

[引著格式] 刘自龙, 谢向威, 罗威. 产量未知气举井工况诊断及实例应用 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (1+2): 51~54.

# 产量未知气举井工况诊断及实例应用

刘自龙, 谢向威, 罗威 (长江大学石油工程学院, 湖北 武汉 430100)

[摘要] 运用数学计算模拟诊断法可以对气举井工况快速有效地诊断。数学计算模拟诊断法中产液量是最基本的已知参数, 但是现场对气举井工况诊断时, 不可能实时获取每口诊断井的产液量, 这样就使得现有的数学计算模拟诊断法的运用受限。从油井的流入动态出发, 以数学计算模拟模型为基础, 提出了一种在产量未知情况下气举井工况模拟诊断方法, 并编制了程序, 用实例井进行验证, 说明该方法是可行的。

[关键词] 气举; 工况诊断; 产量未知; 数学模型

[中图分类号] TE355.3 [文献标志码] A [文章编号] 1000-9752 (2015) 01+02-0051-04

为使气举井能高效运行, 必须定期对气举装置工作状况进行分析<sup>[1]</sup>。数学计算模拟诊断法<sup>[2]</sup>的基础就是建立油管生产压力模型、套管注气压力模型和井下温度模型, 根据井下布阀参数, 如各级阀的尺寸、调试架打开压力, 判断气举阀的开启和关闭状态, 以及计算气举阀的通气量。现有的数学计算模拟模型<sup>[3~5]</sup>都是依据已知油井产液量的情况下提出的。邱正阳<sup>[3]</sup>认为气举阀工况诊断就是注气点的确定问题, 减去过阀压差后的注气压力梯度线曲线与最小油管压力梯度曲线的交点, 即为注气点。廖锐全<sup>[4]</sup>以气举油井模拟模型为基础, 考虑了气举阀的井下工作状态, 在确定注气点的基础上, 还导出了气举阀的实际打开压力、实际工作套压、气举阀的实际通气量和最大通气量等参数的计算方法。Mata<sup>[5]</sup>认为气举过程很复杂, 再加上诸如油藏资料、生产气油比等数据不准确, 于是对气举工况按照存在的可能性给出了多种诊断结果。他提出了组合注气量、井底流压和阀孔径三个变量建立模糊逻辑准则, 模拟人类逻辑推理, 在气举诊断分析和决策里推论出最可能的工况。以上3种数学模拟诊断法都存在2个主要问题: 一是油管压力梯度线计算必须以产液量为已知条件, 如果在没有实时油井产液量的情况下是无法进行诊断的; 二是油管压力梯度线的计算默认是最深处气举阀为工作阀, 所以注气点以上油管段气液比是不变的, 但是实际生产中存在多点注气的情况, 因此在判断井下气举阀的开启关闭状态后, 应该根据各级阀实际进气量分段计算油管压力。

## 1 产量未知气举井工况模拟诊断法

现有的数学模型都是以产液量为基本条件建立的, 但是现场上不可能获取每口井的实时产液量。为了能有效利用数学计算模拟诊断法, 笔者对现有的方法进行了改进, 提出了在已知油井供液能力的情况下, 对产液量未知的气举井工况进行模拟诊断的方法。

### 1.1 已知条件

产液指数, 注气压力, 生产油压, 注气量, 总产气量, 地层气油比, 地面注气温度, 注入气相对密度, 油套管内外径, 气举阀布阀参数 (布阀深度、阀孔径、调试架打开压力)。

### 1.2 计算过程

1) 根据油井 IPR (流入动态) 曲线, 选定  $N$  个产液量  $Q_L(i) (i = 1, 2, \dots, N)$ 。

2) 根据井口注气压力、注入气相对密度等参数, 利用油套环空套压分布计算得到油套环空注气压力分布。

3) 选定某一产液量, 假设油井最后一级阀为工作阀, 其他各级阀过气量为零, 利用选定的多相管流压力和温度计算方法计算得到油管注气点以上的压力分布和温度分布。

[收稿日期] 2014-11-27

[作者简介] 刘自龙 (1987-), 男, 硕士生, 现从事多相管流与油气田集输技术等的学习和研究, 329165325@qq.com。

4) 根据已经计算得到的油压、套压分布, 温度分布, 井下气举阀参数, 利用气举阀受力原理判断气举阀启闭状态, 根据气举阀过流特性方程——Craver 方程<sup>[3]</sup>计算气举阀过气量, 若各级气举阀工作状态和注气量均与上一次迭代计算结果相同或在误差范围内, 则进行步骤 6), 否则, 继续进行下一步骤。

