

提高页岩气脱水装置三甘醇溶液品质技术研究与应用

周文强 郑纯桃 苏 昶 郭梁柱 孙 想

中国石油西南油气田分公司蜀南气矿 四川泸州 646000

摘要:长宁页岩气作业区脱水装置在投产运行一段时间后发现三甘醇溶液污染而导致溶液过滤器堵塞、滤芯更换频繁,使三甘醇溶液单耗上升的问题。本文介绍了三甘醇脱水的工艺流程,并结合贫富三甘醇溶液的组分分析,分析了三甘醇溶液污染的原因,提出了三甘醇溶液污染的解决措施,经装置现场应用取得了良好的效果。三甘醇溶液污染问题的解决,降低了三甘醇和过滤器滤芯的损耗,保证了脱水装置安、稳、长、满、优运行。

关键词:页岩气脱水;三甘醇 TEG;溶液污染;过滤器堵塞

一、三甘醇脱水工艺流程概述

长宁页岩气作业区目前有10套三甘醇脱水装置,设计处理原料气能力合计 $1920 \times 10^4 \text{d}$ 。三甘醇脱水装置流程如下:上游各井组平台采出的湿原料气首先在平台出砂、分液、计量后进入集气站,在集气站内经过再次分液、增压后输送至井区中心站集输区,湿原料气再进入气液分离器和原料气过滤器,除去游离液体和固体杂质后进入吸收塔底部,由下向上与贫三甘醇溶液逆流接触,使天然气中的饱和水被三甘醇溶液吸收。吸收塔顶部出来的干气,经过干气/贫三甘醇换热器与贫三甘醇换热后,进入产品气分液罐,分离携带的三甘醇溶液,最后出脱水装置外输。

从吸收塔底部流出的富三甘醇,首先经减压阀减压,再经过重沸器富液精馏柱换热,被加热后进入闪蒸罐将溶解在三甘醇中的天然气闪蒸出来,从闪蒸罐出来的富TEG首先经过预过滤器、活性炭过滤器和后置过滤器,过滤掉机械杂质,烃类物质及降解产物后,进入贫/富TEG换热器与贫TEG换热,富TEG被加热后进入重沸器富液精馏柱,精馏柱为填料塔,富TEG在填料内完成传热传质,水从富TEG中解析出来从塔顶排出,TEG流向重沸器被火管加热。为提高贫TEG的纯度,重沸器下部设有气提柱,采用低压天然气作为气提气,再生后的TEG摩尔分数可达99.7%。

二、三甘醇污染现象及运行情况

三甘醇脱水装置投产运行一段时间后,发现三甘醇溶液污染,杂质含量逐渐升高,三甘醇量消耗上升,过滤器滤芯更换频次增加的现象。三甘醇在整个系统里循环使用,杂质的增多会恶化溶液的质量,导致溶液发泡,进而影响脱水效果。因为三甘醇溶液杂质含量高,采用滤芯过滤,更换频繁,劳动强度大且不安全。因此找出

问题发生的原因是非常必要的。

1. 运行参数(209中心站300万脱水装置)

吸收塔操作压力:4.7-5.0Mpa

三甘醇进塔流量:1741kg/h

闪蒸罐压力:0.6Mpa

富TEG进精馏塔温度:110℃

重沸器温度:195℃

2. 原料气组分

表1 原料气组分数据表

组分	C ₁	C ₂	C ₃ -C ₆	N ₂	
mol%	98.783	0.465	0.014	0.223	
组分	H ₂ S	CO ₂	He	H ₂	合计
mol%	0	0.492	0.018	0.005	100

三、三甘醇溶液组分及污染原因分析

表2 宁209中心站脱水装置三甘醇溶液成分表

检测项	150万脱水富液	150万脱水贫液	300万脱水贫液	300万脱水富液	450万脱水富液	450万脱水贫液	三甘醇原液	气田水
电导率(uS/cm)	221	217	196.7	263	118.3	124.8	0.12	11790
pH	3.68	3.65	3.65	4.24	4.51	4.86	8.12	5.33
酸度(mg/L)	58.24	59.28	33.28	33.28	10.4	9.36	0.52	31.2
十二烷(%)	0	0	0	0.497	0.213	0	0	0.897
正十三烷(%)								4.574

