

目录

- 绪论
- 第1章 空气与焓湿图
- 第2章 空调负荷与送风量
- 第3章 空气的热湿处理
- 第4章 空调冷热源
- 第5章 空调系统
- 第6章 空调风道系统设计
- 第7章 空调水系统及设计
- 第8章 空调房间的气流组织
- 第9章 室内空气质量与空气净化处理
- 第10章 空调系统消声与隔振
- 第11章 空调系统安装完工后的测定与调整
- 第12章 空调工程设计

绪论

- ❧ 空调的任务和技术手段
- ❧ 空调的基本方法和系统组成
- ❧ 空调的作用和应用
- ❧ 空调技术的发展概况
- ❧ 空调技术的发展方向

获取更多资料

领军星球

空调的任务和技术手段

空调的任务：

- 创造并保持能满足一定要求的特定空间空气环境

空调控制的基本参数：

- 温度、湿度、流动速度、洁净度

空调的技术手段有：

- 采用热湿交换技术
- 采用气流组织技术
- 采用净化技术
- 采用换气技术

空调技术需要涉及以下主要内容：

1. 特定空间内、外干扰量的确定与计算
2. 空气的处理方法与装置的选择
3. 空调系统形式的确定与设计
4. 气流组织设计与风口选择
5. 空气的净化处理
6. 空调系统的消声、隔振、测试与调整

空调的基本方法和系统组成

- ❧ 空调的基本方法：以空气为介质，使送风参数不同来达到控制特定空间内空气参数的目的。
- ❧ 典型建筑中央空调系统主要由四部分组成：
 1. 流体输送与分配系统
 2. 空气处理装置
 3. 冷热源
 4. 控制调节装置

典型建筑中央空调系统简图

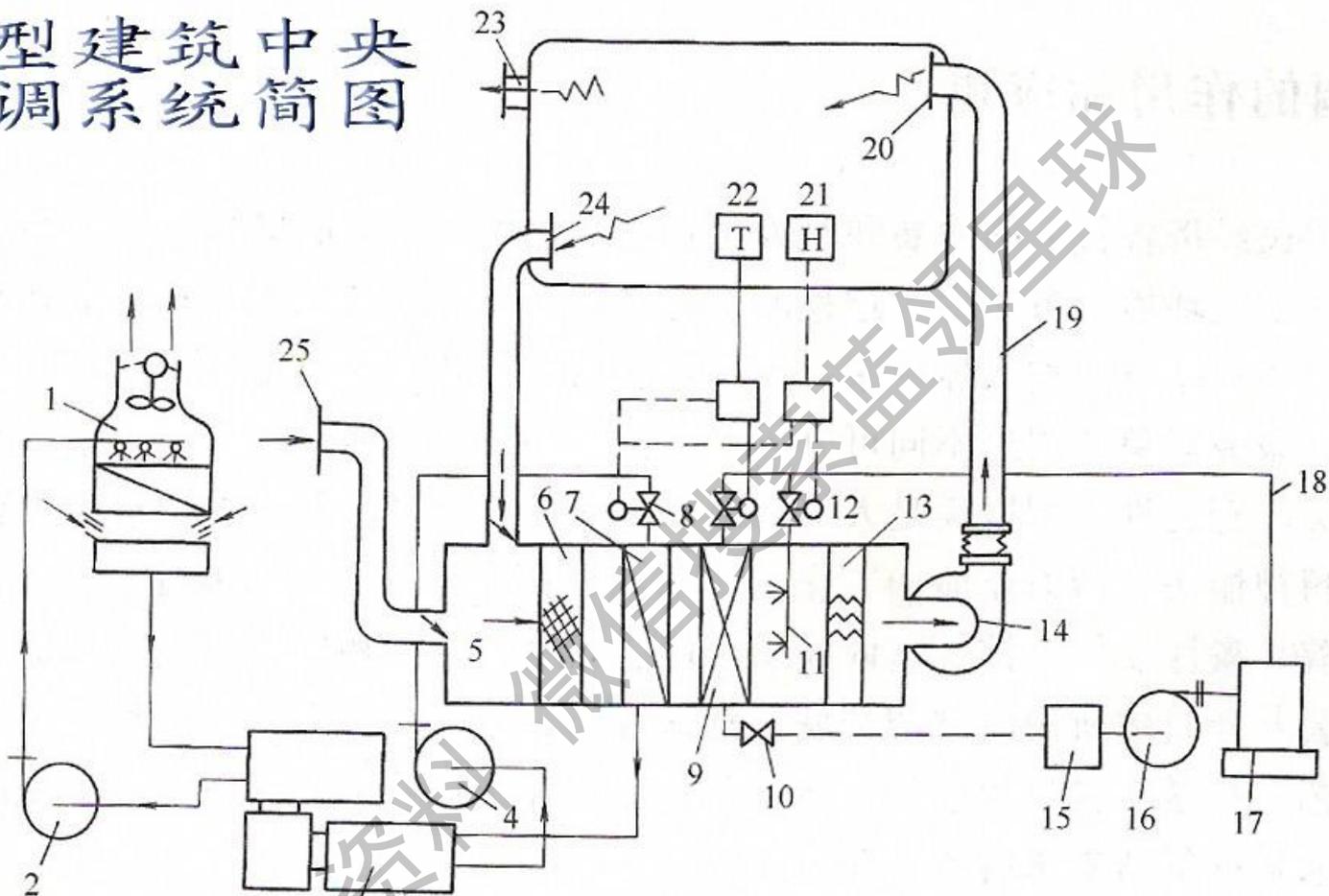


图 0-1 典型建筑中央空调系统简图

- 1—冷却塔 2—冷却水泵 3—制冷机组 4—冷水循环泵 5—空气混合室
 6—空气过滤器 7—空气冷却器 8—冷水调节阀 9—空气加热器 10—疏水器
 11—空气加湿器 12—蒸汽调节阀 13—挡水板 14—风机 15—回水过滤器
 16—锅炉给水泵 17—锅炉 18—蒸汽管 19—送风管 20—送风口
 21、22—温、湿度感应控制元件 23—排风口 24—回风口 25—新风进口

流体输送与分配系统

空调风系统

空调水系统

送风系统

排风系统

获取更多资料

微信搜索 筑龙星球

空调的作用和应用

∞ 空调的作用：

- I. 对国民经济各行业的发展和人民物质文化生活水平的提高具有重要意义
- II. 空调对各生产过程的稳定进行和保证产品质量和产量有重要作用
- III. 空调对提高劳动生产率、保护人体健康、创造舒适的工作和生活环境有重要意义

空调的应用：

∞ 按照空调服务对象或用途不同可分为：

- **舒适性空调**：以满足人对特定空间内空气环境的舒适性要求为主要目的
- **工艺性空调**：以满足生产工艺和科学实验过程、设备运行和产品储存等对特定空间内空气环境的要求为主要目的，工作人员的舒适要求有条件时可兼顾

获取更多资料

空调技术的发展概况

世界空调发展史

- 1890: 美国空调系统应用于工业和生活
- 1906: 在美国“空气调节”第一次出现
- 1911: W. H. Carrier绘制了空气焓湿图, 这是空调史上的一个重要里程碑

中国空调发展史

- 解放前, 1930左右上海纺织厂开始应用带喷水室的空调系统
- 解放后, 50年代应用于纺织行业, 80~90年代发展迅速

空调技术的发展方向

- ❧ 空调节能问题
- ❧ 空调健康问题
- ❧ 空调环保问题

返回

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第1章 空气与其焓湿图

- ❧ 空气的组成与状态
- ❧ 空气的状态参数
- ❧ 空气的焓湿图及其应用

获取更多资料

1.1 空气的组成与状态

1、空气的组成

- **体积比**：氮气约占78%；氧气约占21%；其他（一氧化碳，二氧化碳及惰性气体）约占1%
- 水蒸气按质量比约占0.01%~0.4%
- 空调技术中：**湿空气 = 干空气 + 水蒸气**

2、空气中的水蒸气及其影响

- 空气中水蒸气的来源
- 影响空气水蒸气量的因素（共3点）
- 空气中水蒸气量的变化对空气的干燥和潮湿程度会产生重要影响（共5点）

3、干空气

干空气指除水蒸气以外的那部分空气。

基本特征：

- ① 在常温常压下不发生相变
- ② 组成成分及比例不变
- ③ 不可压缩

在空气处理过程中，水蒸气含量变化较大，而干空气的成分和数量却保持相对稳定，可以作为一个整体来对待。因此通常以干空气为基数，可以在简化计算的同时，使计算更加精确。

4、空气的状态与基本变化规律

根据空气中水蒸气的不同状态，划分空气的不同状态：

1. 饱和空气：

空气 = 干空气 + 干饱和蒸气 = 饱和空气

2. 过饱和空气：

空气 = 干空气 + 湿饱和蒸气 = 过饱和空气

3. 不饱和空气：

空气 = 干空气 + 过热蒸气 = 不饱和空气

三过程可以相互转化：以“雾”的形成和消失为例

1.2 空气的状态参数

空气的状态参数：压力类、温度类、湿度类、能量类

1.2.1 空气的压力类参数

空调压力概念在以下四个方面的应用：

- ✓ 某些空调房间空气压力必须比另一些房间（散发污染源）的空气压力高
- ✓ 空气潮湿状态程度可以用水蒸气分压力来定义
- ✓ 不同的大气压力条件，空气的性质不一样，需查阅不同的焓湿图
- ✓ 在设计风管的过程中，要用到空气全压、静压、动压的概念。所有风机盘管和风机都要用到出口全压这个选型参数

❧ 1.2.1 空气的压力类参数

◦ 1、大气压力与空气的绝对压力

- **大气压力**：地球表面单位面积上所受到大气的压力称为大气压力或大气压，用 p_B 表示，单位为Pa
- 用弹簧压力表等仪表测得的空气压力值称为**工作压力**。工作压力大于0，称为**表压力**；若小于0，其绝对值称为**真空度**。
- **工作压力与绝对压力的关系**：
绝对压力=工作压力+当地大气压力
- **注意**：绝对压力才是空气的状态参数

2、水蒸气分压力

- **水蒸气分压力**：空气中的水蒸气单独占有空气的体积，并具有与空气相同的温度时所具有的压力，通常用 p_q 表示，单位为Pa。
- **干空气分压力**：空气中的干空气单独占有空气的体积，并具有与空气相同的温度时所具有的压力，通常用 p_g 表示，单位为Pa。
- 根据道尔顿分压力定律：

$$p_B = p_g + p_q$$

∞ 1.2.2 空气的温度类参数

◦ 1、干球温度

∞ 表示用 t 或 t_g ，单位为 $^{\circ}\text{C}$

◦ 2、湿球温度

∞ 湿球温度是空气的一个状态参数

∞ 表示用 t_s ，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ，由湿球温度计测得

∞ 湿球温度计测湿球温度的原理

◦ 3、露点温度

∞ 露点温度的概念

∞ 表示用 t_L ，单位为 $^{\circ}\text{C}$

1.2.3

空气的湿度类参数

1、含湿量

◦ **定义**：每千克干空气中所含有的水蒸气量，即

$$d = \frac{m_q}{m_g}$$

式中 d ——含湿量，单位为kg/kg干；

m_q ——空气中所含水蒸气的质量，单位为kg；

m_g ——空气中所含干空气的质量，单位为kg干。

- 饱和含湿量：即饱和空气的含湿量，此量与温度相关，空气的温度越高，空气达到饱和状态时能容纳的水蒸气量越多，即饱和含湿量越大。

2、相对湿度

定义：空气中的水蒸气分压力与相同温度下的饱和空气的水蒸气分压力之比，即

$$\varphi = \frac{P_q}{P_{q.b}} \times 100\%$$

相对湿度可以直观的反映空气中水蒸气接近饱和的程度。此值为0，则为干空气；此值为100%，则是饱和空气。

∞ 1.2.4 空气的能量参数

- ∞ **焓**：即比焓或质量焓，是物质本身所包含的内部能量，用 h 表示。单位 $\text{kJ}/\text{kg}_{\text{干}}$ 。
- ∞ 以 0°C 的干空气和 0°C 的水的焓值为0作为基准，则空气的焓为：

$$h = h_g + dh_q$$

- ∞ h — 含有1kg干空气的的空气的焓，单位为 $\text{kJ}/\text{kg}_{\text{干}}$
- ∞ h_g — 1kg干空气的焓，单位为 $\text{kJ}/\text{kg}_{\text{干}}$
- ∞ d — 含湿量，单位为 $\text{kg}/\text{kg}_{\text{干}}$
- ∞ h_q — 1kg水蒸气的焓，单位为 $\text{kJ}/\text{kg}_{\text{汽}}$

$$h_g = c_p t = 1.01t$$

式中 $c_p = 1.01 \text{kJ} / \text{kg} \cdot \text{K}$ — 干空气的比定压热容；

t — 空气的温度

$$h_q = r + c_{p,q} t = 2500 + 1.84t$$

$r = 2500 \text{kJ} / \text{kg}_{\text{水}}$ — 0°C 时水的汽化潜热

$c_{p,q} = 1.84 \text{kJ} / \text{kg} \cdot \text{K}$ — 水蒸气的比定压热容

空气的焓值为 $h = 1.01t + (2500 + 1.84t)d$

∞ 1.2.5 空气状态参数之间的关系

- 1) 含湿量与水蒸气分压力之间的关系:

$$d = 0.622 \frac{p_q}{B - p_q}$$

- 2) 由水蒸气分压力和干球温度求相对湿度:

$$\varphi = \frac{p_q}{p_{q.b}} \times 100\%$$

- 3) 由温度和含湿量求解焓:

$$h = 1.01t + (2500 + 1.84t)d$$

- 4) 由干球温度和相对湿度求解含湿量:

$$d = 0.622 \frac{\varphi p_{q,b}}{B - \varphi p_{q,b}}$$

- 5) 由干球温度和湿球温度求解相对湿度:

$$\varphi = \frac{p'_{q,b} - 0.00065(t - t_s)p_B}{p_{q,b}}$$

$p'_{q,b}$ — 湿球温度 t_s 所对应的饱和水蒸气分压力

1.3 空气的焓湿图及其应用

1.3.1 焓湿图的组成

1、焓湿图的绘制

2、热湿比和热湿比线

- **热湿比**，即用空气状态变化前后的焓差比上含湿量差；连接空气状态变化前后状态点的直线为热湿比线，表示空气状态变化的方向和特征
- 空气由状态A到状态B，其热湿比值为：

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{\Delta d} = \frac{h_B - h_A}{d_B - d_A}$$

1.3.2 焓湿图的应用

- 1.3.2.1 确定空气的状态及查找参数;
- 1.3.2.2 表示空气状态变化过程;

1、加热过程

A—B: $\Delta t > 0$, $\Delta h > 0$, $\Delta d = 0$

处理设备: (电)空气加热器

2、冷却过程

干冷 A—C: $\Delta t < 0$, $\Delta h < 0$, $\Delta d = 0$

处理设备: 表面式冷却器, 喷水室

湿冷 A—C'': $\Delta t < 0$, $\Delta h < 0$, $\Delta d < 0$

处理设备: 表面式冷却器, 喷水室

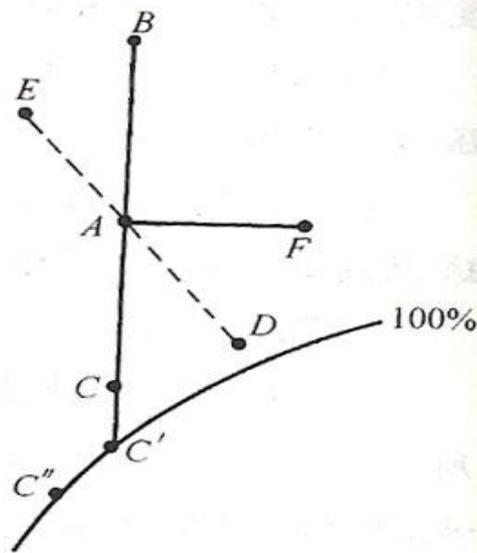


图 1-7 几种典型的空气状态变化过程

3、等焓过程

等焓减湿A—E: $\Delta d < 0$, $\Delta t > 0$, $\Delta h = 0$

处理设备: 固体吸湿剂

等焓加湿A—D: $\Delta d > 0$, $\Delta t < 0$, $\Delta h = 0$

处理设备: 喷水室

4、等温加湿

A—F: $\Delta d > 0$, $\Delta h > 0$, $\Delta t = 0$

处理设备: 蒸汽加湿器, 喷水室

1.3.2.3 确定两种不同状态空气混合后的状态点

根据能量守恒和质量守恒定律：

$$q_{m_A} h_A + q_{m_B} h_B = (q_{m_A} + q_{m_B}) h_C$$

$$q_{m_A} d_A + q_{m_B} d_B = (q_{m_A} + q_{m_B}) d_C$$

由上两式，导出：

$$h_C = \frac{q_{m_A} h_A + q_{m_B} h_B}{q_{m_A} + q_{m_B}}$$

$$d_C = \frac{q_{m_A} d_A + q_{m_B} d_B}{q_{m_A} + q_{m_B}}$$

混合点C就在AB连线上

且有：

$$\frac{BC}{AC} = \frac{q_{m_A}}{q_{m_B}}$$

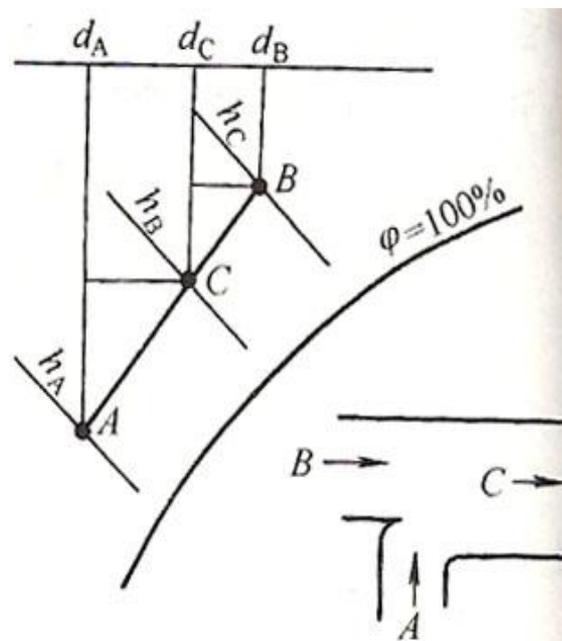


图 1-9 两种不同状态空气的混合图示

第2章 空调负荷与送风量

- 2.1 室内外空气计算参数
- 2.2 太阳辐射对建筑物的热作用
- 2.3 空调负荷
- 2.4 空调房间送风量和送风状态点的确定

获取更多资料

2.1 室内外空气计算参数

2.1.1 室内空气计算参数

- 舒适性
- 工艺性

1、热舒适性与室内空气计算参数

影响人热舒适性的因素复杂，先后引入了热强度指标；等感温度；有效温度；人体舒适区等方法来描述

(1) 人体热平衡与热舒适感

人体温度应维持在 $36.5\sim 37^{\circ}\text{C}$ ，人体才感觉舒适。

影响人体舒适感的因素有：

- 1) 室内空气温度
- 2) 室内空气相对湿度
- 3) 人体附近气流速度
- 4) 围护结构内表面及室内其他物体表面的温度
- 5) 衣着情况及衣服的保温性和透气性
- 6) 人的活动情况
- 7) 人的年龄和身体状况
- 8) 种族和个体的习惯

人体的散热方式有：

- 对流；辐射；热传导；蒸发

(2) 等效温度图和舒适区

图中紫色粗实线为等效温度线；

$t=25^{\circ}\text{C}$, $\phi=50\%$ 的交点对应 25°C 的等效温度线。该线上对应的点都具有不同的温度和相对湿度，但各点给人的冷热感觉相当于 $t=25^{\circ}\text{C}$, $\phi=50\%$ 时的感觉。从图中可知，当 ϕ 较低时， t 较高。

注意绘图条件：

菱形区域（空气流速
 0.15m/s , $0.6\sim 0.8\text{clo}$, 静坐）

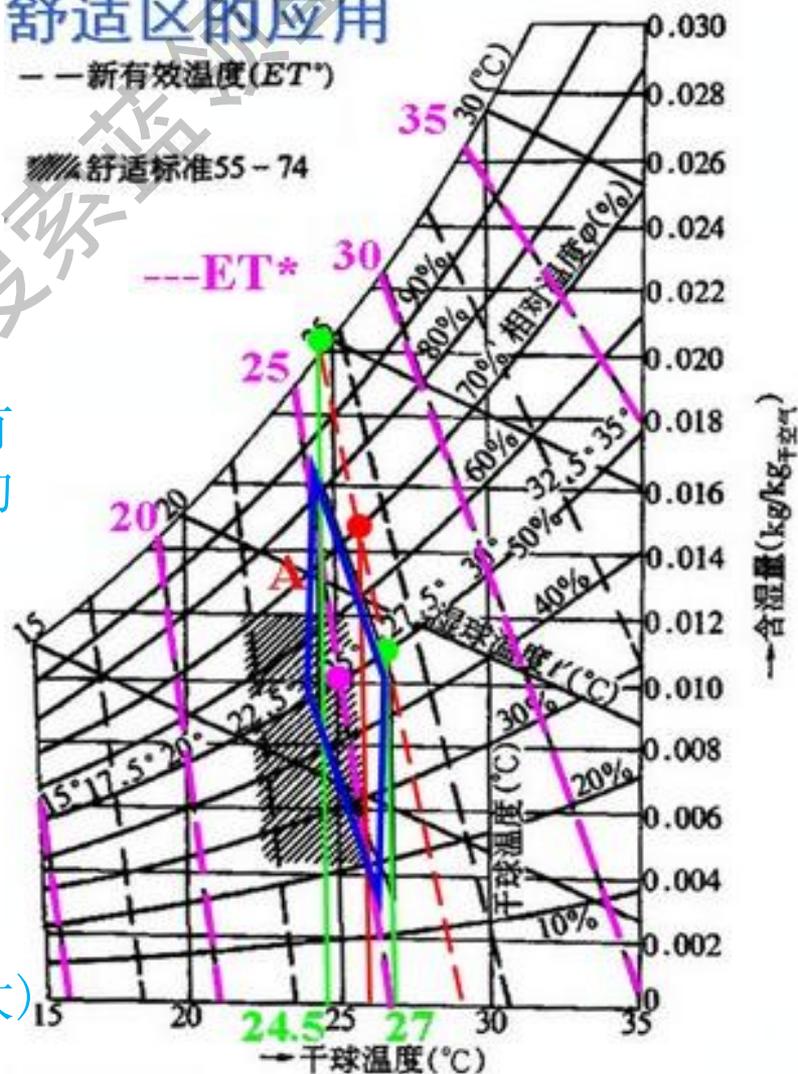
平行四边形区域（空气流速

0.15m/s , $0.8\sim 1\text{clo}$, 静坐但活动量稍大）

舒适区的应用

— 新有效温度 (ET^*)

▨ 舒适标准 55 - 74



∞ (3) 人体热平衡方程和PMV-PPD指标

∞ 人体热平衡方程：

人体产热 - 对外做功消耗 - 体表扩散失热 - 汗液蒸发失热 - 呼吸的显热和潜热交换 = 通过衣服的换热 = 在热环境内通过对流和辐射的换热

∞ Franger提出PMV-PPD指标评价方法

∞ 人对热环境的满意程度用数值进行量化的评价值见右图

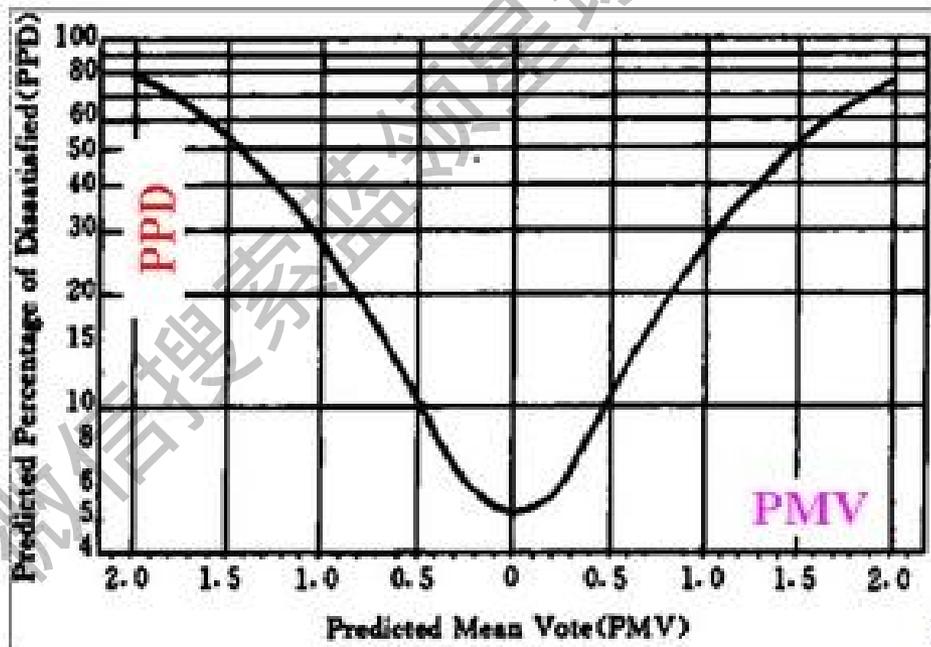
PMV热感觉标尺	+3	热
	+2	暖
	+1	微暖
	0	适中
	-1	微凉
	-2	凉
	-3	冷

∞ PMV（预期平均评价）指标有六个因素：

- ① 人体活动强度
- ② 衣着情况
- ③ 空气温度
- ④ 空气湿度
- ⑤ 空气流速
- ⑥ 环境平均辐射温度

PMV能代表大多数人对同一热环境的热舒适感觉，由于个体差异，总有少数人对该环境并不满意，所以引入了PPD（预期不满意百分比）指标。

IS07730标准
中采用了PMV-PPD
指标描述和评价
热环境，提出的
推荐值为：



PMV在 $-0.5 \sim +0.5$ 之间， $PPD \leq 10\%$ ，即相当于人群中允许有10%的人感到不满意
国家标准：

PMV在 $-1 \sim +1$ 之间， $PPD \leq 27\%$ ，即相当于人群中允许有27%的人感到不满意

∞ (4) 舒适性空调室内空气计算参数的确定
确定室内空气计算参数，需考虑以下几点：

- ◆ 舒适性条件
- ◆ 室外气象条件
- ◆ 经济条件
- ◆ 节能要求

具体参见《**采暖通风与空气调节设计规范**》
(GB50019-2003)

