



## 第七章 大气式燃烧器

- 大气式燃烧器的构造和特点
- 大气式燃烧器的头部计算
- 低压引射器的计算
- 低压引射大气式燃烧器的计算

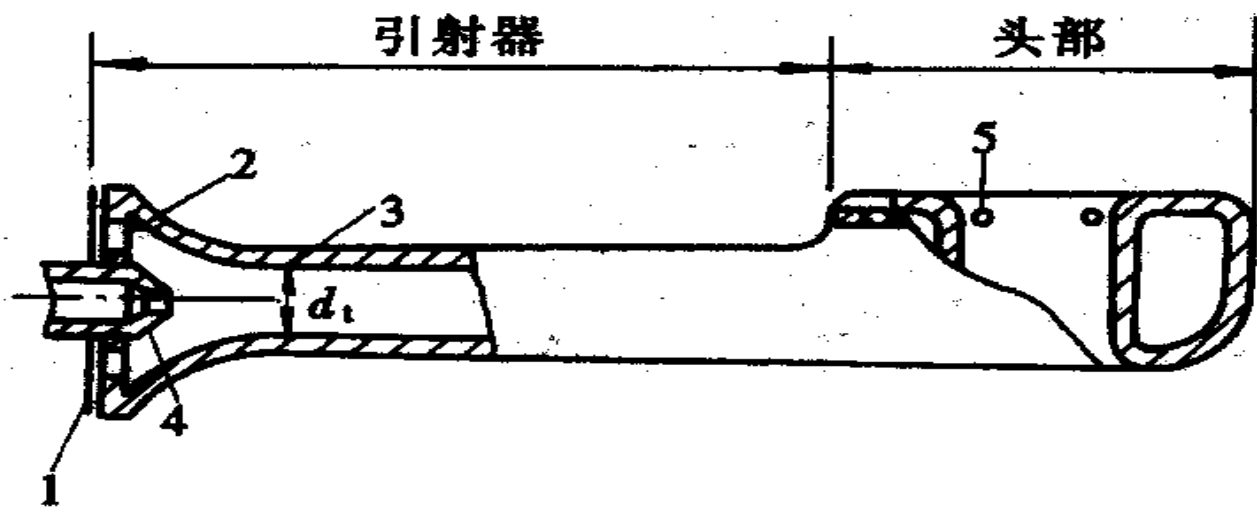
## 大气式燃烧器的定义

按照局部预混燃烧方法设计的燃烧器称为大气式燃烧器，其一次空气系数 $0 < a' < 1$ 。

实际应用中，大气式燃烧器的一次空气系数 $a'$ 通常为 $0.45 \sim 0.75$ ，过剩空气系数 $a$ 通常在 $1.3 \sim 1.8$ 范围内变化。

# 大气式燃烧器的构造及工作原理

大气式燃烧器通常由引射器及头部两局部  
组成



1—调风板； 2—一次空气口； 3—引射

# 一. 引射器

## (一) 引射器的结构

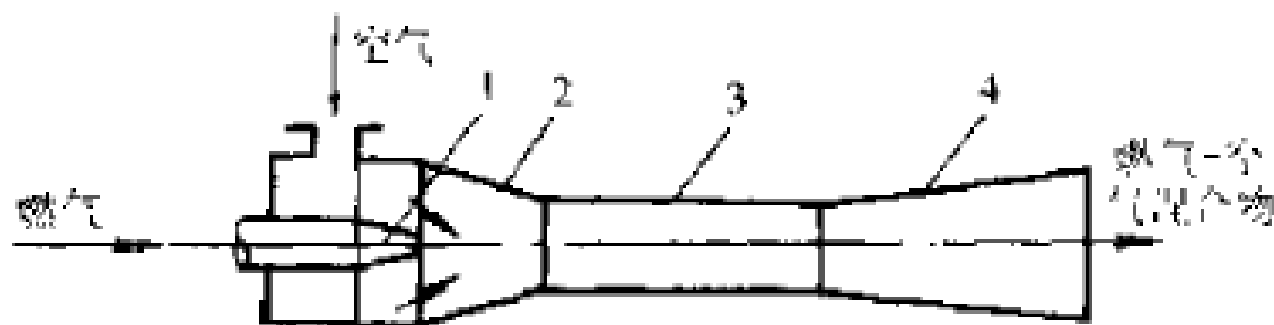


图 7-2 引射器示意图

1—喷嘴；2—吸气收缩管；3—混合管；4—扩压管

## (二). 引射器的作用

- 以高能量的气体引射低能量的气体，并使两者混合均匀；
- 在引射器末端形成所需的剩余压力，用来克服气流在燃烧器头部的阻力损失，使燃气-空气混合物在火孔出口获得必要的速度；
- 输送一定的燃气量，以保证燃烧器所需的热负荷。

