

董英立 編著

# 土煤气发生炉

V444.1

D923

上海科学技术出版社

## 內 容 提 要

本书对土煤气发生炉作了较全面的介绍,首先叙述土煤气发生炉的气化原理、结构及设计方面的知识,接着对土煤气发生炉的操作方法及安全规程等作了具体的说明。

本书可供从事土煤气发生炉工作的人员参考。

## 土 煤 气 发 生 炉

董 英 立 編 著

\*

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业登记证出 093号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

上海市印刷六厂印刷

\*

开本787×1092 1/32 印张1 16/32 字数32,000

1980年9月第1版 1980年9月第1次印刷

印数1—10,000

统一书号:15119·1557

定 价:(十)0.17 元

21

263.241

543

## 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 一、概述.....              | 1  |
| 二、土煤气发生炉的结构及其气化原理..... | 2  |
| 三、土煤气发生炉的设计.....       | 13 |
| 四、土煤气发生炉的操作.....       | 29 |
| 五、土煤气发生炉的操作规程.....     | 35 |
| 六、土煤气发生炉气化指标的鉴定.....   | 38 |
| 七、土煤气发生炉的安全规程.....     | 40 |

## 一、概 述

冶金工业所用的燃料，主要有固体燃料和气体燃料两种。从它们的发展上来看，较有前途的是气体燃料。这由目前世界各国对固体燃料利用率的减少和由固体燃料再加工变为气体燃料来燃烧的增多，可以得到充分证实。

固体燃料的利用愈来愈少，主要是因为它在燃烧时有以下几个缺点：

1. 燃烧单位固体燃料的空气消耗量大，故造成理论燃烧温度低。

2. 固体燃料的燃烧过程不易控制（如火焰长度、温度及气氛等）。

3. 固体燃料本身不能预热，因此难以获得高的燃烧温度。

4. 机械性和化学性不完全，燃烧热损失大。

5. 运输、操作困难，劳动条件恶劣（如加煤、除灰等）。根据统计，在1小时产量为25~30吨的加热炉上，若加热每吨钢材以80公斤耗煤量为标准时，则在8小时的时间内，工人要加煤480~520次，将16~19吨煤送入炉内，这是一个相当繁重的体力劳动。

但使用气体燃料不但没有上述缺点，反而具有许多优点：

1. 气体燃料容易和空气混合均匀，燃烧单位气体燃料，只需加入少量空气便可，故其燃烧温度高。

2. 气体燃料燃烧过程容易控制（如火焰长短、炉压和炉

溫等)。

3. 气体燃料本身可以預热, 因此可以得到高温和节省燃料。

4. 气体燃料便于运输, 操作简单, 劳动条件好。

由于气体燃料具有上述优点, 在工业上为了使用气体燃料, 宁可多費一次加工手續(由固体燃料加工为气体燃料)。

## 二、土煤气发生炉的结构 及其气化原理

### 1. 土煤气发生炉的结构

土煤气发生炉是将固体燃料轉变为气体燃料的一种装置。由固体燃料轉变为气体燃料, 必須經過一系列物理化学变化过程, 此过程称为“气化”。气化是借通入煤气炉中少量气化剂中的氧和固体燃料在不完全燃燒的条件下进行的。气化剂共有三种: 空气、水蒸汽和空气加水蒸汽。由空气做气化剂所得到的煤气称为空气煤气; 由水蒸汽做气化剂得到的煤气称为水煤气; 而由空气加水蒸汽做气化剂得到的煤气称为混合煤气。目前上海冶金工厂中使用的煤气主要是空气煤气和混合煤气。

尽管土煤气炉的种类很多, 但所有炉型都是由加煤斗、风帽(炉棚)、撈火孔、出气管及放气烟囱等装置組成的。下面介紹的是人工操作的阶梯式土煤气发生炉(图1)和固定风帽式土煤气发生炉(图2)。

