

塔里木盆地侏罗系油气聚集与分布

吕修祥

(石油大学 北京 102200)

提 要 侏罗系是目前塔里木盆地所发现的为数不多的具有双重(海相、陆相)油气来源的含油气层系之一。塔里木盆地侏罗系油气聚集有两种基本型式即库车型和塔北型。油气分布在剖面上可分为5个带,即山前冲断—褶皱带、前渊带、斜坡带、前缘隆起张性构造带和披覆背斜带,油气富集明显受断裂和不整合面的控制。

关键词 油气聚集 成藏模式 侏罗系 塔里木盆地

第一作者简介 吕修祥 男 33岁 博士 副教授 石油地质专业

1 前言

塔里木盆地侏罗系的分布区主要集中在塔西南山前带、库车凹陷、塔东南以及塔东北地区(图1),地层最厚达2000m,侏罗系是塔里木盆地最早发现的工业性含油气层。从现有勘探成果来看,侏罗系本身不仅是良好的生油层,同时还可以通过断裂及不整合面捕集源于下伏油气藏的海相油气。侏罗系是目前塔里木盆地所发现的为数不多的具有双重(海相、陆相)油气来源的含油气层系之一。

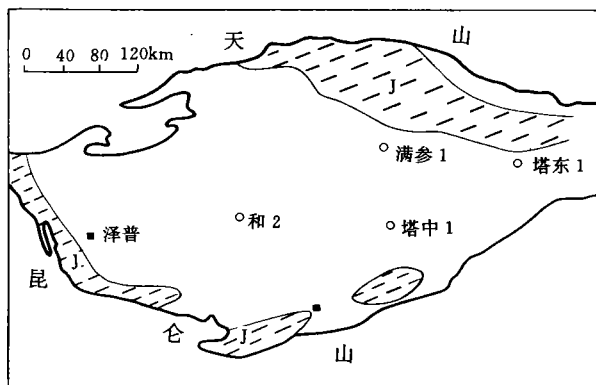


图1 塔里木盆地侏罗系分布范围示意图

Fig. 1 Sketch map of the Jurassic system distribution in Tarim Basin

2 侏罗纪盆地发展史

关于塔里木侏罗纪的原型盆地,目前的看法还

不太一致^[1,2,3],但作为前陆背景下的若干湖盆似没有太大疑问。

早侏罗世沉积时,盆内发育四个沉积中心,即拜城、英吉苏、柯克亚—和田、民丰—若羌凹陷。南天山山前地带发育冲积扇、辫状河、曲流河沉积,向拜城凹陷出现滨湖—浅湖—深湖—浅湖沉积;叶城—和田坳陷为岩性单一的灰绿色块状砾岩,岩性横向变化极为明显。且末—若羌一带为河流、滨湖沼泽—浅湖相砂岩、泥岩夹煤层。

至中侏罗统沉积时,拜城凹陷向上发育冲积扇、滨湖—深湖沉积;叶城—和田坳陷为浅—深湖相暗色泥岩夹薄层—块状砂岩、碳质泥岩、泥灰岩及煤层;且末—若羌区为滨湖沼泽相、河流相浅色砂岩、粉砂岩夹砂质泥岩局部夹煤线及为河流相的杂色砂岩、粉砂质泥岩。

至晚侏罗世早期,气候逐渐干旱炎热,主要发育冲积扇—辫状河—曲流河相红色砂砾岩。拜城坳陷区为棕红色碎屑岩,下部夹灰绿色灰岩条带、顶部夹有棕红色砂砾岩。叶城—和田区为红色磨拉石建造,以砾岩为主夹砂岩。且末—若羌区为一套紫色砾岩、砂岩。

侏罗纪时塔里木盆地南、北两侧为低山、丘陵,盆地中部塔中隆起及满加尔凹陷南部、麦盖提斜坡及塔北隆起部分地区均为隆起剥蚀区。此时的塔北隆起已成为库车坳陷(湖盆)的南坡,早侏罗世并无沉积作用(如英买7井),随着水体扩大,才出现超覆沉积。

3 侏罗系石油地质条件

3.1 油源条件

塔里木盆地的油气勘探实践表明,侏罗系作为勘探层系,它有两大气源。一是来自三叠-侏罗系自身生油岩(为湖-沼相暗色泥页岩),如依奇克里克油田、轮西含油构造等;另一是来自于下伏古油气藏的海相油气,如轮南侏罗系油藏、东河塘侏罗系油藏等。

