

教学实验

工业锅炉（多管水循环）演示装置
说明书

工业锅炉演示装置可用来进行小型锅炉中普遍采用的自然水循环系统的原理演示，并可从演示中观察到自然水循环系统中的水、汽流态和常见故障，是《锅炉设备及运行》课程中锅炉水循环实验的理想教学实验设备。

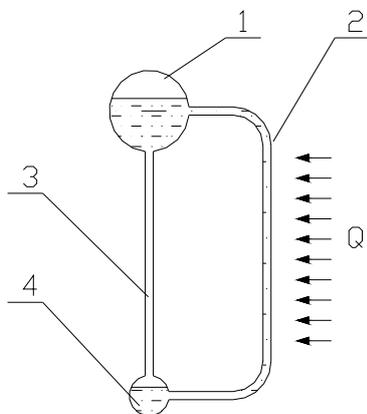
一、 实验目的

- 1、 观察在自然循环条件下，平行管汽液双相的流动状态；
- 2、 观察平行管在不同热负荷下的流动偏差现象；
- 3、 了解自然循环故障，停滞与倒流的现象；
- 4、 通过演示实验，使学生深化掌握锅炉自然水循环的基本原理。

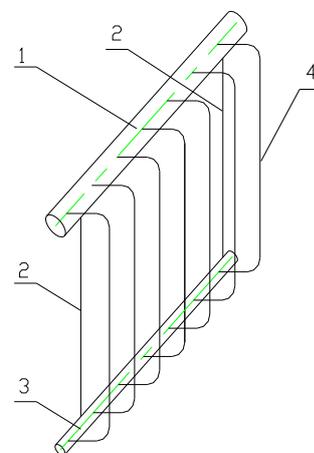
二、 实验原理

锅炉工作的可靠性在很大程度上取决于水循环工况，对于在高温下工作的对流管束和水冷壁，为了避免管壁温度迅速升高，必须由流动的水来冷却，从而防止金属管壁的损坏破裂。自然水循环是目前小型锅炉中普遍采用的水循环方式。

自然循环锅炉中的循环动力，是靠上升管与下降管之间压力差来维持的，其简单回路如图 1 所示，它由汽包、下集箱、下降管和上升管组成。上升管由于受热，工质随温度升高而密度变小；或在一定的受热强度及时间下，上升管会产生部分蒸汽，形成汽水化合物，从而使上升管工质密度大为降低。这样，不受热的下降管工质密度与上升管工质密度与上升管工质存在一个差值，依靠这个密度差产生的压差，使上升管的工质向上流动，下降管的工质向下流动进行补足，这便形成了循环回路。只要上升管的受热足以产生密度差，循环便不止。



1.汽包 2.上升管 3.下降管 4.下集箱



1.汽包 2.下降管 3.下集箱 4.上升管

图 1 单循环回路

图 2 列管复合循环回路

循环回路是否正常，将影响到锅炉的安全运行。如果是单循环回路（只有一根上升管和一根下降管），由上升管上升至气泡的工质将由下降管中完全得到补充，使上升管得到足够的冷却，因而循环是正常的。但锅炉的水冷却并非由简单的回路各自独立而组成，而是由上升管并排组成受热管组，享有共同的汽包、下降管、下集箱。如图 2 所示，这样组成的自然循环比单循环具有更大的复杂性，各平行管之间的循环相互影响，在各管受热不均匀的情况下，一些管子将出现停滞、倒流现象。

循环停滞是指在受热弱的上升管中，其有效压头不足以克服下降管的阻力，使汽水混合物处于停滞的状态，或流动得很慢，此时只有气泡缓慢上升，在管子弯头等部位容易产生气泡的积累使管壁得不到足够的水膜来冷却，而导致高温破坏。

