

# 超宽温区冰箱的变温室加热可行性分析与探讨

## Discussion on the feasibility of heating in variable temperature compartment of super-wide temperature refrigerator

刘宏宇 尚殿波 王冬祥 胡海梅

LIU Hongyu SHANG Dianbo WANG Dongxiang HU Haimei

合肥美菱股份有限公司 安徽合肥 230601

Hefei Meiling Company Limited Co.,Ltd. Hefei 230601

### 摘要

通过分析我国学者对超宽温区冰箱的研究成果,使用铝箔加热器方案探讨了冰箱变温室加热的可行性,通过CFD模拟和样机制作,证明了使用所述方法可以使得变温室具备-18℃至45℃之间调温的条件,间室空气温度均匀性较好,最大温差控制在5℃左右,铝箔加热器的表面加热温度较低,保护了冰箱的内衬。

### 关键词

超宽温区;变温室;铝箔加热器

### Abstract

Through the analysis of Chinese scholars on the research achievements of super-wide temperature refrigerator, using the aluminum foil heater project to explore the feasibility of heating in variable temperature compartment, through CFD simulation and prototype production, proving that using the mentioned method can make variable temperature compartment have the conditions to adjust the temperature between -18℃ to 45℃, the air temperature uniformity is well, the maximum temperature difference controlled in 5℃ or so, the surface of the aluminum foil heater heating temperature is relatively low, can well protect the inner of the refrigerator.

### Keywords

Super-wide temperature refrigerator; Variable temperature compartment; Aluminum foil heater

## 1 引言

随着时代的发展,冰箱的功能逐步完善,带变温室的冰箱逐渐普及。变温室更多是一种补充性的功能间室,可以大大增加用户的使用性能<sup>[1]</sup>。市面上,冰箱变温室的调节范围大都在-18℃~10℃,基本满足大多数食品的储藏需求,但是对于红酒和热带水果等食品,其最佳保存温度为10℃~25℃,现有冰箱因保存温度偏低,并不能满足其储藏需求。

近年来,我国学者对储藏温度范围更大的超宽温区冰箱进行了研究。曹俊哲<sup>[2]</sup>等以一款BCD-273W三门风冷冰箱为研究载体,通过实验分析了冷热复合系统的可行性及设计思路,结果表明,应用冷热复合系统的BCD-273W间室可实现-12.9℃到52.2℃、55.9℃到-9.8℃快速切换,52.2℃~55.9℃温度区间持续43.3h,稳定环境温度下温度稳

定性良好。姚南飞<sup>[3]</sup>在实用新型中提出,通过使用温度传感器、比较器和加热模块在冰箱冷藏胆内设计了一个常温室,提供了10℃~25℃的温度范围,丰富了冰箱冷藏胆的温度范围,满足了多种食品不同储存温度的需要,提高了冰箱冷藏胆的食品保鲜能力。姚君<sup>[4]</sup>等在冰箱箱体的外侧设置第一温度传感器,在箱体内胆的外侧设置加热元件,由箱壳外的控制器控制加热元件是否加热箱体内胆,实现了冰箱超宽幅变温,增大了冰箱的温区范围。

## 2 加热方案介绍

### 2.1 原理介绍

冰箱变温室加热必然要使用到加热装置,因为钢管加热器、石英管加热器等的表面加热温度均超过100℃,考虑到冰箱内胆材质,采用了相对安全可靠的铝箔加热器。由于铝箔加热器的发热量一般较小,相对于钢管加热器、铝合金加热器等发热元件,铝箔加热器的表面温度可以控制在60℃以下,对于冰箱变温室内衬而言,更具有安全性。

铝箔加热器贴附在变温室内衬外侧的表面上,形成一种上下包裹结构,铝箔加热器通电后发热,热量通过变温室内衬传递到变温室内,达到给变温室加热的目的。

在冰箱的变温室间室内设置有两个温度传感器,其一为变温室温度传感器,反应变温室内空气温度,此传感器应远离有铝箔加热器的一面,防止受到加热丝温度干扰;其二为加热器温度传感器,此传感器的位置贴近加热丝,用以反应铝箔加热器的实际温度。

