

文章编号: 0253-9985(2004)05-0570-07

含水油藏的形成、评价和勘探 ——关于一种可能的新油藏类型的探索

张锐锋^{1,2}, 党振荣², 王健², 苑益军³, 王秀², 康洪全²

(1. 中国地质科学院, 北京 100000; 2. 中国石油华北油田分公司, 河北任丘 062552;

3. 中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 含水油藏一般见于中-低孔、低-特低渗透率碎屑岩储层中。严重的非均质性是其突出特点。微观上, 碎屑岩内部具有赋存液态石油的自流孔喉系统和饱和着原生地层水的滞流孔喉系统双重孔隙结构。其中, 自流孔喉系统中含有自由水; 滞流孔喉系统中主要赋存有微细孔隙水、微孔隙水、死孔隙水和分子结合水。滞流孔喉系统在岩石孔隙体积中占有相当大的比例, 制约着油水的产出情况, 并导致了多数含水油藏的含油饱和度不足 50%。含水油藏(层)形成的地质条件主要与二连中生界裂谷盆地群碎屑岩结构、组分成熟度过低及因成岩作用而物性急剧变差有关。在当前经济和技术条件下, 含水油藏尚处于商业开采边缘, 因此, 应依据岩心含油、岩心滴水试验、气测录井、薄片鉴定、物性分析、压汞试验、核磁共振测量、油层测试等方面的特征, 尽早对含水油藏(层)进行动态识别与评价, 以避免实物工作量的无效投入。

关键词: 碎屑岩; 双重孔隙; 含水油藏; 形成; 评价

中图分类号: TE112.3

文献标识码: A

Formation, evaluation and exploration of water-bearing oil reservoirs: search after a possible new reservoir type

Zhang Ruifeng^{1,2}, Dang Zhenrong², Wang Jian², Yuan Yijun³, Wang Xiu², Kang Hongquan²

(1. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing;

2. Huabei Oilfield Company, PetroChina, Renqiu, Hebei; 3. China University of Geosciences, Beijing)

Abstract: Water-bearing oil reservoirs generally occur in medium-low porosity and low-ultra low permeability clastic rocks and have the prominent characteristics of strong heterogeneity. Microscopically, clastic rocks have dual-pore structures, i. e. artesian pore throat system with the occurrence of liquid hydrocarbons and stagnant pore throat system saturated with original formation water. The artesian pore throat system contains artesian water, while the stagnant pore throat system mainly contains fine pore water, micropore water, stagnant pore water and molecular bound water. Stagnant pore throat system, accounting for a large proportion of pore volumes, would not only constrain production of oil and water, but also lead to the oil saturation of most water-bearing reservoirs to be below 50%. The geological conditions of formation of water-bearing reservoirs are related mainly to the structure of clastic rocks, extremely low compositional maturity and the poroperm characteristics drastically become poor due to compaction in the Mesozoic rift basin groups in Erlian. In the present economic and technical conditions, water-bearing oil reservoirs are still on the margin of commercial recovery, thus dynamic identification and evaluation of water-bearing oil reservoirs should be performed as early as possible according to oil-bearing condition of cores, water dropping test of cores, mud logging, thin-section analysis, poroperm analysis, mercury injection test, NMR and reservoir testing, so as to avoid ineffective investment.

Key words: clastic rock; dual porosity; water-bearing oil reservoir; formation; evaluation

1 问题的提出

油、气、水三相分异的常规油气藏,气、油和水之间,有大体近似水平的接触界面,沿界面上、下,是厚度不等的气-油过渡带和油-水过渡带^[1]。地层测试时,含油层段产出纯油,只是在油水过渡带才见到油与水共同产出^[2]。

近几年来,在二连中生界裂谷盆地群勘探中,陆续发现一些油藏在“纯”含油层段出现油水同出现象,经反复观察试验,这里所产的水不是钻井滤液、压裂液,也不是过渡带和油藏边、底水,而是赋存在油藏(层)内的原生地层水。按流体性质分类,应该和气藏、油藏、凝析气藏……等并列,是一种可能的油藏类型,本文称之为“含水油藏”。如何评价与勘探含水油藏既是一个生产实践问题,也是一个理论问题。

