

运用多学科知识综合解释卧龙河构造断陡带^{*}

农成吉^{**} 程邦荣 黎洪珍 宁 飞

(中国石油西南油气田分公司重庆气矿)

农成吉等. 运用多学科知识综合解释卧龙河构造断陡带. 天然气工业, 2000; 20(6): 80~82

摘 要 在川东地区二级构造单元中, 不论是高陡背斜, 或是低陡构造, 其陡翼轴部附近都存在一个断陡带。由于这些断陡带地质结构复杂, 地震信息杂乱, 影响准确解释。在勘探上, 导致了部分探井的失利, 制约着许多构造主体部位勘探领域的扩展; 在气田开发上, 断陡带的构造细节解释不正确, 偏离地下实际, 造成了气藏地质模型与气藏动态特征不吻合, 静态储量与动态储量误差大, 直接影响了气藏开发设计方案的准确性。为此, 在卧龙河断陡带构造细节解释中, 运用地质、地震、钻井、试井、气藏工程等多学科知识进行综合分析, 找出了断陡带构造细节变化的规律。初步形成一套行之有效的解释方法。这种方法, 效果好, 可信度高, 对今后在川东断陡带构造细节解释中具有一定的参考作用。

主题词 四川盆地 东 断裂带 地震勘探 气田动态分析 综合解释

卧龙河构造西翼断陡带, 由于地层倾角大, 断层发育, 岩层破碎, 造成地震剖面上各种反射波、绕射波、回转波和干扰波相互干涉, 形成一定范围的地震信息杂乱的无效反射区。因此, 在地震反射剖面上常反应为明显的空白带。对于断陡带的地震技术处理和构造细节解释, 近年来, 人们已做了大量的研究工作。采取缩小检波点距, 加大覆盖次数, 保证地层下倾方向激发, 上倾方向接收等措施。同时, 加强去噪比、叠前深度偏移、AVO 等方法的试验, 并取得了一定进展。对卧龙河构造断陡带精细解释, 是在原有成果的基础上, 通过现场实际操作方法和步骤, 进一步查清了断陡带的构造细节变化规律, 修改和完善了气藏地质模型, 使其符合于气藏动态特征。

理论模式

川东地区在喜山期受来自南东—北西向的挤压或扭应力作用, 地层先褶皱后断裂。在构造应力相对集中的部位, 地腹岩层发生了明显的拖拉牵引现象。垂向上由于脆性岩层和塑性岩层相间互层, 在强烈挤压作用下, 脆性岩层主要发生弯滑褶皱, 塑性岩层主要发生弯流褶皱。因此, 在同一剖面上, 形成了等厚和不等厚的两种褶皱, 构造高点向陡带转折

部位的岩层具有弯曲形态。

根据上述构造形成机制建立的理论模式, 从而有效地指导断陡带在构造细节解释和处理中的思路。

断陡带构造模式

在川东地区的地震反射构造图上, 经常看到构造陡翼大多数解释为纵贯构造两端的逆冲大断层, 断距(地层落差)很大, 实际上, 这种大断层并不存在, 这是由于反射剖面难于成像的一种模糊处理。为了进一步查清构造陡翼大断层的分布情况及其组合方式, 我们收集了川东地区近年来钻遇断陡带的26口井的钻井信息, 并进行了详细分析和整理。其中, 选用了峰5井、池17井、池35井、池39井、云安5井、月东1井、凉东1井等11口实钻资料, 结合地震信息, 恢复其地质剖面。综合这些剖面形态, 初步建立断陡带的构造模式。大量资料证明, 构造陡翼的大断层应为构造断陡带(或破碎带), 在地层直立或倒转的基础上, 位于褶皱应力相对集中的部位(轴面附近), 发育着多条逆断层。

在地震资料解释的实际操作中, 断上盘的反射相位, 沿着上倾方向追踪到构造轴部附近时, 其能量

^{*} 本文为《四川盆地卧龙河气田石炭系气藏开发调整方案》课题中构造专题研究成果, 课题代号为98—K20。

^{**} 农成吉, 1953年生, 高级工程师; 1980年毕业于西南石油学院, 现在中国石油西南油气田分公司重庆气矿地质研究所工作; 曾在国家级刊物上发表近十篇论文。地址: (400021) 重庆市江北区大石坝大庆村。电话: (023) 67618198 转 311127。

发生减弱或消失,这种能量突变点,实际上是构造轴部向陡翼的转折点,而不一定都是断层的断开点。如高峰场潜伏构造 84—D457 测线上的峰 5 井,钻遇峰 ①号断层的断点海拔为 -4 553.14 m,比原来解释的断点位置加深了 250 m,石炭系以上地层具有明显的同心弯曲褶皱。

