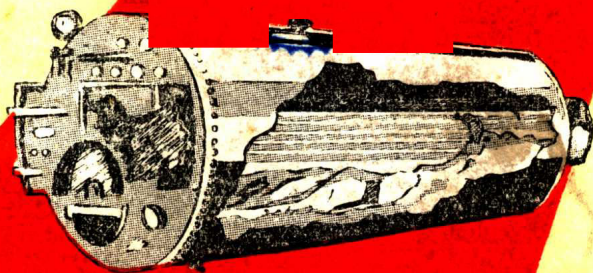


司炉基本知识

湖北省劳动厅锅炉监察处编写



湖北人民出版社

編写者的話

鍋爐是工矿企业中的一項重要设备。鍋爐設備的安全、經濟运行是保証企业生产持續跃进、保証职工安全的重要条件。

自从大跃进以来，鍋爐設備的数量迅速增加，特别是由于以机械化、半机械化、自动化、半自动化为中心的技术革新和技术革命运动的开展，鍋爐設備在工业生产中已經得到更加广泛的采用，司爐工人的队伍也随之迅速扩大。为了保証鍋爐設備安全、經濟运行，当前的任务是要迅速提高司爐工人的技术水平和操作能力。因此，凡是有鍋爐設備的单位，加强司爐工人的培訓乃是当前一項急需进行的工作。

这本小册子可以用作訓練司爐工人的教材。内容包括有：基本原理、鍋爐结构、鍋爐附件、运行和保养、檢查与修理、水質处理等六个部分。应该指出：由于鍋爐技术革新不断的发展，因此，在实际培訓工作中应当注意結合司爐工人的先进經驗加以講授。

参加編写本書的有湖北省劳动厅、湖北省輕工业厅、武汉市劳动局、黄石市劳动局、二〇一工厂的鍋爐檢驗人員等。在編写过程中，我們尽可能地注意簡單明了、通俗易懂，并且經過多次討論和修改，但由于水平所限，恐仍有不妥之处，热望讀者提出意見，以便再版时修訂。

1960年5月

目 录

一 什么是蒸汽鍋爐	1
二 和鍋爐有关的基本道理	4
蒸汽	4
溫度和溫度計	5
热脹冷縮	6
蒸汽压力、压力单位、热的单位	8
水压試驗和工作状态下的試驗	9
水垢和烟灰	11
燃料	12
空气和燃燒	12
通风	14
鍋爐的金屬材料和它們的性能試驗	14
三 鍋爐的結構	19
立式橫水管鍋爐	19
立式平头、埋头火管鍋爐	27
考克兰式鍋爐	29
兰开夏式鍋爐	32
臥式外燃回火管鍋爐	35
船舶式水背鍋爐	40
固定機車式鍋爐	44
拔伯葛式縱鍋筒鍋爐	47
K 型鍋爐	50
火管鍋爐和水管鍋爐的比較	53

AM 67/01

蒸汽过热器.....	54
省煤器.....	56
四 鍋爐的附件.....	59
安全閥.....	59
压力表.....	64
水位表.....	67
高低水位警报器.....	70
蒸汽閥.....	72
进水止回閥.....	74
排污閥.....	75
易熔塞.....	77
干汽管.....	78
給水設備.....	79
五 鍋爐的运行和保养	88
鍋爐安全运行的管理和操作規程.....	88
鍋爐的維護和保养.....	
鍋爐运行中的一般事故的处理	101
鍋爐的經濟运行	104
六 鍋爐的檢查和修理.....	110
鍋爐檢修的目的和要求	110
檢修的分类和檢修前的准备工作	110
鍋爐的檢查	111
鍋爐的修理	120
檢修后的驗收工作	127
七 鍋爐的水質处理.....	130
水的分析	130
加藥軟化	131
排污放水	134
去除老水垢	134

一 什么是蒸汽鍋爐

蒸汽是大家熟悉的东西。它的用途是很广的。它可以作为工业和交通运输上的动力，推动蒸汽机和汽轮机，带动各式各样的机器。它又能在许多工厂里直接参加生产，比如在制糖厂里做浸絲、蒸发和結晶等工作；在造纸厂和印染厂里做烘干和蒸煮等工作。此外，它还被广泛地用来蒸飯、消毒和供給取暖等等。

