

中国东部是多种天然气资源发育区

郭占谦* 彭 威
(大庆石油管理局勘探开发研究院)

郭占谦等. 中国东部是多种天然气资源发育区. 天然气工业, 1999; 19(6): 1~ 6

摘 要 中国东部是我国大陆地壳最薄的地区、是壳内高导层埋藏浅的地区、是大地热流高异常区、是软流圈上涌区、是地球深部物质外泄区。因此, 中国东部是生物成因烷烃气发育区、是非生物成因烷烃气发育区、是煤层气发育区、是幔源 CO₂ 气发育区、是幔源 He 气发育区, 也是幔源 N₂, H₂S 气发育区。二十一世纪将是地球深部物质外泄与多种天然气成藏的世纪, 也是多种天然气资源勘探开发的良好时机。

主题词 中国东部 多种天然气 二十一世纪

中生代以来由于太平洋板块的形成与扩张, 对中国陆壳形成由东向西的俯冲挤压; 由于地球自转引起了东欧板块与阿拉伯板块, 由西向东地对中国陆壳阻挤; 西伯利亚板块由北向南地推挤; 由于印度洋的扩张, 使印度板块由南向北地对中国陆壳进行俯冲挤压, 使中国陆壳成为全球大陆地壳中唯一的四面受挤的大陆地壳。这种地球动力环境, 使中国大陆岩石圈呈现下拱上张的应力场, 使中国陆壳发育了断穿岩石圈或地壳的深大断裂及壳内滑脱断裂。使中国大地构造基本特征呈现“以断裂运动为特征的断块构造性质”^[1], 中国陆壳出现众多沟通地球深部的通道, 因而广泛分布有火山岩, 以及来自地球深部的热液形成的沸泉、热泉、毒泉和温泉, 我国境内温度大于 25℃的温泉多达 2 000 余处^[2]。太平洋隆脊北纬 21°处的热液喷口中伴随热液还有非生物成因的 CH₄ 与幔源 He 的喷出, CH₄ 的 δ¹³C 值为 - 15‰~- 17‰, 这种来自热液喷口的气体被认为是地球的原始组分; 温泉与热液中甲烷的 δ¹³C 值为 - 30‰~- 15‰, 与深部甲烷的 δ¹³C 值变化范围相重合, 这类甲烷也许部分是非生物成因的。但很可能受到近地表分散在沉积岩中轻甲烷的污染^[3]。我国火山活跃的腾冲地区, 随热液的喷出, CH₄ 及 CO₂ 气也有喷出; 南京汤山温泉中伴随热液的喷出, CH₄ 与 C₂H₆ 也有喷出。

在四面受挤的动力环境中, 由于太平洋与印度

洋在当前的新构造运动中不断扩张, 引起洋壳不断向中国陆壳俯冲作用, 与西伯利亚板块在地球自转作用下, 由北(极)向南(赤道)推挤, 使我国陆壳以天然地震为代表的新构造运动十分活跃。大量证据表明, 天然地震把气体从地幔深处释放出来, 这类气体含非生物成因的甲烷^[4]。而火山喷发活动把大量的 CO、CO₂、CH₄、NH₃、H₂、H₂O、H₂S 和 He 气体从地球深部带了出来。因此, 地壳表层的沉积盆地中赋存着丰富的多种天然气资源。

中国东部大陆地壳结构特征

1. 它是我国陆壳中厚度最薄的区域

我国陆壳的厚度特征是西厚东薄的楔状结构, 在贺兰山—六盘山—龙门山—乌蒙山以西的地壳厚度在 44 km 以上, 只有准噶尔盆地、塔里木盆地、吐鲁番—哈密盆地的陆壳厚度小于 44 km, 在 44~ 40 km 间; 在贺兰山—六盘山—龙门山—乌蒙山一带与大兴安岭—太行山—武陵山一带的东部重力梯级带之间的地壳厚度在 44~ 38 km 间; 在大兴安岭—太行山—武陵山以东的东部地壳厚度则小于 38 km, 在松辽盆地地壳最薄处仅有 29 km、渤海湾盆地地壳最薄处小于 32 km。地壳厚度薄将导致大地热流值高, 有利于有机质向过成熟阶段发展, 从而有利于有机成因烷烃气的形成。

2. 它是高导层埋藏最浅、存在壳内岩浆房的区

* 郭占谦, 1935 年 1 月生, 教授级高级工程师; 1957 年毕业于北京地质学院石油与天然气地质系。地址: (163712) 黑龙江省大庆市让胡路区勘探开发研究院。电话: (0459) 5513071。

