

松南长岭断陷无机气成因类型及分布特征

陈杰,徐翰,汪新文,刘剑平

(中国地质大学,北京 100083)

摘要:对长岭断陷 CO₂ 气地化分析表明,松南气田多数井的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 值均大于 -8×10^{-3} ,均为无机成因,而东岭气田部分井的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 值均小于 -10×10^{-3} ,属于有机成因。其中无机成因 CO₂ 气体中 R/Ra 值均大于 1,表明其无机成因 CO₂ 都属于岩浆-幔源成因。对长岭断陷地区钻井气测含量资料综合分析表明,无机成因 CO₂ 气的平面展布特征可划分为:高含 CO₂ 气区(>90%),位于中部及东北部,表现有 NNE—NE 向展布的趋势;中高含 CO₂ 气区(70%~90%),主要位于乾安次凹南部,总体表现为 NNW—近 SN 向展布;中低含 CO₂ 气区(20%~50%),主要分布于 2 个地区。红岗地区,以 NNE 向为主。腰英台—达尔罕地区,以近 SN 向为主;南部的低含 CO₂ 气区。垂向上长岭断陷南北 2 个次凹中的 CO₂ 产出层位显著不同。北部次凹内的产出层位较高,主要以泉头组及其上的青山口组为主。南部的无机 CO₂ 气产出层位以断陷期营城组火山岩为主,少量为登娄库组。

关键词:长岭断陷;无机气;成因类型;分布特征;松辽盆地

中图分类号:P618.13

文献标识码:A

0 引言

目前,我国已发现的无机气藏主要为 CO₂ 气藏(其标准为 CO₂ 气含量大于 60%,通常大于 90%^[1]),主要分布于我国东部陆上松辽盆地、渤海湾盆地、苏北盆地和大陆架上的东海盆地、珠江口盆地和莺歌海盆地^[2]。松辽盆地是我国东部最大的含油气盆地,地幔上隆、地壳减薄、地壳中发育“网状”结构及部分深大断裂的发育对地球深部流体向上运移创造了有利条件^[3]。

长岭断陷位于松辽盆地中央拗陷区南部,在其常规油气勘探过程中,断陷内已探获许多无机成因的 CO₂、高含 CO₂ 或较纯 CO₂ 气藏,如早期发现的红岗、乾安气藏,近期发现的长深 2、4、6 井区气藏,长深 7、孤 6、孤 7、孤 9、孤 12 井区气藏等。这些气藏的发现,使人们对松南及长岭断陷内烃类气藏中 CO₂ 气含量变化及对烃类气勘探开发的作用和影响,及对 CO₂ 气体(可能伴生的 He 气等)的成藏越来越关注。长岭断陷是形成 CO₂ 气藏,开展相应研

究的有利地区之一。但总体来说,长岭断陷地区对无机成因气的研究起步较晚,勘探研究程度较低,对其成藏规律了解较少,限制了长岭断陷油气勘探的部署。该文分析了长岭断陷无机气成因类型及分布特征,可为该区块下一步勘探方向提供参考依据。

1 区域概况

长岭断陷位于松辽盆地中央拗陷区南部,向北为常家围子—古龙断陷,向南为西南隆起区,向西为西部斜坡带,向东为东南隆起区。平面上呈“U”字型向北延伸,其他 3 个方向均为隆起区(图 1)。区内发育有若干组不同方向断层,其中断陷南北两侧边界受 NW 向断层控制,中部也发育 NW 向断层(或构造);NNE—NE 向断层控制了断陷的展布、沉积—沉降中心。深大断裂在该区也非常发育,主要包括北部乾安次凹中的乾安深断层、大安深断层,南部长岭次凹中的长岭深断层、达尔罕深断层等,其对浅部及后期的构造、沉积、变形等起控制作用。

基底具双层基底,下部为前寒武系中深度变质

收稿日期:2014-04-13;修订日期:2014-09-05;编辑:曹丽丽

国家重大专项:全球剩余油气资源研究及油气资产快速评价技术(二期)(2011ZX05028)

股份专项:全球油气资源评价与利用研究(2012E-0501)

