

块断运动与隐蔽圈闭

——以辽河西部凹陷为例

陈景达

(华东石油学院)

块断差异运动与辽河裂谷形成机制

渤海湾早第三纪诸拗陷是一个规模巨大的裂谷系^[2]。前第三纪的基岩断块主要由前震旦系混合花岗岩、震旦亚界和下古生界的碳酸盐岩以及中生界的火山岩组成,可近似地看成刚性岩块。这个地区的区域断裂构造线的走向主要有前中生代的北西向和近东西向;晚中生代为北东和北东东向。受这两组断裂构造线的切割,基岩被肢解为一系列大小各异的菱形断块。早第三纪在区域性引张应力场作用下,发生剧烈的块断差异运动。

块断差异运动包括断裂运动和断块运动两方面。断裂运动指一系列相互联系的断块沿破裂面发生相对位移,形成线性断裂带;而断块运动则指块体各部分差异升降发生裂陷和翘倾。块断差异运动包涵着两者相互制约、相辅相成的统一运动过程。

根据断块运动的力学机制及形态特征,可分三种方式:拉张、裂陷和翘倾(图1)。

拉张,水平张力使基岩块体产生张裂,块体被肢解拉开。在每个构造旋回的初期往往还伴有大量的火山岩浆溢流。在基岩块体张裂的同时,断块由于重力差异引起纵向陷落,相邻断块逐渐分离而产生重力滑动断层。因此,裂陷也可称之为滑落。例如,辽河西部凹陷早第三纪拉张和裂陷的总宽度可达8—28公里;滑落的垂向落差可达1—7公里。

翘倾,断块在裂陷过程中,块体各部分所受外力和重力作用是不平衡的,因而断块发生差异升降。一侧滑落较快,下降幅度较大;另一侧滑落较慢,幅度较小。断块运动可看成是绕着一条理想的枢纽线,一侧滑落,随之另一侧翘起,断块发生倾转。

在断块滑落过程中伴随着同沉积作用。滑落幅度大的一侧沉积岩层厚度较大,岩性

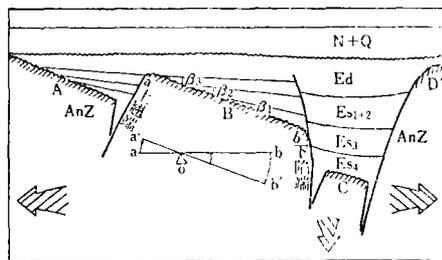


图1 块断运动示意图(据顾志明)

A、B、C、D分别表示不同形态的块体, β_1 、 β_2 、 β_3 分别表示不同块体的倾角

较细；另一侧沉积岩层度较小，岩层依次超复，岩性也较粗。同沉积作用加大了块体各部分的重力差异，因而加剧了翘倾过程。

渤海湾地区早第三纪成一系列张性正断层，断面倾角上陡下缓，组成一个个弧形断面。断块沿弧形断面向下滑动，越往下滑，断块的翘倾程度越明显。

这种拉张—裂陷—翘倾方式组成的统一断块过程，可称之为裂陷—翘倾运动。辽河油田的石油地质工作者则简称之为翘倾运动^{1),2)}。由翘倾运动形成的断块称为翘倾断块。辽河裂谷和渤海湾早第三纪裂谷就是块断差异运动的产物。

箕状断陷和基本构造格局

辽河拗陷为渤海湾裂谷系的北部组成部分^[2]。早第三纪的剧烈块断运动使下辽河—辽东湾地区形成一系列呈北东向展布的大小不同的翘倾断块。作为一个整体，辽河西部凹陷可看作是一个较大的翘倾断块，其东邻中央凸起带和东部凹陷可分别看作是另一翘倾断块。这两个凹陷都是东侧陷落，西侧相对翘起，形成典型的箕状断陷^[1]，也即所谓“半地堑”（图2）。中央凸起带夹持在两个凹陷之间，形成“半地垒”与“半地堑”相间的构造格局，简称为垒堑相间的基本构造格局。

