

工艺与设备

减黏技术在大庆乙烯装置急冷系统上的应用

陈安营, 赵丘阳, 常文

(大庆石化公司化工一厂, 黑龙江大庆163714)

摘要:针对大庆乙烯装置急冷油减黏系统存在的问题,从急冷油减黏机理出发,对新、老区2套装置进行了改造。通过新增1座减黏塔和物料输送设备,使2套装置急冷油系统联合操作。给出了改造流程、设备结构及改造后相关数据。运行结果表明,急冷油塔釜温度与设计值接近,乙烷炉乙烯和丙烯收率均达到设计指标,同时装置综合能耗有所下降。

关键词: 乙烯装置; 急冷系统; 减黏塔; 乙烷炉

中图分类号: TQ211

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2011)11-0060-04

Application of visbreaking technology in quench system of Daqing ethylene device

CHEN An-ying, ZHAO Qiu-yang, CHANG Wen

(Chemical Plant No. 1, Daqing Petrochemical Company, Petrochina, Daqing 163714, China)

Abstract: In the light of the problems existed in the quench oil visbreaking system of Daqing ethylene device, two sets of device including new and old system are reformed according to the quench oil visbreaking mechanism. The quench oil systems of two sets are jointly operated by adding a visbreaking tower and material handling equipment. The reform process, equipment structure and transformation of related data are provided in this paper. The running results show that, the kettle temperature in quench oil tower is close to the designed values. The yield of ethylene and propylene in the ethane furnace can reach the design target. At the same time, the comprehensive energy consumption of device decreases.

Key words: ethylene device; quench system; visbreaking tower; ethane furnace

急冷油系统是乙烯装置的重要生产工序之一,是重要的余热回收单元。急冷油系统的主要作用是降低裂解气的温度,将燃料油组分与汽油组分分离开,同时利用合理的换热网络回收裂解气的余热,降低装置能源消耗。该工序运行情况的好坏,严重影响后续工艺的生产,也直接影响装置的能耗。

然而,急冷油在系统进行循环的过程中,其黏度随着循环的进行逐渐增高。急冷油传热性能变差,直接影响汽油分馏塔和稀释蒸汽发生系统的正常操作,严重时还会造成急冷油输送设备、冷换设备严重结垢、堵塞,导致装置无法正常运行。

1 急冷油系统存在的问题

大庆乙烯新、老区装置分别建于1984年、1999年。经过几次大技术改造,新老区成为2套独立的乙烯装置。

1.1 新区急冷系统存在的问题

新区裂解装置在2004年改造后,除塔釜温度低于设计指标外,其他指标基本达到了设计要求。但是急冷油黏度控制手段不健全、急冷油黏度不稳定一直影响装置安全运行。出现这一问题的主要原因是由于减黏塔没有发挥应有的效果。1999年新区建设初期,KBR公司设计用3台裂解炉中的部分裂

解气作为汽提介质,但是实际工艺流程中,抽出的裂解气管线是在单台裂解炉的急冷件前的裂解气总管上。新区急冷油减黏流程如图1所示。

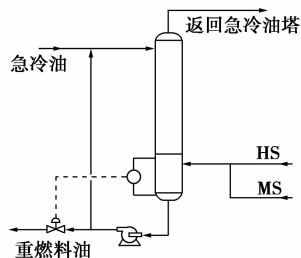


图1 大庆乙烯新区急冷油减黏流程图

由于没有压力控制手段,裂解气去重质燃料油汽提塔的压差比进急冷油塔的压差大,结果裂解气去重质燃料油汽提塔的量没有保证,裂解气中的重组分在减黏塔入口管线中冷凝导致堵塞,所以自开工后一直未能使用尾油裂解气作为重质燃料油汽提塔的气体介质。实际上减黏塔只能使用S10蒸汽汽提,由于蒸汽温度只有280℃,达不到预期的减黏效果。该技术急冷油气化率低,减黏效果不佳。气相直接返回急冷油塔,急冷油塔负荷高。汽提塔液相负荷低,对塔板的冲洗效果较差,循环的重燃料油易冷凝在塔盘上。

