

安全生产技术丛书

工业锅炉安全运行 与管理

孟燕华 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

安全生产技术丛书

工业锅炉安全运行与管理

孟燕华 编著



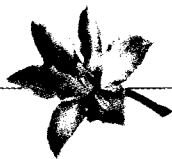
中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书共分六章, 主要内容包括锅炉基础、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、处理措施等做了较全面的介绍。

本书理论联系实际, 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将会有所帮助。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。



图书在版编目 (CIP) 数据

工业锅炉安全运行与管理/孟燕华编著. - 北京: 中国电力出版社, 2003

(安全生产技术丛书)

ISBN 7-5083-1743-2

I. 工… II. 孟… III. 工业锅炉 - 锅炉运行 - 安全技术 IV. TK229

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 073496 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 1 月第一版 2004 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 293 千字

印数 0001—3000 册 定价 21.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

锅炉是一种承受压力、接触高温、具有爆炸危险性的特殊设备。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，从锅炉事故的统计资料可知，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，运行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，作者根据多年的教学实践，并结合锅炉安全管理方面的主要工作，针对锅炉运行监督管理、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，力求内容更新和充实。书中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，又就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做了介绍。

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，书中谬误或不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

作者

2002年8月

前言

第一章	锅炉基础	1
	第一节 锅炉基本参数与型号表示方法	1
	第二节 锅炉常用专业术语	6
	第三节 锅炉主要受压元件及其安全技术要求	7

第二章	工业锅炉安全附件	16
	第一节 安全阀	16
	第二节 压力表	25
	第三节 水位表	28
	第四节 温度测量仪表	32
	第五节 排污阀	33
	第六节 锅炉保护装置与自动控制装置	35

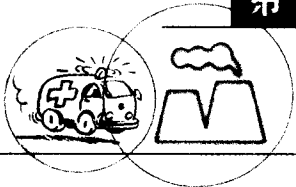
第三章	工业锅炉安全运行与科学管理	42
	第一节 锅炉的启动	42
	第二节 锅炉运行中的监督调整与管理	50
	第三节 停炉及停炉后的保养	65
	第四节 锅炉房综合管理	71

第四章	工业锅炉的水处理	83
	第一节 水质指标和水质标准	83
	第二节 常用的水处理方法	89
	第三节 给水除氧	108
	第四节 锅炉水质的监督与管理	112
	第五节 水垢的清除	117

第 五 章	锅炉检验与修理		126
	第一节	运行锅炉的定期检验	126
	第二节	锅炉常见缺陷及处理	136
	第三节	锅炉主要部件的检修	147

第 六 章	工业锅炉常见事故及故障处理		153
	第一节	锅炉故障的判断	153
	第二节	锅炉运行事故及故障处理	155
	第三节	锅炉安全附件故障处理	164
	第四节	锅炉燃烧故障处理	168
	第五节	锅炉燃烧设备故障处理	172
	第六节	锅炉辅助设备故障处理	176
	第七节	热水锅炉故障处理	186
	第八节	锅炉事故分类及报告	193
	第九节	锅炉事故调查、分析与处理	194

参考文献	202
------------	-----



锅炉基础

第一节 锅炉基本参数与型号表示方法

一、锅炉的基本组成

锅炉是一种利用燃料在炉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”两大部分组成的。“锅”是指锅炉本体结构的汽水系统，由一系列容器和管道组成。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、省煤器和汽管道等。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。锅炉本体及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，主要是压力、温度和容量。

1. 容量

锅炉的容量又称锅炉的出力，是锅炉的基本特性参数。对于蒸汽锅炉用蒸发量表示，对于热水锅炉用供热量表示。

（1）蒸发量。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写的蒸发量，指的就是该锅炉的额定蒸发量，也就是最大蒸发量。

(2) 供热量。热水锅炉每小时出水的有效带热量，或者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 MW（兆瓦）。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以保证的最大供热量。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。

热水锅炉产生 0.7MW 的热量，大体相当于蒸汽锅炉产生 1t/h 蒸汽的热量。

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，只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。其进水阀处进口水的温度，被称为热水锅炉的额定热水参数。

