

新疆和什托洛盖盆地构造演化特征及其对油气成藏的影响

胡 杨^{1,2} 夏 斌^{1,3} 郭 峰^{1,2} 袁亚娟^{1,2} 施秋华^{1,2} 蔡 嵩^{1,2}

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640 ; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049 ;
3. 中山大学 海洋学院, 广东 广州 510275)

摘 要 和什托洛盖盆地为准噶尔西北缘大型逆冲褶皱带的一个早中生代盆地, 油气地质特征复杂. 应用成盆动力学及盆山耦合系统的理论对盆地进行系统的构造解析, 并利用平衡剖面技术全面解剖和什托洛盖盆地的构造演化特征. 同时, 深入分析和探讨了不同阶段构造演化过程对油气运聚成藏的控制和影响作用. 在此基础上, 获得了以下重要结论与认识: (1) 和什托洛盖盆地的构造演化与准噶尔盆地西北缘和哈拉阿拉特山有着密切关系, 大致经历了 3 个演化阶段, 即盆地雏形阶段(C—T)、盆地主要发育阶段(J—K)和盆地改造阶段(E—Q); (2) 和什托洛盖盆地的烃源岩、储集层、盖层及圈闭均较发育, 断裂和区域性不整合面为油气运移创造了良好的条件; (3) 目前应以盆地西部为重要靶区, 同时加强对于侏罗系低成熟气、煤成气生成的综合研究.

关键词 和什托洛盖盆地; 盆山耦合理论; 构造演化; 平衡剖面技术; 油气成藏; 新疆

TECTONIC EVOLUTION AND ITS INFLUENCE ON HYDROCARBON ACCUMULATION OF HESHITUOLUOGAI BASIN IN NORTHWEST XINJIANG

HU Yang^{1,2}, XIA Bin^{1,3}, GUO Feng^{1,2}, YUAN Ya-juan^{1,2}, SHI Qiu-hua^{1,2}, CAI Song^{1,2}

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. School of Marine Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract : The Heshituoluogai Basin is an Early Mesozoic basin in the large thrust fold belt in northwest Junggar, Xinjiang. Applying basin dynamics theory, basin-range coupling idea and balanced cross section technique, this paper shows the complete structural interpretation and resumes the tectonic evolution of the basin area. The controls and influences of the tectonic evolution on the migration and accumulation of oil and gas in the area are also analyzed and discussed. On this basis, it is concluded that: 1) The tectonic evolution in the area of Heshituoluogai Basin, closely related to the northwest Junggar Basin and Hala alate Mountain, can be divided into prototype stage (C—T), major development stage (J—K) and reconstruction stage (E—Q); 2) The Heshituoluogai basin, with fairly good hydrocarbon source rock, many reservoir-seal assemblages, different types of traps, faults and regional unconformities, has good conditions for oil and gas migration; 3) The western basin should be the key target, where comprehensive studies on Jurassic low-mature gas and coal-formed gas could be strengthen.

Key words : Heshituoluogai Basin; basin-range coupling theory; tectonic evolution; balanced cross section technique; hydrocarbon accumulation; Xinjiang

和什托洛盖盆地位于新疆准噶尔盆地西北部, 为准噶尔西北缘大型逆冲褶皱带上盘的一个山间盆地.

由于该盆地紧邻准噶尔盆地西北缘, 被认为具有良好的油气地质条件和勘探前景, 20 世纪 50 年代就开始

收稿日期 2011-11-30 修回日期 2012-03-02 编辑 李兰英.

基金项目 国家重点基础研究发展计划(“973”项目)(2009CB219401)资助.

作者简介 胡杨(1983—), 男, 博士, 主要从事含油气盆地分析, 通信地址 广东广州五山 中国科学院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室, E-mail/huyang19831983@163.com

