



# 分体空调房间夏季室温波动度的实测分析<sup>\*</sup>

航天低温推进剂技术国家重点实验室 总装备部工程设计研究总院 李兆坚<sup>☆</sup>

总装备部工程设计研究总院 张清

中煤科工集团武汉设计研究院 吕伟

航天低温推进剂技术国家重点实验室 总装备部工程设计研究总院 邢科伟

**摘要** 为了解分体空调房间夏季室温波动度的实际状况,于 2011—2014 年夏季,在北京、武汉和海南三地,对分体空调房间的室温波动度进行了大量实测,并与一些集中空调房间室温波动度测试数据进行对比。结果表明,即使是采用定速分体空调器的房间,其空调恒温阶段的室温波动幅度并不大,为 1~2 °C,温度控制精度为 ±0.5 °C~±1 °C,小于一些恒温恒湿集中空调房间的空调室温波动幅度。

**关键词** 分体空调 房间 夏季 室温波动度 实测

## Field measurement and analysis on temperature fluctuation range of room with split air conditioners in summer

By Li Zhaojian<sup>★</sup>, Zhang Qing, Lü Wei and Xing Kewei

**Abstract** In order to understand the actual situation of temperature fluctuation range of room with split air conditioners in summer, field measurement is done in Beijing, Wuhan and Hainan in the summers from the year 2011 to 2014. Compares the temperature fluctuation range with that in some central air conditioning rooms. The results show that even in the room with a constant speed air conditioner, the air temperature fluctuation is 1 to 2 °C during the air conditioning temperature control stage and the temperature control precision is ±0.5 °C to ±1 °C, less than those of some of the central air conditioning rooms.

**Keywords** split air conditioner, room, summer, temperature fluctuation range, field measurement

<sup>★</sup> State Key Laboratory of Technologies in Space Cryogenic Propellants, Center for Engineering Design and Research under the Headquarters of General Equipment, Beijing, China

①

### 0 引言

长期以来,我国住宅空调绝大多数采用分体空调方式,但其节能性、舒适性和美观性都一直受到诟病,为了找到一种更为节能、舒适和美观的住宅空调方式,近 20 年来,我国的住宅空调进行了“集中化”的探索实践,从户式集中空调到住宅楼集中空调,再到住宅小区的区域集中供冷。近 10 多年来,采用一些节能技术的集中空调方式被认为是一种更为节能、舒适、美观的住宅空调方式而被推广应用<sup>[1-3]</sup>。但近年来的大量实际调查研究结果<sup>[1-19]</sup>

表明,一些采用大量节能技术的集中空调节能示范楼的空调运行能耗和费用都远高于采用分体空调的普通住宅楼,其单位建筑面积的空调能耗指标比分体空调高 3~13 倍,户式集中空调的能耗指标也显著高于分体空调,呈现出“住宅空调的集中度越高、其能耗也越高”的规律。对此一些人认为,集中

①<sup>☆</sup> 李兆坚,男,1962 年 8 月生,工学博士,研究员  
100028 北京市 4702 信箱 6 室  
(010) 66354154  
E-mail: lizj03@126.com  
收稿日期:2014-01-27  
一次修回:2014-03-03  
二次修回:2014-06-09

空调的舒适度比分体空调高得多,上述不同住宅空调方式的能耗比较是在不同的空调舒适度水平上,这对集中空调方式是不公平的。大量调查结果表明,不同住户的空调需求差异很大<sup>[4-5,10,18]</sup>,分体空调器调控十分方便,室温可以由用户任意调控,因此可以更好地满足不同用户对空调温度的个性化需求,这有助于提高用户的空调舒适度,从这一点来看,分体空调的舒适性比集中空调好。在间歇运行模式下,空调过程包括了降温阶段和恒温阶段,恒温阶段是指室温达到设定值后空调末端进行自动控温的阶段。定速分体空调采用启停温控方式,通常认为其恒温阶段的温控精度差、室温波动大,因此其空调舒适性差,这是分体空调舒适性备受诟病之处。房间空调器的国家标准要求其室温控制精度不超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[20]</sup>。文献[21]认为定速分体空调器的室温控制精度只能达到 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,恒温阶段的室温波动幅度可高达 $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,因此其舒适性差。文献[22]则认为夏季分体空调的舒适度与集中空调没有多大差别。那么分体空调房间的实际室温波动度究竟怎样?只有通过实测才能搞清楚这一问题,通过文献检索,没有发现关于分体空调房间温度波动度测试研究的相关报道,为了解分体空调房间夏季室温波动度的真实状况,有必要进行实测分析。

