

文章编号: 1673-9469(2012)01-0074-03

关于碳酸盐岩生油潜力的研究

谢青¹, 江宽², 耿进卫¹

(1. 西安石油大学 油气资源学院, 陕西 西安 710065; 2. 中国石油西部管道公司 新疆 乌鲁木齐 830012)

摘要: 碳酸盐岩有着良好的沉积环境, 丰富而质优的有机质来源, 作为其有机质丰度指标的有机碳含量(TOC) 和氯仿沥青“ A” 含量相对较低, 同时由于碳酸盐岩内不含或含有很少的粘土物质, 所以粘土物质的催化作用对其大量生烃不起作用, 因而只有碳酸盐岩埋藏足够深才能达到生烃的温度。本文就沉积环境、有机质来源、类型、衡量指标、促使有机质生烃作用等碳酸盐岩的生油条件探讨了碳酸盐岩的生油潜力。

关键词: 碳酸盐岩; 生油条件; 生油潜力; 衡量指标; 生烃作用

中图分类号: TE155

文献标识码: A

Research on genetic potential of the carbonate rock

XIE Qing¹, JIANG Kuan², GENG Jin - wei¹

(School of Petroleum Resources, Xi'an Shiyou University, Shanxi Xi'an 710065, China; 2. China Petroleum of West Pipeline Company, Xinjiang Wulumuqi 830012, China)

Abstract: Being relative to the types of the argillaceous rock, carbonatite has special oil and gas source conditions, such as good sedimentary environment, rich and high organic sources, abundance indexes of the organic matter of it; organic carbon content (TOC) and chloroform bitumen “ A” content are relatively lower. And because the carbonatite does not contain or contains a spot of clay material, so the catalysis of clay material doesn't work for lots of hydrocarbon generation, thus only carbonatite is buried deeply enough to moderate temperature to generate hydrocarbon. The oil source potentiality was discussed from the oil generating condition including sedimentary environment, source and type of organic material, evaluating index and prompting function of organic hydrocarbon generation.

Key words: carbonate rock; source conditions; genetic potential; evaluating index; hydrocarbon - generating function

曾经人们认为碳酸盐岩没有生油能力,但是近年来随着大量碳酸岩油气田的发现证明,碳酸盐岩不但能够生油,而且还有很强的生油能力。碳酸盐岩不仅是一种重要的储集岩,还是一种特别重要的生油岩^[1-3]。全球碳酸盐岩覆盖面积为沉积总面的 1/5。碳酸盐岩中含有世界上 50% 或 50% 以上的油气储量。同时,更为可观的是全球许多大油田中约有 40% 的石油产自碳酸岩内,其中有许多油藏都是由碳酸盐岩所形成。尤其是近

年来随着石油需求量的增加和勘探步伐的加快,人们对碳酸盐岩的研究更为关注。对碳酸盐岩的研究也是未来油气勘探发展的大趋势。本文就碳酸盐岩生油条件来谈论碳酸盐岩的生油潜力。

1 沉积环境及富存的有机质

一般而言,碳酸盐岩主要形成在温暖气候条件下、清洁、浅海环境中。在这里化学、生物化学、

机械等作用共存,有利于海洋生物的大量繁殖,尤其是在光合作用强的海域大量藻类生成。这些生物藻类死亡后会产生大量的骨骼、骨屑,这就为碳酸盐岩的形成提供了丰富的物质来源^[4]。若其盆地所处地带气候干燥,蒸发量大,为还原、蒸发盆地,还会形成大量的膏盐、盐岩等蒸发岩类,作为其有利的封盖条件,因而在这种环境下生成碳酸盐岩以及其生烃的条件也就相对充足。但其在半深海和深海环境中也有较广泛分布,这里只谈论浅海海洋环境(水深小于 200 m,包括潮坪、潮沟、潮汐三角洲泻湖等浅水海洋和浅海陆棚环境)的碳酸盐岩生油。

