

圣灯山二叠系裂缝气藏解剖

陈宗清*

(四川石油管理局地质勘探开发研究院)

内容提要 本文根据大量地质、钻采和物探资料,对四川圣灯山气田下三叠统嘉陵江组气藏进行了解剖。认为由于断层分割,裂缝发育不均,而具有多种类型裂缝性气藏。发现地腹裂缝发育与地震剖面上的可疑反射和无反射段密切相关,前者是裂缝发育带的反映,后者常伴有断层。这一发现为老气田裂缝发育带的预测和二次勘探、开发提供了依据。

主题词 四川盆地 圣灯山气田 下三叠统 气藏类型 地震反射 裂缝

四川隆昌圣灯山气田是我国老气田之一。1943年钻探,翌年发现下三叠统嘉陵江组(T_{ij})气藏,1945年投产,80年代末仍产气。已钻井33口,其中探三叠系23口、二叠系9口、寒武系1口。钻井主要分布在构造主体部位22.3km²面积内,平均0.77km²一口井,已属高密度勘探开发区。但 T_{ij} 仅有隆1、2、8、9、21、23及27等7口井获气,勘探成功率仅24.1%,即使以专探 T_{ij} 的井计,成功率也仅30.4%。为总结经验,预测未来,更有效地勘探、开发老气区,本文据历年地质、钻采和物探资料,对 T_{ij} 气藏进行了解剖,以期有助于日后四川地区碳酸盐岩裂缝气田的勘探和开发。

致密碳酸盐岩决定了储层性质

圣灯山嘉陵江组(T_{ij})气藏的岩性以碳酸盐岩为主,纵向五分: T_{ij1} 为石灰岩与泥灰岩不等厚互层,厚180~200m; T_{ij2} 以碳酸盐岩为主夹页岩及石膏岩,厚100~110m; T_{ij3} 为石灰岩,厚110~120m; T_{ij4} 下部为白云岩

夹石膏岩,上部为石膏岩夹白云岩,厚110~140m; T_{ij5} 为石灰岩夹泥页岩及白云质灰岩,厚30~60m。作为隔盖层的石膏岩和泥页岩主要集中在 T_{ij4} ,次为 T_{ij2} 。储层为各段的石灰岩、白云岩及泥灰岩,而以 T_{ij1} 、 T_{ij3} 及 T_{ij5} 为主。储盖层交互叠积,在正常情况下应是多气层,但区内储层因裂缝常穿越隔盖层而上下连通。

据11口井947个岩样分析,储层的孔隙率一般1%~2%,渗透率 $>10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。尽管中三叠世末期的印支早幕运动曾使本区上升为陆,中三叠统雷口坡组(T_{2j})已剥蚀殆尽, T_{ij} 也遭到了不同程度的溶蚀,但从已钻井看,仅于隆17井 T_{ij4}^1 (距侵蚀面38m)和隆28井 T_{ij3}^1 (距侵蚀面276m)分别遇了0.42m和0.2m放空外,岩心中亦很少见溶蚀孔缝,说明溶蚀形成的孔缝并不普遍,特别是大洞、大缝更少。同时考虑到整个构造在 T_{ij4}^1 均有数十米厚的石膏岩,欲溶穿这套石膏岩而使其下的碳酸盐岩形成疏松溶孔状储层亦很难。因此,隆28井 T_{ij3}^1 放空,很可能是由于位处

构造顶部因褶皱脱空或断裂破碎所致。

基于上述,并考虑到各井气水产量相差悬殊,从干井到产水 $>6600\text{m}^3/\text{d}$ 不等,如认为这些水是源于孔渗性差而溶孔又不发育的储层中,显然是不可能的。因此,唯一的可能是来自以低孔渗为基础、以裂缝为通道的裂缝—孔隙型储层中。由于裂缝发育不均,故产量相差极大。

背斜轴部嘉陵江组 小逆断层发育

圣灯山背斜轴向近东西向,最老出露上

三叠统香溪群香四段(T_3h_4)。两翼近对称,倾角 $10^\circ\sim 25^\circ$,上下构造形态基本相似。地面构造除北翼薄刀岭逆断层延伸长达 14km 、最大断距达 176m 外,其余断层甚小,主要分布在背斜两端。地腹 T_{ij} 构造向东延伸甚远,西段主体构造圈闭完整,呈短轴背斜,长 9.5km ,宽 2.5km ,闭合面积 22.3km^2 (图1)。

