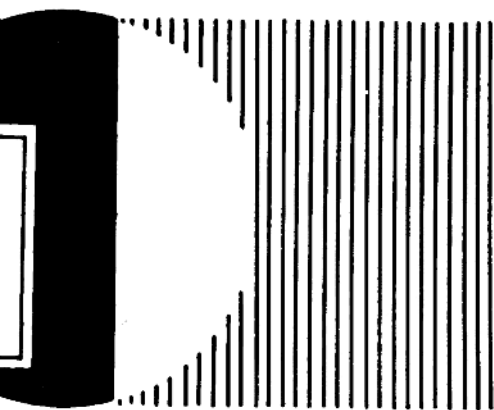


安装工人技术等级培训教材

通风工

● (高级工)

本培训教材编委会 组织编写



中国建筑工业出版社

安装工人技术等级培训教材

通 风 工

(高 级 工)

本培训教材编委会	组织编写	
攀枝花建筑工程学校	张文祥	主编
	付朝元	张建成
	唐光普	张 鸣
重庆建筑专科学校	马克忠	编
重庆市第二安装公司	杨世洪	
北京市住宅建设公司	林柏章	主审

中国建筑工程出版社

(京) 新登字 035 号

本书为建设部教育司审定的“安装工人技术等级培训教材”之一，是根据《安装工人技术等级标准》(JGJ43—88)对通风工高级工的要求编写的。内容有：通风、空气调节基本原理，机械传动与液压传动，通风机、消声与减振，通风空调系统管路设计知识，放样下料的计算方法，工厂化生产，通风空调工程制作安装，新设备、新技术、新工艺，施工组织与管理。

本书可作为通风工高级工的岗位培训教材，也可供施工技术人员参考。

安装工人技术等级培训教材

通 风 工

(高 级 工)

本培训教材编委会 组织编写

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市燕山联营印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8³/₄。字数：193千字

1993年11月第一版 1993年11月第一次印刷

印数：1—4,300册 定价：5.35元

ISBN 7—112—02134—0/TU·1637

(7154)

出版说明

为贯彻落实建设部教育工作会议精神，认真搞好建设系统职工的培训工作，尽快提高建设系统职工队伍的技术素质，我司在中国安装协会的协助下，在注意吸收国内外先进培训经验的基础上，组织编写了本套“安装工人技术等级培训教材”。

该套教材覆盖了建筑安装十个主要工种。每个工种的教材按初级工、中级工和高级工三个等级编写，并附有一本《安装工人技术等级培训计划与培训大纲》与之配套，全套教材共计31种。

本套教材在编写时以《安装工人技术等级标准》(JGJ43—88)为依据，针对目前建设系统职工技术素质的实际情况和职工培训的实际需要，力求做到应知应会相结合。全套教材突出实用性，即侧重于全面提高职工的操作技能，辅以工人必须掌握的基本技术知识和管理知识，并较详细地介绍了成熟的、并已推广应用的新材料、新设备、新技术、新工艺。初、中、高三个等级的教材内容既不重复，又相互衔接，逐步深化。培训计划与培训大纲在编写时力求做到实用、具体，并列出了考核项目，供各地参照执行。

本套教材及培训计划与培训大纲已通过全国各地有关方面专家审定，现由中国建筑工业出版社出版，可供建筑安装工人培训、自学及技术竞赛之用。在使用过程中如发现问题，请及时函告我们，以便修正。

建设部教育司

“安装工人技术等级培训教材”

