

文章编号: 1009-3850(2015)01-0043-07

藏北羌塘盆地角木茶卡地区下二叠统展金组 烃源岩特征及意义

陈文彬, 付修根, 占王忠, 冯兴雷, 宋春彦, 曾胜强

(中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081)

摘要: 在羌塘盆地中央隆起带附近角木茶卡南发现一套下二叠统展金组含凝灰质烃源岩。依据露头样品和测试数据, 从有机质丰度、有机质类型及成熟度方面对这套烃源岩特征进行了研究。研究表明, 展金组烃源岩有机碳含量在 0.35% ~ 0.98% 之间, 达到了烃源岩标准, 且大部分接近中等烃源岩标准; 通过干酪根镜鉴、干酪根元素分析、干酪根碳同位素等结果分析, 其有机质类型主要为 II₂-III 型; 有机质镜质组反射率 Ro 为 1.54% ~ 1.59%, 岩石热解峰温 T_{max} 介于 467 ~ 530℃ 之间, 干酪根腐泥组颜色为棕黄色, 显示有机质热演化处在高成熟阶段。研究结果显示该套烃源岩具有较好生烃潜力, 在以后的勘探中要予以重视。

关键词: 羌塘盆地; 角木茶卡地区; 烃源岩; 展金组; 早二叠世

中图分类号: TE122.1⁺12

文献标识码: A

引言

羌塘盆地是我国陆域勘探程度最低的含油气盆地, 也是青藏高原油气资源潜力最大和最有可能取得勘探突破的含油气盆地^[1-2]。长期以来对羌塘盆地石油地质条件的研究主要集中于中生代地层, 对古生代地层石油地质条件的研究相对较少。2013 年, 陈文彬等在羌塘盆地中部首次发现了一套石炭系烃源岩^[3]; 2014 年, 成都地质矿产研究所在羌塘盆地中部实施的 QZ-5 井中发现了二叠系的油苗^[4]。同时该地区还分布着大量的与天然气泄漏有关的泥火山群^[5], 这都说明了羌塘盆地古生代烃

源岩具有一定生烃能力, 但是一直以来羌塘盆地中部未发现二叠系烃源岩。近年来, 我们在角木茶卡地区发现了一套暗色早二叠世含凝灰质泥岩。本文拟运用有机地球化学方法, 对其有机质丰度、类型、成熟度等进行研究, 为该地区油气资源评价与勘探提供科学依据。

1 地质背景及烃源岩产状

羌塘盆地位于青藏高原中北部, 东经 85 ~ 95°, 北纬 32 ~ 35°, 南北宽 300 km, 东西长 640 km, 面积 $18.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[6]。盆地南、北分别以班公湖-怒江缝合带和拉竹龙-金沙江缝合带为界, 东、西以中生

收稿日期: 2014-08-26; 改回日期: 2014-09-22

作者简介:



陈文彬, 男, 1979 年生, 硕士, 高级工程师。主要从事油气地质与天然气水合物的研究工作。曾先后参加《青藏高原油气资源战略选区调查与评价》、《青藏地区油气资源调查评价》及《羌塘盆地天然气水合物资源勘查》等项目, 编写科研报告 11 部, 合作发表专著 3 部。近年来在刊物《沉积学报》、《中国地质》、《地质通报》、《地学前缘》等发表科研论文 40 余篇, 其中以第一作者发表中文核心期刊论文 12 篇。

资助项目: 国家油气专项“青藏高原重点盆地油气资源战略选区”项目(XQ-2009-1)及天然气水合物试采专项羌塘盆地天然气水合物资源勘查(形成条件及控矿因素研究)联合资助

