

柴达木盆地北缘上三叠统-侏罗系 层序特征与含油气系统划分

杨永泰¹⁾ 刘桂侠¹⁾ 贾兴友²⁾ 管俊亚²⁾

(中国石油勘探开发科学研究院 ,北京 ,100083 2)石油地球物理勘探局物探四处 ,河北 霸县 ,065704)

摘 要 本文应用层序地层学理论将柴达木盆地北缘上三叠统-侏罗系划分为 5 个层序、12 个体系域,确定了该区烃源岩主要赋存在层序 II 和层序 III 的湖侵体系域深湖相泥岩中,通过地震剖面追踪,圈定了烃源岩赋存于下侏罗统层序 II 和中侏罗统层序 III 中,主要以冷湖-南八仙构造带为边界,烃源岩发育层段的地震相、沉积相研究表明,下侏罗统层序 II 的湖侵体系域发育大面积的滨浅湖、沼泽相沉积,在湖盆中心发育面积较小的半深湖-深湖相沉积,中侏罗统层序 III 的湖侵体系域仅在鱼卡凹陷及其周缘发育半深湖相,依据层序划分、沉积相的研究成果,确定了主要生烃中心,并依据烃源岩分布特征将柴达木盆地北缘划分为 J₁(!)-R 和 J₂(!)-E 2 个含油气系统,其中 J₁(!)-R 含油气系统为中等丰度的含油气系统,围绕其周围的昆特依构造、冷湖七号构造、伊克雅乌汝构造是有利的勘探目标, J₂(!)-E 含油气系统面积较小,烃源岩厚度较薄,勘探潜力较小。

关键词 柴达木盆地北缘 上三叠统 侏罗系 层序地层 含油气系统

Characteristics of Stratigraphic Sequence and Classification of Petroleum Systems in the Northern Qaidam Basin

YANG Yongtai¹⁾ LIU Guixia¹⁾ JIA Xinyou²⁾ GUAN Junya²⁾

(1)Research Institute of Petroleum Exploitation and Development ,Beijing ,100083 ;

2)The 4th Division of Geophysical Prospecting Bureau ,Baxian ,Hebei ,065704)

Abstract Based on the theory of stratigraphic sequence ,this paper divides the Late Triassic and Jurassic strata into 5 sequences and 12 system tracts of sequence II and sequence III is the main source rock in the northern Qaidam Basin. Through tracing seismic profiles ,the distribution of source rocks is delineated ,that is ,Lenghu-Nanbaxian structural zone is the boundary of Lower-Jurassic(sequence II) and Middle-Jurassic(sequence III). The research results of seismic facies and sedimentary facies indicate that the transgressive system tract of sequence II develops extensive shallow lake and swamp facies ,with small deep lake facies in the deep center ,and the transgressive system tract of sequence III develops semi-deep lake facies only in Yuka sag. Based on the research results of stratigraphic sequence and sedimentary facies ,this paper defines the oil generating centers. In addition ,according to the distribution characteristics of source rocks ,the northern Qaidam Basin is divided into J₁(!)-R petroleum system and J₂(!)-E petroleum system. J₁(!)-R petroleum system is a petroleum system of intermediate abundance ,around which Kuntayi structure ,Lenghu No. 7 structure and Yikeyawuru structure are favorable traps. The distribution and the thickness of J₂(!)-E petroleum system are limited ,and hence the traps around this petroleum system have relatively small exploitation potential.

Key words northern Qaidam Basin Late-Triassic Jurassic stratigraphic sequence petroleum system

柴达木盆地北缘(以下简称柴北缘)油气勘探区是柴达木盆地三大含油气区之一,其油气勘探工作始于 50 年代,开展了地面地质调查、重磁、航磁和钻探工作。60 年代开始地震勘探,完成二维数字地震

约 1.3×10^4 km²,完成三维地震 295.5 km²。自 1956 年首钻冷湖四号至今,先后发现了冷湖四号油田、冷湖五号油田、冷湖三号油田、马海气田、鱼卡油田、南八仙油气田(翟光明等,1990,1997)。但是,近年来,