从表2可以看出,宁209中心站三甘醇溶液电导率达到120~263us/cm,表明溶液中矿化度(盐份)含量最高,三甘醇溶液酸度明显偏高10mg以上,最大达到59.28mg/L。脱水装置系统中的杂质主要通过两个方面。原料气在进入系统时,会随着原料气带入一定的富含气

井缓蚀剂的酸性水和机械杂质,同时三甘醇溶液在生产过程中,伴随着设备的腐蚀和胺液的变质,也会产生一定量的机械杂质和不可再生的热稳定盐。这些杂质需要相关的措施加以去除,保障三甘醇溶液的品质,维持正常的生产。

1. 原料气携带气田水进入脱水系统污染三甘醇

理论上,脱水装置气液相过滤装置应与气田开发杂质产生实际情况相适应。一般来说,一套天然气脱水装置在建设初期仅仅考虑了其处理负荷与上下游管网的匹配能力,而较少思考装置在日常运行中,井底腐蚀物、工艺药剂的加注、清管频次对装置长周期运行造成的影响。当气田开发到达中期后,为了抑制气井井筒、采气管线的腐蚀,会定期对气井加注缓蚀剂,导致井底的抗腐蚀物增多;同时为减少地层水对气井产量的影响,会相应增加起泡剂、消泡剂等工艺;有时为了阻止高压采气管线水合物的形成,还要加入甲醇作为防冻剂。这些未被分离完全的物质随天然气进入下游装置,导致装置发泡,增加了吸收塔中甘醇的夹带量;同时杂质在装置循环系统中不断富集,增加了三甘醇溶液的矿化度,加快了溶液的降解,装置的运行环境更加恶劣,最终导致装置运行成本的增加。

2. 三甘醇再生器产生热降解产物污染三甘醇

三甘醇再生需要在较高的温度下进行,使用火管加热再生工艺时,存在温度控制不稳定、换热效率低等特点,可能导致局部温度上升过快,加热不均匀等问题,增加了三甘醇热降解变质,提高了三甘醇的损耗。

3. 三甘醇系统进氧氧化

三甘醇与空气接触会发生氧化反应,生产有腐蚀性的有机酸,反应方程如下:



装置生产运行过程中,由于三甘醇低位罐与大气相通,空气易进入低位罐,导致三甘醇系统进氧氧化,产生氧化降解产物。

4. 三甘醇过滤器失效

根据前期生产情况分析,按照厂家的技术协议,三甘醇溶液前置过滤器、活性炭过滤器、后置过滤器的最大压降要求 $\leq 0.10\text{MPa}$ 。从现场更换滤芯的情况看,当压差达到 0.10MPa 切换时,拆开过滤器发现滤芯已经堵塞,并且过滤器管壁集聚杂质。

5. 上游清管通球作业导致过滤器失效

上游集输系统在向净化厂输气时,一定周期,就会对输气管线进行切换并进行批处理作业。在作业过程中

会加入缓释剂,在管道中加入通球通过通球前后压差,驱动通球在管道中移动,对管道进行清理,去除管道低点的沉积酸水和固体杂质,使缓蚀剂均匀的作用于管壁,减缓管道的腐蚀。

在清管通球结束后,虽然上游已经对管道中的缓蚀剂和酸水进行了脱除处理,根据生产情况,原料气中依然带有大量的酸性水,原料气吹动酸性水在原料气的末端大量集聚,造成大量的酸性水在短时间内进入原料气预处理过滤气中,如果酸性水量过大而排液不及时,会造成整个过滤器满液位,过滤器由于来不及处理,造成过滤器压差瞬间急速升高,酸性水直接进入胺液系统。严重时导致过滤器滤芯损坏而失去过滤作用,如图1-1。当恢复正常生产后,过滤器压差恢复正常,此时对过滤器的滤芯的工作状态无法有效的判断。

