

# 大牛地气田注醇工艺系统优化

林丽娜<sup>1</sup>, 胡智勇<sup>2</sup>, 张文才<sup>1</sup>, 钟志伟<sup>1</sup>

(1. 中国石化股份公司华北分公司第一采气厂, 陕西 榆林 719000)

2 河南思达科技股份有限公司, 河南 郑州 450000)

**摘要:**大牛地气田地处鄂尔多斯高原, 全年最低气温可达  $-40^{\circ}\text{C}$ 。气井产量多为  $1.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  以下, 平均万方产液量为  $0.5 \text{ m}^3$ 。由于气井产水, 极易在井口附近的油管和地面采气管线内形成天然气水合物甚至冰堵管线, 严重阻碍正常生产。为彻底解决这一难题, 通过生产实践优选出甲醇作为水合物抑制剂。但甲醇具有中等毒性, 因此需要对原有的简单投注方式进行改善。优化了注醇系统特别是对泵和计量仪表进行优选。经过长时间的工业性试验, 证明优化后的注醇工艺系统实现了甲醇的零泄漏和精准注入, 同时还大大降低了气田产出水的处理成本。现已取得明显的经济利益和社会效益。

**关键词:**大牛地气田; 水合物; 注醇工艺; 注醇泵; 优化; 零泄露; 经济社会效益

**文章编号:** 1006-5539(2008)04-0005-04

**文献标识码:** A

## 0 前言

大牛地气田开发主力储层是上古生界山西组石盒子组和太原组, 其孔喉半径偏小、结构复杂、孔隙度  $2\% \sim 10\%$ , 平均渗透率为  $0.196 \times 10^{-1} \mu\text{m}^2$ , 产层深度均小于  $3000 \text{ m}$ , 温度在  $85^{\circ}\text{C}$  左右。气井产量多为  $1.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  以下, 平均万方气产液量  $0.5 \text{ m}^3$ 。

气流由地层经井筒进入采气管线, 温度、压力沿途摩擦而不断降低, 同时有液态水凝析出来<sup>[1]</sup>。在某一特定的压力、温度下形成天然气水合物<sup>[2]</sup>。通过大量试验和数学模型分析各层水合物生成条件得出了以下结论<sup>[3]</sup> (见图 1)。

在高压下组分差别对水合物生成温度影响不大, 但低压下影响却极其明显。大牛地气田采气管线压力在  $10 \sim 20 \text{ MPa}$ , 该压力条件下天然气水合物的生成温度为  $16 \sim 22^{\circ}\text{C}$ 。大牛地气田地处鄂尔多斯高原, 全年最低温度在  $-35 \sim -40^{\circ}\text{C}$ , 管线起伏大、距离长, 都构成了水合物形成的危险因素<sup>[4]</sup>。

为预防和解决天然气水合物堵塞管线或设备、

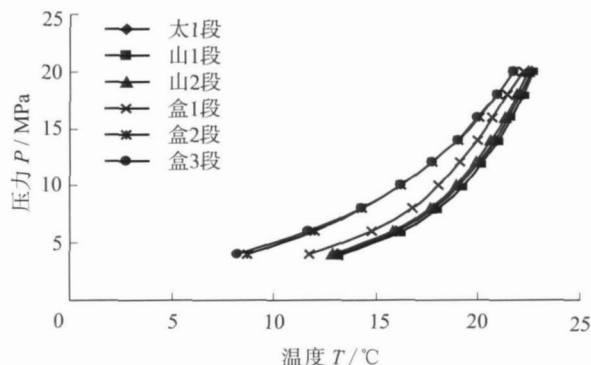


图 1 各层段水合物生成曲线

确保安全生产, 在工艺技术上做了诸多尝试并取得了良好的经济和社会效益。

## 1 乙二醇防治水合物

2003 年气田开始先导性试验, 这是第一次开发低孔、低渗、低产致密型气田。通过录取地质资料和地面集输工艺的研讨, 选择井场加热节流中压进站分离和高压进站加热节流低温分离两种集气工艺进行试验。考虑到乙二醇既有很好的水合物防堵性,

