

# § 3-3 污染物控制—换气量与换气次数

## ■ 回顾:

- 室内外污染源的种类及危害
- 室内空气卫生标准及空气品质的概念

## ■ 问题:

## ■ 解决途径

通风

自然通风: 依靠自然风压、热压作用进行通风  
机械通风: 利用风机等机械设备进行通风

空调

传统方式: 调节温湿度、流速、洁净度  
新方式: 空气成分、气味  
污染严重: 直流式系统 (即机械通风系统)  
污染不很严重: 部分回风系统

## ■ 科学计算方法

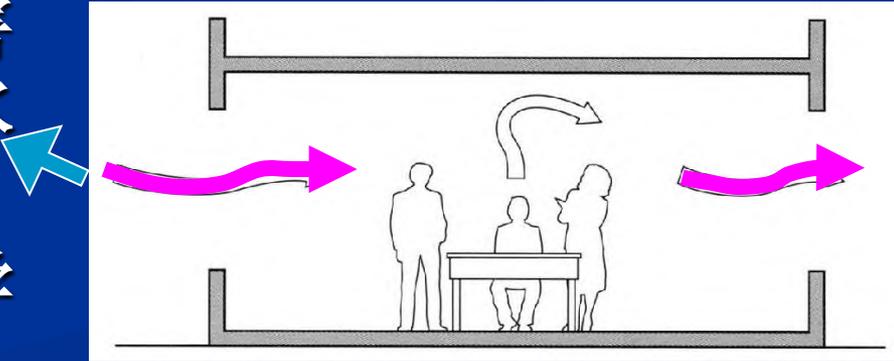
# 一、控制方法

## ■ 控制室内污染的措施：

- 堵源：从室内建筑及装饰材料、日常生活及设备使用及生产减少污染物的产生。



- 稀释：利用通风空调等手段使室内空气有害物浓度减少到适合的水平



- 处理：利用物理或化学手段将有害物消除

# 全面通风的基本微分方程式 (稀释方程)

■ 前提:



■ 根据质量守恒建立室内污染物 $\overset{V}{V}$ 平衡方程:

■  $G C_0 d\tau + M d\tau - G C d\tau = V dC$

■ 变换为  $\frac{dC}{d\tau} = \frac{GC_0 + M - GC}{V}$   $\Rightarrow$   $\frac{d\tau}{V} = \frac{dC}{GC_0 + M - GC}$

常数项微分=0

$$\frac{d\tau}{V} = -\frac{1}{G} \frac{d(GC_0 + M + GC)}{GC_0 + M + GC}$$

# 全面通风的基本微分方程式 (稀释方程)

T时刻C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>

$$\int_0^{\tau} \frac{d\tau}{V} = -\frac{1}{G} \int_{C_1}^{C_2} \frac{d(GC_0 + M + GC)}{GC_0 + M + GC}$$

$$\frac{\tau G}{V} = [\ln(GC_0 + M - GC_1) - \ln(GC_0 + M - GC_2)]$$

$$\frac{GC_1 - M - GC_0}{GC_2 - M - GC_0} = \exp\left[\frac{\tau G}{V}\right]$$

取收敛级数  
的前两项

$$\frac{GC_1 - M - GC_0}{GC_2 - M - GC_0} = 1 + \frac{\tau G}{V}$$

非稳态全面通风  
换气量公式

$$G = \frac{M}{C_2 - C_0} - \frac{V}{\tau} \frac{C_2 - C_1}{C_2 - C_0} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

# 全面通风的基本微分方程式 (稀释方程)

通风量一定时，任意时刻：

$$C_2 = C_1 \exp\left(-\frac{\tau G}{V}\right) + \left(\frac{M}{G} + C_0\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{\tau G}{V}\right)\right]$$

$$C_1 = 0 \text{ 时: } C_2 = \left(\frac{M}{G} + C_0\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{\tau G}{V}\right)\right]$$

当时间  $\tau \rightarrow \infty$ ， $\exp(-\tau G/V) \rightarrow 0$ ，则有  
稳态的全面通风换气量方程：

$$G = \frac{M}{C_2 - C_1}$$

# 新风通风换气量

## ■ 决定因素

- 室内污染物允许浓度
- 室外污染物浓度
- 室内污染物发生量：发生量已知否？？？

## ■ 室内污染物产生对换气量的要求

- 人体代谢生物污染：以 $\text{CO}_2$ 浓度或臭气强度指数为指标确定换气量
- 消除烟臭的要求根据吸烟量确定
- 污染物发生量：VOC等微量产生的污染难以监测，通风量的确定仍然是需要研究的问题。ASHRAE ST62—1989R虽合理但目前无法操作。

