

两段法变压吸附脱碳装置应用总结

王燕春, 王宝明, 唐行国

(阳煤集团淄博齐鲁第一化肥有限公司 255400)

摘要 介绍了两段法变压吸附(PSA)脱碳装置生产应用情况。经过近5年的长期运行,证明两段法变压吸附脱碳装置具有操作稳定、生产成本低的特点,完全满足了尿素生产的需要。

关键词 变压吸附 两段法 脱碳

Sum-Up of Use of Two-Stage Pressure Swing Adsorption Unit for CO₂ Removal

Wang Yanchun, Wang Baoming, Tang Xingguo

(Zibo Qilu No. 1 Chemical Fertilizer Co., Ltd. of Yangquan Coal Industry <Group> Co., Ltd. 255400)

Abstract The use in urea production is described of the two-stage pressure swing adsorption (PSA) unit for CO₂ removal. It is proved after running for a long period of nearly 5 years that the unit has the characteristics of stable operation and low production cost, meeting completely the needs of urea production.

Keywords pressure swing adsorption two-stage process CO₂ removal

阳煤集团淄博齐鲁第一化肥有限公司的前身是中国石化总公司齐鲁分公司齐鲁第一化肥厂,是以重油为原料生产合成氨的中型氮肥企业,2004年经公司改制、装置改造,生产装置以煤为原料生产合成氨和尿素。改造后,配套的脱碳装置采用成都天立化工科技有限公司的两段法变压吸附(PSA)专利技术,包括提纯段和净化段,主要过程包括吸附、均压降解吸、顺放解吸、逆放解吸、抽真空解吸、二段气升压、均升和终升充压等几个

过程。

1 PSA脱碳装置运行情况

PSA脱碳装置于2004年10月建成并投产,处理变换气量65 000 m³/h(标态),2006年10月扩产改造至处理变换气量85 000 m³/h(标态)。

1.1 流程简介

本装置由提纯和净化两段组成,工艺流程框图如图1所示。

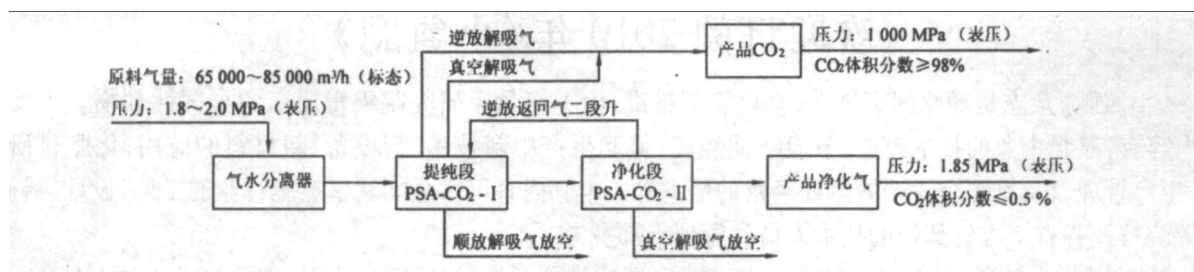


图1 PSA脱碳装置工艺流程框图

该装置提纯段采用的流程为20-6-11-V,即20塔6塔同时吸附11次均压抽真空流程。压力为1.8~2.0 MPa、温度低于40℃的变换气由变换工段送入提纯段,经气水分离器除去游离水分

后再进入吸附塔组中处于吸附步骤的6台塔,由下而上通过床层,在1.8~2.0 MPa的吸附压力下吸附脱除变换气中的CO₂;当被吸附杂质的浓度前沿接近床层出口时,关闭吸附塔的原料气阀和

产品气阀,停止吸附,此时变换气中约90%的 CO_2 被吸附,约含10%(体积分数) CO_2 的中间气送入净化段;吸附结束后,通过11次均压步骤回收床层死空间的有效气体,此时吸附塔内的 CO_2 浓度得到提高,然后逆着吸附方向降压,将高纯度的 CO_2 排出送入尿素生产装置;再通过3台水环式真空泵对吸附塔抽真空,进一步解吸吸附剂上残留的吸附杂质,并与逆放气混合后送入气柜,送尿素生产装置;抽真空结束后,吸附剂得到完全再生,利用缓冲罐回收净化段的部分逆放气进行二段升,回收净化段逆放的有效气体,然后利用提纯段的均压气对床层逆向升压至接近吸附压力,再利用中间气对吸附床进行终升,吸附床便开始进入下一个吸附循环过程。

