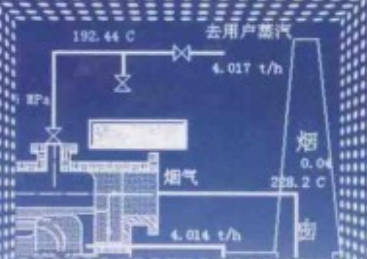
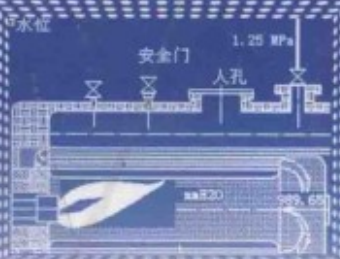
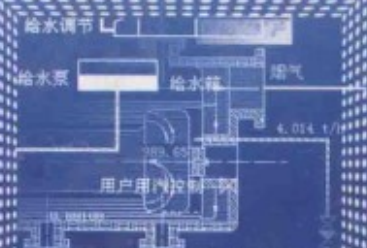


培训教材

锅炉安全运行实用技术

GUOLUANQUANYUNXINGSHIYONGJISHU

宋光庭 覃乃朋 编著



地震出版社



培训教材

锅炉安全运行实用技术

GUOLUANQUANYUNXINGSHIYONGJISHU

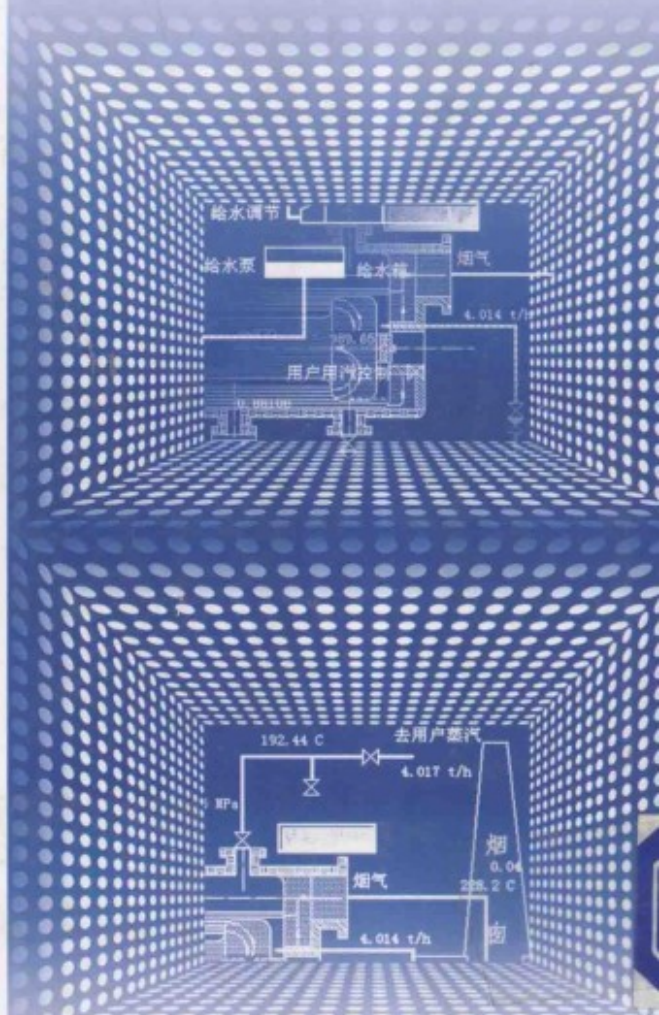
责任编辑/宋炳忠

封面设计/家仁工作室

ISBN 7-5028-2276-3



9 787502 822767



ISBN 7-5028-2276-3/TK · 4

(2849) 定价:32.00元

锅炉安全运行实用技术

(培训教材)

宋光庭 覃乃朋 编著

地震出版社

图书在版编目(CIP)数据

锅炉安全运行实用技术(培训教材)/宋光庭,覃乃朋编著.

