生物质电厂锅炉燃烧调整试验研究

李永华[1]，胡小翠[1]，仉国民[1]，陈振洪[1]，宋武耀[2]

(1.华北电力大学动力工程系，河北保定071003；2.河北微水电厂，河北石家庄051000)

摘要：分析了生物质发电现状。针对某生物质电厂秸秆锅炉，进行了燃烧调整试验研究，考察了一次风、二次风、燃料性质和锅炉漏风对燃烧的影响。结果表明，加强燃烧中心区通风，协调一、二次风量，可降低锅炉不完全燃烧损失和排烟损失，提高锅炉效率；控制入厂燃料含土量与水分，减少杂物，可提高燃烧安全性；降低锅炉漏风量、调整锅炉配风、可保证锅炉正常运行。为生物质锅炉设计、改造和运行提供了参考。

1前言

我国能源结构以煤炭为主，煤炭所占比重达70%左右。燃煤电厂要消耗大量不可再生能源，浪费了我们的宝贵财富，同时造成了严重的大气污染。为保证我国经济持续、健康、快速、协调发展，达到全面小康水平，必须大力发展可再生能源和提高能源利用率。目前对可再生能源的大规模开发利用主要为风能、太阳能和生物质能。

生物质是指有机物中除化石燃料外的所有来源于动、植物能再生的物质。生物质能则是指直接或间接地通过绿色植物的光合作用，把太阳能转化为化学能后固定和贮藏在生物体内的能量。生物质包括林木废弃物(木块、木片、木屑、树枝等)、农业废弃物、水生植物、油料植物、有机物加工废料、人畜粪便及城市生活垃圾等。

在欧洲，尤其是北欧的一些国家利用秸秆发电已经有10余年的历史。世界上第l座生物质秸秆发电厂于1988年在丹麦投产(Haslev，5MW)，如今丹麦已建成100多家秸秆发电厂，秸秆发电量占该国总发电量的24%。目前，世界上最大的秸秆发电厂是位于英国坎贝斯的Elyan生物质能发电厂，装机容量为38MW。生物质焚烧发电国际上技术比较成熟的为丹麦BWE公司。

目前，生物质能源的研究与开发已成为世界各国政府和科学家研究的诸多热门课题之一。将生物质能转化为高品位能源在国外已具有相当可观的规模，以美国、瑞典和奥地利三国为例，用生物质能转化为其他能已分别占该国一次能源消费量的4%，16%和10%，在美国，生物质发电的总装机容量已超过10000兆瓦，单机容量达10～25兆瓦。

自1992年世界环境与发展大会后，欧美国家开始大力发展生物质能。欧盟规划2010年可再生能源比例达12%，每年可替代2000万吨石油，其中成本较低的生物质能约占80%。美国1999年明确提出规划到2010年生物制品及生物质能的产量将为当时水平的3倍，生物质能比达10%。由此可见，生物质能在一些发达国家应用较为广泛。

我国利用此项技术大力发展的公司为国能生物发电有限公司，其他如中国节能投资公司、江苏国信集团公司等也正寻求此类技术大力发展生物发电。2007年是中央企业“优质服务年”，国家电网公司在向社会公开承诺的八项优质服务中，明确提出将向社会输送10.6亿kwh绿色电力。为实现这一公开承诺，国能生物发电有限公司正全力推进生物质发电项目开工投产步伐。

确保年内完成15个项目开工、12个项目并网发电的任务。目前，公司已有4个项目并网发电，29个生物质发电项目得到核准。

河北省首个生物质发电示范项目在晋州市投产，是我国第一个全部采用国产设备，纯燃烧秸秆发电的示范项目。本文针对该厂生物质锅炉，进行了燃烧调整试验研究。

2锅炉设备简介

晋州1号、2号锅炉为无锡华光锅炉股份公司设计制造的秸秆直燃锅炉。锅炉型式为UG一75／3.82一JM，锅炉为单锅筒、集中下降管、自然循环、四回程布置的秸秆炉排炉。炉膛采用膜式水冷壁，炉底布置水冷振动炉排。在冷却室和过热器室分别布置了高温过热器、中温和低温过热器。尾部采用光管式省煤器及管式空气预热器。炉膛、冷却室和过热器室四周全为膜式水冷壁，为悬吊结构。炉前布置燃料供应系统，采取前墙进料燃烧技术。锅炉采用振动炉排同态排渣方式，人工火把点火。除渣系统包括碎渣机，水冷螺旋输送机，水平链斗输送机，斗式提升机及渣斗。

