第3章 局部排风罩

➢要求

1、熟悉排风罩种类

2、熟悉设计选择原则

3、了解各种罩的工作原理和排风量计算

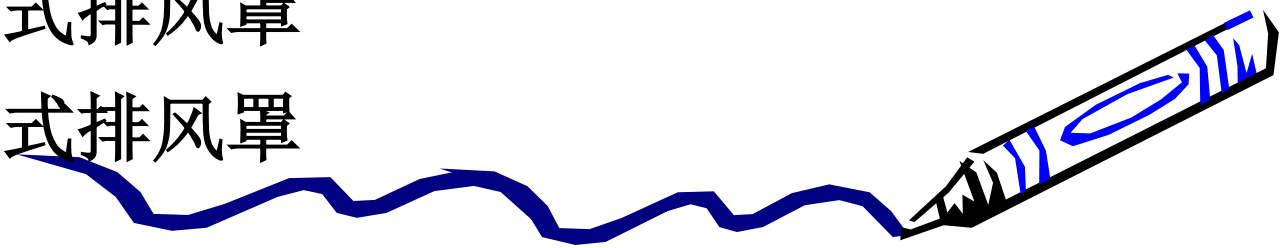
一 排风罩种类和选择方法（熟悉）

局部排风罩的形式：

按照工作原理不同，局部排风罩可分为：

- （1）密闭罩
- （2）柜式排风罩（通风柜）
- （3）外部吸气罩：

  上吸式、侧吸式、下吸式、槽边排风罩
- （4）接受式排风罩
- （5）吹吸式排风罩



3、局部排风罩的选用原则（熟悉）

1) 对散发粉尘或有害气体的工艺流程与设备应采取密闭措施。设置局部排风罩时，宜采用密闭罩。确定密闭罩的吸气口位置、结构和风速时，应使罩内负压均匀，防止污染物外逸，对于散发粉尘的污染源，应避免过多地抽取粉尘。

2) 当不能或不便采用密闭罩时，可根据工艺操作要求和技术经济条件选择适宜的其开敞式排风罩。局部排风罩应尽可能包围或靠近有害物源，使有害物源局限于较小的局部空间。还应尽可能减小吸气范围，便于捕集和控制有害物。

3) 排风罩的吸气气流方向应尽可能与污染气流运动方向一致。

4) 已被污染的吸入气流不允许通过人的呼吸区。设计时要充分考虑操作人员的位置和活动范围。

5) 局部排风罩的配置应与生产工艺协调一致，力求不影响工艺操作。排风罩应力求结构简单、造价低，便于安装和维护管理。

6) 在使用排风罩进行通风换气的地方，要尽可能避免或减弱干扰气流、穿堂风和送风气流等对吸气气流的影响。

§3.1 密闭罩

§3.1.1 工作原理

把污染物源全部密闭在照内再罩上，设有工作孔，从照外吸入空气罩内污染空气，由上部排风口排出。

防止粉尘扩散的本质：

密闭罩是把有害物源密闭起来，切断生产过程中造成的一次尘化气流和室内二次气流的联系；

再利用排风装置在罩内造成一定的负压，保证在一些操作孔、观察孔或缝隙处从外向里进风，防粉尘等有害物向外逸出。

特点：排风量小，控制有害物的效果好，不受环境气流影响，但影响操作，主要用于有害物危害较大，控制要求高的场合。

密闭罩上设置排风的目的是什么？

§3.1 密闭罩

§3.1.1 工作原理

密闭罩是把有害物源密闭起来，切断生产过程中造成的一次尘化气流和室内二次气流的联系；

再利用抽风装置在罩内造成一定的负压，保证在一些操作孔、观察孔或缝隙处从外向里进风，防粉尘等有害物向外逸出。

特点：排风量小，控制有害物的效果好，不受环境气流影响，但影响操作，主要用于有害物危害较大，控制要求高的场合。

密闭罩上设置排风的目的是什么？

罩内形成负压，不是为了排出粉尘！

§3.1.2 密闭罩的形式

局部密闭罩、整体密闭罩、大容积密闭罩

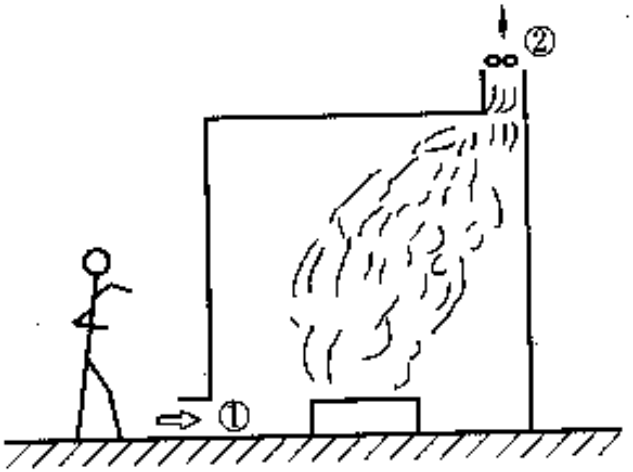


图 2.3-1 密闭罩

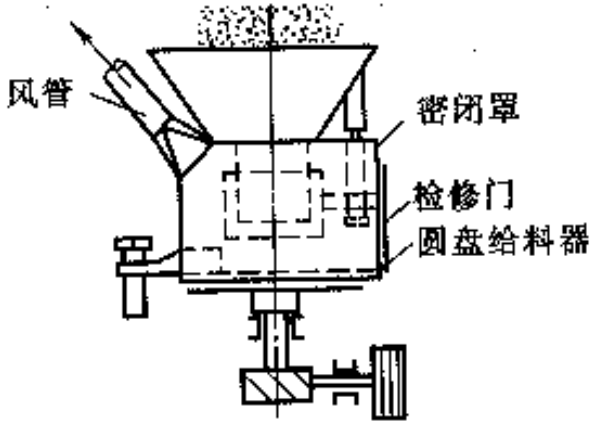
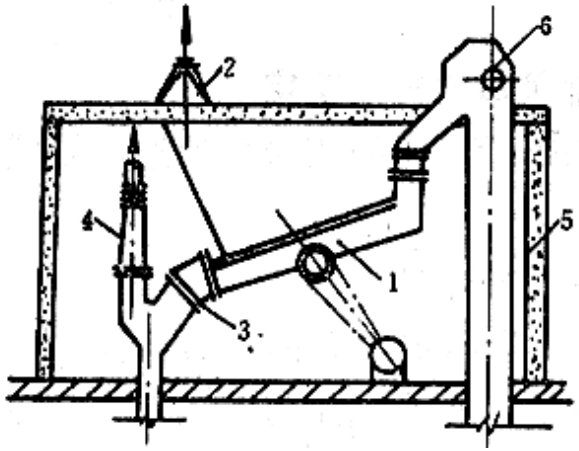


图 2.3-2 防尘密闭罩



§3.1.3 排风口位置的确定

1、正压形成的原因：运动和温差

运动：动压转化静压。

诱导，一次尘化气流

2、正压造成粉尘外逸。

3、排风口位置设置

罩内外温差：50~150

物料落差： 1米

原则：

1、排风目的不是为了吸粉，而是使罩内形成负压；

2、防止物料被过多带走。

排风口位置确定

为了防止污染，无外逸，使罩内形成均匀负压：

- 排风口设在罩内压力较高部位，消除罩内正压。
- 吸风口不应设在气流含尘高的部位或飞溅区域，防止粉尘外逸并不致把物料带走。
- 吸风口的平均速度，不易大于下列数值：

  细粉料的筛分　0.6 m/s;

  物料的粉碎　　2 m/s ；

  粗颗粒物料的破碎　3m/s　。

§3.1.4 排风量计算

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

式中 L — 排风量，m^3/s；

L_1 — 物料下落时带入罩内的诱导空气量，m^3/s；

L_2 — 从孔口或不严密缝隙处吸入空气量，m^3/s；

L_3 — 因工艺需要鼓入罩内的空气量，m^3/s；

L_4 — 在生产过程中因受热使空气膨胀或水分蒸发而增加的空气量，m^3/s；

一般情况下，简化为 $L = L_1 + L_2$

§3.2 柜式排风罩

柜式排风罩（又称通风柜）是密闭罩的一种特殊形式，散发有害物的工艺装置置于柜内，操作过程完全在柜内进行。排风罩上一般设有可开闭的操作孔和观察孔。为了防止由于罩内机械设备的扰动、化学反应或热源的热压以及室内横向气流的干扰等原因引起的有害物逸出，必须对柜式排风罩进行抽风，使罩内形成负压。

