

川西某高含硫气田 XSH101D 井管道堵塞位置及原因探析

张皓然 赵悦 陈伟 (中国石油化工股份有限公司西南油气分公司采气一厂, 四川 德阳 618000)

张瑶 (中国石油化工股份有限公司西南油气分公司石油工程技术研究院, 四川 德阳 618000)

摘要: XSH101D 井是川西某高含硫气田的重要气井, 长期生产过程中多次发生管道堵塞, 影响了气井的稳定运行。通过对该井的 5 次解堵作业进行分析, 结合泵压、流量、累计注液量等数据, 推测管道内易发生堵塞的位置, 分别为井下 5-6m、30m 和 56m 处。进一步通过对堵塞物成分的物理和化学分析, 发现堵塞物主要由硫酸钡、硫化亚铁及粘土矿物等无机物组成, 并含有少量丙烯酰胺类聚合物与芳烃类有机物。该研究为后续气井解堵工艺提供了科学依据。

关键词: 高含硫气田; 管道堵塞; 堵塞位置; 泵压分析; 堵塞物成分

1 概述

XSH101 平台是部署在川西某气田的一座高含硫化氢气田为采输 + 净化一体化生产运行平台, 日处理量 500000m³, 采用“醇胺法脱硫 + 克劳斯硫磺回收”净化工艺。平台由 XSH101D 井和 XSH102D 井两口井提供原料气。在运行一段周期后, XSH101D 管道多次发生堵塞, 成为制约气井稳定生产的重要因素。

2 管道堵塞位置分析

管道堵塞位置在解堵过程中的通常表现为: 当液体在管道中遇到堵塞时, 流体的流动受到限制, 造成流体无法顺利通过, 这会导致泵需要以更高的能量工作来克服这个阻力。即, 在流量未发生明显变化的情况下, 泵压显著上升, 泵压斜率变为正值。因此, 通过对泵压、流量、累计注液量等数据进行分析, 判断管道堵塞位置。

XSH101D 目前共经历过 5 次解堵作业, 为了明确管道堵塞位置, 为后续气井解堵工作对策的制定提供参考。自解堵工作开展以来, 对每次解堵过程中相关数据进行收集, 获得了多组折线图 (图 1 至图 5)。

通过图像 (图 1 至图 5) 可知, 在第一次解堵过程中, 泵压 (图 1 至图 5, 绿线) 总体呈现下降趋势, 泵压斜率 (图 1 至图 5, 蓝线) 在大多数情况下为负值, 表明系统处于相对稳定的注液状态。然而, 在某些时刻, 泵压斜率突然变为正值, 显示泵压开始上升, 而此时流量 (图 1 至图 5, 黄线) 并未发生明显变化, 说明此时可能遭遇堵塞点。

2.1 第一次解堵

从图像 (图 1) 得知: 当累积注液量达到 14~15m³

时, 流量维持在 0.65m³/min, 此时泵压斜率为正值, 泵压呈上升趋势; 当累计注液量达到 25~26m³ 时, 流量维持在 0.8m³/min, 此时泵压斜率为正值, 泵压呈上升趋势。说明在这两个位置, 注液系统遇遭遇某种阻力, 可能已经形成堵塞, 且堵塞较为严重, 导致泵压上升趋势明显。

