

一种丙烯球罐停车去功能化的处置工艺

黄毅龙

福建湄洲湾氯碱工业有限公司 福建泉州 362801

摘要: 丙烯作为基础化工原料, 石油化工的基本原料之一, 是生产合成树脂聚丙烯的单体, 也是生产丙烯腈、环氧丙烷、丙三醇、丙酮、苯酚、异丙醇等有机化工产品的原料。应用广泛的同时, 丙烯也属于甲A类易燃介质, 在常温常压下为无色可燃性气体, 微具烃类特有的臭味。气体的比重: 1.46 (空气=1), 熔点: -185.3°C , 沸点: -47.7°C , 临界温度: 91.9°C , 临界压力: 4.6MPa , 在大气中的爆炸极限为 $2.0\% - 11.1\%$ (V/V), 因此去功能化处置的考虑出发点是尽量减少丙烯排入空气中量, 并且在作业的各环节中, 一切预防措施应考虑如何避免形成爆炸气体。

关键词: 丙烯球罐; 去功能化; 液化; 回收

The invention relates to a disposal process for stopping and disabling propylene spherical tank

Yilong Huang

Fujian Meizhou Bay Chlor-alkali Industry Co., LTD., Quanzhou 362801, China

Abstract: Propylene as a basic chemical raw materials, one of the basic raw materials of petrochemical industry, is the production of synthetic resin polypropylene monomer, but also the production of acrylonitrile, propylene oxide, glycerol, acetone, phenol, isopropanol and other organic chemical products of raw materials. Widely used at the same time, propylene also belongs to class A flammable medium, at room temperature and pressure for A colorless flammable gas, with A unique smell of hydrocarbons. Specific gravity of gas: 1.46 (air =1), melting point: -185.3°C , boiling point: -47.7°C , critical temperature: 91.9°C , critical pressure: 4.6mpa , the explosion limit in the atmosphere is $2.0\% - 11.1\%$ (V/V), so the starting point for disabling disposal is to minimize the amount of propylene discharged into the air, and all precautions should be taken to avoid the formation of explosive gas at each stage of the operation.

Keywords: Propylene spherical tank; Disablement; Liquefaction; recycling

一、背景和目标

作者所在企业, 面临入园入区的搬迁问题, 需要对所有在用的设备及管道作彻底的去功能化处置, 以达到本质安全的目的。其中的丙烯球罐, 在早期设计中放空管道未引至火炬燃烧, 所以出于安全考虑, 要求尽可能的回收设备中的物料, 同时避免造成不必要的浪费及环境污染。本文中涉及的丙烯介质设备主要如下: 1000立方的球形储罐3台, 液相丙烯输送泵2台, 以及包含丙烯压缩机(型号: ZW-1.1/16-24, $1.1\text{m}^3/\text{min}$) 2台的槽车装卸装置。其工艺流程见下图1

二、作业思路及方案

整体思路如下: 第一步清空物料: 当三个球罐的丙烯液位下降至零点后, 主装置立即开始停车作业, 停止丙

烯的输送。第二步回收管道内的残余丙烯及球罐内的气相丙烯: 通过丙烯压缩机增压, 再经冷却器冷却后绝大部分丙烯将以液相的形式进入槽车, 达到回收的目的(注: 根据丙烯的蒸汽压图, 可知压力大于 1.6MPa 时, 温度低于 39°C 时, 气相丙烯会冷凝为液相丙烯, 见附件: 丙烯蒸汽压图曲线5)。第三步最终顶部少量无法完全回收的气体通过安全阀出口管线进行放空处理。第四步水置换及氮气吹扫至分析数据合格; 第五步拆除各设备与管道的连接。

由理想气体状态方程式可预估, 可回收丙烯质量, 如下:

