

变压吸附脱碳工艺路线的选择

龙 衡

(山西兰花煤化工有限责任公司)

摘 要: 简要介绍变压吸附工作原理,对抽真空法和吹扫法两种流程从工艺流程、能耗、投资各个方面作比较,通过外出考察结合煤化工公司节能降耗技术改造项目实际情况,综合考虑选择抽真空流程。

关键词: 变压吸附;抽真空法;吹扫法

目前国内合成氨装置常采用碳酸丙烯酯法、NHD法和变压吸附法三种脱碳工艺,前两种为湿法脱碳工艺,具有有效气体损耗低,一次性投资较省、气体净化度高的优点。但它们都需要用吸收剂,需采用减压再生,运行电耗较高,还要消耗溶剂,NHD法还要消耗冷量。我公司现有脱碳系统采用NHD脱碳工艺,在运行过程中存在工艺流程长、运行成本高、操作复杂。而变压吸附法的吸附剂采用一次性装填,使用寿命一般在10~15年,不需要复杂的预处理系统,自动化程度高,操作方便,运行成本低,是一种应用前景十分广阔的CO₂分离技术。

由于兰花新材料公司10万吨/年己内酰胺项目

一期工程在建,建成后需合成气 $1.4018 \times 10^8 \text{Nm}^3/\text{年}$,需液氨6.3444万吨/年,需要煤化工公司对现有装置进行节能降耗技术改造,保证合成氨装置生产能力不变的同时,提取 $1.4018 \times 10^8 \text{Nm}^3/\text{a}$ 合成气,使其可满足10万吨/年己内酰胺项目所需合成气。原有脱碳工段已不能满足改造后生产能力,新增一套变压吸附装置,处理能力 $45000 \text{Nm}^3/\text{h}$ 。

变压吸附脱碳工艺国内主流路线目前都是采用两段法,分为提纯段和净化段,有两种工艺路线,以天立为代表的吹扫法变压吸附,以天一、华西所为代表的抽真空法变压吸附,下面从原理、工艺流程、能耗、投资各个方面作比较,结合我公司节能降耗技术

改造项目需要,选择投资省、技术先进、成熟可靠、生产稳定及综合能耗低的工艺路线。

1 变压吸附技术的基本原理

变压吸附技术是以吸附剂(多孔固体物质)内部表面对气体分子的物理吸附为基础,利用吸附剂在相同压力下易吸附高沸点组份、不易吸附低沸点组份和高压下吸附量增加(吸附组份)、减压下吸附量减少(解吸组份)的特性,将原料气在高压下通过吸附剂床层,相对于氢的高沸点杂质组份被选择性吸附,低沸点组份的氢不易吸附而通过吸附剂床层,达到氢和杂质组份的分离,然后在减压下解吸被吸附的杂质组份使吸附剂获得再生,以便再次进行吸附分离杂质。这种高压下吸附杂质组份提纯氢气、减压下解吸杂质组份使吸附剂再生的循环过程便是变压吸附过程。

在变压吸附过程中吸附床内吸附剂解吸是依靠降低杂质组份分压实现的,目前在合成氨行业中有两种变压吸附方式:一种是传统的抽真空流程即利用抽真空的办法降低被吸附组份的分压,使吸附的组份在负压下解吸出来,这就是通常所说的真空变压吸附。VPSA 工艺的优点是再生效果好,产品收率高,但缺点是需要增加真空泵。另一种是新兴的吹扫流程,即用产品气或其他不易吸附的组份对床层进行“冲洗”,使被吸附组份的分压大大降低,将较难解吸的杂质冲洗出来,其优点是在常压下即可完成,不再增加任何设备,但缺点是会损失产品气体,降低产品气的收率。

2 工艺流程简述

2.1 抽真空流程

变换气经气液分离器脱除所携带的液体后,进

入 PSA-1 提纯段。PSA-1 提纯段的每个吸附塔在一个周期中需经历吸附、均降、逆放、抽真空、升压(初次升压、均升、终升)等过程。经 PSA-1 提纯段脱除 CO₂ 等杂质后的中间气进入 PSA-2 净化段。净化段的每个吸附塔在一个周期中需经历吸附、均降、顺放、逆放、真空、升压(均升、终升)等过程。在 PSA-1 提纯段中变换气经提纯获得 CO₂ 产品气,在 PSA-2 净化段的出口端获得的净化气送至下一工序,部分顺放气返回到 PSA-1 提纯段进行升压,解析放空气送出界外。抽真空法变压吸附脱碳工艺流程框图见图 1。