T_{ij} 主体构造已钻井29口,主要集中在顶部和轴部。轴部逆断层发育,除个别井外,各井于 T_{ij} 皆遇断层,共有断点41个,其中隆1、2、9及10等井甚至连断三次。据各井所处构造部位,参考地震断层倾向,先对各井断

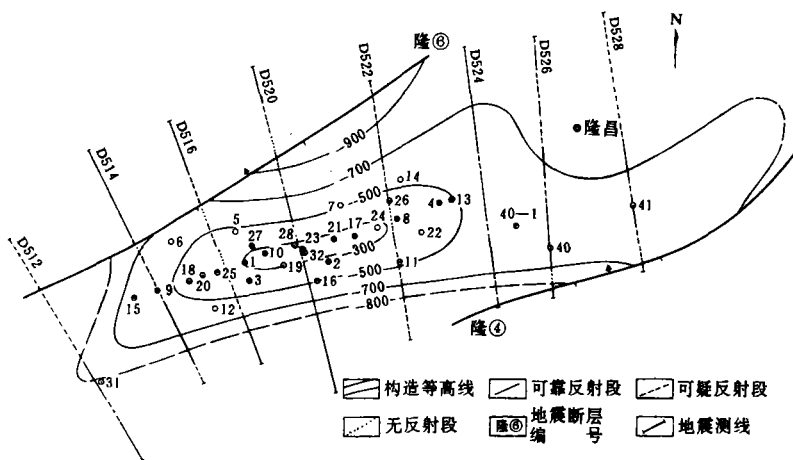
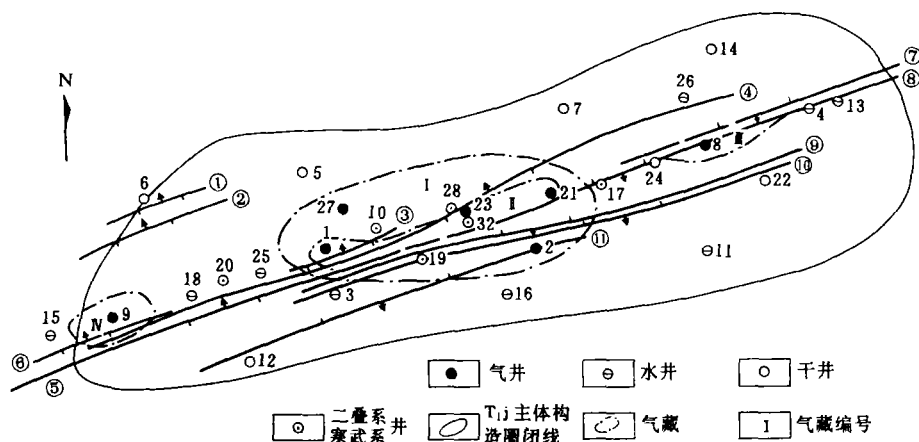


图1 圣灯山气田 T_{ij} 顶界构造及地震反射品质图

点倾向作出确定,再据各井断点的断开层位、海拔高程、断距变化及断点连线延伸方向等,确定 T_{ij} 主体构造部位至少存在11条断层(图2)。断线长 $1\sim 10\text{km}$,一般 $3\sim 6\text{km}$;断距一般 $<60\text{m}$,最大达 120m 。其特征为平行集中在不到 1km 宽的构造轴部,且西段北侧紧邻北倾隆⑥大逆断层,断层多向北倾,东段多为南倾。这显然是受南北向水平侧压,在应力集中的构造轴部形成纵张缝后,随之伴有逆时针扭动所致。所以,断距一般较小,断层不是倾轴而是倾翼。从⑤、⑧断层产状也明显可

见有扭动存在,该两断层很可能为同一条断层(仅隆32与10井间连结根据不足),如果二者相连则为一扭转断层,枢纽点正在隆32与10井之间,该处两条断层的断距最小,分别为 42m 及 43m ,向东西两端则分别增大至 93m 及 120m 。但是,正是由于有扭动存在,使构造形成时已经张开的缝却又再闭合,大大降低了储层的有效空间和连通性。因此圣灯山 T_{ij} 气藏尽管断裂发育,但储层有效空间仍相对较差。