作者简介:陈杰(1989—),男,河南鹤壁人,硕士研究生,研究方向盆地构造分析;E-mail:cj_cugb@163.com。

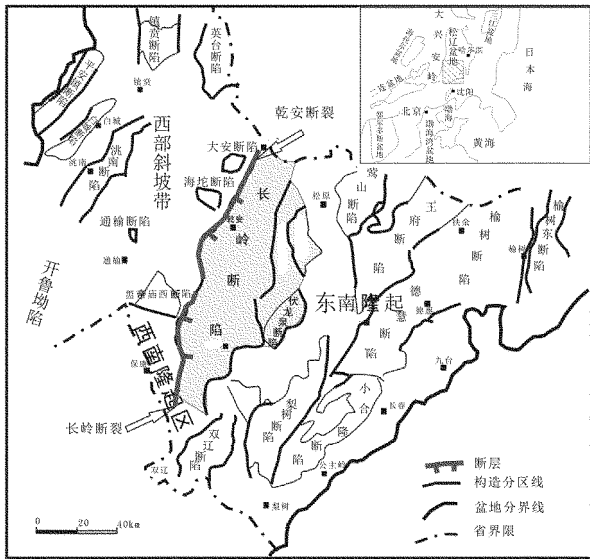


图1 研究区构造位置示意图
(据逢海明,2007年)

岩系和片麻状花岗岩,上部由古生代浅变质岩系和花岗岩构成。长岭断陷发育断陷构造-沉积和坳陷构造-沉积双层结构,下部为受断层控制比较显著的断陷结构,上部为受热沉降控制、断层不太发育的凹陷性结构,其中断陷层系厚度约5 000 m,坳陷层系厚度约3 000 m,局部沉积中心的断-坳盖层沉积厚度大于10 000 m。断陷层由上到下包括登娄库组、营城组、沙河子组和火石岭组地层,坳陷层为泉头组、青山口组、姚家组、嫩江组、四方台组、明水组及其上的古近纪、新近纪地层等。

区内火山活动十分强烈,发育了大量的火山岩,早期火山岩主要包括火石岭组、营城组火山岩,新近纪在部分钻井中发现一些火山岩(如乾124井)。火山活动可划分为7个火山喷发旋回、若干活动期次。火山岩以高钾-中钾钙碱性为主,其次为中钾钙碱性系列和钾玄武岩系列。该区新构造活动也十分强烈,发育大量深源玄武岩(带)、地震活动比较强烈。

2 无机气成因类型

对于无机成因和有机成因气的鉴别研究,我国走在世界前列^[4-11]。CO₂碳同位素特征是判别CO₂气成因的最重要证据之一。戴金星等在综合了大量国内外二氧化碳有关鉴别的数据后,得出无机成因 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 值大于 -8×10^{-3} ,主要分布于 $(-8 \sim 3) \times 10^{-3}$ 。而有机成因的CO₂的 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 值小于 $-10 \times$

10^{-3} ,有机和无机的CO₂的 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 值的重叠区域为 $(-10 \sim -8) \times 10^{-3}$,气体组分中CO₂含量达60%以上的气体均为无机成因。

无机成因CO₂又可分为碳酸盐岩热分解形成的CO₂和岩浆-幔源成因的CO₂。无机成因CO₂中,碳酸盐岩受热分解形成的CO₂的 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 值大多在 $(0 \sim 3) \times 10^{-3}$,而岩浆-幔源成因的CO₂的 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 值多在 $(-8 \sim 2) \times 10^{-3}$ ^[6]。由于这2种成因CO₂的碳同位素值互相重叠,利用CO₂的碳同位素不能区分这2种无机成因的CO₂,但利用与CO₂伴生的稀有气体氦同位素可以区分这2种成因,碳酸盐岩热分解成因中伴生的氦表现出壳源氦的同位素特征,

$R/Ra < 0.1$,而幔源氦的同位素非常重,其 $R/Ra > 1$ 。

据对长岭断陷CO₂气分析(表1),松南气田的YS1,YS101,YP1,YP7,YS2,CS1,CS1-1,CS1-2,CS₂,CS6井的 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 值均大于 -8×10^{-3} ,均为无机成因,而东岭气田的SN101,SN180井的 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 值均小于 -10×10^{-3} ,属于有机成因。在区分无机成因类型时,长岭断陷无机成因CO₂气体中R/Ra值均大于1,因此长岭断陷的无机成因CO₂应都属于岩浆-幔源成因。

