

生物质（糠醛渣）循环流化床锅炉的开发应用及优化

朱性贵，张本峰，朱迎红，范子久

（河南心连心化学工业集团股份有限公司，河南新乡453731）

摘要：据生物质燃料（糠醛渣）的理化特点，结合以往的手烧炉、链条炉、差速床锅炉等燃烧方式的缺陷及问题，河南心连心化学工业集团股份有限公司与锅炉制造企业共同研究开发出35t/h次高压中温循环流化床锅炉（2台），并配套12MW抽凝式汽轮发电机组。简介本生物质（糠醛渣）锅炉的设备参数、糠醛渣的特性、锅炉系统结构与流程，详细介绍试运行过程中陆续对锅炉返料系统、給料系统、排料系统、脱硝系统等进行的一系列优化改造，以及改造后的运行情况。实际应用情况表明，新型生物质（糠醛渣）锅炉在不掺烧其他任何燃料的工况下实现了满负荷、稳定运行，年发电净利润超过300万元，年可消耗糠醛渣200kt，并在业内首次实现了生物质（糠醛渣）锅炉烟气的超低排放，实现了经济效益和环保效益的双丰收，值得在糠醛生产行业全面推广应用。

引言

河南心连心化学工业集团股份有限公司（简称河南心连心）产品以化肥（尿素、复合肥）为主，同时生产甲醇、二甲醚、三聚氰胺、糠醇、糠醛（产能50kt/a）等。在糠醛的生产过程中会产生糠醛渣这一固体废物，受环保政策日益严苛的影响，固体废物的处理途径越来越少。为解决这一难题，河南心连心决定用锅炉对糠醛渣进行燃烧处理，产生的蒸汽供化肥生产系统使用，以实现变废为宝的目的。

业内曾经采用过固定炉排手烧炉、链条炉、差速床锅炉等多种锅炉来处理糠醛渣，但均存在燃烧效率低、排放超标、系统腐蚀严重、受热面集灰等问题，后来逐步淘汰。而今国内能源形势、环保形势越来越严峻，开发一种实用的新型生物质（糠醛渣）循环流化床锅炉[简称生物质（糠醛渣）锅炉]势在必行。鉴于循环流化床锅炉具有燃料适应性强、不易结渣、环保指标较好等诸多优点，初步分析认为比较适合燃烧处理糠醛渣。

1 新型生物质（糠醛渣）锅炉的研发

1.1 生物质（糠醛渣）锅炉普遍存在的问题

近年来，山东、河北等地的部分糠醛生产企业陆续开始走热电联产的道路，但在生物质（糠醛渣）锅炉的开发过程中都存在一定的問題：①锅炉燃烧效率低；②糠醛渣后燃性强，经常烧坏除尘器布袋，造成尾气烟尘排放超标；③系统腐蚀严重，无法长周期运行；④糠醛渣含水率高，无法保证炉床温度，造成频繁停炉；⑤为保证燃烧，需添加其他燃料维持运行，违背生物质（糠醛渣）锅炉应用的初衷；⑥ NO_x 及 SO_2 原始排放浓度高，不易实现达标排放。

1.2 新型生物质（糠醛渣）锅炉的特点

结合生产实际，在保证生物质（糠醛渣）燃料及时干燥和有效燃烧的同时，新开发的专用循环流化床锅炉主要需具备以下特点。

- （1）給料系统采用螺旋给料机，保证系统密封性良好，避免糠醛渣逸出而造成二次污染。
- （2）改变燃煤锅炉的給料方式，将燃料入炉位置抬高，布置在炉膛稀相区；增高炉膛高度，以保证物料在炉膛内的停留时间。
- （3）旋风分离器锥段加长、角度加大，避免堵塞。
- （4）调整一、二次风比例，保证糠醛渣充分干燥并保证床层温度。
- （5）结合燃料特性，降低料层差压和用氧量，并选取合理的炉床温度（一般稳定在800~850℃），分级燃烧，减少 NO_x 及 SO_2 的生成。
- （6）锅炉中后部设置膜式壁包墙结构空置烟道，使未燃烬的物料在烟道内沉降，以解决糠醛渣的后燃问题。

(7) 炉膛、过热器、省煤器等多处均采用膜式壁或膜式壁包墙结构，保证换热效果及提高锅炉热效率。

(8) 空气预热器低温段列管采用内镀搪瓷结构，降低腐蚀风险。

2新型生物质（糠醛渣）锅炉简况

在充分考虑糠醛渣物料特性的前提下，河南心连心与锅炉制造企业共同研制开发新型生物质（糠醛渣）循环流化床锅炉（锅炉制造企业负责提供锅炉设计图纸，河南心连心负责提供工艺指标需求）——35t/h次高压中温循环流化床锅炉（2台），并配套12MW抽凝式汽轮发电机组，建成后可消耗糠醛渣200kt/a。2017年4月完成图纸设计，2017年12月完成建设工作，2018年3月进行试生产，2018年4月进行技改，2018年5月生物质（糠醛渣）锅炉运行正常。

