

阿尔善地区含油饱和度低 而出纯油的储层

余家仁 唐阶庭*

(华北石油勘探开发研究院)

本区安山岩含油饱和度仅12.5%，砾岩仅23.4%，但出纯油。作者认为，目前室内测定的储层孔隙度为连通孔隙度，连通孔隙可分为非流动孔隙与流动孔隙两部分，出纯油与否取决于流动孔隙系统含油饱和度的高低。

阿尔善地区位于二连盆地马尼特坳陷东部。到目前为止，已发现4个油田，有砾岩、安山岩、凝灰岩及砂岩共4种储油岩。

本区于1986年至1987年先后进行了安山岩（阿100井）、砾岩（阿17-7井）、砂岩（阿403井）油基泥浆取心，测定了含水饱和度，并求出了含油饱和度。岩心无外来水的影响，岩石中所含粘土矿物失水影响甚微，分析数据可靠。安山岩及砾岩含油饱和度甚低，与试油时又产纯油相矛盾。

一、安山岩

安山岩是阿北油田的主要储油岩。它呈假整合状夹于下白垩统巴彦花群腾格尔组下部，呈绿灰色，具微晶至细晶玻屑晶屑交织结构，无橄榄石，辉石少见，斜长石呈短板状斑晶，在正交偏光镜下见环带状构造， SiO_2 含量为53%，以中性斜长石为主。安山岩厚度在100 m左右。

阿100井油基泥浆取心井段为663.26—779.09 m，实际取心进尺114.43 m，岩心长111.4 m，岩心收获率为97.4%。分析岩样108块，含油饱和度最大值为50.8%，最小值为0.3%，算术平均值仅12.5%，与该井试油时产纯油大为矛盾。

据阿100井66块岩心压汞资料，束缚水饱和度大于80%者占82.1%，80—65%者占4.5%，小于65%者占13.4%。由于安山岩储层孔隙喉道细微，故含水饱和度高。另据安山岩相对渗透率曲线图（图1），束缚水饱和度为70—90%。

阿100井安山岩有效缝面孔率与含油饱和度（图2）大致呈正相关关系，原油多赋存于裂缝或与缝连通的孔洞之中。不同结构和构造的安山岩，含油饱和度有明显的差异（表1）。含油饱和度纵向上总的变化趋势是：上部含油饱和度高，向下逐渐降低。

本文1988年11月1日收到。

* 参加研究工作的还有刘学军和梁官忠。

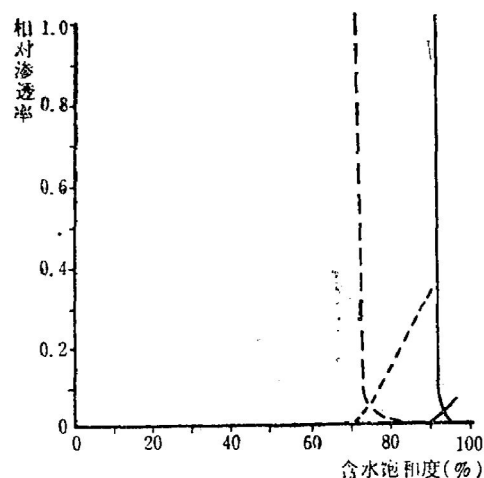


图1 安山岩相对渗透率曲线图

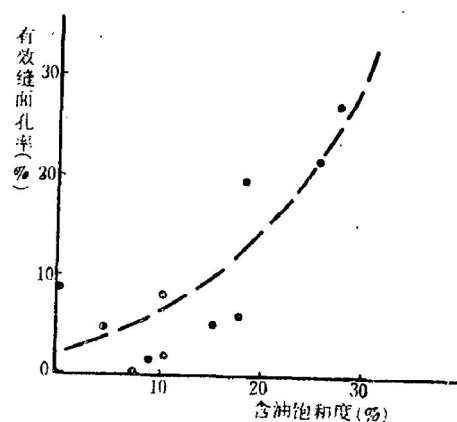


图2 安山岩缝面孔率与含油饱和度关系

表1 阿100井各岩类含油饱和度数据

岩 类	孔隙度 (%)	渗透率 ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	含油饱和度 (%)	样品数 (块)
含生物屑安山质角砾岩	10.5	1.09	24.5	3
角砾状安山岩	18	3.85	10.5	28
气孔、杏仁安山岩	19	2.43	9	56
致密块状安山岩	7	2.03	5.4	31

