



清华大学  
Tsinghua University

# 75T/H 掺烧生活垃圾循环流化床性能测试

Performance test of a 75T/H CFB boiler co-firing waste

报告人：张大龙

清华大学热能工程系热科学与动力工程教育部重点实验室，北京100084

2011-11-03

# 报告内容

---

➤ 背景介绍

➤ 测试方案

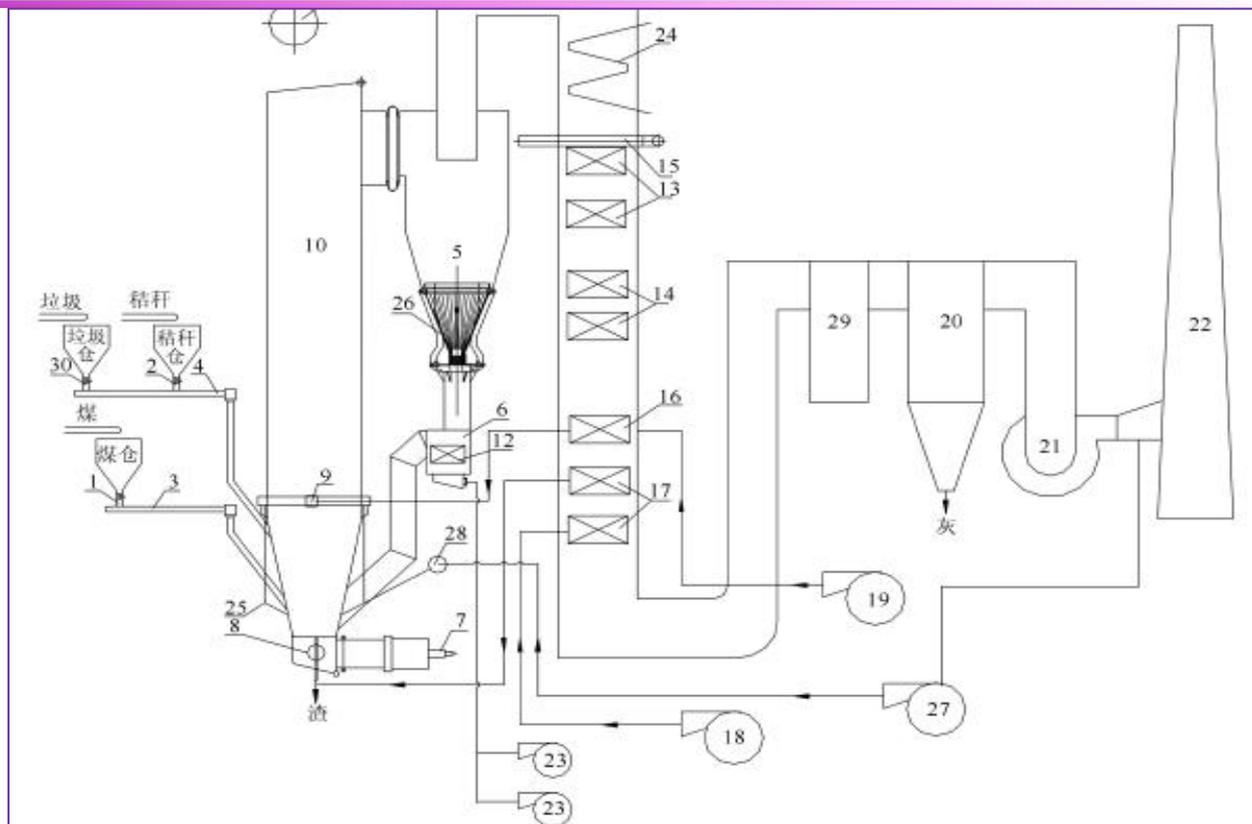
➤ 结果分析

➤ 结论



# 1.1 背景介绍

锅炉主要技术参数：额定蒸发量75t/h，额定蒸汽压力3.82MPa，额定蒸汽温度450℃，给水温度150℃，冷风温度20℃，一次风热风温度160℃，二次风热风温度175℃，排烟温度160℃，锅炉效率≥81%。