域

松辽盆地的深部地球物理资料于埋深 18~ 20 km 处, 存在一密度为 $2.45 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的低密度层、纵波速度为 6.3~ 6.7 km/s 的低速度层; 电阻率仅有 3~ 8 Ωm 的高导层^[5], 这一高导层在大地热流剖面上显示为地表热流值高于莫霍面热流值, 说明这一介于上中地壳间的高导层具有高热流异常(见图 1)^[6], 因此认为松辽盆地的壳内高导层应为岩浆房(见图 2)。壳内岩浆房系来自地球深部的岩浆、热液及其携带的幔源无机气等物质组成。

3. 它是软流圈上涌的地区

在岩石圈及地壳减薄的地区, 软流圈的幔汁沿断穿岩石圈或地壳的深断裂及岩石圈及地壳内的滑脱带等脆弱地带侵蚀, 形成地幔垫、地幔柱及岩浆房等来自地球深部软流圈的物质库, 形成若干软流圈上涌区^[7]。

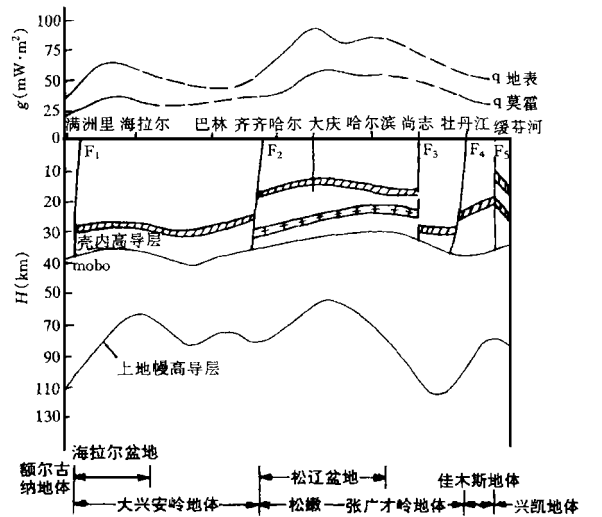


图 1 满洲里—绥芬河大地热流与莫霍面热流剖面
注: F₁ 德尔布干断裂; F₂ 嫩江断裂; F₃ 佳伊断裂; F₄ 牡丹江断裂; F₅ 敦密断裂(金旭 1994)

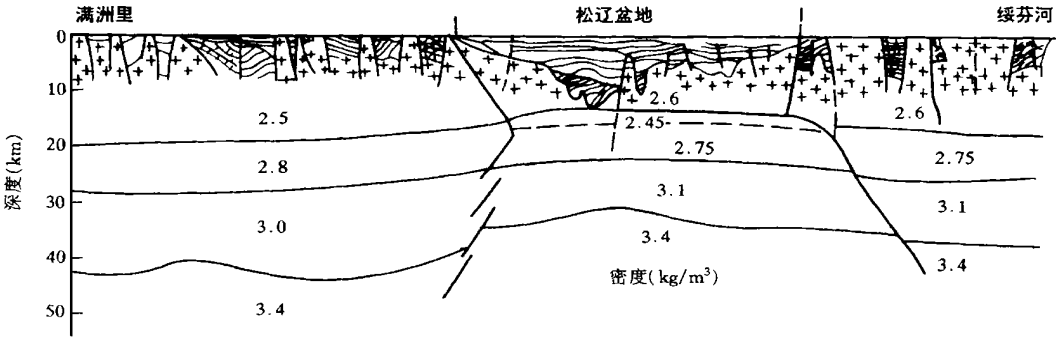


图 2 满洲里—绥芬河地壳结构

4. 它是断穿岩石圈或陆壳的深大断裂发育区

中生代中侏罗世 165 Ma 以来, 中国陆壳处于四面受挤的地球动力环境, 引起了中国大陆岩石圈下拱上张的应力响应, 导致了中国大陆断穿岩石圈或地壳的深大断裂发育, 使中国大地构造格局呈现以断裂运动为特征的断块构造性质, 滨太平洋构造域发育了 51 条深大断裂^[8], 成为深大断裂发育区。

中国东部是有机成因烷烃气发育区

中国东部地壳独具的特征开始于中侏罗世 165 Ma 太平洋板块形成以后时期, 该时期有利于中国东部有机成因烷烃气的形成。

1. 高地温场有利于过成熟生气区域的广泛分布

中国东部陆壳薄、岩浆房的存在及软流圈上涌等特征决定了大地热流值高, 沉积盆地多为“热盆”。松辽盆地的大地热流平均值高达 69.9 mW/m^2 , 最

高达 87 mW/m^2 , 大大超过全球平均值 (63 mW/m^2)。中国东部的主要含油气盆地如渤海湾盆地、苏北盆地、江汉盆地、莺琼盆地、三水盆地和珠江口盆地等均为大地热流高异常的“热盆”。这些盆地的下部地层、靠近岩浆侵入体以及火山岩覆盖的地层, 必将出现过成熟层段而成为有机成因烷烃气的生成层位, 使中国东部的含油气盆地成为“上油下气”的油气纵向分布模式。因此, 中国东部含油气盆地应是有机成因烷烃气的发育区。