吉尔嘎朗图凹陷罕尼断鼻含水油藏的储层为厚度大于100 m的腾格尔组一段(以下简称腾一段)砂砾岩,约占含油井段厚度的88%,属典型的厚层块状储集单元。吉35发现井含油井段长140 m,以低级别的油斑、油迹、荧光显示为主,电测解释有差油层67.6 m/8层,底部是1层厚8.4 m的含油层^[3]。油层测试时,首选油组中上部35.2 m/5层差油层,采用DST(中途测试)进行测试,无产出。经压裂后抽汲,日产中质原油10.2 t,同时产水2.29 m³(压裂液返排率已达到100%)。为验证所产水是否已近油水过渡带,又对油组下部19.6 m/3层差油层和致密层进行测试,仍然是油水同出。两层水性均为NaHCO₃型,总矿化度 $6\,600 \times 10^{-6} \sim 7\,200 \times 10^{-6}$,属本层原生地层水。上述现象曾被解释为该油藏的油水过渡带,但与该井所处油藏的较高部位相矛盾,由此,引起对油藏(层)出水原因的质疑。

洪浩尔舒特凹陷的努格达油藏是一个薄层状边水油藏,圈闭类型为倾向断鼻,油水界面1 214 m,油藏高度290 m,发现井洪10井位于油藏中部,洪10井油层底比油藏的油水界面高出75 m,共有油层28层厚49.6 m,单层厚度一般只有0.8~2.6 m。经对油组中上部7.2 m/2层薄油层采用DST三开抽汲求产,日产油0.67 t,压裂后日产油17.7 t,同时产水1.53 m³。连续试采35天,始终是油水同产。

此外,二连探区油水同产的现象还见于包尔、达林、巴嘎多希等构造。从已发现油藏看,不同凹陷、不同构造带和圈闭中均有含水油藏的分布,层位以阿尔善组和腾一段为主,含水油藏的形成和分布具有普遍性。

2 含水油藏的形成

2.1 双重孔隙结构

含水油藏一般见于中-低孔、低-特低渗碎屑岩储层中。宏观上表现为储集层岩性、物性、含油性沿纵、横方向复杂而频繁的变化,微观上表现为碎屑岩内部,由自溶孔喉系统和滞流孔喉系统组成的双重孔隙结构。严重的非均质性是其突出特点。

洪107井是努格达油藏的评价井,首次测试位于阿尔善油层组中上部的46~48号油层,厚6.8 m,常规抽汲日产油仅0.17 t,经压裂产油量增大到14.3 t/d,同时产水3.72 m³/d。钻井取芯含油层的岩性主要为砂砾岩。其间被薄层泥岩所分隔。在砂砾岩中见油浸、油斑、油迹、荧光等不同级别的含油显示,呈条带状或呈不规则团块状分布在储集层中。经成岩作用研究^[4],油层因埋藏浅(小于1 200 m),尚处在早成岩B阶段,因而保留有较多的原生孔隙,渗透率却因岩石组分和结构成熟度过低,加之强烈的机械压实和杂基充填作用而急剧变差,46和48号差油层 Φ (孔隙度)为3.67%~17.6%,平均为13.4%, K (渗透率)在 $0.005 \times 10^{-3} \sim 1.240 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $0.629 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;47号油层的 Φ 为12.1%~20.7%,平均为18.01%, K 在 $0.01 \times 10^{-3} \sim 6.53 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $1.80 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于中-低孔,特低渗透率储层。孔、渗之间没有良好的线性关系,有80%岩样 Φ 大于10%~20%,而74%样品 K 小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (图1)。

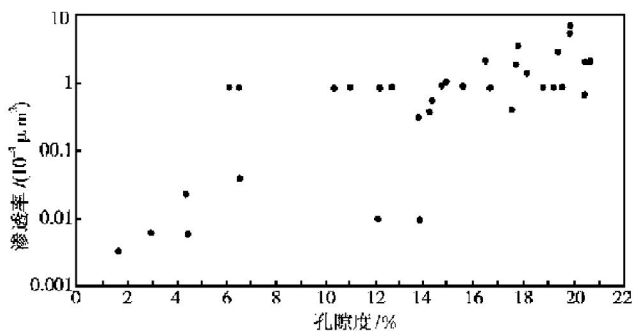


图1 洪107井阿尔善组储层孔隙度与渗透率对应关系图

Fig. 1 Porosity vs. permeability of reservoirs
in Aershan Formation in Hong 107 well

