

## 羌塘盆地羌资5井二叠系展金组 烃源岩基本特征

曹峻锋<sup>1,2</sup>, 宋春彦<sup>1,2</sup>, 付修根<sup>1,2</sup>, 陈明<sup>1,2</sup>, 郑博<sup>1,2</sup>, 孙伟<sup>1,2</sup>

(1 中国地质调查局成都地质调查中心; 2 国土资源部沉积盆地与油气资源重点实验室)

**摘要** 前人对羌塘盆地的烃源岩研究资料主要来源于中生界地表露头, 少见古生界的。对羌资5井二叠系展金组烃源岩的钻井岩心研究表明, 其有机碳含量高, 平均值达到1.15%, 属于好烃源岩。干酪根显微组分主要为Ⅲ型, 其次为Ⅱ<sub>2</sub>型; 有机质主要来自于海相低等水生生物, 热演化已达到成熟阶段。烃源岩具较好的生气能力。认为井下烃源岩样品虽显示其处于有机质演化成熟阶段, 但因受后期构造抬升的影响, 推测二叠系深部未知的烃源岩可能尚处于高成熟—过成熟阶段。羌塘盆地二叠系具有较好的勘探前景, 油气勘探可向深部古生界开展。

**关键词** 羌塘盆地; 二叠系; 展金组; 烃源岩; 有机地球化学特征; 有机质成熟度

中图分类号: TE135+.3

文献标识码: A

### 1 概况

羌塘盆地位于青藏高原的藏北地区, 在构造上处于全球油气产量最高、储量最丰的特提斯构造域中段<sup>[1]</sup>, 面积约 $18 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地南北分别以班公湖—怒江缝合带和可可西里—金沙江缝合带为边界。同时, 盆地内部的中央隆起带又将盆地分

隔成北羌塘和南羌塘两个拗陷<sup>[2]</sup>(图1)。目前, 羌塘盆地的勘探仍处于较低水平, 对烃源岩的研究主要集中在中生界, 即上侏罗统索瓦组、中侏罗统夏里组和布曲组以及上三叠统肖茶卡组, 这些烃源岩主要以碳酸盐岩、泥质岩和油页岩三类岩性为主<sup>[3]</sup>。前两类烃源岩分布广泛, 后一类的有机质特别富集。

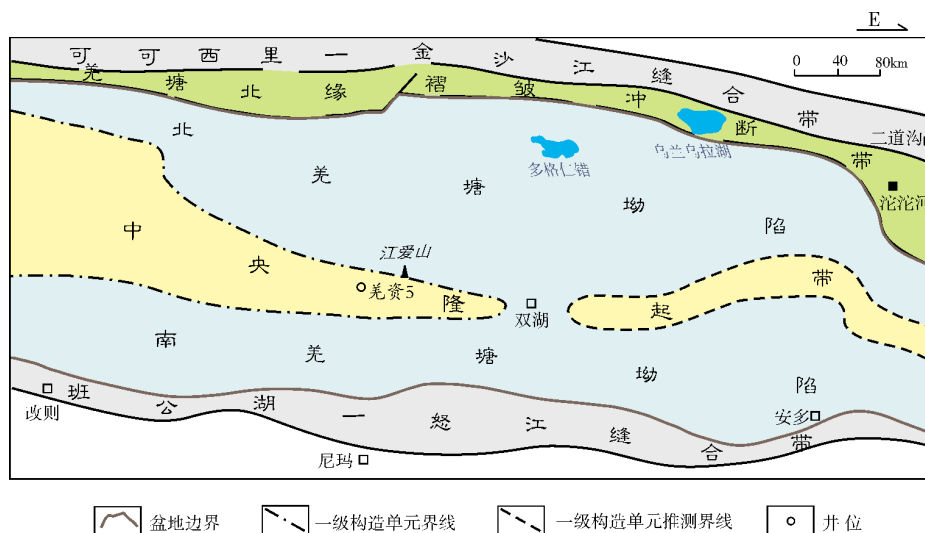


图1 羌塘盆地构造及钻井位置(据文献[9], 有修改)