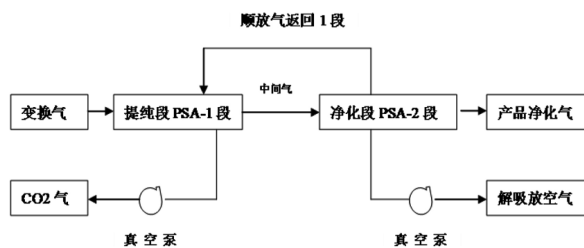


图 1 抽真空变压吸附流程框图

2.2 吹扫流程

变换气经气液分离器脱除所携带的液体后,进入 PSA-1 提纯段。PSA-1 提纯段的每个吸附塔在一个周期中依次经历吸附、均压降、顺放、逆放、吹扫、均压升、最终升压步序。经 PSA-1 提纯段脱除 CO₂ 等杂质后的中间气进入 PSA-2 净化段。净化段每台吸附塔依次经历吸附、均压降、顺放、逆放、吹扫、均压升、最终升压步序。吹扫法变压吸附脱碳工艺流程框图见图 2。

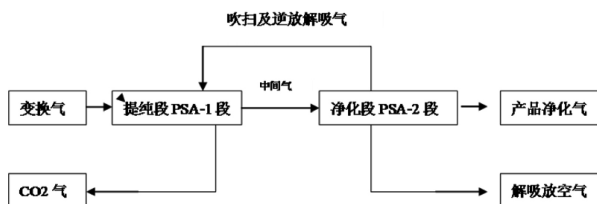


图 2 吹扫变压吸附流程框图

3 装置规模及技术指标

3.1 设计处理能力

结合公司近几年的产能情况,氨产量已达到22万吨/年,净化系统新增变换装置设计产能27万吨/年,最大产能按30万吨/年,考虑前后系统的匹配度,因此变压吸附装置按8万吨/年考虑,变换气按4200Nm³产一吨氨计,单套处理变换气能力按45000Nm³/h考虑。

3.2 产品气技术指标

原有NHD脱碳进工段压力3.1MPa(G),压差0.06MPa,为了保证两套系统并联运行不出现因压差不一致导致气体偏流影响吸收效果,对指标做如下要求:

净化气

- (1)净化气中CO₂含量: ≤0.2%(V)
- (2)净化气压力(表): 3.04MPa(G)
- (3)净化气温度: ≤40℃
- (4)氢气回收率: ≥99.5%(V)
- (5)系统压差: ≤0.05 MPa

3.3 原料气条件

- 原料气进装置压力: ~3.1MPa(G)
- 原料气进装置温度: ≤40℃
- 原料气组成:

组成	H ₂	N ₂	CH ₄	CO	CO ₂	Ar	Σ
V%	54.81	16.84	0.9	1.0	26.2	0.25	100.00%

4 两种流程对比

4.1 流程对比

无论吹扫还是抽真空都经历吸附、均降、逆放、升压(初次升压、均升、终升)等过程。

抽真空在逆放结束后用真空泵抽负压完成吸附

剂的再生,吹扫流程是利用顺放气进行冲洗完成吸附剂的再生,前者再生效果好但是需要耗电,后者省电但是再生效果不好,需要装填更多数量的吸附剂来满足净化气纯度需要,有效气体损失较大,需要的吸附塔相较抽真空多。

4.2 投资对比

从投资上看,吹扫流程总投资要比抽真空流程多约150万,主要差异体现在吸附塔和吸附剂。

序号	名称	抽真空价格(万元)	吹扫价格(万元)
1	程控阀	380	500
2	吸附剂	280	350
3	非标设备	570	630
4	仪器仪表、控制系统	140	145
5	电气	100	45
6	动力设备	126	20
7	安装及材料	350	380
8	土建费用	200	220
6	工艺包设计费	30	30
	合计	2176	2320

