

生物质锅炉技术现状与存在问题

白兆兴

(上海电气集团安全生产监测中心, 上海200002)

摘要：介绍了国内外生物质锅炉的技术现状，着重讨论了生物质锅炉存在的问题及解决途径。其中对生物质锅炉的沾污、腐蚀、结块， SO_2 、 NO_x 、HCl以及气溶胶的排放等问题进行了分析研究。对生物质燃料锅炉的设计及已投运锅炉的安全运行有一定的参考作用，对我国生物质发电锅炉的应用实例和研究发展状况进行了介绍。

0前言

由于大量使用化石燃料而引起的能源短缺和环境恶化问题，生物质能已经在锅炉燃料中占据重要的地位。我国作为农业大国，每年农作物秸秆产量约为6.5亿t，预计到2010年将达到7.26亿t；薪柴和林业废弃物资源量中，可开发量每年达到6亿t以上。每年因无法处理的剩余农作物秸秆在田间直接焚烧的超过2亿t，这不仅浪费了资源，而且造成严重的空气污染。为实现可持续能源生产和减少温室气体排放的目的，我国已于2006年1月开始实施《中华人民共和国可再生能源法》，为生物质能等可再生能源的广泛应用提供制度和法律保证。

根据我国新能源和可再生能源发展纲要提出的目标，至2010年，我国生物质能发电装机容量将超过3000MW。生物质发电锅炉的研究及开发对这一目标的实现具有决定性的影响。生物质作为新型的燃料，其炉内燃烧特性需要详细的研究，本文

结合国内外的生物质锅

炉发展现状，对我国生物质锅炉存在的受热面

沾污、腐蚀及结渣、 SO_x 、 NO_x 、HCl以及气溶胶的排放问题进行了初步分析研究。

1生物质锅炉

生物质锅炉是将生物质直接作为燃料燃烧，将燃烧产生的能量用于发电。当今用于发电的生物质锅炉主要燃烧型式为流化床燃烧锅炉和层燃锅炉。

1.1流化床燃烧

流化床燃烧与普通燃烧最大的区别在于燃料呈颗粒形状，燃料在流化床内处于流化状态进行燃烧反应和热交换。生物质燃料水分比较高，采用流化床技术，有利于生物质的完全燃烧，提高燃烧效率。

生物质流化床锅炉可以采用砂子、高铝砖屑、燃煤炉渣等作为流化介质，形成蓄热量大、温度高的密相床层，为高水分、低热值的生物质提供优越的着火条件，依靠床层内剧烈的传热传质过程和燃料在床内较长的停留时间，使生物质燃料得以充分燃尽。流化床锅炉能够维持在850℃燃烧温度并伴随料层充分扰动，所以床内不易结渣，并且低温燃烧及炉内脱硫减少了 NO_x 、 SO_x 等有害气体的生成。

但是，流化床对入炉燃料颗粒尺寸要求严格，因此需对生物质进行干燥、粉碎等一系列预处理，使其尺寸、状况均一化，以保证生物质燃料的正常流化。对于类似稻壳、木屑等吃重较小、结构松散的生物质，就必须不断地添加石英砂、高铝砖屑等以维持正常燃烧所需的蓄热床料，燃烧后产生的飞灰硬度较高，容易磨损锅炉受热面。此外，为了维持一定的床料流化速度，锅炉风机的耗电量较大。运行成本相对较高。安装于某电厂75t/h国产生物质燃料流化床锅炉见图1。

1.2层状燃烧

层状燃烧是常见的燃烧方式，通常在燃烧过程中，沿着炉播上床层的高度形成不同的燃烧阶段。

层燃锅炉的炉排主要有往复炉排、水冷振动炉排及链条炉排等。采用层燃技术开发的生物质能锅炉，结构简单、操作方便、投资与运行费用都相对较低。由于锅炉的炉排面积较大，炉排运动速度或振动频率可以调整，并且炉膛有足够的悬浮空间，能延长生物质在炉内的停留时间，有利于生物质燃料的完全燃烧。但层燃锅炉的炉内温度较高，可以

达到1000 以上，由于生物湊燃料酶灰熔点较低，很容易结渣。同时，在燃烧过程中对锅炉配风的要求比较高，难以保证生物质燃料的充分燃烧，从而影响锅炉的燃烧效率。

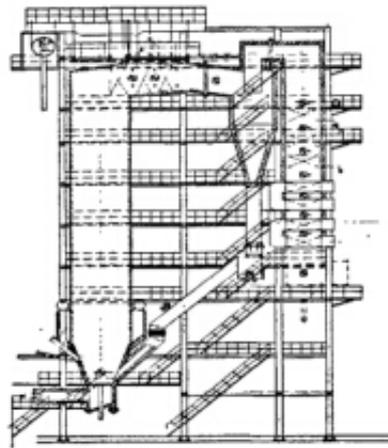


图1 75 t/h 流化床型秸秆锅炉

生物质锅炉的技术研究工作最早在北欧一些国家得到重视，随后在美国也开展了大量研究开发，近几年由于环境保护要求日益严格和能源短缺，我国生物质燃烧锅炉的研制工作也取得了进展。生物质燃料锅炉国内外发展现状见表1。

