

文章编号: 1001-6112(2001)02-0154-06

南八仙构造油气成藏模式及其对柴北缘勘探的启示

高先志¹, 陈发景², 马达德³, 曹志红¹, 汪立群³

(1. 石油大学, 北京 102249; 2. 中国地质大学, 北京 100083; 3. 青海油田 勘探开发研究院, 甘肃 敦煌 736200)

摘要: 柴北缘为柴达木盆地北部一个以侏罗系生烃、第三系为主要储集层的含油气系统。南八仙构造是柴北缘一个具有代表性的三级构造。该构造反映出柴北缘分别在早第三纪和晚第三纪受到不同方向、不同性质的区域挤压或压扭作用, 并分别形成基底卷入型和盖层滑脱型两种不同构造样式的断层。基底卷入断层是下第三系储层形成油气藏必不可少的油源通道; 晚第三纪滑脱型断层则对下第三系油气藏起破坏作用, 并导致上第三系次生油气藏的形成。原油性质、储层包裹体均一化温度和包裹体正构烷烃分布都证明下第三系储层存在早晚两期油气注入, 上第三系储层则为晚期油气注入。南八仙构造的油气成藏模式说明, 加强断层活动史和封闭史研究对柴北缘油气评价有重要意义; 与上第三系相比, 下第三系的油气藏形成条件更有利。

关键词: 包裹体; 断层; 构造样式; 油气聚集模式; 油气藏; 第三系; 柴达木盆地

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

南八仙构造是柴达木盆地北部块断带大红沟隆起区上的一个三级构造。它东邻马海构造, 北以马仙断裂与马海平滩潜伏构造为界, 南与北陵丘凹陷毗邻, 西边紧靠冷湖构造带。在 50 年代末和 80 年代初曾两次对该构造进行了钻探, 钻井过程中有非常好的油气显示, 但由于各种原因而均未获得好的试油气结果而停止了进一步的勘探工作。直到 1995 年在老井复查过程中通过对仙 3 井进行重新解释和试油, 才在 $N_2^1-N_2^2$ 等三个层段获得工业油气流, 随后对该构造进行了大量地震详查和钻井部署, 结果在 N_2^1 、 N_2^2 、 N_1 、 E_3^1 、 E_3^2 等不同层位中获得工业油气流, 从而证实南八仙构造是一个以第三系为主的具有多套含油层段的油气富集构造。

1 第三系圈闭特征和构造样式

南八仙构造第三系总体是一个背斜构造, 但在纵向上深浅层特征不尽相同。 E_3^2 (或 T_3 反射层) 以上地层的背斜被仙北断层切割为南、北两块, 构成两

个断鼻; 仙北断层具有逆冲和走滑性质, 派生出一系列次级断层把两个断鼻支解成多个断块。 E_3^2 以下地层是受仙南断裂控制的背斜构造, 背斜形态比较完整, 断层较少。

南八仙构造的断层可以归结为两种构造样式: 一是以仙南断层为代表的基底卷入式逆冲断层, 该断层深切下第三系和侏罗系及其基底, 断面倾角较大, 该断层与基地活动有关, 是一个持续活动的生长逆断层, 对南八仙地区早第三纪沉积有控制作用; 二是以仙北断层为代表的推覆走滑型(盖层滑脱型)逆冲断层, 主要发育于上第三系, 浅部断面较陡、向下逐渐变缓, 并消失在层内。这两种构造样式在垂向构成“二层楼”结构(图 1)。

上述倾向不同、性质不同的两种构造样式是与柴达木盆地不同时期所经历的不同方向和不同性质的区域应力有关的。北东倾的逆断层与早第三纪祁连山向柴达木盆地的逆冲挤压作用有关, 南西倾的推覆走滑逆断层则与晚第三纪阿尔金走滑断裂活动有关。

收稿日期: 2001-02-06.

基金项目: 中国石油天然气集团公司“九五”科技工程项目(970208).

作者简介: 高先志(1963-), 男(汉族), 山东荣成人, 副教授, 主要从事石油天然气地质勘探的教学与科研工作.