2、工艺性空调室内空气计算参数的确定

一般降温空调

- 规定温度和湿度的上限值

恒温恒湿空调

- 对温度和湿度精度有严格要求

净化空调

- 对温度和湿度精度有严格要求
- 对含尘大小和数量有严格要求

- ❧ 工艺性空调的具体参数由生产工艺给定，同时要兼顾劳动保护条件，工艺区风速参见《采暖通风与空气调节设计规范》（GB50019—2003），即冬季不宜大于 0.3m/s ，夏季宜采用 $0.2\sim 0.5\text{m/s}$ ，当室内温度高于 30°C 时，可大于 0.5m/s
- ❧ 某些生产工艺过程所需的室内空气参数见表2—5

获取更多资料

3、空调基数和空调精度

- **空调基数**：指空调区域内，按设计规定所需保持的空气基准温度和基准相对湿度；
- **空调精度**：指在空调区域内温度和相对湿度允许的波动范围
- 例如：

$$t_N = (22 \pm 1)^\circ\text{C}$$

$$\varphi_N = (50 \pm 5) \%$$

2.1.2 室外空气计算参数

- 室外空气计算参数指与空调系统设计与运行有关的一些室外气象参数，如：

B, t, φ, v , 风向, 日照等

1、室外空气温湿度的变化规律

(1) 室外空气温度的日变化

- ◆ 室外温度以24小时为周期波动，波动规律基本符合正弦（余弦）变化规律：夜晚，由于地面向大气层放热，凌晨四五点气温最低；白天，由于地面获得太阳辐射，到下午两三点气温最高

(2) 室外空气温度的季节性变化

室外空气温度的季节性变化仍然呈周期性变化：7、8月热；1、2月冷

(3) 室外空气湿度的变化

一日内，空气含湿量变化不大，可看作定值，所以相对湿度与温度的变化相反，即夜晚相对湿度大，正午相对湿度小

2、室外空气计算参数的确定

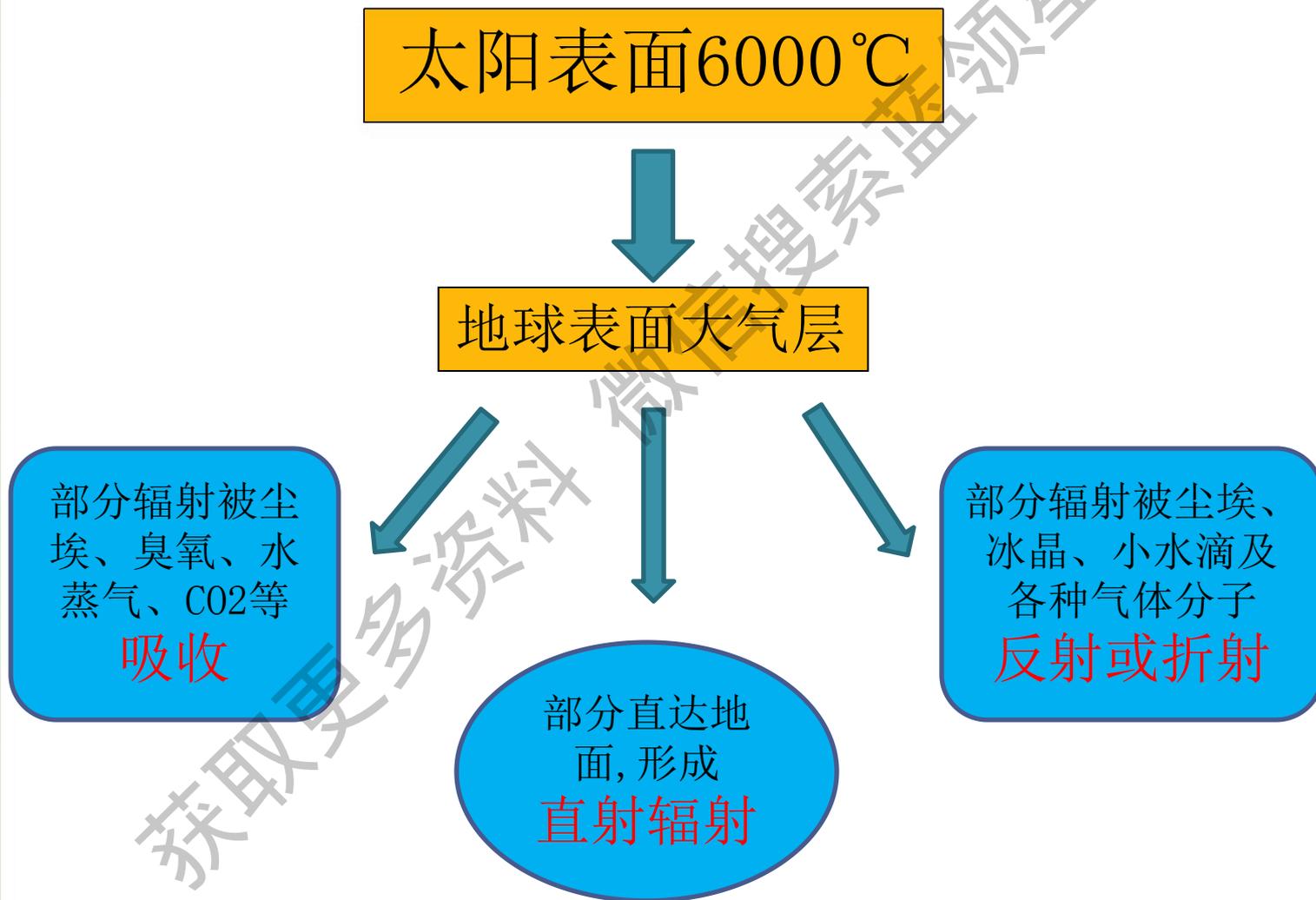
室外计算参数的取值关系到室内空气状态的保证程度和设备投资

❧ 我国主要城市的室外空气气象参数参见
《采暖通风与空气调节设计规范》
(GB50019-2003) 附录

❧ 设计规范中规定的室外空气计算参数值，
是以全年少数时间不保证室内温湿度在
控制标准范围内的原则确定的

❧ 我国主要城市的室外空气气象参数摘录
于表2-6

2.2 太阳辐射对建筑物的热作用



☞地球表面接受的太阳辐射由两部分构成：

I. 直射辐射：有方向性（比例大）

II. 散射辐射：无方向性（比例小）

其中无方向散射辐射大部分返回宇宙空间，少部分到达地面，所以到达地面的**散射辐射**只占总辐射能中的很少比例

太阳辐射强度：1m²黑体表面在太阳照射下所获得的热量值，单位为W/m²。

影响**太阳辐射强度**的因素有：

I. 太阳高度角

II. 太阳光通过的大气层厚度

- ∞ 太阳辐射强度随着：地理纬度、季节、昼夜的不同而不同
- ∞ 围护结构得到的辐射热部分被表面反射，部分被表面吸收，其多少由外表材料的粗糙度、颜色等因素决定

获取更多资料

2.3 空调负荷

2.3.1 空调房间夏季得热量与冷负荷

1、空调房间夏季得热量：

◦ **定义：**某一时刻由外界进入空调房间的热量加上空调房间内的热源散发热量之和

◦ **具体计算因素：**

- | | |
|------------|--------------|
| 1、围护结构温差传热 | 2、通过外窗的太阳辐射热 |
| 3、人体散热 | 4、照明散热 |
| 5、设备散热 | 6、物料散热 |
| 7、渗入空气带入热量 | 8、散湿过程带入的潜热 |

∞瞬变得热量：随时间变化的得热量

∞稳定得热量：不随时间变化的得热量

对

流得热量

显热得热量

射得热量

辐

∞热量

潜热得热量

2、空调房间冷负荷与得热量的关系

冷负荷定义：要维持空调房间要求的空气温度，在某一时刻应从室内除去的热量。

热负荷定义：要维持空调房间要求的空气温度，在某一时刻应向室内供给的热量。

获取更多资料
微信搜索：筑龙星球

得热量与冷（热）负荷的关系：

- 得热量引起冷负荷，但一般不等于冷负荷。
- 原因有：
 - 围护结构特性
 - 房间内部物体的蓄热性
 - 得热量的种类



- 各得热量比例分配见表2—7
- 照明设备形成的冷负荷见图2—10

3、冷负荷计算方法

❧ 2.3.2 空调房间冬季耗热量与热负荷

❧ 冬季得热量因素

❧ 冬季耗热量因素

1、空调房间冬季耗热量

概念：耗热量指房间空气损失的热量。
又称为失热量或热损失

∞影响冬季耗热量的因素中，以围护结构的温差传热为最大

∞计算围护结构耗热量的方法：

□ 首先计算基本耗热量

□ 然后对基本耗热量进行附加（包括方向附加、高度附加、风力附加）

基本耗热量：在稳定传热情况下，通过墙、窗、门、地面及屋顶的传热量

2、空调房间热负荷的确定

- **热负荷定义**：要维持空调房间要求的空气温度，在某一时刻应向室内供给的热量。
- **注意**：民用建筑可不计算冬季得热量，而**只须计算**围护结构热损失

2.3.3 散湿量与湿负荷

- 房间湿量来源

室内散湿

室外湿空气带

入

2.3.4 空调系统负荷与概算方法

1、空调系统负荷

- 算法1：各房间通过逐时冷负荷相加之后得出的数列中找出最大值（较合理）
- 算法2：计算出各房间逐时冷负荷的最大值，然后将各最大值相加。（较算法1计算值为大）
- 计入新风冷负荷
- 计入再热冷负荷

2、空调负荷概算

2.4 空调房间送风量和送风状态点的确定

2.4.1 空调房间送风量的确定

已知房间的冷负荷 Q 和湿负荷 W ，需要通过送排风量相同、空气参数不同的方法来使房间的温湿度保持稳定。送入房间的空气具有低焓值和低含湿量，吸收余热余湿后，从排风口等量排出

获取更多资料

由空调房间的热、湿平衡可得：

$$q_m h_0 + Q = q_m h_N$$

$$q_m d_0 + W = q_m d_N$$

上两式经整理为：

$$q_m = \frac{Q}{h_N - h_0}$$

$$q_m = \frac{W}{d_N - d_0}$$

上两式可得：

$$\varepsilon = \frac{Q}{W} = \frac{h_N - h_0}{d_N - d_0}$$

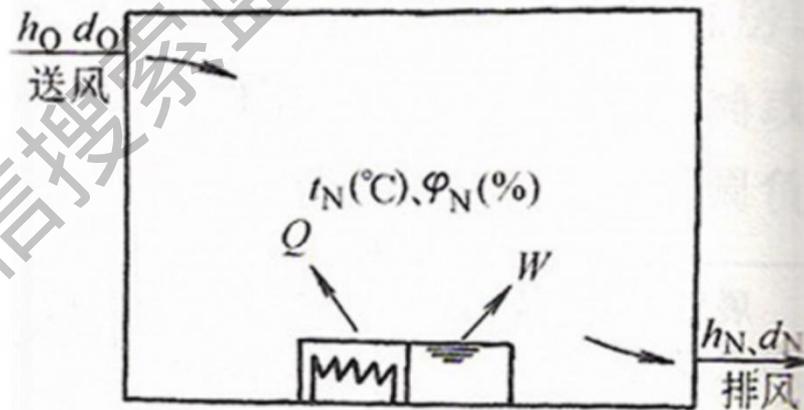


图 2-11 空调房间送排风示意图

2.4.2 空调房间送风状态点的确定

联系*i-d*图，确定送风状态点*O*

换气次数：指房间送风量 q_V (m^3/h) 与房间体积 V (m^3) 的比值，用 n (次/h) 表示。

$$n = \frac{q_V}{V}$$

2.4.3 冬季空调房间送风量和送风状态点的确定

返回

第3章 空气的热湿处理

- ❧ 3.1 热湿交换介质与处理装置
- ❧ 3.2 喷水室
- ❧ 3.3 表面式换热器
- ❧ 3.4 空气的其他热湿处理装置与方法
- ❧ 3.5 空气热湿处理途径与方案
- ❧ 3.6 空调设备

获取更多内容

3.1 热湿交换介质与处理装置

3.1.1 与空气进行热湿交换的介质

直接接触：

喷水室

水：使用广泛

间接接

触：表冷器

加热

水蒸气

加湿

加热空气：冷凝器

制冷剂

干冷

3.1.2 空气热湿处理装置

喷淋式

直接接触式处理装置

喷水加湿器

喷蒸气加湿器

表冷器

气加热器

间接接触式处理装置

盘管

空

3.2 喷水室

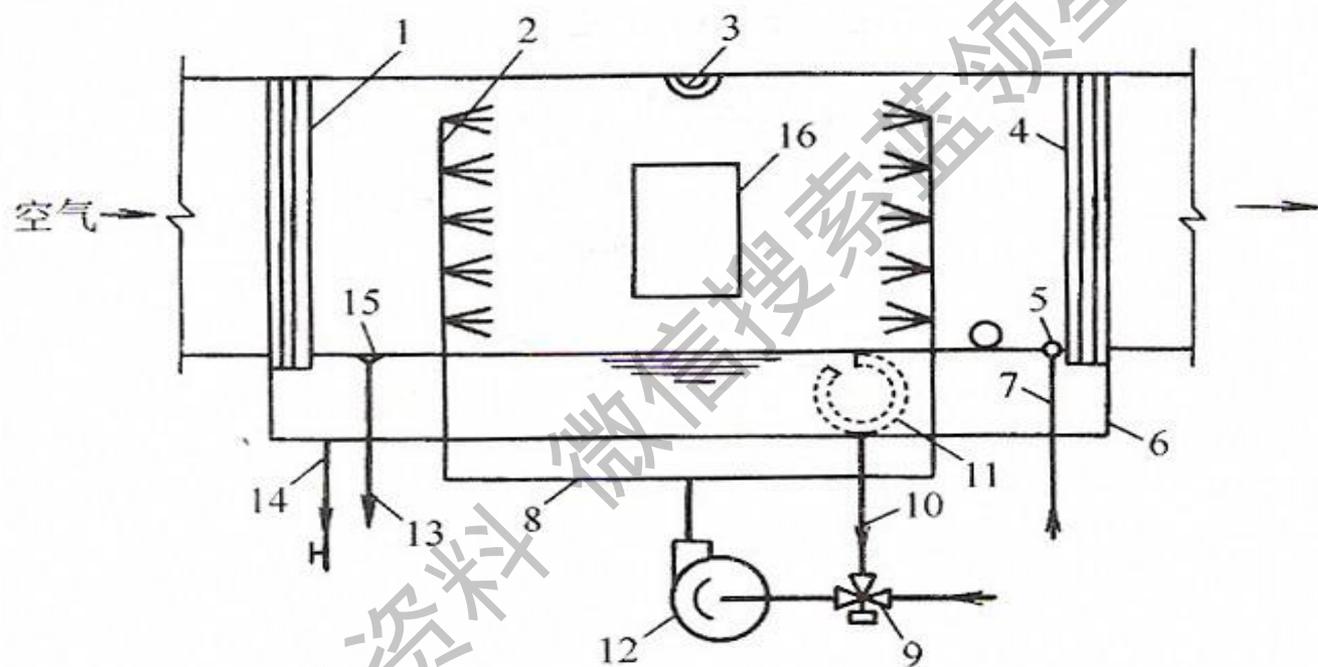


图 3-1 卧式、单级、低速喷水室

- 1—前挡水板 2—喷水排管 3—防水灯 4—后挡水板
5—浮球阀 6—底池 7—补水管 8—供水管 9—三通混合阀 10—回水管 11—滤水器 12—水泵 13—溢水管 14—泄水管 15—溢水器 16—检查门

3.2.1 喷水室构造与种类

1、喷水室的构造

- ① 喷水排管
- ② 喷嘴
- ③ 挡水板
- ④ 底池
- ⑤ 外壳

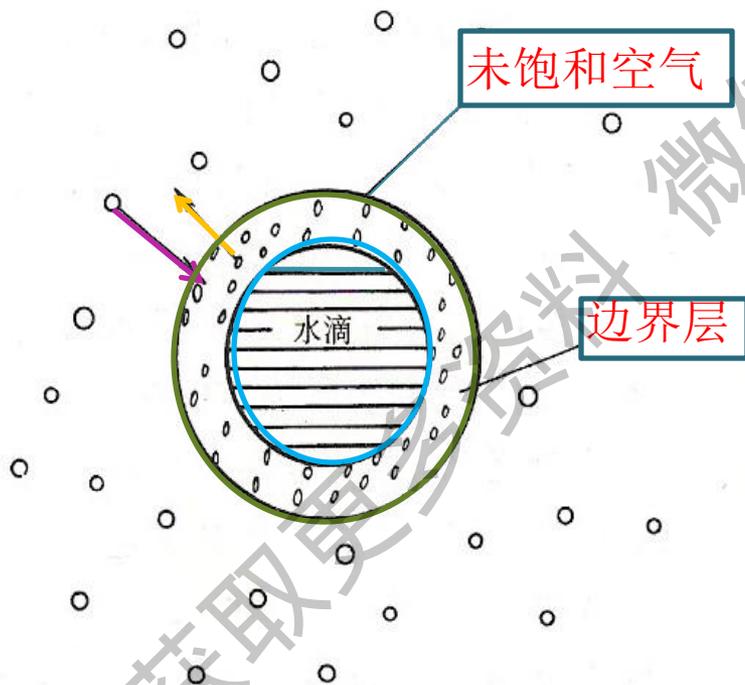
2、喷水室种类

- ① 立式喷水室
- ② 双级喷水室
- ③ 高速喷水室
- ④ 带旁通的喷水室
- ⑤ 带填料层的喷水室

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

3.2.2 空气与水直接接触的热湿交换原理

1、空气与温度不变的水直接接触时的状态变化



解释：

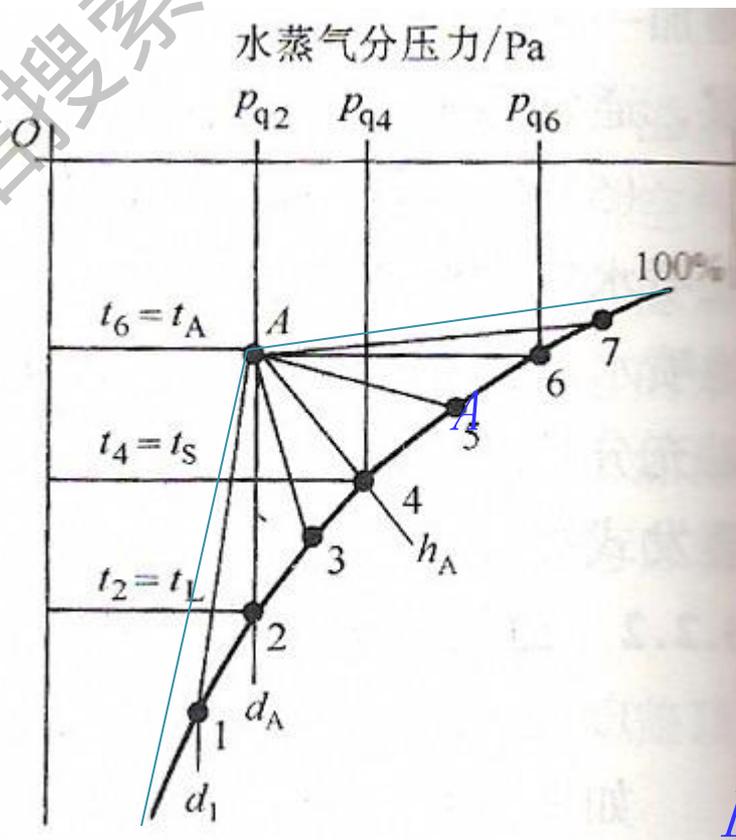
1、薄层温度与外界温度之差，决定热量的传递方向

2、薄层饱和水蒸气分压力与外界空气的水蒸气分压力之差决定水蒸气分子的转移方向

图 3-10 空气与水直接接触时的热湿交换

2、空气与不同温度的水直接接触时的状态变化

有七种变化过程
空气的状态变化范围
在A点与饱和线的两条
切线AB和AC，以及饱和
线所围成的区域内



获取更多资料

过程线	水温特点	温度或显热	含湿量或潜热	焓或总热	过程名称
A → 1	$t_w < t_L$	降低	减小	减小	减湿冷却
A → 2	$t_w = t_L$	降低	不变	减小	等湿冷却
A → 3	$t_L < t_w < t_S$	降低	增加	减小	减焓加湿
A → 4	$t_w = t_S$	降低	增加	不变	等焓加湿
A → 5	$t_S < t_w < t_A$	降低	增加	增加	增焓加湿
A → 6	$t_w = t_A$	不变	增加	增加	等温加湿
A → 7	$t_w > t_A$	升高	增加	增加	升温加湿

获取更多资料

微信搜公众号星球

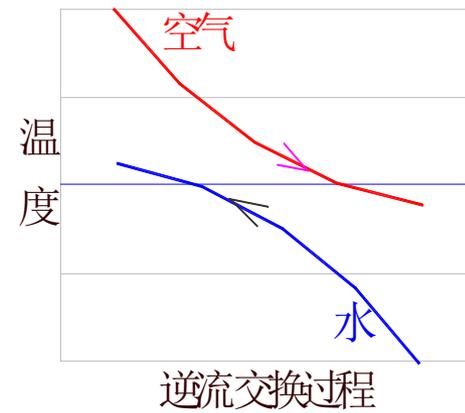
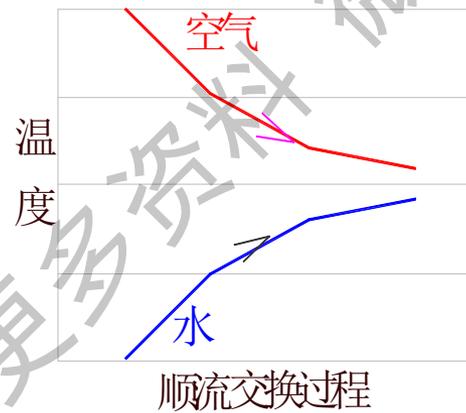
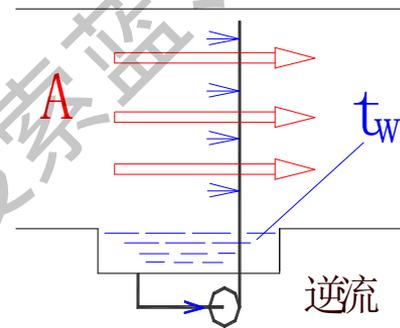
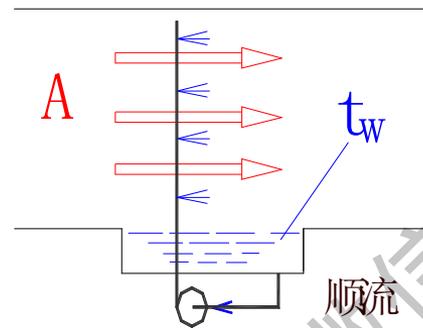
∞3. 用喷水室处理空气的实际过程

◦ 上述七种过程基于两个假设：

- 1) 与空气接触的水量无限大（因而水温可始终保持不变，“水”的状态点也不变）
- 2) 空气与水接触的时间无限长（使与水滴接触的空氣可以达到饱和）

机器露点：空气经喷水室处理后的状态点，相对湿度通常为90%~95%

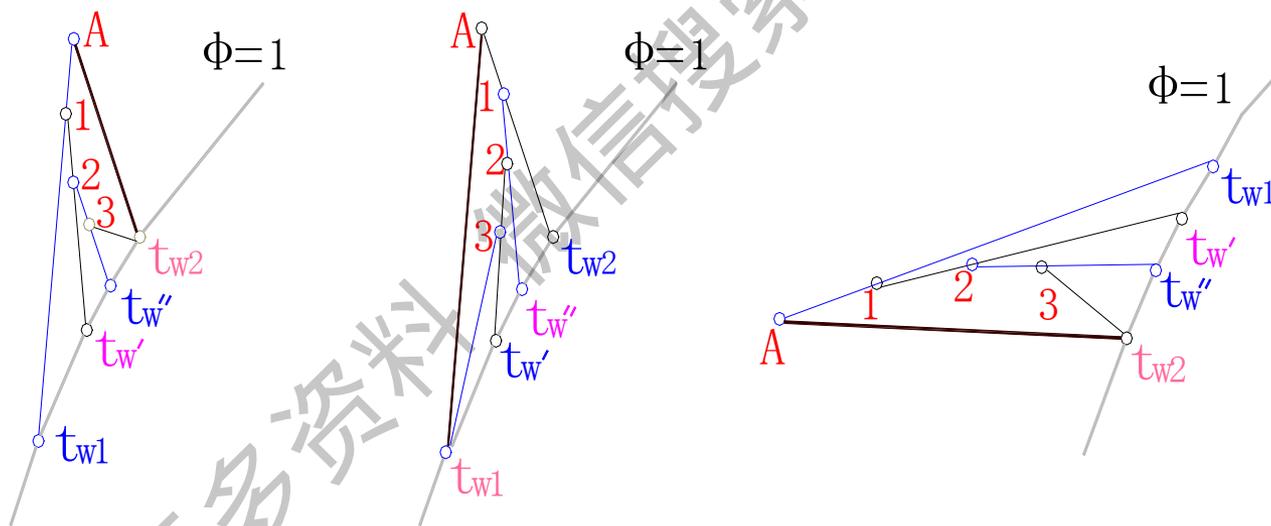
喷水室处理空气



获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

喷水室处理空气过程分析

理想过程分析：假想条件：水量有限 接触时间足够长



获取更多资料 微信搜索 领星网

3.3 表面式换热器

∞与喷水室相比，具有的**优点**：

- 构造简单，体积小，使用灵活；用途广，使用介质多

∞3.3.1 表面式换热器构造与种类

∞光管式

∞肋片式

1、绕片式 1) 皱褶绕片 2) 光滑绕片

2、串片管

3、轧片管

4、二次翻边片管

5、新型肋片管

1) 波纹形片 2) 条缝形片 3) 波形冲缝片 4) 管内螺纹

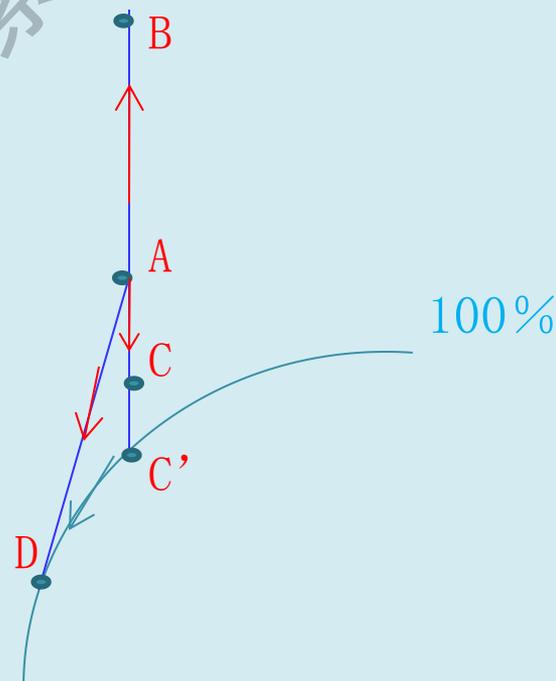
3.3.2 用表面式换热器处理空气的过程与特点

可以实线三个过程：

1、等湿加热 $A \rightarrow B$

2、等湿冷却 $A \rightarrow C'$

3、减湿冷却 $A \rightarrow D$



3.3.3 表面式换热器的使用

- 单个使用
- 并联使用：处理空气量大
- 串联使用：要求空气温度变化较大
- **注意：**
- 湿冷却时，肋片应处于垂直位置（利于凝结水排除，减少空气带水）
- 水蒸气加热时，管束应处于垂直位置；水平安装时，其坡度应 $\geq 1/100$ （利于凝结水排除）

