

采暖系统运行、维修与管理

王哲显 编

中国建筑工业出版社

采暖系统运行、维修与管理

王哲显 编

中国建筑工业出版社

本书简要介绍了必要的采暖理论知识，重点介绍采暖系统的运行、调整、检验、维修和管理。全书共分六章，内容包括：采暖系统的组成、工况及各组成部分的装置的结构与原理；采暖系统的运行、调整与调节；采暖系统的检验；采暖系统的检修与常见故障的修理；采暖系统的科学管理。本书内容为实践经验总结，内容简明扼要，文字浅显，可为运行管理人员自学用书。

本书可供从事采暖运行管理的工人及技术人员参考，也可供有关专业师生参考。

采暖系统运行、维修与管理

王哲显 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市平谷县大华山印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：12¹/₄ 字数：274千字

1990年6月第一版 1990年6月第一次印刷

印数：1—3,610册 定价：8.75元

ISBN 7-112-01048-9/TU·759

(6122)

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 热工基础知识	1
一、热能、热力状态与参数	1
二、热量与热传递	4
三、燃料与燃烧	6
第二节 水力学基础知识	9
一、水力学的两个基本定律	9
二、流体的压力与阻力	10
三、流体的流量与流速	12
第三节 采暖系统的设计常识	13
一、采暖热负荷的概念与设计热负荷的计算	13
二、采暖管道热负荷设计计算原则	19
三、散热器的计算	20
四、设计热负荷的估算法	22
第四节 采暖施工图	24
一、图纸的组成	24
二、图纸的内容	25
三、图纸的符号及图例	26
第二章 采暖系统的组成、工况及各组成部分	
装置的结构与原理	31
第一节 采暖系统的组成、分类及工作原理	31
一、采暖系统的组成	31
二、采暖系统的分类	31
三、采暖系统的工作过程和原理	32
四、各类采暖系统的比较	34

第二节 锅炉、辅助设备及附件的结构和工况原理	38
一、概述	38
二、锅炉的发展及各类型锅炉的比较	40
三、锅炉的工况与原理	42
四、几种常用采暖锅炉的结构特点	43
五、锅炉的辅助受热面——省煤器、空气预热器	62
六、锅炉的燃烧设备	63
七、锅炉辅助设备	69
第三节 热网的工况与必要装置的原理	84
一、概述	84
二、热媒在管网中流动的特点	92
三、管网的必要装置及其原理	102
四、热力网水平管道的坡度	117
第四节 热用户内部的组成、工况与原理	117
一、概述	117
二、散热器的种类及它们的优缺点	120
三、散热器的工况与原理	121
四、散热器与支管的连接方式	122
第三章 采暖系统的运行、调整与维护	128
第一节 新装、改装、大修的采暖系统的整体试验运行	128
一、试运前的组织和准备	126
二、试运前的检查及应具备的条件	127
三、试运转启动程序与方法步骤	128
第二节 采暖系统的正常运行	138
一、启动	139
二、采暖系统的运行操作与调整	145
三、停运	152
第三节 辅机、附件的运行操作及维护注意事项	156
一、辅机的运行操作及维护注意事项	158
二、附件的维护操作与使用注意事项	159
第四节 采暖系统的供热调整与调节	161

一、调节的方式与原理	161
二、热水采暖系统的集中调节	163
三、热水采暖系统的初调整	167
第五节 采暖系统运行中维护管理要点	171
一、锅炉在运行中的维护	171
二、运行中管网及用户的维护	172
第六节 采暖系统的防垢与除垢	173
一、采暖系统的防垢	174
二、水垢的清除	179
第七节 采暖系统的防腐	185
一、锅炉及管网腐蚀的种类	185
二、电化学腐蚀的过程	186
三、腐蚀的类型与防止方法	186
四、防腐措施	188
五、停炉后的保养方法	188
六、锅炉给水的除氧	190
第四章 采暖系统的检验	195
第一节 锅炉的检验	196
一、检验的项目内容和方法	196
二、检验的制度规定	208
三、新装锅炉的检验	209
第二节 热力网与热用户的检验	228
一、运行期间的检查	229
二、停运后的检查	230
三、热力网的安装检验	231
四、室内管道的安装检验	242
五、散热器的安装检验	245
第三节 采暖系统检验的主要内容和评定标准	248
一、工程验收的方法与内容	248
二、采暖系统安装质量检验的评定标准	251
第五章 采暖系统的检修及常见故障修理	254