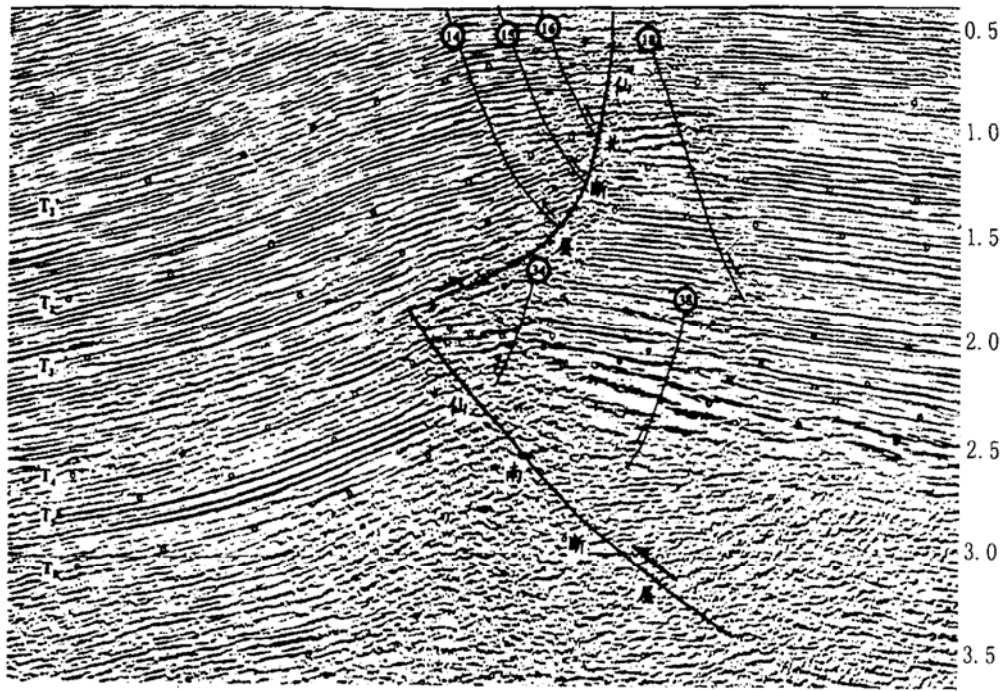


图 1 南八仙构造 3-D 地震剖面

Fig. 1 3-D seismic section of Nanbaxian structure

表 1 南八仙油气田原油物性

Table 1 Physical properties of crude oil in Nanbaxian gas & oil field

井号	层位	深度/m	密度/(g/cm ³)	粘度/mPa·s
仙 3	N ₂ ¹	1 076~ 1 082	0. 731	4. 4
	N ₂ ²	1 140~ 1 141	0. 705	7. 9
仙 6	N ₂ ¹	1 336~ 1 338	0. 764	
	N ₁	1 533~ 1 560	0. 765	
仙 4	E ₃ ¹	3 218~ 3 220	0. 851	10. 13

表 2 南八仙油田不同井段原油生物标记化合物反映的成熟度

Table 2 Maturity parameters of biomarkers in the crude oil of different wells and members in Nanbaxian oilfield

井号	层位	深度/m	参数 1	参数 2	参数 3	参数 4
仙 3	N ₂	1 140	0. 46	0. 34	1. 14	0. 44
仙 7	E ₃ ¹	2 925	0. 52	0. 32	0. 7	0. 59
仙 5	E ₃ ¹	2 988	0. 59	0. 46	0. 37	0. 65

参数 1: C₂₉20[S/(S+ R)]; 参数 2: C₂₉ββ/(αα+ ββ);

参数 3: T_s/T_m; 参数 4: C₃₁22[S/(S+ R)]

