

电力行业管理与执法实务全书

锅炉运行与维护 (一)

卢炳瑞 主编

中国言实出版社

图书在版编目(CIP)数据

电力行业管理与执法实务全书 / 卢炳瑞主编 .

—北京 : 中国言实出版社 , 2004.9

ISBN 7-80128-321-6

. 电...

. 卢...

. 电力工业 - 法规 - 中国 - 汇编

. F407.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 103281 号

中国言实出版社出版发行

(北京市西城区府右街 2 号 邮政编码 100017)

中铁十六局印刷厂

787 × 1092 32 499.125 印张

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数 : 1 ~ 1 000 册

定价 : 2560.00 元(本卷 16.00 元)

目 录

锅炉改造	1
锅炉运行基础问答	21
锅炉运行问答题及答案	90
锅炉的构造、安装、运行和检查的有关规定	148
循环流化床锅炉燃烧控制与调整	158
锅炉等特种设备安全有关法规	164
不冒烟燃煤环保锅炉问世	169
哈锅亚临界锅炉通过性能考核	170
“分段燃烧煤气锅炉”引用成功	170
锅炉冷态试验测试系统研发	172
锅炉用燃料试试水煤浆	172
如何选购燃气壁挂炉锅炉	174
燃气壁挂炉的未来环保节能	175
环保型分户壁挂式锅炉遭遇尴尬	183
看全国各地纷纷采取措施“煤改气”	184
家用壁挂燃气锅炉	187
中国锅炉可望实现节能供暖	188
CFB 电站锅炉技术交流服务协作网获准组建	189
锅炉压力容器制造监督管理办法	189
锅炉压力容器制造许可级别划分	197

第一代节能环保型燃煤锅炉问世	201
锅炉节能自控装置	202

锅炉改造

改造技术方案

该炉原为 98 年石家庄市锅炉厂生产的流化床锅炉。目前锅炉的运行状态很不理想。为了提高产汽能力、提高热效率,同时在市场煤价极不稳定地情况下更加灵活地适应各种煤种,以达到节约生产成本、改善工作环境、解决大气环境污染的目的,很有必要进行技术改造。

1、采用高、低混合流速循环流化床燃烧方式

根据现有的厂房位置空间,该锅炉改造可以采用我公司研究开发的专利技术——高、低混合流速流化床燃烧方式。

本方案为下部采用大布风板面积,低流化速度,密相区布置埋管,流化速度 $< 4\text{m/s}$,为了延长细飞颗粒在炉内的停留时间,炉膛设计充分利用原有结构空间,稀相区烟气速度控制在 2m/s 以下,为了提高“U”型分离器效率,炉膛上部截面积逐步缩小,烟气速度逐步加快,出口烟速达 6m/s 左右。

2、采用合理的二级分离二级回送系统

高温分离器分离下来的物料回燃条件好,燃烧效率高,且能显著减少尾部受热面的磨损,因此,本方案在过热器前布置一级高温“U”型分离器。

关于分离器选型及组合,如果只采用一级高效旋风分离器,由于分离器需分离的物料量较大,颗粒在分离器内的相互碰撞及颗粒与分离壁碰撞易引起二次携带并随烟气直接进入锅炉尾部,分离效率达不到预期效果;如果采用一级旋风分离,一级多管分离,虽然分离效率高,但锅炉结构较难布置,且分离器阻力太大(高达 1600Pa)。

因此,本改造方案采用一级“U”型分离器,一级多管分离器。二级分离器阻力之和为 850Pa,分离器效率 $\geq 98\%$ 。

2.1、炉膛出口布置高温、免维修“U”型分离器
将后墙水冷壁管向炉内延伸,中途分开,并通过采用叉型管形式组成前隔墙,中隔墙二片膜式水冷壁隔墙,前隔墙即为“U”型高温分离后墙,通过中隔墙对烟气进行阻隔,即自然形成高温“U”型分离器,颗粒在转向室从烟气中分离出来,流向回料阀。

