

火炬放空空气回收技术的研究与应用

魏忠昕,马慧明,戴海林,许艳赫,林 燕

(中原油田分公司天然气处理厂,河南 濮阳 457162)

摘要:针对放空火炬气排放系统的特点,分析了压缩机变频控制、回收系统控制、火炬点火控制等难点问题,提出一套放空火炬气回收方案,并加以实施,取得了良好的经济效益和社会效益。

关键词:火炬气;气柜;回收技术

中图分类号:TE64

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2015)02-0133-03

Research and application of torch vent gas recovery technology

WEI Zhong-xin, MA Hui-ming, DAI Hai-lin, XU Yan-he, LIN Yan

(The Natural Gas Processing Plant, Zhong Yuan Oilfield, Puyang 457162, China)

Abstract: In view of characteristics of flare gas emission system, the difficult problems involving in control systems for compressor frequency conversion, recovery and flare ignition, are analyzed. A flare gas recovery system scheme is proposed and implemented in this study. Remarkable economic and social benefits have been yielded.

Key words: torch vent gas; air storage tank; recovery technology

中原油田天然气处理厂第三气体处理厂(以下简称三气厂),一期装置始建于1989年,已经平稳运行25年,二期装置于2001年投产,已经平稳运行13年,目前2套装置采用交替运行生产模式。

三气厂放空火炬系统受建厂时技术条件限制,没有配置放空火炬气回收设备。三气厂伴生气处理装置正常生产运行时,约有1万 m^3/d 的放空气体排放,大量烃类可燃气体的长年燃烧,造成巨大的能源浪费和环境污染,不符合国家提倡的“可持续发展”的长期能源发展战略思想。

2013年,中原油田天然气处理厂针对伴生气处理装置工艺参数和流程特点,组织技术力量,对伴生气处理装置放空火炬气回收技术进行研究和实施。

1 放空火炬气回收流程研究

1.1 火炬系统现状

现有火炬放空流程是火炬放空气经过分液罐直接进入火炬放空燃烧。

主要参数:火炬气压力1~10 kPa;火炬气温度-5~50℃;原料气压力400~500 kPa。

1.2 放空气量确定

三气厂放空气来源主要由正常运行时的放空气、装置开停机时的放空气和事故状态下的放空气3部分组成。

火炬放空气是低压气,瞬间放空气气量与持续放空气气量变化级差大,难以计量。三气厂火炬放空气气量没有计量装置,但可通过消耗气总量与燃

料气量之差计算得出,再减去少量跑冒漏气,即为火炬放空气量。

根据近两年的统计,平均每年损失气量为357万 m^3 左右,每年放空气量为总损失气量的95%,即为339万 m^3 左右,每天放空气量为1.03万 m^3 左右。开停机时每天气量损失平均为2.65万 m^3 ,放空气量每天约为 $2.52 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

1.3 火炬放空气回收工艺流程优选

目前,火炬放空气回收工艺有2种方式,一种直接采用压缩机回收火炬放空气,另一种采用气柜和压缩机组合的方式回收火炬放空气。第一种方式的优点是投资少,占地面积小;缺点是在放空火炬气气量无法精确计量的条件下,压缩机排气量不容易确定,同时由于火炬放空气气量的不稳定性,压缩机要实时适应火炬放空气气量波动比较困难。第二种方式的优点是气柜能最大限度缓冲火炬放空气,为压缩机回收火炬放空气延长回收时间,增加放空气的回收量,为压缩机提供了一个平稳的进气压力,有效降低压缩机开停机频率,比第一种方式火炬放空气的回收效率高。缺点是投资大,占地面积大。因此,选用气柜和压缩机组合的方式回收火炬放空气。

工艺流程如图1所示,伴生气处理装置正常生产运行时,放空火炬气受水封罐内水封的阻挡,经回收管路进入分液罐,然后进入放空火炬气回收气柜,再经压缩机增压到700 kPa,进入原料气管网,作为原料气重新利用。

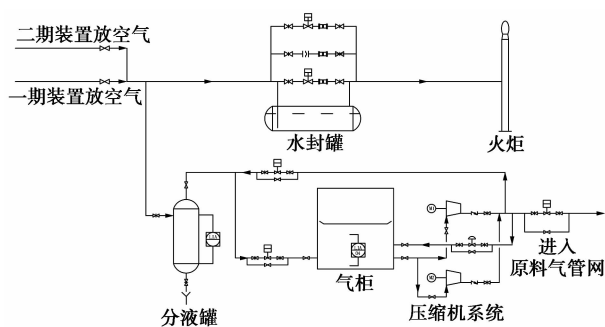


图 1 火炬放空空气回收工艺流程图

伴生气处理装置处于手动放空或事故放空状态时,放空管网压力升高,放空火炬气压力超过安全水封压力(5.88 kPa)时,紧急放空阀连锁打开,一部分放空火炬气进入火炬燃烧放空,另一部分放空火炬气继续进入放空火炬气回收气柜,经压缩机加压后进入原料气管网,作为原料气重新利用。