同一油层物性变化范围大,如相距只有 4 cm 的一对双样,渗透率由 $0.40 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 增大到 $6.53 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

为了分析 46~ 48 号层的微观孔隙结构,查明储层内部孔隙和喉道大小、形态、分布、相互组合

方式,以及不同孔喉体系油与水的赋存状况和产出能力,共选了阿尔善油层组 18 块不同含油级别具有代表性的砂砾岩岩心作压汞试验。同时,为适应含水油藏特点,又对喉道分级作了补充(表 1)。

表 1 喉道分级
Table 1 Throat classification

级 别		粗喉	中喉	较细喉	细喉	微细喉	微喉
喉道半径 / μm	原方案*	> 50	50~ 10	< 10~ 5	< 5~ 1	< 1	/
	本文方案	> 50	50~ 10	< 10~ 5	< 5~ 1	< 1~ 0.1	< 0.1
		$\geq 0.16 \mu\text{m}$ 的自流孔喉					< 0.16 μm 的滞流孔喉

通过微观孔隙结构分析,含水油藏有两个显著特点。

第一个特点是储层的双重孔隙结构。在碎屑岩储层大小喉道分布频率直方图上,储层物性较好的常规油藏多呈单峰型、正偏态,主峰一般位于谱图中部,喉道较大、孔隙连通性好,可赋存石油的孔隙体积占总孔隙体积 50% 以上。含水油藏不同喉道半径分布频率直方图多呈不对称双峰型、负偏态,主峰常常位在微细喉和微喉位置上,可赋存石油的孔隙体积相对减少。图 2** 为用压汞法测定的洪 107 井具有代表性 3 块样品的不同半径喉道分布频率图。依据孔喉大小粗细和赋存能力不同,将孔喉划分为能赋存液态石油的“自流孔喉系统”和不能赋存石油的“滞流孔喉系统”。自流孔喉系统中孔喉半径相对较大,储集其中的原生地层水能被原油所驱替;滞流孔喉系统中孔喉半径相对较小,储集在孔喉中的原生地层水不能被原油所驱替。含水油藏的特殊性是总孔隙体积中自流孔喉系统明显减少,而滞流孔喉系统大大增多。两种孔喉系统在岩层总孔隙体积中所占的比例关系,影响着石油和地层水的赋存数量和产出结果。也即含水油藏双重孔隙结构的特点,其在孔喉大小频率直方图上常呈双峰形态。

第二个特点是微观孔隙结构的复杂性和非均质性。由图 2 看出,储层的孔喉半径绝大多数小于 $1 \mu\text{m}$,其中小于或等于 $0.1 \mu\text{m}$ 的又占一半以上。由表 2** 看出,46~ 48 号工业产层的喉道十分细小,孔喉直径均值一般只有 $0.2 \sim 0.8 \mu\text{m}$,且孔喉分布很不均匀, SP (分选系数)大于 2.0 的占