# 根据卫生标准确定换气量

## ■ 以室内CO<sub>2</sub>允许浓度为标准

## ■ 室内来源

- 人体代谢过程：与人体代谢率有关；儿童为成年人的 50%。

新鲜空气与人体呼气的成分(体积%)

成分	N <sub>2</sub> ,	O <sub>2</sub> ,	CO <sub>2</sub>	其它废气
■ 新鲜空气	78.03	20.99	0.03	
■ 人体呼气	79.1-80.0	14.5-18.5	3.5-5.0	若干

- 有机物燃烧过程：炊事、抽烟

## ■ 目前居住建筑的控制标准

- 高级客房：700 ppm
- 普通居住空间：1000 ppm
- 过渡空间：2000 ppm



# 以氧气为标准新风通风换气量

常用民用建筑新风量范围  
以坐为主、少吸烟、久逗留场所

活动强度	CO <sub>2</sub> 发生量 (m <sup>3</sup> .h.人)	不同 CO <sub>2</sub> 允许浓度下必须的新风量 (m <sup>3</sup> /h.人)		
		0.1%	0.15%	0.2%
静坐	0.0144	20.6	12	8.5
极轻	0.0173	24.7	14.4	10.2
轻	0.023	32.9	19.2	13.5
中等	0.041	58.6	34.2	24.1
重	0.0748	106.9	62.3	44

# C.P. Yaglon制定的臭气强度指标

一般控制在2级以下

臭气强度指数	定义	说明
0	无	完全感觉不出
1/2	可感觉临界值	极微，经训练的人才嗅得出
1	明确	一般人可感觉出，无不适感
2	中	稍有不适
3	强	不快感
4	很强	强烈的不快感
5	极强	令人作呕

# 消除余热和余湿所需的通风量

■ 为消除余热所需的通风量

$$L = \frac{Q}{c\rho(t_p - t_s)} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

■ 式中  $L$ —全面通风量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;       $Q$ —室内余热量,  $\text{kJ}/\text{s}$ ;

■  $c$ —空气的质量比热, 可取  $1.01 \text{ kJ}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ ;

■  $\rho$ —空气密度, 可按下列式近似确定:

$$\rho = \frac{1.293}{1 + \frac{1}{273}t} \quad \text{kg}/\text{m}^3$$

■ 其中  $1.293 \text{ kg}/\text{m}^3$ — $0^\circ\text{C}$ 时干空气的密度;

■  $t$ —空气摄氏温度,  $^\circ\text{C}$ ;       $T$ —空气的绝对温度,  $\text{K}$ ;

■  $t_p$ —排风温度,  $^\circ\text{C}$ ;       $t_s$ —送风温度,  $^\circ\text{C}$ 。

- 为消除余湿所需的通风量

- $$L = \frac{W}{\rho(d_p - d_s)} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

