

准噶尔盆地天然气成藏体系和成藏过程分析

赵孟军¹⁾, 宋岩¹⁾, 柳少波¹⁾, 杨海波²⁾, 刘得光²⁾

1) 中国石油勘探开发研究院, 北京, 100083;

2) 中国石油新疆油田公司勘探开发研究院, 新疆克拉玛依, 841000

内容提要: 准噶尔盆地目前已发现的天然气以中—小型的中浅层晚期次生气藏为主。研究表明, 以区域盖层上三叠统白碱滩组泥岩为界可划分为下部近源原生天然气成藏体系和上部远源次生天然气成藏体系, 前者一般具有异常高压的特征, 后者则具有正常的压力系统。通过对盆地东部地区、腹部地区、西北缘地区、莫索湾凸起天然气成藏过程的解剖获得了比较一致的认识, 即上部次生天然气是在下部原生天然气的改造和调整的基础上形成的, 下部天然气成藏体系的原生大—中型天然气藏是未来准噶尔盆地天然气的勘探方向。值得注意的是南缘冲断带的上部成藏体系既有源自侏罗系煤系烃源岩的原生天然气聚集, 又伴随有次生天然气藏的形成。

关键词: 气源岩; 储盖组合; 成藏体系; 成藏过程; 准噶尔盆地

近十年来, 除乌伦古地区外, 在准噶尔盆地的东部地区、腹部地区、西北缘地区及南缘冲断带地区的多个层系都有天然气藏发现(况军等, 2001; 李丕龙等, 2002), 天然气发现呈明显上升趋势。盆地东部地区在滴西 5、滴西 9、滴西 8、滴西 10 等多口井分别在侏罗系、白垩系、石炭系获日产气 $4 \times 10^4 \sim 31.4 \times 10^4 \text{ m}^3$, 在盆地东部发现了彩 31 井区块侏罗系西山窑组气藏, 并发现多个出气点。盆地腹部在多个层系获得了天然气发现, 如盆 5 井侏罗系三工河组日产气 $25 \times 10^4 \text{ m}^3$, 发现了莫索湾气田; 2000 年陆 9、陆 10 等井在白垩系吐谷鲁群获日产气 $2 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4 \text{ m}^3$, 陆 16 井侏罗系西山窑组日产气 $7.3 \times 10^4 \sim 19 \times 10^4 \text{ m}^3$, 泉 1 井在三工河组日产气 $30.96 \times 10^4 \text{ m}^3$, 莫北 2 井在侏罗系三工河组、西山窑组获日产气 $4.9 \times 10^4 \sim 16.67 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。盆地西北缘发现了五区南乌尔禾组气藏, 车 76 井区侏罗系三工河组及乌 32 井三叠系克拉玛依组等获工业气流。盆地南缘冲断带在古近系紫泥泉子组($E_{1-2}z$)发现了呼图壁气田, 在霍尔果斯背斜霍 10 井在古近系紫泥泉子组获得日产 $14.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的高产工业气流。值得注意的是, 准噶尔盆地目前已发现的天然气以中—小型的中—浅层晚期次生气藏为主, 在探明的 40 个气藏中, 单个气藏储量最大 145.88×10^8

m^3 , 最小 $0.28 \times 10^8 \text{ m}^3$, 平均 $19.51 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。可见, 探索大—中型原生天然气藏的成藏过程和分布对准噶尔盆地的天然气勘探具有十分重要的意义。

前人研究认为准噶尔盆地主要由四个复合含油气系统构成, 即玛湖—盆 1 井西复合油气系统以玛湖凹陷和盆 1 井西凹陷为主体, 包括西北缘断阶带、陆梁隆起西南部和马桥凸起; 昌吉复合油气系统主要包括昌吉凹陷和南缘, 也含有中拐凸起和马桥凸起; 东道海子—大井复合油气系统分布于克拉美丽山前及陆东地区; 乌伦古复合油气系统位于乌伦古坳陷; 吉木萨尔复合油气系统分布于吉木萨尔凹陷(张义杰等, 2002a)。复合含油气系统中的油气聚集则有“源控论”、“扇控论”、“梁控论”及“断控论”等多种单一关键成藏因素的观点(吴庆福, 1986; 彭希龄等, 1990; 何登发等, 2004), 或者多种成藏因素组合的观点(吴孔友等, 2007), 如“源+通道”控藏论(张义杰等, 2002a)。本文主要以东道海子北凹陷控制的陆东地区、玛湖凹陷和盆 1 井西凹陷控制的西北缘、陆梁隆起和马桥凸起和昌吉凹陷控制的南缘冲断带以及中拐凸起、马桥凸起为例阐述准噶尔盆地次生天然气和原生天然气两大成藏体系的划分及其成藏过程和分布, 以期深化对准噶尔盆地大中型天然气藏形成和分布的认识。

注: 本文为中国石油天然气股份公司(编号: 2008B-0201)资助的成果。

收稿日期: 2008-05-18; 改回日期: 2008-10-10; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 赵孟军, 1965 年生。1994 年获中国石油勘探开发研究院煤田地质与油气勘探专业博士学位, 现为中国石油勘探开发研究院高级工程师。主要从事油气成藏地质研究工作。通讯地址: 100083, 北京市学院路 910 信箱石油地质实验研究中心; 电话: 010-62098113; 传真: 010-62098620; Email: zmj@petrochina.com.cn。

1 准噶尔盆地天然气成藏地质条件

1.1 气源岩

准噶尔盆地发育石炭系、二叠系和侏罗系三套主力气源岩,准噶尔盆地不同地区的主力气源岩不同,烃源岩的分布和热演化控制了天然气的形成与分布。

石炭系烃源岩主要分布于准噶尔盆地东部、乌仑古凹陷和西北缘的中拐一五八区,在准东石炭系源岩厚度可达300m以上,滴水泉凸起和乌仑古凹陷烃源岩厚度分别可达150m和75m。纵向上烃源岩主要发育于下石炭统,如准东的滴水泉组。从钻井及剖面提示看,以准东的滴水泉组烃源岩发育较好,深灰色、灰黑色的泥岩、砂质泥岩夹细砂岩和泥灰岩的岩性组合,属湖相和湖沼相沉积,泥岩有机碳含量主要分布于0.5%~5.5%。西北缘大部分石炭系生油岩残余有机质丰度较低。

二叠系烃源岩纵向上主要分布于二叠系的三个层系:下二叠统佳木禾组和凤城组以及中二叠统。佳木河组钻井仅在西北缘五一八区及其周围有揭露,烃源岩厚度最大达250m以上,上、中亚组主要为火山岩,不具备生油条件,烃源岩主要分布在下亚组的凝灰岩与砂泥岩段,佳木河组残余有机碳含量在0.085%~2.0%之间,总体而言有机质丰度较低。凤城组烃源岩主要分布于玛湖凹陷、盆1井西凹陷和昌吉凹陷这三个凹陷中,烃源岩主要形成于残留海—泻湖相沉积,发育黑灰色泥岩、白云质泥岩、凝灰质泥岩、凝灰质碳酸盐岩与沉凝灰岩,残余有机碳含量平均为1.26%,氯仿沥青A含量平均为0.1493%,有机质丰度较高,是西北缘地区的主力油源岩。中二叠统烃源岩主要包括西北缘和腹部地区的下乌尔禾组、东部的平地泉组和南缘东部的芦苇沟组、红雁池组,烃源岩分布较广,中央拗陷几乎均有分布,南缘自齐古到乌鲁木齐以东至阜康断裂带和东部隆起区的帐北断褶带、吉木萨尔凹陷、石树沟凹陷等均普遍分布。艾参1井下乌尔禾组暗色泥岩厚178m,是内陆湖泊的浅湖相—一半深水湖相沉积。根据钻井分析结果,下乌尔禾组有机质丰度普遍较低,有机碳含量平均为0.7%~1.4%。芦苇沟组主要分布在南缘东部博格达山前凹陷,地面出露的为—套油页岩,有机碳含量平均为7.455%。红雁池组主要分布在南缘山前凹陷,有机碳含量为0.41%~5.18%。平地泉组主要分布在盆地东北缘克拉美丽山前五彩湾一大井凹陷,有机质丰度较高,平均为