第一节 检修的内容与管理	254
一、检修的目的和要求	254
二、检修的分类、间隔与标准项目	255
三、系统检修工作的管理	255
第二节 锅炉本体结构常见缺陷的修理方法	261
一、锅炉本体结构常见缺陷原因与检修方法	261
二、腐蚀处的堆焊修理	262
三、裂纹的修理——焊补	263
四、挖补修理	264
五、锅炉管子的检修	266
第三节 燃烧设备的检修	269
一、链条炉排的检修	269
二、炉床框架的检修	272
三、前后大轴、链轮及下部托滚轮的检修	273
四、变速箱的检修	274
五、燃烧设备检修后的检查	275
六、链条炉排常见故障及发生原因和排除方法	276
第四节 辅助设备的检修	279
一、给水设备的检修	279
二、风机的检修	289
第五节 附件的检修与常见故障	293
一、阀类的检修	293
二、安全附件常见故障和处理方法	298
第六节 采暖管道的修理	303
一、管道裂缝和腐蚀的修理	304
二、管道漏水漏汽的修理	304
三、管子接口处漏水或漏汽的修理	304
四、法兰盘渗漏的修理	305
五、室内外管道运行中常见故障的排除	305
第七节 采暖系统运行中常出现的故障及事故	306
一、热水锅炉常见的故障及预防措施	306

二、蒸汽锅炉常出现的设备故障和事故.....	311
三、炉墙及炉拱损坏.....	316
四、锅炉爆炸事故.....	317
第八节 散热器热得慢或不热的检修.....	318
一、蒸汽采暖热得慢或不热的检修.....	318
二、热水采暖热得慢或不热的检修.....	320
第六章 采暖系统的科学管理.....	322
第一节 科学管理的特点和标准.....	323
一、科学管理的特点.....	323
二、科学管理的国家现行规定标准的内容.....	323
三、目前科学管理中的考核、达标及评估方法.....	324
第二节 加强领导, 强化锅炉房的班组建设.....	330
一、组织建设.....	330
二、制度建设.....	332
三、业务建设.....	333
第三节 推行全面质量管理.....	333
一、采暖系统全面质量管理的基本内容.....	333
二、采暖系统全面质量管理的基本方法.....	336
第四节 搞好锅炉房的经济核算.....	342
一、做好供暖全面经济核算的条件和基础工作.....	342
二、供暖经济核算的内容与方法.....	343
第五节 建立健全以岗位责任制为中心的各项规章制度.....	353
一、安全管理制度.....	353
二、经济运行管理制度的内容.....	378
第六节 建立设备技术档案.....	380
一、原始技术资料.....	380
二、使用情况记录.....	381
参考文献.....	382

第一章 基础知识

第一节 热工基础知识

一、热能、热力状态与参数

(一) 热能

热是能的一种形式。能具有多种形式，如电能、光能、声能、热能以及其他各种形式。从微观角度来讲，热能就是分子动能，它取决于物体的状态。

热能的单位，用焦耳(J)表示， $1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m}$ 。

(二) 工质与热媒

工质，在热力工程中，在实现热能与机械能的转换或热能转移的过程中，携带热能的工作物质统称为工质。各种气体、蒸汽及其液体是工程上常用的工质。

在采暖工程中，工质通常称热媒，一般热媒是指水和蒸汽。

(三) 工质的热力状态与参数

系统中某瞬间工质表现在热力现象方面的总状况，称为工质的热力状态，统称为状态，它反映着系统工质大量分子热运动的平均特性。

工质的状态参数，是描述工质状态的物理量称为工质状态参数，其值取决于工质的状态。如温度、压力、比容、密度、内能、焓等。其中温度、压力、比容、密度称为基本

状态参数。

1. 温度

标志物体冷热程度的参数称为温度，它是测量热能大小的尺度。通常用摄氏温度表示，所谓摄氏温度就是把1标准大气压力下纯水的冰点作为零度，纯水的沸点作为一百度，中间等分一百格，每一格为摄氏1度，符号用“t”表示，单位用°C表示。

