

上次的作业

- $0.1 \text{ mg/m}^3 \rightarrow \text{ppm} ?$

颗粒物净化器的指标和负荷

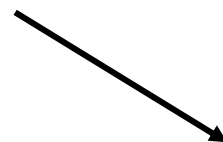
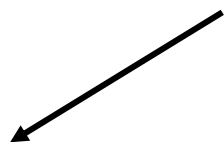
检测分析技术

检测分析技术

Oops ...

$C_{\text{污染物}} > C_{\text{污染物标准限值}}$

检测分析技术

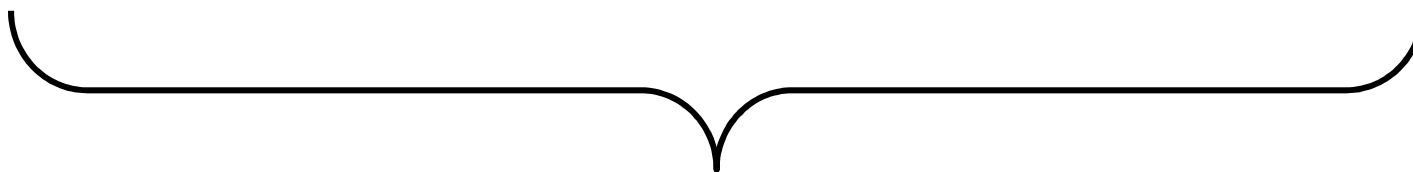


污染源控制

通风控制

空气净化

目前难以根治



$$C_{\text{污染物}} < C_{\text{污染物标准限值}}$$

通风控制

- 室内**PM**污染严重：通风
- 室外**PM**污染更严重：怎么办？
- 能耗：减少通风**or**增大通风

博弈

节能和室内空气质量之间“拔河”现象

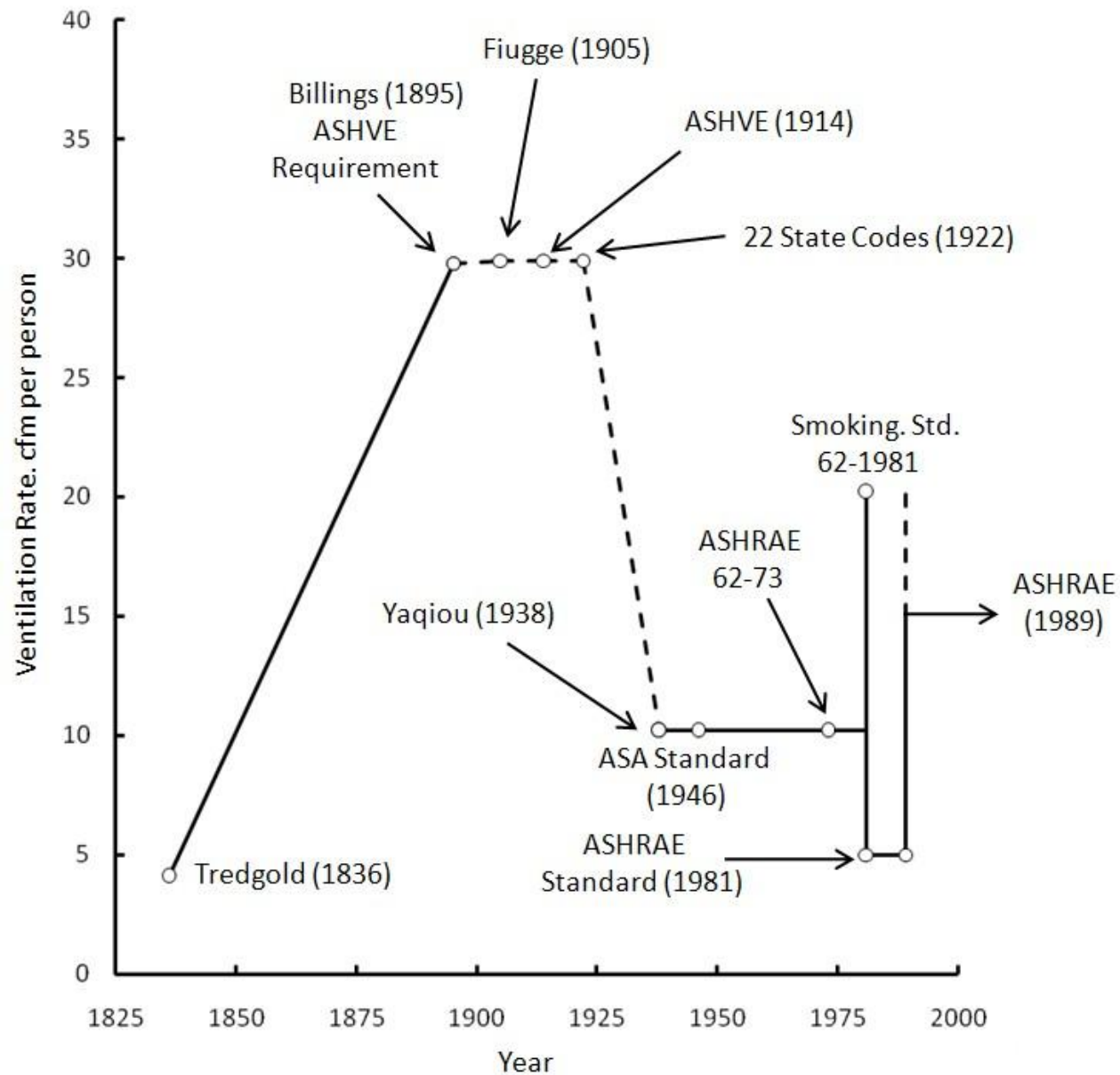


我们走的是一条“中庸之道”

