

文章编号:0253 – 4339(2014) 02 – 0111 – 04
doi:10. 3969/j. issn. 0253 – 4339. 2014. 02. 111

减湿预冷器对冷藏陈列柜风幕送回风状态的影响分析

张文慧 龚毅 吕彦力

(郑州轻工业学院机电工程学院 郑州 450002)

摘 要 以双风幕立式敞开式冷藏陈列柜为研究对象,研究减湿预冷器对冷藏陈列柜风幕送回风状态的影响。实验结果表明:在测试环境温度为 25 ℃,相对湿度为 60% 条件下,冷藏陈列柜使用减湿预冷器后风幕送风温度没有明显变化,回风温度降低 5 ℃;内层风幕的送风相对湿度和回风相对湿度变化不大,外层风幕的送风相对湿度由 69% 下降至 60%;外层风幕的送风焓值基本保持不变,而回风焓值降低 21. 4%。回风温度和回风焓值的降低都可以有效降低陈列柜负荷。
关键词 食品冷藏技术;陈列柜;空气预冷器;风幕
中图分类号:TB657. 1;TB61⁺1 **文献标识码**:A

Effect of Pre-cooler on Supply and Return Air of Air Curtain in Display Cabinet

Zhang Wenhui Gong Yi Lü Yanli

(School of Electromechanical Science and Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, 450002, China)

Abstract This study focused on a vertical open-type display cabinet with double air curtain, and investigated the effect of pre-cooler on supply and return air of air curtain in display cabinet. The experimental investigation was undertaken in the test room with temperature of 25 ℃ and relative humidity of 60%. The results showed that: the temperature of the supply air was not obviously elevated, and the return air temperature was reduced by 5 ℃; the inner supply air and the return air relative humidity of air curtain changed little, the outer supply air relative humidity dropped from 69% to 60%; and the enthalpy of outer supply air kept a fixed value, and the enthalpy of the return air decreased by 21. 4%. The decreases of return air temperature and enthalpy could lead to significant decrease in the display cabinet load.
Keywords food storage technology; display cabinet; pre-cooler; air curtain

随着我国人民生活水平的迅速提高、生活节奏的加快以及生活方式的多样化,超市取得了大规模的发展,因此用来贮藏和展示冷冻冷藏产品的陈列柜也取得了空前规模的发展。由于立式敞开式冷藏陈列柜可以为顾客营造一个轻松、随意的购物环境,因而得到了广大用户的青睐。冷藏陈列柜储藏易腐食品的温度必须满足 M1 等级要求(-1 ~ 5 ℃),保证食品温度在 5 ℃ 以下^[1]。为了保证柜内所贮食品温度,冷藏陈列柜制冷系统蒸发器必须在 0 ℃ 以下运行,这样会造成蒸发器结霜,因此必须对蒸发器定期融霜。但是,定期融霜不仅会对柜内食品温度产生不良影响,也会造成陈列柜负荷增加^[2-4]。

为了延缓蒸发器结霜,保证食品品质,对立式敞开式冷藏陈列柜进行改造,采用蒸发器温度及

传热分级的方法:第一级采用过热器作为减湿预冷器,对风幕回风进行预冷,第二级蒸发器为主蒸发器,承担冷却柜内食品温度和内层风幕的任务。这样不仅可以延缓蒸发器结霜速度,减少融霜次数,从而减少融霜加热量,降低陈列柜负荷;并且使能量梯级利用,在达到节能目的的同时,提高陈列柜的性能^[5-8]。

增设减湿预冷器后,冷藏陈列柜风幕的送风状态、回风状态均会发生变化。而风幕送回风状态的变化不仅会影响风幕卷吸系数,还会影响陈列柜负荷。本文主要对减湿预冷器对冷藏陈列柜风幕送回风状态的影响进行实验研究,从而分析其对风幕性能和陈列柜负荷的影响。

