

河西走廊拉分盆地的构造演化与油藏分布

王 同 和

(石油工业部地球物理勘探局)

该区雁列展布的中、新生代菱形盆地是特殊的拉张构造——拉分盆地。其演化经历了断块破裂、拉分断陷和压扭拗陷三个阶段，形成了南北分带、东西分块的构造格局。不同演化阶段的沉积相带类型、构造圈闭类型、油气藏类型及其展布方向各异，但均受断裂控制。因此，顺断裂找圈闭是勘探这类盆地含油气构造的最有效途径。

长期来，地质界主张河西走廊中、新生代盆地一直处于挤压环境的看法，居于主导地位。近年，随着石油勘探资料越来越丰富，特别是地震勘探覆盖面的扩大和精度的提高，为识别盆地的构造性质创造了有利条件。各种石油勘探资料一致表明，该区雁行式排列的菱形盆地是走滑构造环境中的拉分盆地 (pull apart basin)。由于拉分盆地具有双重力学性质，故其生、储油层和构造圈闭的形成既有别于一般拉张区，又不同于一般挤压区，而有其独特的发育过程和相应的油气藏类型。本文以地质、地球物理、钻井等新资料为依据，综合论述拉分盆地的断裂构造演化过程及其对油气藏的控制作用。

一、拉分盆地的构造演化

本文论及的河西走廊拉分盆地，系指呈北西西向雁列展布的酒西、酒东、民乐和武威盆地，其间被文殊山、榆木山和永昌南山断隆相隔，绵亘逾 600 km，展宽 30—80 km (图 1)。

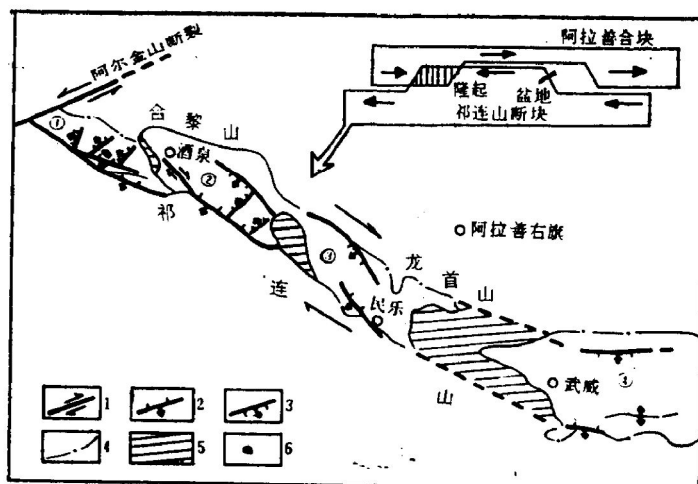


图1 河西走廊拉分盆地构造略图

1—走滑断层, 2—逆断层, 3—正断层, 4—盆地边界, 5—断块隆起, 6—油田; ①—酒西盆地, ②—酒东盆地, ③—民乐盆地, ④—武威盆地

拉分盆地的形成, 是中生代以来合黎山-龙首山南缘和北祁连山北缘雁列式断层之间相互重叠、错列段, 由于次级走滑断裂的右旋滑移而引起剪切-拉张作用所产生的沉积盆地。在这之前, 本区地质构造经历了长期、复杂的演化过程, 其中最重要的构造事件是志留纪末的加里东运动, 致使北祁连地槽封闭, 地层急剧褶皱隆起, 深层与浅层构造都具有造山带的基本特征。其塑造的以北西西向构造为主体的地壳不均一性软弱带, 为拉分盆地的形成与演化奠定了深刻的地质构造背景。晚古生代, 本区再次下沉, 接受了石炭二叠纪海相、海陆交互相沉积, 其中石炭系厚 600—1200 m, 东厚西薄, 具有一定的生油能力^[1]。嗣后, 本区不均一缓慢抬升, 海水逐步退出, 从而开始陆相拉分盆地的发育时期。根据沉积建造、构造变动和同位素年龄等资料, 现将拉分盆地演化阶段划分叙述于后。

1. 断块破裂阶段

早、中侏罗世, 该区应力场发生了明显变化, 地壳活化, 断块破裂。断裂活动的显著特点是沿袭北西西向构造软弱带或地壳不均一性地带发生, 其走向与原先的老断裂方向无多大差别, 而断裂的性质却发生了改变, 由原来的压性、压扭性转变为张性、张扭性(图2); 另一特点是强烈的变形带常限于两条近于平行的狭长带内, 而带外断裂相

