

川东大池干井构造带的构造分析

冯青平

(四川石油管理局川东开发公司, 重庆 630021)

大池干井构造带的形成演化可分为四个阶段。其石炭系天然气的聚集主要受背斜及断层控制。早期, 当背斜在水平挤压应力作用下两翼出现一对反冲断层组合成倒“八”字形断层-高点圈闭时, 因圈闭发育较早、封闭较好而富存天然气; 后期, 在扭压应力作用下构造带演变为主断高和陡翼潜伏的次断高, 前者有时因轴部发育缓冲断层而含气性变差, 后者因破坏较小而富存天然气。

关键词 川东地区 大池干井构造带 构造演化 石炭系 天然气勘探

作者简介 冯青平 男 25岁 工程师 石油地质

一、概 况

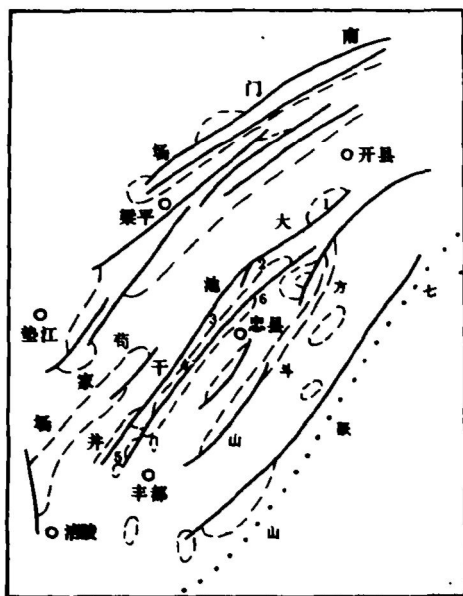


图1 大池干井构造带构造分布略图
高点名称: 1—高峰场, 2—万顺场, 3—吊钟坝,
4—龙头, 5—麦子山, 6—磨盘场

大池干井构造带位于川东丰都、忠县及万县境内, 是一典型的高陡线形背斜, 平面上呈弧形构造特征(图1), 地面出露最老地层为中三叠统雷口坡组(T_2k)。SE翼陡(倾角为 26° — 60°), NW翼缓(10° — 26°)。地腹走向倾轴逆断层十分发育(图2)。主体构造带沿走向依次发育了万顺场、吊钟坝、龙头、麦子山(麦南)等高点, 陡翼断凹带派生有磨盘场(老湾)次级潜伏断高(指断层-背斜圈闭型高点, 下同), 北倾没端缓翼派生有高峰场次级潜伏高点(图1)。

该区的地震勘探工作始于1973年, 1975年钻第一口探井, 至1991年底, 先后在各高点完井48口, 获中石炭统、下二叠统三段、下三叠统飞仙关组一至三段(T_1f^{1-3})及嘉陵江组一、二段(T_1j^{1+2})等四个主力气层, 气井平均成功率58.3%, 探明十分可观的储量, 其中石炭系储量占98.7%。

前人对川东地区高陡构造的形成演化做过大量

的研究,其中一种主要观点是世代成生论^{***}。该观点把川东地区各局部构造分为四个褶皱系,但未能从区域构造演化背景上将它们联系起来;同时把各高陡构造不同方向线形展布说成是与其发育时间的早晚有关且决定其含油性亦与事实相悖,实际上在不同方向的褶皱系中均已获得了工业性油气流。

