

松辽盆地

油气水地球化学

OIL GAS & WATER GEOCHEMISTRY IN SONG LIAO BASIN

黄福堂 著

PETROLEUM INDUSTRY PRESS



登录号	126171
分类号	P59
种次号	025

松辽盆地油气水地球化学

黄福堂 著

5140/52



石油0121400

石油工业出版社

内 容 提 要

本书根据松辽盆地 30 多年来油气勘探开发过程中大量地储层流体性质分析资料和研究成果,应用油气水地球化学分析新的技术手段,对松辽盆地油气水物理化学性质、化学组成、分布规律、成因类型和油气源等进行了系统的研究,提出了油气水地球化学研究新的评价方法;并根据大量的实验建立了石油资源量计算的新方法和计算模型,同时探讨了水中烃类化合物分布与油气藏的关系。

本书可供从事有机地球化学、石油化学、天然气地质专业技术和研究人员及石油院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

松辽盆地油气水地球化学/黄福堂著.
北京:石油工业出版社,1999.4
ISBN 7-5021-2480-2

I. 松…
II. 黄…
III. 松辽盆地-地球化学
IV. P596.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 38438 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 15½ 印张 380 千字印 1-1000
1999 年 4 月北京第 1 版 1999 年 4 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-2480-2/TE·2039
定价: 35.00 元

前 言

大庆油田是世界上最大的陆相油田之一，它的勘探与开发对于推动世界石油地质理论的进步起到重要的作用。

30多年来，随着油气勘探开发研究工作的不断深入，油气水地球化学研究在松辽盆地获得了迅速的发展。在油气水物理化学性质、组成、成因和分类以及油气源对比、油气运移和聚集规律等研究方面，形成了一套陆相油田储层油气水地球化学的研究方法，促进了我国陆相油田油气水地球化学研究工作的不断深入。

松辽盆地蕴藏着丰富的油气资源。油气在平面和垂向上分布广泛，油气水地球化学研究，尤其是地层水的地球化学研究工作方兴未艾。可以预测，通过深入研究松辽盆地油气水地球化学特征，对于进一步了解松辽盆地北部油气水物理化学性质、成因类型、运移和聚集规律，扩大油气勘探领域都具有十分重要的意义。

关于松辽盆地北部油气水地球化学的研究从大庆油田发现后，先后有很多研究工作者对此做了大量研究工作。在总结前人经验的基础上，根据松辽盆地丰富的油气水地球化学分析资料，应用一些新指标系统地对不同地区与不同油层的油气性质进行了评价和成因分类以及油气源的对比研究。同时根据松辽盆地北部地层水的物理化学性质、盐的组成、微量元素、酚、脂肪酸、苯系物和芳烃值数等大量的分析资料，对松辽盆地北部地层水的化学组成、物理化学性质、成因类型进行了研究，其中利用地层水中有机物含量的分布特征，研究了不同地区水中烃类含量与油气藏的关系。这一成果对预测油气勘探有利地区有重要的指导意义。

本书的结构和章节安排，主要根据原油的地球化学、天然气地球化学和水的地球化学等三部分内容进行编写的，其内容主要涉及油气水物理化学性质、化学组成、成因类型、油气运移、油气源对比、地层水与油气藏的关系。

本书的出版，中国石油天然气集团公司原科技局石宝珩局长、关德范总工程师给予了大力的支持和指导，在此表示衷心地感谢！

本书由黄福堂统编定稿，冯子辉、谭伟审校，张维芹、杨明杰参加了本书的资料整理工作，在此表示感谢！

作 者

1997年12月20日

目 录

第一章 原油地球化学	(1)
第一节 原油的物理性质	(2)
一、颜色	(2)
二、密度	(3)
三、粘度	(4)
四、含蜡量	(6)
五、蜡熔点	(6)
六、胶质含量	(6)
七、凝固点	(8)
八、分子量	(10)
九、残炭	(10)
十、灰分	(11)
十一、闪点	(11)
十二、含盐量	(12)
第二节 原油化学组成与特征	(12)
一、原油的化学元素组成	(13)
二、原油中微量金属元素组成	(15)
三、原油的馏分组成与特征	(19)
四、原油族组成特征	(21)
五、原油轻烃组成	(27)
六、原油中的酸值、环烷酸和脂肪酸	(30)
七、原油特征化合物组成	(30)
第三节 原油类型的划分	(31)
一、重质油	(31)
二、中质油	(33)
三、轻质油	(33)
四、挥发油	(33)
第四节 原油正构烷烃和异戊间二烯烷烃的分布特征	(34)
第五节 原油碳同位素组成特征	(35)
第六节 原油的成熟度与分类	(37)
一、原油的成熟度	(37)
二、原油轻烃成熟度的分类	(39)
第七节 不同油层原油的物理化学性质与特征	(39)
一、黑帝庙油层	(39)
二、萨尔图油层	(43)

三、葡萄花油层	(50)
四、高台子油层	(57)
五、扶余油层	(61)
六、杨大城子油层	(69)
七、深层原油	(73)
第二章 天然气地球化学	(77)
第一节 天然气化学组成与性质	(77)
一、天然气中的烃类	(77)
二、天然气中的非烃类	(79)
第二节 天然气的物理性质	(80)
一、分子量	(80)
二、密度	(82)
第三节 天然气的分布特征	(83)
一、天然气横向分区	(83)
二、天然气垂向分带	(83)
第四节 天然气中主要烃类与非烃类分布特征	(84)
一、主要烃类分布特征	(84)
二、非烃含量分布特征	(87)
三、天然气密度、干燥系数分布特征	(90)
第五节 天然气的化学组成与分类	(91)
一、干气化学组成与组分特征	(91)
二、半湿气化学组成与组分特征	(92)
三、湿气化学组成与组分特征	(93)
四、高湿气化学组成与组分特征	(93)
第六节 不同油层天然气的化学组成与特征	(94)
一、黑帝庙油层	(94)
二、萨尔图油层	(95)
三、葡萄花油层	(98)
四、高台子油层	(100)
五、扶余油层	(102)
六、杨大城子油层	(104)
七、深层天然气	(105)
第七节 天然气组分碳同位素特征	(114)
一、甲烷碳同位素特征	(114)
二、天然气组分碳同位素特征	(117)
三、结果与讨论	(119)
第八节 天然气成因类型与地球化学特征	(119)
一、天然气成因类型的划分	(119)
二、不同成因类型天然气地球化学特征	(124)
第九节 天然气气源对比	(129)

