

ICS 27.100

F 24

备案号: 44796-2014

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1322 — 2014

循环流化床锅炉冷态与燃烧调整 试验技术导则

Guide of cold and combustion adjustment tests for
circulating fluidized bed boilers

2014-03-18 发布

2014-08-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 冷态试验	2
5 燃烧调整试验	5
附录 A (资料性附录) 风量标定计算方法	11
附录 B (资料性附录) 布风板阻力计算方法	13
附录 C (规范性附录) 试验大纲的编写	14
附录 D (资料性附录) 燃烧调整测量项目	15
附录 E (规范性附录) 试验报告的主要内容	18
附录 F (规范性附录) CFB 锅炉燃烧的影响因素	19

循环流化床锅炉冷态与燃烧调整试验技术导则

1 范围

本标准规定了循环流化床 (Circulating Fluidized Bed, CFB) 锅炉的冷态与燃烧调整试验方法, 用以指导 CFB 锅炉的冷态与燃烧调整试验。

本标准适用于蒸发量为 35t/h 及以上、主要用于燃煤发电的 CFB 锅炉。其他容量、燃料或用途的 CFB 锅炉可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件, 仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本 (包括所有的修改单) 适用于本文件。

GB/T 477 煤炭筛分试验方法

GB/T 10184 电站锅炉性能试验规程

GB 26164.1 电业安全工作规程 第1部分: 热力和机械

DL/T 567.6 火力发电厂燃料试验方法 飞灰和炉渣可燃物测定方法

DL/T 964 循环流化床锅炉性能试验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

床料 bed material

CFB 锅炉启动前铺设在布风板上的具有一定厚度、符合一定粒度要求的固体颗粒, 也称点火底料。床料一般为底渣或砂子。

3.2

物料 material

CFB 锅炉运行过程中, 在炉膛及循环系统 (分离器、立管、回料系统等) 内燃烧或载热的固体颗粒。物料既包含床料, 也包含新给入的燃料、脱硫剂及脱硫产物、燃料燃烧后生成的灰渣等。

3.3

循环物料 circulation material

分离器分离下来通过回料系统返送回炉膛的物料。

3.4

循环倍率 circulation ratio

CFB 锅炉中, 由分离器分离下来且返送回炉内的物料量与给进的燃料量之比。循环倍率表征了 CFB 锅炉中循环物料量的相对大小, 循环倍率越大, 则单位时间内物料在炉内的循环次数越多。

3.5

颗粒平均粒径 average particle size

颗粒的平均粒径有多种。对于单颗粒, 由于颗粒形状不是标准的球体形状, 根据体积相同、表面积相同或表面积/体积比相同等情况, 可以分别确定体积平均直径、表面积平均直径和表面积/体积平均直径。对于颗粒群, 通过一系列标准筛孔尺寸的筛子筛分, 可以测定出颗粒群粒径的大小分布和组成特性。

如果颗粒粒径粗细范围较大,则称为宽筛分;如果颗粒粒径粗细范围较小,则称为窄筛分。对于宽筛分的颗粒群,可由筛分确定固体颗粒的粒度分布,并由此确定颗粒群的平均直径,包括质量平均直径、比表面积平均粒径等。工程应用中还常常用颗粒的中位径(即 50%质量比的颗粒通过筛孔的直径,用 d_{50} 表示)来衡量宽筛分颗粒群的粗细程度。

3.6

密相区 dense-phase zone

流化床燃烧室的下部、气固两相流中含有固相颗粒浓度高的区段。密相区内沿高度方向颗粒浓度逐渐降低,但变化不明显。CFB 锅炉中,一般定义密相区为布风板以上低于二次风喷口高度的区域。

3.7

稀相区 lean-phase zone

流化床燃烧室的上部、气固两相流中含有固相颗粒浓度低的区段。稀相区内颗粒浓度比较均匀,沿炉膛高度颗粒浓度变化比较缓慢。CFB 锅炉中,一般定义锅炉中部直段 500mm 以上为稀相区。

3.8

过渡区 transition zone

密相区与稀相区之间的区段。

3.9

床层差压 pressure drop of bed material

CFB 锅炉炉内物料在流化状态下形成的静压差,直接反映了炉内物料处于堆积状态时的高度情况,亦即反映了密相区内的物料总量,也称床压降。一定的物料量(料层高度)在流化状态下对应一定的床层差压。

3.10

流化速度 fluidized velocity

假设流化床内没有物料时空气(或烟气)通过炉膛的名义速度,也称空塔速度或表观速度。流化速度小于气流穿过床层时的实际速度,但它定量表征了床内流动的强弱,是流化床最重要的特征速度。

3.11

临界流化速度 critical fluidized velocity

床层由固定床向流化床转变的特征速度。流化床中,床压随流化速度的增加成正比增加,但是当流化速度增加到一定值时,床压达到最大值,如果继续增大流化速度,则床压几乎不变,此时对应的流化速度即为临界流化速度,也称最小流化速度。

3.12

布风板阻力 air distributor pressure drop

布风板上未铺设床料(即空床)时一次风通过布风板的压力降,由风帽进口端的局部阻力、风帽通道的摩擦与局部阻力和风帽出口阻力等组成。

4 冷态试验

4.1 试验内容

冷态试验应包括下列内容:

- a) 风量标定试验;
- b) 空床布风板阻力试验;
- c) 临界流化风量试验;
- d) 布风均匀性试验;
- e) 循环回路返料特性试验等。

4.2 试验前的准备工作

试验前应安装试验测点, 准备相关测量仪器仪表, 并完成如下准备工作:

- a) 应检查并清理炉膛和返料器布风板及风帽, 风帽应安装正确, 风帽出口小孔不应堵塞;
- b) 应按锅炉厂设计要求准备合格粒径的试验用床料;
- c) 炉膛和返料器风室内应无杂物, 保持各通风道通畅, 排渣管和放灰管应清洁通畅, 进出渣阀门开闭灵活, 开度指示正确;
- d) 各风道测量元件、床温测量元件等热工测点应工作正常、测压管无堵塞, 试验前应对测量风量及压力的仪表管路进行吹扫;
- e) 炉内耐磨耐火材料应符合锅炉启动要求;
- f) 各烟风道挡板和风门应调节灵活, 开关方向与位置指示正确, 待确定无问题后应全部关闭;
- g) 启动引风机、送风机, 检查风道和风室漏风情况, 如有明显漏风应及时消除;
- h) 关闭锅炉本体上的所有人孔门、看火孔等。

4.3 风量标定试验

4.3.1 锅炉首次启动前、锅炉每次大修后, 以及相关测量元件或测量条件发生改变时, 应进行风量标定试验。

4.3.2 风量标定试验测量点的确定应按照 GB/T 10184 规定的多点网格法进行。

4.3.3 采用毕托管和微压计对风量测量装置进行标定试验时, 试验方法应符合下列要求:

