

# HG—CFB35—3.82/450—1 型循环流化床锅炉的启动调试研究及改进分析(一)

党黎军 张稳境 王举宝 (西北电力建设调试施工研究所)  
孙礼信 陈春达 王晓为 刘宝森 (哈尔滨锅炉厂)

**[摘要]** 本文对 HG—CFB35—3.82/450—1 型锅炉调试与运行过程中出现的问题及改进进行了分析,提供了循环流化床锅炉调试启动技术的要点。

**关键词** 循环流化床(CFB) 锅炉技术 过热器 启动试验 改进 调试

## 1 前言

HG—CFB35—3.82/450—1 型循环流化床锅炉是按照大型锅炉设计思想设计的新型锅炉,首次把膜式水冷壁和屏式过热器应用于循环流化床设计中。1993 年 5 月到 1994 年 6 月,我们对安装在陕西省兴能有限公司白水电厂的两台该型锅炉进行了启动调试,并对设计、设备、系统方面存在的问题进行处理,实现了满负荷稳定运行,使该炉运行达到循环流化床运行的先进水平。现对问题产生的原因及解决办法进行分析,相信会对于今后的循环流化床锅炉的设计与运行有意义。

## 2 锅炉概况

HG—CFB35—3.82/450—1 型锅炉按白水烟煤设计,并且可燃烧劣质的矸石煤,备有石灰石加料装置,是一种环保型循环流化床锅炉。两炉采用母管制。

### 2.1 主要设计参数

额定蒸发量  $D$ : 35 t/h;  
过热蒸汽压力  $P$ : 3.82 MPa;

过热蒸汽温度  $t_4$ : 450 °C;

设计煤种:  $A^y$ : 30.53%;  $W^y$ : 5.0%;

$Q_{hw} = 19\ 214$  kJ/kg;

煤的粒力度要求:  $d_1 = 0 \sim 10$  mm;其中,  $d_1 < 1$  mm 者不大于 30%。

### 2.2 锅炉布置特点

锅炉采用了膜式水冷壁,整体悬吊;炉膛断面小,炉膛高达 20 m,这样,保证了一次燃尽率。在悬浮段上部布置了屏式过热器,加强炉膛区吸热。高温旋风分离器前置,锅炉布置紧凑。

### 2.3 燃烧系统特点

燃烧系统由燃烧室、炉膛、高温旋风分离器和返料器组成。炉膛下部是密相区,最下面是布风板。采用分级送风,分级燃烧方式(图 1)。布风板下的一次风箱中配有两支预热油枪,以便把床料加热到 500 °C。密相区下部的两个二次风口上各配有一支点火油枪,进一步加热床料到 700 °C,使煤着火。在密相区燃烧室前墙处,设置了两个正压给煤点,由螺旋给煤机将煤送入炉膛。一、二次风经过预热,一次风经过布风板进入炉膛,二次风分上、下两层进入炉膛,补充氧气使煤燃尽。携带大量颗粒的烟气经过高温旋风分离器,被分离出来的物料和未燃尽煤粒,经过

收稿日期 1994--11--29

返料器进入炉膛,循环燃烧。离开分离器的烟气进入尾部烟道,进一步放热,经除尘器除尘后,由引风机自烟囱排走,除尘器的灰一部分经冷灰再循环返送炉膛,其余部分送到灰场。燃烧后的炉渣由炉底放渣管放出,经冷渣器冷却后,由机械或人力排走。

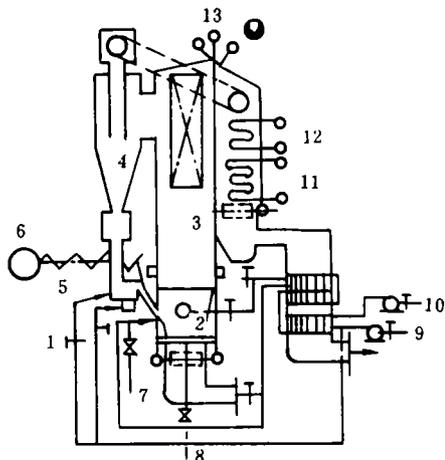


图1 循环流化床燃烧系统

- 1. 一次风室    2. 燃烧室    3. 炉膛与膜式水冷壁
- 4. 旋风分离器    5. 返料器    6. 给煤机    7. 放灰口
- 8. 排渣门    9. 一次风机    10. 二次风机    11. 省煤器
- 12. 对流过热器    13. 屏式过热器

