

柴达木盆地东部石炭系烃源岩评价

段宏亮¹, 钟建华^{1,2}, 王志坤¹, 马 锋¹, 尹成明³, 温志峰⁴

DUAN Hong-liang¹, ZHONG Jian-hua^{1,2}, WANG Zhi-kun¹,

MA Feng¹, YIN Cheng-ming³, WEN Zhi-feng⁴

1. 中国石油大学资源与信息学院, 山东 东营 257061; 2. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640;

3. 青海油田勘探开发研究院, 甘肃 敦煌 736202; 4. 胜利油田地质科学研究所, 山东 东营 257061

1. *School of Resources and Information, China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong, China;*

2. *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China;*

3. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Qinghai Oil Field, Dunhuang 736202, Gansu, China;*

4. *Earth Science Institute of Shengli Oilfield, Dongying 257061, Shandong, China*

摘要:柴达木盆地东部地区石炭系暗色泥岩、碳酸盐岩、煤及炭质泥岩均发育。大量区域地质调查及有机地球化学分析表明,石炭系烃源岩主要以暗色泥岩和碳酸盐岩为主,炭质泥岩和煤可能具有生烃能力。暗色泥岩有机碳含量平均为1.13%,有机质类型以Ⅲ型和Ⅱ₂型为主,为中等—好的烃源岩;碳酸盐岩有机碳含量低,平均为0.26%,有机质类型为Ⅱ₁与Ⅱ₂型,属中等—差的烃源岩。除都兰地区有机质成熟度过高、处于过成熟的生干气阶段外,其他地区有机质成熟度中等,正处于生、排烃高峰期,具有良好的油气勘探前景。石灰沟地区烃源岩厚度大、丰度高,暗色泥岩和碳酸盐岩分别达到了好烃源岩和中等烃源岩的标准,有机质成熟度中等,生烃潜力较大。

关键词:柴达木盆地东部;石炭系;烃源岩;有机质丰度;有机质类型;有机质成熟度

中图分类号:P534.45;P618.13

文献标识码:A

文章编号:1671-2552(2006)09~10-1135-08

Duan H L, Zhong J H, Wang Z K, Ma F, Yin C M, Wen Z F. Evaluation of Carboniferous hydrocarbon source rocks in the eastern Qaidam basin, China. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(9-10):1135-1142

Abstract: Carboniferous dark-colored mudstone, carbonate rocks, coals and carbonaceous mudstone are well developed in the eastern Qaidam basin. Regional geological survey and organic geochemical analysis indicate that Carboniferous hydrocarbon source rocks consists predominantly of dark-colored mudstone and carbonate rocks, and coals and carbonaceous mudstone probably have hydrocarbon-generating capacity. The dark-colored mudstone has an average organic carbon content of 1.13% and the organic matter is mainly of Ⅱ₂ and Ⅲ types, so it belongs to moderate to good source rocks. The carbonate rocks has a low organic carbon content, averaging 0.26% and the organic matter is of Ⅱ₁ and Ⅱ₂ types, so they belong to poor to moderate hydrocarbon source rocks. All the source rocks are in a peak period of oil generation and expulsion with a moderate maturity of organic matter and have good petroleum prospects, except those in the Dulan area, which contain overmature organic matter and are in an overmature, dry gas-generating stage. The source rocks developed in Shihuigou are very thick and have a high organic matter abundance. The dark-colored mudstone and carbonate rocks reach the standards of good and moderate hydrocarbon source rocks with a moderate organic matter maturity and have larger hydrocarbon-generating potential.

Key words: eastern Qaidam basin; Carboniferous; hydrocarbon source rocks; organic matter abundance; organic matter type; organic matter maturity

收稿日期:2006-06-19;修订日期:2006-07-12

基金项目:国家自然科学基金项目(40503003)和高校博士点基金项目(编号:20030425008)联合资助。

作者简介:段宏亮(1977-),男,在读博士,从事含油气盆地构造、沉积分析研究。E-mail:duanhongliang313@163.com

柴达木盆地(尤其是东部地区)石炭系地层发育齐全^[1-3],分布广泛、厚度大且变质程度较低^[4],从而引起了石油地质学家们的关注^[4-6],做了零星的关于烃源岩有机质丰度、成熟度、生物标志化合物等有机地球化学方面的分析和研究。但由于分析样品数量少,采样点分布局限(多集中分布于石灰沟地区),研究深度不够,未能对柴达木盆地东部(柴东)各地区不同类型的烃源岩开展深入研究和评价,从而影响了该区的油气勘探进程。本文在区域地质调查及有机地球化学分析的基础上,系统分析了柴达木盆地东部地区石炭系烃源岩的类型、分布及有机地球化学特征,并对不同地区、不同类型的烃源岩进行了综合评价,确定了主要烃源岩的类型和有利生油区,这对柴达木盆地油气资源评价及战略选区具有重要的指导意义。

