

文章编号: 1009-3850(2007)01-0067-05

川西坳陷圈闭分类

罗啸泉, 安凤山

(中国石化西南分公司 勘探开发研究院, 四川 成都 610081)

摘要: 川西坳陷有着复杂的形成与演化历史, 从而导致油气成藏、圈闭类型复杂的局面。通过对川西主要气藏圈闭分析, 把圈闭成因作为分类的基础, 圈闭形态及遮挡方式作为划分各大类中次一级亚类的依据。按形成油气圈闭的主导成因差异, 将川西坳陷圈闭划分为构造圈闭、地层圈闭和成岩圈闭三大类型。其中, 岩性圈闭和古构造-成岩圈闭是川西坳陷的优势圈闭。

关 键 词: 川西坳陷; 气藏; 圈闭; 分类

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

川西坳陷是指四川盆地西部晚三叠世以来形成的前陆盆地, 属于其东缘前陆盆地的一部分。川西坳陷有着相当复杂的形成与演化历史, 从而导致油气成藏复杂, 圈闭类型多样的局面^[1, 2]。自晚三叠世以来, 川西坳陷从印支期到喜马拉雅期经历了 8 次构造运动, 仅燕山中晚幕主成藏期以来就经历了三、四次构造运动。多期构造旋回运动, 造成该区历经了多期的地层抬升与卸载作用, 油气从生成→运移→聚集过程持续的时间较长, 使天然气具有多阶段、多期成藏的特点。主力烃源岩早熟和储层致密化是川西陆相碎屑岩的两个鲜明特点, 天然气成藏过程与气藏的保存过程交织在一起, 使得油气运移、聚集、成藏过程更加复杂化^[3]。与石油生成阶段相对较单一相比, 天然气又具有多源多阶段成因的特点。因此, 川西坳陷的客观地质条件决定了其圈闭的异常复杂性、隐蔽性和类型的多样性。

圈闭是构造运动与沉积变迁等多项因素联合作用形成的产物, 有着重要的时间含义。烃源岩生排烃期也是有时间期限的。生烃期以前及同期形成的圈闭才能接受油气聚集, 才是有效圈闭。在烃运移停止之后形成的圈闭不能聚集油气, 除非早期形成

的圈闭又发生了油气再运移。因此确定了圈闭的形成时间, 也就大致确定了油气藏形成的最早时间。川西坳陷主要的褶皱运动发生在喜马拉雅期, 油气大量生成和规模运移期是在燕山中晚期, 构造圈闭的形成时期比运移期晚了 1 亿年。

1 主要气藏圈闭分析

川西坳陷已发现中坝、平落坝、九龙山、孝泉、新场、合兴场、洛带、新都、马井等 10 多个气田, 共计有蓬莱镇组、遂宁组、沙溪庙组、千佛崖组、白田坝组、须家河组四段、须家河组三段和须家河组二段 8 个气藏。

1.1 构造型

构造型又细分为背斜圈闭和断层圈闭两类。川西地区背斜基本上是在水平应力作用下所产生的纵弯褶皱, 其中又多数与断层相关。

1.1.1 背斜圈闭

背斜圈闭为伸展背斜, 下伏有断层, 不对称, 与潜伏冲断层有关, 如大邑浅层构造。断展背斜, 两侧有断层, 不对称, 与背冲式断层组相关, 如合兴场、平落坝构造。合兴场气田位于川西坳陷东坡, 须二气

收稿日期: 2006-07-11

第一作者简介: 罗啸泉, 1963 年生, 高级工程师, 硕士, 从事油气地质综合研究工作。

资助项目: 国家“十五”重点科技攻关项目“四川盆地西部低渗透气藏勘探开发关键技术研究”(2001BA605A-05)。

藏局部构造是近南北向的短轴背斜，长轴7km，短轴4km，西翼 6° ，东翼 12° ，圈闭面积 22.2 km^2 ，闭合高度260m。背斜东西两侧均有南北走向、断距不大的断层，背斜北端被一条东西向断层切割。须二段储层为叠置河道砂体，岩性为细—中粒长石岩屑砂岩及岩屑砂岩，储集类型属裂缝—孔隙型，平均孔隙度5%。合兴场须二气藏是受背斜构造控制，超高压，有底水的层状气藏。

