生物质气化耦合燃煤锅炉对燃烧安全性的影响

吴国强[1]，倪浩[2]

（1.北方民族大学电气信息工程学院，宁夏银川750021；2.华电宁夏灵武发电有限公司，宁夏银川750045）

摘要：文章针对生物质气化装置耦合燃煤锅炉系统，分析生物质气送入炉膛燃烧对锅炉燃烧安全性的影响。分析表明，生物质气化装置耦合燃煤锅炉发电，不仅对锅炉的正常运行影响很小，还可替代部分煤粉作为锅炉燃料，能有效降低NO_x、SO_2和烟尘等污染物的排放，为生物质气化耦合燃煤锅炉发电的推广应用提供了一定的参考价值。

引言

随着经济的发展，一次能源的短缺和对环境的污染，迫切需要能源改革，优化能源发展结构。生物质是一种清洁可再生能源，利用生物质能可以缓解一次能源的不足，减少污染物的排放，同时可以回收当地生物质资源，提高农民的收入，对于经济可持续发展具有重要意义。生物质气化耦合燃煤锅炉发电就是对生物质能充分利用技术路线之一[1]，因此分析生物质气对燃煤发电安全性影响非常必要。

1生物质气化方案

本文以1伊30MW生物质气化装置耦合600MW燃煤锅炉再燃为例详细分析生物质气对燃煤发电过程中安全性的影响。

1.1气化装置

生物质气化炉采用加压富氧气化，将固态的生物质燃料转化成气态燃料，也称可燃气，可燃气经旋风除尘后通过余热回收装置进行适当降温到400℃左右的过程。

1.2生物质和煤质分析

生物质气在掺烧过程中会对锅炉安全运行产生一定的影响，必须对其进行定量分析。生物质气的组成成分以及当量热值生物质与煤的成分分析如下表1、表2所示：

表1 生物质气组成成分

成分	CO	H_2	CH_4	N_2	CO_2	H_2O	粉尘 /(g·Nm^{-3})	焦油量 /(g·Nm^{-3})
含量/%	24.2	17	4.5	28.6	13.1	12.6	<2	<2

灰的变形温度、软化温度和流动温度均大于1500℃。

表2 当量热值生物质可燃气与煤燃料成分

燃料成分	水分	氮元素	硫元素	灰分	氯
可燃气/(kg·h^{-1})	3312.8	110.4	22.1	558.8	0.98
煤/(kg·h^{-1})	2168.3	77.0	35.0	1073.6	0.82

从表2中可以看出，可燃气带入锅炉的水分较煤粉多，但其他对锅炉有害的元素，如硫、氮、灰分等均比当量煤含量要少，从而间接降低了污染物的排放。

2耦合发电对燃烧安全性的影响分析

2.1生物质气对NO $_x$排放的影响

燃煤锅炉，氮氧
化物的形成主要有热力型和燃料型两
种途径[2]。煤粉燃烧过程中已经生成的NO_x
遇到还原性气体会发生还原反应，重新生成N_2
。通过富氧气化生成的生物质气的主要成分是CH_4、CO、H_2
，从表1可以看出，它们占可燃气总量的45%以上。主要反应机理如下[3]：

$6NO+2CH_4=3N_2+2CO+4H_2O$

$2NO+2CO=N_2+2CO_2$

$2NO+H_2=N_2+2H_2O$

从表2中可以看出，虽然当量热生物质中氮含量是114kg/h大于煤粉中的氮含量77kg/h，但由于采用燃料分级燃烧，通入生物质气，在锅炉内部形
成局部的还原性环境，生物质中的氮在可燃气中主要以N_2
/NHi/HCN等形式存在，从而也极大地降低了
生物燃料直接燃烧生成NO_x
，脱氮率大约为12%~50%。通过以上分析，为了
控制燃烧过程中NO_x的生成量以及不影响锅炉安全运行的情况下，通过生物质气耦合煤电发电，形成还原性气氛。

