

空分设备主换热器热端温差的控制及意义

周尤刚, 王承杰

(武汉钢铁集团氧气有限责任公司, 湖北省武汉市青山区白玉山 430083)

摘要: 减小主换热器热端温差是减少空分设备冷损, 进而降低空分设备运行能耗的关键因素。叙述了武钢氧气公司 30000 m³/h 空分设备和 60000 m³/h 空分设备主换热器热端温差的控制方法, 分析了两种控制方式的优缺点, 并阐述了减小热端温差进而减少热交换不完全冷损的意义。

关键词: 空分设备; 换热器; 热端温差; 热交换不完全冷损

中图分类号: TQ116.11 **文献标识码:** B

Control of temperature difference at hot end of main heat exchanger of air separation plant and its meaning

Zhou Yougang, Wang Chengjie

(Oxygen Co., Ltd., Wuhan Iron and Steel Group, Baiyushan Qingshan District, Wuhan 430083, Hubei, P. R. China)

Abstract: Decreasing the temperature difference at hot end of main heat exchanger is the key factor to decrease the cold loss and in turn the energy consumption of air separation plant. The methods to control the temperature difference at hot end of main heat exchanger of 30000 m³/h and 60000 m³/h air separation plant of Oxygen Co., Ltd., Wuhan Iron and Steel Group are described, the advantages and weaknesses of the both control methods are analyzed, and the meaning of lowering the temperature difference at hot end for decreasing the cold loss due to incomplete heat exchange is explained.

Keywords Air separation plant; Heat exchanger; Temperature difference at hot end; Cold loss due to incomplete heat exchange

前 言

空分设备主换热器热端温差是指正流加工空气在进入主换热器时的温度与返流的污氮气、产品氧气、产品氮气出主换热器时的温度之差。一般来说, 预冷系统带有冷冻机的全低压流程空分设备, 正流加工空气出分子筛吸附器进主换热器时的温度基本保持不变。热端温差的扩大就意味着返流气体

跟正流加工空气复热后出主换热器的温度较低, 冷量回收不充分, 整套空分设备的复热不足冷损增加。因此为了维持整套空分设备的冷量平衡, 就必须通过增加膨胀空气量的方式来增加冷量, 从而导致氧气提取率下降、氧气产量减少、制氧单耗上升、空分设备能耗增加、液体产品产量下降。

因此, 在满足空分设备安全、稳定运行的前提下, 尽可能地减小主换热器热端温差, 对减少空分

收稿日期: 2010-03-17

作者简介: 周尤刚, 男, 1975年生, 大专, 现为武汉钢铁集团氧气有限责任公司运行五车间空分乙班班长。

设备的冷损、降低能耗具有现实意义,也是从事空分设备运行操作人员的重点工作之一。

1 主换热器热端温差的控制方法

目前,大型空分设备均采用分子筛吸附净化、带增压膨胀机的工艺流程,其主换热器为非切换板式换热器。由于不再担负自清除功能,只起换热作用,主换热器只是根据污氮气、产品氧气、产品氮气的热负荷大小,在各自的大型板式换热器组并联布置,与正流加工空气、增压空气进行换热而设计制造的。主换热器可分为:污氮主换热器、产品氧主换热器、产品氮主换热器。由于其内部通道减少,为主换热器的制造提供了方便,同时也为更好地控制其热端温差创造了条件。

武汉钢铁集团氧气有限责任公司(以下简称:武钢氧气公司)为了满足武钢的发展规划和主体厂对氧、氮、氩气日益增长的需求,于20世纪90年代初从林德公司引进了2套采用分子筛吸附净化、增压膨胀流程的30000 m³/h空分设备,于2004—2008年又陆续从林德公司引进了4套采用分子筛吸附净化、增压膨胀流程的60000 m³/h空分设备。

相对30000 m³/h空分设备而言,60000 m³/h空分设备的工艺流程和控制调节方式有了较大的改进和提高,其中,主换热器热端温差的控制方式和手段有了明显的改进。

