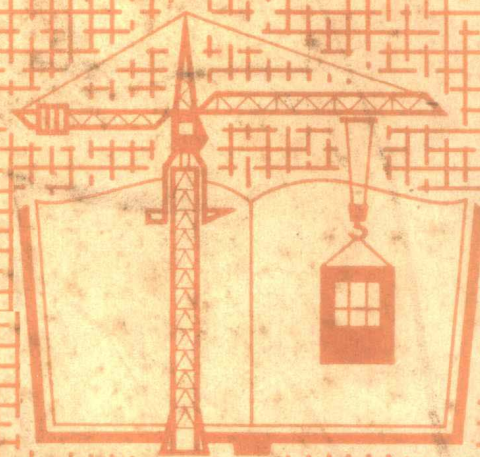


5663  
—  
34478

685509

# 工业通风

湖 南 大 学  
同 济 大 学 编  
太 原 工 学 院



高等学校试用教材

中国建筑工业出版社

划中  
馆

馆环境  
本收藏

除外

图书

用关技

给甲

甲方

应提

高等学校试用教材

# 工业通风

湖 南 大 学  
同 济 大 学 编  
太 原 工 学 院



中国建筑工业出版社

本书系统地阐述了工业通风的原理、设计和计算方法，其中对各种局部排风罩的工作原理、常用除尘器的除尘机理以及有害气体吸收和吸附的机理作了较详细的介绍。此外，本书还介绍了通风系统基本的测试方法和原理以及相似理论在通风模型试验研究中的应用。

本书可作为高等学校“供热通风”专业“工业通风”课的教材，也可供从事工业通风或环境保护工作的工人、技术人员参考。

高等学校试用教材

工业通风

湖南大学

同济大学 编

太原工学院

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

\*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：15½ 字数：377千字

1980年12月第一版 1983年7月第二次印刷

印数：11,831—23,130册 定价：1.60元

统一书号：15040·3859

## 前 言

通风工程在我国实现四个现代化的进程中，一方面起着改善居住建筑和生产车间的空气条件，保护人民健康、提高劳动生产率的重要作用；另一方面在许多工业部门又是保证生产正常进行，提高产品质量所不可缺少的一个组成部分。通风工程在内容上基本上可分为工业通风和空气调节两部分。工业通风的主要任务是，控制生产过程中产生的粉尘、有害气体、高温、高湿，创造良好的生产环境和保护大气环境。随着工业生产的不断发展，散发的工业有害物日益增加，例如全世界每年估计排入大气的粉尘约为1亿吨，硫氧化物(SO<sub>x</sub>)高达1.5亿吨。这些有害物如果不进行处理，会严重污染室内外空气环境，对人民身体健康造成极大危害。例如工人长期接触、吸入SiO<sub>2</sub>粉尘后，肺部会引起弥漫性纤维化，到一定程度便形成“矽肺”。大气污染的影响范围广，后果更加严重。我们的国家是社会主义国家，人民群众是国家真正的主人，搞好劳动保护和环境保护，为广大人民群众创造良好的劳动和生活环境是我们从事通风工程科研、设计和施工工作人员的崇高职责。

本教材在编写过程中，力求以阐明基本规律和基本理论为主要目的，尽量做到理论联系实际，反映本门学科的现代先进水平。

考虑到环境保护工作日益重要，本教材对除尘器的除尘机理作了较详细的阐述。关于有害气体吸收、吸附机理的介绍也适当加强，为学生今后进一步掌握这方面的理论打下初步基础。

考虑到气力输送系统在工业上的应用日益广泛，它具有工艺与除尘结合的特点，而且它的基本计算方法与通风除尘系统类似。因此，本书对气力输送系统的设计计算作了简要介绍。

测试技术是对通风系统进行检验、改进和研究的重要手段。为此本书介绍了与工业通风系统有关的常用测试仪表和测试方法。为了培养学生具有初步的科学研究能力，最后简要介绍了相似理论在通风模型试验中的具体应用。有关模型试验的内容，讲授时各校可按具体情况进行处理，可以作为工业通风课的必修部分，也可以作为提高和选修的内容。