3.4 空气的其他热湿处理装置与方法

3.4.1 加热装置

裸线式电加热器：

优点：结构简单，热惰性小，加热速度快

缺点：在高温下易断丝漏电，安全性差，必须有可靠的接地装置，并与风机连锁运行；电阻丝表面温度高，粘附其上的杂质经烘烤后会产生异味

∞ 管式电加热器

结构：电阻丝装在套管内，套管与电阻丝间填充导热性好，但不导电的材料（结晶氧化镁）

优点：加热均匀，加热量稳定，安全性好；

缺点：热惰性大，构造复杂

☞ 3.4.2 加湿装置

☞ 3.4.2.1 水加湿装置

☞ 1、雾化加湿装置：依靠水滴雾化来加湿空气

- 1) 压缩空气喷雾器（压缩空气诱导喷雾加湿器或气水混合喷雾加湿器）
- 2) 电动喷雾机（回转式，离心式）
- 3) 喷雾轴流风机
- 4) 高压水喷雾加湿器
 - ☞ 原理：水泵+喷杆+喷嘴
 - ☞ 特点：体积小，耗电少，加湿量大，水滴细小，易汽化；要求水过滤，直接使用自来水会产生水垢
- 5) 超声波加湿器
 - ☞ 原理：利用超声波振子的振动把水破碎成细小水滴

2、自然蒸发式加湿装置

- 1) 采用吸水填料：湿膜、湿帘、透膜、透视膜等
- 2) 采用不吸水填料：
 - 无机填料（玻璃纤维）
 - 有机填料（植物纤维）
 - 金属填料（铝箔）
 - 无纺布填料
 - 木丝填料（白杨树纤维）

❧ 3.4.2.2 蒸气加湿装置（等温加湿）

❧ 1、蒸气供给式加湿装置

- 蒸气喷管
- 干蒸气加湿器

❧ 2、蒸气发生式加湿装置

- 电热式加湿器（电阻式）（开式，闭式）
- 电极式加湿器
- PTC蒸气加湿器
- 红外线加湿器

冷冻除湿机制冷量为：

$$Q_0 = q_m (h_1 - h_2) kW$$

除湿量为：

$$W' = q_m (d_1 - d_2) kg / s$$

由上两式可得：

$$W = \frac{Q_0 (d_1 - d_2)}{h_1 - h_2} = \frac{Q_0}{\varepsilon}$$

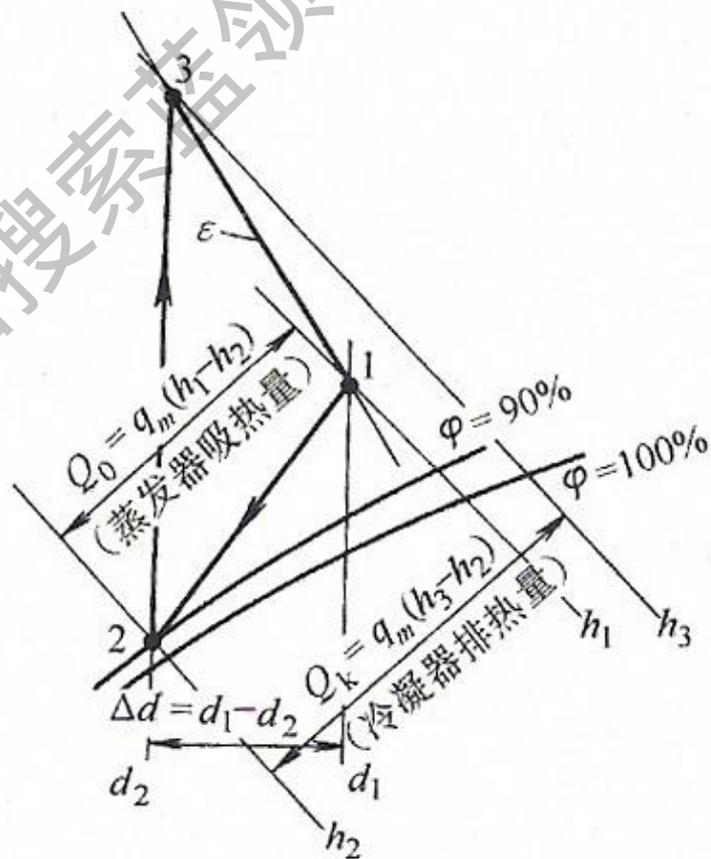


图 3-31 空气经冷冻除湿机处理时的状态变化

3.4.3.2 转轮除湿机

- 氯化锂
- 硅胶
- 分子筛

3.4.3.3 固体吸湿剂除湿

常用的固体吸湿剂有：硅胶、氯化钙、氯化锂、分子筛

空气的状态变化：等焓减湿升温过程

1、固体吸湿剂的吸湿原理

1) 吸附式固体吸湿剂（硅胶、分子筛、活性炭）

原理：其表面有大量细小孔隙形成的毛细管，由于毛细管的作用，使毛细管表面上的水蒸气分压力低于周围空气中的水蒸气分压力，从而使空气中的水蒸气被吸附。水蒸气分子向毛细孔的空腔扩散并凝结成水，仅为物理过程。

硅胶的特性：半透明颗粒状，无毒、无臭、无腐蚀性、不溶于水，吸湿率可达自重的30%。吸湿前为蓝色，吸湿后为紫红色，失效后可加热再生。

2) 吸收式固体吸湿剂 (CaCl_2 、 P_2O_5 、 NaOH 、 CuSO_4 、 LiCl)

- **原理**：吸水后变为结晶水化合物，可变为液态，是个物理化学变化过程
- **LiCl**是立方晶体，无毒无臭，吸湿后变成结晶水，不液化，对金属不产生腐蚀作用，经加热后可再生

2、固体吸湿剂的除湿方法与装置

- 1) **静态除湿**：空气以自然对流方式与吸湿剂接触
- 2) **动态除湿**

∞ 3.4.3.4 液体吸湿剂除湿

- CaCl_2 水溶液
- LiCl 水溶液
- 三甘醇水溶液

获取更多资料 微信搜索 蓝源星球

3.5 空气热湿处理的途径与方案

夏季处理过程:

1、 $W \rightarrow L \rightarrow 0$

2、 $W \rightarrow 1 \rightarrow 0$

3、 $W \rightarrow 0$

冬季处理过程:

1、 $W' \rightarrow 2 \rightarrow L$

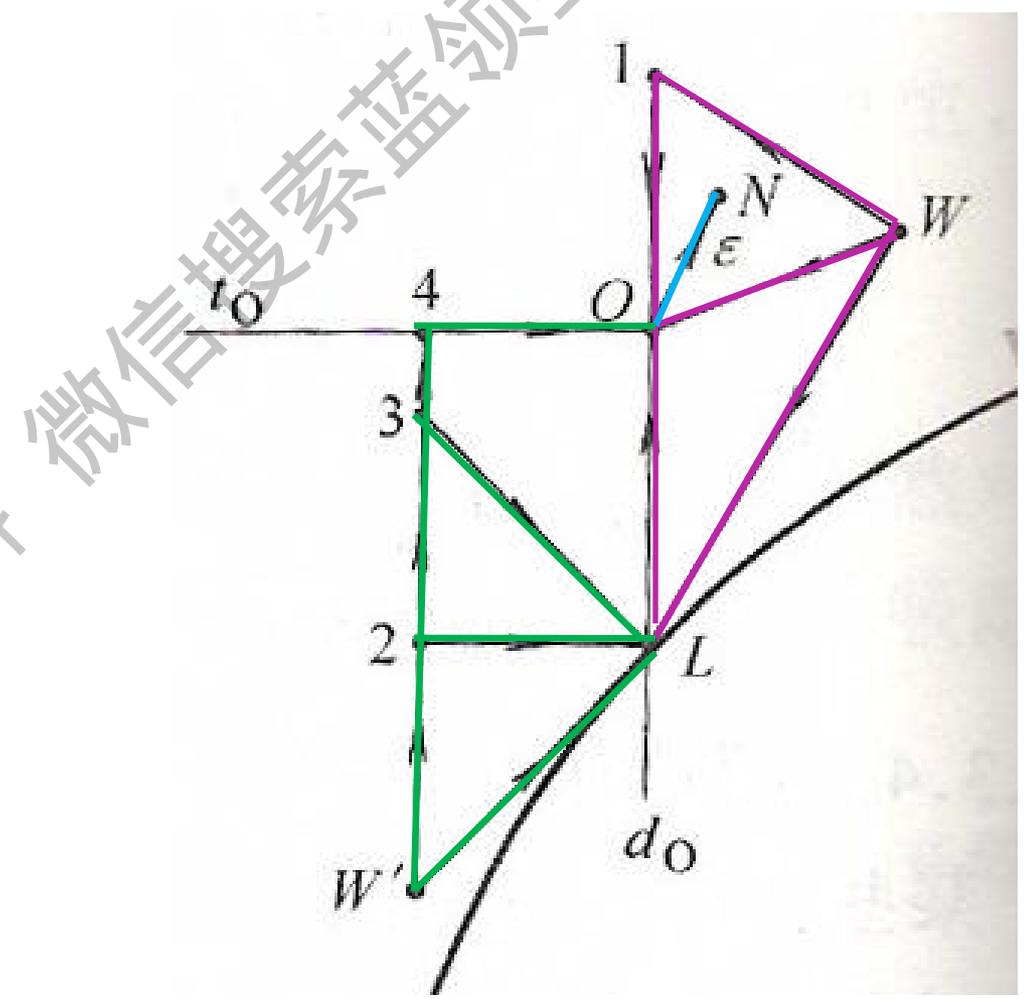
0 $\rightarrow \rightarrow L$

2、 $W' \rightarrow 3 \rightarrow L$

0 $\rightarrow \rightarrow L$

3、 $W' \rightarrow 4 \rightarrow 0$

4、 $W' \rightarrow L \rightarrow 0$



3.6 空调设备

3.6.1 需与冷热源配套使用的空调设备

1、柜式风机盘管（整体式空调机组）

- **组成：** 风机、肋片管式换热器、加湿器、过滤装置
- **功能：** 空气混合、冷却、加热、除湿、加湿、净化
- **形式：** 卧室、立式
- **安装：** 明装、暗装
- **加湿形式：** 蒸气加湿、电加湿

柜式风机盘管图片

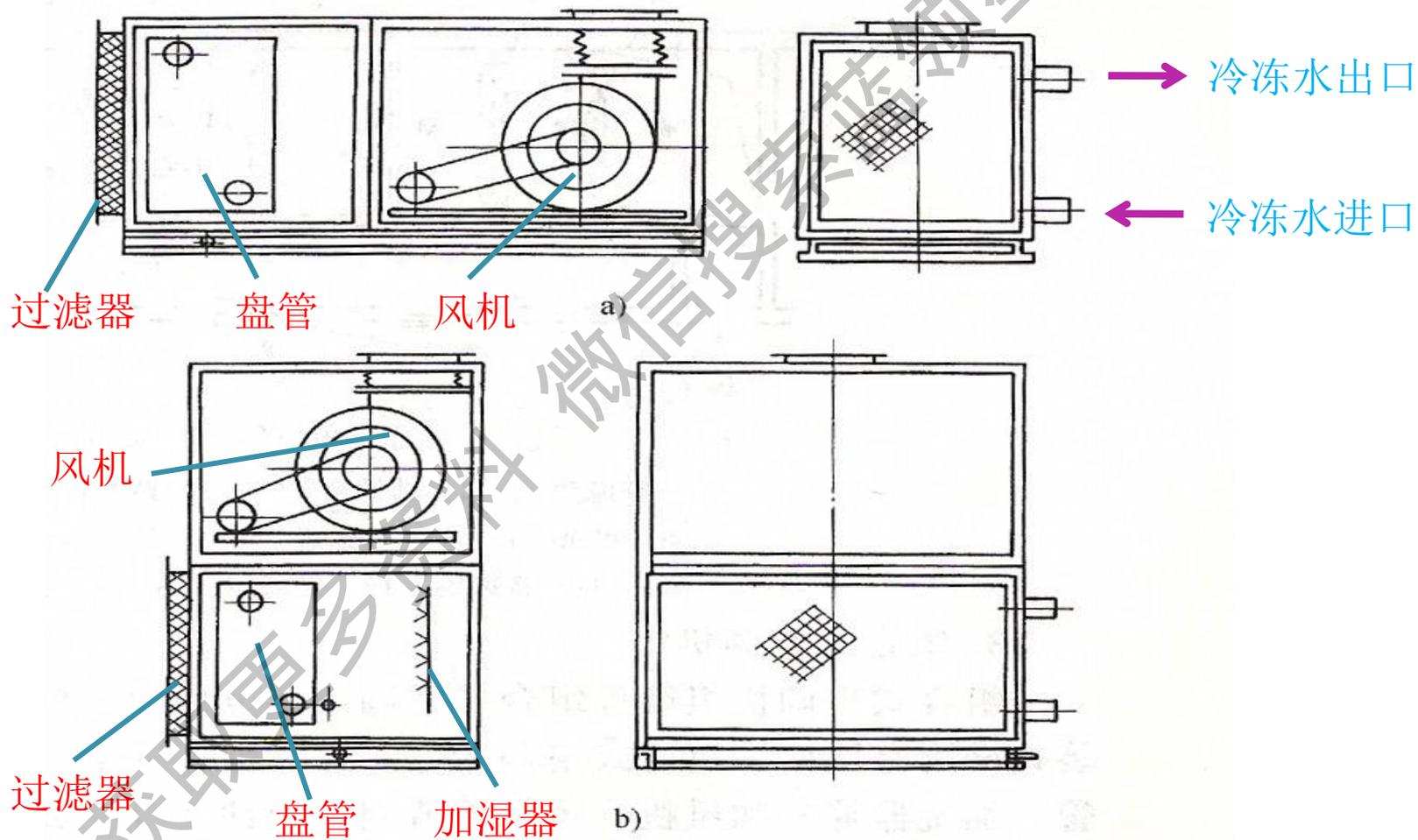


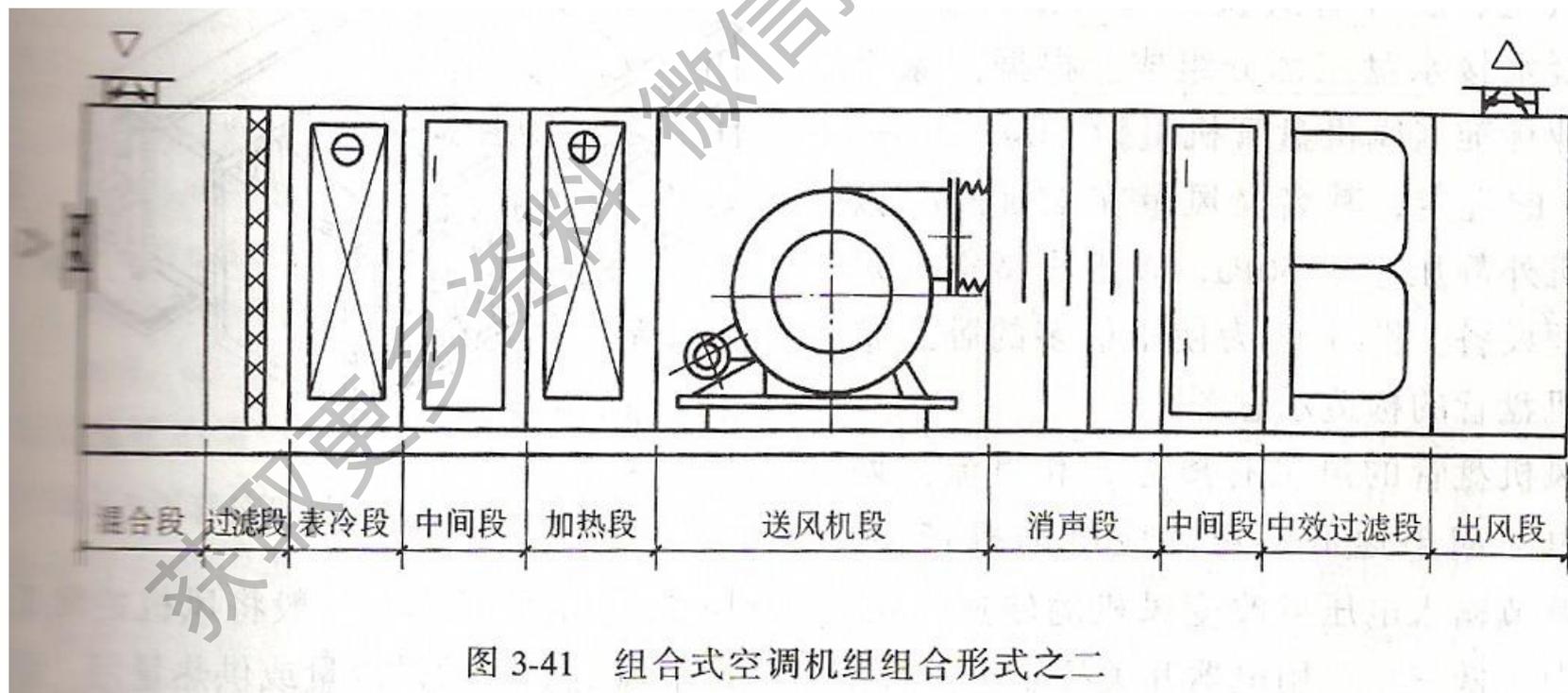
图 3-38 柜式风机盘管

a) 卧式 b) 立式

2、喷淋式空调器

纺织厂用得较多，见图3—39

3、组合式空调器



组合式空调器

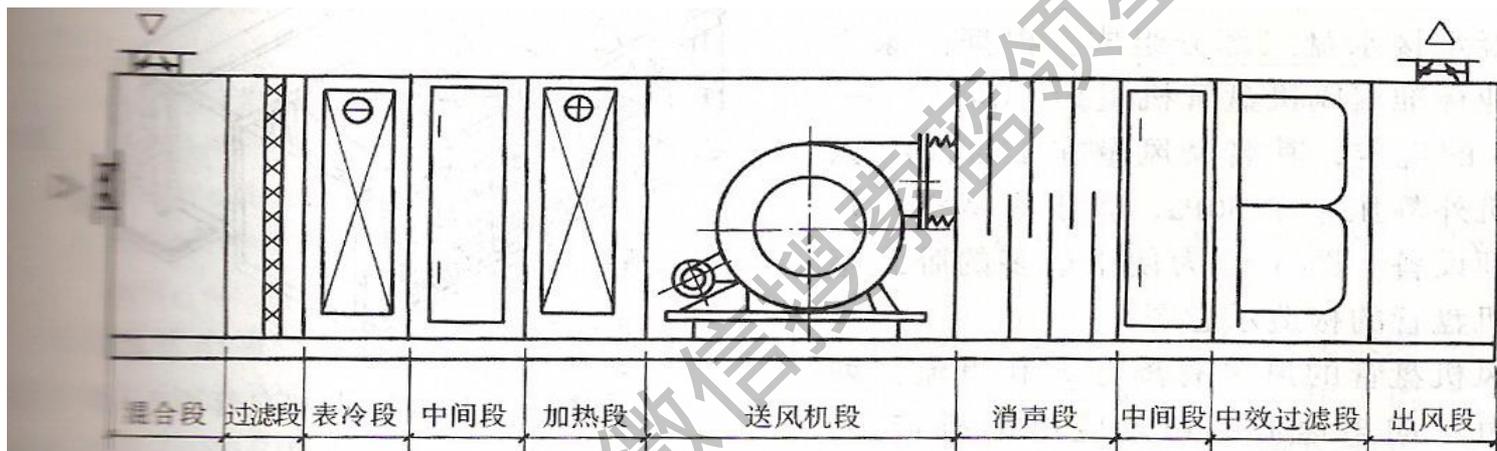


图 3-41 组合式空调机组组合形式之二

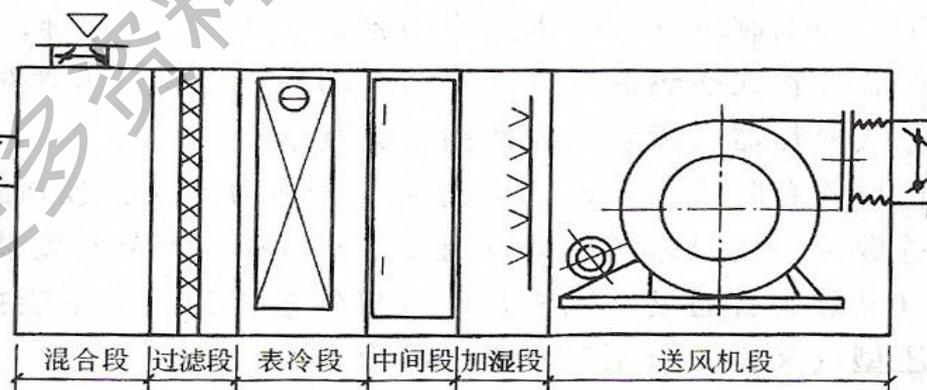
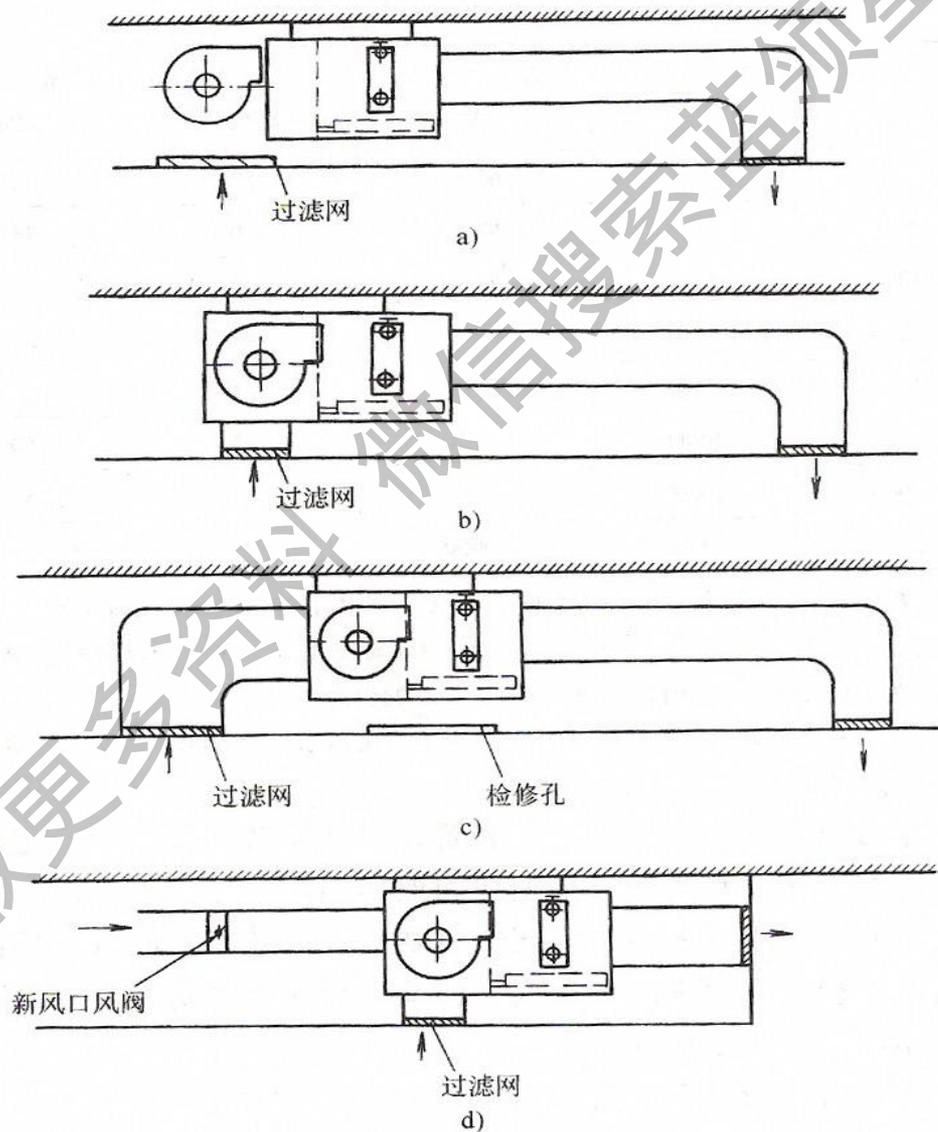


图 3-42 组合式空调机组组合形式之三

❧ 4、风机盘管

- **组成**：风机、肋片管式换热器、冷凝水接水盘
- **风机类型**：离心式、贯流式
- **风量调节**：高、中、低三速调节
- **结构形式**：卧室、立式、顶棚式（卡式、吸顶式、天花式）、挂壁式
- **机外余压大小不同**：普通型、高静压型
- **进水方向不同**：左式、右式