1—进煤口 2—给秸秆口 3—给煤机 4—垃圾和秸秆链板给料机 5—旋风分离器 6—反料器 7—点火燃烧器  
8—一次风 9—二次风 10—炉膛 11—锅筒 12—高温过热器 13—低温过热器 14—第2组省煤器 15—  
喷水减温器 16—二次风预热器 17—一次风预热器 18—一次风机 19—二次风机 20—布袋除尘器 21—引风  
机 22—烟囱 23—返料风机 24—锅炉管束 25—给石灰石口 26—第一组省煤器 27—再循环风机 28—再循环风  
入口 29—反应塔 30—垃圾给料口

锅炉燃烧系统图



## 1.2 背景介绍

---

本次试验通过测试锅炉不同工况下的热效率、各项热损失及其热工参数，对锅炉的运行状况进行评价，分析影响锅炉热效率的各种因素，找出锅炉设备的用能、耗能、效率及存在的薄弱环节，实现节能降耗的目的。分析垃圾及秸秆投入量对锅炉运行参数的影响，为锅炉的安全、经济运行提出指导性意见。



# 1.3 背景介绍



## 2.1 测试方案\_试验根据

测试根据：

- 《DT/T 964-2005 循环流化床锅炉性能试验规程》
- 《GB/T 477 煤炭筛分试验方法》
- 《GB/T 10184-1988 电站锅炉性能试验规程》
- 《DT/T 567.6 火电厂燃料试验方法 飞灰和炉渣可燃物测定方法》

用反平衡法进行测试。  $\eta = 1 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6$



## 2.1 测试方案\_反平衡方法

1.  $q_2$ 的测量用等截面网格气体分析仪，此仪器可以
2.  $q_3$ 的测量用等截面网格动分析仪。
3.  $q_4$ 测量中飞灰份额与灰炉设计比例选取。
4.  $q_5$ 采用锅炉外墙实测热量很大。由于CFB锅炉比增加了散热损失，参考常规： $q_5=0.9\%$ 。
5.  $q_6$ 中飞灰取样在脱硫塔



## 2.2 测试方案\_试验条件

### 试验前锅炉具备条件：

- (1) 锅炉机组各辅机能正常运行；
- (2) 整个机组能够按照预定工况正常稳定运行；
- (3) 锅炉汽温、给水、风量调节系统能投入运行；
- (4) 锅炉吹灰器投运正常，所有受热面能保证正常运行的清洁度；
- (5) 所有参与试验的仪表仪器验定合格；
- (6) 储备有足够的，负荷试验规定的试验燃料；
- (7) 正式试验前的4小时中，机组运行负荷维持在试验负荷。

### 试验期间要求：

- (1) 燃用试验燃料
- (2) 试验期间主要运行参数允许波动范围如下：

锅炉蒸发量	±3%
过热蒸汽压力	±2%
过热蒸汽温度	±5%
- (3) 试验中不吹灰、不排污、不进行任何干扰试验工况的操作。



## 2.2 测试方案\_工况安排

### 1#炉 测试工况

工况	工况一	工况二	工况三	工况四
锅炉负荷	额定	额定	额定	额定
燃料配比	纯烧低卡煤	低卡煤 5t/h垃圾	低卡煤 10t/h垃圾	高卡煤 10t/h垃圾 1t/h秸秆

### 2#炉 测试工况

工况	工况五	工况六	工况七	工况八	工况九
锅炉负荷	额定	额定	额定	额定	额定
燃料配比	纯烧低卡煤	纯燃高卡煤	低卡煤 5t/h垃圾	低卡煤 10t/h垃圾	高卡煤 10t/h垃圾 1t/h秸秆

## 3.1 结果分析\_燃料特性

成分	C <sub>ar</sub>	H <sub>ar</sub>	O <sub>ar</sub>	N <sub>ar</sub>	S <sub>ar</sub>	M <sub>ar</sub>	A <sub>ar</sub>	V <sub>daf</sub>	Q <sub>net,ar</sub> (kJ/kg)
煤	36.77	2.95	11.59	0.61	0.5	22.65	24.93	49.11	14653.1
垃圾	13.98	1.97	8.28	0.43	0.08	53.5	21.92	21.23	4412
秸秆	45.51	5.46	31.19	1.46	0.09	10.04	6.25	68.84	16238

煤粒径 ( $\mu\text{m}$ )	$\leq 60$	60~90	90~150	150~300	300~550	550~1000	$\geq 1000$
试验值 (%)	1.43	8.28	22.04	30.38	11.02	10.57	16.28

