

原子能出版社

• 北 京 •



工业锅炉

安全运行
与故障处理

编著：孟燕华

ZHONGGUO GUOLU

ANQUAN YUNXING

YU

GUZHANG CHULI

189435

TK229

M627

工业锅炉安全运行与故障处理

孟燕华 编著

原子能出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

工业锅炉安全运行与故障处理/孟燕华编著. —北京:
原子能出版社, 1999. 6
ISBN 7-5022-2025-9

I. 工… II. 孟… III. ①工业锅炉-锅炉运行②工业锅炉-故障-处理 IV. TK229

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 16819 号

内容简介

本书共分六章, 主要内容有: 锅炉基础、锅炉安全附件、锅炉运行监督与科学管理、锅炉水处理、锅炉检验与修理、锅炉常见事故及故障处理。书中着重对锅炉水处理方法的选择及水处理过程中应注意的问题, 锅炉受压元件常见缺陷的检查及修理方法, 锅炉常见故障的原因及预防、处理措施等, 作了较全面的介绍。

本书理论联系实践, 实用性强, 内容深入浅出, 通俗易懂, 对提高司炉人员的操作水平和处理故障的应变能力会有所帮助。因此, 本书可作为司炉人员、锅炉检验人员培训、考核用教材, 也可供锅炉管理人员、安全管理技术人员学习和参考。

©原子能出版社出版 发行

责任编辑: 刘焕朝

社址: 北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码: 100037

北京市京华印刷厂印刷 新华书店经销

开本: 787 × 1092mm 1/32 印张 10 字数 218 千字

2000 年 10 月北京第 1 版 2000 年 10 月北京第 1 次印刷

印数: 1—1200

定价: 15 元

前 言

锅炉是一种承受压力，接触高温，具有爆炸危险的特种设备。由于其使用的广泛性和事故的严重性，保证锅炉设备的安全经济运行，已显得越来越重要。近年来，从锅炉事故统计资料可知，锅炉事故多是由于缺水、水处理不良、操作失误等原因造成的，也就是说，使用管理不善是导致事故发生的主要原因。

为适应锅炉安全运行管理的需要，提高司炉人员和锅炉管理人员的素质，本人根据多年的教学实践，并针对锅炉安全管理方面的主要工作，如锅炉运行监督管理、锅炉水质管理、锅炉检验与维修、锅炉故障处理等，编写了此书。本书紧紧围绕锅炉运行、检验、修理及事故处理等环节，以最新的锅炉标准、规范和规程为依据，既介绍了锅炉安全运行和锅炉房规章制度等安全管理方面的内容，又介绍了锅炉安全装置的技术要求、锅炉水处理方法、锅炉受压元件检修技术、锅炉故障处理的有效措施等，力求内容更新和充实。

在编写过程中，编者注意理论与实践相结合，管理与技术相结合，使此书具有一定的理论深度和较高的实用价值。尽管如此，由于锅炉安全管理涉及的面很广，在有限的篇幅内难于介绍全面，更由于编者的知识和水平有限，书中定有许多错误或不妥之处，敬请读者批评指正。

本书撰写过程中，参考了许多专家学者的论著，对它们的著作者，本人表示衷心感谢。

编 者

1998 年 12 月

ABD88/01

目 录

第一章 锅炉基础	(1)
第一节 锅炉基本概念	(1)
一、锅炉的基本组成.....	(1)
二、锅炉基本参数.....	(2)
三、工业锅炉的型号.....	(3)
第二节 锅炉主要受压元件及安全技术要求	(8)
一、锅壳式锅炉各受压元件的安全技术要求.....	(8)
二、水管锅炉各受压元件的安全技术要求.....	(12)
三、对锅炉本体结构的基本安全技术要求.....	(22)
第二章 工业锅炉安全附件	(25)
第一节 安全阀	(25)
一、安全阀的种类与特点.....	(25)
二、安全阀的排放量和整定压力.....	(29)
三、安全阀的安全技术要求.....	(33)
四、安全阀的选用与安装.....	(35)
五、安全阀的校验、调整与维护.....	(39)
第二节 压力表	(42)
一、压力表的选用与装设.....	(42)
二、压力表的维护与校验.....	(44)
第三节 水位表	(45)
一、水位表的型式及适用范围.....	(46)
二、水位表的安全技术要求.....	(49)
三、水位表的维护.....	(52)

