天然气地质学

阜新盆地无机成因气探讨

朱志敏[1], 沈 冰[1], 闫剑飞[2]
(1. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041;
2. 中国地质调查局成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘 要: 评价盆地天然气资源的首要问题是确定天然气的来源。指出, 阜新盆地是断陷型裂谷盆地, 其中具有沟通地幔和岩石圈的深大断裂, 地幔物质沿该深大断裂将大量无机成因天然气带入地球浅部聚集; 聚集的天然气具有甲烷含量高、甲烷碳同位素和二氧化碳碳同位素值高、$^3He/^4He$ 值较高等特点。认为盆地存在有源于地幔的无机成因气, 这种无机气与浅部地层的有机成因气混合后可以形成气藏。

关键词: 阜新盆地; 无机成因气; 裂谷盆地; 地幔
中图分类号: TE122.1$^+$1 文献标识码: A 文章编号: 1672-1926(2006)03-0418-04

0 前言

近 20 年来, 由于宇宙化学和地球形成新理论的兴起、板块构造理论的发展和应用和同位素地球化学研究的深入, 为无机成因天然气(以下简称无机气)提供了理论依据[1~4], 而中国东部无机气的发现, 更为无机气理论提供了大量的事实依据[5~8]。部分学者和专家应用无机成因天然气理论来研究中国东部的天然气地质特征, 表明该区域具有进一步寻找无机气的可能[9~13]。阜新盆地位于我国辽宁省, 从盆地的地质条件和已有的天然气勘探实践来看, 盆地具有无机气存在的众多有利条件, 本文正是基于这些有利条件, 试图讨论该盆地无机气问题。

1 地质概况

阜新盆地位于华北板块北缘活动带上, 是我国东北断陷型裂谷盆地的典型代表。盆地构造大致经历了 3 个发育阶段, 即盆地拱张期——义县期; 盆地深陷期——九佛堂、沙海、阜新组沉积期; 盆地收缩期——孙家湾期。在前震旦系变质岩基底上, 阜新盆地在断陷期间最先充填的是义县组火山岩, 继而是九佛堂组、沙海组和阜新组的煤系以及孙家湾组的紫红色碎屑岩, 故其是具有火山岩和沉积岩的二元结构建造。

2 盆地构造是无机气存在首要的条件

2.1 深大断裂是无机气运移的通道

地球深部能够产生大量的无机气已毋庸质疑, 但是地球深部生成的气体是否能运移到地球浅部而存在, 取决于是否有深大断裂的存在。裂谷盆地是引张作用使整个岩石圈破裂而形成的狭长沉降带, 裂谷盆地必然存在沟通地球深部和浅部并使上地幔物质上涌的深大断裂[4]。阜新盆地位于华北板块北缘活动带上, 盆地受控于东西两侧的深大盆缘断裂——松岭断裂和阎山断裂(图 1)[14]。盆地的 2 条深大断裂控制了盆地的沉积充填序列, 其中义县组是白垩纪初期的火山喷发、溢流形成的基性和中性玄武岩、安山岩、火山角砾岩等; 而在九佛堂组、沙海组、阜新组、孙家湾组沉积岩中均有第三纪喜马拉雅期辉绿岩侵入[15]。这些火山岩的分布受深大断裂的控制, 均为上地幔物质上涌的产物。正是这些上地幔物质带来了大量气体, 在盆地的有利位置保存起来。所以, 伸展背景下的深大断裂成为无机气上升的通道; 断陷型裂谷盆地是无机气存在的有利场所。

2.2 地温异常是无机气存在的佐证

一个盆地或地区的热状态是深部物质对浅部入

收稿日期: 2005-11-14; 修回日期: 2006-02-16.
作者简介: 朱志敏(1978-), 男, 四川绵竹人, 硕士, 现从事天然气地质研究. E-mail: weah0500@163.com.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

