

# 准噶尔盆地四棵树凹陷 油气生成、运移及聚集探讨

况 军

(新疆石油管理局勘探开发研究院, 克拉玛依市 834000)

四棵树凹陷是自侏罗纪始沉降接受沉积, 晚第三纪沉降最为剧烈的沉积凹陷。凹陷内发育侏罗纪煤系和下第三系安集海河组两套烃源岩层, 其中侏罗系煤系分布面积大、厚度大、有机质丰度及热演化程度高, 是区内主要油气源岩。托斯台地区和独山子背斜是油气运移的有利指向区。托斯台多种类型的圈闭和独山子背斜深层圈闭是有利的油气聚集场所。

关键词 四棵树凹陷 沉积凹陷 油气运移

作者简介 况军 男 28岁 工程师 石油地质勘探

四棵树凹陷位于准噶尔盆地西南部(图1), 地处北天山山前。东以红光镇断裂与昌吉拗陷分界, 北以斜坡带(侏罗系超覆沉积在其上)与车排子凸起过渡, 南与北天山和托斯台地区毗邻, 面积7000km<sup>2</sup>。

四棵树凹陷油气显示比较丰富, 除独山子背斜中新统已形成小型油田外, 凹陷南侧的托斯台地区亦有着丰富的地面及井下油气显示, 地面仅液体油苗点就有20处之多, 产量最高的油苗每日产油量达数升。在50年代所钻的9口探井中, 除1口井因钻探太浅未见油气外, 其余8口井均见油气显示。

在50年代和80年代中期, 此区投入了大量的油气勘探工作, 所钻探的6个圈闭中未见油气显示(独山子背斜除外), 故对该区的油气远景评价不一。本文拟在地球物理勘探、钻井等多项地质资料认识及分析基础上, 对四棵树凹陷进行油气生成、运移研究, 探讨其油气聚集规律, 旨在为进一步认识此区的油气分布规律及有效地指导勘探提供科学的地质依据。

## 一、烃源岩层认识及空间分布特征

托斯台及独山子背斜中的油气源于四棵树凹陷。其烃源岩层是侏罗系三工河组和下第三系安集海河组暗色泥岩层, 油源对比研究认为托斯台地区的油来自侏罗系煤系, 属煤成油; 独山子油田的油气为源自侏罗系煤系和安集海河组的油气混合体。按J. M. Hunt(1979)的烃源岩定义: “具备了生油气条件, 已生成足够的且已聚集成有工业价值的油气的岩石”, 仅能在四棵树凹陷内确定出第二套有效的烃源岩层, 即侏罗系煤系和下第三系安集海河组。在地面剖面及钻井中所揭示的安集海河组深灰色、深灰绿色泥岩有机质丰度较高(TOC: 1

~4%,  $S_1 + S_2$ : 10~20mg/g, “A”: 693~960ppm), 据干酪根镜鉴、干酪根元素确定干酪根类型为腐泥型和偏腐泥的混合型, 厚度超过 100m。四棵树凹陷安集海河组热成熟度值较低, 地面样品普遍未成熟, 在西参 2 井和四参 1 井埋深分别达 4000m 和 3200m 的样品, 经测定  $R^o$  值刚接近 0.5%, 推算大量成油深度在埋深 5000m 之下。故四棵树凹陷安集海河组油气成熟区范围较为狭窄, 仅局限在凹陷最深部位。侏罗系煤系泛指八道湾组( $J_1^8$ )、三工河组( $J_1^3$ )和西山窑组( $J_1^2$ ), 煤系中煤层、炭质泥岩、暗色泥岩层较发育。四参 1 井钻揭八道湾组煤层累积厚度约 8m, 炭质泥岩厚 14m, 暗色泥岩厚 80m。煤样分析其组成以木质为主, 含有较多的树脂体、孢子体及壳质组, 干酪根类型为 I、II 型。煤样的有机质丰度极高, 氯仿沥青“A”含量 20782ppm, 总烃含量 8591ppm。西山窑组煤层累积厚度 18m, 炭质泥岩、泥岩总厚度在 60m 之上。其煤岩组份、性质与八道湾组煤岩相似。盆地南缘玛纳斯河剖面上西山窑组煤岩经分析, 氯仿沥青“A”为 26352ppm, 烃含量 5737ppm,  $S_1 + S_2$  为 59.83mg/g。三工河组煤层不发育, 但炭质泥岩、暗色泥岩厚度在 100m 之上, 泥岩有机质含量较高(TOC 1.5~5%、 $S_1 + S_2 > 10$ mg/g), 干酪根类型以 I~II 型为主, 其基本的地球化学性质类同于八道湾组和西山窑组中的暗色泥岩层。对侏罗系煤系中的煤、炭质泥岩和黑色泥岩作热模拟产烃试验, 结果见表 1。

