

# 华蓥山东麓石炭系气藏圈闭特征与深化勘探

陈宗清

(四川石油地质勘探开发研究院, 成都 610051)

华蓥山东麓的石炭系勘探程度较高, 已探 12 个圈闭, 获 10 个气藏, 仅邻北断圈闭产水和南端的环山圈闭因残厚太薄已失储层而未获气。北段石炭系残厚稳定区, 气藏皆为构造圈闭, 并与区域构造一致, 以地垒背斜圈闭为主; 南段石炭系残厚多变区, 气藏圈闭复杂, 除构造圈闭外, 随残厚的变化并有地层-地垒背斜复合、地层-叠断复合、地层-断层复合和残丘圈闭等, 在一定条件下并有溶蚀岩性圈闭或断层-溶蚀岩性圈闭。深化勘探对象, 主要为断下逆遮、地层-断层复合、地层-地垒背斜复合、地垒背斜和溶蚀岩性等圈闭。

关键词 气藏圈闭特征 石炭系 华蓥山 四川盆地

作者简介 陈宗清 男 64 岁 高级工程师 石油与天然气地质

华蓥山东麓限指华蓥山高陡构造以东、蒲包山-铜锣峡高陡构造带以西、铁山高陡构造以南的大竹-邻水复向斜及其以南的石炭系分布区。川东石炭系气区便是在这里首先发现并逐渐向东拓展的, 目前已知的较好构造圈闭大多均已钻探, 已获 10 个气藏, 成功率达 83.3%。本区虽是川东石炭系气区之一隅, 但气藏圈闭类型繁多, 实例典型, 实为川东石炭系气藏分布特征和圈闭类型之缩影, 对其进行剖析, 可达到深化勘探和预测其它地区的目的, 特别是勘探已步入中老期的地区。

经多年勘探证实, 川东石炭系生油层为下伏巨厚志留系的泥页岩, 烃源丰富, 勘探的成败和富集程度, 关键在储层孔缝是否发育和有无圈闭存在(含圈闭条件好坏), 其它因素均相对较次, 而川东石炭系的储层孔缝又普遍较发育, 因此本文主要以圈闭为重点讨论进一步勘探。

## 1 北段石炭系残厚稳定区气藏全为构造圈闭

川东石炭系形成于志留系夷平的基础上的潮坪环境。现仅存上统黄龙组( $C_2h$ ), 一般厚 20~70m, 顶与二叠系深山组接触。黄龙组分为: 雷音铺段( $C_2h^1$ )、福成寨段( $C_2h^2$ )及川东段( $C_2h^3$ ) (陈宗清, 1985)。  $C_2h^1$  以石灰岩为主夹白云岩或石膏岩, 石灰岩多具去云化, 一般厚 2~10m;  $C_2h^2$  以角砾白云岩及白云岩为主夹石灰岩, 一般厚 10~40m;  $C_2h^3$  以

石灰岩、角砾灰岩及生屑灰岩为主, 下部夹较多白云岩, 最厚逾 40m。昆明运动后黄龙组整体上升为陆, 经淡水长期溶蚀, 不仅各地残厚相差悬殊, 而且形成了上、下两个孔洞段。下孔洞段即  $C_2h^2$  白云岩溶蚀形成, 孔缝发育, 连通性较好, 是川东石炭系的主要储层; 上孔洞段为  $C_2h^3$  白云岩溶蚀形成, 孔缝发育和连通性相对较差。

本区北段指福成寨构造及其以北地区, 残厚一般稳定在 35~70m, 上、下孔洞段一般皆有存在。尽管复向斜内的低缓构造和潜伏构造隆起幅度低, 但仍呈北东向, 两翼都有倾轴逆冲断层将构造断褶为地垒背斜, 所形成的圈闭也以地垒背斜圈闭为主, 两翼有时并有断下逆遮圈闭(图 1)。

