

第七章 空气调节系统

1. 答：按照空气处理设备的设置情况，空气调节系统可分为集中式空调系统、半集中式空调系统、分散式空调系统三类。

集中式空调系统的特点是所有的空气处理设备（加热器、冷却器、过滤器、加湿器等）以及通风机等设备都设在一个集中的空调机房内，处理后的空气经风道输送到各空调房间。

半集中式空调系统除了设有集中在空调机房的空气处理设备可以处理一部分空气外，还有分散在被调房间内的空气处理设备。

分散式空调系统的特点是将冷（热）源、空气处理设备和空气输送设备都集中或部分集中在一个空调机组内，组成整体式和分散式等空调机组，可以根据需要，灵活、方便的布置在各个不同的空调房间或邻室内。

2. 答：按照负担室内负荷所用的介质种类，空气调节系统可分为全空气空调系统、全水式空调系统、空气—水空调系统和冷剂系统四类。

全空气系统是空调房间的室内负荷全部由经过处理的空气来承担的空调系统。

全水系统是空调房间的热湿负荷全部靠水作为冷热介质来承担的空调系统。

空气—水空调系统是由空气和水共同负担空调房间热湿负荷的空调系。

冷剂系统是将制冷系统的蒸发器直接放在空调房间来吸收余热余湿。

3. 答：按照所处理空气的来源，普通集中式空气调节系统可分为封闭式空调系统、直流式空调系统和新、回风混合式空调系统三类。

封闭式系统全部使用室内再循环空气，没有室外空气补充。这种系统最节能，但卫生条件也最差。

直流式系统使用的空气全部来自室外，经热湿处理后送入空调房间，吸收余热余湿后又全部排至室外。这种系统耗能最多，但室内空气得到了百分之百的交换。

新、回风混合式空调系统采用室外空气与室内再循环空气相混合的系统，这样既节能又卫生。

4. 答：一次回风空调系统的简图及夏季工况空气处理过程的 h—d 图如下图所示。

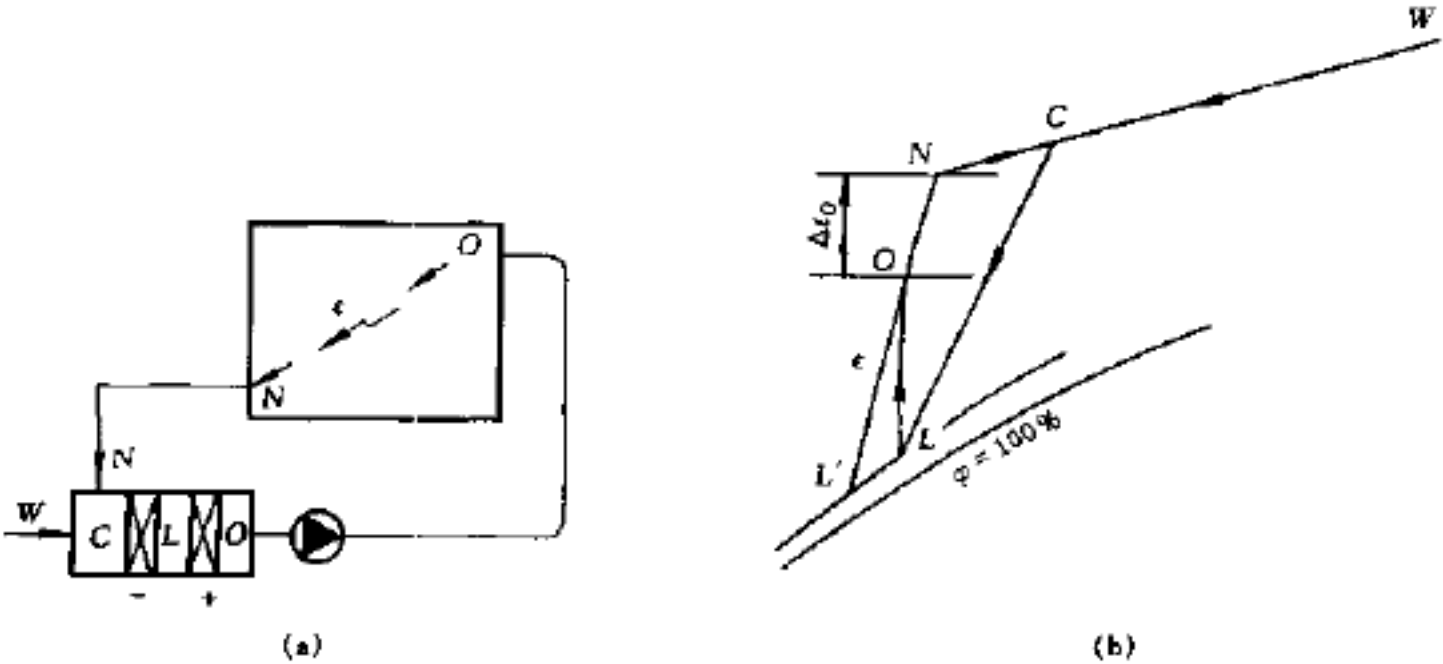


图 7—1 一次回风空调系统夏季处理过程

(a) 系统图示 (b) h—d 图

一次回风系统的装置示意图如图所示。状态为 W 的室外新风与状态为 N 的室内回风混合为状态 C，经喷水室 (或表面式冷却器) 冷却减湿到点 L (点 L 称机器露点，它一般位于 $\phi=90\%—95\%$ 线上)，再从 L 加热到送风状态点 O，然后送入房间吸收房间的余热余湿后变为室内状态 N，一部分空气被排到室外，另一部分返回到空调机组与新风混合。

