

文章编号: 0253-4339(2012)01-0057-03

doi: 10.3969/j.issn.0253-4339.2012.01.057

冷藏陈列柜减湿预冷器对蒸发器性能的影响分析

张文慧 龚毅 吕彦力

(郑州轻工业学院 郑州 450002)

摘要 为了减缓冷藏陈列柜结霜,在一台中温立式敞开式冷藏陈列柜上加装减湿预冷器,并针对加装前后冷藏陈列柜的性能进行了实验。实验结果表明:在国家标准GB/T21001.1—2007《冷藏陈列柜第2部分:分类、要求和实验条件》中设定的Climate class 3实验条件下(测试环境温度为25℃,相对湿度为60%),加装减湿预冷器使冷藏陈列柜蒸发器的进口空气温度降低2.4℃,含湿量也相应降低;此外蒸发器的结霜速度变缓,在6h的融霜周期内融霜时间减少了28%,系统负荷降低了19.2%。

关键词 食品冷藏技术;陈列柜;空气预冷器;蒸发器

中图分类号: TB657; TQ051.6⁺1

文献标识码: A

Effect of Pre-cooler on Performance of Evaporator in Display Cabinet

Zhang Wenhui Gong Yi Lv Yanli

(Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, 450002, China)

Abstract The effect of pre-cooler on performance of evaporator was investigated on a mid-temperature vertical open-type display cabinet. And an experimental investigation was undertaken in the test room (temperature of 25℃ and relative humidity of 60%) to characterize the effect of pre-cooler on performance of evaporator in display cabinet. The results showed that: the condition of the air inlet evaporator were changed, and temperature of the air inlet evaporator was reduced by 2.4℃; the accumulation rate of frost on the evaporator was dropped and the defrost time was reduced by 28%; and the use of pre-cooler could lead to significant decrease in the cooling load by 19.2%.

Keywords Food storage technology; Display cabinet; Pre-cooler; Evaporator

根据食品储藏标准(GB/T 21001.2—2007),冷藏陈列柜储藏易腐食品的温度必须保持在5℃以下,满足M1等级要求(-1~5℃)^[1]。这就需要陈列柜制冷系统的蒸发器在较低的温度下运行。当陈列柜蒸发器表面温度降到0℃以下时,其表面开始有霜形成。由于霜层是由冰晶和湿空气组成的多孔物质,有效导热系数较小,所以霜层增加了蒸发器外侧的换热热阻,降低了传热系数;同时霜层会部分地堵塞空气侧通道,增大流动阻力,从而减小空气流量,导致蒸发器的换热量下降,和风幕封闭敞口能力的降低,严重时甚至导致系统失效。因此,蒸发器必须定期融霜,这样既消耗额外的能量,能耗增大,还会使系统运行不稳定。

但是,立式敞开式陈列柜可以让顾客自由地拿取货物,为顾客提供一个随意、轻松的购物环境,促进商品销售,所以在大型商场大量地使用。

但是此类陈列柜有其自身致命的缺点:能耗严重。造成陈列柜能耗过大的原因主要有三点:1)周围环境对柜内食品表面的辐射热较大;2)通过风幕渗透进来的热湿空气较多,尤其是敞开式陈列柜;3)定期除霜消耗能量的同时又增加了陈列柜的热负荷。

为了减缓蒸发器结霜,降低结霜对陈列柜性能的影响,可采用过热器作为减湿预冷器^[2-5],承担风幕空气的预冷任务,使通过蒸发器的空气温度和含湿量降低,从而使得空气和蒸发器翅片间的传热温差减小,改善整个蒸发器的换热性能。同时,蒸发器的结霜量减少,从而延长融霜周期,降低了融霜加热量,增强冷柜内部温度的稳定性。

1 实验装置

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。实验以某公司型号为DEI-107

基金项目:国家自然科学基金(21076200/B060202)资助项目。(The project was supported by the Natural Science Foundation of China(No. 21076200/B060202).)

收稿日期:2010年12月23日

的立式敞开式冷藏陈列柜为研究对象, 该陈列柜是专门针对便利店开发的薄型立式风幕柜, 搁架有多层, 风幕为两层结构。减湿预冷器设于陈列柜底层搁架下方, 如图1所示^[2]。



