

文章编号: 1001- 6112(2005)01- 0039- 05

塔里木盆地喀什凹陷侏罗系含油气系统研究

李铁军¹, 罗晓容²

(1. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要: 在对喀什凹陷侏罗系烃源岩和圈闭类型、储集岩、盖岩等含油气系统基本要素研究的基础上, 结合侏罗系油气运聚过程分析及构造演化总结, 认为喀什凹陷侏罗系含油气系统可分为原生和后期改造 2 个阶段。含油气系统演化上的差异决定了喀什凹陷不同地区勘探重点的不同, 其中凹陷腹部处于原生含油气系统阶段, 应以寻找砂岩体—岩性尖灭圈闭为主; 山前构造带处于后期改造阶段, 勘探的重点应为构造圈闭。

关键词: 勘探方向; 含油气系统; 喀什凹陷; 塔里木盆地

中图分类号: TE122. 1

文献标识码: A

含油气系统是近年发展起来的关于油气勘探的思想体系和研究方法, 其基本思路是运用系统论的思想和观点把油气勘探中的各种基本要素和作用、过程有机地联系起来, 强调了各地质要素和地质过程之间的整体性、相关性、有序性和动态性。自其产生以来, 作为一种有效的油气勘探手段而为石油地质工作者所接受和应用。本文将在含油气系统基本要素分析的基础上, 通过喀什凹陷侏罗系油气运移特征及油气成藏特征分析, 提出侏罗系含油气系统的划分方案, 并进一步提出勘探方向。

1 基本地质概况

喀什凹陷位于塔里木盆地西南部, 是塔西南拗陷的一个次级凹陷。侏罗纪—早白垩世早期, 喀什凹陷为一狭长的断陷盆地, 走向 NNW, 而断陷盆地东部的大部分地区则缺乏侏罗系沉积。在此期间, 喀什凹陷经历了一个完整的断陷盆地演化旋回: 早侏罗世期间, 主要发生断陷作用, 在凹陷范围内沉积了以砾岩、粗砂岩为主的沙里塔什组(J_1sh)和以砂岩为主的康苏组(J_1k), 并在康苏组上部发育有煤层; 中侏罗世则是继承了前期断陷作用的构造背景, 并在此基础上发生了拗陷作用, 沉积范围与前一阶段相比明显扩大, 沉积物的粒度明显变细, 其中杨叶组(J_2y)以砂岩、粉砂岩和页岩为主, 中部发育碳质泥岩、泥灰岩和薄煤层; 晚侏罗世早期, 盆地进入萎

缩消亡阶段, 盆地范围明显减小, 沉积物分布范围也较为局限, 以砾岩、含砾粗砂岩和粗砂岩为主。断陷盆地的沉积、沉降格局造成了侏罗纪盆地西陡东缓的似脊状盆地形态, 而作为主力烃源岩的杨叶组和康苏组主要位于断陷盆地的中心, 有利于生成的油气向断陷盆地两侧的斜坡方向运移。

晚侏罗世晚期—早白垩世早期, 由于构造背景的变化, 断陷盆地进入反转期。从沉积特征来看, 在南天山和西昆仑山山前地带的露头区, 早白垩世地层与中—上侏罗统呈角度不整合接触, 在岩性上主要为红色粗碎屑岩; 在喀什一带, 主要由红色砂岩、粉砂岩和泥岩组成, 底部通常发育底砾岩; 在西昆仑山前, 下白垩统主要由砾岩和粗砂岩组成, 这种红色的粗碎屑岩沉积反映了区域性上升的地质构造背景, 表明在晚侏罗世晚期, 盆地所处的大地构造已发生了明显变化, 由原来断陷盆地形成时的张性环境逐渐过渡为压性环境。

自早白垩世始, 盆地演化进入了一个新的阶段, 并在此基础上沉积了巨厚的上覆地层: 下白垩统克孜勒苏群为一套客河流相的粗碎屑岩, 主体为冲击扇体系, 在南缘的最大厚度为 1 300 m, 与下伏的侏罗系呈不整合或平行不整合接触; 晚白垩世—早第三纪期间, 喀什凹陷乃至整个塔西南地区遭受了自西向东的海侵, 沉积了一套以碳酸盐岩为主并夹有石膏层的海相地层。根据沉积相序特征, 大致可分为 5 次海进—海退旋回^[1,2], 海水侵入的方向为自西向东。

