



深冷法制氮与 PSA 法制氮的比较分析

赵永刚¹ 常力鹏²

(1、北大荒股份有限公司浩良河化肥分公司生产部 黑龙江 伊春 153000

2、北大荒股份有限公司浩良河化肥分公司空分车间 黑龙江 伊春 153000)

摘要 纯净的氮气无法从自然界直接汲取,但是可以通过分离空气获得。现有的空气分离氮气方法包括深冷法、变压吸附法(PSA)、膜分离法。现主要讨论深冷法和 PSA 法制氮。

关键词 深冷法 PSA 法 比较分析

氮是空气的主要成分,约占体积的 78%,单质氮 N₂ 在常态下是一种无色、无臭的气体。在标准情况下的气体密度是 1.25 克/升。它的熔点为 -210℃,沸点 -196℃。氮气的分子是双原子分子,氮气离解成原子的离解能比一般双原子分子如 H₂、Cl₂、O₂ 高,因此,氮分子稳定性好。单质氮一般是由液态空气的分馏而制得的,常以 150 大气压把氮气装在气瓶中运输和使用。液态氮是一种低温制冷剂,在化肥工业中是用半水煤气的转换而取得 N₂+H₂ 混合气的。在此对深冷制氮和 PSA 法制氮的方法进行了比较。

1 深冷法制氮

1.1 深冷制氮装置由以下几部分组成

1)空气压缩与输送系统:包括一台处理气量为 500000Nm³/h 的自洁式空气过滤器;一台由 4 万千瓦蒸汽透平驱动的空气压缩机和空气增压机及其附属设备。2)空气预冷系统:包括一台处理气量 300000Nm³/h 的空气冷却塔、水冷却塔、氨蒸发器及附属系统。3)空气净化系统:包括两台分子筛吸附器和两台蒸汽加热器。4)空气分馏塔:包括一台主精馏塔;一台辅助冷蒸发器;一组低压板式换热器;一组高压板式换热器;一组过热器;两台粗氩塔;一台精氩塔;一台带增压机的膨胀机;六台工艺低温液体泵。5)低温液体贮存系统:包括两台 200m³ 平底贮槽;两台 100m³ 真空贮槽;一台高压事故氮泵(低温液体泵);一台水浴式气化器;一台高压氧气充瓶泵(往复式低温液体泵);一台空浴式高压气化器;一套 24 头充瓶架;两台充车泵。6)仪表空气压缩贮存系统:包括一台气量为 40Nm³/h 螺杆空气压缩机,一台 150m³ 的仪表空气储罐,两台干燥器。

1.2 流程简述

本空分设备采用分子筛吸附预净化、增压透平膨胀机、全填料精馏(下塔筛板)及双泵内压缩工艺。

1.2.1 空气过滤和压缩。空气首先进入自洁式空气吸入过滤器,在其中除去灰尘和其它固体杂质后进入主空压机,经多级压缩后进入空冷塔,压缩机级间的热量被中间冷却器中的冷却水带走。

1.2.2 空气的冷却。空气在进入分子筛吸附器前先在空冷塔中冷却并洗涤。进入空冷塔上部的冷冻水,首先在水冷塔中利用干燥的出分馏塔污氮气和氮气进行冷却,然后再进入空冷塔上部冷却空气。空冷塔下部采用全厂循环水供水系统的循环水对空气进行初步冷却。

1.2.3 空气的净化。空气净化系统由两台分子筛吸附器和两台双管板蒸汽加热器组成,分子筛吸附器吸附空气中的水份、二氧化碳和一些碳氢化合物。两台分子筛吸附器一台工作,另一台再生。再生气的加热由蒸汽在蒸汽加热器中完成。

1.2.4 空气的精馏。出吸附器的空气分为两股,一股直接进入主换热器冷却后进入下塔;另一股通过空气增压机进一步压缩,并经增压机后冷却器冷却后送入冷箱经高压主换热器冷却变为液体后节流进入下塔。

膨胀空气自空气增压机中部抽出,首先经过膨胀机增压端的压缩及后冷却器的冷却,再进入主换热器冷却,经膨胀机膨胀后进入下塔。

下塔中的上升气体通过与回流液体接触含氮量增加,在塔顶得到纯氮气。塔顶所需的回流液来自下塔顶部的冷凝蒸发器,在这里氧得到蒸发,而氮得到冷凝。下流的液体与上升的蒸汽接触含氧量增加,在塔底得到富氧液空。下塔各液体馏分经过冷、节流后分别送入上塔不同部位进一步分离,并在上塔顶部得到纯氮气,底部得到液氧。

