

一台燃煤工业锅炉改烧生物质燃料的能效分析

朱霖¹，韩健雄¹，王磊²，曾添¹，江庆阳¹

(1.广西壮族自治区特种设备检验研究院，广西南宁530219；2.济南热电有限公司，山东济南250021)

摘要：一台SZL6-1.25-WII型工业锅炉由于当地的环保要求被禁止继续使用燃煤，随后使用单位在未对锅炉任何调整的情况下改烧生物质燃料，对该锅炉改烧生物质燃料后的工况进行了能效测试，并对测试结果进行了分析，给出了改进措施。

2013年国务院印发《大气污染防治行动计划》至今，全国小型燃煤工业锅炉的整治工作已经进入白热化阶段。与此同时，国家对工业锅炉的环保要求^[1]

也在持续提升，2014年广西南宁市人民政府下文划定高污染燃料禁燃禁售区，要求截止2017年12月31日前完成燃用高污染燃料锅炉的

治理工作，现南宁市建成区内燃

煤工业锅炉已经悉数拆除或改用允许的生物质类燃料^[2]

。但燃煤的燃烧特性与生物质燃料相差较大，未经任何改造或运行参数调整而直接由投用燃煤变为投用生物质燃料，必然会在出力、锅炉热效率等多个方面对锅炉的运行产生影响，本文便针对一台由燃煤改烧生物质燃料并未对锅炉进行任何改造或运行参数调整的锅炉进行了能效测试分析^[3]。

1 锅炉概况及测试情况

广西南宁市某工业园区内一纸业公司，在2012年安装了一台型号为SZL6-1.25-WII的承压蒸汽锅炉，该锅炉于2012年1月制造出厂，2012年7月通过安装验收后投入使用。该锅炉设计出力为6t/h，额定工作压力为1.25MPa，额定蒸汽温度为193.3℃，设计燃料为II类无烟煤，燃烧设备为燃煤链条炉排，锅炉尾部受热面为一组空气预热器。投产后锅炉一直使用燃煤，现应当地的环保要求，停止采购燃煤，改为燃用生物质成型颗粒。据悉，在改用燃料前后，使用单位并未专门对锅炉进行改造，也未对锅炉的炉排转速、料层厚度、配风情况、各风室的风门开度等运行参数做过任何调整，经运行一段时间之后发现锅炉运行成本明显增加。

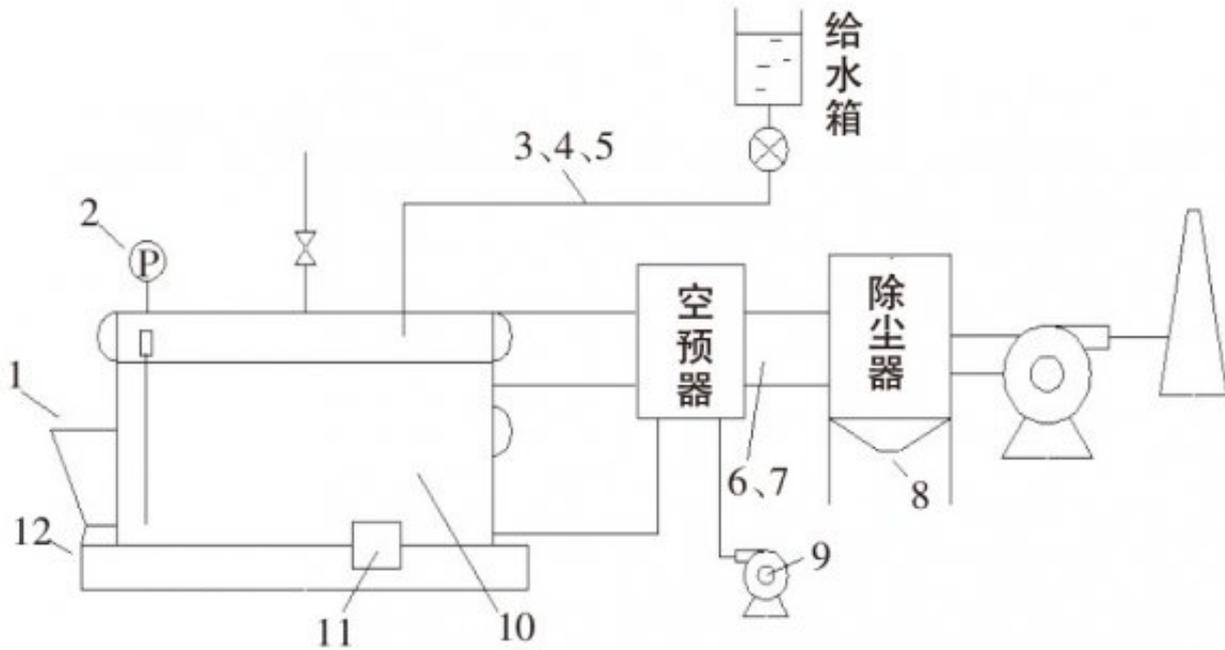
受使用单位委托，笔者对该台锅炉进行了在用锅炉运行工况能效测试，测试的基本情况如下：