一、 $\delta^{13}\text{C}_1-R_0$ 方程的建立和天然气成因类型	(129)
二、天然气气源对比	(130)
三、深源非烃气	(130)
四、气源岩埋藏深度的确定	(131)
第三章 地层水的地球化学	(133)
第一节 地层水的物理性质	(133)
第二节 地层水的化学性质	(135)
第三节 地层水的类型	(138)
第四节 地层水的分类与分异程度	(149)
一、地层水分类	(149)
二、地层水分异程度	(151)
第五节 地层水中主要离子含量平面分布特征	(153)
一、地层水总矿化度	(153)
二、地层水中的氯离子	(155)
三、地层水中的钙离子	(156)
四、地层水中的镁离子	(156)
五、地层水中重碳酸根离子	(158)
六、地层水中钾、钠和碳酸根离子	(158)
七、地层水中硫酸根离子	(158)
第六节 地层水中 Br、B、I 元素含量平面分布特征	(160)
一、地层水中 Br 元素分布特征	(160)
二、地层水中 B 元素分布特征	(161)
三、地层水中 I 元素分布特征	(161)
第七节 地层水中主要离子和微量元素含量垂向分布特征	(161)
一、主要离子含量垂向分布特征	(161)
二、溴、碘、硼元素含量垂向分布特征	(163)
三、微量元素含量垂向分布特征	(165)
第八节 地层水中脂肪酸、酚、芳烃值数和苯系物的分布特征	(166)
一、脂肪酸含量分布特征	(166)
二、酚含量分布特征	(167)
三、苯和甲苯含量分布特征	(168)
四、芳烃值数分布特征	(169)
第九节 地层水地球化学特征	(171)
一、黑帝庙地层水	(171)
二、萨尔图地层水	(173)
三、葡萄花地层水	(175)
四、高台子地层水	(176)
五、扶余地层水	(178)
六、杨大城子地层水	(199)
七、深部地层水	(229)

第十节 地层水中烃类化合物的分布特征及其与油气的关系.....	(231)
一、脂肪酸含量分布特征与油气关系.....	(231)
二、酚的含量分布特征与油气关系.....	(232)
三、苯系物分布特征与油气关系.....	(233)
四、芳烃值数与油气关系.....	(234)
五、结果与讨论.....	(235)
参考文献.....	(237)

第一章 原油地球化学

大庆油田是世界上最大的陆相油田，它具有十分有利的油气形成条件，油气资源极为丰富。

从纵向剖面上看，整个白垩纪地层直到变质的基岩中都见到了油气显示。钻探试油结果证实有 8 个油气层，即黑帝庙、萨尔图、葡萄花、高台子、扶余、杨大城子和侏罗系、登娄库油层组等。其中以葡萄花、萨尔图、扶余、杨大城子油层天然气显示最多，其次是高台子油层和黑帝庙油层。通过多年的勘探已证实盆地北部深层拥有丰富的天然气资源，在不同层位获得工业气流。从平面上看，在松辽盆地北部、东南、西北均发现了天然气显示，其中，西部斜坡区的中部，中央拗陷区的中部，东南隆起区的北部是具有工业油气流的主要分布区。在西部斜坡区的新发、他拉红、阿拉新地区，中央拗陷区齐家—古龙凹陷的拉西、齐家、金腾、哈尔温、龙虎泡、高西、葡西等地区，大庆长垣、三肇凹陷的升平、宋站、宋芳屯，榆树林和朝阳沟地区，东南隆起区的长春岭地区是主要的产气区。

到目前为止，松辽盆地北部已发现 36 个油气田，主要分布在大庆长垣和三肇凹陷等地区。

大庆长垣位于松辽盆地中央拗陷区，为一完整的二级构造带，有统一的构造圈闭线，从北向南由喇嘛甸、萨尔图、杏树岗、高台子、太平屯、葡萄花和敖包塔等 7 个背斜构造组成，主要含油层系为下白垩统萨尔图、葡萄花和高台子油层，埋深约 1000.0~1200.0m。

三肇凹陷是松辽盆地中央拗陷区内的一个大型二级凹陷，其西、东北和东南分别被大庆长垣、东北隆起和朝阳沟阶地所夹持，面积 5700km²。该凹陷内已发现了黑帝庙、葡萄花、扶余、杨大城子和昌德共 5 套油气层，其中葡萄花和扶余—杨大城子油层为凹陷中较大面积的岩性圈闭油气藏。

葡萄花油层，以卫星、升平至尚家一线以南，昌五、榆树林 2 井一线以西至大庆长垣，南到朝阳沟阶地的 3500km² 范围内普遍见到油气显示，除三个向斜中心部位均见到不同程度的油层，已发现了宋芳屯、模范屯、升平、徐家围子、昌五、榆树林等油田和其它一些油藏，油藏类型均是以岩性为背景的油藏。

扶、杨油层含油性比葡萄花油层好，其含油气北界在汪家屯—宋站一带，南界已越出凹陷—朝阳沟长春岭地带，东界在榆树林 25 井区，西到长垣上，在三肇凹陷内的见油面积达 4000km²，发现榆树林、升平、宋芳屯、模范屯、肇州油田和汪家屯、羊草气田，在其周围断续相接的还有朝阳沟、尚家油田、葡萄花、头台、茂兴油藏和宋站气田等，油藏类型及分布特点与葡萄花油层相似，不同的是断层、断块的作用更加明显一些。

