

# CHƯƠNG I

## NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN VỀ KHÔNG KHÍ ẨM

Điều hòa không khí là kỹ thuật tạo ra và duy trì điều kiện vi khí hậu thích hợp với con người và công nghệ của các quá trình sản xuất.

Để có thể đi sâu nghiên cứu kỹ thuật điều hoà không khí trước hết chúng tôi sơ lược các tính chất nhiệt động cơ bản của không khí ẩm.

### 1.1 KHÔNG KHÍ ẨM

Không khí xung quanh chúng ta là hỗn hợp của nhiều chất khí, chủ yếu là  $N_2$  và  $O_2$  ngoài ra còn một lượng nhỏ các khí trơ,  $CO_2$ , hơi nước . . .

- **Không khí khô** : Không khí không chứa hơi nước gọi là không khí khô. Trong các tính toán thường không khí khô được coi là khí lý tưởng.

Thành phần của các chất trong không khí khô được phân theo tỷ lệ sau :

**Bảng 1-1 : Tỷ lệ các chất khí trong không khí khô**

Thành phần	Theo khối lượng (%)	Theo thể tích (%)
- Nitơ : $N_2$	75,5	78,084
- Ôxi : $O_2$	23,1	20,948
- Argon - A	1,3	0,934
- Carbon-Dioxide : $CO_2$	0.1	0,0314

- **Không khí ẩm** : Không khí có chứa hơi nước gọi là không khí ẩm. Trong tự nhiên không có không khí khô tuyệt đối mà toàn là không khí ẩm. Không khí ẩm được chia ra :

+ Không khí ẩm chưa bão hòa : Là trạng thái mà hơi nước còn có thể bay hơi thêm vào được trong không khí.

+ Không khí ẩm bão hòa : Là trạng thái mà hơi nước trong không khí đã đạt tối đa và không thể bay hơi thêm vào đó được. Nếu bay hơi thêm vào bao nhiêu thì có bấy nhiêu hơi ẩm ngưng tụ lại.

+ Không khí ẩm quá bão hòa : Là không khí ẩm bão hòa và còn chứa thêm một lượng hơi nước nhất định. Tuy nhiên trạng thái quá bão hoà là trạng thái không ổn định mà có xu hướng biến đổi đến trạng thái bão hoà do lượng hơi nước dư bị tách dần ra khỏi không khí . Ví dụ như sương mù là không khí quá bão hòa.

Tính chất vật lý và ảnh hưởng của không khí đến cảm giác con người phụ thuộc nhiều vào lượng hơi nước tồn tại trong không khí.

# 1.2 CÁC THÔNG SỐ CỦA KHÔNG KHÍ ẨM

## 1.2.1 Áp suất.

Áp suất không khí thường được gọi là khí áp. Ký hiệu là B. Nói chung giá trị B thay đổi theo không gian và thời gian. Tuy nhiên trong kỹ thuật điều hòa không khí giá trị chênh lệch không lớn có thể bỏ qua và người ta coi B không đổi. Trong tính toán người ta lấy ở trạng thái tiêu chuẩn  $B_0 = 760 \text{ mmHg}$ .

Đồ thị I-d của không khí ẩm thường được xây dựng ở áp suất  $B = 745 \text{ mmHg}$  và  $B_0 = 760 \text{ mmHg}$ .

## 1.2.2 Khối lượng riêng và thể tích riêng.

Khối lượng riêng của không khí là khối lượng của một đơn vị thể tích không khí. Ký hiệu là  $\rho$ , đơn vị  $\text{kg/m}^3$ .

Đại lượng nghịch đảo của khối lượng riêng là thể tích riêng. Ký hiệu là  $v$

$$v = \frac{1}{\rho}, \text{m}^3 / \text{kg} \quad (1-1)$$

Khối lượng riêng và thể tích riêng là hai thông số phụ thuộc.

