

生物质与煤混燃燃烧特性研究进展

张肖肖¹，杨冬^{1,2}，张林华^{1,2}

(1.山东建筑大学热能工程学院，山东 济南 250101；2.可再生能源建筑利用技术省部共建重点实验室，山东 济南 250101)

摘要：基于能源与环境的双重压力，以及生物质与煤单独燃用存在的问题，生物质与煤混燃已成为一种发展趋势，但其利用方面还面临着许多困难。因此，研究混合燃料燃烧过程中的燃烧特性及污染物规律，对于生物质与煤混燃技术的利用具有重要的意义。本文重点介绍了近年来国内外在生物质与煤混燃燃烧特性，及污染物排放的方面研究现状，并提出了研究过程中存在的问题，以期为后续的研究工作提供有价值的参考。

0引言

能源是国民经济发展的重要基础，目前能源供应不足已经成为制约经济发展的重要因素^[1]

。优化能源结构，提高可再生能源利用比例，是我国能源发展的重要方向。多年来，在新能源的开发利用实践中，人们逐步认识到生

物质能是一种清洁、充足、利用

技术难度相对较小的新能源种类，具有远大发展前景^[2]

。生物质与煤的混燃是可再生能源和化石能源的综合利用技术。欧美的一些国家很早就采取了将生物质和煤掺烧发电，既缓解了能源短缺，又降低了CO₂、NO_x、SO_x等的排放^[3-5]，2009年我国的一些燃煤电厂也开始在原有燃煤机组上掺烧生物质。可以预测，生物质与煤混燃技术在未来能源利用中将占据重要的地位。

国内外众多学者对生物

质煤粉混燃进行了研究工作，尤其在燃烧特性及掺

烧生物质后NO_x、SO_x

等污染物的排放规律方面进行了较为深入的研究。作者在查阅近年来国内外生物质与煤混合燃烧技术研究方面的大量文献报道的基础上，重点分析了混合燃料燃烧特性和污染物排放规律的研究现状及今后的发展方向。

1生物质混煤燃烧的燃烧特性

生物质混煤的燃烧特性主要是指燃料的着火特性、挥发分释放特性、燃尽特性、积灰结渣特性、磨损特性等。由于缺乏先进的技术和设备等原因，对于生物质与煤混燃燃烧特性的研究大都集中于应用热分析技术对燃料的着火特性、挥发分释放特性、燃尽特性进行试验研究上。

马爱玲等^[6]利用TG-DTG热分析仪对煤、生物质及二者混合物的燃烧过程进行分析得出：加入生物质使煤的着火温度降低，改善了煤的着火特性，而且生物质添加越多，对煤着火特性的改善程度越大；加入生物质后，固定碳含量越高，混合物着火温度降低得越多。张海清等^[7]

利用热重分析仪对稻秆、玉米秆和麦秆、生物质提取物木质素与烟煤混燃特性进行了研究，结果认为：生物质与煤混燃后，着火温度均比煤的低，固定碳最大燃烧速率比煤单独燃烧时大，对应的温度比煤的低，说明生物质的加入可以明显改善煤的着火并促进了煤的燃烧。Edward

Lester^[8]对生物质混煤的燃烧特性进行了实验研究，对不同升温速率下的热重曲线进行了分析。

结果表明，生物质加入后，升温速率的升高使挥发分最大析出峰对应温度和焦炭最大燃烧峰对应温度明显变小，但是当升温速率增大到一定程度时，生物质的加入反而使挥发分最大析出温度变大。张红霞^[9]的研究认为掺入生物质后促进了煤的焦炭的燃烧，但由于生物质焦炭和煤焦炭燃烧速率和它们夺氧能力的差异导致混合物焦炭的燃烧速率与生物质掺混比呈非线性关系。虽然生物质的加入对于煤着火温度的降低、促进焦炭燃烧、燃尽性能的改善等具有显著效果，但这些作用却并非随着生物质掺混比的增大而呈线性趋势改变，而掺混比对燃烧特性的影响是一个十分复杂的过程，很多研究者对此进行了研究。

黄莹等^[10]

考察了掺混比对玉米秸秆与煤混燃燃烧特性的影响，结果表明：当玉米秸秆含量为50%时，着火温度最低为267.62

, 混合样品燃烧的着火温度比煤单独燃烧时低约140 , 但玉米秸秆与煤以不同比例混燃时, 其着火温度均在265 ~ 271 范围内, 说明混合比例的变化对燃烧反应的着火温度影响不大。王玉召等^[11]对冷压成型生物质麦秆与煤混燃的实验中也得出了相似的结论。

此外, 王智等^[12]