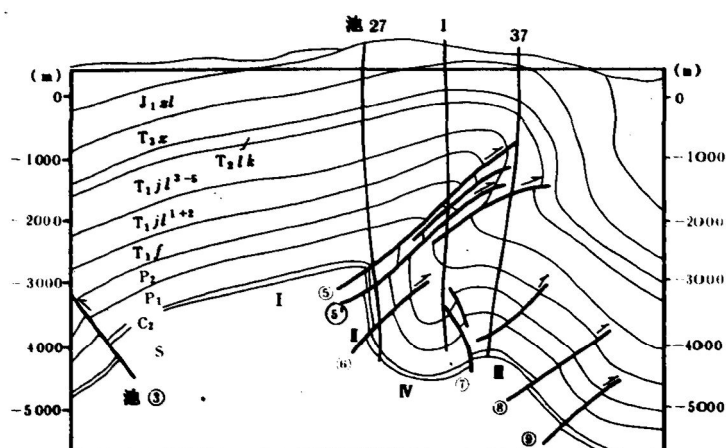


图2 大池干井构造带构造横剖面图

I—单断高, II—断块, III—次断高, N—断凹

二、大池干井构造带的形成与演化

(一) 区域构造背景

川东地区在震旦纪至中、新生代的漫长地史过程中,经历了频繁的振荡运动及喜山期的强烈褶皱作用,总的演化趋势为:早古生代为古斜坡,晚古生代具古隆起雏型,中生代发展为古隆起,新生代褶皱形成现今的构造格局^{***}。

喜山运动具多幕次性,以水平挤压及扭压应力作用为主。在太平洋板块向欧亚板块俯冲产生的NW向主应力的强烈作用下,具有柔性基底的川东地区受坚硬的大巴山古陆和川中陆块刚性基底的反弹应力作用,东西两侧边界受华蓥山大断裂和七跃山大断裂控制,所形成的次级构造带大多为平行边界大断裂发育的、走向各异的高陡构造,它们是轴面反倾于主应

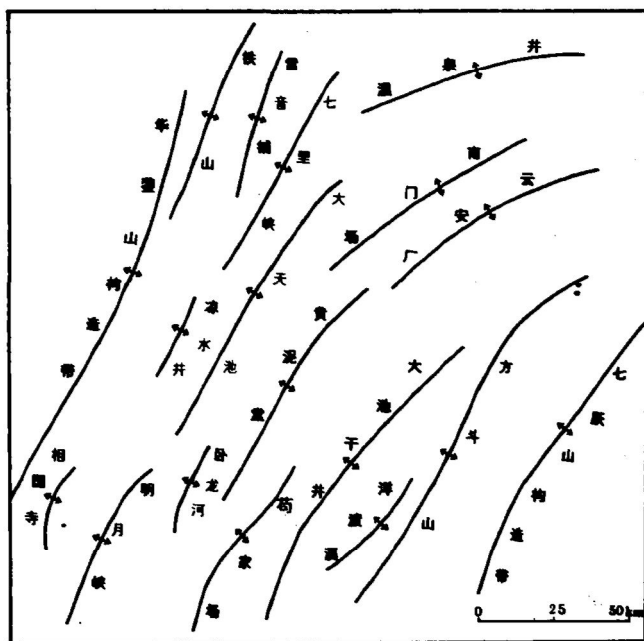


图3 川东地区线形构造带展布特征略图

- 戴泽中等. 川东地区构造裂缝特征研究反其在勘探中的应用. 1988.
- 赵从俊. 川东新统断层面力学性质与油气富集关系. 1986.
- 何天华. 川东高陡背斜含油气条件研究与评价. 1988.

