

# 涩北气田多层合采出水原因及识别

罗万静<sup>1</sup> 万玉金<sup>2</sup> 王晓冬<sup>1</sup> 范新文<sup>3</sup>

1.中国地质大学能源学院(北京) 2.中国石油勘探开发研究院廊坊分院 3.中国石油青海油田公司勘探开发研究院

罗万静等.涩北气田多层合采出水原因及识别.天然气工业,2009,29(2):86-88.

**摘要** 为了获得经济的产能,很多气井都采用多层合采的方式进行生产。但对于多层合采边水气藏,生产中地层出水会引起气井产量大幅度下降,从而降低气井的生产能力;而多个生产小层合采则加大了对出水层位判断的难度。为此,通过一系列的技术手段,从多角度、多资料综合判断出水层位和出水原因尤为重要。根据柴达木盆地涩北一号气田的出水特征,充分利用生产资料、测井资料、地质资料,采用动态和静态资料有机结合的方法,总结出涩北一号气田产出水的水型主要是凝析水、边水、层间水、层内水、工作液返排水;提出了通过产出水矿化度、生产曲线、测井资料、固井资料、产气剖面、工艺措施、井与边水距离、邻井出水情况等8个因素综合分析以确定出水原因和出水层位的新方法。实践表明,该方法能够有效地判断出水层位和出水原因,为制订下一步的防水、控水措施提供依据。

**关键词** 涩北气田 合采 边水 原因 识别 测井

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.02.024

## 0 引言

在气藏出水原因、出水对生产的影响、控水措施方面国内许多学者都进行过相关研究。何晓东等<sup>[1]</sup>对中国石油西南油气田的边水气藏水侵特征识别及机理进行了初探;郝玉鸿等<sup>[2]</sup>针对长庆油田地层生产出水的特点,提出了一个定量描述气井出水对生产影响的数学模型;康晓东等<sup>[3]</sup>结合产出水分析、降压曲线识别、试井监测和模拟计算等技术提出了气藏早期水侵识别方法。在气层出水治理方面,魏纳等<sup>[4-5]</sup>对目前国内外排水采气工艺,如井间互联井筒激动排液复产工艺技术、同心毛细管技术的原理和适用性进行了研究。这些对气藏出水的研究主要针对单层气藏,而且这类气藏出水层位非常清楚。但对于多层合采气藏来说,如何有效地判断出水层位、出水原因却是一个有待解决的问题。

## 1 多层合采气藏出水类型

以国内典型的多层合采气藏——柴达木盆地涩北一号气田<sup>[6]</sup>为例进行出水原因分析,认为引起该气藏出水的水源有以下几个方面:

### 1.1 凝析水

此类井产水特征是日产水量小,产水稳定。产水受到生产制度的影响非常微弱,产水对生产的影响也非常小。

### 1.2 边水

其特征有两个表现:一是水量明显上升;二是产气往往随着产水的增加呈现下降趋势。

### 1.3 层内水

出水层测井解释是气水同层,产层位于气水过渡带上,含气饱和度相对较低,随着生产进行出水明显。

### 1.4 层间水

层间水的出水特征表现为含水上升往往出现突变,产水量大。产层产气随着生产进行下降趋势明显,生产不平稳,水淹趋势明显。

### 1.5 工作液返排水

主要是对生产井进行作业后,由于作业液漏失,使得开井生产时,地层出水量大。这种井往往出水时间都相对较短,随着生产进行,产水量下降并恢复正常。

## 2 多层气藏出水原因及层位识别

结合涩北一号气田出水情况,总结出了一套适应

多层合采气藏出水原因、出水层位判别方法如下<sup>[7]</sup>：

1)建立矿化度与水气比关系曲线,区分凝析水。一般来说,凝析水矿化度和水气比都相应较小,而边水、层内气水层出水、层间水其值都相对较大。由此,可通过矿化度和水气比初步区分凝析水。

2)绘制日产水、日产气、油套压、生产制度、工艺措施综合曲线,从总体上明确出水趋势,粗略确定出水原因。将单井生产数据进行综合绘图,按照时间标注工艺措施。排除制度变化和工艺措施对产水的影响,对比同一个生产制度下产水、产气变化规律。

3)绘制单井生产测试剖面,初步确定出水层位。对同一口井多个产气剖面的测试并结合单井生产史往往能对出水原因、来水方向有更清晰的认识。

4)利用测井资料进一步区分层内水和层间水。

5)根据井的平面位置判定是否边水推进。

6)排除工艺措施的影响。对于个别井,产量发生突变且水量也很大,通过上面的方法依然不能找到合适的原因时,应该结合气井的工艺措施进行分析,如防砂时是否压裂多个层引起串层、冲砂中是否漏失严重等。

