

# 燃煤电厂乏汽余热回收技术与应用

王 钰 博

(大同煤矿集团有限责任公司,山西 大同 037000)

**摘 要:**为充分利用热电厂汽轮机乏汽的大量余热,改善机组运行的经济性,提升系统的环保性。同煤集团大唐热电厂 4×50 MW 机组新近采用吸收式热泵热电联产供热技术,通过增加余热回收机组及收式换热机组等核心设备,增高了热网供、回水温差,在无需对现有管网改造的情况下,高效回收了电厂汽轮机乏汽余热,显著提高了热电厂为城市集中供热提供热源的能力。经测算,系统改造后,每天不仅可回收乏汽余热 1.3 万 GJ,增加供热面积 2500 万 m<sup>2</sup>,还可减少大量 CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 及其他污染物排放,项目 3 a 内即可收回全部投资。

**关键词:**电厂乏汽;余热回收;溴化锂;吸收式热泵;集中供热

中图分类号:TH3;TQ051.5

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2015)02-0139-03

## Recovery and application of waste heat from exhaust steam in coal-fired power plant

WANG Yubo

(Datong Coal Mine Group Co., Ltd., Datong 037000, China)

**Abstract:** In order to recycle waste heat from exhaust steam of turbine in coal-fired power plant, improve economic benefits and enhance environmental performance, an adsorption heat pump technology was adopted in combined heat and power generation system of 4×50 MW power units in Datang heat power plant of Datong Coal Mine Group. The temperature difference between supplying water and backwater was improved by installing the waste heat recovery units and absorption heat exchange units. Without rebuilding pipe networks, waste heat from the power plant steam was recovered efficiently. The heat supply ability of heat power plant was obviously enhanced. Compared with the original system, the new system could recover 1.3×10<sup>4</sup> GJ waste heat of per day, increase 2.5×10<sup>7</sup> m<sup>2</sup> heating area and decrease CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> emission and other pollutions discharge at the same time. From economic aspect, the total invest could be recovered in 3 years. The project has good economic and environmental benefits.

**Key words:** waste steam in power plant; waste heat recovery; lithium bromide; absorption heat pump; centralized heating

## 0 引 言

热电厂汽轮机乏汽为低品位蒸汽,工业上很难利用<sup>[1-5]</sup>,除真空背压机组外,我国绝大多数热电厂直接将乏汽余热排向大气极少回收,但其数量巨大,纯凝汽工况排入大气的可回冷凝热占 50% 以上,为发电耗热的 1.5 倍以上,供热工况可回收冷凝热约为发电耗热的 0.7~1.3 倍,目前主要采取冷凝热排空的方法进行处理。大量低温余热直接排放不但加剧地球变暖,而且使煤及高品位系统水消耗增加,严重影响了机组运行的经济性,一般需寻找稳定的热

用户以充分利用冷凝热。吸收式热泵余热回收技术以高效节能和具有显著经济效益而广受关注<sup>[6-9]</sup>。该技术以溴化锂溶液作为工质,具有高效节能,对环境没有污染的特点而被广泛接受<sup>[10-12]</sup>。国外尚无吸收式电厂余热深度回收工程,国内也处于起步阶段,但由于其显著的经济及环境效益而发展迅速,尤其是热电领域,不仅在烟气余热回收加以利用,同时也对热电厂乏汽及冷凝水余热回收进行了应用研究<sup>[13-15]</sup>,并取得良好的节能效果。

同煤集团大唐热电厂 4×50 MW 热电厂于 2006 年 10 月建成投产,并开始供热,供热面积为 550

收稿日期:2015-02-12;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.02.032

作者简介:王钰博(1987—),男,山西大同人,助理工程师,从事热电厂生产管理工作。E-mail:xpjdcmt@126.com

引用格式:王钰博.燃煤电厂乏汽余热回收技术与应用[J].洁净煤技术,2015,21(2):139-141.

WANG Yubo. Recovery and application of waste heat from exhaust steam in coal-fired power plant[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(2):139-141.

万  $\text{m}^2$ 。现由于供暖面积迅速增加,所承担供暖负荷已逐渐处于满负荷运转状态,难以满足未来供热需求。最终采用4套 HRU225VV 吸收式热泵回收机组,用以回收电厂乏汽余热,以满足新增供暖需求。

## 1 余热回收系统

系统主要包括余热回收机组、驱动蒸汽及疏水系统、乏汽及凝结水系统、热网水系统、抽真空系统、吸收换热机组等部分。

### 1.1 余热回收机组

余热回收采用4台 HRU225VV 型余热回收机组。主要包括余热直接回收机组和吸收式余热回收机组2个部分:余热直接回收部分采用的是管壳式换热器结构,充分利用外网改造所形成的低温回水优势,实现了乏汽和热网回水直接换热,显著降低了系统投资。

### 1.2 驱动蒸汽及疏水系统

在汽轮机四段抽汽管道上分别引出 DN300 管道至余热回收机组,安装 DN300 的电动闸阀及电动调节阀。当余热回收机组出现故障或其他原因需停机时,关闭电动闸阀,该阀门由 DCS 控制,余热回收机组采用 PLC 控制系统控制电动调节阀,自动调整输出热量。