登娄库油层：原油性质好，具有轻组分含量高，分子量、粘度低和密度小的特点。主要分布在三肇凹陷芳深 2 井井区，产层为登娄库，埋深为 2768.8~3038.4m。

经油气源对比研究表明，松辽盆地北部黑帝庙油层的原油主要来自嫩一段生油岩，也有部分来自青山口组生油岩，其油气显示受嫩一段成熟生油岩分布区的控制，大体位于齐家—古龙凹陷南部，长岭凹陷及其周围地区，三肇凹陷南部也有局部分布。萨尔图油层的原油是混合原油，主要来自嫩一段和青山口组生油层，葡萄花和高台子油层原油来自青山口组生油岩，局部地区也来自姚二、三段生油岩。青山口组生油层控制了萨、葡、高油层的油气聚集。扶余、杨大城子油层的原油主要来自青一段生油岩下部。登娄库油层原油据推测来自深

部侏罗系。

原油的化学组成、物理性质与分布特征，一般与地下原油的埋藏条件，原始生油母质类型，原油演化程度与油源以及运移聚集规律有着十分密切的关系。由于松辽盆地北部各地区原油埋藏环境多种多样及各种因素对地下原油性质的影响，使原油物理化学性质的研究工作变得十分复杂。因此在研究中除选择一般原油的物理性质指标外，还应用原油的化学指标对松辽盆地北部不同地区、不同类型的原油进行了研究。现将松辽盆地北部原油的物理化学性质和特征分述如下。

第一节 原油的物理性质

不同地质时期和地域的原油，其组成变化很大，不同产地的原油都有其自身的特点，在原油中已找到数千种单一的化合物，其中绝大多数是烃类化合物，这些化合物的含量变化决定了原油的物理性质。

一、颜色

原油颜色主要与原油内胶质和沥青质含量有关，胶质、沥青质含量高则原油颜色变深。所以原油的颜色深浅大致能反映原油中重组分含量的多少。

松辽盆地北部原油的颜色主要为棕黑色，部分凝析油呈透明状的橙色、棕黄色、黄色、浅黄色，有些甚至接近无色，这主要是饱和烃含量高、非烃和沥青质组分含量低所致。松辽盆地北部原油的颜色除棕黑色外，还在古龙凹陷、三肇凹陷等地区发现了暗绿色、灰绿色、深绿色及淡褐色、褐黄色、土黄色、黄土褐色和红褐色等（表 1—1）。

表 1—1 盆地北部原油的特殊颜色

地 区	井 号	层 位	井 深 (m)	原 油 颜 色
古	古 602	F	1936.6~1943.2	褐黄（类似机油色）
	古 109	P	1648.4~1704.2	淡褐色
	古 114	P	1748.6~1694.6	灰绿
	古 621	F	2311.4~2316.0	褐黄（类似机油）
	古 602	FY	1937.0~2070.4	红褐（较机油色淡）
龙	哈 16	G	2222.0~2200.0	深绿
	哈 16	G	2189.2~2262.0	淡褐
	敖 9	FY	1979.2~1861.0	黄土褐
凹	古 634	F	1979.2~1967.0	褐黄
	古 53	F	2101.4~2098.8	暗绿
	龙 17	G	2025.4~2021.4	暗绿
陷	古 652	P	1875.0~1829.6	褐黄
	塔 231	G	1705.8~1708.0	绿褐
	古 64	P	1772.6~1820.0	墨绿
	英 12	S	1753.4~1919.2	红黄
	古 621	F	2311.4~2316.0	土黄

续表

地 区	井 号	层 位	井 深 (m)	原 油 颜 色
三 肇 凹 陷	徐 14	P	1585.6~1588.4	红褐
	升 81	YF	1358.4~1335.4	暗绿 (水状液体)
	升 601	Y	1965.0~1995.4	灰绿 (水状机油色)
	升 601	Y	1954.0~1995.4	灰绿 (水状机油色)
	茂 6	Y	1990.4~1993.6	灰绿 (龟绿)
	台 2	Y	1936.6~1446.6	暗绿 (龟绿)
	芳深 2	d	2768.8~3038.4	黄土红
	芳深 2	d	2720.4~3038.4	龟绿 (暗绿)
大庆 长垣	葡 34	Y	1794.0~1800.0	红褐

二、密度

从图 1—1 中可以看出, 原油的密度值的范围为 $0.7470 \sim 0.9625 \text{g/cm}^3$, 平均 $0.8592 \sim 0.8939 \text{g/cm}^3$ (表 1—2), 主要在 $0.84 \sim 0.88 \text{g/cm}^3$, 占总样品数的 77.35%, 平均值为 0.8648g/cm^3 。从松辽盆地北部原油密度频率分布图中可以进一步看出, 原油可划分为四种类型, 即重质原油、中质原油、轻质原油和挥发原油。

表 1—2 盆地北部各油层原油物理性质分析综合数据表

层 位	密度 (g/cm^3)		粘度 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	凝固点 ($^{\circ}\text{C}$)	分子量	闪点 ($^{\circ}\text{C}$)	蜡熔点 ($^{\circ}\text{C}$)	含 蜡 (%)	含 胶 (%)	含 硫 (%)	残 碳 (%)	灰 分 (%)
	ρ_{20}	ρ_{50}										
H	0.8592	0.8431	33.0	36.4	421.46	82.1	52.0	26.0	15.2	0.172	2.69	0.17
S	0.8939	0.8744	113.4	24.6	507.16	125.3	44.3	24.7	20.0	0.144	3.93	0.27
P	0.8599	0.8359	40.0	33.5	402.17	80.9	51.6	25.7	14.2	0.125	3.00	0.18
G	0.8618	0.8405	72.1	29.4	393.87	97.0	51.4	24.9	13.1	0.093	2.92	0.33
F	0.8658	0.8457	34.7	36.1	425.51	91.9	51.8	25.4	15.3	0.154	3.30	0.24
Y	0.8612	0.8405	67.1	34.3	430.21	93.0	51.8	25.7	14.2	0.146	4.11	0.21

