

南堡凹陷5号构造天然气赋存特征及主力气源分析

刚文哲¹, 蒋雅丽², 高岗¹, 董月霞³

(1. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249;

2. 中国石油天然气股份有限公司华北油田采油四厂, 河北 廊坊 065000;

3. 中国石油天然气股份有限公司冀东油田, 河北 唐山 063004)

摘要:通过地质和地球化学相结合的方法,对南堡5号构造天然气地球化学特征、成因类型分布以及天然气来源进行了精细研究,明确了南堡5号构造天然气的分布特征。南堡5号构造陆上北堡地区天然气主要分布在东营组,滩海地区天然气则主要分布在沙河街组。天然气主要为湿气,干气较少,以油溶气为主,凝析气层居次。不同地区的天然气类型不同,陆上北堡地区天然气主要以腐泥型为主,滩海地区天然气主要以腐殖型为主。腐泥型天然气主要分布于东营组,而腐殖型天然气则主要分布于沙河街组。通过地质和地球化学对比分析认为,南堡5号构造滩海地区腐殖型天然气及过渡型天然气主要来源于滩海地区沙三段气源岩,陆上北堡地区腐泥型天然气主要来源于北堡构造沙三段气源岩,即南堡5号构造天然气主力气源来自中深层的沙三段气源岩,以近源运聚为主。

关键词:天然气;赋存特征;气源分析;南堡凹陷

中图分类号: TE122.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-1926(2015)05-0805-08

引用格式: Gang Wenzhe, Jiang Yali, Gao Gang, *et al.* Characteristics of the natural gas occurrence and analysis of the main gas source in the No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2015, 26(5): 805-812. [刚文哲, 蒋雅丽, 高岗, 等. 南堡凹陷5号构造天然气赋存特征及主力气源分析[J]. *天然气地球科学*, 2015, 26(5): 805-812.]

0 引言

南堡凹陷是位于渤海湾盆地黄骅拗陷北部的一个二级构造单元,新生代经历了古近纪断陷和新近纪—第四纪拗陷2个演化阶段^[1]。南堡凹陷总面积为1 932 km²,其中滩海区域面积为1 000 km²,陆地区域面积为932 km²。南堡凹陷5号构造包括陆上北堡构造和滩海5号构造(图1),其中北堡构造位于南堡凹陷西部,西南庄断层和涧东断层下降盘,是在一个向东倾伏、向西抬升的鼻状构造背景上发育的背斜构造,构造面积约为150 km²。滩海5号构造位于南堡构造西部,为南堡构造南堡断层以西的部分。南堡5号构造已钻遇地层自下而上依次为古近系沙河街组、东营组,新近系馆陶组、明化镇组和第四系平原

组。主力烃源岩发育层系为沙三段(E_{s3})、沙一段(E_{s1})以及东三段(E_{d3}),烃源岩厚度超过200 m,以泥岩、暗色泥岩为主。主要的含油气层段由上至下包括新近系馆陶组以及古近系东一段、东二段、东三段和沙一段。明化镇组、东一段、东二段以及沙一段稳定发育的泥岩为研究区主要的区域性盖层^[2-4]。

近年来冀东油田探明的天然气储量越来越多^[5],而南堡5号构造又处于天然气成藏的重要探区,因此,研究南堡5号构造的天然气赋存特征,分析天然气来源就显的尤为重要。本文通过对研究区天然气地球化学特征和地质要素综合研究,对比分析南堡5号构造滩海区 and 陆上区天然气赋存状态的异同,研究其成因类型,指明其主力气源之所在,对该区天然气勘探有重要指导意义。

收稿日期:2014-11-03;修回日期:2014-12-25.

基金项目:国家科技重大专项(编号:2011ZX05006-006)资助。

作者简介:刚文哲(1965-),男,陕西凤翔人,教授,博士生导师,主要从事油气地球化学与油气地质研究与教学工作。E-mail: gwz@cup.edu.cn.

