



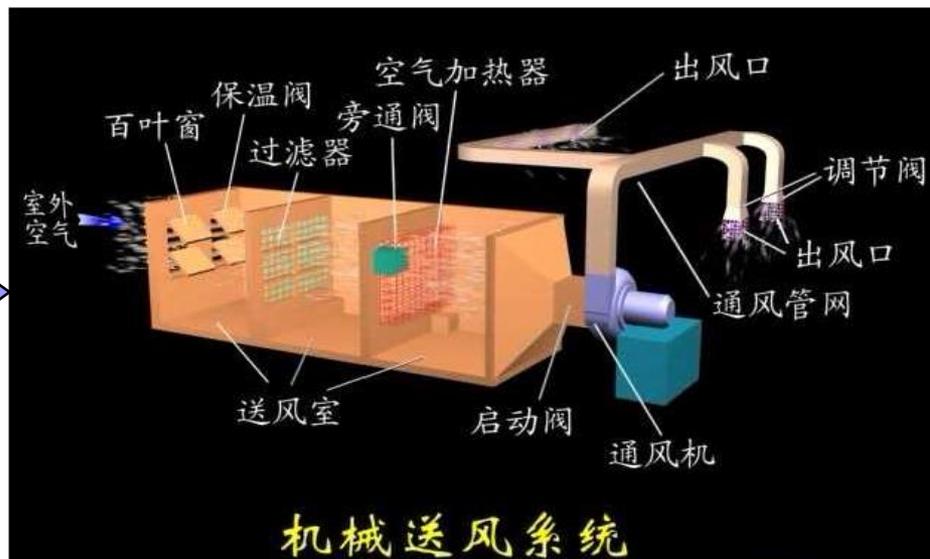
通风工程

Ventilation Engineering



通风工程课程的主要内容

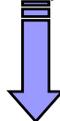
1、通风技术



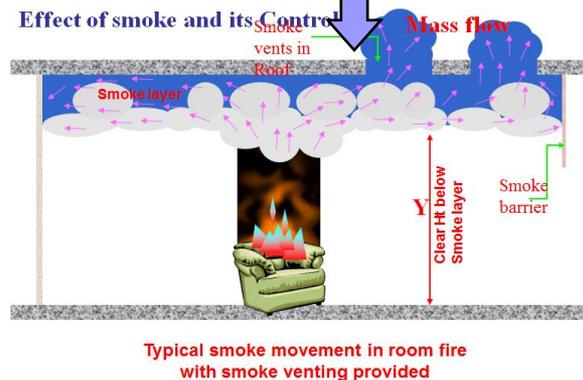
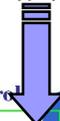
2、净化除尘技术



3、通风除尘测试



4、防排烟技术



本课程学习内容——教材内容

- 工业有害物综合防治措施
- 控制工业有害物的通风方法
- 局部排风罩—捕集有害物的装置
- 通风排气中粉尘的净化—除尘方法与设备
- 通风管道的设计计算
- 自然通风与局部送风
- 通风系统的测试

