

文章编号: 1671-6612 (2019) 04-367-05

改善学生宿舍室内热环境的局部送风系统

刘凰君 刘洋伶 徐 皓 郑 洁
(重庆大学 重庆 400044)

【摘 要】 根据重庆大学学生宿舍分体式空调的运行现状,通过问卷调查分析空调工况下的室内热舒适情况。结果显示:在冬夏两季,空调送风方式对室内睡眠区域及工作区域的热环境均存在不同程度的影响,尤其是冬季,浮力效应导致热空气集聚于房间上部空间,无法满足下部工作区域的热舒适要求。对比改善送风系统的相关技术,亦存在夏冬两季上下部空间区域空调效果不理想,送风系统可调节性弱等不足。为解决这一问题,作者设计了一种局部空调送风系统,该系统可根据宿舍床位高度将房间分成上下两个不同局部空间,即上部睡眠区域和下部工作区域。通过选择不同的空调送风支路,可控制睡眠区域或工作区域的温度,以满足室内学生的实际热环境需求。

【关键词】 学生宿舍;分体式空调;送风系统;热环境

中图分类号 TB657.2 文献标识码 A

A Local Air Supply System to Improve Indoor Thermal Environment of Dormitory

Liu Huangjun Liu Yangling Xu Hao Zheng Jie
(Chongqing University, Chongqing, 400044)

【Abstract】 based on the operation of split air conditioners of dormitories in Chongqing University, the indoor thermal comfort is analyzed by questionnaire. The results show that the mode of air supply has different degree effects on indoor sleeping area and working area with thermal environment in summer and winter, hot air accumulate in the upper space of the room caused by buoyancy effect especially in winter, which can not meet the comfort requirements for staffs in the lower space areas. Compared with other air supply system technologies, there are also shortcomings such as unsatisfactory air conditioning in the upper and lower space areas, adjustable of the air supply system weakly and so on. Thus, a local air-conditioning air supply system with flexible regulation, obvious effect and large control area is proposed, which divides the room into two spaces for different functions: the upper sleeping area and the lower working area, according to the height of the dormitory bed, by selecting different air-conditioned air supply branch to control the air temperature of sleeping area or working area to meet the actual thermal environment needs for staff.

【Keywords】 student dormitory; split air conditioner; air supply system; thermal environment

0 引言

学生宿舍是高校学生学习和生活的主要场所之一,其热舒适状况直接影响着学生的身心健康和学习效率。无论是睡眠环境或是日常生活,通风对于

宿舍室内环境都存在着难以忽视的重要作用^[1,2],但全国多数地区仅靠通风难以满足全年热舒适需求。作为我国主要的住宅空调形式,分体式空调可以有效调节房间温湿度,提高在室人员的舒适度^[3]。随

基金项目:国家重点研发计划项目(编号:2016YFC0700301)

作者简介:刘凰君(1993.09-),女,在读硕士研究生, E-mail: 2368824765@qq.com

通讯作者:郑洁(1960.05-),女,本科,教授, E-mail: jz187@cqu.edu.cn

收稿日期:2018-08-29

着学生对于热环境需求的不断增长,全国多所高校已统一安装了分体式空调,用以缓解此情形^[4]。

季节对应着不同的室内热环境,不同建筑环境中人的行为调节规律和对环境的热反应也有着明显差异^[5,6]。学生宿舍在安装分体式空调后,室内热环境虽得到了较大改善,但空调环境下的人员热舒适却依旧存在不满意情况。

1 送风系统优化需求分析

1.1 学生宿舍室内热环境分析

重庆属于典型的夏热冬冷地区,夏季高温闷热,冬季阴冷潮湿,学生宿舍室内热环境质量问题比较突出。何鸣^[7]于 2012 年对重庆大学冬夏季的学生宿舍(宿舍平面图如图 1)室内热环境情况进行了问卷调查,被调查者主体为研究生,发放问卷 100 份,有效问卷 100 份,男女比例 3:2。从安装分体式空调起近 6 年内,学校宿舍建筑结构未发生变化,只进行过内部装饰工程,可认为室内外气候环境自然特征没有明显变化,故笔者借助已有数据对热环境舒适情况进行分析。