总之,南八仙构造是一个被断层复杂化的背斜构造,是一个受早期基岩隆升和晚期冲断褶皱双重作用所控制的背斜构造。深、浅层构造格局分别受两个不同的主断裂所控制。

2 油气性质及其来源

目前南八仙油气田分别在上下第三系的不同层段发现了油气藏,油气密度均较低,属成熟度较高的轻质油。但浅层与深层油气的性质仍存在差异。在原油物性方面,N₁- N₂²的原油,其密度、凝固点和粘度较低;而 E₃¹原油密度、凝固点和粘度较高。总的变化趋势是由深层向浅层原油物性变小(见表 1)。N₂¹层段内,密度向浅部变大,可能与断层破碎导致

储油层与地表水连通而发生的氧化作用有关。从化学组成看,两者均含较高的煤油和柴油馏分,但上第三系的原油成熟度高于下第三系的原油。从图 2 可见,上第三系原油正构烷烃的主峰为 nC₉, nC₉- nC₁₃构成主体,这是高成熟原油的特征;而下第三系正构烷烃显示出 nC₉ 和 nC₂₀双峰分布特点,并表现出弱的奇数碳分布优势,这是高低不同成熟度的油气相混合的表现。产生这种现象的原因,可能是由于同时有不同成熟度的油气来源,也可以是由于不同时期成熟度不同的油气先后注入的结果。生物标记物中的甾烷 C₂₉20[S/(S+ R)]及五环三萜烷中的 T_s/T_m 和 C₃₁22[S/(S+ R)]等成熟度指标也反映出上第三系原油成熟度比下第三系的原油成熟度高(见表 2)。

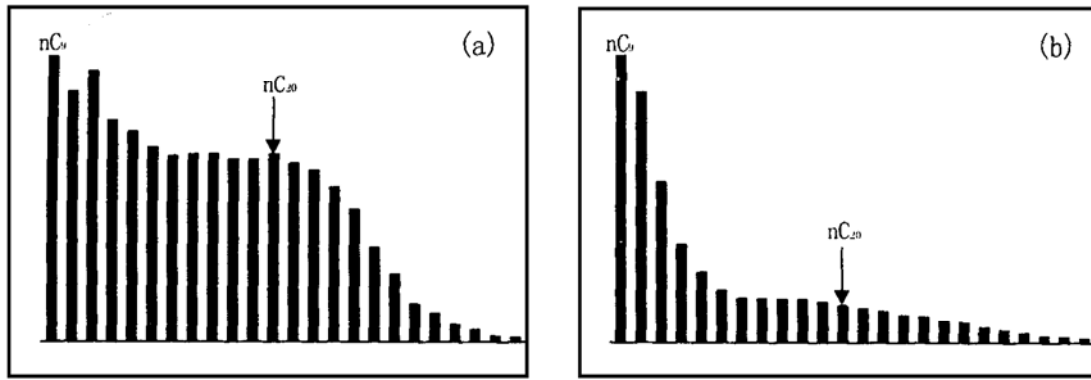


图 2 南八仙油气田上下第三系原油正构烷烃分布
a. 仙 5 井下第三系; b. 仙 3 井上第三系

Fig. 2 Distribution of n-alkane in the Upper and Lower Tertiary crude oil of Nanbaxian gas & oil field

表 3 南八仙油气田油气源对比参数

Table 3 Parameter correlation of hydrocarbon source in Nanbaxian gas & oil field

样品	井号	层位	Pr/Ph	规则萘烷(C ₂₉ /C ₂₇)	C ₂₄ 四环萘烷/ C ₂₃ 三环萘烷
原油	仙 3	N ₂	5.4	1.09	1.85
原油	仙 7	E ₃	3.39	1.14	2.27
原油	仙 5	E ₃	3.7	1.21	2.39
抽提物	仙 3	J ₁	> 3	2.5	> 1

