

文章编号:0253-9985(2010)01-0091-07

准噶尔盆地北部古生代构造演化与石炭系烃源岩

余腾孝¹,曹自成¹,徐勤琪¹,潘泉涌¹,薛 会²,刘士林²,解国军²

(1. 中国石油化工股份有限公司 西北油田分公司 石油勘探开发研究院,新疆 乌鲁木齐 830011;

2. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 西北勘探中心,北京 100083)

摘要:在准噶尔北部地区断裂演化的基础上,将北部地区震旦纪—石炭纪的构造演化划分为两个阶段:①震旦纪—中奥陶世洋盆扩张阶段;②晚奥陶世—石炭纪洋盆俯冲、地体拼接阶段。石炭纪准噶尔盆地北部地区处于半深海—浅海、海—陆过渡环境,具备烃源岩发育条件。钻井和露头揭示,石炭系发育上、下石炭统两套烃源岩。油—源对比分析和构造演化研究表明,伦5井、滴北1井油气主要来源于乌伦古坳陷石炭系。

关键词:构造演化;烃源岩;古生界;乌伦古坳陷;准噶尔盆地北部

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

The Paleozoic tectonic evolution and the Carboniferous source rocks in the northern Junggar Basin

Yu Tengxiao¹, Cao Zicheng¹, Xu Qinqi¹, Pan Quanyong¹, Xue Hui², Liu Shilin², and Xie Guojun²

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, SINOPEC Northwest Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China;

2. Northwest Branch of SINOPEC Petroleum Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: The tectonic evolution history of the Northern Junggar Basin from the Sinian to the Carboniferous can be divided into two stages based on study of its fault evolution. The first is ocean basin spreading stage from the Sinian to the Middle Ordovician and the second is ocean basin subduction and plate suturing stage from the Late Ordovician to the Carboniferous. During the Carboniferous, the northern Junggar Basin was in bathyal-shallow marine and ocean-continent transitional environments, and therefore was suitable for the development of source rocks. Drilling data and field outcrops reveal that there are two sets of source rocks developed in the Lower and Upper Carboniferous respectively. Oil-source correlation and tectonic evolution analysis suggest that the oil/gas of the Lun-5 and DB-1 wells are mainly derived from the Carboniferous source rocks in the Wulungu depression.

Keywords: tectonic evolution, source rock, Paleozoic, Wulungu Depression, northern Junggar Basin

对于准噶尔盆地北部地区古生代的构造、岩相古地理特征,前人作了大量研究工作。但由于准噶尔盆地古生界烃源岩揭示钻井较少,地球物理资料品质差、难以准确标定,严重制约了准噶尔盆地针对古生界石炭系烃源岩的油气勘探步

伐。而沉积盆地中烃源岩的发育往往与盆地的形成演化及构造沉积环境有密切关系。针对这一问题,笔者收集整理了前人相关研究资料及成果,结合自身对准噶尔盆地的认识,对准噶尔盆地北部地区构造演化和古生界烃源岩的相关问

收稿日期:2009-09-27。

第一作者简介:余腾孝(1964—),男,高级工程师,油气成藏。

基金项目:中石化勘探先导项目(2009KTXD04)。

题进行了初步分析和探讨。

准噶尔盆地北部地区主要指 $45^{\circ}30'$ 以北的地区,研究区跨越的主要构造单元包括西部隆起带、陆梁隆起和乌伦古坳陷(图1)。

1 构造演化

准噶尔古生代有限洋盆的形成演化可划分为两个阶段:一是震旦纪—中奥陶世洋盆扩张阶段;二是晚奥陶世—志留纪—晚石炭世洋盆俯冲、地体拼接阶段^[1]。

1.1 震旦纪—中奥陶世(Z—O₂)洋盆扩张阶段

准噶尔盆地北部不同区域零星有震旦系出露,其中主要出露的火山岩以玄武岩、流纹岩为主,显示双峰式的成分特征,表明震旦纪的区域大地构造以裂陷伸展环境为主。寒武纪继承了震旦纪的构造格局,仍然是以裂陷伸展环境作用为主,此时准噶尔古陆块与其主大陆(东冈瓦纳古陆)完全分开,使准噶尔古陆块成为古亚洲洋中的微型大陆,并且古陆块周边发育大陆边缘盆地(以被动大陆边缘为主)^[2](图2a)。

