

## 立式碳素窑余热锅炉的设计及安装使用要点分析

冯鹏娟 徐瑞

郑州锅炉股份有限公司, 河南 郑州 450001

**[摘要]**近几年环境改变造成的自然灾害频发,在资源有限的情况下如何充分利用能源,如何回收利用三废进而保护环境是我们应该重视和思考的问题。在这种情况下利用余热锅炉提高三废余热利用率应运而生。文中主要介绍了一台98吨立式碳素窑余热锅炉的设计及安装使用要点。

**[关键词]**立式碳素窑余热锅炉;三废回收;节能;环保;安装使用

DOI: 10.33142/ec.v4i9.4483

中图分类号: X78;TU2

文献标识码: A

### Analysis of Design, Installation and Use of Waste Heat Boiler for Vertical Carbon Kiln

FENG Pengjuan, XU Rui

Zhengzhou Boiler Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450001, China

**Abstract:** In recent years, natural disasters caused by environmental change occur frequently. Under the condition of limited resources, how to make full use of energy and how to recycle the three wastes to protect the environment is a problem we should pay attention to and think about. In this case, the utilization of waste heat boiler to improve the utilization rate of waste heat of three wastes came into being. This paper mainly introduces the design, installation and operation of a 98 ton vertical carbon kiln waste heat boiler.

**Keywords:** waste heat boiler of vertical carbon kiln; three wastes recovery; energy saving; environment protection; installation and use

#### 1 锅炉简介

该型立式碳素窑余热锅炉是专为碳素窑回收利用系统配套的,该余热锅炉是利用碳素窑排出的含尘烟气余热产生过热蒸汽的一种装置。

立式碳素窑余热锅炉与煤式链条炉、循环流化床锅炉及油气炉相比,具有节能以及能源再利用的特点,因为它不直接使用原燃料,而是利用碳素窑烟气的余热,通过炉内除尘,保护了环境的同时,将余热再利用产生过热蒸汽,以供发电生产或者生活使用。本体结构简单,随着技术的发展或许可以实现模块化生产,并将这一节能概念用到各行各业。

#### 2 主要参数

本次以 Q260/900-98-5.3/490 这样一台 98 吨的碳素窑余热锅炉为讨论基础,其主要设计参数如下:

##### 2.1 设计参数

额定蒸发量 98t/h

额定蒸汽压力 5.3MPa

额定蒸汽温度 490℃

给水温度 145℃

排污率 1%

排烟温度  $\leq 185^\circ\text{C}$

##### 2.2 进口烟气参数

进口烟气体积流量: 260000 Nm<sup>3</sup>/h

进口烟气温度: 900 °C

烟气含尘量  $\sim 300$  mg/Nm<sup>3</sup>

##### 2.3 烟气成分(碳素窑产生的废气)

CO<sub>2</sub> 7.37

H<sub>2</sub>O 12.8

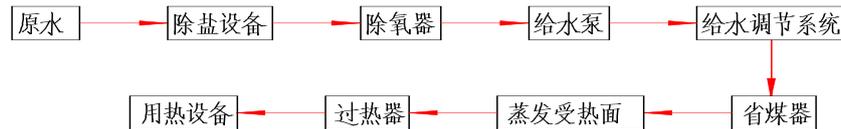
O<sub>2</sub> 12

N <sub>2</sub>	67.655
SO <sub>2</sub>	0.175
NO <sub>x</sub>	300mg/Nm <sup>3</sup>

### 3 锅炉结构简介

该立式碳素窑余热锅炉是适用于碳素窑回收利用系统的余热锅炉，采用单锅筒横置立式倒“U”型布置，将锅炉受热面布置于烟道竖井内及外置烟道中。在中间烟道省煤器的上部预留 SCR 脱硝空腔，为后期环保改造需要再布置 SCR 脱硝模块留下空间。

锅炉主要受热面布置和其它锅炉一样，比较常规，有水冷屏、过热器、对流管束、省煤器，以下是系统设计概况：  
汽水系统：



烟风系统：

工艺生产线 → 烟道 → 凝渣管 → 过热器 → 对流管束 → 省煤器 → 引风机 → 烟囱

#### 3.1 锅筒

锅筒内径：Φ1500mm，钢板材质：Q345R(GB/T713-2014)。锅筒内部设置有旋风分离器、汽水分离装置、加药管、排污管等，其结构包括内部的汽水循环路径与常规锅炉相比没有特别不同的地方，很常规。锅内布置有单段蒸发系统，旋风分离器直径为Φ290，双排布置，单只负荷可达到5~6t/h。

#### 3.2 水冷系统

水冷屏管排采用Φ51×5 锅炉管，管子间距 100mm。

前部烟道四周采用膜式壁结构，膜式壁所用管子采用Φ51×4 锅炉管，管子间距 100mm。

#### 3.3 过热器

该锅炉过热器采用吊挂式，高温段管子规格：Φ42×4，材质：12Cr1MoVG(GB5310)采用顺列布置；低温段管子规格：Φ38×4，材质：12Cr1MoVG(GB/T5310-2017)，同样采用顺列布置。

