

生物质循环流化床锅炉与链条炉技术经济比较

刘明强，臧藏，祖可云，刘凯，朱静

(中机国能电力工程有限公司，上海200061)

摘要：本文以某生物质供热能源站项目为依托，从技术角度、经济效益方面对生物质循环流化床锅炉和链条炉进行全方位的分析比较，详细介绍了两种锅炉的优缺点，为生物质锅炉选型提供依据。

生物质能是重要的可再生能源，具有资源来源广泛、利用方式多样化、能源产品多元化、综合效益显著的特点。生物质锅炉供热具有清洁环保经济适用的特点，一是技术比较成熟，工艺简单；二是大气污染物排放较少，生物质燃料锅炉燃烧排放SO₂

浓度较低，安装除尘设施后锅炉烟尘、氮氧化物排放可达到轻油排放标准，以林业剩余物为主的生物质燃料锅炉大气污染物排放可达到天然气标准；三是经济可行，生物质燃料价格较低，生物质锅炉供热有着较为明显的成本优势；四是分布式供热，直接在终端消费侧替代燃煤供热，分散布局，运行灵活，适应性强，满足多元化用热需求。目前国内生物质燃烧的锅炉有往复式炉排炉、水冷振动式炉排炉、循环流化床锅炉、联合炉排锅、链条炉等等。其中链条炉和循环流化床运行较为广泛。本文对循环流化床锅炉和链条炉进行分析比较，为生物质锅炉选型提供依据。

1项目简介

本项目为工业园区集中供热能源站，本期建设1×20t/h天然气锅炉和1×20t/h低温低压生物质锅炉。平时运行生物质锅炉，天然气锅炉作为生物质锅炉检修时的备用锅炉。生物质锅炉以稻壳成型颗粒为主要燃料。供热蒸汽参数为1.25MPa·g，250。

2炉型比较

2.1循环流化床锅炉

循环流化床锅炉主要通过床料的沸腾和混合使燃料能够呈流化状态，从而使燃料有足够的时间和空间与空气进行混合达到充分燃烧的效果。可分为鼓泡床和循环流化床锅炉，目前电站锅炉应用较多的是循环流化床锅炉，其特点是低温燃烧、燃料适应性强，燃烧可控性能好等。由于流态化燃烧的特点，越来越多的电站利用循环流化床炉型进行生物质燃烧。循环流化床锅炉主要有以下几个特点。

(1) 低温燃烧特性和炉膛温度均匀性。循环流化床锅炉炉膛内大量惰性的床料与燃料之间充分的混合使燃料燃烧放出的热量能均匀释放，燃烧效率高，一定程度避免局部高温。

(2) 较好的燃料适应性。循环流化床锅炉密相区的床料温度在800左右，热容量较高，即使燃料的水分高达50%~60%，进入炉膛后也能稳定燃烧。

(3) 循环流化床锅炉属于低温燃烧，不易结渣，NO_x、SO₂等污染物排放低，

(4) 负荷可调性大，一般可满足30%~100%的负荷运行需要。

(5) 锅炉无运动部件，事故率低。自动化程度较高。

(6) 锅炉结构较为复杂，且需要返料风机等额外设备，增加了初始设备投资。

(7) 炉内受热面磨损较为严重，防火耐磨浇筑料成本较高，另外如布风板上的风帽等也需要定期维护更换。

(8) 烟风系统阻力较高，风机用电量，机组能耗水平较高。对辅机设备的稳定性要求较高。

(9) 对入炉物料尺寸有一定限制，如不适应灰熔点低于800的生物质燃料等。

2.2链条炉

链条炉是机械化程度较高的一种层燃炉，因其炉排类似于链条式履带而得名，是工业锅炉中使用较广泛的一种炉型燃烧设备。其工作原理为：通过减速机带动链条炉排转动，使燃料从前方着火，到锅炉尾部燃尽，较固定炉排能够提高燃烧效率，同时链条转到下方时，风冷降温，能够保护炉排片不烧损，是层燃炉中较好的一种燃烧设备。链条炉排的外形好像皮带输送机，其运行过程是燃料从料斗内依靠自重落到炉排前端，随炉排自前向后缓慢移动，经闸板进入炉膛。闸板的高度可以自由调节，以控制燃料层的厚度。空气从炉排下面分区送风室引入，与燃料层运动方向相交。燃料在炉膛内受到辐射加热，依次完成预热、干燥、着火、燃烧，直到燃尽。灰渣则随炉排移动到后部，经过挡渣板落入后部水冷灰渣斗，由除渣机排出。

(1) 链条炉有以下的优点： 技术成熟、运行可靠、运行参数较低。 安装方便，施工期短，整个工程的造价和运行费用均较低。 运行稳定，操作简单，初始排放浓度低。 辅助设备少，维保管理方便。

(2) 链条炉的缺点为： 不能实现炉内脱硫，烟气中的SO₂对大气环境造成污染。 炉内高温燃烧，易产生大量NO_x，对环境造成污染。 热效率较低，虽然横梁式炉排的锅炉效率达82%，但仍低于循环流化床。 对负荷变化的适应性较差。