返料器采用U型结构,立管高,配有流化风与松动风(图2)。

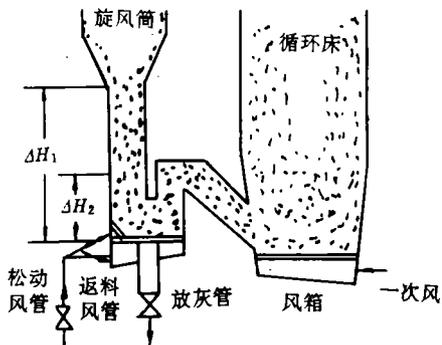


图2 返料器原理示意图

### 3 冷态试验

对于循环流化床锅炉,除常规的点火前检查与

标定外,重点进行了下列试验。

#### 3.1 风量、给煤、循环灰标定

在风量标定前,检查了一、二次风机、引风机出力及系统漏风。要求系统漏风要小,特别是一次风漏风不得大于点火控制风量,即要在冷态临界流化风量的80%以下。否则将严重影响点火启动。因为一次风控制流化状态,所以专门设有一次风量表以便监视。标定发现,依据压力倍增管原理制成的风量元件并非线性,且实际上对于小压差没有倍增作用。为此,专门设了靠背管用于准确监视风量,原风量表仅作参考。

螺旋给煤机和叶轮给灰机配有滑差电机,转速可调。利用称重方法分别对它们进行标定(图3)。要求螺旋给煤机最小出力可以满足点火启动要求,给煤口配有播煤风,可以补充该区空气,防止还原性气氛形成,并使煤迅速地分布到床层上。

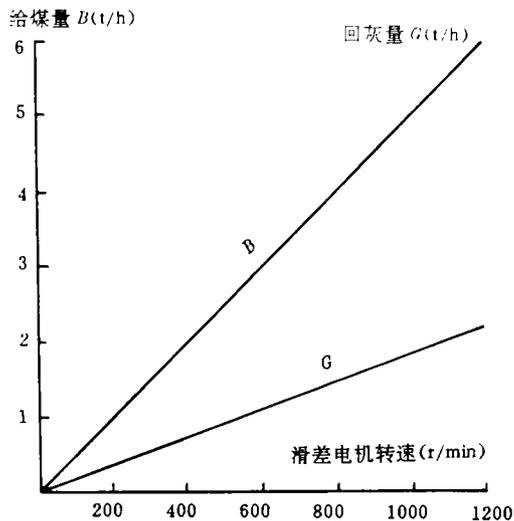


图3 给煤机给灰机特性

#### 3.2 流化床的冷态试验

##### 3.2.1 均匀性试验

在布风板阻力试验之后,测试料层阻力之前,进行了布风均匀性试验。布风均匀是流化床点火、稳定燃烧、防止结焦的必要条件,因而,也是流化床冷态试验的主要内容之一。试验方法为:在床的布风板上布一定厚度的床料,启动一次风机使床料达到临界流化状态,稳定几分钟,然后,迅速停一次风。观察床面:床层薄的地方,说明风大;厚的地方,则说明风小;床层均匀,则说明布风均匀。试验发现,该炉的布

风严重不均匀。分析认为,主要是一次风道不对称布置引起的。一次风道布置于炉后左侧,并在一次风室的水平高度上由转弯风道从炉后引入风室。不均匀性表现为,料层左边厚,右边薄,左后最厚,右前最薄,并在炉后中部偏左的地方形成流动死区(图 4)。虽在一次风室上进行了改造,但点火和小负荷运行困难,多次形成沟流和局部结焦。后经一次风道改造,实现对称进风,布风均匀性好,以上现象便消失了。

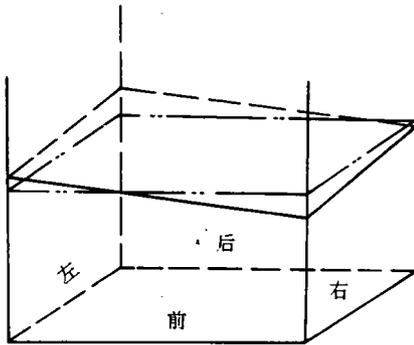


图 4 床料风不均匀性示意图

### 3.2.2 料层阻力与临界流化风测试

料层阻力特性与临界流化风是流化床点火启动与运行的重要数据,是运行料层高度调节与流态判别的依据。通过测取布风阻力与料层总阻力,利用作图法,可以得到料层阻力及临界流化风量。也可以用下式对其估算。

料层阻力可以用下式来估计:

$$\Delta P_m = \varphi \cdot l \cdot r \cdot \times 10^4 \text{ Pa} \quad (1)$$

式中,  $\varphi$  为压降减小系数,有关资料建议取 0.8;  $l$  为堆积的料层高度  $m$ ;  $r$  为料的堆积比重。

临界流化风用下式决定:

$$W_{cr} = \frac{v}{\gamma} \cdot \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4.75}}{18 + 0.6 \sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4.75}}} m/s \quad (2)$$

