

卧式燃煤锅炉改烧生物质燃料后燃烧系统的改造

徐连荣, 王宏, 周雪峰, 施沈科

(湖州市特种设备检测中心, 浙江湖州313000)

摘要：针对卧式燃煤锅炉改烧生物质燃料后出现的效率低等问题，通过对一台DZL4-1.25-A 锅炉的燃烧系统进行改造，采取增加预燃室、设计二次通风系统和加装热管式空气预热器等措施，使其燃烧系统适于燃烧生物质燃料。改造后锅炉热效率从改造前的61%提高到73%，节能效果明显。

由于卧式燃煤蒸汽锅炉具有结构紧凑、安装快捷、操作简单等优点，近年来在湖州市的中小型企业中得到广泛的应用，湖州市又是国内竹、木地板的主要生产基地，地板加工过程中产生的大量木屑是非常经济实惠的燃料资源，因此，湖州市大部分企业的生产锅炉基本上都以木屑为主要燃料。目前国内尚没有针对木屑燃料专门设计的锅炉，因此，绝大部分企业都是采用传统的燃煤锅炉改烧木屑燃料以满足生产要求。由于燃料与炉型不匹配，因此带来了许多锅炉自身难以克服的问题[1-3]。

1木屑的燃烧特性

木屑的燃烧过程是强烈的化学反应过程，也是与空气间的传热传质过程，主要可以分为预热、干燥、挥发份析出和焦炭（固定碳）燃烧等过程。在燃烧室中，木屑首先被加热和析出水分，随着温度继续升高，约250 左右，热分解开始，析出挥发份，并形成焦炭。气态的挥发分和周围高温空气掺混首先被引燃。焦炭被挥发分包围，燃烧室中氧气不易渗透到焦炭表面，只有当挥发分的燃烧快要终了时，焦炭及其周围温度已很高，空气中的氧气也有可能接触到焦炭表面，焦炭开始燃烧，并不断产生灰烬[4]。由图1木屑微粒在不同阶段的燃烧过程可知，挥发份析出燃烧时间较短，约占20%时间，而焦炭完全燃烧需要80%时间，焦炭的热值高，所以在燃烧系统的设计时需要充分考虑木屑在炉内的停留时间，以保证焦炭部分能完全燃尽；另一方面，焦炭燃烧受到灰烬的包裹和空气接触困难，也会导致焦炭的不完全燃烧，所以在增加停留时间的同时增加炉内气流的扰动也是提高木屑燃烧效率的有效方法[5]。