2.3 技术性能比较

两种炉型比较，如表1。

表 1 循环流化床锅炉与链条炉技术经济比较

锅炉炉型 指标	循环流化床锅炉	链条式炉排生物质直燃锅炉
燃料适应性	生物质燃料品种：不适应灰熔点低于 800℃的生物质燃料(黄色秸秆)，可掺烧或纯烧煤，生物质燃料热值：大于 2500kCal/kg	对燃料适应性好，但要求锅炉燃料单一稳定
燃料预处理	生物质燃料有一定的颗粒度要求，运行中需要补充床料	生物质燃料颗粒度要求低，主要考虑生物质输送系统的适应性。
锅炉本体尺寸	大	较小
锅炉热效率	高(约 86%~89%)	较高(约 75%~85%)
燃烧效率	高	较高
燃尽程度	高	较低
锅炉厂用电	高(约 12%~18%)	较低(约 11%~14%)
受热面磨损程度	高	低
锅炉灰渣综合利用	综合利用难度较大	可以综合利用
NO _x 排放量	低	高
脱硫能力	好	差
负荷调节能力	较好	较差
技术成熟度	技术相对成熟，技术完善容易	国内技术相对成熟
锅炉故障率	较高	中
锅炉维修费用	高	较高
机械运动部件	无	有
锅炉设备价格	高，配套风机和耐火材料价格高	低，配套风机和耐火材料价格较低

根据表1可知，循环流化床锅炉、链条炉各有优缺点：链条炉相对于循环流化床锅炉的投资价格要低。同时，循环流化床锅炉和链条炉维修费用都处于高或较高水平；从防腐和磨损角度上来说，链条炉、循环流化床锅炉的技术都很成熟。但是链条炉的受热面磨损及浇注料成本更低；从锅炉故障发生率来说，循环流化床锅炉的故障发生率较高，链条炉的故障发生率相对少一些；从锅炉本身燃烧所产生的NO_x

来讲，由于链条炉的炉

内燃烧温度相对于循环流化床锅炉燃烧温度要

高，因而燃烧产生的NO_x

相对较高；从锅炉的燃料燃尽度、燃烧效率和热效率来讲，循环流化床锅炉的燃料燃尽度、燃烧效率和热效率都更好；从燃料适应性来说，链条炉对燃料的适应性较强，但是要求锅炉燃料是单一稳定的。

而循环流化床锅炉的燃料适应性相对差一些，但可以掺烧不同燃料；从厂用电来说，链条炉耗电量要小，循环流化床锅炉厂用电较高；从脱硫能力来看，链条炉相对于循环流化床锅炉的脱硫效果要差；从脱硫成本来看，链条炉的NO_x

排放量更大，氨水的消耗更大，直接影响就是脱硝运行成本更高；循环流化床锅炉占地与链条炉相差不多，但是高度比链条炉高，锅炉本体室内布置时，循环流化床锅炉房高度更高，土建成本更大。

2.4经济性能比较

20t/h低温低压链条炉单台价格约480万左右（包括锅炉本体、钢架、一次仪表阀门、炉排电机），而循环流化床锅炉单台价格630万左右（包括锅炉本体、钢架、一次仪表阀门），初投资比链条炉多150万元。循环流化床锅炉耐磨耐火浇筑工作量较大、费用较高，链条炉耐火材料浇筑面积要小很多，有些仅需要在炉前以及排渣的局部区域进行耐火材料浇筑，此部分费用较低。

在筑炉费用上，循环流化床锅炉比链条炉要高出大约60万左右。循环流化床锅炉效率比链条炉燃烧效率高，按高出4%计算，按照固定燃料量计算产出蒸汽量比较，20t/h的锅炉，每小时多产出0.8吨蒸汽，全年7920小时，蒸汽价格按照260元/吨计算，循环流化床锅炉效率比链条炉年产出收益多约164.7万元/年。厂用电方面，工业电价为0.64元/kW·h，流化床锅炉效率比链条炉电耗高3%计算，在满负荷条件下运行电耗高出约6kW，全年7920小时，电费高出约3万元/年。综合计算可得，循环流化床锅炉一次性投资比链条炉多210万元，运行后每年可多收益163.7万元，1年多即可收回成本。长期来看，循环流化床的经济性更好。

3结语

综上所述，链条炉在燃料适应性及预处理、运行成本、负荷调节能力、维护费用等方面均有较好的表现，具有满足燃料适应性广、燃料颗粒度要求低、受热面磨损小、投资费用低、筑炉费用低、厂用电低等特点，但其热效率低、负荷调节能力差。循环流化床锅炉投资费用高（相对高35%以上），筑炉费用高，厂用电高（相对高3%，约6kW/台），但运行热效率高、锅炉污染小、负荷调节能力好。综合以上优缺点，考虑环保要求越来越高，以及长期收益、运行操作等方面因素，在可接受较高的一次性投资的情况下，应采用循环流化床锅炉。

参考文献：

[1]程乐鸣,周强等.链条炉改造为循环流化床锅炉的设计与运行[J].热力发电, 2005,34(3):25-27.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/150155.html>