



# Những kiến thức cơ bản về không khí ẩm (part1)

Bởi:

Võ Chí Chính  
Đình Văn Thuận

## NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN VỀ KHÔNG KHÍ ẨM

### KHÔNG KHÍ ẨM

#### *Khái niệm về 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 thực tế không có không khí khô hoàn toàn, mà không khí luôn luôn có chứa một lượng hơi nước nhất định. Đối với không khí khô khi tính toán thường người ta coi là khí lý tưởng.

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

Bảng 1.1. Tỷ lệ các chất khí trong không khí khô

Thành phần		
Tỷ lệ phần trăm, %		
Theo khối lượng	Theo thể tích	
- Ni tơ: $N_2$ - Ôxi : $O_2$ - Argon - A- Carbon-Dioxide: $CO_2$ - Chất khí khác: Nêôn, Hêli, Kripton, Xênon, Ôzôn, Radon vv . . .	75,523,11,30,0460,05	78,08420,9480,9340,030,004

## Những kiến thức cơ bản về không khí ẩm (part1)

- *Không khí ẩm*: Không khí có chứa hơi nước gọi là không khí ẩm. Trong tự nhiên chỉ có không khí ẩm và trạng thái của nó được chia ra các dạng sau:

a) Không khí ẩm chưa bão hòa: Là trạng thái mà hơi nước còn có thể bay hơi thêm vào được trong không khí, nghĩa là không khí vẫn còn tiếp tục có thể nhận thêm hơi nước.

b) 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 tiếp tục cho bay hơi nước vào không khí thì có bao nhiêu hơi bay vào không khí sẽ có bấy nhiêu hơi ẩm ngưng tụ lại.

c) 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 hòa là trạng thái không ổn định và có xu hướng biến đổi đến trạng thái bão hòa do lượng hơi nước dư bị tách dần ra khỏi không khí. Ví dụ như trạng thái sương mù là không khí quá bão hòa.

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

Như vậy, môi trường không khí có thể coi là hỗn hợp của không khí khô và hơi nước. Chúng ta có các phương trình cơ bản của không khí ẩm như sau:

- Phương trình cân bằng khối lượng của hỗn hợp:

$$G = G_k + G_h \quad (1-1)$$

$G, G_k, G_h$  - Lần lượt là khối lượng không khí ẩm, không khí khô và hơi nước trong không khí, kg.

- Phương trình định luật Dantôn của hỗn hợp:

$$B = P_k + P_h \quad (1-2)$$

$B, P_k, P_h$  - Áp suất không khí, phân áp suất không khí khô và hơi nước trong không khí,  $N/m^2$ .

- Phương trình tính toán cho phần không khí khô:

$$P_k \cdot V = G_k \cdot R_k \cdot T \quad (1-3)$$

$V$  - Thể tích hỗn hợp,  $m^3$ ;

$G_k$  - Khối lượng không khí khô trong  $V$  ( $m^3$ ) của hỗn hợp, kg;

Những kiến thức cơ bản về không khí ẩm (part1)

$R_k$  - Hằng số chất khí của không khí khô,  $R_k = 287 \text{ J/kg.K}$

$T$  - Nhiệt độ hỗn hợp,  $T = t + 273,15$ , °K

- Phương trình tính toán cho phần hơi ẩm trong không khí:

$$P_h \cdot V = G_h \cdot R_h \cdot T \quad (1-4)$$

$G_h$  - Khối lượng hơi ẩm trong  $V \text{ (m}^3\text{)}$  của hỗn hợp, kg;

