

# 工业通风 与 防尘技术

北京经济学院劳动保护系编

## 前 言

防止粉尘危害，保护大气环境，是关系到保护职工和居民健康、为子孙后代造福、促进工业生产不断发展的一个重要问题。防尘工作是劳动保护和环境保护工作的重要组成部分。认真做好这项工作，具有重大的政治和经济意义。

为了适应防尘工作的开展和我系工业卫生技术专业教学的需要，我们在原有自编讲义的基础上，结合几年来的教学实践，并吸取了兄弟院校有关教材的优点，编写了这本《工业通风与防尘技术》，作为工业卫生技术专业的教材，并供有关人员学习和参考。

本书系统地阐述了粉尘的来源、特性和危害，防尘综合措施和通风除尘系统的“四大件”——通风罩、除尘器、通风管道和通风机的型式、结构、原理、选择方法以及设计、计算都作了较详细的介绍。此外，本书还介绍了一些其他防尘技术措施以及粉尘与通风除尘系统的测试方法和原理。

本书由钱恒编写第一、六章；苏汝维编写第二、三章；高连庆编写第四、五、七章。杨精一对本书作了校核。

由于编者水平有限，本书不够妥善，甚至错误之处在所难免。我们恳切地希望读者批评指正。

编者 1980年6月

## 内 容 提 要

本书是根据我院劳动保护系工业卫生技术专业中工业通风与防尘技术课程的教学大纲编写的。内容包括：1)工业粉尘及防尘综合措施；2)通风罩；3)除尘器；4)通风管道的设计；5)通风机；6)其他防尘技术措施；7)通风除尘系统的测定。

本书可供劳动部门、环境保护部门、产业部门和厂矿企业从事防尘工作的工人、干部和工程技术人员参考。

# 目 录

## 第一章 工业粉尘及防尘综合措施

|     |           |       |
|-----|-----------|-------|
| 第一节 | 工业粉尘及其来源  | ( 1 ) |
| 第二节 | 粉尘的危害     | ( 1 ) |
| 第三节 | 卫生标准和排放标准 | ( 4 ) |
| 第四节 | 防尘综合措施    | ( 6 ) |

## 第二章 通风罩

|     |             |        |
|-----|-------------|--------|
| 第一节 | 粉尘的扩散       | ( 9 )  |
| 第二节 | 通风罩的型式及设计要点 | ( 10 ) |
| 第三节 | 密闭罩和通风柜     | ( 14 ) |
| 第四节 | 外部排风罩       | ( 17 ) |
| 第五节 | 槽边排风罩       | ( 22 ) |
| 第六节 | 接受式排风罩      | ( 26 ) |
| 第七节 | 吹吸式通风罩      | ( 31 ) |

## 第三章 除尘器

|     |            |        |
|-----|------------|--------|
| 第一节 | 粉尘的特性      | ( 40 ) |
| 第二节 | 除尘机理和除尘器分类 | ( 43 ) |
| 第三节 | 除尘器的性能指标   | ( 44 ) |
| 第四节 | 重力沉降室      | ( 47 ) |
| 第五节 | 旋风除尘器      | ( 50 ) |
| 第六节 | 过滤式除尘器     | ( 62 ) |
| 第七节 | 湿式除尘器      | ( 78 ) |
| 第八节 | 电除尘器       | ( 81 ) |
| 第九节 | 除尘器的选择     | ( 96 ) |

## 第四章通风管道的设计

|     |             |        |
|-----|-------------|--------|
| 第一节 | 风道阻力        | ( 98 ) |
| 第二节 | 风道内压力分布     | (104)  |
| 第三节 | 通风管道的计算     | (108)  |
| 第四节 | 均匀送风管道的计算   | (117)  |
| 第五节 | 通风管道设计的几个问题 | (122)  |

## 第五章 通风机

|      |                |       |
|------|----------------|-------|
| 第一节  | 离心式通风机的构造和工作原理 | (125) |
| 第二节  | 离心风机性能参数       | (126) |
| 第三节  | 离心风机的基本方程式     | (127) |
| 第四节  | 离心风机的性能曲线      | (131) |
| 第五节  | 离心风机的相似理论和比转数  | (134) |
| 第六节  | 风机的无因次特性曲线及其应用 | (136) |
| 第七节  | 风机在管路中运行与工况调节  | (142) |
| 第八节  | 通风机联合运行        | (146) |
| 第九节  | 离心式通风机的选择      | (148) |
| 第十节  | 离心式通风机的安装和使用   | (155) |
| 第十一节 | 轴流式通风机         | (156) |

## 第六章 其它防尘技术措施

|     |          |       |
|-----|----------|-------|
| 第一节 | 工艺上的防尘措施 | (160) |
| 第二节 | 建筑上的防尘措施 | (163) |
| 第三节 | 防尘措施     | (167) |

## 第七章 通风除尘系统的测定

|     |             |       |
|-----|-------------|-------|
| 第一节 | 测试常用仪表      | (183) |
| 第二节 | 通风系统的测定     | (191) |
| 第三节 | 通风设备的测定     | (194) |
| 第四节 | 含尘空气的测定     | (198) |
| 第五节 | 辐射强度的测定     | (215) |
| 附录1 | 摩擦压损计算图     | (218) |
| 附录2 | 当量直径线算图     | (219) |
| 附录3 | 除尘管道管径计算表   | (220) |
| 附录4 | 管道部件的局部阻力系数 | (224) |
| 附录5 | 通风管道统一规格    | (244) |

# 第一章 工业粉尘及防尘综合措施

在工业生产过程中经常散发各种粉尘，如果不加控制，它将破坏车间空气环境，危害工人身体健康和损坏机器设备，它还会污染大气造公害。为了控制工业粉尘的产生和散发，改善车间空气环境和防止大气污染，必须了解工业粉尘的来源和它的危害、控制粉尘危害的卫生标准和排放标准以及防尘的各种措施。

