

doi: 10.11830/ISSN.1000-5013.201701010



厦门地区典型农村住宅夏季室内 热环境实测与分析

袁炯炯^{1,2}, 孟庆林¹, 袁彦峰²

(1. 华南理工大学 建筑学院, 广东 广州 510641;

2. 华侨大学 建筑学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 实地测试厦门地区具有代表性农村住宅的夏季室内热环境参数,运用统计分析方法对测试结果进行对比分析.结果表明:受测农宅的室内空气温度变化趋势与室外温度变化趋势基本相同,低于室外空气温度,室内空气温度与黑球温度差别小;海拔高度高、建筑密度低的农宅室内空气温度低、热稳定性差,静风状态下的热舒适性较高;混合结构的农宅室内温度比采用传统建材的高,但稳定性更好,建筑材料对农宅室内热环境的舒适性影响相对较大.

关键词: 农村住宅; 室内热环境; 统计分析; 厦门地区; 夏季

中图分类号: TU 119.22(257) **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5013(2017)01-0053-05

Measurement and Analysis of Indoor Thermal Environment of Typical Rural Residence in Summer Xiamen Area

YUAN Jiongiong^{1,2}, MENG Qinglin¹, YUAN Yanfeng²

(1. School of Architecture, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China;

2. College of Architecture, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Site testing in Xiamen area representative rural residential summer indoor thermal environment parameters was conducted, the test results were analyzed by the statistical method. The main conclusions are as follows: for the tested the farmhouse, indoor air temperature variation is similar to the outdoor variation, indoor temperature is lower than that of outdoor, the difference between indoor temperature and black ball temperature is very small. High altitude and low village building density decrease indoor temperature, degrade the thermal stability, thermal comfort under no wind condition is high. The indoor temperature of mixed structure is higher, the stability is better than those of the traditional building materials, the influence of building materials on the indoor thermal environment of rural housing is significant.

Keywords: rural house; indoor thermal environment; statistical analysis; Xiamen area; summer

厦门市地处福建省东南部沿海,背靠漳泉平原,与台湾岛隔海相望.厦门全市陆地面积 1 699.39 km²,海域面积约 390 km².厦门市主要的城市片区由厦门岛向周边区域辐射,截至 2014 年,厦门市市区建成区 301 km²,环绕厦门岛的城区周边仍然还有众多以农村居住形态为主的农村地区.厦门地区农村地区的建筑形态以住宅为主,农村人均居住面积达 62.79 m²,平均每百户空调使用量达 123 台,农村建筑节能以农村住宅节能为主^[1].在我国建筑热工气候划分中,厦门为夏热冬暖地区,属于亚热带季风气候.

收稿日期: 2016-04-29

通信作者: 孟庆林(1963-),男,教授,博士,主要从事建筑热环境与节能技术的研究. E-mail:arqlmeng@scut.edu.cn.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51590912, 51208214);福建省自然科学基金资助项目(2014J01193)

候,年平均气温约 21℃,建筑热工和建筑节能设计主要考虑夏季防热,可不考虑冬季采暖^[2-3].从近年的建筑能耗情况看,住宅能耗达到整个社会能耗的 46%,成为社会能耗的主体之一^[4].随着生活水平的逐年提高,夏季居室空调普遍使用导致空调能耗成为住宅能耗的重要组成部分.住宅室内热环境的舒适性直接关系到空调使用能耗和住宅节能效果^[5].农村住宅的使用情况较城市住宅的单一居住功能更为复杂,不能单纯地将城市住宅的节能标准和措施实施于农村住宅.本文对厦门地区典型农村住宅夏季室内热环境进行实测与分析.

1 实测对象概况

同一地区内农宅的建筑特性对其室内热环境的优劣起决定性作用.依据厦门地区农宅的建筑特性和产业类型,分别选择后田村、兑山村、后溪村和军营村的典型农户进行室内热环境实测.农宅的建筑特性指住宅海拔高度(h)、周边住宅群落的布局、建筑密度、建材和建造方式等.产业类型指农户所从事的工作性质,由于一般农户工作和生活空间的共存和使用,不同的工作性质对室内热环境有较大的影响.

实测对象的基本特点,如表 1 所示.实测对象测试处的平面图,如图 1 所示.图 1 中:平面示意图指北针方向在南偏东 15°至南偏西 15°以内.由于客厅是人们行为的主要区域,因此,后续实验数据分析均以客厅数据为主.

