

Z
N 1540

沸騰鍋爐技術資料

專 輯 二



浙江省科技局情报研究所
浙江省煤炭研究所编
浙 江 图 书 馆

一九七三年七月

29.5

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

深挖洞，广积粮，不称霸。

备战、备荒、为人民。

扭转北煤南运。

要采用先进技术，必须发挥我国人民的聪明才智，大搞科学试验。

洋为中用。

目 录

北京溢流式沸腾炉运行中的几个问题

.....第五设计院二大队 (1)

广东省沸腾锅炉初步测试总结

.....广东省沸腾锅炉联合测试小组 (7)

全沸腾锅炉试验小结

.....华中工学院
动力工程系 沸腾锅炉研究小组 (30)

流化床锅炉调查总结

.....哈尔滨锅炉厂 (40)

沸腾炉细灰单独燃烬试验总结

.....清华大学沸腾炉科研小组 (68)

国外沸腾锅炉发展概况

.....上海锅炉厂研究所 (79)

附:

沸腾锅炉资料索引

北京溢流式沸腾炉运行中的几个问题

第五设计院二大队

溢流式煤炭沸腾炉是近十几年来锅炉行业的一项新技术。因为它具有强化燃烧、强化传热，能烧劣质无烟煤和煤矸石，而且炉体紧凑，结构简单，节省钢材，节约投资等特点。因此，近几年来北京、上海、武汉、广东、浙江等省市均在研制和推广该型沸腾炉，各地都已积累了一些运行、设计方面的经验，为进一步完善和推广这种炉子打下了良好的基础。

北京地区有大量的煤矸石（灰分 $>45\%$ ， $Q=1200\sim 2500$ 大卡/公斤）、劣质无烟煤和无烟煤末（ $<8\text{mm}$ ）长期堆积，无法使用。据北京市节煤办公室的统计，如果全市有一半锅炉能就地取材，烧用上述煤种，每年就可净节约烟煤 $80\sim 100$ 万吨（北京地区盛产无烟煤，但因缺乏合适炉型，只能长期使用外地烟煤），还能节约3.9亿吨公里的交通运输量。这简单的统计数字，含蕴着深刻的政治意义！

我们曾在北京进行了短期的调查学习，现将初步了解到的情况，按溢流式沸腾炉发展过程中遇到的几个主要问题（飞灰、磨损、密封、炉体结构）介绍如下。

一、飞灰燃烬问题

北京溢流式沸腾炉在运行中，普遍存在飞灰量大和飞灰中含碳量偏高的问题（一般飞灰量占总灰量的 $50\sim 60\%$ ，飞灰含碳量为 $30\sim 40\%$ ）。飞灰量大就使引风机管道等磨损，也污染了环境。现在大部分工厂已安装了不同形式的除尘器。上述情况有所改善，但关于飞灰中含炭量偏高问题，至今尚未找到较好的解决办法。这是影响沸腾炉经济性的重要因素，也是沸腾炉进一步完善中需要解决的重要课题。

（一）形成飞灰的原因——由于溢流式沸腾炉燃用的是8毫米以下的煤末，在颗粒流化过程中，必然有一部分细粉被气流带出沸腾层，其带出量的多少与燃烧室结构、颗粒筛分、燃料比重、料层厚薄及运行操作等有关。对于一定颗粒的（8毫米以下）无烟煤来说，影响飞灰数量的主要因素是选择合理的流化速度，气流速度过高，则飞灰量加大。

北京地区目前燃用的京西无烟煤及煤矸石，一般细末比例偏大，若保证8毫米的颗粒呈沸腾状态，就必然带出较多的细末。因此，筛分不严，细末比例过大也是增加飞灰量的一个重要因素。北京前期建成的沸腾炉中有些是采用负压区进料，负压进料时也会有一部分细末被直接吹出沸腾层，加大飞灰量。

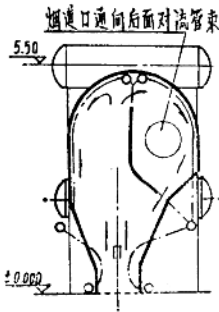
（二）解决飞灰燃烬的途径——各厂采取了很多措施解决飞灰燃烬问题，基本上可归纳为两类。

一类是立足于在一个炉膛内燃烧，采取的措施基本上有三方面：即采取炉内分离，延长飞灰在炉内停留时间及提高悬浮段的炉温，以期飞灰在炉膛内燃烬。具体措施可归纳如下：

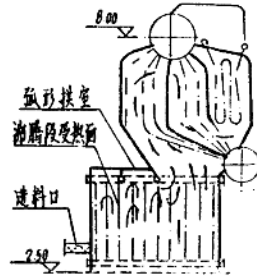
（1）采用锥形扩散炉膛，降低悬浮段烟气流速；

(2) 炉顶砌成圆弧形或在沸腾段上部砌筑弧形拱室, 使气流旋转飞灰分离(拱室也起蓄热作用利于飞灰燃烬)(图一、二)

(3) 在对流管束中砌筑挡火墙, 使气流连续转弯, 利用惯性使飞灰分离, 并延长飞灰在炉内停留时间(图二)



