

塔里木盆地石炭系卡拉沙依组烃源岩研究

李京昌¹, 吴疆¹, 何宏¹, 许杰¹, 郭忻²

(1.中国石化石油勘探开发研究院,北京 100083;2.中国石化西北油田分公司石油勘探开发研究院,乌鲁木齐 830011)

摘要:为了进一步搞清楚塔里木盆地石炭系各个层系烃源岩发育的规模,达到对石炭系烃源岩深入研究的目的,对石炭系卡拉沙依组碎屑岩开展了有机质丰度、厚度、分布范围以及有机质类型和成熟度研究。结果表明,卡拉沙依组砂泥岩段发育的时期是卡拉沙依组优质烃源岩发育最重要阶段;卡拉沙依组砂泥岩段潟湖相分布的区域,即以玛参1井为中心的玛扎塔格构造带附近是优质烃源岩分布最好的区域,甚至优于塔西南山前带,在这一区域中有机碳含量大于2%,厚约60 m,处于低成熟-成熟的过渡阶段。但是,总体上看,塔里木盆地卡拉沙依组优质烃源岩分布相对局限。

关键词:烃源岩;卡拉沙依组;石炭系;塔里木盆地

中图分类号:TE122.112

文献标识码:A

Source rock characteristics of the Carboniferous Karashayi Formation in the Tarim Basin

Li Jingchang¹, Wu Jiang¹, He Hong¹, Xu Jie¹, Guo Xin²

(1. SINOPEC Petroleum Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083, China;

2. Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC Northwest Oilfield Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: The organic matter abundance, thickness, distribution range, organic matter type and maturity of clastic rocks in the Carboniferous Karashayi Formation were studied in order to further clarify the scale of hydrocarbon source rocks in the Carboniferous strata in the Tarim Basin. The period when sandstones and mudstones were deposited in the Karashayi Formation was the most important period for the generation of high quality hydrocarbon source rocks. The lagoon facies area close to the Mazatage structural belt with Macan1 well at the center is the best area for high quality source rocks, even better than the southwestern Tarim Basin. Source rocks in this area are about 60 m thick, generally low mature or mature. The organic carbon content is greater than 2%. However, in general, the distribution of high quality source rocks in the Karasayi Formation of the Tarim Basin is relatively limited.

Key words: source rock; Karashayi Formation; Carboniferous; Tarim Basin

塔里木盆地石炭系是油气勘探主要层系之一,多年的勘探实践表明,石炭系具有自生、自储和自盖的能力^[1],尤其是塔西南地区石炭系作为该区主力烃源岩之一而备受关注^[2-6]。前人在对石炭系烃源岩的评价研究中,多将石炭系作为一个整体进行研究^[7-8],实际上石炭系烃源岩可分为碳酸盐岩类和碎屑岩类两种类型,而且这些烃源岩发育于不同的层系内,以碳酸盐岩沉积为主的巴楚组和以碎屑岩沉积为主的卡拉沙依组对油气储量的贡献可能是不同的。目前尚不清楚在石炭系众多层系中,究竟哪一套层系的烃源岩更为重要。为了进一步查明石炭系各个层系烃源岩发育的规模,达到对

石炭系烃源岩深入研究和精细评价的目的,本文以卡拉沙依组碎屑岩为研究对象,对其开展了有机质丰度、厚度、分布范围以及有机质类型和成熟度问题的研究。

1 卡拉沙依组烃源岩形成的地质背景

塔里木盆地石炭系是继泥盆系填平补齐的砾岩—粗碎屑岩沉积之后,在塔里木盆地构造运动平静期发育起来的一套稳定的碳酸盐岩—碎屑岩沉积组合^[9-10]。石炭系由于岩性相变较大,地层分区明显,其内部的地层名称在塔克拉玛干沙漠覆盖区与周缘露头区之间存在较大差异(表1)。覆盖区的

表 1 塔里木盆地及其周缘地区石炭系地层划分对比

Table 1 Division of the Carboniferous sequence in the Tarim Basin and its surrounding areas

系	统	阶	塔克拉玛干地区		塔西南区	柯坪地区	南天山地区	阿尔金山地区
石炭系	上统	逍遥阶			塔哈奇组	扎尔加卡组(下部)	卡拉达坂组	因格布拉克群
		达拉阶	灰岩段	小海子组	阿孜干组	索格当他乌组	阿衣里河组	苦水和组
		滑石板阶	含灰岩段	卡拉沙依组	卡拉乌依组			
		罗苏阶	砂泥岩段					
	下统	德坞阶	上泥岩段		和什拉甫组	库鲁组	野云沟组	
			标准灰岩段					
		大塘阶	中泥岩段	乌什组		干草湖组		
		岩关阶	生屑灰岩段	克里塔克组				
			下泥岩段			巴楚组		
			含砾砂岩段					

石炭系包含 3 个组,自下而上依次为巴楚组(C_1b)、卡拉沙依组($C_{1-2}kl$)和小海子组(C_2x)。这套地层内部常常可以划分出具有特征明显、可全盆对比的岩性段。尽管在塔里木盆地已经开展了 30 多年的石油勘探,但是不同的研究者对这些岩性段的归属尚存在争议,争论的焦点主要体现在对生屑灰岩段的归属问题上。目前,多数学者倾向于将生屑灰岩段的顶面作为巴楚组的顶面^[11-12],这也是中石油和中石化两大石油勘探公司采纳的划分方案,本文亦采纳此划分方案(表 1)。按此划分方案卡拉沙依组自下而上分别为中泥岩段、标准灰岩段、上泥岩段、砂泥岩段和含灰岩段;生屑灰岩段归属巴楚组,未将其纳入研究范围(表 1)。需要指出的是,有学者将砂泥岩段和含灰岩段单独划分出来而称之为吐木休克组^[13],此非本文采用的方案。