本课程重点讲述通风排气系统及排气的净化方法，有关进气系统及进气处理的内容将在《空气调节》中讲述。有关流体力学和通风机的原理将在《流体力学、泵与风机》中讲述。

本书由湖南大学孙一坚主编。第一、六、七章由同济大学王焕棠编写，第二、九章由太原工学院张福臻编写，第三、四、五、八、十章由湖南大学孙一坚、陈在康编写。

本书由西安冶金建筑学院叶龙、于广荣主审。在本书编写和审稿过程中，曾得到各兄弟单位和院校的支持与帮助，在此表示衷心感谢。

由于我们思想水平和业务水平不高，调查研究工作做得不够，错误缺点在所难免，诚恳地希望读者批评指正。

编 者

1979年6月

# 目 录

第一章 工业有害物及其防治的综合措施.....	(1)
第一节 工业有害物及其来源.....	(1)
第二节 粉尘、有害蒸气及气体的危害.....	(3)
第三节 气象条件对人体生理的影响.....	(5)
第四节 浓度的概念、卫生标准和排放标准.....	(6)
第五节 防治工业有害物的综合措施.....	(7)
习 题.....	(8)
第二章 控制工业有害物的通风方法.....	(9)
第一节 局部通风.....	(9)
第二节 全面通风.....	(10)
第三节 事故通风.....	(21)
习 题.....	(22)
第三章 局部排风罩.....	(24)
第一节 局部排风罩的基本型式.....	(24)
第二节 防尘密闭罩及通风柜.....	(26)
第三节 外部吸气罩.....	(28)
第四节 接受式排风罩.....	(33)
第五节 槽边排风罩.....	(38)
第六节 吹吸式排风罩及空气幕.....	(42)
习 题.....	(50)
第四章 通风排气中粉尘的净化.....	(52)
第一节 粉尘的特性.....	(52)
第二节 除尘器效率和除尘机理.....	(56)
第三节 重力沉降室.....	(59)
第四节 旋风除尘器.....	(62)
第五节 湿式除尘器.....	(70)
第六节 过滤式除尘器.....	(75)
第七节 电除尘器.....	(82)
第八节 除尘器的选择.....	(92)
习 题.....	(94)
第五章 通风排气中有害气体的净化.....	(96)
第一节 吸收过程的理论基础.....	(96)
第二节 吸收过程的机理.....	(102)

第三节	吸收设备 .....	(105)
第四节	吸收塔的物料平衡 .....	(108)
第五节	用吸收法净化有害气体的实例 .....	(112)
第六节	吸附法 .....	(113)
第七节	有害气体的高空排放 .....	(116)
习 题	.....	(119)
第六章	通风管道的设计 .....	(121)
第一节	通风管道内空气流动的阻力 .....	(121)
第二节	风管内的压力分布 .....	(126)
第三节	通风管道的水力计算 .....	(130)
第四节	风机的选择 .....	(136)
第五节	通风管道设计中的有关问题 .....	(138)
习 题	.....	(140)
第七章	气力输送 .....	(141)
第一节	气力输送系统的类型和特点 .....	(141)
第二节	气力输送系统的主要设备和部件 .....	(144)
第三节	气力输送系统的设计计算 .....	(150)
习 题	.....	(161)
第八章	隔热与降温 .....	(162)
第一节	隔热 .....	(162)
第二节	自然通风 .....	(165)
第三节	局部送风 .....	(178)
习 题	.....	(182)
第九章	通风系统的测试与维护管理 .....	(183)
第一节	通风系统风量、风压的测定 .....	(183)
第二节	局部排风罩性能测定 .....	(187)
第三节	粉尘性质和空气含尘浓度的测定 .....	(188)
第四节	除尘器性能测定 .....	(206)
第五节	空气中有害气体浓度测定 .....	(207)
第六节	通风系统的维护管理 .....	(211)
习 题	.....	(212)
第十章	相似理论在通风试验中的运用 .....	(214)
第一节	通风过程相似的基本原理 .....	(214)
第二节	通风过程模型试验的方法 .....	(220)
附录 1	单位名称、符号、工程单位和国际单位的换算 .....	(230)
附录 2	居住区大气中有害物质最高容许浓度(摘要) .....	(231)
附录 3	车间空气中有害物质的最高容许浓度(摘要) .....	(231)
附录 4	通风柜工作孔最小吸入速度 .....	(233)
附录 5	镀槽边缘控制点的吸入速度 .....	(233)

附录 6	通风管道单位长度摩擦阻力线解图 .....	(235)
附录 7	局部阻力系数 .....	(236)
附录 8	通风管道统一规格 .....	(240)
附录 9	各种粉尘的爆炸浓度下限 .....	(242)
附录 10	气体和蒸气的爆炸极限浓度 .....	(243)

# 第一章 工业有害物及其防治的综合措施

随着工业的迅速发展，工业生产中散发的各种粉尘、有害蒸气及气体等有害物会使空气污染，给人类的健康、动植物的生长以及工业生产本身带来许多危害。因此，控制工业有害物对室内外空气环境的影响和破坏是当前急需研究解决的问题。