### 1.1 福成寨地垒背斜圈闭气藏

该气藏地面为一低缓背斜构造。地腹东西两翼各有一条倾轴逆断层, 两断层近于平行, 南端两者相交使储层造成遮挡, 北端阳底(二叠系阳新统底界, 以下同)构造等高线交切于该两断层上形成的地垒背斜圈闭(图 2)。最大段距约 400m, 为石炭系储层与下盘二叠系致密灰岩及泥页岩接触, 遮挡良好。南段较陡, 北段较缓, 高点在南段。残厚一般 40~70m, 储层平均厚 14.3m, 平均孔隙率 5.48%, 裂缝较发育, 单井日产气一般  $10 \times 10^4 \sim 40 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。阳底构造最低圈闭线为-4200m, 高点在成 20 井一带,  $C_2h$  顶部海拔为-3311m, 闭合度 889m; 北段成 23 井产水, 气水界面在-3968m, 气藏充满高度 657m, 气藏充满度 73.9%。

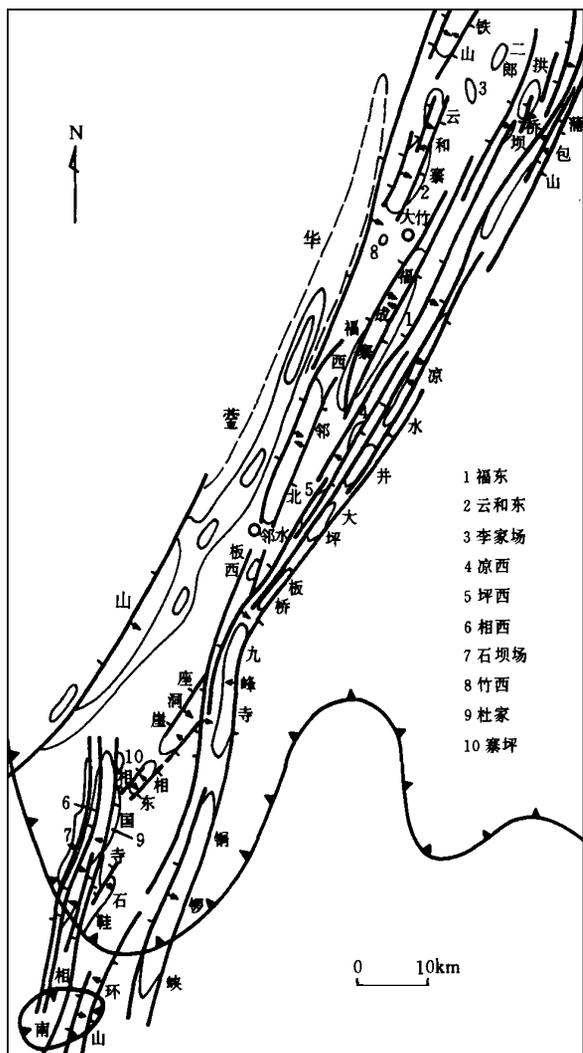


图1 华蓥山东麓石炭系构造及圈闭图

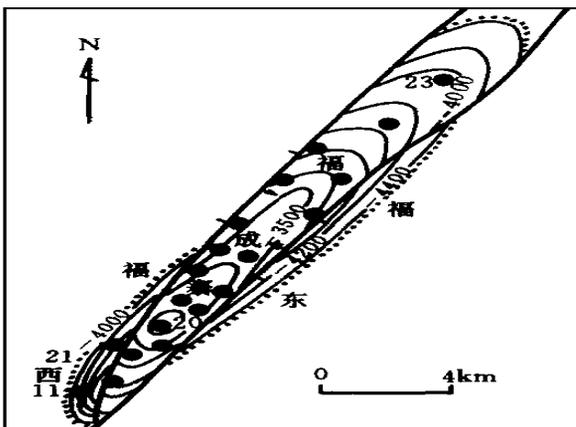


图2 福成寨石炭系地垒背斜圈闭气藏阳底构造图

### 1.2 云和寨地垒背斜圈闭气藏

气藏位于大竹北, 铁山构造南, 为一潜伏圈闭。东翼为一条纵贯圈闭的倾轴逆断层所切, 西翼为南、北两条倾轴逆断层所切, 两端阳底构造等高线分别

与该3条断层相切形成地垒背斜圈闭(图3)。最大断距300m, 为石炭系储层与阳新统致密灰岩和泥页岩接触, 遮挡良好。阳底构造最低圈闭线为-4600m, 闭合度>200m。具南、北两个高点, 主高点在南段。已钻云和1、2、3、4、11及12等6口井, 均为气井,  $C_{2h}$  残厚33.5~47m。气主要富集于南段, 云和1、2井平均孔隙率为4.46%~5.8%, 储层有效厚度19.4~30m, 单井日产气达  $70 \times 10^4 \sim 100 \times 10^4 m^3$ ; 北段及鞍部则较差, 平均孔隙率3.56%~4.1%, 储层有效厚度15.1~17.2m, 单井日产气皆在  $7 \times 10^4 \sim 14 \times 10^4 m^3$ 。从云和2井所处位置已在南端最低圈闭线上产气而无水来看, 气藏高度即闭合度, 气藏充满度为100%。

