生物质与煤层燃气化复合燃烧技术研究

任晓平，唐欣彤，孙晓婷

长春工程学院

摘要：针对燃煤层燃炉热效率低、污染严重等问题，介绍了生物质与煤层燃气化复合燃烧技术；重点以DZL6-1.25-AII为例，通过理论分析计算得出该锅炉的各燃烧工况特性，并得到该燃烧技术最适宜的燃烧工况；提出该燃烧技术是高效洁净燃烧技术，具有推广应用价值。

引言

我国燃煤层燃锅炉量大面广，其热效率低，能耗大，污染严重等问题十分突出。我国生物质资源主要以农作物秸秆为主，每年可产生7.05亿吨秸秆。目前，我国的秸秆资源除了一部分用作还田肥料和动物饲料外，大部分都废弃或就地焚烧[1，2]，不但浪费了宝贵的能源，也带来了严重的空气污染。本文提出在层燃炉采用生物质与煤层燃气化复合燃烧技术，推广生物质能源利用，提高现有层燃炉效率，减少污染物排放。

1生物质复合燃烧技术

生物质与煤层燃气化复合燃烧技术，即煤在炉排上采用层燃方式，而生物质以粉状形态从炉膛上部喷入炉膛空间，进行悬浮燃烧，将煤的层状燃烧和生物质的悬浮燃烧相结合，使两种燃料的燃烧优势互补。通过合理控制一次风量，使部分煤发生气化，产生煤气，可减少燃煤烟尘排放。二次风用来携带粉状生物质从炉膛上部喷入炉膛空间，二次风为生物质燃烧和煤气燃烧提供空气。

该燃烧技术中用部分生物质代替煤，不仅减少了燃煤量，使煤层厚度减薄，而且减少了一次风量，降低了一次风速，从而降低了q_3和q_4热损失。另外，二次风从上部空间给入，增强了气流扰动，增加烟尘中可燃物在炉膛内的停留时间，所以有效减少了q_3、q_4热损失，提高了燃烧效率。此外，生物质具有挥发份高，容易着火燃烧，且燃烧速度快，所以对稳定炉膛燃料的着火和燃烧十分有利，扩大了层燃炉煤种适应性。

2确定适宜的燃烧工况

复合燃烧工况要综合考虑燃烧效率和烟尘排放浓度。

以DZL6-1.25-AII层燃炉为例，分析复合燃烧技术的适宜燃烧工况。该层燃炉燃烧II类烟煤时，q_v=350kW/m^3，炉排面积R=7.27m^2，炉膛容积V=14.295m^3。当锅炉改用该新型燃烧技术，燃料为烟煤和生物质组成的混合燃料时（烟煤燃料特性见表1，生物质燃料特性见表2。），炉膛容积热负荷q_v=350kW/m^3，不仅能保证煤燃尽，而且也能使生物质燃尽。这是因为从大量生产经验和研究成果中得到可靠的q_v经验数据是层燃q_v=350~450kW/m^3，容量小于等于25t/h的室燃炉q_v=227～349kW/m^3，显然q_v=350kW/m^{3}时，煤和生物质在炉内有足够的停留时间，保证燃尽。

表1 烟煤

Car	Har	Oar	Sar	Nar	Aar	Mar	Var	DT	Qarnetp
47.43%	3.21%	6.57%	3%	0.87%	31.32%	7.6%	42.8%	1250℃	18850kJ/kg

表2 生物质燃料

Car	Har	Oar	Nar	Sar	Aar	Qarnetp
42.17%	5.45%	37.86%	0.74%	0.12%	4.7%	15550kJ/kg

该燃烧技术中，烟煤在炉排上层燃烧，部分煤完全燃烧，部分煤气化产生煤气，生物质在炉膛中悬浮燃烧，但三者在炉膛中释放的热量应该满足炉膛容积热负荷q_v=350kW/m^3
。由此计算得出以下燃烧工况，见表3。表3明确了各燃烧工况的混合燃料的组成及一次/二次风的理论空气量和总的理论空气量。

