

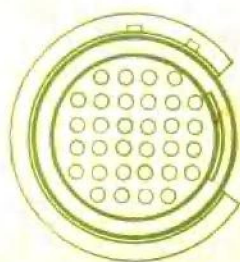
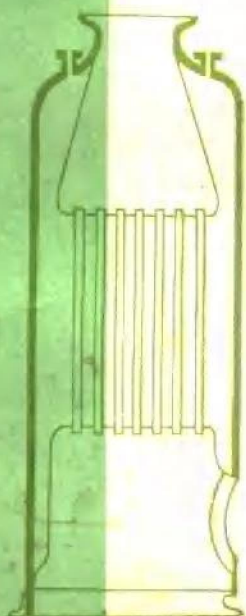
DIYA

GUDING

GUOLU

低压固定锅炉

杨 群 著



人民铁道出版社

9.1

低压固定锅炉

徐尚武 编

人民铁道出版社出版

责任编辑 朱全凯

封面设计 翟 达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{4}$ 印张: 7.75 字数: 165 千

1979年6月第1版 1979年6月第1次印刷

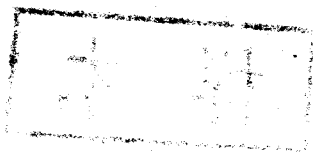
印数: 0001—30,000 册

统一书号: 15043·5127 定价: 0.54 元

内 容 简 介

本书较通俗地介绍了低压固定锅炉的运用和检修工作。内容包括：锅炉构造，锅炉运行，锅炉检修以及锅炉改造等。对有关锅炉的基本理论知识，也作了一定的介绍。

本书可供具有初中文化水平的锅炉工学习使用。



前 言

低压固定锅炉是用来产生工业用蒸汽、生活用蒸汽或采暖用热水的设备。本书的中心内容是介绍锅炉的构造、运用和检修的基本知识。考虑到现在新工人较多,本书以适应初中文化水平的读者为编写的出发点,介绍了部分基础知识。由于目前我国的具体情况,燃油锅炉较少,所以书中仅介绍一些燃煤锅炉的材料。又鉴于目前新造锅炉不能满足生产发展的需要,为了充分挖掘设备潜力,不少单位大量地对旧式锅炉进行改造,以提高出力。同时,铁路内部利用淘汰的蒸汽机车锅炉改造为固定锅炉的用户也日益增多,作者以个人的见解向读者推荐了几种锅炉的改造方法,作为抛砖引玉,以期对此项工作有所推进。

本人技术水平有限,错误之处,在所难免,请读者批评指正。

本书在编写过程中承齐齐哈尔铁路局教育处,哈尔滨房建段和齐齐哈尔房建段等单位及张玉书,刘启昌二同志的大力协助,谨在此表示谢意。

编者

1978.11.于北京

目 录

第一章 基本知识	1
第一节 物理知识	1
第二节 热力知识	4
第三节 水的概述	8
第四节 锅炉蒸汽	13
第五节 锅炉材质	15
第六节 锅炉工作概念	19
第七节 锅炉水循环	21
第二章 锅炉构造	25
第一节 火管锅炉	25
第二节 水管锅炉	40
第三节 水火管混用快装锅炉	58
第四节 锅炉辅助受热面	63
第五节 锅炉的安全水位	71
第三章 锅炉附属设施	77
第一节 安全附件	77
第二节 给水设备	87
第三节 燃烧及通风设备	91
第四章 燃料与燃烧	95
第一节 燃料	95
第二节 燃烧	98
第三节 煤的燃烧	100
第五章 锅炉运行	103

第一节	锅炉初运行	103
第二节	焚火技术	107
第三节	锅炉正常运行	108
第四节	锅炉运行故障与处理	115
第五节	停炉	119
第六章	锅炉水处理	123
第一节	水处理的意义	123
第二节	炉内水处理	125
第三节	炉外水处理	128
第七章	锅炉保养	136
第一节	绝热和保温	136
第二节	锅炉养护	139
第三节	锅炉试验	140
第八章	锅炉检修	145
第一节	锅炉的缺陷和故障	145
第二节	锅炉的技术检验	158
第三节	锅炉的检修期限与范围	166
第四节	锅炉检修工艺	168
第九章	锅炉改造	185
第一节	锅炉的结构改造	186
第二节	改装简易煤气设施	196
第三节	锅炉的土法改造	207
附录一	蒸汽性质表	214
附录二	常用化学药品的分子量与当量表	221
附录三	锅炉钢材性质表	223
附录四	金属制品重量换算	225