引起油气勘探家的广泛关注和重视,但大规模的石油勘探工作开展较晚,盆地目前勘探程度较低,油气地质问题复杂。

关于和什托洛盖盆地的性质,过去普遍认为^[1-3]是由于和什托洛盖盆地位于准噶尔西北缘推覆体的中段,在挠曲变形时顶部受到引张力作用或是由于基底走滑断裂的张性错动而形成张性陷落盆地。但目前有学者^[4-5]认为虽受到挤压挠曲作用,但由于空间有限,其沉积变形主要集中在中生代且变形程度不高,还达不到张性陷落阶段,其应为扭动-挤压型逆冲盆地。从总体上看,盆地目前的研究主要侧重盆地构造特征方面,而关于盆地构造演化过程对油气运聚成藏的控制及影响作用研究得较少或亦很薄弱。而且和什托洛盖盆地相邻的准噶尔西北缘是准噶尔盆地油气最为富集地区之一,油源主要是玛湖凹陷的二叠系。前人研究^[6-7]表明,烃源岩从三叠系开始成熟,到侏罗系进入生油高峰期,目前在哈拉阿拉特山构造前缘地区,三叠系之上特别是侏罗系地层中分布有丰富的以稠油为主的油气藏,对成藏的研究表明,在侏罗纪早、中期就有油气的运移成藏活动。那么,对于和什托洛盖盆地而言,玛湖凹陷二叠系产生的油气是否会运移至和什托洛盖盆地?而和什托洛盖盆地的和参2井的油气显示

为油气来源提供了什么信息?目前也存有不同的看法。有学者^[8-9]通过对和什托洛盖盆地进行盆地模拟,认为和参2井的油气显示来源于盆地侏罗系烃源岩;也有些学者^[4-5]认为和什托洛盖盆地生烃条件较差,油气主要依赖准噶尔盆地玛湖凹陷运移而来。

本文应用成盆动力学及盆山耦合系统的理论对盆地进行系统的构造解析,并利用平衡剖面技术全面解剖和什托洛盖盆地的构造演化特征,重点分析不同阶段构造演化过程对油气运聚成藏的控制和影响作用,以期能为和什托洛盖盆地的油气勘探提供一定的指导和借鉴。

1 区域地质概况

和什托洛盖盆地位于西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块和准噶尔微板块汇聚处,东西长230 km,南北宽14~46 km,平面上呈北东东向延伸,总面积约为5600 km²^[10]。北依乌克兰嘎尔山、谢米斯台山、阿尔加提山,南接扎依尔、哈拉阿拉特山、德伦山及北东东向潜伏隆起带,西抵扎依尔山与乌克兰嘎尔山的汇聚处,东以达尔布特断裂为界与准噶尔盆地和哈拉阿拉特山-德伦山构造带相接(图1)。

