

焦炉煤气制氢在首钢京唐的应用

石照江

(首钢京唐钢铁联合有限责任公司)

摘要 主要介绍首钢京唐焦炉煤气变压吸附制氢系统工艺，并对该系统具备的特点进行阐述，同时重点详细叙述了制氢系统存在的问题并提出改进措施。

关键词 制氢系统 变压吸附 特点 改进措施

Application of hydrogen production from coke oven gas in Shougang Jingtang

Shi Zhaojiang

(Shougang Jingtang Iron and Steel United Co., Ltd.)

Abstract The system process of hydrogen production from COG by pressure swing adsorption in Shougang Jingtang was mainly introduced, and the characteristics of the system were described, at the same time, the existing problems of hydrogen production system were introduced in detail and some improvement measures were put forward.

Keywords hydrogen production system pressure swing adsorption characteristics improvement measures

按照氢气制取方法，分为电解水制氢、化石燃料制氢和工业副产气制氢，同时还有新的生物制氢和光催化制氢等。在钢铁企业尤其是在生产冷轧板过程中，氢气是重要的还原保护气体，结合企业本身生产焦炭易得的副产焦炉煤气，首钢京唐采用焦炉煤气变压吸附法制取氢气供本企业使用。于2009年6月和2010年11月分别建成2套1000m³焦炉煤气制氢装置。

1 系统工艺

对于气体物理分离法通常有三种：低温分离法、膜分离法、变压吸附法。三种方法对于焦炉煤气制氢来说，变压吸附法具有能耗较低、操作相对简便、产品纯度高的特点而被广泛应用。

变压吸附法主要原理是，利用不同气体在吸

附剂上吸附性能的差异，以及同种气体在吸附剂上的吸附性能随压力的变化而变化的特性，实现混合气体的分离。工艺流程如图1所示。

来自管网压力约为18kPa的焦炉煤气，进入100号压缩单元的压缩机进行一级加压（出口压力约为0.27MPa，温度≤45℃），加压后的焦炉煤气经过200号预处理单元再回到压缩机进行二级、三级加压（加压后煤气压力为1.8MPa，温度≤45℃）；从压缩机三级出来的焦炉煤气经200号预处理单元的2个除油器后，进入300号

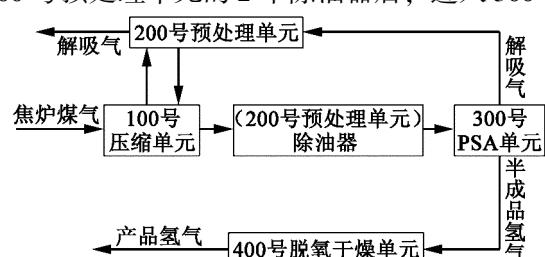


图1 变压吸附制氢工艺流程

PSA(变压吸附)单元提取分离出半产品H₂;半产品H₂经400号脱氧干燥单元处理后得到质量合格的产品氢气(纯度>99.99%, 氧含量≤5×10⁻⁶, 温度≤45℃, 露点≤-60℃)。

200号预处理单元主要由2台吸附器构成,是一个变温吸附系统,用于除去萘、硫化物、苯和其它高烃组分;其中总是有1台处于吸附(脱除原料气中杂质)步骤,另1台处于加热再生(脱除吸附材料中杂质)步骤,为再次进行吸附步骤做准备。

300号PSA单元主要由5台吸附器和一系列程控截止阀构成,主要采用5-1-3模式运行时序。在任一时刻总是有1台吸附器处于吸附步骤获得氢气;其它4个吸附器处于其它11个状态中的1个的再生状态,为下次的吸附提氢做准备。

400号脱氧干燥单元是由2台干燥器、1台辅助干燥器、1台加热器、1台冷却器、1台气液分离器和3台四通程序控制阀门构成的等压变温系统。从300号PSA工序获得含有少量氧的粗氢产品气,通过加热催化反应,氧与氢生成水。氢气混合气中的水分采用变温吸附技术干燥除去,从而得到相应的产品气。

2 制氢系统特点

2.1 大回流方式调节进入的焦炉煤气量

焦炉煤气经压缩机三级加压后进入300号PSA系统前,引出一根DN25管道回到压缩机一级总入口。管道上安装压力调节阀,调节阀与高、低压力值连锁。高、低压力值可手动设定,高压力值保护300号入口管道及其后序系统不会超压,低压力值防止压缩机入口管道系统压力过低从而引起负压。

2.2 系统具有两种生产模式

在制氢PSA单元里可采取5-1-3和4-1-2两种生产模式。正常生产情况下为5-1-3生产模式,当系统中一个吸附塔出现问题又不能及时停产检修时,就可以切换成4-1-2生产模式而隔离出有故障的吸附塔,这样就能减少对生产的影响,为组织生产、设备检修赢得时间。

2.3 采用蒸汽自动调节方式加热再生气

200号再生时需要对加热的气体进行冲洗,

为了减少能源损耗,充分利用300号提氢剩余的解吸气对200号再生塔进行加热再生。解吸气经蒸汽换热器加热后到200号使用。为了减少蒸汽使用量及损耗量,同时保证加热气体所需的热量,特在蒸汽管道上加装了蒸汽温度调节阀,气体加热后的温度与阀的开度连锁。

