

文章编号:1672-9854(2008)-01-0033-04

青藏高原羌 D2 井海相烃源岩评价和油源对比

刘伟,曾花森

(大庆油田有限责任公司勘探开发研究院)



刘伟

摘 要 南羌塘坳陷 D2 井中侏罗统曲布组海相碳酸盐岩大部分为差—好烃源岩级别,少部分为非烃源岩级别,有机质母质类型以 II 型为主,热演化处于成熟—高成熟阶段。油源对比分析表明,羌 D2 井曲布组白云岩和含沥青角砾岩中油质沥青来自该组地层灰岩烃源岩,具自生自储性质。同时,中侏罗统雀莫错组灰黑色泥页岩作为烃源层也存在提供油源的可能性。

关键词 羌塘盆地;碳酸盐岩;烃源岩评价;油源对比

中图分类号:TE125.2

文献标识码:A

刘伟 1959 年生,工程师。长期从事油气地质综合研究工作,发表论文 20 余篇。通讯地址:163712 黑龙江省大庆市;电话:(0459)5508121

1 碳酸盐岩烃源岩评价标准的选取

由于各地的海相碳酸盐岩地层的发育情况不一,制定的标准相差很大,特别是不同的成熟度、丰度等因素影响了标准的制定。截止目前,还没有统一的海相烃源岩的评价标准,如贾承造^[1]主张和世界碳酸盐岩生烃评价接轨,烃源岩的划分采用 Peters 等^[2]提出的标准,以 0.5% 作为海相具有商业性价值的烃源岩有机碳的下限值;还有秦建中等^[3]在海相碳酸盐烃源岩的评价标准和反应机理探讨一节,通过大量实验,给出不同有机质类型与成熟演化阶段的碳酸盐岩评价标准,认为未成熟—成熟有机碳下限值为 0.3%,而高成熟—过成熟有机碳下限值为 0.2%~0.4% (I—II₁型与 II 型)。因此,目

前一般评价标准都是以研究区碳酸盐岩有机碳丰度值为基准而定的。

羌 D2 井位于南羌塘坳陷带内,取样目的层为中侏罗统曲布组 (J₂b),是以海相碳酸盐岩为主的地层,完钻深度为 847.47 m,岩性为灰色、深灰色微晶灰岩、棕灰色晶粒灰岩夹晶粒白云岩,偶见核形石灰岩、砂屑灰岩、生物介壳灰岩、藻屑灰岩。羌 D2 井提取的岩芯多具碎块状、角砾状结构,并被灰白色、肉红色方解石胶结、充填。羌 D2 井碳酸盐岩样品,其有机碳含量大多小于 0.1%。据此,采用了赵政璋^[4]根据青藏高原羌塘盆地海相地层烃源岩排烃模拟实验结果,制定了高成熟—过成熟碳酸盐岩的划分标准 (表 1),并在研究区得到了很好的应用^[5]。

表 1 高成熟和过成熟海相烃源岩有机质丰度划分标准^[4]

| 演化阶段 | 岩性 | 有机质类型 | 指标 | 烃源岩类别 | | | | |
|---------|------|-----------------------|-----|-------|-----------|-----------|-----------|-------|
| | | | | 很好 | 好 | 中等 | 差 | 非烃源岩 |
| 高成熟—过成熟 | 碳酸盐岩 | 腐泥型 I—II ₁ | TOC | >0.55 | 0.30~0.55 | 0.15~0.30 | 0.05~0.15 | <0.05 |

