

烯烃分离丙烯制冷压缩机出口冷凝器增设热旁路研究

史小锋 周强强

国能新疆化工有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要:煤制烯烃是煤炭高效洁净利用的公认和可行的发展方向,开辟了由煤炭生产基础转向有机化工原料的新工艺路线。其中离心式压缩机组为煤制烯烃行业中的核心设备,但同时也是该行业能耗的大户。文章针对煤制烯烃工艺甲醇转化下游烯烃分离装置的丙烯制冷压缩机出口压力控制作为研究目标,通过采取优化措施来保证丙烯制冷压缩机四段出口压力稳定,同时保证设备长周期运行。

关键词:压缩机;压力控制;热旁路

引言

某煤化工企业某装置配置有离心式丙烯制冷压缩机组一套,该压缩机为烯烃分离装置提供冷源,满足精馏系统分离所需的温度要求。原设计丙烯制冷压缩机四段出口的气相丙烯经过丙烯冷凝器冷凝成液相丙烯进入丙烯压缩机排出罐,该冷凝器通过循环冷却水将气相丙烯冷凝为液相丙烯。在正常运转中丙烯制冷压缩机四段出口压力随着冷却水温度的变化而变化,为了控制丙烯制冷压缩机四段出口压力在正常范围之内,需要经常调节丙烯冷凝器冷却水阀门的开度,通过调节冷却水流量来控制丙烯制冷压缩机出口压力稳定,据统计每天需要调节十次左右,操作人员劳动强度较大。另在冬季冷却水温度较低时,为了维持丙烯制冷压缩机四段出口压力稳定,丙烯制冷压缩机四段出口冷凝器冷却水阀门最小关至15%,冷却水流量小、流速慢,容易造成冷凝器冷却水侧腐蚀,对冷凝器长期平稳运行不利。企业通过调研交流,计划在丙烯制冷压缩机出口冷凝器处增设热旁路,优化烯烃分离装置的操作,延长设备使用寿命,维持丙烯制冷压缩机的平稳运行。^[1]

1 工艺及设备概述

1.1 工艺流程概述

在烯烃分离单元中大部分的分离操作都需要在低温下进行,丙烯制冷系统为反应混合气分离提供最低达-40.8℃的冷剂。丙烯制冷系统由多级离心式压缩机以及相关的缓冲罐和冷凝器组成。所使用的丙烯冷剂是装置内生产的聚合级丙烯,提供四个温度级位的丙烯冷剂:-40.8℃,-25.7℃、-6.3℃和6.6℃,通过与这些温度对应的汽化压力下的丙烯蒸发来实现制冷过程。蒸发后的气体再经过丙烯制冷压缩机压缩到1.642MPa(G)后,由丙烯冷凝器冷凝至40℃的液相丙烯进入丙烯冷剂储罐。从丙烯冷剂储罐出来的液相丙烯回收乙烯外送系统的冷量,

为丙烯制冷压缩机四段用户提供6.6℃级别的丙烯冷剂,换热后的气相丙烯进入丙烯制冷压缩机四段吸入罐,另一股液相丙烯通过带低液位超驰的压力控制阀减压成气液两相后,进入丙烯制冷压缩机四段吸入罐。从丙烯制冷压缩机四段吸入罐罐顶出来的气相丙烯进入压缩机四段,罐底出来的液相丙烯为丙烯制冷压缩机三段用户提供-6.3℃级别的丙烯冷剂,换热后的气相丙烯进入丙烯制冷压缩机三段吸入罐,另一股液相丙烯经液位控制阀减压成气液两相后进入丙烯制冷压缩机三段吸入罐。从丙烯制冷压缩机三段吸入罐罐顶出来的气相丙烯经过压缩机三段压缩,罐底出来的液相丙烯为丙烯制冷压缩机二段用户提供-25.7℃的丙烯冷剂,换热后的气相丙烯进入丙烯制冷压缩机二段吸入罐,另一股液相丙烯经液位控制阀减压成气液两相后进入丙烯制冷压缩机二段吸入罐。从丙烯制冷压缩机二段吸入罐罐顶出来的气相丙烯进入压缩机二段,罐底出来的液相丙烯通过节流后为丙烯制冷压缩机一段用户提供-40.8℃温度级别的丙烯冷剂,换热后的气相丙烯通过丙烯制冷压缩机一段吸入罐后进入丙烯制冷压缩机一段。如果一段吸入罐内有累积的液相丙烯,可以通过手动控制阀将丙烯制冷压缩机四段排出的热气体喷入罐内的液层中,将液相丙烯汽化,再送往压缩机一段吸入。各段吸入罐内的液相丙烯均可以通过丙烯冷剂液相排出泵送往罐区或排入丙烯制冷压缩机四段吸入罐。^[2]