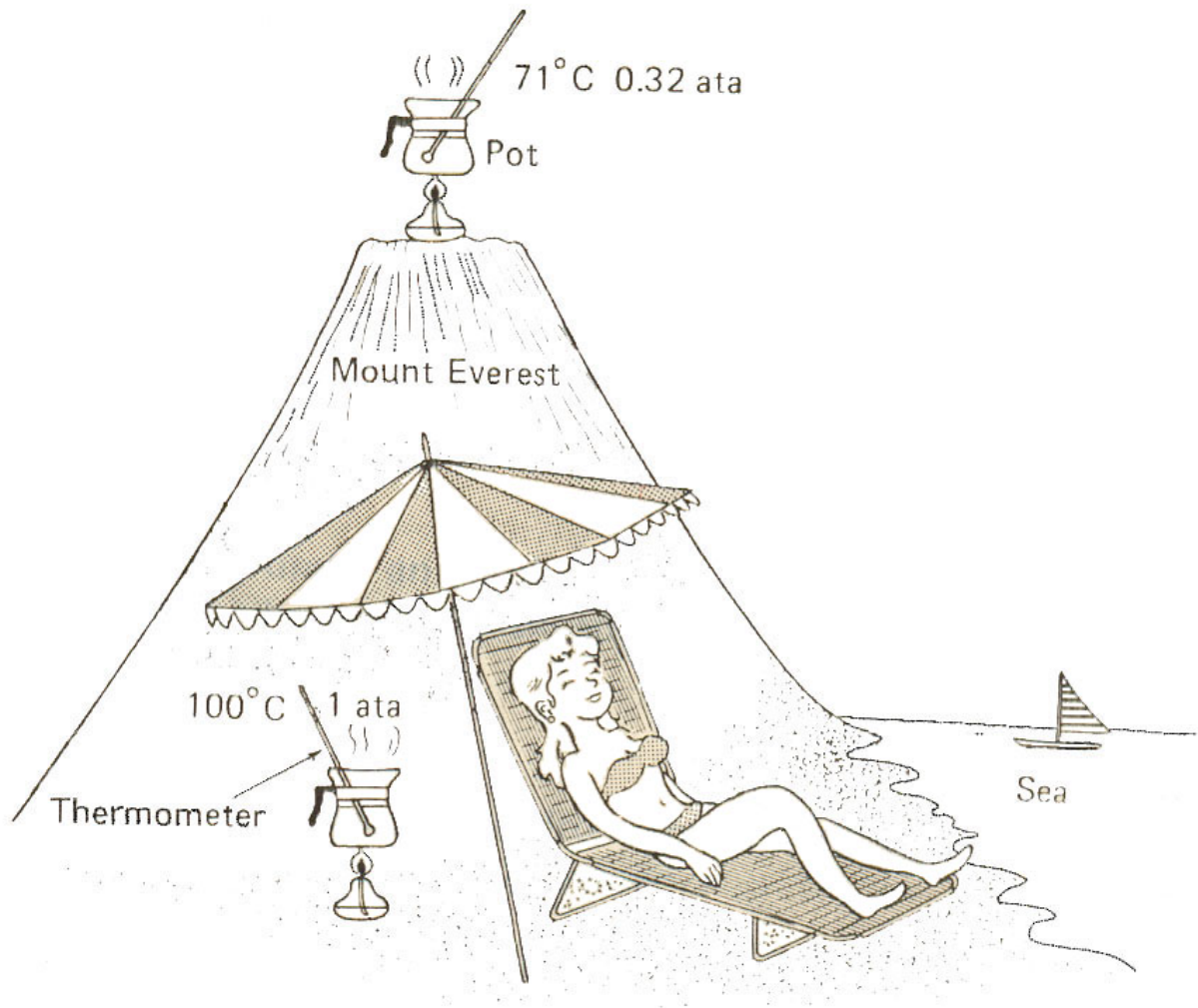
$R_h$  - Hằng số chất khí của hơi nước,  $R_h = 462 \text{ J/kg.K}$

### ***Các thông số vật lý của không khí ẩm***

#### **Áp suất không khí.**

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. Đặc biệt khí áp phụ thuộc rất nhiều vào độ cao, ở mức mặt nước biển, áp suất khí quyển khoảng 1 at, nhưng ở độ cao trên 8000m của đỉnh Everest thì áp suất chỉ còn 0,32 at và nhiệt độ sôi của nước chỉ còn 71°C (xem hình 1-1). 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  $B_0 = 760 \text{ mmHg}$ .



*Sự thay đổi khí áp theo chiều cao so với mặt nước biển*

### **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 nhất định nào đó của không khí ngoài nhiệt độ thực của nó trong kỹ thuật còn có 2 giá trị nhiệt độ đặc biệt cần lưu ý trong các tính toán cũng như 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 (hình 1-2).

Như vậy nhiệt độ điểm sương của một trạng thái không khí 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

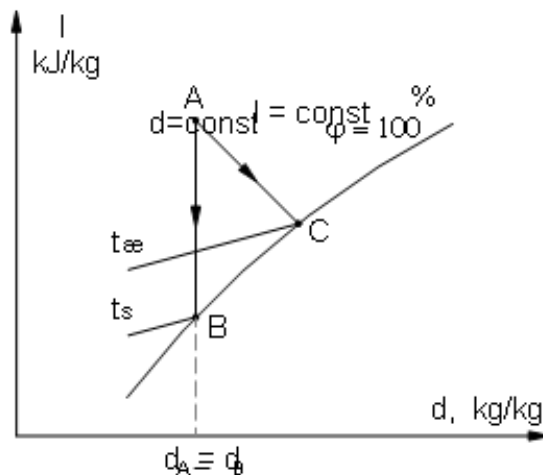
## Những kiến thức cơ bản về không khí ẩm (part1)

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.

Những trạng thái không khí có cùng dung ẩm thì nhiệt độ đọng sương của chúng như nhau. Nhiệt độ đọng sương có ý nghĩa rất quan trọng khi xem xét khả năng đọng sương trên các bề mặt cũng như xác định trạng thái không khí sau xử lý. Khi không khí tiếp xúc với một bề mặt, nếu nhiệt độ bề mặt đó nhỏ hơn hay bằng nhiệt độ đọng sương  $t_s$  thì hơi ẩm trong không khí sẽ ngưng kết lại trên bề mặt đó, trường hợp ngược lại thì không xảy ra đọng sương.