图一 6t/h沸腾炉示意图



图二 12t/h沸腾炉示意图

(4) 在沸腾段侧墙或炉顶部, 增设二次热风, 以增加气流扰动和补给氧分以利燃烧。

(5) 在悬浮段少布置受热面, 保持悬浮段有较高的炉温, 以利飞灰的燃烧。

(6) 采用旋风分离器, 飞灰在炉外分离后送入沸腾段再燃。

关于增加炉膛高度, 并在沸腾段以上设置一段无受热面区, 使悬浮段下部形成一高温区, 以利飞灰在高温区(高温段)燃烬的方案, 实践证明, 这种方案既加高炉体, 也达不到飞灰燃烬的目的。

另一种类型, 认为飞灰中的可燃物比煤中的可燃物挥发性差, 所以燃烧较缓慢, 且要有足够的氧。飞灰的颗粒小, 比重小, 沸腾燃烧的临界速度也不同于煤粒, 因此若将飞灰送至同一炉膛中重燃, 只能使飞灰重复地排出和送入(形成再循环)而达不到重燃的目的, 也增加了除尘器及引风机的负担, 降低了炉膛热效率, 很不经济。基于这种观点, 所以主张另行设计一个炉膛将飞灰也以沸腾方式燃烬, 这样既能保证飞灰的燃烧条件, 又发挥了沸腾床传热系数大的优点。

清华大学设计了一台20吨/时烧30%无烟煤70%煤矸石的沸腾炉(图三), 对解决飞灰再燃问题采取了如下措施:

(1) 具有两个炉膛, 主炉膛烧直径8毫米以下的煤末, 副炉膛再燃飞灰, 两个炉膛并列。

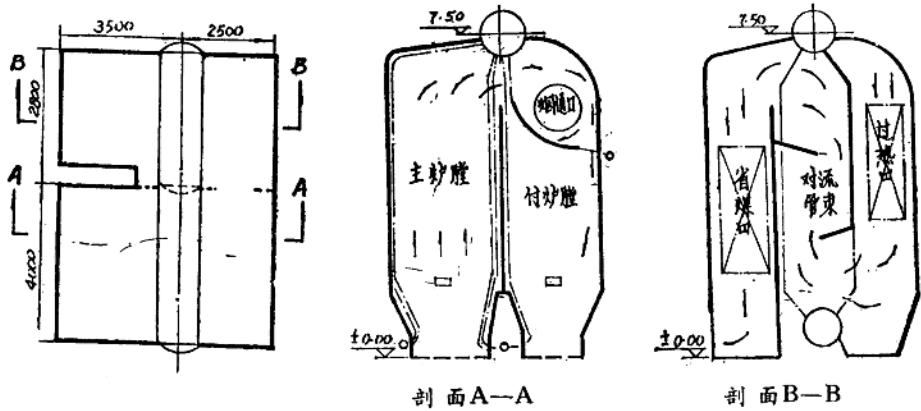
(2) 为保证飞灰在副炉膛内燃烬, 副炉膛内沸腾床温度设计为950℃, 沸腾层底部流速取0.9米/秒(冷态)。

(3) 副炉膛上部砌成圆形拱室, 烟气从主炉膛进入拱体结构后旋转使飞灰分离, 落入副炉膛内。烟气穿过中间隔墙进入对流受热管束。

(4) 在对流管束中加两组隔火板, 使烟气自下而上横向冲刷, 利用惯性使飞灰分离, 再送入副炉膛燃烧。

(5) 在主炉膛上部少布置受热面, 以保证炉膛温度, 使飞灰在此能继续燃烧。

(6) 炉外用旋风分离器捕集炉内未能分离的飞灰, 当飞灰中可燃物偏高时可将飞灰送至副炉膛内再燃。



图三 20t/h沸腾炉平面示意图

二、管壁和炉墙的磨损问题

溢流式沸腾炉已在北京地区运行近三年, 在运行中发现沸腾段水冷壁管及炉墙存在着较严重的磨损, 它影响到锅炉的安全运行。因此, 必须妥善解决这个问题。

(一) 磨损情况及原因——由于灼热的煤粒在沸腾燃烧过程中与管壁及炉墙碰撞, 对管壁及炉墙的磨损是不可避免的。据了解, 清华大学电厂的16吨/时沸腾炉沸腾段水冷壁管 ($\varnothing 51 \times 3.5$) 连续运行半年, 部分管段管壁厚度已减至0.7~1毫米, 北京地毯厂的12吨/时沸腾炉沸腾段水冷壁管 ($\varnothing 51 \times 3$) 连续运行半年, 部分管段管壁厚度已减至2毫米。

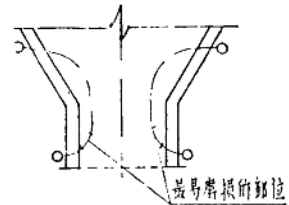
关于炉墙的磨损某些厂也比较严重, 如北京皮毛厂的沸腾炉, 运行半年后已将230毫米厚的耐火砖炉墙磨掉20毫米。

水冷壁管磨损较严重的部位, 发生在沸腾段下部, 靠近风板的弯角处 (图四), 其外侧受灼热颗粒定向冲刷, 因此磨损较严重, 此外个别炉体 (如清华大学16吨/时沸腾炉), 因沸腾段是锥体结构 (图四), 且水冷壁管布置太低, 造成颗粒大量反混, 内侧管壁受灼热颗粒的冲刷而导致管壁迅速减薄。