粒径( $\mu\text{m}$ )		$\leq 40$	40~60	60~90	90~125	$\geq 125$
试验值 (%)	1#炉飞灰	14.53	50.66	29.94	2.22	2.65
	2#炉飞灰	19.61	53.81	24.72	1.29	0.57

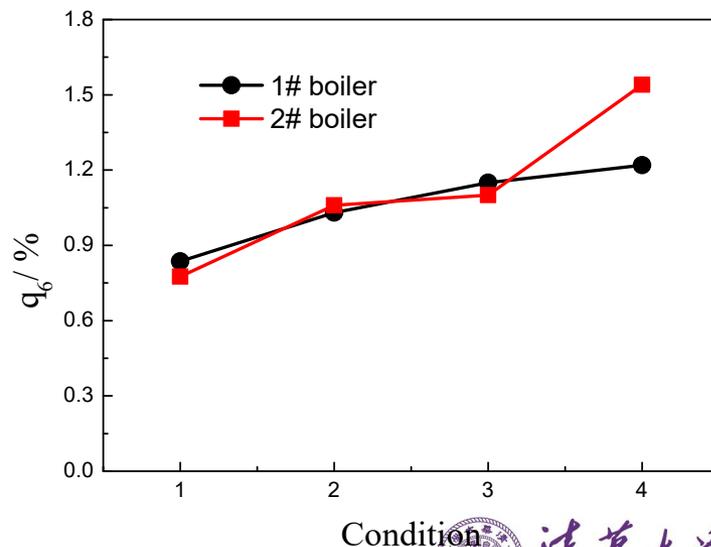
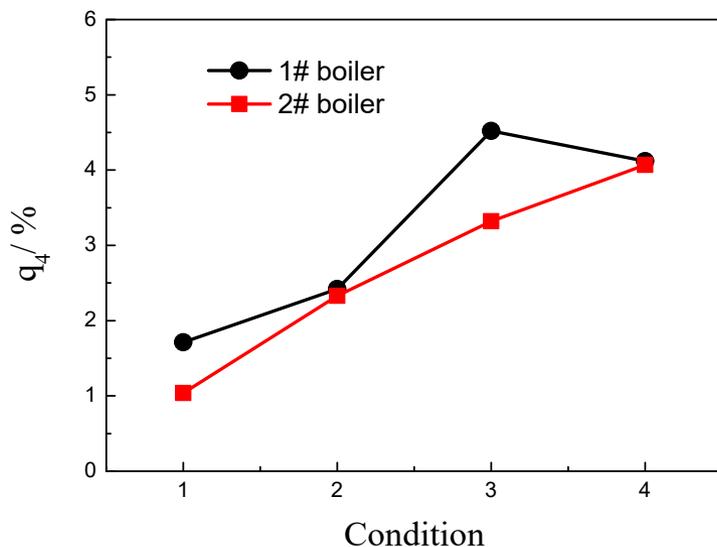
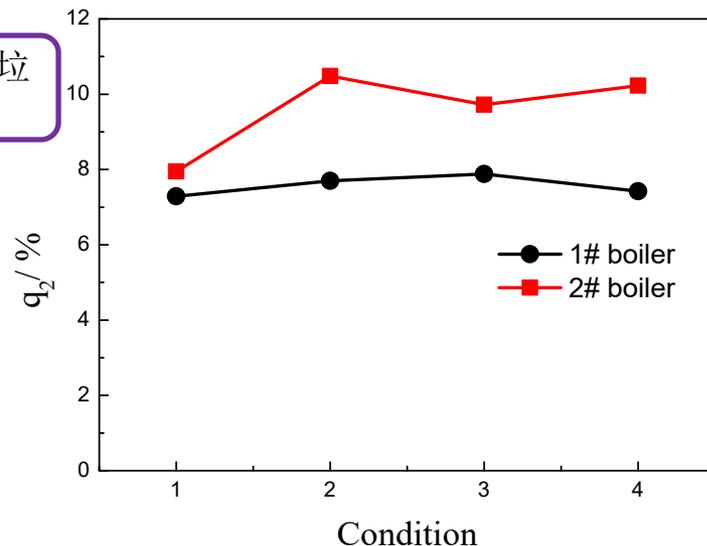
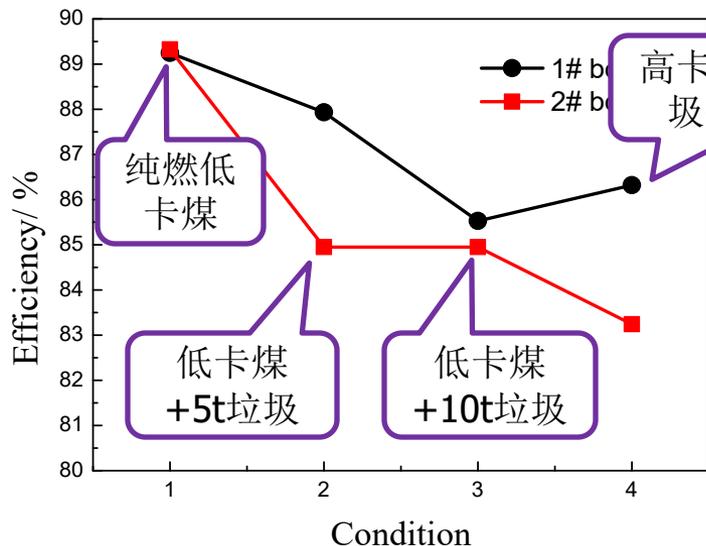
## 3.2 结果分析\_计算结果汇总