### (三) 引射器的组成

1. 喷嘴 ；
2. 吸气收缩管；
3. 一次空气吸入口 ；
4. 混合管 ；
5. 扩压管。

# 1. 喷嘴

## ❖ 1.1 喷嘴流量计算

$$❖ L_v = 0.0035 \mu d^2 \sqrt{\frac{H}{s}} \quad (7-1)$$

## ❖ 1.2 喷嘴的结构形式

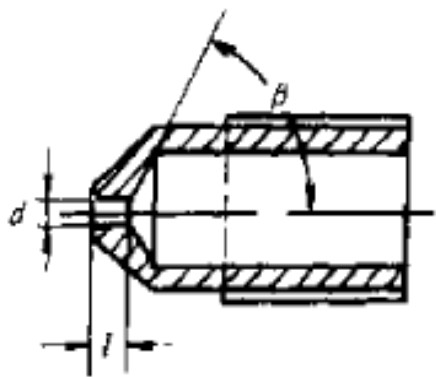


图 7-3 固定喷嘴

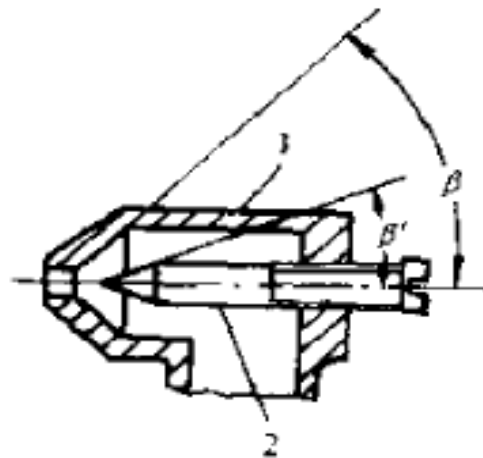


图 7-4 可调喷嘴

1—固定部件；2—活动部件

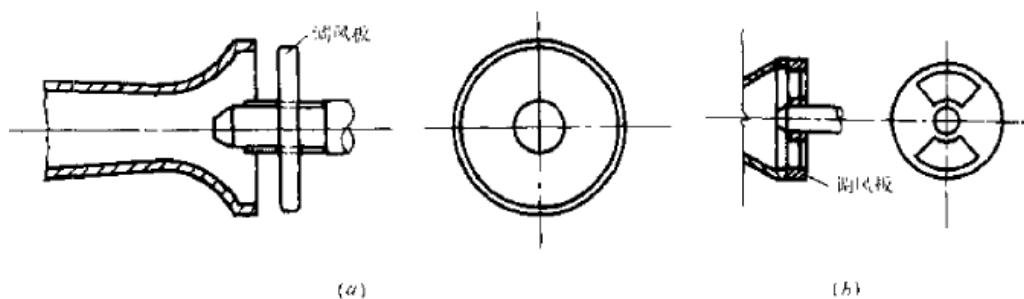


## 2.吸气收缩管

- ❖ 其作用是为了减少空气进入时的阻力损失。

### 3. 一次空气吸入口

#### ❖ 一次空气量调节装置:

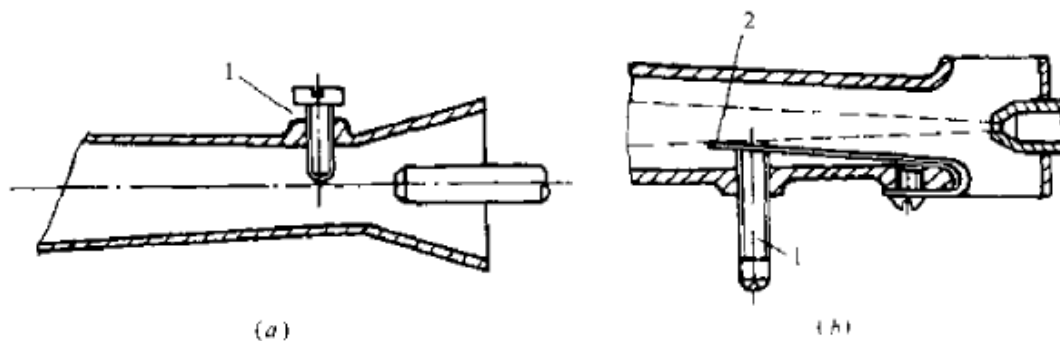


(a)

(b)

图 7-7 调风板

(a) 移动式调风板; (b) 切口旋转式调风板



(a)

(b)

