

文章编号:0253 - 4339(2018) 04 - 0119 - 05

doi:10. 3969/j. issn. 0253 - 4339. 2018. 04. 119

伞口直径对半导体制冷空调伞性能的影响

何丽娟 吴心伟 王荻 董进忠 金光

(内蒙古科技大学能源与环境学院 包头 014010)

摘要 本文针对压缩式制冷空调伞体积庞大、不易维修等问题,提出一种半导体制冷空调伞,并搭建了用于测量伞口直径为 36、38、40 cm 的半导体制冷空调伞性能的实验台。基于半导体制冷片的珀尔贴效应,结合空调伞伞头的结构特点,采用下送风空调伞进行实验研究并分析其温度场及流场的变化。结果表明:当半导体空调伞的伞口直径为 38 cm 时,伞内风速为 0.23 ~ 0.47 m/s,空调区与外界环境的最大温差可达到 3.04 °C,适于营造舒适的局域环境。

关键词 空调伞;半导体制冷;温度场;流场

中图分类号:TB61*1; TB66; TU831.4

文献标识码:A

Effect of Different Diameter on Performance of Air-conditioning Umbrella with Semiconductor Refrigeration

He Lijuan Wu Xinwei Wang Di Dong Jinzhong Jin Guang

(College of Environment and Energy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou, 014010, China)

Abstract Aiming at the problem of large volume and difficulty in the maintenance of compression-type air-conditioning umbrellas, an air-conditioning umbrella with semiconductor refrigeration is introduced. A test bench was built to measure the temperature and flow field in the umbrellas; with different diameters (36 cm, 38 cm, and 40 cm). Based on the Peltier effect and the structural characteristics of the air conditioning umbrella, the lower air supply mode was applied within the air-conditioning umbrella with semiconductor refrigeration. Experimental results indicate that the air speed in the umbrella with a diameter of 38 cm is between 0.23 - 0.47 m/s, and the maximum temperature difference between air-conditioned area and environment is 3.04 °C, which can thus create a comfortable local environment.

Keywords air-conditioning umbrella; semiconductor refrigeration; temperature field; flow field

为了营造舒适性局域环境,日本三菱重工首次研制出顶置吹风式空调伞,并提出热风幕空调伞达到制冷效果的最佳高径比为 1.0 ~ 1.2^[1]。何丽娟等^[2-3]在相同送、回风速及测试条件(环境温度 37 °C)下对气幕式空调伞伞内温度场进行了实验研究,研究发现热风幕空调伞伞内风幕环形送风口处温度为 11.8 °C,环形回风口处温度为 18.6 °C;而冷风幕空调伞内风幕环形送风口处温度为 23.2 °C,环形回风口处温度为 25.5 °C,同时对热风幕气幕式空调伞空调区流场和温度场进行了实验研究,结果表明:热风幕气幕式空调伞最佳制冷高径比为 1.2 和 2,但气幕式空调伞仍存在耗电量大、不便携带等缺点。近年来一种新兴起的太阳能发电技术在小空间建筑中得到广泛应用^[4],太阳能发电技术具有持续供给、稳定发电、无

污染、舒缓高峰电力需求等优点^[5]。郭领波等^[6]提出一种室外太阳能空调伞,该空调伞通过太阳薄膜电池将太阳能转化为电能,以该电能作为制冷系统的直流电源驱动压缩式制冷系统运行达到制冷效果,但太阳能空调伞只能解决耗电量的问题,仍存在压缩式制冷系统体积庞大、不易维修等缺点。

针对上述问题,学者致力于寻找新的空调伞制冷方法。近年来半导体制冷技术发展迅猛,具有体积小、无复杂的传动元件、工作稳定、制冷迅速、操作简便、温度控制精确、无噪音等优点^[7-10]。1834 年德国物理学家珀尔帖在实验中发现不同半导体的结点处有电流通过时会产生吸热和放热现象^[11],由此,郑爱平^[12]依据通电半导体吸热现象提出适用于驾驶室中的半导体制冷空调器,送风方式采用顶吹式,由于

基金项目:国家自然科学基金(51566014, 51106068)资助项目。(The project was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 51566014 & No. 51106068).)