5. 答：室外新风和回风在表面式冷却器前混合，经过表面式冷却器处理后再与另一股回风混合，称为二次回风空调系统。

(1) 夏季空气处理过程

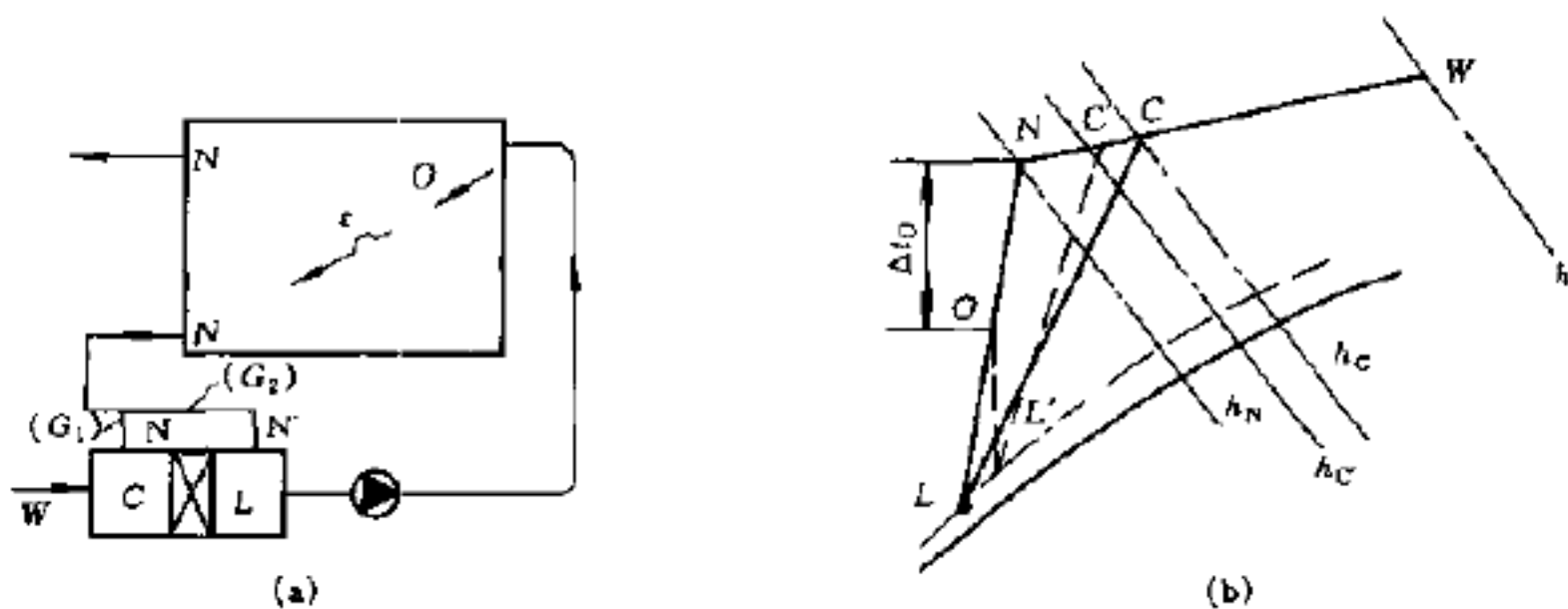


图 7—2 二次回风系统夏季空调过程

(a) 系统图示 (b) h—d 图

(2) 冬季空气处理过程

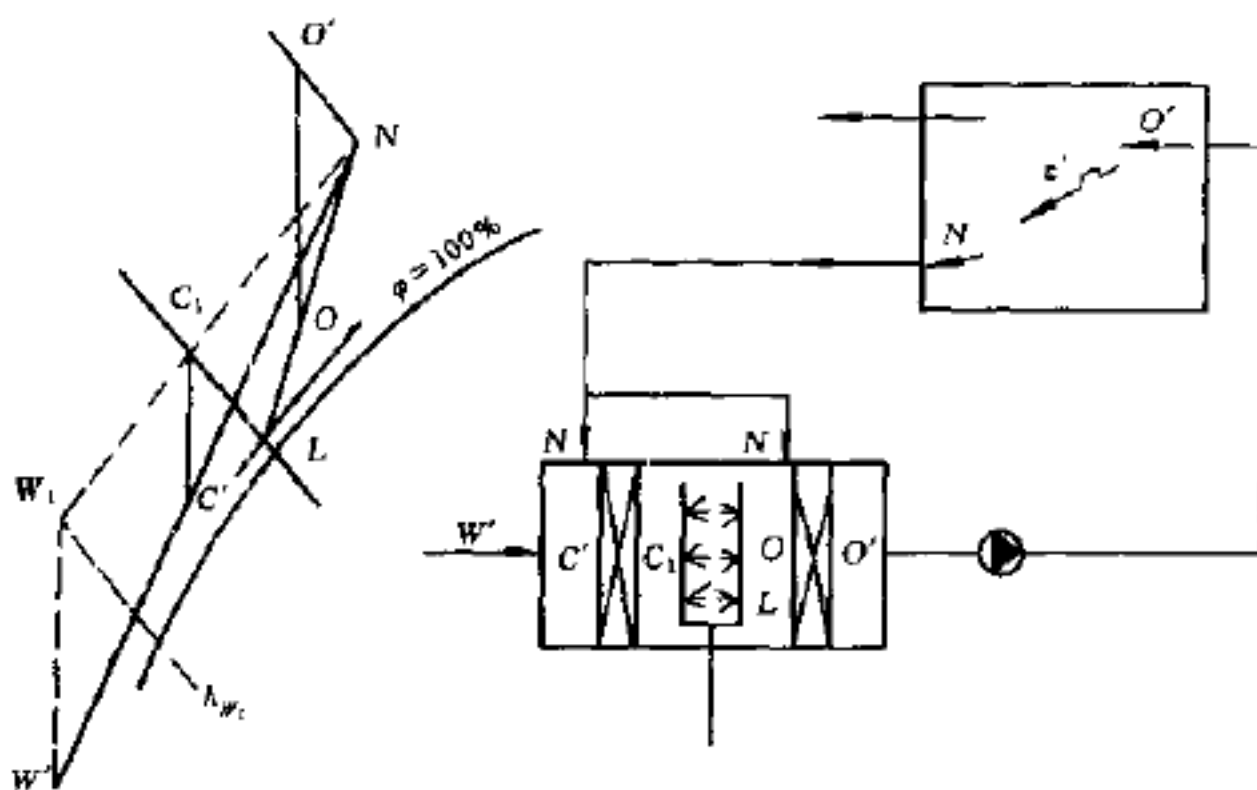


图 7—3 二次回风系统夏季空调过程

(a) 系统图示 (b) h—d 图

6. 答：二次回风空调系统与一次回风相比较，系统处理流程复杂，运行管理不便。但是其用二次混合过程代替了再热过程，节能效果明显。

7. 答：普通集中式空调系统的划分原则是：

(1) 属于下列情况之一的空气调节区，宜分别或独立设置空调系统： 1)使用时间不同的空气调节区； 2)温湿度基数和允许波动范围不同的空气调节区；

3)对空气的洁净要求不同的空气调节区； 4)有消声要求和产生噪声的空气调节区； 5)空气中含有易燃易爆物质的空气调节区； 6)在同一时间内必须分别进行供热和供冷的空气调节区，如不同朝向空气调节区、周边区与内区等。