卡拉沙依组中泥岩段和上泥岩段为高水位体系域^[14-17],中泥岩段和上泥岩段分别与巴楚组生屑灰岩段和卡拉沙依组标准灰岩段构成完整的沉积层序。生屑灰岩和标准灰岩主体形成于开阔碳酸盐台地背景下海进期海水加深过程中,正因如此,其中暗色灰岩发育,尤其是生屑灰岩段含有较多的生物碎屑暗色灰岩夹层,使得生屑灰岩段成为上古生界中最好的碳酸盐岩烃源岩。与此相反,处于高水位期间形成的卡拉沙依组中泥岩段和上泥岩段代表了海水面不再上升、沉积物经常暴露于地表的潮上泥坪沉积环境,沉积物主要由棕红色含膏盐泥岩组成。

卡拉沙依组砂泥岩段地层厚度变化较大,为 0~487 m,总体上向盆地东北、东南方向增厚,主要岩性为砂—砾岩和泥岩;砂—砾岩单层厚几十厘米至几米,泥质胶结、疏松,含少量钙质和碳化植物根

茎。整体上,该段中上部砂—砾岩所占比例较大,还夹有煤层;中下部泥岩和灰岩含量增加,在塔西南灰岩比例骤增。研究认为卡拉沙依组砂泥岩段可识别出低水位、海进和高水位体系域^[18]。低水位体系域主要是冲积扇相沉积;而海进体系域和高水位体系域主要为潮坪相沉积,相对于中泥岩段和上泥岩段,理论上砂泥岩段潮坪相是石炭系碎屑岩类烃源岩发育最好的层系。从图 1 和图 2 中显示的卡拉沙依组有机碳含量实际数据看也是如此,每一个有机碳含量地球化学剖面的顶底皆为卡拉沙依组的顶底,从每个剖面的数据看,处于剖面上部的砂泥岩段的有机碳含量总体上高于其他层段。

2 卡拉沙依组烃源岩丰度及厚度特征

2.1 烃源岩丰度

针对塔里木盆地卡拉沙依组有机碳含量问题,笔者收集了塔里木盆地 21 口井完井报告中卡拉沙依组有机碳含量数据。此外,在卡拉沙依构造带和玛扎塔格构造带(图 3 中星号位置)系统地采集了卡拉沙依组有机碳含量样品,依据这些有机碳含量数据,制作了有机碳含量地球化学剖面(图 1,2)。为便于平面成图,笔者还在塔西南山前 6 个野外露头点采集了卡拉沙依组烃源岩分析测试样品(图 3 中塔西南山前星号位置),样品主要采集自外观上颜色较暗的泥岩,部分采自煤层,因并非系统取样,其分析测试结果不能以地化剖面图显示,只能以表格的形式展示在表 2 中。

2.1.1 塔西南山前卡拉沙依组烃源岩丰度

根据表 2 中生烃潜量(S_1+S_2)数据,除达木斯露头点的煤层数据较高,达到 10.28 mg/g 之外,其余数据均小于 0.5 mg/g。依据泥岩生烃潜量小于

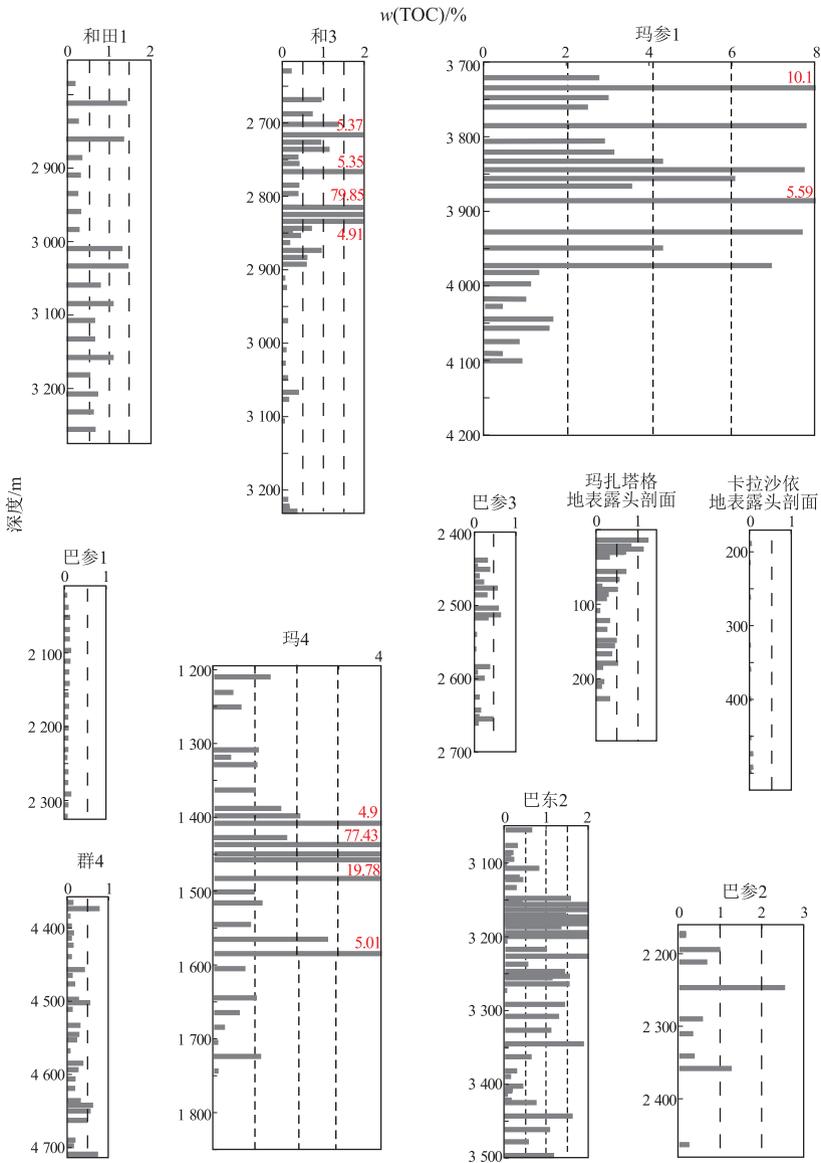


图1 塔里木盆地巴楚地区石炭系卡拉沙依组有机碳含量地球化学剖面

Fig.1 Geochemical profiles showing organic carbon content of the Carboniferous Karashayi Formation in Bachu area, Tarim Basin