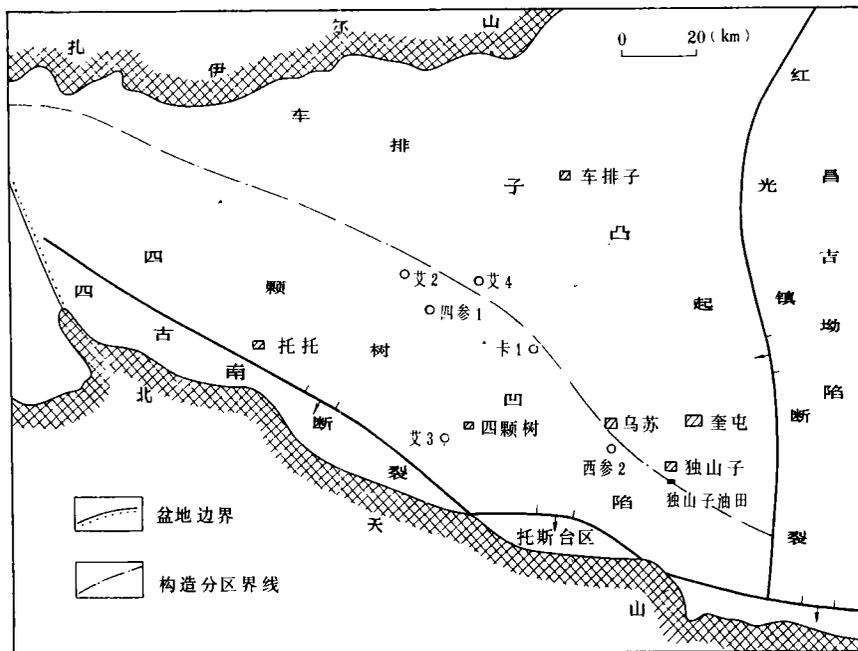


图 1 四棵树凹陷构造位置图

显然, 侏罗系煤系有着丰富的有机质, 并且向着凹陷中心, 有机物质自生气相向生油相转化。故在适宜的地质环境中, 可形成大量的石油和天然气。

据李建新(1988)研究表明: 托斯台地区的原油以高含蜡、姥鲛烷优势(Pr/Ph 为 2.37~

4.72)、不含β-胡萝卜素、不含卟啉化合物,含芘及甾烷、萜烷特征(图2,3)和碳同位素含量(-24.376~-29.463)等地球化学特征与侏罗系煤系具亲缘关系,属煤成油气。显然,四棵  
树凹侏罗系煤系是托斯台地区油气的主要贡献层,独山子背斜中新统中亦混入了相当量的煤成油气。

表1 四棵树凹陷侏罗系煤系不同岩石的热模拟产烃值

岩性	层位	热模拟温度(°C)	产气组份(%)			产油率(mg/g)	可燃气产率(ml/g·°C)
			C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	C <sub>4</sub> -C <sub>6</sub>		
煤	J <sub>1</sub> b	350	6.62	5.09	0.47	7.70	10.10
		400	14.44	11.08	0.73	22.40	31.82
		450	31.32	15.85	0.81	23.00	64.10
		500	40.32	14.49	0.54	8.30	116.53
		550	52.79	0.35	0.01	/	236.29
煤	J <sub>2</sub> x	350	3.08	0.86	0.03	0.40	1.08
		400	7.17	4.45	0.24	10.56	12.50
		450	16.08	11.22	0.86	19.60	33.20
		500	31.54	15.76	1.09	19.38	95.46
		550	42.28	14.44	0.57	4.71	153.35
炭质泥岩	J <sub>2</sub> x	350	7.92	5.51	0.61	5.43	22.13
		400	15.63	12.79	0.99	11.58	45.17
		450	27.03	14.80	0.88	10.14	140.19
		500	43.89	9.95	0.26	0.10	217.79
		550	44.63	2.14	/	/	309.88
黑色泥岩	J <sub>2</sub> x	350	4.95	6.28	2.73	/	11.14
		400	12.66	12.61	2.22	0.18	39.96
		450	24.52	17.63	2.55	0.32	65.44
		500	38.63	12.53	0.67	/	131.16
		550	34.95	0.15	/	/	180.45

