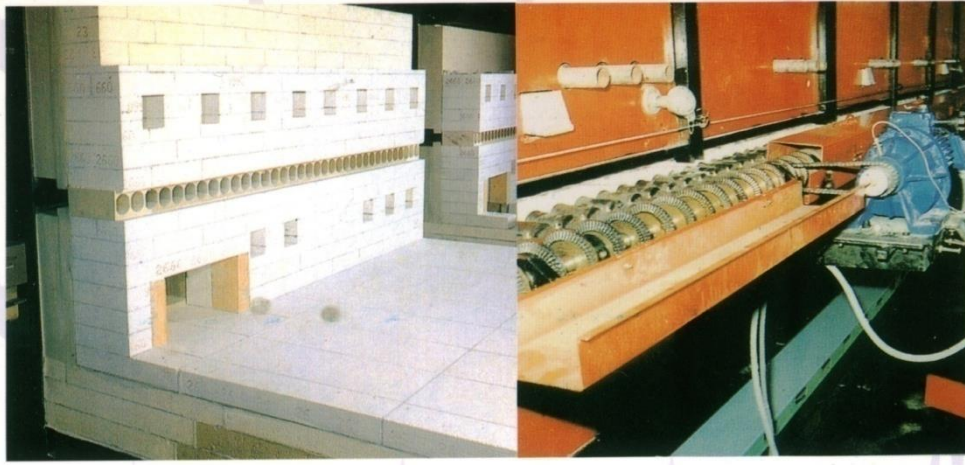


## 5.2 辊道窑

### 1、辊道窑简介

- ❖ 辊道窑连续烧成的窑，以转动的辊棒作为坯体运载工具的隧道窑。用许多平行排列转动的辊棒组成的辊道来代替窑车，陶瓷产品靠辊棒的转动使陶瓷从窑头传送到窑尾，故而称为辊道窑。
- ❖ 坯体可以直接放在辊道上，也可以放在垫板上，由传动系统使辊棒转动，被烧制的坯体向前移动，经预热带、烧成带和冷却带冷却后出窑。



辊道窑及传动系统



窑型:辊道窑;  
燃料:轻油、气  
燃烧方式:明焰;  
年产量(万件):200-1500万件;





