

中国东部裂谷型盆地的重力构造

谭试典 王 冰

(石油工业部地球物理勘探局)

中国东部中生代陆相含油气盆地是在引张体制背景下形成的裂谷型盆地,重力作用是其沉积岩变形的主导因素。盆地中的重力构造可分为滑动断阶、滚动背斜、掀斜断块、滑落背斜、滑覆构造、压实构造和底辟构造七类,它们为油气藏的形成提供了良好的圈闭条件。

一、裂谷型盆地的基本地质特征

中国东部中、新生代陆相含油气盆地是受库拉板块、太平洋板块毕鸟夫带控制的裂谷型盆地,是在引张体制背景下,地壳大面积上隆、拉伸变薄进而裂陷形成的。一般呈半地堑-半地垒或地堑-地垒结构。并且有沉降幅度大、沉积速率高、沉积物巨厚、热流值高等特点。

盆地(断陷)边缘受张性断层控制,断层断达基底。它不但控制了盆地的范围,而且控制了沉积建造的分布;盆地内部正断层发育,对沉积岩的厚度、岩性、岩相均有制约作用。这两类断层都属生长断层,断层上陡下缓,呈勺状,构成了裂谷型盆地的重要特征之一,因而造成了与断层有关的重力滑动构造成排成带出现。同时,在盆地(断陷)的陡翼或缓翼,由于沉积岩的重力(体力)作用,沿不同层次的滑动面滑动、扩展,形成滑覆(gliding nappe)构造。

盆地(断陷)内部基底顶面高低起伏、高差悬殊;中、新生代陆相沉积物又具有快速堆积、多物源等特点,形成各种岩性异常体,例如冲积锥砂砾岩体、三角洲砂岩体、浊积岩体等,这就为压实构造的形成奠定了基础。

广泛、频繁的岩浆活动是裂谷型盆地的另一重要特征。由于岩浆的挤出,形成大量的高温底辟构造。而盐岩、膏岩和欠压实软泥发育的盆地内,低温底辟构造亦屡见不鲜。

总之,中国东部裂谷型盆地的发展就是边隆起、边沉降、边断裂、边沉积的形成过程,构造作用与沉积作用同步发生。以盆地(断陷)的尺度而言,实际上也是一种生长构造。因此,这类盆地无明显的挤压褶皱变形,重力影响下的沉积岩变形是其主导因素。

二、裂谷型盆地的重力构造成因类型

重力构造概念的提出在国外可追溯到十八世纪。70年代以来,我国著名地质学家马杏垣教授曾阐述了遍及全球的重力作用,以及由此而形成的不同层次和不同尺度的重

本文1987年5月21日收到,同年9月5日改回。

本文曾在国际大陆岩石圈构造演化与动力学讨论会——第三届全国构造会议(北京)上宣读,

力构造。重力构造就是在重力影响下岩石变形过程及其结果。由于重力势 (gravity potential) 的降低所产生的构造变形总特征。统称重力构造。根据重力作用和构造变形过程中的物质运动方向, 可以分为侧向运动和垂向运动形成的重力构造^[1,2,3]。从构造成因角度, 即重力作用方式和地质体运动方式出发, 以人工地震资料为依据, 将裂谷型盆地的重力构造成因类型划分为七类 (附表)。

重力构造成因类型划分表

重力构造作用	重力构造类型	亚类型
重力影响下的侧向运动	滑动断阶 滚动背斜 掀斜断块	顺向掀斜 反向掀斜 单向滑落 双向滑落
	滑落背斜 滑覆构造	
重力影响下的垂向运动	压实构造	潜山-披覆构造 沉积披盖背斜
	底辟构造	高温底辟 低温底辟

三、各类重力构造的主要特征

1. 滑动断阶

断陷的陡翼边缘以犁式正断层与断凸分界。断陷不断沉降, 断凸持续隆升, 由于重力不稳造成岩体沿断面向下塌滑。塌滑体多夹持于断裂带内, 构成多个台阶, 呈带状与断陷边界正断层平行展布, 长数十至百公里, 宽数公里至几十公里。冀中坳陷北部牛坨镇断凸东侧的霸县断阶带即为典型一例 (图1)。其剖面特征是塌滑体沿一系列向上分叉、向下合并的犁式断裂系节节向断凹一侧下掉滑移。