2.1新型生物质（糠醛渣）锅炉设备参数

锅炉所用燃料——糠醛渣密度为500~640kg/m³

、粒径2~5mm。设计燃料收到基高位发热量2147kcal/kg；设计锅炉额定蒸发量35t/h，额定蒸汽压力5.3MPa，额定蒸汽温度450℃，给水温度104℃，排污率2%，设计热效率87%。

锅炉外形参数：炉膛宽度（两侧水冷壁管子中心线间距离）4235mm，炉膛深度（前后水冷壁中心线间距离）4025mm；锅筒中心线标高34080mm，锅炉顶板标高35180mm；锅炉宽度8400mm、锅炉深度22430mm（靠近烟道的一侧为后墙，远离烟道的一侧为前墙，从后墙方向看，左右侧分别为左侧墙、右侧墙，左右侧墙之间为锅炉的宽度，前后侧墙之间为锅炉的深度）。

2.2燃料特性（表1）

表1 生物质（糠醛渣）燃料特性分析结果

基础分析/%		元素分析/%				工业分析					
全水 (M _t)	全硫 (S _{tar})	碳 (C _{ar})	氢 (H _{ar})	氮 (N _{ar})	氧 (O _{ar})	水分 (M _{ad})/%	灰分 (A _{ar})/%	挥发分 (V _{ad})/%	固定碳 (FC _{ar})/%	焦渣特征 (CRC)	发热量 (Q _{net,ar})/MJ·kg ⁻¹
51.60	0.46	24.25	2.39	0.26	16.25	2.32	4.75	32.02	11.63	3	7.77

2.3锅炉系统简述

本生物质（糠醛渣）锅炉采用中温次高压参数、自然循环、固态排渣，是一个单锅筒、单炉膛布置以及平衡通风的循环流化床锅炉，炉架采用全钢结构且岛式半露天布置。锅炉炉膛采用膜式壁，全悬吊结构，所有重量均作用于顶板上，保证锅炉运行状态下膜式壁自由向下膨胀。锅炉中部为旋风分离器及返料装置，锅炉中后部采用含包墙膜式壁结构的烟道。锅炉尾部上半部为包墙膜式壁，内置高温过热器、低温过热器、省煤器；下部布置5组空气预热器，采用列管结构，最下端2组空气预热器管束为内镀搪瓷管。

送风系统分为一次风和二次风，一次风经空气预热器加热后用于锅炉床料燃烧；二次风经空气预热器加热后从炉膛中部进入，形成扰动风，促进床料循环。主蒸汽经锅筒导汽管、低温过热器、减温器、高温过热器、汇汽集箱送至汽轮发电机发电。

