

高等学校教材

冶金动力设备

刘 荣 李支普 刘勋赛 编



NEUPRESS
东北大学出版社

ISBN 7-81006-467-3/TG·23 定价:9.56元

0119487

高等学校教材

内容简介

本书是根据《钢铁冶金工程》课程的教学大纲，参照国外冶金工程教材编写而成的。全书共分八章，主要介绍冶金动力设备的基本原理、结构、性能、选型及设计计算方法。本书可作为冶金工程专业的教材，也可供从事冶金动力设备工作的工程技术人员参考。

冶金动力设备

刘 荣 李支普 刘勋赛 编

编 者 刘 荣 李 支 普 刘 勋 赛

刘 荣 李 支 普 刘 勋 赛
刘 荣 李 支 普 刘 勋 赛

刘 荣 李 支 普 刘 勋 赛
刘 荣 李 支 普 刘 勋 赛

刘 荣 李 支 普 刘 勋 赛
刘 荣 李 支 普 刘 勋 赛

刘 荣 李 支 普 刘 勋 赛
刘 荣 李 支 普 刘 勋 赛

刘 荣 李 支 普 刘 勋 赛
刘 荣 李 支 普 刘 勋 赛

东北大学出版社

(辽)新登字第8号

内 容 简 介

本书着重讲述工业锅炉和余热锅炉、汽轮机、泵与风机的工作原理、设备的结构和性能,以及计算方法。全书侧重结合冶金的工艺特点和生产过程进行阐述,并注意反映国内外有关的先进技术。

本书可作为工科高等院校热能工程专业的专业课教材,亦可作为有关专业的参考书,并可供从事此领域工作的工程技术人员参考。

高 等 学 校 教 材
冶 金 动 力 设 备
刘 荣 李支普 刘勋赛 编

东北大学出版社出版
(沈阳·南湖)

辽宁省新华书店发行
东北大学印刷厂印装

开本: 787×1092 1/16 印张: 20 字数: 500 千字
1993年6月第1版 1993年6月第1次印刷
印数: 1~1 000册

责任编辑: 刘淑芳
封面设计: 唐敏智

责任校对: 冯 伟
责任出版: 杨华宁

ISBN 7-81006-467-3/TG·23

定价: 9.56元

前 言

本书是根据冶金、有色高等院校“八五”教材出版规划，并按《冶金动力设备》教学大纲在原有校内讲义基础上编写的。

本书共分三篇，内容包括：工业锅炉和余热锅炉、汽轮机及泵与风机。本书在取材上，除力求简单明了地讲清基本概念、基本原理和基本方法外，还尽可能反映国内外有关的先进技术，并着重围绕这些动力设备的能量转换过程，热力计算、设备性能、运行调节及故障分析等进行阐述，以达到精选内容和科学实用的目的。

锅炉设备、汽轮机、泵与风机均是国民经济各部门通用的动力设备，本书之所以冠以“冶金”二字，不仅是因为在冶金企业中这些动力设备消耗的能量很大，节约动力能源有着重要意义，而且还由于本书在某些内容方面，比较侧重针对冶金（黑色和有色）的工艺特点和生产要求对这些动力设备进行论述，以期达到突出专业特色和明确培养目标的效果。本书各章均附有例题、思考题和习题，以便使学生能牢固掌握所学知识。

本书由北京科技大学刘荣（第五、十、十一章，十二章的12-2、12-3、12-4，第十三章的附，第十四、十五、十六、十七章）；中南工业大学李支普（第六、七、八章，第十二章的12-1，第十三章）；华东冶金学院刘勋赛（第一、二、三、四、九章）编写，并由刘荣担任主编。

昆明工学院何屏同志、北京科技大学赵立合同志审阅了全书，并提出了许多宝贵意见；在编写过程中引用了有关书刊中的资料，对文献的作者，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有缺点和疏漏之处，恳请读者和专家批评指正。

编 者

一九九二年五月

目 录

前 言

第一篇 锅炉设备

第一章 概论

- 1-1 锅炉在国民经济中的地位和作用..... (1)
- 1-2 锅炉的基本系统和工作过程..... (1)
- 1-3 锅炉发展概况及典型锅炉构造简介..... (3)
- 1-4 工业锅炉的型号与系列 (11)

第二章 燃料燃烧计算与锅炉热平衡

- 2-1 锅炉的燃料 (16)
- 2-2 燃料燃烧计算 (18)
- 2-3 锅炉热平衡的组成 (22)
- 2-4 锅炉热效率 (24)
- 2-5 锅炉的各项热损失 (26)
- 2-6 锅炉的燃料消耗量 (32)

第三章 锅炉的燃烧设备

- 3-1 层燃炉 (34)
- 3-2 室燃炉 (41)
- 3-3 沸腾炉 (49)
- 3-4 燃烧设备的主要特性参数 (51)

第四章 锅炉受热面及水循环

- 4-1 炉膛和辐射受热面的结构与布置 (55)
- 4-2 锅炉对流受热面的结构与布置 (57)
- 4-3 锅炉的水循环 (63)
- 4-4 工业锅炉的汽水分离 (69)