(1) 测试依据：本次测试工作根据TSGG0002-2010《锅炉节能技术监督管理规程》、TSGG0003-2010《工业锅炉能效测试与评价规则》制定测试大纲，测试人员按照大纲执行测试工作。

(2) 主要测试仪器：Testo350烟气分析仪，可测量O₂、CO、NO、NO₂、SO₂、CO₂浓度以及烟气温度等参数；F601便携式超声波流量计，流速测量范围：0.01~25m/s，分辨率：0.025cm/s，测量管径范围：DN6~DN6500，测量温度范围：-40~+400℃；FLUKETI400红外热成像仪，测量范围：-20~1200℃，测量精度：2.0级；Testo-925高温热电偶温度计，温度测量范围：-100~800℃，测试精度：0.2级；Testo-720单通道式温度计，温度测量范围：-100~200℃，测试精度：0.2级。

(3) 测试概况：测试前锅炉正常运行，已在测试工况状态下稳定运行1h以上。在锅炉运行参数稳定的前提下连续测试1h，测试数据每10min记数一次。测试测点示意图如图1给出，测试中监控的测点包括：燃料取样、锅筒压力、给水流量、给水温度、给水压力、烟气温度、烟气成分、飞灰取样、入炉冷空气温度、炉表温度、炉渣取样、漏煤取样等12项，测试结果及数据获得方式如表1所示，其中测试结果为根据实测数据取平均值所得。由表1可知，测试期间锅炉运行负荷仅为额定出力的50%左右，排烟处O₂

含量高达16.14，对应排烟处过量空气系数为4.32，但燃料的燃尽情况也并不理想，飞灰、漏煤、炉渣可燃物含量分别达到了20.57%、35.21%、13.21%，锅炉运行工况热效率仅为73.36%。



- 1.燃料取样 2.锅筒压力 3.给水流量 4.给水温度 5.给水压力
6.烟气温度 7.烟气成分 8.飞灰取样 9.入炉冷空气温度
10.炉表温度 11.炉渣取样 12.漏煤取样

图 1 锅炉能效测试测点示意图

表 1 测试数据综合表

方法	项目	数据来源	测试数据
锅炉反平衡测试法	锅炉排烟温度 $t_{py}/^{\circ}\text{C}$	试验数据	158.94
	排烟处 O_2 含量 $\text{O}_2'/\%$	试验数据	16.14
	排烟处 CO 含量 $\text{CO}'/\%$	试验数据	0.01
	入炉冷空气温度 $t_{lk}/^{\circ}\text{C}$	试验数据	34.20
	飞灰可燃物含量 $C_{fh}/\%$	化验数据	20.57
	漏煤可燃物含量 $C_{lm}/\%$	化验数据	35.21
	炉渣可燃物含量 $C_{lz}/\%$	化验数据	13.21
	燃料收到基低位发热量 $Q_{\text{net,v,ar}}/(\text{kJ/kg})$	化验数据	17310.00
	燃料收到基水分 $M_{\text{ar}}/\%$	化验数据	8.50
	燃料收到基灰分 $A_{\text{ar}}/\%$	化验数据	1.27
	燃料干燥无灰基挥发份 $V_{\text{daf}}/\%$	化验数据	84.55
	锅炉运行出力 $D/(\text{kg/h})$	试验数据	3033.00
	排烟处过量空气系数 α	计算数据	4.32
	排烟热损失 $q_2/\%$	计算数据	21.11
	化学未完全燃烧热损失 $q_3/\%$	计算数据	0.20
	固体未完全燃烧热损失 $q_4/\%$	计算数据	0.56
	散热损失 $q_5/\%$	计算数据	4.75
	灰渣物理热损失 $q_6/\%$	计算数据	0.02
	测试效率 $\eta/\%$	计算数据	73.36

