

水源识别技术在涩北气田气井出水中的应用^{*}

孙虎法 王小鲁 成艳春 李清 路艳丽

中国石油青海油田公司勘探开发研究院

孙虎法等.水源识别技术在涩北气田气井出水中的应用.天然气工业,2009,29(7):76-78.

摘要 出水是导致涩北气田气井产量不稳定、产量递减和天然气可采储量降低的主要因素,同时也加剧了气井的出砂。在进行水源定性分析的基础上,通过一系列的技术手段,将多种水源分析方法相结合,综合判断出水层位和出水原因。为此,建立了多因素水源识别技术模式,并运用理论模型定量计算出凝析水、层内可动水的产出特征,实现了量化界定,提高了涩北气田气井出水水源识别的准确程度,对制订涩北气田防水治水措施起到了积极作用。

关键词 涩北气田 气井 出水 水源识别 出水分析

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.07.023

1 涩北气田出水现状

涩北气田储层为第四系粉砂岩和泥质粉砂岩,岩石胶结疏松,具有层多、气水层间互、出砂严重,气井普遍产水、出水水源多样的特征。出水、出砂是涩北气田气井产量安全所面临的主要威胁^[1],气井出水存在多种地层水源,各类水源流动规律的较大差异进一步加剧了地层内气水分布的非均质性,造成气藏储量动用程度的不均匀性,降低了气藏的可采储量^[1-2]。

气田目前的133口生产气井中,65%的气井出现产量递减,由于出水而导致产量递减的井占到了递减井总数的48%。5个气层组中,Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ层组的出水降产现象较为明显。

1)Ⅱ层组:井均出水由0.34 m³/d上升到4.22 m³/d,21%的气井年递减率大于20%。

2)Ⅲ层组:井均出水由0.56 m³/d上升到2.75 m³/d,38%的气井年递减率大于20%;2007年出水量大于1 m³/d的7口井中,有4口井2008年出水量超过了2 m³/d,最大为15 m³/d。

3)Ⅳ层组:井均出水由3.32 m³/d上升到8.93 m³/d,39%的气井年递减率大于20%。

分析表明,气井产量递减与出水的严重程度密切相关,高出水井也是产量大幅度递减的井。

2 水源识别方法

井间及同井不同开采层段之间,其出水规律和出水水源都存在差异。水源识别与出水规律的正确把握将有助于防水治水措施的优化设计。

在矿化度、水气比、累积出水量、产量、测井解释、产出剖面测试以及井位等多方面信息的基础上,进行水源的综合分析判断,总结出出水水源的动态分析思路(见图1)。

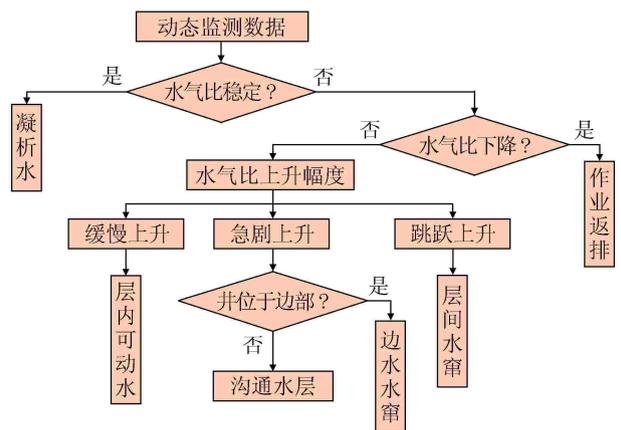


图1 出水水源分析模式图

^{*} 本文为2006年中国石油天然气股份有限公司青海油田公司天然气前期评价项目“涩北气田开发规律研究”主要内容,该项目获2008年度青海油田公司科技创新奖二等奖。

作者简介:孙虎法,1964年生,工程师;1986年毕业于原重庆石油学校油田应用化学专业,2008年毕业于中国石油大学石油工程专业,现主要从事油气田开发研究工作。地址:(736202)甘肃省敦煌市七里镇。电话:(0937)8934438。E-mail:shfqh@petrochina.com.cn

2.1 矿化度

通过水样矿化度数据的对比分析,来识别当前出水是凝析水、地层水还是工作液返排。

2.2 水气比

根据水样分析,得到各个小层的水矿化度,参考压力、温度,用经验公式计算地层的原始凝析水气比和当前压力水平下的天然气凝析水产量,从而得到凝析水的理论生产水气比。

当实际水气比接近凝析水气比时,则主要是凝析水;若实际水气比远远大于凝析水气比,则表明还有其他水源。

2.3 累计出水

通过累计产水判断是否以层内可动水为主。

根据束缚水饱和度计算各个单井控制储量内束缚水的总量,然后根据目前地层压力相对于原始压力的衰竭量,计算该井的层内可动水总量;如果实际累计产水量小于可动水总量,则判断为层内可动水;若实际累计产水量远远大于层内可动水总量,则肯定存在其他水源。

2.4 产量变化

1)凝析水:出水量小于 $0.5 \text{ m}^3/\text{d}$,水气比低于 $0.2 \text{ m}^3/10^4 \text{ m}^3$,出水量与产量同步变化。

2)层内可动水:出水量在 $0.2\sim 0.8 \text{ m}^3/\text{d}$ 波动,水气比在 $0.5 \text{ m}^3/10^4 \text{ m}^3$ 波动。

