

被动除湿太阳房实验研究*

卢 军¹, 高亚锋², 罗留念³, 龚 琪²

(1.三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045; 2.重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045; 3.广厦重庆第一建筑集团, 重庆 400045)

摘要:从节能、环保、战略与效率的角度阐述了被动太阳房除湿与传统除湿方法相比,有其独特的优势。而且,高湿环境不仅影响到室内人员的热舒适感,而且对室内卫生条件,人体健康,室内设备,室内家具的使用寿命等也有不利影响。为了降低室内湿度,我们设计了一种新的除湿构件,利用太阳能使其再生循环使用,试验证明,这种除湿构件具有很好的除湿效果,可以在一定范围内推广使用。

关键词:被动太阳房; 除湿; 湿度; 吸湿; 蒸发

中图分类号:TU111.4+5 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7329(2005)01-0084-04

Experimental Study of a Passive Dehumidifying Solar House

LU Jun¹, GAO Ya-feng², LUO Liu-nian³, GONG Qi²

(1. Key Laboratory of Three Gorges Reservoir Region's Eco-environment (Chongqing University), Ministry of Education, Chongqing 400045, P.R. China; 2. College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P.R. China; 3. Chongqing Guangxia Construction Group No.1, Chongqing 400030, P.R. China)

Abstract: On the basis of saving energy, protecting environment, strategy and efficiency, in this paper, the advantage of passive dehumidifying solar house over other traditional dehumidifying systems are expounded. The high humid environment affects not only the thermal comfortableness of indoor people, but also the indoor sanitary condition, human health, indoors electrical equipment and life span of the furniture. This paper presents a passive dehumidifying solar house, the dehumidifying body can be regenerating evaporation by solar energy; new dehumidifying equipment is designed to reduce relative humidity. It is proved that the new dehumidifying body has a very good dehumidifying effect. It will be widely used in some districts.

Keywords: passive solar house; dehumidify; humidity; absorb humid; evaporation

利用太阳能是一项有战略意义的技术。它不仅可以节约大量的常规燃料,保护环境、资源,而且可以使广大普通群众的生活水平得以提高。被动式太阳房是一种简单、经济、有效地利用太阳能的建筑,在 20 世纪 70 年代末 80 年代初,在我国就开始应用这项技术作为寒冷地区采暖的一种方法^[1]。被动式太阳房通过对建筑朝向和周围环境的合理布置,内部空间和外部形体的巧妙处理以及建筑材料和结构的恰当选择,使其能集取、蓄存和分配太阳能。它不仅能在不同程度上满足建筑物在冬季的采暖要求,而且在夏季也能遮蔽太阳辐射及室外高温空气环境使之达到降温的目的。对厚泥墙传统房屋的测试结果表明,在炎热的夏季日间,室内空气含湿量比室外低 1~2 g/kg 干空气,天花板的表面温度也比室内空气温度低。这是因为厚泥墙表面所含水分的蒸发冷却作用很强,以至于室内在炎热的夏天能得到冷却而使人感觉舒适^[2]。

* 收稿日期:2004-09-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50278099)

作者简介:卢 军(1966-),男,四川渠县人,副教授,博士,主要从事建筑技术通风空调方面研究。

据研究发现,如果在相对湿度较低的环境下,即使空气温度相当高,人体也不会感到太热,因为人体代谢热很容易通过汗液蒸发排除^[3]。反之,如果室内空气相对湿度增高,将阻碍人体汗液蒸发,使汗滴大滴落下^[4],对人体健康带来不容忽视的影响。同时,潮湿的室内环境对室内电器、家俱、衣物等都会带来危害和破坏。

传统的除湿方法有很多,如升温降湿、通风除湿、冷冻除湿、固体吸附吸湿、液体吸湿等常用方法。但有些方法有些效果较差,不适应亚热带温暖地区炎热、潮湿的地理环境;有些投资较大,耗能多,系统较为复杂,不适应住宅及普通建筑物使用。

因此,我们提出一种新型的“被动除湿太阳房”,以尽量降低室内湿度。采用某种多孔物质脱脂后,将其浸泡于饱和除湿液体中,使除湿盐类水溶液渗入多孔物质结构中。经沥干、干燥后,盐类物质在多孔材料中结晶,依附于多孔材料内部。从而获得含盐多孔材料体,文中称之为“除湿体”。除湿体能够依靠吸湿盐类对室内空气吸湿,且吸湿盐液浓度越大,吸收室内空气的水份能力越强。而当除湿体表面在日照下升温其中液态水蒸发进入室外大气。利用太阳能使除湿体脱湿再生,循环往复使用,不耗费别的任何其他能源。这就是被动除湿太阳房的基本原理。