由于新区急冷油减黏系统无法起到有效的减黏

效果,致使新区投产以来急冷油黏度一直偏高,只能靠引入调质油等手段降低急冷油黏度,防止高黏度急冷油在管线和输送设备上凝结。并且在多年的运行中针对新区急冷油塔进行了多次的临时检修,严重地影响了大庆乙烯装置安全平稳运行和经济指标优化。

1.2 老区急冷系统存在的问题

老区急冷油减黏流程如图 2 所示,其中急冷油脱重塔采用 SW 公司真空抽提技术。

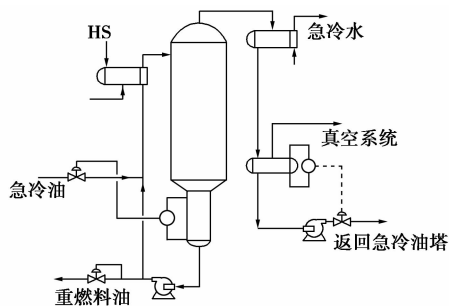


图 2 大庆乙烯老区急冷油减黏流程图

该技术采取负压操作,对设备密封要求高,抽真空消耗蒸汽量较大,冷凝后生成污水量大。同时由于温度低,减黏效果并不明显。

减黏效果不佳又造成急冷油塔温度分布不合理,即顶温高,只能用大量的汽油回流压低急冷油塔顶温。釜温偏低,换热器前后温差小,稀释蒸汽发生量低。大量的工艺凝液排出装置外,给装置环保工作带来很大困难。同时,由于老区急冷油温度偏低,急冷油黏度非常低,经常造成急冷油输送泵密封泄漏等问题。由于换热器传热系数与流体黏度约为 0.5 次方的反比关系,所以当急冷油塔釜温度升高和急冷油黏度下降时,热回收率就会显著增加^[1],所以利用合理的减黏手段降低急冷油黏度的同时提高急冷油塔釜温是回收热量的有效措施。

2 急冷油减黏机理

急冷油富含大量的易聚合的不饱和烃、芳烃(苯乙烯等)以及茚、萘等更复杂的稠环化合物。这部分物质存在于急冷油中高于 350℃ 的馏分中,具有一定的聚合倾向,在急冷器中不断与高温裂解气接触,发生缩合、结焦反应,是急冷油黏度升高的主要原因^[2]。有资料显示^[1],急冷油在 200℃ 下恒温 100 h 后黏度、沥青质、胶质、芳烃类物质质量含量发生了明显变化。伴随着黏度迅速升高,样品中沥青质和胶质含量大幅度增加,而总芳香烃组份含量

大幅度下降。急冷油黏度与质量组成分析见表 1。

表 1 急冷油黏度与质量组成分析表

样品	原样 A	原样 B	样品 A	样品 B
黏度(80℃)/mm ² ·s ⁻¹	70.31	155.43	340.25	317.33
沥青质质量分数/%	17.95	20.26	30.68	28.23
芳香烃质量分数/%	76.43	72.47	48.15	52.86
胶质质量分数/%	8.04	7.27	21.15	18.91

从表 1 可以看出,急冷油中芳香烃在高温环境下发生了缩合、结焦反应,提高了急冷油中沥青质和胶质的含量是导致急冷油黏度升高的主要原因。

伴随着急冷油黏度不断升高,为保证急冷油塔安全运行,不得不降低塔釜操作温度。这也是许多装置急冷油塔釜温设计为 205℃,而实际上塔釜温度只能维持在 190℃ 的主要原因。这样直接导致稀释蒸汽发生量受到影响。对于 1 套 800 kt/a 乙烯装置来说,将导致稀释蒸汽发生量减少 45 t/h,也就需要多消耗中压蒸汽 45 t/h,约占装置综合能耗的 5%^[3]。