1.1 碳酸盐内沉积物有机质来源

碳酸盐岩沉积物有机质类型丰富多样,主要来自于海洋,如一些灰泥、灰砂、灰粉砂、鲕粒等陆棚堆积、礁、生物礁等碎屑沉积物,但大多数都是生物成因的,这也是泥质生油岩无法比拟的,尤其是其所含的大量生物和遗迹化石更是其独特之处。目前研究结果表明,类脂化合物、氨基化合物、色素、碳水化合物等有机化合物是碳酸盐岩生成石油的母质,而一切生物都包含这些组分^[4]。尤其是碳酸岩中含有丰富的藻类物质是其良好的生油母。这也充分说明了如果没有充足的、丰富、质量良好的、适于碳酸盐岩生烃的有机物质,全球是不会形成如此之多大型碳酸盐岩油气田的。也即证明了碳酸盐岩的生油潜力是不比泥质岩差或比其潜力更大。

1.2 碳酸盐岩内有机质含量

据有关资料和实验研究证明碳酸盐岩中的有机质丰度相对较低,这是因为作为有机质丰度指标之一的有机碳含量(TOC)相对较低。通过大量实践和资料可知,全球范畴内的碳酸盐岩有机碳含量都相对较低,且碳酸盐岩烃源岩的有机碳下限值比泥页岩还要低^[5]。目前国内外关于碳酸盐岩中的有机碳含量的下限值争论较多。但我国大多数学者认为其下限值为 0.05% - 0.12%。我国海相碳酸盐岩多数属于高 - 过成熟阶段,我国学者(陈丕济等)通过大量研究,认为高 - 过成熟碳酸盐烃源岩的有机碳下限值应采用 0.1% - 0.2%^[6]。国外许多学者曾经提出碳酸盐岩有机碳含量下限要远低于泥岩,例如 J. M. 亨特曾出某地区灰岩“即使只有 0.19% 的平均有机碳含量也

比得上含有 1.5% 有机碳的页岩”^[7-8],笔者认为碳酸盐岩内的有机碳含量相对较低这是共识,但是对于此的定义不能一概而论,还要结合某地区的具体情况而定。虽然碳酸盐岩中的有机碳含量相对较低,但是已有实验研究证明其生烃潜力要比粘土、泥页岩高,这是因为碳酸盐岩内干酪根的催化生烃效率相对高,碳酸盐岩吸附有机质的能力比泥岩低,而排烃效率比泥页岩要高^[5,9]。也就是说,在其它条件相同的情况下,碳酸盐岩比其它生油岩更有利于形成有经济价值的油气藏。尤其是随着热演化程度的升高,碳酸盐岩油气源岩在过成熟阶段时,产烃率增加,烃类产物由油相液态烃向湿气和干气相气态烃转化,它的有机碳含量下限值一定低于其作为油源岩的,因而此时也更有利于形成大的气藏。这也是碳酸盐岩比泥页岩等粘土岩生烃的优越之处。

氯仿沥青“A”含量也是其有机质含量衡量指标之一, J. M. 亨特分析了大量的数据,碳酸岩内的氯仿沥青“A”含量 400 PPm,而页岩平均沥青含量为 600 PPm,我国西南地区较好的碳酸岩生油层“A”含量在 50 - 500 PPm,考虑到地表样品比地下样品含量一般要低,因此湖北石油地质研究大队提出碳酸岩的“A”含量达到 10 - 100 PPm 时,即认为有一定的生油潜力,周天驹、黄醒汉等学者分析华北碳酸岩可能有利的生油层的样品其“A”含量均在 20 PPm 以上(如表 1)。

表 1 碳酸岩与泥质岩有机质含量对比表
(据周天驹,黄醒汉)

Tab. 1 The contrast table of the organic matter content between carbonate rock and shale rock(according to ZhouTian - ju, Huang Xing - han)

	有机碳含量/%		“A”含量/PPm	
	泥质岩	碳酸岩	泥质岩	碳酸岩
国外	> 1	0.2	> 600	< 400
国内	> 1	0.08 - 0.1	> 100	10 - 100
本院	> 1	0.07 - 0.1		> 20

2 有机质生烃作用及转化条件

碳酸盐岩相对于其它岩类固结成岩早,这难免很多人认为在其早期,碳酸盐岩内的有机质(尤其是蛋白质)在结晶时发生水解,有机质大部分被散失…如果是这样的话世界上也就不会有碳酸盐