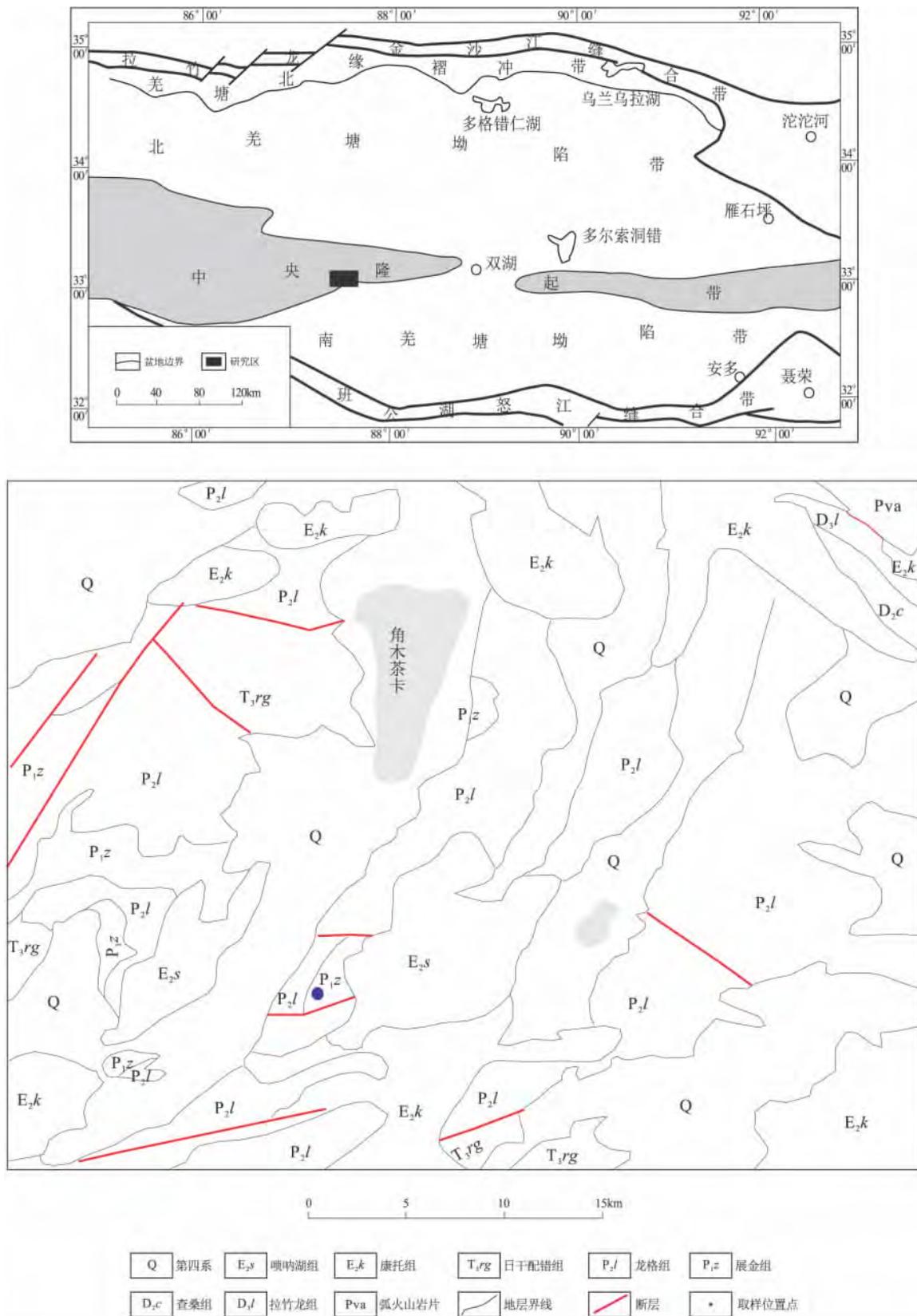


图1 研究区位置及采样位置图

Fig. 1 Location of the Jiaomuchaka area and sampling site

界地层尖灭线为界^[7]。盆地内构造复杂,根据航磁异常和大地电磁(MT)基底测深资料,可以将羌塘盆地划分为3个次级构造单元,即北羌塘坳陷、中央隆起和南羌塘坳陷^[8]。盆地内主要发育3套地层,即泥盆系一中三叠统海相碳酸盐岩、砂泥岩夹火山岩、硅质岩组合,上三叠统一白垩系滨浅海碎屑岩、台地碳酸盐岩、三角洲相碎屑岩夹膏盐岩组合,以及古近系一新近系陆相碎屑岩组合^[9]。此外,在羌塘盆地中部的中央隆起带,主要由前泥盆纪变质岩系和古生代地层构成。本次研究的二叠系展金组烃源岩剖面也位于这一地带南部,具体位置为西藏自治区羌塘盆地双湖地区角木茶卡西南部,构造位置属于中央隆起带(图1)。