## 1 测试对象和方法简介

表1 测试对象概况和空调室温波动度的测试结果汇总

	案例1	案例2	案例3	案例4	案例5
房间功能	宾馆标准间	宾馆标准间	住宅卧室	住宅卧室	住宅客厅
地点	海南文昌	武汉市	北京市	北京市	北京市
空调类型	定速分体空调	定速分体空调	变频分体空调	定速分体空调	恒温恒湿集中空调
测试开始时刻或日期	2014-04-01T17:30	2013-08-09T08:00	2013-08-24T15:10	2011-06-12 <sup>1)</sup>	2006-07-25 <sup>2)</sup>
记录时间间隔/min	1	1	1	6	
室温波动幅度实测值/ $^{\circ}\text{C}$	1.0	1.5	2.0	2.0	1.8~2.4

1) 连续监测;

2) 连续监测,采用1周的数据。

## 2 调查结果与分析

案例1~4的空调室温变化测试结果见图1~4。北京市采用集中空调的某恒温恒湿高档住宅楼中4户的实测室温变化数据见表2。5个案例空调恒温阶段的室温波动幅度实测结果见表1。对这些测试数据分析如下:

1) 不同地区、不同气象条件下的大量实测结果表明,定速分体空调房间空调恒温阶段实测的室温波动幅度并不大,小于一些恒温恒湿集中空调房间的室温波动幅度。由图1,2,4的实测结果可见,

采用实测室温变化的方法对分体空调房间的空调室温波动度进行评价最直接、最有说服力。为此笔者于2011—2014年夏季,在北京、武汉和海南三地,对分体空调房间的空调室温变化情况进行了随机抽样测试,调查样本为80多个不同的分体空调房间,其中包括定速分体空调和变频分体空调的房间,获得了大量测试数据,并与一些集中空调房间室温波动度测试结果进行了对比分析。由于篇幅所限,本文只介绍5个典型案例的测试数据,其中案例5为北京市采用集中空调的某恒温恒湿高档住宅楼,其空调系统为连续运行方式,其测试数据采用了物业公司提供的一些样板间的室温测试数据,其他4个案例的数据均为笔者测试的数据,采用WZY-1B温度自计仪进行房间温度的自动测试和记录,温度自计仪放置在房间比较居中的位置,距地面约1.0 m高度处,这一高度是人体经常活动的高度。这些案例的概况见表1。表1中的4个分体空调房间的分体空调器均为分体壁挂空调器。案例1~3的数据为笔者专门进行的空调器开机实验测试结果,测试期间房间有1个人;案例4的数据是从某住户家中夏季室温监测数据截取的部分结果。室温波动幅度是评价室温波动度的一个重要指标,本文采用该指标对室温波动度进行评价分析,其定义为空调恒温阶段的室温最大值减去最小值。

定速分体空调房间在空调器启停控温时的室温波动幅度不超过 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,即温控精度为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,在其中的绝大多数情况下,室温波动幅度不超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,即温控精度为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,完全可以满足人体热舒适性的要求。房间空调恒温阶段的室温波动度不仅与空调器的温控器控制方式和控制性能有关,而且与空调房间的热惰性和冷负荷状况等因素有关,房间的热惰性越大,其室温波动度越小,由于房间的热惰性通常较大,因此即使是采用启停控温方式,其房间的温度波动度也不大。由表2可见,某“恒温

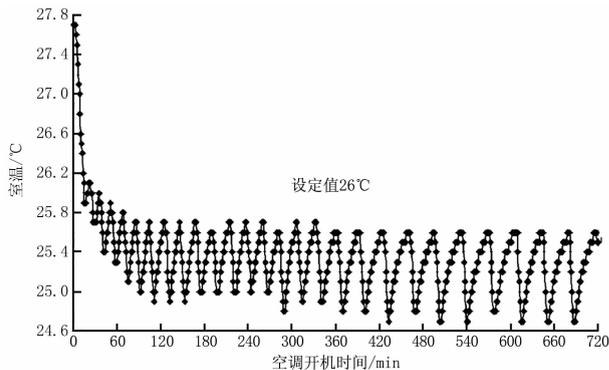


图1 海南文昌某定速分体空调房间空调开机过程室温变化测试结果(案例1)

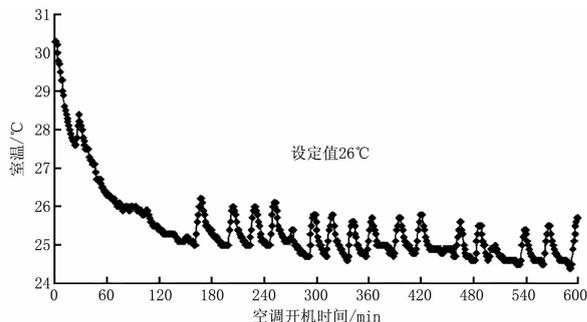


图2 武汉市某定速分体空调房间空调开机过程室温变化测试结果(案例2)

