

文章编号: 0253-9985(2007)03-0419-08

济阳坳陷孤北潜山带天然气成因类型及分布规律

林 武, 李 政, 李钜源, 徐兴友

(中国石化 胜利油田有限公司 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要: 对孤北潜山带天然气组分、碳同位素及轻烃地球化学特征的研究表明, 孤北潜山带天然气主要有 3 种成因类型, 即油型气、煤型气和混合气。其中, 义 155、孤北古 1 井天然气为煤型气, 渤 601、渤深 6 井天然气为油型气, 孤北古 2、渤古 4、义 132 等井天然气为油型气与煤型气的混合气。结合该区地质特征研究认为, 孤北潜山带天然气碳同位素和轻烃呈规律性变化, 自西向东从第一排山至第四排山碳同位素逐渐变重, 甲基环己烷指数和苯指数逐渐增大, 天然气成因类型从油型气过渡到煤型气。结果显示, 该区天然气的分布明显受气源岩和断层的控制, 其中油型气主要分布在第一排山, 油型气与煤型气的混合气分布在第二、第三排山南部靠近孤北断层地区, 煤型气主要分布于第二、第三排山北部远离孤北断层地区及第四排山。

关键词: 油型气; 煤型气; 分布规律; 天然气成因类型; 孤北潜山带; 济阳坳陷

中图分类号: TE112.1 文献标识码: A

Genetic types and distribution pattern of natural gases in Gubei buried-hills Jiyang depression

Lin Wu, Li Zheng, Li Juyuan, Xu Xingyou

(Geological Scientific Research Institute of Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong 257015)

Abstract Research on the compositions, carbon isotope and geochemical properties of light hydrocarbons of natural gases in Gubei buried-hills of Jiyang depression suggests that gases there are of three genetic types: oil-related gas, coal-related gas and mixed gas. Natural gases in Well Bo-601 and Boshen-6 belong to oil-related gas, that in Well Y155 and Gubeigu-1 are coal-related gas, and that from Well Gubeigu-2, Bogu-4 and Y132 belong to mixed type. Study in combination with the geologic characteristics reveal that the carbon isotope and light hydrocarbon show certain regularities in the study area. From the first row to the fourth row of buried-hills (from west to east), the carbon isotope become progressively heavier, the values of indexes of methylcyclohexane and benzene gradually increase, and the genetic types of natural gases shift from oil-related gas to coal formed gas. It is suggested that the distribution of natural gases in the area are obviously controlled by the gas source rocks and faults in the study area. Oil-related gas is mainly concentrated in the first row of buried-hills, mixed gas is predominantly distributed in the region near the Gubei fault in southern part of the second and the third row of buried-hills, while coal-related gas is preserved in the northern part (regions far away from the Gubei fault) of the second and the third rows of buried-hills and the fourth row of buried hills.

Key words oil-related gas; coal-related gas; distribution pattern; genetic type of natural gas; Gubei buried-hill belt; Jiyang depression

孤北潜山带位于济阳坳陷沾化凹陷中部, 北以埕南、埕东断层与埕东凸起相连, 南以孤北断层

与孤岛凸起相隔, 西以孤西断层与渤南洼陷相连, 向东缓坡过渡至孤北洼陷, 是受孤西断层控制形

收稿日期: 2007-01-16

第一作者简介: 林武 (1979-), 男, 助理工程师, 油气地球化学

基金项目: 国家自然科学基金 (40363024)

成的古生界潜山,勘探面积约 200 km²(图 1)。孤北潜山带经历了印支期挤压逆断、燕山期拉张断陷、燕山—喜马拉雅早期挤压转拉张 3 个大的构造演化阶段而基本定型。孤北潜山带在奥陶系及石炭—二叠系储层中分布着不同类型的天然气。早期在石炭—二叠系义 155、渤 93、义 132 等井获工业气流,近期相继发现了渤深 6、渤古 1、渤 601、孤北古 2 井等油气藏。特别是 2004 年,孤北古 1 井在石炭—二叠系测试获高产工业气流,控制储量为 $68 \times 10^8 \text{ m}^3$,展示了该区天然气的较大勘探潜力^[1~3]。随着近期该区天然气勘探取得重大突破,天然气成因类型的研究显得尤为重要。本文通过对孤北潜山带天然气组分、碳同位素以及轻烃地球化学特征的研究来判别天然气成因类型,并在此基础上结合地质条件探讨其分布规律,以期对本区的天然气勘探提供科学参考。

1 天然气地化特征

1.1 组分特征

天然气组分特征是天然气地球化学的主要特征之一。从本区天然气组分分析数据来看(表 1),孤北潜山带天然气以烃类气体为主,烃类气体以甲烷为主,非烃类气体 CO₂ 含量为 0.09% ~ 7.39%。下部奥陶系天然气产层甲烷含量为

74.98% ~ 84.34%,重烃气含量为 10.18% ~ 18.84%, $C_1/(C_1+C_5)$ 为 0.80 ~ 0.89 均为湿气;上部石炭—二叠系天然气产层甲烷含量为 82.10% ~ 95.01%,重烃气含量为 3.56% ~ 14.21%, $C_1/(C_1+C_5)$ 为 0.85 ~ 0.96 主要为湿气,其中义 155 和孤北古 2 井天然气达到干气标准。以上天然气组分特征表明,石炭—二叠系天然气产层甲烷含量总体高于奥陶系天然气产层,重烃气含量低于奥陶系天然气产层,石炭—二叠系天然气干燥系数总体大于奥陶系天然气,因此石炭—二叠系天然气相对于奥陶系天然气偏干。本区奥陶系与石炭—二叠系天然气组分特征的差异表明,两套储层的天然气可能为不同成因类型。

1.2 碳同位素特征

孤北潜山带天然气碳同位素组成数据显示,本区奥陶系与石炭—二叠系产层天然气碳同位素变化较大(表 2)。奥陶系产层天然气甲烷碳同位素组成为 -38.20‰ ~ -43.80‰,乙烷碳同位素组成为 -24.90‰ ~ -28.70‰,丙烷碳同位素组成为 -22.50‰ ~ -25.80‰,丁烷碳同位素组成为 -23.60‰ ~ -26.10‰。石炭—二叠系产层天然气各组分碳同位素相对于奥陶系的较重,其中甲烷碳同位素组成为 -32.17‰ ~ -41.00‰,乙烷碳同位素组成为 -21.98‰ ~ -25.80‰,丙烷碳同位素

