

文章编号: 1009-3850(2008)04-0014-04

大民屯凹陷烃源岩有机质丰度的恢复

逯向阳

(中国石油辽河油田公司 沈阳采油厂采油作业二区, 辽宁 沈阳 110316)

摘要: 烃源岩有机质丰度的恢复具有重要的现实和理论意义。笔者在对比多种方法的基础上, 对大民屯凹陷的烃源岩的有机质丰度进行了恢复。

关键词: 有机碳; 烃源岩; 损失率; 恢复系数

中图分类号: TE122.1⁺13

文献标识码: A

当烃源岩生成的烃量在足以满足自身残留的需要后, 就开始向外排烃。另外, 在源岩的演化过程中也有一定量的 CO_2 的生成, 并自源岩向外扩散。烃源岩在地史演化过程中, 岩石中有机质的绝对量随生、排烃作用的进行而不断减少, 因此, 要客观描述发生过生、排烃作用的成熟、过熟源岩中有机质的原始丰度, 必须进行相应的恢复计算^[1]。笔者以大民屯凹陷烃源岩为研究对象, 综合对比了各种有机质丰度的恢复方法, 并对各方法的影响因素、存在问题及发展方向进行了探讨。

1 区域地质背景

大民屯凹陷位于辽河断陷盆地的东北部, 在平面上呈不规则椭圆形, 南宽北窄, 周为边界断裂。其在太古界花岗片麻岩、混合花岗岩和中上元古界碳酸盐岩组成的基底之上发育的中新生代陆相小凹陷。凹陷内白垩系厚度小, 分布局限; 古近系分布面积约为 800 km², 包括沙河街组四段 (E_2^4)、沙河街组三段 (E_2^3)、沙河街组一段 (E_2^1) 和东营组 (E_3^{d1}) 等; 此外, 还有新近系 (N) 和第四系 (Q) 碎屑岩系的分布。沉积岩最大厚度为 6600 m (荣胜堡洼陷), 形成一个独立的油气生聚单元^[2]。沙四段和沙三

段暗色泥岩是凹陷的主力生油岩, 目前已在凹陷内发现 5 套含油气储集层, 其中前第三系潜山和古近系砂岩是最重要的产层。凹陷含油气丰度较高, 是我国东部著名的“小而肥”含油凹陷, 也是高蜡高凝原油的生产基地。

2 烃源岩评价中的地质问题

大民屯凹陷发育了沙四段 (E_2^4)、沙三段 (E_2^3) 两套主力优质烃源岩, 相对大民屯凹陷沙四段下部 (E_2^4) 有机碳含量异常高, 最高达 13%, 平均为 7.36%, 沙三一亚段 (E_2^3), 平均有机碳含量约 4%, 其它几个层位有机碳含量相差不大, 就有机碳指标而言, 都达到了好生油岩标准。沙一段和东营组有机质丰度相对较低, 但是其氯仿沥青“ A ”指标却很高 (表 1)。那么, 沙一段和东营组地层到底具备多大生烃潜力, 是否也具有形成工业价值油气藏的资源前景, 是值得思考的问题。通过研究发现, 传统的烃源岩评价方法只是利用现有的有机质丰度进行烃源岩品质的评价, 而没有考虑地史过程中烃类的排出造成的有机质的损耗。沙一段和东营组两套烃源岩如果按照氯仿沥青“ A ”的评价标准, 已经达到了好的烃源岩指标, 但是, 以 $TOC\%$ 为评价指标

收稿日期: 2008-04-15 改回日期: 2008-06-04

作者简介: 逯向阳 (1967—), 男, 工程师, 中国石油辽河油田公司沈阳采油厂采油作业二区区长。Tel 13141217913
Email: lxy1967@yahoo.cn

资助项目: 国际科技合作重点项目 (2002CB713906), 重大基础研究前期研究专项 (2002CCA00700)

表 1 大民屯凹陷有机质丰度数据表

Table 1 Organic matter abundances in the Damintun depression

层位	TOC/%				样品数	“A”/%				样品数
	最大	最小	平均			最大	最小	平均		
E ₂ ⁴	13	3.12	7.36		256	0.2	0.02	0.12		321
E ₂ ⁴ ₃	8.45	2.14	4		356	0.23	0.01	0.10		376
E ₂ ⁴	2.34	0.12	1.2		231	1.05	0.03	0.48		298
E ₃ ^d	1.98	0.08	0.8		342	1.09	0.04	0.52		173