根据成都地质矿产研究所江爱达日那幅1:25万区域地质调查报告,展金组岩性为一套中厚状凝灰质砂岩、中薄层状泥岩,夹中厚层状玄武岩、薄层泥晶灰岩,厚度>648.8m,剖面中产丰富的腕足类:*Costiferina obesa* Fang, *Streptorhynchus tibetanus* Chang; 珊瑚类:*Promargarosmia foshanensis* Deng et Zhang; 海绵化石:*Amblysiphonella randuiensis* Deng, *A. radicefera* Wangen et Wentzel, *A. cf. randui*; 苔藓虫:*Fenestella elusa* Reed, *Ogbinopora sinopermiana* Fan; 海百合茎:*Cycloclicus cf. lubricus* Li, *Pentagonocyclicus* sp. 从年代地层看,大致与区域上的展金组和曲地组层位相当,为早二叠世。

2 样品与实验

样品取自南羌塘盆地双湖地区角木茶卡南,野外实测展金组剖面的位置见图1,共有10块灰岩样品采自该剖面。从野外露头及镜下薄片鉴定来看,展金组烃源岩主要为该剖面中黑色-深灰黑色泥质岩及粉砂质泥岩等,其厚度50m左右,因此初步分析其可能为一套非常有利的烃源岩。有机地球化学分析测试全部由中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司勘探开发研究院生油实验室完成。

有机碳的测试分析由LECO CS-200完成;岩石热解由Rock-Eval II完成。利用Leica MPV Compact II仪器完成镜质组反射率的测定。岩样进行索氏抽提72h,用石油醚沉淀沥青质,族组分分离用硅胶、氧化铝层柱,正己烷、苯、无水乙醇作冲洗剂,得到饱和烃、芳烃和非烃。GC分析采用美国HP-6890气相色谱仪,进样温度290℃,检测器温度300℃,HP-5型石英弹性毛细管柱(25 m×0.32 mm×0.17

μm) 氮气为载气。初温60℃,恒温5 min,升温速率为4℃/min,终温290℃,恒温40 min。GC-MS分析采用MAI95S色谱-质谱联用仪,离子源温度180℃,电子能量70 eV。HP-5型石英弹性毛细管柱(50 m×0.32 mm×0.17 μm),80℃恒温5 min,升温速率为8℃/min,升温至120℃,再以2℃/min升温至300℃,恒温21 min。

3 有机质丰度

3.1 有机碳含量

有机质丰度是反映烃源岩生成油气的物质基础,是烃源岩评价的基本依据之一,由此可以了解烃源岩生烃母质的丰富程度,而且还和盆地油气资源含量密切相关。由于羌塘盆地目前所采样品大多来源于地表露头,样品经历了很强的风化作用,热演化程度很高。因此,衡量有机质丰度的可溶有机质指标如氯仿沥青“A”、生烃潜量等受影响较大。因此选用受风化作用和成熟度影响较小的有机碳含量作为主要评价指标,评价烃源岩时采用赵政璋等制定的青藏高原高-过成熟烃源岩残余有机碳评价标准^[10](表1)。

表1 羌塘盆地泥岩有机质丰度评价标准

Table 1 Evaluation of the organic matter abundances in the mudstones from the Qiangtang Basin

级别 参数	非烃源岩	较差 烃源岩	中等 烃源岩	好烃源岩
有机碳(%)	<0.40	0.40~0.60	0.60~1.0	>1.0
氯仿“A”(%)	<0.010	0.010~0.050	0.050~0.100	>0.100
生烃潜量(mg/g)	<1.0	1.0~2.0	2.0~6.0	>6.0

研究区10件样品中,有6件烃源岩样品有机碳含量大于0.6%,为中等烃源岩,占样品总数的60%;有3件样品有机碳含量介于0.40%~0.60%之间,为差烃源岩,占样品总数的30%;有1件样品小于0.4%,占样品总数的10%(表2)。总体看来,展金组烃源岩有机碳含量较高,除1件样品外其它都达到了烃源岩标准,而且大部分为中等烃源岩。

3.2 氯仿沥青“A”含量

研究的10件样品中,氯仿沥青“A”含量在0.0142%~0.0849%之间,均大于0.010%的最低标准(表2)。其中9件样品氯仿沥青“A”含量介于0.010%~0.050%之间,按照表1的标准属于较差烃源岩;1件样品(JMCK-6)氯仿沥青“A”含量介于

表2 羌塘盆地展金组烃源岩的有机质丰度数据

Table 2 Organic matter abundances in the source rocks from the Zhanjin Formation in the Qiangtang Basin