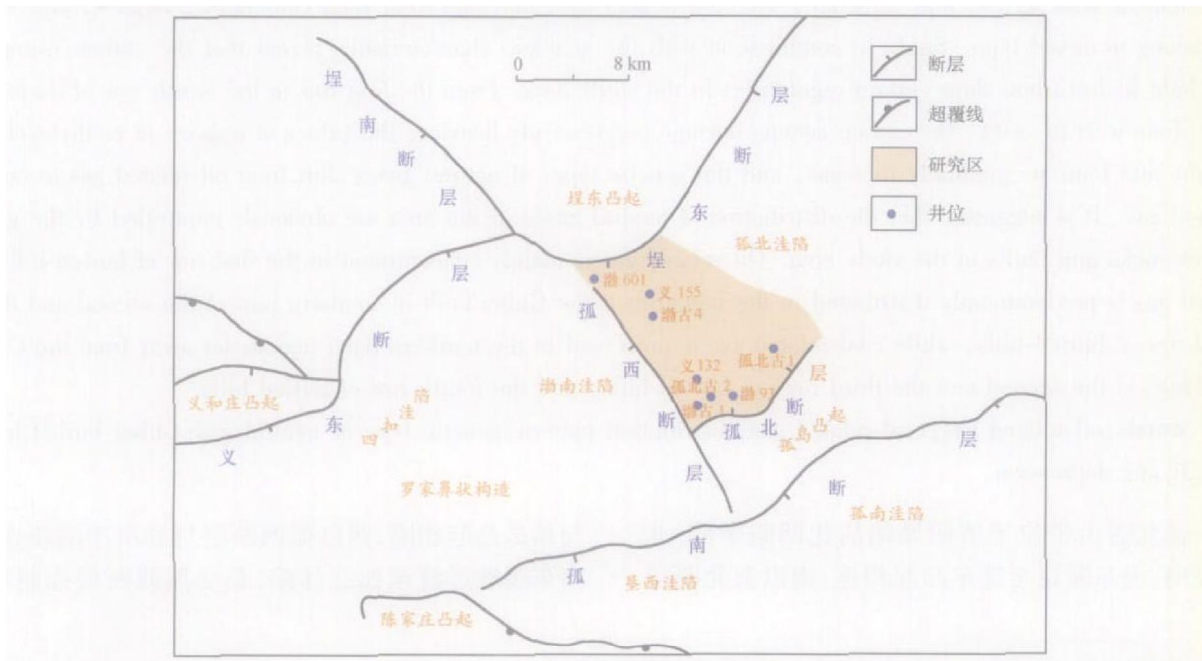


图 1 济阳坳陷孤北潜山带构造简图

Fig. 1 Structure map of Gubei buried-hill belt in Jiyang depression

表 1 济阳坳陷孤北潜山带天然气组分特征数据

Table 1 Characteristics of natural gas composition for Gubei buried-hills of Jiyang depression

地区	井名	井段 /m	层位	组分含量, %								$C_1 / (C_1 - C_5)$
				C_1	C_2	C_3	iC_4	nC_4	iC_5	nC_5	CO_2	
第一排山	渤深 6	4 165.50~ 4 246.00	O	74.98	11.42	4.77	0.62	1.30	0.31	0.42	4.77	0.80
	渤 601	5 007.00	O	76.20	9.48	4.46	0.73	1.60	0.47	0.54	5.05	0.82
第二排山	渤古 4	4 375.00~ 4 460.00	O	81.96	6.83	2.20	0.31	0.57	0.12	0.15	7.39	0.89
	义 132	3 374.00~ 3 387.00	C- P	82.10	8.10	3.43	0.53	1.26	0.39	0.50	1.87	0.85
	义 155	4 528.80~ 4 574.00	C- P	87.64	3.31	1.14	0.20	0.15	0.03	0.02	6.64	0.95
第三排山	渤 93	3 230.00~ 3 249.40	C- P	88.99	6.30	1.03	0.18	0.20	0.06	0.04	2.29	0.92
	孤北古 2	3 517.70~ 3 534.20	C- P	95.01	2.94	0.44	0.06	0.12			0.09	0.96
第四排山	孤北古 1	4 020.85~ 4 139.50	P	86.67	5.44	1.28	0.18	0.22	0.13	0.10	5.45	0.92

组成为- 21.20‰~- 24.99‰, 丁烷碳同位素组成为- 21.20‰~- 25.53‰。本区奥陶系与石炭- 二叠系产层天然气碳同位素组成上的差异也表明, 二者可能具有不同的成因类型。

天然气按其成气的物质来源可分为有机成因气和无机成因气。有机成因的原生烷烃气体的碳同位素系列为正碳系列, 即 $\delta^{13}C_1 < \delta^{13}C_2 < \delta^{13}C_3 < \delta^{13}C_4$ 。无机成因的原生烷烃气体的碳同位素系列为负碳系列, 即 $\delta^{13}C_1 > \delta^{13}C_2 > \delta^{13}C_3$ ^[4-5]。本区碳同位素系列的变化除了部分天然气的 $\delta^{13}C_3$ 和 $\delta^{13}C_4$ 呈倒转之外, 总体上为正碳系列, 因此本区天然气均为有机成因天然气。大量研究表明, 碳同位素发生倒转的可能原因有: 有机烷烃气与无机烷烃气的混合, 油型气与煤型气的混合, 同型不同源气或者同一源岩不同热演化阶段生成天然气的混合等^[4-6]。孤北潜山带天然气均为有机成因天然气, 并且在本区既发育有埋藏较深有机质类型较好的古近系沙河街组成熟烃源岩, 又存在有机质类型较差的石炭- 二叠系和中生界煤系烃源岩, 因此推测可能为煤型气和油型气的混合造成了部

