

积极开展无机成因油气领域的勘查

——无机成因油气是油气资源战略后备领域

陈沪生

(中国新星石油公司华东石油地质局, 南京 210031)

无机成因油气领域可能存在比有机油气领域大得多的油气潜量。无机成因油气的成藏条件是,要有岩石圈级深大断裂作通道,以及无机烃类运移到地壳表层的过程中不被氧化。根据这些条件和岩石圈结构特征,提出了2种无机成因油气可能成藏的模式:一是在有较厚的还原环境沉积段(在还原环境沉积段中,氧逸度低,无机烃类可以保存不被氧化)的裂谷系或裂陷盆地(这些盆地一般都有与岩石圈底部相通的深大断裂)内的有关圈闭中成藏,往往与有机油气混合成藏;二是在与裂陷盆地相邻共生的隆起区内,水平破裂带^①(地壳深部烃类的储集体)隆升后的残留体(是理想的裂隙圈闭)。在此基础上,指出了无机油气的有利远景区以及勘查无机油气领域的方法。

关键词 无机油气 成藏条件 成藏模式 远景区 勘查方法
作者简介 陈沪生 男 68岁 教授级高工 地球物理勘探

1 无机成因油气的科学依据

1.1 地核和地幔中有大量的碳和氢

Fe-Ni组成的地核是碳的重要储集场所(Spera, 1987)。地幔中也含有较多的碳(Trull, 1993)。同时,地核中熔解了大量的氢,并不断释放出来(Bai, 1994)。通过实验认为地幔中橄榄石可能是氢的主要储集体。

1.2 无机成因烃类的来源^②

(1)实验证明,地壳内部的CO₂、CO和H₂在高温高压下,由铁族元素作催化剂,可以形成甲烷。

(2)地球原始大气中含有大量甲烷(Gold et al, 1982)。当地球开始凝聚时,含有甲烷的原始大气被“吸收”保存在地球内部,之后因地球脱气作用而释放出来。

(3)板块俯冲带形成的甲烷。富含水的大洋板块在俯冲过程中,俯冲板块上的上地幔岩在高温高压条件下形成榴辉岩,并生成安山岩浆,此过程中分解

产生氢、碳和碳的氧化物,在高温高压下合成甲烷。

1.3 甲烷可以在地幔很深的地方稳定存在

根据现代油气生成的地球动力学数学模拟和高温高压实验证明:高温高压不仅有抑制烃类系列化合物热解的作用,而且可促进烃类的环化、聚合作用、凝析作用,向着复杂烃类系列演化,即油气能在1500~1800℃、4000~12000Mpa条件下,氧逸度高的,相当于深度在100~200km左右地幔软流圈不同深度稳定存在。据T. 戈尔德的实验(图1),理论的压力-温度线位于地表到30km深处的压力-温度范围之上,在理论压力-温度线上,甲烷开始破坏(更精确地说,在这条线上,95%的甲烷处于平衡,5%的甲烷以氢的形式存在)。向下一直到30km深度,甲烷似乎基本上是稳定的耐热分解。直至低于30km深度处,以甲烷形式保持的那部分已降到10%。也许在约600km的深度的某处,人们才能认为是甲烷可能存在的最低极限^③。

以上资料表明,在地幔和地壳深部高温高压条件下,无机成因的CH₄与CO₂一样可以形成和稳定

① 1995年陈沪生、张永鸿等编写的《扬子及邻区岩石圈结构特征与油气资源评价》研究报告中提出:岩石圈内至少存在3组水平破裂带,第一水平破裂带深度在15~22km,将地壳分为上下两部分;第二水平破裂带深度在33~36km,第三水平破裂带深度在50~60km左右,将地幔盖层(岩石圈地幔部分)分为上下两部分