1.2 设备说明

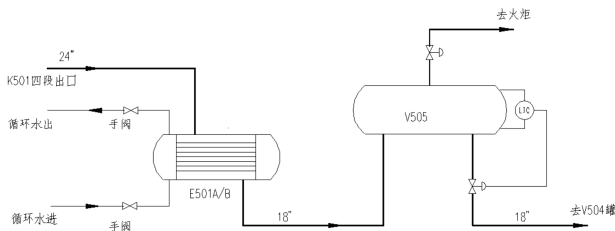
丙烯制冷压缩机机组系统概述:压缩机组由沈阳鼓风机有限公司按照惠生工艺包理论参数进行设计并制造,型号:2MCL905+2MCL706,机组设两缸共四段,一段和二段布置在低压缸内,共九级;三段和四段布置在高压缸内,共六级;原动机则由杭州汽轮机厂配套设计并制造的工业汽轮机组,型号: NK40/45/40,功率:11

854 kW, 进气量: 45.2 t/h, 进气压力: 4.1 MPaG, 排气压力: 0.0245 MPaA。

2 现象与问题

2.1 目前流程及布置情况:

丙烯制冷压缩机四段出口气相丙烯(组成mol%: 丙烯99.63, 丙烷0.37)温度约为73.5℃, 压力为1.64MPaG, 通过丙烯冷凝器冷凝为液态丙烯(压力约为1.60MPaG), 液态丙烯通过压差送至丙烯储罐, 丙烯储罐的控制压力约为1.55MPaG。液态丙烯经过液位控制阀送至压缩机四段吸入罐。



目前丙烯冷凝器和丙烯储罐的布置情况为: 丙烯冷凝器的标高为EL.102600mm, 丙烯储罐的设备标高为EL:109150mm, 丙烯储罐布置高于丙烯冷凝器约6.55m。

2.2 目前流程存在问题描述

目前丙烯制冷压缩机四段出口的压力控制由丙烯冷凝器的壳程气相压力控制, 而丙烯冷凝器的壳程气相压力由丙烯冷凝器的冷却水来调节丙烯的冷凝速度实现, 在实际生产过程中, 冷却水温度的微小变化会造成丙烯冷凝速度变化, 进而会使压缩机出口压力变化, 此时需频繁调节丙烯冷凝器冷却水手阀开度, 从而维持压缩机出口的压力维持稳定。手阀难于对冷却水准确调节, 频繁操作手阀不利于装置的稳定生产, 同时手阀开度过小, 冷却水的流量也会变小, 流速变慢, 容易对设备的冷却水侧产生腐蚀, 不利于冷凝器的长期稳定运行。

目前, 根据原设计的设计数据, 丙烯冷凝器壳程丙烯进口参数为: 流量为343803kg/h, 压力为1.642MPaG, 温度73.5℃, 出口温度为40℃, 其热负荷为35093KW, 按10℃温差计算, 需要冷却水量为3017t/h, 当冷却水手阀全开时, 冷却水量可根据流速和管径计算, 冷却水流量可达3500t/h。同时冬季冷却水进出口温差 > 10℃, 冷却水手阀全开时, 液相丙烯温度将低于设计温度40℃, 压缩机出口压力也会降低。因此需要增加热旁路来进行实时调节, 以维持压缩机出口压力的稳定。

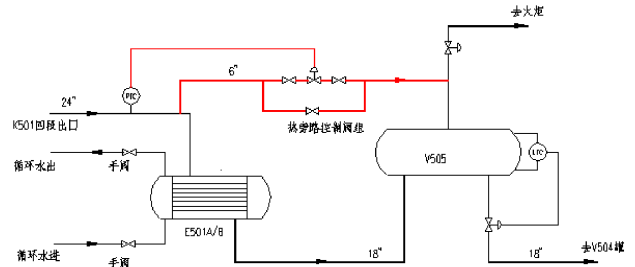
3 优化措施

3.1 改造流程介绍

丙烯储罐的设计压力2.1MPaG, 设计温度120℃, 与

压缩机出口管道设计参数相同。丙烯制冷压缩机四段出口增加一条DN150的热旁路管道跨接到丙烯储罐顶部, 同时该管道设置有压力控制调节阀组, 通过调节阀组的开度来维持压缩机出口压力。

如下图所示:



新增冷凝器热旁路后, 冷却水手阀维持在固定开度, 通过控制热旁路控制阀开度, 在中控室即可实现自动调节压缩机四段出口压力。而且热旁路控制可以大幅减少冷却水温度变化对操作的影响。同时, 开大冷却水手阀后, 也会减少流量小对冷凝器腐蚀的影响。

