

川北地区大安寨段低孔渗油气层地质特征及勘探方法

王当奇

(地质矿产部西南石油地质局地质大队)

介屑灰岩是川北地区大安寨段主要储集岩，它的基质孔隙度、渗透率低；孔隙结构差，次生溶蚀孔隙、缝则是油气赋存与富集的主要空间。介屑油气藏是主要类型，具明显的非层状、非均质体特征。介屑滩相带是控制油气富集带的基础。

川北地区以大安寨段为主要目的层之一的陆相石油普查工作自1979—1985年告一段落。由于一开始就注意了区内大安寨段低孔渗油气层特征及控油因素的研究，以预测新油气田，指导勘探部署。因此，在普查阶段中取得了较好的效果，在西环带（八角场—石龙场）北段石龙场—柏垭地区已被证实为油气富集区；并在北环带（巴中县内的恩阳镇—复兴场）获得了较好的油气显示；同时，钻井资料也证实了在广大大安寨段滩盆中心区（仪陇—平昌半深水—深水湖区）含油气差。

本文试图阐明笔者对川北地区大安寨段低孔渗油气层中的工业油气藏的地质特征、控油气因素等，以期提出采用什么勘探方法才能更经济、更有效的勘探该类型油气藏。

一、大安寨段低孔渗油气层的主要地质特征

（一）储集岩岩性特征

川北地区大安寨段储集岩岩性主要为介屑灰岩，它是构成大安寨段各时期浅湖区内带介屑滩的基本成分。按其产状及在介屑滩中所处的位置以及与介页岩的配置关系，可分为四种组合类型。

1.巨厚块状介屑灰岩型：主要成分是介屑，含量为50—98%，以瓣鳃类碎片为主，多为亮晶、微晶胶结，不含或少含泥质，已知单层介屑灰岩厚达12.2m，是构成介屑滩的主体部分，也是川北地区最重要的油气层。

2.中厚层—块状介屑灰岩与页岩互层型：紧邻介屑滩靠向半深水湖区一侧，具工业油气流。

3.介屑灰岩条带与页岩频繁薄互层型（千层饼型）；位于介屑滩与半深水湖相的相变部位，是较有希望的储集岩，钻井后曾流出数吨原油。

4. 介屑页岩或页岩夹条带状介屑灰岩型：属半深水湖相沉积，含油气条件差。

上述储集层类型，在纵向上，它们依次相邻，可以单独构成油气藏，也可以构成复合型油气藏。在平面上，它们呈现出一定相关的规律性展布——围绕半深水-深水湖区呈环带状或半环带状。

(二) 洞、缝是工业油气赋存与富集的主要空间，也是主要渗滤通道

主要依据：

1. 介屑灰岩基质孔隙度、渗透率低，有效含烃饱和度亦较低，储集指数差，H50高，靠它们不足以形成工业油气藏。

据川北地区20口钻井，对大安寨段取芯807块进行的常规物性分析表明，介屑灰岩类543块，砂岩类147块，泥页岩类117块。其中，介屑灰岩基质孔隙度0.19—3.22%，平均值1.082%，而孔隙度>3%的样品仅占2.03%；渗透率<0.1—159.5md（后者有微裂隙），平均值1.29md，而>10md的样品仅占3.36%。

它与致密砂岩类物性相近，但较层间缝发育的泥页岩类差（见表一）。

表1 大安寨段三种岩类孔隙度、渗透率之区间值、平均值及各区间样品百分数表

岩性	孔隙度 (%)					渗透率 (md)						
	区间值	平均值	各区间样品百分数 (%)				区间值	平均值	各区间样品百分数 (%)			
			<1	1—2	2—3	>3			<0.1	0.1—1.0	1—10	>10
介屑灰岩	0.19—3.22	1.082	55.43	35.91	6.63	2.03	<0.1—159.5	1.29	67.72	19.78	9.14	3.36
砂岩	0.16—2.63	1.095	49.66	46.26	4.08	/	<0.1—4.63	0.14	89.12	9.52	1.36	/
泥页岩	0.3—7.20	2.11	26.50	24.79	244.79	23.95	<0.1—130.5	4.11	46.22	24.53	18.87	10.38

