

The Application of the Technology of Desalting and Plugging in Gas Transmission Pipeline with Compound Salt Inhibitor

Zhi Jiang^{1*}, Wudong Shen¹, Chao Ma^{2#}, Zhongming Cai³, Li Ma¹, Shi Tang¹, Chenghong He³, Mei Xu¹, Qing Zhou¹

¹Technology Research Institute of Central Sichuan Oil and Gas District, PetroChina Southwest Oil and Gasfield Company, Suining Sichuan

²Petroleum Engineering College, Yangtze University, Wuhan Hubei

³Pipeline and Sales Department of Central Sichuan Oil and Gas District, PetroChina Southwest Oil and Gasfield Company, Suining Sichuan

Email: jiangz01@petrochina.com.cn, #500526@yangtzeu.edu.cn

Received: Jun. 9th, 2020; accepted: Jun. 23rd, 2020; published: Jun. 30th, 2020

Abstract

Due to the high formation water salinity in gas well, the gas carries the formation water with high salinity into the gas transmission pipeline, which leads to the pipeline blockage. Moreover, the influence of external factors including temperature reduction, pressure reduction or evaporation of concentrated dry gas, a large amount of salt scale is formed in the gathering and transportation pipelines, which results not only in the pipeline blockage, but also the gathering and transportation efficiency is greatly reduced or even leads to well shut-down. Based on the analysis of the physical and chemical properties of formation water in Xujiahe gas reservoir, a salt suppressant was formulated as follows: 0.4% solubilizer CJ-ZRJA + 0.08% salt crystal distortion agent, CJ-JBB + 0.01% dispersant, and CJ-FSJC + 0.01% surface active agent CJ-BHJD. In combination with the characteristics of long distance, high and low undulations, and short time required for gas shut-down operation, the technology of hydraulic scouring, salt suppression agent soaking and pigging drainage was adopted to successfully mitigate the blockage of pipeline from Penglai 4 to Penglai 116 and the pipeline from Nvshen 002-6-x1 to Nvshen 112, which favors the restoration of the function of gas pipeline.

Keywords

Compound Salt Suppressant, Salt Plugging, Gas Transmission Pipeline

*第一作者。

#通讯作者。

复合抑盐剂除盐解堵技术在输气管线中的应用

蒋志^{1*}, 沈武冬¹, 马超^{2#}, 蔡忠明³, 马鑫¹, 唐诗¹, 何承宏³, 徐梅¹, 周清¹

¹中国石油西南油气田分公司, 川中油气矿工艺研究所, 四川 遂宁

²长江大学石油工程学院, 湖北 武汉

³中国石油西南油气田分公司, 川中油气矿管道与销售, 四川 遂宁

Email: jiangz01@petrochina.com.cn, #500526@yangtzeu.edu.cn

收稿日期: 2020年6月9日; 录用日期: 2020年6月23日; 发布日期: 2020年6月30日

摘要

由于气井地层水矿化度高, 天然气携带高矿化度的地层水进入输气管线而导致管线堵塞。再加上集输管线温度降低、压力下降等外界条件变化或干气浓蒸等效应的影响, 集输管线中形成大量盐垢, 造成管线堵塞而集输效率大大降低甚至被迫关井。研究通过分析了须家河气藏地层水的理化性能, 研究出复合防盐剂配方: 0.4%增溶剂CJ-ZRJA + 0.08%盐晶畸变剂 + CJ-JBB + 0.01%分散剂 + CJ-FSJC + 0.01%表面活性剂CJ-BHJD。结合集输管线距离长、高低起伏、停气作业要求时间短等特点, 采用水力冲刷、抑盐剂浸泡、清管排液的工艺技术, 成功解除了蓬莱4井至蓬莱116井管线和女深002-6-X1至女112井管线2条输气管线的堵塞, 恢复了管线的正常集输。

