

大型空分设备检修实践

袁加宇

(沙钢集团氧气厂, 江苏省张家港市锦丰镇 215625)

摘要: 以 20000m³/h 空分设备为例, 介绍了大型空分设备检修中的几个要点, 重点分析了冷箱内设备和管道的检修方案及其具体实施过程, 阐述了空压机、空冷塔等设备的检修, 最后介绍了检修后空分设备重新开车时的注意事项。

关键词: 大型空分设备; 检修; 冷箱

中图分类号: TQ116.11 **文献标识码:** B

Practice in the maintenance of large scale air separation units

Yuan Jia-yu

(Oxygen Factory, Shagang Group Co., Ltd., Jinfeng Town, Zhangjiagang 215625, Jiangsu, P. R. China)

Abstract: Taking the 20000m³/h air separation unit as an example, the points of maintenance of large scale air separation unit are introduced. The emphasis is focused on analyzing the maintenance scheme and concrete implementation process of the equipments and pipelines in cold box. The examination and repair of air compressor, air cooling tower and other components are described. Finally, the cautions during the restart of air separation unit after maintenance are also pointed out.

Key words: Large scale air separation unit; Maintenance; Cold box

随着国民经济的快速发展, 其对空分设备的容量要求越来越大。随着空分设备容量的扩大, 检修的频率也越来越高, 而空分设备在检修时发生故障和事故的报道屡见不鲜, 影响了空分设备正常运行和后续生产系统的连续稳定运行。下面就空分设备的检修阐述一些经验, 以抛砖引玉, 降低在空分设备检修时发生故障和事故的几率。

1 大型空分设备定期检修的理由

(1) 空分设备容量越来越大, 精馏塔的高度也越来越高, 但高到一定程度, 会对设备、管道的收缩量产生巨大的影响。高于 70m 以上, 到粗氩塔顶部的液空由于压力不足导致精氩调试困难, 氩产量下降, 迫使空分设备采用上、下塔分置的形式, 以降低主塔的高度。

(2) 设计、配管不合理, 造成管道设备应力计算或配管不到位, 有的受力后支架方向、支架高度和支架的承受力发生改变。特别是铝制管道, 本身的强度、抗压性比较差, 而且液体管道的大小、重量不一样, 受力也不一样, 支架倾斜变形造成管道变形、产生裂缝等。

(3) 由于频繁停、开车或加温开车, 冷热不均匀或遭骤冷, 使冷缩量不均匀, 造成整套设备和管道收缩不均匀, 出现冷箱内泄漏。有时由于加温吹除不彻底, 在某死角处结冰, 使设备和管道冻裂。

(4) 塔内密封气充气不均匀或充气量过少, 容易造成外界空气进入冷箱, 久而久之造成珠光砂受潮而积团, 影响保温效果。时间一长, 造成塔内冷量不够。

收稿日期: 2007-09-29

作者简介: 袁加宇 (1954 —), 男, 高级工程师, 现为沙钢集团氧气厂厂长、党支部书记, 沙钢动力总厂总支副书记、动力项目部副主任。

(5) 目前国内生产的珠光砂, 粒度普遍过细, 甚至有较多的粉状物, 安息角较小, 珠光砂受压会造成管道变形。

(6) 仪表管 (DN40mm 以下) 配管不合理、支架装错方向或较长距离未设支架, 仪表管由于设备收缩力或珠光砂的作用力发生变形。

2 检漏方法

(1) 在冷箱的上、中、下 3 个部位装上微差压变送器, 检测数据显示在计算机操作画面上, 随时可以跟踪检测。

(2) 采用手动或在线微量氧分析仪定期化验冷箱内珠光砂层中的氧含量, 当氧含量大于某个数值 (污氮纯度), 就可以判断哪种气体泄漏。一般情况下, 以氧气泄漏较为多见。当冷箱内氧含量高于 25 % 时, 就要采取相应的措施降低氧含量, 同时防止冷箱受静电的影响, 检修时不能动用明火等。

(3) 检查可检测到的冷箱内各点温度, 判断是液体泄漏还是气体泄漏。有时这两种泄漏会同时存在。气体泄漏, 主要在板翅式换热器部位, 长期受压差、温差的影响, 在压力低的薄弱处会形成裂缝, 从而导致气体泄漏。