重质原油主要分布在西部斜坡区的富拉尔基油田、阿拉新、他拉红一带, 原油密度大于 0.8900g/cm^3 , 多数在 $0.8900 \sim 0.9625 \text{g/cm}^3$ 之间变化 (图 1—2)。中质原油区主要分布在西部斜坡区的小林克-敖古拉地区, 朝长地区, 升平油田和金腾油田, 绥化凹陷一带, 原油的密度为 $0.8600 \sim 0.8900 \text{g/cm}^3$ 之间。轻质油主要分布在西部斜坡区、大庆长垣、三肇凹陷、朝阳沟阶地等大部分地区, 原油密度为 $0.8300 \sim 0.8400 \text{g/cm}^3$ 。产油层主要为大庆长垣的萨葡高油层, 大庆长垣以东地区的扶杨油层, 大庆长垣以西的黑帝庙、萨尔图和高台子油层。挥发原油主要分布在盆地北部龙虎泡阶地、古龙凹陷和大庆长垣南部的太平屯和葡萄花油层及三肇凹陷的榆树林油田。原油密度小于 0.8300g/cm^3 。从盆地北部原油密度平面分布

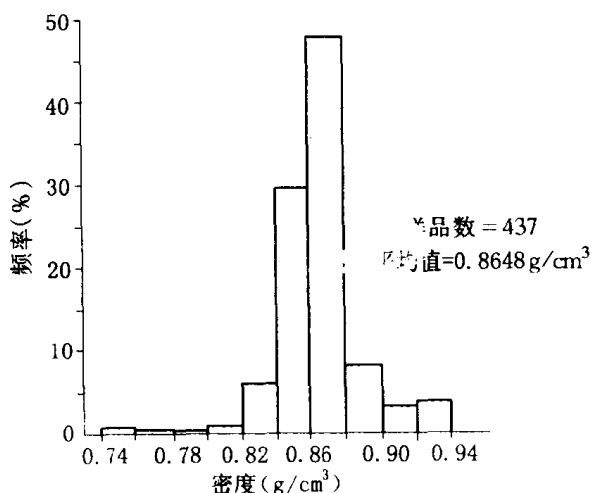


图 1—1 原油密度分布直方图

有三个地区，即盆地北部的西部斜坡区，朝阳沟阶地和三肇凹陷，西部斜坡区主要产油层为萨尔图和高台子油层，原油密度最大值达 0.9671g/cm^3 ，最小值为 0.8400g/cm^3 ，大多数在 $0.8600\sim 0.9400\text{g/cm}^3$ 之间变化，朝阳沟阶地原油密度为 $0.8500\sim 0.9200\text{g/cm}^3$ ，主要产油层为扶余和杨大城子油层及部分葡萄花油层，三肇凹陷原油密度为 $0.8400\sim 0.9200\text{g/cm}^3$ ，主要产油层为扶杨、葡萄花和部分高台子油层。

从图 1—3 盆地北部原油物性垂向分布图中可以看出，随埋深增加原油密度明显减小。从层位上看具有浅部油层原油密度高，深部含油层原油密度低的特点。如黑帝庙油层为 $0.8141\sim 0.9023\text{g/cm}^3$ ，萨尔图油层为 $0.8129\sim 0.9458\text{g/cm}^3$ ，葡萄花油层为 $0.8917\sim 0.9707\text{g/cm}^3$ ，扶余油层为 $0.8292\sim 0.8929\text{g/cm}^3$ ，杨大城子油层为 $0.8212\sim 0.8850\text{g/cm}^3$ ，登娄库组油层为 0.8254g/cm^3 ，浅部与深部原油密度差达 0.1104g/cm^3 。

三、粘度

盆地北部 421 个原油的粘度测定结果统计表明，原油的粘度大多数在 $0.76\sim 850.0\text{mPa}\cdot\text{s}$ 之间变化，主频率在 $10.0\sim 50.0\text{mPa}\cdot\text{s}$ (图 1—4)。占总样品数的 76.09%，原油粘度小于 $10.0\text{mPa}\cdot\text{s}$ 的仅占 5.70%，原油粘度在 $50\sim 90\text{mPa}\cdot\text{s}$ 之间占总样品数的 6.4%，原油粘度在 $90.0\sim 850.0\text{mPa}\cdot\text{s}$ 之间，占总样品数的 8.3%。

上，有两个低值区，并向周围呈环状分布。一个是以大庆长垣以西的齐家-古龙凹陷和龙虎泡阶地为中心，由西北和东部依次向外原油密度增加，呈一个不规则的半环状分布，中心区原油密度为 0.7959g/cm^3 ，主要代表井为古 109 井，主要产油层为葡萄花油层，向外逐渐增加到 $0.86\sim 0.8900\text{g/cm}^3$ ；西部斜坡区原油密度最高值可达 0.9458g/cm^3 。另一个是以大庆长垣以东的三肇凹陷的榆树林油田为中心，原油密度依次向四周增大，中心部位原油密度小于 0.83g/cm^3 ，向四周逐渐增加到 $0.84\sim 0.880\text{g/cm}^3$ 。

松辽盆地北部原油密度高值区主要

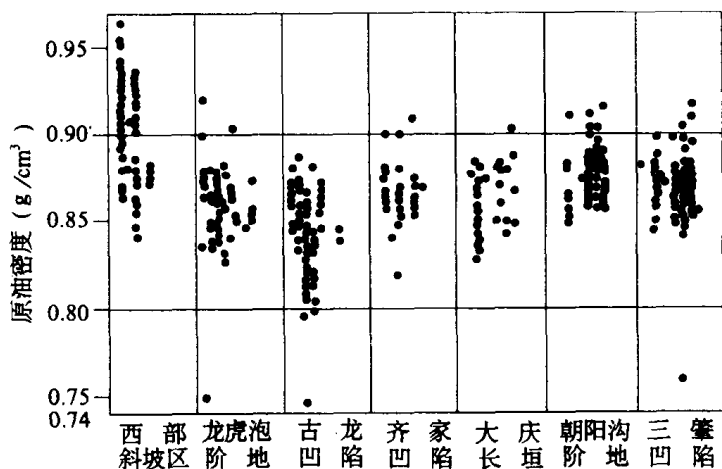


图 1—2 不同区域原油密度比较

从松辽盆地北部原油粘度纵向分布上看,盆地北部原油粘度随埋深增加有由小→大→小的变化趋势。黑帝庙油层原油粘度大多数在 17.6 ~ 38.0 mPa·s 之间。萨尔图油层原油粘度一般在 11.0 ~ 78.9mPa·s 之间,葡萄花油层粘度在 12.65 ~ 88.34mPa·s 之间变化,高台子油层原油粘度均在 14 ~ 85.40mPa·s,扶余油层原油粘度均在 10.3 ~ 80.4mPa·s 之间变化,杨大城子油层原油粘度大多数在 14.85 ~ 72.57mPa·s 之间 (图 1—5)。

