

高温高压含硫化氢及出砂油气井试油测试技术

王毅然 黄志远 蔡明涛 (渤海钻探油气井测试分公司, 河北 廊坊 065007)

摘要: 油气井试油技术是影响油气开采质量的重要因素, 有关中低压力系数的油气井已经有了一套成熟的试油流程, 能够很好地对现场施工进行指导, 但关于高温高压含硫化氢和出砂油气井的试油测试技术依然较少, 而且实际应用效果仍然存在一定不足。论文主要针对高温高压含硫化氢及出砂油气井的设计、试油技术应用以及相关注意事项进行探讨。

关键词: 高温高压; 硫化氢; 试油测试技术

油气井试油技术在我国油田开采和勘测过程中已经有了广泛的应用, 并构建了系统而成熟的试油理论体系, 但是该理论体系主要适用于埋藏比较浅, 压力较低的油井, 对于埋藏深度较大, 压力温度较高的油气井, 试油技术仍然存在较大不足, 需要不断完善高温高压油气井试油技术和试油工艺, 提高试油质量, 保证石油开采质量和效果。

1 高压防硫出砂的仪器、设备的开发及应用

1.1 仪器的技术指标分析

要根据高温高压含硫化氢的市场需求, 从而更好的分析出砂器等仪器的技术指标, 具体如下:

能够承受的工作压力: 103.5MPa, 也就是 15000psi。工作的温度在 -30°C -110°C 之间。最低的存储温度为 -50°C 。公称直径为 210 mm。工作介质为有 H_2S 的天然气以及油、水等等。处理气量为 $150 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$, 处理的砂量则在 80l/h。

1.2 除砂器的设计

在设计时, 我们必须遵循设计规范和相应的标准, 例如建筑模具生产规范、建筑机械规范等。以及防止硫化物应力断裂的金属材料和容器安全检验规程和石油钻采机械产品用高压锻件通用技术条件。

在具体操作的过程中, 必须参考一定的规范和标准, 比如 (2) GB150-1998 钢制压力容器、HG20581-1998 钢制化工容器材料选用规定以及 B/T30771999 合金结构钢。最后还有除砂器的结构设计, 因为其关系到除砂的效果, 所以这个非常重要。

1.3 除砂器的材料选择

根据相应的标准和技术要求, 其中规定了关于防硫化氢的低合金材料的要求, 只要是硬度达到 22HRC 的碳钢以及低合金钢, 都可以使用。在本次设计当中, 控制阀门是属于平板的, 规格达到了 2-1/16-15K 和 2-9/16-15K, 级别是 EE, 根据 PSL-3 的级别来进行治疗。

2 压差预测与控制

2.1 建立压差预测模型

对施工现场环境和具体施工标准进行研究, 选出适用于实际开采条件和开采标准的压差计算公式如下:

$$\Delta_p = C \cdot \tan(45 + \phi/2)$$

其中, C 为岩石的粘聚力, ϕ 为内摩擦角, Δ_p 为临

界产生压差^[1]。

2.2 确定内摩擦角和储层强度参数粘聚力

通过三轴实验确定粘聚力和内摩擦角, 以准噶尔盆地南缘为例, 所取霍尔果斯岩样数为 8, 岩性为砂岩, 所取安集海岩样量为 20, 岩性为砂岩和粉砂岩。

利用测井资料计算储层力学参数方法如下:

$$E = \frac{\rho \cdot v_p^2 \cdot (3v_p^2 - 4v_s^2)}{(v_p^2 - 2v_s^2)} \quad \mu_d = \frac{v_p^2 - 2v_s^2}{(v_p^2 - 2v_s^2)}$$

岩石强度参数和相关测井资料关系如下:

$$C = A(1 - \mu_d) \left(\frac{1 - 2\mu_d}{1 + \mu_d} \right)^2 \rho^2 v_p^4 (1 + 0.87v_d)$$

其中, ρ 为地层密度, v_p 为纵波速度, v_s 为横波速度。

利用压差预测软件进行压差的计算, 选择模型为极限应变模型, 内摩擦角度为 26 度, 粘聚力 1MPa, 弹性模量 2000MPa, 泊松比 0.2, 孔隙压力 12MPa, 弹性区渗透率 300, 塑性区渗透率 150。

对准噶尔南缘的井段进行控制技术和压差预测的应用, 符合率高达 92%。

3 高压防硫除砂器装置的应用和研究

3.1 除砂器技术指标

根据高温高压含硫化氢的市场需求确定除砂器装置技术指标, 最高工作压力为 104MPa, 工作温度在 -40°C -150°C 之间, 最低存储温度为 -50°C , 工作介质为含有硫化氢的天然气、水和油, 处理气量为 150 万 m^3/d , 处理砂量 90l/h。

3.2 除砂器设计

除砂器设计中需要遵循 SY/T5127-2002 井口设计与采油树规范; 井口装置和采油树设备规范; NACEMR 0175: 2000 油田用防硫化物应力开裂金属材料; 超高压容器安全监察章程以及 SY/T5675-1993 试油钻采机械产品用高压锻件通用技术条件。

施工过程中的设计规范与标准如下, 选用 GB150-1998 钢制压力容器, GB/T3077-1999 合金结构钢; 遵循 HG20582-1998 钢制化工容器强度计算规定; HG20581-1998 钢制化工容器材料选用规定以及 ASME 第三篇第三分册。