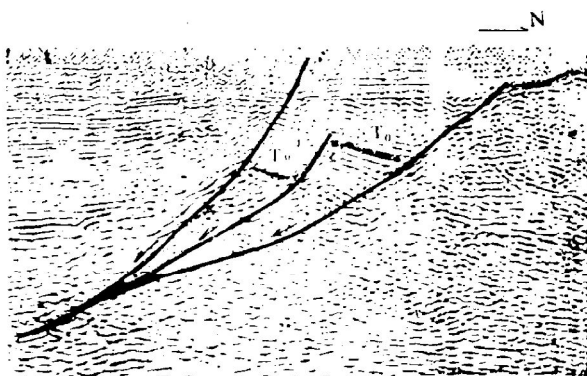


图1 霸县滑动断阶地震时间剖面

滑动断阶面临生油断陷, 油气沿断面向上运移或侧向运移, 断阶即为捕获油气的断块圈闭。如霸县的南孟、龙虎庄油田。

2. 滚动背斜

由于差异沉降、差异沉积作用, 沉积岩体沿生长断层的勺状断面下滑时产生的逆牵引构造。这类构造和沉积同步生成, 一般临近生油区, 生长断层又可作为油气运移的通

道, 所以它是一种极为有利的背斜储油圈闭。例如黄骅坳陷的马西、羊二庄构造, 苏北盆地的真武背斜等均已成为油田 (图2)。

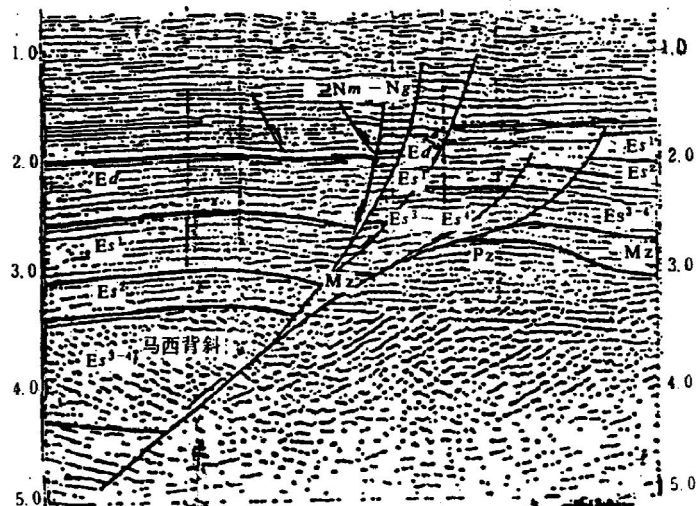


图2 黄骅马西滚动背斜地震时间剖面
(据杜劲霜等, 1985)

3. 掀斜断块

张文佑教授等曾将“掀斜”作为一种运动形式加以阐述^[4,5], 指出: 正确地认识和鉴别断块的掀斜运动, 有助于确定断层的位置、活动期、活动方向和强度, 并从掀斜运动的结果来推测应力场的变化。对认识沉积发育特征及沉积矿产如煤、石油、鲕状赤铁矿等的分布特征能给人们有益的启示。

掀斜断块是张性盆地众多构造类型之一, 是应力场由挤压-剪切转化为拉张, 并且在深部构造背景作用下, 地质体由重力作用沿生长断层发生不均一滑移或旋转掀起形成的构造^[6]。对半地垒-半地堑构造而言, 就是一种大尺度的掀斜断块构造。由断层产状与岩层倾向的组合关系, 可分为反向掀斜与顺向掀斜两种结构样式 (图3)。其沿断裂成带展布, 发育严格受断层活动时期、切割层位、演化程度控制。由于断层作用, 使得生、储油层对接形成油捕。如二连地区额仁淖尔断陷的吉格森和阿北断陷的扎拉格断块圈闭已获工业油流。