该区油气勘探一直没有较大的突破。1997 年,在冷湖五号构造带完钻的冷科 1 井钻遇中生界 700 多米厚的优质烃源岩,这一勘探成果,再一次拉开了柴北缘油气勘探的高潮。但是结果令人失望,大规模的勘探投入没有在该区找到一个新的大中型油气田。柴北缘勘探失利的主要原因,首先是对该区烃源岩分布情况认识不清,发现了冷科 1 井较厚烃源岩后,盲目地认为该区侏罗系遍地为优质烃源岩,有构造就一定能有油气发现,见构造就打探井,形成了现在这种到处失利的结果;其次是没有掌握该区油气分布的主要规律,没有规律性的认识对勘探者来说如同瞎子摸象,势必会处处碰壁。由于篇幅所限,在此重点谈第一个问题,对第二个问题的探讨将在其他论文中谈到。

最近几年,石油地质工作者逐步重视了柴北缘侏罗系地层划分对比、烃源岩分布区确定的工作,但由于深层地震资料品质较差,一直很难拿出一个地层对比无误、沉积相展布清晰、烃源岩分布明确、能指导油气勘探的研究成果。2000 年,笔者对该区进行了深入地研究,用层序地层的观点对该区侏罗系进行了地层划分,并编制了沉积相图,确定了该区烃源岩的展布特征,并在此基础上划分了含油气系统,这一成果正在指导着柴北缘的油气勘探工作(杨永泰等 2000)。随着柴北缘新的地震资料的采集和处理,对该区的层序划分及烃源岩展布特征有了一个更新的认识。

1 层序划分

工作中,笔者把柴北缘上三叠统-侏罗系划分为 5 个层序、12 个体系域(图 1)。在层序划分上和以前研究最主要的不同之处为把湖西山组一、二段地层归属为层序 I。

1.1 层序 I

该层序包括上三叠统湖西山组第一、二段。

湖西山组第一段的岩性粒度较粗,以砂砾岩为主,为扇三角洲相,反映盆地断陷初期为低水位体系域沉积,不发育烃源岩。

湖西山组第二段中下部,岩性以灰色泥岩、粉砂质泥岩为主,夹有沉凝灰岩、泥晶灰岩,为浅湖-半深湖亚相,反映盆地的进一步拉张断陷和湖泊的迅速扩张,为湖侵体系域沉积。

湖西山组第二段上部,岩性主要为煤层及炭质泥岩,为沼泽相,属湖盆收缩期的高水位体系域沉积。 万方数据

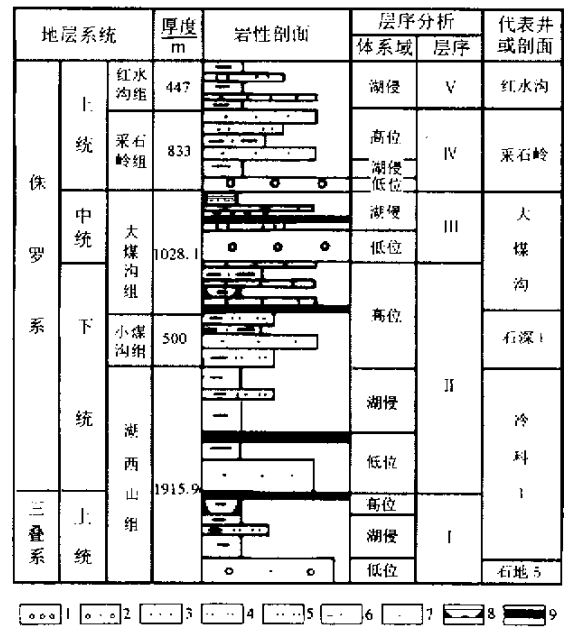


图 1 柴北缘上三叠统-侏罗系层序地层划分图

Fig. 1 Stratigraphic classification of Upper-Triassic and Jurassic in the Northern Qaidam Basin