收稿日期: 2004- 05- 18; 修订日期: 2004- 11- 04。

作者简介: 李铁军(1971—), 男(汉族), 河南通许人, 博士、高级工程师, 主要从事油气勘探工作。

晚第三纪,尤其是中新世,印度板块和欧亚板块之间碰撞作用的远距离效应传输至塔里木地区,引起喀什凹陷南北两侧的天山和昆仑山造山带发生活化,分别向凹陷内部逆冲推覆,从而对其构造框架、地貌特征及岩性展布特征进行了强烈控制和改造:一方面在凹陷两侧的山前带形成一系列与造山带近于平行的逆冲推覆构造^[3-5],使侏罗系直接出露地表或通过断裂面与地表连通;另一方面,两侧造山带的强烈隆升为凹陷腹部提供了充足的物源,使凹陷内沉积了巨厚的新生代地层,其中,中新统是一套以褐色碎屑岩为主的夹有海陆过渡相夹层的陆相沉积,上新统及第四系则以砂岩和砾岩为主^[6,7]。

2 含油气系统基本要素研究

含油气系统的基本要素包括烃源岩、储集岩、盖岩及油气圈闭等方面^[1]。

2.1 烃源岩

喀什凹陷侏罗系烃源岩有下侏罗统康苏组和中侏罗统杨叶组,其中以杨叶组为主^[8-11]。从类型上看,中下侏罗统碳质泥岩及暗色泥岩中的干酪根以Ⅱ型或Ⅲ型为主;有机碳平均值为1.31%~1.91%;氯仿沥青“A”均值为0.0512%~0.1470%;总烃含量的平均值为 $(221\sim 422)\times 10^{-6}$;生烃潜量指标 S_{1+2} 值为1.07~3.76 mg/g;根据野外露头样品的测试结果, R_o 值为0.8%~1.3%,处于成熟演化阶段。

烃源岩的热演化过程是含油气系统研究中的一个重要方面。在考虑了地层的压实校正、地层压力、沉积岩层的放射性生热、岩层的热容及不同的盆地演化阶段的地热场特征等因素的情况下,我们对腹部侏罗系烃源岩的热演化过程进行了模拟(图1)。图中所示的模拟结果表明,下侏罗统与中侏罗统下部在晚侏罗世已进入生油门限,白垩纪—中新世期间为生油高峰期,现今处于高成熟—过成熟的演化阶段。露头样品测试和凹陷腹部的模拟结果之间的差异很明显,我们认为这与凹陷腹部和山前带构造之间存在的构造演化史差异有关:如前所述,新生代,尤其是中新世以来,喀什凹陷两侧造山带重新活动并向凹陷内部逆冲,导致凹陷腹部沉积了巨厚的上覆地层,而逆冲推覆带却遭受抬升剥蚀,从而使侏罗系甚至更老的地层出露地表。腹部和山前带沉积埋藏演化史上的差异是造成山前带现今演化程度较低、而腹部演化程度较高的主要原因。

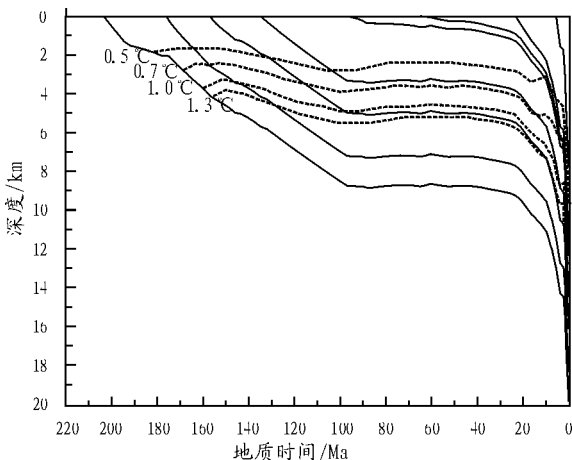


图 1 喀什凹陷腹部烃源岩热演化过程模拟

Fig. 1 Thermal modeling of source rock at the inner part of Kashi Depression

2.2 圈闭类型及储盖层

在喀什凹陷内主要有 2 种类型的圈闭:砂岩体—岩性尖灭圈闭及构造圈闭。对于不同的圈闭类型,储集岩和盖岩存在差别。

2.2.1 砂岩体—岩性尖灭圈闭

这种类型的圈闭是盆地形成演化过程中,由沉积环境变化造成的相变及沉积地层的尖灭而形成,主要储集岩系为侏罗系及下白垩统发育的砂岩及粉砂岩系,而盖层主要是上白垩统—下第三系以碳酸盐岩为主并夹有石膏层的海相地层。