课程参考书及考核

■ 教材

《工业通风》（第四版修订版）或（第五版）

主编：孙一坚

出版：中国建筑工业出版社

■ 参考教材

《通风工程》

主编：王汉青

出版：机械工业出版社

参考资料

- 暖通空调 期刊
- 建筑通风与热能环境 期刊
- www.china-hvacr.com
- www.eastac.com
- www.ashare.org

考试考核方法

■ 期末考试成绩	50%
■ 平时作业	10%
■ 阶段性测试	20%
■ 课堂讨论与考勤	10%
■ 实验成绩	10%
合计	100%

§ 1.1 颗粒物、污染气体的来源及危害



§ 1.1 颗粒物、污染气体的来源及危害





§ 1.1 颗粒物、污染气体的来源及危害

1.1.1 颗粒物的来源及其对人体的危害

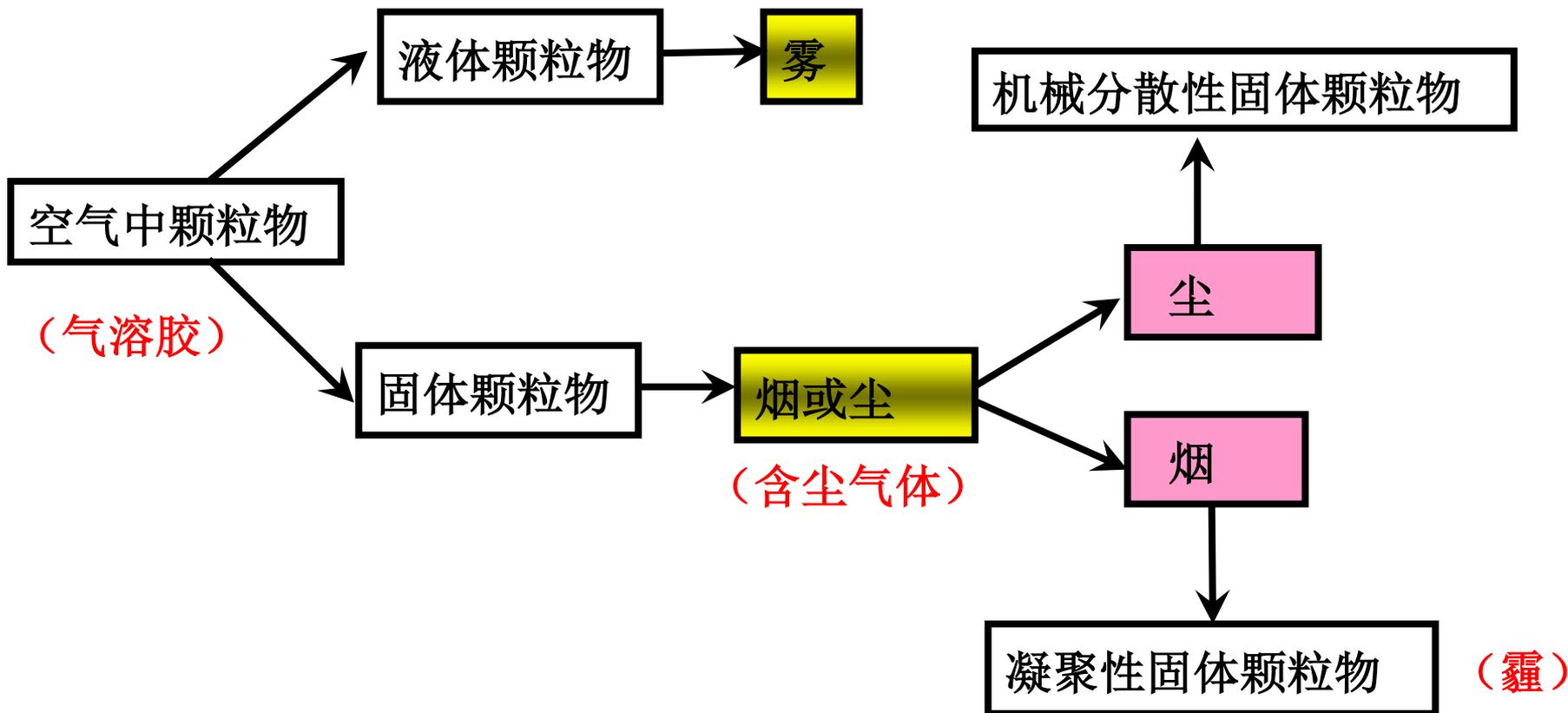
1 颗粒物的来源

- ◆ 固体物料的破碎和研磨。
- ◆ 粉状物料的混合、筛分、包装及运输。
- ◆ 可燃物的燃烧与爆炸。
- ◆ 生产过程中物质加热产生的蒸气在空气中的氧化和凝结。



§ 1.1 颗粒物、污染气体的来源及危害

2 颗粒物的分类





几组基本概念

气溶胶：

固体或液体微粒分散在气体介质中所构成的分散系统。

分散系统：

一种物质的微粒分散在另一种物质之中组成一个分散系统。

颗粒物：常说的粉尘

是分散于空气中的细小固体粒子（**Dust**）。

含尘气体

几组基本概念

- 总悬浮颗粒物、可吸入颗粒物、呼吸性颗粒物
- (1) 总悬浮颗粒物TSP
- (2) 可吸入颗粒物PM10
- (3) 呼吸性颗粒物PM2.5

呼吸性颗粒物 ($PM_{2.5}$) :

指悬浮在空气中，空气动力学当量直径 $\leq 2.5\mu m$ 的颗粒物。

可吸入颗粒物 (PM_{10}) :

指悬浮在空气中，空气动力学当量直径 $\leq 10\mu m$ 的颗粒物。

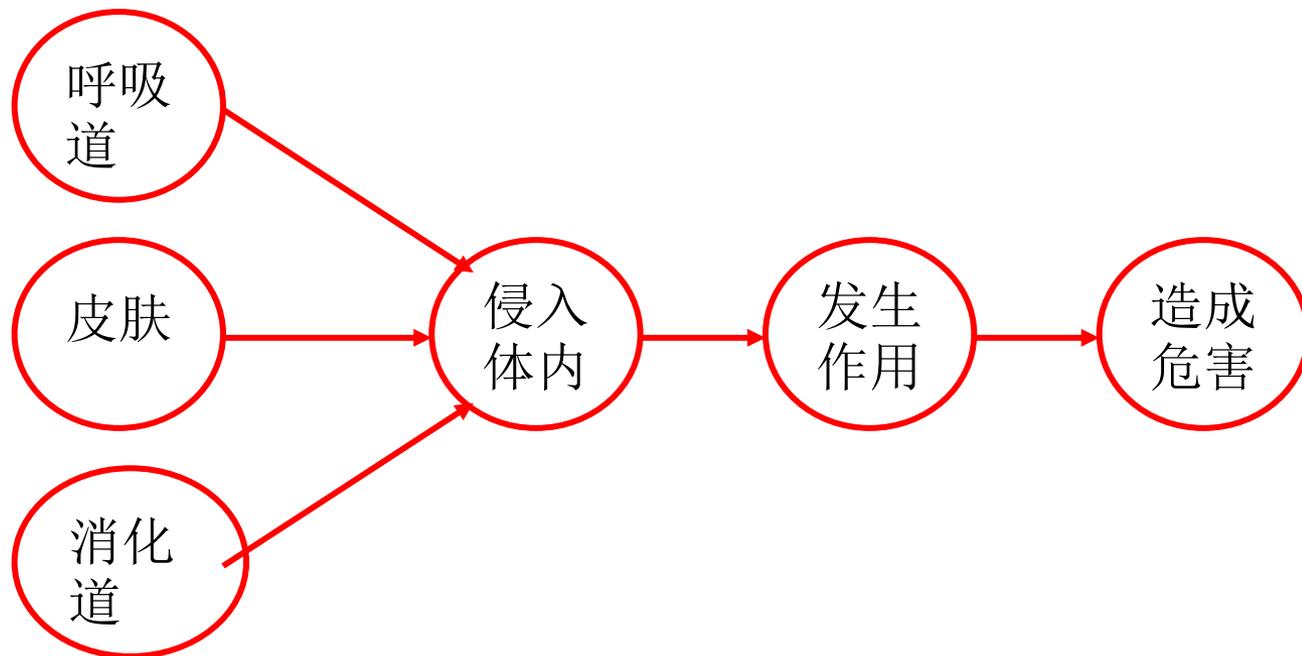
总悬浮颗粒物TSP:

指悬浮在空气中，空气动力学当量直径 $\leq 100\mu m$ 的颗粒物。

为什么**PM2.5**对人体的危害最大？



● 颗粒物侵入人体的途径



- ◆ 据统计大约有95%的工业中毒都是通过呼吸道入侵所致。
- ◆ 有些有害物质，能够通过皮肤和粘膜侵入人体。
- ◆ 有害物质单纯从消化道侵入而吸收者为数不多。



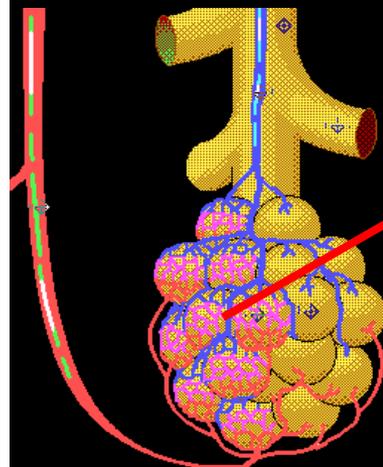
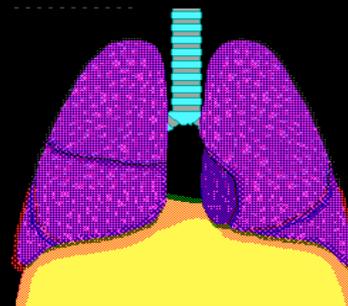
● 颗粒物对人体的危害

颗粒物大小

大：易沉降，捕集

$\leq 10\mu\text{m}$ ：可吸入PM10：
支气管纤毛捕集，痰的形式排出

$\leq 2.5\mu\text{m}$ ：呼吸性，进入肺部，
进入血液或沉积肺泡上。



肺泡



- 颗粒物对人体的危害

- 颗粒物大小
- 颗粒物的性质：化学性质是主要因素
- 进入人体的颗粒物量有关

- 颗粒物的表面可以吸附空气中的污染气体，液体以及细菌病毒等微生物。

- 颗粒物粒径小，其化学活性增大，表面活性也增大，加剧了人体生理效应的发生与发展。

新型冠状病毒？

为什么吸“二手烟”的危害更大？

正常使用主观题需2.0以上版本雨课堂

作答

4、颗粒物对人体的危害

(1) 引起尘肺病 有些非金属粉尘如硅、石棉、碳黑等，由于吸入人体后不能排除，将变成矽肺、石棉肺或尘肺。例如含有游离二氧化硅成分的粉尘，在肺泡内沉积会引起纤维性病变，使肺组织硬化而失去呼吸功能，发生“矽（硅）肺”病。

中国百万矿工生命遭“尘肺病”威胁

(2) 引起中毒甚至死亡 有些毒性强的金属粉尘（铬、锰、镉、铅、镍等）进入人体后，会引起中毒以致死亡。例如铅使人贫血，损伤大脑；锰、镉损坏人的神经、肾脏；镍可以致癌；铬会引起鼻中隔溃疡和穿孔，以及肺癌发病率增加。



5. 有害气体和蒸气的危害

根据气体（蒸汽）类有害物对人体危害性质，大致可分为麻醉性、窒息性、刺激性、腐蚀性等四类。下面列举几种常见的气体（蒸汽）对人体的危害。

(1) 汞蒸汽 (Hg)

(2) 铅 (Pb)

(3) 苯 (C₆-H₆)

(4) 二氧化碳 (CO₂)

(5) 一氧化碳 (CO)

(6) 二氧化硫 (SO₂)

(7) 硫化氢 (H₂S)

(8) 氮氧化物 (NO_x)

(9) 甲烷 (CH₄)

(10) 甲醛 (HCHO)