表3 q_v=350kW/m^3时各燃烧工况的混合燃料组成及理论空气量

燃烧工况	q_v kW/m^3	混合燃料			一次风理论空气量 (Nm³/h)	二次风理论空气量 (Nm³/h)	总的理论空气量 (Nm³/h)
		烟煤 (kg/h)	生物质 (kg/h)	烟煤与生物质之比 γ			
1	350	0	1057	0	0	2917	2917
2		298	936	0.318376	459	2785	3244
3		398	815	0.488344	918	2451	3369
4		498	694	0.717579	1377	2116	3493
5		598	572	1.045455	1836	1782	3618
6		698	451	1.547672	2295	1447	3742
7		798	330	2.418182	2754	1112	3866
8		898	209	4.296651	3213	779	3992
9		998	87	11.47126	3672	443	4115
10		1070	0	——	4911	0	4911

（1）分析各燃烧工况q_3、q_4热损失

与单纯的燃煤层燃技术相比，该燃烧技术中用部分生物质代替煤，减少了燃煤量，使炉排上的煤层厚度减薄，这样有利于减小了q_4
损失。同时，炉膛上部空间布置二次风，不仅能及时补充燃烧所需空气，而且增强了炉膛空间的气流扰动；另外，生物质挥发份高，燃烧反应活性高，在较低的温度下依然能够保证燃尽率，这样该燃烧技术也有利于减小q_3热损失。