张文慧等^[4]研究表明,急冷油黏度随恒温时间延长而增加,说明急冷油中部分物质发生了变化。如果要保证急冷油在接近 200℃ 的情况下不因为黏度过快增长而影响装置安全运行,必须把这些容易或者已经生成的聚合物去除掉。

实验表明^[2],急冷油温度大于 350℃ 时,黏度急剧增加,如果把这些馏程大于 350℃ 组分通过分馏排出到急冷油循环系统之外,而较轻的组分返回到急冷油系统中,就能够保证急冷油在系统循环过程中黏度不会增长或者逐渐下降。

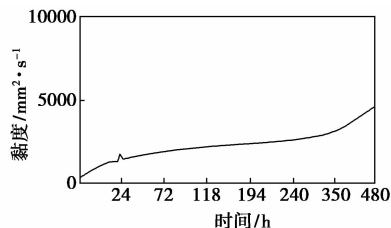


图 3 急冷油黏度与时间的关系

3 技术改造

认识到装置存在的问题后,开始寻求适宜的改造技术,希望通过技术改造解决老区急冷油塔釜温偏低、稀释蒸汽发生量小、急冷油黏度过小机泵密封泄漏及新区黏度过大影响装置安全运行的问题。通过改造急冷系统,有利于稳定急冷油系统安全运行,扬子和齐鲁乙烯急冷系统早期改造的成功经验证

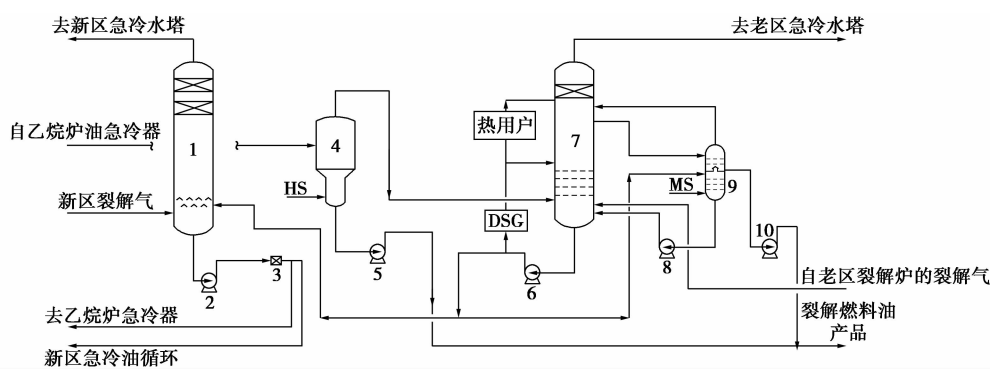
明,改造急冷系统确实能够稳定优化急冷系统运行。

急冷油减黏塔首先由 SW 公司研究开发,我国引进时的 LUMMUS 工艺没有急冷油减黏系统。后来部分新设计装置开始采用注入大量低压蒸汽或稀释蒸汽,利用分压作用将急冷油中的中间馏分汽提出来,重新返回汽油分馏塔中,使急冷油的黏度保持稳定。由于该方法消耗蒸汽较多,减黏效果并不理想,没有得到普遍推广。近几年开始使用高温乙烷炉裂解气作为汽提介质,对急冷油进行减黏。而以乙烷炉作为汽提介质的减黏塔效果最好^[5]。

本次大庆乙烯装置技术改造也采用乙烷裂解气作为汽提介质。乙烷炉裂解气与新区急冷油塔

(ET-1201)塔釜急冷油循环泵后过滤器(EFL-1201)出口急冷油在老区乙烷炉油急冷器(EJ-111CN)处混合,混合后气液两相沿切线方向进入老区重燃料油汽提塔(ET-214N),通过旋风分离作用达到气液相的分离,急冷油中的“中沸点、低黏度”的中组分随气相返回老区急冷油塔(ET-201)。为维持新区急冷油塔釜急冷油的液位和黏度,从老区稀释蒸汽发生塔急冷油再沸器(EH-234)后抽出一股急冷油返回到新区急冷油塔(ET-1201)。通过设置重燃料油汽提塔(ET-214N)和新老区急冷油互串,达到控制新老区急冷油黏度的目的。