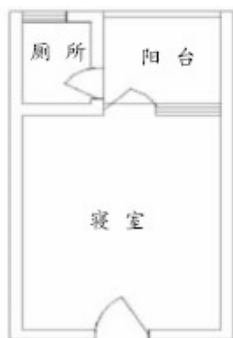


图 1 宿舍平面图

Fig.1 Dormitory layout and floor plan

空调工况下睡眠区域的热舒适程度高低可对睡眠质量的好坏产生直接影响,统计夏季空调工况下睡眠区域热舒适性^[7](见图 2),热感觉为可接受及以上的人数占比达到 82%,可以看出,空调开启时睡眠区域的热环境得到了极大改善,也反映出长期居住在夏季炎热气候地区的人对高温的适应能更强,相关研究表明这种适应性在空调环境中依然存在^[8]。此外,感到满意的人数仅占总体的 12%,较不满意与不满意的总占比为 18%,可见改善睡眠区域的热舒适性还存在极大的空间。

有学者通过研究表明冬季室内人员的行为对

热环境有较大影响^[9],多数学生会采取增加衣物、开启取暖设备、关闭门窗以及喝热饮等措施使自身变得更加暖和,统计冬季室内热舒适情况^[7](见图 3),可以发现表示可接受及以上的人数占总体比例的 79%。但满意率仅为 2%,较不满意与不满意总比达到 21%,这是由于冬季空调制热时,热风从上部送出,在浮力作用下热风上扬集聚于房间上部,房间下部气温难以达到舒适性温度的范围,而下部又是人员活动的主要场所,不能够有效地获得所需热量,故舒适性要求无法得到满足。当热环境难以满足需求时,通常会采用提高空调设定温度的方式来提高热舒适度,从而使得空调能效降低、能耗上升,还会造成空调器启停频繁,造成空调运行能耗和噪声分贝进一步上升,不利于人员工作、学习和休息。此外,相关学者^[10]通过研究也表明冬季空调设定温度不集中,其调研样本中一半以上的学生人数能明显感觉到房间上下部温差,可见空调制热带来的上下部温差感非常明显。

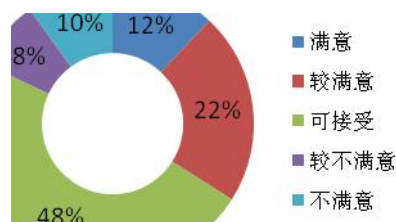


图 2 空调工况下睡眠区域热舒适情况统计

Fig.2 The statistics of thermal comfort at air conditioning in sleeping area

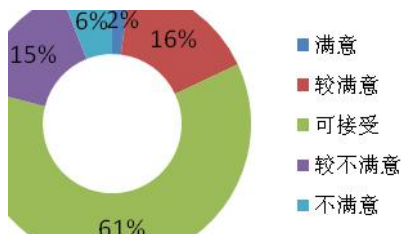


图 3 空调工况下热舒适情况统计

Fig.3 The statistics of thermal comfort at air conditioning

1.2 送风系统技术比较

为了改善空调实际运行效果,对于空调室内机送风系统的改进一直在进行,如表 1 所示。

表1 不同送风系统比较

Table 1 Comparison of different air supply systems

名称	技术措施	不足
一种柜式空调器 ^[11]	传统平面状的出风口改为左右方向上弯曲的曲面状,水平面送风角度扩大	冬季热量聚集于房间上部,曲面会占用更大的空间和更多的材料
柜式空调室内机 ^[12]	前面板以及两侧位置各配有一个送风口和回风口,水平可调送风角度达到180°,可快速调节室内空气温度	冬季热量聚集于房间上部,风口增多导致气流分散、风速降低,空调风送风距离减少
空调器出风装置 ^[13]	整个送风框改为可由电机带动绕转轴在一定范围内上下摆动,对房间下部空调效果有一定改善	带动整个送风框转动所需功耗大,且由于受困于自身结构,向下摆动角度有限
整合床铺与空调机的辅助睡眠用空调装置及控制方法 ^[14]	采用局部送风方式调节人员睡眠区域温度,可快速改变目标区域热环境,床铺高度低时目标区域的空调效果受冬季热量向房间上部聚集的影响小,具节能优势	局部送风装置控制目标小且唯一,功能相对单一且非空调区域空间利用不足,可调节性弱

