

大型空分设备制氩系统调试体会

杨秉彪¹, 王立², 岳献芳³

(1. 酒钢动力厂制氧部, 甘肃省嘉峪关市雄关东路 12 号 735100;
2、3. 北京科技大学机械工程学院热能工程系, 北京市海淀区学院路 30 号 100083)

摘要: 结合 21000m³/h 空分设备制氩系统调试中的操作经验, 重点介绍了制氩系统投运的时机、关键参数的调整以及投运中的注意事项, 并对临时停车后制氩系统工况的快速恢复、主塔和氩塔的相互关系、分子筛纯化系统切换对精馏工况的影响以及液空液位调节等方面进行逐一分析。

关键词: 大型空分设备; 制氩系统; 全精馏无氢制氩; 操作

中图分类号: TQ116.43 **文献标识码:** B

Debugging experiences of large scale air separation plant argon producing system

Yang Bing-biao¹, Wang Li², Yue Xian-fang³

(1. Oxygen Producing Division, Jiugang Power Factory, 12 Xionguang East Road Jiayuguan 735100, Gansu, P. R. China; 2、3. Thermal Engineering Department, College of Mechanical Engineering, University of Science and Technology Beijing, 30 Xueyuan Road, Haidian District, Beijing 100083, P. R. China)

Abstract: Based on the debugging experiences in a 21000m³/h air separation unit argon producing system, the commissioning opportunity, the adjustment of key parameters and the cautions during commissioning in an argon producing system are emphatically introduced. Technical analysis has also been made in the following aspects: the quick recovery of argon producing status after temporary shutdown, the relationship between main column and argon column, the effects of molecular sieve purification system on operation conditions of distillation, and the level regulation of liquid air.

Key words: Large scale air separation plant; Argon producing system; Complete-distillation hydrogen-free argon recovery; Operation

前 言

酒泉钢铁集团有限公司(以下简称:酒钢)3套21000m³/h空分设备建设工程于2003年开始论证,2004年初开始开工建设。2004年12月7日,第一套空分设备一次开车成功并生产出合格氧气,12月12日,生产出合格氩气;2005年8月23日,第二套空分设备一次开车成功并生产出合格氧气,

一周后调试出合格氩气;11月30日,第三套空分设备一次开车成功并生产出合格氧气,一周后生产出合格氩气。12月12日,3套空分设备成功并网。

酒钢技术人员在空分设备调试过程中,结合设备实际情况,对制氩工艺进行了长时间的摸索,积累了一定的操作经验。从目前运行情况看,3套21000m³/h空分设备的制氩系统运行比较稳定。

收稿日期:2007-12-24;修回日期:2008-01-12

作者简介:杨秉彪(1974—),男,制氧工程师,北京科技大学热能系在读博士,1998年毕业于北京科技大学动力与制氧专业,现为酒钢动力厂制氧部制氧工艺责任工程师。

1 制氙系统流程简介

21000m³/h 空分设备采用分子筛吸附净化、增压透平膨胀机、上塔采用规整填料塔、全精馏无氢制氙和氧气外压缩流程。

从上塔抽出氙馏分气体约 24220m³/h, 氙含量为 7%~11%、氮含量小于 0.06%, 氙馏分直接从粗氙塔底部导入。粗氙塔底部排出的粗液氙经粗氙泵加压到约 0.866MPa 后直接进入粗氙塔上部作为回流液。粗氙气自粗氙塔顶部排出, 从粗氙塔底部导入。粗氙冷凝器采用过冷后的液空作冷源, 上升气体在粗氙冷凝器中被冷凝, 大部分返回粗氙塔顶部作为回流液, 其余约 765m³/h 的粗氙气 (其组分为 98%~99%Ar, 2×10⁻⁶O₂) 被导入粗氙液化器进行液化, 然后进入精氙塔中继续精馏。

粗液氙从精氙塔中部进入, 与此同时精氙塔蒸发器利用下塔顶部来的压力氮气作为热源, 促使精氙塔底部的液氙蒸发成上升蒸汽, 而氮气被冷凝成液氮后节流, 返回上塔。来自液氮过冷器并节流的液氮进入精氙冷凝器作为冷源, 使精氙塔顶部产生回流液, 以保证塔内的精馏, 使氙、氮分离, 从而在精氙塔底部得到纯液氙。

