

循环流化床锅炉结焦的原因分析及措施研究

张宝旭 (中原油田热力分公司, 河南 濮阳 457000)

摘要: 在当前热电厂运营发展中, 循环流化床锅炉是一种重要设备, 直接关系到燃烧效果。随着现代科学技术的发展, 其逐渐朝向高效、清洁方向发展。但在实际运行过程中, 仍存在一些故障问题, 比较常见的即是锅炉结焦, 对锅炉运行安全性和经济性具有密切关系。因此, 本文主要结合 240t 蒸汽锅炉的运行实践, 根据循环流化床燃烧技术分析出现结焦现象的表现、原因等, 并提出有效的预防和处理措施, 旨在为相关热电厂的循环流化床锅炉运行管理工作提供借鉴和参考。

关键词: 循环流化床; 锅炉; 结焦; 原因分析; 措施

0 前言

240t 循环流化床蒸汽锅炉机组主要包括锅炉本体、锅炉范围内的烟、风、燃料等管道及附属设备、测量仪表等。其设计采用单锅筒横置式, 单炉膛, 自然循环。一般是在室外布置, 封闭运转层以下部分, 标高为 8m。该设备在实际运行工程中, 经常出现结焦等故障, 不利于锅炉的正常稳定运行。为充分保证锅炉运行具有良好的经济性和安全性, 推动循环流化床锅炉的进一步发展和应用。则需要有效预防和解决结焦现象。为此本文结合实际工作经验探究如下。

1 240t 循环流化床锅炉设计特点

本锅炉为第二代节能型循环流化床锅炉, 主要组成部分包含炉膛、绝热旋风分离器、自平衡回料阀以及尾部对流烟道等。其中炉膛设计为膜式水冷壁, 将绝热旋风分离器设置在锅炉中部, 尾部设计竖井烟道, 布置两级五组对流过热器, 并且在过热器的下方布置有三组光管省煤器。除此还设置有一次风、二次风等各三组空气预热器。

该循环流化床锅炉的燃用设计中, 能够在定压时 50-100% 额定负荷范围内, 对过热器出口蒸汽保持额定参数, 且实现稳定燃烧。同时该锅炉的给水经过水平方式布置的三组光管式省煤器进行加热, 可由吊挂管进入到锅筒内部, 其含有的锅水将会有集中下降管以及分配管等, 进入到水冷壁的下集箱、水冷屏下集箱等设施中, 最后经过引出管进入到锅筒内部。当饱和蒸汽从锅筒顶部的蒸汽连接管位置上, 逐渐引到尾部汽冷侧包墙管、前后包墙、低温过热器等, 再将合格的过热蒸汽输送到汽轮机内。利用锅炉内的屏式过热器可提高整个系统的辐射传热性能, 保证有效调节锅炉的过热汽温。

2 循环流化床锅炉结焦现象

在实践中, 240t 循环流化床锅炉结焦的主要表现特征, 有以下几个方面, 可辅助相关人员判断结焦现象是否出现。

①通过 CRT 对流化床温度以及压力等参数的显示呈现不均均状况, 燃烧状态极为不稳定, 有关参数波动幅度较大, 与规范参数标准具有很大差异;

②通常情况下, 在 240t 循环流化床锅炉初期结焦阶段, 料层的差压将会有所下降。如出现严重结焦情况, 料层的差压将会急剧增加;

③循环流化床锅炉内的氧量大幅下降, 接近于 0 值。同时炉膛内的负压持续增加, 一次风量和风室风压参数变化波动较大。负荷、压力以及气温等均有下降趋势;

④ 240t 循环流化床的排渣不畅通, 常见在床层排渣管位置发生严重堵塞, 从而导致单个或者多个放渣口无法排渣, 或者排渣中存在疏松性多孔烧结性焦块, 以此形成局部结焦现象^[1];