第四节	温度测量仪表	(54)
一、	常用的测温仪表	(54)
二、	温度测量仪表的安装部位	(55)
第五节	排污阀	(56)
一、	常用的排污阀	(56)
二、	排污阀的装设要求	(58)
第三章	工业锅炉安全运行与科学管理	(61)
第一节	锅炉的启动	(61)
一、	点火前的检查和准备	(61)
二、	点火与升压	(67)
三、	暖管与并汽	(71)
第二节	锅炉运行中的监督调整与管理	(73)
一、	锅炉正常运行中的监督和调整	(73)
二、	工况变动对工作参数调节的影响	(79)
三、	锅炉运行中的维护与管理	(85)
四、	热水锅炉的安全运行	(95)
第三节	停炉及停炉后的保养	(99)
一、	停炉	(99)
二、	停炉保养	(105)
第四节	锅炉房综合管理	(108)
一、	对锅炉房的要求	(109)
二、	对锅炉使用单位的一般要求	(111)
三、	锅炉房管理	(113)
第四章	工业锅炉的水处理	(123)
第一节	水质指标和水质标准	(123)
一、	水质指标	(123)
二、	工业锅炉水质标准	(127)

第二节 常用的水处理方法	(134)
一、锅外水处理	(134)
二、锅内加药水处理	(154)
三、锅炉水处理方法选择	(164)
第三节 给水除氧	(169)
一、热力除氧	(169)
二、解吸除氧	(172)
三、化学除氧	(173)
第四节 锅炉水质的监督与管理	(176)
一、锅炉水质监督检验的内容	(177)
二、水质管理工作中常见的问题和改进方法	(179)
第五节 水垢的清除	(183)
一、化学清洗的有关规定	(183)
二、酸洗除垢	(184)
三、碱洗除垢	(193)
四、锅炉化学清洗中存在的问题及改进措施	(194)
第五章 锅炉检验与修理	(199)
第一节 运行锅炉的定期检验	(199)
一、锅炉检验的内容和期限	(199)
二、内部检验的重点内容、程序及注意事项	(201)
三、锅炉的水压试验	(210)
第二节 锅炉常见缺陷及处理	(214)
一、锅炉常见缺陷及产生的部位	(214)
二、缺陷的检查	(225)
三、缺陷的修理	(226)
四、对存有缺陷锅炉的处理原则	(233)
第三节 锅炉主要部件的检修	(234)

一、锅筒的检修·····	(234)
二、水冷壁管和对流管束的检修·····	(236)
三、集箱的检修·····	(238)
四、省煤器的检修·····	(239)
五、过热器的检修·····	(241)
六、空气预热器的检修·····	(243)
第六章 工业锅炉常见事故及故障的处理·····	(245)
第一节 锅炉故障的判断及处理·····	(245)
一、锅炉故障判断的基本方法·····	(245)
二、锅炉运行事故及故障处理·····	(248)
三、锅炉安全附件故障处理·····	(258)
四、锅炉燃烧故障处理·····	(264)
五、锅炉燃烧设备故障处理·····	(271)
六、锅炉辅助设备故障处理·····	(277)
七、热水锅炉故障处理·····	(289)
第二节 锅炉事故分类及报告·····	(300)
一、锅炉事故的分类·····	(300)
二、锅炉事故报告的有关规定·····	(301)
第三节 锅炉事故调查、分析与处理·····	(301)
一、锅炉事故调查的一般程序和具体内容·····	(301)
二、锅炉爆炸事故和爆管事故分析·····	(305)
三、锅炉事故的处理·····	(309)

第一章 锅炉基础

第一节 锅炉基本概念

一、锅炉的基本组成

锅炉是一种利用燃料在炉膛中燃烧释放的热能或工业生产中的其他热能，加热锅水使之具有一定温度和压力的蒸汽或热水，以供外界应用的换热设备。由于锅水在锅炉内吸热升温或发生状态的改变，因此锅炉是生产蒸汽或加热水的设备。生产蒸汽的锅炉叫蒸汽锅炉，加热水而不把水转变成蒸汽的锅炉叫热水锅炉。

顾名思义，锅炉是由“锅”和“炉”两大部分组成。“锅”是指锅炉本体结构的汽水系统，由一系列承压的容器和管道组成。这些容器、管道因功能、结构、布置位置不同，其名称各不相同，分别叫做锅筒（汽包）、水冷壁管、对流管束、集箱、蒸汽过热器、省煤器和汽水管等。汽水在这些部件中不断流动，进行水的加热、汽化及饱和蒸汽过热等吸热过程。“炉”是燃料燃烧、烟气流动的场所，即是锅炉的燃烧系统。凡是与燃烧有关的炉墙、炉膛、烟道以及由燃烧设备组成的风、煤、烟系统，均属于“炉”的部分。由此看出，“锅”与“炉”，一个水，一个火；一个吸热，一个放热。把这两个既对立又密切相关的部分科学地组合在一起，就构成了锅炉本体。