侏罗系各统碎屑岩储集岩系均较为发育,岩性以中—细砂岩、粉砂岩和粗—中砾岩等碎屑岩为主。从孔隙度、渗透率特征来看,中上侏罗统储集性较好。下统孔隙度为1.63%~15.33%,平均为5.24%,渗透率为 $(0.0137\sim 59.5430)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,平均为 $4.1687\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。上侏罗统孔隙度为9.15%~2.51%,均值为5.86%,渗透率为 $(5.8970\sim 0.0487)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,均值为 $1.4710\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。下白垩统储集层均为碎屑岩,样品孔隙度变化较大,在27.20%~3.42%之间,但渗透率分布较为集中,在 $(10\sim 500)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 之间;储层孔隙以粒间溶孔为主,其次为残余粒间孔和粒内溶孔,喉道以片状、弯曲片状和点状为主,孔隙连通性较好。

在喀什凹陷内,可充当盖层的岩系主要为盐岩层、膏盐层、膏泥岩层、泥质岩层,分布层位有侏罗系和上白垩统—下第三系。其中侏罗系盖层主要分布于中侏罗统康苏组及塔尔尕组等沉积物粒度较细的层组内,据乌恰煤矿剖面及依格孜牙剖面的研究,侏罗系盖层的岩性多以绿灰、褐灰、灰及深灰色泥页岩

为主,单层最大厚度为数米至数十米;上白垩统一下第三系各组可以构成盖岩的层数很多,在岩性上以蒸发岩为最好,其次为泥质岩。其中蒸发岩以膏泥岩、石膏层为主,主要发育于下第三系阿尔塔什组(N_{1a})及上白垩统的吐依洛克组(K_{2t})。单层最大厚度几米至十几米不等,每组内盖层累计厚度可达几十米乃至数百米,是喀什凹陷内最为重要的盖层组合。泥质岩盖层主要为膏质泥岩及页岩,分布范围较广。上白垩统一下第三系构成了侏罗系含油气系统的区域盖层。而英科1井6404 m穿过下第三系膏泥岩层后突然出现的异常高流体压力则证明这些盖层的封闭性是很好的。

2.2.2 构造圈闭

这种类型的圈闭主要是由构造运动导致原始地层发生变形或变位而形成的。在喀什凹陷内,构造类型的圈闭主要有背斜、披覆背斜、断背斜、断鼻等。构造圈闭是凹陷两侧南天山和西昆仑造山带向凹陷内部逆冲推覆所造成的。因此,其空间分布范围主要限于南天山及西昆仑山山前带。对于圈闭形成的时间,根据构造活动特征分析,应为新生代,尤其是中新世以后。

构造类型圈闭中储盖岩系主要为新生代地层。其中储集层以中新统为主,孔隙度为19.00%~27.28%,平均为17.00%~21.60%,渗透率最大为 $993 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;盖层主要为中新统中的灰绿色泥岩、粉砂质泥岩与棕红色泥岩,单层厚度为2~4 m,最大厚度达10 m,累计厚度可达200~300 m。

2.3 油气运移聚集特征

油气的运移和聚集是含油气系统中重要的作用和过程,是烃源岩与储集岩、油气圈闭等含油气系统基本要素之间的联系纽带。油气生成、运聚规律的研究,对于确定油气生成时间、生油高峰期、油气运移指向、油气聚集规律都有重要的意义。促使和控制包括油气在内的地层流体流动的主要动力则是地层中的异常流体压力在空间的分布及其随盆地演化而发生的变化过程。

喀什凹陷内异常压力现象广泛发育,克22井、克21井及英科1井等钻井过程中所用的泥浆密度及井喷现象均指示了这种异常压力的存在。尤其是英科1井在钻到井深为6259.95 m时,提钻时发生溢流,泥浆密度为 2.09 g/cm^3 ,说明地层压力系数已接近甚至超过 2.09 g/cm^3 ,以后泥浆比重加大到 2.22 g/cm^3 方能继续钻进,则表明异常流体压力随深度进一步增大。异常高压对于油气的初次运移具

有重要意义。据前人研究^[12],油气初次运移的通道可能为孔隙喉道、干酪根网络及微裂隙,但无论何种方式,烃源岩与其相邻储集层间巨大的异常流体压力产生的压力梯度是油气得以克服阻力运移出来的主要推动力。而经常维持的过剩压力差将促使烃源岩中生成的油气不断向与其存在流体压力差的储集层内运移。因此,喀什凹陷内广泛发育的异常高压对于油气的初次运移具有重要意义,能够使中侏罗统内生成的油气向与其相邻的储集岩系排出。另一方面,结合前面关于烃源岩热演化过程的模拟,可以推测本含油气系统油气排出的主要时间应该为白垩纪—早第三纪期间。

