

无黑烟往复炉排锻造炉

上海科学技术出版社



环境保护丛书

《环境保护丛书》

无黑烟往复炉排锻造炉

莫绍杰 张昌煜 莫士光

上海科学技术出版社

《环境保护丛书》

无黑烟往复炉排锻造炉

奚绍杰 张昌煜 奚士光

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海日历印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 3.125 字数 67,000

1979年2月第1版 1979年2月第1次印刷

印数: 1—9,000

书号: 15119·1979 定价: 0.27 元

前 言

在英明领袖华主席抓纲治国方针指引下,上海广大工人、技术人员,为了消除烟尘、节约煤炭、减轻劳动强度,发扬大胆设想,敢于革新的革命精神,在热加工锻造炉上试验成功用阶梯式往复炉排燃烧方式。经过一段时间的运行实践,证明在上述几个方面确有很好的效果,近一年来,已在全市广泛推广使用。为了推广群众创造的经验,交流技术,我们特邀请上海机器制造学校奚绍杰、上海机械学院张昌煜、上海同济大学奚士光三同志合编这本小册子,从燃烧原理,气流流动状况,结构及运行等方面作一简要介绍,供从事这方面工作的工人、技术人员参考。

上海市环境保护办公室

目 录

一、概况	1
二、往复炉排锻造炉的燃烧过程	4
(一)煤的燃烧过程	4
(二)往复炉排炉的燃烧过程	9
三、往复炉排锻造炉的气流流动工况	16
(一)气流流动的基本概念	16
(二)锻造炉的燃烧室气流工况	28
(三)锻造炉的加热室气流流动	34
四、往复炉排锻造炉的结构	37
(一)燃烧室结构	37
(二)加热室结构与尺寸	62
(三)余热利用和排烟除尘装置	69
五、往复炉排锻造炉的附属装置	77
(一)往复传动机构	77
(二)风机选配	82
(三)上煤、清渣装置	84
六、往复炉排锻造炉的操作和管理	86
(一)煤种的合理搭配	86
(二)往复炉排锻造炉的运行和维护	87
(三)往复炉排锻造炉在运行中出现的主要问题及其原因	89
七、往复炉排锻造炉选摘	91

一、概 况

伟大领袖毛主席和党中央一再指出，在发展国民经济的同时，必须考虑环境保护。这对锻造炉来说，首先必须消烟除尘，减少对大气的污染。

在一九六五年全国燃煤加热炉交流会议召开后，上海市曾把许多锻造炉改成具有固定阶梯炉排的反式锻造加热炉（俗称青岛炉，见图 1-1）。这种锻造炉在燃烧室、加热室等部分都比旧式的水平炉栅锻造炉有所改进。但是青岛炉在周期性人工加煤时仍会从烟囱和炉门口冒出一股呛人的黑烟，并且在加煤时看不见炉膛中的煤层情况，容易造成断火，出现火口以及死角积煤的现象。

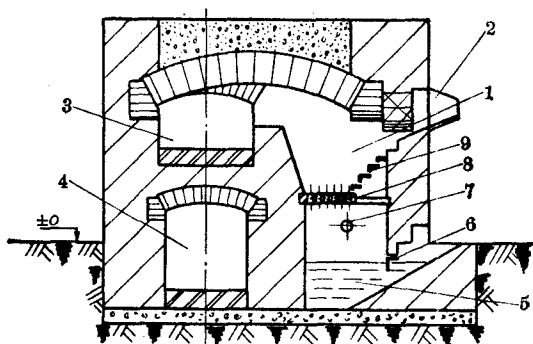


图 1-1 固定阶梯炉排的锻造炉(俗称青岛炉)

- 1-燃烧室； 2-煤斗； 3-加热室； 4-烟道； 5-渣池； 6-水封板；
7-风管； 8-平炉排； 9-固定阶梯炉排

为了进一步达到消烟除尘、减轻劳动强度和增产节煤,我们根据锻造炉的工作特点,采用多种的机械化燃烧装置,其中就有往复炉排式燃烧装置。这种燃烧装置保存了青岛炉的优点,改革了青岛炉存在的问题,基本上符合机械加煤、燃烧时不冒黑烟的要求(见图 1-2)。

