

# 川东天东地区石炭系天然气富集因素

陈宗清

(四川石油地质勘探开发研究院, 成都 610051)

**提 要** 天东气区是近年来在川东石炭系发现的富矿, 储集条件好, 产量高, 气富集不完全受构造圈闭控制。经研究发现, 气的富集主要受开梁古隆起的控制, 它不仅形成了一系列地层—构造复合圈闭, 并在该区石炭系沉积相和成岩作用有利于孔洞发育的基础上, 促使石炭系储层的有效厚度和孔洞更发育而具较好的储集条件。

**关键词** 川东 石炭系 天然气 富集因素

**作者简介** 陈宗清 男 62岁 高级工程师 石油与天然气地质

## 1 前 言

这里的天东是指大天池构造以东(含北东端)、南门场构造以西的地区(图1)。大天池构造为一北东—南西向高陡背斜构造, 由于断褶强烈, 石炭系地震反射构造(即二叠系阳新统底界, 简称阳底)除纵贯整个构造的②号逆断层于上盘形成了几个狭窄断垒或半背斜圈闭外, 西翼广大地区俱无圈闭存在。但东翼, 北段在②号逆断层下盘则形成了一个较大的五百梯—白岩山断层圈闭(图2), 南段过断凹向斜形成了一排与主体背斜相平行的小型圈闭(图3)。

本区勘探始于1979年, 当时据局部地震资料误认为有邓家坝构造存在, 于是钻了邓1井(图2)产水(系局部孔缝发育滞留的早二叠世水)。经区域地震后1988年在龙门场圈闭钻天东4井获气, 1989年在五百梯圈闭钻天东1、2井也先后获气, 于是开展了天东地区石炭系的整体勘探。现已获五百梯、义和场、任市、龙门场和新民等五个气藏, 控制天然气储量已逾 $1000 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

## 2 气富集因素

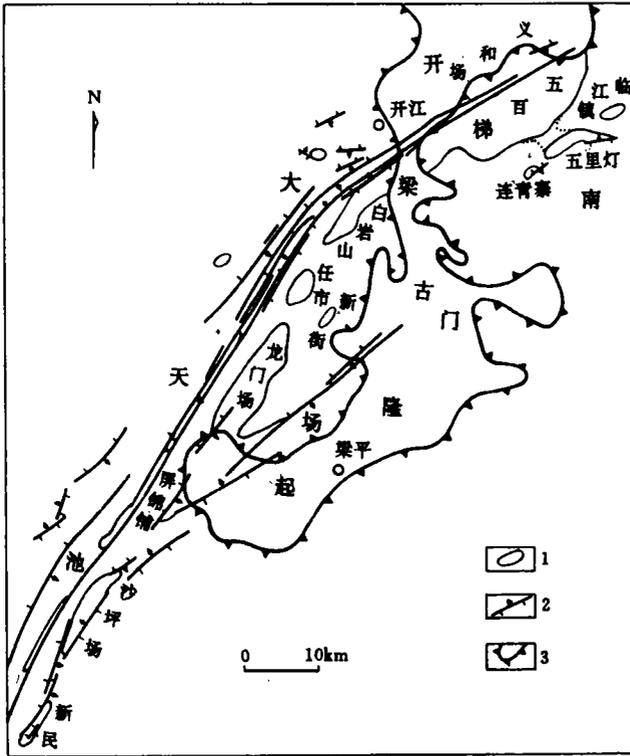
### 2.1 关键在开梁古隆起的崛起

开梁古隆起形成于昆明运动, 由石炭系残存区北部边缘向南呈带状延伸, 经开江达梁平, 纵贯川东石炭系残存区北部, 横切大天池和南门场两个高陡背斜构造(图1)。古隆起形态系据1990年刘划一应用地震阳底反射层的极性、振幅和时差等信息, 结合井下资料, 所预测的川东石炭系厚度变化确定<sup>①</sup>; 该厚度预测据57口井验证结果, 符合率达91.2%<sup>②</sup>。古隆起上的石炭

① 1990, 川东石炭系深化勘探方案研究, 四川石油地质勘探开发研究院资料。

② 1994, 川东石炭系勘探技术的新发展及其在高效探明大天池构造带五百梯石炭系大气田的应用成果简介。四川石油管理局资料。

系厚度为0—10m,向外逐渐增厚;预测前已钻梁向1井和梁5井缺失石炭系,在开江稍北钻的罐12及罐18井石炭系均为2.5m;预测后所钻大天1井石炭系厚6.5m,天东3井也无石炭系,说明预测较准,可信度高。