⑤注意观察 240t 循环流化床的火焰颜色, 如出现局部或者大面积的白色火焰, 表示出现结焦现象。

3 循环流化床锅炉结焦分析

3.1 循环流化床锅炉结焦类型

锅炉结焦一般可分为三种类型, 分别是高温结焦、低温结焦、渐进性结焦。其中高温结焦现象的出现是由于锅炉在运行过程中, 因料层的温度相对较高, 导致床料燃烧较为猛烈, 促使温度大幅提高。而到温度超过灰的软化温度 T_2 时, 则会出现高温结焦故障。低温结焦的形成, 主要是在床层整体温度低于灰渣变形温度 T_1 时, 因为局部出现超温或者低温烧结等情况, 通常情况下低温焦块的表现形式为疏松的带有大量嵌入未烧结颗粒。渐进性结焦在循环流化床锅炉中是一种察觉难度较大的故障现象。其主要是因为布风系统设计不合理、安装质量不佳或者给煤颗粒度超出设计值、运行参数设置不当导致的。这种结焦类型的出现并非是单独出现的, 一旦床料中出现渣块, 随着运行时间的延长, 焦块将会逐渐增大, 影响床料流化, 致使排渣管堵塞, 造成全炉结焦, 严重会导致被迫停炉^[2]。

3.2 锅炉运行过程中出现结焦的原因

在 240t 循环流化床锅炉运行过程中, 出现结焦的主要原因, 一般包括以下几点:

①燃煤以及床料的灰熔点过低而导致结焦。或者是一次风量小于临界流化风量, 导致物料的流化情况不佳, 出现结焦;

②锅炉的布风板出现布风不均匀、部分风帽出现损

坏等，导致锅炉内的流化现象不良，并在床层内部出现局部吹穿等情况，而其他部位则存在供风不足的情况。致使局部的床温相对较高，造成物料黏结而形成炉内焦块；

③在返料过程中，如果返料风相对较小，则会导致返料器出现异常，比如因耐火材料发生塌落而出现堵塞情况。同时由于悬浮段的差压过高，出现循环灰失控等问题，返料难以正常返回炉内，进而出现床温过高，形成结焦故障^[3]；

④循环流化床的相关测量室设备出现故障，也会形成焦块。比如温度测量装置发生故障，床温表出现失灵，进而导致运行人员因误判开展不合理操作，致使焦块形成；

⑤当循环流化床锅炉运行时，如对压火操作不当，一旦有冷风吹进，则会形成一定的结焦现象。同时当锅炉处于长期超负荷运行或者负荷增加过快时，也会出现操作不当的现象。并且在启炉操作中，料层出现过薄或者过厚，均会引发焦块产生；

⑥如果锅炉内的浇注料出现大面积塌落，也将会导致局部流化不良，因为温度过热出现结焦现象；

⑦在锅炉实际运行时，如果给煤机等设备的运行出现异常，则会无法准确判断给煤量，当给煤过多时，将会造成床层的局部出现超温。另外，如果锅炉的给煤质量较差，也是结焦故障的主要发生原因。比如煤质变化较大、含有石块及废铁等杂物较多、给煤颗粒大等，进而对锅炉内的流化工况造成严重破坏，进而形成结焦故障。除此，对初期投煤时机以及给煤量的控制和把握不严，也会促使燃料进入锅炉内发生结焦^[4]；

⑧在启动循环流化床锅炉时，当相关人员开展返料投入操作时不符合相关规范，将会在很大程度上导致炉温的下降速度。受到给煤量过大的影响出现结焦。

4 循环流化床锅炉结焦的预防措施

目前阶段循环流化床锅炉结焦已经成为热电厂运行过程中存在的主要问题，为有效确保锅炉的安全、经济运行，则要注重对结焦现象的预防，避免焦块过大，影响整体运行效果。因此相关人员需要在240t循环流化床锅炉运行前、运行中以及停机时，采取有效的防范措施，并注重掌握相关技术要点。

4.1 运行前的预防措施

在240t蒸汽锅炉运行之前，工作人员需要做好充分准备。首先，在启动前全面、认真的检查风室、风帽等部位，并及时清理存在的杂物。同时开展适当的冷态流化试验，目的是保障床层的布风均匀，具有相对较好的流化性。其次，应当严格检查燃料制备系统的工作状态是否正常，控制入炉煤质良好、稳定。即是注重控制燃煤的粒度、细度、熔点以及矸石等重要指标，确保煤质符合设计要求。以此防范循环流化床锅炉在后续运行中出现结焦^[5]。

4.2 运行中的预防措施

在锅炉启动运行过程中，需要重点关注焦块的形成状况，尽量采取有效方法避免结焦。因此相关人员应合理把握锅炉运行的关键点，即是在点火过程中，要结合240t锅炉的实际运行需求，科学控制投煤时机以及投煤量。