1.2 晚奥陶世—晚石炭世洋盆俯冲、地体拼接阶段

准噶尔盆地北部晚奥陶世—晚石炭世主要表现为微陆块与小洋盆相间的古构造格局。晚奥陶世—志留纪期间,准噶尔古陆块东北缘(现方位)开始转为主动大陆边缘,并在奥陶纪继阿尔泰地块之后增生到西伯利亚古板块南缘,表现为阿尔曼泰洋壳向阿尔泰地块的俯冲。到志留纪末,阿尔曼泰洋盆关闭^[3,4],形成阿尔曼泰缝合带(图2b,c)。在早泥盆世,早期拼合的西伯利亚南部大陆边缘又开始裂陷,出现克拉麦里小洋盆和额尔齐斯小洋盆(图2d)。在东北缘扎河坝地区下泥盆统托让格库都克组中先后发现一些埃达克岩^[5]、富铌玄武岩^[6]和钾质玄武岩^[7],埃达克岩、富铌玄武岩和钾质玄武岩的形成往往与板块俯冲作用有关,说明受阿尔曼泰洋盆俯冲作用影响而形成的阿尔曼泰弧后盆地于早泥盆世已经开始俯冲消减。

中、晚泥盆世,额尔齐斯洋壳向阿尔泰地块俯冲,于晚泥盆世末完全闭合,形成额尔齐斯缝合带(图2e)。此时,克拉麦里洋壳向北俯冲,但洋盆尚未闭合。

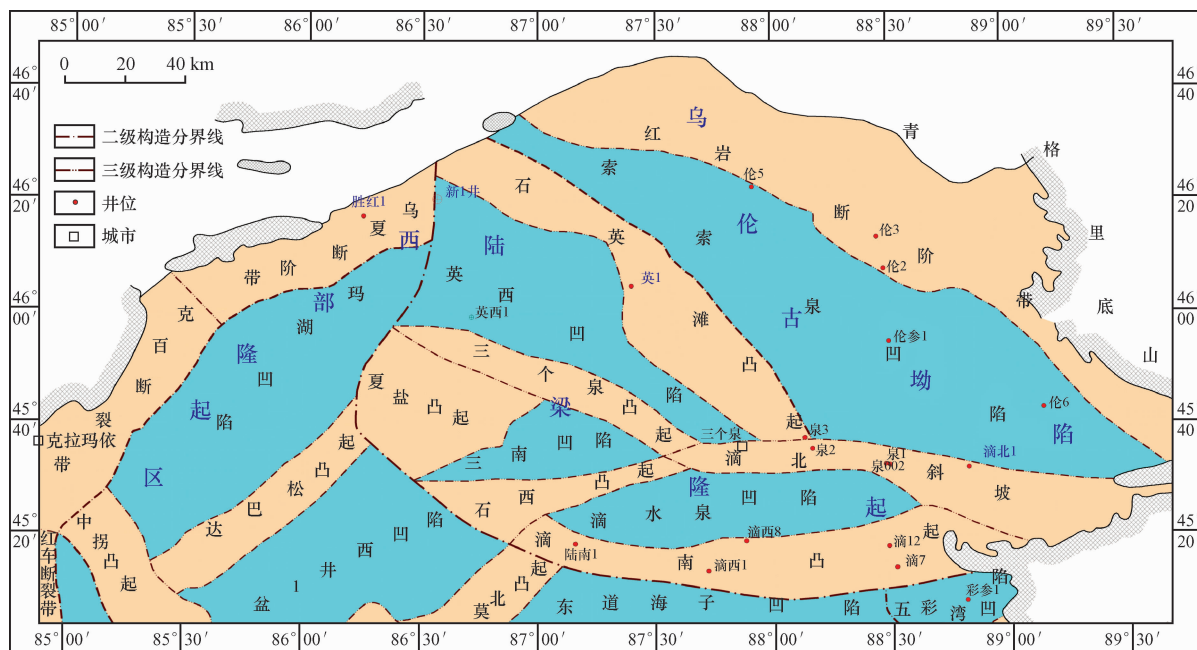


图1 准噶尔盆地北部地区构造分区

Fig. 1 Structural units of the northern Junggar Basin

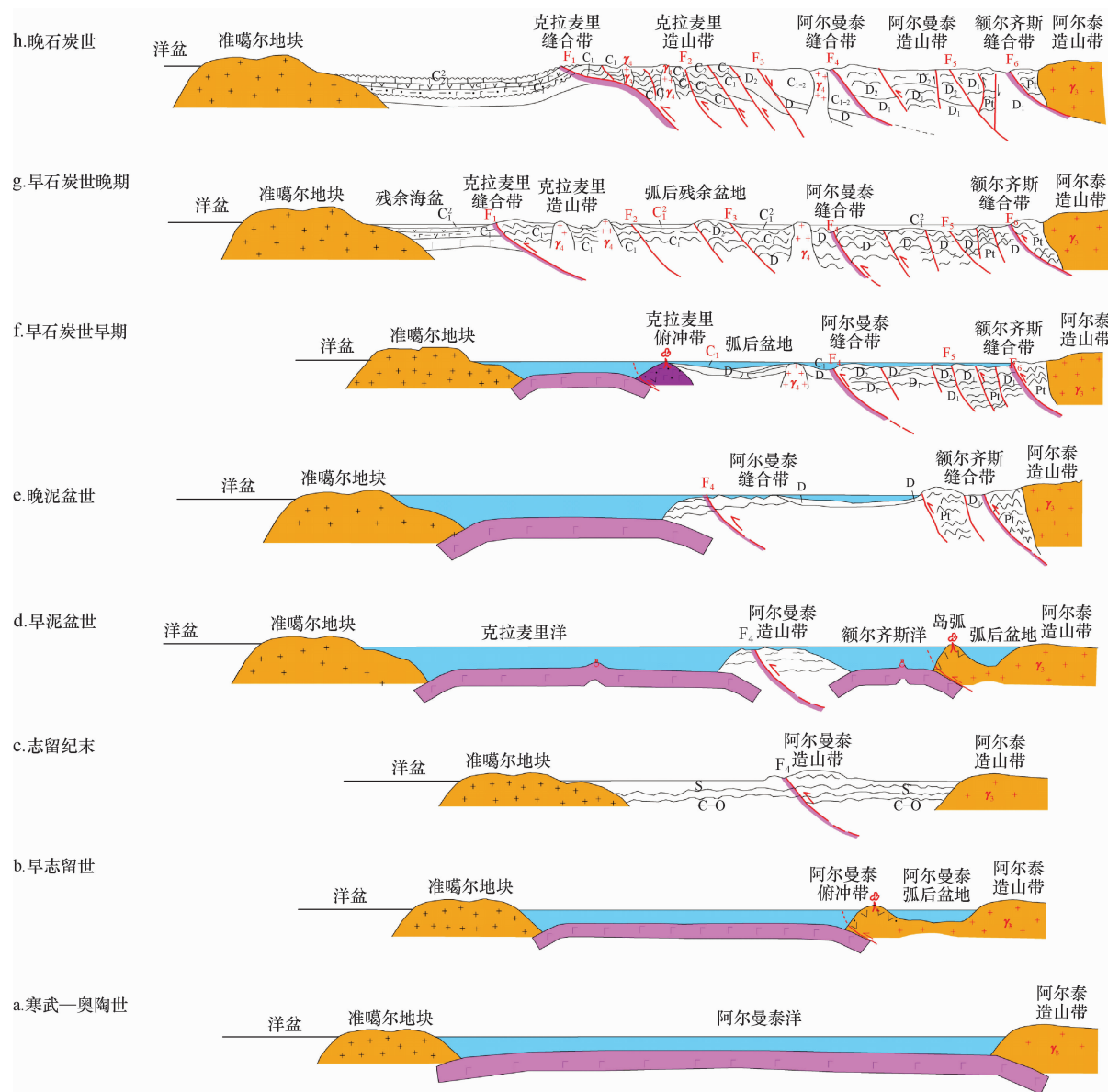


图 2 新疆东北部地区古生代构造演化示意图

Fig. 2 Sketch map showing the Paleozoic tectonic evolution in northeastern Xinjiang