图 7-8 调节螺丝和弯曲钢条

(a) 调节螺丝; (b) 弯曲钢条

1—调节螺丝; 2—弯曲钢条

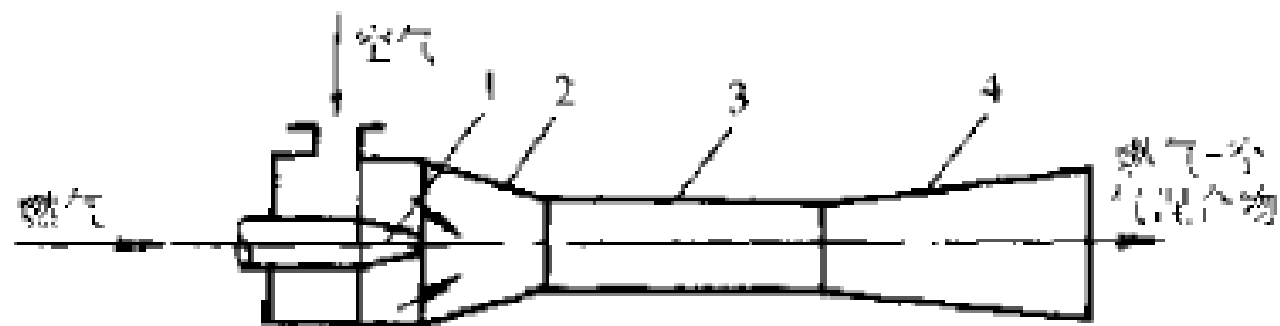


图 7-2 引射器示意图

1—喷嘴; 2—吸气收缩管; 3—混合管; 4—扩压管

## 4.混合管

- ❖ 其作用是使燃气与空气进行充分混合，使燃气—空气混合物在进入扩压管之前，其速度场、浓度场及温度场呈均匀分布。

## 5. 扩压管

- ❖ 其主要作用是使局部动压变为静压，以提高气体的压力，其次是使燃气与空气进一步混合均匀。

## 二.燃烧器头部

- ❖ 作用是将燃气—空气混合物均匀地分布到各火孔口，并进行稳定和完全的燃烧。
- ❖ 大气式燃烧器头部可做成多火孔头部和单火孔头部两种。

# 1.多火孔头部

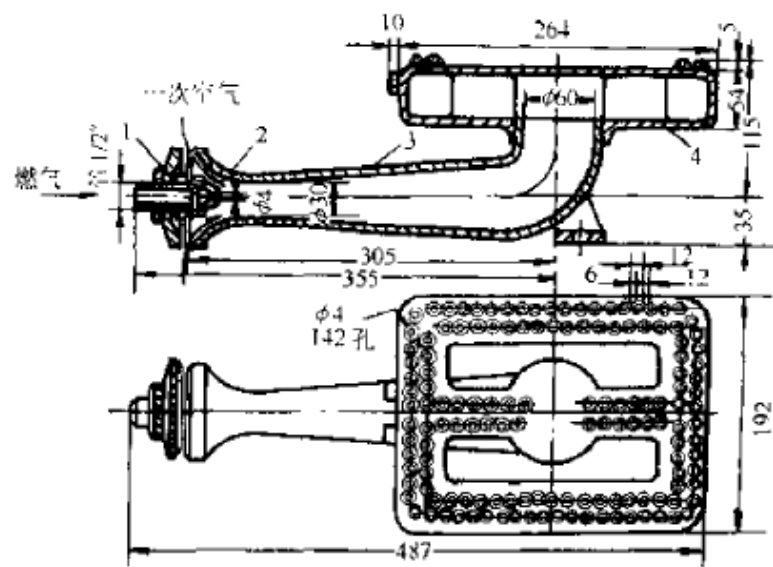
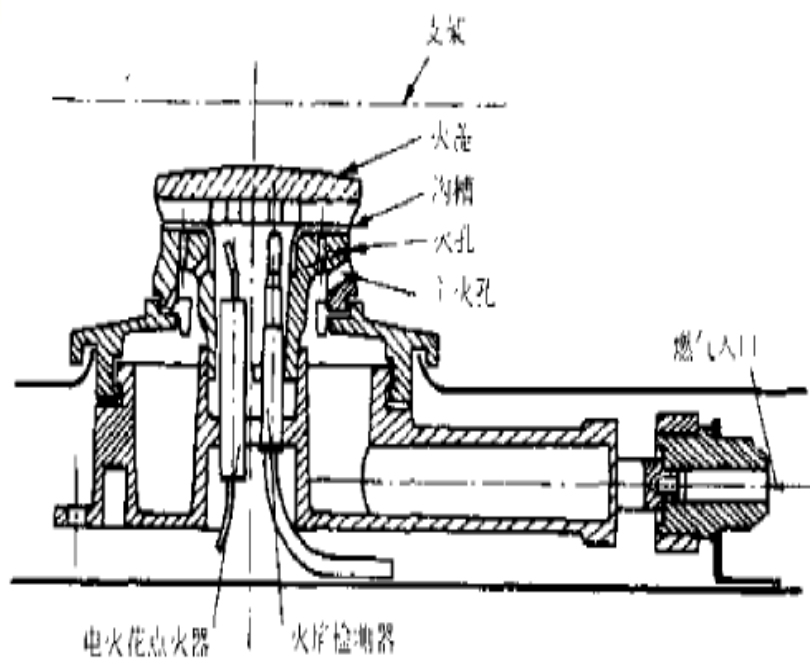