2. 断层圈闭

断层圈闭为墙角断块，背斜两侧为断面遮挡，平面与逆冲断层、压扭断层相关，如合兴场邱家槽高点；断鼻，背斜翘起端为逆断层面遮挡，与斜截式逆断层相关，如石泉场构造；变形断块，一侧为断层遮挡，断层线弯曲变形，发育于大的逆断层下盘，如青林口构造。

1.2 地层型

地层型又分为地层型和岩性型圈闭。

1. 地层型

沿龙门山前缘T4地震反射层(J_1b)、 T_4^1 地震反射层(J_2q)对下伏的须家河组三、四、五段层序，沿彭县下盘Tk(K_1t)对蓬莱镇组均有不同程度的削蚀和削截。在削蚀、削截过程中由于风化剥蚀使储层遭受了强烈的地表淡水淋滤，溶蚀孔隙十分发育、储集条件较好，容易形成地层超覆型圈闭(图1)。

2. 岩性型

(1) 新场气田蓬莱镇组气藏：为岩性圈闭，包括 Jp_1 、 Jp_2 、 Jp_3 三个次级气藏的蓬莱镇组气藏，其展布面积 81.5 km^2 ，为一向东倾伏的鼻状褶曲，无圈闭面积可言。按蓬莱镇组底面构造图，气藏东段最低部位高程约 -1200 m ，气藏西段最高部位高程 -1040 m ，往西的更高部位已不含气，说明构造不是圈闭的主要因素；含气砂体主要为三角洲前缘砂体，显示了岩性对圈闭的控制作用，应为较典型的岩性圈闭。

胡见义、包茨(1986)指出：“岩性圈闭油气藏一般是原生油气藏。岩性圈闭是与油气源岩层(生排烃高峰期)同期形成，以短距离油气运移为主，并常常是油气源岩直接排烃，经一次运移而形成的油气藏，它们的形成时间常常早于构造油气藏的形成时间，油气性质具有原生特征。”需要说明的是，以上论述是针对石油及其溶解气而言，天然气有其自身的特点，活动性强和水溶相态可以使其跨层长距离运移。过去研究已经阐明，川西地区主力烃源岩须家河组，在中晚侏罗世正值生排烃高峰期，蓬莱镇组具备了早期成藏的条件，成藏规模可观，现已探明储量 $227 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

