

湿帘中气-液传质系数及压降的测定

葛克山^① 王 群 任迪峰

(中国农业大学食品学院)

摘 要 用气-水逆流接触法测定了湿帘中的传质系数和压降,得到关联式。试验结果表明,空气和水的质量流速对传质系数和压降均有影响,但前者的影响比后者大。

关键词 湿帘; 逆流接触; 传质系数; 压降

分类号 S 609.3

Determination of Air-water Mass Transfer Coefficient and Drop of Pressure in Wet Curtain

Ge Keshan Wang Qun Ren Difeng

(College of Food Science and Engineering, CAU)

Abstract The mass transfer coefficient and drop of pressure in wet curtain are measured by means of counterflowing. Two formulas are obtained. The experimental results show that both air and water mass rates have effects on the mass transfer coefficient and the drop of pressure while the former was more effective than the latter.

Key words wet curtain; counterflow; mass transfer coefficient; drop of pressure

农产品大多在夏季高温时节收获。采摘后的果蔬继续进行着生命活动,其中最重要的是呼吸。抑制这种生理活动最有效、最常用的方法是冷却。预冷的目的在于将其温度尽快降至储藏温度,以使呼吸强度大大减弱,延长产品的储藏时间和货架寿命,因为温度每降低 10℃,呼吸强度可减小 50%~75%。对果蔬储藏的研究表明,用湿冷空气冷却果蔬是一种最合适的方法。“湿冷系统”因能产生低温湿空气而可用于冷库的环境控制,形成一种新的果蔬保鲜体系,而湿帘是冷水与热空气之间实现传热传质的装置,是湿冷系统的重要组成部分。获取湿帘的传热传质系数及通过湿帘的压降参数,可为湿冷系统的设计和使用提供科学的理论依据。

1 湿帘结构和测定方法

湿帘是由相邻 2 层相对置的波纹纸片粘结而成的一个空间结构体。循环冷水沿垂直方向进入湿帘,自上而下流动,空气则逆水流方向进入湿帘,经过降温增湿后流出。波纹流道是具 60°倾角的 3 维流道,几何形状非常复杂,沿 x, y, z 轴线的剖面形状是连续变化的,每个流道的长度为 22 mm,宽 11 mm。

传质系数及压降测定装置如图 1 所示。湿帘塔外壳由白铁皮制成,并加保温层。塔高 60 cm,截面呈方形,长、宽各为 20 cm 和 19.5 cm,内装湿帘的有效厚度 20 cm。塔顶部设有干、湿

收稿日期:1998-12-14

①葛克山,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)112 信箱,100083

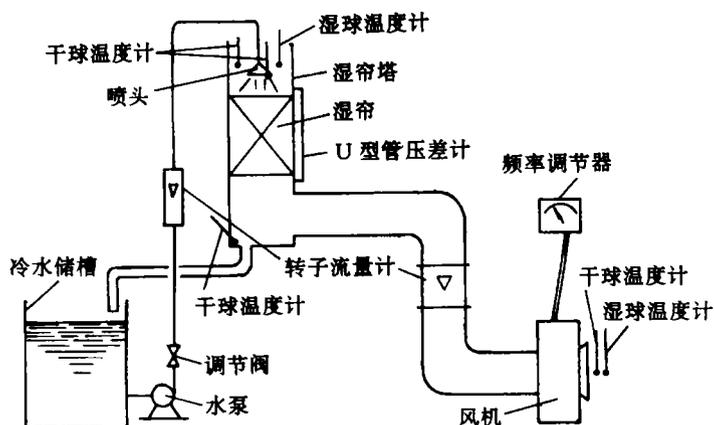


图1 传质系数及压降测定装置

球温度计及冷水入塔温度计;塔底设有冷水出塔温度计。冷却水由储槽经水泵及转子流量计(精度为 $1\text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$)进入喷头,均匀喷淋于湿帘上。热空气由变频控制的风机提供,风机入口设有干、湿球温度计。热空气经风机、转子流量计进入湿帘塔底部并流出。所有温度计的精度为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在湿帘塔的上下截面处还设有充入室温水U型管压差计(精度为 5 Pa),用来测量空气流经湿帘的压降。

测试时待冷水和热空气流量固定后,需使装置在此流量下运行数十min,以确保所测参数的稳定性。

在湿帘塔稳定工作条件下,传质系数由下式计算:

$$k_m = \frac{v_{wm}c_w}{h} \int_{\theta_{w1}}^{\theta_{w2}} (H_a - H_{sa})^{-1} d\theta_w \quad (1)$$

式中: v_{wm} 为冷水的质量流速(或喷淋密度), $\text{kg}(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$;

c_w 为水的比热容, $\text{J}(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})^{-1}$;

h 为湿帘的有效高度,m;

θ_w 为冷水的温度, $^{\circ}\text{C}$;

H_a 为含 1 kg 绝干空气的湿空气的焓, $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$;

H_{sa} 为冷水与空气接触面上的含 1 kg 绝干空气的饱和湿空气的焓, $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

传质系数 k_m 和空气经过湿帘的压降 Δp 可分别由下式表示:

$$k_m = A v_{wm}^m v_{am}^n$$

$$\Delta p = A_1 v_{wh}^{m_1} v_{ah}^{n_1}$$

根据每组实验数据可由式(1)求得1个 k_m (此为实验值),而 Δp 值则直接由U型管压差计上读得。对若干组不同的 k_m 和 Δp 值进行数学回归,即可确定常数 A, A_1, m, m_1 及 n, n_1 。