❖ 广东省蒙娜丽莎陶瓷有限公司 150m抛光砖辊道窑

## 2、辊道窑的工作原理（重点）

### （1） 窑内气体运动的规律

#### ❖ 长度方向上（即窑内气流的主要流向）：

由烧成带到预热带，它是由于排烟机或烟囱的负压造成的。

#### ❖ 高度方向上：

气体由下向上的流动。它是由热气体的几何压头造成的。

### （一）几何压头对气体流动的影响

#### ❖ 辊道窑窑内热气体的密度小于冷空气的密度，窑内有一个高度，所以窑内有一定几何压头存在。

#### ❖ 几何压头使窑内热气体由下向上流动，气体温度愈高，几何压头愈大，向上流动的趋势也愈大。

# 1) 预热带:

烧成带温度高于预热带和冷却带，热气体从烧成带上部流向预热带和冷却带；

同时：有较低温度的气体自该两带下部回流至烧成带，形成两个循环。

## 预热带

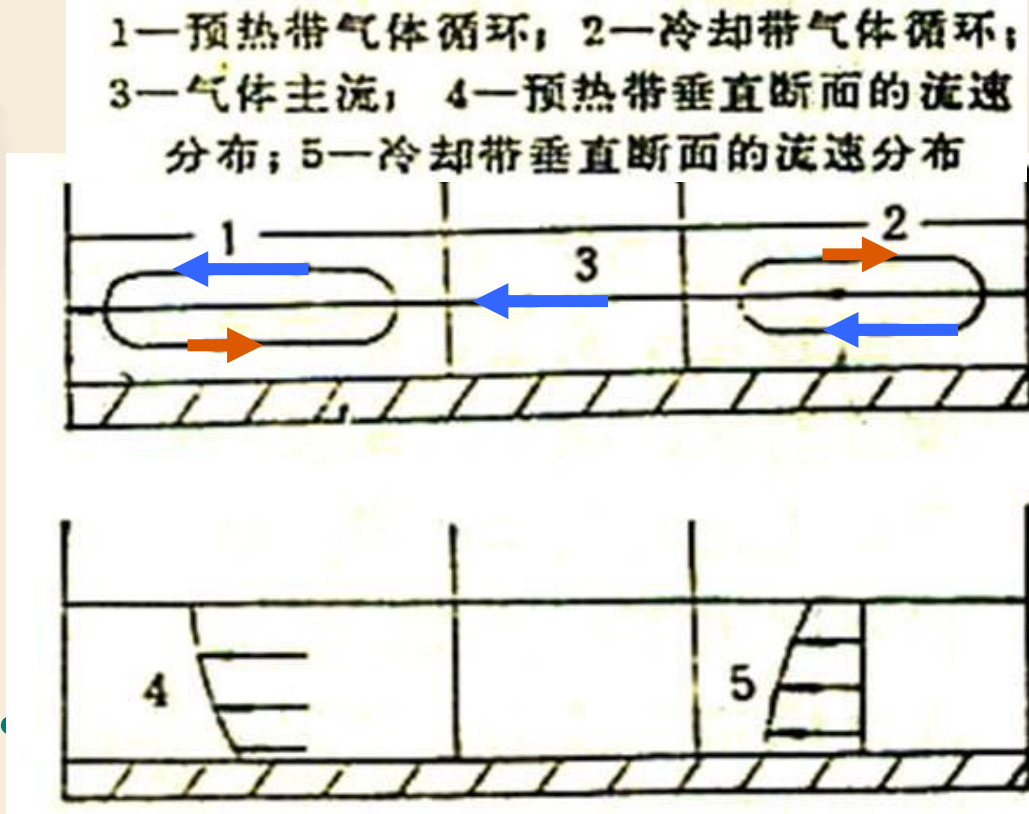
上部——

主流和循环气流方向相同。

下部——

主流和循环气流方向相反。

从预热带垂直断面看：  
总的流速是上部大而下部小。



隧道窑内气体流速分布

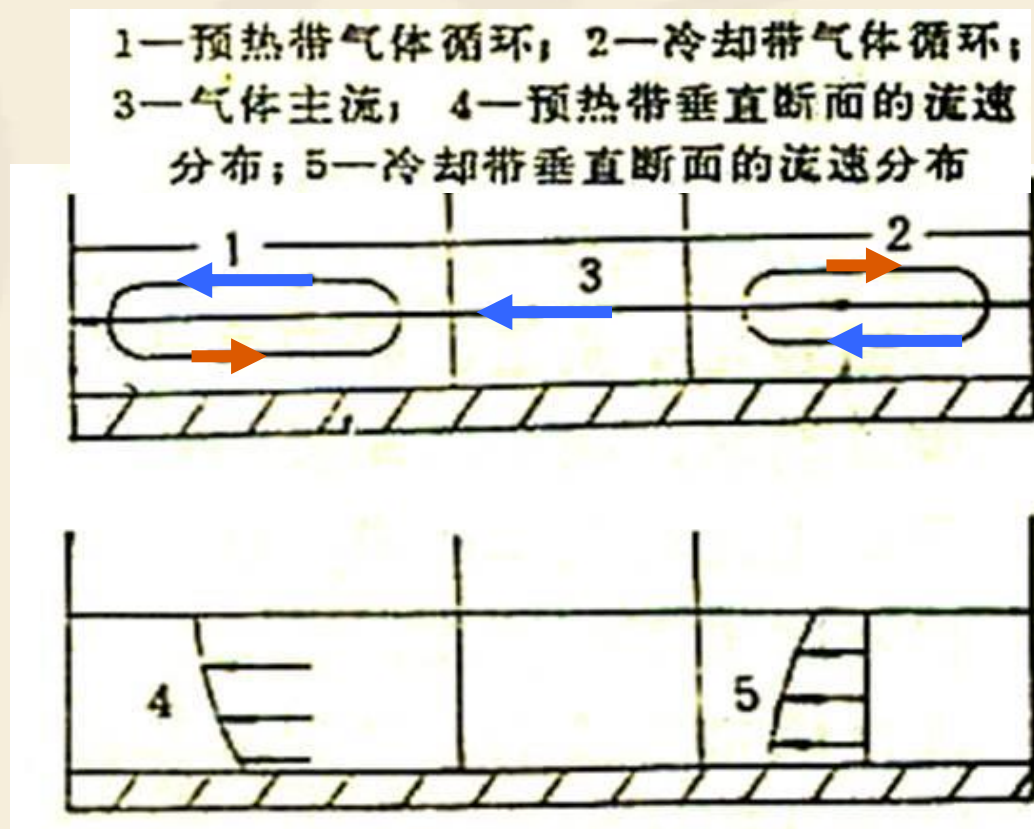
## 2) 冷却带:

上部——主流和循环气流方向相反。

下部——主流和循环气流方向相同。

从冷却带垂直断面看:

总的流速是上部小，  
而下部大。



### 3)窑内上下温差形成的原因

- ①热浮力
- ②负压操作
- ③砖垛码放不合理
- ④窑车蓄热

### 4)克服气体分层，减少上下温差的主要方法

- ①从窑的结构上
- ②从窑车结构上
- ③从码坯方法上
- ④在预热带许多温度点装设高速调温烧嘴

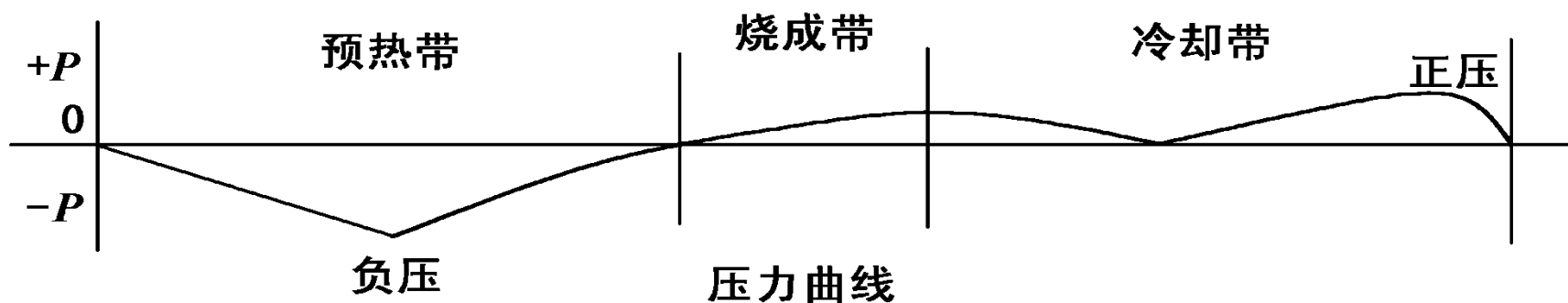
## (二) 静压头

$h_s$  为单位体积气体所具有的相对压力能。在数值上等于窑内、外同一高度上气体的压强差。

$$h_s = \Delta p = (p - p_a)$$

### 1) 造成窑内静压头变化的原因

(机械通风和烟囱对窑内静压头的影响)