关键词

复合抑盐剂, 盐堵, 输气管线

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

须家河气藏由于储气层为含盐沉积储层, 在长期地层作用及生产过程导致地层水矿化度高, 气藏生产过程中大量的气体携带水蒸气或者液体进入井筒及地面集输管道, 导致地面集输管线在输气过程中发生盐垢结晶, 导致管线缩颈, 输气量下降, 输气断压力增加, 用户压力下降, 用气不稳定, 严重影响正常生产和集输[1] [2] [3] [4]。再加上温度降低、压力下降等外界条件变化以及干气浓蒸等效应影响, 会在管道中形成大量盐垢, 造成管线堵塞, 使管输效率大大降低甚至被迫关井, 此外堵塞后堵点寻找困难、停输时间长, 严重影响外供民用气的保供; 常规换管解堵方式导致大量天然气放空, 造成能源浪费和环境污染, 需要彻底解决管道堵塞问题[5] [6]。研究中通过分析地层水的理化性能和集输管线中盐垢的成分, 在此基础上提出了复合抑盐剂的配方体系, 并在完善配方的基础上, 对须家河气藏蓬莱4井至蓬莱116井管线和女深002-6-X1至女112井管线等2条堵塞管线上进行解堵。

2. 实验部分

2.1. 材料与仪器

离子色谱仪: ICS-1600, 美国戴安; 高温高压滤失仪: GGS71-B, 青岛海通达有限公司; 分光光度计: UV1200, 上海美析仪器有限公司; 高速搅拌器, GJS-B12K, 青岛海通达有限公司; 水浴锅 DHG-9140A, 常州普天仪器制造有限公司; X 射线多晶衍射仪 D8 Advance, 德国 Bruker AXS D8-Focus; X 射线荧光仪 S4 Pioneer, 布鲁克有限公司。女深 002-6-X1 井、蓬莱 9 井、西充 2 井、蓬莱 107 井等结盐井的水样, 须家河气藏盐垢样, 须家河气藏集输管线; 增溶剂 CJ-ZRJA, 盐晶畸变剂 CJ-JBJB, 工业品, 荆州江汉精细化工有限公司; 分散剂 CJ-FSJC, 渗透剂 CJ-BHJD, 成都市科隆化学品有限公司。

2.2. 实验方法

2.2.1. 集输管线水样分析

选取具有代表性的女深 002-6-X1 井、蓬莱 9 井水样、西充 2 井水样、蓬莱 107 井水样等结盐井的水样, 密封运回后, 静止沉淀 2 天, 取下层水样。参照《油田水分析方法》《油气田水分析方法 SY/T5532-2016》标准, 离子色谱仪 ICS-1600 进行分析。

2.2.2. 盐垢的组分分析

用有机溶剂甲苯将一定数量的泥垢样品反复洗涤 4~5 次, 直到泥垢中所附带的油和有机物被提取干净, 采用垢样 X 射线多晶衍射仪的定性分析、X 射线荧光仪分析其中的矿物组成方法。

2.2.3. 复合抑盐解堵剂的优选

称取 100 mL 地层水加入 250 mL 锥形瓶中, 密封加热到 100℃, 加入一定量的氯化钠直到地层水达到饱和。加入定量防盐试剂, 溶解并控温 100℃下加热沸腾加热 5 min。静置自然冷却到室温(25℃), 观察析出结晶形态, 过滤后, 在 100℃下烘干晶体后称重, 并分析测定溶液中氯离子浓度。

3. 分析与讨论

3.1. 集输管线水样分析

由表 1 可看出, 蓬莱 9 井水样总矿化度 232599 mg/L, 女深 002-6-X1 矿化度 243748 mg/L, 四口井的总矿化度平均为 202002 mg/L, 四口井的总矿化度达到 20 万, 属于高矿化度地层水, 水样中 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 离子含量达到 64971 mg/L 左右, Cl^- 离子含量达 112956 mg/L, 从地层水判断属于高矿化度盐水。结合前