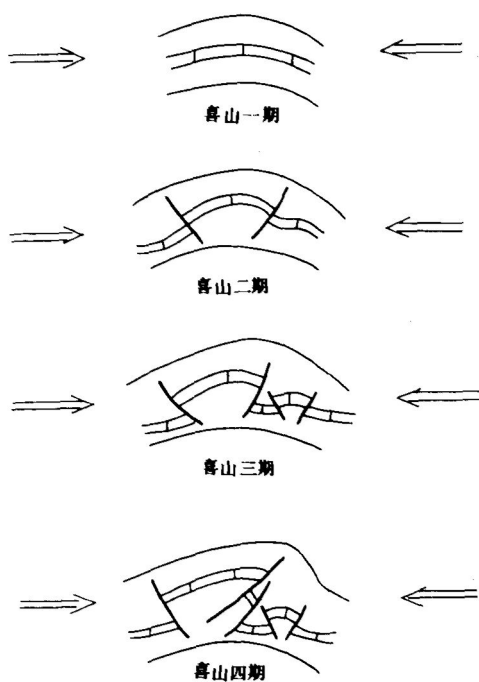


图4 大池干井构造带形成演化模式图

力方向的非对称性背斜,并组成弧形褶皱带(图3)。后来在 multi 期持续应力作用下,高陡构造带进一步解体为受各级断层带控制的潜伏背斜及断层圈闭。

(二) 形成演化

大池干井构造带在喜山期主要经历了四个不同的演化阶段(图4)。

喜山一期:在NW向水平挤压应力作用下发生对称性褶皱,形成相间发育的背斜一向斜构造。大池干井构造带大致平行于七跃山边界断层(NE向),并在其两端因受区域南、北边界条件的影响,轴线发生弧形弯曲。现今可在深层,如奥陶系顶面(VII)发现这种早期形成的平缓而对称的构造(图5)。

喜山二期:随着NW向水平挤压力的不断增强,构造带的弧形特征趋于明显,背斜隆起幅度增大,并于其两翼转折端“X”剪切裂缝发育带派生了两条高倾角走向逆断层,即池③、⑥两断层,它们具有对称、倾轴、反冲的特点,剖面上呈倒“八”字形(表1),并组合成断上盘断高型圈闭。同时,来

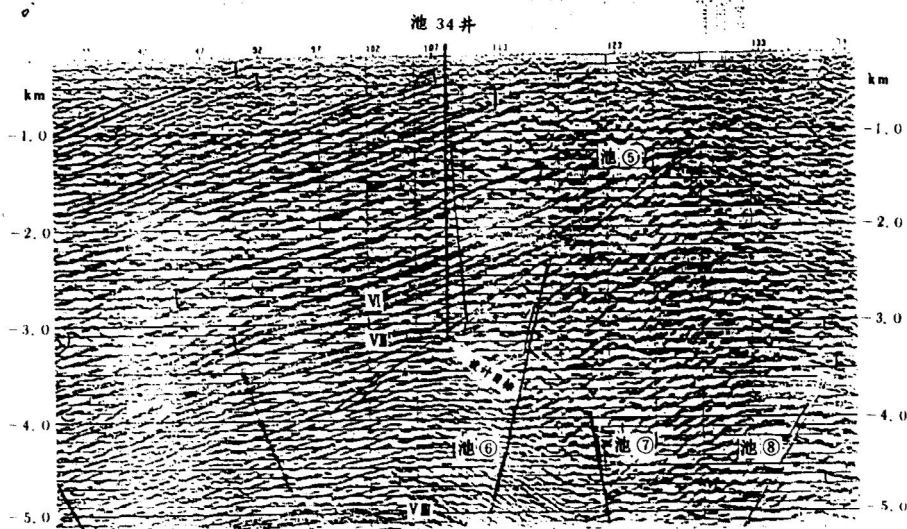


图5 大池干井构造带 85-D374 测线地震深度剖面

自川中刚性基底的反弹应力(F)在传至华蓥山深断裂带时,分解为两种分应力(F_1 和 F_2),其中 F_2 沿断裂带向深部传递并散失, F_1 则沿垂直于断裂带方向,向川东区上部地层传递(图6),使志留系塑性泥岩层以上各地层均发生不对称褶皱,同时SE翼陡带下盘派生出次级潜伏高点。

喜山三期:在NW向水平挤压应力及反弹应力的非对称性持续作用下,构造隆起幅度进

一步增大,弧线形特征十分明显,陡带地层出现了明显变异,前期发育的主断层向上滑脱于嘉陵江组膏盐层内,又因地层能量聚集程度较高而沿轴线发育了许多纵张性破裂面,并于陡带下盘潜伏高点两翼派生出两条倾轴反冲小断层,呈倒“八”字形,即池⑦、池⑧断层(表1),使次级潜伏高点与主体背斜构造呈断凹相接。

