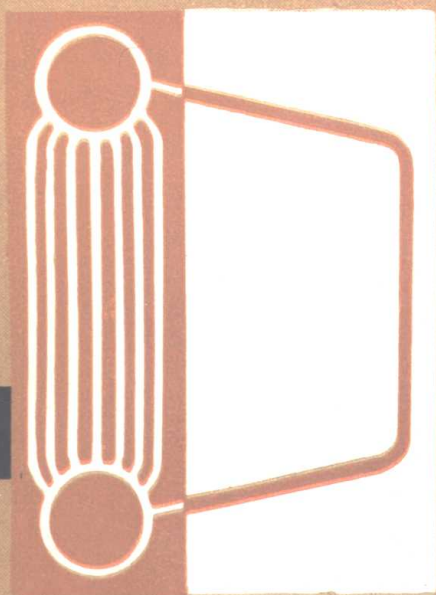


小型锅炉

设计与改装



哈尔滨工业大学锅炉教研室

科学出版社

内 容 简 介

本书简要阐述了锅炉的工作原理,比较详细地介绍了各地锅炉改革运动中出现的新炉型和燃烧设备。为了便于掌握,本书还提出了小型锅炉设计的简易计算方法,并简单介绍了锅炉的热工试验方法。另外,对与锅炉有密切关系的水处理和风机问题,本书也作了必要的叙述。

本书可供工业锅炉房和采暖锅炉房的工人和技术人员使用,也可供小型锅炉制造厂的设计人员参考。

小 型 锅 炉 设 计 与 改 装

哈尔滨工业大学锅炉教研室

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1972 年 12 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1980 年 7 月 第三次印刷 印张: 16 1/2

印数: 60,801—79,850 字数: 379,000

统一书号: 15031·48

本社书号: 129·15—6

定价: 1.20 元

前 言

电和热是社会物质生产和文明生活中所利用的主要能量形式。电能的生产又以火力发电为主,依靠热能转化为电能。因此,锅炉是一种应用最广的热能装置。人们通常将燃料比喻做工业的“粮食”,那么锅炉也就相当于工业的“肠胃”。目前,我国的中、大型锅炉的自动化、机械化程度和经济性相对水平较高,而小型锅炉则技术落后,水平颇低。

小型锅炉的蒸发量虽然不大(一般在10吨/时以下,少数可达20吨/时),但是它的应用很广、数量很多。而旧式小型锅炉的效率很低,钢材耗量又很大,所以被工人群众称为“煤老虎”和“钢老虎”。在锅炉改革群众运动中,各地按照节煤、省钢、少用电的要求,不仅对各种旧式锅炉进行了改装,而且设计、制造出多种新式的小型锅炉,创造和积累了丰富的经验。

为了总结、推广先进经验,黑龙江省和哈尔滨市有关领导部门先后在几个地区举办了工人短期训练班,我们配合工人讲师团参加了教学工作,这本《小型锅炉设计与改装》就是在短训班教材的基础上修改、补充写成的。

本书系集体编写,由范柏樟担任主编。各章分工如下:第一、七章——范柏樟;第二章——周中也、程韧;第三、四、六章——秦裕琨;第五、十章——鲍亦龄;第八章——李之光、王铄庆;第九章——李之光;第十一、十二章——陈崇枢;第十三章——武其辉、孙鸿宾、阮根健、雷志中;附录——秦裕琨、陈崇枢、范柏樟。

我们在编写本书时力求做到简要、浅明和实用,在内容方面作了如下的处理:

- (1) 对锅炉的工作原理作简明、扼要的叙述。
- (2) 以主要的篇幅介绍各地的具有典型性的新炉型和各种燃烧方式、燃烧设备,并附有主要的结构设计数据和热工试验数据。同时也选择介绍几种国外小型锅炉的新炉型供作参考。
- (3) 介绍了小型锅炉的设计计算方法。对计算的方法、步骤和公式作了简化,在计算中只需具备初等数学知识,各种计算均附有例题。此外,还对比较普遍的、简单的情况提出了估算法,可以不经计算而得到锅炉的主要数据。
- (4) 简要地介绍了锅炉的热工试验方法。
- (5) 对于与锅炉改革密切相关的水处理和风机问题,书中也作了必要的介绍。

由于水平所限,肯定有许多好经验没有被收集进来,而且由于篇幅所限也不能将收集到的经验一一列举。对于书中编写不当和错误之处,希望广大读者和有关科研生产单位在使用本书的过程中提出批评和修改意见,并热诚期望提供宝贵经验,以便我们作进一步的修改和补充。

哈尔滨工业大学锅炉教研室

1972年6月

目 录

第一章 锅炉的工作过程	1
1.1 锅炉的效率.....	1
1.2 锅炉的传热过程.....	2
1.3 蒸汽锅炉的水循环.....	4
第二章 锅炉的炉型	7
2.1 蒸汽锅炉炉型的演变过程.....	7
2.2 国产蒸汽锅炉的炉型.....	10
2.3 国产热水锅炉的炉型.....	31
2.4 国外小型锅炉的炉型.....	37
第三章 机械化层炉	46
3.1 基本概念.....	46
3.2 链条炉.....	49
3.3 振动炉排.....	53
3.4 推动炉排.....	56
第四章 煤粉炉	59
4.1 基本概念.....	59
4.2 竖井式磨煤机.....	61
4.3 风扇式磨煤机.....	65
4.4 煤粉炉的炉膛布置.....	70
第五章 沸腾炉	77
5.1 沸腾燃烧的基本概念.....	77
5.2 沸腾炉的设计.....	79
5.3 沸腾炉的几个实例.....	85
5.4 有关沸腾炉安全与经济性的几个问题.....	92
第六章 油炉	99
6.1 油的燃烧特点.....	99
6.2 蒸汽油嘴.....	100
6.3 机械油嘴.....	103
6.4 调风器与炉膛.....	105
第七章 锅炉的传热计算	112
7.1 效率计算.....	112
7.2 炉内传热计算.....	114
7.3 沸腾炉炉内传热计算.....	117
7.4 对流受热面传热计算.....	119