表1 生物质锅炉发展现状

锅炉类型	产地	主要参数
燃生物质流化床锅炉	美国爱达华能源公司	锅炉出力为 4.5 ~ 50 t · h ⁻¹ ，锅炉热功率为 36 ~ 67 MW
大型燃废木循环流化床发电锅炉	美国 CE 公司	锅炉出力为 100 t · h ⁻¹ ，蒸汽压力为 8.7 MPa
高倍率循环流化床锅炉	丹麦奥斯龙公司	将干草与煤按照 6:4 的比例送入炉内燃烧，锅炉出力为 100 t · h ⁻¹ ，热功率达 80 MW
秸秆水冷振动炉排炉	丹麦 BWE 公司	锅炉热功率 2.5 ~ 35 MW
燃稻壳流化床锅炉	中国无锡华光锅炉厂	锅炉出力 35 t · h ⁻¹
秸秆层燃锅炉	中国无锡华光锅炉厂	锅炉出力 75 t · h ⁻¹
秸秆层燃 + 悬浮层燃燃烧链条炉	中国上海四方锅炉厂	锅炉出力 75 t · h ⁻¹ ，采用层燃 + 悬浮燃烧方式
秸秆水冷振动炉排炉	中国济南锅炉厂	锅炉出力为 45 ~ 130 t · h ⁻¹
秸秆循环流化床锅炉	中国南通锅炉厂	锅炉出力 75 t · h ⁻¹
秸秆水冷振动炉排炉	中国东方工业锅炉公司	锅炉出力 75 t · h ⁻¹

2 生物质燃料锅炉存在的问题

由于生物质燃料，尤其是农业废弃物，含有比化石燃料高的氯含量和碱金属含量，使得燃烧过程中出现一些技术难点，需要认真对待，其中主要为：沾污、腐蚀、结块，SO₂、NO_x、HCl 以及气溶胶的排放等。

2.1 沾污与腐蚀

生物质锅炉基本上都存在严重的各级受热面的积灰、过热器结渣与沾污的问题，如图2所示。严重的沾污会降低传热效率，在恶劣的情况下，局部传热表面会被沾污覆盖而丧失传热性能。积灰中存在大量的KCl(40%—80%)。积灰的形成主要是由于生物质本身高的钾和氯含量引起的。钾和氯会以KCl的形式直接沉积在传热表面，也可能钾与灰中的硅酸盐反应生成低熔点灰，增加了粘着在传热面的趋势。

生物质锅炉过热器同样存在腐蚀的问题，并且随着蒸汽温度的升高，腐蚀率也增加。生物质锅炉中的腐蚀机理与气相氯化物有关的腐蚀，沉积物中氯化物的固相反应以及熔化的氯化物与硫酸盐的反应有关。液污泌腐现象通常是弱时存在的。腐蚀多发生在过热器受热面上，以氯腐蚀为主。

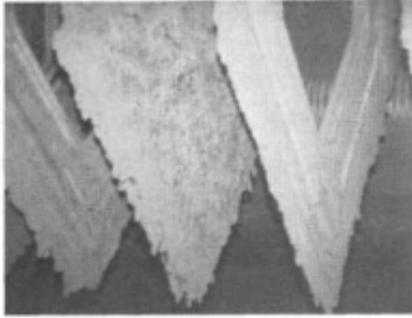


图2 生物质锅炉过热器上的沾污

2.2 生物质燃料锅炉结渣

在燃用生物质的流化床中，发现存在严重的结块现象。其形成的主要原因是生物质本身含有的钾钠元素等床料(通常是石英砂)发生反应，形成 $K_2O \cdot 4SiO_2$ 和 $Na_2O \cdot 2SiO_2$ 的低温共熔混合物，其熔点分别为870 和760 。这种粘性的共晶体附着在砂子表面相互粘结，形成结块现象。在层燃锅炉中燃烧温度高于生物质燃料灰熔点(灰熔点低于1000)，形成较易碎裂的渣块。

2.3 有害气体的排放

生物质中S元素的含量一般都比较低，但在废气排放中仍可监测到有部分SO₂气体。但在生物质燃烧过程中，HCl的排放则远远高于煤的燃烧，这主要归咎于生物质中的高氯含量。而这些排放物进一步与生物质中的钾元素反应，就很容易形成气溶胶。

气溶胶排放到大气会造成环境污染，而且也容易粘着在催化剂(例如SCR)表面，影响催化剂作用。

以质量摺准来看，生物质中的N含量要小于煤，但由于生物质的低热值，以能量为标准，生物质的N含量与煤同在一个数量级上。但由于流化床燃烧温度较低，且在高瀑旋风分离器后可较方便地采用喷氨脱硝措施以满足 100mg / m³NO_x排放的严格要求。

