

基于水露点分析的气田集气站注醇量优化

——以子洲气田集气站为例

张益^{1,2}, 沈磊³, 田喜军⁴, 胡均志⁴, 刘鹏⁴

(1. 西安石油大学石油工程学院, 陕西 西安 710065;

2. 西安石油大学陕西省油气田特种增产技术重点实验室, 陕西 西安 710065;

3. 中国石油长庆油田分公司油气工艺技术研究院, 陕西 西安 710079;

4. 中国石油长庆油田分公司第二采气厂, 陕西 西安 710200)

摘要:天然气通过集气站输送过程中, 温度、压力等环境条件不断变化, 易出现水合物, 造成管线堵塞, 影响天然气正常的输送, 解决问题的做法是通过集气站时注醇。结合子洲气田集气站采用“小站常温分离、湿天然气相输送、处理厂集中脱烃脱水”的工艺模式, 为了确定合理注醇量、优化注醇制度, 首先, 根据各级分离器进、出口处天然气水露点测量值和所在部位环境温度对比判断是否需要注醇。对于需注甲醇时, 将测量的各级分离器和管输接收端天然气水露点与对应的环境(管道)温度之间的最大差值作为需要优化的最大温差值。接着, 利用行业标准露点修正图版建立了露点修正模型。最后, 基于需优化的最大温差值, 利用注醇量和温度修正值的关系对比确定子洲气田集气站最佳甲醇注入量。所得甲醇注入量既可有效抑制水合物形成又可节约成本。最终形成适合子洲气田集气站不同季节甲醇注入推荐表, 可用于指导集气站生产。

关键词:注醇量优化; 集气站; 水露点; 天然气水合物; 温度修正

中图分类号: TE866

文献标识码: A

Optimization of amount of methanol injection in gas gathering station based on water dew point analysis: A case of gas gathering station of Zizhou gas field

Zhang Yi^{1,2}, Shen Lei³, Tian Xijun⁴, Hu Junzhi⁴ and Liu Peng⁴

(1. School of Petroleum Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065, China; 2. Key Laboratory of Oil and Gas Special Stimulation Technology in Shaanxi Province, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065, China; 3. Petroleum Technology Research Institute of Changqing Oilfield Company, CNPC, Xi'an, Shaanxi 710079, China; 4. No. 2 Gas Production Plant, Changqing Oil Field Branch, CNPC, Xi'an, Shaanxi 710200, China)

Abstract: During the transportation of the natural gas gathering station, due to the constantly change of the temperature and pressure, it is easily to occur the hydrate, resulting in the clogging of the pipeline and affecting the normal transportation of natural gas. The main way is injecting the methanol when the natural gas by the gathering station. According to the situation of Zizhou gas gathering station, we used the process model of "the separation at room temperature in small station, transportation as moisture vapor, and concentrated dehydrocarbon and dehydration in processing plant". In order to determine the reasonable methanol injection quantity and optimize the methanol injection system, firstly, we measured and compared the water dew point and the ambient temperature of the natural gas at the inlet and outlet of the separator at each level to determine whether methanol injection is needed. If the methanol was needed, we would take the maximum difference calculated between the gas dew point at each stage of the gas separator and receiver, and the corresponding ambient (pipeline) temperature as the maximum temperature difference that need to be optimized. Then, we used the industry standard dew point correction chart to establish the dew point correction model. Finally,

收稿日期: 2017-12-19。

第一作者简介: 张益(1979—), 男, 副教授, 硕士生导师, 从事石油与天然气工程的教学和科研工作, 油气藏渗流理论与数值模拟技术、油气田开发理论与方法等方向研究。

基金项目: 国家自然科学基金“基于采动影响条件下煤层气数值模拟方法研究”(51404196)。

based on the maximum temperature difference to be optimized, we determined the optimum methanol injection amount by the correlation analysis between the methanol injection volume and the temperature correction value in the gas gathering station of Zizhou gas field. The obtained methanol injection volume can effectively inhibit the formation of hydrate and save the cost. The final recommended table for methanol injection volume suitable for the gas gathering station in Zizhou gas field can be used to guide the production.

