



普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材

锅炉与锅炉房工艺

同济大学 主编

天津大学 华东建筑设计研究院有限公司 参编

中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材

锅炉与锅炉房工艺

同济大学 主编
天津大学 参编
华东建筑设计研究院有限公司

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

锅炉与锅炉房工艺/同济大学主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 6

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材.
高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-13292-8

I. ①锅… II. ①同… III. ①锅炉房-高等学校-教材 IV. ①TK22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 109126 号

责任编辑: 齐庆梅

责任设计: 陈旭

责任校对: 陈晶晶 赵颖

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材

锅炉与锅炉房工艺

同济大学 主编

天津大学 参编

华东建筑设计研究院有限公司

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 22 $\frac{1}{2}$ 插页: 9 字数: 590 千字

2011 年 12 月第一版 2011 年 12 月第一次印刷

定价: 46.00 元

ISBN 978-7-112-13292-8

(20678)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

工业锅炉既是工业生产和生活民用中重要的供热之源，又是能源消耗大户，也是节能减排的重要对象。随着社会经济的快速发展，工业锅炉技术日新月异。原来的教科书在知识结构上不能满足对建筑环境与设备专业的教学要求。本书是普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材，然而付稿之时已经三次在个别高校试验使用，并在使用中不断调整内容。

本书在编写过程中始终遵循如下的大纲要求：建筑环境与设备专业的学生通过本课程的学习应掌握供热锅炉的基本类型、结构特点，掌握锅炉房的工艺系统和锅炉房工艺设计技能（包括汽水、通风、燃料供应、环保等）、掌握工业锅炉的三大基本热力计算方法（燃烧计算、热平衡计算、最基本的传热计算），熟悉工业锅炉的给水处理工艺和设备选型、熟练掌握锅炉房的通风计算及设备选型。为了完成锅炉房工艺设计的任务，尚需要对锅炉房的自动控制系统与安全附件有所了解；另外作为锅炉房工艺设计工程师和锅炉房运行管理技术人员，应该具备基本的压力容器的强度计算知识。至于其他与工业锅炉及锅炉房工艺相关的知识如锅炉房工程概算、技术经济分析、具体的锅炉房节能减排手段等，都可以在本课程的基础上，通过结合其他课程的学习来获得、或者通过其他的专业配合来完成，因而不作为本教材的必要内容，本教材只关注锅炉与锅炉房工艺的最直接和基本的内容。

另外由于锅炉与锅炉房工艺是一门实践性很强的课程，学生需要完成大量的作业及设计练习；另外所有的知识点还涉及很多的标准与规范，这些标准与规范都在实时更新中。本书着重于原理的讲述，涉及具体技术指标时均以现行有效的标准和规范为依据；所使用的参数、符号，也尽量与标准与规范相一致，便于学生学习后与工程实际尽快融合。

本书的第一章、第二章、第三章、第六章、第七章由同济大学陈德珍编写、华东建筑设计研究院有限公司王宜玮高工协助；第四章、第八章和第十一章由同济大学胡雨燕编写，第九章和第十章由天津大学周志华编写，第十二章由同济大学王海编写；第五章由同济大学陈德珍、胡雨燕和华东建筑设计研究院有限公司王宜玮高工编写。全书由陈德珍统稿、主编。王宜玮高工在整个编写过程中提供了丰富的第一手材料，为本书的理论贴近工程实际奠定良好基础。天津宝成机械集团有限公司为本书的编写提供了大量的锅炉图例及部分形式锅炉的介绍，在此表示感谢！哈尔滨工业大学的李瑞扬教授审阅了本书，并提出了许多很好的建议，在此一并致谢。

由于内容广泛，锅炉的技术更新很快，我们知识水平有限，不足之处，请予赐教。

目 录

第 1 章 锅炉及锅炉设备的基本知识	1
第 1 节 概述	1
第 2 节 锅炉的基本构造和工作过程	1
1.2.1 锅炉的基本构造	2
1.2.2 锅炉的工作过程	3
第 3 节 锅炉的基本特性及其表示	4
1.3.1 蒸发量、热功率	4
1.3.2 蒸汽（或热水）参数	5
1.3.3 锅炉的热效率	6
第 4 节 锅炉的型号及其含义	7
第 5 节 锅炉房设备的组成	9
1.5.1 锅炉本体	9
1.5.2 锅炉房的辅助设备	9
复习思考题	11
第 2 章 工业锅炉的燃料	12
第 1 节 燃料的成分分析和基的换算	12
2.1.1 煤的元素分析成分	12
2.1.2 燃料成分分析数据的基准与换算	14
第 2 节 煤的燃烧特性	16
2.2.1 煤中全水的分析	17
2.2.2 煤的工业分析	17
2.2.3 灰熔点	19
2.2.4 煤的发热量	21
第 3 节 煤的分类	24
2.3.1 褐煤（Lignite 或 Brown Coal）	25
2.3.2 烟煤（Bituminous Coal）	25
2.3.3 贫煤（Meagre Coal）	26
2.3.4 无烟煤（Anthracite Coal）	26
第 4 节 液体燃料	27
2.4.1 燃料油的性质	28
2.4.2 锅炉常用燃油	30
第 5 节 气体燃料	32
2.5.1 气体燃料的发热量	33
2.5.2 气体燃料的分类	34

