

中国含油气盆地的多种生烃机制

郭占谦¹, 杨兴科²

(1. 大庆石油管理局勘探开发研究院, 黑龙江大庆 163712; 2. 西北大学地质学系, 陕西西安 710069)

摘要: 中国含油气盆地的生烃机制因生烃物质来源不同, 可分为有机生烃、无机生烃及合成生烃机制。有机生烃除常规的区带生烃模式外, 应对灶体生烃模式及催化生烃模式引起足够的重视。灶体生烃模式是指高温岩浆喷出或侵入沉积层之上、之中或之下, 加速沉积体中有机质的成熟作用。目前已知元素 Pd, Fe, Mn, Zn, Cu 等能使有机碳更多的与氢结合生成更多的烃类, 我国的松辽盆地、大港和新疆油田等地区可能存在这种催化生烃现象。无机生烃的重要标志是甲烷同系物碳同位素比值出现反序现象, 塔里木及松辽盆地存在此类生烃机制。实验结果表明: 以熔融铁作媒介, CO_2 和 H_2 可以合成烷烃类物质。地下深处的玄武岩、橄榄玄武岩和橄榄岩与实验室条件下的熔融铁类似。因此, 在地球深处应存在合成生烃机制。

关键词: 生烃机制; 生烃模式; 含油气盆地

第一作者简介: 郭占谦, 男, 64岁, 教授级高级工程师, 石油与天然气地质

中图分类号: P618 文献标识码: A

中国大陆地壳的特殊性^[1~7], 决定了中国含油气盆地生烃机制的多样性。含油气盆地的生烃物质除来自常温常压的地壳表层沉积物外, 地球深部的以热液为载体的无机元素^[8~11]及无机气态物质也应引起足够的重视。根据生烃物质的不同, 中国含油气盆地以有机生烃、无机生烃及合成生烃3种机制生成油气。

1 有机生烃机制

有机生烃的物质来源为常温常压下的地壳表层沉积物, 以热演化作用为主。其生烃模式有区带生烃、灶体生烃和催化生烃3种模式。前者已为广大石油地质工作者所接受, 但后两种模式在我国含油气盆地中并不少见, 应引起我们足够的重视。

1.1 灶体生烃模式

火山岩及侵入岩拥有 1 020~1 200℃ 的温度^[12]。这种高温岩浆或喷出覆于沉积层之上、或侵入于沉积层之中或之下, 在凝结之前像炉灶一样对含有机质的沉积层进行加热, 促使其成熟, 这种生烃过程称之为灶体生烃模式。

1.1.1 上灶类型

即火山岩覆盖于含有机质的沉积层之上, 在其凝结过程中自上而下对沉积层加温, 促使有机质热演化成熟生烃(图1)。这可使埋藏较浅的沉积层

提前成熟, 使勘探层位变浅。

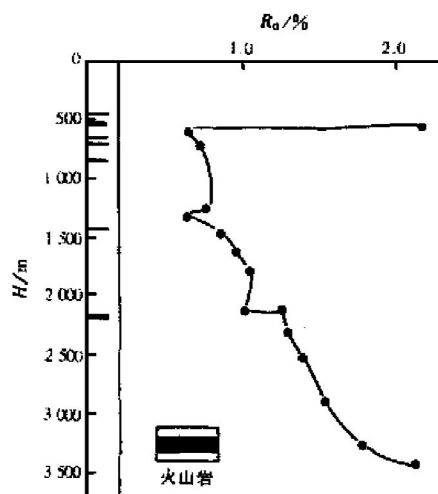


图1 喷出岩与有机质成熟作用的关系

Fig. 1 Relationship between extrusive rock and organic matter maturation

1.1.2 中灶类型

即火山岩夹层或岩盘、岩墙式侵入体, 在岩浆凝结过程中向下或向四周辐射式供热, 使地层剖面中间部位出现成熟、甚至过成熟烃源层(图2), 从而使地层剖面中出现两个以上的成熟或过成熟峰。