5) 若存在多点注气, 则按注气气举阀深度位置将井段划分成多段, 根据不同段气量的不同分别采用多相管流压力、温度计算方法单独计算, 得到各段压力、温度分布, 即整个井段压力分布, 继续进行步骤 4)。

6) 得到各级气举阀最终工作状态和最终注气量, 在地层气油比条件下, 根据最后一级阀处的油管压力, 利用多相管流方法计算得到对应的井底流压  $p_{wf}(i)$ 。

7) 判断  $i$  是否大于等于  $N$ , 如果是, 则进行下一步骤; 否则,  $i = i + 1$ , 转为进行步骤 3)。

8) 根据  $Q_L(i)$ 、 $p_{wf}(i)$  的  $N$  个数组, 结合油井的产液指数, 绘制出油井的流入、流出动态曲线, 取交点, 交点处所对应的井底流压和产液量, 以及所对应的各阀状态和产液量即为所求。

上述过程的计算流程如图 1 所示。

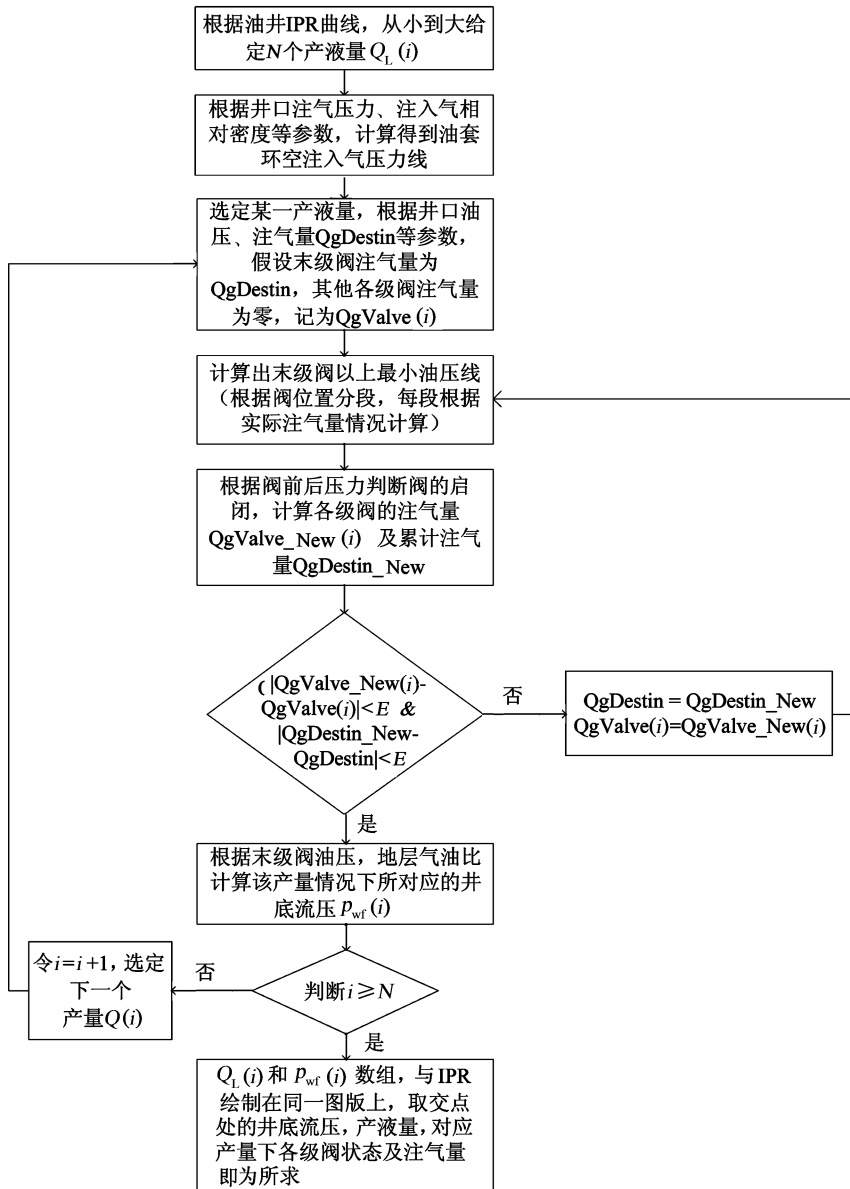


图 1 工况诊断计算流程图

## 2 实例计算

选用 Orkiszewski 方法<sup>[6]</sup>计算气液两相管流压力，选用 Sagar 方法<sup>[7]</sup>预测井筒中的温度分布，油套环空注气压力选用单相气体静气柱压力计算方法<sup>[8]</sup>，油井的流入动态预测选用 Petrobras 公式<sup>[6]</sup>。编制了气举井工况诊断软件，并以国内某油田气举井为实例进行计算。该井基本数据和布阀参数分别如表 1、表 2 所示。

表 1 某油田 xxx 井基本数据