将谷壳与烟煤按不同比例混和在循环流化床锅炉实验台上进行了实验研究, 结果表明: 加入谷壳后着火提前, 燃烧速率增大, 燃尽性能更好, 且在谷壳质量分数小于20%时, 炉膛各测量点的温度与纯烟煤燃烧时的温度基本相同, 这说明掺入适当的生物质混烧对锅炉的出力不但影响不大, 而且可以改善煤的燃烧, 但当质量分数达到40%以后, 炉膛温度较纯煤燃烧时显著降低。黄海珍等^[13]

人对无烟煤与玉米秸秆和木屑进行了混燃特性实验研究, 结果表明: 随着生物质的加入, 煤的着火性能得到不同程度的改善, 并使燃烧过程有向低温区移动的趋势, 使燃烧前期放热量增大, 改善了煤燃烧放热的分布, 但混合燃烧对煤的燃尽性能影响很小。生物质掺混比对燃烧的影响不同研究者往往得出了不同的结论, 为了获得更确切的结果今后有必要对其展开更加系统的研究。

2 生物质混煤燃烧污染物排放特性

作为清洁的可再生能源, 生物质在利用过程中能够实

现CO₂的“零排放”, 同时SO_x、NO_x

等排放也较煤粉燃烧少很多。混燃生物质对于减少煤粉燃烧过程中污染物排放是一种十分有效地方式。对于燃煤电站掺烧生物质后污染物的排放规律, 以及结合燃烧特性对不同掺烧比下污染物排放规律的研究引起了学术界的广泛关注和讨论。而且生物质种类繁多, 对于究竟何种生物质同煤混燃才会达到最好的脱硫脱氮的效果的研究也很不充分。

2.1 氮氧化物的排放规律研究

煤和生物质共燃是降低燃煤电站N₂O和NO_x

排放量的有效措施。生物质中含有的挥发份在较低温度下迅速大量的析出, 并与煤粉抢氧燃烧, 在局部燃烧区域形成贫氧区, 有效限制了中间产物向NO_x

的转化, 而且挥发分析出后所形成的焦炭具有较高的孔隙率和活性, 可促使NO的分解还原。生物质种类、生物质掺混比例、过量空气系数及炉温等都会影响混燃中NO_x的排放。

Philip等^[14]

在小型煤粉炉中对稻壳和竹子同煤混燃的实验中认为: 生物质的研磨粒径对燃料燃烧速率和污染物排放的影响不大; 生物质混燃比例是影响气体污染物排放的主要因素, 生物质混合比例为10%

~ 30%时NO_x

等气体污

染物排放量减少并

且此时能量释放为最低, 伴随着生物

质中水分含量的增大, 燃烧温度越低, NO_x

的排放量也会减少。生物质与煤共燃对降低燃烧过程中N

O_x

的减排作用会因生物质本身的

含N量、煤种(灰成分)的不同而差别较大。B.X.Shen等人^[15]

通过实验认为, 煤与木屑共燃时N₂

O排放的降低程度随煤比例的增加而减小,

随温度的升高而减少, 而NO_x却随温度的升高而升高。Xie等^[21]

认为空气分段明显降低了NO_x的排放而且没有增加SO₂

的排放。尽管燃料给料位置从高到低降低了NO_x的排放水平, 但对N₂

O的排放却没有明显的改变。张磊等^[16]

在一个小型鼓泡流化床反应器上进行的生物质混煤燃烧实验中得出: 在燃烧过程中随着过量空气系数、燃烧温度的增加, NO_x

排放都呈现出上升的趋势, 生物质和煤掺混燃烧可有

效降低NO_x的排放, 且随掺混比例的增加降低NO_x排放的效果也就越明显。

2.2 SO₂排放规律的研究

利用生物质中的碱土矿物质脱除煤燃烧过程中释放的SO₂，而且生物质中所含硫元素非常少，将其同煤混燃可以降低燃料的含硫量，有效减少SO₂的排放。但煤混燃时掺混比对SO₂排放的影响规律比较复杂，准确描述其行为还需更多的研究。

Hou

Peng-wan等^[17]

对循环流化床中煤与生物质混合燃烧进行了研究，发现随着生物质混合比例的增加，飞灰中及炉底灰中硫含量增加，这从另一方面反映了烟气中的硫含量随生物质混合比例的增加而减少，而且这种作用随着生物质比例的增加效果更加显著。A.Kazajic等^[18]的研究也证明了这一点。徐金苗等^[19]利用管式炉-FTIR二氧化硫检测系统对神华煤与玉米秆、树皮在不同混燃比下混合燃烧时SO₂的释放规律进行了研究，结果表明：混燃过程SO₂排放量随着混燃比的增加而降低，并且混燃比存在一个最佳值使得SO₂排放最低；并试验得出在50%掺混比例下，SO₂的排放量达到了最低值。

李展^[20]