式中,  $Ar$ —阿基米得数,  $Ar = \frac{g \cdot \rho_{fl}}{v^2 \cdot \rho_{gr}} \cdot d^3$ ;

$v$ —运动粘度,  $m^2/s$ ;

$d$ —颗粒的当量直径,  $m$ ;

$\varepsilon$ —料层堆积空隙率;

$\rho_{fl}, \rho_{gr}$ —粒子与流体密度,  $kg/m^3$ ;

$g$ —重力加速度,  $m/s^2$ 。

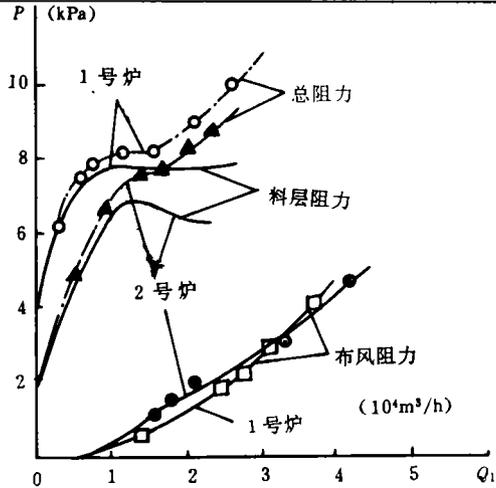


图 5 1号炉 2号炉层料阻力 ( $l = 700$ )

1号炉床料,  $\phi 0.5 \sim 1.2$  石英砂; 2号炉床料,  $\phi 0 \sim 6$  炉渣

实验所用材料为  $\phi 0.5 \sim 1.2$  石英砂,厚度为 700 mm。实测的冷态流化风量为  $10\,500 \text{ Nm}^3/h$ ,计算的临界流化风量为  $10\,157 \text{ Nm}^3/h$ 。图 5 上 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup> 的料层阻力曲线的差别,是 1<sup>#</sup> 炉布风不均匀性在料层阻力特性上的反映。

实际的炉渣与石英砂不同,其比重小,但颗粒大,粒径分布广( $0 \sim 6 \text{ mm}$ )。实测临界风量接近于  $10\,000 \text{ Nm}^3/h$ 。由于其粒径分布宽,其临界流化的阶段特点更明显。当风压为 5000 Pa 时,床层表面开始均匀产生气泡(布风均匀时),风压为 6000 Pa 时,床面连成一片如水波一般波动,床层膨胀。当风压为 7000—7500 Pa 时,床层充分流化,大颗粒也处于流化状态并可见到。

实际观测发现,起始流化时,压力有一个回落过程,颗粒粒径越窄,这一特点越明显。如图 6 示意。因而,在以后运行中,也利用了这一特点作启动时的流化检查。

### 3.2.3 返料器冷态试验:

返料器为 U 型结构,用流化方法实现其开启状态。运行要求其能灵活地开启和关闭。流化风量是关键的控制因素,它与返料器阀门结构、阻力及风源压力有关。当阀门确定以后,风量与风源压力呈单函数变化。

返料器风源压力也有一定的要求。风压过低,风量不足,达不到返料器阀门的开启状态或不流化,返料器不能正常投入。风压太高,如立管高度有限时,

会使立管中的物流化,破坏物料的正常循环;造成旋风分离器的二次携带,影响分离效率,甚至发生二次燃烧引起结焦。一般设计中,据压力平衡关系,得出返料器正常工作时风源压力必须满足下列条件:

$$P \geq \rho g \cdot \Delta H_2 + \Delta P_{\text{布}} \quad (3)$$

及

$$P \leq \rho \cdot g \cdot \Delta H_1 + \Delta P_{\text{布}} \quad (4)$$

式中,  $P$  为返料风源压力;

$\Delta P_{\text{布}}$  为返料器布风阻力;

$\rho$  为物料堆积密度;

$\Delta H_2$ 、 $\Delta H_1$  分别为返料器出口高度和入口立管高度。

上式是运行中控制返料风压的依据。

我们用  $\phi 0.5$  的石英砂作为循环物料对返料器进行了冷态试验。试验方法和原理与床层的相同。实测的临界流化风量为  $150 \sim 180 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , 返料风压为  $1.1 \times 10^4 \text{ Pa}$ ; 运行一段时间后, 用  $0 \sim 2 \text{ mm}$  的循环灰测试该风量为  $150 \text{ Nm}^3/\text{h}$  左右。与用式(2) 计算的结果基本一致。返料器立管本身设计得高, 有  $2 \text{ m}$ , 实际料高也在  $2 \text{ m}$  以上, 因而, 试验与运行中均未出现返料不畅的问题。运行中, 控制返料风源压力在  $1.1 \sim 1.3 \times 10^4 \text{ Pa}$  水平上。