## 2) 窑内几何压头对静压头的影响

$$H_{s1} + h_{g1} = H_{s2} + h_{g2}$$

动压头

阻力损失压头  $h_L = \sum (h_f + h_l)$

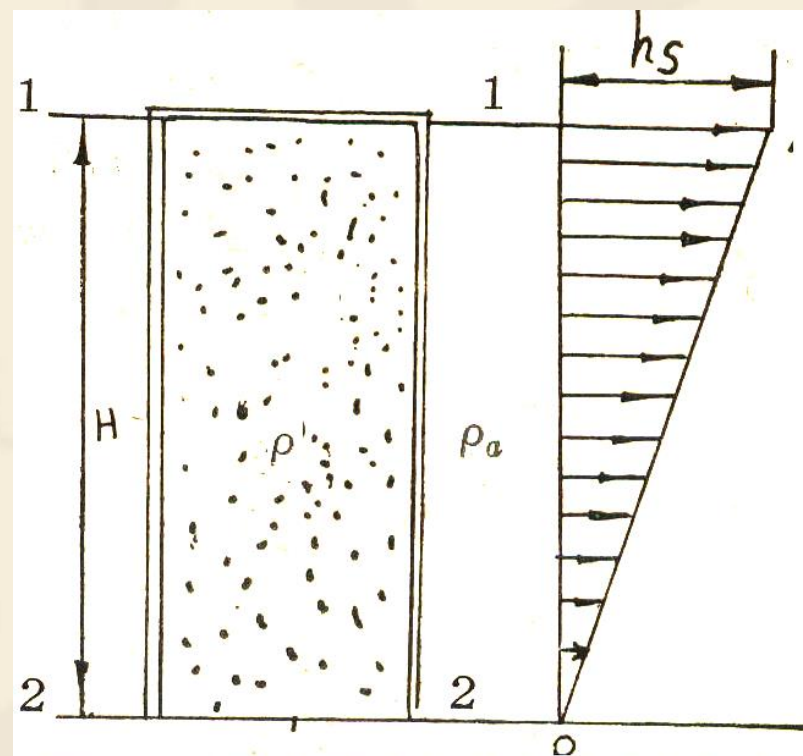
单位体积气体流动时的能量损失。

包括摩擦阻力损失、局部阻力损失。

1) 摩擦阻力  $h_f = \xi \frac{\omega^2}{2} \rho \cdot \frac{l}{d_e}$

2) 局部阻力  $h_l = \zeta \frac{\rho \omega^2}{2}$

基准面



hs分布规律(窑炉中沿高度方向上的大小及分布)

