

关于空分装置氧气放空量的 优化改造及其对企业效益的提升之论述

王临卫 (山西焦化集团有限公司, 山西 临汾 031600)

摘要: 某化工公司空分装置生产的氧气主要为后工序甲醇转化提供纯度大于 99.6% 的氧气。因为后工序需要的氧气量的多少直接由焦炉气的量来决定, 所以焦炉气量的稳定直接决定氧气用量的情况。近年来, 后工序焦炉气的压力波动对空分装置生产的氧气量造成了一定的损失, 当后工序焦炉气压力满足条件时, 氧气量正常使用不存在损失; 当后工序的焦炉气减少时, 空分装置生产的氧气量会存在一定程度的放空。为了节约公司成本, 本文主要讨论对氧气放空阀的改造内容及过程, 按照装置 $8000\text{Nm}^3/\text{h}$ 的氧气量计算, 装置每小时产出 $8000\text{Nm}^3/\text{h}$ 的氧气需要用电量为 $4600\text{kW}\cdot\text{h}$, 通过本次放空阀的优化改造, 可以通过减少氧气放空量降低企业的生产成本 (减少用电量), 提升企业的经济效益, 减少不必要的浪费。

关键词: 空分装置; 氧气放空量; 改造; 经济效益; 总结

某化工有限公司的空分装置已经达到满负荷状态。随着设备的使用年限变长, 导致设备的出力率低于设计负荷的出力率, 冷冻机、膨胀机、分子筛吸附器等设备的出力率也在不断下降, 最终导致了该系统中压塔的精馏效果下降, 污氮气排放量及污氮中的氧含量不断增加。现在污氮气的排放量为 $13500\text{Nm}^3/\text{h}$, 氧含量在 6% 左右, 而这部分污氮气的作用仅仅部分作为该系统中空气纯化器再生热源的载体间断性使用, 另一方面污氮塔回收部分冷量后采用完全放空的方式进行处理, 所以造成了该装置部分负荷的损失。随着后工序工况的不断改变, 具体指焦炉气的送出不稳定, 无法保证氧气一直处于稳定的流量状态, 为了节约成本, 控制氧气的放空量, 经统筹考虑在该空分装置负荷不变的情况下, 在现有 45PV0102B 与氧气管线三通之前新增一套氧气放空副线。包括一个氧气放空阀 (45PV0102C) 及与此阀门相配套的相关管线。相应修改氧气放空阀控制方案, 具体附后。经过改造使该单套系统在后工序焦炉气气量不稳定的情况下, 将氧气放空量通过本次新增的氧气副线进行微调节, 以此减少氧气的损失, 减少企业的生产成本, 实现企业效益、利润最大化, 同时也可以达到节能减排的目的。

1 空分原理及工艺流程简述

1.1 空分原理简述

空分工作原理采用低温精馏法分离空气, 利用空气中各种组分具有不同的挥发性, 即在同一压力下各组

份沸点的不同 (标准状况下, 氧的沸点是 -182.96°C , 氮的沸点是 -195.8°C , 氩的沸点是 -185.7°C), 进行多次混合液体的部分蒸发与混合蒸气的部分冷凝, 从而达到分离各组份的目的。当液体在中压塔内自上而下在塔板上逐块通过时, 高沸点组分的浓度不断增加, 通过了一定数量的塔板后, 从而在塔的底部就可获得高纯度、高沸点的产品 (液氧 99.6%、液氮 99.99%、液氩 99.999%)。

