

循环流化床垃圾焚烧炉 正压问题解决方案研究

李雷¹, 周永²

- (1. 浙江城建煤气热电设计院有限公司, 浙江杭州 310013;
2. 西安交通大学动力工程多相流国家重点实验室, 陕西西安 710049)

摘要: 垃圾成分的不稳定性导致循环流化床(CFB)垃圾焚烧锅炉燃烧情况不稳定, 使炉膛正压冒烟, 污染环境。本文提出在炉膛二次风入口处增加文丘里管, 连通垃圾拨料入口的改造设计方案, 来解决 CFB 垃圾焚烧炉的正压冒烟问题, 具有设备简单、改造费用少的优点, 对目前 CFB 焚烧垃圾的控制及污染物控制有重要参考价值及工程应用价值。

关键词: 垃圾焚烧; 循环流化床; 正压冒烟控制; 二噁英; 文丘里管

中图分类号: X705, X701 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8759(2014)02-0023-03

PRESSURE PROBLEM-SOLVING RESEARCH OF CFB MSW INCINERATOR

LI Lei¹, ZHOU Yong²

- (1. Zhejiang Gas & thermoelectricity Design Institute, Hangzhou 310013, Zhejiang;
2. State Key Laboratory for a number of streams, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, 710049 Shanxi)

Abstract: Waste composition instability caused circulating fluidized bed (CFB) combustion instability in municipal solid wastes (MSW) incinerator, so that positive pressure furnace smoke, polluting the environment. In this paper, a Venturi tube is design to solve the positive pressure CFB incinerator smoke problem, which has impotent engineering application value.

Keywords: MSW incinerator; CFB; positive pressure; Venturi tube

焚烧法处理城市生活垃圾已经在国内外受到普遍关注, 它使生活垃圾的体积减小约 80%~90%, 重量减小越 70%~80%, 特别针对我国目前土地资源紧缺情况, 是一种极为有效的垃圾处理方法^[1-5]。目前国内垃圾焚烧锅炉中大量采用循环流化床锅炉, 虽然随着异重流化床焚烧等国内技术的更新, 使得其推广迅速, 但由于垃圾成分波动较大, 其空气平衡难于控制, 燃烧温度波动较大仍

是目前, 循环流化床垃圾焚烧炉所面临的难点^[2,5], 特别是由于燃烧波动带来的炉膛正压冒烟问题, 更是很多企业面临的问题, 其对环境, 对经济效益均产生严重负面影响^[6,7], 并一直困扰企业。针对此问题, 本文提出了应用文丘里管来解决炉膛正压冒烟问题的改造方案。

1 循环流化床垃圾焚烧锅炉简介

我们以浙江春晖环保能源有限公司所使用的无锡华光锅炉厂 75t/h 循环流化床垃圾焚烧锅炉为例, 其锅炉结构简图如图 1 所示。

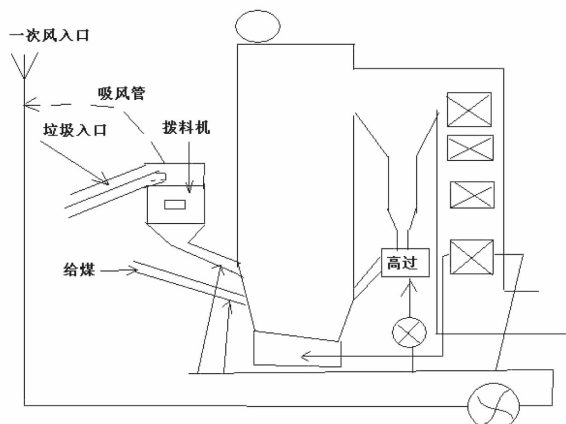


图 1 无锡华光锅炉厂生产的垃圾焚烧流化床锅炉

其高过外置于返料箱中,垃圾从锅炉前墙通过拨料机投入,给煤口在垃圾入口下方,采用倾斜式布风板。当垃圾不稳定或水分较大时,由于燃烧的变化,炉膛出现正压,烟气就会从垃圾拨料机部位向外喷出。此处烟气处于不完全燃烧状态,含有大量的二噁英成分^[6,7]对环境污染相当严重,同时由于喷出的气体带有一定的热值,对锅炉效率也有很大的影响^[8]。为解决此问题,无锡华光锅炉厂曾经在拨料机上方设置一吸风口,与一次风机入口相连,如图 1 所示,确实使锅炉正压问题得到缓解。但是,由于炉膛正压时,有很多细灰也随风机吸入,导致一次风机叶轮磨损及一次风管道积灰严重,影响正常生产。很多公司目前已将此装置拆除。这样,正压问题依然困扰很多企业。

