

# 前置立式煤粉旋风炉低负荷单 旋风筒运行水循环可靠性研究

周云龙 蒋安众 胡光 夏国栋

(东北电力学院)

殷大众 庞淑珍 徐立新

(吉化公司动力厂)

[摘要] 本文论述了在 180 t/h 前置立式煤粉旋风炉上所作的水循环试验。试验目的主要是检验该炉在单旋风筒运行低负荷时水循环的可靠性。试验结果表明:双旋风筒同时运行时,锅炉负荷  $D \geq 61\% D_0$  (对  $D_0$  额定负荷,下同),不会出现水循环问题;单筒运行,另一筒投油,  $D \leq 45\% D_0$  时,水冷壁管内出现停滞,不宜运行;  $45\% D_0 < D < 50\% D_0$  时,水循环可靠性较差,不宜长期运行;单筒运行,另一筒不投油,  $D \leq 55\% D_0$  时,水冷壁管内出现倒流,也不宜运行。

关键词 旋风炉 水循环 可靠性 试验研究 低负荷

分类号 TK 223

## 1 前言

液态排渣旋风炉在我国发展已经近二十多年了,由于旋风炉能与灰渣综合利用结合起来,减少环境污染,在近几年发展较快。但是,这种锅炉采用液态排渣方式,在外界负荷要求较低时,采用双筒同时排渣困难,因此在实际运行时,为保证顺利排渣常采用单筒运行方式。这样就出现一个问题,炉内受热面的热负荷极不均匀,停旋风筒的一侧受热较弱,有可能出现水循环方面的问题(停滞,倒流),影响锅炉的安全运行。所以非常有必要对这种锅炉进行单旋风筒低负荷运行时的水循环可靠性试验,以检验单筒低负荷运行方式下水循环可靠性,为指导生产提供必要的依据。

## 2 水循环试验测点选择

本试验是在吉林化学工业公司动力厂 4<sup>#</sup> 炉上进行的,该炉系哈尔滨锅炉厂设计和制造的 HG—180/100—YM1 型锅炉,该炉是带有两只前置式旋风筒,单汽包自然循环液态排渣,整个锅炉呈“Π”型布置。1988年12月投运,其主要设计参数为:额定出力:  $D_0 = 180\text{t/h}$ ; 过热器出口压力:  $P_{gr} = 9.8\text{ MPa}$ ; 过热器出口温度:  $T_{gr} = 540\text{ }^\circ\text{C}$ ; 汽包压力:  $P_0 = 10.98\text{ MPa}$ ; 给水温度:  $T_w = 215\text{ }^\circ\text{C}$ , 试验燃料为烟煤。

测点的选择必须根据锅炉水循环回路分配、运行状况和试验目的来定出具体的测点位置。

收稿日期 1993 03 15 修改定稿 1993 11 19

本文联系人 周云龙 男 33 副教授 132012 吉林市长春路 169 号

4" 炉水循环系统有五根  $\phi 377 \times 25$  mm 的集中下水管,除两根下水管向旋风筒供水外,其余三根均向二次室水冷壁供水。集中下水管的分配集箱为  $\phi 426 \times 50$  mm,材料为 20" 钢。前后墙水冷壁各分为五个循环回路,其中中部回路有 23 根水冷壁管(水冷壁为膜式水冷壁,鳍片管管径为  $\phi 60 \times 5$  mm,节距  $S = 80$  mm,下同),其余四个回路均为 19 根水冷壁管。

两侧墙水冷壁各分成三个循环回路,每个回路均为 22 根水冷壁管。前墙水冷壁由中间一根集中下水管通过 10 根  $\phi 133 \times 10$  mm 的分散下水管供水,每个回路均设有 2 根  $\phi 133 \times 10$  mm 的汽水引出管与锅筒相连。后墙和两侧墙水冷壁由两根集中下水管供水,每根分别供一侧墙和后墙的一半水冷壁。侧墙水冷壁每个回路由两根  $\phi 133 \times 10$  mm 的分散下水管供水,并用两根  $\phi 133 \times 10$  mm 的汽水引出管引入锅筒。后墙水冷壁吊挂管进入上集箱后,由六根  $\phi 108 \times 8$  mm 的汽水连接管引入锅筒,而水平包墙水冷壁进入上集

