



工业锅炉安全运行 技术基础

北京锅炉厂 编 北京锅炉厂 编

工业锅炉安全运行技术基础

黄绍莹 谭腾飞 张仁斌 编著

责任编辑： 胡席儒 陈芝瑾

科学技术文献出版社重庆分社

出 版 行

重庆市市中区胜利路132号

科学技术文献出版社重庆分社印刷厂

印 刷

开本：787×1092毫米1/32

印张：17

字数：37万

1987年10月第一版

1987年10月第一次印刷

印数：30000

ISBN7-5023-0172-0/TK·11

统一书号：15176·748

定价：3.85元

内容简介

本书紧密结合司炉工人应知应会的基本要求，系统介绍了工业锅炉基础知识、燃料燃烧及燃烧设备、锅炉结构、安全附件、运行操作、停炉保养以及事故处理、水质处理、消烟除尘、常用仪器仪表等内容，还介绍了锅炉的安全管理和锅炉房规章制度方面的内容。书末附录还收进了国家颁布的有关锅炉房司炉工人技术等级标准以及司炉工人管理办法等有关资料。

本书宜作锅炉司炉工人培训、考核用教材及指导实际操作参考书，也可供锅炉管理人员、安全管理技术干部参考。

前 言

随着工业不断发展，锅炉不断增加，国家对安全、能源、环境保护的高度重视，保证锅炉设备的安全经济运行，已显得越来越重要。提高司炉工人及管理人员的素质，是保证锅炉安全经济运行的主要措施。劳动人事部专门颁发了《锅炉司炉工人安全技术考核管理办法》，要求锅炉工人必须分等级经过技术培训、考核发证后 方能单独上岗操作。为此，我们根据多年举办司炉培训班的经验，编写了这本《工业锅炉安全运行技术基础》，以适应开展锅炉工人培训、考核发证工作的需要。

本书紧扣司炉工人应知应会的基本要求，系统介绍了工业锅炉的结构、燃料燃烧、燃烧设备、安全附件、运行操作、停炉保养、事故处理、水质处理、消烟除尘、常用仪器仪表及自动控制系统等内容，突出了基础知识的阐述和基本技能的培训，总结了近年来有关锅炉改造及安全经济运行的经验，同时又注意了新技术的介绍。本书还结合我国现行的规程，介绍了一些安全管理和锅炉房规章制度等方面的内容，并收集了国家颁发的有关锅炉房工人技术等级标准及司炉工人管理办法等资料。

本书力求内容系统、完整，重点突出，结构紧凑，语句通俗，具有一定的理论深度和较高的实用价值，可作为锅炉司炉工人培训、考核用教材，可供锅炉管理人员、技术人员、安全技术干部参考，亦适合中等专业学校锅炉热能专业的学生自学使用。

全书共十一章。第一、二、三、五章由谭腾飞，第四、

八、十、十一章由黄绍萱，第六、七、九章由张仁斌同志编写。重庆市劳动局锅炉处副处长陈君泽同志，重庆市锅炉压力容器检验所所长张志宏同志对本书作了审阅。重庆大学热力工程系锅炉教研室主任王致均教授为本书主审，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中可能存在错漏之处，敬请读者批评指正。

编 者

1987年5月

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 工业锅炉的基本概念	(1)
一、概述.....	(1)
二、工业锅炉的基本工作过程.....	(5)
三、锅炉的基本参数.....	(7)
第二节 工业锅炉常用的物理概念	(9)
一、力与压力.....	(9)
二、质量与流量.....	(11)
三、温度与传热.....	(14)
四、热量与比热.....	(18)
五、湿度、干度和蒸汽品质.....	(19)
六、热胀冷缩与热应力.....	(20)
第三节 水与水蒸汽的性质	(23)
一、水的性质.....	(23)
二、水蒸汽的性质及产生过程.....	(24)
第四节 锅炉的金属材料	(28)
一、对锅炉钢材的特殊要求.....	(28)
二、合金元素在钢中的作用.....	(29)
三、锅炉钢材的分类.....	(31)
第五节 识图的基本知识	(34)
一、图样的比例、图线及尺寸注法.....	(34)
二、投影与三视图.....	(36)
三、识图的基本方法.....	(39)

第二章 燃料与燃烧 (42)

第一节 概述 (42)

第二节 煤 (43)

一、煤的组成及其性质 (43)