生物质（糠醛渣）锅炉系统流程如图1。

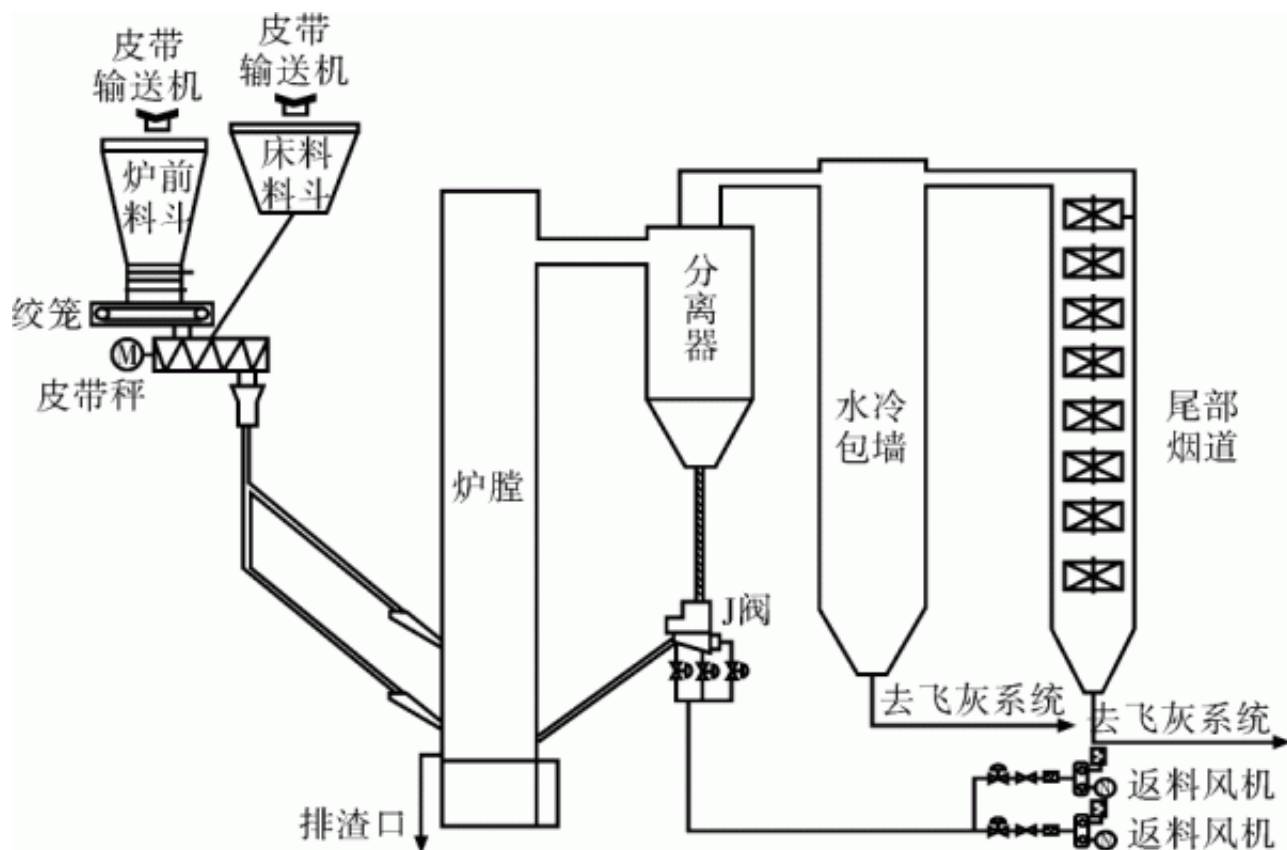


图1 生物质（糠醛渣）锅炉系统流程简图

3新型生物质（糠醛渣）锅炉的优化改进

糠醛渣作为一种新型的生物质能，目前国内还没有较成熟的燃烧处理经验可供参考，因此，试运行过程中结合现场实际情况，我们对锅炉系统进行了多项技改，最终达到了系统满负荷、长周期运行的目的。

3.1返料器改造

3.1.1初始运行状况

糠醛渣易粘结，初始运行时锅炉返料器粘灰严重，经常因返料器堵塞而造成返料中断，导致锅炉频繁启停，返料中断在停炉原因（次数）中占比超过五成，不能保证锅炉的长周期运行。

3.1.2改造措施及效果

- （1）在返料系统各易粘灰部位增设空气炮。
- （2）在回料道增设输送风，加快灰的循环速度。
- （3）在原两路返料风（松动风和返料风）管线上增设阀门及压力表、流量计，通过调节阀门的开度来调节返灰速度。通过上述改造及调整后，返料系统运行稳定，保证了锅炉的稳定运行。

3.2给料机改造

3.2.1初始运行状况

（1）原设计二次给料使用的是螺旋给料机，运行中螺旋给料机常出现轴承脱落或断裂、绞笼卡死（不转）等现象，在锅炉提负荷（增大给料量）后，螺旋给料机的问题更加严重，螺旋叶片上粘料严重，无法适应锅炉满负荷生产需

要。

(2) 下料立管管壁粘料严重，经常出现堵塞现象，严重影响锅炉的稳定运行。

(3) 密封皮带机电机过小，密封皮带上燃料多时，电机带不动皮带传动送料；密封皮带停运后再次启动时，皮带需人为协助才能转动。

(4) 现场漏渣严重，环保风险大。

3.2.2改进措施及效果

取消螺旋给料机，改用斜管，糠醛渣由给料皮带直接进入斜管而送入炉膛，斜管中间增设空气炮防堵。

给料系统优化改造后，不仅满足了锅炉满负荷、长周期运行的需要，而且还减少了运转设备的故障隐患和日常的维护、保养费用；单炉负荷较改造前增加约5t/h，2台锅炉均能够实现满负荷运行；下料管堵塞及密封皮带电机带不动传送皮带、现场漏渣等问题得到彻底解决，降低了环保风险。

3.3冷渣系统改造

3.3.1初始运行状况

冷渣系统下料不顺畅，冷渣机厂家对2台冷渣机进口处作了改造之后，下渣管堵料现象有所改善，但仍有不下料和向外喷料的现象，危及现场操作人员的人身安全。

3.3.2改进措施及效果

(1) 对冷渣机进口部位重新进行改造，下渣管插板向上抬高30cm左右，并将下料口密封，防止喷料伤人。

(2) 取消炉膛内冷渣机进渣下料管口3个原有风帽，改为定向风帽。

(3) 炉膛底部增设2根 $\phi 159\text{mm}$ 下渣管，下接冷渣机，系统运行中通过这2根下渣管将不能流化的大颗粒物料排出炉膛。

冷渣系统改造后，炉膛底部排渣口可以将炉内不流化的大颗粒物料排出，避免锅炉因物料流化不良而停炉，减少了停炉次数，保证了锅炉的稳定运行。

3.4储料棚料坑改造

拆除2台螺旋给料机，增设2台振动电机（通过电机的振动作用防止下料不畅），中间保留1台拨料器。经运行确认，拨料器一般情况下处于停运状态，料量大时随振动电机短暂启动，防止物料堵塞。