表2 塔西南昆仑山前石炭系卡拉沙依组烃源岩有机质丰度测试分析结果

Table 2 Organic carbon abundance of the Carboniferous Karashayi source rocks in the front area of Kunlun Mountain, southwestern Tarim Basin

剖面名称	岩性	有机碳/%	沥青“A”/%	总烃/ 10^{-6}	$(S_1+S_2)/(mg \cdot g^{-1})$
考库亚	灰黑色泥岩	1.18	0.006 4	8.0~2.0	
炮江沟	黑色泥岩	1.375(2)	0.004 8(2)	31(1)	0.07(2)
炮江沟	煤	4.74(1)	0.006 9(1)	46(1)	0.16(1)
达木斯	泥岩	0.53(19)	0.006 0(19)		0.47(19)
达木斯	煤	31.12(1)	0.198 0(1)		10.28(10)
许许沟	泥岩	0.95(3)	0.003 2(3)	20(3)	0.216(3)
莫莫克	泥岩	3.04(2)	0.032 0(2)	16(2)	0.15(2)
杜瓦	砂质泥岩	0.19(1)	0.003 5(1)	18(1)	

注:括号内的数据为测试的样品总数,此时的值为平均值。剖面位置见图3。

0.5 mg/g 时为非烃源岩的标准^[19-20],似乎塔西南山前的卡拉沙依组黑色泥岩均未达到烃源岩指标。同样,依据总烃指标和沥青“A”指标的标准^[19-20],

因表2中的值分别低于 50×10^{-6} 和0.03%,亦表明塔西南山前的卡拉沙依组不发育烃源岩。然而据表2中有机碳含量数据,多数样品的有机碳含量为

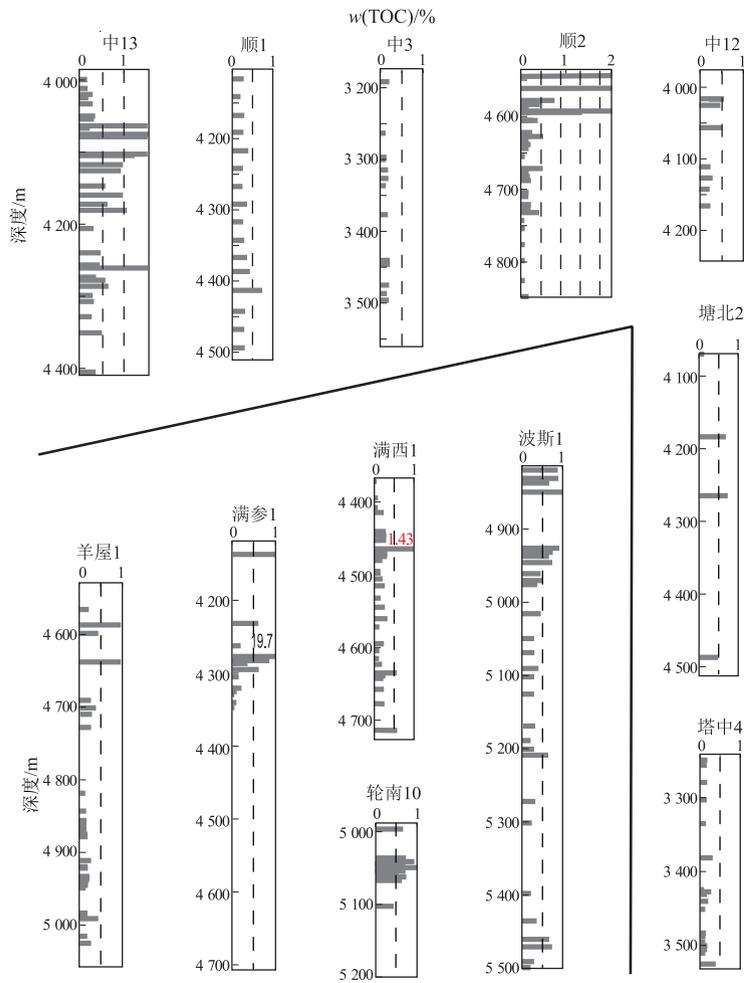


图 2 塔里木盆地塔中和塔北地区石炭系卡拉沙依组有机碳含量地球化学剖面
 黑色实线以内为塔北地区的井,黑色实线以外为塔中地区的井

Fig.2 Geochemical profiles showing organic carbon content of the Carboniferous Karashayi Formation in the central and northern Tarim Basin

0.75%~1.5%,依据中国 II₁型烃源岩(见下述卡拉沙依组黑色泥岩中干酪根类型属于 II₁型)有机碳含量为 0.75%~1.5%时属于中等烃源岩的标准^[19],则可以认为塔西南山前的卡拉沙依组烃源岩为中等烃源岩。如此,与依据生烃潜量、总烃以及沥青“A”指标所获得的非烃源岩结论相矛盾。实际上当存在这样矛盾时,依据有机碳含量数据获得的结论更为可靠,这是因为近年来国内外研究表明,各类烃源岩有机碳含量的变化与成熟度(R_o 和埋深)没有明显关系,只与烃源岩的沉积有机相有关^[21-22]。相反,生烃潜量、总烃以及沥青“A”指标与有机质的成熟度关系非常大,这些指标在未成熟—低成熟和高—过成熟阶段的含量均很低,只有在主要生油阶段才可能相对较高,这些指标并不是独立的有机质丰度指标^[19]。