油气自烃源岩排出后即进入二次运移阶段。一般盆地条件下,水动力较为微弱,运移的动力主要是浮力^[13],而运移的方向主要受控于运移通道内油气所受浮力的方向。在这种情况下,油气将在浮力的作用下沿输导层向上运移,直至遇到封闭性盖层而聚集形成油气藏。就喀什凹陷而言,侏罗系沉积期间及以后基本上保持着西低东高的状态,侏罗系、白垩系依次超覆于下伏地层之上,到早第三纪则为滨—浅海相灰岩、膏泥岩盖层全部覆盖。由于这套滨—浅海相灰岩、膏泥岩具有良好的封闭能力,我们认为,白垩纪—中新世期间生成的油气将在浮力的作用下向上运移,遇到上白垩统一下第三系盖层后进一步向盆地两侧的斜坡上运移,最后在侏罗系及下白垩统碎屑岩储集岩系圈闭中聚集形成砂岩体—岩性尖灭油气藏。

3 含油气系统的确定及勘探方向

含油气系统应具有明确的空间和时间含义:“空间”包括含油气系统所赋存的地层单元(垂向)及地理范围(平面);“时间”则是指含油气系统内油气生成、运移、聚集直至保存的各种基本作用和过程的持续时间。对于演化历史较为简单的含油气系统而言,形成后即进入保存时间,时空范围在其形成后一般变化不大;但对于演化历史较为复杂的含油气系统,由于后期遭受不同程度的改造,可能使系统内的油气重新分布,含油气系统的时间和空间含义也发生了相应的变化。对于这种遭受后期改造的含油气系统,我们建议把其演化过程分为2个阶段,改造前的阶段称为“原生演化阶段”,改造后的可称为“后期改造阶段”。

3.1 原生演化阶段含油气系统的时空范围

原生演化阶段含油气系统的地理范围主要受有

效烃源岩的展布和油气运移所涉及的最大外边界的控制。对于喀什凹陷内侏罗系原生含油气系统而言, 烃源岩分布于断陷盆地内, 作为储集岩系的侏罗系及下白垩统砂岩的分布范围较为局限, 系统内油气运移也主要局限于自烃源岩层系中的排出及油气在储集层系内的流动。基于这种认识, 我们可以将系统内储集岩系的展布范围认定为原生含油气系统的地理边界(图 2)。

原生演化阶段含油气系统的圈闭为砂岩体-岩性尖灭圈闭。其中烃源岩为下侏罗统的康苏组和中侏罗统的杨叶组, 储集岩系为侏罗系内的砂质岩和下白垩统粒度较粗的碎屑岩, 而上白垩统一下第三系的海相灰岩、泥质岩层和石膏层等则构成了良好的封盖层。上述三者组成的砂岩体-岩性尖灭圈闭构成了原生含油气系统的地质范围(图 3)。

“关键时刻”是描述含油气系统内油气生成、运移、聚集的最佳时间点^[14]。对于喀什凹陷侏罗系含油气系统原生演化阶段而言, 由前面关于油气生成和排烃规律的讨论可知, 在白垩纪晚期—早第三纪期间, 烃源岩进入生油高峰期, 流体压力也在这一阶段产生显著的异常高压。因此, 我们确定该原生含油气系统的关键时刻为老第三纪末(图 4)。

3.2 后期改造阶段含油气系统的时空范围

在多旋回叠合盆地中, 原生含油气系统形成之后构造活动造成的断裂开启和水动力连通作用, 可能导致系统内已聚集油气的重新分配, 致使含油气系统的时间和空间含义均发生显著变化。在这种情况下, 相应含油气系统的关键时刻应当是原生油气藏遭受破坏、次生油气藏形成的时间。具体到喀什凹陷, 在新生代期间, 由于受印度板块与欧亚板块碰撞的远距离效应的影响^[15, 16], 凹陷南北两侧的造山带重新活动, 并向凹陷内部逆冲推覆, 形成一系列断裂-褶皱带。青藏高原快速隆生的时期主要为 3 Ma 以来^[7], 而中新统阿图什组及第四系西域系以砾岩、粗砂岩为主的沉积特征则从沉积方面指示了在此期间构造活动异常强烈的特征。这也正是喀什凹陷南北两侧的南天山和西昆仑山重新活动和向凹陷内部逆冲的时期, 与原生含油气系统已聚集油气有关的次生含油气系统的关键时刻应当和山前逆冲推覆的时间一致或稍晚; 其地理范围也应局限于逆冲构造发育的部位, 即山前构造带, 但其地层范围扩大, 可能涉及侏罗系及其以上各个时代的地层(图 4)。