2.5.3 气体燃料的性质	36
复习思考题	37
第3章 燃烧计算和热平衡计算	39
第1节 燃料的燃烧计算	39
3.1.1 燃料燃烧所需的空气量计算	39
3.1.2 燃烧生成的烟气体量计算	42
第2节 焓温表	49
3.2.1 空气焓	49
3.2.2 烟气焓	49
第3节 锅炉热平衡	54
3.3.1 热平衡基本概念	54
3.3.2 锅炉输入热量	55
3.3.3 锅炉有效利用热	56
3.3.4 各项热损失及其计算	57
3.3.5 锅炉热效率 η 及燃料消耗量 B	62
3.3.6 国外热损失计算的其他方法	64
复习思考题	68
第4章 锅炉的燃烧设备	70
第1节 燃烧设备	70
4.1.1 层燃炉	71
4.1.2 室燃炉	87
4.1.3 沸腾炉	95
第2节 炉子的工作强度	99
第3节 电热锅炉	100
4.3.1 电热锅炉型号及含义	101
4.3.2 电热锅炉的加热方式	101
复习思考题	103
第5章 供热锅炉本体及其辅助受热面	105
第1节 供热锅炉结构形式的演变	105
5.1.1 供热锅炉的发展和结构的演变	105
5.1.2 锅炉结构中的受压部件	106
第2节 锅壳锅炉	108
5.2.1 立式锅壳锅炉	108
5.2.2 卧式锅壳锅炉	112
第3节 卧式水火管锅炉	115
5.3.1 快装纵置式手烧炉排锅炉	115
5.3.2 快装纵置式机械炉排锅炉	115
5.3.3 大型下置锅壳式水火管锅炉	116
第4节 水管锅炉	118
5.4.1 锅筒横置式水管锅炉	118
5.4.2 锅筒纵置式水管锅炉	120

5.4.3	蒸汽锅炉的水循环及汽水分离	124
第5节	热水锅炉	128
5.5.1	强制流动热水锅炉	129
5.5.2	自然循环热水锅炉及其改型	131
5.5.3	复合循环热水锅炉	134
5.5.4	热水锅炉的水循环及水动力特性	135
5.5.5	热水锅炉常见故障的防止	137
第6节	废热锅炉	139
第7节	辅助受热面	141
5.7.1	蒸汽过热器	141
5.7.2	省煤器	142
5.7.3	空气预热器	144
	复习思考题	145
第6章	锅炉本体的热力计算	147
第1节	炉膛传热过程及计算	147
6.1.1	炉膛传热的基本方程	147
6.1.2	炉膛几何特性	148
6.1.3	烟气黑度和炉膛系统黑度	152
6.1.4	理论燃烧温度与炉膛传热计算	156
第2节	对流受热面的传热计算	161
6.2.1	对流受热面的基本方程式	161
6.2.2	传热系数	163
6.2.3	对流放热系数	164
第3节	辐射放热系数	174
第4节	平均温差	175
第5节	对流受热面传热计算方法提要	177
	复习思考题	180
第7章	锅炉受压元件强度计算	184
第1节	锅炉受压元件强度计算参数的确定	184
7.1.1	许用应力的确定	184
7.1.2	计算壁温的确定	185
7.1.3	计算压力的确定	189
第2节	承受内压力的圆筒形元件的强度计算	189
7.2.1	强度计算公式	190
7.2.2	最小减弱系数的确定	190
7.2.3	附加壁厚的确定	193
7.2.4	对壁厚的限制	194
第3节	承受内压力的封头强度计算	195
7.3.1	凸形封头的强度计算	195
7.3.2	平端盖、平堵头及平板的强度计算	197
第4节	孔的加强计算	199