1 区域地质概况

研究区位于南祁连和东昆仑造山带之间(图1),包括德令哈拗陷、霍布逊拗陷和锡铁山-牦牛山隆起3个构造单元。石炭纪时研究区广泛遭受海侵,接受了台地相的碳酸盐岩和海陆交互相的含煤沉积,广泛出露于欧龙布鲁克山、埃姆尼克山、牦牛山、扎布萨尕秀、白石崖等盆地周边各山区,厚度在280.3~2500 m之间。其中石灰沟地区沉积最厚,达2500 m,地层发育最全,下统穿山沟组、城墙沟组和上统克鲁克组、扎布萨尕秀组均有发育。岩性下统以台地相碳酸盐岩为主,上统以海陆交互相暗色含煤沉积为主(图2)。区内生物碎屑灰岩、暗色泥岩(包括炭质泥岩)、煤等发育,变质程度低^[4],可望成为有利的烃源岩。

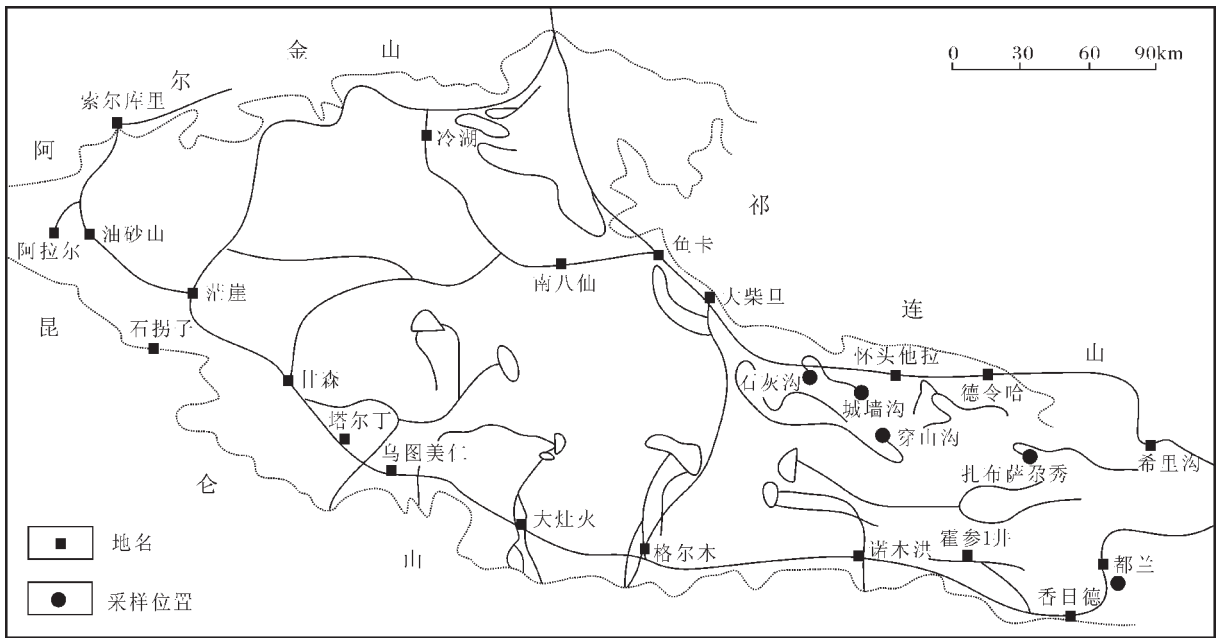


图1 研究区交通及采样位置示意图

Fig.1 Location map of the study area and sampling sites

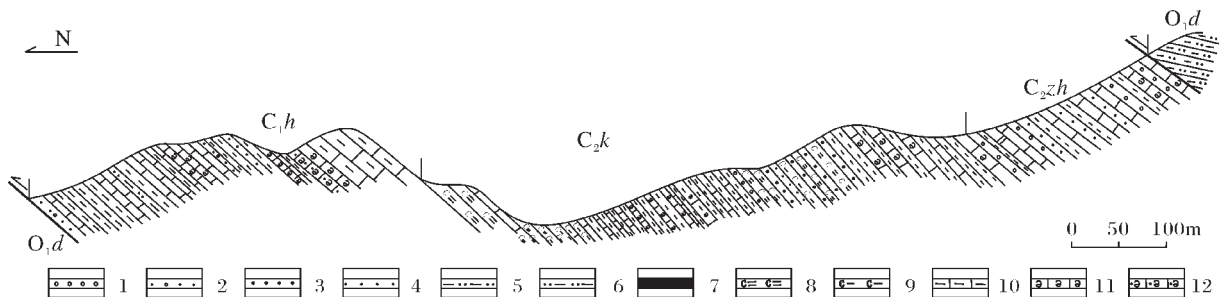


图2 石灰沟实测剖面

Fig.2 Stratigraphic section across Shihuigou

O_{1d}—多泉山组;C_{1h}—怀头他拉组;C_{2k}—克鲁克组;C_{2zh}—扎布萨尕秀组;1—细砾岩;2—含砾砂岩;
3—中、粗砂岩;4—粉砂岩;5—泥质粉砂岩;6—粉砂质泥岩;7—煤层;8—炭质页岩;
9—炭质泥岩;10—泥灰岩;11—生物灰岩;12—砂质生物灰岩