油层中深 (垂深) /m	油层中部 温度/°C	油压 /MPa	注气压力 /MPa	注气量 / (m <sup>3</sup> · d <sup>-1</sup> )	产液指数 / (m <sup>3</sup> · d <sup>-1</sup> · MPa <sup>-1</sup> )	含水率 /%	注气温度 /°C	地层气油比 / (m <sup>3</sup> · m <sup>-3</sup> )
2790	108.5	2.3	9.5	10500	5	0	75	233
原油相对 密度/1	产出气 相对密度/1	地层水 相对密度/1	注入气 相对密度/1	油管尺寸 /in	套管尺寸 /in	饱和压力 /MPa	油层压力 /MPa	井型
0.8375	0.7103	1.01	0.65	2 3/8	7	25.4	27.3	斜井

诊断计算结果如表 3、图 2、图 3 和表 4 所示。

表 2 某油田 xxx 井布阀参数

级数	型号	垂深 /m	阀孔尺寸 /mm	调试打开压力 /MPa
1	KFG-B-25.4	796	3.2	9.31
2	KFT-B-25.4	1382	3.2	9.12
3	KFT-B-25.4	1843	3.2	8.91
4	KFT-B-25.4	2200	3.2	8.69
5	KFT-B-25.4	2453	3.2	8.44
6	KFT-B-25.4	2600	3.2	8.12

表 3 某油田 xxx 油井的流入、流出数据结果

流入产量 / (m <sup>3</sup> · d <sup>-1</sup> )	流入压力 /MPa	流出产量 / (m <sup>3</sup> · d <sup>-1</sup> )	流出压力 /MPa
20.48	23.17	20.48	4.45
41.11	19.04	41.11	4.80
61.74	14.91	61.74	5.15
82.38	10.07	82.38	5.54
102.86	0	102.86	5.84