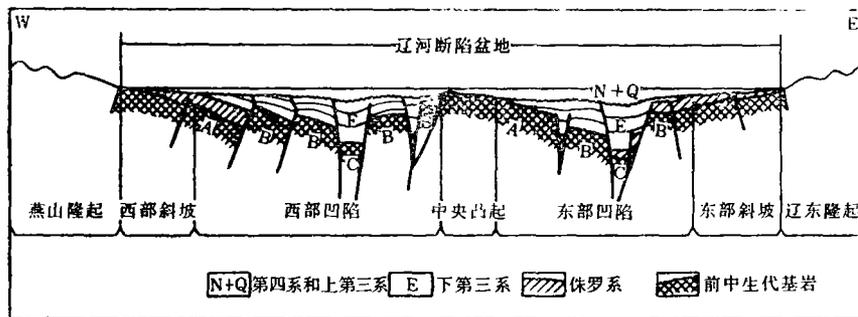


图2 辽河谷裂横剖面示意图（据顾志明）

A、B、C分别表示不同断块形态和翘倾强弱

箕状断陷主要由三部分组成，即边界断裂带或断阶带、深陷带和斜坡带，呈不对称结构。由于不同块体边界条件和断块的差异活动，其断陷形式也各有不同。如辽河西部凹陷的箕状断陷。其主干断裂为凹陷的边界断裂，常切入到前震旦系基岩，走向北东，局部转为北东东向，东升西降，总断距最大可达7000米，断面倾角为40—85°。大断裂的内侧，形成凹陷内部的深陷带，其最深部位在傍靠大断裂的一侧。在深陷带中央发育一个继承性的基岩断垒带。

凹陷内部的次级断裂主要为北东向，局部为北东东向，早期多沿袭晚中生代断裂发

1) 顾志明，辽河裂谷断块运动和油气聚集，辽河石油勘探科学技术研究院未刊稿，1981年。

2) 郑长明，辽河裂谷型盆地油气富集的地质特征，同上，1981年。

育，东升西降，使凹陷内部的基岩块体形成一系列翘倾断块，沿断裂呈北东向展布（图2）。早第三纪，由于西缘燕山隆起作区域性拱升和辽河裂谷的裂陷运动加剧，发生断裂的反向活动¹⁾。即早期的北东向东升西降断裂被晚期（沙三时期以后）同走向的西升东降的另一组断裂所代替。早晚两组走向相同而掉向相反的断层组成“入”字形或“Y”字形构造（图3）。断裂的反向活动使断块破碎。在西斜坡上所形成的三排小型翘倾断块，仍然保持着垒堑相间的基本构造格局，也是块断差异运动所形成。

总之，早第三纪块断差异运动，不仅控制不对称结构的箕状断陷及其内部垒堑相间的基本构造格局，也控制着凹陷内部的次级构造带和圈闭类型的展布及油气聚集。

现依据辽河西部凹陷的结构特征和断裂构造带的分布，将主要圈闭类型按其时空分布的相应关系，投影在一横剖面上（图4）。从图上可以明显地看出不同的断裂构造带有不同的圈闭类型，圈闭类型严格受到断块的性质和形态所制约。在上斜坡构造带主要为岩性、地层圈闭，而中、下斜坡带主要发育隐蔽的同生滚动圈闭和岩性、断层圈闭，沿深陷带则常发育有以浊积岩体为代表的岩性圈闭，在断阶带则常有断层遮挡圈闭。

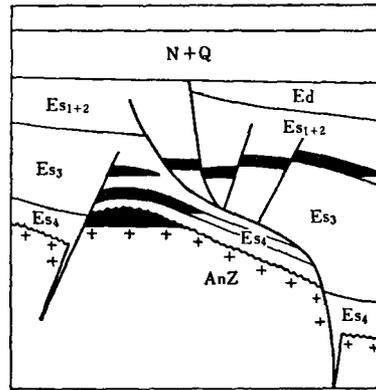


图3 翘倾断块和“入”形断层示意图
(据顾志明)