图2 圣灯山气田 T_{1j} 断层及气藏分布图

然而,重要的是这些已证实的井下小断层与地震反射品质之间有着密切的关系。从图1、3可看出,它们多位于 T_{1j} 顶(Ⅲ层)、底(Ⅳ层)两个反射层的无反射和可疑反射段上(有时在Ⅲ反射层上,有时在Ⅳ反射层上,或

遇断层的机率最高,而在可疑反射段内则时有时无。这实际上反映岩层破裂与地震反射之间的关系。当岩层破裂后,如断距较大,在地震反射剖面上易于划出来;如断距甚小,不到一个相位,则同相轴仅会呈现波形变化、跳动、消失而不连续;如有多个小断层毗邻存在,并使岩层破碎、产状紊乱,则同相轴会出现反射零乱或空白带。因此,地震剖面上出现大段无反射段时,往往是有多个小型断层存在的反映,如地震 D522、D520、D516 和 D514 等测线即是。可疑反射段反映岩层受力破碎的程度不如无反射段那样强烈,但已有伤害,表现在地震剖面上同相轴不连续,这种不连续也可能是有小断层存在的反映,如隆9井;但更大的可能是岩层破裂严重,裂缝发育,如隆11井。该井位于构造东段南翼,Ⅲ、Ⅳ反射层均为可疑反射,井下未遇断层,但经测试 T_{1j} 有三段产水(表1),其中 $T_{1j4}^1-T_{1j2}^3$ 井段产水达 $4396.6\text{m}^3/\text{d}$,说明储层裂缝发育。若对距地震测线 $<500\text{m}$ 的井进行统计,钻在可靠反射段的井有4口,获水井1口,占25%;钻在可疑和无反射段的井共12口,

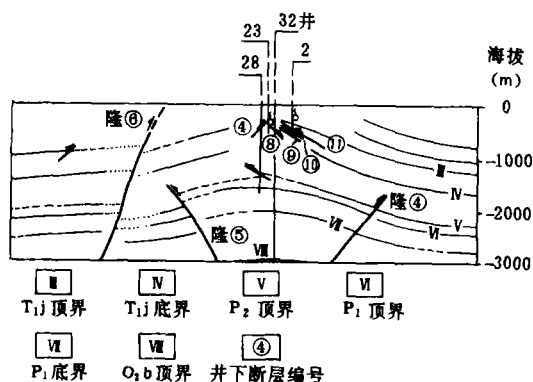


图3 圣灯山气田地震 D520 测线横剖面图

二者兼有)。在轴部和顶部的无反射和可疑反射段内的22口井中,除隆21、23及27井未见断层外,余者均有断层,占总井数的86.4%。其中,尤以分布于无反射段内的井钻

表 1 圣灯山气田 T_{ij} 水层与断层关系表

井号	层 位	井 深 (m)	水 量 (m ³ /d)	水层与断层关系
隆 1	$T_{ij5}^{2\sim3}$	499~546.5	1481	③断带上
隆 1	T_{ij4}^4	565~629	大水	④断面上 22.5~86.5m
隆 2	$T_{sh} - T_{ij4}^4$	546.9~601.3	29.4	
隆 2	T_{ij3}^3	911.2~928.3	48.3	⑨断面下 39.7~56.8m
隆 3	$T_{ij4}^3 - T_{ij3}^2$	749~863.5	13.2	⑩断面上 22.5~137m
隆 4	$T_{ij5}^{1\sim2}$	783.4~804.9	28.6	⑧断面下 56.9~78.4m
隆 8	$T_{ij4}^2 - T_{ij3}^3$	896~917	66.2	⑧断面下 66~87m
隆 9	$T_{ij4}^{2\sim3}$	898~908	4.0	⑥断面上 74~84m
隆 9	$T_{ij4}^{2\sim3}$	910.5~913	80.9	⑥断面上 69~71.5m
隆 9	$T_{ij4}^1 - T_{ij3}^3$	939.5~957.5	6651	⑥断面上 24.5~42.5m
隆 9	$T_{ij2}^{2\sim3}$	1194~1242	1.9	⑤断面下 32~80m
隆 11	T_{ij4}^4	748.5~827.5	26.9	
隆 11	$T_{ij4}^{4\sim1}$	839~879	26.3	
隆 11	$T_{ij4}^1 - T_{ij3}^3$	905~1031.5	4396.6	
隆 13	$T_{ij5}^2 - T_{ij4}^4$	771~790	2.0	⑦断面上 2.5~21.5m
隆 15	T_{ij5}^1	970~980	1.1	⑥断面下 23~33m
隆 15	$T_{ij4}^1 - T_{ij3}^2$	1273~1320	26.1	⑤断面下 12~59m
隆 15	T_{ij3}^2	1191~1213.5	4.5	⑤断面上 47.5~70m
隆 16	$T_{ij3}^1 - T_{ij2}^3$	1038~1059	7.7	⑪断面下 22~43m
隆 18	$T_{ij4}^1 - T_{ij1}$	869.6~1175.2	1.4	⑤断面下 125.1~430.7m
隆 21	$T_{ij4}^4 - T_{ij1}$	795.7~1215	1.8	
隆 21	$T_{ij3}^2 - T_{ij2}^2$	905~1072.4	2.6	
隆 25	$T_{ij3}^2 - T_{ij2}^3$	906.7~1056.5	1.8	跨⑤断带
隆 26	$T_{ij3}^2 - T_{ij1}$	1025.5~1285	3.2	④断面下 203~462.5m