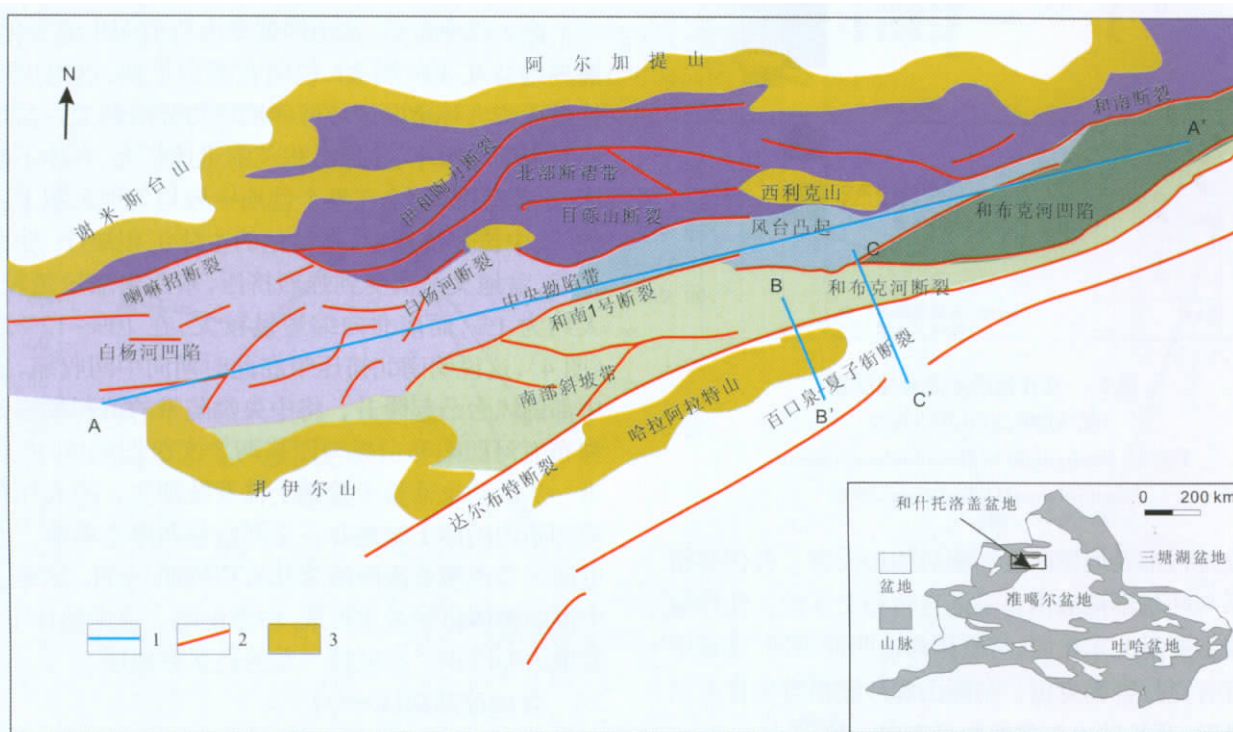


图1 和什托洛盖盆地构造纲要图

(据马宝军, 2009)

Fig. 1 Tectonic map of the Heshituoluogai Basin

(from MA Bao-jun, 2009)

1—测线(exploration line) 2—断层(fault) 3—山体(mountain)

盆地基底为海西期褶皱基底,主要由泥盆系和石炭系组成.基底之上发育上三叠统、侏罗系、白垩系和新生界^[11](图 2).盆地的沉积中心位于白杨河西凹陷,最大沉积厚度约 5500 m.上三叠统白砾山组在盆地内局部分布,全区缺二叠系及中下三叠统.

地 层				地层代号	厚度 / m	岩 性	烃源岩	储集层	盖层	
界	系	统	组							
中生界	白垩系	下统	吐鲁组	K ₁ t _g		砂岩、泥岩、砂质泥岩				
			中统	头屯河组	J ₂ t	500	砂岩、砂质泥岩的互层			
				西山窑组	J ₂ x	1000	灰绿、灰黄色砂岩与灰色泥岩、灰质泥岩互层,产煤			
	侏罗系	下统	三工河组	J ₁ s	1500	灰色、深灰色泥岩夹粉砂岩、灰岩、菱铁矿层				
			八道湾组	J ₁ b	2000	灰绿色砂岩、泥岩、灰质泥岩、夹煤线、煤层、菱铁矿层				
			白砾山组	T ₁ b		湖相碎屑岩				
古生界	石炭系	上统			2500	陆源碎屑岩夹中酸性喷发岩、火山碎屑岩				
		中统								
		下统								
	寒武系				3000	碎屑沉积岩、中酸性火山岩				

图 2 和什托洛盖盆地地层表

(据马晓鸣 2010 略有修改)

Fig. 2 Stratigraphy of Heshituoluogai Basin

(modified from MA Xiao-ming, 2010)

盆地内部及周围断裂和褶皱构造发育,扎伊尔褶皱山系与阿尔泰褶皱山系呈近直角相交于此,使该盆地断裂主要呈北东东向,与整体构造明显不同.盆地中部发育有克拉赛勒克山、白砾山和沙勒根特吴鲁等老基底隆起,其长轴也与盆地伸延方向一致.

2 盆地构造演化分析

和什托洛盖盆地与准噶尔盆地相毗邻,其构造演化受准噶尔盆地西侧的造山带(西准噶尔造山带)发育

影响.通过对该地区地震测线的平衡剖面分析并结合其他地质资料,可以将和什托洛盖盆地构造演化划分为 3 个发育阶段.

2.1 盆地雏形阶段(C—T)

早石炭世,在哈萨克斯坦板块向东挤压运动的背景下,西准噶尔洋壳向哈萨克斯坦板块之下俯冲、消减^[13-14],洋盆完全关闭后发生陆陆碰撞,西准噶尔造山带由北西向南东挤压推覆,造成盆地基底西倾,上盘剧烈抬升,断裂广泛发育^[15-17].印支运动再次产生强烈的推覆和挤压,使准噶尔盆地周缘海槽全部褶皱成山,和什托洛盖地区南北边界大断裂的不均衡冲断活动,造成石炭系向东大规模逆掩于准噶尔盆地内二叠系陆相沉积地层之上,和什托洛盖地区相继形成许多小断裂,逐渐形成了盆地雏形;之后,由于盆地一直处于剥蚀背景之下,仅在盆地低洼地段沉积了三叠纪粗碎屑的边缘相沉积物,三叠纪末期,西准噶尔造山带继续向准噶尔盆地冲断,主要以逆冲推覆为主兼具走滑作用,构造的隆升使造山带前缘地区受到较大强度的消减与剥蚀,形成了三叠系和侏罗系的不整合面,与准噶尔盆地同时期不整合面连成一体^[18](图 3).