3.2 储集条件

侏罗系储集岩十分发育,皆为陆源碎屑岩,储集岩类型主要为河流和滨浅湖相砂体,岩性以粉-细砂岩为主,其次为中砂岩和含砾砂岩,垂向上以中、下侏罗统最发育,尤其是下侏罗统底砂岩分布稳定,是为勘探所证实的主要含油层段之一。

塔里木盆地不同的侏罗系分布区,其物性差异较大。据轮南2,3,208,209井688块样品分析,孔隙度主要分布在17.5%~22.5%之间,渗透率主要分布在 $20 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间;西南坳陷杜瓦地区,孔隙度平均10.54%,渗透率一般都小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。库车坳陷储层物性变化较大,总体上有由下向上物性相对变好的趋势。储集层的孔隙空间主要为次生溶蚀孔隙,其次是构造裂缝和微观孔隙。

3.3 盖层条件

塔里木盆地侏罗系泥质岩比较发育,但单层厚度较小且分布不均,往往是泥岩与粉砂岩交互。从目前已发现的侏罗系油气藏以及侏罗系起封堵作用的下伏油气藏(如英买7号奥陶系潜山油气藏、牙哈寒武-奥陶系潜山油气藏等)来看,侏罗系作为盖层的岩性有泥岩、粉砂质泥岩及泥质粉砂岩,累计厚度最大愈300m,封堵能力也较好。

3.4 圈闭特征

侏罗系的圈闭可以分为两大类,即构造圈闭(I)与地层圈闭(II)。

从成因机制看,侏罗系背斜构造可进一步分为挤压长轴背斜(I_1)、披覆背斜(I_2)和断背斜(I_3)。挤压背斜的形成,是喜山期塔里木南、北两侧前陆盆地发育的结果,库车坳陷山前发育的侏罗系背斜皆为被断层切割的长轴背斜;侏罗系披覆背斜是在古老的地层残丘山上披覆沉积,差异压实的结果;在库车前陆盆地的前缘隆起上还发现了受正断层所控制的侏罗系断背斜,其成因不同于 I_1 ,其控制因素又不同于 I_2 。在轮西构造带上所发现圈闭就是受正断

层所控制的3个断背斜。

侏罗系的地层圈闭(I)发育于前陆盆地斜坡至前缘隆起部位。侏罗系在斜坡之上逐层上超沉积。如轮台断隆北坡,下、中、上侏罗统逐层超覆于前寒武系之上,这种不整合尖灭带构成了形成地层圈闭的区域背景,且已为地震和钻探所证实。

4 侏罗系曲型油气藏

塔里木盆地最早发现的油田是侏罗系依奇克里克油田;在塔里木盆地大规模会战的前夕,在轮南地区的发现又有侏罗系;1995年又在侏罗系中获得重大突破,东河塘侏罗系出油、轮南构造侏罗系出油,克拉托构造侏罗系见良好油气显示。

4.1 依奇克里克油田

依奇克里克油田位于库车坳陷北缘,1958年发现,现已枯竭。

依奇克里克油田的圈闭为一挤压长轴背斜,长轴40km,短轴4.5km,构造走向北东东向。背斜构造南陡北缓,北翼倾角 $30^\circ \sim 50^\circ$,南翼倾角 60° ,局部具有倒转现象。背斜两翼均为冲断层切割,背斜由东、中、西3个高点组成。

含油层为中侏罗统,以小型透镜状砂岩体为主,系河流及滨浅湖相砂体。单个砂体厚度变化大,在6.7~18.5m之间,其延伸一般在1km左右,最大者达3~4km。孔隙度一般为15%~25%,渗透率多为 $50 \sim 500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 是优质储层。

据56个原油样品分析结果的平均值,原油密度为0.8,粘度为2.94 mPa·s,含蜡量中等,为6.61%,含硫量极低,仅0.03%,为轻质油。油源对比结果表明,其油源来自于本区三叠系-中、下侏罗统陆相生油岩。

含油面积2 km²,油层埋深浅,一般为250~650m,个别可达1000m,油层厚度2~14m。纵向上可分为4个油组,每一油组均构成独立的油水系统(图2)。

4.2 轮南侏罗系油藏

轮南中生界构造是在古生界潜山断垒背景上发育起来的披覆背斜构造^[4]。侏罗系上、下构造的形态及幅度基本一致,总的面貌为一呈东西走向、平缓的低幅度背斜构造,由2个局部构造组成,即西高点(轮南2井区背斜)和东高点(3井区背斜)。西高点构造幅度28m,南北两翼地层倾角平缓,为 $1.1^\circ \sim 1.4^\circ$,单层圈闭面积最大者11 km²。另外,在侏罗系

