

# 无霜冰箱现代化霜技术的研究进展

李玉祥 李洪涛 尹凤福 刘振宇 周晓东

(海尔数字化家电国家重点实验室,海尔集团技术研发中心,266101)

**摘要:**无霜冰箱具有自动除霜、制冷均匀、控温准确等特点,受到越来越多用户的欢迎。实现无霜的关键是化霜技术的合理选择。本文概括了当前主要的化霜启动方法,重点分析了电加热化霜、超声波化霜等四种化霜技术的原理和装置,并比较了各种技术的优缺点。在此基础上,对化霜技术的发展前景进行了适当的展望。

**关键词:**无霜冰箱 化霜技术 电加热 超声波

## Research Progress on the Modern Defrosting Technology of Frost Free Fridge

Li Yuxiang, Li Hongtao, Yin Fengfu, Liu Zhenyu, Zhou Xiaodong

(State Key Laboratory of Haier Digital Household Appliances, R&D Center of Haier Group, 266101)

**Abstract:** Frost free fridge is characterized with automatic defrosting, uniform heating and exact temperature control, so is getting more popularized. The key of the frost free is the defrosting technique. Here, the major starting methods of defrosting current were summarized; especially, the mechanisms and devices of the four defrosting technologies such as the electrical heating defrosting and ultrasonic defrosting were analyzed and compared. Based on the above-mentioned, the trend of defrosting technique was predicated.

**Keywords:** Frost free fridge, Defrosting technology, Electrical heating, Ultrasonic

### 1 引言

无霜冰箱可称为间冷式冰箱,亦称为风冷式冰箱,具有箱内温度均匀、冷冻速度快等优点。因为蒸发器在冰箱的内部,打开冰箱门无法直接看到蒸发器,同时,霜可通过化霜技术自动除去,且化霜水可自动排除,所以看不到霜的存在,所以这种冰箱被形象地称为无霜冰箱。

冰箱制冷过程中,箱内水分会在蒸发器表面凝结成霜。当箱内霜层很薄时,对蒸发器的传热影响不明显,但随着霜层的不断形成与增长,就会加大蒸发器表面与空气间的传热热阻,增加气流通过蒸发器时的流动阻力,使得通过蒸发器的空

气流量下降,换热效率降低,导致由空气和蒸发器之间换热量下降,从而影响制冷效果,增加耗电量。有资料显示<sup>[1-2]</sup>,当蒸发器表面霜层厚度达10mm时,冰箱制冷能力将下降30%,即如果要使冰箱内温度达到规定值,开机时间要延长1/3。尤其是大容量多功能风冷冰箱蒸发器结霜速度快,霜层厚。化霜后存在二次结霜的现象,在很短的时间内使系统性能有非常严重的降低。因而,必须对冰箱进行除霜。

### 2 化霜技术

化霜即除去换热器表面的结霜,使换热器能

第一作者简介:李玉祥(1977.1—),男,工程师,本科学历,2000年7月毕业于西南交通大学,机械工程与自动化专业。目前任职海尔集团技术研发中心循环经济研究所市场开发部长,长期从事家用电器技术与工程等方面管理及研发、循环经济关键技术及市场的开发等工作。

正常工作,尽可能地维持正常的 COP 值(制冷效率)。化霜一般分为 4 个阶段:化霜启动、融霜、排霜以及化霜终止并恢复。而无霜冰箱化霜自动控制系统多由自动化霜信号获取装置(亦称为化霜启动装置)、化霜装置和排霜装置等组成。

### 2.1 化霜启动方法的分类

实现高效、准确的化霜控制,关键是要能根据机器的工作条件准确把握化霜的切入点,及时检测到表征结霜状况的参数,并以此为开始和结束化霜的判据。目前,根据自动化霜获取信号装置不同可分为五种化霜启动方法:

(1)利用蒸发器进出口流通空气的温度值启动化霜<sup>[3]</sup>。

(2)在某一具体测量点设置结霜传感器或采用霜层图象处理技术,以判定霜层厚度来进行化霜<sup>[4]</sup>。

(3)应用模糊推理,在冰箱温度最稳定的时间,即使霜层厚度不大,进行快速化霜<sup>[5]</sup>。

(4)根据压缩机累计运行时间达到某一数值,固定时间化霜<sup>[6]</sup>。

(5)通过湿度传感器启动化霜装置进行除霜<sup>[7]</sup>。

利用光电探测器或声音振荡器直接检测霜层的厚度,或通过检测蒸发器两侧空气压降的变化、风机功耗的增大等判断霜层的厚度的传感技术,亦有望用于冰箱的化霜启动装置中<sup>[8]</sup>。现阶段无霜冰箱生产中多根据开门频次、环境温度、湿度和风量大小等综合因素而采取多种自动获取化霜信号拟合技术进行信号传递和控制。