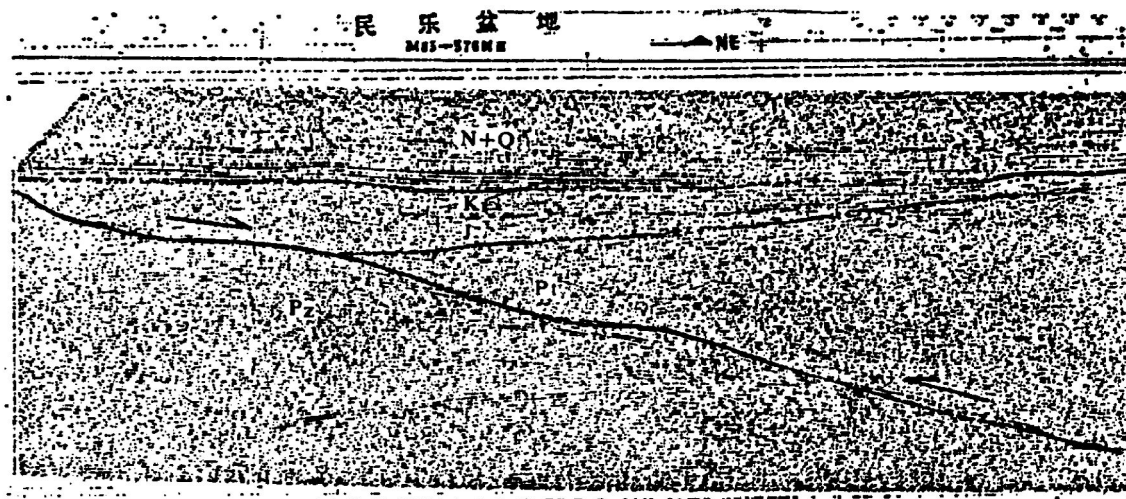


图2 民乐盆地 M85—576 地震剖面图
(据本局第三指挥部)

对活动较弱。因而, 断块破裂阶段发育的拉分盆地仅产生在两条近于平行断裂的相互重叠、错列段。如发育较早的民乐盆地即产生在互相平行的临泽和民乐断裂的重叠、错列段(图3)。在盆地的雏形阶段, 边界断层以垂向旋转为主, 由于两条边界断层旋转作用相叠加, 地貌反差增大, 便形成张掖和朝元寺两个相互独立、近似环状的凹陷。随着边界断裂走滑分量增大, 上盘岩体在滑移或运动后方的凹陷面积继续扩大, 在滑移或运动前方推挤形成榆木山和永昌南山断裂隆起的雏形。这表现为侏罗系由凹陷向隆起逐渐超覆。特别引人注目的是同一边界断层带, 在拉分区表现为正断层性质, 而在挤压隆起区则显示逆断层性质, 在二者之间过渡区为走滑断层性质。这说明拉分盆地与其两端的断裂隆起是同时形成的。以上特征有别于走滑断层作用所产生的走滑裂谷盆地(strike-slip

rift basin) [2,3]。因而拉分盆地概念的提出不仅在盆地成因机制研究方面是一个重要突破,而且对于指导石油普查勘探亦具有重要的实际意义。

由单边走滑断层控制所形成的拉分盆地,因剪切变形微弱,往往发育较晚。如酒西盆地大部分地区缺失早、中侏罗世的沉积。所以,断块破裂阶段的拉分盆地,发育有早晚之分,规模有大小之别,早、中侏罗世的沉积充填厚度相差亦较大,但总的趋势位于走滑断裂带中段的拉分盆地一般发育早、规模大、沉积厚(表1)。