2.2、高温省煤器后布置中温高效多管分离器
在尾部竖井高温省煤器后加装高效多管分离器,回送阀采用技术成熟的“U”型阀。

3、合理布置炉膛受热面

一般原煤经破碎后 $< 2\text{mm}$ 占 50%左右,由于密相区燃烧份额较小,埋管受热面应比传统鼓泡床受热面少,

而悬浮段以上稀相区燃烧份额大,因此,本方案除炉膛四周布置水冷蒸发受热面外,还增加了前、中隔墙膜式蒸发受热面。同时,为了保证悬浮段以上一、二、三回程的烟气温度(900~950℃),给粉末颗粒创造良好的燃烧条件,大部分蒸发受热面均敷了浇注料或挂砖,以降低炉膛水冷度。

4、防止过热器超温措施

炉膛上部细灰颗粒燃烧份额大,烟气飞灰浓度高,过热器传热系数增大,由于一级表面式减温器减温能力有限,如不采取措施,必然造成过热蒸汽温度超温。按设计,锅炉的蒸发吸收热量(或蒸发受热面)与过热吸热量(过热器受热面)成一定比例,当过热器超温时,适当增加蒸发受热面,过热蒸汽温度即会下降。本方案前、中隔墙膜式壁采用挂砖结构,因此,过热器温度调节十分方便,从根本上解决了过热器超温问题。

5、防止回送系统结焦措施

对于高温分离器来说,由于分离下来的物料温度高(900~950℃),进入“U”型回送阀后结焦的可能性很大,一旦阀内结焦,飞灰将无法循环燃烧,循环流化床将变为一般的鼓泡床。本方案在高温分离物料仓内布置水冷壁,因此不存在锅炉结焦问题。

6、在入炉煤中加入 Ca(OH)_2 和 TUX—GL 助固硫

剂,可使炉内脱硫效率 $\geq 90\%$ 。其中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 加入量按 $\text{Ca}:\text{S}=1.5:1$ 。TUX—GL助固剂按给煤量的1%。采用一级脱硫除尘器,可使炉外脱硫效率 $\geq 90\%$,除尘效率 $\geq 99\%$ 。

四、改造的主要工程内容

改造的主要工程有:

1、保留气泡和钢架,炉膛拆除。增加前排钢架,扩大炉膛深度。用膜式壁使炉膛形成附图所示的三回程和“U”型高温分离器及其返料系统;

2、重新建造布风系统,增设风室、风帽、风道;

3、改为床上木炭点火(木炭点火的运行成本较低),增加点火平台。

4、调整尾部烟道的布置,增加中温分离器及其返料系统;

5、改造过热器、省煤器、空气预热器;

6、改造烟风道、排污阀等(鼓、引风机可以保留);

7、重筑炉墙和本体保温;

8、重做锅筒管道等的保温;

9、改造热工电器、控制操作显示屏等。

基本保留的有:

1、钢架、双锅筒;

2、双锅筒间对流管;

3、鼓、引风机(相应电机可能须更换)

4、省煤器;

5、空气预热器

七、本方案的特点

1、采用高、低混合流速循环床燃烧方式

本方案具有燃烧效率高的特点,又具有埋管低速床磨损小、负荷能力强的优势。

2、细粉在炉内燃烧时间长

本方案采用高、低混合流速燃烧方式,细颗粒一次通过炉膛停留时间长。炉内下部稀相区烟气速度 $< 2\text{m/s}$,细颗粒在下部稀相区及第一回程停留时间达 3.5s ,第二回程 2s ,第三回程 2.1s ,共计停留时间达 7.6s 左右,其停留时间是一般高速床的 2 倍.细颗粒被烟气携带出密相区上升并与前隔墙斜顶碰撞,反弹向下,这样也延长了细颗粒的燃烧时间。同时,下部密相区流化速度低,能最大限度减少粗颗粒入炉后的冲击细化。

3、采用高温“U”型、中温旋风二级分离,分离器分离效率高

3.1、高温“U”型分离器

为了提高“U”型分离器分离效率,本方案三个回程的烟气速度均不相同,第一回程中速,第二回程快

速,第三回程慢速。烟气在第一回程加快,进入第二回进一步加速,使颗粒速度与气流速度保持基本一致,经转向室进入第三回程烟速突然变慢,这样,即实现颗粒与气流迅速分离。烟气经过高温分离器后, $\geq 100\mu\text{m}$ 颗粒均能得到分离,分离效率达 80%左右。

