

降低 BTEX 排放的甘醇溶剂优选

单永康^{1*}, 蒋洪¹, 何光芒²

(1.西南石油大学石油与天然气工程学院, 四川 成都 610500;
2.塔里木油田公司库车油气开发部克深作业区, 新疆 库尔勒 841000)

摘要:利用常规甘醇脱水工艺,通过重沸器负荷、甘醇损失、BTEX 排放量对 3 种甘醇的性能进行分析比较后得出,当甘醇循环量达到 $4 \text{ m}^3/\text{h}$ 时,DEG、EG 溶剂脱水重沸器负荷较低,BTEX 排放量降低 90%以上,但甘醇损失量较大,可通过对其进行回收利用以降低甘醇损失。最后得出,当天然气富含 BTEX 时,可通过使用 DEG、EG 替代 TEG,解决再生气 BTEX 排放量超标的问题。

关键词: BTEX; 甘醇溶剂; 排放量; 再生废气

中图分类号: TE644

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2018)07-0180-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2018.07.041

Optimization of glycol solvent to reduce BTEX emission

SHAN Yong-kang^{1*}, JIANG Hong¹, HE Guang-mang²

(1.College of Petroleum Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China;
2.Kuqa Oil and Gas Development Department, PetroChina Tarim Oilfield Company, Kuerle 841000, China)

Abstract: By means of conventional glycol dehydration process, the performances of three kinds of glycols (diethylene glycol, monoethylene glycol and triethylene glycol, i. e. DEG, MEG and TEG) are analyzed and compared through evaluating the reboiler load, the loss of glycol and the emission of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes (BTEX). It is found that the loads of dehydration reboiler for DEG and EG are low, the BTEX emission is reduced by more than 90% but the loss amount of glycol is large when the glycol circulation reaches $4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. The loss of glycol can be reduced by recycling glycol. Finally, it is concluded that TEG can be replaced by DEG and EG to solve the problem of excessive emission of BTEX in the regenerated gas when natural gas contains high contents of BTEX.

Key words: BTEX; glycol solvent; emission amount; regenerated gas

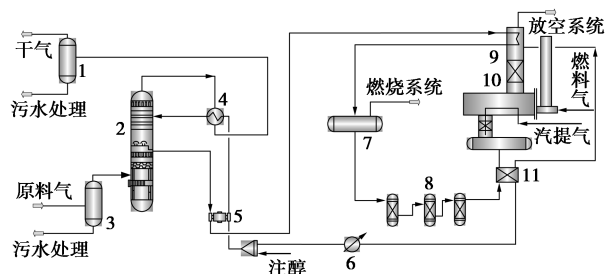
溶剂脱水工艺是天然气脱水工艺中最常用的脱水工艺之一^[1-3];而在甘醇分子结构中含有羟基和醚键,能与水形成氢键,对水有极强的亲和力,具有较高的脱水深度^[4-5]。因此,甘醇脱水工艺最常用的吸收剂是甘醇类物质,且以三甘醇为主。由于外输气水露点要求,EG、DEG 在溶剂脱水工艺中并不常见。当常规脱水工艺辅以汽提再生、共沸再生等工艺时^[6],EG、DEG 脱水也可达到水露点要求。

当天然气气质含有 BTEX 组分时,三甘醇对 BTEX 组分有较强的吸收性^[7-9]。在三甘醇再生系统,BTEX 在再生塔内解吸,随着再生气外排到大气中,不仅造成资源浪费,而且对环境、人员身体健康构成危害^[10-11]。近年来,BTEX 的排放日益受到关注,BTEX 在 DEG、EG 的溶解度低于 TEG,采用 DEG、EG 脱水可降低 BTEX 的排放量^[12]。

1 三甘醇脱水工艺

三甘醇脱水工艺流程如图 1 所示。脱水单元主要包括甘醇吸收和再生 2 部分^[13-14]。含水天然气进入原料气过滤分离器进行初步分离,以除去气体中携带的固、液杂质,然后从塔底进入吸收塔。在吸收塔内原料气与三甘醇贫液逆流接触,三甘醇溶液