炉墙磨损较严重的部位, 发生在沸腾段前后炉墙, 溢流口等处, 主要原因是这些部位处在高温、高浓度灼热颗粒区, 热颗粒直接与炉墙接触, 反复冲刷的结果。

(二) 防止磨损的措施

(1) 将沸腾段水冷壁管磨损较严重的部位涂以碳化硅做骨料, 磷酸铝溶液做胶凝材料的耐热耐磨衬料, 该衬料在1300℃时的热抗压强度为254公斤/厘米², 耐火度>1900℃, 荷重软化点(2公斤/厘米²荷重时)>1750℃。



图四 沸腾段易磨损部位示意图

(2) 对部分易磨损管段定期更换管子(在设计中应考虑此部分管段便于拆装)或采用复合钢材。

(3) 将管子易磨损部位采取焊条堆焊加厚管壁或加焊肋片的方法。

另外,为减少沸腾段水冷壁管受到定向气流冲击,在布置沸腾段水冷壁管时,要使管子拐弯处高于风帽100~150毫米。

上述各项防磨措施,都处在试验阶段。

三、炉墙砌筑的密封性问题

北京地区溢流式沸腾炉经近三年的运行,不少工厂反映建炉时对炉墙砌筑的密封性问题重视不够,运行后有的锅炉炉墙产生严重裂缝,甚至局部变形,以致飞灰从墙缝中喷出,污染环境,影响锅炉的正常运行,有的锅炉不得不大面积返修。因此,在设计和建造沸腾炉时,应对炉墙的密封性予以充分重视。

锅炉墙体设计中,墙体伸缩缝以往习惯布置在炉墙四角上,并在缝中嵌入石棉绳密封(见图五-A)。

使用后,普遍反映伸缩缝内的石棉绳都被烧化,以致飞灰在炉内气压变化时喷出耐火炉墙。为了避免上述现象,目前北京做法是将伸缩缝移至炉墙墙面上,并在耐火砖墙伸缩缝处的外包红砖炉墙上再贴压一砖,以使严实(见图五-B),这种结构由于耐火砖体中间的磨擦密封面和外贴红砖,使炉墙具有较好的密封性。这种结构已在几个新建沸腾炉上采用。

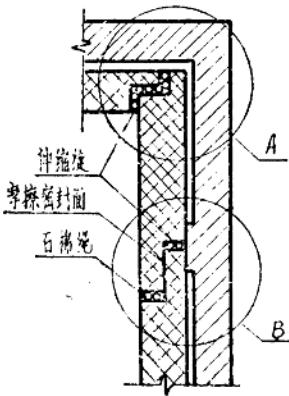


图 五

炉墙砌筑以往在沸腾段一般采用粘土耐火砖,砖缝用耐火泥。由于沸腾段灼热颗粒强烈冲刷砖缝使耐火泥脱落,而后又逐渐把砖体棱角磨去,炉墙内表也磨损剥落,这样就造成耐火砖缝透气和沸腾段砖体松动,往往为此而需停炉返修。为了避免上述现象,目前沸腾段内墙的砌筑已选用耐热混凝土取代耐火砖,耐热混凝土有良好的耐热耐磨的特性,同时耐热混凝土还可在沸腾段整体浇注,具有

良好的整体性,气密性好。

沸腾炉是一新生事物,正在不断完善和推广中,各单位往往自己动手,自力更生,不是由专业筑炉工来砌筑炉体,所以更应注意施工质量。

炉墙砌筑密封性是与炉体结构设计,炉墙砌筑材料,炉墙施工质量三个因素有关的,只有把这三个方面相互结合全面地妥善处理,才能较好地解决炉体的密封性问题。

四、有关炉体结构的几个问题

(一) 沸腾段炉膛结构及其受热面的布置——北京沸腾炉沸腾段炉膛结构,有两种设计方案:一种是锥体炉膛,一种是直体炉膛。

锥体炉膛:在沸腾段的底部区,(一般在炉膛约0.7米以下的部分,称为底部区),保持一

垂直段，炉膛的横截面保持不变，垂直段以上的炉膛横截面由下而上逐步扩大为一锥形炉膛。

直体炉膛：沸腾段全部采用垂直段，即沸腾段的横截面由下而上保持不变。

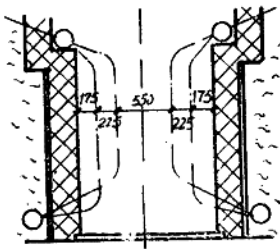
锥体炉膛的设计，主要是考虑在沸腾段应合理解决煤粒流化质量和颗粒带出的矛盾，即在沸腾段既要有良好的流化质量又要使颗粒的带出量限制在最小范围内。为此在该底部区保持一垂直段以增大底部流速使流化良好。而在底部区以上则采取扩大炉膛截面，降低流速的办法以减少颗粒带出量。（在设计锥体炉膛时，其后墙的扩散部分，应从溢流口的上界面开始，这是因为溢流口设在扩散部分时，会造成溢流不正常，另一方面沿边壁滑下的未燃烬的颗粒落入溢流口被排出，会造成能量损失）。北京前期建成的沸腾炉的沸腾段结构大都采用这种方案。

直体炉膛的设计，主要是考虑在沸腾段消除边壁效应（即沸腾层中颗粒沿着边壁下滑，形成沸腾层内的边壁移动床），以避免由于边壁移动床滑下来的颗粒，造成四周颗粒堆积。四周颗粒堆积是造成沸腾炉结焦的重要原因之一。北京安装的新炉，有的采用直体炉膛的方案。