1.2 工艺流程简述

1.2.1 空分装置工艺流程

$42000\text{Nm}^3/\text{h}$ 空气通过空气过滤器 (F01) 除去尘埃和其他机械杂质后进入空气压缩机 (C01), 空气被压缩至 $0.45\text{--}0.52\text{MPa}$ 、温度为 $80\text{--}100^\circ\text{C}$, 然后进入空冷塔 (E07), 在空冷塔内被喷淋水喷淋和洗涤后, 空气温度降至 $8\text{--}14^\circ\text{C}$ 。从空冷塔出来的空气经过纯化系统 (R01/R02) 清除掉空气中的 H_2O 、 CO_2 、 SO_2 、 SO_3 及部分碳氢化合物。纯化后的干燥空气分六路进入后系统: 第一路直接进入低压板式换热器 (E01.LP) 换热后温度降至 -173°C 的低压液体空气后 (以下简称液空) 进入中压塔; 第二路进入膨胀机增压机继续提压, 压力提至 $0.5\text{--}0.74\text{MPa}$, 经冷却器冷却后, 温度为 $(5\text{--}25)$ 的增压空气经高压板式换热器 (E01.HP) 送入膨胀机 (ET01) 膨胀后进入中压塔 (K01), 第三路作为系统开车期间纯化系统的再生用气; 第四路作为装置空气送管网; 第五路用于系统停车后低温设备及管线的升温复热; 第六路作为空分系统仪表空

气及密封用气。

1.2.2 冷水机组工艺流程

1.2.2.1 制冷工质流程

R134a 制冷剂通过滤网（过滤制冷剂管路内的杂质）后进入 06N 螺杆压缩机压缩，排出的气体制冷剂与油的混物流经一个外部消音器后进入油分离器，（油分离器安装在冷凝器内位于冷凝器的上半部）气体制冷剂在油分离器中分离出油，然后进入冷凝器的下半部，与循环水换热后，制冷剂气体被冷凝并过冷后，液体制冷剂从电子膨胀阀的底部进入，经过节流槽闪发为两相流体液态和气态后，分为两部分，大部分液态和气态制冷剂进入到蒸发器的壳程内循环与从冷冻水泵后来的除盐水进行换热后，制冷剂蒸发为气态，从压缩机的吸气口进入压缩机后进行循环压缩；一小部分液态制冷剂经电机冷却电磁阀进入压缩机内进行冷却，由此实现对电机温度的优化控制。

1.2.2.2 预润滑油泵

冷水机组在回路上安装了一个预润滑油泵，该油泵仅在机组的启动过程运行。30HXY/HXC 型螺杆式冷水机组的油泵安装在从冷凝器（出油接管）到压缩机的管路上，当机组启动时，控制系统首先激活油泵，如果油泵能建立起足够的油压，表明压缩机启动时能够得到足够的润滑，压缩机就能顺利启动，当压缩机开始运行，油系将停止运行。如果油系始终不能建立起足够的油压，控制系统将产生一个报警信息。

1.2.2.3 机组运行后油流程

从压缩机压缩后的气体制冷剂与油的混物流经一个外部消音器后进入油分离器，（油分离器安装在冷凝器内位于冷凝器的上半部）气体制冷剂在油分离器中分离出油，经过油过滤器后，分别进入螺杆式压缩机进行润滑后循环使用。

1.3 主要设备构造原理

两台空冷塔及水冷塔均采用填料塔。填料塔一般由筒体、填料、填料支架、气体及液体分布器、中间支架、再分布器、进出口管及人孔等部件组成。液体通过液体分布器均匀分布在填料顶层，在重力的作用下沿填料表面向下流动，与在填料空隙中流动的气体相互接触，产生传热和传质。

填料是填料塔的核心构件，填料的效率主要取决于填料的流体力学性能和传质性能，而其性能由填料的材质、大小及几何形状来决定。设计中要基于减少压降、增大比面积、增加流体湍动性及填料的润湿性等要求来考虑。填料按其装填方式的不同可分为散堆

及规整型填料，我公司的空冷塔、水冷塔均采用散堆填料，主要因其价格低廉。散堆填料在塔内的装填方法有湿装和干装两种，我公司采用较简单的干装。

分子筛装填在吸附器内，下装铝胶、上装分子筛，使吸附阶段先用铝胶吸附水份，而再生时铝胶内大部分水份直接排放，有利于保护较为贵重的分子筛。电加热器采用三组加热炉丝，可根据再生气不同温度灵活地开启或关闭其中的各组炉丝。