2 烃源岩类型与分布

受沉积相及古地理控制,研究区下石炭统烃源岩主要以深灰色(含)生物碎屑灰岩为主,分布于石灰沟、穿山沟、城墙沟、怀头他拉等地;上石炭统烃源岩主要以海陆交互暗色泥页岩(包括炭质泥岩)及煤为主,分布于大柴旦—石灰沟—德令哈—扎布萨尕秀一带。野外实测剖面分析表明,暗色泥岩(包括炭质泥岩)的厚度在69.1~968.5 m之间,占地层厚度的5.3%~43.3%;灰岩厚度在101.4~1082.5 m之间,占地层厚度的37%~70.3%。霍参1井钻井资料(未见底)及地震解释资料揭示盆地内部烃源岩厚度也在141.5 m以上(图3)。

3 烃源岩地球化学特征

3.1 有机质丰度

3.1.1 有机质丰度评价标准

有机质丰度是评价烃源岩最基础的指标,目前国内外学者对泥质烃源岩、炭质泥岩和煤的评价标准认识较一致^[10,11](表1),但对海相碳酸盐岩有机质下限值的认识差异较大,从0.05%~0.50%(TOC)。一般来说,低熟碳酸盐岩烃源岩有机质丰度的下限采用高于0.2%的值,高一过成熟的有机质丰度下限则采用低于0.2%的值^[12-15]。

尽管柴东地区石炭系有机质成熟度中等,烃源岩评价的

下限值似乎应该高一些,但本次研究的所有样品均来自地表露头,有机质丰度受风化作用影响较大^[16]。因此,碳酸盐岩烃源岩的评价标准仍沿用通常成熟度相对较低时的标准(表1)。

3.1.2 有机质丰度

石炭系烃源岩可溶有机质氯仿沥青“A”和生烃潜量(S₁+S₂)值比较小,泥质岩的值分别在0.0009%~0.029%和0.02~1.16 mg/g之间,平均仅为0.005%和0.19 mg/g;碳酸盐岩的值分别在0.0008%~0.0101%和0.02~0.22 mg/g之间,平均仅为0.0035%和0.05 mg/g(表2);所分析的3个煤样这2项参数值也都比较低。总体看,这2项参数值普遍偏低,远小于烃源岩的生烃标准,可能与地表风化作用及烃源岩演化程度有关,已不能作为烃源岩的评价指标^[17-19],因此本文选用受风化作用和成熟度影响较小的有机碳含量作为评价指标^[13,16,17,19]。

暗色泥岩有机碳含量变化范围很大,介于0.07%~4.93%之间,平均为1.13%。在分析的100个样品中,有68个样品的有机碳含量大于0.6%,属于中等—好的烃源岩,占样品总数的68%;有13个样品的有机碳含量介于0.4%~0.6%之间,属于差的烃源岩,占13%;有机碳含量小于0.4%的样品仅有19个,属于非烃源岩,占19%(表2)。总体来说,研究区暗色泥岩属于中等—好的烃源岩,其中石灰沟地区暗色泥岩的有机质丰度最高,平均为1.37%,达到好的烃源岩标准。

碳酸盐岩有机碳含量介于0.04%~1.03%之间,平均仅为

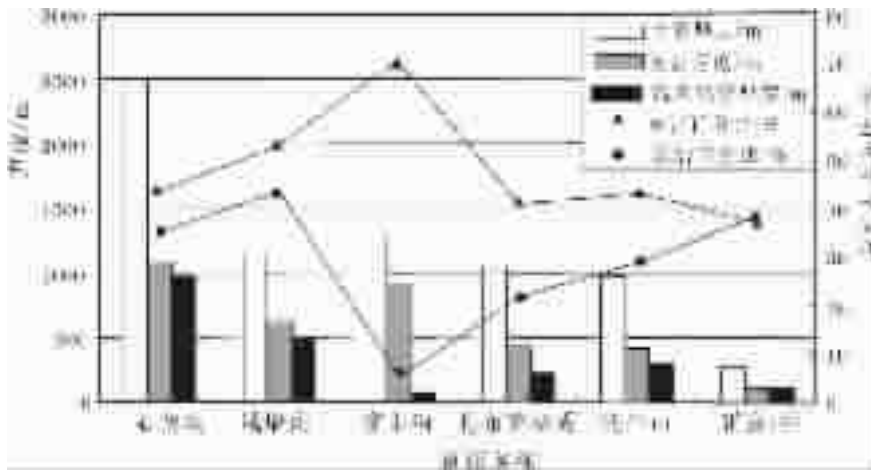


图3 石炭系岩性累积厚度

Fig.3 Cumulative thickness of Carboniferous mudstone and carbonate rocks

表1 石炭系烃源岩有机质丰度评价标准^[10,11,14]

Table 1 Evaluation criteria for the organic matter abundance of Carboniferous source rocks

岩性	指标	很好烃源岩	好烃源岩	中等烃源岩	差烃源岩	非烃源岩
泥岩	TOC/%	>2	1.0~2.0	0.6~1.0	0.4~0.6	<0.4
炭质泥岩	TOC/%	35~40.0	18~35.0	10~18.0	6.0~10	6.0~10
煤	“A”/%		5.5	2.0~5.5	0.75~2.0	<0.75
碳酸盐岩	TOC/%	>1.5	0.7~1.5	0.3~0.7	0.1~0.3	<0.1