收稿日期: 2014-04-02; 改回日期: 2014-07-28

本文受中国地质调查局“青藏地区海相碳酸盐岩成藏条件与有利勘探区带评价”(编号: 2011ZX05004-001-06)资助

曹峻锋: 1984年生, 助理工程师。2011年毕业于成都理工大学石油地质学专业, 主要从事石油地质相关工作。通讯地址: 610081 四川省成都市一环路北三段2号; Email: 56877950@qq.com

通过对近年来烃源岩文献<sup>[4-9]</sup>的阅读发现:由于盆地地处高原,受交通条件和野外地质调查条件差的限制,烃源岩研究中所获得的数据资料多来源于地表露头剖面,缺乏地下资料;而且,地表露头均以中生代为主,少见古生代地层。2012年,中国地质调查局成都地质调查中心在羌塘盆地中央隆起带完成了一口深1001.4 m的钻井——羌资5井(钻井位置见图1),钻遇的地层主要为二叠系龙格组与展金组。在展金组岩心段中见有大量灰黑色—黑色的泥岩和粉砂质泥岩。

本文拟通过对羌资5井二叠系展金组泥岩和粉砂质泥岩烃源岩样品进行研究分析,以揭示羌塘盆地二叠系烃源岩的生油前景。

展金组主要发育有三种岩性,分别是灰黑色—黑色泥岩和粉砂质泥岩、墨绿色块状火山角砾岩以及浅灰色粉晶和细晶白云岩。适宜作为烃源岩的泥岩和粉砂质泥岩,发育深度在413~731 m。在泥岩和粉砂质泥岩中,局部含有一些凝灰质,产有丰富的蠕、腕足、苔藓虫、海绵、海百合茎、珊瑚等生物化石,但保存较差。

根据1:25万区域地质报告,在距离羌资5井最近的露头剖面上,展金组层序地层由海侵体系域(TST)和高水位体系域(HST)组成。其中,TST由斜坡相的浊积碳酸盐岩、凝灰质碎屑岩及泥岩组成,总体表现为向上变细的退积叠置结构,准层序组向上加深。HST也由斜坡相的浊积碳酸盐岩、凝灰质碎屑岩及泥岩组成,但表现为一向上粗碎屑逐渐增多的进积结构,准层序组向上变浅。同时,剖面上可见有不同组合形式的鲍马序列,以及蠕、腕足、苔藓虫、海绵、海百合茎、珊瑚等保存较差的生物。根据岩性组合以及古生物发育特征,反映出展金组为一套浅海斜坡相的沉积。

本次研究所测试的样品(12个)全部取自刚打捞起的钻井岩心,岩心自井下打捞起后立即取样装入样品袋,避免了因与外界过多接触而被污染。样品分别送往华北油田勘探开发研究院生油室(样品序号1—8)和成都理工大学石油地质及工程专业实验室(样品序号9—12)进行测试,分析项目包括总有机碳、岩石热解、氯仿沥青“A”、族组分、镜质组反射率( $R_o$ )、饱和和烃色质分析、干酪根镜鉴、干酪根元素。

## 2 有机质丰度

根据近年来对青藏高原石油地质的调查和研究,已将残余有机碳含量0.4%作为泥质烃源岩的下限<sup>[10]</sup>。本文主要采用残余有机碳含量(TOC)、残余生

烃潜力( $S_1+S_2$ )、残余氯仿沥青“A”三类指标对烃源岩的有机质丰度进行评价(文中若无特别说明,这三项丰度指标分别简称为TOC、 $S_1+S_2$ 和沥青“A”)。其间,以TOC划分标准为主要依据,以 $S_1+S_2$ 、沥青“A”作为辅助指标,当TOC与 $S_1+S_2$ 判断烃源岩发生矛盾时,以TOC为准。