为了有针对性地防止工业有害物的危害，改善车间空气环境，避免大气污染，本章在分析工业有害物来源及其危害的基础上，介绍了与通风措施相结合的防治工业有害物的综合措施。

## 第一节 工业有害物及其来源

工业有害物主要是指工业生产中散发的粉尘(以下简称粉尘)、有害蒸气和气体、余热和余湿。

### 一、粉尘的来源

#### (一) 粉尘产生的原因

粉尘是指能在空气中浮游一定时间的固体微粒。电力、冶金、机械、轻工和建材等工业部门均产生大量粉尘。粉尘产生的原因主要有以下几个方面。

1. 固体物料的机械粉碎和研磨，例如选矿、耐火材料车间的破碎过程和机械工业的研磨加工过程；
2. 粉状物料的混合、筛分、运输及包装；
3. 物质的燃烧，例如煤燃烧时产生的烟尘量，占燃煤量的10%以上；
4. 物质被加热时产生的蒸气在空气中的氧化和凝结，例如在矿石烧结、金属冶炼等过程中产生的锌蒸气，在空气中冷却时，会凝结、氧化成氧化锌固体微粒。

一般，把由金属蒸气的凝结、氧化等产生的主要是 $1\mu\text{m}$ 以下的固体微粒称为烟。

#### (二) 粉尘的扩散机理

任何粉尘都要经过一定的扩散过程，才能以空气为媒介侵入人的机体组织。粉尘从静止状态变成悬浮于周围空气中的过程，称为“尘化”作用。下面是尘化作用的几种情况：

##### 1. 剪切造成的尘化作用

筛分物料用的振动筛上下往复振动时，使疏松的物料不断受到挤压，因而会把物料间隙中的空气猛烈挤压出来。当这些气流向外高速运动时，由于气流和粉尘的剪切作用，带动粉尘一起逸出，如图1-1所示。

##### 2. 诱导空气造成的尘化作用

物体或块、粒状物料在空气中高速运动时，能带动周围空气随其流动，这部分空气称为诱导空气，如图1-2所示。

图1-3是诱导空气造成尘化的一个实例，用砂轮磨光金属时，在砂轮高速旋转下甩出的



金属屑会产生诱导空气，使磨削下来的细粉尘随其扩散。又如钢凿冲击石块时，石块的碎粒四处飞溅所产生的诱导空气也会造成尘化。

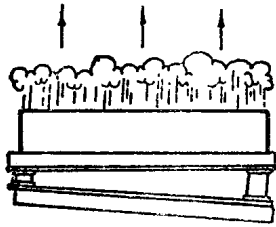


图1-1 剪切造成的尘化作用

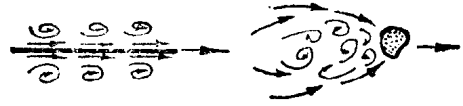


图1-2 诱导空气造成的尘化作用  
(块、粒状物料运动时)

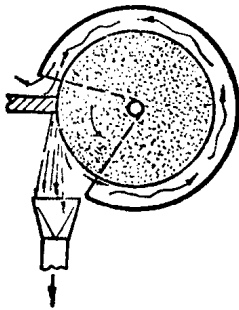


图1-3 诱导空气的尘化作用  
(砂轮转动时)

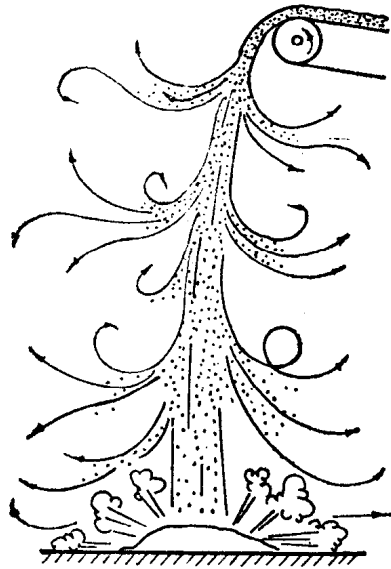


图1-4 综合性的尘化作用

### 3.综合性的尘化作用

如图1-4所示，皮带输送机输送的粉料从高处下落到地面时，由于气流和粉尘的剪切作用，被物料挤压出来的高速气流会带着细粉尘向四周飞溅。另外，粉料在下落过程中，由于剪切和诱导空气的作用，高速气流也会使部分物料飞扬。

### 4.热气流上升造成的尘化作用

当炼钢电炉、加热炉以及金属浇铸等热产生尘设备表面的空气被加热上升时，会带着粉尘一起运动。

通常，把上述各种使尘粒由静止状态进入空气中浮游的尘化作用称为一次尘化作用，引起一次尘化作用的气流称为一次尘化气流。一次尘化作用造成了局部地点的空气污染，这些浮游的尘粒又怎样在车间内传播和扩散呢？这是我们下面要进一步讨论的一个问题。

首先，我们分析一个直径为 $10\mu\text{m}$ 、密度为 $2700\text{kg}/\text{m}^3$ 的尘粒在空气中的运动情况。当尘粒在重力作用下自由降落时，其最大的降落速度约为 $0.008\text{m}/\text{s}$ ，与一般车间内的空气流动速度( $0.2\sim 0.3\text{m}/\text{s}$ )相比是很小的。这说明，粉尘的运动主要受室内气流的支配。当尘粒受

