

敦煌盆地中、下侏罗统含油气系统分析

江平^{1,2,3}, 范小林^{3,4}

1. 中国地质大学研究生院, 湖北武汉 430074
2. 中国石化石油勘探开发研究院荆州新区勘探研究所, 湖北荆州 434100
3. 中国石化石油勘探开发研究院西部分院, 新疆乌鲁木齐 830011
4. 中国石化石油勘探开发研究院无锡实验地质研究所, 江苏无锡 214151

摘要: 敦煌盆地油气勘探能否取得突破取决于盆地中源岩的生烃潜能和圈闭的有效性。运用含油气系统研究思路, 结合野外露头观察和盆地充填序列特征的分析, 对盆地侏罗系含油气系统的地质要素(源岩、储集岩、盖层及上覆岩层)和作用过程(可能生成的油气运移、聚集、圈闭)进行定性评价和综合解释, 结合露头岩样的有机地化分析和露头剖面的油气地质解释, 推测出该盆地西端南部中、下侏罗统的暗色泥岩和含煤岩系中的炭质页岩为主要的烃源岩, 而其间的不整合面上的砂岩层为主要的储集体和主要的油气勘探目的层系。

关键词: 油气勘探; 含油气系统; 中、下侏罗统; 敦煌盆地。

中图分类号: P618.1

文章编号: 1000-2383(2005)02-0211-04

收稿日期: 2004-07-15

Analysis of Middle-Lower Jurassic Petroleum System in Dunhuang Basin

JIANG Ping^{1,2,3}, FAN Xiao-lin^{3,4}

1. Graduate School, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
2. Jingzhou Institute of Petroleum Exploration Development Research Institute, SINOPEC, Jingzhou 434100, China
3. West Branch of Petroleum Exploration Development Research Institute, SINOPEC, Urumchi 830011, China
4. Wuxi Experimental Geology Institute of Petroleum Exploration Development Research Institute, SINOPEC, Wuxi 214151, China

Abstract: Source rock potential and trap efficiency determine the success of petroleum exploration in the Dunhuang basin, Gansu Province, China. According to the integrated analysis of surface section and sedimentary sequences, the authors analyze the geological elements (source rocks, reservoir, sealing and overlaid rocks) and processes (migration, accumulation and trapping) of the Middle and Lower Jurassic petroleum system in the Dunhuang basin. The results indicate that the Middle and Lower Jurassic dark mudstones and carbonous shales in coal-bearing measures have been inferred to be the main source rocks in the southwestern basin, there is a possibility of using petroleum system theory in the exploration of the Dunhuang basin, Gansu Province in China, and the sandstones lying above the unconformities may be taken as the main targets for hydrocarbon exploration.

Key words: hydrocarbon exploration; hydrocarbon-bearing system; Middle and Lower Jurassic; Dunhuang basin.

敦煌盆地位于河西走廊含油气构造带西端, 毗邻已获工业油气流的吐哈、柴达木、酒西和塔里木盆地。敦煌地区部分凹陷的石油资源量达 6.52×10^8 t (赵峻峰等, 敦煌盆地侏罗系生烃潜力评, CNPC 新区勘探事业部西北侏罗系项目经理部, 1997), 因此, 勘探家对该盆地的油气勘探前景寄予较大希望。

敦煌盆地的油气勘探工作经历了 2 个阶段。1986 年以前的石油地质概查阶段, 主要开展了地面地质调查、少量地震和钻探工作; 1994 年以后的盆地油气资源的早期评价阶段, 中石油和中石化先后开展了 1:100 万航空磁力、1:20 万重力测量、中石化区块的 1:5 万重力详查工作及地震勘探和钻

探工作,并对敦煌盆地的构造、沉积和油气资源预测等方面开展了一些专题研究.由于该区的勘探程度较低,在进行油气资源勘探评价时无法完整地描述油气地质特征.因此,利用有限的地震、地表露头 and 钻探资料运用含油气系统分析思路(Avouac and Tapponnier, 1993; Magoon and Dow, 1994; 赵文智等, 2002),对一些关键的要素(如盆地内烃源岩的有效性)进行推理,有助于该盆地的油气资源评价和有利勘探目标的预测.这些关键要素往往与油气的形成有关,通过对其精细分析和合理推理,可以大大提高对该盆地的油气生成、运移、聚集过程等解释的精度,进而对其勘探前景进行较为可信的预测.

