

生物质锅炉的应用实践

王建伟¹，徐琳¹，赵明海²，栾慎勇²

(1.山东科技大学机械电子工程学院，山东青岛266590；2.大连三洋制冷有限公司，辽宁大连116600)

摘要：青岛某公司原有的一台水煤浆锅炉因热效率偏低以及未完全解决粉尘、SO₂和NO_x排放污染问题被改造成燃生物质锅炉。不过，改造完成初期却因碱金属沉积的原因导致不少问题，例如烟道阻力、引风机电耗以及排烟温度均出现了升高。为此，进一步采取了增设钢珠清灰器和空气预热器，引入风机变频改造等措施。迄今为止该生物质锅炉已稳定运行一年，效果良好。另外，该生物质锅炉系统还实现了废水废渣的循环利用。

引言

目前，中国的大气污染状况堪忧，特别是PM_{2.5}污染的问题引起了越来越多的社会关注。鉴于二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机化合物（VOCs）等有害气体是导致PM_{2.5}污染的主要源头，因此，作为控制硫氮氧化物的措施之一，中国各大城市均先后推出了在城区禁止使用燃煤锅炉的系列政策。青岛某公司原使用某型水煤浆锅炉来为烘干作业过程提供蒸汽，但是，由于水煤浆锅炉并未彻底解决硫氮污染物的控制问题^[1]，其排放的烟尘浓度也远高于链条炉^[2]

，再加上水煤浆锅炉运行成本较高等因素，最后决定将其改造成一台8t/h的燃生物质锅炉，并以托管运营的方式将公司的蒸汽提供业务全权外包。改造工作于2011年8月启动，具体改造措施主要包括燃烧设备更换和炉膛结构调整，如图1所示。其中，燃烧设备的改造主要是将原水煤浆锅炉的燃烧器替换为链条炉排。炉膛结构的调整则主要是针对生物质燃料挥发分含量较高的特点，加大了二次燃烧空间及二次风配风比例^[3]

，并增设了炉拱。特别是针对生物质易燃会导致进料挡板烧坏的问题，采用了水冷短前拱。改造后的生物质锅炉基本上满足了企业连续生产的要求。不过，锅炉试运行期间也发现了一些问题，例如积灰、排烟温度偏高等，如表1所示。为此，对该锅炉进行了进一步的改造，包括在炉膛出口增设钢珠清灰器，在尾部烟道增设空气预热器、废水渣循环利用、风机变频改造等。改造工作于2011年9月完成，至今已稳定运行1年有余，并已经通过了青岛市的清洁生产评估。

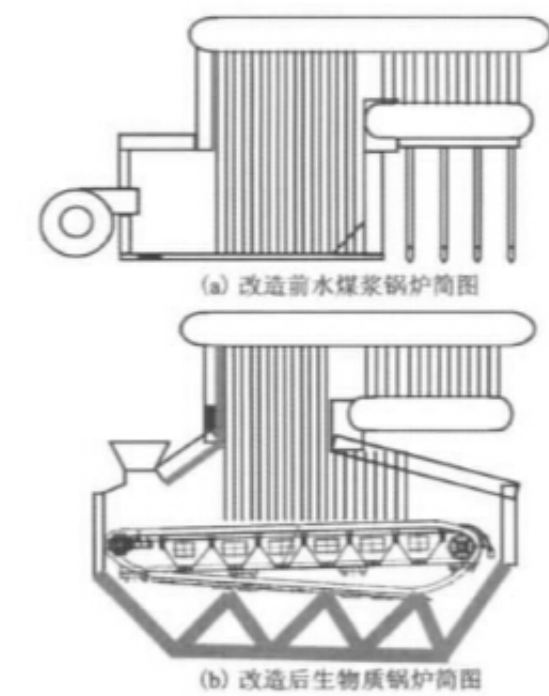


图1 改造前后锅炉结构简图

表1 存在的问题及产生原因总结表

问题	产生的原因
排烟温度较高	碱金属沉积
排烟含氧量偏高	锅炉漏风
引风机能耗大	换热管积灰, 负荷变动大
炉渣需委托外运	废渣无循环利用渠道
包装车间冷凝水浪费	未引回锅炉进行循环利用
废水排放	化水车间及汽包连续排污