(一)阶梯式土煤气发生炉 一般采用炉棚面积为3~4米<sup>2</sup>、身高为3米左右的方形或长方形結構。炉棚傾斜角度为

图 1 阶梯式土煤气炉

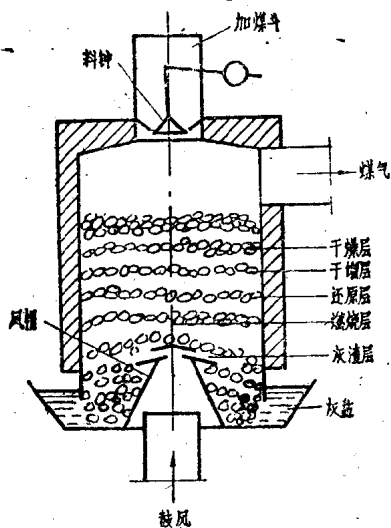
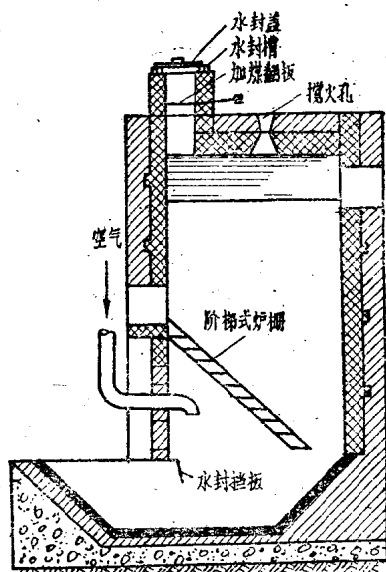


图 2 固定风帽式土煤气炉

48~50 度，下設有水封池。在炉前壁炉栅下設有三个投炉的鑄铁門，在炉栅上設有生火門一个(見图 3)。炉頂前端設有翻板式(或料钟式)加煤斗两个。加煤斗后設有放气烟囱，以备点火、停炉走烟气和煤气用。集气筒及煤气管道根据走气量多少設有一定数量的安全防爆装置。該种煤气炉的工作

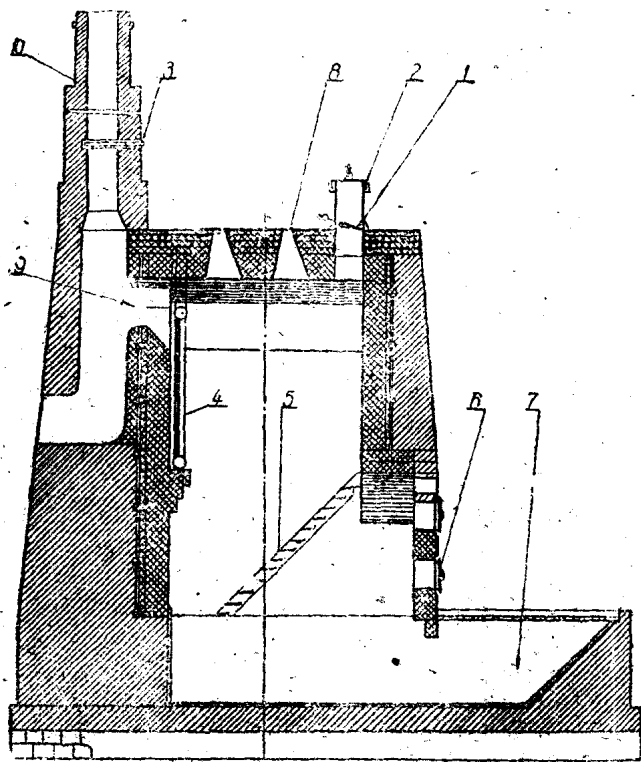


图 3

- 1—加煤斗翻板； 2—加煤斗； 3—烟囱閘板； 4—水管鍋炉； 5—炉篦；  
6—炉門； 7—水封槽； 8—攪拌孔； 9—煤气出口； 10—烟囱

好坏,在很大程度上取决于炉栅的倾斜角度及其结构型式(见图 13)。炉栅倾斜角度应根据煤的性质(如粘结性等)及其颗粒度大小而定。一般考虑原则是要求炉栅倾斜角度大于煤的自然休止角。实用上视具体情况取  $45 \sim 50$  度的倾斜度。

(二)固定风帽式土煤气发生炉 此种煤气炉的优点在于它能保证鼓风的均匀性和得到较高的气化强度。其结构型式如图 4。炉身是由内砌粘土砖外砌青砖(或两层粘土砖)筑成的。为了避免两层砖间漏煤气,一般在两层砖间填充 40 毫米左右黄砂或石棉粉的夹层。炉身外面用少量钢箍圈起加固。在