设置单级喷水减温设备，温度可调节范围比较大。

#### 3.4 省煤器

省煤器管束采用 5 级布置，省煤器的管束采用Φ32×4。其中 3 级布置在中间烟道中；尾部 2 级省煤器布置在外部单独烟道中，管束为垂直布置。前面 3 级省煤器管子材质为 20G(GB/T5310-2017)，光管。外置省煤器管子采用 ND 钢。

#### 3.5 外包装

锅炉前部烟道采用轻型炉墙结构，保温材料采用多层叠加式布置，能更好的起到保温作用，然后外面装设瓦楞板，炉顶采用轻型炉墙吊挂结构。中间烟道及尾部烟道锅炉四周炉墙采用轻形护板炉墙结构，中间保温，外部采用护板结构。

### 4 安全附件与电器控制

根据 TSG G0001-2012《锅炉安全技术监察规程》中的相关要求，锅炉装设了较为完备的安全附件与电气控制系统：能区分高低水位的高低水位报警装置、防止干烧的低水位联锁保护装置、蒸汽超压超温报警装置和联锁保护装置等。这些必备的控制仪表和阀门以及先进可靠的控制系统，能够确保该锅炉安全经济运行。

值得注意的是，为了确保这些仪表及控制系统安全稳定的运行，这些装置的电源应可靠，在锅炉运行过程中，这些保护装置与联锁装置不得随意停用或者退出。

锅炉不管是在什么时候启动，在启动前都必须开启再循环管，确定省煤器内的循环水是冷却的，以此同时开启引风机预吹扫 3 分钟以上。停炉的时候必须切断高温烟气供应以免发生安全事故。

余热锅炉的安全经济运行，受到入炉烟温、烟气流量、烟气流速等的影响，这些参数一般是通过控制旁通烟道闸板开度改变的，所以为了确保该余热锅炉及时的安全经济运行，应提前配备好旁通烟道、烟道闸板等配套设施，最好在烘炉前就配置完毕。

## 5 锅炉水汽质量要求

本锅炉水汽质量标准按 GB/T12145-2016《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》的相关规定执行。

表1 锅炉给水质量

控制项目	标准值和期望值	过热蒸汽压力 Mpa					
		汽包炉				直流炉	
		3.8~5.8	5.9~12.6	12.7~15.6	>15.6	5.9~18.3	>18.3
氢电导率(25℃) μ S/cm	标准值	—	≤0.3	≤0.3	≤0.15a	≤0.15	≤0.10
	期望值	—	—	—	≤0.10	≤0.10	≤0.08
硬度/(μ mol/L)	标准值	≤2.0	—	—	—	—	—
溶解氧 μ g/L	AVT (R)	标准值	≤15	≤7	≤7	≤7	≤7
	AVT (O)	标准值	≤15	≤10	≤10	≤10	≤10
铁 μ g/L	标准值	≤50	≤30	≤20	≤15	≤10	≤10
	期望值	—	—	—	≤10	≤5	≤3
铜 μ g/L	标准值	≤10	≤5	≤5	≤3	≤3	≤2
	期望值	—	—	—	≤2	≤2	≤1
钠 μ g/L	标准值	—	—	—	—	≤3	≤2
	期望值	—	—	—	—	≤2	≤1
二氧化硅 μ g/L	标准值	—			≤20	≤15	≤5
	期望值	—			≤10	≤10	≤1
氯离子 μ g/L	标准值	—	—	—	≤2	≤1	≤1
TOCi μ g/L	标准值	—	≤500	≤500	≤200	≤200	≤200

a 没有凝结水精处理除盐装置的水冷机组, 给水氢电导率应不大 0.3 μ S/cm。  
b 加氧处理溶解氧指标按表 4 控制。

表2 蒸汽质量

过热蒸汽压力/Mpa	钠(μ g/kg)		氢电导率(25℃)/(μ S/cm)		二氧化硅(μ g/kg)		铁(μ g/kg)		铜(μ g/kg)	
	标准值	期望值	标准值	期望值	标准值	期望值	标准值	期望值	标准值	期望值
3.8-5.8	≤15	-	≤0.30	-	≤20	-	≤20	-	≤5	-
5.9-15.6	≤5	≤2	≤0.15 <sup>a</sup>	-	≤15	≤10	≤15	≤10	≤3	≤2
15.7-18.3	≤3	≤2	≤0.15 <sup>a</sup>	≤0.10 <sup>a</sup>	≤15	≤10	≤10	≤5	≤3	≤2
>18.3	≤2	≤1	≤0.15	≤0.08	≤10	≤5	≤5	≤3	≤2	≤1

a 表面式凝汽器以及没有凝结水精除盐装置的机组, 蒸汽的脱气氢电导率标准值不大于 0.15 μ S/cm, 期望值不大于 0.1 μ S/cm; 没有凝结水精除盐装置的空冷机组, 蒸汽的氢电导率标准值不大于 0.3 μ S/cm, 期望值不大于 0.15 μ S/cm。