根据羌资5井12个样品的测试数据(表1):展金组烃源岩的TOC为0.62%~1.42%,平均值为1.15%,根据评定标准,井下烃源岩样品的TOC以达到“好”烃源岩为主,两个样品属于“中等”烃源岩; $S_1+S_2$ 为0.14~0.68 mg/g,平均值为0.46 mg/g;沥青“A”含量为0.0024%~0.1361%,平均值为0.0319%。在测试数据中,TOC数值达到“好”烃源岩的标准,但沥青“A”值和 $S_1+S_2$ 值均较低,这应当是因为在烃源岩演化过程中烃类生成的历史较长、排烃较多所造成的。按前文所述,以TOC作为划分烃源岩好坏的主要标准,故将烃源岩有机质丰度评价为“好”。

表1 羌塘盆地羌资5井二叠系展金组有机质丰度测试数据表

样品序号	TOC (%)	$S_1+S_2$ (mg/g)	氯仿沥青“A” (%)
1	1.14	0.58	0.0161
2	1.42	0.50	0.0224
3	1.27	0.47	0.0157
4	1.08	0.57	0.0129
5	0.62	0.33	0.0155
6	1.41	0.49	0.0159
7	1.38	0.52	0.0193
8	1.38	0.67	0.0169
9	1.15	0.68	0.0300
10	1.26	0.33	0.1361
11	0.62	0.14	0.0024
12	1.10	0.23	0.0797
平均值	1.15	0.46	0.0319

\* 样品1—8号由华北油田勘探开发研究院生油室测试;  
样品9—12号由成都理工大学石油地质及工程专业实验室测试

## 3 有机质类型

### 3.1 不溶有机质

#### 3.1.1 干酪根显微组分

干酪根镜鉴是识别干酪根最直接和有效的方

法。8个展金组样品的干酪根镜鉴(表2)显示:干酪根中以腐泥组占绝对优势(其含量在42%~49%,平均值46%),其次为惰质组(含量在29%~38%,平均值33%)和镜质组(含量在15%~25%,平均值21%),基本不含壳质组和沥青组。腐泥组是主要的生烃有机质类型,具有很强的生烃能力及排烃效率,同时,腐泥组主要由低等水生植物(藻类)和部分浮游动物的遗体经过腐泥化作用而形成,它们形成于滞水厌氧环境<sup>[11]</sup>,这也反映出物源主要来自于海相。

表2 羌塘盆地羌资 5 井二叠系展金组烃源岩干酪根显微组分测试数据表

样品序号*	腐泥组 (%)	壳质组 (%)	沥青组 (%)	腐植无定形 (%)	镜质组 (%)	惰质组 (%)	腐泥组颜色
1	46	0	0	0	25	29	棕黄
2	47	0	0	0	20	33	棕黄
3	48	0	0	0	22	30	棕黄
4	42	0	0	0	25	33	棕黄
5	49	0	0	0	20	31	棕黄
6	46	0	0	0	19	35	棕黄
7	47	0	0	0	15	38	棕黄
8	46	0	0	0	18	36	棕黄
平均值	46	0	0	0	21	33	

\* 样品 9—12 号无此项测试数据,故在表中未列入和计算

另外,样品测试单位根据干酪根显微组分百分含量所计算的类型指数(TI)(见公式1)对干酪根类型进行了判断。类型指数的计算公式为:

$$TI = (\text{腐泥组} \times 100 + \text{壳质组} \times 50 - \text{镜质组} \times 75 - \text{惰质组} \times 100) / 100 \quad (1)$$

据公式(1)计算的结果(见表3),展金组烃源岩干酪根的 TI 值在-9.75~3.00,平均值为-2.13。根据干酪根类型指数判断,烃源岩以Ⅲ型干酪根为主,其次为Ⅱ<sub>2</sub>型干酪根(表3),烃源岩具有较好的生气能力。

### 3.1.2 数值化干酪根指数

自然界中不同来源、不同组成的有机质可以不同比例混合,因而实际样品的生烃能力应是连续变化、逐渐过渡的数值系列。数值化干酪根指数(KTI)能连续反映有机质生烃能力的变化,并能够综合多