在拉分盆地的雏形阶段,断块分割性强,地貌反差大,沉积速率快,搬运距离短,岩性、岩相横向变化大,每一沉积相的范围不大,而且受到为数很少母源区的限制。

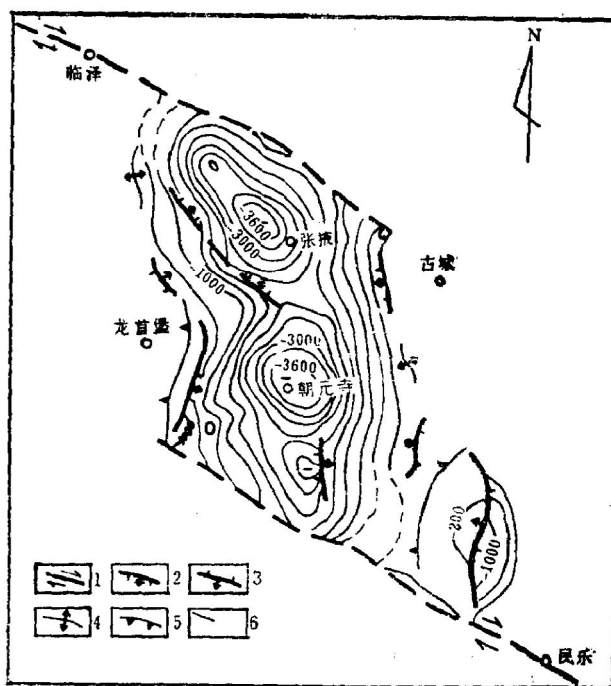


图3 右旋走滑断层所产生的民乐拉分盆地

(据本局第三指挥部,略改)

1—走滑断层, 2—正断层, 3—逆断层, 4—背斜,
5—地层尖灭线, 6—地层等厚线(m)

表1 拉分盆地演化阶段沉积厚度对比表

演化阶段 时代及厚度(m)	断块破裂	拉分断陷	压扭拗陷	备 注
盆 地 名 称	J _{1,2}	J ₃ —K ₁	Eh+N	
酒 西	0—460	2000—3000	2000—1600	Eh仅在酒西盆地有沉积
酒 东	>2500	2000—2500	750—4200	据钻井和地震时深
民 乐	500—2100	500—1600	700—2100	转换资料等
武 威	<800	300—1200	500—1080	

因而,虽说在武威、民乐,尤其是酒东盆地侏罗纪湖相生油岩较发育,但分布范围小,沉积厚度薄,生油能力差,对生成大量的油气受到一定的限制,所以在区域生油方面仅占次要地位,这已被钻井资料所证实。

2. 拉分断陷阶段

晚侏罗—早白垩世,随着边界走滑断层垂向旋转作用的进一步叠加,垂直运动幅度不断增大,就会在边界走滑断层末端发生张性扩展,形成与之成钝角相交的横向边界正断层,从而使盆地具有菱形特征(见图3)。当在一个边界走滑断层滑移强烈的盆地中,常常发育一系列由张性兼扭性的断层(简称正断层)组成的正断层系或一组掀斜断块。如酒西盆地发育的一组走向东北、倾向北西的正断层,断层下延具有铲形正断层性

质。每一组断层或一个掀斜断块往往控制一个晚侏罗—早白垩世的凹陷(图4)。由于断块的掀斜作用,导致拉分盆地沿着边界走滑断层的走向发生纵向扩张或伸展,这十分有利于拉分盆地的发展。因而,造成了河西走廊以北东向正断层为特征的断块差异升降

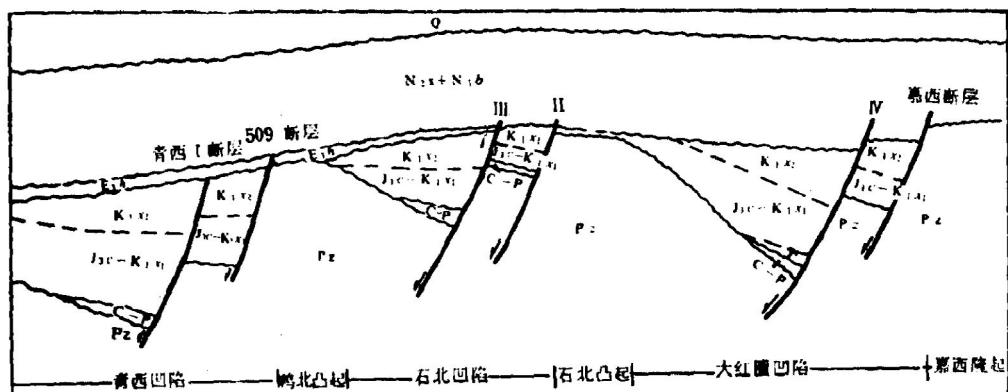


图4 酒西盆地纵向结构示意图
(据霍永录等, 1986)