3.3 勘探方向

由前面的分析可知, 对于演化历史复杂的沉积盆地, 在不同的演化阶段, 由于影响油气分布的因素

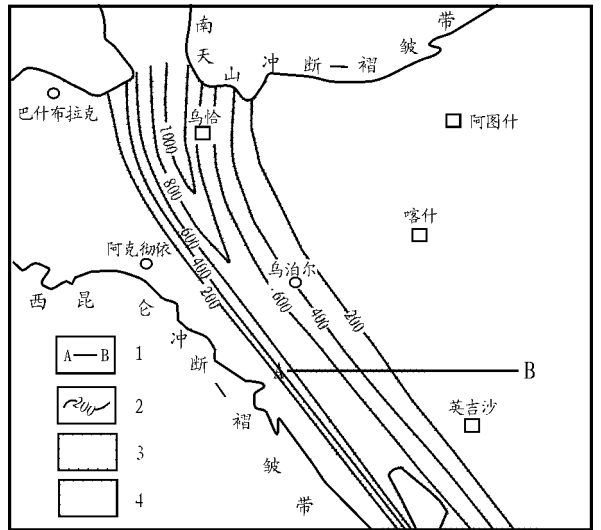


图 2 侏罗系原生含油气系统地理范围图

1. 剖面线位置; 2. 烃源岩等厚线; 3. 烃源岩范围; 4. 储集岩范围
Fig.2 Geography field of the Jurassic original petroleum system

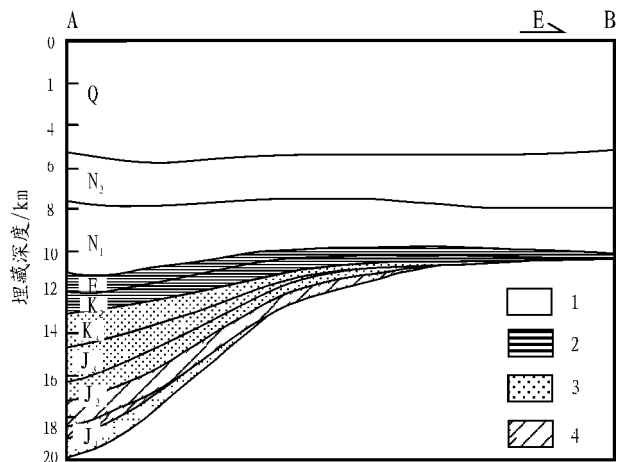


图 3 侏罗系原生含油气系统剖面示意图

1. 上覆岩层; 2. 盖层; 3. 储集岩层; 4. 烃源岩层
Fig.3 Cross section of the Jurassic original petroleum system

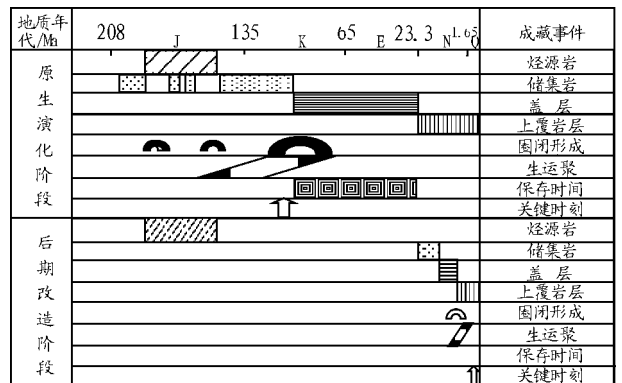


图 4 喀什凹陷侏罗系含油气系统事件图

Fig.4 Event graph of the Jurassic petroleum system in Kashi Depression

的差异,造成了含油气系统时空范围的不同,导致了油气赋存空间的变化,决定了进行油气勘探时要采用不同的勘探对策。在喀什凹陷内,对凹陷腹部处于原生演化阶段的含油气系统,油气以侧向运移为主,而油气赋存的空间主要为侏罗系一下白垩统砂岩体-岩性尖灭圈闭,其空间分布的范围为凹陷腹部未受逆冲推覆作用影响或影响不大的地区。因此,对于凹陷腹部,应以寻找砂岩体-岩性尖灭圈闭中的原生油气藏为主,但由于埋藏深度较大,勘探、开发成本可能较高。对于处于后期改造阶段的山前构造带,由于含油气系统的时空范围发生了变化,造成了油气赋存单位的调整,使油气主要聚集于山前由于逆冲推覆构造运动而形成的各种类型的构造圈闭中。所以,在这一地区应当以寻找构造类型的油气藏为主,油气分布的层位浅,勘探、开发成本较低。

