

440t/h 循环流化床锅炉床面结焦引起的原因和预防措施

万 飞, 万强文, 王 洋

(神华鄂尔多斯煤制油分公司热电生产中心, 内蒙古 鄂尔多斯 017209)

摘要: 循环流化床锅炉燃烧技术是目前国内锅炉燃烧采用的一项高效、清洁燃烧的技术。它具有燃料适应性广, 燃烧效率高、氮氧化物排放低, 负荷调节比大和负荷调节快等突出优点。循环流化床锅炉由于燃料适应性广和锅炉运行时间长, 在锅炉启动和运行过程中, 运行调整方面稍有不慎就会引起床面结焦。床面结焦后如果发现和处置不当将会引起锅炉故障停运, 停运后清理床面焦块困难并且锅炉检修用时长。对锅炉安全稳定运行和企业经济发展都带来很大的影响和制约。为此, 本文针对上述情况进行了分析并提出预防措施。

关键词: 循环流化床锅炉; 床面结焦; 故障停运; 经济发展

中图分类号: TM621

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.18.021

循环流化床锅炉受设计和运行特点的制约, 运行中难免出现一些问题, 相对于常规的煤粉锅炉来讲, 循环流化床锅炉的床面结焦已成为大小循环流化床锅炉一个较为普遍而又严重的问题, 循环流化床锅炉床面结焦直接关系着锅炉的安全稳定长周期运行, 也影响循环流化床锅炉燃烧技术的发展和推广。因此结合循环流化床锅炉的运行技术特点和燃料适用性广的优点以及从事循环流化床锅炉运行经验, 对循环流化床锅炉床面结焦现象、引起床面结焦的原因进行分析研究, 提出运行中的预防措施和解决办法, 不断提高循环流化床锅炉的运行水平和技术推广。

炉和气流输送技术燃烧之间。循环流化床锅炉保留了常规鼓泡床燃烧的优点, 克服了其燃烧中的缺点, 是一种很有发展前景的锅炉燃烧技术。循环流化床锅炉是在炉膛里把矿物质燃料控制在运动流化状态下进行燃烧而产生蒸汽的设备^[1]。它把细小的固体颗粒燃料在一定速度下送入锅炉炉膛, 通过风将燃料与床料混合流化运行, 大部分燃料颗粒运动流化后靠重力随炉膛四周水冷壁落下, 被烟气带走离开炉膛的燃料颗粒绝经气固分离器通过离心力分离捕获, 将分离下来的燃料, 通过返料器送入炉膛。形成锅炉内外循环, 来保持稳定的炉膛床面温度。

1 研究对象

1.1 锅炉的任务及设计

煤制油公司热电生产中心成立于2005年8月, 是煤直接液化配套项目, 承担着为国家“十一五”重点工程煤液化生产线提供生产必需高中压蒸汽、电力和除盐水的重任。热电厂在设计过程中立足资源综合利用和环境保护, 采用循环流化床锅炉和空冷技术, 以煤液化生产线的液化沥青、洗中煤、煤矸石、煤泥作为燃料, 是目前国内唯一以煤液化沥青为燃料的资源综合利用型火力发电厂。设计容量为 $3 \times 440\text{t/h}$ 循环流化床锅炉+ $2 \times 100\text{MW}$ 空冷汽轮发电机组。锅炉采用无锡华光锅炉厂结合多年来生产研究循环流化床锅炉的经验结合煤液化沥青的特点研究开发的一代产品。

1.2 循环流化床锅炉燃烧技术分析

循环流化床锅炉的燃烧技术是鼓泡流化床锅炉、湍流床锅炉以及气流输送技术叠加起来的一种燃烧技术, 处于鼓泡床锅

2 锅炉结构形式及性能参数

锅炉的型式是采用高温、高压, 单汽包横置式, 单个炉膛, 自然水循环, 全部悬吊结构, 全钢架 π 型布置CFB锅炉的最大连续蒸发量为440t/h。锅炉整体采用紧身封闭, 炉膛受热面采用膜式水冷壁。给煤机将燃料送入炉膛, 一次风经空预器加热后由左右两侧一次风道进入水冷风室, 通过水冷风室上布风板布置的风帽进入炉膛底部将床料和燃料进行运动流化混合燃烧, 大量燃料物料在炉膛内呈现中间上升状态, 贴水冷壁下降的内循环方式。随烟气流出炉膛的细小燃料物料量, 经过旋风分离器分离后返料器返回炉膛, 这就是循环流化床锅炉的外循环。二次风经空预器加热后, 由炉膛前后墙上的喷口喷入炉膛, 以此来补充空气, 加强炉膛内燃烧的扰动与混合。烟气经转向室、高过、低过、省煤器、一、二次风空预器由尾部烟道进入除尘器除尘后进入脱硫塔进行脱硫烟气净化, 采用氨法脱硫, 最后将合格的烟气进入烟囱排出(图1)。锅炉的主要性能参数见下表1。