第五章 锅炉本体的热力计算

- 5-1 炉膛结构计算 (73)

5-2	炉内传热过程及计算	(76)
5-3	对流受热面的传热计算	(84)
5-4	各种对流受热面传热计算方法	(99)

第六章 余热锅炉的特点及结构

6-1	烟道式余热锅炉的积灰与防止	(115)
6-2	烟道式余热锅炉的腐蚀与防止	(118)
6-3	烟道式余热锅炉的磨损与防磨	(122)
6-4	非烟气余热的利用	(123)
6-5	烟气条件与炉型选择	(125)
6-6	典型余热锅炉介绍	(126)
6-7	特种余热锅炉	(135)
6-8	余热锅炉的配置	(139)

第七章 余热锅炉的热力计算

7-1	余热锅炉热力设计计算方法	(143)
7-2	烟汽的热力计算、焓温图	(143)
7-3	余热锅炉的热平衡计算	(145)
7-4	辐射受热面的热力计算	(147)
7-5	对流受热面的热力计算	(153)
*7-6	余热锅炉程序设计对策	(157)
7-7	余热锅炉热力设计例题	(159)

第八章 锅炉的辅助设备

8-1	水处理原理及设备	(169)
8-2	工业锅炉的运煤系统	(174)
8-3	锅炉的清灰、除灰设备	(176)
8-4	减温减压装置	(182)
8-5	蒸汽蓄热器	(183)
8-6	除尘装置	(192)

第九章 锅炉的运行与维护

9-1	锅炉的启动	(198)
9-2	锅炉的正常运行	(200)
9-3	锅炉的停炉	(201)
9-4	锅炉的维护与保养	(203)
9-5	锅炉典型事故的处理	(203)

第二篇 汽轮机

第十章 概 论

- 10-1 汽轮机在现代工业中的地位和作用 (207)
- 10-2 汽轮机的基本工作原理及分类 (207)
- 10-3 汽轮机装置的组成 (212)

第十一章 汽轮机中的能量转换过程

- 11-1 蒸汽在喷嘴中的流动和能量转换 (214)
- 11-2 蒸汽在动叶栅中的流动和能量转换 (219)
- 11-3 轮周效率和最佳速度比 (222)
- 11-4 汽轮机的级内损失及效率 (225)
- 11-5 多级汽轮机 (227)
- 11-6 汽轮机装置的汽耗率和热耗率 (230)

第十二章 汽轮机的本体结构、辅助设备及调节系统

- 12-1 汽轮机的构造 (233)
- 12-2 凝汽设备 (238)
- 12-3 汽轮机的调节 (241)
- 12-4 汽轮机的保护装置 (245)

第十三章 工业汽轮机

- 13-1 工业汽轮机的应用、类型及发展 (249)
- 13-2 工业汽轮机的特点 (249)
- 13-3 工业汽轮机典型结构简介 (251)
- *附 高炉炉顶气余压透平 (257)

第三篇 泵与风机

第十四章 概 论

- 14-1 泵与风机在国民经济中的地位和作用 (260)
- 14-2 泵与风机的主要性能参数 (260)
- 14-3 泵与风机的类型 (261)

第十五章 泵与风机的叶轮理论

- 15-1 离心式泵与风机的叶轮理论 (264)

15-2	轴流式泵与风机的叶轮理论	(273)
------	--------------------	-------

第十六章 泵与风机的构造及本体特性

16-1	功率、损失和效率	(278)
16-2	泵与风机的性能曲线	(280)
16-3	泵与风机的相似特性	(283)
16-4	泵与风机的比转数	(286)
16-5	无因次性能参数及通用性能曲线	(288)
16-6	离心泵与风机的结构简介	(290)

第十七章 泵与风机的运行和调节

17-1	管网特性曲线及工作点	(295)
17-2	泵与风机的并联、串联工作	(297)
17-3	泵与风机的工况调节	(299)
17-4	泵的汽蚀及预防	(303)
17-5	泵与风机的喘振	(306)
17-6	泵与风机的选择	(307)

参考文献

第一篇 锅炉设备

第一章 概 论

1—1 锅炉在国民经济中的地位和作用

锅炉是一种将燃料的化学能转化为热能，进而把热能传递给水，以产生蒸汽或热水的设备。它所产生的蒸汽或热水，可以直接用于生产和生活中，如冶金、机械、化工、纺织、造纸、空调等领域；蒸汽还可以再转换成其他形式的能，如电能、机械能等。通常，把用于动力、发电方面的锅炉叫动力锅炉；用于供应工业用汽与采暖的锅炉叫做工业锅炉；而用于回收工业炉窑烟气余热与产品物理热的锅炉叫做余热锅炉。总之，在国民经济的各个部门，各行各业的工艺领域，以及人民生活的各个方面，锅炉都是不可缺少的热力设备。

一般来说，动力锅炉的热效率可达88%~94%，而为数约40万台、年耗煤量达全国煤产量的1/4左右的工业锅炉，全国平均热效率只有55%左右。余热锅炉是提高热利用率的重要手段，在冶金系统虽有干熄焦余热发电装置、平炉、转炉、闪速炉等余热锅炉，但尚不普遍，仍有许多余热资源未被利用，可见节能潜力很大。