7.5	小型锅炉简单估算	125
7.6	计算举例	128
第八章	锅炉的烟风阻力计算	137
8.1	烟风阻力计算方法	137
8.2	烟囱抽力计算方法	144
8.3	对烟风道尺寸及结构的建议	145
8.4	烟风阻力计算例题	148
第九章	锅炉元件的强度计算	154
9.1	锅筒筒壳	154
9.2	凸起封头	157
9.3	圆筒形联箱	158
9.4	圆筒形联箱的平封头	159
9.5	管子	160
9.6	平板	160
9.7	烟管管板	161
9.8	拉撑	162
9.9	锅筒筒壳单个大孔的加强	163
第十章	锅内设备	166
10.1	蒸汽带水的原因及影响因素	166
10.2	减少蒸汽带水的一些简单锅内设备	167
10.3	锅筒内的其他设备	172
第十一章	水质监督及水处理	174
11.1	锅炉结垢的原因及清除水垢的方法	174
11.2	锅炉的腐蚀及其防止方法	177
11.3	锅水起沫和给水、锅水的质量标准	179
11.4	水的沉淀软化处理	180
11.5	阳离子交换软化法	185
11.6	阳离子交换软水系统	192
11.7	锅内水处理	196
11.8	水的物理处理和电化学处理	202
11.9	水的除氧	206
第十二章	锅炉送风机及引风机	212
12.1	风机特性及风机在管路中的工作	212
12.2	风机的选择	214
12.3	风机的调节	215
12.4	风机的改装	216
12.5	风机选型计算	219
12.6	风机空气动力简图及无因次特性曲线	223
12.7	对锅炉风机型号表示方法的说明	229

第十三章 锅炉的热工试验	230
13.1 锅炉的热效率试验	230
13.2 烟气分析	237
13.3 煤的工业分析	239
13.4 烟风道阻力及烟风流量的测定	242
13.5 温度的测量	246
附录	249
I. 有关煤的一些资料	249
II. 水蒸汽性质表	253
III. 天然水的品质及水垢的种类	253
IV. 钢管及钢板重量表	256

第一章 锅炉的工作过程

设计或者改装一台锅炉,需要考虑满足多方面的要求:在性能上要保证满足生产和供暖的需要;在结构上要力求简单以便于制造、安装;在使用上要保证安全、耐久,并要考虑操作方便,减轻工人劳动强度;在经济性方面要尽量节省燃料、钢材和电力;还要满足环境保护的要求。归结起来可以用四句话来表述:“保产供暖构造简,安全长寿操作便,节煤省钢少用电,消烟除尘免污染。”

锅炉的经济性和安全性是由锅炉工作过程的内部规律所决定的。因此,为了使所设计或改装的锅炉能满足上述诸方面的要求,首先需要对锅炉的工作过程有一定的认识。

锅炉的工作过程包括三个同时进行着的过程:燃料的燃烧过程、烟气向水的传热过程 and 水的汽化过程。燃料的燃烧过程与燃料的种类和燃烧的方式有关。燃烧过程进行得好与坏,直接影响到锅炉的效率。有关燃烧过程的原理将在第三、四、五、六章内结合具体燃烧设备来叙述,本章中只讲述效率问题。传热过程就是高温烟气通过钢管、钢板等各种受热面把热量传给水的过程,它与锅炉的经济性也有很大关系。如果传热过程进行的不好,其结果是:或者烟气的热量不能充分地传递给水,造成热量损失,降低锅炉效率;或者化费很多的受热面才使烟气的热量传递给水,造成钢材的浪费。水的汽化过程主要包括水循环过程和汽水分离过程。前者与锅炉的安全性有关,后者与生产蒸汽的质量有关。本章中只叙述水循环过程,有关汽水分离过程的内容将在第十章内结合锅内设备来讲。

1.1 锅炉的效率

锅炉的效率就是指投进锅炉的煤所能发出的热量中有百分之多少被有效利用了。所谓有效利用,就是指用来产生蒸汽(对于蒸汽锅炉)或用来提高水温(对于热水锅炉)。

如果燃料的燃烧过程进行的不好,不能充分燃烧,所含的发热量不能充分放出来,就造成热量的损失。如果传热过程进行的不好,燃料放出来的热量不能充分地传给水,也造成热量的损失。这样,锅炉的效率就会降低。因此,我们也可以用各种热量损失的大小反过来衡量锅炉的效率。更重要的是要针对其中一些过于大的损失采取措施,改革锅炉结构和运行方式,以提高效率。

锅炉的热量损失主要包括以下一些:

(1) 排烟损失——排烟所带走的热量损失。

排烟损失与排烟的温度和排烟的量有关。排烟温度是指锅炉的最后一个受热面出口处的烟气温度的。排烟温度越高,排烟量越多,排烟损失也就越大。要降低排烟温度,就要合理地布置足够的受热面。要减少排烟量,就要适量地向炉内送风并堵绝烟道各处的漏风。在运行中还要做到经常清除受热面上的积灰,使烟气的热量能比较顺利地传给水,减少排烟损失。

(2) 化学不完全燃烧损失——一部分可燃气体(主要是一氧化碳)没有在炉膛内完全燃烧而随烟气排出所造成的损失。

(3) 机械不完全燃烧损失——灰渣中含有漏下的煤粒和未烧透的煤核,以及从炉膛中飞出的飞灰中含有未烧尽的炭粒所造成的损失。

以上两项损失与燃烧过程有关。

(4) 散热损失——热量通过炉体外壁向四周散失而造成的损失。

(5) 其他损失——例如灰渣本身也带走一些热量,在通常情况下可以忽略不计,但如果煤的灰分很大,灰渣排出时温度很高(如沸腾炉),则这项损失也应考虑。

在各项热量损失中,最主要的是排烟损失和机械不完全燃烧损失。历年来我们曾对一些旧式小型锅炉(如兰开夏、康尼许、考克兰等)作过多次测定,它们的排烟损失达 25—40%,机械不完全燃烧损失达 10—25%,而锅炉的效率只有 40—50%,确实是“煤老虎”。而根据对锅炉改革群众运动中建造的一些新式小型锅炉的测定,排烟损失一般降为 10—20%,机械不完全燃烧损失一般降为 8—15%,使锅炉效率提高到 70—80%或更高一些。