各工况热损失及锅炉热效率汇总表

工况 编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
单位	%	%	%	%	%	%	%	%	%
$Q_2$	7.291	7.7	7.88	7.42	7.947	6.946	10.48	9.72	10.23
$Q_3$	0.013	0.02	0.02	0.01	0.012	0.011	0.02	0.01	0.02
$Q_4$	1.711	2.42	4.52	4.12	1.038	1.674	2.33	3.32	4.07
$Q_5$	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
$Q_6$	0.836	1.03	1.15	1.22	0.776	0.97	1.06	1.10	1.54
$\Sigma Q$	10.751	12.07	14.47	13.68	10.673	10.50	14.79	15.05	16.76
锅炉 效率	89.249	87.93	85.53	86.32	89.327	89.5	84.95	84.95	83.24



# 3.3 结果分析\_损失比较



## 3.4 结果分析\_优化措施一

---

### 降低 $q_2$ 的优化

**排烟热损失**是影响CFB锅炉效率的关键因素之一。经过计算发现,上述两台CFB锅炉的排烟热损失均较高。分析原因可能是由于垃圾中水分含量高,在同样的过量空气系数下,掺烧垃圾使烟气体积增大,排烟热损失增大。因此,可选的优化措施有:

1. 合理控制垃圾投入量,适当加大秸秆的投料量以降低烟气总体积;
2. 应根据燃煤的灰分和固有的热爆裂性,合适地确定燃料粒径分布。此项的设计不仅可通过外部设备来满足,还可以通过旋风分离器的漩涡器来调节。



## 3.5 结果分析\_优化措施二

---

### 降低 $q_4$ 的优化

研究试验表明，40~90 $\mu\text{m}$  粒径的飞灰不能有效地被捕捉。虽然经过测试飞灰中的含碳量较低，但是煤的粒径分布在40~90 $\mu\text{m}$ 范围内的颗粒仍有10%左右，故加强旋风分离器的分离能力可以提高CFB锅炉效率。因此，可选的优化措施有：

1. 适当增加漩涡器的长度，可明显地提高分离效率；
2. 适当增大旋风分离器入口的高宽比，以提高切向旋转力度；
3. 适当降低一次风量，以免小粒径的飞灰直吹入后烟井。



## 4.1 结论

---

从测试结果来看，无论是1#炉还是2#炉的性能均达到同类锅炉较高的水平。致使锅炉效率下降的原因有：

- (1) 垃圾的掺入使床温降低，床温降低带来固体不完全燃烧热损失增大；
- (2) 垃圾中水分含量高，在同样的过量空气系数下，掺烧垃圾使烟气体积增大，排烟热损失增大；
- (3) 垃圾热值低，折算灰分高，在锅炉负荷不变的情况下，掺烧垃圾带入炉内的灰分增多，排渣量也相应增大，灰渣物理热损失增大。



---

# 谢谢大家！

张大龙

清华大学热能工程系热科学与动力工程教育部重点实验室，北京 100084

2011-11-03