(4) 冷箱结霜有很多原因。一般冬天结霜部位比较多, 这是由于有的配置管道离冷箱壁较近 ($< 400\text{mm}$), 特别是液体或低温管道, 但只是沿冷箱壁狭小细长的位置容易结霜; 有的是冷箱板密封不严, 有一小块或一小点结霜, 特别是阀套处。如果有一大块冰, 就要检查是否存在漏点。如果结冰严重, 冷箱内设备和管道肯定存在泄漏 (但要排除珠光砂受潮的因素)。

3 检修前的准备工作

如果冷箱内确实存在泄漏, 就要提前做好准备工作, 确认检修方案。当然大修的方案大同小异, 要保证检修质量, 恢复到原来调试或新设备的水平, 那就值得研究, 特别是检修中的安全保证和进度控制。

3.1 停车加温

按步骤停车加温, 但需要注意: 带压排放液体时, 一定要把分子筛加温气源由上塔污氮气改为净化空气, 用空气短路加温再生分子筛; 同时关小空气进塔阀, 降低塔内压力, 关小下塔去上塔的调节阀。主要是由于在排放液体时, 下塔液空会进入上

塔后先排完, 而进入下塔的正流空气升温后进入上塔, 使上塔正在排放的液氧急剧蒸发, 导致上塔压力升高或超压。

加温时还需注意: 由于冷箱内存在泄漏, 控制冷箱内密封气压力在 1.5kPa 左右, 以防止密封气压力过高, 引发冷箱安全事故。加温结束后, 判断是否要对板翅式换热器进行反吹, 以彻底清除被带入冷箱内的分子筛粉末。如发现过滤器钢丝网损坏或换热器阻力大 (不是因为出分子筛吸附器空气中的二氧化碳含量超标引起的)、管道锈蚀等, 就要彻底吹除。

3.2 扒珠光砂

以 $20000\text{m}^3/\text{h}$ 空分设备为例, 其冷箱高度为 68m , 4500m^3 珠光砂的扒砂时间一般控制在 $10 \sim 12$ 天左右。

扒砂的方法: 先将冷箱顶上的人孔打开, 从冷箱上部开扒砂孔, 用铝管或 $\text{DN}250\text{mm}$ 的 PVC 管接至下部, 灌袋装砂。开始不能扒得太快, 中控室跟踪观察冷箱上的微差压变送器的指示压力, 如超过 1.5kPa , 立即停止排放, 待恢复压力后再进行。待扒砂部位流通过后, 速度稍可加快。待上层扒到管口时, 可以进入中下层扒砂, 但此层的扒砂工作比较危险, 可将换热器顶部的人孔打开。要求: 关注密封气仪表读数; 在外侧边缘孔先扒, 中心位置尽量少扒或暂时不扒; 不准打开人孔。因为一打开人孔, 受冷的珠光砂受热汽化膨胀并冲涌而出, 若人员来不及疏散, 就会导致事故发生。

所以扒砂工作不能过急、过快。一般都是三班制作业; 同时要派经验丰富的员工现场指挥。泄漏严重的冷箱扒砂时, 若稍有大意, 即使措施得力, 也有可能出现顶部喷砂事故。在扒砂时, 及时清理堆积的袋子, 保留人员迅速疏散的通道, 保障整个扒砂现场畅通无阻; 扒砂时必须穿戴防护劳保用品。

4 检修方案的确定和实施

4.1 冷箱检修范围

空分设备冷箱的检修大致分为: 试压、查漏、整形和更换管道, 校正垂直度, 整修支架, 检修阀门, 呼吸筒检查以及搭脚手架等。大致需要 $12 \sim 15$ 天。

4.1.1 搭脚手架

搭脚手架的主要部位: 需切口隔离的各段;

主要阀门段，且一定要检修或检查查漏的部位；
液体管道部位； 热电阻部位； 管道变形且严重的部位； 小管道密集的部分； 看似容易而又被忽视的部位； 关键管道必须要检查的部位； 需要封盲板的部位。

