

11-800 型空分设备控制机构的作用和操作方法

杭州制氧机厂 叶必楠

前言

11—800型空分设备是一套液氧、液氮设备。它采用高压冷冻循环原理，将空气变成液体，然后根据氧、氮的沸点不同，经空分塔的二级精馏，最后根据不同操作，分别获得液氧、液氮和气氧。为了帮助初学的同志操作好这套设备，这里介绍一下各控制机构的作用及操作方法，供参考。

高压空气节流阀（节—1 阀）

节—1 阀的工作条件：

节流前最高压力220公斤/厘米²，最低工作压力50公斤/厘米²，节流后的工作压力，启动关阀前为2.5~3公斤/厘米²，正常时为4.5~5.5公斤/厘米²，节流前的温度一般控制在-155~-165℃，节流后温度-172~-175℃。

节—1 阀的作用及操作方法：

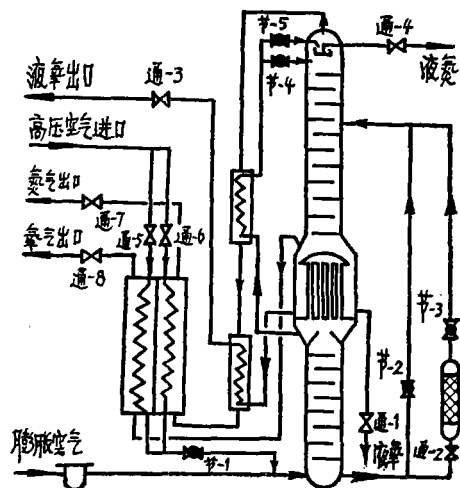
1.空分塔加温吹除时关闭节—1阀，以免热交换器内的水份进入下塔，另则使膨胀机加温彻底。加温结束前半小时，将节—1阀打开5~6转，使下塔至热交换器吹除阀（吹—2）的管路气体流通，以便带走管路中的水份。

2.启动准备时应把节—1阀关闭，一则防止启动超压，另则使高压空气尽快达到启动压力。

3.启动初期，空分塔内部温度较高，需要尽可能多的冷量。冷量的来源主要依靠高压膨胀机对外作功而获得。因此要求高压空气全部通过膨胀机产冷，此时节—1阀的作用是保持高压，压力在195~200公斤/厘米²。高压高于200公斤/厘米²时稍开节—1阀，低于195公斤/厘米²时稍关节—1阀。

4.随着启动时间的延长和塔内温度的下降，热交换器热端温差逐渐增加。当热端温差大于10℃时应适当开大节—1阀，相应地关小凸轮，以保持高压在200公斤/厘米²，热端温差保持在10~12℃。制取液氧、液氮时都应这样操作。

5.制取气氧时，当关阀基本结束，冷凝器液氧面达30厘米四氯化碳柱时，就可停止膨胀机的运转。液氧液面继续上升，则开大节—1阀，直至把高压压力降至50~80公斤/厘米²，使液氧液面稳定在35厘米四氯化碳柱左右。



11-800型空分设备分馏塔流程图

6.碰到紧急停电、设备故障或间断制氧,需暂停空分塔运转时,应把节—1 阀关闭,然后把高压空气进口阀关闭,打开油水分离器吹除阀,以便加速再启动的时间。

7.设备正常停车加温时应把节—1 阀关闭,在打开干燥器油水分离器吹除阀的同时可打开吹—2 阀。

8.设备试高压发现高压漏中压时,说明节—1 阀密封性不好,应检查节—1 阀或在阀顶铺上一层均匀的焊锡。

节—1 阀的控制:

空气节流前后压差越大,节流后的空气温度降低得就越多,因此在启动初期应尽可能的保持高压压力 200 公斤/厘米²,同时尽可能把中、低压降得低一些,有利于塔内温度的降低。