3.2、中温旋风分离器

从公式可知,离心力 $F=M$,旋风子半径 R 越小,离心力 F 越大,分离器效率越高。本方案第二级中温旋风分离器由数组小旋风子组成,该旋风子与一般的多管分离器结构不同,分离效率高,不堵灰,运行周期长,维修更换十分方便。尺寸 $\geq 50\mu\text{m}$ 的细颗粒经分离器后均能分离下来,分离效率 $\geq 95\%$ 。

4、燃烧效率高

入炉煤可分为如下几个筛分段:10 ~ 2mm、2 ~ 0.1mm、0.1 ~ 0.05mm、 $< 0.05\text{mm}$;

由于布风板面积较大,密相区蓄料量、热容量很大,粗颗粒在炉内停留时间长,2 ~ 10mm 粗颗粒燃烧后,含碳量 $\leq 2\%$ 。

煤粒燃烧后外表灰壳的阻燃作用,对于 2 ~ 0.1mm 颗粒的煤需要经过多次循环才能燃烬。这部分颗粒经“U”型高温分离器后回送炉膛的温度达 900 左右,这样,对该范围的颗粒的多次循环燃烧十分有利。

中温分离器虽放在 600 左右温度位置,但分离器下来的 0.1 ~ 0.05mm 范围颗粒经与高温分离下来的物料混合,温度仍能保证在 800 左右。因此这部分颗粒再次回燃条件也很好。

炉内水冷壁管、隔墙膜隔管部分均用高温耐磨浇注料或挂砖覆盖;第一、二、三回程烟气温度均 ≥ 900 ,这样给细颗粒燃烧创造了良好的燃烧条件。

因此该方案能保证燃烧效率 $\geq 99\%$,飞灰含碳量能控制在 8%以下。

5、过热汽温度调节方便,可靠。

为了提高锅炉对煤种的适应能力,原过热器受热面积在设计时留有一定的富裕量,这样在表面式减温器减温能力有限的情况下,该方案能根据入炉煤筛分比例不同,通过调整蒸发受热面大小来调节过热汽温度。煤的含粉量较大时,对流过热器温度升高,当减温水全开时仍不能有效控制出口汽温,此时可取掉部分前、中隔墙挂砖,增加蒸发受热面,从而使过热蒸汽温度回到规定要求,反之亦然。

6、锅炉磨损小,连续运行周期长

埋管采取一定的防磨措施后连续运行时间可达 2 年以上,炉墙无需采用特殊材料。过热器未在粗颗粒循环回路中,因此不存在较大的磨损问题。

7、分离器使用周期长,阻力小

7.1、高温分离器四周由膜式水冷壁组成,能较好地得到冷却,结构紧凑,基本免维修。阻力为 100Pa 左右。

7.2、中温多管分离器经过特殊结构设计,使用周期长,不积灰,维修、更换十分方便。阻力为 700 ~ 800Pa。

8、回送系统不结焦,运行可靠

本系统采将高温分离物料与中温分离物料混合在一起,温度控制在 800 左右,高温回料仓四周布置水冷壁对回料灰进行冷却,因此回送系统不存在结焦问题,技术成熟的“U”型阀,调节方便,简单可靠。

9、采用合理的燃烧、布风系统

采用带台阶的风帽,风帽自成一平面,打焦、清炉、更换十分方便,空气通过风帽能耗小,大颗粒不沉底。

1、本方案能充分利用锅炉原有结构,投资少,改造周期短

八、循环流化床锅炉现状简述

我国已投运循环流化床锅炉有数千台,就现有的技术发展水平而言,锅炉对煤种适应性、负荷、运行的稳定问题已基本得到解决,但锅炉的运行热效率普

遍较低。

循环流化床锅炉燃烧系统、炉膛内结构、分离回送系统设计是否合理是决定锅炉热效率的关键。从目前运行的情况来看,粗颗粒一般均能较好的燃透(含碳量 $\leq 5\%$),但尾部细灰颗粒往往因锅炉结构不同,含碳量相差甚大($5\% \sim 48\%$)。我国煤种种类繁多,经破碎后粉末颗粒占的比例很高($< 2\text{mm}$ 占50%左右),许多锅炉在设计时并未考虑这一因素,锅炉的飞灰固体不完全燃烧损失(q_4)很大,热效率低,并造成过热汽温度难以控制。

1、循环倍率、流化速度

循环流化床锅炉可分为两大块:高循环倍率、高流化速度;低循环倍率、低流化速度。它们均具有各自的优缺点。

1.1、高循环倍率、高流化速度(一般称高速床)