——北京:地震出版社,2003.8

ISBN 7-5028-2276-3

I. 锅… II. ①宋…②覃… III. 锅炉—锅炉运行—安全技术教材

IV. TK229

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 058201 号

内 容 提 要

本书根据《蒸汽锅炉安全技术监察规程》等有关规程规定,阐述工业锅炉(水管)的基本原理,重点介绍了工业锅炉安全技术方面的基本要求以及工业锅炉事故及其处理。

全书共分二十章,内容包括燃料、燃烧产物计算、各类型燃烧设备的基本原理、结构及运行方面的安全技术要求;工业锅炉安全附件、辅助设备、余热利用及余热锅炉的安全技术要求;水处理装置及运行;工业锅炉检验;工业锅炉自动控制、工业锅炉自动保护装置等内容。

本书可供司炉人员、锅炉管理部门的有关干部及技术人员阅读参考,也可作为司炉人员培训教材。

锅炉安全运行实用技术(培训教材)

编 著 宋光庭 覃乃朋

责任编辑:宋炳忠

出版发行:地震出版社

北京民族学院南路9号

邮编:100081

发行部:68423031 68467993

传真:68423031

门市部:68467991

传真:68467972

总编室:68462709 68423029

传真:68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京蓝海印刷有限公司

版(印)次:2003年8月第一版 2003年8月第一次印刷

开 本:787×1092 1/16

字 数:573千字

印 张:22.375

印 数:0001—6000

书 号:ISBN 7-5028-2276-3/TK·4 (2849)

定 价:32.00元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题,本社负责调换)

编 者 的 话

锅炉是在生产和生活中广泛使用而又具有爆炸危险性的特种设备。如果制造质量不良、操作不当和安全管理不善等,很容易发生事故,给人民生命、财产和国家造成巨大损失。保证锅炉安全运行,具有重大的社会意义和政治意义,是安全管理工作的主要内容之一。

国务院《特种设备安全监察条例》(以下简称《条例》)颁布自 2003 年 6 月 1 日起施行。同时将实施达 20 多年的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》废止。标志着国家对特种设备安全监察管理又上一个新台阶;也说明国家对特种设备的安全监督管理工作提出更高的要求。

《条例》规定锅炉设备作业人员及其相关管理人员(统称特种设备作业人员)应按国家有关规定经特种设备安全监督管理部门考核合格,取得国家统一格式的特种作业人员证书,方可从事相应的作业或管理工作。

本书试图为适应特种设备作业(司炉)人员对锅炉设备安全技术及其基本要求而编写。内容由浅入深,通俗易懂,突出安全,适作司炉工人的培训教材。

全书由宋光庭高级工程师主编。其中第六章、第七章两章由广西壮族自治区质量技术监督局覃乃朋工程师编写。

由于编者水平有限,书中错漏或不妥难免,恳请读者批评指正。

编 者

2003 年 7 月

目 录

第一章 工业锅炉的基本知识	(1)
第一节 锅炉结构的发展	(1)
第二节 锅炉的基本组成及其工作过程	(3)
第三节 锅炉工作原理、基本参数及工作特性	(6)
第四节 工业锅炉规格型号	(8)
第五节 锅炉分类概述	(11)
第六节 水与蒸汽的基本知识	(12)
第七节 锅内水循环	(16)
第八节 传热基本知识	(19)
第二章 燃料及燃烧	(23)
第一节 燃料的分类	(23)
第二节 燃料的组成成分及其分析	(25)
第三节 燃料的发热量	(28)
第四节 燃料的燃烧计算	(29)
第五节 燃烧的基本理论	(31)
第三章 锅炉热平衡	(34)
第一节 锅炉热平衡的概念、热平衡方程式	(34)
第二节 正、反热平衡求锅炉效率	(34)
第四章 锅炉安全技术的基本要求	(41)
第一节 概 述	(41)
第二节 对锅炉本体结构的基本安全技术要求	(41)
第三节 水管锅炉各受压元件的基本安全技术要求	(41)
第四节 火管锅炉各受压元件的基本安全技术要求	(43)
第五节 锅炉房的安全要求	(46)
第五章 锅炉金属材料	(50)
第六章 链条炉的燃烧过程	(61)

第一节 链条炉的燃烧阶段	(61)
第二节 链条炉排上燃料层燃烧的调节	(64)
第三节 燃料性质对链条炉工作的影响	(65)
第四节 链条炉排的结构	(65)
第七章 往复炉排炉	(69)
第一节 往复炉排的结构	(69)
第二节 水平往复炉排炉	(71)
第八章 煤粉炉	(73)
第一节 制粉系统及煤粉特性	(73)
第二节 煤粉的性质与品质	(76)
第三节 煤粉燃烧器	(80)
第四节 煤粉的燃烧过程	(82)
第五节 煤粉着火后的燃烧	(84)
第六节 强化煤粉气流燃烧的措施	(85)
第七节 煤粉喷燃器的选型和布置	(87)
第九章 燃油燃气锅炉	(90)
第一节 概述	(90)
第二节 燃料特性	(90)
第三节 燃油燃气锅炉的结构	(94)
第四节 油、气燃烧和燃烧器	(102)
第五节 燃油燃气锅炉的运行与调整	(114)
第六节 燃油燃气锅炉的安全及受热面积灰及外部腐蚀问题	(118)
第十章 余热锅炉	(124)
第一节 余热和余热锅炉	(124)
第二节 余热锅炉在余热利用中的地位	(124)
第三节 余热锅炉的发展动向	(126)
第四节 余热锅炉的工况特点	(128)
第五节 余热锅炉选型的基本原则	(129)
第六节 余热锅炉的结构类型及特点	(131)
第七节 硫酸生产中的余热锅炉简介	(131)
第八节 裂解炉烟气余热锅炉简介	(135)
第九节 余热锅炉水质标准	(137)
第十节 安全附件及仪表	(138)