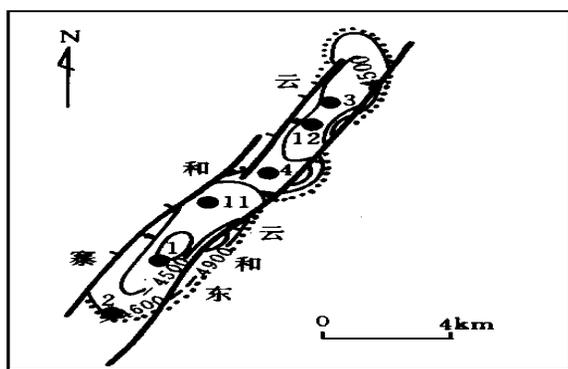


图3 云和寨石炭系地垒背斜圈闭气藏阳底构造图

### 1.3 拱桥坝(蒲西)背斜圈闭气藏

呈北东向位于复向斜北端东翼, 东与蒲包山构造相邻, 为一潜伏圈闭。圈闭较好, 仅南端轴线附近有一东倾逆断层, 使圈闭略有错开, 但为上盘志留系泥页岩与下盘石炭系储层接触, 遮挡良好。阳底构造最低圈闭线-3900m, 已钻蒲西1井, 石炭系有效储层厚303m, 平均孔隙率6.42%, 日产气  $46 \times 10^4 m^3$ 。以蒲西1井  $C_{2h}$  顶部海拔-3724m计算, 闭合度>176m, 因其圈闭条件较好, 且其控制油气运移的范围较窄, 推测可能为一整装气藏。

### 1.4 福西断下逆遮圈闭气藏

该气藏为福成寨气藏南段西翼倾轴逆断层下盘形成的断下逆遮圈闭, 呈长条状紧贴于遮挡断层下盘(图2)。长8km, 宽约1.2km, 阳底构造最低圈闭线为-4000m, 闭合度>300m。上盘为巨厚的志留系泥页岩与下盘石炭系储层接触, 遮挡良好。已钻成21及成11两口井, 前者为气井, 后者气水同产, 日产气  $3.7 \times 10^4 m^3$ 、水  $37.2 m^3$ , 以测试井段-3975.9~-3994.9m中部计算, 气水界面约在-3985.4m,

气藏高度约 285.4m, 气藏充满度达 95.1%。尽管圈闭位于压性破碎的断层下盘, 但从成 21 井距遮挡断面仅 200 余米亦日产气  $8.8 \times 10^4 \text{m}^3$  来看, 说明断带对压性盘石炭系储层的影响并不太大, 可供川东石炭系其它类似圈闭借鉴。

## 2 南段石炭系残厚多变区气藏圈闭复杂

由于昆明运动使各地隆起幅度不一致和长期遭受淡水不均匀溶蚀, 本区南段石炭系残厚变化较大, 总的趋势是由北向南和由东向西减薄, 但呈波状起伏, 尤以南北向最为明显, 如邻北构造北段的邻北 3 及 4 井都是 34m, 至构造顶部邻北 1 井则减薄为 3m, 至南段邻北 2、5 及 7 井又增厚为 19.5~22.5m, 南至板西气藏增至 41.5~59.5m, 再南至座洞崖构造复又减薄为 19.5~27.5m, 至相东气藏为 14~18.5m, 而于相国寺气藏沿轴线由北至南则呈 9~26.5-12.5~9.5-13~0m 变化, 再南至相南又有数米残存。显然, 残厚的这种变化无疑有损储层和部分构造圈闭的含气性, 但当二叠纪海侵到来, 在石炭系储层缺失区, 二叠系泥页岩和致密灰岩便可与下伏志留系泥页岩直接接触而形成非渗透带, 这些非渗透带的边缘也即是石炭系储层的尖灭线。在适当条件下与构造相匹配便可形成地层-构造复合圈闭, 或孑然独立为残丘圈闭, 使本区气藏圈闭变得复杂化。

