

文章编号: 0253-2697(2003)05-0032-04

塔里木油田水碳酸盐平衡系数与有机酸的意义

李伟^{1,2} 刘宝珺¹ 闵磊³

(1. 成都理工大学 四川成都 610059; 2. 中国石油勘探开发研究院地质所 北京 100083;
3. 中国石油塔里木油田分公司 新疆库尔勒 841000)

摘要: 根据统计学规律,对塔里木盆地油田水进行了研究,阐明了该盆地油田水的碳酸盐平衡系数(简称为 R_C)与有机酸的基本特征。从油田水的无机组分与有机组分的统计分析中发现了油田水的碳酸盐平衡系数与有机酸存在明显的负相关性,进一步论证了碳酸盐平衡系数和有机酸与油气聚集及油气性质的关系。碳酸盐平衡系数越低及低碳有机酸的含量越高,它们与油藏,尤其是与轻质油或气藏的关系越密切。从两者的关系中初步了解到有机酸的溶蚀作用对油气藏中储层次生孔隙的形成应有较重要的影响。

关键词: 塔里木盆地;油田水;碳酸盐平衡系数;有机酸;油气聚集

中图分类号: TE112

文献标识码: A

Petroleum geological significance of carbonate equilibrium ratios and organic acid in oil-field water in Tarim Basin

LI Wei^{1,2} LIU Bao jun¹ MIN Lei³

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China; 3. Tarim Oil Field Company, Kuerle 841000, China)

Abstract: According to statistical distribution theory, the characteristics of carbonate equilibrium ratios and organic acid content in oil-field water were described. The negative relationship between carbonate equilibrium ratios and organic acid content in oilfield water was discovered. The relationships between carbonate equilibrium ratios and hydrocarbon accumulation or properties, as well as between organic acid and hydrocarbon accumulation or properties were discussed by investigating the oil-field water in Tarim Basin. It shows that the smaller carbonate equilibrium ratio and the higher the organic acid content is, the more closely the relation between oil-field water and light oil or gas reservoir will be. The organic acid dissolution plays an important role in generation of secondary porosity in reservoir.

Key words: Tarim Basin; oil-field water; carbonate equilibrium ratio; organic acid; hydrocarbon accumulation

塔里木盆地油田水大部分为封闭性的 CaCl_2 型水,只在盆地边缘的强交替带与缓慢交替带地层中存在 Na_2SO_4 型水与 NaHCO_3 型水,而这两种类型的地层水中碳酸盐平衡系数 R_C (本文确定 $R_C = [(\text{rHCO}_3^- + \text{rCO}_3^{2-})/\text{rCa}^{++}]$ 常在 0.02 ~ 0.05 以上^[1]。而塔中、塔北与塔西南等盆地内部的深层地层水大都是高矿化度的 CaCl_2 型地层水,其碳酸盐平衡系数常在 0.02 以下,这表明深层地层的封闭性都较好^[1]。

在油田水中不仅存在大量的有机物质^[2,3]。而且也存在较多的无机组分。人们常用这些组分的变化来研究油气的保存条件与油气的关系、油气的聚集特点,并用于预测油气的有利运聚区带。如:碳酸盐平衡系数常被用来研究油气的保存条件与油气的关系^[1,4],

有机酸则常用来研究水-岩相互作用及次生孔隙的成因^[5-10]。笔者在研究中发现这一系数还与油田水中低碳有机酸(碳数小于4)的含量及聚集烃类的远近和组分有密切的关系。本文将重点讨论碳酸盐平衡系数与低碳有机酸的关系,以及两者与烃类聚集的石油地质意义。

1 油田水的碳酸盐平衡系数及低碳有机酸的基本特征

1.1 油田水碳酸盐平衡系数特征

塔里木盆地存在大量的各种类型的油田水,但是污染、出水量较少等因素都不同程度地影响了地层水的真实性^[11]。因此,并不是所有的油田水样都能代表

基金项目: 国家“八五”科技攻关项目(85-101-01-07)。

作者简介: 李伟,男,1963年2月生,1987年毕业于江汉石油学院,现为成都理工大学沉积所在职博士研究生,高级工程师,主要从事石油地质综合研究工作。

①李伟,等.塔里木盆地油田水文地质与油气聚集关系研究.1995.