1.1.3 下灶类型

即沉积中、后期, 侵入于盆地基底岩浆岩体自下向上对含有机质沉积层供热, 使地层剖面底部沉积层遭受较区带生烃模式更高的热演化(图3)。

1.2 催化生烃模式

在自然界, 火山活动除带来岩浆物质外, 还将地球深部的热液输送到沉积盆地中。来自地球深

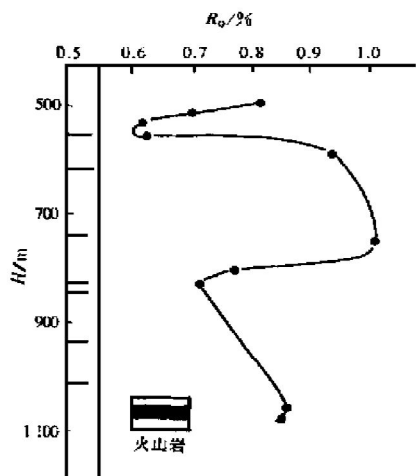


图 2 侵入岩与有机质成熟作用的关系

Fig. 2 Relationship between intrusive rock and organic matter maturation

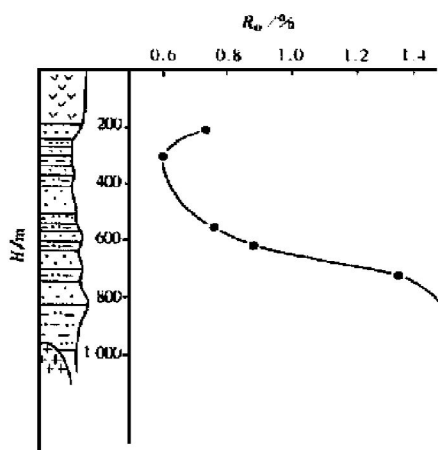


图 3 基底岩浆岩与有机质成熟作用的关系

Fig. 3 Relationship between basement magmarock and organic matter maturation

部的热液携有许多地壳表层罕见的元素, 它们以元素状态随水迁移, 如 Ru, Rh, Pd, Pt 等^[13]。这些元素在有机质演化生烃过程中起着催化剂的作用, 使沉积层中的有机碳更多的与氢结合而生成更多的烃。目前已知有催化作用的金属元素有以下几种。

1.2.1 Pd

傅晓泰和伍如意* 在超声波水解实验中, 对不同样品做了加钯(Pd)吸附氢与不加钯的生烃模拟对比。结果是加钯可增加 55%~469% 的气态烃产物和 51%~257% 的液态烃产物。

1.2.2 Fe, Mn, Zn, Cu

Simoneit^[8]对加利福尼亚湾古亚依玛斯盆地不成熟硅藻土沉积物中的热液石油的调查发现, 该盆地来自岩浆房的热液流体, 通过厚约 400~500

m 富含有机质的沉积物后, 便形成了 $C_1 \sim C_{40}$ 的石油和天然气。在有机质向油气转化过程中, 来自地壳岩浆房的热液流体的加入及其与有机物质的相互作用, 加速了石油的形成, 使不成熟的有机质产出了石油。在相互作用中, 来自岩浆房的热液流体失去了三种物质与能量: 一是热流体温度从 350℃ 降至 315℃; 二是其 pH 值从 4 上升为 6(随酸度降低, 失去了一定的分解能力); 三是其中金属(Fe, Mn, Zn, Cu)的含量降低了 2%~20%。热液流体为有机质补给了热能和分解能, 加快了生烃速度; 同时补给了 Fe, Mn, Zn, Cu 等金属元素, 加大了有机碳向烃类物质转化的程度。

松辽盆地葡萄花油层原油中 Fe, Mn, Zn, Cu 的质量分数, 都高于中国沉积层平均值 1~2 个数量级。而这 4 个元素的高异常有沿切穿地壳或岩石圈的深大断裂分布的特征, 反映了这些金属元素有来自地球深部的可能; 此外, 辽河、大港和新疆油田的原油中, Zn, Mn 等元素均高于中国沉积层平均值的 1~2 个数量级**。说明这些油田的原油, 都可能有热液流体侵入, 其中的 Fe, Mn, Zn, Cu 等金属元素对原油生成起到了催化作用。这些油田都存在深大断裂, 有热液流体供给的条件, 因此有形成金属元素催化的热液石油的可能。

2 合成生烃机制

地球深部有大量的天然气存在。在北纬 21° 东太平洋中隆热液喷口, 喷出了 400℃ 的热水和 CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_6 , H_2 , H_2S , N_2 , He ……等气态物质, 说明地球内部存在这些气态物质。

在实验室用熔融铁作媒介, 结果表明: 气态物质的 CO_2 和 H_2 确实可以合成烃类物质烷烃^[14]。在二元结构盆地中, CO_2 和 H_2 大量存在; 近似熔融铁的物质是玄武岩、橄榄玄武岩和橄榄岩。根据 CO_2 与 H_2 有生物和非生物成因之分, 合成生烃机制可分为有机合成、无机合成及混合合成三种。

3 无机生烃机制

根据康德和拉普拉斯提出的地球星云起源说似可认为, 陨石的成分可代表地球的部分成分。对宁强碳质球粒陨石可溶有机质研究发现^[15], 陨石

* 傅晓泰, 伍如意. 大庆石油学院硕士研究生论文, 1992

** 据大庆油田研究院黄福堂资料

中存在一系列正构烷烃,呈两组峰形分布,一组是 $C_{11} \sim C_{19}$,另一组是 $C_{20} \sim C_{33}$ 。其中有正构烷烃、烯烃、异构烷烃、芳香烃和酮等。色谱图结构不具有奇碳原子优势的特征。而在墨西哥阿伦德和澳大利亚墨奇森降落的碳质球粒陨石,经世界上许多著名的实验室用先进的分析仪器研究,均发现有许多有机化合物。墨奇森陨石中有烷烃、醇、醛、酮、和氨基酸等。吉林陨石中也发现了正烷烃、嘌呤、嘧啶、氨基酸等^[16]。这些均显示地球内部应存在非生物成因的石油和烷烃气体。

