

文章编号:1006-7329(2001)01-0006-04

# 除湿是解决室内热环境的有效措施<sup>\*</sup>

冯 雅, 刘才丰

(重庆大学B区 建筑城规学院, 重庆 400045)

**摘要:**我国第Ⅱ类建筑气候区夏季闷热,冬季湿冷,影响这一地区热环境一个重要参数就是空气的相对湿度。本文就空气相对湿度对室内热环境影响进行分析,认为降低湿度是改善室内热环境最有效的措施,它能有效地节约空调机械能耗,从自然环境中获得舒适的热环境。

**关键词:**热环境;相对湿度;人体散热;除湿

**中图分类号:**TU111

**文献标识码:**A

在热舒适环境的设计中,人们普遍采用机械制冷空调设备来维持室内热舒适标准。然而在广大长江流域地区,普遍采用机械空调将给这一地区造成较为严重的能源紧张。例如,近年来在四川成渝两地居民住宅空调以惊人的速度发展,使这一地区本来能源不足的局面更为紧张,常常造成空调设备无法运行。同时由于气候炎热,空调室内外温差太大,以致产生人所不能适应的热应力反映以及空调房间“病建筑综合症”等问题。笔者1995年8月仅从成都市儿童医院调查,每天因气候炎热而生病住院的儿童人满为患,轮流住院输液高达100多人,其中30%是因使用空调而引起,全市普遍反映使用空调造成头痛、支气管炎、喉痛等“病建筑综合症”占很大比例。因此,如何应用低能耗,尽量从自然环境中获得舒适的热环境,是当今世界普遍关心的问题。

过去,在房间微气候控制时,把温度作为最主要的技术指标,但在实际过程中,空气湿度也是影响这一地区夏季闷热,冬季湿冷最主要的技术指标。因此,能否有效地解决空气湿度问题,是改善这一地区室内热环境的关键措施之一。近年来采用改善围护结构的热工特性,蒸发冷却以及其它被动式除湿等方式,都能有效地改善室内热环境条件,节约大量的空调能源,缓解全球性的CFC以及“空调房间综合症”等问题,形成在自然条件下良好的室内热环境。

本文首先从人体的散热方式基本原理出发,说明解决这一气候区室内热环境关键措施之一是降低空气湿度,然后通过实测数据进行分析,认为除湿是湿热地区最为有效的措施,它可节约大量的机械空调能耗和设备费用,消除因空调建筑而产生的“病建筑综合症”问题。

## 1 人体散热基本原理

人体散热主要由对流、辐射、导热以及蒸发形式构成,导热分量只占总热量的很小部分。夏季,人体表面散热主要是以汗液和呼吸蒸发形式出现。在标准条件下空气湿度为24.3℃时,总散热量的21%为蒸发散热,37%为辐射散热,42%为对流散热量<sup>[2]</sup>,当环境空气温度为28~29℃时,开始出汗,随着温度上升,蒸发散热量增加,当空气温度超过34℃,人体蒸发和出汗所散发的热量成为人体唯一的散热方式。对于我国第Ⅱ气候区不少地区夏季最热月平均温度超过30℃,湿度常常超过85%,因此,对人的蒸发散热影响很大。

其人体单位面积的散热可以用以下公式来确定:

\* 收稿日期:1999-10-07

作者简介:冯雅(1959-),男,四川雅安人,高级工程师,博士,主要从事建筑热工研究。

对流散热:

$$q_c = \sigma_c(t_b - t_f) \quad (1)$$

辐射散热:

$$q_r = \sigma_r(t_b - t_s) \quad (2)$$

蒸发散热:

$$q_L = \sigma_m L(E_b - e_f)/P \quad (3)$$

另外,还包括人体呼吸散热,它由呼吸潜热和显热两部分组成:

$$Q_{mp} = VC_m u_o(L/P)(E_{rsp} - e_f) + VC_p u_o(t_{rsp} - t_f) \quad (4)$$

式中: $\sigma_c$ ——室内人体表面与空气的对流热交换系数,  $(W/m^2 \cdot ^\circ C)$ ;  $\sigma_r$ ——室内人体表面与环境的辐射热交换系数,  $(W/m^2 \cdot ^\circ C)$ ;  $\sigma_m$ ——室内人体表面与空气质变换系数;  $t_b$ ——人体表面皮肤的平均温度,  $^\circ C$ ;  $t_f$ ——室内空气温度,  $^\circ C$ ;  $t_s$ ——环境物体表面温度,  $^\circ C$ ;  $V$ ——人呼吸空气的容积流量,  $m^3/h$ ;  $P$ ——大气压力,  $Pa$ ;  $E_{rsp}$ ——人呼吸的空气饱和蒸汽压力,  $Pa$ ;  $t_{rsp}$ ——人呼出空气的温度,  $^\circ C$ ;  $e_f$ ——室内空气水蒸汽分压,  $Pa$ ;  $C_m$ ——空气的比湿容;  $C_p$ ——空气的定压比热,  $(J/kg \cdot ^\circ C)$ 。

如果取有汗皮肤表面湿度为  $35^\circ C$  蒸发散热量可用以下公式确定<sup>[3]</sup>

$$Q_L = 83.08\sigma_q[(0.9872 - \varphi) - 0.056431\varphi(t - t_o)] \quad (5)$$

这个公式具体反映在室内人体汗液蒸发潜热受空气温度  $t$  和相对湿度  $\varphi$  的影响,表明人体的散热量由空气温度  $t$ , 湿度  $\varphi$  以及对流换热系数  $\sigma_q$  这几个因素而制约。

## 2 在不同温、湿度条件下人体表面散热数字分析

如前所述,人体散热随着人所处的环境不同而发生很大的变化。以室内空气温度分别为  $24.3^\circ C$  和  $30^\circ C$  条件下,不同的相对湿度对人体表面散热的情况为例进行计算。

表1为相对湿度为80%,辐射换热系数  $\sigma_r$  为  $4.01 W/(m \cdot ^\circ C)$ ,对流换热系数取值根据式  $\sigma_q = 2.2\sqrt{t_b - t_f}$  确定而计算数据。

表1 人体单位面积三种散热方式散热量比较

空气温度( $^\circ C$ )	散热方式	散热量 $W/m^2$	占总散热量百分率(%)
24.3	Q 对流	49.7	42
	Q 辐射	43.8	37
	Q 蒸发	24.8	21
	$Q_{\Sigma}$	118.3	100.00
30	Q 对流	16.4	11.10
	Q 辐射	20.05	13.44
	Q 蒸发	112.84	75.65
	$Q_{\Sigma}$	149.25	100.00

从以上数据可看出,随着温度上升蒸发比例迅速增加,当室内风速发生变化时,也仅改变对流热交换量,对流和蒸发和比值是不变的。当风速达到  $2.6 m/s$  以上强制对流情况时,辐射换热量可以忽略不计。表2是室内空气温度在  $30^\circ C$  时,其它条件如上例,人体的蒸发散热与空气相对湿度的关系。从表中可看出人体皮肤蒸发潜热随着空气的相对湿度降低,人体的蒸发散热量增加。在热湿地区,由于夏季的高温和高湿,对于热舒适应该充分考虑湿度的影响。

表2 不同相对湿度条件下蒸发散热量(W/m<sup>2</sup>)

相对湿度 $\varphi$	第一项潜热值 273.3(0.9872-\varphi)	第二项潜热值 15.42(t-t <sub>0</sub> )	总潜热
0.9872	0	76.1	76.1
0.9	23.83	69.39	93.22
0.8	51.16	61.68	112.84
0.7	78.49	53.97	132.46
0.6	105.82	46.26	152.08
0.5	133.15	38.55	171.7
0.4	160.48	30.4	190.88
0.3	187.8	23.13	210.93

### 3 实验数据分析

我们曾1993年6月20日—9月10日对重庆地区夏季室内热环境进行连续测试。测试仪器采用TYPE1213室内气候分析仪和TYPE1212热舒适仪,对室内空气温度、湿度、风速、辐射等参数进行测试分析,测试数据如表3所示。在衣着量为0.3 clo条件下,评价在不同温度、湿度以及风速组合的PMV和PPD指标。

从表3可以看出,空气相对湿度越小,热环境指标越好。即使在空气温度为34℃条件下,只要相对湿度控制在55%以下,PMV值也能在+1.5以下,这对于广大温暖地区在自然环境条件下是可以接受的。热环境条件。如果能在室内产生一定的室内风速,基本上能达到对人体热舒适性标准。