二、砾 岩

砾岩是蒙古林油田重要产油层之一，属下白垩统巴彦花群阿尔善组顶部，为河流洪积相沉积。碎屑以中基性、中酸性火山岩砾石为主，次为石英长石砂粒及火山岩碎屑。多为凝灰质胶结。粒径大者 $>100\text{ mm}$ ，小者 $1-2\text{ mm}$ ，分选差，呈棱角形至次圆形。砾岩总厚约 100 m 。

阿17-7井油基泥浆取心井段 $770.0-845.86\text{ m}$ ，岩心长 53.61 m ，收获率为 70.67% 。34块样品的含油饱和度最大值为 46.5% ，最小值为 3.4% ，算术平均值为 23.4% 。

在其他条件相同情况下，孔隙结构粗，含油饱和度高。依据阿17-7井压汞资料及实测含水饱和度所编制的小于 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 孔喉体积与含水饱和度关系图（图4）表明，两者呈正相关关系，微细喉道的孔隙体积愈大，则含水饱和度愈高。

另从喉道均值与含油饱和度关系图（图5），可以看到喉道均值大，含油饱和度高，两者亦呈正相关关系。据22块样品统计，砾岩油层孔隙喉道均值为 $6.8\text{ }\mu\text{m}$ ，相应地含油饱

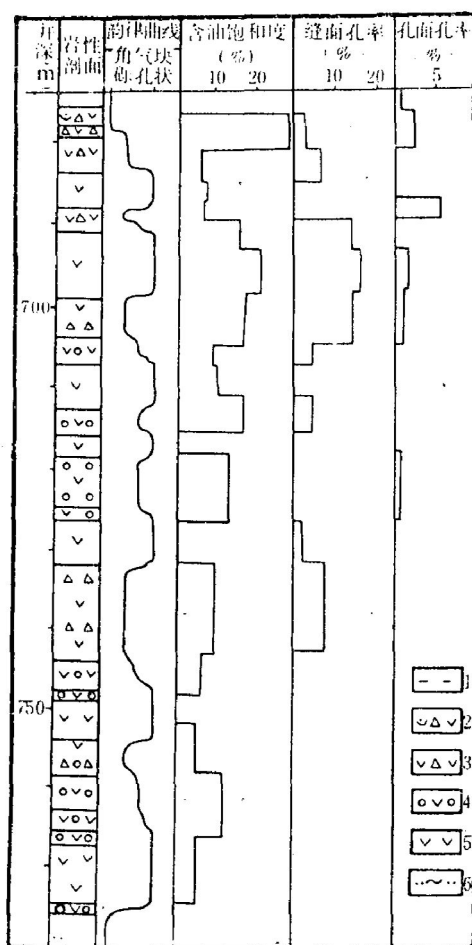


图3 阿100井安山岩韵律与含油饱和度
1—泥岩, 2—含生物屑火山砾岩, 3—角砾安山岩, 4—气孔安山岩, 5—致密块状安山岩, 6—凝灰质粉砂岩

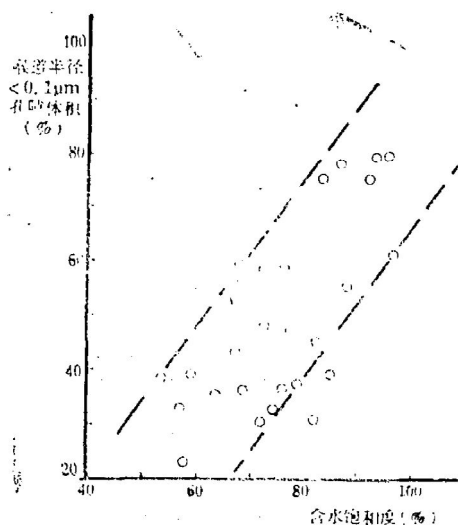


图4 阿17-7井砾岩孔隙结构与含水饱和度关系

和度为22—27%。据计算,砾岩储层流动喉道下限值在 $0.5\mu\text{m}$ 左右,小于 $0.5\mu\text{m}$ 的孔隙的体积,平均为60—70%,决定其含水饱和度高。另对4块岩样做油水相对渗透率试验,测得其束缚水饱和度平均值为56.6%。从上述资料看,孔隙结构细是决定其含油饱和度低的主要因素。