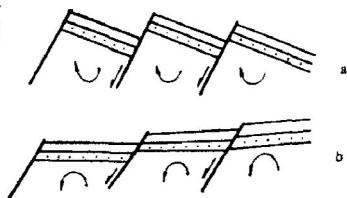


图3 掀斜断块示意图
a—反向掀斜, b—顺向掀斜

4. 滑落背斜

沉积岩体沿滑动面向断陷中心滑移时, 由于侧向滑动形成的表层褶皱构造, 一般分

布在近断陷中心处。背斜褶皱宽缓，圈闭面积较大，幅度上上下下小，背斜轴部常被一系列向轴面倾斜的正断层复杂化。滑动面可以是断面，也可以是基底斜坡。滑动形式可分为双向滑落-双向挤压（图4-A）、单向滑落-双向挤压（图4-B）两种类型。这类构造由于常出现在生油断陷内，当有储集条件时，即可成为被断层复杂化的背斜储油圈闭。

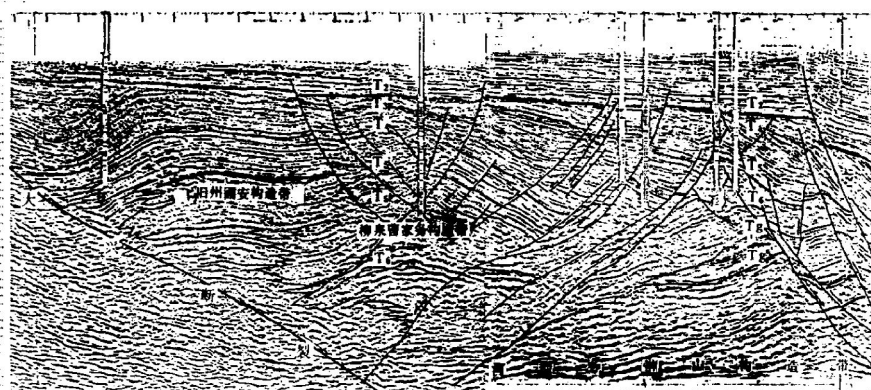


图4-A 冀中LG断陷双向滑落背斜地震时间剖面
(据赵翠芬, 1987)

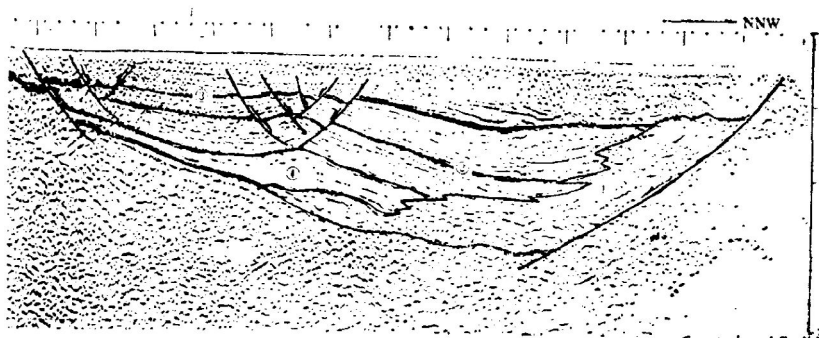


图4-B 二连NM断陷单向滑落背斜地震时间剖面

5. 滑覆构造

由于盆地沉降、斜坡掀起，重力作用使沉积体沿滑脱面滑移、扩展而形成逆冲构造。其上冲盘地层增厚，在滑覆体后方是伸展，形成拉张地堑；前缘是收缩，发育牵引背斜；下盘形成半背斜。同一滑脱面的性质发生转化，即由后方拉张下滑转化为前方的挤压逆冲；垂直断距上大下小，断面倾角上陡下缓。如冀中文安斜坡上的马西滑覆构造（图5）。