## 第一节 工业粉尘及其来源

粉尘是指能悬浮于空气中的固体微粒，在工业生产中所产生的粉尘叫做工业粉尘，本书以后提到的粉尘均指工业粉尘。

### 一、粉尘产生的原因有以下几方面

(一) 固体物质的机械粉碎、研磨过程，如选矿，耐火材料与铸造车间中的破碎机，球磨机等散发的粉尘；

(二) 粉末状微粒物料的混合、过筛、运输及包装过程；

(三) 物质的不完全燃烧或爆炸，如锅炉烟气中夹杂的大量烟尘；

(四) 物质被加热时产生的蒸气在空气中凝结或被氧化，例如铸铜时形成的氧化锌。由于在物质氧化、升华、蒸发和冷凝的过程中形成的固体微粒比一般工业粉尘小得多，故也称为烟雾。

### 二、粉尘产生的行业与工种

(一) 金属矿与非金属矿的采掘和采石业。矿山企业产生粉尘的主要有凿岩、爆破、支柱、运输及选矿等工种。

(二) 基本建设方面的筑路、开掘隧道和地质勘探等。

(三) 工厂方面的矿石及岩石加工业的破碎、磨粉、筛分、包装、运输及石料加工成型等工种。

玻璃制造业的破碎、磨粉、筛分、配料、拌料和司炉加料等工种。

耐火和建筑材料加工业的破碎、磨粉、拌料、运输和窑工等工种。

铸造业的碾砂、混砂、造型、烘模、浇铸、开箱、清砂、气割、铸件砂轮清理、砂箱整理和车间天车驾驶等工种。

电、陶瓷和搪瓷业的配料、拌料、窑工和喷花等工种。

其他行业的如砌炉、泡化碱制造、失蜡浇铸的制壳与开箱、球墨铸铁切削、喷砂除锈等工种等。

## 第二节 粉尘的危害

粉尘的危害是多方面的，例如在一定条件下能使工人得尘肺职业病，使机器设备加速磨损，污染大气等。本节主要讨论粉尘的性质与它对工人的危害。

## 一、粉尘的理化特性

粉尘的理化特性与它的生物学作用与防尘措施等有密切关系。在卫生学上意义较大的是粉尘的化学组成、分散度、溶解度、荷电性、形状与硬度等。

(一) 粉尘对人体的危害主要是化学组成及其在空气中的含量。例如含硅的粉尘，其成分中含有的游离二氧化硅量越高，对人体的危害就越大。工业上常用的几种含硅原料的游离二氧化硅含量列于表1—1。

常用的几种含硅原料的游离 SiO<sub>2</sub> 含量

表 1—1

| 原 料 名 称 | 游离 SiO <sub>2</sub> 含量(%) | 原 料 名 称 | 游离 SiO <sub>2</sub> 含量(%) |
|---------|---------------------------|---------|---------------------------|
| 水晶石英    | 99.96                     | 方解石     | 0.03                      |
| 石英      | 99.26                     | 海砂      | 93.0                      |
| 白石英块    | 96.9~98.6                 | 长石粉     | 62.5~66                   |
| 砂石英块    | 95.1                      | 玉石粉     | 10.1                      |
| 雨花石块    | 85.7                      | 滑石粉     | 4.0                       |
| 石英斑岩    | 69.0                      | 黄石灰石粉   | 1.58                      |
| 花岗岩     | 68.9                      | 大理石粉    | 1.5                       |
| 片麻岩     | 64.4                      | 石棉      | 5.5                       |
| 闪长石     | 53.7                      | 白土      | 60.89                     |
| 煤矿石     | 47.0~78.3                 | 红土      | 44.4                      |
| 辉石      | 28.7                      | 粘土      | 42.6~50                   |
| 萤石      | 17.16                     | 黄泥      | 20.65                     |
| 白云石     | 4.40                      | 陶土      | 18.1~44.75                |
| 石岩石     | 1.8~2.0                   | 矾土      | 16.1                      |
| 黑石      | 0.78~1.30                 | 白泥      | 9.1~23                    |

(二) 分散度是指物质被粉碎的程度，用各种尘粒粒径范围的个数或重量百分比分配情况来表示。粒径愈小占的比例愈大，则其分散度愈大，反之则愈小。粒径的大小影响尘粒的沉降速度。10微米以上的尘粒在静止的空气中只需几分钟就很快降落下来，而1微米的尘粒从1.5~2米高处落到地面，需经5~7小时，小于0.25微米的尘粒，在静止空气中几乎不沉降。尘粒小，在空气中浮游时间长，吸入人体机会多。粒径大小与尘粒进入呼吸道的深度有关，10微米以上的尘粒不易进入肺泡，2~10微米的有部分进入肺泡，0.1~2微米的几乎全部进入肺泡，但0.4~0.5微米的尘粒大多可随呼气排出。

另一方面，粉尘的分散度愈大，则其比表面积愈大，随着比表面积的加大，提高了粉尘在空气中的稳定性，易被机体吸入，而且进入人体后的化学活性也越大。表1—2列出铸造车间各种粉尘的分散度。

(三) 荷电性 由于原料加工和粉碎时的摩擦，或因吸附了空气离子，使分散度大的尘粒通常带有电荷。带电的粉尘容易被阻留在呼吸道上，而且带电的尘粒不易被人体内吞噬细胞所吞噬，因此对人体的危害性大。

(四) 溶解度 粉尘的溶解度的大小对人体的危害性与粉尘对人体作用性质有关。例如人吸入的某种粉尘对机体主要是起机械刺激作用的，则其溶解度越大危害性越小；如粉尘对机体是起化学毒物作用的则其溶解度越大危害性也越大。