表 1 实测对象的基本特点
Tab. 1 Basic situation of test residential building

农宅地点	h/m	建筑密度	人口密度/ $m^2 \cdot 人^{-1}$	建筑材料	建造方式	测试地点
后田村 467 号 (实测对象 1)	20.0	较密	67.50	砖 钢筋混凝土	混合结构	客厅 卧室
城内村 24 号 (实测对象 2)	9.5	较密	61.30	红砖、木石材	混合结构	客厅
潘涂社 44 号 (实测对象 3)	14.0	较密	81.42	石材 钢筋混凝土	混合结构	客厅 卧室
军营村 160 号 (实测对象 4)	900.0	较疏	72.60	石材、砖	混合结构	客厅

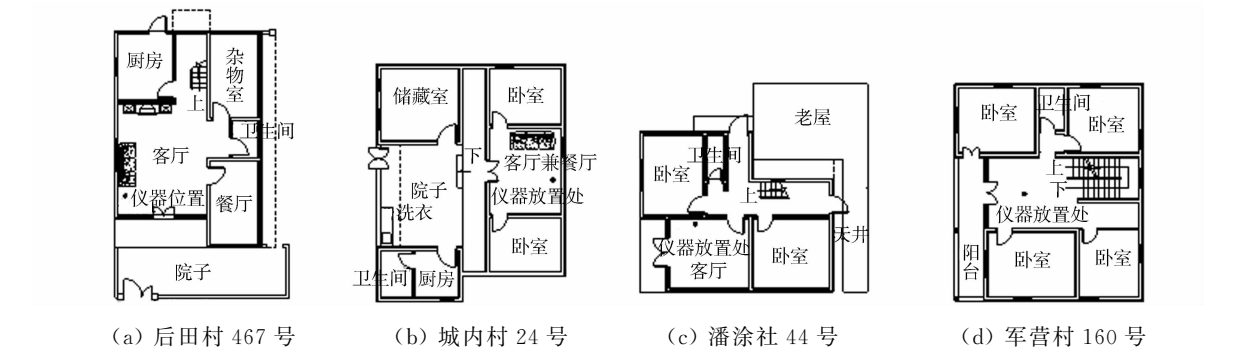


图 1 实测对象的测试处平面图
Fig. 1 Plan of test residential building

2 实验方法

2.1 实验原理

空气温度是判断室内热环境优劣最重要的指标数据;辐射温度表示人真实感受到周边环境的冷热感.故文中主要采用空气温度和辐射温度表达室内热环境的优劣,并利用数值统计及计算的方法,采用平均热感觉投票指标(PMV)数值对比分析各个测试对象的室内热舒适性^[6-8].

2.2 实验时间

选择厦门地区最热月的集中时间,即一年中气候最不利的时间为实验时间段,以突出实验数据的定向性和对比性.最热月一般为夏至日之后的一个月左右,且这段时间是全年空调使用最频繁、最长的时

间,即为厦门地区农村住宅能耗最大的时间段. 具体实验时间为 2013 年 7 月 31 日午 09:00~2013 年 8 月 2 日 09:00,2015 年 6 月 25 日 18:00~2015 年 6 月 28 日 18:00,2015 年的对比实验数据取 6 月 26 日 09:00~2015 年 6 月 28 日 09:00 之间的数据,两年的实验数据相互补充、对比. 实验室外气候数据由距离最近的官方气候数据观测点(厦门市集美大道 1 799 号)提供.

2.3 实验仪器

实验仪器选择自动记录温湿度计、黑球温度计和室内环境监测仪,温湿度计和黑球温度计用于采集室内外实时空气温度、空气湿度、辐射温度. 各个实验仪器在实验之前均进行数据校核,验证数据的科学性和可比性. 由于热舒适仪可同时采集空气温度、空气湿度、辐射温度和风速,故用于采集室内外气候参数和室内热舒适度. 测点位置选择的标准为:1) 不影响住户的正常生活;2) 尽量放置在符合静风条件的区域. 实验仪器设备的基本数据,如表 2 所示. 表 2 中: t 为采样记录时间.

表 2 实验仪器的基本数据

3 结果及分析

Tab. 2 Basic situation of experimental apparatus

仪器名称	测量数据及单位量程	t/min
AZ8829 型 自动记录温湿度计	相对空气温度 0~50 ℃ 空气湿度 0%~90%	10
JTR04 型 黑球温度计	黑球直径 150 mm 辐射温度 0~50 ℃	10
MICROTHERM IAQ 型 室内环境监测仪	空气温度 1~60 ℃ 相对空气湿度 10%~90% 空气流动速度 0.06~2.50 m·s ⁻¹ 辐射温度 1~60 ℃,黑球直径 40 mm	10