3.5脱硝系统改造

3.5.1初始运行状况

在线监控数据达到超低排放

要求是锅炉环保运行的必要条件。试运行期间，在线 NO_x 监测数据达不到 NO_x 超低排放（ $\leq 50\text{mg/m}^3$ ）的要求——氨水滴度在200以上、 NO_x 初始浓度在 120mg/m^3 左右时，通过脱硝系统的处理最多可将 NO_x 排放浓度降至 60mg/m^3 左右。

3.5.2改造措施及效果

(1) 添加不同比例的惰性物料，以试验惰性物料对脱硝效率的影响。

(2) 通过试验，调整一/二次风配比等，以提高脱硝效率。

采用添加（一定比例的

）惰性物料、调整一/二次风配比等一系列举措后

，最终实现了NO_x的超低排放——NO_x在线监测数据在30mg/m³

以下，且氨水滴度由210降至150，大大降低了脱硝成本，烟气中SO₂含量也达到超低排放要求，节省了脱硫成本。

3.6针对受热面积灰的改造

3.6.1初始运行状况

由于锅炉系统烟道阻力过大，在停炉后检查发现，屏式过热器、高温过热器及下部灰斗、空气预热器及下部灰斗积灰较多，不仅增大了烟道的阻力和引风机负荷，而且也降低了各受热面的换热效果及锅炉热效率，对锅炉的长周期运行造成较大影响。

3.6.2改造措施及效果

（1）采用激波吹灰器对积灰较严重部位定时吹灰，增加高温过热器和空气预热器（底部2组）的吹灰次数。

（2）在包墙底部增设4个空气炮。

改造措施实施后，各受热面换热效果及锅炉热效率得到提高，排灰顺畅，降低了系统阻力，避免了因包墙底部灰多、阻力大而导致的停炉。

4运行情况及效益分析

4.1运行情况

经过近半年的运行及相关改造，目前生物质（糠醛渣）锅炉已实现长周期、稳定运行，其运行数据见表2。

表 2 生物质（糠醛渣）锅炉运行数据

项 目	数据	项 目	数据
锅炉设计热效率(低位)/%	86.55	高温过热器进口烟温/℃	590
喷水比例(喷水量/蒸汽量)/%	2.71	中温过热器出口烟温/℃	406
冷风温度/℃	20	省煤器出口烟温/℃	272
热风温度/℃	216	空气预热器出口烟温/℃	150
燃烧过量空气系数	1.3	锅炉给水流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	40
锅炉出口烟气量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	57 293	一次风机流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	23 509
锅炉燃烧所需空气量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	44 569	二次风机流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	28 733
燃料耗量/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	14.83	一次风压力/Pa	13 200
燃料粒径/mm	2~5	二次风压力/Pa	8 500
炉膛出口烟温/℃	830	引风机流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	94 056
分离器出口烟温/℃	828	引风机压力/Pa	6 780

4.2效益分析

生物质（糠醛渣）锅炉试运行过程中，经陆续进行返料系统、給料系统、排料系统、脱硝系统等多项改造后，目前锅炉已完全达到设计要求，在不掺烧任何其他燃料（纯烧糠醛渣）的工况下实现了满负荷、稳定运行，且在业内第一家实现了生物质（糠醛渣）锅炉烟气

大气污染物超低排放——烟尘浓度 $<5\text{mg}/\text{m}^3$ 、 SO_2 浓度 $<20\text{mg}/\text{m}^3$ 、 NO_x 浓度 $<30\text{mg}/\text{m}^3$

；经测算，每年可为公司提供5.3MPa蒸汽500kt以上、向糠醛装置输送1.3MPa蒸汽200kt以上，每年发电 $7200 \times 104\text{kW} \cdot \text{h}$ 、发电净利润超过300万元，实现了经济效益和环保效益的双丰收。

5结束语

经过30多年的发展，目前国内已有各类糠醛生产企业300多家，各糠醛生产企业都在摸索更好的糠醛渣处理途径，现阶段作为生物质能燃料开发热电联产项目是解决糠醛渣去向的最好方案，这对于改善当地储运、保护大气环境、发展经济、提高环保效益意义重大，尤其是对主要糠醛生产企业集聚区如黑龙江、河南、河北、东北、山东等地，全面推广生物质（糠醛渣）循环流化床锅炉具有重大的经济、环保与社会意义。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/162801.html>