表1 长岭断陷CO₂气地化参数

气藏	井号	深度(m)	层位	CO ₂ %	$\delta^{13}C_{CO_2}$	R/Ra	资料来源
腰英台	YS1	3544~3750	K _{1yc}	20	-7.9		华东局
	YS101	3750~3583	K _{1d}	18.78	-6.6		
	YP1		K _{1yc}	23.94	-7.4	2.547	本文
	YP7		K _{1yc}	6.01	-7.0	2.569	
哈尔滨	CS1	3594	K _{1yc}	22.52	-6.8	2.06	
	CS1-1	3739	K _{1yc}	69.62	-7.5	2.09	
	CS1-2	3838	K _{1yc}	77.81	-5.8	1.9	吉林油田
	CS2	3791.6~3809	K _{1yc}	98.53	-6.6	4.56	
	CS6	3724~3733	K _{1yc}	98.69	-6.3	3.87	
达尔罕前进	YS2	3830~3846		29.02	-5.7	2.401	
	LS1	4219~4965		1.95	-16.7		
东岭	SN101	2249~2253	K _{1d}	0.46	-16.3	1.085	本文
	SN180	1872~1886	K _{1yc}	0.14	-15.8	0.958	

3 无机成因气分布特征

该文综合收集长岭断陷地区钻井气测资料,对涉及无机成因CO₂气含量的分布进行了详细统计(图2),可以大致看到长岭断陷目前为止在油气勘探中测定的无机成因CO₂气的平面展布特征。

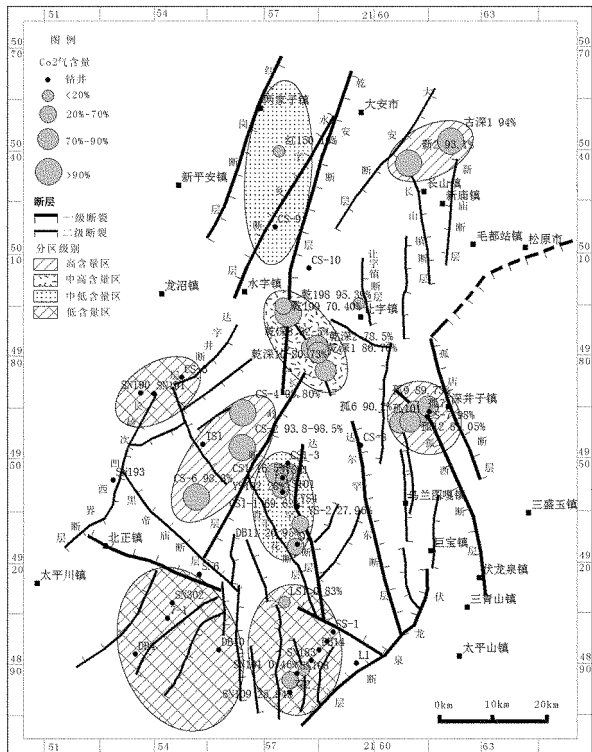


图2 长岭断陷不同含量CO₂气分布图

3.1 长岭断陷无机成因气平面展布特征

根据CO₂气百分含量的大小,长岭断陷可划分为以下分布区:

(1)高含CO₂气区。其百分含量在90%以上,主要包括:乾安次凹北部长山镇以北地区,以古深1井、新2井为代表。其中古深1井中测得CO₂为94%,新2井中测得CO₂含量为93.1%;大情字井地区,以长深6井、长深4井、长深2井等为代表,平均CO₂含量都在90%以上,总体表现有NNE—NE向展布的趋势;孤店地区,以长深7井、孤6井、孤9井为代表,CO₂含量分别为98%,90.2%和89.73%。

(2)中高含CO₂气区。其百分含量在70%~90%之间。长岭断陷内仅一个地区表现为比较显著的该区段的CO₂含量,即乾安地区,以乾深1(75.5%~80.73%)、乾深2(78.5%)、乾深8(82.5%)、乾深10(80.73%)、乾深11(95.73%)、乾198(95.39%)和乾199井(70.4%)等为代表,主要位于乾安次凹南部,总体表现出NNW至近SN向展布。

(3)中低含CO₂气区。其百分含量一般在20%~50%之间,而以20%~30%为多。长岭断陷内主

要发育在2个地区:①红岗地区,以红119井(17.61%)、红7井(15%~35%)、红150井(16%)、红75井(60.5%)等为代表。该区井位点较少,从区域展布趋势上看可能与红岗—大安次凹展布方向一致,以NNE向为主;②腰英台—达尔罕地区,以长深1(27.2%)、长深1-1(16.06%~23.05%)、长深103(12%~31%)、腰深1(20.74%)、腰深2(27.96%)、腰深101(24.21%)、腰深102(24.99%~33.9%)、腰平1(24.64%)、DB11井(26.95%)等为代表,该地区尤以20%~30%的含量为主。其展布方向以近SN向为主。

