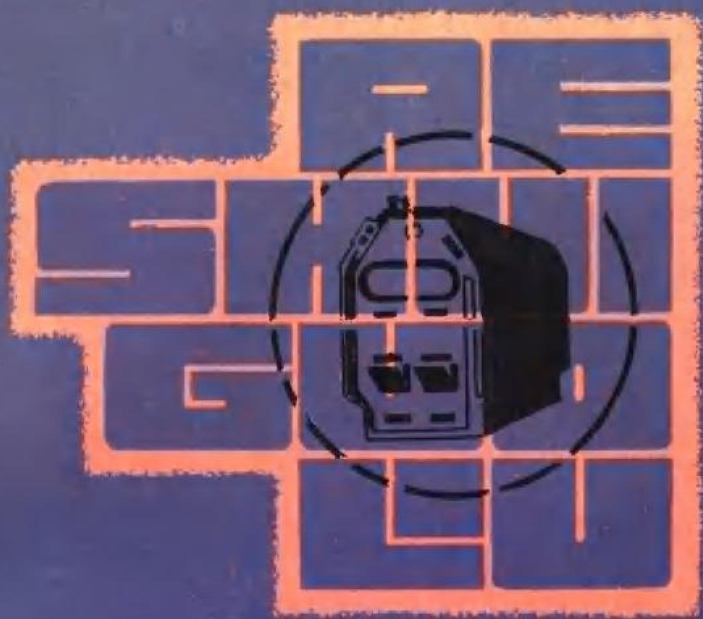


热水锅炉



郭云飞
编著

黑龙江科学技术出版社

内 容 提 要

本书主要介绍目前为节能需要而广泛推广的热水锅炉供热技术。其中包括锅炉、管路及其系统的设计、安装、管理、使用和操作等方法。对于锅炉制造、检验、维护保养等方面的知识也作了相应的介绍。书中列举了大量应用实例,着重分析各类锅炉事故产生的原因、排除方法及安全技术内容等,是锅炉司炉工培训的最佳读本,也是有关锅炉管理、安全技术,锅炉制造,检验及维修更新中不可缺少的技术参考书籍。本书实用性强,既有理论又有实例,也可作为专业院校师生的教学参考。

责任编辑:范震威
封面设计:孙焕清

热 水 锅 炉

郭云飞 编著

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区分部街28号)

长春新华印刷厂附属厂印刷·黑龙江省新华书店发行

开本787×1092毫米1/16·印张13·字数295千

1983年12月第一版·1983年12月第一次印刷

印数:1—28,000

书号:15217·113

定价:1.65元

前 言

在北方地区，利用热水锅炉供暖比蒸汽锅炉供暖具有节能、节钢、安全可靠的优点，所以，利用热水集中采暖、连片供热正在广泛推广。

在热水采暖的实际运行中，常常会遇到锅炉及其管路的腐蚀、锅水和系统水的汽化，水循环故障、突然停泵停电的水冲击，尤其是高温热水采暖系统水的汽化等问题，有的甚至发生锅炉和散热设备爆炸事故，很需要在实际工作中认真加以解决。本书就是为了能给予广大司炉、水暖、安装工人及有关方面技术人员在实际工作中以技术指导而编写的，但愿能在保证热水锅炉及热水采暖系统的安全经济运行上有点益处。

本书内容包括热水锅炉基本常识、结构、安装、附属设备及锅炉房布置、运行事故及分析、检验、安全经济性能测试等，文字亦较简炼易懂。

本书在整个编写过程中，得到了黑龙江省劳动局陈峰同志、齐齐哈尔市湖滨工业公司阎金贵同志、齐齐哈尔铁路分局锅炉厂阎向东同志的大力帮助。全书完稿后，经哈尔滨工业大学二系主任李之光副教授和热能工程教研室副主任陈崇枢副教授审阅、修改，在这里一并表示衷心的感谢。

由于本人水平有限，书中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第一章 热水锅炉基本知识

第一节 概述.....	1
第二节 基础知识.....	8
第三节 网路系统的水循环.....	21

第二章 热水锅炉结构

第一节 轿车型热水锅炉.....	24
第二节 水管式热水锅炉.....	35
第三节 卧式水火管热水锅炉.....	41
第四节 快装蒸汽锅炉改装热水锅炉.....	45
第五节 双层炉排热水锅炉.....	48
第六节 汽水两用锅炉.....	49

第三章 热水锅炉及网路安装

第一节 安装前的准备.....	53
第二节 锅炉钢架和平台的安装.....	55
第三节 锅炉本体的安装.....	60
第四节 热水采暖系统网路安装.....	73
第五节 试验与验收条件.....	79

第四章 热水锅炉附属设备及锅炉房

第一节 附属设备.....	82
第二节 锅炉房及其布置.....	100
第三节 热水锅炉补给水除氧.....	104

第五章 热水锅炉及网路系统的运行和事故分析

第一节 烘炉和煮炉.....	107
第二节 热水锅炉试运行.....	109
第三节 系统的运行及管理.....	112
第四节 锅炉与网路常见事故及分析.....	115
第五节 锅炉与系统的安全保护设施及操作.....	126

第六章 热水锅炉检验

第一节 热水锅炉制造检验.....	140
第二节 热水锅炉安装检验.....	155
第三节 热水锅炉定期检验.....	160

第四节	点火前的检验.....	167
第七章	热水锅炉安全经济性能的测试	
第一节	概述.....	169
第二节	热工测试时常用名词.....	171
第三节	热工测试项目及测试方法.....	176
第四节	热水锅炉安全性能测试.....	185
第五节	热工试验总结和试验报告内容.....	198

第一章 热水锅炉基本知识

第一节 概 述

热水锅炉是指进出锅内的工质全为热水的锅炉。它被广泛地应用于生产和生活中，尤其是我国北方地区采暖应用更多。欧美在十九世纪五十年代就在采暖中开始使用了高温热水锅炉。近些年来，在节能节煤活动中，我国也广泛应用高温热水锅炉于大面积区域采暖连片供热当中。热水锅炉同蒸汽锅炉比较起来有许多优点，所以，它作为生产生活用热源发展很快。