Table 1. Analysis of ion content in water samples

表 1. 水样离子含量分析

水样	主要离子含量(mg/L)								总矿化度(mg/L)
	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	
蓬莱 9 井	77068	1500	25990	2400	124815	654	172	0	232599
西充 2 井	46505	350.70	6012	760	87457	219	230	0	141533.7
蓬莱 107 井	49099	980	23004	1980	114591	378	98	0	190130
女深 002-6-X1 井 1	82984	1400	31000	2600	124961	683	120	0	243748
女深 002-6-X1 井 2	82136	1300	31500	2680	124661	700	140	0	243117
平均	63914	1057.675	21501	1935	112956	483	155	0	202002

期收集的地层水分析资料及三条管线的盐垢样分析含有大量的氯化钠,可判断地层结盐主要为氯化钠。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 也有一定的含量,同时含有一定量 SO_4^{2-} , HCO_3^- 相对较小,也有可能形成少量的硫酸钙和硫酸镁盐。地层水的分析结果和前期地质所分析结果基本一致。由此可判断地层的结盐主要为氯化钠,同时结盐的盐晶中含有少量的硫酸钙和硫酸镁盐。

3.2. 盐垢的组分分析

根据盐垢 X 射线多晶衍射分析,垢样中结晶主体存在 NaCl ,判断盐垢样主要为氯化钠盐。从表 2 的 X 射线荧光仪分析,氯化钠含量为 81.1%,为主要成分,因此无论从 X 射线多晶衍射仪的定性分析还是从 X 射线荧光仪分析的定量分析,能确定盐垢样的主要成分为 81.1%的氯化钠,2%的有机物,0.72%的 Fe_2O_3 腐蚀产物,0.28%的 CaCl_2 。

Table 2. X-ray fluorescence analysis of salt scale components

表 2. 盐样组分 X 射线荧光仪分析

成分	C	Na	Mg	Al	Si	P
百分比(%)	3	25.7	0.1	/	/	/
成分	S	Cl	K	Ca	Ti	Mn
百分比(%)	/	55.4	0.04	0.38	/	/
成分	Fe	Ni	Cu	Zn	Sr	Ba
百分比(%)	0.87	/	/	/	0.04	/

3.3. 复合抑盐剂体系优选

通过大量的筛选和优选复合,形成了优化后的配方:0.4%增溶剂 CJ-ZRJA+0.08%盐晶畸变剂 CJ-JBJB + 0.01%分散剂 CJ-FSJC + 0.01%渗透剂 CJ-BHJD。

增溶剂 CJ-ZRJA 在溶液中离解出对 Na^+ 、 Cl^- 有选择性的正负电荷基团,抑盐剂带正电基团吸附在 Cl^- 上,负电荷基团吸附在 Na^+ 上,并按一定次序排列时,改变 NaCl 晶体表面的电荷分布,从而抑制 NaCl 从溶液中结晶析出,能大大增加增大盐的溶解度[7]。盐晶畸变剂 CJ-JBJB 含有大量的负电基团,具有很好的吸附作用,结晶颗粒由规则、致密、坚硬的立方体结构变为有缺陷、疏松、细碎的松散枝状结构[8] [9]。分散剂 CJ-FSJC 为抗温抗盐的高分子,高分子链段能穿插在盐结晶的晶胞中,使盐结晶不能形成规则结晶,从而起到良好的分散性。表活剂 CJ-BHJD 具有两性基团,具有良好的分散性[10]。

3.4. 复合抑盐剂体系现场应用

3.4.1. 现场工艺

① 采用淡水配置成含有一定浓度的 0.5%的复合抑盐剂的一定体积的(可根据要清洗的集输管线的长度和管径计算水的体积)存于个罐车中备用。

② 然后将罐车中的抑盐剂液体通过泵注入集输管线中,使管线充满,然后焖管 48~72 小时。

③ 采用倒气推液的方式进行排液清洗,将清洗液排入污水罐。或者用泵将储备淡水罐车中的清水 2 方左右作为隔离液段塞和防盐剂段塞,将清洗的污物驱替排入污水罐车,当污物按照计算量被排除后。关闭阀门闷管,然后再进行下一个循环,采用滤网进行过滤,直至管线中无盐垢排出,即可认为清洗干净。或者采用通过性能较好的清管球或泡沫清管器进行清管。

