

热力式散流器性能的实验研究^{*}

天津大学 由世俊 刘艳玲 史学增 娄承芝
香港理工大学 杨洪兴

摘 要 给出了采用热力式散流器与常规散流器送热风时的温度场、速度场的分布及包络线图,并对其空气流动特性、热舒适度和节能进行了分析。

关键词 热力式散流器 热风 空气流动特性

1 前言

风口是空调系统中的末端设备。从70年代末国内厂家开始生产定型风口至今,风口的种类、数量、材质等方面均已日益丰富和完善。有关空调的问题已与气流组织密切相关。室内空气组织形式在很大程度上影响室内的舒适性、空气品质、节能等,随着人们节能意识与消费质量意识的增强,对风口产品提出了更高的要求。

对于采用上送上回的散流器风口,理想的气流组织应同时满足热舒适度和节能两个方面的要求^[1]。即在夏季送冷风时,送出的气流应为水平流型(或贴附射流);在冬季送热风时,送出的气流应为垂直流型(或向下射流)。因此要求风口应有相应的调节特性,可采用手动、电动装置及热力式装置调节。

目前国内外有关这方面的研究仅是初步展开。热力式装置不需外界动力,与其它两种方式相比具有结构简单、造价适中、方便可行等优点。我们在调研的基础上研制了一种以充液式或充气式感温包为温度传感器、以液体或气体的热胀冷缩为动力的双位温控散流器:送冷风时,与常规散流器相同,贴附射流;送热风时,百叶自动伸长,均匀分布各层,将气流向下送出。

本文在对比性实验的基础上给出了这两种散流器送热风时温度场、速度的分布及包络线图,并对其流型进行了分析。

2 实验方法与实验装置

实验严格按照 GB8070—87《空气分布器性

能实验方法》进行^[2],实验装置系统见图1。

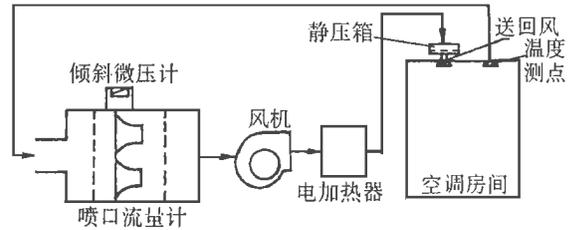


图1 实验装置系统

风口的安装及气流组织形式多种多样,考虑到适用范围,本实验采用最通用的上送上回的气流组织形式,送风口与回风口均为FS方形散流器,喉口尺寸为 $200 \times 200\text{mm}$ 。系统运行时,测试小室外环境温度 15°C ;依据安装于散流器喉口温控器来调节加热量,使送风温度维持一恒定值 $t_0 = 32^\circ\text{C}$;送风量由喷口流量计测得。根据 GB8070—87,本实验采用四种风量,分别为 $720\text{m}^3/\text{h}$ (对应喉口风速为 5m/s)、 $576\text{m}^3/\text{h}$ (对应喉口风速为 4m/s)、 $432\text{m}^3/\text{h}$ (对应喉口风速为 3m/s)、 $404\text{m}^3/\text{h}$ (对应喉口风速为 2.8m/s)。实验采用丹麦制造的54N10 Multichannel Flow Analyzer来进行流场中温度与速度的检测,均布于流场中的8个传感器具有高于国际要求的敏感度与精确度。图2为风口测试示意图。

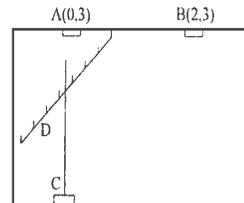


图2 风口测试

针对每一个送风量与相应的喉口风速,在保证测试小室外环境温度与送风温度不变的条件

下,分别测出常规散流器与热力式散流器送风的气流流场(包括速度场和温度场),并进行比较。在热力式散流器送风时,散流器的第二、三、四层叶片分别向下伸长 2、4、6cm,成塔状分布。A 为送风口所处的位置,B 为回风口所处的位置,C 为能上下移动装有探头的水平杆 D 的测试小车,D 上装有 8 个能同时测温度与速度的传感器,相邻两个传感器的间隔为 0.5m。所采集的数据直接传至 54N10 Multichannel Flow Analyzer 工作台。本实验在由 A、B 所确定的平面内测试包络线,在传感器所确定的平面内进行温度场与速度场的检