(五) 形状和硬度 尘粒的形状影响它在空气中的运动，尘粒越接近球形，在空气中沉

铸造车间粉尘分散度 (重量) %

表 1—2

| 工 种 | 工 作 地 点 | 粉 尘 粒 径 (微米) |     |      |     |
|-----|---------|--------------|-----|------|-----|
|     |         | <2           | 2—5 | 5—10 | >10 |
| 铸   | 大件造型    | 20           | 45  | 24   | 11  |
|     | 电弧炉炼钢   | 31           | 41  | 23   | 5   |
|     | 落砂开箱    | 30           | 40  | 17   | 13  |
|     | 清理中小件   | 38           | 48  | 12   | 2   |
|     | 切割中小件   | 65           | 26  | 6    | 3   |
|     | 混碾旧砂    | 7            | 45  | 26   | 22  |
|     | 混碾新砂    | 16           | 55  | 25   | 4   |
| 钢   | 碾轧耐火砖   | 25           | 61  | 13   | 1   |
|     | 抛丸清理室内  | 67           | 15  | 15   | 3   |
|     | 振动落砂地沟内 | 79           | 4   | 3    | 14  |
|     | 喷砂室内    | 56           | 38  | 4    | 2   |
| 铸   | 大件造型    | 25           | 57  | 16   | 2   |
|     | 制芯      | 16           | 60  | 20   | 4   |
|     | 清理铸造    | 52           | 30  | 12   | 6   |
|     | 混碾旧砂    | 30           | 36  | 24   | 10  |
|     | 混碾新砂    | 40           | 29  | 20   | 11  |
|     | 滚筒破碎筛筛砂 | 10           | 46  | 30   | 14  |
|     | 湿型落砂开箱  | 13           | 22  | 35   | 30  |
|     | 干型落砂开箱  | 40           | 17  | 10   | 33  |
|     | 悬挂砂轮打磨  | 29           | 54  | 6    | 11  |
|     | 冲天炉加料处  | 8            | 13  | 53   | 26  |
| 铁   | 地沟内     | 40           | 9   | 21   | 30  |

降越快, 因此不易被人吸入。尘粒的硬度越大越易损伤上呼吸道。

## 二、粉尘对人体健康的危害

人的机体长期吸入某些粉尘造成的尘肺是粉尘对人体健康最重要的危害。

长期吸入一定量的某些粉尘, 特别是游离二氧化硅含量较高的粉尘后, 使肺组织发生尘肺的病理学改变, 因此丧失正常的通气和换气功能, 严重损害健康。

含有矽尘的空气随着呼吸进入呼吸道, 但并不全部进入肺泡, 沉积肺内。人体对矽尘的进入具有一系列的防御机能。当含尘空气通过鼻腔时, 鼻毛及鼻粘膜首先滤除吸气中粉尘总量的30~50%。然后, 空气进入支气管, 由于支气管有大量分支, 因而增加了矽尘与支气管粘膜的接触并减慢了气流速度, 部分矽尘可被粘附于支气管粘膜, 它一部分可能被吞噬细胞吞噬, 另一部分呈游离状态, 由于粘膜上皮纤毛的运动而随痰排出。余下的矽尘可随空气进入肺泡 (大部在5微米直径以下)。进入肺泡的硅尘一部分随呼气排出体外, 一部分沉降肺内, 被吞噬细胞所吞噬, 其中部分返入呼吸道而排出体外, 部分可进入肺泡周围组织沉积于局部或进入血管和支气管旁的淋巴管, 进而引起病变。

根统计, 短期内吸入粉尘可能发生矽肺的浓度为20毫克/立方米以上, 现在发生矽肺的作业场所的平均粉尘浓度是10~20毫克/立方米, 因此作业地区粉尘浓度的最大范围为2—10毫克/立方米。

矽尘不仅能使人肺部引起病变患矽肺病, 而且还会由于吸入粉尘的激激作用使上呼吸道炎症的发病率增加; 也可因粉尘的机械或化学性刺激造成接触者的皮肤或粘膜的损害; 部分

人接触某些粉尘还可引起变态反应性疾病等。所以生产性粉尘根据其理化特性及时对机体作用部位的不同，可对人体造成多方面的损害。

粉尘除了上述对人体的危害以外，还会污染环境，使机器设备增加磨损，对某些生产还会由粉尘而产生废品。

### 第三节 卫生标准和排放标准

为了贯彻“预防为主”的卫生工作方针，以防治污染和公害，改善劳动条件加强劳动保护。我国制定了《中华人民共和国环境保护法(试行)》，《工业企业设计卫生标准》(1979年11月公布，代号为 TJ36-79，简称《卫标》)，《工业企业三废排放试行标准》(代号为国际建GBJ4-73，简称《排标》)。这些法令和条例保证在社会主义现代化建设中，合理利用资源，防治环境污染和生态破坏，保护人民健康，促进经济发展。

法令和条例要求一切企业，事业单位在选址，设计，建设和生产时，都必须充分注意保护工人健康，防止污染环境。在进行新建，改建和扩建工程时，其中保护工人健康，防止污染和其他公害的设施，必须与主体工程同时设计，同时施工，同时投产(即“三同时”)；各工作场所空气中有害物质的最高容许浓度必须低于《卫标》；各项有害物质的排放浓度必须低于《排标》。

#### 一、车间空气中有害物质的最高容许浓度

车间空气中有害物质的最高容许浓度，它以保障生产工人健康为目的，接触有害物质时间以每天八小时，每周六天计算，在此环境中长期接触下，不致产生任何病理改变的浓度，它是衡量生产环境污染程度的卫生标准和评价卫生技术措施效果的依据。

在我国，车间空气中有害物质的最高容许浓度是以现场卫生调查和工人健康状况的动态观察，以及动物实验研究资料为主要依据，并考虑我国当前的经济技术条件而制定的，这样既能保护工人健康，又在经济和物质技术方面切实可行。