3.12%。

侏罗系烃源岩在准噶尔盆地分布较广,烃源岩厚度可达500m以上,有效的成熟烃源岩主要分布于南缘。烃源岩形成于湖沼相沉积环境,为一套煤系烃源岩。烃源岩主要发育于中—下侏罗统八道湾组、三工河组和西山窑组,有机碳含量较高,如煤岩和碳质泥岩有机碳含量分别可高达60%和20%以上,但可溶组分含量较低。

总体上可将盆地烃源岩分为三种类型:以生油为主的Ⅱ型和Ⅰ型烃源岩,包括有下二叠统的风城组、中二叠统的芦苇沟组和平地泉组;既发育Ⅱ型又发育Ⅲ型有机质的混合型烃源岩,主要分布于中二叠统的下乌尔禾组;以煤系和碳质泥岩发育为特征的Ⅲ型烃源岩,主要分布于侏罗系、石炭系和二叠系的佳木禾组。

1.2 主要的储盖组合

准噶尔盆地在7大层系17个层组发现天然气藏,从而构成了准噶尔盆地的多套储盖组合。从生储盖角度来看,以上三叠统白碱滩组泥岩与下白垩统吐谷鲁群泥岩区域盖层为界,可以划分出下(下二叠统风城组、中二叠统下乌尔禾组生烃、石炭系、二叠系、三叠系储集、上三叠统白碱滩组泥岩封盖)、中(中—下侏罗统八道湾组、三工河组、西山窑组含煤岩系生烃,侏罗系、白垩系储集,下白垩统吐谷鲁群泥岩封盖)、上(古近系安集海河组生烃,上白垩统、古近系、新近系中新统储集,中新统塔西河组泥岩封盖)3大套生储盖组合,各具有不同的油气成藏特点和含油气丰度(何登发等,2004)。从区域盖层发育来看,不同地区的储盖组合有差异(宋岩等,1999,2005;张义杰等,2002b;李学义等,2003;何登发等,2004;况军等,2005)。陆东地区以二叠系上乌尔禾组泥岩和上三叠统白碱滩组泥岩及其相应的下部储集体形成的储盖组合以及侏罗系和白垩系内部形成的储盖组合。莫索湾凸起区在垂向上主要发育四套储盖组合,石炭系中酸性—酸性火山岩和二叠砂砾岩及火山熔岩为储层,二叠系乌尔禾组泥岩及风城组泥岩、沉凝灰岩为盖层,组成二叠系—石炭系储盖组合;三叠系中—下部砂岩为储层,上三叠统白碱滩组湖相泥岩为盖层,组成三叠系储盖组合;侏罗系各组段砂岩为储层,与侏罗系各组段砂岩互层状的上覆泥质岩为盖层,组成侏罗系储盖组合和下白垩统下部砂岩为储层,下白垩统中上部泥质岩为盖层,组成下白垩统储盖组合(况军等,2005)。

归纳起来,准噶尔盆地发育有五套重要的盖层,

即上二叠统乌尔禾组、上三叠统白碱滩组、下侏罗统三工河组、下白垩统吐谷鲁群以及安集海河组(况军等,2001),构成了与天然气成藏有关的五套储盖组合,形成了以上二叠统乌尔禾组泥岩为区域盖层的石炭系和二叠系内部的气藏,如西北缘的夏子街气藏(P_2)、克拉玛依二叠系气藏(P_2),陆东地区的滴西石炭系、二叠系气藏和五彩湾气藏(C)等;以上三叠统白碱滩组泥岩为区域盖层形成的下覆储集体中的气藏,如西北缘的红山嘴、夏子街气藏(T_2)和淮南缘的齐古油藏(T_{2-3})等;以下侏罗统三工河组泥岩为区域盖层形成的气藏,如西北缘的小拐气藏(J_1),腹部的盆 5 井和莫北气藏(J_1)及淮南缘的齐古油藏(J_1)等;以下白垩统吐谷鲁群泥岩为区域盖层形成的气藏,如陆东的彩南气藏(J_2)和滴西气藏(K_1)以及南缘的马庄气藏(J_2)等;以安集海河组泥岩为区域盖层形成的气藏主要分布在南缘,如呼图壁、霍尔果斯气藏等。此外,一些层系内的局部盖层同样控制了一些气藏的形成。

2 两大成藏体系的划分

成藏体系是对油气聚集层系或主要储盖组合中油气运聚、成藏特征的系统描述。尽管准噶尔盆地具有多套储盖组合,但是综合近年来的研究成果,笔者等认为上三叠统白碱滩组区域盖层将纵向上分布

的这些储盖组合划分为上部和下部两大成藏体系(图 1)。上三叠统白碱滩组泥岩在整个盆地都有分布,且厚度大,纯泥岩厚度一般超过 100m,在南缘超过 400m。以该套区域盖层为界形成的两大成藏体系的成藏特征存在明显的差异。

2.1 天然气来源特征

一般来说,准噶尔盆地下部成藏体系中的天然气为近源特征,上部成藏体系中的天然气既有远源、又有近源特征。如上文所述,准噶尔盆地主要气源为上古生界的石炭系、二叠系和中生界的侏罗系,因此以石炭系腐殖型烃源岩为主要气源的陆东地区和以二叠系烃源岩为主要气源的腹部和西北缘地区的下部成藏体系中表现为近源,上部成藏体系则表现为远源,且上部成藏体系的天然气具有明显受断裂活动控制的特征(张年富等,2001,2003;蔡希源等,2005)。南缘冲断带地区的下部成藏体系表现为以二叠系烃源岩为主的近源特征;上部成藏体系中的天然气主要源自侏罗系煤系烃源岩,因此既具有近源(侏罗系、白垩系储集体中成藏)的天然气来源特征,也具有远源(古近系—新近系储集体中成藏)的天然气来源特征。