节—1 阀前后的压差越大,阀门的开度越灵敏,一般只有 5~10℃可调节,有时甚至只有 1~3℃的调节幅度。当膨胀机凸轮的开度不变时,关小节—1 阀,高压压力上升,节流前温度降低。热交换器热端温差扩大。节—1 阀关小幅度过大还会引起暂时的中压压力下降,液氧液面上升,氧气纯度随液氧液面的升高暂时降低,氮气纯度随氧气纯度的降低而提高。开大节—1 阀,则与上述情况相反。

节—1 阀调节的幅度越小,上述的反映越少,甚至不易感觉到,说明工况越稳定。因此操作节—1 阀时要谨慎小心,并要有预见性,当高压压力有上升趋势时就应该稍开 1~3°,反之则应稍关节—1 阀。开关节—1 阀时,高压压力的升降反应较慢,中压压力的变化要比高压反应来得快。

实际操作中节—1 阀的开度往往与膨胀机的凸轮配合调节,操作的依据视热交换器的热端温差而定:若热端温差大于 12℃时,应适当开大节—1 阀,关小凸轮;当热端温差低于 10℃时,应适当开大凸轮,关小节—1 阀。

为什么热端温差要控制在 10~12℃呢?加工空气是由两路进入下塔的:一路加工空气经膨胀机从 200 公斤/厘米²绝热膨胀至 5 公斤/厘米²,呈气态进入下塔;另一路加工空气进热交换器与返流的氧、氮换热后,经节—1 阀从 200 公斤/厘米²节流膨胀到 5 公斤/厘米²,呈气液态进入下塔。如果节—1 阀开度过小,凸轮开度过大的话,通过热交换器的正流空气量就减少,通过膨胀机的空气量就增多,此时虽然膨胀机产冷量是增多的,但膨胀后的空气是不允许液化的,通过节—1 阀的液体量随正流空气量的减少而减少,所以总的进入下塔的状态含湿减少,即焓值提高。焓值提高意味着下塔上升蒸汽量增多,冷凝蒸发器热负荷增加,液氧蒸发量增加,对提高液氧的纯度是有利的,但产量要减少,氮纯度要下降,相应地返回热交换器的氧、氮气量增加,温度不变。由于正流的空气量减少,氧气、氮气的冷量不可能完全交给正流的高压空气,其结果使热交换器的热端温差扩大,冷损增加,造成得不偿失。热端温差越大,液体的产品产量越少。若节—1 阀开度过大,凸轮开度过小,热端温差显然是缩小的,但是膨胀机的产冷就减少,空分塔总的产冷量减少,节—1 阀前的温度就会升高。

从 T-S 图可以看出,从 200 公斤/厘米²节流到 5 公斤/厘米²(表压),节流前的温度从 -162℃提高到 -121℃,节流后的温度基本不变,但汽化率从 16.6%增加到 63.3%,所以进入下塔的焓值同样是提高的,液体产品的产量也就不可能提高。因此热端温差过大、过小都不利于液体产品的生产。实践证明,热端温差控制在 10~12℃较为有利。

在制取气氧时,启动时的操作方法与制取液体产品时的操作方法相同,当空分塔冷量多余时即液氧液面高于规定值时,可先将膨胀机停止运转,然后用开大节—1 阀的方法把高压降低,直至液氧液面稳定在 35 厘米四氯化碳柱左右。制取气态产品时,热端温差在 5℃左

右, 节流前温度在 -160°C 左右。

膨 胀 机 凸 轮

配套的200-70/11型高压膨胀机凸轮的调节是靠调节, 进气阀杆开启高度来实现的。当凸轮开关指示在“O”位置时, 进气阀杆顶开最大, 凸轮开度在25格时则最小。为确保凸轮正常调节, 在开车前把凸轮开度放在O位, 调节进气阀杆与顶杆之间的间隙在0.2~0.3毫米。空分塔启动前, 应把凸轮关到最小进气位置, 待干燥器高压压力升至120公斤/厘米²时启动膨胀机, 当高压达到150公斤/厘米²时, 缓慢开大凸轮到最大进气位置。当热端温差大于 12°C 时应与节—1阀配合操作, 即适当关小凸轮和开大节—1阀, 使热端温差保持在 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 。