这种锻造炉是通过液压或机械传动方法,使炉排中交替叠置的活动炉排作往复运动。煤从煤斗中被推出之后,由前向后,在阶梯炉排上逐级翻动下落。煤在移动过程中顺序地经过了预热干馏区、燃烧区和燃烬区,燃烧成炉渣,最后由出渣炉排将炉渣推入渣槽(无出渣槽的可从出渣炉门处进行人工出渣)。与此同时,在燃烧室内生成的高温火焰和烟气,就在微正压的作用下从翻火口进入加热锻件的加热室。烟气经过加热室后从两端的排烟口排入烟道,并在经过余热利用装置后,最后排入烟囱。

采用往复炉排锻造炉燃烧装置,具有以下特点:

(1) 具有连续性燃烧的特点,基本消除了黑烟,既改善了车间环境和工人劳动条件,又提高了炉子的生产能力,相应地降低煤耗。

(2) 对煤种的适应性较广,特别适用于中等烟煤。

(3) 往复炉排结构简单、建造方便,便于推广。

要使往复炉排锻造炉能达到上述的工作效果,必需使其结构和操作符合煤的燃烧原理及合理的气流流动情况。

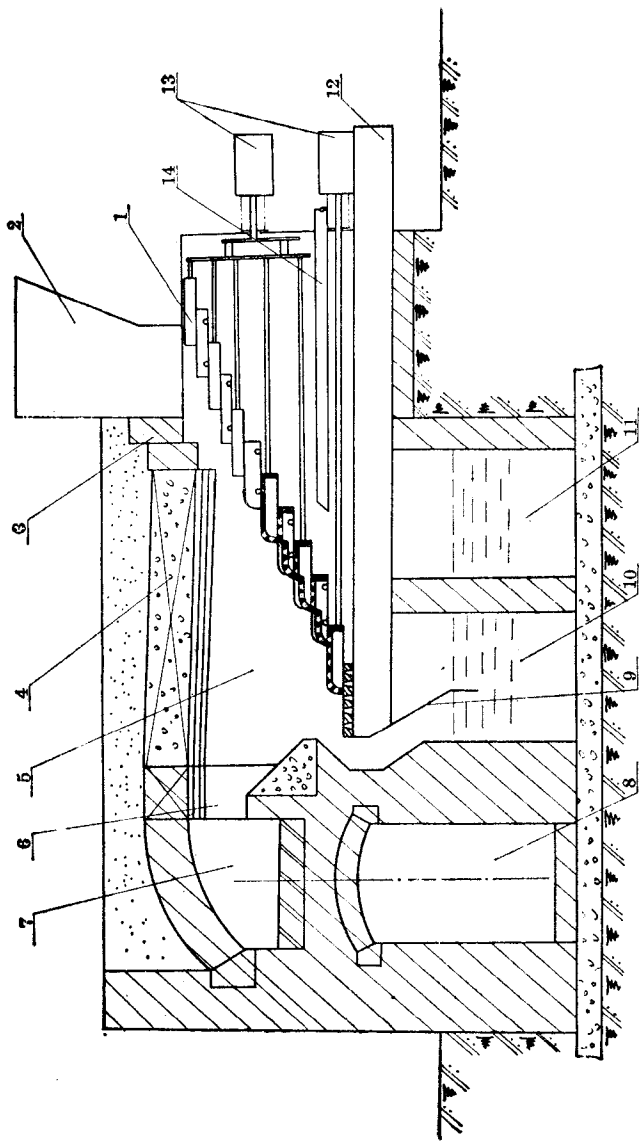


图 1-2 往复炉排锻造炉示意图

1-炉排; 2-煤斗; 3-前拱; 4-燃烧室拱顶; 5-燃烧室; 6-翻火口; 7-加热室; 8-烟道; 9-前挡风板;
10-水封渣池; 11-存漏煤层池; 12-梁架; 13-液压油缸; 14-风管

二、往复炉排锻造炉的燃烧过程

(一) 煤的燃烧过程

1. 煤的性质及其燃烧特点

煤的成分极为复杂，它是以碳氢化合物为主，并与甲氧基、羟基、甲醇基等化合物相结合，含有粘结性的沥青等物质。除了这些有机物质外，还包括灰分（诸如 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 等）、硫化物及氮化物等无机物质。

