

武汉科技大学
2006 年硕士研究生入学试题
参考标答

考试科目及代码：《工业通风》，442

说明：1. 适用专业：安全工程、环境工程。

2. 可使用的常用工具：计算器、绘图尺。

3. 答题内容写在答题纸上，写在试卷或草稿纸上一律无效。

一、 问答题（10×5 分）

1. 颗粒污染物主要有那些？

答：固体颗粒物（粉尘、凝结固体烟雾、烟）和液体颗粒物（雾）。

2. 常见有害蒸气有那些？

答：汞蒸气、铅、苯、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、硫化氢。

3. 车间劳动环境微气候条件是什么？

答：风速、温度、湿度。

4. 卫生标准和排放标准的区别是什么？

答：卫生标准是指车间或室内的空气质量标准，排放标准是指排气筒出口处的污染物浓度标准。

5. 防治工业有害物的综合措施有那些？

答：改革工艺和操作；通风；个体防护；建立检查管理制度。

6. 管道设计应考虑哪些主要几何参数和物理参数？

答：管径、管内最低风速、材质、管道阻力损失、风压平衡计算。

7. 什么是全面通风？

答：用清洁空气稀释室内有害物浓度使其不超过卫生标准规定的最高允许浓度。

8. 什么是气流组织？

答：合理地布置送、排风口位置、分配风量和风口形式，以使用最小的通风量达到最佳的通风效果。

9. 室内通风节能措施有哪些？

答：在集中采暖地区，利用自然补风；当相邻房间无进风装置，可取其冷风渗透量的 50%作为自然补风；每班运行不足二小时的局部排风系统，经过风量和热平衡计算，对室温没有很大影响时，可不设机械送风系统。

10. 湿式洗涤器的优缺点有哪些？

答：优点：效率高、可净化高温烟气并对气体污染物有一定的净化作用

缺点：二次污染、有腐蚀、产生白色烟羽、缺水地区不宜用、冬天注意防冻。

二、 计算题（6×10 分）

1. 已知当罩口为圆形时，设罩口外速度与距离 r 的平方成反比，当有一罩口风速为 10m/s ，罩口面积 $A=0.5\text{m}^2$ 的半圆形吸罩置于无限大平面， r_1 为罩口半径，如图 1 所示，试确定距半圆形吸罩罩口 $r_2=1\text{m}$ 处的气流速度。

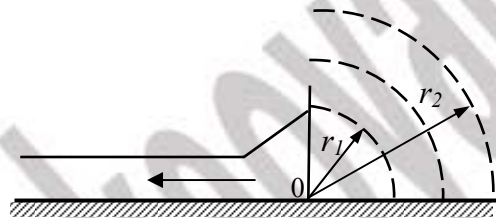
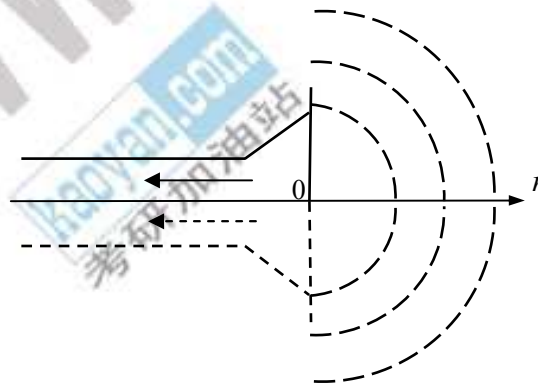


图 1

解：作一虚汇如图。



此时，罩口为圆形，因速度随 r 距离服从平方衰减规律，有

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

罩口半径为 $r_1 = \sqrt{2A/\pi} = \sqrt{2 \times 0.5/\pi} = 0.56 \text{ m}$ 。故当 $r_2 = 1 \text{ m}$ 时，风速为

$$v_2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 v_1 = \left(\frac{0.56}{1}\right)^2 \times 10 = 3.1 \text{ (m/s)}$$

