

# 变压吸附回收变脱闪蒸气和脱碳高闪气

姚鹏飞

(山西晋丰煤化工有限责任公司 高平 048400)

山西晋丰煤化工有限责任公司现有2套“18.30”装置,净化系统均采用半水煤气脱硫、无饱和塔全低变、变换气脱硫、NHD脱碳工艺流程。合成氨系统氮氢压缩机为六级压缩,半脱出口煤气进入压缩机一段,加压后由三段出口送出,经变换、变脱、脱碳工段之后进入压缩机四段入口,再加压后送至五段出口至双甲工序,之后进一步加压后由六段出口至合成系统。原变脱闪蒸气回收至气柜,脱碳高闪气回收至压缩机二段入口。由于近几年节能减排压力较大,经过反复讨论,决定与四川亚联公司合作,采用变压吸附回收变脱闪蒸气与脱碳高闪气中的有效气体。

## 1 技术方案

(1) 气体成分见表1。

表1 气体成分(体积分数) %

项目	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>
变脱闪蒸气	36.60	9.06	53.20	0.74	0.40
脱碳高闪气	21.00	7.10	70.00	1.60	0.30

(2) 变脱闪蒸气压力控制在0.5~0.6 MPa(表压),脱碳高闪气压力控制在0.5 MPa(表压)左右。为了减少能量消耗,不再加压,考虑气体输送阻力,变压吸附回收系统按0.45 MPa(表压)进

行设计。

(3) 考虑到闪蒸气中夹带脱硫液及脱碳液会严重影响吸附剂的使用寿命,故在吸附塔前增加1套预处理系统,包括变脱闪蒸气分离器、高闪气与变脱气混合汽水分离器及活性炭过滤器等。

(4) 变压吸附回收的产品气H<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>若能进一步加压直接送至合成氨系统氮氢压缩机四段入口,可进一步节省压缩机电耗并增加压缩机打气量;同时考虑到产品气压缩机检修,又在原流程基础上将产品气回收至合成氨压缩机二段入口。

(5) 抽真空可得到纯度98.5%(体积分数,下同)以上的CO<sub>2</sub>气体,经过CO<sub>2</sub>缓冲罐后直接送至尿素工段。

(6) 本装置采用8-3-3工艺流程,即8台吸附塔,3塔同时吸附,3次均降压;若程控阀故障或其它原因可改为7-3-2流程。

## 2 主要设备参数

主要设备参数见表2。

## 3 工艺流程及工艺指标

### 3.1 工艺流程

压力为0.5~0.6 MPa、温度20~25℃的变

表3 污水回用装置处理前、后水质指标

项目	处理前	处理后
悬浮物/(mg·L <sup>-1</sup> )	28	2
浊度/NTU	10.54	0.75
BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	9.76	2.12
COD <sub>Mn</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	40.00	1.68
总硬度(以CaCO <sub>3</sub> 计)/(mg·L <sup>-1</sup> )	1 080	29
总碱度(以CaCO <sub>3</sub> 计)/(mg·L <sup>-1</sup> )	570	35
氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )	3.00	0.24
溶解性总固体/(mg·L <sup>-1</sup> )	1 350	34
类大肠菌群/(个·L <sup>-1</sup> )	≤90	≤14

(4) 维修及膜更换费用:年维修和膜更换费用合计30万元;则吨水该项费用为0.58元。

(5) 折旧费:总投资300万元,按10年折旧,年折旧费30万元,则吨水折旧费用为0.58元。

吨回用水成本为2.463元。污水回用装置处理前(2010-02-10)、处理后(2010-04-25)水质主要指标见表3。

污水回用装置投运后,循环水系统新鲜水补充量减少了60 m<sup>3</sup>/h,排放量降低了30 m<sup>3</sup>/h,浓缩倍数由原3倍提高至5倍。

(收到修改稿日期 2011-09-28)

表2 主要设备参数

项目	设备参数
吸附塔	$\Phi$ 2 400 mm $\times$ 11 175 mm 8 台, 单塔装填 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 2.187 5 t、硅胶 23.25 t
变脱闪蒸气分离器	$\Phi$ 2 200 mm $\times$ 11 000 mm 1 台
原料气混合罐	$\Phi$ 2 400 mm $\times$ 18 400 mm 1 台
产品气混合罐	$\Phi$ 2 400 mm $\times$ 18 150 mm 1 台
$\text{CO}_2$ 气水分离器	$\Phi$ 1 000 mm $\times$ 5 313 mm 1 台
$\text{CO}_2$ 产品气缓冲罐	$\Phi$ 2 200 mm $\times$ 25 000 mm 1 台
活性炭过滤器	$\Phi$ 2 200 mm $\times$ 25 000 mm 2 台
仪表空气缓冲罐	$\Phi$ 700 mm $\times$ 3 200 mm 1 台
水环真空泵	2BE1405 160 kW 2 台
水泵	$Q=70 \text{ m}^3/\text{h}$ $H=40 \text{ m}$ 2 台
产品气压缩机	2D32-65/3.8-2.0 1 030 kW 1 台

