

集全变温与智能为一体的风冷冰箱技术研究

陈开松 尚殿波 刘同宝 崔培培
(合肥美菱股份有限公司 安徽合肥 230601)

摘要:以现有三门风冷冰箱为研究载体,从制冷系统、风道结构、控制规则以及保温层等方面进行技术方案的优化改进,设计出一款全变温风冷冰箱。同时辅以RFID自动识别与智能蛋盒的智能设计。结果表明,通过对三门风冷冰箱各部分的再优化设计,各间室温度都可以在较大的温区范围内进行自由变换,化霜可靠性等测试项目得到可靠验证。冰箱内置RFID自动识别技术,用户通过移动终端访问查看冰箱食品的相关数据。智能蛋盒的设计可以随时准确跟踪蛋盒内蛋类物质的存储期。该款集全变温与智能为一体的风冷冰箱实现了风冷冰箱不同间室全变温功能要求,RFID自动识别与智能蛋盒的智能化设计使得冰箱智能化效果更为显著,满足用户的更多需求。

关键词:全变温;智能化;风冷冰箱

The technology research on the whole varying temperature and intelligence of air-cooled refrigerator

CHEN Kaisong SHANG Dianbo LIU Tongbao CUI Peipei
(Hefei Meiling Company Limited Co.,Ltd Hefei 230601)

Abstract: A whole varying temperature air-cooled refrigerator is designed, from the technical scheme optimization improvement of the refrigeration system, the structure of air duct, the control rules and the thermal insulation layer based on air-cooled refrigerator with three doors. The intelligent design with the RFID automatic recognition and intelligent egg box. The results show that the temperature of each compartment can be set freely within the larger temperature range, through he technical scheme optimization improvement of the various components with the air-cooled refrigerator, defrost test projects are tested and verified reliably. The user view the related data of refrigerator food under the RFID automatic recognition technology built in refrigerator conditions through a mobile terminal. the storage period of eggs material can be accurately tracked using the Intelligent egg box. The air-cooled refrigerator with the whole varying temperature and Intelligence achieves the with varying temperature of each compartment, the RFID automatic recognition and intelligent egg box make more significant effect of intelligent refrigerator, meets the need for different users in different areas.

Keywords: The whole varying temperature; Intelligence; The air-cooled refrigerator

1 引言

目前,常规冰箱基本上都是在冰箱结构定型之后,各制冷间室的温区状态就定型了,偶尔会有少量的冰箱具有变温室,可以实现温度区间稍较大的调整,但从实际的市场反馈

来看,变温室的大容积与要求比较强烈。据了解,在深冷冻(-36℃以下)状态下,微生物和酶的活动几乎完全停止,使肉类储藏不仅时间长,而且保鲜效果好;-18℃适合快速急冻,特别适合速冻食品,如速冻饺子、速冻粽子、速冻汤圆

等; -7°C 左右的“软冷冻”适合保存时间不需要太长的鱼类和肉类,更易于切削; -5°C 适合存放冰淇淋; 2°C 适合存放啤酒、饮料等; 3°C 则适合存放蛋类,让蛋类更鲜香; 4°C 最适合存放牛奶、酸奶等,既可以保证乳类不容易变坏,又可以让蛋白质等营养保持下来; 5°C 则适合放蔬菜和水果,可以让蔬菜保持水嫩; 7°C 比较适合存放果汁、红酒等,减缓其变味的速度。故全变温冰箱的研发很有必要性。同时智能理念不断在冰箱上逐步深入,并逐渐有智能产品上市,有必要开发一些智能产品,让人们在享受全变温带来的好处之外,体会到智能冰箱的更高级享受。

基于以上存在的问题,设计一款集全变温与智能化相结合的风冷冰箱,冷藏、变温、冷冻室都可以根据用户的需求进行宽温区的调节,实现冷藏可以变成冷冻,冷冻可以变成冷藏,满足一个冰箱兼做全冷藏箱,全冷冻箱,常规冰箱的使用要求。RFID自动识别技术与智能蛋盒的智能化设计更接近于用户实际使用要求,给用户带来真正的实惠。