### 1.3 乏汽及凝结水系统

每台 50 MW 的汽轮机组做功后,乏汽排入空冷岛冷却。乏汽余热回收改造工程在每台汽轮机排汽总管引出 DN2600 的乏汽管道,并安装电动真空蝶阀,电动真空蝶阀的开闭满足夏季乏汽全部进入空冷岛,冬季采暖期乏汽全部进入乏汽余热回收机组。

### 1.4 热网水系统

热网水系统利用已建成电厂的热网系统,主干管管径为 DN900,热网设计供水温度  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,回水温度  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,热网流量在  $5300\text{ t/h}$  左右。在热网循环水泵前安装余热回收系统,可在余热回收、原热网加热器直接加热2种运行模式下自动切换。在厂内 DN900 回水母管上各引出 DN900 热网水管至4台余热回收机组。在余热回收机组运行时,全部热网回水先进入余热回收机组进行加热,然后通过热网循环泵供入原热网加热系统进行尖峰加热,如图1所示。

由于热网水系统为串联结构,系统阻力损失较原系统有所增加,为满足热网循环泵入口压力要求,需在回水进入余热回收系统前增设热网加压泵。

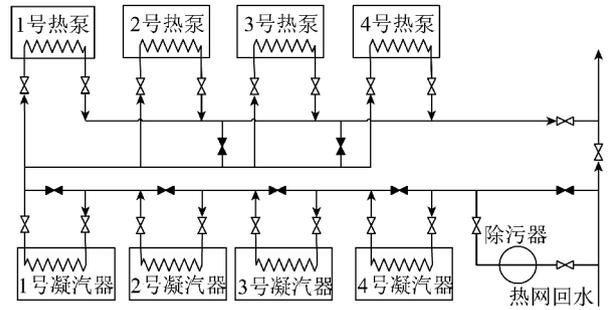


图1 乏汽余热回收系统热网水系统

### 1.5 抽真空系统

余热回收系统与汽轮机乏汽系统相连,处于真空状态。为抽出余热回收系统乏汽侧不凝结气体,热泵机组上设有抽真空管道,连接在主机抽真空管道上。新增余热回收机组抽真空管道在设计上考虑了管道坡度及阀门抽气调节功能。

### 1.6 吸收换热机组

供热端换热站安装了吸收式换热机组,使发电厂大大增加乏汽吸收量,空冷岛乏汽排出温度由改造前  $54\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,降至热网改造后  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。热网一次水供、回水温差显著增大,温差由原来的  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  提高到  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,再用换热器将水温提高到热网供水温度,对用户集中供热。对固定的管网和热网水流量,其输送热量是流量和温差的乘积,安装吸收式换热机组后,管网输送热量能力提高  $50\%$ ,在无需对管网改造的条件下,解决了管网输送问题。

## 2 系统运行

余热回收机组承担集中供热的基础负荷,原热网加热器作为调峰使用。在严寒期,关闭空冷岛,热网水串联进入4台余热回收机组,以回收汽轮机全部排汽热量。热电汽轮机额定抽汽工况下热力参数如下:主蒸汽压力  $8.83\text{ MPa}$ ,主蒸汽温度  $535\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,主蒸汽流量  $270\text{ t/h}$ ,抽汽压力(四段)  $0.37\text{ MPa}$ ,抽汽温度(四段)  $171\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,抽汽流量(四段)  $160\text{ t/h}$ ,背压  $6.5\text{ kPa}$ ,低压缸排汽流量  $54.96\text{ t/h}$ ,低压缸排汽温度  $37.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

驱动蒸汽及疏水系统通过驱动汽源放热冷凝后汇集到专用疏水箱,经机组自带板式换热器与热网水换热冷却后,自流至凝汽器集水箱,与凝结水混合后通过冷凝水泵打回主机凝结水箱。热网回水先经过除污器过滤后,依次串联进入4台凝汽器加热,分为4路并联进入4台热泵加热,再回到原热网管路,由热网循环泵加压后进入热网加热器,送入外部集

中供热热网。采用该方式运行,可使热网水温度逐渐升高,对应汽轮机排汽背压形成不同压力等级,相对于改制前运行状态,部分汽轮机背压降低,部分汽轮机背压升高,可使电厂发电效率提高。

### 3 余热回收系统效果

#### 3.1 运行效果

本余热回收系统已调试完成,并投入运行。经验证,系统运行稳定,各项性能指标均达到设计要求。以2014—2015年采暖季中的38d运行记录为例,可以看出,余热回收机组主要承担基础负荷,采暖抽汽作为调峰热源,系统运行平稳,余热回收量大。余热回收系统的温度变化如图2所示。热网回水温度在50℃左右,首先进入热泵加机组中进行加热,加热到80℃左右,由尖峰加热器进行加热,再送入热网中。从图2可以看出,系统运行稳定,具备良好的调节性能。

