

文章编号: 0253-9985(2009)06-0793-04

# 川西中浅层气藏可动用含气层段甄别方法与应用

杨锦林

(中国石油化工股份有限公司 西南油气分公司 川西采气厂, 四川 成都 618000)

**摘要:** 根据钻井、录井、测井参数, 计算各项钻录井参数权重变化系数, 建立钻录井综合指标  $G_i$  评价方法。根据川西各区块气藏钻录井参数与气井建产情况, 得出 XC 气田蓬莱镇组 (JP) 和沙溪庙组 (JS) 气井综合指标大于 6.0 和 12.5 时, 可以开展压裂改造措施, 获得工业产量的可能性极大。在老井修井挖潜作业中, 指导气井选层, 取得较好的效果, 修井挖潜成功率达到 70% 以上。

**关键词:** 中浅层; 可动用含气层; 综合指标评价方法; 四川盆地

**中图分类号:** TE122      **文献标识码:** A

## Identification of producible pay intervals in shallow to medium gas pools in western Sichuan Basin

Yang Jinlin

(SINOPEC Southwest Oil &amp; Gas Field Company, Chengdu, Sichuan 618000, China)

**Abstract:** An evaluation method for aggregate index  $G_i$  of drilling and logging is proposed based on a calculation of weight coefficients for all parameters gathered during drilling and logging. The drilling and logging parameters as well as capacity building of gas wells in the gas pools in western Sichuan Basin are analyzed. For the gas well targeted at the reservoirs in the Penglaizheng and Shaximiao formations in XC gas field, industrial gas flow is highly possible to be achieved after fracture treatment when the  $G_i$  are larger than 6.0 and 12.5 respectively. The method is also proved effective in guiding layer selection during workover and stimulation of old wells with a success rate of more than 70%.

**Key words:** shallow to medium formation; producible gas pay interval; evaluation with method; aggregate indexes; western Sichuan Basin

油气田开发过程中, 钻井油气显示与测井是判断油气层是否可以动用的重要依据。但是钻井过程中油气显示级别与钻井各项施工参数密切相关, 如果泥浆密度低, 气层段油气显示级别就会高, 如果泥浆密度大, 油气显示级别就变低甚至没有油气显示, 而测井解释也受到多种因素的影响, 可能误判, 也可能得到与录井显示完全不同的解释成果, 因此在初次射孔与储层改造时, 极可能把一些具有工业价值的层段解释为含气层而被遗漏。

为了更准确解释、评价油气层, 各油气田一方面不断更新先进的钻录井设备、引进更先进的测

井仪器与解释评价方法, 另一方面不断探索具有各个气田特色的判别方法<sup>[1~10]</sup>。例如在准噶尔盆地中部形成了真假油气显示识别方法; 在安棚深层系提出用全荧光扫描技术, 用己烷作为有机溶剂的替代试剂、多种方法配合使用及地化及时分析等方法识别轻质油气层的技术; 在吉林探区形成了气测七参数判别法等。

川西气田随着勘探开发的不断深入, 优质储量基本动用, 未动用储量多为经济效益相对较差的难动用储量, 进一步甄别显示级别低的含气层段越来越重要。甄别、动用这些含气层段既是充

分利用地下天然气资源服务于国民经济建设发展的需要,也是气田长期稳产、增产的需要。据不完全统计,川西气田中浅层主力气藏 419 口井有 1 110 个层段解释为级别较低的含气层,其中 129 个层段经过射孔、压裂改造,在 84 个层段获得工业产能,成功率 65%。这个统计结果不仅表明川西中浅层主力气藏还有大量的含气层段没有动用,也表明含气层段具有进一步甄别的价值,具有进一步提高含气层段建产成功率的空间。本文通过建立钻录井综合指标进一步甄别含气层段是否具有可动用的价值,并在此基础上对含气层段测井解释指标进行修订,并制定了动用低级别含气层段的推荐指标。

1 钻录井综合指标

1.1 钻录井综合指标计算方法

在钻录井过程中,被量化的监测指标包括气测全烃、槽面汽泡、钻井液密度、钻时、储层厚度。5 项指标主要反映储层的含气性、能量大小、储层物性及储集体大小。5 项指标中,受钻井液密度控制的液柱压力与地层压力的差值变化时影响气测全烃、槽面汽泡等指标,因此单一的监测指标都可能引起误判,故建议采用权重法建立钻录井综合指标来判别、评价含气层。通过计算各单项单层地质指标分别与该项指标中最大变化值的权重变化系数,再将 5 项指标权重变化系数进行综合,形成综合评价指标系数,即关系式:

$$G_i = \sum_{j=1}^5 \frac{G_{ij}}{G_{ijmax}} \times 10 \tag{1}$$

式中:  $G$  为第 层地质指标权重变化系数的总和;  $G_i$  为第 层第 项评价参数变化值;  $G_{ijmax}$  为第 层第 项评价参数的最大变化值。