第一章 基本知识

第一节 物理知识

一、温度和温度计

温度是指物体的冷热程度。用来测量物体冷热程度的工具，叫作温度计。通常使用的温度计，都是液体温度计，其主要构造是在玻璃管内盛有较大膨胀系数的物质，如水银或酒精，同时利用线膨胀的道理，在玻璃管上刻以刻度：在标准情况下，将水开始沸腾时的温度定为沸点，水开始结冰时的温度定为冰点。按冰点与沸点之间所刻的格数不同，温度计通常分为两种，即摄氏温度计和华氏温度计。

1. 摄氏温度计的温标：将水的沸点定为 100 度，冰点定为零度，在沸点与冰点之间平均分成 100 格，每格即为摄氏一度，其符号以 $^{\circ}\text{C}$ 表示。

2. 华氏温度计的温标：将水的沸点定为 212 度，冰点定为 32 度，在冰点与沸点间平均分成 180 格，每格即为华氏一度，其符号以 $^{\circ}\text{F}$ 表示。

3. 摄氏温度计与华氏温度计的换算关系式：

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32) \quad (1-1)$$

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32 \quad (1-2)$$

二、比重

物体的重量和其体积的比值，为该物质的比重。各种常

用物质的比重列于表 1—1 中。

常用物质比重 (克/厘米³)

表 1—1

名 称	比 重	名 称	比 重	名 称	比 重
铸 铁	7.3	锌 板	7.209	石 棉	2.1~2.8
铸 钢	7.8	铝 锭	2.56	纯 水	1.0
钢 材	7.85	铝 板	2.67	海 水	1.027
紫铜锭	8.8	铅 锭	11.35	空 气	0.00129
紫铜板	8.89	铅 板	11.432	烟 气	0.00129
青铜锭	8.4	铋	6.7	煤	1.15~1.32
青铜板	8.461	镍	8.7	焦 炭	0.65~0.81
锌 锭	7.14	水 银	13.596	玻 璃	2.5~2.7

三、密度

物体的质量和其体积的比值，称为该物质的密度。其计算单位为公斤/米³或克/厘米³。

四、力与压力

1. 力：凡能使物体获得加速度或者发生形变的作用，都称为力。力是一个矢量，常用单位为牛顿、达因、克、公斤等。

2. 压强：垂直作用在物体单位面积上的力，简称压强。其计算单位为公斤/厘米²。

压强的计算公式：

$$\text{压强} = \frac{\text{与表面成垂直的力}}{\text{受力的面积}} \quad (1-3)$$

3. 大气压力：因为空气有重量，当然就要有压力，通常把这种压力叫作大气压力。地面上的大气压力，随地点与天气变化而有不同。公认的标准大气压力是北纬 22.5° 的海平面，晴天时的大气压力，它相当于 760 毫米水银柱，又恰等于 1.033 公斤/厘米²。为计算上方便起见，工业上采用

1 公斤/厘米²的压强为一个大气压。

4. 表压力：用表压力表示压强时，叫作表压力。若以绝对压力表示时，则须在表压力数值上再加一个大气压力，即：

$$P = P' + 1 (\text{公斤/厘米}^2) \quad (1-4)$$

式中 P —— 绝对压力 (公斤/厘米²) ;

P' —— 表压力 (公斤/厘米²) ;

1 公斤/厘米² —— 指大气压力。

五、功与能

1. 功：当外力作用到物体上，使物体在力的方向发生移动，就是做了“功”。功是力和位移的乘积，其计算单位是“公斤·米”。

例如：一个人将 5 公斤重的物体抬高 2 米，他所做的功就是 $2 \times 5 = 10$ 公斤·米。

2. 功率：单位时间所做的功，称为功率。一般用公斤·米/秒表示。工业上，常用马力或千瓦表示功率：

$$1 \text{ 马力} = 75 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 3/4 \text{ 千瓦};$$

$$1 \text{ 千瓦} = 102 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 1.36 \text{ 马力}。$$

锅炉马力一般不使用上述单位衡量。锅炉的 1 马力是指炉水温度在 100°C 时，每小时产生同温度蒸气 15.65 公斤的能力。

3. 能：物体所具有的做功本领叫作能。能有多种形式，如机械能、热能、电能、光能以及化学能等。能量除可以做功外，某一种能又可转变成另一种能。例如：锅炉水通过燃烧传热产生蒸汽，使汽轮机转动，便是由热能转变成机械能；汽轮机带动发电机发电，便是由机械能转变成电能。