(4)低含CO₂气区。其百分含量一般在百分之几至百分之零点几。主要包括:①长岭县附近及以南的龙凤构造、双龙构造及东岭构造区等,以龙深1(1.2%)、双深1(1.07%)、SN182(0.18%)、SN101(0.46%)、SN115(0.5%)等井为代表,总体也表现为近SN向展布,与构造线方向一致。②化昌—前七号地区,以SN302、DB10井等为代表;③长岭断陷西部的华兴镇—杨家店(Ⅱ)区,以SN190、长深3井等为代表。

整体来讲,上述CO₂含量分区的划分只是按照趋势大致划分的,而且在整个含量区内也有一些例外情况,如在孤店高含量区内的长深7井(10%~60%)、中高含量乾安地区的乾198井(95.39%)、低含量地区的SN109井(25.94%)等,因此除上述CO₂含量所表现出的一定规律特征外,其展布还表现出相当的复杂性。

3.2 长岭断陷无机成因气纵向分布特征

长岭断陷无机成因气主体产于下白垩统地层中,岩性有火山岩和碎屑岩。

(1)长岭断陷北部次凹(乾安次凹)内的产出层位较高,主要以泉头组及其上的青山口组为主。如,乾安次凹北部的红岗地区CO₂气的产出层位为青山口组二、三段碎屑岩,层位最高;大安地区、乾安地区和孤店地区的产出层位为泉头组四段碎屑岩。总体来看,长岭断陷北部乾安次凹内的二氧化碳气产出层位以较高、较新的拗陷期沉积地层(泉头组、青山口组等)为主,且以碎屑岩储集层为主。

(2)长岭断陷南部的长岭子次凹内的无机二氧化碳气产出层位以断陷期营城组火山岩为主,少量为登娄库组。如高含CO₂气的中石油大情字井地区,产出层位基本上为下白垩统营城组,以火山岩为

主,如长深2井、长深4井、长深6井等;中低含CO₂气的中石油、中石化腰英台地区,产出层位也是营城组火山岩,如长深1井、腰深1井、腰深2井、腰深101井、DB11井等。另外部分井中也看到了少量登娄库组的产出层位,如长深2井、长深4井、长深103井和长深1-3井等,但这些井也是下部为营城组火山岩产出层位,上部为登娄库组碎屑岩产出层位,而且,登娄库组内的二氧化碳含量相当低,一般不超过1%。

腰英台附近的油气井中,如CS1-3,营城组的CO₂含量高达97.4%,而登娄库组的CO₂含量仅为0.37%,再如YS102,营城组的CO₂含量也达到了24.75%,但是登娄库组的CO₂含量仅为2.17%,分析认为可能是营城组之上的盖层有效的封盖了后期充注的无机成因CO₂,使其不能进入登娄库组。但是YS101井登娄库组CO₂含量为18.78%,而其营城组CO₂含量是24.21%,还有CS2井两者CO₂含量也比较接近,分析可能是YS101井靠近达尔罕断裂,分支断裂比较发育,CS₂井靠近乾安大断裂,联通了营城组和登娄库组,使得两者CO₂含量相差不大,但是登娄库组的CO₂含量要比营城组低一点,说明CO₂在沿着断裂往上冲的过程中逐渐被消耗,所以越高部位含量越少。

总体来说,长岭断陷南部的长岭次凹的产出层位以较低、较老的断陷期(营城组)储层为主,且以火山岩储层为主。通过以上比较可以看出,长岭次凹南北2个次凹中CO₂产出层位显著不同。

(3)从CO₂含气量沿纵向不同井段的变化情况来看,也表现出一定的规律性。总体来看,各井中CO₂含量从上向下逐渐(或突然)呈增加趋势。如长深1-2井,121井段的CO₂含量为21%~28%,而126井段为59%~73%;长深2,4,6井等高含CO₂气的井中也表现出这样特征。

但也有部分井段例外,如长深1井,65-66井段为27%左右,而在72井段处变成了百分之十几到零点几。因此可以看出,二氧化碳在纵向分布除上述一定规律外也表现出了相当的复杂性。