从钻录井综合指标建立思路、方法可以看出,公式 (1) 不仅仅针对含气层段,对含气级别高的气层段同样实用,综合指标值越大,储集层段含气级别越高,获得工业产能的可能性越大。

1.2 XC 气田中浅层气井含气层综合指标

利用公式 (1) 计算 XC 气田 J<sub>p</sub> 气藏 25 口井 29 层、J<sub>s</sub> 气藏 20 口井 25 层,钻录井综合指标,并绘制综合指标—测试无阻流量关系图 (图 1,图 2)。可以看出综合指标越大,测试产量越高。

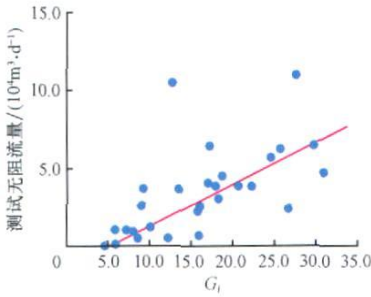


图 1 XC 气田 J<sub>p</sub> 气藏  $Q_{AoF}$ —综合指标 ( $G_i$ ) 关系  
Fig. 1  $Q_{AoF}$  vs.  $G_i$  of the J<sub>p</sub> reservoir in XC gasfield

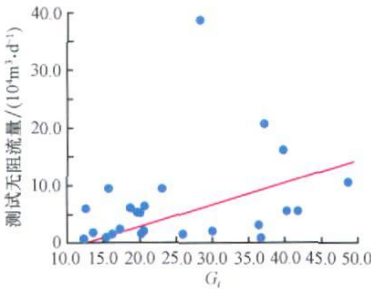


图 2 XC 气田 J<sub>s</sub> 气藏  $Q_{AoF}$ —综合指标 ( $G_i$ ) 关系  
Fig. 2  $Q_{AoF}$  vs.  $G_i$  of the J<sub>s</sub> reservoir in XC gasfield

XC 气田 J<sub>p</sub> 气藏开发时间较早,多数井没有监测全烃变化,所以只对其余 4 个指标进行评价。当含气层段钻录井综合指标值低于 6 时,获得产能的可能性比较小 (图 1),如 CX285 井和 CX289 井综合评价指标分别为 6.09 和 4.79 经过射孔与压裂测试,评价为非工业层;当地质综合评价指标的权重值大于 6 时,获得产能的可能性就比较大,权重值越大增产越明显,如 XQ25—1 井目的层段钻录井综合指标值为 27.82 储层改造后测试产量高达  $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  增产效果明显。XQ83 井 581 ~ 587 m 和 667 ~ 685 m 井段的地质综合评价指标的权重值分别为 6.03 和 7.34 都较小,单层风险较大,但是通过多层压裂测试,则获得了较好的效果。

从图 2 可知,XC 气田 J<sub>s</sub> 气藏含气层段 5 项综合评价指标值低于 12.5 时,获得产能的可能性比较小,如 CX165 和 CX459 井的综合评价指标的分别为 12.47 和 12.49 经过射孔与压裂后测试,评价为非工业层,而其余的综合评价指标值大于 12.5 尤其是大于 20 的井都获得了较好的测试产量,如 CX467 井综合评价指标值为 39.83 加沙压裂后测试无阻流量  $16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  CX454 井 2 324 ~

2 338 m和 2 435~2 448 m井段综合指标值分别为 12.79和 18.85 比较低,单层作业风险较大,分层压裂改造后测试则获得了无阻流量  $6\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$

2 含气层测井分析指标

在对含气层段甄别时,除了利用综合评价是否具有动用价值以外,应该结合测井解释成果。XC气田 JP和 JS气藏有效储层测井信息具有“二高三低”特征,即高声波时差、高电阻、低自然伽马、低中子、低密度。地层含气声波时差和电阻率增大,中子和密度测值降低,3种孔隙度曲线的组合能反映储层的储集性能和含气性,气层均符合  $\Phi_{AC}>\Phi_{DEN}>\Phi_{CNL}$ 的一般标准,差别越大反映含气饱和度越高。

本文根据多年油气层判别准则,按照储层分类与油气显示级别,划分出含气层动用的测井评

价标准(表 1)。对解释为含气级别较低的含气层段,按照推荐值结合钻录井综合指标确定是否可动用。如果钻录井综合指标符合可动用的基本要求,同时测井解释成果达到推荐值标准,可以对这个层段开展射孔与压裂施工,获得工业产能的可能性很大。

