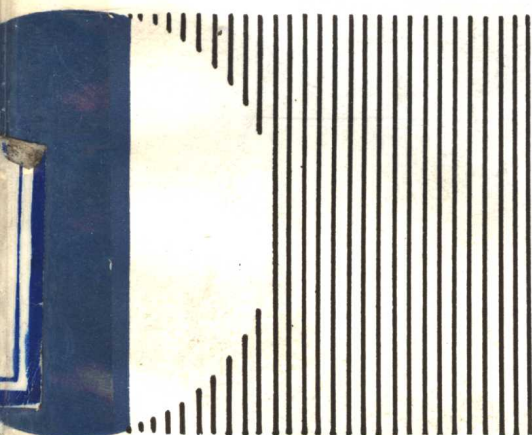


筑炉工

● (高级工)

本培训教材编委会 组织编写



中国建筑工业出版社

安装工人技术等级培训教材

筑 炉 工

(高 级 工)

本 培 训 教 材 编 委 会 组 织 编 写

河南省工业设备安装工程公司 刘克峻 主编

张哲生 周菊安 姜达权

厉学亭 康 洁 陈春玲 编

陕西省设备安装工程公司 宿玉民 主审

中国建筑工程出版社

(京)新登字 035 号

本书是建设部教育司审定的安装工人技术等级培训教材之一,是根据《安装工人技术等级标准》中的高级筑炉工应知、应会的要求编写的。内容包括一般工业炉的构造原理及砌筑,建材工业炉的构造原理及砌筑,冶金工业炉的构造原理简介,耐火混凝土施工方案的选择,烘炉,单位工程施工组织设计,工法制度简介,质量评定与工程交工,以及耐火材料性能的测定方法等。

本书是建设部指定的高级筑炉工的技术培训教材,也可供有关施工人员参考。

安装工人技术等级培训教材

筑 炉 工

(高 级 工)

本培训教材编委会 组织编写

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市顺义县燕华印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 11 1/4。插页: 1 字数: 249 千字

1993 年11月第一版 1993 年11月第一次印刷

印数: 1—3,300册 定价: 6.95元

ISBN7-112-02136-7/TU·1639

(7156)

出版说明

为贯彻落实建设部教育工作会议精神，认真搞好建设系统职工的培训工作，尽快提高建设系统职工队伍的技术素质，我司在中国安装协会的协助下，在注意吸收国内外先进培训经验的基础上，组织编写了本套“安装工人技术等级培训教材”。

该套教材覆盖了建筑安装十个主要工种。各个工种的教材按初级工、中级工和高级工三个等级编写，并附有一本《安装工人技术等级培训计划与培训大纲》与之配套，全套教材共计31种。

本套教材在编写时以《安装工人技术等级标准》(JGJ 43—88)为依据，针对目前建设系统职工技术素质的实际情况和职工培训的实际需要，力求做到应知应会相结合。全套教材突出实用性，即侧重于全面提高职工的操作技能，辅以工人必须掌握的基本技术知识和管理知识，并较详细地介绍了成熟的、并已推广应用的新材料、新设备、新技术、新工艺。初、中、高三个等级的教材内容既不重复，又相互衔接，逐步深化。培训计划与培训大纲在编写时力求做到实用、具体，并列出了考核项目，供各地参照执行。

本套教材及培训计划与培训大纲已通过全国各地有关方面专家审定，现由中国建筑工业出版社出版，可供建筑安装工人培训、自学及技术竞赛之用。在使用过程中如发现问题，请及时函告我们，以便修正。

建设部教育司

“安装工人技术等级培训教材”

编 委 会

主任委员：杨筱悌 强十渤 吴小莎

委员（以姓氏笔画为序）：

王 旭	卢建英	刘克峻	李 忠
杨同起	张 峥	张文祥	林汉丁
孟宪明	赵恒忱	钱大治	蔡耀恺

目 录

一、一般工业炉的构造原理与砌筑	1
(一) 工业锅炉	1
(二) 电站锅炉	31
(三) 热处理炉	57
(四) 加热炉	65
(五) 干燥炉	82
复习题	89
二、建材工业炉的构造原理与砌筑	91
(一) 回转窑	91
(二) 石灰窑	112
(三) 隧道窑	120
(四) 玻璃熔窑	130
复习题	174
三、冶金工业炉构造原理简介	175
(一) 转炉	175
(二) 高炉及热风炉	182
(三) 化铁炉	199
(四) 混铁炉	213
(五) 焦炉	220
复习题	239
四、耐火混凝土施工方案的选择	240
(一) 耐火混凝土基础知识	240
(二) 耐火混凝土施工方案	249
(三) 选择施工方案的原则	254