### 2.2 化霜技术的分类

从化霜装置的不同上可分为电加热化霜、热气化霜、超声波化霜和吸附化霜技术。

#### 2.2.1 电加热器化霜技术

电加热化霜技术又分为热传导(铝质管导热式)和热辐射(石英管辐射式)两种。

##### 2.2.1.1 铝质管导热式化霜技术

即电阻丝外套铝管加热化霜。通过电阻丝加热铝管传导化霜,热量由铝翅片传递到冰块上,冰块与翅片接触的部分最先融化,融霜水通过箱内排水管排到箱底的外部接水盘,再利用副冷凝器或压

缩机的热量使水强制蒸发,用不着人工倒融霜水。

铝管加热时,热量由铝翅片传递到冰块上,冰块与翅片接触的部分最先融化,水滴和冰块落到接水槽上,部分冰块会堵在排水管的入口处。而且在下次制冷时,未及时排出的化霜水会与冰块重新结冰,完全堵住排水管入口。导致接下来的化霜水不能排出,而外溢到冷冻室,造成冷冻室底部大面积结冰的现象<sup>[9]</sup>。

##### 2.2.1.2 石英管辐射式化霜技术<sup>[10]</sup>

选择石英加热管作为化霜加热器,此类加热器是冰箱化霜用小功率加热器,一般功率为 100 ~ 400W。石英管中内绕镍铬合金电阻丝,两端用硅橡胶帽封装,详见图 1。

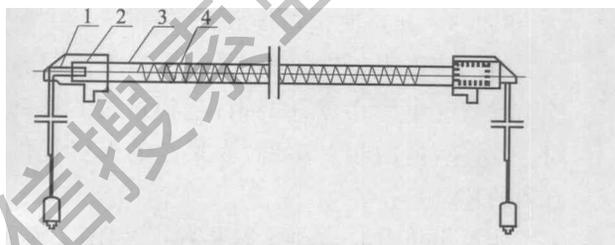


图 1 石英管辐射式加热器装置图

1—线束 2—硅橡胶帽

3—石英玻璃管 4—镍铬合金丝

石英管具有选择性远红外辐射的功能,电热转换效率高。若在石英管加热器的表面喷涂一层具有强烈吸附性能和催化活性触媒涂层,这样的加热器就同时兼具化霜和除臭两种功能。

加热器由铝质管导热式改为石英管辐射式,提高了无霜冰箱工作的可靠性,降低了制作成本和回收成本。

##### 2.2.2 热气化霜技术

国内某公司<sup>[11]</sup>发明了一项热气化霜冰箱专利,通过四通阀换向,制冷剂反向流动的方式达到化霜目的。对于该专利而言,由于四通换向阀的内泄露,热传导的附加损失大,加之成本及该阀的可靠性不足,因而四通阀装置难以应用于冰箱。因而,李永<sup>[12]</sup>采取的单阀热气流化霜方案,试验效果比较理想的。其工作原理是在制冷系统中,把化霜电磁阀加装于冷凝器入口至蒸发器入口之间,制冷机运转时,化霜电磁阀关闭,系统按常规情况运转。欲化霜时,电磁阀打开,从压缩机流出

的制冷剂过热蒸汽直接进入蒸发器,在蒸发器中释放部分热量,再进入压缩机,完成了把压缩功转化为融化冰的过程,从而达到化霜目的。

该方案具有两大优点,一是缩短融霜时间,使室内温升少,化霜后降温所消耗的制冷量少化霜时间短,室内温度恢复快,如果说目前电热丝化霜恢复时间两小时左右的话,热气流化霜的恢复时间仅30分钟。二是该化霜方案不但在间冷式冰箱的化霜试验中取得了很好的效果,对直冷式冰箱、电冷柜、空调器热泵运转时室外机组的化霜也是可行的,国内某厂在冷柜的热化霜试验中就得到了很乐观的效果(化霜20分钟结束),尤其冷柜,可以在不取出箱内食品的状态下达到化霜的目的。

### 2.2.3 超声波化霜技术

超声波作用于霜层和空气时,能将霜层粉碎或干扰空气中的水蒸气结霜,起到显著的抑制作用。维持室内的相对湿度,为果蔬的保鲜提供了有利的环境条件。

冰箱用超声波自动化霜装置<sup>[13]</sup>如图2所示。当霜层达到一定厚度时,霜层接触到第二探针5。这时接通超声波发生器1电源,超声波换能器2。工作超声波换能器2将电能转换成声能,产生的超声波在蒸发器6中传播。由于超声波的机械振动效应,蒸发器上的霜层脱落,化霜一段时间,且此时霜层感应器感应不到霜层,化霜结束。

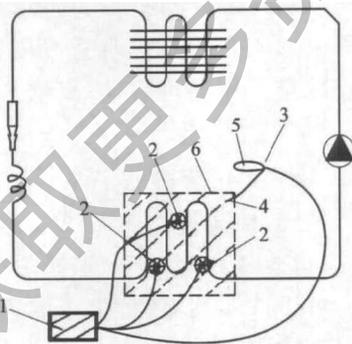


图2 超声波自动化霜装置

1—超声波发生器 2—超声波换能器 3—霜层感应器  
4—第一探针 5—第二探针 6—蒸发器

其中霜层感应器3包含第一探针4和第二探针5,超声波发生器1置于超声波换能器2旁,霜层感应器3安装在冰箱冷冻室内靠近蒸发器6处,第一探针4接于蒸发器6,第二探针5与蒸发器6有间隙。