1.1 30000 m³/h空分设备主换热器热端温差控制

武钢氧气公司30000 m³/h空分设备主换热器采用多组并联、紧凑式、高效大型板式换热器,进气布置方式为热端在上、冷端在下。其中,产品氮主换热器E3119A—C 3个单元为1组,产品氧主换热器E3118A—C 3个单元为1组,污氮主换热器E3117A—F 6个单元分为2组。在每一组主换热器正流空气入口总管上均设置一个远程控制阀门HCV3910、TCV3910、TCV3911、TCV3912。在每一组主换热器增压空气入口总管上均设置一个手动控制阀门3961、3962、3963、3964,这些阀门的阀芯均带有一定大小的孔,因此只能起到量的调节控制作用,不能起到切断作用。增压空气经过两个水冷却器即普冷水冷却器和激冷水冷却器冷却后,进入主换热器。其流程如图1所示。

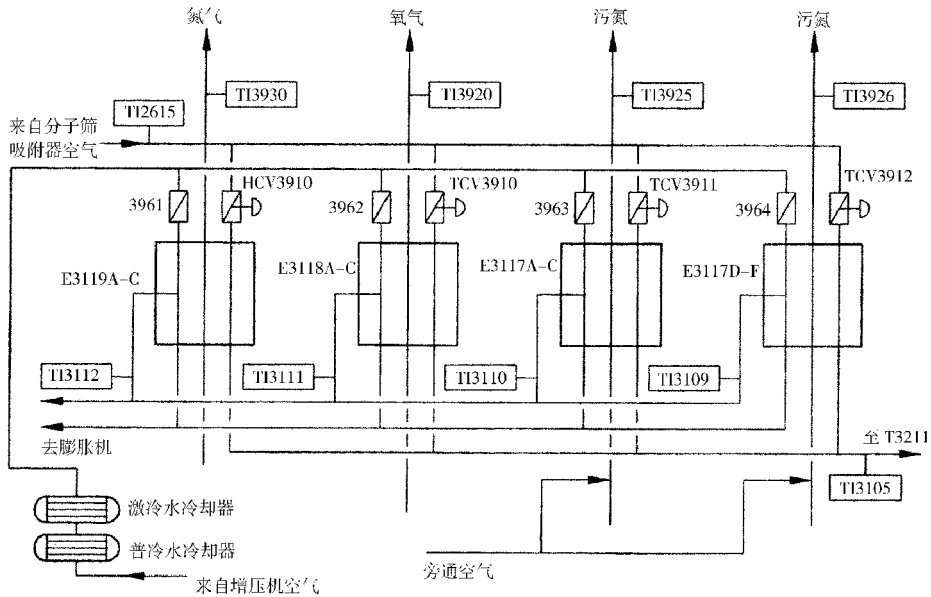


图1 30000 m³/h空分设备主换热器流程图

对主换热器热端温差的控制,在正常生产过程中,操作人员根据实际工况,通过观察产品氮主换热器E3119A—C中返流产品氮气出主换热器的温度TI3930和正流加工空气进主换热器的温度TI2615两者之间的温差,操作远程控制阀门

HCV3910,对进入主换热器的正流空气量进行调整,使其热端温差在兼顾其他方面的情况下尽可能缩小,从而得到一个产品氮气出E3119A—C的温度TI3930最佳值。以这个值为基准,将其分别引到产品氧主换热器E3118A—C入口空气温差控制

阀的控制器 TDIC3910 和污氮主换热器 E3117A—C、E3117D—F 入口空气温差控制阀的控制器 TDIC3911、TDIC3912 中,再分别与产品氧出主换热器 E3118A—C 的温度 TI3920 和污氮出主换热器 E3117A—C、E3117D—F 的温度 TI3925、TI3926 进行比较。在温差控制器 TDIC3910、TDIC3911、TDIC3912 设定值为“0”的情况下,分别对正流空气阀门 TCV3910、TCV3911、TCV3912 进行控制,通过对进入产品氧主换热器 E3118A—C 和污氮主换热器 E3117A—C、E3117D—F 正流空气量的调节,使产品氧气出主换热器的温度 TI3920 和污氮气出主换热器的温度 TI3925、TI3926 与产品氮气出主换热器的温度 TI3930 一致,从而将主换热器热端温差控制在操作人员认为的最佳范围内。