膨胀机停车时, 应先将凸轮关到最小进气位置, 然后关闭高压空气进口阀, 切断电源。

液空经乙炔吸附器节流阀(节—3阀)

节—3阀的主要作用是控制下塔液空液面。开大节—3阀, 下塔进入上塔的液空增多, 液空液面下降, 液氧液面上升, 液氧纯度下降; 关小节—3阀则反之。

在空分塔启动初期, 一般不打开节—3阀。但当中压压力高于操作压力时, 可把节—3阀打开2~3转, 但不宜过大, 以防气速过大把乙炔吸附器内的硅胶冲碎而堵塞塔板小孔。所以规定在下塔液空出现后, 先打开通—2阀(即液空进入乙炔吸附器进口阀), 使其冷却10~15分钟再打开节—3阀。

当冷凝蒸发器液氧液面达到30厘米四氯化碳柱时应把节—3阀逐渐关小, 直至液空液面稳定在10~15厘米水柱, 使通过节—3阀的都是液体。在关小节—3阀的同时, 中压压力会升高, 液氧液面会下降, 液氮的纯度降低, 液空纯度上升。这是由于通过节—3阀的气体减少的缘故。进入下塔的空气, 不能从下塔底部通过节—3阀进入上塔, 被迫沿着下塔塔板上升至冷凝蒸发器管内, 中压压力必然上升, 冷凝蒸发器热负荷增加, 因此液氧面下降。如液氮节流阀开度不变, 由于上升蒸汽量的增加, 液空纯度会升高, 而液氮纯度会降低。这主要是下塔回流比相对地减少, 上升蒸汽中含氧量增多的缘故。

空分塔正常稳定的时候, 节—3阀的作用主要是控制液空液面。在液空液面基本稳定的情况下, 想用节—3阀来调节中压压力和下塔液空的纯度是不行的, 如果想用关小节—3阀的方法来提高中压或液空纯度, 只能使液空进入上塔的数量减少, 必然会使液空液面上升, 不及时开大节—3阀的话, 会使下塔塔板复没, 使下塔精馏破坏, 因为节—3阀不能改变下塔的回流比。反之, 想开大节—3阀来降低中压压力固然是可以的, 但由于通过节—3阀的蒸汽量增加, 下塔塔板上升的蒸汽量减少了, 相对地回流比大了, 会使下塔精馏工况恶化, 液空纯度下降, 这是不允许的。因此, 正常操作时, 节—3阀只能用于控制液空液面。而液空液面的稳定又为液空纯度、中压压力的调节奠定了基础。在液空液面稳定的情况下, 液空纯度的调节主要靠液氮节流阀。影响下塔压力的因素很多, 设备的正常工况是由冷凝器的温差、液氧纯度、液氮纯度、加工空气量等决定的。

如发现液空液面自动上升, 液氧液面自动下降的现象, 可能是节—3阀阀头被干冰堵塞所致。此时应急剧地转动节—3阀, 刮去结霜, 然后恢复到正常工作位置。

当设备需要临时停车或间断生产时, 可把节—3阀关闭, 但在再次启动时打开节—3阀应缓慢。

设备正常停车加温时应把节—3阀开大, 使下塔的液空转入上塔。

液空直接进入上塔的节流阀（节—2 阀）

节—2 阀在下列场合使用：一是设备启动初期，液空未出现之前，阀门的开度在12~15转，待液空出现后逐渐关小直到关闭。二是乙炔吸附器再生时，阀门的开度约等于节—3 阀的工作开度。在一般情况下节—2 阀处于关闭状态，由节—3 阀转为节—2 阀，工作时，都应交叉进行，不能一下子把一个阀门关死而开另一个阀门；也不能把阀门完全打开而关闭另一个阀门。应是先慢慢地开启一个准备使用的阀半转左右，再把使用的阀关小半转，逐步交替过来，以免中压波动过大。

