

# Application Research on Continuous Drainage Waste Heat Recovery Technology

Yuntao Wang

Beijing Capital Airport Power & Energy Co., Ltd., Beijing, 100621, China

## Abstract

In order to recycle the continuous drainage waste heat of steam boiler, this paper designs an energy-saving renovation plan for recovering waste heat from continuous drainage through plate heat exchangers. Based on the application practice of this scheme, the effectiveness and economic benefits of waste heat recovery are summarized, providing a reference case for implementing continuous drainage waste heat recovery in the same type of process.

## Keywords

steam boiler; continuous drainage; waste heat recovery; energy-saving renovation

## 连排水余热回收技术应用研究

王云涛

北京首都机场动力能源有限公司, 中国 · 北京 100621

## 摘要

论文为实现蒸汽锅炉连排水余热的回收利用, 设计了一种通过板式换热器回收连排水余热的节能改造方案, 结合该方案的应用实践, 给出了余热回收效果以及经济效益结论, 为同类型工艺中实施连排水余热回收提供了参考案例。

## 关键词

蒸汽锅炉; 连排水; 余热回收; 节能改造

## 1 引言

据统计, 北方城镇供热的用能总量占全国建筑运行用能总量的 1/4, 占全国能源总量约 5%<sup>[1]</sup>。如何实现供热系统的节能减排, 成为供热行业绿色发展必须面对的重大问题。锅炉是供热系统的核心设备, 在能耗方面也占供热系统总能耗的绝对比重。对于蒸汽锅炉来说, 由于日常运行工况复杂, 负荷调节频繁, 为了保证锅炉炉水水质, 日常运行中必须不断地进行连续排污, 其作用是降低炉水中含盐量和碱度, 有效保证蒸汽品质<sup>[2]</sup>。目前, 蒸汽锅炉连排水一般进入膨胀扩容器闪蒸蒸汽并回收至除氧器利用, 连排扩容器的余热回收率约 10%。剩余 90% 余热未得到回收利用, 也造成了大量的工质损失和热量损失<sup>[3]</sup>。因此, 如何将锅炉连排水余热回收利用到供热系统中, 对于提升系统运行效率、降低系统能耗具有显著意义。

## 2 系统现状介绍

某供热单位下辖两座锅炉房(以下简称 A 锅炉房和 B 锅炉房), 其中 A 锅炉房主要承担冬季供暖任务, 共配置 7 台锅炉, 其中蒸汽锅炉共计 4 台; B 锅炉房主要承担非供暖季蒸汽用户供应, 共配置 2 台锅炉。

上述锅炉所产生的连排水均进入联排扩容器, 扩容后产生的蒸汽回收至除氧系统利用, 剩余连排水随输配管道直排至锅炉房降温池, 连排水温度约 110℃。根据计算, 若两座锅炉房连排水降温至 30℃以下, 可回收余热量合计约 2.05 万 GJ, 具有显著的回收价值。

## 3 余热回收方式概述

目前, 针对蒸汽锅炉连排废水余热利用主要三类技术路线: 一是多级闪蒸回收技术; 二是喷雾蒸发热回收技术; 三是换热器余热回收技术。上述技术路线的具体内容如下。

### 3.1 多级闪蒸回收技术

以余热锅炉汽包连排水作为循环工质, 利用连排扩容器进行扩容降压, 即可闪蒸出蒸汽用于除氧器提供热源, 而且闪蒸的压力越低, 闪蒸率越大, 能够得到的闪蒸蒸汽量越大。因此, 通过按不同压力设置多级连排扩容器, 能够提高

【作者简介】王云涛, 男, 中国河北唐山人, 硕士, 工程师, 一级建造师, 从事供热制冷业务相关的运行管理、科技创新以及节能改造研究。

闪蒸蒸汽产量,降低连排水排水温度。同时,通过多级闪蒸不但可以提高系统回收率,而且可以提高锅炉连排水的能源品位<sup>[4]</sup>。该技术工艺较为复杂、初投资成本高,因此鉴于A、B锅炉房系统工艺现状以及连排水参数,该技术不适用于项目实际情况。