如果用 $Q_{\text{总}}$ 表示锅炉的总吸热量(即有效利用的热量), B 表示每小时的耗煤量, $Q_{\text{低}}$ 表示煤的低发热值, η 表示效率, D 表示蒸发量, $t_{\text{给}}$ 表示给水温度, $i_{\text{汽}}$ 表示蒸汽的焓,则可得:

$$\eta = \frac{Q_{\text{总}}}{B Q_{\text{低}}} = \frac{D(i_{\text{汽}} - t_{\text{给}})}{B Q_{\text{低}}} \quad (1.1)$$

式中各符号的单位分别是: $Q_{\text{总}}$ ——大卡/时, B ——公斤/小时, $Q_{\text{低}}$ ——大卡/公斤, η ——用小数表示, D ——公斤/时, $t_{\text{给}}$ —— $^{\circ}\text{C}$, $i_{\text{汽}}$ ——大卡/公斤(查附录 II)。

反过来,效率也可写成如下的式子:

$$\eta = 1 - \frac{\text{各项热量损失的总和}}{100} \quad (1.2)$$

关于效率的计算将在第七章内叙述。

1.2 锅炉的传热过程

锅炉中烟气的热量通过金属壁传给水、蒸汽(对于蒸汽过热器)或空气(对于空气预热器)的过程叫做传热过程。传过热量的那部分金属壁叫做受热面。热量从一个物体向另一个物体传递的动力是这两个物体的温度差异,热量总是从温度高的物体向温度低的物体传递。两物体温度相差越大,传热的动力也越大,在其它条件不变时,传过的热量就越多。

现以钢管受热面为例对传热过程作简要的说明。

图 1.1 中剖开了一段钢管受热面,管外是烟气,管内是水(或蒸汽、空气)。金属管壁的外表面有一层积灰,内表面有一层水垢。热量由烟气经过管外积灰层、管壁本身、管内水垢层,最后传给

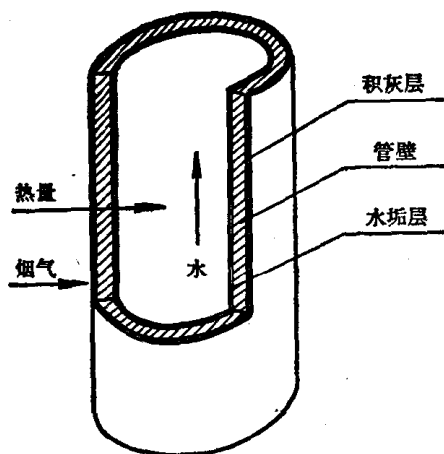


图 1.1 传热过程示意图

水。烟气向水的传热过程可以分成三个组成部分：

(1) 烟气向积灰层表面的放热。有两种方式：

1) 辐射放热——烟气向积灰层直接照射而放热。这种方式的放热与烟气温度的四次方成正比，放热的强烈程度大致与烟气温度的四次方成正比。

2) 对流放热——烟气以某种速度流过受热面，冲刷管壁，在与管壁接触过程中放热。这种方式的放热与烟气的速度有较大的关系，速度越大，冲刷管壁越强烈，放热也越强烈。另外，也和受热面的结构布置有关。受热面的管径越小，放热就越强烈。烟气流动的方向垂直于管子的中心线时，叫做横向冲刷(见图 1.2)，放热比较强烈；烟气流动的方向平行于管子的中心线时(烟气在管内或在管间流过)，叫做纵向冲刷，放热就比较差。在横向冲刷的情况下，管束按三角形排列时，叫做叉排(或叫错排，见图 1.3)，放热比较强烈；管束按方形排列时，叫做顺排，放热就比较差。

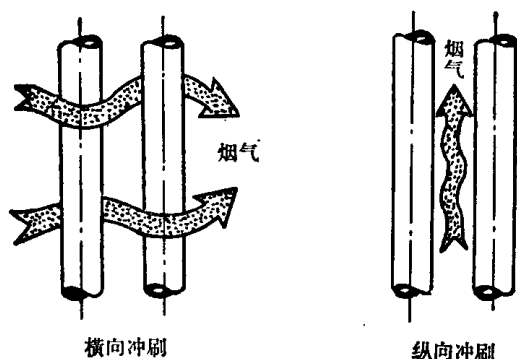


图 1.2 横向冲刷和纵向冲刷

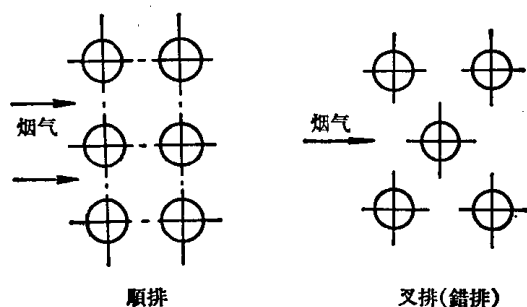


图 1.3 顺排和叉排

(2) 热量由积灰层表面通过积灰层、金属壁和水垢层向水垢层表面传导。热量在物体内部的传导与物体的材料性能有关。金属的导热性能良好，所以可以认为管壁厚度对于传热没有什么影响。水垢的导热能力是金属的 $1/20$ 至 $1/50$ ，对传热有一定的影响，更严重的是如果水垢太厚，会使金属管壁烧坏或堵塞管内水流通，影响锅炉的安全性。因此，在目前大量采用小管径的水管锅炉炉型的情况下，水处理的问题应该加以重视。积灰的导热能力只为金属的几百分之一，对传热有较大的影响。在运行中要经常清除受热面上的积灰，否则会降低锅炉效率和造成锅炉出力不足。积灰层的厚度与烟气速度有关，烟速低，积灰就厚，增大烟速可以减少积灰。