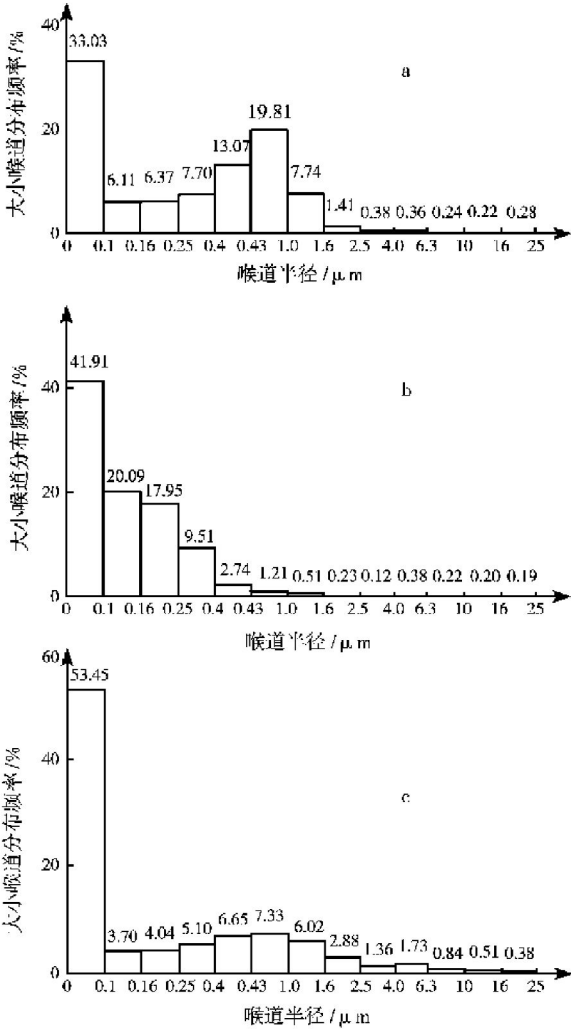


图 2 三种具有代表性的喉道分布频率图

Fig. 2 Frequency diagrams showing distribution of three representative throats

了半数以上,均质系数都在 1.0 以下。反映孔隙结构状况和孔喉配置关系的结构系数($F=0.16 \sim$

* 陈丽华. 储层试验测试技术. 中国石油石油勘探开发研究院内部资料, 1991. 372~ 373
** 尚慧芸. 石油地质实验新技术. 石油工业部勘探培训中心教材组, 1983. 315~ 347

表 2 洪 107 井阿尔善组油层组砂砾岩储层压汞实验及孔隙结构参数

Table 2 Mercury penetration test and pore structure parameters of glutenite in Aershan Formation in Hong 107 well															
小层号	样品号	样品深度	显示级别	Φ /%	K / $(10^{-3} \mu\text{m}^2)$	D_{m} / μm	SP	α	F	L	P_{d} /MPa	P_{50} /MPa	W_{e} /%	S_{o} /%	Φ_{o} /%
46	1	1 181.0	油	13.8	0.31	0.96	2.68	0.48	12.85		0.61	2.58	15.9	58.41	8.06
	2	1 181.05	斑	13.9	0.01	0.79	2.00	0.75	270.60	25.48	0.73	2.65	15.9	57.98	8.06
	3	1 181.6	油	14.8	0.87	0.52	1.09	0.53	1.44	4.00	0.79	11.56	18.1	42.58	6.30
	4	1 181.65	迹	14.2	0.38	0.71	1.70	0.43	5.84		0.59	8.70	18.1	44.84	6.37
47	5	1 186.2	油	20.4	0.66	0.81	2.01	0.67	6.34		0.76	2.15	19.9	60.86	12.42
	6	1 186.23	浸	19.4	2.63	0.81	2.02	0.67	1.51	1.83	0.73	1.89	19.9	43.23	12.46
	7	1 186.48	油浸	19.9	6.53	0.81	2.01	0.67	0.63		0.76	2.02	19.9	62.57	12.45
	8	1 186.52	油斑	17.6	0.40	0.23	0.37	0.65	0.72	0.97	2.78	13.24	12.0	22.35	3.93
48	9	1 188.3	油	12.1	0.01	0.27	0.43	0.84	27.47	6.66	2.66	5.84	10.5	37.60	4.55
	10	1 188.3	浸	17.7	1.82	0.23	0.37	0.65	0.16		2.66	13.68	12.0	21.99	3.89

说明: Φ —孔隙度; K —渗透率; D_m —喉直径均值; SP —分选系数; α —均值系数; F —孔隙结构系数; L —迂曲度; P_d —排驱压力; P_{50} —中值压力; W_e —退汞效率; S_o —含油饱和度; Φ_o —含油孔隙度; 9 和 10 号样品为同一深度岩心的两个不同位置。

270.6) 和迂曲度($L=0.97\sim 25.48$) 普遍增大, 表明孔喉沿三度空间弯弯曲曲、时粗时细的复杂变化。严重的储层非均质性和极差的储层物性, 使排驱压力(0.70~ 2.66 MPa) 和中值压力(2.0~ 13.0 MPa) 增大, 变化范围也大。

图 3 反映了洪 107 井 1 181~ 1 188.3 m 仅 7.3 m 井段内 8 块样品的压汞法毛管压力曲线存在的明显差异。退汞效率普遍较低, 仅为 10%~ 20%, 也反映了含水油藏储层非均质性强、物性差、油层含油饱和度低的特点。