吸收天然气中的水分后自塔底流出,脱水后的天然气从塔顶流出经净化分离器分离后外输。三甘醇富液与再生塔顶部的水蒸汽换热后进入三甘醇闪蒸罐,分离出被三甘醇溶液吸收的烃类气体后,依次经过三级过滤器,除去甘醇溶液在吸收塔中吸收与携带的少量液烃、化学剂及其他物质,以防止引起甘醇溶液起泡。过滤后的甘醇溶液与贫液换热后注入到再生塔中对富液进行提浓转换为贫液,冷却后由泵打入吸收塔循环使用。从图 1 可以看出,BTEX 随着水分一起从甘醇再生塔内解吸后通入放空系统内排放到大气中,不仅造成甘醇损失也会引起 BTEX



1—净化分离器;2—吸收塔;3—入口分离器;4—干气/甘醇换热器;
5—能量转换器;6—空冷器;7—闪蒸罐;8—三级过滤器;
9—再生塔;10—重沸器;11—贫富液换热器

图 1 三甘醇脱水工艺流程

收稿日期:2017-12-21

作者简介:单永康(1993-),男,硕士生,主要从事天然气处理方向研究,通讯联系人,syk0122@163.com。

对环境的污染,对现场工作人员的身体健康构成威胁,因此有必要降低 BTEX 的排放量。

2 不同甘醇脱水工艺模拟

某气田原料气压力为 12 MPa,温度为 33℃,处

量为 $700 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}^{[15]}$ 。原料气气质组成如表 1 所示。保持原料气物料条件不变的情况下,甘醇溶剂依次使用 DEG、EG 与 TEG,利用 HYSYS 对其进行模拟。模拟工艺流程如图 2 所示。甘醇脱水模拟工艺参数结果如表 2 所示。

表 1 天然气气质组成(干基)

%

组成	N ₂	CO ₂	C ₁	C ₂	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	i-C ₅	n-C ₅	C ₆	C ₇	Benzene	Toluene	E-Benzene	o-xylene
摩尔分数	7.11	0.78	89.54	1.54	0.35	0.01	0.15	0.07	0.06	0.06	0.06	0.01	0.01	0.17	0.08

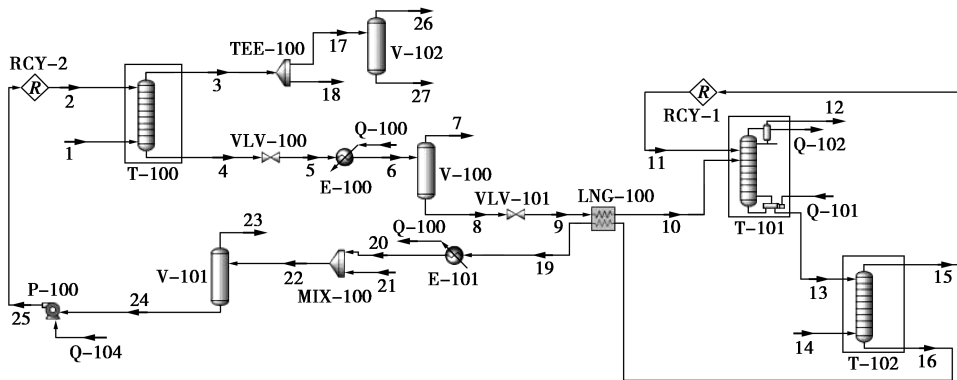


图 2 甘醇脱水工艺模拟

表 2 甘醇脱水主要运行参数

名称	TEG	DEG	EG
原料气含水量/(kg·h ⁻¹)	152.18	152.18	152.18
原料气 BTEX 含量/(kg·h ⁻¹)	3348	3348	3348
三甘醇贫液循环量/(m ³ ·h ⁻¹)	3.0	3.0	3.0
三甘醇损耗量/(kg·h ⁻¹)	15.03	17.82	22.65
外输气平衡水露点/℃	-16.20	-15.88	-15.49
汽提气量/(kmol·h ⁻¹)	0.25	20	15
重沸器温度/℃	204	162	168
重沸器负荷/kW	229.5	225.8	177.3
BTEX 排放量/(kg·h ⁻¹)	137.1	12.92	1.65