② 戴春森. 渤海湾盆地无机成因气及其构造控制——以黄骅坳陷为例,博士学位毕业论文,南京大学,1994

③ T. 戈尔德. 天然气和石油的成因. 见:天然气开发新方向(内部资料),中国地质矿产信息研究院,1993,118~119

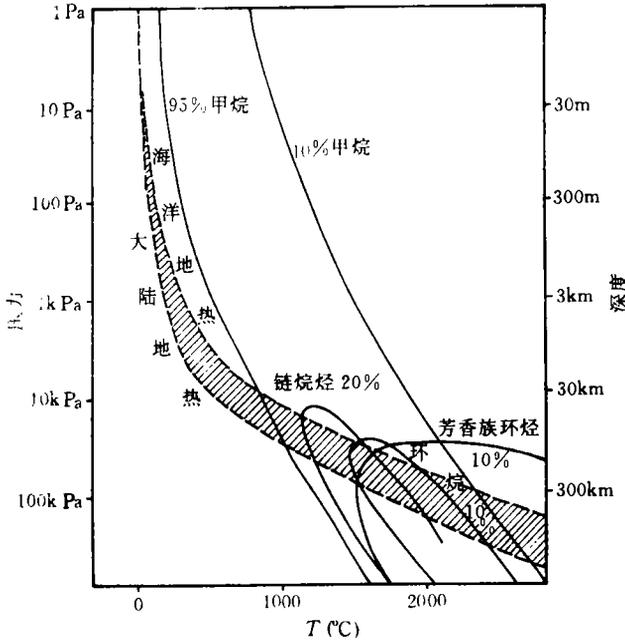


图1 甲烷稳定性实验图(据 T. 戈尔德)

图中阴影区代表非火山区中温度和压力之间的关系。标出了甲烷的稳定极限(已知从实验温度到约 1500°C)。标出了石油主要组分的平衡产生域的起点,正如由 Chekaliuk(1980)的热力学计算推出的那样

存在。但在较高氧逸度和低压下以 CO₂ 为主,在较低氧逸度或高压下以 CH₄ 为主。

当深部 CH₄ 向地壳表层运移时,将可能出现下列几种情况:

(1)向地表运移时,当压力降低,而氧逸度高时,CH₄ 将氧化成 CO₂。

(2)高速或高压向地表运移时,仍能保持 CH₄ 达到地表。

(3)在向地表运移途中,进入氧逸度低的地区,如沉积盆地中的还原环境,或进入各类圈闭时,能很好的保持 CH₄ 和其系列物不受氧化。

地表和海洋上不断有无机成因烃类渗漏的事实,已证明上述(2)和(3)的运移保存途径是存在的。

2 无机成因油气的事实依据

2.1 地球表面不断有烃类渗漏的事实

无论在地球表面什么地方,都可测量到烃类的微渗漏,称作背景值。由于不同的构造地貌背景值大小不一,故又把这种差异称之为区域异常。地球表面烃类背景值,不可能都是有机成因的,因有不少地区是变质岩和火成岩的分布区。这一事实说明:

(1)岩石圈深部有源源不断的无机成因烃类向地表渗漏。因此深部必须有大量无机烃类形成和储存,并能运移或渗漏到地表而不被氧化成 CO₂。

(2)各类岩石都不能阻挡烃类的微渗漏。岩石性质不同,只能影响渗漏的速度和数量。

2.2 发现众多的无机成因的油气显示和油气田

(1)1995年《石油物探译丛》第二期报导了一篇文章——《深部结晶基岩内的油气》(Веселов, 1995),文中收集了世界已发现和公布有储量的22个无机成因油气田(见下表)。