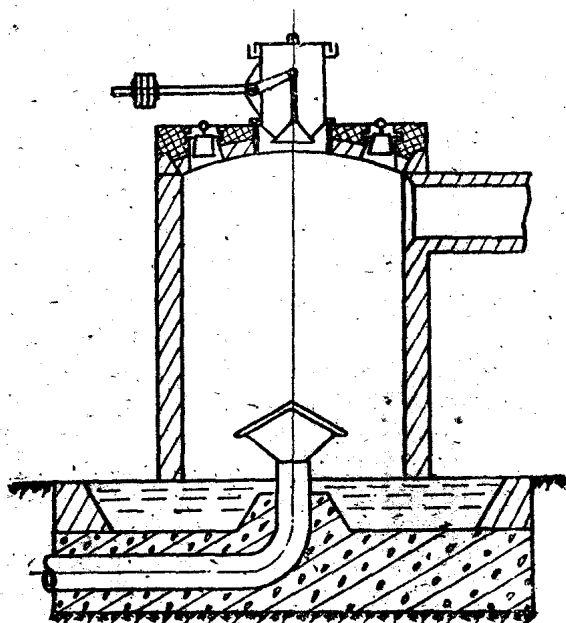


图 4 固定风帽式土煤气炉示意图

加煤斗下面設有钟形布料装置( $\phi 600 \sim 800$  毫米)。空气和水蒸汽混合物經過导管引至风帽并由风帽穿过煤层。产生的煤气由炉子上部出气口跑出。

这种煤气炉的风帽在气化过程中作用很大。操作时如不能很好地维护,常常发生风帽烧坏,造成炉况恶化和煤气质量低劣的不良现象。正常操作时,风帽上面总存在有  $100 \sim 150$

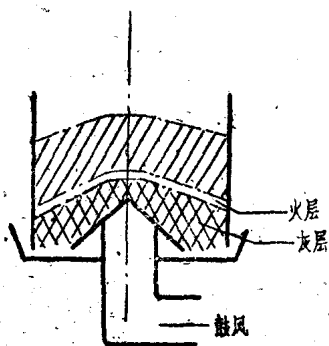


图 5 炉内渣层分布

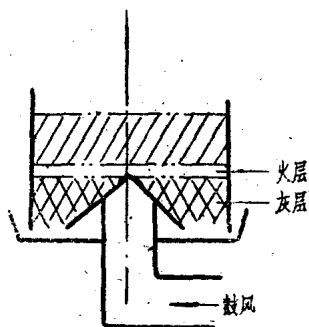


图 6 中心火层下落

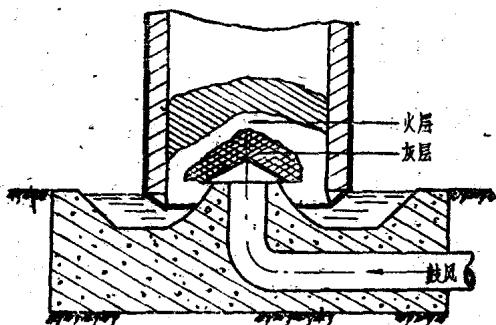


图 7 边火下落

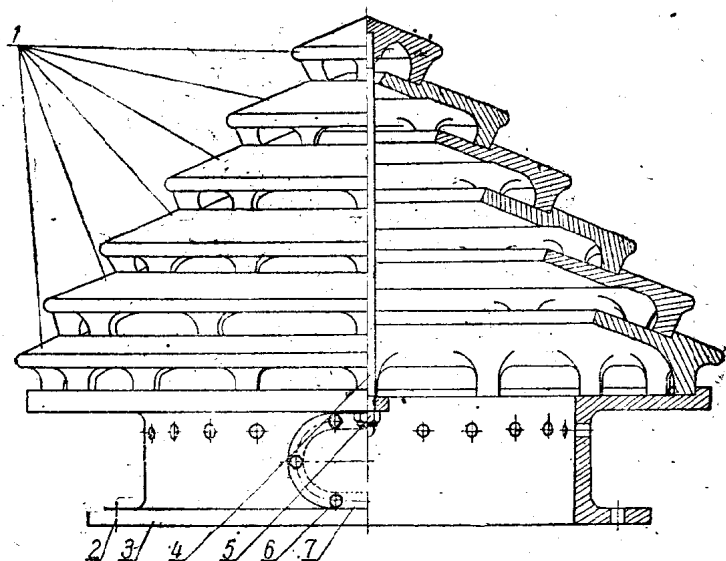


图 8 风帽结构

- 1—炉栅； 2—底脚螺栓； 3—炉栅托盘； 4—长螺栓；  
5—螺母； 6—六角螺栓； 7—窗盖

毫米的煤渣保护层(见图5)。但当除灰过多时,中心层减薄,使得高温火层下移,直接与风帽接触(如图6)而将风帽烧坏。另外一种情况是周边除灰过多,结果此处灰层减薄,致使高温火层与风帽底座接触,而将底座烧坏(见图7)。为此在操作上应特别注意对风帽的维护。风帽结构型式如图8所示。