通常来说，当床温达到规定标准后，可适当加入少量的煤，目的是提高床温。在进行给煤操作时，应当严格按照氧量表的变化情况，合理判断锅炉内部的燃烧情况。当给煤量相对较多时，可能会出现煤粒燃烧不充分的情况，致使床料的含碳量大幅增加。此时加大风量则会出现爆燃现象，进而大幅提高床温，由此产生结焦。所以为预防这一问题的出现，在实施点动给煤以及连续加煤的过程中，必须要严格控制进煤时间、数量等，密切观察氧量以及床温的变化情况。如果氧量无下降变化，则需在相应时间内停止给煤，如果确认氧量有所下降，并且床温上升时，可适当延长点动给煤的时间或增加给煤量。在温度达到700℃前，尽量以点动给煤为主，不得采用连续给煤方式。对投煤的时机需参照氧量和料层温度的变化而决定^[6]。

另外一方面，在240t循环流化床运行过程中，还应关注流化质量、返料、燃烧工况等关键性因素。在具体操作中，先是需要对锅炉运行负荷进行合理调整，最大限度的控制床温以及氧量等在允许可控范围之内。在升负荷时遵循先加风后加煤等程序，在降负荷时应当先进行减煤再减弱进风，基于少量多次的调节手段保证锅炉燃烧状态稳定，杜绝床温出现大幅波动。相关人员在锅炉运行过程中，还要注重对返料情况的监视，比如当返料器发生故障时，则会出现返料中断等情形，操作人员必须要及时减少给煤量，并加大一次风量，促使料层温度上升速度得到延缓，避免床料出现超温而出现结焦。同时还要关注返料器的故障发生情况，当无法消除故障时需开展停炉检修。

此外，为预防因燃烧工况不合理导致结焦情况，则需要控制锅炉出口的烟气含氧量在适当适宜范围内，一般控制在3-5%之间。并对一次风量与二次风量的比例进行有效调节，控制在6:4即可，充分保障炉内燃烧状况良好。这一过程中，一次风的作用是确保炉内流化效果提升，二次风起到调整锅炉内过剩空气系数的功能，确保煤和风的有效结合，进一步降低飞灰可燃物的含量，防范分离器以及返料装置等发生二次燃烧，避免出现超温、减少机械和化学燃烧不完全的问题。

在240t循环流化床锅炉运行中，要想充分预防结焦现象，还需重点处理料层压差以及压火操作。其中相关人员要按照流化情况合理控制料层压差在正常合理的范围之内，主要是在8000-9000Pa左右，进一步保证床料处于稳定的流化状态，确保温度均匀以及配风适当。在排渣过程中，如需采用人工控制方法，应当注重对两层

差压稳定性采取管控手段,促使其符合规定值要求,维系锅炉内部燃烧工况平稳。

在开展压火操作时,要先进行断煤,并且当氧量上升到正常值的2倍以后,且料层温度出现下降趋势,则要有序停止二次风机、一次风机、引风机和流化风机等,并在返料器内的大部分返料被送回到炉膛内部时再停止,从而能够防范在升火过程中,因为返料器出现堵塞而导致锅炉结焦。同时在压火期间,应当严格闭紧各个炉门、进风门、排渣门等设施,最大限度的保障循环流化炉运行的安全性和经济性。

4.3 停炉时的预防措施

当240t循环流化床锅炉停炉后,应当全面开展检修维护工作,切实保障各项设备的完好程度,避免对锅炉正常运行而产生影响。因此相关人员应当严格检查锅炉的耐火材料,观察是否存在大面积脱落现象,并检查炉膛内部是否存在异物等,避免破坏返料器的工作性能,防范出现床料流化不正常的问题。另外在停炉检修时,需关注风帽师傅出现损坏、堵塞以及脱落等,其会导致风室内具有大量的灰渣。同时要及时修复床温测点、氧量表失准等问题。通过配备完善的热工控制系统、仪表测定设备等为锅炉运行提供良好条件,而且需要严格规范停炉检修及保养预防操作,针对影响结焦的耐火材料、风帽、热工设备等实施全面的检修、修补和维护,从而最大限度的避免在锅炉机组启动后出现结焦情况。