分天然气 $\delta^{13}C_3$ 和 $\delta^{13}C_4$ 倒转。

有机成因天然气按其母质类型又可分为煤型气和油型气。天然气中烷烃气的稳定碳同位素组成是判别天然气成因类型最主要的指标^[7-12]。有机成因天然气中 $\delta^{13}C_1$ 是判别天然气成熟度的良好指标, 它具有随成熟度增高而变重的特征; $\delta^{13}C_2$ 值则主要与母质类型有关, 源于腐殖型母质的煤型气, 因富集碳的重同位素而值偏大, 而源于腐泥型母质的油型气值偏小^[6-8, 13-17]。国内许多学者据此提出了划分油型气和煤型气的碳同位素指标界限^[8, 10, 18], 但是由于 $\delta^{13}C_1$ 值随成熟度增高而增大, 因此成熟度相对较低的煤型气和成熟度相对较高的油型气 $\delta^{13}C_1$ 值将会出现叠合现象, 所以采用 $\delta^{13}C_1$ 和 $\delta^{13}C_2$ 两者相结合来判别天然气成因类型才是较合理和有效的方法^[10, 18]。从孤北潜山带天然气 $\delta^{13}C_1$ - $\delta^{13}C_2$ 碳同位素成因分类图中可以看出 (图 2), 本区天然气可明显分为 3 个区域: 孤北潜山带渤深 6、渤 601 井天然气位于油型气区; 义 155 和孤北古 1 井天然气位于煤型气区, 这与长庆气田鄂尔多斯上古生界天然气和华北油田苏

表 2 济阳坳陷孤北潜山带天然气碳同位素组成

Table 2 Carbon isotopic composition of natural gases in Gubei buried-hills of Jiyang depression

地区	井号	井段 /m	层位	碳同位素组成, ‰			
				$\delta^{13}C_1$	$\delta^{13}C_2$	$\delta^{13}C_3$	$\delta^{13}C_4$
第一排山	渤深 6	4 165.00	O	- 40.80	- 27.60	- 24.50	- 24.80
	渤 601	4 307.00	O	- 43.80	- 28.70	- 25.80	- 26.10
第二排山	渤古 4	4 375.00	O	- 38.20	- 24.90	- 22.50	- 23.60
	义 132	3 374.00~ 3 387.00	C- P	- 36.96	- 25.36	- 24.99	- 25.53
	义 155	4 696.30~ 4 706.70	C- P	- 32.17	- 21.98	- 21.50	- 20.98
第三排山	渤 93	3 230.00~ 3 249.40	P	- 38.05	- 22.67	- 21.25	- 21.79
	孤北古 2	3 689.00~ 3 731.00	C- P	- 41.00	- 25.80	- 23.60	- 23.60
第四排山	孤北古 1	4 020.85~ 4 139.50	P	- 35.90	- 23.10	- 21.20	- 21.20

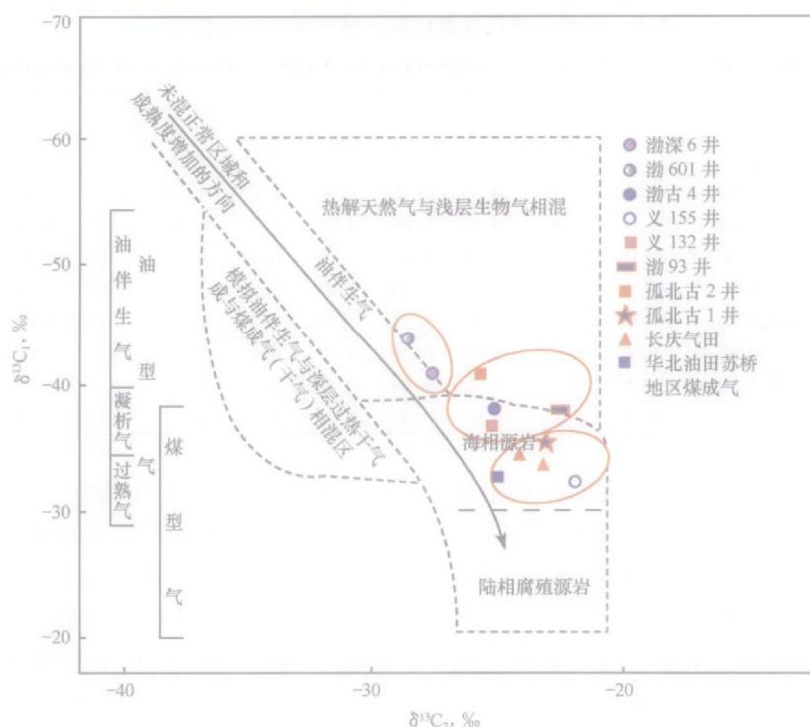


图 2 济阳坳陷孤北潜山带天然气 $\delta^{13}C_1 - \delta^{13}C_2$ 关系

Fig. 2 Relationship between $\delta^{13}C_1$ and $\delta^{13}C_2$ of natural gases in Gubei buried-hills of Jiyang depression

桥地区煤型气具有较好的可比性; 渤 93、渤古 4、义 132 和孤北古 2 井天然气处在两种类型天然气的中间区域, 为煤型气和油型气的混合气, 并且渤 93、渤古 4、义 132 井天然气 $\delta^{13}C_3$ 和 $\delta^{13}C_4$ 发生倒转, 也反映了它们具有煤型气和油型气混合的特征。

1.3 天然气轻烃特征

由于煤型气和油型气生气母质性质不同, 其生成轻烃的性质和参数有别, 因此也可利用轻烃来鉴别煤型气和油型气^[13-19]。在 C_7 烃化合物中, 正庚烷的含量主要反映藻类和细菌生源的贡献, 甲基环己烷主要反映高等植物木质素和纤维素的贡献, 二甲基环戊烷则主要反映水生生物类脂化合物的贡献, 由三者为端元编制的三角图可判识不同油气源的类型^[13-19-21]。从本区天然气 C_7 轻烃三角图版中可以看出 (图 3), 渤 601 井为油型气, 义 155 和孤北古 1 井为煤型气, 义 132、孤北古 2、渤古 4 等井为煤型气和油型气的混合气 (偏腐殖型气)。