图 7-10 铸铁锅炉上使用的大气式燃烧器

1—调风板; 2—喷嘴; 3—引射器; 4—头部

## 1.1不同形状的燃烧孔

- ❖ (1) 圆火孔 通常用钻头直接钻出，加工方便，应用广泛。

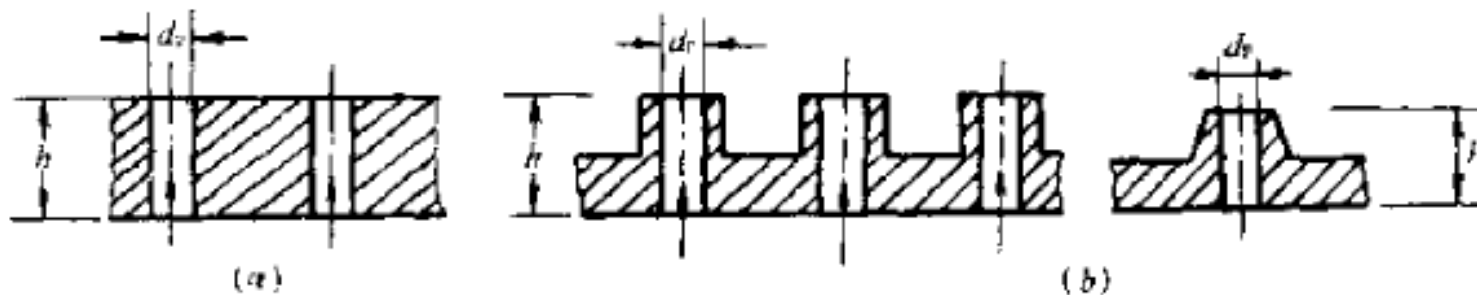


图 7-11 圆火孔

(a)无凸缘的圆火孔;(b)有凸缘的圆火孔



## 1.1不同形状的燃烧孔

- ❖ (2) 方火孔 (矩形火孔或梯形火孔) 方火孔制造工艺要求较高, 适用于可拆卸的(带火盖的)头部。

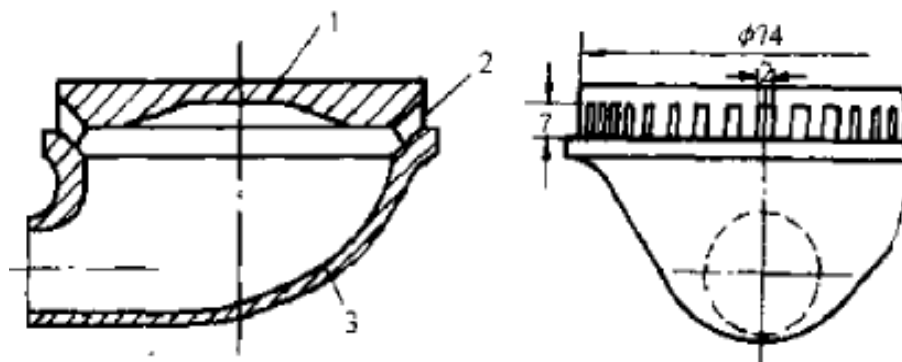


图 7-12 方火孔  
1—火盖;2—火孔;3—头部

## 1.1不同形状的燃烧孔

- ❖ (3)条形火孔 条形火孔有纵向和横向两种。在热负荷相同的情况下，布置条形火孔所占的面积比布置圆火孔小，因此它适用于燃气量大、加热面小的地方。

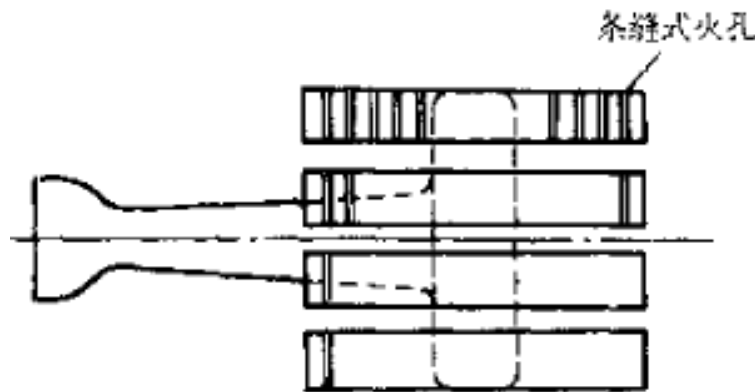
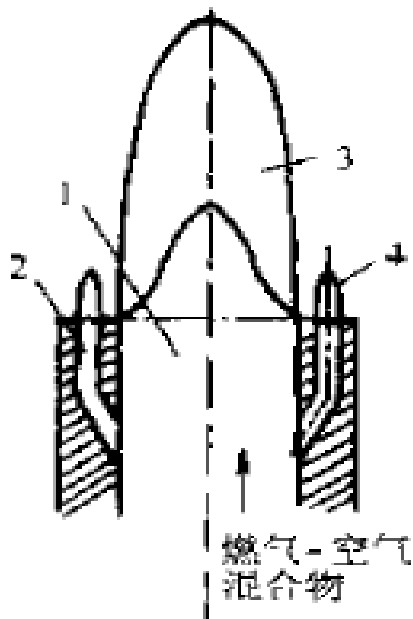