2. 湿热环境下形成的沉积盆地, 高氢碳比的有机质有利于烷烃气的生成

中国东部的沉积盆地均为中生代裂谷盆地, 赋存地层存在由北向南、由老变新的现象。以松辽盆地为代表的东北裂谷盆地群的赋存地层, 以中生代为主, 深广湖相地层为 97~ 65 Ma 的青山口组地层与嫩江组地层; 以渤海湾盆地为代表的华北裂谷盆地群的赋存地层以新生代下第三系为主, 深广湖

相地层为 50. 5~ 30 Ma 的沙街组; 以苏北盆地为代表的华南裂谷盆地群的赋存地层以下第三系为主, 湖相地层为 49~ 30 Ma 的阜宁组; 东部南端的珠江口盆地的赋存地层, 以上第三系为主, 从约 24 Ma 的珠海组开始出现滨海水水域的沉积。

松辽盆地的深广湖相地层与全球海平面最高 (250~ 240 m, 96~ 90 Ma) 的赛诺曼阶 (CENOMANIAN DANIAN 96~ 92 Ma) 同期, 渤海湾盆地深广湖相地层与全球海平面次高 (220 m, 54~ 49 Ma) 的依普瑞斯期 (YPRESIAN DANIAN 54~ 40 Ma) 同期; 而珠江口盆地出现海域的时间与海平面相对高 (130 m) 的阿奎坦期 (AQUITANIAN DANIAN 25~ 20 Ma)^[9] 同期。气候均处于湿热环境, 因此形成的有机质的氢含量偏高, 在热变质作用下饱和烃转化率高, 有利于有机成因的烷烃气藏的形成。

3. 温湿气候又带来了广泛的生物降解气源

温湿气候不仅有利于生成富含氢原子的有机物质而有利于烷烃气的产生, 而且也有利于微生物的繁衍, 从而有利于生物降解气的形成。松辽盆地天然气的甲烷碳同位素比值最小可达- 76 ‰。有机地球化学家们认为 $\delta^{13}\text{C}_1 \leq - 50\text{‰}$ 的天然气为生物降解气, 据此可以认为松辽盆地是生物降解气的领域, 从同位素地质的领域看, 应是广阔的。在地质发展历程中始终处于较高纬度的北温带区域都有广阔的生物降解气领域, 处于较低纬度的中温带与南温带的东部其它盆地也应存在广阔的生物降解气领域。

中国东部是非生物成因烷烃气发育区

1. 非生物成因烷烃气苗的分布

我国东部陆壳的特征决定了她将成为地球深部物质的外泄区, 火山岩和温泉发育已是公认的事实, 来自地球深部的非生物成因的烷烃气也必然会越来越多地被发现。现已发现的有:

1) 云南腾冲县硫磺塘南, 澡塘河瀑布以西 150 m 地段河水及其两侧; 与火山活动有关的喷气孔、沸喷泉、沸泉和热泉中, 都有无机成因的烷烃气随 CO_2 气一起冒出。甲烷的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 为 $- 19. 945\text{‰} \sim - 29. 289\text{‰}$ ^[10], 认为是来自地球深部的非生物成因的烷烃气。

2) 台湾省台南县白河镇以东的关子岭温泉四周群山环抱, 中间清水一泓, 为台湾南部第一温泉, 又称“水火同源”。因为涌出泉水的同时喷出火焰, 水不淹火, 火不干水, 火焰从水中腾起。自 1710 年发现至 1993 年, 甘泉不断, 烈焰不息^[11]。283 年喷气不断, 应为地球深部无机成因烷烃供给。

3) 江苏南京汤山温泉, 泉水从断裂交汇处溢出。水呈微黄色, 含有硫磺、氮、氢、 CO_2 、 C_2H_6 及氦气^[11]。据此推测 C_2H_6 应为来自地球深部的无机成因烷烃气。

4) 河北平山温泉位于平山县温塘村西温塘河东岸。泉水中含有 N_2 、Ar、He、Ne、Rn 以及 CH_4 ^[11], 据此判断, 它们均为来自地球深部的无机成因气。