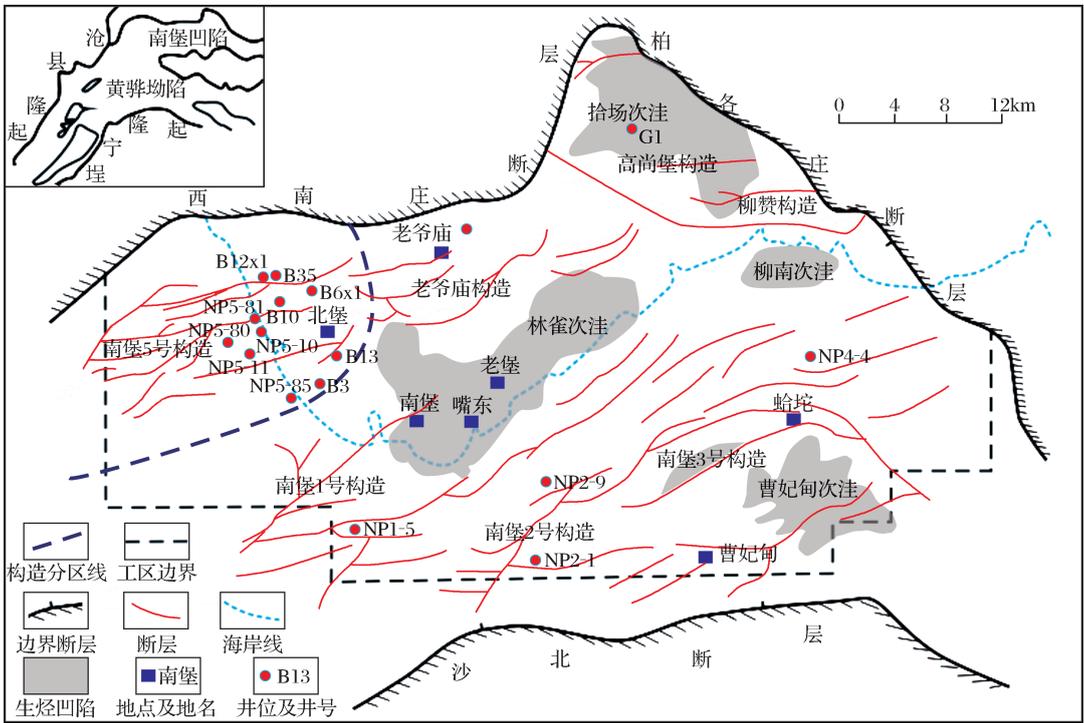


图1 南堡5号构造区域地质示意

Fig. 1 Regional geological map of No. 5 tectonic zone of Napu Sag

1 天然气赋存状态

从平面分布来看,南堡凹陷5号构造天然气在陆上和滩海区均有分布;从分布层位来看,南堡5号构造东营组和沙河街组均有天然气分布。研究区天然气以石油伴生气和凝析油伴生气为主,纯气层气相对较少,而且天然气大多数以油溶气形式存在,气层气主要集中分布于中深层的东三段、沙一段和沙三段(图2)。

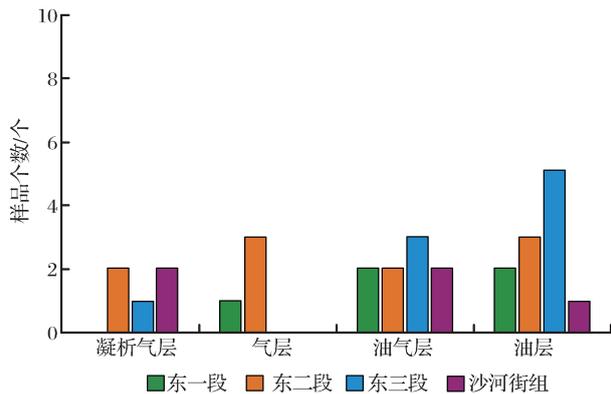


图2 南堡5号构造天然气赋存状态

Fig. 2 Occurrence characteristics of natural gas in No. 5 tectonic zone of Napu Sag

由不同层位气油比与深度关系(图3)可以看出,气油比在4 000m以上随深度变浅而逐渐增高。

这样的变化趋势说明原油在由深部到浅部的运移过程中,由于温压的变化,导致过饱和天然气从原油中

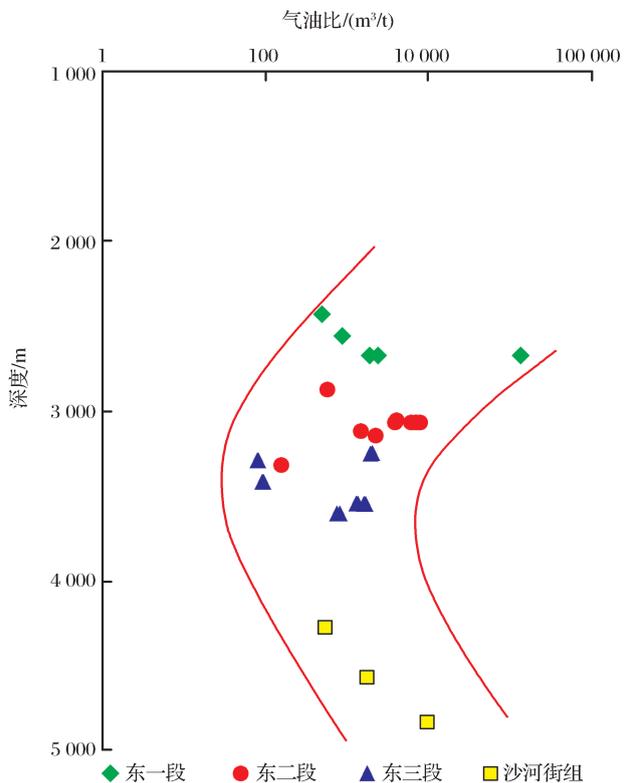


图3 南堡5号构造气油比—深度关系

Fig. 3 Relationship between gas-oil ratio and depth in No. 5 tectonic zone of Napu Sag

溢出,形成中浅层天然气藏。在4 000m以下,则随深度增加气油比逐渐变大。这是因为沙河街组的天然气和原油属于自生自储的成藏组合类型,气油比随深度增加逐渐增大说明沙河街组气源岩随深度的增加,成熟度增大,从而产生了更多的天然气。