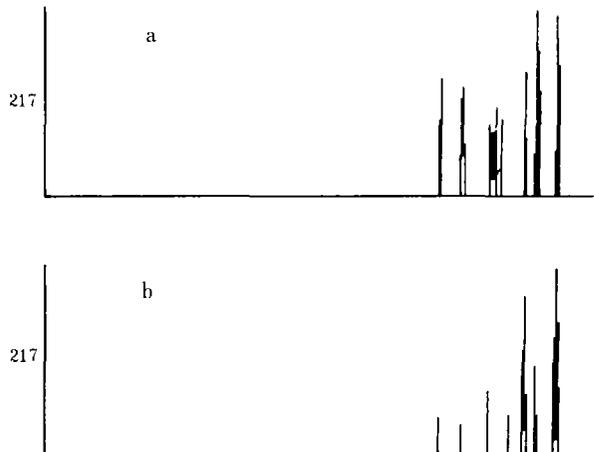


图2 原油和煤岩的 m/e217 质量色谱图

(引自李建新,1988)

(a)托斯台液体油苗,(b)侏罗系西山窑组的煤

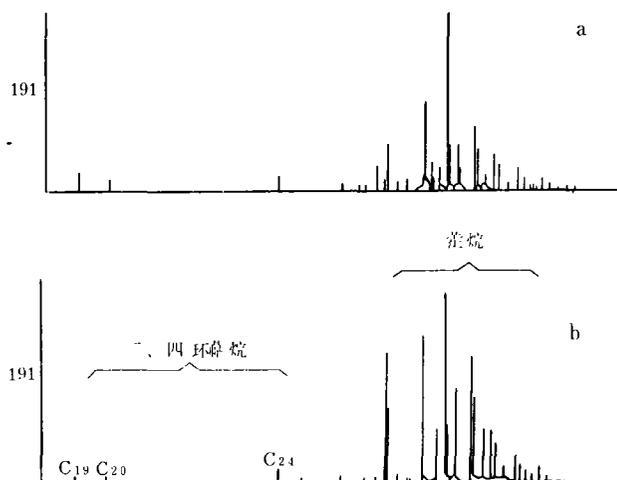


图 3 原油和煤岩的 m/e 191 质量色谱图  
(引自李建新,1988)

(a)托斯台液体油苗;(b)侏罗系西山窑组的煤

四参 1 井镜质体反射率的测定为热演化史研究提供了重要信息。本区热演化程度较低,埋深在 4000m 的侏罗系  $R^o$  值为 0.6%,未达到有机质大量生烃及排烃成熟值(图 4)。

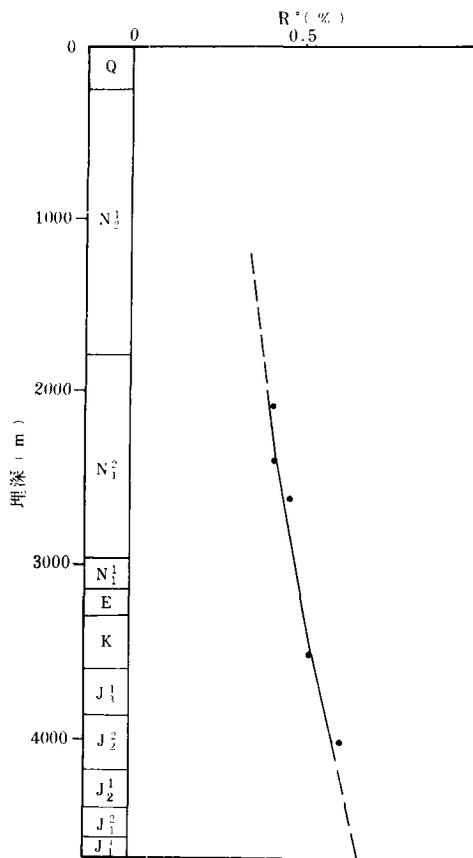


图 4 四参 1 井  $R^o$ -埋深曲线

据目前对不同牌号的煤岩抽汲研究及低煤阶煤岩的热模拟实验,证明了煤岩气肥煤变质时期是产油量最大阶段,之后便是产气阶段,随着时间、温度的增加,煤岩变质程度增高,产气量逐渐增多,如表 1 所示。肥煤受热温度为 120~150℃,  $R^o$  值相当于 1.0~1.2%,基本上处于“凝析油带”。因此,四棵树凹陷煤系大量生烃、排烃深度远大于 4000m。

