

# 蒸发式冷凝器与换热器的性能比较

杨源田

(全国化工合成氨设计技术中心站 济南 250013)

**摘要** 简要介绍了蒸发式冷凝器工作的基本原理及蒸发式冷凝器在合成氨生产中的应用效果。

**关键词** 合成氨 冷冻系统 冷凝器 节水

冷冻系统是合成氨生产中重点工序之一,也是能耗大户,而冷冻系统中气氨的冷凝对冷冻系统的稳定运行起着重要的作用。蒸发式冷凝器是实现制冷系统制冷剂相态还原的重要换热设备。它的主要作用是将压缩机排出的高温、高压制冷剂蒸气的热量传递给冷却介质,使制冷剂蒸气冷却、液化。另外,蒸发式冷凝器不但可以获得较低的冷凝温度和冷凝压力,而且结构紧凑。因此,得到越来越多的化肥企业的青睐。

## 1 蒸发式冷凝器的工作流程(见图1)

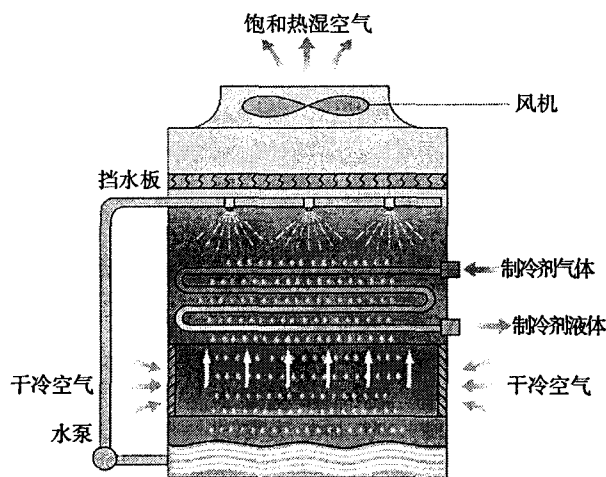


图1 蒸发式冷凝器结构简图

制冷剂气体经压缩机排出后进入蒸发式冷凝器盘管内,连续循环的冷却水由盘管上部的喷嘴喷出,淋洒在盘管外表面上,将冷凝盘管包容于水流中。在蒸发式冷凝器上部装有轴流式通风机,使四周的空气从冷凝器底盘上的进风格栅进入,自下向上流经盘管。水吸收了制冷剂的热量以后,一部分蒸发变成水蒸汽,使水温随之下降,盘管内的制冷剂气体便逐渐降温冷凝

成液体,沿着管子流到高压贮液器,再返回系统循环运行。其余的水落入下部的水槽内,经水泵再送至喷嘴,循环使用。饱和热湿空气被吸引往上升,经通风机排放到周围大气中。为了防止未蒸发的水滴被空气带走,在喷水管的上部装有挡水板,将热湿空气分离出来的水滴流向积水槽。

## 2 蒸发式冷凝器参数及附属设施(见表1)

表1 蒸发式冷凝器参数及附属设施

| 序号 | 项目        | 参数、规格、数量及材质  |
|----|-----------|--|
| 1  | 设计压力,MPa  | 2.0  |
| 2  | 热负荷,kW    | 8 000(每台4 000)   |
| 3  | 有无填料及流动形式 | 无填料、逆流式蒸发式冷凝器  |
| 4  | 换热管       | 31.8 × 21.6 × 1.8mm 椭圆管,10# 碳钢,表面处理为整体热浸锌                    |
| 5  | 喷嘴        | 400个/套,材质:ABS  |
| 6  | 风机        | 4台/套,风机风量为:90 000m <sup>3</sup> /h/台,风叶结构:中空铝合金,电机功率:7.5kW/台 |
| 7  | 水泵        | 2台/套,流量:135 m <sup>3</sup> /h/台,电机功率5.5kW/台                  |
| 8  | 外护板       | 材质:Q235-A,厚度1.2mm,表面处理:镀锌加喷塑                                 |
| 9  | 水箱        | 材质:Q235-A,厚度2mm,表面处理:镀锌加喷塑                                   |
| 10 | 框架        | 材质:Q235-A 热浸锌,12#和16#两种槽钢,表面处理:全部采用热浸锌                       |