另一方面,无论是上第三系的原油还是下第三系的原油,其来源母质的类型具有相似性,都具有陆源腐殖型或煤的成因性质。某些能反映来源的生物标记化合物参数,如 Pr/Ph、规则 C₂₉ 萘烷/规则 C₂₇ 萘烷、C₂₄ 四环萘烷/ C₂₃ 三环萘烷等比值均反映出上述成因特点,与侏罗系煤系烃源岩抽提物特征有很好的可比性(见表 3),从而证明南八仙油气田的油气主要来自侏罗系的煤系烃源岩。但是,仙 3 井钻井结果表明南八仙构造下伏侏罗系仅残存 103.5m 的下侏罗统碳质泥岩,并且其现今镜质体反射率 (R_o) 仅为 0.6%~0.8%,处于中低成熟演化阶段。看来,南八仙构造的油气并不完全来自本构造的侏罗系烃源岩,而有可能来自邻近演化程度更高的生烃次凹。事实上,在其西北部的巴龙马海湖和其东南部的伊克雅乌汝次凹,其侏罗系烃源岩埋深很大,演化程度已达到高成熟阶段,其生成的油气可通过侏罗系与下第三系之间的不整合向南八仙低突起运移,然后通过断层从深层向浅层运移。

综上所述,南八仙油气田上下第三系的原油均

来自侏罗系煤系烃源岩,油气主要通过不整合面从邻近的次凹运移过来,然后通过仙南、仙北等断层实现从深层向浅层的运移。上下第三系原油物性的差异是运移过程中发生的层析效应;油气成熟度的差异反映上下第三系油气藏油气注入时期不同,下第三系储层的油气是成熟度不同的油气在不同时期注入、混合的结果。

3 油气成藏过程和模式

油气成藏过程取决于烃源岩大量生烃以后的构造演化历史。根据烃源岩数值模拟^①,南八仙地区侏罗系烃源岩在始新世下干柴沟组沉积时进入生油门限,在渐新世-中新世上干柴沟组和下油砂山组沉积时达到生烃高峰期。南八仙构造的演化历史说明(图 3),早第三纪期间南八仙构造持续受到挤压作用的影响,仙南断层持续活动,对南八仙地区早第三纪的沉积和下第三系背斜构造的形成起控制作用;在晚第三纪晚期,南八仙构造受到强烈改造,形

① 金强,查明,等.柴达木盆地烃源岩地球化学和盆地模拟分析.中国石油天然气集团公司“九五”油气勘探科技工程项目成果报告,1999.