(3) 水垢层表面向水的放热。也属于对流放热。由于水的冷却能力很强，可以认为水的流速对传热没有什么影响。如果管内流的是蒸汽或空气，那就要选取足够的流速来加强对流放热。

在传热过程的三个组成部分中，关键在于烟气向管壁积灰层表面的放热。以辐射放热为主的受热面叫做辐射受热面，以对流放热为主的受热面叫做对流受热面。为了节约钢材，应该根据传热过程的规律合理地布置受热面。

辐射受热面应该布置在高温烟气区域，所以在炉膛内布置水冷壁是符合传热过程规律的。但是，水冷壁不能布置得过多。因为烟气的辐射放热随着烟气温度的降低而显著减弱，过多的辐射受热面使炉内烟温降低的太多，就失去了高温辐射的优点，同时还影响燃烧，增大不完全燃烧损失，甚至使燃烧不稳定。因此，对于一台锅炉要使辐射受热面和

对流受热面保持一个适当的比例。通常是使辐射受热面的吸热量占锅炉总吸热量的 40—50%，使烟气在离开炉膛进入对流受热面时的温度为 850—1,050℃。

在对流受热面中，烟气温度不断下降，烟气与锅水的温差越来越小，传热的动力越来越小，为了节省钢材，就要设法加强烟气的对流放热。提高烟气速度是增强对流放热的有效措施。但是，在自然通风条件下，由于烟囱抽力的限制，通常采用的烟速是 3—5 米/秒。如果采用引风机，就可以增大烟速，但是太大的烟气速度会使引风机的电耗大大增加，并使受热面受到飞灰的强烈磨损。所以在横向冲刷的情况下通常取烟速为 8—12 米/秒，对于烟管（纵向冲刷）可取为 20 米/秒左右，对于铸铁省煤器可取为 7—10 米/秒。

排烟温度是依靠对流受热面吸热来降低的。旧式小型锅炉由于对流受热面布置得不合理或数量不足，排烟温度都相当高。但是，要把排烟温度降到很低，是不经济的，甚至是做不到的。因为锅水有一定的温度，例如锅炉工作压力为 4 公斤/厘米²（表压）时，锅水温度是 151℃，工作压力为 7 公斤/厘米²（表压）时，锅水温度是 170℃，很明显，要把排烟温度降到比水温还低是不可能的。不但如此，要把排烟温度降到接近锅水温度也是不合算的，因为在烟气对水的温差很小的情况下，要布置很多受热面才能传过少量的热量，虽然排烟温度降低了，可是消耗了大量钢材，“煤老虎”会变成“钢老虎”。因此，通常采取排烟温度比锅水温度高出 80—100℃ 的数值，也就是说，对于工作压力在 7 公斤/厘米² 以下的蒸汽锅炉，排烟温度取为 230—250℃，对于热水锅炉则取为 160—180℃。对于工作压力较高、蒸发量较大的蒸汽锅炉，为了进一步降低排烟温度，可以布置尾部受热面（省煤器、空气预热器），此时排烟温度可降到 150℃ 或更低一些。

省煤器就是给水预热器，锅炉的给水先流经省煤器，然后进入锅筒。这样，省煤器中的水温是低于锅水温度的，就可以在保证有足够的传热温差的情况下降低排烟温度，达到省煤的目的。空气预热器的作用是将冷风加热成热风，送入炉内可以提高燃烧温度，减少不完全燃烧损失。同时还可以降低排烟温度，减少排烟损失。采用尾部受热面时，由于烟风阻力增加，一般都要机械通风。

生产过热蒸汽的锅炉装有蒸汽过热器。由于蒸汽温度比较高，为保证足够的传热温差，要把蒸汽过热器布置在烟气温度比较高的区域。但是蒸汽冷却管壁的能力比水差，为了防止烧坏管子，又不能布置在烟温太高的地方。所以，蒸汽过热器通常布置在排管的前面或者排管的两组管束之间。而且取管中的蒸汽速度为 15—25 米/秒。

1.3 蒸汽锅炉的水循环

在采用炉内水冷壁受热面的情况下，对于水循环问题应该给予必要的注意，因为这是关系到运行安全性的一个重要方面。

什么是水循环？我们以图 1.4 所示的情况来说明。图中表示的是两种常见的水冷壁循环回路。水冷壁管内的水接受炉内辐射来的热量后开始汽化，一部分水变成气泡，气泡在水中向上浮动。在这同时，整个水冷壁管内的汽水混合物也向上流动，或者直接进入锅筒，或者经过上联箱和汽水引出管进入锅筒。在这同时，锅筒通过下降管向下联箱供水，由下联箱向水冷壁管配水。锅筒、下降管、下联箱、水冷壁管（也叫上升管）、上联箱、汽水引出管、锅筒构成一个封闭的回路，叫做循环回路。水在回路里连续不断地兜圈子流动，

就叫做水循环。

什么是水循环的动力呢？上升管和汽水引出管里面装的是汽水混合物，密度小；下降管里面装的是水，密度大。两边一轻一重，轻的上升，重的下降，就造成了水循环。上升管受热越强，产生的蒸汽越多，则水循环的动力越大。循环回路的高度越高，动力也越大。这种情况和自然通风时的烟囱的工作相似，烟囱内烟气温度越高，烟囱的高度越高，烟囱的抽力就越大。

正是由于连续不断的水循环，才保证水冷壁在炉内的高温辐射下不被烧坏。水冷壁管内的循环水量是相当大的，在小型锅炉中通常是管内所产生的蒸汽量的几十倍到一、二百倍。这除了冷却金属管壁外，还可以减少水垢的沉积和防止泥渣堵塞管子。

下降管要有足够的数量，每个回路中下降管的流通截面总和与水冷壁管流通截面总和的比例可取为 1:4 左右，过多的下降管是不必要的。汽水引出管内流过的是汽水混合物，阻力比较大，所以要有较大的流通截面，通常取汽水引出管流通截面总和等于水冷壁管流通截面总和的三分之一到二分之一。在采用带有上联箱和汽水引出管这种回路时，汽水引出管应该接到锅筒的汽空间上。不采用上联箱时，水冷壁管既可接到锅筒的水空间上，也可接到汽空间上。