(四) 施工方案的经济比较和计划安排	254
(五) 施工技术措施	256
(六) 胎具基本知识	257
复习题	258
五、烘炉	259
(一) 烘炉的作用	259
(二) 炉窑工作参数的测量	264
(三) 工业蒸汽锅炉的烘炉程序	268
复习题	271
六、单位工程施工组织设计编制程序和内容	272
(一) 施工组织设计在施工管理中的作用	272
(二) 施工组织设计的分类	273
(三) 编制施工组织设计应遵循的原则	274
(四) 单位工程施工组织设计编制程序和依据	275
(五) 单位工程施工组织设计的内容和编制方法	277
复习题	295
七、工法制度简介	296
(一) 工法的定义	296
(二) 工法的内容	298
(三) 工法编写的基本原则	300
(四) 工法和现在技术工作中的几个关系	301
(五) 工法在筑炉中的应用	302
复习题	305
八、质量评定与工程交工	306
(一) 质量评定	306
(二) 工程的交工验收	314
复习题	323
九、耐火材料性能的测定方法	324
(一) 耐火制品的表观密度、气孔率的测定	324
(二) 常温耐压强度的测定方法	329

(三) 耐火度的测定方法	333
(四) 荷重软化点的测定方法	337
(五) 耐火材料热震稳定性检验方法	340
(六) 耐火材料热膨胀检验方法	343
复习题	346
附录 高级筑炉工技术标准	347
参考文献	348

一、一般工业炉的构造原理与砌筑

(一) 工业 锅 炉

1. 概述：在各种工业企业的动力设备中，锅炉是不可缺少的组成部分。它是把燃料的化学能转变为热能，再利用热能产生蒸汽的设备。蒸汽可以做为动力，推动汽轮发电机发电，可用于生产过程，如造气、加热及烘干等，也可用作取暖。在电力、化工、轻工、交通运输以及医疗卫生等方面，锅炉是不可缺少的重要设备。目前我国拥有工业锅炉约40万台，70多万蒸吨，而且每年生产新的锅炉产量达15万蒸吨，是能源建设中的重要组成部分。