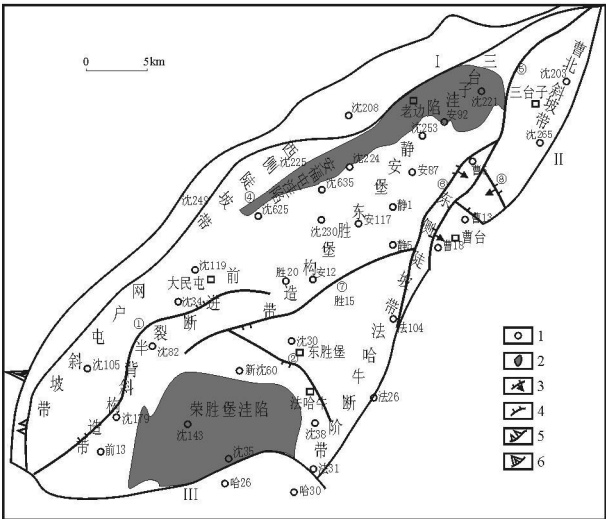


图 1 大民屯凹陷构造区带划分图

1 井位; 2 洼陷; 3 逆断层; 4 正断层; 5. S₃ 底缺失线; 6 古近系缺失线。I. 凹陷西界断层; II. 凹陷东界断层; III. 凹陷南界断层。①. 前进断层; ②. 荣胜堡断层; ③. 东胜堡断层; ④. 安福屯断层; ⑤. 三台子断层; ⑥. 边台断层; ⑦. 安 12 东断层 ⑧. 曹北断层

Fig 1 Structural division of the Damintun depression
1= well site 2= depression 3= thrust fault 4= normal fault 5= basal hiatus line of S₃ 6= Palaeogene hiatus line Major faults I = western fault of the Damintun depression II = eastern fault of the Damintun depression III = southern fault of the Damintun depression Secondary faults ① = Qianjin fault ② = Rongshengpu fault ③ = Dongshengpu fault ④ = Anfutun fault ⑤ = Santazi fault ⑥ = Bian tai fault ⑦ = eastern An-12 fault ⑧ = CaoBei fault

的话, 显得品质又较差。鉴于此, 笔者针对这两套源岩有机质丰度进行恢复计算, 达到正确认识和评价烃源岩的目的。

3 有机质丰度恢复方法概述

3.1 自然演化剖面法

该方法是通过采集相同层位不同埋深的烃源岩, 实测有机碳含量及生烃潜量, 然后求出不同成熟度烃源岩原始有机质丰度的恢复系数。理论上, 自然演化剖面是最为科学和最为接近地质历史的, 但由于样品不易采到, 而且还要求整个剖面有机相相近和成熟度变化范围要大, 故操作比较困难^[2,3]。

3.2 热解模拟法

该方法是通过对某一研究区成熟度较低的相同有机质类型的烃源岩进行加热, 测量不同热演化阶段(一般以 R_o来表示)的生烃量或热解参数, 得到经验公式或图版。庞雄奇等^[4], 对不同 KT(干酪根类型指数)值的泥岩进行模拟实验得到的经验公式, 以及郝石生等^[5,6]利用低成熟碳酸盐岩进行模拟实验得到的一组经验公式和图版。

3.3 物质平衡法

(1) 化学反应守恒法

该方法又称元素法^[2], 基于化学反应物质守恒原理。在干酪根和油气的元素组成中, H、C、O 占主导地位。由此可根据残余有机质的 H/C 和 O/C 原子比以及干酪根演化过程中以 H₂O 和 CO₂ 形式脱出的氧原子量基本相等, 得出方程式并推导出有机碳恢复系数。不同学者^[7~9]都利用该方法进行过有机质丰度的恢复。

(2) 无效碳守恒法

有效碳是指干酪根中在足够的温度和时间作用下能够生成油气的碳。而无效碳则是指干酪根中不能转化为烃类的部分, 它在油气生成和运移的过程中保持不变, 由此获得有机碳恢复系数^[10]。