由气态方程式 $pV=nRT$,

得出 $m=pVM/RT=(p*V*M) \div [8.314 \times (273.15+t^{\circ}\text{C})]$

m 为质量

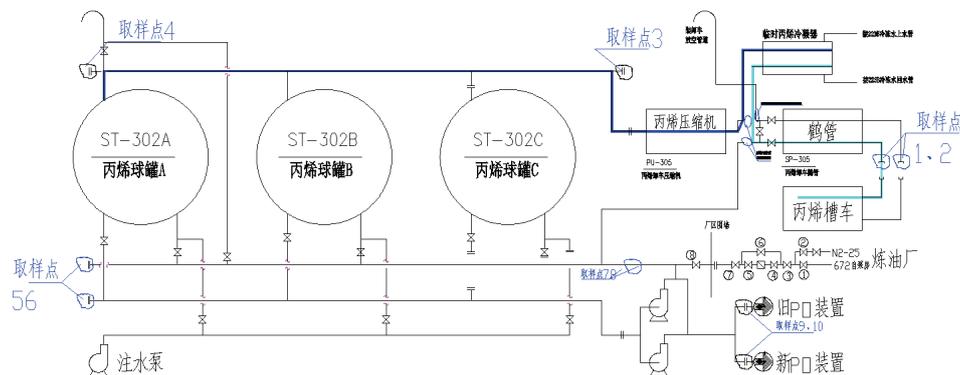


图 1

p 为气体压强
 V 为气体体积
 M 为气体摩尔质量
 t 为气体温度

代入计算可得室温 30 摄氏度时, 丙烯球罐对应的压力为 1.298MPa, 罐内丙烯理想气体质量约 20.60 吨, 最终以 100 方 0.3MPa (约 0.6 吨) 无法完全回收计算, 理论可回收气体约 20 吨

