

关于无机生油理论的思考

张景廉 曹正林 张 宁

(中国石油天然气集团公司西北地质研究所,兰州 730020)

朱炳泉

(中国科学院广州地球化学所,广州 510640)

张平中

(中国科学院兰州地质研究所气体地球化学国家重点实验室,兰州 730000)

王大锐

(中国石油天然气集团公司石油勘探开发研究院,北京,100083)

本文讨论了干酪根热解理论的困惑,论述了沥青、干酪根中 Pb- Sr- Nd 同位素的新证据。Pb- Sr- Nd 同位素数据不支持沥青与干酪根同源,塔里木盆地、准噶尔盆地的沥青更多来自下地壳与上地幔,而原油中有机硅化合物的发现更进一步证实了它们更可能来自地壳深部,通过无机反应合成而生成。本文还提出有机质(及煤)加深部无机氢气的液化(或汽化)的生油(气)假设。本文指出,碳同位素作为油气物源判识需谨慎对待。今天面对油气勘探的严峻局势,需重新认识油气无机生成理论。

关键词 干酪根 沥青 Pb- Sr- Nd 同位素 有机硅化合物 无机油气

第一作者简介 张景廉 男 57岁 副教授 油气地球化学

1 引言

在中国,自 80 年代以来,相继有一批学者提倡并致力于无机(非生物)成因油气研究(如王先彬,1982,1983;朱英,1983;陈荫祥,1984;符晓,1987,1988;张子枢,1992;朱启煌,1990,1991;陈沪生,1992,1998;罗志立,1992;张恺,1995,1997;杜乐天,1993,1996;李扬鉴,1996;霍明远,1991;等等)。但是上述研究没有引起石油地球化学家、石油地质学家的重视,更没有被勘探专家所采纳。MacDonald Ferguson Jenden 等在承认天然气有无机成因时,却认为工业气藏均是有机成因的。中国东部与油田伴生的 CO₂ 气藏,近来被认为是无机成因的(戴金星等,1995)。松辽盆地昌德气藏中烃类气体中的碳、氮同位素表明了无机成因的天然气是可以形成工业气藏的(郭占谦等,1994)。看来,天然气的无机成因逐渐被人们所接受。但是,在石油地质、地球化学界对原油无机成因似乎仍将信将疑。

颇有意思的是,著名石油构造学家罗志立、张恺曾经深信有机生烃论,但是板块构造的引入与应用使他们不约而同地支持油气二元论;如同当年前苏联的库德良采夫一样,他曾是古勃金院士的信徒,而后来却打起反对石油有机论的大旗,其影响涉及到全世界(库德良采夫等,1958)。但是,在前苏联,始终有一批人一直进行着无机生油气理论的研究(Porfirev,1974)。

2 干酪根热解理论的困惑及新思路的提出

张景廉在 1991 年兰州国际气体地球化学会议上分析了今有机地球化学家困惑的 8 个问题(张景廉,1992),曾提出,要强调地质催化作用在成烃过程中的影响。1996 年,又首次提出黄铁矿催化作用在成烃中的作用(张景廉等,1996)。但是干酪根的生烃的理论还有不少困惑。最近,著名石油地球物理学家李庆忠院士对有机生烃理论从 15 个方面提出了质疑(李庆忠,1997,私人通讯)。

这使笔者想起一件往事,在 70 年代,我国有机地球化学家曾企盼随着有机地球化学的发展,将为生命起源研究开拓新途径,石油成因理论将最终解决,利用地质体中有机分子化石来测定地质年代等等(魏俊超等,1976)。现在看来,20 年过去了,这些企盼没有实现,反面越来越使有机地球化学家困惑不解,靠有机分子化石定年几乎毫无进展;石油生成、运移的时代问题始终存在诸多不确定性。正是无机地球化学、固体同位素地球化学的渗入油气领域,使油气地球化学研究进入一个新的阶段,并正发挥越来越大的作用,Pb-Sr-Nd 同位素地球化学却使多少年来令有机地球化学家束手无策的定年与示踪问题迎刃而解。