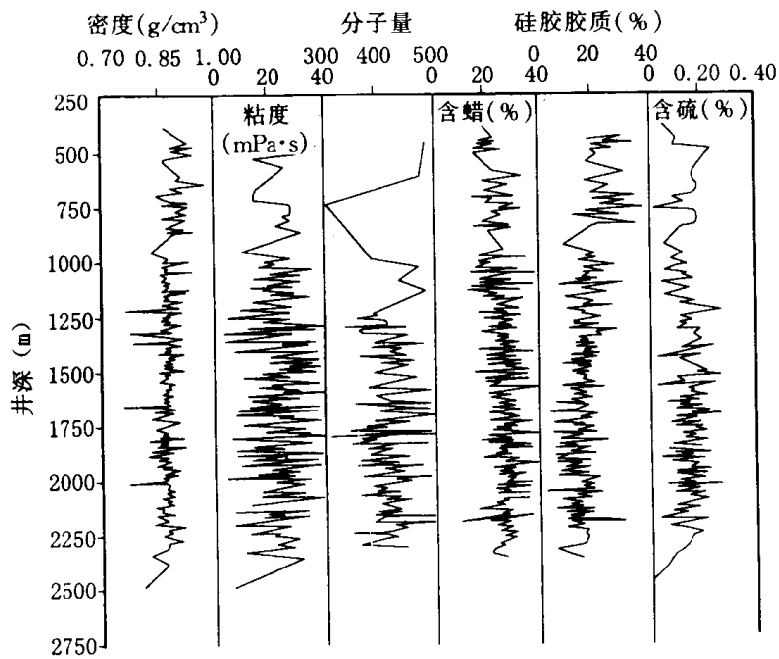


图 1—3 原油物理性质垂向分布

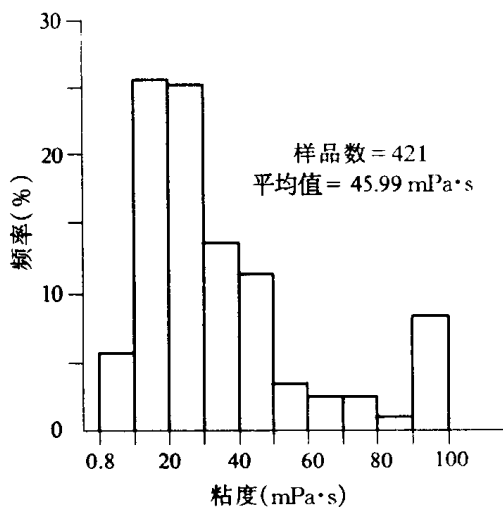


图 1—4 原油粘度分布直方图

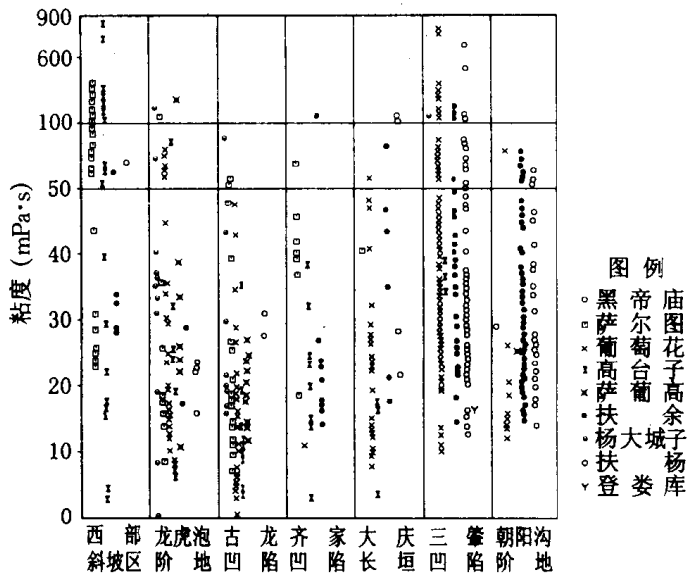


图 1—5 不同区域原油粘度比较

从平面分布上看,大庆长垣以西地区以齐家、古龙凹陷和龙虎泡阶地为中心呈半环状依次粘度向西、北、东逐渐增加,中心部位原油粘度值为 3.10 ~ 8.78mPa·s,向边部原油最高值达 784.90mPa·s (杜 603 井高台子油层原油),大庆长垣以东地区以三肇凹陷的榆树林油田为中心呈环状依次向四周增大,中心部位原油粘度为 14.85 ~ 19.45mPa·s,向外逐渐增大,最大值可达 169.8mPa·s (图 1—6)。