我们了解煤性质的目的不在于知道它的化学组成成分，而是着重分析影响煤燃烧的一些主要因素：煤的水分、挥发物、灰分及其发热值。

在炉排上煤粒层的燃烧是由许多煤粒群组成的，因此，我们先以煤粒的燃烧加以分析。如图 2-1 所示，煤粒的整个燃烧过程基本上按下述几个阶段进行。

(1) 加热和干燥

煤粒被加热到 100°C 时，煤中水分就大量汽化外逸，煤就逐渐被烘干。显然，煤的水分越多，加热和干燥的阶段就越长。

(2) 挥发物的逸出和燃烧

当煤粒温度继续升高时，烘干了的煤就开始被干馏出许多气体，逸出的这些气体，称为挥发物；它们主要是碳氢化合物，及少

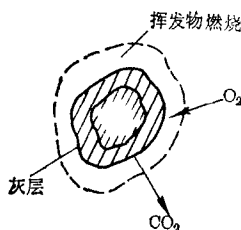


图 2-1 煤粒燃烧过程示意

量的氢和一氧化碳。这些可燃物气体的着火温度较低(250~700°C),容易着火。当温度不断升高时,逸出的挥发物也增多。煤粒四周的挥发物如果在一定的温度条件下遇到空气中的氧气后,就开始着火燃烧。在煤粒外层呈黄色明亮的火焰,如图 2-1 所示。挥发物愈多的煤也就越容易着火。

(3) 焦炭的形成和燃烧

煤的挥发物全部逸出后,所剩下的固体物质,就称焦炭。焦炭中除了灰分以外,几乎全部是固定炭。当煤粒四周的挥发物燃烧时放出了大量的热,将焦炭加热到红热,这就为焦炭的着火燃烧创造了良好条件。焦炭是煤的主要可燃物质,但它的燃烧过程是在固体与气体(空气中氧)之间进行的化学反应。显然,焦炭要比挥发物难烧掉,因此,如何创造焦炭的燃烬条件,是关系到煤粒燃烧的完善程度。

(4) 形成灰渣

焦炭开始燃烧后,在其外表面就逐渐形成灰渣层。灰渣包住了焦炭的表面,就阻碍空气中的氧向焦炭内部渗透,影响了焦炭的燃烬。

从以上煤粒燃烧过程的四个阶段来看,煤中水分不利于着火,可是适当的水分有益于减少细煤粒飞走的损失;而且煤中的水分在烘干后,能使煤层空隙率增多,通风性能较好,改善了氧气与煤粒的接触混合条件,有利于燃烧。此外,煤中挥发物含量多时,愈有利于煤的着火和燃烧,而煤中灰分则会阻碍煤粒的燃烬。

2. 煤烟形成的原因

如上所述,从煤中干馏出的挥发物主要是碳氢化合物,这些化合物受热后就会分解,其分解产物如不能完全燃烧,就会形成煤烟。不论在高温或低温条件下,碳氢化合物都会热分

解；在温度较低时，它可以分解出甲烷、乙烷等类气体，同时也产生烃类碳氢化合物和烯类、苯酚类的煤焦。如果温度较高，在分解的产物中，还会有氢气，并且在煤焦中又大多是含苯和苯甲酚类物质的芳香族碳氢化合物。以上这些分解产物如遇到空气中的氧，在一定温度条件下，仍能充分燃烧，形成二氧化碳和水蒸汽。但是，如果不具备良好的燃烧条件时，就会游离出碳粒子。这些碳粒的粒径很小，一般只有0.05~1微米。这时要继续燃烬它们就比较困难了，而如果让它们就此排出炉，则就会造成滚滚的黑色浓烟。这些碳粒，由于其粒径小、重度轻，依靠一般的惯性除尘器毫无办法除净，就会污染环境，造成公害。

那么，什么是上述良好的燃烧条件呢？这就是炉内要有足够的高温(800℃以上)，充分的空气量和良好的混合以及必要的燃烧空间和时间。

3. 煤层燃烧及周期加煤时黑烟的形成

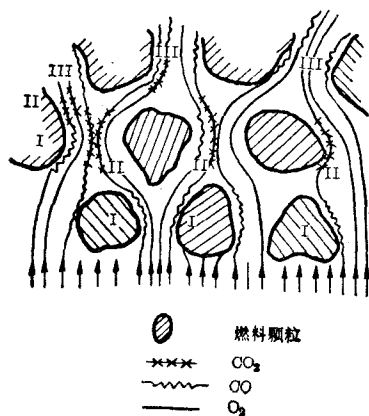
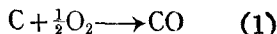