1-砾岩 2-砂砾岩 3-砂岩 4-粉砂岩 5-泥质粉砂岩;
6-含砂泥岩 7-泥岩 8-炭质泥岩 9-煤层

1-conglomerate 2-glutinites 3-sandstone 4-siltstone 5-pelitic siltstone;
6-sandy mudstone 7-mudstone 8-carbargillite 9-coal

1.2 层序 II

该层序包括湖西山组第三段、小煤沟组及大煤沟组第一、二、三段。

湖西山组第三段下部岩性主要为砂砾岩、煤层及炭质泥岩,为扇三角洲相及沼泽相,属湖盆早期的低水位体系域沉积。

湖西山组第三段上部岩性以灰色、深灰色、黑色泥岩为主,属湖盆剧烈扩张期的半深湖-深湖相的湖侵体系域沉积。

小煤沟组及大煤沟组第一、二、三段,岩性为灰色、灰白色砂质泥岩、砂岩、含砾砂岩及砾岩互层,上部发育煤层及灰绿色泥岩,沉积相主要为扇三角洲相、河流相及沼泽相,属高水位体系域沉积。

1.3 层序 III

该层序包括大煤沟组第四、五、六、七段。

该组第四段岩性以砂砾岩为主,为冲积扇相,属湖盆再次拉张断陷初期形成的低水位体系域沉积。

该组第五段以煤层为主,为沼泽相;第六段为砂泥间互沉积,为三角洲相;第七段主要发育油页岩,为浅湖-半深湖相。从第五段至第七段,是湖盆初次湖侵到最大湖侵的一个湖体逐步扩大、水体逐步加深的过程,因而属湖侵体系域沉积。

该层序的高水位体系域被剥失。

1.4 层序Ⅳ、Ⅴ

层序Ⅳ、Ⅴ分别为上侏罗统采石岭组 and 上侏罗统红水沟组。

采石岭组第一段 岩性以砂砾岩为主,为冲积扇或扇三角洲相,属层序Ⅳ的低水位体系域沉积;第二段,主要为褐灰色泥岩为主的氧化宽浅型滨浅湖相,是层序Ⅳ的湖侵体系域沉积;第三、四段,为褐灰色砂岩、粉砂岩、含砂泥岩互层的河流相和三角洲相沉积,属层序Ⅳ的高水位体系域沉积。

红水沟组在柴北缘的残余厚度很小,如鱼卡露头仅有 17 m,但在盆地西部的阿尔金山前红水沟露头厚达 447 m,其岩性主要为红色泥岩夹黄灰色砂岩、粉砂岩,为氧化宽浅型滨浅湖相沉积,属层序Ⅴ的湖侵体系域沉积。其下缺失低水位体系域,其上的高水位体系域被剥失。

晚侏罗世,中国西北地区为干燥炎热的气候环境(金小凤,1992),在柴北缘地区主要发育氧化宽浅湖相,沉积物为红色、灰黄色的砂泥互层,因而层序

Ⅳ、Ⅴ基本上不发育烃源岩。

2 层序格架内沉积发育及展布

2.1 层序Ⅰ

晚三叠世晚期,晚印支运动使古特提斯洋关闭,结束了整个青藏高原的地槽发育史(狄恒恕等,1991)。自此,柴达木盆地进入了以陆内造山为主的时期,陆壳叠置加厚,陆内俯冲引起岩浆活动,在柴达木盆地南北两侧发育成对的白云母花岗岩和钾玄岩系列火山岩(陈发景等,2000)。随后,因重力和热作用引起造山带伸展滑塌和地壳减薄,并产生了晚三叠世晚期零星分布的山间小型伸展断陷盆地,在断陷内沉积了沉凝灰岩、泥晶灰岩、泥岩、粉砂岩等物质,随后挤压作用使其短暂抬升而遭受剥蚀,结束了晚三叠世晚期沉积(图2)。