机械力作用以10m/s的初速度作水平运动时，经过0.01秒钟后，速度迅速降到0.06mm/s，很快失去动能。这表明，即使借助机械力，尘粒也不能单独在室内传播和扩散。

由此可知，细小的粉尘本身没有独立运动的能力，一次尘化作用给予粉尘的能量是不足以使粉尘扩散飞扬的，它只造成局部地点的空气污染。造成粉尘进一步扩散，污染车间空气环境的主要原因是室内的二次气流，即由于通风或冷热气流对流所形成的室内空气流。二次气流带着局部地点的含尘空气在整个车间内流动，使粉尘散布到整个车间。二次气流速度越大，作用越明显，如图1-5所示。通过以上分析可以看出，粉尘是依附于气流而运动的，只要控制室内气流的流动，就可以控制粉尘在室内的扩散，改善车间空气环境。这就是采用通风方法控制工业有害物，必须合理组织车间内气流的原因。我们进行除尘系统设计时，应尽量采用密闭装置，使一次尘化气流和二次气流隔开，避免粉尘扩散。

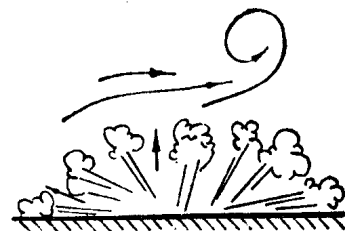


图1-5 二次气流对粉尘扩散的影响

## 二、有害蒸气和气体的来源

在化工、造纸、纺织物漂白、金属冶炼、浇铸、电镀、酸洗、喷漆等过程中，均产生大量的有害蒸气和气体。主要的有一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢和氟化氢等气体以及汞、苯、铅等蒸气。有害气体在车间内的扩散，也是由于室内空气的流动所造成的。

## 三、余热和余湿的来源

工业生产中，各种工业炉和其他加热设备、热材料和热成品等散发的大量热量，浸洗、蒸煮设备等散发的大量水蒸汽，是车间内余热和余湿的主要来源。余热和余湿直接影响到空气的温度和相对湿度。

# 第二节 粉尘、有害蒸气及气体的危害

## 一、粉尘对人体的危害

粉尘的化学性质是对人体危害的主要因素。有毒的金属粉尘和非金属粉尘(铬、锰、镉、铅、汞、砷等)进入人体后，会引起中毒以至死亡。例如，吸入铬尘能引起鼻中隔溃疡和穿孔，以及肺癌发病率增加；吸入锰尘能引起中毒性肺炎；吸入镉尘能引起心肺机能不全。

无毒性粉尘对人体亦有危害。例如含有游离二氧化硅的粉尘吸入人体后，在肺内沉积，能引起纤维性病变，使肺部组织逐渐硬化，严重损害呼吸功能，发生“矽肺”病。

粉尘的粒径是危害人体健康的另一个重要因素。它主要表现在以下两个方面：

1. 粒径愈小，愈不易沉降，长时间浮游在空气中容易被人吸入体内，而且容易深入肺部。一般，直径在 $100\mu\text{m}$ 以上的尘粒会很快在空气中沉降，不成为除尘对象； $10\mu\text{m}$ 以上的尘粒可以阻留在呼吸道中； $5\sim 10\mu\text{m}$ 的尘粒大部分会在呼吸道沉积，被分泌的粘液吸附，可以随吐痰排出；小于 $5\mu\text{m}$ 的尘粒能深入肺部，引起各种尘肺病。

2. 粒径愈小，则单位质量的表面积(称为比表面积)愈大，随着表面积的增加，提高了粉尘的物理化学活性，加剧了生理效应的发生与发展。

尘粒的表面可以吸附空气中的有害气体及其他污染物质，因而也是细菌的媒介物。

## 二、有害蒸气和气体对人体的危害

有害蒸气和气体既能通过人的呼吸进入人体内部危害人体，又能通过与人体外部器官的接触伤害人体，对人体健康有极大的危害和影响。下面介绍几种常见的有害蒸气和气体，说明它们对人体的危害性。

### (一) 汞蒸气

汞蒸气一般产生于汞矿石的冶炼和用汞的生产过程，是一种剧毒物质。汞即使在常温或 0℃ 以下时，也会大量蒸发，对人造成很大的危害。当汞蒸气通过呼吸道或胃肠道进入人体后，便发生中毒反应。汞的急性中毒症状主要表现在消化器官和肾脏上，慢性中毒则表现在神经系统上(易怒、头疼、记忆力减退等)，以及伴随而来的营养不良、贫血和体重减轻等症状。

### (二) 铅

在有色金属冶炼、红丹、蓄电池、橡胶等生产过程中有铅蒸气产生，它在空气中可以迅速氧化和凝聚成氧化铅微粒。铅及其化合物通过呼吸道进入人体后，一部分在体内积累，损害消化道、造血器官和神经系统。铅的急性中毒表现为口中略有甜味、流涎、恶心及胃痛等，慢性中毒开始时有神经衰弱、食欲不振症状，严重时可出现中毒性脑病。