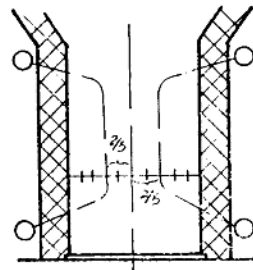
沸腾段采用锥体炉膛好，还是采用直体炉膛好，究竟那种炉膛结构较为优越，还有待于实践检验。

沸腾段（沸腾层）中热量的传递，是以接触传热和对流、辐射传热的方式进行，且主要地是以接触传热，即热粒子直接与炉管管壁碰撞而传递的。在沸腾层中由于灼热颗粒的强烈搅动，灼热颗粒在与管壁的多次碰撞中，把它的热量迅速传给炉管。同时由于颗粒对管壁的强烈碰撞，也使阻碍热量传递的靠近管壁的流体膜的厚度大大减小，因而使对流放热比纯气体流动时对管壁的放热要强化得多。因此，尽管沸腾层中温度并不高（一般保持在 $850\sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），却能保持很高的传热系数，根据测定当沸腾段布置垂直管时，传热系数 K 值可达 200 大卡/米²·小时·度。所以，在沸腾炉设计中必须充分利用沸腾段接触传热的特点，在沸腾段布置尽可能多的受热面。

在沸腾炉的设计中，强化沸腾层的燃烧和合理布置沸腾段受热面，对节省钢材，提高锅炉效率，缩小炉体具有十分重要的作用。设计中应考虑把绝大部分燃料都在沸腾段中烧烬，设计时推荐燃料在沸腾层的燃烧份额取用 0.9 。基于上述的设计意图，北京安装的新炉，多在沸腾段长方形（直体）炉膛的长边两侧布置双排水冷壁管，当前安装的都系自然循环锅炉，其水冷壁管均沿垂直方向布置，且离炉墙尽可能远些，如北京地毯厂新炉的侧墙双排水冷壁管分别离炉墙为 175mm 和 400mm （内侧水冷壁管间留有 550mm 的间距以供除焦用）。见图六。这种布置方式，既加大了受热面，又能使水冷壁管尽可能多地泡在料层中，由于泡在料层中的炉管长度增加，单位时间内参加热交换的灼热颗粒的碰撞机率增加，提高了接触传热的效果。根据测定，沸腾段中在偏离沸腾段中心 $2/5$ 等分处，热传递最为强烈。见图七。



图六 北京地毯厂沸腾炉沸腾段受热面布置



图七

因此，北京地毯厂沸腾炉双排水冷壁管的布置方式是较好的。

沸腾段受热面的布置还应注意：

(1) 管子离风帽高度，在减少磨损的前提下，应尽可能小些，以使沸腾层上下部温度均匀，以消除底部局部高温，避免结焦现象发生。

(2) 由于沸腾层中蒸汽产率高，汽水混合物的流速较大，流阻增高，为了得到可靠的水循环，须减少下降管中的阻力。并应选择合理的水循环回路。

(二) 炉膛结构的总布置——北京前期建成的一些沸腾炉的炉膛结构，多数是垂直布置，即把炉膛分成沸腾段、高温段和悬浮段，各段炉体都在一个垂直方向布置，向高度方向发展，炉体结构高大。这种布置方案，包括冷灰操作空间，炉体总高度对于蒸发量为12吨/时的锅炉达11.5米，蒸发量为6吨/时的锅炉达10米。因此，相应的要求锅炉房建筑加高，上煤系统也变得较为复杂。

这种高炉膛结构方案的设计思想主要是试图在沸腾段上部形成一高温段，即在该段炉膛设置蓄热拱而不布置受热面，以期在该段形成一个高温区（温度达950~1050℃）及第二浓集区（飞灰浓集区），使飞灰在此段实现炉内分离，并着火燃烧。运行实践表明，这种布置难以形成高温区，对飞灰的捕集和烧烬也达不到预期的效果。为此，北京设计安装的新炉，均已不再设置高温段。由于设计中充分利用沸腾段接触传热的特点，在沸腾段布置较多的受热面，燃料绝大部分在沸腾段烧烬（燃料在沸腾段的燃烧份额采取0.9），并取消了高温段。因此，北京新设计的沸腾炉的炉体高度，均已相应压低。（如北京地毯厂安装的二台12吨/时沸腾炉，比老炉约低3.0米。）看来低方案的炉体结构是可取的。炉体降低后，飞灰的捕集和燃烬，采用炉后除尘器捕集后重新送入沸腾段燃烧或将飞灰送入副炉膛（飞灰燃烬室）组织二次燃烧等方案解决。

(三) 前室——北京前期建成的一些沸腾炉，多数设有前室，即在沸腾段进煤口处设置一个相当于沸腾炉排（布风板）六分之一大小面积的，不设置受热面的前炉室。当时的设计意图是想在前室形成较高温度，使煤入炉时进行预热，以强化沸腾段主室的燃烧。运行实践证明，设置前室是不必要的。因为煤一进入沸腾段，只要有良好的流化质量，煤粒就能强烈燃烧，而前室由于不设受热面，温度较高，运行不当时，反易引起结焦。所以，北京后建的沸腾炉均已取消了前室，在整个沸腾段均布置了受热面，否定了煤入炉时应先预热的设想。