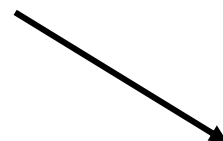
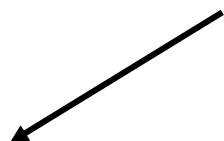
从最基本上看，**ASHRAE**二十年来发展通风标准的努力，一直是一个介于节约能源需要和保持可被接受室内空气质量的需要之间的内在冲突的结果；**节能要少通风，室内空气质量要多通风**。(Addington, 2001)

原文：Fundamentally, ASHRAE's struggle to develop ventilation standards over the past 20 years has been a product of the inherent conflict between the need to reduce energy, which minimizes ventilation, and the need to maintain acceptable indoor air quality, which tends to maximize ventilation.

“动荡”的室内通风量标准



检测分析技术



污染源控制

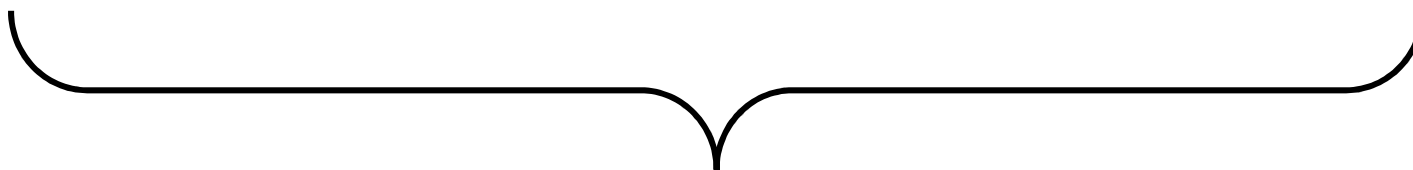
通风控制

空气净化

目前难以根治

室外雾霾+能耗

必要的补充!



$$C_{\text{污染物}} < C_{\text{污染物标准限值}}$$

- 上节课讲了净化的原理（？）
- 本节讲设备的选型

Review

- 房间空调器的设计选型流程

Review

- 房间空调器的设计选型流程
- 注意理解其中体现的改造世界的思维逻辑过程：基于技术

设计选型的基本理念

指标 = 负荷

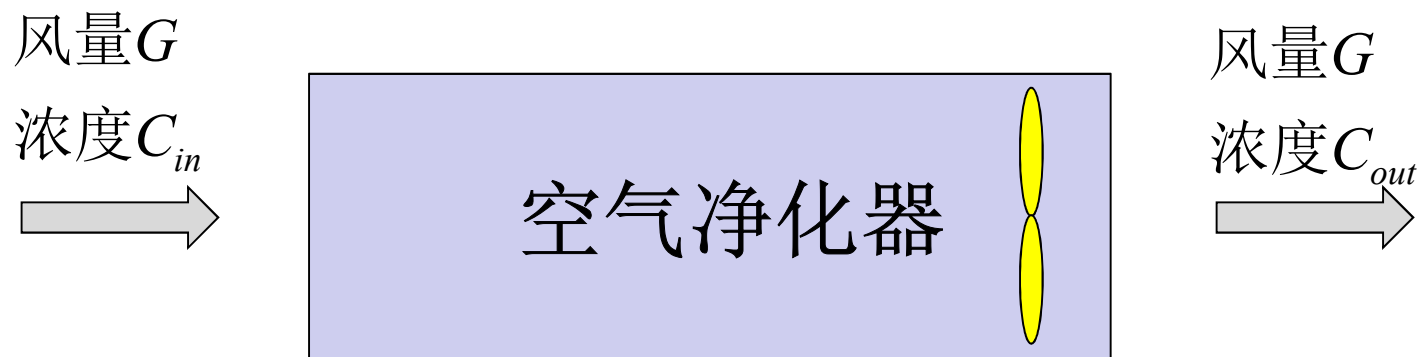
回到本课程：颗粒物净化器

指标 = 负荷

评价空气净化器性能的主要参数

- 一次通过效率
- 洁净空气量
- 效用率
- 寿命

一次通过效率 ε



$$\varepsilon = \frac{G\Delta t \cdot C_{in} - G\Delta t \cdot C_{out}}{G\Delta t \cdot C_{in}} = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\%$$

单位:

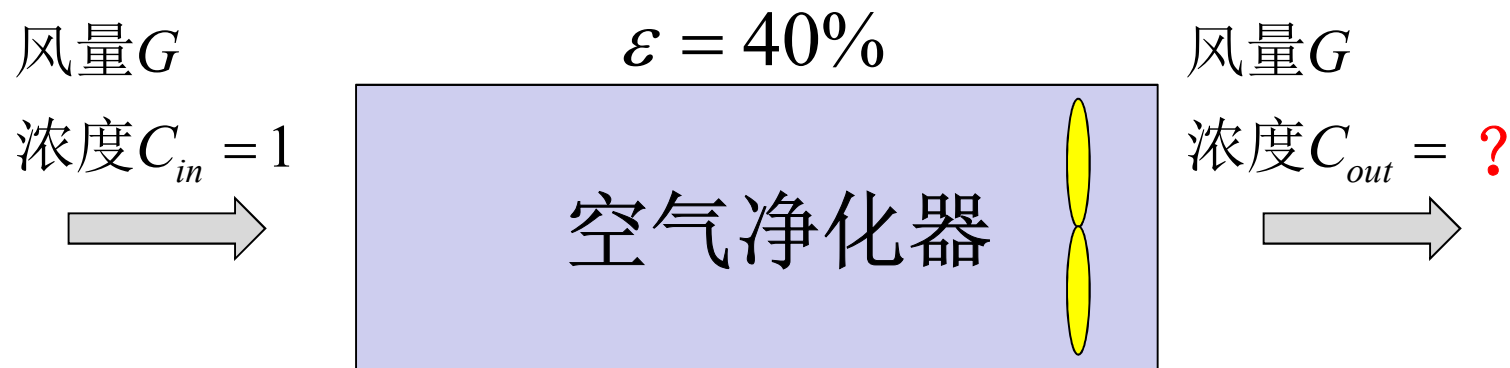
$G - \text{m}^3 / \text{h}$

$C_{out} - \text{mg} / \text{m}^3$

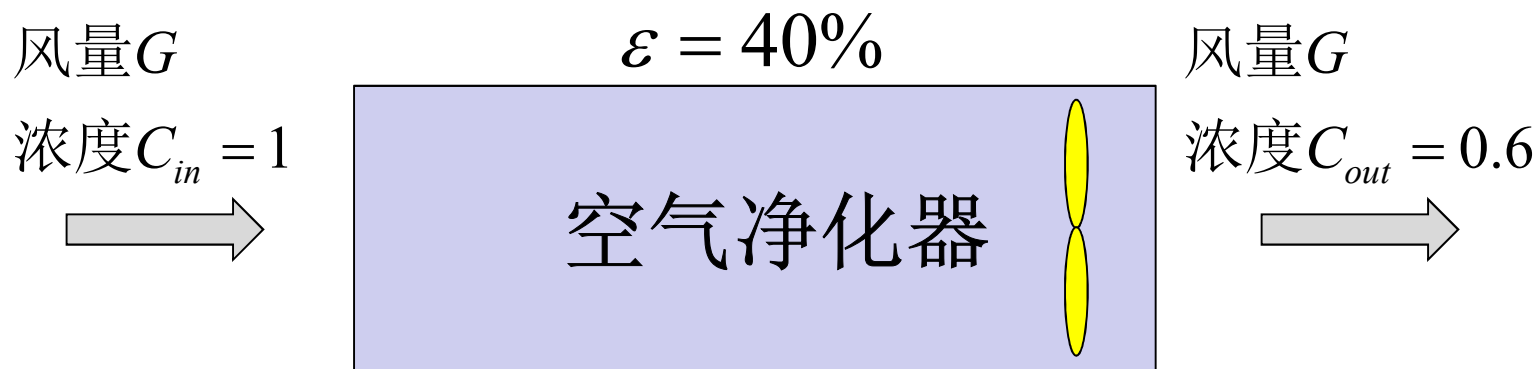
意义:

表示经过净化器, 有多少比例污染物被去除

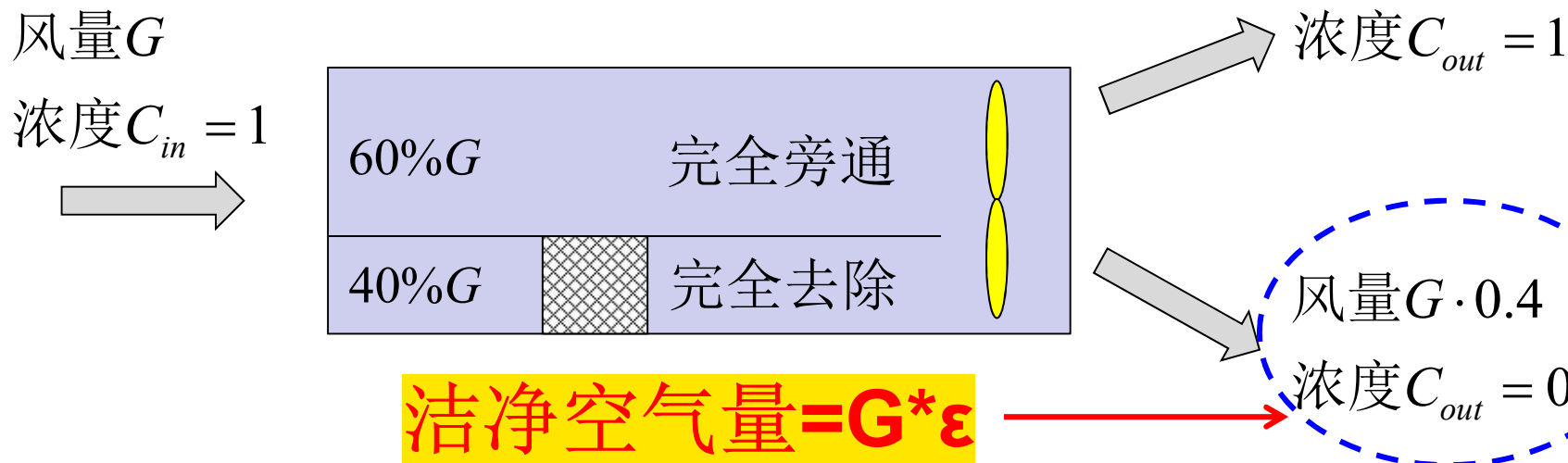
洁净空气量CADR (Clean Air Delivery Rate)