表1 世界深部结晶基岩内油气田已知储量一览表

编号	油 气 田	国 家	储 量	
			石油 (10 ⁶ t)	天然气 10 ⁹ m ³
1	吉吉尔帕	澳大利亚	—	140
2	海特锡巴	利比亚	—	340
3	阿马勒	利比亚	673	—
4	奥季拉—纳富拉	利比亚	208	—
5	布阿提法尔	利比亚	103	—
6	达拉	利比亚	114	—
7	腊古巴	利比亚	165	—
8	萨里尔	利比亚	1339	—
9	贾蒂巴朗	印尼	112	—
10	扎尔扎丁	阿尔及利亚	173	—
11	威明顿	美国	382	—
12	长滩	美国	148	—
13	克恩河	美国	200	—
14	雨果顿—潘汉得尔	美国	223	2000
15	卡姆普利斯	巴西	176	—
16	拉帕斯	委内瑞拉	260	—
17	马拉	委内瑞拉	121	—
18	奥利塔科石油环	委内瑞拉	480,000*	—
19	拉市利亚	委内瑞拉	42	54
20	拉布霉亚—巴里纳斯—塔拉腊	秘鲁	175	—
21	拉马丹	埃及	200	—
22	皮斯河	加拿大	19,000	147

* 此数据原文可能有误(译者)

这些油气田大多数属于碰巧发现的“意外”产物,且都是大油气田,充分证明无机成因油气不仅存在,而且远景巨大,将有可能比有机成因的油气潜力大得多。

(2)无机成因油气显示或用有机成因无法解释的油气报导则有更多的事实,现举几个事实说明。

东太平洋北纬 21°处中脊喷出的热液(400℃)中,含 H₂、CH₄ 和 He 的体积浓度为 10%,每年喷出 H₂ 和 CH₄ 分别为 12×10⁸m³ 和 1.6×10⁸m³,δ¹³C₁ 值为 -17.6‰至 -15‰,R/R₀ 约为 8,气体主要是幔源的(Welham et al,1979)。

在加勒比海分隔牙买加水下山岭和凯曼海槽的深断裂附近,有较强烈的甲烷、乙烷(0.5%)和丙烷排出,在 6300m 深度根据 5000 多次对甲烷浓度的计算,每天排出气体为 10×10⁴m³ 即 1 千年可排出气体 360×10⁸m³(Brooks,1979)。

构成东非大裂谷一部分的基伍湖,含有大约 5000×10⁴t 溶解甲烷,但不存在任何适用于这些甲烷的微生物来源(Gold et al,1980)。

波斯湾地区,几十个油气田分布在一条 500 英里长的地带,占地球表面积不到 2%,却拥有世界可采储量的 50%以上。这些油气藏显示了很宽的地质年龄谱,并且烃类产在构造和地层变化都很大的环境中。各种圈闭都是严重泄漏的,油气渗流随处可见,并且由来已久。显然是一种过度供给的情况。这里的石油组成极为相同,因而推测它们是同一来源。但这个来源是什么?不少的地质学家认为可能是地幔来的无机成因烃源^①。

东海盆地天外天 1 井,渤海湾盆地港 151 井,松辽盆地芳深 1 井天然气中 CH₄ 有很大一部分是无机成因的(戴金星等,1994a)。

3 无机成因油气成藏条件的探讨和可能的成藏模式

从已发现的无机成因的大量油气显示和油气田所处的构造部位和地区来看,有如下规律:

(1)大量出现无机烃类的地方,多在板块边缘、大型裂谷系或裂陷盆地、地震活动带、活火山或死火山带附近,以及洋中脊等地区,即发育有岩石圈级深

大断裂的地区。

(2)形成无机成因的油气田,多位于裂陷盆地内的各类圈闭中,有的与有机成因油气混合成藏,有的位于裂陷盆地下伏地层的圈闭中,位置与上覆油气田重叠。

(3)还有一类无机成因的油气田,在裂陷盆地邻近的隆起区内,位于变质岩和火成岩中,多属于裂陷圈闭。

(4)在没有深大断裂发育的地方,仅有无机烃类的微渗漏,只能形成低浓度的烃类背景值。

根据以上事实,无机成因油气成藏的关键条件,有两条:一是要有岩石圈级深大断裂,使软流圈和岩石圈深部的烃类能够有通道大量运移到地壳表层(人类能勘查到的深度),二是无机烃类从深部运移到地壳表层时不被氧化成 CO₂。