2 改造方案

本文采用文丘里管将烟气抽如二次风管的炉膛入口处,不需要任何电器设备,应用流体能头守恒的原理及伯努利方程,在二次风入口加入文丘里管,使的二次风炉膛入口管上形成天然的负压区,将抽气联入负压区,形成自然压力差抽气,将烟气喷入炉膛。

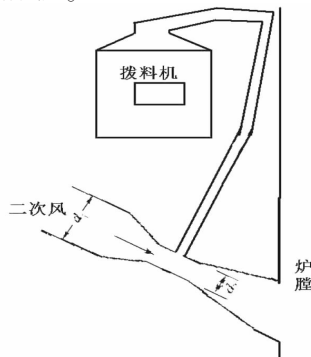


图 2 设计方案

如图 2 所示,将二次风炉膛处加一个文丘里管,要求设计文丘里管尺寸使得其喉部为负压,在其喉部与垃圾拨料机上部连一管道,把从拨料机喷出的烟气抽走,直接喷入炉膛。

这样设计的好处在于:

- (1)烟气经过较短的路径直接进入炉膛,减少烟气中气体对管路的影响;
- (2)烟气中粉尘不经过风机、空预器等,对锅炉主要设备不会产生影响;
- (3)选用二次风管,二次风在锅炉中起到助燃作用,对流化影响不大^[8,9];
- (4)二次风炉膛入口处离拨料机较近,减少烟气流动中的阻力;
- (5)设备简单,改造费用小;

此设计方案主要的问题是如何在二次风管中出现负压,此关键为文丘里管的设计,其理论依据如下。

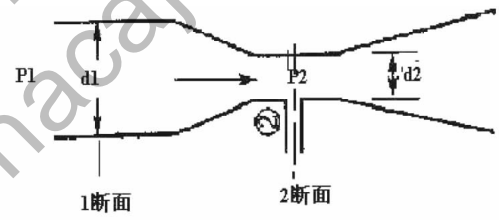


图 3 文丘里管喉部压力

如图 3 所示,分别考察文丘里管入口断面(1断面)及喉部断面(2断面),根据伯努利方程,不计文丘里管中能头损失,有:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + a \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + a \frac{v_2^2}{2g} \quad (1)$$

取 $\alpha=1.0$,则喉部压力:

$$P_2 = P_1 + \rho g(Z_1 - Z_2) + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) \quad (2)$$

不考虑高度差,则:

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) \quad (3)$$

故,若 v_2 有足够速度,处即会产生负压。设定 P_2 , 则

$$v_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho} + v_1^2} \quad (4)$$

设断面 q_1 处流量,则:

$$\frac{q_2}{A_2} = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho} + \left(\frac{q_1}{A_1}\right)^2} \quad (5)$$

即:

$$\frac{q_2}{\pi d_2^2} = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho} + \left(\frac{q_1}{\pi d_1^2}\right)^2} \quad (6)$$

有:

$$d_2 = \sqrt{\frac{q_2}{\pi \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho} + \left(\frac{q_1}{\pi d_1^2}\right)^2}}} \quad (7)$$

取 $q_1 = q_2 = \varepsilon q$:

$$d_2 = \sqrt{\frac{1}{\sqrt{\frac{2\pi^2(P_1 - P_2)}{\rho \varepsilon^2 q^2} + \left(\frac{1}{d_1^2}\right)^2}}} \quad (8)$$