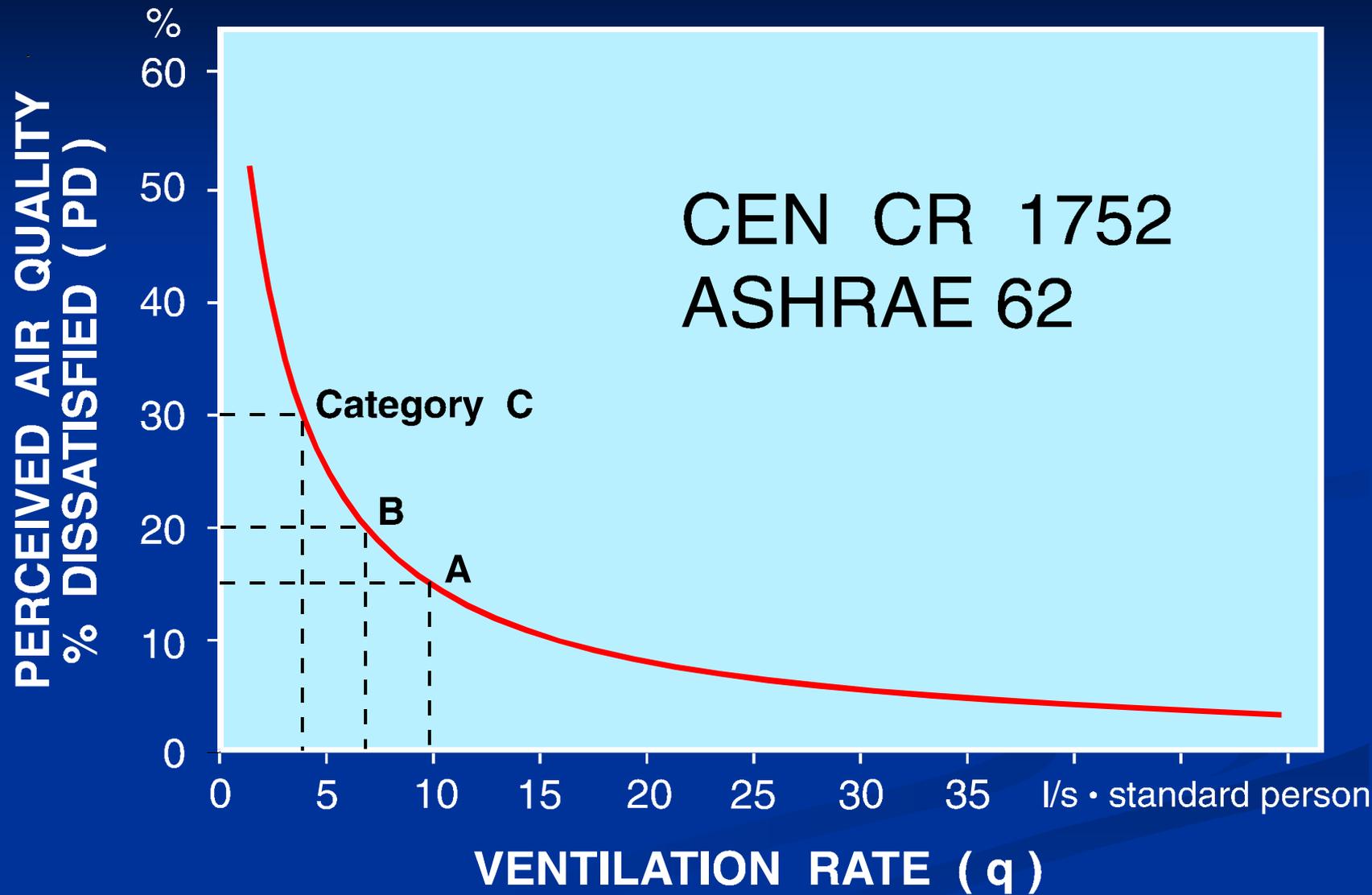
- 式中  $W$ —余湿量, g/s;
- $d_p$ —排风含湿量, g/kg.干空气;
- $d_s$ —送风含湿量, g/kg.干空气。
- 室内同时放散余热、余湿和有害物质时, 全面通风量应分别计算后按三者中最大值取。

# 换气次数

- 当散入室内有害物数量无法具体计算时，
- 全面通风量可按类似房间换气次数的经验数据进行计算。
- 换气次数 $n$ 是指通风量 $L(\text{m}^3 / \text{h})$ 与通风房间体积 $V(\text{m}^3)$ 的比值，
- 即 $n = L / V$  (次 / h)，
- 因此全面通风量 $L = nV$  ( $\text{m}^3 / \text{h}$ )。

# 通风量与 IAQ

- 美国(欧洲)对学校, 办公室的最新研究表明新风量与SBS之间有着一定的关系, 当新风量小于 $36 \text{ m}^3/\text{h}$ 人时, SBS 问题变得显著。
- 关于人体代谢污染的问题, 第一印象 (First Impres sion) 使 80%的人能够满意的最小新风量是  $27 \text{ m}^3/\text{h}$ 人, 对于已适应了室内环境的 90%的人能够满足的最小新风量只需  $9 \text{ m}^3/\text{h}$ 人。



# 新的通风标准

- 考虑非人产生的污染:

$$G_{f,\min} = G_p P + G_b A$$

式中:  $G_p$  - 每人所需新风量;

$G_b$  - 单位面积所需新风量;

$P$  - 室内人数;

$A$  - 所需通风面积。