7.4.1 单孔的加强计算	199
7.4.2 孔桥的加强计算	203
复习思考题	204
第8章 工业锅炉燃料供应和除灰渣系统	206
第1节 燃煤锅炉房燃料贮运系统	206
8.1.1 煤的储存	206
8.1.2 原煤处理	207
8.1.3 煤的转运	208
第2节 锅炉房燃油贮运系统	211
8.2.1 燃油的运输和装卸	212
8.2.2 典型的燃油系统	213
8.2.3 燃油系统设备及附件	215
8.2.4 燃油系统的管道	219
第3节 锅炉房燃气系统	222
8.3.1 锅炉房燃气供气系统	222
8.3.2 锅炉房燃气设备	225
8.3.3 锅炉房燃气系统的管道	227
第4节 电锅炉房的电气系统	228
8.4.1 电源	228
8.4.2 电锅炉房的线路	228
第5节 燃煤锅炉房的出渣系统	229
8.5.1 除灰渣系统的选择	229
8.5.2 灰渣贮运	231
复习思考题	232
第9章 锅炉设备的通风计算	233
第1节 通风的方式	233
第2节 通风计算的原理和基本方法	234
9.2.1 通风计算原理	234
9.2.2 阻力计算	235
第3节 风道的阻力计算	245
第4节 烟道的阻力计算	247
9.4.1 烟道总阻力	248
9.4.2 自生通风力	251
9.4.3 烟道总压降	252
第5节 烟囱的计算	253
9.5.1 烟囱的自生风计算	253
9.5.2 烟囱高度计算	254
9.5.3 烟囱直径的计算	254
9.5.4 烟囱的阻力计算	255
第6节 风机的选择与烟、风道布置	255
9.6.1 风机的选择	255

9.6.2	风机所需电动机的功率	256
第7节	锅炉烟气的除尘、脱硫与脱硝	257
9.7.1	烟气中污染物的危害	257
9.7.2	烟气的除尘	258
9.7.3	锅炉脱硫	261
9.7.4	锅炉脱硝	266
第8节	锅炉的烟气净化装置简介	270
9.8.1	旋风除尘器	270
9.8.2	湿式除尘器	271
9.8.3	重力除尘器	272
9.8.4	惯性除尘器	272
9.8.5	电除尘器	272
9.8.6	袋式除尘器	273
9.8.7	脱硫装置	276
	复习思考题	279
第10章	锅炉给水处理	281
第1节	水中的杂质及水质指标	281
10.1.1	水中的杂质及其危害	281
10.1.2	水质指标	282
10.1.3	工业锅炉水质标准	284
第2节	锅炉给水处理原理与设备	285
10.2.1	锅炉给水的软化原理	285
10.2.2	锅炉给水的除碱	287
10.2.3	锅炉给水处理设备	290
第3节	锅炉金属的腐蚀	296
10.3.1	金属腐蚀的类型	296
10.3.2	锅炉设备的腐蚀	297
第4节	锅炉水的除气	299
10.4.1	水的除氧	299
10.4.2	水的除二氧化碳	302
第5节	锅炉的排污系统	302
10.5.1	连续排污	302
10.5.2	排污率的计算	303
	复习思考题	303
第11章	锅炉房工艺设计	306
第1节	概述	306
11.1.1	锅炉房设计的基本原则和相关规范	306
11.1.2	锅炉房设计程序	307
第2节	锅炉房的布置及锅炉房建筑	307
11.2.1	锅炉房布置	307
11.2.2	锅炉房布置的一般原则	308

11.2.3	锅炉房建筑	309
11.2.4	锅炉间的设备布置	310
11.2.5	锅炉间底层布置	310
11.2.6	辅助间布置	311
11.2.7	锅炉间外侧布置	312
第 3 节	锅炉房规模确定及锅炉选择	312
11.3.1	锅炉房规模确定	312
11.3.2	锅炉选择	312
第 4 节	锅炉房热力系统设计	314
11.4.1	蒸汽锅炉房汽水系统设计	314
11.4.2	热水锅炉房水系统设计	320
第 5 节	锅炉房工艺设计实例	322
11.5.1	2×4t/h 燃煤蒸汽锅炉房设计	322
11.5.2	2×9.4t/h+1×4.7t/h 燃重油蒸汽锅炉房设计	324
11.5.3	1×6t/h 燃轻油蒸汽锅炉房设计	326
11.5.4	4×10t/h 燃气蒸汽锅炉房设计	327
11.5.5	1×0.7MW 燃煤热水锅炉房	329
第 12 章	锅炉房的热工测量及自动控制	338
第 1 节	锅炉的安全附件	338
12.1.1	安全阀	338
12.1.2	压力表和压力测量	339
12.1.3	水位计和水位测量	340
第 2 节	锅炉房的热工检测项目及其自动控制	341
12.2.1	燃煤锅炉房的热工检测项目	341
12.2.2	燃煤锅炉房的自动控制系统	343
12.2.3	燃油和燃气锅炉房的热工检测与自动控制系统	344
12.2.4	电热锅炉房的热工检测与自动控制系统	344
第 3 节	锅炉运行中燃烧工况的调节	345
12.3.1	燃煤锅炉的燃烧工况调节	345
12.3.2	燃油燃气锅炉的燃烧工况调节	346
第 4 节	工业锅炉计算机控制方法与系统简介	347
参考文献	350