既然蒸汽有这样广的用途，那么我们怎样取得它加以利用呢？我们日常看到，壶水烧开的时候，就有蒸汽冒出来，看来好象只要把水烧开就能够得到蒸汽。实际上并不是那样简单。因为无论是动力用的、生产用的或者是取暖用的蒸汽，需要量都是很大的，并且还要連續不断地供給。因此就不能象在壶里烧开水那样简单，必須用特殊的设备把水烧开，以便得到大量的蒸汽。这种特殊的设备就是蒸汽鍋爐，通常叫做鍋爐。

鍋爐是怎样的一个设备呢？它是用什么材料制造的呢？简单的說，它是一种密闭的容器，这种容器是用鋼板和鋼管等鋼鐵材料制造的；是把鋼板卷成圓筒形，做成鍋壳或者汽包，再和鋼管或者用鋼板卷成的火筒互相装配起来組成的。在容器里盛着經過处理过的淨水，在容器的外面用燃料燃燒，利用火焰和烟气的热量，使容器里的水不断蒸发成为蒸汽。

鍋爐在十八世紀就有了，1765年由俄国人波尔松諾夫首先創造了蒸汽鍋爐。100多年来，鍋爐經過了許多次的改进。最初

是最简单的圆筒式锅炉，后来才演变成现在使用的多种形式的锅炉。

从对圆筒式锅炉的改进开始，改进的方法主要是朝着两个

方向发展。这两个方向的目的，都是为了增加受热面、提高蒸发量和减少水容积、缩短生火时间。一个方向，是在圆筒内部添装火筒，增加受热面，这样就制造出火筒式锅炉；以后又把火筒改成许多火管，这样就制成火管式锅炉。另一个方向，是在圆筒外部添装水管，增加受热面，这样就制造出水管式锅炉；以后把水管又改成许多水管，这样就制造出水管式锅炉。

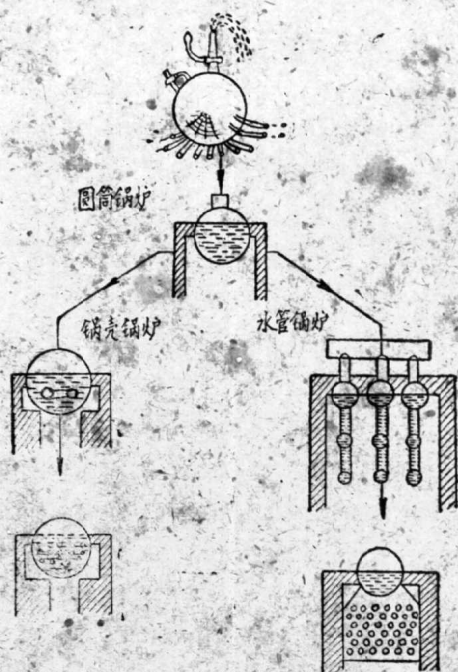


图1 锅炉的发展情况

(看图1)。

在制造技术方面，由于焊接的发明，现在制造锅炉大都已经不用铆钉接缝，而用电焊接缝了。锅炉的其他各部分的连接，也广泛地采用了电焊。这样，不但使制造成本降低，同时也提高了锅炉的质量。

此外，随着锅炉的改进，锅炉的辅助设备也有很大的变化。

鍋爐蒸汽量加大了，需要的燃料也多了，为了大量地、迅速地加煤，已經出現了动力加煤机，爐膛的构造也隨着发生了变化。同时，为了改善燃燒情况，提高工作效率，鍋爐的裝置中又增加了过热器、省煤器、空气預热器、水冷壁管等。还有利用机械通风代替自然通风的。这样鍋爐的汽压、汽温就得到不断的提高，鍋爐的构造一天天更加复杂，并且一天比一天更完善了。

二 和鍋爐有关的基本道理

蒸 汽

蒸汽是水蒸汽的简称。冰、水、蒸汽，是同一物質的3种状态。用加热和减热的办法，可以使这3种状态互相转变。水到最冷的时候，就会冻结成冰；把冰拿到温暖的屋子里来，又变成了水；把水加热，烧开的时候，又变成了蒸汽；蒸汽冷却下来，又变成了水。