2.2生物质气中粉尘量影响分析

从表2中可以看出，当没有旋风除尘，生物质燃料中的灰分全部转移到可燃气中时，可燃气中夹带的灰量是取代煤粉中灰分量的近50%，说明，在当量热输入的条件下，可燃气带入的粉尘量低于煤粉带入的粉尘量，如果考虑旋风除尘器的除尘效果，取除尘效率为90%时，可燃气带入的粉尘量将大幅减少，只有当量煤粉的5.2%，从而间接降低了煤粉燃烧排放的粉尘量。

2.3生物质气中硫元素影响分析

生物质燃料中的硫通过气化转换成生物质可燃气中的硫会略有升高，但不管是生物质燃料中的硫还是可燃气中的硫，都低于当量煤粉所含的硫，从表2可以看出，送入锅炉的可燃气总硫量（22.1kg/h）相对于同等输入热量的替代燃煤所含硫量（35kg/h）要低，从而可以减轻下游脱硫的负荷，间接地降低了硫氧化物的排放。

2.4生物质气中焦油影响分析

气化炉反应温度较高，当温度为400℃左右时，燃气中的焦油以气态形式存在，送入锅炉内完全燃烧，不会对锅炉产生影响。从燃气产生到送入锅炉的整个过程中，燃气温度始终在400℃左右，焦油以气态的形式存在，不会在设备或燃气输送管道中冷凝和粘附，同时焦油能被充分的利用，焦油有利于NO的脱除[4]，更避免了焦油排放与处理带来的环境污染。

2.5生物质气中水蒸气影响分析

本项目生物质气化产生的可燃气主要以热燃气的形式加以利用，因而燃气中的水蒸汽不能分离出来，以过热蒸汽的形式进入到燃煤锅炉中，从表2中可以看出，在不考虑气化过程中水蒸汽的分解或生物质氢元素转化成水蒸汽的条件下，当量热值生物质气替代煤粉，水或水蒸汽量增加约1144.5kg/h，从而会对锅炉的运行带来一定的影响。烟气的露点也相应提高，造成烟气中的水蒸汽在较高的温度下就开始凝结，排烟温度也明显上升，影响锅炉效率[5]。

2.6生物质气中碱金属影响分析

生物质中的Ca和Mg元素通常可以提高灰的熔点，K元素可降低灰的熔点，S元素在燃烧过程中与K元素形成低熔点

的化合物[6]。农作物秸秆中的Ca素含量较低，K元素含量较高，导致灰分的软化温度较低，如麦秆的变形温度为800～900℃，对设备运行的经济性、安全性有定的影响。本项目选取的生物质燃料多为枝条类，且灰熔点在1500℃以上，不会出现对设备腐蚀性的问题。

3结束语

本项目实施周边生物质资源丰富，大量回收利用生物质能用于发电，不仅可以提高农民的经济收入，节约煤炭，优化我国的能源结构，同时在不影响锅炉正常
运行的情况下，还可减少NO_x、SO_2和烟尘等污染物的排放量，保护生态环境。

参考文献：

[1]周高强.燃煤与生物质气化耦合发电技术方案分析[J].内燃机与配件，2016（12）：133-135.

[2]吴占松，马润田，赵满成.煤炭清洁有效利用技术[M].化学工业出版业，2007.

[3]Diau E W G， Lin M C， He Y， et al. Theoretical aspects of H/N/O-chemistry relevant to the thermal reduction of NO by H2[J]. Progress in Energy & Combustion Science， 1995，21（1）：1-23.

[4]刘春元.含焦油生物质气再燃还原NO的实验与机理研究[D].上海交通大学，2012.

[5]宋杰.电站锅炉低温省煤器换热特性数值模拟及低温腐蚀研究[D].华北电力大学（北京），2016.

[6]李海英，张泽，姬爱民，等.生物质灰结渣和腐蚀特性[J].环境工程技术学报，2017，7（1）：107-113.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/191060.html