种变量,全面准确地反映干酪根的生烃能力。在热演化程度较高时,KTI 能更好地用于鉴定出干酪根的“本来”类型。KTI 值分布在 0~100 的范围之内,其值大小与不同干酪根的生油潜力相对应,值越高,生烃潜力越大,从而达到了将干酪根类型数值化的目的<sup>[11-12]</sup>。干酪根指数的计算公式为:

$$KTI = 405.12 \times (H/C)^2 \times (O/C) + 7.47 \div (O/C) - 4.09 \div (H/C)^2 - 696.14 \times (H/C \times O/C)^2 + 47.06 \times (O/C) \div (H/C)^2 - 0.1 \div (O/C)^2 - 60.87 \quad (2)$$

式中: H/C 和 O/C 分别为干酪根元素分析所取得的氢碳原子比和氧碳原子比。

根据(2)式计算的结果(见表3),并结合参考文献中所提出的划分标准<sup>[11-12]</sup>可知,羌资 5 井展金组烃源岩以Ⅱ型为主,其次为Ⅲ<sub>1</sub>型。KTI 得出的干酪根类型与镜鉴结果略有差异,但大部分相同(表3)。通过 KTI 的分析研究,验证了展金组烃源岩具有较好的生烃潜力。

### 3.1.3 干酪根元素分析

据杜佰伟等<sup>[13]</sup>研究表明,干酪根纯度小于 50% 时,或者干酪根中碳含量小于 30% 时,氢碳比(H/C)原则上就不能使用了。同时,在烃源岩成熟度较高的时候,所有有机质的氢碳原子比(H/C)与氧碳原子比(O/C)都会降低。这时,主要依靠投点到范氏图来对干酪根类型进行判定。根据对展金组烃源岩的测试数据(表3),H/C 为 0.49~0.54, O/C 为 0.06~0.07;投点在范氏图(图2)上,4 个点落于Ⅱ型区域,4 个点落于Ⅲ型区域。这与干酪根镜鉴的结果有两个点存在着差异,但总体结果较为一致。

表3 羌塘盆地羌资 5 井二叠系展金组烃源岩干酪根类型与元素分析表

样品序号	TI	KTI	干酪根类型		H/C	O/C
			据 TI	据 KTI		
1	-1.75	39.54	Ⅲ	Ⅲ <sub>1</sub>	0.54	0.06
2	-1.00	49.33	Ⅲ	Ⅱ	0.50	0.07
3	1.50	45.46	Ⅱ <sub>2</sub>	Ⅱ	0.51	0.06
4	-9.75	39.40	Ⅲ	Ⅲ <sub>1</sub>	0.50	0.06
5	3.00	48.15	Ⅱ <sub>2</sub>	Ⅱ	0.50	0.07
6	-3.25	47.74	Ⅲ	Ⅱ	0.49	0.07
7	-2.25	48.92	Ⅲ	Ⅱ	0.49	0.07
8	-3.50	38.98	Ⅲ	Ⅲ <sub>1</sub>	0.54	0.06
平均值	-2.13	44.69			0.51	0.07

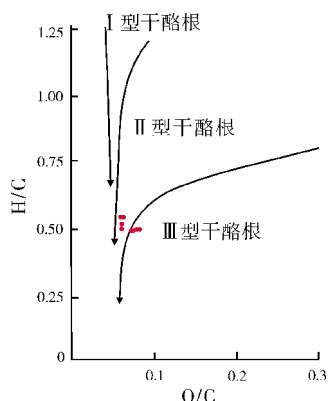


图2 羌塘盆地羌资5井二叠系展金组  
烃源岩样品范氏图

## 3.2 可溶有机质

### 3.2.1 氯仿沥青“A”的族组分特征

通常情况下,类型越好的干酪根,其生成的氯仿抽提物中饱和烃含量越高<sup>[11]</sup>。这种判别对低成熟及未经明显蚀变的样品是适用的。考虑到羌资5井的样品均已达到成熟阶段,故这种方法在本研究中仅作为对有机质类型判别的参考手段。12个展金组烃源岩样品的族组分含量分析表明:饱和烃含量的范围为8.3%~32.98%,平均值为22.52%;芳香烃的含量变化为5.00%~28.47%,含量平均值为14.94%;饱和烃与芳香烃比值范围为0.37~4.22,平均值为1.93;非烃+沥青质变化范围为27.82%~66.53%,平均值为47.88%。将数据投点在族组分分析三角图(图3)上,可见数据点比较靠近非烃+沥青质以及饱和烃一侧。由此,依据各组分的含量确定干酪根类型以Ⅲ型为主,也有少量的Ⅱ<sub>2</sub>型,这与干酪根镜鉴分析结果基本一致。