从不同送风系统比较中可以发现,现有技术依旧存在夏冬两季上下局部空间区域空调效果不理想,送风系统可调节性弱等不足,因此,本文提出一种基于床位的局部送风技术^[15],可有效解决该问题。

2 局部送风系统实现热环境优化

重庆大学学生宿舍安装分体式空调后,室内的热舒适感有所提升,可见在南方夏热冬冷地区非常有必要在学生宿舍安装空调来改善室内热环境^[16]。但分体式空调在使用时,宿舍内空气的纵向和横向温差都增大,且纵向温差大于横向,夏季纵向温差小于冬季,而横向温差大于冬季^[17],睡眠区与工作区的温度存在明显差异。因此,提出一种局部送风系统以改善室内热环境。

2.1 系统设计

该送风系统由上位送风箱、下位送风箱、床铺、上位送风口、下位送风口、风管接入口、风管和三通阀组成,如图4、5所示。床铺应当有一定高度,下平面能够达到2m左右,下部空间可以加以利用,如设有桌子以作学习工作区域。尺寸大小一样的上位送风箱和下位送风箱安装于床铺一侧,两风箱贴合在一起并以床铺平面对称安装。上位送风箱靠近床铺一侧开有上位送风口,水平送风到睡眠区域;下位送风箱开有下位送风口,送风至桌面办公区域。上位送风箱和下位送风箱均开有风管接入口,

由风管连接至三通阀,最后接到空调送风干管。

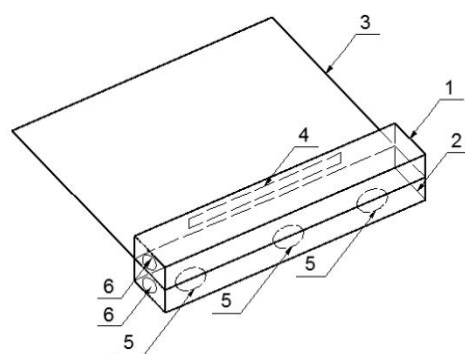


图4 送风系统结构示意图

Fig.4 Schematic diagram of the air supply system

1—上位送风箱;2—下位送风箱;3—床铺;4—上位送风口;5—下位送风口;6—风管接入口

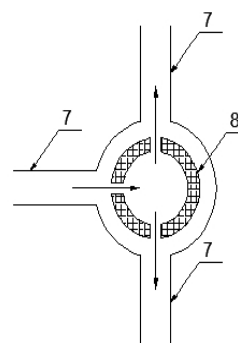


图5 风管连接示意图

Fig.5 Diagram of duct connection

7—风管;8—三通阀

2.2 工作过程

根据床铺高度将房间划分出上下两个局部空间,同时设置有条空调风支路分别对这两个局部空间进行控制,将这两条支路由三通阀接通到空调风干管。因此,本局部送风系统可选择只向上位送风箱送风、只向下位送风箱送风、同时向上位送风箱和下位送风箱送风或者关闭。

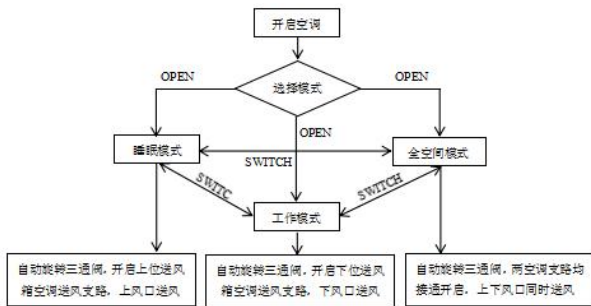


图6 送风系统工作流程图

Fig.6 Air supply system work flow chart

通过增加自动控制系统,如图6所示,在空调器设定好睡眠、工作和全空间三种模式的条件下,人员可以通过遥控器开启系统并切换至合适的运行模式:

(1) 开启睡眠模式时,自动旋转三通阀,沿上位送风箱的上位送风口出风的空调送风支路开启,同时加入的自动控制系统将上位送风口的导流板转动至水平状态,之后导流板可在一定范围内手动调整角度,空调风直接对睡眠区域送风;

(2) 开启工作模式时,自动旋转三通阀,沿下位送风箱的下位送风口出风的空调风支路开启,空调风由下位送风口送到工作区域,若是开机状态下由睡眠模式或全空间模式转至工作模式,自动控制系统将上位送风口的导流板转动至竖直状,关闭上位送风口,防止上位送风箱进入灰尘;

(3) 开启全空间模式时,自动旋转三通阀,沿两个空调支路均接通的方向开启,自控上位送风口的导流板转动至水平状态,空调风从上位送风口送向睡眠区域,同时又从下位送风口送向工作区域。关闭模式则自动旋转三通阀,断开送风干管与上位送风箱以及下位送风箱的连接,同时自动控制系统将上位送风口导流板转动关闭上位送风口。

2.3 技术优化

2.3.1 降低吹风感干扰

相关研究表明,处于湿热气候区空调条件下的

宿舍人员,头部对整体热感觉影响最大,其次是小腿和脚部^[18]。故在本技术方案中,所述的上位送风口呈矩形且只设置一个,居于上位送风箱侧表面的中心位置,面积应足够大,以保证送风速度足够小,上位送风口左右侧边距离床铺边线各0.5m,避开人员的头部和脚部,防止空调风长时间直接吹拂人员的头部和脚部可能带来的不舒适甚至健康受到损害,避免吹风感干扰睡眠质量。上位送风口应设置有导流板,导流板呈长矩形条状,水平等距均匀布置,导流板的宽度与其间距相等,导流板设有转轴,可手动上下翻转调整出风角度,夏季将送风角度适当向上做一定调整,冬季时则将送风角度向下调整,实际使用时具体调整的角度大小应视系统送风温差以及人员热感觉而定。开启时导流板自动转动至水平状,之后才可以可手动调节,上翻转最大角度45°,下翻转最大角度90°,下翻90°时导流板完全竖直,能够关闭上位送风口,空调关闭时或不启用睡眠模式时,导流板自动下翻至此状态。而所述的下位送风口,可设置多个,沿下位送风箱底面稍长的中轴线等距布置,两边的下位送风口与下位送风箱两个侧面距离为相邻两下位送风口的一半。下位送风口为圆形,下位送风口包含送风口内框、导流装置和滚轮。内框与下位送风口在同一平面,共用同一轴心,导流装置为矩形条状,平行等距布置固定于内框上,导流装置设有转轴,可在垂直于风口的平面内做180°转动,完全水平时即关闭下位送风口。内框的外缘有3个滚轮,两两滚轮与风口圆心连线的夹角均为120°,通过滚轮,内框以自身圆心为轴心在其平面内做360°转动。如此,下位送风口风向的可调节范围大,局部送风气流组织调节也更加灵活,以满足下部人员活动空间的热舒适需求,又能够调整出风方向或者关闭不需要的下位送风口以避免空调风直接吹拂人员面部带来不舒适的感觉。

2.3.2 降低噪声干扰

上位送风箱靠近风管接入口一侧设置消音箱,消音箱占满风管接入口到上位送风口侧边的箱内空间,消音箱采用微孔板结构,阻抗式的消音箱除了消声功能外,还能够利用自身的阻抗降低箱内的风压以及空调风流速,消音箱内的孔板结构同时又兼具整流的作用,孔板出风气流平整。上位送风箱内设置有多个导流片,导流片左端有一段直线水平

段并与消音箱相连以接引由孔板而出的平整气流,导流片右端有一段圆弧,圆弧段下端切线垂直于上位送风口平面,并连接一段直线段,该直线段接至上位送风口,从而改变上位送风箱内气流流向,使得出风方向垂直于上位送风口平面,避免风管气流呈横向而造成上位送风口出风后侧流向床铺一侧。考虑睡眠时静音的要求,上位送风箱和下位送风箱的内表面以及圆弧状导流片表面还应附有吸声材料,如聚酯纤维等,从而降低噪声干扰。