### 3.2 喷雾蒸发热回收技术

该技术原理主要是利用高温蒸汽的热量,蒸发被雾化的连排水并混合均匀。混合蒸汽经过处理后被作为供热蒸汽加以利用,达到节能和提高经济性的目的。该工艺能实现热量的完全回收,成本较低,具有明显优势<sup>[5]</sup>。但是,连排水含有较多的杂质,如磷酸盐、二氧化硅等,其蒸发特性与纯水有差异,同时也容易堵塞喷嘴。另外,其蒸发产物的粒径均匀性差,容易堵塞后续过滤装置<sup>[6]</sup>。然而,目前研究主要针对脱硫废水等高盐废水的喷雾蒸发特性,缺乏对连排水的研究,不利于喷雾蒸发技术在连排水热回收中的应用。

### 3.3 换热器余热回收技术

热交换余热回收技术原理是在连排水系统中增加换热器,通过不同温度流体间实现对流传热,以达到回收连排水余热回收的目的。其中,板式换热器是一种较为常用的换热装置,具有造价低、传热系数高、结构紧凑、占地面积小等诸多优点。除此之外,这类换热器泄漏处理量小,具有可拆结构且检修清洗比较方便。尤其结合锅炉房系统现状,可将连排水作为热源加热锅炉软化水,系统改造量小、初投资较低且易于安装及维护。

## 4 系统节能改造方案

### 4.1 总体思路

在保留原有连排扩容系统的基础上,在扩容器后排水管道上增加板式换热器余热回收系统。锅炉产生的连排水经膨胀扩容系统后,通过板式换热器释放热量,用于加热锅炉软化水。同时,考虑到系统运行安全因素,将余热回收系统与原有排污管道采用并联连接,当余热回收系统出现故障或是检修需要时,能够切换至原系统,不会影响正常生产运行。

由于连排水含盐量较高且成分较为复杂,考虑到连排水通过板式换热器后存在换热面结垢的风险,为进一步了解产生水垢的成因和特性,针对A、B两座锅炉房节能改造采用了分步实施的方式,即优先对B锅炉房进行节能改造,待安全性以及节能效果得到验证后,再实施A锅炉房节能改造。

### 4.2 B 锅炉房改造方案

#### 4.2.1 系统改造方案

考虑到B锅炉房的锅炉运行负荷、厂房布置空间等因素,同时兼顾余热回收效益以及项目投资回收期,拟增设一套板式换热器系统。其中,冷流侧为软化水,经板式换热器吸热后进入除氧器进行热力除氧;余热侧为经连排扩容器扩

容后的连排水,进入板式换热器放热后,经排水口流至降温池。为确保系统运行安全,在板式换热器余热侧进出口管路上设置了联通管,当板式换热器出现问题或检修需要时,打开联通管道阀门,关闭板式换热器余热水进出口阀,可实现连排水直接排放,能够提高系统运行安全度。

#### 4.2.2 换热器选型方案

结合锅炉最大负荷时的连排水量以及给水量,对板式换热器进行了选型设计,设计标准参照NB/T47004—2009《板式热交换器》执行。具体设计参数如下:余热侧(连排水)设计流量为4t/h,进/出口温度为110/40℃;冷流侧(软化水)设计流量为21t/h,进/出口温度为20/35℃。其中,换热器换热量为0.3MW,板片材质选用304不锈钢材质。

#### 4.2.3 运行效果评估

为了解板式换热器系统的运行情况,在系统安全投运后对换热器进行了拆解检查,检查时间分别为投运后1个月、4个月、8个月,检查结果显示换热器运行情况良好且无结垢现象,进一步验证了系统改造方案的可行性。

### 4.3 A 锅炉房改造方案

#### 4.3.1 系统改造方案

鉴于A锅炉房安全保障要求较高,同时连排水余热回收潜力更大,因此拟增设两套板式换热器系统,余热回收系统冷流侧为软化水,经板式换热器吸热后进入除氧器进行热力除氧;余热侧为经连排扩容器扩容后的连排水,进入板式换热器放热后,经排水口流至降温池。在运行期间,两套板式换热器系统采用一用一备的运行模式,当一台出现问题或者需要检修需要时,另一台及时启运,能够实现连排水余热的持续回收。