脱气进入变脱闪蒸气水分离器,气水分离后与压力为 0.5 MPa 左右、温度为 8  $^{\circ}\text{C}$  左右的高闪气进入原料气混合罐混合,进一步分离水分后进入活性炭过滤器,去除夹带的脱硫液和脱碳液,送入吸附塔组中处于吸附步骤的 3 台塔,由下而上通过床层,出塔产品气送入产品气缓冲罐,再由产品气压缩机加压后送入脱碳工段进口(也可回至合成氨压缩机二段入口)。当被吸附杂质的浓度前沿接近床层出口时,关闭吸附塔的混合气入口阀和产品气出口阀,使其停止吸附,通过 3 次均压充分回收床层死空间的产品气,再逆着吸附方向降压,易吸附组分被排放出来,吸附剂得到初步再生。再通过抽真空进一步解吸吸附剂上残留的高浓度二氧化碳,吸附剂得到完全再生。而抽真空的二氧化碳送到二氧化碳产品气罐,直接并入脱碳低闪气二氧化碳总管送至尿素工段。抽真空结束后,利用原料气顺向升压至接近吸附压力,吸附床便开始进入下一个吸附循环过程。

真空泵内循环水通过  $\text{CO}_2$  气水分离器分离  $\text{CO}_2$  后,再通过水泵加压回收至循环水系统,而闪蒸出来的  $\text{CO}_2$  气体回收至产品气缓冲罐。

### 3.2 工艺指标

吸附压力: 0.45 MPa;  
 一均降压力: 0.27 MPa;  
 二均降压力: 0.14 MPa;  
 三均降压力: 0.04 MPa;  
 抽真空压力: -0.06 MPa;  
 三均升压力: 0.04 MPa;

二均升压力: 0.14 MPa;  
 一均升压力: 0.27 MPa;  
 终升压力: 0.45 MPa;  
 仪表空气压力: 0.6 ~ 0.8 MPa;  
 变脱闪蒸气温度: 20 ~ 25  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 脱碳高闪气温度: 4 ~ 8  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 脱碳高闪气流量: 8 000  $\text{m}^3/\text{h}$  (标态);  
 变脱气流量: 4 000  $\text{m}^3/\text{h}$  (标态);  
 产品气流量: 3 600  $\text{m}^3/\text{h}$  (标态);  
 产品  $\text{CO}_2$  流量: 950  $\text{m}^3/\text{h}$  (标态);  
 产品气中  $\varphi(\text{H}_2)$ : ~74.0%;  
 产品气中  $\varphi(\text{CO}_2)$ :  $\leq 8.5\%$ ;  
 产品气缓冲罐出口  $\varphi(\text{CO}_2)$ :  $\geq 98.5\%$ 。

## 4 试车投产情况及问题解决措施

该项目在 2010 年 5 月开始土建施工,7 月装填吸附剂及管道吹扫,8 月 1 日试车同时投入生产运行,产品气回收至合成氨系统氮氢压缩机二段入口。变压吸附回收装置投运后运行较理想,处理气量为 12 000  $\text{m}^3/\text{h}$  (标态),产品气量为 3 600  $\text{m}^3/\text{h}$  (标态)。但存在以下问题:①由于抽真空所得的  $\text{CO}_2$  气体带水严重,在产品气缓冲罐中分离不下来,常带至尿素工段。针对以上情况,将产品气缓冲罐出口管线提高,同时在产品气缓冲罐内增加旋流板,改造后气体带水情况基本消除。②程控阀采用气源控制,冬季气温低时,由于仪表空气中水分冷凝结冰造成程控阀开关故障,增设电热带伴热后问题得以彻底解决。

## 5 效益分析

该项目总投资 700 余万元,目前变压吸附产品气回收至脱碳工段进口,即合成氨系统氮氢压缩机四段入口。合成氨氮氢压缩机打气量较之前多了 5 000  $\text{m}^3/\text{h}$  (标态)左右,原合成氨系统氮氢压缩机一段出口压力为 0.30 MPa,二段出口为 0.82 MPa,现合成氨系统氮氢压缩机一段出口压力为 0.26 MPa,二段出口压力为 0.78 MPa,节电效果明显。原日产综合氨(液氨和甲粗醇) 680 t 左右,现日产综合氨为 720 t 以上,同时 98.5% 以上的  $\text{CO}_2$  回收至尿素工段,不到 1 年可收回全部投资。

(收到修改稿日期 2011-08-28)