第 1 章 锅炉及锅炉设备的基本知识

第 1 节 概 述

锅炉是利用燃料燃烧释放的热能或者其他热源加热给水或其他工质（如导热油），以获得规定参数（温度、压力）和品质（杂质含量等符合要求）的蒸汽、热水和其他热介质（导热油）的设备。在供热和制冷系统中，锅炉是供热之源；在火电站系统中，锅炉是动力之源。

按其用途不同，锅炉通常可以分为动力锅炉和工业锅炉两类。动力锅炉用于发电和动力系统，发电的又称电站锅炉。动力锅炉所产生的工质是水蒸气，蒸汽压力和温度都比较高，现代化电站锅炉的蒸汽压力不小于 3.9MPa，过热温度不低于 450℃，且日益向高压、高温和大容量方向发展。例如，与 100 万 kW 汽轮发电机组相配套的国产超超临界锅炉，每小时蒸汽产量 3000t，蒸汽压力为 26.25MPa，过热蒸汽温度高达 605℃。

与本课程密切相关的是供热锅炉，又称为工业锅炉。供热锅炉的工质有蒸汽、热水（特殊场合用导热油）。工业锅炉广泛地应用于现代生产和人民生活的各个领域，如化工、纺织、造纸、机械、食品加工、医药、建材等行业。生产工艺需要的大量蒸汽或者热能，建筑物的采暖、通风、农业温室、城市集中供应热水等需要的热能，均可通过供热锅炉来提供。供热锅炉的目的是供热，除生产工艺上有特殊要求外，其产生蒸汽（或热水）的压力和温度都不高，容量也无需过大。无论是工业用户，还是采暖用户，对蒸汽一般都是利用蒸汽凝结时放出的汽化潜热，因此大多数供热锅炉都是生产饱和蒸汽，出口压力一般不超过 2.5MPa。

在各种工业企业的热工艺或动力设备中以及民用采暖供热工程中，锅炉是最重要的组成部分。因而工业锅炉数量大、分布广，每年消耗大量的燃料，由于有的地方采用劣质煤等燃料，引起的污染物排放也成为严重的问题。提高锅炉热效率、降低燃料耗量、开发和利用高效清洁的新能源作为工业锅炉的燃料、提高锅炉房的自动化控制水平以及防止环境污染等，均是目前工业锅炉的重大研究课题。

通过本课程的学习，可掌握解决上述课题的基本方向和手段。同时本课程还通过提供锅炉房工艺设计的基本训练，使学生具备合理选用锅炉及锅炉房设备、设计锅炉房工艺和系统的技能。

第 2 节 锅炉的基本构造和工作过程

锅炉由汽锅和炉子两大部分组成。燃料在炉子中燃烧，将化学能转化为热能；所产生的燃烧产物—高温烟气则通过汽锅金属受热面将热量传递给汽锅内温度较低的水，水被加

热、进而沸腾汽化，产生蒸汽或者特定参数的热水。锅炉房内其他设备是为保证锅炉正常工作设置的，使锅炉安全可靠、经济有效地为用户提供蒸汽或热量。

1.2.1 锅炉的基本构造

在介绍锅炉的基本构造和工作过程之前，先简单介绍一下供热锅炉按燃烧方式分类的情况。按锅炉炉内燃烧过程的气体动力学原理，锅炉有四种不同的燃烧方式，对应于四种不同类型的锅炉，即①火床燃烧方式和层燃炉；②火室燃烧方式和室燃炉；③旋风炉燃烧方式和旋风炉；④流化床燃烧方式和流化床锅炉。供热锅炉以层燃炉和室燃炉为主，流化床锅炉在燃用劣质燃料时采用，而旋风炉极少在供热锅炉上应用。下面分别以 SHL 型燃煤供热锅炉（即双锅筒横置式链条炉排锅炉）（图 1-1）和 WNS 型燃油（气）锅炉（图 1-2）为例，简要地介绍层燃锅炉和室燃锅炉的基本构造和工作过程。