庚烷值和异庚烷值是确定天然气成熟度的较好参数。本区天然气庚烷值基本大于 15, 异庚烷值大于 1, 显示本区天然气均为成熟油气^[8-13] (表 3)。甲基环己烷指数和苯指数则是反映母质类型

的良好参数。母质为 ④型干酪根的油气, 其甲基环己烷指数与苯指数比母质为 iv 和 ⑤型干酪根的油气高。孤北潜山带孤北古 1 和义 155 井天然气甲基环己烷指数为 58.74 和 46.87, 苯指数为 13.79 和 10.92 显示煤型气特征; 渤 601 井天然气甲基环己烷指数为 41.18, 苯指数为零, 显示油型气特征; 渤古 4、渤 93、孤北古 2 井天然气甲基环己烷指数和苯指数基本上介于二者之间, 为油型气和煤型气的混合气。同时我们选取 8 个轻烃参数进行综合指纹对比, 在轻烃指纹对比图上明显分为 3 种类型 (图 4): 孤北古 1 井与义 155 井轻烃参数表现出良好的相关性, 并以甲基环己烷和苯等为优势, 反映煤型气特征; 渤古 4 井及渤 601 井天然气相关性好, 具有正己烷等优势, 属于油型气; 而渤 93、孤北古 2 井天然气落在二者之间, 属于油型气和煤型气的混合气。

因此根据 C_7 轻烃以及各轻烃指数与指纹对比的综合分析, 渤 601 井天然气为油型气, 义 155 和孤北古 1 井天然气为煤型气, 义 132、孤北古 2、渤古 4 等井天然气为煤型气和油型气的混合气, 这与本区天然气碳同位素判定的结果具有较好的一致性。

综上所述, 孤北潜山带天然气组分、碳同位素及轻烃地球化学特征的综合分析显示: 本区天然

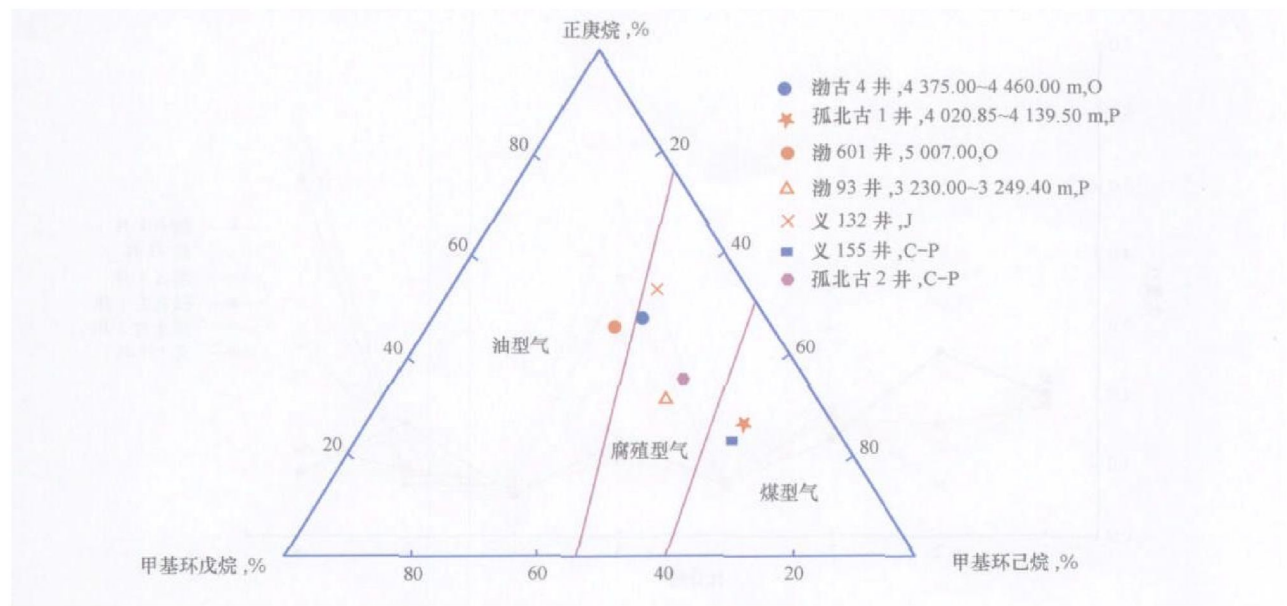


图 3 济阳坳陷孤北潜山带天然气 C₇轻烃组成三角图

Fig. 3 Triangular map showing C₇ light hydrocarbon composition of natural gases in Gubei buried-hills of Jiyang depression

表 3 济阳坳陷孤北潜山带天然气轻烃组成参数

Table 3 Parameters of light hydrocarbon composition of natural gases in Gubei buried-hills of Jiyang depression

地区	井名	井段 /m	层位	庚烷值, %	异庚烷值	甲基环己烷指数, %	苯指数, %
第一排山	渤 601	5 007.00	O	25.00	1.50	41.18	0
第二排山	渤古 4	4 375.00~4 460.00	O	26.58	1.76	32.75	5.96
	义 155	4 528.80~4 574.00	C-P	18.39	1.26	46.87	10.92
第三排山	渤 93	3 230.00~3 249.40	C-P	15.74	1.85	44.17	7.54
	孤北古 2	3 689.00~3 731.00	C-P	18.48	2.90	46.81	0.32
第四排山	孤北古 1	4 020.85~4 139.50	P	12.82	1.14	58.74	13.79

注: 庚烷值 = 正庚烷 × 100 / (环己烷 + 2-甲基己烷 + 2,3-二甲基戊烷 + 1,1-二甲基环戊烷 + 3-甲基己烷 + 顺-1,3-二甲基环戊烷 + 反-1,3-二甲基环戊烷 + 反-1,2-二甲基环戊烷 + 正庚烷 + 甲基环己烷);
异庚烷值 = (2-甲基己烷 + 3-甲基己烷) / (1,1-二甲基环戊烷 + 顺-1,3-二甲基环戊烷 + 反-1,3-二甲基环戊烷 + 反-1,2-二甲基环戊烷);
甲基环己烷指数 = 甲基环己烷 × 100 / (1,1-二甲基环戊烷 + 顺-1,3-二甲基环戊烷 + 反-1,3-二甲基环戊烷 + 反-1,2-二甲基环戊烷 + 正庚烷 + 甲基环己烷);
苯指数 = 苯 × 100 / Σ 己烷。