四参 1 井井温测井统计出地层温度随埋深呈线性关系:

$$T = 22.86 + 0.0165 H$$

地温梯度为 1.65℃/100m,侏罗系煤系要达到气肥煤温度值,埋深须在 7000m 之下。

位于凹陷中的 TTI 热演化剖面也清楚地展示出现今凹陷的生油门限深度为 5000m,大量生烃和排烃深度则在 7000m。

由此得知,四棵树凹陷内有效烃源岩应是埋深在 7000m 之下的富含有机质的层系。从空间分布、有机质丰度、类型、热成熟度及油源对比结果看,侏罗系煤系是凹陷内最主要的烃源岩层。安集海河组有机质类型多为 I 型,在热演化较低阶段可产出低成熟油气,是区内次要生油气层,独山子油田、霍尔果斯背斜地面及南安集海地区的地面所见的黄绿色、低成熟度原油正源于此层。

从四参 1 井各层系沉降埋深曲线图上可看出(图 5),四棵树凹陷的剧烈沉降期在晚第三纪,在极短的地质历史时期中沉积了大于侏罗系至下第三系总厚度的沉积物,凹陷中部上第三系沉积岩厚度约 5000m,占其沉积岩总厚度的 50%。正是由于晚期沉积物大厚度加载,为凹陷内油气生成和运移提供了良好的地质条件。因此,凹陷中侏罗系煤系和下第三系安集海河组烃源层油气大量生成和排烃应在晚第三系末—第四纪,是较晚的地质事件,与凹陷内及周缘构造圈闭形成在空间及时间上呈良好的配置关系。

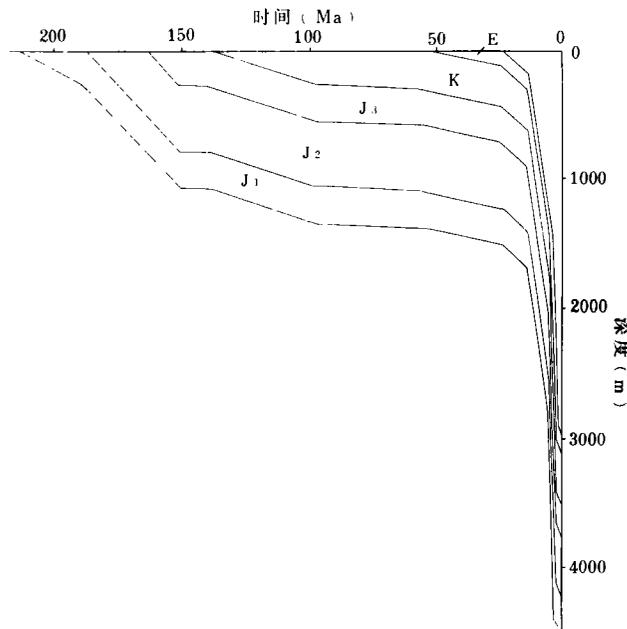


图 5 四参 1 井各层系沉降埋深曲线

## 二、油气运移及有利指向区

油气运移是重要的成油要素,油气的聚集和散失与其息息相关。过去在找油气工作中往往以圈闭区(或勘探区)距油源区远近来简单地定其优劣。未能真正地探讨油气运移与聚集的直接的必然关系,尤其是油气二次侧向运移与油气聚集的关系。钻探结果证实许多距油源区远的圈闭富集油气,而距油源区近的圈闭则为干圈闭,此外,大量的油气勘探工作亦表明:油气田并非环绕生油凹陷均匀分布,而往往集中于生油凹陷一隅呈“群落式”出现。这说明油气运移在控制油气田形成及分布中起着关键作用。近年来,国内外许多学者探讨油气运移和聚集的关系,有的已向半定量和定量化发展(B. Durand, ph. ungerer, 1984, J. C. Pratch, 1983, 1986, 陶一川, 1987, 李明诚, 1989, ph. ungerer, 1987)。笔者<sup>①</sup>(1987)近年来亦作了这方面的研究工作,划分了油气二次侧向运移的三种运移型式及生油凹陷中的三种供油单元,并通过数学方程模拟油气运移过程,可定量地计算出油气聚集量。