2. 松辽盆地非生物成因烷烃气藏的发现与成藏特征

松辽盆地近些年来发现一批 $\delta^{13}\text{C}_1 \geq - 25\text{‰}$ 与 $\delta^{13}\text{C}_1 > \delta^{13}\text{C}_2 > \delta^{13}\text{C}_3$ 的烷烃气, 被认为是非生物成因的, 见表 1。

表 1 松辽盆地甲烷与甲烷同系物碳同位素组成表(‰PDB)

构 造	井 号	层 位	井 段	$\delta^{13}\text{C}_1$	$\delta^{13}\text{C}_2$	$\delta^{13}\text{C}_3$
汪家屯 四 站	汪 903 井	侏罗系	2 962. 4~ 3 007. 0	- 26. 96	- 29. 72	- 31. 20
	四深 1 井	侏罗系	3 209. 0~ 3 459. 0	- 28. 0	- 34. 0	- 34. 10
昌 德	芳深 1 井	登娄库组	2 317. 0~ 2 869. 0	- 18. 7	- 22. 4	- 24. 1
	芳深 2 井	登娄库组	2 991. 0~ 3 038. 4	- 16. 7	- 19. 2	- 24. 3
	昌 103 井	登娄库组	2 970. 0~ 3 005. 4	- 21. 77	- 26. 17	- 28. 2
	芳深 7 井	登娄库组	3 298. 0~ 3 321. 6	- 28. 8	- 30. 4	- 32. 5
五 站 肇州西	五深 1 井	基底花岗岩		- 28. 0	- 28. 1	- 28. 8
	肇深 1 井			- 24. 0	- 28. 8	- 30. 1

松辽盆地的肇州西气藏、昌德气藏为非生物成因烷烃气藏; 汪家屯气藏为非生物成因与生物成因叠合烷烃气藏; 昌德东为非生物成因烷烃气与幔源 CO_2 气混合气藏。松辽盆地之所以能形成非生物成

因烷烃气藏是因为所处地壳最薄、存在软流圈上涌及壳内岩浆房有非生物成因烷烃气源; 有沟通非生物成因烷烃气源的深断裂; 有天然地震启动非生物成因烷烃气自岩浆房的析离上溢; 上地壳断裂两侧

有圈闭条件和作为横向运移通道的不整合面发育;有储集层和盖层等 7 个因素的合理配置的结果。沉积岩、火山岩兼而有之的地层结构是判定有非生物成因烷烃气存在的重要条件^[12]。

中国东部煤层气发育

1. 煤层气的基本特征

煤层是有机碳的富集岩体,有相当强的生气能力,据 B 科菲洛夫实验研究,各种煤岩的生气能力不同(见表 2)。

表 2 各种煤岩生气能力

气/煤岩 (t)	褐煤	长焰煤	气煤	肥煤	焦煤	瘦焦煤	瘦煤	无烟煤
CH ₄ (m ³)	68	168	212	230	270	287	330	> 400

(1) 煤层气的赋存状态及含量

各种煤岩生成的甲烷气一部分保留在煤层中,一般呈吸附和游离状态存在,以吸附状态为主。据 B 科菲洛夫计算,不同埋深条件吸附与游离的甲烷含量见表 3。

表 3 不同深度无烟煤和焦煤中被吸附与游离甲烷含量

深度 (m)	温度 (℃)	气体压力 (kg/cm ²)	吸附甲烷量 (m ³ /t)		焦煤中 游离气量 (m ³ /t)	焦煤中 甲烷总量 (m ³ /t)	游离气 比例 (%)
			无烟煤	焦煤			
1 000	40	70	30.4	13.8	0.84	14.64	5.7
1 350	50	105	30.4	14.0	1.22	15.22	8.0
2 000	70	170	30.0	13.6	1.87	15.47	12.1

以吸附状态为主的煤层甲烷气为其勘探创造了便利条件。只要发现了煤层,就找到了煤层气。因此,勘探煤层气和计算煤层气储量工作变得十分简便。

(2) 煤层气的渗流通道

煤岩中富集的有机碳在热变质过程中产生 CH₄ 气之前先形成有机酸。而有机酸对煤岩层产生酸化作用而形成溶蚀孔,溶蚀孔的直径可达几个 μm,成为煤层气的一种渗流通道;煤岩在热变质形成煤层后,在后期构造运动中,由于岩性硬度小且脆,易形成裂缝。在电镜下可以发现宽约 1~ 3μm 的缝隙,成为煤层气的另外一种渗流通道。