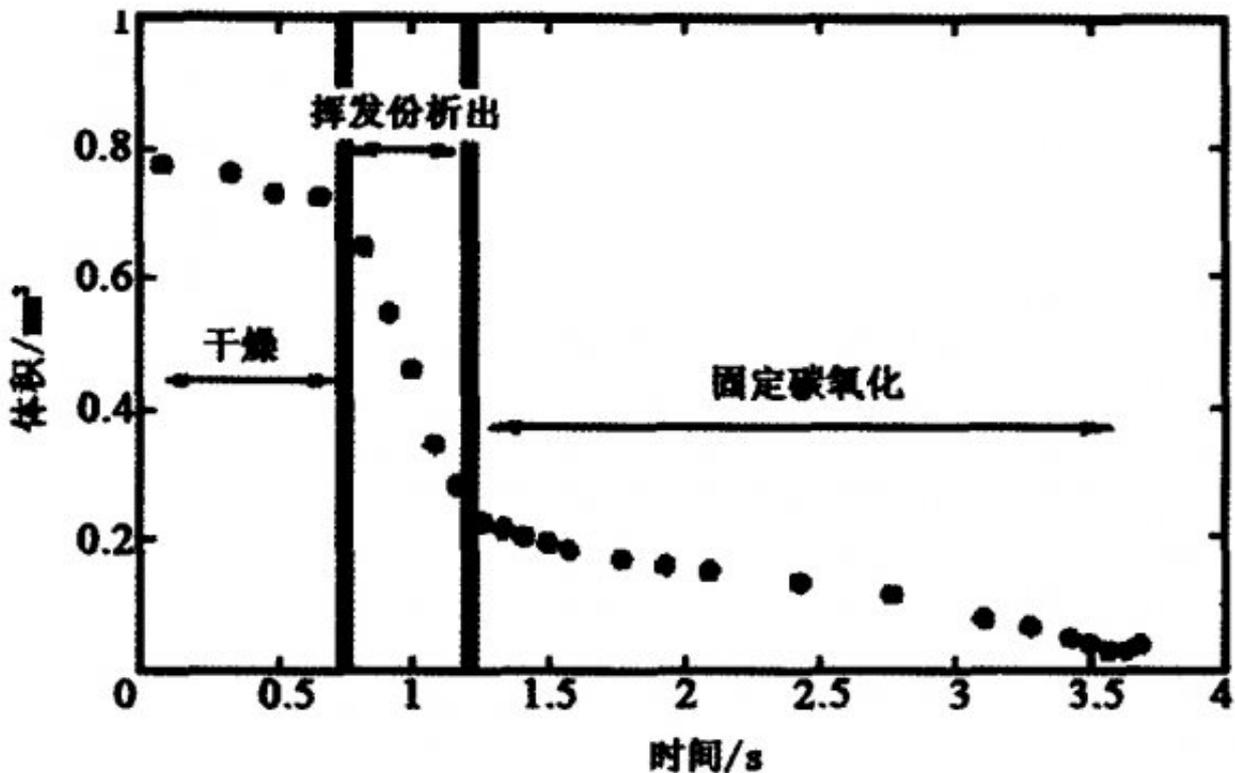


图1 木屑微粒在不同阶段的燃烧过程

2锅炉概况以及存在的主要问题

本次改造中选用的是湖州市某厂一台DZL4-1.25-A 型单锅筒纵置式链条炉排蒸汽锅炉，设计额定蒸发量4t/h，蒸汽压力1.25MPa，蒸汽温度194℃，给水温度20℃，受热面积127m²，炉排面积5.4m²，设计燃料为二类烟煤。目前使用热值约为17000kJ/kg的木屑作为燃料，锅炉热效率约为61%。该锅炉在改烧木屑后，主要存在以下问题：（1）炉膛空间小，致使木屑中焦炭部分不能完全燃烧即离开炉膛，一方面造成燃料浪费严重，另一方面炉膛内未燃尽的焦炭可能在锅炉后管板处产生二次燃烧引发安全事故；（2）没有良好的空气动力工况，无法有效地组织炉膛空间的有效燃烧，也会使木屑在炉内的停留时间过短，导致燃烧不完全；（3）排烟温度过高，热能未能充分利用。

3改造方案

针对锅炉存在的以上问题，提出以下改造方案：

3.1增设木屑预燃室

本锅炉现有的燃烧空间约为5.5m³，按照层燃锅炉容积热负荷的推荐范围，上限值为523kW/m³，木屑发热量为17000kJ/kg，由公式1：

$$q_v = \frac{BQ_{\text{低}}}{V_1} \times 0.278 \quad (1)$$

式中： q_v ——锅炉容积热负荷，w/m³； B ——锅炉燃料消耗量，kg/h； $Q_{\text{低}}$ ——燃料的低位发热量，kJ/kg； V_1 ——炉膛容积，m³。

可计算出燃料量 B 为 608 kg/h，饱和蒸汽按压力为 6 个绝对大气压计算、给水温度 20℃，锅炉效率按设计值 76%，由公式 2^[7]：

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D(\Delta H)}{BQ_{\text{低}}} \quad (2)$$

式中： η ——锅炉热效率； Q_1 ——锅炉有效利用热，kJ； Q_2 ——消耗燃料的输入热量，kJ； D ——锅炉出力，t/h； ΔH ——介质焓值的变化。

可推算出锅炉的最大产汽量为2.95T/h。这一结果说明了就目前的炉膛容积，是无法满足燃料完全燃烧的要求的，因此，必须增大燃烧空间，以使燃料能够完全燃烧。

设计预燃室过程按以下参数选取或计算：锅炉蒸发量4T/h，蒸汽压力5atm(绝对压力)，容积热负荷选为500kW/m³，锅炉效率按75%计算，给水温度25℃。由式1、式2，可以计算出需要增大的炉膛容积为：2.4m³。预燃室结构如图2所示，该预燃室设计成长方体，宽1.0m，高1.0m，深2.4m，采用耐高温达1300℃的Lz-55型高铝砖砌筑。图3为预燃室实物照片。