Key words: optimization of methanol injection quantity, gas gathering station, water dew point, natural gas hydrate, temperature correction

天然气生产过程中,从井筒到外输整个流程中温度和压力等不断变化,可造成液态凝析水的出现,影响气井生产或管道输送效率,某些特殊情况下可形成天然气水合物^[1-2],为了减少或消除天然气水合物的出现,气田生产中常常加入醇类,取得了一定的效果。为了优化注醇量,国内许多学者进行了大量的尝试,王永强^[3](2007)和郭刚^[4](2011)先后采用气藏工程与动态分析方法中的抑制剂浓度计算公式进行了注醇量的优化。张广东^[5](2007)等人根据中石化大牛地气田气井实际生产动态,利用实际注醇量和水合物生成条件模型提出了考虑气温变化时的甲醇加入量调整方法。何云^[6](2009)等认为甲醇注入量主要凭经验,采用PIPESIM软件分析气井生成水合物的影响因素,利用软件模拟预测注醇量并调整注醇制度。周玉荣^[7](2009)通过对工艺参数优化,结合气井降低注醇量试验结果和下入井下节流等工艺措施优化气井甲醇注入量。黄小奇^[8](2013)根据气田注醇量防冻效果欠佳的问题,采用现场情况与Hammerschmidt经验公式计算相结合的方法确定注醇量和注醇浓度。李晓慧^[9](2014)提出基于气田动态数据,应用Plackett-Burman数学统计方法及PIPESIM软件模拟技术,结合气温、气井压力、气井生产情况等建立了注醇建议表用于生产。周继勇^[10](2014)采用HYSYS软件分别对榆林气田天然气处理厂改进前后的注醇工艺进行流程模拟,通过将直接注醇改进为循环注醇实现工艺流程优化。李文彬^[11](2016)根据水合物生成的影响因素分析,基于气井类型划分,通过Pipesim软件预测了各分类型气井合理注醇量。

目前的研究主要针对气井生产进行注醇量优化^[12-15],而且主要方法以经验或经验公式为主,注醇量的优化缺乏理论依据。气田生产时注入甲醇量不足时无法有效阻止水合物形成,注入过量又会造成经济损失,因此,确定合理注醇量对气田高效开发具有重要意义。

1 集气站注醇量情况

子洲气田集气站目前采用高压集气、集中注醇、加热节流的工艺(图1)。表1是2014年子洲气田各站统计的注醇量数据,通过对统计数据的分析可比较秋冬季各站注入甲醇量和甲醇消耗的主要环节。

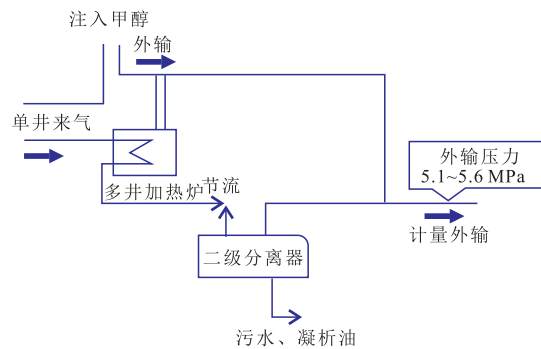


图1 子洲气田集气站工艺流程

Fig. 1 Technological process of gas gathering station in Zizhou gas field

表1 子洲气田集气站2014年各站注醇量统计
Table 1 Methanol volume statistics in 2014 of each gas gathering station in Zizhou gas field

站点	注醇量/(L·(10 ⁴ m ³) ⁻¹)			
	1月~3月	4月~6月	7月~9月	10月~12月
洲-1站	5.47	2.21	0.19	0.88
洲-4站	7.99	1.93	0.5	0.73
洲-8站	8.06	2.51	0.45	1.09

洲-4站:1月~3月注醇量范围1.6~11.73 L/10⁴m³;4月~6月注醇量范围0~5.46 L/10⁴m³;7月~9月注醇量范围0~2.3 L/10⁴m³;10月~12月注醇量范围0~2.79 L/10⁴m³

由于集气站各级分离器工作温度一般比外输温度略高,因此,二级分离器中天然气析出水分有限,而当天然气进入外输段时,外输温度和到接收站的管线温度相差大,需要注醇来调节露点温度,才能有效预防天然气管线水合物堵塞。

2 注醇量优化方法

根据加入甲醇量和露点温度的关系,将当前水露点值和环境温度的差值作为加入甲醇后需要降低的温度值,可以得到不产生凝析水的最低甲醇量值,此数值随环境温度和天然气组分变化。定义不同甲醇加入量时露点温度较未加入甲醇的原始露点测量值之间的差值为甲醇加入量的水露点修正值。表2是根据行业标准所给出的适用于不同甲醇加入量下测量露点的修正值对应表(GB17283-2014天然气水露点测定 冷却镜面法),根据这个表可以利用,外输温度和到接收站的管线温度差异计算出需要修正的温度对应的甲醇量,进而得到站上最佳注醇量,具体流程见图2。

考虑子洲气田集气站站上工作压力为5.5 MPa左右,以没有修正的露点值为横坐标,以250 mg/m³和400 mg/m³的注醇量对应的修正温度为纵坐标进行作图并函数拟合(图3)(图3中注醇500 mg/m³和

