

自然循环热水锅炉锅内装置设计探讨

朱群益 杨明新 赵广播 郝满晋

(哈尔滨工业大学)

高喜强

(黑龙江省劳动局)

[摘要] 本文采用模拟方法,进行了自然循环热水锅炉锅内装置对下降管入口水温影响的试验研究,并给出了锅内装置的设计方法。

关键词 自然循环热水锅炉 锅内装置

分类号 TK212 TK229

1 前言

热水锅炉运行时,常发生水冷壁过烧及爆管事故,其原因是由于管内工质产生过冷沸腾,导致管壁结构,传热变差,壁温升高;结垢严重时,甚至会发生将水冷壁管堵死现象。为了防止管内产生过冷沸腾,除提高管内工质流速外,应尽量降低下降管入口水温。自然

循环热水锅炉安装锅内装置的目的就是合理组织锅内工质的混合与分配,降低下降管入口水温。

自然循环热水锅炉锅内装置比较简单,如图1所示。

本文对如何合理设置自然循环热水锅炉锅内装置进行了一些试验研究,并给出了设计方法。

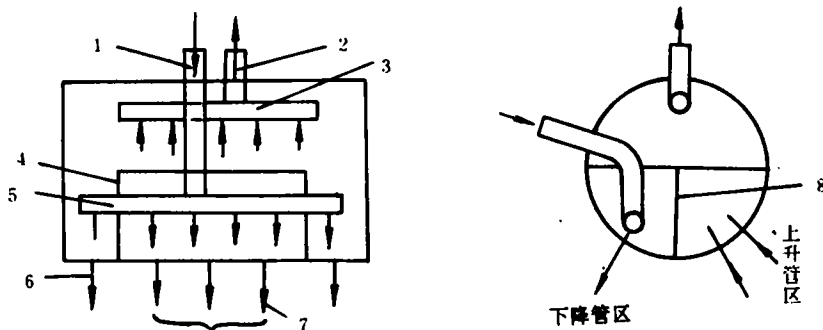


图1 锅内装置简图

1. 回水引入管 2. 热水引出管 3. 集水管 4. 横向隔板 5. 回水分配管
6. 水冷壁下降管区 7. 对流排管下降区 8. 纵向隔板

收稿日期 1993 03 19

本文联系人 朱群益 男 32 副教授 150006 哈尔滨工业大学热能工程教研室

2 试验装置简介

试验台简图如图2。试验中采用强制循环模拟自然循环,采用硝酸银滴定法测定水中的氯根 Cl^- 浓度,试验台主体材料为有机玻璃,便于观察和取样。

试验时,先将浓盐水(NaCl)倒入水箱“8”,而后搅拌均匀,水中含氯根浓度为 C_3 ,水经水泵“3”进入上升管区域,用以模拟上升流动。上升管沿锅筒长度方向均匀布置,共4排,每排10根,管径为 $\phi 10 \times 2$ mm。给水为

自来水,含氯根浓度为 C_1 ,给水经水泵“1”进入回水分配管,而后分配至水冷壁下降管区域(布置在锅筒两端,每端2根,管径 $\phi 18 \times 2$ mm)及对流排管下降管区域(布置在锅筒中间,共3排,每排5根,管径 $\phi 10 \times 2$ mm)。设各下降管中含氯根浓度相同,为 C_2 。下降管中水经水泵“2”排入地沟,用以模拟下降流动。流量计“4”测量给水流量 Q_1 ,流量计“5”、“6”分别测量下降管中流量 Q_2 及上升管中流量 Q_3 。锅筒中的水在压差作用下经集水管及管道“7”排入地沟,用以模拟热水引出,其中含氯根浓度为 C_4 ,流量为 Q_4 。