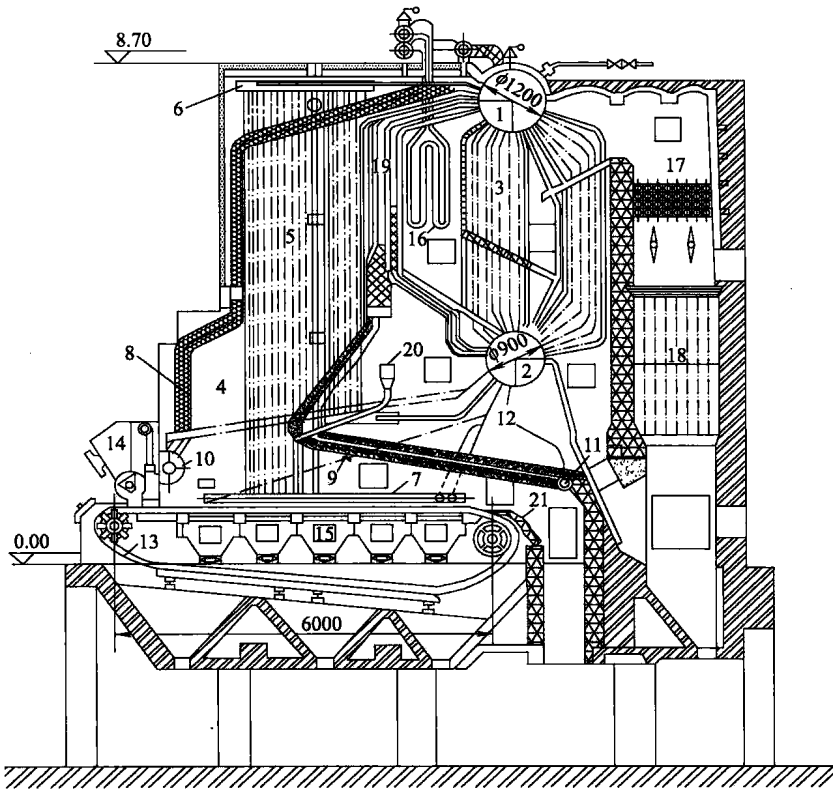


图 1-1 SHL 型锅炉结构和组成示意图

- 1—上锅筒；2—下锅筒；3—对流管束；4—炉膛；5—侧墙水冷壁；6—侧墙水冷壁上集箱；7—侧墙水冷壁下集箱；
- 8—前墙水冷壁；9—后拱（覆盖水冷壁）；10—前墙水冷壁下集箱；11—后墙水冷壁下集箱；
- 12—下降管；13—链条炉排；14—炉前煤斗；15—风仓；16—蒸汽过热器；17—省煤器；
- 18—空气预热器；19—烟窗及防渣管；20—二次风管；21—挡渣器（老鹰铁）

对 SHL 型燃煤供热锅炉，汽锅的基本构造是由锅筒（又称汽包）、管束、水冷壁、集箱和下降管等组成的一个封闭汽水系统；炉子包括煤斗、炉排、炉膛、挡渣器、送引风装置等组成的燃烧设备。而 WNS 型锅炉仅有汽锅，没有管内走水的管束；炉子由炉膛、燃烧器和浸在水空间的烟管组成见图 1-2。

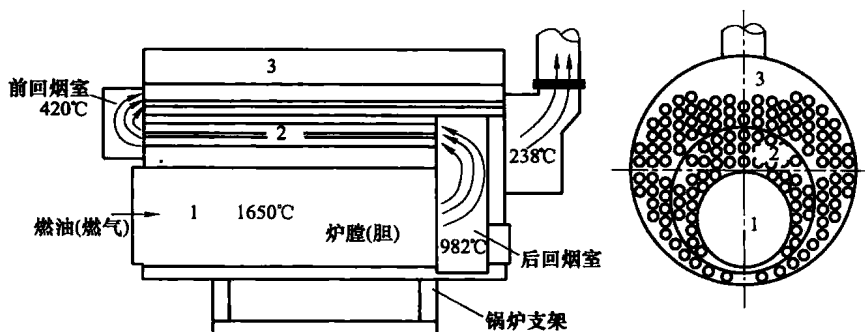


图 1-2 WNS 型燃油/气锅炉结构示意图及受热面布置

1—炉膛(胆); 2—烟管; 3—汽锅

此外，为了保证锅炉的正常工作和安全，蒸汽锅炉还必须装设安全阀、水位表、高低水位警报器、压力表、主汽阀、排污阀、止回阀等热工仪表和自控设备；现代化的电站锅炉还包括工业电视和计算机技术的应用。