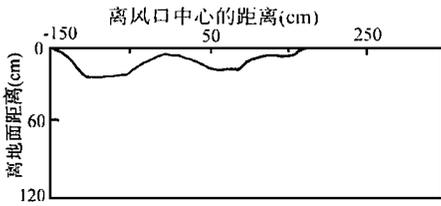
测。

本文仅选取最具代表性的喉口风速为 3m/s 的测试结果进行对比分析。

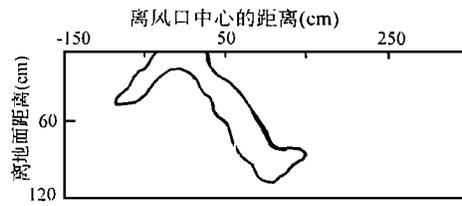
3 实验结果及分析

3.1 包络线图

图 3 为通过送风口与回风口中心线垂直于地面的平面内的包络线图(末端风速取为 0.5m/s)。送风口与回风口在图上的坐标分别为(0,0)、(200,0)(顶棚离地面距离为 3m)。



(a) 常规散流器送风



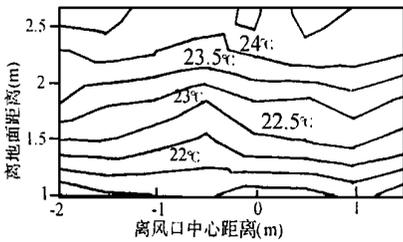
(b) 热力式散流器送风

图 3 包络线图

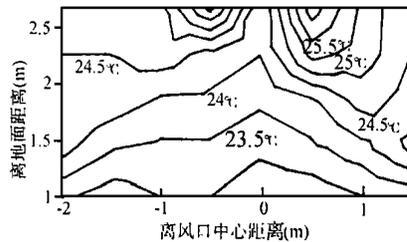
从图 3 可以很直观地看出采用常规散流器送风与采用热力式散流器送风有着截然不同的空气流型:对于常规散流器,所送的热风并没有直接至活动区,只是集中在离顶棚 25cm 的范围内,并且由送风口(0,0)出来的热风有一部分直接短路从回风口(200,0)排走了,其空调效果恶化,所消耗的能量并未有效利用;而对于热力式散流器,图中送风包络线的右支因受回风口的影响而与左支有所不同,可以看出聚集在顶棚附近的热风极少,绝大部分都能送至活动区,能量得到了有效的利用。

3.2 温度场分布图

图 4 是喉口风速同为 3m/s 时,分别采用常规散流器与热力式散流器送热风的温度场分布图(所作等温线的数值间隔为 0.5℃)(顶棚离地面距离为 3m)。坐标平面与前述包络线的坐标平面相垂直,位于送风口正下方。由于实验条件的限制,温度场测量范围为从地面至 2.7m 高的位置,未能对距顶棚 0.3m 的位置进行测试,但根据所测位置温度的分布情况可以推测顶棚附近的情况。



(a) 常规散流器送风



(b) 热力式散流器送风

图 4 温度场分布

可以把整个温度场分为三个区来进行讨论:离地面 2.7~3m 的范围为 I 区,2~2.7m 的范围为 II 区,2m 以下的范围为 III 区。可以看出,II 区内,图 4(b)的等温线比图 4(a)稠密,并且同一高度的温度值高些,而送风的喉口温度均为 32℃,由此可以推知 I 区内的常规散流器送风的温度梯度比热力式散流器送风的大,即在离开顶棚 0.3m 的范围内,常规散流器送风的温度衰减比热力式散流器送风快。而在 II 区内,图 4(a)等温线比图

4(b)的稠密,因而温度梯度较大,即位于活动区 2m 以下的范围内,采用热力式散送风的温度场比常规散流器送风的温度场均匀,且温度高。

基于以上分析,下面来进一步讨论两种送风方式能量的利用情况。

在送风温度均为 32℃、送风量为 432m³/h 的情况下,测得采用常规散流器送风时,回风口的温度为 23.48℃,采用热力式散流器送风时,回风口

的温度为 23.50°C 。因送入空调房间的净热量为 $Q_{\text{净}} = cm\Delta t$ ，所以可以认为两种送风方式的净热量 $Q_{\text{净}}$ 是一样的。在稳定情况下， $Q_{\text{净}}$ 是由两部分组成的，即活动区热损失与非活动区热损失： $Q_{\text{净}} = Q_{\text{活}} + Q_{\text{非}}$ 。因非活动区（即 I、II 区）内常规散流器送风的总的温度梯度比热力式散流器送风的温度梯度大，所以有：