在静水条件下,油气侧向二次运移主要受控于油气运移期的盆地(凹陷)几何形态,运移方向是自高势区指向低势区,沿其运载层的上倾方向运移。据油气运移期运载层的几何形态,可将油气侧向运移划分为三种运移型式,(1)油气汇聚流运移型式;(2)油气发散流运移型式;(3)油气平行流运移型式(图6)。

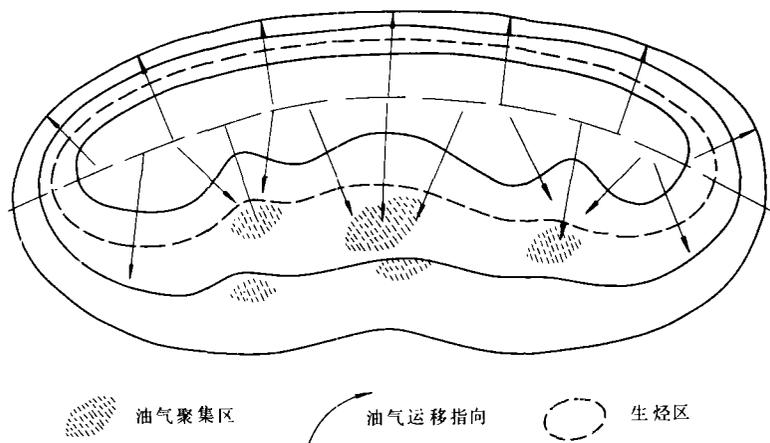


图6 油气运移型式划分图

油气汇聚流运移型式为呈鼻状隆起的运载层控制下的油气运移,这种运移型式是大面积的油气汇聚集中运移,可形成强大的油气运移流。故往往能抵挡住地层的吸附,作长距离运移,遇到圈闭则能得以聚集形成油气田。世界上相当数量的油气田皆处在这种油气运移指向上,尤其是那些距生烃区较远的油气田。如维利斯顿盆地中油气聚集量最大的内森背斜(约5亿吨石油储量)就是沿背斜轴方向插入生油凹陷内,吸取了大量烃类。

油气发散流运移型式的油气运载层为下凹状,是小面积的油气向大范围地区运移。这种

<sup>①</sup> 况军,试探油气运移中的聚散及计算模式,全国首届油气运移研讨会论文,1987。

运移必然使油气在运移过程中浓度急剧减小,经受不住地层吸附,运移距离短,且难以富集成油气田。许多距生烃区近而无油气聚集的圈闭多位于这种油气运移指向上。

油气平行流运移是一种油气运载层为单斜平板或所控制的油气运移型式,油气平行向外运移,若油气运移量不大,圈闭距生烃区远,且无其它有利运移通道时,亦不能聚集可观的油气资源。

因此,油气田的形成多与油气汇聚流型式相关。

前已述及,四棵树凹陷主要烃源岩层为侏罗系煤系,其大量生烃和排烃深度要在埋深7000m之下,故仅局限于凹陷中部的最深部位,并且大量生烃、排烃时期在第三纪末—第四纪。配之于侏罗系煤系晚第三纪末的几何形态图和侏罗系煤系生烃区范围可进行油气运移的定性判别、分析。