2. 压力

垂直作用于边界面单位面积上的力称为压力。

压力单位，在SI单位中，规定在 1m^2 边界面上作用1牛顿(N)力时的压力为1帕斯卡(Pa)。

$$\begin{aligned}\text{即} \quad 1\text{Pa} &= 1\text{N}/\text{m}^2 \\ 1\text{kPa} &= 1\text{kN}/\text{m}^2\end{aligned}$$

所以，压力的单位称为帕斯卡，简称帕，单位代号为Pa。工程上因(帕)作为单位太小，常用(兆帕)表示，符号为MPa， $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$ 。

目前工程中，压力的单位还常用(巴)和标准大气压等，它们与帕的换算关系见表1-1。

(1) 1工程大气压和标准大气压

由地球的海平面向上到1200公里高的地方都有空气，因为空气也有重量，当它作用在地球表面上，就产生一定的压力，这个压力就叫大气压力。经测定，气温在 0°C 时，在北纬 45° 海平面处的大气压为标准大气压。工程上为了计算方便，规定1千克力/厘米²(kgf/cm^2)的压力为1工程大气压。

(2) 水柱与汞柱

工程上压力的单位也可以用液柱的高度来表示，这是因为根据水力学原理，液柱作用在容积底面积 f 上的压力等于

几种压力单位的换算关系

表 1-1

单位名称	单位代号	与帕的换算关系
巴	bar	1 bar = 10^5 Pa 或 0.1 MPa
标准大气压	atm	1 atm = 101 25 Pa = 1.01325 bar
工程大气压	at	1 at = 1 kgf/cm ² = 9.80665 × 10 ⁴ Pa = 0.980665 bar
毫米水柱	mmH ₂ O	1 mmH ₂ O = 9.80665 Pa
毫米汞柱	mmHg	1 mmHg = 133.3224 Pa

液柱的重量即：

$$Pf = hf\rho g, \quad h = \frac{P}{\rho g} \quad (1-1)$$

式中 P ——液柱作用在底面积 f 上的压强，Pa；

h ——液柱的高度，m；

ρ ——液体的密度，kg/m³；

g ——重力加速度，m/s²。

从公式(1-1)中可看出， h 与 P 成正比，所以，压力可以用液柱来表示。

(3) 表压力、绝对压力与负压

1) 表压力，表压力指压力表指示的压力叫表压力，也称相对压力。

2) 绝对压力，绝对压力就是实际压力，它包括大气压力。

3) 负压，负压就是低于大气压力的压力。

所以，它们三者的关系是：

绝对压力 = 表压力 + 大气压力

表压力 = 绝对压力 - 大气压力

负压 = 大气压力 - 绝对压力

8. 比容与密度

(1) 比容，每单位质量的物质占有的容积符号为 v ，
即

$$v = V/m \quad (1-2)$$

式中 v ——物质的比容， m^3/kg ；

V ——物质占有的容积， m^3 ；

m ——物质的质量， kg 。

(2) 密度，每单位容积物质的质量称为该物质的密度，符号为 ρ ，单位为 kg/m^3 ，即，

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-3)$$

二、热量与热传递

(一) 热量

物体所含热能的多少叫做热量，其符号为 Q ，单位与热能相同，为焦耳或千焦耳(kJ)，有时还可用瓦秒($\text{W}\cdot\text{s}$)表示，1焦耳(J)等于1瓦秒($\text{W}\cdot\text{s}$)。