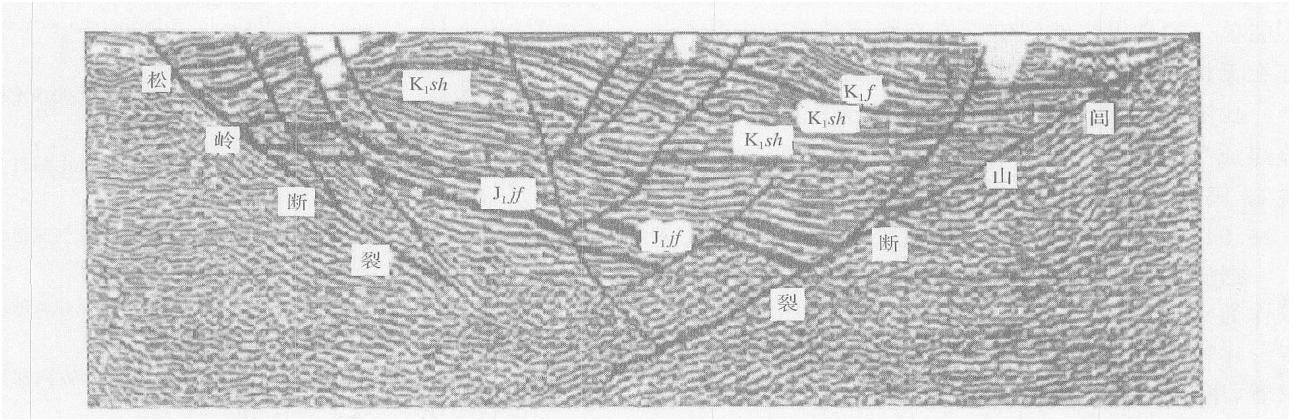

图 1 阜新盆地地震剖面

侵状态的直接反映, 是量度无机成因气是否发育的一个标志[5]。纵观我国东部各地区的地温特点, 均明显的表现为高地温异常。据实地矿井调查, 盆地内王营区平均地温梯度为 2.5℃/100 m, 其中王营立井附近东侧的 93-3 号孔达到了 3.52℃/100 m, 90-25 孔达到了 3.3℃/100 m[16]。从盆地已有的 2 口地热井资料看, DR1 井 150～250 m 地温梯度为 2.1℃/100 m, 350～800 m 地温梯度为 2.68℃/100 m, 850～1 350 m 地温梯度为 3.84℃/100 m, 1 600～1 700 m地温梯度为 6.3℃/100 m; DR2 井 1 000 m 以深地温梯度变化范围3.5～4.7℃/100 m[17]。以上表明, 阜新盆地属于高地温异常盆地, 显示了地幔高热物质沿深大断裂进入地球浅部, 反映了盆地深部构造现象, 是无机气存在的又一佐证。需要注意的是, 地幔物质对于盆地沉积有机物的烘烤, 提高了沉积有机质的成熟度, 对于盆地的有机气的生成也是有利的[18]。所以现在盆地内气藏中的天然气很可能是有机气和无机气混合的气体。

3 天然气地球化学特征是盆地无机气的判别指标

甲烷是低分子气态烃, 即使在地球深部也能稳定存在, 而其他烃类物质在高温高压下很容易分解, 所以无机气中的烃类以甲烷为主, 气体表现为干气。从表 1 看出, 阜新盆地天然气甲烷含量高。

甲烷碳同位素值是判别天然气成因的良好指标, 但是判别标准分歧较大。郭占谦等[4]认为, 无机气 $\delta^{13}C_1$ 值一般大于- 25‰; 戴金星等[7]认为, 无机气 $\delta^{13}C_1$ 值一般大于- 30‰; 张厚福等[19]认为, 无机气 $\delta^{13}C_1$ 值一般大于- 40‰; 张学华等[5]认为, $\delta^{13}C_1$ 值范围在- 30‰～- 50‰的 CH_4 也可以是无机成因的[5]。以上判定均是针对单纯的无机气, 未考虑混入的有机气, 由于天然气一般是多成因多来源的, 而且有机气与无机气相比往往富轻碳同位素^{12}C, 所以在无机气从地球深部向浅部运移过程中混入有机气必然导致检测到的甲烷碳同位素值偏轻[20～23]。同时, 无机气在从深部向浅部运移时途经上覆地层, 发生同位素分馏现象, 也会导致甲烷碳同位素值变轻。所以当有有机成因尤其是生物气混入无机气时, 甲烷碳同位素值在小于- 50‰也可能是无机成因的,

表 1 阜新盆地天然气组成

采样点	样号	气体组分(%)					
		甲烷	乙烷	丙烷	氮气	二氧化碳	氦气
王营北翼闭气藏	气2	92.58	0.02		7.39	0.36	0.006
	气3	90.03	微量		9.97		< 0.001
	气4	98.03	微量		1.92		< 0.001
王营煤层气	孙家湾层	96.40	0.25	1.23	2.12		
	太平层	96.51	0.93	0.47	0.32		
刘家区	阜新组泥岩	87.58	微量		9.20	3.18	
东梁区	FC1井	94.74	2.22		1.99	1.05	
	FC2井	91.04	0.49	0.07	5.84	2.09	
	转角庙村气苗	94.96			3.07	1.97	

