

GUOLU
JICHU
ZHISHI

锅炉基础知识

锅炉基础知识

邓德成 范 杰 编

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东人民印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 14印张 1插页 305千字

1980年3月第1版 1980年8月第1次印刷

印数：1—50,000

书号 15195·54 定价 0.90元



前 言

为了适应工矿企业加强锅炉安全、经济管理的需要，我们编写了这本《锅炉基础知识》。

本书主要介绍了工业锅炉的基本概念、燃料燃烧与传热过程、金属材料与加工工艺、中小型锅炉的炉型和结构原理、锅炉运行及事故处理、锅炉水质管理、锅炉检修与改造、消烟除尘和节约燃料等方面的知识，可供锅炉技术管理人员和司炉工人学习参考。

本书在编写过程中，承蒙青岛市劳动局、青岛市节约办公室的热心指导和大力支持，并经有关同志多次审查和修改，在此表示感谢。

编 者

一九七九年十月

目 录

前 言

第一章 锅炉的基本知识	1
一、概 述	1
二、锅炉的基本知识	5
三、锅炉的工作过程	10
四、锅炉的传热	12
第二章 水和水蒸气	22
一、水的特性	22
二、水的定压蒸发过程	23
三、锅炉的水循环	27
第三章 燃料及燃烧过程	34
一、燃料的化学成分	34
二、燃料的特性	39
三、煤	43
四、液体燃料	46
五、燃料的燃烧方式	52
六、燃料的燃烧过程	56
七、强化燃烧方法	62
八、锅炉燃料及通风量计算	77
第四章 锅炉设备	83
一、工业锅炉的炉型	83
二、锅炉本体设备	106

三、锅炉辅助设备·····	119
四、锅炉自动调节仪表·····	140
第五章 锅炉房·····	150
一、锅炉房的设计布置·····	150
二、管 道·····	167
三、烟 囱·····	179
第六章 锅炉运行及事故处理·····	184
一、生火前的检查和准备工作·····	184
二、生火和并炉·····	187
三、正常运行中的调整与监视·····	189
四、过热器运行·····	193
五、省煤器运行·····	194
六、停 炉·····	195
七、锅炉事故分析和处理·····	197
第七章 锅炉水质管理·····	210
一、水质不好对锅炉的危害·····	210
二、工业锅炉的水质指标及排污量计算·····	218
三、锅炉水处理方法·····	222
四、酸洗法清除炉内水垢·····	233
第八章 锅炉检修与改造·····	236
一、锅炉检修的意义·····	236
二、锅炉钢材的性能要求·····	238
三、锅炉检修工艺·····	240
四、锅炉主要受压部件的损坏及其检修措施·····	253
五、锅炉检验·····	259
六、水压试验·····	263
七、锅炉改造·····	264
八、水管锅炉受压元件强度计算·····	272

第九章 锅炉烟气除尘	287
一、烟气除尘的意义	287
二、各种除尘器的比较	290
三、沉降室除尘器	298
四、C型除尘器	300
五、双级蜗旋除尘器	304
六、陶瓷多管式除尘器	307
七、水膜除尘器	309
八、国外工业锅炉烟气除尘简介	313
第十章 锅炉热工试验	321
一、锅炉热工试验的任务	321
二、锅炉的热效率试验	321
三、烟气分析	336
四、煤的工业分析	340
五、烟(风)道阻力及烟(风)流量的测定	344

第一章 锅炉的基本知识

一、概 述

锅炉主要是由汽锅和炉子组成。最简单的锅炉如图 1—1 所示。下面的炉子是燃料燃烧的场所，上面的汽锅是产生和贮存蒸汽、补充给水的容器。燃料在炉排上燃烧产生高温烟气，加热汽锅里的炉水，使炉水受热汽化成具有一定温度、压力的蒸汽。蒸汽从出汽管引出，被用来取暖、供热、推动机械和发电。

图 1—1 所示的锅炉，蒸发量很小，每小时产汽量只有几十公斤到几百公斤，压力也只有几个大气压，锅炉效率30%左右。

随着工业的发展，只利用大圆筒作锅炉受热面，已不能满足生产的需要，因为圆筒锅炉如果增加圆筒直径，必然引起承压能力降低。所以，经过发展，目前已采用碳素钢管子作受热面。