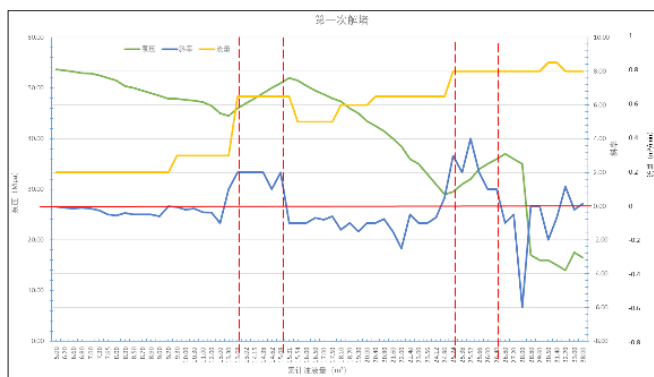


图 1 第一次解堵泵压、流量变化图

2.2 第二次解堵

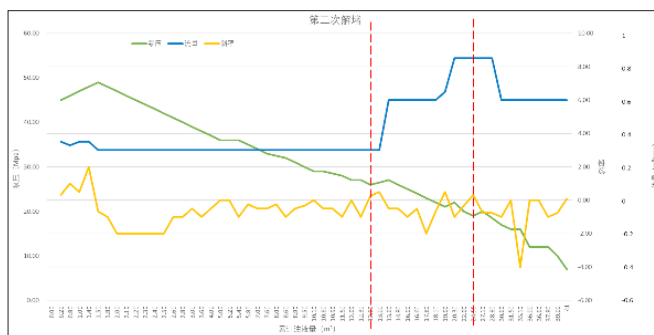


图 2 第二次解堵泵压、流量变化图

从图像 (图 2) 得知: 当累积注液量达到 12.5~13m³ 时, 流量维持在 0.3m³/min, 此时泵压斜率为正值, 泵

压呈上升趋势；当累计注液量达到 $24\sim 25\text{m}^3$ 时，流量维持在 $0.85\text{m}^3/\text{min}$ ，此时泵压斜率为正值，泵压呈现上升趋势。说明在这两个位置，在经历第一次解堵后，可能重新形成堵塞，导致泵压的上升，但趋势不明显，堵塞较轻微。

2.3 第三次解堵

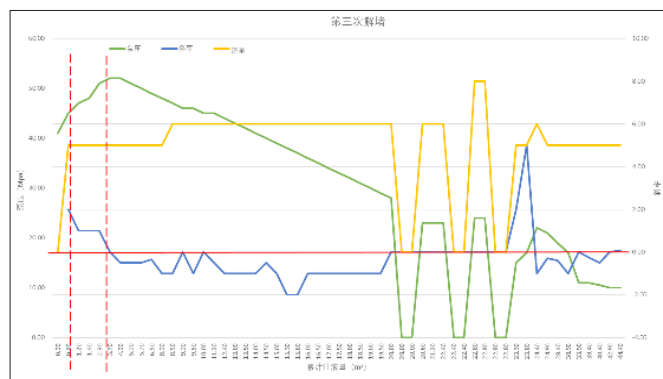


图3 第三次解堵泵压、流量变化图

从曲线(图3)得知：当累积注液量达到 $1\sim 3\text{m}^3$ 时，流量维持在 $0.5\text{m}^3/\text{min}$ ，此时泵压斜率为正值，泵压呈现上升趋势。说明在该位置，注液系统遇遭遇某种阻力，可能已经形成堵塞，导致泵压上升。

2.4 第四次解堵

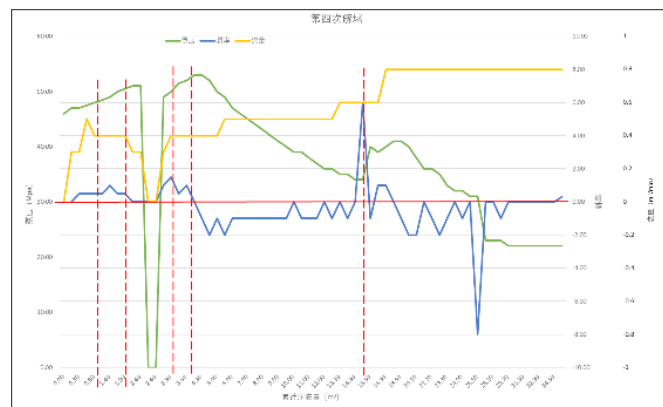


图4 第四次解堵泵压、流量变化图

从曲线(图4)得知：当累积注液量达到 $1\sim 2\text{m}^3$ 时，流量维持在 $0.4\text{m}^3/\text{min}$ ，此时泵压斜率为正值，泵压呈现上升趋势；当累计注液量达到 $2.6\sim 3.6\text{m}^3$ 时，流量维持在 $0.4\text{m}^3/\text{min}$ ，此时泵压斜率为正值，泵压呈现上升趋势。当累计注液量达到 $14\sim 15\text{m}^3$ 时，流量维持在 $0.6\text{m}^3/\text{min}$ ，此时泵压斜率为正值，泵压呈现上升趋势。说明在这两个位置，注液系统遇遭遇某种阻力，可能已经形成了堵塞，导致泵压的上升。

2.5 第五次解堵

从曲线(图5)得知：当累积注液量达到 $29\sim 31\text{m}^3$ 时，流量维持在 $0.65\text{m}^3/\text{min}$ ，此时泵压斜率为正值，