运动,形成了由边界走滑断层和北东向正断层所夹持的凹凸相间排列的复杂的纵向扩张带。从西至东由青西、石北、大红圈、营尔、马营、张掖、朝元寺以及武威盆地的一些凹陷组成。这些凹陷,特别是在沉积中心与沉降中心相吻合的继承性凹陷中,如青西、石北和营尔等凹陷,生油层厚度大,还原条件好,有机质丰度高,生油能力强。值得注意的是,北东向正断层均未切过北西西向走滑断层。此外,每个拉分盆地的凹陷,均具有位于西侧的总比东侧的面积大、沉积厚、有机质丰度高、生油能力强的趋势。如青西与大红圈、营尔与马营、张掖与朝元寺凹陷相比,前者的凹陷规模、生油岩厚度、有机质丰度均大于后者。从整个走廊盆地分析,这样的变化趋势也较为明晰(表2)。这些事实说明,北东向的断裂活动或断块掀斜作用及其对生油层的形成与迁移的控制作用由西向东逐渐减弱。充分反映了雁列式拉分盆地是在统一应力场作用下的产物,这亦是拉分盆地所特有的基本构造特征之一。

表2 河西走廊各盆地生油层厚度及地化指标对比表

项目 \ 盆地	酒 西	酒 东	民 乐	武 威
有效生油岩厚度(m)	620—700	600—670	400—479	200—300
有机碳(%)	0.76—1.84	0.50—1.81	0.49—1.13	—
氯仿“A”%	0.0471—0.1716	0.0361—0.1648	0.0396—0.1388	—
总 烃(ppm)	430—806	243—525	224.5	—
母 质 类 型	I A—B	I B—A	I	—
油田和油气显示	已发现老君庙、鸭儿峡等油田	营参1井有油气显示和气测异常	民参1井发现有油气显示和气测异常	地面见原油、沥青

从同生断裂对沉积的控制作用来看,盆地的强烈拉分主要发生在早白垩世早期。表

现在盆地的纵向扩张有大致同步的玄武岩喷发，另一重要标志是滑塌堆积及共生浊积岩的存在。如石北凹陷的白南三井，在湖盆断裂一侧的暗色泥岩和泥灰岩中，发现有浊积岩存在¹⁾，这些说明剧烈的构造运动伴随有强烈的重力滑动。

早白垩世晚期，边界正断层在水平方向上逐步由盆地边缘向盆地内部迁移，结果使盆地萎缩、面积缩小。这也是拉分盆地最重要的特征之一。如酒东盆地剖面图，边界正断层仅对晚侏罗世地层起明显控制作用，而到早白垩世显得越来越不明显（图5）。又如酒西盆地剖面图，尽管被新生代构造运动的挤压改造和重新建造所掩覆，但边界断层