1.2.2 锅炉的工作过程

锅炉的工作包括三个同时进行着的过程：燃料的燃烧过程、烟气向水（或蒸汽）的传热过程和水的受热汽化过程（蒸汽的生产过程）。现分述如下：

1. 燃料的燃烧过程

由图 1-1 所示，供热锅炉的炉子位置在汽锅的前下方，此种链条炉排炉是供热锅炉中应用较为普遍的一种燃烧设备。燃料在加煤斗中借自重下落到炉排面上，炉排借电动机通过变速齿轮箱减速后由链轮来带动，犹如皮带运输机，将燃料带入炉内。燃料一面燃烧，一面向后移动；燃烧需要的空气是由风机送入炉排腹中风仓后，向上穿过炉排到达燃料层，进行燃烧反应形成高温烟气。燃料最后烧尽成灰渣，在炉排末端被挡渣器（俗称老鹰铁）铲除于灰渣斗后排出，这整个过程称为燃烧过程。如图 1-2 所示的 WNS 锅炉的燃烧过程与 SHL 型供热锅炉不同，它没有炉排，在卧置的锅筒内有一具有弹性的波形火筒，火筒前端配置燃油或燃气燃烧器，火筒向后通过烟箱与烟管（又称火管）管束相连，火筒与烟管均浸没在锅筒内的水空间里。从燃烧器喷入的燃料和空气的混合物在火筒内即可完成燃烧过程生成烟气向后流动。燃烧过程进行得完善，是锅炉正常工作的根本条件。要保证良好的燃烧必须要有高温环境，必需的空气量以及空气与燃料的良好混合接触。为了保证锅炉燃烧的持续正常进行，还得连续不断地供应燃料、空气和排出烟气、灰渣，为此，就需配备送、引风设备和运煤出渣设备。

2. 烟气向水（汽等工质）的传热过程

燃料在炉膛内燃烧释放出大量热量，产生高温烟气，炉内温度极高。图 1-1 中，在炉膛的四周墙面上，都布置一排水管，俗称水冷壁。高温烟气与水冷壁进行强烈的辐射换热，将热量传递给管内工质。随后在引风机和烟囱的引力作用下，烟气向炉膛上方流动。烟气流出炉窗（炉膛出口）并掠过防渣管后，就冲刷蒸汽过热器——组蛇形管受热面，使汽锅中产生的饱和蒸汽在其中受烟气加热而过热。烟气流经过热器后又掠过连接在上、下锅筒间的对流管束，在管束间设置了折烟墙使烟气呈“S”形曲折地横向冲刷，再次以对流换热方式将热量传递给管束内的工质。烟气的温度沿途降低，最后进入尾部烟道，与省

煤器和空气预热器内的工质进行热交换后，以经济的较低烟温排出锅炉。省煤器是给水预热器，它和空气预热器一样，都设置在锅炉尾部（低温）烟道，以降低排烟温度，提高效率，从而节省燃料。对图 1-2 中的卧式内燃室燃炉来说，浸没在水中的火筒内壁是主要的辐射受热面，是第一回程，烟气经尾部烟箱导入左、右侧烟管，向炉前流动，是第二回程。烟气至前烟箱汇集后，进入火筒上部的烟管向后流动，即为第三回程，因为没有省煤器和空气预热器，最后排烟温度略高于 SHL 型。

3. 水的受热和汽化过程

蒸汽的生产过程，主要包括水循环和汽水分离过程。经过水处理的锅炉给水是由水泵加压，先流经省煤器得到预热，然后进入汽锅。

图 1-1 所示的锅炉工作时，汽锅中的工质是处于饱和状态下的汽水混合物。位于烟温较低区段的对流管束，因受热较弱，汽水工质的密度较大；而位于烟气高温区的水冷壁和对流管束，因受热强烈，相应地工质的密度较小；从而密度大的工质往下流入下锅筒或下集箱，而密度小的工质向上流入上锅筒，形成了锅水的自然循环。此外，为了组织水循环和进行输导分配的需要，还设有于炉墙外的不受热的下降管，借以将工质引入水冷壁的下集箱，而通过上集箱上的汽水引出管将汽水混合物导入上锅筒。借助上锅筒内装设的汽水分离设备，以及在锅筒本身空间中的重力分离作用，使汽水混合物得到了分离；蒸汽在上锅筒顶部引出后进入蒸汽过热器中去，而分离下来的水仍回落到上锅筒下半部的水空间。汽锅中的水循环，保证了与高温烟气相接触的金属受热面得以冷却而不会烧坏，是锅炉能长期安全可靠运行的必要条件。而汽水混合物的分离设备则是保证蒸汽品质和蒸汽过热器可靠工作的必要设备。

在图 1-2 所示的 WNS 型锅炉中，靠汽锅中的受热面布置，最高温的炉胆布置在汽锅的最下面，往上是温度依次降低的第二回程烟管和第三回程烟管，因此水空间下部受热强、上部受热弱，下部受热强的水向上流动，上部受热弱的水向下流动，形成了较规则的自然对流和循环，借助汽锅上部装设的汽水分离设备，以及汽空间中的重力分离作用，使汽水混合物得到了分离；蒸汽在锅筒顶部引出后进入分汽缸或者直接送往用户，而分离下来的水仍继续循环蒸发。