1 实验装置

此方案采用减湿预冷器来预冷空气,对风幕回风进行预冷除湿。系统改造后陈列柜制冷系统的系统流程图及其结构布置图如图 1 和图 2 所示^[3]。

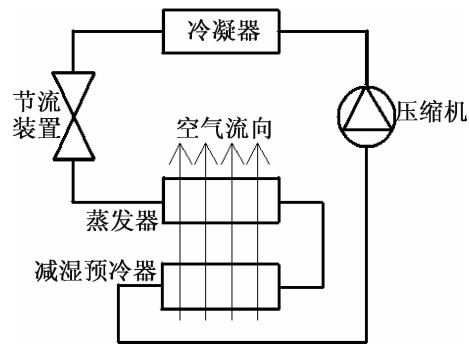


图 1 系统流程图

Fig. 1 Schematic diagram refrigerated system

实验研究对象是上海通用富士冷机有限公司生产的型号为 DEI-107 的立式敞开式中温陈列柜,风幕为两层结构,减湿预冷器置于冷藏陈列柜底层搁架下方,如图 3 所示^[6]。陈列柜内层风幕是经过蒸发器的冷风幕,主要起冷却作用,外层风幕是不经过蒸发器的非冷风幕,主要起隔绝内外空气的作用。实验台参照国家标准 GB/T21001.1—2007^[1]冷藏陈列柜实验条件搭建。

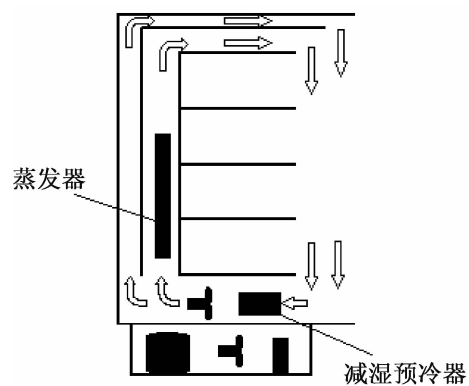


图 2 结构布置图

Fig. 2 Framework of the cabinet

2 实验结果分析

在测试环境温度为 25℃,环境相对湿度为 60%条件下,增设减湿预冷器后,陈列柜制冷系统蒸发温度由 -10℃ 增加到 -7℃,制冷剂通过减湿预冷器后过热度为 8℃,冷凝温度由 30.5℃ 增加到 35.3℃。由于制冷系统中制冷剂各状态点发生变化,因此风幕的送回风温度、相对湿度、焓值均发生了变化。



图 3 实验用陈列柜实物图

Fig. 3 Picture of the experimental cabinet

2.1 减湿预冷器对风幕送回风温度的影响分析

由于实验样柜为两层风幕,内风幕送风温度越低,冷空气中的相对湿度越小,各流层之间的温度差、湿度差越大,由此产生的压差也越大,传热传质的驱动力增强,更容易使得内层风幕和外层风幕、外层风幕和周围环境空间的热质交换加剧。

图 4 为传统冷藏陈列柜一个融霜周期(6 h)风幕的送回风温度随时间的变化图。实验结果表明:传统冷藏陈列柜(改造前)在系统运行 4 h 后,内层风幕送风温度急剧上升,这是由于系统运行 4 h 后,蒸发器上霜层加厚,其换热性能急剧下降造成的。图 5 为使用减湿预冷器后风幕的送回风温度随时间的变化图。实验结果表明:内层风幕送风温度虽然前期略有增加,但是整个周期内其温度基本保持不变,这在一定程度上有利于保持食品温度的稳定。改造前后外层风幕送风温度在基本保持不变,但是使用预冷器后回风温度下降 5℃。回风温度的降低将大大减小风幕卷吸系数^[9],有利于保持风幕的封闭敞口能力,这在一定程度上会降低风幕与柜外环境的热质交换,从而降低陈列柜的热负荷。

