电站燃煤锅炉 掺烧生物质时理论燃烧温度的计算

董静兰，阎维平，李 钧，鲁许鳌

华北电力大学教育部重点试验室，河北保定，071003

送入炉膛的燃料理论燃烧温度是炉膛换热计算的关键参数，其计算的准度对炉膛出口烟温影响很大。按照《锅炉机组热力计算标准方法》，需先根据入炉燃料的元素分析数据计算编制烟气焓温表，再由该表反算得到理论燃烧温度。烟气焓温计算的准确性是整台锅炉热力计算结果准确度的基本保证。

对单一煤种或混煤而言，需要按照规定将采集的燃料样品经过破碎、混合和缩分等制备成分析(试验)用样品，经分析得到燃料的元素分析结果。稻秆和煤的物理性质差别很大，二者混合后，经过破碎、混合和缩分等过程，很难制得合格的分析样品，因此元素分析的测量结果不能保证能够再现煤与稻秆混合燃料的特性。但是，对单独的煤粉样或者稻秆粉样，均可以准确得到其各自的元素分析成分，因此本文探讨基于各自元素分析成分来计算混合燃料的烟气特性的方法。

燃煤锅炉掺烧生物质的比例一般为锅炉负荷的10 %～20 %。在锅炉效率不变的情况下，煤和生物质混合燃料带入锅炉的热量应与净煤工况时输入锅炉的热量相等。据此，在已知生物质的掺烧比例 β 和炉膛出口的过量空气系数 σ 时，可以求出煤和生物质各自的燃料消耗量。这样，就可以利用常规燃料燃烧计算方法分别求得煤和生物质的烟气特性，包括：理论空气量 V_k^0、理论 $V_{RO_2}^0$、理论氮气量 $V_{N_2}^0$、理论水蒸气量 $V_{H_2O}^0$ 等，分别计算编制各自的烟气焓温表，求出煤和生物质各自的理论燃烧温度 ϑ_{lm} 和 ϑ_{lsw}，一般 $\vartheta_{lm} > \vartheta_{lsw}$。

煤掺烧生物质后的理论燃烧温度应在 ϑ_{lm} 和 ϑ_{lsw} 之间，假设为 ϑ_l，根据烟气焓温表分别查出对应各自的理论燃烧温度 ϑ_{lm}、ϑ_{lsw} 和掺烧后理论燃烧温度 ϑ_l 下 $(c\vartheta)_{RO_2}$、$(c\vartheta)_{N_2}$、$(c\vartheta)_{H_2O}$、h_k^0 的值。根据能量守恒，煤的理论燃烧温度从 ϑ_{lm} 降到 ϑ_l 放出的热量与生物质的理论燃烧温度从 ϑ_{lsw} 升高到 ϑ_l 吸收的热量相等，其平衡关系如下：

$$
\begin{aligned}
&(1-\beta)[V_{RO_2}^0|_m((c\vartheta)_{RO_2})|_{\vartheta_{lm}} - (c\vartheta)_{RO_2}|_{\vartheta_l}) + \\
&V_{N_2}^0|_m((c\vartheta)_{N_2})|_{\vartheta_{lm}} - (c\vartheta)_{N_2}|_{\vartheta_l}) + \\
&V_{H_2O}^0|_m((c\vartheta)_{H_2O})|_{\vartheta_{lm}} - (c\vartheta)_{H_2O}|_{\vartheta_l}) + \\
&(\sigma-1)(h_{km}^0|_{\vartheta_{lm}} - h_{km}^0|_{\vartheta_l})] - \\
&\beta[V_{RO_2}^0|_{sw}((c\vartheta)_{RO_2})|_{\vartheta_l} - (c\vartheta)_{RO_2}|_{\vartheta_{lsw}}) + \\
&V_{N_2}^0|_{sw}((c\vartheta)_{N_2})|_{\vartheta_l} - (c\vartheta)_{N_2}|_{\vartheta_{lsw}}) + \\
&V_{H_2O}^0|_{sw}((c\vartheta)_{H_2O})|_{\vartheta_l} - (c\vartheta)_{H_2O}|_{\vartheta_{lsw}}) + \\
&(\sigma-1)(h_{ksw}^0|_{\vartheta_l} - h_{ksw}^0|_{\vartheta_{lsw}})]
\end{aligned}
\tag{1}
$$

计算中采用迭代方法，即先假设一个理论燃烧温度 ϑ_l，分别计算出煤的放热量和生物质的吸热量，比较两者的差值，重复以上过程，直至该差值接近零，此时的 ϑ_l 即为煤掺烧生物质比例为 β 时的理论燃烧温度。

某电站 300 MW 机组锅炉采用中间贮仓式制粉系统，热风送粉。锅炉设计热效率为 90.8 %，全烧煤时的计算燃煤量为 138.2 t/h。实际燃煤和掺烧稻壳的元素分析数据见表 1。当生物质掺烧比例为 20 %，按上述迭代计算方法得到的实炉工况理论燃烧温度见表 2。

表 1　煤和稻壳的元素分析数据

燃料种类	低位发热量 / kJ·kg⁻¹	元素分析/ %						
		M_{ar}	A_{ar}	C_{ar}	H_{ar}	O_{ar}	N_{ar}	S_{ar}
现烧煤种	19 520	9.1	30.95	52.21	2.36	3.57	0.53	0.95
稻壳	14 512	8.0	16.7	39.7	4.9	30.1	0.49	0.08

表 2　300 MW 工况下各种燃料的理论燃烧温度

项目	煤	生物质	煤掺烧 20 % 的生物质
理论燃烧温度/ ℃	1 956.88	1 833.85	1 911.50

综上所述，根据热量平衡的概念，采用迭代计算方法，可以合理地计算煤掺烧生物质后的理论燃烧温度。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/94435.html