§3.2.1 柜式排风罩的基本形式

上部排风柜式排风罩

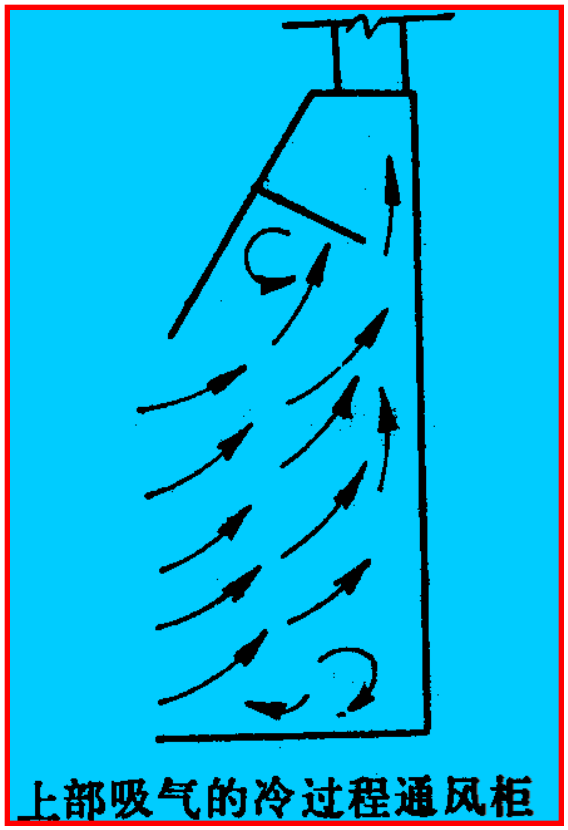
下部排风柜式排风罩

上下联合排风柜式排风罩

送吸混合式柜式排风罩

上部排风柜式排风罩

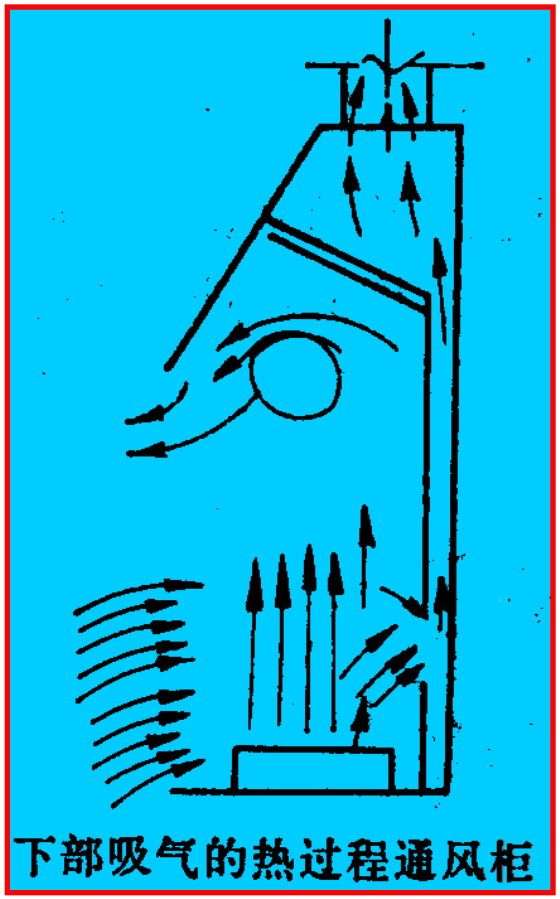
当通风柜内产生的有害气体密度比空气小，或通风柜内有发热体时，可选用上部排风通风柜。

