

# 空分过冷器温度异常的分析及处理

尚继刚

陕西神木化学工业有限公司 陕西 神木 719319

**摘要:**空分装置过冷器是空分装置的一台重要设备,它的运行正常与否对空分精馏塔的正常运行影响非常大,过冷器的作用是回收上塔顶部出来污氮气的富余冷量,同时降低和污氮气换热介质的温度,减少换热介质进入精馏塔上塔后的汽化量,降低换热介质进入精馏塔上塔由于含有大量气体对上塔精馏工况的影响。如果过冷器换热效果变差会造成空分装置冷量损失增加,精馏塔工况变差,冷量不足主冷液位无法正常维持,产氧气量减少,导致空分装置运行能耗增加,如果过冷器破裂低温介质外漏,会造成冷箱壁结霜严重,基础温度过低,严重时引起冷箱冻裂发生砂爆事故及冷箱基础冻坏,空分装置停车。

**关键词:**过冷器;冷量损失;堵塞;泄漏;二氧化碳;水;加温吹除

前言:某公司空分装置流程如下:

## 空压机系统

含尘空气进入空气过滤器,过滤掉其中机械颗粒、粉尘等后,经入口导向叶片进入空气压缩机,经三段四级压缩后输出的空气到空分装置。空压机三段出口管线设有防喘振阀,通过放空阀和防喘阀控制压缩机的出口压力和通流量,以防止压缩机发生喘振现象。

## 增压机系统

由纯化器来的洁净空气进入增压压缩机,经三段七级压缩使空气的压力得以提高。增压空气分两股:一股从增压压缩机二段水冷器后抽出去分馏岗位增压透平膨胀机;另一股从增压压缩机末级引出,经冷却后进入空分装置。流程中设有两个防喘振阀,分别为一段和三段,目的是防止进入增压机一段和三段的气量过小引起喘振。

## 分馏系统

空气经自洁式空气过滤器过滤掉大量的机械颗粒和粉尘,经空气压缩机压缩后,进入空冷塔,与中部入塔的冷却水和顶部入塔的冷冻水逆流换热,空气被冷却,同时洗涤了空气中的灰尘和一些有腐蚀性的气体,经除雾去沫后进入装有活性氧化铝和13X分子筛的纯化器中,除去空气中的水份、二氧化碳、乙炔及其它碳氢化合物,经抽出仪表空气和工厂空气后分为两路,一路(进入主换热器中,与出换热器的返流气体换热后,进入分馏塔下塔进行精馏;另一路进入空气增压机,自空气增压机CO<sub>2</sub>二段冷却器后引出的空气,进入膨胀增压机的增压端;其余部分从空气增压机末端引出,经冷却后也进入主换热器与返流气体进行热交换,经节流降压后进入气液分离器,分离后的液空和空气分两路进入下塔参与

精馏。自膨胀增压机增压端出来的空气在增压机后冷却器中被冷却进入主换热器,与返流气体换热后从主换热器中部抽出进入膨胀机,经膨胀后进入下塔进行精馏。

在下塔中,由于氧氮沸点的不同,空气在上升的过程中,与下塔的回流液体在塔板上逆流换热,气相中的氧被多次部分冷凝进入液相,液相中的氮被多次部分蒸发进入气相,气相中的氮自下而上浓度越来越高,到下塔顶部时已达到产品氮的纯度,部分抽出经主换热器复热后送出界区;一部分氮气在主冷凝蒸发器中被另一侧的液氧冷凝,抽出后分别作为下塔和上塔回流液。液相中的氧自上而下浓度愈来愈高,在下塔底部形成富氧液空,抽出后作为上塔进料进入上塔。在上塔中,下降的富氧液空与上升的氧气逆流接触,液相中氧浓度自上而下愈来愈高,到达底部后在主冷凝蒸发器中与另一侧的气氮换热,为上塔提供上升气,以维持精馏的连续性,部分液氧被抽出经液氧泵加压,再经主换热器复热后送出界区。

从上塔顶部抽出的污氮气,与纯氮冷凝器来的纯氮气混合后经过冷器回收冷量,然后进入主换热器,分别从上部和中部送出,从主换热器上部出来后去水冷塔,对冷冻水进行降温后放空;从主换热器中部送出分别去纯化器再生和水冷塔降温。

在上塔底部主冷凝蒸发器氧侧将获得液氧,抽出后经液氧泵加压后进入主换热器与正流空气换热,复热后经氧气外送阀送出界区。在主冷凝蒸发器氮侧将获得液氮,抽出后一部分经过冷器,再经液氮节流阀节流后进入上塔作为回流液;其余作为下塔回流液。从下塔中部抽出的污液氮经过冷器后再经液氮节流阀节流后进入上塔作为回流液。下塔底部的富氧液空,经过冷器,再