另据孔隙结构研究，大安寨段介屑灰岩最小含气喉道半径值为0.075 μm ，较常用的0.1 μm 小。在毛压曲线上读出的 $\geq 0.075\mu\text{m}$ 孔喉分布值（即有效含烃饱和度）的平均值并不高。这与大安寨段介屑灰岩基质值大、孔喉细的特点相吻合（见表二）。

表2 大安寨段介屑灰岩部分孔隙结构参数表

层位	样品个数 (个)	均值 (X)		平均喉道半径 (μm)		$\geq 0.075 \mu\text{m}$ / 孔喉分布值					
		区间值	平均值	区间值	平均值	区间值	平均值	各区间样品占总样品百分数 (%)			
								≥ 50	50—25	25—10	<10
大一下段	61	10.02—14.50	13.69	0.025—0.260	0.088	9.1—75.0	36.377	21.31	47.54	29.51	1.64
大二下段	39	12.42—15.06	13.91	0.033—0.242	0.091	11.0—62.20	30.51	10.26	43.59	46.15	/
大三下段	28	12.8—15.06	14.14	0.042—0.14	0.072	14.0—49.1	28.44	/	53.57	46.43	/

相应，储集指数差，H50高。如储集条件最好的川43井大一介屑灰岩，其基质储集指数仅为0.862；而H50则为28.73—166.21m，平均值>93.01m，比石龙场构造实际闭合高度（55m）大得多，很难想像会有工业油气产出。

2. 据石龙场川42、川43井大一段产层资料，介屑灰岩溶蚀缝、洞发育。川42井在钻至井深2952m时，进尺加快，介屑灰岩岩屑中方解石晶体增多，井漏泥浆186.36 m^3 ，随

后强烈井喷；川43井在钻到 2918 及 2919m 附近时，先后放空 4 和 2cm，并漏浆 205.15m³。从所取出的岩芯看，放空、井漏是由于溶蚀洞、缝所致，其孔隙度可达 7.28% 以上。