阿17-7井不同岩类的岩心含油饱和度有明显的差异(表2)。低渗透的致密火山角砾岩为非储油岩,砾岩及砾状砂岩渗透性较好,含油饱和度也高些,为储油岩。

阿17-7井岩心物性数据表(表3)表明:砾岩油层是较好的油层。经抽吸求产,抽36次,抽深730—770m,日产纯油2.28t。下伏火山角砾岩段,岩性致密,渗透性差,含油饱和度仅10.6%,为非储油层。上覆腾格尔组底部,物性一般,含油饱和度为16.9%,也不是理想的储油层。

三、砂岩

阿南油田产油层,属于腾格尔组一段及阿尔善组三至四段。主要岩石为砂、泥岩,局部夹有碳酸盐岩。砂岩是主要储油岩,中基性、

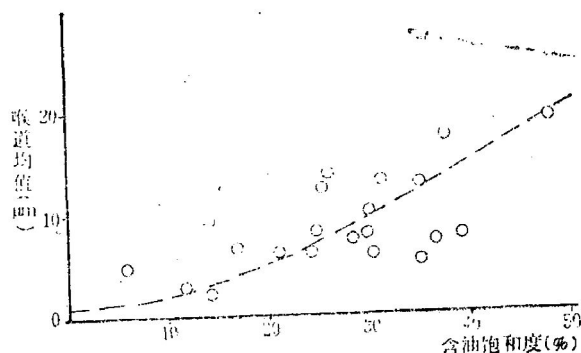


图5 阿17-7井砾岩含油饱和度与喉道均值关系

表2 阿17-7井各岩类含油饱和度数据表

岩 类	孔 隙 度 (%)	渗 透 率 ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	含油饱和度 (%)	样 品 数 (块)
砾状砂岩	22.0	12.9	23.6	7
砾 岩	18.5	126.2	26.0	20
火山角砾岩	18.9	2.05	9.7	4

表3 阿17-7井岩心物性数据表

层 位	岩 性	孔 隙 度 (%)	渗 透 率 ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	含油饱和度 (%)	岩 样 数 (块)
腾 格 尔 组	凝灰质粉砂岩及泥岩	23.5	37.4	16.9	5
阿 尔 善 组	砂砾岩及凝灰质砾岩	19.2	41.1	28.1	12
	砾状砂岩及砾岩互层	20.2	71.6	28.3	9
	火山角砾岩	18.3	1.8	10.6	5

中性及酸性火山岩屑含量较高，石英含量为41%，钾钠长石为25%。颗粒呈次棱至次圆形，分选差。泥质胶结为主，少见钙质及凝灰质，为孔隙式及接触式胶结。

阿403井油基泥浆取心井段1286.83—1648.4 m，岩心长361.16m，收获率为99.9%。501块岩样测定结果，含油饱和度最大值为95.5%，最小值为0.8%，平均值为50%。依

表4 阿403井各岩类物性统计表

岩 类	孔 隙 度 (%)	渗 透 率 ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	含油饱和度 (%)	岩样数 (块)
泥质岩	11.9	0.4	20.4	8
碳酸盐岩	11.1	1.1	36.4	17
粉砂岩	16.6	0.8	28.8	8
含油砂岩	20.2	137.7	71.4	92
油浸砂岩	17.3	7.2	48.7	106
油迹、斑砂岩	14.9	3.9	44.3	168