收稿日期:2007-11-26

本文为“第十一届全国有机地球化学学术会议”(2007.10.20—28)交流论文

2 有机质的地化特征

2.1 有机质丰度

羌 D2 井实验室分析有机碳样品全为生物灰岩、藻屑灰岩和白云岩。灰岩的有机碳含量和氯仿沥青“A”分析结果表明,有机碳含量介于 0.01%~0.33%,其中小于 0.10%的占 90%,0.15%~0.25%的占 5%,大于 0.25%的占 5%,平均值 0.07%;氯仿沥青“A”含量 0.0001%~0.0055%,平均 0.0011%;生烃潜量 0~0.32 mg/g;氯仿沥青“A”族组分为饱和烃 16.06%~43.41%、芳烃 3.19%~26.24%、非烃 33.69%~64.17%、沥青质 4.96%~19.77%。从不同碳酸盐岩类型来看,以浅灰色碎斑状微晶灰岩、黑色碎斑状藻屑微晶灰岩、灰黑色介壳灰岩的有机质丰度稍高。这些有机质丰度的辅助指标同样显示出非—差烃源岩的有机质质量。综合评价羌 D2 井中侏罗统曲布组大部分为差—好烃源岩级别,少部分为非烃源岩级别。

2.2 有机质类型

羌 D2 井曲布组烃源岩干酪根显微组分中腐泥组分 71%~94%,占有一定的优势,表明有机质类型属于腐泥型(I型)或腐殖—腐泥型(混合 II₁型),但以混合 II₁型为主。

羌 D2 井曲布组藻灰岩干酪根 H/C 原子比为 0.37~0.98, O/C 原子比为 0.06~0.35,主体处于 II₁—II₂ 型区间。有机质母质类型以 II 型为主, I 型次之。

一般认为, I 型有机质类型 $\delta^{13}\text{C}$ 介于 -35‰~-30‰, II 型的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 -30‰~-25‰, III 型的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 $\geq -25\text{‰}$ ^[6]。羌塘盆地羌 D2 井曲布组烃源岩干酪根的 $\delta^{13}\text{C}$ 介于 -27.7‰~-24.3‰之间,总体显示有机质类型为混合 II₁ 型。

烃源岩正烷烃呈单峰型分布,碳数范围 nC_{14} ~ nC_{32} ,主峰碳数分布于 nC_{21} ~ nC_{29} 之间,质量分数占 90%以上,但以 nC_{25} 为主。 $(\text{C}_{21}+\text{C}_{22})/(\text{C}_{28}+\text{C}_{29})$ 值介于 0.11~4.48 之间;轻重组分比值 ($\text{nC}_{21}/\text{nC}_{22+}$) 约为 0.03~1.30。轻重组分都占有一定的比例,表明有机质类型总体具有混合型的基本特征。

羌塘盆地羌 D2 井曲布组烃源岩中普遍检出了孕甾烷($\text{C}_{27}\text{H}_{46}$)和升孕甾烷($\text{C}_{28}\text{H}_{48}$),但含量较低,其母质来源主要为水生低等生物。一般认为,

C_{27} 甾烷占优势反映以低等水生物输入为主, C_{29} 甾烷占优势则反映以陆生高等植物有机质的输入为主^[7]。甾烷 $\text{C}_{27}/\text{C}_{29}$ 值介于 0.40~1.24 之间,但多数小于 1.0,表明烃源岩有机母质构成中,既有较高份额的高等植物,又有一定比例的低等水生物混合输入的特点。

烃源岩中普遍检出了三萜烷系列化合物,其碳数分布为 nC_{19} ~ nC_{29} ,且以 nC_{17} 、 nC_{18} 、 nC_{20} 、 nC_{22} 、 nC_{23} 、 nC_{24} 、 nC_{25} 为主,代表了有机母质中具有有一定份额低等生物的输入特征。五环三萜烷包括 C_{29} ~ C_{30} 藿烷类,其中以 C_{30} 藿烷成分占优势。烃源岩中检出的 C_{31} ~ C_{35} 升藿烷,相对含量较低,是水生低等生物输入的标志。伽马蜡烷普遍存在,烃源岩伽马蜡烷/ $(\text{C}_{31} (22\text{S}+22\text{R})/2)$ 值为 0.66~2.35。藿烷的构成表明原始母质类型既有低等水生生物,也有高等植物,应为混合型。