水冷壁管最好是垂直布置，不要水平布置。因为在水平管中有可能发生“汽水分层”现象，即蒸汽在管子的上部流动而水在下部流动，管子的上部就会因为得不到水的冷却而烧坏。因此，在布置炉膛顶部水冷壁管时，要保证与水平线起码有 $10-15^\circ$ 的倾斜角度，防止汽水分层。

什么情况下会发生水循环的故障呢？通常有两种情况：

(1) 下降管中有蒸汽时，蒸汽要上浮，就阻碍水往下流，增加了下降管的阻力，减少循环水量，严重时可能造成水冷壁管的普遍缺水，受热最强的水冷壁部分会烧坏而爆破。为了避免这种事故，要注意以下几点：

1) 水冷壁的下降管不宜受热。

2) 下降管尽可能接在锅筒底部，至少做到下降管口距离最低水位有四倍于下降管直径的高度，以免由于水进入下降管时产生的抽力把蒸汽抽带下去，或由于水在下降管入口处速度加快而压力降低，自行汽化。

3) 水冷壁管接在锅筒的水空间时，下降管的入口位置要和水冷壁管有一定距离，或者用挡板遮隔开，防止从水冷壁管出来的蒸汽被抽入下降管。

4) 几根下降管不要过分密集地连接在锅筒上，否则由于抽力集中造成锅筒内水面在这个地方局部低陷，蒸汽被抽入下降管。

(2) 同一回路的各根水冷壁管的受热情况相差悬殊时，受热强的管子抽力大，受热弱的管子抽力小，可能使下降管供的水都被受热强的管子抽去，使受热弱的水冷壁管因循环动力不足而发生汽水“停滞”，造成爆管事故。为了避免这种事故，要注意以下几点：

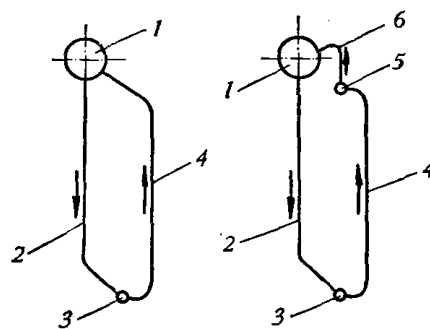


图 1.4 水循环回路

1——锅筒；2——下降管；3——下联箱；
4——水冷壁管（上升管）；5——上联箱；
6——汽水引出管

1) 在运行时要避免在局部的水冷壁管上严重结焦和积灰;要避免炉墙局部地区有较大的漏风而吹冷附近的水冷壁管。

2) 在蒸发量较大的锅炉中,对于受热情况有明显差别的水冷壁管和管子长度有较大不同的水冷壁管,要分成几个独立的循环回路。

3) 下降管接在下联箱上的位置要做到尽量均匀地向各根水冷壁管供水,避免因为配水不匀而使一部分水冷壁管缺水。

4) 在下联箱上,下降管和排污管的管口要与水冷壁管的管口互相错开,避免正对着某根水冷壁管的管口。

作为对流受热面的锅炉排管,里面也进行着水循环过程,但是因为排管布置在烟气温度不太高的区域,安全性比较大,不必专门考虑改进水循环的措施。排管受热面不需要布置专门的不受热的下降管。在排管中,受热差的那部分管子起着下降管的作用,和受热强的管子一起构成循环回路。

在热水锅炉中,不存在这种水循环过程,但是也必须注意使所有的受热面得到水流的充分冷却,防止局部地方产生蒸汽引起水击、甚至严重结垢而烧坏受热面。为了避免这种事故,要注意以下几点:

(1) 所有的受热面内应保证水流直通而过,不要造成死水区。

(2) 由于辐射受热面受热强而管数少(水的流通截面小),对流受热面则正好相反,在布置水流系统时要防止发生受热强的管供水反而少的现象。

(3) 受热面管内的水流方向应该始终向上,不要向下。以免由于受热不匀或水流量不匀产生蒸汽而顶住水流,造成结垢,烧坏管子。

第二章 锅炉的炉型

2.1 蒸汽锅炉炉型的演变过程

从十七世纪开始,蒸汽逐渐在工业上得到应用,产生了一些原始的工业锅炉和动力锅炉。随着生产力的不断发展,要求锅炉的产汽量增多、汽压增高,于是在 1790 年出现了圆筒型锅炉。这在当时是能满足生产需要的,但是不久社会生产力的发展就向锅炉提出了更进一步的要求。在圆筒型锅炉的基础上,人们从加大锅炉的受热面着手,对简单的圆筒型锅炉进行了一系列的改革。这种改革沿着两个方向进行。图 2.1 即表示这种炉型的改革过程。