为了维持锅炉的正常运行，除锅炉本体外，还配有通风

与除尘设备、给水和水处理设备、燃料供应和灰渣清除设备、仪表及控制设备等辅助设备。锅炉本体和其辅助设备构成的整套装置，称为锅炉设备或锅炉机组，通常被称为锅炉。

一些小型锅壳锅炉（如立式大横水管锅炉、立式多横火管锅炉等）没有砖砌的炉膛和炉墙，它的汽水系统和燃烧系统用同一材料制成，“包”在锅壳内部，为不可分的整体。因此，这类锅炉的“锅”与“炉”部分就不像水管锅炉那样明显。

二、锅炉基本参数

反映锅炉工作特性的基本参数，主要是指压力、温度、锅炉蒸发量和供热量。

1. 锅炉蒸发量及供热量

蒸汽锅炉单位时间内产生蒸汽的数量，称为蒸汽锅炉的蒸发量，也称为蒸汽锅炉的容量或出力，其单位为 t/h （吨/时）。蒸汽锅炉的蒸发量有经济蒸发量和额定蒸发量之分。经济蒸发量表示蒸汽锅炉在最经济工况下连续运行时的蒸发量；额定蒸发量是指蒸汽锅炉在额定蒸汽参数、额定给水温度、使用设计燃料和保证设计效率的条件下，连续运行所应达到的最大蒸发量。蒸汽锅炉出厂时铭牌上标示的蒸发量，指的就是该锅炉的额定蒸发量，也就是最大蒸发量。

热水锅炉每小时出水有效带热量，或说每小时送入系统的热量，称为热水锅炉的供热量，其单位为 kW 。热水锅炉的供热量也有经济供热量和额定供热量之分。经济供热量表示热水锅炉在最经济工况下连续运行时的供热量；额定供热量是指热水锅炉在额定回水温度、额定回水压力和额定水循环量下，长期连续运行时应予保证的最大供热量。热水锅炉出

厂铭牌上所标示的供热量，指的就是该锅炉的额定供热量。

2. 压力和温度

锅炉生产蒸汽或供热的质量，通常用其基本状态参数压力和温度来反映。

对产生过热蒸汽的蒸汽锅炉，蒸汽参数是指蒸汽过热器后主汽阀出口处过热蒸汽的压力和温度；对生产饱和蒸汽的蒸汽锅炉，因一定的压力就有相应的饱和温度，只要标明主汽阀出口处的饱和蒸汽压力，即可知道此压力对应的饱和温度。

对用以供热、采暖的热水锅炉，其供热质量指的是热水锅炉出水阀处出口水的压力和温度，及其进水阀处进口水的温度。

目前，用以表示蒸汽压力的单位是 MPa（兆帕），表示温度的单位是℃（摄氏度）。蒸汽压力是用弹簧管式压力表测出的，为表压力，锅炉铭牌上所标示的锅炉额定工作压力就是表压力，而水蒸汽图表上所标示的压力为绝对压力（绝对压力等于表压力加上大气压力）。

锅炉的容量和参数是特定的，相互匹配的。一般容量越大，参数也越高，我国锅炉的容量参数已经系列化。按照《工业蒸汽锅炉参数系列》的规定，蒸汽锅炉的参数系列见表 1—1。工业热水锅炉的参数系列见表 1—2。

三、工业锅炉的型号

锅炉型号是反映锅炉结构型式主要特征的代号。目前我国工业锅炉的型号按 JB1626—83《工业锅炉产品型号编制方法》的规定，由三部分组成，各部分之间用短横线相连。其形式如下：

表 1-1 工业蒸汽锅炉参数系列 (GB1921-80)

额定蒸发量 (t/h)	额定出口蒸汽压力, MPa (kgf/cm ²)								
	0.39 (4)	0.69 (7)	0.98 (10)	1.27 (13)		1.57 (16)		2.45 (25)	
	额定出口蒸汽温度, °C								
	饱和	饱和	饱和	饱和	350	饱和	350	饱和	400
0.1	△								
0.2	△								
0.5	△	△							
1	△	△	△						
2	△	△	△	△		△			
4		△	△	△		△		△	
6		△	△	△	△	△	△	△	△
10		△	△	△	△	△	△	△	△
15			△	△		△	△	△	△
20			△	△	△	△	△	△	△
35				△		△	△	△	△
65				△		△			