2 数据分析及改进建议

(1) 燃料特性对于锅炉的燃烧有着重大的影响，研究锅炉燃煤改烧生物质燃料的工况变化首先应该掌握现用生物质燃料的燃烧特性。该使用单位使用的生物质成型颗粒的工业分析结果在上节中表1给出，可以知道该燃料收到基水分、灰分很低，而干燥无灰基挥发份的含量非常高，因此该燃料相较于无烟煤来说着火和燃尽都容易得多，因此在鼓引风量及各风室配风量不变的情况下，改燃生物质成型颗粒之后需要考虑燃料提前着火、炉排中后部配风过量等情况。同时，该燃料的收到基低位发热量为17310.00kJ/kg (4140kcal)，属于生物质燃料中热值相对较高的种类，但相较于无烟煤的热值来说是较低的，因此在维持锅炉同等出力的情况下，需要在单位时间内给入更多质量的生物质成型颗粒，因此还需要考虑燃料层厚度和炉排速度的调整，否则必然对锅炉运行产生不利影响。

(2) 各项热损失占总热损失的百分比

如图2给出，由图可知，排烟热损失 q_2 占到了总热损失的79%，是该锅炉的最主要热损失项；散热损失 q_5 占到了总热损失的18%，是锅炉的第二大热损失项；化学未完全燃烧热损失 q_3 、固体未完全燃烧热损失 q_4 、灰渣物理热损失 q_6