Khối lượng riêng thay đổi theo nhiệt độ và khí áp. Tuy nhiên cũng như áp suất sự thay đổi của khối lượng riêng của không khí trong thực tế kỹ thuật không lớn nên người ta lấy không đổi ở điều kiện tiêu chuẩn:  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  và  $B = B_0 = 760 \text{ mmHg}$ :  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

## 1.2.3 Độ ẩm

### 1.2.3.1. Độ ẩm tuyệt đối.

Là khối lượng hơi ẩm trong  $1 \text{ m}^3$  không khí ẩm. Giả sử trong  $V (\text{m}^3)$  không khí ẩm có chứa  $G_h (\text{kg})$  hơi nước thì độ ẩm tuyệt đối ký hiệu là  $\rho_h$  được tính như sau:

$$\rho_h = \frac{G_h}{V}, \text{kg} / \text{m}^3 \quad (1-2)$$

Vì hơi nước trong không khí có thể coi là khí lý tưởng nên:

$$\rho_h = \frac{1}{v_h} = \frac{p_h}{R_h \cdot T}, \text{kg} / \text{m}^3 \quad (1-3)$$

trong đó:

$p_h$  - Phân áp suất của hơi nước trong không khí chưa bão hòa,  $\text{N/m}^2$

$R_h$  - Hằng số của hơi nước  $R_h = 462 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{K}$

$T$  - Nhiệt độ tuyệt đối của không khí ẩm, tức cũng là nhiệt độ của hơi nước,  $^\circ\text{K}$

### 1.2.3.2. Độ ẩm tương đối.

Độ ẩm tương đối của không khí ẩm, ký hiệu là  $\varphi (\%)$  là tỉ số giữa độ ẩm tuyệt đối  $\rho_h$  của không khí với độ ẩm bão hòa  $\rho_{\text{max}}$  ở cùng nhiệt độ với trạng thái đã cho.

$$\varphi = \frac{\rho_h}{\rho_{\text{max}}}, \% \quad (1-4)$$

hay :

Độ ẩm tương đối biểu thị mức độ chứa hơi nước trong không khí ẩm so với không khí ẩm bão hòa ở cùng nhiệt độ.

(1-5)

Khi  $\varphi = 0$  đó là trạng thái không khí khô.

$$\varphi = \frac{P_h}{P_{\max}}, \%$$

$0 < \varphi < 100$  đó là trạng thái không khí ẩm chưa bão hòa.

$\varphi = 100$  đó là trạng thái không khí ẩm bão hòa.

- Độ ẩm  $\varphi$  là đại lượng rất quan trọng của không khí ẩm có ảnh hưởng nhiều đến cảm giác của con người và khả năng sử dụng không khí để sấy các vật phẩm.

- Độ ẩm tương đối  $\varphi$  có thể xác định bằng công thức, hoặc đo bằng ẩm kế. Ẩm kế là thiết bị đo gồm 2 nhiệt kế: một nhiệt kế khô và một nhiệt kế ướt. Nhiệt kế ướt có bầu bọc vải thấm nước ở đó hơi nước thấm ở vải bọc xung quanh bầu nhiệt kế khi bốc hơi vào không khí sẽ lấy nhiệt của bầu nhiệt kế nên nhiệt độ bầu giảm xuống bằng nhiệt độ nhiệt kế ướt  $t_w$  ứng với trạng thái không khí bên ngoài. Khi độ ẩm tương đối bé, cường độ bốc hơi càng mạnh, độ chênh nhiệt độ giữa 2 nhiệt kế càng cao. Do đó độ chênh nhiệt độ giữa 2 nhiệt kế phụ thuộc vào độ ẩm tương đối và nó được sử dụng để làm cơ sở xác định độ ẩm tương đối  $\varphi$ . Khi  $\varphi = 100\%$ , quá trình bốc hơi ngừng và nhiệt độ của 2 nhiệt kế bằng nhau.