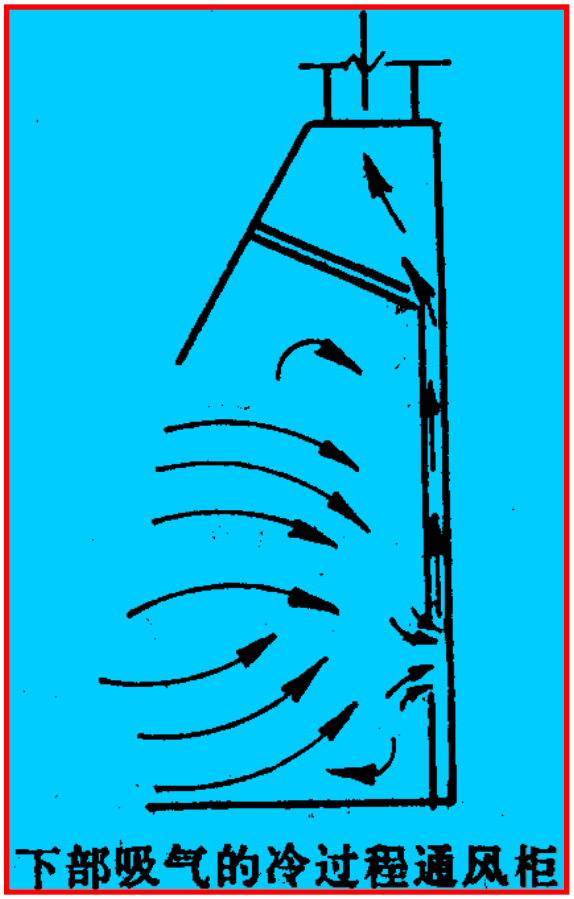


上部吸气的冷过程通风柜

下部排风柜式排风罩

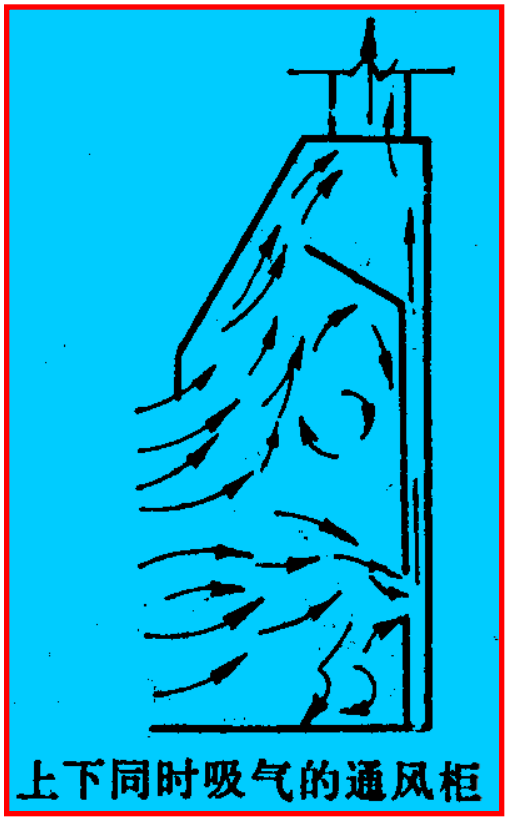
当通风柜内无发热体，且产生的有害气体密度比空气大，可选用下部排风通风柜。





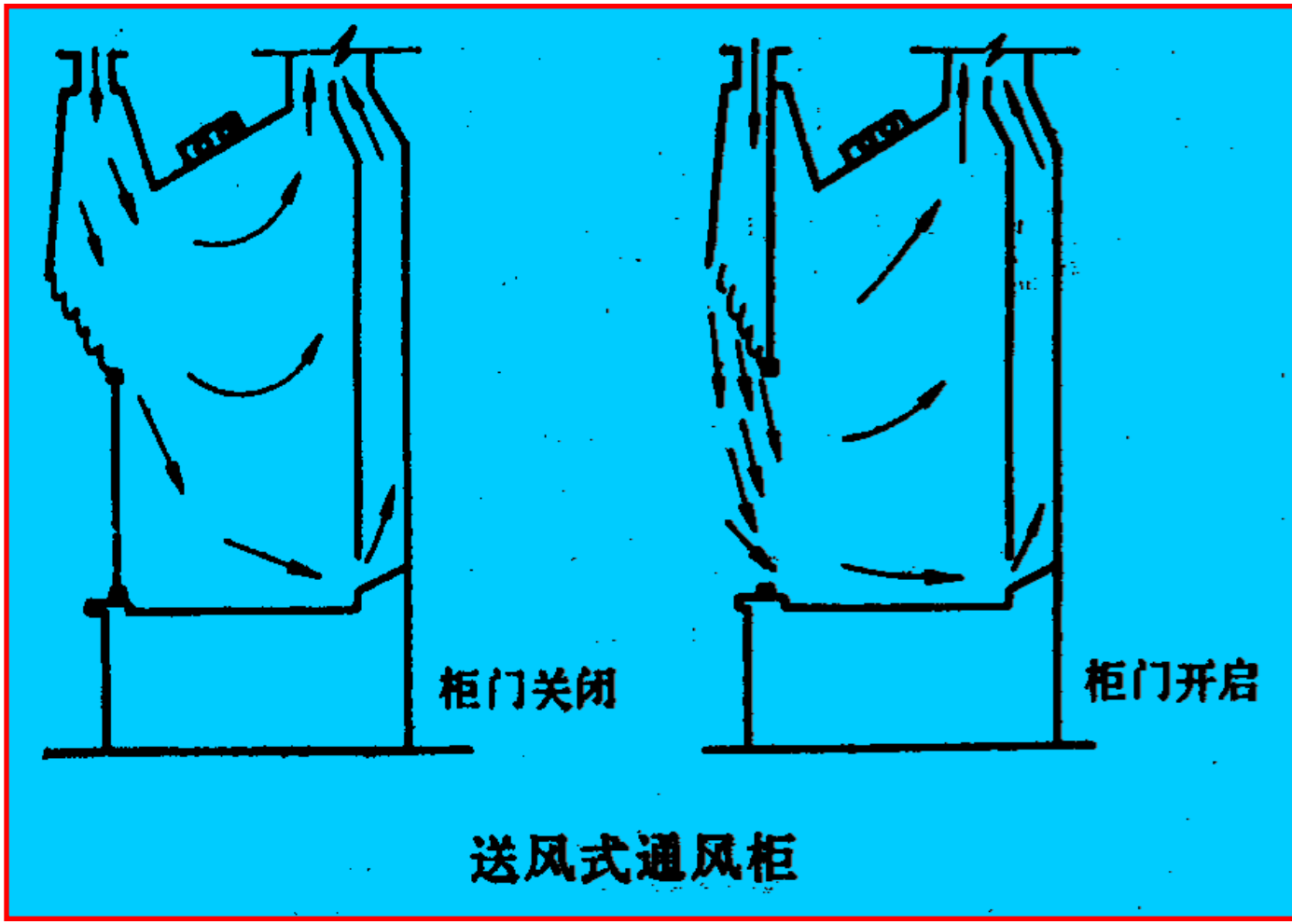
上下联合排风柜式排风罩

当通风柜内既有发热体，又产生密度大小不等的有害气体时，应在柜内上、下部均设置排气点，并装设调节阀，以便调节上、下部排风量的比例，可选用上、下联合排风柜。


上下同时吸气的通风柜

送风式通风柜

用于采暖或空调房间



➢注意事项：

- 冷过程通风柜，排风口应设在下部。
- 热过程通风柜，排风口应设在上部。
- 发热量不稳定，排风口应设在上、下部。
- 送风式通风柜，温湿度有要求房间，送风量约为排风量70%～75%。