在对循环流化床中生物质混煤燃烧污染物排放特性的研究中认为SO₂

的排放量越低；在掺混比例在0~10%时，SO₂排放量下降的比较剧烈，继续增加掺混比例对其排放量的影响很小。而Xie等^[21]在对稻壳与煤混燃时SO₂的排放情况进行的研究结果表明，当稻壳在燃料中所占质量比分别为13%、22%、27%、30%时，SO₂排放量随质量比非线性增加，从480 μL/L增加到500 μL/L，增加量非常小。

3结论

生物质与煤混燃技术是一项极具开发潜力的研究，虽然国内外学者也进行较多的研究，但依然存在很多问题亟待解决。

(1)由于缺乏一定的设备和技术，多数研究者都是通过热分析技术对着火特性，燃烧速率等进行了研究，而对于锅炉安全运行中十分重要的积灰结渣特性、磨损特性的研究却相对较少。

(2)掺烧生物质对减少污染物排放有一定作用，但要弄清掺混比、生物质种类等对污染物排放的影响规律依然需要更多更深入的研究。

参考文献

[1]史立山.中国能源现状分析和可再生能源发展规划[J].可再生能源，2004(5)。

[2]胡亚范，马予芳，张永贵.生物质能及其利用技术[J].节能技术，2007，25(4)：344-347。

[3]L.Ma，M.POURKASHAMIAN.Modeling the combustion of pulverized biomass in an industrial combustion test furnace[J].Fuel，2007，8(12-13)：1959-1965。

[4]K.R.G.Hein，J.M.Bemtgen.EU clean coal technology co-combustion of coal and biomass[J].Fuel Processing Technology，1998，54：159-169。

[5]N.Anders.Optimization of sulfur retention in ash when co-combusting high sulfur fuels and biomass fuels in a small pilot scale fluidized bed[J].Fuel，1995，74(4)：615-622。

- [6]马爱玲, 谌伦建, 黄光许, 朱孔远.生物质与煤混燃燃烧特性研究[J].煤炭转化, 2010.33(1): 55-60 .
- [7]张海清, 程世庆, 等.生物质与煤共燃的燃烧特性研究[J].能源研究与利用, 2007, (2): 13-16 .
- [8]Edward Lester, Mei Gong, Alan Thompson.A method for source apportionment in biomass/coal blends using thermo-gravimetric analysis[J].Journal of Analytical and Applied Paralysis, 2007, 80: 111-117 .
- [9]张红霞.生物质秸秆与煤混合的焦炭燃烧特性研究[J].可再生能源, 2010, 28(2): 127-129 .
- [10]黄莹.生物质组分对生物质与煤混燃特性及污染物排放特性的影响[D].沈阳: 沈阳航空工业学院, 2010 .
- [11]王玉召, 李江鹏.生物质与煤混燃的燃烧特性实验研究[J].锅炉技术, 2010.41(5): 72-74 .
- [12]王智, 赵瑞娥.生物质混煤在流化床锅炉中的燃烧特性[J].电力技术, 2010, 19(2): 65-69 .
- [13]黄海珍, 陈海波, 等.煤与生物质混合燃烧特性及动力学分析[J].节能技术, 2007, 25(1): 26-29 .
- [14]Philip C.W.K Wong, Christopher Y.H Chao, J.H Wang, C.W Cheung, Gail Kendall.Co-combustion performance of coal with rice husks and bamboo[J].Atmospheric Environment.2007: 1-11 .
- [15]B.X.Shen, T.Mi, D.C.Liu, B.Feng, Q.Yao, Franz Winter.N₂O emission under fluidized bed combustion condition[J].Fuel Processing Technology, 2003, 84: 13-21 .
- [16]张磊, 张世红, 王贤华.生物质与煤流化床混燃的NO_x排放规律研究[J].电站系统工程, 2007.23(1): 27-29 .
- [17]Hou Peng Wan, Ying Hsi Chang, Wen Cheng et al.E-missions during co-firing RDF-5 with bituminous coal, paper sludge and waste tires in a commercial circulating fluidized bed co-generation boiler[J].Fuel, 2008, 87: 761-767 .
- [18]A.Kazagic, I.Smajevie.Experimental investigation of ash behavior and emissions during combustion of Bosnian coal and biomass[J].Energy, 2007, 32(10): 2006-2016 .
- [19]徐金苗, 吕子安, 李定凯.煤与生物质混燃过程中SO₂释放规律研究[J].热力发电.2010, 39(10): 20-24 .
- [20]李展.循环流化床生物质混煤燃烧及污染物排放特性研究[D].济南: 山东大学, 2009.5 .
- [21]Xie Jian-jun, Yang Xue-min, Zhang Lei, Ding Tong-li, Song Wen-li, Lin Wei-gang.Emissions of SO₂, NO and N₂O in a circulating fluidized bed combustor during co-firing coal and biomass[J].Science Direct, 2007, 19(1): 109-117 .

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/117770.html>