收稿日期:2017 年 8 月 22 日

小空间气流循环处理不当,其冷却效果并不理想。何丽娟等^[13]采用下送上回式和侧送下吹式的送风方式设计了一种小型便携式半导体制冷空调伞,对伞内温度场、流场进行对比实验研究,结果表明下送上回式半导体制冷空调伞空调区温度、风速分布均匀,适于营造舒适性环境。

本文空调伞采用下送风方式,研究伞口直径对半导体制冷空调伞性能的影响。在满足人体舒适性要求的条件下^[14],分别对伞口直径为 36、38、40 cm 的半导体空调伞性能进行对比实验研究,为半导体技术在空调领域的应用奠定基础。

1 下送风半导体制冷空调伞工作原理

半导体制冷空调伞伞头装配如图 1 所示,主要由轴流风机、散热风机、热冷端散热器和半导体制冷片组成,该装置结构简单、占据空间小、易于携带。

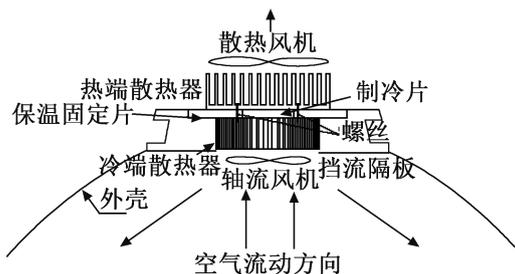


图 1 半导体制冷空调伞伞头装配

Fig. 1 Assembly of air-conditioning umbrella with semiconductor refrigeration

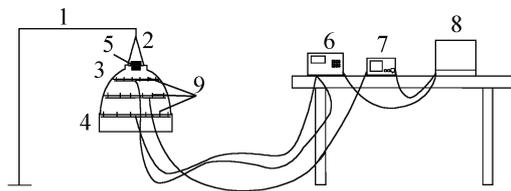
该装置气流分布见图 1,伞下空气被轴流风机卷吸完成送风,冷、热气流分别由冷端散热器和顶端散热风机排出外界。由伞面形状可知,伞内中轴线处热空气与冷端散热器喷出的冷空气掺混后经轴流风机卷吸,在伞内营造气流循环,增加人体舒适感。半导体制冷片利用珀尔帖效应:当直流电通过两种不同半导体材料串联成的电偶时,在电偶两端可产生吸热和放热现象。工作时伞内空气经轴流风机旋转卷吸和叶轮叶片的挤压推送下流经半导体制冷片的放热端和吸热端进行升、降温,产生的高温气流通过热端散热器排向外界,产生的低温气流由冷端散热器导出,用于冷却由风机卷吸的热空气,冷却后的空气通过外壳和遮流板喷向四周,营造一个相对舒适的空调环境,伞内热空气和喷出的冷空气掺混后经轴流风机卷吸进入空调伞进行下周期空气循环。

2 实验装置和内容

2.1 实验装置

实验装置如图 2 所示,该系统由半导体制冷片、

空调伞头和测试系统组成。



1 支架;2 吊钩;3 外壳;4 导流裙;5 半导体制冷片;
6 热电阻温度巡检仪;7 微风测速仪;8 电脑;9 各个测试点。

图 2 半导体制冷空调伞实验装置

Fig. 2 The experiment equipment of air-conditioning umbrella with semiconductor refrigeration

半导体空调伞是本实验的主要设备,经模拟表明伞口直径为 36~40 cm 时具有最佳制冷效果,因此本实验对伞口直径为 36、38、40 cm 的半导体空调伞性能进行对比实验研究。实验中采取的半导体制冷片型号为 C1206,散热片为铝挤压散热片,由于实验需要显示测量数据曲线,故采用精度为 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的 PTH-A24 型精密温度巡检仪测定温度,采用精度为 $\pm 0.02\%$ FS 的 EY3-A 电子微风仪测定风速,测得的数据导入电脑进行分析。实验中为防止热量传递对实验结果造成影响,在伞内包裹一层 EPE 珍珠棉和铝箔胶带起到保温隔热的作用。

2.2 实验内容

实验中控制半导体制冷片额定吸热量、外界环境温度、气流流量和距地高度不变,对半导体空调伞进行下送风实验,接通直流电源 1 min 后半导体制冷片开始吸热。流经半导体制冷片吸热端的气流发生降温,产生的冷气流由风机驱动经空调伞的外壳和遮流板向伞内四周吹出,伞内各测试点的风速和温度由热电阻温度巡检仪和微风测速仪测量并导入电脑进行分析,通过分析不同伞口直径的空调伞伞内温度场和速度场,得出半导体制冷空调伞的最佳伞口直径。

3 实验处理与分析

空调伞探头布置如图 3 所示。分别定义伞内距离(伞边沿)伞头 2.4、9.2、16 cm 处水平面为基准面 H_1 、 H_2 、 H_3 。分别在不同直径空调伞的 3 个基准面上布置测试探头,对探头测试点风速和温度进行分析。