箱后,由八根  $\phi 108 \times 8$  mm 的汽水连接管引入锅筒,整个锅炉循环回路分配见图 1。

当锅炉负荷较低时,停用一侧旋风筒,采用单筒运行方式。如甲侧旋风筒运行,乙侧旋风筒停用,那么甲侧水冷壁的受热较强,乙侧水冷壁的受热较弱。根据这次试验的目的,为了查找单筒运行时水循环的可靠性,测点应着重于可靠性最差的回路和管子。根据该锅炉的循环回路分配,可靠性最差的回路为受热最差的前乙一,后乙一,乙侧前和乙侧后四个回路。在这四个回路中,可靠性最差的管子为受热最弱的靠近两角的管子。所以在四个回路中的每一个回路中,选择靠近两角的两根管子作为测量管(选第 1 根和第 3 根),而在后乙一回路选择吊挂管一根和斜包墙管一根(第 1 根和第 5 根)。为了进行对比,又选了乙侧中和甲侧中两个回路的中间一根作为测量管,所以水冷壁共有六个回路,10 个测点,10 根测量管。

在每个测量管(上升管)的入口处安装测速管来测量上升管的流速。另外,我们还选择了三个回路(前乙一,乙侧后,后乙一),在分散下水管共有 6 个测点,6 根测量管。

测量  $\Delta P_{st}$ 、 $S_{st}^{sp}$ 、 $S_{st}^{st}$  时,应在汽包、上联箱和下联箱上开设静压测点,一般静压测点不得在汽包和联箱的管件进出口处开孔,而应在汽包上的堵孔、水位计的连通管和联箱上的手孔、堵头和排污管上打孔。这次试验汽包上的压点设在水位计的水连通管上,下联箱上的压点设在联箱的堵头上,上联箱上的压点设在汽水引出管上(因上联箱上没有手孔和堵头)。

工质温度的测点开设在前乙一、乙侧后和后乙一回路的分散下水管上,用自制的套管来安装镍铬—镍硅铠装热电偶。

压力的测点取在上、下联箱的静压测点上。

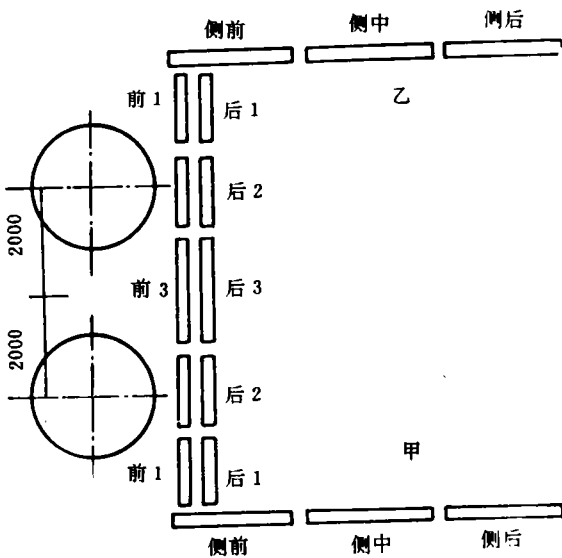


图 1 锅炉水循环回路分配简图

### 3 水循环测量项目和试验方法

在锅炉大修后,按水循环测点布置进行了测点开孔,安装测速管,焊接管座,连接传压管,安装二次仪表等一系列工作。测速管采用 IUKTII 型(自行设计),安装之前进行了标定,得到流量系数  $\mu$ 。测速管的差压用 DBC-3 型和 HP1151 型电容式差压变送器测量,差压变送器输出的标准信号 4—20mA,用毫安表进行测量,最后转换成差压值,所有仪表在使用前均进行了量程调整和标定。

$\Delta P_{\text{静}}$ 、 $S_{\text{静}}^{\text{静}}$  和  $S_{\text{静}}^{\text{动}}$  的测定是用差压变送器测量被测管中两端的静压差,然后换算成阻力或有效压头。

工质温度选用  $\phi 3$  mm 的镍铬—镍硅铠装配热电偶,配二次显示仪表进行测量。

压力采用 0.5 级标准压力表来测量,环境温度采用玻璃管水银温度计来测量。

除此之外,还要测定锅炉负荷、水位、锅炉压力、蒸汽温度和炉内燃烧状态等运行参数,这些参数由锅炉运行时盘上控制仪表测量出。

在所有测点和仪表安装后,在锅炉额定压力 1.25 倍压力下进行水压试验,检查各焊接点是否有漏水现象,各仪表和传压管是否有堵死现象,如果有以上情况,进行修复。

水压试验后,进行预备性试验,检查测量系统的可用性和准确性,然后开始进行正式试验。按照本试验的目的和试验工况,试验方法如下:

1. 根据试验工况,通过调度、运行人员把锅炉负荷调整在所要求的参数下,稳定运行一段时间。
2. 工况稳定达到热平衡后,记录所有的数据,每一工况下隔 5 分钟记录一次。
3. 当所有的测量参数记录完毕后,通过