一、热水锅炉的特点

同蒸汽锅炉比较，其根本区别在于热水锅炉锅内不产生蒸汽，进、出锅内的介质都是水，锅内的水有的靠自然循环，有的靠水泵进行强制循环。所以，热水锅炉有以下特点：

1. 结构简单，靠一些简易工具就可以制造。有的锅炉还可以无锅筒，制造工艺要求不高，特别是列管式热水锅炉的制造更为方便。

2. 安全性较高。与蒸汽锅炉比较，热水锅炉内锅水温度较低，且无水的蒸发浓缩，补给水也较少，（但对于管理不善的采暖系统，补给水也不少），故相对地说，对水质要求较低，受压元件工作温度较低，基本上没有因水垢过厚而烧坏受热面的现象发生。因此，锅炉的安全性能较好。对于热水锅炉的给水，首先应该考虑其除氧防腐蚀，然后才是防垢问题。同时，由于锅炉工作压力不高，无蒸汽产生，一般锅水皆处于未饱和状态，锅水温度低于常压下水的沸点（高温热水锅炉除外），所以，尽管锅炉出了事故，危害也不象蒸汽锅炉那样厉害。在运行中只要管理得当，操作正确，还是比较安全的。

3. 热水锅炉的钢材消耗量较少。因为热水锅炉无需考虑汽水分离问题（汽水两用炉除外），不存在复杂的汽水工况问题，所以，就不需要很大的汽包锅筒了。同时，因为工质是热水，它的温度比烟气温度低得多，从传热学角度来看，有利于传热。受热面内水垢少，工作压力不高，从强度概念上讲受热面厚度可薄。这样，就可以因传热温压大可减少受热面；因工作压力不高而减薄受热面。二者叠加作用，可以使热水锅炉重量减轻。所以，与相同容量的蒸汽锅炉比较，金属耗量可以减少百分之三十。

4. 热效率较高。由于受热面的传热系数比蒸汽锅炉受热面传热系数大（相对地看水垢少，金属壁薄，热阻小），烟气与工质的温压较大，故传热效果好，锅炉热效率可以

很高（当然要很好地设计和管理）。比较节省燃料，尤其是用于区域采暖连片供热的水热水锅炉更为突出。

5. 运行操作方便。与蒸汽锅炉比较，因锅内充满水，自然不必监视水位，不需要水位表，也不会出现“缺水”或“干锅”等严重事故，只要运行管理得当，操作得法，操作技术也比较容易掌握。

二、热水锅炉的分类

按照锅内工质温度高低来分，热水锅炉可以分为低温热水锅炉，这种锅炉的锅水送出温度一般在95℃以下；还有高温热水锅炉，这种锅炉的锅水送出温度高于常压下的水的沸点温度，一般是130℃。

按照锅炉结构来分，又可以分为火管锅炉（轿车式、机车式等）；水管锅炉（有的有锅筒，分单锅筒、双锅筒，有的无锅筒为列管式）；水火管锅炉；以及由蒸汽锅炉改装的热水锅炉。

按照网路系统水的循环方式可以分为系统自然循环热水锅炉和系统强制循环热水锅炉（系统强制循环不等于锅水强制循环）。

三、热水锅炉的锅水循环

热水锅炉的锅水循环也和蒸汽锅炉一样，可以是自然循环，也可以是强制循环。但是，在热水锅炉中，锅水要维持自然循环还是比较困难的。为了弄清这个问题，我们先来看看蒸汽锅炉的自然循环，参见图（1—1）所示。

上升管受热面4受热后，使其内部工质被加热，水逐渐汽化，4内充满了汽水混合物。下降管2因不受热，内部充满锅水而无气泡。通过锅筒1和下集箱3把受热面上升管4和不受热下降管2连接起来，成为一个连通器，因为上升管4内为汽水混合物重度小，而下降管2内锅水重度较大，两者间在下集箱3处产生了压差，使下降管2内锅水经过下集箱3流入了上升管4内被加热逐渐上升，进入上升管的水边上边被加热而逐渐汽化，汽水混合物进入上锅筒1后，进行汽水分离，汽进入了汽空间，水又沿着下降管2流下来。这样，就形成了锅水的自然循环。司炉人员可根据水位表上的观察结果，及时地控制锅筒1内的水位，从而保证锅水的正常循环。

在热水锅炉中，由于上升管4内无汽相，只是热水。也就是说，在上升管4和下降

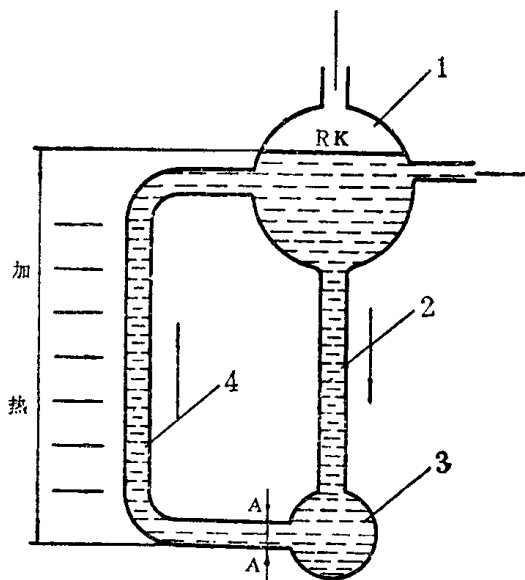


图1—1 锅内水循环简图

1. 锅筒；2. 下降管；3. 下集箱；4. 上升管。

管 2 内均为液相。我们知道水的重度随其温度变化并不大，所以，在上升管 4 和下降管 2 中的重度差不大，很难实现自然循环。对于比较大容量的水管式热水锅炉，在系统采用强制循环的情况下，有的将系统回水送入锅炉上锅筒，让锅内水实现自然循环。不过，这要采取一些措施，否则易出现系统回水进入上锅筒以后直接从锅筒主送水口送出的现象。多数采暖单位都采用锅水强制循环方式，即把系统回水强制送入锅炉底部，强迫锅水上流的方式。常见的热水锅炉循环形式有以下几种：