6 有害物对人体危害程度的影响因素

1. 粉尘的粒径
2. 有害物的毒性大小
3. 有害物的浓度
4. 有害物对人体作用的时间
5. 劳动场所的气象条件
6. 人的劳动强度及个体方面的因素



1.1.3 工业有害物对工农业生产的影响

(1) 粉尘对生产的影响

- 降低产品质量和机器工作精度。
- 粉尘还会降低光照度和能见度，影响室内作业的视野。
- 一定条件下会发生爆炸，造成人员伤亡和经济损失。

(2) 有害气体和蒸汽对生产的影响 腐蚀材料、缩短设备使用寿命等。

(3) 粉尘、有害气体和蒸汽对农作物的危害

- 酸雨。
- 粉尘沉积影响植物的健康和生长。



中原工学院

Zhongyuan University of Technology

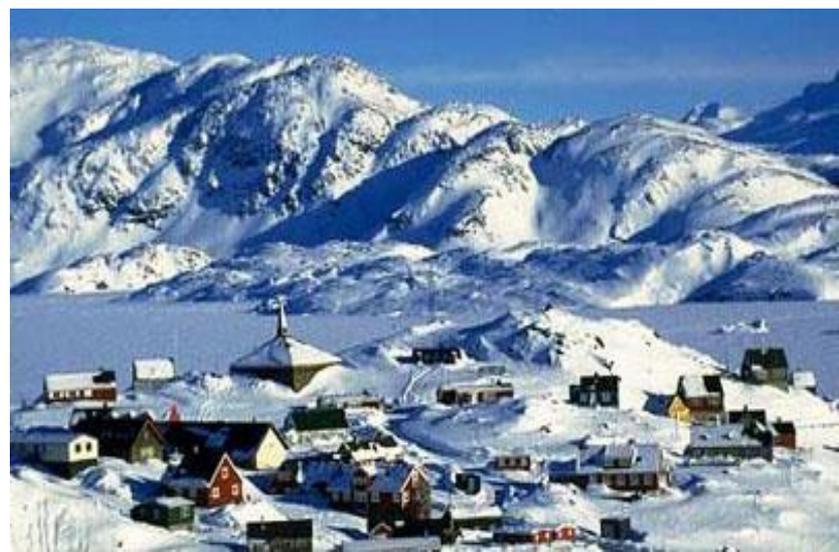




1.1.4 工业有害物对大气环境的影响

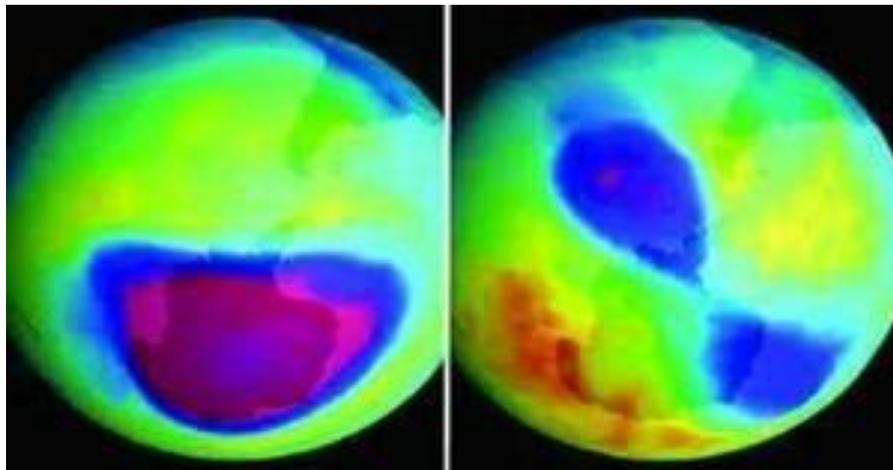
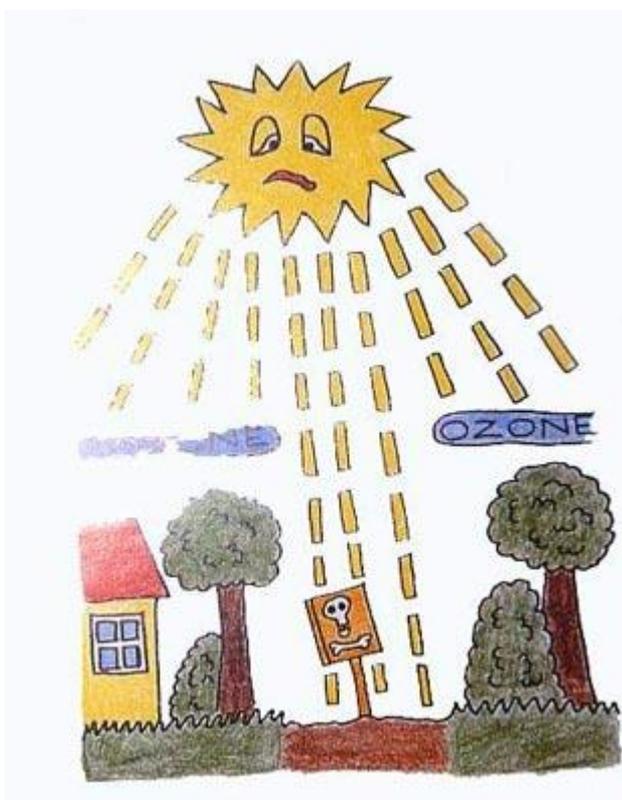
(1) 全球气候变暖

气候变暖了？
看来咱北极居民
也要准备装空调了！





(2) 臭氧层破坏





1.2 工业污染物在车间内的传播机理

计算表明:

直径为 $10\mu\text{m}$ 的颗粒物以初速 10 m/s 作水平运动, 仅仅经过 0.01s 其速度几乎降为 0 , 很快失去进一步传播的能量, 在此过程中仅仅运动了 8mm 远。

当尘粒在重力作用下自由降落时, 其最大降落速度为 0.008m/s

尘粒依靠扩散在 1s 内运动的距离只有 $1.2\times 10^{-8}\text{m}$ 。

一般车间, 空气流速是 $0.2\sim 0.3\text{m/s}$ 。

结论:

颗粒物本身并没有独立运动能力, 它运动的主要能量来自环境气流的作用。

污染物在车间内的传播依靠：

尘化作用：使颗粒物以静止状态变成悬浮于周围空气中的作用。

一次尘化作用

使尘粒由静止状态进入空气中浮游的尘化作用。
引起一次尘化作用的气流称为一次尘化气流

一次尘化造成局部区域空气污染。

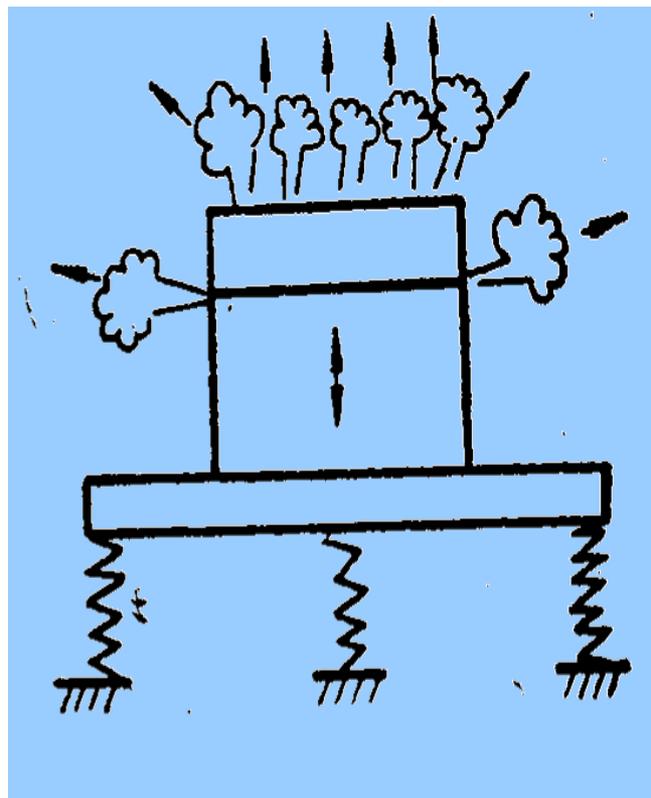
二次尘化作用

处于浮游状态的颗粒物进一步扩散污染到整个环境空间的尘化作用称为，引起二次尘化作用的气流称为二次尘化气流。