获气、水井 8 口,占 66.7%。说明可疑反射和无反射段的孔缝远较可靠反射段的发育。这是因为当地腹岩层破裂严重、裂缝发育时,岩层孔隙空间增大,无论孔缝中含的是何种流体,特别是含了气体后,都会使岩层总体密度降低,速度变小,频率降低^{〔1〕},振幅增强,从而导致地震反射波呈不连续、零乱或无反射之故。因此,地震剖面上的可疑反射和无反射段可作为预测地腹裂缝发育与否的重要标志。当然,目前地震反射资料的好坏,尚受激发、接收条件、岩性岩相变化、资料处理和解释等

因素的影响,但是只要避开了这些因素的影响,预测仍是可靠的。为避免非地质因素的影响,在预测裂缝发育时,一般采用以下原则:(1)反射层(或与之相邻一个反射层一起)为局部可疑和无反射段,而上、下反射层都是可靠反射;(2)在两条测线交叉处都是可疑反射或无反射段,但不是大面积的可疑或无反射区;(3)断层两侧反射层一般为<1.5km(包括上、下盘)的可疑或无反射,而且相邻测线同一断层两侧的反射特征有相似性。

裂缝分布与构造的关系

以构造西段钻井最多的主体部位为例,并把测试产气 $<0.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 或产水 $<1 \text{ m}^3/\text{d}$ 的井视为微气、水井来讨论。

1. 裂缝与背斜的关系

圣灯山气田西段主体部位 T_{ij} 已钻井 29 口,除以二叠系阳新统(P_1)为目的层的隆 10、17、20、28 井及寒武系为目的层的隆 32 井外,其余 24 口井都对 T_{ij} 进行了测试。共测试了 117 个井段,产气、水的有 58 个井段,占测试井段的 49.6%,其中产气 $>0.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的井段 11 个,产水 $>1 \text{ m}^3/\text{d}$ 的 28 个,二者仅占测试井段的 33.3%,说明裂缝特别是有效缝不太发育。这可能与构造形成时伴随的扭动压力有关,不但形成了众多的小逆断层,并使已张开的缝重新闭合。

干井主要分布在两翼,如北翼的隆 14、7、5、6 井和南翼的隆 12 井。该五口井测试 23 个井段,总厚达 1218m,平均每口井测试 5.6 个井段,测试厚度 243.6m。说明构造两翼的裂缝很不发育,但在地震剖面上有可疑反射段时,裂缝则可能很发育,如南翼的隆 11 井。

沿构造轴部和顶部的 17 口井,经测试产气 $>0.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、产水 $>1 \text{ m}^3/\text{d}$ 的井有 14 口,占 82.4%,但其中隆 19、22 及 24 等 3 口井气水产量仍甚微。隆 19 与 24 井均位于构造顶部轴线附近,并各钻遇两条断层,经多次测试气水产量均甚微,表明位于轴、顶部井有断裂穿切的井,其裂缝不一定发育。但是,如果钻在构造轴部或顶部的地震可疑反射段上,裂缝则相当发育,如西端轴部的隆 9 井,经测试有 2 个井段产气、4 个井段产水,其中⑥断层上盘的 $T_{ij4}^1 - T_{ij3}^3$ 井段产水达 $6651 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2. 裂缝与断层的关系