需要补搭脚手架的部位： 有异响或被查到有泄漏的部位； 需要整改但又直接通不到的各段；
顶塔连接板需调整的部位； 现场确立的临时部位。

搭脚手架的过程，与冷箱外封盲板结合起来同时进行。本阶段搭脚手架一般需要钢管 15t 左右，搭脚手架时要把管架、箱壁、塔内扶梯和大管道作为支点，灵活运用。

4.1.2 试压、查漏、整形和更换管道

扒完珠光砂后，就会发现铝制的精馏塔、管道、管件的许多处出现变形和支架变形的现象，有漏点，而大部分不会漏，但可能会影响气流、影响产量，液空、液氮管道的变形较为常见。

为了加快检修进度，在整改中，利用晚上时间进行分段试压，白天再进行冷箱内施工。分段试压的优点： 可以初步查出泄漏点在什么部位，白天再仔细检查，很快就会查到泄漏点； 可能分析出设备内部互漏的情况，而互漏一般发生在板翅式换热器内部。如果有一种气体产品纯度下降，就可能出现了内部互漏。通过板翅式换热器通道内切口加封的办法，可以查出哪两组为互漏。

整改中不可忽视的部位有：液空分离器、下部液体回上塔以及上部气体去上塔的管路。但在操作过程中，往往就有液体高于出口位置，使该段的气体管道中带液体，管道承压超过设计值，况且因为这一段的支架很难设置而往往不设置支架，造成管道变形的可能性较大，会影响打入上塔的液空量。其他部位由于离冷箱壁较远，液体的重量使支架、阀架变形，造成管道变形。应重新配置使其离冷箱壁近一点，再加支架及斜撑。小管道的整形主要是在支架、小管处加支撑点。

4.1.3 校正垂直度

此阶段主要检查冷箱内各容器的垂直度，主要调整下面的支架腿和中间活动抱箍。调整后的顶部拉架，要松开到一定的部位，要求在满足收缩量的前提下正好拉紧，否则在低温状况下螺杆就会拉断，受力不均匀，造成倾斜。这往往是安装、检修

中容易被疏忽的地方。如果是吊装式，只需调整吊装螺母即可。

4.1.4 残漏率测试

残漏率一般分段进行测试：中、低、增压侧及液氩泵管位、中压氩换热部位。残漏率应在 99 % 以上，测试时间为 12 小时，利用昼夜的温差而测得。分段残漏率测试结束后，拆开分段盲板，设备复原后进行整体残漏率测试，同时对新焊的焊口进行查漏，整体残漏率同样应在 99 % 以上。

4.1.5 拆脚手架

残漏率测试完成后，拆开外部封口盲板，冷箱内保持低压气体，对回装的法兰进行检测、查漏，确保无泄漏后，控制冷箱内压力为 10 ~ 20kPa，然后拆脚手架。如仪表显示（温度或压力）突然下降或不显示，就说明拆脚手架时损坏了冷箱内的设备。要求拆脚手架时特别小心，不得敲击并使构件、钢管坠落。由于是检修，冷箱内管道设备已受到冷态收缩的考验，故检修结束可以不进行裸冷，直接转入加温、液化开车阶段。

4.1.6 阀门和吸收筒的检修

阀门有内部泄漏和外部泄漏，需拆下进行检修。蝶阀泄漏主要是由于阀杆压盖间隙过小，生锈后引起阀杆阻力增大，使阀门关不到位；或密封面磨损等。阀门检修后需试压，以达到泄漏标准。调整阀门执行机构及开关位置，使之达到出厂标准。呼吸筒主要是被堵塞造成通气差，需检查并吹扫。

4.2 其他设备的检修范围

其他设备主要包括空压机、氧压机、氮压机、透平膨胀机、空冷塔、分子筛吸附器、过滤器等，下面介绍几个重点检修内容。

(1) 南方夏天温度高达 39℃，空气湿度为 77 % ~ 100 %，又加上钢厂的空气条件都比较差，含尘量高，一般自洁式干燥过滤器滤网 1 年就要更换 1 次。

(2) 长江水质差，含泥量较大，虽经净化处理，但效果不理想。在冷却塔蒸发作用下，水质硬度增加，虽采用了加药处理，但随着温度的升高，容易结垢。根据南方的特定条件，机械冷却设备 1 年需清洗 1 次。如果结垢严重，可采用酸洗。酸洗尽可能避免在线清洗，因为空分行业大部分都采用水和气直接交换冷却的空冷塔，若处理不当会对分子筛吸附器有一定影响，如发生分子筛吸附器进水