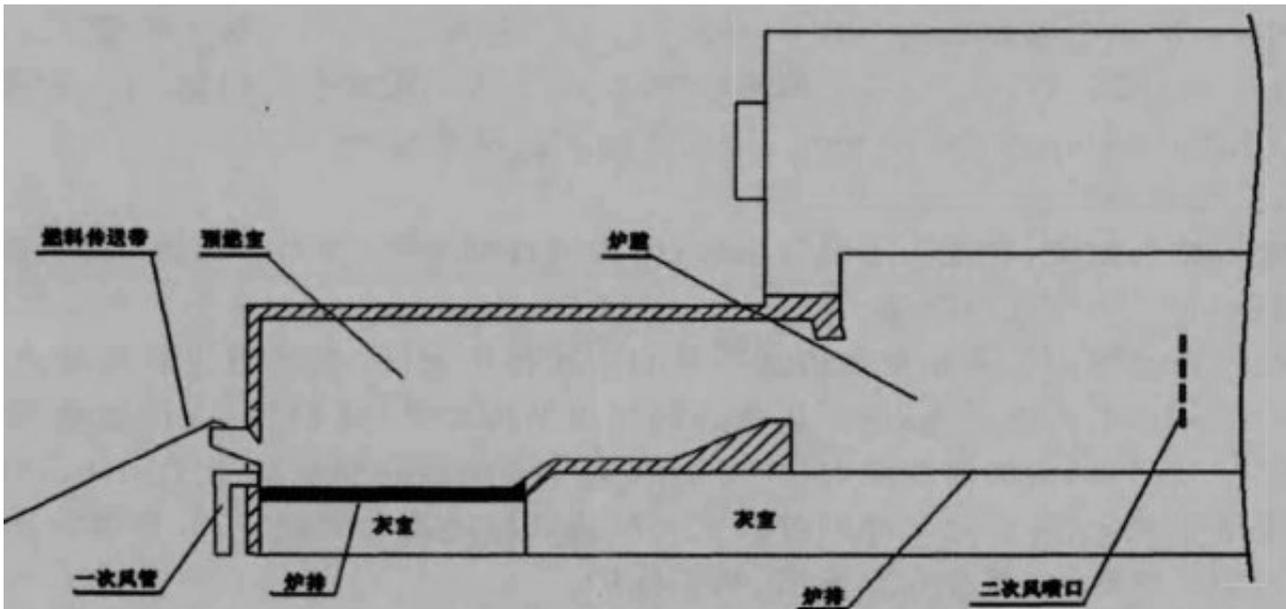


图 2 预燃室结构示意图

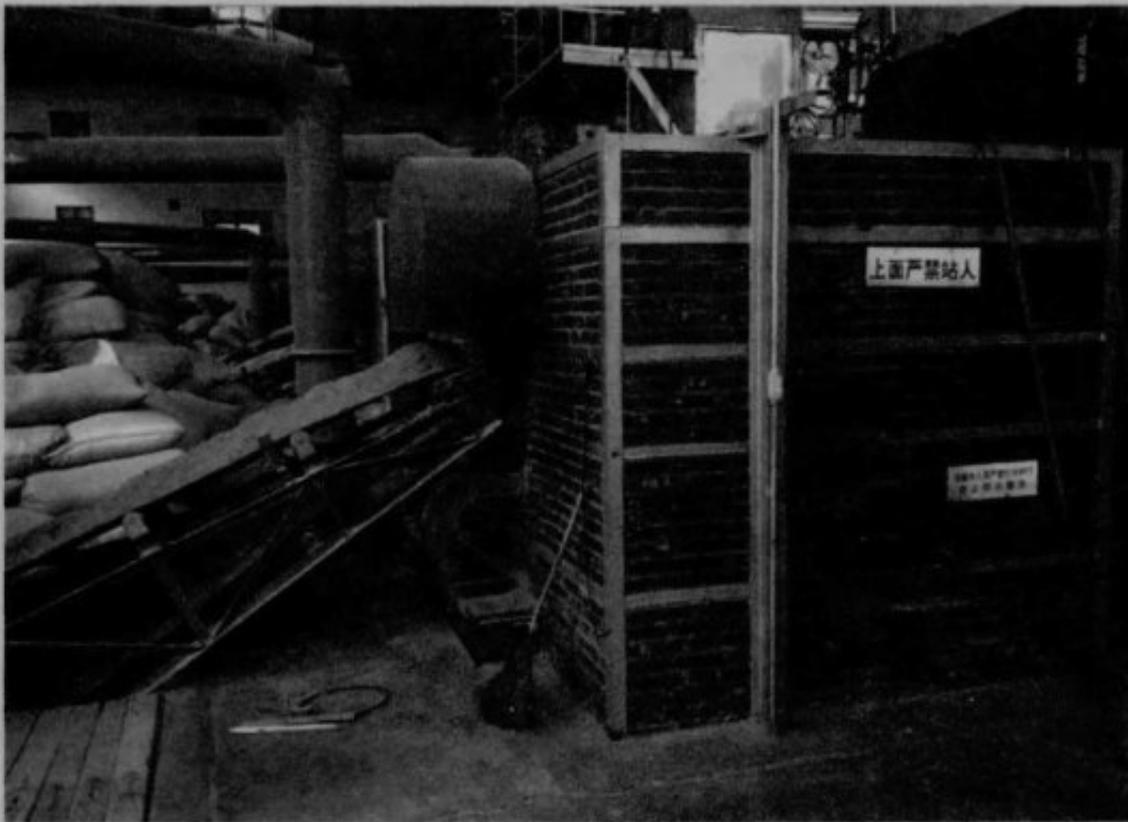


图 3 预燃室实物照片

3.2 增设二次风系统

由于木屑的挥发份较高，需要加大供风量来满足需求，但是对于木屑来说挥发份短时间内的析出与此时按理论空气系数供应的空气并不能充分反应，而造成燃烧前期空气不足和后期过剩；同时大量冷空气的一次性供给不仅会降低炉膛温度使燃烧状况恶化，同时燃煤锅炉炉膛较小，迅猛的空气供给还会将未完全燃烧的可燃气氛随烟气一起排出，造成热量浪费。而二次风系统能够增加炉内气流的扰动，延长燃料在炉内的停留时间，减少不完全燃烧热损失，通过增设空气预热器能够提高二次风温度，尽可能避免降低炉膛温度，能有效的提高锅炉热效率。