为了提高热经济性，动力锅炉向着高温、高压、大容量的方向发展，而工业锅炉和余热锅炉向着高效、低耗和综合用能的方向发展。发展工业锅炉和余热锅炉技术，提高它们的热效率和机械化、自动化水平，防止对环境的污染，以及在有色与黑色冶金工业各工序中，普遍采用余热锅炉等热利用设备，均是今后需要研究的重要课题。而学习和掌握解决这些课题的基本知识和手段，则是本课程的主要任务。

1—2 锅炉的基本系统和工作过程

锅炉设备是由燃烧设备、锅炉本体和辅助装置所组成。燃烧设备是锅炉中燃料燃烧的部分，它随锅炉型式不同而有很大差别，可以包括煤粉制备系统、燃烧器或炉排装置等，并有炉膛作为燃烧空间。锅炉本体主要是锅炉的受热部分，包括受热面及与之有关的烟道和汽水系统。它可以有锅筒、水冷壁、锅炉管束、过热器、省煤器、空气预热器。锅炉辅助装置主要有鼓风机、引风机、除尘器、除渣设备及水处理设备等。

现以图1-1为例，介绍工业锅炉的主要结构与生产工艺流程。

一、燃料与烟风系统

我国的锅炉燃料主要是煤。这台锅炉的燃煤从煤斗落到炉排2上，随链条炉排缓慢向前移动，经过煤闸门进入燃烧室着火燃烧。在燃烧室中燃料燃烧所需空气由炉排下的风室供给。

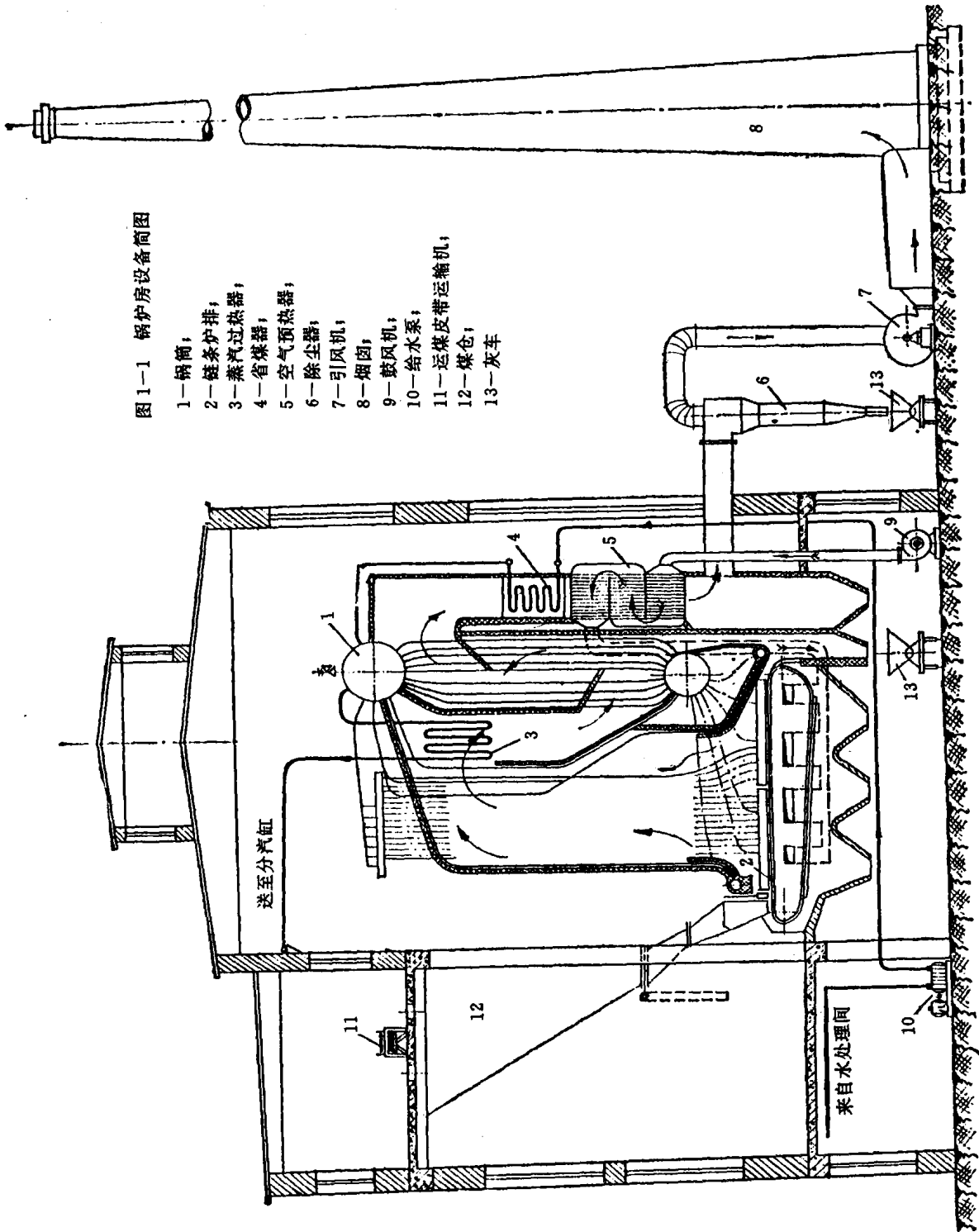


图 1-1 锅炉房设备简图

- 1—锅筒；
- 2—链条炉排；
- 3—蒸汽过热器；
- 4—省煤器；
- 5—空气预热器；
- 6—除尘器；
- 7—引风机；
- 8—烟囱；
- 9—鼓风机；
- 10—给水泵；
- 11—运煤皮带运输机；
- 12—煤仓；
- 13—灰车