2.2 天然气成藏特征

上部成藏体系主要表现为次生天然气成藏,下部成藏体系则主要表现为原生天然气藏。在陆梁地

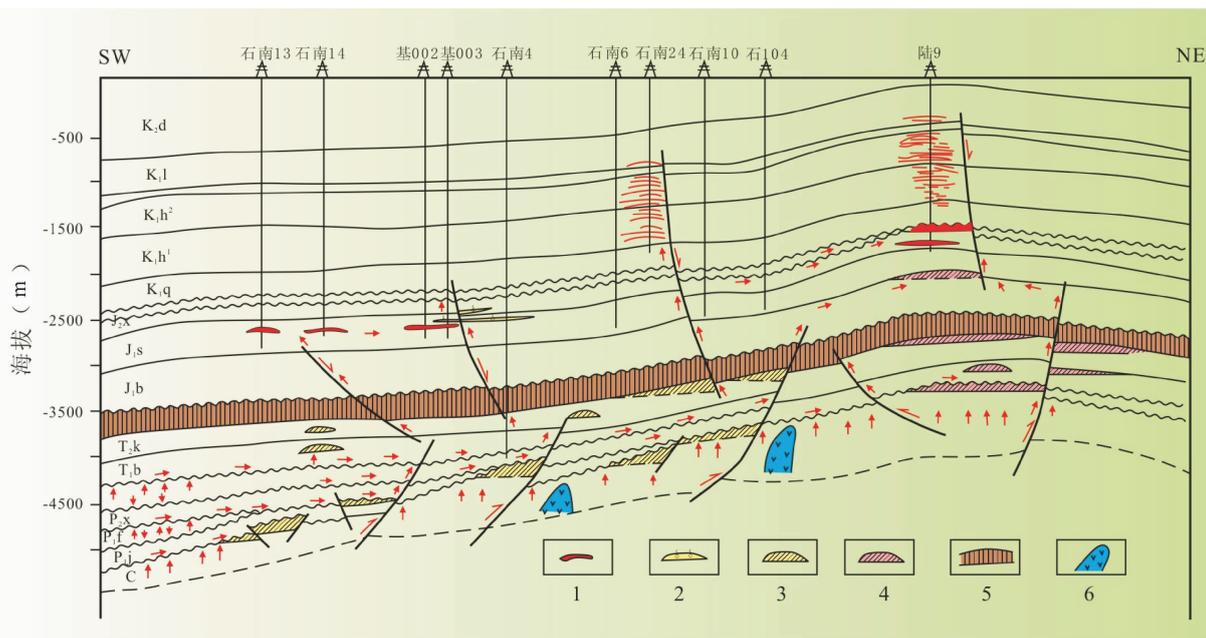


图 1 陆梁地区油气成藏模式示意图(据况军等,2005,修改)

Fig. 1 Sketch map of hydrocarbon accumulation model in Luliang area(After Kuang Jun, et al., 2005; Modification)

1—油藏;2—气藏;3—预测气藏;4—预测油藏;5—区域封盖层;6—火山岩

1—oil field; 2— gas field; 3—predicted oil field; 4— predicted gas field; 5—regional seal formation; 6—volcanic rock

区,主要发现的是上三叠统区域盖层之上的侏罗系、白垩系构造一岩性油藏,同时发现个别的由于油藏调整而形成的小型分异性次生气藏,在该套区域性盖层之下应该富集原生大中型气藏(图1);在陆东地区既有白碱滩组区域盖层之下的原生气藏,又有上覆侏罗系、白垩系次生气藏。值得注意的是,南缘地区上部成藏体系发育侏罗系煤系烃源岩,且其成藏主要受中新世以来的晚期前陆发育强烈控制,也主要表现为原生天然气成藏的特点(宋岩等,2005;吴孔友等,2007)。

2.3 压力特征

上部成藏体系一般为正常压力系统,下部成藏体系则主要表现为异常高压压力系统。准噶尔盆地普遍发育异常高压,尽管由于沉积及构造背景的差异,不同地区异常高压的成因不尽相同(查明等,2000;刘震等,2002;曲江秀等,2003;李铁军,2004)。在三叠系以上,盆地大部分地区(除南缘的侏罗系、古近系、新近系和马桥凸起上的侏罗系外)基本上是正常压力系统,在玛湖凹陷和腹部的大部分地区的三叠系、二叠系和部分石炭系地层均为异常高压分布区,压力系数均在1.3以上(曲江秀等,2002);在陆东地区以上三叠统白碱滩组为界,上部为侏罗系为压力系数为1.0左右的常压系统,白垩系为压力系数小于0.9的低压系统,而三叠系及其之下为压力系数大于1.2的高压系统(图2)。淮南缘的异常高压的形成主要是快速沉积、厚层泥岩的封闭作用及构造应力等因素综合作用的结果,因此在多个层系中都有分布,其中又以古近系安集海河组的控制作用最为明显(李铁军,2004)。

3 天然气成藏过程与两大成藏体系

上三叠统白碱滩组区域盖层将准噶尔盆地天然气成藏分为上部和下部两大成藏体系,这里通过天然气成藏过程分析,探讨下部原生天然气和上部次生天然气两大成藏体系的内因。

3.1 盆地东部地区

从图3可以看出,东道海子北凹陷中的石炭系腐殖型烃源岩在印支晚期和燕山早期就已经达到成熟—高成熟阶段;在燕山中期,即由于下白垩统的巨厚沉积,石炭系烃源岩主体部分达到了过成熟阶段,二叠系腐泥型烃源岩则主要处于成熟—高成熟阶段,并一直保持至今。

综合分析构造演化和烃源岩热演化史,对陆东地区天然气成藏过程进行了分析(图4)。白垩系地

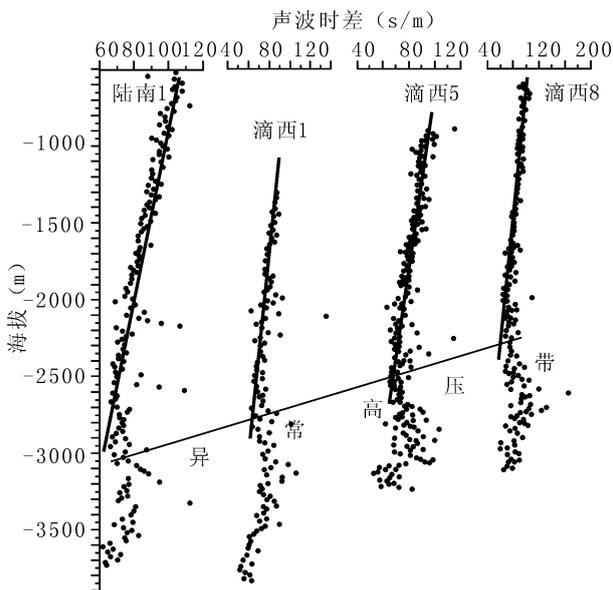


图2 陆东地区声波时差纵向变化与压力异常(据康永尚等,2004)

Fig. 2 SDT change and pressure abnormality with depth in Ludong area (After Kang Yongshang et al., 2004)

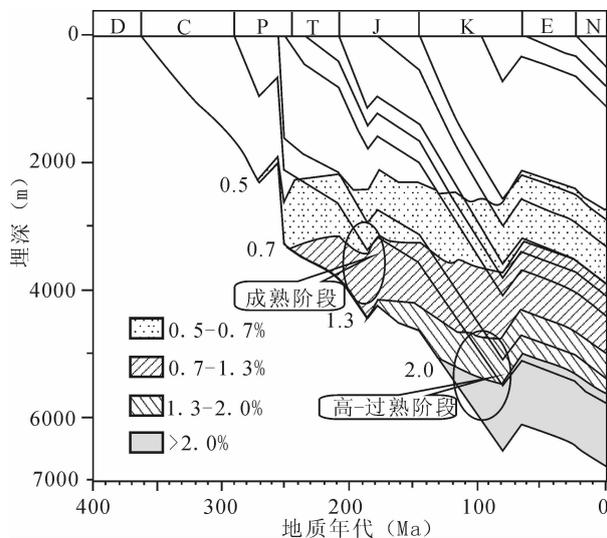


图3 东道海子北凹陷烃源岩热演化史

Fig. 3 Thermal evolution history of source rock in North Sag of Dongdaoahaizi Area