在实施停炉保养的工作中,可采用适当方法保证锅炉运行性能,降低结焦发生率。比如针对240t循环流化床锅炉开展余热烘干法,即是加强对承压部件的检修,并在停用一段时间内利用热炉放水烘干等方法实施保养。当锅炉床层出现坍塌之后,要将各风烟挡板以及炉门等进行关闭,保证烟风系统紧闭,在压力降低到规定值即0.5~0.8MPa后,快速将炉内存水释放,通过炉膛的余热将受热面烘干。这一过程需注意炉内空气的相对湿度要小于70%,或者与环境相对湿度相同。当锅炉停运2~3内,可采用给水压力法进行保养。在自然降压到5.8MPa时,对水质进行化验,如不符合规定需进行换水操作,避免在运行中出现结焦。如炉水质量合格,可关闭定排一次和二次门,并解列连排。

当锅炉压力超过0.5MPa、过热器关闭温度低于200℃时,可向锅炉内上水实施充压,保证防腐压力在2.0~3.0MPa之间,最高限度不得超过5.8MPa,最低需在0.5MPa以上。对该锅炉开展防锈处理,则是在停运冷却后,及时进行炉膛吃扫、通风以及烟气排出等。并对受热面存在的积灰清理干净,既能够防治大量灰尘堆积吸收空气水分产生酸性腐蚀,又能够防范锅炉在启动运行后出现杂物、结焦等现象。检修以及保养工作结束,需实施水压试验,确定试验压力为10.81MPa,则是汽包工作压力,检查受热面以及汽水管道、阀门等设施的严密性和安全性。

5 循环流化床锅炉清焦处理方法

由于240t循环流化床锅炉运行的工况具有复杂化的特点,受多种因素的干扰,很容易出现结焦故障。而一旦出现焦块则会对锅炉的运行安全以及经济性造成较大的影响。因此相关人员需要及时开展清焦工作,保障锅炉整体运行具有稳定性。在实践操作中,应当在床面温度相对较高的时候实施清理,控制温度不超过70℃。并要准备完善的安全工具和灯具,如钢钎、耙子、风镐等,并且清焦人员需全身佩戴锅炉专用隔热服、防砸耐高温鞋等设施,保证作业安全性。综合考虑240t循环流化床锅炉清焦工作环境的恶劣性,而且劳动强度较大。在实施时,需合理组织人员,分配4~5人为一个工作班组,由2~3人进入炉内进行清焦,其余人员负责转运清理出的焦块。在清焦作业中炉内人员工作5~8min要更换炉外人员,避免因高温对人体造成损伤。在完成焦块清理工作后,应当严格、仔细检查疏通风帽孔,确保其畅通性,避免发生堵塞现象。

6 结束语

综上所述,在循环流化床锅炉运行期间,结焦是比较常见且影响较大的故障问题。为保障锅炉运行的安全性和稳定性,充分实现高效节能的目标,则需要采取有效措施预防结焦现象。因此在240t循环流化床锅炉运行管理中,相关人员首先需要充分掌握锅炉结焦的主要表现,从而为判断结焦提供良好依据。在操作中结合锅炉出现结焦的原因,在运行前、运行中以及停运检修中做好预防措施,包括做好启动前准备、控制燃料制备系统、把握投煤时机和投煤量、维系良好流化质量、加强监视返料情况、保证燃烧工况稳定、控制料层压差、正确开展压火操作、合理进行设备维护等。并科学组织锅炉清焦工作,最大限度的防范和处理结焦故障,充分确保循环流化床锅炉的安全平稳运行。

参考文献:

- [1] 罗士龙. 循环流化床锅炉结焦的原因分析及措施 [J]. 化工设计通讯, 2018, 44(08): 16-17.
- [2] 王建平. 循环流化床锅炉结焦原因及防治方法研究 [J]. 能源科技, 2020, 18(05): 54-57.
- [3] 张民赦. 循环流化床锅炉结焦原因与对策分析 [J]. 集成电路应用, 2020, 37(05): 78-79.
- [4] 李景彦. 循环流化床锅炉结焦的原因分析及措施 [J]. 山西建筑, 2018, 44(03): 122-123.
- [5] 宋启飞. 循环流化床锅炉结焦原因、处理对策及防护措施 [J]. 化工设计通讯, 2018, 44(09): 143.
- [6] 肖申, 张庆国, 刘林波, 等. 某电厂循环流化床锅炉掺烧石墨煤后结焦原因探讨 [J]. 电站系统工程, 2018, 34(03): 23-25.

作者简介:

张宝旭(1987-),男,本科,就职于中原油田热力分公司,中级(热能工程),研究方向:电厂锅炉运行。