热能的单位，普通用“卡”或“大卡”表示。1 卡，就是使 1 克重的水温度升高摄氏 1 度所需的热量；1 大卡，就

是使 1 公斤水温度升高摄氏 1 度所需的热量。由此可知：1 大卡 = 1000 卡。

4. 热功当量：热可以转变为功，功也可以转变为热。根据试验得知：1 千卡热量可以转变为 427 公斤·米的功，若消耗 427 公斤·米的功，也能得到 1 千卡的热。该比值就是热功当量，其计算单位以“公斤·米/千卡”表示。

5. 热效率：在实际使用时，因有种种条件限制，热并不能全部变为功，总会有许多不可避免的损失。被利用的热量与原有热量的比值，叫作热的使用效率，以百分数表示。

第二节 热 力 知 识

一、热的作用

热的作用有下列三种：

1. 使物体的温度升高；
2. 使物体的体积因受热而膨胀；
3. 使物体的状态改变（变形）。

例如：由于热的作用，可使固态的冰化成液态的水，由液态的水又可化为汽态的水蒸汽。这就是所谓的物质三态。

二、热容和比热

热容：使单位质量的物质温度升高 1°C 所需要的热量，为该物体的热容。

比热：使 1 克物质温度上升 1°C 所需的热量，为该物质的比热。其计算单位以“千卡 / 公斤· $^{\circ}\text{C}$ ”表示；气体的比热以容积计算，叫作容积比热，以“千卡 / 米³· $^{\circ}\text{C}$ ”表示。

气体的比热因在加热时受体积与压力变化的缘故，在实际计算中又分定积比热和定压比热。

定积比热：气体加热时，使其体积保持不变而测得的比热，以“千卡/米³·°C”表示。

定压比热：气体加热时，使其压力保持不变而测得的比热，以“千卡/米³·°C”表示。

常用的几种固体与液体比热 表 1—2

物、质 名 称	比 热 (千卡/公斤·°C)	物 质 名 称	比 热 (千卡/公斤·°C)
钢	0.117	铜	0.093
铁	0.11	水	1.0
铸 铁	0.115	煤 油	0.434
铅	0.031	水 银	0.033
玻 璃	0.15		

注：饱和温度下水的比热为液体含热量与饱和温度之比。

同一气体的定压比热，常大于定积比热的 1.41 倍左右（情况见表 1—3）。

常用的几种气体比热 表 1—3

气 体 名 称	定 积 比 热 (千卡/米 ³ ·°C)	定 压 比 热 (千卡/米 ³ ·°C)
水 蒸 汽	0.37	0.48
空 气	0.119	0.238
氧	0.156	0.218
氢	0.2412	0.3405
二氧化碳	0.171	0.216

三、显热和潜热

显热：热有显热和潜热两种。显热是指能感觉到的热，可用温度计来测定。

潜热：是一种潜伏的内热，它只能改变物质的状态，而并不增加物质的温度。如物体由固体、液体及气体中的任何一种形态，转变为另一种形态时，必须吸收或发散一定的热

量，此热量即该物质的潜热。

四、热传导概念

1. 热导体：热导体分为良好热导体与不良热导体两种。银是最好的热导体，其次是铂、铜、金、铝、锌、铅；静止而完全被封闭的空气是最不良的热导体。一般气体的导热性最差，液体较差，固体较好。不良的热导体，可作为锅炉保温材料（如石棉灰）。

2. 热传导率：它是代表物体本身传导热量的能力。如短铁勾的一端烧红后，用手拿其另一端时则感到烫手；若木材的一端被烧着，用手拿其另一端时则感不到烫手。这就表示铁的热传导率大于木材。下面是几种与锅炉工作有关的物体热传导率：

钢的热传导率：40~50千卡/米·°C·时；

水垢的热传导率：0.5~2千卡/米·°C·时；

烟垢的热传导率：0.05~0.1千卡/米·°C·时。

由此可见，热传导率的数字越小，传热越不良。如水垢的热传导率比钢差25倍，而烟垢则较钢差500倍。因此，经常清除锅炉内外壁附着的水垢和烟垢，具有非常重要的意义。否则，无形中就会降低锅炉效率，增加耗煤量。