2.2 盆地主要发育期(J—K)

进入侏罗纪后,盆地伸展率由负值向正值变化,伸展率维持在 3%(图 4),说明在燕山早期,盆地由区域性挤压应力环境向区域性伸展应力环境转变,盆地基底断裂活动很小,盆地沉积范围迅速扩大,水体不断加深,水体范围增大,在整个盆地中较均匀地沉积了巨厚的下、中侏罗统地层,是盆地的主体沉积层序.侏罗纪末期,盆地又一次受到强烈挤压,东西向缩短量较小,大约为 1%,而南北向缩短量较大,在 10%~12%之间(图 4),这说明南北挤压带在此时期向中间收缩,盆地中部的风台凸起隆升,将中央拗陷带的沉积拗陷分为和布克河凹陷和白杨河凹陷两个次级拗陷区.断裂的进一步活动也使整个盆地上侏罗统缺失,造成和布克河凹陷内的西山窑组和三工河组呈西厚东南薄,而头屯河组呈西薄东南厚的箕状沉积特征.至此,盆地边陡中拗的整体格局基本形成.白垩纪时,盆地整体下降,盆地内部沉积了厚度较一致的白垩系地层.

2.3 盆地改造期(E—Q)

进入新生代后,喜马拉雅运动对和什托洛盖盆地的影响最为深刻.盆地受近南北向挤压推覆作用的影响,盆内断裂大规模活动,上部地层也发生强烈褶皱变形.同时,在盆地北部的逆断层下盘,沉积了较厚的新近系及第四系(图 5),盆地南部边界向准噶尔盆地发