2 天然气地球化学特征

2.1 天然气组分特征

南堡5号构造天然气主要由烃类和非烃类气体组成,烃类气体中以甲烷为主,含量主要分布在65%~92%之间,重烃含量主要分布在5%~30%

之间。非烃类气体主要包括二氧化碳和氮气,二氧化碳含量一般小于2%,氮气含量一般小于1.5%(表1)。天然气干燥系数(C_1/C_{1-4})主要分布在0.65~0.95之间(图4),说明天然气以湿气为主,即以石油伴生气和凝析油—湿气为主。

2.2 天然气碳同位素特征

南堡5号构造天然气同位素系列分2类,一类为滩海5号构造天然气,大部分没有发生同位素倒转的现象,属于正碳同位素系列,为有机成因天然气^[6];另一类是北堡构造天然气,碳同位素值发生局部倒转现象,即 $\delta^{13}C_2 > \delta^{13}C_3$ 或 $\delta^{13}C_3 > \delta^{13}C_4$ 。戴金

表1 研究区部分井的天然气组成成分及百分含量数据

Table 1 The part of wells of Natural gas component in No. 5 Nanpu Sag

井名	天然气组成成分及含量/%									
	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷	己烷以上	氮气	二氧化碳
B13	90.26	5.75	2.53	0.24	0.29	0.07	0.00	0.00	0.65	0.19
B6x1	85.06	6.55	3.02	0.90	0.88	0.34	0.15	0.00	1.50	1.60
B10	91.48	4.21	1.99	0.36	0.40	0.15	0.10	0.00	0.87	0.44
B12x1	81.64	8.33	4.70	1.43	1.12	0.48	0.29	0.00	0.73	1.28
NP5-10	89.16	6.43	2.28	0.56	0.56	0.17	0.14	0.22	0.33	0.13
NP5-11	80.97	5.04	1.49	0.30	0.32	0.07	0.05	0.03	0.12	11.60
NP5-80	65.46	19.56	8.55	2.42	2.29	0.63	0.42	0.42	0.25	0.00
NP5-85	90.94	5.86	1.42	0.33	0.27	0.10	0.06	0.21	0.13	0.67
NP5-81	82.42	7.28	4.53	1.24	1.41	0.47	0.49	1.65	0.24	0.28

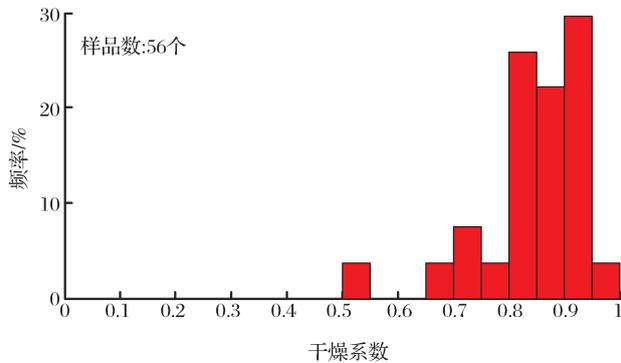


图4 南堡凹陷5号构造天然气干燥系数频率分布

Fig. 4 Histogram of natural gas

aridity coefficient in No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag

星等^[7]研究认为,引起有机烷烃气碳同位素倒转的原因主要包括:①有机烷烃气和无机烷烃气的混合;②煤型气和油型气的混合;③同型不同源气或同源不同期气的混合;④烷烃气中某一或某些组分被细菌氧化。在南堡凹陷天然气均为有机成因天然气,而南堡凹陷有3套烃源岩,所以发生局部倒转可能是因为原因③和原因④所致。

南堡凹陷5号构造天然气甲烷碳同位素($\delta^{13}C_1$)值分布范围介于-41.9‰~-35.0‰之间,乙烷碳同位素($\delta^{13}C_2$)值分布范围介于-30.38‰~-23.30‰之间,丙烷碳同位素($\delta^{13}C_3$)值分布范围介于-28.12‰~-20.35‰之间,丁烷碳同位素($\delta^{13}C_4$)值分布范围主要介于-27.0‰~-21.0‰之间。概括来说,南堡凹陷5号构造天然气碳同位素组成是以甲烷碳同位素值偏低,重烃组分碳同位素值偏高为特征(图5)。

2.3 天然气成因类型

依据天然气甲烷与乙烷和甲烷与丙烷碳同位素组成关系判断天然气成因类型^[8-13],发现研究区的天然气类型主要由3种类型组成,其中陆上北堡地区天然气主要以腐泥型为主,而滩海地区则主要以腐殖型天然气为主,中间海陆过渡地区存在有过渡型天然气(图6,图7)。依据甲烷碳同位素组成确定的天然气母质成熟度来看,研究区的天然气主要为成熟气即热降解气,真正热裂解气很少。南堡凹陷5号构造不同成因天然气分布亦有差异,腐泥型