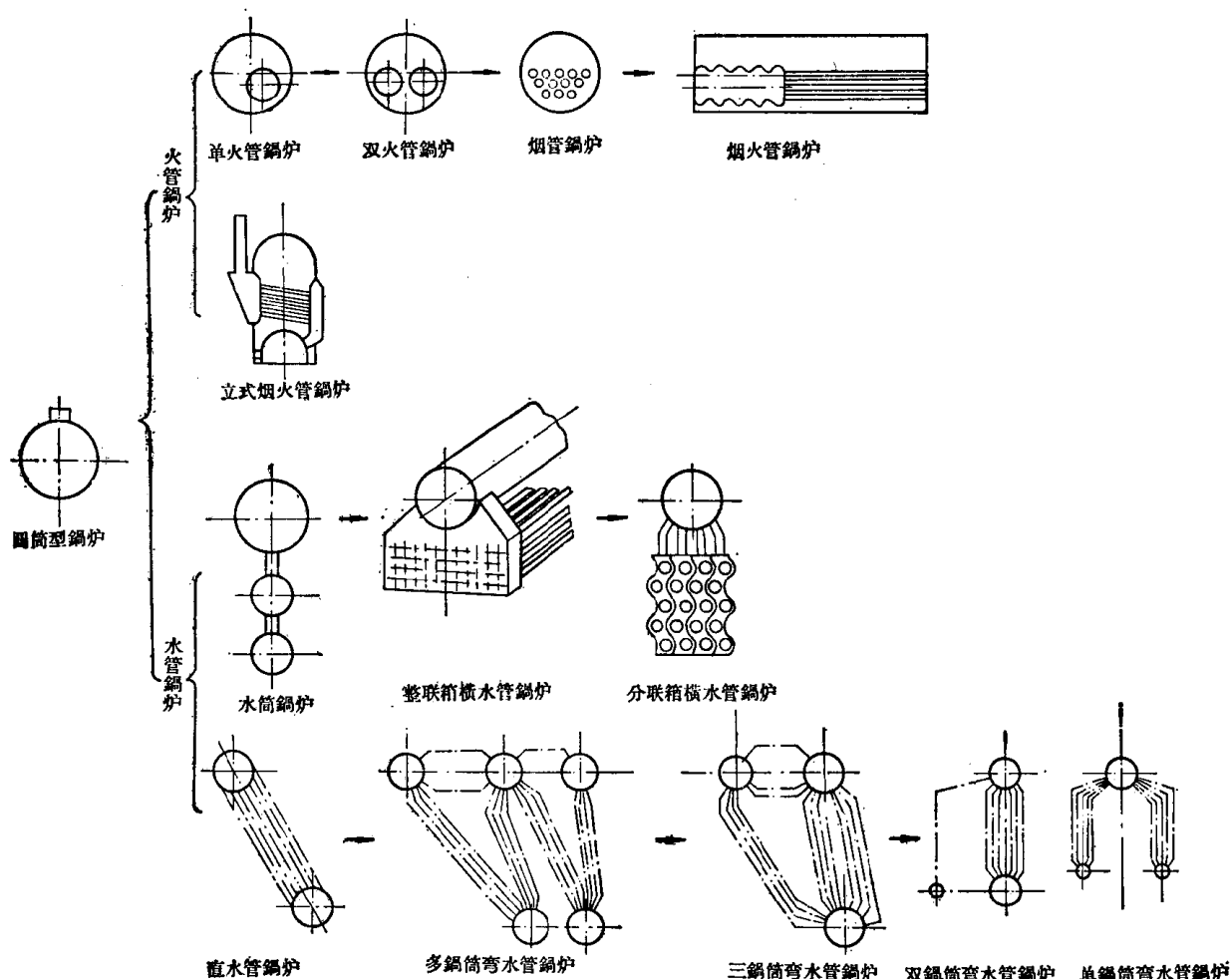


图 2.1 蒸汽锅炉炉型改革过程示意图

第一个方向是增加锅炉的内部受热面。就是在圆筒型锅炉的圆筒里面增加受热面。这就出现了火管锅炉、烟管锅炉以及烟火管锅炉。这些锅炉的共同特点是：高温的烟气在火

管或烟管中流动,水在管外面吸热和蒸发。

在1800年造出了单火管锅炉,即在圆筒型锅炉的内部增设一个火管(或叫炉胆),这就是所谓的“康尼许”锅炉。或设两个火管,这就是所谓的“兰开夏”锅炉。它们都有很多缺点,主要有:

(1) 是“煤老虎”。因为炉膛过于矮小,并且水冷程度太大,所以煤的燃烧条件极差,燃烧不易完全。再加上受热面布置不合理,锅炉的排烟损失很大,所以实际运行热效率只有40—50%,浪费了大量煤炭;并且还不能烧劣质煤。

(2) 是“钢老虎”。只有火管前部约2.5—3米的长度内受强烈的辐射热,火管后部的大部分锅炉受热面的传热条件很差,所以锅炉耗费大量钢材,每小时产生1吨蒸汽要耗费钢材10吨以上。

(3) 蒸发量和蒸汽压力受限制。炉膛小烧煤受限,难以提高蒸发量;锅筒的直径大则不宜于提高蒸汽压力。所以一般最大蒸发量小于3.5吨/时,最大压力小于15公斤/厘米²。

(4) 占地面积大。每平方米的锅炉受热面面积占地达0.4—0.77平方米。

(5) 锅炉里装的水量大(水容大),点火起动缓慢。

(6) 锅筒大,钢板厚,制作困难。

火管锅炉进一步发展就变成了烟管锅炉(1830年左右)。它是用数量较多直径较细的烟管代替火管,以增加锅炉的受热面。而炉排(也叫炉箅)则从锅筒的内部移到外边。后来在1860年左右又进一步发展为烟火管锅炉,即仍在火管内装炉排,把火管作为辐射受热面,在火管后面再用烟管作为对流受热面。烟管锅炉和烟火管锅炉虽比火管锅炉进了一步,耗钢量也较少一些,但是烟管也有很多缺点,如:结构刚性大,当各管热胀冷缩不匀时,胀接处易漏水;烟管排列紧凑,管间距离小,清洗水垢困难;烟管内易堵灰等。烟火管锅炉比烟管锅炉的优点是可以减少或完全不用砖墙,便于做成快装锅炉形式。

将烟火管锅炉竖起来放置就成为立式烟火管锅炉,所谓的“考克兰”锅炉就是其中的一种。它们虽然占地面积小,安装方便,但是受热面积少,因而排烟温度有时竟高达500℃左右,所以也是“煤老虎”的一种。

第二个方向是增加锅炉的外部受热面。就是在圆筒型锅炉的圆筒外面再增加几个圆筒受热面。后来进一步发现增加圆筒数目、减小圆筒直径,直至变为圆管,对改善传热极为有利,于是出现了水管锅炉(1840年左右)。水管锅炉的出现,给锅炉的发展带来了一个飞跃。它与烟火管锅炉的区别是:汽、水在管内流动,烟气在管外作横向冲刷流动。与烟气沿烟管内部流动相比,传热情况就大为改善。在同样的烟气流速、烟温条件下,水管的吸热量比烟管约大一倍。因而就明显地提高了锅炉蒸发量及效率,金属耗量也必然下降。但是水管锅炉对于给水的质要求较严,因此必须对锅炉的给水处理予以重视。