## 1.2.4 Dung ẩm (độ chứa hơi).

Dung ẩm hay còn gọi là độ chứa hơi, được ký hiệu là  $d$  là lượng hơi ẩm chứa trong 1 kg không khí khô.

$$d = \frac{G_h}{G_k}, \text{kg / kgkkk} \quad (1-6)$$

-  $G_h$ : Khối lượng hơi nước chứa trong không khí, kg

-  $G_k$ : Khối lượng không khí khô, kg

Ta có quan hệ:

$$d = \frac{G_h}{G_k} = \frac{\rho_h}{\rho_k} = \frac{p_h}{p_k} \cdot \frac{R_k}{R_h} \quad (1-7)$$

$$d = 0,622 \cdot \frac{p_h}{p_k} = \frac{p_h}{p - p_h} \cdot \frac{R_h}{R_k}, \text{kg / kgkkk} \quad (1-8)$$

Sau khi thay  $R = 8314/\mu$  ta có

## 1.2.5 Nhiệt độ.

Nhiệt độ là đại lượng biểu thị mức độ nóng lạnh. Đây là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến cảm giác của con người. Trong kỹ thuật điều hòa không khí người ta thường sử dụng 2 thang nhiệt độ là độ C và độ F. Đối với một trạng thái không khí nhất định nào đó ngoài nhiệt độ thực của nó trong kỹ thuật còn có 2 giá trị nhiệt độ có ảnh hưởng nhiều đến các hệ thống và thiết bị là nhiệt độ điểm sương và nhiệt độ nhiệt kế ướt.

- **Nhiệt độ điểm sương:** Khi làm lạnh không khí nhưng giữ nguyên dung ẩm  $d$  (hoặc phân áp suất  $p_h$ ) tới nhiệt độ  $t_s$  nào đó hơi nước trong không khí bắt đầu ngưng tụ thành nước bão hòa. Nhiệt độ  $t_s$  đó gọi là nhiệt độ điểm sương.

Như vậy nhiệt độ điểm sương của một trạng thái bất kỳ nào đó là nhiệt độ ứng với trạng thái bão hòa và có dung ẩm bằng dung ẩm của trạng thái đã cho. Hay nói cách khác nhiệt độ

điểm sương là nhiệt độ bão hòa của hơi nước ứng với phân áp suất  $p_h$  đã cho. Từ đây ta thấy giữa  $t_s$  và  $d$  có mối quan hệ phụ thuộc.

- **Nhiệt độ nhiệt kế ướt** : Khi cho hơi nước bay hơi đoạn nhiệt vào không khí chưa bão hòa ( $I = \text{const}$ ) . Nhiệt độ của không khí sẽ giảm dần trong khi độ ẩm tương đối tăng lên. Tới trạng thái  $\varphi = 100\%$  quá trình bay hơi chấm dứt. Nhiệt độ ứng với trạng thái bão hòa cuối cùng này gọi là nhiệt độ nhiệt kế ướt và ký hiệu là  $t_{tr}$  . Người ta gọi nhiệt độ nhiệt kế ướt là vì nó được xác định bằng nhiệt kế có bầu thấm ướt nước.

Như vậy nhiệt độ nhiệt kế ướt của một trạng thái là nhiệt độ ứng với trạng thái bão hòa và có entanpi I bằng entanpi của trạng thái đã cho. Giữa entanpi I và nhiệt độ nhiệt kế ướt  $t_{tr}$  có mối quan hệ phụ thuộc. Trên thực tế ta có thể đo được nhiệt độ nhiệt kế ướt của trạng thái không khí hiện thời là nhiệt độ trên bề mặt thoáng của nước.

## 1.2.6 Entanpi

Entanpi của không khí ẩm bằng entanpi của không khí khô và của hơi nước chứa trong nó.