锅炉按其用途基本上可分为四大类，即电站锅炉，工业锅炉，生活锅炉和船舶、机车锅炉。

电站锅炉生产的蒸汽是用来驱动原动机发电的，一般工作压力 $P \geq 3.82\text{MPa}$ ，室燃方式，热效率较高。

工业锅炉生产的蒸汽或高温热水，是向各用热部门供应热能的，一般采用低参数（ $P < 3.82\text{MPa}$ ），多为层燃方式，热效率较电站锅炉低。

生活锅炉一般 $P < 0.09\text{MPa}$ ， $t < 128^\circ\text{C}$ ，多为手烧炉，热效率低。

船舶和机车锅炉是移动的，对体积、重量限制严格，一般用中、低参数，炉膛热负荷高。

锅炉设备包括锅炉本体和辅助设备两部分。

锅炉还可以做如下分类：

(1) 按照安装形式的不同，可以分为快装锅炉、散装锅炉。

(2) 按照汽包形式的不同，可以分为立式锅炉、卧式锅炉。

(3) 按照燃烧形式的不同，可以分为：

层燃式：有固定炉排和翻转炉排两种，如K式锅炉；

悬燃式：如沸腾炉、旋风炉等。

(4) 按照装置不同，可以分为：

移动式：如火车头、轮船、压路机；

固定式：如沸腾炉、余热锅炉。

(5) 按照热能的不同，可以分为燃油炉、燃气炉、余热锅炉、煤粉炉等。

(6) 按照蒸汽压力的大小，锅炉可分为：

低压锅炉——1.5MPa以下；

中压锅炉——1.5~6.0MPa；

次高压锅炉——6.0~9.0MPa；

高压锅炉——9.0~14.0MPa；

超高压锅炉——14.0MPa以上。

(7) 按照蒸发量的多少，锅炉可以分为：

小型锅炉——20t/h以下；

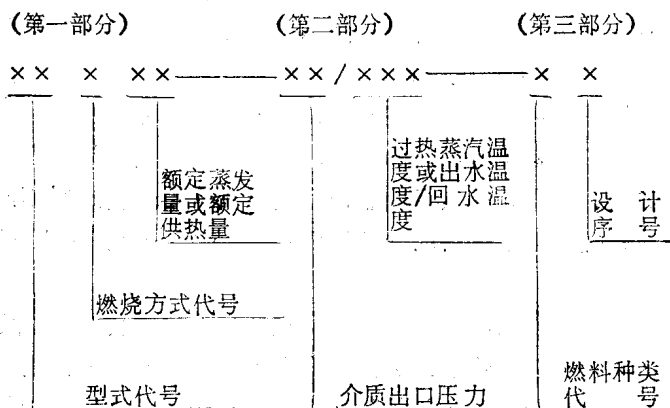
中型锅炉——20~75t/h；

大型锅炉——75t/h以上。

2. 锅炉工作原理：锅炉是一种生产蒸汽的换热设备。它通过煤、油或天然气等燃料的燃烧，释放出化学能，并通过传热过程把能量传递给水，使水转变成蒸汽，蒸汽直接供给工业生产所需的热能，或通过蒸汽动力机械转换为机械

能，或通过汽轮发电机转换为电能，所以锅炉的任务是把燃料中的化学能最有效地转换为蒸汽热能。

工业锅炉产品型号由三部分组成，各部分之间用短横线相连。其关系如下：



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。这一部分里又分为三段。第一段用二个汉语拼音字母代表锅炉总体型式；第二段用一个汉语拼音字母代表燃烧方式；第三段用阿拉伯数字表示蒸汽锅炉额定蒸发量为若干t/h或热水锅炉额定供热量为多少，各段之间连续书写，互相衔接。

第二部分表示介质参数。这一部分分为两段，中间以斜线相连。第一段用阿拉伯数字表示介质出口压力为若干MPa；第二段用阿拉伯数字表示过热蒸汽温度或出水温度/回水温度，蒸汽温度为饱和温度时，型号的第二部分无斜线和第二段。

第三部分表示燃烧种类和设计次序，共分两段：第一段

以汉语拼音字母代表燃料种类，同时以罗马数字代表燃烧分类与其并列，如同时使用几种燃料，主要燃料放在前面，第二段以阿拉伯数字表示设计次序，和第一段连续书写，原型设计无第二段。

例如：SHS20-25/400-H表示双锅筒横置式室燃，额定蒸发量为20t/h，蒸汽压力2.45MPa，过热蒸汽温度为400℃，燃料为褐煤煤粉。

锅炉本体是由“炉”和“锅”两大部分组成的。

“炉”就是将燃料的化学能转化为热能的燃烧设备。它由炉墙、炉排、炉顶组成燃烧空间。其作用是使燃料不断地燃烧。由于燃料的种类性质不同，炉子的构造也不一样。

“锅”就是吸收“炉”的高温烟气的热量传给低温的水，将其加热为热水或蒸汽的汽水系统。汽水系统是由汽包和管束组成的一个封闭的热交换器，在炉膛周围布置的排管称为水冷壁管，在炉膛后面与锅筒相连接的排管称为对流管束。汽水系统的作用是使管束内的水不断吸收烟气的热量，以产生一定压力和温度的热水和蒸汽。

在锅炉本体中，除了由水冷壁和对流管束组成的主要受热面外，还有辅助的受热面，它包括蒸汽过热器、省煤器和空气预热器。蒸汽过热器的作用是将锅炉中的饱和蒸汽加热成为过热蒸汽。省煤器的作用是将锅炉的排烟余热用来加热锅炉的给水。空气预热器的作用是将锅炉排烟余热用来加热送入炉内的冷空气。

锅炉的工作原理简述如下：

经过软化的水，由水泵加压后，经给水管道的送至省煤器，在其中被加热到预热温度后，给水进入锅筒，然后由下

降管下行至水冷壁进口集箱。水在水冷壁内吸收炉膛内的辐射热而形成汽水混合物上升到锅筒中，经过汽水分离装置，蒸汽由锅筒上部离开，流经过热器中，在过热器内，饱和蒸汽继续吸收热量成为过热蒸汽，然后送往分汽缸，再由分汽缸分别送往用热单位。

