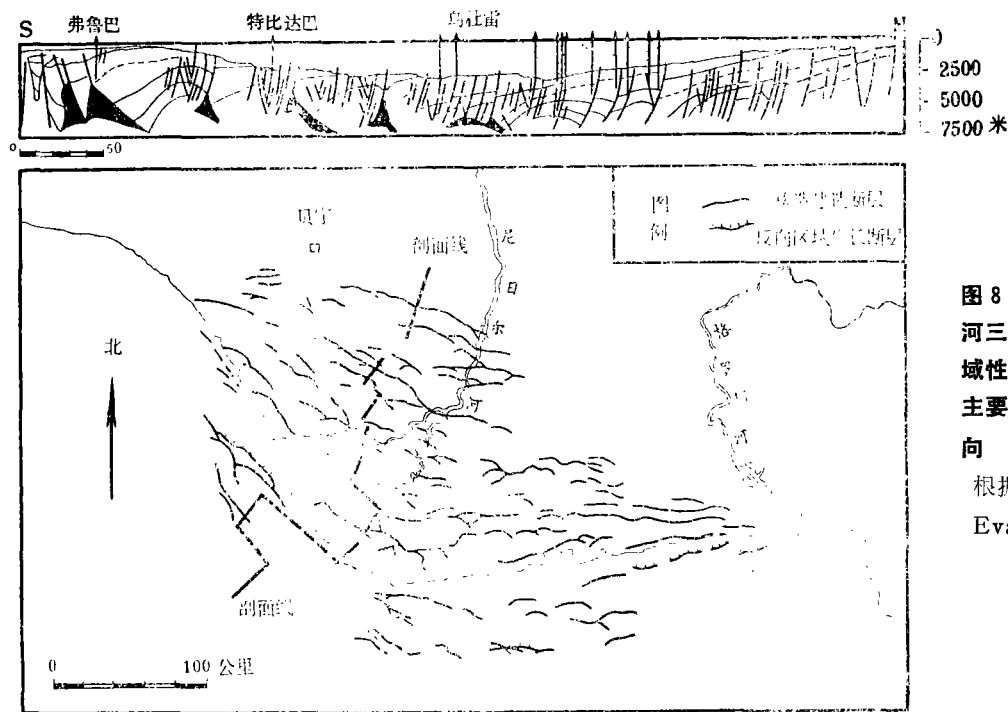


图8 尼日尔河三角洲的区域性横剖面及主要构造线走向 根据B. D. Evamy等

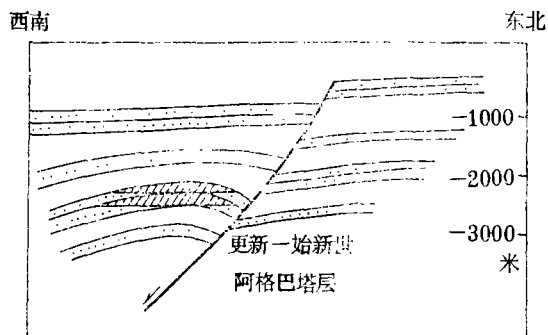


图9 尼日利亚滚动背斜油藏类型图

1977年尼日利亚原油总可采储量约25亿吨，天然气可采储量11200亿方。近几年来，原油年产量均在1亿吨左右，年产天然气60亿方。较大的油田有波牟油田，油层厚10米，气层厚20米，可采储量8100万吨，年产油量220万吨。奥坎油田油层厚7米，但孔隙度达30—32%，可采储量6800万吨，年产油量362万吨。年产油量超过200万吨以上的有11个油田，单井日产油量200—700吨。

#### 四、我国东部第三系断陷盆地与同生断层有关的构造圈闭类型

我国东部发育有一系列拉张型的第三系断陷盆地，如渤海湾盆地、苏北—南黄海盆地、南襄盆地、江汉盆地和北部湾盆地等。由于张性正断层异常发育，形成多凸多凹的构造格局。生油凹陷都分布在几条大型的断陷带内。多数是单断式的箕状凹陷，少数是双断式的堑状凹陷。

在箕式凹陷内，断侧有3~10公里厚的第三系沉积。在同生断层下降盘发育有一系列滚动背斜。如同生断层是在基底断裂的基础上发育生长起来的，则在第三系底部不整合面下有断阶式的潜山圈闭。箕式凹陷的坡侧第三系沉积厚度减薄到1~3公里，逐层有超复、尖灭或剥蚀现象。可能形成大型的地层—岩性圈闭。坡侧的同生断层由于规模较小，只能形成第三系的断鼻带。基底的反向正断层，可构成一系列或数列沿走向分布、隆起幅度不大的潜山圈闭。