四棵树凹陷侏罗系煤系生烃区内可划分出5个规模不等的油气汇聚运移型式区。其中一个指向乌苏区,一个指向独山子区,三个指向托斯台区。指向独山子区的油气汇集流运移型式区最大,指向乌苏区的其次,三个指向托斯台区的规模较小。此外,托斯台区还有一处规模相当大的平行流油气运移指示。乌苏区目前尚未发现可信的圈闭构造,故此认识当停留在地质推理的水平上。独山子区存在一第三纪晚期形成的背斜构造,背斜深层侏罗系由一南倾东西向展布的逆断层与地层组成一断鼻构造。汇聚流运移的油气在此地集中富集,正是由于该断层深浅层贯通对油气进行新的空间调配,使深层聚集的油气沿断裂向上运移,造成浅层中新统中聚集了相当数量的煤成油气。托斯台地区是三个油气汇集流及一个平行流运移指向区,油气来源充足无疑。由于该区晚期断裂、褶皱及抬升作用强裂,使其地面油气显示异常丰富,并且油气沿前缘地带,呈东西向带状分布。从原油的C<sub>29</sub>甾烷立体构型异构化关系中可看出托斯台地区原油运移效应十分显著,反映出四棵树凹陷中的原油向托斯台地区运移的分异层析效果(图7)。

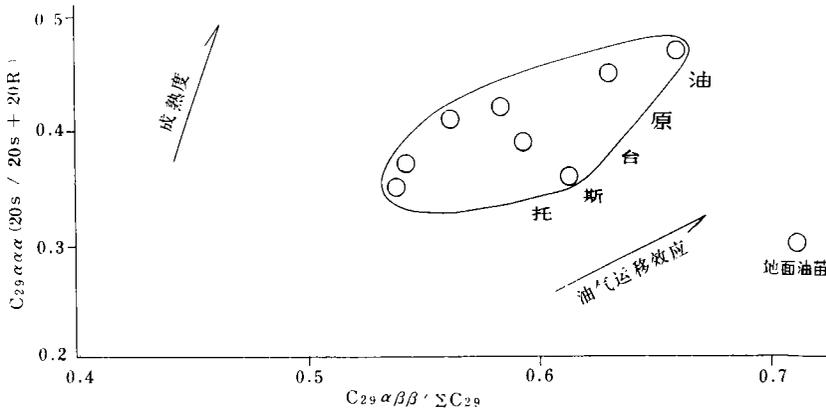


图7 侏罗系原油C<sub>29</sub>甾烷立体构型异构化关系 (引自李建新,稍修改)

四棵树凹陷西北部,构造位置一直较高,且圈闭发育时间早,储盖层亦都存在,经四参1井、艾2井、艾4井等深探井钻揭,未见油气显示。这是因为此区正好处于油气发散流运移指向区,形不成油气聚集。

### 三、油气聚集区及聚集条件探讨

从四棵树凹陷油气生成和运移研究结果来看,托斯台地区和独山子背斜是油气有利聚集区,本文将详述之。

托斯台地区地处北天山山麓带上,历经了晚海西、燕山、喜马拉雅等多旋回构造运动,深层次古生界基底发育压扭性坳垒构造,浅层次中生界为重力作用形成的薄皮型滑褶构造,表现为一个复杂的构造区。在这种深浅层构造不和谐配位的构造区从事油气勘探风险极大,目前国内外勘探单位已对这种复杂含油领域总结出若干基本规律。

70年代中期,美国西部落基山薄皮冲断带发现了重要油田。一度掀起了极大的勘探热潮。钻探表明,真正富集油气的部分仅在冲断带与绿河盆地的相交接处。因而总结出此区的油气聚集条件是:冲断带含油气性的优劣完全取决于下伏及相邻盆地凹陷区内是否发育烃源层,冲断作用只是提供了若干储集层组成的伴生褶皱、断块等多种类型的圈闭,并促进下盘生油层成熟及产生沟通上下层的油气运移通道。准噶尔盆地西北缘冲断带及南缘博格达山前推覆带正符合这种聚油气特征,故可形成油气聚集带。必须强调的是,单靠生烃区与圈闭区相毗邻是不够的,必须要研究生烃区的油气运移型式及有利指向。准噶尔盆地西北缘冲断带东邻玛湖凹陷,是已探明的巨型油气聚集带,其上储量可观的克拉玛依油田及风城-夏子街油田正处于玛湖生烃凹陷油气汇聚流运移指向上,而处于同一构造带上的车排子地区和黄羊泉地区,则位于油气平行流及发散流运移指向上,故未形成油气富集区。为此,笔者总结出油气聚集的条件是已形成的各种类型的圈闭与相邻生油气区油气汇聚流运移呈良好配置关系。