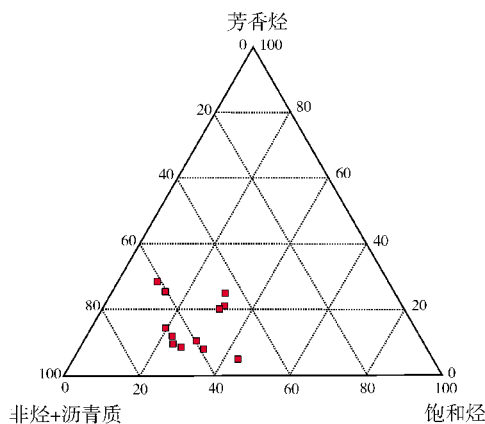


图3 羌塘盆地羌资5井二叠系展金组  
族组分分析图

### 3.2.2 饱和烃气相色谱特征

从展金组 11 个有效样品中, 烃的碳数分布范围在  $nC_{15}$ ~ $nC_{28}$ , 其中有 7 个样品的正构烷烃图谱表现出前高单峰型或前高后低的双峰型分布, 具有低碳数优势, 主峰碳为  $nC_{15}$ 、 $nC_{16}$  或  $nC_{17}$ , 另外有 4 个样品的主峰碳为  $nC_{25}$ ~ $nC_{28}$ 。而 CPI/OEP 范围主要为 0.95~1.25, 奇/偶碳优势不明显, 这说明母质既有来源于藻类等水生生物的, 同时也有陆源有机质的。羌资 5 井的 Pr/Ph 值为 0.53~1.16, 平均值为 0.85, 植烷优势较明显, 说明生烃母质处于还原—弱还原—弱氧化环境, 以还原环境为主。同时, 前人的研究<sup>[14-15]</sup>表明, 通过应用异戊二烯烷烃的相关图可以有效地区分母质类型。从图 4 可看出, 样品主要落在海相区域, 这表明羌资 5 井烃源岩的母质来源以海相为主。

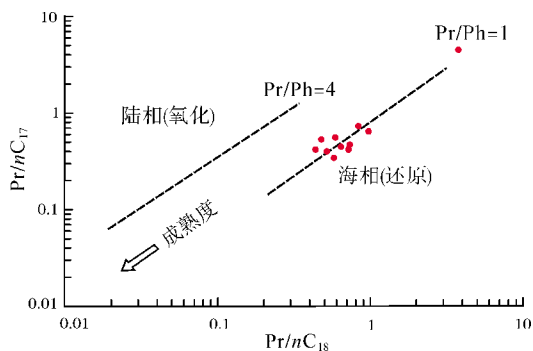


图4 应用异戊二烯烷烃确定羌塘盆地展金组烃源岩  
母质类型(据文献[14]修改)

### 3.2.3 生物标志化合物特征

大部分的生物标志化合物都有特定的来源, 这就使得它们能成为示踪生物输入的有效指标。本次研究利用卢双舫等<sup>[11]</sup>的  $\alpha\alpha\alpha$ - $C_{27}$ — $C_{28}$ — $C_{29}$  甾烷含量三角图(图5)以识别有机质类型。如图所示, 样品点较为集中, 且偏向  $\alpha\alpha\alpha$ - $C_{29}$ (20R) 和  $\alpha\alpha\alpha$ - $C_{27}$ (20R) 一侧, 按照图版的干酪根划分方法, 样品基本都落于Ⅲ型干酪根区域, 这与有机质显微组分的分析基本一致。