图 7-13 条形火孔

## 1.1不同形状的燃烧孔

### ❖ (4) 带稳焰孔的火孔



7-14 带稳焰孔的火孔

# 1.单火孔头部

- ❖ 这种燃烧器的火焰较长，只适用于有炉膛的工业加热设备上。

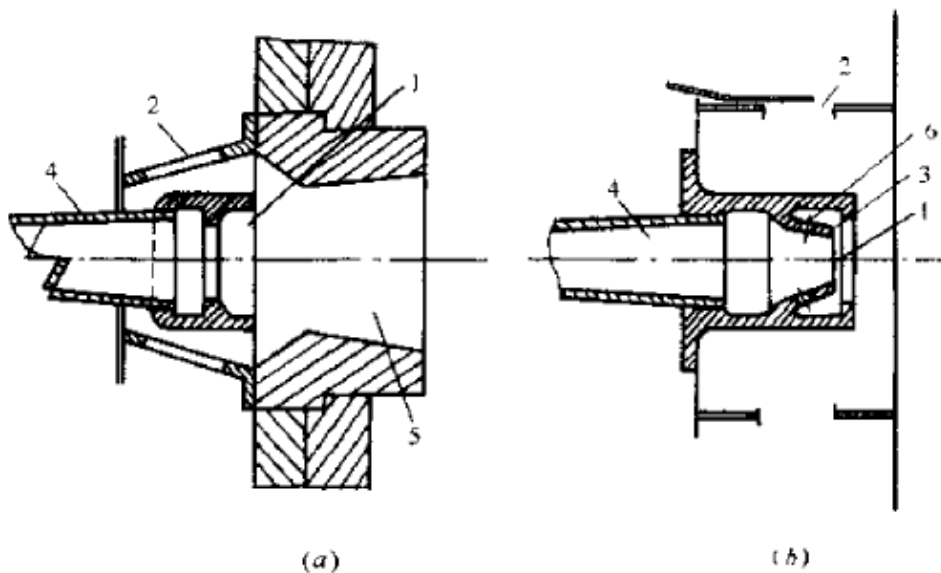


图 7-16 单火孔大气式燃烧器

(a)火道式;(b)稳焰孔式

1—火孔;2—二次空气口;3—稳焰孔;4—引射器;5—火道;6—小孔

# 大气式燃烧器的特点及应用范围

## 优点：

- a. 比自然引风扩散式燃烧器火焰短、火力强、燃烧温度高；
- b. 燃烧各种性质的燃气，燃烧比较完全，燃烧效率比较高；
- c. 可燃用低压燃气；
- d. 适用性强。

**缺点：**

- a. 火孔热强度、燃烧温度满足不了某些工艺的要求；**
- b. 当热负荷较大时，多火孔燃烧器的结构比较笨重。**

## 应用范围:

多火孔大气式燃烧器应用非常广泛，在家庭及公用事业中的燃气用具，如家用燃气灶、热水器、沸水器及食堂灶上用得最多，在小型锅炉及工业炉上也有应用。单火孔大气式燃烧器在中小型锅炉及某些工业炉上也广泛应用。

# 大气式燃烧器的头部计算

- ❖ 大气式燃烧器的头部设计以保证稳定燃烧为原那么。
- ❖ 多火孔大气式燃烧器的头部设计包括：选择头部形式及火孔形状、计算火孔尺寸、间距、孔深、火孔排数及头部容积，计算头部静压力。



## 1、火孔尺寸

- ❖ 火孔尺寸越大，火焰传播速度越快，越容易回火。
- ❖ 火孔尺寸越小，火焰传播速度越慢，越容易脱火。
- ❖ 为了防止污染及堵塞，火孔直径不宜小于**2.0mm**。

# 大气式燃烧器常用设计参数

燃气种类		炼焦煤气	天然气	液化石油气
火孔尺寸/mm	圆孔 $d_p$	2.5 ~ 3.0	2.9 ~ 3.2	2.9 ~ 3.2
	方孔	2.0 × 1.2	2.0 × 3.0	2.0 × 3.0
		1.5 × 5.0	2.4 × 1.6	2.4 × 1.6
火孔中心距 $s$ /mm		$(2 \sim 3) d_p$		
火孔深度 $h$ /mm		$(2 \sim 3) d_p$		
额定火孔热强度 $q_p$ /MW·mm <sup>-2</sup>		11.6 ~ 19.8	5.8 ~ 8.7	7.0 ~ 9.3
额定火孔出口流速 $v_p$ /m·s <sup>-1</sup>		2.0 ~ 3.5	1.0 ~ 1.3	1.2 ~ 1.5
一次空气系数 $\alpha$		0.55 ~ 0.60	0.60 ~ 0.65	0.60 ~ 0.65
喉部直径与喷嘴直径比 $d_v/d$		5 ~ 6	9 ~ 10	15 ~ 16
火孔面积与喷嘴面积比 $F_p^2/F_j$		44 ~ 50	240 ~ 320	500 ~ 600