层沉积前的印支期和燕山早期,主要在石炭系构造圈闭或者火山岩储集体中聚集了源自石炭系腐殖型烃源岩成熟—高成熟阶段生成的天然气,滴西8井3509.65m的石炭系黑灰色泥质粉细砂岩中的包裹体温度为91~97.8°C,是该期油气成藏的记录(康永尚等,2004)。

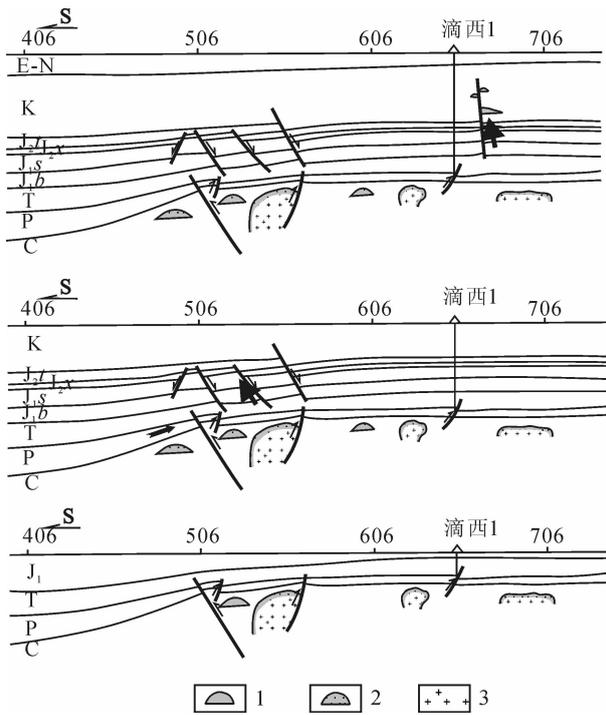


图 4 陆东地区天然气成藏过程示意图

Fig. 4 Sketch map of accumulation process of natural gas in Ludong area

1—凝析油藏;2—气藏;3—火山岩体

1—condensate oil pool; 2—gas pool; 3—volcanic body

早白垩世沉积时,在上三叠统白碱滩组区域盖层之下聚集石炭系高一过成熟阶段生成的天然气,形成过成熟原生天然气藏,如五彩湾石炭系天然气。滴西 4 井 4005.77m 处的二叠系上乌尔禾组(P_3w)灰绿色含泥砾细砂岩中的包裹体温度为 106~140.5°C,是该期天然气聚集的证据。同时由于强烈的燕山中期构造活动(图 5),在侏罗系形成次生天然气藏,反映在滴西 8 井 2460.87m 井处的三工河组灰色粗粒含砾岩屑砂岩中的包裹体温度为 86.5~112.3°C。值得注意的是,次生气藏中有源自二叠系成熟—高成熟阶段的油气混入,从而次生气藏天然气的 $\delta^{13}C_1$ 值为 -37‰~-39‰、 $\delta^{13}C_2$ 值为 -25‰~-28‰。

晚白垩世至今,由于该时期断裂活动很弱(图 5),有利于早期在上三叠统白碱滩组区域盖层之下聚集的原生气藏的保存,燕山晚期局部发生天然气藏调整在白垩系中形成次生天然气藏。

综上所述,陆东地区具有“早期聚集、晚期保存”天然气成藏过程,在三叠系白碱滩组区域盖层之下的下部成藏体系中具有源自石炭系腐殖型烃源岩原生天然气藏形成的条件,如滴西 10 石炭系气藏为主

要源自石炭系过成熟腐殖型天然气,天然气组分中的甲烷碳同位素($\delta^{13}C_1$)值和乙烷碳同位素($\delta^{13}C_2$)值分别为 -29.1‰~-29.5‰和 -26.6‰~-26.7‰;五彩湾石炭系气藏为主要源自石炭系过成熟天然气,天然气的 $\delta^{13}C_1$ 值和 $\delta^{13}C_2$ 值分别为 -29.5‰~-31.0‰和 -24.2‰~-26.8‰。

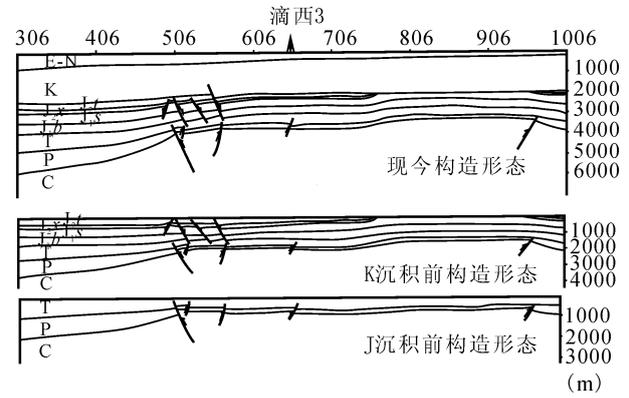


图 5 L9223 测线构造解释

Fig. 5 Structure elucidation of seismic line L9223

海西晚期强烈的压扭构造活动,印支期构造活动相对较弱;燕山早期断裂活动强烈;燕山晚期—喜山期断裂活动较弱,有利于早期形成天然气藏的保存

Strong compresso-shear tectonic activity in later Hercynian; weak tectonic activity in Indosinian; strong fault activity in early Yanshanian; weak fault activity in late Yanshanian and Himalayan, which is favorable to preservation of natural gas accumulation of the early stage

3.2 腹部陆梁地区

腹部陆梁地区的油气主要受玛湖和盆 1 井西凹陷以二叠系的佳木禾偏腐殖型烃源岩、风城组偏腐泥型烃源岩和下乌尔禾组偏腐殖型烃源岩生成油气的控制。就盆 1 井西凹陷来说,佳木禾组和风城组烃源岩在三叠纪就进入成熟—高成熟阶段;下白垩统沉积时进入佳木禾组和风城组烃源岩高一过成熟阶段,下乌尔禾组烃源岩进入成熟—高成熟阶段;受南缘中新统以来再生前陆发育的影响,二叠系烃源岩全部达到过成熟阶段,二叠系底部 Ro 值则超过 3.5%(图 6)。值得注意的是玛湖凹陷烃源岩具有与盆 1 井西凹陷相似的热演化过程,只是在下白垩统沉积时二叠系烃源岩就达到了地质历史最高成熟度,二叠系底部 Ro 值超过 3.5%(图 7),同时不受燕山晚期—喜山期地层沉积的影响。

因此,陆梁地区的油气聚集的第一个关键时刻为三叠纪末,它是佳木河组的大量生气期和风城组的生油高峰期,也是西北缘油气主要成藏期;第二个关键时刻在燕山中期,它是下乌尔禾组的主要生油

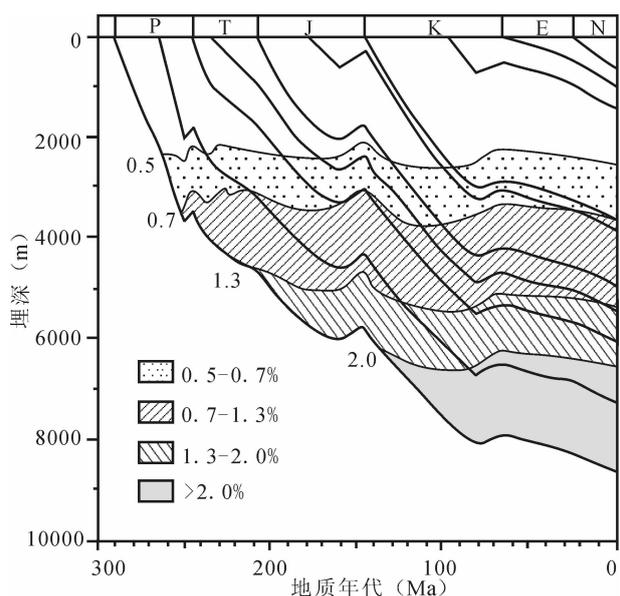


图6 盆1井西凹陷二叠系烃源岩热演化史

Fig. 6 Thermal evolution history of Permian source rock in Western Sag of Pen-1 Well