整个实验周期内的室外气候状况基本相似,室外气候基本数据采集自集美区距离实测对象最近的气象观测点. 气候数据表明:2013 年和 2015 年,室外气候数据变化基本相似,实验数据可相互印证,实验结果具有代表性. 其中:2013 年室外空气温度最高值为 34.3 ℃,最低值为 23.6 ℃,24 h 内平均值为 29.07 ℃;2015 年室外空气温度最高值为 33.6 ℃,最低值为 26.1 ℃,24 h 内平均值为 28.9 ℃. 2013 年实测对象 1,2 客厅处的室内空气温度和黑球温度变化,如图 2 所示. 由图 2 可知:黑球温度与空气温度差别极小,可用空气温度替代黑球温度以表达室内环境中人的热感觉.

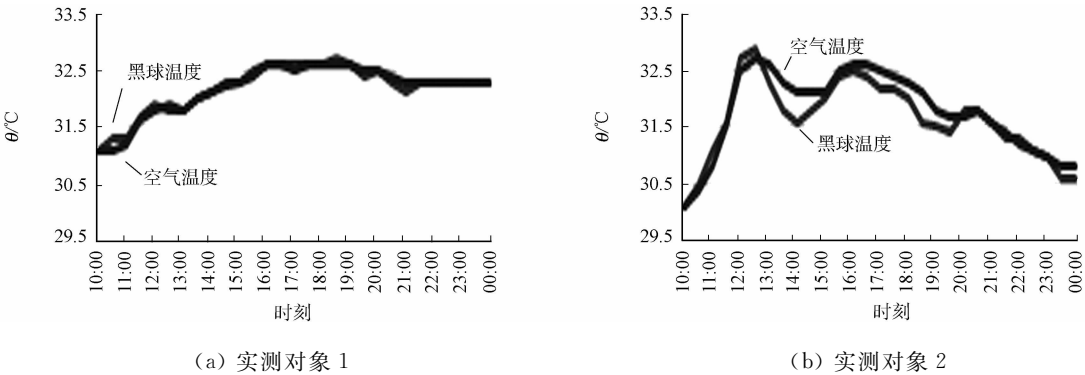


图 2 2013 年室内空气温度和黑球温度数据对比

Fig. 2 Comparison between indoor air temperature and black ball temperature in 2013

后田村 467 号、城内村 24 号、潘涂社 44 号、军营村 160 号(实测对象 1~4)空气温度的最高值、最低值、平均值及变化趋势,如图 3,4 所示. 由图 3,4 可知:军营村农宅的各项温度值均最低,后田村农宅的平均温度最高;2013 年,城内村农宅与军营村农宅的温度变化幅度较为剧烈,后田村农宅及潘涂社农宅则温差变化较小;2015 年,军营村农宅温度变化幅度仍较为剧烈,后田村农宅及潘涂社农宅温度变化较为稳定. 由此可知:各个实测对象的室内空气温度的变化趋势与室外气候变化趋势相同,其各自室内空气温度和辐射温度数值相近;实测对象 4 的室内空气平均温度最低,但变化幅度最大,热稳定性较差;实测对象 1 温度幅度变化最小,但其室内平均温度最高.

PMV 可综合评价空气温度、相对湿度、风速和壁面辐射等因素对人体室内热感受的影响. PMV 数值与人体热感觉的关系,如图 5 所示. 图 5 中:PPD 为预测不满意百分数;-4~4 分别表示很热、热、暖、稍暖、舒适、稍凉、凉、冷、很冷. 1984 年,PMV-PPD 对应人体的冷热感觉作为 ISO-7730《适中的热环

