

松辽盆地北部地层水中“指纹”化合物的分布特征及其与油气的关系

黄福堂 张维芹 张国林 张宏志

(大庆石油勘探开发研究院, 163712)

本文主要对松辽盆地北部地层水中“指纹”化合物的含量和分布特征进行研究,进而提出这些化合物在该地区产油层和非产油层水中含量指标。

关键词 地层水 “指纹”化合物 松辽盆地北部

第一作者简介 黄福堂 男 44岁 高级工程师 有机地球化学

松辽盆地北部地层水中脂肪酸、酚、苯和甲苯等化合物含量差别很大,同时在产油层和非产油层水中具有各自的分布特征。大量的研究表明,地层水中可溶烃类的分布异常,是识别油气藏分布特点的依据和指纹标志。因此深入研究地层水中可溶烃类化合物的分布特征与油气藏关系,对水化学勘探找油和油气运移与聚集规律研究,具有着十分重要的意义。

1. 脂肪酸含量分布特征与油气藏的关系

地层水中的脂肪酸主要是 C_4 以下的低级脂肪酸, C_4 以上的脂肪酸在水中的溶解度随着碳原子数的增加而下降。脂肪酸的分析,主要采用柱色层分离非水中和滴定的方法。

研究表明,盆地北部地层水中脂肪酸的含量大多数在 $10\sim 1800\text{mg/L}$ 之间变化,最高含量达 2060mg/L 。

1.1 与油气藏的关系

从图1可以看出,盆地北部因地区不同地层水中脂肪酸含量变化的差异性十分明显。另外,图2表明,松辽盆地北部地层水中脂肪酸含量变化与油气藏的关系十分密切。图中脂肪酸含量等值线以古龙和龙虎泡油田、三肇和朝阳沟油田为中心向四周依次递减为特征,并呈环状分布。如龙虎泡古龙地区中心部位地层水中脂肪酸为 $1330.4\sim 1469.5\text{mg/L}$,周边地区地层水中脂肪酸逐渐递减至 $53.1\sim 23.3\text{mg/L}$ 。盆地北部三肇和朝阳沟油田中心部位地层水中脂肪酸含量大多数在 $275\sim 1223.3\text{mg/L}$ 之间,其周边一般在 $55\sim 85\text{mg/L}$ 之间,与中心部位相差数倍。如明水、绥化和绥棱地区地层水中脂肪酸的含量大多数小于 85.2mg/L 。

1.2 与产层的关系

通过对松辽盆地北部182口井地层水中脂肪酸的含量分析发现,产油层与非产油层水

中脂肪酸含量变化十分明显。

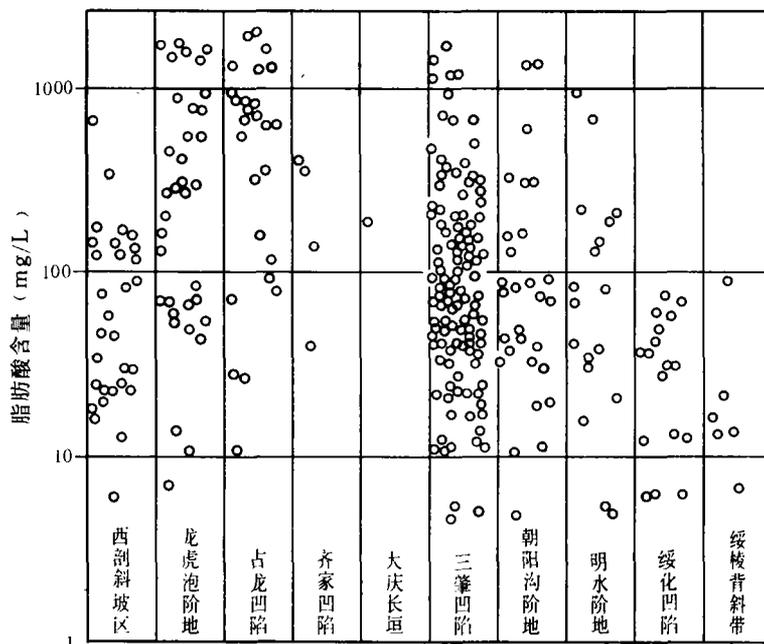


图1 松辽盆地北部地层中脂肪酸含量比较图

地层水中脂肪含量大于75mg/L的有83口井。其中试油验证为油气层的有51口井,占73%;试油验证为油水同层的有13口井,占14%;试油验证为水层的有9口井,占10.8%;试油验证为气水同层的有2口井,占2.4%;试油验证为干层的有8口井,占9.6%。