### 2.2 加热控制方法简述

冰箱内衬采用高光HIPS材料,其热变形温度为80℃,使用了控制器,控制铝箔加热器的开关,避免间室内部温度与铝箔加热器温度的温差过大,导致箱体内衬老化、开裂等问

题,当加热器传感器的温度到达58℃时,停止加热,可以有效地防止内衬被加热到60℃以上,起到保护内衬的作用。

加热器开启加热模式分为三段:快速加热段、恒温加热段和保温加热段。加热器首次开启对冷间室进行加热时,首先进入快速加热段,此段采用温差加热法,即当加热器开启加热时,当加热器温度高于间室内空气温度30℃时,加热器停止加热,避免间室内温度与铝箔加热器温度的温差过大,导致内衬因应力开裂的问题,当加热器温度与间室内温度温差降至25℃时,再次开启加热器。

当加热器温度第一次到达58℃时,进入恒温加热段,保持加热器在较小温度变化范围内进行加热,加热器的开停只根据加热器温度而定,当加热器温度为58℃时停止加热,当加热器温度低于55℃时,开启加热。

当间室温度达到用户的设定温度时,进入保温加热段,维持间室内温度在设定范围内合理波动。

### 3 试验结果

#### 3.1 样机试验

根据上述理论,在BCD-271W载体上制作超宽温区冰箱。如图2,铝箔加热器贴附于变温室内衬外侧的上表面和下表面,之后冰箱正常完成组装、发泡等工序。

将样机放置在环境温度25℃的实验室内,在变温室的上层抽屉和下层抽屉中心位置布置了两个热电偶,冷藏室设定5℃,冷冻室设定-18℃,变温室设定-12℃,稳定运行24小时。此时设定变温室加热温度45℃,变温室此时停止制冷,加热器按上述控制方法开始工作。

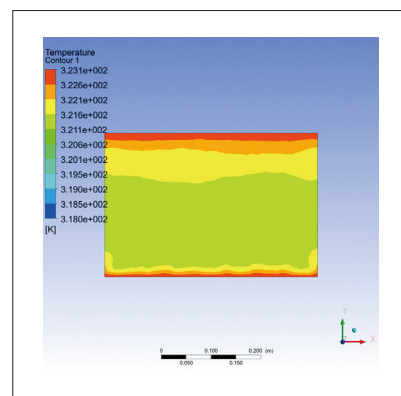
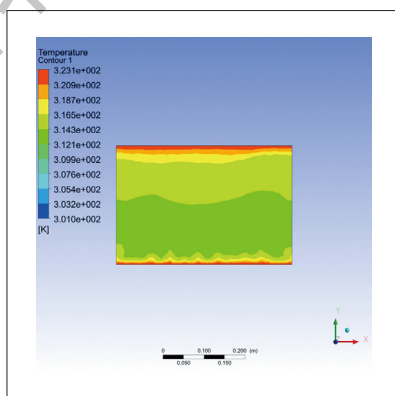
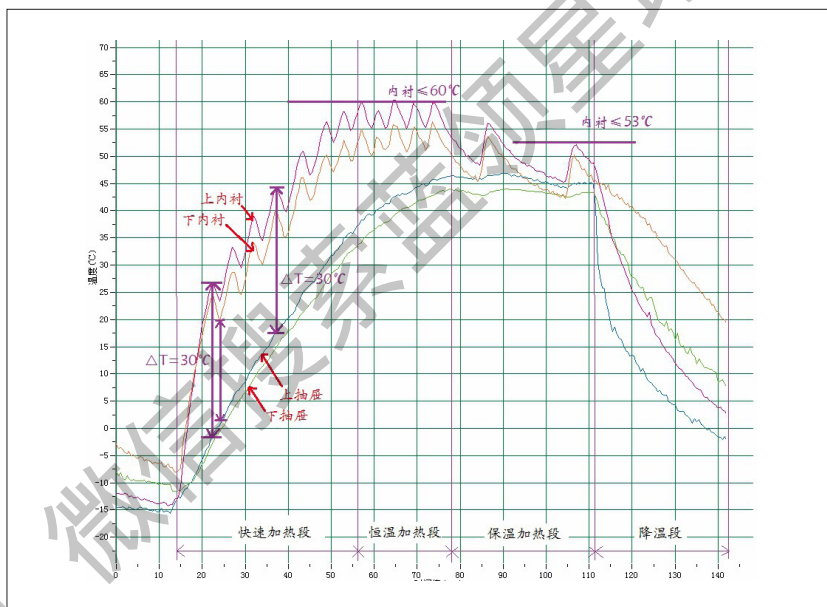
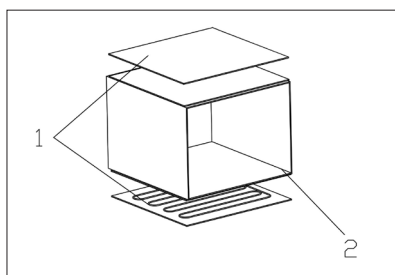
从图3中可以看出,在快速加热段,从平均温度-12℃加热到45℃耗时42分钟,温差控制在最大30℃,加热速度较为平稳;在恒温加热段,温度波动小于5℃,且内衬温度控制在60℃以内,对于冰箱而言具有很好的安全性;在保温加热段,可以维持在45℃左右内波动,波动范围不超过3℃,稳定性良好。