卧式暗装风机盘管的使用形式



3.6.2 自带制冷机的空调设备（独立型空调设备）

组成：制冷机（热泵）、风机、空气净化装置

常见的设备：单元式空调机、空调器、水源热泵

❧ 1、单元式空调机（柜式空调机）
有冷热源和空气处理设备
特点：

- 容量范围大（选择范围广）
- 结构形式多
- 安装方式多样化、安装简单
- 占地少、使用灵活
- 操作简单
- 可大量用作全空气一次回风系统的主机

使用场合：商业、餐饮、娱乐、健身房、
邮局、银行、证券交易所

按功能分：

- 冷风型（单冷型）
- 热泵型（冷暖型）
- 恒温恒湿型：冷却、加热、去湿、加湿

按冷凝器冷却方式：

- 水冷式
- 风冷式

结构形式：整体式、分体式

送风形式：直吹型、风管型、直吹+风管型

安装方式：落地式、吊顶式

水冷单元式

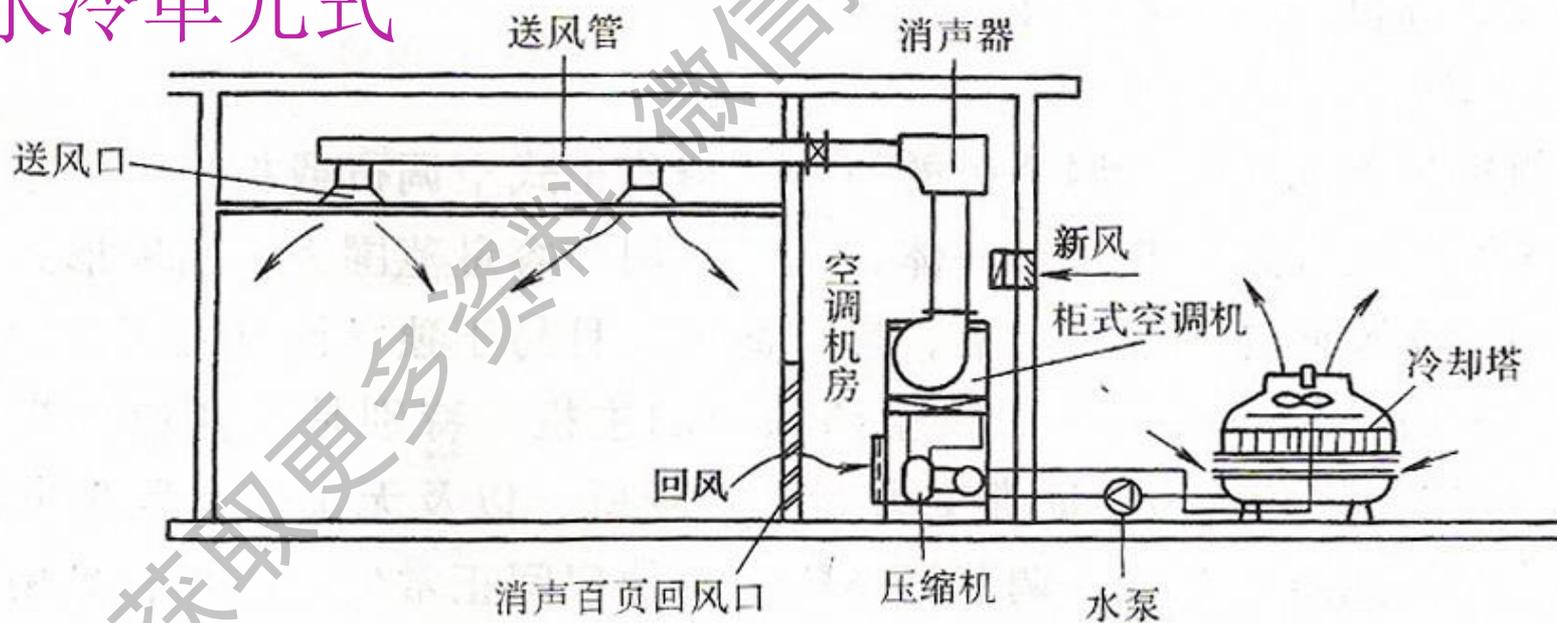


图 3-45 水冷式单元式空调机

风冷单元式

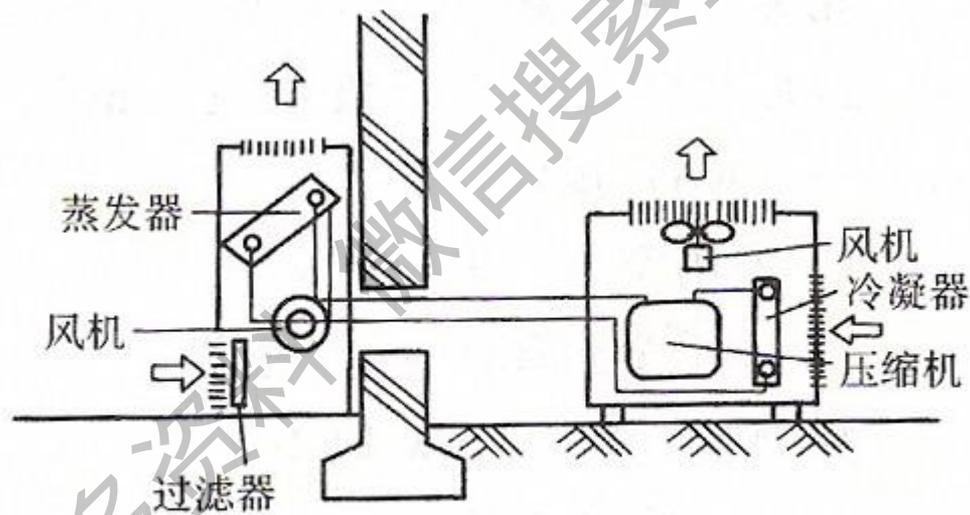


图 3-46 风冷式单元式空调机

❧ 2、空调器（家用空调）

❧ 常用的形式：单冷型、热泵型

❧ 《房间空气调节器》规定的**基本特征**：

➤ 1、采用空气冷却冷凝器

➤ 2、采用全封闭型电动压缩机

➤ 3、制冷量在14kW以下

获取更多资料

3、水源热泵（水源热泵空调机）

- **原理**：用水带走热量或提供热量的小型供冷或供热的空调设备
- **组成**：压缩机、制冷剂与水换热器、制冷剂与空气换热器、节流机构、四通换向阀、风机和空气过滤部件

整体式：卧室暗装、立柜式、屋顶

式

- **形式** { (明装和暗装)

分体式：内机与外机

(内外机都可安装在室内)

分体式水源热泵与热泵型空调器的不同

- 1、安装位置
- 2、换热器形式（冷凝器处）

水源热泵构造

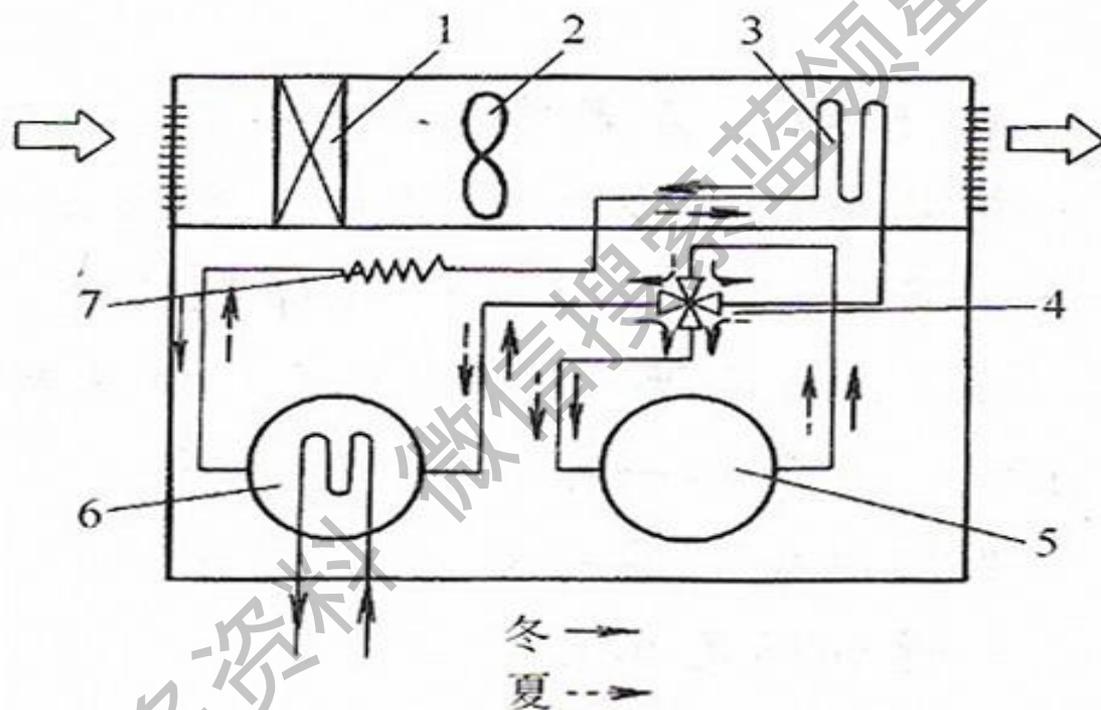


图 3-47 水源热泵构造

- 1—空气过滤器 2—风机 3—空气换热器
4—四通换向阀 5—压缩机
6—水换热器 7—毛细管

返回

第4章 空调冷热源

- ❧ 4.1 天然冷热源
- ❧ 4.2 空调冷源设备
- ❧ 4.3 空调热源设备
- ❧ 4.4 空调冷热源一体化设备
- ❧ 4.5 空调冷热源的选择与组合方案

获取更多资料

暖通专家蓝领星球

4.1 天然冷热源

∞好处：节约常规能源、保护环境



2、地下水

冷热源的地下水 { 溶洞水
浅井水
深井水（最多）

- (1) 深井水
- (2) 水温
- (3) 水质

3、天然水的应用

直接：天然水直接与被处理空气混合

间接：通过换热器间接让水吸热或向其放热

4.2 空调冷源设备



❧ 4.2.1 蒸气压缩式冷水机组

- 组成：压缩机、冷凝器、蒸发器、节流阀
- 制冷剂：氟利昂



❧ 1、离心式冷水机组

优点

单机容量大

单位制冷量的能耗低

运行平稳

容量调节方便

多级压缩（一级和三级）

获取更多资料 蓝领星球

2、螺杆式冷水机组

形式：卧式、双螺杆式、立式、单螺杆

优点 {
结构简单
体积小、质量轻
无级调节
低负荷时能效比高

缺点是单台制冷量较小

可以采用多机头（多台压缩机组合）提高单台制冷量

∞3、活塞式冷水机组（往复式）

优点：价格低廉、制造简单、运行可靠。

可采用多机头，提高单台制冷量，节能，
顺序启动，独立制冷剂回路

∞4、涡旋式冷水机组

组成：2~4台涡旋转子式压缩机与管壳式换热器组成

优点：零部件数量少、运动部件少、运动力矩小、振动小、噪声低、运行可靠

❧ 5、模块化冷水机组

形式：水冷式、风冷式

与上面冷水机组不同之处四点：

- 1、采用全封闭式压缩机（活塞式、涡旋转子式）
- 2、采用标准模块单元组合的方式，每单元由两台压缩机带独立制冷循环，蒸发器和冷凝器都是板式换热器
- 3、能量调节只能以开停压缩机台数的方式控制
- 4、外形呈外围壁板围成的矩形块状体

∞ 优点:

- ✓ 结构紧凑、体积小、占地少，对安装场地的承重能力要求低
- ✓ 逐个模块启动，启动电流小，配电设备容量小，对电网冲击小
- ✓ 全封闭压缩机，外壳带吸声材料，噪声低
- ✓ 各模块独立工作
- ✓ 拆装方便，便于运输和安装
- ✓ 机组安装容量可方便根据需要增加、减少或分组转移

∞ 缺点:

- ✓ 电耗指标较高、电力增容较大，设备初投资较高

∞ 4.2.2 吸收式冷水机组（热力式）

溴化锂吸收式冷水机组：

- 溴化锂溶液为吸收剂；
- 水为制冷剂；
- 制取高于 0°C 的冷水

根据加热热媒不同：蒸气型和热水型

热媒在机组内被利用的次数不同：

单效、双效、三效

主要组成装置:

发生器、节流阀、吸收器、溶液泵

优点:

- ✓ 耗电少，一般为蒸气压缩式冷水机组的3%~4%
- ✓ 制冷剂为水，利于保护臭氧层
- ✓ 除屏蔽泵外无其他运转部件，运行平稳、振动和噪声小

缺点:

- ✓ 机组体积较大，要求层高较高，
- ✓ 冷却水量较大，冷却水系统设备费和运行费较高
- ✓ 溴化锂溶液有腐蚀，对机组密封性要求高

4.3 空调热源设备

4.3.1 锅炉

收炉放
锅炉

锅：盛水或汽的地方，吸出的热量，使水加热为高温水或水蒸气

供燃料

炉：燃料燃烧的地方，提供燃烧的条件，并使热量供锅吸收

锅炉的工作过程

燃料的燃烧过程

火焰和高温烟气
把热量传递给水的
传热过程

水在锅内不断循环流动，吸热升温
和汽化的水循环和汽化过程

获取更多资料

微信搜索蓝领星球

热水锅

炉 低压、高压

供热锅炉

立式、卧式

空调、供暖、工业生产

蒸气锅炉

动力锅炉

动力、发电

燃煤锅炉

燃油锅炉

承压锅炉

燃料不同

燃气锅炉

承压不同

常压锅

炉

微信搜索蓝领星球

1、燃煤锅炉

优点：煤资源丰富，廉价

缺点：占地大，环境污染严重，运行管理不方便，工人劳动强度大，自动化程度低

2、燃油和燃气锅炉

优点：尺寸小，占地少，燃料运输和储存容易、燃烧效率高、自动化程度高，污染小，运行管理方便

3、常压热水锅炉

锅炉运行时承受的压力相当于大气压，锅水通过换热器与空调回水进行热交换，间接式常用热水器。系统独立，适合高层建筑

(1) 内置换热器常压热水锅炉

(2) 外置换热器常压热水锅炉

优点：外置比内置换热效率更高，更安全可靠，设置更加灵活，运行管理方便

缺点：设置循环水泵，额外耗电和维护，设备复杂些

4、真空热水锅炉

优点：锅炉负压，安全可靠；水容积小，热水供应快，可用软水或纯水，不结垢、无腐蚀；在蒸气环境下，换热效率高

缺点：一套真空装置；热容量较小

5、电锅炉

优点：尺寸小、占地少、自动化程度高、对大气无污染

缺点：热效率低，运行费用高，不适合作空调热源

∞ 4.3.2 热网

∞ 4.3.3 换热器

∞ 空调系统水温：45~60℃

{ 汽—水式换热器（蒸气为热媒）

{ 水—水式换热器（高温热水为热媒）

{ 表面式换热器（热媒与被加热水不直接接触）

{ 直接式换热器（热媒与被加热水直接接触）

{ 管壳式换热器

{ 板式换热器

∞ 1、管壳式汽—水换热器

- **优点：**结构简单、造价低、制作方便、运行可靠、维修方便
- **缺点：**专门留出清洗位置，占地大

∞ 2、板式换热器

- **优点：**结构紧凑、体积小、传热高、拆装、检修、清洗方便，能小温差传热、承压高
- **缺点：**水阻大

∞ 3、螺旋板式换热器

4.4.2 空气源热泵冷热水机组

∞ 空气—水热泵式冷热水机组，俗称风冷热泵冷热水机组

∞ **组成：**压缩机、空气/制冷剂换热器、水/制冷剂换热器、节流机构、四通换向阀、风机

∞ 夏季提供 7°C 冷水；冬季 $45\sim 50^{\circ}\text{C}$ 热水

[活塞式热泵机组]	整体式热泵机组
	螺杆式热泵机组		
	涡旋式热泵机组		

- 优点：

安装方便，可不用机房直接安在室外；运行保养简单，冬夏两用；特别适合夏热冬冷地区以及写字楼、银行、证券营业部等日间使用为主的建筑

- 缺点：

耗电大，价格贵；冬季运行要常除霜，影响供暖；室外空气温度越低，室内热需求越大，机组供热量反而减少，效率降低；机组安在室外，对周围有影响

4.5 空调冷热源的选择与组合方案

4.5.1 选择冷热源需要考虑的因素

- 1、能源情况
- 2、设备性能特性
- 3、能耗及COP
- 4、环保
- 5、初投资
- 6、运行费用

注意：不同的冷热源具有不同的性能特点，有一定的适用条件，因此注意选择条件

4.5.2 常用空调冷热源组合方案

- 1、电动式冷水机组供冷和锅炉供暖方案
- 2、电动式冷水机组供冷和热网供暖方案
- 3、热力式冷水机组供冷和锅炉供暖方案
- 4、热力式冷水机组供冷和热网供暖方案
- 5、直燃型溴化锂吸收式冷热水机组夏季供冷，冬季供暖方案
- 6、空气源热泵冷热水机组夏季供冷，冬季供暖方案
- 7、离心式冷水机组与锅炉、吸收式冷水机组组合方案

4.5.3 冷热源组合方案经济分析方法

经济比较的项目：

- ✓ 主机和辅机购置费
- ✓ 安装费
- ✓ 电（热）力增容费
- ✓ 机房土建费
- ✓ 初投资
- ✓ 运行费

返回

第5章 空调系统

- 5.1 空调系统及类型
- 5.2 全空气系统
- 5.3 风机盘管加新风系统
- 5.4 低温送风系统
- 5.5 水环热泵系统
- 5.6 空调系统的选择
- 5.7 户用中央空调系统

5.1 空调系统及类型

✎ 空气调节系统**定义**:

以空气调节为目的，对空气进行处理、输送、分配，并控制其参数的所有设备、装置、管道及附件、仪器仪表的总和

获取更多资料

微智网蓝领星球

1、按空气设备的设置情况分类

(1) 集中式系统

集中处理空气，由管道分配送风

(2) 半集中式系统

新风集中处理，由管道送至各个房间
用风机盘管负担室内负荷的系统

注意：(1) 和 (2) 均为中央空调系统

(3) 分散式系统：

小型空调机组（家用空调等）

❧ 2、按负担室内热湿负荷所用的介质种类分类

- (1) 全空气系统
- (2) 全水系统
- (3) 空气—水系统

❧ 3、制冷剂系统（冷剂系统，如VRV系统）

❧ 4、其他分类

- 高、低速送风系统
- 变、定风量系统
- 单、双风管系统

5.2 全空气系统

5.2.1 直流式系统的分析与计算（全新风）

(1) 工艺流程图

(2) 空气处理i-d图

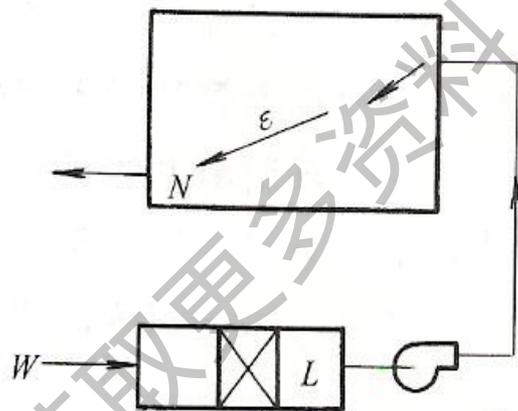


图 5-1 直流式系统示意图

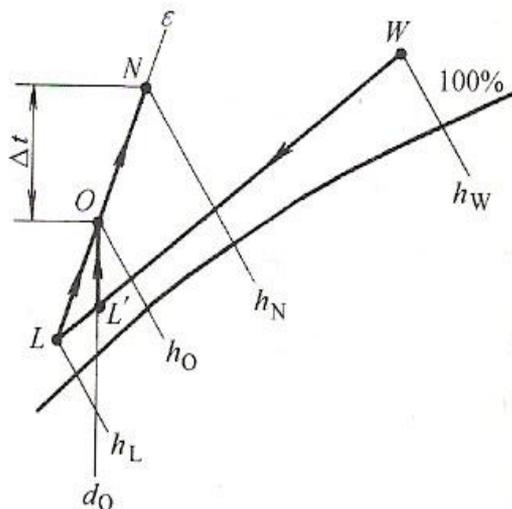
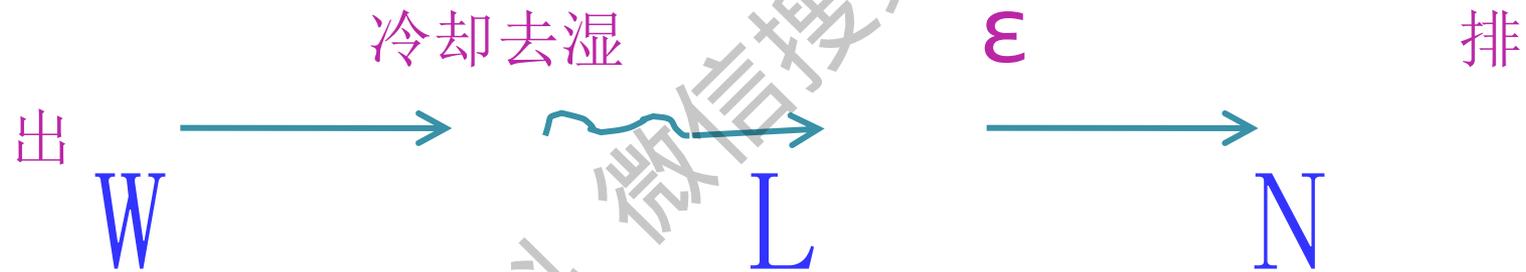


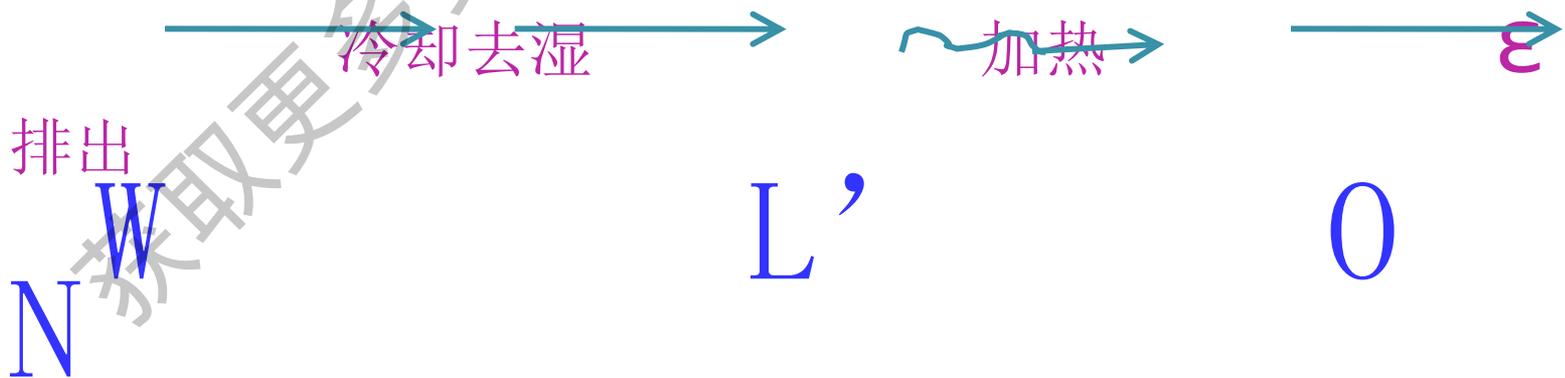
图 5-2 直流式系统夏季空调过程

∞ (3) 处理流程:

机器露点送风:



温差送风:



∞ (4) 计算冷量和送风量

∞ 机器露点送风:

$$Q_0 = q_m (h_w - h_L)$$

$$q_m = \frac{Q}{h_N - h_L}$$

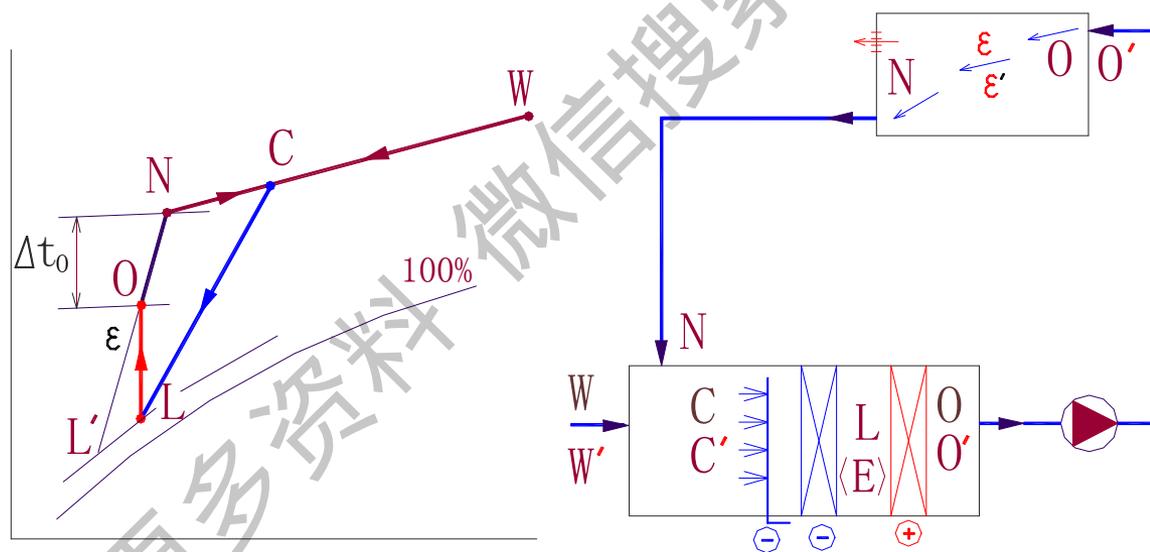
∞ 温差送风:

$$Q_0' = q_m' (h_w - h_{L'})$$

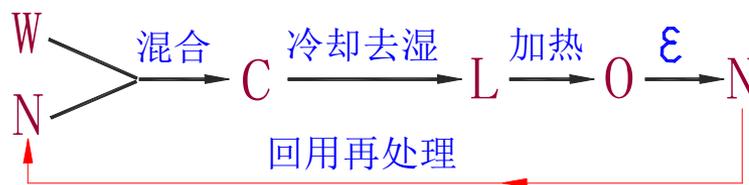
$$Q = q_m' (h_o - h_L)$$

$$q_m' = \frac{Q}{h_N - h_o}$$

5.2.2 一次回风系统分析与计算



处理过程:



新风（百分）比：

$$\frac{\overline{NC}}{\overline{NW}} = \frac{G_w}{G} = m\% = 15\%$$

☞ 1、一次回风系统夏季处理空气需要的冷量

$$Q_0 = q_m (h_C - h_L)$$

☞ 2、一次回风系统夏季空调过程各风量计算

☞ 1) 消除余热所需送风量

$$q_m = \frac{Q}{h_N - h_L}$$

☞ 2) 消除余湿所需送风量

$$q_m = \frac{W}{d_N - d_L}$$

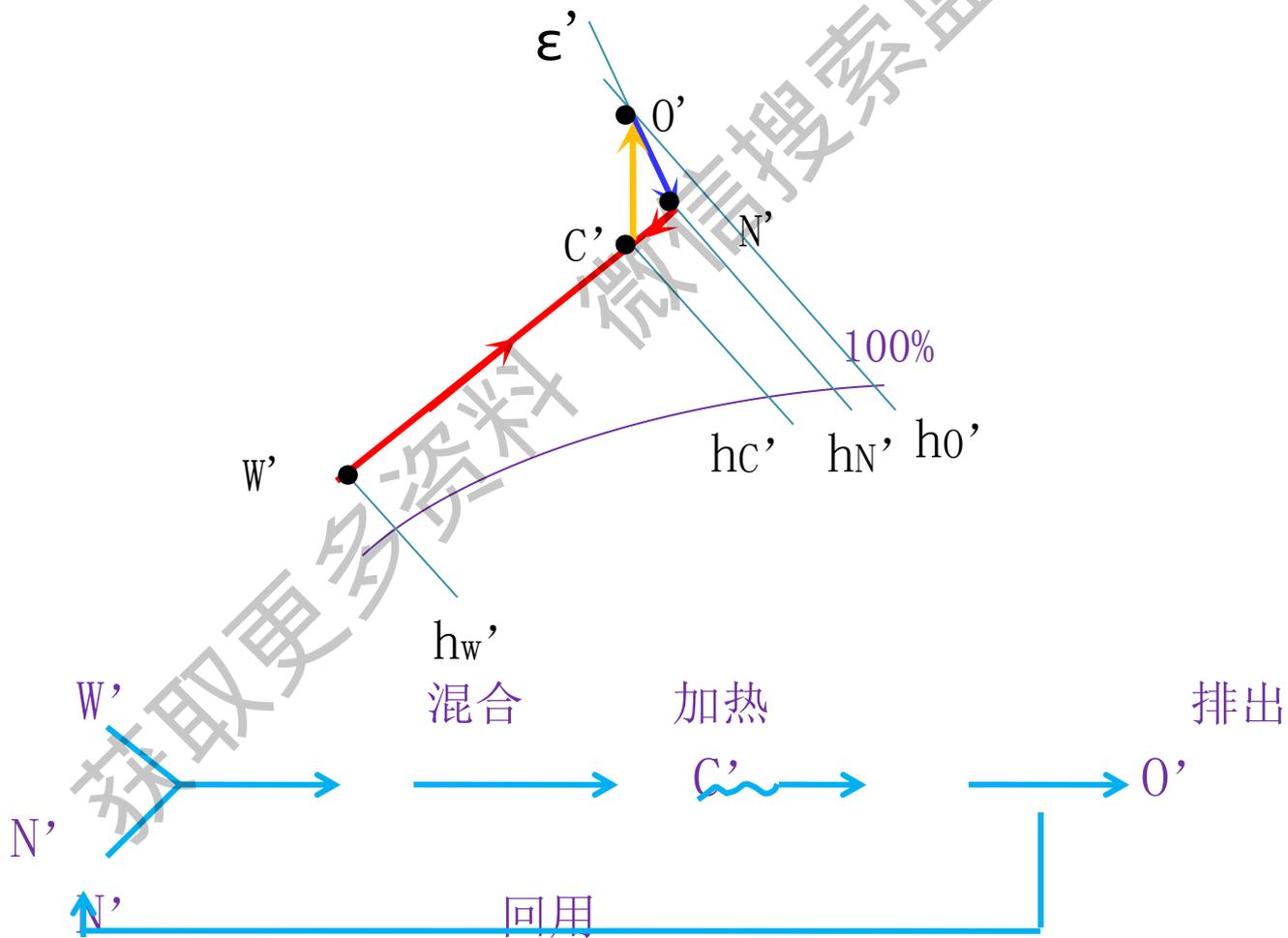
☞ 3) 新风量

$$q_{mW} = m q_m$$

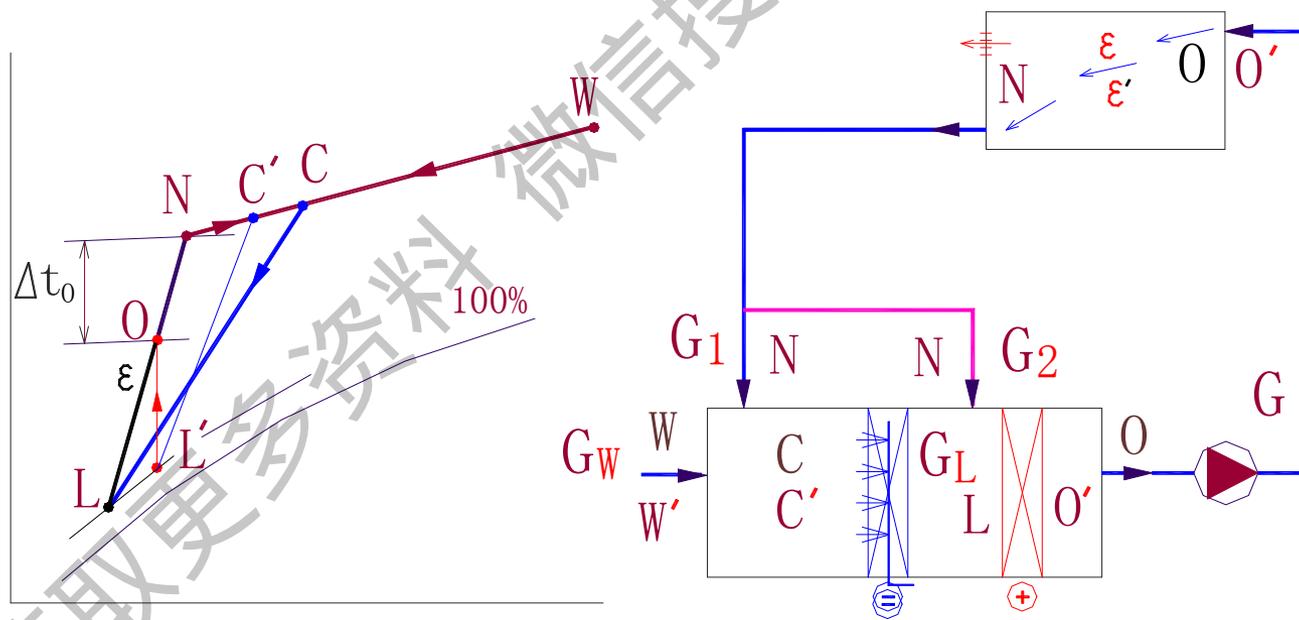
☞ 4) 一次回风量

$$q_{mN} = (q_m - q_{mW})$$

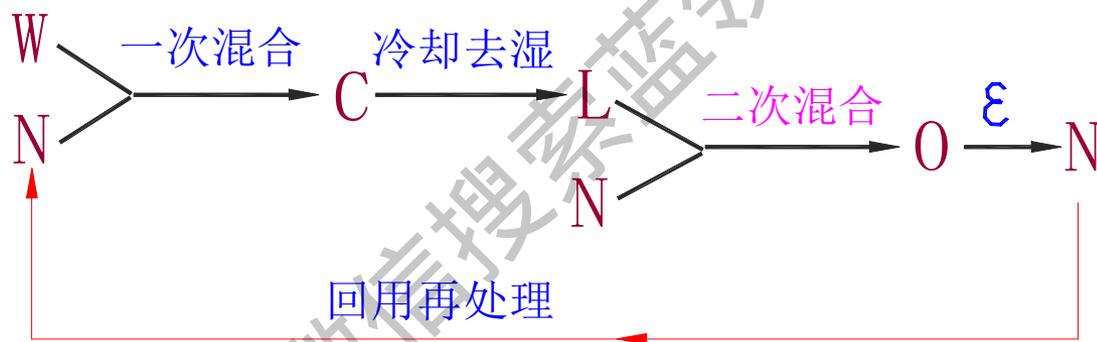
3、一次回风系统冬季空调过程



4、二次回风系统



处理过程:



设通过喷水室（表冷器）的风量为 $G_L (= G_1 + G_W)$

$$\text{由 } \frac{G_L}{G} = \frac{\overline{ON}}{\overline{NL}} \text{ 可得 } G_1 = G_L - G_W$$

并可确定 i_C (4--5)

(处理过程消耗的) 总冷量: $Q_0 = G_L (i_C - i_L)$

节省了再热（冷）负荷: $Q_3 = G (i_0 - i_{L'})$

5.2.3 新风量的确定

- **空调系统新风量**：应向空调房间供给的室外新鲜空气量，即最小新风供给量
- **新风量**是保证良好室内空气环境的基本要求；是衡量空调系统是否到达健康标准的基本条件
- **新风量与能耗**的矛盾

新风量应满足以下要求：

1、人员所需新风量

以CO₂ 的允许浓度为标准，对人员所需新风量有具体规定：

一般生产厂房 $\geq 30 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{人}$ ；

民用建筑 见表5-1

若满足卫生要求的新风量为 $g_w \text{ (m}^3 / \text{h} \cdot \text{人)}$

则最小新风量 $G_{w1} = n \text{ (人数)} \times g_w \text{ m}^3 / \text{h}$

2、补偿局部排风所需新风量 (G_{p1})

为不使车间产生负压，要求 $G_{p1} = G_{排}$

3、保持室内正压所需新风量

一般室内正压 ΔP 在 $5 \sim 10 \text{ Pa}$

若维持正压所需的渗透风量为 $G_{(+)}$

则最小新风量 $G_{w2} = G_{p1} + G_{(+)}$

另外要求新风量不低于总风量的10%，则最小新风量

$$G_{w3} = 0.10 G$$

综上所述，则最小新风量：

$$G_w = \text{Max} (G_{w1} 、 G_{w2} 、 G_{w3})$$

即，取三者中的最大值

∞ 5.2.4 变风量系统

- 定风量系统（CAV系统, Constant Air Volume）：靠改变送风温度来适应空调负荷变化的全空气系统
- 变风量系统（VAV系统, Variable Air Volume）：靠改变送风量来适应空调负荷变化的全空气系统

获取更多资料
访问<http://www.bilibili.com>

蓝领星球

1、变风量系统形式

- (1) 只能改变系统总送风量的变风量系统
- (2) 加装变风量末端装置的变风量系统

特点:

- 1) 空调系统的供冷（热）量可以在各空调房间或区域内合理分配
- 2) 由于自控，可节约能耗，降低运行费
- 3) 独立自控，灵活方便
- 4) 适合改建、扩建或隔断经常发生变化的建筑
- 5) 由于增加末端以及系统静压、室内最大送风量、新风量的取值，使造价提高

2、变风量末端装置

基本功能：

- （1）接受房间温控器的指令，根据室温高低，自动调节送风量
- （2）当系统压力升高时，能自动维持房间送风量不超过设计最大值
- （3）当房间负荷降低时，能保证最小送风量，以满足最小新风量和空气气流组织的要求
- （4）具有一定的消声功能
- （5）当不使用时，能完全关闭

常用的变风量末端装置的类型：

- (1) 单风管型
- (2) 单风管再热型
- (3) 风机动力型

5.2.5 子系统划分原则与空调设备的确定

5.3 风机盘管加新风系统

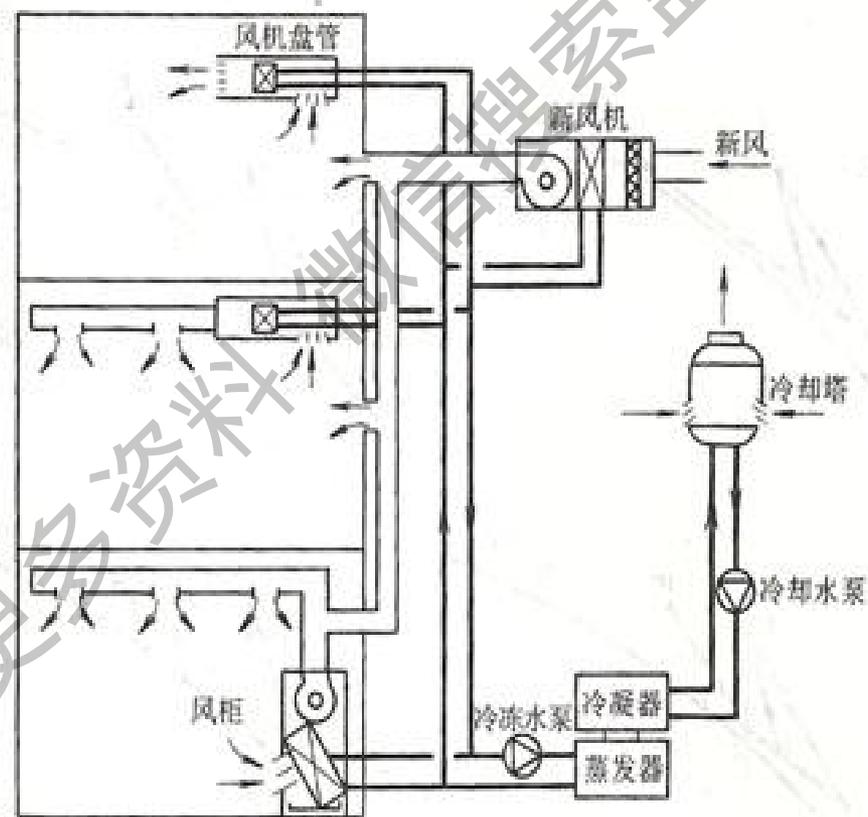


图 5-13 风机盘管加新风系统示意图

5.3 风机盘管加新风系统

5.3.1 夏季空调过程的分析

新风处理常有两种情况

(1) 处理至室内空气状态点（新风不承担室内负荷）

(2) 新风承担部分室内负荷

具体有：

- 1) 新风处理到与室内干球温度相等
- 2) 新风处理到与室内焓相等
- 3) 新风处理到与室内含湿量相等
- 4) 新风处理到低于室内含湿量

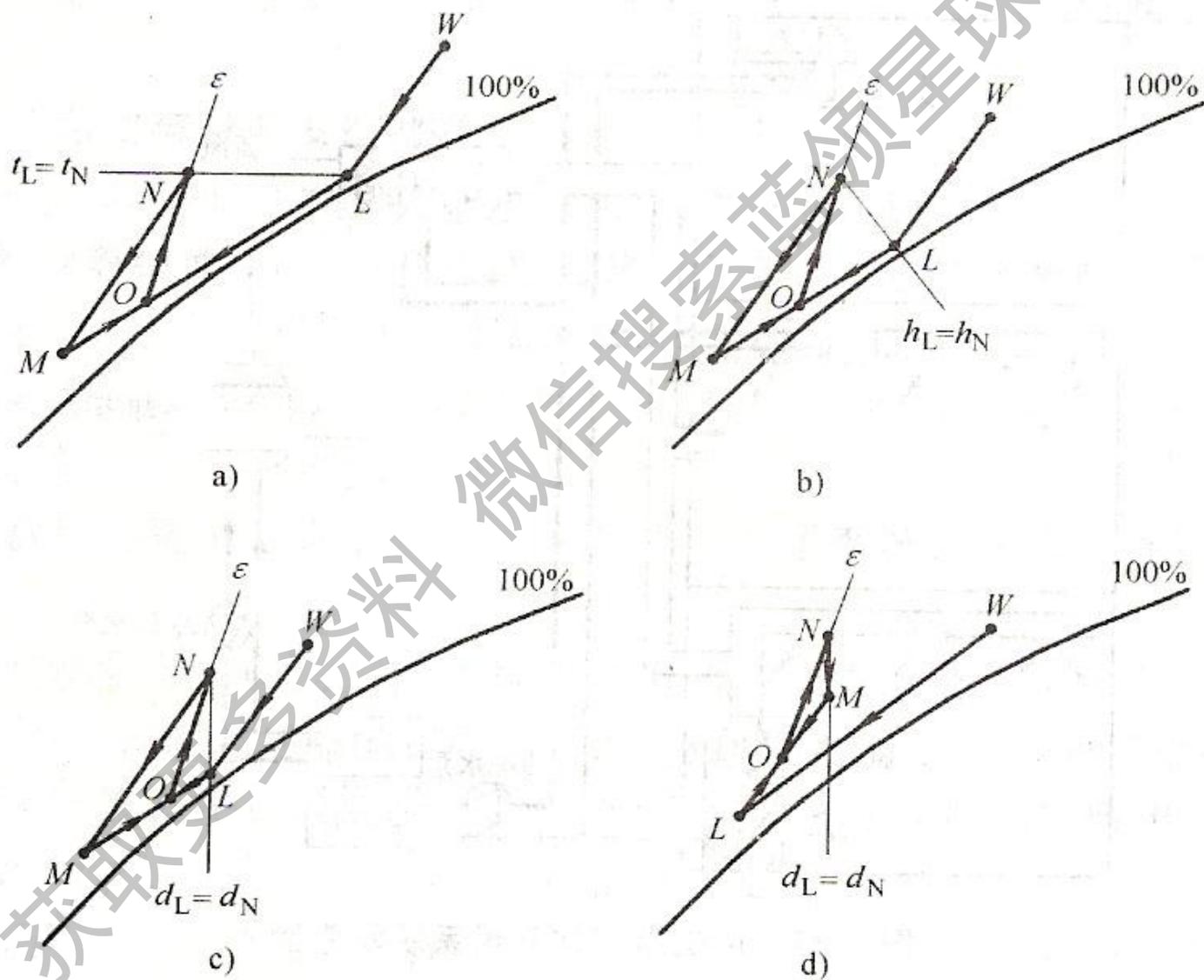


图 5-14 风机盘管加新风系统夏季空调过程

5.3.2 夏季新风处理到室内焓值的空调方案

要点如下：

- 1) 确定新风处理后的状态点L
- 2) 确定送风状态点O，相对湿度90~95%与室内热湿比线相交点
- 3) 计算房间送风量G
- 4) 计算盘管处理风量 $G_{\text{盘}} = G - G_{\text{新}}$
- 5) 确定风机盘管处理后的空气状态点M
- 6) 计算盘管所需冷量 $Q_{\text{盘}} = G_{\text{盘}} (h_N - h_M)$
- 7) 新风处理所需冷量 $Q_W = G_{\text{新}} (h_W - h_N)$

5.3.3 风机盘管与新风机的选择

1、风机盘管的选择

从样本上，按**中挡**的冷量和风量接近设计计算结果为原则

考虑：

- 设计风量、冷量；
- 结构和安装形式；
- 普通型或高静压型；
- 左式或右式

2、新风机的选择

考虑：

- 设计总冷量；
- 总风量；
- 最不利环路要求

5.3.4 系统划分原则

1、风机盘管系统的划分

- 按层水平分区
- 垂直分区

2、新风系统的形式

- 水平式新风系统
- 垂直式新风系统
- 区域性新风系统

3、风机盘管系统与新风系统的搭配

5.4 低温送风系统

- ❧ 常规空调人工冷源 $7-12^{\circ}\text{C}$ ，处理后空气 $10-15^{\circ}\text{C}$ ；
- ❧ 低温送风系统或大温差送风系统，冷源为冰蓄冷系统，冷源提供 $1-4^{\circ}\text{C}$ 低温冷水，处理后空气 $4-10^{\circ}\text{C}$ ，全空气送风系统

获取更多资料

❧ 5.4.1 低温送风系统的特点

❧ 三点

❧ 5.4.2 采用低温送风系统时应注意的问题

问题1、送风温度过低，使人感觉不舒服；局部区域温度过低，送风量较小，使工作区流速较低，室内温湿度分别不均；当出风温度低于室内空气露点温度时，会凝露，风口滴水，出风气流呈“雾状”

∞ 解决措施

方法一：在送风末端加设混合箱，将低温空气与室内回风混合后通过常规送风口送出。

方法二：采用扩散性能好的送风口或专用的送风口，使低温空气在风口附近极短距离内与室内空气混合，以提高温度，增强扰动

混合箱的类型：串联式；并联式；诱导式

串联式特点：送风量一定，房间温度由温控器控制冷风阀的开度；风机连续运转，耗能，产生噪声，维护保养难

并联式特点：风机可间歇运行，调节较灵活，风率功率较串联式小，能耗噪声相对较小

诱导式特点：房间温度控制冷风阀的开启度；不设风机，但需要冷风静压较高，使系统主风机的风量风压增加，能耗增加

❧ **问题2:** 风管风口等表面易结露，造成冷量损失，产生的水滴还会引起其他问题，故需加强保冷和防止凝结水产生。

措施:

- 1) 正确使用保冷层材料及厚度
- 2) 保冷施工时注意其严密性
- 3) 使送风口表面温度高于室内空气温度1—2℃
- 4) 刚启动时，应使冷风温度较高，然后逐步降低冷风温度

5.5 水环热泵系统

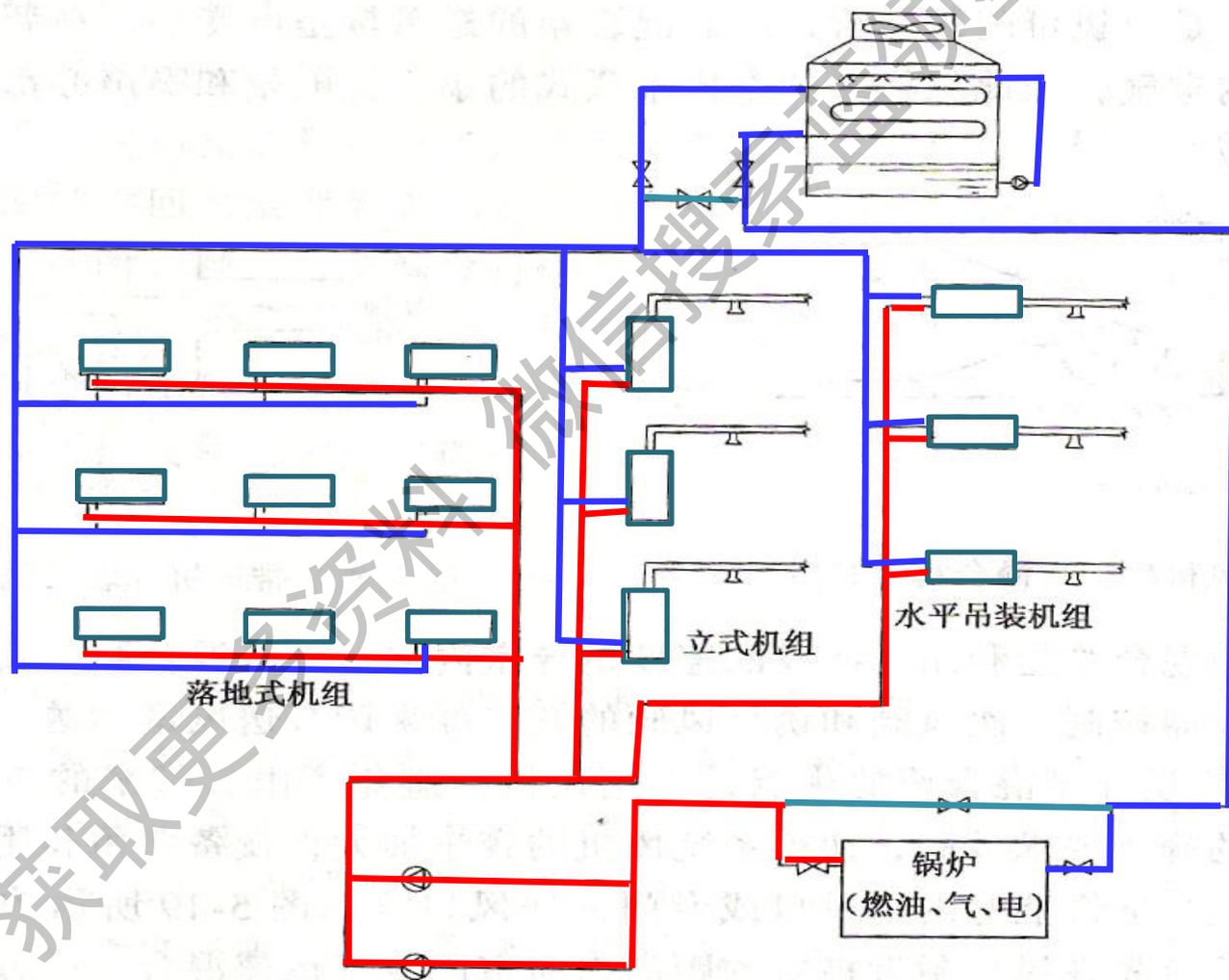


图 5-20 水环热泵系统示意图

- ❧ 水系统采用双管水循环管路，将分散布置的水/空气热泵空调机组的水侧换热器连接成并联环路，采用辅助加热设备（锅炉）和排热设备（冷却塔）分别供给系统运行时不足的热量和排除多余的热量
- 供冷时，系统向水放热，使水温升高超过 35°C ，冷却塔启动放热；
 - 供暖时，水向系统供热，水温降低至 15°C 以下，锅炉启动对水加热
 - 部分供冷，部分供热时，水温在 $15-35^{\circ}\text{C}$ 之间，冷却塔和锅炉都不启动