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（以大气压力作为测量起点），锅炉铭牌上所标示的锅炉额定工作压力就是表压力，而水蒸气图表上所标示的压力为绝对压力（以压力为零作为测量起点）。因此，表压力与绝对压力的关系是：绝对压力等于表压力加上大气压力，即

$$p_{\text{绝}} = p_{\text{表}} + 0.1013\text{MPa}$$

一般情况下，锅炉的容量与压力、温度等参数是相互匹配的。通常容量越大，参数也越高。我国锅炉的容量参数已经系列化，按照 GB 1921—1980《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。

表 1-1 工业蒸汽锅炉参数系列

额定蒸发量 (t/h)	额定出口蒸汽压力 [MPa (kgf/cm ²)]								
	0.4 (4)	0.7 (7)	1 (10)	1.3 (13)		1.6 (16)		2.5 (25)	
	额定出口蒸汽温度 (℃)								
	饱和	饱和	饱和	饱和	350	饱和	350	饱和	400
0.1	△								
0.2	△								
0.5	△	△							
1	△	△	△						
2	△	△	△	△		△			
4		△	△	△		△		△	

续表

额定蒸发量 (t/h)	额定出口蒸汽压力 [MPa (kgf/cm ²)]								
	0.4 (4)	0.7 (7)	1 (10)	1.3 (13)		1.6 (16)		2.5 (25)	
	额定出口蒸汽温度 (℃)								
	饱和	饱和	饱和	饱和	350	饱和	350	饱和	400
6		△	△	△	△	△	△	△	△
10		△	△	△	△	△	△	△	△
15			△	△		△	△	△	△
20			△	△	△	△	△	△	△
35				△		△	△	△	△
65				△		△			

注 1 锅炉给水温度分 20℃、60℃、105℃三挡,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℃时,其偏差不应超过 ±20℃;当额定过热蒸汽温度为 400℃时,其偏差不应超过 +10℃及 -20℃。

表 1-2 工业热水锅炉参数系列 (GB 3166—1982)

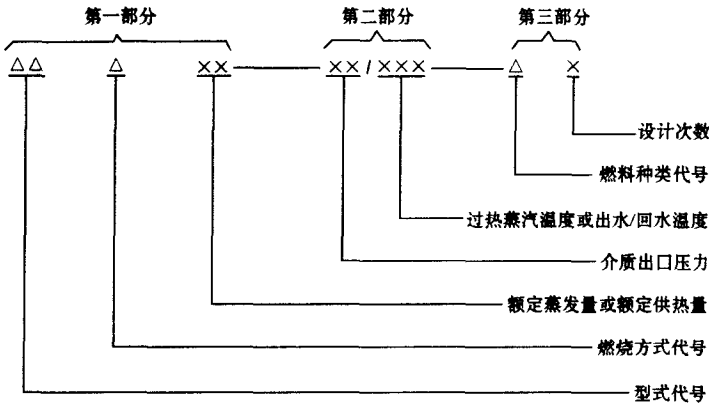
额定供热量 [kW(10 ⁴ kcal/h)]	额定出口/进口水温度 (℃)									
	95/70		115/70		130/70		150/90		150/110	180/110
	额定出口水压力 [MPa (kgf/cm ²)]									
	0.4 (4)	0.7 (7)	0.7 (7)	1 (10)	0.7 (7)	1 (10)	1.3 (13)	1.6 (16)	1.6 (16)	2.5 (25)
60 (5)	△									
120 (10)	△									
240 (20)	△									
350 (30)	△	△								
700 (60)	△	△	△							
1400 (120)		△	△		△					
2800 (240)		△	△	△	△	△				
4200 (360)		△	△	△	△	△				
6978 (600)		△		△	△	△	△			
10500 (900)				△		△	△			

续表

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)]									
	0.4 (4)	0.7 (7)	0.7 (7)	1 (10)	0.7 (7)	1 (10)	1.3 (13)	1.6 (16)	1.6 (16)	2.5 (25)
14000 (1200)				△		△	△	△		
30000 (2500)							△	△	△	△
60000 (5000)								△	△	△
120000 (10000)								△	△	△