早石炭世早-中期,克拉麦里洋壳继续向北俯冲,在阿尔曼泰缝合带南侧形成一些水下岛弧,乌伦古坳陷处于弧后盆地位置,发育浅海相、海-陆过渡相环境(图 2f)。早石炭世晚期,克拉麦里洋盆闭合^[8],被早石炭世晚期-晚石炭世残余海盆堆积物不整合覆盖,伴有约 300 Ma 的晚石炭世花岗岩基侵入^[9,10],在其南侧被动陆缘沉积岩系之上沉积早石炭世晚期山梁砾石组厚达 1 600 m 的砾石,表明该区已经结束了区内洋、陆分布的格局(图 2g)。由于小洋盆和陆壳块体规模小,碰撞性质为软碰撞,在克拉麦里缝合带南侧五彩湾及邻

区形成残余的陆缘海。晚石炭世,区内属于碰撞后应力松弛期,表现为伸展环境,火山活动强烈,火山岩十分发育,克拉麦里缝合带南、北两侧乌伦古坳陷与五彩湾凹陷沉积环境基本相当,为浅海相沉积,五彩湾东侧为海-陆过渡相,局部地区缺失上石炭统(图 2h)。

石炭纪末期,准噶尔北部地区又一次进入强烈的陆-陆碰撞阶段。西准噶尔开始沿达尔布特缝合带由北向南大规模向盆地逆冲,构成叠瓦式前陆冲断推覆构造,形成西北缘大逆掩断裂带雏形^[11]。东准噶尔晚石炭世形成的有限裂陷槽迅速

关闭,构造回返,发生向北大规模挤压推覆,形成克拉麦里山前冲断带,发育前陆型盆地东道海子北-五彩湾-大井-石钱滩凹陷^[11]。

根据构造演化分析,早石炭世准噶尔盆地北部为浅-半深海沉积环境,分布在南部达拉布特-克拉麦里断裂带与北部扎河坝-阿尔曼泰断裂带之间。恰库尔特、扎河坝、沙尔布拉克等地区露头剖面表明,石炭系下统主要为泥岩、泥质粉砂岩及砂岩沉积,局部地区发育碳质页岩和火成岩。该期沉积的泥岩是准噶尔盆地北部,尤其是乌伦古凹陷的主要烃源岩之一。

晚石炭世,准噶尔盆地北部主要为滨浅海相和海-陆过渡相。滨浅海相区主要位于吉木乃-乌伦古-陆梁近南北向弧形带,以中酸性火山碎屑岩、火山熔岩和砂质泥岩夹粉细砂岩组合为其典型的沉积建造特征。海-陆过渡相主要以基性、中性、酸性火山熔岩、火山碎屑岩为主,夹正常碎屑岩、碳质页岩和煤线。火山活动强烈是晚石炭世的重要特点。五彩湾地区的油气勘探证实,晚石炭世火山活动间歇期发育一套暗色泥岩,为该区重要烃源岩之一^[12]。

2 烃源岩分布

准噶尔盆地北部古生界烃源岩主要发育层位为石炭系、二叠系。其中,西北缘目前勘探证实主力烃源岩为二叠系,其烃源岩厚度、展布、生烃潜力比较明朗,在此不作重点论述。沉积环境研究表明,西北缘早石炭世处于深海-半深海环境,有利于烃源岩发育;晚石炭世处于残留洋-前陆盆地的转换时期,面积广阔,具备发育大规模烃源岩的地质背景^[13-15]。西北缘大部分石炭系生油岩目前的有机质丰度低、平均含量 0.47%,成熟度较高、平均 R_o 值为 2.07%,有机质类型较差、主要为Ⅲ型,热解生烃潜力较低、平均为 0.18 mg/g^[11]。

根据构造演化、沉积环境、油气显示、野外露头及非震资料分析,东北缘大部分地区缺失二叠系,古生界烃源岩主要为石炭系。早石炭世,东北缘地区处于浅海-半深海环境,周缘露头揭示早石炭世暗色泥岩发育;晚石炭世处于滨浅海相和海-陆过渡相,有湖相泥岩和煤系地层的出现,无疑都