锅炉燃料按100%玉米秸秆进行设计，按100%燃烧果木枝条进行校核，还要兼顾其它生物质燃料(小麦秸秆、棉花

秸秆、糠醛渣等)，并满足以煤为备用燃料。锅炉采用水冷振动炉排前墙燃烧方式，两侧墙各有一个糠醛渣斗，经2台螺旋给料机送至位于后墙的4台风力抛煤机，将糠醛渣抛至前墙燃烧(作为备用燃料)。锅炉主要参数及燃料特性如下表所示：

表 1　锅炉主要参数

序号	项　　目	额定数值
1	过热蒸汽流量/$t\cdot h^{-1}$	75
2	过热蒸汽压力/MPa	3.82
3	过热蒸汽温度/℃	450
4	给水温度/℃	150
5	给水压力/MPa	6.69
6	汽包压力/MPa	4.45
7	排烟温度/℃	145
8	冷空气温度/℃	30
9	空气预热器进口风温/℃	30
10	一、二次热风温度/℃	136
11	燃料消耗量/$kg\cdot h^{-1}$	15 040
13	一次风量/$m^3\cdot h^{-1}$	37 525
14	二次风量/$m^3\cdot h^{-1}$	37 525
15	烟气量/$m^3\cdot h^{-1}$	92 994
16	烟气阻力/Pa	1 810
17	锅炉效率/%	≥90.3 %

表 2　燃料特性

项　目	玉米秸	小麦秸	棉花秸	果木枝条
M_t/%	9.8	10.4	32.7	10.3
M_{ad}/%	8.34	8.14	9.00	6.97
A_{ad}/%	8.14	8.90	5.60	2.10
V_{ad}/%	73.16	72.04	72.78	79.85
C_{ad}/%	45.60	44.57	47.16	49.64
H_{ad}/%	2.12	2.13	2.18	2.49
N_{ad}/%	1.03	0.69	1.05	0.49
O_{ad}/%	42.90	43.48	43.71	45.22
S_{ad}/%	0.22	0.23	0.29	0.05
$Q_{net,ar}$/MJ·kg^{-1}	15.68	15.47	18.27	16.59
FC_{ad}/%	17.14	17.50	19.67	16.80
TRD	1.61	1.61	1.66	1.58
F/×10^{-6}	166	109	166	63
Cl/%	0.577	1.256	0.226	0.018
DT/℃	1 080	760	660	650
ST/℃	1 130	780	820	670
FT/℃	1 160	790	830	790
SiO_2/%	56.68	52.87	15.76	24.69
Al_2O_3/%	7.40	3.53	4.00	5.41
Fe_2O_3/%	2.65	1.41	1.57	2.11
CaO/%	8.10	6.55	18.92	39.82
MgO/%	5.41	3.61	8.00	5.48
Na_2O/%	2.27	2.44	5.82	0.98
K_2O/%	13.84	26.05	31.76	13.03
TiO_2/%	0.44	0.22	0.18	0.24
SO_3/%	2.74	5.06	5.46	2.96
P_2O_5/%	1.30	1.30	3.78	3.24

锅炉燃烧设备与煤粉炉有较大的区别，它是由秸秆给料机、炉膛、水冷振动炉排、一、二次风管，播料风、抛煤机等设备组成。每台锅炉配备一套炉前给料系统，给料系统包括储料仓；一级双螺旋给料机8台，布置在储料仓下部；二级为皮带输送机2台，布置在一级下部；三级给料机为螺旋给料机，出口连通锅炉，共4台，布置在二级出口下方；为了保证安全生产，防止发生火灾，在三级出口处，安装了防火快速门，防止炉膛正压时出现回火现象。

3燃烧调整试验研究

通过锅炉运行调试发现，燃料在燃烧调整时严重滞后；燃料在炉膛前部堆积；炉膛负压变化大；炉排上有大量焦渣；烟气带有大量小木炭排人大气等。由于燃料含有大量沙土，燃料进入炉膛后被沙土覆盖，导致燃料着火推迟、燃烧不充分或不完全，使未燃尽的燃料排出炉膛，燃烧后的灰渣覆盖在炉排上，使结焦加重，并形成一体，在炉排的振动下难以排出，增加了运行的难度。本文考察了以下主要因素对燃烧的影响：

3.1一次风的影响

燃烧时，根据燃烧情况进行风量调整，保持合适的风量，且调整好一次风门，合理配风。本炉燃料是从炉前送进的，燃尽后灰渣是从炉后排出的，燃料与一次风是横向交叉混合的。燃料进入炉膛以后在炉前堆积，需要空气量大，在后面燃料烧完或基本烧完，所需空气量减小，因此一次风在运行时就要根据情况进行调整。在满负荷的情况下，燃料正常时，一次风门开度从前到后依次为100%、100%、50%～100%、0%～50%；第一、第二号风门必须大开，保证燃料燃烧所需的氧气及一次风的穿透能力，因为燃料基本都是在此燃烧的，如果一次风供应不足，会产生大量青烟，也会产生还原性气体，影响燃料的完全燃烧和炉排结焦；使燃料堆积、结焦等加重，形成恶性循环。第三、第四号一