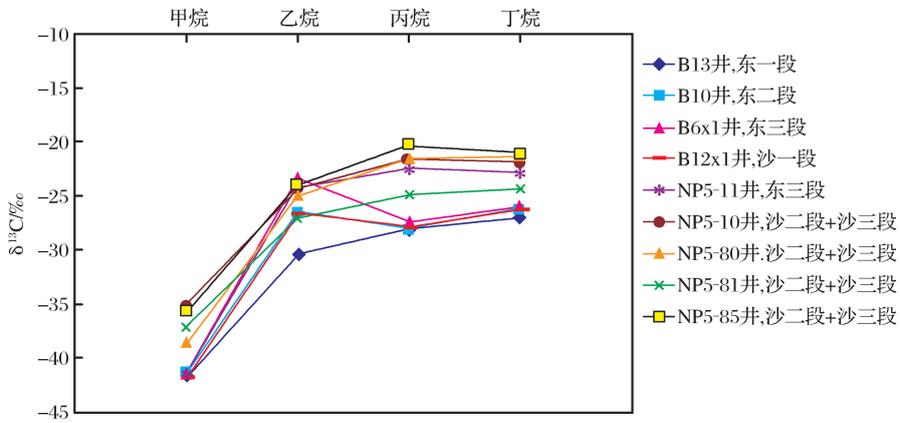


图5 南堡凹陷5号构造天然气组分碳同位素值对比

Fig. 5 Comparison of carbon isotope value of natural gas components in No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag

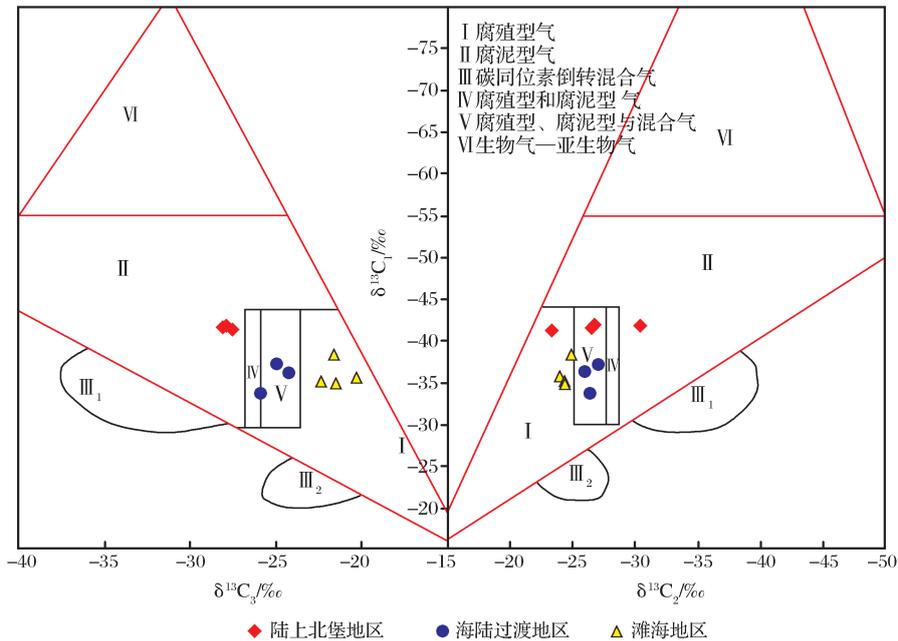


图6 南堡5号构造天然气甲烷与乙烷和丙烷碳同位素关系(图版据戴金星^[8])

Fig. 6 Relationship among methane, ethane and propane carbon isotope in No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag

天然气多分布于东营组,而腐殖型气则主要分布在沙二段和沙三段。

3 主力气源分析

气源分析采用直接对比法和间接对比法等多种对比手段来实现^[14]。针对南堡凹陷5号构造研究成果的实际情况,气源对比主要采用2种方法;一种是利用天然气碳同位素值计算成熟度法;另一种是利用与天然气伴生原油生物标志化合物对比法。

目前,采用天然气中的C₁—C₄碳同位素值进行气源分析的方法是业内最常用的方法^[14-16]。基本原理是首先根据天然气的同位素特征认识天然气的成因类型(腐殖型天然气或者腐泥型天然气),

以确定其气源岩母质类型,然后根据腐泥型气或腐殖型气的 $\delta^{13}C_1-R_0$ 的关系求出相应气源岩成熟度,最后根据气源岩母质类型和成熟度确定气源岩的层位。

南堡凹陷自下而上各层系都有天然气存在^[17],但在南堡5号构造所钻井中,发现天然气主要储集于东一段、东三段和沙河街组等中深层层层中。

根据徐永昌等^[10,18-19]提出的腐殖型气和腐泥型气的 $\delta^{13}C_1-R_0$ 关系式:

腐泥型气:

$$\delta^{13}C_1(\text{‰}) \approx 21.72 \text{Log}(R_0) - 43.31$$

腐殖型气:

$$\delta^{13}C_1(\text{‰}) \approx 40.49 \text{Log}(R_0) - 34.00$$

利用上述公式计算出的南堡5号构造带天然气的 R_o 值如表2所示。

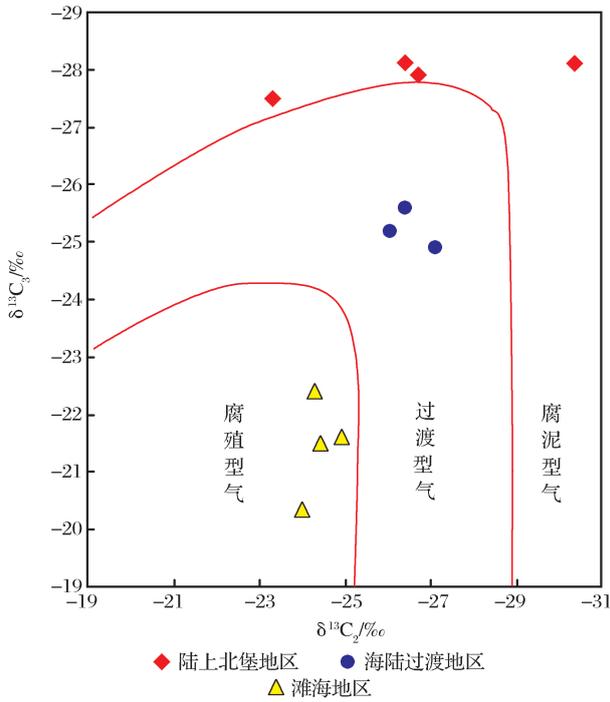


图7 南堡5号构造天然气乙烷和丙烷碳同位素关系(据戴金星^[8]划分标准,1992)

Fig. 7 Relationship between ethane and propane carbon isotope in No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag

南堡5号构造陆上北堡地区天然气 R_o 平均值为1.19%,滩海地区天然气 R_o 平均值为0.98%,主要与同地区沙三段气源岩 R_o 值相吻合(图8)。实测气源岩镜质体结果显示,南堡凹陷东三段烃源岩 R_o 值分布在0.50%~0.76%之间,未达生油高峰阶段,不能成为有效气源岩;沙一段烃源岩的 R_o 值分布在0.51%~1.28%之间,最高已达生油高峰但未进入生气阶段,难于成为主力气源岩;沙三段烃源岩的 R_o 值分布在0.57%~1.83%之间,高者已达凝析油一湿气阶段,从成熟度分析认为可以成为主力气源岩,也佐证了上述通过天然气碳同位素值换算 R_o 值进行对比而得出的结论。

利用与天然气伴生原油生物标志化合物分析也可以分析天然气来源,即通过对与天然气伴生原油和可能气源岩抽提物做生物标志化合物分析,进行生物标志化合物指纹对比判别油源,再根据油源对比结果分析与之伴生气的来源,但这种方法只适用于湿气的气源对比,对于干气并不适用。

从生物标志化合物分析,南堡5号构造陆上北堡地区东营组原油样品的地球化学分析数据显示如下特征:伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷值为0.08~0.16,主要集中在0.10附近; C_{27} 规则甾烷/ C_{29} 规则甾烷值为1.04;(孕甾烷+升孕甾烷)/ C_{29} 规则甾烷值介于0.07~0.12

表2 天然气甲烷碳同位素 $\delta^{13}C_1$ 及其估算的 R_o 数据

Table 2 $\delta^{13}C_1$ of natural gas and its estimate R_o data in No. 5 Nanpu Sag

井位区域	井号	层位	深度/m	$\delta^{13}C_1/‰$	$\delta^{13}C_2/‰$	$\delta^{13}C_3/‰$	$\delta^{13}C_4/‰$	天然气成因类型	估算 $R_o/‰$
陆上	B13	Ed ₁	2 556.6~2 563.1	-41.75	-30.38	-28.12	-27.00	腐泥型气	1.18
	B6x1	Ed ₃	3 229.8~3 265.9	-41.4	-23.3	-27.5	-26.1	腐泥型气	1.22
	B10	Ed ₂	3 059.6~3 160.0	-41.5	-26.4	-28.1	-26.2	腐泥型气	1.21
	B12x1	Es ₁	4 381.6~4 596.0	-41.9	-26.7	-27.9	-26.3	腐泥型气	1.16
滩海	NP5-10	Es ₂₊₃	4 673.1~5 099.7	-35	-24.40	-21.50	-21.90	腐殖型气	0.94
	NP5-11	Ed ₃	3 761.5~3 767.3	-35.2	-24.30	-22.40	-22.80	腐殖型气	0.93
	NP5-80	Es ₂₊₃	4 843.4~4 852.2	-38.5	-24.90	-21.60	-21.30	腐殖型气	0.77
	NP5-85	Es ₂₊₃	4 792.0~4 798.0	-35.71	-23.99	-20.35	-21.00	腐殖型气	0.91
	NP5-81	Es ₂₊₃	4 760.0~4 765.0	-37.24	-27.09	-24.90	-24.38	过渡型气	1.37

之间, C_{27} 、 C_{28} 、 C_{29} 规则甾烷主要呈“L”型。滩海地区原油生物标志化合物特征为:伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷值为0.16~0.34, C_{30} 4-甲基甾烷含量相对较低, C_{27} 、 C_{28} 、 C_{29} 规则甾烷主要呈“L”型。

