

文章编号: 1001-6112(2001)02-0195-05

准噶尔盆地腹部及南缘水化学纵向变化规律

董万百¹, 林艳萍², 高 红²

(1. 大庆油田 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712; 2. 胜利油田 物探公司 研究所, 山东 东营 257000)

摘要: 纵向水动力条件的变迁会对地层流体运移及聚集产生很重要的影响^[1]。水动力较弱、相对较滞流的环境有利于油气的保存; 反之, 水动力较强、相对较开放的环境则不利于油气的保存。文中利用地层水之矿化度、水型、钠氯比值及脱硫系数分别对准噶尔盆地腹部及南缘(全区)以及彩南地区和石西地区的水化学剖面类型进行了分析。结果表明: 全区整体上表现了正向型水化学剖面特征, 但个别地区存在反向型剖面及多向型剖面; ④水动力相对较弱的深部地层也存在水动力相对较强的区域同时水动力相对较强的浅部地层也存在水动力相对较弱的地区, 这有利于油气的保存; ⑤无论是正向型水化学剖面还是反向型及多向型水化学剖面, 只要地层水矿化度高且剖面变化较缓, 则油气保存较好, 若剖面变化剧烈, 则油气保存不好。

关键词: 水化学剖面; 正向型; 反向型; 多向型; 油气保存; 准噶尔盆地

中图分类号: TE133

文献标识码: A

地层水化学成分的纵向变化可分为 3 种类型: 正向型水化学剖面、反向型水化学剖面及多向型水化学剖面^①。正向型剖面以地层水矿化度、氯离子等由上而下增大及钠离子、硫酸根离子等含量相对减小为特征; 反向型剖面则正好相反, 由上而下, 矿化度及氯离子含量逐渐减小, 钠离子及硫酸根离子等含量相对增大。多向型剖面介于前两者之间。水化学特征会受到特殊岩性的影响, 如盐岩及膏岩^[2]。由于盆地腹部未见盐岩及膏岩出现, 故在进行分析时可以不考虑这种因素的影响。正向型水化学剖面反映了地层水正常的埋藏变质史及地层纵向上的连通性较差。在一些构造破坏不太严重的地区, 深部高矿化度水向上部地层渗透, 受浅层水淡化影响, 矿化度将降低, 且成分发生一定的变化, 从而在局部也会形成正向型剖面, 此时剖面中一般均能见到受淡化影响较小的较高矿化度的 CaCl₂ 型水或 Na₂SO₄ 型水。反向型剖面及多向型剖面由深层水发生构造破坏向上渗透、同时浅层低矿化水向深部渗透造成。一般来说, 反向型剖面较多向型剖面受构造影响更为严重, 但其受浅层水垂直下渗影响相对较小, 剖面上部具有较好的油气保存封闭条件^①。研究中, 我们主要依据地层水之矿化度、水型、钠氯

比值及脱硫系数来判数水化学剖面的类型。对于正向型剖面来说, 地层水之矿化度、钠氯比值及脱硫系数将由浅至深逐渐减小, 水型则由 Na₂SO₄ 型变为 NaHCO₃ 型及 CaCl₂ 型; 反向型剖面则正好相反; 多向型剖面介于前两者之间。水动力的变化也会引起原油的密度、粘度及凝固点的变化^[3,4], 所以也可从原油的密度、粘度及凝固点的变化情况进一步验证水动力的变化。

1 全区

统计表明, 不同地层的主要水型有所差异(表 1)。石炭系为 CaCl₂ 型(占 66.7%), 二叠系亦为 CaCl₂ 型(占 78.6%), 三叠系为 CaCl₂ 与 NaHCO₃ 型(各占 45.5%), 至侏罗系时主要水型变为 NaHCO₃ 型(占 75.6%)。从地层水矿化度的分布来看, 在现有的水样中, 矿化度最大值并未出现在深部层位的石炭系, 而是位于较浅的侏罗系(彩 8 井 J_{1s} 2 092~ 2 089m); 各层系的矿化度平均值相差不大, 均处于 14~ 16g/L 之间, 但每个层系样品点间的矿化度值跨度都很大, 如石炭系为 2.39~ 28.56g/L、二叠系为 6.57~ 34.34g/L, 说明各层系的原始地层

收稿日期: 2000-05-29; 修订日期: 2000-03-15.

基金项目: 国家“九五”重点科技攻关项目(96-110-05-03-03).