节—2 阀代替节—3 阀工作后，其操作方法和阀门的作用与节—3 阀相同。

液氮节流阀（节—4 阀）

节—4 阀的作用：节—4 阀是下塔液氮槽内的液氮经液氮过冷器送往上塔顶部的节流阀。在开度合适的前提下，起到控制液空、液氮纯度的作用。关小节—4 阀，液氮纯度提高，液空纯度降低，开大节—4 阀则反之。节—4 阀的开度调节还影响上塔的氮气纯度和氧气产量。

节—4 阀操作方法：空分塔启动时节—4 阀是全开的（约12~15转），其目的在于使中压压力尽可能低些，有利于膨胀机前后压差扩大些，可以多产生一些冷量；也有利于节—1 阀前后压差的扩大，节流后的温降大一些。当液氧液面达30厘米四氯化碳柱时，为了提高纯度，应把节—4 阀、节—3 阀同时关小。关阀是启动阶段的关键，对以后空分塔运转好坏有很大的关系，因此应特别注意。开始关阀时，节—4 与节—3 同时关2~3转，5分钟后，如中压压力没有明显上升，则二阀可继续关1~2转，当二阀关至8转以下时，每次只能关半转左右，当二阀关至5转时，应把节—4 阀先关二转，然后把节—3 阀控制在液空液面10~15厘米水柱的开度。当节—4 阀尚有2转时，应分析液空、液氮纯度以后再调节。如液氮纯度低于标准，液空纯度高于标准时，节—4 阀的调节范围每次只能在5~15度或更小些。如果遇到液空、液氮纯度都达不到要求时，应检查节—3 阀的开度是否合适。如节—3 阀开度合适，可继续把节—4 阀关小，直到工况所要求的最佳位置。

正常稳定时节—4 阀是不需经常调节的。当碰到液氮纯度自行升高，液空液面上升、纯度下降时，应把节—4 阀刮霜后复位。在间断制氧或设备需临时停车时，可关闭节—4 阀保持中压，以缩短重新启动的时间。当制液氮时节—4 阀应根据液氧液面与节—5 阀配合操作。

节—4 阀的操作原理：为什么节—4 阀能调节液氮和液空纯度呢？进入下塔的空气是干饱和状态，大部分是蒸汽。蒸汽经下塔塔板的小孔上升，每经一块塔板蒸汽中的有些氧分子被冷凝成液氧进入液相，液相中的氮分子接受了氧分子的冷凝热而进入汽相，这样到下塔顶部，氮分子的含量就增多，然后在冷凝蒸发器内冷凝为液氮，绝大部分积聚在下塔上部的液氮槽内。如果节—4 阀开度过大，这些液氮就送入上塔了，回流入下塔的液氮量很少，由于下塔塔板上的回流液过少，就不可能把蒸汽中的氧分子充分的冷凝下来，一直升到冷凝器中才能冷凝成液氮，使液氮中氧分子含量增多，液氮纯度就降低。由于回流很少，下塔的氮分子充分蒸发，液空中含氧量增加。另外，由于送入上塔的液氮本身含氧较高，使出上塔的氮气中氧含量增加，因此液氮纯度过低会引起出塔氮气纯度降低，氧产量减少。

关小节—4 阀，液氮槽的液氮受到节—4 阀的限制，去上塔的液氮量减少，槽内液氮就会满出液氮槽往下流，使塔板回流液增多，整个下塔冷量就增多，上升蒸汽中的氮就得到了充分的冷却，上升到冷凝蒸发器的蒸汽中氮分子就多，冷凝成的液氮纯度就提高。而下塔底