纯液氙经低温输液管排入液氙贮槽; 或者由旁路经中压液氙泵加压到 3MPa, 汽化回收冷量后送用户管网。

2 制氙系统调试经验

2.1 全精馏无氢制氙系统的启动

全精馏无氢制氙系统的启动时间比传统加氢除氧制氙系统的启动时间要长得多, 从投运粗氙塔到生产出合格的纯氙产品大约需要 50 小时, 甚至更长。这是因为氧和氙的沸点比较接近, 要建立稳定的氧、氙精馏工况的时间比较长, 而且在这个过程中还必须排除氮的干扰。全精馏无氢制氙系统的启动大致可分为粗氙塔的启动和精氙塔的启动两个阶段。

2.1.1 粗氙塔的启动

在主塔、制氙系统全面冷却结束后, 主冷液氧达到设计液位的 2/3 左右时, 根据主塔精馏工况及时投运制氙系统。粗氙塔投运一般应具备以下 4 个前提条件:

(1) 主塔工况基本稳定。主塔工况稳定是粗氙

塔投运和调整的基础, 从理论上讲, 适当降低液空的氧含量, 有利于氙气的提取;

(2) 产品氧、氮的产量及纯度达标且稳定, 氧纯度要达到 99% 以上;

(3) 冷量充足, 也就是主冷液氧液位稳定;

(4) 可以加大膨胀机制冷量。

以上 4 个条件具备后, 逐渐增大液空去粗氙冷凝器的量, 即增大粗氙冷凝器热负荷。为了降低上塔的分离负荷, 提高精馏效率和便于对粗氙冷凝器负荷的调整, 一般把液空的氧含量控制在 38% 左右。随着粗氙冷凝器热负荷的增加, 氙馏分的取出量增大, 直至达到设计流量。检查氙馏分的氙含量是否在 8%~10% 之间, 如不在其范围内, 调整氧、氮产品和液氮调节阀, 使之达到上述值。

另外, 上塔压力的波动也会造成上塔富氙区的移动, 尤其是分子筛吸附器切换引起的上塔压力波动对上塔精馏工况的影响非常大。不同类型的空分设备受影响的程度有所不同, 调整手段也因之不同。酒钢空分设备在分子筛吸附器均压时, 采用了梯级控制手段来减少分子筛纯化系统切换对精馏工况的影响, 在 10%~100% 的均压时间段内, 阀门开度分别按照 20%、22%、24%、27%、32%、39%、44%、49%、54% 和 56% 的开度设定 (见表 1)。在采取上述控制手段后, 主塔压力波动范围非常小。

表 1 均压阀开度随均压时间的变化情况

均压时间	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
阀门开度	20%	22%	24%	27%	32%	39%	44%	49%	54%	56%

投运制氙系统时, 视粗氙塔底部的液位情况调整制氙系统工况: 当液位达到 500mm 左右时即可预冷粗液氙泵; 液位超过 800mm 便可启动粗液氙泵。刚开始应全开粗液氙泵回流阀, 使全部液体从旁路回到粗氙塔。否则大量的液体突然回流到上塔, 必然会引起上塔工况的剧烈波动, 从而不但影响主塔精馏工况, 同时也影响制氙系统的运行。待粗液氙泵运行稳定后, 逐渐关小回流阀, 将液体向粗氙塔输送。通过液空阀门缓慢调节液空进粗氙冷凝器的量, 同时打开粗氙排放阀排放气体。此过程中阻力逐渐上升, 说明正常精馏工况正在建立。当氙馏分和粗氙放空的流量都调至正常流量的 2/3 左右时, 将粗氙塔底部液位投自动调节。有

些单位在主塔冷却过程中,为了尽快出氧,没有对制氩系统进行冷却,而是在出氧后才逐渐对制氩系统进行冷却,这样不但浪费能源,而且制氩系统冷却以及投运过程对主塔精馏工况影响较大。

尤其要注意的是,在粗氩塔的启动过程中,必须使氩馏分的氧含量保持在 93%~95%,以避免过多的氮气进入粗氩塔引起氮塞。随着氩的聚集和氮的排除,粗氩塔顶部的氧含量缓慢下降,氧含量降至 20%左右时,表明粗氩塔中聚集有较多的氩,此时就可逐步减少粗氩塔的排气量,排放流量可调至原流量的 1/3。同时逐渐打开回流阀,调整粗氩塔的状况,初步建立起阻力、压力等稳定的参数。