该套地层在柴北缘分布很局限,仅分布于盆地发育早期零星分布的断陷中,而且沉积物夹杂了盆地发育早期的大量火山物质(汤锡元等,1986),对该区资源量贡献很小。

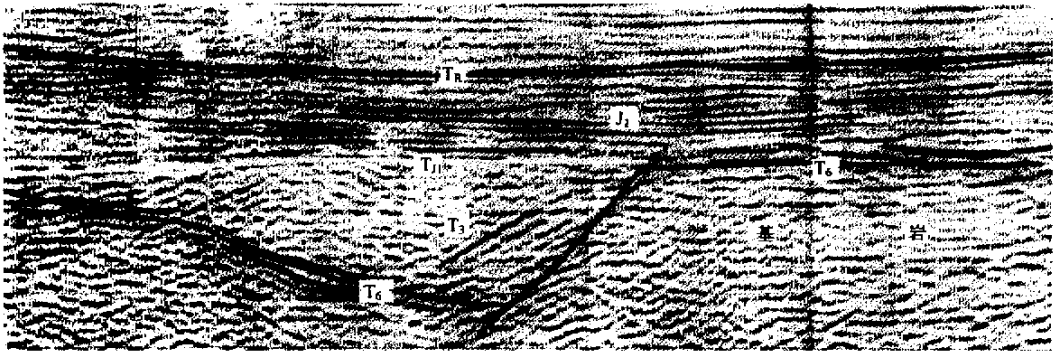


图 2 柴北缘昆特依凹陷内 821182 地震剖面

Fig.2 The seismic profile of 821182 in the Kunteyi depression of the Northern Qaidam basin

T_R-侏罗系顶面;T_{J1}-下侏罗统底面;T₆-中生界底面;J₁-下侏罗统;T₃-上三叠统

T_R-top of Jurassic;T_{J1}-bottom of Lower Jurassic;T₆-bottom of Mesozoic group;J₁-Lower Jurassic;T₃-Upper Triassic

2.2 层序Ⅱ

早侏罗世,柴达木盆地大规模拉张,在伸展拉张背景下,形成广泛分布的伸展拗陷盆地(车自成,1986),沉积了厚度较大的浅湖相、深湖相泥岩,形成了该区的主力烃源岩。该时期的沉积范围远超过了晚三叠世晚期的零星小断陷,沉积边界向周围超覆在冷湖-南八仙构造带、红三旱构造带上。很重要的一点,冷湖构造带基本上成为层序Ⅱ的上超边界,即层序Ⅱ主要分布在冷湖构造带以南地区(杨永泰等,2000)。通过地震剖面追踪,该套地层在柴北缘分布广泛,厚度稳定,是

2.3 层序Ⅲ

早侏罗世末—中侏罗世早期,塔里木地块相对柴达木地块大规模向东迁移,这种相对迁移造成柴达木盆地西部早期的伸展构造环境转变为挤压,并造成冷湖构造带以南、以西地区的隆升,柴北缘地区沉积中心向东迁至大煤沟、鱼卡等地区。这些地区早期沉积受断层控制为断陷型盆地,晚期沉积物大面积分布而为拗陷型盆地。冷湖构造带基本上为该区中侏罗统残余地层的削蚀尖灭带,即中侏罗统分布在冷湖构造带以东、以北的赛什腾凹陷及鱼卡凹陷,向冷湖构造带上超、削蚀减薄并尖灭(杨永泰等,

2000)。

通过地震剖面仔细追踪所确定的中、下侏罗统展布格局,完全改变了以往侏罗系沿祁连山南麓呈串珠状断续分布的认识(汪祖智,1981),从而使所确定的该区烃源岩的分布范围远大于以往认识的范围。

3 层序格架内烃源岩的沉积环境分析

前人对冷湖三号、冷湖四号、冷湖五号、鱼卡油田原油的油-油对比及油-岩对比的结果表明,该区原油主要来自较深湖、浅湖和湖沼相泥岩,没有典型的沼泽相煤成油特征(汤锡元等,1986)。

3.1 层序Ⅱ的湖侵体系域

早侏罗世,柴达木地块具有伸展的构造背景和温带-亚热带的潮湿气候,发育了层序Ⅱ。图3是一幅很清晰地反映层序Ⅱ完整沉积旋回的地震剖面,其下部为强振杂乱地震相,在其他剖面可清晰地看出楔形及丘形前积现象,为层序Ⅱ早期的低水位体系域三角洲、沼泽相沉积。随后,湖盆大规模扩张,沉积了剖面中部的湖侵体系域深湖相泥岩,地震相为弱振弱连平行亚平行。上部为中振中连平行亚平