根据以上 2 个成藏条件,作者提出 2 个可能的无机油气成藏模式:一是在裂谷系或裂陷盆地区。这些地区往往都有岩石圈级深大断裂,岩石圈深部无机烃类可运移到这些盆地中,在其还原环境沉积地段(压力虽然减小,但氧逸度低),可以保存不被氧化,烃类进入圈闭可以形成无机成因油气田。但往往是与有机烃类混合成藏的机会较多,这时人们只注意到有机成因,而忽视无机烃类的贡献。

二是在与裂谷系或裂陷盆地伴生的相邻的隆起带、隆起区。这些地区长期隆升,不断把深部地层隆升到地壳表层,同时也把其中的水平破裂带也隆升上来,其残留的水平破裂带是理想的裂隙圈闭,当水平破裂带在地壳深部储集有无机烃类时,隆升后无机烃类仍可保存在水平破裂带残留体内(它是很理想的裂隙圈闭,圈闭中氧逸度低,烃类可以保存),形成变质岩和火成岩中的无机油气田。由于多数人员相信有机成油气理论,只是在沉积盆地中找油气,并把变质岩和火成岩出露区当作找油气的禁区,以至无机油气田发现得很少,这可能是油气勘查史上的一大失误。当然也由于过去无人提出具体成藏模式,勘查工作无从入手,也是重要原因。

4 无机成因油气领域有利远景地区的预测

① P. A 切诺韦思. 对“地球内部的动力:地球深部天然气——未来的能源”一书的评述. 见:天然气开发新动向. 中国地质矿产信息研究院,1993

根据无机油气成藏条件和成藏模式的特点,我们可以预测无机成因油气领域的有利远景地区。

(1)在有岩石圈深大断裂发育地区,选出中、新生代裂谷带或裂陷盆地。这些中、新生代裂谷带和裂陷盆地中往往有幔源岩浆的火山岩系,如玄武岩、安山岩或有幔源 CO₂ 和氦气等,证明岩石圈深部和软流圈物质有通道上升到地壳表层,能为深部无机烃类提供运移到地壳表层的通道。仅有这个条件还不够,还要在这些盆地中选择那些有较厚的还原环境沉积段的盆地,即有氧逸度较低的条件,有了这个条件可以使无机烃源进入圈闭以前不被氧化。具备以上两个条件的中、新生代盆地都有可能找到无机成因油气藏或是与有机烃源共处的混合油气藏,这就是第一类找无机油气的有利远景地区。

(2)与以上说的那些裂谷型或裂陷盆地伴生的隆起带和隆起区,是寻找无机油气的另一类有利远景区。这些地区发育有隆升后的水平破裂带残留体(是理想的裂陷圈闭),残留体中有可能保存在岩石圈深部就形成的无机油气藏,随着隆起区一起隆升到地壳表层,成为人类现有技术条件可以勘查、开发的无机成因油气藏。

提出以上无机成因油气成藏模式和两类有利远景区,将使寻找无机成因油气藏成为可能,成为可操作的现实的油气勘查领域。

我国中、新生代裂谷带和裂陷盆地非常发育,与其伴生的隆起区面积也很大,完全具备上述条件的地区很多,如我国东部和西部地区就有许多中、新生代盆地和伴生的隆起区符合上述条件,它展示了我国无机成因油气领域的广阔前景,我们应积极开展勘查,使这一潜量十分巨大的油气战略后备领域,早日为人类利用,造福人民。

5 寻找无机成因油气藏的方法建议

(1)对上述的裂陷盆地中勘查无机油气藏的方法,与勘查这些盆地的有机油气藏一样。首先要圈出有利区带(有较厚的还原环境沉积段的地区),其次是在这些有利远景区中运用物探寻找圈闭,然后上

