

节能减排

# 双工况吸收式热泵在煤气初冷系统中的应用

严凤涛

(济钢集团有限公司 能源环保部, 山东 济南 250101)

**摘要:**为回收焦炉荒煤气部分余热,利用超低温热水型溴化锂制冷技术回收初冷器高温段循环水的余热,夏季制冷工况,利用高温段循环水的余热替代蒸汽或煤气制冷;冬季制热工况,回收中温段循环水余热增加采暖供热面积。该技术应用后,机组运行稳定,实现了夏季焦炉煤气的自给式制冷、采暖季进一步回收中温段余热节约蒸汽的目的,年综合效益445万元。

**关键词:**吸收式热泵;初冷器;余热回收;溴化锂

中图分类号:X706

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2013)05-0052-02

## 1 前言

济钢8<sup>#</sup>、9<sup>#</sup>JN60-6型焦炉年产焦炭100万t,年产煤气4.5亿m<sup>3</sup>。8<sup>#</sup>、9<sup>#</sup>焦炉现有3台煤气初冷器,2用1备,其产生的焦炉荒煤气以约800℃的温度离开焦炉,经循环氨水喷洒降温至85℃左右,再经横管式初冷器冷却至23℃以下进入煤气净化工序。初冷器内热煤气自上而下流经壳程,冷却水则分高温、中温、低温3段自下而上流经管程,荒煤气带出的大量余热在此过程中转移到了初冷器冷却水中。高、中、低3段循环水的进出口温度分别达到了67/74℃、32/38℃和16/23℃。

为回收部分余热,济钢多年前已将高温段循环冷却水用于了冬季采暖,供暖面积约9万m<sup>2</sup>,节能效果良好,但在非采暖期仍通过凉水架排入大气,大量热能浪费且增加了循环水耗量。与此同时,夏季为了降低煤气出口温度、满足煤气净化工艺要求,低温段冷却水还需要使用溴化锂制冷机来降温,消耗了大量的煤气或蒸汽。8<sup>#</sup>、9<sup>#</sup>焦炉初冷器低温水系统配有3台LDF-350SJT制冷机,单机制冷量4.07MW、生产低温水500m<sup>3</sup>/h,但在夏天最热的时间段,即便3台制冷机全部开启,生产的低温水水温仍不能满足工艺需求,影响了化产品回收率。

因此,提出了研究利用超低温热水型溴化锂制冷技术,回收初冷器高温段循环水的余热,以驱动制冷机为低温段循环水制冷的思路。

## 2 双工况吸收式热泵的应用

### 2.1 吸收式热泵的工作原理

溴化锂吸收式热泵是利用溴化锂溶液的吸收特性,实现将热量从低温热源向高温热源泵送的循

环系统,吸收式热泵由发生器、冷凝器、蒸发器、吸收器和热交换器等主要部件以及溶液泵、冷剂泵和抽气装置等辅助部分组成。

吸收式热泵根据循环原理不同分为两类:第一类吸收式热泵也称增热型热泵,是利用少量的高温热源(如蒸汽、燃气等)产生大量的中温有用热能,即利用高温热能驱动,把低温热能提高到中温,从而提高了热能的利用效率。第二类吸收式热泵也称升温型热泵,是利用大量的中温热源产生少量的高温有用热能,即利用中温热源和低温热源的热势差,制取热量少于、但温度高于中温热源的热量,将部分中低热能转移到更高温位,从而提高了热源的利用品位。第一类吸收式热泵的工作原理见图1。



图1 第一类吸收式热泵的工作原理

### 2.2 双工况热泵的设计

溴化锂吸收式制冷机属于第一类热泵,只是机组的工作目标在于低温热源的制冷,而非大量中温热源的增热。目前两级溴化锂吸收式制冷机可以回收67~90℃的低温余热资源,技术比较成熟,但制冷机组的季节属性明显,设备的利用率较低。为进一步提高设备的利用率,基于机组制冷、制热原理相同的特点,经与设备厂家反复进行技术交流并结合采暖供热业务的发展需要,制定了“双源双工况吸收式热泵机组”技术改造方案,将单纯的制冷运行工况更改为制冷、采暖两用型,即冬季切换为制热运行工况,利用余热蒸汽驱动热泵提取初冷器中温段循环水废热,达到提高采暖水的供回水温差、增加采暖面积、节约采暖蒸汽的目标。“一机两用”进一步提高了煤气初冷系统余热资源利用效率,同时,由于制冷季高温段的热水参与了制冷,改

收稿日期:2013-03-20

作者简介:严凤涛,男,1969年生,1990年毕业于山东大学应用物理学专业。现为济钢能源环保部工程师,从事能源管理与节能技术开发工作。

善了中温段和低温段的冷却效果,减少了低温段所需的冷量<sup>[1]</sup>;冬季回收余热供暖,闭式循环了部分中温段的冷却水,减少了循环水消耗。双工况热泵的设计参数见表1。