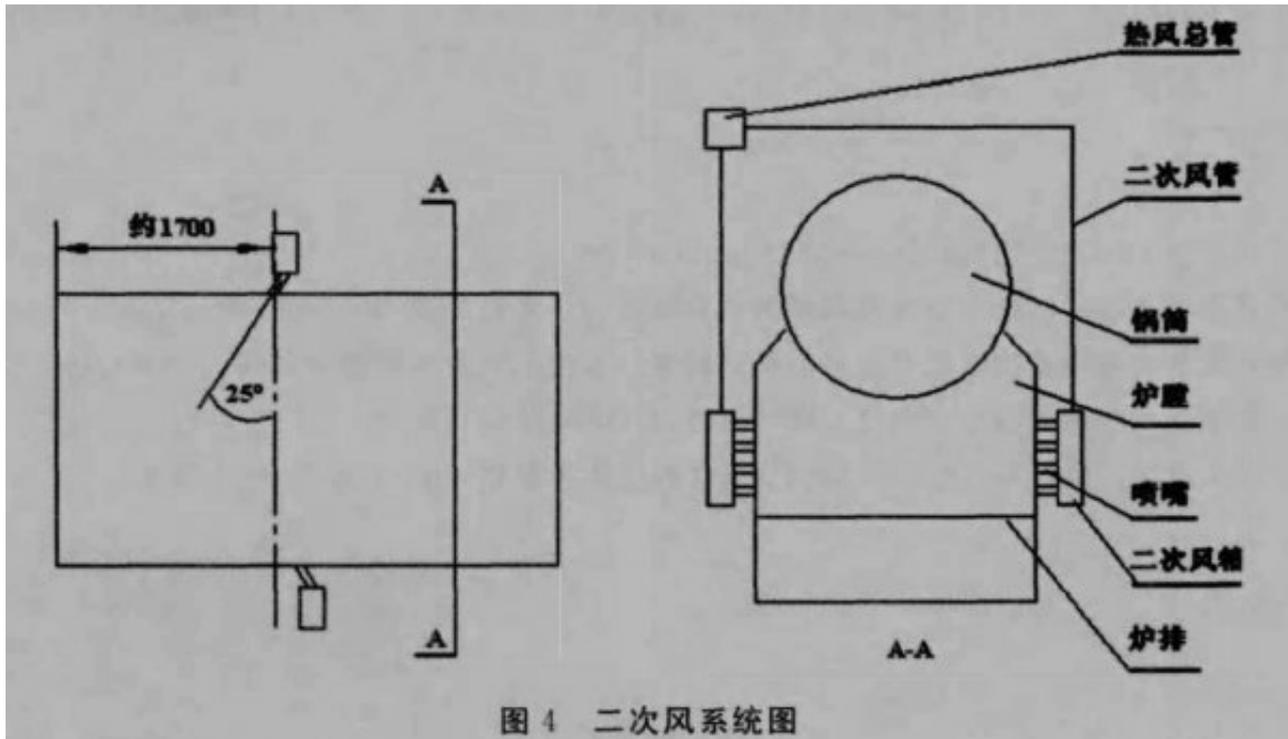


图4 二次风系统图

在本炉改造中，二次风率取为0.3，一次风率为0.7。二次风在90°工况下风量为1423m³/h。由炉膛两侧喷入，每侧射4个喷口，共8个，二次风速选为30m/s喷口角度与炉拱呈25°，则喷口面积为0.0016m²，喷口设计为矩形，长80mm，宽20mm。上图4为二次风系统图。

3.3 加装热管式空气预热器

为了进一步降低排烟温度，有效利用烟气余热，提高燃料利用率，并为二次风系统提供热空气，拟在尾部烟道省煤器后加装一组空气预热器。

热管是一种利用密闭管内工质相变来传递热量的高效传热元件，由它组成的热管式空气预热器相对于常见的列管式空气预热器有以下优点：1.热管式预热器结构简单，体积较小，且使烟气从管内流动改为管外流动，利用安装于预热器内的清灰器，可及时清除空气预热器的积灰减少了积灰，消除了列管式空气预热器的局部管束堵塞现象；2.消除了原列管式空气预热器漏风量大的缺陷；3.传热效率高，换热量大，可方便地布置成错列逆流换热；4.系统布置简洁、利于维护。

综上，在本次锅炉改造中选用的热管式空气预热器，热管根数为173根，奇数排（12根）8排，偶数排（11根）7排，管子排列采用正三角错列，横向节距S₁=65mm，纵向节距s₂=56.3mm，基管外径d=25mm；壁厚δ=2mm，环形平翅片外径df=50mm，翅片高度H=12.5mm，翅片厚度δ=1.0mm，翅片间距Y=6mm，热管形式为碳钢-水虹吸式加缓蚀剂。

4 改造效果验证

在锅炉改造前和改造后分别进行热效率测试，对其关键数据进行对比，如表1所示。

表1 锅炉热效率测试关键参数

	锅炉出力/t/h	出口排烟温度/℃	锅炉热效率/%
改造前	2.8	190	61
