

5 500 m³ /h 变压吸附提氢装置运行总结

姚 刚, 冯统新

(兖矿峰山化工有限公司, 山东 邹城 273500)

[中图分类号] TQ 116.2 [文献标识码] B [文章编号] 1004-9932(2009)03-0017-02

我公司 2002 年 10 月新上了 1 套 5 500 m³ /h 变压吸附提氢 (PSA-H₂) 装置, 用于提纯回收合成氨弛放气中的氢气, 不仅获得了合成氨生产所需要的氢气, 而且减轻了废气排放或尾气直接燃烧所引起的环境污染, 经济效益和社会效益显著。现将该装置的有关情况总结如下。

1 装置选用变压吸附提氢技术的依据

对于含氢气体的分离提纯, 工业上采用的分离方法主要有深冷法、吸附法、膜分离法以及吸收法等。结合我公司实际, 经过综合考察, 最终选用了四川天一科技股份有限公司的 PSA-H₂ 技术, 这是因为与其他几种分离方法相比, 变压吸附法具有如下优点。

(1) 能耗低。PSA 工艺适应的压力范围较广, 一些有压力的气源可以省去再次加压的能耗; PSA 在常温下操作, 可以省去加热或冷却的能耗。

(2) 产品纯度高且可灵活调节。PSA-H₂ 的产品氢纯度可达 99.9%, 并可根据工艺条件的变化在较大范围内随意调节产品氢的纯度。

(3) 工艺流程简单, 可实现多种气体的分离, 对水、硫化物、氨、烃类等杂质有较强的承受能力, 无需复杂的预处理工序。

(4) 装置由计算机控制, 自动化程度高, 操作方便。每班只需稍加巡视即可, 装置可以实现全自动操作; 开停车简单迅速, 通常开车 0.5 h 就可得到合格产品, 数分钟就可完成停车。

(5) 装置调节能力强, 操作弹性大。PSA 装置稍加调节就可以改变生产负荷, 而且在不同

负荷下生产时产品质量可以保持不变, 仅回收率稍有变化。PSA 装置对原料气杂质含量和压力等条件改变也有很强的适应能力, 调节范围很宽。

(6) 投资少, 操作费用低, 维护简单, 检修时间少, 开工率高。

(7) 装置可靠性高。PSA 装置通常只有程序控制阀是运动部件, 而目前国内外的程序控制阀经过多年研究改进后, 使用寿命长, 故障率极低, 因此装置可靠性很高; 并且由于计算机专家诊断系统的开发应用, PSA 装置具有故障自动诊断、吸附塔自动切换等功能, 使装置的可靠性进一步提高。

(8) 环境效益好。除因原料气的特性外, PSA 装置的运行不会造成新的环境污染, 几乎无“三废”产生。

(9) 吸附剂的使用寿命长, 一般可以使用 10 a 以上。

2 工艺流程

合成氨弛放气和氨储罐气经等压氨回收塔及高效垂直筛板塔回收氨后, 送变压吸附提氢装置, 通过吸附塔吸附和解吸, 分别得到产品氢气和解吸气。产品氢气纯度可高达 99%, 直接返回压缩机三段入口, 增加合成氨有效气量, 同时可适当增加弛放气量, 使合成氨生产系统压力降低 1.5~2.0 MPa, 从而降低电耗和循环气中甲烷含量, 保证合成氨生产的长周期、安全、稳定运行; 解吸气中含有约 21% 的 CH₄, 送往造气吹风气回收工段的燃烧炉副产高压 (3.82 MPa) 蒸汽, 减压后用于造气工段的蒸汽自给或直接送热电站供汽轮机发电。