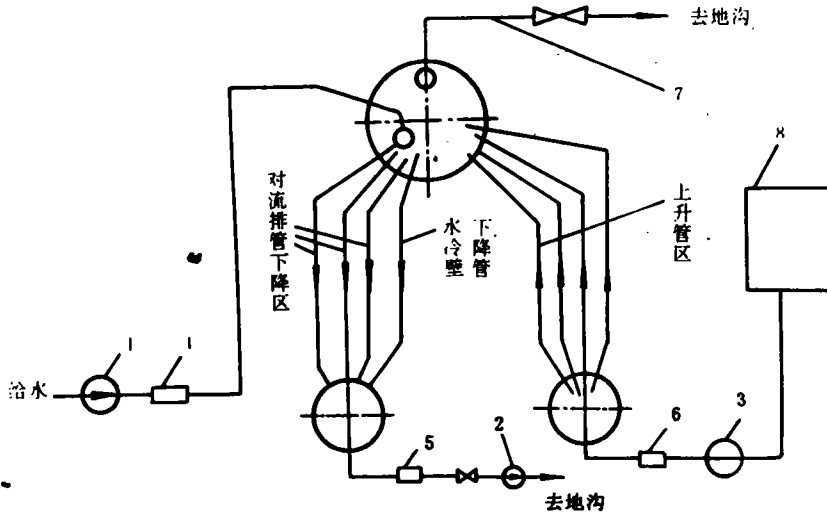


图2 试验台简图

如将对流排管下降管区域中的管子用橡皮塞堵死,则可模拟无对流排管的工况,若不堵死,则可模拟有对流管束的工况。

试验中应保证 $Q_2 = Q_3$, 则:

$$Q_1 = Q_4 \quad (1)$$

设循环倍率为 K , 则:

$$K = Q_2 / Q_1 \quad (2)$$

试验中改变循环倍率 K , $K = 0.5 \sim 3.0$

试验时,开启泵“1”、“2”、“3”,监测流量 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 ,待 $Q_2 = Q_3$, Q_2 / Q_1 等于预先设定的

循环倍率 K 后,进行取样,以测定 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 值。

3 试验结果及锅内装置设计方法

3.1 隔板

设置隔板后,可将锅内工质分成冷水区和热水区,即下降管区和上升管区。此时可减

少回水(冷水)进入集水管,上升管出口水(热水)进入下降管,降低下降管入口水温。冷水区域相互联通。

锅内水流的混合与分配如图3。

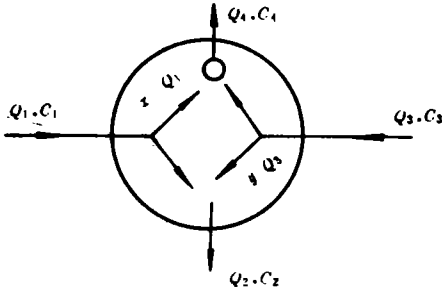


图3 锅内水流的混合与分配

引入参数 x, y 。 x 为 $K > 1$ 时,进入热水引出管的回水量占总的回水量之比; y 为 $K \leq 1$ 时,进入下降管的热水量点总的回水量之比。显然, x, y 越小,下降管入口水温越低。因此, x, y 值可用来衡量锅内装置的效果。

当 $K > 1$ 时,由进入集水管的氯根平衡方程可求得 x 值。

$$X \cdot Q_1 \cdot C_1 + (1-X) \cdot Q_1 \cdot C_3 = Q_4 \cdot C_4 \quad (3)$$

$$X = (C_3 - C_4) / (C_3 - C_1) \quad (4)$$

当 $K \leq 1$ 时,由进入下降管的氯根平衡方程可求得 y 值。

$$Y \cdot Q_3 \cdot C_3 + (1-Y) \cdot Q_3 \cdot C_1 = Q_2 \cdot C_2 \quad (5)$$

$$Y = (C_2 - C_1) / (C_3 - C_1) \quad (6)$$

锅筒两端回水分配管上的开孔应正对着水冷壁下降管入口,如图4。设开孔直径为 d_0 mm,开孔所对应的下降管内径为 d_1 mm。将孔口出流看作自由射流,随着与周围工质发生动量与质量交换,射流截面积不断增大,为了使从孔口喷出的回水全部进入下降管,射流截面积应小于或等于下降管截面积。由文献[1]可知,当射流截面积等于下降管入口