### (三) 苯

苯是一种挥发性较强的液体，苯蒸气是一种具有芳香味、易燃和麻醉性的气体。它主要产生于焦炉煤气和以苯为原料和溶剂的生产过程。苯进入人体的途径是吸入蒸气或从皮肤表面渗入。苯中毒能危及血液和造血器官，对妇女的影响较大。

### (四) 一氧化碳

一氧化碳多数属于工业炉、内燃机等设备不完全燃烧时的产物，也有来自煤气设备的渗漏。由于人体内红血球中所含血色素对一氧化碳的亲合力远大于对氧的亲合力，所以吸入一氧化碳后会阻止血色素与氧气之间的亲和，使人体发生缺氧现象，引起窒息性中毒。一氧化碳是无色无味气体，能均匀地和空气混合，不易被人发觉，因此必须注意防备。

### (五) 二氧化硫

二氧化硫主要来自含硫矿物燃料(煤和石油)的燃烧产物，在金属矿物的焙烧、毛和丝的漂白、化学纸浆和制酸等生产过程亦有含二氧化硫的废气排出。二氧化硫是无色、有硫酸味的强刺激性气体，是一种活性毒物，在空气中可以氧化成三氧化硫，形成硫酸烟雾，其毒性要比二氧化硫大十倍。它对呼吸器官有强烈的腐蚀作用，使鼻、咽喉和支气管发炎。

根据有害蒸气和气体对人体危害的性质，可概括为中毒性的、麻醉性的、窒息性的和刺激性的几种，它们对人体的危害程度取决于下列因素：

1. 有害气体的物理、化学性质，特别是毒性的大小；
2. 有害气体在空气中的含量，即浓度的大小；
3. 有害气体与人体持续接触的时间；
4. 车间的气象条件以及人的劳动强度、年龄、性别和体质情况。

## 三、粉尘、有害蒸气和气体对生产的影响

粉尘落到机器的转动部件上，将加速它们的磨损，从而影响机器的工作精度，甚至会使小型精密仪表的部件卡住而不能工作。粉尘对油漆、胶片和集成电路生产的影响很大，如果空气中含尘浓度高于净化要求，会影响产品的质量。

有害蒸气及气体对工农业生产以及动植物的危害也很大。二氧化硫、三氧化硫、氟化氢

和氯化氢等气体，遇到水蒸汽时会对金属材料、油漆涂层产生腐蚀作用，缩短其使用寿命。有些气体会引起植物落叶和枯萎，例如一些敏感的植物在二氧化硫超过0.3ppm时，便会产生受害症状。

工业有害物不仅使农作物、树木的生长能力减退，农药减效，助长病虫害的发生与发展，而且能通过植物的富集而损害动物和人类。例如，耕牛吃了含氟草料后，一般三个月开始掉膘，一年后牙齿松动，逐步瘫痪，最后丧失劳动能力。

#### 四、工业有害物对大气的污染

工业有害物对大气、水源和土壤等自然环境的污染，在一些资本主义国家中形成了社会公害。据估计，全世界每年排入大气中的毒气、烟尘达六、七亿吨，大气污染十分严重，对人民的健康造成了极大的危害。从二十年代末到六十年代末这个期间内，国外的八大公害事件中有五起属于大气污染。例如英国伦敦在1952年12月有五天连续大雾无风，工厂排出的烟尘和二氧化硫在上空积聚不散。由于烟尘中的三氧化二铁会促使二氧化硫生成硫酸雾滴，附在烟尘上，它们进入人体呼吸系统后，会加重呼吸道疾病，结果造成两星期内死亡4000人的严重事件。

国外大气污染的发展大致可分为煤烟、二氧化硫和光化学烟雾等三代污染。有些国家基本上解决了第一代大气污染，现正把治理重点转向第二代和第三代污染。近年来，由于采取各种技术措施和严格控制排放标准，某些国家的二氧化硫污染也有所改善，大气污染基本得到控制。目前，一些国家很重视重金属微粒的控制，对它们的要求最为严格。

随着工业生产的发展，我国的大气污染问题也日益严重，必须引起高度重视。为了消除污染危害，对危害较大的单位应实行限期或停产治理。

### 第三节 气象条件对人体生理的影响

人们在劳动或休息时都要求有良好的空气环境。前面我们阐述了污染空气环境的粉尘、有害蒸气和气体对人体的影响，现在分析与余热和余湿有关的气象条件（即空气的温度、相对湿度和流速）以及周围物体表面温度对人体生理的影响。

人的冷热感觉与空气的温度、相对湿度、流速和周围物体表面温度四个因素有关。在正常情况下，人体依靠自身的调节机能使自身的得热和散热保持平衡。因此，人的体温是稳定的（36.5~37℃）。