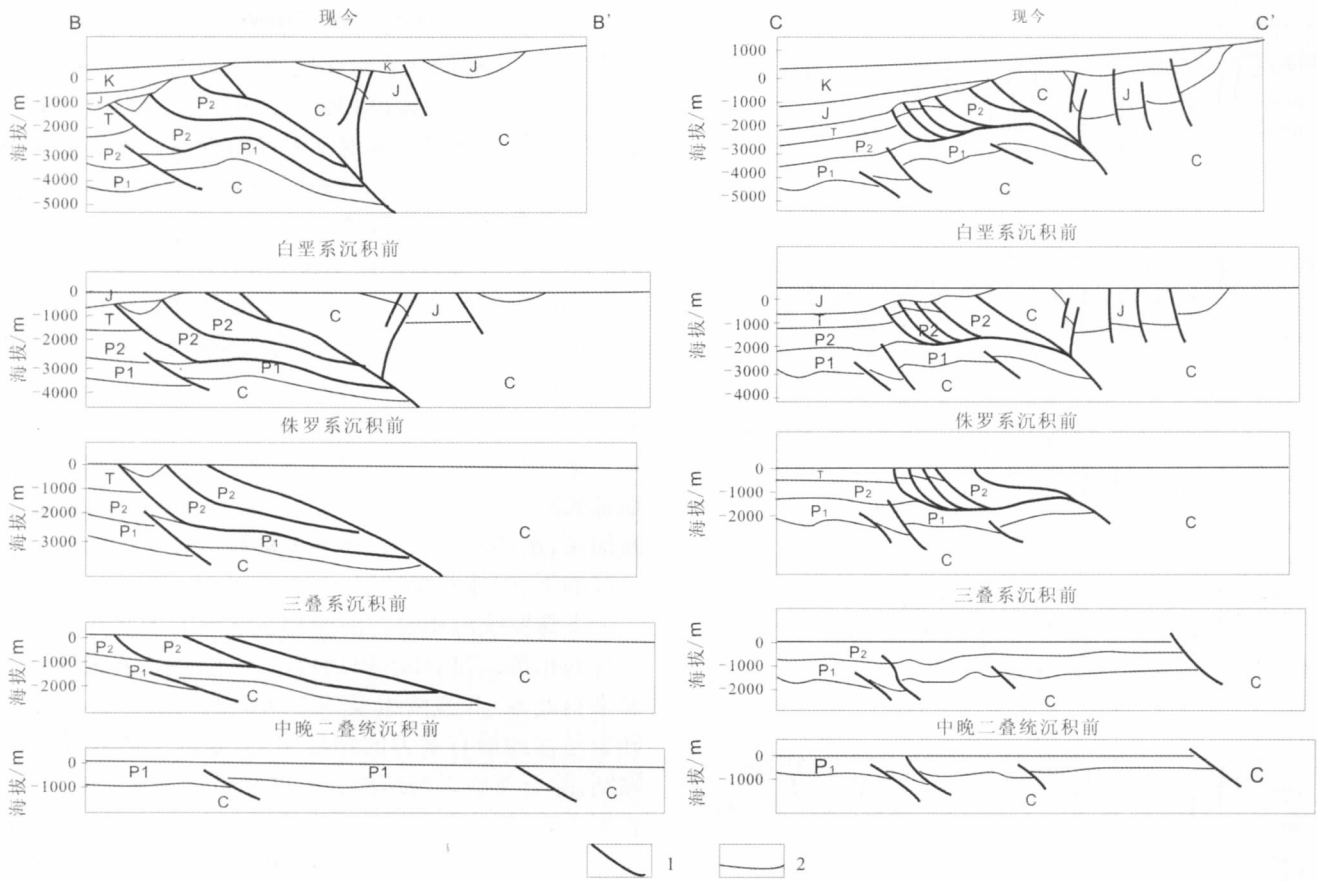


图 3 剖面 B-B' 与 C-C' 构造演化图

Fig. 3 Sections of B-B' and C-C' showing tectonic evolution

1—断层线(fault); 2—地层线(boundary of strata); 剖面位置见图 1(Section locations are shown in Figure 1)

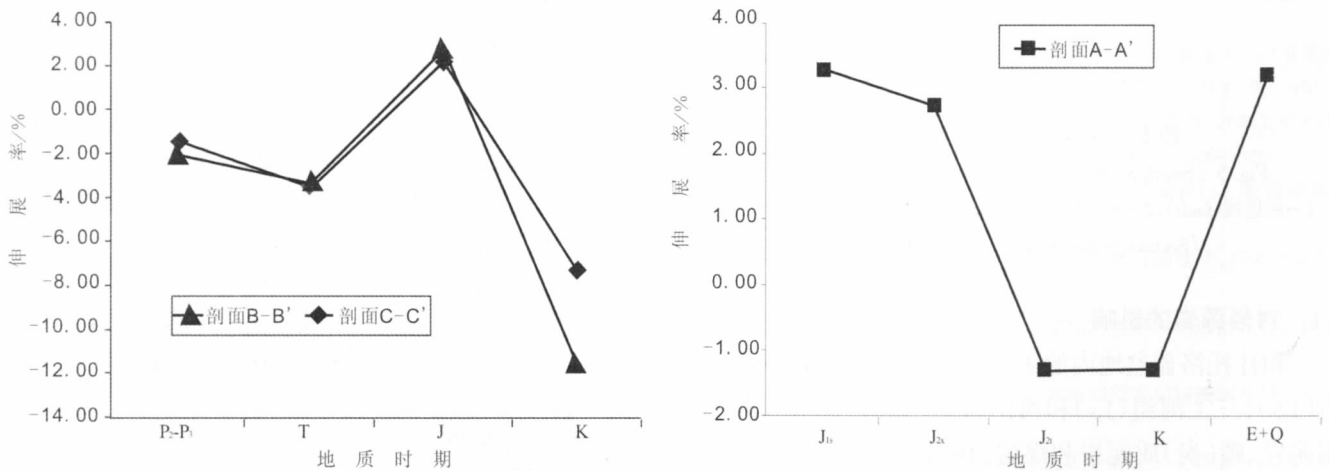


图 4 和什托洛盖盆地剖面伸展率曲线图

Fig. 4 Curves showing the stretch ratio of Heshituoluogai Basin

剖面位置见图 1(Section locations are shown in Figure 1)