当粗氩塔顶部的氧含量降至 5%时,表明在粗氩塔的氩含量接近正常值,同时粗液氩泵的出口压力也接近正常值。此时为了排除粗氩塔里的氮,防止过多的氮聚集在粗氩冷凝器,占据粗氩冷凝器氩侧的换热面积,可以适当增大粗氩气的放空量,确保主塔和粗氩塔精馏工况的稳定;氩馏分的纯度可适当降低,但必须保证其氧含量不得低于 91%,以防止过多的氮进入粗氩塔。氩馏分中的氩只有一部分作为工艺粗氩被提取,其余经过精馏后返回主塔,所需氩馏分量约为粗氩量的 35~40 倍。当粗氩塔顶部的氧含量降至 2%时,表明粗氩塔启动基本结束,可以投运粗氩塔。

2.1.2 精氩塔的启动

与粗氩塔的启动相比,精氩塔的启动要简单得多,因为它只是建立单纯的除微量氮的氩、氮精馏工况。在粗氩冷凝器出口粗氩的氧含量降至 100×10^{-6} 左右时,即可准备精氩塔的冷源和热源。当氧含量降至 10×10^{-6} 以下时,即可慢慢打开粗氩气进精氩塔阀,以冷却精氩塔,同时逐渐关小粗氩气放空调节阀。大量的调试实践表明,精氩冷凝器的压力控制在 53~60kPa 时可初步建立氩、氮精馏工况。当粗氩气中氧含量降至设计值 2×10^{-6} 时,可将粗氩气全量导入精氩塔,同时关闭粗氩气放空调节阀。如果液氩中氮含量超标,可增大精氩蒸发器热源——氮气的流量,使精氩塔底部的氮尽量蒸发后通过余气放空阀放空。

2.2 操作要领

(1) 引起主塔工况变化的最主要原因是分子筛纯化系统切换引起压力波动,可以采取在切换时加

大空气量或者采取阀门梯级控制等手段,尽可能保持主塔工况稳定。

(2) 在对粗氩塔进行纯度调节时,一定把主塔和粗氩塔视为一个整体来考虑,粗氩塔的每一步调节都要稳、要慢,每个阀门调节后要等 10~30 分钟左右的时间观察工况变动趋势。粗氩塔和主塔工况都要认真观察,然后再采取下一步调节手段。在对粗氩冷凝器热负荷进行调整时,液空液位高度不宜过高。液位过高,粗氩冷凝器底部压力提高,对应的饱和温度升高,换热温差减小,热负荷减小;反之,液位过低,换热面积减少,热负荷同样减小。在实际操作中,要针对设备运行情况,摸索一个合适的液位值,一般而言,此值应该在设计值附近。

(3) 在空分设备临时停车时,粗氩塔内的液体会聚集在粗氩塔底部,这部分液体的氩浓度极高,是以前花了大量时间才积聚起来的,在后期开车过程中,采取措施处理好这部分液体会大大缩短再启动时投运制氩系统的时间。空分设备停车时可同时停止精氩塔、粗氩塔和主塔工作。整个停车过程要尽可能快,尤其是循环液体泵,一定要及时停止其运转,防止将大量粗氩塔底部液体转移到主塔,浪费资源。操作中也可先停粗氩塔再停主塔,但不要打开粗氩排放阀,避免在停车过程中主塔精馏工况不正常后氮组分进入粗氩塔。

(4) 下塔底部液位由液空进上塔节流阀 V1 进行调节和控制,而粗氩冷凝器液位由液空进粗氩冷凝器阀 V701 进行调节和控制。全精馏无氩制氩空分设备对 V1、V701 阀的选型和其 PID 参数的调整提出了更高的要求,使下塔和粗氩冷凝器液位保持稳定。由于这两股液空都来自下塔底部,有时任何一个小的变化引起其中一个阀门动作都可使另一个阀门发生连锁反应,产生震荡,从而使运行工况偏离正常操作参数,如不及时处理就会引起粗氩冷凝器氮塞。

3 经验教训

(1) 粗氩塔在投入初期,时间非常长,而且工况相当不稳定,脱氧困难。原因是投运粗氩塔的时间不对。因为粗氩塔与上塔联系紧密,而刚开始氩馏分中氮含量较高,在操作中过早地投运粗氩塔,会导致粗氩冷凝器的温差较小,氩馏分抽取量和粗氩塔阻力不稳定,液空汽化后回主塔量也不稳定,