泵压呈现上升趋势；当累计注液量达到 $37\sim 39\text{m}^3$ 时，流量维持在 $0.8\text{m}^3/\text{min}$ ，此时泵压斜率为正值，泵压呈现上升趋势。说明在这两个位置，注液系统遇遭遇某种阻力，可能已经形成了堵塞，导致泵压的上升，但压力变化小，堵塞较为轻微。随后泵压出现明显下降，说明该位置堵塞已经解除。

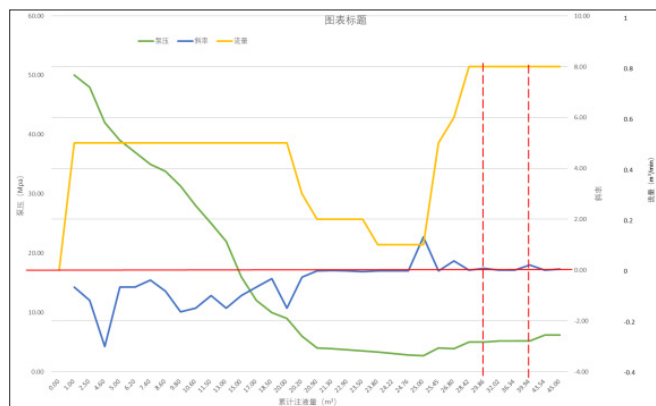


图5 第五次解堵泵压、流量变化图

2.6 小结

通过对五次解堵数据进行分析，发现：在解堵过程中当累计注液量在 1m^3 、 14m^3 、 25m^3 时，容易遭遇堵塞点。通过使用管柱数据表计算得知，在 XSH101D 井井下 200m 、 3100m 、 5500m 处容易发生堵塞现象。

3 管道堵塞物成分

为了明确堵塞物的组成成分，为气井解堵工艺的制定和解堵药剂配置点明方向。通过对第三次解堵前后计量分离器取样，获取了多个样品。采用电镜扫描、红外线光谱、核磁氢谱、ESD 能谱检测等物理分析方法及溶解实验等化学分析方法，对样品进行对比分析。

从计量分离器取出的样品为固液混合物，通过 ZnCl_2 沉淀及离心处理后分层为两层，第一层为水层，第二层为重质组分。由于堵塞物大部分属于不溶物，因此，主要针对下层固相进行分析。取出第二层于蒸发皿中，去除水分和易挥发组分及相应的臭味，一段时间后得到粉末状样品。

3.1 有机物成分分析

取少量样品分别与甲苯、乙醇、丙酮进行混合，溶剂颜色皆加深，说明堵塞物在有机溶剂中具有一定的溶解性。

由第三次解堵前后粉末样红外光谱图(图6、图7)显示， 636cm^{-1} 和 607cm^{-1} 处(图6)、 634cm^{-1} 和 607cm^{-1} (图7)的峰可能是 $-\text{C}-\text{Br}$ 和 $-\text{C}-\text{I}$ 的伸缩振动峰。说明样品中含有聚丙烯酰胺类有机物。