地层水中脂肪酸含量小于75mg/L的有99口井。其中试油验证为水层的有70口井,占70.7%;试油验证为油层的有16口井,占16.2%;试油验证为气水同层的有2口井,占2%;试油验证为气层的有4口井,占4%;试油验证为油水同层的有2口井,占2%;试油验证为干层的有5口井,占5%。

由此可见,和油藏接触的地层水中脂肪酸含量高,在油气藏边界以外较远的井地层水中脂肪酸含量低。松辽盆地北部周边地区地层水中脂肪酸含量大多数小于10mg/L,油水接触带地层水中脂肪酸含量为20~75mg/L。

2 酚的含量分布特征与油气藏的关系

地层水中酚的含量变化与分布特征,是确定和判别深部地层中是否有油气藏存在及油气异常区方向判断的一个直接标志。来自油气藏的成晕分散组份酚,随接近油气藏,其含量有规律地增大,含油气区的地层水中酚的含量要比非产油区高数倍(黄福堂,1986,1988)。

松辽盆地北部地层水中酚含量大多数是在0.02~6.5mg/L之间变化(图3),各地区地层水中酚的含量变化各有明显的特点。从平面分布特征看,齐家、古龙、龙虎泡和三肇与朝阳沟油田地层水中酚的含量明显高于其它地区。大体上以龙虎泡、齐家古龙和三肇含油气区为

中心, 向四周依次递减呈环状分布, 并有从盆地西部向东南方向增加的趋势(图 4)。

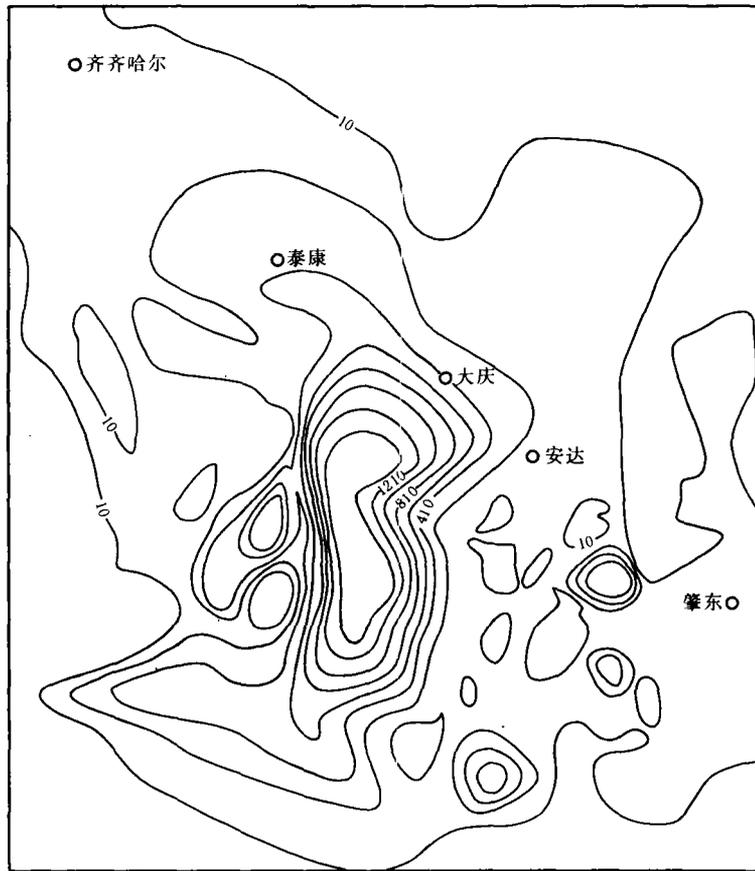


图 2 松辽盆地北部地层水中脂肪酸含量等值线图

大庆长垣以西地区中心部位地层水中酚的含量为 3.0~6.5mg/L, 主要代表井有龙 12 井(6.5mg/L)、古 44 井(3.0mg/L)。三肇中部地区在 0.85~3.47mg/L 之间。朝长地区在 1.0~2.6mg/L 之间, 最高含量达 5.7mg/L。远离含油区的地层水中酚的含量依次向外递减, 盆地北部周边地区大多数小于 0.5mg/L。如西部斜坡区地层水中酚的含量一般均小于 0.5mg/L, 泰康和三肇北部、东北部地区地层水中酚含量大多数小于 0.7mg/L。