三项热损失总共只占了总热损失量的3%，对锅炉热效率的影响相对较小。

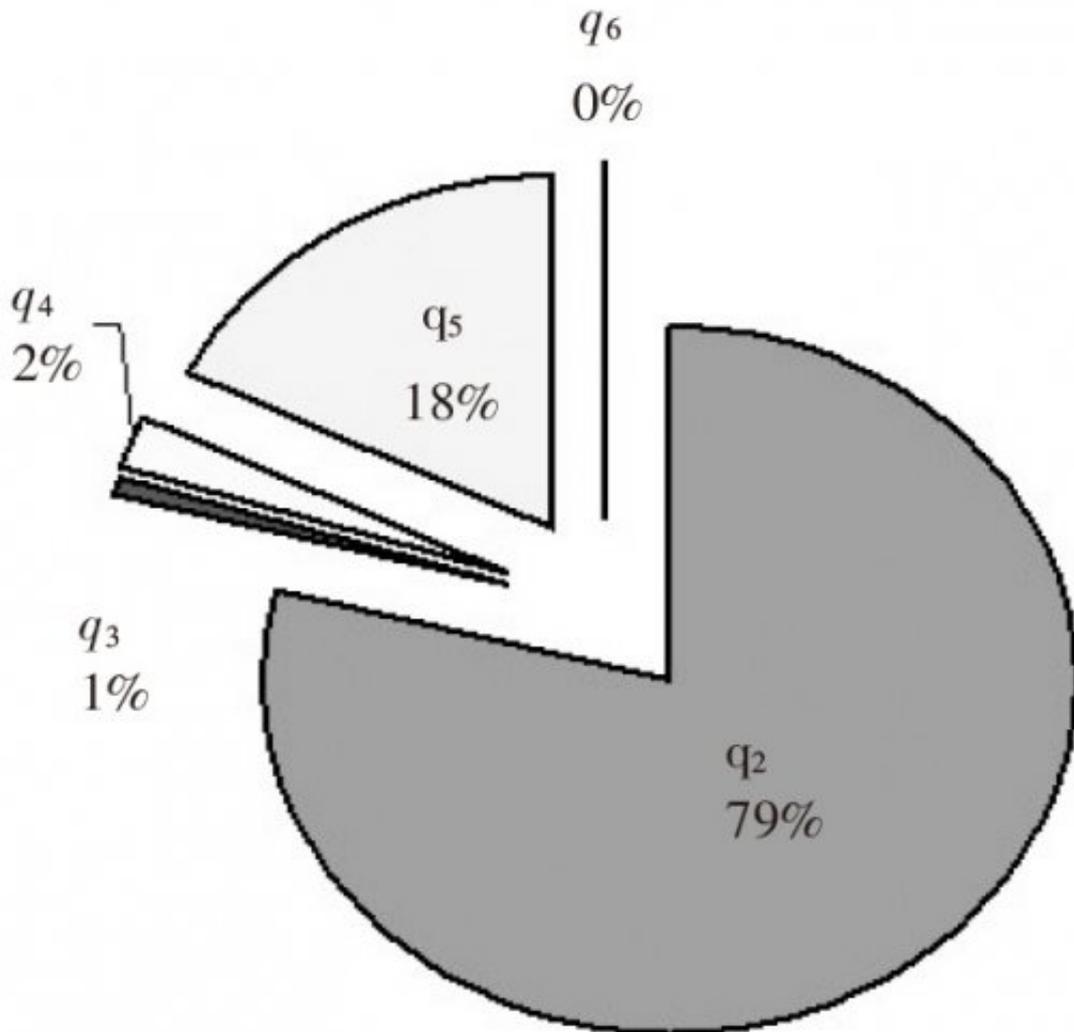


图 2 各项热损失占总热损失的比重示意图

(3) 排烟损失的大小主要由排烟温度和排烟处过量空气系数两个参数决定，而根据表1不难看出，该锅炉排烟处含氧量高达16.14%，导致排烟处过量空气系数高达4.32，已经远远超出了《节规》对该类锅炉排烟处过量空气系数不超过1.65的要求。结合上述分析认为该现象是由若干个因素综合导致的：锅炉燃料由燃煤更换为生物质成型颗粒后，未对燃料层厚度、鼓引风量、各风室配风量做相应调整，导致了燃料在炉排前半段迅速完成着火燃烧，而中后部的风室风门依然保持全开状态，大量空气从中后部风室进入炉膛，且未有效参与燃烧，造成了过量空气量大幅增加；锅炉出力仅为3033t/h，负荷仅为额定出力的50%左右，在低负荷下为了提高燃料的反应速度、维持燃烧温度，偏大的鼓风量在司炉人员看来认为烧得不错，也未考虑风室风门开度的调整问题，导致送入炉膛的空气量过大。

(4) 锅炉运行负荷较低是造成散热损失偏大的最主要原因，另外红外热成像仪也显示该锅炉炉左右两侧炉墙外表面大部分区域存在表面温度超过100 °C的现象，应该是由保温层破损导致的，也一定程度上增加了该锅炉的散热损失。使用单位应当对左右侧炉墙的保温情况进行检查并修复，同时如果使用单位长期用汽量维持在3t/h的话，建议考虑重新增加一台出力较小的锅炉来使用。

(5) 该锅炉的飞灰可燃物、炉渣可燃物、漏煤可燃物含量并不算低，但由于燃料本身灰分含量非常低的原因，固体未完全燃烧损失及物理灰渣热损失这两项通常不会太高，可以不作为影响锅炉热效率的主要因素来考虑。

3结束语

由于国家节能环保要求日益提高，大量小型燃煤工业锅炉在政策引导下由燃煤转向燃用生物质燃料。在改变使用燃料时，使用单位应当充分考虑燃料燃烧特性变化后对锅炉燃烧产生的影响，根据生物质燃料的燃烧特性及使用的负荷相应的调整运行期间的燃料层厚度、鼓引风量、炉排运转速度、各风室配风量等参数，必要时对受热面或炉内拱墙进行改造，才能使锅炉处于经济运行的状态，真正达到锅炉节能环保运行的目的。

参考文献：

[1]衣海波.关于燃煤锅炉污染治理探讨[J].技术与市场，2018（5）：206-208.

[2]耿春梅，陈建华，王歆华，等.生物质锅炉与燃煤锅炉颗粒物排放特征比较[J].环境科学研究，2013（6）：666-671.

[3]何育恒，叶向荣，黎华，等.基于能效测试的小型生物质锅炉热力计算探讨[J].工业锅炉，2014（1）：11-14.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/155178.html>