$_{lz}$和飞灰含碳量C_{fh}不变，这样q_4近似只与燃料量B成线性关系，不同燃烧工况下q_4见图3。

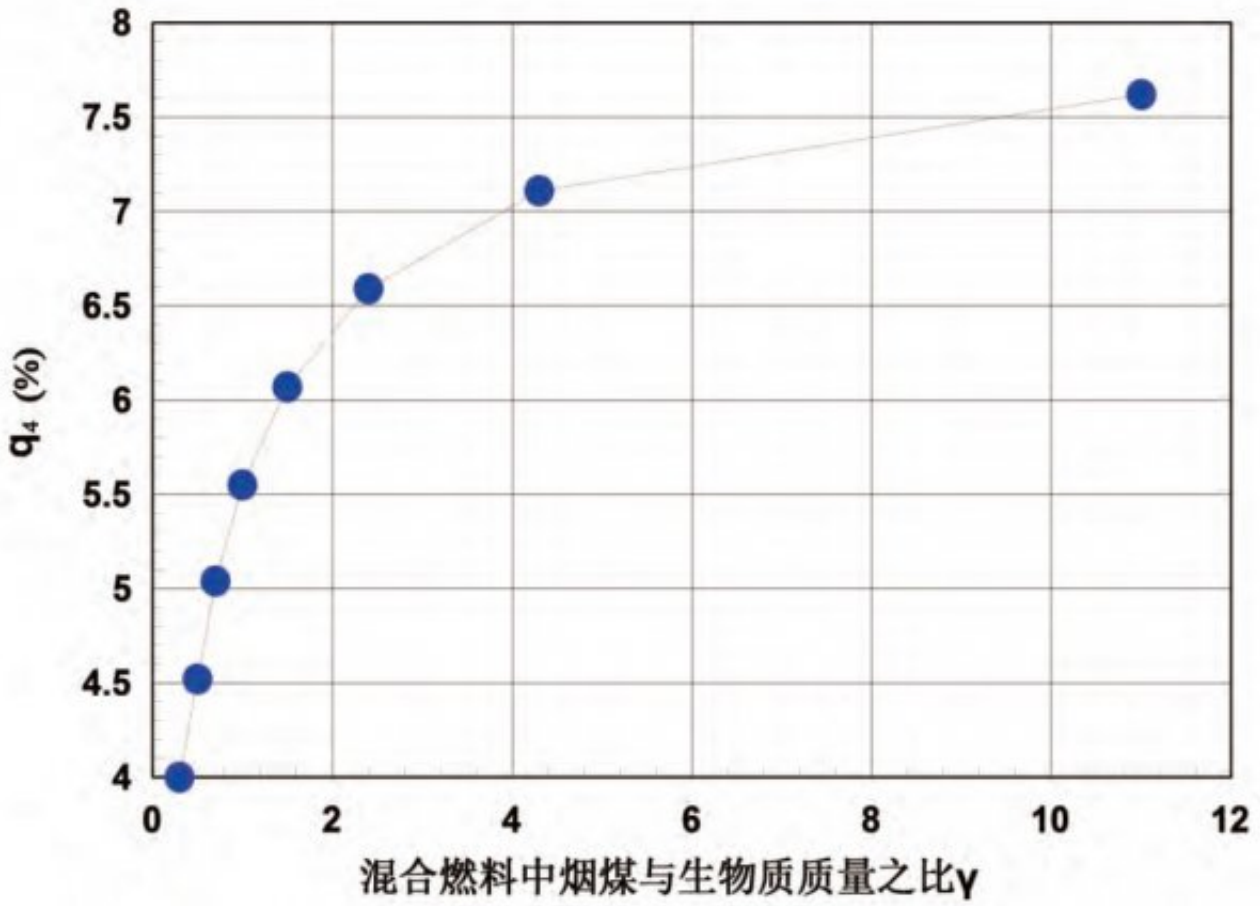

图3

由图3可见，当γ＜4时，随着γ的增加，q_4急剧增加，当γ＞4时，q_4变化趋于平缓，这与混合燃料的组成及其燃烧方式和有关，与生物质相比，烟煤含碳量高，挥发份含量低，更难着火燃烧，另外，烟煤采用层燃，与空气混合程度较差，所以烟煤燃烧产生q_4较大，所以在γ＜4时，随着γ的增加，烟煤含量增加，生物质含量不断减少，q_4会急剧增加。当γ＞4时，烟煤含量很大，趋近于1，其含量变化对q_4影响很小，所以q_4变化趋于平缓。

同样，假定燃烧条件（炉膛温度、炉膛结构、过量空气系数、空气动力场）不变时，近似认为烟气中的CO含量和燃料的燃烧量B呈线性关系，这样q_3近似只与燃料量B呈线性关系，不同燃烧工况下q_3见图4。

