

# 冷轧厂制氢系统的工艺特点

梁锡辉 宋世钦

(柳钢)

摘要 介绍冷轧厂制氢系统的原理、生产工艺特点和系统热调试状况。

关键词 焦炉煤气 变压吸附 氢气

## Process Characteristics of Hydrogen Generating System in Cold-strip Mill

LIAGN Xi-hui SONG Shi-qin

(LiuZhou Iron and Steel (Group) Company)

**Abstract** The principle, production process characteristics of hydrogen generating system and its hot commissioning situation in Cold-strip Mill were introduced.

**Key Words** Coke Oven Gas Pressure Swing Adsorption Hydrogen

### 1 前言

冷轧厂制氢系统是配套柳钢冷轧板带工程(包括二期镀锌生产线),以焦炉煤气为原料,采用变压吸附方法制取高纯氢气的成套装置。装置产出氢气设计生产能力是450m<sup>3</sup>/h,送入球罐氢气纯度:≥99.999%,氧气含量:≤5×10<sup>-6</sup>,露点:≤-60℃,压力:1.6MPa,产量调节范围:30%~110%。

### 2 焦炉煤气吸附工艺原理

变压吸附(PSA)技术是吸附分离技术的一项用于分离气体混合物的新型技术。该技术以吸附剂(多孔固体物质)内部表面对气体分子的物理吸附为基础,并且吸附力随着温度、压力、被吸收物的沸点等不同而存在差异的特性,来分离多种组分混合气体。图1是吸附原理示意图。

工业上常用的吸附材料有:硅胶类、氧化铝类、活性炭类、分子筛类等吸附剂。吸附剂对气体组分的吸附量是有限的,当吸附达到饱和后,其吸附性能将丧失,所以吸附剂需要再生。再生是使吸附剂重新恢复吸附性能的过程,这个过程亦称解吸。

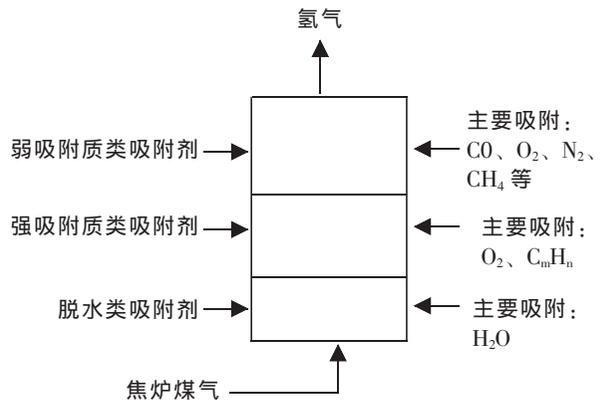


图1 焦炉煤气吸附分离原理意图

在制氢工艺中,吸附的特点是:吸附剂在相同压力下易吸附高沸点组分、不易吸附低沸点组分;对同一种组分在高压下吸附量增加(吸附组分)、低压下吸附量减小(解吸组分);在同一温度下,吸附质在吸附剂上的吸附量随吸附压力上升而增加;在同一吸附质压力下,吸附质在吸附剂上的吸附量随温度上升而减少。即加压降温有利于吸附质的吸附,降压升温有利于吸附剂的解吸或吸附剂的再生。

### 3 冷轧厂制氢系统的特点

冷轧厂制氢系统由电捕焦器单元、煤气增

压单元、煤气脱硫单元、煤气压缩单元、预处理单元、PSA 氢提纯单元和氢气脱氧干燥单元、特殊分析仪单元等组成。另还有氢气球罐和氮

气球罐等成品气体缓冲设备。

### 3.1 制氢工艺流程 (见图 2)

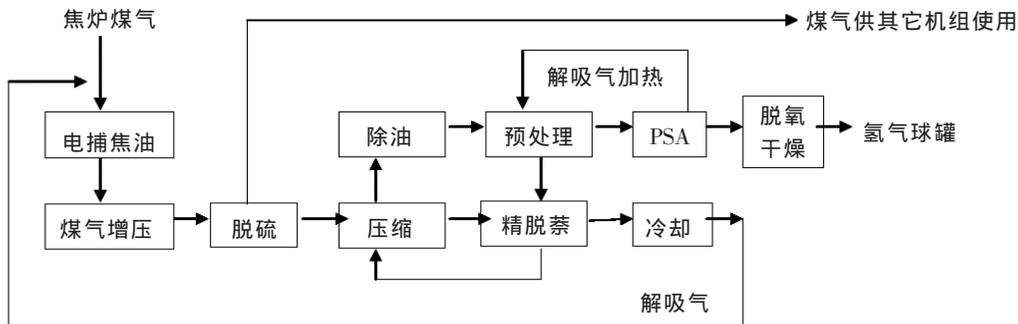


图 2 制氧工艺流程图

### 3.2 制氢工艺

#### 3.2.1 电捕焦油

由于煤气中含有焦油及其它非气相物质，该物质对吸附剂有毒性，为保证装置正常稳定运行，利用高压静电场，将煤气中的非气相物质吸附在沉淀极，并经沉淀极排除。经电捕焦油器后使焦炉煤气中的焦油含量降低到 5mg/m<sup>3</sup> (标态下)。