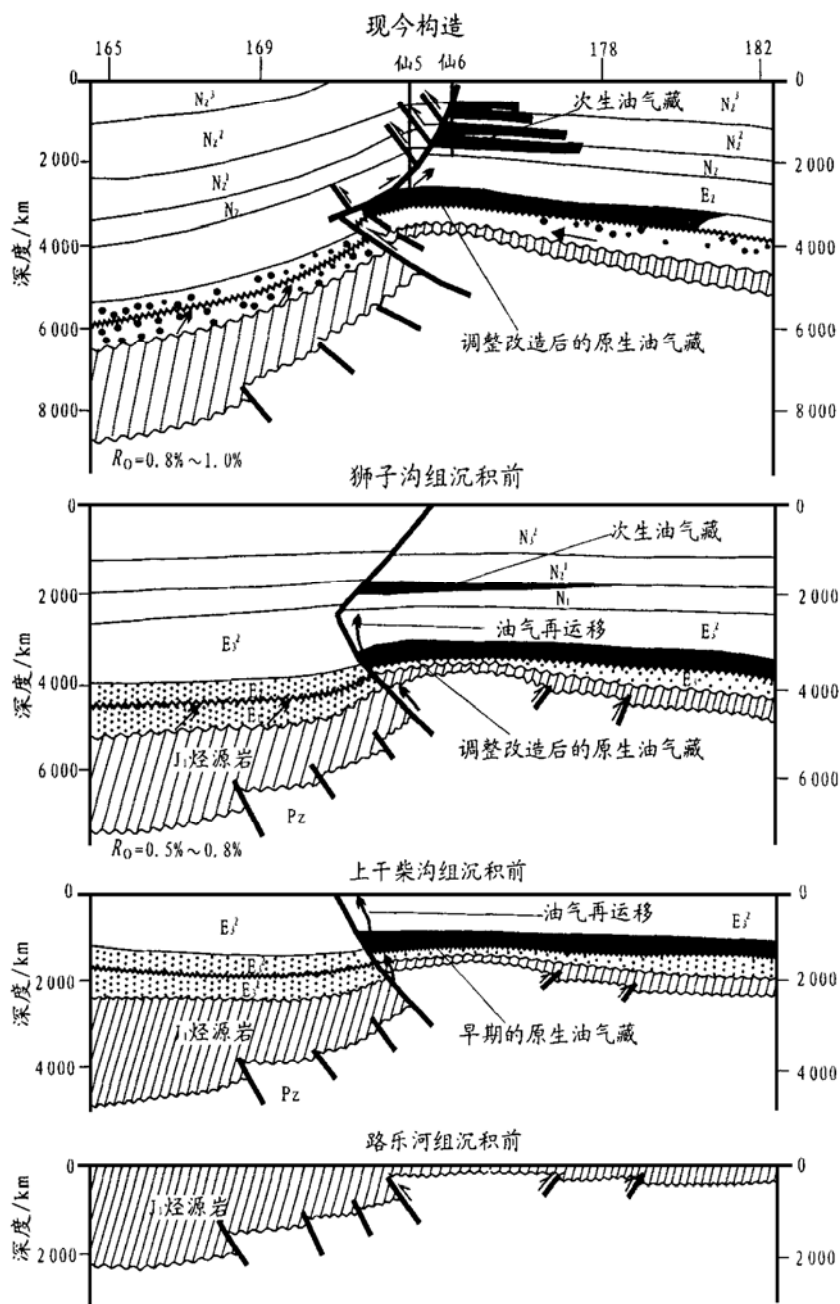


图 3 南八仙构造油气成藏过程模式

Fig. 3 Pool-forming model of gas and oil in Nanbaxian structure

成仙北及其伴生的羽状断层。在上述构造演化的影响下,南八仙构造的油气运移和聚集也经历了比较复杂的历史,不同时期在不同层段形成了不同性质的油气藏。

在始新世-渐新世期间,正逢侏罗系烃源岩开始大量生烃,因此伴随仙南等断裂的持续活动,业已形成的油气通过断层运移进入下第三系地层中形成油气藏。在上新世狮子沟组沉积后,构造变动一方面导致仙南断层再次变动,促使侏罗系烃源岩生成的高成熟油气再次向下第三系储层注入;另一方面,这次构造变动导致仙北断层形成。由于仙北断层为表层滑脱型逆断层,主要断开下干柴沟组以上地层,

没有直接与下伏的侏罗系烃源岩沟通,侏罗系高成熟的油气没有直接运达上第三系;但是该断层对早期形成的下第三系油气藏进行了调整改造,造成油气藏中的油气发生再运移,并在上第三系形成次生油气藏。

上第三系油气藏,其油气所表现出的高成熟性属于油气垂向运移的分异结果,即下第三系油气藏在晚第三纪断层破坏下,其中中低分子量的烃类优先向上运移到上第三系形成次生油气藏。因缺少直达侏罗系的运移通道,故其油气直接来源于高成熟的侏罗系烃源岩的可能性较小。

上述南八仙构造地质演化特征说明,南八仙上

下第三系储层分别经历了不同的油气成藏历史。下第三系储层经历了始新世-渐新世和中新世-上新世两次时期不同、油气成熟度不同的注入;上第三系油气藏则主要为中新世-上新世由下第三系油气藏调整改造、其油气发生再运移而形成的次生油气藏。这种解释不仅能够得到前面所述上下第三系不同的原油组成特征(图 2)的支持,而且储层包裹体的均一化温度分布特征以及包裹体组成特征也支持这一推断。

包裹体均一化温度反映的是油气运移时储层的地层温度和地层埋深。南八仙上下第三系储层包裹体均一化温度总体分布明显存在两个温度集中段(见图 4a),一是 75~90℃区间,另一个是 100~115℃区间。上第三系储层包裹体均一化温度比较集中,总体集中分布在 65~85℃,表现为单峰特点(见图 4b)。这说明上下第三系油气运移的次数和