## 2. 土煤气发生炉气化原理

虽然土煤气发生炉的种类很多,但是它们的气化原理都

一样;当燃料由加煤斗投入炉内后,遇到由下部鼓进炉子的气化剂中的氧气,便发生了化学反应,并沿料层高度方向上形成五层(见图 9 a),

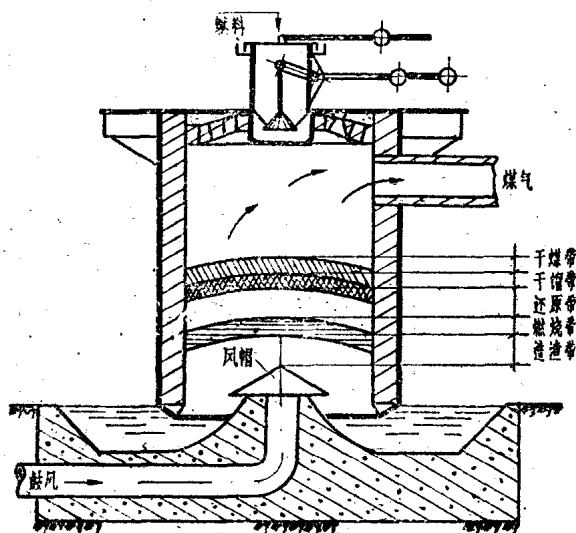
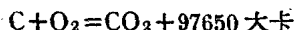


图 9 a

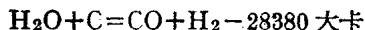
从炉栅下鼓入的气化剂,首先经过灰渣层并在此层中得到了预热。预热了的气化剂就进入渣层上面正在燃烧着的燃料层中。在这层中气化剂中的游离氧与燃料发生以下反应:



工业上称此层为燃烧层(火层或氧化层),由于燃烧层中所进行的是放热反应,因此这层的温度很高。燃烧层中产生的热气体( $\text{CO}_2$  等)继续上升,与上层燃料接触产生了还原反应:



这是一个吸热反应，进行这个反应所需的热量是靠燃烧层供给的。此层称为还原层。若鼓入的是空气和蒸汽的混合物时(混合煤气)，在还原层中同时又进行了水蒸汽的分解作用：



还原层中产生的热气体再向上时，在炉子上面靠自身的高温加热了煤层，形成了干馏和干燥两层。干馏层的温度大约在  $500^\circ\text{C}$  左右。这层燃料的挥发物在上升热气体带来的物

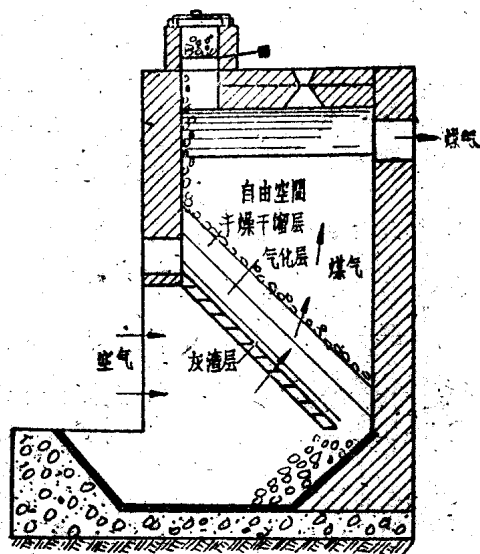


图 96

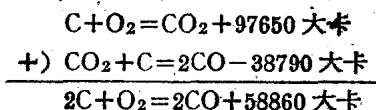
理热的作用下被干馏和蒸发出来。干燥层中的水分也是靠此热量被干燥干净。最后生成的煤气由出气管跑出炉外。