- a) 风量标定时, 对每个标定测量点, 应根据各风量的实际运行情况确定合理分布且不少于 3 个不同的风量标定试验工况, 并逐个进行标定;
- b) 使用毕托管或其他动压测量管测量管道内的流量时, 测量元件的前后应有足够长的直管段;
- c) 应按照多点网格法确定测孔的数量和位置, 并安装标定测孔管座, 测孔管座安装应与管道壁垂直, 不得歪斜;
- d) 应利用压缩空气或气筒清除毕托管内的积灰, 毕托管内应通畅;
- e) 测量动压的微压计宜采用量程合适的电子微压计, 没有合适的电子微压计时可采用倾斜微压计;
- f) 测量时应将毕托管深入风道内, 毕托管头部轴线正对来流, 毕托管穿入管座时应进行密封, 测量读数前, 应将毕托管放正, 使其迎流段的轴线与管道中心线平行;
- g) 应按多点网格法规定的测点逐点进行测量, 每个工况测量时应分别在毕托管“插入”和“抽出”时两次读数, 即逐点重复测定两次, 取其平均值, 若两次读数相差较大, 应对该点再次读数进行校对;
- h) 每个标定试验工况进行毕托管逐点测量的同时, 应测定大气压力及管道内气流的静压、温度和被标定测量元件的动压值, 次数不宜少于两次, 并将平均值作为当次工况的测量值。

4.3.4 风量标定计算方法参见附录 A。

4.4 空床布风板阻力试验

4.4.1 锅炉首次启动前及锅炉每次清空布风板 (包括炉膛布风板、返料器和外置换热器布风板) 后, 或布风板发生非正常改变时, 应进行空床布风板阻力试验。

4.4.2 试验前, 布风板应处于清空状态, 并重点检查布风板风帽的堵塞情况, 保证风帽小孔的通畅。

4.4.3 试验方法应符合下列要求:

- a) 关闭所有炉门, 并关严所有排渣管、放灰管, 启动引风机、一次风机;
- b) 逐渐增大一次风机出力, 缓慢、均匀地增加一次风风量, 一般每次增加总风量的 3%~5%, 直至调节到最大风量, 再从最大风量逐渐减小至最小风量, 进行上行和下行两组平行试验;
- c) 调节一次风机出力时, 应同时调节引风机出力, 保持炉膛出口处于微负压状态;
- d) 在每一风量状态下, 记录相应的风量、风室静压、炉膛负压等参数, 用上行和下行的数据平均值作为布风板阻力试验数据;

- e) 进行数据处理后,画出布风板阻力特性曲线,并与设计值和历史数据进行比较,判断试验布风板阻力特性情况。

4.4.4 布风板阻力计算方法参见附录 B。

4.5 临界流化风量试验

4.5.1 锅炉首次启动前及锅炉每次大修后,或对床内实际物料流化情况掌握不明时,应进行临界流化风量试验。

4.5.2 临界流化风量试验宜在两种不同的料层厚度(如 500mm、700mm)下分别进行,试验所用床料宜采用锅炉实际运行产生的粒径合格的底渣。

4.5.3 试验前,应将准备好的床料加入到炉膛布风板上,开启引风机、一次风机吹平,打开人孔门检查床料加入量达到试验要求。

4.5.4 试验方法应符合下列要求:

- 启动引风机、一次风机,逐渐增大一次风机出力,缓慢、均匀地增加一次风风量,一般每次增加总风量的 3%~5%,直至调节到最大风量,再从最大风量逐渐减小至最小风量,进行上行和下行两组平行试验;
- 调节一次送风机出力时,应同时调节引风机出力,保持炉膛出口微负压;
- 在每一风量状态下,记录相应的风量、风室静压、炉膛负压等参数,用上行和下行的数据平均值作为料层流化特性试验的测试数据,料层阻力(或称床层压降)由风室压力与炉膛负压的差压减去布风板阻力获得;
- 根据风量与料层阻力的关系(见图 1),画出料层流化特性曲线,并用作图法求得试验临界流化点对应的临界流化风量。

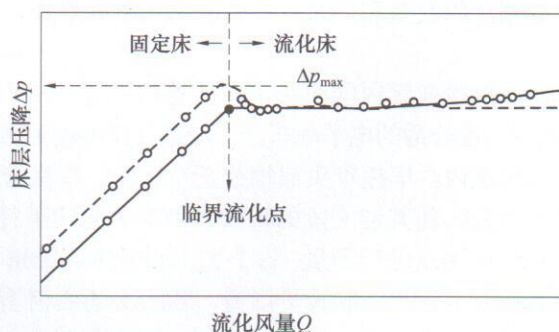


图 1 风量与床层压降的关系

4.6 布风均匀性试验

4.6.1 锅炉每次点火启动前,应进行炉膛布风板布风均匀性试验。

4.6.2 试验开始前,应在布风板上铺设粒径合格的床料,床料应平整,料层厚度宜控制在 300mm~700mm。

4.6.3 布风均匀性试验的方法为:开启引风机、一次风机,缓慢调节一次风机和引风机出力,加大送风量并控制炉膛处于微负压,直到床料完全进入流化状态,然后迅速跳停引风机和一次风机,观察料层的平整性。如果料层平整,说明布风均匀;如果料层表面高低不平,高的区域说明风量较小(流化差),低的区域说明风量较大(流化好)。

4.6.4 对于床面异常的区域应重点检查,必要时还应清空床面。排除异常状况后,应再次进行布风均匀性试验,直到布风均匀为止,方可进行下一步点火启动等工作。

4.7 循环回路返料特性试验

4.7.1 锅炉首次启动前及锅炉每次大修后,以及循环回路发生故障检查(修)后,应进行循环回路返料特性试验。

4.7.2 循环回路返料特性试验之前,应对返料器相关控制风量进行风量标定,并对返料器的布风板进行空床阻力特性试验。

4.7.3 试验应符合下列要求:

- a) 先在锅炉炉膛布风板上铺设料层厚度为 300mm~700mm 的合格粒径床料,并保证足够比例的细颗粒,其中 1mm 以下的份额应不小于 50%;
- b) 启动引风机和一次风机,维持炉膛负压,并将一次风机的出力开到最大,运行 10min~20min 后停风机,此时绝大部分床料将被扬析,细颗粒被分离器分离下来后,积存在返料器和立管内;
- c) 开启返料风机,调整返料器返料风和松动风风量,通过观察孔或人孔门(必要时停风机入炉检查),观察炉膛内返料口的出料情况。如发现返料不畅或有堵塞情况,应查明原因予以消除。

4.7.4 对于有外置换热器的 CFB 锅炉,还应对外置换热器进行与返料器相类似的返料特性试验。

5 燃烧调整试验

5.1 试验目的与频次

5.1.1 燃烧调整试验的主要目的包括:

- a) 优化锅炉的燃烧状态,提高锅炉运行的安全性和经济性;
- b) 提高锅炉的热效率;
- c) 降低锅炉的飞灰及底渣可燃物含量;
- d) 缓解炉内受热面的磨损;
- e) 调整锅炉排烟温度至合理范围;
- f) 确定合适的运行床温和钙硫摩尔比,以取得较好的脱硫效果;
- g) 降低 NO_x 等气体污染物的排放;
- h) 降低锅炉机组的辅机电耗与厂用电率;
- i) 确定锅炉适用的燃料或多种燃料掺烧的最佳配比;
- g) 掌握和优化返料器、外置换热器等关键部件的运行性能,保证灰循环回路运行的稳定可靠;
- k) 得到不同负荷下锅炉炉内及各级受热面区域的燃烧与传热特性、汽水系统工质特性、烟风阻力特性等重要运行参数,分析锅炉的运行状态,提出优化、改造建议;
- l) 提出锅炉出力不足、过热器或再热器蒸汽超温(或蒸汽温度偏低)、空气预热器漏风、布风板和风帽故障、结焦等 CFB 锅炉运行中存在问题的技术诊断分析和优化改造建议。

5.1.2 新建 CFB 锅炉机组投产后,或原有 CFB 锅炉机组的燃烧系统和设备、燃料种类等有重大改变时,应进行系统的全面燃烧调整试验。机组大修(前)后,为查明锅炉设备的故障或缺陷,研究解决方案与对策等,也应根据需要进行系统的全面或部分燃烧调整试验。

5.2 试验前的准备

5.2.1 试验大纲的编写

燃烧调整试验前应编写详细的试验大纲,对试验的准备、进行、数据处理等工作进行约束。试验大纲的编写参见附录 C。

5.2.2 设备状况检查与准备

CFB 锅炉进行燃烧调整试验前应完成冷态试验相关试验内容。燃烧调整试验的准备宜结合锅炉停炉检修对锅炉及其辅助设备的状况进行全面检查,并记录各设备部件及有关辅助设备的状态,进行必要的校正、消除设备缺陷。

试验前应检查下列部位与状况:

- a) 锅炉主设备状况,包括锅炉的主要结构和特点、受热面磨损和沾污状况、耐磨耐火材料的完好状况、分离器水平烟道及尾部烟道受热面积灰状况、炉墙与烟道的密封与泄漏情况、空气预热器的漏风与积灰情况、吹灰系统运行状况、风室与风帽的堵塞磨损情况、返料器与外置换热器

运行状况, 以及各温度、压力、氧量等测量元件和测量系统的状况等;

- b) 锅炉及其关键辅机的主要运行参数, 包括床温及锅炉各部烟气温、风室压力、床压及各部烟风阻力、各部蒸汽汽温汽压参数、减温水量、燃烧状况、污染物排放状况、灰渣可燃物含量等;
- c) 烟风系统的状况, 包括烟风系统的泄漏情况、各风机设备状况、各风门与执行机构状况、各测量元件与测量系统的状况等;
- d) 灰渣系统的状况, 应重点检查各主要设备(冷渣器和输渣设备等)的工作状况;
- e) 燃料及给煤系统的状况, 包括燃煤的发热量、粒度、工业分析、全硫等燃料特性, 燃料制备系统配置情况, 给煤系统的运行情况, 各主要设备(破碎机、筛分设备、给煤机等)的工作状况等;
- f) 锅炉范围内汽水管路系统的设备及运行状况, 过热器与再热器的调温方式, 疏水门、安全门的状况等。

5.2.3 试验工况

燃烧调整试验前, 应根据试验目的设计若干试验工况, 确定各工况需调整改变的控制参数(试验因素)和每个工况的测量项目(包括基本测量项目和参考测量项目, 参见附录 D)。

CFB 锅炉燃烧调整的试验因素包括下列内容:

- a) 锅炉负荷;
- b) 锅炉总风量或炉膛出口(排烟)氧量;
- c) 一、二次风比例;
- d) 床压;
- e) 上、下二次风, 播煤风等的风量和比例;
- f) 入炉石灰石量(钙硫摩尔比)、石灰石粒度;
- g) 返料器、外置换热器循环灰分流量;
- h) 燃料粒度;
- i) 不同燃料的掺混比例等。

注 1: 床温是 CFB 锅炉燃烧调整需要重点关注的参数, 但床温的改变是由负荷、风量、一次风与二次风比例、床压等多个参数共同决定的, 一般不将其作为单独的调整参数(具备外置换热器的 CFB 锅炉除外), 但对调整后床温变化的情况和规律应重点关注和分析。

注 2: 工况编排是试验前的计划性文件, 试验期间应随时分析试验数据情况和初步试验结果, 并根据情况适时调整后续的试验工况, 必要时可增加新的试验工况。

注 3: 为了实现更为科学的工况编排, 还可采用正交试验等方法来安排试验工况和进行试验数据处理分析。

5.2.4 测量方法

5.2.4.1 现场取样后的实验室分析应符合下列要求:

- a) 入炉煤应在给煤机入口处取样, 每个入口处每 15min 取样一次, 每次取样 2kg, 置于密封容器内, 取样结束后采用四分法混合缩分, 见图 2。最后为 4 份, 每份 2kg。试验方和业主方各 1 份, 留底备用 2 份。

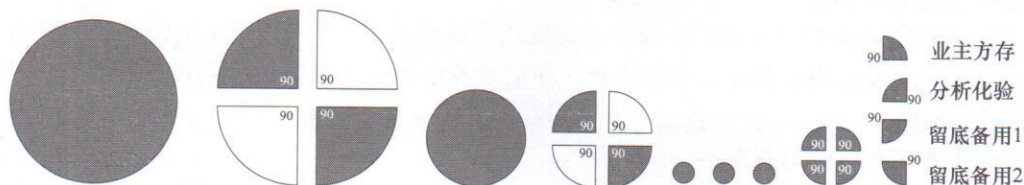


图 2 样品四分法

- b) 入炉煤取样有效时间与锅炉试验工况时间相等, 但取样开始和结束的时间应视燃料从取样点到

送入炉内所需的时间而适当提前,以保证样品能代表试验期间所用燃料。入炉煤取样应采用符合要求的取样工具。采集的煤样应立即缩制并密封保存。样品的化验内容包括工业分析、元素分析、发热量、粒度筛分、灰熔点、灰成分等煤质特性指标。

- c) 底渣取样应在锅炉冷渣器出口至渣仓之间适当位置进行,飞灰取样应在除尘器至灰库之间适当位置进行(根据试验准确性要求可选择烟道等速取样或除尘器下仓体和输送管道取样),底渣和飞灰的质量宜采用称重法计量。底渣和飞灰样品应按四分法缩制程序进行。样品的化验内容包括灰渣中可燃物含量、粒度筛分、灰渣成分等。
- d) 石灰石可在石灰石粉库下或输送系统上取样。石灰石样品应按四分法缩制。

5.2.4.2 应按下列要求装设专门的仪器测量:

- a) 试验前应根据试验目的和任务需要,在有关位置增设必要的流量、温度、压力、氧量、烟气成分等测点,用于试验期间的测量。
- b) 应根据测量项目和测量方法,完成测量仪器的准备工作,包括仪器的校准和标定工作等。烟风道上的测点应在停炉时完成安装工作。
- c) 对于较为重要的测量项目(如空气预热器前后的烟气温度、烟气成分等),如现场表计无法满足测量要求,应另行配置测量仪器,采用 GB/T 10184 规定的多点网格法并辅之以代表点测量法或数据采集系统进行测量。
- d) 测点安装完成后应对测孔进行封闭,测量时打开相应测孔的封堵进行测量。测量完成后,应重新封闭测孔。
- e) 其他测量项目,如环境温度和环境湿度,可在一次、二次风机入口附近,用干湿球温度计测量干球温度和湿球温度,用膜盒式大气压力计测量大气压力,通过查表计算求得环境湿度。当日的的环境大气压力可现场测量或从当地气象部门查询获得。