(2) 尽量减少风管长度和风管的重叠，便于施工安装和运行调试。

(3) 空调系统不宜过大，应当使用经济、灵活，运行管理和维修方便。一个系统的风量一般不超过 $30000 \sim 50000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

8. **答：** 风机盘管空调系统有三种新风供给方式：靠室内机械排风渗入新风、墙洞引入新风和独立新风系统。

9. **答：** 诱导器系统中有一个关键设备叫诱导器。诱导器也是一个末端装置，它由静压箱、喷嘴、和冷热盘管等组成。经过集中处理的一次风首先进入诱导器的静压箱，然后以很高速度自喷嘴喷出。由于喷出气流的引射作用，在诱导器内形成负压，室内回风 (称为二次风)就被吸入，然后一次风与二次风混合构成了房间的送风。

10. **答：** 与集中式空调系统相比，分散式空调系统具有以下特点：

(1) 结构紧凑、体积小、占地面积小、自动化程度高等优点。

(2) 由于机组的分散布置，可以使各空调房间根据自己的需要停开各自的空调机组，以满足各种不同的使用要求，所以，机组系统的操作简单，使用灵活方便；同时，各空调房间之间也不互相污染、串声，发生火灾时，也不会通过风道蔓延，对建筑防火非常有利。

(3) 机组系统对建筑外观有一定影响。安装房间空调机组后，经常破坏建筑物原有的建筑立面。另外，噪声、凝结水、冷凝器热风对环境会造成污染。

(4) 空调机组的制冷性能系数较小。同时，机组系数不能按室外一般气象参数的变化和室内负荷实现全年多工况节能运行调节，过渡季也不能使用全新

风。

分散式空调系统主要有三种应用方式：个别方式、多台合用方式和集中化使用方式。

11. 答：变风量空调系统的末端装置有：节流型末端装置、旁通型末端装置和诱导型末端装置三种。

12. 答：变风量空调系统与定风量空调系统相比较有以下特点：

(1) 运行经济，由于风量随负荷的减小而降低，所以冷量、风机功率能接近建筑物空调负荷的实际需要，在过渡季节也可以尽量利用室外新风冷量。

(2) 各个房间的室内温度可以个别调节，每个房间的风量调节直接受装在室内的恒温器控制。

(3) 具有一般低速集中空调系统的优点，如可以进行较好的空气过滤、消声等，便于集中管理。

(4) 不像其他系统那样，始终能保持室内换气次数、气流分布和新风量，当风量过低而影响气流分布时，则只能以末端装置再热来代替进一步减少风量。

13. 【解】

一. 夏季空气处理过程

(1) 计算室内热湿比：

$$\varepsilon = \frac{Q}{W} = \frac{11.6}{0.0014} = 8290$$

(2) 确定送风状态点：在 $h-d$ 图上根据 $t_N=22^\circ\text{C}$ ， $\phi_N=60\%$ 确定 N 点， $h_N=47.1\text{kJ/kg}$ ， $d_N=9.9\text{g/kg}$ 。过 N 点做 $\varepsilon=8290$ 线，根据空调精度取送风温差 $\Delta t_0=6^\circ\text{C}$ ，得送风状态点 O 为： $t_0=16^\circ\text{C}$ ， $d_0=8.9\text{g/kg}$ 。

(3) 求送风量：

$$G = \frac{Q}{h_N - h_O} = \left(\frac{11.6}{47.1 - 38.5} \right) \text{kg/s} = 1.35 \text{kg/s} (4860 \text{kg/h})$$

(1) 确定新回风混合状态点：由新风比 0.3(即 $G_W = 0.3G$) 和混合空气的比例关系可直接确定出混合点 C 的位置： $h_C = 57.7 \text{kJ/kg}$ 。