行地震相,该层序为高水位体系域滨浅湖、三角洲相沉积。

从图4可以看出,在层序Ⅱ湖侵体系域沉积时期,全区分布大面积的湖相沉积,其中昆特依凹陷、鄂博梁南凹陷、伊克雅乌汝凹陷为3个大的凹陷中心,主要以浅湖沉积为主,其腹部有几个面积超过100 km²的半深湖-深湖区。3个凹陷中心之间为大面积的滨浅湖、沼泽相沉积。

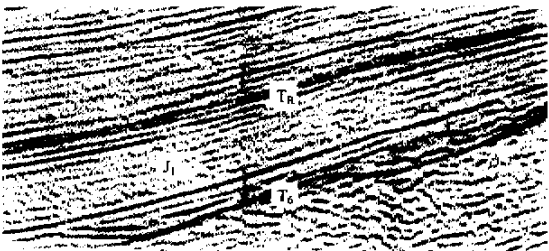


图3 柴北缘昆特依凹陷 83134 地震剖面图
Fig.3 The seismic profile of 83134 in the Kuntayi depression of the Northern Qaidam basin
Tr-侏罗系顶面;T₆-中生界底面;J₁-下侏罗统
Tr-top of Jurassic;T₆-bottom of Mesozoic group;J₁-Lower Juassic

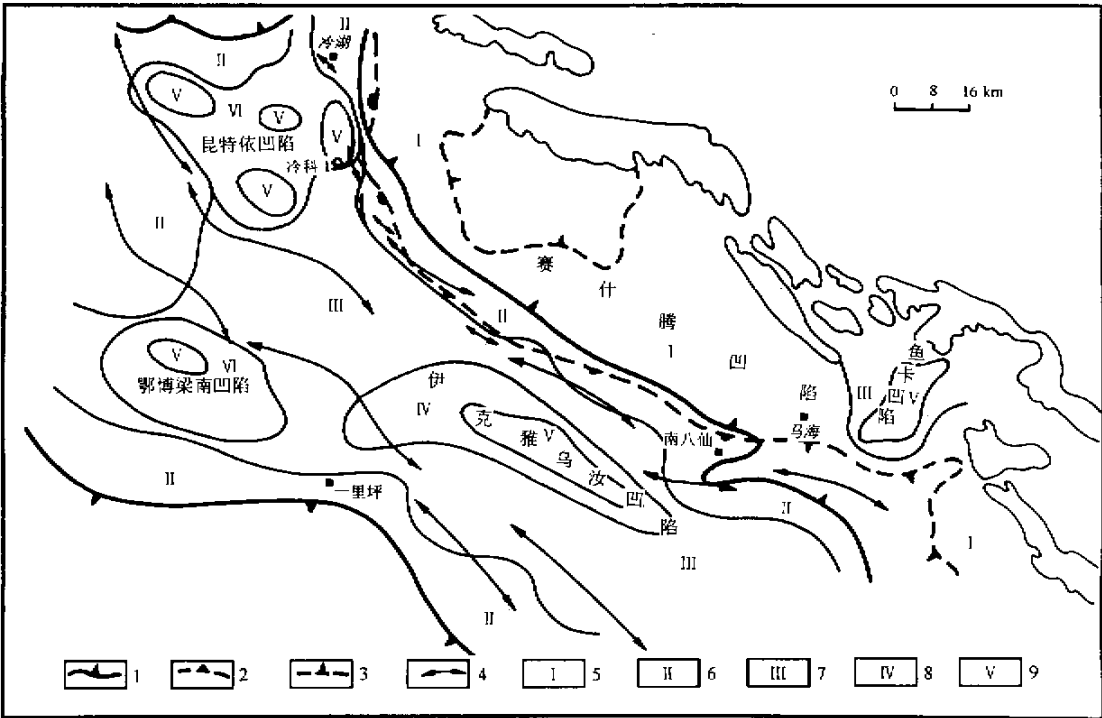


图4 柴北缘层序Ⅱ、层序Ⅲ湖侵体系域沉积相平面图
Fig.4 Sedimentary facies of the transgressive system tract of sequence-Ⅱ and sequence-Ⅲ in the Northern Qaidam basin