编 委 会

主任委员： 杨筱悌 强十渤 吴小莎

委员(以姓氏笔画为序)：

王 旭 卢建英 刘克峻 李 忠

杨同起 张 峥 张文祥 林汉丁

孟宪明 赵恒忱 钱大治 蔡耀愷

目 录

一、通风、空气调节基本原理	1
(一) 通风工程	1
(二) 空气调节工程	12
(三) 制冷技术	22
(四) 空气洁净工程	28
(五) 空调系统的自动控制	34
复习题	40
二、机械传动与液压传动	42
(一) 机械传动	42
(二) 液压传动	51
复习题	54
三、通风机、消声与减振	55
(一) 通风机	55
(二) 消声	65
(三) 减振	70
复习题	74
四、通风空调系统管路设计知识	76
(一) 通风系统管路计算	76
(二) 洁净室计算	89
复习题	97
五、放样下料的计算方法	98
(一) 放样下料计算方法的特点	98
(二) 等径圆管构件放样计算	99
(三) 圆方过渡接头放样计算	117

(四) 球面及绞龙叶片放样计算	129
复习题	144
六、工厂化生产	145
(一) 工厂化生产的目的和意义	145
(二) 生产工艺线	146
(三) 生产机械设备管理	150
复习题	156
七、通风空调工程制作安装	158
(一) 新型空调器、除尘装置的制作与安装	158
(二) 通风、除尘、空调、空气洁净工程装置及部件 加工模具的设计	172
(三) 通风、除尘、空调、空气洁净工程安装质量的 检验与评定	177
(四) 通风空调系统的制作与安装	190
复习题	207
八、新设备、新技术、新工艺	208
(一) 通风空调新设备	208
(二) 通风空调新技术	214
(三) 通风空调新工艺	219
复习题	223
九、施工组织与管理	225
(一) 施工组织设计	225
(二) 通风工程组织施工的基本方法	231
(三) 施工管理	234
复习题	267
附录 高级通风工技术标准	268

一、通风、空气调节基本原理

本教材在初级、中级本中,对通风、除尘、空气调节、空气洁净、制冷技术等的基本概念、基础知识已作了一定介绍,为了帮助学员加深理解,提高知识理论水平,在本书中,对通风空调工程的基本原理再作进一步介绍。

(一) 通 风 工 程

通风工程一般包括自然通风、局部排风、局部送风、全面通风、除尘等内容。在本书中进一步介绍局部排风、除尘的基本原理。

1. 局部排风: 在工业生产中,局部排风是用来排除经常产生的粉尘及有害气体的通风方式。其主要装置有密闭罩、伞形罩、槽边吸气罩、诱导排气装置等。在本书中主要介绍伞形罩。根据工艺过程的不同,伞形罩可以设在工艺设备的上部、下部或侧面。

(1) 吸气罩口气流运动的规律 如果我们把吸气罩口近似的看成一个点状吸气口,图1-1a表示点状吸气口吸气时的状态。点状吸气口吸气时,它的流线就是以该点为中心的径向线。吸气口四周空气流速相等的点所组成的一个球面,这些球面我们称为点汇吸气口的等速面,通过每个等速面的空气流量都是相等的。

点汇吸气口的吸气量可按下式计算:

$$L = 4\pi r_1^2 v_1 = 4\pi r_2^2 v_2 \quad (1-1)$$

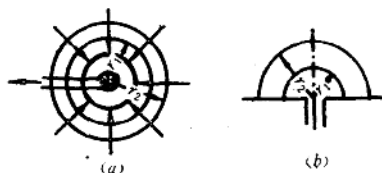


图 1-1 点状吸气口的吸气情况
(a) 吸气时的状态; (b) 吸气口设在墙上时的状态

式中 v_1 、 v_2 ——点1、点2的空气流速 (m/s);

r_1 、 r_2 ——点1、点2至吸气口距离 (m)。

公式 (1-1) 可以改写成:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad (1-2)$$

由上式可知, 吸气口外某一点的流速, 与该点距吸气口距离的平方成反比。这说明吸气口外的空气流速的衰减是很快的。因此设计排风罩时, 应尽量减小罩口至有害物源的距离。