(3) 有机质守恒法

该方法以有机质演化规律为依据, 在假定源岩生成的油气全部发生运移(即发生 100% 排烃)的条件下获得有机碳恢复系数计算公式^[2]。

3.4 理论推导法

(1) 化学动力学法

该方法依据化学反应动力学模型, 首先对生烃潜力进行恢复, 然后获得原始有机碳^[11]。

(2) 有机质演化规律法

该方法的有机碳的恢复系数推导过程详见文献^[1]。

(3)降解率法

这种方法是由物质平衡推算出原始有机碳、残余有机碳和残余生烃潜力之间存在的量的关系,忽略了干酪根降解产生的 CO_2 的量(这部分很少)。郝石生等^[6]和程克明等^[12]分别提出了自己的计算公式。

(4)回归分析法

根据有机质演化规律可知,烃源岩中的原始有机碳是不溶残碳(即干酪根)中的有机碳(Cl_0)、有机质类型(K)和成熟度(R_0)的函数,由此获得原始有机碳的计算公式^[13]。

4.5谱学类型模型法

秦匡宗^[14]研究表明,在干酪根演化过程中主要是脂构碳和杂原子碳发生降解,芳构碳则相对稳定。程克明等^[12]等也利用该方法进行过有机质丰度的恢复。

4 恢复结果的对比分析

根据有机质丰度的恢复方法,选择热解模拟和物质平衡法对大民屯凹陷烃源岩有机质丰度进行了系统恢复,恢复结果详见数据表(表2)。3种恢复方法获得的恢复系数存在一定差别,但取三者均值来看,沙一段和东营组恢复系数相当,分别为1.35和1.36,恢复后的有机碳含量达到了1.63%和1.08%,按照陆相烃源岩评价标准,也达到了好的烃源岩。沙四段和沙三段恢复系数相对较低,分别为1.1和1.14。

表2 大民屯凹陷有机质丰度数据表

Table 2 Calculations of the organic matter abundances in the Damintun depression based on the thermal simulation experiment and matter conservation law

层位	恢复前 有机碳/%	有机碳恢复系数				恢复后 有机碳/%
		热解 模拟法	无效碳 守恒法	降解 率法	平均值	
E_2^{s4}	7.36	1.12	1.1	1.11	1.11	8.17
E_2^{s3}	4	1.13	1.05	1.23	1.14	4.55
E_2^{s4}	1.2	1.32	1.21	1.54	1.36	1.63
E_3^d	0.8	1.34	1.24	1.48	1.35	1.08

5 结 论

(1)利用3种方法对大民屯凹陷的烃源岩有机质丰度进行了恢复,恢复结果显示3种方法存在一定差别,其中降解率法恢复结果最大,热解模拟法最小;

(2)通过对有机碳含量的恢复,大民屯凹陷的沙一段和东营组烃源岩也达到了好的生油岩标准;

(3)综合而言,烃源岩有机质丰度的恢复对判别烃源岩的品质具有现实的意义。

参考文献:

[1] 卢双舫,薛海涛,钟宁宁.地史过程中烃源岩有机质丰度和生烃潜力变化的模拟计算[J].地质论评,2003,49(3):292—297.

[2] 王杰,陈践发.关于碳酸盐岩烃源岩有机质丰度恢复的探讨——以华北中、上元古界碳酸盐岩为例[J].天然气地球科学,2004,15(3):306—310.

[3] 秦建中,金聚畅,刘宝泉.海相不同类型烃源岩有机质丰度热演化规律[J].石油与天然气地质,2005,26(2):177—184.

[4] 庞雄奇,方祖康,陈章明.地史过程中的岩石有机质含量变化及其计算[J].石油学报,1988,9(1):17—24.

[5] 郝石生.对碳酸盐生油岩的有机质丰度及其演化特征的讨论[J].石油实验地质,1984,6(1):67—71.

[6] 郝石生,高岗,王飞宇,等.高一过成熟海相烃源岩[M].北京:石油工业出版社,1996:14—29.

[7] 程克明,王兆云,钟宁宁,等.碳酸盐岩油气生成理论与实践[M].北京:石油工业出版社,1996:23—34.

[8] 金强.生油岩原始有机碳恢复方法的探讨[J].石油大学学报(自然科学版),1989,13(5):1—10.

[9] 陈增智,郝石生.排烃效率对于酪根累计产烃率影响的数学模拟[J].石油大学学报(自然科学版),1991,15(6):7—14.