综合以上分析, 羌塘盆地羌资 5 井展金组烃源岩的干酪根类型以Ⅲ型为主, 它们具有较好的生气潜力。

## 4 有机质成熟度

### 4.1 镜质组反射率

镜质组反射率( $R_o$ )生油门限值是反映烃源岩有机质演化和成熟度的经典地球化学指标, 尤其对于



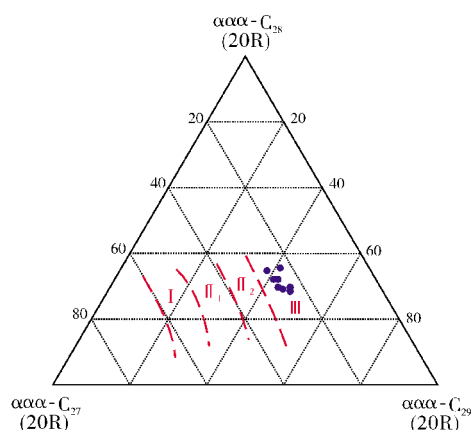


图5 羌塘盆地二叠系展金组烃源岩  $\alpha\alpha\alpha\text{-C}_{27}\text{—C}_{28}\text{—C}_{29}$  烷含量三角图(据文献[11]修改)

Ⅱ型和Ⅲ型干酪根很有效。羌资5井烃源岩 $R_o$ 的测定结果(表4)显示, $R_o$ 值全部大于0.8%(最小值0.89%,最大值为1.44%,平均值为1.10%),这表明研究样品的有机质热演化程度较高,基本都处于成熟阶段,少数样品处于高成熟阶段。

表4 羌塘盆地羌资5井二叠系展金组烃源岩有机质热演化数据表

样品序号	$R_o$ (%)	$T_{max}$ (°C)	$CPI$	$OEP$	$Ts/(Tm+Ts)$
1	1.06	498	1.17	0.95	0.55
2	1.11	501	1.18	1.04	0.56
3	1.12	504	1.13	1.00	0.54
4	1.13	496	1.10	1.05	0.56
5	1.13	491	1.13	1.05	0.55
6	1.10	488	1.08	1.14	0.46
7	1.10	501	1.13	1.00	0.32
8	1.10	492	1.12	1.07	0.48
9	0.89	461	0.97	0.95	0
10	1.05	468	0.66	0.83	0
11	1.01	489	1.16	1.20	0
12	1.44	498	0	0	0
平均值*	1.10	491	1.08	1.03	0.50

\* 平均值由具有有效数据的样品计算而得

## 4.2 岩石热解温度

有机质在埋藏过程中,随着温度的升高而逐步生烃时,活化能较低、容易成烃的部分往往更多地被优先裂解,因此,随着成熟度的升高,残余有机质成烃的活化能也越来越高,相应地,生烃所需的热解温度也逐渐升高。羌资5井烃源岩样品热解峰温( $T_{max}$ )

为461~504℃,均值491℃,峰值范围主要集中在488~501℃(表4),说明展金组烃源岩样品以达到成熟阶段的为主,部分样品达到高成熟阶段。

## 4.3 饱和烃色谱成熟度

展金组烃源岩的饱和烃色谱分析表明: $CPI$ 值范围为0.66~1.18,均值为1.08; $OEP$ 值范围为0.83~1.20,均值为1.03(小于1.2)(表4)。这说明样品中奇碳优势已逐渐消失,碳优势指数也近于平衡,有机质演化达到成熟阶段。

## 4.4 干酪根元素组成

干酪根的生烃过程,是一个脱氧、去氢、富集碳的过程。在同一类型的干酪根中,随着干酪根成熟度的升高, $H/C$ 和 $O/C$ 原子比将会降低。反映在范氏图上,表现为成熟度越高的样品,越靠近图的左下角。羌资5井的展金组样品投点在范氏图上,样品点集中在范氏图的左下角(图2),这说明样品已全部达到成熟阶段。这一结果,与 $R_o$ 等的研究结果也相吻合。