张景廉及同事首次将固体同位素 Pb-Sr-Nd 应用于原油定年与示踪研究。经过 4 年野外考察及实验研究,他们获得了一批极为宝贵的干酪根、沥青的 Pb-Sr-Nd 同位素数据,从而对塔里木盆地、准噶尔盆地原油的形成年龄及成因演化有了新的认识,这些认识包括以下几个方面:(1)干酪根与沥青不同源,前者为壳源,后者为幔源下地壳;(2)在克拉玛依,原油生成年龄为 294Ma,而在塔里木,原油生成年龄为 872Ma;(3)原油运移年龄:在克拉玛依为 122Ma;在塔里木,初次运移年龄为 440Ma,而二次运移则发生在 250Ma;(4)克拉玛依原油的生成环境为俯冲带地幔,而塔里木则为下地壳麻粒岩相(张景廉等,1997,1998)。

上述研究为石油地球化学注入了新的活力,大大开拓了思路。问题还在于上述结论与区域地质构造环境完全一致,诚然,深入细致的工作还需继续,但是,至少在塔里木、准噶尔,原油是无机成因是不容置疑的。看来石油不仅仅可以由有机质形成,通过无机反应也可以生成,而且可以形成工业油藏。

几乎与张景廉等的实验研究同时,俄罗斯学者 Pushkarev 等也在进行着类似的工作,遗憾的是,到目前为止,他们似乎还没有获得可靠的 Pb-Sr-Nd 同位素数据。

3 无机生油的机理讨论

今天,即使是权威的有机地球化学家也承认,干

酪根热解生烃的致命弱点是干酪根组成中的严重缺氢。Dow 曾说过一句有分量的话:“从极度严重缺氢的干酪根生成氢含量十分丰富的烃——甲烷,这显然是一种奇论”(Dow,1987)。张景廉等曾论述了无机合成原油的机理:一是沃里沃夫斯基、萨尔基索夫的“无花岗岩型”盆地模型,二是 Szatmari 的俯冲带费托合成的模型(张景廉等,1997,1998)。

另一个可能的模式是:石油的形成是通过地幔脱气生成的氢或超铁镁岩蛇纹石化所生成的非生物成因氢与沉积岩层分散有机质(或煤层)的氢化反应所致。由于煤中氢含量更低,它远远低于 I 型干酪根,因此,所谓煤成油,可能也是上述模式所生成(张景廉,1994)。

杜乐天认为,幔源上涌所带来的氢、氢与沉积盆地干酪根氢化生成液态原油,胜利油田原油就是通过这种模式所生成(杜乐天,1996)。辽河油田第三系有机质干酪根、氯仿沥青 A 的 Pb-Sr 同位素研究表明:地幔流体对有机质的生烃作用有重要贡献(Zhang Jinglian et al,1998)。

事实上,在 20 世纪初,西德科学家、诺贝尔奖章获得者吉布斯就曾指出,把加热的煤和氢挤压一起,可把地面的煤变成石油。美国研究人员最近用 4%~5% 的氢气(高温)压入地下煤层,使煤液化,从而获得了石油,然后利用地下天然压力进行交换,把石油抽提出来,这样可以免掉地面容器^①。

煤的加氢液化在中国进行了颇有成效的研究(陶著,1984)。煤炭研究系统还把这项研究工作作为工业性实验,且取得了很大成功。显然,我们有必要作这方面的研究,以深化并完善生油理论。

最近,熊寿生、卢培德通过有机质加氢实验研究,提出半无机成因气理论(熊寿生等,1996)。

翁克难等人曾用石墨、碳酸岩矿物加水,在高温高压实验中首次成功合成了甲烷等烃类,为无机生烃提供了一个重要信息和可能途径(翁克难等,1996,私人通讯)。

中国科学院兰州化学物理所张世英等曾在胜利油田弧岛的原油中用红外、电子能谱、气相色谱-质谱法发现了 C-Si 键有机化合物,这证明了原油是在温度更高的深度通过无机反应合成而成(张世英等,1997)。

^① 中国石油报,1993年 2月 3日。

4 碳同位素与油气物源示踪

油气有机成因论者认为满意的地球化学证据是碳、氢等气体同位素,但恰恰在这个问题上,暴露了有机成因论的致命弱点,深入研究表明:这些同位素作为物源判识是不太可靠的,至少对碳同位素是如此。影响碳同位素组成的因素还有:流体中含碳物种间的同位素交换、流体与围岩的同位素交换、流体在储库(特别是高温下)中的时间、CO₂脱气作用、细菌氧化乃至碳源、pH值等等,只有将这些因素定量模式化,并结合其它气体同位素综合考虑,方可较好地追踪油气物源(张景廉等,1998)。