洁净空气量CADR (Clean Air Delivery Rate)



|| 等效于



$$\text{洁净空气量} = G * \varepsilon$$

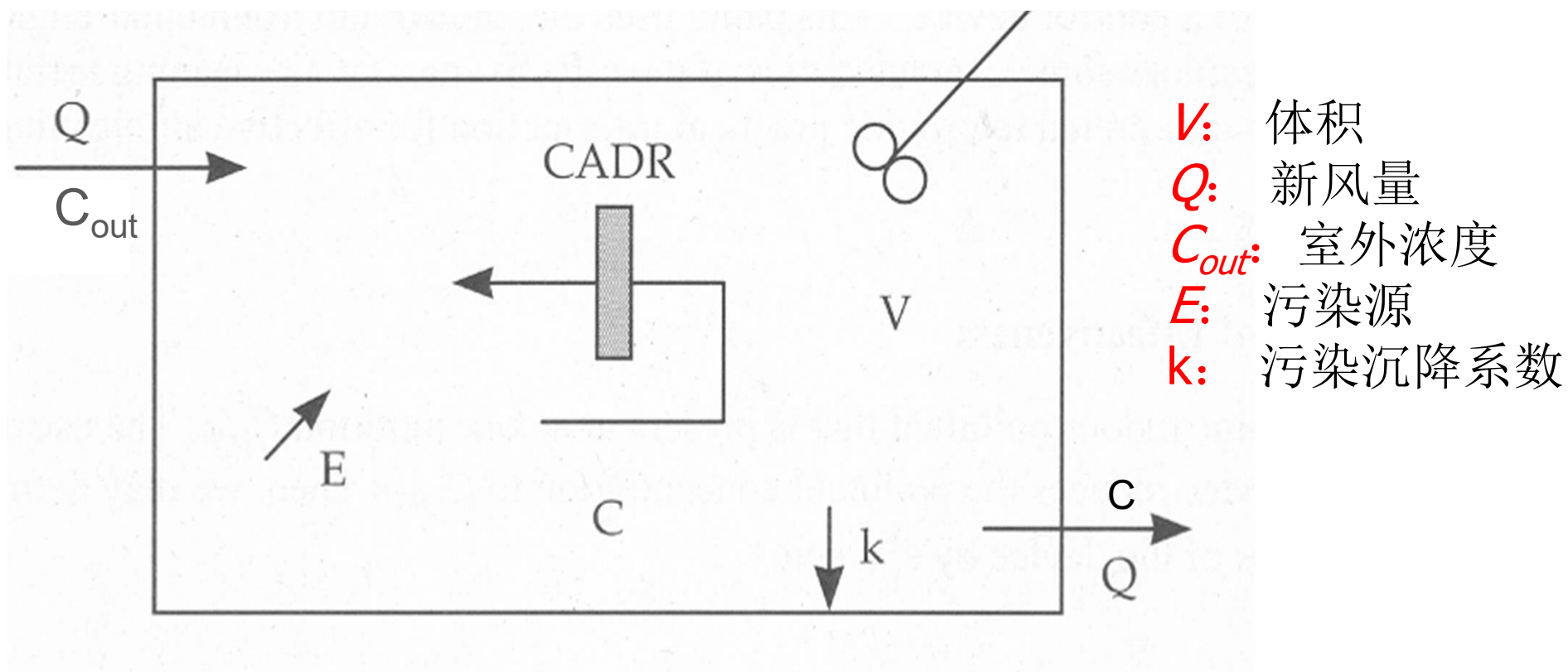
所能提供的完全洁净空气的量

洁净空气量
是衡量净化器产品出力的指标

洁净空气量
是衡量净化器产品出力的指标

衡量空调出力的指标是？

效率 η (effectiveness)