地震资料精细解释

层位追踪和剖面对比解释,只能解决目的层的统一和了解构造基本形态问题。而地震资料精细解释是查清构造细节,提高地震成果质量的关键环节。在对卧龙河构造断陡带反射层位追踪时,发现从寒武系到下三叠统顶界,存在一条倾轴逆冲大断层,并且在构造范围内分布稳定,断位明显,识别容易(见图 1)。该断层规模大,切割地层多,由下向上倾角逐渐变缓的趋势。断上盘的 VI、VII 反射层,在多条测线上均有反应,且清楚可辨。根据实钻资料证实,大断层之上还发育有多条中、小型逆断层。以断层规模、断点海拔、分布特征等方面作为依据来确定断层的具体位置。

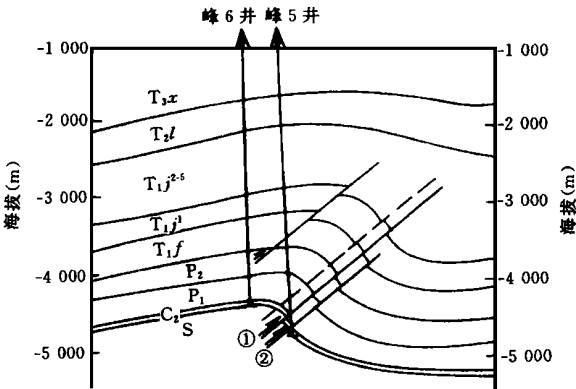


图 1 构造高点向陡带转折部位地层具有弯曲褶皱

利用实钻资料补充解释

由于受到地震分辨率、处理成像技术和人们认识能力的限制,对卧龙河断陡带的构造细节,仅靠地震资料解释是不能完全反映清楚的,必须反馈钻井信息,充分利用实钻资料进行补充,才能使认识逐渐接近于地下实际。

在原来地震资料解释中,西翼断陡带是根据轴部反射相位突变点作为卧 ①号断层的断开点,向上切割至下三叠统,向下消失于上志留统。断下盘由西翼显示相位推测到断层面,形成“屋脊”状组合形态。上下盘地层落差大, V 层断距为 1 960 m; VI 层

断距为 1 780 m; VII 层断跨为 1 440 m。后经钻井资料证实,否定了这种大断距的断层存在。

位于构造中南段卧 55 井,在断陡带钻遇了 5 条断层,断距最大 80 m,最小 16 m,岩层直立或倒转,上二叠统钻厚 1 485.5 m,剖面组合形态为破膝状;位于构造中部卧 83 井,在断陡带钻遇了 4 条断层,断距最大 140 m,最小 20 m,岩层呈直立状,下二叠统钻厚 1 380.35 m,未钻穿。此外,还有卧 56、卧 68 井等,均在断陡带钻遇 3~4 条断层。由此说明,西翼断陡带的二叠系从上到下发育多条倾轴逆断层,断距最大 150 m 左右,最小约 15 m,呈迭瓦状分布。岩层为等厚的弯滑褶皱,形成“膝状”组合形态。

利用气藏动态资料辅助解释

当气藏开采到一定程度时,发现初期所建立的气藏地质模型与动态资料不吻合,可将利用气藏早期跟踪研究的动态资料作为构造细节分析的辅助解释。结合老资料处理,及时修改和完善气藏地质模型,尽可能使其与动态特征相接近。

1. 通过储量计算结果验证气藏地质模型

卧龙河气田石炭气藏,根据气井生产动态资料分析,划分为三个裂缝系统。南北两个裂缝系统,在动、静态储量计算结果中,两者都比较吻合。而中区裂缝系统,按原地震解释为“半边屋脊状”的地质模型(见图 2),容积法储计结果为 $77.94 \times 10^8 \text{ m}^3$,与该区动态储量 $92.35 \times 10^8 \text{ m}^3$ 相比,还少了 $14.41 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。显然,初期建立的气藏地质模型与地下实际差异大,必须及时修改。而修改后的气藏地质模型呈“膝状”组合形态(见图 3),容积法储量计算结果为 $100.52 \times 10^8 \text{ m}^3$,正好与动态法储量相吻合。

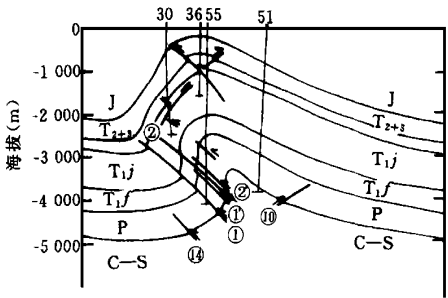


图 2 卧 55 井在陡带钻遇 5 条断层

此外,位于构造轴部的卧 74 井,在单井储量计算中,按原来地质模型计算容积法储量为 $2.13 \times 10^8 \text{ m}^3$,而单井压降储量为 $5.81 \times 10^8 \text{ m}^3$,两者差距很大。按修改后的地质模型计算容积法储量为 $6.37 \times$