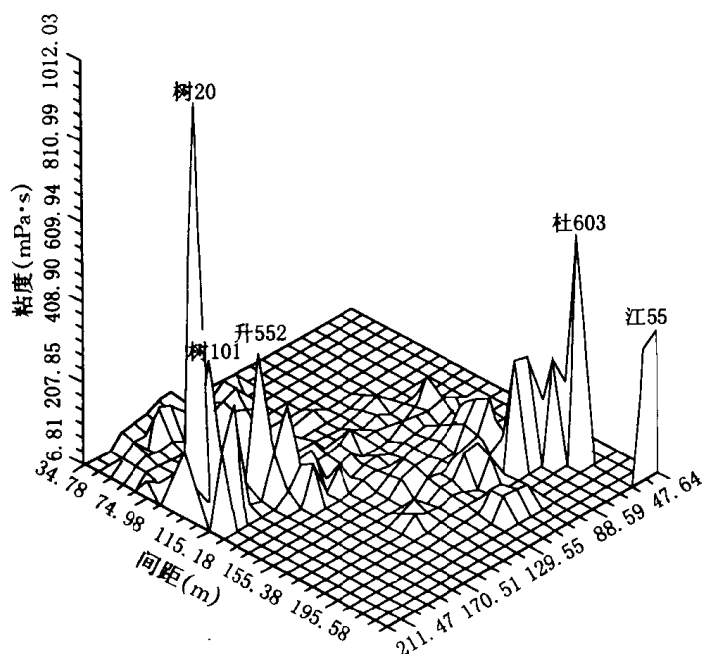


图 1—6 原油粘度立体分布

四、含蜡量

松辽盆地北部 429 个原油的含蜡量分析结果统计，原油的蜡含量一般多在 5.0%~45.0% 之间，主频率在 22.0%~35.0% 之间（图 1—7），占总样品数的 82.03%。

盆地北部原油中含蜡量有随埋深增加而增加的趋势，但进入杨大城子和登娄库油层后，蜡的含量又明显下降，其规律与原油粘度的变化相吻合，故同样反映干酪根生烃特征。如黑帝庙油层原油中蜡的含量为 18.5%~30.6%，萨尔图油层原油中蜡的含量为 14.8%~36.0%，葡萄花油层原油中蜡的含量为

13.3%~45.27%，高台子油层原油中蜡的含量为 14.1%~40.9%，扶余油层原油中蜡的含量为 10.3%~57.7%，杨大城子油层原油中蜡的含量为 16.2%~36.1%，登娄库油层原油中蜡的含量为 20.6%~21.9%。从平面分布看，盆地北部原油中蜡含量小于 20.0% 的主要分布在西部斜坡区，古龙凹陷和朝阳沟阶地等地区，含蜡量大于 35% 的主要分布在西部斜坡区、三肇凹陷和朝阳沟阶地（图 1—8）。在平面上盆地北部四周原油中蜡含量比较低。在盆地的西部地区以大庆长垣、齐家凹陷和龙虎泡阶地含蜡高值区为中心向东、北和西部含蜡量依次向四周降低。盆地的东部以三肇凹陷和朝阳沟阶地为中心，含蜡量依次向四周减少。

五、蜡熔点

松辽盆地北部原油蜡熔点大多数在 46.0~62℃ 范围内变化。从不同油层原油蜡熔点测定结果对比看，随埋深增加蜡熔点有下降的趋势，如黑帝庙油层原油的蜡熔点为 51.0~51.50℃，萨尔图油层为 44.0~56.0℃，葡萄花油层为 46.0~58.0℃，高台子油层为 50.0~54.5℃，扶余油层为 46.0~55.0℃，杨大城子油层为 50~62.0℃，登娄库油层为 49.5~50.5℃。从平面上看，大庆长垣以西地区的萨、葡、高等油层原油的蜡熔点低于大庆长垣以东地区的扶余和杨大城子油层。盆地北部萨、葡、高等油层原油的蜡熔点大多数低于 44.0~58.0℃ 之间，扶余油层原油蜡熔点在 46.0~62.0℃ 之间。从析蜡温度看，扶余油层原油析蜡温度在 44~54℃ 之间变化，如朝阳沟阶地的朝 126-56 井，朝 82-84 和朝 108-72 井等扶余油层原油析蜡温度分别为 54℃、46℃ 和 44℃。

六、胶质含量

松辽盆地北部 421 个原油的胶含量分析结果统计，原油的胶含量大多数在 1.6%~36.0% 之间，主频率为 5.0%~20.0%（图 1—9），占总样品数的 85.69%。

盆地北部原油胶含量垂向变化由小→大→小的趋势十分明显，如黑帝庙油层原油中胶含量一般在 11.3%~22.5%，萨尔图油层原油中胶含量为 11%~26.5%，葡萄花油层原油中胶含量为 11%~28.15%，高台子油层原油中胶含量为 11.0%~23.95%，扶余油层原油中