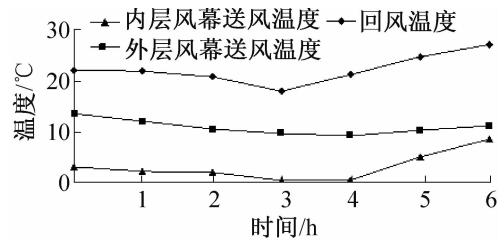


图 4 改造前陈列柜风幕送回风温度随运行时间变化图

Fig. 4 Supply and return air temperature of air curtain without pre-cooler

2.2 减湿预冷器对风幕送回风相对湿度的影响分析

减湿预冷器对风幕有一定的除湿作用,因此,冷

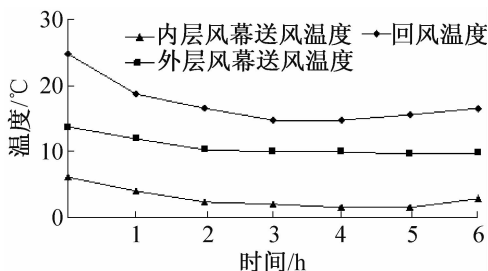


图 5 使用预冷器后陈列柜风幕送回风温度随运行时间变化图

Fig. 5 Supply and return air temperature of air curtain with pre-cooler

藏陈列柜改造后,风幕的送回风相对湿度会发生相应的变化,从而影响风幕的性能,进而会影响陈列柜负荷。

图 6、图 7 为使用减湿预冷器前后风幕送回风相对湿度随时间的变化曲线。实验结果表明:使用减湿预冷器前后,内层风幕送风相对湿度基本保持不变;而改造前后外层风幕送风相对湿度从 69% 降低至 60%,这主要是由于减湿预冷器对外层风幕回风进行预冷时,除去了空气中的部分水分;回风相对湿度改造后比改造前略有增加,这是减湿预冷器使用后减湿和回风温度降低综合影响的结果。

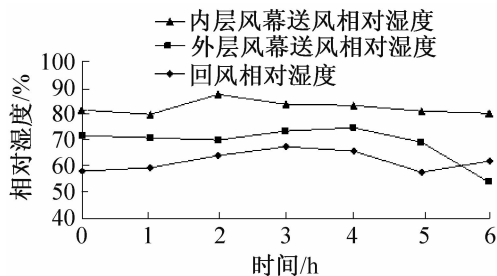


图 6 传统陈列柜风幕送回风相对湿度随运行时间变化

Fig. 6 Supply and return air relative humidity of air curtain without pre-cooler

2.3 减湿预冷器对风幕送回风焓值的影响分析

冷藏陈列柜的负荷可以由风幕送回风焓差计算得出^[10]:

$$Q = Q_{\text{outlet}} - Q_{\text{inlet}} = V(\rho_o h_o - \rho_i h_i)$$

式中: Q_{inlet} 为风幕送风口空气带来的热量; Q_{outlet} 为风幕回风口带走的热量; Q 为陈列柜负荷; V 为风量; ρ_i, ρ_o 为风幕送风口、回风口空气密度; h_i, h_o 为风幕送风口、回风口空气焓值。

实验结果如图 8、图 9 所示。使用减湿预冷器前后,一个周期内内层风幕送风焓值基本保持不变,外

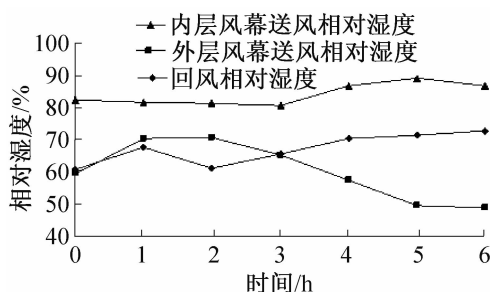


图 7 使用预冷器后陈列柜风幕送回风相对湿度随运行时间变化图

Fig. 7 Supply and return air relative humidity of air curtain with pre-cooler

层风幕的送风焓值降低了 4.8%,而回风焓值降低了 21.4%。由于风幕送风口、回风口空气密度基本保持不变,所以回风焓值的降低可以大大降低陈列柜的负荷。研究表明,陈列柜负荷降低 19.2%^[5]。陈列柜负荷下降的原因主要有两个方面:1) 系统通过改造使用减湿预冷器后,一个周期内风幕的送风温度稳定性增强,从而其封闭敞口能力有了提高,因此通过风幕渗透的热负荷减少;2) 系统通过改造使用减湿预冷器后,蒸发器结霜速度降低,从而减少了融霜加热量,同时也减少了融霜时渗透热负荷。