表2 不同甲醇加入量下水露点的修正值

Table 2 Correction value of water dew point with different addition of methanol

甲醇加入量/ (g·m ⁻³)	压力/ MPa	不同原始的露点对应将被减去的修正值/℃			
		-10	-5	0	5
250	1.5	1	1	0.5	0.5
250	3.0	2	1.5	1	0.5
250	4.0	3	2	1.5	1
250	5.5	4	3	2	1.5
250	7.0	4.5	3.5	3	2
400	1.5	1.5	1	1	0.5
400	3.0	3.5	3	1.5	1
400	4.0	5	4	2	1.5
400	5.5	6.5	4.5	3.5	2
400	7.0	8	5.5	4	3

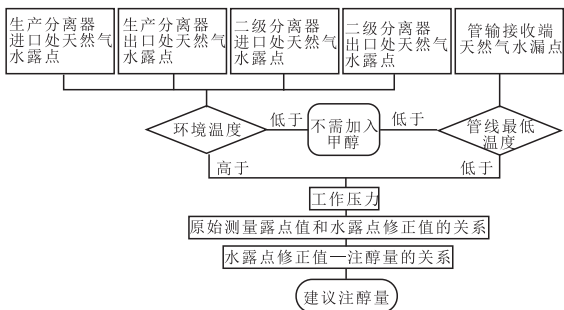


图2 气田集气站注醇量优化流程

Fig. 2 Flow of methanol injection in gas gathering station

550 mg/m³为根据行业标准外推后所得值),通过函数拟合发现水露点修正值与未加入甲醇的原始测量露点值之间符合指数关系,各注醇量下拟合函数相关性均达到0.97以上,其相对误差基本小于5%(表3)。

可以按照图2流程优化注醇量。

表3 不同甲醇加入量下水露点的修正值与拟合值对比
Table 3 Comparison of correction and fitted value of water dew point with different addition of methanol

没有修正的 露点/℃	甲醇加入量 250 g/m ³			甲醇加入量 400 g/m ³		
	标准值/℃	曲线拟合值/℃	绝对误差	标准值/℃	曲线拟合值/℃	绝对误差
-10	4	4.05	1.22	6.5	6.69	2.97
-5	3	2.90	-3.45	4.5	4.58	1.72
0	2	2.07	3.59	3.5	3.13	-10.57
5	1.5	1.48	-1.19	2	2.14	7.03

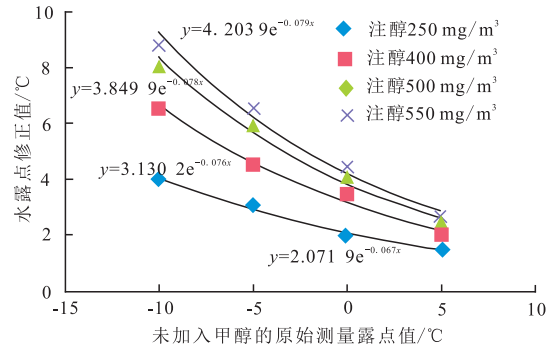


图3 原始测量露点值和水露点修正值的关系

Fig. 3 Relation between original measured dew point value and corrected water dew point value

3 矿场应用

子洲气田包括洲-1、洲-4和洲-8三座集气站,现以洲-4站为例说明优化过程。

洲-4站站夏季生产时,测得一级分离器进口,二级分离器进口和集气站内外输处天然气水露点分别为15.4℃,15.1℃和14.9℃,而此时三个流程环境温度分别为21℃,20.23℃和20℃,三个流程水露点均低于环境温度,因此,三个部分均不会有凝析水产生。对于外输部分,外输出站到天然气接收端这段之间无加热装置,集气站外输出去的天然气水露点为14.9℃,而测量的管线最低工作温度14℃低于水露点值,因此,在外输出站到接收端输送过程中有一定量凝析水产生,需要在外输出处注入一定量的醇。

根据该站工作压力5.5 MPa,利用图3可计算出洲-4站夏季工作外输天然气水露点为14.9℃时对应

的温度修正值,当修正温度值等于水露点与环境温度差异时的注醇量则为保障不出现凝析水的最低注醇量。根据图3得到的几种注醇量下的修正温度公式计算可得,250 mg/m³注醇量需要修正的温度为0.76℃,400 mg/m³注醇量需要修正的温度为1.01℃,500 mg/m³注醇量需要修正的温度为1.21℃,550 mg/m³注醇量需要修正的温度为1.30℃。工作压力5.5 MPa时不同注醇量对应的修正温度,做出水露点修正值与注醇量的关系(图4),根据回归曲线水露点修正值与注醇量间对数拟合时相关性最高。