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

不能单一的靠甲烷碳同位素值来判别天然气中是否存在无机气。但是甲烷碳同位素值偏重($\delta^{13}C_1$ 值大于 -40‰)存在无机气的可能性比较大。据"阜新盆地煤成气赋存规律及资源评价"[①]测得的天然气甲烷碳同位素值来看,$\delta^{13}C_1$ 值在 -30.13‰～-19.94‰之间,具有明显的无机气特征。

据研究,天然气中 $^3He/^4He$ 值大于 1.4×10^{-6} 可以作为无机气存在的指标[24,25],天然气中 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 大于 -10‰也可以作为无机气存在的指标[25]。从表 2 来看,阜新盆地 $^3He/^4He$ 值在($2.6\sim4.78$)$\times10^{-6}$ 之间,二氧化碳碳同位素在 -13.60‰～-4.10‰之间,这 2 项指标很好的指示其为无机气。

表 2 阜新盆地天然气中 $^3He/^4He$ 值和 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 值特征

采样点	样号	$^3He/^4He$($\times10^{-6}$)	$\delta^{13}C_{CO2}$(‰)
北翼闭气藏	阜气 32	3.68±0.09	-13.60
北翼闭气藏	气 2	3.47±0.009	-4.10
王营南翼太下 4 煤	阜气 31	4.78±0.12	
王营北翼孙下 1 煤	阜气 33	2.66±0.08	

4 结论

(1) 阜新盆地的构造条件决定了地球深部的幔源物质能沿盆地深大断裂带来大量无机气。

(2) 阜新盆地天然气中甲烷含量高,甲烷碳同位素和二氧化碳碳同位素值高,$^3He/^4He$ 值较高,表现出了无机气特征。

(3) 深部无机气在进入浅部地层时,混入了有机成因天然气,混入份额有待进一步研究。

(4) 东北亚地区分布着 100 多个具有适合无机气聚集的晚中生代断陷型裂谷盆地,阜新盆地作为其中的一个典型盆地,其中无机气的发现,从一定意义指示了在该类盆地均可能发现无机气的存在。

致谢:本文思路来源于与辽宁工程技术大学崔洪庆教授、孟庆山高工的交流,写作中得到张仕鲁老师的帮助,在此一并表示诚挚的谢意。

参考文献:

[1] GOLD T, SOTER S. The deep-earth-gas hypothesis[J]. Science American, 1980, 242(6): 154-161.

[2] 戴金星. 非生物天然气资源的特征与前景[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(1): 1-6.

[3] FROST B R, FROST C D. CO_2 melts and granulite metamorphism[J]. Nature, 1987, 327: 503-506.

[4] WELHAN J A. Origins of methane in hydrothermal systems[J]. Chemical Geology, 1988, 71: 183-198.

[5] 张学华, 郑永飞. 无机成因天然气碳同位素组成变化的理论模式[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16(2): 81-85.

[6] 郭占谦, 王先彬. 松辽盆地非生物成因气的探讨[J]. 中国科学(B), 1994, 24(3): 303-309.

[7] 戴金星, 宋岩, 戴春森, 等. 中国东部无机成因气及其气藏形成条件[M]. 北京: 科学出版社, 1995.

[8] 郭占谦, 王连生, 解启来, 等. 大庆长垣伴生气中二氧化碳的成因研究[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(1): 48-50.

[9] 侯启军, 杨玉峰. 松辽盆地无机成因天然气及勘探方向探讨[J]. 天然气工业, 2002, 22(3): 5-10.

[10] 杨玉峰, 张秋, 黄海平, 等. 松辽盆地徐家围子断陷无机成因天然气及其成藏模式[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 523-533.

[11] 郭占谦. 中国东部是多种天然气资源发育区[J]. 天然气工业, 1999, 19(6): 1-6.

[12] 赫英. 胜利油田边缘及外围找寻不同类型深部天然气的可能性[J]. 地质论评, 1999, 45(1): 32-35.

[13] 王连生, 刘立, 郭占谦, 等. 大庆油田伴生气中硫化氢成因探讨[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(1): 51-54.

[14] 王桂梁, 马杏垣, 云武, 等. 间歇侧移式的裂陷与递进跳跃式的反转: 以阜新煤盆地为例[J]. 高校地质学报, 1996, 2(3): 284-294.