减黏系统改造流程如图4所示。



1—新区急冷油塔;2—新区急冷油循环泵;3—过滤器;4—重燃料油汽提塔;5—重燃料产品泵;6—老区急冷油循环泵;7—老区急冷油塔;8—轻燃料油汽提塔釜泵;9—轻燃料油汽提塔;10—轻燃料油产品泵

图4 减黏系统改造流程

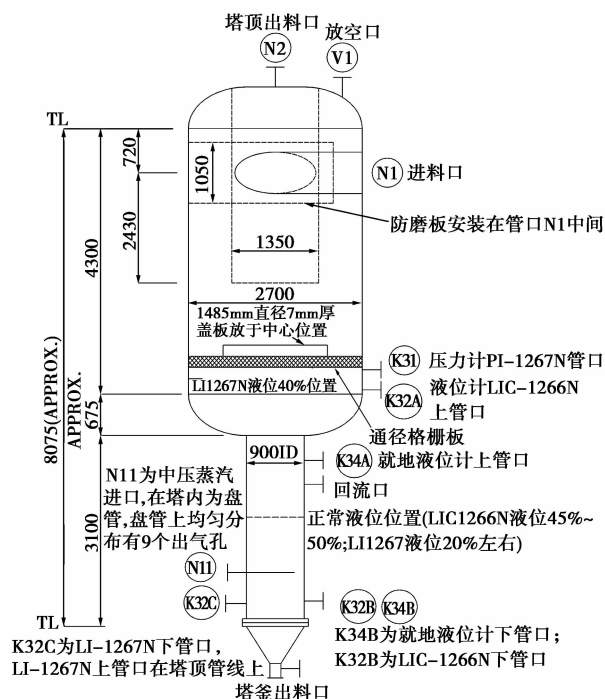


图5 大庆乙烯减黏塔结构图

本次大庆乙烯减黏系统改造主要包括新增1座减黏塔(图5)和物料输送设备,并配套新建1座乙烷炉。减黏塔是实现减黏效果的关键设备,目前在装置使用的减黏塔多为上下2段式,上段为旋风分离器、下段为相对较细的空心塔。大庆乙烯新增减黏塔也采用此结构。

旋风分离器是利用惯性离心的作用,将较重的组分与轻组分分离。介质从减黏塔上部沿切线方向进入,较重组分在惯性和离心力的作用下沿着塔壁方向运动,而较轻的气体组分由于受到的惯性力较小而与液体分离。重组分在塔壁上积累后会受重力作用向下流动,最终落到塔底部,较轻气体组分由下而上流动,并通过塔顶管线送到急冷油塔。这样通过旋风分离作用实现了气液分离。

采用乙烷炉裂解气作为减黏塔的气体介质主要由于乙烷炉裂解气燃料油组分较少,并且急冷锅炉出口温度可以控制得较高。这样有利于提高减黏塔塔顶温度,充分起到减黏效果。

采用乙烷裂解气减黏技术就是利用乙烷裂解炉

500 ~ 550℃的裂解气在急冷器中冷却到250 ~ 270℃后送入减黏塔,在减黏塔中气相与液相旋风分离,由此将其中的350℃以下轻质馏分返回汽油分流塔,塔釜采出重质燃料油产品。

4 乙烷炉和减黏系统改造后效果

2010年7月,大庆乙烯急冷减黏系统改造后投用。10月25日至29日对乙烷炉和减黏系统运行情况进行了标定。

乙烷炉标定数据见表2。

表2 乙烷炉各组分质量分数 %

组分	设计值	25日	26日	27日	28日	29日
氢气	3.09	2.31	2.27	2.51	2.07	2.41
甲烷	13.22	10.55	10.15	10.99	9.78	9.27
乙炔	0.57	0.59	0.63	0.66	0.56	0.57
乙烯	48.69	47.76	50.36	51.10	47.61	49.23
乙烷	23.39	27.83	26.49	24.83	27.9	28.59
丙烯	3.3	4.79	4.15	3.77	5.01	3.84
丙烷	1.54	1.81	1.17	1.07	1.91	1.33