如果吸气口设在墙上 (如图1-1b所示), 由于吸气范围受到限制, 它的等速面是一个半球面。它的排风量为:

$$L' = 2\pi r_1^2 v_1 = 2\pi r_2^2 v_2 \quad (1-3)$$

把公式 (1-1) 和公式 (1-3) 比较后明显看出, 在同样的距离要造成同样的吸入速度, 悬空的吸气口所需的排风量, 是靠墙的吸气口的二倍。故设计排风罩时应尽量减小排风罩的吸气范围。

(2) 前面无障碍物的伞形罩排风量计算 实际采用的伞形罩, 都是具有一定面积的, 不能看成一个点, 故前面所讲的点汇吸气口的气流运动规律, 直接用于一般的伞形罩是不合适的。所以必须通过大量实验, 进一步研究各种吸气口的

气流运动规律。图1-2a、b就是通过实验求得的二种吸气口的速度分布图。这两个图的横坐标是 x/d (x 为至吸气口的距离, d 为吸气口的直径), 等速面速度是以吸气口流速的百分数表示的。

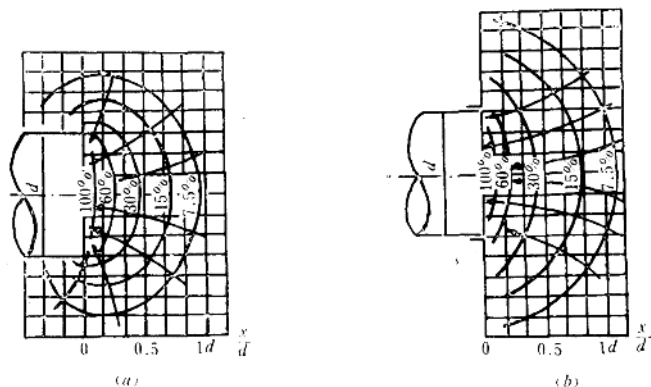


图 1-2 吸气口的速度分布图
(a) 无边吸气口; (b) 有边吸气口

【例】 有一圆形伞形罩, 罩口直径 $d = 250\text{mm}$, 如果要在距罩口 0.2m 处, 造成 0.5m/s 的吸入速度, 试求伞形罩的排风量。

【解】 1. 采用无边伞形罩

根据 $x/d = 0.2/0.25 = 0.8$, 由图1-2可查得相对速度 $v_x/v_0 = 0.11$ (v_x 为在 x 点的吸入速度, v_0 为罩口的平均速度)

$$\text{所以} \quad v_0 = \frac{v_x}{0.11} = \frac{0.5}{0.11} = 4.55\text{m/s}$$

伞形罩的排风量

$$L = 3600 \cdot \pi / 4 d^2 \cdot v_0 = 3600 \times \frac{3.14}{4} \times (0.25)^2 \times 4.55$$

$$= 806 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. 采用有边的伞形罩, 由图1-2可查得 $v_x/v_0 = 0.14$,

所以 $v_0 = \frac{0.5}{0.14} = 3.58 \text{ m/s}$ 则有边伞形罩的排风量为

$$L = 3600 \times \frac{\pi}{4} \times (0.25)^2 \times 3.58 = 632 \text{ m}^3/\text{h}$$

以上计算结果充分说明, 吸气口加边以后, 排风量可减少20%左右。对于罩口面积不超过 0.3 m^2 的罩, 边的长度为125mm左右。

前面无障碍物的圆形或矩形伞形罩的排风量可按下式计算

$$L = 3600 \cdot v_0 \cdot F = 3600 (10x^2 + F) \cdot v_x \quad (1-4)$$

式中 v_x ——控制点的吸入速度 (m/s);

v_0 ——吸气口的平均速度 (m/s);

x ——控制点至吸气口的距离 (m);