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 JB 1626—1983《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



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“x”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。

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。第一段的两“x”是

表 1-3 锅 炉 型 式 代 号

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

用两个阿拉伯数字表示介质的出口压力（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数，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	SI	褐 煤	H
II 类石煤、煤矸石	SII	贫 煤	P
III 类石煤、煤矸石	SIII	木 柴	M
I 类无烟煤	WI	稻 糠	D
II 类无烟煤	WII	甘蔗渣	G
III 类无烟煤	WIII	油	Y
I 类烟煤	AI	气	Q
II 类烟煤	AII	油母页岩	YM
III 类烟煤	AIII		

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 II。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 0.8MPa (8kgf/cm^2)，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-W II。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 1.3MPa (13kgf/cm^2)，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 1.6MPa (16kgf/cm^2)，过热蒸汽温度为 350°C ，燃油、燃气并用，以油为主，第二次设计。

(4) SHL240-7/130/70-A II，表示双锅筒横置式链条炉排，额定供热量为 2800kW (240

$\times 10^4 \text{ kcal/h}$), 额定出水压力为 0.7 MPa (7 kgf/cm^2), 额定出水温度为 130°C 、回水温度为 70°C , 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 4200 kW ($360 \times 10^4 \text{ kcal/h}$), 额定出水压力为 0.7 MPa (7 kgf/cm^2), 额定出水温度为 95°C 、回水温度为 70°C , 燃油, 原型设计的热热水锅炉。

第二节 锅炉常用专业术语

一、受热面与承压部件

受热面是指把燃烧产物(火焰、烟气)与水汽工质隔开的金属壁面, 如锅炉的炉胆、筒体、管子等。受热面把燃烧产物的热量传给水汽工质并承受工质的压力, 既受热又承压, 工作条件极为恶劣, 是完成锅炉工作职能的基本结构。

受热面根据其在锅炉内所处的位置及换热方式不同, 分为辐射受热面和对流受热面。辐射受热面主要是以辐射换热方式从放热介质中吸收热量的受热面, 一般指炉膛内吸收辐射热(与火焰直接接触)的受热面, 如水冷壁管、炉胆等。对流受热面主要是以对流换热方式从高温烟气中吸收热量的受热面, 一般指烟气冲刷的受热面, 如对流管束、烟管等。

二、承压部件

- 承压部件是锅炉中按几何形状划分的基本承压单元, 如一个封闭的承压筒体, 就可以分为圆筒形的筒身及凸形封头两大承压部件, 圆筒上的接管、人孔及人孔盖则又是另外的承压部件。也就是说, 一个封闭的承压结构往往包括不止一个承压部件。结构的承压能力与结构的几何形状有很大关系, 所以承压部件是以几何形状为基础划分的。

三、炉膛与烟道

锅炉中用砖砌成或金属形成的供燃料燃烧的空间, 叫做炉膛, 也称燃烧室。大型锅炉炉膛中一般贴壁布置受热面, 使火焰与受热面进行辐射换热。因此, 严格地说, 炉膛是燃料燃烧及火焰与受热面进行辐射换热的场所。

燃烧产物离开炉膛后, 经过烟道流向烟囱。烟道中通常也布置有受热面, 燃烧产物流经烟道时, 将热量继续通过受热面传给工质, 其本身的温度继续下降。所以, 烟道是燃烧产物流动及与受热面进一步换热的通道。一般来说, 燃烧产物的温度从炉膛到烟道是逐渐降低的, 在炉膛内是火焰, 出了炉膛进入烟道就很快变成烟气了。烟气与受热面的换热主要是对流换热, 因此, 烟道是烟气流通并与受热面进行对流换热的通道。

四、锅炉热效率

锅炉输出的有效利用热量占输入锅炉总热量的百分比, 称为锅炉的热效率, 常用符号“ η ”表示。热效率是反映锅炉性能的一个主要指标, 取决于锅炉的设计结构、安装质量及运行管理水平。