为了研究地层水中酚含量变化与油气的关系, 我们对 115 中井地层水中酚含量和总矿化度进行分析对比。对比结果表明, 地层水中酚含量小于 0.5mg/L 的有 54 口井, 其中试油验证为油层的有 6 口井, 占 11.1%; 试油验证为水层的有 41 口井, 占 75.9%; 试油验证为油水同层的有 7 口井, 占 12.9%。地层水中酚含量大于 0.5mg/L 的有 61 口井, 其中试油验证为油层的有 46 口井, 占 75.4%; 试油验证为水层的有 11 口井, 占 18.0%; 试油验证为油水同层的有 4 口井, 占 6.6%。

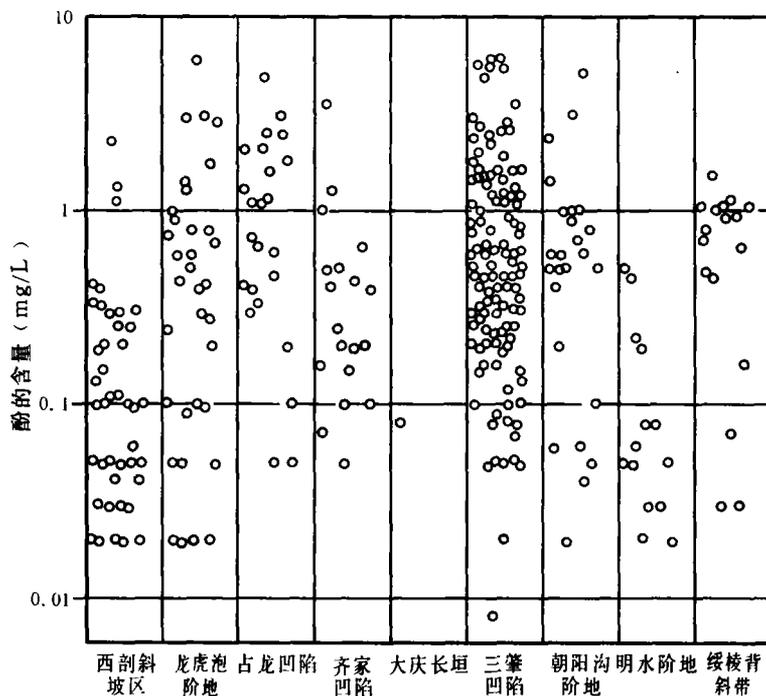


图3 松辽盆地北部地层水中酚的含量比较图



图4 松辽盆地北部地层水中酚含量等值线图

3 地层水中苯系物与油气藏的关系

油田水与非油田水中苯系物组份含量变化特征的差异和规律性,反映了地层水与油气之间的密切关系。在石油的形成、运移、聚集过程中,单环芳烃不断地被地层水溶解,并通过地层水扩散运移,或存于某一含水层中。

在地层水与油气藏相互影响地带和油气藏边界水中,苯含量较高,这说明苯是从油气藏进入地层水中的。地层水苯含量比背景值高,说明地下有富含苯系物的水补充来源,这种富含苯系物的水是追踪油气藏的一个重要标志。

松辽盆地北部原油中都含有一定量的苯和甲苯的化合物,其中苯的含量在 0.02~0.134%之间,甲苯的含量在 0.01~0.85%之间。甲苯/苯的比值除个别地区小于 1.0 外,大多数原油中甲苯/苯的比值在 1.0~9.0 之间,最大值达 28.33(表 1)。