2 污染物排放控制

2.1 碳硫氮氧化物排放

原水煤浆锅炉仍以煤为燃料, 实际热效率仅为66%左右, CO_2

排放量很高。此外, 水煤浆锅炉的燃烧温度仅仅比燃煤链条锅炉低 $100\sim 200^\circ\text{C}$ ^[2], 仍存在较高的 SO_2 及 NO_x 排放, 如表2中所示。改为生物质锅炉后, 不但实现了 CO_2

零排放, 而且因为生物质燃料含硫量极低以及燃料中的高碱金属含量还能进一步降低烟气中的硫含量^[4], 因而其排放烟气中的 SO_2 含量极低, 仅为 $2.86\text{mg}/\text{m}^3$

(标态), 比燃煤锅炉烟气中的含硫量降低了数百倍, 无需采用任何脱硫设施即可完全满足最严苛的污染物排放标准

。此外, 生物质锅炉中的两段燃烧方式使

得其燃烧温度低, 因而热力型 NO_x 的排放量基本上已经可以忽略不计^[5], 从而也明显降低了 NO_x 的排放量。

表2 历年排污情况

	SO_2		NO_x		炉渣		利用率
	排放值 / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$ (标态)	达标值 / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$ (标态)	检测值 / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$ (标态)	达标值 / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$ (标态)	排放值 / $(\text{kg} \cdot \text{d}^{-1})$	综合利用 / $(200 \cdot \text{d}^{-1})$	
改造前	786	200	561	200	1 600	0	0%
改造后	2.86	200	151	200	200	200	100%

2.2 灰渣处理

尽管水煤浆通常都预先进行了除灰处理, 但是水煤浆锅炉的排渣量仍然较高。对于生物质锅炉而言, 虽然理论上灰很少, 但是因为收集的原料中沙土较多, 导致灰渣排放量仍然增大, 直接用作钾肥效果不理想。因此, 在锅炉改造之前, 所有的灰渣都是委托外运处理, 费用较高且浪费了资源。改造之后, 引进了一套制砖设备, 把灰渣、废水和石灰、水泥按一定比例制成了空心砖, 不但解决了灰渣、废水的处理难题, 而且增加了效益, 实现“变废为宝”的废物循环利用。

2.3 废水循环

废水主要由三部分组成。一部分来自锅炉给水的软化处理过程产生的污水, 第二部分来自锅炉排污水, 第三部分来自于纸箱生产车间的高温冷凝水, 之前均未考虑进行回收利用。其中, 除了第三部分高温冷凝水非常洁净外, 前两部分产生的污水均为弱碱性水, 以钙镁离子盐类为主, 改造前仅仅回收至中和池处理后排放。改造后, 引入的制砖工艺将前两部分污水进行了循环利用, 取得了经济和环境效益兼得的理想效果。表2为改造前后废气及废渣排放情况。

3 碱金属沉积控制

生物质燃料的主要特点之一是碱金属的含量很高, 而碱金属在燃料燃烧的过程中会以氯化物盐等形式进入气相, 当

与换热面接触后会发生冷凝并最终附着在换热管表面形成积灰^[6]

。而且，与硫化物发生反应后还会形成难以清除的硫酸盐类硬沉积物，特别是在炉膛出口的过热器部位尤其严重。碱金属沉积物的存在和不断生成不但会严重地影响换热器的换热效率，而且还会加大烟道流通阻力甚至阻塞管束，导致引风机能耗增加，此外，沉积物对换热管也会造成腐蚀^[7]。

3.1 钢珠清灰系统

为了解决碱金属沉积问题，在炉膛出口换热管束处增设了钢珠清灰系统[8]。该系统利用文丘里管喉部形成的真空将钢珠由尾部烟道下部抽到上部再由上部落下以达到清洁尾部受热面的目的，并设置为一天三次自动进行除灰，很好地提高了锅炉的热效率，年节省标准煤300t，有效地延长了过热器的使用寿命。