稳态, $t = \infty$

$$C = \frac{C_{out}Q + E}{Q + kV + CADR}$$

不用净化器 $C_{ref} = \frac{C_{out}Q + E}{Q + kV}$

用净化器 $C_{ctrl} = \frac{C_{out}Q + E}{Q + kV + CADR}$



$$\eta = \frac{C_{ref} - C_{ctrl}}{C_{ref}} \\ = \frac{CADR}{CADR + Q + kV}$$

$\eta = 0 \rightarrow$ 净化器基本没用
 $\eta = 1 \rightarrow$ 全靠净化器

表征净化器在实际环境
中的相对贡献

知道用哪个指标了么？

选购净化器选
洁净空气量最大的？

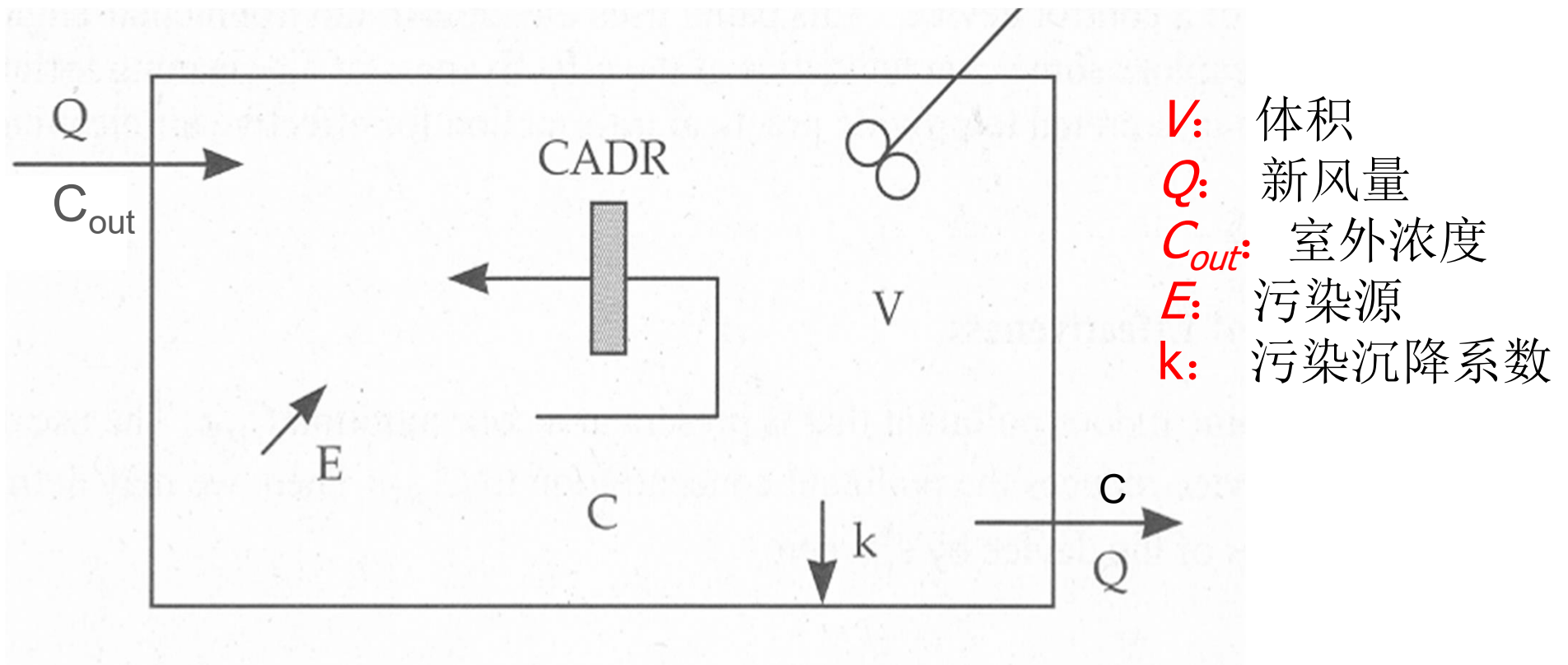


选最合适的！

回到本课程：颗粒物净化器

指标 = 负荷

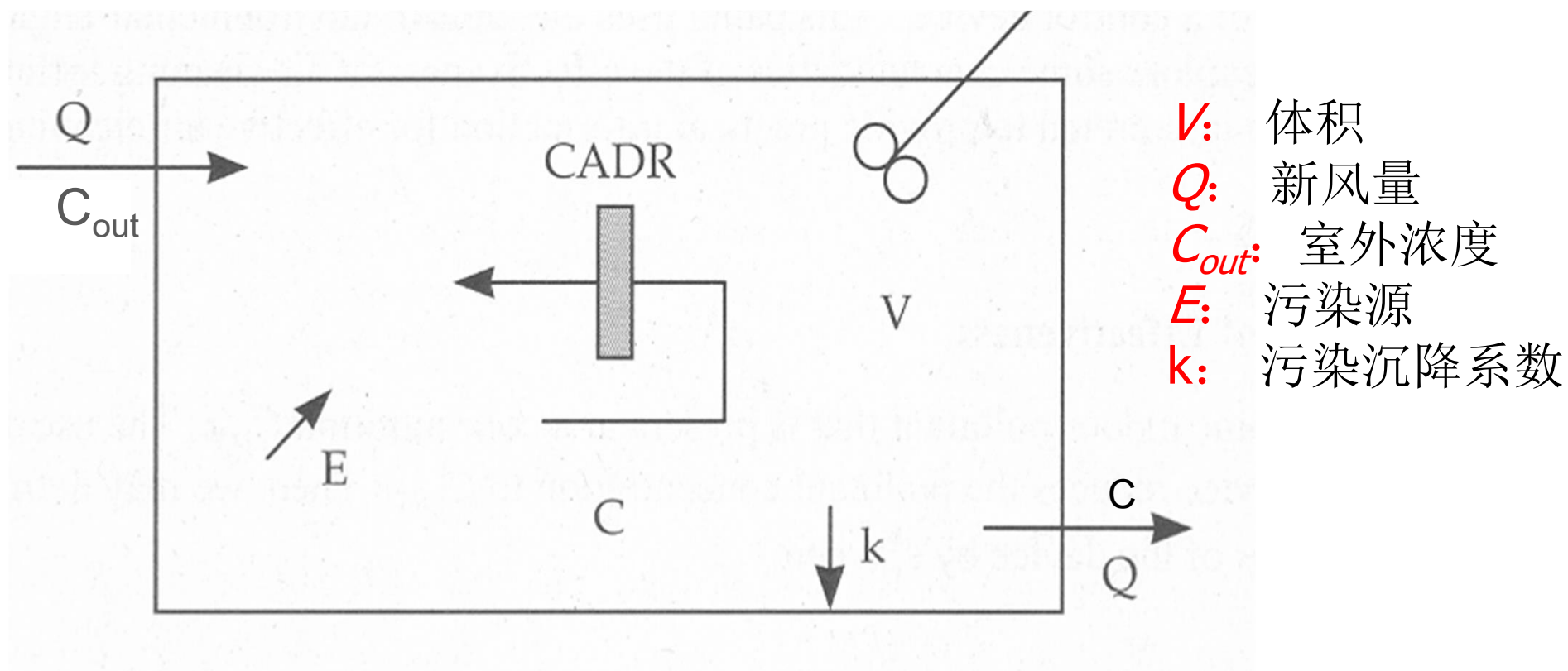
回到质量守恒方程



回到质量守恒方程

$$\text{质量的增量} = \text{进} - \text{出}$$