因此可以明确地认为,分布于塔西南山前的卡拉沙依组烃源岩为中等烃源岩。

2.1.2 盆地内部卡拉沙依组烃源岩的丰度

根据图 1 和图 2 中 21 口井和 2 个露头点共计 23 个有机碳含量地球化学剖面数据分析,位于盆地西侧巴楚地区的有机碳含量相对较高,如巴楚地区的和 3 井和玛 4 井有机碳含量竟然分别达到 79.85%和 77.43%(图 1)。与此形成鲜明对比的是塔中地区东部的井,如顺 1 井、中 12 井和塔中 4 井的有机碳含量则普遍低于 0.5%;中 3 井有机碳含量甚至低于 0.2%(图 2,3),足见塔中地区有机碳含量之低。满加尔坳陷西侧的顺 2 井、满西 1 井有机碳含量大于 1.0%,仅次于巴楚地区;塔北地区有机碳含量并不很高,仅大于 0.5%(图 2,3)。

综上所述,塔里木盆地内部有机碳含量大于 0.5%烃源岩发育的范围在以和田 1 井、玛参 1、巴东 2 井、玛 4 井为中心、走向北东的条带状区域内,在此条带状区域的東西两侧,有机碳含量都急剧变小,这一变化趋势很显然受卡拉沙依组沉积相的控

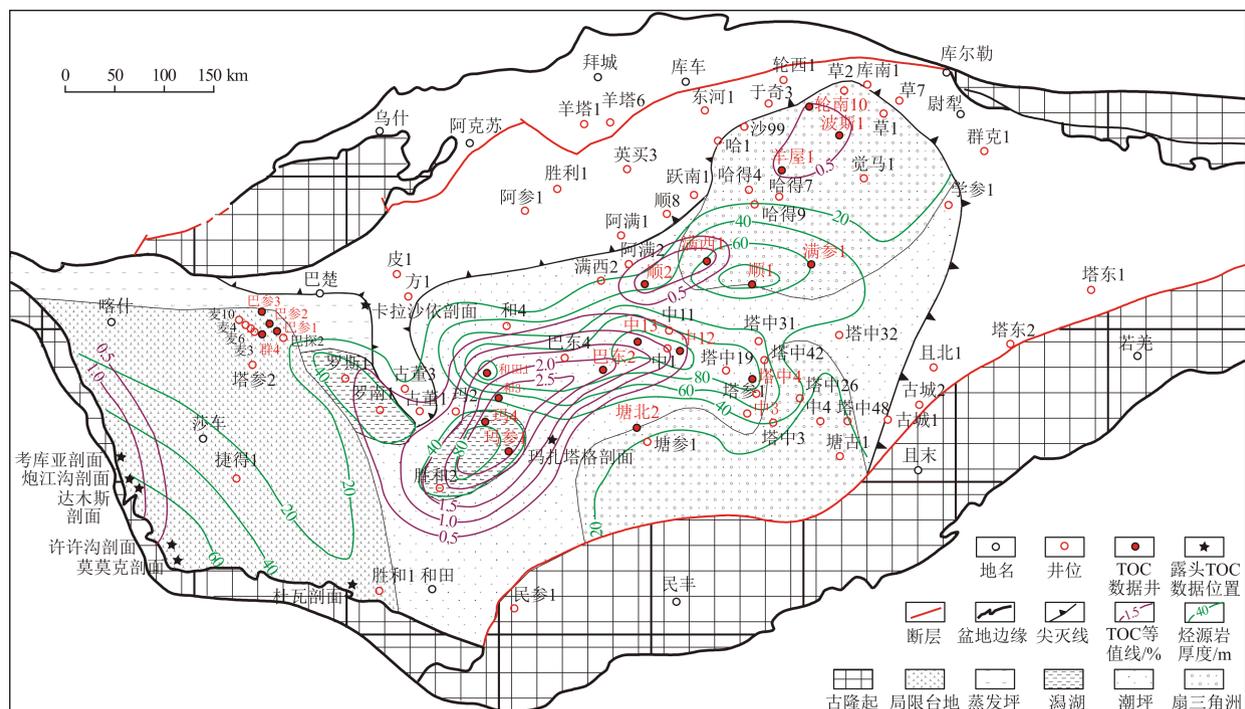


图3 塔里木盆地石炭系卡拉沙依组沉积相、烃源岩厚度与有机碳含量分布

Fig.3 Sedimentary facies, source rock thickness and organic carbon content of the Carboniferous Karashayi Formation in the Tarim Basin

制。从图3可以看出,较高的有机碳含量分布区限制在潟湖相和蒸发坪相发育范围内。

2.2 烃源岩厚度

从图3可以看出,黑色厚度最大的区域在中13-中12井井区,厚度大于100 m,在100 m等值线的外围厚度依次递减为80 m和60 m,其等值线的范围大体与蒸发坪相发育的范围一致。虽然黑色泥岩不能代表烃源岩厚度,但是将黑色泥岩厚度图与上述有机碳含量分布图叠合,可以看出有效烃源岩分布的区域(图3)。