3.2 控制原理说明

3.2.1 丙烯冷凝器比丙烯储罐低, 进入丙烯冷凝器的气相基本全凝, 丙烯冷凝器底部冷凝下的丙烯通过压差进入丙烯储罐罐中。在冷凝器丙烯冷凝器中, 换热管束被液态丙烯浸没, 液面上气相中的管束起冷凝的作用, 而处于液相中的管束, 只起冷却作用。通过改变冷凝器管束被浸没的面积, 可改变冷凝作用的管束面积^[3]。

3.2.2 热旁路控制阀的开度不但改变热旁路气体的流量, 而且还改变此调节阀的压降 ($\Delta P = P_1 - P_2$)。热旁路压力控制通过改变调节阀开度, 改变调节阀压降, 可改变冷凝器丙烯冷凝器的管束浸没面积, 进而改变丙烯冷凝器的取热负荷, 从而达到控制系统压力的目的。

当压缩机出口压力PIC压力增高时, 此时热旁路控制阀的开度会变小, 热旁路阀前后压降增大, 由于压力平衡关系, 冷凝器丙烯冷凝器与丙烯储罐的液位差 (H) 随之增大 (ΔH)。丙烯储罐液面由于LIC的存在, 其液位不变, 所以冷凝器中的液位要下降 (ΔH) ($\Delta H = \Delta P / \rho \text{液g}$), 从而减少冷凝器丙烯冷凝器中管束的浸没面积, 使进入冷凝器丙烯冷凝器可供冷凝的管束面积增大, 进而丙烯冷凝器的冷凝量增多, 此时压缩机出口压力随之降低, 当热旁路阀自动调节到冷凝器丙烯冷凝器中的冷凝量与系统流出量正好相等, 从而保证压缩机出口压力稳定。当压缩机出口压力PIC压力降低时, 此时热旁路控制阀的开度会变大, 热旁路阀前后压降减少, 由于压力平衡关系, 冷凝器丙烯冷凝器与丙烯储罐的液位差 (H)

随之减少 (ΔH)。又因丙烯储罐液面由于LIC的存在,其液位不变,所以冷凝器中的液位要上升 (ΔH) ($\Delta H = \Delta P/\rho \text{液}g$),从而减少冷凝器丙烯冷凝器中管束的浸没面积,使进入冷凝器丙烯冷凝器可供冷凝的管束面积减少,进而丙烯冷凝器的冷凝量减少,此时压缩机出口压力随之升高,当热旁路阀自动调节到冷凝器丙烯冷凝器中的冷凝量与系统流出量正好相等,从而保证压缩机出口压力不变^[4]。

4 效果验证

4.1 通过在丙烯制冷压缩机四段出口增设热旁路及调节阀组,大大降低丙烯冷凝器冷却水冷凝器出口阀门的调整频次,降低了操作工的劳动强度,目前基本不需要调节丙烯冷凝器冷却水冷凝器出口阀门就可以维持丙烯制冷压缩机四段出口压力的稳定。

4.2 通过在丙烯制冷压缩机四段出口增设热旁路及调节阀组,可以保证丙烯冷凝器冷却水出口阀门全开,提高了冷凝器管束的流速,降低了冷凝器管束腐蚀速率,延长了冷凝器使用寿命。

4.3 通过在丙烯制冷压缩机四段出口增设热旁路及调

调节阀组,可以通过热旁路及时调节丙烯制冷压缩机四段出口压力,不需要人为通过调整丙烯冷凝器冷却水来控制,使系统调整更加快捷,有利于系统的稳定运行。

5 结语

烯烃分离装置有很多使用热旁路控制的控制点,装置对热旁路控制有很丰富的经验。热旁路控制也是在炼油化工行业频繁使用的、成熟的控制方式。装置通过研究热旁路的作用原理,结合烯烃分离现场的实际情况,丙烯制冷压缩机出口可以实现这种控制方式。

参考文献

- [1]马岩, 烯烃分离装置丙烯制冷压缩机的优化操作, 技术应用 (2016) 24-0246-03
- [2]曹蕾、张峰燕、范晓志, 热旁路在精馏塔操作中的应用, 小氮肥 第42卷 第2期, 2014年2月
- [3]赵军, 葛峰, 栗坪, 杨静. 烯烃分离丙烯制冷压缩机出口冷凝器增设热旁路的研究[J]. 石化技术与应用, 2017, 35(6): 71-74.
- [4]陈刚, 李伟, 徐军. 烯烃分离工艺中丙烯制冷系统的改造及性能研究[J]. 油气储运, 2019, 38(5): 534-538.