第十一节 余热锅炉的运行及维护	(138)
第十二节 余热锅炉停炉与维护保养	(143)
第十三节 余热锅炉事故及处理	(145)
第十一章 锅炉的主要部件	(147)
第十二章 锅炉辅助受热面	(151)
第一节 蒸汽过热器	(151)
第二节 省煤器	(153)
第三节 空气预热器	(155)
第十三章 锅炉的主要附件	(158)
第一节 安全附件	(158)
第二节 常用阀门	(169)
第三节 给水设备	(181)
第四节 通风设备	(185)
第五节 烟尘危害及其防治措施	(188)
第六节 消 烟 措 施	(190)
第七节 除尘设备的分类	(192)
第八节 除尘措施	(192)
第九节 目测烟气浓度	(199)
第十四章 锅炉水质处理	(201)
第一节 锅炉水处理的重要性	(201)
第二节 天然水中的杂质及其分类	(203)
第三节 锅炉水质标准及主要水质指标	(206)
第四节 离子交换水处理方法及特点	(212)
第五节 固定床离子交换器的运行及有关计算	(217)
第六节 固定床逆流再生工艺	(220)
第七节 锅内水处理	(223)
第八节 锅内水处理药剂配方和用量的计算	(225)
第九节 锅炉水垢的形成、危害	(230)
第十节 锅炉排污	(233)
第十一节 锅炉给水除氧和除气	(239)
第十二节 除垢	(242)
第十五章 锅炉运行操作及维护保养	(246)
第一节 锅炉投入运行的必备条件	(246)

第二节	锅炉运行前的检查与准备工作	(248)
第三节	点火前的检查和准备工作	(251)
第四节	烘炉与煮炉	(252)
第五节	点火与升压	(255)
第六节	通汽与并汽	(257)
第七节	锅炉运行操作调节	(257)
第八节	各种燃烧方式锅炉运行操作	(263)
第九节	锅炉的维护保养	(266)
第十六章	工业锅炉检验基本知识	(270)
第一节	锅炉检验工作的重要性及目的	(270)
第二节	锅炉检验的范围	(272)
第三节	运行锅炉的检验的内容	(273)
第四节	检验方法及手段	(276)
第五节	对缺陷的处理原则	(278)
第六节	锅炉受压元件在运行中的缺陷和破坏	(279)
第十七章	工业锅炉自动控制	(284)
第一节	锅炉自动化的内容	(284)
第二节	工业锅炉自动化的意义	(285)
第三节	人工调节和自动调节	(286)
第四节	蒸汽锅炉过热蒸汽温度的自动调节系统	(289)
第五节	燃烧过程自动调节	(291)
第六节	锅炉燃烧自动的微机控制	(293)
第十八章	工业锅炉自动保护装置	(295)
第一节	锅炉高、低水位自动保护	(295)
第二节	锅炉熄火自动保护	(296)
第三节	锅炉超温、超压自动保护	(297)
第四节	锅炉智能报警器装置	(299)
第十九章	锅炉运行事故的处理及其预防	(303)
第一节	概述	(303)
第二节	锅炉爆炸事故及防止措施	(306)
第三节	缺水事故及处理	(310)
第四节	满水事故及处理	(311)
第五节	汽水共腾处理	(312)