增压透平膨胀机是一种高速转动的机械，机组由增压透平膨胀机主机、供油系统、增压机后冷却器等组成。主机主要由透平蜗壳、机身、增压机蜗壳、转子、可调喷咀、轴承、及密封件等组成。转子是膨胀机的重要部件。转子是由膨胀机叶轮、增压机叶轮、密封轴套、螺帽及主轴组成。可调喷咀是由几个可以转动的喷咀叶片、装有叶片转动轴销的定位盘、活动盘、盖板等零件组成。膨胀机的转子是由轴承来支承的，膨胀机的轴承多数采用径向推力联合式轴承，它是一种非接触式的液体润滑轴承，是依靠转子转动时的动压作用，使转子浮动在轴承上面，依靠润滑油来维持轴与轴承之间的间隙。使轴与轴承不会由于接触而磨损，而且润滑油还冷却轴承，带走主轴因高速转动时与润滑油的磨擦而产生的热量。膨胀机的密封通常采用迷宫密封，即在主轴上或转子的轴套设置锯齿形的密封齿，而在机身上装有相对较软的铅基合金制成的密封件。机身组成了膨胀机的外壳，并提供轴承、密封件、隔板、隔热板等零件的安装场所。膨胀机蜗壳主要是膨胀机工作气体的进口通道，并使膨胀气体均匀地分配给喷咀的各个通道。增压机蜗壳主要是增压机工作气体的进出口通道。

主换热器采用铝制板翅式换热器，能高效换热、温差小，多股流体同时换热，且结构紧凑、重量轻。

分馏塔下塔采用筛板先进行初步精馏，上塔采用高效规整填料进行深度精馏。而主冷处于上、下塔之间，是联系上、下塔的纽带，属高效板式换热器。

1.4 主要介质流

主要介质流向介绍：①富氧液空：从中压塔（K01）下部抽出的富氧液空经过冷器（E03）过冷后进入富氧液空气液分离器（V02）分离成气液两相进入低压塔（K02）中上部参加精馏；②污氮：在中压塔（K01）中上部抽出污氮，经过冷器（E03）过冷后送入分馏塔，另一路去精氮塔冷凝器（E16）；③液氮：在中压塔（K01）顶部分离出的纯氮气被主冷（E02）中的液氧冷凝为液氮，大部分作为中压塔（K01）的回流

液；一部分经过冷器（E03）过冷进入纯氮塔（K03）作为回流液；另一路进板式换热器（E01.HP）复热后送往外系统；④从主冷（E02）底部抽出的液氧分二路送出：第一路直接经过主换热气与空气换热后送往氧气压缩机，送往后工序；第二路经过冷器（E03）过冷后作为液氧产品进液氧贮槽（V40）；⑤从低压塔（K02）上部抽出的污氮气和从主冷（E02）上部排放的不凝气（氮、氦混合气）混合后，依次经过冷器（E03）、主换热器（E01）复热后分三路：第一路去氮气塔冷却循环水；第二路作为纯化系统的再生气；第三路经消音器（S01）放空以稳定低压塔压力。

2 改造过程

2.1 改造内容

在现有 45PV0102B 与氧气管线三通之前新增一套氧气放空副线，包括一个氧气放空阀（45PV0102C）及相关管线，相应修改氧气放空阀控制方案。具体修改方案如下：①自原氧气放空线上引出一条 DN50mm 的放空副线至新增的 45PV0102C，高压氧气通过 45PV0102C 减压后放空至原消声塔；②对原消声塔进行局部改造，在消声塔墙上开孔，将新增的氧气管线引入消声塔，管线末端采用扩散器；③新增氧气放空线、45PV0102C 及阀后至大小头部分的材质均采用镍基合金材料 N06600，大小头后新增管线材质采用 304 不锈钢。新增氧气放空副线及 45PV0102C 如图 1 所示。