二、煤的分类及各类煤的特性 (49)

三、标准发热量、折算灰分和折算水分的概念 (51)

四、煤的管理 (52)

第三节 液体燃料和气体燃料 (53)

一、液体燃料 (56)

二、气体燃料 (57)

第四节 燃烧 (58)

一、燃烧的化学反应及其计算 (61)

二、燃烧过程 (65)

三、燃烧效率 (67)

第三章 燃烧设备

第一节 燃烧方式 (67)

一、层状燃烧方式 (67)

二、悬浮燃烧方式 (68)

三、沸腾燃烧方式 (68)

第二节 固定炉排 (69)

一、固定炉排的结构 (69)

二、固定炉排的燃烧特点 (70)

第三节 双层炉排 (72)

一、双层炉排的结构 (73)

二、双层炉排的燃烧特点·····	(74)
第四节 链条炉排·····	(75)
一、链条炉排的结构·····	(76)
二、链条炉排的燃烧特点·····	(80)
第五节 往复炉排·····	(85)
一、往复炉排的结构·····	(85)
二、往复炉排的燃烧特点·····	(87)
第六节 振动炉排·····	(88)
一、振动炉排的结构·····	(89)
二、振动炉排的工作原理·····	(90)
第七节 煤粉炉·····	(92)
一、煤粉炉的特点·····	(92)
二、煤粉细度与供风量·····	(93)
三、制粉设备·····	(94)
四、喷燃器及其布置·····	(97)
第八节 沸腾炉·····	(100)
一、沸腾炉的燃烧特点·····	(100)
二、沸腾炉的炉膛结构·····	(102)
 第四章 工业锅炉结构·····	 (106)
第一节 锅炉结构型式的发展概况·····	(106)
一、概况·····	(106)
二、锅炉结构的一般要求·····	(110)
第二节 工业锅炉产品型号的编制方法·····	(111)
一、编制方法·····	(111)
二、编制方法举例·····	(114)
第三节 主要受压部件和锅内设备·····	(116)

一、主要受压部件·····	(116)
二、锅内设备·····	(122)
第四节 尾部受热面·····	(125)
一、省煤器·····	(125)
二、空气预热器·····	(130)
第五节 立式锅壳锅炉·····	(131)
一、立式双回程火管锅炉(LHG型)·····	(135)
二、立式弯水管锅炉(LSG型)·····	(139)
第六节 卧式锅壳锅炉·····	(147)
一、卧式内燃快装锅炉·····	(149)
二、卧式外燃快装锅炉·····	(154)
第七节 水管锅炉·····	(161)
一、双锅筒横置式水管锅炉·····	(162)
二、双锅筒纵置式水管锅炉·····	(167)
三、单锅筒纵置式(“人”字形)水管锅炉·····	(175)
 第五章 工业锅炉附件及附属设备·····	 (180)
第一节 工业锅炉的安全附件·····	(180)
一、压力表·····	(180)
二、安全阀·····	(186)
三、水位表及报警器·····	(192)
四、常用的阀门·····	(201)
五、防爆门·····	(210)
六、温度测量仪表·····	(212)
第二节 锅炉的给水设备·····	(217)
一、概述·····	(217)
二、注水器和压力式水箱·····	(219)

三、离心式给水泵·····	(223)
四、蒸汽往复泵·····	(227)
第三节 锅炉的通风设备·····	(231)
一、概述·····	(231)
二、风机与烟囱·····	(232)
三、运煤与除渣设备·····	(235)
第四节 管道与保温·····	(239)
一、管道材料和管径的选择·····	(240)
二、管道的布置要点·····	(240)
三、管道系统的试压与吹洗·····	(244)
四、管道的油漆、标志和保温·····	(246)
 第六章 锅炉的安全经济运行与操作调整	(251)
第一节 锅炉的安全管理·····	(252)
一、锅炉的法定安全监察制·····	(252)
二、建立规章制度·····	(254)
三、司炉的职责·····	(254)
第二节 锅炉开火前的检查和准备·····	(255)
一、锅炉的检查内容·····	(255)
二、开火前的准备工作·····	(257)
第三节 锅炉的启动与停炉·····	(267)
一、点火前的准备工作·····	(268)
二、点火与升压及其并汽·····	(268)
三、停炉·····	(274)
四、停炉后的保养·····	(277)
第四节 锅炉正常运行中的监督调整·····	(280)
一、水位的调节·····	(281)