五、蒸汽品质

蒸汽锅炉所生产的蒸汽质量的优劣程度用蒸汽品质来说明。蒸汽品质主要包含蒸汽温度和蒸汽纯洁度这两个指标。一般来说, 饱和蒸汽中或多或少都带有微量的饱和水分, 若

蒸汽的带水量超过标准要求，则认定蒸汽品质较差；对于过热蒸汽，其品质好坏体现为它与额定温度的偏差值。

六、锅炉水容量

锅炉正常水位时容纳的水量与锅炉蒸发量之比，称为锅炉的水容量。

水容量是一个相对值。如果两台锅炉容纳的水量一样，而蒸发量不同，若不继续上水，则蒸发量小的锅炉烧干所需的时间比蒸发量大的锅炉长得多。也就是说，一旦供水出现故障，这两台锅炉产生缺水烧干事故的危险是显著不同的。因此，水容量实际上是一个时间的概念，它与锅炉的安全运行有密切关系。从这个角度讲，水容量大的锅炉似乎安全些，但水容量大时，锅炉的筒体体积必然大，压力、温度调节就要慢些，启动需要的时间也要长些，一旦破裂造成的损害也更严重。现代锅炉的水容量逐渐减小，这对锅炉可靠连续供水提出了更高的要求。

七、自然循环与强制循环锅炉

依靠下降管中的水与上升管中的热水或汽水混合物之间的重度差，使锅水进行循环的锅炉，称为自然循环锅炉。自然循环是最常见的锅炉水循环方式，水管锅炉的水循环在循环回路中进行；锅壳式锅炉的水循环没有确定的循环回路，在锅壳水空间内进行。

除了依靠下降管中的水与上升管中介质之间重度差之外，主要依靠循环水泵的压头进行锅水循环的锅炉，称为强制循环锅炉。

第三节 锅炉主要受压元件及其安全技术要求

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

锅壳式锅炉系指有“外壳”的锅炉。这一类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。

(1) 对锅壳的安全技术要求。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。对锅壳做出最小壁厚的限制，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。

(2) 对炉胆的安全技术要求。炉胆内径不应超过 1800mm，其取用壁厚应不小于 8mm，且不大于 22mm；当炉胆内径不大于 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，只有限制其最大壁厚。另外，炉胆的直径越大，其稳定性就越差；同时还要考虑燃烧器与炉胆的匹配问题，以保证燃烧稳定。所以对炉胆直径必须加以限制。

卧式锅壳锅炉平直炉胆的计算长度应不超过 2000mm，如炉胆两端与管板边对接连接时，平直炉胆的计算长度可放大至 3000mm。这是因为炉胆承受辐射热，热负荷最高，炉胆受热伸长量也最大，因此，在炉胆与管板连接处会产生附加弯曲应力。为了防止或减小产生过大的弯曲应力，对平直炉胆的计算长度要加以限制。

锅壳和炉胆上焊缝的布置、锅壳筒体的不圆度 ($D_{\max} - D_{\min}$) 和棱角度、炉胆筒体的棱角度和波形高度偏差等，都应符合有关标准、规范的要求。

(3) 对管板、封头的安全技术要求。管板、封头最好用整块钢板制成。如果采用拼接时，拼接焊缝的数量应符合有关规定，且不得布置在扳边圆弧上，并应避免通过扳边孔口。

封头、管板、炉胆顶与圆筒形元件对接焊接时，扳边弯曲起点至焊缝中心线的距离 L ，应符合表 1-6 规定的数值。对球形封头，可取 $L = 0$ 。规定直段距离的目的，一是为了防止焊接时产生的残余应力与其他附加应力（如扳边起点附近的附加弯曲应力）叠加，使焊缝处局部应力过高；二是为了加工与装配工艺的需要，如冲压成型后车削余量，装配定位等。因此，除了球形封头直段长度可以为零外，其他扳边元件的扳边起点到焊缝中心必须有一段直段。

表 1-6 扳边弯曲起点至焊缝中心线距离

扳边元件的壁厚 t (mm)	$t \leq 10$	$10 < t \leq 20$	$20 < t \leq 50$	$t > 50$
距离 L (mm)	≥ 25	$\geq t + 15$	$\geq 0.5t + 25$	≥ 50