(3) 煤层气的生产特征

煤层气是赋存于煤层中以甲烷气为主的天然气,由于煤层中存在一定压力,煤层气的赋存状态以

吸附为主。因此,煤层气从煤层中析离解脱出来需要一定条件和过程才能完成,这个条件就是降低煤层的压力。煤层气井在开始生产时以产水为主,产少量天然气,待生产一段时间以后,煤层的层间压力下降,吸附状态的煤层气开始离析脱出,天然气产量增长,产水量下降,开始进入煤层气井的稳定生产阶段。美国煤层气井在圣胡金和黑勇士盆地的煤层气井其生产特征正是如此。

2. 煤层气分布广泛

我国的煤炭资源十分丰富,含煤地层也十分广泛。南方的石炭系、二叠系,北方的石炭系、二叠系、侏罗系及部分第三系均含有煤层。据美国黑勇士盆地煤层气开发区的标准,煤层气含量 ≥15 m³/t 即可进行商业开发。按这一经验界线,我国煤层气分布确实十分广泛,东北地区侏罗系含煤盆地煤层气含量大多可供商业开发,如表 4。

表 4 东北地区侏罗系含煤盆地煤层气含量表

省份	盆地	地 层	煤阶	煤层气含量 (m ³ /t)
黑龙江	勃利 鸡西	上侏罗统城子河组	焦煤	10~ 21
		上侏罗统城子河组	焦煤	20~ 30
吉林	通化 梅河 辽源	上石炭系太原组	气煤	34~ 41
		上第三系梅河组	褐煤	12.7~ 13.8
		上侏罗统辽源组	气煤	20.6~ 32.2
辽宁	八道壕 沈北	上侏罗统八道壕组	长焰煤	14.5~ 18.7
		下第三系	褐煤	11.3~ 28.8
	红阳	上石炭系太原组	焦煤	> 20
		下二叠系山西组		
	本溪	同上	焦煤	> 15
	康平	上侏罗统	长焰煤	> 20
	北票 抚顺	下侏罗统北票组	肥煤	20.4~ 41.4
		下第三系	长焰煤	30

中国东部是幔源 CO₂ 气的广泛分布区

1. 地面 CO₂ 气苗分布广泛

随着来自地球深部的热液温泉的上涌,来自地球深部的 CO₂ 气也上溢至地壳表面,成为气苗。我国东部从南到北广泛分布着 CO₂ 气苗。¹ 广东省及三水盆地^[13]发现(CO₂、He、Ar、Rn 等)异常多达 60 余处,与深断裂密切相关,沿三组断裂分布有:惠来—饶平、恩平—新丰、廉江—封开、兴宁—汕头、三水—中山及雷西异常带,都是 CO₂ 气与泉水一起溢出;④江西庐山黄龙温泉伴有 CO₂ 及 Rn 的溢出,其来源应为地球深部;④安徽黄山汤口温泉伴有 CO₂ 气,

沿花岗岩侵入体与围岩的接触带分布; $\frac{1}{4}$ 江苏南京汤山温泉伴有 CO_2 气的溢出; $\frac{1}{2}$ 河北平山温泉伴有 CO_2 气及 Ar、He、Ne 等惰性气体溢出, 应源于地球深部; $\frac{3}{4}$ 河北承德热河温泉伴有 CO_2 气及硼酸溢出; ⑧北京小汤山温泉伴有 CO_2 气及 F、Rn 气的溢出; ⑨吉林安图县药水泉含有 CO_2 气; ⑩黑龙江五大连池泉水中含有 CO_2 气及 Rn 气。

2. 东部沉积盆地中 CO_2 气藏发育

来自地球深部的 CO_2 气在沉积盆地中的适合区域形成有价值的气藏。随着勘探工作的深入, 不断在东部的沉积盆地发现 CO_2 气藏。

1) 松辽盆地南部的万金塔 CO_2 气藏 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 为 3.0‰, 属地球深部幔源 CO_2 气; 松辽盆地北部的昌德东气藏为一非生物成因的烷烃气与幔源 CO_2 气的混合气藏, 顶部含烷烃气高, 向下 CO_2 气含量从 13% 增加到 96%, $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 为 -4.06‰, 伴随有 He 气 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 为 $3.9 \times 10^{-6} \sim 4.5 \times 10^{-6}$, 具有幔源气特征。