编号	岩性	TOC(%)	S ₁ (mg/g)	S ₂ (mg/g)	S ₁ +S ₂ (mg/g)	氯仿“A”(%)
1	泥岩	0.35	0.1445	0.4632	0.6077	0.0142
2	泥岩	0.40	0.1501	0.5586	0.7087	0.0231
3	泥岩	0.98	0.1634	0.6677	0.8311	0.0476
4	泥岩	0.76	0.1697	0.5741	0.7438	0.0143
5	泥岩	0.57	0.1344	0.5115	0.6459	0.0317
6	泥岩	0.61	0.1590	0.5375	0.6965	0.0849
7	泥岩	0.70	0.1572	0.5429	0.7001	0.0344
8	泥岩	0.46	0.1482	0.4894	0.6376	0.0289
9	泥岩	0.67	0.1408	0.4832	0.6240	0.0309
10	泥岩	0.74	0.1610	0.5447	0.7057	0.0428

0.050%~0.10%之间,按照表1的标准属于中等烃源岩。可以看出,利用氯仿沥青“A”进行的烃源岩评价结果都要低于有机碳含量的评价结果。

3.3 生烃潜力分析

研究的10件样品中,生烃潜力指标(S₁+S₂)含量为0.6077~0.8311 mg/g(表2),都低于表1中烃源岩的最低标准值1.0 mg/g。

通过对羌塘盆地角木茶卡地区展金组烃源岩有机质丰度指标分析表明,角木茶卡地区展金组烃源岩有机质丰度较高,有机碳含量达到了烃源岩标准且大部分接近中等烃源岩标准。但是可溶组分氯仿沥青“A”含量和生烃潜量都较低,这可能是研究的均为露头样品,遭受了一定的风化而造成了可溶组分的损失,推测地下未遭风化的样品可能有机质丰度会更高。

4 有机质类型

4.1 干酪根镜鉴

通过透射显微镜和荧光显微镜对干酪根显微组分的鉴定是评价烃源岩有机质类型的一种重要手段。镜鉴分析结果表明,研究样品中显微组分由腐泥组、镜质组和惰质组组成(表3)。其中烃源岩中腐泥组组分含量较高,可达12%~58%,平均值45.4%;惰质组含量次之,在17%~70%之间,平均值32.3%;镜质组含量在18%~30%之间,平均值22.3%,所有样品中均不含壳质组。从显微组分组成三角图投点可见,羌塘盆地上三叠统烃源岩干酪根大部分位于图中腐泥组附近(图2)。一般认为,腐泥组主要由低等水生植物浮游类藻类和部分浮游动物的遗体经过腐泥化作用形成,形成于滞水厌氧环境。根据干酪根显微组分的百分含量所计算的类型指数是确定有机质类型的常用方法之一,展金组烃源岩类型指数计算结果见表3,显示其有机质类型主要为II₂-III型。

表3 羌塘盆地展金组烃源岩的有机质类型数据

Table 3 Organic matter types in the source rocks from the Zhanjin Formation in the Qiangtang Basin

编号	岩性	饱和烃/芳香烃	δ ¹³ C _{PDB} (‰)	干酪根镜鉴				
				腐泥组	镜质组	惰质组	类型指数	类型
1	泥岩	0.81	-23.3	46	19	35	-3.25	III
2	泥岩	0.61	-23.2	58	25	17	22.25	II ₂
3	泥岩	1.23	-23.5	45	22	33	-4.50	III
4	泥岩	1.16	-24.2	48	20	32	1.00	II ₂
5	泥岩	1.17	-24.0	49	25	26	4.25	II ₂
6	泥岩	1.14	-24.0	58	20	22	21.00	II ₂
7	泥岩	1.09	-23.9	47	30	23	1.50	II ₂
8	泥岩	1.38	-24.1	45	23	32	-4.25	III
9	泥岩	0.96	-23.7	46	21	33	-2.75	III
10	泥岩	1.36	-24.3	12	18	70	-71.50	III

4.2 干酪根元素分析

干酪根是分散有机质的主体。因此,其类型基本可以代表岩石中分散有机质的类型。Tissot (1974) 根据干酪根的元素组成分析采用 H/C 和 O/C 原子比绘制相关图即范氏(Van Krevelen)图^[11], 将其分为 3 类: I 型、II 型和 III 型。研究的羌塘盆地展金组烃源岩干酪根元素分析表明, H/C 原子比分布范围为 0.21 ~ 0.57, 平均值为 0.46; O/C 原子比范围为 0.05 ~ 0.09, 平均值为 0.07(表 3)。将所有样品投在范氏(Van Krevelen)图上, 主要位于 II-III 型干酪根区间(图 3), 这与前面干酪根显微组分鉴定结果基本一致。