笔者对黑龙江方正县老尖山、五大连池、虎林、镜泊湖等地的玄武岩和松辽盆地火山岩进行了热解色谱分析,也证明这些来自地球内部、迅速喷溢到地表并凝结的火山岩含有烃类物质。

松辽盆地的昌德气藏与肇州西气藏,甲烷碳同位素比值 $\delta^{13}C_1 > -2.5\%$,甲烷同系物碳同位素比值出现反序现象,即 $\delta^{13}C_1 > \delta^{13}C_2 > \delta^{13}C_3$,具非生物成因气的地球化学特征^[17]。证明松辽盆地确实存在非生物成因的烷烃气藏。

塔里木盆地油区也存在非生物成因液态烃的迹象:(1)塔里木阿瓦提地区 1996 年 3 月发生 4.7~5.2 级地震后,阿瓦提地面公路涵洞水面油苗、和 4 井(深 808.0 m)玄武岩中油样、巴东 2 井(4 299.2 m 及 4 303.5 m)油斑灰岩样品的油中,正烷烃结构出现奇碳原子优势特征时有时无^[18]的现象(图 4)。地球化学特征是石油形成历程的记录,

映了油样的形成历程为生物成因石油与非生物成因石油混生,油源具二元结构特点^[18]。因此,塔里木盆地的石油应含无机成因石油。(2)元素成分特征也为石油成因历程提供了信息。新疆的原油中含有 Be, Cr, Ga, Zr, Nb, Ag, Cd, In, Sb, Te, Ef, Ta, W, Re, Au, Tl, Bi 等 17 个元素。1954 年维诺格拉多夫综合研究了 6 000 多种动物和植物的平均成分,在生物物质的元素成分中未见上述 17 个元素,说明新疆的原油有非生物成因的成分^[16]。

由上述可知,中国陆壳的特殊性决定了其含油气盆地二元结构特征,而岩浆活动对烃类物质的生成,确有促进作用。概括讲油气的生成就是物质“去氧、加氢和聚碳”的作用过程。

参 考 文 献

- 1 朱夏.论中国含油气盆地构造[M].北京:石油工业出版社,1986.4
- 2 郭占谦.火山活动与沉积盆地的形成和演化[J].地球科学——中国地质大学学报,1998,23(1):59~64
- 3 罗志立.地裂运动与中国油气分布[M].北京:石油工业出版社,1992.99
- 4 张文佑.断块构造导论[M].北京:石油工业出版社,1984.4,204
- 5 任继舜,姜春发,张正坤,等.中国大地构造及其演化[M].北京:科学出版社,1985.85~90
- 6 刘池洋.后期改造强烈——中国沉积盆地的重要特点之一[J].石油与天然气地质,1996,17(4):255~261
- 7 刘池洋,孙海山.改造型盆地类型划分[J].新疆石油地质,1999,20(2):79~82
- 8 Simoneit B R T.加里福尼亚湾古亚依玛斯盆地不成熟硅藻土沉积物中的热液石油[A].见:中国科学院贵阳地球化学研究所.中国科学院贵阳地球化学研究所国家开放实验室年报[C].贵阳:贵州人民出版社,1986
- 9 Mckibben M A, Williams A E, Hall G E M. Solubility and transport of platinum-group elements and Au in saline hydrothermal fluids constraints from geothermal brine data[J]. Economic Geology, 1990, 85: 1 926~1 934
- 10 Korzhinsky M A, Tkachenko S I, Shmlovich K I, et al. Discovery of a pure rhenium mineral at Kudriav volcano[J]. Nature, 1994, 369: 51~52
- 11 王先彬.非生物成因天然气理论的宇宙化学依据[J].天然气地球科学,1990,1(1):4~8
- 12 王剑峰.浙西北中生代火山岩的微量元素地球化学特征与岩石成因探讨[J].地球化学,1992,(1):41~48
- 13 Chi Kung Kuei, Mir Dar Lee. Hydrogenation of carbon dioxide by hybrid catalysts, direct synthesis of aromatics from carbon dioxide and hydrogen[J]. Canad. J. Chem. Engineering, 1991, 69(2):347~353
- 14 王鸿祯,刘本培.地史学教程[M].北京:地质出版社,1980

(下转第 64 页)