### 3、辊道窑内的传热

1) 制品和窑墙(顶)、棍棒的传热。

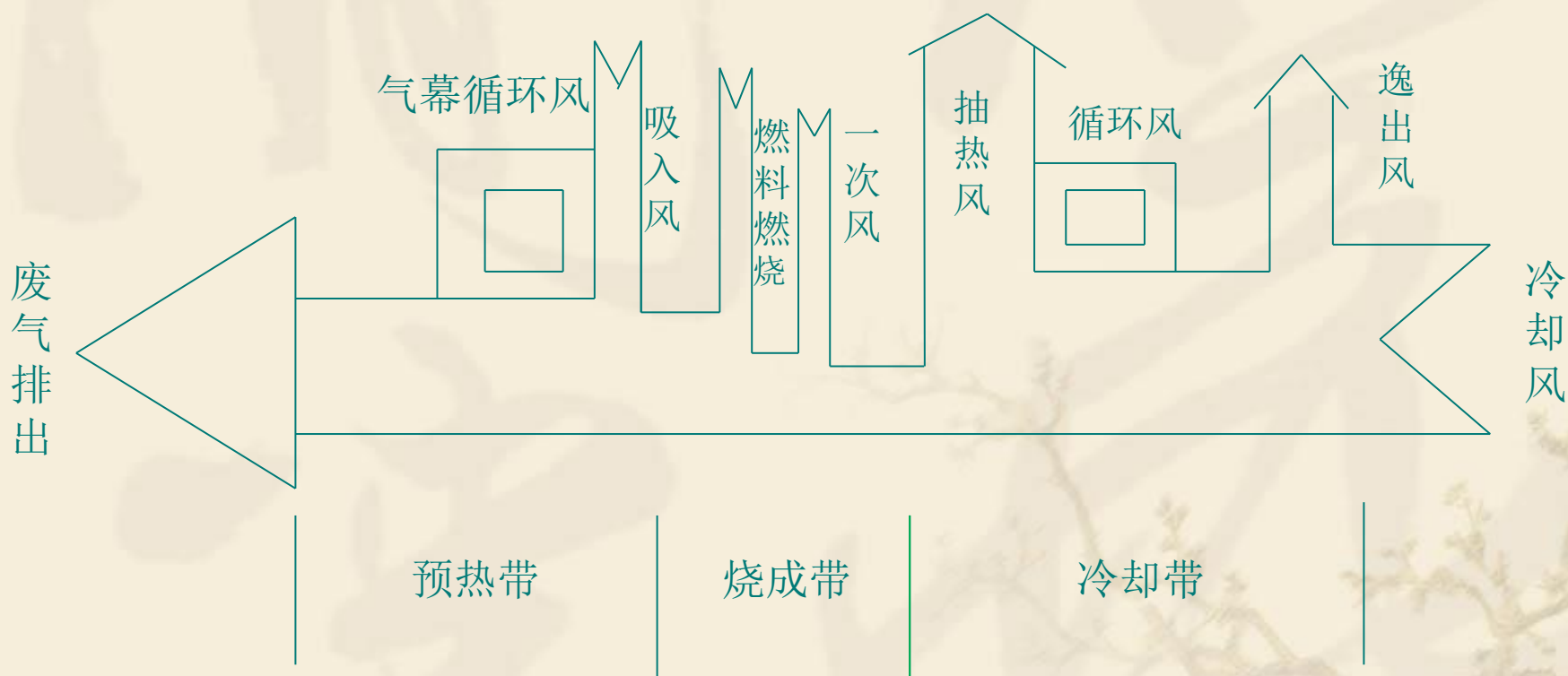
2) 气体与制品、窑墙(顶)之间的传热

- 预热带：对流传热与辐射传热。
- 烧成带：对流传热与辐射传热。
- 冷却带：对流传热。

3) 辊道窑的热工制度及操作

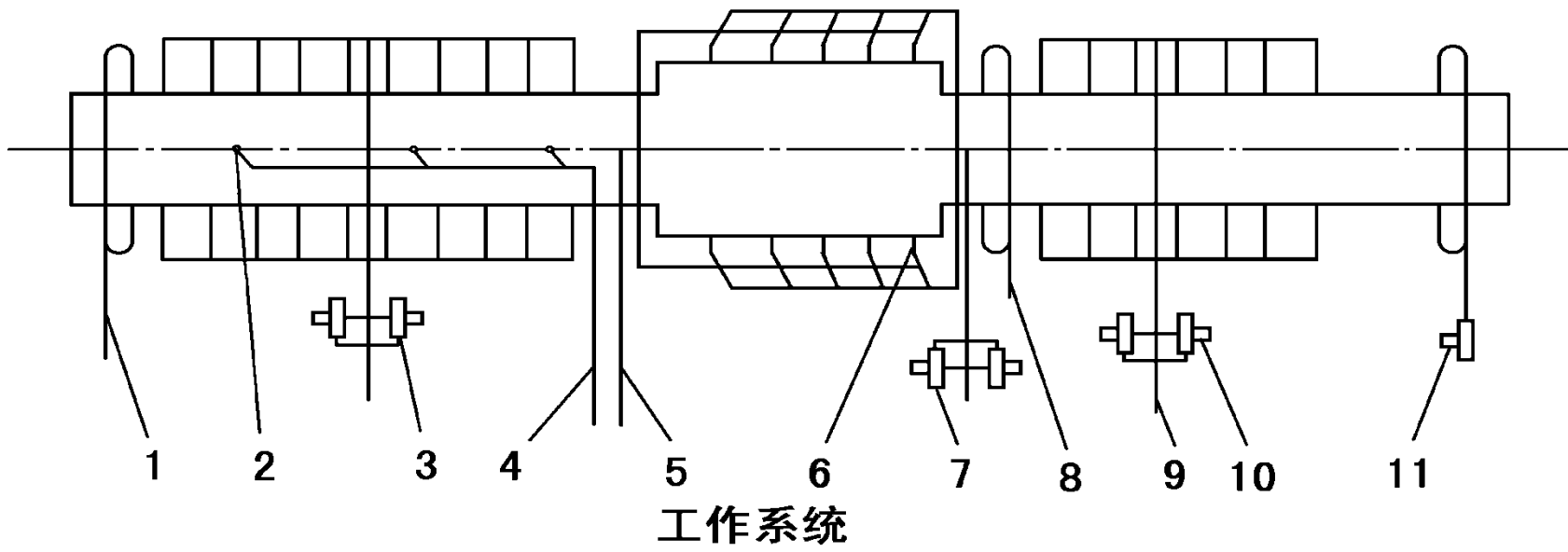
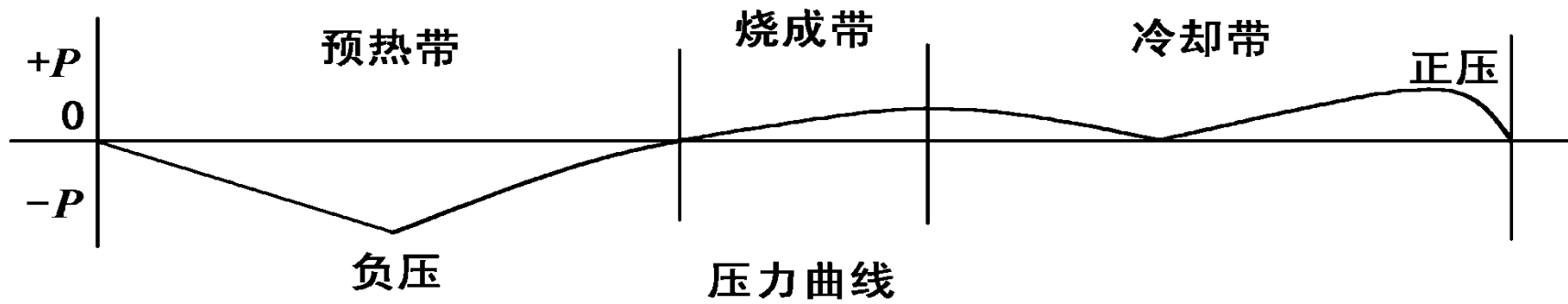
## (一) 压力制度