注: (1) 锅炉给水温度分 20°C、60°C、105°C 三档, 由制造厂在设计时结合具体情况确定其中之一;

(2) 在额定蒸发量和额定蒸汽压力下, 当额定过热蒸汽温度为 350°C 时, 其偏差不应超过 ±20°C; 当额定过热蒸汽温度为 400°C 时, 其偏差不应超过 +10°C 及 -20°C。

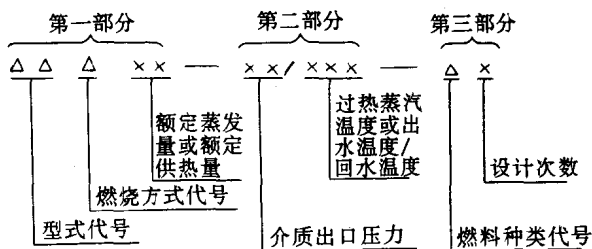


表 1-2 工业热水锅炉参数系列 (GB3166-82)

额定供热量, kW (10 ⁴ kcal/h)	额定出口/进口水温度,℃									
	95/70		115/70		130/70		150/90		150/110	180/110
	额定出口水压力, MPa (kgf/cm ²)									
	0.39 (4)	0.69 (7)	0.69 (7)	0.98 (10)	0.69 (7)	0.98 (10)	1.27 (13)	1.57 (16)	1.57 (16)	2.45 (25)
58.15 (5)	△									
116.30 (10)	△									
232.60 (20)	△									
348.9 (30)	△	△								
597.8 (60)	△	△	△							
1395.6 (120)		△	△		△					
2791.2 (240)		△	△	△	△	△				
4186.8 (360)		△	△	△	△	△				
6978 (600)		△		△	△	△	△			
10467 (900)				△		△	△			
13956 (1200)				△		△	△	△		
29075 (2500)							△	△	△	△
58150 (5000)								△	△	△
116300 (10000)								△	△	△

型号的第一部分表示锅炉型式、燃烧方式和额定蒸发量或额定供热量，共分三段：第一段中的两个“△”是汉语拼音字母，代表锅炉总体型式，见表1—3；第二段的一个“△”是一个汉语拼音字母，代表燃烧方式，见表1—4；第三段中的两个“×”是两个阿拉伯数字，表示蒸汽锅炉的额定蒸发量或热水锅炉的额定供热量。

表 1—3 锅炉型式代号

锅 炉 型 式		代 号
锅 壳 锅 炉	立式水管	LS (立水)
	立式火管	LH (立火)
	卧式外燃	WW (卧外)
	卧式内燃	WN (卧内)
水 管 锅 炉	单锅筒立式	DL (单立)
	单锅筒纵置式	DZ (单纵)
	单锅筒横置式	DH (单横)
	双锅筒纵置式	SZ (双纵)
	双锅筒横置式	SH (双横)
	纵横锅筒式	ZH (纵横)
	强制循环式	QX (强循)

表 1—4 燃烧方式代号

燃 烧 方 式	代 号	燃 烧 方 式	代 号
固定炉排	G (固)	振动炉排	Z (振)
活动手摇炉排	H (活)	下饲炉排	A (下)
链条炉排	L (链)	沸腾炉	F (沸)
往复推动炉排	W (往)	半沸腾炉	B (半)
抛煤机	P (抛)	室燃炉	S (室)
倒转炉排加抛煤机	D (倒)	旋风炉	X (旋)

水管锅炉有快装、组装、散装三种型式。为了将快装锅炉与其他两种型式区别开，在型号的第一部分第一段用K（快）代替锅筒数量代号，组成KZ（快纵）、KH（快横）和KL（快立）三种型式代号。对纵横锅筒式也用KZ（快纵）型式代号，强制循环式用KQ（快强）型式代号。

型号的第二部分表示介质参数，共分两段，中间以斜线相连。第一段两个“×”是用两个阿拉伯数字表示介质出口压力（目前仍以工程单位表示，即 kgf/cm^2 ）；第二段的三个“×”是用阿拉伯数字表示过热蒸汽温度或热水锅炉出水温度/回水温度。若锅炉生产的是饱和蒸汽，则第二部分只有介质出口压力。