且川43、川30与川42三口井井间连通好，川42、川43两井相距7.18km，但只要两井之中的一井放喷生产，仅隔48小时，另一井井口压力即开始下降。

3. 从川42、川43井大一产层段测试压力恢复快（图1），或者经酸化后，曲线没有续流段及呈多台阶状的特征（图2），反映了以裂缝-溶蚀洞为主的多重介质的储集特

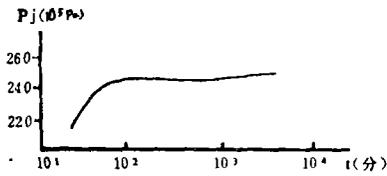


图1 川42井大一油气层压力恢复曲线

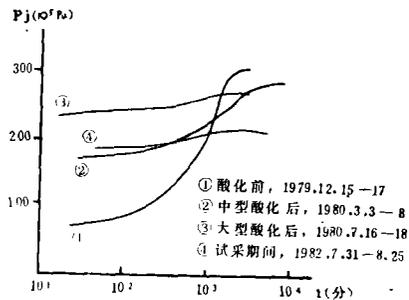


图2 川43井大一油气层压力恢复曲线

征不同于以孔隙型为主的低产井凹型压力恢复曲线型态（图3、4）。

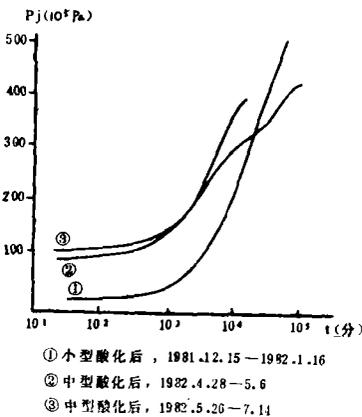


图3 川46井大一、三油气层压力恢复曲线

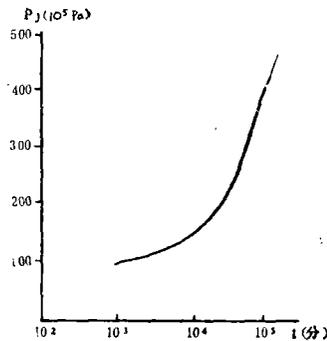


图4 川47井大三油气层压力恢复曲线

（三）岩性圈闭（包括成岩圈闭）油气藏——即介屑滩油气藏是大安寨段油气藏的主要类型

该类油气藏与现今局部构造分布范围存在以下三种关系。

1. 两者分布范围较吻合，如石龙场大一油气藏。
2. 两者部分吻合，如八角场大一、大三油气藏，主要分布在八角场构造东高点与平缓翼（南翼）上，而在西高点和陡翼（北翼）很少有工业油气井。
3. 完全不吻合，如八角场地区大一亚段，最高产油井之一角37井就位于该区南面的金孔向斜中，继后，在该区又有一批井投产。据此，在川北地区风仪向斜部位，发现了川

50井大二工业油气藏。另外，在洪山场向斜中的川57井大二千层饼型储集层中也流出数吨原油（未测试）。

（四）大安寨段介屑滩油气藏具有明显的非层状、非均质体的特征

大安寨段介屑灰岩都呈透镜体状，向湖盆中心与湖岸两个方向不仅厚度变化大，且含砂、泥量及颗粒组构均有很大变化。因此，不仅介屑灰岩基质储集条件变化大（图5、6、7），且工业油气赋存与富集的主要空间（溶蚀洞、缝）很不均一地分布其中，