气可分为 3 种类型, 即油型气、煤型气和混合气。其中, 渤深 6、渤 601 井天然气为油型气, 义 155 和孤北古 1 井天然气为煤型气, 义 132、孤北古 2、渤古 4 等井天然气为油型气和煤型气的混合气。

2 天然气分布规律

2.1 天然气分布特征

孤北潜山带上古生界顶面构造发育有北西向

和南北向两组断层, 由西向东将潜山依次分割为第一排山、第二排山、第三排山和第四排山 (图 5)。孤北潜山带天然气碳同位素及轻烃分析结果及本区地质特征研究表明, 孤北潜山带天然气碳同位素和轻烃有规律地变化, 自西向东从第一排山至第四排山, 天然气碳同位素逐渐变重, 轻烃参数甲基环己烷指数和苯指数具有逐渐增高的趋势。在平面上 (图 5), 孤北潜山带自西向东从第一排山到第四排山, 天然气类型由油型气逐渐过

张林晔, 济阳坳陷天然气判别标志, 中国石化胜利油田地质科学研究所, 1989

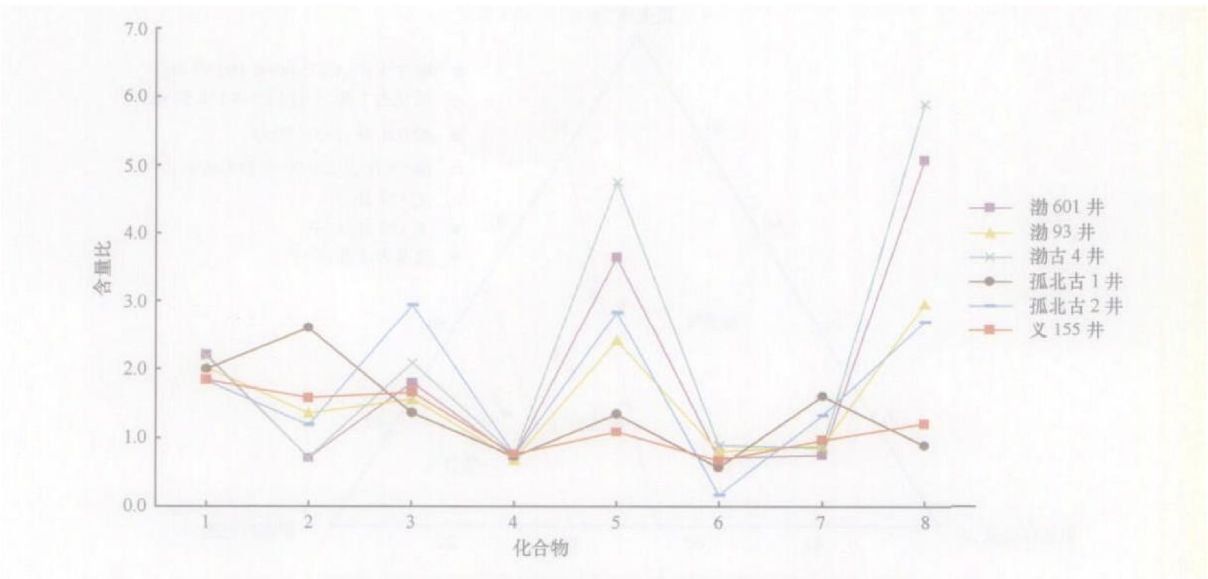


图 4 济阳坳陷孤北潜山带天然气轻烃指纹对比

Fig. 4 Fingerprints correlation of light hydrocarbons of natural gases in Gubei buried-hills of Jiyang depression

1. 2- 甲基戊烷 / 3- 甲基戊烷; 2. 甲基环己烷 / 正庚烷; 3. 3- 甲基己烷 / (1, 1- 二甲基环戊烷 + 顺- 1, 3- 二甲基环戊烷); 4. 反- 1, 3- 二甲基环戊烷 / 反- 1, 2- 二甲基环戊烷; 5. 正己烷 / (2, 2- 二甲基戊烷 + 甲基环戊烷); 6. 苯 / 环己烷; 7. 环己烷 / 甲基环戊烷; 8. 正己烷 / 环己烷