表 1 松辽盆地北部原油中甲苯和苯含量分析数据表

井号	层位	甲苯(%)	苯(%)	甲苯/苯
古 602	F,Y	0.05	0.05	1.00
古 31	H	0.85	0.03	28.33
龙 20	青山口	0.36	0.04	9.00
升 81	Y	0.41	/	/
树 131	F	0.09	0.04	2.25
英 12	S	0.23	0.14	1.64
古 202	Y	0.26	/	/
芳深 2	D ₃	0.06	0.02	3.00
英 1	S	0.14	/	/
杜 V-3	S	0.07	0.22	0.32
升 601	F,Y	/	0.03	/
树 14	Y	0.31	/	/
哈 1	S ₂₊₃	0.27	/	/
树 131	Y	0.27	0.06	4.50
龙-173	S ₂₊₃	0.604	0.123	4.91
龙 55-27	S ₂₊₃	0.431	0.055	7.84
杏 1-J ₃ -327	S ₃	0.502	0.134	3.75
杏 1-2-J ₃₀	S ₂	0.509	0.142	3.58
杏 1-3-132	S ₂₊₃ ~P ₁₋₄	0.487	0.132	3.69
高 24-39	P ₁	0.491	0.112	4.38
高 56-31	P ₁	0.516	0.101	5.11
高 46-43	P ₁	0.479	0.072	6.65
葡 182-80	P	0.557	0.107	5.21

松辽盆地北部地层水中苯的含量在 0.006~1.076mg/L 之间,甲苯含量在 0.007~0.74mg/L 之间,甲苯/苯的比值大多数在 0.298~5.30 之间。从分布特征看,各地区含量差异很大(表 2),接近含油区地层水苯系物含量比较高,甲苯/苯的比值大多数大于 0.50,含油中心部位甲苯/苯的比值一般在 1.0~5.30 之间,与原油中的甲苯/苯比值比较接近。

表 2 松辽盆地北部地层水中苯系物分析数据表

构造	层位	甲苯(mg/L)	苯(mg/L)	甲苯/苯
三肇凹陷	P	0.047	0.052	0.90
	F	(0.017~0.74)/0.064	(0.032~0.763)/0.121	0.53
	Y	(0.007~0.119)/0.054	(0.014~0.337)/0.101	0.54
	F,Y	(0.012~0.582)/0.113	(0.014~0.272)/0.129	0.87
	D	0.028	0.018	1.56
	J	0.021	0.019	1.11
朝阳沟阶地	Y	(0.028~0.078)/0.090	(0.006~0.26)/0.073	1.061
	F	(0.030~0.092)/0.051	(0.018~1.076)/0.24	0.21
滨县王府凹陷	Y	(0.027~0.087)/0.056	(0.041~0.093)/0.058	0.97
	F,Y	(0.007~0.007)/0.007	(0.007~0.18)/0.013	0.54
绥化凹陷	S	(0.022~0.076)/0.049	(0.062~0.942)/0.502	0.098
	Y	0.197	0.933	0.21
	F	(0.049~0.108)/0.079	(0.072~0.104)/0.088	0.89
	G	(0.012~0.116)/0.064	(0.028~0.081)/0.055	1.17
齐家古龙凹陷	G	0.085	0.073	1.016
绥棱背斜带	G	0.033	0.115	0.29
龙虎泡阶地	S	0.249	0.047	5.30

盆地北部不同地区 72 口井产油层和非产油层苯系物与矿化度含量分析结果表明,产油层和非产油层水中苯系物的含量界限十分明显(图 5)。苯含量大于 0.10mg/L 的有 33 口井,试油验证为水层的有 2 口井,占 6%;试油验证为油层的有 30 口井,占 90.9%;试油验证为油水同层的有 1 口井,占 3%。苯含量小于 0.10mg/L 的有 39 口井,试油验证为水层的有 26 口井,占 66.7%;试油验证为油层 9 口井,占 23.1%;试油验证为油水同层的有 4 口井,占 10.3%。