综合以上原因,可能导致原料气过滤器滤芯损坏而失去过滤能力从而无法有效的去除原料气中的机械杂质和富含有机硫的酸水。原料气中的酸水和机械杂质等进入脱水装置三甘醇溶液系统,影响三甘醇溶液的品质。当滤芯内部损坏时,滤芯发生漏气而导致过滤压差不再上涨。此时将不能通过观察原料气过滤器的压差情况来判断过滤器的工作状态。



图1-1 原料气过滤器现场拆开滤芯

四、三甘醇污染问题结论及解决措施

根据以上分析,三甘醇被原料气中携带的气田水污染、自身热降解和氧化分解是造成装置系统内三甘醇被不可逆污染的主要原因。脱水装置上游含有长链有机物、无机盐等杂质的气田水进入吸收塔,造成溶液污染严重,呈现出电导率高、长链有机物成分复杂、酸性高(PH值低)等多方面的特点。重沸器火管局部高温,虽然重沸器运行温度在 200°C 以下,但火管是圆柱体,火管表明温度并不均匀,局部温度可能高于运行温度。另外三甘醇因以上原因被污染后,表现为电导率和酸度上升、PH值下降溶液呈酸性。

通过以上分析最终确定了解决三甘醇污染的措施,采取以下措施后,长宁页岩气作业区脱水装置三甘醇溶

液品质提升明显, 年度三甘醇消耗量较以往减少33%。

(1) 加强与脱水上游装置的沟通, 特别是上游做大幅度调整时, 做好原料气气液分离器和原料气过滤器的排液操作, 防止上游气田水随着原料气进入吸收塔。

(2) 通过结合现场生产的实际情况, 基于过滤器厂家技术协议, 逐步摸索, 当原料气过滤器处于以下情况时, 应及时切换过滤器, 并对滤芯进行更换或者清洗, 形成了以下的原料气过滤器切换管理指南:

1) 做好原料气过滤器滤芯更换台账, 满足以下条件时对过滤器进行切换, 原料气流量满负荷时, 过滤器压差达到80KPa。

2) 若原料气不满负荷则按照负荷百分比计算切换压差。

3) 过滤器连续使用45天以上。

4) 过滤器出现泄漏, 切换以后按照技术员指令决定是否更换出现泄露的过滤器的滤芯。

(3) 通过结合现场生产的实际情况, 基于三甘醇三级过滤器厂家技术协议, 逐步摸索, 当三甘醇三级过滤器处于以下情况时, 应及时切换三甘醇过滤器, 并对滤芯进行更换或者清洗, 形成了以下的三甘醇三级过滤器切换管理指南:

1) 闪蒸罐液位调节阀全开, 液位仍然持续上涨;

2) 过滤器压差高于100Kpa;

3) 过滤器连续使用45天以上。

(4) 增加三甘醇溶液PH值在线检测仪, 对脱水装置三甘醇溶液PH值实时监控, 有效定位溶液污染的关键时间节点及事件, 当TEG溶液PH值降低时, 及时采取加注PH值调节剂、调整工艺运行参数等有效措施, 防止发生溶液污染持续恶化而导致的设备腐蚀、产品气不合格等次生危害。

(5) 低位罐增加氮气保护设施, 使低位罐处于氮气密封微正压状态, 防止低位罐内三甘醇被空气氧化。

(6) 在满足产品气水露点要求的情况下, 降低重沸器温度, 重沸器设定温度由195℃降为185℃, 火管局部高温的情况大大降低。

对于高处理量的页岩气脱水装置, 三甘醇溶液质量是否良好, 直接关系到设备使用寿命和人员安全, 是制约装置长周期稳定运行的关键问题, 必须引起足够重视。蜀南气矿长宁页岩气作业区通过不断摸索, 提出了一系列保障三甘醇溶液品质的新方法保障了气田的高效运行。对大规模页岩气脱水装置三甘醇溶液品质的控制具有参考和借鉴意义。

参考文献:

- [1] 诸林. 天然气加工工程[C]. 石油工业出版社, 2008.
- [2] 李卫东. 天然气三甘醇脱水系统工艺技术研究[J]. 石化技术, 2019.
- [3] 王黎明, 胡秀. 三甘醇天然气脱水的研究[J]. 石化技术, 2015.