#### 3.2.2 焦炉煤气增压

由于低压煤气不能满足煤气脱硫的压力要求，为此，采用煤气风机将煤气压力由 3~7kPa 增压到 20kPa。

#### 3.2.3 煤气脱硫

精脱硫工序由 2 座脱硫塔组成，脱硫塔内装填固体脱硫剂。该脱硫剂具有很高的脱硫活性和硫容。2 座精脱硫塔分 2 组，可以并联也可以串联操作。出口净化煤气的 H<sub>2</sub>S 含量 <10mg/m<sup>3</sup> (标态下)。

#### 3.2.4 煤气压缩与预处理

脱硫后的焦炉煤气，大部分供冷轧厂罩式炉和酸再生加热使用，另一部分直接去煤气压缩机进行压缩，使焦炉煤气压力达到 PSA 制氢工艺的要求。在煤气压缩过程中，为防止煤气

中的萘堵塞，故在煤气压缩一级出口，首先将煤气送到煤气预处理，将煤气中的有害成分 (主要是焦油和萘) 除去，再返回到煤气压缩机进行煤气的二、三级压缩，从三级出口的煤气直接去 PSA 进行氢气的提取。

预处理系统由 2 座预处理塔和 1 台解吸气缓冲罐组成。煤气在压缩单元的一级出口，压力升高到 0.3MPa。进入预处理工序后，自塔底进入预处理塔，其中 1 座预处理塔处于吸附脱油、脱萘状态、1 座预处理塔处于再生状态。

2 台预处理塔交替进行以上的吸附和再生过程，就可实现原料煤气的连续净化。

#### 3.2.5 PSA 提取氢气

变压吸附 (PSA) 工序采用 5-1-3 PSA 工艺。其装置由 5 台吸附塔、1 台原料气缓冲罐、1 台顺放气缓冲罐和 1 台氢气缓冲罐组成，其中 1 台吸附塔始终处于进料吸附状态。其工艺过程由吸附、三次均压降压、顺放、逆放、冲洗、三次均压升压和产品最终升压等步骤组成。5 个吸附塔交替进行吸附、再生操作 (始终有一个吸附塔处于吸附状态) 即可实现气体的连续分离与提取。

### 3.2.6 氢气净化干燥

从变压吸附（PSA）工序提取来的氢气是含有少量氧气的粗氢气，纯度尚达不到要求，需要净化。粗氢气首先进入常温脱氧塔，在其中装填的新型常温脱氧催化剂的催化下，氧和氢反应生成水，然后经冷却器冷却至常温，再经缓冲罐缓冲后进入等压干燥系统进行干燥，得到露点低于 $-60^{\circ}\text{C}$ 的高纯度氢气。

### 3.2.7 氢气储存、输出

制氢装置生产的成品氢气，送入氢气球罐储存，氢气球罐储存的最高压力是 $1.6\text{MPa}$ 。从球罐输出的氢气压力调至 $0.3\text{MPa}$ 直接送后工序使用。

### 3.3 热调试要求

本制氢系统的生产工艺，在热调试时观察到，如其它机组不使用煤气，脱硫后输出的煤气只进入PSA提取氢气装置，运行时间超过8小时，就会使氢气的纯度在99.95%以下，露点

高于 $-40^{\circ}\text{C}$ 。造成这种情况的原因主要是PSA解吸煤气送回到入口，形成内部循环，氢气成分越来越低、杂质含量和温度反而越来越高，使吸附剂性能下降，从而使氢气的纯度、露点不达标。因此，系统制氢时，需要其他用户使用脱硫后输出的煤气。

## 4 结 语

冷轧厂制氢系统经过连续热调试，在罩式炉或酸再生加热使用煤气处于非正常工况条件下（焦炉煤气消耗 $<600\text{m}^3/\text{h}$ （标态下）），制氢系统得不到高纯度的氢气；在冷轧厂罩式炉或酸再生加热使用煤气消耗量 $>1\,000\text{m}^3/\text{h}$ （标态下）时，系统连续运行制得的氢气即达到设计要求。

冷轧一期工程使用脱硫后输出的煤气 $6\,500\text{m}^3/\text{h}$ （标态下），因此，正常生产条件下，制氢系统投入使用后将完全能够满足生产的需要。