表2 石炭系烃源岩有机质丰度数据

Table 2 Data of the organic matter abundance of Carboniferous source rocks

采样位置	岩性	TOC/%	“A”/%	S ₁ +S ₂ /mg·g ⁻¹
石灰沟	泥岩	0.23~4.93/1.37(58)	0.002~0.0225/0.0055(58)	0.02~1.16/0.24(58)
	碳酸盐岩	0.05~1.03/0.36(16)	0.0016~0.0101/0.0046(16)	0.02~0.22/0.07(16)
	炭质泥岩	7.13~10.31/8.54(3)	0.0141~0.0250/0.0202(3)	1.07~1.81/1.38(3)
	煤	88.38(1)	1.2341(1)	69.36(1)
城墙沟	泥岩	0.11~1.64/0.69(20)	0.0009~0.029/0.0055(20)	0.02~0.56/0.11(20)
	碳酸盐岩	0.07~0.49/0.21(13)	0.0014~0.0051/0.0029(13)	0.02~0.08/0.04(13)
扎布萨 尔秀	泥岩	0.07~2.64/0.89(14)	0.0009~0.013/0.0048(14)	0.02~0.76/0.22(14)
	碳酸盐岩	0.04~0.15/0.09(6)	0.0008~0.0031/0.0021(6)	0.02~0.04/0.03(6)
	煤	45.79~45.96/45.88(2)	0.1198~0.3064/0.2131(2)	11.61~20.10/15.86(2)
都兰	泥岩	0.74~1.16/0.95(7)	0.0014~0.0033/0.0023(7)	0.04~0.09/0.06(7)
柴达木盆 地东部	泥岩	0.07~4.93/1.13(100)	0.0009~0.029/0.0050(100)	0.02~1.16/0.19(100)
	碳酸盐岩	0.04~1.03/0.26(35)	0.0008~0.0101/0.0035(35)	0.02~0.22/0.05(35)
	煤	45.79~88.38/62.86(3)	0.1198~1.2341/0.6028(3)	11.61~69.36/36.41(3)

注在:a~b/c(d)格式中,a为最小值,b为最大值,c为平均值,d为样品数

0.26%。在分析的35个样品中,仅有10个样品的有机碳含量大于0.3%,属于中等—好的烃源岩,占样品总数的28.6%;有8个样品的有机碳含量介于0.1%~0.3%之间,属于差烃源岩,占22.9%;另有17个样品的有机碳含量小于0.1%,属于非烃源岩,占48.6%。数据分析表明碳酸盐岩有机碳含量区域上存在差异,其中石灰沟地区含量最高,平均为0.36%,达到中等烃源岩标准;扎布萨尔秀地区含量最低,平均仅为0.09%,属于非烃源岩;城墙沟地区含量中等,平均为0.21%,属于差烃源岩(表2)。总体来说,研究区碳酸盐岩有机碳含量较低,属于中等—一差的烃源岩范畴,其中石灰沟地区丰度较高,为中等烃源岩,城墙沟地区为差烃源岩,而扎布萨尔秀地区碳酸盐岩不具生烃能力。

煤和炭质泥岩有机碳含量分析表明,炭质泥岩的有机碳含量介于7.13%~10.31%之间,平均仅为8.54%,为极差或差的烃源岩。煤的有机碳含量也在45.79%~88.38%之间,氯仿沥青“A”的含量介于0.1198%~1.2341%之间,平均为0.6028%(表2)。对煤样的显微组分定量分析结果(表3)显示,煤中基质镜质体含量相对较高,分布范围为59.3%~77.4%,但壳质组和腐泥组分含量极低^[9],因而综合判别石炭系煤层仍属非烃源岩或较差的烃源岩。

以上特征说明石炭系烃源岩主要以泥质岩和碳酸盐岩为主,泥质岩比碳酸盐岩丰度高、生烃能力强。区域上,石灰沟地区烃源岩(包括暗色泥岩和碳酸盐岩)丰度较高,生烃能力强,而城墙沟和扎布萨尔秀地区烃源岩丰度相对较低。由于所有样品均来自地表露头,受风化作用影响较大^[16,19],因而

表3 石炭系煤的全岩组分定量分析^[9]

Table 3 Bulk rock component quantitative analysis of Carboniferous coals

样号	壳质组+腐泥组/%	镜质组/%	惰质组/%	无机矿物/%
SC-19-S1	2.0(0.8)	86.4(77.4)	2	9.4
SC-20-S1	0.3(0.3)	83.0(68.1)	4.4	11.8
SC-25-S1	1.4(0.6)	82.2(74.2)	2.8	13.6
SC-27-S1	4.0(0.8)	74.0(59.3)	4	17.2
SC-52-S2	5.6(1.8)	77.6(69.9)	2	14.8