生较大逆冲, 形成自己完整的边界, 且与准噶尔盆地完全隔离开来。

3 盆地构造演化对油气成藏的影响

由于和什托洛盖盆地与哈拉阿拉特山和准噶尔盆地之间的接触关系^[19-22], 其油气成藏过程必然会受到准噶尔西北缘区域构造地质背景及其活动演化过程的深刻影响。

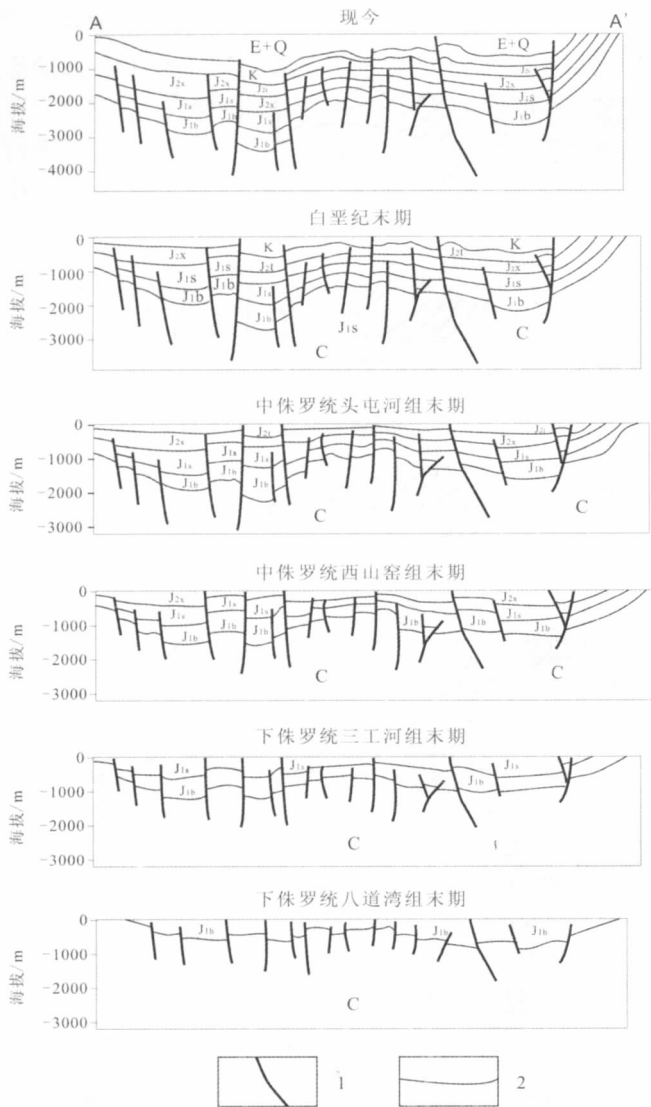


图5 剖面 A-A' 构造演化图

Fig. 5 Sections of A-A' showing tectonic evolution

1—断层线(fault) 2—地层线(boundary of strata) 剖面位置见图 1
(Section locations are shown in Figure 1)

3.1 对烃源岩的影响

和什托洛盖盆地内的主要烃源岩是侏罗系八道湾组(J_{1b})、三工河组(J_{1s})和西山窑组(J_{2x})的湖相—湖沼相泥岩、碳(炭)质泥岩和煤层,在白杨河东、西凹陷以及和布克河凹陷最为发育。对和什托洛盖盆地及其邻区成烃演化的研究^[8, 23-25]认为,和什托洛盖盆地具有烃类生成条件,但整体仍然处于未熟—低熟阶段,平面上西部热演化程度高于东部。但侏罗纪至白垩纪时期盆地的快速沉降应能使盆地凹陷深部的下侏罗统烃源岩达到生烃门限。

①钟宁宁,包建平. 新疆三塘湖盆地石油勘探地球化学综合研究及资源评价. 1995.

另外,盆地基底的石炭系烃源岩应为过成熟,且长期裸露地表,对油气成藏影响不大。但是,二叠纪末印支运动产生的强烈推覆和挤压作用,使盆地南部的达尔布特断裂向准噶尔盆地发生冲断推覆,造成推覆体下盘的石炭系^[26-27]与二叠系烃源岩快速成熟。和什托洛(洛)盖盆地位于推覆体上盘,处于构造上的高位置,有利于下伏烃源岩产生的油气向其运移。哈拉阿拉特山北侧在白杨河水库处的白垩系底部砾岩及石炭系变质岩的裂隙内见有大量的沥青及稠油显示^[18]应该可以证实这一分析。

3.2 对储层和盖层的影响

早、中侏罗世是一个相对较弱的构造活动时期,盆地基底断裂活动很小,盆地沉积范围迅速扩大,水体不断加深,水体范围增大,在整个盆地中较均匀地沉积了巨厚的下、中侏罗统地层。

