

风速对多点射流区域舒适性影响的实验研究

苏州大学 俞卫刚[☆] 戴苏明
浙江大学 欧阳录春

摘要 结合现代花园式办公室的多个隔断单元的实际情况,利用射流送风方式单独控制每个隔断单元可以提高热舒适性。实验研究了低速和高速两种送风速度对工作区域热舒适性的影响,认为在不超过舒适性要求的前提下适当增大送风速度可以提高舒适性。

关键词 送风速度 射流 舒适性 送风方式

Experiment of the influence of outlet velocity on comfort in multi-point jet zone

By Yu Weigang[★], Dai Suming and Ouyang Luchun

Abstract According to the layout of modern garden offices divided into many zones, separately controlling zone by using jet supply mode can improve thermal comfort. Analyses the influence of supply air velocity on thermal comfort by experiments. Considers that increasing supply air velocity to some extent can improve thermal comfort.

Keywords supply air velocity, jet, comfort, air supply mode

① ★ Suzhou University, Suzhou, Jiangsu Province, China

0 引言

空气调节的目的是提供一个健康和舒适的室内环境,然而由于传统空调系统存在设计缺陷或运行不合理,不能有效地保证和维持良好的室内空气质量 and 热舒适性。现有的空调系统追求单一均匀的温度与风速来满足室内的热舒适性,不能很好满足个人舒适性要求。针对以上现状,本文结合现代花园式办公室存在多个隔断单元的实际情况,利用多点射流送风方式,单独控制每个隔断单元内的空气参数,实现个性化送风,提高热舒适性。在射流送风的基础上,进一步实验研究了送风速度对隔断单元内热舒适性的影响。

1 多点射流送风系统

结合现代办公室中通常有隔断单元的实际情况,多点射流送风系统布置如图 1 所示,在每个隔断单元内设置一套独立的送风系统和控制系统,形成一个独立的控制区域。送风系统为双风道系统,

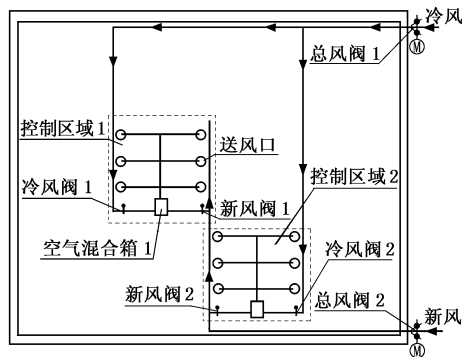


图 1 室内送风系统布置示意图

一根送冷风,另一根送新风。在控制区域 1 内,空气在混合箱 1(位于工作区域地板下)中混合,可通

①☆ 俞卫刚,男,1975 年 12 月生,硕士研究生,工学硕士,讲师
215006 苏州大学物理与科学技术学院
(0512) 65112605
E-mail: yuwg@suda.edu.cn
收稿日期:2003-08-26
修回日期:2003-12-25