- ❖ 辊道窑内的压力变化随气体流动而变，情况甚为复杂。  
一般窑内的气流分布情况如下图所示：



## 压强控制很重要，一般是微正压或微负压。最重要是控制其烧成带两端的压强稳定

- 如果窑内的负压过大，漏入的冷空气多，使窑内的温度降低，且气体分层严重，窑内断面上的上、下温度差加大；若材料烧成需要还原气氛时，窑内的烧成带难以维持还原气氛。
- 如果窑内的正压过大，大量热气体会向外冒出，这既损失了热量，也恶化操作人员的劳动环境。窑内的热气体冒入车下的坑道还会烧毁窑车的金属构件，造成操作事故。
- 最理想的压强控制操作是将窑内维持为零压差，但是办不到。只能将窑内的关键部位——烧成带与预热带的交界面附近维持在零压左右。



## (二) 辊道窑的气幕搅动系统

❖ **定义：**气幕是指在辊道窑横截面上，自窑顶及两侧窑墙上喷射多股气流进入窑内，形成一片气体帘幕。

❖ **气幕分类：**

窑头—————封闭气幕

预热带————搅动气幕

烧成带————气氛气幕

冷却带————急冷阻挡气幕

## 封闭气幕：位于预热带窑头

- ❖ 目的：窑头形成1~2Pa的微正压，  
避免了冷空气漏入窑内。

### ■ 设为两道：

第一道：用冷空气

第二道：用热空气

} 将气体以一定的速度自窑顶及  
两侧墙喷入，成为一道气帘，

■ 该热空气一般是抽车下热风或冷却带热风。

- 气幕气体送入方式：
  - 1) 与窑车运动方向相垂直
  - 2) 与出车方向成45°C

## 扰动气幕:

- ❖ 位于**预热带**，一般设置**2-3道**扰动气幕
- ❖ 工作过程：以一定量的热气体以较大的流速和一定的角度自窑顶一排小孔喷出，迫使窑内热气体向下运动，产生扰动，使窑内温度均匀。气流**喷出角度垂直向下**，或以**一定角度逆烟气流**方向喷出。