5 讨论

当 Gold 提出甲烷的深源成因后,美国总统的科学顾问责成美国科学院专门成立一个研究小组进行研究。从 1979 年到 1988 年,美国天然气研究所用了 10 年的时间,进行“天然气成因与运移”专题研究。于 1989 年 3 月提交了“地壳天然气分析”报告。该报告对非生物成因甲烷能否形成商业天然气的重要来源持怀疑态度,但肯定了天然气成因研究是一个重要的科学问题。

需要提出的是,特别是近 10 年关于油气无机成因的研究,绝不是门捷列夫、库德良采夫时代的重复,而是在更高层次上的攀登!原油、有机质干酪根的 Pb、Sr、Nd 同位素地球化学研究不仅解决了原油生成、运移年龄、原油成因等重大课题(张景廉等,1997,1998),而且揭示了大中型油气田的控制因素和分布规律(朱炳泉等,1995;朱炳泉等,1997;朱炳泉,1997),并根据上述规律可进行指导油气勘探的实践!由于干酪根生油遇到严峻的挑战,而近代宇宙化学、地球演化、板块构造等学说的发展,以及深海地质调查、超深钻的重大发现,特别是固体 Pb、Sr、Nd 同位素地球化学在油气地质领域的应用和发展,所有这一切均给予思路敏捷的石油地质学家、地球化学家、地球物理学家以启迪:我们需重新评价非生物(无机)生油气学说应有的地位。如果说,石油成因是一个极其庞大的系统工程(因为它还涉及到生命起源问题),那么,非生物(无机)生油气学说可能是其中一个重要的框图,而固体同位素地球化学则可能是解开石油成因之迹的一把钥匙。我们年岁稍

长一些的地质学家均记得,当时地质学界是如何摒弃、批判魏格纳的“大陆漂移说”;可今天,几乎所有地质学家均认为作为气象学家魏格纳的“大陆漂移说”是地球科学中一个伟大的发现,是一个划时代的里程碑,他的先知,使地质学家黯然失色。重要的是,这段科学史留给人们的不仅仅是对魏格纳的崇敬和怀念(1998 年 11 月 1 日是这位科学家诞辰 120 周年)。

参 考 文 献

- 1 王先彬.地球深部来源的天然气.科学通报,1982,17:1069~1071
- 2 王先彬编著.稀有气体同位素地球化学和宇宙化学.北京:科学出版社,1983,48~55
- 3 朱英.地壳深大断裂和油气聚集.见朱夏主编:中国中生代盆地构造和演化.北京:科学出版社,1983,48~54
- 4 陈荫祥.从深部地质结构着眼,开发塔里木油气资源.石油与天然气地质,1985,6(增刊):34~35
- 5 符晓.开展深源成油油气藏的研究.石油实验地质,1988,10(2):102~105
- 6 符晓.探索无机成因油气藏的地质条件,兼论四川盆地西部找油方向.石油实验地质,1987,9(3):211~217
- 7 张子枢.地球深源气研究概述.天然气地球科学,1992,3:11~14
- 8 朱起煌.石油成因研究中无机合成假说新思路.石油地质与实验,1990,3:64~73
- 9 朱起煌.从人造石油合成法到石油成因新假说.石油知识,1991,1
- 10 陈沪生.发展直接找油气化探方法的战略意义.石油物探,1992,2
- 11 陈沪生.积极开展无机成因油气领域的调查.石油实验地质,1998,20(1):1~4
- 12 罗志立编著.地裂运动与中国油气分布.北京:石油工业出版社,1992,146
- 13 张恺著.中国大陆板块构造与含油气盆地评价.北京:石油工业出版社,1995,307
- 14 张恺著.板块构造与油气成因二元论.北京:石油工业出版社,1997,224
- 15 杜乐天.地球的五气圈与烃资源.铀矿地质,1993,5:257~264
- 16 杜乐天著.烃碱流体的地球化学原理.北京:科学出版社,1996,552
- 17 李扬鉴,张星亮,陈延成著.大陆层控构造导论.北京:地质出版社,1996,82
- 18 霍明远,杨华.中介构造与次洋盆演化——以南海为例.海洋科学,1991,13(4):519~530
- 19 戴金星,宋岩,戴春森等著.中国东部无机成因气及其气藏形成条件.北京:科学出版社,1995,198
- 20 郭占谦,王先彬.松辽盆地非生物成因气探讨.中国科学,1994,24(3):303~309
- 21 库德良采夫 H.A.克鲁泡特金 P.H.著.(赵霞飞等译).反对石油