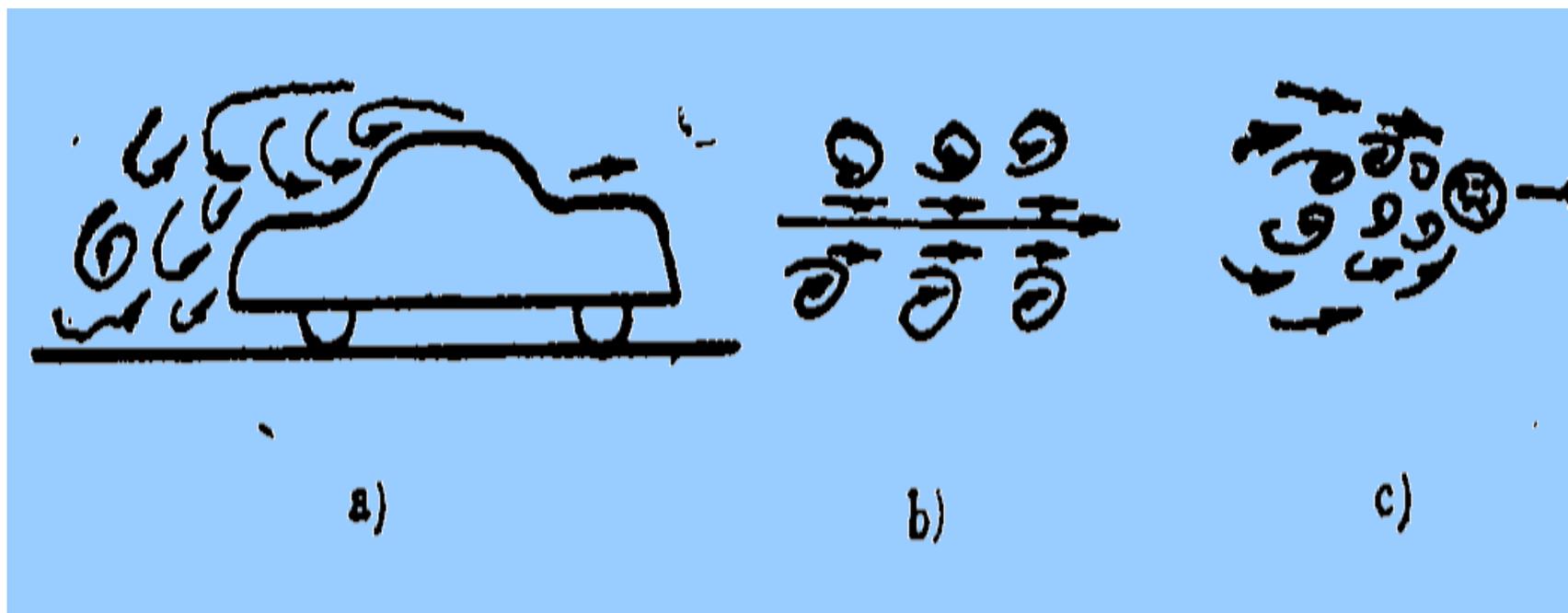
常见的一次尘化作用

1、剪切压缩造成的尘化作用





2、诱导空气造成的尘化作用



车辆

平板

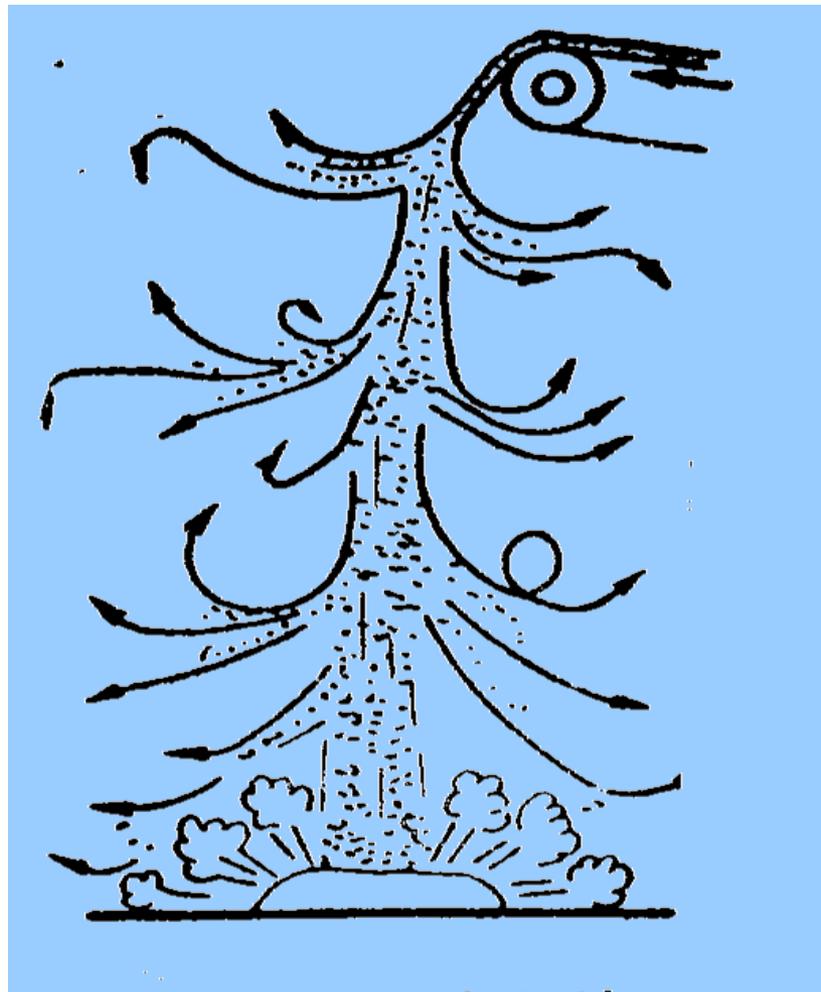
粉尘颗粒



中原工学院
Zhongyuan University of Technology



3、综合气流造成的尘化





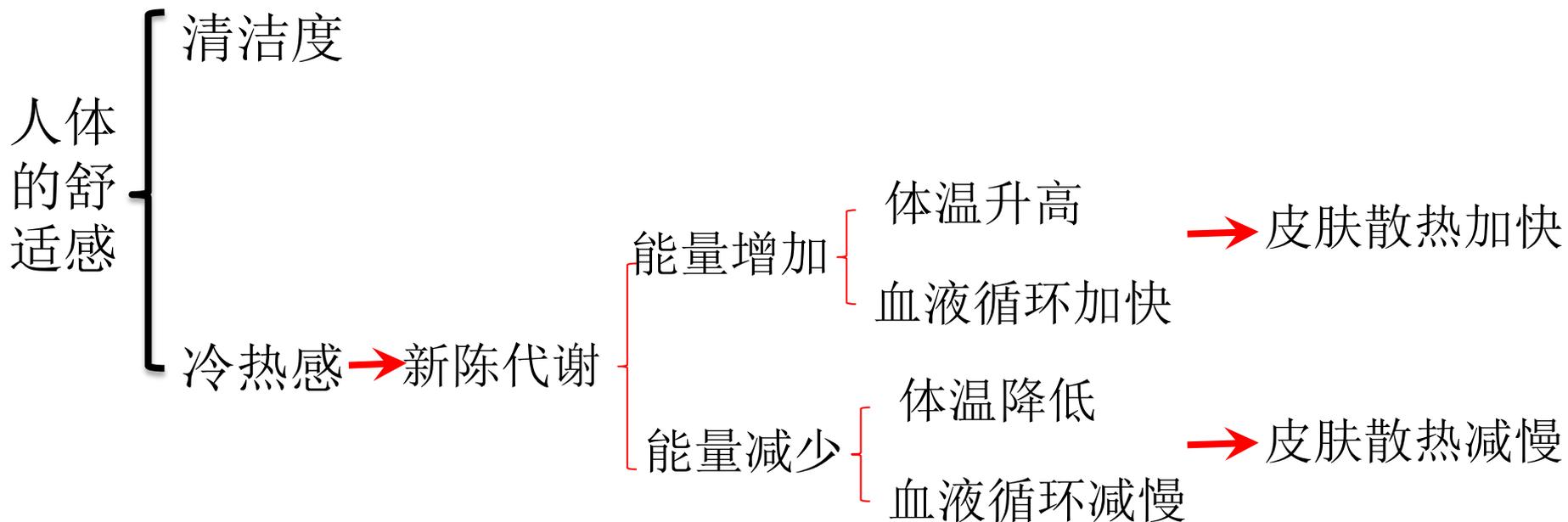
4、热气流上升造成的尘化作用