部由于回流液增多,氮分子得不到充分的蒸发而使液空的纯度下降。如果液氮纯度过高,必然会使液空纯度过低,进入上塔的液氮量过少,液空量过多。而从上塔的状况来说要求提馏段回流比小一些好,有利于氧纯度的提高;精馏段的回流比大一些好,有利于氮纯度的提高。精馏段的液氮量小,上升蒸汽中氧分子就不能很好地冷凝。虽然液氮纯度很高,而气氮纯度反会下降,氧产量减少,因此液氮的纯度要适当。根据这种设备,制液氮时,下塔液氮纯度应控制在99% N_2 左右;制液氧时控制在90~94% N_2 ,制气氧时控制在95% N_2 左右较合适。

下塔液氮进入上塔测液槽的节流阀(节—5 阀)

此阀的主要作用在于把中压液氮节流成低压,然后引出塔外,使汽化率减少,冷损减少。

关小节—5 阀,液氮产量减少,纯度提高,液空纯度下降。开大节—5 阀则情况相反。实际操作中,节—5 阀不作调节下塔的纯度用,往往与节—4 阀配合使用。在启动初期为了降低中压压力,节—5 阀开12~15转,当液氧液面升至30厘米四氯化碳柱时可关节—5 阀。在制取液氧和气氧时一般不使用节—5 阀。在制取液氮时,当液氧液面升至35厘米四氯化碳柱时,液氮纯度达99% N_2 可以打开节—5 阀,同时适当关小节—4 阀,在保持液氮纯度和液氧液面的前提下可以增大节—5 阀开度,尽可能关小甚至关闭节—4 阀来提高液氮产量。但是这样操作往往由于上塔的回流液减少而使液氧液面下降。因此节—4 阀是不能长期关闭的,一般节—4 阀的开度为90°~1 转,节—5 阀的开度为1~2 转。

在紧急停电或临时停车间断制氧时,节—5 阀应关闭。在设备加温时,节—5 阀和其他中压节流阀一样,亦应全开。加温结束前半小时,应把节流阀阀杆拉出吹除。

通—1、通—2、通—3、通—4 阀

通—1 阀是冷凝蒸发器底部液氧排放阀,其主要作用是在设备停车时排放冷凝蒸发器积存的液体以及加温时排放气体,有利于冷凝蒸发器的加温工作和上塔杂质的吹除。另外可以充灌杜瓦瓶少量液氧,正常生产时是关闭的。

通—2 阀是液空进入乙炔吸附器的液体通过阀,其作用在于当乙炔吸附器需要再生时关闭通—2、节—3 阀,切断液空流路。

乙炔吸附器加热完毕,应先打开节—3 阀和吹—5 阀,进行预冷,当吹—5 阀的出口结霜时关闭,再微微打开通—2 阀约一小时后,再全开通—2 阀。在设备全面加温时,通—2 阀应全开,当乙炔吸附器超压应关闭通—2 和节—3 阀,待消除故障后再开启。

通—3 阀是液氧从冷凝蒸发器底抽出经液氧过冷器送往液氧贮槽的通过阀。在设备加温时应打开,设备启动后或制取气氧和液氮时是全闭的。当设备制取液氧产品时,用通—3 阀控制液氧液面。

通—4 阀是液氮从测液槽送往液氮贮槽的通过阀。该阀在加温时应打开,启动后和制取液氧、气氧时是关闭的。只有制取液氮时用通—4 阀来控制测液槽的液氮液面。测液槽的液氮液面不宜低于5 厘米水柱,否则进入液氮贮槽的不是液氮而是汽液混合物。

通—5、通—6 阀

通—5、通—6 阀分别是高压空气进入热交换器氧气隔层和氮气隔层的通过阀。这二个阀的主要作用是分配高压空气量。当氧、氮出口之间温差不一致时,可以改变两阀门的开度(开和关)加以调整。如果氧出口温度低,氮出口温度高时可以开大通—5 阀,当通—5 阀