人体散热主要是通过皮肤与外界的对流、辐射和表面汗分蒸发三种形式进行的，呼吸和排泄也排出部分热量。

对流换热取决于空气的温度和流速。空气温度低于体温时，温差愈大人体对流散热愈多，空气流速增大对流散热也增大；空气温度等于体温时，对流换热完全停止；空气温度高于体温时，人体不仅不能散热，反而得热，空气流速愈大，得热愈多。

辐射换热与空气的温度和流速无关，只取决于周围物体（墙壁、炉子、机器等）表面的温度。当物体表面温度高于人体表面温度时，人体得到辐射热；相反，则人体散失辐射热。

蒸发散热主要取决于空气的相对湿度和流速。当空气温度高于体温，又有辐射热源时，人体已不能通过对流和辐射散出热量，但是只要空气的相对湿度较低（水蒸汽分压力较小），气流速度较大，可以依靠汗液的蒸发散热；如果空气的相对湿度较高，气流速度较小，则蒸

发散热很少，人体会感到闷热。相对湿度愈低，空气流速愈大，则汗分愈容易蒸发。

从上述分析得知，气象条件对人体生理的影响是一种综合作用，各个因素之间是互相关联的。气象条件对人体的作用主要反应在人体冷热感觉是否保持正常。如果周围空气环境阻碍了人体散热，结果加剧了体温调节机能的紧张活动，使人感到不舒服。在人体主要依靠汗分的蒸发进行散热时，随着大量的出汗，造成人体盐分大量排出，就可能引起疾病。如果人体过多地向周围空气散热，也会破坏人体正常的热平衡，引起各种疾病。

由此可见，对人体最适宜的空气环境，除了要求一定的清洁度外，还要求空气具有一定的温度、相对湿度和流动速度。因此，在生产车间内必须防止和排除生产中大量散发的热和水蒸汽，并使室内空气具有适当的流动速度。

## 第四节 浓度的概念、卫生标准和排放标准

### 一、浓度的概念

有害物对人体的危害，不但取决于有害物的性质，还取决于有害物在空气中的含量。单位体积空气中的有害物含量称为浓度。一般地说，浓度愈大，危害也愈大。有害蒸气或气体的浓度有两种表示方法，一种是质量浓度，另一种是体积浓度。

质量浓度即每立方米空气中所含有害蒸气或气体的毫克数，以 $\text{mg}/\text{m}^3$ 表示。体积浓度即每立方米空气中所含有害蒸气或气体的毫升数，以 $\text{ml}/\text{m}^3$ 表示。因为 $1\text{m}^3 = 10^6\text{ml}$ ，常采用百万分率符号ppm表示，即 $1\text{ml}/\text{m}^3 = 1\text{ppm}$ 。1ppm表示空气中某种有害蒸气或气体的体积浓度为百万分之一。例如通风系统的排气中，若二氧化硫的浓度为10ppm，就相当于每立方米空气中含有二氧化硫10毫升。

在标准状态下，质量浓度和体积浓度可按下式进行换算：

$$y = \frac{M \times 10^3}{22.4 \times 10^3} C = \frac{M}{22.4} C \quad \text{mg}/\text{m}^3 \quad (1-1)$$

式中  $y$ ——有害气体的质量浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$ ；

$M$ ——有害气体的克分子量， $g$ ；

$C$ ——有害气体的体积浓度，ppm或 $\text{ml}/\text{m}^3$ 。

【例1-1】在标准状态下，10ppm的二氧化硫相当于多少 $\text{mg}/\text{m}^3$ ？

二氧化硫的克分子量 $M = 64g$ ，所以

$$y = \frac{64}{22.4} \times 10 = 28.5\text{mg}/\text{m}^3$$

粉尘在空气中的含量，即含尘浓度也有两种表示方法。一种是质量浓度，另一种是颗粒浓度，即每立方米空气中所含粉尘的颗粒数。在工业通风技术中一般采用质量浓度，颗粒浓度主要用于要求超净的车间。

### 二、卫生标准

为了使工业企业的设计符合卫生要求，保护工人、居民的安全和健康，我国于1962年颁布了国标建(GBJ)1—62《工业企业设计卫生标准》(以下简称卫生标准)，后来在1973年又作出了修订稿。卫生标准对车间空气中有害物质的最高容许浓度、空气的温度、相对湿度和流

速，对居住区大气中有害物质的最高容许浓度等都作了规定，它是工业通风设计和检查其效果的重要依据。例如卫生标准规定，车间空气中一般粉尘的最高容许浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，含有10%以上游离二氧化硅的粉尘则为 $2\text{mg}/\text{m}^3$ ，危害性大的物质其容许浓度低；在车间空气中一氧化碳的最高容许浓度为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，而居住区大气中则为 $1\text{mg}/\text{m}^3$ （日平均），居住区的卫生要求比生产车间高。卫生标准修订稿中关于居住区大气中及车间空气中有害物质的最高容许浓度见附录2和附录3。