箕式凹陷有时出现一种复式结构。即在凹陷较深部位因块断升降活动而产生一系列中央潜山带，常形成良好的圈闭。中央潜山带主断层的下降盘亦分布有一系列规模较小的滚动背斜带。有时箕式凹陷的最深部位，因塑性地层（膏、盐或软泥）的上拱，形成中央背斜带，亦可构成油气比较富集的部位。

在地堑式凹陷内，两面断侧都可能发育有滚动背斜带和断阶带。堑式凹陷达到一定的宽度时，其中央部位亦可能出现潜山背斜带或中央背斜带。中央带主断层的下降盘亦分布有一系列规模较小的滚动背斜带（图10）。

渤海湾沿岸地区油气藏类型丰富多彩，有构造圈闭、地层圈闭、混合圈闭和古地貌圈闭（或称古潜山圈闭）等油气藏。由于这个地区第三系同生断层相当发育，因此滚动背斜圈闭成为构造圈闭中的主要类型之一。1964年第一个开发的胜坨油田就是在胜北大断层下降盘的第三系滚动背斜型油田。大港地区首先开发的港东油田亦是在北大港构造带南翼主断层下降盘的第三系滚动背斜型油田。以及又陆续找到永安镇油田、临邑大芦家油田、海四井油田、羊二庄油田、双台子油田、岔河集油田和文留东油田等都是第三系滚动背斜圈闭类型的油田。苏北的真武油田和泌阳的下二门油田亦是滚动背斜圈闭（图11）。

在断陷盆地的整个发育过程中，不同时期、不同构造部位都形成不同级次的同生断层。对沉积盆地的形成，沉积相带的分布以及局部构造形态都起着明显的控制作用。

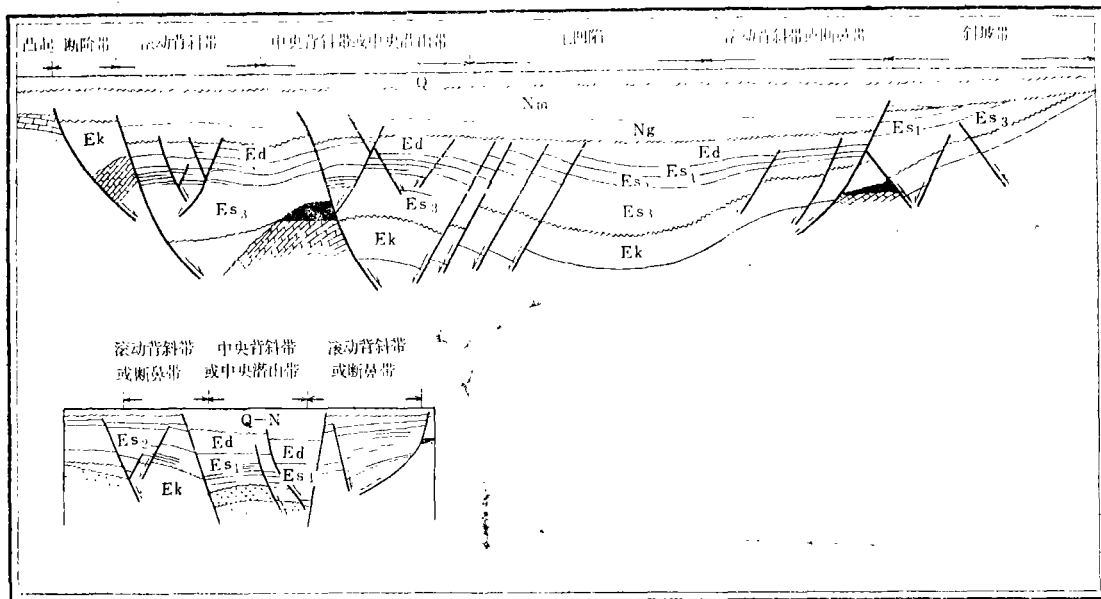


图10 滚动背斜带在箕式凹陷或堑式凹陷内的排列位置图

我国东部其它第三系断陷盆地或断陷—拗陷盆地内第三系同生断层相当发育，随着勘探程度的提高与地质、地震资料的详细研究，将能继续找到与同生断层有关的滚动背斜和其它伴生构造油气田。