型号的第三部分表示燃料种类和设计次序，共分两段：第一段的一个“△”是一个汉语拼音字母及一个罗马数字并列，表示燃料种类，见表1-5；第二段以一个阿拉伯数字表示设计次序，如果锅炉系原型设计，则无第二段。

表 1-5 燃料种类代号

燃料品种	代 号	燃料品种	代 号
I 类石煤煤矸石	S I	褐 煤	H
II 类石煤煤矸石	S II	贫 煤	P
III 类石煤煤矸石	S III	木 柴	M
I 类无烟煤	W I	稻 糠	D
II 类无烟煤	W II	甘蔗渣	G
III 类无烟煤	W III	油	Y
I 类烟煤	A I	气	Q
II 类烟煤	A II	油母页岩	Ym
III 类烟煤	A III		

为便于理解和掌握，对上述型号表示方法举例说明如下：

1. LHG1-8-A I

表示立式横火管固定炉排，额定蒸发量为 1t/h，额定蒸汽压力为 0.785MPa (8kgf/cm²)，蒸汽温度为饱和温度，燃用Ⅱ类烟煤，原型设计的锅壳式蒸汽锅炉。

2. DZL4-13-WⅡ

表示单锅筒纵置式链条炉排，额定蒸发量为 4t/h，额定蒸汽压力为 1.275MPa (13kgf/cm²)，蒸汽温度为饱和温度，燃用Ⅱ类无烟煤，原型设计的蒸汽锅炉。

3. SZS10-16/350-YQ2

表示双锅筒纵置式室燃水管锅炉，额定蒸发量为 10t/h，额定蒸汽压力为 1.57MPa (16kgf/cm²)，过热蒸汽温度为 350℃，燃油、燃气并用，以油为主，第二次设计。

4. SHL240-7/130/70-AⅡ

表示双锅筒横置式链条炉排，额定供热量为 2791.2kW (240×10⁴kcal/h)，额定出水压力为 0.686MPa (7kgf/cm²)，额定出水温度为 130℃、回水温度为 70℃，燃用Ⅱ类烟煤，原型设计的热热水锅炉。

5. QXS360-7/95/70-Y

表示强制循环室燃，额定供热量为 4186.8kW (360×10⁴kcal/h)，额定出水压力为 0.686MPa (7kgf/cm²)，额定出水温度为 95℃、回水温度为 70℃，燃油，原型设计的热热水锅炉。

第二节 锅炉主要受压元件及安全技术要求

一、锅壳式锅炉各受压元件的安全技术要求

1. 锅壳式锅炉的结构特点

锅壳式锅炉的汽水系统和风、烟、煤燃烧系统均被“包”在锅壳内部。凡属这一类型的锅炉，均有以下共同的特点：

(1) 系统比较简单，一般没有砖砌炉墙及尾部受热面，主要受热面均属对流受热面。

(2) 锅壳式锅炉的锅壳不接触火焰；炉膛一般都很矮小，水冷程度大，燃烧条件差。凡以煤作燃料的这类锅炉，均采用层燃燃烧方式。

(3) 受热面少，蒸发量低，大都在 2t/h 左右。

(4) 壳体直径大，开孔多，形状不规则，内部受热部分与不受热部分连接在一起，热胀冷缩程度不同，对安全不利。

2. 主要受压元件的安全技术要求

锅壳式锅炉本体结构的受压元件，主要有锅壳、炉胆（受外压）、封头、管板和 U 形下脚圈等。

锅壳多是用钢板卷焊而成的。当锅壳内径大于 1000mm 时，锅壳筒体的取用壁厚应不小于 6mm；当锅壳内径不超过 1000mm 时，锅壳筒体的取用壁厚应不小于 4mm。对锅壳作出最小壁厚的限制，主要是考虑制造时的工艺要求和使用中的稳定性要求。如果壁厚太薄，将给加工工艺带来一定困难，难以保证工艺质量，采用焊接时易于焊穿；管子与筒体采用胀接时，难以胀牢。

炉胆内径不应超过 1800mm，其取用壁厚应不小于 8mm，且不大于 22mm；当炉胆内径小于或等于 400mm 时，其取用壁厚应不小于 6mm；卧式内燃锅炉的回燃室，其壳板的取用壁厚不应小于 10mm，且不大于 35mm。对炉胆、回燃室的最大壁厚加以限制，是考虑到炉胆、回燃室受火焰或高温烟气加热，为了防止产生过大的温差应力，只有限制其最