### 2.1 邻北地层-地垒背斜复合圈闭气藏

据阳新统顶界地震构造图(图 4), 邻北潜伏构造为西翼具两条、东翼一条倾轴逆断层形成的地垒背斜构造。东翼陡, 西翼较缓, 东翼断层断距大, 西翼断层断距较小, 两端构造等高线分别交切于东、西两翼倾轴逆断层上形成的地垒背斜圈闭。但钻探结果南北迥异, 北段产水, 南段产气, 其间并无断层分隔。造成这种状况的原因, 主要是由于圈闭顶部缺失石炭系储层和北段封闭可能较差所致。顶部邻北 1 井石炭系仅有 3m  $C_{2h}^1$  白云岩, 据川东地区钻探证实  $C_{2h}^1$  极少有加权平均孔隙率  $> 3\%$  (川东石炭系储层有效孔隙率下限) 的孔隙段, 兼之在顶部侵蚀面以下因上覆二叠系梁山组泥质物的充填, 常有 2~5m 的非渗透段, 因此圈闭顶部即便有数米石炭系残存亦不具渗透性, 而是与下伏志留系泥页岩一起作为石炭系储层的不渗透底层; 当二叠系盖层将其盖覆后, 便将圈闭南、北两段分隔为两个次级圈闭, 南段圈闭产气, 北段圈闭已钻部分封闭差产水。从产气水位置倒置来看, 也证明顶部石炭系残存薄的地区为非渗透带, 南段产气的 2、5 井比北段产水的 4 井海拔低 615~816m, 表明南、北两段不同属于一个圈闭。这说明邻北气藏确实为地层-地垒背斜复合圈闭气藏, 南部含气是因地层遮挡而致, 否则与北段应同为一水藏。南段圈闭阳顶构造最低圈闭线为 -3100m, 闭合度 1100m, 已获邻北 2 及 5 两口气井, 产量较低  $1 \times 10^4 \sim 24.8 \times 10^4 \text{m}^3$ 。在圈闭外钻邻北 7 井产水, 但从邻北 5 井产气无水来看, 气藏高度  $> 1000\text{m}$ , 气藏充满度  $> 93.2\%$ , 甚至可能为整装气藏。