3 主要设备选型

PSA-H₂ 装置的主要设备见表 1。

[收稿日期] 2008-11-08

[作者简介] 姚 刚 (1975-), 男, 山东邹城人, 工程师, 兖矿峰山化工有限公司生产处处长。

表 1 PSA-H₂ 装置的主要设备一览表

设备名称	规 格	数量 / 台	材 料
吸附器	φ1 400 mm × 6 860 mm × 16 mm, V = 8.26 m ³	6	20R 20III
水分离器	φ600 mm × 2 415 mm × 8 mm, V = 0.53 m ³	1	16M nR
产品气缓冲罐	φ2 000 mm × 7 030 mm × 16 mm, V = 20 m ³	1	16M nR
解吸气缓冲罐	φ2 200 mm × 8 575 mm × 10 mm, V = 30 m ³	1	20R

4 主要设计技术参数

(1) 原料气

压力 ≤ 1.6 MPa 温度 ≤ 40 °C, 流量 5 500 m³ /h, 组成 (体积分数): H₂ 59.86%、N₂ 16.08%、Ar 3.1%、CH₄ 20.96%、H₂O 饱和。

(2) 产品氢气

压力 ≤ 1.5 MPa 温度 ≤ 40 °C, 流量 2 660 m³ /h, 纯度 ≥ 99.999%。

(3) 副产品解吸气

压力 0.02 MPa 温度 40 °C, 流量 2 840 m³ /h

(4) 吸附剂

采用的是活性氧化铝和 5A⁰ 分子筛。5A⁰ 分子筛选用的是四川天一科技股份有限公司的产品, 型号为 CAN-421。每塔实际装填吸附剂 6.23 t

(5) 运行参数

空速 (体积空速) 2 000 h⁻¹, 吸附时间 240 s, 氢气回收率 ≥ 80%。

5 运行效益分析

(1) 装置运行后节能降耗产生的效益

装置满负荷运行时处理气量为 5 500 m³ /h 弛放气, 可回收纯度 99% 氢气 2 100 m³ /h, 相当于每小时多产氨 1 t。按全年运行 310 d 计, 每年可在不多耗煤及蒸汽的情况下多产氨 7 440 t 相当于节约白煤 9 448.8 t (吨氨耗白煤以 1 270 kg 计), 节约蒸汽 14 880 t (吨氨耗蒸汽以 2 t 计)。按当时 (2002 年前后) 的价格 (白煤 420 元 /t 蒸汽 55 元 /t) 计算, 则每年节约白煤的费用为 312.5 万元, 节约蒸汽的费用为 81.8 万元。

(2) 折旧费

本装置总投资 270 万元, 其中固定资产投资 210 万元, 年折旧率以 6.7% 计, 每年的折旧费为 210 × 6.7% = 14 万元。

(3) 维修费

每年的维修费以固定资产投资的 2.5% 计, 即 210 × 2.5% = 5 万元。

(4) 人员工资

该装置运行后, 停原膜分离法提氢装置, 不需要另外增加人员。

(5) 经济效益

该装置运行后, 每年产生的经济效益为 312.5 + 81.8 - 14 - 5 = 375.3 万元。

可见, 装置运行不到 1 a 即可全部收回投资。若按现在的两煤价格计算, 装置的经济效益将更加可观。

6 运行情况分析总结

装置于 2002 年 10 月 8 日一次开车成功。2005 年 5 月 8—25 日, 公司利用年度大修机会, 对全生产系统进行了一次建厂以来最大规模的产能扩建, 整个合成氨系统产能增加 2/3, 压缩机由原来的 32 机 (单机能力为 36 m³ /min) 增加至 45 机。合成氨系统的产能扩大后, PSA-H₂ 装置经过不断调整, 各项指标都达到了预期值, 装置运行更加平稳、可靠, 充分体现了 PSA 技术自动化程度高、操作简便、调节能力强、操作弹性大、对原料气的变化适应性好等优点。

合成氨系统 32 机和 45 机运行时 PSA-H₂ 装置主要技术参数对比见表 2。

表 2 合成 32 机和 45 机运行时 PSA-H₂ 装置主要技术参数对比

合成负荷	原料气		产品氢气		氢气回收率 %
	流量 /m ³ · h ⁻¹	φ(H ₂) %	流量 /m ³ · h ⁻¹	纯度 %	
32 机	2 964.5	59.95	1 231.3	97.8	67.76
45 机	4 823.3	53.83	2 061.4	98.89	79.05