川东龙门气田石炭系气藏水体的动态认识

熊正录*

(中国石油西南油气田分公司重庆气矿)

周 兵

(中国石油西南油气田分公司开发事业部)

熊正录等. 川东龙门气田石炭系气藏水体的动态认识. 天然气工业, 2000; 20 (6): 82~85

摘 要 龙门气田位于大天池构造带中段断下盘, 其石炭系气藏探明储量 $183.99 \times 10^8 \text{ m}^3$, 气藏生产井 6 口, 日产能 $151 \times 10^4 \text{ m}^3$, 年产能 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。《龙门气田石炭系气藏初步开发方案》认为, 气藏存在边水, 且气水界面海拔 -4 420 m。1997 年 12 月 7 日气藏投入试采, 动态资料表明 6 口气井彼此相互连通为同一压力系统。以构造鞍部相连的任市高点与龙门高点气区相互连通为同一压力系统。气藏存在两个独立水体, 天东 9 井附近存在一个有限水体和气藏较大范围内的边水。气水同产的天东 9 井多次加大气量提水的生产管理方式在川东气田开发史上属于首例。位于构造北端的水井动态资料表明与气区可能不连通。生产动态表明气藏的气水界面比原气水界面低 50 m 左右。试采对气藏水体的认识与气藏初步开发方案的结论有较大差异。文章结合气藏大量生产动态资料, 对水体进行分析研究, 为正在进行的气藏开发方案的编制提供依据。

主题词 四川盆地 东 石炭纪 天然气藏 气井动态 地下水位 开发方案

气田勘探概况

龙门气田位于川东高陡断褶带开江古隆起东斜

坡的大天池构造带中段断下盘, 是构造带成组气田之一。地震勘探工作始于 1975 年, 1986 年地震详查时证实了龙门潜伏构造的存在。构造为低潜长轴背

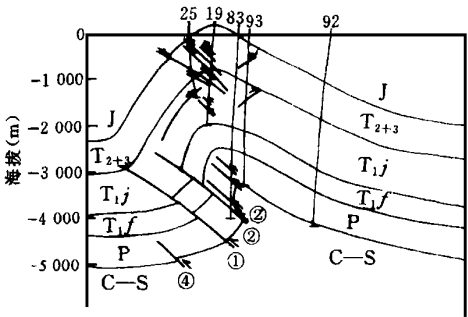


图 3 卧 83 井在陡带钻遇 4 条断层

10^8 m^3 , 基本符合与动、静态储量之间的比例关系。以此说明, 修改后的气藏地质模型是比较接近地下实际的。

2. 根据试井解释成果验证断点位置

作用于圈闭气藏西翼的卧 ②号断层的断点位置, 除了利用地震和钻井资料之外, 我们还利用了试井探边资料来验证其分布情况。例如, 通过卧 58 井探边, 得出井底与断层距离为 344 m, 而在实际剖面上, 井底位置与断层平距为 350 m, 二者基本吻合。

从而证实, 卧 ②号断层的断点位置解释正确。

结 束 语

川东地区地质构造的复杂, 决定了天然气勘探风险的程度, 同样, 也增加了天然气开发的难度。不论是地面情况还是地下结构, 都有很多未知的规律值得去探讨。而构造断陡带, 除了它本身具有的一般分布规律之外, 还具有它特殊的内在变化规律。这就决定了除利用地震解释的普遍适用技术外, 还必须根据客观变化了的具体情况去发展特殊的解释技术和方法。解释成果准确与否, 均同所使用的理论、技术、方法等息息相关。卧龙河断陡带构造细节的解释方法, 是以构造形成机制理论作指导, 以地质、物探、钻井、试井、气藏动态等多学科知识综合研究为核心的一种特殊解释技术; 同时也是以期促进天然气勘探和开发的各专业相互渗透, 相互协作, 联合与交流, 共同发展的一种技术导向。

参 考 文 献

- 1 李学义. 四川盆地油气地震勘探现状及前景展望. 天然气工业, 1998; 18(6)

(收稿日期 2000 - 07 - 05 编辑 韩晓渝)

*熊正录, 1965 年生, 工程师; 1988 年毕业于西南石油学院油藏工程专业, 长期在川东气田从事气田开发工作。地址: (404212) 重庆市梁平县七桥采气四厂。电话: (023) 53512163。

from 1982 to 1994. Now he is engaged in the teaching and researching works in Southwest Petroleum Institute. Add: Exploration Department, Southwest Petroleum Institute, Nanchong, Sichuan(637001), China Tel: (0817) 2643265