注:括号内分别为壳质组分、基质镜质体的含量

可以肯定地下源岩样品的有机质丰度会更高。如果使用风化因子2.07进行有机碳含量校正^[9],研究区泥质岩和碳酸盐岩烃源岩无疑为好的烃源岩,目前比较差的炭质泥岩、煤等烃源岩经过校正后,也可能具有生烃能力。

3.2 有机质类型

3.2.1 干酪根镜下鉴定

镜下显微组分鉴定结果显示,石炭系泥质烃源岩以Ⅲ型有机质和Ⅱ₂型有机质为主,二者含量接近。所分析的30个样品中,有14个属于Ⅱ₂型有机质,其他14个泥岩样品和2个炭质泥岩样品属于Ⅲ型有机质(表4);煤样则表现出Ⅲ型有机质的特征;而碳酸盐岩的有机质类型则相对比较好,为Ⅱ₁与Ⅱ₂型^[8]。

3.2.2 干酪根C同位素分析

干酪根C同位素分析结果(表5)显示,石炭系泥质岩C

表 4 泥质烃源岩有机岩石学分析结果

Table 4 Organic petrological analysis of muddy source rocks

采样位置	镜质组/%	壳质组/%	腐泥组/%	惰质组/%	有机质类型
石灰沟	6~70/36.56(16)	10~83/48.72	/	5~39/15.55(16)	II ₂ (5)、III(9)
城墙沟	20~70/44.43(5)	15~68/39.29(5)	/	12~20(17)	II ₂ (1)、III(4)
扎布萨尕秀	12~36/21.29(5)	44~80/66.57(5)	/	8~20/12.14(5)	II ₂ (4)、III(1)
都兰	14~20/18(4)	65~75/69.33(4)	/	10~15/12.5(4)	II ₂ (4)
柴达木东部	6~70/32.94(30)	10~83/52.72	/	5~39/14.75(30)	II ₂ (14)、III(16)

注:在a-b/c(d)格式中,a为最小值,b为最大值,c为平均值,d为样品数

表 5 干酪根C同位素分析结果^⑧

Table 5 C isotope analysis of kerogen

岩性	泥岩	碳酸盐岩	煤	炭质泥岩
$\delta^{13}C/\%$	-21.9~-25.8	-26.4~-29.7	-22.8~-23.9	-24.6~-22.8
有机质类型	III-II型	II型为主,部分III和I型	III型	III型

同位素值介于-21.9‰~-25.8‰之间,平均为-23.5‰,反映有机质类型为II型和III型,其中约75%的样品表现出III₁型的特征,少量为II型和III₂型;碳酸盐岩的C同位素值为-26.4‰~-29.7‰,表现为II-I型有机质的特征;煤层和炭质泥岩的C同位素值则分别介于-22.8‰~-23.9‰和-24.6‰~-22.8‰之间,为III型有机质^⑧。

3.2.3 干酪根元素组成

在干酪根4根有机元素比图(图4)上,所有样品值都落在III型干酪根区域之内,显示O/C原子比值异常高、H/C原子比值低。反映地表样品曾遭受了强烈的风化及氧化作用,导致干酪根有机元素发生迁移,C、H流失,O相对富集,从而使得H/C值降低而O/C值增高,数据点向右下方偏移,干酪根类型变差^⑨,因此干酪根元素组成不宜用于判断有机质的类型^⑩。

综合上述分析,石炭系暗色泥岩的有机质类型以II₂型和III型为主;碳酸盐岩的有机质类型相对较好,为II₁与II₂型,煤样和炭质泥岩则为III型有机质。

3.3 有机质成熟度

3.3.1 镜质体反射率

石炭系烃源岩镜质体反射率(R_o)值各地区之间的差异比较大,变化范围在0.68%~2.76%之间。其中都兰地区R_o值最高,介于2.44%~2.76%之间,平均为2.60%,说明该区烃源岩处于过成熟阶段。其他地区R_o值较小,介于0.68%~1.39%之间,平均仅为1.11%,烃源岩均处于成熟阶段。其中扎布萨尕秀地区R_o值最低,介于0.77%~1.17%之间,平均为0.98%(图5),反

