

文章编号:1006-7329(2000)03-0046-03

含盐多孔材料湿交换率的确定

10

卢军, 陈启高

TU834.9

46-48, 85 重庆建筑大学 城市建设学院, 重庆 400045

摘要:潮湿的室内环境使室内空气质量恶化。含盐多孔材料具有调节室内湿度的作用,逐步为人所认识。本文通过分析含盐多孔材料表面与空气间的湿交换过程,建立表面湿交换率公式,进一步提出加强含盐多孔材料湿调节能力的方法。

关键词:多孔介质; 湿交换率; 除湿; 蒸发

含盐多孔材料
文献标识码:A

中图分类号:TU834.9

潮湿的室内环境对人体的热平衡有不良影响。夏季高温时,阻碍人体汗液蒸发,严重时使人虚脱生病。同时,潮湿的环境对室内电器、家俱、衣物的保存使用带来较大的危害和破坏。传统除湿方法,如升温除湿、通风除湿、冷冻除湿等具有系统繁复,初投资大,运行费用昂贵,耗能多的缺点,在日常使用范围中应用有限,特别是在民用建筑,如普通住宅中较少使用。

1 含盐多孔材料

含盐多孔材料作为一种新型除湿体^[1],可利用太阳能使除湿体脱湿再生,循环往复使用,具有不耗费其它能源的特点。在民用建筑及一般工业建筑中有较好的应用前景。但其能否成为一种生产生活中有较大用途的除湿体,室内环境的湿度调节器,关键在于材料表面与周边室内空气的湿交换程度——即表面湿交换率。研究含盐多孔材料表面湿交换率对计算其吸湿量、脱湿量、以及吸湿速率、脱湿速率,对优化选择材料类型,制备具有较强湿调节能力的除湿体无疑具有重大的意义。

2 表面湿交换率的计算

含盐多孔材料湿交换率的确定较为复杂。在实践中,多采用实验方法求出单位面积或单位质量的除湿量以指导工程选用。本文根据含湿多孔材料和盐溶液热质传递特性讨论两种从理论上求解含盐多孔材料湿交换率的方法,以指导实践工作。

2.1 按照土壤蒸发理论求解表面湿交换率

含盐多孔材料的湿交换过程,可看作含湿多孔材料的湿交换过程,即将盐分和多孔材料看作一体。这样我们就可以利用土壤蒸发率的计算方法^[2]。

$$E_s = (d_s - d_a) / \epsilon_s \quad (1)$$

式中: E_s 为表面湿交换率, $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$; E_s 为正值时,材料脱湿; E_s 为负值时,材料从空气吸湿。 d_s 为表面在温度 t_s 下边界层内空气的含湿量, g/kg ; d_a 为空气在参考高度 Z 处的含湿量, g/kg ; ϵ_s 为蒸发面上的空气动力学阻力, $\text{m}^2 \cdot \text{s}/\text{kg}$ 。

* 收稿日期:1999-09-20

基金项目:重庆市应用基础研究项目基金资助

作者简介:卢军(1966-),四川渠县人,博士生,主要从事建筑技术研究。

$$\xi_i = \xi_a \cdot s_i \quad (2)$$

式中: ξ_a 是 ξ_i 在绝热或中性条件下的空气动力学阻力值($\text{m}^2 \cdot \text{s}/\text{kg}$); s_i 是稳定度系数,分别由下式确定:

$$\xi_a = [\ln(Z/Z_0)]^2 / (0.16v\gamma_a) \quad (3)$$

$$s_i = 1 / (1 - 10R_i) \quad (4)$$

其中 R_i 是理查逊数,等于:

$$R_i = \frac{9.81(Z - Z_0)(t_a - t_s)}{(t_a + 273.16)v^2} \quad (5)$$

式中: Z 为参考高度,m;一般取距地面2m; Z_0 为蒸发表面的粗糙度,m; V 为蒸发面上的风速, m/s ; t_a 为空气温度, $^{\circ}\text{C}$; γ_a 为干空气的容量, kg/m^3 。

含湿量 d_s, d_a 可分别表示成:

$$d_s = \frac{0.622\Phi_s P_{s0}}{B - \Phi_s P_{s0}} \quad (6)$$

$$d_a = \frac{0.622\Phi_a P_{a0}}{B - \Phi_a P_{a0}} \quad (7)$$

式中: B 为当地大气压力,kPa; P_{s0} 为含盐多孔材料在表面温度为 t_s 下的表面饱和水蒸汽压力,kPa; P_{a0} 为温度 t_a 下空气的饱和水蒸汽分压力,kPa; Φ_s 和 Φ_a 分别是空气相对湿度和表面上的空气相对湿度。

2.2 按照相似关系计算含盐多孔材料表面湿交换率

含盐多孔材料湿交换率 E_i 也可如下计算^[3]。

$$E_i = a_m(\theta_{sq} - \theta_q) \quad (8)$$

式中: E_i 为湿交换率, $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$;

a_m 为空气与含盐多孔材料表面间接水蒸汽分压力差计算的湿交换系数, $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$;

θ_q 为周围环境空气的水蒸汽分压力 P_q 与当地大气压力 P 之比, $\theta_q = P_q/P$;

θ_{sq} 为含盐多孔材料表面边界层的水蒸汽分压力 P_{sq} 与当地大气压力 P 之比, $\theta_{sq} = P_{sq}/P$;其中:

$$P_{sq} = \varphi_s \cdot P_{s0}$$

由雷诺类似率,有刘易斯数:

$$Le = a_m/a_q = C_m/C_p = 0.622/1.01 = 0.61 \text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{kJ} \quad (9)$$