截面积时,孔口距下降管入口距离 L_0 为:

$$L_0 = \frac{1}{6.8a} (d_1 - d_0) \quad (a = 0.07 \sim 0.09) \quad (7)$$

试验中 L_0 取为^[2]:

$$L_0 = 1.69(d_1 - d_0) \quad (8)$$

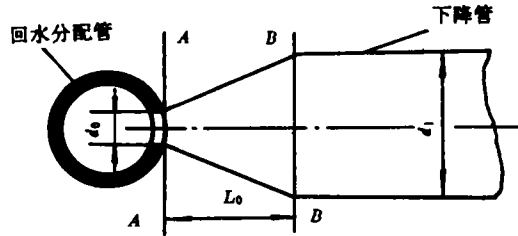


图4 孔口出流示意

改变隔板高度及集水管位置,得如下试验结果。

3.1.1 当无对流排管时,只设置横向隔板,结果如图5。可见当隔板高度 $h > \frac{1}{2}D$ 时, x, y 变化较小。在图中所示的每种工况下,当集水管分别在锅筒上方及下方时, x, y 变化较小。

3.1.2 有对流排管时,设置了横向及纵向隔板,结果如图6。可见当 $h > \frac{1}{2}D$ 时, x, y 变化较小,但当集水管位置改变时, x, y 变化较大,且以集水管在下方时的 x, y 值为小。

3.1.3 距离 L_0 对 x, y 的影响如图5、6所示。当 $0 < L_0 \leq 1.69(d_1 - d_0)$ 时, x, y 变化较小,而 $L_0 > 1.69(d_1 - d_0)$ 时, x, y 将增加。因此,当孔口距下降管入口距离 $L_0 > 1.69(d_1 - d_0)$ 时,应按装管接头,如图7。管接头与下降管对心布置,截面积等于小孔面积。孔口(或管接头出口)距下降管入口距离由式(8)确定。

3.1.4 建议隔板高度 h 可取为 $\frac{1}{2}D$,有对流排管时,集水管最好放在锅筒下方,即位于上升管出口区域。孔口(或管接头出口)距下降管入口距离由式(8)确定。