F ——吸气口的面积 (m^2)。

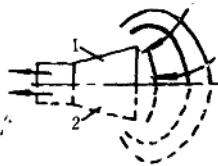


图 1-3 工作台上的伞形罩
1—真实的排风罩; 2—假想的排风罩

图1-3是位于工作台上的伞形罩, 对这种情况我们可以假想有一个上下对称的吸气口在工作。这个吸气口的面积是真实吸气口的二倍, 根据公式(1-4)假想吸气口的排风量为:

$$L' = (10x^2 + 2F) v_x \quad \text{m}^3/\text{s}$$

式中 x ——控制点至吸气口的距离 (m);

v_x ——控制点的吸入速度 (m/s);

F ——实际吸气口的面积 (m²)。

真实吸气口的排风量是假想吸气口的一半, 所以位于工作台上的伞形罩的排风量应为:

$$L = \frac{1}{2} L' = (5x^2 + F) v_x \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (1-5)$$

在工程设计中, 吸气罩至控制点的距离 x , 控制点风速 v_x , 都可以根据危害源情况而定。在可能的条件下, 最好通过现场测定确定。在设计时也可参考表1-1确定。

控制点吸入速度 v_x

表 1-1

有害物产生的情况	吸入速度(m/s)	举 例
以轻微的速度放散到相当平静的空气中	0.25~0.5	蒸汽的蒸发, 气体或烟从敞口容器中外逸
以较低的初速放散到尚属平静的空气中	0.5~1.0	喷漆室的喷漆, 继续倾到有尘屑的干物料到容器中, 焊接
以相当大的速度放散出来, 或放散到空气运动迅速的区域	1.0~2.5	翻砂、脱模, 高速皮带运输(高于1m/s)的转换点、混合、装桶
以高速放散出来, 或是放散到空气运动很迅速的区域	2.5~10	磨床, 重破碎在岩石表面工作

(3) 前面有障碍物的伞形罩排风量计算 如图1-4所示, 伞形罩设在工艺设备的上方, 由于伞形罩的吸气气流受到工艺设备的限制。显然, 罩口的迅速分布和前面无障碍物的情

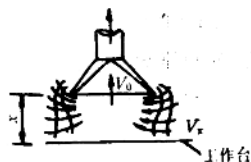


图 1-4 工作台上悬挂的伞形罩

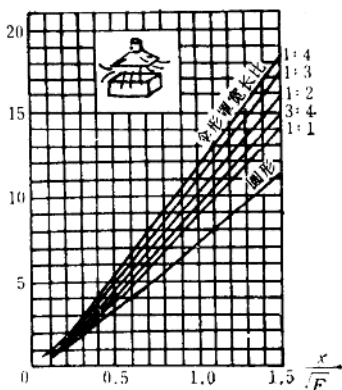


图 1-5 侧面无围挡时不同边比

伞形罩的 $\frac{v_0}{v_x}$ 与 $\frac{x}{\sqrt{F}}$ 之关系

况是不同的，那么在这种情况下， v_0 和 v_x 之间的关系又是怎样的呢？图 1-5 是中国医学科学院通过实验得出的图表。注意，该图只适用于罩口断面尺寸和有害物源的尺寸相同的情况。

【例】 有一浸漆槽，槽面尺寸为 $0.6 \times 1.2 \text{ m}$ ，为了解除溶剂蒸汽，在槽的上部设罩伞形罩，罩口至液面的距离 $x = 0.8 \text{ m}$ ，试求伞形罩的排风量。

【解】 取罩口尺寸与槽面尺寸相同，即 $0.6 \times 1.2 \text{ m}$ 。

$$\frac{x}{\sqrt{F}} = \frac{0.8}{\sqrt{0.6 \times 1.2}} = 0.94$$

根据 $\frac{x}{\sqrt{F}} = 0.94$ ，罩口的宽长比为 1:2，由图 1-5 查得

$$\frac{v_0}{v_x} = 9.5。$$

控制点吸入速度 v_x 取 0.25 m/s 。则罩口平均速度即为：
 $v_0 = 9.5 \times 0.25 = 2.38 \text{ m/s}$ 。

伞形罩的排风量：

$$L = 3600 \cdot F \cdot v_0 = 3600 \times 0.6 \times 1.2 \times 2.38 = 6150 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. 除尘：在静止空气中的粉尘按一定规律沉降。通常，直径大于 $100 \mu\text{m}$ 的颗粒作加速沉降； $1 \sim 100 \mu\text{m}$ 的尘粒作等速沉降； $1 \mu\text{m}$ 以下的很难沉降。沉降速度主要决定于尘粒的大