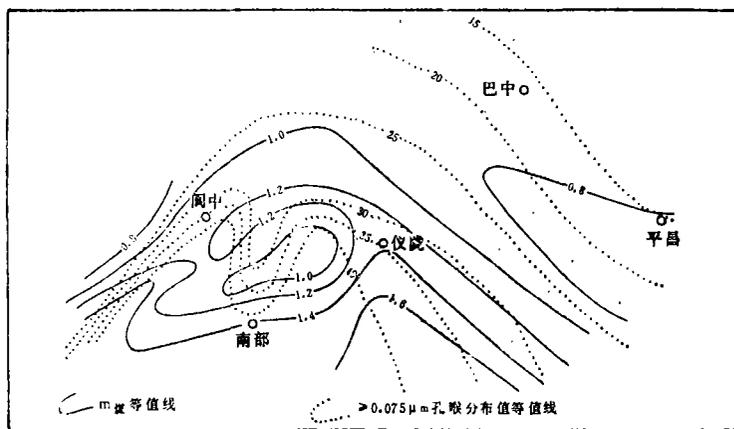


图5 大一介屑灰岩m煤>0.075μm孔喉分布值等值线图

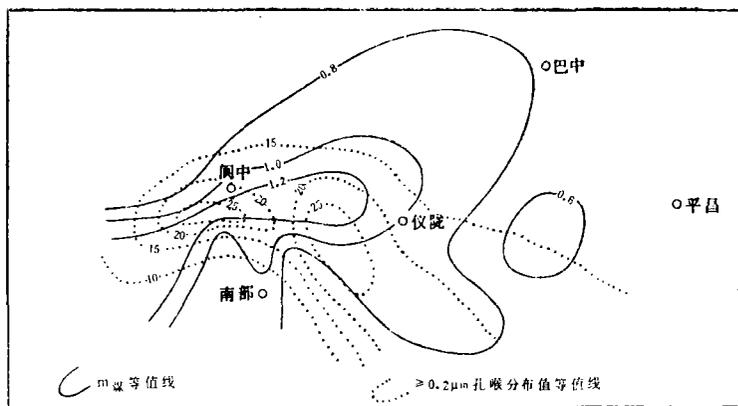


图6 大二介屑灰岩m煤>0.075μm孔喉分布值等值线图

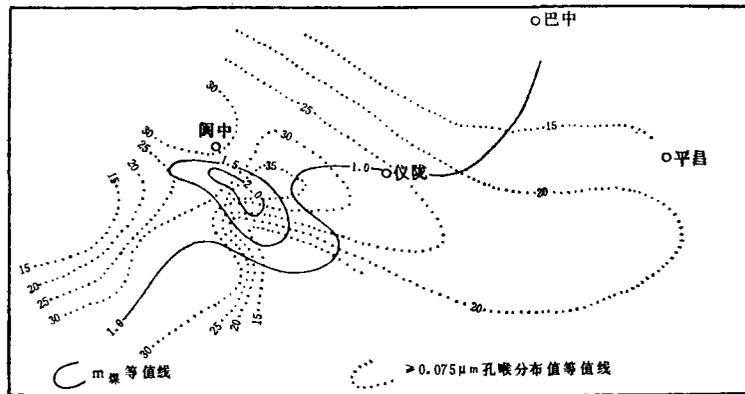


图7 大三介屑灰岩m煤>0.075μm孔喉分布值等值线图

在纵、横方向上变化很大。往往在相距很近的两口井中，一为高产井，另一则为低产井，甚至干井。我局钻穿和钻遇石龙场大一介屑滩的井有11口，但只有3口井产工业油气流，两口井仅低产，6口井无产能。且3口连通性好的工业油气井其产层层位也是上、下跳动的（图8）。

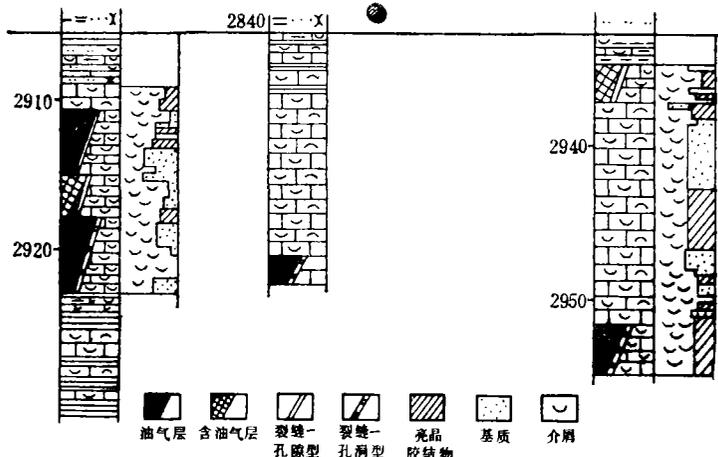


图8 一个压力系统内产层层位上、下跳动图

二、控制大安寨段工业油气藏形成的主要地质因素

剖析石龙场、八角场等工业油气藏不难得出如下认识：

（一）有利的生、储、盖组合配置沉积岩相带（主要是滩相带）是控制油气富集带的基础，这是基于大安寨段储集岩不利于较长距离的侧向运移所决定的。

据对川北地区大安寨段介屑灰岩基质油气二次运移研究，大安寨段各亚段介屑灰岩岩样的二次运移临界油气柱高度均可分为四类（表3'），按石龙场构造闭合高度55m 衡

量,绝大部分介屑灰岩岩样具有二次垂向运移的条件。但是,油气要富集成藏,还要靠侧向运移,而介屑灰岩基质就恰恰不利于侧向运移。因为,即使按川北地区最大地层倾角为 10° (实际上远小于这一数值),依公式 $L = H_D / \sin\theta$ (图9)分别计算的大一、大二及大三亚段I类临界油柱高度(H_D)最小值、平均值的侧向运移所需的连续油柱长度

表3 大安寨段介屑灰岩分类及样品数

类别	大一		大二		样品数	大三		样品数	
	H_D (m)		H_D (m)			H_D (m)			
	最小	最大	最小	最大		最小	最大		
I	0.75	5.00	18.0	9.7	7	1.25	5.0	4	
II	5.00	10.0	10	5.00	10	5.0	10.0	7	
III	10.0	35.0	23	10.0	35.0	13	10.0	35.0	6
IV	35.0	64.68	10	35.0	82.56	9	35.0	70.94	11