(4) 对焊缝及焊接接头的技术要求。额定蒸汽压力不大于 1.6MPa 的卧式内燃锅壳式锅炉，除炉胆与回燃室（湿背式）、炉胆与后管板（干背式）、炉胆与前管板（回燃式）的连接处（这些部位直接受到火焰的冲刷）以外（如图 1-1 所示），其管板与炉胆、锅壳可

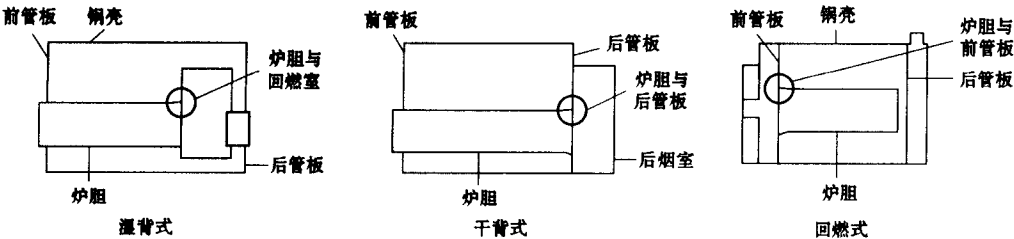


图 1-1 不允许采用 T 形接头连接的部位

采用T形接头的对接连接，但必须符合下列要求：必须采用全焊透的接头型式，且坡口经机械加工；管板与锅壳、炉胆的连接焊缝应全部位于锅壳、炉胆的筒体上；T形接头连接部位的焊缝厚度应不小于管板的壁厚且其焊缝背部能封焊的部件均应封焊，不能封焊的部位应采用氩弧焊打底，并保证焊透。

U形下脚圈的拼接焊缝应按直径方向布置，两焊缝中心线间的最短弧长必须大于300mm。

锅壳和炉胆上相邻两筒节的纵向焊缝，以及封头、管板、炉胆顶或下脚圈的拼接焊缝与相邻筒节的纵向焊缝，都不应彼此相连，以保证焊接起弧与收弧处的焊接质量。另外焊缝中心线外圆弧长至少应为较厚钢板厚度的3倍，且不小于100mm。

锅壳、炉胆、回燃室的纵向和环向焊缝，封头、管板、炉胆顶和下脚圈的拼接焊缝等，均应采用全焊透的对接焊接。

(5) 对开孔的安全技术要求。各受压元件上的焊接管孔、胀接管孔不得开在焊缝上。如结构设计不能避免时，在管孔周围60mm（如管孔直径大于60mm，则取孔径值）范围内的焊缝经射线探伤合格，且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣，并对开孔部位的焊缝内外表面进行磨平和将受压部件整体热处理后，方可在环向焊缝上开胀接管孔。

锅壳内径大于1000mm的锅壳式锅炉，应在筒体或封头（管板）上开设人孔；锅壳内径为800~1000mm的锅壳式锅炉，至少应在筒体或封头（管板）上开设一个头孔。椭圆形人孔不应小于280mm×380mm；椭圆形头孔不得小于220mm×320mm，颈部或孔圈高度不应超过100mm，以保证检验人员头部伸入头孔后能转动自由。

二、水管锅炉各受压元件的安全技术要求

水管锅炉本体结构的受压元件主要有锅筒、集箱及各种受热面管子。水管锅炉的结构特点是炉膛置于筒体之外，“炉”不受“锅”的限制，可以满足燃烧及增加蒸发量的要求；锅筒一般不直接受热，水的预热、汽化及蒸汽过热在不同的受热面中完成，传热性能及安全性能都显著改善；但受热面管子内部的结垢难于清除，因而对水质要求较高，对运行操作管理的水平也要求较高。

1. 锅筒

锅筒是锅炉最重要的一个部件。锅筒的功用有三：容纳一定的水量，使锅炉维持一定的水位，减少锅炉水位和汽压的波动；与蒸发受热面管子构成循环回路，锅筒是循环流动的起始点和结束点；锅筒内有水与蒸汽的明确分界点，汽水混合物在锅筒中进行汽水分离。锅筒外部或直接连接受热面管子，或通过连接管和集箱连接受热面管子；内部则装设各种内件，如配水装置、汽水分离装置、加药装置、排污装置等，锅炉主要的安全附件——安全阀、压力表、水位表等，也都装设在锅筒外部。