1 测试内容与方法

实测工作于 2002 年 8 月 11 日至 2002 年 9 月 4 日进行。现场选在重庆大学建筑物理实验室内。建筑朝向为西向,砖混结构。如图 1 为除湿体安装位置简图。测试时,夜间 18:30 至第二天清晨 8:30 关闭外窗,打开内窗,对室内吸湿。8:30 ~ 18:30,关闭内窗,打开外窗,利用太阳能对除湿体进行脱湿再生。测试主要内容及仪器如下:

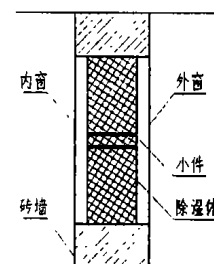


图 1 除湿装置

1.1 太阳辐射热 I

采用 MS-42 型辐射仪测定太阳总辐射强度值,由 7V08 数据采集仪微机处理所得数据。每半小时记录一次。

1.2 风速 V

风速由热电风速仪测定,其测量范围为 0.5 ~ 30 m/s,每半小时测定一次。

1.3 相对湿度 φ

相对湿度由长春气象仪器厂生产的 DHJ-1 型毛发湿度计自动记录,它的适应范围是 -35℃ ~ 40℃,测试过程中每 2 h 校正一次,采用通风干湿球温度计完成校正。

1.4 温度测定

室内外空气温度及除湿体内外表面温度测定均由热电偶系数相近的热电偶完成。室外空气热电偶测头用铝箔罩住以防止太阳辐射或墙、地面反射的影响。数据采集间隔为半小时,测值处理由 7V08 微机完成。

1.5 吸湿率、蒸发率测定

吸湿率、蒸发率采用称重法测定。在除湿体中部先制作一小件(断面积为 0.01 m²)。每隔 1 h 测定一次小件重量,与前 1 h 数据之差即为小件的蒸发率或吸湿率。称重由日本 EB-330 水分分析仪完成。

按下式计算试件湿重的变化

$$\Delta W = W_{i+1} - W_i \quad \text{g/h} \quad (1)$$

脱湿率或吸湿率

$$q_m = \frac{\Delta W}{\Delta F} \quad \text{g/m}^2 \cdot \text{h} \quad (2)$$

式中: W_i 为第 i 时刻小件的重量, g; W_{i+1} 为第 $i+1$ 时刻小件的重量, g; ΔF 为小件的表面面积, m²; ΔW 为小件 1 h 中的重量变化, g/h; q_m 为比湿流量, g/m²·h 正值对应于吸湿, 负值对应于脱湿。

2 按照相似原则计算除湿体质交换率

含盐多孔材料质交换率 E_s 可如下计算^[5]:

$$E_s = \alpha_m (\theta_{sb} - \theta_q) \quad \text{g/m}^2 \cdot \text{s} \quad (3)$$

式中: α_m 为空气与含盐多孔材料表面间按水蒸汽分压力差计算的质交换系数, $\text{g/m}^2 \cdot \text{s}$; $\theta_q = \frac{P_q}{P}$, P_q 为周围环境空气的水蒸汽分压力, Pa, P 为当地大气压, Pa, $\theta_{sb} = \frac{P_{sb}}{P}$, P_{sb} 为含盐多孔材料表面边界层的水蒸汽分压力, Pa。

由雷诺类似率, 有:

$$Le = \alpha_m / \alpha_q = C_m / C_q = 0.620 / 1.01 = 0.61 \text{ kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C} / \text{kJ} \quad (4)$$

式中: α_q 为含盐多孔材料与空气间的对流换热系数, $\text{W/m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}$; C_p 为室内空气的定压比热, $1.01 \text{ kJ/kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$, Le 为刘易斯数。

$$\text{室外} \quad \alpha_m = 0.6 \alpha_q = 6.1 \text{ g/m} \cdot \text{s} \quad (5)$$

$$\text{室内} \quad \alpha_m = 0.6 \alpha_q = 2.14 \text{ g/m} \cdot \text{s} \quad (6)$$