1. 圈闭线 2. 逆断层 3. 古隆起

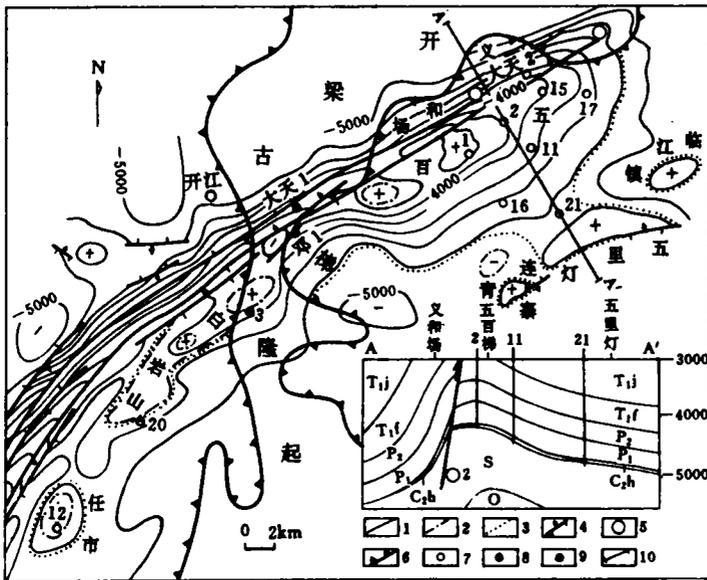
图1 天东地区石炭系局部圈闭分布图

Fig. 1 Local trap distribution of Carboniferous system in Tiandong region

①改善了储集空间。川东石炭系储层主要为以溶蚀孔洞为储集空间,裂缝为通道的裂缝—孔隙型储层,因此储层的优劣主要取决于溶蚀程度的强弱,越强溶蚀孔洞则可能越发育。毫无疑问,剥蚀殆尽的开梁古隆起上的溶蚀最强烈,而其周邻也必然较强,溶蚀孔洞也较发育。钻探证实如表1,古隆起两侧的井,不仅有效储层厚度发育,而且平均孔隙率也较高,其中有效储层厚度大于20m、孔隙率大于5%的4口井中,有3口井气产量大于 $100 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ,更证实了这点。而川东石炭系其余气藏储层有效厚度一般都在20m以下,甚至常在15m以下或更薄,平均孔隙率也常常不如本区高,故气产量常较低,如卧龙河、福成寨、张家场等气田的石炭系气藏。

②残厚小于10m的石炭系致密岩层与下伏志留系泥页岩一起构成了阻止油气运移的非渗透性底板,为形成地层—构造复合圈闭创造了条件。如前述,开梁古隆起上的石炭系厚度为0—10m,已剥蚀殆尽,志留系泥页岩可能已大片裸露。区探资料表明,川东石炭系仅有上统黄龙组( $C_2h$ ),有效储层主要分布在福成寨段( $C_2h_2$ )及川东段( $C_2h_3$ )白云岩中;雷音铺段( $C_2h_1$ )以石膏岩及石灰岩为主夹薄层白云岩<sup>(1)</sup>,岩性致密,极少有效储层,即使有也呈透镜状,本区一

般厚5—10m。因此福成寨段在古隆起上的残厚最大只有5m,只要未连片溶蚀成有效储层也起不到渗透作用,即使已溶蚀成连片有效储层,在早二叠世海侵时也易被梁山组泥质物充填而致不连片。因此开梁古隆起上的石炭系残层,俱可与下伏志留系泥页岩一起视为非渗透层而作为阻止油气运移的底板;当上覆二叠系梁山组泥页岩覆盖其上,古隆起周邻的石炭系储层便呈上倾尖灭、楔尖指向古隆起的楔形而夹于上、下伏底、盖层间,遇断褶发生在适当条件下便可形成地层—构造复合圈闭。如五百梯与白岩山圈闭,从构造圈闭角度看是一个半背斜断层圈闭(图2),由于古隆起横亘其间,则变为东、西两个地层—构造复合圈闭。这已为钻探所证实,若是构造圈闭,则圈闭线应在阳底构造等高线—4600m处,但在古隆起东侧的五百梯圈闭于—4600m以外的天东16及21井均已获气,相反于古隆起西侧的白岩山圈闭—4600m以内钻的天东20井却产水,二者石炭系顶部海拔相差225.7m,如不是地层—构造复合圈闭则决不可能造成这种矛盾局面。龙门场圈闭也有类似情况。