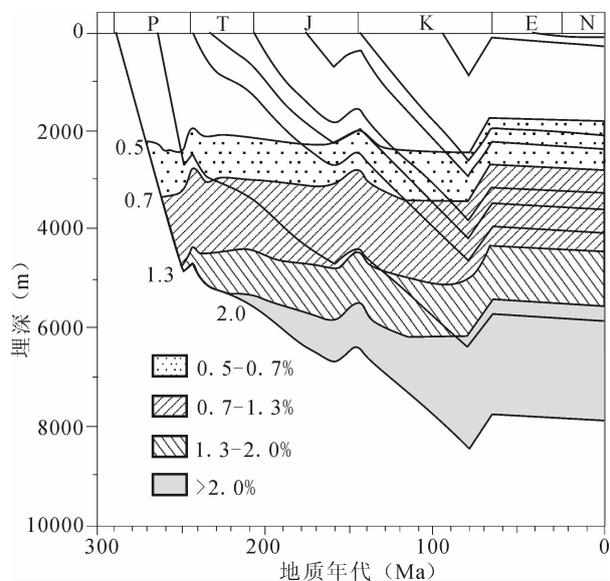


图7 玛湖凹陷二叠系烃源岩热演化史

Fig. 7 Thermal evolution history of Permian source rock in Mahu Sag

期,为陆梁隆起中西部石油的主要成藏期;第三个关键时刻喜山期,是下乌尔禾组的生气高峰期,也是陆西南地区天然气的主要成藏期(张义杰等,2002a)。

值得注意的是,根据该地区构造活动特征,上三叠统白碱滩组区域盖层之上的侏罗系—白垩系成藏区间以正断层与侏罗系地层之间的不整合为运移通道,以断裂—岩性或低幅度构造—岩性油气藏为主

要类型,为“远源、缓坡、次生”油气藏(何登发等,2004);之下的石炭系—三叠系成藏区间以垂向运聚为主要形式,断块与断背斜油气藏为主要类型的近源原生油气藏。由于燕山晚期—喜马拉雅期总体上构造活动相对稳定,晚期过成熟天然气藏主要聚集在上三叠统区域盖层之下的下部成藏体系(图1),这可从如下两方面得到证实:

(1)上部成藏体系主要为成熟阶段的油气。如夏子街地区断裂带与背斜带油气特征具有明显差异,断裂带油藏气顶气的 $\delta^{13}C_1$ 值介于 -40.96% ~ -44.22% ,背斜带油藏气顶气 $\delta\delta^{13}C_1$ 值在 -46.38% ~ -47.83% 之间,这是油气多期成藏的结果,背斜带冲积扇砂体首先捕获了三叠纪末生成的成熟油气,而断裂带聚集了中、晚侏罗世高成熟油气(陈建平等,2001)。再如石南油田中分异性气藏天然气也为成熟阶段天然气, $\delta^{13}C_1$ 值为 -40.2% ~ -43.2% ;陆梁陆9井白垩系天然气则表现为低成熟阶段天然气, $\delta^{13}C_1$ 值为 -49.0% ~ -52.8% 。可见,上部成藏体系中未见过成熟天然气的踪迹(王绪龙等,2001)。

(2)上部成藏体系中的天然气主要为成熟阶段的干酪根裂解气。通过玛湖和盆1井西凹陷烃源岩热演化史分析,玛湖和盆1井西凹陷具备了原油裂解气的条件,尤其在燕山—喜山晚期三叠系和二叠系区域盖层之下形成的原油基本上都具备了地史温度大于 $160^\circ C$ 的大量裂解的条件。但是,根据原油裂解气和干酪根裂解气的判识标准(赵孟军等,2000),上部成藏体系中的天然气主要表现为与原油伴生的干酪根裂解气,或许这是一个下部原生天然气有效保存的证据。

3.3 西北缘地区

西北缘二叠纪总体为一由弱到强的前展式推覆冲断及渐进式扇体迁移模式,即随同生控断断裂由老山向盆缘的前展式推覆活动(蔚远江等,2004)。西北缘油气主要源自玛湖凹陷二叠系的佳木禾组、风城组和下乌尔禾组烃源岩,其热演化过程见图7。

晚三叠世,玛湖凹陷风城组烃源岩生成的低成熟—成熟原油沿风城组砂体运移,经过斜坡区二叠系、三叠系冲积扇砂体,一部分原油在此成藏(石昕等,2005),另一部分原油沿不整合面继续运移(图8A),由于三叠纪断裂活动强烈,断裂带及其附近地层形成低压带,在压力差作用下,低成熟—成熟原油沿断层运移到超覆尖灭带并聚集成藏(陈建平等,2002;曹剑等,2006)。燕山早、中期断裂活动减弱,

断层起封闭作用,玛湖凹陷风城组烃源岩生成的高成熟原油在断阶带断块中形成高成熟凝析油气藏(陈建平等,2002);在斜坡区,晚期高成熟原油排替早期低成熟—成熟原油在地层圈闭中成藏,同时由于高成熟气体的注入,使早期聚集的低成熟—成熟原油脱沥青化,在深部残存高密度、低成熟—成熟原油或沥青(图 8b、c)(陈建平等,2002;曹剑等,2006)。

燕山晚期—喜马拉雅期,由于该地区基本上不受再生前陆发育的影响,二叠系烃源岩生烃停滞,早期形成的油气藏得以有效的保存。综上所述,准西北缘早衰型前陆盆地具有“早期多期聚集、晚期保存”的油气藏形成过程。值得注意的是,准西北缘不同构造段油气成藏过程存在的差异(何登发等,2004b)。

从上述的西北缘断阶带的油气成藏过程不难看出,在三叠系区域盖层之下的下部成藏体系应该聚集有燕山中期保存下来的原生高一过成熟天然气藏(图 8c),如在中拐地区发现了源自 P_{1j} 的过成熟腐殖型天然气藏,其 $\delta^{13}C_1$ 值为 $-29.7\% \sim -33.0\%$, $\delta^{13}C_2$ 值为 $-23.0\% \sim -6.5\%$ 。

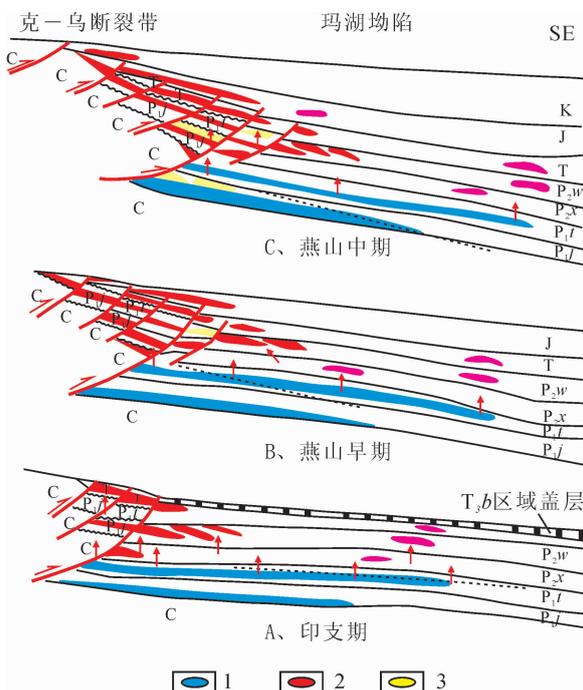


图 8 准噶尔盆地西北缘成藏过程(据石昕等,2001)