- 有机起源假说. 北京: 科学出版社, 1958, 198
- 22 Porfirev V B. Inorganic origin of petroleum. *AAPG Bulletin*, 1974, 58: 3~ 33
- 23 张景廉. 地质催化反应在成烃过程中的意义. *天然气地球科学*, 1992, 2: 272~ 283
- 24 张景廉, 张平中. 黄铁矿对有机成烃的催化作用探讨. *地球科学进展*, 1996, 11(3): 282~ 287
- 25 魏俊超, 胡伯良, 钱吉盛. 有机地球化学的某些进展及其在石油地质学中的应用. *石油地质学译文集, 第三集*. 北京: 科学出版社, 1976, 88~ 103
- 26 张景廉, 朱炳泉, 张平等. 新疆克拉玛依乌尔禾沥青脉 Pb-Sr-Nd 同位素地球化学. *中国科学*, 1997, 27(4): 325~ 330
- 27 张景廉, 朱炳泉, 张平等. 塔里木盆地干酪根、沥青的 Pb-Sr-Nd 同位素体系及其成因演化. *地质科学*, 1998, 33(3)
- 28 Dow W G. Kerogen studies and geological interpretations. *Journal of Geochemical Exploration*, 1997, 17(2): 97~ 99
- 29 张景廉, 朱炳泉, 张平等. 地壳的新的地球物理模型与石油的无机合成说. *地球物理学进展*, 1997, 12(4): 91~ 99
- 30 张景廉, 张平等. 油气无机成因学说研究的新进展. *地球科学进展*, 1998, 13(1): 44~ 50
- 31 张景廉. 试论有机地球化学与无机地球化学的结合问题. *中国矿物学岩石学地球化学研究新进展* (欧阳自远主编). 兰州: 兰州大学出版社, 1994, 222~ 223
- 32 Zhang Jinglian, Zhu Bingquan, Chen Yixian et al. Pb-Sr isotopic study of sedimentary organic matter in Liaohe Basin. *China Oil & Gas*, 1998, 5
- 33 陶著主编. *煤化学*. 北京: 冶金工业出版社, 1984, 114~ 121, 222~ 228
- 34 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. *石油实验地质*, 1996, 18(1): 13~ 35
- 35 张世英, 张景廉, 张平等. 胜利油田孤岛原油中有机硅化合物的发现及石油地质意义. *沉积学报*, 1997, 15(1): 7~ 12
- 36 张景廉, 张平中, 王大锐. 碳同位素与油气物源示踪. *地质地球化学*, 1998, 26(2): 63~ 69
- 37 朱炳泉, 常向阳, 王慧芬. 华南-扬子地球化学边界及其对超大型矿床形成的控制. *中国科学(B辑)*, 1995, 25(9): 1004~ 1008
- 38 朱炳泉, 常向阳, 邱华宁. 同位素地球化学急变带的形成机制与形成时代. *地球学报*, 1997, 18(增刊): 3~ 5
- 39 朱炳泉. 地球化学急变带对中国南方油气勘探的思考. *海相油气地质*, 1997, 2(4): 1~ 3

(收稿日期: 1998年 4月 26日)

THINKING OF INORGANIC ORIGIN THEORY ON PETROLEUM

Zhang Jinglian Cao Zhenlin Zhang Ning

(Northwest Institute of Petroleum Geology, CNPC, Lanzhou 730020)

Zhu Bingquan

(Guangzhou Institute of Geochemistry, China Academy of Science, Guangzhou 510640)

Zhang Pingzhong

(State Key Lab. of Gas Geochemistry, China Academy of Science, Lanzhou 730000)

Wang Darui

(Petroleum Institute of Exploration and Development, CNPC, Beijing 100083)

Abstract

This paper, on the basis of the puzzling kerogen pyrolysis theory, discussed Pb-Sr-Nd isotopic data in the bitumen and kerogen. Pb-Sr-Nd isotopic data don't support the theory which petroleum (bitumen) derived from kerogen. The bitumen in the Tarim basin was from the lower crust but the bitumen in Karamay was from the upper mantle. The discovery of organic silicon compounds in the oils shows that the oils might be synthesized by inorganic interaction in deeper crust or upper mantle. This paper presents an oil (gas) generation hypothesis of organic matter plus inorganic hydrogen. The uncertainties of carbon isotopes showed that carbon isotope is not a reliable tracer. At present, inorganic petroleum theory can be applied to the further petroleum exploration.

Key words kerogen, bitumen, Pb-Sr-Nd isotopes, organic silicon compound, inorganic petroleum