南堡5号构造沙三段气源岩的伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷均值约为0.12, C_{27} 规则甾烷/ C_{29} 规则甾烷值约为1.13,(孕甾烷+升孕甾烷)/ C_{29} 规则甾烷均值约为0.09;沙一段气源岩的伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷值为0.13,

C_{27} 规则甾烷/ C_{29} 规则甾烷值为1.56,(孕甾烷+升孕甾烷)/ C_{29} 规则甾烷值为0.58。

从南堡5号构造陆上原油与气源岩甾萜烷生物标志化合物参数对比图(图9)来看,沙三段气源岩的伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷值、 C_{27} 规则甾烷/ C_{29} 规则甾烷值、(孕甾烷+升孕甾烷)/ C_{29} 规则甾烷值更接近于陆上原油的参数比值,说明陆上原油主要来自沙三段气源岩,同样说明与之伴生的天然气主要来自沙

三段气源岩。南堡5号构造滩海原油生物标志化合物特征与陆上原油特征相似,因此其伴生天然气推测也主要来自沙三段气源岩。

通过对南堡5号构造陆上和滩海天然气伴生原油与沙三段烃源岩的饱和烃色谱图(图10)对比结果

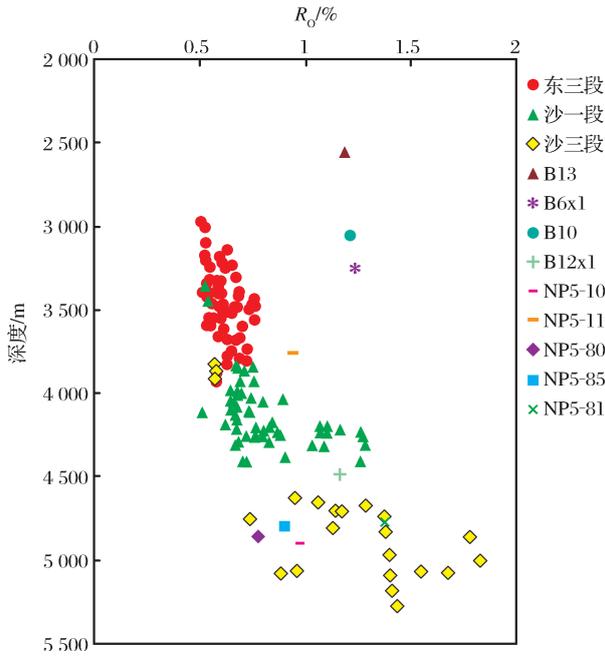


图8 天然气估算 R_o 值与烃源岩 R_o 值对比

Fig. 8 Comparison of R_o estimates of natural gas and R_o of source rocks in No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag

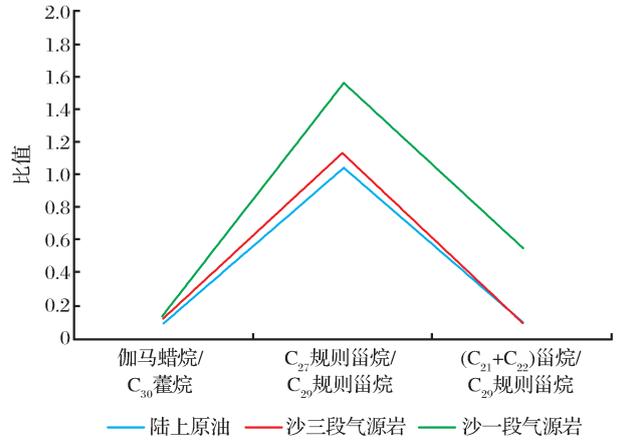


图9 南堡5号构造陆上原油与气源岩生物标志化合物参数对比

Fig. 9 Comparison of biomarker parameters of land oil and gas source rock in No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag

可以看出,研究区与天然气伴生的原油生物标志化合物特征与南堡5号构造沙三段烃源岩基本相似,说明南堡5号构造天然气主要来自中深层沙三段气源岩。

综上所述,无论从估算的南堡5号构造各井天然气镜质体反射率与烃源岩实际镜质体反射率对比结果,还是从天然气伴生油与气源岩的生物标志化合物对比结果来分析,可以认为南堡5号构造滩海地区腐殖型天然气及过渡型天然气主要来源于滩海