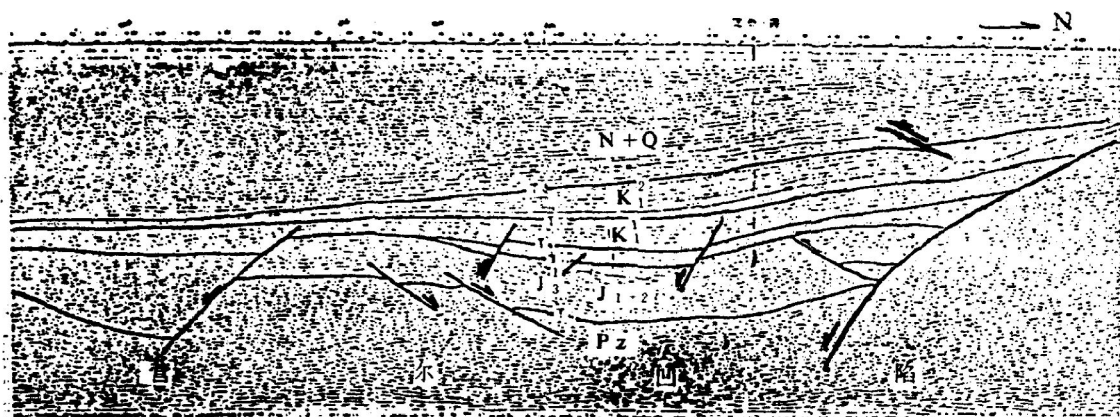


图5 酒东盆地J84-5地震剖面

在水平方向上逐步由盆地边缘向盆地内部迁移的现象仍明晰可辨，如白垩系厚度，盆地中部比盆边约大一倍之多（图6）。边界断层活动在平面上迁移的原因，与剪切应变不

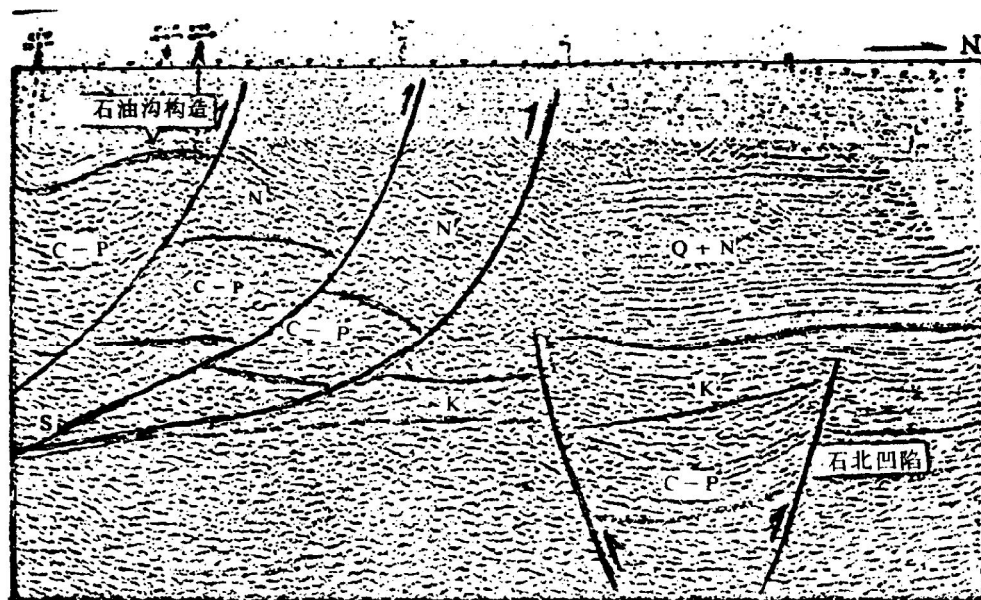


图6 酒西盆地J82-23地震剖面
(据玉门油田)

1) 玉门油田管理局, 1986, 甘肃西部地区主要沉积盆地油气资源评价。

断集中,使剪切带宽度变窄有关^[4,5]。因之,深水相逐步被浅水相所取代。这些都充分反映了走滑断裂系统的运动学和动力学背景及其特征。

总的来说,本期是拉分盆地的深陷的主要阶段,由于北东向断裂长期、持续作用,垂直断距大,沉积物厚度大。如酒西盆地,控制凹陷的主要断裂的断距均在1000 m以上,沉积厚度达3000 m以上,因而造成东西分块的构造格局(见图4)。受这一构造格局控制,淡水强还原深水环境下的巨厚深灰和灰黑色泥岩有利生油相带基本上呈北东向分布。但由于同生断层或掀斜断块作用由西向东依次减弱,造成同类拉分盆地生油能力具有较大的差异。这是在石油勘探中应引起高度重视的。

3. 压扭拗陷阶段

新生代以来,特别是晚第三纪以来,印度板块与欧亚板块陆壳碰撞^[6],青藏高原急剧崛起,势必产生向北东方向的推挤应力,本区受其影响亦相应抬升,普遍缺失早第三纪沉积。随着印度板块水平挤压应力进一步加强,使盆地的拉分作用难以继续进行。因而,由拉分断陷转变为压扭拗陷。由于来自印度板块强大的水平压应力易于在盆地南缘断裂带不断集中,导致强烈的构造变形并沿着原来的基底面或断层面滑脱,便在盆地南缘形成南缓北陡的雁行式排列的山前逆掩断背斜带。如酒西盆地由老君庙、鸭儿峡、石油沟等背斜构造组成的老君庙雁列式逆掩断背斜带(见图6)和由佛洞庙、石羊圈、磁窑口和上西湾等背斜构造组成酒东盆地南缘雁列式断背斜带等(图7),均是这一演化

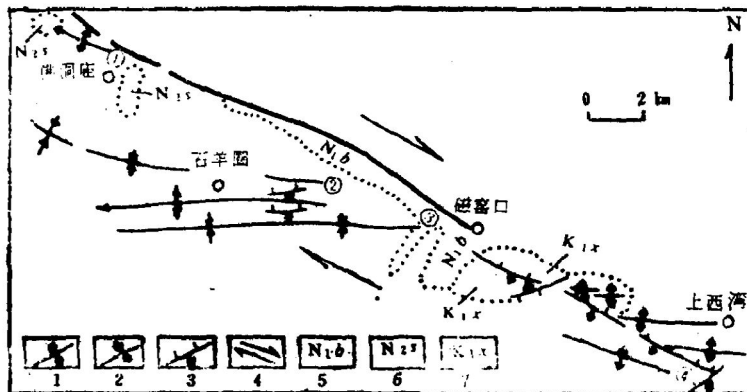


图7 酒东盆地佛洞庙二级构造带力学分析图

1—背斜, 2—向斜, 3—逆断层, 4—剪切力偶, 5—中新统, 6—上新统, 7—白垩系;
①—佛洞庙背斜, ②—石羊圈背斜, ③—磁窑口背斜, ④—上西湾背斜