则:即是我们需要设计的文丘里管喉部尺寸,其中 ε 为流量修正系数。

3 实际设计尺寸

我们以浙江春晖环保能源有限公司的 0# 垃圾焚烧炉参数为例,0# 炉正常运行时,二次风量约 52 000 m³/h(20℃,5 kpa),经过空预器后风温约 200℃,炉膛入口压力 3.3 kpa。则由:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

得:热风密度 = 0.75 kg/m³。则热风量为 85 000 m³/h(200℃,3.3 kPa)。

不考虑漏风,0# 炉有 12 个二次风管入炉膛,假设每个风管的直径 $d=0.2$ m,则二次风炉膛入口流速为 62.7。取喉部压力为 -30 Pa,则根据式(4),得到喉部速度 $v_2=112.8$ m/s。则喉部管径 $d_2=0.15$ m,即当喉部管径达到 14.9 mm 后即可产生负压。若取喉部负压为 -1000 pa, 则可得到 $d_2=0.14$ m。考虑到流量修正系数,取 $\varepsilon=0.95$, 则得到 $d_2=0.1395$ m。可抽出前墙上面两根和下面中间一根进行改造。

4 阻力与经济性指标

在 0# 前(后) 墙增加文丘里管后会提高二次风管的局部阻力系数,取流量系数为 0.95,接 4 个文丘里管,则,总的流量损失系数为 1.7%,又由于其吸入燃气有一定的流量,若喉部开口直径为 5 cm,开口 4 根管,负压为 1000 pa,则吸入总风量

为 0.3 m³/s,则二次风量损失可忽略。而同时,由于烟气中存在着大量的不完全燃烧气体,以及较高的热量,则可化验烟气中可燃物含量浓度测量其热值,并可与局部阻力系数比较。从分析可得其总体风量阻力损失很小,反而由于吸入烟气中有大量热值,可提高热效益。

5 总结

以上设计方案虽然不能完全解决垃圾炉燃烧工况不稳定的问题,但是可以在一定程度上减缓炉膛正压冒烟的现象。其改造涉及范围小,不涉及汽水系统及流化主系统的,仅对二次风有较小的改动,而其它均不影响,不影响锅炉流化燃烧环境^[10,11]。同时此方案不涉及任何复杂电气设备,仅构造了一个自然压差回路提供动力。并且耗材较少。不但能够解决炉膛冒烟的环境问题,还能提高锅炉的效率。本方案给出了一条炉膛正压冒烟问题的解决思路,可供相关人员进行参考。

参考文献

- [1] 王学涛,焦有宙,金保升. 华东地区垃圾焚烧飞灰基本特性分析[J]. 热力发电. 2007(5):38~42.
- [2] 屠进,宋黎萍,池涌. 垃圾焚烧电厂焚烧炉炉型选择[J]. 热力发电. 2003(10): 5~7.
- [3] Chang H.B., Chung Y.T. Dioxin content in fly ashes of MSW incineration in Taiwan[J]. Chemosphere. 1998, 36(9): 1959~1968.
- [4] 石德智. 基于新型分类收集系统的生活垃圾焚烧过程污染物控制及其机理研究[D]. 杭州:浙江大学博士学位论文. 2009.
- [5] Chimenos J.M., Fernandez M.A., Espiell F. Characterization of the bottom ash in municipal solid waste incineration [J]. Journal of Hazardous Materials. 1999, A64: 211~222.
- [6] 曹玉春,严建华,李晓东等. 垃圾焚烧炉中二噁英生成机理的研究进展[J]. 热力发电. 2005(9): 15~21.
- [7] 徐旭. 燃烧过程中二噁英的反应及排放特性的研究[D]. 浙江大学博士学位论文,2002.
- [8] 岑可法,倪明江,骆仲泱等. 循环流化床锅炉理论与运行[M]. 北京:中国电力出版社,1998.
- [9] 刘德昌,陈汉平,张世红等. 循环流化床锅炉运行及事故处理[M]. 北京:中国电力出版社,2006.
- [10] 臧广州. 循环流化床锅炉设计选型与技术改造及优化运行实用手册[M]. 长春:银声音像出版社,2005.
- [11] 朱国桢,徐洋. 循环流化床锅炉设计与计算[M]. 北京清华大学出版社,2004.