根据图4得到的曲线水露点修正值与注醇量对数函数,计算可知洲-4站夏季外输修正温度0.9℃对应的注醇量为339.99 mg/m³(0.340 L/10⁴ m³)。

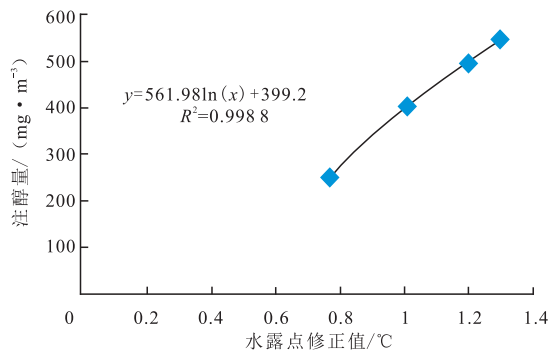


图4 水露点修正值和注醇量函数关系

Fig. 4 Relation between correction value of water dew point and methanol content function

根据上述流程可计算得到子洲气田冬夏季各集气站单位外输气量对应的注醇量,求得日注醇量,结果见表4。

从表4可以看出,优化后的注醇量明显低于实际注醇量,有效降低成本,经济效益显著。

表4 根据日输气量计算出的日注甲醇量
(甲醇价格按照3 000元/t计算)

Table 4 Calculated daily methanol injection rate according to daily gas transmission rate (the methanol price is 3 000 RMB per ton)

季节	站点	日输气量/ 10 ⁴ m ³	理论注醇量/ (mg·m ⁻³)	实际注醇量/ (mg·m ⁻³)	减少注醇量/ (t·d ⁻¹)	节省费用/ (元·d ⁻¹)
	洲-1站	49	399.2	949.2	0.269 5	808.50
夏季	洲-4站	61.4	339.99	965	0.383 8	1 151.27
	洲-8站	86	198.76	1 170.6	0.835 8	2 507.35
冬季	洲-4站	61.9	997.55	3 448.7	1.517 3	4 551.79

4 结论

1) 当气田集气站流程中各部件水露点测量值高于其工作温度可判断该流程需要注醇,根据全流程最大水露点测量值和工作温度最大温度差确定合理的甲醇加入量。

2) 建立的综合考虑温度、气体组分变化、工作压力等多因素的注醇量优化方法指导气田优化合适注醇量,有效节约成本。

3) 对于同一区块,由于冬季环境温度更低,子洲气田实际数据表明冬季需要加大注醇量确保管道正常工作。

参考文献

- [1] 杨川东.采气工程[M].北京:石油工业出版社,1997.
- [2] 李玉星,邹德永,冯叔初.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.
- [3] 王永强,刘占良,洪鸿,等.榆林气田合理注醇量计算方法及防堵认识[J].石油地质与工程,2007,21(4):98-100.
- [4] 郭钢,张建华.靖边气田水合物形成预测优化注醇[J].石油化工应用,2011,30(5):45-48
- [5] 张广东,刘建仪,孙天礼,等.大牛地气田DK27井水合物预测与防治研究[J].钻采工艺,2008,31(1):94-95.
- [6] 何云,李克智,李冰毅.PIPESIM软件在水合物生成预测及注醇制度优化中的应用[J].石油天然气学报:江汉石油学院学报,2009,31(2):312-314.
- [7] 周玉荣,陈兵,马国华,等.气井甲醇注入优化[J].石油化工应用,2009,28(4):59-62.
- [8] 黄小奇,于坚强,董江洁,等.玛河气田注醇工艺优化研究[J].新疆石油天然气,2013,9(6):85-89.
- [9] 李晓慧,汪洁,王菁玫,等.大牛地气田水平井合理注甲醇量的确定方法[J].特种油气藏,2014,21(5):143-146.
- [10] 周继勇,白俊生,呼延念超,等.脱油脱水装置注醇工艺的简化与优化——以中国石油长庆油田公司榆林气田天然气处理厂为例[J].天然气工业,2014,34(2):111-116.
- [11] 李文彬.大牛地气田增压后直井合理注醇量研究[J].山东工业技术,2016(9):32-33.
- [12] 严则龙.林5井采用井口注醇防止油管和地面管线水合物堵塞[J].天然气工业,1997,17(3):81.
- [13] 周玉荣,张成虎,薛永强,等.榆林气田含油含醇污水预处理工艺改造效果评价[J].天然气工业,2008,28(2):139-141.
- [14] 刘学蕊.混合胺溶液中乙二醇胺和甲基乙二醇胺含量的测定——毛细管柱气相色谱法[J].天然气工业,2012,32(5):74-77.
- [15] 翁军利,张剑波,宋丽丽,等.甲醇回收装置参数优化[J].天然气工业,2006,26(9):150-151.

(编辑 尹淑容)