④ 或者根据工程要求,测试溶液的 Cl^- 离子含量,当清洗液中 Cl^- 离子含量和地层水中 Cl^- 离子含量

基本一致时, 停止清洗, 或者输气压力和输气量达到要求即可停止清洗。

3.4.2. 现场应用实例

(1) 蓬莱 4 井至蓬莱 116 井管线解堵

蓬莱 4 井位于遂宁市蓬溪县三凤镇月台村 2 社, 于 2011 年 12 月投产, 2019 年 5 月停产, 停产前日产气 1.5 万方, 日产水 36 方。生产期间蓬莱 4 井湿气一部分输遂 9 井, 另一部分经脱水脱烃处理后输供本井用户及输蓬莱 116 井, 蓬莱 4 井停产后由遂 22 井干湿混输气进入本井后一部分输供本井用户, 一部分输蓬莱 116 井。蓬莱 116 井位于遂宁市蓬溪县蓬南场镇孔屏嘴村 6 社, 于 2013 年 6 月投产, 2016 年 4 月停产, 停产前日产气 1.5 万方, 日产水 10 方, 外输新华用户。

蓬莱 4 井至蓬莱 116 井管线于 2013 年 6 月投运, 目前气源为遂 22 井干湿混输气进入蓬莱 4 后输供用户。

该管道外径 88.9 mm, 长度 5.3 Km, 日输气 0.2 万方, 外输新华镇用户 1500 余户, 由于气田水矿化度高、干气浓蒸等原因, 从 2013 年 6 月投运以来, 管道盐堵工况反复出现, 2019 年 4 月管道完全堵死, 开挖开孔 16 处, 排查出堵塞点, 并完成换管。

2019 年 12 月 10 日实施解堵作业, 共加注抑盐剂溶液 27 方, 压力: 0~2 MPa。12 月 12 日 15:39 开始对蓬莱 116 至蓬莱 4 管线实施清管排液, 从蓬莱 4 倒遂 9 井来气清管, 于 12 日 23 点 01 收到清管球, 估计排出液体约 26 方, 顺利完成解堵作业, 恢复新华民用气供气, 解堵前蓬莱 4 出站压力 1.1~1.2 MPa, 蓬莱 116 进站压力 0.7~0.8 MPa。解堵后, 蓬莱 4 压力 1.1~1.2 MPa。蓬莱 116 进站压力 1.0~1.1 MPa。截止 2020 年 3 月, 压差保持在 0.1 MPa 左右, 日输气量 0.35 万方左右。

(2) 女深 002-6-X1 至女 112 井管线解堵

女深 002-6-X1 井位于四川省广安市武胜县华封镇建设村 9 组, 于 2013 年 10 月投产, 2019 年 4 月停产, 停产前日产气 0.3 万方; 女 112 井位于重庆市合川区二郎乡四村七组, 于 2004 年 7 月完钻, 未投产, 为报废井。女深 002-6-X1 集气站经分离计量后一部分输往合川 001-19 集气站及华封、中心等用户, 一部分输送至女深 2 井和女 112 井再外输用户。

女深 002-6-X1 井至女 112 井管线分 2 段建设, 其中女深 002-6-X1 井至女深 2 井管线 2017 年 1 月投运, 女深 2 至女 112 管线于 2014 年 12 月投运。目前气源为女深 002-6-X1 集气站(含女 002-H10、女 002-H18 等龙女片气井)的进站气源。该管道外径 88.9 mm, 长度 20.9 Km, 沿途外输用户达 2 万户左右, 由于气田水矿化度高等原因, 从 2014 年 12 月投产以来, 管道盐堵工况反复出现, 2018 年 8 月管道完全堵死, 对堵塞管段进行了换管, 换管长度 16 米。