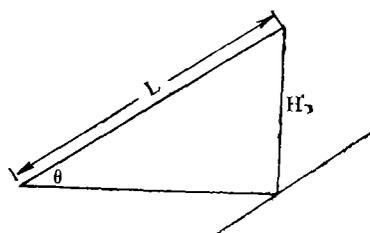


图9

资料(表4)表明,除大一亚段I类岩样最小连续油柱长度能勉强满足侧向运移条件外,其它均不能。也就是说,当油气尚未聚集到发生侧向运移的I类岩样中最小连续油柱长度和平均连续油柱长度时,就已具备突破II类,甚至III类介屑灰岩发生垂向运移的临界油柱高度(H_D)条件。如果再考虑大安寨段介屑灰岩多呈透镜体及岩性、物性多变的特点,就更不利于侧向运移。

因此,尽管大安寨段生油岩在进入成油高峰期(蓬莱镇期)时,川北地区存在一西高东低的极平缓斜坡($<30'$),但是,具体到川北地区大安寨段介屑灰岩的物性特点,侧向运移也是极其有限的。

川北地区大安寨段的有利相带是介屑滩相带,它是环绕湖盆中心区(半深水-深水湖区)的浅湖区内带呈环状或半环状展布的(图10)。

八角场-石龙场介屑滩相带是位于西环带的有利相带,该带高能介屑滩发育,具质纯、厚大介屑灰岩体沉积,为成岩后生作用改善储集条件创造了物质基础,且还由于该带处于半深水与浅水交替的地带,因此,黑色页岩可厚达50余米,富含有机质,生油能力好。横向上毗邻仪陇半深水-深水湖区,介屑滩与黑色页岩呈“指状”接触,纵向上介屑滩与黑色页岩呈“下伏式”、“上覆式”或“互层式”接触,具良好的生、储、盖组合。油气运移距离短,是自生邻储的介屑滩油气藏形成的良好相带。

另外,巴中恩阳镇、复兴场的钻井资料证实了北环带也存在有利的滩相带,并获得了较好的油气显示或低产油气流,展示了在该滩相带存在工业油气藏的前景。

(二)在有利的介屑滩相带内,有利的成岩后生作用形成的次生溶蚀孔洞带,是控

表4 大安寨段I类岩样侧向运移所需连续油柱长度表

层位	项目 地层倾角 (度)	工业岩样侧向运移所需 连续油柱长度(m)	
		最小	平均
		大一	4.318
大二	5.584	17.185	
大三	7.196	17.991	

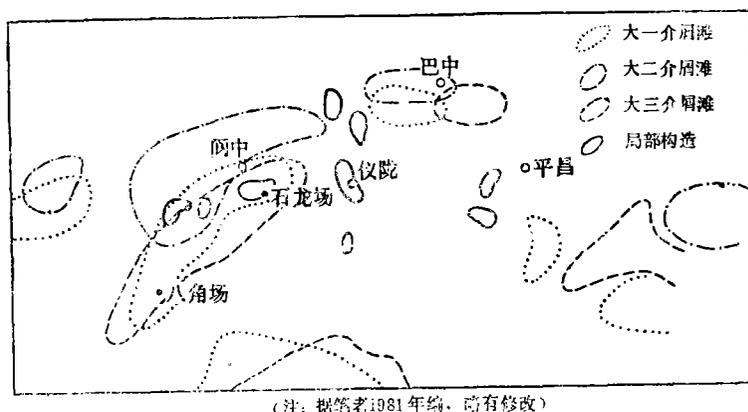


图10 川北地区大安寨段滩相带分布草图 (1:20万)

制介屑滩工业油气藏形成的必要条件。它与介屑滩形成后的发育史及展布特征密切相关。

铸体薄片及阴极发光等资料表明, 川北地区大安寨段介屑灰岩经历了复杂的成岩后生作用。当大安寨段生油岩进入成油高峰期(蓬莱镇期)时, 介屑灰岩原生孔隙经过了以胶结作用为主的压实、压溶及重结晶等作用的破坏, 保留不到1%, 甚至完全消失。只有不同期的溶解作用阶段才可能形成有储集意义的溶蚀孔、洞、缝。

