

## 关于空分冷量平衡的分析

王钰

国家能源集团宁夏煤业甲醇分公司, 宁夏 银川 750411

[摘要] 在空分运行装置对标实际操作开展过程中, 其定性和定量分析内容具备积极作用, 是影响空分装置冷量的主要因素。文章根据以往工作经验, 对空分冷量来源及损耗进行了总结, 并从提高膨胀机制冷量、提高节流制冷效果、冰机负荷, 降低热交换不完全损失和跑冷损失及其他冷损等三方面, 论述了冷量平衡的优化策略。

[关键词] 空分冷量; 制冷; 冷损

DOI: 10.33142/aem.v1i2.896

中图分类号: TQ116.11

文献标识码: A

### Analysis on the Balance of Air Separation Cooling Capacity

WANG Yu

Ningxia Coal Methanol Branch of National Energy Group, Yinchuan, Ningxia, 750400, China

**Abstract:** In the process of carrying out the actual operation of the standard, the qualitative and quantitative analysis of the air separation unit plays a positive role, which is the main factor affecting the cooling capacity of the air separation unit. Based on the previous working experience, this paper summarizes the source and loss of air cooling capacity, and discusses the optimization strategy of cooling capacity balance from three aspects: increasing the cooling capacity of expansion mechanism, improving the effect of throttling refrigeration, load of ice machine, reducing the incomplete loss of heat exchange, running cooling loss and other cold losses. The optimization strategy of cooling balance is discussed.

**Keywords:** air separation cooling capacity; refrigeration; cold loss

#### 引言

在实际深冷空气分离装置应用过程中, 主要以氧气、氮气等产品生产为主。为了提高气体产品的正常输出, 空分装置中的冷量平衡具备关键作用。尤其是在夏季, 空压机打气量低以及冷量耗损严重等因素影响力巨大, 为了维护设备安全运行, 工作人员可以通过增加冰机制冷, 真正实现系统的冷量充足, 使其达到平衡。

#### 1 空分冷量平衡分析

##### 1.1 冷量产生和损失

在实际空分冷量平衡内容研究过程中, 主要涉及到的内容即冷量产生和消耗, 当实际冷量达到平衡效果之后, 整个冷箱之中的氧液位同样也会处于稳定状态, 并将系统能耗维持在最小状态之下。从以往研究工作中可以看出, 空分冷量主要来源是节流制冷和膨胀机制冷, 常见的损失类型有热交换不完全损失、跑冷损失、液体产品损失等。实际工作开展时, 主要应用的方法为能量守恒定律, 换句话说, 整个系统之中所产生的冷量, 与装置损失的冷量始终保持在相同状态。如果装置自身没有出现冷量损失情况, 制冷设备的作用也无法表现出来。在实际生产工作执行上, 冷量反应特点十分明显, 如果整体液位较高, 制冷量会比冷损量略高, 说明膨胀机负荷较高或节流制冷较好或者各种冷损较低。如果液位低, 说明冷损量比制冷量略高, 说明膨胀机负荷较低或节流制冷较差或者各种冷损较高, 这也是冷量平衡展示的重点内容所在。

#### 2 影响制冷和冷损的因素

##### 2.1 膨胀机制冷

膨胀机对外输出功造成气体的压力、温度降低, 焓值减小, 气体减少了能量, 使它增加的吸热能力, 称为膨胀机的制冷量, 即指它在膨胀过程中对外做功的大小, 等于气体在膨胀过程中减小的焓值<sup>[1]</sup>。影响它的因素有以下几点: 一是膨胀量, 其他参数一定, 膨胀量越大, 制冷量也越大, 即所含能量越多, 经过膨胀释放的能量相应的增加; 二是膨胀端进口温度, 其他参数一定, 进口温度越高, 制冷量越大, 温度越高, 分子运动越剧烈, 相对的焓值就越多, 释放的能量就越多, 当然此温度不能过高, 否则会使得膨胀机超速, 触发转速连锁保护, 另外高换返流冷量较少, 抵换返流冷量就会增加, 出现跑冷情况, 得不偿失; 三是机前压力, 本单位使用增压透平流程, 膨胀端做的功用于增压端压缩空气, 使气体压力升高, 进入膨胀端膨胀做功, 大大增加了制冷量; 四是膨胀后压力, 其尽量低, 则制冷量增加, 因流程为膨胀后气体进精馏塔下塔, 故下降有限度; 最后为膨胀机效率, 其取决于膨胀机内的各种损失的大小, 如流动损失、工作轮轮盘的摩擦鼓风损失、泄漏损失和排气损失。膨胀机制冷占系统制冷量的 70%左右, 平时操作中多为调节回流阀开度, 机组压力, 变化膨胀量和机前压力。

## 2.2 节流制冷

节流制冷就是进入空分装置的高压空气，在系统内经过节流阀、管路等设备后压力降低而温度降低。在节流过程中，气体既未对外输出功，又可近似看成与外界没有热量交换的绝热过程，根据能量守恒定律，节流前后的流体内部的焓应保持不变。即靠分子运动的动能的减少换取了压力减小后分子相互作用的位能的增大，而分子运动的动能的减少体现在温度的降低。在前面机组压缩时，其压力增加，但温度不变，实际就是冷却水带走大部分焓值，故其冷量只是机组冷却水带走所减少的能量的反应<sup>[2]</sup>。