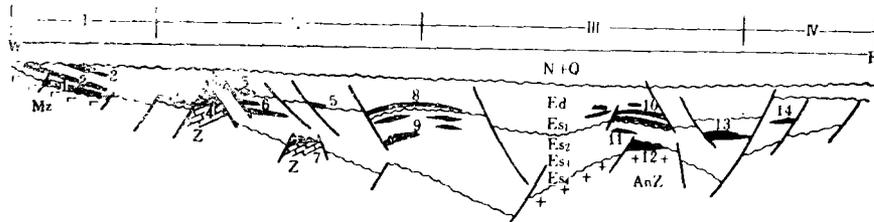


图4 辽河西部凹陷断裂构造带与圈闭类型关系图

- I, 上斜坡带;
- II, 中、下斜坡带;
- III, 深陷带;
- IV, 断阶带。

- 1. 粒屑灰岩岩性圈闭(Es_4); 2. 稠油封堵和地层圈闭(Es_4, Es_4); 3. 披复断块圈闭(Es_4);
- 4. 古潜山圈闭(Z); 5. 同生滚动背斜圈闭(Es_2); 6. 岩性—断层圈闭(Es_3); 7. 古潜山圈闭(Z);
- 8. 同生滚动背斜圈闭(Es_3); 9. 岩性圈闭(Es_3); 10. 披复背斜—断块圈闭(Es_2);
- 11. 岩性圈闭(Es_3); 12. 古潜山圈闭(AnZ); 13. 浊积岩—岩性圈闭(Es_3); 14. 断层遮挡圈闭(Es_3, Es_2)

1) 陈景达, 辽河西部凹陷区域地质特征、油气聚集规律和沙四上一沙三下油气藏类型, 辽河石油勘探科学技术研究院未刊稿, 1979年。

隐蔽圈闭

隐蔽圈闭泛指比较难于寻找的各种非构造圈闭，但有时也包括一些埋藏较深的或比较复杂的背斜圈闭。

辽河西部凹陷由于断裂切割，缺失较为典型的完整的背斜构造，但却有很多隐蔽圈闭。按圈闭的成因类型分析，主要有五类：即（1）古潜山圈闭；（2）披复断块圈闭；（3）地层超复圈闭或稠油封堵地层圈闭；（4）岩性圈闭；（5）同生滚动断层圈闭。

按成因分析，（2）、（5）属构造圈闭类型，但（5）同时兼受沉积因素控制；（1）、（3）、（4）属地层—岩性圈闭类型。这些圈闭大都集中分布于一定的层位和一定的断裂构造带的相应部位。也就是说，各个时期的块断运动及构造格局控制着各类圈闭的形成和展布。

古潜山圈闭 辽河西部凹陷的古潜山圈闭皆由翘倾断块体的断棱组成，为块断运动的产物。断棱为一个翘倾断块体的翘起部分，紧邻断裂之下，受断层面所遮挡而形成圈闭。基岩断块有单断和双断两种。单断是断块受一组同掉向的断裂切割，形成断鼻带，通称“单面山”；双断是断块受两组相反掉向的断裂切割，形成断垒带。由于断裂的反向活动，断块破碎，其所组成的圈闭和油气分布也较为复杂。但是古潜山常受凹陷内部垒堑相间的构造格局所控制，其展布仍有明显的规律性。中央古潜山带分布于深陷带，西斜坡的高、中、低三个古潜山带则依次由三排翘倾断块组成（图3、5）。它们皆受北东向的主干断裂控制，沿断裂断续分布。曙光、杜家台（图5）和齐家古潜山就是位于潜山带之上。