收稿日期: 2008-03-12

作者简介: 林丽娜 (1980-), 女, 河南西平人, 助理工程师, 学士, 主要从事天然气生产运行管理工作。电话: (0371)

67814011

又有一定的吸水性,选用乙二醇作为抑制剂和脱水剂<sup>[2]</sup>。在集气处理站内设置乙二醇脱水和再生装置,同时配备化排车来处理必要的井口冰堵。当年共投产气井 16 口、集气站 2 座,仅冬季生产井堵就达每周 4~7 次,合计周损耗天然气  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。同时站内管线冻堵频繁,工人劳动强度较大。该工艺在生产实践中表明是不成功的。

分析原因有: a 乙二醇防治要求满足固定的水醇比例<sup>[2]</sup>,而实际生产产液不稳定,不能满足乙二醇的解堵水醇比例要求; b 地层水矿化度高,乙二醇的再生中脱盐困难; c 解堵耗费时间较长。

结论:采用乙二醇作为天然气水合物抑制剂不适用于大牛地气田。

## 2 甲醇防治工艺

天然气水合物造成采气管线和井口堵塞频繁,严重妨碍了生产。为解决这一难题,2004年在总结乙二醇防治工艺失败的基础上,通过比较各种化学抑制剂物性、适用性和经济性(见表 1)优选出甲醇作为水合物抑制剂<sup>[5]</sup>。

表 1 化学抑制剂物性比较

名称	优点	缺点
甲醇	相对廉价,单价 3 500 元 / t, 沸点 $64.7^\circ\text{C}$ , 黏度小, 冰点为 $-97.8^\circ\text{C}$ 。	容易挥发,有剧毒,在液态烃中的溶解性和蒸发损失大。
乙二醇	最常用的且可回收的化学抑制剂,毒性轻微,在常温下不挥发,冰点为 $-13^\circ\text{C}$ 。	沸点 $198^\circ\text{C}$ , 相对密度 1.108 8(20/4 $^\circ\text{C}$ ), 是一个抗冻剂,60% 的乙二醇水溶液在 $-40^\circ\text{C}$ 时结冰,溶解能力很强,但它容易代谢氧化,生成有毒的草酸,价格为 8 500 元 / t。
三甘醇	可回收,热稳定性好,不易分解,毒性轻微,在常温下不挥发。	沸点 $278^\circ\text{C}$ , 相对密度 1.125 4(20/4 $^\circ\text{C}$ ), 价格为 13 100 元 / t, 黏度较大。

注:其中的三种产品价格是同一时期的价格。

在 2、5 号站开始了工业性试验,建成了简单的、露天式的工艺:使用高压泵通过临时管线向井口注入甲醇。经过 2 个月的试验发现:气井生产时率提高到 95%,开井率也增至 95%,日产气量明显增大。这个试验表明:采用甲醇作为水合物抑制剂是正确的。

如何推广使用甲醇防治工艺呢?特别是在产能

建设由  $2 \times 10^8 \text{ m}^3$  向  $10 \times 10^8 \text{ m}^3$  跨越的过程中,水合物的防治是首先需要解决的。因此提出了在各个集气站设置注醇系统的观点并进行了经济效益评价。通过比较最终选择了通过与采气管线同沟铺设的办法将甲醇由专用泵注入气井的套管或油管,同时在站场内建造注醇泵房。鉴于甲醇中等毒性、与空气混合易爆炸的特性,在泵房内设置排风系统、配备净化设施,确保操作区的安全、严防职业病的发生。

选择使用的注醇泵是柱塞式计量泵(JY38/25)。该泵是一种复式容积泵,由柱塞的行程来调节甲醇的注入量<sup>[6]</sup>。结合气井油套压,泵的最高工作压力为 25 MPa。在使用过程中发现:柱塞和铜套配合精度较差,使用甲醇后,泄漏问题更加严重,平均 2~3 h 就需人工抽吸一次,不但污染了环境,损害了职工的身心健康,还造成计量不准等问题。该泵还存在上下单向阀渗漏也较严重,维护和更换易损件(柱塞、密封件和单向阀等)工作量大、费用高。