## 五、广东近海大陆架和陆上沉积盆地内几种可能的油气藏圈闭类型

广东近海大陆架上第三系同生断层的分布是极其广泛的。北部湾下第三系断陷盆地内，北东东走向的凹陷和凸起相间排列，组成四个凹陷带和五个凸起带。各凹陷带都是下第三系的生油凹陷。各凸起或凹陷的边界断层都是由基底断裂长期发育影响到沉积盖层。随着上复沉积盖层厚度的增加，基底断裂的影响趋于减少，重力滑动的因素增大。经过地球物理勘探和钻探后，已在濶西南背斜带上找到第三系披复构造油藏和石炭系古潜山油藏。在流沙凸起（流—构造带）上，钻探没有发现上第三系披复构造油气藏，但在凸起北侧大断层下降盘的局部圈闭上钻探已获得了工业油流，可能属于滚动背斜的圈闭类型。

珠江口拗陷东西长570公里，南北宽80—200公里，有走向为北东东的三个深凹陷和三个凸起带。在深凹陷内第三系沉积最厚达6000米。下第三纪是主要的生油期，上第三系是在海浸背景上发育的三角洲沉积。在大陆坡和凹陷内同生断层和反向正断层都很发育。应注意找各种类型的构造圈闭，包括披复构造及与断层分布有关的伴生构造。

已在莺歌海拗陷琼东南凹陷钻探第三系获得工业油流，属于斜坡带大断层下降盘的局部圈闭出油。地震资料表明，此区亦为勘探古潜山油气藏及第三系礁块油气藏的有利地区。在北西向红河深大断裂所通过的莺歌海西南凹陷内，第三系沉积厚达5000米。且有隆起很高的第三系软泥岩底辟构造。在泥脊四周的围斜部位及断裂带，可能存在有滚动背斜或上倾尖灭型的油气藏。

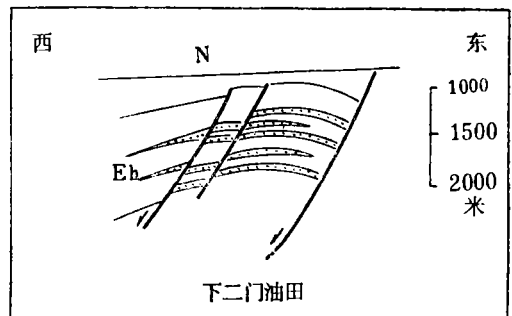
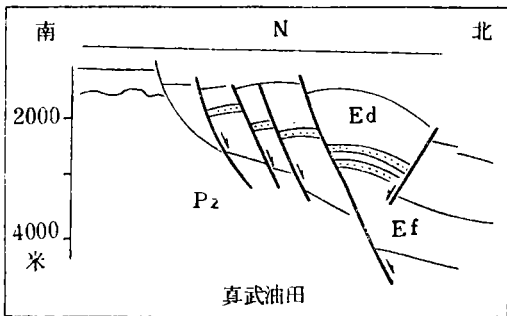
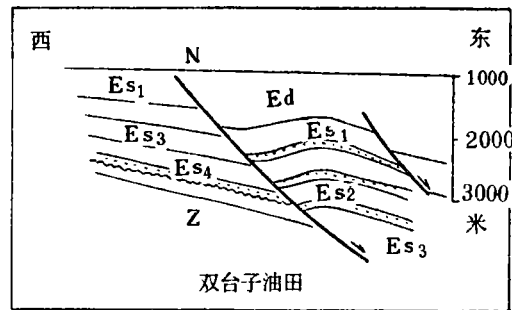
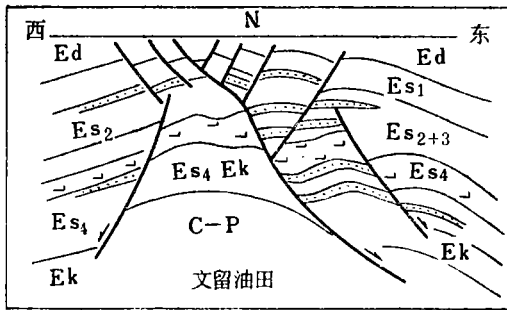
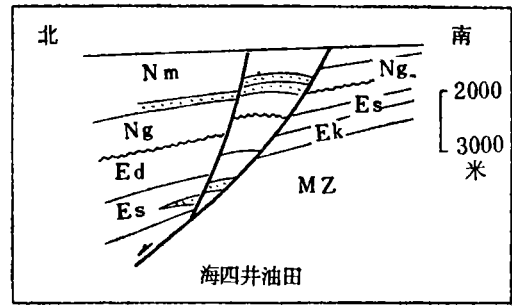
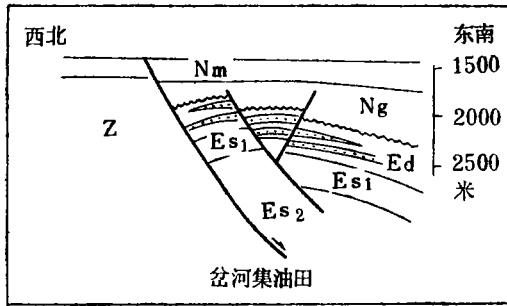
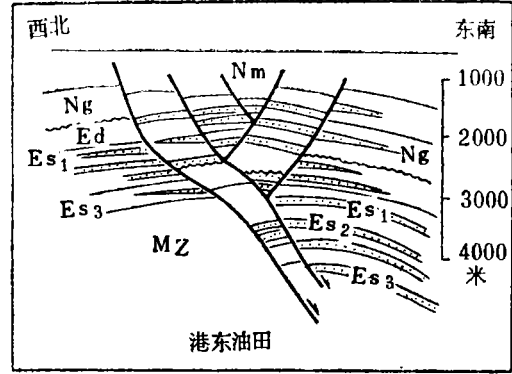
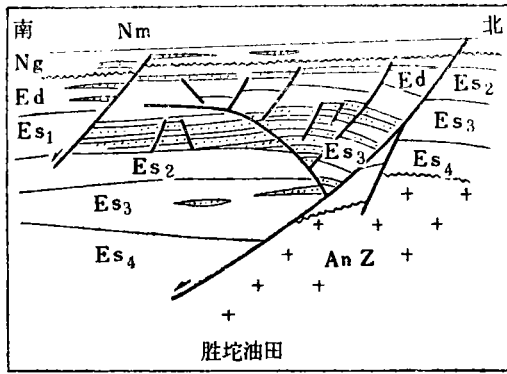