锅筒一般是卷焊结构，即由钢板卷制焊接的圆筒体，两端焊上冲压成型的凸形封头。锅筒拼接时，筒体最短一节的长度不宜小于300mm；每节筒体上的纵向焊缝不得多于两条，且两条焊缝中心线间的弧长不应小于300mm；各节筒体的纵向焊缝，以及封头的拼接焊缝与相邻筒节的纵向焊缝均应互相错开，两焊缝中心线间外圆弧长不应小于较厚钢板厚度的3倍，且不小于100mm。封头应尽量用整块钢板制成，若必须拼接时，只允许用两块

钢板拼成；拼接焊缝不应布置在人孔扳边圆弧上。封头和锅筒对接处的圆柱部分长度，应符合表 1-6 规定的数值。

在任何情况下，锅筒筒体的取用壁厚不得小于 6mm；当受热面管子与锅筒采用胀连接时，锅筒筒体的取用壁厚不得小于 12mm。

锅筒内径不小于 800mm 的水管锅炉，应在筒体或封头上开设人孔；锅筒内径小于 800mm 的水管锅炉，至少应在筒体或封头上开设一个头孔。

额定蒸汽压力不小于 3.8MPa 的锅炉，锅筒上应装膨胀指示器，以便能显示锅炉运行中锅筒的膨胀方向和膨胀位移，并能检查锅筒是否按设计预定的方向膨胀。

2. 集箱

集箱也叫联箱，它不是一个独立的部件，而是水冷壁、省煤器、过热器等部件的组成部分，即分别有水冷壁集箱、省煤器集箱和过热器集箱等。集箱的作用是汇集或者分配汽水工质，减少工质的输送连接管道，减少锅筒的开孔数，从而有利于提高锅筒的安全性。在炉膛两侧墙靠近炉排处的水冷壁下集箱，其作用是防止炉排两侧面结焦，故称为防焦箱。

集箱实际上就是连接有很多受热面管子的粗直径管子，它由无缝钢管加工而成，两端焊接平封头（端盖）。箱体上开很多管孔，用以焊接或胀接管子。省煤器管及过热器管的两端都连接到集箱上，水冷壁的下端连接到集箱上，上端也可以连接到集箱上，再由集箱引出少数管子接到上锅筒上，也可以将水冷壁管上端直接接到上锅筒上。

集箱拼接时，对环向焊缝数的要求：当集箱长度不大于 5m 时，不应超过一条；长度大于 5m 但小于 10m 时，不应超过两条；长度大于 10m 时，不应超过三条。集箱上支吊装置的焊缝位置，应距拼接焊缝边缘在 100mm 以上。

集箱和防焦箱上应开有手孔。手孔的短轴不得小于 80mm，颈部或孔圈高度不应超过 65mm；当手孔的孔盖与孔圈采用非焊接连接时，应避免直接与火焰接触。否则，在火焰辐射热的作用下，手孔盖受热后极易发生变形，同时孔盖与孔圈间的密封垫圈也极易老化，孔盖与管圈将失去严密性，发生泄漏事故。

在水管锅炉中，可有几个到几十个集箱。集箱在承压部件中的重要性仅次于锅筒，是安全监督检查的重点。

3. 水冷壁

在水管锅炉的炉膛内，贴墙布置的立置单排并列管，叫水冷壁。水冷壁的作用是使管内流动的水吸收炉膛内火焰的高温辐射热而汽化，因而它也叫辐射蒸发受热面；其次，由于水冷壁布置在炉膛四周，把火焰与炉墙隔开，起到了冷却炉墙的作用。

水冷壁的形状因炉膛的形状而异。水冷壁管子上端有的直接连接到锅筒上，有的通过集箱连接到锅筒上；水冷壁管子下端连接到下集箱上。下集箱与锅筒间用下降管构成循环回路，使水在水冷壁系统内不断循环流动。