小和真密度。

在重力作用下的尘粒，如果遇到垂直上升的气流，运动的情况则发生变化。当尘粒的重量和空气给尘粒的阻力相等时，尘粒既不下降，也不上升，而是悬浮在空气中，这种现象称为“粉尘的悬浮”。

悬浮的粉尘严重危害人体健康，影响产品质量，因此要采取措施净化空气，这就是除尘。

(1) 除尘原理 目前常用除尘器的除尘原理主要有以下几个方面：

a. 重力：气流中的尘粒可以依靠重力自然沉降，从气流中进行分离。由于尘粒的沉降速度一般较小，这个原理只适用于粗大的尘粒。

b. 离心力：含尘气流作圆周运动时，由于惯性离心力的作用，尘粒和气流会产生相对运动，使尘粒从气流中分离。这个原理主要用于 $10\mu\text{m}$ 以上的尘粒。

c. 惯性碰撞：含尘气流在运动过程中遇到物体的阻挡（挡板、纤维、水滴等）时，气流要改变方向进行绕流，细小的尘粒会随气流一起流动。粗大的尘粒具有较大的惯性，它会脱离流线，保持自身的惯性运动，这样尘粒就和物体发生了碰撞，见图

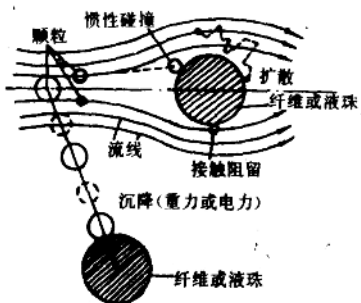


图 1-6 除尘原理示意图

1-6，这种现象称为惯性碰撞，惯性碰撞是过滤式除尘器、湿式除尘器和惯性除尘器的主要除尘原理。

d. 接触阻留：细小的尘粒随气流一起绕流时，如果流线紧靠物体（纤维或液滴）表面，有些尘粒因与物体发生接触而被阻留，这种现象称为接触阻留。另外当尘粒尺寸大于纤维网眼而被阻留时，这种现象称为筛滤作用。粗孔或中孔的泡沫塑料过滤器主要依靠筛滤作用进行除尘。

e. 扩散：小于 $1\mu\text{m}$ 的微小粒子在气体分子撞击下，象气体分子一样作布朗运动。如果尘粒在运动过程中和物体表面接触，就会从气流中分离，这个原理称为扩散。对于 $d_p \leq 0.3\mu\text{m}$ 的尘粒，这是一个很重要的原理。

从湿式除尘器和袋式除尘器的分级效率曲线可以发现，当 $d_p = 0.3\mu\text{m}$ 左右时，除尘器效率最低。这是因为在 $d_p > 0.3\mu\text{m}$ 时，扩散的作用还不明显，而惯性的作用是随 d_p 的减小而减小的。当 $d_p \leq 0.3\mu\text{m}$ 时，惯性已不起作用，主要依靠扩散，布朗运动是随粒径的减小而加强的。

f. 静电力：悬浮在气流中的尘粒，都带有一定的电荷，可以通过静电力使它从气流中分离。在自然状态下，尘粒的带电量很小，要得到较好的除尘效果，必须设置专门的高压电场，使所有的尘粒都充分荷电。

g. 凝聚：凝聚作用不是一种直接的除尘原理。通过超声波、蒸汽凝结、加湿等凝聚作用，可以使微小粒子凝聚增大，然后再用一般的除尘方法去除尘。

工程上常用的各种除尘器往往不是简单地依靠某一种除尘原理，而是几种除尘原理的综合运用。

(2) 除尘器的选择 在评价和选择除尘器时，必须从多方面考虑。这些因素是：除尘效率、阻力（动力消耗）、制造成本与材料、占用建筑空间、耗水量以及维护安装等等，其中最主要的是除尘效率。