由叠加原理，距半圆形吸罩 1 m 处的气流速度为 6.2 m/s 。

2. 已知有一流体的流函数为 $\psi = -2xy$ ，在 $x \rightarrow \infty$ ，压力为 p_0 ，速度为 v_0 ，其流动如图 2 所示，试写出在直壁表面上的压力分布表达式。

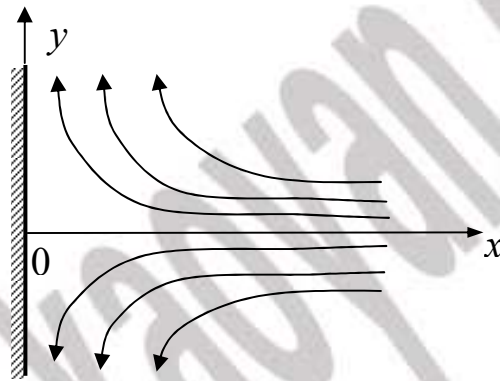


图 2

解：（1）求速度

$$v_x = \frac{\partial \psi}{\partial y} = -2x, \quad v_y = -\frac{\partial \psi}{\partial x} = 2y$$

（2）由伯努力方程得

$$p = p_0 + \frac{\rho}{2} v_0^2 - \frac{\rho}{2} [(-2x)^2 + (2y)^2] = p_0 + \frac{\rho}{2} v_0^2 - 2\rho y^2$$

3. 已知一旋风除尘器对大、中、小颗粒的收集效率如表所示，试计算总效率。如果再串联一台同样的旋风除尘器，其总效率又为多少？

粉尘粒径	浓度 g/m^3	分级效率 η_i (%)	出口浓度
大	50	90	5
中	30	80	6
小	20	50	10

合计	100	21
----	-----	----

解：计算一台除尘器的出口浓度如表所示，故总效率为

$$\eta_1 = 1 - \frac{24}{100} = 76\%$$

再增加一台，出口浓度如表所示，故总效率为

$$\eta_1 = 1 - \frac{8.2}{100} = 91.8\%$$

粉尘 粒径	浓度 g/m^3 c_0	分级效率 η_{i1} (%)	出口浓度 c_1	分级效率 η_{i2} (%)	出口浓度 c_2
大	50	90	5	90	0.5
中	30	70	9	70	2.7
小	20	50	10	50	5
合计	100		24		8.2

4. 某静电除尘器总收尘面积 $A = 4000 \text{ m}^2$ ，其总除尘效率为 $\eta = 95\%$ ，烟尘净化后满足原排放标准 $C_1 = 150 \text{ mg/m}^3$ 。但现在排放标准改为 $C_2 = 50 \text{ mg/m}^3$ 。为满足新的排放标准，该除尘器的总收尘极板面积需增加到多少？

解：根据多依奇公式

$$\eta = 1 - \frac{c_{out}}{c_{in}} = 1 - \exp\left(-\frac{\omega A}{Q}\right) \quad (1)$$

对于新、旧除尘器，入口浓度 c_{in} 、流量 Q 和有效驱进速度 ω 不变

可得：

$$c_{in} = \frac{c_1}{1 - \eta_1} = \frac{150}{1 - 0.95} = \frac{150}{0.05} = 3000 \text{ (mg)} \quad (2)$$

对原除尘器，有

$$\frac{c_1}{c_{in}} = \exp\left(-\frac{\omega A_1}{Q}\right) \quad \text{或写成} \quad -\ln \frac{c_1}{c_{in}} = \frac{\omega A_1}{Q} \quad (3)$$