1、水环热泵系统的优点

5点，书上134—135页

2、水环热泵系统的不足之处

4点，书上135页

3、水环热泵的适用范围

- A. 高级公寓
- B. 旅馆、酒店
- C. 写字楼、商业建筑

对只供冷的建筑物，可采用集中冷却分散机组系统

5.6 空调系统的选择

∞ 共10点，见136—137页

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

5.7 户式中央空调系统

风管系统

由管道输送介质分类

水管系统

制冷剂系统

1、风管系统（空气式系统）

室外主机是一台单元式空调机+风管+风口

特点：初投资较小，能方便引入新风，保证空气质量；对建筑层高有要求，不能有构造梁，难以满足不同房间的空调要求，使用不灵活，若再设置末端装置，将大大增加初投资

❧ 2、水管系统（冷热水系统）

室外主机是一台风冷冷水机组（空气源热泵机组）
+ 末端风机盘管

特点：使用灵活，节能，占空间小，一般受层高和建筑构造影响小；不能引进新风，舒适性差，水管施工安装麻烦，费时费工

3、制冷剂系统（VRV系统，一拖多系统）

室外机 + 直接蒸发式室内机

特点：运转平稳，节能，房间独立控制，通过压缩机调整制冷剂流量，可带多达10台室内机，水平和垂直距离可从几十到上百米；系统复杂，控件多，安装要求高，初投资大，不能引入新风，舒适性较差

第6章 空调风管道系统设计

- ❖ 6. 1 空调风管道
- ❖ 6. 2 空调风管系统设计
- ❖ 6. 3 均匀送风管设计
- ❖ 6. 4 空调管道和设备的绝热
- ❖ 6. 5 空调风管系统的防火防烟

6.1 空调风管道

空调风管与空调风道的统称，金属或非金属薄板

6.1.1 空调风管道的种类

- ❖ 按风管道的制作材料分：有金属风管、非金属风管道和复合材料风管
 - ❖ 按风管道的断面几何形状分：有矩形、圆形和椭圆形风管道
 - ❖ 按风管道的连接对象分：有主(总)风管道和支风管道
 - ❖ 按风管能否任意弯曲和伸展分，有柔性风管(软管)和刚性风管
 - ❖ 按风管道内的空气流速高低分，有低速风管道和高速风管道
- 1、金属风管：镀锌钢板风管，塑料复合钢板(防尘高)
 - 2、非金属风管道：建筑风道和无机玻璃钢风管
 - ❖ 镀锌钢板为基材的风管+绝热层+防潮层+保护层和风管+绝热层(极低吸湿型材料)+保护层的空调风管结构是常见的传统结构形式
 - 3、复合材料风管：新型风管复合玻纤板、复合铝箔聚氨酯板、双壁螺旋风管
 - 4、软管：伸缩软管、柔性风管；铝箔伸缩软管、铝制波纹形半软管、玻纤软管

6.1.2 空调风管的形状与规格尺寸

1、空调风管的形状 矩形和圆形，其他尚有椭圆形

- ❖ **(1) 矩形风管**：当矩形风管的长边与短边之比为1.0—3.5时，它小，适应建筑层高或安装空间高度较低场合需要的特点。
- ❖ 与流通面积相等的圆形风管相比，制作管道的材料要多用13%—36%，摩擦阻力要大16%~45%。
- ❖ **(2) 圆形风管（螺旋圆风管）**：主要优点是内表面光滑，无涡流区，摩擦损失和噪声小；锁缝严密，气密性高；螺旋式锁缝具有加强肋的作用，因而风管强度高，刚性好；有较长的连续长度，接头少，减少了渗漏，而且降低了安装费用。此外，圆形风管的绝热层施工方便。圆形风管的主要缺点是受建筑层高或安装空间高度的限制，现场加工制作及风管配件、部件的安装难度较大。

6.1.2 空调风管的形状与规格尺寸

- ❖ **(3) 椭圆形风管（扁管）**：椭圆形风管除了具有螺旋圆风管的基本优点外，还具有矩形风管占用空间高度可以很小，适应建筑层高或安装空间高度较低场合需要的特点。

获取更多资料

微信

6.1.2 空调风管的形状与规格尺寸

2、空调风管的规格尺寸

- ❖ 国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》**B50243--2002**)对空调风管的规格即风管断面尺寸的明确规定见表**6-1**和表**6-2**所示。表中数据对风管来说是外边长或外径，对风道来说则是内边长；非规则椭圆形风管参照矩形风管，并以长径平面边长及短径尺寸为准。圆形风管应优先采用基本系列。钢板风管的板材厚度应符合表**6-3**的规定。
- ❖ 矩形风管的长边与短边之比不宜大于**4: 1**，愈接近**1**愈好，任何时候都不要大于**10**，这样不仅可以节省制作和安装费用，还可以减少运行动力消耗和运行费用

6.1.3 空调风管系统的阻力与减阻措施

阻力包括摩擦阻力和局部阻力两部分，其中局部阻力占比例较大，高达80%。因此进行风管系统设计时，应尽量采取措施来减少局部阻力，以减少风机的能耗和设备(风机)的初投资。

❖ 1. 摩擦阻力

❖ 摩擦阻力(又称为沿程阻力)是由于空气本身的粘滞性及在风管中流动时与管壁摩擦产生的，它与风速、管壁的粗糙度以及管道尺寸等因素有关。当风速和管道尺寸一定时(通常由设计人员确定)，尽可能采用表面光滑的材料制作风管，就可降低摩擦阻力值。

❖ 2. 局部阻力

❖ 局部阻力是空气流过风管中的配件(如弯头、三通、变径管)和部件(如风口、阀门)等管件时，空气的流向、流量和流过断面等发生变化及某些管件的阻碍作用而产生的阻力。显然，它除了上述摩擦阻力产生的因素外，还与管件的形式密切相关。在设计时，通常采取以下一些措施来减小局部阻力：

❖ 1)弯头的曲率半径 R 不宜过小，最常用的是 $R/b=1.0\sim 2.0$ (b 是矩形风管的宽度或圆形风管的直径)，在 R/b 小于1.0时，要加装导流叶片，使空气流动阻力减小。

2、减小局部阻力的措施

- ❖ 2)三通的局部阻力大小，取决于三通断面的形状、分支管中心夹角、支管与主管的截面积比、支管与主管的流量比(或流速比)以及三通的使用情况(用作分流还是合流)。分支管中心夹角宜取得小一些，一般不超过 30° ，只是在受现场条件限制或者为了阻力平衡需要的情况下，才采用较大的夹角。三通支管常采用一定的曲率半径。支管与主管的连接一般应设在渐扩管部位。当有几根支管汇合于同一主管时，汇合点最好不要在同一个断面上。此外，还应避免 90° 垂直连接，通常支管应在顺气流方向上做一定的导流曲线或三角形切割角。三通的局部阻力不仅取决于它的几何参数，还和流量比(两根支管的流量分别与主管流量之比)有关，为了减小三通的阻力(包括消除合流时可能出现的引射作用)，应使两根支管与主管的气流速度接近，或者相等(这时两支管断面积之和与主管断面积相等)。

2、减小局部阻力的措施

- ❖ 3) 尽量避免风管断面的突然变化，用渐缩管或渐扩管代替突然缩小或突然扩大，渐缩管每边收缩角度不宜大于 30° ，渐扩管每边扩展角度不宜大于 15° 。
- ❖ 4) 有条件时，风管上的各个管件在布置时尽量相隔一定的距离，以避免管件之间的相互影响，在两个管件距离很近或者直接连接时，由于互相干扰，其局部阻力往往发生大幅度变化，可能比两个单独的局部阻力之和大，也可能小。这一阻力变化的程度，不仅取决于管件的类型，还和管件之间的相对距离 l/d (这里 l 是两管件的相对距离， d 是管径) 有关。因此在设计风管时，如在各个管件之间留有大于三倍管径的直管距离，可以不计相互干扰的影响。



获取更

6.1 空调风管系统设计

6.2.1 空调风管系统设计原则

- (1) **子系统的划分**要考虑到室内空气控制参数、空调使用时间等因素，以及防火分区要求。
- (2) **管路系统**要简洁风管长度要尽可能短，分支管和管件要尽可能少，避免使用复杂的管件，要便于安装、调节与维修。
- (3) **风管的断面形状**要因建筑空间制宜充分利用建筑空间布置风管。风管的断面形状要与建筑结构和室内装饰相配合，使其达到完美与统一。
- (4) 风管断面尺寸要**国标化**
- (5) **风管内风速**要选用正确。选用风速时，要综合考虑建筑空间、风机能耗、噪声以及初投资和运行费用等因素。**P148表6-4**
- (6) **风机的风压与风量要有适当的裕量**风机的风压值宜在风管系统总阻力的基础上再增加**10%~15%**；风机的风量大小则宜在系统总风量的基础上再增加**10%**来分别确定。

6.2 空调风管系统设计

6.2.2 空调风管系统设计步骤

- 1) 根据各个房间或区域空调负荷计算出的送回风量，结合气流组织的需要确定送回风口的形式、设置位置及数量。
- 2) 根据工程实际确定空调机房或空调设备的位置，选定热湿处理及净化设备的形式，划分其作用范围，明确子系统的个数。
- 3) 布置以每个空调机房或空调设备为核心的子系统送回风管的走向和连接方式，绘制出系统轴侧简图。
- 4) 确定每个子系统的风管断面形状和制作材料。
- 5) 对每个子系统进行阻力计算(含选择风机)。
- 6) 进行绝热材料的选择与绝热层厚度的计算。
- 7) 绘制工程图。

6.2 空调风管系统设计

6.2.3 空调风管系统的阻力计算（水力计算）

- 一确定风管各管段的断面尺寸和阻力
- 二对各并联风管支路进行阻力设计平衡
- 三计算出选风机所需要的风压。

1. 空调风管系统的阻力计算方法

- (1) **假定流速法** 假定流速法也称为流速控制法，其特点是先按技术经济要求选定管段的流速，再根据管段的风量确定其断面尺寸和阻力。
- (2) **压损平均法** 压损平均法也称为当量阻力法，是以单位长度风管具有相等的阻力为前提的，这种方法的特点是在已知总风压的情况下将总风压按干管长度平均分配给每一管段，再根据每一管段的风量和分配到的风压计算风管断面尺寸。在风管系统所用的风机风压已定时，采用该方法比较方便。
- (3) **静压复得法** 当流体的全压一定时，流速降低则静压增加。静压复得法就是利用这种管段内静压和动压的相互转换，由风管每一分支处复得的静压来克服下游管段的阻力，并据此来确定风管的断面尺寸，下面将这一方法作简要介绍。

2. 空调风管系统阻力计算的步骤和方法

—假定流速法

图 41

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

例题6-1

图41-48

获取更多资料

微信搜索蓝领星球

6.2.4 空调风管系统设计中应注意的几个问题

- 1) 风管布置应与建筑、生产工艺密切配合，同时还要考虑下列因素：尽量缩短管线，避免复杂的管件，减少分支管线，以节省材料和减小空气的流动阻力。此外，还应便于安装、调节、维修和阻力平衡。在图6.7所示的两种风管布置方式中，左边的布置方式不仅节省管材，而且便于阻力平衡。图6-8为一个风管系统为相同面积的多个房间和单一房间服务时的不同系统形式。
- 2) 风机进出口处的动压很大，要正确处理风机进出口处的连接管，否则会引起很大的压力损失。
- 3) 风管阀门的种类很多，要根据需要合理地选用。
- 4) 空调风管系统一般都需要供给新风，对新风采集口的设置应满足以下要求：一是应选择在室外较洁净的地点；二是尽量远离排风口，并应放在排风口的上风侧，而且新风口应低于排风口；三是为避免吸入室外地面灰尘，新风口底部距室外地坪不应低于2m，布置在绿化带时，也不能低于1m；四是为使夏季吸入室外空气的温度低一些，新风口尽可能布置在背阴处，宜设在北面，避免设在屋顶和西面；五是为防止雨水倒灌，新风口应设固定的百叶窗，并在百叶窗上加金属网，以阻挡鸟类飞入。

6.3 均匀送风管设计

均匀送风管：空调系统的风管通过设在其侧壁或底部的若干个风口或短管送出等量的空气

均匀送风管有三种基本形式：

- 1) 风管**断面**变化，各送风口面积或条缝尺寸不变(见图6-10)。
- 2) 风管断面保持不变，各**送风口**面积或条**缝尺寸**变化(见图6-11)。
- 3) 风管断面、各送风口面积或条缝尺寸**均变化**。

6.3.1 风口送风原理

1、风口送风原理

2、孔口出流的风量

结论 图51

获取更多资料

6.3.2 实现均匀送风的基本条件

图51

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

6.3.3均匀送风管的设计与计算

图52

获取更多资料

微信搜一搜 蓝领星球

例题6-2

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

6.4 空调管道和设备的绝热

- ❖ **绝热**是利用一些具有特殊性能的工程材料构成的绝热结构，来防止或减少其结构内外因
- ❖ 空调管道和设备在下列情况下需要绝热：
 - 1) 由于有冷、热量损耗，使**管内或设备内介质温度**发生变化而达不到要求时。
 - 2) 冷、热量损耗大，**不经济时**。
 - 3) 管道或设备的**冷表面可能结露时**。
 - 4) 当管道通过室内**空气参数要求严格控制**的房间，因管道散出的冷、热量会对室内控制参数产生不利影响时。
- ❖ 一般情况下，需要绝热的空调管道和设备有：**空调风管系统所有的送、回风管及其管件，可能在外表面结露的新风管和空调设备，设在空调设备外面的送、回风机；空调水统所有的冷(热)水供、回管及其附件，以及冷(热)水供、回水泵。**
- ❖ 国家标准《设备及管道保冷设计导则》((GB / T15586—1995)和设备及管道保温设计导则》(GB / T8175—1987)，对绝热层厚度的计算方法**和绝热层材料的主要技术性能要求**都给出了明确规定。

6.5 空调风管系统的防火防烟

6.5.1 建筑设计的防火和防烟分区

目的：防止火灾和烟气的扩散，控制火灾和烟气的蔓延。

1. 防火分区

- ❖ 根据房间用途和性质的不同，借助防火墙、防火门、防火卷帘、楼板等具有一定耐火能力的分隔设施在建筑物内形成可隔绝火灾蔓延的屏障进行防火分区。在建筑设计中通常规定楼梯间、通风竖井、风管道空间、电梯井、自动扶梯升降通路等形成“竖井”的部分都要作为防火分区。

2. 防烟分区

- ❖ 防烟分区是对防火分区的细分化，防烟分区内不能防止火灾的扩大，仅能控制燃烧产生的烟气流动。通常在有发生火灾危险的房间和用作疏散通路的走廊间加设防烟隔断；在楼梯间设置前室，并设自动关闭门，作为防火防烟的分界；对特殊的竖井(如商场中部的自动扶梯处)应设置用烟感器控制的隔烟防火卷帘。防烟分区的分隔还可用隔墙，也可用挡烟垂壁(从顶棚下突出约500mm，用不燃材料制作)，如图6-15所示。当火灾发生时由人工放下，也可用透明材料制作，并固定安装。
- ❖ 图6-16某商场的防火防烟分区

6.5.2 空调风管系统的防火防烟措施

1. 严格选用材料
2. 合理设置系统

❖ 空调风管系统应尽可能分别按每个防火分区单独设置，竖向最好分层设置且不宜超过5层，使风管不穿越防火分区。在难以做到时，要在靠近防火墙的风管内装设防火阀，如图6-18所示。防火墙与防火阀之间的风管用大于或等于1.5mm的厚钢板制作，以防受热变形。

3. 重点部位设置防火阀

❖ 空调风管在下列位置应设防火阀：

- 1) 穿越防火分区的隔墙或楼板处。
- 2) 穿越空调机房的隔墙或楼板处。
- 3) 垂直风管与每层水平风管交接处的水平风管内。
- 4) 穿越重要的或火灾危险性较大的房间隔墙或楼板处。
- 5) 穿越变形缝处(在变形缝两侧设，如图6-19所示)。

6.5.3 防火阀与防烟阀

- ❖ **防火阀**主要由**外壳、叶片(或阀板)、叶片连动机构以及执行机构**组成，平时常开，当风管内的气流温度达到 70°C 时，执行机构的关键部件金属易熔片熔断，叶片或阀板在弹簧拉力或重力的作用下自动关闭，从而防止火势沿风管蔓延。
- ❖ **防火阀类型**：按关闭阀门的作用力不同有**拉(扭)簧式**和**重力式**(又称为自重翻板式，如图6.20所示)；按外形不同有**矩形、圆形和扁圆形**；按叶片复位的方式不同有**手动复位**和**自动复位的**。当防火阀与风量调节阀结合使用时，可兼起风量调节作用，该阀则称为防火调节阀。防火调节阀可在 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 范围内手动改变阀门叶片的开启角度。
- ❖ **防烟阀**通常是与**烟感器**连锁的阀门，平时常开，一般通过能够探知火灾发生初期所产生烟气的烟感器发出的动作信号，由电动机或电磁机构驱动阀门自动关闭。这种阀门如图6-21所示。如果在防烟阀上加装易熔金属片等装置，则可使其兼有防火的作用，这种阀门又称为防烟防火阀。
- ❖ 把**防火、防烟和风量调节**三种功能合为一体的阀门称为**防火防烟调节阀**，它既受**温度熔断器**的控制，又与烟感器通过电信号联动，还可通过手动使阀门瞬时严密关闭。温度熔断器更换后可手动复位。

第7章 空调水系统及设计



- 本章主要内容
- 1、空调水系统
 - 工艺流程
 - 形式
 - 供回水温差
 - 2、空调水系统 设计
 - 3、冷凝水排放系统设计
 - 4、冷却水系统的形式、设计
-

7.1 空调水系统

冷冻水（热水）系统：冷（热）源+水泵+管道+末端

冷却水系统：水冷冷水机组+冷却水泵+冷却塔

7.1.1 空调水系统和冷却水系统的工艺流程：图7-1

1、夏季供冷：

2、冬季供暖：

3、自控设备①温控电动二通阀或三通阀②压差控制阀

4、膨胀水箱13的作用①热胀储水②补水定压

5、阀门①11自动排气阀：避免出现管道“气堵”

② 阀门13作用

调节水流量
开关作用

6、其它仪表、装置①测温装置（设备进、出口处）

②测压装置（设备进、出口处）

③过滤器（重要设备进口处）

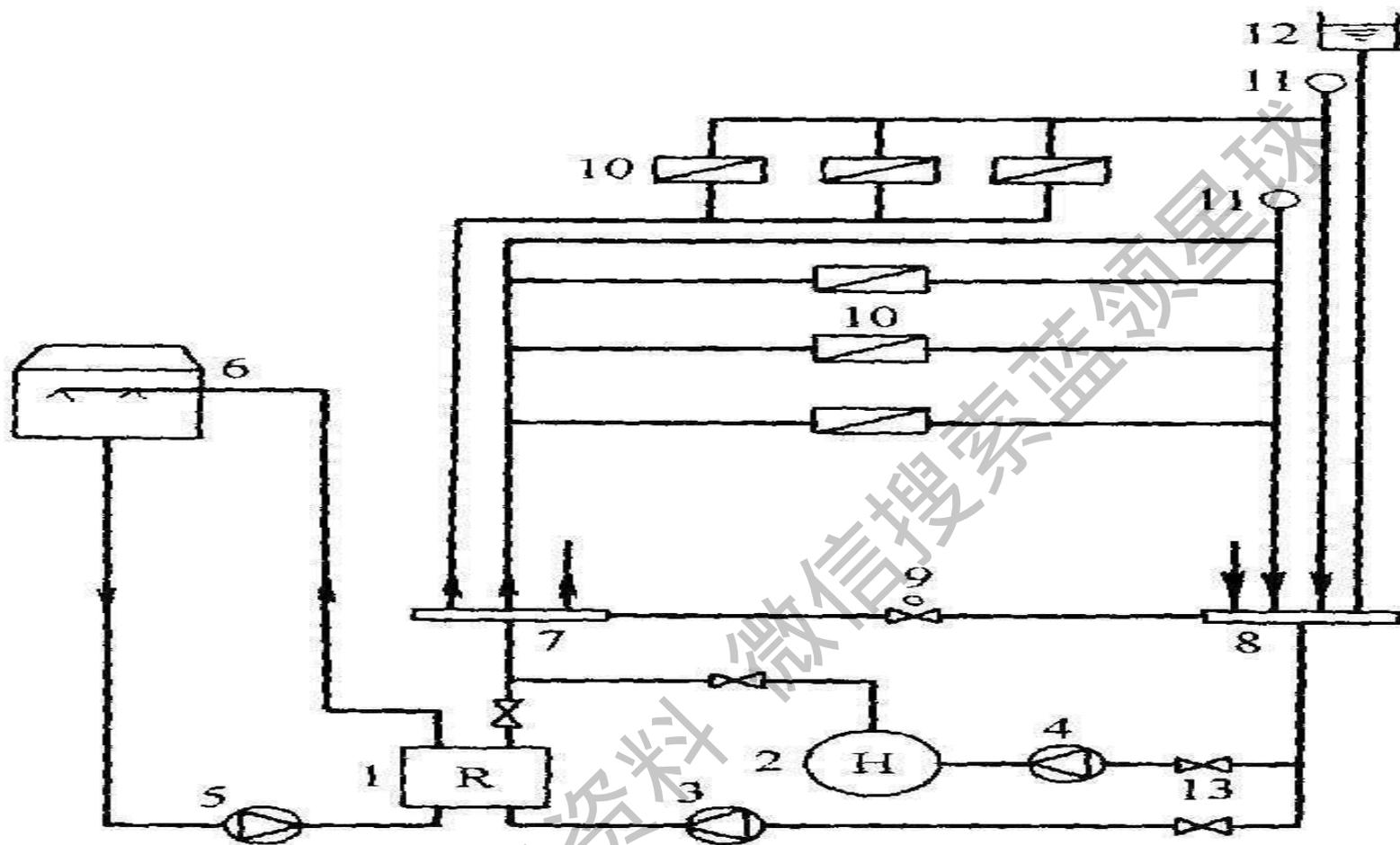


图 7-1 空调水系统与冷却水系统示意图

- 1—水冷冷水机组 2—锅炉 3—冷冻水泵
 4—热水泵 5—冷却水泵 6—冷却塔
 7—分水器 8—集水器 9—压差控制阀
 10—空调设备 11—自动排气阀
 12—膨胀水箱 13—阀门

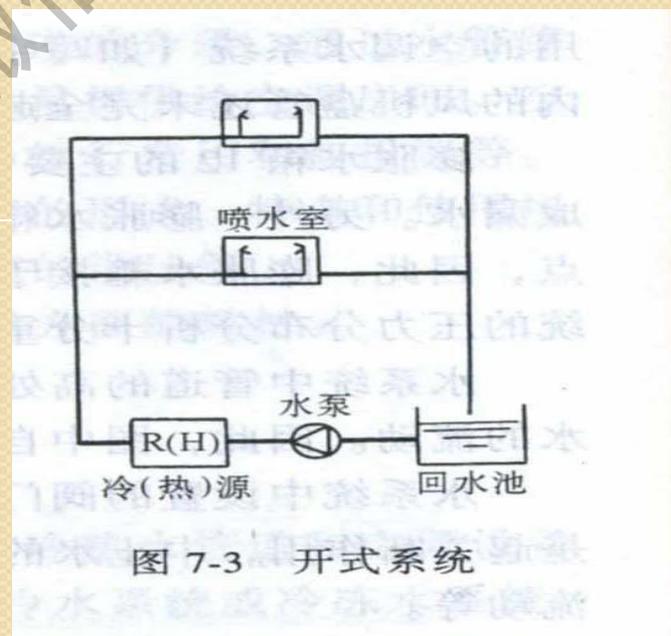
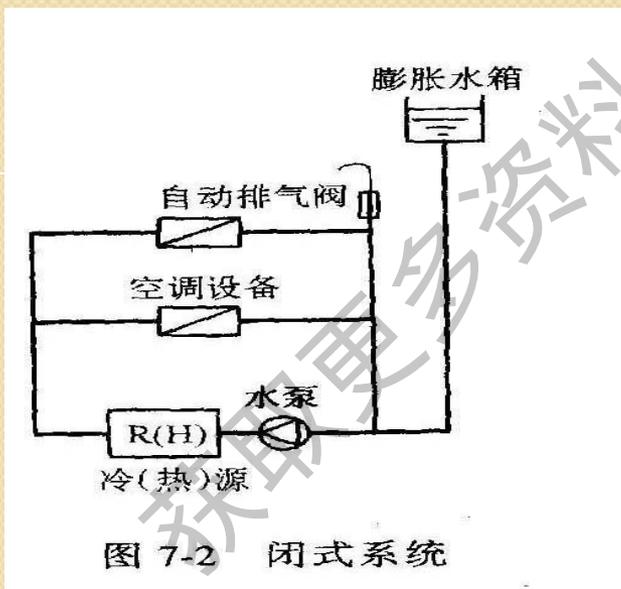
7.1.2 空调水系统的形式 分类图