有害物质最高容许浓度是工人工作地点空气中有害物质所不应超过的数值。工作地点是

工作地点粉尘最高容许浓度

表 1—3

| 粉 尘 种 类                                   | 最高容许浓度 (毫克/立方米) |
|-------------------------------------------|-----------------|
| 含有 10% 以上游离 $\text{SiO}_2$ 他粉尘 (石英、石英岩等)① | 2               |
| 石棉粉尘及含有 10% 以上的石棉粉尘                       | 2               |
| 含有 10% 以下游离 $\text{SiO}_2$ 的滑石粉尘          | 4               |
| 含有 10% 以下游离 $\text{SiO}_2$ 的水泥粉尘          | 6               |
| 含有 10% 以下游离 $\text{SiO}_2$ 的煤尘            | 10              |
| 铝，氧化铝，铝合金粉尘                               | 4               |
| 玻璃棉和矿渣棉粉尘                                 | 5               |
| 其他各种粉尘②                                   | 10              |
| 锰及其化合物 (换算成 $\text{MnO}_2$ )              | 0.3             |
| 铅烟                                        | 0.03            |
| 铅尘                                        | 0.05            |
| 氧化锌                                       | 5               |

① 含有 80% 以上游离  $\text{SiO}_2$  的生产性粉尘，宜不超过 1 毫克/立方米。

② 其他粉尘系指游离  $\text{SiO}_2$  含量在 10% 以下，不含有毒物质的矿物性和动植物粉尘。

上表系摘自《工业企业设计卫生标准》TJ36-39中有关规定。

指工人为观察和管理生产过程而经常或定时停留的地点，如生产操作在车间内许多不同地点进行，则整个车间均算为工作地点。工作地点粉尘最高容许浓度如表1—3所示。

世界各国为了控制大气污染和改善作业条件，都制定了一系列法令条例和标准。在制定卫生标准的依据上，各国不尽相同；苏联的标准偏重于考虑生物学效应，提倡“最敏感指标”原则，主张最高容许浓度越低越好，而对相应的经济价值和技术效果考虑较少。美国的标准强调人体的代偿作用，重视形态，病理，生化指标的改变，不主张考虑敏感个体，更多地考虑经济价值和技术效果。现将美国，苏联，日本的车间空气中粉尘最高容许浓度列表于下：

美国矿物粉尘的车间容许浓度

表 1—4

| 物 质 名 称            | 百 万 粒 子 数 / 呎 <sup>3</sup> (m. p. p. cf)                                                                                                                                                                      |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 二氧化硅<br>结晶型<br>石 英 | $\text{极限值} = \frac{300}{\% \text{石英} + 10}$ $\text{可吸入粉尘极限值 (毫克/立方米)} = \frac{10(\text{毫克/立方米})}{\% \text{可吸入性石英} + 2}$ $\text{“全部粉尘” (可吸入与不可吸入) 极限值 (毫克/立方米)} = \frac{30(\text{毫克/立方米})}{\% \text{石英} + 3}$ |
| 方石英                | 采用石英的计数或重量公式所得的 $1/2$ 值                                                                                                                                                                                       |
| 磷石英                | 采用石英计数公式所得的 $1/2$ 值                                                                                                                                                                                           |
| 无定形 (包括天然硅藻)       | 20                                                                                                                                                                                                            |

苏联车间空气中的矿物粉尘的最高容许浓度

表 1—5

| 粉 尘 名 称                                                            | 容许浓度 (毫克/立方米) |
|--------------------------------------------------------------------|---------------|
| 在晶体中含游离 $\text{SiO}_2$ 在 70% 以上者 (石英, 方石英, 磷石英 $\text{SiO}_2$ 冷凝物) | 1             |
| 含游离 $\text{SiO}_2$ 在 10—70% 之向                                     | 2             |
| 花岗岩                                                                | 2             |
| 石棉粉尘和含石棉 10% 以上的混合粉尘                                               | 2             |
| 含有 10% 以下的游离 $\text{SiO}_2$ 的水泥重晶石, 灰石, 银石                         | 5             |
| 人造磨料粉尘 (金刚砂砂轮)                                                     | 5             |
| 不含游离 $\text{SiO}_2$ 的水泥粘土矿物和它们的混合物的粉尘                              | 6             |

日本车间空气中尘肺性粉尘的容许浓度

表 1—6

| 尘 肺 性 粉 尘                                                         | 容许浓度 (毫克/立方米) |
|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| 第一种粉尘 游离 $\text{SiO}_2$ 含量在 30% 以上的粉尘, 滑石, 铸铝粉尘, 矾土, 硅藻土, 硫化矿, 石棉 | 2             |
| 第二种粉尘 游离 $\text{SiO}_2$ 含量在 30% 以下的粉尘, 氧化铁, 石墨, 炭黑, 活性碳,          | 5             |
| 第三种粉尘 其他粉尘                                                        | 10            |

## 二、工业废气有害物质排放浓度

工业废气有害物质排放浓度是对工厂排出有害气体，粉尘，从排出口容许排出含量的规定。这种规定是以最高容许浓度为依据，使有害物质排出后，经过大气的混合，扩散和稀释作用，所含有害物不致对居民健康和环境造成危害。所以有害物质的排放标准，是以实现环境质量标准为目标而对污染源所规定的允许排放量或排放浓度。我国1973年颁布的《工业企业“三废”排放试行标准》，对废气规定了十三种有害物质的允许排放量与排放浓度，其中生产性烟，尘排放标准如下表所示：

生产性烟，尘排放标准

表 1—7

| 烟 尘 名 称                                          | 排放浓度 (毫克/立方米) |
|--------------------------------------------------|---------------|
| 工业及采暖锅炉烟尘                                        | 200           |
| 冲天炉及炼钢电炉烟尘                                       | 200           |
| 水泥尘                                              | 150           |
| 含 10% 以上游离 $\text{SiO}_2$ 或石棉粉尘，玻璃棉，矿渣棉粉尘，铝化物粉尘等 | 100           |
| 含 10% 以下的游离 $\text{SiO}_2$ 的煤尘及其他粉尘              | 150           |