根据北京地区沸腾炉运行近三年的情况，通过与某些单位的讨论，他们有以下几点倾向性意见：

(1) 沸腾炉运行中的飞灰（指降低含碳量）和磨损两个问题相比较，一般都认为飞灰是一个主要问题，因磨损虽涉及到炉子的运行安全，但从目前各单位炉子的使用情况看，还都是局部磨损，且可采用加涂料、焊肋片……等办法来解决。目前的沸腾炉运行参数都较低，因此认为磨损不是一个主要问题。而如何降低飞灰含碳量，提高炉子的经济性却尚未找出一个较为妥善的办法。

(2) 沸腾炉的定型设计等问题。

沸腾炉在北京运行情况良好，各使用单位都已积累了一定的运行经验，虽然有些问题尚待进一步解决和改进，这是属于不断完善和提高的问题。为了使沸腾炉能够进一步推广，应组织专业锅炉厂与使用单位协作，进行炉体的系列化定型设计；辅机应该配套；沸腾炉用煤应设专厂集中破碎，以避免人力物力的浪费。

(3) 沸腾炉要搞综合利用。

北京地区对沸腾炉灰渣正在进行多种试验，有的已正式投入生产，大致有：

①利用沸腾渣为主要原料制水泥。

②沸腾炉灰现已普遍用来制做150*建筑用砖的原料；沸腾炉飞灰用在农业上，可以改良土壤，增加肥效。

③从沸腾炉灰中提炼氧化铝和硫酸氨。

④用沸腾炉灰制造分子筛。

(摘自《动力简讯》〔华东地区建筑标准设计协作组〕1972年第1期)

广东省沸腾锅炉初步测试总结

(一) 选测锅炉设备概况

1. 江门甘蔗化工厂*4炉(参见附图1)：

是由32吨/时波兰出产的马丁机械炉排锅炉改装。原炉设计煤种为资兴*4烟煤。改装后可稳定燃烧马安、高鹤小窑煤，也可掺烧70%低位热值为1537大卡/公斤的煤渣。蒸汽参数及出力能达到原炉铭牌值。

改装时，锅炉本体没有抬高。拆除原倾斜马丁机械炉排，改为固定布风板，布风板标高比原炉排平均标高下降2.2米。该炉的特点是采用双床双膛布置，布风板分为两块(每块风板配两个风箱)，在两个布风板中间砌一道高为2.7米的隔墙，组成两个沸腾燃烧炉膛，每边各用一台风机送风，加之两边水循环系统独立，所以也可以单边运行。这样的布置方式，为解决大、中型沸腾炉床板过大，布风不均，点火困难提供了很好的经验，而且由于可单边运行所以负荷可在很大范围内调节。另外该炉还采用了蛟龙正压进料。

汽水系统基本没有变动，沸腾受热面利用原侧墙和前墙冷壁管向下伸沿组成，新增加了两个下集箱和部分下降管。目前沸腾受热面略嫌不够，影响了出力的提高。另外因上部冷壁管没有变动，炉膛上部水冷程度过高使上部炉温较低，飞灰难以燃烬。

该炉改用水膜除尘器。

2. 广州糖厂*2炉(参见附图2)：

是由18吨/时捷克出产的拔伯葛旧式阶梯炉排蔗渣炉改装成的。改装后可稳定燃烧阳山小窑煤、混合煤等各煤种。蒸汽参数达到铭牌数值，常用负荷24~32吨/时，高负荷达36.5吨/时。

改装时，锅炉整体高度不变(原汽鼓标高+10.5米)，本体部分亦变动甚少，主要改装工作量在前置室，将原阶梯炉排拆除加装布风板和沸腾受热面，组成一个较矮的前置沸腾炉膛。前置炉膛净高4.5米，为我省改炉向矮小方向发展提供先例。两台自制送风机并联运行向床板供风。在汽包上开孔，胀接沸腾受热面的下降管和蒸汽导入管，组成封闭的水循环回路。只增加有效沸腾受热面47米²，锅炉出力提高了一倍(平均每吨蒸汽需要1.2米²的沸腾受热面)，这是利用沸腾燃烧强化传热，大幅度节约金属材料的一个最明显的例证。

该炉的最大特点是在溢流口后，第一、第二沉灰室下的后炉膛中利用旧料装置倾斜小链条炉排，组织飞灰二次燃烧和溢流渣物理显热的再利用，收到了一定的效果。另在后炉膛上

部布置了四角切向二次风以图提高该区域温度,以利飞灰燃烬,实践证明在燃烧混合煤时其效果显著。为适应提高出力的需要,引风机改为高效引风机,汽包内汽水分离装置亦做了适当改装。同时也适当增加了一部份过热器受热面,尾部烟道略有变动,加装了玻璃管水膜除尘器。

3. 广州绢麻纺织厂*3炉(参见附图3):

是由国产DKB10/25~375抛煤机层燃炉改装的(该炉因生产工艺要求长期降压至13 Kg/CM²运行),原炉设计煤种为淮南烟煤。改装后可稳定燃烧发热量为3000大卡/公斤左右的混合煤(煤渣与无烟煤2:1),蒸汽参数和出力能达到原炉铭牌数值。