表1 锅炉的主要性能参数

名称	单位	数值
过热蒸汽流量	t/h	440
过热蒸汽出口压力(表压)	MPa	10.0
过热蒸汽温度	℃	540
给水温度	℃	230
循环倍率		25-30
锅炉排烟温度	℃	138
锅炉效率	%	91.52

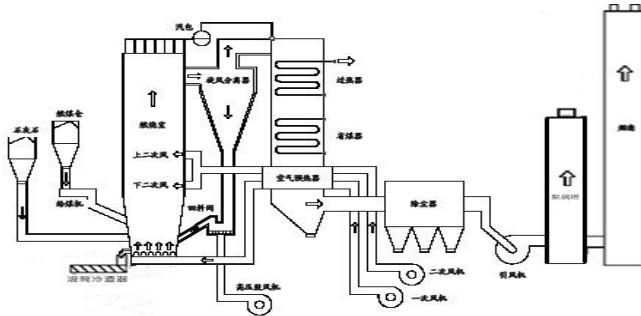


图1 锅炉流程示意图

3 燃烧、床面结焦对锅炉的影响

3.1 燃烧调整对锅炉的影响

循环流化床锅炉对进入炉膛的燃料量控制是极其重要的。运行人员必须对燃烧过程有一个全面的了解,才能对循环流化床锅炉进行合理地调整和高效运行。燃烧问题在循环流化床锅炉的设计中也占有十分重要的地位。这是因为,充分地燃烧可以保证锅炉很高的燃烧效率,而燃烧效率的高低,直接关系到燃料经济的多少,对整个发电企业的经济利益有着很重要影响和制约。另一方面,燃烧问题在循环流化床锅炉炉膛内的热量释放过程,对锅炉水冷壁的布置、烟气脱硫效率都有很大的影响。为此,运行人员必须对循环流化床锅炉内的燃烧原理及燃烧过程和影响因素有一个正确的理解。按照传统的燃烧理论,燃烧时间、炉膛床面温度和湍流度是保证循环流化床锅炉良好燃烧的的必要条件。在循环流化床锅炉中,床面温度一般维持在850—930℃左右,床面温的高低对床面结焦起着很大的影响,床面温度过高超过灰的熔点会引起床面高温结焦,床面温度过低使得燃料未完全燃烧引起形成床面低温结焦,床面温度的合理控制是预防循环流化床锅炉床面结焦的重要参数。

3.2 床面结焦对锅炉的影响

床面结焦对于循环流化床锅炉是一个严重而较为普遍的问题。如果床面结焦处理不好必然严重影响循环流化床锅炉的安全长期运行,也会影响到整个发电企业的发展和经济效益。因此对循环流化床锅炉床面结焦原因进行分析并得出预防措施,

会不断改善循环流化床锅炉安全稳定运行水平。

4 循环流化床锅炉床面结焦的类型和案例分析

4.1 循环流化床锅炉床面结焦的类型

循环流化床锅炉床面结焦类型有高温结焦、低温结焦和渐进性结焦。当床面温度整体低于灰渣变形温度而由于炉膛床面温度局部超温或低温烧结而引起的床面结焦称低温结焦,低温焦块是疏松的并且带有很多嵌入的未烧结燃料颗粒。炉膛床面整体温度较高而炉膛物料流化正常时所形成的床面结焦称高温结焦,高温焦块表面上看基本上是熔融的,焦块冷却后呈深褐色并且夹杂少量气孔。运行中锅炉的床面温度、床压和流化状态都正常情况下出现的缓慢长大的焦块称渐进性结焦,这种结焦是很难察觉的^[2]。炉内床面结焦是由于高温结焦、低温结焦、渐进性结焦和油与煤矸石、煤泥等混合燃烧时间较长以及物料流化不正常引起的床面结焦,不论是哪种原因引起的床面结焦,一旦焦块在炉膛床料中存在并随着时间的推移,焦块就像滚雪球似的越滚越大,造成物料流化更加困难,即影响床面的物料流化,物料流化不好易引起床面结焦,床面结焦后造成锅炉排渣管堵塞,最后引起锅炉故障停运。而且停炉清理炉膛床面结焦比较困难,并且锅炉检修期限较长。