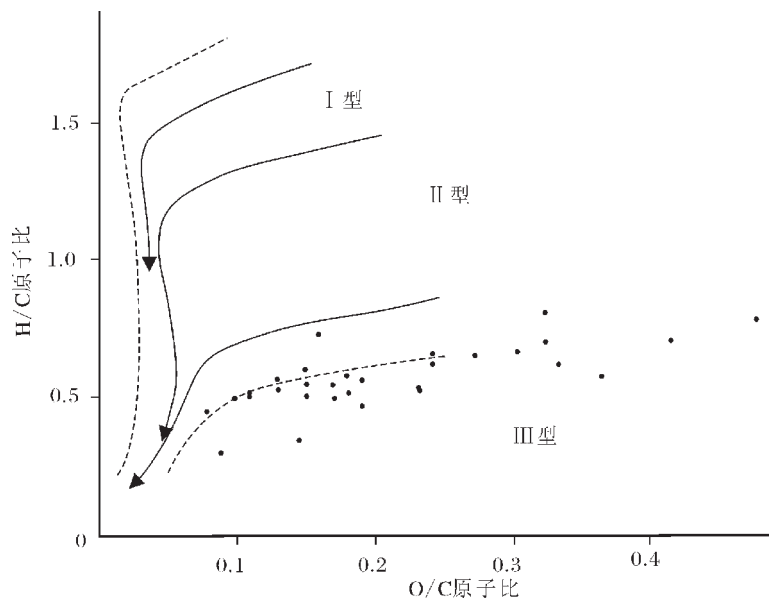


图 4 干酪根元素比

Fig.4 Diagram showing element ratios of kerogen

映该区烃源岩的成熟度最低,而城墙沟和石灰沟地区相对稍高一些。

3.3.2 生物标志化合物

石炭系烃源岩正构烷烃成熟度参数CPI和OEP平均值分别为1.13和1.07,接近1.0(表6);藿烷成熟度参数C₃₁22S/(22S+22R)比值变化范围不大,在0.53~0.58之间,平均为0.56;甾烷成熟度参数C₂₉ααα20S/ααα(20S+20R)比值在0.36~0.46之间,均大于0.35而小于0.55,反映烃源岩均已进入成熟阶段。而甾烷成熟度参数C₂₉αββ/(αββ+ααα)比值介于

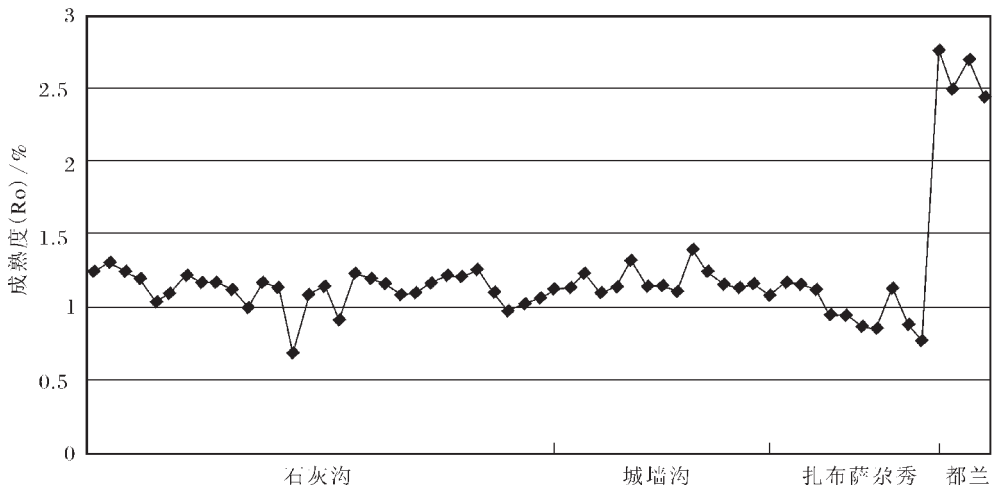


图5 石炭系露头烃源岩成熟度(Ro)变化曲线

Fig.5 Curve of variation showing the maturity (Ro) of Carboniferous source rock outcrops

表6 泥质烃源岩生物标志物成熟度参数

Table 6 Maturity parameters of biomarkers of Carboniferous muddy source rocks

采样位置	CPI	OEP	C ₃₁ 22S /22(S+R)	C ₂₉ αββ /(αββ+ααα)	C ₂₉ ααα20S /ααα(20S+20R)
石灰沟	1.01~1.23 /1.12(14)	0.96~1.22 /1.06(14)	0.53~0.58 /0.56(14)	0.31~0.38 /0.34(14)	0.37~0.46 /0.42(14)
城墙沟	1.17~1.33 /1.24(5)	0.95~1.54 /1.17(5)	0.55~0.56 /0.556(5)	0.3~0.34 /0.32(5)	0.36~0.41 /0.39(5)
扎布萨 尕秀	1.02~1.36 /1.13(5)	0.98~1.23 /1.09(5)	0.54~0.56 /0.55(5)	0.34~0.35 /0.346(5)	0.4~0.44 /0.42(5)
都兰	0.84~1.28 /1.07(4)	0.92~1 /0.96(4)	0.55(4)	0.31~0.34 /0.33(4)	0.37~0.41 /0.39(4)
柴达木 东部	0.84~1.36 /1.13(28)	0.92~1.54 /1.07(28)	0.53~0.58 /0.56(28)	0.3~0.38 /0.34(28)	0.36~0.46 /0.41(28)

注:在a~b/c(d)格式中,a为最小值,b为最大值,c为平均值,d为样品数

0.3~0.38之间(表6),显示了低成熟的特征,可能是甾烷立体异构化反应已达到端点或平衡点而导致该值偏低^[21]。

综合上述分析,笔者认为柴东地区石炭系烃源岩除都兰地区处于过成熟阶段外,其他地区正处于成熟阶段的生、排烃高峰期。考虑到露头与地下相同层位烃源岩的有机质演化程度存在一定差异^[6],初步推测盆地内部石炭系烃源岩正处于成熟—高成熟阶段。