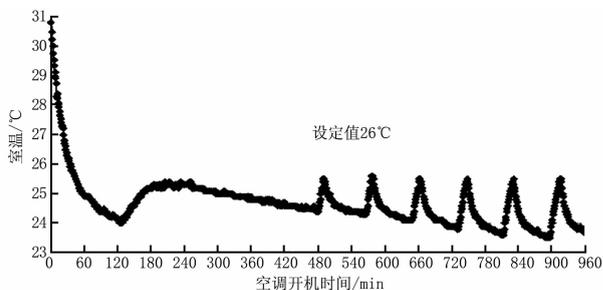


图3 北京市某变频分体空调房间空调开机过程室温变化测试结果(案例3)

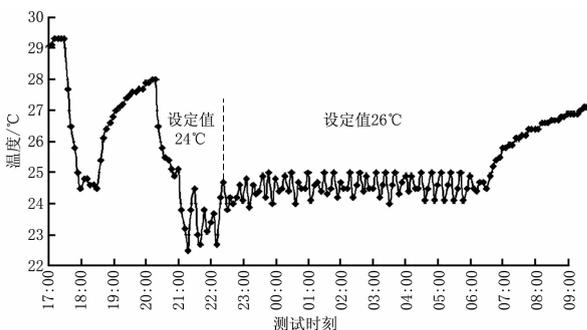


图4 北京市某定速分体空调卧室的室温变化监测结果(案例4)

表2 北京市某恒温恒湿集中空调住宅楼4个房间夏季1周内的温度波动度测试结果(案例5)

	房间编号			
	1	2	3	4
室温波动幅度/°C	2.2	2.4	1.8	1.8
室温最大值/°C	24.5	24.5	24.1	23.7
室温最小值/°C	22.3	22.1	22.3	21.9

温波动幅度。根据相关调查结果<sup>[23]</sup>,集中空调最常用的风机盘管50%采用三速开关手动控温方式,50%采用温控阀通断控温方式,因此其温度波动度并不比定速分体空调小。

2) 定速分体空调房间空调恒温阶段实测的室温波动幅度并不比变频分体空调房间大。由图3可见,变频分体空调器先是通过降低转速来减小制冷量,这一阶段的室温波动幅度为1.4°C,当其房间空调冷负荷小于变频调节的最小制冷量时,也采用了启停控温方式,该阶段变频分体空调的室温波动幅度通常比定速分体空调更大。尽管已有厂家声称其变频分体空调器的温控精度可以达到±0.1°C,但过高的温控精度并不是舒适性空调应该追求的目标,因为长期在高精度的恒温空调环境中人并不一定舒适,也不利于人体健康。

3) 由图1~4可见,无论是定速还是变频分体壁挂空调房间,室内人员所处的下部区域的空调室温波动的中间值普遍比设定值低1~2°C。空调器的温度传感器位于空调室内机里,而分体壁挂空调器的室内机都安装在房间上部,由于夏季冷气下沉效应,其环境空气温度通常比人员所处的下部空间高,这是造成上述现象的主要原因之一。

4) 由图1~4可见,定速分体空调器的温控性能比较稳定,在7~8h的恒温时间里,室外气温不断变化,但定速分体空调房间的温度波动度变化不大,随着室内空调负荷减小,空调室温波动幅度略有增加,而变频分体空调房间温度波动度的变化更大些。

5) 由图1~3可见,在间歇运行模式下,分体空调器开机后需要20~60min的降温时间才能使室温达到设定值,末端间歇运行的住宅集中空调同样也存在这一问题,这可以采用设定提前开机程序等技术措施来解决,而采用24h连续空调运行模式来解决这一问题显然是不正确的途径,因为在大量无空调需求的时间段内,对大量无空调需求的房间供冷会使空调能耗成倍增加,有悖于节能环保的要求。

恒湿”集中空调住宅的房间室温波动幅度为1.8~2.4°C,大于定速分体空调房间空调恒温阶段的室

### 3 结论

为了解分体空调房间夏季室温波动度的真实状况,于2011—2014年夏季,在北京、武汉和海南三地,对分体空调房间的空调室温波动度进行了大量实测分析,并与一些集中空调房间的室温波动度测试数据进行对比,得出以下主要结论:

1) 定速分体空调房间的室温波动幅度并不大,实测结果为 $1\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,温控精度为 $\pm 0.5\sim \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,完全可以满足人体热舒适性的要求。住宅集中空调和户式集中空调的空调末端或者不控温、或者采用开关控温方式,因此集中空调房间的室温波动幅度并不比定速分体空调房间小,实测结果表明,恒温恒湿集中空调住宅楼的房间室温波动幅度大于定速分体空调房间空调恒温阶段的室温波动幅度。另外分体空调器调控十分方便,可以更好地满足不同用户对空调温度的不同需求,因此夏季分体空调的舒适度并不比集中空调差。以往流行的“分体空调的室温波动大、其舒适性比集中空调差”的观点与实际不符。