(2) 空调系统所需的冷量为：

$$Q_0 = G(h_C - h_L) = [1.35 \times (57.7 - 35.6)] \text{kW} = 29.8 \text{kW}$$

(3) 求夏季所需的再热量：

$$Q = G(h_O - h_L) = [1.35 \times (38.5 - 35.6)] \text{kW} = 3.9 \text{kW}$$

二. 冬季空气处理过程

(1) 计算室内热湿比：

$$\varepsilon' = \frac{Q'}{W} = \frac{-2.3}{0.0014} = -1640$$

(2) 确定送风状态点：取冬季送风量 $G' = G = 1.35 \text{kg/s}$ 。

冬季送风参数计算如下：

$$h_{O'} = h_N - \frac{Q'}{G} = \left(47.1 - \frac{-2.3}{1} \right) \text{kJ/kg} = 48.8 \text{kJ/kg}$$

$$d_{O'} = d_O = 8.9 \text{g/kg}, \text{ 冬夏季机器露点相同。}$$

根据 $h_{O'} = 1.01t_{O'} + (2500 + 1.84t_{O'})d_{O'}$ 可以算出 $t_{O'}$ ，将已知数据代入上式将有

$$48.8 = 1.01t_{O'} + (2500 + 1.84t_{O'}) \frac{8.9}{1000}$$

解之可得 $t_{O'} = 25.9^\circ\text{C}$ 。

(3) 检查是否需要预热

$$h_{W1} = h_N - \frac{h_N - h_L}{m\%} = \left(47.1 - \frac{47.1 - 35.6}{30\%} \right) \text{kJ/kg} = 8.8 \text{kJ/kg}$$

由于 $h_{W1} = 8.8 > h_{W'} = -10.5$ ，所以需要预热。

(4) 确定新风预热后状态点

由 W' 点作等 d 线与 $h = 8.8 \text{ kJ/kg}$ 线交于 W_1 点, W_1 点为所求。

(5) 确定新风与一次回风混合状态点

N 与 W_1 点连线与 h 线交点即为 C 点, $t_{C1} = 17.5^\circ\text{C}$

(6) 求系统冬季需要的预热量

$$Q_1 = G(h_{W_1} - h_{W'}) = \{0.41 \times [8.8 - (-10.5)]\} \text{ kW} = 7.9 \text{ kW}$$

(7) 求系统冬季需要的再热量

$$Q_2 = G(h_{O'} - h_L) = [1.35 \times (48.8 - 35.6)] \text{ kW} = 17.8 \text{ kW}$$

