

## 精馏系统空分装置的操作优化措施探析

管志鹏

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油分公司气化一厂, 宁夏 银川 750411

**[摘要]**对于现代化工生产企业来说,只有控制和保证精馏生产技术装置和空分技术装置良好、稳定的运行技术状态,才能保证精馏生产技术装置和空分技术装置的正常运行。在贯彻节能减排理念的背景下,长期保持现代化工企业稳定、可持续发展的状态。本篇文章将围绕精馏系统空分装置的优化运行进行简要阐述,旨在为相关领域的技术人员创造和提供强有力、有效的技术经验参考支持。

**[关键词]**精馏系统;空分装置;操作优化

DOI: 10.33142/ec.v4i7.4194

中图分类号: TQ051.81

文献标识码: A

### Operation Optimization Measures of Air Separation Unit in Distillation System

GUAN Zhipeng

No.1 Gasification Plant of Coal to Oil Branch of CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750411, China

**Abstract:** For modern chemical production enterprises, only by controlling and ensuring the good and stable operation of distillation production technology and air separation technology, can the normal operation of distillation production technology and air separation technology be ensured. Under the background of implementing the concept of energy conservation and emission reduction, we should maintain the stable and sustainable development of modern chemical enterprises for a long time. This article will briefly describe the optimal operation of air separation unit in distillation system, aiming to create and provide strong and effective technical experience reference support for technicians in related fields.

**Keywords:** distillation system; air separation unit; operation optimization

作为辅助和支持的技术空分设备在其运行使用过程中起着主要作用,为化工企业的日常生产运营提供以氮气和氧气为代表的原材料。让我们在一位热心的倡导者的倡导下,在保持有效氮的情况下,在可持续发展的理念下,为空分技术结构的运行稳定创造条件,以适当的形式为空分设备提供优化技术,并推广空分技术,逐步减少操作人员数量,是相关技术人员必须致力于的一项关键任务。

#### 1 空分装置的工作原理

空气分离装置的空气分离技术原理是对空气中的氮和氧成分进行分离处理。根据不同沸点氮、氧组分的物理特性,采用低温精馏技术<sup>[1]</sup>。在上述工艺过程中,高纯氮气设备占有并发挥着不可忽视的重要作用,这些设备需要执行的技术动作主要包括压缩操作;空气冷却和脱水;完全去除空气中的化合物;冷处理;以及空气冷却和液化等操作。

空分技术装置运行的基本过程是:首先对空压机压缩处理后获得的空气混合物中的各种杂质进行全面、彻底的去处理,如二氧化碳、水蒸气等。完成上述处理后,空气分为两部分,一部分直接输送至冷箱参与精馏,另一部分通过增压机加压后进入膨胀机做功冷却后,变为液体参与精馏。其中氮物质分布在下塔顶部,氧物质分布在上塔底部。

在上述技术过程的具体实施过程中,有关技术人员应认识的基本技术原则是:在不同的压力下,不同的物质沸点不同。冷箱主冷的工作过程,高压侧的气相物质氮气向外部释放大量热量,而低压侧的液氧物质通过吸热部分蒸发。

#### 2 空分装置的优化措施

空分设备在我国分布广泛,数量众多,尤其能耗高,节能增效工作迫在眉睫。煤化工工业所需的氮气,由空分装置提供,多套空分装置长期运行若不优化操作,不采取有效的节能降耗措施,将造成极大的能耗损失和经济损失。只有对空分设备进行优化,才能从根本上解决问题,最大限度地发挥其作用。

##### 2.1 前期准备工作

优化工艺,前提是设备正常运行。首先使用预冷、干燥、压缩空气膨胀做功,研究表明,如果膨胀机在异常工况下运行,不仅增加运行负荷,还会造成制冷系统、节流阀门、管道等设备的损坏。其次,作为精馏系统所需冷量的设

备,膨胀机在制冷量下降、操作不当等情况下,往往直接影响系统的冷量平衡。

## 2.2 优化精馏系统

在这一阶段,精馏可以被认为是最先进和应用最广泛的分离技术,在化学和石油工业中发挥着重要作用。主要从部分气化、冷凝、有效分离到实现气体、液体混合物,作为主冷凝蒸发器的热量交换的物质来源。精馏过程中的阻力、压力、温度等参数,都需要工作人员的注意。因此,冷量提供了物料平衡的保证,可以作为优化精馏系统的基础,很有必要讨论如何保证冷量和物料平衡。