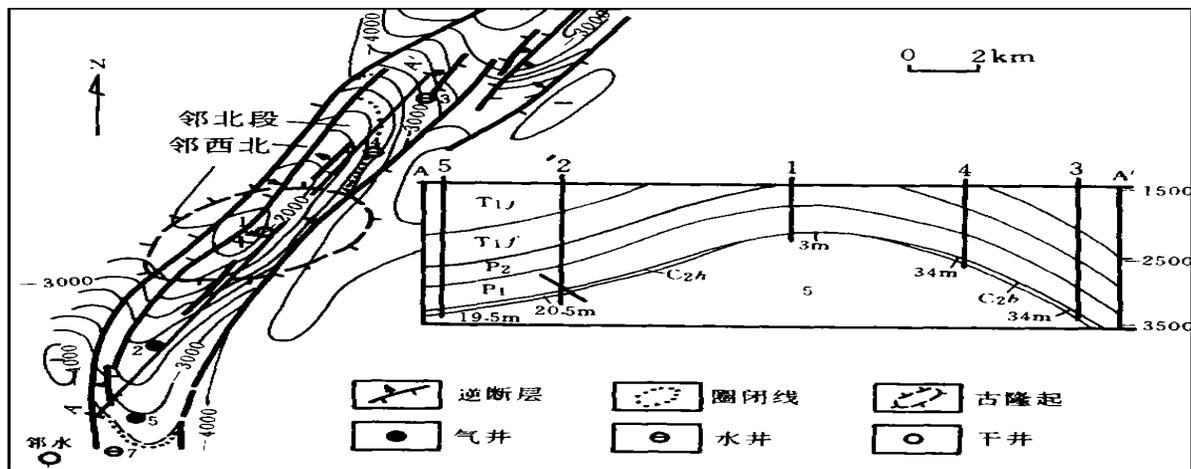


图 4 邻北地层-地垒背斜复合圈闭气藏图

## 2.2 相国寺地层-地垒背斜复合圈闭气藏

该气藏位于本区南端,是华蓥山高陡构造带向南作帚状分枝最东侧的一个背斜构造,也是川东石炭系最早获气的构造。构造断褶强烈,阳底构造为东、西两翼各2条倾轴逆断层形成的高陡地垒背斜;北段构造等高线分别交切于东、西两翼倾轴逆断层上形成圈闭,向南石炭系残厚作波状起伏变化,尖灭于相10与31井之间而形成地层-地垒背斜圈闭(图1)。两翼遮挡断层封闭良好。北端阳底构造最低圈闭线为-2100m,以顶部相14井石炭系顶界海拔-1305m为顶部计算,闭合度为795m。 $C_2h^1$ 甚薄,储层主要为下孔段发育的 $C_2h^2$ 白云岩,加之藻间孔与裂缝皆很发育,储层物性佳,平均孔隙率6.55%,有效储层厚4.6~11.5m,平均8.5m,但多为高产气井,单井日产气一般都在 $80 \times 10^4 m^3$ 以上,最高近 $120 \times 10^4 m^3$ 。北端相13井已见水,气水界面在-1986m,气藏高度为681m,气藏充满度85.7%。

## 2.3 相东地垒背斜圈闭气藏

气藏位于相国寺气藏北段之东侧(图1),阳底构造为东西两翼各一条倾轴逆断层形成的潜伏地垒背斜,两端构造等高线分别交切于该两断层上形成圈闭。北东端与座洞崖构造呈正鞍相接。阳底构造最低圈闭线约在-3200m,闭合度>200m。具南北两个高点,主高点在北段。已钻3口井皆获气,储层孔缝欠发育,气产量低,单井日产气 $1.5 \times 10^4 \sim 1.8 \times 10^4 m^3$ 。从相19井所处位置已近最低圈闭线来看,可能为整装气藏或接近整装。

## 2.4 相南残丘气藏

气藏位于相国寺气藏南,该处石炭系残存范围跨相国寺构造南段与环山构造(图1)。石炭系残厚以相22井为中心向四周逐渐减薄而尖灭,相22井厚6m,西至相41井减薄为3m,北至相37~34井为2.5~5m,再北则缺失,东北至环4井变薄为2m,向南已是石炭系区域残存边界,因此实为一孤丘(陈宗清,1983)。仅相22井获工业性气流,日产气 $2.5 \times 10^4 m^3$ ,残存层位为 $C_2h^1$ ,岩性为去云化角砾灰岩,因去云化作用孔隙破坏严重,仅局部溶蚀针孔较发育,最大孔隙率4.9%,平均3.21%。其余诸井皆因太薄缺乏储层而仅有微气或不产流体,预测气藏不大。

## 2.5 板西断层-溶蚀岩性圈闭气藏

此气藏位于板桥构造之西板<sup>1</sup>与板<sup>4</sup>两逆断层之间,经地震和钻探证实为一明显的南高北低单斜。已先后在这一单斜上由南向北钻了板4、2、3及7井,奇异的是石炭系构造部位较高的板4井产水,构

造部位低的板2井产工业气流(两者海拔相差805.5m),而于构造部位更低的板3和7井也产微气而无水。因此,如果板4与2、3、7井间无一不渗透地带隔开,则后两者都将是水层,而现实却是气。显然,导致在同一单斜上气水分布的这种倒置现象,很可能与石炭系溶蚀孔缝发育不均有关,当溶蚀孔缝发育带被二叠系梁山组泥页岩盖覆后,由于未被溶蚀的部分仍处致密状态而具不渗透性,于是这些溶蚀孔缝发育带便自成一储渗体系,或与构造、或与适当的构造等高线相配置,皆有可能形成溶蚀岩性圈闭气藏。取心证实各井孔洞段发育很不一致,也证实了这点。从整体看并受断层控制,因此为断层-溶蚀岩性圈闭气藏(陈宗清,1989)。