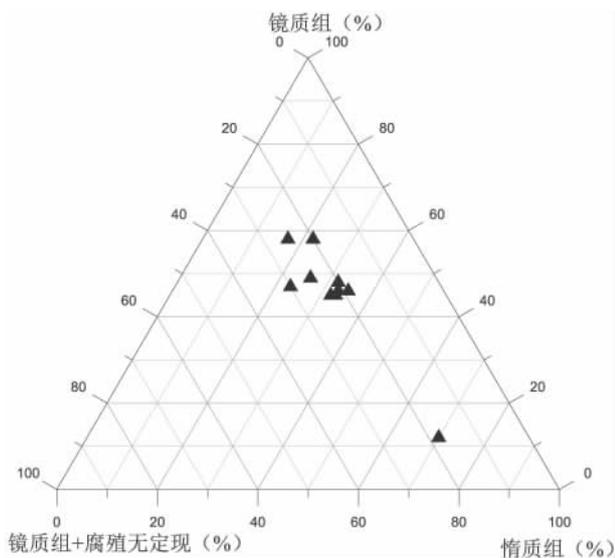


图 2 羌塘盆地展金组烃源岩干酪根显微组成三角图

Fig. 2 Triangular diagram of the macerals in the kerogens in the source rocks from the Zhanjin Formation in the Qiangtang Basin

4.3 氯仿沥青“A”组分分析

氯仿沥青“A”中的饱和烃与芳烃之比可以反映有机质的类型。根据中国石油天然气总公司 1995 年发布的行业标准, 饱/芳比值大于 3 为 I 型有机质, 在 1.6 ~ 3 之间为 II₁ 型有机质, 在 1 ~ 1.6 之间为 II₂ 型, 小于 1 则为 III 型有机质。由表 3 可知, 研究的展金组烃源岩饱和烃/芳香烃之比范围为 0.61 ~ 1.38, 平均值 1.09, 显示其有机质主要为 II₂-III 型, 与前面分析的结果基本一致。

4.4 干酪根碳同位素分析

烃源岩的干酪根碳同位素主要取决于其母源生物的碳同位素组成及沉积环境, 因此, 烃源岩干酪根有机碳同位素($\delta^{13}C_{org}$) 常用来判断烃源岩母质类型。一般认为, 干酪根碳同位素小于 -28‰ 的为 I 型有机质, 干酪根碳同位素大于 -24‰ 的为 III 型有机

质, 干酪根碳同位素介乎其间的为 II 型有机质, 其中 -28‰ ~ -26‰ 的为 II₁ 型, -26‰ ~ -24‰ 的为 II₂ 型^[12]。研究的展金组烃源岩干酪根碳同位素值为 -24.3‰ ~ -23.2‰(表 3), 按照标准, 其有机质主要为 II₂-III 型, 与前面分析的结果基本一致。

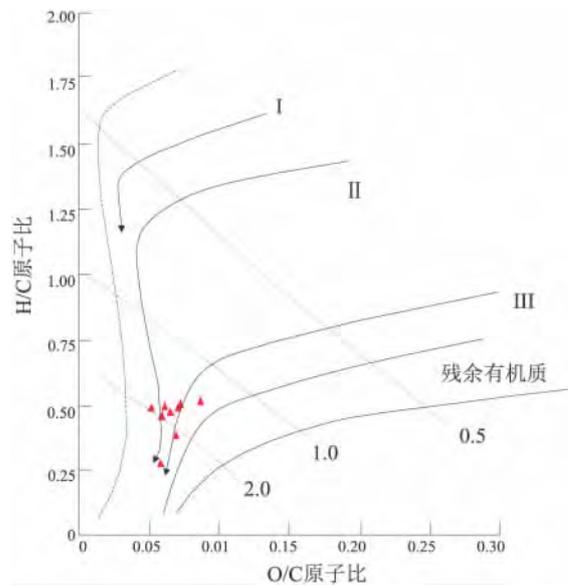


图 3 羌塘盆地展金组烃源岩干酪根元素分析范氏图

Fig. 3 Van Krevelen diagram for the element analysis of the kerogens in the source rocks from the Zhanjin Formation in the Qiangtang Basin