四棵树凹陷托斯台构造区和独山子背斜正符合于这种聚油气条件,应属油气的有利聚集区。从目前认识上看,托斯台构造区有两个含油气有利领域:一为重力滑脱体自身形成的各种圈闭构造,这类圈闭有的已作为背斜在地表出露,有的圈闭则难以识别,但滑脱体前缘应是含油气希望较大的区带;二是滑脱体下部及前部由压扭性古生界坳垒构造作用形成的各类圈闭,此类圈闭聚集油气类似于伊朗加萨兰奇油田模式,但认识难度大,勘探难度更大。

独山子背斜为简单背斜型圈闭聚集油气,中新统内已发现小型油田。由于具双油源供给油气,尤其是侏罗系煤系烃源岩油气供给充足,故第三系中新统之下应是进一步的有利勘探目标(图8)。

### 四、结 论

1. 准噶尔盆地四棵树凹陷发育两套烃源岩层——下第三系安集海河组和侏罗系煤系,侏罗系煤系是主要的油气贡献层。

2. 侏罗系煤系大量生烃和排烃深度在埋深7000m之下,相应时代为晚第三纪末-第四

纪。

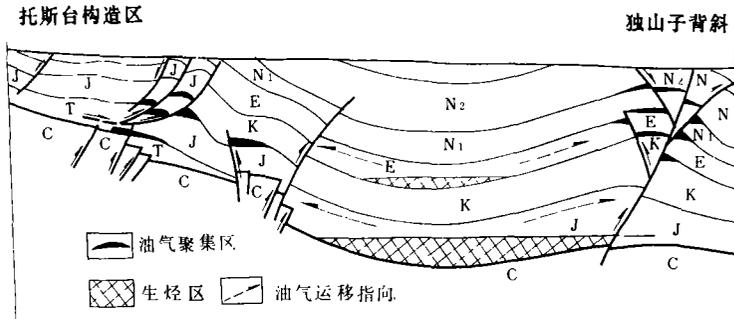


图8 四棵树凹陷油气聚集带预测图

3. 油气侧向二次运移可划分为汇聚流、平行流和发散流等三种运移型式,油气富集多与汇聚流运移型式相关。

4. 托斯台地区和独山子背斜是油气有利运移指向区。

5. 油气聚集条件是多种类型的圈闭与相邻生油气区油气汇聚流运移呈良好的空间及时间配置。

6. 托斯台构造区多种类型的圈闭和独山子背斜中新统之下深层次圈闭是凹陷进一步勘探的有利领域。

(收稿日期:1989年11月15日)

### 参 考 文 献

1. 朱建新. 新疆石油地质, 1988, 9(4)
2. 况军等. 新疆石油地质, 1989, 10(2)
3. 李生杰. 石油实验地质, 1988, 10(1), 72~79
4. 阳垂洲. 石油实验地质, 1983, 5(4), 308~312
5. 张五济等. 煤田地质与勘探. 1988, (3)
6. 许化政. 石油实验地质, 1987, 9(2), 87~97
7. Partsch JC. *Journ Petrol Geol* 1983, 5(3)
8. Pratsch JC. *Journ Petrol Geol* 1986, 9(4)
9. B. Durand, ph. ungerer. 第十一届世界石油会议报告论文集第一分册, 石油地质, 1984
10. Ph. ungerer. 第十二届世界石油会议报告论文集第一分册, 石油地质与勘探, 1988, 6(3)
11. 陶一川, 1987, 沉积盆地流体运移研究的某些进展, 地质科技情报, 1988, 6(3)
12. 李明诚, 石油实验地质, 1988, 10(2), 95~101

## APPROACH TO GENERATION, MIGRATION AND ACCUMULATION OF OIL AND GAS IN THE SIKESHU DEPRESSION, THE JUNGGAR BASIN

Kuang Jun

*(Research Institute of Petroleum Exploration and Development,  
Xinjiang Bureau of Petroleum Administration)*

### Abstract

The Sikeshu Depression initiated its subsidence from the Jurassic and the most severe subsidence occurred in Neogene. Two suites of source beds, i. e the Jurassic coal series and the sequences of the Anji and the Hehai formations of Eogene are developed, of which the Jurassic coal series is widely spreaded with a great thickness and richness of organic matter, and high levels of thermal evolution, being considered as a major contributor to hydrocarbons in the area. However, migration is oriented to the Tuositai Region and the Dushanzi Anticline. The various types of traps occurred in the former and the deep-seated traps in the latter are favourable places for hydrocarbon accumulation.