地层环境的真实特点。经过分析优选了 66 个基本能代表地层环境的油田水样进行分析。从已知的 66 个有效油田水样品的碳酸盐平衡系数的分布可知(图 1),碳酸盐平衡系数小于 0.0075 的有 28 个,0.0075~

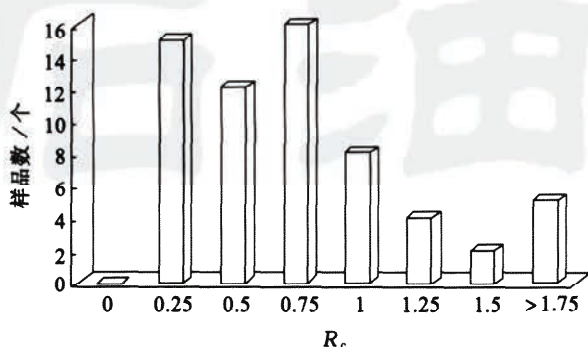


图 1 塔里木盆地油田水碳酸盐平衡系数分布

Fig.1 Distribution of carbonate equilibrium ratios of oilfield water in Tarim Basin

0.001 的有 16 个,累计碳酸盐平衡系数小于 0.001 的有 44 个;而大于 0.001 的只有 22 个。一般封闭条件下碳酸盐平衡系数多为 0.005~0.03^[1,11]。因此,塔里木盆地内部油田水以中低碳酸盐平衡系数为特征。

1.2 油田水低碳有机酸含量特征

经过优选分析,有 62 个样品有较好的代表性。从 62 个有效油田水样品的低碳有机酸的总酸含量分布

可知(图 2),低碳有机酸的总酸含量小于 250mg/L 的

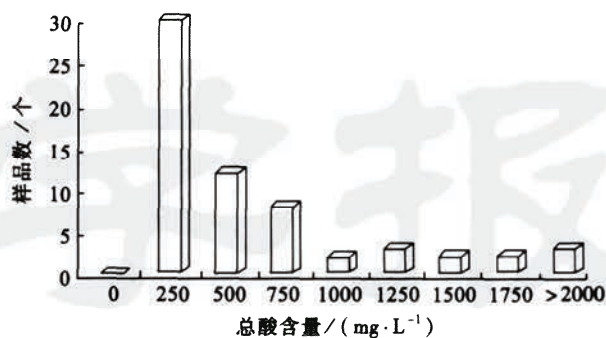


图 2 塔里木盆地油田水低碳有机酸含量分布

Fig.2 Distribution of organic acid contents in oilfield water in Tarim Basin

油田水样品有 30 个,在 250~1000mg/L 的油田水样有 20 个,而低碳有机酸总酸含量大于 1000mg/L 的水样只有 12 个。低碳有机酸的总酸含量的分布由低到高呈逐渐递减的分布特征。由此可知,其油田水的低碳有机酸以含量低为主要特征。

2 油田水的碳酸盐平衡系数与低碳有机酸的关系

碳酸盐平衡系数与低碳脂肪酸呈负相关特点,如图 3 所示。当总低碳有机酸含量较高时,碳酸盐平衡

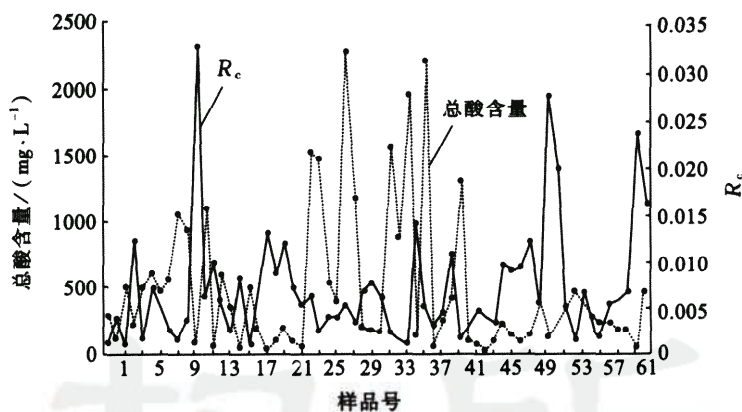


图 3 塔里木盆地油田水有机酸含量与 R_c 对应关系

Fig.3 Corresponding relation of organic acid content with carbonate equilibrium ratios of oilfield water in Tarim Basin