表 3 低速送风时控制区各测点温度

℃

z/cm	y/cm	x/cm							z/cm	y/cm	x/cm						
		70	80	90	100	110	120	130			70	80	90	100	110	120	130
5	20	22.4	22.2	22.5	22.8	22.9	23.1	23.3	75	20	25.3	24.7	24.8	24.4	24.2	24.1	23.5
	30	23.8	23.6	23.7	23.8	23.7	23.7	23.6		30	23.9	23.9	23.6	23.6	23.2	23.2	23.1
	40	23.9	23.9	24.0	24.2	24.1	24.2	24.2		40	23.0	23.3	23.6	23.2	23.3	23.5	22.8
	50	24.4	24.3	24.3	24.3	24.3	24.5	24.4		50	22.7	23.2	23.4	23.4	23.3	23.2	23.5
	60	24.5	24.5	24.5	24.0	24.6	24.8	24.9		60	22.2	22.3	23.1	23.2	24.0	23.1	23.4
	70	24.4	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6		70	23.4	23.9	24.1	24.2	23.6	23.6	24.3
	80	24.5	24.4	24.5	24.4	24.5	24.4	24.4		80	23.9	24.2	24.1	24.5	24.5	23.9	24.0
	90	24.6	24.5	24.6	24.6	24.6	24.0	24.6		90	25.9	25.8	25.7	25.5	25.4	25.8	25.3
	100	23.8	24.2	23.2	24.0	24.4	24.1	22.4		100	25.6	25.8	25.9	26.0	26.1	25.9	25.9
25	20	22.7	22.9	22.7	22.1	22.7	22.9	22.9	100	20	25.7	25.3	25.4	25.3	25.2	25.1	24.8
	30	22.3	23.1	22.8	22.9	22.9	23.1	23.0		30	25.0	25.0	24.9	24.8	24.6	24.6	24.6
	40	23.4	23.2	23.2	23.3	23.2	23.4	23.4		40	24.6	24.9	25.0	24.9	24.9	25.1	24.7
	50	23.5	23.4	23.4	23.4	23.6	23.8	23.7		50	24.7	24.9	25.0	25.1	25.0	25.0	25.0
	60	23.5	23.5	23.5	23.4	23.8	23.9	24.0		60	24.8	24.9	25.4	24.9	25.8	25.4	25.5
	70	23.8	23.7	23.7	23.8	23.8	23.8	23.8		70	25.4	25.6	25.7	25.8	25.4	25.4	25.7
	80	23.7	23.6	23.7	23.6	23.6	23.5	23.3		80	25.6	25.7	25.8	25.9	25.9	25.5	25.7
	90	23.3	23.3	22.4	23.0	23.5	22.7	22.5		90	26.6	26.6	26.5	26.4	26.4	26.6	26.3
	100	23.2	23.3	22.6	23.6	23.7	22.8	22.3		100	26.6	26.7	26.7	26.8	26.9	26.7	26.7
50	20	22.1	22.2	21.8	21.1	21.1	20.9	20.7	120	20	26.0	25.9	26.0	26.1	26.1	26.1	26.1
	30	20.4	20.8	20.4	20.7	20.9	21.0	21.2		30	26.1	26.1	26.2	26.0	26.1	26.1	26.0
	40	20.7	20.7	20.8	20.8	20.7	20.8	20.8		40	26.3	26.5	26.5	26.6	26.5	26.6	26.6
	50	20.9	21.0	21.0	21.1	21.2	21.3	21.2		50	26.8	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.6
	60	20.9	20.9	21.0	20.8	21.2	21.2	21.5		60	27.3	27.4	27.6	26.7	27.6	27.7	27.7
	70	21.1	21.1	21.0	21.1	21.0	21.1	21.4		70	27.4	27.3	27.2	27.4	27.2	27.2	27.2
	80	20.6	20.6	20.2	20.4	20.8	20.5	20.4		80	27.4	27.3	27.4	27.2	27.2	27.2	27.3
	90	21.1	21.1	20.9	21.2	21.1	21.7	21.0		90	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4
	100	21.2	21.6	21.8	21.9	22.2	21.7	21.6		100	27.6	27.6	27.6	27.6	27.7	27.5	27.4