从叠合的效果看,玛参1井周边区域内卡拉沙依组黑色泥岩的有机碳含量高、厚度大,但分布范围小,有机碳含量大于2.0%的面积不到5 000 km²。和田1井至中12井区,即巴楚隆起东侧、塔中隆起西侧黑色泥岩的有机碳含量中等,厚度大,分布范围广。塔西南昆仑山前,有机碳含量中等,厚度中等,分布范围广。除此之外的区域,属于非烃源岩区域(图3)。

3 卡拉沙依组烃源岩有机质类型

3.1 显微组分镜鉴分析结果

有机质类型是有机质的质量指标,不同类型的有机质,生油能力有较大的差别。因此,判别有机质类型是讨论生油条件的一个重要方面。由于镜

质组、惰质组、壳质组和腐泥组构成了烃源岩有机质的绝大部分,有机质类型可以在显微组分上直接反映出来^[23],有机质类型的差别实际上是有机显微组分的差别。

表3为9口井卡拉沙依组烃源岩镜鉴分析结果,表中的次生组分主要是渗出沥青体,其中巴参1井次生组分含量高达86.5%(图4a),它主要来自腐泥质的热演化结果,说明这口井卡拉沙依组烃源岩的有机质类型为I型干酪根。中11井有机显微组分中壳质组和镜质组相加竟高达97%(表3),可见这口井卡拉沙依组烃源岩有机质类型为III型干酪根。根据壳质组和镜质组的含量,其余几口井烃源岩有机质类型主要为II₁型干酪根(图4c-d)。

3.2 族组分分析结果

族组分分析结果反映饱芳比都很高,多数大于3,也说明有机质类型较好,不属于III型干酪根。结合前述镜鉴结果,综合分析卡拉沙依组烃源岩有机质类型为II₁型干酪根(表4)。

3.3 色谱分析结果

表5展示了麦6和麦10井卡拉沙依组烃源岩色谱分析数据,其主峰碳分别为C₁₉和C₁₇,呈前单峰型特征,表明了其有机质类型较好;姥姣烷含量高反映了卡拉沙依组沉积时弱氧化环境,表明这2口井卡拉沙依组烃源岩有机质以II₁型干酪根为主。

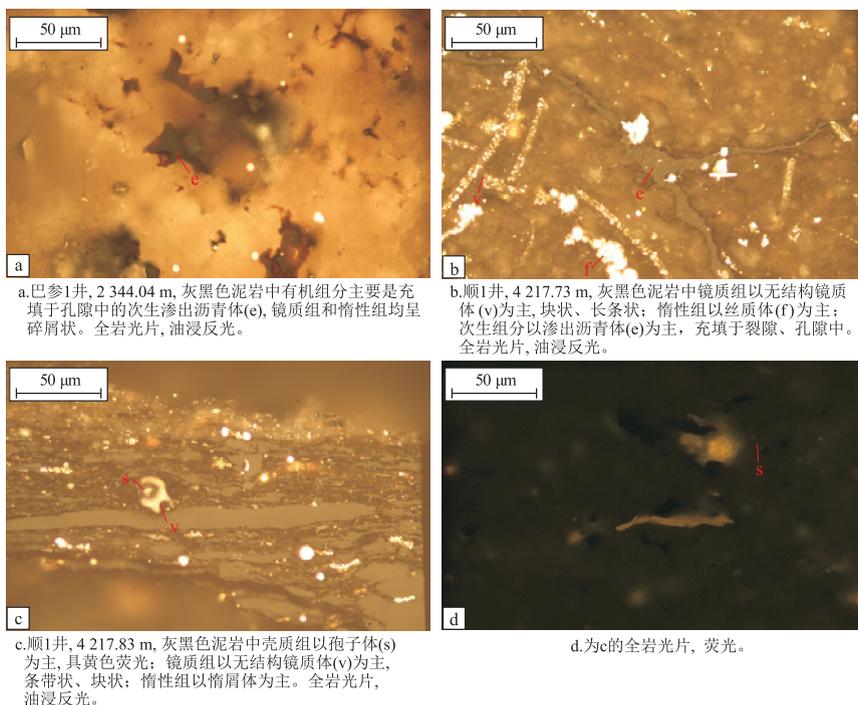


图 4 塔里木盆地巴参 1 井和顺 1 井石炭系卡拉沙依组烃源岩有机质显微组分镜鉴照片

Fig.4 Microscopic photos of organic matter in source rocks in the Carboniferous Karashayi Formation in wells Bacan1 and Shun1, Tarim Basin

表 3 塔里木盆地部分井石炭系卡拉沙依组有机质镜鉴结果

Table 3 Microscopic analysis results of the Carboniferous Karashayi Formation in some wells, Tarim Basin

井名	深度/m	岩性	组分的相对含量/%				
			腐泥组	壳质组	镜质组	惰性质组	次生组分
麦 4	4 754.16	灰黑色泥岩	0	0	28.5	33.5	38
中 1	4 219.72	灰黑色灰岩	0	0	76.5	23.5	0
中 1	4 328.21	灰黑色泥岩	0	0	30.5	12	57.5
巴参 1	2 344.04	灰黑色泥岩	0	0	7.5	6	86.5
顺 1	4 217.73	灰黑色泥岩	0	2.5	68.5	26	0
顺 1	4 217.83	灰黑色泥岩	0	2	83.5	14.5	0
顺 1	4 218	灰黑色泥岩	0	0	26.5	31	42.5
和田 1	2 741~2 841	深灰色泥岩	0	75	19	6	0
和田 1	2 840~2 940	深灰色泥岩	0	68	22	10	0
中 11	3 900	灰色泥岩	0	85	12	3	0
中 11	4 000	灰色泥岩	0	60	35	5	0
和 4	1 244.9	深灰色泥岩	12.7	10.3	63.7	13.3	0
和 4	1 260	深灰色灰质泥岩	54	17	12	17	0
和 4	1 263.5	煤	3	13	78	4	2
和 4	1 244.2	深灰色灰质泥岩	24	16	27	33	0
和 3	2 856	深灰色泥岩	39	8	33	20	0
和 3	2 931.8	深灰色粉砂泥岩	12	7	36	39	6
玛参 1	3 848	碳质泥岩、煤	5	22	66	6	1
玛参 1	3 971	灰黑色泥岩	10	44	35	11	0