E_s 为正值时, 含盐多孔材料向外部散湿, 即蒸发率或脱湿率; E_s 为负值时, 含盐多孔材料从空气中吸湿, 即称之为吸湿率或除湿率。如图 2、3 所示为 8 月 22 日~8 月 24 日在实验室所测值。

根据含盐多孔材料质交换率的计算公式, 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, 含盐多孔材料体累计质交换量为:

$$M = \int_0^{\tau} E_s(\tau) d\tau \quad \text{g/m}^2 \quad (7)$$

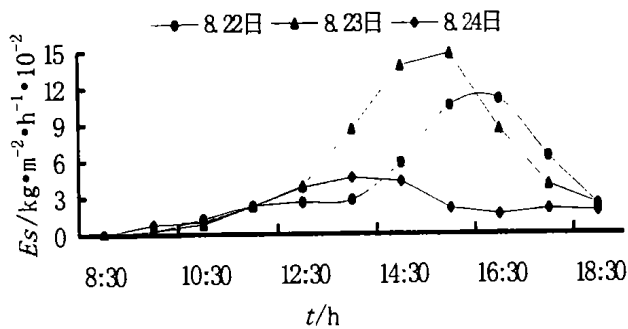


图 2 含盐多孔材料脱湿率

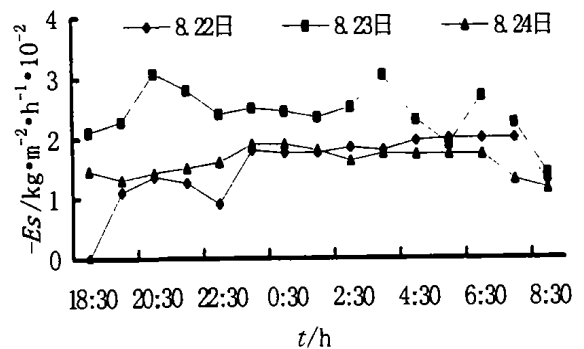


图 3 含盐多孔材料吸湿率

3 测试结果分析

1) 由图 2 可见, 除湿体从上午 9:30 后开始蒸发脱湿, 但蒸发率较小。直到下午 16:30 左右, 除湿体外表面温度达到最大值时, 其蒸发率才达到最大, 约 $150 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$ 。8 月 24 日下午为阴天, 太阳辐射直射率低, 除湿体外表面温度也低, 所以除湿体在下午时候脱湿率较小。正常情况下, 白天蒸发量为 $450 \sim 600 \text{ g/m}^2$ 之间。

2) 由图 3 可见, 除湿体从夜间 18:30 开始吸湿, 吸湿率较为均匀, 在 $10 \text{ g/h} \cdot \text{m}^2 \sim 20 \text{ g/h} \cdot \text{m}^2$ 之间波动。整个吸湿期间, 可吸湿 $175 \text{ g/m}^2 \sim 260 \text{ g/m}^2$ 。

3) 由图 4、图 5 可见, 安装有除湿体的实验房内空气相对湿度在 $60\% \sim 80\%$ 之间波动, 波幅中心控制在 70% 左右。而相邻房间室内空气相对湿度在 80% 上下波动, 最高相对湿度达到 95% 以上。可见除湿房的除湿效果较为明显。实验房内的空气温度较之邻室有 0.2°C 左右的升幅, 这主要是因为除湿体内表面温度高于邻室壁面温度, 而且吸湿过程中有水蒸汽凝结放热现象产生。不过根据等有效温度的概念^[6], 相对湿度的下降大大抵消了室内温度的微幅升高。室内环境相对舒适。