功能：输送冷热量

1、闭式和开式系统（按水是否与空气接触）

(1) 闭式系统图7-2在系统最高点设膨胀水箱或在循环水泵入口设膨胀定压水罐

2) 开式系统图7-3 设喷水室或蓄冷水池



(
2、两管制、三管制和四管制系统（按连接末端的冷热水供回水管道由几根组成）

(1) 两管制系统（双水管系统）图7-4
应用最广泛

(2) 三管制系统（三水管系统）共用一根回水管 很少使用

(3) 四管制系统（四水管系统）图7-5

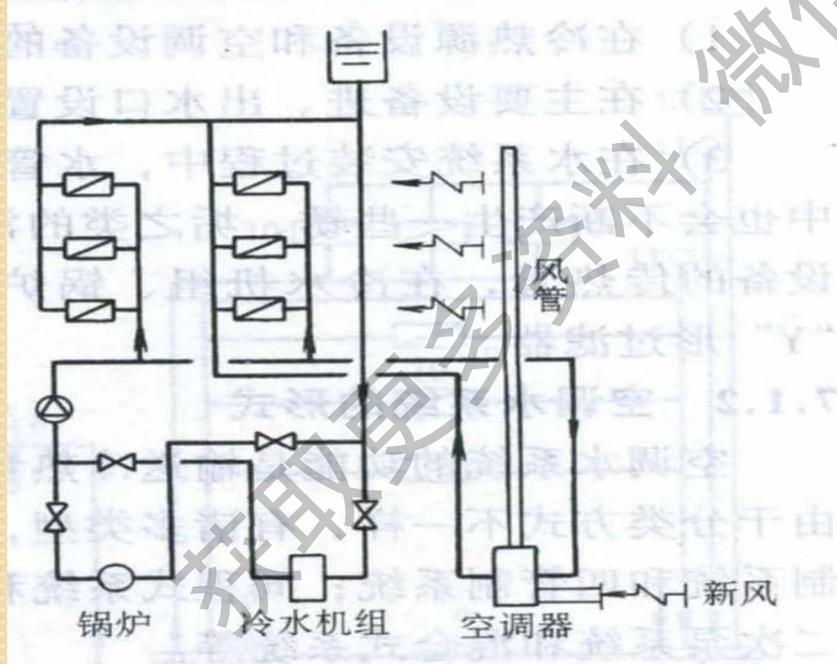


图 7-4 两管制系统

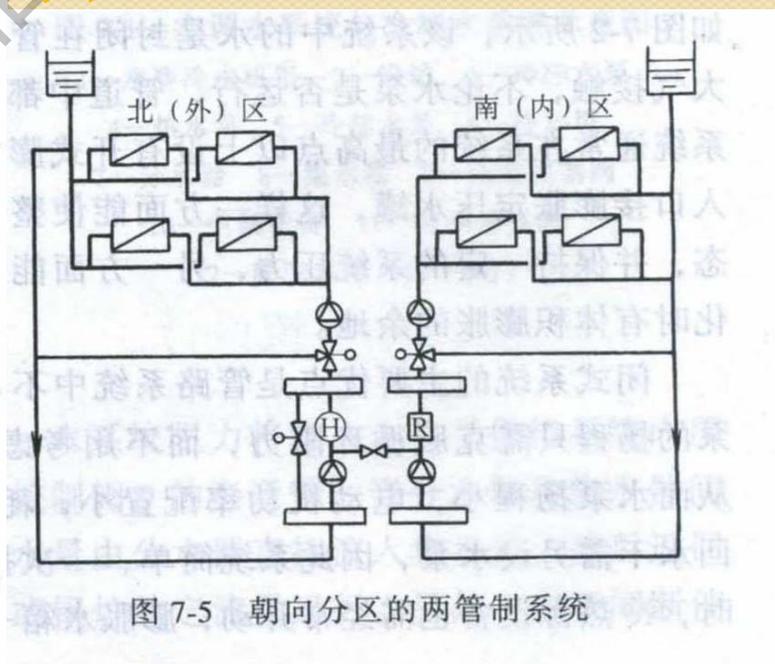


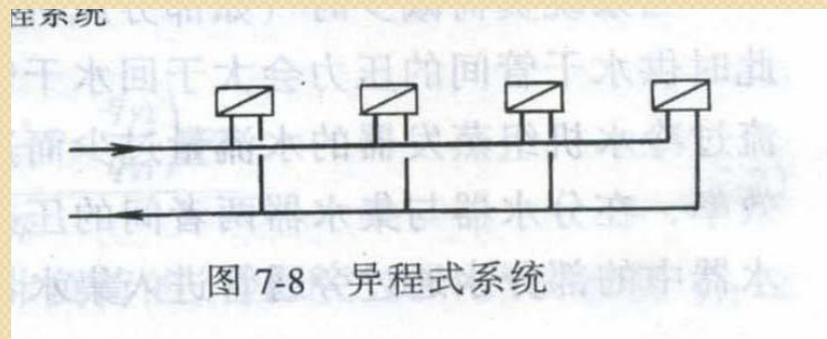
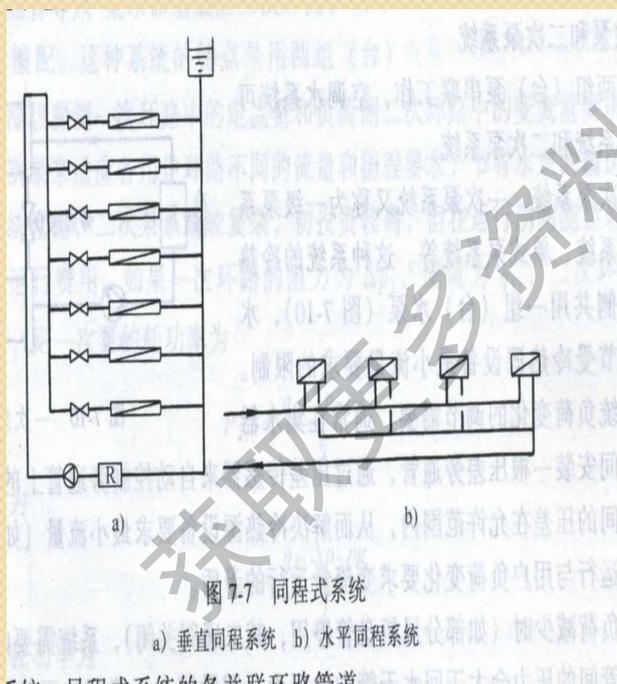
图 7-5 朝向分区的两管制系统

3、同程式和异程式系统（按同一并联环路中末端设备的供回水管道总长是否大致相等）

(1)、同程式（相等）：各支路阻力基本相等 稳定性好，水量分配均匀
垂直同程 图7-7 有一根同程管

水平同程

(2) 异程式（不相等） 图7-8 流量分配不均匀，公共管道管径增大或各支管按流量调节装置



4、定流量和变流量系统（按循环水量是否随负荷发生变化）

(1) 定流量系统（主机侧流量不变）改变供回水温度或负荷侧流量来实现（负荷侧旁通管）适用于一台水泵对应一台冷热源设备 图

(2) 变流量系统图7-9（水量随负荷发生变化）压差控制

5、一次泵、二次泵和混合式系统（两组水泵是否串联）

(1)、一次泵系统（一级泵、单极泵、单式泵）图7-10

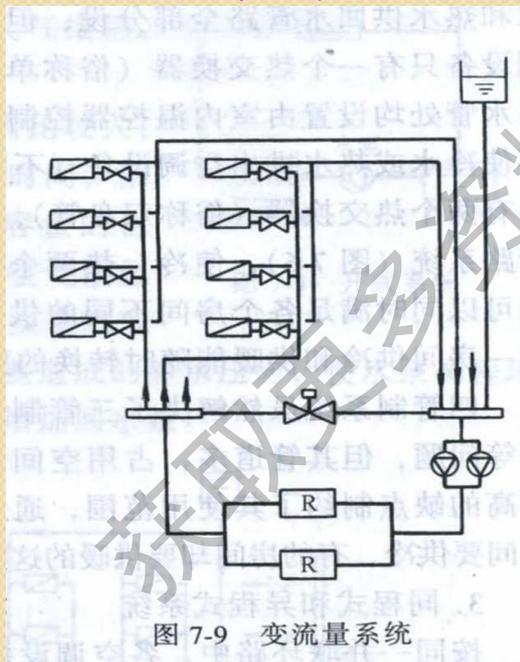


图 7-9 变流量系统

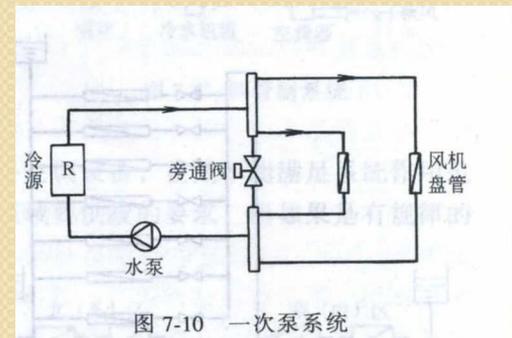
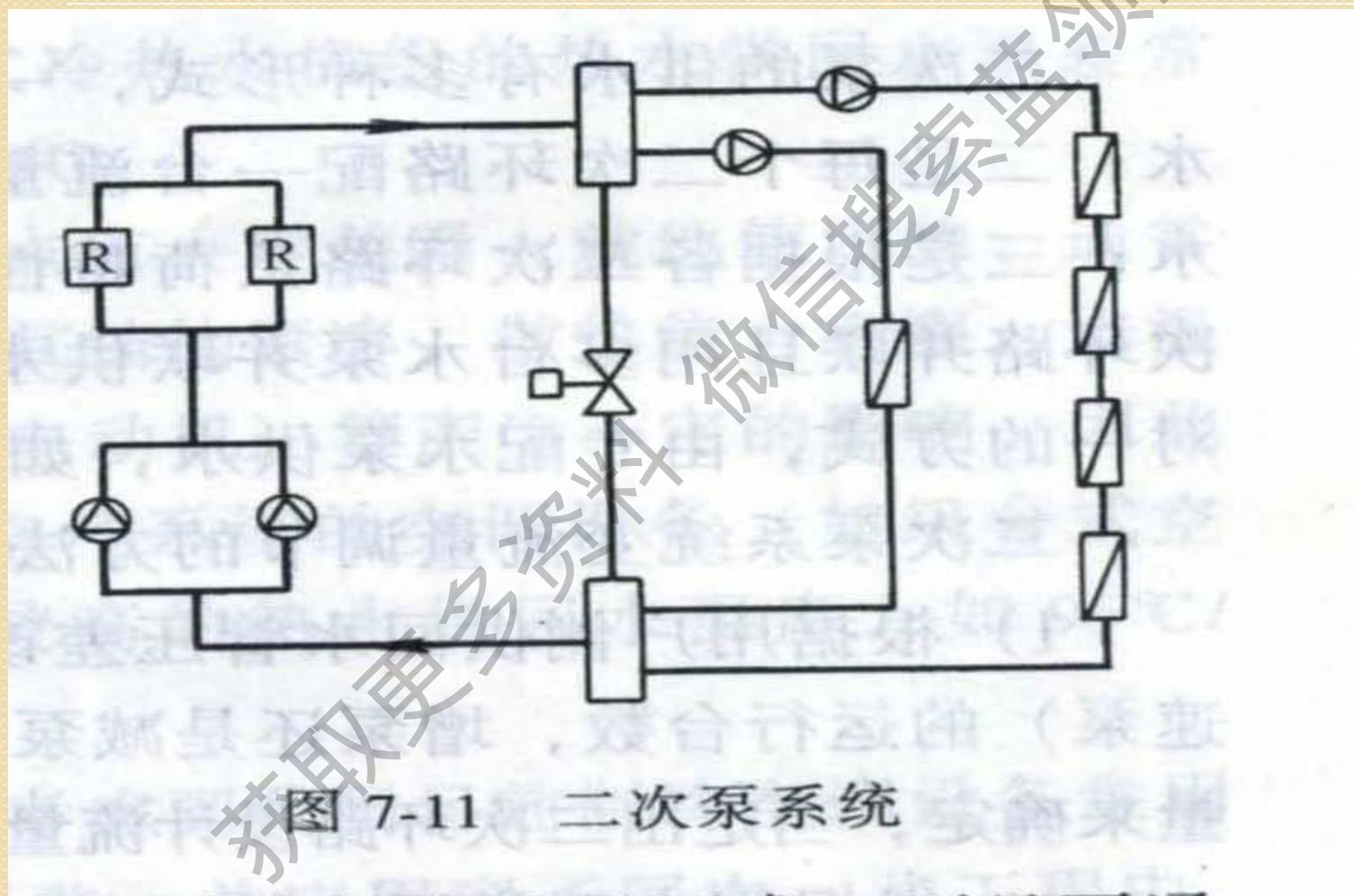


图 7-10 一次泵系统

通常在集水器和分水器之间安一根压差旁通管解决冷热源设备最小流量与用户侧变流量矛盾。

(2) 二次泵系统（二级泵、双级泵、复式泵）图7-11



两个环路

- 一次环路：一次泵、冷热源、分水器、旁通管、集水器
- 二次环路：分水器、二次泵、末端设备、集水器

运行费用低，但系统复杂，初投资高

二次泵与一次泵相比较优点有：

二次泵系统变流量调节的方法：

根据用户侧供回水管压差改变二次泵运行台数

根据用户侧供回水压差改变二次泵的转速

以上两种方式组合，既可调节运行台数适应较大负荷变化，又可调节转速适应较小负荷的变化。

(3)混合式系统 综合性建筑 一次泵系统和二次泵系统混合使用。

获取更多资料

7.1.3 空调冷热水供回水温度——技术经济比较

(1)、空调冷冻水供水温度：5--9℃ 一般7℃ 最高9℃

(2)、冷冻水供回水温差：5-10℃，一般5℃，回水温度12℃

(3)、空调热水供水温度：40--65℃，一般60℃ 热泵40℃ 最高65℃（防结垢） 低温地板辐射45℃

(4) 空调热水供回水温差：4.2--15℃，一般10℃，回水温度50℃，吸收式机组热水温差4.2℃ 一般风机盘管60℃ /50℃,全空气处理机组有时可用95℃ /70℃,但需用软化水或进行水质处理。

我国常用空调冷热水供回水温差为5和10

大温差：冷冻水温差6—9℃，区域供冷8—10℃，供热15℃，水泵耗电减小，但机组效率下降。

7.1.4 空调水系统泵的设置—台数、流量、扬程 应符合要求： P188

- (1) 夏、冬季冷热水泵是否可合用（两管制系统）
- (2) 一次泵系统的水泵台数应与冷水机组台数一致；
- (3) 二次泵系统中泵的选择
- (4) 空调热水泵的设置原则与二次泵相似

7.2 空调水系统设计

7.2.1 设计步骤

- 1、确定空调设备形式（全集中式或局部集中式等）
- 2、由空调负荷确定供水量，——空调末端选型
- 3、选择水系统形式→供回水管线布置→画出系统轴测图或管道布置简图
- 4、管路水力计算→水泵选型
- 5、绝热材料与绝热层厚度的选择
- 6、冷凝水系统的设计
- 7、绘制工程图

7.2 空调水系统设计

7.2.2 空调水系统的管路水力计算

已知 水流量 } 确定 各管段管径 } 计算水系统总阻力
选定流速 } 水流阻力 } 计算水泵扬程

(一)、管径的确定

(1) 连接末端设备支管管径，与设备进出水管管径一致

(2) 供回水干管管径（内径） $d = (4qv/3.14v)$

(3) v 的确定： v \rightarrow d \rightarrow 阻力 \rightarrow 运行费用

(qv 一定) v \rightarrow d \rightarrow 初投资费用

管内水流速 v 推荐值表 7-1

管径 $d \leq DN125$ 用镀锌钢管 $d \geq DN125$ 用无缝钢管

7.2 空调水系统设计

(二)、水流阻力的确定

空调水系统阻力由三部分组成

- 1、设备阻力：由样本查得 ΔP_s 可由表7-5估算P194
- 2、管道阻力（沿程阻力）：摩擦阻力（直管段） ΔP_m
- 3、局部阻力：管道附件（阀门、水过滤器等）和管件（弯头、三通等）阻力 ΔP_z

$$\Delta P = \Delta P_s + \Delta P_m + \Delta P_z$$

$\Delta P_m = lR$ 比摩阻 R ——由水 qv 和 v 查表7-2确定P190-192

$\Delta P_z = \xi \cdot v^2 \rho / 2$ ξ 查表7-3和7-4P193-194

7-2 空调水系统设计

(三)、空调水系统管路计算的步骤 (以闭式两管制一次泵为例)

- 1、划分管段，标注各管段长度和冷热负荷
- 2、选定最不利环路，对整个管路进行编号
- 3、计算管段流量。
- 4、选流速，确定管径。
- 5、计算 $\Delta P_m = IR$
- 6、计算 $\Delta P_z = \sum \xi P_d$ 并列表
- 7、管段总阻力 $\Delta P = \Delta P_s + \Delta P_m + \Delta P_z$
- 8、检验各并联管路的阻力平衡情况 误差 $\leq 15\%$ 否则改变 A
- 9、计算最不利环路阻力 H_1 ，水泵扬程 $H = (1.1—1.2) H_1$

7.2 空调水系统设计

例7-1P195---198

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

7.2 空调水系统设计

7.2.3 空调水系统设计中应注意的问题

1、水系统的分区 三种

(1) 按压力分区 设备、附件、管件及管道的工作压力限制 $P \leq 1.98$ 室外建筑100m以上应进行竖向分区

(2) 按使用时间分区

(3) 按空调负荷性质分区

2、管道的布置 同程式系统

管道的坡度和水系统的排气

4、膨胀水箱的设置

5、水系统泄水装置的设置

6、管道补偿器的设置

7.2 空调水系统设计

7、温度计、压力表、水过滤器的设置

8、分水器和集水器的设置

9、冷热源侧管径的确定方法与末端相同，但管道内流量应采用冷热源设备的额度流量，

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

7.3 冷凝水排放系统设计

排放方式：1、就地排放（酒店内风机盘管）2、借助管路系统集中排放（写字楼风机盘管）

冷凝水排放系统设计时需注意P201--202

[返回](#)

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

第8章 空调房间的气流组织



空调不仅对温度、湿度，流动速度等参数的调节，还要保证室内均匀、稳定的温度场、湿度场和速度场，这就要求合理地组织气流，即合理地设计送排风方式，送回风口的正确选型和布置。

8.1 送回风气流的基本流动规律

8.1.1 送风气流的基本流动规律

空气射流	自由射流	与周围空气温度是否有差异	等温射流
是否受限			

空调工程中常用送风气流为非等温受限气流

1、受限射流

2、旋转射流

3、平行射流的叠加



8.1送回风气流的基本流动规律

3、平行射流的叠加

8.1.2回风气流的基本流动规律—汇流

8.2空调风口

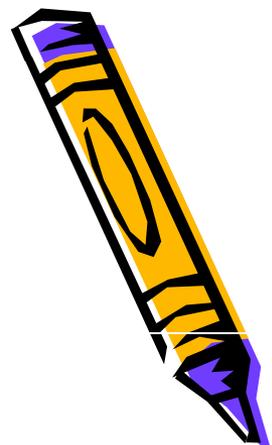
8.2.1送风口

按形式分类（7种）：百叶风口、散流器、喷口、条缝风口、旋流风口、孔板风口和专用风口

按送出气流的形式：扩散型送风口（散流器）、轴向型送风口（喷口）、线形送风口（条缝型）面形送风口（孔板）

按安装位置：顶棚送风口、侧墙送风口、地面送风口

按送风方向：下送风口、侧送风口和上送风口。



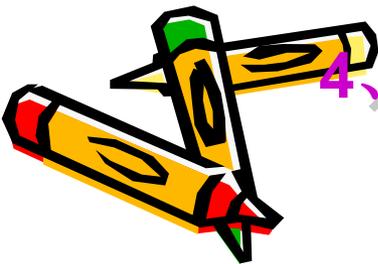
8.2.2回风口 常用百叶式回风口、活动板式回风口和蘑菇形回风口

8.3气流组织----室内空气的流动形态和分布，直接影响舒适度

影响气流组织的注意因素：送回风方式、送回风口的位置和形式以及送风参数。

8.3.1气流组织形式 四种 上送下回、上送上回、下送上回和中送下回

- 1、上送下回
- 2、上送上回
- 3、下送上回
- 4、中送下回

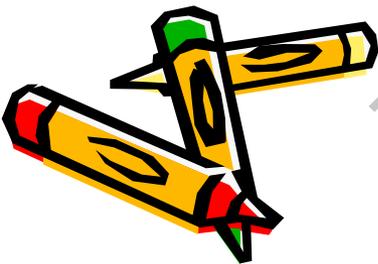


8.3.2送风方式与送风口的选择 三大类 侧送、上送和下送
选用送风方式与送风口时应遵循以下原则P219--220

8.3.3回风口的设置及吸风速度P220—221

风口形式图

返回





第9章

室内空气质量与 空气净化处理

微信搜索 寰球

9.1 空调房间的空气品质

❖ 9.11 影响空调房间空气品质的因素

室内空气质量又称为室内空气品质，英文缩写IAQ。

1. 室内空气污染

2. 空调房间空气污染物的来源及影响

环境影响

空调系统或装置的影响

❖ 9.1.2提高和改善空调房间空气质量的措施

- 1.消除或控制室内污染源
- 2.提高新风效应
- 3.合理组织室内气流
- 4.加强空气净化和杀菌处理
- 5.采用置换通风方式
- 6.采用能改变新风比的系统
- 7.加强空调系统或装置的维护和管理

❖ 9.1.3空调房间空气质量的评价

客观评价

主观评价

9.2 空气中固态污染物的净化处理

❖ 9.2.1 空气中悬浮微粒的类型

可按微粒的**形成方式**、**性质**、**大小**、**通俗**进行分类。

大气污染物及大气尘浓度

粉尘、烟雾、有机粒子、有害气体、飘尘 $\leq 2 \mu\text{m}$

(CO、NO₂、SO₂...)

❖ 9.2.2 大气尘的组成、粒径分布和浓度

1. 大气尘的组成

2. 大气尘的粒径分布特征

大气尘计数浓度 $\geq 0.5 \mu\text{m}$ (粒/l) : 农村 $(0.3 \sim 1.0) \times 10^5$

大城市 $(1.2 \sim 2.0) \times 10^5$

工业区 $(2.5 \sim 3.0) \times 10^5$

3. 大气尘的浓度

获取更多资料

微信订阅号 蓝领星球

❖ 9.2.3 空气中悬浮微粒的净化标准

质量浓度、记数浓度、粒径计数浓度

造成“病态建筑综合症”（S. B. S）的主要因素：

1. 通风不良
2. 空气过滤不佳
3. 空调通风系统污染严重

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

9.3 空气过滤器

❖ 9.3.1 空气过滤器捕捉悬浮微粒的机理

1. 惯性作用
2. 扩散作用
3. 重力作用
4. 静电作用

❖ 9.3.2 空气过滤器的主要性能指标

1.面速和滤速

2.效率和透过率

过滤效率： 单级
 m级串联

检测方法：

1 比色法； 2 纳焰法； 3 油雾法； 4 粒子计数法

3.阻力

新过滤器的经验表达式：

$$\text{“终阻力”} = \text{“初阻力”} \times 2$$

4.容尘量

❖ 9.3.3空气过滤器的滤料

❖ 9.3.4影响空气过滤器效果的因素

微粒粒径、滤料纤维的粗细、过滤风速、密实度、容尘量

获取更多资料 微信搜索 领星球

❖ 9.3.5 空气过滤器的类型

1. 按过滤效率分

	过滤材料	构造形式	适用范围	主要作用
(一) 初效过滤	玻纤、丝网 粗孔塑料			
(二) 中效过滤	玻纤、无纺布 细孔塑料	袋式、抽屉式		保护高效
(三) 高效过滤	超细玻纤 超细合纤			
(四) 电集尘器	正负极板 高压电场			

初（粗）、中、高效过滤器；高效过滤风口

二、性能及检测

补：“初效”用在空调机前端；“中效”用在空调系统的正压段；

“高效”用在空调系统的末端（即送风口处）。

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

9.4 净化空调

净化空调 (空气洁净技术)：电子、制药、医院、食品...

9.4.1 洁净室空气净化方式与洁净室形式

		净化级别	构造	管理施工	费用	应用
全室净化	乱流型式	较低	简单	方便	便宜	较广
	平行流型式	级别高	复杂	麻烦	较高	慎重
	隧道式	有高有低	居中	居中	较少	推广方向
净化隧道	管道式 装配式 洁净工作台	居中				
局部净化	自净器 层流罩	适用于旧厂房改造,生产批量较小的场所				

❖ 9.4.2 净化空调与一般空调的差别

参数差别、净化等级差别、送风量差别、气流覆盖区差别、压力差别

❖ 9.4.3 净化空调系统的送风方式与气流组织形式

高洁净区—“活塞流”—无涡流

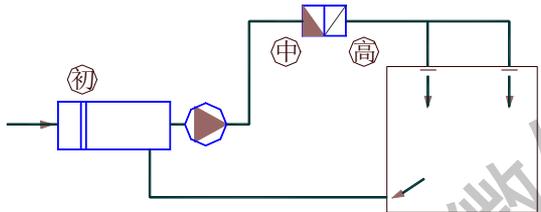
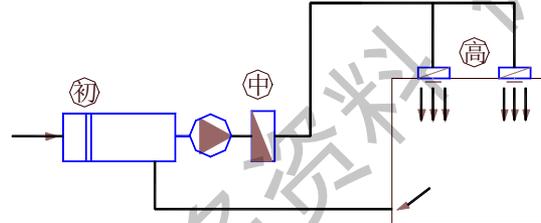
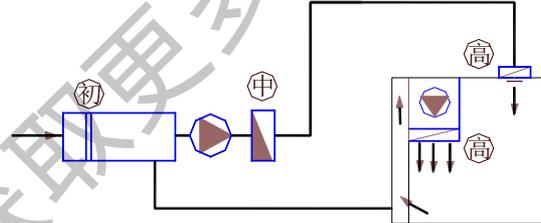
低洁净区—“乱流”—有涡流

1. 新风量的确定：主要考虑房间的正压要求及排风的要求。

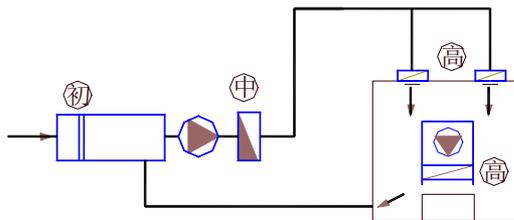
2. 严密性问题：高效过滤器应无任何泄漏；中效过滤后的空气不应再受污染。

空气净化系统的基本方案

表 7-6

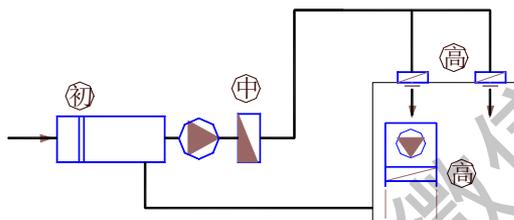
方案图式	洁净类型和等级
<p>1</p> 	<p>乱流式洁净室 等级为M6 (100,000级)</p>
<p>2</p> 	<p>乱流式洁净室 等级为M4.5-M6 (10,000-100,000级)</p>
<p>3</p> 	<p>洁净隧道式洁净室 隧道内等级 < M3.5 (100级)</p>

4



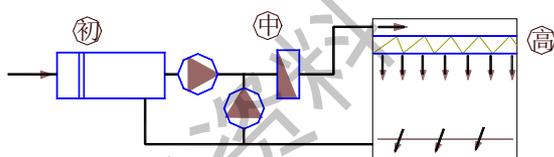
洁净管道式洁净室
管道内等级$M_{3.5}$
(<math><100</math>级)

5



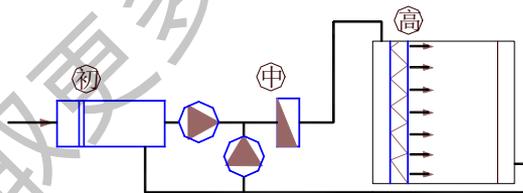
装配式洁净室
装配室内等级 $M_{3.5}$ - $M_{4.5}$
(100级-1000级)

6



垂直式平行流洁净室
空间洁净度$M_{3.5}$
(100级或10级)