表 4 高速送风时控制区各测点温度

℃

z/cm	y/cm	x/cm							z/cm	y/cm	x/cm						
		70	80	90	100	110	120	130			70	80	90	100	110	120	130
5	20	26.4	26.3	26.2	26.2	26.2	26.3	26.4	75	20	24.6	24.5	24.4	24.3	24.3	24.1	24.2
	30	26.9	26.7	26.7	26.6	26.7	26.7	27.0		30	23.9	23.9	23.7	23.9	24.0	24.3	24.0
	40	26.6	26.8	26.7	26.7	26.6	26.7	26.7		40	23.6	23.6	23.8	23.7	23.6	23.8	23.7
	50	26.4	26.4	26.3	26.2	26.2	26.3	26.3		50	23.8	23.4	23.7	23.6	23.6	23.7	23.8
	60	26.3	26.3	26.2	26.2	26.2	26.2	26.3		60	23.6	23.6	23.8	23.4	23.7	23.9	23.6
	70	26.4	26.3	26.3	26.3	26.2	26.2	26.2		70	23.8	24.0	23.9	24.0	24.0	23.9	24.3
	80	25.8	25.9	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2		80	24.1	24.2	24.0	24.5	24.4	24.2	24.5
	90	25.7	25.7	25.6	25.8	25.7	25.7	26.0		90	24.9	25.2	25.1	25.3	25.3	25.3	25.4
	100	25.1	25.7	25.8	25.8	25.8	23.7	24.6		100	25.3	25.4	25.6	25.5	25.5	25.5	25.4
25	20	25.2	25.5	22.6	24.7	25.3	24.7	24.0	100	20	24.8	24.9	24.8	24.9	24.5	24.2	24.2
	30	26.7	26.3	24.9	27.0	27.3	27.2	27.4		30	24.6	24.7	24.4	24.5	24.4	24.3	24.3
	40	27.2	27.3	27.3	27.4	27.4	27.5	27.3		40	24.4	24.5	24.3	24.2	24.3	24.1	24.3
	50	27.1	27.0	26.8	27.3	27.3	26.9	27.4		50	24.1	24.1	24.4	24.8	24.0	24.0	24.2
	60	27.3	27.4	27.1	27.0	27.0	27.3	27.6		60	24.2	24.2	24.1	24.0	24.3	24.2	24.5
	70	27.4	27.3	27.4	27.2	27.2	27.4	27.2		70	24.6	24.7	24.8	25.2	25.2	25.3	25.5
	80	27.0	27.0	26.8	26.8	26.8	26.8	27.4		80	25.5	25.4	25.3	25.7	25.5	25.4	25.7
	90	26.3	25.6	23.3	26.4	27.1	23.8	27.3		90	26.0	26.2	26.2	26.3	26.3	26.3	26.3
	100	27.5	27.9	27.8	27.8	27.9	27.0	27.5		100	26.3	26.3	26.4	26.4	26.4	26.3	26.3
50	20	23.1	23.7	23.9	23.7	23.8	23.5	23.3	120	20	25.0	25.3	25.8	25.5	25.7	25.3	25.2
	30	23.9	23.8	24.2	23.9	24.4	23.6	23.8		30	24.3	24.0	24.9	24.9	24.6	24.6	24.8
	40	24.1	23.9	24.0	24.1	24.2	24.3	24.2		40	24.0	24.3	24.4	24.5	24.2	24.4	24.4
	50	24.4	24.5	24.5	24.5	24.6	24.9	24.8		50	24.3	24.7	24.3	24.7	24.4	24.5	24.7
	60	24.6	24.6	24.5	24.4	24.3	24.5	24.8		60	24.8	24.8	24.8	24.7	25.1	25.2	25.4
	70	24.6	24.4	24.1	24.2	24.1	24.2	24.3		70	25.4	25.4	25.7	26.4	26.4	26.6	26.8
	80	24.1	24.3	23.9	23.8	24.0	23.4	24.0		80	26.8	26.7	26.6	26.8	26.7	26.6	26.8
	90	24.8	24.8	24.6	25.4	25.5	25.1	25.9		90	27.1	27.2	27.3	27.3	27.4	27.3	27.2
	100	25.7	26.0	26.0	25.9	25.9	26.0	26.0		100	27.2	27.1	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2

图 3 为不同送风速度下平均温度分布图。由图 3 可知,在 $z=120\text{ cm}$ 处,低速送风时平均温度为 $26.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,高速送风时平均温度为 $25.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。由表 3、表 4 可知,高速送风时中心区域的温度分布比较均匀,舒适性比低速送风时有所提高。低速送风时,

在 $z=50\text{ cm}$ 处平均温度最低,为 $21.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,不能满足空调的热舒适性要求;高速送风时,在 $z=75\text{ cm}$ 处平均温度最低,为 $24.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,满足舒适性要求。

由表 4 可知,同一层面上中心区的温度较周边区域低,与人主要活动在控制区域的中心部位情况

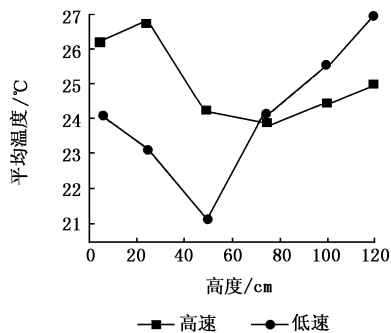


图3 不同送风速度下的平均温度分布图

相符。从高度 $z=5$ cm 到 $z=120$ cm 内,各层面上温度的高低和分布都满足舒适性要求,可认为整个控制区域内的温度都能满足空调的舒适性要求,在人体上身部位,温度分布随高度升高而升高,但总体变化不大而且比较均匀,这也符合人的穿衣习惯,身体部位有衣服热阻,所以下部温度略低于脸部有利于提高人的舒适性。故在该送风速度下,能满足空调舒适性要求。