滑覆不同于推覆，虽然两者的基本要素是都具有“滑脱拆离层”。正如马杏垣教授等指出的，二者“在滑脱拆离层上、下的构造变形、运动特点和发展历史不同”^[7]。

滑覆造成的侧压力驱动分散的油气运移、聚集，有利于形成具有工业价值的油气藏。马西滑覆构造上冲盘的W31井和下降盘的R105井均获工业油流。

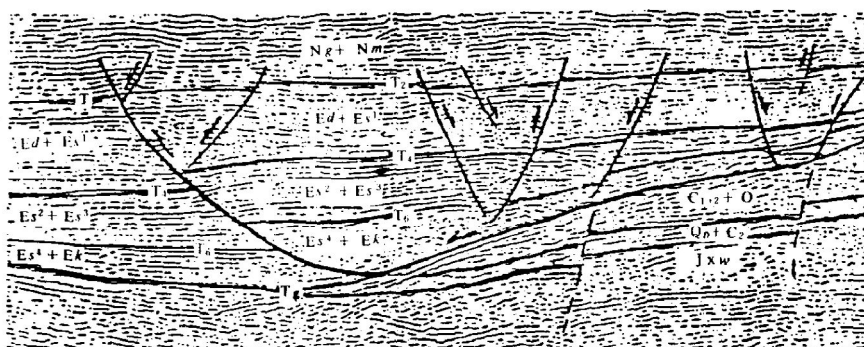


图5 冀中坳陷马西滑覆构造地震时间剖面
(据杨克绳, 1985[8])

6. 压实构造

压实是重力作用垂向运动的表现形式之一。由于不同沉积物压实的差异性和基底突起(或沉积体)的存在,可以形成褶皱和断裂等构造类型。

与基岩因素有关的压实构造,据其基岩的活动性可将潜山-披覆构造分为基岩相对静止和有一定隆升作用两种情况。

潜山-披覆构造与基岩古地形突起有关。由于古地形突起的侵蚀面上不断沉积新地层,地层沉积过程也是古地形填平补齐的过程。因此突起顶部沉积比翼部薄,通过成岩过程中重力差异压实形成披覆构造。此类构造幅度下大上小,乃至逐渐消失。如果披覆背斜是一个封闭的构造圈闭,由于上、下岩层的倾角发生变化,使得下部岩层形成的闭合度大于上部岩层形成的闭合度;或者上部构造不具圈闭条件,到了深处则可以演变为圈闭构造。当此类构造是在相对静止的环境中形成时,基岩活动微弱,因此在地震剖面上一般见不到超覆现象,只显示顶薄翼厚的特征。

另一种情况是在沉积岩层边沉积、基岩边隆起的过程中形成的,基岩具有动的因素。它的圈闭条件与前者相近似,但在地震剖面上除了地层厚度具有顶薄翼厚的特点外,翼部还见向顶部超覆的现象,反映出基岩的生长(隆升)作用。

这类构造在地震特殊处理的瞬时相位剖面上,其特征尤为明显;而潜山与盖层的结构、密度差异,在波阻抗剖面上则十分清晰(图6)。

与沉积岩有关的压实构造,是与生物礁、三角洲砂岩体、砾岩锥体、浊积岩体等有关的沉积披盖构造。

生物礁具丘状或透镜状几何外形,礁体顶部地震反射能量强,连续性好,绕射波发育;内部反射紊乱,呈分叉合并或空白反射。礁体上的披盖构造的形态由礁体的形态决定。

与砂、砾岩体有关的压实构造,如大庆长垣、冀中坳陷的刘李庄、黄骅坳陷的胡连庄等构造。

由于沉积物在平面上分布的结构——砂、泥比不同,即可压缩性存在差异,砂、泥比高的区域,沉积物的可压缩性小,反之则大。在差异压实力(重力)的作用下,砂、泥比高的区域易于形成沉积披盖背斜。

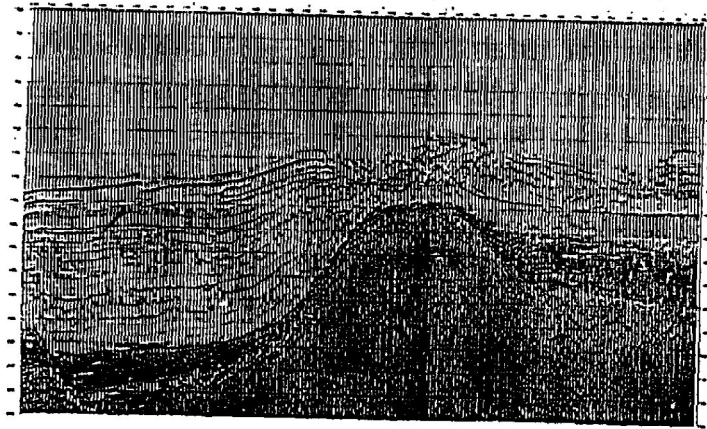


图6 二连哈南潜山-披覆背斜波阻抗剖面

(图中：上部浅色者速度小于3300m/s；中部暗色者速度3300—5000m/s；下部深色者速度大于5100m/s)