综上所述,盆地内部的卡拉沙依组干酪根类型主要为 II₁型,而中 11 井显微组分分析为 III 型,这可能与该井靠近物源区有关(图 3),这一点还需今后对更多的井开展纤维组分镜鉴分析。

4 烃源岩成熟度

塔里木盆地上古生界烃源岩成熟度分析的数
据较多,尤其是干酪根最大热解峰温(T_{max})数据大

表 4 塔里木盆地部分井石炭系卡拉沙依组有机质族组分分析结果
Table 4 Organic matter component of the Carboniferous Karashayi Formation in some wells, Tarim Basin

井名	深度/m	饱和烃/%	芳香烃/%	非烃/%	沥青质/%	饱芳比
麦 3	3 919.87	54.22	9.33	21.78	1.78	5.8
麦 4	4 600	52.63	13.36	32.10	1.91	3.9
麦 4	4 630	58.74	7.84	31.74	1.68	7.5
麦 4	4 659	69.22	7.74	21.97	1.07	8.9
麦 4	4 690	71.09	8.30	19.28	1.33	8.6
麦 4	4 717	50.81	23.95	24.74	0.50	2.1
麦 4	4 450	72.38	4.66	21.83	1.13	15.5
麦 4	4 475	78.91	4.21	14.66	2.22	18.7
麦 4	4 498	53.76	7.71	30.87	7.66	7.0
麦 4	4 523	76.18	4.36	16.59	2.87	17.5
麦 4	4 552	69.35	4.69	20.48	5.48	14.8
麦 4	4 575	79.00	3.84	15.12	2.04	20.6
麦 4	4 285	69.43	11.73	16.70	2.14	5.9
麦 6	4 558	65.69(7)	9.63(7)	20.40(7)	4.28/7	6.8
麦 6	4 435	58.79	14.53	22.24	4.44	4.0
麦 10	4 505	41.27(4)	15.57(4)	15.38(4)	12.43(4)	2.6
麦 10	4 572	55.60(9)	14.65(9)	14.10(9)	7.83(9)	3.8

注:括号内的数据为测试的样品数,此时的值为平均值。

表 5 塔里木盆地部分井石炭系卡拉沙依组烃源岩有机质色谱分析结果
Table 5 Chromatographic analysis results of organic matter in source rocks in the Carboniferous Karashayi Formation in some wells, Tarim Basin

井名	井深/m	碳数范围	主峰碳	OEP	姥姣烷/植烷	姥姣烷/正十七烷	植烷/正十八烷
麦 6	4 375~4380	C ₁₅ -C ₃₅	C ₁₉	1.04	0.99	0.62	0.53
麦 6	4 400~4405	C ₁₄ -C ₃₅	C ₁₉	1.12	0.99	0.57	0.48
麦 6	4 420~4425	C ₁₄ -C ₃₅	C ₁₉	1.08	1.03	0.48	0.38
麦 6	4 435~4440	C ₁₅ -C ₃₅	C ₁₉	1.12	0.97	0.37	0.41
麦 10	4 503	C ₁₄ -C ₂₉	C ₁₇	1.02	1.75	0.48	0.32
麦 10	4 507	C ₁₄ -C ₂₉	C ₁₇	1.05	1.42	0.48	0.4
麦 10	4 543	C ₁₄ -C ₂₈	C ₁₇	1.05	1.35	0.68	0.63
麦 10	4 571	C ₁₄ -C ₂₈	C ₁₇	0.96	1.58	0.74	0.50
麦 10	4 648	C ₁₃ -C ₂₈	C ₁₇	1.02	1.57	0.81	0.62
麦 10	4 678	C ₁₄ -C ₂₉	C ₁₇	1.08	1.54	0.73	0.63
麦 10	4 710	C ₁₃ -C ₂₉	C ₁₇	1.14	1.74	0.77	0.69
麦 10	4 733	C ₁₄ -C ₂₇	C ₁₇	1.05	1.37	0.72	0.66

量存在于完井报告之中。本文在搜集干酪根最大热解峰温数据资料的基础上,结合本次新测试的镜质体反射率数据进行探讨。

4.1 干酪根最大热解峰温分析结果

烃源岩所包含的干酪根在热解生成油气过程中,首先是热稳定性差的部分先热解,而稳定性好的部分需要更高的温度,这样就使热解生烃最大时的温度值随成熟度增大而不断升高^[24],依据干酪根热解最大峰温值判定生油岩成熟度是比较简易可行的方法^[25]。

根据 9 口井的卡拉沙依组烃源岩干酪根热解

最大峰温平均值统计结果(表 6),石炭系烃源岩最大峰温值多数在 435~450 °C 之间,说明卡拉沙依组烃源岩刚进入成熟期。据图 4a 中显示的沥青质体,亦说明卡拉沙依组烃源岩已经排烃且有沥青析出。在塔西南地区,随着石炭系埋藏深度的增大,可以推测成熟度要比塔中地区高。

4.2 镜质体反射率分析结果

镜质体反射率是通用的衡量有机质成熟度的有效指标,从盆地内部 5 口井的卡拉沙依组烃源岩镜质体反射率测试分析结果(表 7),可以看出反射率值并不很高,数值集中在 0.5%~0.7%,表明卡拉