岩大油气田了。其实大多数有机质烃类是可以产生在碳酸盐中,并由早期的成岩作用保存封闭起来^[10]。这是因为碳酸盐岩早期成岩作用主要包括胶结和重结晶作用,其成岩作用相对较快,如沉积水由石灰岩沉积物运移时间应相对早,深度间距也较小,这就使得水流携带部分烃类有机质到圈闭中去,加之早期的成岩作用就使得大部分的烃类就被封存在碳酸盐岩内(Holl-mann, 1962)。尤其在干旱气候条件下,会有大量的蒸发岩产生,形成一种“岩帽”覆盖其上,其保存条件就可想而知了。碳酸盐岩沉积物的另一个优势是沉积速度相对较慢,这主要是因为浅海碳酸盐岩多数形成于高能环境中,水体受到动荡,沉积物沉积速度较慢。例如沉积在广阔陆棚浅海地区的碳酸盐岩,由于沉积速度较慢,海洋生物有机质的肉质部分受到长时间的破坏,后来在其壳体内留下的有机质多数是蛋白质。在不太普遍的蒸发盆地内,多数的有机质保存下来。

同时,碳酸盐岩沉积物多数是在原地沉积的,或很少被短距离搬运,不像粘土碎屑沉积物被长距离搬运后再固结成岩,这就降低了其由于长距离的搬运而造成沉积物有机质的损失。沉积物在原地产生在原地沉积,也即是说碳酸盐岩中烃类是在原地生成的,这也是许多大型碳酸盐岩油气田得已形成的有利证据,这也是众多学者所说的碳酸盐岩的“自生性”多数油气田勘探实践也已经表明,欧文(Owen, 1964)提出根据许多碳酸盐岩油气田的地层、构造特征证明其内的烃类确实是原地生成的。例如,中东地区伊朗、沙特阿拉伯国家、美国的威利斯顿、中国的塔里木盆地、四川盆地等碳酸盐岩油气田等。

碳酸盐岩中含有很少或不含有粘土物质,因而催化作用对碳酸盐岩烃类的产生没有影响或影响很弱,这就很明显地降低了其内有机质的转化成烃类的强度。然而通过众多学者的研究可知,温度在碳酸盐岩有机质转化中担当了非常重要的角色。要使温度发挥作用,其沉积物就需要适当的埋藏深度和相对较长的地质时间。但是温度很高也不行,因为当温度升高超过油气保存温度上限时,油气生成作用就会停止,且已经形成的油气也将遭到破坏^[11]。根据世界多数学者通过对大量油田的研究认为,即碳酸盐岩中油气生成需要的温度在60℃-150℃之间,这也是其烃类产生晚的重要原因^[12](如图1)。

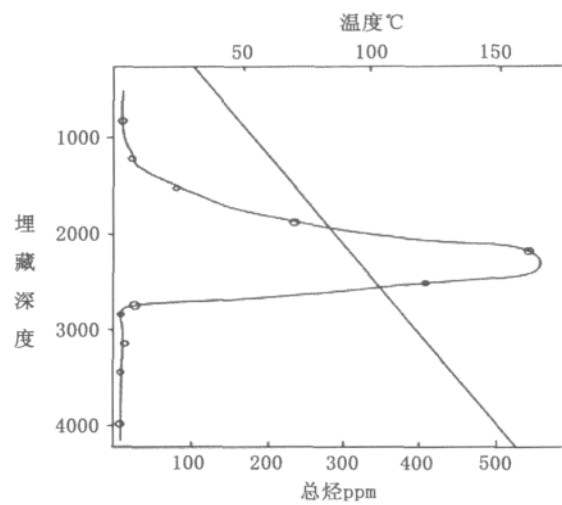


图1 坎米罗昂-杜阿拉地区白垩系地层烃生成与深度的关系

Fig.1 The relationship between the hydrocarbon generation and depth of Cretaceous layers in Kaimiluoang-douala

碳酸盐岩的有机质分布呈分散状态,其状态分为均一和不均一两类。这里只说不均一的分散有机质。此种不均一性在成岩过程中表现的尤其明显,碳酸盐岩成岩过程中,由于其特有的晶析作用,可使80%以上的有机质在原产地损失^[3,13]。这些析出的有机质,富集于邻近的裂缝、孔洞带,或富含泥质的隐晶、微晶质泥灰岩及泥质灰岩中。这种晶析作用使碳酸盐岩中的一部分有机质转化成非源岩,同时使碳酸盐源岩内的有机质不均一地富集。碳酸盐岩源岩有机质这种特殊富集过程和赋存状态是其高效成烃、排烃的基本有利条件^[5]。