全低变工艺改造总结

李 峰

(湖北金源化工股份有限公司, 湖北 宜城 441405)

[中图分类号] TQ 113.26⁺ 4.2 [文献标识码] B [文章编号] 1004-9932(2009)03-0019-02

我公司醇氨生产能力为 120 kt/a 其变换工艺原采用中温变换(铁系催化剂)。中温变换工艺具有耗蒸汽量大、温度高等缺点。2007 年公司在对国内多套同类装置进行考察对比后, 将中温变换工艺改为了全低变(Co-Mo 系催化剂)工艺。改造后生产稳定, 节汽明显。现将改造情况总结如下。

1 工艺流程

1.1 改造前

半水煤气分离器—饱和塔—初热换热器—中间换热器—变换炉一段—增湿器—变换炉二段—中间换热器—初热换热器—变换炉三段—水加热器—热水塔—水冷器—变换气分离器—去脱硫。

1.2 改造后

半水煤气分离器—丝网滤油器—饱和塔—塔后分离器—初热换热器—主热换热器—预变炉—第一增湿器—一低变换炉—第二增湿器—二低变换炉—主热换热器—初热换热器—三低变换炉—水加热器—热水塔—水冷器—变换气分离器—去脱硫。

2 新增设备及作用

丝网滤油器 过滤出半水煤气中由压缩机带出的油。

塔后分离器 分离出半水煤气中夹带的液态水, 防止液态水带入而腐蚀初、热交及管道, 影响催化剂寿命。

第一增湿器 在半水煤气进入一低变炉前喷入雾态水降温并提供 H₂O 参与变换反应。

纯水发生器 产生电导率达到 0.5 μS/cm 的纯水 (Co-Mo 系催化剂对水质的要求较高)。

[收稿日期] 2008-11-08

[作者简介] 李 峰 (1982-), 男, 湖北襄樊人, 技术员。

合成 32 机运行时, 实际的原料气量约为 3 000 m³/h 只有设计值的 55%, 造成 PSA-H₂ 装置循环周期缩短, 工况变差, 阀门故障率提高, 影响设备及吸附剂的使用寿命; 产品氢气纯度尚可, 大多稳定在 98%, 但是因装置负荷低, 氢气回收率偏低, 未达到设计值; 解吸气的压力及流量波动较大, 影响到造气吹风气回收工段燃烧炉的工作条件, 易引起炉温波动。

合成 45 机运行 3 a 多以来, 由于原料气量达到了设计值, 装置基本在满负荷下运行, 各项指标都有了很大的改进: 产品氢气的纯度一直保持在 98% 以上, 氢气回收率达到 79%。另外, 产能扩大后原料气中氢含量偏离设计值较多, 这主要是由于扩产改造后, 合成氨系统的内部操作条件(系统压力、催化剂的活性、氢氮比等)与改造前相比有了很大的不同。

7 存在问题

(1) 装置的总体运行情况平稳、可靠, 各项技术指标均能满足设计和生产要求, 但解吸气系统仍存在压力波动较大的问题, 其波动范围一般在 0.02~0.06 MPa。解吸气压力波动大的原因是: 由于逆放过程是间歇的, 在逆放过程中排出的大量解吸气在很短的时间内送入解吸气缓冲罐, 导致解吸气缓冲罐的压力迅速增加, 从而使送造气吹风气回收工段燃烧炉的调节阀前后压差在短时间内发生较大波动, 调节起来比较困难。目前公司正全力调研以解决此问题。

(2) 2005 年 5 月扩产后, 合成负荷由 32 机提至 45 机, 弛放气气量增大, 解吸气气量随之增大, 而吹风气回收装置没有改动, 从而造成解吸气不能全部回收。目前公司也在着手解决该问题。