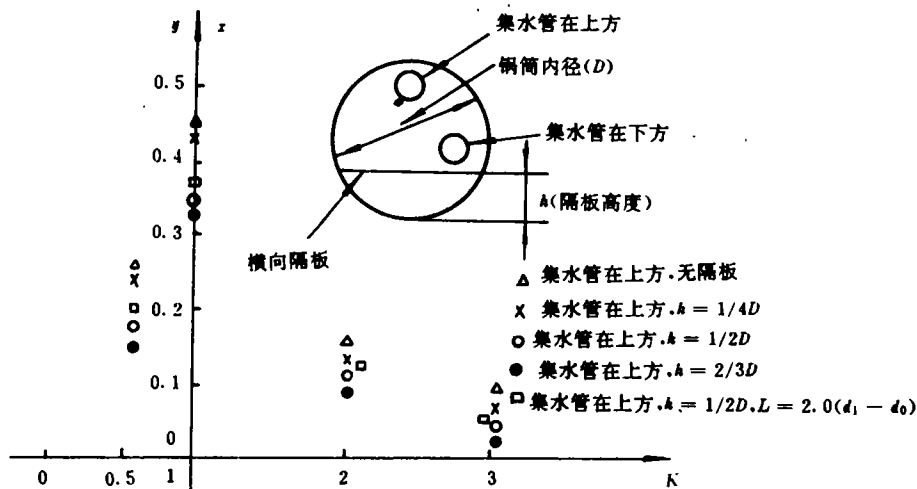


图5 无对流排管的结果

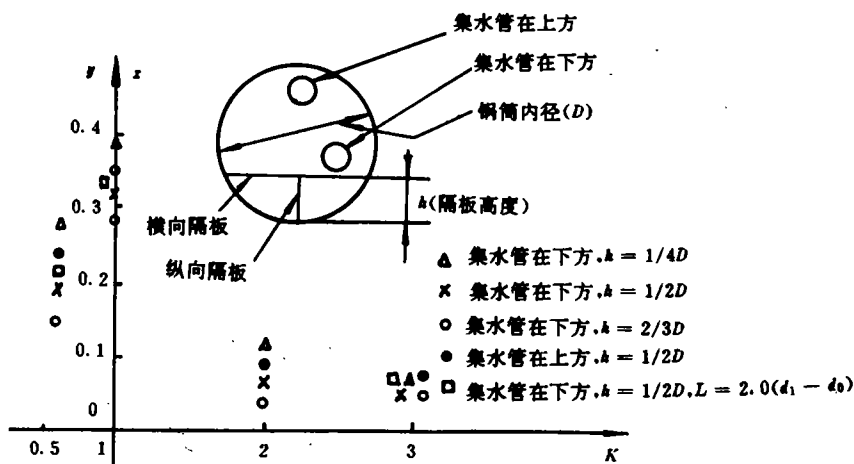


图6 有对流排管的结果

3.2 回水引入管与回水分配管

回水经回水引入管后进入回水分配管, 而后按一定比例将回水分别分配到锅筒两端水冷壁下降管区域及均匀地分配到对流排管下降管区域。沿回水分配管长度上开有小孔, 两端堵死。

回水引入管、回水分配管中的流速可取为 $1 \sim 2 \text{ m/s}^{[3]}$, 随着热水锅炉容量增加, 流

速取值适当增加, 可取为 $3 \sim 4 \text{ m/s}$, 以减小管子管径。

参考低压蒸汽锅炉给水管设计方法^[4], 回水分配管上的总的开孔面积 f_{HR} 为回水分配管截面积 f_p 的一半:

$$f_{\text{HR}} = \frac{1}{2} f_p \quad (9)$$

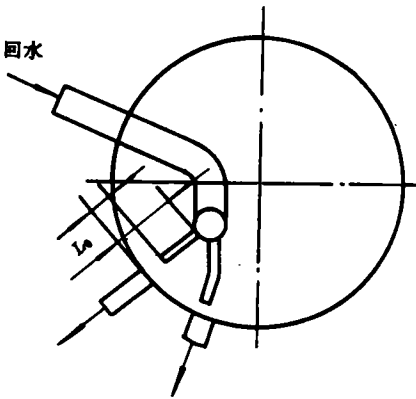


图 7 管接头示意

对流排管下降区域中回水分配管上的小孔孔径可取为 8~10 mm。水冷壁下降管区域中回水分配管上的开孔孔径及开孔个数视具体情况而定,原则上应使每根下降管对应一个小孔,但当下降管根数较多时,开孔数可相应减少。

为了均匀上升管出口水温,分配到对流排管下降区域中的回水量 G_{px} 与分配到水冷壁下降管区域的回水量 G_{sx} 之比等于对流排管的吸热量 Q_{px} 与水冷壁的吸热量 Q_{sx} 之比

$$G_{px}/G_{sx} = Q_{px}/Q_{sx} \quad (10)$$

且对流排管下降区域及水冷壁下降管区域中回水分配管上的开孔面积 f_{px} 及 f_{sx} 正比于工

质流量:

$$f_{px}/f_{sx} = G_{px}/G_{sx} \quad (11)$$

由式(9)、(10)、(11)可求得 f_{px} 及 f_{sx}

。当无对流排管或对流排管下降区域难以确定而没有用隔板将对流排管上升区域与下降区域隔开时,此时回水全部分配到水冷壁下降管区域中。水冷壁下降管区域中回水分配管上的开孔面积由式(9)确定。

3.3 集水管(或集水孔板)和热水引出管

利用集水管或集水孔板上的小孔节流作用,使热水沿锅筒长度方向均匀引出。

集水管中或集水孔板上部弓形截面上的流速以及热水引出管中的流速可取为 1~2 m/s,随着锅炉容量增加,取值可相应增加至 3~4 m/s。

开孔孔径为 8~10 mm,开孔面积为集水管截面积或集水孔板上部弓形截面积的一半。正对着热水引出管区域不开孔。

集水管或集水孔板长度不宜小于锅筒直段长度的一半。

参 考 文 献

- 1 谢象春. 湍流射流理论与计算. 科学出版社, 1975
- 2 张培亭. 自然循环热水锅炉下降管安装射流器. 哈尔滨工业大学硕士论文, 1989
- 3 杨明新. 热水锅炉. 机械工业出版社, 1986
- 4 林宗虎. 锅内过程. 西安交通大学出版社, 1990