(2) 洛带、新都遂宁组气藏：为大型岩性圈闭。研究表明，川西坳陷遂宁组从西到东具有3个沉积

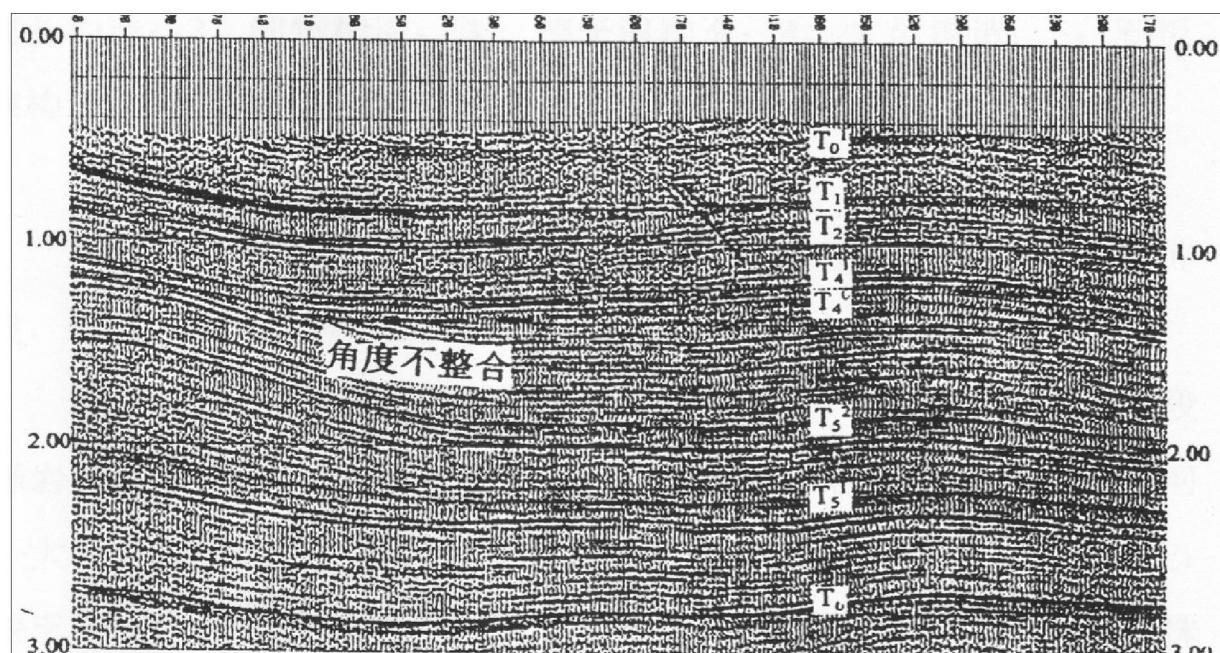


图1 反射层对下伏层的削蚀

Fig. 1 Truncation of the underlying horizons by the reflecting horizons

相带, 即靠近龙门山物源以砂砾岩沉积为主的冲积扇-辫状河相带, 中部的以砂泥岩互层为主的三角洲沉积相带, 东部大面积分布的以泥岩为主的浅湖沉积相带。

洛带-廖家场地区在地史时期, 长期处于川西坳陷向川中古隆起过渡的较高的斜坡部位, 是油气自西向东规模运移的指向带。中浅层侏罗系气藏属于远源次生气藏, 气源主要来自深层的须家河组, 须家河组煤系地层具有丰富的天然气资源。洛带-廖家场地区中深层位于浅层 Jp 气藏与下覆烃源层之间, 是天然气向上运移的必经之路。遂宁组在落带、廖家场、新都一带发育大型水进型三角洲沉积, 砂层呈东西向展布, 与 NNE 向的洛带构造近垂直, 砂层沿着上翘方向和侧向上尖灭, 形成了大型的岩性圈闭。在燕山中、晚期, 上三叠统烃源岩进入生烃高峰期, 而遂宁组之上又沉积了蓬莱镇组和下白垩统等良好的盖层, 喜马拉雅期强烈的构造运动, 形成了一定规模的断裂系统, 一些断层向下断到须家河组气源岩, 对远源气藏的成藏形成了良好的疏导条件。因此, 在洛带、新都一带遂宁组砂层天然气充注程度高, 为大型的岩性气藏。

位于新都单斜上的川都 617 井, 完钻对上沙溪庙组 2286~2291m 井段加砂压裂测试, 产气 $2.8756 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 发现了 Js_1^3 气藏; 后上试遂宁组, 对井深 1807~1830.2m 加砂压裂测试, 产气 $2.7318 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 发现了 Js_1^1 气藏。测试表明, 这两个气层均不含水。虽然新都构造位置比洛带构造低, 但比起西侧的凹陷区来, 要高得多, 洛带的遂宁组气藏圈闭面积 126 km^2 , 可与新都连成一片, 前景广阔。洛带遂宁组气藏已探明天然气储量 $147 \times 10^8 \text{ m}^3$, 钻井 60 余口, 形成了日产天然气 $60 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的规模。

1.3 成岩圈闭

1. 新场气田沙溪庙组气藏

沙溪庙组气藏展布面积 72 km^2 , 其构造背景如前所述, 为一东倾平缓鼻状褶曲, 除川孝 129 井区有一 0.45 km^2 的小高点外, 没有其他闭合面积。沙溪庙组气藏包括 10 层河道砂体, 勘探证实, 储气单元为规模不等的储渗体。气藏精细描述确认, 非渗透的致密岩石在空间上包围了储渗体, 显示了成岩作用对气层的严密封堵, 也表明了成岩圈闭确实存在。滚动勘探开发发现, 储渗体不是孤立的, 其群体组合与上侏罗统时沙溪庙组顶面构造图所显示的古穹隆一致, 说明成岩圈闭是由古构造圈闭演变而来(图 2)。

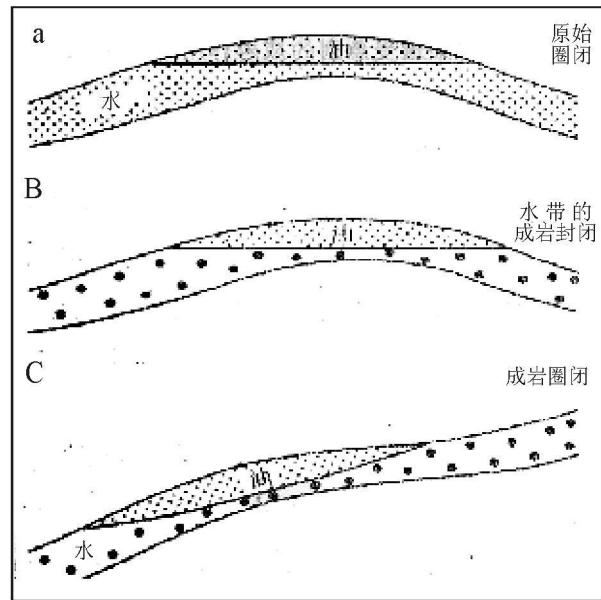


图 2 成岩圈闭模式图(据 Wilson, 1977)