5.2.4.3 通过控制系统显示数据读取机组运行参数,下列运行参数的测量表计及一次元件应经过校验、标定:

- a) 测量给水流量的差压变送器;
- b) 测量过热蒸汽流量的差压变送器;
- c) 测量再热蒸汽流量的差压变送器;
- d) 测量过热蒸汽压力的压力变送器;
- e) 测量再热蒸汽进口、出口压力的压力变送器;
- f) 测量给水压力的压力变送器;
- g) 测量过热蒸汽温度的一、二次元件;
- h) 测量再热蒸汽进口、出口温度的一、二次元件;
- i) 测量给水温度的一、二次元件;
- j) 测量炉膛底部温度的一、二次元件;
- k) 测量料层差压的差压变送器;
- l) 测量二次风进口温度的一、二次元件;
- m) 测量二次风量的一、二次元件;
- n) 给煤计量装置;
- o) 石灰石量计量装置;
- p) 其他。

试验期间,应记录锅炉岛系统所有主、辅机的运行参数,还应对控制系统画面进行拷屏保存,并将典型画面在技术报告中列出,作为参考数据备查。

5.3 试验实施

5.3.1 辅助试验

CFB 锅炉燃烧调整试验前,应进行必要的辅助试验,如排烟温度场和氧量场标定试验、尾部烟道漏

风率试验等,掌握燃烧设备的有关基础特性和基本规律。

温度场和氧量场的标定试验应按照 GB/T 10184 规定的多点网格法进行,并确定测量代表点。

进行燃烧调整试验前,还应测定锅炉尾部烟道系统的漏风系数,尤其是空气预热器区域的漏风系数,以准确掌握锅炉炉内燃烧实际的过量空气情况。CFB 锅炉尾部烟道漏风试验方法可参照 GB/T 10184 实施。

5.3.2 入炉煤和石灰石

燃烧调整试验每个工况以及不同工况试验期间,应保持入炉煤和石灰石特性的稳定(以变更入炉煤和石灰石特性为目的的试验除外),以避免试验数据受到入炉煤和石灰石特性变化的影响。

参照 DL/T 964 对 CFB 锅炉性能试验入炉煤和石灰石波动范围的规定,燃烧调整期间入炉煤特性指标的允许波动(相对于试验期间平均值)范围见表 1。

表 1 燃烧调整期间入炉煤特性指标的允许波动范围

项 目	符 号	允许波动相对值
收到基低位热值	$Q_{\text{net,ar}}$	$\pm 10\%$
全水分	M_t	$\pm 2\%$
收到基灰分	A_{ar}	$\pm 5\%$
收到基全硫	$S_{t, \text{ar}}$	$\pm 0.5\%$
干燥无灰基挥发分	V_{daf}	$\pm 2\%$

入炉石灰石特性指标的允许波动(相对于试验期间平均值)范围见表 2。

表 2 入炉石灰石特性指标的允许波动范围

项 目	符 号	允许波动相对值
全水分	M_t^{shs}	$\pm 0.5\%$
收到基碳酸钙含量	$\text{CaCO}_{3\text{ar}}$	$\pm 3\%$

试验期间,入炉煤和石灰石粒径组成应尽量保持不变(以变更入炉煤和石灰石特性为目的的试验除外),并满足设计要求。

5.3.3 试验参数的波动与试验期间操作要求

燃烧调整试验期间,应保持主要运行参数稳定。参照 DL/T 964 的规定,主要试验参数波动宜保证在表 3 所列范围内。同时,在试验进行的过程中,不得进行受热面吹灰、定期排污及可能扰乱工况的操作。

表 3 试验期间参数的允许波动范围

序号	项 目	单位	短时允许波动	试验期间最大允许偏差
1	蒸发量	<65t/h	%	± 3
		65t/h~220t/h		± 6
		>220t/h		± 10
2	蒸汽压力	$\geq 9.5\text{MPa}$	%	± 2
		<9.5MPa		± 4
3	蒸汽温度	$\geq 540^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	+5~-10
		450 $^\circ\text{C}$		+5~-15
		400 $^\circ\text{C}$		+5~-20

表 3（续）

序号	项 目	单位	短时允许波动	试验期间最大允许偏差
4	排烟氧量	%	±1.0	±0.5
5	入炉煤量	%	±10	—
6	入炉石灰石量	%	±4	±2
7	密相区平均床温	℃	±30	±20
8	密相区床压	Pa	±500	±300

注：表中除 1、2、5、6 项为相对值外，其余各项均为绝对值。

5.3.4 试验前的稳定阶段与试验持续时间

燃烧调整试验应在 CFB 锅炉机组持续正常运行 72h 以上后进行，且试验开始前的 3h 应维持预定的试验负荷。对于 CFB 锅炉投入石灰石的情况，应按试验设定的钙硫摩尔比，在试验开始前连续向炉内投石灰石脱硫运行 72h 以上。

每个工况开始前 CFB 锅炉机组应达到稳定状态并维持稳定 1h 以上，每个工况试验测试时间应不少于 2h。对于参数波动相对较大或需要更准确结果的试验，试验持续时间应延长到 4h 以上。

5.3.5 测量间隔

燃烧调整试验不同测量对象的测量间隔（取样频率）如下：

- a) 汽水参数、炉内及尾部烟道温度、压力参数等控制系统运行参数，5min～15min 记测一次；
- b) 其他次要运行参数，30min 记测一次；
- c) 烟气成分分析、排烟温度，5min～15min 记测一次；
- d) 入炉煤和石灰石取样，每工况不少于两次，并应注意考虑入炉行程产生的滞后效应影响；
- e) 底渣取样，每 30min 至少取样一次，并应注意考虑灰渣行程产生的滞后效应影响；
- f) 飞灰取样，采用等速取样时，应在整个试验工况期间连续取样，采用除尘器下仓体和输送管道取样时，每 30min 至少取样一次，并应注意考虑灰渣行程产生的滞后效应影响；
- g) 主要运行画面拷屏，每 15min 一次。

5.3.6 试验记录

试验前，应根据试验对象和试验内容准备好空白的专用试验记录表格。试验期间，应按规定将所有观察到的情况和测量结果记录到试验表格中。

试验数据记录至少应当包括下列项目：

- a) 试验名称；
- b) 工况号；
- c) 试验日期；
- d) 试验开始与结束时间；
- e) 试验时间与数据；
- f) 仪器类型与精度；
- g) 修正系数与修正值；
- h) 与数据处理有关的其他项目；
- i) 记录人、计算人与项目负责人。