第 3 节 锅炉的基本特性及其表示

为了表示锅炉的构造、燃用燃料、燃烧方式、容量大小、参数高低以及运行经济性等特点，常用下列的锅炉基本特性来说明。

1.3.1 蒸发量、热功率

蒸发量是指蒸汽锅炉每小时所生产的额定蒸汽量，用以表征锅炉容量的大小；如为产热水的锅炉，其容量可以用额定热功率来表征。所谓额定蒸发量或者额定热功率是指锅炉在额定蒸汽参数（压力、温度）、额定给水温度和使用设计燃料时，保证一定热效率条件下的最大连续蒸发量（或产热量）。蒸发量常用符号 D 来表示，单位为 t/h （或 kg/s ），供热锅炉蒸发量一般从 $0.1\sim 65t/h$ 。热功率常以符号 Q 来表示，单位是 MW 。热功率与蒸发量之间的关系，可由式（1-1）表示：

第 3 节 锅炉的基本特性及其表示

$$Q=0.000278D(i_q-i_{gs}) \text{ MW} \quad (1-1)$$

式中 D ——锅炉的蒸发量, t/h;

i_q 、 i_{gs} ——分别为蒸汽和给水的焓, kJ/kg。

对于热水锅炉:

$$Q=0.000278G(i''_{rs}-i'_{rs}) \text{ MW} \quad (1-2)$$

式中 G ——热水锅炉每小时送出的水量, t/h;

i'_{rs} 、 i''_{rs} ——锅炉进、出热水的焓, kJ/kg。

1.3.2 蒸汽 (或热水) 参数

锅炉的蒸汽参数,是指锅炉出口处蒸汽的额定压力 (表压力) 和温度。额定压力和温度是锅炉设计时规定的蒸汽压力和温度。对生产饱和蒸汽的锅炉来说,一般只标明蒸汽压力;对生产过热蒸汽 (或热水) 的锅炉,则需标明压力和蒸汽 (或热水) 温度。蒸汽压力常用符号 P 表示,单位为 MPa;蒸汽温度常用符号 t 表示,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 和 K。

供热锅炉的容量、参数,既要满足生产工艺上对蒸汽的要求,又要便于锅炉房的设计,锅炉配套设备的供应以及锅炉本身的标准化,因而要求有一定的锅炉参数系列,我国目前所用的蒸汽锅炉参数系列见表 1-1;热水锅炉参数系列见表 1-2。表中标有符号“ Δ ”

我国蒸汽锅炉额定参数系列 (GB/T 1921—2004)

表 1-1

额定蒸发量 (t/h)	额定蒸汽压力(表压力)(MPa)											
	0.1	0.4	0.7	1.0	1.25		1.6		2.5			
	额定蒸汽温度($^{\circ}\text{C}$)											
	饱和	饱和	饱和	饱和	饱和	250	350	饱和	350	饱和	350	400
0.1	Δ	Δ										
0.2	Δ	Δ	Δ									
0.3	Δ	Δ	Δ									
0.5	Δ	Δ	Δ	Δ								
0.7		Δ	Δ	Δ								
1		Δ	Δ	Δ								
1.5			Δ	Δ								
2			Δ	Δ	Δ			Δ				
3			Δ	Δ	Δ			Δ				
4			Δ	Δ	Δ			Δ		Δ		
6				Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ		
8				Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ		
10				Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
12					Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
15					Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
20					Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
25					Δ		Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
35					Δ		Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
65											Δ	Δ

第 1 章 锅炉及锅炉设备的基本知识

我国热水锅炉额定参数系列 (GB/T 3166—2004)

表 1-2

额定热功率 (MW)	额定出水压力(表压力)(MPa)											
	0.4	0.7	1.0	1.25	0.7	1.0	1.25	1.0	1.25	1.25	1.6	2.5
	额定出水温度(°C)/进水温度(°C)											
	95/70			115/70			130/70		150/90		180/110	
0.05	△											
0.1	△											
0.2	△											
0.35	△	△										
0.5	△	△										
0.7	△	△	△	△	△							
1.05	△	△	△	△	△							
1.4	△	△	△	△	△							
2.1	△	△	△	△	△							
2.8	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
4.2		△	△	△	△	△	△	△	△	△		
5.6		△	△	△	△	△	△	△	△	△		
7.0		△	△	△	△	△	△	△	△	△		
8.4				△		△	△	△	△	△		
10.5				△		△	△	△	△	△		
14.0				△		△	△	△	△	△	△	
17.5						△	△	△	△	△	△	
29.0						△	△	△	△	△	△	△
46.0						△	△	△	△	△	△	△
58.0						△	△	△	△	△	△	△
116.0									△	△	△	△
174.0											△	△