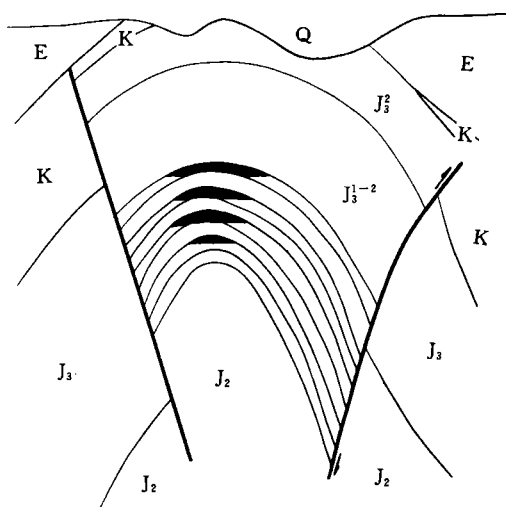


图2 塔里木盆地依奇克里克油田油藏剖面图
Fig. 2 Pool section of the Yiqikelike oilfield in Tarim Basin

构造上有断距在 50 m 以下的小型正断层发育。

储层岩性以长石岩屑质石英砂岩为主,总体上为三角洲-滨湖相沉积的产物。砂岩粒级以粉砂岩为主,底部为含砾不等粒砂岩及细砂岩,储层物性较好,平均孔隙度为 17.33% (908 块样品) 其中有四分之一的样品在 20% 以上;平均渗透率为 $125.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (755 块样品)。从四个油组来看,其孔隙度都比较接近,但渗透率差异较大,以底砂层最好。

轮南油田侏罗系原油性质较好,原油密度 0.7824 ~ 0.8918,粘度 (50℃) 在 1.25 ~ 14.60 mPa·s 之间,除个别小层为轻质油外,其余皆为常规原油。含蜡量 4.42% ~ 12.24%,含硫量平均值为 0.33%。天然气中甲烷含量低,为 56.17% ~ 74.68%,属溶解气。油源对比结果表明,侏罗系圈闭中的油气来自于海相生油层,是下伏潜山油气藏中的油气沿断层垂向运移上来的(图 3A)。

油藏含四个油组,由上至下分别为 J_1 、 J_1 、 J_1 、和 J_N ,其中后两者为力主含油层。油藏的主要特点是:具有正常的压力系统;油藏埋藏深,在 4 500 ~ 4 580 m 之间;地温梯度低,为 2.14 ~ 2.15 °C/100 m,油层温度高,主力油层温度为 110 ~ 121 °C;含油柱高度小,主力油层充满度较大。主力油层的油藏类型为构造层状边水油藏(图 3B)。

5 侏罗系油气成藏模式

模式的建立是对已有认识成果的高度概括及对

规律性认识的高度总结。一个成功的模式对油气勘探决策的指导作用是十分重大的。因此,随着盆地研究及油气勘探的不断深入,各种与勘探决策密切相关的模式也就应运而生:从盆地模式到区带模式;从油气藏模式到油气分布模式,另外还有从控制油气藏形成与分布的某项因素出发的模式如沉积相模式、油气运移模式等。

建立塔里木盆地侏罗系油气成藏模式,我们主要考虑以下几点:一是成藏作用,二是圈闭特征,三是油气来源,据此可大致将塔里木盆地侏罗系油气成藏分为两大模式,即库车型和塔北型。

5.1 侏罗系油气成藏作用

前述的石油地质条件,实际上是讲的油气成藏的地质要素,这里讲成藏作用,一方面是要探讨油气成藏过程(圈闭的形成、油气的运移),另一方面是时空上的配套史分析。

5.1.1 侏罗系圈闭形成史

侏罗圈闭的形成,具有盆地内部形成早、边缘区形成晚的特点。这一特点的出现与盆地演化的大背景有关。从成因角度可分为沉积型和构造型。具体来说有:沉积型-披覆背斜、沉积型-地层超覆圈闭、构造型-断块和构造型-挤压背斜。