1-J₁ 沉积尖灭边界 2-J₂ 剥蚀尖灭边界 3-J₂ 沉积尖灭边界 4-构造 5-河流-沼泽 6-三角洲 7-滨浅湖-沼泽 8-浅湖 9-半深湖-深湖
1-J₁ deposit thin out bound 2-J₂ denudation-thin out bound 3-J₂ deposit-thin out bound 4-structure 5-stream-bog 6-delta ;
7-off-panlake and bog 8-pan lake 9-semideep and deep lake

3.2 层序Ⅲ的湖侵体系域

中侏罗世,层序Ⅲ上部湖侵体系域沉积时期,柴北缘发育以鱼卡为沉积中心的大面积冲积平原和滨浅湖相沉积,仅在鱼卡凹陷腹部及其邻区的大煤沟组第七段发育浅湖-半深湖相沉积(图 4)。

在鱼卡凹陷,层序Ⅲ下部地震相杂乱、呈丘形,反映低水位体系域的河流相沉积;层序Ⅲ上部为中强振中连平行亚平行,反映湖侵体系域的沼泽、滨浅湖夹三角洲,以及含油页岩的半深湖相沉积。

4 层序格架内烃源岩分布及其有机地球化学特征

4.1 烃源岩分布

由于早侏罗世末的构造运动,造成柴北缘地区中下侏罗统具有明显的分带性,沉积相也有很明显的差异,导致该区烃源岩展布也有明显的分带性,下侏罗统烃源岩集中分布在冷湖构造带以南地区,中侏罗统烃源岩主要分布在鱼卡凹陷及其周缘(图 5)。

下侏罗统烃源岩厚度变化规律和层序Ⅱ湖侵体系域的沉积相展布特征类似,烃源岩厚度较大,分布

面积广。昆特依、鄂博梁南、伊克雅乌汝 3 个凹陷发育大面积的浅湖相沉积,烃源岩普遍超过 300 m,在凹陷内部深湖区烃源岩厚度达 400~700 m,在 3 个凹陷间分布了大套的滨浅湖、沼泽相沉积,烃源岩厚度大致为 200 m。

中侏罗统,由于大面积分布河流相沉积,赛什腾凹陷内基本不发育烃源岩,仅在鱼卡凹陷内烃源岩厚度最大,为 200~400 m,是中侏罗统主要的生油中心。

4.2 烃源岩有机地球化学特征

4.2.1 层序Ⅱ湖侵体系域 地化研究结果表明,冷科 1 井下侏罗统湖西山组三段地层有机碳含量较高,基本在 3% 以上; S_2 含量较高,多在 6 mg/g 以上,氯仿沥青“ A ”含量也相对较高,一般在 0.3% 以上,属中等—好烃源岩。

4.2.2 层序Ⅲ湖侵体系域 大煤沟组第七段是鱼卡油田的生油层。地球化学研究结果表明,该段的有机碳含量较高,平均为 1.84%;生烃潜力多在 6 mg/g 以上,氯仿沥青“ A ”平均为 0.0594%,为中等—好烃源岩。