Fig. 2 Model for diagenetic traps (after Wilson, 1977)

2. 古构造-成岩圈闭是川西坳陷须家河组气藏的优势圈闭

“成岩圈闭”一词早已为人们熟悉, 限于早期的研究程度, 成岩圈闭一直被并入岩性圈闭, 但实际上二者之间的区别是明显的。由于成岩圈闭无法提出可测性的具体指标, 研究一直未能展开。古构造成岩圈闭是在原始构造圈闭的基础上, 由于成岩作用及其后期构造运动改造而形成的一种新圈闭。其特征是: 它可以跨越现今构造, 或出现在现今构造圈闭之外的构造鼻、斜坡、甚至向斜中。一般这种古构造型成岩圈闭是由于原始构造中聚集的油气被胶结封存起来而得以形成, 即在储层含油气部位, 成岩作用受到阻碍, 而在含水部分, 成岩(胶结)作用强烈进行, 这种差异性成岩作用造成了封闭条件。一旦油气封存, 即使原始圈闭位置再发生变化, 油气不再发生重新分配。

川西坳陷已找到的 7 个气田中, 中坝、九龙山、合兴场、孝泉等 4 个气田是古构造-成岩圈闭, 平落坝气田香二气藏亦提出过为古构造-成岩圈闭的认识。如新场气田五郎泉局部构造须二顶面闭合高为 100m, 而该构造上的 X851 井钻井揭示须二气藏在距构造高点的 200m 以下部位, 即气藏在构造圈闭的溢出点之下近 100m 处。新场须二气藏根据储层预测所显示的储渗体形态, 亦可能为古构造-成岩圈闭。勘探实践表明, 川西坳陷油气藏不受现今构造的严格控制, 气藏可能在今构造圈闭的溢出点之外。

由于上三叠统烃源岩成熟较早,须三段沉积时下部源岩即已成熟,至侏罗纪末,占总量82%的天然气已经生成,提供了早期成藏的物质基础;须二段和须四段砂体厚度较大、分布稳定,特别在侏罗纪末期以前,砂岩尚未完全进入致密化,存在油气规模运移聚集的可能性,具备了成藏的储层条件;燕山期构造活动明显,铸成了隆坳相间构造格局,进而造就了以古隆起为骨架的油气富集带。因此,古构造-成岩圈闭将是今后勘探的主要圈闭类型。

安凤山(2003年)对中坝气田须二气藏圈闭研究确认,其圈闭成藏模式是:生排烃期及其前期的圈闭存在—油气充注圈闭—沿油气藏边界部位成岩作用差异发展—不渗透的致密岩带封闭油气藏—晚期构造作用使油气藏掀斜甚至形变,但不改变早期聚集的实质^[4]。川西坳陷须家河组普遍具备这种成藏环境,所以古构造-成岩圈闭是这里主要的优势圈闭之一^[5,6]。根据川西坳陷古构造的重要作用,提出了“古构造-成岩圈闭”这一术语。古构造不仅是油气聚集的重要部位、成岩圈闭的前身,也是成岩圈闭重要的一个可测性标志。

2 川西坳陷圈闭分类

根据前面对川西坳陷气藏圈闭的分析,把圈闭成因作为划分各大类的基础,圈闭形态及遮挡方式作为划分各大类中次一级亚类的依据。按形成油气圈闭的主导成因差异,将川西坳陷圈闭划分为构造

圈闭、地层圈闭和成岩圈闭3个类型、11个亚类(表1)。其中,岩性圈闭和古构造-成岩圈闭是川西坳陷的优势圈闭(图3)。

表1 川西坳陷圈闭分类表

Table 1 Classification of the traps in western Sichuan depression

圈闭类型		实 例
构造型	断展背斜	合兴场、平落坝须二气藏
	伸展背斜	大邑
	挤压背斜	大园包
	断块	邱家槽须二气藏
	断鼻	石泉场
	变形断块	青林口
地层型	地层超覆	待发现
	地层削截	待发现
岩性型	岩性尖灭	新场蓬莱镇气藏, 洛带、新都遂宁气藏
成岩型	成岩遮挡	新场沙溪庙气藏