由表 2 可以看出,分别使用 EG、DEG、TEG 作为甘醇吸收溶剂时,在外输气水露点达到要求且近似相等的状况下,采用三甘醇脱水时,BTEX 排放量高达 137.1 kg/h,远远高于 BTEX 排放标准,重沸器负荷为 229.5 kW。使用 DEG 替代 TEG 脱水时,甘醇循环量保持一致,BTEX 排放量为 12.92 kg/h,降低排放量 90.58%;重沸器负荷 225.8 kW,降低负荷 1.61%;使用 EG 脱水时,BTEX 排放量为 1.65 kg/h,降低排放量 98.80%;重沸器负荷 177.3 kW,负荷降低 22.75%。由于 DEG、EG 吸水性能低于 TEG,需要增加汽提气量以达到相应的水露点要求,因此,采

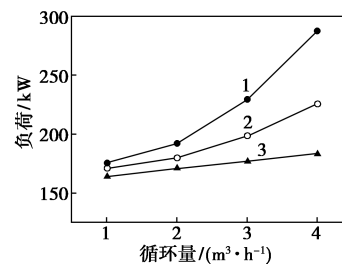
用 DEG、EG 脱水时,汽提气量相应增加。

3 不同甘醇脱水性能分析

根据甘醇脱水工艺流程,可通过重沸器负荷、甘醇损失量、BTEX 排放量 3 个方面对 EG、DEG、TEG 性能进行分析。甘醇循环量依次选用 1、2、3、4 m³/h。由于 EG、DEG 吸水性能低于 TEG,因此,适当提高汽提气量以达到外输气水露点相似。

3.1 重沸器负荷

由图 3 可以得出,随着甘醇循环量的增加,甘醇负荷也随之增加。在相同循环量下,三甘醇重沸器负荷依次大于二甘醇和乙二醇。当甘醇循环量较低时,3 种甘醇重沸器较接近,当甘醇循环量较大时,三甘醇重沸器负荷增加速度快于二甘醇和乙二醇,



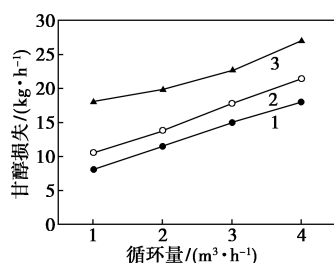
1—TEG;2—DEG;3—EG

图 3 甘醇重沸器负荷

当甘醇循环量达到 $4 \text{ m}^3/\text{h}$ 时,三甘醇再生重沸器负荷高于 DEG 21.43%,高于 EG 35.98%。

3.2 甘醇损失

由图 4 可以看出,随着甘醇循环量的增加,甘醇损失量也随之增加。相同循环量下,TEG、DEG、EG 损失量逐渐增加。由于 EG、DEG 与 TEG 相比具有沸点低、挥发性强等特点,在甘醇再生系统内,再生塔内温度较高,甘醇随着水蒸汽排放到大气中,造成甘醇损失。因此使用 EG、DEG 作为脱水剂导致较高的甘醇损失。EG、DEG 损失主要集中在再生塔,可通过增大回流比对其进行回收以降低 EG、DEG 损失。

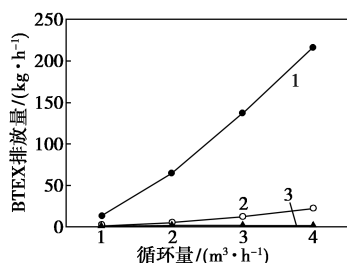


1—TEG;2—DEG;3—EG

图 4 甘醇损失

3.3 BTEX 排放

由图 5 可以看出,随着甘醇循环量的增加,BTEX 排放量也随之增加。分别采用 EG、DEG、TEG 脱水时,BTEX 的排放量依次增大,其中采用三甘醇脱水时,BTEX 的排放量急剧增加,这是由于 TEG 相比 DEG、EG 对 BTEX 具有更强的吸收性。当甘醇循环量较小时,BTEX 的排放量在 3 种甘醇中相当。甘醇循环量逐渐增大时,BTEX 在 EG、DEG 中的排放量远远低于 TEG。当甘醇循环量达 $4 \text{ m}^3/\text{h}$ 时,DEG 可降低 89% 的排放量,EG 可降低 97% 的排放量。