1. 锅水自然循环

(1) 带蒸汽容积（利用锅筒定压）的自然循环

系统回水从上锅筒引入，根据自然循环原理，锅筒内冷水从下降管（或对流管束）下降至下锅筒（或下集箱），再从上升管上升，水在下降和上升的过程中，吸收了热量，把网路系统的回水加热到系统的送水温度（一般都是高温热水锅炉），然后从上锅筒送出热水（详见第二章汽水两用锅炉），在汽空间引出蒸汽。如图 1—2 所示。

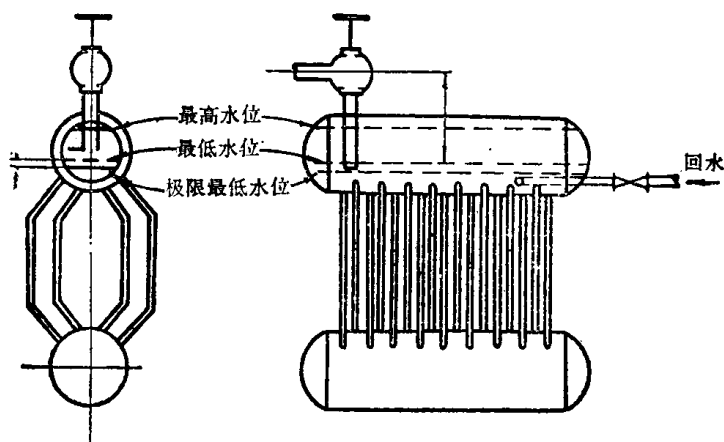


图1—2 利用锅筒定压的自然循环锅炉

在加热过程中，同时产生少量蒸汽，沿上升管进入上锅筒上部，形成了蒸汽空间。此空间一方面可以容纳由于系统水被加热而膨胀的水量，起到了膨胀箱的作用。另一方面对网路起到了恒压作用，防止网路系统的水汽化。

锅筒上半部为汽空间，下半部为水空间，因此，下半部供热水，上半部供蒸汽，这种锅炉为汽水两用锅炉。只要用汽量平稳，在调节上就不会发生故障。同时，这种锅炉供暖系统不必担心汽化问题。另外，由于锅水已发生浓缩，系统中锅炉和管道氧腐蚀也减轻了。不过，这种锅炉的热水出水管口应考虑严防抽汽，一般采用锯齿形喇叭口吸水装置，热水从锅炉送出后先进入混水器降温后再送入系统。这种锅炉的锅水循环，实质是和蒸汽锅炉的锅水循环没有什么区别，只不过这种锅炉主要功用是供热水，而蒸汽只是一种副产品，且用汽量过大不宜保住恒压，水位也不好控制。

近来，也有不带蒸汽空间的热水锅炉采用自然循环的。把系统回水用水泵吸回送入锅炉上锅筒，直接送至锅炉下降管入口处，靠水流惯性使绝大部分回水都沿着回水管下降，也有部分直接进入主送水管口，一般应控制百分之十五以下。这样，就形成了系统水为强制的循环，而锅水则是自然循环。采用这种循环方式的热水锅炉，在系统循环泵停运时，由于锅水能维持自然循环，则可以有效地防止锅水汽化，所以是比较理想的循

环方式。不过,要认真采取措施,防止系统循环水在上锅筒走截流。

(2) 带有外部膨胀容积的系统自然循环

这种锅炉本身很难实现锅水自然循环,如锅炉容量不大、采暖面积不大、作用半径不大,就可以把系统用户和锅炉并联起来,靠外部用户冷水与锅内热水间产生的重度差(在回水总干管处),使用户冷回水与锅水间产生了水循环。膨胀水箱接在回水总干管靠近锅炉处,或者接在主送水干管之上,在系统中起稳压、补水和容纳系统膨胀水的作用。

在使用这种热水锅炉时,网路系统的膨胀水箱位置、容积、管路接法坡向都要十分注意,安装膨胀水箱的位置都要靠近热水锅炉,有的安装在出水干管上,也有的安装在回水干管上。但都应注意与干管连接的膨胀管畅通无阻,不准安设各种阀门,且要防冻防阻塞,在高度上要使水箱比系统任何管路和散热器都高。这样,才能使系统的水循环畅通。即不会因为水箱低或容积小而冒水,也不会因管路坡向不对而造成管路“气塞”等问题出现。要求散热器底部起码要高于锅炉顶部,送水干管应步步低,高点安设膨胀水箱(如膨胀箱安在回水干管上就在高点设集气罐)排气。

2. 锅水的强制循环

这种循环一般是系统的强制循环泵将水送入锅炉底部锅筒或联箱,进入锅炉底部的冷水比较均匀地延着锅炉受热面上升至锅炉顶部锅筒(或上集箱),然后从锅炉最高点的主送水管送出热水,整个锅炉的锅水是强迫流动的,有的锅炉还设计有倒流锅水管束。这种循环方式为锅水强制循环。锅炉容量较大,作用半径(指锅炉到最远用户之距离)较大,靠系统水的重力自然循环难以维持,必须用循环水泵来维持系统水的循环,此也叫机械循环。机械循环一般是将水泵接在回水干管上靠近锅炉的地方,循环水泵将系统回水顶入锅炉,被迫使水从下向上流动,加热后由上锅筒(或上联箱)送出。