## 4.5 萘类生物标记化合物

$Ts/(Tm+Ts)$ 值是衡量烃源岩成熟度的一个常用参数。一般认为,受成熟度的影响, $Ts/(Tm+Ts)$ 值随着成熟度的增加而增大<sup>[16]</sup>。 $Ts/(Tm+Ts)$ 适用于过成熟阶段,随着成熟度的增加, $Ts/(Tm+Ts)$ 值逐渐升高,且这种变化一直会持续到较高成熟阶段,约在生油阶段晚期该值达到0.5<sup>[17]</sup>。另外, $Ts/(Tm+Ts)$ 对黏土催化剂的反应也很敏感,在碳酸盐岩地层中具有较低的值。展金组烃源岩8件样品的 $Ts/(Tm+Ts)$ 值为0.32~0.56(表4),反映出烃源岩有机质演化处于成熟—过成熟阶段,主要处在成熟阶段。

前人对羌资5井所在的中央隆起带做过较多的研究。其中,李才等<sup>[18]</sup>认为,羌塘中央隆起带是前侏罗纪的隆起区,形成于三叠纪末。而黄继钧<sup>[19]</sup>在研究羌塘盆地构造演化时认为,晚三叠世—侏罗纪砂岩中含有碎屑成分即表明了中央隆起带在中三叠世已经形成,因而北羌塘地区存在南、北两个物源区,南部物质来源于中央隆起带,北部物质来源于可可西里—金沙江断裂缝合带。这些研究结果也说明,羌资5井井下的展金组烃源岩虽然地层年代较老,但其所在的中央隆起带在中—晚三叠世已经隆升,井下烃源岩样品估计早已停止热演化,因而处于地下深部位置未遭遇抬升的展金组烃源岩则有可能尚处于高

成熟—过成熟阶段。结合烃源岩的有机质类型(为Ⅲ型干酪根),故而认为展金组烃源岩生气前景较好。

## 5 结 论

(1) 羌资 5 井展金组烃源岩 TOC 平均值达到 1.15%, 属于好烃源岩, 据此认为二叠系烃源岩有较好的生烃前景。

(2) 烃源岩有机质类型以Ⅲ型干酪根为主, 其次为Ⅱ<sub>2</sub>型。有机质母质类型主要来自于海相低等水生生物, 其形成环境以还原沉积环境为主。总体看来, 烃源岩有机质类型尚好, 具有较好的生气潜力。

(3) 展金组烃源岩的 $R_o$ 平均值为 1.1%,  $T_{max}$ 平均值为 491℃, OEP 平均值为 1.03,  $Ts/(Tm+Ts)$  数据范围为 0.32~0.56, 均反映出井下烃源岩达到了成熟阶段, 少数样品可达到高成熟阶段。

(4) 受后期构造抬升影响, 井下展金组烃源岩样品显示其处于有机质演化的成熟阶段, 但未知的二叠系深部烃源岩可能尚处于高成熟—过成熟阶段。由于展金组烃源岩具有有机质含量高、有机质类型利于生气的优点, 因而羌塘盆地深部古生代地层具有较好的勘探前景, 油气勘探应向深部古生代地层开展。