冰得到热轉化成水，这种现象叫做溶化。

水失去热轉化成冰，这种现象叫做凝固。

水得到热轉化成汽，这种现象叫做蒸发。

汽失去热轉化成水，这种现象叫做液化。

把鍋爐里的水加热，蒸发出来的蒸汽的数量，叫做蒸发量。

在单位時間內，在鍋爐的单位面积上的蒸发量，叫做蒸发率。

蒸汽鍋爐的鋼板、管子，除了有一面接触的是水以外，另一面是受火焰燒着，并且和烟气相接触的，这个面叫做受热面。

鍋爐蒸发的蒸汽，在一定的压力下(关于压力，后面再講)，温度和水的温度相同，这样的蒸汽叫做饱和蒸汽。

饱和蒸汽在一定的压力下，繼續加热，使温度增高，超过了水的温度，这样的蒸汽叫做过热蒸汽。

在輕工业中，有很多产品是要用热加工的生产方法来生产的；还有的是需要在温度保持不变的情况下，才能保証产品的

質量。这样的生产，最适宜的是利用饱和蒸汽。为什么呢？因为饱和蒸汽所含的大部分热量都是汽化热（水受热以后，除了沸水本身有热量以外，化的水蒸汽也包含有热量，这种热量叫汽化热，也叫做潜热）；当它冷凝成水以前，它首先放出的是汽化热，在这个过程中，温度维持不变。一直到汽化热放完以后，才成为沸水，开始放出液体热（沸水本身仍然有很高的温度，放出的热是水本身包含的热，不再是蒸汽的热了，所以也叫做显热）；沸水由于放热，温度才渐渐下降。

把饱和蒸汽再加热，就变成过热蒸汽。过热蒸汽的温度比饱和蒸汽的温度高；并且它的含热量也比饱和蒸汽的含热量高。过热蒸汽受了冷，在沒有变成饱和蒸汽以前，只是降低它的温度，并不变成水。所以过热蒸汽非常适用于原动机（或者发动机关）和傳送到比較远的地方去。

过热蒸汽是不是也适用于热加工生产呢？一般說来，是不适用的。过热蒸汽和一般干燥气体差不多，具有不容易放出潜热的特性。如果通过受热面的蒸汽仍然保持过热状态的话，由于它不容易放出潜热，所以它的傳热阻力就比較大。这就好象形成了一个隔热层，源源不断地产生的蒸汽不能在接触傳热面积以后很快地把潜热傳出去。这就不同于饱和蒸汽那样：一經接触傳热面积以后，立即放出潜热，轉化为水，通过儲水器放出去，蒸汽可以得到不断的流通和补充，使热效果增高。

温度和溫度計

表示物体冷热的程度，叫做温度。

水开了时候的温度，叫做沸点。

水开始凝結成为冰时候的温度，叫做冰点。

用来測量和表示物体温度的工具，叫做溫度計。

普通的溫度計有兩種：一種叫攝氏溫度計，一種叫華氏溫度計。

攝氏溫度計把水的沸點作為 100 度，水的冰點作為零度。在沸點和冰點中間，平均分成 100 格，每格是 1 度。攝氏溫度計通常用符號 C 來表示。

華氏溫度計把水的沸點作為 212 度，水的冰點作為 32 度。在沸點和冰點中間，平均分成 180 格，每格是 1 度。華氏溫度計通常用符號 F 來表示。

熱脹冷縮

在我們日常生活中，看到的熱脹冷縮的現象是很多的。許多物體都有受熱後膨脹、遇冷後收縮的特性。在熱脹冷縮中，長度的變化比起高度和寬度的變化要大得多；所以物體受熱以後，在長度方面發生的膨脹要顯著得多。比如鐵路上的鐵軌，每根鐵軌的接頭處，都留有少許空隙。一到熱天的時候，鐵軌受熱膨脹，空隙就小了，或者兩根鐵軌緊貼起來，好像沒有空隙了；但是到了冷天的時候，鐵軌受冷收縮，這些空隙又大起來。

如果鐵軌不留空隙，天氣熱了，鐵軌受了熱，因為要伸長，就會彎曲起來。可見熱脹冷縮的力量是很大的。我們需要約束這種力量，防止它發生破壞作用。上面說的留空隙的辦法，就是其中的一種辦法。

鍋爐的各個部分，比如鍋殼、爐胆、爐管等，從冷爐到燒熱以後，都要膨脹。如果沒有適當的約束方法，或者預先沒有留出膨脹的時候需要的一定的地位，鍋爐就會發生滲漏或者損壞。