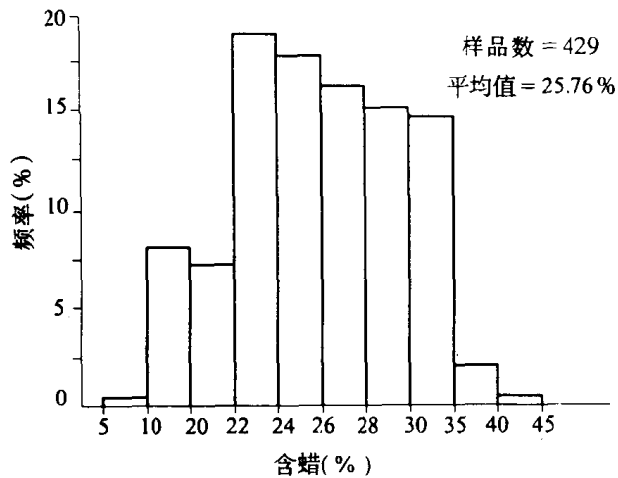


图 1—7 原油含蜡量分布直方图

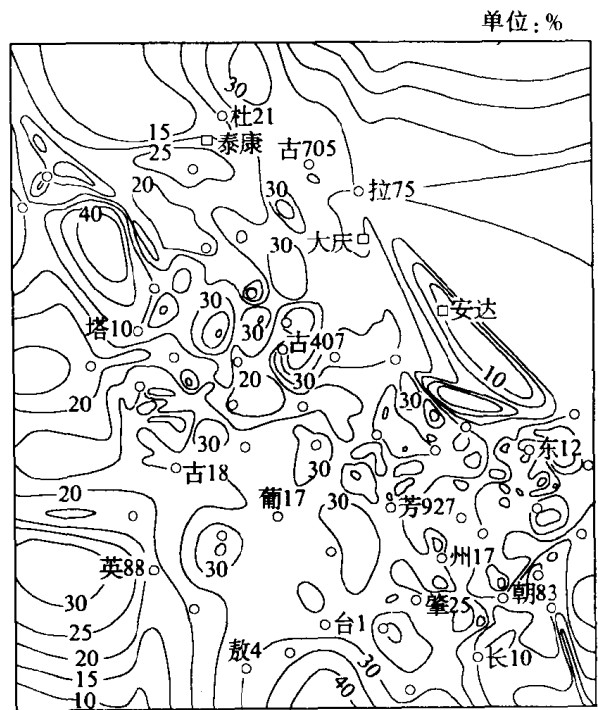


图 1—8 原油含蜡量等值线图

胶含量为 11.0%~19.9%，杨大城子油层原油中胶含量为 9.0%~18.5%，登娄库油层原油中胶含量为 1.1%~12.1%。浅层与深层原油中的胶含量差值大于 10%。从平面上原油中胶的含量大于 21% 的有三个高值区，胶含量小于 10% 的主要有六个低值区，含胶量高值区主要分布在西部斜坡区，三肇凹陷和朝阳沟阶地，胶含量最大值可达 37.5%（图 1—10），胶