- *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 bão hòa  $\phi = 100\%$  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 (hình 1-2).

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 không khí 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.



*Nhiệt độ đọng sương và nhiệt độ kế ướt của không khí*

## Độ ẩm

### 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  $G_h$  (kg) hơi nước thì độ ẩm tuyệt đối ký hiệu là  $\rho_h$  được tính như sau:

Những kiến thức cơ bản về không khí ẩm (part1)

$$\rho_h = \frac{G_h}{V}, \text{ kg/m}^3 \quad (1-5)$$

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

$$\rho_h = \frac{1}{v_h} = \frac{P_h}{R_h \cdot T}, \text{ kg/m}^3 \quad (1-6)$$

trong đó:

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

$R_h$  - 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,  $^\circ\text{K}$

**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  $\rho_{\max}$  ở cùng nhiệt độ với trạng thái đã cho.

$$\varphi = \frac{\rho_h}{\rho_{\max}}, \% \quad (1-7)$$

hay:

$$\varphi = \frac{P_h}{P_{\max}}, \% \quad (1-8)$$

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.

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

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

$\varphi = 100$  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

## Những kiến thức cơ bản về không khí ẩm (part1)

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  $t_{ur}$  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  $\phi$ . Khi  $\phi = 100\%$ , quá trình bốc hơi ngừng và nhiệt độ của 2 nhiệt kế bằng nhau.

### 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  $\text{kg/m}^3$ .

$$\rho = \frac{G}{V}, \text{ kg/m}^3 \quad (1-9)$$

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

$$v = \frac{1}{\rho}, \text{ m}^3/\text{kg} \quad (1-10)$$

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

Trong đó:

$$G = G_x + G_k = \frac{V}{T} \left[ \frac{p_x}{R_x} + \frac{p_k}{R_k} \right] \quad (1-11)$$

Do đó:

$$\rho = \frac{1}{T} \left[ \frac{p_x}{R_x} + \frac{p_k}{R_k} \right] \quad (1-12)$$

Mặt khác:

$$R_x = \frac{8314}{\mu_x} = \frac{8314}{29} = 287 \text{ J/kg.K} = 2,153 \text{ mmHg.m}^3 / \text{kg.K}$$

$$R_k = \frac{8314}{\mu_k} = \frac{8314}{18} = 462 \text{ J/kg.K} = 3,465 \text{ mmHg.m}^3 / \text{kg.K}$$

Thay vào ta có:

Những kiến thức cơ bản về không khí ẩm (part1)

$$\rho = \frac{1}{T} \left[ \frac{P_k}{R_k} + \frac{P_h}{R_h} \right] = \frac{1}{T} [0,465 p_k + 0,289 p_h] = \frac{1}{T} [0,465 B - 0,176 p_h], \quad (1-13)$$

trong đó B là áp suất không khí ẩm:  $B = p_k + p_h$

- Nếu là không khí khô hoàn toàn:

$$\rho_k = \frac{0,465}{T} B \quad (1-14)$$

- Nếu không khí có hơi ẩm:

$$\rho = \rho_k - 0,176 \frac{P_h}{T} = \rho_k - 0,176 \frac{\varphi P_{\text{max}}}{T} \quad (1-15)$$

Lưu ý trong các công thức trên áp suất tính bằng mmHg

Ở điều kiện:  $t = 0^\circ\text{C}$  và  $p = 760\text{mmHg}$ :  $\rho = \rho_0 = 1,293 \text{ kg/m}^3$ . Như vậy có thể tính khối lượng riêng của không khí khô ở một nhiệt độ bất kỳ dựa vào công thức:

$$\rho_k = \frac{\rho_0}{1 + \frac{t}{273}} = \frac{1,293}{1 + \frac{t}{273}} \quad (1-16)$$

Khối lượng riêng thay đổi theo nhiệt độ và khí áp. Tuy nhiên trong phạm vi điều hoà không khí nhiệt độ không khí thay đổi trong một phạm vi khá hẹp nên 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  $B = B_0 = 760\text{mmHg}$ :  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

### 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.

$$d = \frac{G_h}{G_k}, \text{ kg/kg không khí khô} \quad (1-17)$$

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

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

Ta có quan hệ:



Những kiến thức cơ bản về không khí ẩm (part1)

$$d = \frac{G_k}{G_k} = \frac{p_k}{p_k} = \frac{p_k}{p_k} \cdot \frac{R_k}{R_k} \quad (1-18)$$

Sau khi thay  $R = 8314/\mu$  ta có

$$d = 0,622 \cdot \frac{p_k}{p - p_k} = 0,622 \cdot \frac{p_k}{p - p_k} \quad (1-19)$$

## 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:

$$I = C_{pk} \cdot t + d (r_o + C_{ph} \cdot t) \text{ kJ/kg kkk} \quad (1-20)$$

Trong đó:

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

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

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

Như vậy:

$$I = 1,005 \cdot t + d (2500 + 1,84 \cdot t) \text{ kJ/kg kkk} \quad (1-21)$$