Fig. 8 Sketch map of hydrocarbon accumulation process in North-western area of the Junggar Basin(After Shi Xin et al., 2001)

1—烃源岩;2—油藏;3—气藏

1—source rock; 2—oil pool; 3—gas pool

3.4 莫索湾凸起

许多学者对莫索湾凸起的油气成藏进行了分析(张年富等,2000,2003;廖健德等,2004;况军等,2005;曹剑等,2005),但重点集中在上三叠统白碱滩组区域盖层之上的上部成藏体系。如况军等(2005)将莫索湾凸起的油气成藏概括为“两期成藏、两期调整”的模式,张年富等(2000)认为该地区成藏主要受构造控制,因而在侏罗系的好储集层中优先聚烃成藏。莫索湾凸起主要经历了如下的三期成藏:

早中侏罗世,源自凸起周围凹陷二叠系烃源岩生成的成熟油气向莫索湾凸起部位运移,在石炭系、二叠系下乌尔禾组及三叠系百口泉组、克拉玛依组、侏罗系八道湾组等层位聚集。晚侏罗世,莫索湾凸起处于车排子—莫索湾隆起东南翼,其西部遭受北东向断裂改造,下侏罗统八道湾组和三工河组等层位油气部分散失(况军等,2005),浅层油气曾遭受较强的生物降解,具有明显的 25-降藿烷和 25,30-二降藿烷(廖健德等,2004)。

白垩纪,二叠系下乌尔禾组烃源岩进入生油高峰期,二叠系风城组烃源岩进入生气高峰,侏罗系三工河组下部与八道湾组内部异常高压封闭层开始发育,近源侧向运移、垂向调整成藏(况军等,2005);包裹体分析表明,该期三工河组油气藏成藏的温度为 $75 \sim 84^\circ\text{C}$,白垩系吐谷鲁群油气成藏的温度为 $63 \sim 85^\circ\text{C}$ (廖健德等,2004)。

古近纪晚期—第四纪,昌吉凹陷急剧挠曲沉降,腹部地区向南掀斜,二叠系下乌尔禾组生成的天然气与侏罗系八道湾组生成的煤成气聚集,油气向上、向北调整。石炭系与二叠系风城组顶构造闭合度增大,二叠系下乌尔禾组与三叠系油气藏规模减小。侏罗系三工河组二段以上为正常压力系统,三叠系百口泉组以下形成下部超压系统(况军等,2005)。

值得的注意的是,古近纪晚期—第四纪时除了聚集过成熟二叠系烃源岩的干酪根裂解气之外,莫索湾凸起及其周围凹陷的斜坡区的三叠系区域盖层之下,具备原油大量裂解成气的条件,晚期三叠系区域盖层之下的原生天然气藏除了聚集过成熟干酪根裂解气之外,原油裂解气的聚集也十分重要。

3.5 南缘冲断带

淮南前陆盆地通常是指新生代再生前陆盆地,但是它是叠置在早期前陆盆地基础之上的,经历了早海西期前陆盆地基底形成阶段、二叠纪周缘前陆盆地发展阶段、三叠纪—古近纪陆内拗陷阶段和新近纪—第四纪再生前陆盆地阶段,冲断带变形构造

发育(陈书平等,2007)。准噶尔盆地南缘发育有多套烃源岩,具有多期演化的成藏特征(李耀华,2001),但以喜山晚期源自侏罗系煤系烃源岩的天然气成藏为主(李延钧等,2004;况军等,2005;赵孟军等,2005a),从而形成上部成藏体系的源自侏罗系煤系烃源岩的近源(侏罗系、白垩系储集体中成藏)和远源(古近系和新近系储集体中成藏)的原生天然气藏。

三叠纪末,二叠系烃源岩进入生油高峰阶段,此时受海西期基岩断凸影响,在第一排构造带上覆三叠系形成的低幅度构造圈闭,从而形成源自二叠系的油气聚集。该期油气运移以长距离侧向运移为主,以齐古油田的三叠系油藏的形成为代表(图9)。

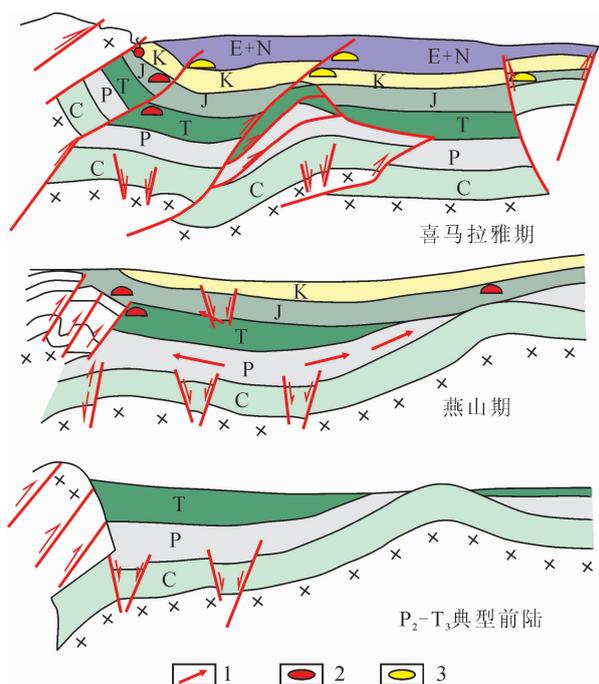


图9 准噶尔盆地南缘前陆盆地油气成藏过程
Fig. 9 Sketch map of hydrocarbon accumulation process in Southern foreland basin of the Junggar Basin

1—油气运移方向;2—油藏;3—气藏

1—hydrocarbon migration direction; 2—oil pool; 3—gas pool

中生界侏罗系和白垩系沉积时,侏罗系烃源岩进入成熟阶段,生成的油气主要由凹陷中心向西南边缘隆起部位侧向运移。此时第一排构造带经过强烈的推覆已初见雏形,从而形成侏罗系油藏。在前陆拗陷中有构造背景的地方也有源自侏罗、二叠的混源油气的聚集,如齐古油气田。

新生界沉积时,特别是由于巨厚的新近系沉积,淮南

前陆盆地的侏罗系大部分处于高、过成熟阶段,开始了大量的生成煤成气阶段。此时由于南北向的挤压应力,使淮南燕山期古构造及古断裂得以改造并最终定型,形成现今的三排构造带和马桥凸起及白家海凸起圈闭的定型。此时一方面聚集源自侏罗系的天然气,一方面由于断裂的作用使得下覆的侏罗系原生油藏破坏或向上调整,从而在喜马拉雅期圈闭中成藏,如呼图壁气田(图9)(宋岩等,2005;赵孟军等,2005a)。

值得注意的是,根据三叠系区域盖层或者侏罗系煤系区域盖层(赵孟军等,2005b)也可将南缘冲断带划分为两大天然气成藏体系,下部为以二叠系烃源岩为主形成的近源原生天然气藏,目前由于埋藏太深,勘探和研究程度都比较低;上部为以侏罗系煤系烃源岩为主形成的既有在近源的侏罗系和白垩系储集体中聚集的原生天然气藏,又具有在远源的古近系和新近系储集体中聚集的原生一次生天然气藏。