由以上反应看出，对气化起主要作用的是燃烧层和还原层中所进行的两个反应。所以常将此两层称为气化层（见图 9 6），而将干馏层和干燥层称为预热层。

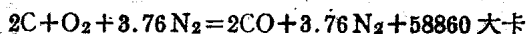
实践证明，对气化反应起主要作用的是燃烧层，而使燃烧层反应加快又主要决定于温度。温度愈高愈利于还原层生成 CO，故提高燃烧层的温度对提高煤气中 CO 的含量来说是非常有利的。但是煤灰分的熔点限制了温度的提高（超过所用煤灰分熔点时，造成结渣），因此燃烧层的温度应控制在一个适当的温度上。根据最新资料记载，燃烧层的温度控制在 1000~1100°C 已足够。

根据土煤气炉所用的气化剂来分，煤气的类型主要有两种：空气煤气和混合煤气。现将每种煤气的气化原理较深入地叙述于下：

（一）空气煤气的气化原理 凡是以空气做气化剂所得到的煤气均称为空气煤气。空气煤气在气化时，在燃料层中分为五层。对理想空气煤气<sup>①</sup>而言，其气化的主要反应为：



因为空气煤气所用的气化剂是空气而不是纯氧，每鼓入一个体积的氧气，便带入 3.76 倍的氮气，因此上述理想空气煤气的反应式应改写为如下形式：



从上述反应可以看出，理想空气煤气的组成成分主要是

① 理想空气煤气指气化纯碳时所获得的气体，此时碳起作用后没有一点损失，全部转化为一氧化碳。

CO 和  $N_2$  按体积计算所占的百分比如下:

$$CO\% = \frac{2}{2+3.76} \times 100 = 34.7\%$$

$$N_2\% = 100\% - 34.7\% = 65.3\%$$

故理想空气煤气的发热量( $Q_H^P$ ):

$$Q_H^P = 30.5 \times CO = 30.5 \times 34.7 = 1058 \text{ 大卡/米}^3$$

1 公斤碳气化的煤气量( $V$ ):

$$V = \frac{(2+3.76)22.4}{2 \times 12} = \frac{5.76 \times 22.4}{24} = 5.38 \text{ 标米}^3/\text{公斤}$$

理想空气煤气的气化效率( $\eta$ ):

$$\eta = \frac{1 \text{ 公斤燃料气化煤气的发热值}}{1 \text{ 公斤燃料的发热值}}$$

因为 1 公斤碳的发热值是 8137 大卡/公斤, 而 1 公斤碳气化的煤气量为 5.38 标米<sup>3</sup>/公斤, 每一立方米的理想空气煤气的发热值为 1058 大卡/米<sup>3</sup>, 将这些已知值代入上式, 得到

$$\eta = \frac{5.38 \times 1058}{8137} = 69.8\%$$

空气煤气的气化特点如下:

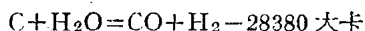
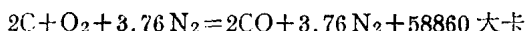
(1) 气化效率低: 甚至在理想情况下, 空气煤气的热利用率也只达到 69%, 对实际空气煤气来说, 热利用率将会更低, 有一半以上的热量损失了。

(2) 燃烧层的温度高(可达 1600~1700°C), 因此结渣严重。

(3) 煤气出口温度高。

(4) 发热量低: 理想情况下为 1058 大卡/米<sup>3</sup>。实际空气煤气为 900~1100 大卡/米<sup>3</sup>。

(二)混合煤气 混合煤气是以空气加水蒸汽做气化剂所制得的煤气。混合煤气主要的化学反应如下:



从混合煤气的两个化学反应式可以看出,这种制备煤气方法不但消除了空气煤气的缺点,而且本身还具有很多优点:

(1) 发热量高:因气化剂中含有水蒸汽,它在还原层受热分解产生氢气,



因此提高了煤气发热量。其发热量一般可达 1200~1350 大卡/米<sup>3</sup>,最高可达 1500 大卡/米<sup>3</sup>。

(2) 减少结渣,降低煤气出口温度:这主要是因为还原层中进行了一个水蒸汽“吸热”分解作用,降低了燃烧层的温度,减少了渣化。煤气出口温度也因此降低。

(3) 气化效率高(80%左右),并可采用劣质煤。

由以上分析看出,混合煤气之所以有很多优点,主要因为通入的气化剂中有水蒸汽。一般为了使水蒸汽均匀地与空气混合,实用上是采取事先混合而后再通入炉内去的方法。气化时对水蒸汽量应有适当地控制,其数量主要根据燃料的性质、灰分多少、燃料颗粒度大小等来决定。过量的水蒸汽反而会恶化气化过程。理论上为了得到发热量最高的煤气,1公斤煤顶好供给 0.3~0.4 公斤水蒸汽。饱和温度控制在 45~55℃。