81 口井地层水中甲苯含量分析对比结果,产油层和非产油层地层水中甲苯含量的变化特征与苯的含量具有相似特点。图 6 中地层水中甲苯含量大于 0.04mg/L 的有 50 口井,试油验证为油层的有 37 口井,占 74%;试油验证为水层的有 8 口井,占 16%;试油验证为油水同层的有 5 口井,占 10%。地层水中甲苯含量小于 0.04mg/L 的有 31 口井,试油验证为油层的有 7 口井,占 22.4%;试油验证为水层的有 21 口井,占 67.7%;试油验证为油水同层的有

3口井, 占9.7%。

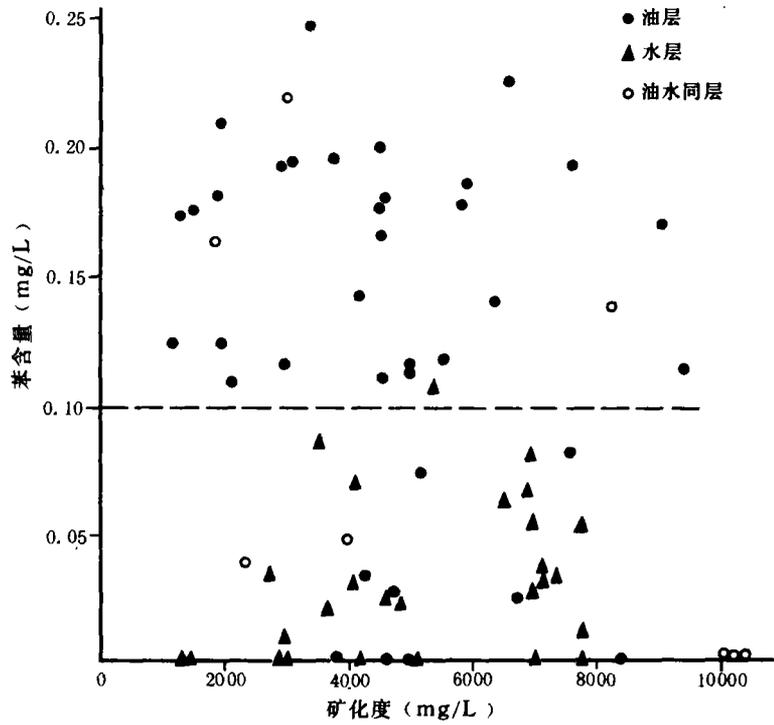


图5 松辽盆地北部地层水中苯含量与矿化度关系图

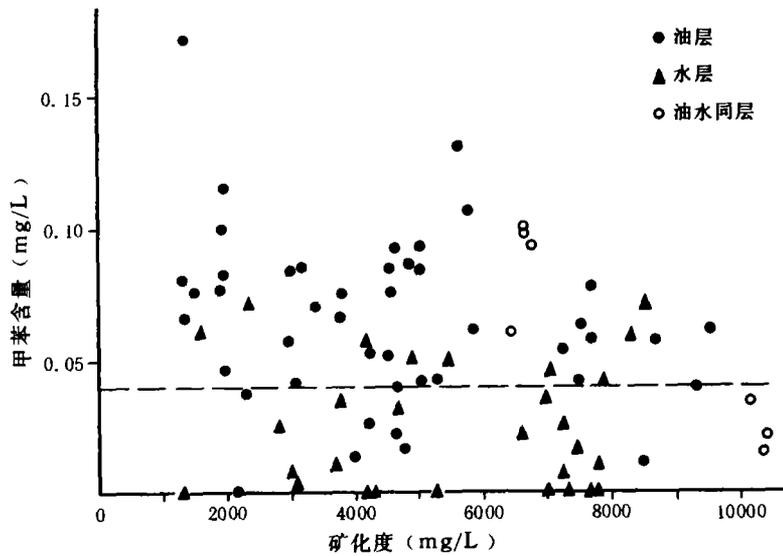


图6 松辽盆地北部地层水中甲苯含量与总矿化度关系图

4 地层水中芳烃值数与油气藏的关系

芳烃值数是波长 225nm 消光值与波长 256nm 的消光值之比。一般用其比值大小来判断地层水中轻重芳烃含量,比值越大,轻质烃类含量越高。原油中的烃类化合物很多,但在水中的溶解度却明显不同,一般是芳香烃大于环烷烃,直链烃在水中的溶解度最小。

