

武汉市夏季民宅小气候观测与分析

沈铁元 廖移山

(湖北省气象科学研究所, 武汉 430074)

提 要

以2000年武汉盛夏季节46天不同楼层4个房间内的温湿观测记录为依据,初步分析了居民住宅楼室内温度、湿度变化的基本规律,描述了因接受太阳辐射的不同等原因而造成南北朝向房间的差异和顶楼与非顶楼的差异,并用多元线性回归方法建立了室内温湿度的预报方程。

关键词: 室内温度 室内湿度 多元线性回归

引 言

武汉市作为我国三大火炉之一,夏季常出现的持续性高温天气对人们的生活造成了极大的影响。许多专家学者对这种灾害性天气现象作过深入的研究^[1~3]。盛夏,人们的活动绝大部分时间是在室内度过的,对室内小气候进行观测与分析并能及时准确地提供预报,及时开展这项工作与深入研究对我们拓展气象服务领域有促进作用,但国内目前还没发现这方面的文献和研究报道。

1 资料观测

在2000年7月1日到8月15日共46天时间中,我们选择位于武汉市城郊结合部的一栋七层楼高的居民住宅进行观测试验。该住宅楼体呈灰白色,表面粗糙;楼体周围地面主要是草坪和水泥面,二十米以外才有树木和建筑物;七楼楼顶有人字型阁楼,由暗红色瓦铺就。我们有代表性地选择一楼南房、一楼北房、三楼北房、七楼北房各一间(以下分别用A、B、C、D代替)四个观测点进行了温湿自记仪观测和干湿球温度计每天三个时次(08、14、20时)的观测。房间面积约10m²,房间内无人居住,窗户半开,温度计放置在远离窗子的地方,高度约1.5m。利用观测到的干、湿球温度资料,计算出08、14、20时水汽压和相对湿度^[4]。温湿自记仪观测记

录通过与08、14、20时干球温度、相对湿度资料比较得到订正后用于计算室内最高、最低温、湿度以及分析室内温、湿度日变化规律。另外,我们还收集了武汉市气象观测站的部分常规地面观测资料,包括百叶箱08、14、20时温度、湿度,日最高温度、日最低温度、每天24小时平均温度、平均风速、总云量、低云量,用于与室内情况的对比分析和建立预报方程。

2 观测结果与分析

2.1 温度

室内温度变化规律与室外的变化规律^[5]基本相同。当太阳升起后室内开始升温,14~16点钟达到最大值,之后室温开始缓慢下降,凌晨期间室温基本稳定在最低点,每日08时的干球温度非常接近于室内最低温度,因而可用08时温度近似代替室内最低气温。

图1是试验期间四个观测点各时次温度平均对比图。分析A、B两点可以看出,由于太阳对南墙直接照射,而对北墙没有直接照射,造成南房比北房温度高,但由于盛夏季节太阳对南墙的照射夹角很小,有效照射面积小^[6],因此这种差别不太大,就试验时段46天的记录来看,08、14、20时三个时次南房比北房温度平均值分别高出0.3、0.4、0.1℃。比较B、C两点可以看出,14、20时一楼和三

楼平均温度相同,08时三楼比一楼高0.3℃。而从D点与B、C两点的比较来看,三个时次D点比B、C两点要高出0.8~1.2℃。

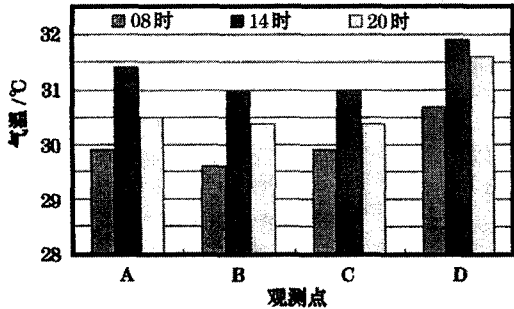


图1 试验期间四个观测点各时次温度平均对比图
夏季人们常常感觉顶楼比其他楼层要热得多,从观测结果看,顶楼只高出约1℃左右。看来,在炎热的夏季,高出1℃给人的感觉也是非常明显的。