图11 我国东部第三系断陷盆地内滚动背斜油气田圈闭类型图

陆地上的三水盆地，已在下第三系获得工业油气流。在海南岛北部的福山凹陷内，应注意在临高大断层和长流大断层的下降盘2—5公里宽度范围内做比较精细的地震精查工作。如

有第三系滚动背斜圈闭，钻探可望获得工业油气流。

\* \* \* \*

中、新生代以来，我国东部地区在地壳伸张作用力机制下，发育有一系列大、中型的断陷盆地或断—拗盆地。基本结构都是多凸多凹的格局。各盆地内基底断裂和同生断层都很发育。可以根据渤海湾沿岸地区的勘探实践经验，寻找多种类型的油气圈闭条件。

### 参 考 文 献

- [1] 胜利油田勘探室：1976，逆牵引构造地质特点及油气富集情况《石油勘探与开发》76年1期。
- [2] 渤海湾地质综合研究队及武汉地质学院构造小组：1976，渤海湾地区与同生断层有关的几种构造圈闭类型《石油勘探与开发》76年2—5期。
- [3] Hamblin W.K. Origin of "reverse drag" on the down thrown side of normal faults. 1965. A.A.P.G. №10. P.1145—1164.
- [4] Shelton. J.W. Role of contemporaneous faulting during basinal subsidence. 1968. A.A.P.G. №3. P.399.
- [5] E. Cloos. Experiment analysis of gulf coast fracture patterns. 1968. A.A.P.G. №3. P.420—444.
- [6] Short K.C. & Stauble A.J. Outline of geology of Niger delta. 1967. A.A.P.G. №5. P.761—770.
- [7] Bruce C.H. Pressured shale and related sediment deformation; mechanism for development of regional contemporaneous faults; 1973. A.A.P.G. Vol.57. P.878—886.
- [8] Evamy B.D., Haremboure J., Kamerling P., Knaap W.A., Molloy. F.A., and Rowlands P.H., Hydrocarbon habitat of Tertiary Niger delta 1978. A.A.P.G. Vol.62 №1. P.1—38.



△成都地院石油系有机地化室宋振亚等同志开展了岩石中氨基酸的分析工作。他们用气相色谱对氨基酸的对映体进行分离和鉴定，同时对有关的实验条件也进行了研究。其分离方法已被923厂所采用，并从岩石中分离了20余种单体氨基酸。

△聚苯乙烯膜是测试红外分光光度计性能的标准样品，此种薄膜，过去大多靠国外进口。目前三普实验室孙启邦等同志自己动手试制成功了厚仅20微米的聚苯乙烯膜，该薄膜制作简便，性能良好，基本能满足仪器测试的要求。

△地质部石油地质综合大队实验室李生杰、谭秀玉等同志在提取干酪根的研究中，针对化学分离法存在的问题，试制了一种新的装置，采用这种新装置分离干酪根具有：大大缩短分离时间、简化繁琐的操作手续、克服有机质的大量损失、制作容易和操作简便等优点。