作者简介: 董万百(1966-), 男(汉族), 辽宁台安人, 工程师, 现为同济大学海洋系硕士研究生, 主要从事石油地质勘探方面的研究工作。

① 向书政, 张淑君. 准噶尔盆地腹部地层水化学研究. 科研报告, 1996.

表 1 准噶尔盆地腹部不同层系油水物化参数统计
Table 1 Statistics of oil-water physical and chemical parameters for different measures in the hinterland of the Junggar Basin

层系	水型		矿化度* / (g/L)	钠氯比值*	脱硫系数*	原油密度* / (g/cm ³)	原油粘度* / (mPa·s)	原油凝固点* / °C
	主要类型	百分比/%						
侏罗系	NaHCO ₃	75.6	41 $\frac{43.77}{11.42}$ 15.25	41 $\frac{3.145}{0.760}$ 1.308	40 $\frac{5.745}{0}$ 1.55	21 $\frac{0.8891}{0.7685}$ 0.8365	21 $\frac{45.9}{0.72}$ 10.01	21 $\frac{30}{-30}$ 11.5
三叠系	CaCl ₂ / NaHCO ₃	45.5/45.5	11 $\frac{32.09}{3.68}$ 14.29	11 $\frac{3.003}{0.683}$ 1.210	11 $\frac{4.881}{0}$ 1.324	6 $\frac{0.8759}{0.8254}$ 0.844	6 $\frac{11.51}{2.82}$ 7.305	6 $\frac{22}{7}$ 15.5
二叠系	CaCl ₂	78.6	15 $\frac{34.34}{6.57}$ 16.11	15 $\frac{9.34}{0.264}$ 1.292	15 $\frac{19.83}{0.058}$ 1.773	10 $\frac{0.8653}{0.8065}$ 0.8299	10 $\frac{16.18}{2.54}$ 6.316	10 $\frac{30}{3}$ 12.2
石炭系	CaCl ₂	66.7	15 $\frac{28.56}{2.39}$ 14.68	15 $\frac{3.003}{0.36}$ 0.807	15 $\frac{5.312}{0.016}$ 0.785	6 $\frac{0.8658}{0.7941}$ 0.8192	6 $\frac{21.27}{1.33}$ 8.476	4 $\frac{18}{-2}$ 8.5

* 数据格式为: 样品数 $\frac{\text{最大值}}{\text{最小值}}$ 平均值

水均程度不等地受到地表水或浅层水的交替作用。又从钠氯比、脱硫系数统计来看(表 1), 尽管在每一层系内该参数的变化范围仍很大, 但其平均值由石炭系向上覆地层却有变大的趋势, 说明上部地层受重力水流的影响更为显著, 地层水的氧化环境更强一些。原油的密度、粘度及凝固点总体上也由下向上变大, 这就更进一步说明由浅至深地层水动力逐渐增强。但各层系的数据分布也说明, 水动力相对较弱的深部地层也顾在水动力相对较强的区域, 同时水动力相对较强的浅部地层也存在水动力相对较弱的地区, 这有利于油气的保存。

分析认为, 这种不同层系间流体性质的纵向变化规律, 应与腹部普遍存在 C₂₋₃ 顶、P 顶、T 顶及 J 顶的不整合面及部分地区存在的断裂系统分布有关。沿这些通道以及物性较好的砂砾岩沉积区, 浅层重力水易作用于深部地层; 而相反, 在一些缺乏这些通道或岩石之间沟通能力较差的地区, 则浅层重力水的影响表现较弱, 以压实水流为主, 地层水表现为较强的封闭性和还原性, 对保存油气极为有利。

2 彩南地区

彩南地区位于准噶尔盆地的东南部。本区的流体采样点主要集中在侏罗系, 最深采样层位为石炭系, 最浅为白垩系。据 26 口井的资料统计, 本区水型主要为 NaHCO₃ 型, 其次为 CaCl₂ 型(在石炭系出