各类压实构造都是有利的聚油圈闭。尤其潜山-披覆背斜圈闭更有利于油气藏的形成，并常由新（中）生古储的潜山油气藏与盖层中的构造、地层油气藏纵向上叠置，横向上连片，形成复式油气聚集，如冀中的任丘、二连地区的哈南等。

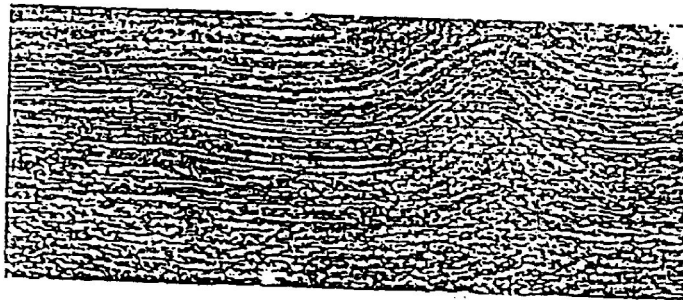
7. 底辟构造

底辟构造又称“刺穿构造”或“挤入构造”，是一种重要的含油气构造圈闭类型。底辟是指地层深处的岩体侵入上覆沉积岩而形成的构造。

“岩体”按岩性可有岩盐、软泥、膏岩、岩浆岩等。因此，根据底辟作用时的温度可分为高温底辟和低温底辟两类。

引起地下岩盐流动的因素主要有三：首先要有足够的厚度，岩盐厚度太薄，不足以达到克服岩层间摩擦阻力和岩体上部岩层重力阻止流动上拱的程度；其次，岩盐位于一定的埋藏深度，围岩温度超过岩盐“软化”的极限，使岩盐具有塑性；第三，岩盐与上覆岩层密度倒转，由于密度倒置以及它周围向下的重力的压迫而产生向上挤出，形成盐丘构造。

中国东部裂谷型盆地中盐丘类的底辟构造较发育，如江汉盆地的王场（图7-A）、东濮断陷的文留等构造。盐核内具有零星或无反射的特征，而非构造部位为连续反射。

图7-A 王场盐丘构造瞬时频率剖面
(据江汉油田, 1985)

盐丘外围的地震频谱成分丰富,一般有多个极值,频率偏高;盐丘区盐层地震频谱成分单调,频率相对偏低。盐丘核部层速度较高,可达 $4500\sim 5000\text{ m/s}^{[9]}$ 。

软泥的底辟作用可形成泥丘构造。这类构造在我国东部裂谷型盆地分布较广。泥岩的塑性流动主要是由泥岩成岩(压实作用)过程中异常流体孔隙压力的出现,形成异常的孔隙流体压力带,或称高压异常或欠压实带。异常压力越大,泥岩的内摩擦角越小,流动性增强,并且有向上拱起的能力。这样,只要上覆负荷压力(重力)有不均衡的地方,或有断层活动等诱发因素,超压泥岩则向压力低的部位流动或挤出,形成泥丘。

大民屯泥丘构造在地震剖面上表现为乱岗状或空白反射。泥丘垂直地面的投影为新月状,呈NW—SE方向,面积约 8.5 km^2 。泥丘底辟外围由于物质的迁移和静压力作用下凹,并造成泥丘的层速度剖面上出现速度异常。大民屯泥丘底辟构造已获得工业油流(图7-B)。