§3.2.2 柜式罩排风量计算

排风量应满足孔口吸入风速达到控制风速的要求。

$$L=L_1+v\cdot F\cdot\beta \quad (m^3/s)$$

L_1 —柜内污染物气体发生量，m^3/s；

v —工作孔上的控制风速，m/s；

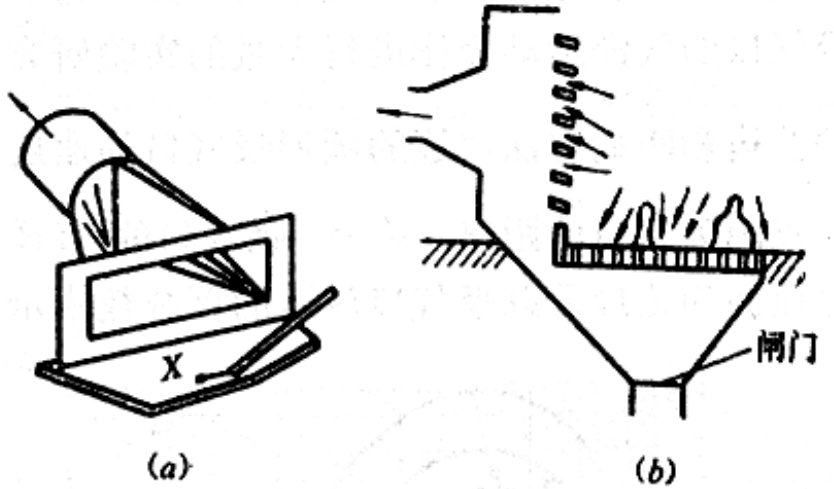
F —工作孔或缝隙的面积，m^2；

β —安全系数，$\beta=1.1\sim1.2$

化学实验室用：查表3-1
特定工艺过程：查表3-2

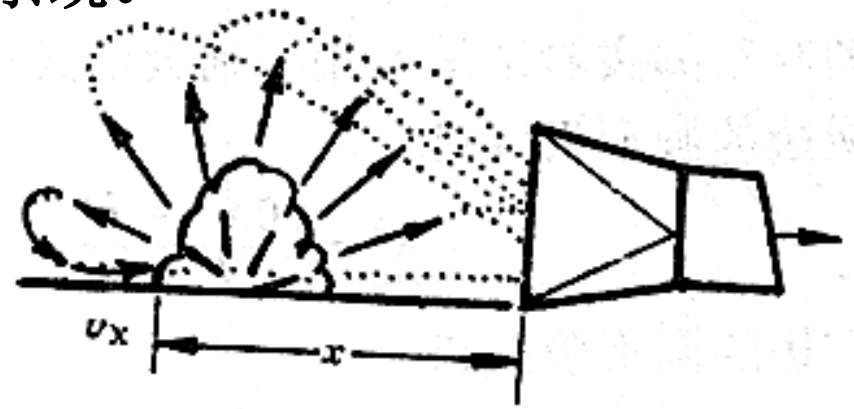
§3.3 外部吸气罩

➢ 原理



1、污染源在罩外；
2、依靠罩口的抽吸作用；
3、在污染物发散地点造成一定的气流运动；
4、气流裹挟污染物被吸入排风系统。

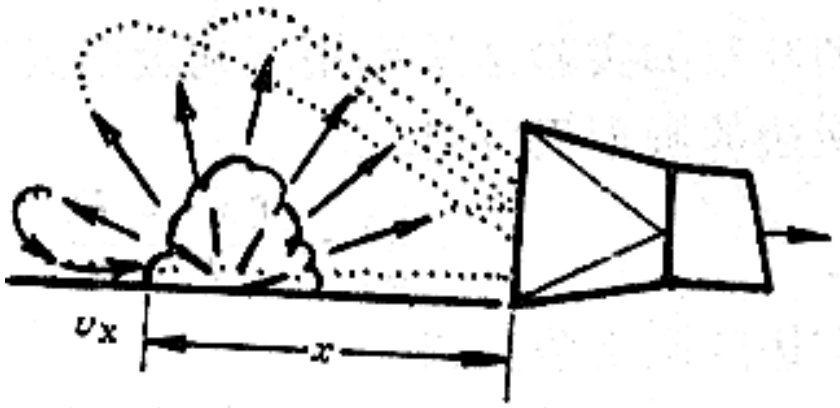
最不利点？



§3.3 外部吸气罩

➢ 控制速度Vx ：

有害物发生点（控制点）上必需的气流速度。



1、颗粒物大小
2、污染物毒性
3、周围干扰气流

只有当排风罩在该尘源点造成的风速大于控制风速时，才能使粉尘吸入罩内。

关键是营造控制风速，使最不利点处的污染物都被吸入排风系统。

§ 3.3.1 吸气口气流的运动规律

（1） 吸入口气流运动规律

当吸气口吸气时，在吸气口附近形成负压，周围空气从四面八方流向吸气口，形成吸入气流或汇流。当吸气口面积较小时，可视为“点汇”。如图所示。

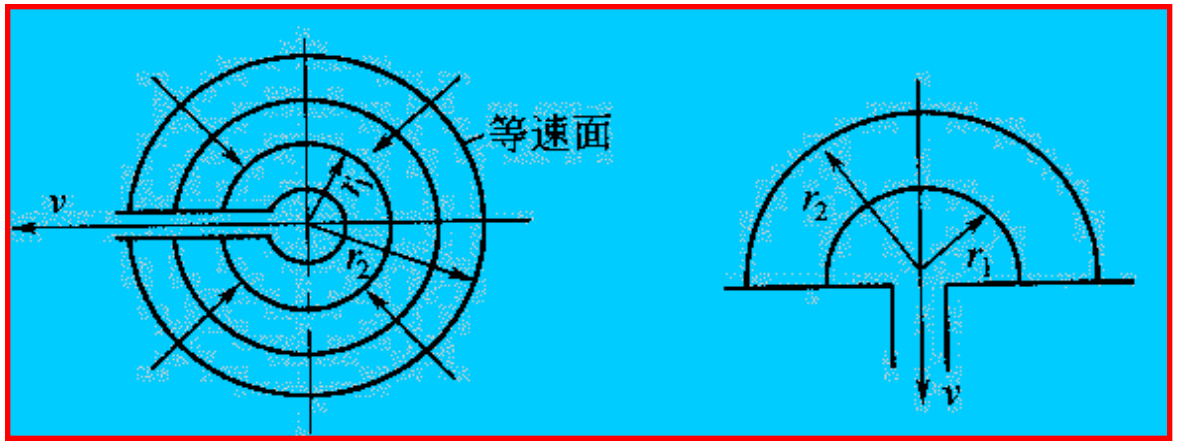


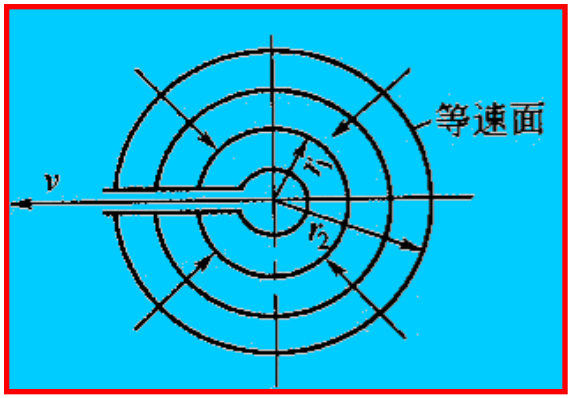
图3-19 点汇气流流动情况

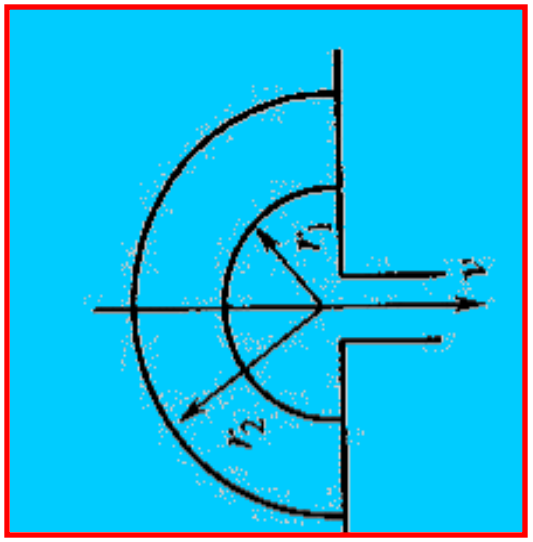
a）自由吸气口　　b）受限吸气口

根据流体力学，位于自由空间的“点汇”吸气口的吸气量为：

$$L = 4\pi r_1^2 \upsilon_1 = 4\pi r_2^2 \upsilon_2$$

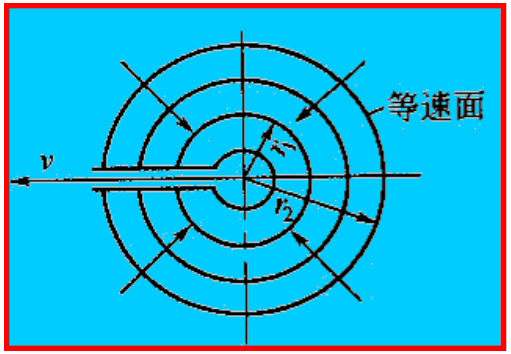
$$\upsilon_1 / \upsilon_2 = \left(r_2 / r_1\right)^2$$

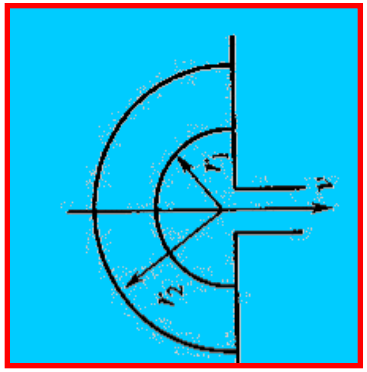




$$L = 2\pi r_1^2 \upsilon_1 = 2\pi r_2^2 \upsilon_2$$

吸气范围减少一半？
有无法兰的区别？





$$L = 4\pi r_1^2 \upsilon_1 = 4\pi r_2^2 \upsilon_2 \qquad L = 2\pi r_1^2 \upsilon_1 = 2\pi r_2^2 \upsilon_2$$

$$\upsilon_1 / \upsilon_2 = \left(r_2 / r_1\right)^2$$

吸入口气流运动规律：

吸气口外某一点的空气流速与该点至吸气口距离的平方成反比；而且该空气流速是随吸气口吸气范围的减小而增大的。

换句话：排风量一定时，越靠近排风口或回风口，风速越大，而且吸气范围越小，风速越高。

控制风速与排风量的关系：

1、颗粒物大小
2、污染物毒性
3、周围干扰气流

针对具体工艺：控制风速的大小是一定的！！！我们要做的就是设置一个排风系统，在控制点营造出这么大的控制风速！

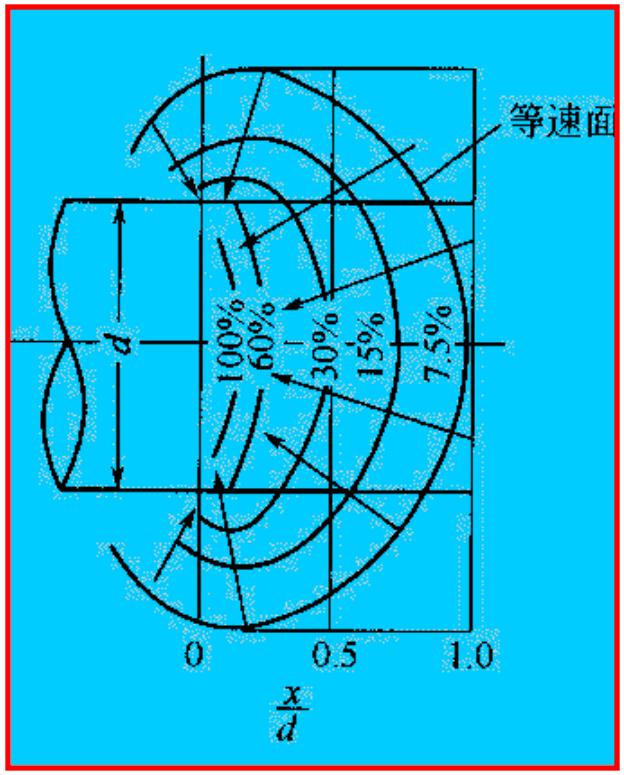
不论设置的排风量大与小，只要满足控制点的控制风速，即认为系统是满足要求的。

排风量大小决定了系统的大小。排风量大，需要的风机功率，风管尺寸等都大，初投资和运行费用都要增加！

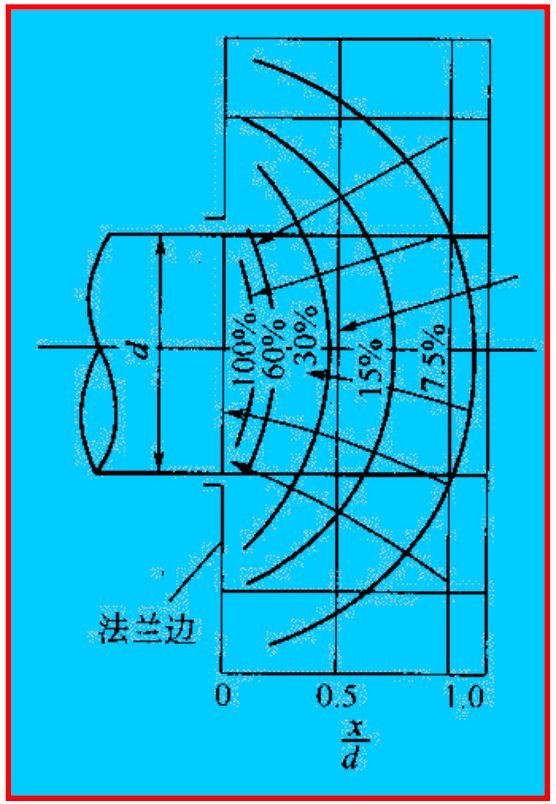
1、排风量一定时，越靠近排风口或回风口，风速越大
2、排风量一定时，吸气范围越小，风速越高
或当控制风速一定，减小吸气范围，可以减小排风量。