[10] 肖丽华,孟元林,高大岭,等.地化录井中一种新的生、排烃量计算方法[J].石油实验地质,1998,20(1):98—102.

[11] 卢双舫,付晓泰,李启明,等.塔里木盆地熟化有机质成烃动力学模型原始参数的恢复及意义[J].地质论评,2000,46(5):556—560.

[12] 程克明,王兆云.高成熟和过成熟海相碳酸盐岩生烃条件评价方法研究[J].中国科学(D辑),1996,26(6):537—543.

[13] 王子文,赵锡焜,卢双舫,等.原始有机质丰度的恢复及其意义[J].大庆石油地质与开发,1991,10(4):20—26.

[14] 秦匡宗.论干酪根芳碳率的石油地球化学意义[J].石油勘探与开发,1985,12(6):15—21.

Restoration of organic matter abundances in the source rocks from the Damintun depression

LU Xiang-Yang
(Shenyang Oil Production Plant, Liaohe Oil Field Company, PetroChina, Shenyang 110316, Liaoning, China)

Abstract The organic matter abundances are considered as a very important indicator for the evaluation of source rocks. The heterogeneity of source rocks, production of inorganic CO₂ and hydrothermal hydrocarbon generation play an important role in the restoration of organic matter abundances in the source rocks. The restoration of organic matter abundances in the source rocks from the Damintun depression on the basis of the thermal simulation experiment and matter conservation law shows that the source rocks from the first member of the Shahejie Formation and Dongying Formation are more promising areas in the Damintun depression.

Key words organic carbon; source rock; loss ratio; restoration coefficient

《沉积与特提斯地质》征稿启事

《沉积与特提斯地质》(原《岩相古地理》,创刊于1981年)系国土资源部主管,成都地质矿产研究所主办的地质学术期刊。办刊20余年来,已经形成了沉积学的专业特色和特提斯(青藏高原)的地域特色。主要报道沉积学、地层学、矿床学、岩石学,以及石油地质、构造地质、环境地质等学科(专业)方面的新成果和新进展。《沉积与特提斯地质》现为中国科技核心期刊、中国科技论文统计期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、维普中文科技期刊数据库统计源期刊,并被国家图书馆、上海图书馆、各省(自治区)地质类图书馆(资料馆)和大专院校图书馆所收藏。《沉积与特提斯地质》为季刊,逢季末出版,国内外公开发行。欢迎相关专业的地学工作者投稿。

- 来稿要求与注意事项:**
- 稿件需论点明确、论据可靠、文字精练、图表清晰美观。稿件(含图表)一般在8000字以内,要求有300字左右的论文摘要和3~5个关键词,论文摘要和关键词需中英文对照。
 - 来稿需附第一作者简介,包括:姓名、性别、出生年月、工作单位、职称/学位、专业和研究方向等。同时需注明研究受何种项目/基金(编号)资助及作者的通讯地址、电话(办公室、手机)、电子信箱等信息。
 - 稿件正文应采用宋体(5号),西文和数字用Times New Roman(6号)。文中要使用法定计量单位。
 - 插图应采用CorelDRAW9软件绘制,如果用其它软件绘制,需转成*.tiff格式图片,图表名需中英文对照。
 - 测试数据应注明测试单位、测试手段、测试精度等。
 - 参考文献按文中出现的先后顺序用阿拉伯数字以上标给出。参考文献(包括外文)格式为:(1)专著[序号]作者(编者),书名[M],出版地:出版社,出版年;(2)期刊:[序号]作者,题名[J],期刊名,年,卷(期):起止页码;(3)论文集、会议录著:[序号]作者,题名[C],论文集、会议录编者,论文集名,出版地:出版社,出版年,页码。
 - 本刊通过电子信箱接收稿件。投稿电子邮件的主题需标明第一作者(或联系人)投稿字样。稿件应以附件的形式发送。投稿时务必提供两个附件:(1)插入*.tiff格式图片和Excel格式表格的完整的Word格式的文稿(附件1);(2)CorelDRAW格式的原图或*.tiff格式图片(无CorelDRAW格式原图时)(附件2)。附件的名称应包含第一作者(或联系人)投稿_图件字样。本刊电子信箱:cdge@163.com
 - 本刊的审稿期一般为3个月。来稿一经采用,本刊将收取一定的版面费,同时支付作者稿酬。