对新除尘器，有

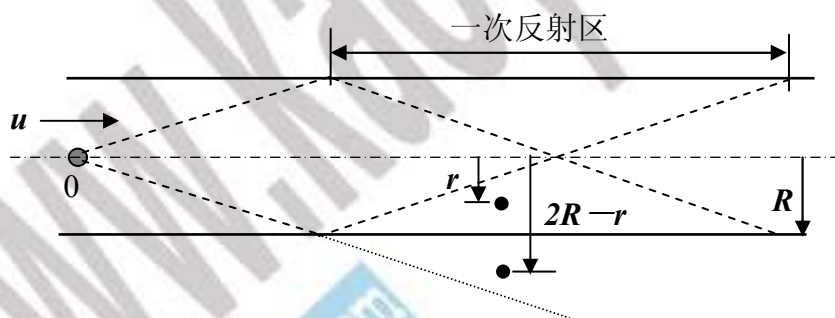
$$\frac{c_2}{c_{in}} = \exp\left(-\frac{\omega A_2}{Q}\right) \quad \text{或写成} \quad -\ln \frac{c_2}{c_{in}} = \frac{\omega A_2}{Q} \quad (4)$$

式 (3)、(4) 两端相除，有

$$A_2 = A_1 \left(\ln \frac{c_2}{c_{in}} \right) / \left(\ln \frac{c_1}{c_{in}} \right) = 4000 \times \left(\ln \frac{50}{3000} \right) / \left(\ln \frac{150}{3000} \right) \approx 5460 \text{ m}^2$$

5. 有一点源在无限大空间的扩散模式为 $c_0 = \frac{M}{2\pi u \sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right)$ ，式中， M 为源

强， u 为速度， σ 为离散系数。如果点源位于半径为 R 的圆形管道轴线上，试写出在经过一次反射后管内的浓度分布。



解，延长扩散线使之穿过管壁，如图示，在放射区点 r 处的浓度，相当于原始点源在 $2R-r$ 处的浓度，于是虚源对反射区的贡献为：

$$c_1 = \frac{M}{2\pi u \sigma^2} \exp\left[-\frac{(2R-r)^2}{2\sigma^2}\right]$$

由叠加原理，在放射区内的浓度为

$$c = c_0 + c_1 = \frac{M}{2\pi u \sigma^2} \left\{ \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) + \exp\left[-\frac{(2R-r)^2}{2\sigma^2}\right] \right\}$$

6. 有除尘系统如图 3 所示。已知：局部阻力系数 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4 = 0.5$ ；摩擦阻力系数 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = 0.05$ ；流量 $Q_1 = Q_2 = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ ；管道长度 $l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = 10 \text{ m}$ ；管径 $d_1 = d_2 = 0.5 \text{ m}$ ； $d_3 = d_4 = 0.5 \text{ m}$ ；除尘器压力损失 $p_c = 1000 \text{ Pa}$ ；气体密度 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ 。试计算通风机的理论功率。

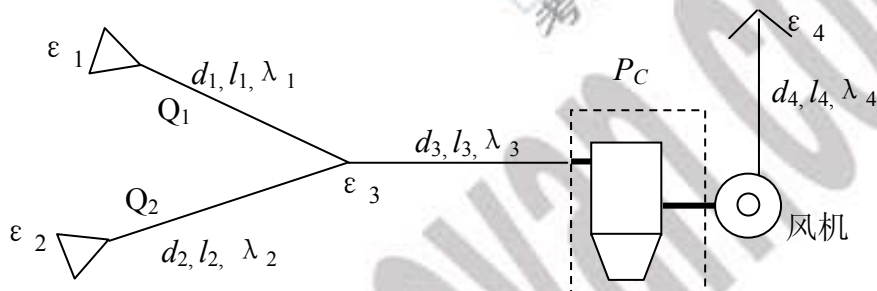


图 3

解：（1）局部阻力：

集气罩 1 的局部阻力： $p_{\varepsilon 1} = \varepsilon_1 \frac{\rho v_1^2}{2} = 0.5 \times \frac{1.2 \times 16^2}{2} \approx 76 \text{ Pa}$