式中: a_q 为含盐多孔材料与空气间的对流换热系数, $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$,一般室内 $a_q = 3.5 \text{W}/\text{m}^2$;室外 $a_q = 10 \text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$; C_m 为空气的比湿容, $C_m = \mu_{\text{H}_2\text{O}}/\mu_{\text{air}} = 0.622$, $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ 、 μ_{air} 分别为水分子与空气的分子量; C_p 为空气的定压比热容 $1.01 \text{kJ}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 。

因此,含盐多孔材料在室外的表面湿交换系数等于:

$$a_m = Le \cdot a_q = 0.61 \times 10 = 6.1 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$$

在室内为:

$$a_m = Le \cdot a_q = 0.61 \times 3.5 = 2.14 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$$

2.3 实际过程中表面水蒸汽压力的修正

上述两种方法物理意义清楚,适于处理表面饱和水蒸汽压力规律已知,表面边界层内近似饱和的情况。但由于湿交换过程中,随着水分浓度的增减,表面水蒸汽饱和压力也随之变化。故式中 P_{s0} 应是材料湿度的函数。由喇乌尔定律^[4],盐溶液表面的饱和水蒸汽压力 P_{s0} 小于纯水表面饱和水蒸汽压力 P_{s0}^* ,即

$$P_{s0} = \frac{P_{s0}^* \cdot b}{(1+x)} \quad (10)$$

式中: x 为溶质的相对分子浓度。它等于溶质的分子数 v_s 与溶剂的分子数 v_m 之比。

$$x = \frac{v_i}{v_m} \quad (11)$$

对 CaCl_2 盐溶液来说, 设盐水质量之比为 β , β 值随吸放湿过程的进行而变化, 而有

$$x = \frac{v_i}{v_m} = 0.162\beta \quad (12)$$

考虑到盐的电离成 n 原子, 如对 CaCl_2 则电离成了 3 原子, 则:

$$x = 0.162n\beta = 0.486\beta \quad (13)$$

这样就可计算含盐多孔材料吸放湿过程中的逐时表面饱和水蒸汽分压力。

3 表面湿交换量计算

根据含盐多孔材料湿交换率的计算公式, 可以指导我们在不同时间段内利用含盐多孔材料体调节室内湿度环境, 或将除湿体脱湿再生。在吸湿或脱湿时段内, 含盐多孔材料体累计湿交换量为

$$M = \int_0^t E(\tau) d\tau \quad (\text{g/m}^2) \quad (14)$$

4 小 结

含盐多孔材料湿交换率公式物理意义清晰, 由式中看出:

1) 含盐多孔材料表面湿交换率 $E_s(\tau)$ 取决于其表面边界空气的含湿量与周围空气含湿量的差值, 差值越大, 表面湿交换率越大, 即除湿体湿交换、湿调节能力越强。

2) 含盐多孔材料表面含湿量与边界层内空气饱和水蒸汽分压力, 相对湿度 φ 相关, 当相对湿度近似为 100%, 即饱和状态。饱和水蒸汽压力在大气压力一定时, 是空气温度的单值函数, 也就是说当含盐多孔材料一定时, 其表面含湿量取决于其表面温度。当含盐多孔材料表面温度高于对应环境空气水蒸汽分压力的表面温度时, 含盐多孔材料脱湿; 当其低于相应温度时, 含盐多孔材料吸湿。

3) 湿交换率与含盐多孔材料表面粗糙度成正比, 粗糙度越大, 吸湿率或脱湿率越大。所以, 在可能的情况下尽可能选用表面粗糙度值较高的材料。

4) 湿交换率与表面风速成正比, 表面风速越大, 表面湿交换率越大; 反之, 表面湿交换率越小。可见, 采用加大风速强制湿交换的办法, 可以提高湿交换的效果。

参考文献:

- [1] 卢军, 陈启高. 被动除湿太阳房试验研究[C]. 建筑·展望. 重庆: 西南师范大学出版社, 1997
- [2] Van Bavel, C. H. M. and D. L. Hillel: Calculating potential and actual evaporation from a bare soil surface by simulation of concurrent flow of water and heat[C]. Agric. Meteorol. 17. 443-476(1976)
- [3] 陈启高编著. 建筑热物理基础[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1991
- [4] 福力斯 C. E., 季莫列娃. A. B. 普通物理学[M]. 1962

patibility of some commonly used ground connection techniques in conformity to the standard, the authors give a further exploration of the impedance in ground connection and the techniques of public ground connection.

Keywords: techniques of ground connection; public ground connection; impedance in ground connection

(上接第 48 页)

Determination of Moisture Rate of Porous Saline Materials

LU Jun, CHENG Qi-gao

(Faculty of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jianzhu University, 400045, China)

Abstract: The high humidity makes the indoor air quality sultry. The porous saline materials can function as efficient humidity conditioner. On the basis of analyzing mass exchange process between porous saline materials and air, the computational method of the moisture exchange rate on the porous saline materials surface is established. A number of methods for enhancing the humidity conditioning of porous saline materials are suggested.

Keywords: porous material; moisture exchange rate; dehumidification; evaporation

(上接第 80 页)

The Causes of the Difference between Supply and Demand in the Housing Market of China and Solutions to the Problem

LING Chuan-rong, SHI Qian

(Institute of Economy and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The reason for the difference between supply and demand of houses is that there is a non-equilibrium in the interests of purchaser, developer and the government. In order to solve this problem, the developer should cut down the cost, the purchaser should clarify the house value and the government should build up a house property evaluation system to improve the housing market.

Keywords: housing market; non-equilibrium; housing property