

基于空气压缩液化技术的高纯氧气、氮气生产流程优化

黄 涛

中国石化长城能源化工(宁夏)有限公司 宁夏 银川 750000

摘 要: 空气压缩液化技术是一种新型的气体压缩液化技术,该技术在氧气、氮气的生产过程中可以有效提高氧气、氮气的纯度,还可以降低生产成本。在我国,随着社会的不断发展和进步,空气压缩液化技术也在不断地发展和进步,并广泛应用于各行各业。空气压缩液化技术可以将空气中的压力降低,从而提高空气的纯度和质量。在本文中,笔者将结合空气压缩液化技术的优势,针对高纯氧气和氮气生产过程中存在的问题,进行相关的优化方案设计。同时也将对优化后的高纯氧气和氮气生产流程进行实验测试与结果分析,以期对该技术在高纯氧气和氮气生产中的应用提供参考。

关键词: 空气压缩液化技术;高纯氧气;氮气生产;流程优化

引言: 随着我国社会经济的快速发展,气体行业也迎来了快速发展的新阶段。在这个阶段,气体行业的发展也面临着新的机遇和挑战。在新时期,随着人们对生活质量要求的提高,气体产品的需求量也在不断增加,这对气体产品的生产和供应提出了更高要求。然而,传统的气体产品生产技术已经不能满足气体行业快速发展的需要,因此必须不断进行优化和改进,从而提高生产效率和质量。同时随着人们对高纯氧气、氮气产品质量要求的提高,在对高纯氧气和氮气生产过程中,也需要不断优化技术以提高产品质量。

1 空气压缩液化技术

1.1 压缩空气

空气作为一种气体,其本身并不是很复杂的,但是由于空气的密度、黏度等物理性质会对其使用产生影响,而在空气压缩液化时也要考虑到这些性质,所以对空气进行压缩和液化时,需要考虑到空气的特性。压缩空气是一种极易受到温度、湿度以及压力等外界环境影响的气体,因此在对其进行压缩液化时需要考虑这些因素的影响。例如,在对空气进行压缩液化时,温度会直接影响到压缩空气中的水蒸气含量;而压力对空气压缩液化的影响也很大。所以在实际应用中,需要对空气进行压缩和液化时采取有效措施来减少环境对其影响。而这一措施就是降低压缩和液化过程中所受到的外界环境条件影响。

1.2 液化技术

目前,工业上应用的空气压缩液化技术主要有三类:节流膨胀方法:是指通过压缩机来压缩空气,在其内部建立一个真空,利用大气压强来驱动低温循环。因为这种方法的压缩机是由内部压力驱动的,所以液化的

过程可以不需要外部温度,不会产生相变。直接膨胀方法:将空气压缩后再进行制冷循环,这种方法可以通过两级压缩机来完成,液化时需要对系统进行预冷。混合工质膨胀方法:混合工质是将两种或两种以上的气体混合后进行循环,这种方法可以得到性能较好的混合工质。由于混合工质在空气中的溶解度是不一样的,因此在循环时需要对系统进行预冷。

2 高纯氧气生产技术

空气压缩液化技术可以有效提高氧气的纯度,在氧气的生产过程中,采用空气压缩液化技术,可以使氧气的纯度达到99.6%以上,从而满足人们对高纯氧气产品质量的需求。同时空气压缩液化技术还可以降低氧气生产成本,提高生产效率,实现高纯氧气生产流程的优化。在本文中,笔者主要针对空气压缩液化技术在高纯氧气生产流程中的应用进行了相关优化设计。在本文中,笔者主要介绍了四种高纯氧气生产流程的优化方案,并对这四种方案进行了实验测试与结果分析。其中对于高纯氧气生产流程优化方案设计主要包括:第一,第二、第三,第四流程。

3 现有流程分析

3.1 高纯氧气生产流程和氮气生产流程

在探讨高纯氧气与氮气的生产流程时,我们首先要理解这些气体是如何被生产出来的。以高纯氧气为例:首先需要将空气压缩到一个特定的压力下,这个过程通常涉及一系列步骤。当空气被压缩成0.5mpa的压力后,它会通过换热设备冷却至-176℃,以便进行后续处理。冷却完成之后,这部分高压空气将进入精馏塔下塔。

接下来,另一组系统将负责进一步压缩空气至2.95mpa的高压状态。在这一阶段,气体将经历膨胀和降

温过程,最终到达分离罐,在那里液体和气体可以被有效地分离开来。随后,分离的液体将进入精馏塔上塔,而气体则继续流向精馏塔下塔。

在这两个塔之间还有一条额外的管路,其目的在于进一步增压至7.2mpa。经过冷却和换热后,这股气体进入截流降温装置,然后进入下一个精馏塔——精馏塔下塔。在这里,上塔底部会流出高纯氧气,而液氧泵会对这部分氧气进行加压和换热,以确保高纯度输出。