第六节 水击事故及处理	(312)
第七节 爆管事故及处理	(314)
第八节 炉膛爆炸及事故处理	(317)
第九节 二次燃烧与烟气爆炸事故及处理	(318)
第十节 炉墙损坏事故及处理	(319)
第二十章 锅炉的结渣、积灰、磨损及腐蚀	(320)
第一节 锅炉的结渣	(320)
第二节 受热面的积灰	(322)
第三节 受热面的磨损	(324)
第四节 受热面烟气侧的腐蚀	(328)
附 录	(333)
表 1 国际单位制与工程单位制的单位换算表	(333)
表 2 饱和水与干饱和水蒸气表(按温度排列)	(334)
表 3 饱和水与干饱和水蒸气表(按压力排列)	(336)
表 4 未饱和水与过热蒸汽表	(337)
国家质量监督检验检疫总局颁布《锅炉司炉人员考核管理规定》	(342)
参考文献	(347)

第一章 工业锅炉的基本知识

第一节 锅炉结构的发展

锅炉的产生和发展是与科学技术的进步和工业生产的需要紧密联系在一起。18 世纪末,英国处于工业革命时期,首先把锅炉产生的蒸汽用于动力和生产,当时的蒸汽锅炉呈圆筒形(如图 1-1 所示),这种锅炉结构简单、容量不大、受热面积小、蒸汽产量少、压力不高、热效率低,燃烧方式很简单,采用人工添煤,劳动强度大,而且金属消耗量多、占地面积大。因此,现代锅炉中已不再采用。

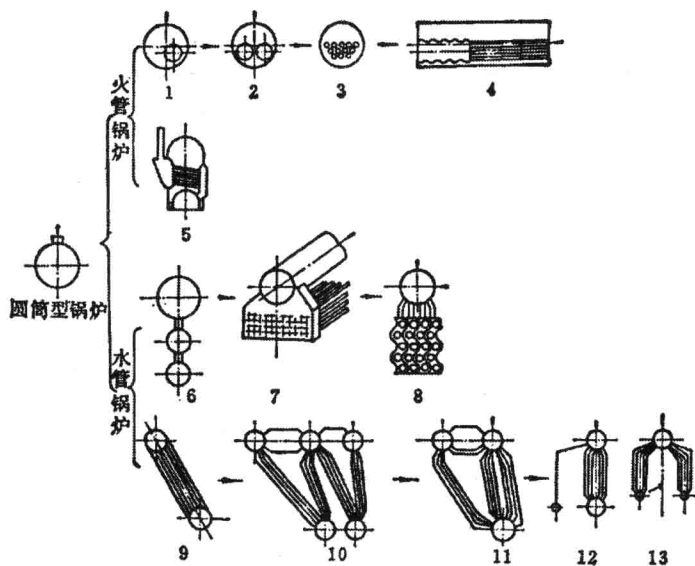


图 1-1 蒸汽锅炉炉型改革过程示意图

1. 单火管锅炉；2. 双火管锅炉；3. 烟管锅炉；4. 烟火管锅炉；5. 立式烟火管锅炉；6. 水筒锅炉；7. 整联箱横水管锅炉；8. 分联箱横水管锅炉；9. 直水管锅炉；10. 多锅筒弯水管锅炉；11. 三锅筒弯水管锅炉；12. 双锅筒弯水管锅炉；13. 单锅筒弯水管锅炉

随着工业生产规模的扩大,技术水平的提高,要求增加锅炉的蒸发量、提高蒸汽的品质、提高热效率、降低金属消耗量以及尽量缩小锅炉外形尺寸、减少占地面积。因此,锅炉的结构型式也不断随之改进和发展。

从锅炉的发展过程来看,在圆筒型锅炉的基础上,锅炉结构型式沿着两个方向发展,如

图 1-1 所示。

第一个方向是在圆筒内部增加受热面。开始是在圆筒内加装一个火筒(也称单炉胆),燃料在火筒内燃烧,即旧式的所谓康尼许锅炉。以后增加为两个火筒(双炉胆),即旧式的所谓兰开夏锅炉。之后为了进一步增加锅炉受热面,又发展到在圆筒内装一些走炉烟的小直径烟管。这时燃料可以在圆筒外燃烧,或仍在圆筒内燃烧,高温烟气在火筒或烟管内流过,锅水在火筒外或烟管外吸热和汽化。圆形锅筒有水平放置的(卧式),也有竖置的(立式)。这类锅炉通称为火管锅炉。