### 三、排放标准

1973年我国颁发了国标建(GBJ)4—73《工业“三废”排放试行标准》(以下简称排放标准)，规定从1974年起试行。这是为了保护环境，防止工业废水、废气、废渣(简称“三废”)对大气、水源和土壤的污染，保障人民身体健康，促进工农业生产的发展而制定的。在排放标准中，对十三类有害物质的排放量或排放浓度作了规定。工业通风排入大气的有害物量(或浓度)应该符合排放标准的规定。

必须指出，在工业企业密集的地区，有时虽然对具体单位来说都达到了排放标准，但该区的大气污染程度会比工业企业分散的地区严重，甚至可能超过卫生标准中的规定。这种情况说明，这些单位的排放浓度仍然过高，需要进一步降低各单位的排放浓度。

## 第五节 防治工业有害物的综合措施

我国多年来防尘、防毒的实践证明，在多数情况下，单靠通风方法去防治工业有害物，既不经济也达不到预期的效果，必须采取综合措施。即首先应该改革工艺设备和工艺操作方法，从根本上杜绝和减少有害物的产生，在此基础上再采用合理的通风措施，建立严格的检查管理制度，这样才能有效地防治工业有害物。

### 一、改革工艺设备和工艺操作方法，从根本上防止和减少有害物的产生

生产工艺的改革能有效地解决防尘、防毒问题。例如，用湿式作业代替干式作业可以大大减少粉尘的产生，在石粉加工厂用水磨石英工艺代替干磨石英工艺后，车间空气中的硅尘浓度由几百毫克降至几毫克甚至2毫克以下；短纤维的石棉加工，用湿法代替干法生产也取得了很好的效果；在产尘车间内坚持湿法清扫可以防止二次尘源的产生。采用气力输送系统输送粉粒状物料，能避免运输过程中粉尘的飞扬。在电镀生产中，采用氟碳表面活性剂，能有效抑止镀液的蒸发。用无毒原料代替有毒或剧毒原料，能从根本上防止有害物的产生，如在油漆工业中，用锌白代替铅白，可以消除铅中毒的危害。

改革工艺时，应尽量使生产过程自动化、机械化、密闭化，避免有害物与人体直接接触。

### 二、采用通风措施控制有害物

通过工艺设备和工艺操作方法的改革，如果仍有有害物散入室内，应采取局部通风或全面通风措施，使车间空气中的有害物浓度不超过卫生标准的规定，通风排气中的有害物浓度达到排放标准。采用局部通风时，要尽量把产尘、产毒工艺设备密闭起来，以最小的风量获得最好的效果。

### 三、建立严格的检查管理制度

为了确保通风系统的安全运行，推动防尘、防毒工作，一定要建立严格的检查管理制度或设置专职的防尘、防毒小组。

必须加强通风设备的维护和修理，以便取得良好的通风效果。定期测定产尘点和产毒点空气中有害物的浓度，作为检查和进一步改善防尘、防毒工作的主要依据。对生产过程中接触尘、毒的人员应定期进行体格检查，以便发现情况，采取措施。根据国家规定，严重危害工人身体健康，长期达不到卫生标准要求的工作岗位或车间，有关部门可勒令其停止生产。

### 习 题

1. 粉尘粒径愈小，为什么危害愈大？
2. 写出下列物质在车间空气中的最高容许浓度，并指出何种物质的毒性最大（一氧化碳，氨，二氧化硫，氯，丙烯醛，铅烟，五氧化二砷，氧化镉）。
3. 在排放标准中，规定空气中汞蒸气的含量为 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ，该值相当于多少ppm？

## 第二章 控制工业有害物的通风方法

用通风方法改善车间的空气环境，简单地说，就是在局部地点或整个车间把不符合卫生标准的污浊空气排至室外，把新鲜空气或经过净化的空气送入室内。我们把前者称为排风，把后者称为进风。

防止工业有害物在室内扩散的最有效方法是：在有害物产生地点直接把他们捕集起来，排至室外，这种通风方法称为局部排风。局部排风系统需要的风量小、效果好，设计时应优先考虑。

如果由于生产条件的限制，不能采用局部排风，或者采用局部排风后，室内有害物浓度仍超过卫生标准，在这种情况下可以采用全面通风。全面通风是对整个车间进行通风换气，用新鲜空气把整个车间的有害物浓度冲淡到最高容许浓度以下。全面通风所需的风量大大超过局部排风，相应的设备也较庞大。

按照工作动力的不同，通风系统可分为机械通风和自然通风两类。自然通风是依靠室外风力造成的风压和室内外空气温度差所造成的热压使空气流动的。机械通风是依靠风机造成的压力使空气流动的。自然通风不需要专设的动力，在某些热车间是一种经济有效的通风方法。