喜山四期:应力作用继续加强并逐渐集中于主体构造轴部高带,导致沿轴部纵张破裂面发育了低角度的逆冲断层带,具断层破碎带和数条断层(池⑤、池⑤'等)平行发育的特点(表1)。该断层带在平面上随构造高点走向而发育,于两倾没端消失,并在吊钟坝-龙头一带切割了早期发育的池⑥断层,向上消失于自流井群(J_1zl) (图5),使主断高圈闭进一步解体为单断高型圈闭及断块圈闭(图2)。又因剪切作用,三叠系上部塑性地层发生流动、揉皱,使陡带地层增厚;同时,在 multi 期应力的叠加作用下,构造带垂向变异明显,在正对主体高点的断层下盘形成断陡带和断凹带。从而形成了高陡构造带的现今格局。

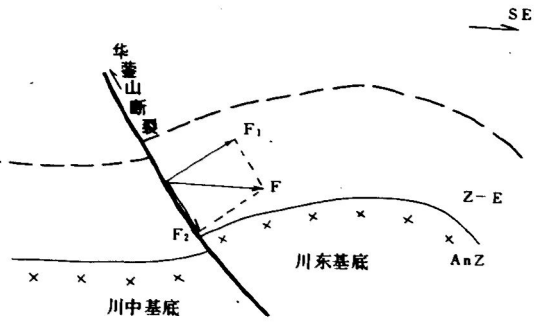


图6 反弹应力(P)作用方向示意图

表1 大池干井构造带断层特征及分类

断层编号	主要发育时期	应力特征	发育构造部位	断层性质	断开层位	P_{12} 项 断距(m)	断层产状		向上消失层位	断层类型	对气藏封闭的影响
							倾向	倾角			
池③	喜山二期	水平挤压	西北翼	逆	$J_1jl^3-C_2$	200	SE	53—64°	T_1jl^4	I	有利
池④	喜山二期	水平挤压	西北翼	逆	$T_1jl^4-C_2$	120	SE	38—48°	T_1jl^5	I	有利
池⑤	喜山四期	侧向扭压	近轴部	逆掩	$J_1zl^3-C_2$	260	NW	23—46°	J_1zl	I	改造原生气藏
池⑤'	喜山四期	侧向扭压	近轴部	逆掩	J_1zl-P_2		NW	20—40°	T_1zl	I	改造原生气藏
池⑥	喜山二期	水平挤压	东南翼陡带	逆	P_2-C_2	130	NW	40—60°	T_1f	I	有利
池⑦	喜山三期	水平挤压	东南翼	逆	P_1-C_2	50	SE	65°	P_2	I	有利
池⑧	喜山三期	水平挤压	东南翼	逆	$T_1jl^2-C_2$	100	NW	65°	T_1jl^3	I	有利
池⑨	喜山三期	水平挤压	东南翼	逆	T_1f-C_2	40	NW	58°	T_1jl^1	I	有利
峰①	喜山三期	水平挤压	北倾没端缓翼	逆	$T_1jl^5-C_2$		NW	55—60°	T_2lk	I	有利

三、含油气性评价

勘探证实,大池干井构造带主体构造各高点圈闭及潜伏圈闭都是天然气聚集的有利地带,但其含油气特征各不相同。

(一) 断层属性对天然气聚集的影响

大池干井构造带沿轴向发育了数条走向逆断层,它们与背斜圈闭相伴生。由于这些断层

发育时间不同,其属性亦异,因而对天然气聚集的影响有别。区内断层根据其属性及发育时期可分为两类(表1):

I类断层主要受喜山二、三期水平挤压应力作用,具有两两共生,呈倒“八”字形的特点,形成反冲断高型圈闭(图2)。这类断层生成的时间相对较早,断面倾角较大而断距偏小,且多向上滑脱于嘉陵江组塑性岩层内,断层带自身封闭性好,圈闭内气藏充满度普遍较高。而当其两断层对冲呈正“八”字形时,所形成的构造为断凹型构造(图2),是地层水聚集的场所。

II类断层为数条断层平行共生的断裂破碎带,受喜山四期扭压应力作用而形成。它们切割了背斜核部,使原断高圈闭解体为断层上盘单边断高圈闭及断层下盘断块圈闭(图2)。这类断层的发育时间较晚,倾角小而断距较大,且向上消失于自流井群,起到改造原生气藏的作用,使断高圈闭内的天然气重新聚集为单断高型气藏和断层下盘断块气藏,气藏充满度明显降低。