各类除尘器对运行条件的适应性

表 1-2

运行条件		全效率 高 90%	气体湿度 变 高	气体相对湿度 高	腐蚀性 气体	结垢性 粉尘	疏水性 粉尘	吸湿性 粉尘	水硬性 粉尘	可燃性 气体及粉尘	风量影响 小	占用空间 小	维修量 小	捕尘效率 高	初投资 少	运行 费用 低
除尘器类型	重力式沉降室	×	○	△	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○
	惯性除尘器	×	○	△	○	○	○	○	○	○	×	△	○	○	○	○
	中效旋风除尘器	×	○	△	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○
	高效旋风除尘器	×	○	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○
	水膜、泡沫除尘器	×	×	○	△	△	△	○	×	○	×	○	○	×	○	△
	卧式旋风水膜除尘器	×	×	○	△	×	△	○	×	○	△	△	○	×	△	△
	冲激式除尘机组	×	×	○	△	×	△	○	×	○	△	○	△	×	△	△
	袋式除尘器	○	△	△	△	×	○	×	○	×	△	×	×	○	×	×
	旋风—颗粒层除尘器	△	○	○	○	×	○	○	○	○	○	×	×	△	×	×
	文丘里除尘器	○	○	○	○	△	×	○	×	○	△	△	△	○	△	×
电除尘器		○	○	○	△	×	○	○	○	×	×	×	△	○	×	○

注：表中○表示适应，△表示勉强适应或采取措施后尚可适应，×表示不适应。

除尘器的除尘效率与粉尘性质（容重、亲水性、粘性，比电阻以及粉尘颗粒大小等）和气体性质（包括温度、湿度、化学性质等）有关。在选用时要充分调查研究粉尘的性质及其分散度。如对于非亲水的或与水能化合的粉尘，如果选用湿式除尘器，就会收不到除尘效果。如果不加分析地把捕集 20μ 尘粒的除尘器（其效率为90%）用于捕集 5μ 的粉尘，则其效率可能会降到60%以下，达不到预期的效果。

但由于目前国内生产的除尘器，有些尚无完整的性能数据，加之对各种除尘对象的粉尘性质及分散度缺乏积累资料，所以有时只能作定性分析后结合实践经验来选用除尘装置。表1-2、表1-3所列供选择除尘器时参考。

（3）除尘系统 除尘系统主要由吸尘装置、管道、除尘器和通风机四部分组成。

吸尘装置及除尘器前面已经讲过，这里主要介绍除尘系统管道的布置原则及运转管理应该注意的问题。

除尘系统管道布置原则：

①对除尘系统，管道应力求简单，连接吸气点不宜过多（一般不超过5~6个）。若连接的吸气点很多，最好采用集合管（图1-7、1-8），以利各支管的阻力平衡。集合管内空气流速不宜超过 3m/s 。由于集合管内风速较低，故部分粉尘可能沉降下来，所以底部应设清灰装置。

②除尘管道应布置成垂直或倾斜的，倾斜管与水平面夹角成 $45^\circ \sim 60^\circ$ （防止粉尘在管道内积聚）。若因条件限制水平管不可避免，则应采取防止积尘措施（如设清扫口等）。

③在划分系统时要注意考虑排出粉尘的性质，如易燃性粉尘不能与烟气合用一个系统。

④除尘管道直径不宜过小（防止堵塞）。可参考表1-4。输