3 含气层段甄别方法应用

近两年,在低产、停产井修井挖潜作业中应用钻录井综合指标与动用含气层段测井评价指标甄别含气层段,共对 14口气井开展作业,其中在 8口气井气层段开展挖潜作业,都获得了较好的工业产能。对 6个解释级别较低的含气层段开展挖潜作业,其中 4个层段获得工业产量,累计增产达到  $1\,230\times 10^4\text{ m}^3$ ,含气层段修井挖潜成功率达到 70%(表 2)。

表 1 XC气田动用含气层段测井评价标准  
Table 1 Criteria for logging evaluation of producible gas pay intervals in XC gasfield

| 代码 | 储层含气级别     | 厚度 /m    | 自然伽马 /<br>API | 声波时差 /<br>( $\mu\text{s}\cdot\text{ft}^{-1}$ ) | 补偿中子<br>孔隙度, % | 密度 /<br>( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) | 深侧向电阻率 /<br>( $\Omega\cdot\text{m}$ ) |
|----|------------|----------|---------------|------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|
| JP | I+II 储层中气层 | $\geq 5$ | $\leq 85$     | $\geq 78$                                      | $\leq 16$      | $\leq 2.48$                               | $\geq 15$                             |
|    | 含气层以上储层推荐值 | $\geq 5$ | $\leq 90$     | $\geq 70$                                      | $\leq 19$      | $\leq 2.60$                               | $\geq 10$                             |
| JS | I+II 储层中气层 | $\geq 5$ | $\leq 72$     | $\geq 70$                                      | $\leq 13$      | $\leq 2.55$                               | $\geq 15$                             |
|    | 含气层以上储层推荐值 | $\geq 6$ | $\leq 75$     | $\geq 75$                                      | $\leq 15$      | $\leq 2.60$                               | $\geq 14$                             |

表 2 2007—2008年度川西气田中、浅层修井挖潜井数据  
Table 2 Statistics showing the workover and stimulation results of wells in the shallow to medium gas pools in western Sichuan Basin during 2007—2008

| 井号              | 层位                           | 综合解释结果 | 厚度 /m | $G_i$ | 修井前产量 /( $10^4\text{ m}^3$ ) | 修井后产量 /( $10^4\text{ m}^3$ ) | 2009年 4月底                 |                             |
|-----------------|------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
|                 |                              |        |       |       |                              |                              | 产气 /( $10^4\text{ m}^3$ ) | 措施增产 /( $10^4\text{ m}^3$ ) |
| CX495—1         | JP <sub>2</sub>              | 含气层    | 11.0  | 12.39 | 0.00                         | 0.50                         | 0.13                      | 117.49                      |
| CX155—A         | JS <sub>2</sub>              | 含气层    | 11.0  | 26.77 | 0.00                         | 1.35                         | 1.24                      | 359.70                      |
| CX482           | JP <sub>1</sub>              | 含气层    | 10.0  | 8.16  | 0.12                         | 0.95                         | 0.85                      | 424.15                      |
| XQ83            | JP <sub>1+4</sub>            | 含气层    | 6.0   | 6.03  | 0.14                         | 0.71                         | 0.65                      | 329.85                      |
| CX159           | JS <sub>2</sub>              | 气层     | 17.0  | 35.93 | 0.42                         | 0.76                         | 0.71                      | 112.94                      |
| CX164           | JS <sub>2</sub>              | 气层     | 19.0  | 23.25 | 0.49                         | 1.17                         | 1.04                      | 308.61                      |
| CX463           | JS <sub>2</sub>              | 气层     | 14.0  | 28.43 | 0.30                         | 0.62                         | 0.55                      | 300.38                      |
| MS <sub>2</sub> | JP <sub>2</sub>              | 气层     | 15.5  | 16.73 |                              | 0.52                         | 0.49                      | 86.85                       |
| CM600           | JP <sub>3</sub> <sup>0</sup> | 气层     | 11.8  | 22.29 | 0.15                         | 2.04                         | 1.36                      | 346.23                      |
| CX470—2         | JS <sub>2</sub>              | 气层     | 27.5  | 17.43 | 0.33                         | 2.91                         | 1.13                      | 1 057.28                    |
| CX121           | JS                           | 气层     | 21.0  | 14.86 | 0                            | 0.35                         |                           | 25.90                       |
| MP39—1          | JP <sub>3</sub>              | 气层     | 12.0  | 13.96 | 0.09                         | 0.41                         | 0.33                      | 172.86                      |

4 结论

1) 在钻井过程中, 一些油气层段受到泥浆密度等因素影响, 油气显示的级别低, 在完钻后没有立即动用, 在这些层段中有部分具有建成工业产能的可能, 可以在气井产量下降后, 进一步甄别, 在老井修井挖潜作业中加以动用。

