

分子筛净化空气的大型空分设备前景分析*

杭州制氧机厂设计科 俞兴华

【内容摘要】 本文对分子筛空分设备的优缺点作了全面的分析,与冻结法空分相比,分子筛空分流程,操作简化,安全可靠,可提取较多的纯产品,对于用氮的用户很适合。但其能耗要比冻结法高出约5~8%。降低能耗的途径是组织新流程,设置鼓风机使再生污氮气可以通常压力出塔,研制新型分子筛,利用压缩机的压缩热量等。最后指出分子筛空分会取代冻结法空分而具有广阔的前景。图2,参考文献9。

用分子筛净化空气的技术,国内在小型空分中已经成功的应用,在大型低压空分中应用尚属开始阶段。国外,法国空气液化公司^[1]和西德林德公司^[2]早在本世纪六十年代已经应用于小型空分,七十年代则在大型低压空分中成功地应用^[3]。

用分子筛净化空气的技术在大型空分中应用,打破了用冻结法净化空气的传统。随着它自身技术的不断完善,它的优点在逐渐显露出来。

那末,用分子筛净化空气的空分设备与冻结法净化空气的空分设备相比,其竞争力如何呢?这必须对分子筛空分设备的优缺点作一全面的分析,并且找到克服其缺点的途径。才可推断分子筛空分的前景。

一、分子筛空分设备的优点

分子筛空分与冻结法空分相比有不少优点(两种空分的原理流程见图1、图2)：

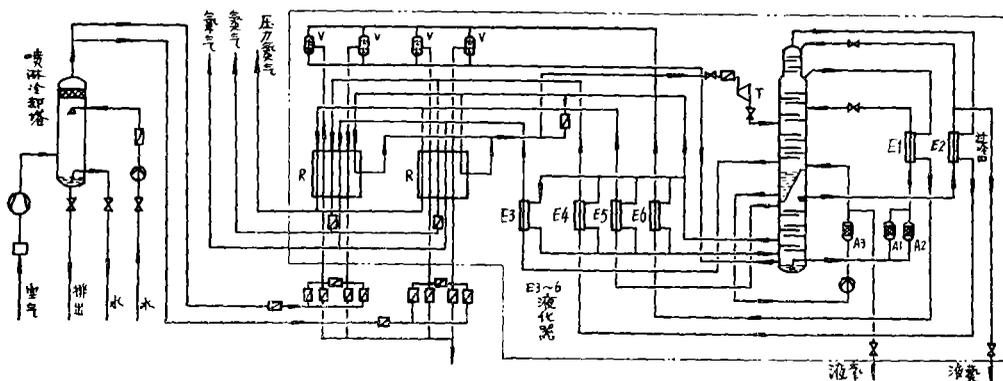


图1 冻结法空分设备原理流程图

首先是简化了流程,使冷箱内部机大为减少。

原料空气经分子筛吸附器后,除去了水份和二氧化碳,而且象乙炔一类易爆的组份也被吸附除去。这样,在冷箱内不用设置液空吸附器和液氧吸附器,当然,液氧循环系统也就

* 本文为中国制冷学会第二专业委员会1982年12月上海宝山“空分设备改造与节能学术讨论会”论文。

不必设置，循环液氧泵可以省去。另外，主热交换器中的污氮通道和空气通道因不存在自清除问题，所以不必自动切换，也不用设置自动阀箱和液化器。冷箱内管路也相应简化。再因分子筛吸附系统本身能提供干燥气源，就不必再单独设置加温解冻系统和仪表空气系统。

第二是操作简化，易实行全自动操作。

第三是提高了安全可靠^[4]。

第四是可以提取较多的纯产品
冻结法空分由于切换式换热器

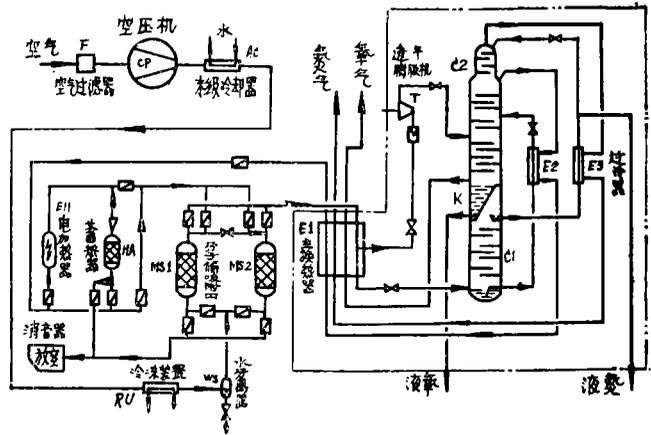


图2 分子筛空分设备原理流程图

二氧化碳自清除的要求，参加自清除的返流量不能小于加工空气量的50%。这就使得纯气体产品的总取出量不能超过加工空气量的50%，也就是纯氧和纯氮量之比一般不超过1:1.5。