图 2-2 煤粒群的燃烧过程示意

在炉排上的煤层是由重叠的煤粒群组成的，如图 2-2 所示。因此当空气自下而上，穿过炉排而遇到最下层的几排灼热煤粒时，煤粒中就形成一氧化碳。即



CO 气体在燃煤层间隙中又与过剩的氧气混合燃烧成二氧化碳，并使氧气消耗殆尽。即



CO_2 气体继续向上流动, 又与上层的煤粒产生还原反应, 即



分析了煤粒群的燃烧反应原理, 再以固定阶梯炉排的青岛炉为例, 讨论炉排上的煤层燃烧过程(图 2-3)。显然, 青岛炉的主要燃烧区域是在平炉排上的。煤从上面推落于炉排上, 整个燃煤层自上而下分为加热、干燥层, 挥发物逸出的干馏层, 再下面是还原层、氧化层和灰渣层。燃煤层上面是挥发物的燃烧空间。还原层和氧化层是焦炭的燃烧区。炉排面上是灰渣层, 起着保护炉排, 使送风均匀的作用。

新煤落在灼热焦炭的还原层上。它除了受到下面的加热外, 又从炉膛中受到高温烟气和灼热砖衬的热辐射, 使新煤得以加热、干燥、着火和燃烧。

燃烧所需的空气是从炉排下面通入的, 它在穿过炉排和灰渣层时, 既冷却了炉排又得

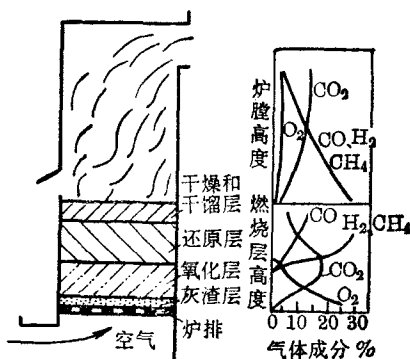


图 2-3 在炉排上的煤层燃烧过程示意

到了预热, 待进入焦炭层时, 它就和煤粒进行氧化反应。这时, 由于温度高, 反应速度快, 在氧气通过一段焦炭层后, 便完成了上述(1)和(2)的化学反应, 同时氧气就被消耗殆尽。此处烟气气流中的 CO_2 含量最多, 一般可达 16% 左右。当烟气气流继续上行时, 就出现了 CO_2 的还原反应[上述的第(3)反

应],使 CO_2 含量降低, CO 含量增多。部分 CO 气体与新煤在干馏层中所生成的 CO 、 H_2 、 CH_4 等可燃气体相混合,一并逸入炉膛空间,与炉膛内的空气混合燃烧。对挥发物较多的煤,这部分可燃气体的燃烧放热量约占煤炭发热值的一半左右。因此组织好炉膛内的燃烧,具有很重要的意义。在煤层较厚时, CO_2 的还原反应更为充分,使炉膛内可燃气体增多,就有必要送入二次空气,将它燃烧完全,否则就会形成气体不完全燃烧的热损失。

如果炉排上是采用人工加煤时,前后两次加煤的时间间隔内加入炉内的煤经历了燃烧的各个阶段,形成一个周期。青岛炉的加煤情况仍具有周期性。在一个周期中,平炉排上的煤层厚度随着燃烧过程由厚到薄,而穿过炉排的空气量却由少到多,使燃烧中空气量的供需二方面极不协调,这种不协调

的现象可从图 2-4 中清楚看出。

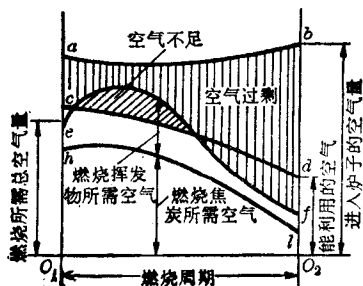


图 2-4 燃烧过程中空气量供求状况

图中横坐标表示两次加煤时间间隔,纵坐标是空气量。曲线 ab 是进入炉内的空气量;由于混合扩散条件限制,因此能利用的空气量只有 cd 曲线所表示的部分。而燃烧所需要的空气量为曲线 ef 所示。当新煤刚加入时,煤层厚度较厚,阻力较大,不可能得到较多的通风量。可是在加煤后不久,新煤中析出大量挥发物等可燃气体,迫切需要足够的空气量以满足燃烧的要求。结果就使空气的供需方面严重脱节。挥发物在炉内受热分解,但由于没有充足空气通风量,就使分解