阶段右旋挤压作用下的产物。与此同时,因山体升高,垂直差异运动剧烈,致使盆地基底逐渐北翘南伏或北高南低,从而导致沉积物具有北薄而细、南厚且粗和下细上粗的特点。正是这一重要的地壳运动的强烈改造和重新建造,掩覆了拉分盆地早期的东西分块的构造格局,形成了南北分带的构造新貌,即出现南部山前断褶带、中央拗陷带和北部斜坡带或单斜挠曲带。由于拉分盆地受力方向、大小和基底性质以及边界条件的不同,特别是阿尔金山深断裂带左旋剪切运动在这一时期的加剧,使挤压变形或推覆作用由东向西逐步加强,晚第三纪沉积厚度依次增大,盆地由宽变窄(见图1,表1)。因而,造成同类拉分盆地的浅层背斜构造圈闭发育程度及其埋藏深度以及对油气的聚集与保

存程度具有较大的差异。这一认识我们曾做过多次论述(王同和等, 1984; 林梁等, 1985), 经过近几年的石油勘探, 得到了越来越多资料的进一步证实。

受喜山运动的影响, 不仅使老的构造格局得以改造, 而且还接受了新的建造, 特别是在盆地南侧发育的大型冲积扇体、洪积扇体以及在扇体背景上发育有辫状河流沉积和局部湖沼沉积, 多为含膏盐的碎屑岩建造。其孔隙度和渗透率甚佳, 如酒西盆地的大型砂体, 面积约 800 km², 其孔隙度为 15—30%, 渗透率为数百至数千毫达西¹⁾, 成为盆地最有利的储油相带。

总之, 河西走廊拉分盆地经历了早期的断块破裂、中期的拉分断陷和晚期的压扭拗陷完整的盛衰演化过程, 形成现今复杂而又协调的南北分带、东西分块的构造格局。尤其是不同时代、不同性质的断层交切、联合和不同规模、不同样式的断块镶嵌、组合以及不同方向、不同类型的沉积相带的对接、叠置, 为油气的生成、运移、聚集和多种类型油气藏的形成奠定了有利的地质构造背景。

二、拉分盆地油气藏类型及分布规律

拉分盆地具有双重力学性质, 特别是不同演化阶段断裂力学性质的相互转化, 势必造成构造发育的多样性和油气藏类型的复杂性。因而, 在许多文献中多以复式油气藏的概念来描述其复杂程度。但从拉分盆地的演化角度考虑, 油气藏的时空分布还是有规律可循的。

1. 油气藏类型

拉分盆地的油气藏类型主要取决于不同演化阶段断裂的发育程度及其对生、储、盖层的控制程度, 特别是盆地拉分阶段的同生断层, 其活动性强, 垂直断距大, 切割层系多, 受其控制的生油岩厚度大, 生油能力强。它不仅对油气运移起通道作用, 而且对油气圈闭起遮挡作用。因而, 在其上下盘含油气层系多, 油气藏类型丰富多彩。如鸭西地区, 控制青西凹陷的 509 号同生断层, 垂直断距达千米以上, 使油气穿越地层多达四个层系, 在其深部找到了鸭 527 石炭系油藏和志留系潜山裂隙油藏, 在中部发现了白垩系构造-岩性油藏, 在浅层探明了逆掩断背斜油藏。这些时代不同、深浅不同的各类原生和次生油藏, 上下叠置, 呈现出一个多层序复合油气藏序列(图 8)。

2. 油气藏时空分布规律

上述油气藏在时间和空间上的分布与拉分盆地断裂演化密切相关。不同演化阶段多以某一种油气藏类型为主, 往往沿着断裂成群成带分布。如盆地演化早期断块破裂阶段以潜山断块油藏为主, 中期拉分断陷阶段以同生构造油藏占优, 晚期的剪切-挤压阶段则以逆掩断背斜构造油藏和次级断块、断鼻构造油藏最为引人注目(图 9)。这些油气藏多沿不同演化阶段的活动断裂呈串珠状分布, 成为本区重要的油气富集带。如老君庙背斜带, 从西至东由鸭儿峡、老君庙、石油沟等油田组成, 成为酒西盆地最有利的含油气富集带; 又如在白杨河断裂带, 被不同时期、不同规模、不同方向的断裂所复杂化, 形成了断块、断鼻等油气圈闭。特别要指出的是, 在边界走滑断层、边界逆断层和内部