固體受了熱，在長度方面所發生的伸長變化，叫做固體的綫膨脹。固體的綫膨脹的多少，和固體的材料性質、原來的長

度以及升高的温度都有关系。当物体温度上升 1°C 的时候所增加的长度,和这个物体的原来的长度之比,就叫做线膨胀系数。用公式表示如下:

$$a = \frac{l_t - l_0}{l_0 \times t}$$

公式中, l_t ——表示温度升高 $t^{\circ}\text{C}$ 的时候固体的长度;

l_0 ——表示固体在没有加热的时候原来的长度;

t ——表示升高的温度;

a ——表示线膨胀系数。

如果知道了物体的线膨胀系数和物体加热以前原来的长度,那么,就能从上面的公式中立即得出物体在温度 $t^{\circ}\text{C}$ 的时候的长度。用公式表示如下:

$$l_t = l_0 \times (1 + a \times t)$$

比如有一台兰开夏锅炉,它的直径是2.5米,长度是10米,蒸汽温度是 179°C 。求它的长度要伸长多少。

解:一般锅炉的长度,是在平常的温度下量得的,假定量原来的长度的时候温度是 20°C 。同时,我们知道钢的线膨胀系数是0.000011。我们可以把上面说的数字代入公式去计算:

$$\begin{aligned} l_t &= l_0 \times (1 + a \times t) \\ &= 10 \times [1 + 0.000011 \times (179 - 20)] \\ &= 10 \times [1 + 0.000011 \times 159] \\ &= 10.0175 \text{ 米} \end{aligned}$$

这台锅炉在温度升高到 179°C 的时候的长度,是10.0175米。从它减去原有的长度,就得到伸长的数量了。

$$l_t - l_0 = 10.0175 - 10 = 0.0175 \text{ 米} = 17.5 \text{ 毫米}$$

有一些锅炉,比如卧式外燃回火管锅炉,搁脚下都装置有活动滚子,纵横两个方向都有,这就是为了使锅炉受热和冷却

的时候自由伸縮而設置的；还有兰开夏鍋爐，平封头上留有叫做呼吸距离的一段距离，也就是預先考虑到热脹冷縮的問題；还有水管鍋爐，裝置的时候也要預留自由伸縮的地位。

新鍋爐和爐牆曾經拆除过或者修理过的老鍋爐，初生火的时候都必须經過养火烘爐的阶段，使温度慢慢地、均匀地上升。如果不經過养火烘爐阶段，爐膛里的温度急剧升高，那么鍋爐的各个部分冷热相差太大，热的地方膨脹得多，冷的地方膨脹得少，就容易损坏；同时，这样会使爐牆上的湿气蒸发得太快，以致发生爐牆裂縫或者部分凸出来的現象。

蒸汽压力、压力单位、热的单位

气体是物質，所以它也有重量。我們居住的地球是被空气包围着的，包围地球的空气层叫做大气。空气也有重量，既然有重量，它对在它里面的一切物体也就产生压强（被空气包围的物体的表面，每平方厘米面积上所受到的压力，叫做压强）。大气的压强簡称为大气压力。在大气压力下，水变成蒸汽以后，体积要增加 1 670 倍。如果地位寬暢，它就可以自由膨脹。如果它是在一个四面八方密閉的容器里，既不讓它出去，也沒有地位讓它自由膨脹，那么蒸汽的分子和分子中間因为拥挤，就要互相压得紧紧的（互相受到压力）；靠近容器壁的蒸汽，也就不得不紧紧压在容器壁上。这样，容器里面就受到了蒸汽的压力。

鍋爐能承受多大的蒸汽压力，是根据鍋爐結構的好坏、是不是遭到损坏和损坏的情况，并且通过强度的計算来确定的。这是一項比較复杂的檢驗工作。不能盲目地提高压力；如果超压使用（就是在使用中，超过了規定的压力），就有可能发生鍋爐爆炸的危險。

作用在单位面积上的力，或者说单位面积上所受的力，就是压力。比如有一块木板，20厘米长，20厘米宽，面积是400平方厘米。在它的上面，有一个重40公斤的物体。要知道这个物体的压力，可以按下列的公式求出来：

$$\text{压力} = \frac{\text{总力}}{\text{面积}} = \frac{40\text{公斤}}{400\text{平方厘米}} = 0.1\text{公斤/平方厘米}$$