需要的空气量为曲线 ef 所示。当新煤刚加入时,煤层厚度较厚,阻力较大,不可能得到较多的通风量。可是在加煤后不久,新煤中析出大量挥发物等可燃气体,迫切需要足够的空气量以满足燃烧的要求。结果就使空气的供需方面严重脱节。挥发物在炉内受热分解,但由于没有充足空气通风量,就使分解

产物游离出大量炭粒，造成烟囱冒黑烟、炉门喷黑烟的状况。以后煤层随着燃烧而逐渐减薄，使通风阻力减小，这时空气通过煤层的风量却越来越多。结果使过量空气大大增加，并导致炉温急剧下降，使加热炉的工作变坏。这就是周期性加煤的缺点之一。

(二) 往复炉排炉的燃烧过程

1. 往复炉排炉的燃烧特点

青岛炉炉排是由固定的阶梯炉排和平炉排所组成的。阶梯炉排是相互迭置成 45° 左右的倾斜度，以使炉排上的燃料凭借重力作用而向下滑落。对一定粒度的燃料，需要有一定的炉排倾斜度。如倾斜度过大就会出现燃料自落现象。除颗粒度外，水分多少和通风情况都对燃料的滑落速度有影响。实际上，由于煤粒大小不匀，煤就不可能均匀地滑落。而且，在运行时总是要由人工把煤统下去，在阶梯炉排面上又无法挡住煤粒下落，所以操作时，一下子会使煤滑落很多，犹如手烧炉的周期性加煤。其结果就使炉膛内突然涌进大量挥发物，又没有足够的空间和时间使其燃烧，便形成大量炭黑，并使炉子冒出黑烟。此外，在平炉排上，由于燃料的滑落使煤层堆得很高，造成阻力大、进风量少的后果，燃烧就不能完全。这些都是固定阶梯炉排的缺点。

使用往复炉排就可以解决上述燃烧过程中的缺点。图 2-5 就示出在炉排往复移动时煤粒的运动情况。在二层固定炉排(1、3)之间的活动炉排(2)所能移动的距离为 L 。当活动炉排向前移动时，将下面一块固定炉排上的煤推走；当返回移动时，又将活动炉排上的煤卸到下面的固定炉排上。炉排的倾角不再取决于燃料重力滑落的需要，而与炉排的高度有关。各

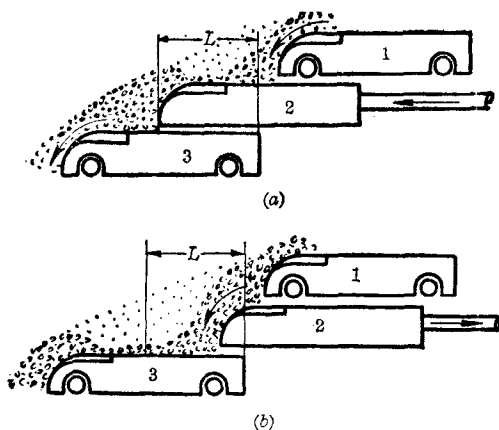


图 2-5 煤粒的运动情况

1、3-固定炉排； 2-活动炉排

(a) 活动炉排前推时； (b) 活动炉排后退时

炉排的表面形成了截留煤粒的明显台阶。故不管煤粒大小，煤是不会因炉排的移动而擅自一直往下滑落的。比之于固定式阶梯炉排来说，这是一个突出优点。

煤自煤斗借重力落到炉排上后，由第一、二块活动炉排（给煤机）推入炉内，以后就逐步地被其他活动炉排推向下面。煤在炉内移动过程中逐步完成加热干燥、着火燃烧和燃烬等燃烧阶段，最后在不平炉排上稍多停留，燃烬后的灰渣就被出渣活动炉排推入水封渣池内。

往复炉排锻造炉的燃烧过程不同于固定阶梯炉排的青岛炉。前者加煤比较均匀而连续，因而克服了燃烧周期性的缺陷。从煤的着火条件来看，着火的热源不仅来自炉膛中高温烟气和灼热砖墙的辐射；而且由于炉排的推动作用，会将煤层表面已烧着的“红煤”翻到新煤层的下边，使之成为底层着火