经液控节流阀节流后进入上塔。

循环水经补水阀与空冷塔上段部分回水一起进入水冷塔，在塔中水与污氮或空气进行传质传热后被冷却，再由冷冻水泵加压，进入冷水机组冷却后进入空冷塔。

纯化器交换使用，切换周期为4小时，加温时污氮经蒸汽加热器加热进入纯化器，加温结束后污氮经再生气阀进入纯化器进行冷吹。特殊再生时空气由旁路蒸汽旁路阀和蒸汽阀经蒸汽加热器加热，再经电加热器加热后进入纯化器。

### 1 过冷器在空分装置的重要性

空分装置过冷器运行的好坏关系到空分装置精馏塔的运行是否稳定，关系到空分冷量的平衡与否，关系到空分装置的能耗高低，关系到空分装置的冷量损失的大小，关系到空分装置运行的经济性。是空分装置中一台非常关键的设备，某单位2021年7月28日，1#膨胀机检修结束装置由2#膨胀机倒换至1#膨胀机运行，由于1#膨胀机转速表显示值不正常、随即又由1#膨胀机运行倒换至2#膨胀机运行；倒机结束之后，进出过冷器的四股流体温度显示出现异常，针对异常情况，组织了相关技术人员进行讨论，同时带着问题，于10月9日到空分厂家，与空分厂家相关领导及专业技术人员进行了进一步的探讨<sup>[1]</sup>。空分装置具体发生了以下工艺参数变化：

1.1 氧气产量保持在约26000Nm<sup>3</sup>/h时，装置液体产量急剧下降基本无液体产品。

1.2 装置进塔加工空气流量，自动增加了约3000Nm<sup>3</sup>/h。

1.3 下塔液空液位的控制模式没有任何改变，下塔液氮去上塔节流阀没有调整及下塔污液氮去上塔节流阀也没有调整的情况下，下塔液空去上塔节流阀（自动跟踪下塔液空液位）持续开大到全开状态之后、下塔液空液位仍然上涨；仪表专业人员检查了下塔液空液位计，确认下塔液空液位计显示的液位是真实值；中控操作人员将下塔污液氮去上塔节流阀开大约10度，从50%开至60%之后、液氮去上塔节流阀开度从40%开至50%，下塔液空去上塔节流阀在接近100%时下塔液空液位才在正常范围稳定下来。

1.4 污氮气出过冷器温度由约-176℃下降至约-181℃并且趋于稳定，通过提高上塔压力工况调整之后又稍微有所回升；低压空气出主换温度由约-167℃下降到约-173℃，液空出过冷器的温度由-173.5℃下降至-181.3℃，污液氮出过冷器的温度由-187.5℃上升至-183.6℃，液氮出过冷器的温度由-190.6℃上升至-189.6℃。

1.5 在其它条件都不变、只将下塔液空去上塔节流阀

由全开逐渐关小之后、下塔液空液位上涨同时出现“液空、污氮气出过冷器的温度都升高；再将此阀门逐渐开大至全开之后，液空、污氮气出过冷器温度又下降至原来值；

### 2 针对空分装置运行情况提出以下几点措施

2.1 目前空分过冷器虽然能维持运行，但是随时有可能发生异常情况，工况恶化不能维持生产，建议提前准备备件到货，一旦发生工况恶化不能正常运行时能及时停车检修更换。

2.2 过冷器存在的异常情况下，生产系统不要做大幅调整，膨胀机切换操作要平稳缓慢，加强冷箱密封气压力的变化情况，加强进出过冷器各温度点的变化情况，发现各温度点大幅下降时，采取停车处理<sup>[2]</sup>。

### 2.3 原因分析

过冷器异常情况发生有五种原因：

第一种原因是过冷器内部通道发生泄漏：通过现场实际调整工况分析液空节流阀开大通过过冷器的热源应该是增加，换热后温度应该上涨，但是情况恰恰相反，液空出过冷器温度和污氮气出过冷器温度都下降，这说明液空节流阀开大液空漏入污氮气通道的量增加，液体进入气体通道体积扩大，瞬间气化吸收热量，导致污氮气温度降低，反之液空节流阀关小温度升高。

第二种原因是过冷器液空通道发生堵塞：原来液空节流阀去上塔开度在80%左右，现在液空节流阀开度达到105%时下塔液位还继续上涨，通过开大污液氮去上塔节流阀由50%开至60%后下塔液空液位基本维持稳定，这说明液空通道也有可能发生部分通道堵塞造成下塔液空送不上上塔去，液空出过冷器温度下降较多，说明过液量减少较多，液空通道存在堵塞的可能性较大<sup>[3]</sup>。

第三种原因是过冷器污液氮通道发生堵塞：原来液空节流阀去上塔开度在80%左右，现在液空节流阀开度达到105%时下塔液位还继续上涨，通过开大污液氮去上塔节流阀由50%开至60%后下塔液空液位基本维持稳定，这说明污液氮通道也有可能发生部分通道堵塞造成下塔液空送不上上塔去，通过污液氮出过冷器出口温度上升较多判断，污液氮出过冷器通道过液量增加较多，污液氮通道堵塞的可能性不大。