表3 汽包炉炉水电导率、氢电导率、氯离子和二氧化硅含量标准

锅炉汽包压力 Mpa	处理方式	二氧化硅	氯离子	电导率	氢电导率
		mg/L		(25℃)/(μ S/cm)	(25℃)/(μ S/cm)
5.9~10.0	炉水固体碱化剂处理	≤2.00 <sup>a</sup>	-	<50	-
10.1~12.6		≤2.00 <sup>a</sup>	-	<30	-
12.7~15.6		≤0.45 <sup>a</sup>	≤1.5	<20	-
>15.6	炉水固体碱化剂处理	≤0.10	≤0.4	<15	<5 <sup>b</sup>
	炉水全挥发处理	≤0.08	≤0.03	-	<1.0

a 汽包内有清洗装置时, 汽控制指标可适当放宽。炉水二氧化硅浓度指标应保证蒸汽二氧化硅浓度符合标准。  
B 仅适用于炉水氢氧化钠处理

## 6 锅炉技术特点及作用

该锅炉充分的利用了尾迹旋涡理论,有效组织并运用了烟气的三维强湍流动力场,通过科学配置受热面,合理安排锅炉结构,增加了传热效率,减少了漏风点,漏风可能性,从而提高了锅炉的热效率。具体的设计特点如下:

(1) 锅炉采用立式倒“U”型布置,这种布置能够节省现场的安装空间,各个部套之间结构连接紧凑,也方便安装,大大缩短了安装周期,这样下来节省了可观的安装施工费用。

(2) 锅炉省煤器是钢管式的,具体到该余热炉的省煤器,其烟气波动大,省煤器给水汽化后容易发生水击,为了提高其抗冲击能力,就需要提高其机械强度,省煤器管设计为钢管式。这样的省煤器其负荷适应性强,系统布置及操作都比较简单、容易。

(3) 该余热锅炉的运行需要结合其它设备,为了方便结合,同时为了降低系统耗电量,就需要降低阻力,炉腔内采用等流速和低流速设计,大大降低了阻力,克服了难题。

(4) 本锅炉在运行过程中,实现了气、固分离,降低了粉尘等环境污染。主要利用的就是惯性分离原理和重力分离原理,设计结构简单,但是除尘效率高,分离出来的灰尘还可以重新回收利用,真正实现了“一机多用”的功能。

(5) 降低整个系统能耗,做到能源的充分利用。

## 7 安装及使用的简要说明

锅炉安装应遵守 TSG G0001-2012《锅炉安全监察规程》和 TSG G0002-2010《锅炉节能技术监督管理规程》。

做好安装前准备:首先组织有关人员学习资料,熟悉相关规程内容、锅炉图纸、安装使用说明书及有关技术文件,以了解锅炉性能及施工原则,便于安装、运行和维修。同时做好设备验收,以及基础施工,方便后期锅炉安装。

建议按照如下顺序进行安装,具体安装过程不再赘述:

- (1) 钢架及部分主要平台扶梯安装,固定锅筒支座,锅筒就位。
- (2) 组装平台扶梯,水冷屏、对流管束就位及支吊。过热器组焊及支吊。省煤器组焊及支吊。空气预热器安装。
- (3) 进行水压试验,试验合格后组装锅筒内部装置。
- (4) 安装仪表、阀门及连接管道。
- (5) 砌筑炉墙,同时安装外包装。烟风道安装。
- (6) 锅筒及管道保温。烟风道保温。
- (7) 将锅炉外包除去污垢、铁锈,按有关标准要求油漆。

锅炉使用主要包括以下环节:锅炉运行前的准备工作;锅炉初运行;并汽运行、正常运行、安全附件的操作与管理、排污、常见事故处理及预防、停炉、维护保养、锅炉检验和水压试验、电控基本要求及联锁保护、经济运行和使用管理。每个环节都很重要,具体可参看锅炉的安装使用说明书。

## 8 结束语

该余热炉结构简单紧凑,所需费用低,保护环境的同时节约能源,随着技术的发展或许可以实现模块化生产,并将这一节能概念用到各行各业。若能更大程度变废为宝,也算做出重要贡献,人类对于环境及能源再利用也越来越重视,相信三废回收余热锅炉会在不久的将来在锅炉市场中占据重要地位,受到各行业的青睐。

### [参考文献]

- [1] 宋兴钢,梁山伟.余热锅炉节能技术改造应用[J].价值工程,2010(6):78.
- [2] 工业锅炉设计计算方法编委会.工业锅炉设计计算方法[S].北京:中国标准出版社,2005:4-5.
- [3] 李新生.谈如何改造锅炉节能设计的分析[J].科技促进发展,2010(6):89.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫局.工业锅炉水质:GB1576-2008[S].北京:中华人民共和国国家标准,2009:3-4
- [5] 孙庆斌,姜丘陵.低温水泥窑余热锅炉实践中几个问题[J].电站系统工程,2006(4):17-18.

作者简介:冯鹏娟(1987.9-),女,郑州大学,安全工程,郑州锅炉股份有限公司,设计师,工程师(中级)。