1 地质条件

敦煌盆地夹持于东天山造山带和祁连山造山带之间,属于阿尔金断裂系的一部分(郑孟林等, 2003).从板块角度看,是介于塔里木板块、华北板块之间的一个构造活动较强的独立地块,是后期拼贴过来的产物.现今沿阿尔金走滑断裂带展布的敦煌盆地属古亚洲构造域的一部分(任纪舜, 1997; 郑孟林等, 2003).

现今的敦煌盆地是一个改造型残留盆地,盆地基底由前寒武纪—古生代变质岩组成,同时,又有燕山晚期侵入的花岗岩(李海兵等, 2001).依据重力剩余异常、MT剖面,同时参考地震、地面地质、磁异常等资料,盆地构造格局可划分为安西坳陷、踏实坳陷、阿克赛坳陷和三危山隆起(图1),总体表现为东西分段、南北分带特点.

据最新勘探成果,盆地内主要充填的是中、新生代河流,三角洲和湖泊沼泽等沉积物.自下而上发育3套地层单元,下部为早、中侏罗世充填沉积,是盆地在造山期后因板内伸展背景下发展起来的断陷盆地的产物;中部为晚侏罗世和白垩世充填沉积,主要为中特提斯洋关闭后续的板内敛合走滑伸展盆地的产物,但白垩系零星分布;上部为晚第三系充填沉积,形成于晚第三纪以后,全盆广布,且与下伏地层呈角度不整合接触.勘探目的层系是侏罗系.

侏罗系充填沉积可分为下侏罗统大山口组、中侏罗统中间沟组、新河组、上侏罗统博罗组.从盆地南缘山前北大窑、黑大阪、草大阪及盆地中部三危山前的多坝沟、芦草沟及南湖等地来看,大山口组以冲积相、河流相沉积为主,地层厚度大于数百米.中侏

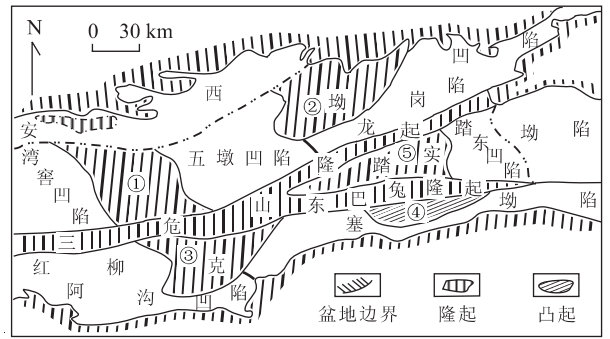


图1 敦煌盆地构造单元

Fig. 1 Classification of geological units in Dunhuang basin

①. 南湖北凸起; ②. 安西北凸起; ③. 独山子凸起; ④. 万佛峡凸起; ⑤. 踏西凸起

罗统中间沟组—新河组在北大窑剖面辫状河—平原沼泽相—冲积扇相沉积.而黑大阪剖面中侏罗统下部为滨浅湖和沼泽沉积,上部以湖相泥岩和炭质泥岩、劣质煤为主,属湖泊沼泽相沉积.上侏罗统主要为一套红色沉积.

2 源岩及供烃区推测

据周边露头地质和盆地地震资料推断,敦煌盆地油气勘探对象的评价关键是中、下侏罗统烃源岩的发育状况及其保存条件.露头剖面中、下侏罗统砂岩中所含沥青的有机地球化学分析成果(赵澄林等, 2002)表明其来自侏罗系,由此证明盆地曾有过油气的生成、运聚过程,其主要的烃源岩为侏罗系中暗色泥岩或炭质泥岩.