#### 3.2 仿真模拟

使用仿真软件对冰箱变温室进行建模并加载加热温度,分别截取快速加热段和保温加热段的瞬时温度场分布图形。

图4所示为快速加热段时,间室内平均温度达到30℃时的温度场分布图,冰箱变温室衬温度在50℃左右,由于热空气上浮的作用,变温室上部温度略高于下部温度,间室内部空气温度最大温差在5℃左右,均温性较好。

图5所示为保温加热段时,间室内温度达到平衡时的温



度场分布,变温室内衬温度在50℃左右,间室内整体温度趋于均匀,最大温差在3℃左右。仿真结果与实际试验的测试结果基本相符。

### 4 结论

通过CFD仿真以及样机试验摸底,验证了超宽温区冰箱的间室加热的可行性,加热过程分为快速加(下转25页)

图1 铝箔加热器安装示意图  
图2 安装有铝箔加热器的变温室内衬

图3 样机试验曲线

图4 快速加热段温度场分布图  
图5 保温加热段温度场分布图

## 2.2 控制系统的软件部分

控制系统的软件部分采用多目标模糊控制技术对冰箱的制冷工况状态进行控制。各间室内的温度传感器实时采集其对应间室内部的温度与设定温度的温差及温度变化率,将其输入对各间室内食品温度进行初判的模糊推理规则运算器,推算出各间室内的食品温度与设定温度的温差初判值(以下简称食品温差初判值)。

控制系统将实时采集各间室的开门时间、环境温度,并将它们输入用于对其间室内食品温度的初判值进行修正的模糊推理规则运算器,推算出各间室内的食品温度与设定温度的温差的修正值(以下简称食品温差修正值)。

将各间室的食物温差初判值与食品温差修正值输入其对应的算法器,得出各间室内的食品温度与设定温度的温差值(以下简称食品温差)。

将各间室的食物温差值输入多目标模糊推理规则运算器,将得出的运算结果经过反模糊化,得出相应的精确控制值,包括各间室的独立循环制冷系统中的电磁阀的开闭、压机的开停及其转速的调整。可以理解为,多目标模糊控制系统控制电路和软件对连续的多目标输入信号进行模糊控制推理分析,输出开关量——控制压缩机的开停及输出连续量——控制变频压缩机的速度调节、以及输出开关量——控制各间室制冷回路中的电磁阀的开关。

如果用户刚在冰箱的某个间室内放入较多食物或者传感器采集到的温度与用户设定温度的温差出现较大正偏差且温度变化率是负的较大,多目标模糊控制系统经模糊推理运算后输出控制压缩机立即开始工作对该间室进行制冷。由于采用变频调速系统,软件控制压缩机用较高的速度运行,在该间室的温度出现较大的上升波动前就可以很快使该间室的制冷温度降到用户设定温度。随着该间室温度逐渐接近用户设定的要求,传感器采集到的间室内温度与用户设定温度的温差出现较小正偏差且温度变化率是正的较大。模糊软件控制压缩机逐渐降低转速,尽量使冰箱内外能量交换达到一个较合理的状态,同时避免了压缩机频繁的开停动作,保证了冰箱各间室内食品储存温度的稳定,更好的对食品进行保鲜储存。