每一工况试验期间宜由同一数据记录人进行记录。试验持续时间较长、需要更换观测人员时，应保持试验开始和结束时为同一观测人，并由其对试验期间的全部记录进行检查。

5.4 试验数据处理

5.4.1 数据处理要求

燃烧调整试验测试中重复多次测量的数据，宜取其算术平均值作为最终测量值。

在计算平均值前,应审查测量记录,有与正常读数相差较大的记录值时应进行分析。在测量过程中,如规定的工况短期遭到破坏,参数的变化超过运行的极限范围,在观察记录上应取消受到影响阶段内的全部测量读数(个别无影响的项目除外)。

锅炉热效率试验,各项热损失的计算值应取到小数点后两位,锅炉热效率数值只保留到小数点后一位(均以百分数表示)。

燃烧调整试验锅炉热效率计算方法参照 DL/T 964 和 GB/T 10184 的规定进行。

5.4.2 试验结果的修正

对于燃烧调整试验,若试验期间试验条件变化不大,不影响各工况之间的相互对比分析,可不对试验条件进行修正。但若试验日期间隔较长,或主要试验条件发生较大变化,应对试验结果进行修正。

对基准温度偏离设计值进行修正时(GB/T 10184 和 DL/T 964 均规定将锅炉送风机入口处空气温度作为各项输入与输出能量的起算点,即基准温度),排烟温度修正按式(1)进行:

$$\theta_{py}^b = (t_0^b - t_0) \frac{\theta_{ky}' - \theta_{py}}{\theta_{ky}' - t'} + \theta_{py} \quad (1)$$

式中:

θ_{py}^b ——修正后的排烟温度, °C;

t_0^b ——设计基准温度, °C;

t_0 ——实测送风机入口空气温度, °C;

θ_{ky}' ——实测空气预热器烟气的进口温度, °C;

θ_{py} ——实测空气预热器烟气的出口温度(即实测排烟温度), °C;

t' ——实测空气预热器空气进口温度(即送风机出口空气温度), °C。

CFB 锅炉燃烧调整试验其他修正项目和修正方法参照 DL/T 964 和 GB/T 10184 的规定进行。

5.5 试验分析与报告编写

燃烧调整试验工作完毕后,应在整理试验数据、分析试验结果的基础上编写燃烧调整试验报告,对燃烧调整试验工作进行全面的总结。试验报告的内容参见附录 E。

试验报告应对影响 CFB 锅炉燃烧的因素进行分析,并在该基础上得出该次燃烧调整试验的结论。CFB 锅炉燃烧的影响因素参见附录 F。

附 录 A
(资料性附录)
风量标定计算方法

A.1 CFB 锅炉风量测量结果一般利用测量流速的方法换算获得, 见式 (A.1):

$$Q = 3600 A u_{pj} \quad (\text{A.1})$$

式中:

Q ——风量, m^3/h ;

A ——测量管道截面积, m^2 ;

u_{pj} ——测量管道截面上的平均流速, m/s 。

A 值由测量管道的几何尺寸计算得到, 风量测量的核心是测出测量管道截面上的平均速度。

A.2 风量标定时一般利用标准动压测定管(毕托-普朗特管, 简称毕托管)结合微压计, 通过对管道内气流动压平均值的测量, 获得测量管道截面上的平均速度 u_{pj} , 见式 (A.2):

$$u_{pj} = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (\text{A.2})$$

式中:

Δp ——标准毕托管实测动压, Pa ;

ρ ——实测气流的密度, kg/m^3 。

实测气流的密度 ρ 根据实测气流温度、压力和标准状态下的气流密度计算:

$$\rho = \frac{(p_{\text{act}} + p_s) \times 273.15}{p_0 \times (273.15 + t)} \rho_0 \quad (\text{A.3})$$

式中:

p_{act} ——当地大气压, 实测或由当地气象部门获得, Pa ;

p_s ——测量管道截面上的气流静压, Pa ;

t ——测量管道截面上的风温, $^{\circ}\text{C}$;

ρ_0 ——标准状态下空气的密度, $\rho_0 = 1.293, \text{kg}/\text{m}^3$;

p_0 ——标准状态下的大气压力, $p_0 = 101\,325, \text{Pa}$ 。

将式 (A.2) 和式 (A.3) 代入式 (A.1) 中, 则可以得到:

$$Q = A \sqrt{\frac{2 \times 273.15}{\rho_0 (273.15 + t)} \times \frac{p_{\text{act}} + p_s}{p_0} \times \Delta p} \quad (\text{A.4})$$

对于流量测量元件, 则有:

$$Q = K_d A \sqrt{\frac{2 \times 273.15}{\rho_0 (273.15 + t)} \times \frac{p_{\text{act}} + p_s}{p_0} \times \Delta p_d} \quad (\text{A.5})$$

$$K_d = \sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta p_d}} \quad (\text{A.6})$$

式中:

Δp_d ——测量元件的实测动压, Pa ;

K_d ——流量系数, 为标准毕托管动压与流量测量元件动压比值的开方。

对于标准毕托管, 可认为气流的动能全部转化为压头, 因此 $K_d = 1$ 。

A.3 CFB 锅炉风量测量范围内, 空气流动处于自模化区, 流量系数 K_d 为一定值(即不随流量、温度、

压力等参数的变化而变化)。根据标定结果,若不同风量标定工况下流量测量元件的 K_d 值近乎恒定,则表明该流量测量元件具有良好的测量线性。

由式 (A.6) 可知,根据标定获得的 K_d 值,通过流量测量元件的动压值 Δp_d 和当地温度、大气压测量值,可以计算获得测量管道中实际的流量值,并实现控制系统的准确流量显示。

注:上述是对阻力型流量测量元件进行标定的方法。对于采用其他原理进行流量测量的测量元件,可以通过标准毕托管测得的流量与测量元件测得的流量相互对比的方式进行标定。

附录 B
(资料性附录)
布风板阻力计算方法

B.1 布风板阻力的计算公式见式 (B.1):

$$\Delta p = \xi \frac{\rho w^2}{2} \quad (\text{B.1})$$

式中:

Δp ——布风板阻力, Pa;

ξ ——风帽阻力系数;

ρ ——空气密度, kg/m^3 ;

w ——风帽小孔风速, m/s 。

B.2 习惯上将布风板阻力与风帽小孔风速的关系写成布风板阻力与流量的关系, 并将式 (B.1) 中的常数及与冷态试验风温 t_0 相关的状态参数 (密度 ρ_0) 归纳为一常数 A , 则冷态风温为 t_0 时的布风板阻力计算见公式 (B.2):

$$\Delta p_b^{t_0} = A Q_0^2 \quad (\text{B.2})$$

式中:

$\Delta p_b^{t_0}$ ——风温为 t_0 °C 时的布风板阻力, Pa;

t_0 ——冷态试验时的风温, °C;

A ——测量常数;

Q_0 ——风温为 t_0 时穿过布风板的实际风量, m^3/h (标准状况下)。

B.3 根据式 (B.2) 可以推导出, 当温度为 t °C 时, 布风板的阻力计算公式为:

$$\Delta p_b^t = A \times \frac{273+t}{273+t_0} Q_t^2 \quad (\text{B.3})$$

式中:

Δp_b^t ——风温为 t °C 时的布风板阻力, Pa;

t ——热态风温, °C;

Q_t ——风温为 t 时穿过布风板的实际风量, m^3/h (标准状况下)。

这样, 在测得冷态风温为 t_0 时的布风板阻力特性后, 可以根据式 (B.3) 计算出热态风温为 t 时布风板的阻力特性情况。

B.4 图 B.1 所示为某 CFB 锅炉典型的冷态和热态布风板阻力特性示例, 特性曲线是一条通过原点的抛物线。

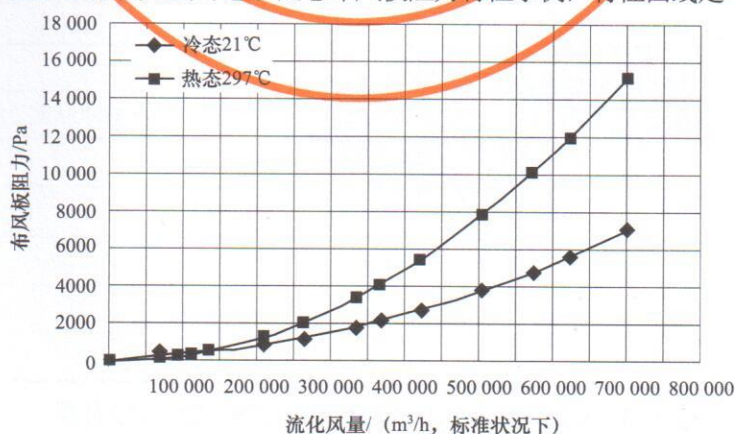


图 B.1 某 CFB 锅炉典型的冷态和热态布风板阻力特性

附录 C
(规范性附录)
试验大纲的编写

C.1 试验大纲至少应包括下列内容:

- a) 试验目的和任务、试验内容;
- b) 锅炉设备的状况;
- c) 试验程序、测量项目、测点布置、试验工况;
- d) 试验的技术准备工作要点, 试验的要求和实施;
- e) 数据处理方法, 试验的安全措施;
- f) 人员组织分工、培训计划和总体进度安排等。

C.2 CFB 锅炉冷态试验和燃烧调整试验大纲目录参见图 C.1。

项目名称:
一、编制说明
1.1 试验大纲的编制依据
1.2 试验项目
二、锅炉设备概述
2.1 锅炉规范
2.2 设计煤种
2.3 锅炉本体基本结构
2.4 主要风机设计性能参数
三、试验实施程序与组织机构
四、锅炉风量标定试验
4.1 试验目的
4.2 试验内容
4.3 测点布置和网格划分
4.4 试验要求和实施
4.5 数据处理
五、锅炉冷态试验
5.1 试验目的
5.2 试验内容
5.3 试验要求和实施
5.4 数据处理
六、锅炉燃烧调整试验
6.1 试验目的
6.2 试验内容
6.3 工况编排
6.4 测量项目及测量方法
6.5 试验要求和实施
6.6 数据处理
七、试验进度计划

图 C.1 CFB 锅炉冷态试验和燃烧调整试验大纲目录

附 录 D
(资料性附录)
燃 烧 调 整 测 量 项 目

D.1 燃烧调整试验前应确定需要测量的项目, 安装现场试验测点, 准备必要的测量仪器并对仪器进行校验。

D.2 对于以提高锅炉效率为目的的燃烧调整试验, 其基本测量项目 (即计算锅炉效率所必需的基础参数) 见表 D.1。

表 D.1 以提高锅炉效率为目的的 CFB 锅炉燃烧调整基本测量项目

序号	名 称	符号	单位
1. 试验煤质资料 (入炉煤取样分析)			
1	收到基碳	C_{ar}	%
2	收到基氢	H_{ar}	%
3	收到基氧	O_{ar}	%
4	收到基氮	N_{ar}	%
5	收到基全硫	$S_{t,ar}$	%
6	收到基全水分	M_t	%
7	收到基灰分	A_{ar}	%
8	干燥无灰基挥发分	V_{daf}	%
9	收到基低位发热量	$Q_{net, ar}$	kJ/kg
2. 脱硫剂特性与入炉量 (脱硫剂取样分析)			
10	石灰石收到基水分	M_t^{shs}	%
11	石灰石收到基碳酸钙含量	$CaCO_{3ar}$	%
12	入炉石灰石量	B_{shs}	t/h
13	入炉石灰石温度	t_{shs}	℃
3. 大气条件			
14	干球温度	t_d	℃
15	湿球温度	t_w	℃
16	大气压力	p_{act}	Pa
4. 底渣、飞灰可燃物 (灰渣取样分析)			
17	底渣可燃物	C_{dz}^c	%
18	飞灰可燃物	C_{fh}^c	%
5. 排烟温度			
19	排烟温度	θ_{py}	℃
6. 烟气成分			
20	排烟氧量	O_2	%
21	排烟 CO_2 含量	CO_2	%

表 D.1 (续)

序号	名 称	符号	单位
22	排烟 CO 含量	CO	%
23	排烟 H ₂ 含量	H ₂	%
24	排烟 SO ₂ 含量	SO ₂	mg/m ³
7. 基准温度			
25	送风机入口温度	t_{lk}	℃
26	入炉煤温	θ_m	℃
8. 底渣计量			
27	冷渣器进口渣温	t'_{lq}	℃
28	冷渣器出口渣温	t''_{lq}	℃
29	底渣量	B_{dz}	t/h
9. 锅炉主要运行参数			
30	给水流量	D_{gs}	t/h
31	给水温度	t_{gs}	℃
32	给水压力	p_{gs}	MPa
33	过热蒸汽流量	D_{gr}	t/h
34	过热蒸汽压力	p_{gr}	MPa
35	过热蒸汽温度	t_{gr}	℃
36	过热器减温水流量	D_{gj}	t/h
37	过热器减温水温度	t_{gj}	℃
38	过热器减温水压力	p_{gj}	MPa
39	再热蒸汽流量	D_{zr}	t/h
40	再热蒸汽进口温度	t'_{zr}	℃
41	再热蒸汽进口压力	p'_{zr}	MPa
42	再热蒸汽出口温度	t''_{zr}	℃
43	再热蒸汽出口压力	p''_{zr}	MPa
44	再热器减温水流量	D_{zj}	t/h
45	再热器减温水温度	t_{zj}	℃
46	再热器减温水压力	p_{zj}	MPa
47	锅炉排污率	ρ_{pw}	%
10. 其他			
48	辅机 (各主要风机) 电耗当量热量	ΣQ_{ij}	kJ/kg

D.3 相应的参考测量项目至少应包括下列内容:

- a) 入炉煤的熔融特性 (灰熔点情况);
- b) 入炉煤的哈氏可磨度;