4.2 循环流化床锅炉结焦案例分析

事故概况1: #0锅炉2013年12月5日04:52#0锅炉#3给煤机超速给煤量由原来14t/h突升至39.9t/h,05:01床温高1000℃报警,氧量由3.5%降至0.2%,给煤总量由52t/h增加至78t/h,05:01监盘人员发现给煤机#3给煤机超速立即停止#3给煤机运行,此时床温已升至1050℃,并增加一次风量由160000Nm³/h增加至210000Nm³/h,05:12#0炉床温由935℃升至1081℃,左右侧床压显示静止,怀疑由于床温将急剧上升,超过灰熔点,使床面高温结焦。

事故概况2: #2锅炉2014年5月6日11:08由于入炉煤比例调配不合理,上煤过程中液化沥青比例掺烧过大造成返料器、炉膛床面产生少量结构疏松的焦团。停炉后检查发现四个给煤口也有不同程度的堵塞和结焦现象。经过分析液化沥青是一种非常特殊的燃料,片状,80—100℃软化,200℃流动。如果掺烧量过大就会引起床面、给煤口堵塞和结焦。

事故概况3: #0锅炉2015年3月7日浇注料大面积更换和风帽改造后启动因需进行烘炉和各项试验,已经烧油运行了3天时间。3月10日2:14试投煤时,床温基本符合要求,达410℃连续投煤60秒后就停止。当时氧量从15%下降到8%,且床温上升较快,说明煤着火了。13日14:55发生床压突降现象,由5kPa降至2.3kPa至23:00,炉膛前后的看火孔已中

已看不到火焰。14日0:20排出的渣最大达10cm,个别小焦的焦结性看上去较强,之后又发现炉膛密相区下部部分温度测点指示值逐渐降低,几乎没波动,怀疑炉内已结焦。8:37被迫停炉。15日对炉膛进行检查,发现炉内有大量床料粘结成疏松型块状,炉膛已结渣,最大的一个砂包长约80cm,重达几十公斤。经过分析#0炉启动期间,煤油混烧时间过长,未燃烧完全的液化沥青易与床料板结成块。加之一次风量偏小,炉内流化不良,导致床料结块,形成疏松性渣块。

5 循环流化床锅炉床面结焦的现象、引起的原因、预防措施

5.1 循环流化床锅炉床面结焦现象

(1) 锅炉控制DCS监控画面显示床面温度、床压很不均匀,燃烧不稳定,锅炉的相关运行参数波动大,并且左右两侧偏差大。床面温度测点有数个出现偏差大,出现大幅跳动;甚至造成两侧床压测量值偏差大。

(2) 床面结焦初期锅炉料层差压(局部)缓慢下降(局部床温变化率小,甚至无变化),床面结焦严重时,料层差压急剧增加,并且通知波动。

(3) 锅炉运行氧量监视值快速下降,几乎近于零。

(4) 锅炉炉膛出口负压增大,一次风量,水冷风室风压波动大。

(5) 锅炉蒸发量、主蒸汽压力、主蒸汽气温均下降。

(6) 锅炉输渣系统排渣不畅,炉膛排渣管发生堵塞,单个或多个排渣口放不出渣或放渣中有疏松多孔烧结性焦块(局部结焦)。

(7) 从炉膛看火孔观察炉膛内有白色燃烧火花,或者可见焦块,同时可看到物料在炉内不正常的流化运动。

(8) 锅炉料层差压突然升高,短时后很快下降(多为炉内浇注料大面积塌落)。

5.2 循环流化床锅炉床面结焦引起的原因

(1) 锅炉入炉煤与床料的熔点太低,在床面温较低温度下就可导致床面结焦。

(2) 锅炉流化风量偏低,致使炉膛内物料长时间流化不良。一次风量过低,低于最低流化风量,物料流化不好。物料不能很好的流化使物料在炉膛内发生堆积,炉膛上部悬浮段燃烧份额减少,改变整个炉膛温度场,使锅炉热负荷下降,若此时盲目加大燃料量势必会造成床温超温而结焦^[3]。