在整个控制过程中,还需根据实际工况,在兼顾各主换热器正流空气阀门开度一致和增压空气出主换热器温度 TI3112、TI3111、TI3110、TI3109 基本相等的情况下,通过手动阀门 3961、3962、3963、3964,调节进各组主换热器的增压空气量。

30000 m³/h 空分设备主换热器的热端温差控制方式比较简单、明确,特别是采用温差控制器对产品氧、污氮主换热器热端温差的控制,使操作人员通过温差控制器一眼就可以直观看出该组换热器热端温差的实际情况,以便进一步进行调节。但也存在着许多不足:①采用温差进行控制,由于温差控制范围小,在实际控制中基准温度和调节温度均会发生变化,导致温度自动调节难以稳定;②增压空气出主换热器温度的调节采用手动阀门控制,在进行最大液氧生产工况与气氧生产工况互相转换的变工况过程中,由于膨胀空气量不同导致增压空气出主换热器温度发生变化,从而影响热端温差的控制,操作人员必须到现场对增压空气进主换热器的手动阀门开度不断进行调节,给操作人员在控制操作上增加了难度;③返流产品氧气、产品氮气出主换热器后在各个单元上没有阀门控制,在实际运行过程中,会造成各个单元热端温差大,不能充分发挥各单元主换热器效率;④增压空气采用普冷水、激冷水两次冷却,其进入主换热器的温度随着激冷水冷却器换热效率和激冷水流量、温度的变化而变化,影响较大,与正流空气温度相差较大,给实际判断主换热器热端温差大小带来了困难。

1.2 60000 m³/h 空分设备主换热器热端温差控制
武钢氧气公司 60000 m³/h 空分设备主换热器采用多组并联、紧凑式、高效大型板翅式换热器,进气布置方式为热端在上、冷端在下。其中污氮主换热器 E3117A—C 3 个单元为 1 组,产品氧主换热器 E3118A—C 3 个单元为 1 组,产品氮主换热器 E3119A—C 3 个单元为 1 组,在每一组主换热器正流空气入口总管道上均设置一个远程控制阀门 HV3901、FV3902、FV3903。在每一组主换热器增压空气入口总管上均设置一个远程控制阀门 TV3111、HIC3912、TV3113。另外,在每一组的每一个单元返流气出主换热器管道上均设置一个手动阀门 3917A—C、3918A—C、3919A—C,这些阀门也均带有一定大小的孔,只能起到量的调节控制作用,不能起到切断作用。增压空气是先经过一个普冷水冷却器 E3421 冷却后,再经过一个板翅式换热器 E3429,与出分子筛吸附器进增压机的空气进行换热,冷却后进主换热器。其流程如图 2 所示。

对主换热器热端温差的控制,在正常生产过程中,操作人员根据实际工况,通过观察污氮主换热器 E3117A—C 中返流污氮气出主换热器的温度 TI3926 和正流加工空气进主换热器的温度 TI2615 两者之间的温差,再操作远程控制阀门 HV3901,对进主换热器的正流加工空气量进行调整,使其热端温差在兼顾其他方面的情况下尽可能缩小,从而得到一个污氮气出 E3117A—C 的温度 TI3926 的理想值。以这个值为基准,将其分别引到主换热器 E3118A—C 的产品氧气出口温度控制器 TIC3920、主换热器 E3119A—C 的产品氮气出口温度控制器 TIC3930 中,作为温度设定值;然后再分别由这两个温度控制器根据所测的实际温度与设定值的偏差大小,对进入主换热器 E3118A—C、E3119A—C 的正流空气流量控制器 FIC3902、FIC3903 的设定值进行修正,通过空气流量控制阀门 FV3902、FV3903 对进入主换热器 E3118A—C、E3119A—C 的正流空气量进行调节。同时,当工况发生较大变化,需加大调节幅度时,可通过手动操作控制器 HIC3902.3、HIC3903.3,直接对 FIC3902、FIC3903 的设定值进行调节,使产品氧气、产品氮气出主换热器的温度 TI3920、TI3930 与污氮气出主换热器的温度 TI3926 一致,控制在最佳范围内。