时期不同。

下第三系储层包裹体组成中正构烷烃分布(图 5a)具有双峰分布和明显的奇数碳优势特点,说明油气运移存在多期(至少两期),并且在规模上应以低成熟油的注入期为主。而上第三系储层包裹体的正构烷烃分布属于成熟油的特征(图 5b)。

综上所述,南八仙构造第三系油气成藏过程明显受到早第三纪期间和晚第三纪晚期构造变动特征的控制。早第三纪期间持续活动的仙南断裂为下第三系原生油气藏的形成提供了油气运移通道;而晚第三纪晚期构造变动和发育的仙北断层对下第三系油气藏起到了调整改造作用,并为上第三系次生油气藏的形成提供了条件。下第三系储层主要经历了两次油气充注过程,上第三系则主要经历了一次油气充注。

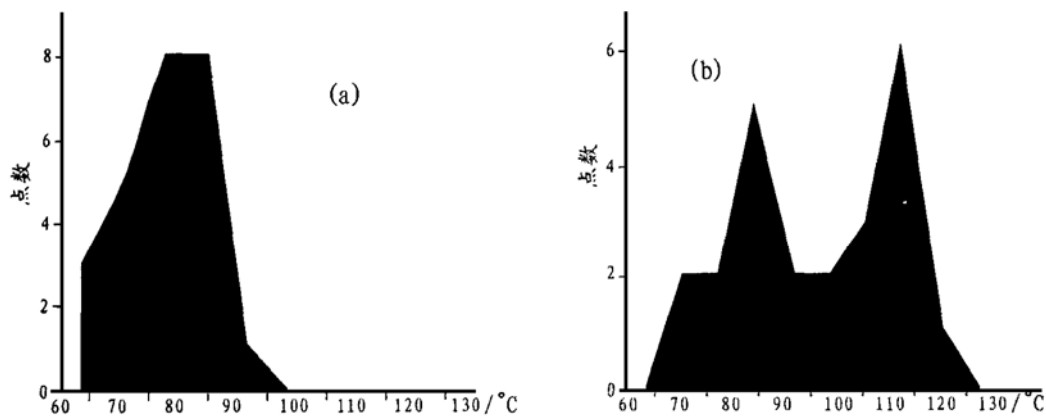


图 4 南八仙油气田上下第三系储层包裹体均一化温度分布
a. 上第三系; b. 下第三系

Fig. 4 Distribution of homogenization temperature in the Upper and Lower Tertiary reservoir inclusions of Nanbaxian gas & oil field

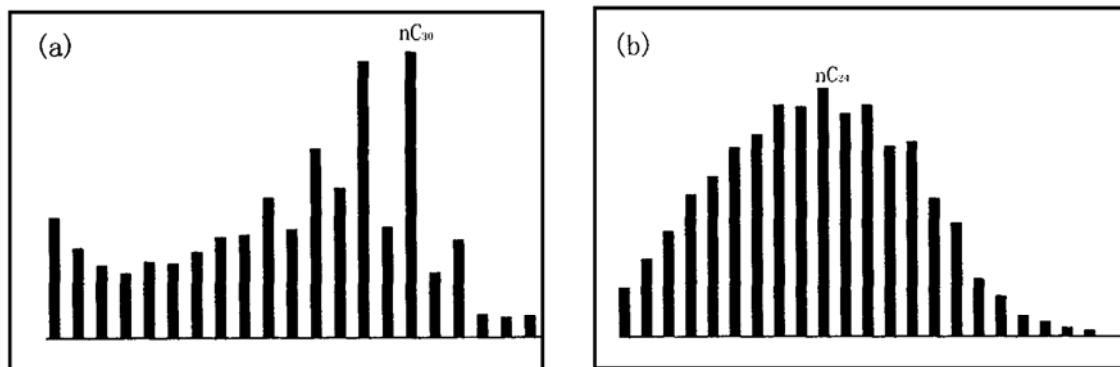


图 5 南八仙油气田上下第三系储层包裹体正构烷烃分布
a. 仙 3 井下第三系; b. 仙 4 井上第三系

Fig. 5 Distribution of n-alkane in the Upper and Lower Tertiary reservoir inclusions of Nanbaxian gas & oil field