综上,羌塘盆地羌 D2 井曲布组烃源岩有机质类型主要表现为混合型,有机母质构成中,既有较高份额的高等植物,又有一定比例的低等水生物混合输入的特点,表现为 II₁—II₂ 型,但以 II₁ 型为主。

2.3 有机质成熟度

羌塘盆地羌 D2 井曲布组烃源岩 R_o 为 0.60%~1.36%,但多数介于 0.60%~1.30%之间。仅从 R_o 值分布来看,烃源岩总体处于成熟—高成熟阶段。岩石热解分析最高热解温度 (T_{max}) 为 439℃~500℃,平均为 475.5℃,表明有机质成熟度达到了高成熟演化阶段。羌塘盆地羌 D2 井曲布组烃源岩干酪根腐泥组(无定形组)的颜色以棕黄色为主,其次为棕色、棕褐色,揭示了处于成熟—高成熟阶段的基本特征。羌塘盆地羌 D2 井曲布组烃源岩正烷烃碳数范围多数为 nC_1 ~ nC_{32} ,主峰碳数以 nC_{25} 为主, OEP (碳奇偶优势指数) 值介于 0.95~1.23 之间,平均 1.10,略具奇碳优势,轻重组分比值 ($\text{nC}_{21}/\text{nC}_{22+}$) 为 0.03~1.30,具有成熟阶段的基本特征。

羌塘盆地羌 D2 井曲布组烃源岩甾烷参数 $\alpha\alpha\alpha\text{C}_{29}20\text{S}/(20\text{S}+20\text{R})$ 多数分布于 20%~45%之间;萜烷参数 $\alpha\beta\text{C}_{31}22\text{S}/(22\text{S}+22\text{R})$ 多数介于 50%~61%之间,均是成熟—高成熟阶段的充分证据。

羌塘盆地羌 D2 井曲布组烃源岩 Tm/Ts 值多数介于 0.6~1.3 之间,也表明热演化处于成熟—高成熟阶段。

3 油源对比分析

为了进一步了解和评价羌 D2 井含油白云岩、含沥青角砾岩含油层系的油气来源,对含油白云岩、含沥青角砾岩中沥青抽提物的有机地化参数与含油层上下烃源岩及区域烃源岩层系进行对比,根据油—岩之间的亲缘性,通过饱和烃气相色谱参数、生物标志化合物、单体烷烃碳同位素特征的对比分析以追踪油源。

3.1 饱和烃气相色谱参数对比

羌 D2 井含油白云岩、含沥青角砾岩中沥青抽提物饱和烃气相色谱主要参数与羌塘盆地主要层位烃源岩的对比可以看出(表 2),羌 D2 井含油白云岩中沥青抽提物饱和烃气相色谱参数与该组灰岩烃源岩的都比较接近,也与羌塘盆地曲布组、雀莫错组^[8]烃源岩的相近,显示出它们之间的亲缘关系。