用钢管作受热面，是沿着两个方向发展的（图 1—2）：一个方向是，采用钢管作烟管和火管锅炉；另一个方向是作水管锅炉。

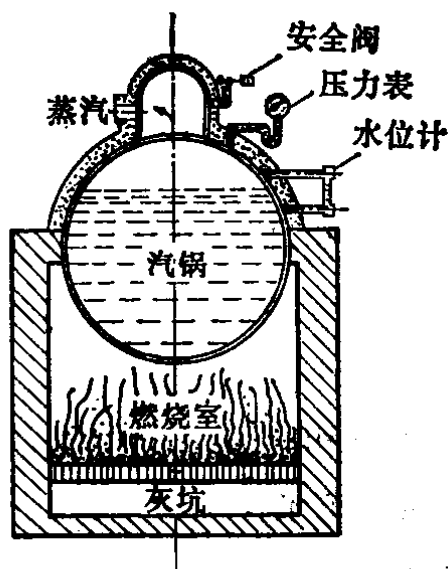


图 1—1 最简单的锅炉

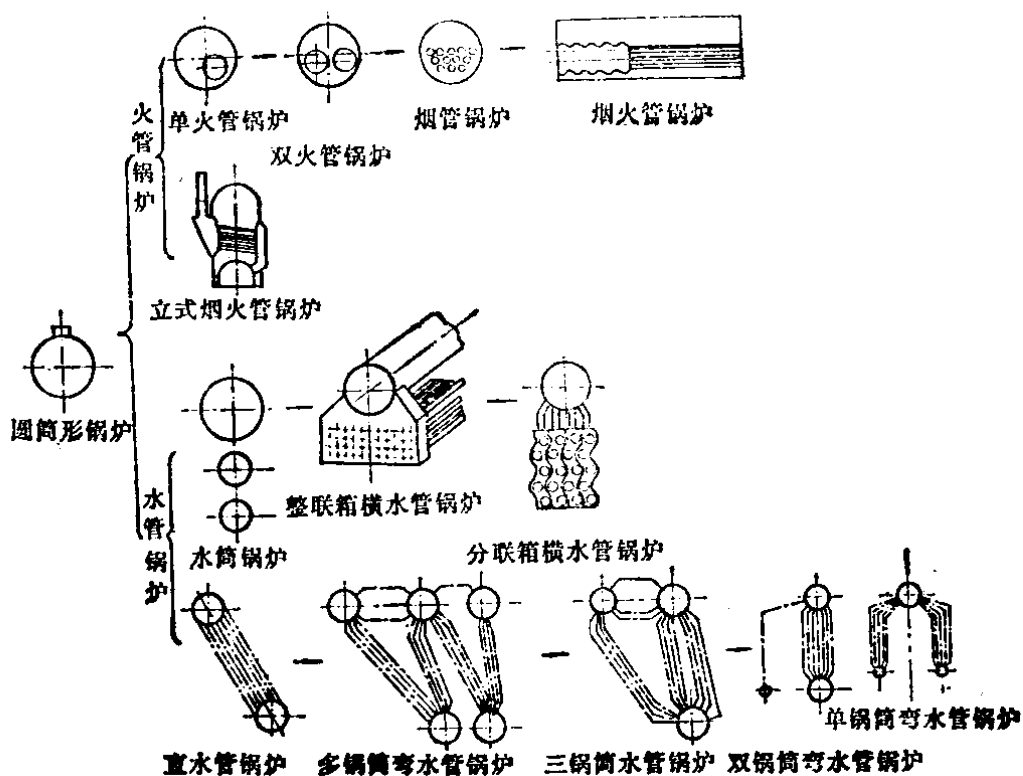


图 1—2 蒸汽锅炉炉型改革过程示意图

最初的烟火管锅炉是，在卧式圆筒锅炉内，装设一根或两根大直径火管（又称炉胆），以后则将大直径的火管改为若干根小直径的烟火管。高温烟气在火管内流过，炉水在管外吸热和蒸发。这类锅炉的结构紧凑，炉墙较小，对给水品质要求较低。但是，由于它的炉膛小，水冷程度大，燃料燃烧不完全，热效率只有50%左右，而且由于炉体结构和燃煤量等的限制，锅炉蒸发量也难以增大。

水管锅炉的发展初期，也是增加圆筒的数量，后来发现，减小圆筒直径、增加它的数量，对改善传热、提高蒸发量和提高锅炉压力极为有利，于是出现了各种形式的水管锅炉。水管锅炉的发展，为大容量、高参数的电站锅炉奠定了基础。