7



水平式平行流洁净室
洁净等级 $M_{3.5}$ - $M_{4.5}$
(100级-1000级)

9.5空气中气态污染物和微生物的净化处理

- ❖ 9.5.1空气中气态污染物
- ❖ 9.5.2空气中气态污染物的净化处理
- ❖ 9.5.3空气中微生物的净化处理

返回



第10章

空调系统的 消声与隔振

获取更多资料 微信搜索 寰球

10.1 空调系统的消声

❖ 10.1.1 噪声及其物理量

1. 噪声的基本概念

凡是不需要的声音，就是噪声。

过响声；妨碍声；不愉快声；无影响声

其中，过响声、不愉快声属于客观的噪声；妨碍声和无影响声属于主观的噪声。

2.噪声的物理量度

(1) 声压p

- ❖ 当有声波存在时，在媒质中产生的压强的增量。
- ❖ 单位：Pa或 μbr ； $1\text{Pa}=10^6\mu\text{br}$ 。
- ❖ 当声频为1000Hz时，人耳可听声压范围为 $2\times 10^{-5}\sim 20\text{Pa}$ ，其中， $2\times 10^{-5}\text{Pa}$ 称为听阈， 20Pa 称为痛阈。
- ❖ 有效声压 p_e ：一段时间内声压的均方根值。由于人耳无法感受声压的起伏，只能感受一个稳定的有效声压。

(2) 声能量

- ❖ 由于声扰动，声波在媒质中传播，产生动能和形变的势能。动能和势能之和即为声能量。单位： J
- ❖ 声场：空间中存在声波的区域。
- ❖ 声能密度**D**：声场中单位体积媒质所含有的声能量，单位： J/m^3 。

(3) 声强I

- ❖ 单位时间内，通过和声波射线垂直的单位面积内的声能量称为声强，即在传播方向上通过单位面积上的声功率。单位： W/m^2 。

(4) 声压级 L_p

❖ $L_p = 20 \lg (p/p_0)$

❖ L_p 为声压级，单位dB； p 为有效声压，Pa；基准声压 $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa。

(5) 声强级 L_I

❖ $L_I = 10 \lg (I/I_0)$

❖ L_I 为声强级，单位dB； I 为声强，瓦/米²；基准声强 $I_0 = 1 \times 10^{-12}$ 瓦/米²。

(6) 声功率级 L_W

- ❖ $L_W = 10 \lg (W/W_0)$
- ❖ L_W 为声功率级，单位dB； W 为声功率，瓦；基准声功率 $W_0 = 1 \times 10^{-12}$ 瓦。

3. 室内噪声标准

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

❖ 10.1.3 噪声的危害与影响

1. 损伤听力机构
2. 引发多种疾病
3. 影响正常的生活和工作

❖ 10.1.4 空调系统的噪声源及噪声性质

1. 空调系统的噪声源

风管、风口及其他设备

2. 噪声性质分析

❖ 10.1.5 噪声的传播途径与自然衰减

1. 噪声的传播途径

- ❖ 声波的反射；
- ❖ 声波的折射——服从Snell定律；
- ❖ 声波的干涉——相干波发生叠加的现象；
- ❖ 声波的衍射声波遇到障碍物或空洞时（波长远大于障碍物和空洞）发生绕流的现象，也称为“漏声”现象。

2. 噪声的自然衰减

- ❖ 声波在空气中传播时，因空气的粘滞性和热传导，在压缩和膨胀过程中，使一部分声能转化为热能而损耗，成为空气吸收。
- ❖ 声波在传播过程中，会受到各种复杂的地面条件的影响。遇到树木（草地、灌木）会引起衰减，衰减的大小与树木的种类、树叶的繁茂程度和树木的高度有关。

❖ 10.1.6 空调系统的噪声控制措施

1、从声源上降低噪声——最根本的方法
研制和采用噪声低的设备和加工工艺。

2、减少噪声的传播量

吸声、消声

3、防止噪声扩散

隔声、隔振

10.2 消声器

- ❖ 10.2.1 消声器的种类
- ❖ 10.2.2 消声器的选用与设置

获取更多资料

微信搜索蓝领星球

10.3 空调系统的设备隔振

- ❖ 10.3.1 设备振动及隔振措施
- ❖ 10.3.2 隔振装置
- ❖ 10.3.1 隔振装置的选择计算

[返回](#)



第11章

空调系统的 测定与调整

获取更多资料 微信搜索 全球领星

11.1 空调系统安装完工后的测定与调整

❖ 11.1.1 调试前的准备工作

1. 熟悉设计资料
2. 准备测试仪器和仪表
3. 现场准备
4. 编制调试方案

❖ 11.1.2调试的类型

- 1.设备单机空载试运转及调试
- 2.空调系统全部设备空载联合试运转及调试
- 3.空调系统带负荷的综合能效调试

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

11.2 空调风系统的风量测定与调整

❖ 11.2.1 风量测定

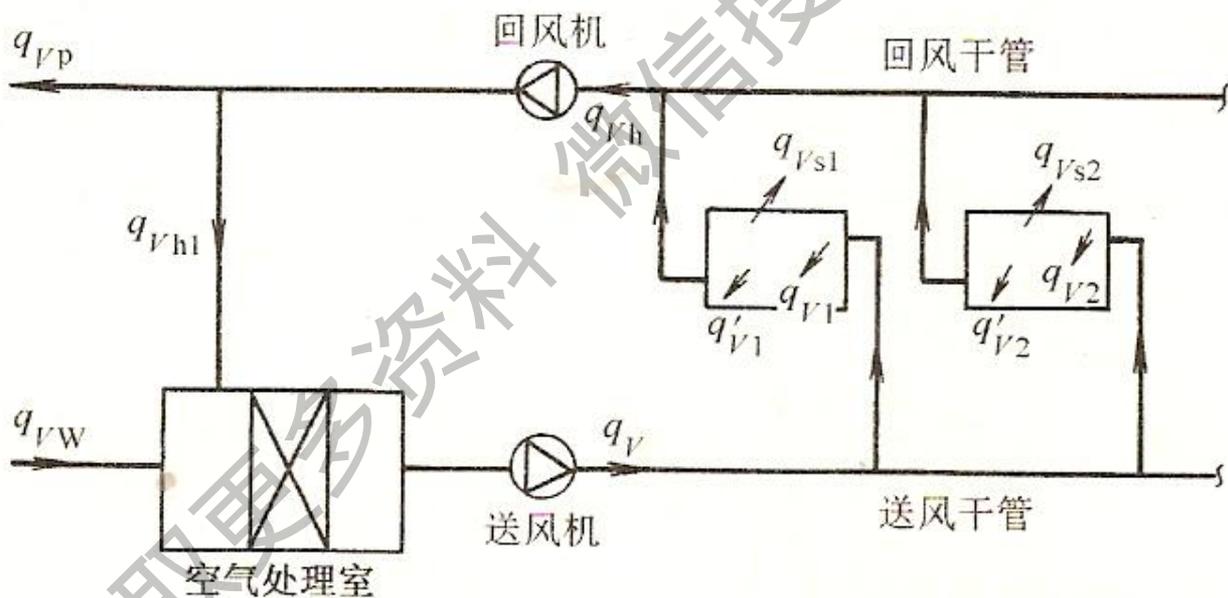


图 11-1 空调系统风量测定内容示意图

1.风管道上风量测定方法

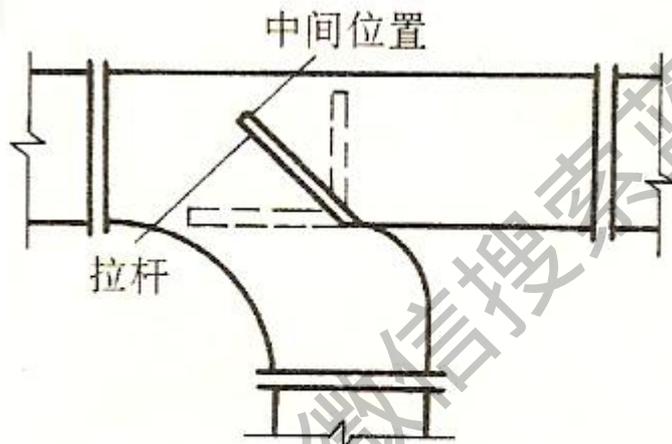


图 11-2 三通调节阀位置

2.风口处风量测定方法

❖ 11.2.2 风量调整

1. 风量调整原理

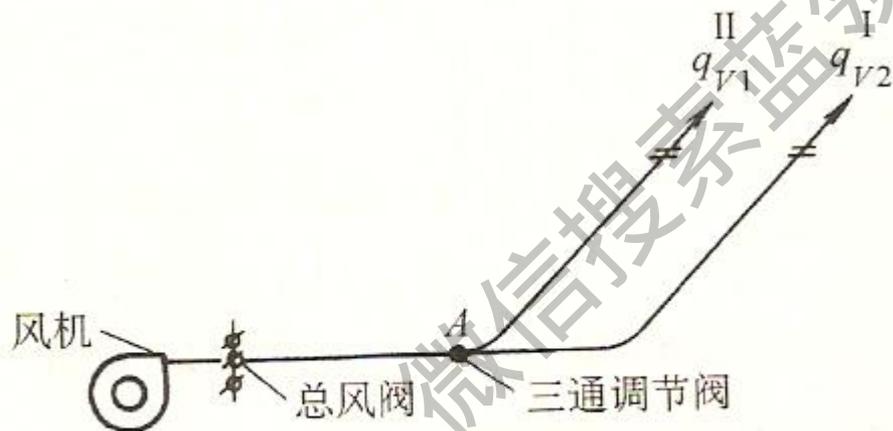


图 11-10 风量调节示意图

2. 风量调整方法

❖ (1) 流量等比例分配法

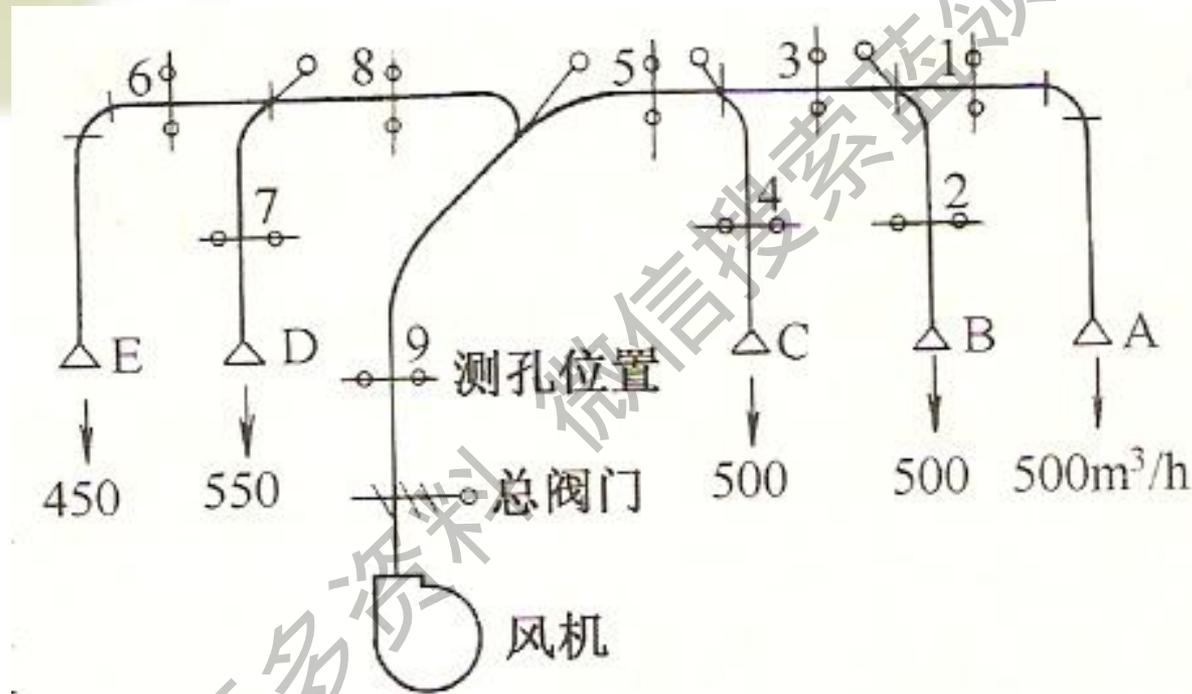


图 11-11 流量等比分配法示意图

❖ (2) 基准风口法

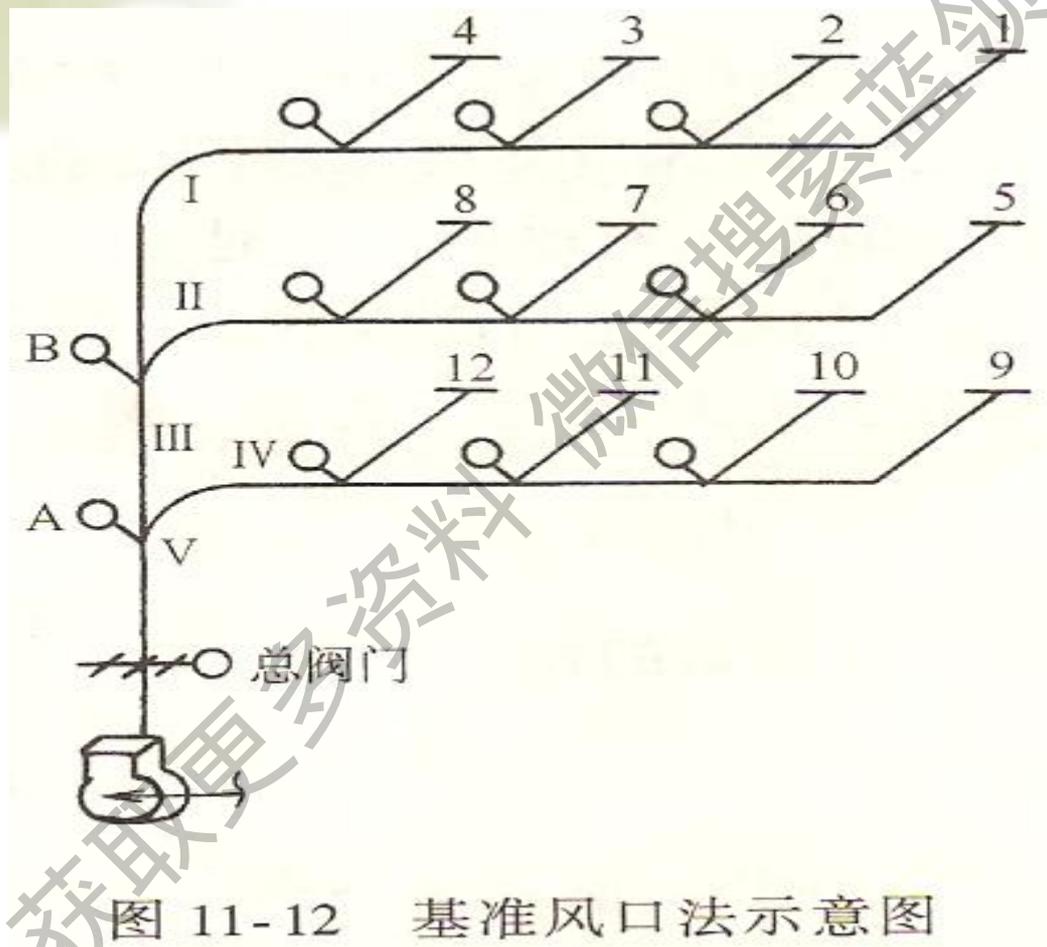


图 11-12 基准风口法示意图

❖ 11.2.3 风机性能测定与调整

❖ 11.2.4 系统漏风量检查

❖ 11.2.5 室内静压得测定与调整

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

11.4 热湿处理装置容量的测定

❖ 11.4.1 冷却装置容量测定

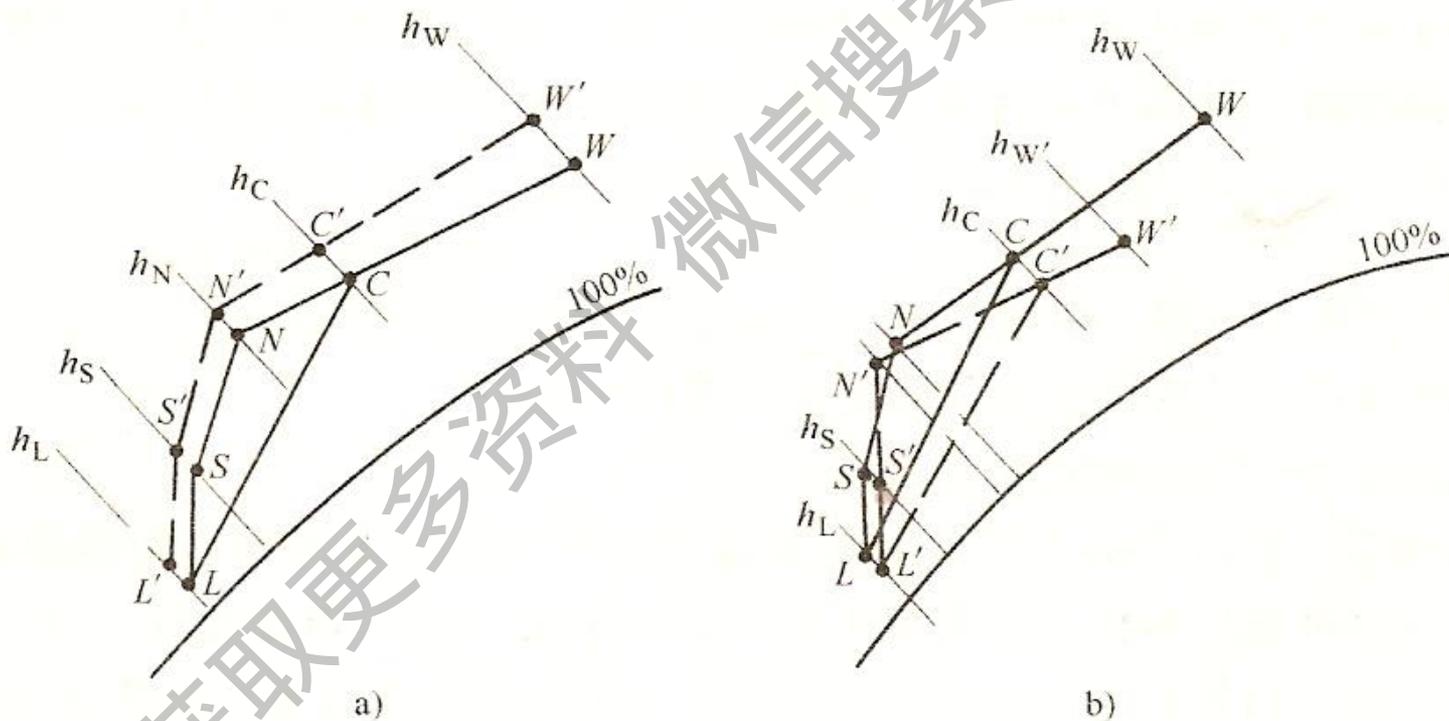


图 11-14 冷却装置容量验证的分析

a) $h'_w \approx h_w$ b) $h'_w \neq h_w$

11.5 空调系统工况的测定

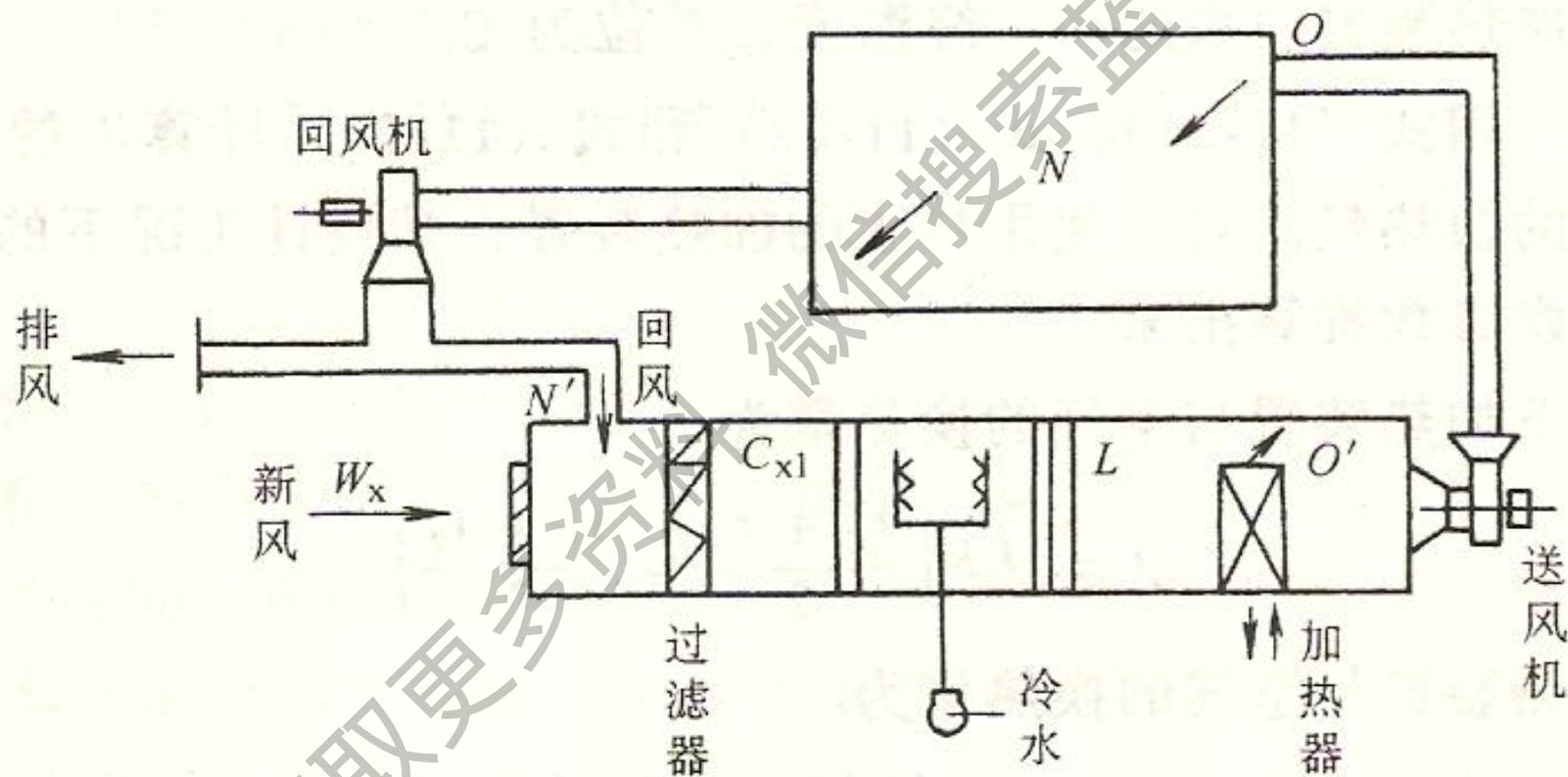


图 11-15 一次回风空调系统测点位置示意图

11.7 测定与调整中的问题与解决方法

表 11-4 可能出现的问题、产生原因及解决方法

序号	可能出现的问题	产生的原因	解决方法
1	系统送风量不足	系统阻力过大	检查风管和相关装置有无堵塞；适当改进或更换阻力大的管件；加大部分管段的断面尺寸
		风机转数不对	检查传动带是否有“掉转”现象，调紧传动带
		风机反转	更换三相中任意两相间接线
		风机选择不当或性能低劣	在可能的条件下适当提高风机转数或更换风机
		系统漏风量过大	对风管和相关装置进行检漏并堵漏
2	系统送风量过大	系统阻力过小	关小总调节阀或降低风机转数
		风机选择不当	更换风机或降低风机转数

3	空气处理设备 容量不足	设备选择不当或性能低劣	适当调节冷、热媒的进口参数或流量，仍不满足要求则更换或增加设备
		冷、热媒参数或流量不满足要求	检查冷、热源的供冷、供热能力及水泵流量和扬程是否满足设计要求；检查管道系统有无堵塞，管道绝热情况是否良好
4	空气处理设备 存水和漏水	凝结水管堵塞，接水盘坡度错误，水封高度不够，未接凝结水管	逐项检查，针对具体问题采取相应措施
5	送风状态参数 达不到设计要求	空气处理设备容量不足	参见上述第3点
		空气处理设备容量过大	适当调节冷、热媒的进口参数或调小流量
		空气冷却装置出口带水	降低风速；检查挡水板安装质量或更换效果更好的挡水板；检查接水盘有无堵塞
		风管温升或温降过大	检查风管绝热情况是否良好

序号	可能出现的问题	产生的原因	解决方法
6	工作区空气参数不满足设计要求	室内实际热湿负荷与设计值有较大出入, 使温湿度达不到设计要求	先通过室内进出风量和焓差的测定进行校核, 然后适当调整送风量或送风参数
		风口出流速度过大或出流方向不合理, 造成工作区气流速度过大	减小送风量; 增大送风口面积; 调整风口出流方向, 必要时改变风口结构形式
		含尘浓度高于设计要求	进行过滤器检漏或更换效果更好的过滤器; 清理、清洁风管系统
		CO ₂ 浓度高于设计要求	增加新风量或加大换气次数
		室内静压不能保证	检查房间密封情况; 调整室内回风大小
7	室内噪声超过允许值	风口部件松动	紧固松动部件
		风口风速过高	减小送风量; 调整风口调节部件; 改变风口结构型式
		消声器选择不当或性能低劣	更换或增加消声器
		消声器设在机房内, 其后风管又未加强隔音	加强管外隔音措施或将消声器改装到机房外

[返回](#)



第12章

空调工程设计

获取更多资料 微信搜索 寰球

12.1 空调工程设计前的准备

- ❖ 12.1.1 熟悉有关规范和技术标准
 1. 专业类
 2. 防火类
 3. 环保类
- ❖ 12.1.2 了解工程情况并收集相关资料
- ❖ 12.1.3 准备专业设计资料

12.2 空调工程设计程序与内容

- ❖ 12.2.1 方案设计

- ❖ 12.2.2 初步设计

 - 12.2.2.1 初步设计程序

 - 12.2.2.2 初步设计文件与内容

- ❖ 12.2.3 施工图设计

 - 12.2.3.1 施工图设计程序

 - 12.2.3.1 施工图设计文件与内容

[返回](#)