4 结论

1) 喀什凹陷以下侏罗统康苏组和中侏罗统杨叶组为主要烃源岩,构成了侏罗系含油气系统。

2) 喀什凹陷侏罗系含油气系统的演化过程可分为原生演化阶段和后期改造阶段,其中前者未受构造运动改造,关键时刻是老第三纪末;后者在喜山期受到强烈改造,关键时刻是第四纪。

3) 凹陷腹部油气勘探应以寻找砂岩体-岩性尖灭圈闭为主,山前构造带广泛发育的构造圈闭应成为勘探的重点。

参考文献:

1 唐天福,杨恒仁. 新疆塔里木盆地西部白垩纪至早第三纪海相地层及含油性[M]. 北京:科学出版社,1989. 88~94

- 2 雍天寿. 古特提斯海北支塔里木古海湾岩相古地理[M]. 北京:科学出版社,1989. 15~19
- 3 Yin A, Nie S, Craig P, et al. Late Cenozoic tectonic evolution of the Southern Chinese Tien Shan[J]. Tectonics, 1998, 17(1): 1~27
- 4 Jia D, Lu H X, Cai D, et al. Structural feature of northern Tarim Basin: Implications for regional tectonics and petroleum trap[J]. AAPG Bulletin, 1998, 82(1): 141~157
- 5 曲国胜,陈杰,陈新安等. 西昆仑-帕米尔造山带及其北缘前陆盆地内变形改造特征[J]. 地质论评, 1998, 44(4): 419~429
- 6 康玉柱. 中国塔里木盆地石油地质特征及资源评价[M]. 北京:地质出版社,1996. 42~64
- 7 周志毅,陈丕基. 塔里木生物地层和地质演化[M]. 北京:科学出版社,1990. 308~337
- 8 李溪滨. 喀什凹陷石油地质特征[J]. 新疆石油地质, 1995, 16(4): 285~289
- 9 陈荣林,胡民. 塔里木喀什凹陷石油地质特征的再认识[J]. 石油试验地质, 1993, 15(4): 319~323
- 10 杨斌,刘勇. 塔里木盆地西南坳陷生油岩评价和勘探方向[J]. 新疆石油地质, 1992, 13(4): 339~350
- 11 钱一雄,吉让寿,秦德余等. 喀什凹陷北缘中新生界的油气勘探前景——含油气系统理论的初步运用[J]. 石油实验地质, 2001, 23(1): 32~37
- 12 Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartments[J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(1): 1~12
- 13 Andrew D H. Petroleum migration pathways and charge concentration: A three-dimensional model[J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(9): 1451~1481
- 14 Magoon L B, Dow W G. The petroleum system: from source to trap[A]. AAPG Memoir 60[M]. Tulsa: AAPG, 1994. 50~61
- 15 贾承造. 中国塔里木盆地构造与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 255~263
- 16 丁道桂,王道轩,刘伟新. 西昆仑造山带与盆地[M]. 北京:地质出版社,1996. 218~222
- 17 钟大赉,丁林. 青藏高原的隆起过程及其机制探讨[J]. 中国科学(D辑), 1996, 26(4): 289~295

THE JURASSIC PETROLEUM SYSTEM IN THE KASHI DEPRESSION OF THE TARIM BASIN

Li Tiejun¹, Luo Xiaorong²

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China;

2. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: Based on studies on source, reservoir, seal rocks and traps of petroleum system, thermal evolution of source rock and tectonic evolution of the Kashi Depression are analyzed and modeled. Evolution of the Jurassic petroleum system in Kashi Depression can be divided into primary stage and rebuilt one, with different time and space range in different stages. Different oil space range suggests different exploration techniques. For primary petroleum system in the inner parts of depression, the target should be aimed at lithological traps. But for mountain front belts, the concentration should be structural traps.

Key words: exploration direction; petroleum system; the Kashi Depression; the Tarim Basin