研究表明,松辽盆地北部各地区地层水中芳烃值数平均大多数在 0.5~3.84 之间(表 3)。与酚、脂肪酸有相似的特性。盆地北部主要含油区地层水中芳烃值数一般均大于 1.0,中心部位齐家古龙地区地层水中芳烃值数为 3.4~4.4。大庆长垣以东三肇地区地层水中芳烃值数为 1.3~3.9,而周边地区地层水中芳烃值数大多为 0.4。

表 3 松辽盆地北部地层水中芳烃值数分析数据表

构造	层位	芳烃值数	构造	层位	芳烃值数
古龙凹陷	H	2.020	西部斜坡区	S	1.750
	S	2.125		P	3.840
	P	1.753		G	1.630
	G	0.740		F	1.200
	F,Y	0.545		Y	1.135
龙虎泡阶地	H	1.850	朝阳沟阶地	F	0.600
	S	1.518		Y	0.741
	P	1.883		D	0.490
	G	1.088		J	0.520
	F	0.484	三肇凹陷	P	1.160
Y	0.820	F		0.538	
明水阶地	F	0.864	大庆长垣	Y	0.874
	Y	1.196		Y	3.310
缓坡背斜带	F	1.110	滨县王府凹陷	J	0.450
	Y	0.963			
	J	0.750			
	J,D	0.830			

5 结 论

通过松辽盆地北部地层水中“指纹标志”化合物的分析对比和研究,地层水中“指纹标志”化合物在油田水和非油田水中,不仅含量差别很大,同时在油田水中具有各自的分布特征。

(1)脂肪酸:非产油层水中含量大多数小于 75mg/L,产油层水中含量为 75~1500mg/L,个别产油层水中含量达 2000mg/L 以上。

(2)酚:产油层水中酚的含量一般大于 0.5mg/L,含油区中心部位酚的含量大于 1.0mg/L,见到油气显示的地层水中酚含量一般在 0.25~0.5mg/L 之间,未见到油气显示的地层水中酚的含量大多数小于 0.25mg/L。

(3)苯系物:产油层水中苯含量为 0.1~0.924mg/L,甲苯含量为 0.04~0.582mg/L。非产油层水中苯含量为 0.007~0.10mg/L,甲苯含量为 0.007~0.04mg/L。原油中甲苯/苯的

比值一般大于1.0。盆地北部产油层水中甲苯/苯的比值一般在0.5~1.56之间,非产油层水中甲苯/苯的比值小于0.5。

(4)芳烃值数:含油区中部地层水中芳烃值数大于1.0,与油气藏接触的地层水中芳烃值数在0.4~1.0之间,非产油层水中芳烃值数一般小于0.4。

(5)从盆地北部地层水中“指纹标志”化合物垂向分布特征看,盆地北部个别地区深层水中酚和脂肪酸含量很高,与中部含油组合有相似的特征,表明深层有很好的烃源。

(6)盆地北部深层水中芳烃值数比较小,大多数在0.3~0.83之间,反映了深层水中轻质组份低、重质组份高的特点,同时也说明深层原油进行了垂向运移。

松辽盆地北部地层水中“指纹标志”化合物分布特征表明,这些“指纹标志”化合物与油气的形成和运移有着密切的关系。因此,这些化合物在一定程度上可追踪油气藏和寻找有利生油带。

(收稿日期,1992年10月10日)

参 考 文 献

- 1 黄福堂.松辽盆地北部地层水中可溶烃类的分布特征及其与油气关系.石油学报,1988,9(2):37
- 2 黄福堂.地层水中的脂肪酸、环烷酸、酚的分布特征及其与油气的关系.石油实验地质,1986,8(2):160

DISTRIBUTIVE CHARACTERISTICS OF “FINGERPRINT” COMPOUNDS IN THE FORMATION WATER OF NORTHERN SONGLIAO BASIN, AND THEIR RELATIONSHIP TO OIL/GAS

Huang Futang Zhang Weiqin Zhang Guolin Zhang Hongzhi
(Daqing Research Institute of Petroleum Exploration and Development)

Abstract

The paper mainly discusses about the content and distributive characteristics of “fingerprint” compounds in the formation water of northern Daqing Basin, proposing the indices on their content in productive and non-productive formation waters.