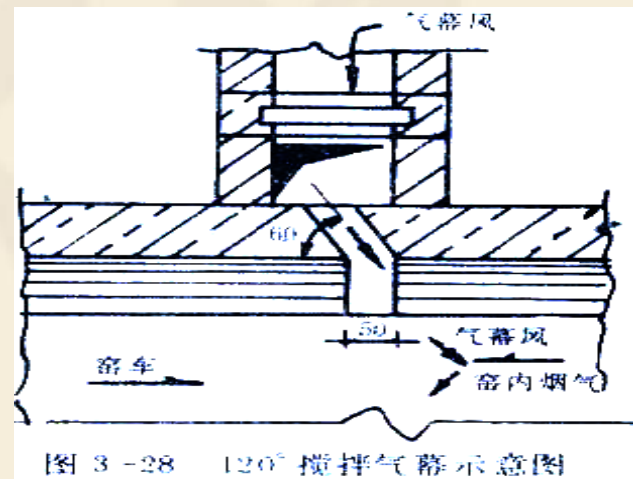


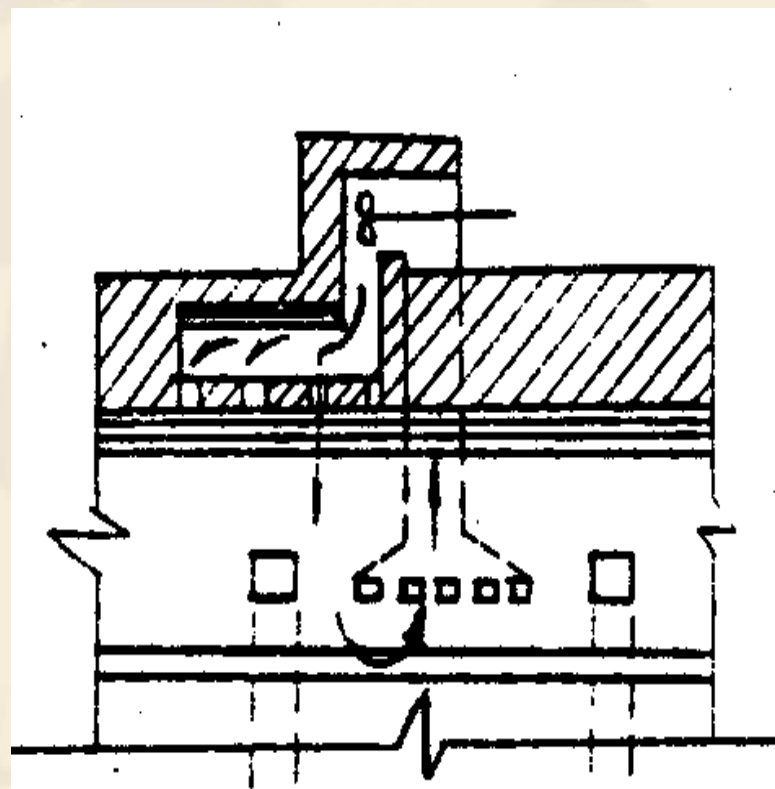
图 3-28 120° 搅拌气幕示意图

- 扰动气幕作用：为了克服预热带气体分层现象而采取的措施，
- 气体分层原因：隧道窑**预热带处于负压**，易漏入冷风，冷风密度大，沉在下部，迫使热气体向上，产生气体分层现象。
- 气体分层结果：气体分层导致上下温差最大可达**300—400℃**。这样就必须延长预热时间，等待下部制品预热好，反应完全，因此降低了窑的产量，增加了燃料消耗。



## 循环气幕（与扰动气幕作用相同）

- ❖ 是利用轴流风机或喷射泵使窑内烟气循环流动，以达到均匀窑温的目的。
- ❖ 轴流风机装在窑顶洞穴中，叶片不超出拱顶面，机轴后面有夹道通向侧墙车台面处的吸气口，将同一截面上的烟气抽吸并自窑顶吹向下部。



轴流风机循环

## 气氛气幕（结构同封闭气幕）

❖ 位置：位于气氛改变的地方。

隧道窑在950—1050℃处设气氛幕——氧化气幕，即在该处由窑顶及两侧窑墙喷入热空气，使之与烧成带来的含一氧化碳的烟气相遇而燃烧成为氧化气氛。

说明：

(1)气幕的气体量要足够，空气过剩系数在1.5—2.0之间，空气不能过多，以免该处温度过低，氧化反应不完全，引起坯泡。

(2)作为氧化气氛幕的空气温度也不能过低，一般是从冷却带内，或窑顶二层拱中、间接冷却壁中抽出的热空气，再经烧成带二层拱进一步加热提高温度。

## 烧成带的气氛控制

- ❖ 氧化气氛空气过剩系数大于1；
- ❖ 还原气氛的辊道窑在烧成带之前的一小段要控制为氧化气氛，后一段要控制为还原气氛，用氧化气氛幕来分隔这两段。
- ❖ 现代烧油或气的辊道窑是通过控制燃料量与助燃空气量的配比来控制氧化气氛和还原气氛。
- ❖ 操作人员常观察火焰的状况简单地判断出气氛的性质：
- ❖ 烧氧化气氛时，火焰清晰明亮，可以一眼望到底，清楚地看到窑内制品的轮廓；
- ❖ 烧还原气氛时，火焰混浊，不容易看清窑内制品的轮廓。