表 6 塔里木盆地部分井石炭系
卡拉沙依组烃源岩干酪根
最大热解峰温平均值统计

Table 6 Average T_{\max} for kerogen
in source rocks in the Carboniferous Karashayi
Formation in some wells, Tarim Basin

井名	$T_{\max}/^{\circ}\text{C}$
巴东 2	425
和 3	425
和田 1	450
麦 10	480
玛 4	430
玛参 1	415
顺 1	447
顺 2	420
中 3	490

表 7 塔里木盆地部分井石炭系卡拉沙依组
烃源岩镜质体反射率分析结果

Table 7 Vitrinite reflectance of source rocks
in the Carboniferous Karashayi Formation
in some wells, Tarim Basin

井名	深度/m	岩性	$R_o/\%$
巴参 1	2 344.04	黑色泥岩	0.718
	4 475	黑色泥岩	1.2
	4 482	黑色泥岩	1.1
麦 10	4 502	黑色泥岩	0.62
	4 508	黑色泥岩	1.0
	4 692	黑色泥岩	0.6
	4 713	黑色泥岩	0.75
巴东 2	3 110	黑色泥岩	0.6
	3 181	黑色泥岩	0.58
	3 185	黑色泥岩	0.57
	3 188	黑色泥岩	0.57
顺 1	4 217.73	黑色泥岩	0.655
	4 217.83	黑色泥岩	0.654
	4 218	黑色泥岩	0.661
中 13	4 021	黑色泥岩	0.89
	4 054	黑色泥岩	0.82
	4 075	黑色泥岩	0.81
	4 240	黑色泥岩	0.95
	4 320	黑色泥岩	0.8

沙依组烃源岩处于低成熟阶段。

总之,干酪根最大热解峰温和镜质体反射率分析结果均表明,盆地中部卡拉沙依组烃源岩处于低成熟—成熟的过渡阶段。

5 结论

(1)族组分分析、色谱分析以及显微组分镜鉴分析结果表明,卡拉沙依组烃源岩有机质类型为 II_1 型干酪根。

(2)卡拉沙依组砂泥岩段发育的时期是卡拉

沙依组优质烃源岩发育最重要阶段。卡拉沙依组潟湖相分布的区域,即以玛参 1 井为中心的玛扎塔格构造带附近是优质烃源岩分布的最好区域,在这一区域中有机碳含量大于 2%,厚约 60 m,处于低成熟—成熟的过渡阶段。但是,总体上看卡拉沙依组优质烃源岩分布相对局限。

(3)塔西南山前带西部的卡拉沙依组烃源岩优于东部。在塔西南山前西部的多个露头剖面,卡拉沙依组有机碳含量均大于 0.5%,而在塔西南山前带的东部,这一指标低于 0.5%。这也表明塔西南山前带的卡拉沙依组烃源岩并不优于盆地内部。

参考文献:

- [1] 王君奇,武涛.塔里木盆地石炭系沉积特征及石油地质意义[J].石油实验地质,1999,21(1):23-27.
Wang Junqi, Wu Tao. The Carboniferous depositional characteristics and petroleum geology in the Tarim Basin [J]. Experimental Petroleum Geology, 1999, 21(1): 23-27.
- [2] 丁勇,宫继萍,王辉.塔里木盆地西南坳陷生油岩综合评价[J].石油实验地质,1999,21(4):336-339.
Ding Yong, Gong Jiping, Wang Hui. Synthetic evaluation of source rocks in southwest depression of the Tarim Basin [J]. Experimental Petroleum Geology, 1999, 21(4): 336-339.
- [3] 曾昌民,张亮,雷刚林,等.塔西南坳陷烃源岩生标特征对比及沉积环境指示意义[J].新疆地质,2011,29(3):319-323.
Zeng Changmin, Zhang Liang, Lei Ganglin, et al. Biomarkers characteristics of source rocks of south-west Tarim depression and its signification for sedimentary environment [J]. Xinjiang Geology, 2011, 29(3): 319-323.
- [4] 赵文智,张光亚.被动大陆边缘演化与油气地质:以塔里木盆地西南地区为例[M].北京:石油工业出版社,2007.
Zhao Wenzhi, Zhang Guangya. Passive continental margin evolution and oil-gas geology: A case study of Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2007.
- [5] 孟苗苗,康志宏,徐耀辉,等.塔里木盆地喀什凹陷烃源岩地球化学特征和油源对比[J].石油实验地质,2016,38(2):266-272.
Meng Miaomiao, Kang Zhihong, Xu Yaohui, et al. Geochemical characteristics of source rocks and oil-source correlation in the Kashi Sag, Tarim Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2016, 38(2): 266-272.
- [6] 吕海涛,顾忆,丁勇,等.塔里木盆地西南部皮山北新 1 井白垩系油气成因[J].石油实验地质,2016,38(1):84-90.
Lü Haitao, Gu Yi, Ding Yong, et al. Cretaceous petroleum origin in well PSBX1 in the southwestern Tarim Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2016, 38(1): 84-90.
- [7] 常健,邱桶生,刘一锋,等.塔里木盆地石炭系烃源岩成熟演化研究[J].地质科学,2014,49(3):823-841.
Chang Jian, Qiu Nansheng, Liu Yifeng, et al. Maturity evolution of the Carboniferous source rocks (CSR) in the Tarim Basin, Northwest China [J]. Chinese Journal of Geology, 2014, 49(3): 823-841.