影响节流温降效果的因素如下：对于空气来说，一是节流前的温度，其越低，则温降效果越好；而是节流前后的压差越大，温降越大。故在平时，要适当提高机组压力，降低冷却水温度，使得其进口温度降低，压力较高，增加节流效果。

## 2.3 冰机制冷

本装置在预冷系统冷冻水泵后增加一套冰机，其主要用来降低冷冻水温度，进而使得空冷塔出口温度降低，以提高吸附净化效果。冰机的增加可使得节流制冷和膨胀机制冷的负荷降低。冰机的制冷量是指在单位时间内从冷冻水带走的热量的多少。它以氟利昂为制冷剂，在压缩机中将气态制冷剂压缩至高温高压，然后通过冷凝器降温，此处与之换热的是冷却水，其水量大小可通过旁路调节，为之后的节流做准备，在通过节流阀降温至液态，进而在蒸发器中为冷冻水降温，制冷剂又蒸发吸热为气体，继续进入压缩机循环。

一般冰机设计选型时冷量余量足够，故在冬天要关小冷凝器处冷却水旁路，减少水量，防止冷冻水温度过低；在夏天气温较高，要将凝汽器旁路开大，增加水量，降低冷冻水温度。

## 2.4 跑冷损失

透过冷箱的保冷层，周围大气传递给冷箱内低温设备及管道的热量，即相对冷箱而言损失了的冷量，即为跑冷损失。空分设备内部均处于低温状态，虽然在冷箱内充填有绝热材料，但由于外部环境温度较高，或多或少会有热量传到内部，如果要保持内部温度稳定，就要消耗同等数量的冷量。对于跑冷损失，一定要保证冷箱内的死角位置保冷材料是否充满，设备运转后保冷材料是否下沉，平时要通入干燥的污氮气，维持冷箱内部微正压，防止外部湿空气进去，保冷材料受潮结冰等，另外要做好冷箱的密封。本单位装置在西北，夏季温差较大，跑冷损失会增加，故在设计初对冷箱大小要有较充足的余量。

## 2.5 热交换不完全损失

低温气体离开冷箱时，在理想状态下它应复热到正流工质进去冷箱的温度，这样冷量可全部回收，但由于存在传热温差，在换热器热端，复热工质不能达到正流工质的进口温度而带走的冷量损失，即热量不能充分回收。热端温差越大，复热越不足，未被利用的冷量就越多，故热交换不完全损失与热端温差成正比<sup>[3]</sup>。

引起热端温差增加的原因有：霜冻集聚在换热器通道中，使传热不良；进口空气的温度过高，换热器的热负荷过大，传热面积不足；正反流气体的比例失调，导致某一组的热端温差增大。故在平时操作中，要合理分配正反流气体，使得各组的温差相对平均；控制进口温度不可过高，可通过调节冷却水温度和流量降低空冷塔空气出口温度，确保分子筛正常吸附，再生时冷吹峰值合格。

需重点提到的是确保纯化分子筛的操作要得当。纯化主要去除空气中的水、乙炔和二氧化碳，若进口空气中带水、温度过高或分子筛再生不好，则分子筛吸附水、乙炔和二氧化碳的能力会急剧下降，使其进入板换，在低温下冻堵换热器通道，使换热器换热面积减少，热端温差增大，故在平时要勤查二氧化碳及蒸汽加热器水分分析仪，定期质检部门做手动样，机组减负荷要缓慢，平时仪表要定期检查空冷塔液位计，避免频繁启停水泵，循环水加药要控制速率，注意空冷塔阻力的变化，分子筛再生时要确保蒸汽温度和压力达标，冷吹峰值合格。

## 2.6 其他冷损

其他冷损有主冷向储槽充液带走的冷损和发生泄漏时的冷损。当主冷高时，可进行充液备用或销售，当主冷低时要及时停止充液。对于泄漏要注意平时巡检，对于冷箱要定期在人孔做氧含量分析，注意冷箱基础温度的变化和现场冷箱有挂霜的情况。

## 3 总结

综上所述，在整个空分装置运行和冷量平衡因素分析之中，相关工作人员需要将具体冷量平衡方法在操作中具体应用，为后续能量和物料平衡操作创造有利条件。具体操作时，要根据具体工况具体分析，让空分冷量平衡分析得到进一步完善。

### [参考文献]

- [1]王夫龙,刘家海. 优化操作降低空分设备运行能耗[J]. 深冷技术, 2010, 4(1): 15-18.
- [2]雷晨. 空分装置离心式空压机空气管道设计[J]. 冶金动力, 2012, 2(1): 35-56.
- [3]王甲峰. 空分设备冷箱内管道设计研究[J]. 云南化工, 2016, 8(4): 454-456.

作者简介：王钰(1989-)，本科学历，助理工程师职称。