根据相邻的单排水冷壁管间的关系，可把水冷壁分成光管水冷壁和鳍片管水冷壁（膜式壁）两种。光管水冷壁相邻的管子间有一定的间隙，互不接触；鳍片管水冷壁相邻的管用鳍片连接在一起（小型锅炉的鳍片是在相邻两根水冷壁管之间焊上一块扁钢条），使

水冷壁管形成一个连续的金属壁面，完全隔绝了火焰与炉墙的接触，减少了炉膛的散热损失，并提高了炉膛的密封性，易于保证炉膛的正压燃烧。

对于膜式水冷壁，鳍片与管子材料的膨胀系数应相近，以保证在相同的温度下，鳍片与管子膨胀量尽量一致，避免因相对膨胀量过大而产生过大的附加应力，致使鳍片将管子拉裂。鳍片管（或称做屏）的制造与检验应符合 JB/T 5255《焊接鳍片管（屏）技术条件》，鳍片的宽度应保证在锅炉运行中鳍片各部分的温度不超过所用材料的许用温度。如果鳍片过宽，水冷壁管中的汽水混合物对鳍片中间部位的冷却效果差，因冷却不良可能将鳍片烧坏。

4. 对流管束

对流管束是布置在炉膛出口之外对流烟道中的管群。烟气在管束外横向冲刷管束，主要以对流换热的方式将热量传给管束，使管束内的水不断汽化，因而对流管束是对流蒸发受热面。对流管束的两端分别焊接或胀接到上下锅筒上，水在管束内受热不同的管子中循环流动。

对流管束是低压水管锅炉的主要受热面之一。随着蒸汽压力的提高，水汽化时吸收的汽化潜热减少，生产同样多蒸汽需要的蒸发受热面减少，就可以少要或不要对流管束，仅用水冷壁即可满足产生蒸汽的需要，因而中压以上锅炉没有对流管束。

5. 省煤器

省煤器是锅炉为节省燃料而布置在尾部烟道中的辅助受热面。常用的省煤器有铸铁式省煤器和钢管式省煤器两种。铸铁式省煤器由许多带鳍片的铸铁直管组成，各管之间用弯头连接，如图 1-2 所示。给水在管内流动，烟气在管外冲刷，水被加热后由省煤器经管道送入锅筒。省煤器的鳍片有圆形的和方形的两种，带鳍片的目的是为了增大吸热表面积。由于铸铁的耐磨性、耐腐蚀能力较强，因此在工业锅炉中，大都装设铸铁式省煤器，特别是对给水没有除氧设备的工业锅炉更为适宜。但铸铁性脆，不能承受振动和冲击，故不允许水在其中沸腾，一般规定它的出水温度应比锅筒内饱和水温度低 20 ~ 50℃，所以铸铁式省煤器也被称为非沸腾式省煤器或可分式省煤器。

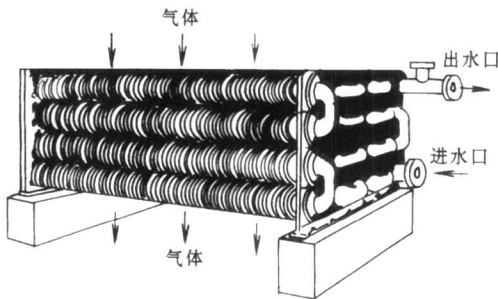


图 1-2 铸铁式省煤器

装有可分式省煤器的锅炉，宜采用旁路烟道或其他有效措施以保护省煤器，同时应装设旁通水路，如图 1-3 所示。因为锅炉在启动升火过程中，省煤器中的水是不流动的，水由于不动而冷却不足，很可能出现汽化现象并发生水冲击。这时如果打开旁通烟道挡板 19，关闭主烟道挡板 3，烟气改由旁路烟道流过而不经省煤器，就可以保护省煤器。另外，在锅炉运行中，铸铁式省煤器发生泄漏等故障的机会较多，当省煤器发生故障而又不能立即停炉检修时，可开启截门 11、19，关闭其他截门，给水不经省煤器直接进入锅筒，就可以在锅炉运行时抢修省煤器。