2) 渤海湾盆地济阳坳陷是发现 CO_2 气藏最多的区域。已发现的 CO_2 气藏有平方王潜山披覆背斜型、平南断块山气顶型、八里泊残丘型、花 17 断块型。其中的花沟西 CO_2 气藏已钻探井 6 口, 产量达 $8\,556 \sim 24\,451 \text{ m}^3/\text{d}$, CO_2 含量在 97.87% ~ 99.96%, 含气面积为 21 km^2 , 探明地质储量数亿立方米, 并经国家储委确认; 平方王气藏含气面积 19.8 km^2 , 探明地质储量数百亿立方米, CO_2 气含量在 68.85% ~ 79.19%, 折合 CO_2 气探明储量数百亿立方米。济阳坳陷 CO_2 气的碳同位素值: 平方王与平南气藏为 -6.9‰ ~ -4.3‰, 八里泊与阳 25 井区为 -5.3‰ ~ -4.4‰, 花 17 断块为 -4.2‰ ~ -3.4‰, 均 > -10‰, 应为无机幔源 CO_2 气。济阳坳陷 CO_2 气藏分布受第三纪玄武岩发育区控制, 沿犁式断层呈带状展布^[14]。

3) 渤海湾盆地黄骅坳陷已发现有翟庄子、友爱村、大中旺、齐家务等 4 个 CO_2 气藏。 CO_2 气含量在 67.35% ~ 98.61%, $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 为 -3.77‰^[15], 为幔源气特征。

4) 苏北盆地已发现有黄桥、丁庄垛、纪 1 井等 CO_2 气藏, CO_2 含量在 92.05% ~ 99%, $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 在 -5.88‰ ~ -3.25‰, 应为幔源供给。

5) 三水盆地已发现有水深 9 井、水深 24 井、南 7 井等 CO_2 气藏, CO_2 含量在 83.99% ~ 99.55%; 并伴有 He 气, $^3\text{He}/^4\text{He}$ 在 $5 \times 10^{-6} \sim 6.3 \times 10^{-6}$, 远大于

1.4×10^{-6} , 应为幔源供给的无机成因 CO_2 气。

3. CO_2 气的经济价值

CO_2 气的用途随着科学技术的发展也得到了开发, 已了解的有以下方面。

1) 提高油田开发采收率的最佳单相驱油介质。采收率是油田开发中至关重要的参数, 对储量大于 $10 \times 10^8 \text{ t}$ 以上的大油田每提高一个百分点, 等于找到一个 $1 \times 10^7 \text{ t}$ 的油田。1984 年在伦敦召开的单相驱油介质的国际研讨会一致认为, CO_2 气是 4 个最佳单相驱油介质之一, 室内实验可提高最终采收率 9%, 现场实验结果为 7%。只是因为气源短缺而未能大面积推广。为 CO_2 气的勘探提供了依据。

2) CO_2 气是合成轻烃的重要材料。 CO_2 和 H_2 在熔融铁的媒介作用下, 合成出 CH_4 、 C_2H_6 、... C_5H_{12} ^[16]; CO_2 与 H_2 在密闭容器中通过烧红的镍片, 可以合成出 CH_4 。这些实验材料告诉我们两个重要信息: 一是烃的生成机制可以由 CO_2 与 H_2 合成; 二是 CO_2 可以合成出轻烃。为 CO_2 气开辟出新的应用途径。

3) CO_2 气是轻工业和食品工业的原料。

4) CO_2 气是棚舍种植业的支柱。生物靠光合作用促进生长, 光合作用的基础是光和 CO_2 气, 因此 CO_2 又称气肥。在大棚和温室中 CO_2 气可以使果蔬增产。

中国东部是幔源 He、Ar、Ne 等稀有气体的发育区

1. 地表见稀有气体气苗

地球深部含有 He、Ar、Ne 等稀有气体, 它们随着热液温泉水上溢到地表。河北平山温泉含有各种气体。各种气体体积百分比为 N_2 89.68%; He+ Ne 6.47%; Ar 1.35%。

2. 沉积盆地中分布广泛

1) 松辽盆地天然气井中伴生 He 气的较多, 相对含量高于 0.1% 的井有双深 4 井、二深 1 井、朝 50 井、朝 116~56 井、长 63 井、英 20 井等。大庆长垣以西地区 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 在 $2.34 \times 10^{-6} \sim 2.97 \times 10^{-6}$ 间, 远大于 1.4×10^{-6} 值, 为幔源 He 气。三肇凹陷地区 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值在 $1.53 \times 10^{-6} \sim 1.56 \times 10^{-6}$, 高于 1.4×10^{-6} 值, 也为幔源 He 气。

2) 渤海湾盆地济阳坳陷 CO_2 气藏中均伴有 He 气, 平方王气藏平均含量为 0.219‰, 最高达 0.519‰, 平南气藏平均含量为 0.129‰, 花 17 断块

气藏含量最高达 0.847‰,花沟西气藏含量为 0.534‰,均有经济开发价值。He 气的³He/⁴He 值:平方王与平南气藏为 $3 \times 10^{-6} \sim 5.22 \times 10^{-6}$ 、八里泊与阳 25 井气藏为 $3.07 \times 10^{-6} \sim 4.12 \times 10^{-6}$ 、花 17 断块气藏为 $3.64 \times 10^{-6} \sim 4.49 \times 10^{-6}$,均大于 1.4×10^{-6} ,应为幔源气。