下侏罗统沉积时,河流相在盆地的中北部是最为发育的相带,岩相和沉积物粒序特征显示,沉积物源主要来自北方。八道湾组及三工河组的岩屑砂岩和石英砂岩是盆地最有潜力的储集层。但受盆地相对狭小的限制,除石英砂岩的结构成熟度和矿物成熟度较高外,岩屑砂岩结构成熟度和矿物成熟度普遍较低。就储集层的孔隙结构而言,石英砂岩中溶蚀孔隙对油气储集是非常有利的,而岩屑砂岩孔隙结构则稍差些。总体上分析,八道湾组砂岩具有较好的孔、渗性,物性特征表明石英砂岩是该组最好的储层,岩屑砂岩次之,西山窑组及头屯河组则储集物性较差。

中侏罗统西山窑组泥岩可以作为区域性盖层,在和参1井该组内泥岩及煤层占地层总厚的46.6%,泥岩单层厚度大于50m的有两层,西部四周地面露头也显示该组底部泥岩厚度40~60m。东部的和参2井中部多套大砂泥岩互层中,泥岩单层厚度不超过10m。由上述井上资料认为,盆地中西部地区,西山窑组可做良好盖层,东部次之;三工河组中上部厚层泥岩,在和参1井揭示单层为60m,和参2井钻遇多层15~25m的泥岩,可作为区域性盖层。八道湾组内部泥岩也可做为局部的盖层。

3.3 对圈闭类型的影响

和什托洛盖盆地的多期断裂运动和不同沉积类决定了圈闭类型与发育部位,总体而言,受燕山晚期和喜马拉雅晚期的强烈挤压运动的影响,在风台凸起和白砾山—西利克山凸起周边形成了众多的构造圈闭,多为背斜、断背斜、断鼻和断块。燕山晚期地层的抬升、剥蚀也有可能形成少量以断层—岩性圈闭为主的复合圈闭。

3.4 对油气运移的影响

和什托洛盖盆地在发展演化史上经历了多期次构造活动,发育了不同性质及规模的断层.其中海西期形成的基底断裂经后期复活和改造形成的北北东向逆冲断层最为重要.虽然多数断裂都是切穿白垩系的断裂,但由于断裂活动的频繁,这些断层还是对油气纵向运移起到了较好的促进作用.盆地内主要发育的三叠系、侏罗系、白垩系和新生界等4个区域性不整合面,以及晚燕山—喜马拉雅期形成的北西走向断裂都是油气横向运移的重要通道.这些不同级别的断层、不整合面和砂体组成的“输导网络”使盆地内深部凹陷下侏罗统烃源岩生成的油气呈阶梯状向上运移,至圈闭处聚集成藏.推覆体下伏的石炭系和二叠系烃源岩生成的油气则可能主要通过达尔布特断裂带以及区域不整合面向盆地内运移.

关于和参2井在下侏罗系的油气显示是否能够说明油气是从准噶尔盆地玛湖凹陷运移而来的,笔者认为,虽然准噶尔盆地西北缘的油气主要来源于玛湖拗陷,关键时刻为三叠纪末,但此时盆地西北部的构造应力以北北西—南南东为主,西北缘推覆主体已经形成,断裂主要为挤压性质的北东向断裂,对油气运移应起到遮挡作用.和参2井的油气显示可能与盆地侏罗系烃源岩低熟油或者煤层气有直接关系.

4 结论与认识

(1)和什托洛盖盆地与准噶尔盆地和哈拉阿拉特山相毗邻,其构造演化受二者构造发育影响.盆地构造演化划分为3个发育阶段:雏形阶段(C—T)、主要发育阶段(J—K)和盆地改造阶段(E—Q).

(2)和什托洛盖盆地侏罗系的湖相—湖沼相泥岩和煤层是该盆地主力烃源岩,其分布广,厚度大,其中白杨河东、西凹陷以及和布克河凹陷最为发育,凹陷内部已达生烃门限.盆地较好的侏罗系储层也较为发育,厚度较大,横向连通性较好.断裂和区域性不整合面给油气运移创造了良好的条件.

(3)和什托洛盖盆地具有一定的勘探潜力,构造演化对油气成藏的影响作用比较明显.就目前的勘探和研究程度而言,笔者认为应以盆地西部为重要靶区,适当加大盆地东部地区的勘探力度,以寻找天然气为重点.同时加强对于侏罗系低成熟气、煤成气生成的综合研究,争取早日取得重要突破.