系数就降低;当碳酸盐平衡系数较大时,总低碳有机酸含量就较低。

虽然,碳酸盐平衡系数与总低碳有机酸含量存在负相关特征,但是从图 4 可知,当总低碳有机酸含量小于 500mg/L 时,并不是总酸含量越小其碳酸盐平衡系数越大;当碳酸盐平衡系数小于 0.01 时,也并不是该系数越小其对应的总酸含量越大。

虽然碳酸盐平衡系数与总低碳有机酸含量存在着负相关关系,但是两者仅互为充分条件,即碳酸盐平衡系数较小时,其对应的总酸含量并不一定全都较高;当总低碳有机酸含量较低时,其相应的碳酸盐平衡系数也并不一定都较高。

这也表明碳酸盐平衡系数较低时,地层水的 Ca^{2+} 的当量浓度远大于 HCO_3^- 的当量浓度,其余下的大量

Ca^{2+} 应由其他大量酸性阴离子与之平衡^[12], 地层水中除了有部分 Cl^- 与其平衡较大一部分 Ca^{2+} 外^[13], 也可

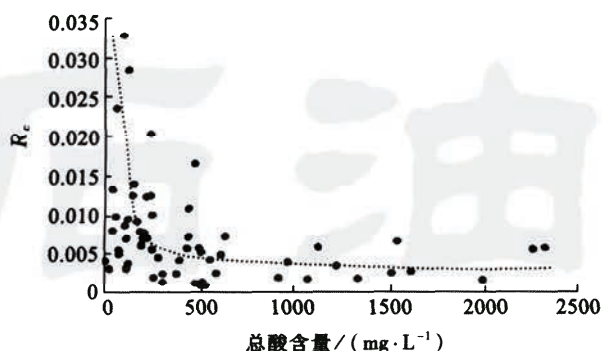


图 4 塔里木盆地油田水有机酸含量与 R_c 相关特征

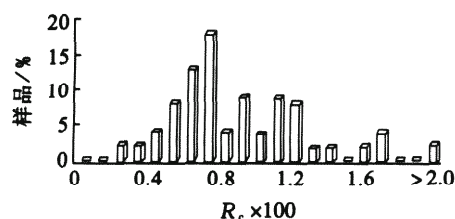
Fig. 4 Relativity of organic acid content and carbonate equilibrium ratios of oilfield water in Tarim Basin

能有较多的低碳有机酸参与。也就是说,当地层水中存在较多的低碳有机酸时,碳酸盐平衡系数将是较低的。

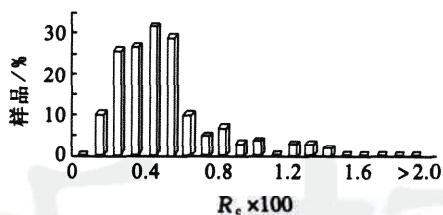
3 油田水的碳酸盐平衡系数和低碳有机酸与烃类的关系

3.1 碳酸盐平衡系数与油气藏的关系

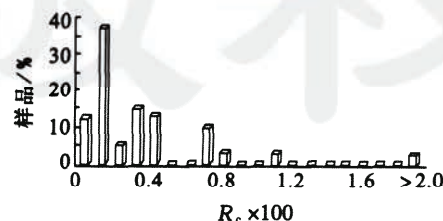
(1) 地层水离油气藏越近,其碳酸盐平衡系数越小。从图 5 及表 1 可知,油气藏边外水^[1,14]的碳酸盐



(a) 油田边外水



(b) 油层边底水



(c) 凝析油气层与气层边底水

图 5 塔里木盆地不同类型油田水碳酸盐平衡系数分布

Fig. 5 Distribution of carbonate equilibrium ratios of different types of oilfield water in Tarim Basin