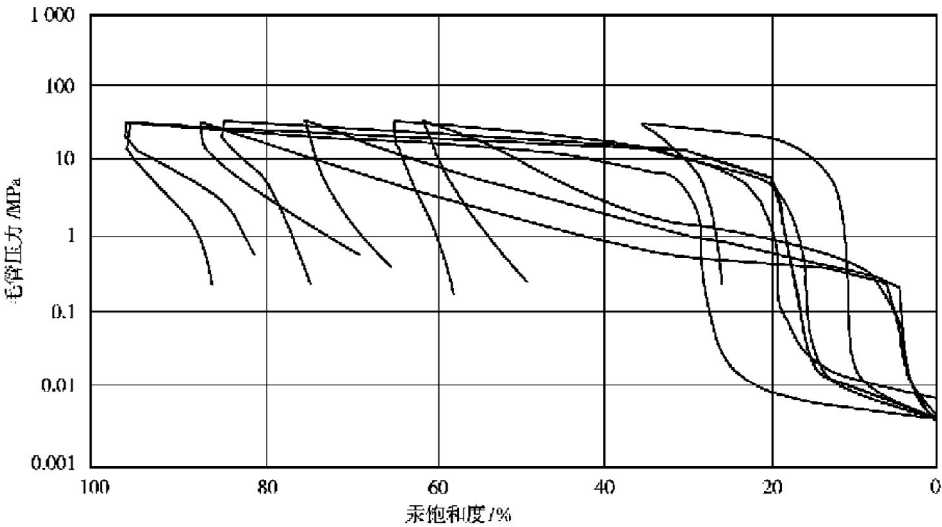


图 3 洪 107 井阿尔善组油层压汞法毛管压力曲线

Fig. 3 Mercury-injection capillary pressure curves of oil reservoirs in Aershan Formation in Hong 107 well

根据岩心压汞法试验结果, 孔喉半径(r) 大于或等于0.16 μm 的喉道所控制的孔隙, 属本井液态石油赋存的自流孔喉系统。洪 107 井 18 块样品的含油饱和度为 20%~ 64%, 其中, 绝大多数不足 50%。含油饱和度和氦气法实验测得的孔隙度的乘积被称为含油孔隙度。即使含油孔隙度数值较小, 只要属于自流孔喉系统, 就有石油的产出。

2.2 原生地层水类型

所有碎屑岩储层内的各种大小孔隙, 原来都曾经被原生地层水所饱和。在油藏形成后, 仍有一部分不能被石油驱替而残存在储层中, 已往习惯将之笼统称作“束缚水”^[1]。根据赋存的微观孔隙结构的差异可将之进一步细分。第一类是自流孔喉系统中的重力水(也叫自

由水)。

喉道半径大、孔隙连通好的自流孔喉系统,是液态石油赋存的有效空间。随原油性质(主要是界面张力和润湿角)不同,石油进入和流动的喉道半径下限值不同。根据帕塞尔公式计算^[5],不同性质的原油对应的最小含油孔喉半径不同,一般油质轻,对应的最小含油孔喉半径偏小;油质重,则偏大。据岩心压汞试验测得,洪107井储层的最小含油孔喉半径为0.16 μm 。

在油水过渡带,喉道半径大于0.16 μm 的自由孔隙系统中,同时赋存着石油和重力水,其流动服从达西定律。当地层测试时,油和水同时产出,水量一般较大。

第二类是赋存在滞流孔喉系统中的4种原生地层水,其形成和产状与后来的成藏过程无关。

(1)微细孔隙水。有效孔隙是指那些互相连通的,且在一般压力条件下,可以允许流体(一般指水)在其中流动的孔喉,其喉道半径大于0.1 μm ^[1],据季平的研究*,由0.11 μm 喉道控制的地层水,在一定压力条件下可以自由流动。因此得出:由半径大于0.1 μm 而小于最小含油孔喉半径(0.16 μm)的微细喉道所控制的孔隙属于有效孔隙,水可以流动,油不能进去。当地层测试时,微细孔隙水可自行产出。

(2)死孔隙水。孔隙体腔可以较大,但与之连通的是半径小于0.1 μm 的微喉,将孔隙内赋存的原生地层水“封死”。洪107井46~48号油层中—低孔隙度,渗透率特低,正是这种微喉连大(中)孔特征的反映。死孔隙水含量较大,依靠人工扩径解封,有较多水量产出。