水管锅炉可分为横水管锅炉和竖水管锅炉二类。

横水管锅炉最早在1840年出现,当时是整联箱锅炉。锅炉的主要受热面是横水管(接近于水平放置的水管)。但是整联箱太大,强度不易保证,于是就改进为分联箱锅炉(如所谓的“拔柏葛”锅炉)。分联箱是波浪形的方管,为了更换水管和清除水垢,联箱上开有很多手孔,这样就增加了制作加工量,金属消耗量也大。横水管接近于水平布置,水循环不好,易出故障。因此横水管锅炉现已被淘汰。

竖水管锅炉是目前应用得最广的一种锅炉型式。在1900年以后,开始采用直水管,即在上下两个锅筒之间胀接许多直的水管,作为锅炉的受热面。后来发现弯水管比直水管更为优越,主要是锅筒制造简单,受热面可以布置得多些,并且布置起来较灵活、方便。因此出现了多锅筒弯水管锅炉。最初为了增加受热面,采用了许多锅筒。后来对于锅炉传热的规律性有了进一步的了解,认识到炉内水冷壁辐射受热面的吸热比一般的水管对流受热面要强烈得多。因此就逐渐增加水冷壁的数量,减少对流排管的数量,锅筒的数目也就随着减少,由五、六个逐渐减到三个、两个以至一个。锅筒数目的减少,不仅节约了大量钢材,而且也大大简化了锅炉的制造工艺。当然锅筒数目的减少也使锅炉的水容量变小,锅炉的汽压波动就会大一些。在减少锅筒数目,减少对流排管的同时,省煤器以及空气预热器等尾部受热面也逐渐得到了应用。

总的讲来,竖水管锅炉的受热面布置起来较灵活、方便,便于与水冷壁受热面相配合,锅炉的耗钢量小,热效率较高。因此单锅筒和双锅筒水管锅炉是目前应用得最广泛的小型蒸汽锅炉(热水锅炉可以不用锅筒)。

双锅筒蒸汽锅炉与单锅筒锅炉相比,前者的盛水量较大,因此在锅炉运行中,当负荷变化较大时,汽压的波动就较小。另外,锅水中的泥渣能够沉积到下锅筒,可以通过排污把泥渣排走,因此对于水质的要求可以较低一些。但是双锅筒锅炉毕竟比单锅筒锅炉多了一个锅筒,所以增加了钢材耗量和制造加工量。

从锅炉发展的二百多年历史看来,锅炉是沿着增大出力、提高压力和温度、减少煤耗、节省钢材、实现机械化和自动化的道路前进的。从炉型上看,由火管锅炉发展为水管锅炉。但是火管锅炉也还有其优点方面:水容大,运行中汽压比较稳定;对给水的品质要求不高;可以不用砖墙,体积小,安装和移动方便等。所以在小蒸发量(2吨/时以下)的范围内仍有其生命力。关键在于改革其缺点方面,提高经济性。

在锅炉改革中,对于旧锅炉一般有三种做法:

- (1) 制造新型的锅炉代替旧的“煤老虎”,把“煤老虎”拉到钢铁厂回炉炼钢;
- (2) 把“煤老虎”剖开,利用它的材料,再加上其他钢材制成新型锅炉;
- (3) “煤老虎”本体基本不改,或略加以改动,再加上其他钢材改制成别的炉型。

第一种做法的优点是:生产的新型锅炉不受原锅炉的限制,因此可以设计得比较合理。但是受到锅炉制造和钢材供应的限制。

第二种改法可以利用“煤老虎”的原有材料,就地改制成新炉。虽然在设计锅炉时,可能会受到原有材料规格的一些限制,以及遇到制造工艺方面的一些困难,但这种改法便于各单位自己动手、开展群众运动和技术大协作;因此这种改法应用得最广。

第三种改法在过去的增产节约运动中用得最多。这种改法虽然工程量较小,但不易对旧锅炉作彻底的改革。采用这种改法,虽然效率和出力也可能提高,但主要是依靠后加的水冷壁和其他受热面发挥作用,原有的锅炉本体起的作用不大,因此总的钢材利用率不高。另一方面,新加的受热面的布置也受到限制,不能最合理地发挥作用。锅炉的占地面积也会增大。所以改后的炉型往往是不够理想的,弄得不好,会变成“如虎添翼,以钢换煤”。现在已较少采用这种改法。

为了供各地改炉时作选型的参考,本书中主要介绍新生产的锅炉炉型。

2.2 国产蒸汽锅炉的炉型

从目前国内生产的蒸发量在 20 吨/时以下的蒸汽锅炉的炉型来看, 可以分成下列六种类型:

- (1) 卧式烟水管锅炉;
- (2) 双锅筒“D”型水管锅炉;
- (3) 双锅筒“M”型水管锅炉;
- (4) 单锅筒“人”字型水管锅炉;
- (5) 立锅筒水管锅炉;
- (6) 立式锅炉。

下面分别介绍这些炉型。

2.2.1 卧式烟水管锅炉

卧式烟水管锅炉的炉型简图见图 2.2。在一个直径较大的锅筒内布置许多烟管, 作为锅炉的主要对流受热面, 锅炉的辐射受热面由水冷壁管及锅筒的底部组成。烟气从炉膛出来后, 即进入烟管的一部分 (第一烟管), 从后向前流动, 在烟管前部的返烟箱内烟气转 180° 弯, 进入烟管的另一部分 (第二烟管), 从前向后流动, 然后离开锅炉本体, 进入尾部受热面或引风机, 最后进入烟囱。