4 对柴北缘油气勘探的启示

柴北缘整体上是一个以侏罗系为烃源岩的含油气系统。由于侏罗系埋藏较深,其储层物性较差;而第三系储层物性较好,是柴北缘有利的勘探目的层。柴北缘区域上有着基本一致的构造发育历史和构造样式^[1-4],南八仙构造的油气运聚历史和成藏模式具有代表性,从中我们可以得到对于柴北缘油气勘探的几点启示。

(1) 有无早第三纪活动的基底卷入断层分布是控制柴北缘局部构造含油气性的重要因素。这些早期活动的断层为侏罗系烃源岩所生油气运移到第三系起到了油源断层的作用。

(2) 上第三系油气成藏条件不如下第三系的好。在油源断层附近的下第三系圈闭是首选的勘探目标,它们经历了多次油气注入过程,并且保存条件较好。

(3) 晚第三纪晚期强烈的构造变动,一方面形成了次生油气藏,但另一方面也会造成油气的大量散失。因此在进行资源评价时,应充分考虑这一破坏因素的影响。

(4) 断层在柴北缘第三系油气藏形成演化中分别起到了通道和封闭的双重作用。因此,在对柴北缘进行圈闭评价时,应特别重视断层活动史及不同地质时期其封闭性的研究,搞清开启性断层和封闭性断层的时空分布。

参考文献:

- [1] 戴俊生. 柴达木盆地构造样式控油作用分析[J]. 石油实验地质, 2000, 22(2): 120-124.
- [2] 狄恒恕, 王松贵. 柴达木盆地北缘中、新生代构造演化探讨[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 1991, 16(5): 533-539.
- [3] 胡受权, 曹运江, 黄继祥, 等. 柴达木盆地侏罗纪盆地原型及其形成与演化探讨[J]. 石油实验地质, 1999, 21(3): 189-195.
- [4] 穆剑, 汪立群. 论柴达木盆地冷湖-南八仙构造带的含油气远景[J]. 石油学报, 1999, 20(2): 18-22.

POOL-FORMING MODEL OF HYDROCARBON IN NANBAXIAN STRUCTURE AND ITS IMPLICATION TO THE EXPLORATION OF THE NORTHERN MARGIN OF THE Q AidAM BASIN

GAO Xianzhi¹, CHEN Fajing², MA Dade³, CAO Zhihong¹, WANG Liqun³

(1. University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Qinghai Oilfield, Dunhuang, Gansu 736200, China)

Abstract: The northern margin of the Qaidam Basin is a petroliferous system in the northern part of the basin with the Jurassic source rock and the Tertiary master reservoir. Nanbaxian structure is a representative tertiary structure on the northern margin of the Qaidam Basin. The structure reflects that the northern margin of the Qaidam Basin was subjected to regional compression or compressive shearing of different direction and different characteristics in the Paleogene and Neogene, and formed basement-involved and mantle-detached two different tectonic patterns of faults respectively. The basement-involved fault is an essential passage of oil source to form oil and gas pools in the Lower Tertiary reservoir, and the Late Tertiary mantle-detached fault on the other side plays a destructive role to the Lower Tertiary oil and gas pools and results in the formation of the Upper Tertiary secondary oil and gas pools. The properties of crude oil, the homogenization temperature of reservoir inclusions and the n-alkane distribution of inclusions all show that the Lower Tertiary reservoir has early and late two stages of hydrocarbon injection and the Upper Tertiary reservoir has only late stage hydrocarbon injection. The pool-forming model of hydrocarbon in Nanbaxian structure suggests that the enhancement of study on the moving history and sealing history of faults have important significance to the evaluation of hydrocarbon on the northern margin of the Qaidam Basin. Compared with the Upper Tertiary, the Lower Tertiary has more advantageous conditions to form oil and gas pools.

Key words: inclusions; faults; tectonic patterns; hydrocarbon accumulation models; oil and gas pools; the Tertiary; the Qaidam Basin