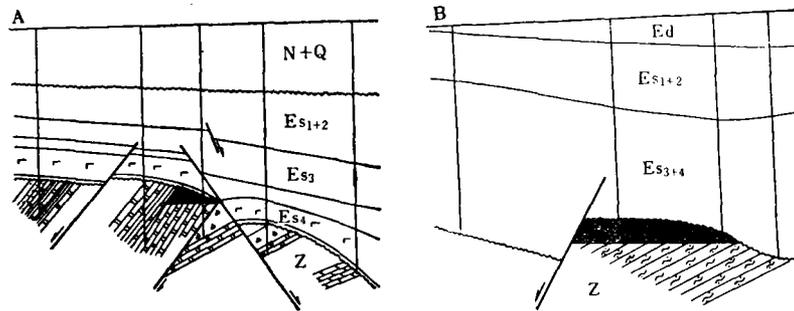


图 5 辽河西部凹陷古潜山圈闭示意图

A、曙光古潜山 B、杜家台古潜山

披复断块圈闭 辽河西部凹陷沙四上的杜家台油层直接披复在基岩翘倾断块之上，由于沉积作用受翘倾活动的控制，砂体在各断块的下陷部位厚度较大，岩性较细，多为粉砂岩；在断块的翘起部位，厚度较小，岩性较粗，多为细砂岩。因此，在披复断块圈

闭的高部位，也即在断块的翘起部位，油层物性较好。

曙光油田受断鼻带控制（图6），欢喜岭油田受断垒带控制，油气富集条件不尽相同。这可能与两个地区块断不同活动有关。据有关资料表明，西斜坡断裂的反向活动是由北向南逐渐转换的过程。曙光地区，北东向东升西降的断裂在沙四上末期就已经停止活动，沙三早期即逐渐转换为西升东降，而成为控制油气富集的遮挡面（图6）。但在欢喜岭，北东向东升西降断裂则持续到沙三晚期才停止活动。在这组走向相同、掉向相反断裂的夹持下，断垒带即成为油气富集的控制因素。

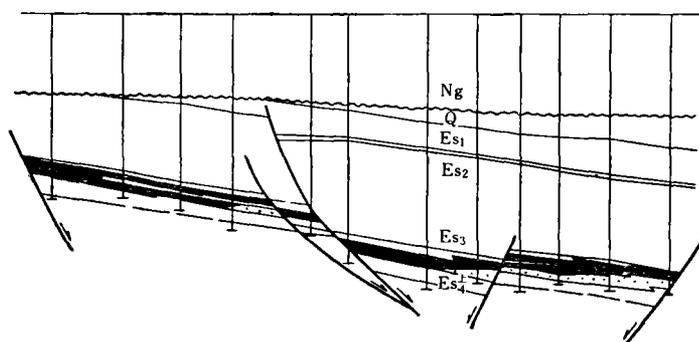


图6 曙光油田杜家台油层油藏剖面图

（据张国栋编绘）

地层超复或不整合圈闭 杜家台油层在斜坡边缘受沙三超复，多形成地层超复圈闭或地层不整合圈闭。由于翘倾过程的同沉积作用，凹陷内特别在斜坡上地层超复或不整合现象很普遍，因此此类圈闭较多。在斜坡边缘的断块，早期翘起程度较弱，后期翘起程度加大，剥蚀较多，导致已经形成油藏的轻质组分逸散，形成原生残留油藏，为稠油封堵地层圈闭。

浊积砂岩体岩性圈闭 在西部凹陷的多套储集岩中，岩性尖灭体和透镜体广泛分布。其中主要有两个层段，有两种类型储集岩。它们自下而上是：沙四上，粒屑灰岩储集岩；沙三下、中、上，皆为浊积砂砾岩储集岩。