岩类统计的物性数据列于表4。含油砂岩属于好储油岩。油浸砂岩及油迹油斑砂岩属于差储油岩。粉砂岩、泥质岩及碳酸盐岩，物性差，含油饱和度低，为非储油岩。

一般地说，孔隙度、渗透率均高，含油饱和度也高。据阿403井岩心资料（图6），孔隙度与含油饱和度呈正相关趋势，这表明原油多赋存于粒间孔隙之中。阿403井孔隙度与渗透率也呈正相关趋势（图7）。据岩心观察，物性差者一般未见含油显示或

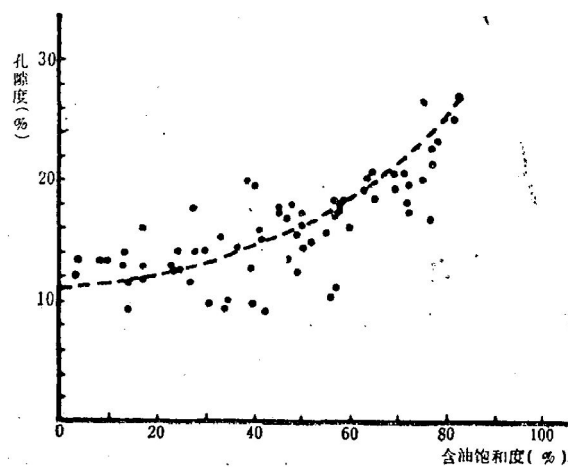


图6 阿403井岩心孔隙度与含油饱和度关系

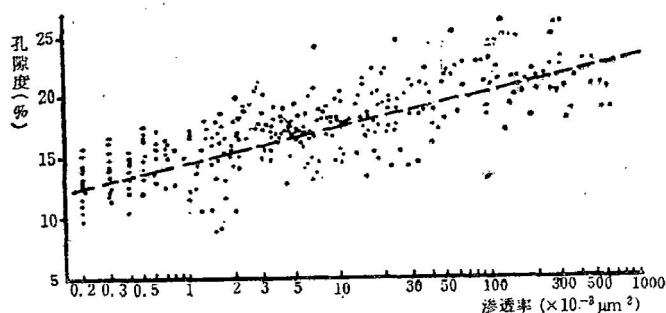


图7 阿403井孔隙度与渗透率关系

只见油迹油斑，物性好者多含油饱满。

根据电测解释，将油层部分划分为Ⅰ类（好油层）和Ⅱ类（差油层），见表5。

表5 阿403井Ⅰ、Ⅱ类油层物性统计表

油层类别	孔隙度 (%)	渗透率 ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	含油饱和度 (%)	岩样数 (块)
Ⅰ类 (好油层)	19.8	53.7	67.5	131
Ⅱ类 (差油层)	18.4	14.9	52.4	41

阿南油田砂岩油层，自上而下可分为一、二、三油组，各油组Ⅰ类层物性数据列于表6。

表6 阿403井分油组物性比较表

油 组	孔隙度 (%)	渗透率 ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	含油饱和度 (%)	岩数样 (块)
一	24.4	125.3	76.9	19
二	19.4	96.3	66.6	86
三	17.3	39.1	63.9	26

四、影响因素分析

影响油层含油饱和度的因素很多，如油层岩性、储集空间形态及其表面积大小、储集类型、油层温度压力、油柱高度、流体性质、孔隙结构等。现择主要因素简要分析如下：

1. 岩性与储集类型

本区气孔杏仁安山岩及具角砾结构的安山岩被证实为储集岩。其储集空间有气孔、砾间孔洞及裂缝。以裂缝为主要储渗空间。储集类型属于微孔隙裂缝型。砾岩以中基性及中酸性火山岩砾石为主，储集条件不理想，储集空间有砾（粒）间孔、溶蚀孔及砾边缘，储集类型属裂缝孔隙型。砂岩属孔隙型储集类型。