最初生产的水管锅炉和火筒锅炉为卧式布置，为改善水

循环和传热条件，逐步过渡到倾斜布置，最后发展到立式布置。立式水管锅炉的水管，有直的和弯曲的两种。水管的两端与管板或锅筒连接。

炉膛四壁敷设的水管，既可以保护炉墙，又可以增加传热效果，提高锅炉的蒸发量。炉膛四壁水管的上、下两端，可以不用大直径的锅筒连接，而与小直径的联箱连接。这样，锅筒数目可由开始的 3 ~ 5 个，逐步减为 1 ~ 2 个。目前世界上广泛采用的直流锅炉，取消了锅筒，既节约合金钢材，又能简化制造工艺。

为了充分利用余热，在烟道内加装过热器、省煤器和空气预热器，可提高蒸汽、给水和送风温度。同时，高温的给水和预热空气，对提高锅炉出力、强化燃烧提供了有利条件。

蒸发量的提高，必须在有限的炉排上强化燃烧，所以只靠烟囱产生的自然引风，显然是不能满足需要，这样就出现了送风机和引风机，用来克服炉排上燃烧层的阻力、烟道阻力，提高烟气流速，增强传热。

随着煤耗增加和燃烧技术的发展，用手工向固定炉排上添煤、手工清炉的操作方法，已不适应形势发展的需要，于是机械化炉排逐渐出现。例如，活动手摇炉排、链条炉排、往复推动炉排、震动炉排等。这些炉排的添煤方法、除渣方式和对煤颗粒要求以及送风方式等，虽然都各不相同，但都没有超出炉排燃烧的范围。二十世纪初所采用的煤粉悬浮燃烧方法，把炉排燃烧跃进到炉膛燃烧，为进一步强化燃烧和发展大型锅炉，开辟了新的途径。

现代锅炉总的发展方向是：增大锅炉蒸发量，提高蒸汽压力和温度，扩大燃料适应性，简化结构，节省钢材，降低

成本，提高锅炉运行的可靠性和经济性。

增大锅炉单炉蒸发量，不仅相对地减少了锅炉本体设备、辅助设备、建筑物、安装费用和运行人员等，而且调度管理方便。增大单炉蒸发量，可以大大提高锅炉热效率，减少热损失，节省燃料，降低成本。

提高蒸汽压力和温度，也是提高锅炉经济性的主要途径。

锅炉蒸发量的增大和蒸汽参数的提高，对给水质量也提出了严格的要求，以避免受热面结垢和腐蚀。

由于人类对能量的需求不断增长，就必须扩大燃料适应性，合理利用普通煤、燃料油、低质煤、天然气等。目前国内对沸腾锅炉的研究，已逐步达到完善的程度，这对于利用低质燃料（如煤矸石等），提供了条件。特别是原子能的利用，更有着广阔的发展前途。据估计，到2000年，世界上用于发电的原子能锅炉将占全部电站锅炉的三分之一到二分之一。

由于各种生产的需要不同，如压力大小、蒸发量多少、燃烧方式和结构型式的差异等，锅炉的分类标准也不一样。我国对锅炉的分类，大致有以下几种情况：

（一）根据压力大小分：

1. 低压锅炉：15表大气压以下，蒸汽温度低于400℃。
2. 中压锅炉：16~59表大气压，蒸汽温度为400~450℃。
3. 高压锅炉：60~139表大气压，蒸汽温度为460~570℃。
4. 超高压锅炉：140表大气压以上。

（二）根据工业锅炉蒸发量大小分：

1. 小型锅炉：20吨/时以下。

2. 中型锅炉：20~75吨/时。

3. 大型锅炉：75吨/时以上。

(三) 根据其他方法分：

1. 根据安装的型式分：有立式锅炉和卧式锅炉。

2. 根据燃料及燃烧设备分：有层燃炉、煤粉炉、燃油炉、旋风炉和原子能锅炉等。

3. 根据烟气和炉水的流道分：有烟管锅炉、水管锅炉和烟水管混合布置的锅炉等。

4. 根据水循环分：有自然循环锅炉、强制循环锅炉、直流锅炉和复合循环锅炉等。

二、锅炉的基本知识

(一) 锅炉基本特性：

1. 蒸发量：蒸发量又叫出力，表示锅炉每小时能够产生的蒸汽量。设计制造锅炉时，所规定的蒸发量又叫额定蒸发量或额定出力。单位为吨/时或公斤/时。

2. 蒸汽参数：蒸汽参数表示蒸汽所具有的压力和温度。如果锅炉不安装过热器，蒸汽温度就是这个工作压力下的饱和温度。设计制造时所规定的压力和温度，分别称为额定工作压力和额定蒸汽温度。