压力的单位，是用公制来表示的。这就是：每平方厘米几公斤，或者写成公斤/平方厘米。有些设备，压力的单位还没有来得及改成公制，是用英制来表示的，这就是：每平方吋几磅，或者写成磅/平方吋。我们经常说“这只鍋爐60磅”，“那只鍋爐80磅”，意思是说“这只鍋爐所能受的压力是每平方吋60磅”，“那只鍋爐所能受的压力是每平方吋80磅”。

公制压力和英制压力换算表

公制的压力单位		英制的压力单位
1.0 公斤/平方厘米	=	14.22 磅/平方吋
2.1 公斤/平方厘米	=	30 磅/平方吋
3.5 公斤/平方厘米	=	50 磅/平方吋
4.5 公斤/平方厘米	=	60 磅/平方吋
5.6 公斤/平方厘米	=	80 磅/平方吋
6.3 公斤/平方厘米	=	90 磅/平方吋
7.0 公斤/平方厘米	=	100 磅/平方吋

表示热量的多少，所采用的单位叫做热的单位。工业上所用的热的单位是“仟卡”，也叫做“大卡”。

1个大卡，等于1公斤的纯水温度升高1°C所需要的热量。

水压試驗和工作状态下的試驗

水压試驗，就是把新修造好的鍋爐充滿水，用水压机加

上压力試驗鍋爐强度的一种試驗。我們大家都知道，液体沒有一定的形状，而有一定体积。气体既沒有一定形状，又沒有一定体积。液体和气体都有流动性，所以液体和气体能向各个方向傳遞压强。比方我們把皮球胆接到自来水的龙头上，使水逐漸充滿，它就变成圓形。如果皮球胆壁的任何部分有小孔，或者破損的地方，水就会从小孔或者破損的地方噴射出来。从水龙头里出来的水，用很大的压强压着皮球胆里的水，这个压强就被水傳遞到皮球胆壁的各个部分，而且作用在皮球胆壁各个部分的压强都是相等的。从这个例子，我們可以知道，把压强加在密闭容器里的液体或者气体上，液体或者气体能把所受的压强按照原来大小向各个方向傳遞。

鍋爐既是一个密闭的容器，对鍋爐进行水压試驗，就能帮助发现鍋爐的鉚釘、接縫、法兰、接头和管子脹口等处是不是严密，在規定的工作压力下是不是会发生裂縫和变形等。因此，鍋爐在新造完工以后或者經過修理以后，都要做水压試驗。水压試驗，根据具体情况，由制造厂方、修理厂方、使用厂方一方面进行或者共同进行，但是都必須由鍋爐安全監察部門派人在現場監督檢查。

做水压試驗，往往把水压力(俗話称为冷磅压力)提高到工作压力(俗話称为热磅压力)以上，所以要提高水压力来試驗它。但是做这种超压的水压試驗，必須先經過强度計算确定出工作压力后，然后按照規定的水压試驗压力进行，不能盲目地提高水压力，否則是要損坏鍋爐的。

为什么我們用水来做試驗，不用蒸汽或者空气来做試驗呢？因为蒸汽和空气都有受压力而收縮的特性（也就是壓縮性），万一鍋爐結構不够坚固，用蒸汽或空气来做試驗，就容易发生危險。水沒有壓縮性，因此用水来作压力試驗就不致发生

多大危險。

有的人說：“冷磅（水壓力）能承受100磅的話，熱磅（工作壓力）可以燒到150磅。”這句話是錯誤的。前面已經說過，壓力是指每個單位面積上所受的力。既然在每個單位面積上所受的力是一樣的，那麼，不論是“冷磅”（水壓力）或者“熱磅”（工作壓力）都應該是相等的。也就是說，每個單位面積上所受的力和“冷”、“熱”是沒有關係的。

在做水壓試驗的時候，水壓力雖然高，但仍然是普通溫度下進行的，和實際工作時候情形並不相同。所以，試驗以後，還要在實際工作的狀態下進行試驗（這時候，工作壓力並不提高）。有少數鍋爐，在水壓試驗的時候（壓力每平方厘米10.5公斤），結果良好；但是在實際工作的狀態下試驗的時候（壓力還沒有達到每平方厘米7公斤），因為溫度升高，發生熱脹冷縮，結果並不很好。