川北地区大安寨段介屑灰岩至少经历了三期溶解作用, 其中, 对储集油气有意义的是成岩期中的较晚的二、三两期溶解作用。

第一期溶解作用发生在早期成岩阶段, 由于介屑滩早期暴露水面接受大气淡水淋滤, 或者孔隙水成分淡化, 致形成一些铸模孔和粒内溶孔等。但孔隙均被隐晶硅质和泥质胶结, 无储集意义。

第二期是大安寨段末, 川北地区巴中以南普遍抬升, 大安寨段湖盆结束, 转入河流相和湖岸平原相沉积, 而巴中的北东部却保持了湖相连续沉积。于是, 使巴中以南, 几乎包括围绕大安寨段湖盆中心区展布的所有介屑滩, 在不同程度受到大气淡水淋滤, 这是一次区域性的、较宏伟的溶解作用阶段。由于地壳是自西南向北东方向抬升, 相应, 地表迳流及地下水方向也是自西南向北东, 因此, 西南环带的蓬桂地区及西环带的八角场—石龙场地区介屑滩的溶蚀孔、洞、缝较北环带发育。表现为孔、洞、缝连片, 面积较大, 数量也较多。石龙场介屑滩计发现洞293个, 占川北地区发现总洞数的81.39%。它们之中的相当部分被无色透明粗大方解石晶体充填。但是, 仍有相当部分空间被保留, 同时, 还有部分方解石晶体再次被溶蚀成孔、洞, 均为油气所充填。不少井放空、井漏的发生可能多数与这期间形成的溶蚀缝洞有关。是工业油气赋存的主要场所。

第三期溶解作用发生在大安寨段生油岩进入成油高峰期(蓬莱镇期)前, 由于脱羧作用产生的 CO_2 、 H_2S 与粘土岩中的蒙脱石、高岭石脱出的层间水、晶格水结合形成的酸性水溶液对邻近介屑灰岩的溶蚀, 进而形成有选择性的晶间溶孔、粒间溶孔、壳内晶间溶孔、壳间晶间溶孔以及其它一些无选择性的溶孔。它们之中的部分被隐晶硅质、炭、泥质、高岭石充填, 未充填部分连通孔隙度不高, 约为1—3%, 但分布广, 可作为工业油气的部分补给来源。

显然,介屑滩的主体部位、面向生油凹陷一侧的介屑滩以及与页岩直接接触的介屑灰岩更有利于溶蚀孔、洞、缝的形成。是利于相带内形成工业岩性油气藏的有利部位。

(三)后期构造运动所形成的局部构造、构造裂缝,仅仅只在介屑滩已控制油气藏形成的基础上起作用。一是分异,使气往局部构造高点上富集,形成工业凝析气藏。二是裂缝使各孤立的或小片的溶蚀孔洞区连成面积大一些的、统一的油气藏,石龙场大一凝析气藏可能属这一类型,因为石龙场大一介屑滩内的统一缝洞系统已超越了石龙场构造范围,测试压力资料表明,向西已伸到向斜部位的川50井大一段介屑灰岩。三是裂缝也起逸散、再聚集作用,使某些大安寨段岩性油气藏往上逸散再聚集,川48井千佛崖组下段3067.23—3073.07m杂色砂质泥岩中形成的极小型油气藏是一例证。但是,由于川北地区构造应力不强,因此,它们不能从根本上改变早已形成介屑滩油气藏的分布格局。这就是为什么在有利的介屑滩相带上,如前所述的不仅背斜构造上、鼻状构造上有油气藏,而且向斜部位、平台上及斜坡上也有油气藏的原因。

几年来,在川北地区有利相带中钻遇或钻穿大安寨段13口井(西环带11口,北环带2口),有4口井获工业油气流(不包括千佛崖组2口工业油井),成功率30.77%。另外,还有3口井获低产油气流。而广大湖盆中心区及介屑滩相带向湖岸方向一侧的钻井资料表明,没有一口井获得工业产能,只有个别井有小产(比低产还低)。