次风门要根据负荷情况、燃烧情况、燃料情况进行调整；如果锅炉负荷较小，燃料燃烧完全，燃料较干燥的情况下，第三、第四道风门就开的小些，相反就要开大些。

如果一次风量太小，会影响一次风的穿透能力，通过炉排后的一次风射程太短，大大削弱了一次风的扰动和补氧能力，使进入炉膛的燃料不能及时燃烧而形成堆积，造成燃料燃烧不完全；由于秸秆燃料的灰熔点低，在还原性气氛的影响下，使炉排结焦加重；而且对炉排的冷却作用减小；如果风压太低，还会使炉排上的细灰渣、尘土沿着炉排上的小孔进入风室，堵塞一次风管道，使一次风更小，恶化燃烧工况；甚至机组被迫停运。

如果一次风量过大，虽然一次风的穿透能力增强，射程长，燃烧完全，对燃烧有利；但是会使大量火星飞扬，在炉膛负压的作用下，会使未完全燃尽的小木炭、碳黑、尘土随烟气排人大气，不但影响燃烧的经济性；还会影响锅炉的安全性；引起烟道尾部积灰，影响锅炉出力；还可能造成尾部烟道再燃烧，影响布袋除尘器的安全运行等。此时必须增加二次风量，压住火焰，防止火焰过分上飘。

锅炉底部左右各4个一次风室，由于风室之间密封不好或一次风调节门不严。而且燃烧区燃料堆积而造成阻力较大，造成大量一次风从后面3个风室进入炉膛，而燃烧中心区却风量不足。炉排振动时由于燃料区阻力变小，通风量突然增加，导致燃烧强度突然增强，炉膛负压急剧变小，为确保锅炉运行安全，正常运行期间锅炉保持较大负压。建议对此进行改造，加强燃烧中心区通风，同时改善各风室间隔绝情况，做到各风室能独立调整配风，从而合理在炉膛内组织燃烧，降低锅炉不完全燃烧损失和排烟损失，提高锅炉效率。

3.2二次风的影响

二次风是在增压风机的作用下进入炉膛的，当锅炉负荷增长到50%时，应开启增压风机，以保证燃料后期燃烧的需要。配风方式如表3：

表 3　燃烧配风表

燃料	配风名称	风率 /%	计算风速 /m·s⁻¹	风温 /℃
秸秆	一次风	50	15	136
	二次风	50	55	136

但是增压风机入口连接在一次风母管上，在开启增压风机后，一次风量及风压必定减小；二次风越大，一次风就越小。为保证一次风量，不得不开大送风机，但是由于锅炉漏风严重，限制了送风机的出力。而且在满负荷时受各方面因素的影响，要想达到一次风量、二次风量各占50%也是相当困难的。根据厂家提议，开大二次风门后，如将风量增大到30%后，影响了正常的燃烧工况，产生了极为不利的后果：使燃料堆积加重、燃烧不完全、炉排结焦更加严重；当将二次风门减小后，上述情况大为改观。但是在高负荷时二次风量太小，又不足于压住火焰，使火焰过分上飘，在大负压的作用下，使飞灰可燃物增大，因此必须保证一、二次风合理配合，才能保证燃烧的顺利进行。对此我们不得不对二次风的作用及布置情况进行重新认识，由于是炉排燃烧新技术，燃料又是秸秆，它既不同于煤粉的悬浮燃烧；也不同于链条炉的煤的燃烧，因此二次风的作用肯定有别于各种锅炉。二次风的作用是扰动炉内烟气气流，使炉内火焰不过分上飘，压住火焰，同时在搅拌烟气时，提供足够的高温氧气，使烟气中的火星燃烧完全。但开启增压风机后不应影响一次风量的大小，也不应使二次风气流干扰破坏正常的燃烧工况，前后二次风开启后形成的气流能形成一层气幕，盖住扬起的火星、小木炭等。而且应该可以组织起烟气的旋涡流动，延长烟气在炉膛内的行程，增加燃烧时间，还可以使部分木炭颗粒摔回炉排，有利于燃料燃尽，降低飞灰可燃物损失，从而改善了炉内气流的充满度，以达到控制燃烧的目的。但是二次风风量可能不应该太大，因此对二次风门的布置位置，角度及风量大小须重新考虑、论证。