改装时,锅炉本体没有抬高,将原手动翻转炉排拆除,打掉灰斗,加装固定布风板,布风板面积较原炉排面积缩小了近一倍半,布风板标高比原炉排标高下降3.35米。该炉的特点是在沸腾层上部有明显的高温段,以利飞灰燃烬。在沸腾炉膛内布置了15.5米²沸腾受热面后,将上部原侧墙水冷壁全部拆除,每边5条沸腾受热面的蒸汽引出管,经过炉膛内壁引入汽包,这样使炉膛上部水冷程度大大下降。过热器及对流管束没有变动,尾部烟道拆除一组省煤器,加宽烟道,以减少烟道阻力。

该炉的另一特点是送风机压头较低,运行时风室压力只有500~650毫米水柱,是我省沸腾炉低风压运行的一个先例。当调整风板阻力后,将会进一步降低电耗。

该炉采用了多管旋风子干态除尘器。

4. 江会氮肥厂沸腾炉:

是由该厂自制的DKB6.5手烧炉改装的。改装后,出力提高了,可以稳定燃烧高鹤小窑煤等劣质煤种,和掺烧70%低位热值为2000大卡/公斤左右的煤气造气炉渣。不仅煤种适应性大为提高,而且可综合利用本厂的造气炉渣,为我省“小氮肥”改变燃料路线,利用本省资源,降低成本,更有力地支援农业创造了成功的经验。

改装时,原炉不动,新增建一个前置沸腾炉膛,其内布置沸腾受热面与上汽包组成封闭循环回路,原炉的对流管束没有变动。该炉的特点是悬浮段不布置受热面,组成高温段,以利飞灰燃烧。另外,该炉的对流烟道布置别具一格,试图利用竖井煤粉炉的喷燃原理,组织飞灰在后炉膛二次燃烧,从沸腾层上升的高温烟气流经过一“缩颈”从上向下进入后炉膛,形成类似“L”形火炬的烟气流径。这些特点使该炉的前置沸腾炉膛的温度水平较易保持,也为提高后炉膛温度创造了有利条件。若保留后炉膛炉排估计后炉膛会达到较理想的温度水平。

四台炉改装前后简介,见表(一)

四台沸腾锅炉的结构特性,见表(二)

四台沸腾锅炉的主要运行数据,见表(三)

(二) 测试数据汇总

1. 锅炉热效率平衡汇总表(见表四)

2. 煤和灰渣的筛分特性数据(见表五)

3. 测试煤种的的分析数据汇总(见表六)

4. 沸腾锅炉与其他锅炉的比较(见表七)

5. 江门甘化厂沸腾炉溢流渣化学分析数据及沸腾炉渣水泥配方(见表八)。

表一 沸腾锅炉改装前后简介

序号	名称	单位	江口甘蔗化工厂		广州糖厂		广州绢麻纺织厂		江会氮肥厂	
			改装前	改装后	改装前	改装后	改装前	改装后	改装前	改装后
1	锅炉型式		OR-32bp		拔伯葛			KB-10/25		自制KB-6
2	燃烧方式		马丁式机械炉排	沸腾燃烧	蔗渣梯形炉巴	沸腾燃烧		抛煤机		手烧
3	蒸发量	吨/时	32	33	18	24-36	10	10	6	6
4	蒸汽压力	表压	37	37	21	25	13	13	8	8
5	蒸汽温度	°C	450	450	310	300	375	375	饱和	饱和
6	给水温度	°C	105	105	105	105	常温	常温	常温	常温
7	热风温度	°C	120	120	常温	/	/	/	常温	常温
8	总受热面	米 ²	2200	1810.5	1402.5	1940	515	415	250	262
9	一次风机	型号 千瓦 米 ³ /时 毫米水柱	() 45×2 27000×2 250	8-18.14* 180×2 30900×2 1120	/	8-18.13* 115×2 22000×2 905	() 22 16000 200	9-27.12* 115(代) 24000 905	8-18.8* 40 () ()	8-18.8* 100(代) 9000 1300
10	二次风机	"	() 27×2 15000×2 450	/	/	(炉排鼓风) 10 5400 350	/	/	/	/
11	引风机	"	() 165 132000 170	Y9-27.15½* 165 129000 235	() 77 88800 125	IDM型 99 82000 220	Y9-35 55 40000 230	Y9-35 55 40000 230	/	4-72.8* 14 25000 123
12	煤种及耗量	吨/时	资兴烟煤 5.6	烟煤+煤渣 9.87	蔗渣 9.57	无烟煤烟煤 6.85 4.90	淮南烟煤 1.685	烟煤+煤渣 3.24	烟煤 1.07	无烟煤 2.5
13	标准煤耗	吨/吨汽	0.138	0.160	0.14	0.130 0.111	0.132	0.142	0.14	0.261
14	单位电耗	度/吨汽	62	11.8 (有空气预热器)	4.26	9.65 5.57	6.4	9.4	5.3	8.4
15	锅炉效率	%	/	62	36	70 78	/	71	/	58
16	改装耗用钢材	吨	/	38	/	36.5	/	10	/	5.4
17	改装净投资	万元	/	6.5	/	7.0	/	3	/	2.5