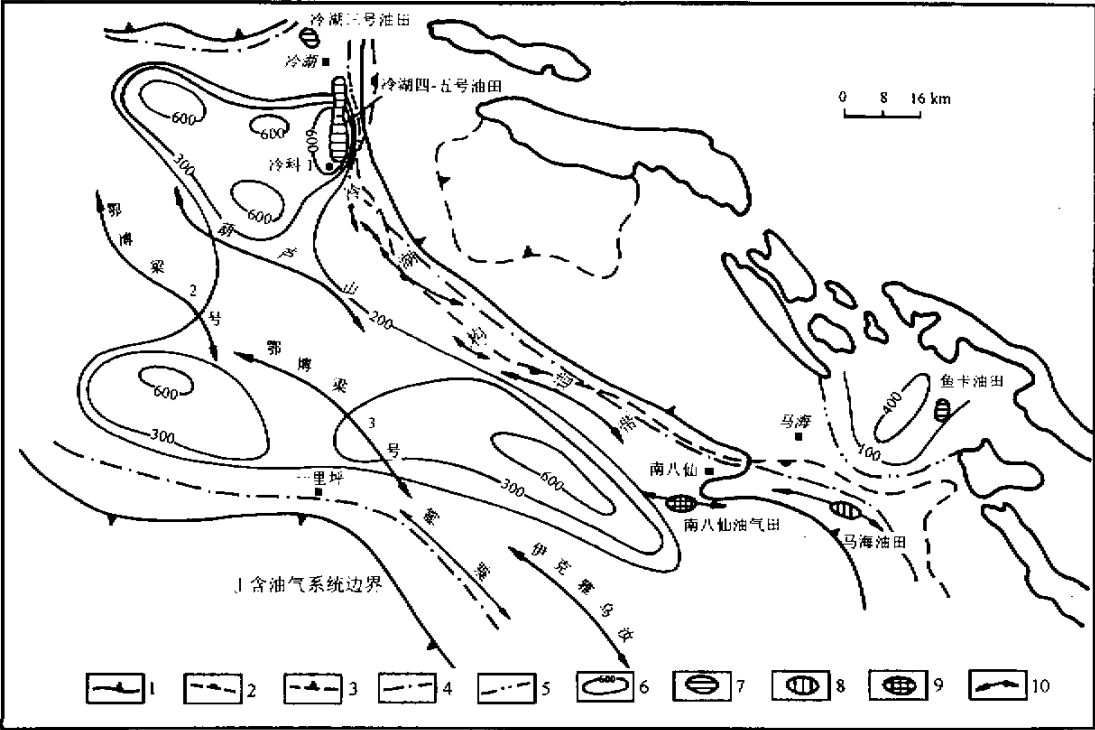


图 5 柴北缘地区烃源岩分布与含油气系统划分图

Fig. 5 The distribution of source rock and the classification of petroleum system in Northern Qaidam basin
1-沉积尖灭边界 2- J_2 剥蚀尖灭边界 3- J_2 沉积尖灭边界 4- J_1 含油气系统边界 5- J_2 含油气系统边界;

6-烃源岩等值线 7-油田 8-气田 9-油气田 10-构造
1-deposit-thin out bound 2- J_2 denudation-thin out bound 3- J_2 deposit-thin out bound 4- J_1 oil-bearing bound 5- J_2 oil-bearing bound;
6-isoline of hydrocarbon rock 7-oil map 8-gas map 9-oil and gas map 10-structure

5 含油气系统划分

一个含油气系统是由成熟生油岩、储集层、盖层和上覆岩层以及成因上相联系的来自同一生油岩的所有油气藏、油气苗和油气显示(Magoon, 1991)。柴北缘地区中、下侏罗统烃源岩的展布为该地区含油气系统划分提供了依据,结合该区油气田分布情况及其他因素,可把柴北缘划分为 J_1 (!)-R含油气系统和 J_2 (!)-E含油气系统(图5)。很显然,通过地层划分、烃源岩确定,该区含油气系统的平面格局是很清楚的。

J_1 (!)-R含油气系统(图5)以冷湖构造带为界,分布于冷湖构造带西南部,面积大约为13 000 km²。该系统主要烃源岩为下侏罗统层序Ⅱ的湖侵体系域沉积,包括昆特依凹陷、鄂博梁南凹陷和伊克雅乌汝凹陷3个生烃中心。该含油气系统内的烃源岩有机质丰度高、分布面积广、厚度大,是一个丰度较高的含油气系统。由于上覆巨厚的第三系,该含油气系统的烃源岩基本都已进入生油门限,多数达到了生凝析油、湿气甚至干气阶段。储集层主要为第三系及下侏罗统。在该含油气系统内已发现冷湖三号油田、冷湖四号油田、冷湖五号油田、马海气田、南八仙油气田。通过油源对比,这些油田的原油与冷湖地区的下侏罗统烃源岩有很好的对比性,是一个已知的含油气系统。该含油气系统内及其周围的构造是今后勘探的重要领域。