7)结合邻井出水情况,多个因素综合判断,最终确定出水层位和出水原因,绘制水侵平面图,找到水侵规律,为下一步生产和控水采气提供依据。

### 3 现场应用

选取典型出水井涩 4-20 井进行出水层位和出水原因分析。该井射孔井段 1 354.5~1 358.0 m、1 360.5~1 362.0 m、1 363.9~1 365.2 m、1 380.5~1 382.0 m、1 384.8~1 388.0 m,至上到下依次命名为第 1、2、3、4、5 生产小层。自 2002 年 11 月投产以来,累计产气  $4\ 915 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,累计产水  $4\ 269 \text{ m}^3$ ,平均日产气  $4.34 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,平均日产水  $4.7 \text{ m}^3$ ;水气比  $88.77 \text{ m}^3/10^6 \text{ m}^3$ 。对该井的出水分析按照前面列出的步骤进行。

首先,建立凝析水的划分标准。对涩北一号气田历年矿化度测试资料和水气比进行统计绘图(图 1)。

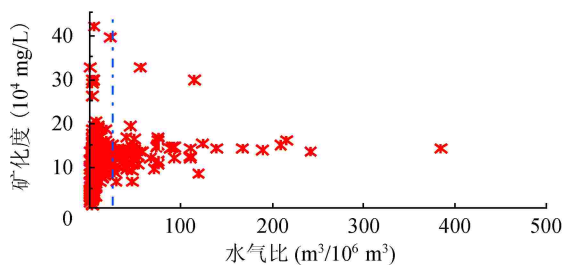


图 1 矿化度与水气比关系图

从图 1 可以看出,当水气比大于  $30 \text{ m}^3/10^6 \text{ m}^3$  时,矿化度数值基本稳定在  $140\ 000 \text{ mg/L}$  左右。结合气井的产水特征认为,气井水气比小于  $30 \text{ m}^3/10^6 \text{ m}^3$  时,可以认为产出水主要是凝析水。

然后,绘制出水井的生产变化曲线(图 2)。该曲线由上至下依次为:日产气( $10^4 \text{ m}^3$ ),日产水( $\text{m}^3$ ),油压(MPa),套压(MPa),气嘴直径(mm)。

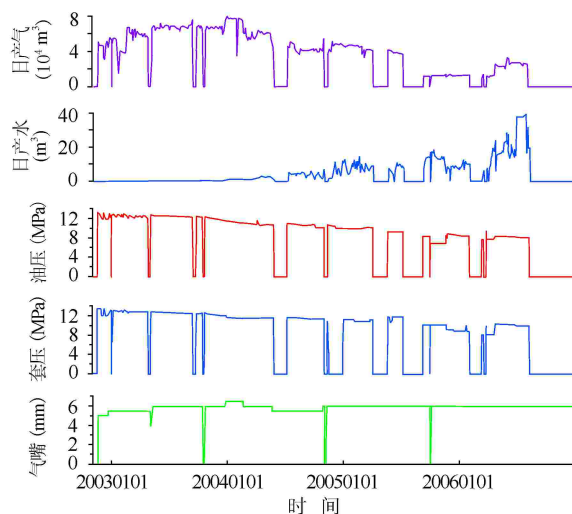


图 2 涩 4-20 井生产综合曲线图

2005 年以前生产平稳,平均水气比为  $15 \text{ m}^3/10^6 \text{ m}^3$ ,产出水是凝析水。2005 年开始,产水逐渐上升,最大日产水  $20 \text{ m}^3$ ,同时导致产气逐渐下降,产气年递减率 43%,油套压下降速率加快,出水原因可以排除凝析水以及工作液返排。

从测井曲线上可以看出,该井射孔层位全是气层,进一步排除气水层出气的可能性。产层上部 1 340~1 343.6 m 井段有一个水层,这为上部水层水窜进入产层提供了可能,但仍需进一步论证。

从该井在构造中的位置来看,此井位于构造边部,下部第 5 小层距离气水边界约 500 m,这为随着生产进行、边水逐渐推进进入井筒创造了客观条件。该井在 2004 年 4 月、2005 年 9 月进行了产气剖面测试(如图 3、4,黄色为产气,蓝色为产水),其测试结果见图 3。

2004 年 4 月该井下部小层表现出水侵特征,从该井距离边水的位置和累计产气量看,导致该小层出水的主要原因是边水突破。2005 年 9 月,从生产曲线看,产水量进一步加大;从产气剖面看,第 1 生产小层出水严重;固井曲线显示,第 1 生产小层与上部水层(1 340~1 343.6 m)之间井段固井不合格。随着生产进行,产层压力逐渐降低,水层与产层的压