二、汽压的调节·····	(283)
三、气温的调节·····	(284)
四、锅炉的排污·····	(285)
五、锅炉的吹灰·····	(287)
六、锅炉结焦·····	(289)
第五节 燃烧设备的运行及调整·····	(291)
一、层燃炉的运行及燃烧调整·····	(292)
二、悬浮燃烧过程及其调整·····	(299)
三、沸腾炉的运行·····	(302)
第七章 锅炉事故及事故处理 ·····	(205)
第一节 锅炉事故·····	(305)
一、锅炉事故的分类·····	(305)
二、锅炉事故的原因·····	(306)
三、对处理事故的要求·····	(306)
四、紧急停炉与处理办法·····	(307)
第二节 锅炉爆炸事故·····	(308)
一、锅炉破裂和爆炸的原因·····	(308)
二、锅炉爆炸的危害·····	(309)
三、事故发生单位的应急措施·····	(313)
四、爆炸事故的调查与分析·····	(314)
第三节 常见事故的处理方法及预防措施·····	(316)
一、缺水事故·····	(316)
二、满水事故·····	(318)
三、锅炉受热面管的爆破事故·····	(319)
四、汽水共腾·····	(322)
五、锅炉及管道的水冲击·····	(323)

六、水位计损坏事故的处理和预防·····	(325)
七、炉鸣和二次燃烧·····	(326)
八、链条炉排事故·····	(328)
九、煤粉炉常见事故·····	(330)

第八章 锅炉热平衡及锅炉节约用煤的主要途径 (332)

第一节 锅炉热平衡概述·····	(332)
一、锅炉热平衡·····	(332)
二、热效率测定的组织和要求·····	(334)
第二节 热效率测定的方法·····	(336)
一、正平衡热效率的测定法·····	(336)
二、反平衡热效率的测定法·····	(341)
第三节 锅炉热平衡测试举例·····	(347)
第四节 锅炉热平衡试验结果的分析·····	(359)
一、过剩空气系数·····	(359)
二、排烟温度·····	(360)
三、飞灰灰比·····	(361)
四、炉渣含碳量·····	(361)
第五节 工业锅炉节约用煤的途径·····	(362)
一、因地制宜，综合改炉·····	(363)
二、改进操作，加强维护·····	(364)
三、建立用煤管理制度，加强班组核算·····	(365)
四、合理用汽节约用汽·····	(371)

第九章 锅炉水处理

第一节 锅炉用水的基础知识·····	(371)
一、天然水·····	(371)

二、天然水中的杂质及其对锅炉的危害·····	(372)
三、锅炉用水的分类·····	(373)
第二节 锅炉水垢的形成和清除·····	(374)
一、水垢的形成、分类及危害·····	(374)
二、水垢的清除方法·····	(377)
第三节 低压锅炉水质标准·····	(382)
一、水质指标·····	(382)
二、水质指标常用的单位·····	(386)
三、低压锅炉水质标准·····	(388)
第四节 锅炉给水处理·····	(393)
一、水质的预处理·····	(393)
二、给水除氧·····	(394)
第五节 锅炉的炉内水处理·····	(399)
一、概述·····	(399)
二、炉内水处理法·····	(400)
三、炉内水处理的操作及有关问题·····	(405)
第六节 锅炉的炉外水处理·····	(407)
一、沉淀软化法·····	(408)
二、离子交换软化法·····	(410)
三、离子交换剂·····	(412)
四、离子交换设备·····	(413)
五、固定床离子交换器的各种运行方式·····	(414)

第十章 锅炉消烟除尘 (419)

第一节 锅炉烟尘的危害及排放标准 (419)

(178) 一、烟尘的危害····· (419)

(178) 二、烟尘排放标准····· (420)