表 2 羌塘盆地羌 D2 井含油、含沥青抽提物与羌塘盆地其它烃源岩饱和烃气相色谱参数对比

| 层 位 | | 碳数范围 | 主峰碳数 | OEP | Pr/Ph | Pr/nC ₁₇ | Ph/nC ₁₈ | nC ₂₁ /nC ₂₂ |
|------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|---------------------|---------------------|------------------------------------|
| 羌 D2 井 | 曲布组(J _{2b} 白云岩、 含沥青角砾岩) | nC ₁₄ ~nC ₃₂ | nC ₂₅ 为主,少数nC ₂₃ 、nC ₂₇ | 1.05~1.16 | 0.37~0.79 | 0.14~0.60 | 0.21~0.87 | 0.07~0.81 |
| | 曲布组(J _{2b} 烃源岩) | nC ₁₄ ~nC ₃₄ | nC ₂₅ 为主,少数nC ₂₄ 、nC ₂₇ | 0.95~1.23 | 0.33~0.67 | 0.11~0.67 | 0.15~1.24 | 0.03~0.69 |
| 羌 塘 盆 地 | 索瓦组(J _{3s}) | nC ₁₄ ~nC ₃₈ | nC ₂₅ 或nC ₂₁ 、nC ₂₃ 、nC ₂₆ | 0.93~1.35 | 0.36~0.53 | 0.09~0.43 | 0.13~0.75 | 0.17~0.85 |
| | 夏里组(J _{2x}) | nC ₁₄ ~nC ₃₇ | nC ₁₇ 为主,少数nC ₁₆ 、nC ₁₈ | 0.82~1.29 | 0.64~0.77 | 0.26~0.65 | 0.38~0.99 | 2.19~5.63 |
| | 曲布组(J _{2b}) | nC ₁₄ ~nC ₃₈ | nC ₂₅ 或nC ₂₃ 或nC ₂₁ | 1.03~1.13 | 0.48 | 0.47 | 0.75 | 1.55 |
| | 雀莫错组(J _{2q}) | nC ₁₄ ~nC ₃₈ | nC ₂₀ 或nC ₂₅ | 0.84~1.08 | 1.00 | 0.50 | 0.56 | 1.94 |
| | 曲色组(J _{1q}) | nC ₁₃ ~nC ₃₂ | nC ₁₇ 或nC ₁₈ | 1.05~1.42 | 0.84~1.31 | 0.50~0.55 | 0.55~0.56 | 2.93~3.24 |

3.2 生物标志化合物特征及其参数对比

从甾烷、萜烷有关参数的对比中也可以看出(表 3),羌 D2 井含油白云岩、含沥青角砾岩中油

质沥青的甾烷、萜烷有关参数与该组灰岩烃源岩(曲布组)和羌塘盆地主要层位曲布组、雀莫错组烃源岩的接近,显示出它们之间的亲缘关系,说明曲布组、雀莫错组均可能作为烃源层而提供油源。

表 3 羌塘盆地羌 D2 井油质沥青与羌塘盆地主要层位烃源岩的甾烷、萜烷参数对比

| 层 位 | | 甾烷参数 | | | 甾烷参数 | | | |
|--------|---------------------------------|-----------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| | | Tm/Ts | 22S/(22S+22R)-C ₂₉ 藿烷 (%) | C ₃₀ /C ₂₉ 藿烷 | C ₂₇ /C ₂₉ | C ₂₈ /C ₂₉ | ββ-C ₂₉ / Σ C ₂₉ (%) | 20S/(20S+20R)-C ₂₉ (%) |
| 羌 D2 井 | 曲布组(J _{2b} 白云岩、含沥青角砾岩) | 0.90~2.13 | 40.83~61.68 | 1.57~2.80 | 0.57~1.17 | 0.32~0.62 | 24.54~45.93 | 21.03~41.83 |
| | 曲布组(J _{2b} 烃源岩) | 0.60~2.12 | 48.45~61.09 | 1.85~2.94 | 0.40~1.24 | 0.30~0.74 | 16.26~45.80 | 17.04~41.85 |
| 羌塘地区 | 夏里组(J _{2x}) | 0.54~0.90 | 58~62 | 1.43~2.08 | 1.11~1.39 | 0.29~0.74 | 58~88 | 28~42 |
| | 曲布组(J _{2b}) | 0.37~0.62 | 58~61 | 0.73~1.79 | 0.15~1.93 | 0.11~0.87 | 49~53 | 36~48 |
| | 雀莫错组(J _{2q}) | 0.16~1.72 | 60~65 | 1.30~1.41 | 0.15~1.47 | 0.11~0.74 | 49~58 | 22~42 |
| | 曲色组(J _{1q}) | 0.23~2.00 | 55~61 | 1.45~8.33 | 0.40~1.41 | 0.28~0.59 | 41~87 | 22~57 |