测定蒸汽压力的单位一般为公斤/厘米²、测定蒸汽温度的单位是℃。

3. 锅炉效率：指燃料燃烧所放出的热量被锅炉有效利用的程度。也可以认为，锅炉产生的蒸汽所具有的热量与同时时间内进入锅炉的燃料所拥有热量的比值，再折成百分比。例

如，一台快装锅炉的效率是70%，就是说进入锅炉的燃料所拥有的热量有70%被蒸汽带走。所以锅炉效率又称为锅炉热效率。

4. 比热： 1 公斤或 1 标准米³的物质，温度升高 1℃所需要的热量，叫做这种物质的热容量。

某种物质的热容量与水的热容量的比值，称为这个物质的比热。常用材料的比热见表 1—1。由于水的热容量为 1 大卡/公斤·℃，因此各种物质的比热在数值上与这种物质的热容量相等。

表 1—1 常用材料的比热（大卡/公斤·℃）

材 料 名 称	比 热	材 料 名 称	比 热
石 棉 板	0.195	云 母	0.21
石 棉 纤 维	0.195	玻 璃	0.16
混 凝 土	0.27	水	1.0
耐 大 粘 土	0.26	铝	0.22
冰	0.54	黄 铜	0.09
矿 物 片	0.22	铜	0.091
矿渣混凝土	0.21	钢	0.12
橡 胶	0.33	铸 铁	0.13

5. 焓： 1 公斤工质（水、蒸汽、空气或烟气）在各种状态下所具有的热量叫做焓，单位为大卡/公斤。

6. 蒸发率： 锅炉的蒸发量与蒸发受热面之比，称为锅炉的蒸发率，单位为公斤/米²·时。由于锅炉各段受热面吸热强度不同，蒸发率也不一样。因此，锅炉蒸发率一般是指锅炉的平均蒸发率。

7. 炉膛容积热负荷：表示燃料燃烧在每立方米炉膛容积中，每小时所发出的热量，单位为大卡/米³·时。炉膛容积热

负荷过大，表示炉膛容积过小，每小时在1米³的炉膛容积里燃烧了过多的燃料，燃料在炉膛里停留时间不够，燃烧不完全。反之，则表示炉膛容积过大，结构不紧凑，对燃烧不利。

8. 炉排热强度：表示每平方米炉排上，每小时燃烧的燃料所产生的热量，单位为大卡/米²·时。

(二) 温度及测量：温度即表示物质的冷热程度。测量温度常用的单位是摄氏度，用℃表示。在锅炉设计计算中，常用绝对温度单位，用°K表示。绝对温度的零度为摄氏零下273.16度。如果以T表示绝对温度的值，以t表示摄氏温度的值，其转换公式为：

$$T = t + 273.16^{\circ}\text{K}$$

测量温度的仪表主要有以下几种：

1. 玻璃水银温度计：测量范围为-80~500℃。这种温度计结构简单，使用方便，在给水、蒸汽、油和风管道上广泛使用。

2. 压力式温度计：测量范围为0~300℃左右，外形与压力表相似，利用温包内气体体积与温度成正比关系，将所测定的温度转换为气体的压力，推动表盘上的指针而指示出温度值。

3. 热电偶温度计：测量范围为-100~1600℃，它具有较高的准确度，可以远距离测量。

4. 电阻温度计：测量范围为-50~500℃。常用的电阻温度计有，铜电阻和铂电阻温度计。

5. 光学温度计：测量范围为500~2700℃，这是一种非接触式温度计。

(三) 压力及测量: 压力是在单位面积上垂直作用的力, 在工程上表示压力的单位有公斤/厘米²、毫米水柱和毫米汞柱等。其换算关系为:

$$1 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10000 \text{ 毫米水柱} = 735.6 \text{ 毫米汞柱}。$$