分子筛空分则只要满足分子筛吸附器的自身再生所需的返流气以外，其它只要精馏系统允许都可以作为纯产品气引出，理论上可以达到加工空气量的80%。一般认为其纯氧和纯氮量之比可达1:3，亦即其纯氮产量可以为氧产量的3倍。因此，分子筛空分装置对于用氮为主的用户是很适应的。

二、分子筛空分设备能耗偏高

分子筛空分确有以上的优点，但是与冻结法相比，其能耗要比冻结法高约5~8%。原因主要是下面几个方面：

1. 分子筛吸附器在工作过程中需要定期加温再生，要求提供200℃左右的加热气体，这就需要消耗电能或高压蒸汽，其所需功率数一般相当于空分装置总功率数（不计产品气的压缩功率）的8~10%。在实际使用中，加热器是间断操作的，所以其实际能耗相当于增加2.5%。

2. 再生气源一般取自空分装置自身的污氮气。在进行分子筛吸附器的加温再生时，需沿途克服管网和容器阻力约1500毫米水柱的阻力。这就要求污氮气在出上塔时增加这个数量的压头，也就是致使上塔压力提高，由此引起下塔需相应提高0.4~0.5公斤/厘米²的压头。显然，这增加的压头需由空气压缩机提供，因而，使能耗增加约4%。

3. 为减少分子筛吸附水份的负担，以使分子筛吸附器体积尽可能小，需将加工空气冷却到8℃左右，使其通过冷凝析出大部分水份。这样，就要设置制冷机，以提供4℃左右的冷冻水，用来冷却加工空气，由此而引起的能耗增加为约1.5%。

应该指出的是：由于分子筛空分切换周期的延长，使得切换而引起的加工空气的损失减少，相应其能耗也就可节省约1.5%。

说的说来，分子筛空分由于上述原因，其能耗比冻结法空分要高，使得它的竞争力受到影响。

因此，如何使得分子筛空分的能耗降下来，是空分技术界十分关切的事。

三、降低分子筛空分设备能耗的途径

要降低分子筛空分的能耗，须从两个方面着手：一是充分发挥它能较多提供纯产品的优点；二是针对其引起能耗增加的缺点进行改进。

1. 为主要是用氮的用户提供分子筛空分

某些用户仅仅需要用氮, 或者用氮量为用氧量的1.5倍以上。这时, 如果使用冻结法空分就不相适应, 需得配置两台或者增大氧产量的装置。无论那一种方法都使得加工空气量增加, 因为冻结法空分每米³加工空气的产纯氮量比分子筛空分要小得多。一般冻结法空分产纯氮指标为0.3米³/米³加工空气, 而分子筛空分为0.6米³/米³加工空气, 为冻结法空分的2倍。由此可见, 就制纯氮能耗而言, 分子筛空分为冻结法空分的55~58%。

即使有些用户氧氮均用, 在用氮量超过氧量40%时, 采用分子筛空分也是合适的, 因为此时能耗指标应该用氧和纯氮的总量计算, 其纯产品的单位能耗仍然低于冻结法空分。这一点是十分重要的, 通常对空分的能耗指标仅仅以氧的单位能耗作为衡量指标, 显然是不合理的, 这会导致对一台空分装置的经济性作出错误的评价。

2. 组织新流程

为了降低能耗, 人们不断地探索组织新的空分流程, 如双低压空分流程^[1], “空气冷凝法”流程^[9]等。这些流程对于冻结法净化而言, 由于切换板式自清除条件的限制, 往往只适应于单产氧气或单产和氧量相当的氮气的空分。而一旦采用分子筛净化空气就不再有这种限制。因此在同时生产氧和纯氮或大量生产纯氮的条件下, 由于这类新流程其压缩机能耗的下降, 使空分能耗可下降6~8%。这样, 分子筛空分在能耗上就可以和冻结法空分匹敌。

3. 降低污气氮出塔压力

前面提到由于分子筛吸附器加温再生的要求, 污氮气出塔压力须提高1500毫米水柱, 从而引起能耗上升。如果设置一鼓风机, 为污氮气提供1500毫米水柱压头, 那么污氮气就可以通常压力出塔, 因此, 能耗增加可减至1%左右, 不再是4%。