会严重地影响主塔精馏工况。后来选择氧纯度在 99.2% 以上时才投运粗氩塔。

(2) 如果粗氩冷凝器氩侧氩馏分氮含量高, 就会使氮聚集在粗氩冷凝器, 不能液化而形成氮塞。这种情况出现时, 粗氩冷凝器的换热温差缩小, 粗氩气冷凝量减少, 粗氩塔阻力降低, 粗氩冷凝器液空不能蒸发而导致液位上涨。

发生氮塞时应采取以下措施: 关小粗氩冷凝器液空注入阀, 以降低粗氩冷凝器液空液位; 减少产品氧气取出量, 提高氩馏分氧含量, 有利于粗氩冷凝器排氮和提高氩馏分温度, 加快液空蒸发, 使液空液位尽快恢复正常; 打开粗氩气放空阀排氮, 一方面可防止氮的聚集, 另一方面可加强粗氩冷凝器换热效果, 使液空液位降到正常水平。

若以上方法无效, 只能临时停止粗氩塔运行, 待主塔工况稳定后, 重新投运粗氩塔。为避免粗氩冷凝器发生氮塞, 在操作中要做好以下 3 点: 保证氩馏分的氩含量为 8%~10%, 氧含量为 90%~91%, 氮含量小于 0.1%; 避免主冷液位大幅波动; 上塔压力不能提高过快。

(3) 21000m³/h 空分设备说明书上提到设备大加温时间为 36 小时。2005 年 12 月, 1[#] 21000m³/h 空分设备停车加温时间为 72 小时 15 分; 2007 年 4 月, 1[#] 21000³/h 空分设备加温时间为 64 小时 47 分, 加温时间均过长。于是就 21000m³/h 空分设备在冷状态下的加温解冻时间与相关专家进行了沟通, 一致认为: 一方面, 加温时间是根据以往设备

规模较小、制氩系统不配备的空分设备基本加热时间而确定, 目前大型空分设备制氩系统加热时间普遍较长; 另一方面, 制氩系统的加温效果差, 确实是因为制氩系统进、出气管道管径小, 加温气流量不足, 属于正常现象。初步决定, 待有扒砂机会时对制氩系统进行改造, 将粗氩冷凝器液空回流管加粗或在其管道上加装一个吹除阀。

(4) 空分设备调试过程中, 粗氩气流量仪表显示只有约 650m³/h, 远低于设计指标。此问题有待进一步论证并解决。

4 结束语

在全精馏无氩制氩系统的操作过程中, 按照空分设备操作基本思路, 对操作中出现的一些问题, 有针对性地进行了处理, 积累了操作经验。当然, 因为设备生产、安装中具体情况不同, 在操作中具体的操作细节可能有所不同, 文中部分借鉴其他工厂类似故障处理, 在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 汤学忠, 顾福民. 新编制氧工问答 [M]. 北京: 冶金工业出版社. 2003.
- [2] 李化治. 制氧工问答 [M]. 北京: 冶金工业出版社. 1998.
- [3] 邱宏. 制氩系统的停运对主塔精馏工况的影响 [J]. 深冷技术, 2005 (5): 49-50.
- [4] 钱立新. 缩短全精馏制氩系统启动时间的分析和操作 [J]. 深冷技术, 2005 (4): 32-36.

空分公司承接南京龙翔低温乙烯储存装置工程总承包合同

据《中国化工报》2008 年 2 月 28 日报道, 中国空分设备有限公司 (以下简称: 空分公司) 与南京龙翔液体化工储运码头有限公司签订的南京化学工业园 20000m³ 低温乙烯储存装置工程总承包合同近日生效。空分公司以 EPC 方式承担此项目, 主要包括 20000m³ 低温乙烯储存装置的工艺、贮罐和工程设计、所有设备和材料供货、工程土建和安装施工、单机试车、联合试车、投料试车和人员培训,

直至装置运行正常, 考核后移交发给人。

该项目的获得, 是空分公司开拓石油化工和能源天然气领域取得的重大突破, 打破了国外公司技术垄断的局面, 对调整公司的业务结构和提升核心竞争力具有重要的战略意义。

本刊