可以作为较好的烃源岩。

野外露头和已有钻井揭示,石炭系烃源岩主要发育于乌伦古凹陷和五彩湾凹陷,层位主要为上统巴塔玛依内山组和下统滴水泉组。

2.1 石炭系上统巴塔玛依内山组

巴塔玛依内山组的烃源岩主要形成于火山喷发间隙或远离喷发环境形成的湖相或沼泽相地层,烃源岩为暗色泥岩(或凝灰质泥岩和沉凝灰岩)、煤和碳质泥岩。暗色泥岩(或煤和碳质泥岩)占巴塔玛依内山组地层的比例较小,一般不超过地层总厚度的 15%(表 1)。暗色泥岩有机碳含量平均值变化范围为 0.5%~3.0%,热解峰温的变化范围为 434~465℃,总体上处于成熟阶段。

位于滴北斜坡的泉 5 井,石炭系巴塔玛依内山组烃源岩的有机碳含量为 2.33%,热解峰温为 459℃,热解生烃潜力为 1.57 mg/g,为一套较好的烃源岩。区域磁法勘探解释成果显示,索索泉凹陷南坡与其他以火成岩为主的区域在磁力表现上存在明显差异,该区主要以沉积岩为主,因此在石炭系巴塔玛依内山组地层沉积时,可能与泉 5 井区具有统一或相似的烃源岩形成环境,形成了一定规模的巴塔玛依内山组烃源岩分布。

2.2 石炭系下统滴水泉组

根据野外露头及钻井资料分析,滴水泉组烃源岩主要为暗色泥岩,它占地层比例为 0.28~0.97(表 2),有机碳含量为 0.48%~1.21%,热解峰温为 426~515℃(对应 R_o 区间为 0.5%~2.0%),岩石热解生烃潜力为 0.09~2.00 mg/g。总体而言,准噶尔盆地北部地区下石炭统暗色泥岩含量较高,但有机碳含量平均值普遍小于 1%,反映了下石炭统烃源岩具有分布广泛、贫有机碳、有机质演化程度随地区不同而各异、有机质以Ⅲ型干酪根为主的特点。

通过野外扎河坝剖面、恰尔库特剖面、彩参 1 井、陆南 1 井、滴西 2 井、滴水泉剖面等揭示暗色泥岩结合非震资料分析,下石炭统烃源岩主要分布在五彩湾-莫深 1 井以北地区,发育彩深 1-莫深 1 井和乌伦古两个烃源岩中心。

表 1 准噶尔盆地北缘石炭系巴塔玛依内山组烃源岩统计(部分井位见图 1)

Table 1 Source rock statistics of the Carboniferous Bashan Formation on the northern margin of the Junggar Basin

井号	钻遇厚度/m	暗色泥岩(或煤+碳质泥岩)比例	TOC 含量*, %	$T_{\max}^*/^{\circ}\text{C}$	$S_2^*/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$
彩参 1	1 407	0.04	0.69(1)	448(1)	0.10(1)
陆南 1	720	0.07	0.60(7)	447(7)	0.56(7)
滴西 1	313	0.07	0.40(1)	457(1)	0.33(1)
滴西 3	207	0.05	0.36(2)	464(1)	0.01(1)
泉 1	58	1.00	3.30(1)	434(1)	9.21(1)
泉 2			1.33(4)	440(4)	0.60(4)
泉 3	254	0.01	1.38(1)	446(1)	1.29(1)
泉 5	1 268		2.33(24)	459(24)	1.57(24)
彩深 1	2 590	0.13	1.56(18)	454(18)	2.81(18)
陆 3	1 400	0.02(0.001 4)			
英西 1	596	0(0.12)	47.30(4)	457(4)	50.89(4)
彩 26	384	0.05			
滴北 1	926	0.26(灰色凝灰岩)	0.52(16)	437(16)	0.50(16)
伦 6	257	0.16(绿灰色凝灰质泥岩)	0.54(3)	445(2)	0.47(3)
伦参 1	928	0.60(灰色凝灰岩和沉凝灰岩)	0.26(6)	461(2)	
伦 2	1 063		0.09(1)		
滴 12	428	0.10	14.15(3) 0.45(2)	465(3) 455(2)	4.13(3) 0.22(2)
滴 7	150	0.25(凝灰岩)	0.08(10)		
滴西 17	527	0.11	3.11(7)	456(7)	
滴西 8			4.04(1)	455(1)	

注:TOC 为总有机碳; $T_{\max}$ 为热解峰温; S_2 为干酪根热解烃含量。
* 括号内为样品数。

表 2 准噶尔盆地北缘石炭系滴水泉组或同时代地层烃源岩统计(部分井位见图 1)