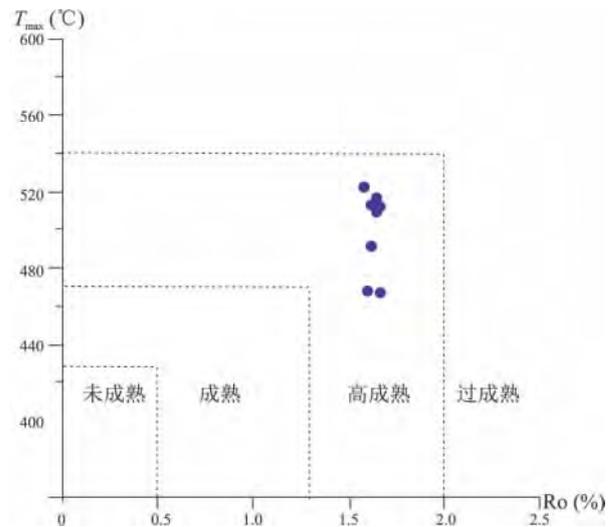


图 4 羌塘盆地展金组烃源岩 Ro-T_{max} 关系图

Fig. 4 Ro vs. T_{max} plot for the source rocks from the Zhanjin Formation in the Qiangtang Basin

5 有机质成熟度

镜质体反射率 Ro 是反映烃源岩有机质演化和

成熟度的经典地球化学指标,其主要受埋藏时间、埋藏深度和地温等因素的影响,尤其对于Ⅱ型和Ⅲ型干酪根很有效。根据中国石油天然气总公司1995年发布的行业标准,镜质体反射率 R_o 小于0.5%时对应未成熟阶段,在0.5%~1.3%时对应成熟阶段,1.3%~2.05%对应高成熟阶段,大于2.0%时对应过成熟阶段。对研究区的展金组 R_o 的测定结果表明,地表烃源岩镜质体反射率介于1.54%~1.59%之间(表4),均值为1.57%,这表明展金组烃源岩有机质热演化程度较高,已经处于高成熟阶段。

岩石最大热解峰温 T_{max} 也可作为评价烃源岩成

熟的指标。但是当 S_2 值低于0.2 mg/g时, T_{max} 值通常是不精确的。研究的展金组烃源岩 S_2 值范围为0.4632~0.6677 mg/g,均大于0.2 mg/g,故可以用 T_{max} 值来评价烃源岩成熟度。展金组烃源岩样品最高热解峰温 T_{max} 介于467~530℃之间,均值507℃(表4),表明其热演化程度达到了高成熟阶段,与镜质体反射率反映的结果一致(图4)。腐泥组颜色也会随着有机质热演化程度的增加其颜色逐渐由浅变深,研究区的展金组烃源岩干酪根腐泥组颜色主要为棕黄色(表4),也表明其具有较高的热演化程度。

表4 羌塘盆地展金组烃源岩有机质成熟度数据

Table 4 The maturity measurements of the organic matter in the source rocks from the Zhanjin Formation in the Qiangtang Basin

编号	岩性	T_{max} (°C)	R_o (%)	测点数	标准偏差	干酪根腐泥组颜色
1	泥岩	467	1.59	24	0.216	棕黄
2	泥岩	468	1.56	29	0.205	棕黄
3	泥岩	519	1.57	26	0.135	棕黄
4	泥岩	519	1.58	25	0.209	棕黄
5	泥岩	518	1.59	23	0.174	棕黄
6	泥岩	515	1.58	30	0.278	棕黄
7	泥岩	518	1.58	29	0.212	棕黄
8	泥岩	495	1.56	27	0.215	棕黄
9	泥岩	530	1.54	26	0.186	棕黄
10	泥岩	524	1.58	28	0.156	棕黄

6 结论及意义

通过有机质丰度、有机质类型及有机质热演化程度的分析,分布在中央隆起带角木茶卡地区的下二叠统展金组烃源岩达到了烃源岩标准,且大部分接近中等烃源岩。其有机质类型主要为Ⅱ₂-Ⅲ型,有机质热演化处于高成熟阶段,具有较好生烃潜力。