4 结论

(1)准噶尔盆地具有优越的天然气成藏地质条件,发育有石炭系、二叠系和侏罗系三套主力气源岩,发育有五套重要的盖层及相应的储盖组合。

(2)上三叠统白碱滩组泥岩在整个盆地都有分布,且厚度大。以该套区域盖层为界可划分为下部近源原生天然气成藏体系和上部远源次生天然气成藏体系,前者一般具有异常高压的特征,后者则具有正常的压力系统。由于南缘冲断带上部天然气成藏体系的气源岩主要为侏罗系煤系地层,因此具有与下部天然气成藏体系相似的特征。

(3)对盆地东部地区、腹部地区、西北缘地区、莫索湾凸起天然气成藏过程进行了分析,尽管不同地区天然气成藏过程存在一定的差异,但比较一致的是上部次生天然气是在下部原生天然气的改造和调整的基础上形成的。值得注意的是南缘冲断带的上部成藏体系既有源自侏罗系煤系烃源岩的原生天然气聚集,又伴随有次生天然气藏的形成。

(4)大中型原生天然气藏是未来准噶尔盆地天然气的勘探方向,因此准噶尔盆地两大天然气成藏体系的划分及成藏过程研究,对深入认识大中型原生天然气藏的形成和分布具有十分重要的意义。

参 考 文 献 / References

蔡希源,刘传虎. 2005. 准噶尔盆地腹部地区油气成藏的主控因素.

- 石油学报, 26(5):1~4.
- 查明, 张卫海, 曲江秀. 2000. 准噶尔盆地异常高压特征、成因及勘探意义. 石油勘探与开发, 27(2):31~35.
- 曹剑, 胡文瑄, 张义杰, 姚素平, 张越迁, 唐勇. 2005. 准噶尔盆地红山嘴—车排子断裂带含油气流体活动特点地球化学研究. 地质论评, 51(5):591~599.
- 曹剑, 胡文瑄, 姚素平, 张义杰, 王绪龙, 张越迁, 唐勇. 2006. 准噶尔盆地西北缘油气成藏演化的包裹体地球化学研究. 地质论评, 52(5):700~707.
- 陈建平, 查明, 王鹏. 2001. 准噶尔盆地西北缘夏子街地区油气成藏研究. 海洋石油, (2):31~35.
- 陈建平, 查明, 周瑶琪, 田辉. 2002. 准噶尔盆地克拉玛依油田油气运聚期次及成藏研究. 中国海上油气(地质), 16(1):19~22.
- 陈书平, 漆家福, 于福生, 杨桥. 2007. 准噶尔盆地南缘构造变形特征及其主控因素. 地质学报, 81(2):151~157.
- 何登发, 陈新发, 张义杰, 况军, 石昕, 张立平. 2004a. 准噶尔盆地油气富集规律. 石油学报, 25(3):1~11.
- 何登发, 尹成, 杜社宽, 石昕, 马辉树. 2004b. 前陆冲断带构造分段特征——以准噶尔盆地西北缘断裂构造带为例. 地学前缘, 11(3):92~101.
- 康永尚, 邱楠生, 刘洛夫, 文永红, 张越迁, 姚新玉, 张年富, 王绪龙. 2004. 流体动力系统对流体包裹体均一温度的影响及其意义——以准噶尔盆地陆东地区为例. 地质学报, 78(5):704~709.
- 况军, 刘得光, 李世宏. 2001. 准噶尔盆地天然气藏地质特征及分布规律. 新疆石油地质, 22(5):390~392.
- 况军, 何登发, 张年富, 石昕. 2005. 准噶尔盆地莫索湾凸起油气成藏模式. 中国石油勘探, 10(1):40~45.
- 李丕龙, 刘传虎. 2005. 准噶尔盆地天然气勘探潜力及运聚规律. 石油学报, 26(2):6~10.
- 李铁军. 2004. 准噶尔盆地南缘异常高压及其成因机制初探. 地质科学, 39(2):234~244.
- 李学义, 邵雨, 李天明. 2003. 准噶尔盆地南缘三个油气成藏组合研究. 石油勘探与开发, 30(6):32~34.
- 李延钧, 王廷栋, 张艳云, 陈世加, 王绪龙. 2004. 准噶尔盆地南缘天然气成因与成藏解剖. 沉积学报, 22(3):529~534.
- 李耀华. 2001. 准噶尔盆地南缘天然气成藏模式及勘探方向. 天然气工业, 21(4):27~31.
- 廖健德, 王绪龙, 向宝力, 程显胜, 刘翠敏, 凌云, 宋元林. 2004. 准噶尔盆地莫索湾地区油气成藏分析. 天然气工业, 24(9):15~18.
- 刘震, 金博, 贺维英, 韩军, 关强. 2002. 准噶尔盆地东部地区异常压力分布特征及成因分析. 地质科学, 37(增刊):91~104.
- 彭希龄, 张国俊. 1990. 准噶尔盆地构造演化与油气聚集. 见:中国中生代沉积盆地. 北京:石油工业出版社. 196~211.
- 曲江秀, 查明, 张卫海. 2002. 准噶尔盆地腹部、南缘温压场与油气成藏. 新疆石油地质, 23(5):380~381.
- 曲江秀, 查明. 2003. 准噶尔盆地异常压力类型及成因探讨. 石油实验地质, 25(4):333~336.
- 石昕, 张立平, 何登发, 杜社宽, 王绪龙, 张朝军, 管树巍, 杨庚. 2005. 准噶尔盆地西北缘油气成藏模式分析. 天然气地球科学, 16(4):460~463.
- 宋岩, 房德权. 准噶尔盆地天然气富集规律. 1999. 新疆石油地质, 20(增刊):564~56.
- 宋岩, 赵孟军, 柳少波, 秦胜飞, 洪峰. 2005. 中国三类前陆盆地油气成藏特征. 石油勘探与开发, 32(3):1~6.
- 王绪龙, 杨海波, 康素芳, 张越迁, 贾希玉. 2001. 准噶尔盆陆梁隆起陆9井油田与成藏分析. 新疆石油地质, 2(3):212~216.
- 蔚远江, 何登发, 雷振宇, 尹成, 张立平, 胡素云, 董大忠. 2004. 准噶尔盆地西北缘前陆冲断带二叠纪逆冲断裂活动的沉积响应. 地质学报, 78(5):612~625.
- 吴孔友, 查明, 王绪龙, 吴时国, 张立刚, 聂政荣. 2007. 准噶尔盆地成藏动力学系统划分. 地质论评, 53(1):75~82.
- 吴庆福. 1986. 准噶尔盆地构造演化与找油领域. 新疆地质, 4(3):1~19.
- 张年富, 张越迁, 徐长胜, 王斌, 查明. 2003. 陆梁隆起断裂系统及其对油气运聚的控制作用. 新疆油地质, 24(4):281~283.
- 张年富, 张越迁, 姚新玉, 张从侦, 姚新玉准噶尔盆地莫北凸起油气成藏条件与分布规律. 新疆石油地质, 2001, 22(2):103~106.
- 张年富. 2000. 准噶尔盆地腹部莫索湾地区油气成藏条件与成藏模式. 石油勘探与开发, 27(3):13~15.
- 张义杰, 向书政, 王绪龙, 吴晓智, 燕启胜. 2002a. 准噶尔盆地含油气系统特点与油气成藏组合模式. 中国石油勘探, 7(4):25~35.
- 张义杰, 柳广弟. 2002b. 准噶尔盆地复合油气系统特征、演化与油气勘探方向. 石油勘探与开发, 29(1):36~39.
- 赵孟军, 卢双舫. 2000. 原油二次裂解气——天然气重要的生成途径. 地质论评, 46(6):645~650.
- 赵孟军, 宋岩, 秦胜飞, 柳少波, 洪峰. 2005a. 中国中西部前陆盆地多期成藏、晚期聚气的成藏特征. 地学前缘, 12(4):525~533.
- 赵孟军, 宋岩, 张水昌, 柳少波, 秦胜飞. 2005b. 油气成藏过程研究的地质意义. 天然气地球科学, 16(5):545~551.