1.1.1、优势

高速床布风板面积小,炉膛截面积小,下部粗颗粒燃烧区的流化床速度达 $7 \sim 9\text{m/s}$,上部细颗粒燃烧区烟气速度达 $4 \sim 5\text{m/s}$,因此高速床炉内燃烧强度大,发展新型大容量流化床锅炉不受给煤点数量多、布置困难的限制。高速床一般均采用高温分离,分离物料回燃条件好。

1.1.2、缺点

采用高循环倍率,高流化速度燃烧方式,一方面煤入炉后受热膨胀爆裂及气流对颗粒的冲击作用,煤粒细化速度加快;另一方面烟气速度较快,烟气中的飞灰浓度增加,虽然分离器分离的物料总量增加,但分离器对烟气中细粉颗粒的捕捉率却下降;对于改造锅炉来说,汽泡位置较难调整,炉膛高度尺寸基本不变,由于烟气速度的提高,颗粒在炉内的停留时间变短;再者流化速度高,锅炉下部磨损严重,烟气速度高,炉内细粉析出增加,锅炉受热面、分离器、炉墙磨损加剧,过热蒸汽温度超温现象较为普遍,并难以控制。

1.2、低循环倍率,低流化速度(一般称为低速床)

1.2.1、优势

低速床布风板面积大,炉膛截面积大,下部密相区流化速度只有 $3 \sim 4\text{m/s}$,它充分吸收了成熟的鼓泡床磨损小、密相区热容量大、温度稳定性好的优点,同时,炉内细粉析出量显著减少,这样,大大减轻了分离器的分离负担,整个烟气流程飞灰浓度下降,锅炉尾部磨损及锅炉原始排放浓度减少。

1.2.2、缺点

炉膛体积大,占地面积大,因此对于 75T/H 以上大容量锅炉大都采用高速床结构。

2、分离器选型

2.1 分离器型式

分离器种类繁多:旋风上排气分离器、旋风下排气分离器、“U”型分离器、槽型分离器、方型分离器、多管分离器、叶窗分离器、平面流分离器等等。这些分离器虽然各有优缺点,但从现在投入运行的情况看,“U”型分离器、旋风上排气分离器、多管分离器分离效率较高(80~95%)。其它分离器虽然结构简单,布置方便,但分离效率低(40~70%)。

2.2、分离器位置

按分离器所处的烟温位置来分:可分为高温分离器、中温分离器、低温分离器。

高温分离器一般放在 900℃ 以上烟温位置,材质要求高,如不采取特殊措施(如水冷或蒸汽冷却),其使用寿命很短。

下面将目前投运的高温分离器分离性能简单列表如下:

分离器型式	分离效率	使用寿命	阻力(Pa)	放置位置	造价	运行的可靠

						性
“U” 型分 离器 (水冷)	≥ 80%	长	≈ 100	炉内	般	
旋风 上排 分 离 器 (普 通)	≥ 80%	短	≈ 800	炉外	般	出 现 结 焦
旋风 上排 汽分 离器 (水 或蒸 汽冷 却)	≥ 80%		≈ 800	炉外	贵	
槽型 分 离	40		≈ 500	炉 内		出

器平 面流 化分 离器	%					现 结 焦
----------------------	---	--	--	--	--	-------------

从上表可以看出,采用“U”型高温分离器比较理想。

中温分离一般放在 600 ~ 700 烟温位置,对材质要求不高,使用周期长,采用多管旋风分离器或旋风上排汽分离器均能达到满意效果,阻力均为 700 ~ 800Pa。

低温分离由于物料回炉需吸热升温才能燃烧,燃烧效果差,故一般不采用。

2.3、分离回送系统组合

按分离回送系统组合来分,可分为一级分离、一级回送;二级分离、一级回送;二级分离、二级回送。二级分离、二级回送的运行效果较为理想。

3、循环流化床锅炉运行效果不理想原因分析

3.1、从技术流派来看,目前循环流化床锅炉均为单一的高循环倍率、高流化速度(高速床)或者单一的低循环倍率、低流化速度(低速床),因此,它们不可避免存在着热效率低、磨损严重等问题。

3.2、从分离回送系统来看,由于分离器选型不当,