图 1-1 锅炉房设备简图

鼓风机 9 将冷空气送入空气预热器 5 中,冷空气在此吸收烟气的热量而成为 100~200 ℃ 的热空气被送入风室。热空气与煤层进行燃烧反应后,形成高温烟气,以辐射换热的方式向炉膛四周的水冷壁传递热量,然后出炉膛,经防渣管而进入对流烟道。在炉膛出口处,烟气温度常在 1000~1200 ℃ 左右。这股高温烟气随后沿着烟道,主要以对流换热的方式,加热过热器、锅炉管束、省煤器和空气预热器中的介质。当它离开空气预热器时,排烟温度通常已降低到 150 ℃ 左右。为了防止污染环境,此低温烟气经过除尘器,把所携带的绝大部分灰粒除掉,然后由引风机 7 送入烟囱,排到高空大气中。排烟温度越低,说明烟气的热量被吸收得越充分,燃料的热能被利用的程度就越高,锅炉的热效率就越高。

二、汽水系统

从蒸汽发生过程来说,工质在锅炉内要经历三个加热阶段,即把锅炉给水加热成为饱和水、汽化成饱和蒸汽及具有一定过热温度的过热蒸汽。通常这三个阶段分别在省煤器、水冷壁(包括锅炉对流管束)和过热器受热面中完成。

锅炉工作时,经过水处理和除过氧后的给水,用给水泵升压后,先进入省煤器的进口集箱。所谓“集箱”,通常是由两端焊有封头的无缝钢管制成,其直径在 $\phi 159\text{mm}$ 以上。它连通多根并排的蛇形管,起着分配与汇集工质的作用。给水流经省煤器各根管子时,被烟气加热后汇集到出口集箱。省煤器出口集箱处,给水所处的状态,对于不同类型的锅炉,情况不尽相同。如使用铸铁省煤器的低压小型工业锅炉,一般为未饱和水;对于电站锅炉,由于汽化潜热随着额定压力的提高而逐渐减少,为了使水冷壁、过热器、省煤器等受热面的工作负担合理,特别是为了保证在炉膛出口有合理的烟气温度,中压锅炉可能要有一定的沸腾度,其饱和蒸汽含量可高达 20%;而在亚临界压力以上的锅炉,则可能会有较大欠热的未饱和水。

工质从省煤器出口集箱经导管流入锅炉的上锅筒 1。从省煤器进口到上锅筒这段路程,工质是在给水泵的强制作用下流动的。工质进入上锅筒后,沿着布置在炉墙外不受热的下降管流入水冷壁的下集箱,然后进入水冷壁管,以接受炉膛辐射热,部分水汽化为饱和蒸汽,所形成的汽水混合物返回上锅筒,形成自然水循环。这一段的流动能量来自下降管中的水与水冷壁管中的汽水混合物密度不同,所产生的流动压头。另一方面,在上、下锅筒之间用管束连接起来,上锅筒内的炉水沿着受热弱的管子流向下锅筒,然后在受热较强的管子中形成汽水混合物而上升到上锅筒。汽水混合物行进入上锅筒后,被上锅筒中的汽水分离装置分离,蒸汽集中在锅筒上部的汽空间,水则落到上锅筒的下半部的水空间中,连同省煤器新补充进来的水一起又重新进入下集箱和下锅筒,开始另一次的自然循环流动。

上锅筒中的饱和蒸汽通过导管引至过热器 3 中进行过热。当蒸汽被加热到所要求的温度后,便作为锅炉的出口过热蒸汽送往汽轮机做功或送往热用户。从上锅筒经过热器到汽轮机或热用户这段路程,工质的流动阻力,靠上锅筒内的压力来克服。

1—3 锅炉发展概况及典型锅炉构造简介

锅炉技术的发展是与工业生产的需要和科学技术的进步紧密相关的。随着工业生产的不断发展,不断要求增大锅炉容量和提高蒸汽压力及温度。因此,锅炉的型式和构造也不断地得到

发展。

在锅炉的发展史上，出现了两种类型的锅炉。一种类型是烟气在管内流动而水在管外运动的火管式锅炉，如图 1-2 所示。另一种类型是烟气在管外流动而水在管内流动的直水管锅炉，如图 1-3 所示。