4. 研制新型的分子筛

分子筛的加温再生需要一定温度的气体, 应该说经过十几年来分子筛应用技术的发展, 其再生气体温度已有明显的下降。起初人们认为需380℃, 现在西德林德公司规定已经降到200℃。最近两年, 林德公司经过试验, 认为这个温度还可下降。而法国空气液化公司规定只要130℃即可。而且加温时间也有缩短。这主要对加温气体出吸附器的温度要求放低了, 只要比工作温度高十几度即可。这是因为在吹冷时, 吸附器有一个热区下移的过程, 足以使所有分子筛得以再生。这些都使用于加温再生分子筛的能耗有下降。特别是法国空气液化公司的规定, 只要低位能的低压蒸汽即可。

如果能进一步地研制出一种分子筛, 它能在常温吸附, 并有足够高的动吸附值。又能在常温下减压解吸, 那么由于加温再生所需加热能耗的增加就可以避免。

因此, 加紧研制新的分子筛或其它类型的吸附剂是很有价值的工作。

5. 利用压缩机的压缩热量

空压机压出的加工空气在最末级出来时, 往往有100℃以上的温度。而必须将其冷却到8℃左右才能进分子筛吸附器。如果能将其用来预热加温再生气体, 则是一举两得的事。由于分子筛吸附器的加温再生是间断操作的, 加热气和热的压缩空气的换热并不连续。为此, 要用设置蓄热器的办法来达到热交换^[7]。显然, 这使得设备增多, 操作也复杂起来, 但为了节能有时是值得的。

四、分子筛空分设备的前景广阔

若上述降低能耗的措施得以实现, 则分子筛空分的能耗就可以和冻结法空分相当, 而其可以多产纯氮的优点是冻结法空分所不能达到的, 这无疑可使其具有无可匹敌的竞争力。

即使是目前分子筛空分所具有的水平,经西德林德公司 H.Springman 所作的分析表明^[9],综合的技术经济指标,即建成后空分工厂生产产品的单位成本,以氧的每米³成本比较,在空分规模产氧量为20000米³/时以下时,分子筛空分比冻结法空分为小;在产氧量大于20000米³/时,趋于相等。这是一个很诱人的分析结果,所以林德公司已经在空分设计规范中,将分子筛空分列于第一位,定为A型^[9]。并且对分子筛空分作了深入的试验研究,获得了重要成果,已将其应用于空分设计。近年来不断地为用户提供了大型分子筛空分装置,最大容量已经达到产氧量40000米³/时,足以看出林德公司推广分子筛空分的势头。

法国空气液化公司的分子筛空分技术近年来也有较快的发展,技术上已相当成熟,并且也向用户提供成套大型分子筛空分。

其它国家如苏联、美国、日本等尚未见到有大型分子筛空分设备问世,从所发表的学术论文^{[8][9]}中看,他们似乎尚未意识到分子筛空分的前景。

鉴于以上情况。我国空分技术界应当机立断,对准发展分子筛空分的方向,抓紧做一些试验研究工作。并对西德和法国的分子筛空分进行深入研究,取长补短,对一些设备作必要的改进,以降低投资费。特别是要在降低分子筛空分的能耗上作出突破,那么,我国的空分行业就能为用户提供最经济的空分装置,使我国的空分技术进入世界的先进行列。

相信,不久的将来,分子筛空分在很大的范围内,将会取代冻结法空分,它的前景是十分广阔的。

(一九八二年九月)

参 考 文 献

- 〔1〕“用分子筛净化空气的大型空分设备” 张惠霖 《深冷技术》1981年第1期
- 〔2〕“空气分离技术的发展”(西德) N.Wagner(译文) 《深冷技术》1981年第3期
- 〔3〕“国外大型制氧机水平分析” 杭氧所情报组 《深冷技术》1978年第2期
- 〔4〕“二氧化碳在空分中的性状”(东德) C.Elle(译文) 《深冷技术》1980年第4期
- 〔5〕“双低压空分流程的探讨” 俞兴华 《深冷技术》1978年第1期
- 〔6〕“空分设备的经济性分析”(综述) 《深冷技术》1978年第4期
- 〔7〕“用分子筛吸附器净化空气”(西德) G.Pompl(译文) 《深冷技术》1981年第2期
- 〔8〕“大型空分装置生产空分产品费用的结构分析”(苏联) H.A.Хомытов(译文)《深冷技术》1981年第5期
- 〔9〕“大型空分设备的经济性和可靠性”(美) J.Scharle(译文)《深冷技术》1982年第2期

回热式制冷机冷量损失的解析求解

陈 廷 强*

【内容摘要】 本文采用解析求解的方法,对杭州制氧机厂生产的3LY-0.8/194型斯特林制冷机的质量流量和各种冷量损失作了分析计算,所得净制冷量与试验测定值进行了比较,探讨了这种方法应用于工程设计计算中的可靠程度。参考文献4。

* 本文是作者在浙江大学低温工程教研室当研究生时毕业论文的一个部分。作者现在杭州商学院食品工艺教研组工作。——编者