三通局部阻力： $p_{\varepsilon 3} = \varepsilon_3 \frac{\rho v_3^2}{2} = 0.5 \times \frac{1.2 \times 20^2}{2} \approx 120 \text{ Pa}$

排气筒出口局部阻力： $p_{\varepsilon 3} = p_{\varepsilon 4} = 120 \text{ Pa}$

（2）摩擦阻力：

管道 1 摩擦阻力： $p_{\lambda 1} = \lambda_1 \frac{l_1 \rho v_1^2}{d_1 2} = 0.05 \times \frac{10 \times 1.2 \times 16^2}{2 \times 0.4} \approx 190 \text{ Pa}$

管道 3 摩擦阻力： $p_{\lambda 3} = \lambda_3 \frac{l_3 \rho v_3^2}{d_3 2} = 0.05 \times \frac{10 \times 1.2 \times 20^2}{2 \times 0.5} \approx 240 \text{ Pa}$

管道 4 摩擦阻力： $p_{\lambda 3} = p_{\lambda 4} = 240 \text{ Pa}$

(3) 总阻力: $p = 76 + 120 + 120 + 190 + 240 + 240 + 1000 = 1986 \text{ Pa}$

(4) 理论总功率: $N = 1980 \times 4 = 7820 \text{ W} \approx 8 \text{ kW}$

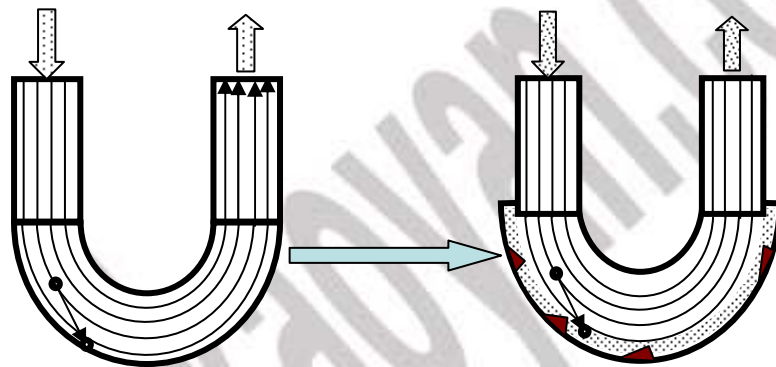
三、简述题 (4×10 分)

1. 简述工业通风的主要内容和主要任务。

答: 工业通风的主要内容是工业通风和空气调节, 主要内容是控制生产过程中产生的粉尘、有毒有害气体、高温、高湿, 创造良好的生产环境和保护大气环境。

2. 含尘气流会造成管道磨损, 试提出一种空气动力学的防磨方法。

答: 空气动力学的防磨方法如下图



3. 简述袋式除尘器的非稳态过滤过程。

答: 随过滤过程的进行, 滤料表面的粉尘层增加, 除尘效率和压力损失增加, 直到清灰开始。除尘效率和压力损失突然下降, 当清灰停止, 除尘效率和压力损失有重复上一个变化过程。

4. 简述粉尘真密度的测定方法。

答: (1) 称出空比重瓶的重量 m_b 和粉尘重量 m_p ;

(2) 再将此比重瓶加满水, 称出比重瓶加水的质量, 水的体积为

$$V_{w1} = m_{w1} / \rho_w = (m_{bw} - m_b) / \rho_w ;$$

(3) 再将此比重瓶水倒出, 加入所测粉尘, 再加满水, 称出瓶加尘、加水的重量 m_{bwp} ;

(4) 水的质量为 $m_{w2} = m_{bwp} - m_b - m_p$, 水的体积为 $V_{w2} = m_{w2} / \rho_w$;

(5) 尘的体积为 $V_p = V_{w1} - V_{w2}$;

(6) 尘的真密度为 $\rho_p = m_p / V_p$ 。