在目前的情况下，二次风门布置位置太高，风温也只有140℃左右，角度布置的也不尽合理，达不到补充高温氧气的目的，只会加剧火星的冷却、终止燃烧；更重要的是开启二次风后影响了一次风量的大小，也影响了正常的燃烧工况。虽然加重了火焰上面的扰动，但减轻了一次风的吹拂，减小了它的穿透能力，在燃料下部产生了还原性气体，加重了炉排的结焦、结渣。因此，二次风应该和一次风分开布置，调整时互不影响。

3.3燃料性质的影响

由于燃料的变化，如玉米秸秆、棉花秸秆以及果木枝条，虽然经过破碎，但是燃烧情况是不相同的，一类为草质结构，一类为木质结构。玉米秸秆着火快，燃烧时间短，在炉膛内一般不会形成堆积，燃烧效果也比较好；但是棉花秸秆、果木枝条着火慢、燃烧时间长，容易形成堆积，也不易燃烧完全。因此燃烧时，要根据不同的燃料进行调整，如调整炉排的振动时间及频率、一次风门的开度、给料的多少等。

从外面打包进厂的燃料，由于内含大量沙土、燃料潮湿以及发酵等，使得燃烧情况变得更加复杂，含大量沙土的燃料在给料机的推挤下进入炉膛后，一般在散料管上部管道上形成堆积燃烧(在此设计不合理，燃料出口与散料管之间的高度太低，只有15cm左右，起不到散料的作用)，使大量燃料落不到炉排上，最后燃料边燃烧边推挤的情况下，落在炉排中前部燃烧，使燃烧效果变差；将散料管改造后，燃料能落到管道下面，往往也是成团掉下，成团的燃料压住燃烧的火焰，使燃烧减弱，然后炽热的火焰加热成团燃料的外表，同时从堆积的燃料里面向外冒烟，外面的燃料随后先着火，燃料从外向里燃烧，使燃烧变得越来越强烈。由于没有很好的可控手段，调整时只能根据炉膛温度变化进行调整，这就使得调整燃烧时燃料供应严重滞后，如炉膛温度有下降趋势时，立即启动一级给料机进料，这是炉温继续下降。蒸汽参数也下降，直到炉膛温度下降100℃左右时，时间要5min甚至更长，随后炉温开始回升，立即停止给料，但炉温要继续回升100℃左右，直到炉温又开始下降趋势时，又重复以上过程；温度下降或上升的幅度要看调整给料量的时间间隔和多少。如果给料控制不及时，炉温会大幅摆动，有时变化达300多度，滞后时间会更长，严重影响机组稳定运行。所以在调整时，掌握好提前量，对锅炉稳定运行极其重要。

还有堆积的燃料燃烧后其粘性很大，必须加大炉排的振动频率和振动时间，而且必须经过多次振动才能振下；如果处理不及时，不得不人工处理，增加了处理的难度。因此建议：必须控制燃料的质量；减少沙土含量和燃料水分；提高运行人员的调整水平等。

3.4锅炉漏风的影响

锅炉漏风比较严重，如炉排后面的落渣槽、三级给料机出口处、人孔门处、抛煤机出口处等，会漏人大量冷空气。尤其处理炉前堆料和处理炉排上的焦块时，更加严重。冷空气的漏入，使炉膛负压变小或变正，降低炉膛温度，破坏了炉膛的燃烧工况，碳黑形成的几率增大，增大了不完全燃烧热损失和散热损失；冷空气的大量漏入，还会使送风量减小，使燃烧恶化。

由于锅炉漏风量大，同时锅炉运行负压保持较大，导致满负荷时引风机入口挡板开至85%以上，而送风机入口风量仅为设计满负荷送风量的50%左右，严重限制了送风机、增压风机出力，导致送风机、增压风机没有达到设计时的目的，对此问题需从降低锅炉漏风量、调整锅炉配风、降低正常运行时锅炉负压及烟风系统改造等手段，降低引风机出力至正常水平，使送风机及增压风机出力达到设计要求出力，保证锅炉的正常运行。

4结论

通过对我国首台具有自主知识产权的生物质发电锅炉的燃烧调整试验研究，得到以下结论：

(1)加强燃烧中心区通风，改善各风室间隔绝情况，各风室能独立调整配风，组织合理的炉膛燃烧，可降低锅炉不完全燃烧损失和排烟损失，提高锅炉效率。

(2)二次风应和一次风分开布置，调整时互不影响，以保证正常燃烧。

(3)由于秸秆燃料含有大量沙土，燃料灰熔点低，在炉排调整不合适及配风不合理的情况下，容易产生结焦，且常常是半流态状态，增加了运行的难度。因此必须从源头把关，控制人厂燃料含土量与水分，减少杂物。

(4)降低锅炉漏风量、调整锅炉配风、降低正常运行时锅炉负压，可保证锅炉正常运行。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/93410.html