2 控制空分设备主换热器热端温差的意义

空分设备热交换不完全冷损即复热不足冷损是整套空分设备冷损的主要因素, 占空分设备冷损的50%以上; 而且空分设备规模越大, 热交换不完全冷损所占比例越大。

热交换不完全冷损是由返流低温气体在出主换热器热端时不能复热到正流空气进主换热器的温度引起的。因此返流气体与正流空气换热时, 其主换热器热端温差越大说明复热越不足, 未被利用的冷量越多, 热交换不完全冷损就越大, 热端温差每扩大1℃, 热交换不完全冷损将增大1.31 kJ/m³, 空分设备的总冷损增加10%以上。因此热交换不完全冷损与热端温差成正比。

尽可能地将空分设备主换热器热端温差减小, 是减少空分设备热交换不完全冷损、增加空分设备液体产品、降低空分设备能耗的一个关键措施, 也是反映一名空分设备操作人员的技术素质和责任心的一个主要环节, 具有十分重要的经济意义和深远意义。

以武钢氧气公司1套60000 m³/h空分设备为

例进行计算。在标准工况下: 加工空气量 V 为300000 m³/h, 现将主换热器热端温差 Δt 在原有基础上再减小0.5℃, 根据复热不足冷损经验计算公式: $Q = VC\Delta t$ 进行计算, 其中 C (热交换不完全冷损) = 1.31 kJ/(m³·℃), $\Delta t = 0.5$ ℃, 则每小时可减少冷损:

$$Q = 300000 \times 1.31 \times 0.5 = 196500 \text{ kJ.}$$

以每度电0.5元计算, 一年可节约电费: $196500 \div 3600 \times 24 \times 350 \times 0.5 = 229250$ 元。

3 结束语

控制空分设备冷损是降低空分设备能耗、提高空分设备经济效益的重要措施, 而控制好主换热器热端温差是减少空分设备冷损的关键。今后将结合实际, 不断优化操作控制方式, 努力将空分设备主换热器热端温差控制在最小范围内, 尽可能地提高空分设备的经济效益。□

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, 2004.

※

※

※

美国空气化工产品公司启用全新的清洁能源燃烧实验室

2010年7月29日, 美国空气化工产品公司在位于美国宾夕法尼亚州的总部启用了—个全新的清洁能源燃烧实验室。这是一个现代化的大型实验室, 能提升美国空气化工产品公司作为世界级燃烧技术提供商的市场地位。这个先进的实验室将用于测试, 以证明美国空气化工产品公司的工业气体和应用技术如何帮助客户提高能源效率并减少污染物排放。

该实验室目前可使美国空气化工产品公司具有展示和优化各种燃料和气化的能力, 这些燃料包括煤、焦油、生物质、从轻质燃料油到重质燃料油的各种液态油、生物质液态油和其他替代燃料, 以及各种气态燃料。该实验室的另一大主要用途是测试各种煤在富氧燃烧模式下的效率, 展示美国空气化工产品公司在发电厂中二氧化碳回收方面的能力。实验室将向客户展示使用美国空气化工产品公司各种燃烧技术可获得的效率、生产能力和环境效益。

该实验室是设计用于对公司所服务的传统和新型应用市场进行富氧燃烧和先进燃烧器燃烧的试验。目前富氧燃烧已广泛应用于包括玻璃、金属和冶炼在内的多个行业, 与空气燃烧相比, 它具有诸多优点, 比如更高的生产效率、更低的排放。富氧燃烧亦对快速增长的可再生燃料气化和直接燃烧应用方面起到关键作用。这些可再生燃料, 如市政固体废物和生物质等, 可用来发电和高温生产工艺。

美国空气化工产品公司在新兴富氧燃烧的二氧化碳回收技术领域是获得广泛认可的领导者。其富氧燃烧技术及独特的压缩和纯化系统可以提供一体化的解决方案, 能够使煤电更加经济, 并使生成的二氧化碳达到碳捕集与封存或激产采油所要求的纯度。富氧燃烧技术可应用于新建的超临界发电厂, 亦可为现有燃煤或燃油发电厂提供改造解决方案。

本刊