尽管A、B、C三点有一些差别,但其46天的平均值相差很小,距离系数也较小,采用聚类分析方法,可以把A、B、C归为一类,称为非顶楼,与顶楼(D点)对应。顶楼房间由于楼顶受太阳辐射的有效面积大,因此顶楼房间比非顶楼的各楼层房间温度高。

室内温度日变化小,平均日较差约2℃,而室外平均日较差可达7℃。有意义的是,室内最高、最低温度与室外日平均气温较为接近,室内温度基本上在室外日平均气温附近变化(图略),室内日平均气温只是在顶楼比室外日平均气温略偏高(图略)。

2.2 湿度

室内相对湿度的变化与室温变化大体上呈反位相(图略),当室温升高时,相对湿度减小;当室温降低时,相对湿度增加,基本上表现为午夜凌晨时达到最大值,14~16时达到最小值,这种特征与室外相对湿度变化特征基本一致,但室内湿度变化比室外幅度小一半以上,室内相对湿度日变化平均为12%,而室外可达28%。

图2a是四个观测点平均水汽压对比图(室外水汽压08、14、20三个时次分别为30.2、30.5、30.5hPa),图2b是四个观测点相

对湿度对比图。从图中可以看出水汽含量,室内一楼与室外近似相等,而三楼和七楼的水汽含量比室外偏高,水汽含量随楼层增高呈递增趋势,这与气象学上水汽含量随高度增加而降低的一般规律是不同的。用这一观测数据我们可以解释这样一种现象——夏季人们普遍都感觉到底楼比其他楼层凉快,而从温度的观测记录来看,底楼与三楼近似相等,即使与顶楼相比也只是低1℃左右。按文献[7]给出的静风时人体舒适度(炎热指数)公式 $ID = 1.8T - 0.99(1 - H/100)(T - 14.4) + 32$,其中 T 为空气温度, H 为相对湿度,夏季人们感觉到炎热除温度对人体影响外,还应包括空气中水汽含量的作用。计算结果表明,楼层较低时炎热指数低,楼层高时炎热指数高。

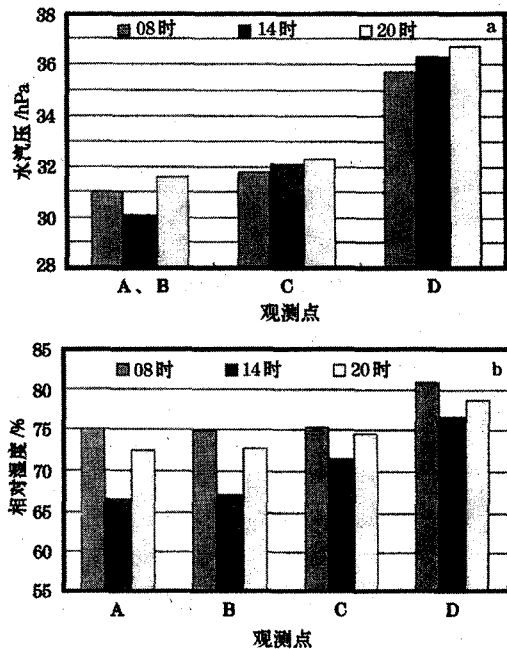


图2 四个观测点平均水汽压(a)、平均相对湿度(b)对比图

3 预报方程建立

3.1 室内温度

试验期观测记录共有46天,选取前36天记录作为时间序列样本建立预报方程。选取的7个预报因子分别为: X_1 ——室外日

最高气温, X_2 ——室外日最低气温, X_3 ——室外日平均温度, X_4 ——总云量, X_5 ——低云量, X_6 ——室外日平均风速, X_7 ——前一日室外最高气温。预报量为 Y_{max1} ——非顶楼最高室温, Y_{max2} ——顶楼的最高室温, Y_{min1} ——非顶楼最低室温, Y_{min2} ——顶楼最低室温。统计结果表明: X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_7 因子与预报量之间均有很高的相关性, 相关系数达 0.8 以上, X_4 、 X_5 与预报量有较好的负相关, 相关系数为 -0.5 左右, X_6 与预报量之间呈较弱的负相关。采用逐步线性回归法得到非顶楼预报方程为:

$$Y_{min1} = 18.6188 + 0.2067X_1 + 0.0388X_6 + 0.1464X_7 \quad (1)$$

$$Y_{max1} = 14.1014 + 0.1488X_1 + 0.3629X_7 \quad (2)$$

顶楼预报方程为:

$$Y_{min2} = 11.6592 + 0.4646X_1 + 0.11X_2 \quad (3)$$

$$Y_{max2} = 9.3915 + 0.2709X_1 + 0.176X_2 + 0.2442X_7 \quad (4)$$

图 3a 描绘出试验期顶楼室内日最高、最低温度观测值及其预报值, 图 3b 描绘出试验期非顶楼室内日最高、最低温度观测值及其预报值, 图中 8 月 5 日前是拟合期的情形, 8 月 5 日后的 10 天是对独立样本进行试预报的情形(图 4 同), 各拟合率见表 1、误差见表 2。

3.2 室内湿度

选取上述七个预报因子, 同时还增加室外日最高相对湿度 (X_8)、室外日最低相对湿度 (X_9) 两个预报因子; 预报量为: Y_{max3} ——顶楼日最高相对湿度、 Y_{max4} ——非顶楼日最高相对湿度, Y_{min3} ——顶楼日最低相对湿度、 Y_{min4} ——非顶楼室内日最低相对湿度。统计结果表明: X_9 与预报量之间有高的相关系数, 达 0.6 ~ 0.7, X_4 、 X_5 与预报量之间有较高的相关系数, 达 0.4 ~ 0.7, X_1 、 X_3 、 X_7

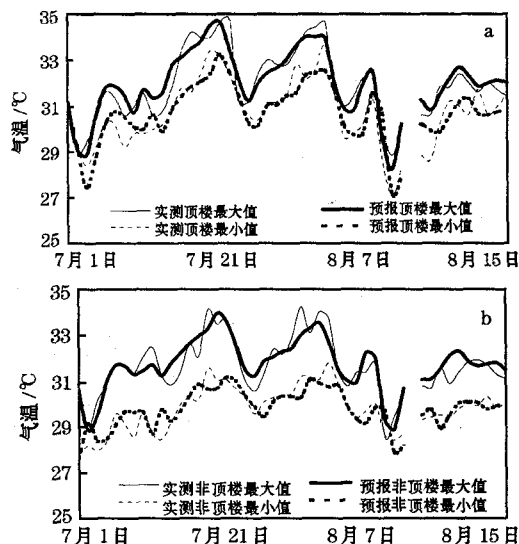


图 3 室内日最高、最低温度观测值及其预报值 (a 为顶楼, b 为非顶楼)

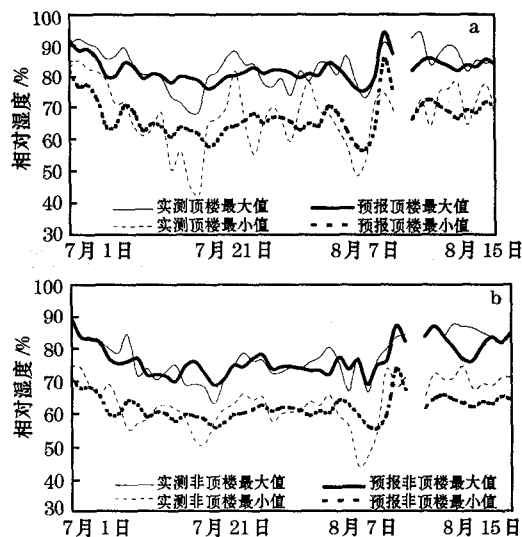


图 4 实验期室内日最高、最低相对湿度观测值及其预报 (a 为顶楼, b 为非顶楼)