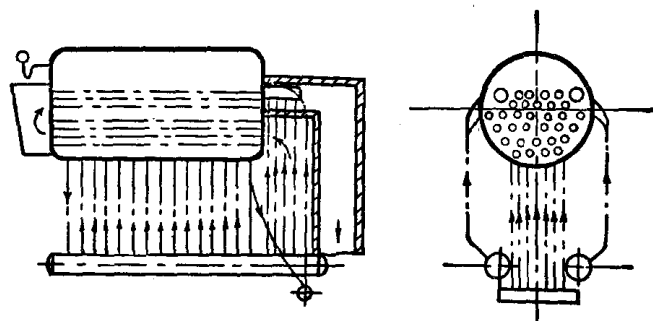


图 2.2 卧式烟水管锅炉示意图

炉型特点: 由于采用带水冷壁管的外燃炉膛, 所以炉膛的高度可以不受限制 (与火管锅炉相比较), 这样就可以改善燃烧条件, 从而减少飞灰含炭量及化学不完全燃烧损失。采用烟管后, 就可省掉炉墙, 减少锅炉的散热损失和漏风, 并且使结构紧凑, 因而符合快装锅炉的要求。但是由于采用了烟管, 所以也带来了烟管所固有的缺点: 烟管外壁的水垢不易清除; 烟管的对流传热差, 要求有较大的受热面积; 烟管内易积灰。此外, 烟管的两端是与锅筒的平封头相联接的, 这种结构的刚性很大, 当各烟管受热不均时, 就会产生很大的应力, 造成焊口 (或胀口) 处的漏水。对于自然通风的烟水管锅炉, 假如烟管的烟气流速截面取得过小, 则往往会由于烟气流动阻力太大而使锅炉的蒸发量达不到设计出力, 并且还得经常打扫烟管内的积灰, 增加了劳动工作量。所以比较合理的设计是采用引风机, 使烟管内的烟气流速较大 (即减小烟气流速截面), 这样可以减少积灰, 并且可使受热面积减小。

图 2.3 所示的卧式烟水管锅炉是上海工业锅炉厂在原快装锅炉的基础上改进的。锅炉的型号是 KZLII-4-13, 是快装、纵向锅筒、链条炉排锅炉, 锅炉适于烧烟煤及烟煤和无烟煤的混煤。

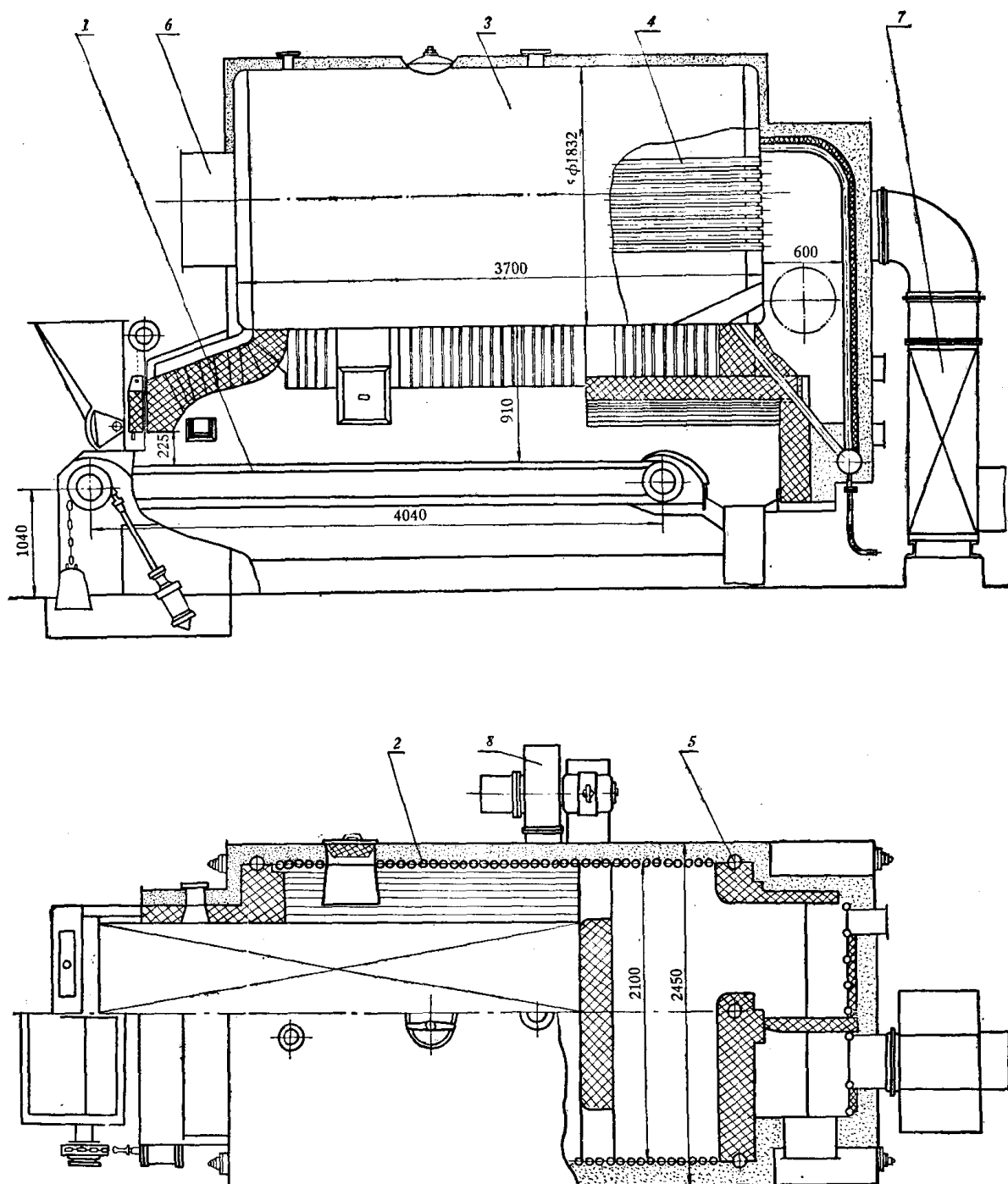


图 2.3 KZLII-4-13 型 锅 炉 简 图

- 1——链条炉排; 2——水冷壁管; 3——锅筒; 4——烟管; 5——下降管; 6——前烟箱;
7——铸铁省煤器; 8——送风机