Entanpi của không khí ẩm được tính cho 1 kg không khí khô. Ta có công thức:

$$I = C_{pk} \cdot t + d (r_o + C_{ph} \cdot t) \text{ kJ/kg kkk} \quad (1-9)$$

Trong đó :

$C_{pk}$  - Nhiệt dung riêng đẳng áp của không khí khô  $C_{pk} = 1,005 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

$C_{ph}$  - Nhiệt dung riêng đẳng áp của hơi nước ở  $0^\circ\text{C}$  :  $C_{ph} = 1,84 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

$r_o$  - Nhiệt ẩn hóa hơi của nước ở  $0^\circ\text{C}$  :  $r_o = 2500 \text{ kJ/kg}$

Như vậy:

$$I = 1,005 \cdot t + d (2500 + 1,84 \cdot t) \text{ kJ/kg kkk} \quad (1-10)$$

## 1.3 ĐỒ THỊ I-d VÀ t-d CỦA KHÔNG KHÍ ẨM

### 1.3.1 Đồ thị I-d.

Đồ thị I-d biểu thị mối quan hệ của các đại lượng  $t$ ,  $\varphi$ ,  $I$ ,  $d$  và  $p_{bh}$  của không khí ẩm . Đồ thị được giáo sư L.K.Ramzin (Nga) xây dựng năm 1918 và sau đó được giáo sư Mollier (Đức) lập năm 1923. Nhờ đồ thị này ta có thể xác định được tất cả các thông số còn lại của không khí ẩm khi biết 2 thông số bất kỳ . Đồ thị I-d thường được các nước Đông Âu và Liên xô (cũ) sử dụng.

Đồ thị I-d được xây dựng ở áp suất khí quyển 745mmHg và 760mmHg.

Đồ thị gồm 2 trục I và d nghiêng với nhau một góc  $135^\circ$ . Mục đích xây dựng các trục nghiêng một góc  $135^\circ$  là nhằm làm giãn khoảng cách giữa các đường cong tham số để thuận lợi cho việc tra cứu.

Trên đồ thị này các đường  $I = \text{const}$  nghiêng với trục hoành một góc  $135^\circ$ , đường  $d = \text{const}$  là những đường thẳng đứng. Đối với đồ thị I-d được xây dựng theo cách trên cho thấy các đường tham số hầu như chỉ nằm trên góc  $1/4$  thứ nhất . Vì vậy, để hình vẽ được gọn người ta xoay trục d lại vuông góc với trục I mà vẫn giữ nguyên các đường cong như đã biểu diễn, tuy nhiên khi tra cứu entanpi I của không khí ta vẫn tra theo đường nghiêng với trục hoành một góc  $135^\circ$ .

Trên đồ thị I-d các đường đẳng nhiệt  $t = \text{const}$  là những đường thẳng chéo lên trên , các đường  $\varphi = \text{const}$  là những đường cong lồi, càng lên trên khoảng cách giữa chúng càng xa.

Các đường  $\varphi = \text{const}$  không cắt nhau và không đi qua gốc tọa độ. Đi từ trên xuống dưới độ ẩm  $\varphi$  càng tăng. Đường cong  $\varphi = 100\%$  hay còn gọi là đường bão hoà ngăn cách giữa 2 vùng : Vùng chưa bão hoà và vùng ngưng kết hay còn gọi là vùng sương mù. Các điểm nằm trong vùng sương mù thường không ổn định mà có xung hướng ngưng kết bớt hơi nước và chuyển về trạng thái bão hoà .

Khi áp suất khí quyển thay đổi thì đồ thị I-d cũng thay đổi theo. Áp suất khí quyển thay đổi trong khoảng 20mmHg thì sự thay đổi đó là không đáng kể.

Trên hình 1.1 là đồ thị I-d của không khí ẩm , xây dựng ở áp suất khí quyển  $B_0 = 760\text{mmHg}$ . Trên đồ thị này ở xung quanh còn có vẽ thêm các đường  $\varepsilon = \text{const}$  giúp cho tra cứu các sơ đồ tuần hoàn không khí trong chương 4.