虽然压实作用对碳酸盐岩产生的作用影响不大,但压溶作用对其产生的影响却是非常重要的,压溶作用可以使碳酸盐岩产生缝合线^[14]。缝合线缝可能被碳酸盐岩碎屑物所充填,这就使得本来有机碳含量很低的碳酸盐有机质在缝合线内集中起来,形成了相对高的有机质丰度的填隙物。其中有机质和泥质含量要明显高于纯碳酸盐岩,因而缝合线缝隙物具有很强的排烃动力和较高排烃效率,使其生成的烃类大部分被排出。这也是碳酸盐岩生油潜力高的重要条件之一。

3 结论

1) 浅海碳酸盐岩沉积环境适宜,沉积物有机质类型多样、充足、且多以生物成(下转第89页)

- [6] 杨俊杰. 相似理论与结构模型试验 [M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2005.
- [7] 王文庆, 佟明安. 基于模糊逻辑系统的复杂相似系统分散全息控制设计 [J]. 系统工程理论与实践, 2003, 23(8): 67 - 69.
- [8] 邵辉, 施志荣. 示踪技术用于气体泄漏扩散模拟的多元线性回归分析 [J]. 安全与环境学报, 2006, 16(4): 112 - 114.
- [9] 石博强. MATLAB 数学计算范例教程 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.

(责任编辑 刘存英)

(上接第 76 页) 因具多, 生油母质丰富质优。作为碳酸盐岩有机质含量指标之一的有机碳含量和氯仿沥青 A 含量相对较低。

2) 促使碳酸盐岩有机质生烃的作用很多, 如胶结、重结晶、压溶、晶析等作用。尤其是晶析和压溶作用。

参考文献:

- [1] 刘德汉, 史继扬. 高演化碳酸盐烃源岩非常规评价方法探讨 [J]. 石油勘探与开发, 1994, 21(3): 113 - 114.
- [2] 钟宁宁, 张枝焕. 石油地球化学进展 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1998.
- [3] 付家澳, 贾蓉芬, 刘德汉, 等. 碳酸盐岩有机地球化学 - 在石油、天然气、煤和层控矿床成因及评价中的应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [4] 范嘉松, 李菊英, 赵生才. 论古代海洋碳酸盐沉积环境基本模式 [J]. 地质科学, 1979(4): 288.
- [5] 陈义才, 沈忠民, 李延军, 等. 过成熟碳酸盐烃源岩有机碳含量下限值探讨 [J]. 石油实验地质, 2002, 24(5): 428.
- [6] 秦建中, 刘宝泉, 国建英, 等. 关于碳酸盐烃源岩的评价标准 [J]. 石油实验地质, 2004, 26(3): 281 - 284.
- [7] HUNT J M. Petroleum geochemistry and geology [M]. New York: Freeman, 1979.
- [8] 夏新宇, 戴金星. 碳酸盐岩生烃指标及生烃量评价的新认识 [J]. 石油学报, 2000, 21(4): 36 - 37.
- [9] GEHMAN H M. Organic matter lime stones [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2000, 26: 885 - 897.
- [10] HUNT J M. Distribution of hydrocarbons in sedimentary rocks [J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1961, 22: 37 - 49.
- [11] 周天驹, 黄醒汉. 碳酸盐岩生油问题的探讨 [J]. 华东石油学院学报, 2006(3): 154 - 155.
- [12] 成都地院石油系有机地化室. 有机地球化学概述 [J]. 国外地质, 1976(3): 5 - 12.
- [13] 陈荣书. 关于碳酸盐源岩研究的两个问题 [J]. 地质科技情报, 1993, 12(2): 87 - 88.
- [14] 柳广弟, 高岗, 王晖. 碳酸盐烃源岩有机质分布与排烃特征 [J]. 沉积学报, 1999, 17(3): 484 - 485.

(责任编辑 刘存英)