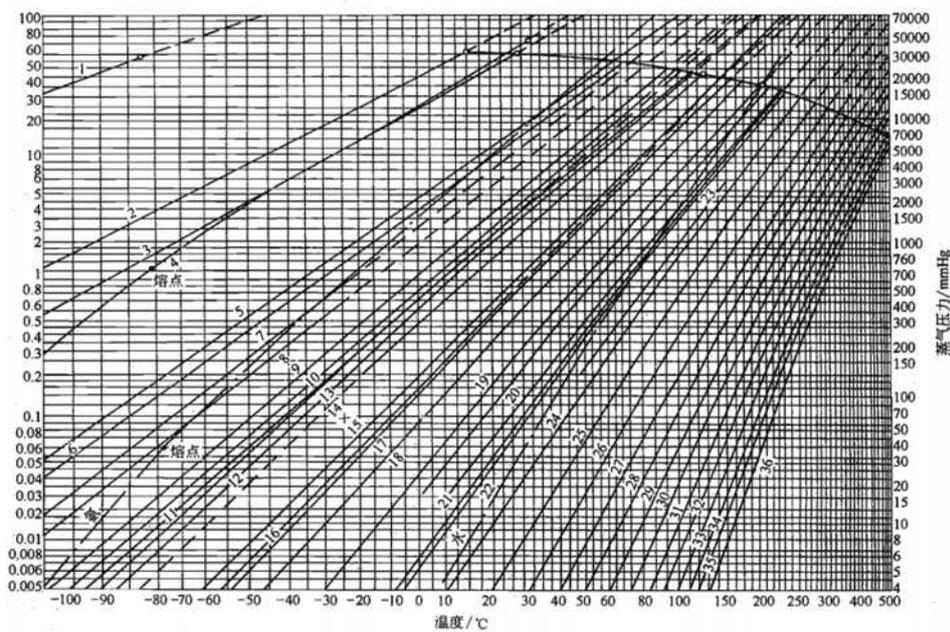


图 21-89 中各类烃的编号

- 烷烃
- 1—甲烷 CH_4
 - 3—乙烷 C_2H_6
 - 6—丙烷 C_3H_8
 - 12—丁烷 C_4H_{10}
 - 9—异丁烷 $i-C_4H_{10}$
 - 17—戊烷 C_5H_{12}
 - 14—2,2-二甲基丙烷 $i-C_5H_{12}$
 - 15—2-甲基丁烷 $i-C_5H_{12}$
 - 19—己烷 C_6H_{14}
 - 18—异己烷 $i-C_6H_{14}$
 - 21—庚烷 C_7H_{16}
 - 20—异庚烷 $i-C_7H_{16}$
 - 23—辛烷 C_8H_{18}
 - 24—异辛烷 $i-C_8H_{18}$
 - 25—壬烷 C_9H_{20}
 - 26—癸烷 $C_{10}H_{22}$
 - 27—十一烷 $C_{11}H_{24}$
 - 28—十二烷 $C_{12}H_{26}$
 - 29—十三烷 $C_{13}H_{28}$
 - 30—十四烷 $C_{14}H_{30}$
 - 31—十五烷 $C_{15}H_{32}$
 - 32—十六烷 $C_{16}H_{34}$
 - 33—十七烷 $C_{17}H_{36}$
 - 34—十八烷 $C_{18}H_{38}$
 - 35—十九烷 $C_{19}H_{40}$
 - 36—二十烷 $C_{20}H_{42}$
- 烯烃
- 2—乙烯 C_2H_4
 - 5—丙烯 C_3H_6
 - 10—异丁烯 $i-C_4H_8$, 1-丁烯 C_4H_8
 - 13—顺-2-丁烯 $ci-C_4H_8$
 - 22—二异丁烯 C_4H_8
 - 25—三异丁烯 C_4H_8
- 炔烃
- 4—乙炔 C_2H_2
 - 8—丙炔 C_3H_4
- 二烯烃
- 7—丙二烯 C_3H_4
 - 11—1,3-丁二烯 C_4H_6
 - 16—异戊二烯 C_5H_8

图 21-89 烷烃、烯烃和二烯烃蒸气压
注: $1\text{kgf/cm}^2=98.0665\text{kPa}$, $1\text{mmHg}=133.322\text{Pa}$

具体操作方案如下:

1.ST-302B、C 的介质清空、回收及水置换。下文以 ST-302B 处置为例进行说明:

(1) 球罐单独出料清空: 切换阀门, 使 ST-302B 只出料, 不授料。其余两个球罐可继续授料但不出料。

(2) 待 ST-302B 液相丙烯出料完后, 立即切换至 ST-302A 继续出料, 并关闭 ST-302B 出料阀门, 使 ST-302B 液相管道与系统隔离开待处理。

(3) 球罐气相丙烯回收: 利用丙烯压缩机, 使气相

丙烯从 ST-302B 顶部抽出, 经过装卸车平台进入 ST-302A 底部。保持球罐 ST-302B 顶部气相平衡阀门状态为开, 并关闭其余两个球罐气相平衡阀门, 启动丙烯压缩机。切换压缩机出口阀门, 使增压后的丙烯气体通过槽车卸车管道进入 ST-302A, 此时球罐 ST-302B 的压力应能缓慢下降。

(4) 气相丙烯回收期间, 往球罐注入高压消防水, 可使回收进程加快。开启 ST-302B 注水阀门, 启动注水泵, 1.9MPa 消防水通过注水管线 (见附图) 进入球罐, 水密度大于丙烯, 水位上升托起丙烯液面上升, 气

相空间变小,球罐压力上升,可以显著加快气相丙烯的回收进程(根据经验数据原先球罐压力由1.2MPa下降至0.3MPa,需要的时间大概为72小时,连抽压边注水可使回收作业时间降低到12个小时左右)。

(5)当消防水上升到上限位后,应立即停止注水泵。期间注意控制球罐内消防水的液位,应避免消防水进入丙烯压缩机内造成设备事故。

(6)球罐压力继续下降,根据压缩机的参数,当ST-302AB两个罐的压差大于0.8MPa时,压缩机效率下降,此时可以开启球罐ST-302B顶部放空阀门对顶部气相丙烯放空处理。