2) 在对含气层段进行甄别时, 可以利用钻录井综合指标, 分析判断泥浆密度对钻遇层段油气显示级别的影响, 并在此基础上综合评价其含气性、能量大小、储层物性及储集体大小等储层有效性因素。钻录井综合指标值越大, 气井获得工业产能的可能性越大。计算与统计表明, XC气田 J<sub>P</sub>气藏钻录井综合指标值大于 6 J<sub>P</sub>气藏钻录井综合评价指标值大于 12.5 时, 动用含气层段获得工业产能的可能性极大。

3) 钻录井综合指标与测井解释成果综合应用, 在川西低产井、停产井修井挖潜作业中取得较好的成果, 其中低级别含气层段作业有效率达到了 70%。

参 考 文 献

1 赵建勇, 张杰, 门志深. 真假油气显示识别方法在准噶尔盆地中部勘探中的应用[ J]. 录井工程, 2005 16( 2): 14~17

2 张策, 石景艳. 影响气测录井发现和准确评价油气层的因素分析[ J]. 录井技术, 2001, 12( 3): 20~22

3 滕工生, 张友军, 王颖, 等. 气测七参数判别法在吉林探区的应用与完善[ J]. 录井技术, 2002 13( 1): 30~34

4 方锡贤, 栗园背斜油气显示层解释方法探讨[ J]. 石油地质与工程, 2007, 21( 5): 27~29

5 段宏伟. 海拉尔盆地现场油气显示的识别方法[ J]. 大庆石油地质与开发, 2005 24( 增刊 ): 7~8

6 欧继红, 张社民. 安棚深层系油气显示识别方法[ J]. 河南石油, 2002 16( 2): 6~8

7 丁永涛. 综合录井技术在西部新区油气勘探中的应用[ J]. 西部探矿工程, 2006 ( 增刊 ): 168~170

8 黄建新. 在钻井液污染条件下录井技术方法探讨[ J]. 西部探矿工程, 2006 ( 增刊 ): 162~163

9 关文龙, 李相方, 范慧. 探井油气测试结果与钻录井油气显示差异探因[ J]. 油气井测试, 2004 11( 2): 37~38

10 杨慧英, 梦洁. 浅谈平衡钻井对气测油气显示的影响[ J]. 录井技术, 1996 10( 2): 64~66

11 汤玉平, 刘运黎, 赵耀伟, 等. 川西地区浅、中层天然气藏化探判别模型[ J]. 石油与天然气地质, 2005 26( 4): 530~536

12 张莉, 柳广弟, 谢增业, 等. 川西前陆盆地南部储层流体包裹体特征及其在天然气成藏研究中的应用[ J]. 石油与天然气地质, 2005 26( 6): 800~807

13 叶军, 陈昭国. 川西新场大型气田地质特征与预测关键技术[ J]. 石油与天然气地质, 2006 27( 3): 384~391

14 唐建明, 杨军, 张峭楠. 川西坳陷中、浅层气藏储层识别技术[ J]. 石油与天然气地质, 2006 27( 6): 879~894

15 林春明, 卓弘春, 李广月, 等. 杭州湾地区浅层生物气资源量计算及其地质意义[ J]. 石油与天然气地质, 2005 26( 6): 823~830 839

(编辑 高 岩)

2007—2008年中、外石油公司新增储量与油气成本比较

| 石油公司   | 发现成本      |        |              |        | 勘探开发成本    |        |              |        |
|--------|-----------|--------|--------------|--------|-----------|--------|--------------|--------|
|        | 储量, 亿桶油当量 |        | 成本, 美元 /桶油当量 |        | 储量, 亿桶油当量 |        | 成本, 美元 /桶油当量 |        |
|        | 2007年     | 2008年  | 2007年        | 2008年  | 2007年     | 2008年  | 2007年        | 2008年  |
| BP公司   | 3. 15     | 5. 42  | 6. 01        | 4. 23  | 3. 30     | 4. 14  | 29. 09       | 12. 97 |
| 壳牌公司   | 3. 40     | 1. 47  | 9. 45        | 24. 61 | 2. 28     | 11. 25 | 69. 01       | 14. 30 |
| 雪佛龙公司  | 1. 49     | 0. 56  | 12. 23       | 34. 60 | 0. 92     | 8. 20  | 177. 13      | 20. 88 |
| 雷普索尔公司 | 0. 28     | 0. 52  | 36. 65       | 24. 46 | 1. 65     | 1. 55  | 21. 43       | 24. 99 |
| 中国石油   | 18. 19    | 19. 82 | 2. 71        | 2. 74  | 18. 05    | 13. 76 | 10. 05       | 17. 00 |
| 中国石化   | 7. 58     | 2. 34  | 2. 74        | 7. 97  | 6. 71     | 2. 73  | 12. 86       | 34. 81 |

摘自《国际石油经济》张亚雄