## 3 蒸发式冷凝器与换热器的比较(见表2)

表2 蒸发式冷凝器与板壳式换热器的比较

| 项目   | 蒸发式冷凝器   | 板壳式换热器   |
|------|--|--|
| 工作原理 | 主要利用水的蒸发带走制冷剂冷凝过程放出的热量,工作时冷却水由水泵送至冷凝管组上部喷嘴,均匀地喷淋在冷凝排管外表面,形成一层很薄的水膜,高温气态制冷剂由冷凝排管组上部进入,被管外的冷却水吸收热量冷凝成液体从下部流出,冷却水一部分蒸发为水蒸汽,一部分循环使用。空气被强制经过换热管束,一方面冷却水,一方面强化水蒸发。蒸发损耗的水由自动补水装置补充。 | 板壳式换热器采用波纹板片做为传热元件,板束板片间采用焊接,全焊接式板束装在压力壳内。波纹板片具有“静搅拌”作用,能在很低的雷诺数下形成湍流,且污垢系数低,传热效率是管壳式换热器的2~3倍。在存在气、液两相(两相流)的应用场合当中,板壳式换热器的“静搅拌”作用,克服了管壳式换热器由于介质折流“翻转”造成的气、液两相分离。 |
| 结构特点 | 使用高效椭圆传热盘管,进行2.0MPa的气压试验,在480℃高温的熔融纯锌槽内进行热镀锌。箱体使用热浸镀锌钢,传热盘管处水与空气为逆流接触换热。   | 板壳式换热器既具有传热效率高、结构紧凑、质量轻的优点,但密封垫圈通常由橡胶制成,其耐温、耐压和耐腐蚀性差。  |
| 耗水量  | 1.49m <sup>3</sup> (换热量1000kW)   | 86 m <sup>3</sup> (换热量1000kW,冷却水温差10℃)   |

#### 4 蒸发式冷凝器的优点

(1)减小环保压力。水冷式换热器一旦泄漏,就会造成高压侧的氨泄漏至循环水系统,最终造成循环水中NH<sub>3</sub>-N含量高,使水质恶化,给企业环保工作带来很大的压力。而蒸发式冷凝器的传热盘管泄漏的几率要少的多,即使泄漏,也能及时发现并及早处理。

(2)缓解循环水紧张的压力。因为蒸发式冷凝器所使用的水是自身循环,相当于自身配备一个凉水塔,所以这部分循环水不必回水站再进行循环降温,这对于改变企业内循环水紧张的局面有非常重要的意义。

(3)耗水量小。蒸发式冷凝器是靠水的蒸发潜热带走被冷介质的热量,水的汽化潜热约2400kJ/kg,而水冷式冷凝器中冷却水温升10℃,水只能带走约42kJ/kg的热量,理论上耗水量只有水冷式的1%~2%,考虑蒸发式冷凝器的效率,实际耗水量约为5%~10%。

蒸发式冷凝器耗水量由蒸发耗水量和飘逸耗水量组成,由于蒸发式冷凝器内部使用高效收水器,使得其飘逸水量相当小,故飘逸耗水量可以忽略不计(其质量分数基本在0.001%)。

水蒸发耗水量是水在吸收系统热量时产生相变而消耗,即水喷淋在换热盘管上吸收盘管内的热量而由液态水变为汽态水,汽态水即水蒸汽由轴流风机引入后排入大气中。

总冷凝量以热负荷为1000kW的蒸发式冷凝器为例,理论耗水量计算为:

30℃时水的汽化热值为:2423kJ/kg,耗水量为 $1000 \times 3600 / 2423 = 1.49t$

(4)节电效果显著

配有凉水塔的水冷式冷凝器必须使用较大

扬程的水泵才能使水在管路中循环,而蒸发式冷凝器实际上就是把凉水塔和水冷式冷凝器有机地结合在一起,既有冷却水的显热传热过程,又有冷却水的潜热传热过程,从而降低了功耗。

#### 5 蒸发冷凝器的缺点

(1)目前所有蒸发式冷凝器生产厂家均采用整体高温(约480~490℃)热浸锌对冷却盘管进行防腐,但热浸锌厚度没有统一的标准,并且不好检测。由于蒸发式冷凝器在大型化工企业使用业绩并不太多,并且时间也较短,所以在防腐方面可能存在一定的风险。规避风险的措施:可以分组进行更换。

(2)喷嘴可能会有堵塞现象,规避风险的措施:可以停车更换。

#### 6 蒸发式冷凝器与水冷式换热器的运行费用比较(以山东某化肥公司为例)

蒸发式冷凝器的运行费用为运行时水蒸发的损耗和运转设备电耗,水冷式换热器的水耗为循环水的消耗。

以换热量均为1000kW的蒸发式冷凝器与水冷式换热器进行比较,其中循环水成本按2.0元/m<sup>3</sup>(以补水为基准),脱盐水成本按4.0元/m<sup>3</sup>,电费按0.33元/度(化肥用电,含税价),蒸发式冷凝器用电:蒸发式冷凝器4000kW配风机四台 $7.5 \times 4 = 30kW$ ,水泵两台 $5.5 \times 2 = 11kW$ ,总共每小时耗电44kW·h,则