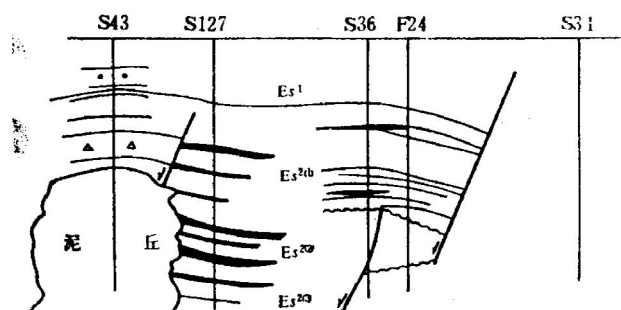


图7-B 大民屯泥丘油藏剖面
(据辽河油田, 1985[10])

岩浆底辟是地下深处岩浆向上刺穿沉积岩而形成的底辟构造。从成因上又可分为两类,一是与岩浆侵入有关,地震剖面上表现为岩体中心无反射或反射紊乱,偶见很短的强反射段;其四周反射倾角较大,岩体周围沉积岩反射连续性明显中断;顶部岩层则发生褶曲。另一类与岩浆喷出有关(图7-C)[11]。

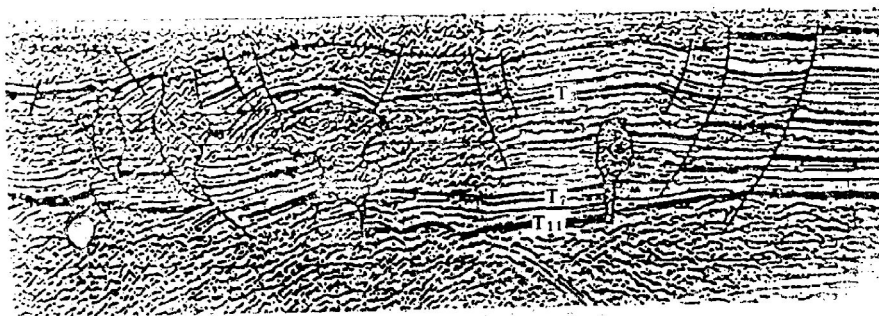


图7-C 二连地区岩浆底辟构造地震反射剖面

这类底辟构造在磁力图上以较强的正磁异常出现。

高温底辟构造在渤海湾盆地、苏北盆地、二连地区等均有发现。苏北F18井油藏是火成岩体刺穿遮挡作用而形成的。

另外,与岩浆喷出有关的底辟构造,其岩浆岩体孔洞发育,可构成储油层,如油源

及盖层条件具备亦可形成油气藏，如二连地区的蒙古林玄武岩（安山岩？）油藏。

四、裂谷型盆地重力构造的分布规律

综合上述，不难看出裂谷型盆地的构造发生的驱动力就是密度不均和重力不稳，在重力控制下盆地内各层次物质密度不均匀性，不仅是垂向密度不均或密度倒置，特别是侧向，即水平方向的不均匀性，都可成为驱动力，因而为各种类型的重力构造的形成提供了动力条件。

在盆地边缘常因重力不稳，形成滑覆、滑动断阶、滚动背斜；盆地中形成滑落背斜；盆地内部由于沉积岩巨厚，加之有基岩突起或砂、砾岩体的存在，在沉积负荷作用下，常常发育压实构造，如潜山-坡覆构造及沉积披盖背斜等；盆地中心，由于盐、膏、软泥的存在及沉积负荷的增加，往往造成密度倒置，为各类低温底辟构造的形成创造了条件；盆地内基底深断裂活动，为岩浆底辟即高温底辟的形成提供了条件（图8）。

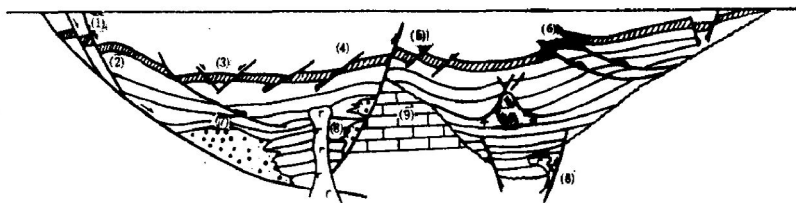


图8 裂谷型盆地重力构造模式图

(1)一滑动断阶，(2)一滚动背斜，(3)一滑落背斜，(4)一倾向掀斜断块，
(5)一反向掀斜断块，(6)一滑覆构造，(7)一沉积披盖背斜，(8)一高温
底辟构造，(9)一潜山-坡覆构造，(10)一低温底辟构造