同时,A锅炉房采用DCS系统进行集中统一控制,为确保系统运行安全,在板式换热器余热系统中配套增加了余热侧进出口压力测点、温度测点以及连排扩容器水位测点,将相关安全连锁均接入DCS系统实时监控。同时连排水进出口管路以及旁通管均设置电动调节阀,在应急情况下能够及时切换至原排水系统。当系统运行时,通过连排水箱水位控制余热侧(连排水)进水电动阀开度,以实时调节余热侧水流量;冷流侧(软化水)以控制连排水排水温度为目标值,实时调节软化水循环泵的流量,以确保连排水余热的最大化利用。

#### 4.3.2 换热器选型

A锅炉房板式换热器选型具体参数如表1所示。其中,换热器换热量为2.1MW,板片材质选用304不锈钢材质。

## 5 节能效益测算

两座锅炉房改造完成后,余热回收系统运行情况良好。结合改造后A、B锅炉房完整年度的余热回收数据以及投资情况,对余热回收系统进行了经济性分析,分析结果如表2所示。

表 1 A 锅炉房板式换热器选型参数

序号	名称	单位	余热侧（连排水）	冷流侧（软化水）
1	流量（按最大负荷设计）	t/h	25	106
2	进口温度 / 出口温度	°C	110/30	15/50
3	比热容	kJ/(kg·°K)	4.187	4.179
4	导热系数	W/(m·°K)	0.668	0.603
5	平均黏度	Cp	0.404	0.923
6	板间流速	m/s	0.15	0.53
7	计算压降 / 允许压降	kPa	2.15/50	18.02/50
8	总传热系数	W/(m <sup>2</sup> ·°K)		2108
9	设计压力 / 试验压力	MPa		1.6/2.0
10	换热量	MW	2.1	
11	数量	套	2	

表 2 A、B 锅炉房连排水余热回收系统经济性分析

序号	名称	单位	A 锅炉房	B 锅炉房	合计
1	运行时间	小时	2880	5040	7920
2	回收连排水余热	GJ	12560	4080	16640
3	天然气热值	MJ/Nm <sup>3</sup>	34.58	34.58	/
4	回收热量折合天然气耗量	万 Nm <sup>3</sup>	36.32	11.80	48.12
5	天然气价格	元 /Nm <sup>3</sup>	2.87	2.45	/
6	节能效益	万元	104.24	28.91	133.15
7	改造投资	万元	25.87	4.23	30.10
8	维护费用	万元	1	1	2
9	静态投资回收期	万元	0.26	0.18	0.24

两座锅炉房实施节能改造后，年度回收连排水余热共 16640GJ，改造投资共计 30.10 万元，静态投资回收期为 0.24 年，经济性较好。同时，在系统投运后，年度节能效益共计 133.15 万元，产生了良好的经济效益。

## 6 结论

基于实现蒸汽锅炉连排水余热回收利用的目标，制定了一种通过板式换热器间接换热方式回水锅炉连排水余热的节能改造方案。通过在两个锅炉房的改造实践以及经济效益测算分析，年回收连排水余热共 1.66 万 GJ，年度节能效益约 133.15 万元，静态投资回收期为 0.24 年，具有较好的经济性。通过实践检验，该种方案初投资小、效益显著且对原系统改造内容少、实施周期短，为同类型工艺中实施连排水余热回收提供了参考案例。

## 参考文献

- [1] 中国城镇供热协会.中国城镇供热发展报告[M].北京:中国建筑工业出版社,2021.
- [2] 樊泉桂,阎维平,闰顺林,等.锅炉原理[M].北京:中国电力出版社,2004.
- [3] 唐磊,安明明,朱伟民,等.耦合工业供热的火电厂低品位汽水介质热质综合回收利用方案研究[J].节能技术与应用,2022(5):53-54.
- [4] 吴仲华.能的梯级利用与燃气轮机总能系统[M].北京:机械工业出版社,1988.
- [5] 尹述平,王国华.喷射技术在热电厂连排水回收中的应用[J].流体机械,2004,32(10):32-34.
- [6] 李春建,曾澄光,李宗银,等.燃煤电厂连排水蒸发特性和粒径分布的数值模拟[J].广东电力,2022,35(7):141-142.