甲醇防堵效果十分明显,但其毒性和泵房出现的严重泄漏现象却限制了它的推广应用。如何更加有效地发挥其优势,同时又能避免甲醇带来的危害呢?防止甲醇泄漏是关键,泵的性能和精度是首先需要解决的。

## 3 计量泵的优选

对市场上的高压泵进行考察,其中非接触式容积泵引起了我们的注意。2005年引入了不同厂家、不同形式的非接触式容积泵进行现场使用和客观评价,得出以下结论:

液压隔膜式计量泵(M-Z38/25):优点在于高压腔内安装的隔膜阻隔润滑油和介质互相混杂、保护柱塞<sup>[6]</sup>。同时泵设置内循环压力平衡系统和安全阀,使得泵的寿命增长。该泵安全性能高,更换简单且价格相对较低。隔膜泵与柱塞泵有较好的匹配性,只需将柱塞泵泵头更换为高压液压隔膜式注醇泵泵头,无须进行任何动火措施即可实现。

自 2004 年以来,共 12 座集气站投入使用了 336 台隔膜泵,在长期使用中真正实现了甲醇零泄漏,内置的安全阀更好保护了注醇管线和相关设备<sup>[7]</sup>。

液压隔膜泵(JYM-38/25):是在计量泵的动力端取消了 N 型曲轴冲程长度调节机构,使柱塞以一个固定的行程做往复运动,保证了泵的容积效率和计量精度。其结构简单,日常维护量极小,降低了员

工的劳动强度和设备运行成本。但由于该泵采用的硬密封,往复运动带来的磨损造成运行 2~3 年后需要更换泵头,更换费用较高。

双波纹管泵 (JBM-38/25):由波纹管伸缩引起管内容积变化而产生泵吸作用,构成一个全密封、能承受高压的、液压传动机构。运行发现甲醇无泄

漏,但维修较为困难,需要定期更换双波纹管费用较高(波纹管报价为 6 800 元/只)。

结合各种计量泵在气田内的使用情况,同时考虑到原有系统采用的柱塞泵,针对其技术经济性进行比较,选择推广使用 JM-ZB38/25 液压隔膜式计量泵(见表 2)。

表 2 注醇泵技术经济比较

名称	单价/元	年维修费/元	使用寿命/a	泄漏	吸入能力	技术能力	服务满意度
JY38/25	8 200	7 680	10~15	较严重	在行程的 20% 以下不上液	好	差
JM-ZB38/25	9 600	450	15~20	基本不泄漏	在行程的 20% 以下不上液	可不断优化	得到普遍好评
JM-38/25	15 000	4 000	3~5	基本不泄漏	可满足小行程上液	好	较好
JBM-38/25	16 000	6 800	10~15	基本不泄漏	可满足小行程上液	好	一般

#### 4 提高计量精度,优选计量仪表

甲醇泄漏的问题被隔膜泵的推广使用解决了。劳动强度也随之降低。原来未被注意的问题凸现出来:如何标定泵效,准确注入量呢<sup>[8]</sup>?

自 2005 年 10 月建成投产甲醇污水处理厂后,对含醇污水不断进行检测发现:集气站污水中甲醇浓度高达 74.70%。污水中含醇过高不但会导致采气成本居高不下,而且还给污水净化处理增加了负担(见表 3)。