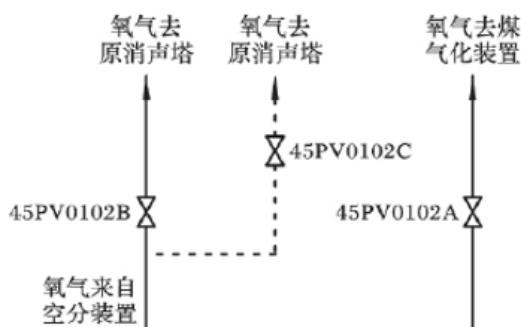


图 1 新增氧气放空副线及副线阀

2.2 施工要点

氧气管道施工应符合 GB16912-2008《深度冷冻法生产氧气机相关气体安全技术规程》，要求内壁光滑无锐边、毛刺和焊瘤，并用内窥镜检查。新增氧气管线、管件应预脱油、脱脂清洗后再进行系统性地脱油脱脂，吹扫洁净，施工完后需确保原有氧气管线和新增氧气管线洁净、无油脂。

①当无特殊规定时，对接焊缝内部质量检测首选射线，当用超声波代替射线时需征得设计和建设/监理单位批准；②螺纹管接头均要求进行密封焊；③

管道安装时应将管道内杂物全部清理干净；④不锈钢管道在进行水压实验时，水中的氯离子含量不得超过 50mg/L；⑤管道敷设时，其对接焊缝不得设在管道支架处。

2.3 控制方案

采用分程控制将 45PV0102C 与 45PV0102B 并联使用，共同控制氧气的放空。45PV0102C 最大放空量按装置最大设计放空量的 10% 设计，即在氧压（表压）4.52MPa 时，45PV0102C 最大流通量为 4820m³/h。在装置正常生产时，氧气放空量低于 4820m³/h，此时由 45PV0102C 调整氧压；装置工况异常或开、停车时，氧气放空量大，此时改由 45PV0102B 控制氧气放空量，稳定装置正常运行。

3 结束语

此次对氧气放空阀的改造，达到了改造的预期效果，在正常生产或者减量生产的情况下，通过 45PV0102C 与 45PV0102B 并联使用，减少了氧气的放空量。经计算得出，每年可节约生产成本 52 万元，切实做到了控制生产成本，提升企业的经济效益，解决了影响生产稳定的瓶颈问题，有效地提高了空分装置稳定运行周期，为企业能在同领域内发展创造更大的价值。

参考文献：

- [1] 胥经辉, 张虎, 武芳. 空分装置汽轮机组在事故状态下的紧急破真空改造方案研究 [J]. 内蒙古石油化工, 2018,44(11):4-6+21.
- [2] 黄江宁. 二氧化碳对空分装置安全运行的影响 [J]. 化工设计通讯, 2018,44(10):99.
- [3] 胡欣, 杨斌. 浅析分子筛蒸汽加热器的改造 [J]. 安徽化工, 2018,44(05):91+94.
- [4] 訾旭华, 贺澎, 张鹏军, 刘维娜. 空分装置机组多控制系统的优化改造 [J]. 仪器仪表用户, 2018,25(11):23-25.
- [5] 刘欣, 田现德, 王超, 徐霞, 梁军, 开效亮. 空分装置电气回路存在问题及改造 [J]. 冶金动力, 2018(09):27-29.
- [6] 曾祥文, 曹镇海, 陈明远, 等. 空分装置低压氧气系统运行改造 [J]. 化肥工业, 2016,43(6):3.
- [7] 管泽玉. 空分装置节能和稳定运行改造 [J]. 河南化工, 2013(11):52-53.
- [8] 冯光. 煤化工空分装置安全运行要点探讨 [J]. 工程技术, 2019(12):279-279.
- [9] 侯海坡. 探讨煤化工空分装置安全运行要点 [J]. 化工管理, 2020(26):2.