**Hình 1.1 : Đồ thị I-d của không khí ẩm**

### 1.3.2 Đồ thị d-t.

Đồ thị d-t được các nước Anh, Mỹ, Nhật, Úc ...vv sử dụng rất nhiều

Đồ thị d-t có 2 trục d và t vuông góc với nhau, còn các đường đẳng entanpi  $I=\text{const}$  tạo thành góc  $135^\circ$  so với trục t. Các đường  $\varphi = \text{const}$  là những đường cong tương tự như trên đồ thị I-d. Có thể coi đồ thị d-t là hình ảnh của đồ thị I-d qua một gương phản chiếu.

Hình 1.2 : Đồ thị t-d của không khí ẩm

Đồ thị d-t chính là đồ thị t-d khi xoay  $90^\circ$ , được Carrier xây dựng năm 1919 nên thường được gọi là đồ thị Carrier.

Trục tung là độ chứa hơi d (g/kg), bên cạnh là hệ số nhiệt hiện SHF (Sensible)

Trục hoành là nhiệt độ nhiệt kế khô t ( $^\circ\text{C}$ )

Trên đồ thị có các đường tham số

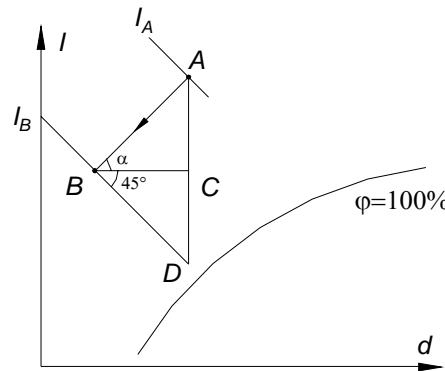
- Đường  $I=\text{const}$  tạo với trục hoành một góc  $135^\circ$ . Các giá trị entanpi của không khí cho bên cạnh đường  $\varphi=100\%$ , đơn vị kJ/kg không khí khô

- Đường  $\varphi = \text{const}$  là những đường cong lõm, càng đi lên phía trên ( $d$  tăng)  $\varphi$  càng lớn. Trên đường  $\varphi = 100\%$  là vùng sương mù.
- Đường thể tích riêng  $v = \text{const}$  là những đường thẳng nghiêng song song với nhau, đơn vị  $\text{m}^3/\text{kg}$  không khí khô.
- Ngoài ra trên đồ thị còn có đường  $I_{hc}$  là đường hiệu chỉnh entanpi (sự sai lệch giữa entanpi không khí bão hoà và chưa bão hoà)

## 1.4 MỘT SỐ QUÁ TRÌNH CƠ BẢN TRÊN ĐỒ THỊ I-d

### 1.4.1 Quá trình thay đổi trạng thái của không khí .

Quá trình thay đổi trạng thái của không khí ẩm từ trạng thái A ( $t_A, \varphi_A$ ) đến B ( $t_B, \varphi_B$ ) được biểu thị bằng đoạn thẳng AB, mũi tên chỉ chiều quá trình gọi là tia quá trình.



Hình  
Ý nghĩa

1.3 :  
hình học của  $\varepsilon$

Đặt  $(I_A - I_B)/(d_A - d_B) = \Delta I/\Delta d = \varepsilon_{AB}$  gọi là hệ số góc tia của quá trình AB

Ta hãy xét ý nghĩa hình học của hệ số  $\varepsilon_{AB}$

Ký hiệu góc giữa tia AB với đường nằm ngang là  $\alpha$ . Ta có

$$\Delta I = I_B - I_A = m \cdot AD$$

$$\Delta d = d_B - d_A = n \cdot BC$$

Trong đó  $m, n$  là tỉ lệ xích của các trục tọa độ.