1. 二叠系阳新统底界地震反射构造等高线 2. 辅助构造等高线 3. 圈闭线 4. 逆断层 5. 断层编号 6. 古隆起  
7. 气井 8. 水井 9. 无石炭系井 10. 剖面线 T<sub>1j</sub>. 下三叠统嘉陵江组 T<sub>1f</sub>. 下三叠统飞仙关组 P<sub>2</sub>. 二叠系乐平统  
P<sub>1</sub>. 二叠系阳新统 C<sub>2h</sub>. 上石炭统黄龙组 S. 志留系 O. 奥陶系  
凡未冠地名的井都是“天东×”井

图2 天东地区北段石炭系构造及圈闭图

Fig. 2 Map of Carboniferous structures and traps in north sector of Tiandong Region

③古隆起边部石炭系上倾尖灭储层捕聚油气时间早,有利于油气富集。由于古隆起构造部位高,石炭系储层向其作上倾尖灭,因此当二叠系梁山组泥页岩将其覆盖后,古隆起周邻的石炭系储层便成了油气聚集的场所,而无需待局部构造形成后再捕获油气。其后局部或复合圈闭形成,只是使已聚集的油气按圈闭重新分配和强化油气富集。因此,古隆起边缘的楔形储层,其捕聚油气的时间远较构造圈闭早,在这种情况下形成的复合圈闭,气的富集必然优于一般构造圈闭。

④形成地层—构造复合圈闭,拓宽了圈闭面积,增加了储量。主要表现在五百梯、义和场及龙门场圈闭上。如按五百梯—白岩山半背斜断层圈闭,阳底构造最低圈闭线应在-4600m等高线处,而按复合圈闭则在-4800m处,据天东21井产气量,实际可能还更低,很明显已大大拓宽了含气面积;义和场圈闭阳底构造原来仅有构造顶部-3600m等高线与②号逆断层交切所形成的一小圈闭,如按复合圈闭计则面积可大十几倍;龙门场圈闭阳底构造最低圈闭线在-4300m处,从天东19井产气看,复合圈闭线已下延至-4500m处,较构造圈闭也扩大了近2倍。面积扩大,无疑导致储量增大。

## 2.2 沉积相和白云岩化程度处于形成孔洞发育有利区

本区石炭系主要储层福成寨段和川东段,沉积时正位于福成寨时和川东时潮间低坪,岩性以角砾白云岩和白云岩为主,夹较多生屑和砂屑白云岩,是周期性暴露水面受毛细管浓缩或蒸发泵作用而形成的准同生白云岩<sup>[2]</sup>。白云岩以泥、粉晶结构为主,菱面体晶形完好,晶间孔发育,砾、粒丰富,常形成较发育的粒(砾)间孔和微裂缝,从而为其后淡水溶蚀扩大其孔隙空间提供了必要条件,同时,据研究<sup>[3]</sup>川东石炭系储层为体积交代白云岩,孔隙发育与白云岩化程度密切相关,岩化分析有效储层白云石含量多在80%以上;本区石炭系储层白云岩化程度高,白云石含量一般皆在80%以上,故其亦是促使溶蚀孔缝发育因素之一。

## 2.3 圈闭疏缓,构造部位低,保存条件好,易整装油气

本区圈闭所处构造部位皆很低,除义和场及五百梯圈闭位于大天池主体构造北东倾没端外,其余都与主体构造相平行、呈北东向排列的低矮圈闭。由于圈闭较疏缓,褶皱形成时应力分布较均匀,致使连通孔洞间的裂缝分布也较均匀,因此整个圈闭上孔缝连通性皆较好,从目前已钻井较多的五百梯和龙门场圈闭来看,尚未遇有干井。更重要的是川东石炭系的生气层为志留系及其以下地层,按照油气差异聚集原理,油气沿上倾方向运移,构造部位低的圈闭对下伏志留系上移气必然有优先聚集作用,待装满后再向毗邻构造较高部位圈闭聚集,且本区低矮圈闭两侧都紧邻宽向斜,控制油气运移面积宽,气源丰富,故多整装着气,如已探明的五百梯及龙门场圈闭。再者,出露地层全为侏罗系,石炭系储层皆深埋在4000—5000m以下,盖层条件好,圈闭上断层少而小,对圈闭一般无影响,保存条件也好。

表1 天东地区石炭系储层厚度与孔隙发育情况表

Table 1 Development table of thickness and pores for Carboniferous reservoirs in Tiandong region

井号	有效储层厚度 (m)	平均孔隙率 (%)	备注
1	21.60	7.32	有效储层厚度 系指孔隙率>3% 的储层厚度
4	7.61	3.83	
9	28.66	5.20	
12	31.21	5.71	
15	18.96	4.88	
17	8.09	3.98	
18	29.52	5.70	
20	23.39	4.96	
21	25.50	4.27	