图2展示了盆地内侏罗系残留厚度展布情况.中、下侏罗统以河流与湖泊沼泽沉积为主,是烃源岩的主要发育层段(图3).位于不整合面或假整合面之上侏罗系砂岩层是主要勘探目的层.地震剖面上可见到盆地深凹处砂岩在盆地内隆起的肩部上超.根据沉积岩残留等厚图(图1)反映的现今盆地内构造特征轮廓,结合侏罗系残留厚度图(图2)推断,构造高部位的侏罗系层段内可能会发育圈闭,潜在的圈闭分布在湾窑、五墩、大坝几个小型凹陷中,深凹处的烃类沿不整合面或输导层运移到圈闭之中.

据野外露头岩样分析数据,敦煌盆地中、下侏罗统源岩的母质类型以Ⅲ型干酪根为主,其他各项有机地球化学指标也都证实其为较好的烃源岩(陈开远等, 1998; 赵澄林等, 2002).尽管这些烃源岩在盆地内尚未钻遇到,但地震剖面上可以见到.

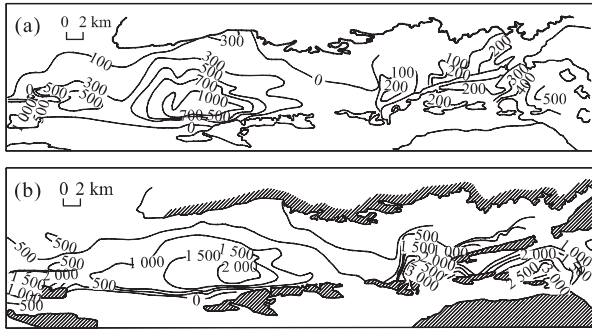


图 2 敦煌盆地侏罗系残余厚度分布(单位 m)

Fig. 2 Distribution of Jurassic residual thickness in Dunhuang basin

a. 中侏罗统; b. 侏罗统

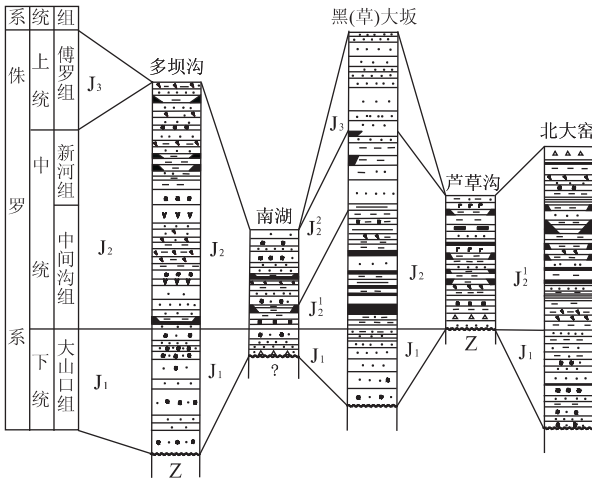


图 3 敦煌盆地侏罗系充填层序柱状图

Fig. 3 Filling sequences of Jurassic in Dunhuang basin

参照吐哈盆地地温梯度计算结果(程克明等, 1994),敦煌盆地中、下侏罗统烃源岩达到成熟的埋深需要在 3 000 m 左右. 现今地震资料揭示的沉积岩在深凹处可达到 3 000~4 000 m, 而中侏罗统最大厚度为 1 000 m, 因此, 其中有相当一部分烃源岩 R_0 值可以达到 1.2%.