表二 沸腾锅炉结构特性表

序号	名 称	单 位	江门甘化厂	广州糖厂	广州绢麻厂	江会氮肥厂
1	设计蒸发量	吨/时	40	36	15	10
2	沸腾受热面	米 ²	26.5	47	15.5	12
3	悬浮受热面	"	17.5	/	/	/
4	辐射受热面	"	230	对流 640	16.5	250
5	过热器	"	300	153	54	/
6	省煤器	"	(钢管) 760	(铸铁) 650	143	/
7	空气预热器	"	450	/	/	/
8	炉膛净高度	米	11	前置沸腾室 4.5	8.2	5.52
9	炉膛有效容积	米 ³	160	46+50	49	23.4
10	沸腾床 (布风板)有效面积	米 ²	$4.5 \times 1.26 = 5.6$ (二块)	$3.98 \times 1.98 = 7.8$	$2.95 \times 1.36 = 4$	$2.3 \times 1.06 = 2.4$
11	炉排热负荷	大卡/米 ² .时	3.3×10^6	3.4×10^6	2.5×10^6	5.03×10^6
12	风帽, 布置节距	毫米	90×90×100	95×95×95	85×85×85	108×108×108
13	帽头直径	"	φ 76	φ 80	φ 70	φ 93
14	风帽数量	个	782×2	993	583	237
15	小孔数	"	8	8	8	8 (周围12)
16	小孔直径	毫米	φ 6	φ 5.2	φ 4.5	φ 4.5
17	开孔率	%	3.1	2.27	1.85	1.26
18	常用负荷	吨汽/时	32	32	10	7
19	常用风量	米 ³ /时	40000	30000	16000	6600
20	截面流速(冷态)	米/秒	1.05	1.07	1.10	0.78
21	小孔风速	"	设计负荷 47 常用负荷 34	59 47	70 59	75 61
22	最大燃料粒度	毫米	10	10	14	10
23	溢流口高度	米	1.35	1.47	1.26	1.42
24	给煤方式及给煤机		正压—蛟龙给煤 负压—振动喂煤	负压进料— 皮带给煤	负压进料— 皮带给煤	负压进料— 圆盘给煤机
25	破 碎 机		/	φ 1000×700 反击式破碎机	高速锤击破碎机 (14KW)	φ 500×400反击式 破碎机(10KW)
26	筛选形式		振 动	电磁振动	炉 前 振	振 动

表三 沸腾炉运行数据表

序号	项目	单位	江门甘化厂		广州糖厂		广州绢麻厂		江会氮肥厂	
			4炉	3炉	5月8日	5月9日	5月30日	5月16日	5月18日	4月22日
1	煤种		烟煤+煤渣	70%烟煤+30%煤渣	烟煤+无烟煤	阳山煤	烟煤	30%烟煤+70%煤渣	梅田煤+煤渣	高鹤煤
2	蒸汽流量	吨/时	31.8	39.4	28.5	24.1	36.5	13.8	8.11	6.90
3	过热蒸汽压力	表压	38	38	38	25.4	23.1	11.3	6.8	气鼓压力7.0
4	过热蒸汽温度	C°	437	450	415	311	300	360	316	饱和
5	烟气温度:									
	沸下	C°	910/870	950/940	960/965	940/960	890/993	1020	970	932
	沸中	C°	970/970	970/960	980/1030	750/950	910/945	1000	930	1000
	沸上	C°	980/980	1090/1020	700/690	700/700	730/730	/	/	930
	二次炉膛	C°	/	/	/	880	1140	/	/	/
	过热器前	C°	/	/	/	460	540	610	600	/
	过热器后	C°	490	510	430	450	530	/	/	/
	排烟温度	C°	200	190	165	192	176	235	215	285
6	送风									
	风量	米 ³ /时	20000+23000	20000+24000	23000+18000	28800	30000	17000	12500	6600
	风温	C°	120/75	132/85	67/136	35	35	35	35	35
	风室压力	毫米水柱	800/780	785/785	860/800	790	760	600	610	835
7	送风机电流	A	250/260	260/255	235/235	125/127	140/135	90	85	90
8	引风机电流	A	260	270	230	104	105	70	60	4
9	给煤机电流	A	0.35/0.4	0.35/0.4	0.35/0.4	0.28	0.16	/	/	/

1. 本表数字来源于各厂运行操作记录表和测试记录表。
2. 江门甘化厂2月6日和3月13日的数字是8小时的平均值, 其余为瞬时记录值。
3. 广州绢麻厂的蒸汽流量是表面指示值, 应乘以修正系数。