调度进行下一个工况的试验,直到试验全部完成。

### 4 水循环试验项目

根据这次试验目的,锅炉运行方式及负荷选择如下:

1. 双旋风筒同时运行,170 t/h 负荷
2. 双旋风筒同时运行,140 t/h 负荷
3. 双旋风筒同时运行,110 t/h 负荷
4. 甲筒运行,乙筒投油,120 t/h 负荷
5. 甲筒运行,乙筒投油,100 t/h 负荷
6. 甲筒运行,乙筒投油,80 t/h 负荷
7. 甲筒运行,乙筒投油,75 t/h 负荷
8. 甲筒运行,乙筒不投油,100 t/h 负荷
9. 甲筒运行,乙筒不投油,90 t/h 负荷

除此之外,我们还进行了负荷连续上升和负荷连续下降的水循环等工况的试验。

### 5 试验结果及分析

判断自然水循环是否可靠的根本标准是:能否保证所有的水冷壁管都得到充分冷却<sup>[1]</sup>。故判断自然循环可靠性时,常检查所有可能引起水冷壁得不到正常冷却的条件是否发生,若这些条件不发生,则水循环是正常的或可靠的,其中一个最重要的条件是检验水循环是否发生停滞和倒流,如果不发生则说明水循环是正常的或可靠的,否则反之。检验水循环是否发生停滞和倒流,主要看水冷壁管内水的流速是否为零,流动方向是否与正常方向相反,本次试验主要是按照这一方法进行检验的。

在本次试验中,双旋风筒同时运行作了三个工况,即 110 t/h 负荷、140 t/h 负荷和 170 t/h 负荷。试验结果如图 2~4 所示。从试验结果中可以看到,在所测量的六个回路(前

乙一、乙侧前、乙侧中、乙侧后、后乙一、甲侧中), 水冷壁上升管内的循环流速  $W_0$  在 0.4 ~ 1.049 m/s, 分散下水管的流速  $W_{xj}$  在 0.9 ~ 2.5 m/s 范围内, 并随着负荷的增加, 循环流速也随着增加, 并没有发生循环停滞或倒流现象。根据以上论述, 认为在双旋风筒同时运行时, 在锅炉负荷大于 110 t/h 时, 从水循环的角度来看是安全的。