在裂解炉出口温度控制在850℃的情况下,乙烷炉乙烯和丙烯收率达到设计指标。乙烯收率达到50%,丙烯收率达到4%。双烯收率超过54%。

新、老区急冷油塔及重燃料油汽提塔塔釜温度见表3。

表3 新、老区急冷油塔及重燃料油汽提塔塔釜温度 ℃

项目	改造前	保证值	25日	26日	27日	28日
新区急冷油塔	185 ~ 195	190 ~ 198	191	193	192	191
老区急冷油塔	175 ~ 185	185 ~ 195	189	187	187	189
减黏塔	—	250 ~ 290	253	254	248	246

改造后老区急冷油塔塔釜温度与设计值接近,提高塔釜温度改善了急冷油系统的运行环境,老区急冷油塔塔釜温度提高了5 ~ 10℃,新区急冷油塔塔釜温度提升了5℃。通过提升老区急冷油塔塔釜温度,增加了稀释蒸汽发生量约3 t/h。

急冷油黏度及调质油外引量见表4。

表4 急冷油黏度及调质油外引量

项目	改造前	保证值	26日	27日	28日	29日	目前
新区急冷油黏度 (50℃)/mm ² ·s ⁻¹	800 ~ 5000	≤800	831.3	283.8	95.98	104	400
老区急冷油黏度 (50℃)/mm ² ·s ⁻¹	≤60	≤600	126.4	81.65	24.00	25.1	100
外加调质油量/ kg·h ⁻¹	1000	0	0	0	0	0	0

通过设置减黏塔,用乙烷炉裂解气汽提来自新区的急冷油,汽提出“中沸点”组分返回至老区急冷油塔,同时老区急冷油抽出一部分返回至新区急冷油塔。实践证明,该工艺路线可有效降低新区急冷油黏度,使外加调质油用量减少为零,同时提高老区急冷油塔塔釜温度,增加稀释蒸汽的发生量,装置能耗明显降低。

2010年大庆乙烯装置综合能耗为640 kg标油/t乙烯,而2011年1~4月综合能耗为605 kg标油/t乙烯,这其中很大程度上受益于急冷减黏系统改造。

5 结论

通过大庆石化公司乙烯装置20多年实际运转情况看,采用真空抽提技术和中压蒸汽汽提技术对急冷油进行减黏都存在不足之处,而采用乙烷炉裂解气作为减黏塔汽提介质并使用旋风分离式减黏塔对急冷油实施减黏,达到了较好的减黏效果。大庆石化乙烯装置采用2套装置急冷油系统联合操作,共用1套减黏装置为国内首次工业化应用成功案例,为乙烯装置节能降耗和改扩建提供了成功经验。

参考文献

- [1] 王松汉. 乙烯装置技术与运行[M]. 北京:中国石化出版社, 2009:410.
- [2] 许岩峰. 减黏塔技术在乙烯急冷技术改造中的应用[J]. 乙烯工业, 2009, 21(2): 12-19.
- [3] 胜在行. 乙烯装置节能技术进展[C]. 乙烯装置能耗统计与节能潜力专题研讨会论文集, 2011: 202-203.
- [4] 张文慧, 陈兴奎, 齐选良, 等. 裂解急冷油的热稳定性研究[J]. 石油大学学报:自然科学版, 1995, 19(2): 80-84.
- [5] 刘陆军, 李东风. 乙烯装置急冷油减黏技术的研究进展[J]. 化工时刊, 2005, 19(12): 43-47. ■

更正启事

本刊2011年第10期刊登的《罐式集装箱一体化物流案例》一文中,需要添加第二作者:卢春霞,工作单位同第一作者。另外,该论文获得国家自然科学基金的资助(编号90924005)。特此更正,并向作者和读者致歉。