2 具体方案

2.1 全变温方案

以一个三门风冷冰箱为研究载体,为实现全变温的要求,通过制冷系统、风道结构、控制规则以及保温层优化等技术方案的改进设计,设计出全变温风冷冰箱,冰箱各间室温度都可以在较大的温区范围内进行变换,实现三门风冷冰箱上间室温度范围为 $-12^{\circ}\text{C}\sim+8^{\circ}\text{C}$,变温室温度范围为 $-18^{\circ}\text{C}\sim+8^{\circ}\text{C}$,下间室温度范围 $-24^{\circ}\text{C}\sim+5^{\circ}\text{C}$ 的要求。

2.1.1 制冷系统优化设计

为实现现有状态的冰箱达到全变温温区要求,通过热负荷计算公式^[2]的计算,改进前后的箱体热负荷增加约36%,在此条件下,制冷系统以及各部件都做了相应的调整,调整后的新制冷系统如图1所示。

制冷系统各部件设计要求:

(1) 压缩机: 压缩机是制冷系统的核心部分。在冰箱载体确定的情况下,压缩机的选型主要取决于所使用的环境温度,以及各间室的最低温度要求。在此新系统与各间室最低温度要求条件下,压缩机排量为11cc。

(2) 冷凝器与蒸发器: 两器换热性能匹配设计是冰箱制冷系统设计优劣的重要一环。在全变温区冰箱设计中,为满足各间室最大负荷的要求,蒸发器与冷凝器换热面积较原状态分别增加约30%与35%。