## 2.6 座东溶蚀岩性圈闭气藏

气藏位于座洞崖潜伏构造东翼。座洞崖构造为一典型鼻状地垒背斜圈闭(图5),已钻6口井,结果是沿轴线部位最高的座1井石炭系为干层;次高的座5井为水层(日产水 $10.7 m^3$ ),座3井产少量气(日产气 $0.08 \times 10^4 m^3$ ),近南西倾没端的座2及4井也为干层,然而于东翼较座5井低的座6井却产工业气流(日产气 $2.7 \times 10^4 m^3$ )。实钻证实,石炭系顶界座5井也较座6、3井高。显然,这种气水倒置而又无其它地质因素影响的情况也是溶蚀岩性圈闭所致,因此座东应是一溶蚀岩性圈闭气藏。

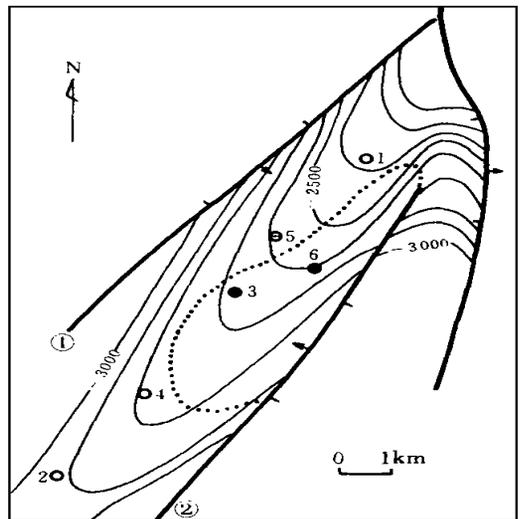


图5 座东溶蚀岩性圈闭气藏图

(1、④为断层编号)

综上所述,本区石炭系天然气富集因素可得以下几点认识:

(1) 气藏丰富与残厚关系不大,而主要取决于储层孔缝是否发育。如相国寺气藏,残厚一般仅几米~

10 几米,最厚也仅 26.5m,但由于储层孔缝发育,特别是枣间孔发育,单井日产气大多在  $80 \times 10^4 \text{ m}^3$  以上,甚至相 14 井残厚仅 9.5m,日产气竟达  $119 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,而其余气藏残厚虽远较其厚,但由于层孔缝不发育,除个别井外气产量均较低。

(2)在圈闭类型方面,以背斜圈闭和地垒背斜圈闭最好,不仅钻探成功率高,而且面积和储产量均较大;地层-地垒背斜复合圈闭次之,尽管储产量大,但成功率仅 66.9%;再次为断下逆遮圈闭,虽然成功率和气藏充满度均较高,唯面积狭小是其不利因素;而以残丘和溶蚀岩性圈闭最差,不仅面积和储产量有限,而且难于寻觅。

(3)从构造方面看,潜伏低矮圈闭气藏充满度高,如云和寨、邻北、拱桥坝和相东等气藏;高陡构造和低矮构造圈闭气藏充满度则较低,前者如相国寺气藏,后者如福成寨气藏。

### 3 深化勘探对象

本区勘探程度虽然已经较高,已知圈闭大多已经钻探,但经近几年的勘探和研究,发现仍有不少待探领域,如表 1 和图 1~5 所示。

尽管这些圈闭面积一般皆很小,大多数也不是油气勘探的常见圈闭,而是以非背斜圈闭为主,但其共同特点是不仅圈闭可靠,而且都在已知气两侧或是在复向斜中的相对较高部位,十分有利于下伏志留系气源层上移气的优先聚集和不断聚集,充满度可能很高,甚至整装,因此很可能是一些小而肥的气藏,值得重视。从圈闭类型上看,以断下逆遮、地层-断层复合和地层-地垒背斜复合圈闭较好,这些圈闭面积一般较大,埋藏深度也相对较浅,应是优先勘探的对象;其次是地垒背斜和溶蚀岩性圈闭;而以潜伏背斜、断鼻和地层-迭断复合圈闭较差,3 者的共同特征是圈闭面积皆很小,尽管前者都是完整的潜伏背斜圈闭,但隆起幅度低,很可能会由于裂缝不发育而导致含气不丰,甚至不含气,钻前尚需作地震处理以落实,至于邻西北地层-迭断复合圈闭,因系以