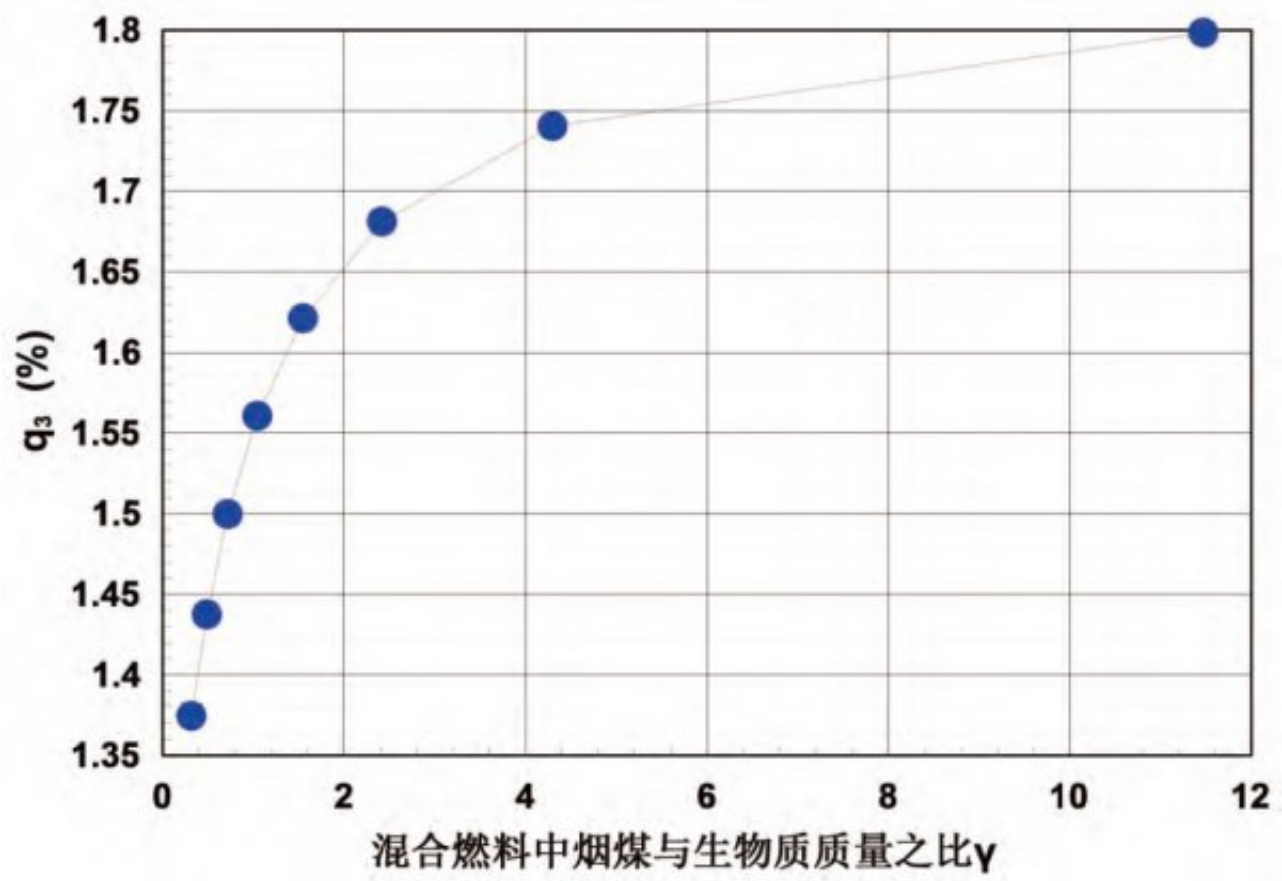

图4

由图4可见，当γ＜4时，随着γ的增加，q_3急剧增加，当γ＞4时，q_3变化趋于平缓。这与混合燃料的组成有关。随着γ的增加，混合燃料中生物质质量含量逐渐下降，煤的质量份额逐渐增加，煤气化产生的煤气也会逐渐增加，而上部空间投入的二次风量在逐渐减少，使得炉膛空间气流扰动减弱，所以当γ＜4时，随着γ的增加，q_3急剧增加。当γ＞4时，混合燃料中烟煤含量很大，趋近于1，其含量变化对煤影响q_3的很小，所以q_3变化趋于平缓。

综合分析各工况的q_3、q_4的变化，可知γ＜4时，燃烧效率高。

（2）分析各燃烧工况下的烟尘浓度

由 $$\mu = \frac{A_{ar}\alpha_{fh}}{100m_y}$$ 可知，不同工况下，烟尘浓度μ与混合燃料的烟气质量m_y和灰分A_{ar}有关，而混合燃料的烟气质量（m_y）、灰分（A_{ar}）又与混合燃料的组成有关，所以根据混合燃料的燃烧方式及其组成比例，可得到不同工况下锅炉初始烟尘浓度，见图5。