本章只介绍全面通风的一般原理，有关全面通风的详细内容将在《空气调节》中阐述。为了给后几章的学习打下基础，本章对局部通风系统的构成也作了简单介绍。

### 第一节 局部通风

局部通风系统分为局部进风和局部排风两大类，它们都是利用局部气流，使局部工作地点不受有害物的污染，造成良好的空气环境。

#### 一、局部排风系统

局部排风系统的结构如图 2-1 所示，它由以下几部分组成：

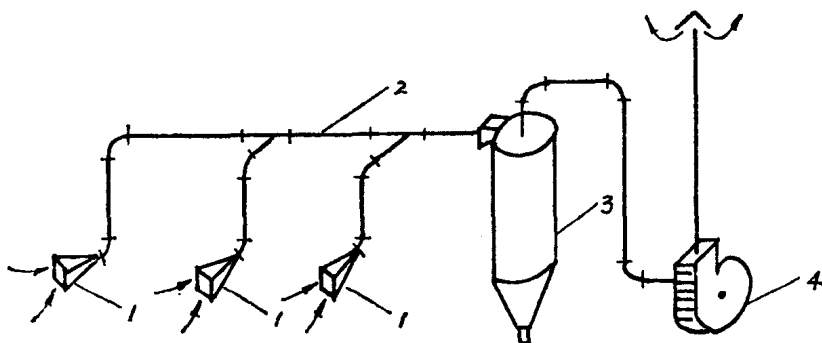


图2-1 局部排风系统示意图

1—局部排风罩；2—风管；3—净化设备；4—风机



1. 局部排风罩 局部排风罩是用来捕集有害物的。它的性能对局部排风系统的技术经济指标有直接的影响。性能良好的局部排风罩如密闭罩，只需要较小的风量就可以获得良好的工作效果。由于生产设备结构和操作的不同，排风罩的形式是多种多样的。

2. 风管 在通风系统中输送空气的管道称为风管，通过风管使通风系统的设备和部件连成了一个整体。风管通常用薄钢板制作，有时也采用聚氯乙烯塑料板、混凝土、砖和其它材料制作。

3. 空气净化设备 为了防止大气污染，当通风排气中所含的有害物量超过排放标准时，必须用除尘器或有害气体净化设备进行处理，达到排放标准后，才能排入大气。

4. 风机 风机是通风系统中空气流动的动力。为了防止风机的磨损和腐蚀，通常把风机放在净化设备的后面。

## 二、局部送风系统

对于面积很大，工作人员人数很少的生产车间，要改善整个车间的空气环境是既困难又不经济的，有时也是不必要的。例如有些高温车间，没有必要在整个车间进行降温，只需要向少数的局部工作地点送风，使局部地区造成良好的空气环境。这种通风方法称为局部送风。

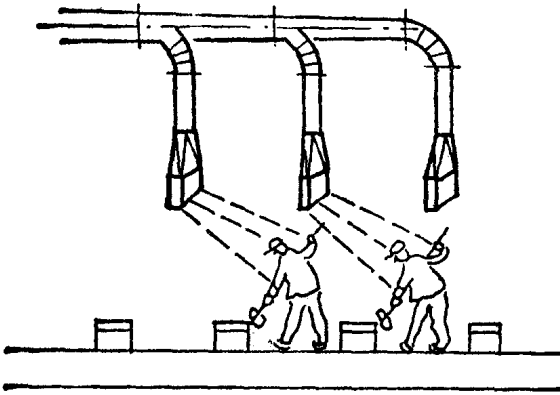


图 2-2 系统式局部送风系统示意图

局部送风系统分为系统式和分散式两种。图 2-2 是铸造车间浇注工段系统式局部送风的示意图。系统式局部送风系统可以对送出的空气进行加热或冷却处理。分散式局部送风一般采用再循环的轴流风扇或喷雾风扇，散发粉尘或有害气体的车间，一般不宜采用，以免高速气流使有害物在整个车间内传播。

## 第二节 全面通风

采用全面通风时，要不断向室内供给新鲜空气，同时从室内排除污染空气，使空气中有害物浓度降低到最高容许浓度以下。

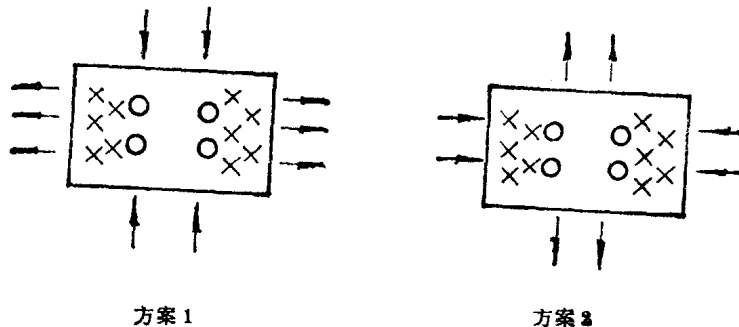


图 2-3 气流组织方案