从地表露头样品生物标记化合物的分析结果来看, 中、下侏罗统源岩主要是富含陆源高等植物及少量水生藻类有机质的湖泊沼泽成煤环境下的泥质岩(张抗等. 河西走廊及周围地区勘探选区评价及勘探部署, 2002), 因此, 有必要重新评价该套源岩现今在盆地深凹地带的有效性. 从中侏罗世地层残留厚度图(图 2)来看, 其总体厚度向盆地西端南部增大. 综合目前已有地质资料可以编制出如图 4 所示的盆地内几个可能的油气生成、聚集区(赵澄林等, 2002). 由于盆地勘探处于早期评价阶段, 侏罗系源岩和生

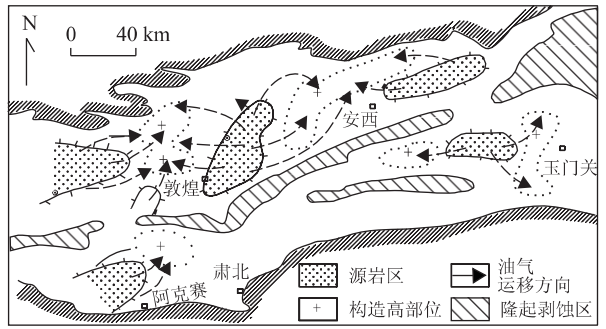


图 4 敦煌盆地油气生成、聚集区

Fig. 4 Areas of hydrocarbon generation and accumulation in Dunhuang basin

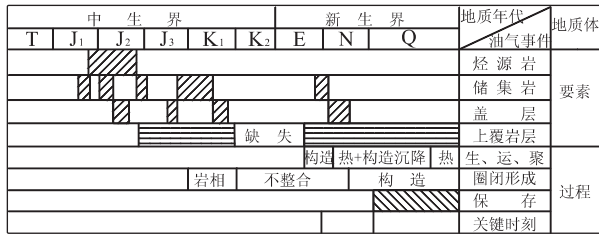
成的烃类的保存状况、二次生烃、晚期成藏的条件还有待进一步研究.

3 油气成藏要素基本特征

敦煌盆地含油气系统事件(图 5)包括 4 个基本要素和 3 个作用过程(Magoon, 1992). 中、下侏罗统龙凤山群中上段是盆地中唯一生油岩. 在盆地深凹部位可达成熟阶段, 在与盆地走向近垂直或斜交的断凹中最厚. 敦煌盆地周边露头已见到油气显示, 且已证实有一定厚度的烃源岩存在. 有机地化数据表明, 源岩成熟度已进入生烃门限. 由于尚无井下岩样数据, 仅能根据地化分析资料进行推测, 盆地深凹处中、下侏罗统烃源岩成熟于晚第三纪. 当上覆岩层增厚之后, 成熟烃源岩的范围逐步扩大. 储层分布于中、晚侏罗纪—第三纪, 其主要储集体为下、中侏罗系砂岩. 中生界地层中既有储层也有盖层, 它被厚层第三系覆盖, 其中区域性的良好盖层是白杨河组含膏质砂、泥岩. 从所推断的油气演化史(Ungerer *et al.*, 1990; Scurdam, 1997)来看, 第三系区域盖层沉积之前运移到各类圈闭的油气, 在晚白垩世时期会受构造抬升和剥蚀而被破坏或散失. 第三系盖层沉积以后, 中下侏罗统源岩的二次生烃形成的油气运移到圈闭中聚集起来. 因此, 中下侏罗统源岩的二次生烃是油气勘探的关键.

4 有利成藏条件预测

敦煌盆地发育一套有一定生烃潜力、有机质成熟度较高的侏罗系含煤岩系. 区域地质研究和本区两侧露头研究都表明, 侏罗纪原型盆地的沉积面积

图 5 敦煌盆地 J₁₋₂ 含油气系统事件Fig. 5 Event chart of J₁₋₂ petroleum system in Dunhuang basin

明显大于目前的盆地范围。侏罗系沉积后曾受到过强烈的剥蚀和改造,造成白垩系以角度不整合与下伏侏罗系的不同地层接触。因此,在油气勘探的思路应该重视 2 个问题:(1)保留下来的侏罗系的厚度及其生烃能力。区域研究证明,侏罗系曾被强烈剥蚀,而且保留的部分不一定是原来沉降中心或沉积中心。因此,盆地凹陷内保存的侏罗系残留厚度必须通过对地震资料的精细解释作出初步判断。(2)侏罗系多期生烃和后期保存条件,无论是自生自储式,还是下生上储式都存在改造型残留盆地中运聚、多期生烃、多期成藏问题,区域的研究证明关键在于后期生烃和成藏条件。