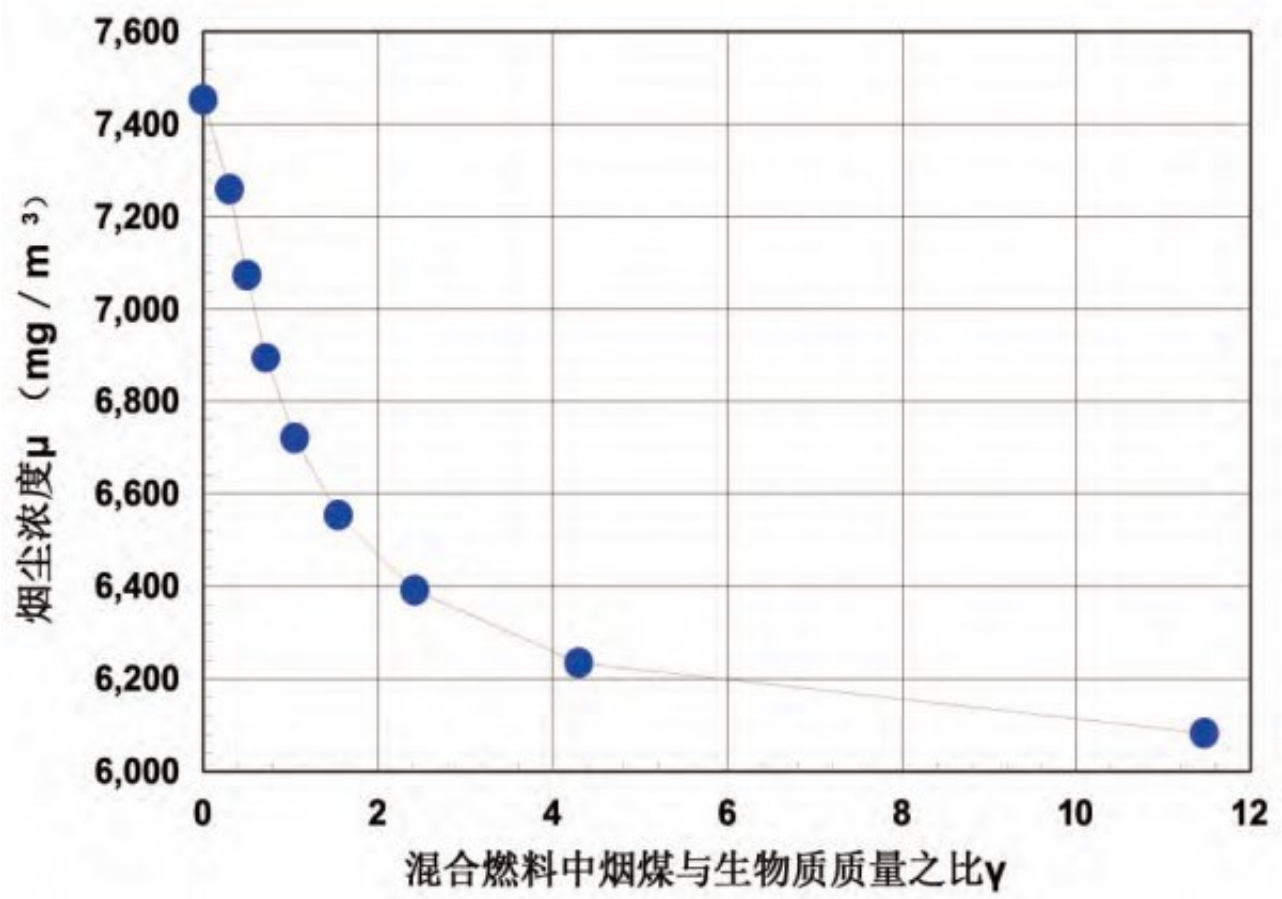

图5

从图5中可见，当γ＜2时，随着γ的增加，烟尘浓度μ急剧下降，当γ＞2时，μ逐渐降低，变化趋于平缓。这与混合燃料的组成和燃烧方式有关，烟煤的理论烟气量远大于生物质的理论烟气量，在γ＜2时，随着γ增加，烟气总体积会随着烟煤含量增加而增大；另外，与悬浮燃烧相比，层燃的飞灰份额非常小，所以随着γ增加，燃烧产生的烟尘总量不断减小。因此当γ＜2时，随着γ的增加，烟尘浓度μ会急剧下降。当γ＞2时，混合燃料中烟煤含量很大，趋近于1，其含量的变化对于μ的影响很小，所以μ变化趋于平缓。

（3）分析结果

综合分析各燃烧工况的燃烧效率和烟尘浓度，层燃炉采用该新型燃烧技术时，在q_v=350kW/m^3，混合燃料组成满足2＜γ＜4时，锅炉燃烧效率高，烟尘排放浓度低，此范围为最适宜的燃烧工况。

3结论

（1）该燃烧技术中生物质悬浮和煤层状燃烧相结合，可以有效地降低了q_3、q_4热损失，提高层燃炉的燃烧效率。

（2）该燃烧技术为生物质燃料在层燃炉中应用探索出一条新路，为改进层燃炉热效率低，解决污染严重问题找到了切实可行的有效办法，具有广阔的应用前景。

（3）层燃炉采用该燃烧技术适宜的燃烧工况是2＜γ＜4，高效燃烧，洁净环保。

4）采用该燃烧技术，改进了层燃炉的煤种适应性。

参考文献

[1]杜成华，陆广发．工业锅炉生物质燃烧技术．应用能源技术．2015（12）：19-20.

[2]陈汉平，李斌，杨海平，王贤华，张世红．生物质燃烧技术现状与展望．工业锅炉．2013（5）：1-6.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/154426.html