表 1 塔里木盆地不同类型油田水碳酸盐平衡系数统计结果

Table 1 Statistical results of carbonate equilibrium ratios of different types of oilfield waters

油田水类型	样口数/个	平衡系数分布	平均值	可信区间
含稠油地层水	8	0.007~0.0130	0.0091	0.008~0.02
油气藏边外水	57	0.005~0.018	0.0079	0.004~0.006
油藏边底水	78	0.0015~0.008	0.0051	<0.002
凝析油气藏边底水	39	0.0005~0.004	0.0036	
含气地层水	4	0.001~0.0048	0.0038	

平衡系数多大于 0.006, 其可信区间为 0.008~0.02; 而油层边底水^[1,14]的碳酸盐平衡系数多小于 0.006, 其可信区间为 0.004~0.006; 气层边底水的碳酸盐平衡系数多小于 0.004, 其可信区间为小于 0.002。因此, 距离油气藏较远的地层水的碳酸盐平衡系数较大, 近之则较小。

(2) 油田水碳酸盐平衡系数越小, 其临近油气藏的轻质组分越多, 保存条件也越好。

这一观点曾经在 20 世纪 80 年代由刘济民提出^[1], 本文不仅进一步证明了这一观点是正确的, 而且增加了含稠油地层水的证据。从表 1 中的数据可知, 对于含稠油地层水、油气藏边外水、油藏边底水、凝析油气藏边底水及含气地层水, 其碳酸盐平衡系数是依次减小的。而存在较多的轻质组分也说明地层的封闭性较好^[15]。因此, 油田水碳酸盐平衡系数的变小, 不仅说明其与轻质组分较多的油气藏相关, 也表明其地层的保存条件较好。

3.2 有机酸与油气藏的关系

(1) 地层水中有机的含量高低与离油气藏的远近有关。从图 6 中可知, 离油气藏较远的油田边外水中低碳有机酸的含量大都低于 500mg/L, 而油气藏边水、底水中的低碳有机酸的含量一般都大于 500mg/L, 其部分油田水中低碳有机酸的含量可以达到 1000~2000mg/L。因此, 离油气藏越近的油田水中低碳有机酸的含量越高。这预示着低碳有机酸是与烃类的聚集相伴而生。

这不仅说明低碳有机酸较多的油田水多与油气藏的存在有关, 而且表明, 有油气充注的储层会因高含量的低碳有机酸的溶蚀作用^[16], 使其次生孔隙更容易形成。因此, 对于有油气存在的储层, 有条件发育更多的次生孔隙。

(2) 凝析油气藏与气藏地层水中含有比常规油藏地层水中更多的低碳有机酸。从图 6 中还可以看出, 在凝析油气藏与气藏地层水中低碳有机酸含量大于

1000mg/L 的样品约占 1/2,而常规油藏地层水中低碳有机酸含量大于 1000mg/L 的样品只有很少的一部

地与凝析油气藏或气藏相伴而生。也预示在有油气藏存在的储层中更有条件发育较多的次生孔隙。

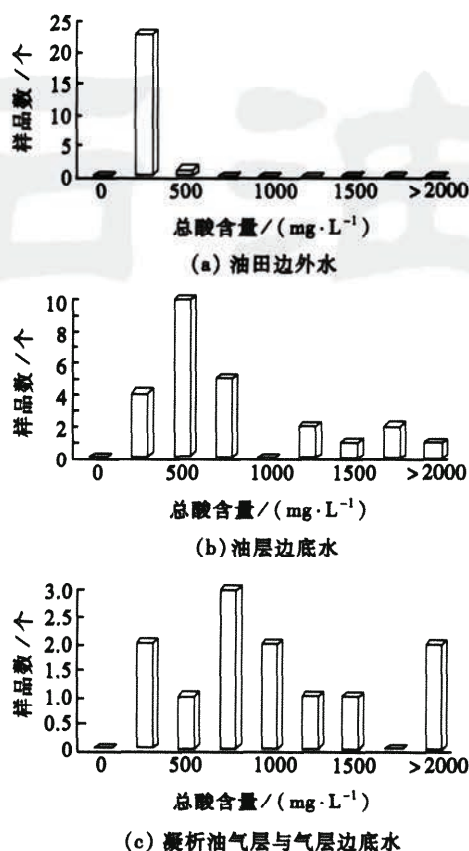


图6 塔里木盆地不同类型油田水低碳有机酸含量分布

Fig.6 Distribution of organic acid in different types of oilfield water in Tarim Basin