2. 渗流条件

本区三类岩石表面润湿性, 均为偏亲水。安山岩油层埋深 650—850 m, 地层压力为 6.72 MPa, 生产差 4.5 MPa, 原油比重 0.887, 地下粘度 65.7 mPa·s。流动喉道下限值为 4—6.5 μm , 主要流动喉道在 63 μm 以上; 砾岩油层埋深 740—840 m, 地层压力 7.39—8.32 MPa, 生产压差 5.74 MPa。原油比重 0.9002, 地下粘度为 150—233.5 mPa·s。主要流动喉道细砾岩为 2.5 μm , 粗砾岩为 10 μm ; 砂岩油层埋深 1200—1620 m, 地层压力 12.05—14.29 MPa。原油比重 0.8747, 地下粘度为 5.3—10.9 mPa·s, 流动喉道下限值为 0.4 μm , 主要流动喉道为 2.5—4 μm 。

以上资料表明安山岩及砾岩油层压力低, 原油比重大性质差, 储集层主要流动喉道宽, 非流动孔喉体积所占比例大, 相对含油有效空间体积小, 含油量减少; 砂岩油层压力大, 原油比重轻性质好, 储集层的主要流动喉道窄, 含油有效空间体积大, 含油饱和度势必增高。

3. 油柱高度

油柱高度对油藏含油饱和度有一定影响。阿北安山岩油藏, 油柱高度为 150 m, 油水过渡带 63 m。据压汞资料计算, 含油范围内原始含油饱和度为 14.75%, 与实测数据非常接近。由于油层孔隙结构细, 油水密度差小, 油柱高不够, 致使含油饱和度低; 蒙古林砾岩油藏, 油柱高度为 56 m, 油水过渡带为 8 m。据压汞资料计算, 油藏含油范围内含油饱和度低, 变化幅度大。需要油柱高度至少达 150 m, 含油饱和度才能趋向稳定。油水密度差小, 油柱高度不够, 原油不能克服较大的毛管阻力而进入较细的孔喉系统, 是造成含油饱和度低的重要因素之一。阿南砂岩油藏, 油柱高度为 420 m。油水过渡带 30 m。据压汞资料计算, 油藏底部油水过渡段, 含油饱和度为 0—65%, 往上变化幅度明显减小, 油柱高度增至 150 m 时, 含油饱和度趋向稳定。

4. 孔隙结构

三种岩类的孔隙分布直方图 (图 8、9、10), 反映其孔隙结构有明显的差异。

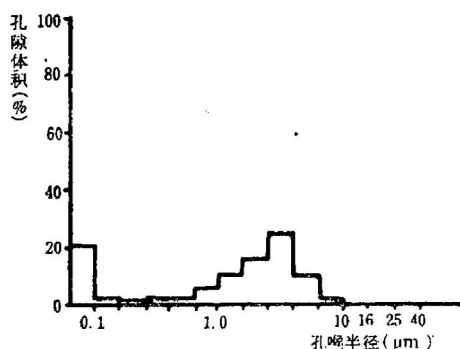


图 8 阿 403 井砂岩孔分布直方图

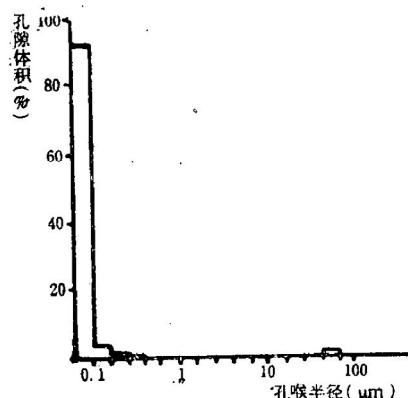


图 9 阿 7 井安山岩孔分布直方图

砂岩小于 0.1 μm 喉道的孔隙体积均占 20% 左右。大于 0.1 μm 喉道的孔隙体积为 80%。据相对渗透率实验资料, 束缚水饱和度为 38.9%。另据压汞资料, 非流动喉道孔隙体积为 30% 左右。

安山岩小于 $0.1\mu\text{m}$ 喉道的孔隙体积占90%，大于 $0.1\mu\text{m}$ 喉道孔隙体积仅占10%。这与肉眼所见岩心含油显示（多见于裂缝和与缝相连的气孔之中）相符合。据相对渗透率实验资料，束缚水饱和度为70—90%。非流动喉道的孔隙体积为90%。