1) 玉门油田管理局, 1986, 甘肃西部地区主要沉积盆地油气资源评价。

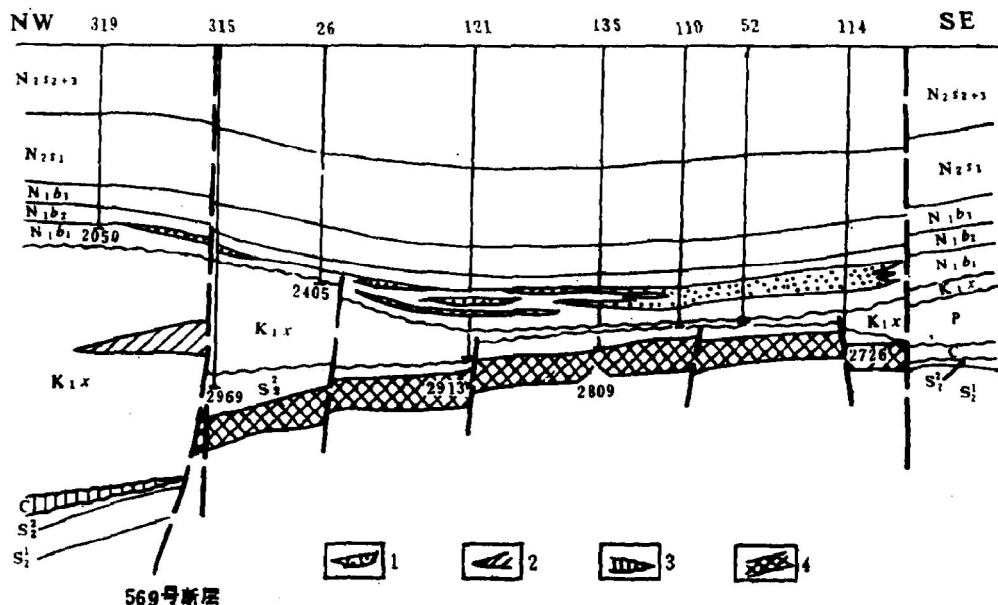


图8 鸭西地区油气藏剖面图 (据霍永录等, 1986)
1—第三系油藏, 2—白垩系油藏, 3—石炭系油藏, 4—志留系油藏



图9 酒西盆地演化各阶段的油藏类型 (据王尚文等, 1983, 修改)

正断层相复合或交汇的地带是油气藏类型多、油气资源最富集的区带。如鸭儿峡基岩油藏、鸭儿峡背斜油藏等均处于这样一个构造部位。

3. 油气藏的预测

根据拉分盆地的地质结构、断裂带及岩相带分布特点, 特别是各演化阶段不同的油气藏类型及其分布规律, 对地质条件相似而勘探程度较低的酒东、民乐和武威盆地应出现的油气藏试作以下的预测。

在酒东和民乐盆地, 依附于边界走滑断层下降盘有不少扭动或歪斜断块、断鼻等构造圈闭。如酒东盆地北侧双二井断层南侧的赫梁、赫梁东、前滩东和红卫等断背斜、断块构造圈闭。其面积虽小, 但有一定隆起幅度, 且又面临生油的营儿凹陷(营参1井证实生油岩厚度巨大), 并成排成带分布。若在某一构造上见到油气, 应沿走向追索, 势必有新的发现。在酒东盆地的清水凸起两侧, 同生断裂发育, 断层扇体在地震剖面清晰, 也应引起高度重视。祁连山北缘逆掩断层带应是找油重点地区, 如酒东盆地的佛洞庙、磁窑口和上西湾等背斜和民乐盆地的杏元子、六坝东和李寨子等构造, 特别是老君庙背斜带向东、西方向延伸的构造, 均值得地震勘探详查, 落实。这是增加石油储量较现实

的地带。在武威盆地应注意寻找石炭系构造-岩性油气藏, 该盆地石炭系厚约千余米, 面积约10000km²。最近电测资料证实, 在中、新生界之下有低速层, 可能为石炭系的反映, 这为勘探目的层适时转移提供了依据, 因此切勿忽视。

总之, 拉分盆地的有利生、储油相带和构造圈闭均受断裂控制, 特别是不同性质、不同方向断裂复合带, 是油气最有利的富集带和多种类型油气藏的赋存带。因此, 顺断裂找圈闭, 对于迅速探明拉分盆地的石油储量, 可望收到事半功倍的效果。