(7)继续注入消防水,至水从球罐顶部流出,球罐水置换完成。

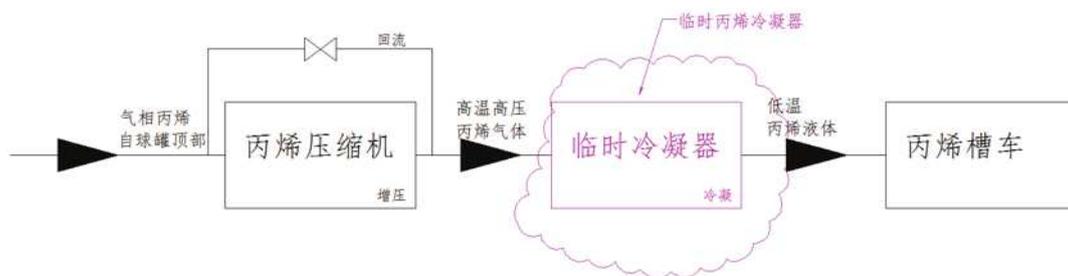
(8)同样思路处理其余两个球罐内介质。

2.ST-302A 气相丙烯的回收及水置换

此步骤是该作业方案的核心,由于丙烯压缩机对丙

烯气体压缩做功,机械能转化为内能,丙烯气体温度升高,分子间间距减少,压力增大,正常工况下的设备出口温度在55~60℃,此时对应的丙烯饱和蒸汽压大于丙烯储罐容器的设计压力(注:一般全压力式压力容器的设计压力取值为该介质50℃时对应的饱和蒸汽压,即2.16MPa),因此只靠丙烯压缩机增压无法达到气相丙烯液化的目的.必须在压缩机出口与回收罐之前增加冷却器,ST-302A液相丙烯清空后。

(1)准备丙烯槽车1部(根据计算30℃下1000立方球罐内压力1.298MPa的丙烯气约20吨,一部55立方的丙烯槽车充装是满足的),在丙烯压缩机与装车鹤管间临时增加换热器一台(注:在此作业阶段时,生产装置已停车,生产装置的丙烯蒸发器经过设计院核算后,并经换热器厂家确认后,可作为临时冷凝器使用,保持原丙烯蒸发器壳程丙烯介质不变,把原管程的蒸汽介质变更为-5℃冷冻水)。



(2)开启管道上阀门,使所有待回收丙烯介质管道与球罐相连通,压缩机出口经过丙烯冷凝器与槽车相接。

(3)启动丙烯压缩机,球罐压力下降,管道内残余液相丙烯慢慢气化,并通过ST-302A顶部气相平衡管进入丙烯压缩机,气体压缩后,温度升高压力增大,高温高压丙烯经过丙烯冷凝器,在冷凝器内降温后成为高压液相丙烯,经由鹤管进入丙烯槽车。

(4)开启注水泵,消防水通过注水管道进入球罐,密度大的消防水充满低位管道及球罐底部空间,高压消防水压缩球罐内气相空间,使球罐压力升高,从而加快气相回收进程。

(5)当消防水上升到上限位后,应立即停止注水泵。期间注意控制球罐内消防水的液位,应避免消防水进入丙烯压缩机内造成设备事故。

(6)保持压缩机运行状态,球罐压力继续下降,当球罐顶部压力不再继续下降时,此时可以开启球罐ST-302A顶部放空阀门对顶部气相丙烯放空处理。

(7)继续注入消防水,至水从球罐顶部流出,球罐水置换完成。

3.介质回收后继作业

回收后,应对设备及管道进行清洗置换直至合格,方能达到去功能化的目的.整体思路如下:断开设备及管道的连接,每个设备分别置换至合格;管道按进料管道、出料管道、平衡管道切分开来,分别接氮气吹扫至合格;尽可能使所有的管道两端对空,不形成封闭空间。