# 急冷阻挡气幕

❖ 位置：急冷气幕设于**冷却带**始端

❖ 作用：

1) 坯体在**700°C**以前应**急冷**，缩短烧成时间。提高制品质量。

2) **阻挡**气幕，防止烧成带烟气倒流至冷却带，避免产品熏烟。

❖ 结构：同封闭气幕

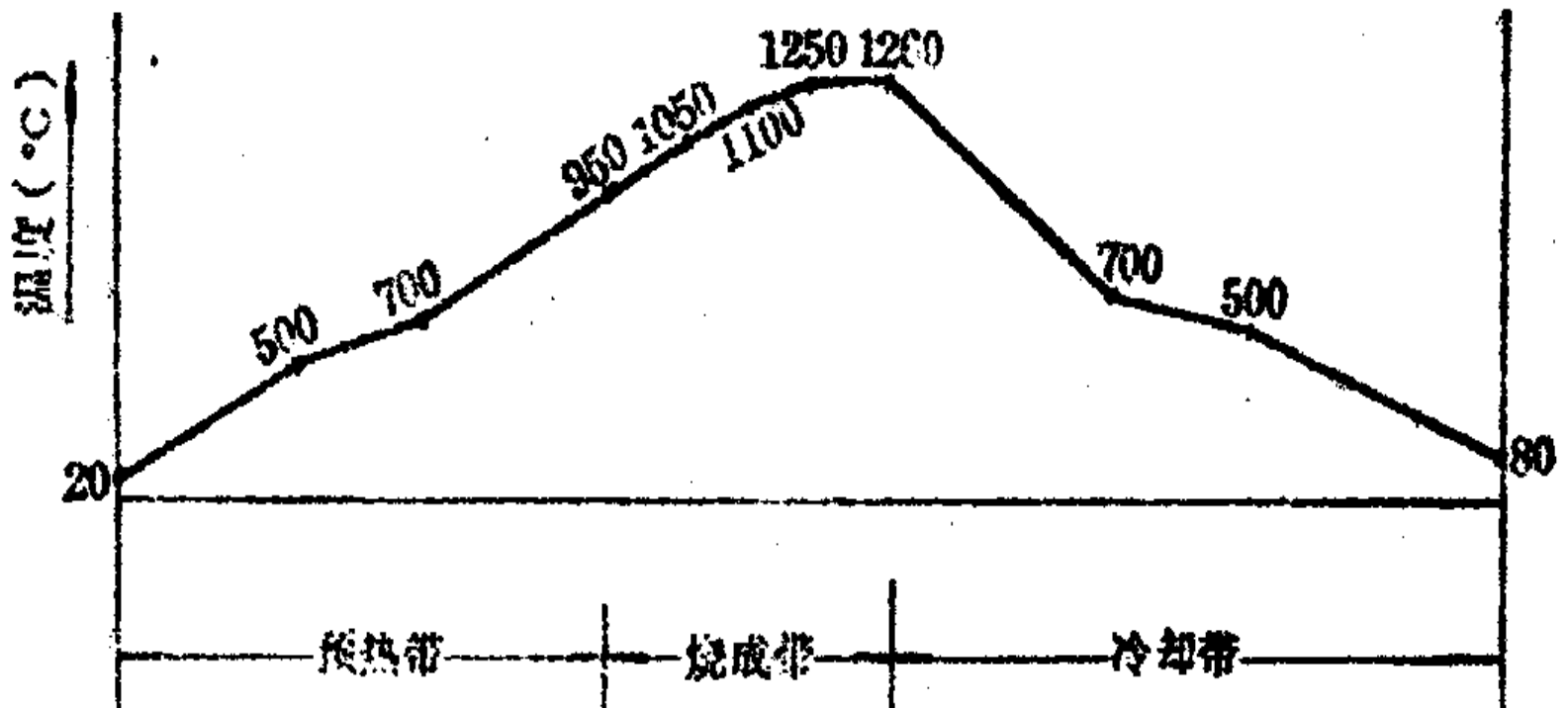
❖ 说明：

(1) 急冷气幕的喷入**应对准料垛间隙**，入窑后能迅速循环，起到**均匀急冷**作用。

(2) 喷入的冷空气应在**不远的热风抽出口**抽出，必须调节好急冷气幕和热空气抽出量，保持平衡，否则会影响窑的正常操作，并降产品质量。

### (三) 各带温度的控制

- 1)各阶段应有一定的升、降温速度
- 2)在适宜的温度下应有一定的保温时间，使温度趋于一致。



## 预热带温度控制

- ❖ **目的：**保证所焙烧的制品自入窑起按照升温曲线的要求均匀地加热升温。
- ❖ **温度检测：**窑头、预热带中部(约500°C)、预热带末端(900°C)。
- ❖ **控制手段：**调节排烟总闸板、各支排烟道闸板以及各种气幕来实现。

## 烧成带的温度控制

- ❖ 火焰温度应高于制品烧成温度50—100℃。火焰温度的控制是调节单位时间内**燃料的消耗量和助燃空气的配比**。单位时间内燃烧的燃料量多而空气配比又恰当，则火焰温度高。
- ❖ 燃料燃烧后喷出的烟气有**扰动作用**(尤其是使用高速调温烧嘴时)，所以烧成带内的温度分布是较为均匀的，即断面上的上、下温度差不大。
- ❖ 需要还原气氛的辊道窑，其烧成带还要控制气氛的转化温度。

## 冷却带的温度控制

- ❖ 在700°C以前可以进行急冷，即依靠急冷阻挡气幕喷入的冷空气将产品急冷。而对于一些裸烧的大件产品，为了避免冷风喷入不均匀而引起产品的炸裂问题，可以考虑抽出200°C以下的热空气作为急冷气幕所用。
- ❖ 自700~400°C为缓冷阶段，这一冷却段由于有晶型转变，要掌握合适的冷却速度。
- ❖ 400°C以后可以快速冷却至100°C左右出窑。在窑尾可以直接鼓入冷风。