2.4 系统增加色谱分析仪

从300号PSA出来的半产品氢气浓度能达到99.99%,再经过400号的脱氧干燥,正常情况下产品氢气能达到质量要求。但为了及时发现设备异常,能对产品各项参数进行实时监控与分析,同时也能够方便数据的远程传输,在制氢系统中增加色谱分析仪。该分析仪能同时对300号的半成品和400号的成品氢气中的CO、CO₂、CH₄的含量实时进行检测。

3 存在的问题及其改进措施

3.1 增加泄水及保温

在制氢系统中由于管道较多、压力较高,故对管道采取了U、Z形补偿,这就导致系统管道中出现许多的U形弯或管道爬坡。而管道内部气体含有的饱和水、机械水经加压及降温而凝结出来,聚集在U形管道和管道爬升处底部。凝结的水在管道内除了加重管道承载外,还影响气体流动导致压力波动进而影响系统稳定,更为严重的是能堵塞管道。同时在冬季里,凝结水易结冰而导致管道冻裂。

为解决此类问题,在各U形弯处和管道爬升处增加一个DN25泄水,定期排水。同时在各处缠绕电伴热带外加保温层,冬季投入电伴热以防止积水结冰。

3.2 增加备用除油器组

在第一套制氢装置设计、投产时,其200号除油器只有一套(每套除油器由前置除油器和后置除油器2个组成),然而除油器内部滤芯极容易损坏,同时又不能随时更换。为此,在系统内部再增加一套除油器与现有除油器并联,达到一用一备方便检修且不影响生产。同时在第二套制氢装置设计施工时,就改为有2套除油器装置。

3.3 更改压缩机冷却形式

第一套制氢装置的三级压缩机气体冷却器采用的是水冷立式U形管式换热器,其换热方式

是管程走焦炉煤气，壳程走循环水。但由于焦炉煤气中含有的萘等高烃类物质经加压后冷却后易沉积在冷却器管束的管道内部，导致压缩机一级出口压力升高、冷却后排气温度过高，从而影响生产的正常运行。

为防止这种情况的再次发生，第二套制氢装置设计施工时，压缩机冷却方式采用水冷卧式管壳式固定管板换热器，其换热方式仍为：管程走焦炉煤气，壳程走循环水。但相比 U 形管式换热器，该换热器无 U 形弯，流体局部阻力减小，从而减少管道堵塞的发生。采用此冷却方式后，其压缩机系统从投产至今从未发生过冷却器堵塞及冷却后排气温度过高的问题。

3.4 集中放散氮气保护气改造

在建第一套制氢系统时，其系统内各类气体排放（包括安全放散排放）采取集中放散的模式，集中放散的管道上加装阻火器，阻火器下方约 10m 位置通入氮气保护气。但由于氮气位置离阻火器及放散口过远，系统排放气体过大时，易造成通氮气点压力过高，系统排放的气体反串到氮气管道（系统最高运行压力为 1.8 MPa，氮气压力约为 0.8 MPa）。另外，当放散口排放的气体着火时（如雷击或出口处铁杂质碰撞都能引气着火），氮气无法切实起到灭火作用。

因此，将放散的氮气吹扫点移至阻火器上侧、放散口处；同时将放散口处 180° 碳钢弯头改为不锈钢弯头。

3.5 加装隔离球阀

在设计施工中制氢系统的 300 号出口与 400 号入口之间，有一个 DN20 氮气吹扫置换头供系统吹扫置换使用。由于 400 号单元的介质是高纯

度氢气，系统内设备更易泄漏、损坏，其检修的频次远远大于 300 号单元。在对 400 号置换过程中，由于 300 号总出口处无隔断阀门，吹扫氮气进入 300 号单元设备内部，不仅消耗不必要的氮气，同时导致 400 号系统不易置换干净，更为重要是在系统再次投产时，需消耗更多焦炉煤气和氢气进行置换提升氢气纯度。

为优化工艺，在 300 号总出口与 400 号入口之间加装一个 DN65 的不锈钢氢气球阀。

3.6 排污总管道加装吹扫

焦炉煤气制氢系统由许多的塔设备组成，300 号主要吸附塔内装填提取氢气用的专用吸附剂。随着系统设备的生产运行，系统内设备不免会有损坏，同时塔体内吸附剂也得定期检查、更换。但由于塔体属于密闭空间，在对 300 号单塔或全部设备检修时，即使完全打开吸附塔唯一的顶部填装孔，也不能将塔内气体置换成氧含量合格的空气。

为此，将 300 号各塔后部的排污总管末端的堵头拆除，加装 DN50 的阀门及吹扫。改造完成后，不仅解决了系统停产检修的问题，更为重要的是，可以在系统不停产的情况下对单塔进行检查和维修。

4 结语

焦炉煤气制氢工艺虽然属于成熟技术，但在实际生产运行和设备检修过程中会遇到各种各样的困难、问题，这就需要现场工作和管理人员结合实际情况，不断改造设备、优化工艺。

赵艳 编辑