- [8] 程顶胜,刘松,吴培红.塔里木盆地石炭系生烃潜力的模糊数学综合评价[J].石油学报,2000,21(1):34-39.
Cheng Dingsheng, Liu Song, Wu Peihong. Comprehensive evaluation by fuzzy mathematics on hydrocarbon generation potential of carboniferous source rocks in Tarim Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(1): 34-39.
- [9] 郭齐军,赵省民.塔里木盆地石炭系沉积特征[J].石油与天然气地质,2002,23(1):99-102.
Guo Qijun, Zhao Xingmin. Depositional characteristics of carboniferous in Tahe region [J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(1): 99-102.
- [10] 何发岐,翟晓先,俞仁连,等.塔河油田石炭系卡拉沙依组沉积与成因分析[J].石油与天然气地质,2004,25(3):258-262.
He Faqi, Zhai Xiaoxian, Yu Renlian, et al. Deposition and genetic analysis of Carboniferous Kalashayi Formation in Tahe oilfield [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(3): 258-262.
- [11] 黄智斌,杜品德,张师本,等.塔里木盆地石炭系卡拉沙依组的厘定[J].地层学杂志,2005,29(1):55-61.
Huang Zhibin, Du Pinde, Zhang Shibin, et al. Revision of the Carboniferous Kalashayi Formation of the Tarim Basin [J]. Journal of Stratigraphy, 2005, 29(1): 55-61.
- [12] 张师本,黄智斌,朱怀诚.塔里木盆地覆盖区显生宙地层[M].北京:石油工业出版社,2004.
Zhang Shibin, Huang Zhibin, Zhu Huaicheng. Phanerozoic strata in the coverage area of Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004.
- [13] 郭书元,詹伟,黄太柱,等.塔里木盆地石炭系划分对比及玛扎塔格组的建立[J].地层学杂志,2014,38(2):147-160.
Guo Shuyuan, Zhan Wei, Huang Taizhu, et al. The Carboniferous stratigraphic division and correlation and a new lithostratigraphic unit: The Mazatage Formation in the Tarim Basin [J]. Journal of Stratigraphy, 2014, 38(2): 147-160.
- [14] 许杰,郭建华,何治亮.塔里木盆地石炭系层序地层研究[J].海洋地质动态,2008,24(10):19-28.
Xu Jie, Guo Jianhua, He Zhiliang. Sequence stratigraphy of the Carboniferous in Tarim Basin [J]. Marine Geology Letters, 2008, 24(10): 19-28.
- [15] 许璟,蒲仁海,郭倩.塔里木盆地卡拉沙依组砂泥岩段地层对比与沉积相研究[J].特种油气藏,2012,19(4):51-55.
Xu Jing, Pu Renhai, Guo Qian. Stratigraphic correlation and sedimentary facies of the sandstone and mudstone section in the Kalashayi formation of Tarim Basin [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2012, 19(4): 51-55.
- [16] 许璟,蒲仁海.卡拉沙依组砂泥岩段地震反演储层识别[J].特种油气藏,2014,21(2):61-65.
Xu Jing, Pu Renhai. Reservoir identification by use of seismic inversion in the Kalashayi Formation arenaceous mudstone interval within the 3D area [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2014, 21(2): 61-65.
- [17] 盛湘,何发岐,云露.塔里木盆地卡拉沙依组小层划分、连通性及油藏类型[J].石油与天然气地质,2009,30(2):143-148.
Sheng Xiang, He Faqi, Yun Lou. Subzone division, connectivity and pool types of the Carboniferous Kalashayi Formation in the Tahe area [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(2): 143-148.
- [18] 许杰,何治亮,郭建华,等.卡拉沙依组砂泥岩段层序地层及沉积体系[J].新疆地质,2009,27(2):155-159.
Xu Jie, He Zhiliang, Guo Jianhua, et al. Sequence stratigraphy and sedimentary system of Kalashayi Formation sandy mudstone member [J]. Xinjiang Geology, 2009, 27(2): 155-159.
- [19] 陈建平,梁狄刚,张水昌,等.中国古生界海相烃源岩生烃潜力评价标准与方法[J].地质学报,2012,86(7):1132-1142.
Chen Jianping, Liang Digang, Zhang Shuichang, et al. Evaluation criterion and methods of the hydrocarbon generation potential for China's Paleozoic marine source rocks [J]. Acta Geologica Sinica, 2012, 86(7): 1132-1142.
- [20] 柳广弟,孙明亮.“石油地质学”课程研究性教学探索与实践[J].中国地质教育,2013,22(1):43-47.
Liu Guangdi, Sun Mingliang. Exploration and practice of the research-based teaching of petroleum geology [J]. Chinese Geological Education, 2013, 22(1): 43-47.
- [21] 夏新宇.碳酸盐岩生烃与长庆气田气源[M].北京:石油工业出版社,2000.
Xia Xinyu. Hydrocarbon potential evaluation of carbonates and source rock correlation of the Changqing Gasfield [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000.
- [22] 钟宁宁,卢双舫,黄志龙,等.烃源岩 TOC 值变化与其生排烃效率关系的探讨[J].沉积学报,2004,22(S1):73-78.
Zhong Ningning, Lu Shuangfang, Huang Zhilong, et al. An approach to the evolution of TOC value for source rock and its relation to efficiencies of hydrocarbon generation and expulsion [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(S1): 73-78.
- [23] 程克明,王铁冠,钟宁宁.烃源岩地球化学[M].北京:科学出版社,1995.
Cheng Keming, Wang Tieguan, Zhong Ningning. Geochemistry of source rocks [M]. Beijing: Science Press, 1995.
- [24] Tissot B P, Pelet R, Ungerer P. Thermal history of sedimentary basins, maturation indices, and kinetics of oil and gas generation [J]. AAPG Bulletin, 1987, 71(12): 1445-1466.
- [25] 李贤庆,马安来,钟宁宁,等.烃源岩有机岩石学研究方法与应用[M].重庆:重庆大学出版社,1997.
Li Xianqing, Ma Anlai, Zhong Ningning, et al. Research method and application of organic rock in source rock [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 1997.

(编辑 徐文明)