(接 95 页)

离效率能否保证锅炉循环倍率的要求,对于低倍率循环流化床高温分离器的分离效率一般在 50%~90% 范围内。

参 考 文 献

- 1 杨励丹等. 低循环倍率流化床锅炉的研究与设计. 锅炉

简讯, 1991(1)

- 2 王锡高. 循环流化床技术在工业锅炉上的应用探索. 工业锅炉, 1990(2)
- 3 魏政. 循环流化床锅炉炉内物料平均含碳量. 全国工业锅炉循环流化床技术论文集, (92)
- 4 魏政. 循环流化床锅炉高温分离器分离效率的确定. 工业锅炉通讯, 1991(6)

JOURNAL OF ENGINEERING FOR THERMAL ENERGY AND POWER

1995 Vol. 10 No. 2

△ The Present status and Future Prospects of Nuclear Power Generation Technology.....Ji Guiming, Li Jie (*Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute*) *Journal of Engineering for Thermal Energy & Power*, 1995, 10(2); 65~68

△ The Reliability/Safety Factor design Method of Steam Turbine Blades.....Zha Changsong (*The Resident Military Representative Office at No. 425 Shippard*), Liu Deming and Xu Yigui (*Naval Engineering Academy*) *Journal of Engineering for Thermal Energy & Power*, 1995, 10(2); 69~72

Based on the current design criteria of vibration strength for steam turbine blades, the authors present a reliability/safety factor design method. Some calculation formulas are given along with a brief description of the application of the above-cited design method to turbine blade design. **Key words:** *reliability design, safety factor*

△ A Thermo-economic Method for the Determination of the Thermal Power Plant Heat Supply Cost.....Yang Yongping, Wang Jiaxuan (*Beijing Graduate Department under the North China Institute of Electrical Power Engineering*) *Journal of Engineering for Thermal Energy & Power*, 1995, 10(2); 73~77

This paper describes an analytical model for determining thermal power plant heat supply costs, which has been established by utilizing the basic theoretical method of thermo-economics. A relevant computer software has been prepared. With the 200 MW heat supply unit of Shijingshan Thermal Power Plant being taken as an example the authors have presented the main technico-economic indexes of the said unit. The thermo-economic method features objectivity and precision as well as ease of processing by a computer. **Key words:** *thermal Power plant, cost, thermo-economics*

△ The Treatment of Economic Factors in "Unit Consumption Analysis"Song Zhiping (*Graduate Department under the North China Institute of Electric Power Engineering in Beijing*) *Journal of Engineering for Thermal Energy & Power*, 1995, 10(2); 78~83

In accordance with the "unit consumption analysis" proposed on the basis of recent advances in exergy and exergy economics a product cost can be divided into four kinds of appended costs including a theoretical minimum cost and irreversible additional cost. An analysis is made of these costs with respect to the sensibility of decision variables. The author has come up with the conception of cost reduction effect and time/space distribution, which can serve as a basis for guiding and monitoring operations, thereby fostering the engineering application of exergy economics. **Key words:** *unit consumption, cost reduction, exergy, second law analysis, energy saving*

△ An Exploratory Study of the drum Internals of a Natural Circulation Hot-water Boiler Zhu Qinyi, Zhao Guangbo, Hao Manjin, Yang Minxin (*Harbin Institute of Technology*) *Journal of Engineering for Thermal Energy & Power*, 1995, 10(2); 84~88

By the use of a simulation method an experimental study is made of the effect of the drum internals of a natural circulation hot-water boiler on the downcomer Inlet water temperature. Also given is a method for designing the drum internals. **Key words:** *natural circulation hot-water boiler, boiler drum internals*

△ A Modification Design Version Involving the Addition of a Superheater to a KZL Type Boiler Zhao Yan, Lu Chengqing, Wang Fa (*Heilongjiang Provincial School of Machine Building*) *Journal of Engineering for Thermal Energy & Power*, 1995, 10(2); 89~91