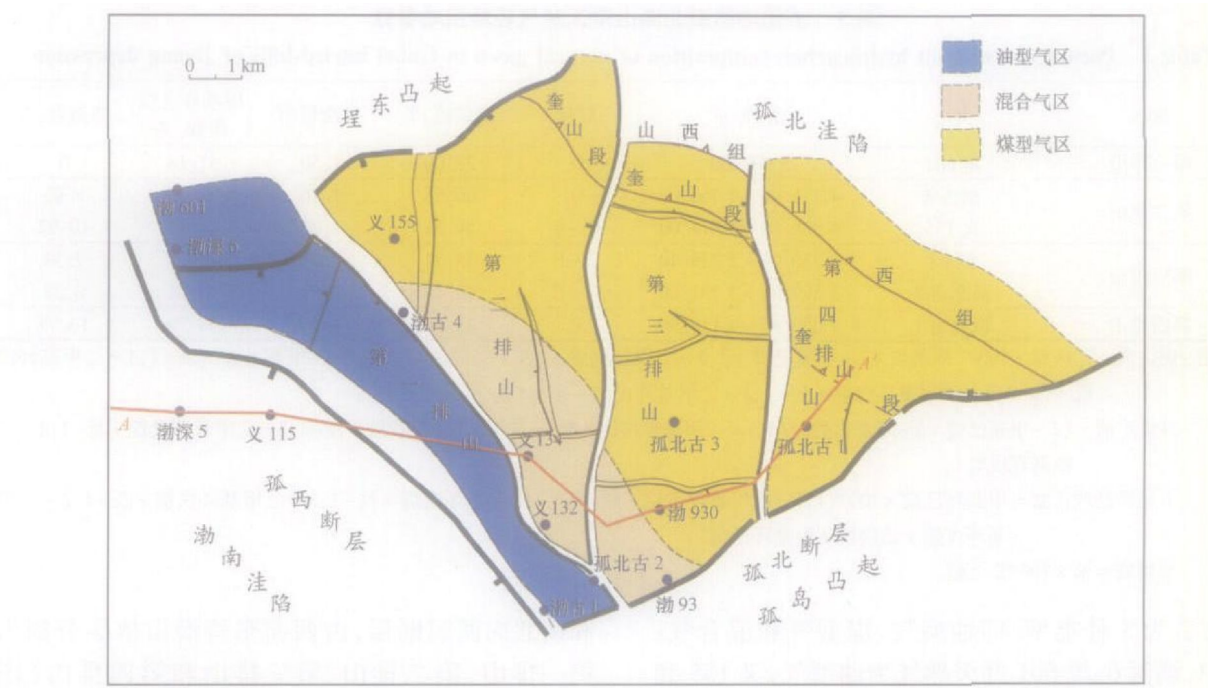


图 5 济阳坳陷孤北潜山带油气平面分布

Fig. 5 Planar distribution of oil and gas in Gubei buried-hills of Jiyang depression

渡为煤型气: 第一排山天然气主要为油型气; 第二、第三排山南部靠近孤北断层地区天然气为油型气与煤型气的混合气; 第二、第三排山北部远离孤北断层地区及第四排山天然气主要为煤型气。在纵向上, 孤北潜山带奥陶系产层天然气主要为油型气; 石炭- 二叠系产层天然气主要为煤型气, 其中在

靠近孤北断层的第二、第三排山南部石炭- 二叠系产层天然气主要为油型气和煤型气的混合气。

3.2 天然气分布特征与气源岩和断层的关系

前人研究表明, 本区天然气源岩主要有两种类型: 一种类型为渤南洼陷和孤北洼陷沙河街组

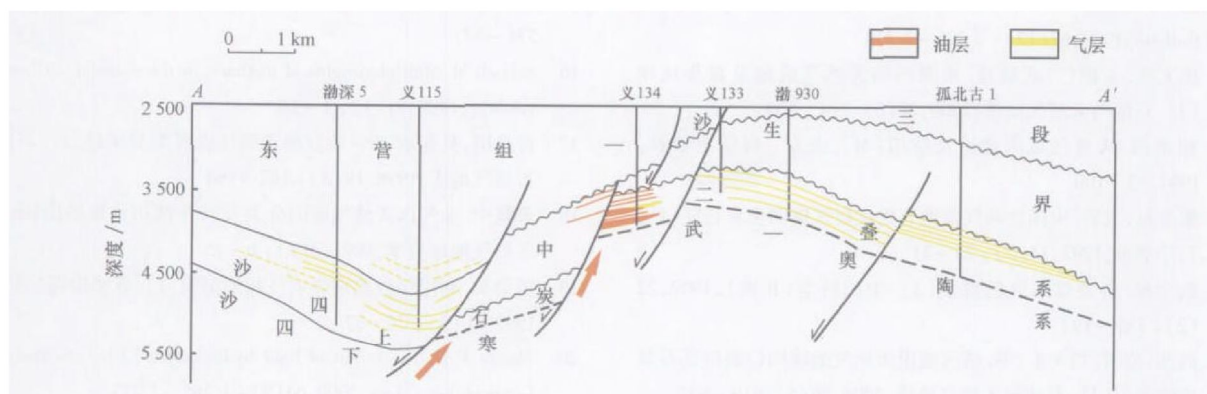


图 6 济阳坳陷孤北潜山带天然气成藏模式

Fig. 6 Patterns of gas accumulation in Gubei buried-hills of Jiyang depression

iv- ④₁ 型成熟烃源岩; 另一种类型为孤北潜山带的石炭-二叠系以及部分中生界 ④₂-④₃ 型煤系烃源岩^[1~3, 22, 23]。从孤北潜山带天然气成藏模式图中可以看出(图 6), 本区第一排山石炭-二叠系煤系烃源岩相对于第二、第三、第四排山不发育, 但它通过孤西断层与渤南洼陷相连, 因此渤南洼陷沙河街组 iv- ④₁ 型成熟烃源岩生成的油气可以通过孤西断层或不整合面运移至第一排山, 在下古生界储层形成新生古储型油型天然气藏, 渤深 6 井、渤 601 井即为此种类型天然气藏; 第二、第三排山南部靠近孤北断层地区, 渤南洼陷沙河街组成熟烃源岩生成的油气可以通过断层运移至此, 其自身也发育有石炭-二叠及部分中生界煤系烃源岩, 因此可以形成油型气和煤型气混合来源的天然气藏, 义 132 井、渤古 4 井以及孤北古 2 井等为此种类型天然气藏; 而远离孤北断层的第二、第三排山北部地区及第四排山, 由于距离渤南洼陷油气源较远, 因此渤南洼陷生成的油气很难大规模运移至此, 所以气源岩主要为其自身的石炭-二叠系及部分中生界煤系烃源岩, 从而形成石炭-二叠系自生自储的煤型天然气藏, 义 155 井、孤北古 1 井属于此种类型天然气藏。闵敏、常国贞等^[1, 22]通过对本区的研究也认为, 沙河街组生成的油气仅是在第一排山的下古生界及第二排山南部局部断裂发育, 而油气难以大规模运移至第三排山和第四排山。以上分析显示, 本区天然气藏分布主要受控于气源岩和断层。

3 结论

1) 孤北潜山带天然气总体显示湿气特征, 奥陶系产层天然气相对于石炭-二叠系产层天然气偏

湿。孤北潜山带天然气均为有机成因天然气, 并可划分为 3 种成因类型: 油型气、煤型气及油型气和煤型气的混合气。其中义 155、孤北古 1 井天然气为煤型气, 渤 601、渤深 6 等井天然气为油型气, 孤北古 2、渤古 4、义 132 等井天然气为油型气和煤型气的混合气。