循环倒流是指原来工质向上流的上升管，变成了工质自上而下流动的下管。产生倒流的原因亦是在受热弱的管子中，其有效压头不能克服下降管的阻力所致。如倒流速度足够大，也就是水量较多，则有足够的水来冷却管壁，管子仍能可靠地工作。如倒流速度很小，则蒸汽泡受浮力作用可能处于停滞状态，容易在弯头等处积累，使管壁受不到水的冷却而过热损坏。这二种循环破坏都是锅炉运行中应该避免的。本实验主要是使学生对此二种循环故障有深刻的了解。

三、 实验装置结构

实验装置如图 3 所示，装置由左右对称的两组自然水循环系统组成，每组系统各由 7 根玻璃上升管、3 根玻璃下降管、1 个上锅筒、和 1 个下集箱所组成。两组系统都安装在同一个支架上。每一上升管处套有电阻丝，电阻丝的电压可由调压器调节，从而实现调节每根电阻丝的功率。每一管组分别匹配一个调节起器，实验时，充水到汽包中心线上。接上电源，加热一定时间后，使管组 2 的调压器调到较高的刻度。调到适度的位置便可以观察到停滞与倒流的现象。

演示时，也可以通过电流检测按钮观察和测定加热电路中的电流大小，从而可计算出加热电功率。

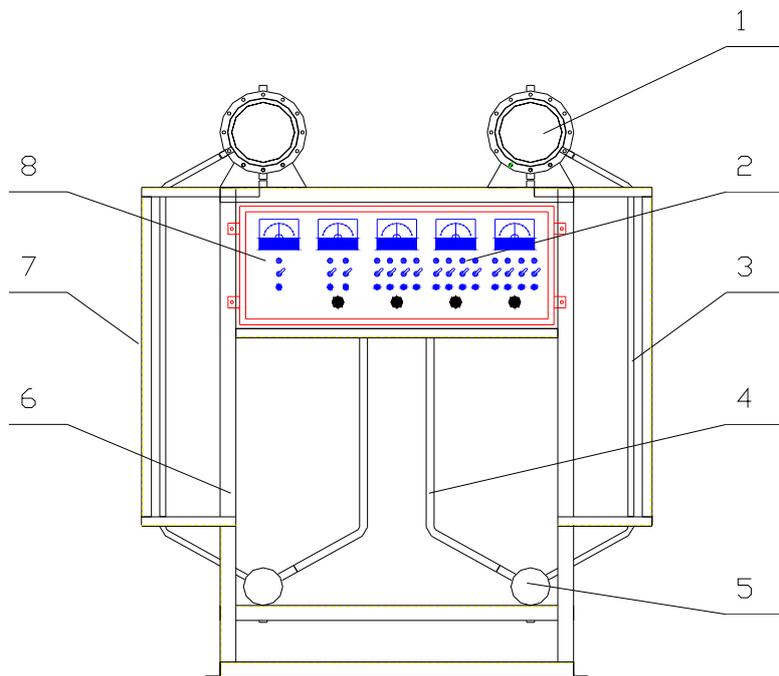


图 3 工业锅炉实验装置示意图

1. 汽包（上锅筒） 2. 加热控制开关组 3. 上升管 4. 下降管 5. 下集箱
6. 固定架 7. 保护板 8. 总电源开关

四、使用与操作

- 1、使用前，检查上锅筒中的水们，如水位不够，应适量添加；
- 2、先将各调压器调至零位，检查电路和仪表无异常情况；
- 3、接通三相电源，打开总电源开关；

4、将各个加热开关打开，将各个调压器逐步调至 220V 左右，加热约半小时左右，直至系统进入沸腾状态。此时可以从上升管和下降管中观察到正常的自然水循环状态，所有的上升管中的水向上流动，而下降管中的水则向下流动。在沸腾剧烈时，可以看到管中产生柱状和弹状汽泡的水、汽流动状态。

5、为了能够在水循环系统中演示常见的故障——停滞和倒流现象，在上述试验工况下，可要用各种方案来模拟一些上升平行管的受热不均匀情况，从而可能在受热弱的上升管中产生并观察到上述故障现象。