第四种原因是过冷器液氮通道发生堵塞：原来液空节流阀去上塔开度在80%左右，现在液空节流阀开度达到105%时下塔液位还继续上涨，通过开大污液氮去上塔节流阀由50%开至60%，液氮去上塔节流阀开度从40%开至50%后下塔液空液位基本维持稳定，这说明液氮通道也有可能发生部分通道堵塞造成下塔液氮送不上上塔去，通

过液氮出过冷器出口温升上升判断,液氮出过冷器通道的过液量增加,液氮通道堵塞的可能性不大<sup>[4]</sup>。

第五种原因是过冷器液空、污液氮、液氮通道都有不同程度的堵塞:原来污液氮节流阀去上塔开度在80%左右,现在污液氮节流阀开度达到105%时下塔液位还继续上涨,通过开大污液氮去上塔节流阀由50%开至60%,液氮去上塔节流阀开度从40%开至50%后下塔液空液位基本维持稳定,这说明液空、污液氮、液氮通道都有可能发生部分通道堵塞造成下塔液空送不上上塔去。

堵塞的介质有可能是二氧化碳、水、碳氢化合物、杂质等。通过空分装置检修后开车以来多次发生过纯化器后二氧化碳含量高的情况,主要是二氧化碳、水、碳氢化合物堵塞。杂质堵塞的可能性不大。

### 3 处理措施

针对空分装置运行状态提出以下几点处理措施

3.1 空分过冷器虽然能维持运行,但是随时有可能发生异常情况,工况恶化不能维持生产,建议提前准备备件到货,一旦发生工况恶化不能正常运行时能及时停车检修更换。

3.2 运行维护及注意事项:

①调整进塔空气里尽量缓慢,防止空气量大幅波动对过冷器通道造成冲击。

②严密监控液空出过冷器温度的变化情况,污氮气出过冷器的温度的变化情况,低压空气温度变化情况,发生温度大幅下降及时调整汇报。

③严密监控上塔压力、压差变化情况,下塔压力、压差变化情况,发生压力及压差异常及时调整汇报。

④严密监控中部污氮气出主换热器压力、温度变化情况,发生压力及温度异常及时调整汇报。

⑤严密监控分馏塔底部基础温度变化情况,发生温度异常下降及时汇报处理。

⑥严密监控冷箱密封气压力PI7901、PI7902、PI7903、PI7904压力变化情况,发生压力上涨异常及时调整汇报。

⑦按时填写报表记录及观察以上各参数的变化趋势。

⑧每周检查冷箱壁结霜情况,发现异常及时汇报处理。

⑨定期分析冷箱内氧含量的变化情况,发现氧含量

异常及时汇报处理。

⑩如果发现冷箱密封气压力上涨较快并达到400pa以上、基础温度发生大幅下降至-90℃、结霜严重或冷箱壁冻裂立即停车处理。

3.3 空分装置停车排液重新加温吹除,吹除掉过冷器通道内存在的二氧化碳、水、碳氢化合物及其它杂质。

通过对空分装置停车彻底加温吹除后开车分馏塔运行正常,过冷器进出各介质温度恢复正常指标,液空节流阀开度,污液氮节流阀开度、液氮节流阀开度正常,下塔液空液位高的问题得到解决,确认了空分过冷器各介质温度异常是由于过冷器通达发生堵塞造成的,排除了杂质堵塞的因素。

### 4 预防措施

4.1 空分装置运行1-2年必须全面彻底的对装置进行一次大加温,吹除干净装置中的二氧化碳、水、碳氢化合物等,防止类似情况再次发生。

4.2 更换高效分子筛,消除纯化器出口二氧化碳高的问题,减少空分装置中二氧化碳的带入量,防止主换热器及过冷器通道发生堵塞。

4.3 采取措施降低空分装置周围环境中二氧化碳的浓度,减少生产现场二氧化碳的排放量。

4.4 定期对空分装置冷箱内设备进行检查及检修,确保设备处于完好状态。

4.5 定期手动分析分子筛出口露点情况,防止空气露点不合格进入换热器通道发生通道冻堵。

### 结束语

综合上述发生的情况,空分过冷器的运行好坏直接影响到空分装置的运行状况,只有按计划的对设备进行加温及检修维护才能保证空分装置的正常运行。

### 参考文献

- [1]汤学忠,顾福民,制氧工技术问答,膨胀机的制冷效率,2012,29
- [2]金丽群,大中型空分设备技术改造,冶金动力2001年第5期总第87期
- [3]李化治,制氧新工艺与制氧设备安装调试、操作维护 冶金工业出版社,2005.4
- [4][制氧技术(第2版)].李化治编着.冶金工业出版社.2009年版