1—TEG;2—DEG;3—EG

图 5 BTEX 排放量

4 结论

天然气含有 BTEX 组分时,由于三甘醇对其具

有较强的吸收性,在甘醇再生时,BTEX 随水蒸汽释放到大气中。为降低 BTEX 的排放量,可使用对 BTEX 吸收性较低的 EG、DEG。通过 HYSYS 分别对 EG、DEG、TEG 进行模拟,可得出如下结论。

(1) 采用 DEG、EG 脱水时,不需要额外添加设备,便可降低 BTEX 的排放量,节约成本。

(2) EG、DEG 沸点低于 TEG,挥发性大,在再生系统损失量大于 TEG,在脱水工艺中需对其进行回收,以降低 EG、DEG 损失。

(3) 当三甘醇再生废气 BTEX 排放量超出环境要求时,使用 EG 或 DEG 替代 TEG 可以有效降低 BTEX 的排放。必要时可通过增大汽提气量以满足外输气水露点要求。

参考文献

- [1] 王倩.天然气脱水技术现状[J].上海化工,2015,(4):29-31.
- [2] 罗小军,刘晓天,万书华.分子筛吸附法在高酸性天然气脱水中的应用[J].石油与天然气化工,2007,36(2):118-123.
- [3] 高莉,蒋洪.三甘醇脱水再生废气的回收利用[J].油气田地面工程,2017,36(7):47-50.
- [4] 诸林.天然气加工工程[M].北京:石油工业出版社,2008.
- [5] 仇登科.三甘醇脱水技术在煤制天然气中影响因素的研究[J].辽宁化工,2016,(9):1194-1197.
- [6] Pearce R L, Protz J E, Lyon G W. Dry gas to low dew points[J]. Hydrocarbon Processing, 1972, 51(12):79-81.
- [7] 王开岳.甘醇脱水中的芳烃排放及控制措施[J].油气田地面工程,1997,(5):21-24.
- [8] Eldemerdash U, Kamarudin K. Assessment of new and improved solvent for pre-elimination of BTEX emissions in glycol dehydration processes[J]. Chemical Engineering Research & Design, 2016, 115:214-220.
- [9] Braek A M, Almehaideb R A, Darwish N, et al. Optimization of process parameters for glycol unit to mitigate the emission of BTEX/VOCs [J]. Process Safety & Environmental Protection, 2001, 79(4):218-232.
- [10] 刘佳,邓道明,何思宏.影响 TEG 脱水装置 BTEX 排放的工艺因素分析[J].现代化工,2015,35(8):160-164.
- [11] 陈康良.天然气三甘醇脱水工艺的技术进展[J].石油与天然气化工,2015,44(6):1-9.
- [12] Covington K, Lyddon L, Ebeling H. Reduce emissions and operating costs with appropriate glycol selection[A]. 77th Annual Convention of the Gas-Processors-Association[C]. DALLAS TX, 1998.
- [13] 贺三,刘阳,樊林华,等. DRIZO 脱水工艺模拟分析[J].天然气与石油,2016,34(1):44-48.
- [14] 郝蕴.三甘醇脱水工艺探讨[J].中国海上油气,2001,13(3):22-29.
- [15] Saidi M, Parhoudeh M, Rahimpour M R. Mitigation of BTEX emission from gas dehydration unit by application of Drizo process: A case study in Farashband gas processing plant; Iran [J]. Journal of Natural Gas Science & Engineering, 2014, 19(7):32-45. ■