從上面所說的，我們就知道，水壓試驗和在工作狀態下的試驗，目的是不相同的。進行前者，並不能省掉後者；進行後者，也不能代替前者。

水垢和煙灰

飯鍋有了“鍋巴”，要把“鍋巴”取出來；鍋底下有了煙灰，要把煙灰刮去。鍋爐也和飯鍋相似。用了几時，接觸水的一面要生“水垢”，接觸火的一面會有“煙灰”。水垢和煙灰都要去掉。

如果水垢和煙灰長期不清除，就容易使鍋殼、管子等部件過熱變形，發生危險；同時，還會使鍋爐蒸發率降低，燃料消耗加大，不能達到經濟運用的目的。為了使鍋爐能經常地很好地發揮作用，提高它的蒸發率和延長它的壽命，防止水垢、清除水垢和作適當的吹灰是非常重要的。

燃 料

鍋爐使用的燃料，主要是煤、木料、燃料油、煤氣等。鍋爐的構造和燃燒方法各不相同，所用的燃料也就不同。司爐人員和管理人員必須熟悉燃料的性質。目前，我們省鍋爐所用的燃料是以煤為主，所以熟悉煤的性質和它的燃燒對鍋爐的影響是很必要的。

煤是固體燃料的一種。它的成分除了水分和灰分以外，主要是碳(C)、氫(H)、氮(N)、氧(O)，有的還含有硫(S)等。這些元素，在煤里形成了複雜的化學的結合或者物理的結合。碳、氫、氧是可燃物質，氮、灰分、水分是不可燃物質；硫也是可燃的物質，但是有害，不但對工作人員的健康有害，並且對鍋爐設備也是有害的。

空氣和燃燒

燃料里所含的可燃物質（例如煤里的碳、氫、硫等），和空氣里的氧氣發生急劇的化學變化，發熱發光，就叫做燃燒。我們使燃料燃燒的目的，就是把燃料里所含的热量發揮出來，供給我們使用。燃燒，必須具備3個條件（也叫做燃燒三要素）：第一要有燃料；第二要有足夠的空氣；第三要有達到着火點的溫度。以上3個條件，缺一個都不能引起燃燒。

燃燒又有完全燃燒和不完全燃燒之分。比如煤，在燃燒的時候能不能放出全部的或者大部的热量，就決定於燃燒是不是完全。完全燃燒所發生的热量可以比不完全燃燒的热量大3倍。因此，我們在操作鍋爐的時候，必須注意使煤能夠充分燃燒，放出全部的热量，以便節約用煤。要達到完全燃燒，又必須具備4個條件：

1. 适量的空气。煤在爐膛里，空气不够，燃燒就不能充分地进行，这就会浪费煤；但是空气过多，会带走一部分热量从烟囪里排出去，就增加了热的损失。因此，供給的空气要适量。

2. 适当的高温。煤从外面吸收热量，使本身的温度超过发火温度的时候，才会燒着。随着燃燒的进行，发出的热量增多，煤周围的温度也更加提高，这就更加强了它的燃燒。相反，如果没有适当的高温，燃燒就要停止进行。

3. 足够作用的时间和空间。煤的燃燒，必須有足够的時間，使可燃气体和空气混合，并且升到发火温度以上；同时，爐膛里还要有足够的空间，使可燃气体得到充分的燃燒。

4. 适当的扰动。煤和空气的密切接触以后，才能保証可燃气体和空气的充分混合，才能燃燒得好。因此，爐膛里必須有适当的扰动。

煤在燃燒的时候放出的热，并不能全部得到利用，总有一部分热是损失掉的。这一部分损失掉的热叫做热损失。热损失主要有下列4个方面：

1. 排出的爐烟所带走的热损失。

2. 化学的不完全燃燒的热损失，比如由于通风不好，使煤不能充分燃燒，不能把它所含的热量全部放出，而从烟囪跑到大气里去。

3. 机械的不完全燃燒的热损失，比如爐排的間隙太大，以致煤漏出来。

4. 散布在鍋爐設備四周空气里的热损失。

拿目前中小型鍋爐來說，一般火管式鍋爐的热效率是在60%左右，这就是說，煤的热能只利用了60%，其余的40%都损失掉了。我們必須改进操作方法，改善設備，節約鍋爐用煤，减少热量损失。