(3)微孔隙水(微毛细水)。赋存在孔隙半径小于0.1 μm 喉道所连通的微孔隙体系中。微孔隙水与普通水性质近似,能传递压力,有溶解能力,但受毛细管压力作用不能自由流动。在含水油藏大小喉道分布频谱图上,它常常处在主峰位置,虽然孔喉十分细小,也不在有效孔隙度范围内,但占去总孔隙体积相当大的比例(如图2-b),经储层压裂,沿裂缝分布的微孔隙水可释放出来。

(4)分子结合水。以分子状态牢固结合在碎屑颗粒表面的吸附水和薄膜水,不流动、不传压,与油藏出水无关。

事实上,在滞流孔喉系统中,微孔隙水、死孔

隙水、微细孔隙水和分子结合水相互交混,共生共存,在不同层段或不同岩块上,4种水含量互有差别。二连探区的油层水主要来自死孔隙水和微细孔隙水。原油性质越稠,要求的含油喉道半径就越大,这正是原生稠油藏含水尤其明显的原因。在油层测试时,微细孔隙水在动态条件下可以产出,死孔隙水和微孔隙水则依赖压裂、酸化等措施后才能释放出来。与自流孔喉系统相比,滞流孔喉系统的渗流能力差得多,因而,一般情况下,产水量要比产油量低。

2.3 地质条件

二连中生界裂谷盆地群碎屑岩储层的岩石学特点,导致了严重非均质、特低渗透率储层广泛发育^[6],为含水油藏(层)形成提供了条件。

2.3.1 结构成熟度过低

二连探区诸凹陷多为半地堑型,中小规模,狭窄而长,古地形高差大,形成了湖域小、近物源、短水系、高能量的沉积条件^[7,8]。来自周边山丘高地的碎屑物质,快速泻入湖内,沉积相序不完整,相带界线分异不清,而且,横向上相变较大。最常见的储层是由大大小小砾石、砂子和填充在砂砾之间的同源杂基与粘土物质混杂沉积的砂砾岩,结构成熟度过低,影响了粒间孔隙的发育。

2.3.2 组分成熟度过低

凹陷周边广泛裸露的侏罗系中、基性火成岩,煤系地层,砂、泥岩以及古生界变质岩系,组成湖盆的外物源。伴随裂谷拉张全过程频繁喷溢的火成岩和凝灰质是内物源。储层中石英、长石等刚性颗粒含量一般少于50%,而中、基性岩屑含量高达40%~60%,同源杂基和泥质含量一般为25%~30%,形成富火山碎屑的杂砂岩。

2.3.3 成岩作用

上述岩石学特征对机械压实作用和杂基充填作用十分“敏感”^[9],与生油层伴生的阿尔善组和腾一段主力储层,一般都进入早成岩B阶段到晚成岩A阶段,颗粒间多成线接触,甚至镶嵌结构。超低的渗透性在很大程度上又抑制了地下水动力条件的活跃,不利于次生孔隙大规模发育,结果造成中—低孔、低—特低渗透率储层普遍发育,给滞流孔喉系统发育提供了条件。

此外,二连探区有机质热演化程度较低^[4],油质偏重,地层水偏淡,油水密度差小,石油浮力小,

* 季平.气驱水半渗透隔板试验.华北油田研究院内部资料,1999

影响了油驱水效应,也是残存地层水偏高的一个因素^[10]。

3 含水油藏(层)的识别、评价与勘探

3.1 表现特征与早期动态识别

含水油藏有的有工业价值,有的没有工业价值。所以要在不同的勘探阶段,根据它所表现的一系列特征,作好动态分析,及早识别,以及时调整勘探部署。

(1) 岩心含油特征。储层严重非均质性反映在岩心含油性明显不均,显示级别低。富含油、油浸砂岩较少,一般多为含油不饱满,油斑、油迹和无直接显示的“白岩心”,在岩屑录井剖面上,也有类似表现。

(2) 岩心滴水试验。岩心刚出筒,对中心含油部分滴水试验,含水油层有比较明显的渗水现象,水滴呈半珠状,继而扁平,反映了含油的自流孔喉系统与含水的滞流孔喉系统共生共存的特征。待岩心放置数日后重新试验,则水滴呈珠状,可在含油岩心面上滚动,这是滞流孔喉表面水分蒸发干燥后、因其渗透性极差水滴不能渗入的结果。