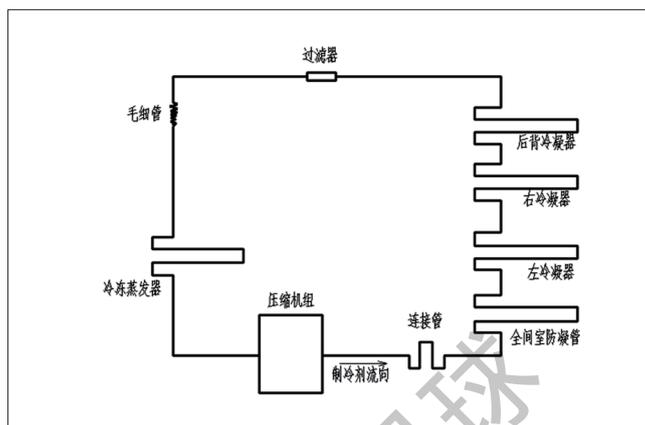


图1 全变温制冷系统图

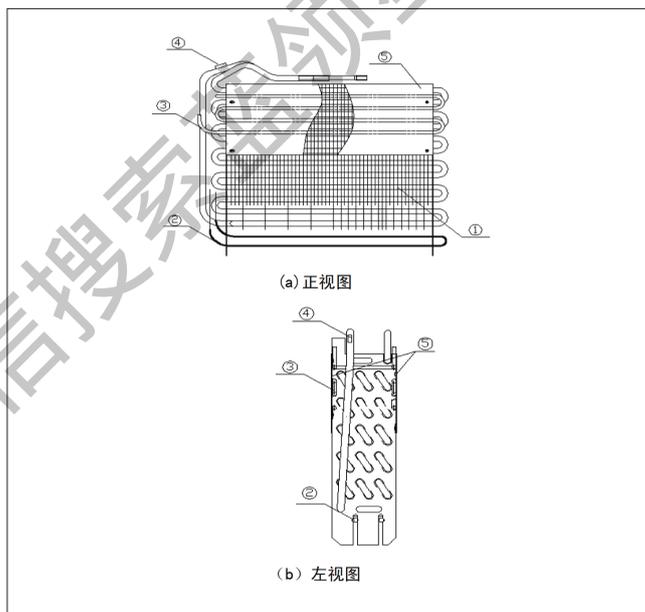


图2 改进后的蒸发器结构

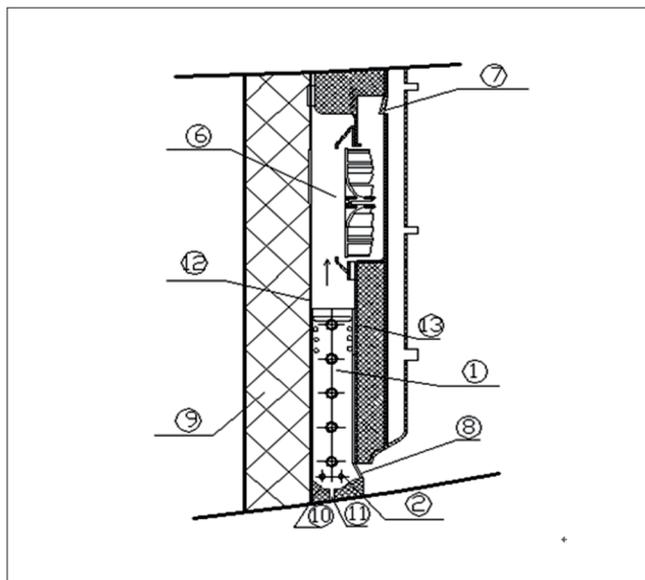


图3 下间室风道结构简图

为满足蒸发器与冷冻风扇的化霜可靠性，蒸发器的化霜装置采用底部钢管加热器与中上部铝管加热器合用的方式进行化霜处理。蒸发器实际安装时，为防止铝管加热管的热量过度集中，导致蒸发器所处位置的内胆等部件受到热烘烤出现安全问题，在蒸发器的铝管加热器的外表面增加铝板设计，确保蒸发器化霜的可靠性。具体如图2所示。图中标号：1.下间室蒸发器2.化霜加热器3.风扇加热器4.化霜温度传感器5.铝板。

(3) 防凝管设计：原载体样机是下间室与中间间室具有防凝管，在全温区冰箱的设计要求下，上间室的温度也达到了-12℃要求，故上间室也需要配置防凝管。设计出一款上、中、下间室一体式的防凝管，满足三门冰箱全冷冻功能的防凝露要求。

2.1.2 风道结构优化设计

对于风冷冰箱而言，在制冷系统满足设计要求的条件下，风道系统的设计就显得尤为重要。对于三门风冷冰箱而言，主要对下间室有蒸发器的部位风道结构进行优化设计，如图3所示。改风道结构通过CFD仿真分析^[3]，进行再优化设计，确保风道效率更高。图3中标号：1-5与图1表示内容相同，6.下间室风扇7.下间室进风风门8.下间室回风风门9.保温层10.接水槽11.排水管12.ABS内胆13.泡沫保温材料。

从图3可知，下间室风道结构的变化最大，因为为实现下间室的冷藏温区要求，必须对下间室的风道结构进行密封处理。下间室原风道结构的出风口为常开状态，在中间间室与上间室制冷的条件下，下间室都会制冷，处于不受控状态。为实现下间室全温区要求，下间室风道结构新设计方案如下：

(1) 下间室增加一个进风风门与回风风门。该进风风门与回风风门可以满足在下间室设定为冷藏温区时，风门自动关闭，确保蒸发器的冷量不在流入下间室中。同时，当下间室出现漏热，冷藏间室温度超过预设的温度时，下间室的进、出风门也会自动打开，给下间室补冷，将温度降至设定的温度区间要求。

(2) 增加了风道保温层。为实现下间室的冷藏温区要求，常规的风道结构基本没有保温措施。由于蒸发器的实际运行温度较低（一般为-26℃或更低），通过热传导与自然对流的方式，下间室温度一直处于0℃以下状态，不能满足冷藏温区的要求。下间室新风道结构，通过热传导与自然对流方式的传热效果大大降低，下间室温度处于受控状态，温度满足既定要求。