$$Q_{\text{非}}(\text{常规散流器}) > Q_{\text{非}}(\text{热力式散流器})$$

$$Q_{\text{活}}(\text{常规散流器}) < Q_{\text{活}}(\text{热力式散流器})$$

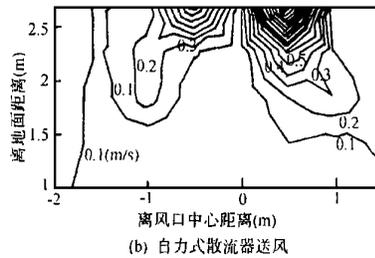
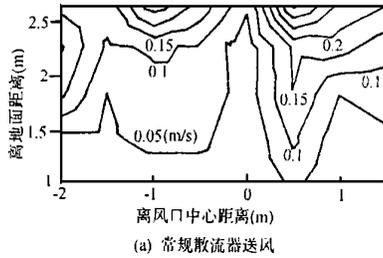


图 5 速度场分布

采用常规散流器送风的速度场衰减很快，且大部分速度衰减都发生在离地面 2.5m 以上的区域，在活动区速度已减为 0.05m/s；采用热力式散流器送风的速度场要比前者衰减得慢，在活动区气流速度可以达到 0.1m/s。

从风口送出的射流属温差射流，在下落的过程中，边界层不断与房间空气进行能量与动量的交换，射流中心的温度、速度沿程衰减，其下降程度取决于重力和浮力的综合作用效果。送冷风时，重力起主导作用，容易送下来，但不能让冷风直接进入人体活动区，这样会带来不舒适感，故采用贴附射流，使之在接近活动区时空气充分混合完毕，而活动区处于回流区，几乎没有空气滞留，可以取得较好的空调效果^[3]。送热风时，却由于浮力起主导作用，若采用贴附射流，热空气集中在顶棚附近，顶棚的表面效应阻止其下落，空气混合效果不好，气流的运行远离活动区，导致活动区内不但温度偏低、不均匀且气流速度极小，室内空气大量滞留，空气品质很差，这是空调房间中存在的一个严重问题。

图 5(a) 中活动区气流速度接近于 0，正是以上所述问题的真实反映。

图 5(b) 中活动区气流速度为 0.1m/s，很明显并没有空气滞留现象，这是因为通过控制出风角度减小了气流与顶棚的接触面积，从而减小了顶棚表面效应对气流的影响。根据有关设计规范^[4]，舒适性空调工作区的气流速度冬季不应大

因此，可以将结果归纳为：在送入相同能量的情况下，采用常规散流器送风，能量的有效利用率比采用热力式散流器送风差得多，即若要达到相同的供暖效果，采用热力式散流器比采用常规散流器要节省很大一部分能量。

3.3 速度场分布图

图 5 为上述温度场所对应的速度场，可以很清楚地看出，采用两种散流器送风的速度场的衰减情况与温度场的衰减情况极为相似。

于 0.2m/s。采用热力式散流器送热风，既可使活动区的气流速度符合标准又可解决“滞留”问题。

4 结论

(1) 热力式散流器结构简单，造价低廉，易于运行管理，便于推广使用；

(2) 热力式散流器解决了冬季热风难以下送的问题，既保证了在人体活动区达到所要求的温度，降低了非活动区的温度梯度，又使活动区的温度分布均匀，增强了人体舒适度，减少了供热量，使送入室内的热量得到充分地利用，节能效果明显；

(3) 热力式散流器对改变气流流型的作用很明显，有效解决了送热风时活动区内的空气滞留问题，增强了空调房间人体的舒适度，改善了空调效果，提高了空气品质。

参考文献

- 1 ASHRAE Handbook. 1996—System and Equipment
- 2 现行建筑设备规范大全. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- 3 ASHRAE Handbook, 1997—Fundamentals
- 4 陆耀庆. 实用供热空调设计手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993

作者简介: 由世俊, 男, 副教授, 系副主任. 通讯地址: 300072 天津市天津大学建工学院建筑设备系。