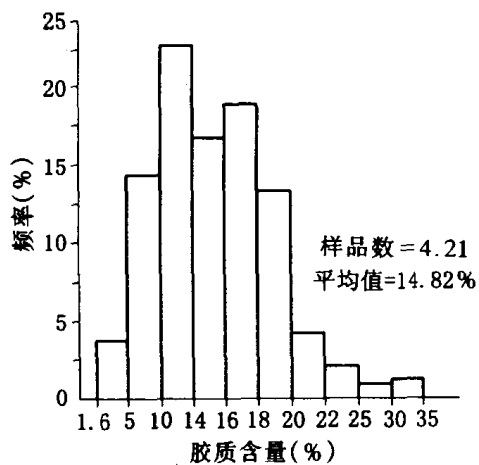


图 1—9 原油胶质含量分布直方图

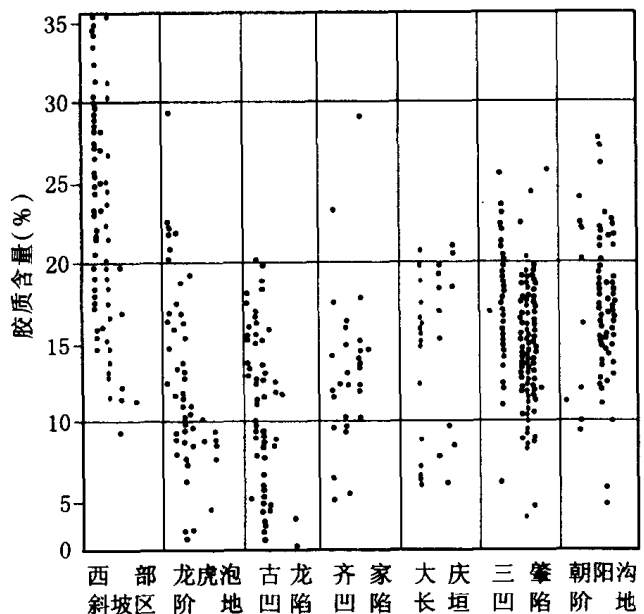


图 1—10 不同区域原油胶质含量对比

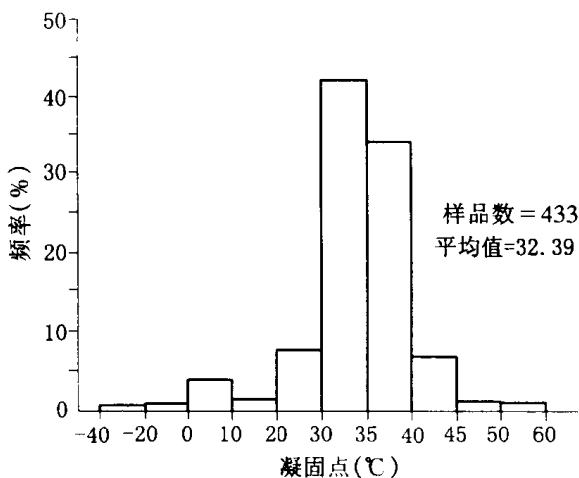


图 1—11 原油凝固点分布直方图

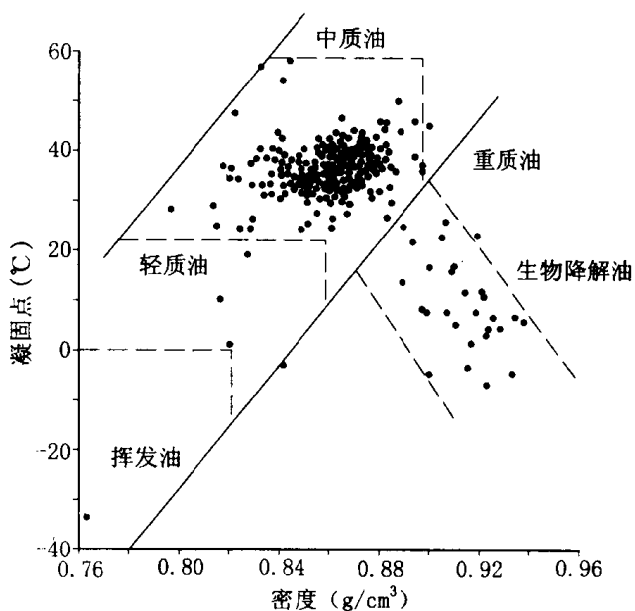


图 1—12 原油相对密度与凝固点关系

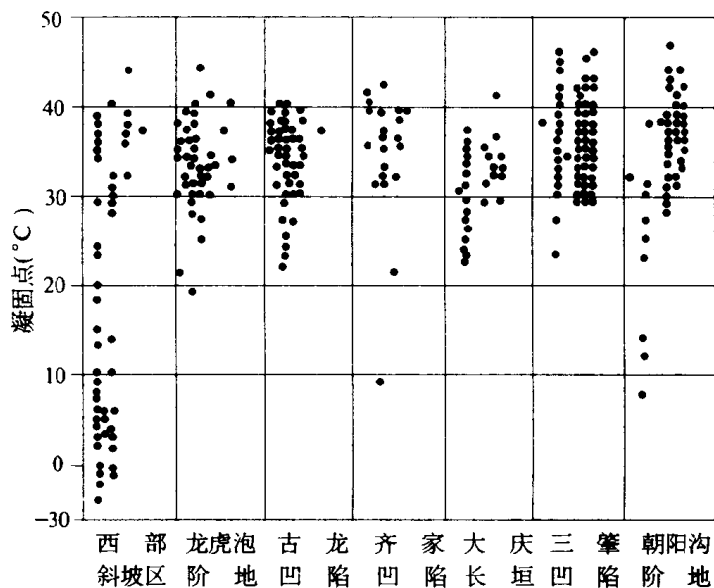


图 1—13 不同区域原油凝固点对比

30~40℃ (图 1—11), 占总样品数的 77.13%。从图 1—12 原油凝固点与密度的关系图中可以看出, 原油的凝固点与密度呈正相相关, 占总样品数的 93.8%。同时还有少部分原油的凝固点与密度呈负相关, 这部分原油占总样品数的 6.2%, 主要分布在西部斜坡区的阿拉新、白音诺勒和富拉尔基地区 (图 1—13)。

这些地区由于油藏埋藏较浅, 盖层条件较差, 且多为大单斜上的鼻状隆起, 无良好的圈闭构造, 油水广泛接触, 成为细菌活动的良好场所。在边缘地区部分淡水渗入过程中, 除了

含量低值区主要分布在龙虎泡阶地、古龙凹陷、齐家凹陷、大庆长垣、三肇凹陷和朝阳沟阶地等地区, 平面上盆地西部以龙虎泡阶地、齐家—古龙凹陷, 大庆长垣南部为中心向西北和东部呈不规则的环状分布, 盆地东部以三肇凹陷和朝阳沟阶地为中心, 向四周依次原油中含胶量明显增加, 并呈不规则环状分布。

七、凝固点

松辽盆地北部原油因地区成因类型不同, 原油的凝固点的差异性十分明显。433 个原油凝固点分析对比结果表明, 松辽盆地北部原油的凝固点大多数在 -40~60℃ 范围内变化。主频率为

与硫酸盐的氧化作用外，一部分溶解于水中氧和原油长期的接触中，在硫化细菌的作用下，会加剧原油的氧化。同时由于油藏保存条件差，使原油中轻质组分挥发而减少，重组分相对增加，致使原油密度增大。

富拉尔基、阿拉新和白音诺勒地区水的矿化度比盆地中央的显著降低，给硫化菌活动创造了良好的条件。由于微生物细菌的生化作用，因此造成了原油性质变差而使原油的密度变大，含硫量增加。从原油的物理化学性质看，生物降解原油具有粘度高、凝固点低、含蜡量低、胶质和残碳含量高的特点，原油的粘度均大于 $63.2\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。一般多在 $78.9\sim 547.1\text{mPa}\cdot\text{s}$ 之间，最高达 $842.7\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，而盆地北部大部分地区原油粘度均小于 $50\text{mPa}\cdot\text{s}$ （表 1—3）。原油的残炭含量平均为 5.28% ，而盆地北部大部分地区原油残炭含量平均值小于 3.52% 。

表 1—3 盆地北部生物降解原油物理性质

井号	层位	密度 (g/cm^3)	凝固点 ($^{\circ}\text{C}$)	粘度 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	蜡 (%)	胶质 (%)	沥青质 (%)	残炭 (%)	灰分 (%)
杜 21	G	0.9079	6.0	63.4	22.2	19.6		2.9	
杜 211	G	0.9158	-5.0		21.4	20.4		5.6	0.43
杜 23	G	0.9111	4.0	141.0	22.8	20.6	2.20	4.4	0.13
杜 410	G	0.9086		146.3	17.9	15.2			
杜 414	G	0.9154	10.0	206.9	30.7	21.6			
杜 420	S	0.9294	3.00	296.3	14.8	27.4			
杜 603	G	0.9317		842.7	29.7	36.0	2.70	6.8	0.56
杜 605	S	0.9229	9.0		23.9	28.7		6.3	0.55
杜 608	S	0.9080	24.0	78.9	30.1	22.2	3.30	5.5	1.7
杜 620	S	0.9242	3.0	398.8	24.5	34.1	2.30	7.1	0.52
杜 65	S	0.9357	5.0	401.6	19.1	27.3	2.10	8.4	0.36
杜 66	S	0.9220	10.0	424.5	21.8	27.0	2.30	6.4	0.20
富 701	S	0.9237	2.0		19.8	28.2		6.0	0.32
古 704	F	0.9064	21.0	141.6	23.9	29.1	1.10	6.2	0.30
江 37	G	0.9175	0.0	233.0	23.7	30.3	2.00	5.0	0.25
江 50	S	0.9340	-6.0		22.7	30.2		6.8	0.88
江 55	S	0.9232	8.0	293.0	20.1	35.4	1.50	5.5	0.27
来 27	S	0.9270	5.0	547.1	34.9	30.3		5.7	0.52
来 64	S	0.8946	20.0	82.2	32.7	21.5	0.75	4.0	0.04
来 65	S	0.9200	6.0	200.7	28.3	26.6	0.90	5.0	0.54
塔 191	S	0.8996	-6.0	91.4	27.7	27.5	2.20	3.1	0.12
塔 20	S	0.8998	6.0		26.3	15.5	1.00	2.8	0.30
塔 22	S	0.9010	15.0	101.4	25.2	21.5	3.80	3.6	0.19
塔 8	S	0.9102	15.0	166.2	22.7	21.5			

松辽盆地北部原油凝固点高值区主要有两个，主要分布在三肇凹陷和朝阳沟阶地，最大值达 46°C ，范围值在 $40\sim 46^{\circ}\text{C}$ ；凝固点低值区有四个，主要分布在西部斜坡区，朝阳沟阶