处所对应的参数即为优先选用的锅炉系列。锅炉设计时的给水温度有三种，分别是 20℃，60℃和 104℃，后者是除氧后的温度，可结合用户具体情况选定。

1.3.3 锅炉的热效率

锅炉的热效率定义为每小时送进锅炉的全部热量中被受热面有效吸收用来产生蒸汽或热水的百分数，常以符号 η_{gl} 表示，即：

$$\eta_{gl} = \frac{Q_1}{Q_r} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 Q_1 ——锅炉在单位时间内的有效利用热；

Q_r ——单位时间内输入锅炉的全部热量，一般是指所消耗燃料全部完全燃烧时所能发出的热能以及随燃料一起所带入的热能之和，包括燃料的预热等。

热效率是一个能真实表明锅炉运行的热经济性的指标，将在后面章节专门予以讨论。目前的供热锅炉，燃煤时 $\eta_{gl} \approx 60\% \sim 85\%$ ；燃油、燃气锅炉 $\eta_{gl} \approx 85\% \sim 92\%$ 。

第 4 节 锅炉的型号及其含义

按照机械行业标准《工业锅炉产品型号编制方法》JB/T 1626—2002，对于额定压力在 0.04~3.8MPa 范围内、额定蒸发量不小于 0.1t/h、以水为介质的固定钢制蒸气锅炉和额定出水压力大于 0.1MPa 的固定钢制热水锅炉，其型号由三部分组成，各部分之间用短横相连，如图 1-3 所示。

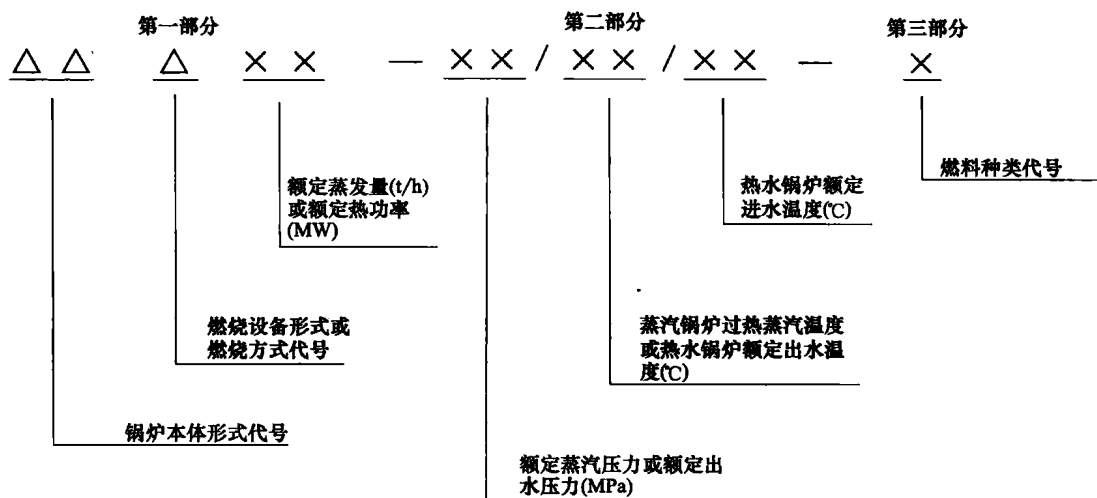


图 1-3 工业锅炉产品型号组成示意图

型号的第一部分共分三段：第一段用两个大写的汉语拼音字母代表锅炉本体形式，形式代号见表 1-3；第二段用一个大写的汉语拼音字母代表燃烧设备形式或者燃烧方式，其意义见表 1-4；第三段用阿拉伯数字表示蒸汽锅炉的额定蒸发量为若干 t/h 或者热水锅炉的额定热功率为若干 MW，各段连续书写。

工业锅炉本体形式代号			表 1-3		
锅炉类别	锅炉本体形式	代号	锅炉类别	锅炉本体形式	代号
锅壳锅炉	立式水管	LS	水管锅炉	单锅筒立式	DL
	立式火管	LH		单锅筒纵置式	DZ
	立式无管	LW		单锅筒横置式	DH
	卧式外燃	WW		双锅筒纵置式	SZ
	卧式内燃	WN		双锅筒横置式	SH
强制式循环				QX	

型号的第二部分表示蒸汽（或热水）参数。对蒸汽锅炉分两段，中间以斜线分开。第一段用阿拉伯数字表示额定蒸汽压力为若干 MPa；第二段用阿拉伯数字表示过热蒸汽温度为若干℃。生产饱和蒸汽的锅炉，无第二段和斜线。对热水锅炉分三段，中间仍以斜线分开，第一段用阿拉伯数字表示额定出水压力为若干 MPa；第二段和第三段分别用阿拉伯数字表示额定出水温度和额定进水温度为若干℃。