2 结果与讨论

测定的参数如表1所示。

表中： θ_{wi}, θ_{wo} 为水的入口和出口温度；

θ_{ai}, θ_{ao} 为空气入口和出口的干球温度；

θ_{mi}, θ_{mo} 为空气入口和出口的湿球温度；

qv_w, qv_a 为冷水和空气的体积流量；

Δp 为压降。

根据表 1 的数据,经计算得到以下关系式:

$$k_m = 3.926 v_{wm}^{0.1607} v_{am}^{1.290} \quad (2)$$

$$\Delta p/h = 32.54 v_{wm}^{0.8751} v_{am}^{1.965} \quad (3)$$

据式(2)和(3)在实验条件范围内所得的计算值与实验值的比较如图 2 所示。可以看出,计算值与实验值吻合很好。从式(2)和(3)可以看出,气体流量对传质系数及压降的影响比液流量大。

表 1 各参数实验值

$qv_w/(L \cdot h^{-1})$	实验号	$qv_a/(m^3 \cdot h^{-1})$	$\theta/^\circ C$						$\Delta p/Pa$
			θ_{wi}	θ_{wo}	θ_{ai}	θ_{mi}	θ_{ao}	θ_{mo}	
140	1	710	6.9	10.3	20.2	14.7	15.1	13.7	225.6
	2	680	6.9	11.2	20.3	14.6	14.6	13.3	186.4
	3	410	6.8	9.5	20.1	14.8	15.2	13.5	78.5
	4	230	7.1	9.1	20.0	14.9	15.0	13.2	19.6
250	1	500	5.9	10.0	20.1	14.6	13.1	11.7	196.2
	2	370	6.3	9.4	20.2	14.7	13.5	11.8	117.7
	3	230	6.6	8.5	19.9	14.6	13.5	11.7	49.1
	4	150	6.7	8.2	20.0	14.6	13.2	11.2	19.6
350	1	510	5.4	9.3	20.5	14.5	12.1	10.7	264.9
	2	420	6.8	9.6	20.4	14.4	12.7	11.1	196.2
	3	380	7.1	9.5	19.9	14.4	12.7	11.3	137.3
	4	300	7.2	8.7	19.6	14.5	12.5	11.1	98.1
	5	170	6.9	8.2	19.4	14.5	12.3	10.7	29.4
450	1	510	6.2	9.2	20.0	14.5	11.8	10.7	294.3
	2	430	5.9	8.6	19.6	14.4	11.6	10.4	235.4
	3	320	6.2	8.0	19.4	14.4	12.2	10.8	117.7
	4	260	6.2	7.7	19.3	14.4	12.1	10.7	78.5
	5	180	6.4	7.5	19.5	14.5	12.2	10.6	39.2

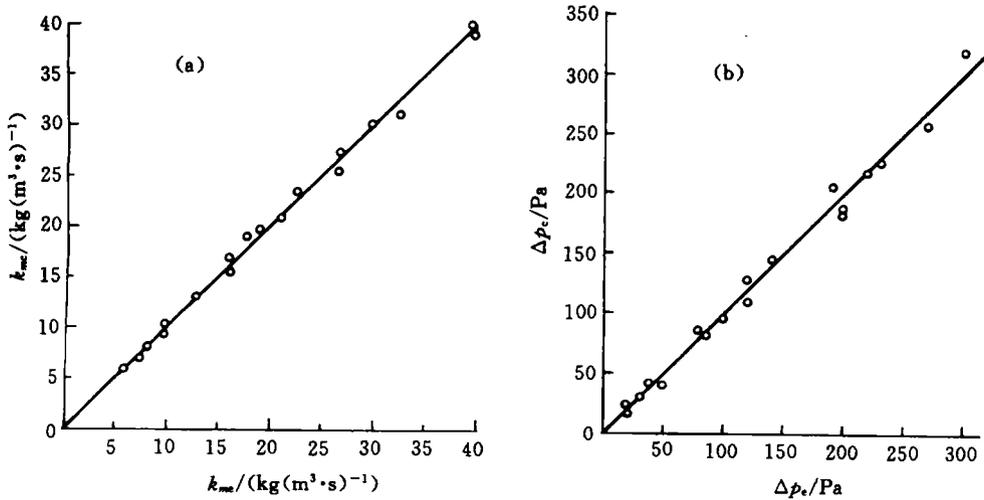


图2 传质系数 k_m (a)和压降 Δp (b)的实验值与计算值的比较

3 结 论

用逆流接触法测定湿帘中的传质系数与压降,在液体质量流速与气体质量流速分别为 $0.992 \sim 3.205 \text{ kg}(\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$ 和 $1.312 \sim 6.035 \text{ kg}(\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$ 时,得到计算传质系数和压降的经验公式,前者的平均误差小于 5%,后者的平均误差小于 10%。用这 2 个公式所得的计算结果可作为湿冷系统贮藏库设计的依据。

参 考 文 献

- 1 王 群. 湿冷系统运行特性及其在果蔬预冷保鲜中的应用研究. 农业工程学报, 1996, 12(3): 181~185
- 2 化学工程手册. 第 15 篇 增湿与减湿. 北京: 化学工业出版社, 1987