伴生气处理装置恢复正常生产运行时,放空火炬气超压放空完毕,放空管网压力降低,压力开关复位,紧急放空阀连锁关闭。放空火炬气继续进入放空火炬气回收气柜,经压缩机加压后进入原料气管网,作为原料气重新利用。

2 设备选型

主要设备包括气柜、压缩机和分子封密封器等。

2.1 气柜

2.1.1 气柜选型

气柜主要有湿式气柜、干式气柜和膜式气柜 3 种。

湿式气柜冬季需要蒸汽伴热,三气厂没有可用蒸汽源,因此湿式气柜不适用于本项目。

(上接第 132 页)

出,在采取提高系统分离效果措施之后,产品正己烷提取物含量得到明显降低,达到了国标的质量要求,完全满足食品级包装用 LDPE 树脂的质量要求。

表 2 采取措施前后对比

牌号	MFR/ [g·(10 min) ⁻¹]	正己烷提取物 (质量分数)/%
改进前 18D/2426H/某新牌号	1.52/2.02/2.80	1.91/2.42/2.55
改进后 18D/2426H/某新牌号	1.54/2.02/2.78	1.31/1.51/1.86

3 结论

食品级 LDPE 树脂中低聚物含量是影响其正己烷提取物测定值的主要因素,低分子质量成分越多

膜式气柜外型为 3/4 球体,占地面积较大,并且很难确定内膜的位置与气柜容积的函数关系,很难实现用内膜位置信号控制压缩机变频。

橡胶膜密封干式气柜是一种不使用水和稀油等液体及半液体的全干式气柜,其密封性能好,适用于含尘量大、湿度高、有毒气体成分多的气体储存,橡胶膜式气柜也是气柜发展的趋势。因此,选用橡胶膜密封干式气柜。

2.1.2 气柜容积确定

气柜容积主要考虑装置正常运行及开停机手动放空时的放空气量,经统计,这部分放空量每天平均值在 1.03 万 m³。切换时放空气量平均为 2.52 万 m³,每小时最大放空气量 2 100 m³,考虑到正常生产工况与非正常生产工况所占比例的不同,非正常开停机每月平均 2.5 次,部分回收将降低放空气量,减少了环境污染。如果全部回收这部分放空气体,需要选用 5 000 m³ 气柜,气柜投资大,投资效益降低,综合分析后,放空气回收气柜容积定为 2 000 m³。

2.2 压缩机

2.2.1 压缩机选型

目前,用于放空气回收的压缩机主要包括螺杆压缩机和往复式压缩机。螺杆压缩机相对于往复式压缩机具有结构简单,无余隙容积,效率高,无吸、排气阀装置等易损件,适宜在大压差或压比工况下,排气温度低,对润滑油不敏感,有良好的输气量调节性,并且放空火炬气量波动比较大,放空火炬气压缩过程中有轻烃和水析出的可能,对螺杆压缩机运行没有影响,这也是国内用于火炬气回收的压缩机大多采用螺杆压缩机的原因之一。

则正己烷提取物值越高。高压管式法工艺生产的 LDPE 产品由于聚合机理原因,不可避免有低分子质量组分产生,本文中通过对聚合机理和生产工艺的分析,采取措施改进产品质量,达到了食品级 LDPE 树脂的质量要求。

参考文献

- [1] 洪定一. 塑料工业手册-聚烯烃[M]. 北京:化学工业出版社, 1999:369-381.
- [2] GB 9691—1988. 食品包装用聚乙烯树脂卫生标准[S].
- [3] GB/T 5009.58—2003. 食品包装用聚乙烯树脂卫生标准的分析方法[S].
- [4] 谭曜. LDPE 树脂正己烷提取物检测研究[J]. 检验检疫科学, 2006, (6):20-22.
- [5] 周其凤,胡汉杰. 高分子化学[M]. 北京:化学工业出版社,2001: 13-28. ■

2.2.2 压缩机技术参数

选择螺杆压缩机2台,互为备用,压缩机可以根据来气量的变化变频运行。螺杆压缩机技术参数见表1。

表1 螺杆压缩机技术参数

参数	排气量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	进/排气压 力/MPa	进/排气 温度/ $^{\circ}\text{C}$	主电机功 率/kW
数值	10~13	0.002~0.004/0.7	$\leq 40/\leq 85$	110