Table 2 Source rock statistics of the Carboniferous Dishuiquan Formation and its contemporary strata on the northern margin of the Junggar Basin

井号(剖面)	钻遇(实测)厚度/m	暗色泥岩比例	TOC 含量, %	$T_{\max}/^{\circ}\text{C}$	$S_2/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$
彩参 1	49	0.80			
彩参 2	230		0.79(12)	426(12)	0.47
陆南 1	335	0.97	0.94(15)	472(15)	0.44(15)
滴西 2	208	0.58	0.68(3)	465(3)	0.17(3)
彩深 1	460	0.76	0.83(12)	446(12)	2.04(12)
滴水泉剖面	480	0.85	1.08(33)	431~487(34)	0.41(33)
南明水剖面	1 015	0.73	0.58(12)		
恰尔库特剖面	74	0.81	1.21(14)		
恰尔库特剖面			0.75(14)	515(14)	0.09(14)
沙尔布拉克剖面	246	0.50	0.48(8)		

注:TOC 为总有机碳; $T_{\max}$ 为热解峰温; S_2 为干酪根热解烃含量。括号内为样品数。

3 讨论

乌伦古坳陷钻井见到不同级别油气显示,但乌伦古坳陷伦 5 井和滴北斜坡滴北 1 井侏罗

对其油气来源尚不明确。本文试图通过油-源对比和构造演化分析初步探讨伦 5 井、滴北 1 井的油气来源。

系八道湾组见油气显示。前人认为,伦5井油砂与下伏三叠系白碱滩组生油岩有关^[16,17]。伦5井油砂含有较高含量的异构烷烃,Pr/Ph比值大于1,主峰碳为23,与三叠系泥岩有一定的相似性;油砂在 $m/z=191$ 质谱图中表现为三环萜烷含量较高,在规则甾烷 $m/z=217$ 质谱图中表现为 C_{28} 和 C_{29} 规则甾烷含量高、 C_{27} 规则甾烷含量低,与古16井石炭系原油有一定相似性(图3)。而伦5井三叠系、侏罗系泥岩萜烷中普遍缺乏三环萜烷,甾烷中缺失孕甾烷、升孕甾烷,与伦5井油砂有很大差别。综合分析认为,伦5井油砂主要来自石炭系,可能混有少量三叠系的原油。

滴北1井油砂样饱和烃色谱分析结果(图4a)显示,原油中正构烷烃占优势,饱和烃色谱图相对完整,碳数分布为 C_9-C_{33} ,高碳数组分含量明显降低,轻烃组分占优,单峰型分布,具显著的姥鲛烷优势,Pr/Ph比值为4.3,表现出母源弱氧化-弱还原的沉积环境,与下石炭统滴水泉组泥岩的饱和烃色谱图(图4b)基本一致。

从构造演化分析,三叠纪末期索素泉凹陷已经与五彩湾凹陷分异,陆梁隆起已具雏形,而五彩湾凹陷的油气成藏期主要为燕山期,大量的油气

不可能越过陆梁隆起倒灌入乌伦古凹陷,因此滴北1井的油气不可能来自五彩湾凹陷。近南北方向的构造演化表明,三叠纪以后红岩断阶已经处于隆起高部位,油气也不可能由北边过来,因此伦5井油砂显示也不可能来自北边。综合以上分析,滴北1井油气与伦5井油砂显示只能来自乌伦古凹陷。

综上所述,滴北1井、伦5井的油气主要来自乌伦古凹陷石炭系烃源岩。但目前该区尚无钻井揭示石炭系烃源岩,对该套烃源岩的分布范围和生烃潜力有待进一步研究。

4 结论

1) 准噶尔古生代有限洋盆的形成演化可划分为两个阶段,即震旦纪—中奥陶世洋盆扩张阶段与晚奥陶世—志留纪—晚石炭世洋盆俯冲、地体拼接阶段。

2) 根据构造演化分析,早石炭世准噶尔盆地北部为浅海—半深海沉积环境,野外剖面也证实该套地层可以作为烃源岩层;晚石炭世准噶尔盆地北部主要为滨浅海相和海—陆过渡环境,火山活动