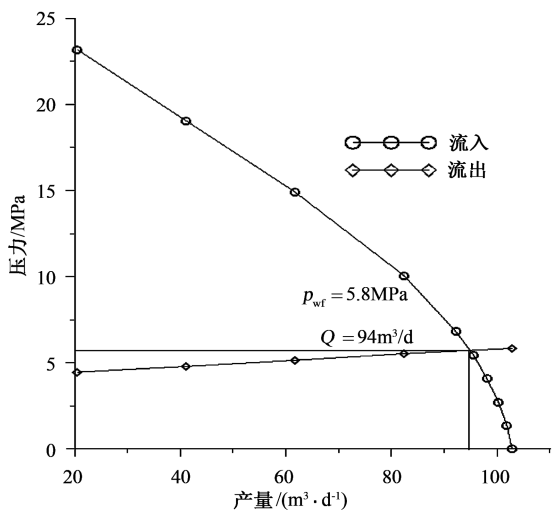


图 2 某油田 xxx 油井流入、流出动态曲线

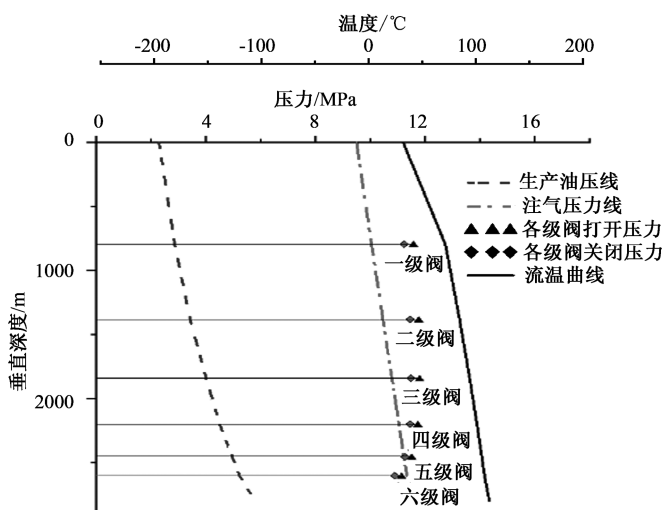


图 3 某油田 xxx 油井工况诊断图

工况诊断的结果表明，该井的产液量为 94m<sup>3</sup>/d，对应的井底流压是 5.8MPa。结合压力、温度数据综合分析，在第六级阀处生产油压线出现拐点，说明此处进气，并且第六级阀过气量计算结果为 10599m<sup>3</sup>/d，和地面实测注气量（见表 1）接近，说明第六级阀为工作阀。该诊断结果与气举井实际相符。

表4 某油田xxx油井工况模拟诊断结果

阀垂深 /m	阀处油温 /°C	阀处油压 /MPa	阀处套压 /MPa	阀打开压力 /MPa	阀关闭压力 /MPa	阀过气量 / (m <sup>3</sup> · d <sup>-1</sup> )
796	68	2.87	10.04	11.56	11.22	0
1382	81	3.43	10.46	11.78	11.44	0
1843	90	4.02	10.79	11.81	11.50	0
2200	97	4.51	11.04	11.73	11.44	0
2453	101	4.96	11.22	11.51	11.25	0
2600	104	5.22	11.33	11.14	10.90	10599
2790	108.5	5.8				

### 3 结论

1) 对原有的气举井工况诊断模拟法进行了改进, 提出了根据油井供液能力, 对产液量未知的油井进行工况诊断, 实例证明该方法是可行的。

2) 根据流入、流出动态曲线确定该井的协调产量时, 不同多相流压力计算方法计算的流出曲线会有较大区别, 因此得到的协调产量会不同, 生产油压线就不一样。为了使诊断结果可靠, 建议依据油田实际情况选择合适的多相流计算方法。

#### [参考文献]

- [1] Brown K E. The technology of artificial lift methods [M]. Tulsa: Petroleum Publishing Company, 1980.
- [2] Ortiz J L. Gas-lift troubleshooting engineering: an improved approach [J]. SPE20674, 1990.
- [3] 邱正阳, 徐春碧, 王大勋, 等. 气举凡尔工况诊断 [J]. 重庆石油高等专科学校学报, 2002, 4 (4): 20~22.
- [4] 廖锐全, 汪崎生, 张顶学, 等. 连续气举油井工况诊断方法 [J]. 石油机械, 2003, 31 (10): 47~49.
- [5] Mata D, Hernandez A, Chirinos N, et al. Gas lift trouble shoot analysis using fuzzy logic [J]. SPE81166, 2003.
- [6] 张琪. 采油工程原理与设计 [M]. 东营: 石油大学出版社, 2000.
- [7] Sagar R, Doty D R. Predicting temperature profiles in a flowing well [J]. SPE Production Engineering, 1991, 6 (4): 441~448.
- [8] 杨继盛, 刘健仪. 采气实用计算 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1995.

[编辑] 黄鹂