J_2 (!)-E含油气系统(图5)主要分布在鱼卡凹陷,分布面积较小,约为1 500 km²。该系统的主要烃源岩系为中侏罗统层序Ⅲ湖侵体系域沉积,烃源岩厚度较薄,分布面积较小。储集层为上侏罗统和第三系。在该含油气系统已发现鱼卡油田。通过油源对比,鱼卡油田的原油与中侏罗统烃源岩有很好的对比性,所以该含油气系统是一个已知的含油气系统。然而,由于烃源岩条件相对较差,在该系统周围进行勘探的风险较大。

参 考 文 献

- 车自成. 1986. 从青藏高原的隆起看柴达木盆地的形成与演变. 石油与天然气地质, 7(1): 87~94.
陈发景, 汪新文. 2000. 中国西北地区早、中侏罗世盆地原型分布. 地质前缘, 7(4): 459~469.

- 狄恒恕, 王松贵. 1991. 柴达木盆地北缘中、新生代构造演化探讨. 地球科学, 16(5): 533~539.
金小凤. 1992. 吐哈盆地侏罗系孢粉研究. 石油勘探与开发, 20(3): 35~41.
汤锡元, 罗铸金. 1986. 柴达木盆地北缘块断带的石油地质特征. 石油与天然气地质, 7(2): 182~192.
汪祖智. 1981. 柴达木盆地北缘中生界沉积分布特征. 石油勘探与开发, 8(2): 20~26.
杨永泰, 张宝民, 李伟等. 2000. 柴达木盆地北缘侏罗系层序地层与沉积相研究. 地质前缘, 7(3): 145~151.
翟光明主编. 1990. 中国石油地质志——青藏油气区. 北京: 石油工业出版社, 2~32.
翟光明, 徐凤银等. 1997. 重新认识柴达木盆地油气勘探获得新突破. 石油学报, 18(2): 1~7.

References

- Che Zicheng. 1986. The formation and evolution of Qaidam basin in relation to the uplift of Qinghai-Tibet Plateau. Oil & Gas Geology, 7(1): 87~94 (in Chinese).
Chen Fajing, Wang Xinwen. 2000. Prototype analysis of Early-Middle Jurassic basins in northwestern China. Earth Science Frontiers, 7(4): 459~469 (in Chinese).
Di Hengshu, Wang Soungui. 1991. The evolution of the Mesozoic and Cenozoic structures in the northeast margin of Qaidam basin. Earth Science-Journal of China University of Geoscience, 16(5): 533~539 (in Chinese with English abstract).
Jin Xiaofeng. 1992. Study of the Jurassic spores and pollens in Turpan-Hami basin. Petroleum Exploration and Development, 20(3): 35~41 (in Chinese).
Magoon L. B. 1991. The petroleum system from source to trap. AAPG Bulletin, 75: 1 626~1 643.
Tang Xiyuan, Luo Zhuji. 1986. Features of petroleum geology for the block-faulted zone in the northern margin of Qaidam basin. Oil & Gas Geology, 7(2): 182~191 (in Chinese).
Wang Zuzhi. 1981. The distribution of Mesozoic sediments in the north of Qaidam basin. Petroleum Exploration and Development, 8(2): 20~26 (in Chinese).
Yang Yongtai, Zhang Baomin, Li Wei et al.. 2000. Study of stratigraphic sequence and sedimentary facies of Jurassic system in North of Qaidam Basin. Earth Science Frontiers, 7(3): 145~151 (in Chinese with English abstract).
Zhai Guangming. 1990. The petroleum geology of China oil-gas area of Qinghai-Xizang (Tibet). Beijing: Petroleum Industry Press, 2~32 (in Chinese).
Zhai Guangming, Xu Fengyin et al.. 1997. A reconsideration of Qaidam basin for a great breakthrough in oil and natural gas exploration. Acta Petrolei Sinica, 18(2): 1~7 (in Chinese with English abstract).