表四 锅炉热效率平衡汇总表

序号	项目	厂名及炉型 符号	江门甘蔗化工厂 4* 沸腾炉		广 州 糖 厂 2* 沸 腾 炉				江会氮肥厂 沸腾炉		
			4月24日	4月26日	5月7日	5月8日	5月9日	5月30日	5月18日	4月27日	
1	平均蒸发量	D	33089	32580	31700	26250	23850	36397	27380	8585	6900
2	蒸汽压力及温度	Pgr	37.8 434	37.1 426	23.5 300	23.4 295	22.6 300	23.1 300	21.0 295	7.8 330	7.4 地和
3	蒸汽热焓	Igr	787	783	719.5	716.6	719.6	719.2	717.7	744.6	611.7
4	锅炉给水压力及温度	Pgs Tgs	50 100	49 100	43 92	43 96.5	44 92.5	44 91	44 85	10 43	21
5	锅炉给水热焓	Igs	100	100	92	96.5	92.5	91	85	43	21
6	平均燃煤量	B	9870	11494	4749	6374	6856	4813	7120	2772	2500
7	燃料种类		烟煤+煤渣	30%烟煤 70%煤渣	混合烟煤	烟+无烟煤	阳山无烟煤	烟	煤	阳山无烟煤	30%烟煤 70%煤渣
8	燃料分析, 低位热值	Q _D	3767	3320	5617	3407.3	3114.5	6152.6	3819.4	3074	3072
9	全水份	W _I	15.29	15.99	10.25	7.3	8.8	11.06	11.16	16.69	10.35
10	灰份	A _I	36.77	41.22	14.62	41.67	46.23	13.13	37.84	40.84	44.45
11	挥发份	V _I	11.28	9.07	22.76	13.08	10.44	24.37	8.72	8.98	8.27
12	固定碳	C _I	42.43	38.21	60.1	37.51	35.25	51.44	42.28	34.68	35.64
13	溢流量或炉排渣量	G _z	1863.5	2556.5	(炉排渣) 430	(同左) 1072	(同左) 1199	(同左)	(同左)	642	595
14	漏渣量或灰斗沉灰量	GL _z	1330.8	1283.7	(漏渣) 26	(同左) 205	(同左) 413	(同左)	(同左) 553	186	(漏渣) 109
15	溢流渣可燃物含量	C _z	0.3	0.37	27.57	12.12	8.92	15.16	14.65	1.6	2.7
16	飞灰可燃物含量	C _{fh}	46.7	45.63	13.9	22.21	16.29	45.06	22.8	30.32	33.59
17	漏渣可燃物含量	CL _z	35.89	38.09	/	/	17.11	/	/	19.68	2.7
18	烟气分析 尾部烟道	RO ₂	12.7	12.7	10.85	11.6	10.08	11.6	11.8	12.0	11.2

19	尾部烟道	O ₂	%	7.1	7.01	8.25	8.3	8.5	7.4	7.8	7.0	8.8	
20	尾部烟道	CO	%	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	
21	送风人口风温	T _{st}	°C	24	30	23.5	25	25	30	30	30	30	
22	排烟温度	T _{py}	°C	181	166	200	200	188	176	170	220	286.5	
23	溢流渣温度	T _z	°C	888	861	600	600	600	650	650	960	940	
24	炉膛温度	上区段	°C	888	861	780	690	700	730	768	/	932	
		中区段	°C	933	927	940	950	950	1040	930	1040	930	982
		下区段	°C	948	965	980	970	950	890	913	913	970	940
25	锅炉热效率(正平衡)	η _正	%	61.2	58.2	74.6	75	70	77.5	66.8	70.8	57.55	
26	排烟热损失	q ₄	%	6.94	5.58	9.52	9.28	8.48	8.15	6.32	9.53	13.05	
27	化学不完全燃烧热损失	q ₃	%	0.722	0.682	0.485	0.524	0.523	0.471	0.815	0.85	0.881	
28	机械不完全燃烧热损失	q ₄	%	27.086	32.56	12.5	13.93	18.62	17.75	23.8	18.3	23.99	
29	散热损失	q ₅	%	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.5	1.5	
30	灰渣的物理热损失	q ₆	%	0.01	1.328	0.156	0.58	0.748	0.27	0.49	1.67	1.95	
31	溢流渣占总灰分额	A _z	%	51.2	53.7	44.8	35.5	37.6	50.9	34.2	55.7	52	
32	飞灰占总灰分额	A _{fh}	%	25.3	21.2	53.14	57.42	52.16	35.7	49.7	31.1	38.4	
33	漏渣占总灰分额	A _{lz}	%	23.5	25.4	2.06	7.08	10.8	1.24	16.1	13.2	9.6	
34	引风机入口空气过剩系数	α _{py}	/	1.49	1.48	1.618	1.634	1.682	1.52	1.56	1.48	1.695	
35	反平衡锅炉热效率	η _反	%	64.14	58.85	76.34	74.68	70.63	72.36	67.47	68.15	58.63	
36	标准煤耗	b	公斤/吨汽	160	165	120	118	130	111	142	140	163	
37	单位电耗	N	度/吨汽	11.8	11.3	7.65	9.15	9.65	5.75	8.26	9.4	8.4	

表五之一 煤和灰渣的筛分特性数据

厂名	煤种	孔径 筛品名称	> 8 mm %	> 6 mm %	> 3 mm %	> 1 mm %	> 0.5 mm %	> 0.4 mm %	平均直径
江 门 甘 化 厂	50%唐山烟煤	煤		11.25	10.50	25.70	19.29	10.20	1.29
		溢流渣	2.13	10.87	17.80	41.80	26.30	0.89	1.75
	50%煤渣	飞灰				0.44	42.40	29.50	0.33
		煤	6.84	11.66	13.56	22.91	19.43	6.03	1.50
	梅田无烟煤	溢流渣	8.14	13.39	23.22	29.48	24.75	0.73	2.57
		飞灰					26.57	26.94	0.24
江 会 氮 肥 厂	30%烟煤	煤	5.48	13.53	17.56	12.84	23.69	9.07	1.60
		溢流渣	2.37	9.27	17.97	38.14	30.03	0.94	1.54
	70%煤渣	飞灰					30.85	31.34	0.27
		煤	5.44	13.60	20.65	34.10	11.52	11.00	2.30
	50%梅田无烟煤	溢流渣	5.16	9.24	18.38	35.45	27.05	3.54	1.80
		飞灰					3.64	13.45	0.10
100%高鹤无烟煤	煤	15.92	14.75	18.05	25.80	14.64	3.18	3.00	
	溢流渣	7.85	13.26	15.24	30.27	25.77	5.10	2.40	
		飞灰				2.86	18.57	0.11	