表 3 集气站污水含醇浓度

站别	抽样日期	含醇量/(%)	次数	平均值/(%)	抽样日期	含醇量/(%)	次数	平均值/(%)
3#	10-08	74.70	4	52.28	12-04	43.40	4	50.80
	10-09	55.48			12-05	47.80		
	10-11	34.00			12-07	56.70		
	10-12	44.93			12-08	55.20		
6#	10-07	55.80	5	50.48	12-02	70.90	3	60.60
	10-09	59.50			12-03	41.90		
	10-09	40.40			12-07	68.90		
	10-10	53.80						
	10-12	42.90						
7#	10-08	45.80	3	42.98	12-02	62.20	3	49.72
	10-10	40.63			12-03	42.50		
	10-12	42.50			12-06	50.40		
9#	10-11	30.60	2	33.85	10-11	53.00	2	57.35
	10-12	37.10			12-07	62.70		
10#	10-07	17.26	3	28.87	12-06	61.00	3	52.30
	10-10	28.82			12-07	41.00		
	10-12	34.70			12-08	55.00		

2005~2006 年注醇系统计量使用的是量程为 300 L/h 水表,与平均单井日注醇 200 L 相比量程偏大。冬季 -35℃ 的低温时表壳频繁冻裂,存在着伤人的隐患问题。

2005 年 8 月 2 号站试用了 2 支由隔膜泵厂家生产的甲醇流量标定管。经过 1 年的现场应用得出:能实时计算泵的准确排量,便于核实甲醇注入量;可实测泵的容积效率,操作方便;还可通过同类泵性能的比较,做好安全隐患排查和维保工作;在试验期内,无事故发生,减少经济损失逾万元。

根据实验结果,截至 2006 年 10 月底实现了每台泵配备 1 支标定管。经过普遍使用证明:标定管在防止气井水合物冰堵和集气站内堵塞起到了关键的作用,同时注醇量大大降低,特别是与去年冬季生产同期相比,集气站污水平均含醇浓度由 55% 降至 42%。标定管不但解决了水表的诸多弊病,而且使得注醇量更合理、更准确,避免了不必要的成本浪费和环境污染以及随之产生的污水净化处理厂的生产负荷。还满足了在不同的系统条件下反复核实一台计量泵的精度,给实际生产、操作较准确的控制方

法。杜绝了系统超压造成的设备损坏问题,确保工作人员的生命安全。

标定管安装在高压泵的进口管线上,为三通连接。由于该管有一定的耐压能力还可实现站内泡沫排水采气等技术措施的实现

## 5 经济评价和总结

2005~2007年大牛地气田针对注醇工艺系统不断优化,彻底解决了天然气水合物堵塞井口和管线的难题,确保了气井安全平稳生产,有效降低了采气成本,实现了低压低渗气田的经济开发。水合物抑制剂甲醇也达到了真正的完全密闭输送,保证生产的同时也很好地保护了环境、减少了污染。

在对早期生产工艺的改造中也充分地利用了柱塞泵与隔膜式注醇泵较好的配伍性,使得改动小,费用低,并达到了预定的效果。首批实验改造的33台注醇泵和安装的33支标定管共计花费48.88万元,仅2006年11月1日~2007年1月31日期间气田产出的6556.97 m<sup>3</sup>污水含醇率同比下降了13%,

油气生产少消耗甲醇674.25 t,节约资金达175.31万元,并大大减轻了污水处理站的生产负荷。

大牛地气田注醇系统的优化是成功的,取得了明显的经济利益和社会效益。

参考文献:

- [1] 李长俊.天然气管道输送[M].北京:石油工业出版社,2000.94-106
- [2] 李世伦.天然气工程[M].北京:石油工业出版社,2000.38-41.300-308.309-312
- [3] 李玉星,邹德永.高压下预测天然气水合物形成方法研究[J].天然气工业,2002,22(4):91-94
- [4] 吕景昶,马德志,杨朝霞.天然气井水合物的形成及解决措施[J].天然气工业,2004,21(1):128-129
- [5] 吴添祖.技术经济学[M].北京:高等教育出版社,2004.55-60
- [6] 汪云瑛,张湘亚.泵与压缩机[M].北京:石油工业出版社,1985.21-24
- [7] 王晓强,马国华,景军,等.注醇隔膜泵应用效果评价[J].石油化工应用,2007,26(3):60-62
- [8] 纪纲.流量测量仪表应用技巧[M].北京:化学工业出版社,2003.55-108