现 2 井次、二叠系出现 1 井次、侏罗系八道湾组出现 3 井次、侏罗系三工河组出现 1 井次)。另外, 还在彩 19 井 J_{2x} 层出现 MgCl₂ 水型, 在彩 13 井 J_{2x} 层出现了 Na₂SO₄ 水型。统计还表明, 所采石炭系地层水样品均为 CaCl₂ 型水, 二叠系 1 口井为 NaHCO₃ 型, 1 口井为 CaCl₂ 型, 侏罗系主要为 NaHCO₃ 型。这些水型变化特征与全区是一致的。对本地区的水化学剖面进行统计的结果(表 2)表明, 本区主要为反向型剖面, 其次为正向型剖面, 同时还出现了多向型水化学剖面及不明显的正向型剖面。反向型剖面(以彩 002 井为例, 表 3)即从浅至深地层水的矿化度下降, 钠氯比及脱硫系数上升。这种情况一般是由断裂将深部地层与地表水或浅层水沟通, 或深部地层局部出露地表使深部层位受淡水影响严重而产生的。这表明, 该区域受浅层淡水垂直下渗影响小, 而受浅层水或地表水的侧向冲刷严重。这些地区深部环境对油气保存不利, 而地层上部环境对油气保存有利。出现反向型剖面的井还有彩 001 井、彩 004 井、彩 13 井、彩参 1 井等处。正向型剖面由浅至深地层水矿化度逐渐升高, 钠氯比及脱硫系数降低, 表明地表水或浅层淡水主要为垂向渗透, 而侧向冲刷影响较弱, 地层纵向连通性差, 对油气的保存有利, 如彩 12 等井(表 3), 地层深部为油气的有利保存区域。另外, 本地区还出现了两口井呈不明显的正向型剖面, 如彩 9 井、彩 001 井(表 3)。这类剖面虽然由浅至深矿化度有增加趋势, 钠氯比值及

表 2 彩南地区水化学剖面统计

Table 2 Statistics of hydrochemical section in Cainan area

剖面类型	明显正向	明显反向	明显多向	不明显正向
同层组井数	2	1	0	0
不同层组井数	4	7	1	2
同层组占总剖面比例/ %	11.8	5.9	0	0
不同层组占剖面比例/ %	23.5	41.2	5.9	11.8
共计占剖面比例/ %	35.3	47.1	5.9	11.8

* 共统计 17 口井

表 3 彩 002 等井纵向水化学剖面

Table 3 Longitudinal hydrochemical profiles of some wells in Cainan area

井号	层位	顶深/ m	矿化度/(g/L)	水型	钠氯比值	脱硫系数
彩 002	J _{2x}	2 288	9.95	NaHCO ₃	1.185	0.168
	J _{1s}	2 395	8.11	NaHCO ₃	1.591	2.992
彩 12	J _{2-3xq}	1 850	3.31	NaHCO ₃	1.639	0.129
	J _{1s}	2 400	9.50	NaHCO ₃	1.058	0.203
	J _{1s}	2 404	13.57	NaHCO ₃	1.117	0.645
彩 9	J _{2x}	2 245	8.2	NaHCO ₃	2.552	4.325
	J _{1s}	2 387	7.9	NaHCO ₃	1.453	2.153
彩 001	J _{2x}	2 281	4.8	NaHCO ₃	1.736	3.136
	J _{1s}	2 402	5.1	NaHCO ₃	1.722	2.973
彩 16	J _{2x}	2 492	13.2	NaHCO ₃	1.278	24.20
	J _{1b}	3 019	8.1	NaHCO ₃	1.665	2.87
	P _{2ch}	3 260	40.9	CaCl ₂	0.82	9.66
彩 14	K	1 550	8.00	NaHCO ₃	1.844	2.225
	J _{2x}	2 302	16.22	NaHCO ₃	1.151	0.208
	J _{2x}	2 312	9.39	NaHCO ₃	1.245	0.039

脱硫系数向深部也呈降低趋势, 但这类剖面中矿化度均很低, 且钠氯比值及脱硫系数也较其它正向剖面的井高, 说明这一区域由浅至深氧化环境均较强, 只是深部稍减弱而已, 均不利于油气保存。另外, 在彩 16 井及彩 14 井处出现多相型水化学剖面(表 3)。显然前者深部(P_{2ch})及浅部(J_{2x}), 特别是深部为油气有利的保存区域, 而中部(如 J_{1b})则不利于油气保存; 后者则在中部为有利的油气保存区域。

水化学剖面类型与样品采集层位多少有一定关系, 特别是本区域采样点主要集中在侏罗系, 故应注意具体问题具体分析。总体来讲, 彩南地区石炭系及二叠系地层水样品点矿化度高, 且多为 CaCl₂ 型水, 而侏罗系绝大多数为低矿化度的 NaHCO₃ 型水, 白垩系为矿化度更低的 NaHCO₃ 型水。但本区的水化学剖面种类多, 这是水动力活跃的表现, 不利于油气的保存。