3 我国的生物质发电锅炉

3.1 燃煤小火电厂改造成生物质能发电厂

为实现能源的可持续开发，对燃煤小火电厂锅炉采用生物质和煤混烧或者生物质直接燃烧锅炉改造的技术问题进行研究，研究生物质燃料和常规燃料混烧或生物质直接燃烧的合理运行方式，既节约了社会资源，又有利于社会稳定和环境保护，符合当前建设资源节约型、环境友好型和谐社会的大局。

3.2 生物质锅炉的开发应用

锅炉的设计制造技术目前还是以引进技术、国内制造为主。山东单县、高唐等多个项目都是引进丹麦BWE公司的秸秆生物发电技术。种锅炉技术在星外已经成熟并得到了认可，但价格相对较高。我国目前尚处于消化吸收国外先进技术阶段，从利用生物质能、环境保护方面考虑必须开发具有自主知识产权的国产生物质锅炉。

国内现有的生物质锅炉主要以农作物秸秆为主，已经初步具备的燃烧技术包括：秸秆捆扎进料结合水冷震动炉排技术、秸秆与煤混烧技术、压裁成裂的秸秆燃烧技术。

秸秆捆扎进料的燃烧，燃用前，需对每一包捆扎的秸秆进行红外线检测其含水率，含水量<25%的合格品，经破碎机破碎后进入炉膛，并结合水冷震动式炉排技术进行燃烧。

秸秆与煤混烧技术在国内也有运用，国东十里泉发电厂在原来的煤粉炉上掺烧破碎的秸秆，然而产生的灰渣很难得到综合利用。单独的秸秆燃烧产生的灰渣含有很高的钾元素，可以用做肥料；煤的灰渣主要用于水泥工业的原材料。然而试验证明，秸秆与煤混烧的灰渣中的钾元素对其回收利用具有负面影响。

秸秆燃料热值低的特点，秸秆压制成型的燃烧技术已经越来越引起人们的重视。根据我国国情以及50MW以下机组

的老电厂改造的需要，上海四方锅炉厂独立自主开发了SF-75 / 3.82-T秸秆锅炉，见图3。主要设计参数如下。

额定蒸发量	75 t/h
过热器出口温度	450 °C
排烟温度	140 °C
燃烧室有效容积	647 m ³
过热器出口压力	3.82 MPa
给水温度	105 °C
锅炉效率	86 %
炉排有效面积	59.5 m ²

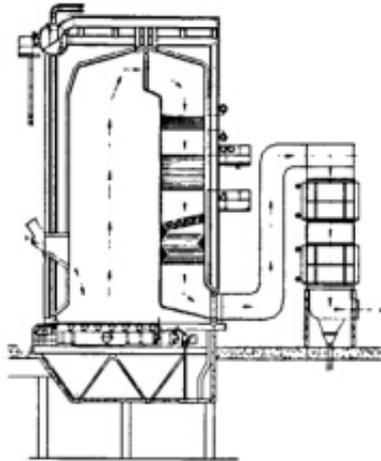


图3 75 t/h 炉排型秸秆锅炉

采用压制成型的燃料，将秸秆的体积压缩到原来的1 / 10—1 / 15。燃烧设备采用在角管式锅炉炉排基础上，结合生物质燃料的特点而开发的具有四方厂专利的鳞片式链条炉排，铸造精度高，炉排密封性好，通风间隙均匀，风室采用统仓等压风室，风室风压比一般炉排风压高100-200Pa，对燃料的穿透力强，有利于锅炉的强化燃烧。同时采用“室燃+层燃”的燃烧方式，燃料在炉前进料口通过可调式二次风送入炉膛，在一次风的配合下，破碎后的秸秆在炉膛内悬浮和半悬浮燃烧，未燃尽的秸秆落在炉排上继续燃烧；设计高的炉膛结构，延长烟气在炉膛的停留时间，通过一二次风的合理配比，保证悬浮燃烧和层燃燃烧的顺利进行。锅炉的结构紧凑，秸秆燃料的前处理占地面积小，燃料的破碎和送料均可以采用原有的燃煤锅炉设备，并可利用原有的锅炉房以及原有的燃料储存场地，不需添置太多的先进设备，比较适合原有小火电厂的改造。该锅炉安装于长葛电厂，2007年4月投运，2007年9月通过性能测试。

4结论

我国生物质燃烧技术已经有了一些新的突破，并不断有新炉投运，国外的生物质燃烧锅炉技术已趋成熟，并投入运行。然而生物质锅炉存在的一些问题，包括沾污

、腐蚀、结块，SO₂

、NO_x、HCl以及气溶胶的排放等，这些问题主要由生物质本身的物理化学特性引起，还需要进一步的研究，并开发出合适的燃烧设备。

我国生物质锅炉的开发重点和需要解决的问题是：生物质燃料的预处理设备开发、锅炉受热面沾污、腐蚀、结渣、气溶胶排放等问题的深入研究；锅炉设计和制造技术的提高。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/82414.html>