锅炉计算中, 常用绝对压力单位, 1 绝对压力等于表压力加当地大气压。为计算方便, 在工程上将当地大气压算成为 1 公斤/厘米², 因此, 绝对压力 = 表压力 + 1 公斤/厘米²。

测量压力的仪表主要有以下几种:

1. U形管压力计: 用内径为 3 ~ 8 毫米的玻璃管弯制而成。在U形管内充以水银、水或四氯化碳等, 可以测得正压和负压, 但测量范围不大。经常用它测定锅炉烟风道和炉膛的正负压。

2. 弹簧管式压力表: 利用弯曲弹簧管在接受不同内压时, 其伸缩性能不同的原理制成, 锅炉上普遍用来测试蒸汽、给水及重油的压力。

3. 波纹管压力计: 用于测定和记录蒸汽、给水和重油的压力。

4. 膜片压力计: 利用被测压力作用下, 金属膜片由于本身的弹性产生变形的原理制成, 除能够测量外, 还可发出简单讯号, 或接通控制电路。

5. 膜盒压力计: 它的原理与膜片压力计基本相同, 只是测量范围更低, 一般在 $\pm 600 \sim \pm 2000$ 毫米水柱以内。它适用于测量空气管道、燃烧装置、炉膛等压力接近于零的正负压力。

6. 活塞压力计: 这种压力计在锅炉上用处不大, 一般只作校正压力表用。

（四）流量及测量：流量是在单位时间内（如时、分、秒）流体通过管道或其他流道横断面的数量。流量以体积计算，称为体积流量，单位为米³/时，或升/分等。流量以重量计算，称为重量流量，单位为吨/时，或公斤/时等。

测量流量的仪表主要有以下几种：

1. **速度式流量计：**这种流量计是用被测液体流过管道时的流速，去冲动流量计的叶轮转动。流速大，反映了液体的流量大，反之则小。流速大时，叶轮转数高；流速小时，转数低。利用叶轮的转数与流量的恒定关系，可以从刻度盘上直接读出流量。这种流量计有水表和蜗轮流量计。

2. **容积式流量计：**这种流量计是用被测流体不断充满一定容积的测量室，并使活塞、转鼓或齿轮等转动，再利用表盘上的指针和计数器，指示出流体的瞬时流量及累计流量。

3. **差压式流量计：**分为定差压和变差压（节流式）式流量计。它是在流体流动的管道内，装有一个特制的节流装置，流体流过时，在它的前后产生压差，利用压差的大小和流量的关系，测出流体的流量。

4. **电磁流量计：**在流体管道内装有一对电极，管道置于磁场中，能导电的液体在管道内流动时，切割磁场的磁力线，产生感应电势。这个电势通过电极引出，测量出电势的大小，就能测量出液体的流量。

5. **靶式流量变送器：**这种流量变送器不需安装节流装置及敷设导压管，直接将测量靶安装在管道上，变送器将被测介质流量转换成标准气（电）讯号，送到指示、记录和调节仪表上进行指示、记录或作调节用。靶式流量变送器，用于各种燃料油、蒸汽和给水流量的测量。

三、锅炉的工作过程

锅炉的作用是使燃料在炉内燃烧，放出热量。这些热量通过锅壳、烟管、水冷壁、对流管等受热面传送给炉水，炉水受热后，汽化变成具有一定压力和温度的蒸汽供给用户。

图 1—3 为 SHL20—13/300 型锅炉。下面以它为例简要介绍锅炉的工作过程。

（一）煤、烟系统：锅炉所需要的煤炭，在煤场经过筛选，破碎后，经皮带运输机送至锅炉前煤仓。煤仓内的煤，通过煤闸板，随着链条的移动，不断地落到炉排上，送进炉膛燃烧。燃烧所需的空气，由送风机抽取锅炉房内温度较高的空气，经过空气预热器吸收一部分烟气余热，提高温度后，再分段送到炉排下面，穿过炉排缝隙进入煤层助燃。

炉排上燃烬的炉渣，通过老鹰铁刮入灰坑，由除渣机除去。燃烧产生的高温烟气，首先将一部分热量传给水冷壁，然后烟气从炉膛上部经过立式过热器，往后折转于对流管束之间，再进入后烟道，经省煤器和空气预热器进一步放出热量。此时烟气温度已降低，无利用价值，经除尘器后被引风机送至烟囱，排放至大气。