的热源;因此,它具有手烧炉那样“双面着火”的条件。此外,由于活动炉排的往复运动,使炉排中段燃烧区域里的煤层经常松动、扒拨和翻动。这些良好的拨火条件,不仅改善煤层的透气性,使煤粒和空气充分接触混合;而且会捣碎煤层中的焦块,以及震落包裹在煤粒外层的灰层,有利于煤的燃烬。因此从上述着火和拨火条件来分析,往复炉排对煤种的适应性较好。

往复炉排炉在整个燃烧过程中能使加煤、拨火和除渣三项操作全部机械化,不仅减轻司炉的劳动强度,而且消除了周期性加煤的燃烧缺陷,基本上解决了燃烧过程中炉子冒黑烟的问题。使之尽可能获得较高的燃烧效率,并又能燃用多灰、粘结性的低质烟煤。

2. 影响往复炉排炉上燃烧完全性的几个因素

(1) 炉排面积

煤在炉排上进行燃烧,燃烧所需的空气通过炉排进入煤层。通常以每小时在一平方米炉排面上燃烧的煤量(或相应煤量所放出的热量)来表征炉排的燃烧热强度。用符号 b_F (或 q_F) 表示,单位为公斤/米²·时(或大卡/米²·时)。

$$b_F = \frac{B}{F_{\text{排}}} \text{ [公斤/米}^2 \cdot \text{时]} \quad (1)$$

$$\text{或} \quad q_F = \frac{BQ_{\text{低}}}{F_{\text{排}}} = \frac{BQ_{\text{低}}}{b_{\text{排}} \times l_{\text{排}}} \text{ [大卡/米}^2 \cdot \text{时]} \quad (2)$$

式中: B ——燃煤量, [公斤/时];

$F_{\text{排}}$ ——炉排面积, [米²];

$$F_{\text{排}} = b_{\text{排}} \times l_{\text{排}} \quad (3)$$

($b_{\text{排}}$ ——炉排宽度, $l_{\text{排}}$ ——炉排长度);

$Q_{\text{低}}$ ——煤的低位发热值, [大卡/公斤]。

对往复炉排炉,燃煤量 B 就等于:

$$B = S b_{\text{排}} w_{\text{煤}} \gamma_{\text{煤}} \text{ [公斤/时]} \quad (4)$$

式中: S ——推煤厚度, [米];

$w_{\text{煤}}$ ——煤层向前移动的平均速度, [米/时];

$\gamma_{\text{煤}}$ ——煤的堆积重度, [公斤/米³].

由此, 煤在炉内停留的时间 τ 为:

$$\tau = \frac{l_{\text{排}}}{w_{\text{煤}}} \text{ [小时]} \quad (5)$$

将式(2)~(4)代入(5)式后可得:

$$\tau = \frac{S \gamma_{\text{煤}} Q_{\text{低}}}{q_F} \text{ [小时]} \quad (6)$$

对于一定的炉型来说, 燃用某种燃料时的炉排热强度 q_F 有一个合理的限值。如果片面追求缩小炉排面积, 过分提高炉排热强度, 将使煤在炉内停留的时间缩短, 使燃烧进行得不够完全, 这时, 落入渣池中的灰渣含碳量就增高, 造成热损失; 另外, 当 q_F 过大时, 必然会使流经燃料层的空气速度提高, 将炉排上的细小煤粒吹起, 并被烟气气流带出炉外, 造成飞灰热损失。反之, 如炉排面积取得过大, 非但使炉子结构尺寸变大, 不仅浪费金属和增加炉子投资, 而且会使炉排上燃煤层过薄或厚薄不均, 易造成“火口”和穿风, 使炉温降低, 并影响炉子的正常运行。在往复炉排锻造炉中, 炉排燃烧热强度常取为: $b_F = 100 \sim 110$ 公斤/米²·时; 或 $q_F \cong 600 \times 10^3$ 大卡/米²·时。

(2) 炉膛容积

前已提到, 在煤层状燃烧过程中, 必然有挥发物及还原反应的产物(主要是 CO)以及细煤粒逸入炉膛空间; 因此在炉膛里必须提供良好的燃烧条件(温度、足够空气量和良好混合以及燃烧所需的充裕空间和时间), 以使可燃气体及细煤粒充分燃烬。在锻造炉中, 炉膛后面还连接着加热室。在正常情况下, 加热室的温度仍能保持在 1300°C 左右, 所以加热室也可