## 2、火孔深度

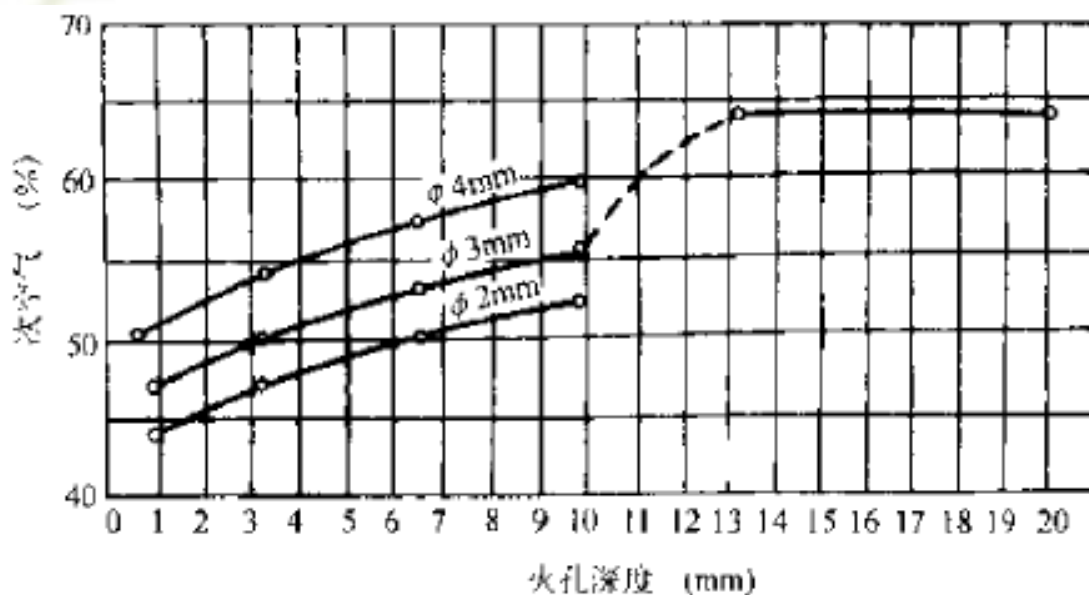


图 7-17 孔深对脱火极限的影响

一般取火孔深度为火孔直径的2-3倍。

### 3、火孔间距

- ❖ 为了防止产生黄焰，保证二次空气的供给，孔距不宜太小。
- ❖ 另一方面，为了在点火时火焰能迅速地从一个火孔传至所有火孔，孔距又不宜太大。
- ❖ 一般取火孔间距为直径的**2.0~3.0**倍。

## 4、火孔排数

- ❖ 火孔排数最好不超过两排。
- ❖ 特殊情况需布置两排以上火孔时，为保证完全燃烧，每增加一排火孔，一次空气系数应增加5%~7%。
- ❖ 两排或两排以上的火孔应叉排。

## 5、火孔倾角

- ❖ 火孔倾角越小，火焰趋向水平，火焰与二次空气的接触充分，燃烧性能好，烟气中CO含量低，热效率下降。
- ❖ 随着火孔倾角增大，烟气中CO含量增大，热效率升高。
- ❖ 一般取 $30^\circ$ 倾角。