### 3 气藏简论

#### 3.1 已获气藏

①五百梯气藏:位于大天池构造北东倾没端南东翼,北西侧为②号逆断层纵切,南西端石炭系储层被开梁古隆起横切而成地层一半背斜复合圈闭(图2)。②号逆断层北西倾,断距约 $200^+$ m,上盘为志留系泥页岩与下盘石炭系储层接触,遮挡良好。储层构造等高线一端多交于②号断层上,另一端则与开梁古隆起相接,作舒缓状向南东倾,近②号断层处具有两个高点。以阳底-4800m等高线为圈闭线计算,面积约 $144\text{km}^2$ 。除早期在近古隆起边缘钻的邓1井外,已钻井全获气。从钻在与五里灯圈闭之间鞍部上的天东21井获气、地层倾角测井石炭系倾向南东 $30^\circ-40^\circ$ 来看,仍属五百梯圈闭范畴,因此与五里灯圈闭很可能为高鞍相连,二者实为一个圈闭,如气源充足含气边界可能更低,面积更大。

②义和场气藏:毗邻于五百梯气藏西北,为②号逆断层与北侧开梁古隆起波形边界交切所形成的地层一断层(或地垒背斜)复合圈闭(图2)。圈闭南东高,北西低,高点在大天池主体构造北东端由①、②号倾轴逆断层所形成之断垒上;过①号断层向北西作缓慢下倾,由于古隆起边界作波形起伏,北界圈闭线并不在同一条构造等高线上,最低可能在阳底构造-5300m处,面积约 $39\text{km}^2$ 。②号断层北西倾,断距 $200^+$ m,为上盘石炭系储层与下盘阳新统致密灰岩接触,遮挡良好,已钻大天2井产气近 $120 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ;其下盘即五百梯气藏,试采证实两者不相连通,说明不是同一气藏。

③任市气藏:位于开梁古隆起与大天池主体构造之间,呈东缓西陡短轴穹窿背斜状,圈闭完好(图2),面积约 $10\text{km}^2$ 。已钻天东12井,产气逾 $100 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

④龙门场气藏:在任市气藏西南,为南西端被开梁古隆起横切,向北东作鼻状突起的地层一断鼻复合圈闭(图3)。从天东19井产气来看,气水边界至少在阳底构造-4500m等高线处,东翼南西端已沿古隆起边缘绕铁厂坝向斜交切于南门场南①逆断层上。南①逆断层为石炭系储层与上盘志留系泥页岩接触,遮挡良好,面积约 $56\text{km}^2$ 。已钻4口井皆获气,其中天东9井产气逾 $100 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。鼻端与任市气藏为鞍状相接,若为高鞍二者可能为同一圈闭,这尚需用地震或试采证实。

⑤新民气藏:位于本区西南端,为西翼被一条东倾逆断层纵切的半背斜圈闭(图3),断距约100m,系上盘石炭系储层与下盘阳新统致密灰岩接触,遮挡良好,面积约 $5.7\text{km}^2$ 。首钻月东1井,因地震解释有误,落入西侧断层下盘圈闭外失误;其后于同井井下采取向东定向侧钻,钻月东1-1并于石炭系获气,日产气大于 $80 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

#### 3.2 未探圈闭

①白岩山圈闭:位于北段,系五百梯阳底构造向南西延伸部分,被开梁古隆起横隔而成的地层一断鼻复合圈闭(图2),具两个高点。在紧邻圈闭的开梁古隆起上已钻天东3井缺失石炭系,推测与开梁古隆起接壤一带为石炭系储层与志留系泥页岩接触;北翼为一条北西倾逆断层作为圈闭边界,上盘志留系泥页岩覆盖于下盘石炭系储层上,遮挡良好。

②屏锦铺圈闭:与龙门场气藏隔开梁古隆起遥遥相对,为一北东向地层一断垒复合圈闭(图3)。地垒为两条倾轴逆断层组成,断距俱不大,为上盘石炭系储层与下盘二叠系阳新统致密灰岩接触,遮挡良好。