改造后	3.6	154	79.7

由上表可以看出，通过改造锅炉的出力提高了0.8t/h，出口排烟温度下降了36℃，而锅炉热效率提高了18.7%，改

造后，节能效果明显。

5结论

本文针对小型卧式燃煤工业锅炉改燃生物质燃料的燃烧系统进行合理的改造以解决生物质燃料燃烧不完全的问题，同时对尾部烟道的高温余热资源进行回收利用，主要做了以下的两方面研究，效果良好。

1) 研究开发采用分级燃烧技术进行改造的系统及相关设备，包括预燃室的设计、配风系统的设计、二次风压火技术及运行参数设计、二次风喷口的优化设计等。有效地解决了燃料燃烧不完全的问题，使锅炉热效率由原来的61%提高到了79.7%。2) 研究开发适合该类锅炉的余热利用装置，具体内容为：增设热管式空气预热器，将烟气余热有效的回收，然后用热空气来对燃料进行预干燥并提供高温二次风，这样将缩短燃料在炉内的燃烧时间，提高燃烧效率，把排烟温度从原来的190 降低到154 °C。

参考文献：

- [1]徐德良，孙军.工业锅炉生物质燃烧应用现状[J].林产工业，2009，36(6)：3-7.
- [2]马孝琴，李刚.小型燃煤锅炉改造成秸秆成型燃料锅炉的前景分析[J].农村能源，2001(5)：20-22.
- [3]李刚，马孝琴.小型燃煤锅炉改造为生物质成型燃料锅炉的研究[J].河南农业大学学报，2002，36(3)：266-268.
- [4]刘洪龙，商桂新.工业锅炉生物质与燃煤混烧技术[J].煤气与热力，2008，28(6)：1-3.
- [5]刘建禹，翟国勋.生物质燃料直接燃烧过程特性的分析[J].东北农业大学学报，2001，32(3)：290-294.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/188194.html>