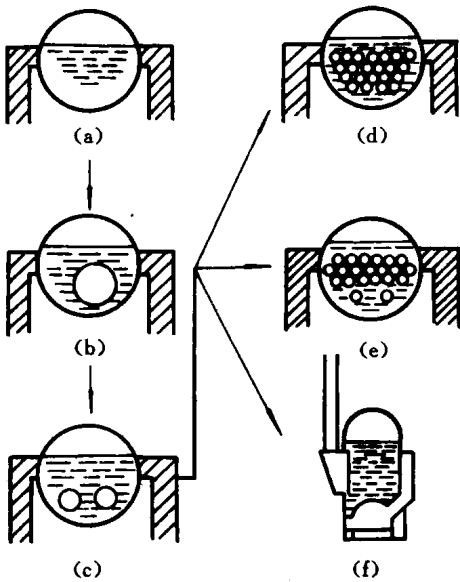


图 1-2 火管式锅炉发展简图

- (a) 圆筒锅炉；(b) 单火筒锅炉；(c) 双火筒锅炉；
(d) 火管锅炉；(e) 火筒火管锅炉；(f) 立式火管锅炉

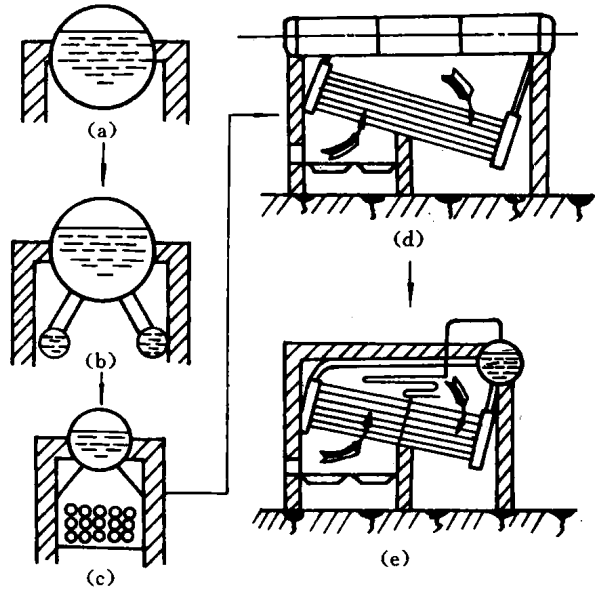


图 1-3 直水管式锅炉发展简图

- (a) 圆筒锅炉；(b) 多水筒锅炉；(c) 整集箱式锅炉；
(d) 纵锅筒分集箱式锅炉；(e) 横锅筒分集箱式锅炉

火管式锅炉受热面少、容量小、工作压力低。并且由于水容积大，如发生受热面金属破坏等情况，就有爆炸的危险。显然不能适应单台容量大，汽温、汽压日益提高的电站锅炉的要求。但它构造较简单，水及蒸汽容积大，对负荷变动的适应性较好，对水质要求较低，维修也方便。故目前各国还有制造，多用于一些小型工业企业生产、交通运输及生活用水用汽方面。

直水管式锅炉为继续提高锅炉容量和参数创造了条件，故得到了发展。直水管锅炉的特点是：汽水系统缺乏弹性，管子集箱等受热部件膨胀受限制时，易损坏受压部件，沸腾管束倾斜度小，汽水循环不良，工作不可靠，集箱上手孔多，制造费时，金属耗量大，易发生泄漏。但因它易于制造，易于清理水垢，故国外中小容量锅炉中，还有采用这种型式锅炉的。

在 20 世纪初，一些工业国家的蒸汽动力发电站向中参数发展，直水管锅炉就不能很好地满足这个要求。于是出现了弯水管锅炉，它的发展简况如图 1-4 所示。从图中可以看出，它是朝着减少锅筒数目的方向发展，一直发展到没有锅筒的直流锅炉，如图 1-5 所示。

弯水管锅炉的出现是锅炉发展史上的一大进步。由于弯水管锅炉安全可靠，所以不仅大中型容量的锅炉采用它，小容量锅炉也常采用它，但它对给水品质要求较高，需要专门的水处理设备。

国内目前生产的典型工业锅炉型式如下。

一、锅壳锅炉

1. 立式锅壳锅炉

锅壳纵向轴线垂直于地面的锅壳锅炉称为立式锅壳锅炉，是小型锅炉中常见的型式。它为内燃式锅炉，炉膛容积小，水冷程度大，不容易使燃料充分燃烧。燃烧形成的烟气从燃烧室上部一侧引到锅筒外部的环形烟道中，分两路绕到锅筒的另一侧进入烟囱。如图 1-6 所示。这种锅炉的结构特点是在立式锅炉的炉膛内部和锅壳外部增加了弯水管，从而增加辐射和对流受热面，排烟温度较低，热效率较高。它具有结构紧凑、占地面积小、运输与安装方便等优点。