图1 实验用陈列柜实物图

Fig.1 Picture of the experimental cabinet

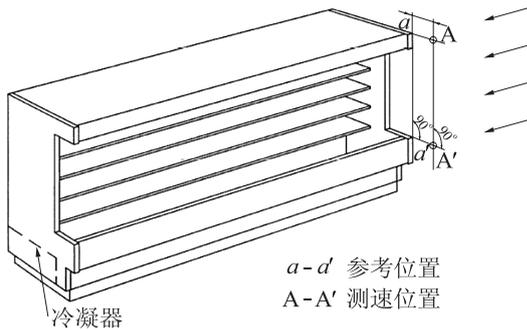


图2 陈列柜前风速测点

Fig.2 Air movement measurement position of cabinet

根据GB/T 21001.2—2007^[1], 实验将陈列柜布置在恒温恒湿空调室内。测试环境选择Climate class 3 (测试环境温度 25°C , 环境相对湿度为60%, 湿球温度为 17°C), 与柜体长度方向平行的风速为 $0.1\sim 0.2\text{m/s}$, 测速位置及参考位置如图2所示。

2 实验结果分析

增设空气预冷器后, 通过蒸发器的空气温度和含湿量均有所降低, 使得空气和蒸发器翅片间的传热温差减小, 由于随着传热温差的减小, 换热系数呈递增趋势, 相当于蒸发器有效换热面积增大, 从而整个蒸发器的换热性能得到改善。同时, 系统运行时, 蒸发器的结霜量会有所减少, 从而延长融霜周期, 降低了融霜加热量, 使陈列柜负荷降低, 进而使陈列柜内部食品温度稳定性有所增强。

2.1 减湿预冷器对蒸发器进口空气状态的影响

陈列柜风幕回风通过减湿预冷器后温度降低, 含湿量减少。从图3可以得到, 通过减湿预冷器后空气温度降低 2.4°C , 并且一个融霜周期内(6h)减湿预冷器产生冷凝水 3.9kg 。陈列柜运行5h

后随着蒸发器结霜量的增加, 蒸发器换热性能下降, 预冷器前后空气温度又逐渐上升。6h后, 陈列柜开始融霜, 压缩机关闭, 因此减湿预冷器前后的温度开始趋于一致。

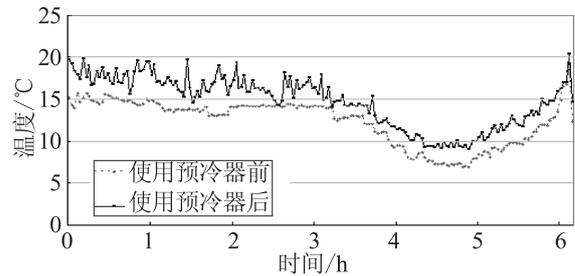


图3 减湿预冷器前后空气温度

Fig.3 Air temperature before and after the pre-cooler

2.2 减湿预冷器对蒸发器结霜量及结霜速度的影响

改造前冷藏陈列柜样机工作2h后, 就开始出现薄薄的霜层, 4h后就会出现大量的霜, 致使翅片几乎完全被封住。而使用除湿预冷器后, 系统运行3h后开始出现很薄的霜层, 随后霜层逐渐加厚, 5h后, 霜层变厚速度加快, 蒸发器换热性能急剧恶化。

实验用陈列柜采用热气融霜方式, 融霜时, 压缩机停机, 制冷剂不流动, 只有风机正常工作。融霜周期设定为6h, 以时间控制融霜, 若时间到达或者柜内温度大于设定最高温度时, 融霜结束。实验结果表明: 实验用冷藏陈列柜使用减湿预冷器前后融霜水量减少5.9%。

2.3 减湿预冷器对蒸发器融霜时间的影响

使用减湿预冷器后, 蒸发器融霜时间也发生变化。环境温度为 25°C , 相对湿度60%时, 改造前陈列柜样机融霜时间为25min, 使用除湿预冷器后, 融霜时间降为18min。融霜水量的减少和融霜时间的缩短, 也使柜内食品温度回升降低, 从而为食品安全带来有利条件。

2.4 减湿预冷器对陈列柜负荷的影响

陈列柜冷藏空间内空气的热平衡关系如图4所示。由能量守恒关系可得:

$$Q_{\text{cond}} + Q_{\text{cur}} + Q_{\text{in}} + Q_{\text{rad}} + Q_{\text{inlet}} - Q_{\text{outlet}} = 0 \quad (1)$$

其中陈列柜冷负荷可由下式表示:

$$Q = Q_{\text{cond}} + Q_{\text{cur}} + Q_{\text{in}} + Q_{\text{rad}} \quad (2)$$

冷藏陈列柜的负荷可以由下式计算得出^[6]:

$$Q = Q_{\text{outlet}} - Q_{\text{inlet}} = V(\rho_o h_o - \rho_i h_i) \quad (3)$$