敦煌盆地的湾窑、五墩、大坝等凹陷(图 1)为早、中侏罗世断陷沉积,随后被白垩世、第三纪沉积充填所覆盖。该区油气成藏条件具有以下特点:(1)侏罗系湖相泥岩及低位湖沼系具备良好的生烃条件。(2)燕山晚期以来的多期构造挤压活动是排烃与油气运聚的动力。(3)区域构造背景下,邻近生油凹陷形成构造或非构造圈闭,以及湖岸沉积环境下岩性变化,形成生、储、盖组合,控制油气富集。(4)断裂与不整合以及层系内幕输导是形成次生油气藏的必要条件。(5)盆地断陷边缘河湖相沉积频繁变化带,砂泥岩互层叠置与交错排列,形成不同储集和遮挡条件。

由此可以推测盆地内出现的油藏类型大致为两大类:一是受地层岩性加构造双重控制出现在断陷边缘;二是以侏罗系地层纵向上成藏组合关系,构成自生自储或下生上储方式,出现在断陷中央或边缘凸起或构造圈闭中。

5 结论

敦煌盆地是发育于阿尔金断裂带的一个改造型

残留盆地,研究成果表明中下侏罗烃源岩已经达到生烃门限,断层、侏罗系内部砂岩体及与上覆地层(白垩系—第三系)之间发育的不整合面构成研究区主要油气输导通道。通过对敦煌盆地侏罗系含油气系统地质要素和作用过程的综合评价,推测侏罗系具有较大勘探潜力,其中坳陷或凹陷中的早、中侏罗系自生自储或侏罗系与白垩系下生上储式成藏组合为主要的勘探领域。

References

- Avouac, J. P., Tapponnier, P., 1993. Kinematic model of active deformation in central Asia. *Geophys. Res. Lett.*, 20: 895—898.
- Chen, K. Y., Sun, A. X., Du, N. P., et al., 1998. Sequence stratigraphy in oil-forming system. *Oil and Gas Geology*, 19(3): 221—226 (in Chinese with English abstract).
- Cheng, K. M., 1994. Hydrocarbon generation in Turpan-Hami basin. Petroleum Industry Press, Beijing.
- Li, H. B., Yang, J. S., Xu, Z. Q., et al., 2001. The forming times of the Altun fault—Evidences from U-Pb SHRIMP of syntectonic zircon. *Geological Review*, 47(3): 315—316 (in Chinese with English abstract).
- Magoon, L. B., 1992. The petroleum system—Status of research and methods. *USGS Bulletin*, 98.
- Magoon, L. B., Dow, W. G., 1994. The petroleum system: From source to trap. *AAPG Memoir*, 60: 3—24.
- Ren, J. S., 1997. The geotectonic maps of China and its adjacent country. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Scurdam, R. C., 1997. Seals, traps and the petroleum system. *AAPG Memoir*, 67.
- Ungerer, P. M., Burrus, J., Boligez, B., et al., 1990. Basin evaluation by integrated two-dimensional modeling of heat transfer, fluid flow, hydrocarbon generation and migration. *AAPG Bulletin*, 74(3): 309—335.
- Zhao, C. L., Ji, H. C., Hu, A. M., et al., 2002. The petroleum geology investigation of Jurassic formation in Dunhuang basin. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Zhao, W. Z., He, D. F., Fan, T. Z., 2002. The study on terminology, technological process and kernel content for petroleum system. *Petroleum Exploration and Development*, 29(2): 1—7 (in Chinese with English abstract).
- Zheng, M. L., Cao, C. C., Li, M. J., et al., 2003. Formation

(下转 254 页)