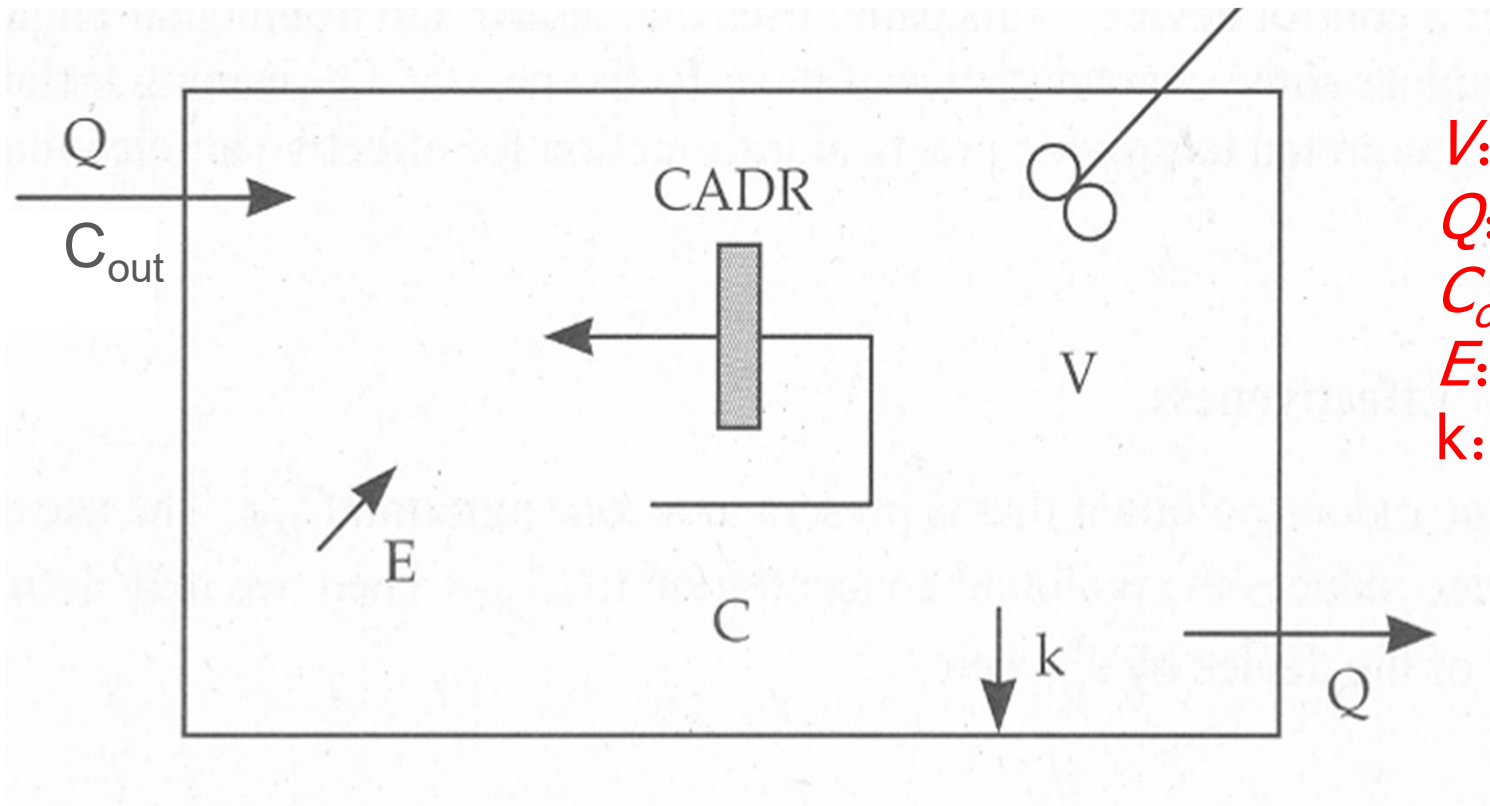
回到质量守恒方程



下面开始推导接力，一人一步

回到质量守恒方程

$$V \frac{dC}{dt} = Q(C_{out} - C) + E - (kV + CADR)C$$



- V : 体积
- Q : 新风量
- C_{out} : 室外浓度
- E : 污染负荷
- k : 污染自然衰减速率

假设房间内混合均匀、污染释放量恒定、**k**恒定

$$C = \frac{C_{out}Q + E}{Q + kV + CADR} + \left(C(0) - \frac{C_{out}Q + E}{Q + kV + CADR} \right) \exp\left(-\frac{Q + kV + CADR}{V} t \right)$$

该公式是室内空气污染控制的通用方程，很重要

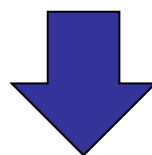
假设房间内混合均匀、污染释放量恒定、**k**恒定