沙四上，辽河裂谷处于裂陷初期，块断运动较弱，斜坡北部形成半封闭湖湾。由于断块翘倾程度微弱，岸坡平缓（根据连井剖面数据计算，古坡度最大为 $1^{\circ}42'$ ）¹⁾，坡底平坦，适于粒屑灰岩的发育。边缘翘倾断块的起伏直接控制着湖岸线、岸坡坡度和相带

1) 翟义宾，辽河油田高升油层粒屑灰岩的研究，辽河石油勘探科学技术研究院未刊稿，1979年。

宽度。在岸坡水动力高能带发育粒屑灰岩，在低能带则主要发育粒屑泥晶灰岩。相带与湖岸线平行，呈条带状分布，粒屑灰岩相带与边缘翘倾断块的分布几乎完全一致，组成有利于储油的断裂构造岩相带。

沙三时期，辽河裂谷处于裂陷的全盛时期，凸起（物源区）和凹陷（沉积区）的相对高差增大，翘倾活动改变了岸坡（水上和水下）的坡度。在较高位能的条件下，混浊高密度流得以高速度倾泻入湖。岸坡陡峭，流程短促，入湖以后流速骤减，快速堆积。高低起伏的断阶组成水下岸坡的多个阶地，沉积物可先堆积于这些水下阶地之上，尔后由于断裂再次活动，使尚未固结的沉积物向下滑塌或沿断坡冲入湖底，形成典型的滑塌型或滑坡型浊积岩。它们常成较大的透镜体，紧靠断裂的下降盘展布，延伸方向与断裂走向一致，组成另一类型的浊积砂岩体——岩性圈闭（图7）。

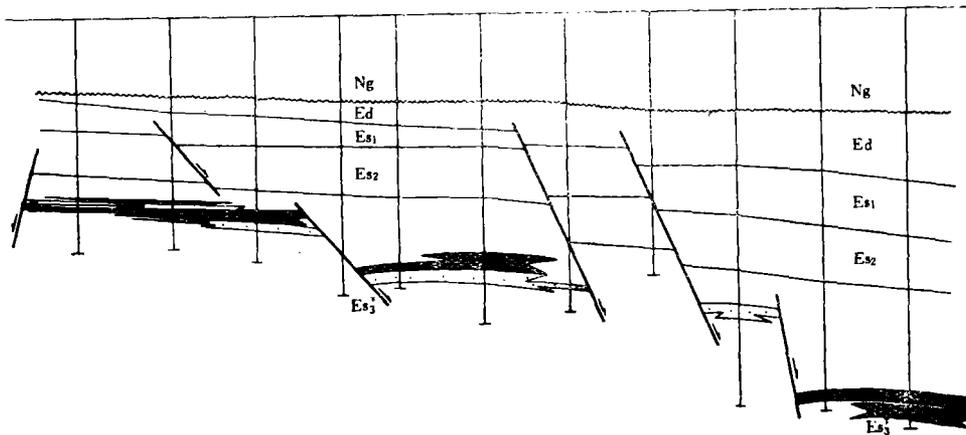


图7 辽河西部凹陷大凌河油层浊积岩油气藏剖面图（据陈道秀）

同生滚动背斜圈闭 从沙三期的断裂反向活动以后，西斜坡上的次级断裂以北东走向西升东降为主。沙二时期，这组断裂加剧发育，断距一般为200—300米，大者可达1000米。受这组断裂控制，沙二段形成了一系列滚动背斜。它们紧靠于同生断裂的下降盘，呈串珠状展布，组成滚动背斜构造带，其延伸方向几乎和断裂走向完全一致（图8）。其共同特征是：

- (1) 都是不完整的短轴背斜；
- (2) 长轴延伸方向为北东向或北东东向，与控制其形成的各条断层的走向相平行；
- (3) 构造幅度以沙二层位为最大，向上和向下依次减小，以至消失；
- (4) 构造顶部离断层面较近，其水平距一般为250—1000米，具薄顶现象，翼部地层的厚度比顶部较大；