强制循环水泵将水送入锅炉,锅水流动布置有三种方式。

(1) 顺流式

这种方式是烟气流动方向与水在锅内流动方向一致。即水从锅炉前部流入,然后从锅炉尾部送出。这种方式传热效果较差,受热面利用率不高,但可以有效地防止尾部低温腐蚀。

(2) 逆流式

这种方式是烟气流动方向与水在锅内流动方向相反。水从锅炉尾部流入,经加热后从锅炉前部流出。传热效果较好,受热面利用率高,但设计不好,容易出现尾部低温腐蚀。

(3) 混流式

这种方式是介于顺流式和逆流式之间的一种形式。它即能较好地解决受热面利用率,增强传热效果,也可以有效地防止尾部受热面的低温露点腐蚀问题,是比较理想的一种布置方式。

四、热水锅炉的容量表示法及选择

热水锅炉的容量表示法为万千卡/小时,表示锅炉每小时送入系统的热量。锅炉容量与锅炉容水量的概念不同,锅炉容水量是指锅内能容纳多少米³的水(或多少吨水),有些人常常混淆这两个概念。

热水锅炉容量同蒸汽锅炉蒸发量意义相近而不相同，蒸汽锅炉蒸发量是指每小时能够生产多少蒸汽而言，蒸汽压力为工作压力，蒸汽品质为设计品质，蒸汽的焓值是一定的，若蒸汽压力发生变化或品质改变时，焓值也将发生变化。蒸发量的度量单位是重量，即吨/小时。若把蒸汽锅炉蒸发量所具有的能量也换算成热能单位，那么蒸汽锅炉的蒸发量与热水锅炉的容量就好比较了。

我们以表压力为零的蒸汽为例，每小时生产一吨蒸汽所具有的热能，在锅内是分两步吸热获得的，第一步是把20℃的一吨给水加热到100℃的饱和水所吸收的热能，通常这部分热能为显热，其热能即为 $1000 \times (100 - 20) = 8 \times 10^4$ 千卡/时；第二步则是将已处于饱和状态的热水一吨加热成饱和蒸汽所需要吸收的热能，这部分热为潜热，其热能即为 $1000 \times 539 = 53.9 \times 10^4$ 千卡/时。把显热和潜热加起来，即是一吨蒸汽（其表压力为零时）在锅内所获得的热能，即： $53.9 \times 10^4 + 8 \times 10^4 = 61.9 \times 10^4$ 千卡/时。这就是我们通常所说的蒸汽锅炉每小时一吨蒸发量所具有的热能，相当于热水锅炉每小时60万大卡的容量（忽略显热为54万千卡/时）。

在旧老锅炉中，也有用马力来表示锅炉容量的，一个锅炉马力相当于把表压力为零的15.65公斤饱和水加热成饱和蒸汽所获得的热量。即： $1 \text{ 锅炉马力} = 15.65 \times 539.29 = 8440$ 千卡的热。

三种容量的表示法有如下关系：

1 吨蒸汽相当于60万千卡；

1 吨蒸汽相当于64锅炉马力；

1 锅炉马力相当于8440千卡热。

上述关系都是在表压力为零时的相当值，按理说一吨蒸汽在锅内吸热为61.9万大卡，因为锅炉马力是规定在饱和状态水加热成饱和蒸汽15.65公斤所吸收热量为潜热，所以，一吨蒸汽所具有潜热（表压为零）为60万千卡/时。当工质参数发生变化时，除了一锅炉马力为8440千卡值的关系不变外，其他数字关系都将发生变化。只要知道压力值，就可以通过查汽化潜热值而计算出来。

热水锅炉作为采暖和生产生活用热源。在选用热水锅炉时，要根据具体情况而定。作为采暖用热源时，选择热水锅炉之前，首先应进行采暖热负荷计算和网路有关计算，确定实际需要热量和网路系统的循环水量及水压头，然后确定锅炉容量和工作压力。在具体选择时，除了考虑容量以外，还要考虑容水量、工作压力、水质情况、节煤环保情况、工人实际操作水平、运行管理水平等具体情况。在全面经济比较以后，再选择安全性能和经济性能好的热水锅炉。

五、在热水锅炉设计、制造、安装、使用管理中应注意的几个问题

因为热水锅炉比蒸汽锅炉安全性能好一些，所以，在使用热水锅炉时就容易忽视安全。近些年来，国内外都有热水锅炉爆炸事故发生，因此，如不加强对热水锅炉的安全管理，锅炉、网路系统、散热器也很容易出现事故。所以，在设计、制造、安装、使用管理方面，必须注意安全，其要点如下。

1. 在锅炉设计中，除了应按照“规程”和“标准”进行设计以外，要特别注意以下两个方面：

(1) 在受热面的结构设计中，要特别注意防止受热面间的热偏差问题。往往因为受热面结构布置得不合理，特别是在选用强制循环(指锅水循环)的设计中，如不很好地进行锅内水动力计算(流动阻力计算)，或者进水管位置设计不合理，都会引起运行中的热偏差。若在运行中不能很好地控制热偏差，势必引起锅水停滞、倒流、汽化、汽塞等事故，致使锅炉爆管，严重者会引起爆炸。在设计中，首先要计算使各支路的管道水流阻力相当，还要考虑各支路受热面热负荷情况，注意它们之间的热偏差，保证锅水在支路每根受热面管子内都有一定的流速，尤其是对设计倒流管路和水平管路内的流速一定要可靠，以防止汽塞、停滞等现象发生。在成批生产之前，应对新设计的热热水锅炉进行试制，经过全面的技术鉴定，确定安全、经济、不污染环境，经过有关部门批准，方可投入批量生产。