五、热的传播

两种不同温度的物体在接近或接触时，便会发生热量流动现象，这种现象就叫作传热。传热的方式有以下三种：

1. 传导：在同一物体中，热量自高温部分传至低温部分，或两种不同温度的物体之间相互接触时，发生的热量传递叫作“传导”。如：钢板吸收燃烧气体发出的热量，再传至炉内的水就是传导作用。

2. 对流：依靠液体或气体的流动来传播热的方式叫作“对流”。如：水在锅炉内循环流动，则产生热水上升、冷水下降现象，这是因为水在不同温度下，其比重也不同的缘故。锅炉的水，依靠对流现象可使其全部加热到相同温度为止。

3. 辐射：热由物体射出，而沿直线向外传播的方式，叫作“辐射”。它是不经传导，也不经对流即能直接散射热量的一种传热方式。锅炉运行中的辐射传热，主要发生在受热最高的部位。

六、热胀冷缩

绝大多数的气体、液体、固体都具有热胀冷缩的特性。为了表示物体受热膨胀，遇冷收缩的程度不同，就要引入一个线胀系数的概念。物质在温度升高摄氏一度，单位长度增加的部分称为该物体的线胀系数（用符号 α 表示）。各种常用物质的线胀系数列于表1—4中。物体的线伸长可按下式计算：

$$\Delta L = L_0 \alpha (t_2 - t_1) \text{ 毫米} \quad (1-5)$$

式中 ΔL ——物体受热后的绝对伸长（毫米）；

α ——该物体的线胀系数；

t_1 ——物体的原来温度（°C）；

t_2 ——物体升高后的温度；

L_0 ——物体在原来温度下的长度（毫米）。

例：一个10米长的锅筒，求在7公斤/厘米²压力下运行时的伸长量。

解：已知 $L_0 = 10 \text{ 米} = 10000 \text{ 毫米}$ ，

查表（1—4） $\alpha = 0.000011$ ，

$t_2 = 169.5^\circ\text{C}$ （由附录一蒸汽表查得）

$t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ (取锅炉房内常温)

将已知数代入公式 (1—5) 即得:

$$\begin{aligned}\Delta L &= L_0 \alpha (t_2 - t_1) = 10000 \times 0.000011 \times (169.5 - 20) \\ &= 16.46 \text{ 毫米}.\end{aligned}$$

因此, 在安装锅炉时, 应考虑能够自由伸长, 否则锅炉结构将产生很大热应力, 造成金属变形、断裂、接口处泄漏、胀口环形裂纹, 炉墙开裂或倒塌等故障。

线膨胀系数表

表 1—4

材 料	线膨胀系数 $\alpha \left(\frac{1}{\text{度}}\right)$	材 料	线膨胀系数 $\alpha \left(\frac{1}{\text{度}}\right)$
熟 铁	0.0000123	黄 铜	0.0000184
钢	0.0000110	金	0.0000142
铸 铁	0.0000120	银	0.0000197
铝	0.0000238	锡	0.0000267
青 铜	0.0000175	铅	0.0000292

第三节 水的概述

一、天然水的来源

水是由两个氢原子 (H_2) 与一个氧原子 (O) 组成的, 氢与氧之重量比为1:8。

自然界里, 没有绝对纯洁的水。

雨水一般较为纯洁, 不含矿物质。但从空中降落时, 也会吸收和溶解一些来自空气中的 O_2 、 CO_2 、 N_2 以及尘埃、细菌等杂质, 其含量的多少取决于空气的混浊程度。

地表水含有溶解的矿物质很少, 其硬度亦较小。但由于冲刷流动的结果, 往往会夹杂大量的泥砂及有机物等不溶解杂质。上述夹杂物均属机械杂质, 经过沉淀、过滤以后即可除去。

地下水含有溶解的矿物质较多，硬度大。它不含悬浮物及有机物，这是由于经过地层渗透过滤的缘故。但由于水有溶解性，加之从空气中吸收的 CO_2 而使其溶解性增强，故当其透过各种不同岩层时，便溶解各种无机盐类。当水通过碳酸盐的岩层（石灰及白云石）时，能将其溶解成重碳酸盐 $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 及 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2]$ 而成为硬水；地层里的其它矿物质，如：石膏石（ CaSO_4 ）、硫酸镁（ MgSO_4 ）、芒硝（ $\text{NaSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ）、氯化钙（ CaCl ）及硅酸盐（ NaSiO_3 ）等，在不同温度和压力下也能溶解于水。