- c) 入炉煤粒度;
 - d) 入炉石灰石粒度分布;
 - e) 锅炉各测量点的汽水流量、温度、压力;
 - f) 各级减温水的流量、温度、压力;
 - g) 烟气中 SO_2 、 NO_x 等成分含量;
 - h) 空气预热器前后的过量空气系数 (O_2 含量);
 - i) 炉内各部位 (密相区、过渡区、稀相区、炉膛出口、分离器、返料器等) 测点的烟气温度、压力;
 - j) 尾部烟道各部位 (过热器、再热器、省煤器、空气预热器等) 测点的烟气温度、压力;
 - k) 各风道的压力、温度和流量;
 - l) 各风机 (一次风机、二次风机、引风机、高压流化风机) 的启停情况、风门开度, 风机前后的压力、温度, 各风机的电流值、电耗;
 - m) 各给煤机的给煤量、给煤机转速、给石灰石量、石灰石给料机转速;
 - n) 冷渣器相关渣、水、风流量、温度、压力参数和阀门开度。
- 同一测量项目有多个测点时, 应分别记录, 给出平均值。



附 录 E
(规范性附录)
试验报告的主要内容

CFB 锅炉冷态试验和燃烧调整试验报告目录及内容见图 E.1。

项目名称:
一、摘要
二、概述
内容包括试验的背景、依据、目的和内容等。
三、锅炉设备的主要技术特性和燃料及石灰石特性
内容包括锅炉主设备及与试验相关的主要辅机设备的技术特点和主要设计参数,介绍中应附有锅炉设备的总图。对于主要试验对象的结构尺寸,均应绘图说明。
四、测量仪器、方法与测点布置
五、试验过程与主要试验测试数据汇总
内容包括试验过程中对试验结果和相关影响因素的说明。试验数据汇总应包含所有的基本测量项目和参考测量项目的测量结果。
六、试验结果与分析
对各单项试验,应在叙述基本测量原理的基础上,结合试验数据分析总结,得出试验结果。对于各特性参数之间的关系,应尽量利用曲线、图表的形式进行表达和分析,以期清楚了,便于理解。
七、结论与建议
内容包括各试验项目的主要结论、相关技术改进建议、推荐的优化运行方式及参数等。
八、附录
内容包括主要试验测试记录、检测报告、主要工况拷屏、补充图表等对报告正文内容有帮助和起支撑作用的技术资料与文件。

图 E.1 CFB 锅炉冷态试验和燃烧调整试验报告目录及内容

附录 F (规范性附录) CFB 锅炉燃烧的影响因素

F.1 物料平衡和炉内循环

良好的 CFB 锅炉物料平衡是保证 CFB 锅炉正常运行的关键，而物料平衡可由循环倍率这一参数综合体现。循环倍率由分离器的分离效率、入炉煤的灰分、底渣和飞灰的比例决定。底渣和飞灰的比例又与燃料粒度和成灰特性、流化风速、床压、一次风及二次风比例等因素有关。这些参数中，有些是锅炉设计结构参数（例如分离器的结构和性能），一般情况下无法调整改变；有些则可通过调整入炉煤特性来改变（例如入炉煤灰分、粒度等）；有些还可通过改变运行控制方式（例如流化风量、床压、一次风与二次风比例等）来调整。

如果实际运行的 CFB 锅炉灰平衡偏离设计值较多，则会对锅炉性能产生很大影响。一般，当循环倍率低于设计值（或 CFB 锅炉应当达到的理想范围）时，锅炉稀相区灰浓度不足，传热系数低，往往会出现锅炉带负荷困难、炉膛整体温度尤其是密相区床温偏高等现象，特别是在燃用高热量、低灰分燃料或采用例如惯性分离器等分离效率较低的 CFB 锅炉上更易出现。在燃烧调整试验中，可采用提高运行风量（大风量运行）的方法来弥补，并尽量提高运行床压。这种情况下，燃烧高灰分煤种有利于提高锅炉带负荷能力。

当循环倍率高于设计值（或 CFB 锅炉应当达到的理想范围）时，锅炉稀相区灰浓度高，传热系数也高，往往会出现锅炉床温尤其是密相区床温偏低、磨损加剧、运行床压高、底渣含碳量高等现象。对于这种情况，需要降低锅炉运行风量尤其是一次风量，尽可能低床压运行，防止入炉煤的过度破碎，并应考虑适时排放循环灰等技术措施。

F.2 床温

CFB 锅炉设计与运行床温的选取是基于多方面考虑的。普遍认为，850℃~900℃是最理想的温度。在兼顾 NO_x、SO₂ 排放指标和燃烧效率的前提下，实际 CFB 锅炉的设计和运行床温范围因煤种而异。一般，燃用褐煤时床温为 840℃~880℃，燃用烟煤时为 860℃~900℃，燃用贫煤时为 870℃~920℃，燃用无烟煤时为 890℃~940℃。大致规律是：煤种挥发分含量高，燃烧时应把床温控制在较低水平；煤种挥发分含量低，燃烧时床温水平应高一些。

图 F.1 所示是在热功率为 1MW 的 CFB 燃烧试验台进行我国的三种典型难燃煤种（无烟煤、贫煤）

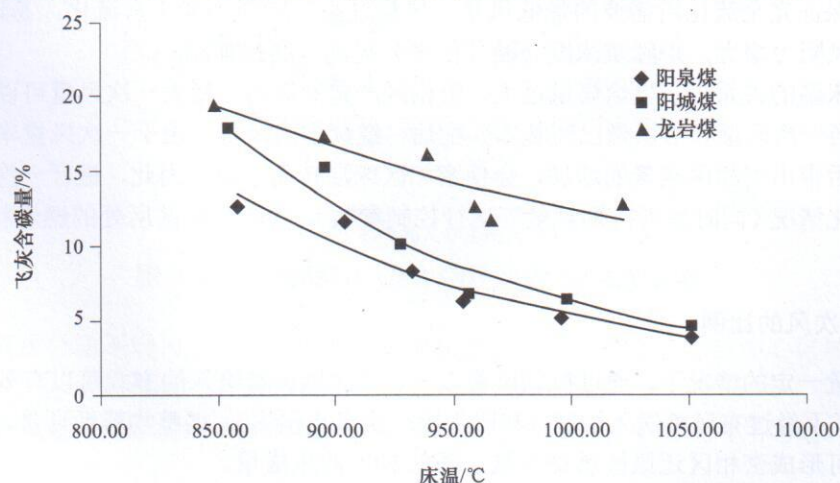


图 F.1 燃烧温度对难燃煤种燃尽特性（飞灰含碳量）的影响

试验时,煤种的燃尽特性(即飞灰含碳量)随燃烧温度的变化情况。从图 F.1 中可以看出,燃烧温度每升高 50°C ,飞灰含碳量降低约 5%,效果十分明显。当然,对易燃尽煤种,床温对燃尽特性的影响会小得多,但总体趋势是一致的。

F.3 总风量(氧量)