目前该技术已被应用于冷库的化霜中<sup>[14]</sup>,国内某公司已着手开发研制在冰箱化霜中的应用。李栋<sup>[15]</sup>博士通过对自然对流条件下施加20kHz频率的超声波和未施加超声波两种作用机制下平板表面的结霜现象进行对比分析,得出超声波能够显著抑制平板表面霜层的生长。因而,超声波技术有望在冰箱上得到进一步推广应用。

### 2.2.4 吸附化霜技术

吸附化霜技术<sup>[16]</sup>是指干燥剂被置于冰箱冷藏室内,干燥剂以足够的速度选择性地吸收冰箱冷藏室内的湿气,降低冰箱冷藏室内的相对湿度到足够低,以防止冰箱冷藏室在静态温度时形成霜。该项技术已获批专利,但尚未应用于实际的产品生产中。

除了选择合理的化霜技术外,为实现良好的自动化霜性能,海尔集团通过对不同开机率、送风口出口风速、出口温度对霜层厚度的影响分别进行了实验研究,并对化霜启动器和化霜器的选择,化霜控制规则和控制参数以及风路管道的设计不断进行优化改进,并首个成功推出了无霜三门冰箱。海尔集团的无霜三门冰箱采用全风冷设计,突破传统冰箱霜层与水气结霜的原理,以扇形风机促进水气循环,隐藏式风道让变温室不再受霜层困扰,蒸发器能更好的为冷冻室服务。全风冷制冷技术的原理是通过出风口吹进循环冷气流,使水分自然蒸发,不会凝结在冰箱内壁上形成霜冻,同时采用无极变频等先进技术,减少了在蒸发器上的结霜现象。

## 3 结论

(1)电加热化霜,应用最为广泛。石英管式相对铝管式化霜技术较好,但二者在化霜过程中都会造成高温气流漏进箱体,使箱内温度起伏较大,同时,在化霜过程被化掉的霜中很大一部分被重新蒸发进入箱内,易形成二次结霜。

(2)适用于小型冷库系统的热气化霜,系统和控制方法相对复杂,但化霜速度快、均匀、安全,节能,但仍然会造成箱内温度波动,影响保鲜效果。

(3)超声波化霜是节能明显、最能保湿保鲜的

化霜方法,有望得到推广应用,应进一步研究超声波发生器的布置和使用规律,提高化霜彻底程度,同时需要注意避免对二次结霜的影响。

参考文献:

1. 崔乐梅. 电冰箱如何化霜好. 健康[J]. 2000, 3: 28
2. 许东晟. 除霜和除霜控制研究. 流体机械[J] 2006, 34(1): 70 ~ 73
3. 姜翌, 刘宁. 低温冰箱电脑温控器研究[J]. 沈阳工业大学学报, 1997, 19(3): 42 ~ 46
4. 王文涛, 姜锦英. 结霜传感器[J]. 传感器世界, 2001, (10): 19 ~ 21
5. 于兵, 阙雄才, 等. 翅片管蒸发器结霜厚度图象处理定量实验分析[J]. 工程热物理学报, 1998, 19(3): 335 ~ 339
6. 湛清平, 杨存祥. 风冷式电冰箱模糊控制器的研制[J]. 郑州轻工业学院学报, 1997, 12(2): 27 ~ 31
7. 黄东, 袁秀玲. 风冷热泵冷热水机组热气旁通除霜与逆循环除霜性能对比[J]. 西安交通大学学报, 2006, 40(5): 539 ~ 543
8. 邓玉艳. 除湿机除霜设计与实验研究[J]. 流体机械, 2007, 35(2): 58 ~ 60
9. 杨学宾, 褚玉霞, 等. 无霜冰箱蒸发器化霜系统的改进设计[J]. 家电科技, 2006, 6: 69 ~ 70
10. 童蕾, 陈超敏. 一种小型风直冷无霜冰箱自动化霜系统[J]. 机电设备, 2004. 5: 1 ~ 3
11. 一种热气除霜冰箱[P]. 中国: CN01255267. 4, 2002. 6. 26
12. 李永, 朱日照. 间冷式冰箱热气流除霜的试验. 家电科技, 1993. 6: 12 ~ 13
13. 冰箱用超声波自动除霜装置[P]. 中国: CN1888764A, 2007. 1
14. 阚勤劳, 朱琳, 等. 冷风机超声波除霜技术试验研究[J]. 农业机械学报, 2003, 34(4): 74 ~ 76
15. 李栋, 陈振乾. 超声波抑制平板表面结霜的试验研究[J]. 化工学报, 2009, 60(9): 2171 ~ 2176
16. 冰箱除霜装置[P]. 中国: CN200780023342. 3, 2009

获取更多资料 微信搜一搜 家电维修资料网