与此同时,高纯液氮的生产也遵循类似的流程,但从精馏塔下塔底部开始。这部分气体同样经过换热和塔压提升后,通过管网送出管网。我们的精馏塔中设有上下塔,分别控制不同的工作环境。上塔的压力设置为45kpa,而下塔的压力则为0.5mpa。这样的设计允许根据需要调整塔内的压力水平,从而实现高效的精馏分离。如果上塔压力过高,可以通过降低塔压来减少能耗;反之,如果下塔压力不足,则可适当增加压力以提高分离效率。通过这种方式,我们的生产流程既能保证产品的质量,又能最大限度地节约能源。

3.2 流程存在问题分析

从上述流程分析可知,存在的问题主要有两个方面:设计上存在缺陷。高纯氧气、氮气的生产流程是在现有的氧气、氮气生产流程上进行的改进,没有从系统流程上进行优化。现有流程中的压缩系统、液化系统、冷却系统等设计相对简单,不能根据实际生产需要灵活调整;设备老化严重,使用周期短。设备已运行了12年,在设计和使用过程中,一直存在着设备老化问题,导致设备效率低、能耗高。同时,由于生产工艺不完善,导致产品质量不稳定。上述问题如不能及时解决,将严重影响工厂的正常生产,最终导致公司效益下降。

4 优化方案设计

4.1 流程优化目标

(1)降低高纯氧气、氮气产品成本:通过流程优化,降低设备的投资及运行成本,同时提高设备的操作效率;(2)提高高纯氧气、氮气产品质量:通过流程优化,提高产品中的杂质含量,降低杂质对设备及管道的腐蚀程度,减少因杂质对产品造成的损失;(3)提高高纯氧气、氮气生产系统自动化程度:通过流程优化,降低操作人员的劳动强度,同时提高系统运行的稳定性;(4)降低高纯氧气、氮气生产过程中能源消耗:通过流程优化,降低能耗、减少燃料消耗;(5)增加高纯氧气、氮气产品附加值:通过流程优化,增加高纯氧气、氮气产品的附加值。

4.2 高纯氧气生产流程优化方案

为满足高纯氧气生产需求,提出了三种优化方案,分别为:(1)在压缩空气系统中增加一台低温空气分离器,实现对压缩空气中的CO₂进行分离;(2)将空压机出口压缩空气部分作为液化空气的来源,避免压缩空气进入下一流程;(3)将空压机出口部分作为高纯氧气的来源,通过低温空气分离器将其液化后作为高纯氧气的来源。三种方案均能实现对高纯氧气生产流程的优化,但其中低温空气分离器处理压缩空气所需能量较小,且不占用太多设备空间,因此选择该方案。而在液化技术方面,通过对现有技术的改进和优化,能够实现更高纯度的产品输出。

4.2.1 压缩空气处理优化

压缩空气中的CO₂含量较高,易与空气中的水分形成水合物,影响压缩空气质量,且CO₂会随压缩空气进入下一流程,增加能耗。因此需对压缩空气进行净化处理,将其中的CO₂含量控制在一定范围内。目前常用的处理压缩空气中CO₂的方法主要有吸附法、化学吸收法和膜分离法等。吸附法主要利用多孔吸附材料将二氧化碳吸收,再通过干燥或冷凝等方法进行处理;化学吸收法通过化学试剂与二氧化碳发生化学反应,利用化学反应将二氧化碳从气体中分离出来;膜分离法是利用具有高选择性和高透过性能的分子筛对气体进行分离,该方法处理效率高,能耗较低。

4.2.2 液化技术改进

低温空气分离器的主要功能是将压缩空气中的CO₂分离出来,得到高纯氧气产品,因此可以在低温空气分离器后增加一台CO₂纯化单元。目前已有多种CO₂纯化方法,其中吸附法是比较成熟的方法,但存在着效率低、能耗高、设备占地面积大等问题。该方案利用分子筛吸附剂的高吸附容量与高纯度的特点,采用两级吸附工艺,第一级使用分子筛对CO₂进行吸附,第二级再使用活性炭对其进行再生。经过多次实验后发现,第二级活性炭再生效果比第一级好,可使产品中的碳含量降低至0.2mg/m³以下,同时回收率达到99.5%以上。