例如,对于成都地区,属于经第Ⅱ类C区,最热月相对湿度为85%,最冷月相对湿度为81%。如果采用除湿方法,用较少的能源就业能达到机械空调的作用,而且能消出这一地区因潮湿建筑所产生的各种弊端。使冬夏二季保持一个较为舒适的室内热环境。

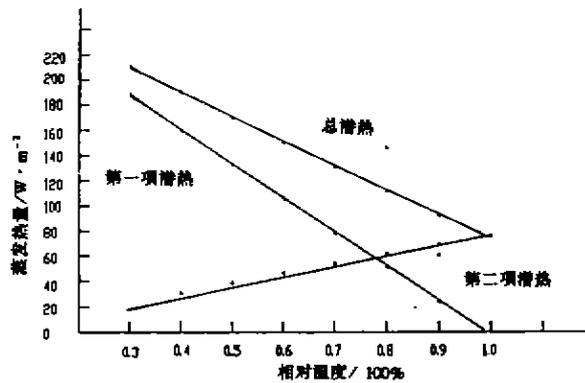


图1 不同相对湿度条件下的蒸发散热量

表3 不同温度、湿度条件下的PMV、PPD值

室内空气温度 (℃)	室内空气相对 湿度(%)	平均辐射 温度(℃)	风速 (m/s)	PMV	PPD (%)
30	43	28.9	0.06	0.51	10.1
			1.4	0.25	4.9
	57	29.3	0.08	0.71	16.2
			1.39	0.46	8.4
	72	29.1	0.07	0.83	20.3
			1.39	0.54	10.6
32	86	28.8	0.06	1.2	38.3
			1.41	0.92	27.1
	41	31.4	0.07	0.8	20
			1.41	0.54	11.8
	55	31.1	0.07	1.03	28.4
			1.40	0.72	16.1
71	31.5	0.06	1.43	67.6	
		1.37	1.1	33.5	
85	31.1	0.07	1.9	81.4	
		1.39	1.58	73.4	

续表3

室内空气温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	室内空气相对 湿度(%)	平均辐射 温度( $^{\circ}\text{C}$ )	风速 ( $\text{m/s}$ )	PMV	PPD (%)
34	43	33.1	0.06	1.17	39.1
			1.40	0.85	21.6
	55	33.5	0.07	1.32	55.4
			1.42	1.36	41.3
	70	34.1	0.07	2.4	87.4
			1.41	2.0	76.5
	86	34.3	0.04	3.0	99.9
			1.39	2.5	88.1

## 4 结 论

我国第Ⅲ类建筑气候区,需解决夏季闷热、冬季湿冷,应该把除湿作为最优先考虑的问题。开发各种机械除湿设备,利用蒸发冷却技术,太阳能被动除湿以及其它除湿技术,尽可能应用低能耗技术,从自然环境中获取能量,产生出最为经济、最为实用节能的效果,并有利于消除因空调而产生的“病建筑综合症”,缓解全球性的CFC问题,创造一种自然环境条件下热舒适环境。

## 参考文献:

- [1] 建筑气候区划标准[S].北京,1994
- [2] L.巴赫基,付忠诚.房间的热微气候[M].北京:中国建筑工业出版社,1987
- [3] 陈启高.改善温暖地区室内热环境的新途径——除湿[J].重庆建筑大学学报,1993,15(4):9-14
- [4] 冯雅,陈启高,等.重庆夏季室内热环境实测研究报告[R].建设部“八五”课题,温暖地区建筑热环境质量研究报告,1993
- [5] Chen QG, Feng Y. Report on indoor thermal environment test by air conditioning system with seasonal energy underground storage[R]. Proceedings of International Conference on Urban energy-efficient building, Beijing, China, 1994, 402-410

## Effect of Moisture on Indoor Thermal Environment

FENG Ya, LIU Cai-feng

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

**Abstract:** In the past, the temperature was used as the sole quota to control the indoor thermal environment in hot summer and cold winter areas of China, but a major quota, the relative air moisture, was often ignored. In this paper, the effect of relative air moisture on indoor thermal environment is analyzed. The results show that the energy consumption can be reduced and comfortable thermal environment can be provided under natural condition by regulating the indoor moisture.

**Keywords:** thermal environment; relative air moisture; heat diffusion of human body; dehumidification