2.3 水封罐

在火炬前的放空总管上设置水封罐,使放空管网内保持一定的背压,实现火炬气的回收;另一方面水封罐能起防回火的作用,防止放空管路出现空气倒吸和回火现象,保护装置的安全。

2.4 放空火炬分子封密封器

三气厂现有放空火炬系统采用流体密封方式,其工作原理是向火炬筒体通入一定量的天然气作为引导气燃烧,阻止了空气进入火炬,防止出现“回火”及火炬筒体内爆炸事故。这部分引导气就是火炬正常运行时放空气的主要来源。

三气厂放空火炬气进行回收后,为防止空气自火炬头进入下游设备,采用分子封密封器作为防回火设备。分子封密封器是火炬系统的安全防回火设备,其结构设计利用气体扩散原理,在火炬系统处于待命状态(无气体排放)时,耗用少量惰性气体(氮气、水蒸汽或二氧化碳气体)阻止空气自火炬头进入下游设备(火炬筒体、阻火器),以确保系统的安全。

采用氮气作为分子封密封器的吹扫气体,通过计算,分子封密封器的氮气用量约为 $2.6 \text{ m}^3/\text{h}$ 。火炬分子封密封器技术参数见表2。

表2 火炬分子封密封器技术参数

型号	设计温 度/ $^{\circ}\text{C}$	设计压 力/kPa	氮气耗量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	材质	结构特点
WA-DF530	200	600	2.6	304	圆滑底、倒钟罩式

3 自动控制方案确定

放空火炬气回收系统由PLC控制,紧急放空和自动点火由DCS系统控制。

3.1 控制流程及控制原理简述

3.1.1 火炬气回收控制系统的控制原理

火炬气回收系统运行时,PLC系统通过气柜浮顶高度值信号和气柜入口压力值信号来控制变频压缩机运行方式。当浮顶高度在设定值之上时,压缩机加速运行,直至满负荷运行,如果气柜浮顶继续上升到高限报警高度,系统报警并连锁关闭气柜入口

控制阀。当气柜浮顶回落到高限报警高度下1m处时,打开气柜入口控制阀继续进气。但当浮顶高度在设定值之下时,压缩机减速运行,直至降到最低运行频率,如果气柜浮顶到达下限报警高度,打开回流阀,向气柜内回注压缩后的放空气。如果回流阀全开,压缩机处于最低负荷,连续运行30min,气柜浮顶一直处于低位,则停止压缩机运行,直至气柜浮顶回升到设定值时,再重新启动压缩机。连锁报警均采用冗余控制方式。

3.1.2 火炬点火系统

火炬点火系统采用2种点火方式,自动点火和手动爆燃式点火。

自动点火系统的工作原理:当放空管网的压力超高时,DCS系统输出信号至点火控制器启动高压点火棒,同时启动点火气源上的电磁阀,点燃高空点火器,引燃火炬,火焰检测器检测到火焰信号远传至系统,系统输出信号控制点火器停止点火。

当火焰受外部恶劣环境影响而熄灭时,点火系统会再次启动直至点火成功。点火完毕后,高空点火器、高压点火棒、电磁阀等均处于复位状态。

如果自动点火失效,可以采用现场手动爆燃式点火。

3.1.3 紧急放空控制

伴生气处理装置处于手动放空或事故放空状态下,当放空压力达到安全水封压力时,放空管网压力变送器及压力开关输出信号进DCS系统,系统报警并连锁开启紧急放空阀,放空气排放至火炬燃烧。

如果放空阀开启失灵,放空气还可以通过水封罐进入火炬进行放空燃烧。

3.1.4 水封罐液位检测及控制

水封罐设液位检测和液位报警连锁开关。采用磁浮子液位计监测水封罐的液位;选用音叉液位开关监测高/低限液位,当水封罐液位上升至高液位时,系统连锁停压缩机,防止放空管网出现负压,造成水封罐的水倒吸进入放空管网;当水封罐液位至低液位时,系统报警并自动补水。

同时,水封罐内设置温度监测,当温度过低时,开启伴热,防止因低温造成水结冰。

水封罐液位检测及控制接入主装置DCS系统。

4 技术应用效果

2013年7月开始组织实施,2014年2月完工,2014年3月投运,目前火炬放空空气回收系统运行平稳,每天回收天然气 7000 m^3 左右,实现了节能减排增效的目的,取得了良好的经济效益和社会效益。■