3.1 测试点温差分布

将各测试点温度与外界环境温度的差值作为研究对象,分析基准面 H_1 、 H_2 、 H_3 上各点温差随径向距离的变化规律。

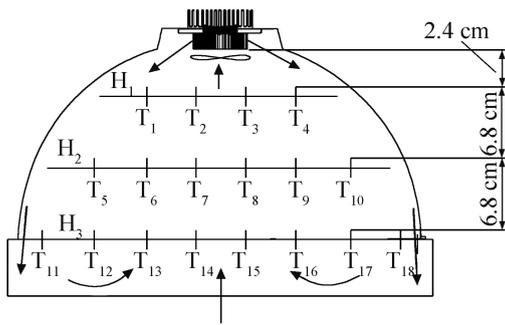


图 3 空调伞探头布置

Fig. 3 Probe distribution of the air-conditioning umbrella

图 4 所示为伞口直径为 36、38、40 cm 空调伞在基准面 H_1 、 H_2 、 H_3 上各测试点温差随径向距离的变化。温差变化曲线近似为开口向上的抛物线形状,在基准面 H_1 、 H_2 、 H_3 上随着径向距离的变化,温差先减小后增大。由下送风半导体空调伞工作原理可知,风机卷吸的气流被通电半导体吸热冷却后沿空调伞外

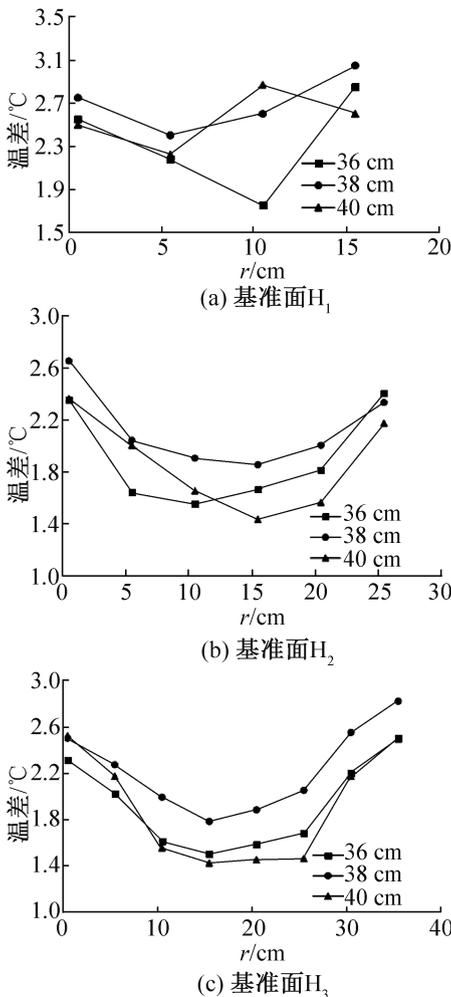


图 4 不同基准面上各测试点温差随径向距离的变化

Fig. 4 The variation of temperature difference with radial distance at each test point of different base level

壳及遮流板喷出,故空调伞边缘温度低,伞下中轴线附近热空气与喷出的冷空气掺混后经轴流风机卷吸,故中轴线附近温度稍高、温差偏小,形成如图 4 所示的温差随径向距离的变化趋势。

对于半导体制冷芯片额定吸热量,制冷空间越大制冷性能越差,反之亦然。故伞口直径为 40 cm 的半导体空调伞制冷效果较差;吸热量相同条件下伞口直径为 36 cm 的半导体空调伞空间较小,轴流风机直接卷吸伞内没有充分掺混的冷空气和热空气,从而影响制冷性能,故理论分析伞口直径为 38 cm 的半导体空调伞制冷效果最好。由图 4 可知,相同实验条件下,在相同伞高水平面上伞口直径为 38 cm 的半导体空调伞各测试点与外界温差较大,最大温差为 3.04 °C,可达最佳制冷效果。

3.2 测试点风速分布

实验中室内空气自然对流,风速、温度、大气压力相同,空调伞悬挂于离地面 1.5 m 的实验台架上,测速探头与测温探头布置相同。通过微风测速仪对速度场进行测定,分析不同伞口直径下的风速随径向距离的变化规律。