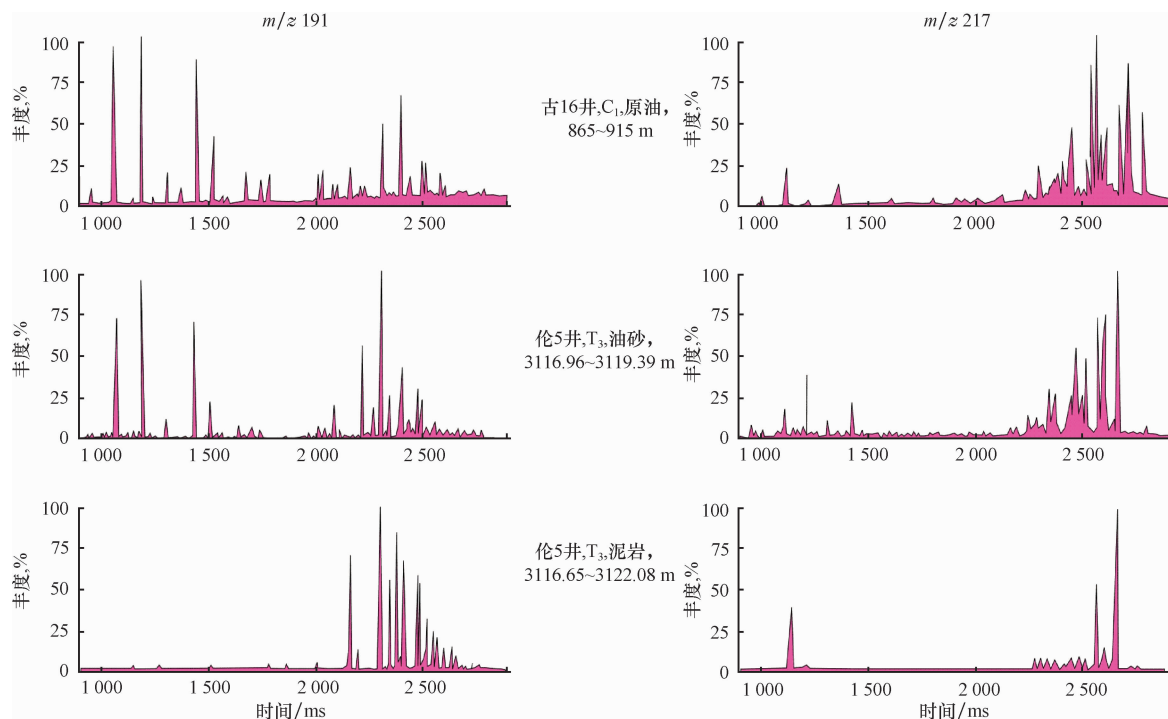


图3 原油、油砂及泥岩生标物对比

Fig. 3 Biomarkers correlations between mudstones and oil-bearing sandstone

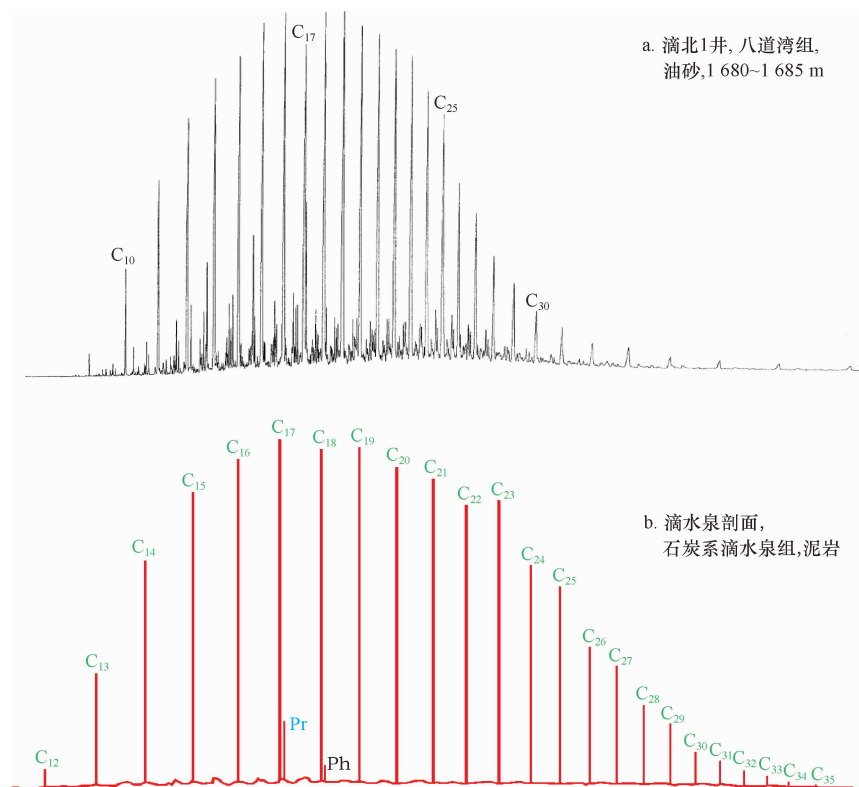


图4 滴北1井油砂和滴水泉剖面滴水泉组泥岩饱和烃色谱

Fig. 4 Chromatograph of saturated hydrocarbons of oil-bearing sandstone in DB1 well and that of mudstone in the Dishuiquan Formation on the Dishuiquan outcrop

强烈,火山活动间歇期沉积一套暗色泥岩为主地层,该套泥岩经证实属于较好的烃源岩。

参考文献

- 杨庚,王晓波. 准噶尔盆地西北缘斜向挤压构造与油气分布规律[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(1): 26 ~ 32
- 刘池洋. 后期改造强烈——中国沉积盆地的重要特点之一[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 255 ~ 261
- 张良臣. 中国新疆板块构造与动力学特征[A]. 见: 新疆第三届天山地质矿产学术讨论会论文选辑[C]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1995. 91 ~ 108
- 肖序常, 汤耀庆. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 10
- 许继峰, 梅厚钧, 于学元, 等. 准噶尔北缘晚古生代岛弧中与俯冲作用有关的 adakite 火山岩: 消减板片部分熔融的产物[J]. 科学通报, 2001, 46(8): 684 ~ 688