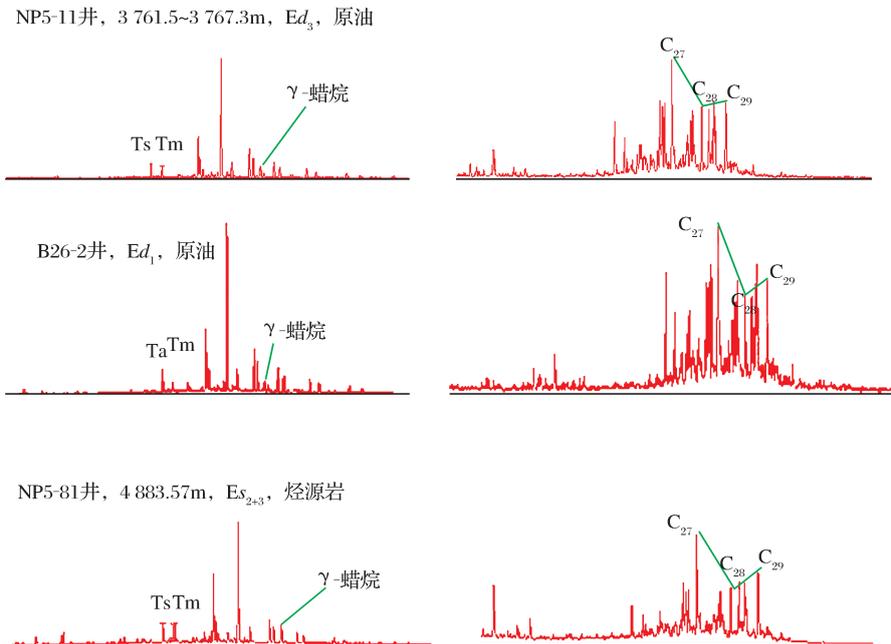


图10 南堡5号构造天然气伴生油与沙三段烃源岩饱和烃色谱对比

Fig. 10 Comparison of saturated hydrocarbon chromatograph-mass spectrometer of associated oil with gas and source rocks in E_{s3} in No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag

地区沙三段气源岩,陆上北堡地区腐泥型天然气主要来源于北堡构造沙三段气源岩,显示了以近源运聚为主。

4 结论

(1)南堡5号构造天然气为有机成因气,主要以石油伴生气和凝析油—湿气为主,以油溶气形式赋存于东营组和沙河街组中。天然气主要由烃类和非烃类组成,烃类主要以甲烷为主,非烃类则为氮气和二氧化碳气。

(2)南堡5号构造天然气类型主要有3种类型,陆上北堡地区天然气主要以腐泥型为主,而滩海地区天然气主要以腐殖型天然气为主,海陆过渡地区为过渡型天然气,均为热降解气。南堡凹陷5号构造不同成因天然气赋存有差异,腐泥型天然气多分布于东营组中,而腐殖型天然气则主要分布在沙河街组中。

(3)通过地质和地球化学对比分析认为,南堡5号构造滩海地区腐殖型天然气及过渡型天然气主要来源于滩海地区沙三段气源岩,陆上北堡地区腐泥型天然气主要来源于北堡构造沙三段气源岩,即南堡5号构造天然气主力气源来自中深层高成熟的沙三段气源岩,以近源运聚为主。

参考文献(References):

[1] Zhou Tianwei, Zhou Jianxun, Dong Yuexia, *et al.* Formation mechanism of Cenozoic fault system of Nanpu Sag in Bohai Bay Basin[J]. Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Sciences, 2009, 33(1): 12-17. [周天伟, 周建勋, 董月霞, 等. 渤海湾盆地南堡凹陷新生代断裂系统形成机制[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2009, 33(1): 12-17.]

[2] Dong Yuexia, Zhou Haimin, Xia Wenchen. Relationship between Tertiary sequence stratigraphy and oil reservoiring in Nanpu Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(1): 39-49. [董月霞, 周海民, 夏文臣. 南堡凹陷第三系层序地层与油气成藏的关系[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 39-49.]

[3] Zhou Haimin, Wei Zhongwen, Cao Zhonghong, *et al.* Relationship between formation, evolution and hydrocarbon in Nanpu Sag[J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(4): 345-350. [周海民, 魏忠文, 曹中宏, 等. 南堡凹陷的形成演化与油气的关系[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(4): 345-350.]

[4] Sun Tongwen, Fu Guang, Lv Yanfang, *et al.* Main controlling factors on the hydrocarbon accumulation in the middle-shallow layer of 1st structure, Nanpu Sag[J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(7): 1042-1051 [孙同文, 付广, 吕延防, 等. 南堡1号构造中浅层油气富集主控因素分析[J]. 天然气地球科

学, 2014, 25(7): 1042-1051.]

[5] Liu Yunhua, Liu Xiao. Evaluation methods for petroleum resource of Nanpu Sag in Bohai Bay Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(supplement): 58-63. [刘蕴华, 刘晓. 南堡凹陷第三次油气资源评价方法[J]. 石油学报, 2005, 26(增刊): 58-63.]

[6] Dai Jinxing, Xia Xinyu, Qin Shengfei, *et al.* Causation of partially reversed orders of $\delta^{13}\text{C}$ in biogenic alkane gas in China[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(1): 1-7. [戴金星, 夏新宇, 秦胜飞, 等. 中国有机烷烃气碳同位素系列倒转的成因[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 1-7.]

[7] Dai Jinxing, Pei Xigu, Qi Houfa. China Natural Gas Geology (Vol. 1) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992: 37-50. [戴金星, 裴锡古, 戚厚发. 中国天然气地质学(卷一) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 37-50.]