比较表 3 和表 4 中各测点的温度分布情况可知,在送风冷负荷相同的情况下,由于送风速度(即送风量)不同,对控制区域的空气扰动也不同,在未

(上接第 14 页)

仍高于单纯供暖时的系统能效比。若生活用热水耗热量相对于供暖热量非常小,则可直接采用电加热器提供生活热水,以减少设备。

当非冬季供暖时,关断阀 20,打开阀 21,使气体冷却器 2 单独工作,由于气体冷却器 2 的面积较小,需进行容量调节,可通过电子膨胀阀或利用变频技术调节热泵系统流量和运行压力,使系统正常工作或使气体冷却器 2 能直接提供 60 °C 热水,当热水贮存器贮满水时,热泵停止工作。CO₂ 跨临界水—水热泵利用变频技术进行容量调节的范围比膨胀阀调节的范围大^[6],因此当生活用热水耗热量相对于供暖热量很小时,宜采用变频调节。在夏季可通过合理的管路设计,由机组提供冷量。

2.4 旅馆饭店游泳池的供暖

若饭店旅馆有室内游泳池,为保持游泳池的水温,需要供热,由于游泳池的水温保持在 27 °C 左右,因此可以利用 CO₂ 跨临界水—水热泵供热系统单独提供游泳池的热量,也可利用低温部分的热量,为游泳池补充热量,情况与热泵提供生活热水耗热量基本相同,但由于游泳池热水负荷比较稳定,因此更适于用热泵提供热水^[4]。

3 结论

3.1 CO₂ 跨临界热泵系统运行受气体冷却器出口温度的影响很大,选择适当的气体冷却器的出口

产生吹风感的前提下,送风速度越大,越能将控制区域内的空气扰动起来,温度分布越均匀,能更好地满足空调热舒适性要求。

4 结论

4.1 在风速不超过空调舒适性要求的前提下,增大送风速度,可使工作区域内的温度分布更均匀,更好地满足空调的舒适性要求。

4.2 在同一房间中,每个工作区域内的空气不相互混合,室内卫生状况有所改善。

4.3 整个送风装置的送风速度比较低,故比传统系统的噪声低,有利于提高室内的舒适性。送风口在近地面,控制和日常维护方便,并且能很方便地根据办公室格局的改变而重新调整送风布置。

参考文献

- 1 Yuan Xiaoxiong. A critical review of displacement ventilation. In: ASHRAE Trans. 1998, 104(1A). 78
- 2 薛殿华. 空气调节. 北京:清华大学出版社,1991

温度可以提高循环的能效比,因此在利用 CO₂ 跨临界水—水热泵系统供热,选择较低的气体冷却器出口温度时,应充分利用低温部分的热量,做好能量的梯级利用,以提高整个系统的运行效率。

3.2 虽然生活热水耗量不稳定,不能实现热水连续供应时整个系统的高能效,但也能提高部分时段的系统能效,同时提供生活预热水,从而节省能源。

3.3 在利用 CO₂ 跨临界热泵提供低温热水时,热水耗热量与供暖负荷之比很重要,比例过小不利于设备的运行调节。

3.4 CO₂ 跨临界热泵系统运行管理很重要,系统运行参数直接影响系统能效,特别是开发性能良好的流量和压力调节设备尤其重要。

参考文献

- 1 Hwang Yunho. Comprehensive investigation of carbon dioxide refrigeration cycle; [PH D Dissertation]. Maryland: University of Maryland, 1997
- 2 洪方军. CO₂ 跨临界循环水—水热泵的理论和实验研究: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 1999
- 3 王侃宏. CO₂ 跨临界循环的理论分析与实验研究: [博士学位论文]. 天津: 天津大学, 1999
- 4 H·基恩, A·哈登费尔特, 著. 热泵 第二卷 电动热泵的应用. 耿惠彬, 译. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 5 钱维生. 高层建筑给排水工程. 上海: 同济大学出版社, 1994
- 6 马一太, 王景刚, 李敏霞, 等. CO₂ 跨临界循环地源热泵的研究. 太阳能学报, 2003, 24(1): 41-45