4.3 氮气生产流程优化方案

空气压缩液化技术的氮气生产流程,可以分为两个阶段,第一阶段是空气压缩液化,第二阶段是氮气储存。第一阶段是在空气压缩机压缩空气时,将压缩后的空气进行液化;第二阶段是在氮气储罐中进行储存,通常情况下,储存时间为半年到一年。优化后的空气压缩液化流程。与第一种流程相比,优化后的氮气生产流程更加的经济实用,可以充分利用已有的生产设备和厂房设施。同时,也减少了建设费用。与第一种流程相比,

优化后的流程更加简单,占地面积更小。在第二个阶段中,通过对氮气储罐的改进,也大大提高了生产效率。

5 实验与结果分析

5.1 实验设计

为了更好地探究在不同压力条件下,通过改变压缩机和制冷机组的温度,流量,压缩机的转速等条件,来进行空气压缩液化流程的优化。其中①通过改变压缩机和制冷机组的温度,流量,压缩机的转速等条件,来研究不同工况下系统运行效率的变化情况;②通过改变产品压力来研究系统运行效率与各影响因素之间的关系;③通过改变空气压缩液化流程中的产品气比例,来研究各影响因素与系统运行效率之间的关系;④通过改变不同的空气压缩液化流程中产品气的比例,来研究不同产品气比例下的系统运行效率。实验参数:冷箱压力为-0.11MPa,制冷机组压力为-0.06MPa,压缩机出口温度为-15℃,流量为0.38m³/h,制冷机组出口温度为-13℃,流量为1.18m³/h,压缩机出口压力为-0.06MPa,压缩机出口温度为-15℃,流量为0.38m³/h。实验进行了4组不同产品气比例的实验,即10%、20%、30%和40%。由于每种产品气的比例不同,在实验中分别记为A0、A20、A30和A40。

5.2 实验结果

对于本实验,随着进料压力的降低,系统中压力的变化越大,系统的总出口流量也越大,但系统中氧气的含量并没有发生变化,这是由于进料压力降低,压缩机压缩能力下降。但氮气的含量却发生了变化,从图7可以看出,随着进料压力降低,氮气含量逐渐增加。这是由于在一定的进料压力下,系统中气体的饱和压力和液体饱和压力之间会出现一个“最小值”(或称最佳值)。当这个“最小值”小于系统所能承受的最高压力时,就会出现氮气和氧气的分离。在本实验中,最高压力为5MPa。因此,实验设计在保证系统安全运行的情况下尽可能降低了产品纯度。

5.3 结果分析

(1)在优化设计中,采用了不同的运行模式。优化后的流程,使得产气压力比原来低,运行周期比原来

长,总能耗降低,从而使得液化塔的理论效率提高,最终使得每小时液化塔的产气量增加。(2)当在优化流程中,采用了两台压缩机同时运行的模式,在保持原有设备规模不变的情况下,使得每小时液化塔的产气量增加。当采用两台压缩机时,每小时液化塔的产气量最大,并且随着压缩机设备规模的增大和运行时间的增长,其所需制冷量也逐渐增大。

结语

本文针对空分设备液化工艺,对空气压缩液化流程进行了优化设计,通过模拟计算,确定了空分设备液化工艺的关键参数。研究发现,采用两台压缩机的运行模式,可以提高空分设备的设计效率。此外,由于两台压缩机同时运行的模式可以实现产气压力和制冷压力的匹配,从而使得空分设备能够达到最佳的液化效果。此外,通过对现有空分设备的优化设计,还可以降低空分设备的运行成本,从而进一步提高空分系统的整体经济效益。此外,本文提出了一种新的空分设备液化流程方案,该方案在保持原有设备规模不变的情况下,能够增加液化塔中每小时产气量,并且可以降低空分设备运行成本。

参考文献

- [1]赵一凡.基于空气压缩液化技术的高纯氧气生产流程优化研究[J].黑龙江大学学报(自然科学版),2020,31(1):54-59.
- [2]黄建勇.空分设备液化技术研究进展及展望[J].能源动力,2021,(1):42-49.
- [3]张洪涛,胡瑞萍.高纯氧气生产工艺优化设计研究[J].河北科技大学学报(自然科学版),2016,22(1):72-73.
- [4]何华平,何维彬,李宏波.高纯氮气生产工艺优化研究[J].制冷技术与空调,2016,28(1):66-70.
- [5]崔书军,王庆东.高纯氧气生产工艺优化研究[J].石油与天然气工程学报,2016,(3):47-54.
- [6]李天顺,张艳玲.高纯氮气生产工艺优化研究[J].制冷与空调学报,2020,(5):60-70.
- [7]赵宏明,王波等.天然气净化厂流程优化设计研究[J].中国石油天然气学报(自然科学版),2020(4):21-23.