火管锅炉的炉子一般都置于锅筒内,燃烧室(炉膛)矮小,燃烧条件差,水冷程度大,燃料不易达到完全燃烧,也不宜燃用劣质煤,传热效果差,排烟温度高,锅炉效率低;又因燃烧室体积小,使添加燃料量有限,难以增大蒸发量。为了在圆形锅筒内增加较多的烟管以增大受热面积,就需要增大锅筒的直径,但大直径的锅筒不能承受较高的压力,而且金属消耗量也比较大,因此,限制了火管锅炉蒸汽参数的提高。通常火管锅炉的额定工作压力都小于 1.27 MPa (13 kgf/cm^2),额定蒸发量在 4 t/h 以下。此外,由于这类锅炉水容积大,如果受热面的金属壁损坏破裂,易发生锅炉爆炸的危险,且爆炸的后果往往比较严重。但这类锅炉也具有一定的优点:它的结构包括燃烧设备比较简单,维护检修方便;它的水汽容积大,因而储存的能量也多,可以适应负荷的变化和由于周期性人工添煤而引起的炉内温度的波动;对给水质量要求不高,可以不设置水处理设备;它的烟、风阻力均小,一般多采用自然通风。由于有这些优点,所以这类火管锅炉目前我国小型工矿企业中还广泛被使用。

另一个发展方向是增加圆筒外部的受热面,燃料在筒外燃烧,也就是朝水管锅炉发展。19 世纪中叶,火管锅炉由于结构上的限制,不能满足日益增长的工业用汽的需要。各种型式的水管锅炉都是汽、水在管内流动,吸收热量,烟气则在管外冲刷流动,放出热量。水管锅炉的出现,是锅炉发展的一大飞跃。它摆脱了锅筒直径的限制,可根据燃料特性和机械化程度选配燃烧设备,方便自由地布置受热面以强化传热,从而为制造经济、可靠的现代化大型锅炉开创了道路,并且更能适应燃用劣质燃料。

水管锅炉不仅结构富有弹性,承压能力高,而且受热面的布置和制造加工都较方便。初期生产的水管锅炉是卧式布置的直水管锅炉。由于这种直水管锅炉的缺点仍比较突出:汽水循环不良,工作不可靠;制造麻烦;结构笨重;金属消耗量大;结构弹性差,易发生泄漏,且不宜于承受高压。因此,早已被立式布置的弯水管锅炉所代替。

水管锅炉中现在广泛应用的是立式布置的弯水管锅炉。开始时,为了有更多的受热面和较大的蓄水量,曾采用多锅筒的形式,锅筒之间用弯管相互连接。这种锅炉因为锅筒多,对流管束也多,金属消耗量大、造价高,其优点并不显著。此后,随着人们对炉内辐射换热规律认识的深化,便在炉内高温区域贴墙敷设水冷壁管,除了起到保护炉墙的作用外,还具有比对流管束中对流换热强烈得多的辐射换热作用,可以有效地增加锅炉的蒸发量,而大大

缩小锅炉对流受热面。这种结构,允许使用集箱代替为数很多的锅筒,所以锅筒的数量逐渐由5个减少到3个,后来进一步减少到2个,或只有1个锅筒(汽包)以至发展到现代的无锅筒锅炉——直流锅炉,从而节约了钢材,简化了制造工艺,并提高了锅炉的蒸发量和蒸汽参数。在减少锅筒与对流管束的同时,提高了锅炉的蒸发量和蒸汽参数。在减少锅筒与对流管束的同时,为了充分利用烟气余热,提高锅炉热效率,省煤器和空气预热器等尾部受热面逐渐被利用。为了强化燃烧,增加锅炉的蒸发量,高温预热空气也被利用。另外,机械通风的采用,更有效地克服了烟气和空气的流动阻力,并增加了高温烟气对受热面的换热作用。由于蒸汽过热器、省煤器和空气预热器等辅助受热面的相继被采用,使锅炉设备更趋完善。

在蒸汽锅炉发展的同时,由于热水供热系统的发展和节能的需要,另一类直接生产热水的锅炉——热水锅炉也得到了较快的发展。此外,为了有效地利用生产过程中的废热,近几十年来,世界各国普遍重视废热锅炉(余热锅炉)的研制。目前,废热锅炉型式繁多,应用日广,有的已成为工业生产中不可分割的组成部分。

随着生产的发展和冶金技术、机械制造工艺、燃烧技术以及热工控制技术水平的飞跃进步,锅炉技术水平也得到了提高,锅炉的结构型式相应变得更加复杂、更加完善。早期锅炉制造上普遍采用的铆接方法,已经逐渐被现代焊接技术所代替;从人工周期地往固定炉篦上添煤的简单燃烧方法,逐渐发展为利用动力连续添加燃料和采用机械化燃烧设备;悬浮燃烧和沸腾燃烧方法的出现,使炉膛结构型式也随着发生变化;水处理方法的不断改进,使弯水管锅炉的使用更为广泛;热工控制技术迅速发展,大大提高了锅炉运行的安全可靠。总之,现代锅炉发展的总方向是:提高锅炉的蒸汽参数和蒸发量;改进燃烧技术,扩大燃料适应范围;简化结构,节约钢材,降低成本,安全可靠;力求实现锅炉产品的标准化、通用化和系列化;广泛采用新技术,提高锅炉热效率及其机械化和自动化水平,保证锅炉运行的可靠性和经济性。