## 3 结论

此三温区独立精确控温的节能保鲜电冰箱,通过搭建以上系统,从而使各个间室温度精确、各个间室温度变化波动小以及各个间室单独开关,满足普通家庭对不同食品的保鲜储存需求,保证食品能过更长时间的储存,又能满足节能降噪的目的。

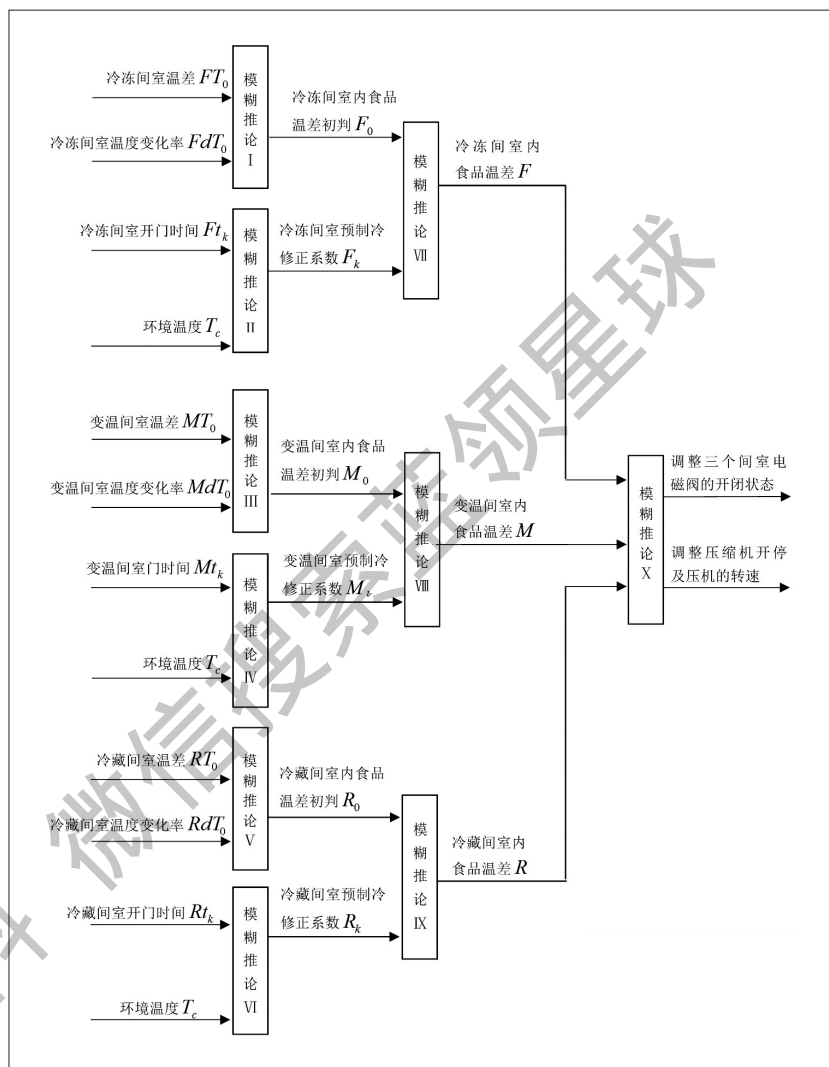


图4 电冰箱各间室温差的多目标模糊控制框图

(上接31页)热段、恒温加热段和保温加热段,因为铝箔加热器的表面加热温度较低,很好的保护了冰箱的内衬,防止冰箱内衬材料发生开裂、老化等问题。

通过试验表明使用铝箔加热器对变温室进行加热时,变温室内空气温度均匀性好、温差小、稳定性较优,验证了超宽温区冰箱的间室加热可行性,具备-18℃至45℃之间调温的条件。如果冰箱内衬采用不锈钢等耐温耐热材质,变温室内空气可以加热到更高温度。

### 参考文献

- [1] 贾守涛,黄永寿,刘雷等.冰箱温度跨温区调整的控制[J].日用电器.2015.39(12):39-41.
- [2] 曹俊哲,王双,许明.冷热复合系统在风冷冰箱中的可行性实验研究[A].2016年中国家用电器技术大会论文集[C].2016.
- [3] 姚南飞.冰箱冷藏胆及冰箱[P].中国专利:205897654,2017-01-18.
- [4] 姚君,耿秀华.冰箱箱体及冰箱[P].中国专利:204478621,2015-07-15.