(2) 由于锅内工质温度较低，尤其是设计为逆流式布置时，网路系统回水直接进入锅炉尾部，由于过多的布置受热面，或者燃用高硫份的燃料，锅炉尾部受热面极易造成低温露点腐蚀。有的两个月就使3毫米厚的无缝钢管腐蚀漏了。这就要求在对热水锅炉进行设计计算时，先对尾部进行烟气露点计算(起码是估算)，找出尾部烟气露点以后，使设计的排烟温度高于其露点温度，就可以有效地防止尾部受热面的低温腐蚀(详见第七章)。对于新制或改制的热水锅炉，对排烟温度和尾部露点温度先进行测试以后，方可投入运行。某厂曾新改制一台600万大卡/小时的热水锅炉，因盲目追求热效率，使排烟温度下降到100℃以下，用了不少钢材，结果，由于排烟温度低于烟气露点温度，尾部受热面很快就腐蚀坏了。

2. 在热水锅炉制造过程中，要严格遵守有关的“规程”和“标准”的规定。

由于锅内工质是热水，故受热面钢材工作温度较蒸汽锅炉的工作温度低，加上热水锅炉一般不需要很高的工作压力，锅内工质在正常运行中所贮存的热能较同容量的蒸汽锅炉为少，所以，在设计、制造热水锅炉时，在结构和强度上都较蒸汽锅炉稍加放松一些。在选材时，对材质和元件厚度要求也可以放松一些，对于非受火面的受压元件可以不用锅炉钢材，只考虑其可焊性能较好即可，一般用甲类低碳钢就可以了。在结构上可允许有角焊结构存在，但要适当考虑拉撑加强结构。锅炉出厂必须附有下列与安全有关的技术资料：

- (1) 锅炉图纸(包括锅炉总图、本体图、主要受压部件图等)；
- (2) 主要受压元件强度计算书；
- (3) 强制循环方式热水锅炉应有水流量分配和水阻力计算；
- (4) 锅炉质量证明书(包括出厂合格证、金属材料证书、焊接质量证书、水压试验证书等)；
- (5) 锅炉安装使用说明书。

对于锅炉安装使用说明书，热水锅炉更为主要，它应该包括采暖系统安装的安全注意事项。对于重力式自然循环或者机械强制循环时，锅炉及网路系统膨胀水箱等安全装

置的安装注意事项，在运行使用中的管理和操作中应注意的问题及操作程序、操作方法等都应包括在内。并且也应有本台锅炉在使用中如何防止锅水汽化、水击及各类事故的措施。在大量的热水锅炉事故中，因安装不合理（包括锅炉和系统网路安装）及使用中误操作而引起的事故，此类事故竟占整个事故的百分之八十以上。因此，锅炉安装使用说明书是很重要的技术文件。

3. 在热水锅炉安装中，要认真执行有关规程和标准的规定，要按照锅炉安装使用说明书进行安装。

对于小型轿车式、立式、卧式快装式热水锅炉，使用单位在取得当地劳动部门同意后，可自行安装。

对于大容量，网路系统设计复杂、安全保护设施要求较高的热水锅炉，必须由省级劳动部门批准后方能进行安装，以确保锅炉运行中的安全。

不管是采用重力自然循环，还是采用机械强制循环的热水锅炉，在锅炉和网路系统的安装过程中，都必须注意保证锅炉的运行安全。在安装中应注意以下几个安全问题：

（1）重力式自然循环系统的锅炉安装时，要注意使锅炉的顶点低于最低用户散热器的最低点。并要注意使锅炉出水管口应在锅炉顶点处；锅炉进水管口应在锅炉最低点处。这样，有利于系统水的自然循环，并不会使锅水送不出而升压汽化。这种循环方式锅炉越低越好。

（2）对于机械强制循环的热水锅炉的安装，首先看锅水是自然循环（系统回水引入锅炉上锅筒）还是锅水强制循环（系统回水引入锅炉底部）。前者要特别注意下降管入口与系统回水管出口的相对位置，后者要注意系统突然停泵、停电防止汽化、防止水冲击等安全措施。不管是那种形式的强制循环系统，都应注意系统的防汽化、防水冲击、排气、除污等安全保护措施。如不能很好地防止锅水汽化而造成锅炉爆炸事故，轻者造成水冲击，使锅炉或管路振坏。如不采取有效措施防止在突然停电停泵时，循环水泵吸入端易出现压头突然升高，易使底层用户散热器发生爆破事故。

（3）对于网路系统安装的合理性，直接关系到热水锅炉运行的安全性。前面讲过，热水锅炉事故百分之八十以上是产生于网路系统安装的不合理和操作有误。只要我们认真对待这一问题，热水锅炉事故就会大幅度地降下来。为此，在网路系统的安装中要注意以下几个问题：

供、回水干管及支路的坡度和坡向问题；网路系统中膨胀、排气、除污等安全装置的位置及灵敏可靠程度问题。只要注意这两个问题的妥善解决，是使系统水循环畅通的基本保证。

在重力式自然循环系统内水流速度较慢，在水平干管中水流速度小于0.2米/秒，而干管中汽泡的浮升速度为0.1~0.2米/秒，在立管中汽泡浮升速度为0.25米/秒，所以，水中汽泡能逆水向高度方向聚集。上供下给的自然循环热水采暖的锅炉和系统在充水运行中，空气经过供水干管聚集到系统最高处，再通过膨胀水箱（或集气罐）排往大气。因此，系统供水干管必须有朝膨胀水箱（或集气罐）方向上升的坡度，其坡度为0.5~1.0%。而散热器的支路管道坡度为1.0%。回水干管应有向锅炉方向向下的坡向，其坡度为0.5~1.0%。这是为了保证系统中的水能通过回水干管顺利地排出。

另外，网路上是否有按照原来水暖设计在合理位置上设有膨胀水箱、集气罐、放气门、除污器、低点排水阀门等。并注意检查膨胀水箱容积、位置及高度等是否合理。

4. 热水锅炉使用和管理要点。

使用锅炉单位应指定专人负责每台热水锅炉及其采暖系统的安全管理工作。从安装验收开始，建立起锅炉技术档案，制定好锅炉运行、检验、修理、保养、维护计划。认真组织司炉工人制定切实可行的岗位责任制、操作规程、巡回检查制度、交接班制度等，并指定专人负责检查。