3 石西地区

石西地区位于准噶尔盆地中南部。该区流体取样的层位多, 水化学剖面较长。取样点从石炭系至白垩系, 主要集中在石炭系、侏罗系, 二叠系也有取样。

从水型统计看(表 4), 石炭系出现两种水型, 即 CaCl₂ 型及 NaHCO₃ 型, CaCl₂ 型占 87%; 二叠系只出现 CaCl₂ 一种水型; 三叠系出现 4 种水型, 即 CaCl₂、NaHCO₃、MgCl₂ 和 Na₂SO₄, 其中 NaHCO₃ 水型占 40%, 其它水型占 20%; 侏罗系八道湾组及三工河组均出现 CaCl₂、NaHCO₃ 两种水型, 且主要水型均为 NaHCO₃; 侏罗系西山窑组及白垩系只出现 NaHCO₃ 一种水型。层系由深至浅变化表现出正常

表 4 石西地区地层水水型、矿化度 $M(g/L)$ 分布情况
Table 4 Distribution of formation water types and salinity in Shixi area

层位	石炭系	二叠系	三叠系	侏罗系			白垩系
				J _{1b}	J _{1s}	J _{2x}	
CaCl ₂ 水型	21(87)*	3(100)	1(20)	1(6)	3(13)		
NaHCO ₃ 水型	3(13)		2(40)	16(94)	20(87)	7(100)	2(100)
Na ₂ SO ₄ 水型			1(20)				
MgCl ₂ 水型			1(20)				
统计总井次	24	3	5	17	23	7	2
$M < 10$	1(3)*		3(60)	4(27)	7(23)	1(11)	2(100)
$10 < M < 20$	20(70)		2(40)	7(46)	20(67)	7(89)	
$20 < M < 30$	7(24)	1(100)		4(27)	1(3)		
$M > 30$	1(3)				2(7)		
统计总井数	29	1	5	15	30	8	2

* 井次(比例/%)

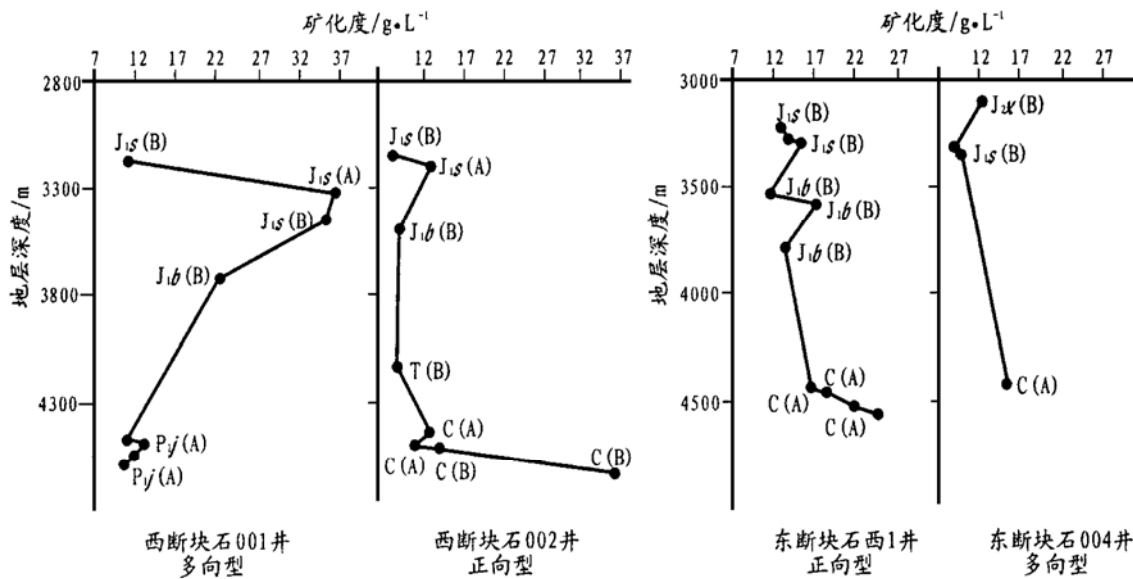


图 1 石西油田典型井水化学剖面图
A. CaCl₂ 型; B. NaHCO₃ 型

Fig. 1 Hydrochemical profiles of typical wells in Shixi oilfield

的埋藏变质的正向型水化学剖面的水型特征。三叠系是主要水型由 CaCl₂ 型向 NaHCO₃ 型转折的层系, 并且在该层系中出现了多种水型, 这反映出三叠纪是个水动力条件非常活跃的时期, 这可能与海西期不整合面有关, 这样的水动力环境对油气的保存极为不利。