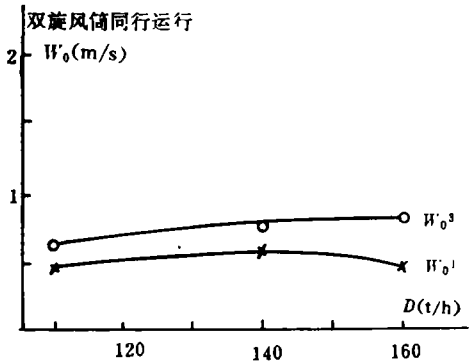


图 2 乙侧前循环回路  $W_0$

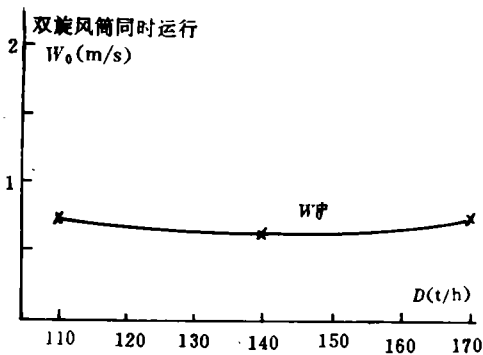


图 3 乙侧中循环回路  $W_0$

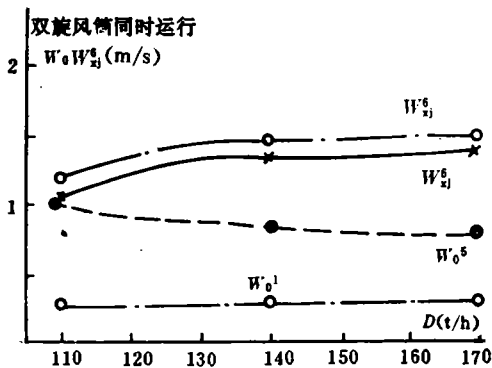


图 4 后乙一循环回路  $W_0, W_{xj}$

对于单筒运行, 如甲筒运行, 乙筒还分为投油和不投油两种情况。对甲筒运行, 乙筒投油作了四个工况, 即 120 t/h, 100 t/h, 82 t/h, 和 75 t/h 负荷。图 5 ~ 7 为甲筒运行, 乙筒投油运行方式下上升管的循环流速和分散下水管的流速随锅炉负荷的变化情况。从试验结果中可以发现, 在单筒运行时, 旋风筒停用一侧, 水冷壁管内的循环流速在相同负荷下要比双筒同时运行水冷壁管内的循环流速低, 但旋风筒运行侧水冷壁管内的循环流速在相同负荷下比双旋风筒同时运行水冷壁内的循环流速要高, 随着负荷的减少, 循环流速和分散下水管的流速降低; 锅炉负荷减小到 82 t/h 时, 在前乙一, 乙侧后循环回路上, 发现水冷壁管内循环流速为零, 出现停滞状态, 当锅炉负荷继续降低时, 则发现水冷壁管内出现倒流现象。为了找到水冷壁管内出现停滞和倒流的界限, 还进行了负荷连续上升和

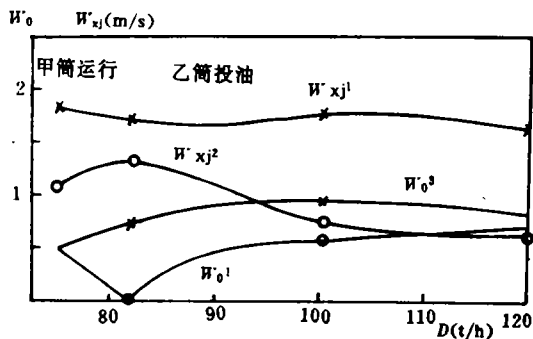


图 5 前乙一循环回路  $W_0, W_{xj}$

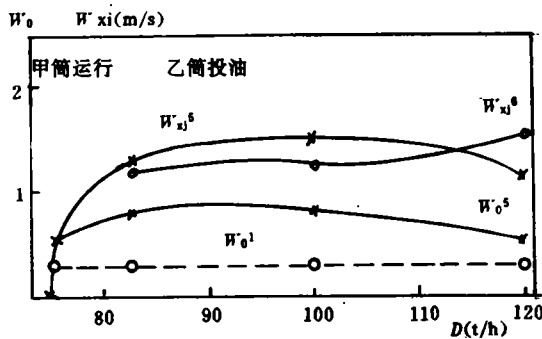


图 6 后乙一循环回路  $W_0, W_{xj}$

负荷连续下降的试验。在试验过程中,发现当负荷在 90 t/h 左右时,在前乙一,乙侧后循环回路上水冷壁管内的循环流速很低。因此,我们认为在锅炉负荷  $D \leq 82$  t/h 时,从水循环角度来讲,是不安全的。在锅炉负荷  $82$  t/h  $< D < 90$  t/h 时,水循环的安全性也不好。水循环出现不良现象时,并不一定立即使管子烧坏,水循环引起的不良反映是一个长期的过程,如果锅炉长期在水循环不良的条件下运行(如发生水循环停滞或流速过低),倾斜管中的汽水分层则会使部分管子与蒸汽接触,使管壁温度过高而引起爆管或过热等现象,因此不允许发生循环停滞或发生汽水分层等现象。根据上述,建议在单筒运行(另一筒投油)时锅炉负荷  $D \leq 82$  t/h,不宜运行。锅炉负荷在  $90 \sim 82$  t/h 时,不宜长期运行。

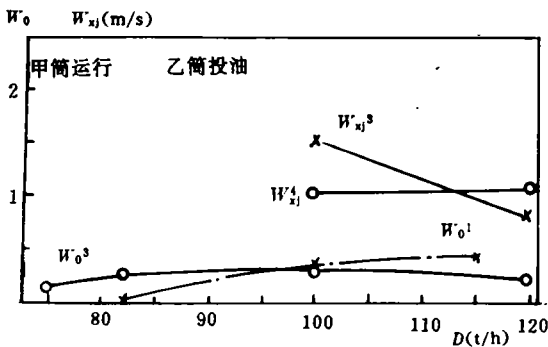


图 7 乙侧后循环回路  $W_0, W_{m1}$

对甲筒运行,乙筒不投油,我们作了两个工况的试验,即 100 t/h 负荷和 90 t/h 负荷。从试验结果中可以看到:在乙筒不投油的两个工况下,前乙一、乙侧后两个循环回路上均出现了倒流现象。在我国的水循环计算方法<sup>[2]</sup>中规定了发生水循环倒流是不允许的,出现倒流并不一定必然导致水冷壁管冷却不良,尤其是倒流速度大时,不会有冷却不良的问题。但是,目前国内外对这一问题研究不充