4.3 耗能对比

处理气量45000Nm³/h,抽真空需要开4台110KW真空泵,2台30KW油泵,吨氨耗电45Kwh/t(NH₃)吹扫只需开2台30KW油泵,无其他运转设备,吨氨耗电6Kwh/t(NH₃),节电效果明显。年生产8000小时计,抽真空流程消耗电费45*10*0.42*8000=151.2万元,吹扫流程消耗电费6*10*0.42*8000=20.6万元,两种流程相差130万元。

4.4 气体损失情况

抽真空流程涉及放空的步骤有一段顺放、二段逆放、抽真空,二段顺放回一段升压用;吹扫流程涉及放空的步骤有一段顺放、二段顺放给一段及二段吹扫放空,从步骤上吹扫放空步骤更多有效气体损失大,在处理45000Nm³/h变换气的变压吸附装置中,吹扫流程放空气比抽真空流程 (下转第30页)

顶板支护好后,两架掩护架前移 1.5m。

(3)必须在每架掩护架的顶梁上铺 2 根 11#矿用工字钢,长度为 2.6m。

(4)以后每撤一架,重复以上的工序,直至把工作面的支架全部撤完。

5.4 撤架期间工作面支护要求

(1)撤架后的支护采用单体柱和预先铺设的木梁支护,支护排距 0.6m,柱距 0.75m。

(2)支护好撤架的悬落空间后,掩护架前移 1.5m。最大控顶距 5695mm,最小控顶距 4195mm。

(3)回撤支柱时,首先保证退路畅通,并保证一人观察,一人操作放顶,两人协同作业,严禁单人回柱。

(4)回撤支柱时,要严格按由里向外进行。

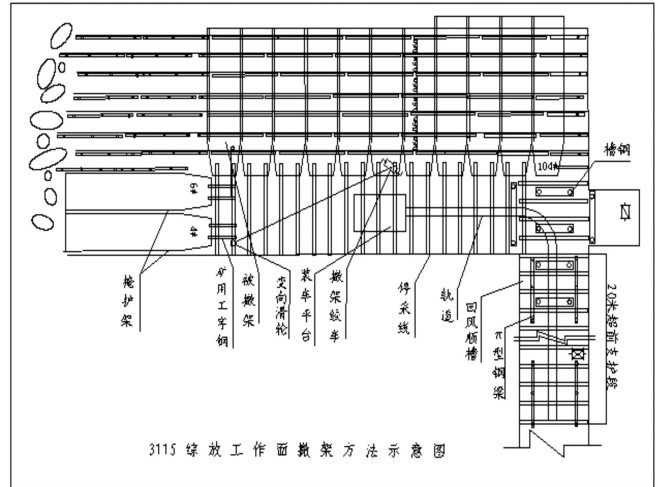
(5)所有人员严禁进入无支护的采空区作业。

(6)单体柱支设在实底上,迎山有力,严禁支设在浮煤或浮渣上。

(7)当压力大或顶板破碎时,加大支柱的支护密度。

6 其他技术要求

(1)工作面回撤期间,每班每组必须派专职安全



员履行安全监护职责,针对搬家现场各个环节进行安全监管

(2)工作面回撤期间,要加强瓦斯监测监控,回撤结束后,及时密闭 3115 运输、回风顺槽。

7 结语

经过一个多月的艰苦作业,3115工作面 104 架支架成功撤架结束。3115综放工作面的撤架工艺技术,加快了搬迁速度,提高了工作效率,大大降低了事故发生的概率,安全系数高、工期短,值得大力推广。

(上接第 26 页) 每小时多损失至少 1500Nm³/h 的气体,有效气体约占 25%,有效气体损失 375Nm³/h,相当于每小时损失 375/3000=0.125 吨氨,有效气体损失导致合成氨产量下降,每年直接损失 0.125*8000*2300=230 万元。

5 结论

抽真空优点是再生效果好、产品收率高。缺点

是需要增加真空泵,增加电耗。吹扫工艺优点不需要增加额外动力设备节电效果明显,缺点是会损失产品气,降低产品气的收率,吹扫工艺吸附塔比抽真空工艺多,设备投资多。需要根据自身需要综合考虑选择与合成氨净化流程相适应的工艺方案。单纯从电耗看吹扫流程更适合企业投资,从投资、电耗及有效气体综合对比看,抽真空流程更为经济,而本次改造装置占地 42×22m,空间相对狭小,抽真空设备布置较少,综合考虑抽真空流程更优。