因此：
设计时罩口应尽量靠近污染物源，并设法减小其吸气范围。

实际上，吸气口有一定大小，不能看作一个点，气体流动也有阻力，形成吸气区气体流动的等速面不是球面而是椭球面。



四周无边圆形吸气口的速度分布图



四周有边圆形吸气口的速度分布图

§ 3.3.2 排风罩排风量计算

一) 前面无障碍的排风罩排风量计算

1）四周无法兰圆形吸风口 $x \le 1.5d$

$$L = v_0 F = \left(10x^2 + F\right) v_x \quad \left(m^3/s\right)$$

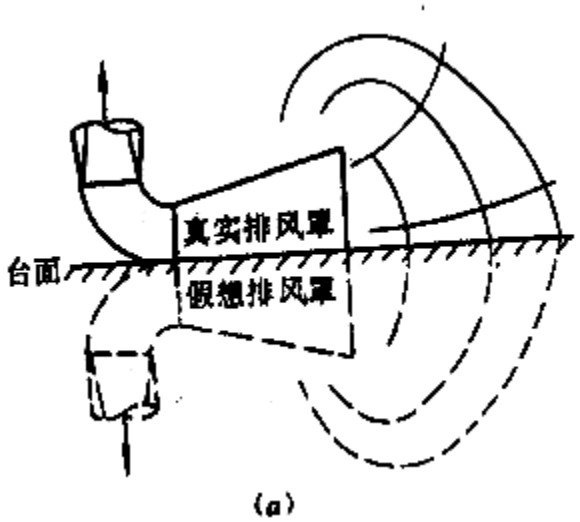
2）四周有法兰圆形吸风口 $x \le 1.5d$

$$L = v_0 F = 0.75\left(10x^2 + F\right) v_x \quad \left(m^3/s\right)$$

3）设在工作台上的侧吸罩（半圆形口），可以看成是一个大排风罩的一半，则

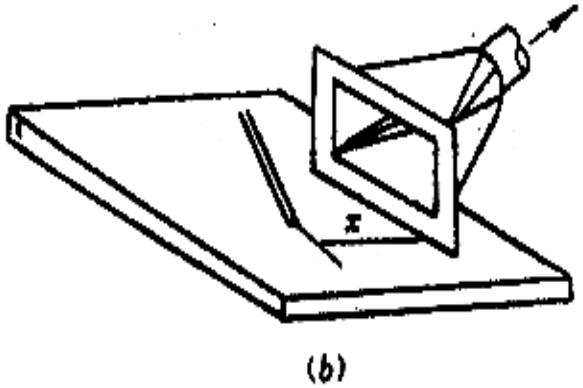
$$L = L'/2 = \left(5x^2 + F\right)v_x \quad \left(m^3/s\right)$$

适合条件 $x < 2.4\sqrt{F}$



4）长宽比不同的矩形吸气口：

由图3—23查取计算



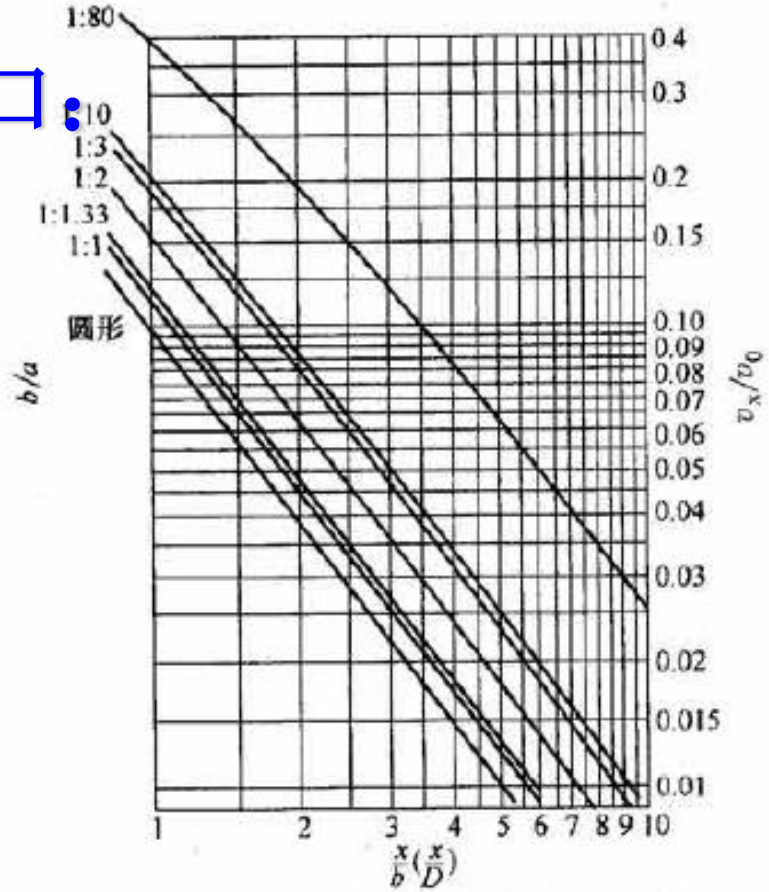


图 3-23 矩形吸气口速度分布计算图

有无法兰的区别？

5）对于b/a≤0.2的条缝形排风口：

自由悬挂无法兰边

$$L=3.7lxv_x \quad (m^3/s) \qquad (3\text{-}12)$$

自由悬挂有法兰边或无法兰边设在工作台上

$$L=2.8lxv_x \quad (m^3/s) \qquad (3\text{-}13)$$

二) 前面有障碍的排风罩（上吸式排风罩）排风量计算

$$L = KPHv_x \quad (m^3/s)$$

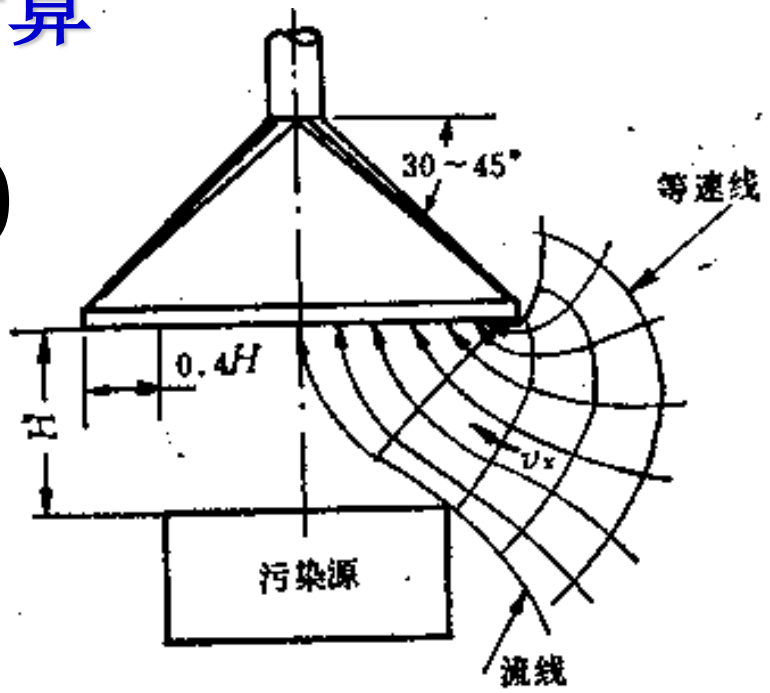


图 3-24 冷过程的上吸式排风罩

式中

P—排风罩口敞开面的周长，m；

H—罩口至污染源的距离，m；

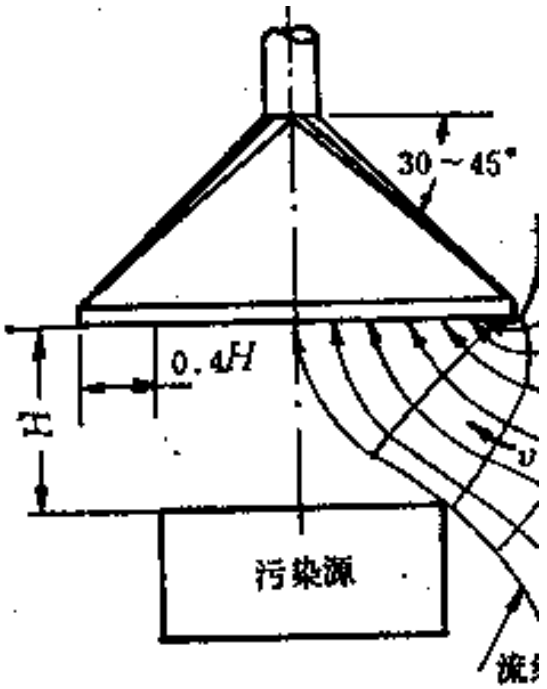
V_x—边缘控制点的控制风速,m/s；

K—考虑高度速度分布均匀的安全系数，通常K=1.4。

➢ 注意问题

1) 减少横向气流影响罩口吸气范围，可在罩口四周设固定或活动挡板。

2) 扩张角 $\alpha = 30^o \sim 60^o$ 阻力最小。



➢ 当罩口平面尺寸较大时的措施

1) 分割成几个小排风罩；
2) 在罩内设挡板；
3) 在罩口上设条缝口，条缝口风速在10m/s；
4) 在罩口设气流分布隔板。

§3.4 热源上部接受式排风罩

（了解内容）

1) 接受罩在外形上和外部吸气罩完全相同，但作用原理不同。接受罩，罩口外的气流运动是生产过程本身造成的，接受罩只起接受作用。它的排风量取决于接受的污染空气量的大小。尺寸取决于污染空气横截面积大小。