### (1) 冷量平衡

在实际操作中,应密切监测系统冷量与工艺要求的匹配程度,并根据主冷凝蒸发器液位、压力等参数的变化来判断冷量的变化,为进一步调整气液平衡提供参考。研究表明,蒸发器冷凝过冷量往往伴随着水平变化,这些变化的阻力显著增加,如果不及时修改进气量等,反而会大大增加事故的可能性,减少冷量会导致阻力降低,这会增加氮气压力,调节冷量的平衡,从诊断冷量的变化入手,对应于冷量过剩的液体一部分回流,保持液态气体的蝶形空隙,降低充气量,随着液氮的逐渐增加,冷量必须从液态回流收集,必要时增加膨胀机转速,补充冷量。

### (2) 物料平衡

单靠调节制冷量,整个系统的优化效果不佳;还应注意原料空气处理量和塔出口产品流量等参数。制冷平衡与物料平衡密切相关:当空分系统处理的气体量增加时,制冷需求也随之增加,氮气产量也随之增加[2];相反,待处理气体量的减少会导致制冷需求的减少,氮气产量的减少是不可避免的。例如,只有减小进塔气阀,降低膨胀机的制冷量,才能调节减少处理量对平衡的影响,避免出塔流量和压力的变化,避免影响产品在氮气中的纯度。

## 2.3 优化空分装置

空气分离装置是一种工业设备,用于分离空气中的气体,生产高纯度的氮和氧。对于给定煤炭化工行业的氮气量保证,研究已经证明,由于冷凝蒸发器气化量的减少,2个主冷蒸发器的负荷随着液位、压力的逐渐增加而减少,由于液化的减少,在保证产品质量的同时,不能保证冷量的情况下,对回流和系统的制冷需求增加,氮气产量增加。通过减少主冷凝蒸发器的负荷,确保氮气纯度的相关要求,减少空气量,实践中氮气从需求不稳定到氮气产量变化不规律,气体分馏优化可以保证氮气的转化和减产,满足氮气的要求。在这一过程中,应注意的是,必须调整原料气体的流量,不仅需要关小阀门,还必须控制蒸馏参数,如阻力、塔压、塔温等,减少气体转化不应忽视参数的变化,导致氮氧的巨大波动,这是不必要的<sup>[3]</sup>。因此,很明显,所需的冷量随待处理气体量的减少而变化较小,此时,必须通过减少冷量来确保冷量和物料的平衡。

## 2.4 具体操作如下:

提高1#空分负荷,出氮塔流量不超过80000Nm<sup>3</sup>/h,塔阻力控制在5-7kPa,主冷凝蒸发器参数不变。经调节后,冷凝蒸发器内蒸发量下降,冷凝蒸发器液位升高,蒸发器压力下降;同时,液化量相应减少,造成平衡扰动;此时,需要关小的去上塔阀门,增加下塔液体回流,增加系统所需的冷量,保证产品质量,增加产氮量。

降低2#空分负荷,为了保证氮气纯度不受影响,首先将工艺气体流量降低10000Nm<sup>3</sup>/h。各参数变化如表1所示,塔阻力在5-7kPa之间,空气处理气流量50000Nm<sup>3</sup>/h,膨胀机转速约16750r/min,保证了装置的制冷能力。

表1 空气加工量在50000Nm<sup>3</sup>/h时系统运行参数

时间	加工气量/(m <sup>3</sup> /h)	膨胀机转速/(r/min)	塔阻/kPa	蒸发器液位%	液空液位%	氮气产量/(m <sup>3</sup> /h)	氮气含氧量/(%)
11:00	500 775	16 521	5.6	102.7	30.8	83000	0.2
13:00	500 953	16 580	5.5	100.4	29.6	83810	0.1
15:00	500 625	16 486	5.0	103.5	32.5	81035	0.1
17:00	501 158	16 881	6.1	101.3	30.9	81942	0.1
19:00	500212	16 420	6.0	103.4	31.6	82763	0.2
21:00	500 630	16 500	5.8	101.3	31.5	80159	0.1
23:00	500 741	16 560	5.6	101.5	30.7	80941	0.09
1:00	500 276	16 663	6.3	102.3	30.5	80489	0.09

继续减少 2# 的空气负荷, 减少加工气体量 10000m<sup>3</sup>/h。各参数变化如表 2 所示, 从表 2 可以看出, 柱体阻力在 5-7kPa 之间, 空气处理速度约为 10000m<sup>3</sup>/h, 充气速度设定为 10000r/min, 产氮量在 79000-85000m<sup>3</sup>/h 之间, 纯度不变。当然, 后系统氮气用量的不稳定导致出塔产氮量变化不规律, 但可以看出, 加工气体量的减少导致氮气产量相应减少。这有助于优化生产。