第二节 锅炉的基本组成及其工作过程

一、锅炉的基本组成

锅炉是由“锅”与“炉”两个主要部分组成的,锅与炉组合成锅炉本体,锅是容纳水和蒸汽的密封受压部件,一般包括锅筒(汽包)、水冷壁管、集联(联箱)、对流管束、过热器、省煤器和汽水管等,在其中进行水的加热、汽化及饱和蒸汽的过热等吸热过程。炉是燃料燃烧的场所,即燃烧设备和燃烧室(炉膛)。燃料在炉内燃烧释放大量热能,被锅内的水和蒸汽所吸收。因此,锅炉是一种利用燃料在炉内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。

为了维持锅炉的正常运行,除锅炉本体以外,还配置有通风与除尘设备、给水和水处理

设备、燃料供应和灰渣清除设备、附件仪表及控制设备等辅助设备。通常把锅炉本体和它的辅助设备构成的整套装置称为锅炉设备或锅炉机组，简称锅炉。

图 1-2 为一以煤作燃料的锅炉设备系统图。下面结合该图简单介绍锅炉各部件的作用。

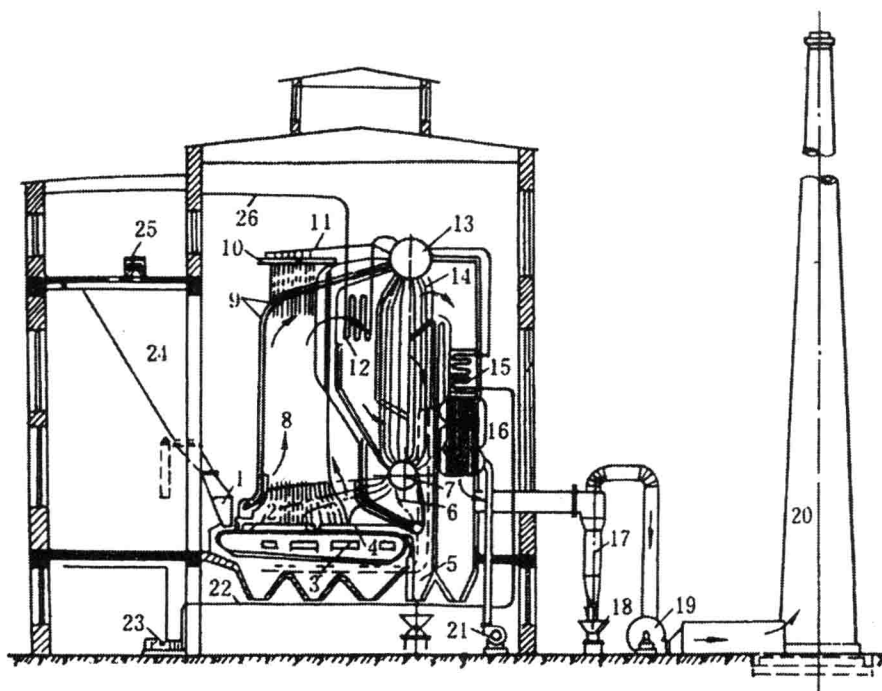


图 1-2 锅炉设备示意图

1. 煤斗；2. 链条炉排；3. 风室；4. 侧水冷壁下集箱；5. 煤渣斗；6. 下降管；7. 下锅筒；8. 炉膛；9. 水冷壁管；10. 侧水冷壁上集箱；11. 蒸汽引出管；12. 蒸汽过热器；13. 上锅筒；14. 对流管束；15. 省煤器；16. 空气预热器；17. 除尘器；18. 灰车；19. 引风机；20. 烟囱；21. 送风机；22. 给水管；23. 给水泵；24. 储煤斗；25. 皮带运输机；26. 主蒸汽管

1. 锅筒（汽包）

锅筒的作用是汇集、贮存、净化蒸汽和补充给水。热水锅炉锅筒内盛装的全部是热水，而蒸汽锅炉锅筒内盛装的是热水和蒸汽。单锅筒的蒸汽锅炉，锅筒下半部全部是热水，锅筒上半部为蒸汽空间；双锅筒的蒸汽锅炉，下锅筒全部是热水，上锅筒下半部为热水，上半部为蒸汽空间，蒸汽与热水分界的位置叫水位线。