参考文献:

[1]冯鸿儒,李旭,刘继庆.西准噶尔达拉布特断裂系构造演化特征[J].西安地质学院学报,1990,12(2):46—56.

- [2]兰廷计.西准噶尔推覆体及其演化[J].新疆地质,1986,4(3):35—43.
- [3]谢宏,赵白,林隆栋,等.准噶尔盆地西北缘逆掩断裂区带的含油特点[J].新疆石油地质,1984,5(3):1—15.
- [4]马宝军,漆家福,于福生,等.新疆北缘和什托洛盖盆地构造演化与油气特征[J].试采技术,2007,28(2):1—3.
- [5]马宝军,曾文光,于福生,等.新疆和什托洛盖盆地构造与含油气远景[J].新疆石油地质,2009,30(1):13—16.
- [6]潘建国,郝芳,谭开俊,等.准噶尔盆地西北缘天然气特征及成藏规律[J].石油天然气学报,2007,29(2):20—23.
- [7]王惠民,吴华,靳涛,等.准噶尔盆地西北缘油气富集规律[J].新疆地质,2005,23(30):278—282.
- [8]秦黎明,张枝焕,孟闲龙,等.新疆西北部和什托洛盖盆地侏罗系低熟煤系烃源岩地球化学特征及生烃条件分析[J].沉积学报,2009,27(4):740—751.
- [9]赵永德,李策,敖林,等.新疆和什托洛盖盆地含油气评价[J].新疆石油地质,1997,18(2):114—118.
- [10]马晓鸣,何登发,吴晓智,等.前陆冲断带的后期演化:负反转与再次冲断——以中国新疆和什托洛盖盆地为例[J].地质科学,2010,45(4):1066—1077.
- [11]渠洪杰,胡健民,李玮,等.新疆和什托洛盖盆地早中生代沉积特征及构造演化[J].地质学报,2008,82(4):441—450.
- [12]李玮,胡健民,渠洪杰,等.新疆准噶尔盆地西北缘中生代盆地边界探讨[J].西北大学学报:自然科学版,2009,39(5):821—830.
- [13]王元龙,成守德.新疆地壳演化与成矿[J].地质科学,2001,36(2):129—143.
- [14]何登发,翟光明,况军,等.准噶尔盆地古隆起的分布与基本特征[J].地质科学,2005,40(2):248—261.
- [15]许建东,马宗晋,曲国胜,等.准噶尔盆地西北缘盆山耦合关系研究[J].新疆石油地质,2008,29(2):143—146.
- [16]谭开俊,张帆,吴晓智,等.准噶尔盆地西北缘盆山耦合与油气成藏[J].天然气工业,2008,28(5):10—13.
- [17]何登发,尹成,杜社宽,等.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[J].地学前缘,2004,11(3):91—101.
- [18]孙自明,洪元太,张涛.新疆北部哈拉阿拉特山走滑—冲断复合构造特征与油气勘探方向[J].地质科学,2008,43(2):309—320.
- [19]朱宝清,冯益民.新疆西准噶尔板块构造及演化[J].新疆地质,1994,12(2):91—105.
- [20]赵白.准噶尔盆地的形成与演化[J].新疆石油地质,1992,13(3):191—196.
- [21]蔡忠贤,陈发景,贾振远.准噶尔盆地的类型和构造演化[J].地学前缘,2000,7(4):127—136.
- [22]陈发景,汪新文,汪新伟.准噶尔盆地的原型和构造演化[J].地学前缘,2005,12(3):77—88.
- [23]孙旭光,陈建平,王延斌.吐哈盆地侏罗纪煤中主要组分结构特征与生烃性分析[J].沉积学报,2002,4(20):721—726.
- [24]黄第藩,秦匡宗,王铁冠,等.煤成油的形成和成烃机理[M].北京:石油工业出版社,1995.
- [25]瞿辉,王社教.玛湖—盆1井西凹陷二叠系含油气系统的形成与演化[J].中国石油勘探,2008,5(3):89—103.
- [26]何登发,陈新发,况军,等.准噶尔盆地石炭系烃源岩分布与含油气系统[J].石油勘探与开发,2010,37(4):397—408.
- [27]何登发,陈新发,况军,等.准噶尔盆地石炭系油气成藏组合特征及勘探前景[J].石油学报,2010,31(1):1—11.