2) 热过程排风罩不同于冷过程排风罩，其排风量取决于它所接受的热气流大小，不存在控制风速的问题。

§3.4.1 热射流及其计算

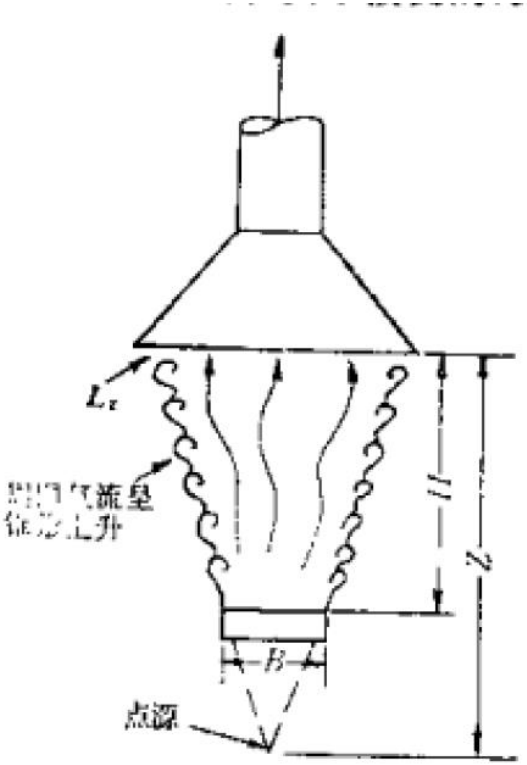


图 3-35 热源上部的接受罩

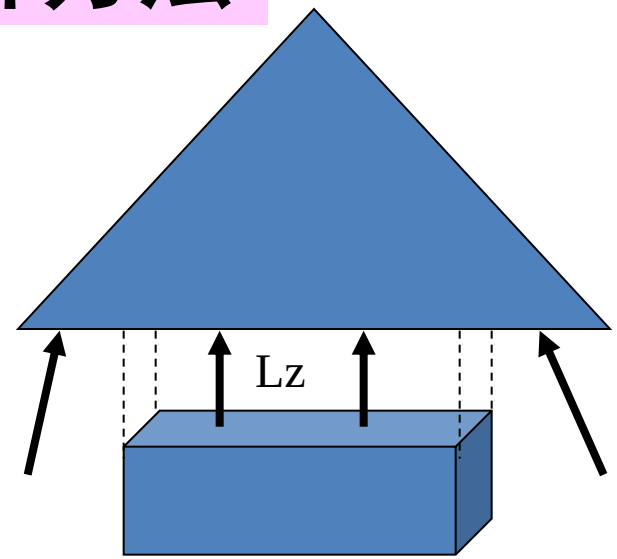
观察发现：热源上方某处射流发生收缩，在收缩断面上流速最大，随后上升气流继续缓慢扩大，呈不稳定的蘑菇状脉冲式流动。

可以近似看作是从一个假想点源以一定角度扩散上升的气流。

设计热过程伞形排风罩的关键是计算诱导上升的气流流量及上升气流在不同高度上的横截面大小

§3.4.2 排风量的计算方法

$$L = L_Z + v'F' \quad \left(m^3/s\right)$$



$$v' = 0.5 \sim 0.75 m/s$$

L_Z 罩口断面上热射流流量；

F' 罩口的扩大面积；受罩的安装高度和横向气流的影响。

v' 扩大面积上的空气吸入速度。

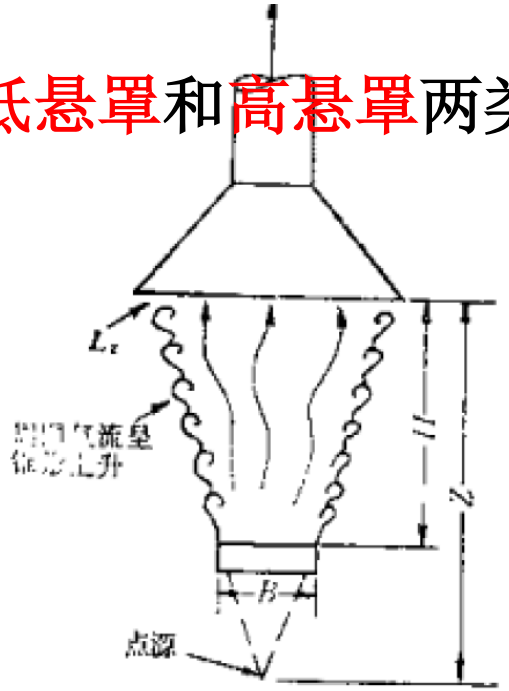
一、罩口的扩大面积F'计算

根据热源上伞形罩的安装高度H,分为低悬罩和高悬罩两类。

H≤1.5 $\sqrt{A_p}$ 的称为低悬罩；

H>1.5 $\sqrt{A_p}$ 的称为高悬类。

A_p为热设备横断面积。



罩的结构参数确定原则

◆低悬罩

横向气流影响较小时：罩口尺寸比热源尺寸大150~200mm

横向气流影响较大时：按“热源尺寸加大0.5H”的原则计算:

低悬圆形罩 D=d+0.5H

低悬矩形罩 A=a+0.5H B=b+0.5H

◆高悬罩: 按“罩口断面处的热射流尺寸加大0.8H”的原则计算:

D=Dz+0.8H

罩的结构参数确定原则

d、a和b是热源投影尺寸

- **低悬罩**

横向气流影响较小时：罩口尺寸比热源尺寸大150~200mm

横向气流影响较大时：按“源尺寸加大0.5H”的原则计算:

低悬圆形罩 D=d+0.5H

低悬矩形罩 A=a+0.5H B=b+0.5H

F' = D或A和B尺寸的面积 - 热源投影面积

- **高悬罩: 按“罩口断面处的热射流尺寸加大0.8H”的原则计算:**

D=Dz+0.8H

某一高度上热射流断面直径:

$D_z = 0.36H + B$

F' = D尺寸的面积-D_z尺寸的面积

- **排风量计算** $L = L_Z + v'F' \quad \left(m^3/s\right)$

二、罩口断面上热射流流量 L_z

$L_Z = 0.04Q^{1/3}Z^{3/2}$

$Z = H + 1.26B$

--H：热源至计算断面距离

--B：热源水平投影的直径或长边尺寸

--Q：热源对流散热量

$Q = hF\Delta t$

$\boldsymbol{h = A\Delta t^{\frac{1}{3}}}$

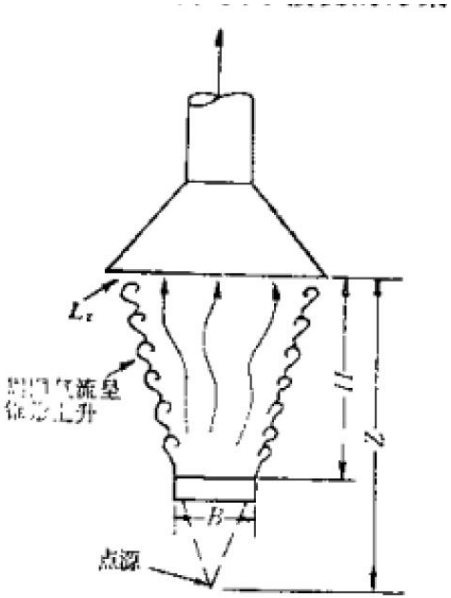


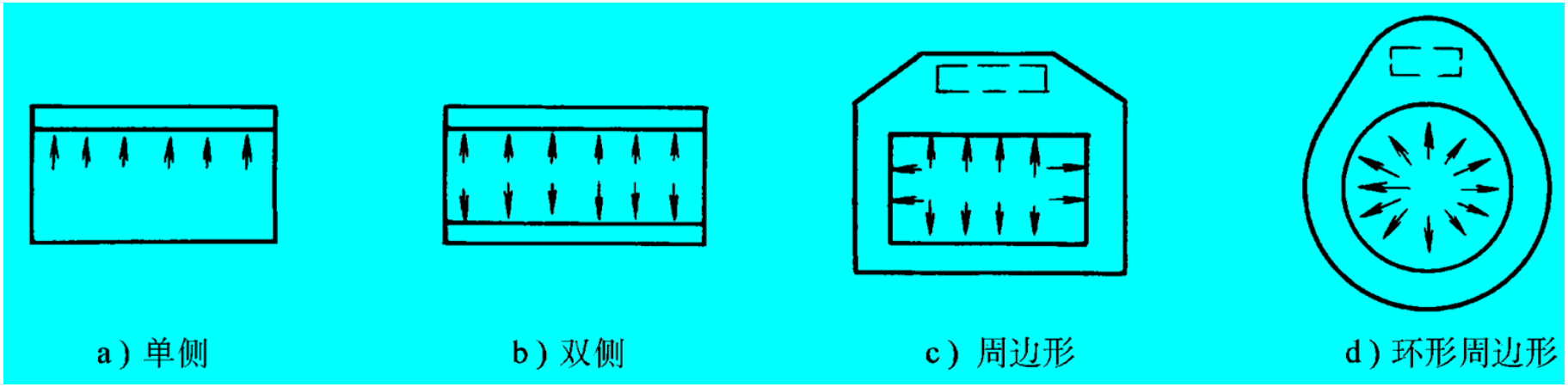
图 3-35 热源上部的接受罩

§3.5 槽边排风罩

- 槽边排风罩是外部吸气罩的一种特殊形式。

  单侧、双侧、周边形（环形）三种。

  - 单侧排风罩适用于槽宽B≤700㎜；
  - 双侧适用于B＞700㎜；
  - B＞1200㎜时，应采用吹吸式排风罩；
  - 当槽直径D=500~1000㎜时，宜采用环形排风罩。