图 5 所示为伞口直径为 36、38、40 cm 的半导体空调伞基准面 H_1 、 H_2 、 H_3 上各测试点风速随径向距离的变化。风速变化曲线近似为开口向上的抛物线,随径向距离的增加,风速先减小后增大。这是因为中轴线附近产生由风机卷吸引起的循环气流,循环气流不断混合摩擦使气流流速均匀,故中轴线附近风速低于空调伞边缘处风速;流经半导体吸热端的气流由风机驱动产生的冷气流量相同,故面积大的空调伞风速较小,这是 40 cm 伞头的半导体空调伞风速较低的原因;36 cm 伞头的半导体空调伞面积较小,导致风机卷吸伞边缘的气流,造成伞下风速不均匀,无法营造舒适的空调效果。由图 5 可知,伞口直径为 38 cm 的半导体空调伞伞内风速均匀,最高风速为 0.47 m/s,最低风速为 0.23 m/s,适于营造最佳的局域环境。

4 结论

本实验将半导体技术应用于空调伞中,设计了一种环保的新型半导体制冷空调伞。实验中控制半导体制冷芯片额定吸热量不变,依次使用不同伞口直径的空调伞进行实验,采用热电阻温度巡检仪和微风测速仪对伞内的温度和风速进行测定,研究了伞口直径对半导体制冷空调伞性能的影响。

结果表明:在半导体制冷芯片额定吸热量以及室内环境温度不变的情况下,伞口直径为 38 cm 的半导体空调伞最高风速可达 0.47 m/s,最低风速为 0.23

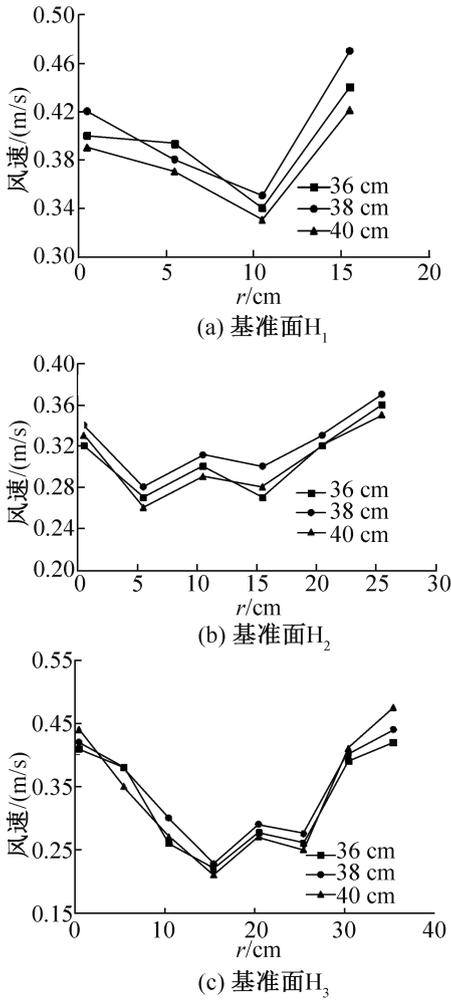


图 5 不同基准面上各测试点风速随径向距离的变化
Fig. 5 The variation of wind speed with radial distance at each test point of different base level

m/s; 空调区与外界环境最大温差可达 3.04 °C。伞口直径为 38 cm 的半导体空调伞伞内温差和风速符合 GB 50019—2013《采暖通风与空气调节设计规范》对人体舒适性的要求, 适于营造舒适的局域环境。

本文受内蒙古自治区自然科学基金项目(2015MS0547, 2015MS0561)和内蒙古自治区科技创新引导奖励资金项目(2017CXYP-1)资助。(The project was supported by National Natural Science Foundation of Inner Mongolia (No. 2015MS0547 & No. 2015MS0561), Fund Programs of Technological Innovation & Guide & Reward of Inner Mongolia(No. 2017CXYP-1).)

参考文献

[1] POWELL R L. CFC phase-out: have we met the challenge [J]. Fluorine Chemistry, 2002, 114(2): 237 - 250.
[2] 何丽娟, 沈永年. 热风幕气幕式空调伞温度场与舒适性研究[J]. 流体机械, 2001, 29(6): 56 - 58. (HE Lijuan, SHEN Yongnian. Temperature distribution and comfort in-