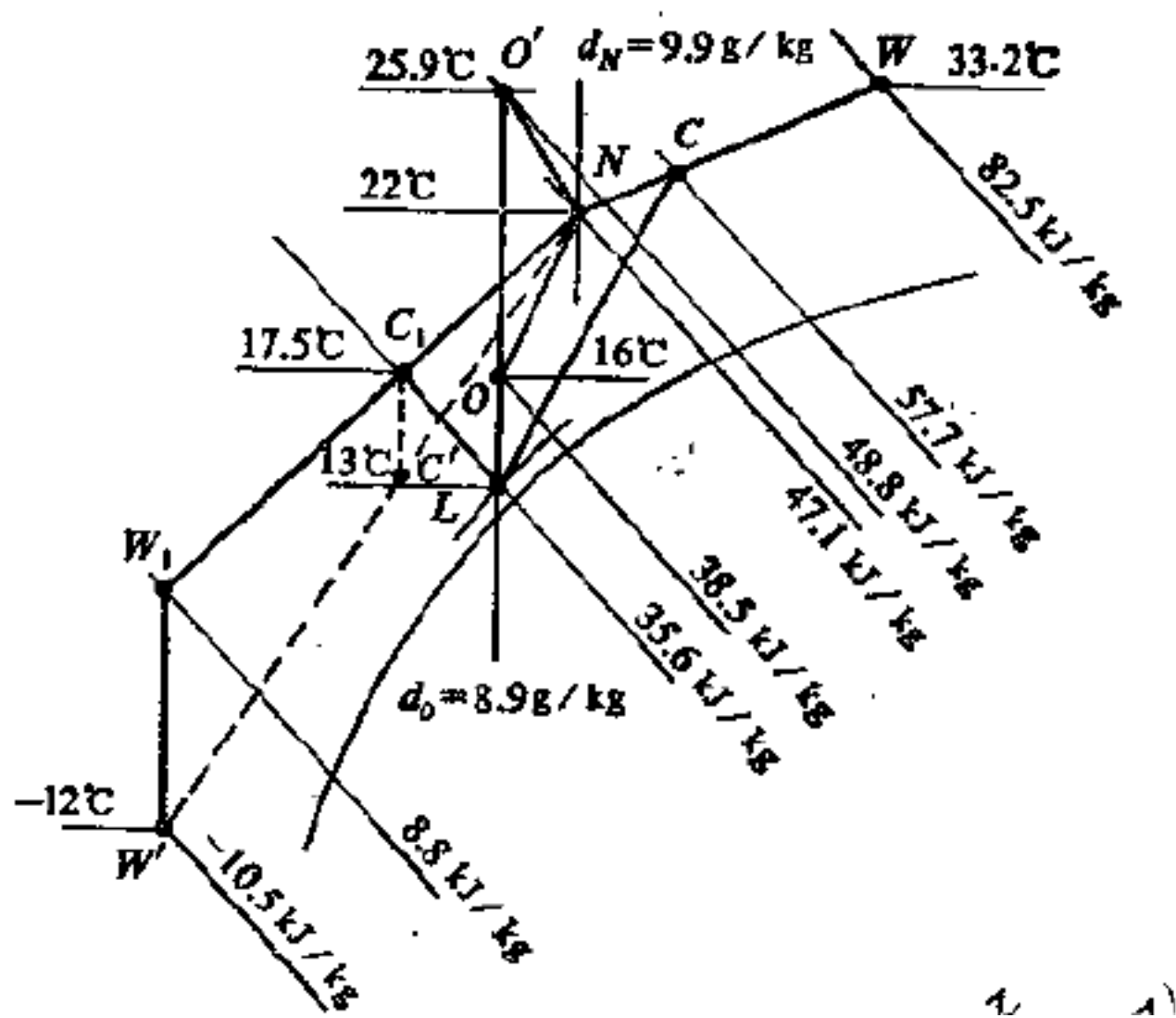


图 7—4 第 11 题计算用图

14. 【解】

根据夏季和冬季的室外空调计算参数可在 $h-d$ 图上分别确定出夏季和冬季的室外状态点 W 和 W' , 并可查得 $h_W = 84.8 \text{ kJ/kg}$, $h_{W'} = -10.5 \text{ kJ/kg}$, 如图 7—5

所示。

一. 夏季空气处理过程

(1) 计算室内热湿比:

$$\varepsilon = \frac{Q}{W} = \frac{11.63}{0.0014} = 8310$$

(2) 确定送风状态点: 在 $h-d$ 图上根据 $t_N = 22 \pm 1^\circ\text{C}$, $\phi_N = 60 \pm 5\%$ 确定 N 点, $h_N = 47.2\text{kJ/kg}$, $d_N = 9.8\text{g/kg}$ 。过 N 点做 $\varepsilon = 8310$ 线, 与 $\phi = 95\%$ 的曲线相交得 L 点: $t_L = 11.5^\circ\text{C}$, $h_L = 31.8\text{kJ/kg}$ 。根据空调精度取送风温差 $\Delta t_O = 7^\circ\text{C}$, 得送风状态点 O 为: $t_O = 15^\circ\text{C}$, $h_O = 36.8\text{kJ/kg}$, $d_O = 8.55\text{g/kg}$ 。

(3) 求送风量 G:

$$G = \frac{Q}{h_N - h_O} = \left(\frac{11.63}{47.2 - 36.8} \right) \text{kg/s} = 1.118\text{kg/s} (4024\text{kg/h})$$

(4) 计算二次回风量 G_2 :

$$\begin{aligned} G_2 &= G(h_O - h_L)/(h_N - h_L) \\ &= [1.118 \times (36.8 - 31.8)/(47.2 - 31.8)] \text{kg/s} = 0.363\text{kg/s} (1307\text{kg/h}) \end{aligned}$$

(5) 计算通过喷水室的风量 G_L :

$$G_L = G - G_2 = (1.118 - 0.363)\text{kg/s} = 0.755\text{kg/s} (2720\text{kg/h})$$

(6) 确定空调房间的新风量 G_w :

由于室内有局部排风, 补充排风所需的新风量所占风量的百分数为:

$$m = \frac{G}{W} \times 100\% = \frac{0.278 \times 1.146}{1.118} \times 100\% = 28.5\%$$