2 PSA 法制氮

2.1 变压吸附法工艺步骤

1)进料脱硫 2)蒸汽转化 3)CO 高温变换 4)变压吸附。

前三个工艺步骤同常规装置一样,只是 CO 低温变化,CO₂ 洗涤和甲烷化则由变压吸附所取代。

2.2 变压吸附的原理

在工艺吸附剂,如分子筛、活性炭、硅胶上气体组分的吸附是由若干因素决定的,其中最重要的是挥发性和极性。工艺条件越接近组分的露点,则吸附越容易发生。吸附通过静电力得到进一步加速。一种强烈的吸附能力通过极性或可极性的分子显示出来,后者被在吸附剂晶格中的正电离子的吸附力所吸附。被吸附的杂质靠减压从吸附剂中放出。借助减压,吸附能力在恒定温度下被减小,这一过程叫变压吸附。它允许较快的循环,因此不管强吸附,还是弱吸附,对脱除大量杂质是适宜的。在环境温度下,通过变压吸附循环的减压,其杂质含量也能减少。

3 比较

3.1 流程比较

由原理,我们可以发现,PSA 制氮流程简单,设备数量少,主要设备仅有空压机、空气干燥器、吸附制氮机和储气罐等。而深冷制氮流程复杂,设备数量多,主要设备有空压机、空冷器、空气净化干燥器、换热器、膨胀机和精馏塔等。

3.2 产品种类和纯度比较

深冷制氮不仅可以生产氮气而且可以生产液氧。深冷制氮不仅满足液氮的实时工艺需要,而且也可将液氮储存在贮槽内,当出现氮气负荷间断或空分设备检修时,贮槽内的液氮进入汽化器被加热后,满足对氮气的需要。深冷制氮的运转周期(指两次大加温之间的间隔期)一般为 1 年以上,因此深冷制氮一般不考虑备用。而 PSA 制氮只能生产氮气,无备用手段,单套设备不能保证连续长周期运行。

深冷制氮可制取纯度 ≥99.999% 的氮气。氮气纯度受到氮气负荷、塔板数量、塔板效率和液空中氧纯度等的限制,调节范围很小。因此,对于一套深冷制氮设备其产品纯度基本是固定的,不便调节。PSA 制氮制取的氮气纯度一般在 95%~99.9% 范围内,假如需要更高纯度的氮气需增加氮气净化设备。氮气纯度只受产品氮气负荷的影响,在其他条件不变情况下,氮气排出量越大,氮气的纯度就越低,反之则越高。因此,对于一套 PSA 制氮设备只要负荷允许,其产品纯度可以在 90%~99.9% 之间任意调节。PSA 制氮没有氮气储存装置,制氮系统停止,氮气供应就终止。

3.3 运行控制比较

深冷法由于是在极低温度下进行的,设备在投入正常运行之前,必须有一个预冷启动过程,启动时间即从膨胀机启动至氮气纯度达到要求的时间一般不小于 12h;设备在进入大修之前,必须有一段加温解冻的时间,一般为 24h。因此,深冷法制氮设备不宜常常起、停,宜长时间连续运行。PSA 法启动时,只要按一下按钮,启动 30min 内便可以获得合格的氮气产品,假如需要高纯的氮气,那么经过氮气净化装置,大约再用 30min 便可获得 99.99%~99.9999% 的高纯氮气。停机时也只需按一下按钮便可。

因此,PSA 制氮特殊适用于间断运行的情况。现在深冷法制氮虽然一般均采用先进的 DCS(或 PLC)计算机控制技术,实现中控、机旁、就地一体化的控制,但是过程仍需专业人员实时监控。PSA 制氮采用智能化全自动控制,按钮即可进行氮气生产,无需专人管理。

总之,深冷法制氮设备复杂、占地面积大,基建费用较高,设备一次性投资较多,运行成本较高,产气慢(12~24h),安装要求高、周期较长。深冷法制氮装置宜于大规模工业制氮,而中、小规模制氮就显得不经济。与深冷法相比,PSA 法具有工艺流程简单、自动化程度高、产气快(15~30min)、能耗低,产品纯度可在较大范围内根据用户需要进行调节,操作维护方便、运行成本较低、装置适应性较强等特点,故在 1000Nm³/h 以下制氮设备中颇具竞争力,越来越得到中、小型氮气用户的欢迎,PSA 制氮已成为中、小型氮气用户的首选方法。

参考文献

[1] 孔祥芝.变压吸附法制氮[J].深冷技术,1981(6).