5.1.2 油气运聚史

油源对比结果表明,塔里木盆地侏罗系有海相和陆相两大油气来源,陆相的三叠-侏罗系经历了两次生排烃高峰,一次是在晚白垩世,另一次是在晚第三纪,且以后者为主。

海相油气在侏罗系圈闭中的聚集实际上是下伏古油藏中的油气沿断层垂直向上运移的结果,轮南侏罗系油藏即是如此。油气聚集期与切过侏罗系砂体的正断层活动期有关,由此推断油气聚集期在吉迪克组沉积期。从原油物性看,由下(T_1 油组)向上(J_1 油组)原油物性具有较明显的变化规律(表 1)。

表 1 轮南 2 井三叠-侏罗系油层原油物性
Table 1 Physical quality of oils in the Triassic-Jurassic reservoirs in Lunnan-2 well

油组	密度/g·cm ³ (20℃)	粘度/mPa·s (50℃)	含蜡量/%	凝固点/℃
J_1	0.8918	15.95	2.97	-4
J_N	0.8426	5.25	6.6	4.5
T_1	0.8756	11.45	2.56	-2

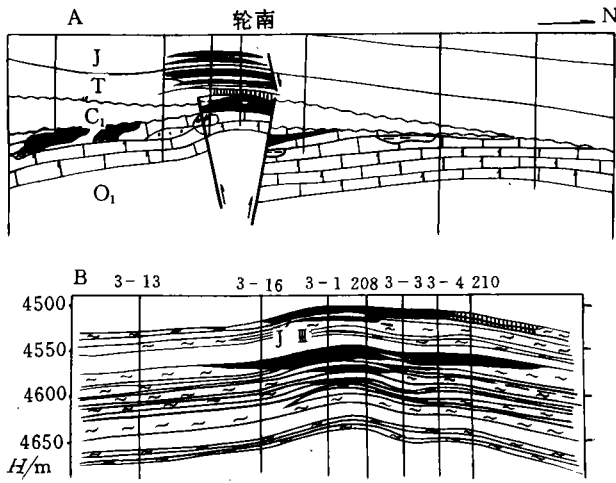


图 3 塔里木盆地轮南侏罗系油藏剖面图
Fig. 3 Jurassic pool section of the Lunnan oilfield in Tarim Basin

T _I	0.8450	3.9	3.85	-3.5
T _{II}	0.8380	4.98	4.42	1.5

不整合面是油气侧向运移的重要通道,如北塔北隆起上(塔北隆起的库车油气系统部分)三叠-侏罗系的油气就是沿不整合面运移而来的。需要指出的另一点,就是当油气进入侏罗系底砂岩之后,也可在其中作侧向运移,如英买力地区的沙 3、沙 16、英买 1 及英买 2 等井均在侏罗系中见有油气显示。

5.2 侏罗系油气成藏事件

油气藏的构成,实际上可分为硬件和软件两部分^[5]。所谓硬件部分,就是指储集层、盖层、圈闭以及形成不整合圈闭的顶、底板;所谓软件部分即指油、气、水。这两部分均只是一个静态的结果,而油气藏的形成是一个动态的过程,油气成藏事件正是对这种静态的结果与动态的过程的结合(图 4)。

如果将塔里木盆地油气成藏划分为三大成藏旋回^[6],则侏罗系的油气聚集形成于第三个成藏旋回。由于其形成期晚,没有受到后期构造运动的破坏,极有利于保存下来。

5.3 侏罗系油气聚集模式

侏罗系油气聚集模式可分为两类,它们虽然有许多不同点,但一个共同的特点就是油气藏的形成都很晚,而且都与前陆盆地的发育有关(圈闭的发育、断层的发育等)。

以库车-塔北剖面为例,由北西向南东构造具有明显分带性,由山前冲断-褶皱带(I带,发育挤压长轴背斜)到前渊(II带,岩性圈闭?)过渡到斜坡带(III带,发育地层超覆圈闭)、前缘隆起张性构造带(IV带,发育断块、断鼻圈闭),向南延伸至南塔北隆起披覆背斜带(V带,图 5)。