(1) 紧邻逆断层断带附近张性缝不发育

在 T_{ij} 主体构造部位井下钻遇了 41 个断点,经测试只有隆 1 井的③断层和隆 25 井的⑤断层两个断带产气、水(表 1、2),且后者测试井段跨越的范围大,达 149.8m。因此,可以肯定产气水的只有隆 1 井的③断层带。如果把测试井段跨越断面上、下 20m 的也算在断带内,亦只增加了隆 8 井的⑧断面上、隆 13 井的⑦断面上和隆 15 井的⑤断面下等 3 个断带产气水,总计也只有 4 个断带产气水,还不到所遇断层的 1/10。由此证明 T_{ij} 碳酸

表 2 圣灯山气田 T_{ij} 气层与断层关系表

气藏	井号	层位	井深 (m)	气产量 ($\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	水产量 (m^3/d)	气层与断层关系
I	隆 1	$T_{ij4}^1 - T_{ij2}^3$	969.5~890	0.2~0.32	0~0.4	⑤断面上 20~140.5m
	隆 2	$T_{ij4}^1 - T_{ij3}^3$	688~700	0.38		⑪断面上 34.5~46.5m
	隆 23	$T_{ij4}^1 - T_{ij3}^3$	795~1145	2.63		
	隆 27	$T_{ij4}^1 - T_{ij3}^3$	724.4~740	7.52		
II	隆 1	$T_{ij2}^3 - T_{ij1}^1$	929.6~1098.4	1.70		⑤断面下 19.6~188.4m
	隆 21	$T_{ij3}^2 - T_{ij1}^1$	905~1185	0.11	3.5	
III	隆 8	$T_{ij4}^1 - T_{ij3}^3$	812~830	0.65		⑧断面上 0~18m
IV	隆 9	T_{ij1}^1	1255~1275	0.19		⑤断面下 93~113m
	隆 9	T_{ij1}^1	1287.5~1340	0.35		⑤断面下 125.5~178m

盐岩逆断层紧邻断带附近的张性缝是不发育的,如果除去具石膏岩较多的 T_{1j4}^1 的8个断点,张性缝不发育的断带也占总断带的87.9%。说明 T_{1j} 碳酸盐岩尽管为脆性岩层,受力或断后易产生裂缝,但断带上由于断后上盘向上逆推可使断面附近已破碎的岩块压紧、搓碾形成机械充填,何况 T_{1j} 本身便富有石膏岩及泥页岩,机械充填必然较死,加上后期的物理与化学改造,亦可使已碎的岩石又重新胶结而具非渗透性。

(2)断层上盘张性缝较发育,储渗性能好如表1、2所示,断层上盘产气、水井的8个断带中的10个测试井段(主要在断面以上20~100m)的张性缝较发育,如隆9井⑥断层上盘和隆1井④断层上盘均产大水。这主要是断错时,上盘为张性破碎所致。

(3)断层下盘张性缝欠发育,储渗性能较差

尽管断层下盘产气、水井有10个断带共12个测试井段(表1、2,主要在断面以下20~100m),但其储渗空间皆较差,气水产量不大,最大产水量仅 $66.2\text{m}^3/\text{d}$ 。这主要与断错时下盘为压性破碎有关。

然而 T_{1j} 气藏虽有14口井24个井段产水(表1),但据水的化学特征和压力系数可见,横向上除⑤断层下盘于隆18、9及15井间(CaCl_2 型、 Cl^- 38136~43627mg/L、矿化度67.1~75.8g/L、压力系数0.81~0.92)可能相互连通,纵向上隆1井的③、④断层带(CaCl_2 型、 Cl^- 39450mg/L、矿化度67.8g/L、压力系数0.91~0.95)及隆11井的上部两个裂缝带(CaCl_2 型、 Cl^- 58447~60806mg/L、矿化度102.1~104.1g/L、压力系数1.04~1.05)可能相连通外,其余裂缝带都互不连通,各自成为独立的裂缝系统。甚至有的井在同一断层上盘相距很近的裂缝带也彼此互不连通,