分。虽然凝析油气藏与气藏地层水样品数量较少,但是这表明其低碳有机酸含量高的地层水很可能更多地与凝析油气藏或气藏相伴而生。

4 结 论

塔里木盆地内部的油田水的碳酸盐平衡系数与低碳有机酸的含量多以低值为特征,这表明盆地内部地层的封闭性很好。油田水碳酸盐平衡系数与低碳有机酸含量呈负相关特征。

油田水碳酸盐平衡系数越小,其保存条件越好,离油气藏越近,油气藏中轻质组分也越多。因此,凝析油气藏边底水与含气地层水中,常存在相对很小的碳酸盐平衡系数。

在离油气藏越近、烃类轻组分越多的油田水中,其低碳有机酸的含量越高,这预示着低碳有机酸是与烃类的聚集相伴而生,而且高含量低碳有机酸可能更多

参 考 文 献

- [1] 刘济民. 油田水文地质勘探中水化学及其特性指标的综合应用[J]. 石油勘探与开发, 1982, 9(6): 49-55.
- [2] 李伟. 塔里木盆地油田水有机地球化学特征分类及其石油地质意义[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(6): 30-35.
- [3] 李伟, 刘济民, 陈晓红, 等. 吐鲁番坳陷油田水化学特征及其石油地质意义[J]. 石油勘探与开发, 1994, 21(5): 12-18.
- [4] 高锡兴. 中国含油气盆地油田水[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994: 358-359.
- [5] 陈传平, 梅博文, 毛志超. 二元羧酸对硅酸盐矿物溶解实验的初步研究[J]. 矿物岩石学, 1993, 13(1): 103-107.
- [6] 蔡春芳, 梅博文, 马亭, 等. 塔里木盆地流体-岩石相互作用研究[M]. 北京: 地质出版社, 1997: 9-22.
- [7] Franks S G, Forester R W. Relationships among secondary porosity, pore-fluid chemistry and carbon dioxide, Texas Gulf Coast[A]. In: McDonald D A, Surdam R C, Clastic Diagenesis[C]. AAPG Memoir, 1984: 63-79.
- [8] Surdam R C, Boese S W, Crossey L J. The chemistry of secondary porosity[A]. In: McDonald D A, Surdam R C, Clastic Diagenesis[C]. AAPG Memoir, 1984: 127-149.
- [9] Schmidt V, McDonald D A, Platt R L. Pore geometry and reservoir aspects of secondary porosity in sandstones[M]. Can. Soc. Petrol. Geol. And Can. Inst. Min. Ann. Mtg., 1977: 106.
- [10] Schmidt V, McDonald D A. The role of secondary porosity in the course of sandstone diagenesis[M]. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 1979: 175-208.
- [11] 李伟. 塔中、塔北油田水化学与油气运聚关系[A]. 见: 董晓光, 梁狄刚, 贾承造, 等. 塔里木盆地油气勘探新进展论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1996: 483-488.
- [12] 刘崇禧, 孙世雄. 水文地球化学找油理论与方法[M]. 北京: 地质出版社, 1988: 78-99.
- [13] 沈照理. 水文地球化学基础[M]. 北京: 地质出版社, 1986: 66-70.
- [14] 刘崇禧. 我国陆相盆地油田水文地球化学特征[J]. 地球化学, 1982, 11(2): 213-216.
- [15] 胡见义, 黄第藩, 等. 中国陆相石油地质理论基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991: 136-170.
- [16] 袁泽楠, 薛叔浩, 应凤祥, 等. 中国陆相油气储集层[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 210-212.

(收稿日期 2002-07-29 改回日期 2003-03-26 编辑 张 怡)