综上所述,可以认为,在大安寨段超低孔渗油气层中,形成工业岩性油气藏的有利地区,应该是围绕半深水-深水湖区展布的浅湖区内带的介屑滩相带内的介屑滩主体部位、面上生油凹陷一侧的介屑滩以及与黑色页岩直接接触的介屑灰岩的部位。相对而言,西南环带、西环带介屑滩较北环带介屑滩好。当然,在这些部位,有局部构造的存在更好。

三、勘探方法

基于上述油气层地质特征及油气藏形成条件,笔者认为,勘探该类低孔渗油气层中的工业油气藏的有效方法是:

第一、根据周边地质资料及盆内现有钻井地质资料,对沉积岩相、成岩后生作用及油气关系进行研究,了解生、储、盖岩相带的展布,从区域上圈出有利于岩性油气藏形成的部位——介屑滩相带。自1980年3月—81年12月,笔者对川北地区大安寨段沉积相进行了研究,提出了川北地区大安寨段沉积相进行了研究,提出了川北地区大安寨段沉积模式及找油思路,圈出了有利于介屑滩相带形成的湖相部位(见参考文献4),大的勘探方向基本确定。

第二、在已确定的介屑滩相带上,布置地震研究工作是勘探非均质体介屑滩油气藏的重要方法。

1.编制大安寨段顶面构造图。有利相带内的局部高点及局部鼻状构造往往是发现大安寨段介屑滩缝、洞型油气藏的先导,川北地区大安寨段第1口工业油气井是在有利相带内的局部构造高点(石龙场)发现的,继后,一批钻井发现了石龙场大一介屑滩缝、洞系统。

2.加强地下深处岩性圈闭的研究,只要在有利的相带内存在岩性圈闭,就有可能获得工业油气流。

第三、由于作为油气补给来源的储集岩基质孔隙度、渗透率低,孔隙结构差(即大均值、细孔喉)。因此,在战术上必须加强钻井液的研究,并尽量做到快速平衡钻进及快速测试。

同时,加强缝、洞型油气层的测井解释判别及测试工艺方面的研究,是勘探大安寨段低孔渗油气层中的工业油气藏的必不可少的重要环节。

本文引用了黄恒铨同志的一些资料,成文后,王晓君、王胜同志又提出了宝贵意见,在此致谢!

(收稿日期:1986年1月12日)

参 考 文 献

- 1.罗蜚潭、王允诚、邓恂康 川东中石炭统碳酸盐岩储集岩的孔隙结构研究——《石油与天然气地质》,第3期,1983。
- 2.曲志浩 储集岩最小含油喉道半径之确定及其在油藏评价中的应用——《油田开发论文集》,第1集,1982。
- 3.曲志浩 最小含油喉道半径在油藏评价中的应用——《石油学报》,第3期,1983。
- 4.王当奇 对川北地区大安寨段沉积环境及找油意义的认识——《石油实验地质》,第3期,1983。

THE GEOLOGICAL CHARACTERS OF THE TIGHT
OIL/GAS RESERVOIRS IN DAANZHAI SECTON
NORTHERN SICHUAN AND THE EXPLORATION
TECHNIQUE FOR IT

Wang Dangqi

(Southwest China Bureau of Petroleum Geology,
Ministry of Geology and Mineral Resources.)

Abtsract

Coquina is the main reservoir rocks in Daanzhai Section of northern Sichuan, but its porosity, permeability and pore geometry are quite poor. The secondary dissolution pores, caves and fractures constitute most of the space for the storage and accumulation of oil/gas. The main type of the facies of oil/gas pools is shelly bank with nonstratified and inhomogeneous characters.

The shelly bank facies controls the enriched oil/gas zones. The local structures and fractures formed in the later stage of the tectonic movement did not rework much the shelly bank oil/gas pools and did not significantly redistributed the previously formed oil and gas pools. Therefore, the exploration of commercial oil/gas pools in the section of northern Sichuan should be focused on the main body of the shelly bank located in the interior zone of shallow water lacustrine facies surrounding the subdeep-deep water lacustrine facies of the oil-generative depression.