2. 卧式锅壳锅炉

锅壳纵向轴线平行于地面的锅壳锅炉称为卧式锅壳锅炉。在锅壳内布置火筒和烟管。它也是内燃式锅炉，其基本结构是在卧置的锅筒内有一具有弹性的波形火筒，火筒内设置了链条炉排，煤斗中的煤经月亮门落在缓慢移动的炉排上，进煤量由炉排速度和煤层厚度来控制。炉排速度是可变的，煤层厚度由可升降的煤闸门来调节。煤闸门后有用耐火材料砌成的引燃室，引燃室内不布置受热面，可以提高煤层着火区的温度，以方便锅炉启动时的点火和改善着火条件。锅炉后部有专设的灰渣坑和出渣小车。燃烧后产生的烟气在锅炉内呈三回程流动，第一回程冲刷火筒，经后烟箱导入火筒左右侧烟管构成第二回程，再在锅炉前部经前烟箱进入火筒上部的烟管构成第三回程，最后经引风机送入烟囱。燃料燃烧所需的空气由专设的送风机供给。火筒和烟管都沉浸在锅筒内的水容积里，锅筒的上部约 1/3 是汽容积，炉排以上的火筒内壁是主要的辐射受热面，而烟管为对流受热面，其结构如图 1-7 所示。

这种锅炉的优点是：由于采用了机械化燃烧设备和强制通风，使劳动条件得到改善；流经烟管的烟速较高，强化了传热，锅炉热效率可达 70% 以上。此外，锅炉整体装运、移动和安装方便。缺点是：由于锅筒内布置有火筒和烟管，水容积和蒸汽空间都比较小，对负荷变化的适应性较差。另外，烟管一般是胀接在锅筒两端的平封头上，直烟管刚性大，胀口易泄漏。烟管水平放置，烟气纵向冲刷，容易积烟灰，使传热效果恶化。