式中 1.146 是 35°C 时空气的密度。

计算出的新风比已满足一般卫生要求, 同时注意当新风量根据排风量确定时, 车间并未考虑保持正压。

(7) 确定一次回风量 G_1 :

$$G_1 = G_L - G_W = (0.755 - 0.319) \text{ kg/s} = 0.436 \text{ kg/s} (1570 \text{ kg/h})$$

(8) 确定一次回风混合点 C:

$$h_C = \frac{G_1 h_N + G_W h_W}{G_1 + G_W} = \left(\frac{0.436 \times 47.2 + 0.319 \times 84.8}{0.436 + 0.319} \right) \text{ kJ/kg} = 63.09 \text{ kJ/kg}$$

h_C 线与 $\overline{NW}$ 连线的交点 C 就是一次回风混合点。

(9) 计算空调系统所需的冷量 Q:

$$Q = G_L (h_C - h_L) = [0.755 \times (63.09 - 31.8)] \text{ kW} = 23.62 \text{ kW}$$

2. 冬季空气处理过程

(1) 确定冬季室内热湿比 ε' 和送风状态点 O':

$$\varepsilon' = \frac{Q}{W} = \frac{-2.326}{0.0014} = -1660$$

由于冬、夏季室内散湿量相同，当冬、夏季采用相同的送风量时，冬、夏季的送风焓湿量应相同，即

$$d_{O'} = d_O = d_N - \frac{W \times 1000}{G} = \left(9.80 - \frac{0.0014 \times 1000}{1.118} \right) \text{ g/kg} = 8.55 \text{ g/kg}$$

送风焓湿量线 $d_{O'} = 8.55 \text{ g/kg}$ 与 $\varepsilon' = -1660$ 的交点就是冬季送风状态点 O'。该送风状态点的 $h_{O'} = 49.2 \text{ kJ/kg}$ ， $t_{O'} = 27.0^\circ \text{C}$ 。

(2) 由于 N、O、L 点的参数与夏季相同，即一次混合过程与夏季相同。因此可按夏季相同的一次回风混合比来确定冬季一次回风混合状态点 C'。

由混合定律，一次回风混合状态点 C' 的焓值为：

$$h_{C'} = \frac{G_1 h_N + G_W h_{W'}}{G_1 + G_W} = \left[\frac{0.436 \times 47.2 + 0.319 \times (-10.5)}{0.436 + 0.319} \right] \text{ kJ/kg} = 22.82 \text{ kJ/kg}$$

由于 $h_{C'} = 22.82 \text{ kJ/kg} < h_L = 31.8 \text{ kJ/kg}$ ，一次回风混合状态点位于过机器露点的等焓线的下方，所以应设置预热器。

(3) 确定加热器的加热量:

所以冬季所需要的总加热量： $Q = Q_1 + Q_2 = (6.78 + 13.86) kW = 20.64 kW$

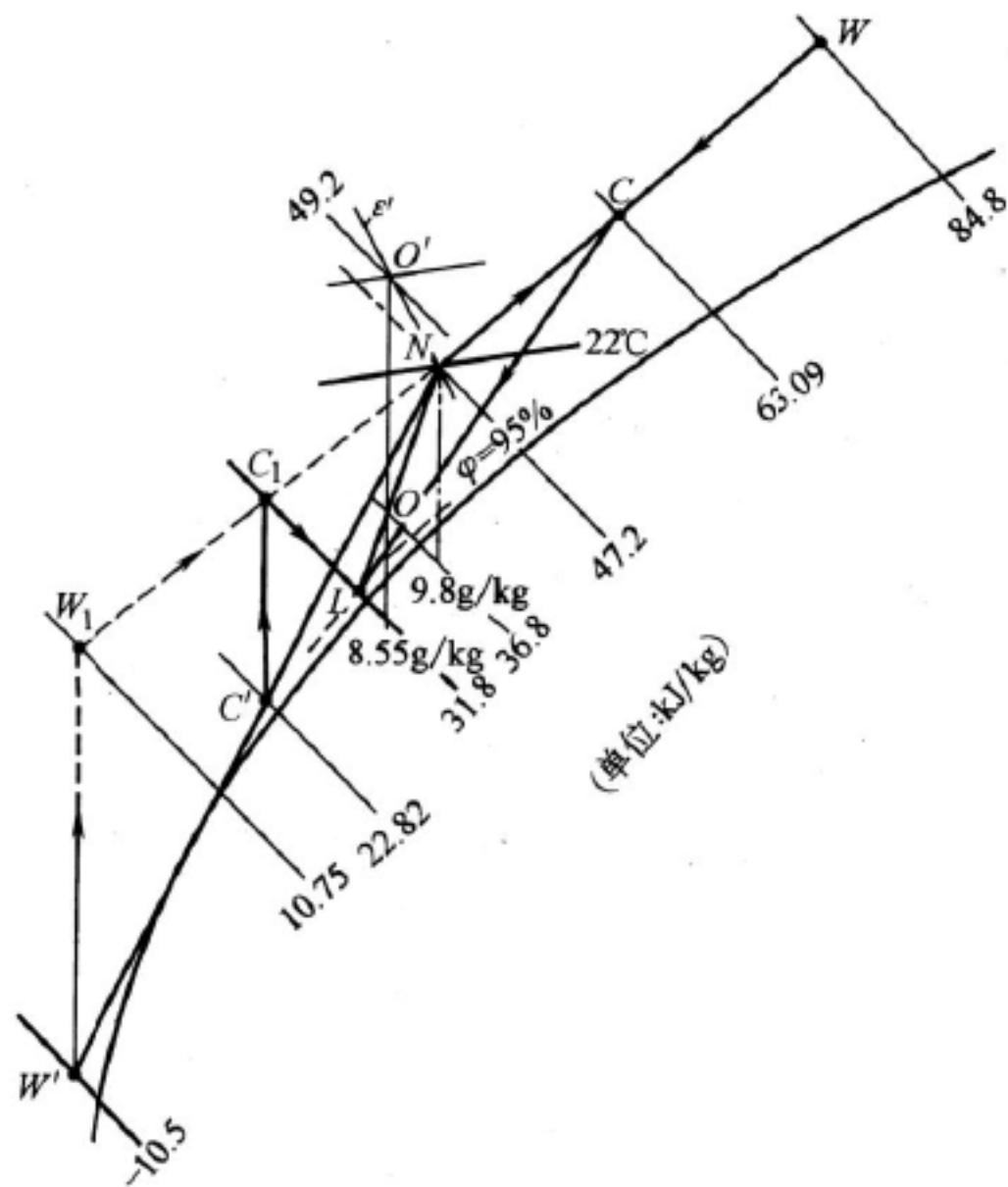


图 7-5 第 14 题计算用图

第八章 净化空调

1. 答：空气中的含尘浓度有三种表示方法：

(1) 质量浓度：是指单位体积空气中含有灰尘的质量，常用单位为 mg/m^3 。

(2) 计数浓度：是指单位体积空气中含有灰尘的颗粒数，常用单位为粒 $/\text{m}^3$ 或粒/L。

(3) 粒径颗粒浓度：是指单位体积空气 中含有的某一粒径范围内的灰尘颗粒数，常用单位为粒 $/\text{m}^3$ 或粒/L。

2. 答：根据国家标准，空气过滤器按其过滤效率分为粗效、中效、高中效、亚高效和高效

五种类型。其中高效过滤器又细分为 A、B、C、D 四类。工程中常见的有粗效、中效和高效过滤器。

3. 答：目前，应用于民用建筑的空气净化技术主要有：机械过滤、吸附净化、静电除尘、负离子净化、低温等离子净化和光催化等。机械过滤结构简单，在集中、半集中空调系统中应用较广泛。其缺点是阻力大，能耗高，滤料需要定期更换。

活性炭由于对室内绝大多数的气态污染物都有显著的吸附性能，在空气净化领域得到了广泛应用。但活性炭吸附层吸附容量有限，更换频繁，且更换下来的滤料

容易造成二次污染。静电净化阻力小，效果好，但无法去除空气中的气态污染物。

负离子在调节空气中正、负离子浓度比的同时还可吸附空气中的尘粒、烟雾、病毒、细菌等生物悬浮污染物，变成重离子而沉降，达到净化的目的。其缺点是容

易扬灰，造成二次污染。低温等离子体技术方法无法去除颗粒物，无法彻底降解

污染物。光触媒 (TiO_2) 把有机污染物分解成无污染的水 (H_2O) 和二氧化碳 (CO_2)，