羌塘盆地构造定型于侏罗纪末期,盆地发育大量侏罗系地层,并且在侏罗系地层中发现了大量的油气显示。所以,长期以来,人们普遍认为,羌塘盆地侏罗系烃源岩具有较高的生烃潜力,被列为首要的勘探目标^[13]。然而,羌塘盆地中生代油气藏由于经历了白垩纪和新近纪以来的隆升剥蚀作用,现今侏罗系大面积出露于地表,侏罗系油气藏的保存条件总体较差,不利于形成油气藏。而早二叠世烃源岩在羌塘盆地多深埋于地下,其保存条件要远远好于侏罗系。目前在角木茶卡实施的羌资-5科探井工程发现了储集性能良好的白云岩,并且白云岩中含有还发现了油气显示,暗示可能存在二叠系古油

藏^[4]。新发现的这套早二叠含凝灰质泥岩具有较好生烃潜力,这预示羌塘盆地早二叠世地层也可能具有油气勘探的前景,在以后的勘探中要对这套烃源岩予以重视。

致谢:本次样品的分析测试得到了华北油田勘探开发研究院马顺平高级工程师的大力帮助,在此表示诚挚谢意!

参考文献:

- [1] 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,2008.1-22.
- [2] 廖忠礼,贾宝江,陈文彬,等.羌塘盆地重点区块研究[M].北京:地质出版社,2013.1-23.
- [3] 陈文彬,付修根,谭富文,等.藏北羌塘盆地石炭系烃源岩的发现及其油气地质意义[J].地质通报,2013,32(7):1105-1112.
- [4] 宋春彦,曹俊峰,王剑,等.羌塘盆地角木茶卡地区二叠系古油藏的发现及基本特征[J].新疆地质,2014,32(1):87-91.
- [5] 解超明,李才,李林庆,等.藏北羌塘中部首次发现泥火山[J].地质通报,2009,28(9):1319-1324.

- [6] 王成善,伊海生,刘池洋等. 西藏羌塘盆地古油藏发现及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 139-143.
- [7] 杨日红,李才,杨德明,等. 西藏羌塘盆地中生代构造岩相演化及油气远景[J]. 长春科技大学报, 2000, 30(3): 237-242.
- [8] 和钟铨,李才,杨德明,等. 西藏羌塘盆地的构造沉积特征及演化[J]. 长春科技大学学报, 2000, 30(4): 347-352.
- [9] 李忠雄,汪正江,杜佰伟等. 藏北羌塘盆地中侏罗统石油地质特征[J]. 石油学报, 2008, 29(6): 797-803.
- [10] 赵政璋,李永铁,叶和飞,等. 青藏高原海相烃源层的油气生成[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 175-213.
- [11] 何生,叶加仁,徐思煌等. 石油及天然气地质学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2010. 183-186.
- [12] 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, 2010, 27(3): 878-896.
- [13] 谭富文,王剑,王小龙,等. 西藏羌塘盆地: 中国油气资源战略选区的首选目标[J]. 沉积与特提斯质, 2002, 22(1): 16-21.

Characteristics and significance of the source rocks from the Lower Permian Zhanjin Formation in the Jiaomuchaka area, Qiangtang Basin, northern Xizang

CHEN Wen-bin, FU Xiu-gen, ZHAN Wang-zhong, FENG Xing-lei, SONG Chun-yan, ZENG Sheng-qiang

(Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: The tuffaceous source rocks are found to be hosted in the Lower Permian Zhanjin Formation in the Jiaomuchaka area near the central uplift of the Qiangtang Basin, northern Xizang. The integration of abundance, type and maturity of the organic matter in this study has disclosed that the total organic carbon contents in the tuffaceous source rocks range between 0.35% and 0.98%, within the limits of standards coming up to the medium-grade maturity of source rocks. The microscopic examination and element and carbon isotope analyses for the kerogens indicate that the organic matter types are represented by sapropel-humic (II₂ type) and humic (III type). The vitrinite reflectances (R_o) for the source rocks vary from 1.54% to 1.59%. The pyrolytic peak temperatures (T_{max}) range between 467 and 530°C. Meanwhile, the sapropelinite in the kerogens exhibits brownish yellow in colour. The above-mentioned results show that the thermal evolution of organic matter has now reached up to the higher maturity levels of the source rocks, and thus the source rocks have good hydrocarbon-generating potential in the study area.

Key words: Qiangtang Basin; Jiaomuchaka; source rock; Zhanjin Formation; Early Permian