煤在煤场经过粉碎、筛选，由皮带运输机将煤送进炉前煤斗，因炉型不同，燃烧方式不同，所以煤通过不同设备送入炉膛内燃烧。煤在炉膛内燃烧放出大量热量，除被水冷壁管吸收外，燃烧后的热烟气上升，在烟道内经过过热器，对流管束、省煤器、空气预热器后，再经除尘装置清除其中的飞灰，最后才由风机送往烟囱，排到大气中去。

普通锅炉燃烧室的工作温度为 $1400\sim 1600^{\circ}\text{C}$ ，其衬里一般采用一级粘土砖砌筑，其余部位的炉衬和烟道工作层则用三级粘土砖，非工作层采用普通红砖砌筑。某些普通锅炉的前拱的工作温度为 $1300\sim 1400^{\circ}\text{C}$ ，后拱工作温度为 1000°C 。耐火材料有的采用一级粘土异形砖，有的采用高铝水泥粘土质耐火混凝土。现在有的锅炉燃烧室内衬采用耐火度为 $1710\sim 1790^{\circ}\text{C}$ 的耐火可塑料或耐火浇注料浇灌，其效果良好。

3. 工业锅炉的构造：锅炉的汽包、水冷壁和对流管束是锅炉的主要受热面；蒸汽过热器、省煤器和空气预热器是锅炉的辅助受热面。在锅炉口还装有各种附件，这里仅介绍锅炉受热面，以加深对锅炉工作过程的理解。

(1) 锅的装置

a. 汽包的构造：锅炉的汽包又称为锅筒或汽鼓，是用钢板制成的圆柱形容器，两端有凸形的封头，按锅炉蒸发量的大小，工业锅炉汽包的长度大约为 $2\sim 7\text{m}$ ，汽包的直径为 $0.8\sim 1.6\text{m}$ 。按锅炉工作压力的大小，汽包的壁厚大约从十

几到二十几毫米。其内部装有汽水分离设备，下部储水，上部蓄汽，与上升管、下降管、集箱组成循环回路。将上升管引入的汽水混合物分离，饱和水回入下降管，饱和蒸汽送出使用。为了保证锅炉的连续运行，还应有安全装置、补充给水和排污装置。

目前生产的工业锅炉大多数有二个汽包，一个上汽包和一个下汽包，两个汽包用对流管束连接起来。也有生产和使用一个汽包的锅炉。

b. 汽水分离装置及作用：汽包内部贮存相当数量经过处理的水，经过处理的水仍含有一些杂质，未经处理的水所含杂质更多。锅内的水不断蒸发，而水中的杂质却被留了下来，使锅内水的杂质浓度越来越高，锅水也逐渐不清洁。

由于蒸汽携带了不清洁的锅水，炉水中含有浓缩了的盐分，因而使水的品质恶化，产生一些沉淀和被蒸发而遗留下的残渣，这些残渣在过热器内就会形成盐垢，使过热器传热不良，还会发生爆炸事故。

减少蒸汽带水量的最简单的办法，就是采取汽水自然分离措施。一方面减轻蒸发面的搅动；另一方面增加蒸汽空间的体积，使大滴的水珠能自然落回水面。但随着蒸汽量的需求，汽水的自然分离已不能满足要求，要在汽包内装设汽水分离装置。

(2) 循环系统及其装置

a. 水循环：锅炉的水循环可分为自然循环和强制循环两种。

利用相对密度差而形成的水循环称为自然循环。

依靠水泵的机械动力作用迫使的水循环称为强制循环。

锅筒向降水管和下联箱供水，水冷壁管则由下联箱配

水，使汽水系统形成锅筒→下降管→下联箱→水冷壁管→上联箱→汽水导出管→锅筒这样一个封闭的循环回路，水在这个回路里连续不断地流动就叫水循环，如图1-1所示。

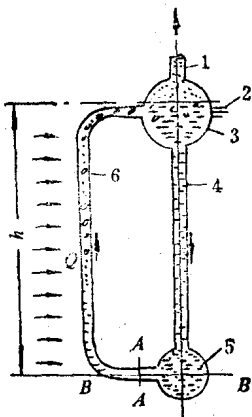


图 1-1 蒸汽锅炉水循环

1—蒸汽出口；2—给水管；3—汽包；4—下降管；
5—联箱；6—上升管

b. 水冷壁管：在炉膛内布置的水冷壁管，可防止高温炉气烧坏炉墙，也可防止熔化的灰渣在炉膛上结成渣瘤，但是在炉膛设置水冷壁的主要目的，还是靠水冷壁吸收高温烟气的大量辐射热，在一般情况下，水冷壁管吸收的热量为锅炉总吸热量的50%左右。