表1 双源双工况吸收式热泵设计参数

| 设计参数 | 进出水温/℃ | 流量/(m <sup>3</sup> /h) | 说明         |
|------|--------|------------------------|------------|
| 制冷工况 | 驱动热源   | 73/67                  | 高温段余热水     |
|      | 循环冷却水  | 32/37                  | 新增凉水架1座    |
|      | 制冷水    | 23/16                  | 制冷量3.8 MW  |
| 制热工况 | 驱动热源   | 0.2~0.6 (MPa)          | 外来余热蒸汽     |
|      | 低温热源   | 32/38                  | 中温段余热水     |
|      | 采暖水-1  | 58/65                  | 吸收高温段余热    |
|      | 采暖水-2  | 65/76                  | 热泵增热3.2 MW |

新型机组夏季利用高温段73℃的热水制冷,冬季回收中温段38℃循环水的余热,超低温制冷机效率达85%,热泵运转效率达170%。将超低温制冷机组与热泵机组融为一体的设计方式已获得国家实用新型专利(ZL 2012 2 0598142.9)。

### 2.3 夏季制冷模式

将初冷器高温段600 m<sup>3</sup>/h、73℃的循环水引至双源双工况吸收式热泵机组,作为驱动制冷机组的热源,做功后降至67℃返回初冷器高温段,继续冷却高温荒煤气,吸收热量,循环使用。制冷机组产生的16℃冷水通往初冷器低温段,冷却煤气以达到净化工艺的要求,冷水(23℃)返回机组。制冷机组产生的废热排放通过专用凉水架完成,间接降低了原初冷器中温水系统和低温水系统的冷却负荷(见图2)。制冷运行工况完全避免了有价能源的介入,大幅度降低了生产成本。原有制冷机组作为备用。稳定热水温度不降低是保证夏季制冷效果的关键。

### 2.4 冬季制热模式

冬季通过阀门切换改变外部管路流程并修改机组控制模块的参数,将制冷机切换为热泵运行工况,将高温段循环水管道切换到热泵循环水管道(采暖水),并利用采暖散热替代热泵的凉水架;将中温水管道切换到热泵制冷水管道,作为低温热

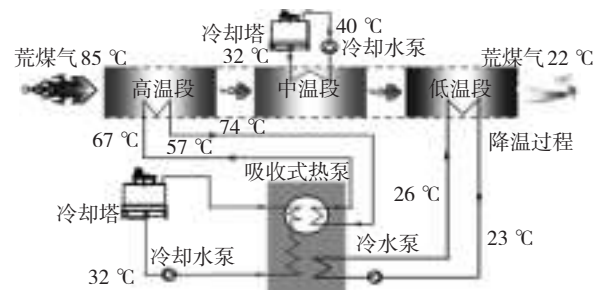


图2 制冷工况示意图

源;热泵驱动热源改为余热蒸汽,提升中温水的热量到采暖水。热泵运行工况利用少量的高品质蒸汽回收中温段循环水余热,机组可产出最高80℃的高温热水,提高采暖水温差,提升供热能力。该系统最大可满足25万m<sup>2</sup>采暖供热,其中余热部分15万m<sup>2</sup>。系统运行余热采暖为主,热泵机组为辅,热泵机组调峰运行,因此,控制采暖回水温度不升高是保证冬季制热效果的关键。

## 3 结语

双工况吸收式热泵项目2012年3月立项实施,同年8月份竣工投运,实现了“一机两用、冬暖夏凉”的目标,设备利用率较单项制冷提高了1倍,降低了初投资成本。系统投用后,机组运行稳定,达到了工艺设计要求。制冷季实现了焦炉煤气的自给式制冷,降低了系统补水量,停用1台煤气直燃型制冷机,节约焦炉煤气353.16万m<sup>3</sup>,节水11.7万m<sup>3</sup>,制冷季效益270万元。采暖季进一步回收中温段余热蒸汽,降低了采暖成本,同比节约蒸汽11 520 t,节水2.68万m<sup>3</sup>,采暖季效益175万元。年综合效益合计445万元,节约焦炉煤气和蒸汽折合3 200 t标准煤。

该项目投资小、节能效果好、维护费用低、使用寿命长,静态投资回收期不足2 a。济钢在8<sup>#</sup>、9<sup>#</sup>焦炉成功改造的基础上,推广到6<sup>#</sup>、7<sup>#</sup>焦炉煤气初冷器系统。

### 参考文献:

- [1] 李晓红,周琦.低温余热制冷技术在焦化厂的应用研究[C]//中国金属学会能源与热工分会.2010全国能源与热工学术年会论文集.福建:2010.

## Application of Absorption Heat Pump in Coal Gas Primary Cooling System in Double Working Conditions

YAN Fengtao

(The Energy and Environmental Protection Department of Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

**Abstract:** For recovering part of the waste heat in raw gas using ultra-low temperature hot water type lithium bromide refrigeration technology recycles waste heat in the circulating water of high temperature stage of primary cooler. The refrigeration working condition in summer is to refrigerate to replace steam or gas by waste heat in recycling water of high temperature stage, and the heating working condition in winter is to recycle waste heat in recycling water of medium temperature stage to increase the supplying heat area. After this technology is application, the machine set operation was stable, the aim of self-refrigeration of coke oven gas in summer and saving of steam by recycling waste heat in medium stage in winter were achieved, and comprehensive benefit is 4.45 millions Yuan RMB per year.

**Key words:** absorption heat pump; primary cooler; waste heat recovery; lithium bromide