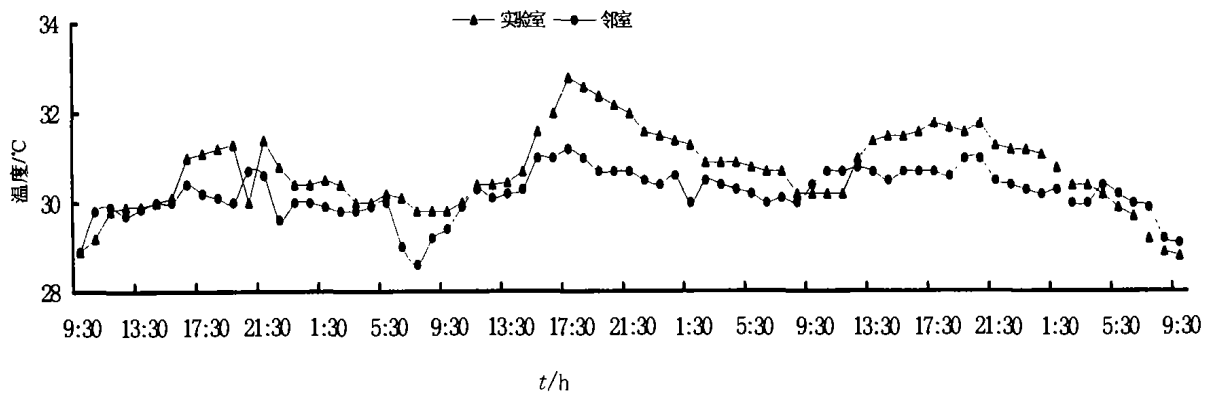


图4 实验室与邻室室内空气温度实测值

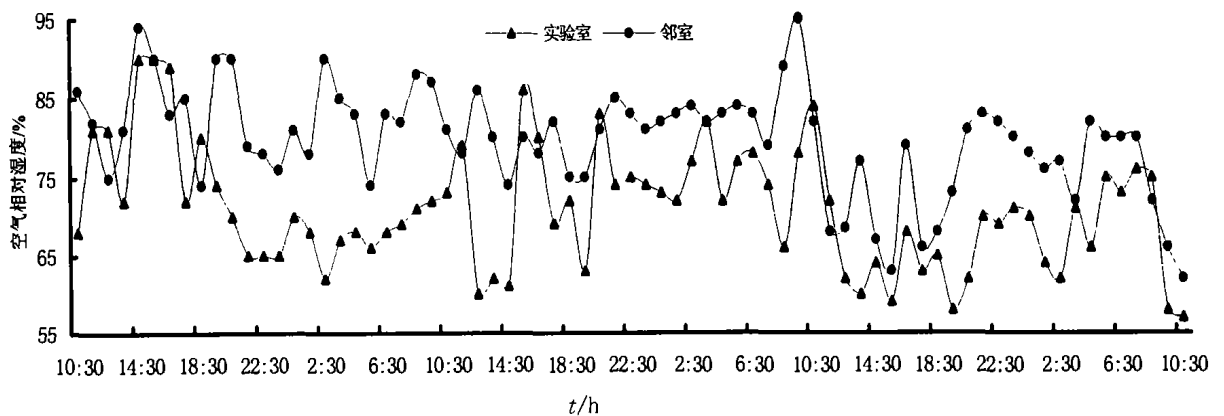


图5 实验室与邻室室内空气湿度实测值

4 结束语

1) 除湿体在夏季像一个干燥剂储藏体,其蒸发量明显高于吸湿量。因此,可采用缩短蒸发时间,延长室内吸湿时间的办法;增大室内吸湿量。根据实验结果,推荐在 12:30 - 17:30 之间对除湿体蒸发再生,在 17:30 至第二天 12:30 之间对室内吸湿。增加吸湿时间 5 h,可增加吸湿量 $100 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。这里讨论的是西向除湿体,对不同朝向的除湿体应分别对待,作专题研究。

2) 除湿体的蒸发率主要取决于除湿体的表面温度。在阴天,太阳辐射直射率很低,除湿体外表面温度也较低,除湿体脱湿再生效果较差。因此,有必要采用辅助加热的方法,如在除湿体外表面布一层电热丝,提高外表面温度,加快蒸发速率。

3) 除湿体的内表面的吸速率较低,还不能适应大范围的需要,应采用强制室内空气流过除湿体表面的方法,加快吸湿速度。

4) 在除湿的同时,对其他朝向墙体进行防潮处理也是不容忽视的,有利于提高除湿效果。

参考文献:

- [1] 李元哲. 被动式太阳房设计手册[M]. 北京:清华大学出版社,1993.
- [2] Kodama, Y, Passive Solar Design in Japan - Focused on Large Scale Architecture[Z]. 1983.
- [3] 傅正惠,陈启高. 被动除湿太阳能房[J]. 重庆建筑大学学报,1998,20(4):82-86.
- [4] 冯雅,刘才丰. 除湿是解决室内热环境的有效措施[J]. 重庆建筑大学学报,2001,23(1):6-10.
- [5] 陈启高. 建筑热物理基础[M]. 西安:西安交通大学出版社,1991.
- [6] ASHRAE. ASHRAE Handbook[Z]. 1972.