的故障等。

(3) 根据经验, 进口压缩机冷却器 1 年清洗 1 次, 整机 2 年大修 1 次, 新设备最长 4 年就要检修。空气进口尘埃、冷凝水结垢会浸蚀叶轮, 造成过度运行疲劳、动平衡失准、叶轮缺角和轴承存在过热点等现象发生, 结果造成温度升高、振动加剧, 只得降低生产量来维持运行。所以大修时必须拆机检查。叶轮缺角, 进口空压机的叶片材料为 17-4AMS 合金钢材质。如果缺角量小, 可在对角线 180° 位置上修正一点, 对气量影响不大; 如缺角量多, 或同方向有 2 个缺角, 只能先激光堆焊, 再做动平衡; 采用激光对中仪进行对中检查, 严格按照标准控制其范围; 轴承存在过热点只能更换。

(4) 空冷塔的检修主要是排除喷水故障, 即拆除喷管清洗, 检查捕雾器等。分子筛吸附器主要检查床层的平整度及测量床层与滤网的高度, 增加适量的分子筛, 保证吸附过程中有富余的吸附量。其他按规范检修、点检, 包括: 电器、仪表和辅助设备, 这些检修都应穿插在空分设备检修时进行。

5 验收检查

大修后的验收检查, 主要靠现场跟踪负责的人员来执行, 所有检修过程中的技术参数、工作质量都要填写施工自检表, 由检修方负责签字。职能部门

的验收只是看记录、观察外表, 以数据确认检修的质量。一般空分设备检修后不签署最终验收意见, 而待开车运行正常, 各参数达到运行标准后, 才作最终验收。

6 检修后开车的注意事项

加装珠光砂必须注意: 冷箱内充气, 检测压力和温度; 加砂孔用钢筋网焊牢, 防止整袋珠光砂掉落而压坏管道等。一般装砂采用提升机。当冷箱内珠光砂装入 85% 时, 可运行空压机进入分子筛加温阶段, 待珠光砂装完, 可进行冷箱内设备和管道的吹除。

开车步骤与原始开车步骤一样, 但需注意: 分子筛加温气量比平时运行时的气量大一点; 加热蒸汽量也要比平常大一点; 活化分子筛需达到相应的露点, 再均衡一段时间, 才能进行吹除; 吹除要彻底, 保证各管路、设备和容器都畅通, 不留死角; 吹除到相应露点还需平稳一段时间; 膨胀机分台隔时启动, 调速缓慢进行, 以免产生骤冷现象; 冷却阶段必须充分, 粗氩塔和精馏塔一起进行; 调纯以后不要急于增大产量使其达标, 要让粗氩塔一起冷却、积液, 这样有利于缩短制氩系统的调试时间和主塔工况的稳定。□

杭氧透平公司成功开发 15000m³/h 氧透新机型

杭氧透平机械有限公司 (以下简称: 杭氧透平公司) 近期成功开发出 15000m³/h 氧气透平压缩机 (以下简称: 氧透) 新机型, 于 2007 年 9 月 22 日一次试车成功。经运转考核, 各项性能指标均满足合同要求, 顺利实现了老产品的更新换代。

原 15000m³/h 氧透采用单轴双缸、二次增速、5 段 10 级压缩, 整个机组分别由 3 个底座支撑, 整机等温效率在 0.45~0.47, 广泛用于冶金、石化、化肥、煤化工等不同行业。但是相对现在的技术水平, 原机型存在诸多不足。为

了提高效率, 杭氧透平公司自主研发了更新换代的新机型。

新 15000m³/h 氧透具有以下特点: 高、低压缸止推轴承首次选用新型薄壳轴承, 充分显示低能耗、小轴向尺寸的优点; 框架结构的底座使安装更方便。产品经过性能测试, 整机等温效率达到 0.53~0.55。

该新型氧透的成功开发, 表明杭氧透平公司具有很强的自主创新能力, 显示了公司在氧气压缩机市场的竞争力, 将为公司带来更大的经济效益。

本刊