(1)蒸发式冷凝器耗电为 $44 \div 4 \times 0.33 = 3.63$ 元;水耗为 $1.49 \times 4 = 5.96$ 元,总运行成本为 $3.63 + 5.96 = 9.59$ 元

(2)水冷式换热器水耗为 $86 \times 2.0 = 172$ 元

(3)蒸发式冷凝器比水冷式换热器运行成本节约: $172 - 9.59 = 162.41$ 元

# 优化脱硫工艺,实现脱硫生产的节能减排

毕宝宽 狄成运

(青岛昌华集团公司 莱西 266600)

**摘要** 简要介绍该公司对脱硫系统进行技术改造的情况,并通过优化生产操作、强化生产管理、控制脱硫过程的副反应,实现节能减排。

**关键词** 脱硫 技术改造 强化管理

化肥生产企业是高能耗、高物耗、重污染的企业,随着国家对节能减排工作的重视,节能减排工作已经成为化肥生产企业的工作重点,必须采用和实施“源头削减、过程控制、终端治理”清洁生产工艺,通过改进设计,改善管理,优化工艺,提高资源利用率,削减排放和浪费,发展循环经济,最终实现企业效益的最大化。脱硫作为化肥生产的关键工序,其物料消耗占据的生产成本是比较高的,故优化脱硫生产工艺,加强生产过

程管理,改进设备、工艺是降低脱硫生产物料消耗的重要途径。

## 1 企业概述

青岛昌华集团股份有限公司(前身山东莱西市化肥厂)氨醇年生产能力  $20 \times 10^4$ ,1998年“8.13”工程尿素装置开车,半水煤气脱硫配套的是  $\phi 4\ 000 \times 29\ 000$  的脱硫塔、 $\phi 5\ 000/\phi 6\ 000 \times 7\ 000$  的再生槽,设计内装两段 250Y 的规整填料(每段 6m)和老系统脱硫并联生产,变换后配有

(4)间接效益,蒸发式冷凝器在冬季可以停水,只用空冷进行冷却,这样可以将脱盐水及蒸发式冷凝器循环水泵的费用节省下来。

## 7 山东某化肥公司冷冻站蒸发式冷凝器使用状况

(1)生产厂家:洛阳某制冷设备有限公司

(2)设计参数

管程设计压力:2.0MPa;设计温度(进/出):

150/50℃;蒸发式冷凝器总换热量 8 000kW(每台 4 000kW);设备尺寸(长×宽×高)为 8.75×3.14×4.527m;换热管 31.8×21.6×1.8mm 椭圆管;风机(4台/套,90 000m<sup>3</sup>/h/台)7.5kW/台;水泵(2台/套,流量:135 m<sup>3</sup>/h/台)5.5kW/台。

(3)投资情况(见表 3)

(4)运行情况

表 3 蒸发式冷凝器投资情况

| 序号 | 费用名称                 | 预算金额(万元) | 实际金额(万元) |
|----|----------------------|----------|----------|
| 1  | 设备购置费(包括:换热管、风机、水泵等) | 123      | 93       |
| 2  | 建筑安装工程费用             | 4        | 17       |
| 3  | 管件、管材(包括阀门、管道及紧固件)   | 3        | 8.68     |
| 4  | 土建                   | 2        | 1.5      |
| 5  | 电器                   | 1.5      | 14       |
| 6  | 防腐保温                 | 2        | 2        |
| 7  | 钢结构                  | 0        | 15.09    |
|    | 合计                   | 135.5    | 151.27   |

蒸发式冷凝器投运后,4台卧式循环水冷却器全部关闭,减少了公司的循环水用量。

### ①补水情况

由于公司内脱盐水紧张,经过咨询后采用循环水补水,补水量(2007年10月18-20日三天测试数据取平均值,其中18日开三台冰机、19日开两台冰机、21日开两台冰机)约为 6.6m<sup>3</sup>/h。

### ②水排放情况

化验室对蒸发式冷凝器循环水进行水质分析,根据分析结果进行排放,循环水通过管道泵排至公司水站。

### 结束语

蒸发式冷凝器因为节水,效率高,对水质要求没有水冷式冷凝器那么高等优点,正被越来越广泛地应用。但环境温度的变化对蒸发式冷凝器的影响较大。(收稿日期:2008-11-12)