3) 三水盆地中的宝月构造三水农场断块南部发现 He 气异常,伴生于含 CO₂ 气的烃气藏中,含量为 1.1‰~ 4.76‰;在宝月构造东侧的高岗断块上 CO₂ 气层中伴生有含量为 1.0‰的 He 气;在大榄隆起沙头墟断块、佛山隆起西侧的罗村断块及坑田火山岩刺穿背斜上 He 气含量在 0.048‰~ 0.3‰间。

下世纪是地球深部物质外泄和 勘探多种天然气的世纪

据 1997 年 12 月 2 日光明日报报导,英国伦敦大学地质灾害学教授比尔·麦圭尔领导的一个专家小组,在火山活动研究项目中发现以往的 12 000 年中,各个气温转暖时期海平面上升之后,几乎总是跟随着火山活动的骤增。因此预测说,由于全球气候变暖引起的海平面变化将触发大批的新火山和休眠火山的喷发,使 21 世纪成为有记录以来火山活动最为活跃的世纪。

我国科学家也有同样的预测,火山学会理事长刘若新研究员预测长白山将复活;中国科学院地质研究所刘嘉麒研究员对中国火山活动及其潜在危险的论述中指出:“纵观中国火山,大部分集中在东部大陆边缘,另一部分在青藏高原。这两大地质环境都有强烈的新构造运动,是火山和地震的多发地带。因此,在东北、台湾、雷琼、腾冲和西昆仑等地区都潜在着火山及地震的危险”^[17]。

地震能量与气体释放关系研究告诉我们,澜沧江地震区温泉气样中 H₂ 与 He 的浓度变化与地震密切相关,随距震中距离的增大浓度显著下降^[18]。这一事实说明,随着地震与火山活动等新构造运动的发生,地球深部的能量发生释放,地球深部的物质也随着释放,并在地表形成多种无机成因广义天然气的露头,在沉积盆地的深大断裂附近条件适合的部位迅速形成气藏。

21 世纪将成为人类有史以来火山活动最活跃的

世纪;同时也是多种来自地球深部的天然气成藏的世纪;是人类寻找第四代能源——来自地球深部的多种天然气的世纪。

参 考 文 献

- 1 张文佑.断块构造导论.北京:石油工业出版社,1984
- 2 马杏垣.中国岩石圈动力学图集.北京:中国地图出版社,1989
- 3 王先彬.非生物成因天然气理论的宇宙化学依据.天然气地球科学,1990,第 1 期,p7
- 4 Gold T. The deep earth-gas hypothesis. Scientific American. 1980, 342, p154~ 161
- 5 程振森,胡祥云.满洲里—绥芬河地学断面岩石圈电性结构研究.中国满洲里—绥芬河地学断面地球物理场及深部构造特征研究.北京:地震出版社,1994
- 6 金旭,江原幸雄.满洲里—绥芬河地学断面域内地体划分的热流证据.满洲里—绥芬河地学断面地球物理场及深部构造特征研究.北京:地震出版社,1994
- 7 张渝昌.中国含油气盆地分析.地矿部重大基础理论研究成果(850211),p95 图 5-18
- 8 任继舜,姜春发,张正坤等.中国大地构造及其演化.北京:科学出版社,1985
- 9 威尔格斯 C K. 等著,徐怀大等译.层序地层学原理.北京:石油工业出版社,1993
- 10 戴金星,裴锡古,戚厚发.中国天然气地质学.北京:石油工业出版社,1992
- 11 黄仰松,吴必虎.中国名泉.上海:文汇出版社,1993
- 12 郭占谦,王先彬,刘文龙.松辽盆地非生物成因气的成藏特征.中国科学 D 辑,1997;27(2):148
- 13 曾观运.广东省非烃气体的分布与产状.石油与天然气地质,1986,7(4):404~ 410
- 14 刘兴材等.胜利油区非烃类气(CO₂、He)成因、成藏规律.勘探开发技术及综合利用成果
- 15 戴金星等.中国东部无机成因气及其气藏形成条件.北京:科学出版社,1995
- 16 Chi-Kung Kuei, Min-Dar Lee. Hydrogenation of carbon dioxide by hydrid catalysts, direct synthesis of aromatics from carbon dioxide & hydrog. The Canadian Journal of Engineering. 1991, (69)
- 17 刘嘉麒.火山作用与人类环境,中国火山活动及其潜在危险.北京:地震出版社,1995