上述构造有规律的分布，为油气藏的形成提供了良好的构造圈闭条件。

参 考 文 献

- [1] 马杏垣、索书田等，1975，地质科学，第1期。
- [2] 马杏垣、索书田等，1981，构造地质论丛，1。
- [3] 马杏垣、索书田等，1981，嵩山构造变形—重力构造、构造解析，地质出版社。
- [4] 张文佑，1984，断块构造导论，石油工业出版社。
- [5] 杨振德，1983，断块构造文集，张文佑主编，科学出版社。
- [6] 谭试典、易炽昌等，1982，第二届全国构造地质学术会议论文选集，第3卷，科学出版社。
- [7] 马杏垣、索书田，1984，地质学报，第3期。
- [8] 杨克绳、王同和，1985，石油勘探与开发，第12卷，第4期。
- [9] 窦茂泽、李群堂，1985，石油物探，第24卷，第3期。
- [10] 肇玉石、盛春祥，1985，石油地球物理勘探，第20卷，第1期。
- [11] 王冰、高增海等，1986，石油地震地质，第2卷，第1期。

THE GRAVITY STRUCTURE OF RIFT-VALLEY BASIN IN EASTERN CHINA

Tan Shidian Wang Bing

(Petroleum Geophysical Exploration Bureau, Ministry of Petroleum Industry)

Abstract

Meso-Cenozoic terrestrial petroliferous basins in East China are rift-valley basins developed in stretch tectonic system. They occur as graben-horst or half graben-half horst configuration and have no distinct compressive deformation. The fundamental factor is deformation of sedimentary rocks caused by gravity effect.

The structural deformation resulted from lowering gravity potential is known as gravity structure.

Based on seismic data, the authors divide the gravity structures in rift-valley basins into seven types by their origin: sliding fault steps, rollover anticlines, tilted blocks, slide-dropped anticlines, nappe-gliding structures, compactional structures and diapiric structures.

The motive force that caused the structures is the uneven density and unstable gravity potential. Such motive force makes the gravity structures to distribute in order in the basins and provides fine traps for the formation of oil and gas pools.

准噶尔盆地东部阜康逆掩断裂下盘发现工业油气流

在博格达山山前拗陷,有一个东西长150 km的阜康断裂带。该断裂大体可分为三段。东段与中段上盘为二叠系,逆掩到下盘第三系之上,断面倾角为25—45°。东段下盘有第三系组成的地面构造,中段下盘无明显的构造,而为第四系的山麓冲积裙所覆,经地震勘探证实下盘为断块或与断块相伴生的次一级构造。西段与上述两段不同,上盘为三叠、侏罗系组成的背斜,地层东老西新,下盘则埋藏很深。断裂带总断距可达5000 m以上。

1987年下半年有几口井通过断层上盘进入下盘掩覆断块及前缘断块,相继获得工业气流。如台13井,该井从断层上盘上二叠统芦草沟组开钻,至635 m钻遇断层进入下盘,遇到第三系砾岩、砂泥岩地层,至1834 m,进入上侏罗统齐古组,缺失白垩系。在钻到2250—2258 m时,钻时加快,并取出含油岩心,还在槽面见到30—40%的油花,气测总烃0.4—3.7%,组分中有甲烷、乙烷、丙烷、丁烷。经中途测试,总流动时间106h,共出液135.35 m³,其中油93.44 m³。平均日产油35 m³。是准噶尔南部找到的一口高产井。原油比重0.9098,50℃时粘度249.9 mpa·s,凝固点+3°,含硫0.01%,是比较好的中质油。

到目前为止,已在阜康断裂下盘打出了5口工业油气井。其中气井2口,台10井在上侏罗统齐古组日产9300 m³。而且油气层分布在上侏罗统齐古组、中侏罗统头屯河组、下侏罗统八道湾组,是具有多层含油的特征,从而打开了在准噶尔盆地东部地区逆掩断裂带找油的新领域。

(李溪滨)