(1)设备以球罐为例:打开顶部放空阀门,顶部剩余的低压丙烯直接放空处置(根据压缩机的参数,理想的进出口压差为0.8MPa,实际操作中,当球罐顶部下降至0.3MPa时,由于前后差压增大,压缩机温度上升明显,说明设备不适合在此工况下继续作业);开启消防水阀门,使水从顶部溢出,排空设备内丙烯气;断开与设备连接的所有管线,通过底部排水阀,排空设备内消防水后,开启上下人孔,并在人孔处接防爆风机,对设备内部进行强置对流,24小时连续空气置换,直至数据合格。

(2)断开球罐与管道的连接分别进行空气、氮气置换;排空管道及设备内消防水。

(3)分别在各介质管道的末端接氮气,开启氮气进

行连续吹扫。

(4) 在各取样点取样分析(见附图1),至丙烯含量低于可燃气体下限20%时,可确认为氮气置换合格。

(5) 拆解各管道法兰,使各设备独立,且不形成封闭空间。

三、作业注意事项

1. 注水泵进水与丙烯压缩机同时作业时应该注意球罐液位变化

丙烯压缩机作为整个作业的核心设备,应考虑到注入的消防水溢流到压缩机内的情况,并尽量避免。往复式压缩机带液危害较大,因为气体是可压缩的,而液体是不可压缩的。当压缩机运转过程中有液体进入压缩机气缸时,液体因不能被压缩,剧烈冲击压缩机阀片,造成阀片等部件的损坏,最严重的后果就是可能造成压缩机压缩部分(活塞杆、活塞体、气缸)永久性的损坏,甚至爆炸等恶性事故。因此在各球罐气相回抽过程中,应该保守估计球罐液位,避免过高的液位使消防水从球罐顶部溢出顺着气相管道进入压缩机,作者在实际操作中是取球罐两组液位计中任意一个超过11.5米或者消防水累计流量值大于900立方,只要有一个条件达到,应立即停止注水。

2. 球罐排水时应注意操作不能使设备在负压下作业

对于内压设备来说,防止其超压是安全生产的必要条件,但在实际使用中往往忽略其承受外压的情况,从而使设备失稳而破坏。如排水期间顶部对空阀门未打开,内压随着水位下降持续降低,外压可能导致设备拉瘪变形,作者所在公司中也出现过由于呼吸阀失效导致低压储罐出料时被抽瘪变形的案例。因此在作业开始前应提前作好作业方案并对相关作业人员作好培训教育。

3. 丙烯压缩机出口流量及压力的控制

气相丙烯冷凝回收过程中,应该关注压缩机出口压力及冷凝器冷凝效果。通过压缩机回流阀门开度,控制出口压力,使稳定在设备最高工作压力之下。作业过程中应通过冷凝器与槽车间的阀门控制冷凝器液位在视镜可视范围内。液位低,气相丙烯流速快,冷凝不完全,进去槽车后,使槽车压力升高;液位过高,气相不能与换热管道充分接触,冷凝速度慢。

四、结束语

此方案的重点在于气相丙烯增压冷凝后回收至槽车内,作者通过此方案,回收丙烯18.48吨,相比作业前理论计算结果20吨,回收效果较为理想,顺利的完成了丙烯系统的去功能化。虽然目标在于储罐的去功能化,但整体思路可用于液化烃类压力容器设备检修前的介质清空置换。

参考文献:

[1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 工业用丙烯: GB/T-7716-2002

[2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 固定式压力容器安全技术监察规程: TSG 21-2016

[3] 中华人民共和国工业和信息化部. 石油化工储运系统罐区设计规范: SH3007-2007

[4] 中国石油化工总公司. 石油化工企业设计防火规范: GB50160-2014

[5] 陈龙俊、黄志斌. 石油化工设计手册, 化学工业出版社[M]. 2009年10月出版

[6] 邱志紧, 王艳, 支淑民, 李玉华. 2000m³丙烯球罐设计研究, 石油工程建设[J]. 1001-2206 (2009) 04-0021-04