(二) 石炭系构造圈闭天然气聚集特征

石炭系是川东地区区域性高产气层,以溶孔白云岩、溶孔角砾白云岩等为主要储集岩类,属裂缝-孔隙型储层,背斜-断层型及断块型气藏。喜山一、二、三期构造运动使天然气发生大规模的运移和聚集,主体构造圈闭与潜伏构造圈闭分别自成含气系统,气藏充满度(气藏高度/闭合度)均较高,一般 ≥ 1.0 。一些地段在喜山四期发育的池⑤断层带切割影响下,主体构造原生气藏解体为单断高圈闭气藏及断块气藏,气水界面上升,气体充满度低,一般 < 1.0 ,且地层水矿化度比构造带端部及断层下盘偏低(表2)。麦子山断高圈闭因石炭系发生去白云石化、去石膏化作用强,使储层致密化,物性变差($\phi < 2.0\%$, $K < 9.87 \times 10^{-6} \mu\text{m}^2$),很难形成天然气的大量聚集。

表2 石炭系气藏特征对比表

高点名称		万顺场	吊钟坝-龙头	高峰场	磨盘场
闭合度(m)		460	580—500	340	250
气藏高度(m)		460	530—450	340	350
充满度		1.0	0.91—0.90	1.0	1.40
地层水	Cl ⁻ 含量(g/l)	46.32—53.20	32.50—40.64	56.80—118.00	90.20
	矿化度(g/l)	76.00—86.71	53.73—66.36	93.10—190.78	146.67
备注		磨盘场之水性资料取自陡断凹带			

(三) 构造裂缝圈闭天然气聚集特征

大池干井构造带在地史时期受多期应力叠加作用,石炭系之上的致密碳酸盐岩地层聚集程度高,沿构造带长轴、两倾没端、陡带下盘及断层带附近发育了许多构造裂缝及溶蚀缝洞,形成裂缝性构造圈闭,是天然气聚集的主要场所。主高点吊钟坝及龙头一带因池⑤断裂带的切割,使致密地层的能量释放,导致阳新统一嘉陵江组地层压力偏低,是低幅低压(压力系数 < 1.50)气藏发育的场所(表3)。构造带两倾没端及陡带下盘应力叠加作用,且受池⑤断裂带影响较小,致密层内能量聚集程度较高;加上各级断层大多分叉消失于两倾没端之圈闭内,受断层末端效应的影响,所以构造带端部和陡带下盘的阳新统一嘉陵江组地层压力增高,

是高压—超高压（压力系数 ≥ 1.50 ）气藏发育的场所（表3）。该高压带对下伏石炭系构造气藏起到了很好的压力封闭作用。

表3 裂缝型致密储层产气特征对比表

高点名称	产气层	井号	产气量 ($10^4\text{m}^3/\text{d}$)	压力系数
高峰场	T_{1f}^3	峰4井	6.13	1.64
万顺场	P_{1g}^1	池15井	1.57	1.56
吊钟坝—龙头	P_{1g}^3	池1井	6.37	1.39
麦子山（麦南）	P_{1g}^3	池4井	2.17	1.62
	T_{1j}^{1+2}	池31井	26.10	1.68

裂缝型储层分布较广，它不受背斜或高点圈闭的限制，如能采用裂缝地震解释新技术，寻找裂缝发育带，可望在构造带各部位，特别是勘探盲区的陡断凹带附近取得新的发现。

四、构造模式与高陡构造油气勘探

大池干井构造带的形成演化模式可归纳为：石炭系天然气的聚集主要受背斜高点及断层所控制。当两条断层反冲组合呈倒“八”字形时可形成断高型圈闭（图7-A，B），这是川东高陡构造较为典型的圈闭类型，是在水平挤压应力作用下形成的，发育时间相对较早，断层封闭性好，具有较大圈闭面积和幅度，是天然气富集的有利场所。它可进一步分为主断高圈闭和次断高圈闭。次断高为潜伏高点，受晚期扭压应力影响程度较低，破坏较小，圈闭两翼比较对称，是天然气高度富集的有利场所；主断高受不对称应力挤压强烈，形成非对称性圈闭，虽其自身仍具封闭性并不失为有利圈闭，但有时因晚期扭压应力作用较强，在其轴部发育一条低角度的缓冲断层，使其解体为单边断高圈闭和断块圈闭，使原生气藏发生改造，甚至遭到破坏。在现场勘探高陡构造主断高圈闭时，必须首先认清轴部缓冲断层发育与否及其规模、产状，以及它对圈闭的改造或破坏程度，以确保勘探主体构造的可能性。