4 结论

(1)地化参数分析表明,松南气田的YS1,YS101,YP1,YP7,YS2,CS1,CS1-1,CS1-2,CS2,

CS6井的 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 值均大于 -8×10^{-3} ,且CO₂气体中R/Ra值均大于1,均为无机成因,且都属于岩浆-幔源成因。而东岭气田的SN101,SN180井的 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 值均小于 -10×10^{-3} ,属于有机成因。

(2)长岭断陷高含CO₂气区包括乾安次凹北部长山镇以北地区、大情字井地区和孤店地区,其中百分含量在90%以上。中高含CO₂气区仅包括乾安地区,其百分含量在70%~90%之间,主要位于乾安次凹南部,总体表现出NNW—近SN向展布。中低含CO₂气区包括有红岗地区和腰英台-达尔罕地区为主,其百分含量一般在20%~50%之间,其展布方向以近SN向为主。低含CO₂气区,主要包括:①长岭县附近及以南的龙凤构造、双龙构造及东岭构造区等,总体也表现为近SN向展布,与构造线方向一致;②化昌-前七号地区;③长岭断陷西部的华兴镇-杨家店(Ⅱ)区。

(3)长岭断陷北部次凹(乾安次凹)内的产出层位较高,主要以泉头组及其上的青山口组为主。南部的长岭次凹内的无机二氧化碳气产出层位以断陷期营城组火山岩为主,少量为登娄库组。南北2个次凹中的CO₂产出层位显著不同。

(4)总体来看,多数井中CO₂含量从上向下逐渐(或突然)呈增加趋势。

参考文献:

- [1] 戴金星,石昕,卫延召.无机成因油气论和无机成因的气田(藏)概略[J].石油学报,2001,22(6):5-10.
- [2] 李先奇,戴金星.中国东部二氧化碳气田(藏)的地化特征及成因分析[J].石油实验地质,1997,19(3):215-221.
- [3] 侯启军,杨玉峰.宋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.
- [4] 张义纲.天然气的生成聚集和保存[M].南京:河海大学出版社,1991:78.
- [5] 戴金星,宋岩,戴春森.中国东部无机成因及其气藏形成条件[M].北京:科学出版社,1995:1-212.
- [6] 戴金星,宋岩,张厚福,等.中国天然气的聚集区带[M].北京:科学出版社,1997:182-218.
- [7] Abrajano T A, et al Methane - hydrogen gas seeps, Zambales Ophiolite, Philippines: Deep or shallow origin[J] Chem. Geol., 1988, 71: 211-222.
- [8] 戴金星.各类烷烃气的鉴别[J].中国科学B辑,1992,(2):185-193.
- [9] 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辑,1994,24(3):303-309.
- [10] Hulston J R and WJ McCabe. Mass Spectrometer Measurements

in the Thermal Areas of New Zealand[J]. *Geochim et Cosmochim Acta*, 1962, 26:399-410.

[11] 徐永昌. 天然气成因理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 1994:97-116.

Origin Types and Distribution Characteristics of Inorganic Natural Gas in Changling Fault Depression

CHEN Jie, XU Han, WANG Xinwen, LIU Jianping

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Through analysis of geochemical analysis of CO₂ gas in Changling fault depression, it is showed that the $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ value of most wells in Songnan gas fields are more than -8×10^{-3} , so, the gas belongs to inorganic natural gas. While, others in parts of Dongling gas fields are less than -10×10^{-3} . It indicates those belong to organic natural gas. The R/Ra value of inorganic natural gas is more than 1. It indicates those gas come from magma-mantle. According to comprehensive analysis of the contents of measured drilling data, this area can be divided into four grades: ① areas of CO₂ gas with high level (>90%). It locates in the central and northeastern part of Changling fault depression; ② areas of CO₂ gas with medium-high level(70%~90%). It mainly locates in the southern of Qian'an sub-depression; ③ areas of CO₂ gas with medium-low level (20%~50%). It locates in Honggang and Yingyotai-Daerhan areas; ④ low CO₂ containing gas zone in southern of Changling fault depression. Producing layers are significantly different in vertically between north sub-depression and south sub-depression. Producing layers in north are much higher than south. It is mainly composed by Quantou and Qingshankou formation. In contrast, it mainly produced in volcanic rocks in Yingcheng formation and a little in Denglouku formation.

Key words: Songliao basin; Changling fault depression; inorganic natural gas; origin types; distribution characteristics