Từ đây ta có

$$\varepsilon_{AB} = \Delta I/\Delta d = m \cdot AD/n \cdot BC$$

$$\varepsilon_{AB} = (\text{tg}\alpha + \text{tg}45^\circ) \cdot m/n = (\text{tg}\alpha + 1) \cdot m/n$$

Như vậy trên trục tọa độ I-d có thể xác định tia AB thông qua giá trị  $\varepsilon_{AB}$ . Để tiện cho việc sử dụng trên đồ thị ở ngoài biên người ta vẽ thêm các đường  $\varepsilon = \text{const}$ . Các đường  $\varepsilon = \text{const}$  có các tính chất sau :

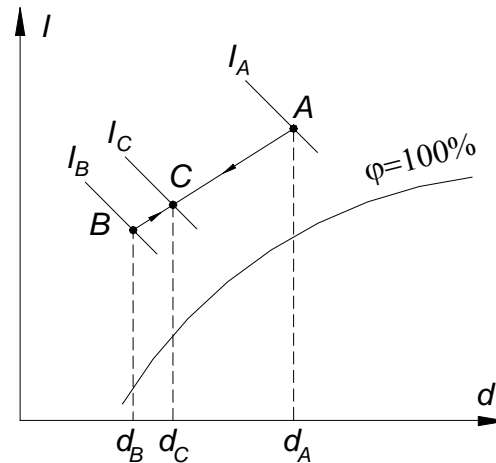
- Hệ số góc tia  $\varepsilon$  phản ánh hướng của quá trình AB, mỗi quá trình  $\varepsilon$  có một giá trị nhất định.

- Các đường  $\varepsilon$  có trị số như nhau thì song song với nhau.
- Tất cả các đường  $\varepsilon$  đều đi qua góc tọa độ ( $I=0$  và  $d=0$ ).

## 1.4.2 Quá trình hòa trộn hai dòng không khí.

Trong kỹ thuật điều hòa không khí người ta thường gặp các quá trình hòa trộn 2 dòng không khí ở các trạng thái khác nhau để đạt được một trạng thái cần thiết. Quá trình này gọi là quá trình hoà trộn.

Giả sử hòa trộn một lượng không khí ở trạng thái A ( $I_A, d_A$ ) có khối lượng phần khô là  $L_A$  với một lượng không khí ở trạng thái B ( $I_B, d_B$ ) có khối lượng phần khô là  $L_B$  và thu được một lượng không khí ở trạng thái C ( $I_C, d_C$ ) có khối lượng phần khô là  $L_C$ . Ta xác định các thông số của trạng thái hoà trộn C.



Hình 1.4 : Quá trình hoà trộn trên đồ thị I-d

Ta có các phương trình:

- Cân bằng khối lượng

$$L_C = L_A + L_B \quad (1-11)$$

- Cân bằng ẩm

$$d_C \cdot L_C = d_A \cdot L_A + d_B \cdot L_B \quad (1-12)$$

- Cân bằng nhiệt

$$I_C \cdot L_C = I_A \cdot L_A + I_B \cdot L_B \quad (1-13)$$

Thế (a) vào (b), (c) và trừ theo vế ta có :

$$(I_A - I_C) \cdot L_A = (I_C - I_B) \cdot L_B$$

$$(d_A - d_C) \cdot L_A = (d_C - d_B) \cdot L_B$$

hay :

Từ biểu thức này ta rút ra:

$$\frac{I_A - I_C}{d_A - d_C} = \frac{I_C - I_B}{d_C - d_B} \quad (1-14)$$

$$\frac{I_A - I_C}{I_C - I_B} = \frac{d_A - d_C}{d_C - d_B} = \frac{L_B}{L_A} \quad (1-15)$$

- Phương trình (1-14) là các phương trình đường thẳng AC và BC, các đường thẳng này có cùng hệ số góc tia và chung điểm C nên ba điểm A, B, C thẳng hàng. Điểm C nằm trên đoạn AB.

- Theo phương trình (1-15) suy ra điểm C nằm trên AB và chia đoạn AB theo tỷ lệ  $L_B/L_A$



Trạng thái C được xác định như sau :

$$I_C = I_A \cdot \frac{L_A}{L_C} + I_B \cdot \frac{L_B}{L_C} \quad (1-16)$$

$$d_C = d_A \cdot \frac{L_A}{L_C} + d_B \cdot \frac{L_B}{L_C} \quad (1-17)$$

\* \* \*