世界各国对粉尘排放都制订了标准，现将一些有关国家粉尘排放标准列表于下：

有关国家粉尘排放现行标准

表 1—8

| 国 名 | 粉 尘 排 放 标 准                                                                                                                                                                                                                          |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 美 国 | 美国环境保护局 1970 年规定<br>烟尘：50 毫克/立方米<br>电炉：12 毫克/立方米<br>各州还分别制定了排放标准                                                                                                                                                                     |
| 苏 联 | 冲天炉、煤尘：100 毫克/立方米<br>车向内排出粉尘：80—100 毫克/立方米                                                                                                                                                                                           |
| 日 本 | 冲天炉、电弧炉、加热炉等<br>排气量 40000 标准米 <sup>3</sup> /时以上，排放标准 0.2 克/标准米 <sup>3</sup> ，特别排放标准 0.1 克/标准米 <sup>3</sup><br>排气量 40000 标准米 <sup>3</sup> /时以下，排放标准 0.4 克/标准米 <sup>3</sup> ，特别排放标准 0.2 克/标准米 <sup>3</sup><br>有关地区还根据以上全国标准规定了本地区的排放浓度 |
| 西 德 | 冲天炉：<br>14 吨/时 1.5—0.4 公斤/吨铁<br>14 吨/时以上 0.25 公斤/吨铁<br>电弧炉，砂处理，清理：100 毫克/立方米                                                                                                                                                         |

## 第四节 防尘综合措施

许多生产车间（如铸造，烧结，冶炼等），通常不是散发一种有害物，而是同时散发多种有害物，有害气体或热，湿等多种有害物，甚至一个工艺设备或一个工艺过程中就同时散发多种有害物，因此在解决粉尘危害问题时，必须综合考虑各种有害物的散发情况，采用综合措施。例如在铸造车间，一般采用局部排风捕集粉尘与毒气，用自然通风消除散发到整个车间的余热与粉尘，同时在个别高温地点设立局部送风降温装置。

仅从防尘措施本身来看，实践证明，要很好解决防尘问题，也必须采用综合措施，这里

面既有各种技术措施，也有各种组织措施，两者不能偏废，应是相辅相成。我国广大工人群众和技术人员对防尘问题，通过自己的生产实践，通观防尘工作的各个方面，总结了一整套防尘综合措施，概括起来就是八个字：“宣”，“革”，“水”，“密”，“风”，“护”，“管”，“查”。现将这八个方面分述于后：

一、宣 就是宣传教育。防尘工作必须加强劳动保护方面的思想政治工作，不断提高广大职工对防尘工作重要性的认识和搞好防尘工作的自觉性。要搞好防尘工作必须宣传群众，教育群众，武装群众，充分发动群众，依靠群众。实践证明许多行之有效的防尘措施都是广大职工大搞技术革新，工艺改革创造出来的。因为他们最熟悉生产情况，最有实践经验，创造的防尘方法最容易推广，制定的措施切实可行。各级领导要组织举办各种类型的学习班，训练班，或通过其他多种形式，普及防尘工作的基本知识，总结交流和推广防尘工作的先进思想，先进经验，先进技术，把做好防尘工作作为一项重要工作来抓。

二、革 就是技术革新与工艺革新。防尘工作首先要解决的是粉尘对人体的危害，而粉尘又是和工艺及设备联系着的。因此在考虑防尘措施时，必须考虑到如何革新工艺与设备。例如铸造行业的水爆清砂法就是有效地解决了长期以来清砂过程中的硅尘危害；气力输送则是当前解决粉粒状物料输送过程中粉尘危害的一项重要措施。在各种防尘措施本身也有技术革新问题，各种新型吸尘装置和各种高效除尘器的出现就是防尘措施技术革新的成果。

工艺过程中生产用原材料的改革对防尘工作也很重要，应该尽可能采用含游离 $\text{SiO}_2$ 低的材料代替含游离 $\text{SiO}_2$ 高的材料，从根本上解决矽尘问题。例如采用主要成份是石灰石的70砂代替含游离 $\text{SiO}_2$ 很高的石英砂，就大大减轻矽尘危害。

把手工操作变为机械化，自动化，密闭化和遥控操作也是防止粉尘危害的重要方法。

三、水 即湿法降尘。在工艺要求许可条件下，尽可能采用湿法作业。这一措施特别适用于亲水性的粉尘，一般含硅的原料都具有亲水的特质，因此可采用湿法作业来达到防尘的目的。例如石英砂与水接触后，水分能增加砂粒间的粘结性。据实验，当水分超过6%时，砂中就开始有粘结成团现象，从而能防止矽尘飞扬。用水降尘可在干物料上喷水加湿，或将干法粉碎，研磨，筛分等过程改为湿法操作，即可减少粉尘危害。

在车间内进行湿扫积尘，水喷雾降尘等一切用水降尘的措施亦为湿式作业范围。

四、密 即密闭尘源，使粉尘与操作工人隔离。将产生尘设备与地点密闭起来，或尽量缩小扬尘口的面积，并辅以抽尘罩，以减生或隔绝粉尘和车间空气接触，使它不外逸或少外逸，以免或减少由于车间气流干扰或机械设备震动等影响使粉尘扩散。在采取密闭措施时，一方面要从生产实际出发，尽量不影响操作，另一方面生产工人也要密切配合。

五、风 即通风除尘。它常与密闭措施相配合使用。

六、护 就是个人防护。个人防护是防尘综合措施中的重要辅助措施。一般情况下，要在基本上消除了生产现场粉尘危害的前提下，再辅以个人防护用具。但是在某些情况下，例如在喷砂室，虽然已采用通风除尘措施，但工人要进入室内操作，室内空气粉尘浓度仍较高，这样，个人防护用具也可作为一种暂时的，主要的防尘措施。

七、管 就是维护管理。除尘系统在施工安装调整之后，必须要有防尘小组或专人负责管理和维护保养；例如经常检查吸尘罩是否处于完好有效状态，通风管道是否通畅，除尘器是否漏风，收集的粉尘（在干或除尘器）或污泥（在湿式除尘器）是否定期有人清理，风机是否正常运转等。