3.2 引风机变频改造

锅炉引风机中的高压电动机往往存在“大马拉小车”的现象，在某些场合即使裕度选得不是很大，但由于锅炉的负荷波动较大，电动机不能及时跟随调节[9]，造成了电机能耗增加。特别是碱金属的严重沉积也会进一步增大管束流阻的上升，为此，在生物质锅炉后期的改造过程中，在锅炉引风机上设置了变频器，使引风机的风量随着锅炉负荷的变化而变化。采用变频调节后，由于通过调节电机转速实现节能，年节约电能8万多度。在负荷率较低时，电机、风机转速也降低，主设备及相应辅助设备如轴承等磨损较前减轻，维护周期可加长，设备运行寿命延长。

4 废热回收

4.1 增加空气预热器

生物质锅炉刚改造完时，由于原水煤浆锅炉换热面积不足，排烟温度仍高达240℃，因此在锅炉尾部烟道增设了热管式空气预热器，将排烟温度降低至150℃以下，锅炉效率提高了6%。相当于减排二氧化硫20t，烟尘12t，二氧化碳2200t。

4.2 高温冷凝水回收

水蒸气从锅炉出来进入车间生产线，对原料进行预加热烘干后，冷凝为60℃的高温洁净水。由于原系统未设置冷凝水回收

装置，造成了

热能和水资源的浪费。2011

年改造后，对该部分冷凝水进行了回收，明显降低了生

产成本^[10]

。由于回收的冷凝水非常洁净，可作为给水直接进入锅炉中使用。系统运行1年可回收3.5万吨高温冷凝水。以冷凝水温60℃计，比直接给水高出约45℃，相当于节能 6.6×10^9

kJ，折合标准煤220t。此外，每年还可以直接节省工业用自来水费20万元左右。

5 结论及展望

水煤浆锅炉改造为生物质锅炉过程中，先后进行了燃烧设备替换、炉膛结构改造等工作，并增设了钢珠清灰器、空气预热器、高温冷凝水回收等系统，引入了风机变频技术。到目前为止，改造后的生物质锅炉系统已成功运行一年多时间，实现了经济效益和环境效益的双赢。具体效果如下：

(1) 为该公司连续提供蒸汽近6万吨。

(2) 生物质燃料代替煤炭明显减少了底渣、飞灰、SO₂及NO_x的排放量，并实现了CO₂的零排放，无须设置任何脱硫设施也可以满足相关大气污染物排放标准的要求。

(3) 引进的制砖工艺使得污水和废渣同时实现了循环利用。

(4) 增设的钢珠清灰系统和空气预热器明显提高了锅炉的热效率。

(5) 风机变频技术起到了明显的节电效果。(6) 锅炉托管运营的模式使得该公司生产线彻底摆脱了自身运营锅炉带来的一系列难题，值得推广。

参考文献

- [1]李毅, 杨公训, 高松.水煤浆锅炉的发展及现状[J].热能动力工程, 2007 (6) : 583—585.
- [2]王苑, 张品, 林鹏云, 罗永浩.链条炉飞灰沉积的数值模型与计算[J].热能动力工程, 2011 (2) : 207—211.
- [3]李斌.中小型循环流化床锅炉二次风的布置[J].工业锅炉, 2009 (4) : 14—16.
- [4]孟凡华, 杨天华, 孙洋, 贺业光, 开兴平.生物质燃烧过程中碱金属迁移转化研究进展[J].可再生能源, 2010 (5) : 111—114.
- [5]姜涌, 夏明明, 覃绍亮.陈振宇.热力型NO_x的抑制[J].电站系统工程, 2005 (2) : 25—26.
- [6]宋鸿伟, 郭民臣, 王欣.生物质燃烧过程中的积灰结渣特性[J].节能与环保, 2003 (9) : 29—31.
- [7]朱晨军, 碱性矿物质与硫对生物质与煤混合燃烧成灰特性的影响[D].沈阳航空工业学院, 2010.
- [8]曹新华, 庞亚峰, 张竞男.自动控制锅炉钢珠吹灰装置的设计及经济技术分析[J].节能, 1999 (6) : 15—17.
- [9]丁娘藤, 谢亮发, 袁少渠.变频技术在锅炉引风机上的应用及节能分析[J].广东电力, 2007 (7) : 25—29.
- [10]陈新生.高温冷凝水回收装置节能效果显著[J].中国设备管理, 1999 (9) : 42.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/103300.html>