设在密集物料区的取压点均不起作用, 无显示。

检查发现, 系物料堵塞所致。因而, 流化床的料层阻力、返料器工作状态都是监视相应的总风压力。同样, 由于设在返料器立管上的、用以反映料位高度的各测点压力不起作用, 因而不能实现料位的准确监视。运行中用打焦孔作为巡检用途并以灰鼓和返料器下部温度为主要的返料器工作状态的监视手段。

鉴于返料器风量的重要性, 在调试中, 专门对返料风道进行改进, 装设测点, 实现了对这一小风量的运行监测。通过实验和运行分析, 我们认为, 利用压力——风量双参数对床层及返料器进行监视, 以风量监视流化状态, 以压力监视料高, 可以准确有效监视运行, 及时发现异常。

回料器观察孔和燃烧室观察孔是除温度计外另一个直观可靠的监视手段。运行中多次出现温度计故障、指示矛盾时, 就是通过观火孔据灰的颜色判断运行情况与温度的。但原设计的观察孔一是太小, 二是常被烟黑污染而失去作用。合理的结构应使观察镜可移动, 以免被污染, 或在观察孔前设置一道活门, 活门开启进行观察, 活门关闭可防止观察镜被污染。

(下期连续报导热态启动调试及主要改进措施)。

## 便携式故障诊断系统

该系统适用于化工、石油、电力、冶金、机械等行业的汽轮机、水轮机、电机、装风机、压缩机、制氧机、大型泵等各种旋转机械的振动巡检和故障诊断。系统的主要功能有: 信号波形及其统计数值特征分析、全息轴心轨迹瀑布图分析、轴心轨迹的二维全息谱分析、提纯轴心轨迹分析及转子轴系的三维全息谱分析。此外, 该系统还能对转子系统进行精确的动平衡。系统测量结果可长期存储, 并可打印输出。

应用该系统可对旋转机械的对中不良、转子失衡、支座松动、流体激励、动静碰磨、管道激励、气封磨损、旋转脱离、油膜振荡等常见故障进行精密诊断, 使设备管理和维修人员能更准确地掌握设备的运行状态, 实施预测维修, 提高设备运转率和企业经济效益。目前, 该系统已在江西九江电厂、湘潭钢铁公司、广州黄浦电厂等数十家工厂中投入运行。

(汪家铭)

[刊,中]/Jin Haiming(Xi'an Jiaotong University)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(1). -37~39

CHAT cycle, a modified version of HAT cycle is described in this paper. It pertains to a reheat version of the HAT cycle. The outstanding features of the CHAT cycle are also briefly presented. Key words: HAT cycle,CHAT cycle features

微机监测分析系统在火电厂 125MW 机组中的应用=The Application of Microcomputer-based Monitoring System for a Thermal Power Plant 125 MW Generating Set[刊,中]/Chen Liqiang, Ren Haoren, Sheng Deren, Chen Jianhong (Zhejiang University)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(1)-40~44

Described in this paper is a practical MAS microcomputer-based monitoring/analysing system which the authors have designed, installed and commissioning-tested for a thermal power plant 125 MW generating set. The hardware configuration, software organization and the functions and outstanding features of the said system are presented. Also dealt with are the putting into operation of the system and its application prospects. Key words: thermal power plant, microcomputer-based monitoring/analysing system, application

燃气幅射管壁温计算数学模型=A Mathematical Model for Calculating the Outside wall Temperature of a Gas Radiating Tube [刊,中]/Liu Cunfang, Zhang Mengahu (Shandong University of Science & Technology)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 1996,11(1). -45~48

Based on some rational assumptions, the present paper presents a mathematical model for calculating the outside wall average temperature of a gas radiating sleeve tube. Through the use of the said model it is also possible to calculate the inner tube wall temperature, the exhaust gas temperature, the heat input and the thermal efficiency of the said tube. The calculation results are in good agreement with those obtained by experiments, thus confirming the rationality of the proposed mathematical model. Key words: combustor, gas radiating tube, wall temperature, mathematical model, calculation

HG-CFB 35-3. 82/450-1 型循环流化床锅炉的启动调试研究及改进分析=A Study on the Start-up Commissioning Test of a HG-CFB 35-3. 82/450-1 Circulating Fluidized Bed Boiler Followed by an Analysis of Improvement Measures[刊,中]/Dang Li jun, Zhang Wenjing, Wang Jubao//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(1). -49~52

Edited and Published by Harbin 703 Research Institute and Editorial Staff of this Journal

Printer: Printing House of Harbin Institute of Technology

Address: P. O. Box 77, Harbin China

Cable: 6511, Harbin China

Post Code Number 150036

ISSN1001-2060  
Periodical Registration: CN23-1176/TK

Distributed by China International

Book Trading Corporation,

P. O. Box 399, Beijing, China