- 张海祥, 牛贺才, Hiroaki Sato, 等. 新疆北部晚古生代埃达克岩、富铌玄武岩组合: 古亚洲板块南向俯冲的证据[J]. 高校地质学报, 2004, 10(1): 106 ~ 113
- 袁超, 肖文交, 陈汉林, 等. 东准扎河坝钾质玄武岩的地球化学特征及其构造意义[J]. 地质学报, 2006, 80(1): 254 ~ 263
- 舒良树, 王玉净. 新疆卡拉麦里蛇绿岩带中硅质岩的放射虫化石[J]. 地质论评, 2003, 49(4): 408 ~ 412
- 李锦轶, 肖序常, 汤耀庆, 等. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代板块构造的基本特征[J]. 地质论评, 1990, 36(4): 305 ~ 316
- 李锦轶. 新疆东准噶尔蛇绿岩的主要特征及其侵位历史[J]. 岩石学报, 1995, 11(增刊): 73 ~ 84
- 吴晓智, 奇雪峰, 唐勇, 等. 东西准噶尔火山岩成因类型与油气勘探[J]. 石油地质, 2009, 14(1): 1 ~ 9
- 吴晓智, 齐雪峰, 唐勇, 等. 新疆北部石炭纪地层、岩相古地理与烃源岩[J]. 现代地质, 2008, 22(4): 549 ~ 557
- 靳军, 张朝军, 刘洛夫, 等. 准噶尔盆地石炭系构造沉积环境与生烃潜力[J]. 新疆石油地质, 2009, 30(2): 211 ~ 214
- 李剑, 姜正龙, 罗霞, 等. 准噶尔盆地煤系烃源岩及煤成气地球化学特征[J]. 石油勘探与开发, 2009, 36(3): 365 ~ 374
- 杨庚, 王晓波, 李本亮, 等. 准噶尔盆地西北缘斜向挤压构造与油气分布规律[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(1): 26 ~ 32
- 王屿涛. 乌伦古坳陷未成熟原油的地球化学特征及成因探讨[J]. 地球化学, 1994, 23(2): 179 ~ 188
- 杨明慧, 刘池阳. 中国中西部类前陆盆地特征及含油气性[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 46 ~ 49

(编辑 李 军)