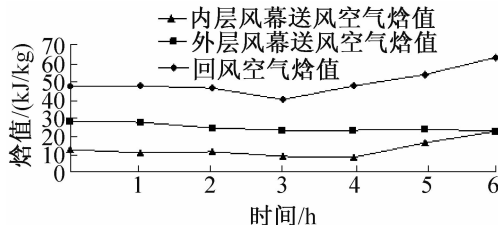


图 8 传统后陈列柜风幕送回风焓值随运行时间变化图

Fig. 8 Supply and return air enthalpy of air curtain without pre-cooler

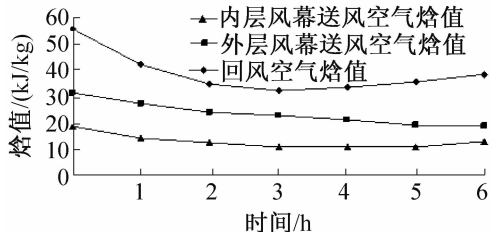


图 9 使用预冷器后陈列柜风幕送回风焓值随运行时间变化图

Fig. 9 Supply and return air enthalpy of air curtain with pre-cooler

3 结论

以一台上海通用富士 DEI-107 型立式敞开式冷藏陈列柜为研究对象,通过实验研究减湿预冷器对风

幕送回风状态的影响。研究结果表明:1)使用减湿预冷器后内层风幕的送风温度在整个周期内其基本保持不变,这在一定程度上有利于提高风幕性能和保持食品温度的稳定;2)使用预冷器后回风温度下降比较明显,因此风幕卷吸系数减小,有利于保持风幕的封闭敞口能力;3)使用减湿预冷器前后,一个周期内内层风幕、外层风幕送风焓值变化不大,而回风焓值降低了21.4%,因此陈列柜负荷会大大降低。

参考文献

- [1] 中国制冷标准化技术委员会. GB/T 21001.2—2007 冷藏陈列柜[S]. 北京: 中国标准出版社,2007.
- [2] 李玉红, 陈天及, 余克志. 冷冻冷藏陈列柜的节能探讨[J]. 制冷与空调, 2003, 3(6): 20-23. (Li Hongyu, Chen Tianji, Yu Kezhi. Study on improving efficiency of refrigerated merchandisers [J]. Refrigeration and Air-condition, 2003, 3(6): 20-23.)
- [3] 郎群英, 申江, 杨钺. 结霜工况下翅片变片距管蒸发器的改进[J]. 制冷, 2003, 22(3): 47-51. (Lang Qunying, Shen Jiang, Yang Nie. Improvement of finned tube evaporator under frosting condition [J]. Refrigeration, 2003, 22(3): 47-51.)
- [4] Giovanni Cortella, Marco Manzan, Gianni Comini. CFD simulation of refrigerated display cabinets[J]. International Journal of Refrigeration, 2001, 24(3): 250-260.
- [5] 张文慧, 龚毅, 吕彦力. 冷藏陈列柜减湿预冷器对蒸发器性能的影响分析[J]. 制冷学报, 2012, 33(1): 57-59. (Zhang Wenhui, Gong Yi, Lü Yanli. Effect of pre-cooler on performance of evaporator in display cabinet [J]. Journal of Refrigeration, 2012, 33(1): 57-59.)
- [6] 张文慧, 龚毅, 吕彦力. 环境温湿度对冷藏陈列柜空气预冷器性能的影响[J]. 制冷学报, 2008, 29(6): 57-60. (Zhang Wenhui, Gong Yi, Lü Yanli. Effect of ambient

temperature and humidity on performance of pre-cooler in display cabinet [J]. Journal of Refrigeration, 2008, 29(6): 57-60.)

- [7] Lü Yanli, Zhang Wenhui, Yuan Pei, et al. Experimental study of heat transfer intensification by using a novel combined shelf in food refrigerated display cabinets [J]. Applied Thermal Engineering, 2010, 30(2): 85-91.
- [8] 杨晓明, 张文慧, 龚毅. 减湿预冷器对冷藏陈列柜风幕性能的影响分析[J]. 制冷, 2007, 26(3): 40-44. (Yang Xiaoming, Zhang Wenhui, Gong Yi. The Effect of pre-cooler to air-curtains in refrigerated display cabinets [J]. Refrigeration, 2007, 26(3): 40-44.)
- [9] 陈蕴光, 袁秀玲. 冷藏陈列柜风幕卷吸特性的数值分析[J]. 西安交通大学学报, 2004, 38(9): 943-946. (Chen Yunguang, Yuan Xiuling. Numerical analyses of entrainment characteristics of air curtains in multi-deck refrigerated display cases [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2004, 38(9): 943-946.)
- [10] 邓咏梅, 徐正本, 陈蕴光, 等. 确定陈列柜热负荷新方法的研究[J]. 制冷空调与电力机械, 2003, 24(5): 7-9. (Deng Yongmei, Xu Zhengben, Chen Yunguang, et al. Research on a new method of calculating heat load of display cases [J]. Refrigeration Air Condition & Electric Power Machinery, 2003, 24(5): 7-9.)

通信作者简介

张文慧, 女(1980-), 硕士/讲师, 郑州轻工业学院机电工程学院, 0371-63556785, E-mail: hzx0302@126.com。研究方向: 食品冷冻冷藏技术。

About the corresponding author

Zhang Wenhui (1980-), female, Master/Lecture, School of Electromechanical Science and Engineering, Zheng Zhou University of Light Industry, 13783441061, E-mail: hzx0302@126.com. Research fields: Food storage technique.