一般来说,在一定范围内提高过量空气系数(即增加炉总风量、增大氧量)可以改善燃烧效率,因为燃烧区域氧浓度的提高增大了燃烧速率。但过量空气系数超过 1.15 后继续增大时燃烧效率几乎不变;过量空气系数很大时,将导致床温下降,CO 浓度升高,总的燃烧效率反而呈下降的趋势。已有的研究表明,过量空气系数由 1.0 增加到 1.4 时,灰渣含碳量呈下降趋势,但该趋势在更高的过量空气系数下可能逆转。并且过量空气系数过高时,锅炉排烟热损失相应增大,各受热面区域的烟速提高,磨损也会加剧。因此,CFB 锅炉一般控制炉膛出口过量空气系数在 1.2 左右。

图 F.2 所示是在热功率为 1MW 的 CFB 燃烧试验台进行贫煤(芙蓉煤)试烧时,燃烧效率与炉内过量空气系数(间接反应总风量)的关系。可以看出,随着炉内过量空气系数的升高(即炉内氧浓度提高),试验煤种的燃烧效率呈上升的趋势。

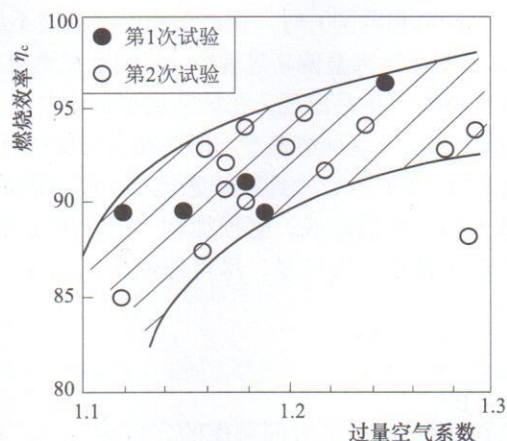


图 F.2 某贫煤煤种燃烧效率与炉内过量空气系数的关系

F.4 一次风量

一次风的主要作用是保证物料处于良好的流化状态,同时为燃料燃烧提供部分氧气。因此,一次风的风量不能低于保证完全流化所需要的最低风量。风量过小,床层不能正常流化,易造成密相区结焦;风量过大,一次风阻力增大,炉膛灰浓度(循环倍率)提高,磨损加剧。

一次风量与床温的关系为:当给煤量过大、密相区严重缺氧时,增大一次风量可以使密相区燃烧加剧,床温升高;当一次风量和给煤量已经基本匹配后,继续增大风量,由于一次风量本身的冷却作用以及循环灰量增加后带出密相区热量的增加,会使密相区床温转而下降。因此,进行一次风调节时,应密切关注床温的变化情况(同时参考排烟氧量等运行控制参数),判断密相区所处的燃烧状态,再决定一次风量的增减。

F.5 一次风与二次风的比例

在锅炉总风量一定的情况下,通过控制风量以一、二次风分级给入的方式可以有效降低风机的通风电耗(二次风由于不经过布风板送入炉膛,其压头比一次风小很多),调整物料循环量,改变炉内密相区的燃烧份额,并可形成密相区还原性燃烧气氛,降低 NO_x 的生成量。

二次风一般在密相区上部喷入炉膛(布风板上 5m 范围内),可以是单层或多层给入。

不同 CFB 锅炉制造企业选择的一次风率（一次风量占总风量的比率）有很大差别（40%~60%），运行中同一炉型的一次风率差别也很大。对高灰分煤种，应采用较低的一次风率，若同时该燃料的挥发分含量较低，可适当提高一次风率；对于低灰分煤种，应维持较大的一次风率。

当锅炉负荷降低时，二次风量可随之减少。在锅炉负荷从 100%降至 70%的过程中，可以只减少二次风，但二次风应始终保证满足风口冷却需要的风量，在此过程中播煤风和一次风可以保持不变；如果负荷继续降低，可逐渐减少一次风量。但对于 0mm~8mm 宽筛分的燃料，CFB 锅炉的流化速度不应低于 0.7m/s~0.8m/s，按此流速计算的风量应作为一次风量的下限。

F.6 二次风的穿透和及时补充

大量燃烧调整试验结果表明，实际运行的大型 CFB 锅炉炉内存在严重的气体混合不均问题，在炉膛燃烧中心区存在宝塔形贫氧区（参见图 F.3）。

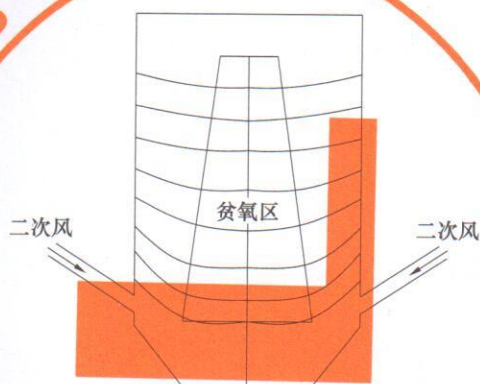


图 F.3 CFB 锅炉炉膛中心的宝塔形贫氧区

图 F.4 所示是在某 100MW CFB 锅炉进行的炉内 O_2 浓度分布测量结果。可以看出大型 CFB 锅炉即使在较高的炉膛位置（如标高 17.2m 处），炉膛中心的缺氧问题仍然很严重，炉膛中心有近 1/3 的区域 O_2 浓度在 1.5% 左右。

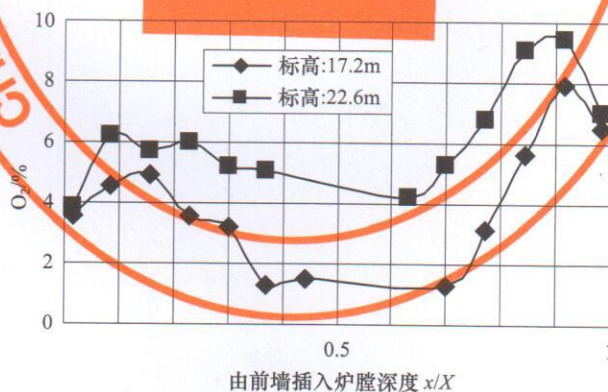


图 F.4 某 100MW CFB 锅炉炉内 O_2 浓度分布

炉膛内径向氧量分布不均匀，中心区域的氧浓度比壁面区域低得多，导致中心区域燃料的燃烧因缺氧而难以有效进行，并进而导致飞灰含碳量偏高。

除了通过燃烧调整减轻炉膛中心缺氧情况外，更主要的是在设计中对此有所考虑，并采取适当的技术措施。

F.7 燃煤粒度

进入 CFB 锅炉的煤颗粒粒度分布在 0mm~10mm 范围内。燃煤粒度对 CFB 锅炉燃烧和传热很重要，而燃煤粒度的具体构成（级配）对燃烧和传热则起着更重要的作用。对于易燃尽的煤种（如褐煤），其粒度范围可以放宽较多，控制入炉煤粒度在 0mm~25mm 范围内一般可保证锅炉正常运行。

CFB 锅炉除了控制最大粒度以保证床层良好流化外，还应控制入炉煤中细颗粒的份额，防止燃煤过度破碎。尤其是燃用低挥发分煤种时，入炉煤中细颗粒过多，会导致严重的后燃现象，使炉膛上部和分离器内温度过高，影响炉内热负荷的正常分配。并且入炉煤粒度过细还会导致飞灰含碳量的升高。