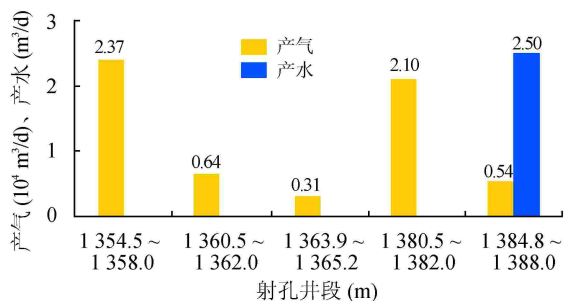


图3 涇4-20井2004年4月产气剖面图

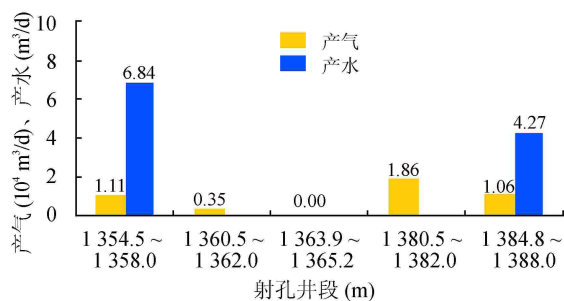


图4 涇4-20井2005年9月产气剖面图

差逐渐加大,在生产压差作用下胶结较差的固井界面被逐渐击穿而形成供水通道,上部水层(1 340~1 343.6 m)中的层间水由于重力作用进入产层1 354.5~1 358.0 m井段,从而导致第1生产小层出水严重。

综合上面的分析可以看出,该井初期出气水量小,产出水是凝析水,这种水在产气剖面测试上不会有显示;随着生产进行,水量加大,出水原因是第5生产小层边部边水推进出水;到2005年9月时,水量进一步加大,出水原因是产层上部水层(1 340~1 343.6 m)水窜导致第1生产小层出水和下部边水推进致使第5生产小层出水。

## 4 结论和建议

1)凝析水、边水、层间水、层内水、工作液返排水是导致多层合采边水气藏出水的主要原因。

2)根据多层合采气藏产层多、出水原因复杂、出水层位难于确定的问题,提出了一套结合多种因素

综合判断出水原因和出水层位的方法。该方法主要从产出水矿化度、生产曲线、测井资料、固井资料、产气剖面、工艺措施、井距离边水距离、邻井出水情况等8个方面进行综合论证,从而确定出水层位和出水原因,准备描述整个出水史。

3)通过矿化度测试资料并结合生产数据可以制定适应于一个特定气藏的划分凝析水和其他出水类型的标准。产出水为凝析水的特征是:矿化度较低、水气比较低、产水平稳、产气平稳。

4)工作液返排出水的特征是:短期水量较大,但出水时间较短,随生产进行产水很快恢复正常。具体判断时需要结合生产井史进行综合判断。

5)边水、层间水、层内水其特点是:水量相对较大,水气比较大,产气量随着生产进行有下降趋势。具体判断时,应结合生产井小层距离气水边界的距离、生产时间、累计产量、产层及其上下井段测井解释结果、产层及其上下井段固井曲线、产气剖面测试资料、邻井出水情况进行综合判断。

## 参 考 文 献

- [1] 何晓东,邹绍林,卢晓敏.边水气藏水侵特征识别及机理初探[J].天然气工业,2006,26(3):87-89.
- [2] 郝玉鸿,李治平.地层水影响气井产能的定量分析[J].油气井测试,1998,12,7(4):11-13.
- [3] 康晓东,李相方,张国松.气藏早期水侵识别方法[J].天然气地球科学,2004,12,15(6):637-639.
- [4] 魏纳,刘安琪,刘永辉,等.排水采气工艺技术新进展[J].新疆石油天然气,2006,2(2):78-81.
- [5] 张新征,张烈辉,李玉林,等.预测裂缝型有水气藏早期水侵动态的新方法[J].西南石油大学学报,2007,29(5):82-85.
- [6] 王小鲁,许正豪,李江涛,等.水驱多层砂岩气藏射孔层位优化的实用方法[J].天然气工业,2004,24(4):57-59.
- [7] 王怒涛,罗志锋,黄炳光,等.新型水驱特征曲线系列(II)[J].西南石油大学学报,2008,30(1):106-108.

(修改回稿日期 2008-10-28 编辑 韩晓渝)