(收稿日期 1999-03-30 编辑 黄君权)

ABSTRACTS AND AUTHORS

EAST CHINA IS THE MULTIPLE-KIND NATURAL GAS RESOURCE DEVELOPMENT AREA

Guo Zhanqian and Peng Wei(Research Institute of Exploration and Development, Daqing Petroleum Administration) . *NATUR. GAS IND.* v. 19, no. 6, pp. 1~ 6, 11/25/99. (ISSN 1000-0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: East China is the thinnest area of continental crust in China, being the shallowly buried area of high conducting layers in the crust, the high anomaly area of terrestrial heat flow, the asthenosphere up-welling area and the earth's deep substance out-releasing area. Therefore the East China is the development area of the biogenesis paraffin hydrocarbon gas, abiogenesis paraffin hydrocarbon gas, coal-formed gas, mantle source carbon dioxide gas, mantle source helium gas, mantle source nitrogen gas and mantle source hydrogen sulfide gas. The 21st century will be an earth's deep substance out-releasing and multiple kind natural gas reservoir formation century and is also a golden opportunity of exploring and developing the multiple kind natural gas resources.

SUBJECT HEADINGS: Natural gas

Guo Zhanqian (*professorial senior engineer*), born in 1935, graduated in oil and gas geology at the former Beijing College of Geology in 1957. Add: Ranghulu District, Daqing, Heilongjiang(163712), China. Tel: (0459) 5513071

.....

CONDITIONS OF FORMING RESERVOIRS IN SINIAN-CAMBRIAN OF CALEDONIAN ANCIENT UPLIFT

Xu Shiqi(Research Institute of Geological Exploration and Development, Sichuan Petroleum Administration). *NATUR. GAS IND.* v. 19, no. 6, pp. 7~ 10, 11/25/99. (ISSN 1000-0976; **In Chinese**)

ABSTRACT:Through a research on the conditions of hydrocarbon sources, it is considered that the natural gas in the Sinian reservoir, Lower Paleozoic, of the Caledonian ancient uplift in Sichuan Basin is of the properties of a little difference in hydrocarbon components, a great difference in nonhydrocarbon components and a vast difference in methane carbon isotope ratios. The biomarkers as the normal alkane, tricyclic terpane, pentacyclic triterpane, 10-demethylhopane and methylhopane, etc. , in reservoir bitumen and hydrocarbon source rocks are all of high consistency, which surely indicates that the oil and gas mainly

came from the argillaceous rocks in Qiongzhusi Formation of Lower Cambrian. Sufficient natural gas may be provided for the large- and medium-sized traps in the ancient uplift zone because of the large thickness, high abundance, ideal type, great hydrocarbon-generating strength and long-time hydrocarbon supply of the hydrocarbon source rocks. The reservoirs in Sinian-Cambrian are characterized by palaeokarst type with strong palaeokarstification, being of two kinds of palaeokarst development models, eight kinds of secondary pores, three kinds of cavities and five kinds of fractures. The matrix of the reservoirs is possessed of the properties of low-porosity and low-permeability, the type of the reservoirs is mainly the fracture-pore type and the distribution of the reservoirs is relatively stable in both vertical and lateral. The natural gas in the ancient uplift is of the properties of the early accumulation and late accumulation and correspondently two types of reservoir formation, i. e. early reservoir formation and late reservoir formation may be divided. Through comprehensively analyzing it is thought that the gas reservoir formation in the ancient uplift must be possessed of the controlling factor of "Three High, A Strong and A Relationship". "Three High" means the high seal capacity of trap, relatively high structural portion and the relatively high uplifted height of trap; "A Strong" means a relatively strong structural deformation of the traps and "A Relationship" means that a close relationship was found between the existing traps and the ancient reservoirs formed in the early stage.

SUBJECT HEADINGS: Sichuan Basin, Caledonian orogeny, Paleostucture, Sinian period, Cambrian period, Source-Reservoir-Cap assemblage, Gas reservoir formation, Karst reservoir

Xu Shiqi(*senior engineer*), born in 1963, graduated in geology at the Hefei University and received his Master's degree in 1989. He has been engaged in the research on the gas reservoir beds in Lower Paleozoic in Sichuan Basin for a long time, having borne and finished several large- and medium-sized scientific and technological key research projects, having been a responding director of the first-class scientific and technological key gas research subject of the "Ninth Five-Year Plan" and winning several scientific and technological achievement and thesis prizes. Add: No. 1, Section 1, Fuqing Road, Chengdu, Sichuan (610051), China. Tel: (028) 6015680

.....

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND EXPLO- RATION POTENTIAL OF THE GAS RESERVOIR