槽边排风罩的形式

➢形式：平口式和条缝式

条缝式

E＝250mm，高截面—节能

E＝200mm，低截面；

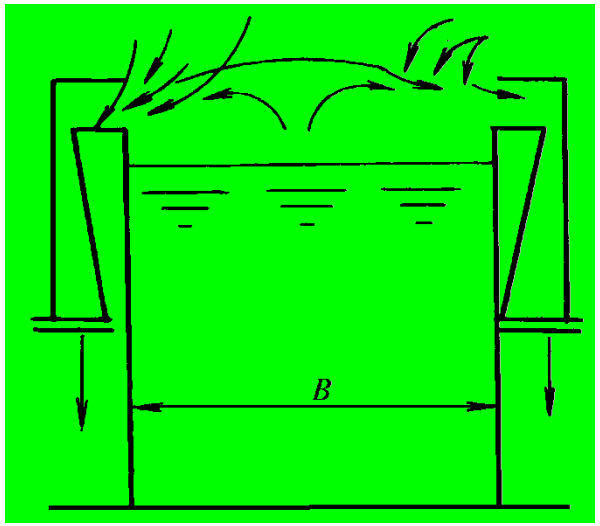


图4-21 平口式双侧槽边排风罩

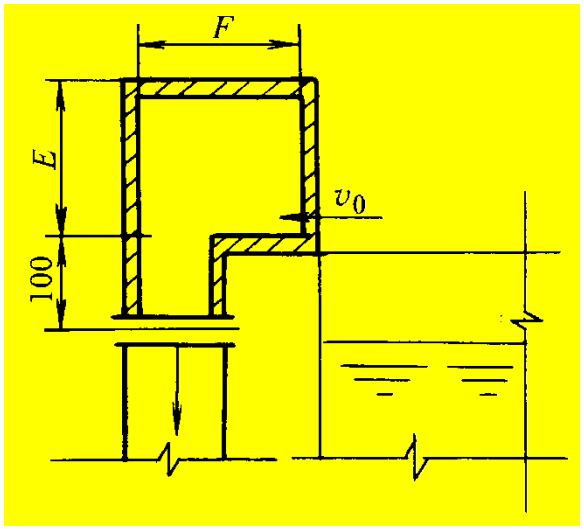
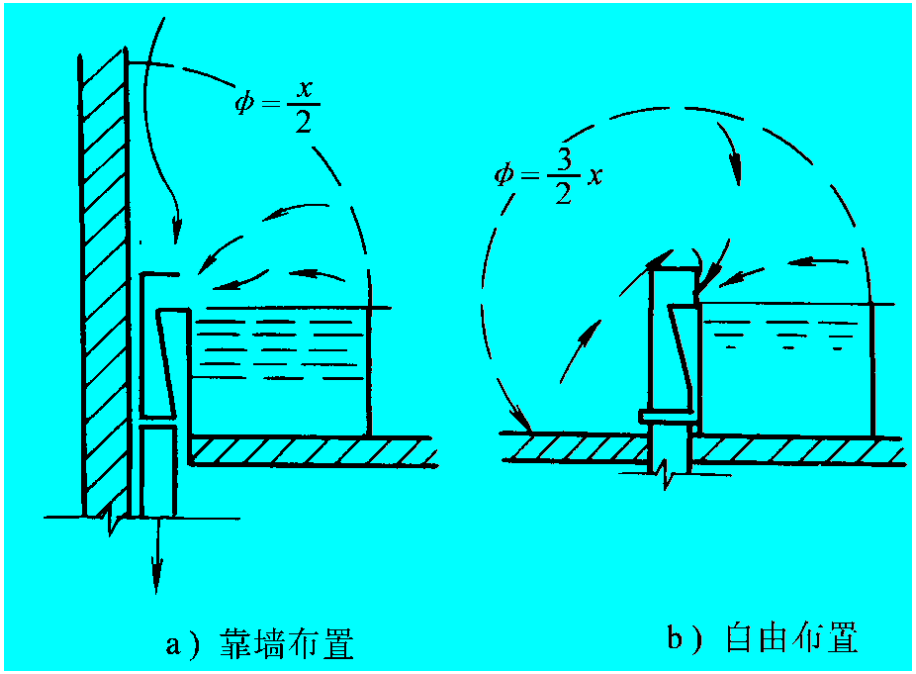


图4-22 条缝式槽边排风罩

➢形式：平口式和条缝式

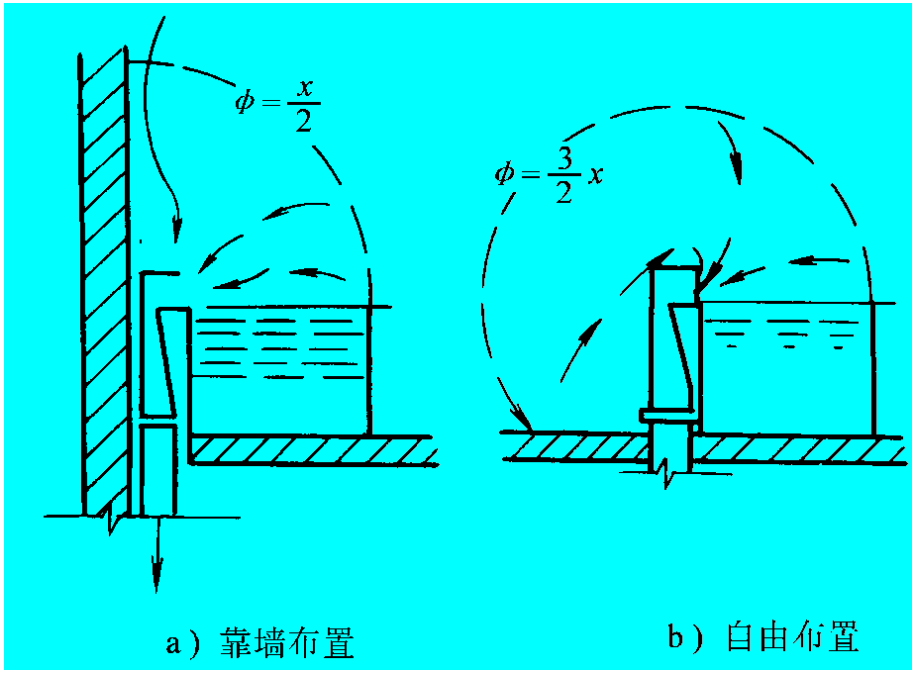


外部吸气罩：

1、满足控制风速的条件下，减小排风量。

2、减小排风量的有效措施：减小吸气范围。

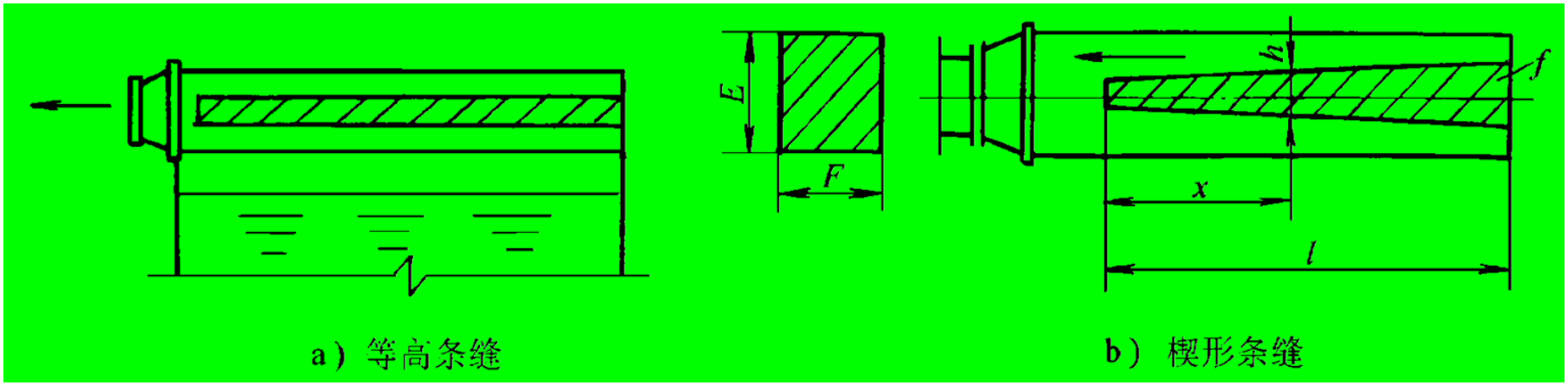
➢形式：平口式和条缝式



- 平口式槽边排风罩：吸气口上不设法兰边，吸气范围大。
- 条缝式槽边排风罩：截面高度E越大，如同在罩口上设置挡板，可减小吸气范围。但占用空间较大，且影响手工操作。