2) 孤北潜山带自西向东从第一排山到第四排山, 天然气碳同位素和轻烃有规律地变化, 呈现碳同位素逐渐变重以及甲基环己烷指数和苯指数逐渐增大的趋势, 天然气类型从油型气逐渐过渡到煤型气。本区天然气分布受气源岩和断层的控制。在平面上, 第一排山天然气类型主要为油型气; 第二、第三排山南部靠近孤北断层地区天然气为油型气与煤型气的混合气; 第二、第三排山北部远离孤北断层地区及第四排山天然气主要为煤型气。在纵向上, 奥陶系产层天然气主要为油型气; 石炭-二叠系产层天然气主要为煤型气, 其中在靠近孤北断层的第二、第三排山南部石炭-二叠系产层天然气主要为油型气和煤型气的混合气。

参 考 文 献

- 1 闵敏, 郑油路, 万丛礼, 等. 沾化凹陷孤北潜山带煤成气成藏规律研究 [J]. 钻采工艺, 2006, 29(2): 118~120
- 2 李红梅. 孤北斜坡带煤成气成藏条件分析 [J]. 天然气工业, 2006, 26(2): 23~25
- 3 彭传圣. 济阳坳陷孤北低潜山煤成气成藏条件及特征 [J]. 中国海洋大学学报, 2005, 35(4): 670~676
- 4 戴金星. 概论有机烷烃气碳同位素系列倒转的成因 [J]. 天然气工业, 1990, 10(6): 15~20
- 5 Fuex A N. The use of stable carbon isotopes in hydrocarbon exploration [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1977, 7(2): 155~188
- 6 Schoell M. Genetic characterization of natural gases [J]. AAPG

- Bulletin, 1983, 67(12): 2 225– 2 238
- 7 焦大庆, 王德仁, 武晓玲. 东濮凹陷天然气成藏及富集规律 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 794– 803
 - 8 徐永昌. 天然气成因理论及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1994, 93~ 100
 - 9 戴金星, 宋岩. 中国含油气盆地有机烷烃气碳同位素特征 [J]. 石油学报, 1993, 14(2): 23~ 31
 - 10 戴金星. 各类烷烃气的鉴别 [J]. 中国科学 (B 辑), 1992, 22(2): 187~ 193
 - 11 高波, 范明, 刘文汇, 等. 塔河油田天然气的碳同位素特征及其成因类型 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 619~ 622
 - 12 黄海平, 许晓宏. 天然气同位素特征及作用 [J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 136~ 139
 - 13 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, 65~ 82
 - 14 Stahl W J, Carey Jr B R. Source rock identification by isotope analyses of natural gases from fields in the Val Verde and Delaware Basin, West Texas [J]. Chemical Geology, 1975, 16(4): 257– 267
 - 15 Whiticar M. A geochemical perspective of natural gas and atmospheric methane [J]. Organic Geochemistry, 1990, 16(1– 3): 531– 547
 - 16 Schoell M. Multiple origins of methane in the earth [J]. Chemical Geology, 1988, 71(1): 1– 10
 - 17 曾凡刚, 吴朝东. 吐-哈盆地天然气成因类型探讨 [J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(2): 162~ 164
 - 18 黄籍中. 油气区天然气成因分类及其在四川盆地的应用 [J]. 天然气地球科学, 1991, 2(1): 6~ 15
 - 19 戴金星. 利用轻烃鉴别煤成气和油型气 [J]. 石油勘探与开发, 1993, 20(5): 26~ 32
 - 20 Mango F D. The origin of light hydrocarbons [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2000, 64(7): 1 265– 1 277
 - 21 Mango F D. The origin of light hydrocarbons in petroleum: ring preference in the closure of carbocyclic rings [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1994, 58(2): 895– 901
 - 22 常国贞, 毕彩芹, 林红梅. 低潜山反转构造演化、成藏体系与勘探——以胜利油区孤北低潜山为例 [J]. 断块油气田, 2002, 9(5): 19~ 23
 - 23 魏泽典, 邓宏文, 李永根. 孤北斜坡带隐蔽圈闭成藏条件分析 [J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(2): 43~ 46

(编辑 李 军)

(上接第 418 页)

鼎盛时期), 由于距离气源距离的远近、是否位于气体运移路径上、局部砂体的孔渗条件等不同, 有的局部砂体成为甜点 (不含水的富气区), 有的局部砂体只能成为具底水的“岩性”气藏或水层。

4) 深盆地背景下正确确定天然气运移的有效路径和方向十分重要, 因为它能指导我们寻找不含水或少含水的高丰度富气区块——“甜点”提供依据。

参 考 文 献

- 1 Marion G G. Generation and expulsion of petroleum and gas from Almond formation coal, Greater Green River Basin, Wyoming [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(1): 62– 81
- 2 Michale M T. Scaled physical model of secondary oil migration [J]. AAPG Bulletin, 1995, 79(1): 19– 29
- 3 Bradley J S. Abnormal formation pressure [J]. AAPG Bulletin, 1975, 59(6): 957– 973
- 4 Berg R R. Capillary pressure in stratigraphic traps [J]. AAPG Bulletin, 1975, 59(6): 939– 956
- 5 王涛. 中国深盆地 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002
- 6 袁政文, 许化政, 王百顺, 等. 阿尔伯特深盆地研究 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996
- 7 赵文智, 何登发, 翟辉, 等. 复合含油气系统中油气运移流向研究的意义 [J]. 石油学报, 2001, 22(4): 7~ 12
- 8 左胜杰, 庞雄奇, 金之钧. 吐哈盆地台北凹陷深盆地气成藏地质条件 [J]. 新疆石油地质, 2002, 23(3): 193~ 197
- 9 杨俊杰, 裴锡古. 中国天然气地质学 (4)——鄂尔多斯盆地 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996
- 10 李振铎, 胡义军, 谭芳. 鄂尔多斯盆地上古生界深盆地研究 [J]. 天然气工业, 1998, 18(3): 10~ 16
- 11 付广, 孟庆芬. 徐家围子地区深层运移输导系统及对天然气成藏与分布的控制 [J]. 油气地质与采收率, 2004, 11(2): 18~ 24
- 12 Galeazzi J S. Structural and stratigraphic evolution of the western Malvinas basin, Argentina [J]. AAPG Bulletin, 1998, 82(4): 596– 636
- 13 赵忠新, 王华, 郭齐军, 等. 油气输导体系的类型及其输导性能在时空上的演化分析 [J]. 石油实验地质, 2002, 24(6): 257~ 536
- 14 张照录, 王华, 郭齐军, 等. 含油气盆地的输导体系研究 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 133~ 135
- 15 张抗. 中国天然气资源的两点论和发展战略 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 163~ 167
- 16 张之一. 更新勘探观念, 开拓深层油气新领域 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 193~ 196
- 17 任战利, 张盛, 高胜利, 等. 伊盟隆起东胜地区热演化史与多种能源矿产的关系 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 188~ 193