海水含有溶解的盐类很多，特别是氯化钠及硫酸镁的含量更多，它的水质与地表水相比，则完全不同。

二、水的物理性质

纯水是无色、无味的透明液体，在 4°C 时比重最大，1公斤水的体积为1升。水在标准大气压力（水银柱760毫米）时的冰点是 0°C ，沸点是 100°C 。

一般物质的体积都是随着温度的升降而胀缩，而水则不同，它是在其温度由 4°C 逐渐升高时，体积随温度的升高而增大（密度减小）；其温度由 4°C 逐渐下降时，体积亦逐渐增大。水的密度在 4°C 时最大，这就是水的特点。水结冰时，其体积膨胀也是此道理。

水是液体的一种，具有液体的一般性质。例如：在连通器里，液体的表面压力相等时，其表面的高度则相同；当液体受到压力时，便以相等的大小压力向各个方向均匀地传播。利用这个道理可制做水压机。

三、水质技术名词

1. 硬度：是指水中钙、镁盐类的总含量。

我国通用的硬度单位有“度”或“毫克当量/升”两种。

度：1升水中含有钙盐和镁盐的总量相当于10毫克CaO时称为1度。

毫克当量/升：1升水中所含钙、镁离子的重量等于钙、镁元素的化学当量（以毫克计）时称为1毫克当量/升。

两种硬度单位的换算关系为：

$$1 \text{ 毫克当量/升} = 2.8 \text{ 度}。$$

硬度又可分为：

（1）碳酸盐硬度（暂时硬度）：主要是钙与镁的重碳酸盐所组成。当水煮沸时钙与镁的重碳酸盐就分解成 CaCO_3 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 而沉淀。故亦称暂时硬度。

（2）非碳酸盐硬度（永久硬度）：主要是钙与镁的硫酸盐、硝酸盐及氯化物组成，它不能用一般煮沸的方法除去，故亦称永久硬度。

（3）总硬度：碳酸盐硬度与非碳酸盐硬度之和。

（4）钙硬度：指每升水中钙盐的含量。

（5）镁硬度：指每升水中镁盐的含量。

天然水按硬度可分为：

极软水		< 4 度
软 水		4 ~ 8 度
中等硬度水		8 ~ 16度
硬 水		16 ~ 30度
极硬水		> 30度

2. 总碱度：指水中已解离的和分子状态的氢氧化物、碳酸盐、重碳酸盐及能提高水中OH浓度的金属和金属化合物的总含量。

碱度单位的规定和硬度一样。

3. 氧化性：因水中有机物的含量不易直接测出，故采

用氧化剂〔如过锰酸钾 (KMnO_4)〕。测定氧化水中有机物所消耗的氧化剂数量，就间接测出了有机物的含量。氧化性，以 1 升试验水中，用于氧化有机物所需的氧或过锰酸钾的毫克数表示（即：毫克/升）。

四、水中杂质对锅炉的损害

1. 悬浮物（又称悬浮固体，包括水中的泥砂、垃圾、污物等）：含有多量悬浮物的水，不适于锅炉使用，因泥砂等沉淀积聚处附近最易产生水垢，所有污物易使锅板或炉管发生锈蚀，若有细微的质点，也常引起汽水共腾的作用。

2. 溶解固体：溶于水中的固体，以钙、镁盐类较多，钠盐次之。钙盐，当温度超过 150°C 时，则完全不溶于水，在炉内急剧沉淀而结成坚硬紧密的水垢；镁盐受热时产生氢氯酸，起腐蚀金属作用，同时也生成水垢；钠盐溶解度极大，虽不沉淀生锈，但氯化钠能促进腐蚀作用；氢氧化钠易使锅炉发生苛性脆化*；硫酸钠易促进汽水共腾作用。

3. 溶解气体：有两种，分不活泼气体（氮）与活泼气体（氧及二氧化碳）。当水煮沸时，不活泼气体氮被逼出水外，对锅炉的影响较小；而活泼气体则易使水变成酸性而导致钢板及炉管的腐蚀。

4. 溶解液体：主要是有机物质，能影响蒸汽质量。如：干燥的蒸汽是透明体，若稍含有水分即呈淡青色；水分过多时呈白色。若水中含有大量盐类及油脂等杂质时，易发生汽泡而不消散，以致产生锅炉的假水位。

5. 水中杂质的衡量：

（1）悬浮物：把水样用滤纸过滤，然后把带有沉淀物的滤纸在 110°C 时烘干。由滤纸在过滤前后重量之差，可得

* 苛性脆化就是恶性的金属脆化现象。