图 1-5 二次气流对粉尘扩散的作用



1.3 气象条件对人体生理的影响

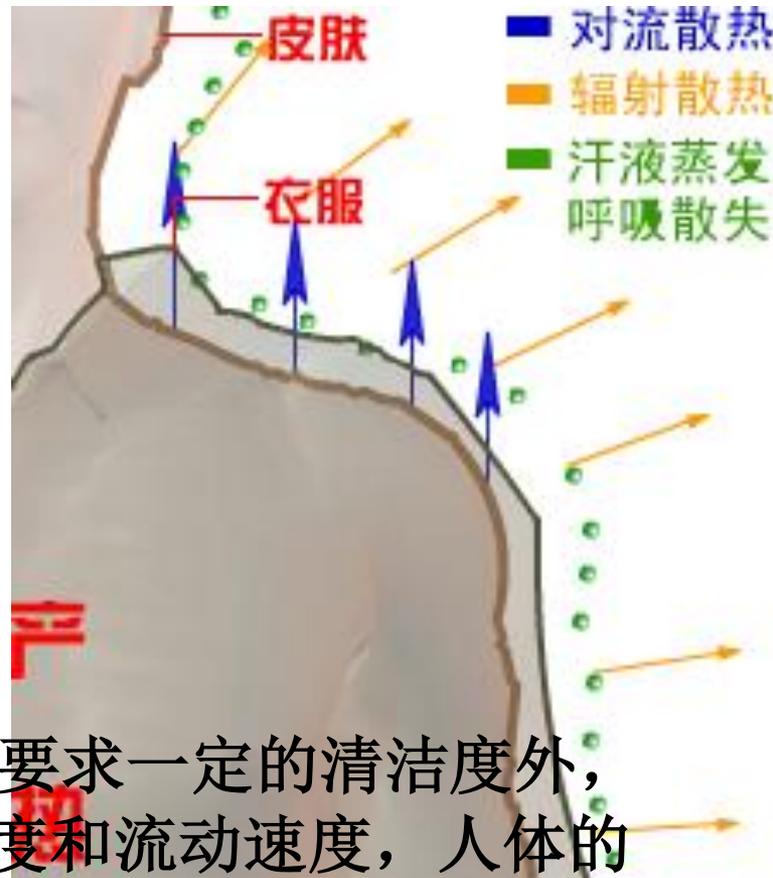
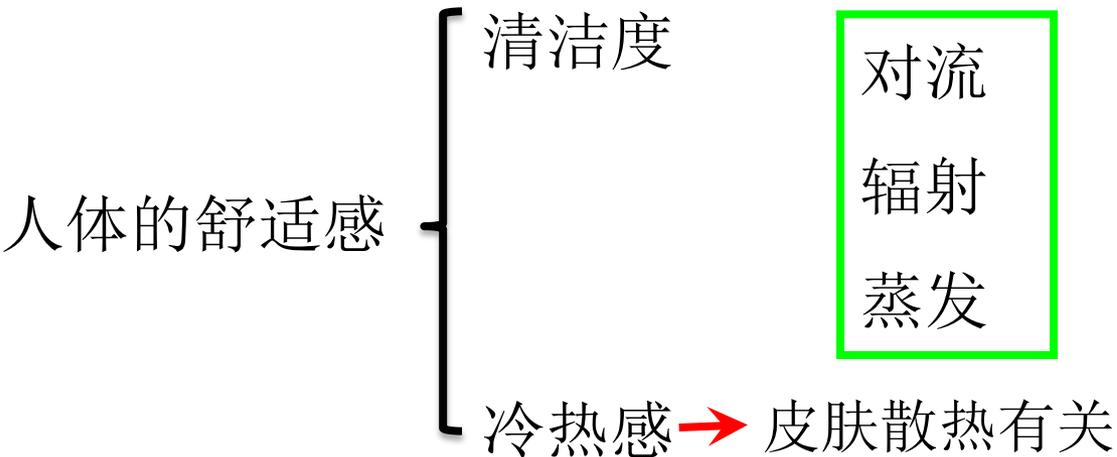


新陈代谢过程产生的能量增加或减少

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。



1.3 气象条件对人体生理的影响



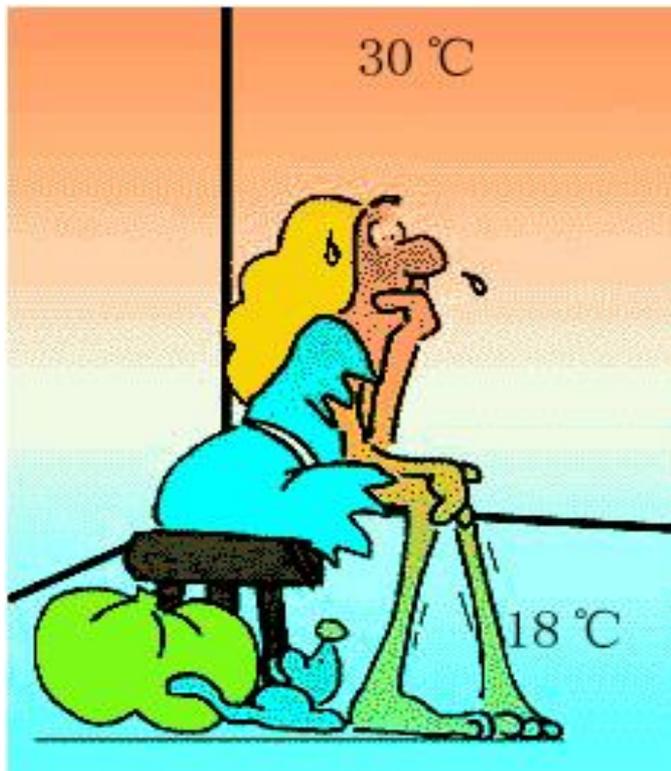
结论:

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，人体的舒适感是三者综合影响的结果。



1.3.2 影响人体热舒适的基本参数

(1) 空气温度



(2) 空气湿度



(3) 空气流速



(4) 新风量

(5) 其他因素



中原工学院
Zhongyuan University of Technology



气象条件对人体生理有哪些影响？为什么？



1.4 污染物浓度、卫生标准和排放标准

1.4.1 污染物浓度

- ◆ **体积浓度C**: 每立方米空气中所含污染物气体的毫升数。
单位: 毫升/米³ (mL/m³), **ppm或%或分数**。
- ◆ **质量浓度Y**: 每立方米空气中所含污染物气体气体的毫克数。
单位: 毫克/米³ (mg/m³), 毫克/升 (mg/L)。

$$1\text{ppm} = 1\text{ml}/\text{m}^3$$

体积浓度C和质量浓度Y换算关系为:

$$Y = \frac{M \times 10^3}{22.4 \times 10^3} C = \frac{M}{22.4} C$$



1.4 污染物浓度、卫生标准和排放标准

体积浓度C和质量浓度Y换算关系为：

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

公式使用注意： $1\text{l} = 1000\text{ml} = 1\text{dm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3$

1、单位：Y (mg/m^3)；C (mL/m^3)；M (g/mol)，摩尔质量

2、 $1\text{ppm} = 1\text{ml/m}^3 = \frac{10^{-6}\text{m}^3}{\text{m}^3}$

3、如果C没有单位，比如分数或百分数，可以看作：

$$C (\text{m}^3/\text{m}^3) = C \times 10^6 (\text{mL}/\text{m}^3)$$



例题:

标准状态下，空气中CO₂的含量0.05%，其质量浓度是多少？

$$Y_0 = \frac{44 \times 0.05\% \times 10^6}{22.4} = 982\text{mg}/\text{m}^3$$

练习:

标准状态下，空气中汞蒸气的含量0.01mg/m³，将该值换算为mL/m³。



1.4.2 环境空气质量标准标准

空气污染指数范围及相应的空气质量类别

表 1-3

空气污染指数 API	空气质量状况	对健康的影响	建议采取的措施
0~50	优	可正常活动	
51~100	良		
101~150	轻微污染	易感人群症状有轻度加剧,健康人群出现刺激症状	心脏病和呼吸系统疾病患者应减少体力消耗和户外活动
151~200	轻度污染		
201~250	中度污染	心脏病和肺病患者症状显著加剧,运动耐受力降低,健康人群中普遍出现症状	老年人和心脏病、肺病患者应在停留在室内,并减少体力活动
251~300	中度重污染		
>300	重污染	健康人运动耐受力降低,有明显强烈症状,提前出现某些疾病	老年人和病人应当留在室内,避免体力消耗,一般人群应避免户外活动



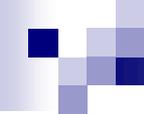
1.4.3 卫生标准

1.4.4 排放标准

卫生标准是为了保护工业企业建筑环境内劳动者和工业企业周边环境居民的安全与健康，使工业企业符合卫生标准要求而制定。

排放标准是为了保护环境，防止工业废水、废气、废渣对大气、水源和土壤的污染，保障人民健康而制定。

卫生标准是排放标准的制定依据，排放标准是卫生标准的具体落实，保证污染物落地时满足卫生标准的要求。



思考题：

- 1、国家标准，地方标准，行业标准哪个更严格？
- 2、某通风系统完工后，验收合格需要满足哪些要求？



1.5 防治有害物的综合措施

1. **源头：** 工艺方法， 设备， 布置及操作方法合理化；
2. **路径：** 采用通风净化除尘措施；
3. **终端：** 加强管理； 采用个体防护等。



工程控制措施-通风

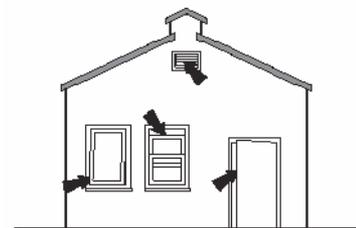
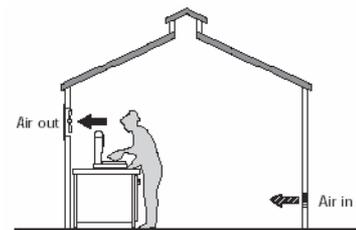
- 稀释性通风/整体换气
- 局部排气通风



工程控制措施-稀释性通风/整体换气

■ 换气方式的利用

- 室内温差产生空气对流之自然换气方式
- 利用风扇之强迫换气方式



工程控制措施-局部排气通风

- 利用局部排气通风系统，从污染物的源头，将污染物实时抽走
- 在有害物尚未扩散前，将之排出
- 优点：大大减低工人曝露于污染物的机会，适合控制毒性较高的物质
- 捕集（捉）风速要足够



捕捉風速—是指於污染物來源處的所需風速，其氣流速度足以將污染物成功地帶進抽風罩內。



思考

- 1、与作业场所卫生标准与排放标准的关系
- 2、简述粉尘的扩散机理。
- 3、颗粒物大小对人体的危害。
- 4、标准状态下，空气中汞蒸气的含量 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ，将该值换算为 mL/m^3 。