锅炉房主管人员应熟悉热水锅炉安全知识，应经常对司炉人员进行安全技术教育，组织学习锅炉和采暖技术知识，大力加强基本功训练，提高司炉、水暖工人队伍的素质，使他们能正确地预防、判断、处理各种事故。任何领导不得强迫司炉工人违章作业。

对于强制循环系统的热水锅炉在运行中，应注意合理分配通过各循环支路的水流量，使各循环支路的热偏差越小越好，各支路出口水温偏差应小于 10°C 。

管理工作加强了，司炉工有了责任心，操作水平提高了，锅炉的安全就有了保证。俗话说：“三分设备，七分管理”就是这个道理，关键在于管理。

第二节 基础知识

一、热和热的传播

1. 热是能量的一种形式，它是一个过程量。

当我们晒太阳的时候，或者站在火炉和散热器旁边，都会感到温暖，这是因为它们给我们以热量。

一个物体所含热能的多少，用卡或千卡（也叫大卡）来表示。对于水和水蒸汽则引进焓的概念，所谓焓，就是指引入到某一系统一公斤工质，外界对这一公斤工质所必须做的功。也就是这个系统中单位质量工质所具有的内能（包括内位能和内动能）与膨胀功的总和，用一个式子来表示就是：

$$i = u + APU \quad \text{千卡/公斤} \cdots \cdots (1-1)$$

式中：

i —工质热焓，千卡/公斤；

u —工质内能；

APU —膨胀功。

使一克水温度升高（或降低） 1°C ，所要吸收（或放出）的热量为1卡。也就是说，一公斤水温度升高（或降低） 1°C ，所要吸收（或放出）的热量为1千卡。我们就可以根据这个概念来计算用户热负荷以及锅炉容量了。

热既然是一个过程量,则可以由一个物体传给另一个物体,其传热方式有以下三种:

(1) 热传导——当我们把一根铁棒的一端插入火中,过一段时间,铁棒的另一端就会感到热,再过一段时间,铁棒就会烫手,甚至不能触摸了。同一物体两端温度不等时,就会有温度趋向一致的传导过程;两个温度不同的物体相接触时,也会有热量自动从高温物体传给低温物体。物体分子间的运动来传热的现象称为热传导。⁹有的物体(如铜、铁等金属制品)导热速度很快,称为热的良导体;有的物体(如木制品、水垢、烟炱)的导热速度很慢,称为热的不良导体。在我们希望传热时,就用金属制品,如换热设备,散热器等都用金属制造;在我们希望减少不必要的散热损失的时候,就要用热的不良导体进行保温。

(2) 热对流——当我们步入商店的大门时,会感到一股暖流迎面扑来;当我们用水壶烧开水的时候,常见壶底的水向上升起,而上面的水则顺着壶边往下流,形成了水在壶中翻滚的现象;当我们在研究散热器如何加热室内空气时,就会发现热量是靠室内空气对流,即冷空气被加热后上升,使室内空气形成流动,逐渐使室内升温的。这种传热方式我们称为热对流。

(3) 热辐射——我们站在阳光下或火炉旁,虽然没有和它们接触,但是也能感到灼热和温暖。这是因为热源用一种肉眼看不见的热力线向周围辐射,而且不需要任何物质做媒介。这种传热方式称为热辐射。

锅炉在运行时,炉内的传热方式很复杂,燃料燃烧放出的热量,以上述三种方式同时传给锅内热水,在炉膛内以热辐射为主,在尾部烟道以对流传热为主。但是,受热面(钢板或钢管)把从炉膛和烟道中吸收的热量以热传导的方式,从外壁传给内壁,因此,受热面的壁厚在满足其强度和腐蚀要求的情况下,应尽量薄一些。另外,受热面内壁结垢、外壁结烟炱,这两种物质导热系数小,是热的不良导体,所以,在锅炉运行中应尽量防止其积聚或及时处理掉水垢和烟炱。

散热器的散热,先是其内部热水以对流方式传给散热器内壁,然后,散热器又以热传导的方式将热量从其内壁传给外壁,最后,又以空气对流的方式,使散热器外壁的热量传给室内空气,使室温升高。

2. 温度和温度计

所谓温度就是表示物体的冷热程度。当我们用手摸开水杯时,就会感到热;当我们用手摸冰雪时,就会感到冷。这是因为前者温度高,后者温度低。

测量温度高低的仪表是温度计。常用的温度计都采用国际百度温标。这种温标,是把在一个大气压(760毫米水银柱)下冰的融点和水的沸点,分别定为 0°C 和 100°C ;在 0°C 与 100°C 之间又分成100等分,其中的一份就是 1°C 。

在热水锅炉采暖技术中,温度的测量实用意义很大,例如:

水在 0°C 以下就会结冰,水结冰以后体积膨胀,极易使管道及管路系统中的配件或散热器胀裂,当气温在 0°C 和 0°C 以下时,应做好保温和防冻准备工作。尤其是在重力式自然循环系统中的膨胀水箱下的膨胀管更应做好防冻工作,否则会造事故。

在取暖季节,为了维持室内在一定的温度(16°C)范围内,供暖运行人员必须根据室内外温差变化情况,随时调节系统的供热情况。如果室外温度低,则应适当延长供暖时

间,或者适当提高供水温度,或者加大供水流量等办法,以确保室内温度控制在规定的范围内。当室外温度高时,则应采取与上述措施相反的方法进行调整。

为了分析和研究锅炉燃烧情况,测定锅炉热效率,对新造锅炉和改制锅炉,以及对燃料改变后的锅炉等都要进行热工测试,不但要测定燃烧室温度,还要测定锅炉烟气温度、排烟温度等。同时,对锅炉给水(系统回水)、各循环回路热水、供水干管热水温度等,也应进行测量。

居于以上要求应对烟气侧、工质侧温度加以测量,以便指导操作。

测量用的温度计在某种意义上来说,就是司炉工和水暖工的“眼睛”,常用的温度计有以下几种:

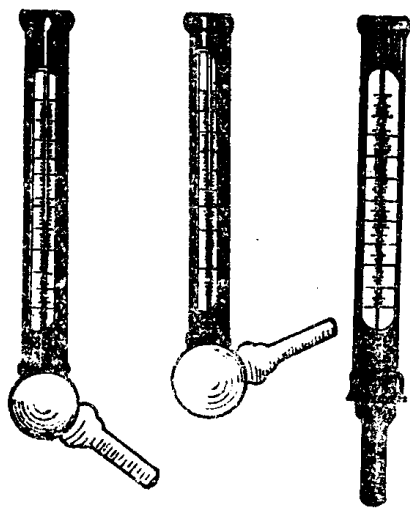


图 1—3 玻璃管温度计

(1) 玻璃管温度计。见图 1—3 所示。

这种温度计是在密封真空的细玻璃管下部连有温包,包内充有水银或酒精等液体。在玻璃管上或在固定管子的靠板上划有刻度线。利用液体的热胀冷缩性质,就可以测出被测物体的温度来。当被测物体温度升高时,液体温度也升高,液体膨胀上升高度也越高,就可以在刻度线上测出温度值来。这种温度计的测量范围是 $-50\sim+500^{\circ}\text{C}$,价钱便宜,使用方便,准确度较高。但是,这种温度计极易损坏,测高温时误差较大。在测定水温、汽温、烟温时,温度计大都装在金属保护套管内,同时在温度计周围充填铜屑或注入油类,以减少传热阻力。

(2) 压力式温度计。见图 1—4。

温包受热后,测温系统中充灌的碳氢化合物溶液蒸发,体积膨胀而产生压力,迫使弹簧自由端移动,再通过杠杆和扇形齿轮带动指针,指针就能将被测的温度值在刻度盘上指示出来。压力式温度计的测量范围是 $-50\sim+500^{\circ}\text{C}$ 。这种温度计同玻璃管温度计比较具有机械强度高,不怕震动,还可以装在离测温点很远的地方。这种温度计经常装在热水锅炉上部及高位管道、高位水箱等用玻璃管温度计不易观察的地方,做为远距离观察用。但在安装和使用过程中,不允许连接温包的毛细管有死弯,以免毛细管不通畅,造成示值误差或损坏。

(3) 热电偶温度计。见图 1—5。

把两根不同材质的金属丝的一端焊在一起,作为热电偶,另一端乙和丙用两根导线接到检流计上,把甲端放在要测的高温点上,乙端和丙端分别

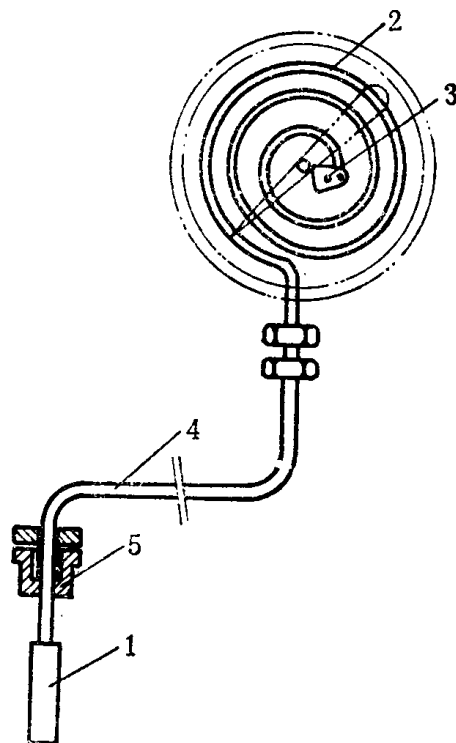


图 1—4 压力式温度计

1. 温包; 2. 弹簧; 3. 扇形齿轮;
4. 毛细管; 5. 接头。

放在室温不变的地点。这样,由于冷端和热端的温度差,在不同的金属乙端和丙端两端就产生了热电势,导线上就有电流流过,电流通过检流计就使指针发生转动。热点甲处温度越高,热点与冷点温差越大,指针转动角度就越大。当然,这种热电现象产生的先决条件是两种不同金属材料焊成的热电极甲,其导热系数不同而在乙、丙两端产生了热电势。热电势用直接刻有温度单位($t^{\circ}\text{C}$)的二次仪表(如毫伏计)来测量。其测温范围为 $100\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 。这种温度计相当准确。二次仪表远离测温点,可用切换的方法,以一个仪表同时测几点温度。此外,它还可以用于测量介质温度、炉膛温度、烟气温度等。

除了以上温度计以外,还有其它一些新型测温方法出现,如光学高温计等等,这里就不详述了。

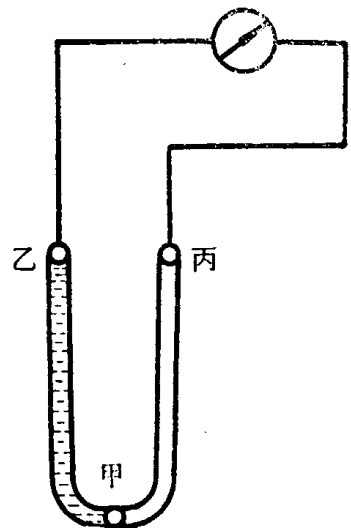


图 1—5 热电偶温度计

二、压力和阻力

1. 压力和压力表

压力测量在热水锅炉及其采暖方面也有很大的实用意义。测量压力的工具是压力计。为了确保锅炉及供暖系统的运行安全,在锅炉上、供、回水干管上、以及在热用户入口等处都应装有压力计,使操作人员随时都能观察到锅炉及供暖系统各处的介质压力数值。循环水泵的出口与入口处都应装有压力计,以便于根据水泵的特性曲线,将循环水泵调整到效率最大的情况下工作,而便于发现水泵的故障;对于管道及锅炉等设备进行水压试验时,也需要压力计做为控制水压的依据;在锅炉的燃烧室、各烟道、风道上装有压力计,可供司炉人员做为掌握锅炉燃烧情况、调整燃烧工况的依据;在管道水力计算中,常利用压力概念计算供、回水及供热管道的压力损失。