（二）汽、水系统：经过处理的给水，由给水泵打入省煤器，吸收部分烟气热量，提高温度后进入上锅筒。上锅筒的作用是，汇集、贮存、净化蒸汽和补充给水。上锅筒内的炉水，不断地沿着处在烟气温度较低区域的对流管束，进入下锅筒。下锅筒的作用是，汇集和分配炉水，并将炉水中的一部分沉淀物质通过定期排污排出炉外。

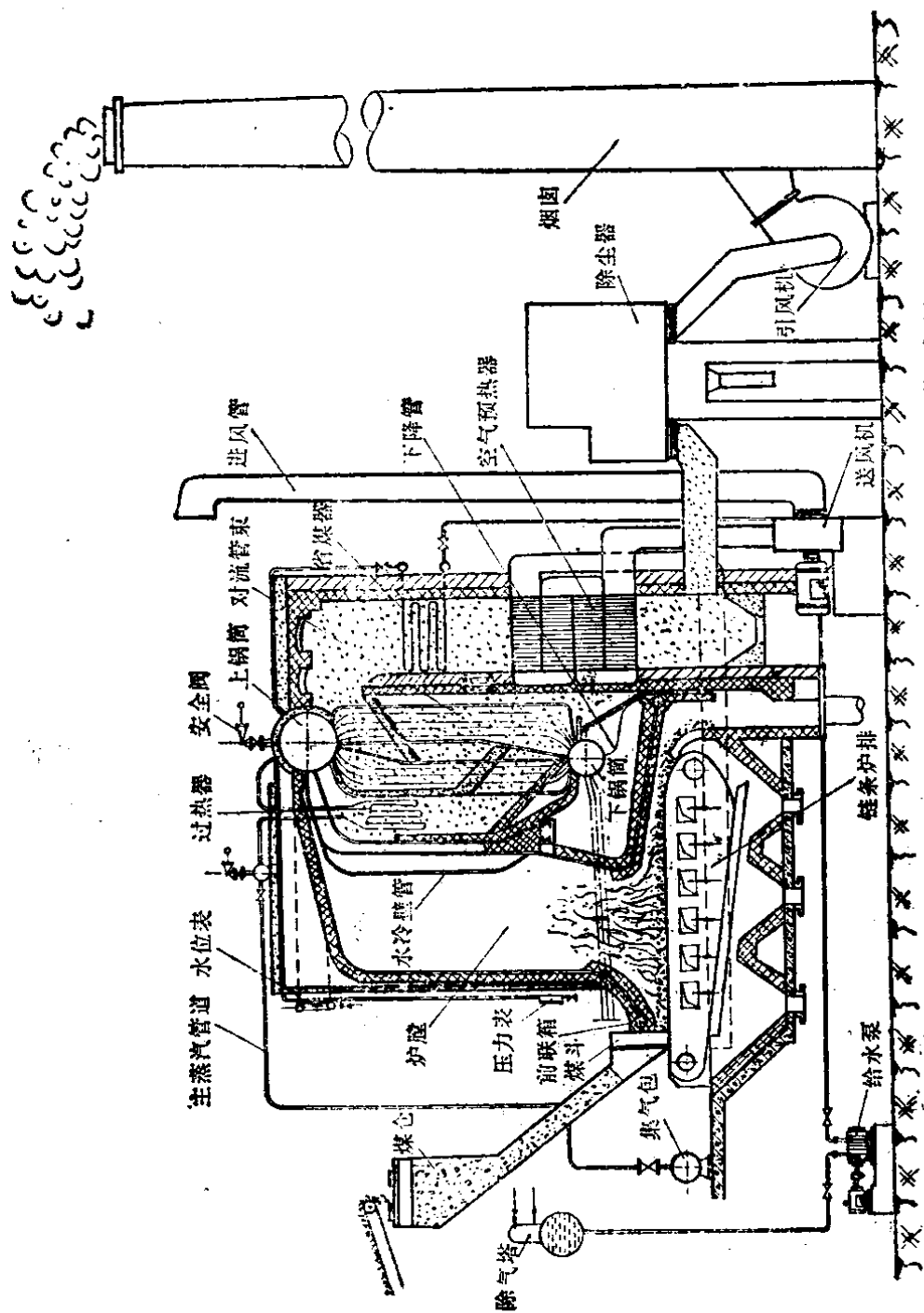


图 1—3 SHL20—13/300 锅炉工作过程