净化段采用的流程为15-7-6-V,即15塔7塔同时吸附6次均压抽真空流程。出提纯段的中间气进入净化吸附塔组中处于吸附步骤的7台塔,由下而上通过吸附塔,在1.8~1.9 MPa的吸附压力下,吸附脱除中间气中体积分数约10%的 CO_2 ;当被吸附杂质的浓度前沿接近吸附剂床层出口时,关闭吸附塔的原料气阀和产品气阀,停止吸附,通过6次均压步骤回收吸附剂床层死空间的有效气体;然后通过逆放从吸附塔底部将部分气体排入缓冲罐,作为提纯段二段升气体,剩余气体一部分送往 CO_2 回收小气柜,其余放空;逆放结束后,通过抽真空使吸附剂获得再生,再利用系统均压气及产品气对吸附床层逆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。

1.2 主要设备配置

PSA脱碳装置主要设备配置为:汽水分离器1台,提纯段吸附塔20台,净化段吸附塔15台,真空泵6台,油泵8台。

1.3 考核指标

变换气处理量:65 000~85 000 m^3/h (标态)。

操作压力(表压):提纯段1.8~2.0 MPa,净化段1.8~1.9 MPa。

操作温度:25~36 $^{\circ}\text{C}$ 。

整套装置气体损失分为提纯段顺放气、净化段逆放放空气和净化段抽真空解吸气。通过取样分析不同时间段的逆放放空气和真空解吸气组成,计算有效气体回收率。

不同变换气处理量下的有效气体回收率与消耗见表1和表2。

表1 不同变换气处理量下的有效气体回收率/%

项 目	变换气处理量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}, \text{标态})$		
	65 000	75 000	85 000
H_2 回收率	99.24	98.81	98.52
N_2 回收率	95.26	94.51	95.30
CO 回收率	92.14	93.51	95.88
CO_2 回收率	74.38	73.66	73.66
CO_2 纯度 ¹⁾	97.8~98.0	97.8~98.0	97.8~98.0
净化气中 CO_2 含量 ¹⁾	0.51	0.53	0.53
$(\text{CO} + \text{H}_2 + \text{N}_2)$ 回收率	97.94	97.48	97.47

注:1)均为体积分数。

表2 不同变换气处理量下的消耗指标

项 目	规 格	变换气处理量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}, \text{标态})$		
		65 000 ¹⁾	75 000 ²⁾	85 000 ³⁾
真空泵用电/kW	380 V, 60 Hz	790	1 010	1 170
循环冷却水/ $(\text{t} \cdot \text{h}^{-1})$	0.2 MPa, 30 $^{\circ}\text{C}$	56	84	90

注:1)折吨氨电耗46.5 $\text{kW} \cdot \text{h}$,吨氨水耗3.44 t;

2)折吨氨电耗55.5 $\text{kW} \cdot \text{h}$,吨氨水耗4.76 t;

3)折吨氨电耗56.8 $\text{kW} \cdot \text{h}$,吨氨水耗4.85 t。

从表1可以看出: H_2 和 CO_2 的回收率平均值分别为98.86%和73.90%, N_2 的回收率平均值为95.02%, CO 回收率平均值为93.84%;由于取样时只能取到提纯段顺放气、净化段逆放放空气和净化段抽真空放空气的前期和中期样,导致分析数据与实际存在一定偏差;因公司生产需要,净化气中 CO_2 体积分数一般控制在0.5%左右,既能满足生产要求,又能提高PSA装置有效气体收率;整套PSA装置有效气体回收率在97.47%以上。