$$C = \frac{C_{out}Q + E}{Q + kV + CADR} + \left(C(0) - \frac{C_{out}Q + E}{Q + kV + CADR} \right) \exp\left(-\frac{Q + kV + CADR}{V} t \right)$$

该公式是室内空气污染控制的通用方程，很重要

若稳态， $t = \infty$

$$C = \frac{C_{out}Q + E}{Q + kV + CADR} \leq C_{\text{标准要求阈值}}$$



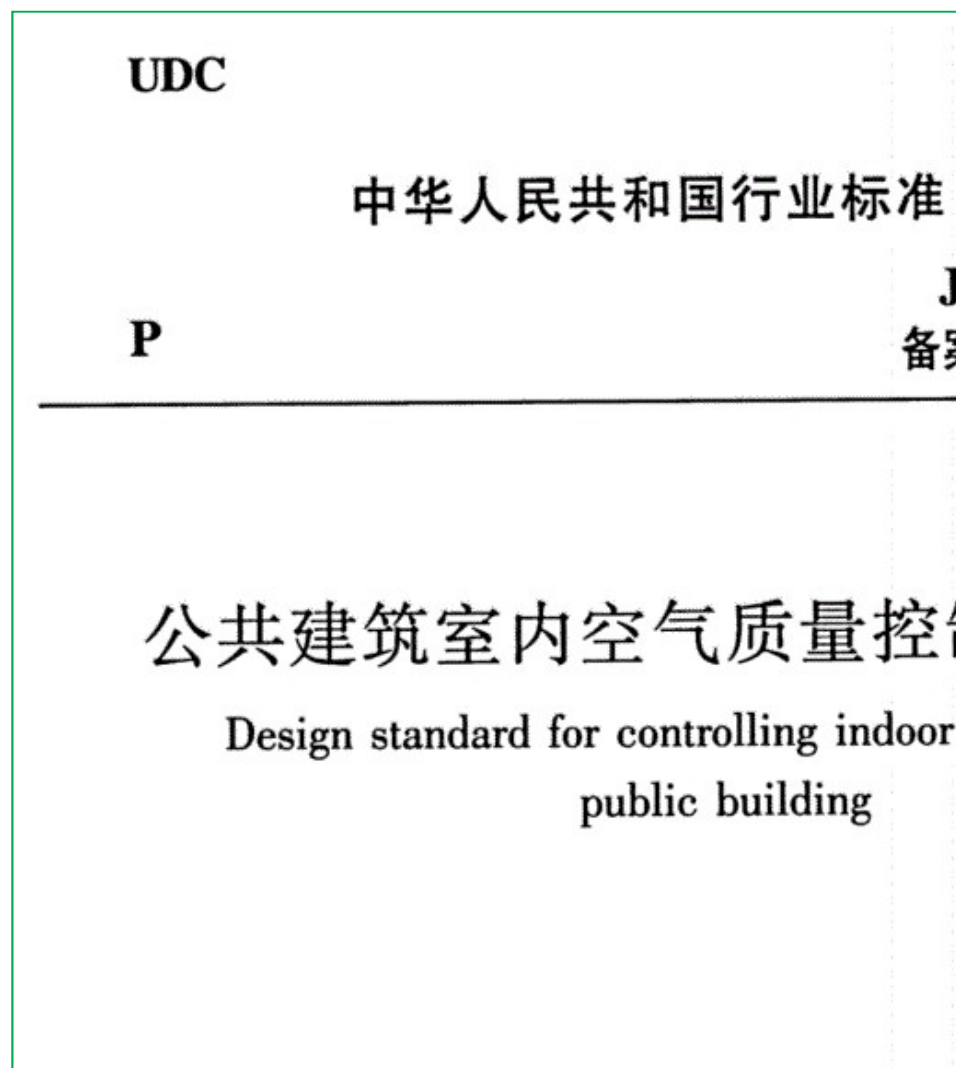
要选购的净化器

$$CADR = \frac{C_{out}Q + E}{C_{\text{标准要求的阈值}}} - (Q + kV)$$

- 北京室外 $350\mu\text{g}/\text{m}^3$, $P=0.9$, $Q=0.5/\text{h}$,
 $k=0.2/\text{h}$, $h=3\text{m}$, 面积 50m^2 , 室内目标
 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$, 求CADR