其中: Q_{cond} —柜壁与外界的导热系数; Q_{cur} —

风幕与外界的换热量； Q_{in} —柜内热负荷(食品，照明，风扇等)； Q_{rad} —柜壁与外界辐射换热量； Q_{inlet} —风幕进口空气带来的热量； Q_{outlet} —风幕进口带走的热量； Q —陈列柜冷负荷； V —风量； ρ_i, ρ_o —进出口空气密度； h_i, h_o —进出口空气焓值。

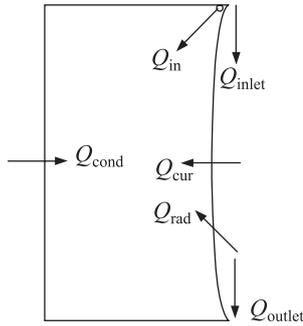


图4 陈列柜冷藏区热平衡示意图

Fig.4 Sketch map of the energy balance in display cabinet

图5为根据式(3)求出的冷藏陈列柜系统改造前后热负荷在一个周期内的变化曲线。结果表明，使用减湿预冷器后冷藏陈列柜热负荷有所降低，特别是系统运行2h后，相对于改造前的冷藏陈列柜来说，使用减湿预冷器后，冷藏陈列柜热负荷大大降低。一个运转周期内(6h)，改造前冷藏陈列柜热负荷平均为5.37kW，而系统改造后热负荷为4.34kW，降低19.2%。热负荷降低的原因主要有两点：1)使用减湿预冷器后，风幕的封闭敞口能力得到了提高，因此通过风幕的渗透负荷减少^[4]；2)使用减湿预冷器后，蒸发器结霜量有所减少，从而减少了融霜加热量及融霜多余热，同时也减少了融霜时渗透负荷。

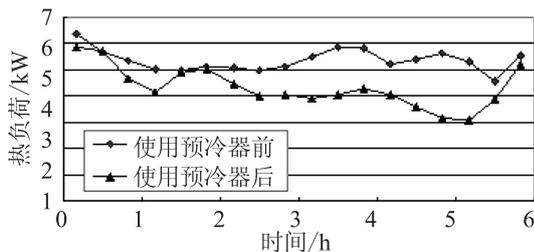


图5 冷藏陈列柜热负荷曲线

Fig.5 Curves of the heating load in the display cabinet

3 结论

以一台DEI-107型立式敞开式中温食品陈列柜为研究对象，通过实验，研究减湿预冷器对蒸发器性能的影响。研究表明：1)使用减湿预冷器可降低蒸发器进口空气的温度和含湿量；2)减湿预冷器可减缓蒸发器的结霜速度，减少蒸发器的结霜量及融

霜时间；3)减湿预冷器的使用可减少融霜渗透负荷，从而降低陈列柜负荷，有利于保持柜内食品温度的稳定性。

参考文献

- [1] 中国制冷标准化技术委员会.GB/T 21001.2—2007冷藏陈列柜第2部分: 分类、要求和实验条件[S].北京: 中国标准出版社, 2007. (China Standardization Technology Association of Refrigeration. GB/T 21001.2—2007 Refrigerated display cabinets—Part 2: Classification, requirements and test conditions[S].Beijing: China Standardization Publishing House.)
- [2] 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, Lu Yanli. Effect of Ambient Temperature and Humidity on Performance of Pre-cooler in Display Cabinet [J].Journal of Refrigeration, 2008, 29(6): 57-60.)
- [3] Lv Y L, Zhang W H, Yuan P, et al. Experimental study of heat transfer intensification by using a novel combined shelf in food refrigerated display cabinets[J]. Applied Thermal Engineering, 2010, 30:85-91.
- [4] 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.)
- [5] 吕彦力.冷藏陈列柜食品强化传热及节能技术研究[D].西安: 西安交通大学, 2008. (Lv Yanli. Investigation on Enhanced Heat Transfer of Food in Refrigerated Display Cabinets and Energy Saving Technologies[D]. Xi'an:Xi'an Jiaotong University, 2008.)
- [6] 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, (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 Conditioning & Electric Power Machinery, 2003, (5): 7-9.)

作者简介

张文慧, 女(1980-), 讲师, 郑州轻工业学院机电工程学院, 郑州市东风路5号郑州轻工业学院机电工程学院, 450002, 13783441061, E-mail:wenhuihang921@sina.com。研究方向: 制冷设备节能技术研究, 食品冷藏技术。

About the author

Zhang Wenhui (1980-), female, lecturer, Mechanical and Electrical Engineering Institute, Zhengzhou University of Light Industry, 5# Dongfeng Road, Zhengzhou, China, 450002, 13783441061, E-mail:wenhuihang921@sina.com. Research fields: Investigation on Energy Saving Technologies of Refrigeration Equipment, Food storage technology.