钻,发现油气田。关键在于发现油气田后,要分析鉴定是否为无机烃类,但在与有机烃类混合后,给鉴定工作带来较大的困难。

(2)在与裂陷盆地相伴生的隆起区中寻找无机油气藏。建议首先用测量烃类的方法,进行大面积普查,圈出异常区,然后在烃类异常区内进行化探详查,进一步确定其位置,并进行重力和大地电磁普查和详查以确定水平破裂带残留体的位置和埋深,在条件有利地区,应用地震具体圈定水平破裂带残留体,最后上钻验证,争取发现无机油气藏。

建议有关部门向国家申请勘查无机成因油气领域的专项,“九五”期间选区和普查,争取在今后的 10~15 年内实现无机油气领域的突破,假如现在就行动起来,这一巨大的油气潜量将被提前开发出来。

参 考 文 献

- 1 Spera F J. Dynamic of trans lithospheric migration of metasomatic fluid and alkaling magma. In: Mantle Metasomatism, MA Menzies et al (eds.), 1987, 1~20
- 2 Trull T et al. C-He Systematics in hotspot xenoliths; implications for mantle carbon content and carbon recycling. *Earth planet Sci Lett*, 1993, 118: 43~64
- 3 Bai Q 等. 橄榄石中氢的实际资料溶解度及其对地幔水储存的意义. *地质地球化学*, 1994, (1): 41~44
- 4 Gold T and S Soter. A biogenic methane and the origin of petroleum. *Energy Exploration and Exploitation*, 1982, 1(2)
- 5 Welham J and H Craig. Methane and hydrogen in East pacific rise hydro-thermal fluids. *Geophys. Res. Lett*, 1979, 6(11): 829~831
- 6 Brooks J M. Deep methane maxima in the Northwest Caribbean sea; possible seepage along the Jamaica ridge. *Science*, 1979, 206: 1069~1071
- 7 Gold T and S Soter. The deep-earth-gas hypothesis. *Sci. Am*, 1980, 242: 154~161
- 8 К. Е. ВЕСЕЛОВ, и. Н. МИХАИЛОВ. 深部结晶基岩内的油气. *石油物探译丛*, 1995, (2): 33~36
- 9 戴金星, 宋岩, 戴春森, 陈安福, 孙明良, 廖永胜. 中国东部无机成因气及其气藏形成条件. 北京: 科学出版社, 1994a

(收稿日期: 1997 年 1 月 28 日)

TAKING A VIGOROUS ACTION TO EXPLORATION OF INORGANIC-SOURCED HYDROCARBON

Chen Husheng

(East China Petroleum Bureau, CNSPC, Nanjing 210031)

Abstract

There may be much more hydrocarbon in inorganic-sourced domain than in organic-sourced domain. Conditions for accumulation of inorganic-sourced hydrocarbon are as follows: (1) large deep fault to lithosphere as migration path; and (2) the hydrocarbon was not oxidated in process of migrating to crust surface. The accumulation pattern was suggested in accordance with above conditions and lithospheric structure: (1) traps in rift system or rift basin with thick sediments of reducing environment, which mixed with organic hydrocarbon; and (2) residuals of lifted horizontal zone of fracture neighboring rift basin. The prospects of inorganic hydrocarbon and their exploration method were indicated.

(上接 13 页)

于指导民和盆地的勘探具有深远的指导意义。

(4) 经区带综合评价, 预测盆地发育 8 类圈闭带, 为盆地油气聚集提供了多种类型的储集空间, 对

(收稿日期: 1996 年 10 月 21 日)

PETROLEUM GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND HYDROCARBON-BEARING PROSPECT EVALUATION OF THE MINHE BASIN

Zhang Huquan

(Northwest Institute of Geology, CNPC, Lanzhou 730020)

Abstract

Based on the early systematical petroleum geological comprehensive study and secondary resource evaluation, the petroleum geological characteristics and essential petroleum geologic conditions of the Minhe Basin are summarized, and the good hydrocarbon-bearing prospect of the Basin is displayed.