结 论

河西走廊雁列展布的菱形盆地是晚中生代发育起来的拉分盆地。因其具有双重力学性质, 既有利于形成各种构造圈闭, 又利于形成生、储油的沉积组合。盆地内富含有机质的湖相沉积在盆地快速沉降及深埋过程中有利于油气生成和保存, 快速补充的碎屑沉积物以及河流冲积扇等是良好的储集层, 而走滑断层派生的断块、断鼻扭动构造, 特别是剪切-挤压所形成的雁列式逆掩断背斜带是本区最重要的油气富集地带。

本文在编写过程中, 引用了玉门油田、本局第三指挥部未刊的实际资料, 在此谨致以衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 朱松年, 1986, 长春地质学院学报, 第3期。
- [2] 王同和, 1986, 石油学报, 第3期。
- [3] 王同和, 1986, 石油与天然气地质, 第3期。
- [4] Adin, A. and Nur, A., 1982, *Tectonics*, V. 1, No. 1, P. 91—108.
- [5] Mann, P. et al., 1983, *J. Geol.*, V. 91, No. 5, P. 529—544.
- [6] 常承法等, 1983, 青藏高原地质构造, 科学出版社。

TECTONIC EVOLUTION AND OIL DISTRIBUTION OF PULL-APART BASINS IN HEXI CORRIDOR REGION

Wang Tonghe

(*Geophysical Exploration Bureau, Ministry of Petroleum Industry*)

Abstract

The rhombic basins of the Meso-Cenozoic in en echelon arrangement are a kind of tensile tectonics, i. e., pull-apart basins in Hexi Corridor region. The evolution has undergone three stages.

1. During the Early-Middle Jurassic, the crust was activated under the tensile stress process and the fault-blocks broke and subsided inharmoniously along NWW stretched fault zone.

2. In the Late Jurassic-Early Cretaceous, the basins intensely tensioned. The NE trending fault-subsided basins occurred in the overlaying and displacement sections between boundary slide-faults because the slide faults slipped to

result in lateral tensile stress, thus forming a tectonic framework in the alternation of depressions and uplifts.

3. Since the Cenozoic, the basins were influenced by compresso-shear stress caused by the collision of the Indian plate and the pulling-apart process was stopped. The fault-subsided basins then changed into depressions, forming the structures and topographic landscape of north and south zoning.

The types of sedimental facies, structural traps, oil-gas pools and their distribution directions may vary in different evolution stages, but they are controlled by the faults. So the most favourable way for oil exploration is to find oil traps along these faults.

我国陆区石油天然气资源量预测获新成果

有数百名科技工作者参加的地质矿产部重点科研项目《中国石油天然气资源量预测》，经过6年工作，不久前胜利结束，从而为我国油气普查勘探决策和部署的科学化，提供了重要依据。

从1981年以来，在地质矿产部石油地质海洋地质局的组织、协调下，逐步形成一个全国性油气资源量预测系统，对我国陆上九大含油盆地，即松辽、华北、江苏、鄂尔多斯、四川、柴达木、准噶尔、塔里木、江汉盆地和扬子地区，进行了油气资源量预测，于1986年底完成《中国中生代盆地石油天然气资源量预测（陆地部分）》和《中国南方海相碳酸盐岩地区油气资源量预测汇总》两个报告，于今年二月评审通过。

对我国陆相地层油气资源量的预测，包括111个中生代盆地，其面积为324万平方公里，占我国陆相盆地总面积的92%。预测结果表明，我国陆上中生代盆地中油气资源丰富，但分布不平衡，东部优于西部，全国总资源量中，东部占83%，以松辽—华北油气区为最丰富。

对我国南方海相碳酸盐岩区的预测，范围是扬子准地台和华南褶皱系北部，涉及南方10省（区）的190万平方公里面积。认为远景良好，存在多种类型的油气藏，应以保存条件作为油气评价的关键；其热演化程度较高，应以找天然气藏为主。全区海相层系油气资源总量中，二叠系至中三叠统占51%；在地区分布上，四川盆地占67%，应以四川、江苏、江汉为勘探重点。

为继续提高我国油气勘探决策和部署的科学化程度，地质矿产部石油地质海洋地质局在“七五”期间将建立较完善的符合我国特点的油气资源评价系统，初步建立勘探决策系统，根据向新地区新领域新类型新深度进军的要求，为第二轮油气普查作出新的贡献。

（钮惟恭）