§3.5.1 槽边排风罩的结构形式

◆条缝式槽边排风罩的条缝口有等高条缝和楔形条缝两种。



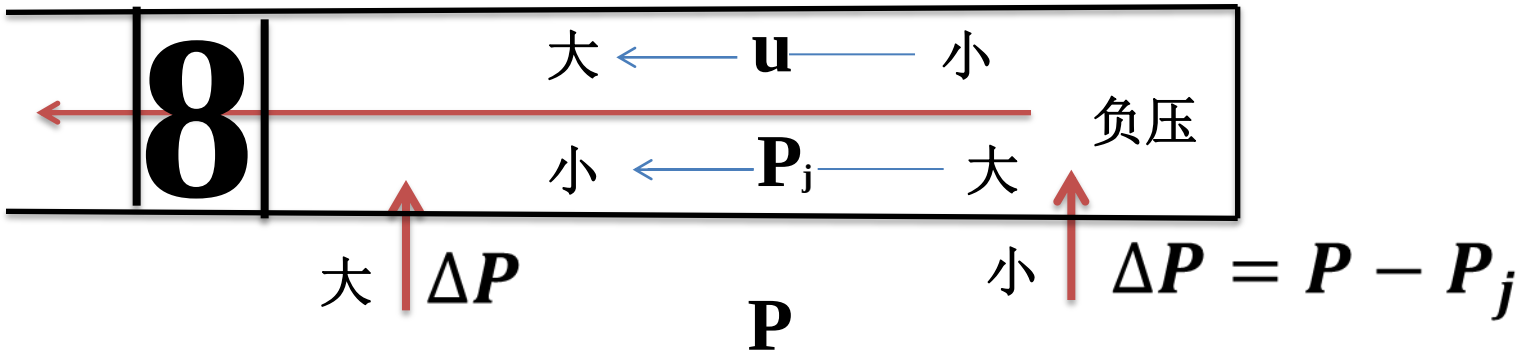
a）等高条缝　　b）楔形条缝

等高条缝口上速度分布难于达到均匀，末端风速小，靠近风机的一端风速大。

为什么？

怎样实现均匀吸风（排风）？

$$P_{j1}+\frac{\upsilon_1^{\ 2}\rho}{2}=P_{j2}+\frac{\upsilon_2^{\ 2}\rho}{2}+\Delta P_{1-2}$$

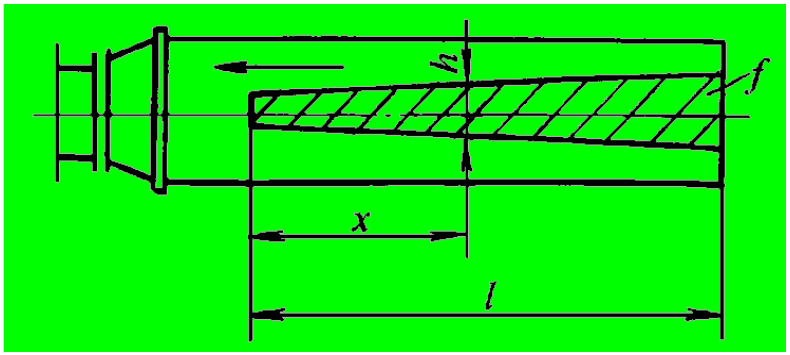


采取措施：

◆ 减小条缝口面积f和罩横断面积F之比。通过增大条缝口阻力，使速度均匀。比值越小越均匀，当小于等于0.3时可近似均匀；

◆槽长超过1500mm时可沿长设多个排风罩；

◆采用楔形风口。



§3.5.2 排风量计算公式

不同形式的槽边排风罩，其排风量计算公式是不同的。

（1）高截面单侧排风 $L = 2\upsilon_x AB\left(\frac{B}{A}\right)^{0.2}$

（2）低截面单侧排风 $L = 3\upsilon_x AB\left(\frac{B}{A}\right)^{0.2}$

（3）高截面双侧排风（总风量） $L = 2\upsilon_x AB\left(\frac{B}{2A}\right)^{0.2}$

（4）低截面双侧排风（总风量） $L = 3\upsilon_x AB\left(\frac{B}{2A}\right)^{0.2}$

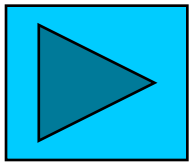
（5）高截面环形排风 $L = 1.57\upsilon_x D^2$

（6）低截面环形排风 $L = 2.36\upsilon_x D^2$

条缝式槽边排风罩的阻力按右式计算 $\Delta p = \varsigma \frac{\rho v_0^2}{2}$

§3.6大门空气幕

利用高速气流所形成的气幕隔断室外空气，防止尘埃进入，污染物的扩散。



§3.6大门空气幕

大门空气幕的形式

根据送风方式

1. 侧送式空气幕
2. 下送式空气幕
3. 上送式空气幕

根据送风温度

1. 热空气幕
2. 等温空气幕
3. 冷空气幕

§3.7 吹吸式排风罩

由吹风口和吸气口组合而成. 它通过吹出射流和吸入气流联合作用来提高所需的“ 控制风速”, 从而达到排除污染气体的目的。

吹吸罩需要考虑到吸气口口腔气速度衰减很快，而吹气气流形式的气幕作用的距离较长的特点，在槽面的一侧设喷口喷出气流，而另一侧为吸气口，吸入喷出的气流以及被气幕卷入的周围空气和槽面污染气体。这种吹吸气流共同作用的集气罩称为吹吸罩。

特点：

风量小，污染控制效果好，抗干扰能力强，不影响工艺操作。

吹吸排风实例

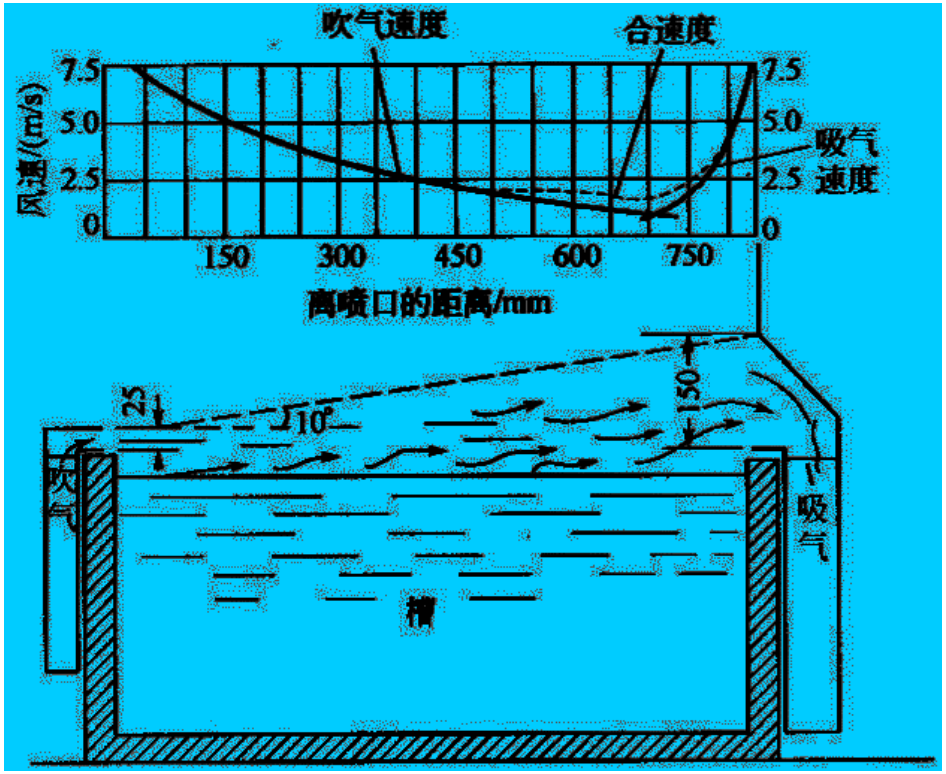


图4-25 气幕式吹吸罩