Accumulation Systems and Filling Process of Natural Gas in Junggar Basin

ZHAO Mengjun¹⁾, SONG Yan¹⁾, LIU Shaobo¹⁾, YANG Haibo²⁾, LIU Deguang²⁾

1) *Research Institute of Petroleum Exploration and Development of PetroChina, Beijing, 100083;*

2) *Xinjiang Oil Company of PetroChina, Kelamayi, Xinjiang, 841000*

Abstract: The discovered natural gas is mainly composed of middle—small scaled and secondary filled gas fields, accumulated in middle and shallow strata in the Junggar Basin. They can be divided into two accumulation systems of natural gas including lower near-source original and upper far-source secondary original accumulation system, and the limiting stratum is Bajiantan Formation of Upper Triassic that is territorial mudstone. The former is characterized by abnormal high pressure generally, and the latter has a normal pressure system. By analyzing and comparing accumulation process of natural gas in Eastern Area, Center Area, North-western Area and Mosuowan Area, it can be recognized that upper secondary original accumulation of natural gas is from lower original accumulation of natural gas, and the lower strata are

more favorable prospect. In addition, the upper accumulation system of natural gas in Southern Area is from coal formation in Jurassic and accumulation of natural gas in lower strata.

Key words: gas source rock, reservoir-cap rock assemblage, accumulation system, accumulation process, Junggar Basin

中国地质学会 2009 年新春联谊会在北京举行

中国地质学会新春联谊会 2009 年 1 月 20 日上午在北京湖北大厦举行。上午 9 时许,联谊会随着“勘探队员之歌”大合唱而开始。

中国地质学会理事长、国土资源部部长徐绍史,前国土资源部(地质矿产部)副部长塞风、夏国治、张文驹,中国科学院院士谢学锦、孙枢、沈其韩、肖序常、李廷栋、许志琴、翟裕生、刘嘉麒、杨文采,中国工程院院士陈毓川、裴荣富、赵文津,中国科学技术协会学会学术部副部长杨文志,中国地质学会副理事长、中国煤炭地质总局局长徐水师,中国地质学会常务理事、中国水电工程顾问集团公司水电水利规划设计总院副总工程师彭士标、中国地质学会常务理事、北京大学地球与空间科学学院常务副院长潘懋,中国地质学会秘书长、中国地质科学院常务副院长朱立新等在京的地质学家和中国地质学会及专业委员会的工作人员 200 余人参加了联谊会。中国地质学会常务副理事长孟宪来主持了联谊会。

会上,首先由李庭栋院士宣布中国地质学会 2008 年度十大科技成果和十大找矿成果评选结果,徐绍史理事长为获选单位代表颁发奖牌。

接着,朱立新秘书长汇报了中国地质学会 2008 年的工作,主要有:中国地质学会 2008 年成功举办各类学术交流会议 34 个,其中组织和参加国际会议 4 个。交流学术论文 1700 余篇;开展了丰富多彩的科普活动,坚持举办世界地球日、全国地学夏令营、地质公园建设等活动,地质科普日益品牌化;着力推进精品期刊工程,主办的《地质学报》中、英文版和《地质论评》在检索系统中的有关指标继续名列前茅。此外,还发挥学会人才优势,积极承担调研活动,为政府决策服务。

杨文志副部长肯定中国地质学会在过去一个中做出了大量的工作,且很有成效,在科协的 192 个学会中是很棒的学会之一。并勉励中国地质学会继续发扬优良传统,进一步加强学会的自身建设,加强地质文化建设。

刘嘉麒院士代表老一代地质学家致辞,他说,中国地质学会是会员的家,在联系学者、促进地质科学发展、普及地及科学等方面都作出了卓越的贡献,在国际合作、促进中国地质科学走向世界、提高我国地质在国际上的地位等方面起了杰出的作用。他说,作为一个地质工作者,他感到欣慰,中国地质正处于一个相当好的时期,我们要抓住机遇,做好工作,使我国不仅是地质大国,而是成为地质强国。

徐水师副理事长代表中国地质学会常务理事和理事向地质工作者们拜年,他说,由于中国地质学会的指导等因素,地质行业去年取得了很好的成绩,煤炭地质行业在经济上和职工收入等方面都有一定增加。

第四届黄汲清青年科技奖获得者,中国地质大学教授刘家军和中国科学院地质与地球物理研究所研究员杨小平代表青年地质工作者向地质学工作者表达了新年的祝福,并发表了获奖感言。刘家军说,他们要感谢多年来国家的培养、前辈的栽培和各单位及中国地质学会等的大力支持;能够获得黄汲清奖,他们在感到无比激动和自豪的同时,也感到这是一种鼓励和鞭策,既是荣誉,也是责任。他表示,科学无止境,要继承老一辈地质学家严谨治学、无私奉献、不断创新、报效祖国的光荣传统,戒骄戒躁,勇攀高峰。杨小平代表青年地质工作者感谢中国地质学会领导、感谢前辈们的教育、辅导和培养,表示要在前辈引领下,紧跟前辈脚步、刻苦钻研、努力工作、勇攀高峰。

最后,徐绍史理事长致辞。

徐理事长对到会的地质行业各部门老领导、老专家、全体会员代表以及广大地质工作者和家属表示新年的祝贺。他介绍了 2008 年我国地质工作取得的新进展,肯定了中国地质学会在过去一年取得的成绩,对当前矿业和地质找矿形势进行了分析,并向与会代表介绍了国土资源部今后一段时期在地质工作部署上的新思路。他提出,中国地质学会将认真贯彻胡锦涛总书记在纪念中国科协成立 50 周年大会上的重要讲话精神,更好地理解 and 执行党和国家的科技工作者政策,更好地为科技工作者服务,更好地引导和支持科技工作者为经济社会发展服务、为提高全民科学素质服务。

徐理事长还对今后中国地质学会的工作进行了部署:一是坚持以科学发展观为指导,努力促进地质科技发展。结合国家需要、行业发展和自身实际,紧紧围绕地质工作中心任务,着眼于解决国民经济和社会发展中的相关重大问题、地质工作中的重大难题、地质学科建设、地学人才培养和我国地学走向国际地质舞台等重大问题,努力促进地质工作等各个方面不断创新。二是发挥科普工作主力军作用,全力推进全民科学素质建设。围绕国际地球年组织科普报告会、科普讲座、编写科普读物、组织“世界地球日”和全国青少年地学夏令营活动,积极参加中国科协举办的科技周和全国科普日活动。积极争取将地质矿产内容纳入基础国情教育课程标准,使地学科学知识普及到千家万户,培育公众节约利用资源的意识。三是加强自身建设,充分发挥学会的桥梁纽带作用,自觉地为会员和会员单位服务,真正把中国地质学会办成地质科技工作者之家。

会上,还表演了地质工作者自编自导的精彩文艺节目。

(章雨旭、禹启仁 供稿)