防尘设施的维护管理在防尘工作中占有重要地位。但是在企业管理工作中，这一工作经常被忽视或是无人过问。不少防尘设施设计合理，开始使用时效果显著，然而经过一段时间使用，由于无人维护保养，除尘效果日益下降，有的是吸尘罩被撞坏或拆掉，有的是风管因积尘而堵塞，有的是除尘器效率变差，有的是风机损坏以致除尘设备性能变坏，严重的情况往往使整套除尘设备废弃不用，或是被拆除或是成了一堆烂铁。

八、查 即加强检查。定期测定生产环境空气的粉尘浓度，测定除尘器的除尘效率，测定排放气体的含尘浓度，检查它们是否符合国家标准。

由于肺的代偿功能较好，肺部病变一定要到相当程度才能从症状上反映出来，因此必须贯彻预防为主的精神，对粉尘作业工人进行定期体格检查，做到早期发现病人，早期治疗，并及早调离粉尘作业工作。

除此以外，还要检查各项防尘措施的落实情况。

由于所述可见防尘工作的内容很多，涉及面也很广，既有技术措施也有组织措施，这是一项包含多方面的综合措施。因此要做好这项工作，如同搞好其他工作一样，必须注意调查研究 and 充分发动群众。

在上述各项防尘技术措施中，以通风除尘应用最广，是一项积极有效的防尘方法。通风除尘是利用抽风的办法，使局部通风罩内产生一定的负压，抽走尘源散发的粉尘，不致外逸，以保证车间空气含尘浓度符合国家卫生标准的要求。然后经由通风管道，除尘器，通风机等，将含尘空气净化后排出，以免污染大气。局部通风罩，通风管道，除尘器与通风机俗称“四大件”，它们组成一个系统即通风除尘系统，如图所示。本课程着重研究通风除尘系统的有关技术要求，对“四大件”分章阐述其设计，安装，运转，维护保养等要求。此外还专有一章阐述通风除尘系统的测试，以便对通风除尘系统进行鉴定与评价。

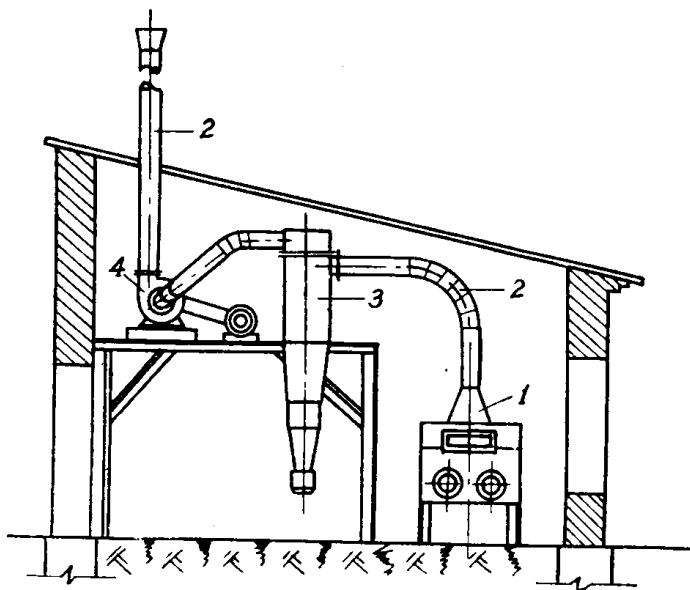


图1—1 通风除尘系统示意图

- 1—局部通风罩
- 2—通风管道；
- 3—除尘器；
- 4—通风机；

## 第二章 通风罩

通风罩是通风除尘系统的一个重要部件。它应能有效地控制尘源，使作业点的含尘浓度达到国家卫生标准的要求。如果设计得合理，用较少的排风量就能获得良好的效果；反之，即使用很大的排风量，仍然不能达到防止粉尘扩散的目的。所以通风罩的性能好坏对通风除尘系统的技术经济效果有很大的影响。

### 第一节 粉尘的扩散

粉尘之所以构成危害，是由于其在尘源处产生后又扩散到周围空气中，造成粉尘在车间中到处弥漫，因此减少和防止粉尘的扩散，就成为防尘工作的重要任务。为了设计效果良好的通风罩，应该了解粉尘的扩散规律，在掌握规律的基础上进行设计。

#### 一、粉尘的扩散过程

我们把粉尘的扩散过程称之为“尘化”。“尘化”基本上可以分为“一次尘化”和“二次尘化”两种。

##### (一)一次尘化

引起一次尘化的主要原因是：

##### 1. 运动物体诱导气流的作用

以砂轮机为例，当砂轮机加工零件时，连续产生大量高速的磨削尘粒，这些尘粒就诱导出向一个方向流动的气流（诱导气流），诱导气流给予这一加工过程产生的细粉尘以动力，使细粉尘随着诱导气流运动（图2—1）。

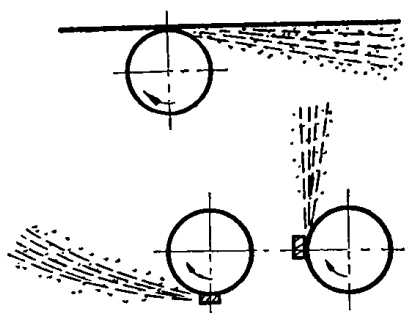


图2—1 诱导气流产生的尘化

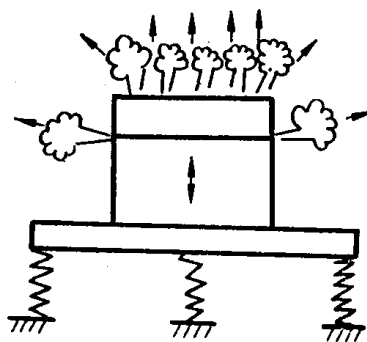


图2—2 剪切气流产生的尘化

##### 2. 剪切气流的作用

铸造车间的振动落砂机工作时，由于上下往复振动，使设备上疏松的物料受到挤压，以致物料间隙中的空气被挤压出来，逸出的空气在剪切作用中带着细粉尘向四周飞散（图2—2）。