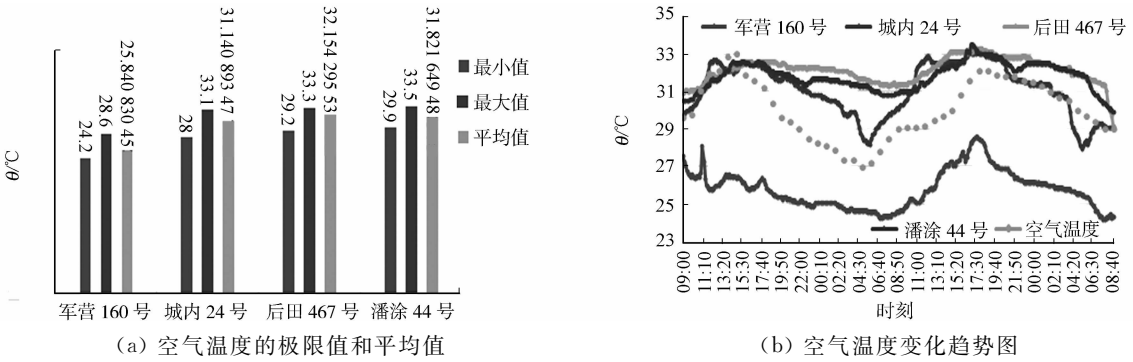


图 3 2013 年实测对象空气温度数据对比

Fig. 3 Data comparison of air temperature in 2013

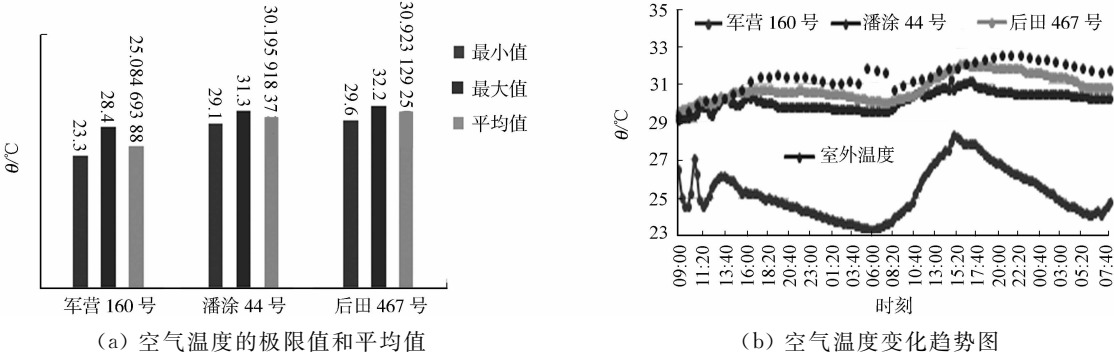


图 4 2015 年实测对象空气温度数据对比

Fig. 4 Data comparison of air temperature in 2015

境: PMV 与 PPD 指标的确定及热舒适条件的确定》被国际所公认. 目前, PMV 是国际上最常用的热环境评价指标. 通常认为, $-0.15 \leq \text{PMV} \leq 0.15$ 是使人体感觉最热舒适的热环境状况; PMV 数值为 1.6 时, 人体对此热环境状况感觉到较为不适. PMV 可以通过空气温度、空气湿度、空气流速、周围辐射温度、人体活及动量人体衣着量进行计算^[9].

代入人体活动量为 $64 \text{ W} \cdot \text{m}^2$ (轻微活动) 和人体衣着热阻 0.15 cloth (夏季短衫薄长裤), 计算室内客厅的 PMV 值. 2013 年, 2015 年实测对象客厅的 PMV 值变化^[10], 如图 6 所示. 由图 6 可知: 这两年的 PMV 平均值中实测对象 4 最接近热舒适区间, 且舒适时间段长于其余实测对象; 实测对象 1, 3 变化趋势接近, 但实测对象 1 的 PMV 值均高于其他实测对象, 其室

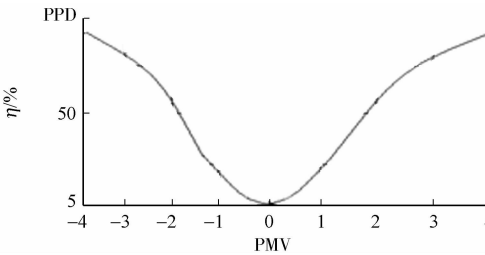


图 5 PMV 与 PPD 对应人体的冷热感数值图

Fig. 5 PMV and PPD corresponding to hot and cold feeling numerical values of human body

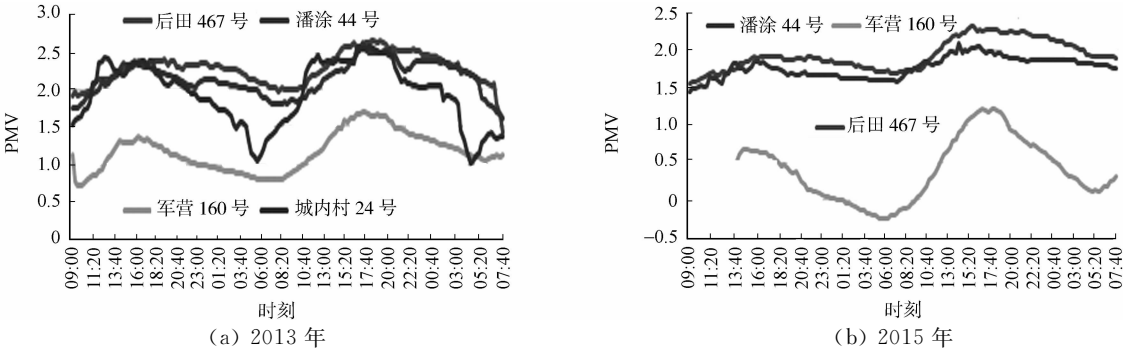


图 6 两个实验时间段内夏季 PMV 计算值对比

Fig. 6 Summer PMV value comparison in two experimental period

内热舒适环境最差; 2013 年, 实测对象 2 的 PMV 浮动幅度与实测对象 4 类似, 其 PMV 平均值低于实

测对象 1,3,但实测对象 2,4 的热稳定性较其他实测对象差.