分,发现低速倒流,水向下缓慢流动,而汽泡向上浮或停滞,在弯头或水平段将发生集聚,可能引起管子冷却不良,对会不会发生及时发生低速倒流的问题尚未彻底弄清楚之前,为了安全,认为正常的水循环不允许发生倒流现象。因此对单筒运行不投油的情况不应运行,以免出现水循环不良的现象。

通过水循环试验,得知:

1. 双旋风筒同时运行,锅炉负荷  $D \geq 61\%D_0$  时,不会出现水循环问题。
2. 单筒运行,另一筒投油时,锅炉负荷  $D \leq 40\%D_0$  时,不宜运行;负荷  $40\%D_0 < D < 50\%D_0$  时,也不宜长期运行。
3. 单筒运行,另一筒不投油时,锅炉负荷  $D \leq 55\%D_0$  时,不宜运行。

### 符号

- $D_0$ — 锅炉额定负荷 t/h;
- $D$ — 锅炉负荷 t/h;
- $W_0$ — 水冷壁上升管内循环流速 m/s;
- $W_{m1}$ — 循环回路分散下水管内流速 m/s;
- $W_{m1}^1, W_{m1}^2$ — 前乙一循环回路分散下降管内流速 m/s;
- $W_{m1}^3, W_{m1}^4$ — 乙侧后循环回路分散下降管内流速 m/s;
- $W_{m1}^5, W_{m1}^6$ — 后乙一循环回路分散下降管内流速 m/s;
- $\Delta P_{m1}$ — 下降管阻力 Pa;
- $S_{m1}^{sl}$ — 水冷壁有效压头 Pa;
- $S_{m1}^g$ — 汽水引出管有效压头 Pa;

上标:

- 1 — 循环回路第 1 根管子
- 2 — 循环回路第 3 根管子
- 中 — 循环回路中间管子

### 参 考 文 献

- 1 林宗虎,陈立勋编著. 锅内过程. 西安交通大学出版社, 1990
- 2 电站锅炉水动力计算方法编写组. 电站锅炉水动力计算方法(JB/Z201 83). 1984

CONTENTS

- (65) **A study on the Water Circulation Operation Reliability of a Vertical Topping Pulverized Coal-Fired Cyclone Boiler in Case of Low-Load Single Cyclone Operation**.....Zhou Yunlong, Jiang Ansheng, Hu Guang, Xia Guodong (*Northeastern China Electrical Engineering Institute*), Yan Dazhong, Pang Shuzhen, Xu lixin (*Power Plant of Jilin Chemical Engineering Co.*)

This paper gives a brief description of the water circulation test performed on a 180 t/h vertical topping pulverized coal-fired cyclone boiler. The test mainly aims at the verification of water circulation reliability during the low-load single cyclone operation. The results of the test have shown that in the case of simultaneous operation of two cyclones with the boiler load  $D \geq 61\% D_0$  ( $D_0$  stands for rated load) no water circulation problem will arise. In the case of single cyclone operation and another cyclone fed with heavy oil a stagnation will take place in the water-wall tubes when  $D_0 \leq 45\%$  and there would be a lack of suitable conditions for a normal operation. During a load of  $45\% D_0 < D < 50\% D_0$  a lowering of water circulation reliability will result, making it unsuitable for long-term operation. Under the condition of single cyclone operation and the other cyclone not fed with heavy oil a flow reversal in the water-wall tubes will appear when  $D \leq 55\% D_0$  and the boiler is also rendered unsuitable for normal operation. **Key words:** *cyclone-fired boiler, water circulation, reliability, experimental study, low load*

- (70) **An Experimental Study of the Effect of Pulverized Coal Concentration on Flame Temperature** ..... Chen Gang, Qiu Jihua, Zhang Zhiguo (*Central China Polytechnical University*)

Based on the mass action law and basic combustion theory the authors propose the application of a relatively high pulverized coal concentration for use in a pulverized coal-fired boiler in order to enhance the ignition zone flame temperature, thus achieving a more stable combustion. A combustion test was conducted on a single burner hot-state test stand, firing respectively the coal of Huangshi Electric Power Station and Luochuan Power Station and employing different values of pulverized coal concentration. **Key words:** *pulverized coal, high concentration, flame temperature*

- (73) **An Exploratory Study on the Combustion of Pulverized Anthracite Coal Characterized by Its Lateral High Concentration** ..... Pang Lijun (*Harbin Institute of Technology*), Li yongtang (*Harbin Boiler Works*)

Based on a theoretical analysis and practical experiences the authors have come up with a new type of large-capacity boiler pulverized anthracite coal burner - lateral high concentration pul