如隆9井⑥断层上盘的 $T_{1j4}^{3\sim 2}$ 与 $T_{1j4}^1-T_{1j3}^3$ 两个裂缝带,二者相距仅26.5m, $T_{1j4}^1-T_{1j3}^3$ 裂缝带的水为 CaCl_2 型、 Cl^- 43186mg/L、矿化度78.2g/L、压力系数0.92、水产量达 $6651\text{m}^3/\text{d}$, $T_{1j4}^{3\sim 2}$ 裂缝带的水型为 CaCl_2 型、 Cl^- 111903mg/L、矿化度184g/L、压力系数为1,水产量仅 $80.9\text{m}^3/\text{d}$,显然二者不是同一裂缝系统。

由此认为,圣灯山气田 T_{1j} 裂缝发育与背斜和断裂密切相关,但裂缝发育分散不均,各裂缝系统常互不连通,致使气藏分隔明显,这就增加了在该区找气的复杂性,故以往勘探成效不佳。

气藏与构造的关系

按气藏与构造、裂缝的关系,可将 T_{1j} 气层划分为三类裂缝气藏:

1. 背斜顶部裂缝气藏

如前所述,尽管圣灯山气田 T_{1j} 构造因扭动运动而使轴部、顶部有效缝不太发育,断层弥合与封闭性较好,裂缝发育分散不均,彼此互不连通,但背斜顶部总是相对受张力最强、形成裂缝最多、纵横向延伸最长的地区,加之所发现的断裂都是些小断层,断后上、下盘储层常为自身相接触,气仍能向上运移聚集在背斜顶部而成为顶部裂缝气藏。属这类气藏的有以下两个:

(1) T_{1j3} 气藏(图2—1)。该气藏以 T_{1j3} 为主,上、下延伸至 T_{1j4}^1 和 T_{1j2}^3 。具有隆1、2、23和27等四口气井(表2)。由于断层分割,原始气水界面不在一个平面上,隆2井海拔为-415m,隆23与1井据水力坡度推算分别为-411.95m和-396.88m。然而,各井地层压力相近,“1957年11月隆27井钻开 T_{1j3} 顶井喷,使隆1、23、及2井关井压力下降,各井降压的时间随距隆27井平距增大而增加”

(据川西南矿区资料)说明彼此相互连通。该气藏从1945年投产,60年代隆1、23及2井已先后水淹,80年代末隆27井仍在采气。气藏采出量早已超过原始压降储量⁽²⁾,说明后劲很足,边底水中有溶解气不断补给。

(2) T_{ij1} 气藏(图2—Ⅱ)。以 T_{ij1} 为主,可上延至 T_{ij2} 。仅发现隆1和21井产气(表2),其它井未测试。连通情况不清。

2. 断层上盘局部裂缝气藏

位于轴部的隆8井⑧断层上盘的 T_{ij1} — T_{ij3} 气藏(图2—Ⅲ)属之。根据西侧处于同一断层上盘的隆24井在相同层位产微水,1957年隆27井钻开 T_{ij3} 顶井喷时,该井压力并未受影响,推测该气藏与顶部气藏未连通,是断层封闭的局部裂缝气藏。开发证实:从1955年投产以来,仅两年即停产。这类裂缝系统在圣灯山气田较普遍,但多为水所占据,是气源不足或属其它原因,尚需进一步研究。

3. 分散裂缝系统气藏

目前已发现隆9井⑤断层下盘的 T_{ij1} 气藏(图2—Ⅳ)。经测试 T_{ij1} 有两段含气,无水,但都在⑤断面90m以下,显然与断层遮挡关系不大,是分散的局部裂缝系统。

高密度勘探老气藏。勘探实践证明,裂缝发育与地震可疑和无反射关系密切,前者是裂缝发育带的反映,后者常伴有断层。这一发现为预测裂缝发育带和气藏的二次勘探、开发提供了依据。背斜轴部早期形成的纵张缝(或断裂),如伴有扭动存在可使已张开的缝再闭合,大大降低储层的有效空间和连通性。裂缝发育与背斜和断裂密切相关,但裂缝发育常具分散性和不均匀性,加上断裂的分隔作用,各裂缝系统常互不连通而形成了多种不同类型裂缝性气藏。由于断裂发育,气、水、干井交相存在,气藏分散,这就导致了在该区找气的复杂性,故以往勘探成效不佳。据现有资料预测,紧邻隆⑥断层、隆④断层和背斜东段轴部的可疑和无反射段(图1),都是有希望获气之区。如能加密地震测线,用地震反射波特征结合构造、井下地质及测试资料进行综合研究,相信定会取得可喜成果。