2. 水冷壁

水冷壁是布置在水管锅炉炉膛四周的辐射受热面。它是锅炉的主要受热面，有些水冷壁管两侧焊有或带有翼片，又称鳍片。

鳍片增大了对炉墙的遮挡面积，可以更多地接受炉膛辐射热量，提高锅炉产汽量，降低炉膛内壁温度，保护炉墙，防止炉墙结焦。

3. 对流管束

对流管束是锅炉的对流受热面。它的作用是吸收高温烟气的热量，增加锅炉受热面，对流管束吸热情况与烟气流速，管子排列方式，烟气冲刷的方式等有关。

4. 蒸汽过热器（简称过热器）

过热器是蒸汽锅炉的辅助受热面，它的主要作用是在压力不变的情况下，从锅筒中引出饱和蒸汽，经过加热，使饱和蒸汽中的水分蒸发并使蒸汽温度升高，提高蒸汽品质，成为过热蒸汽。

过热器按结构和装置型式可分为卧式和立式两种。

5. 省煤器

省煤器是布置在锅炉尾部烟道内，利用排烟的余热来提高给水温度的热交换器，其作用是提高给水温度，减少排烟热损失，提高锅炉热效率。一般来说，省煤器出口水温每升高 1°C ，锅炉排烟温度平均降低 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，给水温度每升高 $6\sim 7^{\circ}\text{C}$ ，可省煤 1% ，一般加装省煤器的锅炉，可节煤 $5\%\sim 10\%$ 。通常省煤器由带鳍片的铸铁管组装而成，也可用钢管制成。

6. 下降管

下降管的作用是把锅筒里的水输送到下集箱，然后由下集箱把水分配到水冷壁管内，使受热面管子有足够的循环水量，以保证可靠的运行。下降管布置在炉墙外面，必须采取绝热措施。

7. 集箱

集箱也叫联箱，它的作用是汇集、分配锅水到各受热面管子里，或汇集各管子里的水或汽水混合物。集箱一般不受辐射热，以免内部的水产生蒸汽而冷却不好，过热烧坏。集箱按其布置的方式有上集箱、下集箱、左集箱、右集箱等。位于链条炉排两侧的下集箱又称为防焦箱。

8. 空气预热器

空气预热器布置在尾部烟道里，其整个结构为数量众多的钢管制成的管箱组合体。供锅炉燃烧所需的空气通过空气预热器被烟气加热升温，有利于燃料的着火燃烧；烟气经过空气吸热器吸热降温，有利于锅炉热效的提高。

二、锅炉的附属设备

附属设备系安装在锅炉本体以外的必备设备，它们是供应燃料系统、通风系统、给水系统，除渣除尘系统等装置设备。

(1) 通风系统由引风机、送风机、烟囱、风道及烟道等组成。送风机把燃烧所需的空气经空气预热器加热提高温度后送入炉膛。引风机是将炉膛内燃烧生成的烟气以一定的速度，冲刷各受热面，进行热交换后，经除尘器抽出，再经烟囱排出大气。

(2) 燃料供应系统，将燃料输送至原煤仓，然后经给煤机送入炉膛进行燃烧，如是煤粉炉或沸腾炉，首先把块煤加工成煤粉或一定规格的颗粒，然后送入炉膛燃烧。

(3) 除尘系统，主要是将烟气中的灰尘经除尘器除掉，达到环保要求指标的烟气，才能排出大气。目前常用的除尘器有旋风除尘器、水膜除尘器和电力除尘器等。

(4) 除灰除渣系统，用以清除燃烧剩余的灰渣，并将灰渣送往灰场。

(5) 给水系统包括给水泵、给水管道和控制阀门等，其功能是将给水升压后按锅炉负荷变化的需要均匀地送入锅炉。

(6) 水处理系统，主要任务是除去水中的各种杂质，如悬浮物、钙离子、镁离子以及氧气等，保证水质达到合格标准，以防锅炉结垢和腐蚀。

(7) 安全附件及仪表，主要包括三大安全附件：安全阀、压力表、水位计。仪表有温度计、流量计、二氧化碳(CO₂)和氧量(O₂)表等监测仪表；还有气动或电动控制系统。三大安全附件主要是保证锅炉压力和水位在正常范围内运行，仪表及控制系统主要用于监督锅炉的工作状态，并保证锅炉安全经济运行。