3)夹层水:水量在 $2 \text{ m}^3/\text{d}$ 以内波动,水气比在 $0.5 \text{ m}^3/10^4 \text{ m}^3$ 波动,出水量没有显著上升。

4)水层水窜:水量逐渐上升到 $5 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右,水气比逐渐超过 $1 \text{ m}^3/10^4 \text{ m}^3$,由于流动通道有限,之后的出水及水气比大幅波动,不再上升。

5)边水:早期无水,水量逐渐上升到 $10 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右,水气比超过 $2 \text{ m}^3/10^4 \text{ m}^3$,并持续上升,上升幅度与到边水的距离以及与边水连通程度相关。

2.5 测井解释

测井解释的气水层仅代表气井在投产前的原始静态气水分布,气水分布具有较大的不确定性,必须结合动态资料,综合判断气井出水水源。

2.6 气井所处的构造位置

涩北气田的背斜构造平缓,形成的气水过渡带较宽,导致了平面上各个部位的气井均较易出水,但由于水源不同,出水动态的差异较大。

纵向上各个小层的含气面积差异大,高部位的气井(如新涩4-3井),在某一层可能临近气水边界,易受到边水的影响。

3 出水分析的数值模拟方法应用

综合利用上述水源识别方法,对涩北气田气井在各个生产阶段的主要出水水源和出水特征进行了分析和识别,再利用气藏数值模拟方法来验证上述水源分析结论的合理性与正确性。

对于有水气藏,常规数值模拟方法通过设定统一的气水界面来区分气区和水区,通过设定束缚水饱和度和边水水体大小来模拟原始气水分布。本项研究在水源分析的基础上,通过调整相对渗透率曲线,设定网格初始含水饱和度,调整气层与水层之间的地层连通性,调整气水内外边界之间网格的含气饱和度,对涩北气田出水气井的主要水源进行模拟和分析。

3.1 出水水源拟合方法

3.1.1 凝析水

出水水源以凝析水为主,对产量影响不大,不作为重点拟合对象。

3.1.2 工作液返排

在过井网格内适当增加初始含水饱和度的数值,增量取决于工作液返排的拟合符合程度。

3.1.3 原生层内水

1)封隔水体:在过井网格或同层的相邻网格增加含水饱和度,增量取决于出水上升的起始时间、上升幅度以及出水的持续时间。

2)气水同层:通过设定相邻连续多个网格的含水饱和度来实现。

3.1.4 次生层内水

由束缚水转化而来,通过在相邻网格略微增加含水饱和度来拟合。由于其对产量影响幅度不大,不作为模拟重点。

3.1.5 层间夹层水

将测井解释为水层的网格含水饱和度调高,调幅取决于水窜影响井的出水动态,同时调整水层与垂向相邻层的传导率。

3.1.6 边水

根据出水的早晚调整气水边界到井的距离;根据出水量上升幅度和上升快慢,调整井和边界之间网格的渗透性和含水饱和度。

3.2 典型层组的水源分析

以涩北一号气田的IV层组为数模研究对象,对该层组39口井进行了出水量拟合。结果表明:其中出水水源为层内可动水的井占30%,以凝析水为主要出水水源的井数占26%,层间水层水窜的井占

18%,边水水侵的井占总数的18%。

凝析水为主的气井2007~2008年日出水 0.8 m^3 ,产量年递减率为7%,目前平均单井日产天然气 $4.75\times 10^4\text{ m}^3$ 。

水窜为主的气井2007~2008年日出水达到 $1.13\sim 3.6\text{ m}^3$,目前平均单井日产天然气 $(3.40\sim 4.17)\times 10^4\text{ m}^3$ 。

边水水侵井2007~2008年的日出水达到 14.86 m^3 ,目前平均单井日产天然气 $2.41\times 10^4\text{ m}^3$,产量年递减率达到26%。

3.3 防水治水措施的原则

1)对以凝析水和层内可动水为主的气井,可适当放大生产压差,调高配产.这也是提高涩北气田整体开发效益的措施之一。

2)对于夹层水层的水窜井,应调低配产,缓解水窜趋势,延长低出水开采期。

3)对于层间水窜的井,应通过优化射孔层系,平衡层间压差,来降低水窜趋势;如果是由于固井质量差导致的层间水窜,应有针对性地提高固井质量^[3]。

4)对于误射开水层的井,应进一步落实出水层位,封堵出水层。

5)对于边水水侵井,应落实出水层位,选择封堵出水层或直接关井。

4 结论

1)生产现状显示,涩北气田产量大幅度递减的井同时也是高出水井,出水是涩北气田高产、稳产的最大威胁。

2)构造特征、成藏过程以及储层物性共同决定了涩北气田具有各层含气面积差异较大、气水层间互、气水边界参差不齐的特征。

3)层组与单井出水量较好的拟合效果充分验证了本研究提出的水源识别方法的正确性与合理性。

4)边水水侵和层间水层水窜是气井稳产的最大威胁;防水、治水宜尽早做出措施作业规划。

参 考 文 献

- [1] 杜志敏,马力宁,朱玉洁,等.疏松砂岩气藏开发管理的关键技术[J].天然气工业,2008,28(1):103-107.
- [2] 马力宁,王小鲁,朱玉洁,等.柴达木盆地天然气开发进展[J].天然气工业,2007,27(2):77-80.
- [3] 黄艳,谢南星,谈锦锋.产水气井有效开采的工艺技术[J].钻采工艺,2002(2).

(修改回稿日期 2009-06-08 编辑 赵 勤)