③沙坪场圈闭:系间于屏锦铺圈闭与新民气藏之间的一北东向半背斜圈闭(图3)。南东翼

为北西倾逆断层断错,断距 300—400m,为上盘石炭系储层与下盘二叠系阳新统灰岩—龙潭组泥页岩接触,遮挡尚好。

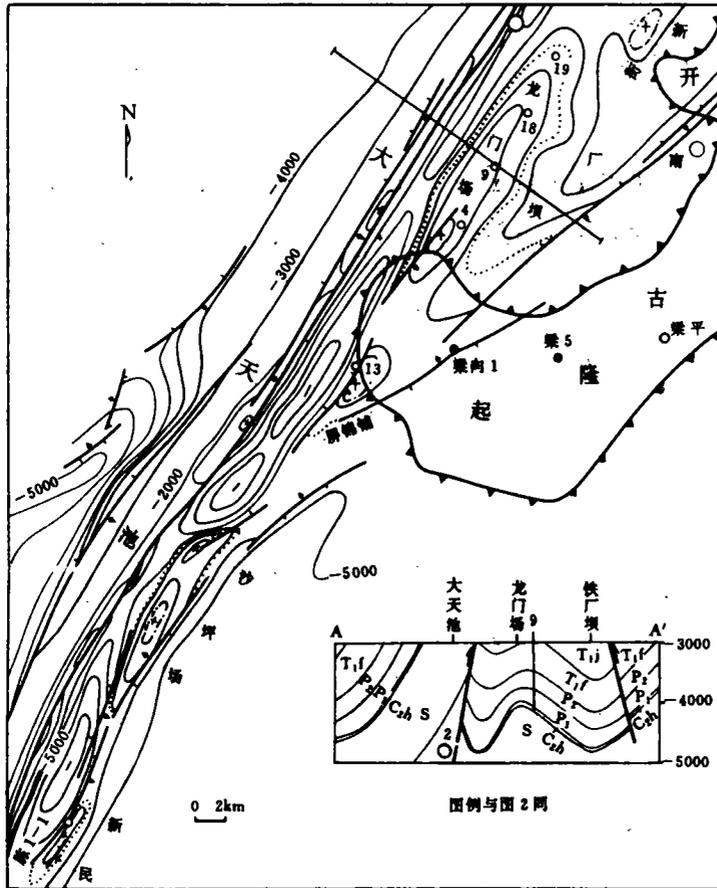


图 3 天东地区南段石炭系构造及圈闭图

Fig. 3 Map of Carboniferous structures and traps in south sector of Tiandong region

此外,区内尚有临江镇、五里灯、连青寨及新街等圈闭未探,它们不仅低矮,而且圈闭较好,俱是获气很有希望的圈闭。

#### 4 结束语

天东地区石炭系天然气富集因素,关键在于开梁古隆起的存在及其与晚期构造的有机组合,形成了一系列地层—构造复合圈闭及一些低矮圈闭气藏。这些圈闭既有较好的储层,并处于大天池与南门场两个高陡背斜之间的复式宽向斜内,不仅圈闭较好、构造部位低、保存很好,而且控制下伏气源层志留系上移气的面积宽,气源丰富,充满度高,因此得天独厚。还有不少圈闭未探,前景尚佳。

收稿日期:1994年10月5日

### 参 考 文 献

- [1]陈宗清,1985,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,59(2),87—96.  
[2]陈宗清,1985,川东中石炭世黄龙期沉积相及其与油气的关系,沉积学报,3(1),71—78.  
[3]Chen Zongqing, 1989, Oil and Gas Exploration in the Carboniferous Huanglong Formation in the Yangtze Region, China, Onzieme Congres International de Stratigraphie et de Geologie du Carbonifere, Compte Rendu Tome 5. p. 353—361.

## Enriching Factors of Carboniferous Gas in Tiandong Region, East Sichuan

*Chen Zongqing*

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

### Abstract

The Tiandong gas region is of a rich ore discovered in East Sichuan (Chuangdong) since recent years, that has a good accumulative condition, high productivity, not wholly controlled by structural trap for gas enrichment. Through research, it is discovered that gas enrichment is mainly controlled by Kaijiang—Liangping paleo—uplift. Which has formed not only a series of composite trap of stratigraphy and structure, and also promoted the still more development of the effective thickness and pores of Carboniferous reservoir resulting in better accumulative condition on the basis of Carboniferous sedimentation facies and diagenesis of this region, beneficial to the development of pores. Secondly, it is situated within the low synclinores between two high and steep anticlines of Datianchi and Nanmenchang; the structural position is low, and the trap is mostly adjacent to broad syncline which has not only the performance of preferentially accumulating the up—migrating gas from the underlying Silurian gas—origin layer, but also has a large area of controlling oil and gas enrichment, abundant gas—source, and high filling degree for the trap. Lastly, the paper has concisely commented the gas—bearing conditions of various traps.

**Key words:** East Sichuan (Chuangdong) Carboniferous gas enrichment factors