(3) 锅炉布风板上的风帽损坏,造成布风板布风不均匀,炉膛内的部分物料不流化或流化不好。

(4) 返料器返料的影响,返料风量过小造成返料器返料不正常或返料器突然由于耐火材料的塌落而堵塞或因料差高放循

环灰外泄失控等原因,外部循环的物料量无法正常返至炉膛内,引起床面温的过高引起床面结焦。

(5) 锅炉床温测量装置故障,床温显示失准,造成运行人员判断失误或对某一单点床温偏高束手无策延误处理。

(6) 锅炉运行人员对床温监视和运行调整不及时引起床面超温结焦。

(7) 锅炉紧急压火操作时,操作过程不当,燃料没有燃尽,氧量没有上升至规定值或压火后各风门关闭不严密导致冷风进入炉内引起床面结焦。

(8) 炉膛内的浇注料大面积塌落,压住炉膛内的物料量,造成局部运动流化不良,超温而结焦。

(9) 锅炉运行过程中由于给煤机运行不正常,给煤量显示不准或给煤机运行中超速而造成给煤过多,风量没有及时调整或者运行人员没有及时发现造成床面局部超温。

(10) 锅炉运行中,长时间风、煤比例调配不当,缺氧燃烧或过量给煤或风量过低。

(11) 锅炉启动前对床料的含碳量、颗粒度检查不仔细,引起含碳量过高和床料颗粒过大过细。

(12) 入炉煤的燃料破碎系统故障和工作不正常。引起入炉煤颗粒的过大,使大块的矸石在床面沉积,影响物料运动流化和燃烧,造成炉内超温,床面结焦。

(13) 锅炉入炉煤比例调配不合理。锅炉掺烧液化沥青、煤泥、矸石、原煤,如果调配不合理很容易造成锅炉结焦。

(14) 循环流化床锅炉无论是运行中还是点火启动中,要严格监视床面温度,床面温度的高低关系着锅炉床面结焦与否。同时运行和启动中一旦出现床面结焦,焦块便会迅速增长,焦块长大速度会越来越快,所有及早发现床面结焦并予以清除是运行人员必须掌握的原则,因炽热的焦块相对容易打碎,即使在运行或点火启动中也能很快处理。一旦出现严重床面结焦则应立即停炉,实施清焦操作,否则,残留的小焦块将对重新启动后的运行产生不利影响。

5.3 循环流化床锅炉床面结焦的预防措施

(1) 时刻关注炉膛内物料的运动流化工况,防止物料沉积引起流化不好造成床面超温。

(2) 及时了解入炉煤的煤质情况,特别是燃料的粒度、细度、矸石、熔点等指标一定要做好比例的调配和发热量的控制。

(3) 根据入炉煤的煤质情况改变燃料的结焦特性,做好锅炉入炉煤的调配(原煤与矸石、煤泥、液化沥青的配备比例),改变燃料的结焦特性,对预防循环流化床锅炉床面结焦有着很明显的实用意义。

(4) 锅炉检修对布风板更换风帽后,锅炉启动前要进行检

查和重新测定布风板阻力特性并让运行人员及时了解此特性的变化。锅炉启动前要做最低流化风量试验,一方面检验风帽是否有堵塞,另一方面运行中以此风量来指导运行调整,正常运行中要保证运动流化正常,一次风量不能小于最低流化风量。

(5) 锅炉启运前要准备充分,在每次锅炉启动前,应认真检查布风板风帽、水冷风室,并清理炉膛、返料器、水冷风室的杂物,锅炉启动时,应进行锅炉冷态流化试验,确认床面布风均匀,物料流化良好。

(6) 锅炉启动过程中严格按照升温升压曲线启动,减少油和燃料混合燃烧时间,防止运行调整不及时导致发生床面结焦,尤其投煤初期煤油混烧阶段,大量的煤投到炉内不能完全燃烧,很容易和未燃的油粘在一起形成局部高温结焦^[4]。

(7) 锅炉运行中严格控制炉膛料层差压,保持均匀排渣。当锅炉床压过高时应立即启动输渣系统进行排渣,否则降低锅炉负荷,使料层差压保持在设计值范围内(9~11kPa)。控制好运行中的料层差压来控制料层厚度。采用人工放渣要及时,做到少放勤放,排出的炉渣有渣块应及时汇报进行分析,排渣结束后排渣门要关闭严密。