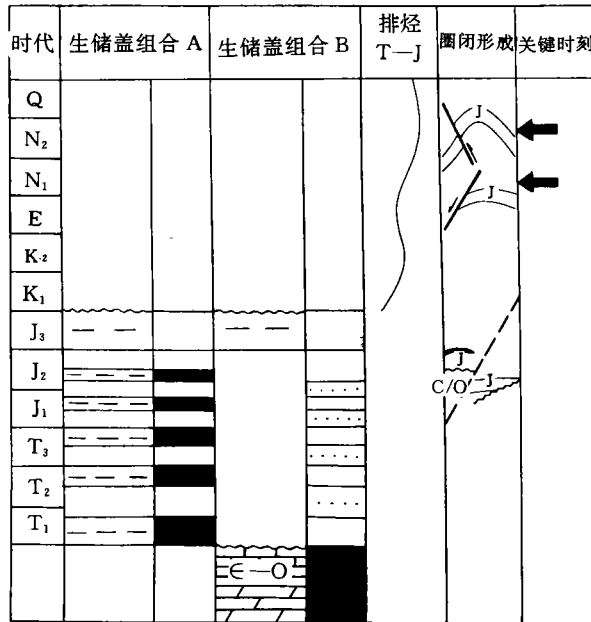


图 4 塔里木盆地侏罗系油气成藏事件图
Fig. 4 Pool formation events in the Jurassic system in Tarim Basin

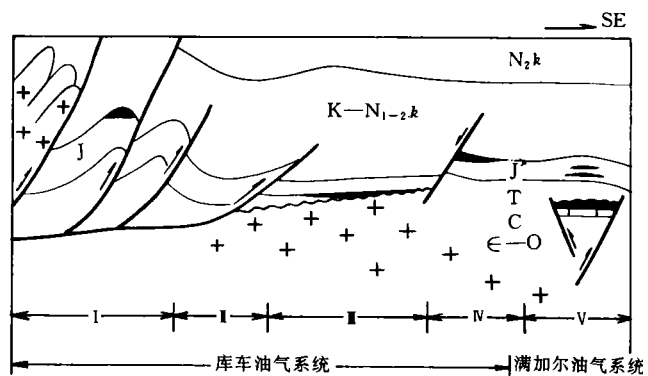


图 5 塔里木盆地侏罗系油气聚集模式
Fig. 5 Model of petroleum accumulation in the Jurassic system in Tarim Basin

I带之圈闭为挤压背斜,为断层切割,油气来源对应于三叠-侏罗系源岩的第二次排烃高峰期,其聚集很可能与冲断带的形成期一致。II带系推测,尚无能力证实。III带为斜坡上的地层圈闭,油气来源是三叠-侏罗系陆相油气沿其下不整合面侧向运移的结果。IV带为陆相油气侧向加垂向运移的结果。这四个带同属于库车油气系统。V带为南塔北隆起上的披覆构造,油气来自于海相地层,以张性断裂最后进入侏罗系储集层,形成期为上第三系吉迪克组沉积时期,该带独属满加尔古生界油气系统。

6 油气分布规律与有利勘探方向

资源评价结果及塔里木盆地的勘探实践均表明塔里木盆地的侏罗系具有良好的油气前景。但限于侏罗系发育的局限性及山前勘探难度较大等原因,目前所找到的侏罗系油气田(藏)及显示良好的侏罗系含油气层均位于盆地北部地区。

6.1 油气分布规律

侏罗系的油气分布受油源、圈闭以油气运移通道(断裂、不整合面、疏导层)等多种因素的控制。

6.1.1 油气分布多与断裂和不整合面有关

活动断裂是油气垂向运移的重要通道,以轮南地区最为典型,在侏罗系构造上有3条小断层,均为正断层。其中相对大一些的断层延伸约7 km,最大断距近50 m,该断层4口井钻遇。油源对比结果已证实三叠-侏罗系披覆背斜中的油气来自于下伏海相生油层,显然这些张性正断层曾经是油气垂向运移的通道。

不整合面是油气侧向运移的通道,不仅如此,而且侏罗系沿不整合面的逐层超覆沉积,形成了有油气来源的地层圈闭。如羊塔克构造带专探侏罗-三叠系地层油藏的羊塔4井,在5 693~5 714.5 m井段侏罗系底砂岩中见12 m油层,钻进中槽面见绿、褐色原油。

6.1.2 油气富集受储层物性控制

侏罗系发育四个砂岩段,对应于四个油组,其中IV油组是一套底砂岩。从储层孔隙度看,I、III、IV油组的平均孔隙度相近,II油组较低;从储层渗透率看,I、II、III油组为中-低渗透层,IV油组为中-高渗透层;从孔隙喉道看,铸体薄片IV油组约为I、II、III油组的4倍。VI油组储层物性最好。因此,如果有侏罗系底砂岩沉积,则在油区内它往往就是富含油气层(主力含油层),如轮南2-3井区侏罗系油藏IV油