## （四）辊道窑的高速调温烧嘴

- ❖ 属无焰烧嘴，
- ❖ 指燃气和空气在烧嘴内“完全”进行燃烧，再与二次空气（调温空气）混合来调节所喷出的气体温度。

### ❖ 主要特点：

一是调温方便

二是高温烟气高速喷出，喷出的速度通常在70m/s以上，有的高达200~300m/s（传统的烧嘴为30~40m/s）。

## 高速调温烧嘴分类

### ❖ 预混式高速调温烧嘴：

指燃气与一次空气先在预混室内混合后再进入烧嘴燃烧；  
预混方式用引射介质利用喷射器的原理来吸入空气。

### ❖ 非预混式高速 调温烧嘴：

将燃气与空气分别  
送入烧嘴内，而后  
混合燃烧。

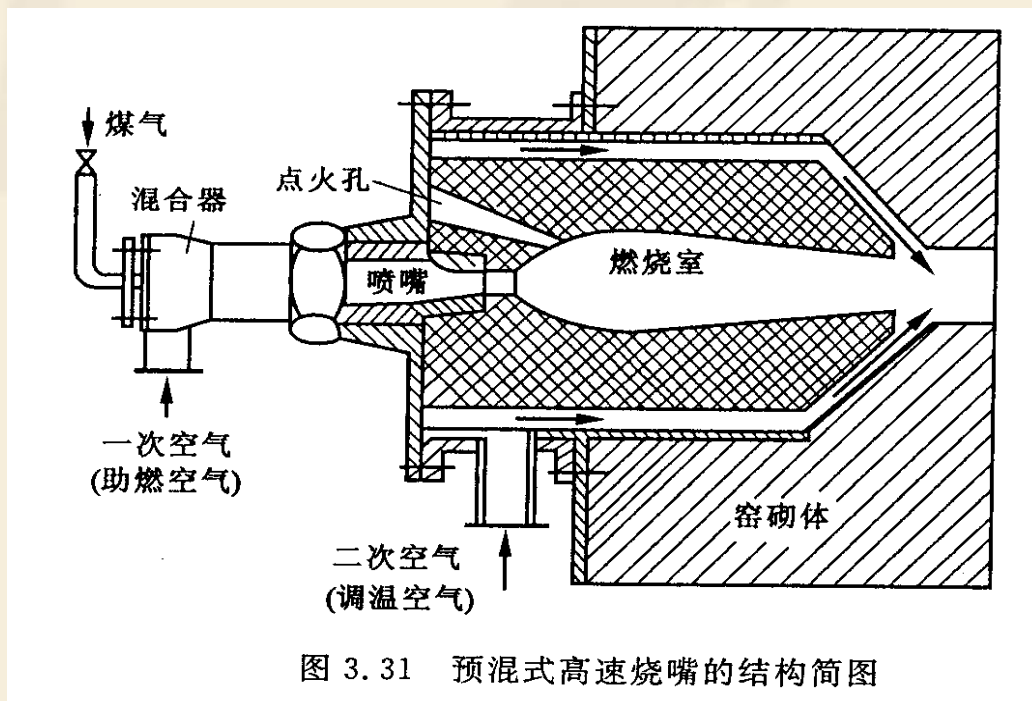


图 3.31 预混式高速烧嘴的结构简图

## 现代高速调温烧嘴的优点：

- (1) 燃烧室的容积热力强度非常高，最高可以达 $2.1 \times 10^8 \text{W/m}^3$ ，因此高速调温烧嘴的燃烧室体积小，其散热量也较小。
- (2) 高速烟气能够带动窑内气体在整个窑内作循环流动，使得窑内的温度和气氛都非常均匀。
- (3) 能够燃烧低热值的燃气。
- (4) 烟气中生成的 $\text{NO}_x$ 含量较低。
- (5) 节省燃料。

## 脉冲(高速调温)烧嘴

- ❖ 原理：燃料与助燃空气的混合气脉冲地喷入燃烧室内，在一个适当的高温气氛中爆炸燃烧，从而形成脉冲的高速高温气流。

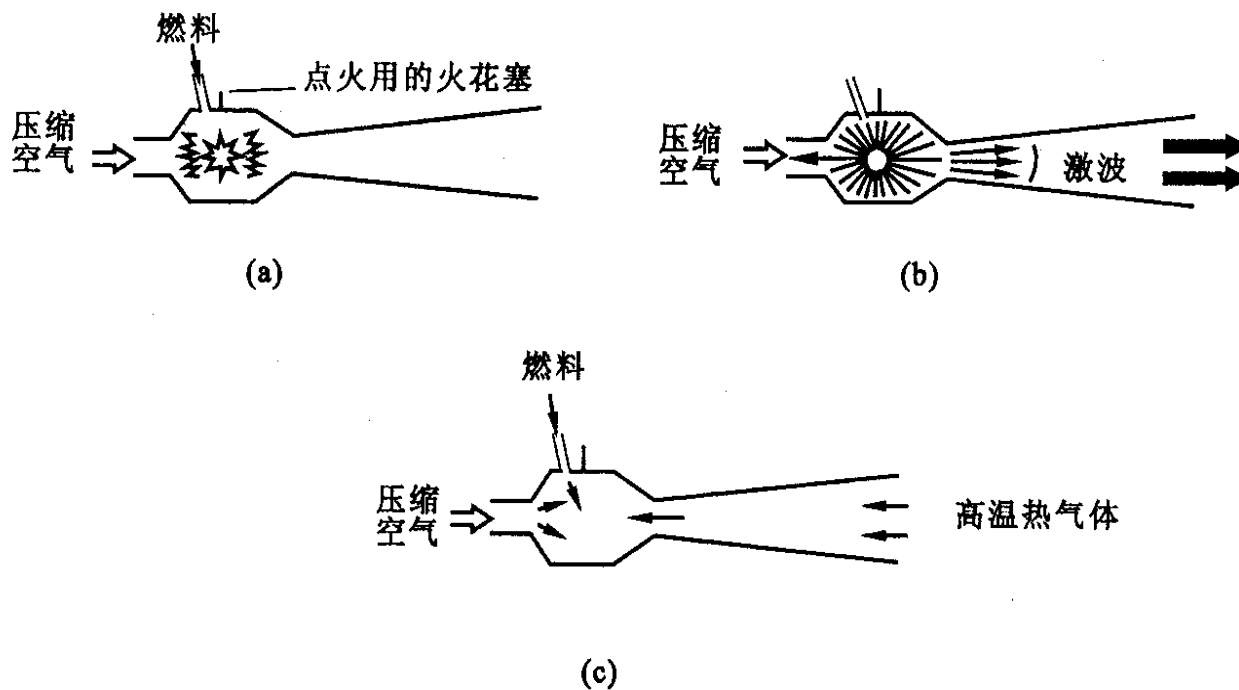


图 3.41 一种脉冲(高速调温)烧嘴的工作原理图