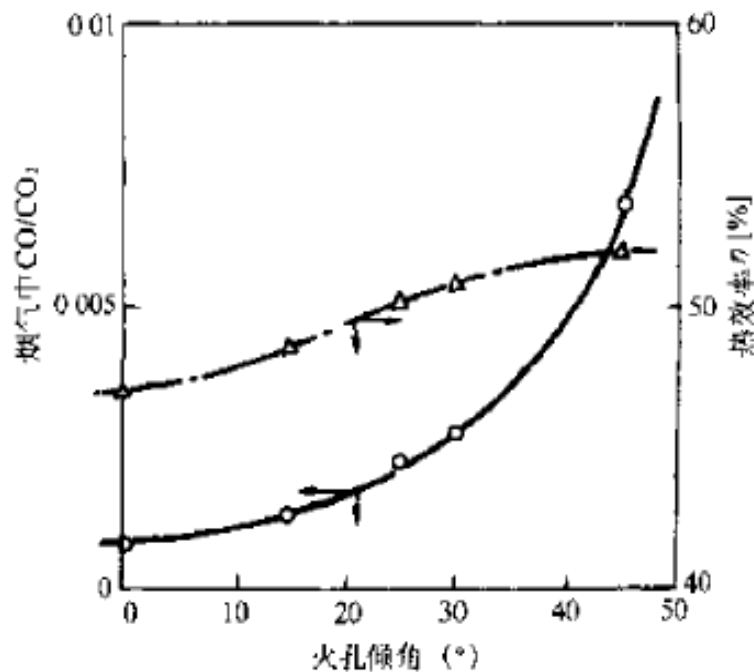


图 7-18 火孔倾角对燃烧特性及热效率的影响

## 6、锅支架高度

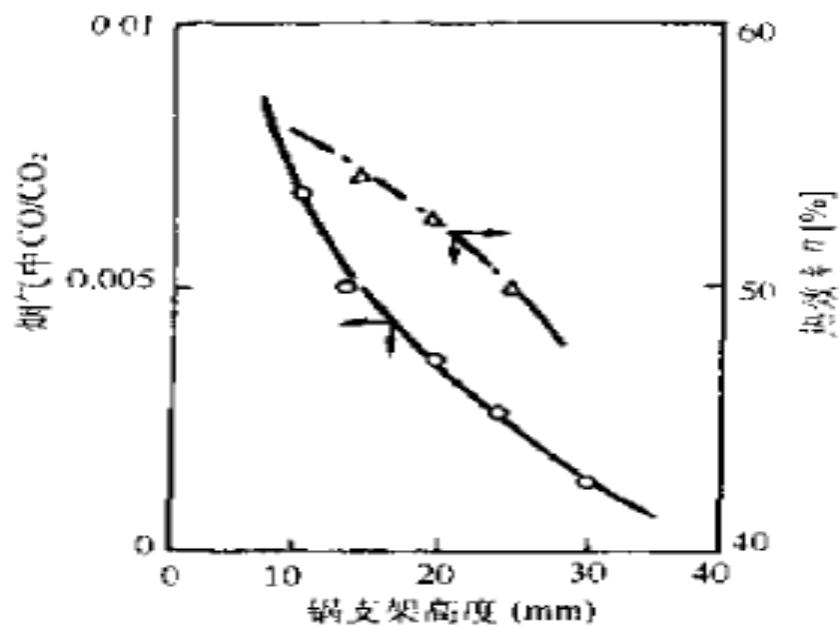


图 7-19 锅支架高度对燃烧特性及热效率影响

锅支架高度对燃烧特性及热效率的影响

- ❖ 锅支架越高，二次空气供给越充分，燃烧越完全，烟气中CO含量越低，但热效率下降。
- ❖ 相反随着锅支架高度降低，二次空气供给量减少，火焰易与锅底冷外表接触。烟气中CO含量升高，热效率增大。
- ❖ 应根据火焰内锥高度及火孔倾角选取锅支架高度，一般取20mm~30mm。



## 7、火孔燃烧能力及火孔总面积

- ❖ 火孔能稳定和完全燃烧的燃气量称为火孔的燃烧能力。
- ❖ 通常用火孔热强度 $q_p$ 或燃气-空气混合物离开火孔的速度 $v_p$ 来表示火孔的燃烧能力。

❖ 火孔热强度与火孔出口速度的关系为

$$❖ \quad q_p = \frac{H_l v_p}{(1 + \alpha' V_0)} 10^{-6} \quad (7-2)$$

❖ 式中 $q_p$ —火孔热强度(kw/mm<sup>2</sup>) ;

❖  $H_l$ —燃气低热值(kJ/Nm<sup>3</sup>) ;

❖  $\alpha'$ —一次空气系数;

❖  $V_0$ —理论空气需要量(Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>);

❖  $v_p$ —火孔出口气流速度( Nm/s) 。

- ❖ 选定一次空气系数后，在离焰极限速度和回火极限速度之间选一速度作为火孔出口速度。
- ❖  $v_p$ 选定后，就可按下式计算火孔总面积：

$$F_p = \frac{Q(1 + \alpha' V_0)}{H/v_p} \cdot 10^6 \quad (7-3)$$

- ❖ 式中  $F_p$ —火孔总面积 (mm<sup>2</sup>) ；
- ❖  $Q$ —燃烧器热负荷(kW) 。

- ❖ 当火孔的燃烧能力用火孔热强度 $q_p$ 表示时，火孔总面积的计算公式为

$$F_p = \frac{Q}{q_p}$$

- ❖ 正确选择火孔燃烧能力最可靠的方法是**根据所用燃气进行稳定性试验，得出燃烧稳定曲线**。如果条件不允许，就只能参考已有数据进行选择。

## 8、燃烧器头部的静压力

- ❖ 该静压力由引射器提供，用来克服混合物从头部逸出时的能量损失。
- ❖ 混合物从头部逸出时的能量损失由流动阻力损失、气流通过火孔被加热而产生气流加速的能量损失以及火孔出口动压头损失三局部组成。

❖ 流动阻力损失用下式表示:

$$\Delta P_1 = \zeta_p \frac{v_p^2}{2} \rho_{0\text{mix}} \quad (7-5)$$

式中  $\Delta P_1$ —流动阻力损失 (Pa);

$v_p$ —火孔出口气流速度 (Nm/s);

$\rho_{0\text{mix}}$ —燃气—空气混合物的密度 (kg/Nm<sup>3</sup>);

$\zeta_p$ —火孔阻力系数。

$$\zeta_p = \frac{1 - \mu_p^2}{\mu_p^2}$$

- ❖ 由于气流通过火孔被加热，使气体膨胀而产生气流加速的能量损失，按下式进行计算：

$$\Delta P_2 = \left( \frac{273 + t}{273} - 1 \right) \cdot \frac{v_p^2}{2} \rho_{0\max}$$