第三节 锅炉工作原理、基本参数及工作特性

一、工作原理

锅炉的工作过程主要包括燃料的燃烧、热量的传递、水的汽化和蒸汽过热四个同时进行的过程。即锅炉运行时，燃料中的可燃物质在适当的温度下，与通风系统输送给炉膛的空气混合燃烧，释放出热量，通过各受热面传递给锅水。水温不断升高，产生汽化，这时的蒸汽为饱和蒸汽，经过汽水分离输出饱和蒸汽供给用户使用。如果对蒸汽品质要求较高，可将饱和蒸汽进入过热器中再加热成为过热蒸汽输出使用。对于热水锅炉，锅水温度始终在沸点温度以下，与用户的采暖供热网通连进行循环。

二、锅炉工作特性的基本参数

反映锅炉工作特性的基本参数，主要是指锅炉单位时间内生产蒸汽或供热的数量及其质量。

(一) 容量

锅炉容量又称锅炉出力，是锅炉的基本特性参数。蒸汽锅炉用蒸发量来表示。

1. 蒸发量

蒸汽锅炉长期连续运行，每小时所产生的蒸汽量，称为蒸发量。常用符号“*D*”表示，常用单位是吨/时(t/h)。蒸汽锅炉的蒸发量有经济蒸发量和额定蒸发量之分。经济蒸发量是指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(压力和温度)、额定给水温度、使用设计燃料和保证设计效率的条件下，连续运行所能达到的最大蒸发量。蒸汽锅炉出厂时铭牌上所标示的蒸发量，指的就是该台锅炉的额定蒸发量，亦即最大蒸发量。

2. 热功率

热水锅炉长期连续运行,在额定回水温度、压力和额定循环水量下,每小时出水有效带热量,称为额定热功率(出力)。常用符号“ Q ”表示。单位是兆瓦(MW)。热水锅炉的热功率有经济热功率和额定热功率之分。额定热功率是指热水锅炉在额定回水温度、额定回水压力和额定循环水量下,长期连续运行时应保证的最大热功率。热水锅炉出厂时铭牌上所标的热功率,指的就是这台热水锅炉的额定热功率,亦即最大热功率。

(二) 压力

(1) 什么叫做压力?垂直均匀作用在单位面积上的力称为压强,常通称为压力。用符号“ P ”表示,单位是兆帕(MPa),测量压力有两种标准方法:一种是以压力等于零作为测量起点,称为绝对压力,用符号“ $P_{\text{绝}}$ ”表示;另一种是以当地的大气压作为测量起点,也就是压力表测量出来的数值,称为表压力,或称相对压力,用符号“ $P_{\text{表}}$ ”表示。锅炉铭牌上所标示的锅炉额定工作压力为表压力。

(2) 锅炉内压力是怎样产生的呢?蒸汽锅炉内的锅炉水吸热后,由液态变成汽态,其体积增大,由于锅炉是个密闭的容器,限制了汽水的自由膨胀,使锅炉各受压部件受到了汽水膨胀的作用力而产生压力。而热水锅炉产生的压力有两种情况:一种是自然循环采暖系统的热水锅炉,其压力来自高位形成的静压力;另一种是强制系统循环采暖的热水锅炉,其压力来源于循环水泵的压力。

(3) 新旧压力单位的换算关系。

锅炉铭牌和设计资料上标明的压力,是这台锅炉的额定工作压力即表压力。过去压力的工程计量单位是千克力/厘米²(kgf/cm²),现在国际上压力的计量单位是兆帕(MPa)。两种压力单位的换算关系,如表1-1所示。

表 1-1 压力单位换算表

千克力/厘米 ² (kgf/cm ²)	兆 帕 (MPa)	千克力/厘米 ² (kgf/cm ²)	兆 帕 (MPa)
1	0. 098≈0. 1	8	0. 784≈0. 8
2	0. 196≈0. 2	9	0. 882≈0. 9
3	0. 294≈0. 3	10	0. 980≈1
4	0. 392≈0. 4	13	1. 274≈1. 3
5	0. 490≈0. 5	25	2. 450≈2. 5
6	0. 588≈0. 6	39	3. 820≈3. 8
7	0. 686≈0. 7	60	5. 880≈5. 9

(三) 温度

(1) 什么叫做温度?标志物体冷热程度的物理量,称为温度,常用符号“ t ”表示,单位是摄氏温度(℃)。温度是物体内部所拥有能量的一种体现形式,温度越高,能量越大。

锅炉铭牌上标明的温度是锅炉出口处介质的温度,又称额定温度。对于无过热器的蒸汽