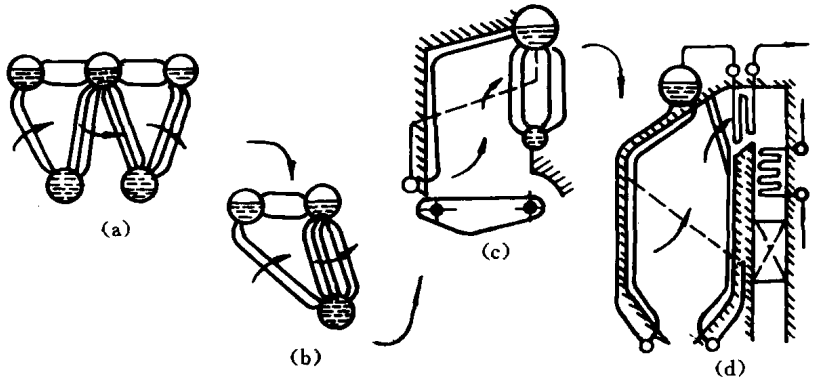


图 1-4 弯水管式锅炉发展简图

(a) 多锅筒锅炉；(b) 三锅筒锅炉；(c) 双锅筒锅炉；(d) 单锅筒锅炉

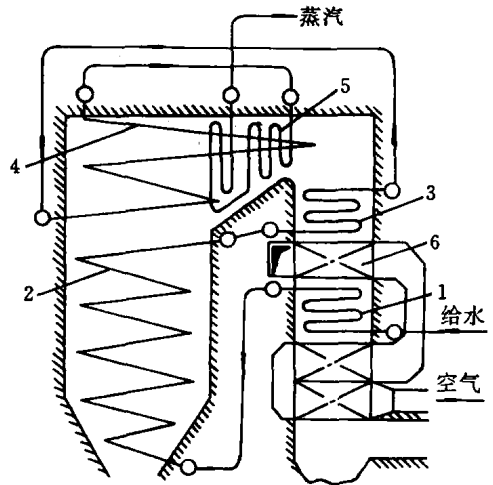


图 1-5 直流锅炉简图

1—省煤器；2—炉膛蒸发受热面（下辐射）；
3—过渡区；4—炉膛过热受热面（上辐射）；
5—对流过热器；6—空气预热器

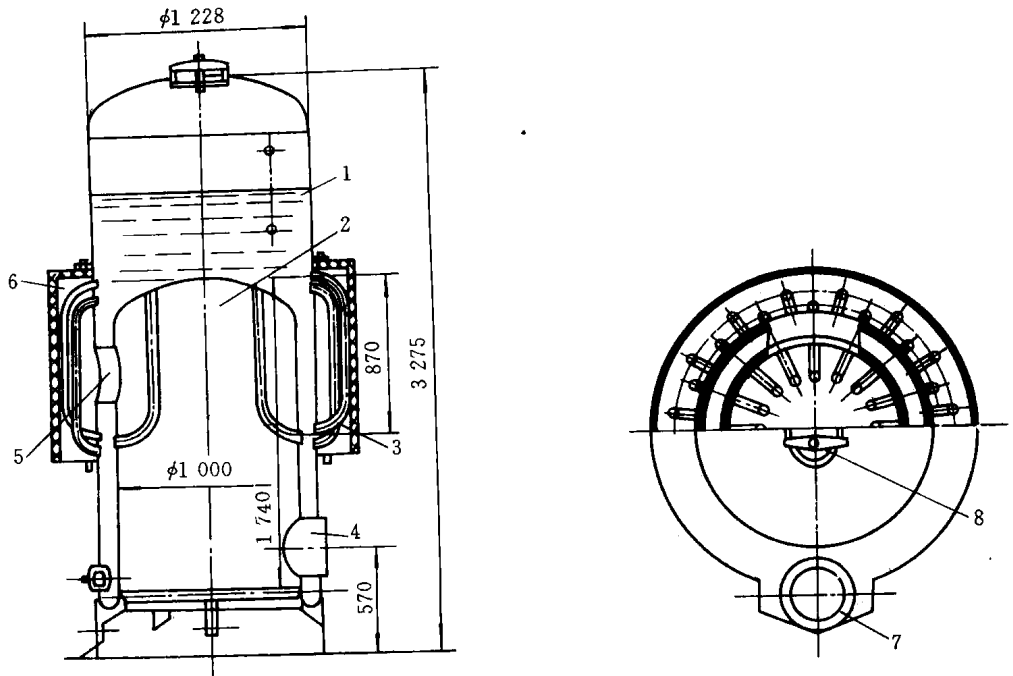


图 1-6 立式弯水管锅炉

1—炉壳；2—燃烧室；3—弯水管；4—炉门；
5—喉管；6—烟箱；7—烟囱；8—人孔

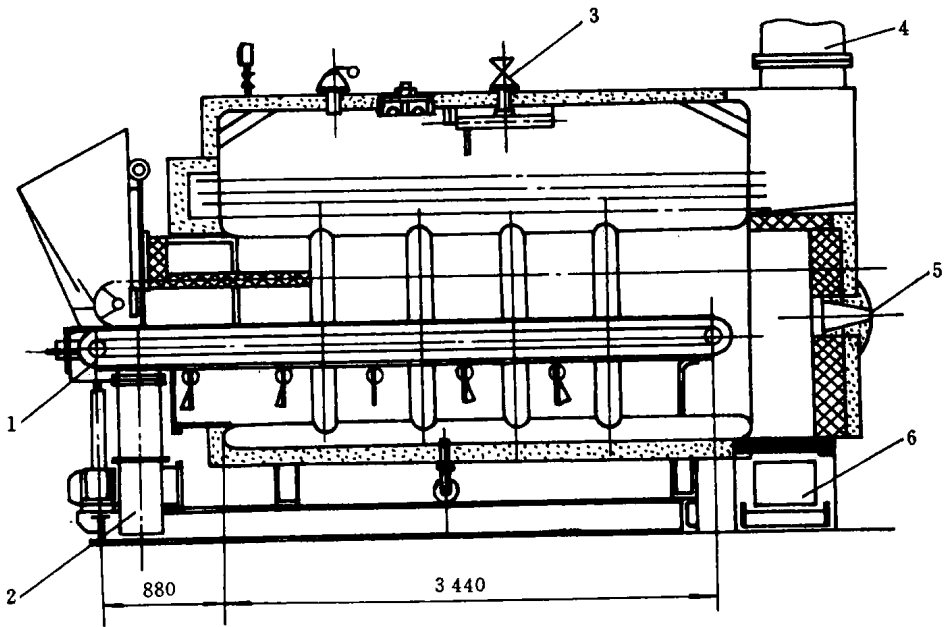


图 1-7 卧式内燃烟火管锅炉

1—链条炉排；2—送风机；3—主汽阀；4—烟气出口；5—检查门；6—出渣小车

二、水管锅炉

水管锅炉和火管锅炉的显著区别是汽水在管内流动，烟气在管外冲刷流动。另外，在结构上没有大直径的锅筒，用富有弹性的弯水管替代直烟管，受热面布置简便，不但能节省金属，更为提高锅炉容量和蒸汽参数创造了有利条件。在燃烧方面，水管锅炉的炉膛内可根据燃用燃料的特性设置各种燃烧设备，从而改善了燃烧条件，使热效率有较大的提高。在传热方面，可尽量组织烟气对水管受热面作横向冲刷，这样管壁不易积灰，传热能力强，传热系数高于纵向冲刷的烟管。

现在，容量在 4t/h 以上的锅炉，除少数采用烟管锅炉型式外，大都采用了水管锅炉的结构型式。水管锅炉按锅筒的数目，可分为单锅筒和双锅筒；按锅筒放置的位置又可分为纵向置式和横向置式。

工业锅炉蒸汽压力比较低，工质吸热多为蒸发吸热量，需要大量的蒸发受热面，水管锅炉的蒸发受热面多采用锅炉管束的型式，为合理布置这些数量较多的锅炉管束，一般工业锅炉所用的水管锅炉以双锅筒为宜，但也有很多产品是单锅筒结构，其对流管束布置困难，安装与检修也不方便。

1. 双锅筒纵置式水管锅炉

双锅筒纵置式“D”型水管锅炉如图 1-8 所示，它配置有链条炉排。锅炉上、下锅筒的轴线平行于炉排运动方向，故称“纵置式”。炉膛在右，四周都布置有水冷壁管，两侧水冷壁管的上端通过平行于锅筒的上集箱与锅筒相连接，下端分别接于左右下集箱。下集箱位于链条炉排两旁，兼作防焦箱。右侧水冷壁管中间倾斜段作为炉顶水冷壁，由于封盖了炉顶，犹如“D”字，所以称之为“D”型锅炉。前、后墙水冷壁管分别通过垂直于锅筒的上、下集箱与锅筒相连接。它们各自构成独立的水循环系统。后墙水冷壁上、下集箱间还引出一排后拱管，伸入燃烧室，后拱管上敷有耐火材料作后拱，以适用于燃用贫煤（挥发物 13%左右）。炉排下设四个密闭风室，单侧进风，各风室内装有导风挡板以利均衡配风。