- 其他净化策略：新风净化，回风净化，送风净化
- 其他净化手段：电除尘-副产物臭氧，不推荐，除非有辅助手段除臭氧

有了这些知识，你们可以编制标准了



也知道家里要买什么样的净化器了

总结-流程

C

总结-流程

C

$C=f(x_1, x_2, \text{CADR}, \dots)$

总结-流程

C

$$C=f(x_1, x_2, C_{ADR}, \dots)$$

$$C=f(x_1, x_2, C_{ADR}, \dots) < C_{\text{stand}}$$

总结-流程

C

$$C=f(x_1, x_2, C_{ADR}, \dots)$$

$$C=f(x_1, x_2, C_{ADR}, \dots) < C_{stand}$$

$$C_{ADR} > g(x_1, x_2, C_{stand}, \dots)$$

总结-流程（空调设计）

T

总结-流程（空调设计）

T

$$T=f(x_1, x_2, Q_c, \dots)$$

$$T=f(x_1, x_2, Q_c, \dots) < T_{\text{stand}}$$

$$Q_c > g(x_1, x_2, T_{\text{stand}}, \dots)$$

总结-凝练提升

C

$$C=f(x_1, x_2, C_{ADR}, \dots)$$

$$C=f(x_1, x_2, C_{ADR}, \dots) < C_{stand}$$

$$C_{ADR} > g(x_1, x_2, C_{stand}, \dots)$$

T

$$T=f(x_1, x_2, Q_c, \dots)$$

$$T=f(x_1, x_2, Q_c, \dots) < T_{stand}$$

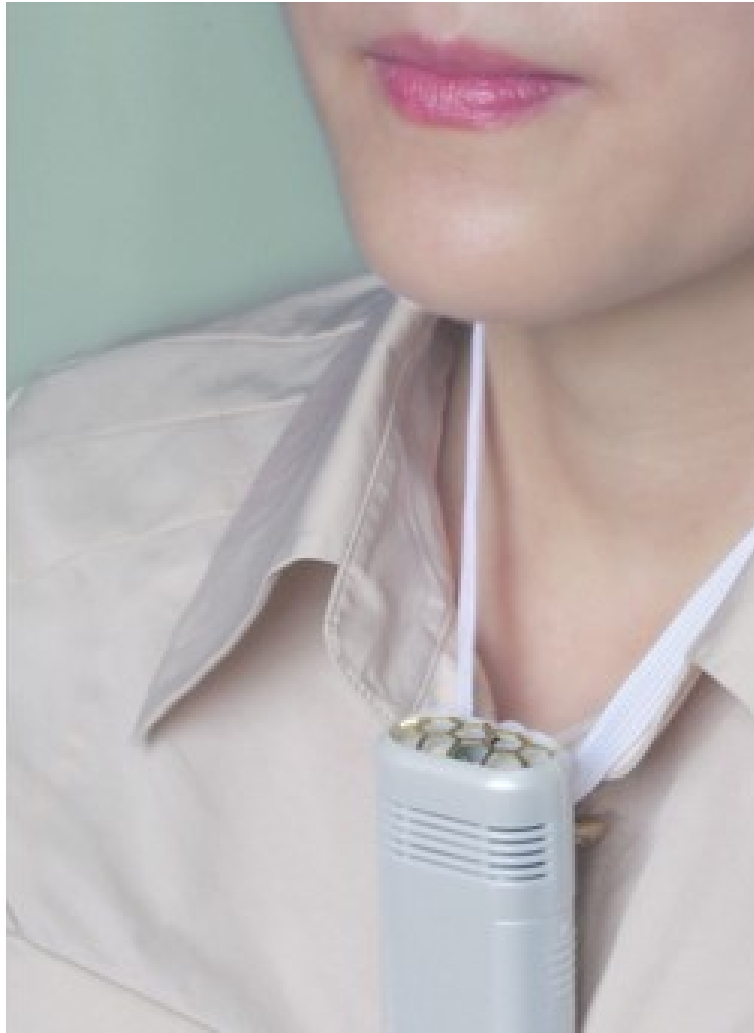
$$Q_c > g(x_1, x_2, T_{stand}, \dots)$$

一般规律？

作业

- 找一款**PM2.5**（具名品牌和型号），计算它的效用率（以教室为例，换气次数**0.5/h**，沉降系数**0.1/h**）
- 找各自家乡（省会）的室外浓度，以自己家为对象，室内净化，换气次数**0.5/h**，沉降系数**0.1/h**，无室内源，求相应的**CADR**

从效用率的角度来分析一下这类产品的实际净化效果



“大众创业、万众创新”：
不应随波逐流
学会抓住主要矛盾点
掌握核心竞争力