3.3 单体烷烃碳同位素特征分析

利用 GC-MS 技术,测试了羌 D2 井含沥青角砾岩、含油白云岩和石灰岩中正构单体烷烃碳同位素($\delta^{13}\text{C}$)组成特征,检测范围 nC₁₅~nC₃₁,进一步探讨油岩关系。

含沥青角砾岩中油质沥青正构单体烷烃碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 介于-29.6‰~-24.6‰之间,含油白云岩中油质沥青的 $\delta^{13}\text{C}$ 位于-29.36‰~-22.8‰之间,石灰岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 为-31.7‰~-25.3‰,它们的正构烷烃单体碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 均大于-32‰,组成特征相似。同时,它们总体上表现为从低碳数到高碳数正构单体烷烃碳同位

素 $\delta^{13}\text{C}$ 呈由高到低分布, 分布呈较弱的锯齿状, 反映了它们在生物母源上的同源特征。

综上所述, 通过对含油白云岩、含沥青角砾岩中油质沥青、灰岩烃源岩之间饱和烃气相色谱参数、生物标志化合物、单体烷烃碳同位素特征的对比分析, 认为羌 D2 井曲布组白云岩、含沥青角砾岩中油质沥青来自该组灰岩烃源岩, 具自生自储性质。同时, 雀莫错组灰黑色泥页岩作为烃源层也存在提供油源的可能性。

参考文献

- [1] 贾承造, 张水昌, 梁狄刚, 等. 塔里木盆地海相油气的生成 [M]//贾承造. 塔里木盆地石油地质与勘探丛书 卷七. 北京: 石油工业出版社, 2004: 19-23.
- [2] Peters K E, Cassa M R. Applied source rock geochemistry [R]//Magoon L B, Dow W G.. The Petroleum System: From Source to Trap. AAPG Memoir, 1994, 60: 93-117.
- [3] 秦建中, 李恋, 刘宝泉, 等. 中国烃源岩 [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 220-230.
- [4] 赵政璋, 秦建中, 许怀先, 等. 青藏高原海相烃源岩层的油气生成 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 42-74.
- [5] 钱志浩, 曹寅. 高和过成熟海相烃源岩分析项目的选择 [R]//中国石化石油勘探开发研究院. 油气地球化学研究论文集, 2005: 221-227.
- [6] 王大锐. 油气稳定同位素地球化学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2000: 174-206.
- [7] 黄第藩, 李晋超, 周翥虹, 等. 陆相有机质演化和生烃机理 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1984: 88-143.
- [8] 秦建中. 青藏高原羌塘盆地油源及运移过程 [J]. 石油实验地质, 2006, 28(5): 450-456.

编辑: 金顺爱

Carbonate Source Rock Evaluation and Oil-source Correlation in Well Qiang-D2 in Tibetan Plateau

Liu Wei, Zeng Huasen

Abstract: The Mid-Jurassic Qubu carbonate core samples were collected from Well Qiang-D2 that lies in the South Qiangtang Depression of Tibetan plateau. The Qubu carbonate rock consists mainly of gray to dark-gray micrite, gray-brown grainy limestone containing grainy dolostone. Geochemical analysis shows that the Qubu rock varies in maturity from mature to high mature. Most of the rock are poor to good source rock with dominating Type-II organic matter. The oil-source correlation displays that the asphalt diffused within Qubu dolostone and oily breccia comes from the Qubu limestone source rock. Besides, the Quemucuo dark-gray shale probably is another source rock supplied.

Key words: Carbonate rock; Source rock evaluation; Oil-source correlation; Qiangtang Basin

Liu Wei: female, Geologist. Add: Exploration Development Research Institute of Daqing Oilfield Company Ltd., Daqing, Heilongjiang, 163712 China