式中  $\Delta P_2$ —因气体膨胀而产生气流加速的能量损失 (Pa)；

$t$  —混合气体通过火孔被加热的温度，这时近似假定火孔进口的混合气体温度为 $0^\circ\text{C}$ ；

❖ 火孔出口动压头损失可用下式表示：

$$\Delta P_3 = \frac{v_1^2}{2} \rho_{0\max} \frac{273 + t}{273}$$



❖ 头部必须的静压力为：

$$h = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 = \zeta_p \frac{v_p^2}{2} \rho_{0\max} + \left( \frac{273+t}{273} - 1 \right)$$

$$\times \frac{v_p^2}{2} \rho_{0\max} + \frac{273+t}{273} \frac{v_p^2}{2} \rho_{0\max} = K_1 \frac{v_p^2}{2} \rho_{0\max} \quad (7-9)$$

)

❖ 式中  $h$ —头部必须具有的静压力(Pa);

❖  $K_1 = \zeta_p + 2 \times \left( \frac{273+t}{273} \right) - 1$  的能量损失系数。

❖ 燃气—空气混合物的密度按下式计算：

$$\rho_{0\text{mix}} = 1.293s \frac{1 + u}{1 + us}$$

式中  $u$ —质量引射系数；

$s$ —燃气的相对密度(空气=1)。

$$u = \frac{\alpha' V_0}{s}$$

## 9、头部截面积及头部容积

- ❖ 使气流均匀分布到每个火孔上，保证各火孔的火焰高度一致，希望头部截面积和容积大些。
- ❖ 假设头部容积过大，点火时头部会积存空气，灭火时大量燃气—空气混合物，易产生回火噪声。且增加金属耗量。
- ❖ 通常取头部截面积为火孔总面积的两倍以上。

## 10、二次空气口

- ❖ 二次空气缺乏将出现不完全燃烧。
- ❖ 过多会降低热效率，气流过大会吹熄或吹斜火焰。
- ❖ 敞开燃烧的大气式燃烧器的二次空气口截面积按下式计算。

- ❖ 
$$F'' = (55000 \sim 75000) Q$$

# 11、火焰高度

## (一) 火焰内锥高度。

主要决定于燃气性质、一次空气系数、火孔尺寸和火孔热强度 与火孔间距及孔深无关。

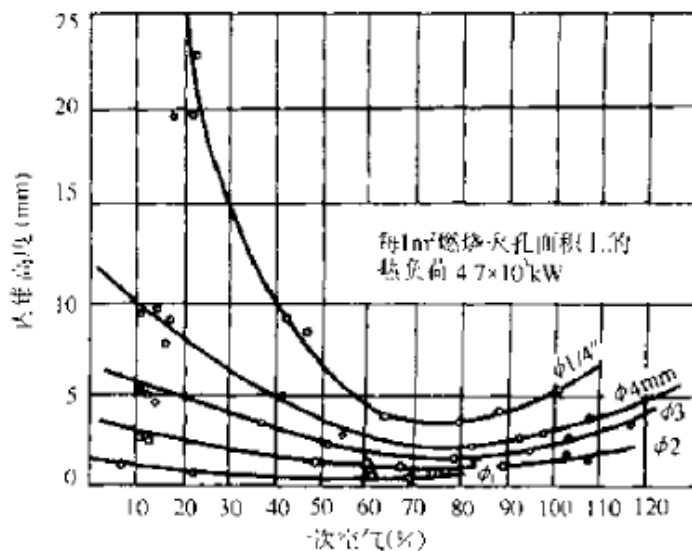


图 7-20 火焰内锥高度

❖ 内锥高度可按以下经验公式计算：

$$h_{ic} = 0.86 K f_p q_p \times 10^3 \quad (7-14)$$

❖ 式中 **h<sub>ic</sub>**—火焰的内锥高度(mm)；

❖ **f<sub>p</sub>**—一个火孔的面积〔mm<sup>2</sup>〕；

❖ **q<sub>p</sub>**—火孔热强度(k W/mm<sup>2</sup>)；

❖ **K**—与燃气性质及一次空气系数有关的系数，查表。

## ❖ (二)火焰外锥高度

❖ 火焰的外锥高度主要与燃气性质、火孔热强度、火孔直径、火孔排数及火孔间距有关。

❖ 火焰外锥高度可按以下经验公式计算：

$$\text{❖ } h_{\infty} = 0.86 n n_1 \frac{s f_p q_p}{\sqrt{d_p}} \times 10^3 \quad (7-15)$$

❖ 式中  $h_{\infty}$ —火焰的外锥高度(mm)；

❖  $n$ —火孔排数；

❖  $n_1$ —表示燃气性质对外锥高度影响的系数，查表；

## 低压引射器的计算

- ❖ 按工质压力：低压及高(中)压；
- ❖ 按被引射气体的吸入速度：常压吸气及负压吸气。
- ❖  $P < 20000\text{Pa}$  ,称为低压,  $P > 20000\text{Pa}$  ,称为高(中)压。
- ❖ 被引入的空气在收缩管内的流速很小,可略去不计。称为常压吸气引射器,也称第二类引射器。
- ❖ 如果被吸入的空气流速较大,气流在收缩管内发生强烈扰动,空气流速不可忽略,称为**负压吸气引射器**,也称第一类引射器。





## 2. 常压吸气低压引射器的根本方程

引射器计算的根底是动量定理、连续性方程及能量守恒定律。其计算主要是混合管的计算。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/588002052005007002>