3 结语

学生宿舍室内热环境的舒适程度直接关系到学生的生活质量与学习效率,采用上述送风系统,将房间分成上下两个局部控制区域:上部睡眠区域与下部工作区域,可根据实际需求灵活选择对各个区域进行热环境控制。与现有的技术相比较,空调风风向控制灵活,房间可控制空间更大,提升了空间利用率;床铺有一定高度,可充分利用冬季制热工况下聚集于房间上层的热量,避免了这部分热量的浪费;设计加大了送风口面积,使出风速度减小,有效地减弱了气流噪声;送风口贴近局部控制区域,风程短,温度损失小,风口接近人员,温度上不易过高或者过低,冬季可适当降低送风温度,夏季可适当调高送风温度,从而提升空调系统效率。此外,上下位送风口将空调风有效地送达了夏季与冬季难以满足热舒适的空间,提升了上下层空间的舒适度。因此,该局部送风系统是一种可改善房间整体空间热环境且节能效果明显的设计。

参考文献:

- [1] Zhangping Lei, Chuanping Liu, Li Wang, et al. Effect of natural ventilation on indoor air quality and thermal comfort in dormitory during winter[J]. Building and Environment, 2017,125:240-247.
- [2] Dong Yang, Lihui Jiang. Simulation study on the Natural Ventilation of College Student' Dormitory[J]. Procedia Engineering, 2017,205:1279-1285.
- [3] 李兆坚,江亿.对住宅空调方式的综合评价分析[J].建筑科学,2009,25(8):1-5,38.
- [4] 何鸣,郑洁,刘正清.重庆某高校学生宿舍冬季空调工况热环境研究[J].制冷与空调,2014,14(4):89-93,71.
- [5] Haoran Ning, Zhaojun Wang, Xuexiang Zhang, et al. Adaptive thermal comfort in university dormitories in the severe cold area of China[J]. Building and Environment, 2016,99:161-169.
- [6] 王昭俊,宁浩然,吉玉辰,等.严寒地区人体热适应性研究(4):不同建筑热环境与热适应现场研究[J].暖通空调,2017,47(8):103-108.
- [7] 何鸣.重庆某高校学生宿舍空调工况热环境研究[D].重庆:重庆大学,2014.
- [8] Yingdong He, Nianping Li, Jinqing Peng, et al. Field study on adaptive comfort in air conditioned dormitories of university with hot-humid climate in summer[J]. Energy and Buildings, 2016,119:1-12.
- [9] Xi Chen, Meng Liu, Simulation and On-site Measurement of Heating Performance in Air-conditioned University Dormitories, a Case Study in Chongqing[J]. Procedia Engineering, 2017,205:2569-2576.
- [10] 王思慧,王泽剑,梁瑜萌,等.关于重庆大学学生寝室空调冬季运行情况的研究[J].制冷与空调,2014,28(5):585-588.
- [11] 叶荣,成相茂.一种柜式空调器[P].中国专利:ZL200610035309.X,2006-10-11
- [12] 楚人震,张守信,雷永锋,等.柜式空调室内机[P].中国专利:ZL200610066221.4,2007-10-03
- [13] 楚人震,张守信,付裕,等.空调器出风装置[P].中国专利:ZL200610074539.7,2007-10-31.
- [14] 徐筱琪,吴旭圣,江旭.整合床铺与空调机的辅助睡眠用空调装置及控制方法[P].中国专利:ZL200710300446.6,2009-07-01.
- [15] 串禾,徐皓,黄锋,等.一种基于床位的局部送风系统[P].中国专利:ZL201410174481.8,2014-08-06.
- [16] 汪紫璇,张文爽,肖钰欣,等.某宿舍空调安装前后人体热适应性对比研究[J].建筑热能通风空调,2017,36(8):14-17.
- [17] 徐皓.重庆某高校宿舍夜间空调热环境研究[D].重庆:重庆大学,2015.
- [18] Yingdong He, Nianping Li, Wenjie Zhang, et al. Overall and local thermal sensation & comfort in air-conditioned dormitory with hot-humid climate[J]. Building and Environment, 2016,101:102-109.