与预报量之间呈一定的负相关, 约 0.3 ~ 0.6, 并且最高相对湿度比最低相对湿度与各预报因子有更好的相关性, X_2 、 X_6 、 X_8 与预报量相关性差。

对顶楼通过逐步线性回归法得到预报方程为:

$$Y_{max3} = 66.3342 + 0.2797X_9 \quad (5)$$

$$Y_{\min 3} = 42.7351 + 0.4330 X_9 \quad (6)$$

非顶楼预报方程为:

$$Y_{\max 4} = 69.2898 + 0.7207 X_5 - 0.0903 X_8 + 0.1931 X_9 \quad (7)$$

$$Y_{\min 4} = -29.92 + 0.2769 X_9 \quad (8)$$

图4a描绘出试验期顶楼室内日最高、最低相对湿度观测值及其预报值,图4b描绘出试验期非顶楼室内日最高、最低相对湿度观测值及其预报值,拟合率见表1,误差见表2。

表1 拟合率、试预报期定性拟合率

		温度		相对湿度	
		试预报	拟合	试预报	拟合
非顶楼	最大值	0.60	0.83	0.80	0.78
	最小值	0.70	0.89	0.80	0.53
顶楼	最大值	0.60	0.89	0.70	0.72
	最小值	0.70	0.94	0.70	0.64

表2 试预报期误差分析

		温度/℃		相对湿度/℃	
		相对误差	绝对误差	相对误差	绝对误差
非顶楼	最大值	0.3	0.4	4.3	4.3
	最小值	0	0.25	5.0	5.0
顶楼	最大值	-0.1	0.66	3.3	4.3
	最小值	-0.3	0.35	2.1	4.7

4 结论

(1)武汉市夏季非顶楼各楼层、同楼层南北朝向各房间室温差别很小。

(2)顶楼房间由于楼顶受太阳辐射的有

效面积大,使顶楼比非顶楼室内温度高,即使在顶楼设有人字型隔热阁楼的情况下,仍比非顶楼室温高出0.8~1.2℃。

(3)从试验期观测记录来看,武汉夏季室内湿度随楼层呈递增趋势。

(4)室内温度与室外日最高气温、平均温度、日最低气温、前一天日最高气温、有很好的相关性,与总云量、低云量有好的相关性;室内相对湿度与室外日最低湿度有好的相关性,与云量有好的相关性,与室外温度有较好的负相关。

参考文献

- 1 乔盛西. 武汉市中暑人数与体感温度、CDH的关系以及中暑发病的预报. 湖北气象, 1992, 11(2): 29~32.
- 2 陈正洪. 汉口盛夏热岛效应的统计分析及应用. 湖北省自然灾害综合防御对策论文集. 北京: 地震出版社, 1990: 86~88.
- 3 武汉中心气象台. 武汉中暑人数与气象因子的逐步回归分析. 全国气候会议论文集. 北京: 科学出版社, 1977.
- 4 国家气象局. 湿度查算表. 北京: 气象出版社, 1986.
- 5 林国民. 气象要素日变化的分析应用. 气象, 1980, 6(1): 16~17.
- 6 缪启龙等. 中国墙面太阳总辐射的计算及全国分布. 应用气象学报, 1991, 2(2): 184~190.
- 7 陈正洪等. 炎热指数在武汉市的试用修订及检验. 湖北气象, 2000, (3): 23~24.

Observation and Analysis of Microclimate in Storied Rooms during the Summer in Wuhan

Shen Tiejuan Liao Yishan

(Meteorological Institute of Hubei Province, Wuhan 430074)

Abstract

Based on the 46 days' observations of the temperature and humidity inside four different storey rooms in midsummer in 2000 in Wuhan, the changing rules of the temperature and humidity inside rooms are analysed, and the differences of the garret's to the other storey's and the facing-south room's to the facing-north room's are described, which are caused by various solar radiation receiving and so on. After that, the forecasting equations to the temperature and humidity in rooms are set up with multivariate linear regression.

Key Words: temperature inside room humidity inside room multivariate linear regression