从矿化度的统计看(表 4), 矿化度主要集中在小于 10g/L 范围的是三叠系及白垩系, 这大概与海西晚期及燕山晚期的不整合面有关, 水动力强, 对油

气的保存不利; 其他层位矿化度集中分布在大于 10g/L 的范围, 表明该时期处于相对较弱的水动力环境, 有利于油气的保存。

从单井的纵向水化学剖面来看, 该区的水化学剖面类型在东西两断块均有正向、多向型, 如图 1。从水化学剖面上可看到西断块矿化度偏低, 水化学剖面变化较强烈; 东断块矿化度偏高, 水化学剖面变化平缓。很显然, 西断块的水动力较东断块强, 故西断块较东断块不利于油气的保存。从目前的钻探情

况来看,西断块含油性差,东断块含油性好,这与两断块的水动力情况密切相关。此例说明,从水化学剖面入手分析水化学剖面特征、推断水动力情况进而估计含油状况是可行的。

4 结论

综上所述,可以得出以下几点认识:(1)全区整体上表现了正向型水化学剖面的特征,反映出地层水正常的埋藏变质史及地层纵向上的连通性较差,水动力较弱。但个别地区存在反向型剖面及多向型剖面,为深层水发生构造破坏向上渗透、同时浅层低矿化水向深部渗透所致,反映了较强的水动力环境。(2)各层系的数据分布也说明,水动力相对较弱的深

部地层也存在水动力相对较强的区域,同时水动力相对较强的浅部地层也存在水动力相对较弱的地区,这有利于油气的保存。(3)无论是正向型水化学剖面还是反向型及多向型水化学剖面,只要地层水矿化度高且剖面变化较缓,则油气保存较好;如剖面变化剧烈,则油气保存不好。石西油田东西断块则是很好的例证。

参考文献:

- [1] 徐国胜,宋焕荣,周文. 鄂尔多斯盆地中部气田水化学条件与天然气聚集[J]. 石油实验地质, 2000, 22(4): 330- 335.
- [2] 邸世祥. 油田水文地质学[M]. 西安: 西北大学出版社, 1991.
- [3] 潘钟祥. 石油地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1986.
- [4] 加德日·卡苏莫夫 A C 著,王如义译. 油藏原油性质的变化[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1986.

LONGITUDINAL CHANGING REGULARITY OF HYDROCHEMISTRY FOR THE SOUTHERN EDGE AND HINTERLAND OF THE JUNGGAR BASIN

DONG Wan bai¹, LIN Yan ping², GAO Hong²

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development. Daqing Oilfield. Daqing. Heilongjiang 163712. China:

2. Research Institute of Geophysical Exploration Company, Shengli Oilfield, Dongying, Shandong 257000, China)

Abstract: The change of longitudinal hydrodynamic conditions can have great effects on the migration and accumulation of formation liquid. The relatively stagnant environment with weaker hydrodynamic force is advantageous to the preservation of gas and oil. On the contrary, the relatively open environment with stronger hydrodynamic force is disadvantageous to the preservation of gas and oil. In this paper, the hydrochemical section types of Cainan area and Shixi area as well as the hinterland and southern edge of the Junggar Basin are analysed using formation water's salinity, water-type, ratio of Na^+ and Cl^- , and coefficient of desulfurization. The result reveals that the characteristics of positive-type hydrochemical sections are shown in whole area, but reverse-type and multi-type sections do exist in some regions; there exists regions with stronger hydrodynamic force in deep strata with weaker hydrodynamic force and exists regions with weaker hydrodynamic force in shallow strata with stronger hydrodynamic force, and this is advantageous to the preservation of gas and oil; either positive-type or reverse-type or multi-type hydrochemical sections, the preservation of gas and oil will be better provided the salinity of formation water is high and the change of sections is slower, otherwise the preservation of gas and oil will be bad if the change of sections is strong.

Key words: hydrochemical sections; positive-type; reverse-type; multi-type; preservation of gas and oil; the Junggar Basin