[8] Dai Jinxing. Identification and distinction of various alkane gases[J]. Science in China: Series B, 1992, 22(2): 185-193. [戴金星. 各类烷烃气的鉴别[J]. 中国科学: B辑, 1992, 22(2): 185-193.]

[9] Dai Jinxing. Characteristics of carbon and hydrogen isotopes and Identification of various alkane gases[J]. Natural Gas Geoscience, 1993, 4(2/3): 1-40. [天然气碳氢同位素特征和各类天然气鉴别[J]. 天然气地球科学, 1993, 4(2/3): 1-40.]

[10] Xu Yongchang, Shen Ping. The new model of natural gas origin[J]. Science in China: Series B, 1993, 23(7): 751-755. [徐永昌, 沈平. 天然气成因新模式[J]. 中国科学: B辑, 1993, 23(7): 751-755.]

[11] Shen Ping, Xu Yongchang. The isotopic composition of natural gases from continental sediments in China[J]. Geochemica, 1991, 20(2): 144-152. [沈平, 徐永昌. 中国陆相成因天然气同位素组成特征[J]. 地球化学, 1991, 20(2): 144-152.]

[12] Song Yan, Xu Yongchang. Origin and identification of natural gases[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(4): 24-29. [宋岩, 徐永昌. 天然气成因类型及其鉴别[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(4): 24-29.]

[13] Liu Wenhui, Xu Yongchang. Genetic indicators of natural gas [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1996, 14(1): 110-115. [刘文汇, 徐永昌. 天然气成因类型及判别标志[J]. 沉积学报, 1996, 14(1): 110-115.]

[14] Gang Wenzhe, Lin Renzi. Hydrocarbon Geochemistry Application [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2011: 212-220. [刚文哲, 林壬子. 应用油气地球化学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2011: 212-220.]

[15] Magoon L. B., Dow W. G. The Petroleum System-From Source to Trap [M]. AAPG Memoir 60. Tulsa: AAPG, 1994: 261-281.

[16] Dai Jinxing. Characteristics of carbon isotopes of organic alkane gases in petroliferous basins of China [M] // Selected Works of Natural Gas Geology and Geochemistry (Vol. 1). Beijing: Petroleum Industry Press, 1989: 231-238. [戴金星. 中国含油气盆地有机烷烃气碳同位素特征 [M] // 天然气地质和地球化学

论文集(卷一).北京:石油工业出版社,1998:231-238.]

- [17] Xu Anna, Wang Zecheng, Zheng Hongju, *et al.* Conditions and major controlling factors of gas accumulation in Nanpu Sag, Bohai Bay Basin[J]. *Natural Gas Industry*, 2011, 31(1): 26-32. [徐安娜, 汪泽成, 郑红菊, 等. 渤海湾盆地南堡凹陷天然气成藏条件及其主控因素[J]. *天然气工业*, 2011, 31(1): 26-32.]
- [18] Xu Yongchang, Liu Wenhui, Shen Ping. A review of isotope

geochemical researches on oil and gas in oil and gas bearing basins[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2001, 19(2): 161-168. [徐永昌, 刘文汇, 沈平. 含油气盆地油气同位素地球化学研究概述[J]. *沉积学报*, 2001, 19(2): 161-168.]

- [19] Xu Yongchang. *The Theory of Natural Gas Origin and Its Applications*[M]. Beijing: Science Press, 1994: 68-222. [徐永昌. *天然气成因理论及应用*[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 68-222.]

Characteristics of the Natural Gas Occurrence and Analysis of the Main Gas Source in the No. 5 Tectonic Zone of Nanpu Sag

GANG Wen-zhe¹, JIANG Ya-li², GAO Gang¹, DONG Yue-xia³

(1. *College of Geosciences, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China;*

2. *The Fourth Oil Production Plant of PetroChina Huabei Oilfield Company, Langfang 065000, China;*

3. *PetroChina Jidong Oilfield Company, Tangshan 063004, China)*

Abstract: Based on geological and geochemical methods, geochemical characteristics of natural gas, distribution of genetic types and gas source were studied accurately, and the distribution characteristics of natural gas were identified in the No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag. The natural gas in the onshore Beipu zone mainly distributed in the *Ed* Formation and the beach area in the *Es* Formation. The natural gas is dominated by wet gas with little amount of dry gas. It is mainly of oil-soluble gas, followed by condensate gas. The types of natural gas are not the same in different areas. The sapropelic natural gas mainly distributes in the *Ed* Formation in the onshore Beipu zone, while the humic gas distributes in the *Es* Formation in the beach area. By comparison with geological and geochemical analyses, the humic natural gas and the transited-type natural gas is mainly sourced from the *Es*₃ Formation of beach area in the No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag, the sapropelic natural gas in the onshore Beipu zone is mainly driven from the *Es*₃ Formation of Beipu zone. In general, natural gas in the No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag are mainly sourced from the middle or deep source rocks of *Es*₃ Formation. Natural gas usually migrates and accumulates near the source in the No. 5 tectonic zone of Nanpu Sag.

Key words: Natural gas; Occurrence characteristics; Gas source analysis; Nanpu Sag