2 影响两段法PSA装置气体收率的因素

影响两段法PSA装置气体收率的因素主要如下。

(1)吸附剂:选择合适的吸附剂和吸附剂量是两段法PSA装置能否达到预期效果的首要条件。

(2)气体温度:气体温度越高,则吸附剂吸附容量越低,在其它条件不变的情况下,将造成气体收率降低。

(3)操作压力:操作压力越低,则吸附剂吸附

容量越低,在其它条件不变的情况下,气体收率将降低。

(4)操作真空度:操作真空度越低,则吸附剂解吸再生效果越好。

(5)循环时间:合理控制操作循环时间,减少放空次数,可有效提高气体的回收率。

(6)装置的平稳操作:两段法 PSA 装置的操作时间的调整需根据原料气条件而变,如原料气温度、压力、组分发生变化,为了稳定生产指标,都要对装置循环时间进行调整;本装置调整1次循环时间,需2~3个周期后才能观察到效果,所以装置过于频繁的调整,不利于生产指标的稳定,进而影响气体收率。

(7)其它外部硬件设施,如油路系统故障或操作系统的仪表部分故障都有可能造成装置运行的不正常,进而影响装置气体收率。

合理调整循环时间是提高回收率的主要手段。在操作过程中,既要控制好工艺指标,又要满

足各步骤运行所需要的时间,避免各步骤均压不平衡造成的浪费;在此条件具备的基础上,缩短提纯段循环时间、降低中间气中 CO_2 的含量、延长净化段循环时间,以提高回收率。

3 结语

本公司两段法 PSA 变压吸附脱碳装置经过近5年的长期运行,取得了满意的效果:①操作稳定,其硬件设施能满足装置安全、长周期运行的要求;②切塔程序设计合理,操作简便,对系统影响小;③装置操作弹性大,净化气中 CO_2 含量可根据生产需要灵活控制;④该装置从非吸附相获得合成氨生产原料气(净化气),从吸附相获得产品 CO_2 用作生产尿素的原料,产品 CO_2 体积分数长期稳定控制在98%左右,气量能满足尿素生产需要;⑤本装置满负荷吨氨电耗仅 $56.8 \text{ kW} \cdot \text{h}$,大大降低了生产成本。

(收稿日期 2009-10-12)

“煤制气合成聚合级乙二醇新技术中三项关键催化剂的研究”通过专家鉴定

2009年9月15日,由湖北华烁科技股份有限公司(原湖北省化学研究院)开发的“煤制气合成聚合级乙二醇新技术中三项关键催化剂的研究”通过了由湖北省科技厅组织的专家鉴定。

鉴定会专家组由华东理工大学博士生导师房鼎业教授为主任委员,中国氮肥工业协会副理事长孔祥琳教授级高工以及中国石油和化学工业协会副秘书长胡迁林教授为副主任委员,委员有国家化工行业生产力促进中心首席顾问冯孝庭教授级高工、中南民族大学副校长及博士生导师李金林教授、中国五环工程公司副总工程师陈伟建教授级高工、山东联盟化工股份有限公司总工刘志臣高工。

鉴定委员会的专家委员对本公司提供的鉴定材料进行了认真审查,实地考察了本公司的研发基地(CO 变换催化剂及气体净化剂国家重点工业基地),并认真听取了本公司该项目组的综述报告、三项关键催化剂(即 TH-5 选择性脱氢催化

剂、HDMO-1 草酸二甲酯合成催化剂和 HEG-1 草酸二甲酯加氢催化剂)的研制报告、查新报告和测试报告。

鉴定委员会经过认真的质询与讨论,对于研究开发的 TH-5 选择性脱氢催化剂、HDMO-1 草酸二甲酯合成催化剂以及 HEG-1 草酸二甲酯加氢催化剂体系的创新性与超过国内外文献报道的选择性与低温活性数据给予了高度评价,并一致认为:“成果完成单位湖北华烁科技股份有限公司集30多年来多种类型工业催化剂的应用研究及其使用技术的研究经验,紧紧抓住上述三项关键催化剂进行创新探索,是我国又一家对该三项关键催化剂进行全面研究的单位。该三项关键催化剂成果具有创新性,总体上达到国际先进水平。其中,催化剂选择性、低温活性主要指标处于国际领先水平。”

鉴定委员会建议尽快进行年产300~1000 t 乙二醇全流程的工业化试验,以加快实现工业装置的生产。

(湖北华烁科技股份有限公司 武汉
430074 孔渝华,雷 军)