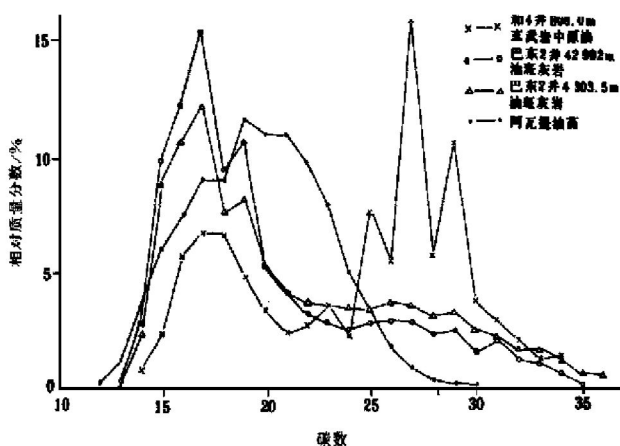


图 4 塔里木盆地原油正烷烃分布图

Fig. 4 Distribution of n-alkane in Tarim Basin

目前国际公认的生物成因石油的地球化学特征为:具有卟啉与旋光性化合物的混合物及奇碳原子优势;而非生物成因石油的代表——陨石中的烷烃则不具备奇碳原子优势。塔里木盆地 4 个油样的正烷烃结构的奇碳原子优势时有时无、相间出现,反

闭是最有利的聚油圈闭。查 2、查 3 井, 达 6、达 3 井钻遇的构造均为背斜圈闭, 而达 2 断块是一个形成较早(K_1bt)的反向断块圈闭。

3.4 沉积相带和砂体类型

油气富集成藏除要受到构造条件的控制外, 还要受沉积相带和砂体类型的制约, 水下扇中水

道、席状砂(北坡)和扇三角洲前缘分流水道、楔状砂(南坡)与有利构造相配置是油气富集成藏的重要条件。目前我们获得产能的油层, 其岩性一般是粉砂、细砂岩, 砂体类型主要为上述几类, 砂砾岩储层中尽管见油气显示, 但尚无工业油流突破。

ANALYSIS OF OIL-GAS POOL CHARACTERISTICS IN BAIYINCHAGAN DEPRESSION

Zhang Xinjian Fang Jianming Tang Wenzhong

(Scientific Research Institute of Exploration and Development, Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Puyang, Henan)

Abstract: Oil-gas pools of Baiyinchagan Depression are principally distributed in the Middle and Upper parts of Tenggarg Formation of Bayanhua Group, Lower Cretaceous. The reservoirs of thick oil is above the oil generation threshold, thin oil is below that. There main oil-gas pool types of the depression are: (1) the reverse drag anticlin oil pools; (2) drape anticlin oil pools; (3) fault-block and fault-nose oil pools. The pool types and scales are controlled by oil source sag, regional source-reservoir-cap rock complex, anticlinal structures or fault-blocks and sedimentary facies or sandbody types.

Key words: oil-gas pool; distribution; type; controlling factor; Baiyinchagan Depression

(上接第 52 页)

- 15 史继扬, 王道德, 向明菊, 等. 宁强球粒陨石可溶有机质初步研究[J]. 地球化学, 1992, 27(2): 34~40
- 16 武汉地质学院地球化学教研室. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1979. 56

- 17 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
- 18 郭占谦, 徐文发, 彭威. 中国西部陆壳与含油气系统基本特征[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(5): 365~370

MULTI-MECHANISM OF HYDROCARBON GENERATION OF CHINA'S PETROLIFEROUS BASINS

Guo Zhanqian¹, Yang Xingke²

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Daqing Petroleum Administration, Daqing, Heilongjiang; 2. Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi)

Abstract: The hydrocarbon generation mechanism of China's petroliferous basins could be divided into organic mechanism, inorganic mechanism and synthetic mechanism due to their sources. Excepting zonal hydrocarbon generation model, kitchen and catalytic models of organic hydrocarbon generation mechanism should be taken into considerable account. The kitchen model means that the eruption and intrusion of igneous magma resulted in the acceleration of maturation of organic matter in sediments. Catalytic model means that elements such as Pd, Fe, Mn, Zn, Cu etc. could improve the combination of carbon and hydrogen and produce more hydrocarbon. This catalytic model might exist in Songliao Basin, Dagang and Xinjiang Oilfields. The important indication of inorganic hydrocarbon generation mechanism is the antitone of carbon isotopic ratio in methane homologues, this has been proved in Tarim and Songliao Basins. Experiment results indicate that CO_2 and H_2 could be synthesized into methane hydrocarbon with molten iron as medium. Basalt, olivine basalt and peridotite buried in deep strata may act just as the molten iron in laboratory. Therefore, there should be the case of synthetic hydrocarbon generation mechanism in deep of the earth.

Key words: hydrocarbon generation mechanism; hydrocarbon generation model; petroliferous basin