(3) 气测录井特征。采用灵敏气测仪随钻连续监测,在含油层段内,可见到烃类异常和氢气异常或同层出现或间互出现。如巴嘎多希含油构造赛79井,在腾一段厚层块状砂砾岩含油层段,连续见气测异常173 m/24层。在油组顶部、中部和下部,有98 m/11层是烃类和氢气异常同时出现,以烃类为主,组分齐全,组分比也颇似油层特征,但含有一定量氢气(0.8%~7.25%)。

(4) 岩石薄片鉴定。普通偏光片、铸体片和荧光片鉴定碎屑岩的组分、结构和成岩性,是否具有可能形成含水油层的一系列岩石学特征,以及孔隙与含油产状的非均质性。

(5) 油层物性分析。强调在含油层段选取不同显示级别的岩样系统分析,避免在含油好的部位加密选样的倾向。物性垂向变化大和中-低孔、低-特低渗透率储层,往往残存较多地层水。

(6) 压汞试验^{*}。选不同代表性岩样作压汞试验,计算含油喉道半径下限值;分析喉道分布频率直方图,判别是否具有双重孔隙结构特征;滞流孔喉系统在总孔隙体积中是否占有较大比例等特征,

根据压汞曲线多项结构参数评价储层微观结构。

(7) 同一块岩样的核磁共振测量结果^[11,12],和压汞试验得到的喉道半径频谱图十分相似(图4),这为研究储层微观孔隙结构提供了另外一条途径,其优点是能把测量井段任一点的孔喉结构都直观地表现出来。与压汞资料不同的是它缺少对微细孔隙喉道的进一步细分,影响了对不同孔隙水含量和产出情况的预测。

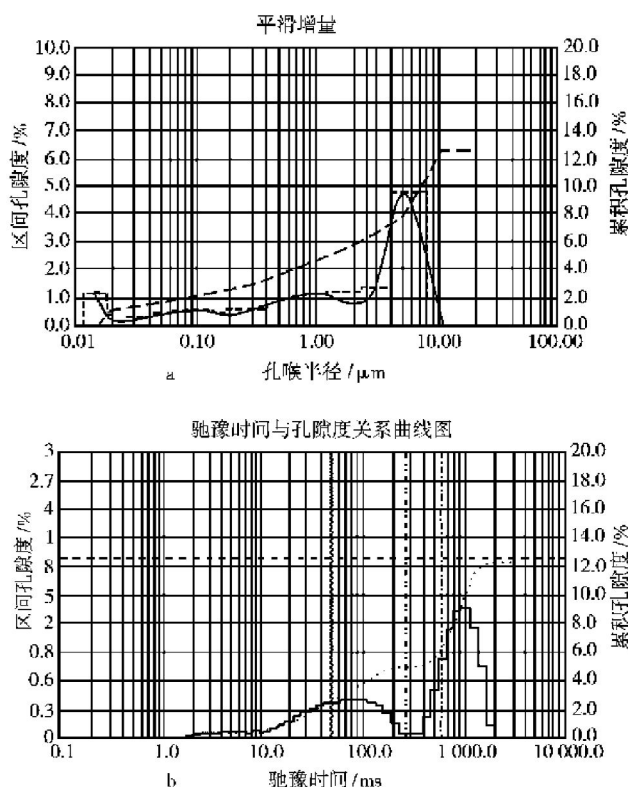


图4 同一岩样的喉道分布频率(a)和核磁共振测量结果(b)十分相似

Fig.4 Throat distribution frequency and test data from NMR of the same core sample are quite similar

(8) 油层测试是判别油藏(层)含水的最终办法。油层压裂、酸化后,要求返排率尽可能高,并采用先进工艺技术,把混在原油中的乳化水脱出来,使水性质的化验结论可靠。

从含水油藏产出的原生地层水,一般呈乳化状态与原油一起产出,油水分异较差,矿化度、微量元素与油水过渡带及其之下游离状态产出的地层水有一定的差别。因此,含水油藏电测井资料主要表现为油层电阻率偏低,水、干层电阻率又

* 尚慧芸. 石油地质实验新技术. 石油工业部勘探培训中心教材组, 1983. 315~347

相对偏高,储层的声波时差和自然伽马数值相对偏大,微电极分异较差。其原因一是由于含水油层的强非均质性和多变的孔喉结构,导致电测资料主要是反映了油水共存于岩层中所产生的电性特征;二是储层的粘土矿物中,如蒙脱石含量较高,增加了阳离子的交换量,促使泥质附加导电性增强,导致储层电阻率降低;三是高盐度的水分布在孔喉中形成了比较发达的导电网络,使油层电阻率降低。