(编辑 陈喜禄)

3) 形成环境不同, 泥岩中的砂岩气藏形成于烃源岩之中, 为自生自储型生储盖组合, 而深盆气背景下的岩性气藏形成于低孔渗砂体的包围之中, 不是自生自储。

2 研究区盒 8 段深盆气藏内部水层成因解释

2.1 孤立的具有底水的常规岩性气藏

这在研究区是存在的 (图 5), 如在河流环境背景下孤立砂体如缺口扇砂体; 前三角洲泥中孤立的砂体等, 当有油气源供给时, 便容易形成具底水的常规透镜体岩性油气藏。

沉积相研究表明, 盒 8 段沉积时期在盆地北部由北而南发育四条河流, 进入湖盆后依次形成三角洲平原、三角洲前缘, 在湖盆中心发育前三角洲和深湖-半深湖相沉积, 从而形成致密砂泥岩背景与的泥包砂的透镜体。研究表明, 这些地区仍是深盆气藏发育区, 且在泥质岩背景下局部砂体中有含水层存在, 如位于盆地腹地的陕 136、陕 131 井, 其中陕 136 井日产水 3.5 m^3 , 陕 131 井日产水 18.4 m^3 , 这些砂体被四周的成熟气源岩包裹, 气源岩所排出的天然气进入砂体, 从而形成具底水的正常常规透镜砂岩体气藏。

2.2 位于气、水过渡带——早先是深盆气藏

位于气、水过渡带——早先是深盆气藏, 后因深盆气萎缩, 由纯气藏转化为气、水过渡带。

如苏 2 井。目前鄂尔多斯盆地盒 8 段深盆气藏因供气量小于散失量, 处于深盆气消亡阶段, 导致气水界面下降, 当气水界面下降到高孔渗砂体时, 由于高孔渗砂体含气, 高孔渗砂体孔渗性远大于围岩, 水体在毛管力作用进入高孔渗砂体, 并逐步将其中的气排出, 在高孔渗砂体下部赋存, 上部是剩余的气, 从而使高孔渗砂体形成正常的“岩性气藏”。苏 2 井在目前盒 8 段的气水过渡带上, 是气、水同层。

3 结论与建议

1) 实验表明, 除了在深盆气形成的鼎盛时期深盆气藏内不含水之外, 深盆气形成演化的各个

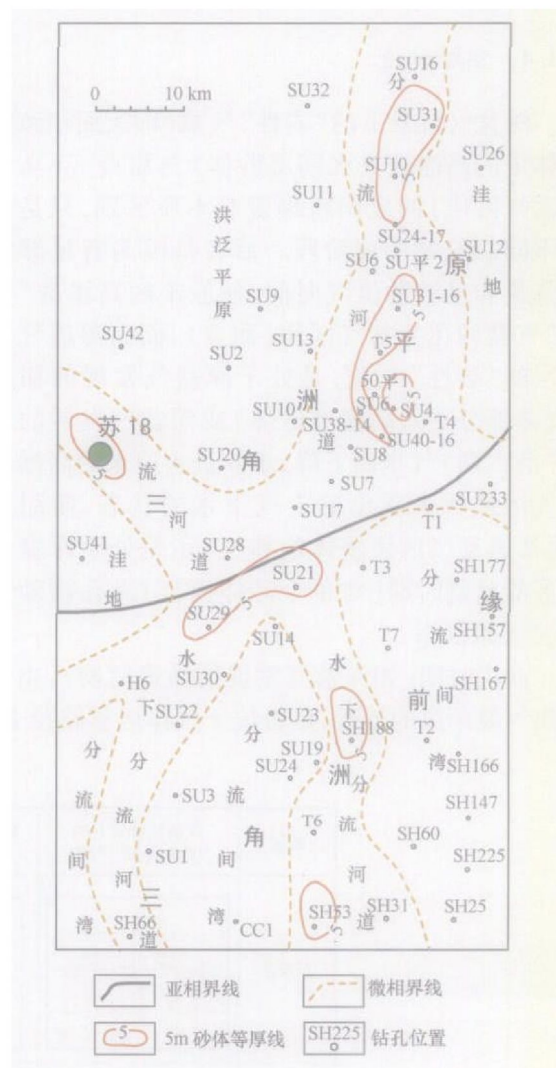


图 5 苏里格气田上古生界气藏盒 8₁ 时期沉积纲要图 (据长庆油田, 2001 年)

Fig. 5 Diagram showing the sedimentary facies of He-8 Member in Sulige gasfield during the Neopaleozoic

时期都是含有水的, 这些水可以是深盆气形成前的孔隙水 (在深盆气形成的建设时期), 也可以是深盆气萎缩时期地层水进入局部高孔渗砂体形成的“岩性”气藏中的底水。

2) 盒 8 段深盆气藏内水层的成因有: 具有底水的正常砂岩透镜体岩性气藏的底水; 深盆气藏的气水过渡带中局部高孔渗砂体形成的“岩性”气藏的底水。

3) 深盆气背景下的“岩性”气藏 (即大面积致密砂体中的高渗透气水同层砂体) 与甜点 (高渗透富气区块) 的成因机理没有本质区别, 只是处于不同的气藏形成阶段。同一时期 (如深盆气发展的 (下转第 426 页))