2) 定速分体空调房间空调恒温阶段的室温波动度并不一定比变频分体空调房间大。变频分体空调器在房间空调冷负荷率较低时也采用开关控温方式,这时其室温波动幅度并不比定速分体空调小,但变频空调技术发展较快,其温度控制精度还会不断提高,然而过高的温控精度并不是舒适性空调应该追求的目标。

3) 分体壁挂空调房间人员所处的下部区域的夏季空调室温波动的中间值通常比空调器设定值偏低 $1\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,这与分体壁挂空调器的温度传感器的位置较高有关,因此在住户空调开机行为和热舒适性问卷调查分析以及空调节能调控时应进行适当修正。

### 4 致谢

本文的测试调查工作得到了被调查住宅的物业公司和住户的大力支持,在此对他们表示衷心感谢。

### 参考文献:

- [1] 程洪涛,张钦,王永红. 从朗诗·国际街区看今日住宅节能[J]. 暖通空调,2007,37(9): 123-126
- [2] 陈音,费良斌,凌胜利. 寒冷地区集合住宅室内热环境控制分析[J]. 动感(生态城市与绿色建筑),2012(2): 28-31
- [3] 李竹光,王先容. 长岭花园住宅小区空调系统设计[J]. 暖通空调,2003,33(4):88-90
- [4] 李兆坚,刘建华,田雨忠,等. 福州市某小区住宅夏季空调能耗调查分析[J]. 暖通空调,2014,44(1): 66-68,41
- [5] 李兆坚,谢德强,江红斌,等. 北京市住宅空调开机行为和能耗的实测研究[J]. 暖通空调,2014,44(2): 15-20
- [6] 凌浩恕,谢静超,杨威,等. 北京市住宅除采暖外能耗实测统计分析[J]. 建筑科学,2012,28(S2):266-270
- [7] 叶隽,李运江. 武汉市住宅建筑能耗调查与分析[J]. 四川建筑科学研究,2012,38(1): 277-280
- [8] 简毅文,李清瑞,白贞. 住宅夏季空调行为对空调能耗的影响研究[J]. 建筑科学,2011,27(12): 16-19,86
- [9] 徐俊芳,田昕,江青文,等. 北京市住宅小区建筑全年能耗分析[J]. 节能技术,2011,29(3): 252-255
- [10] 李兆坚,江亿. 住宅空调方式的夏季能耗调查与思考[J]. 暖通空调,2008,38(2):37-43,64
- [11] Long Weiding, Zhong Ting, Zhang Beihong. Situation and trends of residential building environment services in Shanghai[C]//Proceedings of the 2003-4th International Symposium on Heating, Ventilating and Air conditioning. Beijing: Tsinghua University Press, 2003:493-498
- [12] Chen Shuqin, Li Nianping, Guan Jun, et al. A statistical method to investigate national energy consumption in the residential building sector of China [J]. Energy and Buildings, 2008, 40(4): 654-665
- [13] 余晓平,彭宣伟,廖小烽,等. 重庆市居住建筑能耗调查与分析[J]. 重庆建筑,2008,55(5):5-8
- [14] 马斌齐,闫增峰,桂智刚,等. 西安市节能住宅夏季能源使用结构的调查和分析研究[J]. 建筑科学,2007,23(8): 53-56,60
- [15] 张英. 商丘市城市居民住宅能耗调查与分析[J]. 建筑科学,2007, 23(6): 68-71
- [16] 方贤峰,卢玫,欧阳金龙. 杭州住宅建筑用电量调查及意义分析[J]. 建筑科学,2008, 24(10): 28-32
- [17] 吴智辉,赵立华,孟庆林. 广州地区某节能住宅小区空调耗电量实测分析[C]//建筑环境科学与技术国际学术会议论文集. 南京,2010: 322-326
- [18] 李兆坚,王凡,李玉良,等. 武汉市住宅不同空调方案夏季能耗对比调查分析[J]. 暖通空调,2013,43(7): 18-22
- [19] 雷飞,胡平放,黄素逸,等. 地下水源热泵空调系统的实测以及能效分析[J]. 流体机械,2012,40(2): 57-62
- [20] 中国家用电器研究院,广州家用电器检测院,珠海格力电器股份有限公司,等. GB/T 7725-2004 房间空气调节器[S]. 北京:中国标准出版社,2004
- [21] 周乾纲. 论变频空调的技术优势与节能机理[J]. 电机电器技术,2000(2): 26-29
- [22] 李兆坚,江亿,雷毅. 对空调舒适性的伦理学思考[J]. 暖通空调,2008,38(5):38-43
- [23] 王智超,刘赞,袁涛,等. 基于调查的风机盘管控制方式与应用[J]. 工业建筑,2010,40(s):109-113