4 烃源岩综合评价

根据野外露头烃源岩的观察研究,结合样品的室内分析结果,从烃源岩的类型、分布和有机质的类型、丰度、成熟度等方面对柴东地区石炭系烃源岩综合评价如下。

柴东地区石炭系烃源岩类型丰富,暗色泥岩、碳酸盐岩、煤及炭质泥岩均有发育,其中暗色泥岩和碳酸盐岩厚度大

(石灰沟地区分别厚968.5 m和1082.5 m)、分布广泛、丰度较高,为主要的烃源岩。下石炭统烃源岩以碳酸盐岩为主,上石炭统烃源岩以暗色泥岩为主。暗色泥岩有机质丰度平均为1.13%,有机质类型以Ⅲ型和Ⅱ₂型为主,属于中等—好的烃源岩;碳酸盐岩有机质丰度偏低,平均为0.26%,但有机质类型较好,为Ⅱ₁和Ⅱ₂型,属中等—差的烃源岩范畴;炭质泥岩和煤样有机质丰度太低,为非烃源岩。除都兰地区烃源岩处于过成熟的生干气阶段外(Ro值平均为2.60%),其他地区烃源岩成熟度中等(Ro值平均为1.17%),正处于成熟阶段的生、排烃高峰期^[23]。

由于所有样品均来自地表露头,考虑到风化作用与演化作用的影响,推测盆地内部地下石炭系碳酸盐岩和泥岩均达到了中等—好的烃源岩评价标准,而炭质泥岩和煤也有可能达到烃源岩标准,烃源岩有机质演化也可能达到成熟—高成

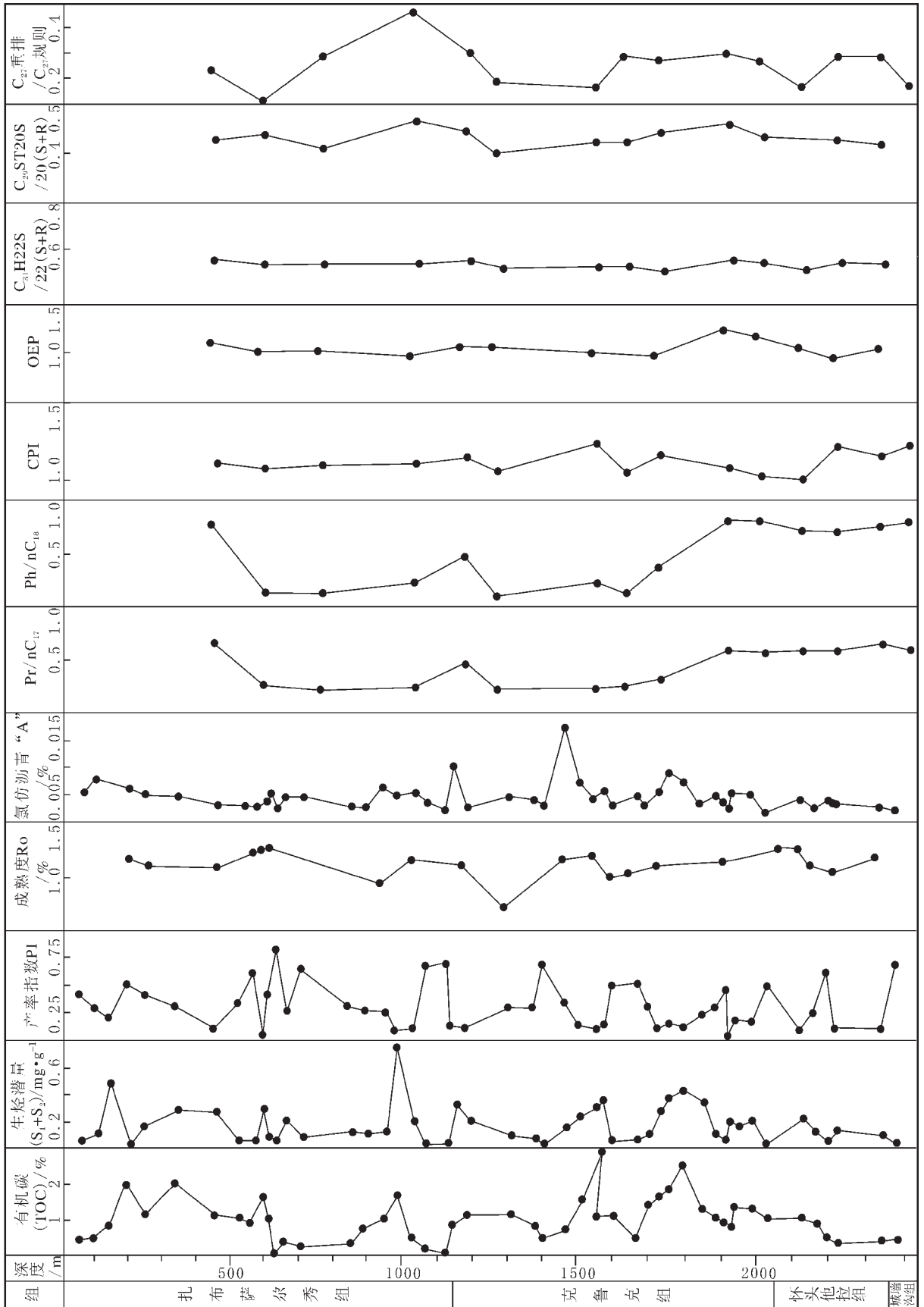


图6 石灰沟有机地球化学剖面
Fig.6 Organic geochemical section of Shihuigou

熟阶段,显示该地区具有良好的油气勘探前景。其中石灰沟地区烃源岩(包括暗色泥岩和碳酸盐岩)厚度最大,有机质丰度相对较高(图6)。泥质烃源岩平均有机碳含量为1.37%,碳酸盐岩烃源岩平均有机碳含量为0.36%,分别达到好的烃源岩及中等烃源岩的标准,烃源岩正处于生、排烃高峰期,为有利的生油区,生烃潜力比较大。