3.2 评价与勘探

赵鹏大预测^[13]:根据人类当前对石油的消费水平,全球所剩下的探明石油可采储量只够用约40年。到21世纪中期以后,尽管还会有新油田被发现,但有利勘探领域终归是减少了,勘探难度和投资增大了,天然石油资源将越来越匮乏是总趋势。即使是有其他新能源担纲主位,至少石油作为特殊的化工原料是无可替代的。人类必将面对丰度和产量较低的这一部分油藏。从这一意义上讲,含水油藏仍是21世纪中后期的重要自然资源^[14,15],对它从勘探方法到理论研究,都需作相应的前期准备。

在当今技术条件和经济条件下,含水油藏仍然处于商业价值的边沿,他们中有的具自然产能,有的需经储层改造后才具有工业价值,有的暂不具备工业价值。这就要求在勘探中抓好三个环节:第一,在钻探阶段应尽早识别其是否属于含水油藏,并作好工业价值的动态评价,以便为下一步调整部署提供依据。有价值的,就按正常勘探程序继续实施,多拿商业储量;无价值的便“就此为止”,以避免造成实物工作量无效投入和资金沉淀。例如赛汉凹陷巴嘎多希构造上的第一口探井赛79井,以大型压裂后才勉强达到工业油流标准。该井在钻探过程中就已经表现出一系列油层含水特征,如能作好早期动态评价,就不会被它的近千万吨预测储量所误导,省去打第二口探井等后续的勘探投入。第二,对预探井获得较高产量的含水油藏,尤其低产油流井,通过压裂、酸化后

达到工业油流标准者,应通过探井试采,对其商业价值做出最终评价,尔后,再决定是否转入评价勘探阶段^[16]。第三,对在厚层块状含油层段进行测试时,如果首先测试油组下部出油带水,切不可认为中上部都是纯油层,人为地扩大含油饱和度;反之,如测试油组上部出油带水时,切不可为其下部都是水层,这样会丢失油层有效厚度。

参 考 文 献

- 1 张厚福,张万选.石油地质学[M].北京:石油工业出版社,1989
- 2 马光强,徐晓明,朱兆信,等.“最小含油圈闭”概念在油藏评价中的应用[J].录井技术,2002,13(4):60~64
- 3 石苏伟,余明发,余辰玉,等.岩石热解录井技术在油气层评价中的优势[J].录井技术,2002,13(3):23~28
- 4 费宝生,杜金虎.二连裂谷盆地群油气地质[M].北京:石油工业出版社,2001.134~135,96~120
- 5 罗蛰潭,王允诚.油气储集层的孔隙结构[M].北京:科学出版社,1986
- 6 余家仁,祝玉衡,高琨,等.二连盆地低渗透储集层研究[M].北京:石油工业出版社,2001.35~50
- 7 祝玉衡,张文朝.二连盆地储层沉积学[M].北京:科学技术出版社,2000
- 8 肖安成,杨树锋,陈汉林.二连盆地形成的地球动力学背景[J].石油与天然气地质,2001,22(2):137~140
- 9 王秀娟,赵永胜,文武,等.低渗透储层应力敏感性与产能物性下限[J].石油与天然气地质,2003,24(2):162~165
- 10 孙冬胜,金之钧,吕修祥,等.沉积盆地超压体系划分及其与油气运聚关系[J].石油与天然气地质,2004,25(1):14~20
- 11 欧阳健.加强岩石物理研究,提高油气勘探效益[J].石油勘探与开发,2001,28(2):1~5
- 12 曾文冲.测井学重大的技术进展与面临的问题[A].见:高瑞祺.石油勘探工程技术论文集[C].北京:石油工业出版社,2000.17~18
- 13 赵鹏大.矿产勘查理论与方法[M].武汉:中国地质大学出版社,2001
- 14 张抗.中国21世纪初期石油工业展望[J].石油与天然气地质,2001,22(2):95~99
- 15 张抗.对中国石油可采资源量的讨论[J].石油与天然气地质,2003,24(1):7~11
- 16 梁官忠,苗坤,党燕,等.夫特砾岩油藏储层特征研究及开发对策[J].石油与天然气地质,2000,21(2):151~156