3 结 论

川西坳陷有着相当复杂的形成与演化历史,从而导致油气成藏复杂,圈闭类型复杂的局面。对川西坳陷圈闭类型的正确识别和科学的分类,总结其圈闭特征,以期认识其形成条件和分布规律,这对指导油气勘探具有理论与实践意义。

在对川西坳陷主要气藏圈闭分析基础上,把圈

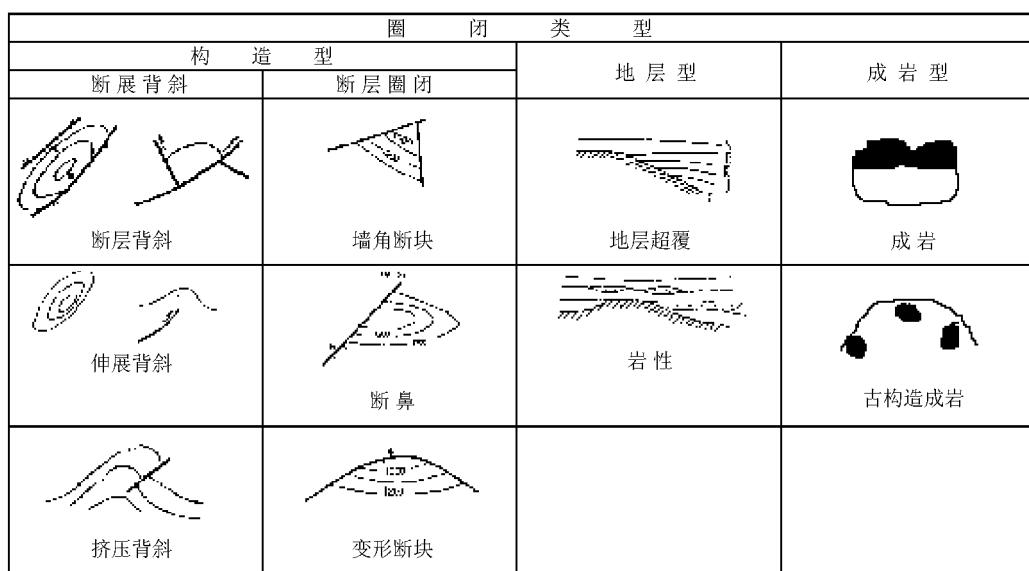


图3 川西坳陷圈闭类型图

Fig. 3 Types of the trap in western Sichuan depression

闭成因作为划分各大类的基础, 圈闭形态及遮挡方式作为划分各大类中次一级亚类的依据。按形成油气圈闭的主导成因差异, 将川西坳陷圈闭划分为构造圈闭、地层圈闭和成岩圈闭3个类型、11个亚类。其中, 岩性圈闭和古构造-成岩圈闭是川西坳陷的优势圈闭。

参考文献:

[1] 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉等. 四川盆地形成与演化[M]. 北京: 地

质出版社, 1996.

- [2] 郭正吾. 四川盆地西部致密碎屑岩含气领域勘探实践[J]. 四川地质学报, 1999, 19(3): 174—178.3.
- [3] 王金琪. 早聚晚藏——川西坳陷天然气基本特征[J]. 天然气工业, 2003, 23(3): 1—4.
- [4] 安凤山, 王信等. 对中坝须二气藏圈闭分析的思考[J]. 天然气工业, 2003, 23(4): 8—12.
- [5] 李耀华等. 川西前陆盆地须家河组圈闭评价[J]. 天然气工业, 2005(增刊): 11—13.
- [6] 曹烈, 安凤山, 王信. 川西坳陷须家河组气藏与古构造关系[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 224—229.

Types of the traps in western Sichuan depression

LUO Xiao-quan, AN Feng-shan

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Southwestern Branch, SINOPEC, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: The traps in western Sichuan depression may be grouped, on the basis of their genesis, into structural traps, stratigraphic traps, and diagenetic traps, in which the lithologic traps and paleostructural-diagenetic traps are believed to be the dominant traps in the depression.

Key words: western Sichuan depression; gas pool; trap; classification