##### 3. 综合作用

实际上尘源的情况比较复杂，常常遇到上述两种气流综合作用的情况。如物料从高处落下，无论是在下落过程中，还是落到地面上时，既受到诱导气流的作用，又受到剪切气流的作用（图2—3）。

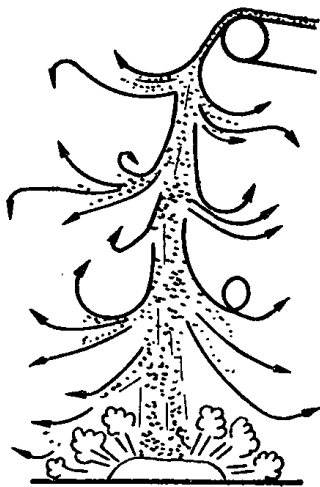


图2—3 综合作用产生的尘化

## （二）二次尘化

一次尘化只能造成局部地区空气的污染，范围有限。而二次气流（室内空气的流动，设备的运转或振动，热气流的上升以及人的走动

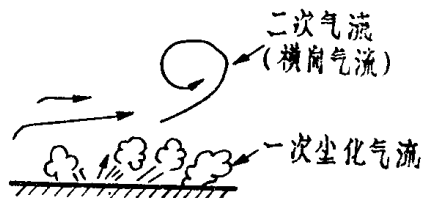


图2—4 二次气流引起粉尘扩散

等等都会造成二次气流）将尘源附近由一次尘化而产生的悬游粉尘进一步扩散到二次气流能吹到的地方，造成较大范围的污染，这种现象称为二次尘化（也叫做二次扬尘）。图2—4表示粉尘从生产设备扬起，在二次气流吹动下进一步扩散的情况。

## 二、对粉尘扩散的控制

怎样才能防止粉尘扩散到车间内形成粉尘弥漫的状态？这是我们所关心的问题。理论计算和实际观察都证实，对人的健康危害最大的 $5\sim 10\mu\text{m}$ 以下的细粉尘，几乎不能依靠机械力给予的动能直接飞扬。重力沉降时细粉尘所能达到的沉降速度是很少的，如比重为 $2.7\text{克/厘米}^3$ ，直径为 $10\text{微米}$ 的尘粒，其沉降速度为 $0.0075\text{米/秒}$ ，这个速度比车间内通常的横向气流速度 $0.2\sim 0.3\text{米/秒}$ 少得多，所以这些细粉尘主要受车间横向气流的支配，随着横向气流的流动而扩散。因此只要控制室内气流流动，使含尘空气流向吸尘点，就可以控制粉尘的扩散，从而改善车间的卫生条件，保障工人的健康。所以对粉尘扩散的控制问题着眼点应是室内或罩口的气流组织。沉降在地板上、设备上、墙壁上的粉尘以及堆放在场地上的粉状物料，遇到风吹、振动、运输、清扫时就会再次飞扬扩散，形成二次扬尘，增大车间空气的含尘浓度。为此，要经常冲洗地面和墙壁，擦净设备表面，搞好环境卫生，防止由此而产生的二次扬尘。

## 第二节 通风罩的型式及设计要点

### 一、通风罩的型式

由于生产设备的结构和操作条件不同，通风罩的型式是多种多样的，根据其作用原理，大致可以分为以下四种基本型式：

#### （一）密闭罩和通风柜

这类通风罩的特点是把尘源全部密闭，使粉尘的扩散限制在一个小的空间内，一般只在罩子上留有观察窗或不经常开启的检查门、工作孔。图2—5所示的轮碾机密闭罩，图2—6所示的喷砂通风柜和图2—7所示的振动筛密闭室就属于这一类。由于开口面积较小，因此只需要较小的排风量就可以有效地防止粉尘外逸。只要条件允许，应首先考虑采用。