表 2 空气加工量在 490000Nm<sup>3</sup>/h 时系统运行参数

时间	加工气量/ (m <sup>3</sup> /h)	膨胀机转速/ (r/min)	塔阻/kPa	蒸发器液位/m	液空液位/m	氮气产量/ (m <sup>3</sup> /h)	氮气含氧量/ (%)
11:00	495000	16 521	5.5	102.7	30.8	82100	0.2
13:00	493000	16 580	5.5	100.4	29.6	80985	0.09
15:00	497820	16 486	5.6	103.5	32.5	81035	0.1
17:00	501058	16 881	6.3	101.3	30.9	79580	0.09
19:00	500212	16 420	6.1	103.4	31.6	79821	0.2
21:00	497285	16 500	5.8	101.3	31.5	79658	0.1
23:00	492587	16 560	5.7	101.5	30.7	80941	0.09
1:00	500 276	16 663	6.3	102.3	30.5	80489	0.09

2019年4月, 在2#空分低负荷运行期间, 即处理气量 490000Nm<sup>3</sup>/h, 下塔出口氮气流量一般控制在 79000-850000Nm<sup>3</sup>/h 之间, 塔阻力在 5-7kPa 之间。因后系统导致氮气纯度首次波动, 操作人员及时调整, 保证产品质量。结果表明, 由于后系统低压氮气用量大, 导致精馏高负荷运行, 出塔氮气流量大于 82000Nm<sup>3</sup>/h, 冷量不足, 导致产品质量发生变化。因此, 当装置在低负荷下运行时, 产品流量不得超过 820000 Nm<sup>3</sup>/h。

由于原料的特殊性, 仅通过减小进塔阀门和控制精馏塔参数 (包括进塔压力、出塔压力) 是不可能减少工艺气体体积<sup>[4]</sup>、压力、蒸发器液位和液体真空度。如果减少压缩机的加工气体量, 忽略塔阻力、蒸发器液位、液压真空度、塔出口氮气压力和流量的变化, 预计氧氮纯度会波动, 甚至超过限值, 造成事故。因此, 工艺气体量的减少伴随着制冷量、出塔氮气质量、物料平衡和冷量平衡所需的冷量的减少。

另外, 两套空分均保证了外送产品气体量的平衡, 当其中一套空分器负荷下降时, 为了满足整个供气系统的平衡, 另一套空分负荷增加, 各工艺参数发生变化。例如, 如果空气负荷减少 1#, 空气负荷相应增加 2#, 塔出口氮气流量先增加后减少, 冷凝蒸发器压力先降低后增加, 压力先增大后减小, 系统冷量变化较大。调整要求两组同时调整, 微调; 如有必要, 可先打开高压低压平衡管线阀门, 然后逐步调整两套空分的参数。

### 3 节能降耗

空分装置优化后, 1 台压缩机和 1 台干燥机于 2020 年 5 月底成功停运, 除特殊情况外, 压缩系统的进气量基本稳定且充足。压缩机每天可节省约 36000 度的电力, 相当于每天 21600 元。

### 4 结语

综上所述, 空分装置是化工企业生产不可缺少的装置, 为了满足节能减排的要求, 必须优化精馏系统。为保证机组稳定运行, 提高设备利用率, 避免不必要的损失。希望上述内容能在一定程度上为企业优化空分设备的工作提供一些启示, 并取得良好效果。

#### [参考文献]

- [1]王婷婷, 张巍, 赵雄, 等. 智能优化技术在空分装置上的应用[J]. 工业仪表与自动化装置, 2020(4): 134.
  - [2]王志武, 张兆钰, 胡超. 大型空分装置的工艺选择和运行分析[J]. 氮肥与合成气, 2020(1): 30-32.
  - [3]陈合, 李伟. 43 000 m<sup>3</sup>/h 空分氩系统操作优化[J]. 氮肥与合成气, 2019(8): 7-9.
  - [4]张成龙, 蒋鹏飞, 张乐, 等. 1000kt/a 乙烯装置丙烯精馏塔增产增效操作的优化[J]. 乙烯工业, 2019, 31(2): 34-37.
- 作者简介: 管志鹏 (1982.3-), 男, 苏州科技大学, 国能集团宁夏煤业煤制油分公司气化一厂, 安健环科, 科长, 工程师。