组所含油气占侏罗系探明储量的66%,东河1号背斜侏罗系探明天然气储量中IV油组占79%。

6.1.3 油气分布受构造带控制

南塔北隆起有侏罗系的披覆背斜;北塔北隆起有侏罗系的断背斜;库车坳陷南斜坡是侏罗系地层圈闭发育区;山前冲断褶皱带是侏罗系的挤压长轴背斜发育区。圈闭成带分布的特点决定了油气分布的分带性。目前在这些圈闭类型中或已发现了油气藏(田),或已显示了良好的油气前景。

6.2 进一步勘探设想

塔北隆起-库车坳陷侏罗系油源充沛、砂体亦很发育、圈闭类型多样,十分有利于油气的聚集。轮台断隆北坡侏罗系超覆沉积发育,特别是三叠-侏罗系之下的不整合面是油气运移的良好通道,同时,中-下侏罗统砂体亦可为油气侧向运移的疏导层,因此,该斜坡带是寻找侏罗系地层油气藏的有利地区。在依奇克里克油田的形成过程中,断层是十分重要的运移通道。因此,向依奇克里克深部发展,逼近生油层,是山前侏罗系勘探比较有一个希望的一个领域。

渤海湾盆地济阳坳陷东营凹陷的八面河油田,原油为低成熟, R_o 值仅0.35%。目前对塔里木盆地孔雀河斜坡、英吉苏凹陷侏罗系油气远景的最大疑问也就是侏罗系源岩尚未成熟。维马克1井侏罗系源岩 R_o 值平均为0.51%,最大近0.6%,按常规标准而论,尚处在生油门限之外。但本区是否有低熟油存在之可能,或现行标准对判断本区侏罗系生油标准不可靠,而有正常成熟油气存在之可能?侏罗纪时焉耆与英吉苏是两个隔山相望的湖盆,仅从宏观背景看,两个湖盆侏罗系的生油条件似乎不会有太大差异。

参 考 文 献

- 1 贾承造,魏国齐.塔里木盆地的古生界隆起和中、新生界前陆逆冲带构造及其控油意义.见:童晓光,梁狄刚,贾承造主编.塔里木盆地石油地质研究新进展.北京:科学技术出版社,1996.225~234
- 2 康玉柱.中国塔里木盆地石油地质特征及资源评价.北京:地质出版社,1996.87~89
- 3 汤良杰.塔里木盆地演化和构造样式.北京:地质出版社,1996.65
- 4 Liang Digang. New Progress in Petroleum Exploration of Tarim Basin China. Oil & Gas, 1994, 1(2): 41~48
- 5 吴元燕,吕修祥.利用含油气系统认识油气分布,石油学报, 1995.16(4):17~22
- 6 吕修祥,张一伟,金之钧.塔里木盆地成藏旋回初论.科学通报,

Petroleum Accumulation and Distribution in the Jurassic System in Tarim Basin

Lu Xiuxiang

(University of Petroleum, Beijing 102200)

Abstract

The Jurassic System is one of the rare oil-bearing horizons with both marine and nonmarine petroleum sources discovered in Tarim Basin up to now. Abundant hydrocarbon source, high porosity and permeability, good muddy caprocks and various kinds of traps constitute beneficial conditions to form the Jurassic oil pools. There are 2 types of petroleum accumulation, i. e., Kuche-type and Tabei-type which were formed during Himalayan orogeny. Petroleum distribution could be divided into 5 zones including thrust-fold zone, foredeep zone, slope zone, tensional foreland uplift zone and drapping anticline zone. And petroleum occurrence was controlled by faults and unconformities which are the secondary migration of petroleum. As a target bed, the Jurassic systems distributed in the northern slope of the Tabei uplift, thrust-fold zone of the Kuche depression and the Yingjisu sag are the favourable exploration area.

Key Words petroleum accumulation model of pool formation Jurassic Tarim Basin

(Continued from page 57)

hydrocarbon expulsion process of the source rock during its geohistory. This paper, applying the basin modeling and uncertainty analysis methods, studied the effect and the relative contribution of thirteen major geological factors to source rock evaluation, and discussed the probability distribution of the source rock quality evaluation index (SRIQ), source rock nature evaluation index (SRIN) and source rock efficiency evaluation index (SRIE) under the effects of these major geological factors.

Key Words source rock evaluation hydrocarbon expulsion basin modeling uncertainty analysis