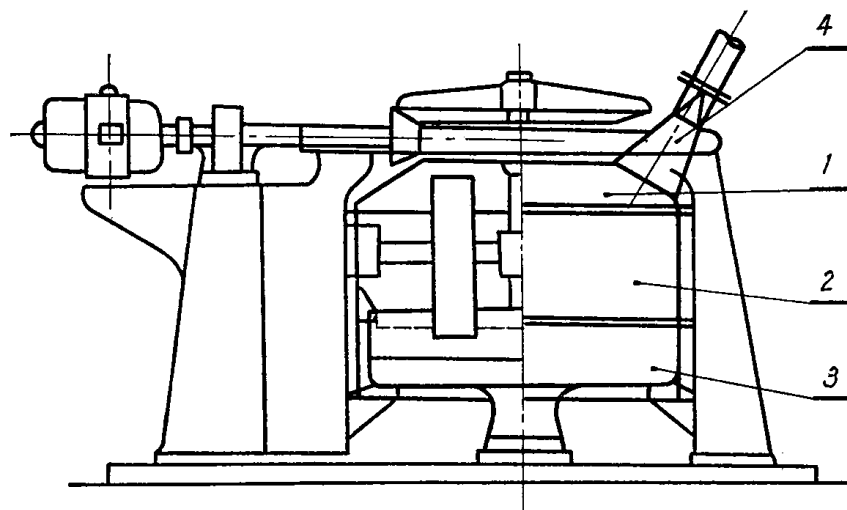


图2—5 轮碾机密闭罩

1—上部密闭罩；2—中部密闭罩；3—下部密闭罩；4—排风罩

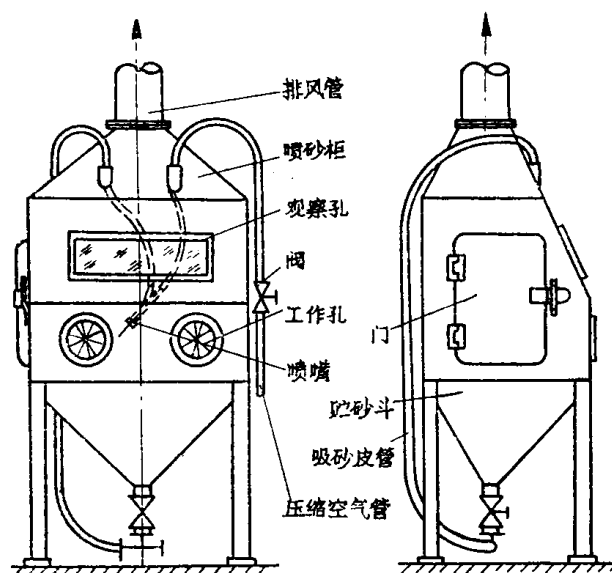


图2—6 喷砂通风柜

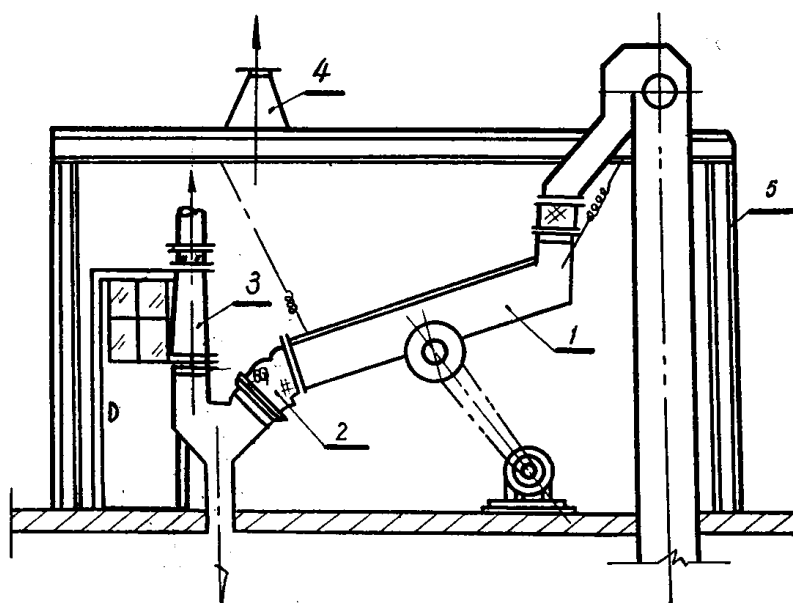


图2—7 振动筛密闭室

1—振动筛；  
2—帆布连接管；  
3、4—排风罩；  
5—密闭室

## (二)外部排风罩

由于工艺和操作条件的限制,不能将生产设备全部密闭时,可在尘源附近设置外部排风罩,依靠罩口外吸气气流的运动,把粉尘吸入罩内。这种罩子型式很多,有上吸、下吸、侧吸等,分别见图2—8、图2—9、图2—10。为了不影响工艺操作,避免有害气体经过人的呼吸区,有些工业槽采用在槽的侧面设置吸气口,见图2—11。这种外部排风罩称为槽边排风罩。

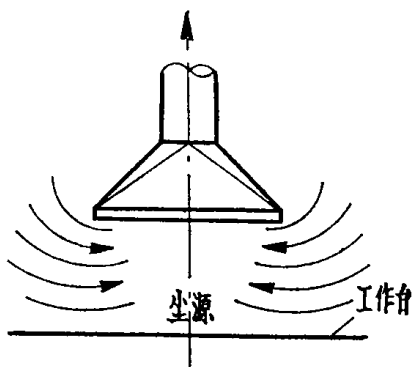


图2—8 上吸罩

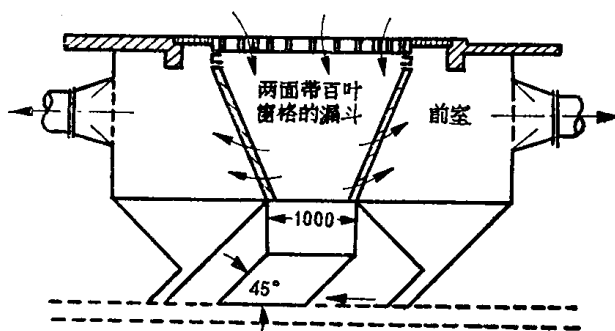


图2—10 下吸罩

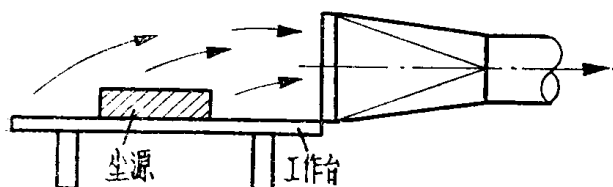


图2—9 侧吸罩

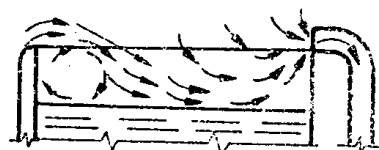


图2—11 槽边排风罩

## (三)接受式排风罩

有些生产过程(或设备)本身会产生或诱导一定的气流,带动有害物一起运动。例如砂轮机磨削时抛出的磨屑所诱导的气流(图2—12),热源上部的对流气流(图2—13),以及炼钢电弧炉炉顶的热烟气。对于这种情况,通常把排风罩设在有害气流的前方或上方,这股气流直接进入罩内。这种通风罩称为接受罩。接受罩和外部排风罩虽然外表相似,污染源都在罩子外面,但作用原理不同,外部排风罩罩口外气流的运动是罩子的抽吸作用造成的,而接受罩罩口外气流的运动是生产过程造成的,与罩子本身无关。

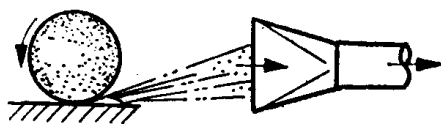


图2—12 砂轮机接受罩

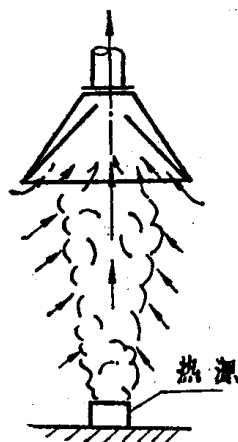


图2—13 热源上部的接受罩