全开后,氧、氮温差仍存在时应关通—6 阀。当氮出口温度低、氧出口温度高时,则应开大通—6 阀或关小通—5 阀,隔层的温差愈小愈好,最大不超过 2℃。

通—7、通—8 阀

这二阀分别为氮气出口阀和氧气出口阀,用于控制氧、氮的纯度和低压压力。开大通—7 或关小通—8 阀,氧气纯度提高,产量减少,氮气纯度下降;关小通—7 或开大通—8 则相反。实际操作中为了保持低压压力的稳定,这二阀是同时操作的。当氧气纯度降低或要提高氧气纯度时应关小通—8 阀,使氧气流量减少数格,同时开大通—7,使氮气流量增大数格,使氧气纯度得到提高但又不改变上塔压力。若要提高氮气纯度和增大氧产量时则反之。在提高氧气纯度时氧产量一定要减少,因此二者必须兼顾。

从精馏角度来看,低压压力越低,分子间的引力越小,越有利于氧、氮分离,但考虑到产品氧、氮的输送和干燥器的再生需要,低压不能过低,根据不同工况,往往需要对低压进行调节。在调低压时为了不影响氧、氮的纯度,通—7、通—8 阀要一起操作,即提高低压时应同时关小此二阀;反之即同时开大二阀。调节时要慎重,幅度不宜过大,调整一次一般流量不大于三格。

为什么通—7、通—8 阀能够调整氧、氮的纯度呢?分馏塔内空气精馏过程必须具备上升蒸汽量和一定比例的回流液,两者缺一不可。冷凝蒸发器为上塔提供上升蒸汽量,并从中抽出小部分作为产品,当通—8 阀关小或通—7 阀开大时,抽出氧气数量就减少,往上塔上升的蒸汽就增多,蒸汽中的氧分子在塔板上液层里冷凝就增多,相应地产生冷凝热就多,塔板上液体中的氮分子蒸发的数量就增多,所以上塔塔板上流入冷凝器的液氧中含氧量就提高。但是塔板上氮气蒸发的过程被带走的氧分子也相应增多,因此出上塔氮气中氧含量增多,氧产量减少。反之,关小通—7 或开大通—8 时,从物料平衡的观点来看,进入上塔的液空加液氮量等于排出的氧气加氮气量,氮气抽取量减少,氧气抽出量必然增多,上塔底部上升蒸汽量就会减少,上塔回流比相应增大,就会影响塔板上汽液传热传质过程的进行。换句话说,蒸汽中的氧分子总的冷凝量减少,液体中的氮分子不能充分的蒸发,所以虽然氮纯度提高,氧产量增多,但是氧气纯度降低了。

空分塔稳定时的操作

1.根据上述操作调整方法,使精馏工况稳定在最佳的范围内,并注意定时分析纯度,作好各项指标的原始记录。

2.当各项指标均正常,仅下塔压力逐渐上升时,是由于冷凝蒸发器上部氖—氦气积聚所致,将氖—氦吹除阀打开,放去部分气体即可。

3.及时调换和再生干燥器,是保证分馏塔正常运转的关键之一。在调换干燥器时预先再生好待用的干燥器,放入高压空气必须十分缓慢。从开始放入到和另一粗压力平衡,放气时间不得少于30分钟。若空气放得过快,高压压力迅速下降,会破坏分馏塔精馏工况。

4.防止二氧化碳进入分馏塔。必须及时调换碱洗塔中的碱液。当Ⅰ号碱洗塔碱液利用率达95%时必须调换新碱液(此时Ⅱ号塔碱液利用率约为30~40%)。调换新碱液后将Ⅱ号塔作Ⅰ号塔使用。在换好碱液转入使用时,也要与干燥器调换一样,慢慢地放入压力,以免分馏塔波动。

5.定期吹除油水分分离器。

(一九七八年五月)