燃料燃烧后生成的烟气从燃烧室出来，经后拱上方和烟窗进入烟室，在烟室左侧墙上开有烟气通道，使烟气由此进入锅炉管束，在锅炉管束中间有一条纵向隔烟墙，烟气由后向前流动，横向冲刷第一对流管束，流到前墙折转 180°，向后方冲刷第二对流管束，在锅炉后墙左侧排出，进入省煤器烟道，最后由引风机将烟汽排入烟囱。

采用“D”型布置的优点是锅炉管束布置灵活，用改变上下锅筒中心距、横向管排数和管间距等方法，就可以既满足受热面的需要，又能把烟气流速调整在较为经济合理的范围之内。此外，其炉膛可以狭长布置，适合于采用链条炉排等机械化燃烧设备。其缺点是后拱较长，在烟室内水冷壁的传热和水循环都较差。

2. 双锅筒横置式水管锅炉

图 1-1 所示就是这种型式的锅炉，上、下锅筒的轴线垂直于炉排运动方向，故称为双锅筒横置式锅炉。在配置燃烧设备方面，它不单限于层燃炉，也适宜配置室燃炉。双锅筒横置式工业锅炉很多，容量从 2t/h 到 20t/h，特别是大容量工业锅炉，广泛采用这种布置型式。

图 1-9 所示是一台 SHS20-2.45/400-A 型煤粉炉，从烟气在锅炉内部的整个流程来看，锅炉本体恰被布置成“M”形，所以这种锅炉也称为“M”型水管锅炉。

炉膛内壁布置满了水冷壁管，以充分利用辐射换热。炉膛后墙上部的烟气出口烟窗，水冷

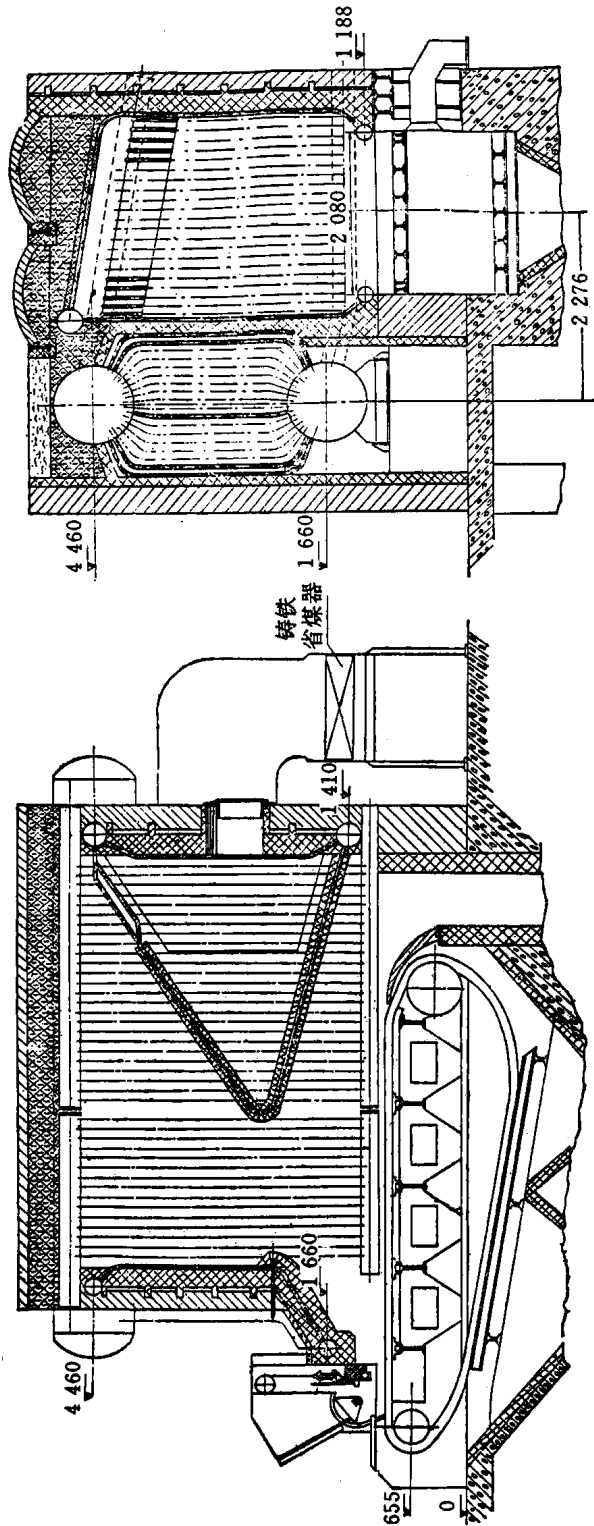


图 1-8 双筒筒纵置式链条炉排锅炉