参 考 文 献

- 1 何樵登主编.地震勘探原理和方法.北京:地质出版社,1986
- 2 何述坤,黄承林,杨雅和.四川碳酸盐岩有水气藏水体特征的探讨.天然气工业,1983

结 语

(修改回稿 1992-06-09)

圣灯山三叠系气藏是开发了40余年的

《石化市场》报1993年自办扩大发行

《石化市场》报是全国公开发行的专业报纸。它以“开发信息资源、服务石化建设”为宗旨,竭诚为石油化工、石化机械行业及社会各界服务。该报为周刊,四开四版,设有“石化要闻”、“政策研讨”、“市场预测”、“石化行情”、“成果鉴定”、“供求信息”、“营销知识”、“新产品、新技术、新工艺”、“月末副刊”等30多个栏目,传播国内外最新科技成果和市场动态,为产供销牵线搭桥提供服务。每份订价0.26元(含邮资费),欢迎各界读者订阅。本报地址:甘肃省兰州市西津西路110号,开户银行:工商银行兰州市七里河办事处,帐号:40-3739,邮编:730050。

《石化市场》报社

Subject Headings: West Sichuan, Permian, inclusion, fracture, oil and gas migration.

Chen Zongqing: Dissection of the Fractured Gas Reservoir in Triassic of Shengdengshan Gas Field, NGI 12(6), 1992: 21~27

This paper dissects the gas reservoir in Jialingjiang Group, Lower Triassic, of Shengdengshan Gas Field in Sichuan Basin, according to a number of data about geology, drilling and production as well as geophysics. It is thought that many types of fractured gas reservoirs occur there because of the division of faults and the nonhomogeneous development of fractures and found that in underground the development of fractures is closely related with the intervals with questionable reflection and no reflection on the seismic sections. The former shows the development zone of fractures and the latter always associates with faults. Such discovery presents some bases for forecasting the development zone of fractures in an old gas field, and for the second exploration and exploitation.

Subject Headings: Sichuan Basin, Shengdengshan Gas Field, Lower Triassic, type of gas reservoir, seismic reflection, fracture.

Chen Wenzheng: Discussing Again on the Source of Sinian Gas Pool in Weiyuan Gas Field in Sichuan Basin, NGI 12(6), 1992: 28~32

The author has done a great deal of research on the source of Sinian gas pool in Weiyuan Gas Field. Its result shows that the origin of gases in the pool is marine organic genesis, coming from the bottom of Cambrian and Sinian, and the helium and argon in the gases come from the bottom water of the pool, the blue-grey mudstone of the fourth member of Sinian and the radioactive substance in the bottom of Cambrian.

Subject Headings: South-West Sichuan, gas pool, Sinian, gas source, discussion.

Jiang Lijing: Grey Relation Grade Analysis of Pore Structure of Carboniferous Carbonate Reservoir in East Sichuan, NGI 12(6), 1992: 33~36

Using the relation grade analysis method of grey system theory and based on the capillary pressure data by mercury injection for 292 rock samples from 24 wells drilled in the Carboniferous gas reservoirs of Wulonghe, Zhangjiachang, Fuchengzhai and Shaguanping, etc., in eastern region of Sichuan, this paper analyzes the relation between the porosity and pore structure parameters and permeability, then the effect of pore structure on the recovery of non-wetting phase to the rock.

Subject Headings: Eastern Sichuan, Carboniferous, carbonate rock, reservoir, pore structure, grey relation grade analysis.

Dong Minshu, Chen Liping and Li Zhiliang: Reservoir Description and Potential Evaluation of Member Xiang-4 of Upper Triassic, NGI 12(6), 1992: 37~39

In this paper, the geological characteristics of member Xiang-4 in Bajiaochang Gas Field and the method of setting up the experience formula are introduced, 35 layers are described by use of six parameters, i. e. porosity, surface air permeability, water saturation, average particle diameter of sandstone, thickness and subsurface hydrocarbon abundance, etc., and the distribution rule of Class I sand-