### 参 考 文 献

- [1] 丘东洲, 乃东专, 李晓清, 等. 羌塘盆地与特提斯域油气盆地类比及其含油气远景 [J]. 沉积与特提斯地质, 2007, 27 (3): 1-13.
- [2] 黄继钧. 羌塘盆地基底构造特征 [J]. 地质学报, 2001, 75(3): 333-337.
- [3] 罗建宁, 谢渊, 王小龙, 等. 羌塘盆地石油地质条件与初步评价 [J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(1): 1-15.
- [4] 陈文彬, 廖忠礼, 张予杰, 等. 北羌塘盆地侏罗系布曲组烃源岩地球化学特征及意义 [J]. 中国地质, 2007, 34(5): 927-934.
- [5] 杜佰伟, 陈明. 羌塘盆地上侏罗统索瓦组烃源岩分布特征及远景分析 [J]. 石油实验地质, 2008, 30(2): 174-178.
- [6] 丁文龙, 李超, 苏爱国, 等. 西藏羌塘盆地中生界海相烃源岩综合地球化学剖面研究及有利生烃区预测 [J]. 岩石学报, 2011, 27(3): 878-896.
- [7] 伍新和, 张丽, 王成善, 等. 西藏羌塘盆地中生界海相烃源岩特征 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3): 348-354.
- [8] 陈明, 王剑, 谭富文, 等. 藏北北羌塘坳陷中西部地区布曲组碳酸盐岩烃源岩分布特征 [J]. 石油实验地质, 2010, 32(2): 181-185.
- [9] 段志明, 钟成全, 朱华平, 等. 南羌塘盆地羌资 2 井中侏罗统色哇组和布曲组沉积特征 [J]. 中国地质, 2009, 36(2): 355-365.
- [10] 王剑, 丁俊, 王成善, 等. 青藏高原油气资源战略选区调查与评价 [M]. 北京: 地质出版社, 2009: 227-228.
- [11] 卢双舫, 张敏. 油气地球化学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2008.
- [12] 卢双舫, 庞雄奇, 李泰明, 等. 干酪根类型数值化的探讨 [J]. 天然气工业, 1986, 6(3): 17-23.
- [13] 杜佰伟, 陈明, 李忠雄, 等. 羌塘盆地扎仁地区中侏罗统布曲组烃源岩评价 [J]. 新疆石油地质, 2010, 31(1): 40-43.
- [14] Shanmugan G. Significance of coniferous rain forests and related organic matter in generating commercial quantities of oil, Gippsland Basin, Australia. AAPG Bulletin, 1985, 69(8): 1241-1254.
- [15] Barakat A O, Mostafa A, Elgayar M S, et al. Source dependent biomarker properties of five crude oils from the Gulf of Suez, Egypt [J]. Organic Geochemistry, 1997, 26(7/8): 441-450.
- [16] Peters K E. The Biomarker Guide [M]. Cambridge University Press, 2005: 660-662.
- [17] 任拥军, 纪友亮, 李瑞雪. 南祁连盆地石炭系可能烃源岩的甾萜烷地球化学特征及意义 [J]. 石油实验地质, 2000, 22(4): 341-345.
- [18] 李才, 王天武, 杨德明, 等. 西藏羌塘中央隆起区物质组成与构造演化 [J]. 长春科技大学学报, 2001, 31(1): 25-31.

编辑: 赵国宪

## Basic Characteristics of Permian Zhanjin Source Rock in Well Qiangzi-5 in Qiangtang Basin

Cao Junfeng, Song Chunyan, Fu Xiugen, Chen Ming, Zheng Bo, Sun Wei

**Abstract:** Most of information about the source rocks was commonly taken from the analysis data of Mesozoic strata outcrops but hardly any from Paleozoic strata in Qiangtang Basin in the past because of virgin exploration. Analysis samples are from a group of drilled cores of Permian Zhanjin source rock from Well Qiangzi-5 that was solely drilled in the plateau basin recently. The result of organic geochemical analysis shows that Zhanjin source rock belongs to the rank "good" for high TOC values (the average 1.15%) and good kerogen types of dominant Type-Ⅲ and seldom Type-Ⅱ<sub>2</sub>. Organic matter generally derived from marine low-grade aquatic organism and thermally evolved into mature stage, which means good gas-generating capacity of the source rocks. The core samples from the well have demonstrated organic matter being mature; but even so, affected on late tectonic uplifting, the unknown Permian source rocks that are deeply buried probably are high mature or over mature. It is implied that the deeply-buried Permian source rocks are of good prospective for oil and gas exploration in the basin.

**Key words:** Qiangtang Basin; Permian; Zhanjin Formation; Source rock; Organic geochemical characteristics; Organic maturity  
Cao Junfeng: Assistant Geology Engineer. Add: Chengdu Center of China Geological Survey, 2 Bei Sanduan, Yihuan Rd., Chengdu, Sichuan, 610081, China