当某一逆断层发育而没有另一共生断层与其组合成倒“八”字形构造圈闭时，该断层上盘也可形成一种特有的冲断高圈闭（图7-C）。这种潜伏型高点大多发育于主体构造之缓翼或两倾没端，断层侧向封闭性好，也是天然气聚集的有利圈闭。

当两条断层对冲发育，呈正“八”字形断层组合时，其间大多以断凹构造为特征（图7-D），往往起着分隔两侧气藏、阻止边水活动的作用，是地层水聚集的场所，在现场勘探石炭系气层时，应注意回避。

综观川东地区发育的许多高陡构造，如大天池、云安厂、铁山、七里峡等构造带（图3），

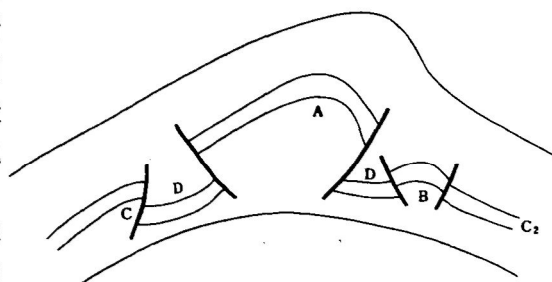


图7 川东地区高陡构造断层模式图
A—主断高，B—次断高，C—冲断高，D—断凹

它们的形成演化及构造圈闭类型与大池干井构造带类似,所以,断高型圈闭(包括潜伏断高)都是这些高陡构造的主要圈闭类型和主要勘探目标。

本文得到了成都地质学院副院长彭大钧教授和川东开发公司张高俭和冉宏高级工程师的热情指导,在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- 1 徐开礼等. 构造地质学. 北京:地质出版社, 1979: 72—97
- 2 包 茂, 杨先杰等. 川东高陡型气田勘探的突破. 天然气工业, 1990; 10 (2): 2—6
- 3 张月华等. 川东地区断层位移转换与裂缝发育的关系. 天然气工业, 1989; 9 (4): 10—14

STRUCTURAL ANALYSIS OF DACHIGANJING STRUCTURAL ZONE IN EAST SICHUAN

Feng Qingping

(Chuan Dong Gas Development Co., Sichuan Petroleum Administration)

Abstract

Dachiganjing structural zone is one that is quite a typical high-steep anticlinal fault-folded zone. Its subsurface structural pattern has varied obviously, and its concealed faults and traps are developed well. Hence it has become a favourable Carboniferous gas reservoir place with fracture and fracture-porous preserving spaces.

The structural zone underwent following evolution process: in Himalayan period-1, a wide symmetrical anticline formed; in Himalayan period-2, recoil faults formed on the anticline, and a secondary concealed anticline derived from the footwall of the steep limb; in Himalayan period-3, the steep fault-depressed belt varied and two subrecoil faults derived from the secondary concealed anticline; in Himalayan period-4, a overthrust belt developed on the culmination of the main structure and it made the structure disintergrate into monofault traps or fault-block traps.

The migration, acculmulation and distribution of hydrocarbon in the structural zone are controlled by following two types of structures. Type-1, the recoil fault assemblage (compressional faults), formed a kind of fault-culmination trap, which make the filling degree of Carboniferous gas pools equal or greater than 1.0; type-2, shear-compressional faults, usually reformed the primary gas pools, as the result, the gas pool filling degree of Carboniferous reservoirs in Diaozhongba and Longtou area decreased to less than 1.0.

The hydrocarbon pools in the study area are primarily anticline-fault type, and then fault-block and fracture types. The later ones are generally not controlled by anticlines or culminations.