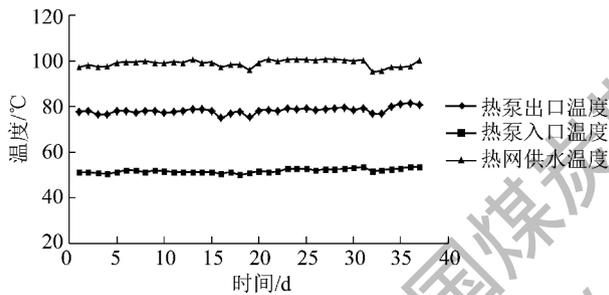


图2 余热回收系统温度曲线

#### 3.2 节能环保效果

余热回收系统的供热量如图3所示。由图3可见,热泵系统余热回收量基本稳定在160MW,蒸汽加热量在110~130MW,乏汽余热供热比例占总供热量的50%以上,按平均回收乏汽余热150MW计算,4台热泵可回收热量1.3万GJ/d,具有良好的节能效果。项目总投资约1.3亿元,按照大同市政府规定供热价格,销售热价27.5元/GJ,则月平均供热收入约为825万元,投资回收年限在3a以内。

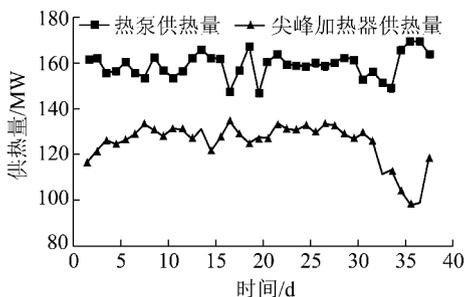


图3 余热回收系统供热量

项目运行后,按综合供热指标 $68 \text{ W/m}^2$ ,锅炉热效率按70%计算,可使热电厂在同样燃煤量和发电量下增加供热面积2500万 $\text{m}^2$ 。每年可减少标煤消耗50万t。减少 $\text{CO}_2$ 排放18.0万 $\text{t/a}$ , $\text{SO}_2$ 排放2400.0 $\text{t/a}$ ,烟尘排放1.0万 $\text{t/a}$ ,灰渣排放4120.0 $\text{t/a}$ ,以及大量其他污染物的排放。

### 4 结 论

1)可回收乏汽余热1.3GJ/d,增加供热面积2500万 $\text{m}^2$ ,项目投资回收年限在3a之内,与采用增加锅炉提高供热能力的方式相比,节约了能源;

2)热力站安装吸收式换热机组后,由于增大了一网供、回水温差,解决管网输送瓶颈,提高了管网输送能力,节省大量管网改造或新建投资;

3)项目实施后,可减轻因供暖面积增加而新建锅炉带来的环境污染,环境效益良好。

#### 参考文献:

- [1] 郑体宽. 热电厂[M]. 北京:中国电力出版社,2001.
- [2] 周振起,王玉杰,王静静,等. 吸收式热泵回收电厂余热预凝结水的可行性研究[J]. 流体机械,2010,38(12):73-86.
- [3] 张学镭,陈海平. 回收循环水余热热泵供热系统热力性能分析[J]. 中国电机工程学报,2013,33(8):1-8.
- [4] 洪蕾,张宝峰. 热泵技术在电厂循环水余热回收的应用论述[J]. 应用能源技术,2014(2):34-37.
- [5] 闫小燕. 采用热泵技术回收工业循环水余热[J]. 冶金动力,2014(2):31-33.
- [6] 林海,岳建华. 吸收式热泵技术及其在火电厂应用[J]. 内蒙古电力技术,2012,30(4):84-86.
- [7] 杨杰,王峥,梁永健. 热泵在燃气冷热电联供系统的应用[J]. 煤气与热力,2011,31(10):16-18.
- [8] 及鹏,刘凤国,鞠睿,等. 天然气冷热电联供过程热经济学优化分析[J]. 煤气与热力,2009,29(9):7-11.
- [9] 常仁杰,张志勇. 利用热泵回收循环水余热的系统建模及分析[J]. 电力科学与工程,2012,28(7):71-74.
- [10] 戴永庆. 溴化锂吸收式制冷技术及应用[M]. 北京:机械工业出版社,1996.
- [11] 刘科伟,吴裕远,程玉龙,等. 回收型氨-水-溴化锂吸收式制冷机的实验研究[J]. 西安交通大学学报,2010,44(7):76-79.
- [12] 朱永长,金苏敏. 热管风冷烟气废热溴化锂吸收式制冷机[J]. 流体机械,2007,35(8):69-71.
- [13] 贾红书,付林,张世钢. 开式吸收式热泵及在烟气余热回收中的应用[J]. 化工进展,2013,32(12):2805-2812.
- [14] 赵虎,阎维平,郭江龙,等. 利用吸收式热泵回收电厂循环水余热的方案研究[J]. 电力科学与工程,2012,28(8):64-69.
- [15] 刘明军,葛茂清,卢尚有. 吸收式热泵在热电厂乏汽余热回收领域的应用[J]. 流体机械,2013,41(2):83-87.