总之,为了得到发热量高、气化效率大的煤气,使用混合煤气是最理想的。

### 三、土煤气发生炉的设计

#### 1. 土煤气发生炉类型的选择及其技术经济指标

土煤气炉共有两种：一种是空气煤气炉，另一种是混合煤气炉。空气煤气的特点，是煤气的发热量低(900~1100 大卡/米<sup>3</sup>)；炉内氧化带温度非常高，因此结渣现象严重，炉况难以控制；同时它的煤气出口温度高(700~800℃)。而混合煤气由于所用的气化剂中含有一定比例的水蒸汽，水蒸汽在还原带的分解作用吸收了大量氧化带的热量，因此降低了氧化带的温度，避免了渣化；水蒸汽分解产生了热值较高的氢气，因此增加了混合煤气的发热量(1200~1350 大卡/米<sup>3</sup>，甚至更高)。故选用气化的方法时，应该肯定混合煤气炉的制气方法是有利的，特别是利用煤气加热钢锭(钢坯)时。

土煤气炉的技术经济指标如表 1 所示。

表 1

| 项 目<br>煤气种类 | 气化强度<br>(公斤/米 <sup>2</sup> ·时) | 1 公斤煤产生的<br>煤气量<br>(米 <sup>3</sup> /公斤) | 煤气出口<br>温度(℃) | 煤 气 出 口<br>压 力<br>(毫米水柱) | 煤气发热量<br>(大卡/米 <sup>3</sup> ) |
|-------------|--------------------------------|-----------------------------------------|---------------|--------------------------|-------------------------------|
| 混 合 煤 气     | 80~120                         | 2.2~3.0                                 | 500~600       | 80~50                    | 1200~1350                     |
| 空 气 煤 气     | 35~50                          | 2.5±                                    | 700~800       | 80~50                    | 900~1100                      |

#### 2. 炉栅(阶梯式煤气炉)面积和炉底(风帽式煤气炉)面积计算

(一)炉栅面积的计算 对阶梯式炉栅的土煤气炉，炉栅面积大小决定其生产率，因此正确计算它的大小是保证生产

的一个很重要的因素，实用上简单正确的计算方法如下：

$$F = \frac{R}{H} (\text{米}^2)$$

式中：  $F$ ——满足用户（加热炉）需要的热量所必需的炉栅面积；

$H$ ——气化强度（公斤/米<sup>2</sup>·时），表示每小时在1平方米的炉栅上所能气化的煤的公斤数。一般混合煤气的  $H$  为 80~120 公斤/米<sup>2</sup>·时；空气煤气的  $H$  为 35~50 公斤/米<sup>2</sup>·时；

$R$ ——煤气炉每小时消耗的煤炭量（公斤/时）。

炉栅面积的计算要经过很多道工序的推算，最后才能利用上述求炉栅面积的公式将所需炉栅面积计算出来。现将其前后计算次序叙述于下：

(1) 首先决定用户（如加热炉）所必需的热量：

$$Q = q \times G \times Q_h^p \times 0.9 (\text{大卡/时})$$

式中：  $Q$ ——加热炉必需的热量（大卡/时）；

$q$ ——加热炉烧煤时的煤耗（公斤煤/吨钢）；

$G$ ——加热炉小时产量（吨/时）；

$Q_h^p$ ——煤的低发热量（大卡/公斤）；

0.9——燃烧室有效利用系数。

(2) 加热炉需消耗的煤气量：

$$B = \frac{Q}{Q_{h\text{气}}^p \times 0.8} (\text{米}^3/\text{时})$$

式中：  $B$ ——由加热炉煤的需要量折合为煤气时的煤气总需要量（米<sup>3</sup>/时）；

$Q_{h\text{气}}^p$ ——煤气的低发热值（大卡/米<sup>3</sup>）；对于空气煤气