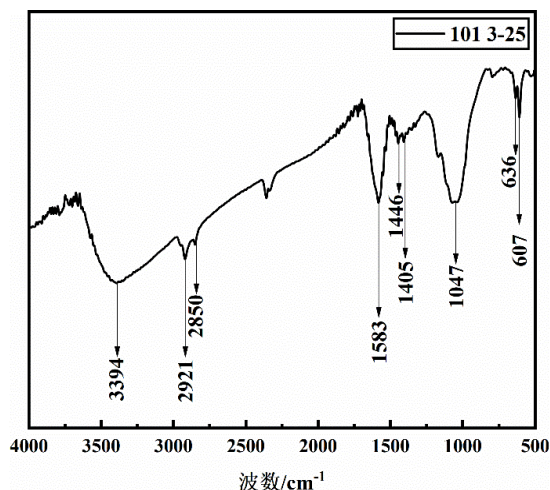


图6 第三次解堵前粉末样红外谱图

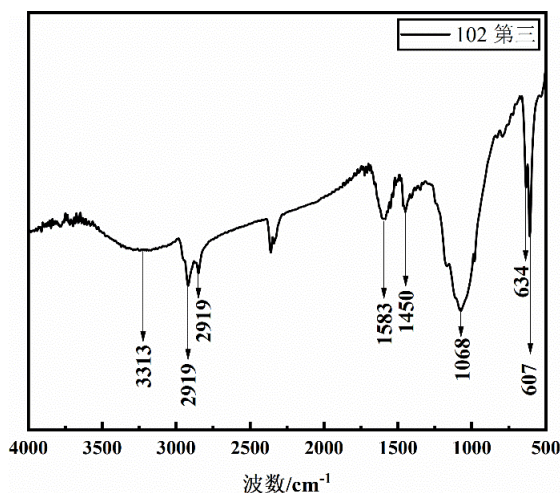


图7 第三次解堵后粉末样红外谱图

由第三次解堵前后粉末样核磁氢谱图显示, $\delta=1.25\text{ppm}$ (2) 处的峰可能是与氟相连碳上质子的化学位移, 可能是与苯环相连的甲基上质子的化学位移, 也有可能是与 S 原子相连的甲基上的质子化学位移, 说明样品中含有卤素原子、S 原子和烷烃结构。

由此说明从计量分离器粉末样的有机物以丙烯酰胺类聚合物、芳烃类有机物为主。

3.2 无机物成分分析

通过 EDS 数据分析发现, 粉末样中存在明显的 C、Na、S、Zn、Si、Al、Ba 等元素, 其中的 C、Na、S 主要来源于原始地层, 而 Zn 来源于人为加入, 主要成分为 ZnS。

通过计算得知, 在第三次解堵前粉末样中, ZnS 的含量为 42.66%; 第三次解堵后粉末样中, ZnS 的含量为 45.25%。

因此, 来自计量分离器的第三次解堵前后粉末样实际元素含量应如下: (表 1、表 2)

表 1 第三次解堵前粉末样实际元素含量表

序号	化合物名	含量 (wt%)	序号	化合物名	含量 (wt%)
1	S	23.93	9	Mg	0.42
2	Ba	11.08	10	P	0.21
3	Cl	8.20	11	Pb	0.13
4	Si	3.96	12	Sr	0.05
4	Fe	3.60	13	N	0.45
5	Al	1.43	14	C	23.82
7	K	0.81	15	H	4.39
8	Ca	0.44	16	其他	17.07

表 2 第三次解堵后粉末样实际元素含量表

序号	化合物名	含量 (wt%)	序号	化合物名	含量 (wt%)
1	S	16.75	11	Ti	0.14
2	Ba	33.24	12	Pb	0.13
3	Fe	6.99	13	P	0.10
4	Si	4.01	14	Ni	0.05
5	Cl	3.42	15	Mo	0.03
6	Al	1.40	16	N	0.20
7	K	0.79	17	C	16.57
8	Mg	0.21	18	H	2.91
9	Sr	0.16	19	其他	12.75
10	Ca	0.15			

由此可以推断: 第三次解堵前, 样品无机物组成为硫酸钡 18.84%、硫化亚铁 5.66% 和粘土矿物; 第三次解堵后, 样品组成为硫酸钡 56.53%、硫化亚铁 10.98%、粘土矿物。

3.3 小结

样品是由多种混合物组成, 其中主要是由硫酸亚铁、硫酸钡和粘土矿物等沉淀组成, 同时还含有丙烯酰胺类聚合物、芳烃类有机物。

根据第三次解堵前后的元素含量对比发现, Ba 元素有明显的减少, 说明解堵施工将大量的 Ba 元素带出管道, 因此推辞硫酸钡为堵塞物的主要成分

4 总结

① XSH101D 井在井下 200m、3100m、5500m 处, 容易反复发生堵塞现象; ② XSH101D 井管道堵塞物, 是以硫酸钡、硫化亚铁、粘土矿物等无机物为主, 同时含有少量丙烯酰胺类聚合物、芳烃类有机物的混合物。

参考文献:

- [1] 胡德芬. 气井管道堵塞原因分析 [J]. 天然气勘探与开发, 2006, 29(1): 6.
- [2] 胡德芬, 陈华勇, 张艳玲, 等. 气井管道堵塞原因及应对措施 [J]. 钻采工艺, 2007(01): 52-53.
- [3] 杭建春, 胡晓辉, 王育锋. 一种油气井管道堵塞器: CN202121704143.2[P]. CN215907814U[2024-10-21].