(8) 锅炉运行中加强返料器系统的检查和调整,观察返料器工作是否正常,防止因返料不正常和返料器故障而造成锅炉床面结焦。

(9) 在锅炉启动时床面温度达到投煤温度时,遵循少量间断的原则。启动单台给煤机点动少量给煤观察炉膛氧量下降、床温上升方可再次并逐渐延长点动给煤时间、缓慢增加给煤量。如果单次给煤过多,由于煤的颗粒未完全燃烧,使得整个床料含碳量增大,这时一旦加大风量,就会是燃料猛烈燃烧,锅炉整体床面温度上升过快,甚至超过灰的软化温度,造成整床面超温结焦。当床温超过1050℃,虽采取减煤加风措施,床面温度仍然上升,此时必须立即停止所有燃料或者停炉压火,压火时一定要注意床面温度和氧量情况,否则禁止压火操作。

(10) 锅炉运行中运行操作人员认真监测床底部和床中部温差,如果温差超出正常范围和规定值,说明炉内流化不正常,要及时就地检查,判断下部有沉积或结渣时,可短时开大一次风,并启动输渣系统进行排渣;如排渣困难或无渣排出说明床面已经结焦,此时则应立即停运检查、检修并汇报相关人员。

(11) 锅炉运行中低负荷运行时,如发现床温突然下降,除了燃料切断外,很可能是床料沉积,这时若增大燃料量,反而会引起床料加剧沉积,使沸腾床的流化质量变差,造成局部床面结焦。根据就地检查和观察判断是床料沉积时,启动输渣系统进行放渣,待床温正常后,应适当调节至较高负荷下运行。

(12) 锅炉运行中变工况运行时严格控制床面温度,变工况运行时,严格控制床面温度在允许范围内,做到升负荷先加风后加煤,降负荷先减煤后减风,燃烧调节要做到“少量多次”的调节方法,避免床面温度大起大落。

(13) 锅炉压火操作时一定要稳,压火时先停给煤,待氧量升到原氧量的3倍以上后再停风机,停运风机前要根据床面温度和氧量以及就地检查情况进行综合判断,防止炉膛内物料燃烧不尽压火后超温结焦。压火后要及时关闭各风门、关闭所有进风门及排渣门,以防冷风进入炉膛。

(14) 锅炉检修时确保锅炉的炉内浇注料及耐火耐磨材料质量及施工质量合格,烘炉合格,防止因浇注料等材料塌落引起炉膛内物料运动流化不良而床面结焦。

6 结语

综上所述,循环流化床锅炉床面结焦有着设计、制造和运行等多方面的主客观原因,并且机理复杂检查程序多。作为锅炉运行人员,应努力提高循环流化床锅炉运行技术理论操作水平,多借鉴同类机组的运行经验及事故案例,对循环流化床锅炉床面结焦的原因进行分析,做到心中有数。运行中严格执行各项预防床面结焦的技术措施和检查事项,在实践中不断积累操作经验。如此,循环流化床锅炉床面结焦还是可以控制和预防的,锅炉的安全、长期运行就可以得到保证,循环流化床锅炉的燃烧技术也就得到推广和应用,发电企业的经济利益也就得到保障。

参考文献:

- [1] 张兴阳. 循环流化床锅炉结焦原因分析及预防措施[J]. 神华科技, 2013, 66(02): 66-68.
- [2] 吕太, 郭振威, 张大伟. 230t/h 循环流化床锅炉结焦原因分析与处理措施[J]. 东北电力技术, 2011, 79(08): 35-37.
- [3] 刘思权. 循环流化床锅炉结焦机理与预防[J]. 新疆有色金属, 2015(03): 92-93.
- [4] 孙永泰. 解决循环流化床锅炉点火结焦的处理方法[J]. 石油和化工节能, 2017(01): 36-37.

作者简介: 万飞(1986-), 甘肃张掖人, 大学本科, 工程师, 主要从事循环流化床锅炉运行调整方法研究; 万强文(1984-), 甘肃平凉人, 大学本科, 工程师, 主要从事发电厂集控优化运行调整研究; 王洋(1992-), 内蒙古鄂尔多斯人, 大学本科, 工程师, 主要从事循环流化床锅炉运行优化燃烧调整研究。