除砂器材料根据《油田用防硫化物应力开裂的金属材料》标准进行选择, 标准中有关于硫化氢低合金材料

的相关要求，可以适用于所有低合金钢和碳钢材料。

4 检测技术的应用

4.1 高温高压含硫化氢出砂油气井检验技术

明确响应技术规范，经过的大量市场调研和国内外技术分析，确定施工技术规范，硫化氢的检测范围在0-100000ppm之间，工作介质为水和含硫化氢的石油天然气，工作压力为80MPa，相对湿度小于90%，重复性误差为3%，线性误差极限3%，响应时间在2min之内。然后确定硫化氢在线检测系统，主要包括探头、数据采集存储装置以及分立减压装置三部分内容，对合理设计图纸，并完成设备组装，软件测试等工作，同时还需要对产出流体进行分离减压。没有分离减压的气体要进行气体检测，判断是否存在硫化氢。做好地面实施检测工作，在数据采集室中纪录并分析数据，组装硫化氢检测装置，用标准硫化氢进行检测和标定，实际调试结果精度为0.8%-3.9%，能够达到相应测试要求。

4.2 含硫化氢现场处理技术

处理井内产出的含有硫化氢的液体，首先根据化学反应方程式确定除硫剂的配方，确定所用除硫剂的量，并对产油环境进行细致的检测，在酸性环境下，可能会出现新的硫化氢气体而影响最终检测精度。根据硫化氢的溶解性特点，在标准大气压下硫化氢在水中的溶解体积为2400ppm左右，一般情况下溶解量不会高于4%，若出现温度和其他因素的改变，也会影响溶解度，所以在实际研究中，要结合当地实际情况来看。

从标准条件下硫化氢的溶解度来看，地层每天产出10m³的油气时，需要应用70kg的氢氧化钠来进行中和反应，如果每天产出10m³的水，则需要使用80kg的碱式碳酸锌进行中和，避免硫化氢对产出油气质量的干扰。此外，还需要加强除硫剂加药系统硬件设施的研究工作，在试油的过程中，在套管中加入处理剂并试产检测，确定硫化氢的浓度。

4.3 试油工作注意问题

在试油检测之前，各个工种之间需要进行充分的讨论和研究，进行技术交底，明确每一名员工的职责和责任，确定统一的指挥人员进行生产和组织协调工作，制定书面安全责任预案，对员工进行充分的安全意识和安全责任培训工作，让每一名员工能够认识到安全生产的重要意义，能够做好自我保护工作。同时还要针对以往生产过程中可能出现的问题，做好安全风险评估工作，并重点检查施工过程中容易出现危险的环节，做到针对性的处理，保证施工的安全性和可靠性。

然后需要对各个工种使用的工具进行专业的技术参数标定工作，进入井下的工具需要做好草图绘制，建立相应的施工现场技术档案，有条件的施工队伍需要及时复查现场的施工环境，检查实际施工工艺是否满足施工要求，及时发现施工过程中的问题并进行反馈和解决，减少施工因素对施工现场的干扰。在实际试油测试技术中，泥浆性能的好坏直接关系到测试结果的成败，若出

现泥浆质量问题，不仅会对整体施工进度产生严重影响，而且还可能会引起油井报废，给企业带来极大的经济损失。所以在施工之前要用泥浆和水泥浆进行提前的测试和试验工作，保证实验的合理有序，在测试过程中，无关人员应该远离高压管汇集区域，施工人员尽可能地避免在管道连接处和弯头位置处停留，相关人员要密切关注数据采集参数的变化，及时发现参数的异常，检查地面设备，消除安全隐患，保证施工的安全可靠。

准确计算好RD阀破裂盘压力值，剔除开关井温度效应、膨胀收缩效应影响，保证环空压力小于RD阀的破裂盘压力，避免在采油树换装封井器期间出现井喷或井涌的现象，在采用控制头进行测试时，由于温度效应会导致金属膨胀，为了防止管柱别断并口管汇，在必要时需要及时上提管道，避免封隔器重量过大而导致封隔器损坏，时刻注意井口压力的控制，避免油套压差过大引起管柱刺漏和封隔器问题。做好防喷防爆、防硫化氢的工作，充分发挥数据采集系统的优势，进行全过程井口压力的跟踪，及时发现异常并分析找出原因。

5 高温高压含H₂S出砂气井H₂S现场检测技术

首先是技术规范，对国内以及国外先进技术进行调查和研究，然后再在此基础上，来制定相应的技术规范。具体规范是这样的：硫化氢的监测范围在1%-11%之间，也就是100000ppm以内。工作的介质为：气、水或者是含硫化氢的油。湿度需要小于等于90%，工作的压力则需要达到70MPa。对于误差而言，重复性误差需要在3%以内，线性误差同样需要在3%以内。响应的时间不能超过120s。

其次，确定硫化氢在线检测系统的制造方法；整个检测系统的结构由探头、分离减压装置和数据采集存储装置三部分组成。然后进行软件的设计、制造、组装和调试，对于分离减压装置，需要实现分离减压来检测产生的液体。对于检测装置，必须检测未经分离和减压的气体，并分析其是否含有H₂S。另外，在数据采集部分还可以安装土壤检测装置，对数据进行显示和记录。现场调试完成后，公布调试结果：精度在3%-0.5%之间，满足一定要求。

6 结语

综上所述，在石油开采工业中硫化氢对石油的腐蚀会导致石油开采进程的减慢和石油开采质量的降低，导致环境的破坏，所以在石油实际开采与测试中，需要对硫化氢进行有效测试，并采取针对性的措施控制整个井内的硫化氢，提高石油产量，减少硫化氢对石油的腐蚀，提高石油企业的经济效益，保障石油开采得以顺利安全的进行。

参考文献：

- [1] 谢丛姣, 张太斌. 试油测试新技术及其发展趋势 [J]. 油气井测试 2002,11(4):37-39.
- [2] 杜成刚, 余发刚. 试油测试新技术及其应用研究 [J]. 科技视界, 2013(33):346.