压力计和温度计一样,就好比是运行操作人员的“眼睛”,随时都能让运行人员通过压力计观察锅炉上烟风侧、工质侧的压力,观察到供热系统内各处介质的压力。

这里所谈的压力是指表压力,即相对压力。所谓相对压力是以大气压力为基准,比大气压力大的称为正压,比大气压力小的称为负压。它与绝对压力的概念不同。绝对压力等于相对压力(表压力)与大气压力之和。用公式表示就是:

$$P_{\text{绝}} = P_{\text{大气压}} + P_{\text{表}} \dots\dots\dots (1-2)$$

物理学常取 0°C 时北纬 45° 海平面处的大气压为标准大气压,这个压力正好是 760 毫米水银柱高,也等于 1.0336 公斤/厘米²。与 1 公斤/厘米² 相近似。因此在勿需精确计算时,工程方面取 1 公斤/厘米² 就当做一个压力单位—— 1 个工程压力。常用的弹簧式压力计的刻度,大都是以这个工程压力为单位的。压力单位还有采用毫米水银柱和米水柱(1 米水柱等于 1000 毫米水柱)的。U 型管压力计就是以毫米水银柱或毫米水柱为刻度单位。毫米水银柱或毫米水柱的压力大小,相当于一个单位面积上能支持毫米水银柱或毫米水柱的高度。另外,过去有些老式压力表的刻度单位采用“吋磅制”(英制单位)来表示,这种压力单位是指面积单位每平方吋上的承受压力大小,力的单位是英磅,我国

现在不用这种单位制，在有些进口设备上常带有这样的压力表，我们也应该知道，为了弄清几种单位制之间的关系，参见表 1—1 所示。

表1—1 压力单位换算表

单 位	工 程 气 压 公斤力/厘米 ²	物 理 气 压	牛 顿 力 / 厘 米 ²	水 柱 高 度 (米)	水 银 柱 高 度 (毫 米)	磅 / 英 寸 ²
工 程 气 压 公斤力/厘米 ²	1	0.9678	9.80	10.000	735.356	14.223
物 理 气 压	1.0336	1	10.13	10.334	760.000	14.700
牛 顿 力 / 厘 米 ²	0.98	0.9483	1	1.02	75.036	1.451
水 柱 高 度 (米)	0.10	0.0968	0.98	1	73.536	1.422
水 银 柱 高 度 (毫 米)	0.00136	0.00131	0.0133	0.0136	1	0.1934
磅 / 英 寸 ²	0.0703	0.0680	0.689	0.703	517.0	1

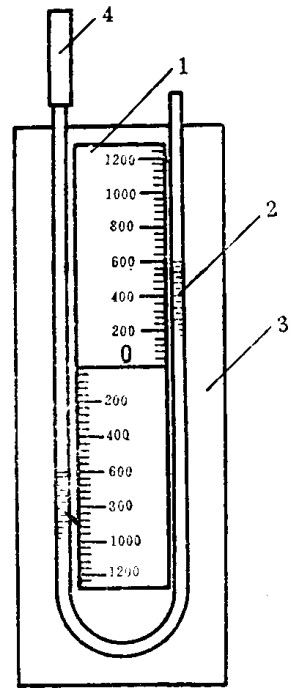


图 1—6 U 型管压力计
1. 刻度标尺；2. 玻璃管；
3. 板面；4. 橡皮管。

常用在热水锅炉及其采暖上的压力计有以下几种：

(1) U 型管压力计。参见图 1—6。

这种压力计为一盛有液体（水、水银或酒精）的U型玻璃管，它固定在一个板面上，板面上有以毫米为单位的刻度标尺。如玻璃管的一端通过橡皮管与管道相连接，此时，敞口的一端的液面将会发生变动（测正压时应上升，负压时应下降），压力数可由下式计算：

$$P = h \cdot \gamma \text{ (公斤/厘米}^2\text{)} \dots\dots\dots (1-3)$$

式中：

- P—压力数值，公斤/厘米²；
- h—两端液面差数，厘米；
- γ —工作液重度公斤/厘米³。

这种压力计构造简单，使用方便，可测量小于一个表压力的正负压力值和压差。测炉膛、风道、烟道的正压和负压，都可用这种压力计。

(2) 弹簧管式压力计。见图

1—7 所示。

这种压力计是弹簧式压力计的一种，广泛应用于热水锅炉及其采暖方面，通称为压力表。表壳内一个断面呈扁圆形的黄铜金属弹簧管，弹簧管的一端接在插座上，与外部接头相连接，另一端为封闭自由端，可以自由移动。当弹簧管受测量压力作用时，在压力作用下，使弹簧管的自由端发生移动，被测压力越大，自由端的移位也越大。通过连杆、扇形齿轮等的传动，使指针发生偏移转动，被测压力越大，指针转角也越大，这样，就可以通过指针的偏转

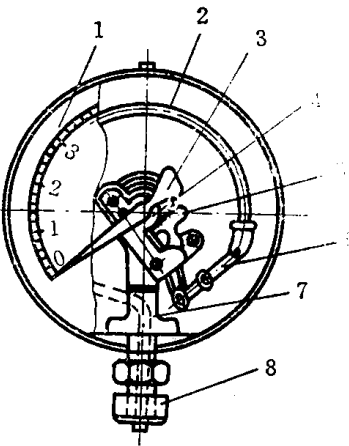


图 1—7 弹簧管式压力计

- 1. 表盘；2. 弹簧弯管；3. 指针；
- 4. 小齿轮；5. 扇形齿轮；6. 连杆；
- 7. 表座；8. 接头。