5 结论与认识

(1)柴东地区石炭系烃源岩类型丰富,暗色泥岩、碳酸盐岩、煤及炭质泥岩均有发育,其中暗色泥岩和碳酸盐岩厚度大、分布广泛、丰度高,为主要烃源岩。下石炭统烃源岩以碳酸盐岩为主,上石炭统烃源岩以暗色泥岩为主。

(2)泥质烃源岩有机质丰度平均为1.13%,有机质类型以Ⅲ型和Ⅱ₂型为主,为中等—好的烃源岩;碳酸盐岩有机质丰度较低,平均为0.26%,有机质类型较好,为Ⅱ₁和Ⅱ₂型,为中等—差的烃源岩。研究区除都兰地区有机质成熟度过高,处于过成熟的生干气阶段外,其他地区有机质成熟度中等,正处于生、排烃高峰期,具有良好的油气勘探前景。

(3)石灰沟地区烃源岩厚度大,泥质烃源岩和碳酸盐岩烃源岩分别达到好的烃源岩及中等烃源岩的标准,有机质成熟度中等,生烃潜力较大。

参考文献:

[1]中国石油地质志编写组.中国石油地质志(卷十四)·青藏油气区[M].北京:石油工业出版社,1990.38-40.
 [2]李守军,张洪.柴达木盆地石炭系地层特征与分布[J].地质科技情报,2000,19(1):1-4.
 [3]王训练,高金,张海军,等.柴达木盆地北缘石炭系顶、底界线再认识[J].地学前缘,2002,9(3):65-72.
 [4]翟光明,徐凤银,李建青.重新认识柴达木盆地力争油气勘探获得新突破[J].石油学报,1997,18(2):1-7.

[5]汤良杰,金之钧,张明利,等.柴达木盆地北缘构造演化与油气成藏阶段[J].石油勘探与开发,2000,27(2):36-39.
 [6]于会娟,刘洛夫,赵磊.柴达木盆地东部地区古生界烃源岩研究[J].石油大学学报,2001,25(4):24-30.
 [7]刘洛夫.柴达木盆地东部地区烃源岩的生源与沉积环境[J].古地理学报,2001,3(2):82-91.
 [8]文志刚,王正允,何幼斌,等.柴达木盆地北缘上石炭统烃源岩评价[J].天然气地球科学,2004,15(2):125-127.
 [9]孟祥祥,房嫒,徐永昌,等.柴达木盆地石炭系烃源岩和煤岩生物标志物特征及其地球化学意义[J].沉积学报,2004,22(4):729-736.
 [10]陈建平,赵长毅,何忠华.煤系有机质生烃潜力评价标准探讨[J].石油勘探与开发,1997,24(1):1-5.
 [11]赵靖舟.塔里木盆地北部寒武—奥陶系海相烃源岩重新认识[J].沉积学报,2001,19(1):117-124.
 [12]郝石生,王飞宇,高岗,等.下古生界高过成熟烃源岩特征和评价[J].勘探家,1996,1(2):25-32.
 [13]秦建中.中国烃源岩[M].北京:科学出版社,2005.252-258.
 [14]张渠,秦建中,范明,等.松潘—阿坝地区下古生界烃源岩评价[J].石油试验地质,2003,25(增):582-584.
 [15]夏新宇,戴金星.碳酸盐岩生烃指标及生烃量评价的新认识[J].石油学报,2000,21(4):36-41.
 [16]孟元林,肖丽华,杨俊生,等.风化作用对西宁盆地野外露头有机质性质的影响及校正[J].地球化学,1999,28(1):42-50.
 [17]王玉华,侯启军,孙德君,等.柴达木盆地北缘地区中新世地层油气生成与资源评价[M].北京:科学出版社,2004.18-27.
 [18]戴金星,刘德良,曹高社,等.华北盆地南缘寒武系烃源岩[M].北京:石油工业出版社,2005.63-81.
 [19]张君峰,王东良,秦建中,等.青藏高原地面露头样品风化校正研究[J].石油实验地质,2001,23(3):297-300.
 [20]李延钧,陈义才,杨远聪,等.鄂尔多斯下古生界碳酸盐烃源岩评价与成烃特征[J].石油与天然气地质,1999,20(4):349-353.
 [21]王飞宇,何萍,程顶胜,等.下古生界高—过成熟烃源岩有机成熟度评价[J].天然气地球科学,1994,5(6):1-14.