COMPREHENSIVE INTERPRETATION OF STEEP FAULTED ZONE OF WOLONGHE STRUCTURE BY USE OF MULTIPLE DISCIPLINES KNOWLEDGE

Nong Chengji, Cheng Bangrong, Li Hongzhen and Ning Fei (Chongqing Gas Mine, Southwest Oil and Gas Field Branch, Petroleum China Ltd.). *NATURAL GAS IND.* v. 20, no. 6, pp. 80~82, 11/ 25/ 2000. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: In the secondary structural element in east Sichuan region, there exists a steep faulted zone in the vicinity of all steep limb apex of both high steep anticline and low steep structure. These steep faulted zones affect the accurate interpretation due to their complex geological structure and disorderly seismic informations which leads a partial exploration wells to suffer a setback and restricts the extension of the exploration sphere of the main part of many structures in the exploration and causes the geological model of the gas reservoir to be non-identical with the performance characteristics of the gas reservoir and the error between the dynamic reserves and static ones to be great, directly affecting the accuracy of the development plan due to incorrect interpretation of the structural detail of the steep faulted zone and due to deviation from underground practice in gas field development. For this reason, a comprehensive analysis by use of multiple disciplines knowledge (including geological and seismic prospecting, drilling, well test and gas reservoir engineering, etc.) was made in the interpretation of the structural detail of Wolonghe steep faulted zone, finding out the changing law of the structural detail of steep faulted zone and forming an initially effectual interpretation method which has a good effect, high fiduciary level and a certain reference value for the interpretation of the structural detail of the steep faulted zones in east Sichuan.

SUBJECT HEADINGS: Sichuan basin, East, Fault zone, Seismic exploration, Gas field performance analysis, Integrate interpretation

Nong Chengji (senior engineer), born in 1953, graduated from Southwest Petroleum Institute in 1980. Now he is working in the Geological Research Institute of Chongqing Gas Mine, Southwest Oil and Gas Field Branch, Petroleum China Ltd. He has published nearly ten theses in state-level publications. Add: Daqing Village, Dashiba, Jiangbei District, Chongqing(400021), China Tel: (023) 67618198 —311127

PERFORMANCE RECOGNITION OF THE WATER BODY IN CARBONIFEROUS GAS RESER-

VOIR, LONGMENG GAS FIELD, EAST SICHUAN

Xiong Zhenglu (Chongqing Gas Mine, Southwest Oil and Gas Field Branch, Petroleum China) and Zhou Bing (Department of Development Undertaking, SOGFB). *NATURAL GAS IND.* v. 20, no. 6, pp. 82~85, 11/ 25/ 2000. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: Longmeng gas field is located in the footwall at the middle section of Datianchi structural belt. The proven reserves of Carboniferous gas reservoir are $183.99 \times 10^8 \text{ m}^3$. There are six producing wells drilled in the gas reservoir, having a daily productivity of $151 \times 10^4 \text{ m}^3$ and a yearly productivity of $5 \times 10^8 \text{ m}^3$. The "preliminary development plan for the Carboniferous gas reservoir in Longmeng gas field" indicates that there exists edge water in the reservoir and the gas-water interface is - 4 420 m. The gas reservoir was put into production on December 7, 1997 and the performance data show that the six gas wells are interconnected and belong to a same pressure system. The Renshi and Longmeng structural highs joined up with the structural saddle are interconnected into a same pressure system. In the gas reservoir, there exist two independent water bodies: a limited water body in the vicinity of well Tiandong-9 and the large-scale edge water in the gas reservoir. The management mode of repeatedly raising the gas output of the water-cut gas well Tiandong-9 to bring water is the first example in the gas field development history in east Sichuan. The performance data from the water well located in the north end of the structure show that the water well may be not connected with the gas-bearing zone. The production behavior shows that the gas-water interface of the reservoir is about 50 m lower than original one. There is greater difference between the knowledge of the gas reservoir water body in the producing test and the conclusion of the preliminary gas reservoir development plan. In this paper, the water body in the reservoir is analyzed and studied on the basis of a great quantity of the production performance data, providing a basis for the gas reservoir development plan under work.

SUBJECT HEADINGS: Sichuan basin, East, Carboniferous period, Natural gas reservoir, Gas well performance, Underground water level, Development project

Xiong Zhenglu (engineer), born in 1965, graduated in oil reservoir engineering at Southwest Petroleum Institute in 1988. He has been engaged in the gas field development in east Sichuan for a long time. Add: No. 4 Gas Production Plant, Qiqiao, Lianping County, Chongqing (404212), China Tel: (023) 53512163

NEW CORROSION-DETECTING TECHNIQUE FOR UNDERWATER AND UNDERGROUND PIPELINES

Han Xingping and Hou Sheng (Scientific Research Institute of Gas Transmission Division, Southwest Oil and Gas Field Branch, Petroleum China Ltd.) *NATURAL GAS IND.* v. 20, no. 6, pp. 85~88,