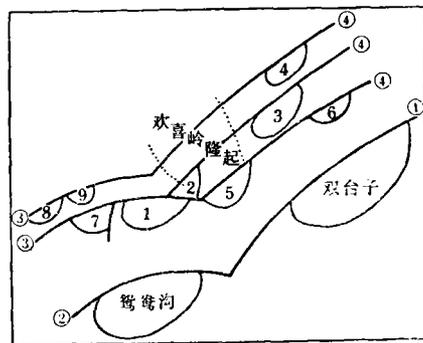


图8 辽河西部凹陷沙二段滚动背斜油气藏与断裂关系图
①—④断裂编号 1—9油藏编号

(5) 两翼不对称, 西翼陡, 东翼缓, 傍靠断层下降盘的陡翼较窄, 而缓翼较宽, 但常受另一组同掉向的断层所切割 (图9)。

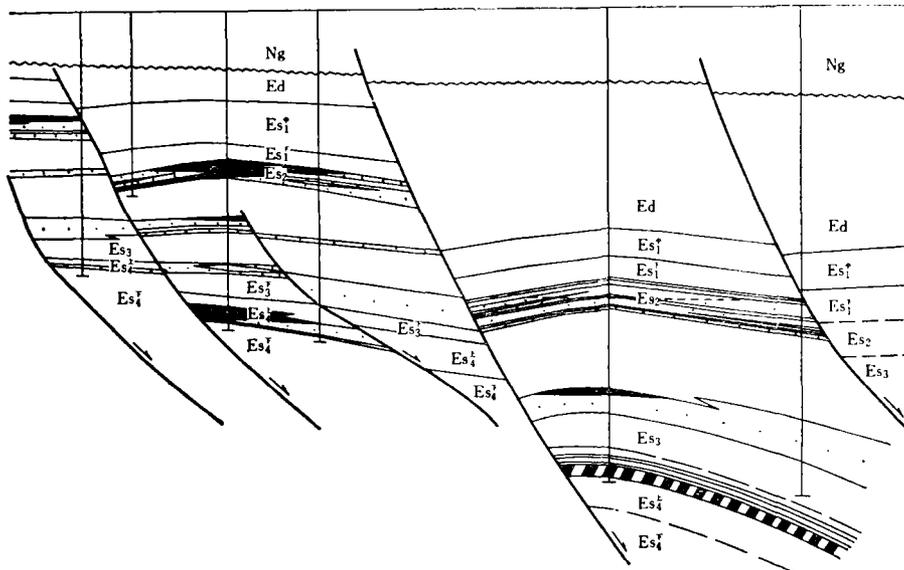


图 9 辽河西部凹陷滚动背斜油气藏剖面图 (据 熊崇钰)

沙二期的断裂活动不仅控制着滚动背斜的形成, 而且控制着三角洲砂体和相带的分布。同生断层下降盘一侧, 地层厚度明显增大, 往往形成砂坝。如齐家一欢喜岭断裂沙二期的生长指数为2.19, 而砂层增长指数达3.21, 这反映同生断层对砂坝形成的控制作用[3]。

圈闭的形成决定于滚动背斜与同生砂坝成生关系的一致性。砂坝提供了优厚的储集岩体, 而滚动背斜和断层遮挡形成了良好的圈闭条件。同生砂坝—滚动背斜组成了沙二时期有利于油气聚集的断裂构造岩相带。

隐蔽圈闭的分布

辽河西部凹陷油层层位繁多, 圈闭类型复杂。但是, 就主要圈闭类型的形成和时空分布分析, 仍有明显的规律性。

1. 早第三纪块断差异运动导致不对称的箕状断陷结构和垒堑相间的构造格局, 制约了断陷内部各断裂构造带有规律的排列, 不同的构造带有不同的圈闭 (图4)。

2. 块断运动的过程伴随着同沉积作用。早第三纪裂谷断陷发育的各个时期, 块断运动的性质不尽相同, 在同生断裂的控制下, 在断陷的一定构造部位, 形成一定的岩相带, 构造带和岩相带往往有比较密切的成生关系。构造带和岩相带在时空关系上密切配合, 组成了早第三纪各个时期有利于油气聚集的断裂构造岩相带。自下而上主要有:

沙四上高升粒屑灰岩油层，缓坡滨岸高能相带；
沙四上杜家台油层，翘倾断块三角洲席状砂岩或砂坝相带；
沙三下莲花油层，断槽滑塌型浊积岩相带；
沙三中大凌河油层，断崖滑坡型浊积岩相带；
沙二油层，滚动背斜同生砂坝相带。

各断裂构造岩相带以一种类型的圈闭为主，兼有其他多种类型圈闭，组成各个时期的油气聚集带，在箕状断陷中常作有规律的展布。

3. 早第三纪各个时期油气聚集的基本单元是断裂构造岩相带。而各个时期的断裂构造岩相带在剖面上的迭加和在平面上的复合组成了复式油气聚集带。而且，块断差异运动往往导致基岩和下第三系在基本构造格局上的一致性。因此，辽河西部凹陷有一些油气聚集带具有如下模式：前第三纪的基岩古潜山带一下第三系各期断裂构造岩相带的复合迭加。这个多圈闭类型的复式油气聚集带（图4）的概念不论从理论上，还是从实践上都已大大超过以前所称的二级构造带所规定的油气聚集带的范畴。

4. 沙三期是辽河裂谷裂陷的全盛时期，到渐新世末，裂谷是在收敛的总趋势下继续发育。沙三期以后是一个收缩型湖盆，其收缩的总方向是从北西向南东。因此，西部凹陷早第三纪各时期油气藏的分布，其总趋势是从北西向南东，油层层位从老变新，层位单一变为多层复合迭加；圈闭类型也从单一变为复杂。

文中部分内容系根据作者在辽河石油科学技术研究院的专题研究报告改写而成。当时参加这项科研专题的还有张国栋、熊崇钰和陈道秀三位同志。此外还引用了辽河研究院个别插图和资料，在此特表谢意。

（收稿日期 1981年11月19日）

参 考 文 献

- (1) 李德生，渤海湾含油气盆地的地质和构造特征，石油学报，第1期，1980年。
- (2) 陈景达，渤海湾裂谷系的含油性，华东石油学院学报，第1期，1980年。
- (3) 陈景达，同生砂坝—滚动背斜油气藏，华东石油学院学报，第2期 1980年。

BLOCK FAULTING DIFFERENTIAL ACTIVITIES AND SUBTLE TRAPS

Chen Jingda

(East China Petroleum Institute)

Abstract

Block faulting differential activity appears to be a feature of regional tectono-structural movements of the Bohai Gulf Basin in Paleogene. The basement blocks became dustpan-like faultdowns through successive pulling-apart, down-slip and tilting under tensile stress. The tectonic regime of the basement blocks is of "half horsts" alternating with "half grabens". According to the structural pattern of the basement rocks, it can be divided into three parts: the slope zone, the subsided zone and the faulted terrace zone. The faulting structural zone is distributed in a regular sequential manner along the corresponding parts of the faultdowns.

The formation and distribution of the subtle traps in the dustpan-like faultdowns were controlled by the tectonic regime and the lithofacies zones. There are different types of subtle traps. The chief ones are as follows:

1. Traps of buried-hills,
2. Overlying traps controlled by faulting blocks,
3. Traps of stratigraphic overlap and stratigraphic traps with unconformity or with thick-oil seal,
4. Lithologic traps,
5. Rollover anticlinal traps controlled by contemporaneous faults.

Different types of traps developed in different structural zones. Under the control of the contemporaneous faulting, there occurred some structural lithofacies zones which superimposed one upon another horizontally or vertically and resulted in complex zones of oil and gas accumulation. There are various types of subtle traps in each zone with fairly good oil and gas prospects.