[15] 王宇林, 赵明鹏, 高占武, 等. 阜新盆地王营井田侵入岩研究[J]. 辽宁工程技术大学学报, 1998, 17(5): 466-471.

[16] 朱志敏. 阜新盆地中部煤层气地质特征研究[D]. 阜新: 辽宁工程技术大学硕士学位论文, 2004.

[17] 张俊宝. 阜新盆地东梁区地热资源赋存条件分析[J]. 中国煤田地质, 2003, 15(6): 37-39.

[18] 熊寿生, 卢培德. 火山喷溢-喷流活动与半无机成因天然气的形成和类型[J]. 石油实验地质, 1996, 18(1): 13-26.

[19] 张厚福, 方朝亮. 石油地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999.

[20] 李春园, 王先彬, 夏新宇. 甲烷及其同系物 $\delta^{13}C$ 值反序排列特征的熟知模拟与非生物成因天然气藏探讨[J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 306-311.

[21] 夏新宇, 李春园, 赵林. 天然气混源作用对同位素判源的影响[J]. 石油勘探与开发, 1998, 25(3): 89-90.

[22] 妥进才, 王先彬. 深层油气和非生物成因天然气的耦合与差异[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(1): 31-35.

[23] 周世新, 邹红亮, 解启来, 等. 沉积盆地油气形成过程中有机-无机相互作用[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(1): 42-47.

[24] 王先彬, 李春园, 陈践发, 等. 试论非生物成因天然气[J]. 科学通报, 1997, 42(12): 1233-1241.

[25] 徐永昌. 天然气中的幔源稀有气体[J]. 地学前缘, 1996, 3(3-4): 63-71.

① 东北煤田地质局 107 队. 阜新盆地煤成气赋存规律及资源评价. 科研报告. 1986.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

DISCUSS ON INORGANIC NATURAL GAS IN THE FUXIN BASIN

ZHU Zhi-min[1], SHEN Bing[1], YAN Jian-fei[2]
(1. *Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu* 610041, *China*;
2. *Chengdu Institute of Geological and Mineral Resource, CGS, Chengdu* 610082, *China*)

Abstract: To confirm the source of natural gas is essential to estimate the resource in a basin. Fuxin basin is a rift basin which has discordogenic faults. The inorganic natural gas followed along with these faults and gather in shallow stratum; the CH_4 content is high; $\delta^{13}C_1$ is $-30.13‰ \sim -19.94‰$, and $^3He/^4He$ and $\delta^{13}C_{CO_2}$ is high too. Its´ characteristics indicate there are some anorganic gas in the Fuxin basin and the anorganic gas can form the gas pool interfused with organic natural gas.

Key words: Fuxin basin; Inorganic natural gas; Rift basin; Mantle.

(上接第 **417** 页)

道,张扭性运动、压扭性运动时期及阜新盆地形成后期有条件作为油气垂向运移通道。

(4) 坳陷地层成藏条件为大构造、断裂发育,深部有油气源。

参考文献:

[1] 王伟锋. 阜新盆地的油气保存条件[J]. 新疆石油地质, 1998, 19(3): 202-206.

[2] 龚建明. 阜新盆地的储层特征及其勘探方向[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1998, 18(2): 81-90.

[3] 路爱平. 盆地构造演化沉积环境与非煤能源矿产评述[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2003, 22(5): 606-608.

[4] 王伟锋. 阜新盆地构造特征与圈闭类型[J]. 石油大学学报, 1998, 22(3), 26-30.

[5] 李干生. 中国石化论文集[C]. 北京: 地质出版社, 2002.

THE NATURAL GAS FORMATION AND DISTRIBUTING CHARACTERISTIC OF FUXIN BASIN

LI Ying-zhen, CUI Hong-qing, ZHANG Tie-gang
(*College of Resoure and Environment, Liaoning Technical University, Fuxin* 123000, *China*)

Abstract: Fuxin basin has abundance natural gas and good gas source rock. By several structure movement, it form much traps and complexity fracture structure, directly control distributing layer and position of gas source rock and oil-gas. Oil-gas movement is landscape orientation in this district, when rupture activity cease, it is not portrait movement channel of oil-gas. In this district oil-gas pools have primary, secondary oil-gas pools, with thermogenic gas is central, the preserve condition depend on evening alteration degree of formation structure. Diffuse action of natural gas has litter effect to gas conceal, hardly has destroy function. Aiyou—the west of Dongliang and near to dolerite of Liujia—Wangying should be consider as exploration aspect in future.

Key words: Primary oil-gas pools; Secondary oil-gas pools; Thermogenic gas.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net