2020 年 1 月 2 日下午 16:5 分从女深 002-6-X1 井开始注液, 注入排量 12~18 方/小时, 压力 0.5~2.5 MPa, 晚上 22:46 分女 112 见水, 注入 97.98 方, 22:59 分完成注液, 共注入 100.8 方。2020 年 1 月 5 日 12:52 从女深 002-6-X1 井发球, 开始清管排液。推球压力 2.9~3.1 MPa, 末端压力 0.8~1.5 MPa, 并于 20:35 收球, 排液约 103 方。解堵前女深 002-6-X1 出站压力 2.5 MPa, 女深 2 进站压力 0.9 MPa。女 112 进站压力 0.3 MPa。解堵后, 女深 002-6-X1 出站压力 2.25 MPa, 女深 2 进站压力 2.15 MPa, 女 112 进站压力 2.15 MPa。截止 2020 年 3 月, 压差保持在 0.1 MPa 左右, 日输气量 3 万方左右。

4. 结论

通过分析须家河气藏地层水的理化性能和盐垢样的组成, 确定了集输管线中的盐垢样组成主要为氯化钠, 进而研究出复合防盐剂配方, 根据须家河集输管线距离长、高低起伏、停气作业时间要求短等特点, 采用水力冲刷、抑盐剂浸泡、清管排液的工艺技术, 成功解除了蓬莱 4 井至蓬莱 116 井管线和女深

002-6-X1 至女 112 井管线 2 条管线的堵塞, 恢复了管线的正常集输。说明研制的复合抑盐解堵剂具有优良的解堵性能, 采用水力冲刷、抑盐剂浸泡、清管排液的解堵工艺能解决集输管线堵塞的难题。

参考文献

- [1] Cuijpers, M.C.M., Boot, M.D. and Golombok, M. (2018) Enhanced Viscosity Reduction in Heavy Oils by Subcritical Water. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, **8**, 291-298. <https://doi.org/10.1007/s13202-017-0370-y>
- [2] Li, Y.-R., Li, Q.-Y., Wang, X.-D., Yu, L.-G. and Yang, J.-J. (2018) Aquathermolysis of Heavy Crude Oil with Ferric Oleate Catalyst. *Petroleum Science*, **15**, 613-624. <https://doi.org/10.1007/s12182-018-0246-x>
- [3] 闫峰. 复合型防盐剂研究及在英西油田的应用[J]. 特种油气藏, 2019, 26(5): 142-146.
- [4] 蒲磊, 许明标, 王朝飞, 陈侃, 周姗姗. 生态钻井液研制及其盐碱地改良效果研究[J]. 钻井液与完井液, 2019, 36(5): 587-593.
- [5] 张雅楠, 甘仁忠, 龚斌, 张琦, 王哲, 张鹏, 马超. 硫酸钙垢清垢剂研制及清垢性能研究[J]. 应用化工, 2020, 49(3): 628-631+637.
- [6] 马超, 李伦, 肖杰, 张鑫. 王场油田盐间层地层水结盐规律研究[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(35): 165-169.
- [7] 马超, 李伦, 肖杰, 张鑫. 复合抑盐剂在高盐地层水中的抑盐效果[J]. 科学技术与工程, 2016, 16(2): 143-147.
- [8] 李伦, 张鑫, 肖杰, 韩林佟. 一种江汉王场油田用防盐抑制剂的室内制备[J]. 山东化工, 2015, 44(19): 28-30.
- [9] 李海波, 李霞, 聂艳, 吴令娣. 油井抑盐剂 DXGYZ-1 的室内实验研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012, 32(4): 53.
- [10] 白李, 郭学辉, 张毅龙, 王华. 一种油田用抑盐剂的室内研究[J]. 石油化工应用, 2012, 31(5): 72-76+82.