表 1 华蓥山东麓石炭系待探圈闭表

序号	圈闭类型	圈闭名称	长轴 (km)	短轴 (km)	圈闭面积 ( $\text{km}^2$ )	阳底构造最低 圈闭海拔(m)	闭合度 (m)	备注
1	潜伏背斜	二郎	3.5	1.0	2.8	- 5100	< 100	
		李家场	2.5	1.5	2.4	- 5100	< 100	
		竹西	1.6	0.9	1.0	- 4800	< 100	
2	断鼻	凉西	2.0	0.5	0.7	- 3200	< 100	
		寨坪	2.4	0.6	0.7	- 3700	> 100	本文提出
3	地垒背斜	坪西	4.0	0.8	2.5	- 2500	> 400	
4	断下逆遮	福东	15.2	0.9	9.5	- 4400	> 400	本文提出
		云和东	5.0	0.4	1.3	- 4900	> 100	本文提出
		杜家	7.0	0.5	2.0	- 3200	> 200	本文提出
		石坝场	16.0	1.2	8.7	- 3600	> 300	本文提出
5	地层-断层复合	石鞋	7.2	3.1	10.0	- 3400	> 200	本文提出
		相西	16.5	0.8	10.5	- 2600	800	本文提出
6	地层-地垒背斜复合	邻北段	5.5	1.7	7.5	- 2500 (阳顶)	600	本文提出
7	地层-迭断复合	邻西北	8.0	0.6	3.8	- 2900 (阳顶)	600	本文提出
8	溶蚀岩性	座东	8.2	2.6	13.2	- 2800 (阳顶)	> 300	本文提出

阳顶构造图确定, 也需作阳底构造图以落实。

川东石炭系其它相似区, 也可为其它类似地区借鉴。

## 4 结语

华蓥山东麓石炭系是川东石炭系气区勘探程度较高的地区, 成功率也高。勘探实践启示, 石炭系残厚多变区不但会影响储层有效厚度和溶蚀孔缝的变化, 而且可以改变圈闭的性质, 使圈闭变得复杂而多样, 甚至可改无利圈闭为有利圈闭。此经验可适用于

## 参 考 文 献

- 1 陈宗清. 川东石炭系潮坪沉积区地层划分对比与找气意义. 地质学报, 1985, 59(2): 87~96
- 2 陈宗清. 川东石炭系相南残丘气藏. 石油勘探与开发, 1983, 10(5): 15~16
- 3 陈宗清. 川东石炭系溶蚀岩性气藏. 石油勘探与开发, 1989, 16(5): 23~28

(收稿日期: 1997年3月26日)

# TRAP CHARACTERISTICS AND FURTHER EXPLORATION OF CARBONIFEROUS GAS POOLS AT THE EASTERN FOOT OF HUAYINGSHAN MOUNTAIN

Chen Zongqing

(Sichuan Research Institute of Petroleum Geological Exploration and Development, Chengdu 610051)

## Abstract

The exploration degree of Carboniferous system at the eastern foot of Huayingshan Mountain is higher. Twelve traps have been explored, and ten gas pools obtained. Only the traps at the northern sector of Lin produce water, and the circum-mountain traps at the southern sector do not produce gases because of too thin residual thickness and the loss of reservoir. In the stable area of Carboniferous residual thickness at the northern sector, the gas pools are all tectonic traps which are dominated by host anticlinal traps and consistent with regional tectonics. In the changeable area of Carboniferous residual thickness at the southern sector, the gas pool traps are complex. Besides tectonic traps, strata-host anticlinal compound, strata-stacking fault compound, strata-fault compound and unaka traps exist together with the change of residual thickness. Under certain conditions, solution lithologic traps or fault-solution lithologic traps also occur. The targets of further exploration are mainly underfault overthrust, strata-fault compound, strata-host anticlinal compound, host anticlinal and solution lithologic traps.

(上接 238 页)

# CHARACTERISTICS OF RESERVOIR SEDIMENTOLOGY IN THE SHA-3 MEMBER OF THE GAOSHANGBAO OIL FIELD

Ran Qiyu You Xiuling Yang Yong

(Research Institute of Planning, CN SPC, Beijing 100083)

## Abstract

By study on the characteristics of reservoir petrology and sedimentology in target strata, the authors first expound that the sedimentary environment of the Sha-3 Member is river-shore shallow lake environment, the sedimentary system belongs to lakeshore depositional system, and the sedimentary facies of the reservoir are braided river delta facies. This result has very important directive significance for the rolling development of the field and the evaluation of prospect area.