1. 热力学的两个定律

(1) 热力学第一定律

热力学第一定律是关于热与功的能量守恒定律。在热力系统中，任何的能量变化必须同时在外界有一个相等而相反的变化。

(2) 热力学第二定律

热力学第二定律有两种说法：其一是：不可能将热量从低温物体传到高温物体而不引起其他变化；其二，不可能制造只从一个热源取得热量使之完全变成机械能而不引起其他变化的循环发动机。

2. 水的显热、潜热与比热

(1) 显热，使 1 kg 物质温度升高所需要的热量称为显热。水在被加热时，水的温度升高水散热后温度降低，这种温度改变而水本身的状态并不改变的特性，就是水的显热。

(2) 潜热，在压力一定，温度一定的条件下，使 1 kg 的液体转变为同温度的蒸汽所吸收的热量称为汽化潜热；在相同的温度下使 1 kg 蒸汽凝结成为水所放出的相等数量的热量称为凝结潜热，用符号 r 表示，单位为 kJ/kg 。

(3) 比热，在加热或冷却过程中，使单位质量的水温度升高 1 K (或 1°C) 所吸收 (或放出) 的热量，称为水的比热，用符号 c 表示，单位为 $(\text{kJ/kg}\cdot\text{K})$ 。

(二) 热的传递

当存在温度差时，热量从高温处传递到低温处的现象称为热传递。传热的方式有三种：传导、对流、辐射。

1. 传导，在同一物体中，由物体内部的分子将热量传给邻近的分子，这种传递方式称为传导。例如，把一根金属棍的一端加热，过一段时间，棍的另一端也会变热。

2. 对流，液体或气体中较热部分和较冷部分之间通过循环流动，使温度趋于均匀的过程。

3. 辐射，热源直接把热向周围散射称为辐射，辐射是靠电磁波传播能量的现象，它不需要热媒。

三、燃料与燃烧

(一) 燃料的化学成分和煤的种类

1. 燃料的分类与组成

锅炉用的燃料按物理状态分为三类：固体燃料、液体燃料和气体燃料。

煤是最常用的固体燃料，它是由碳、氢、氧、氮、灰分和水等组成。其中碳是燃料的主要元素，它决定燃料发热量的大小。而燃料中硫的存在对锅炉有很大的害处，硫的发热值不高，但它燃烧后生成的二氧化硫和三氧化硫又与烟气中的水蒸汽反应，生成亚硫酸和硫酸蒸汽，当它们结露（凝结变成液态）时对锅炉的尾部受热面和金属烟道起腐蚀作用；另外，含硫的烟气排入大气对人体和植物都有害。煤中的灰分是燃料燃烧后形成的固体残余物，它给燃烧带来了这样几个害处：它使燃料燃烧困难，热损失增加，运输费用加大；灰分中以飞灰的形式流经锅炉受热面和引风机时，会磨损设备；飞灰排入大气又污染环境。

2. 煤的特性与分类

(1) 煤的主要特性

要全面了解煤的特性，除了对煤进行化学分析外，还要对煤进行工业分析。煤的工业分析过程是煤的加热过程和在加热的过程中各种成分的不断析出的过程。

1) 煤的工业分析成分

煤的工业分析成分包括水分、挥发分、固定碳和灰分。

其中煤的挥发分是煤的重要特性，它决定煤的燃点，因为它很容易着火，同时也是煤分类的主要依据，并对锅炉的运行有很大的影响。

失去水分和挥发分后剩下的固定碳称为焦炭。焦炭由固定碳和灰分组成。固定碳含量的多少决定煤的发热量。焦炭的状态因煤种的不同差异很大，有粉状、粒状和块状，这就是煤的焦结性。煤的焦结性对锅炉的正常运行影响很大。结焦性强的煤常在炉排上形成坚硬的焦块，使通风受阻，造成燃料的不完全燃烧损失。在运行中，可将结焦性不同的煤合理地搭配使用。也可因结焦性不同而选择不同的燃烧设备。煤的挥发分和固定碳的特性。除了用来判断煤的性质和进行分类外，也是选择燃烧设备和改进燃烧方法应考虑的重要因素。