vestigation on the air-conditioning umbrella with warm air-curtain[J]. Fluid Machinery, 2001, 29(6): 56 - 58.)
[3] 王广, 何丽娟, 韩万宁. 冷、热风幕气幕式空调伞的实验研究和对比分析[J]. 包钢科技, 2006, 32(1): 44 - 46. (WANG Guang, HE Lijuan, HAN Wanning. Experimental study on and comparative analysis of air-conditioning umbrellas with cool and warm air-curtains [J]. Science and Technology of Baotou Steel, 2006, 32(1): 44 - 46.)
[4] MANKINS J C. New directions for space solar power[J]. Acta Astronautica, 2009, 65(1/2): 146 - 156.
[5] 于静, 车俊铁, 张吉月. 太阳能发电技术综述[J]. 世界科技研究与发展, 2008, 30(1): 56 - 59. (YU Jing, CHE Juntie, ZHANG Jiyue. The overview of the technique of solar energy generating electricity [J]. World Sci-Tech R & D, 2008, 30(1): 56 - 59.)
[6] 郭领波, 刘忠宝, 李双敬. 室外太阳能光伏空调伞: CN201520177242. 8 [P]. 2015-08-05. (GUO Lingbo, LIU Zhongbao, LI Shuangjing. Air-conditioner umbrella by solar energy photovoltaic in outdoor: CN201520177242. 8 [P]. 2015-08-05.)
[7] 贾艳婷, 徐昌贵, 闫献国, 等. 半体制冷研究综述[J]. 制冷, 2012, 31(1): 55 - 61. (JIA Yanting, XU Changgui, YAN Xianguo, et al. Research review on semiconductor refrigeration [J]. Refrigeration, 2012, 31(1): 55 - 61.)
[8] 文虎, 丁喜梅, 刘长春, 等. 半导体降温服叠加效应的实验研究[J]. 制冷学报, 2017, 38(2): 40 - 44. (WEN Hu, DING Ximei, LIU Changchun, et al. Experimental study on the overlap effect of thermoelectric cooling garment [J]. Journal of Refrigeration, 2017, 38(2): 40 - 44.)
[9] 罗仲, 张旭, 王胜己, 等. 半体制冷器除湿实验研究[J]. 制冷学报, 2015, 36(5): 101 - 106. (LUO Zhong, ZHANG Xu, WANG Shengji, et al. Experimental research on performance optimization of thermoelectric dehumidifier [J]. Journal of Refrigeration, 2015, 36(5): 101 - 106.)
[10] 郑宇薇, 刘晓华, 涂壤. 半体制冷与固体除湿结合装置的性能研究[J]. 制冷学报, 2013, 34(5): 59 - 64. (ZHENG Yuwei, LIU Xiaohua, TU Rang. Performance research of a semiconductor cooling device with solid desiccant [J]. Journal of Refrigeration, 2013, 34(5): 59 - 64.)
[11] DREBUSHCHAK V A. The Peltier effect [J]. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2008, 91(1): 311 - 315.
[12] 郑爱平. 驾驶岗位太阳能半导体空调器: CN200620136131. 3 [P]. 2007-10-31. (ZHENG Aiping. Semiconductor air-conditioner driven by solar energy in cab: CN200620136131. 3 [P]. 2007-10-31.)

(下转第 134 页)

评价指标研究[J]. 制冷学报, 2011, 32(5):6-11. (JIANG Mingliu, WU Jingyi, WANG Ruzhu, et al. Research on efficiency evaluation of multi-functional heat pump[J]. *Journal of Refrigeration*, 2011, 32(5):6-11.)

通信作者简介

吴华根,男,副教授,西安交通大学压缩机研究所,13572961020,E-

mail:hgwu@mail.xjtu.edu.cn。研究方向:双螺杆压缩机性能研究与开发,工业余热回收螺杆膨胀机,压缩机降噪技术。

About the corresponding author

Wu Huagen, male, associate professor, Department of Compressor Engineering, Xi'an Jiaotong University, +86 13572961020, E-mail:hgwu@mail.xjtu.edu.cn. Research fields: performance research and development on twin screw compressor, industrial waste heat recovery, noise reduction technology.

(上接第 122 页)

- [13] 何丽娟,梁晶晶,李洁琼,等. 新型半导体制冷空调伞温度场流场的实验研究[J]. 可再生能源, 2014, 32(4):481-484. (HE Lijuan, LIANG Jingjing, LI Jieqiong, et al. Experimental study on temperature and flow fields of a new semiconductor refrigeration air-conditioning umbrella [J]. *Renewable Energy Resources*, 2014, 32(4):481-484.)
- [14] 贺培春. 基于舒适度的室内空气调节系统研究[D]. 重庆:重庆大学,2010. (HE Peichun. The study about indoor air conditioning based on PMW[D]. Chongqing:Chongqing University,2010.)

通信作者简介

何丽娟,女,教授,博士,硕士生导师,内蒙古科技大学能源与环境学院,(0472)5951569,E-mail:zdlilyhe@163.com。研究方向:低品位能源热利用,自然工质替代。

About the corresponding author

He Lijuan, female, professor, Ph. D., master tutor, Institute of Environment and Energy, Inner Mongolia University of Science and Technology, +86 472-5951569, E-mail:zdlilyhe@163.com. Research fields:utilization of low-grade heat source, natural refrigeration substitution.