c. 对流管束：对流管束的上端和上汽包连接，下端和下汽包或下联箱连接，连接的方式有胀接和焊接两种。

全部对流管束都放置在烟道中，受到烟气的冲刷，虽然在对流管束中没有明显的不受热的下降管，但水循环仍然存在。

(3) 过热器、省煤器、空气预热器

a. 蒸汽过热器：蒸汽过热器的安装位置通常布置在烟道的高温区域。

蒸汽过热器的作用是将从汽包引出的饱和蒸汽加热干燥，并达到一定的过热温度。它是电厂锅炉机组不可缺少的部件，工业锅炉也常用到。

b. 省煤器：它是利用锅炉排烟的部分热量而加热锅炉给水的一种换热设备，通常给水加热升高 1°C ，烟气温度可降低 $1.5\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。

省煤器是锅炉尾部的受热面，设置在对流管束后面的烟道中。

c. 空气预热器：它也是利用锅炉的烟气余热的尾部受热面，用来加热燃料燃烧需要的冷空气。

空气预热器的使用可以减少锅炉排烟热损失，提高锅炉热效率，还可以使进入炉内的冷空气变为热空气，加速和改善炉内燃料的燃烧条件，使炉内温度提高，增加炉内辐射换热效能。

(4) 炉膛 炉膛是蒸汽锅炉最重要的部分，在炉膛内，燃烧与传热过程同时进行，燃料为煤粉的锅炉炉膛结构很简单，只是一个四周布满水冷壁的燃烧室，炉墙上装有煤粉燃烧器，通常炉膛出口布置在燃烧室的上部，下部形成冷灰斗。

炉膛的尺寸必须保证煤粉在炉内有足够的停留时间，以使煤粉完全燃烧，因此，要求炉膛必须有符合锅炉规定要求的容积。

燃烧器通常布置在前墙或两侧墙，水平喷出的火焰折转向上，呈“L”形，离开炉膛进入烟道。

(5) 锅炉钢架 在锅炉机组中，用来支撑汽包、联箱、

受热面管子、平台、扶梯及部分炉墙的金属构件，称为锅炉钢架。

钢架由型钢（工字钢、槽钢、角钢等）焊接而成的，钢架不仅用来支撑锅炉的部件，而且还用来严格地保持这些部件之间的位置（或者说是相对位置）。因此，锅炉的钢架应具有足够的强度，刚度和一定的伸缩性，满足制造安装简单、造价低、用钢少等条件。

钢架是由立柱、横梁、辅助梁和支撑杆件组成，如图1-2所示。

立柱是垂直于地面并将重量传给基础的承重构件，立柱传给基础的集中荷载很大，通常主柱下面设有面积扩大的底座，底座与基础用地脚螺丝连接，最后焊接固定。

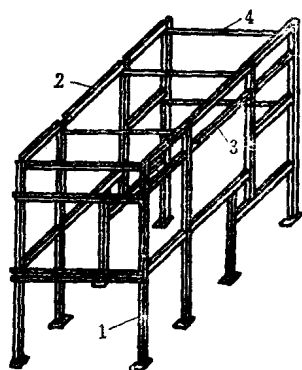


图 1-2 锅炉钢架

1—立柱；2—横梁；3—辅助梁；
4—支撑杆

横梁是水平放置的承重构件，承受汽水系统的荷载。

辅助梁和支撑杆用来增强钢架整体的刚性和稳定性，用于支撑炉墙和固定平台扶梯。

为了防止钢架受热而产生热应力，承重的立柱和横梁必须布置在炉墙和烟道的外面，这样可受到空气的冷却，起支撑作用的辅助梁和支撑杆件可以布置在炉墙内，但必须置于耐火砖的外侧。

对于那些穿越烟道的金属构件，则应用耐火绝热材料加以覆盖，断面中空，以利空气流通。