2) 煤的分类

煤的分类以挥发分含量为主要依据。大体上分为烟煤、无烟煤、褐煤和泥煤，一般地区都采用烟煤。烟煤外表呈灰黑色，质地较软，含碳量 $C = 40 \sim 60\%$ ，挥发分 $V^r = 10 \sim 45\%$ ，低位发热量 $Q_d = 20900 \sim 29260 \text{ kJ/kg}$ 。

(二) 燃料完全燃烧的条件

所谓完全燃烧就是将所有燃料的可燃质，碳、氢、硫成分燃尽，使燃料的全部潜在热量散发出来，也就是完全燃烧。燃料燃烧的好坏对锅炉的工作影响很大。例如，1kg纯碳完全燃烧，即与氧气充分反应，发热量为32866kJ反应式为 $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 32866 \text{ kJ/kg}$

如果不能完全燃烧而生成CO，则1kg纯碳只能放出9270kJ的热量，反应式为



要使燃料完全燃烧，必须具备以下条件：

1. 一定的温度

燃料只有达到一定温度（燃料的着火点）的时候，才能

与氧气进行完全的化学反应。

2. 一定的空气量

燃烧一定量的燃料，就需要一定量的空气，如果空气不够，燃料燃烧就不完全。

(1) 理论必需空气量

知道燃料的化学成分，可以根据化学反应方程式计算出1 kg燃料完全燃烧时，所需要的空气量，这个空气量称为理论必需空气量，用符号 V_0 表示。

(2) 过剩空气系数

实际上，进入锅炉的空气不可能完全被利用，这是因为炉排上煤层厚度不均，炉膛内的空气和可燃性气体飞灰混合不均等原因造成的，为了保证燃料的完全燃烧，供给的空气必须有一定的过剩量。

这实际供给的空气量和理论空气量的比值叫做过剩空气系数，用 α 表示。

$$\alpha = \frac{V_{\alpha}}{V_0} \quad (1-4)$$

α 太小，表示进气量不足，容易造成不完全燃烧， α 太大，表示进气量太多，这就会带走大量的热量，造成了炉温降低，增加了排烟损失，也影响了燃料的完全燃烧。

(3) 燃料与空气充分混合

燃料燃烧过程中，还要使空气与燃料充分地接触和混合，才能保证很好地燃烧。

(4) 足够的燃烧时间

燃料在燃烧时需要一定的空间和时间。

为什么要保证以上几个条件呢？

这是因为燃料的燃烧过程就是燃料中所含有的碳、氢等

可燃物质和空气中的氧起化合反应而产生热量的过程。所以，要使燃料燃烧必须供给足够的空气。燃料燃烧时，产生一氧化碳、碳氢化合物等可燃性气体和一些细小的煤屑、微粒，要使这些物质完全燃烧，必须要达到一定的温度，并且需要有足够的空间和时间，使可燃气体与空气混合。

第二节 水力学基础知识

一、水力学的两个基本定律

水或蒸汽在循环道路中流动必须遵循以下两个定律：

(一) 流体连续性定律

在串联管道中，各点流量必然相等。也就是如图 1-1 所示，流过 A 点的水，必然全部流过 B 点、C 点和 D 点。

同样，流过 A 点的水也必然通过 B_1 和 B_2 ，最后全部流过 C 点，就是说在并联管段中，流量等于各支管流量之和。

(二) 并联环路压力损失平衡定律

在并联管段中，如图 1-2 所示，很明显，对 B_1 支路来说起始压力为 A 的压力，尾段压力为 C 点压力，对 B_2 支路来说，起始压力也为 A 点的压力，尾段压力也为 C 点压力，所以， $B_1 =$

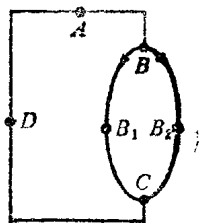


图 1-1 流体连续性定律

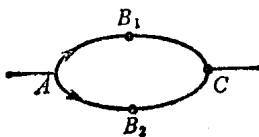


图 1-2 并联环路