三、影响烟尘含量的主要因素·····	(423)
四、消烟与除尘的区别·····	(425)
第二节 消烟措施·····	(425)
一、改进锅炉结构·····	(426)
二、提高操作技术·····	(431)
第三节 除尘措施·····	(432)
一、沉降式除尘器·····	(432)
二、百叶式除尘器·····	(435)
三、旋风除尘器·····	(437)
四、离心水膜除尘器·····	(443)
五、XS型旋风除尘器·····	(447)
 第十一章 热工测量仪表及自动化装置·····	(449)
第一节 热工测量仪表的基本概念·····	(449)
一、热工测量仪表的分类·····	(449)
二、热工测量仪表的组成·····	(449)
三、热工测量仪表的质量标准·····	(450)
第二节 锅炉热工测量项目及常用仪表·····	(452)
一、压力测量·····	(452)
二、流量测量·····	(455)
三、液位测量·····	(461)
四、温度测量·····	(465)
五、成分分析·····	(468)
六、数字式仪表及工业电视应用简介·····	(469)
第三节 锅炉生产过程的自动调节·····	(470)
一、自动调节的一般知识·····	(470)
二、自动调节设备·····	(472)

三、锅炉上几个典型的调节系统.....	(475)
四、锅炉自动保护.....	(485)
第四节 电子计算机在工业锅炉上的应用.....	(487)
一、控制机功能设计.....	(487)
二、控制机程序设计说明.....	(489)
三、使用效果.....	(490)
附 录:	(491)
一、水的特性表.....	(491)
二、饱和蒸汽热力特性表.....	(493-484)
三、过热蒸汽热力特性表.....	(495-496)
四、锅炉工技术等级标准.....	(497)
五、全国工业锅炉先进锅炉试行标准(草案)	(504)
六、锅炉使用登记办法.....	(505)
七、锅炉司炉工人安全技术考核管理办法...	(508)
八、锅炉压力容器事故报告办法.....	(511)
九、中华人民共和国法定计量单位.....	(515)
十、常见非法定单位与法定单位对照表.....	(520)

第一章 基础知识

第一节 工业锅炉的基本概念

一、概述

蒸汽锅炉是由“锅”和“炉”以及为保证“锅”和“炉”经济安全运行所必需的附件、仪表以及附属设备等三大部份组成。“锅”是指锅炉中盛水和蒸汽的密封受压部份，是锅炉的吸热部份。“炉”是指锅炉中使燃料进行燃烧，产生热量的部份，是锅炉的放热部份。因此，锅炉是将燃料内蕴藏的能量（化学能），经过燃烧变为热能，然后将热能传递给水，使水变成具有一定压力和一定温度的蒸汽，这种设备称为锅炉。

锅炉上装置的附件和仪表种类很多，通常包括：压力表、安全阀、水位表、排污装置、给水设备、阀门、蒸汽流量表和气量表等。

（一）工业锅炉的范围及系列标准

按GB1921—80标准，工业锅炉的系列标准是：额定蒸发量 ≤ 65 吨/小时，出口蒸汽压力 ≤ 2.5 （兆帕）（25公斤力/厘米²），出口蒸汽温度 $\leq 400^{\circ}\text{C}$ 。详见表1-1。

（二）工业锅炉的重要性

工业锅炉在国民经济和人民生活中占有十分重要的地位，这是因为：

1. 工业锅炉量大、面广、耗能多，是一个耗能的大户。锅炉的用途十分广泛，它是火力发电厂的“心脏”，是化

表 1-1 工业蒸汽锅炉系列标准

额 定 蒸发量 (吨/小时)	额 定 蒸 汽 参 数										
	出 口 蒸 压 力, 兆 帕 (表压)										
	0.4(4)	0.7(7)	1.0(10)	1.3(13)	1.6(16)	2.5(25)					
	出 口 蒸 汽 汽 温 度 (℃)										
	饱和	饱和	饱和	饱和	250	350	饱和	250	350	饱和	400
0.1	△										
0.2	△										
0.5	△	△									
1.0	△	△	△								
2	△	△	△	△			△				
4		△	△	△			△			△	
6		△	△	△		△	△		△	△	△
10		△	△	△		△	△		△	△	△
15			△	△			△		△	△	△
20			△	△		△	△		△	△	△
35				△			△		△	△	△
65				△			△				

注：表中标有“△”符号者为现已采用的系列参数。

工、纺织、轻工等行业的关键性设备。食品加工，医疗消毒，洗澡取暖等日常生活都离不开它。随着我国轻重工业的迅速发展，工业锅炉的数量大量增加。据一九七九年初步统计，全国工业锅炉约18万台，到一九八五年，全国正在使用的工业锅炉约28万台(包括热水锅炉)，几乎遍布在城乡各地，各行各业。不仅如此，工业锅炉也是消耗能源的一个大户，每年约消耗二亿伍千多万吨原煤，占我国全国能源消耗的40%