砾岩小于 $0.1\mu\text{m}$ 喉道的孔隙体积为40%，大于 $0.1\mu\text{m}$ 喉道孔隙体积分布较分散。主要流动孔隙体积为30%，非流动喉道体积为70%。据相对渗透率实验资料，束缚水饱和度在60%左右。

依据上述三口井岩心分析资料所编制的非流动喉道孔隙体积与含水饱和度关系图（图11）反映：①非流动孔隙体积与含水饱和度两者呈正相关的关系。②不同岩类点有明分布区。如安山岩多在大于80%的区间内，砾岩分布于50—80%的区间内，而砂岩则分布在小于50%的区间内。

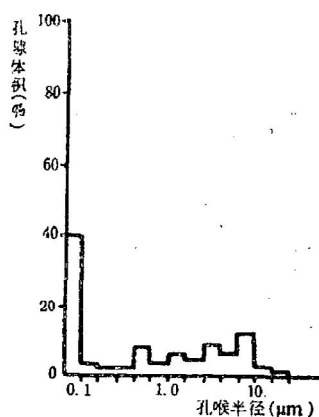


图10 阿200井砾岩孔分布直方图

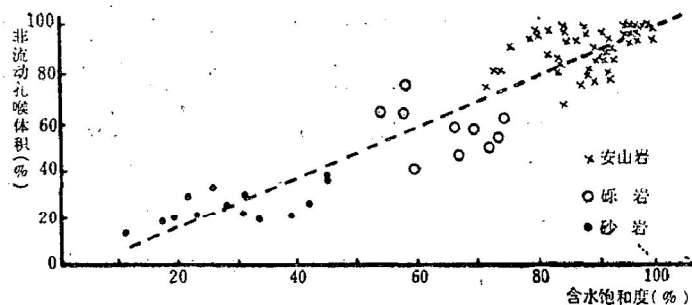


图11 阿尔善地区储层非流动孔隙体积与含水饱和度关系

由此看来，不同岩类的孔隙结构，是决定其含油饱和度高低的主要因素。人们往往认为，油层含油饱和度低于50%时不会出纯油。但本区安山岩含油饱和度平均值仅12.5%，砾岩含油饱和度仅23.4%，却出纯油。笔者认为储集层内的空隙空间，包括无喉孤立孔、洞在内；而目前室内所测得的孔隙为连通孔隙（不包括孤立孔洞），它可分为两部分：非流动孔喉系统（基质孔隙）和流动孔喉系统（含油有效孔隙）。有效流动孔喉系统含油饱和度的高低，决定出纯油与否。

对于流动孔喉系统占绝对优势的砂岩油层来说，含油饱和度低于50%者不出纯油。但对于裂缝型储集类型，非流动孔喉系统占绝对优势的特殊岩类储层来说，不能一概而论，要具体问题具体分析。

本文部分地引用了李淑明、段坚美、陈万富等同志的有关资料，在此一并致谢。

OIL RESERVOIRS OF LOW OIL-SATURATION IN ALXA REGION

Yu Jiaren Tang Jieting

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, North China)

Abstract

In Alxa Region, Eran Basin, oil saturation is as low as 12.5% for andesite and 23.4% for conglomerate, but pure oil is produced in oiltesting. The authors suggest that the productivity of pure oil depends on the oil saturation of flowing pore space but not that of available pore space.

四川探索运用三维地震技术直接寻找油气藏方法

与二维地震勘探相比较，三维地震具有能获得更为丰富的地震信息、解决精细构造形态和其它多种地质问题的能力。对于这一新的勘探技术，四川探区正在进行直接检测含气裂缝的探索。

试验区块被确定在川南的桐子园构造上。这个构造的阳新统气藏获得相当可观的天然气压降储量，是一个已知的中型含气裂缝圈闭。开展小面积的三维地震勘探，有助于获得更为精细丰富的地震信息资料，并借此进行直接检测含气裂缝的初步尝试。

根据勘探目的，已初步在这个区域设计8个条带、15条炮线，反射控制面积41.57km²、满覆盖面积为31.72km²的野外勘探工作量。资料采集工作由四川石油管理局地调处2318队担任，4月下旬已基本结束野外作业。所获地震资料已提交该处资料处解释中心进行处理。

(屈永志)