前人提出的“累积分布 PMV_N ”类似于动态噪声评价指标累积分布声级 LN. “累积分布 PMV_N ”表示在实验时段内,有 $N\%$ 的时间 PMV 超过的值^[11]. 同时,根据热舒适方程,判断 $PMV \geq 1.67$ 为夏季可接受热环境的极限值. 以 0.5 作为一个标度范围,以前人研究的 1.67 为 1.50 和 2.00 之间的分割指标,计算 PMV 值从 -0.5 到 2.5 标度内的累计统计百分比,得出其累积分布的概率,如图 7 所示.

由图 7 可以知道:实测对象 4 的 $PMV \leq 1.67$ 的概率达到 90%,热舒适概率最高;而实测对象 1 的 $PMV \leq 1.67$ 的概率为 5.5%,实测对象 3 的 $PMV \leq 1.67$ 的概率为 26.9%,不可接受标准的概率分布分别为 94.5%,73.1%. 根据 PMV 值的累积概率统计,2015 年,实验段内实测对象 4 的室内热环境最好,其次为实测对象 3,实测对象 1 的室内热环境状况最差.

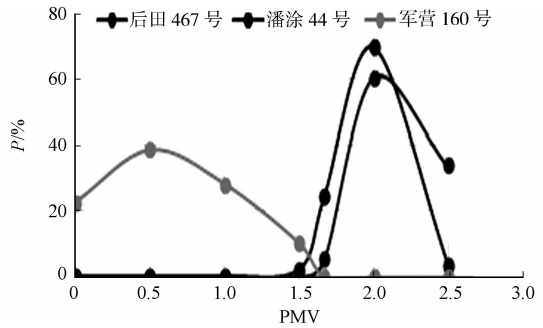


图 7 2015 年实测对象 PMV 累积概率图

Fig. 7 Test PMV cumulative probability in 2015

4 结论

通过对厦门地区典型农村住宅室内热环境的实测,可以得出以下 3 点结论.

- 1) 受测农宅的室内空气温度变化趋势与室外温度变化趋势基本相同,且低于室外空气温度,室内空气温度与黑球温度差别很小.
- 2) 在基本建筑材料和形式相似的前提下,海拔高度高、村庄建筑密度低的农村住宅室内热环境稳定性差,但夏季温度低,室内热舒适性较高.
- 3) 采用现代混凝土框架混合结构的农宅室内温度比采用当地传统建材石材和红砖的高,但稳定性更好,建筑材料对其室内热环境的舒适性影响相对较大.

参考文献:

[1] 厦门统计局,国家统计局. 厦门经济特区年鉴(2015)[M]. 北京:中国统计出版社,2015:10.
[2] 江亿,林荣波. 住宅节能[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006:33-40.
[3] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告(2012)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2012:89-92.
[4] 林其标. 广州地区住宅室内热环境的评价及其改善[C]// 中国建筑学会建筑热环境综合应用与技术讨论会. 西安: [出版者不详],1989:32-35.
[5] 刘念雄,秦佑国. 建筑热环境[M]. 北京:清华大学出版社,2006:32-74.
[6] 住房和城乡建设部. 建筑热环境测试方法标准: JGJ/T 347—2014[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2014:12-25.
[7] 国家质量技术监督局. 中等热环境 PMV 和 PPD 指数的测定及热舒适条件的规定: GB/T 18049—2000[S]. 北京:中国标准出版社,2000:2-8.
[8] 杨柳. 建筑气候学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010:12-15.
[9] 华南理工大学. 建筑物理[M]. 广州:华南理工大学出版社,2011:44-49.
[10] 金虹,赵华. 严寒地区村镇住宅冬季室内热舒适环境研究[J]. 哈尔滨工业大学学报,2006,38(12):2108-2111.
[11] 冉茂宇,刘晓迅,胡深,等. 厦门某海滨住宅夏季自然通风与室内热环境实测与分析[J]. 福建建筑,2010(9):98-101.

(责任编辑: 钱筠 英文审校: 方德平)