图4 冰箱化霜控制方法流程

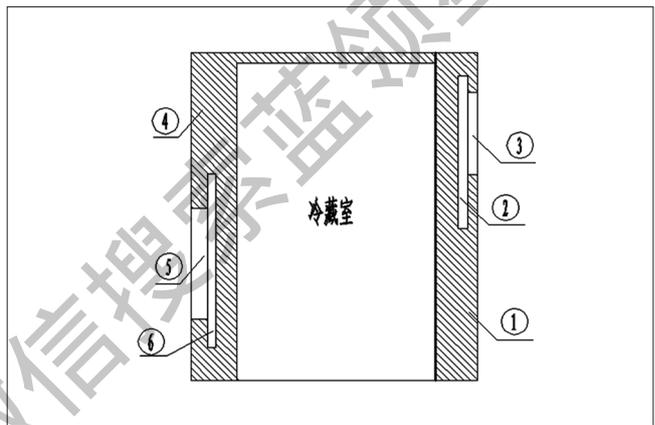


图5 防凝露技术设计

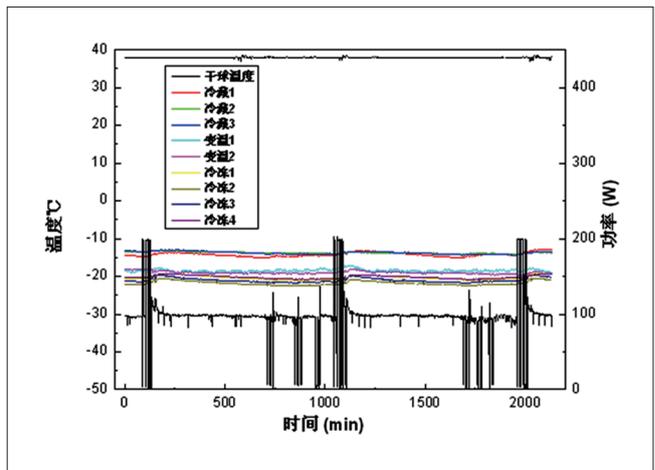


图6 全冷冻状态测试结果

当然，从上间室与中间间室结构图也做了相应的小改动，上间室风道的出风口相对原结构而言，出风口更集中，总出风面积增加约15%。

2.1.3 控制系统的设计

相比较常规三门风冷冰箱的控制系统，全变温冰箱运行控制程序设计要点如下：

(1) 不同间室设定温度区间不同, 开停温度点对应不同。

将该载体样机转变成全温区后, 上间室的温区为 $-12^{\circ}\text{C}\sim 8^{\circ}\text{C}$, 中间间室为 $-18^{\circ}\text{C}\sim 8^{\circ}\text{C}$, 下间室为 $-24\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。在此温度跨度区间中, 设定了不同温区段的开停参数, 不同温区段具有不同的开停机温度点, 以此来满足不同环温条件下的不同温区段的间室温度要求。

(2) 化霜控制程序

三门风冷全变温冰箱, 冷冻风道的新型结构设计以及下间室为冷藏间室, 中、上间室为冷冻间室的条件下, 下间室风道内化霜难度大, 需要针对新型结构制定新的化霜控制方案。

具体化霜控制方案控制流程如图4。

从图4中可知: 化霜控制方法包括如下步骤:

(1) 当冰箱运行状态达到冷冻蒸发器化霜要求时, 冷藏、变温风门均关闭, 冷冻进、回风门均打开, 冷冻蒸发器化霜加热器开启, 冷冻蒸发器化霜开始, 待冷冻化霜传感器温度达到退出温度要求时, 化霜加热器断开, 冷冻蒸发器化霜结束。

(2) 冷冻室的进、回风门继续处于打开状态, 持续时间为 $t_1\text{min}$ 。

(3) 冷冻室的进、回风门均关闭, 风扇加热器开启, 冷冻风扇开启, 持续运行时间 $t_2\text{min}$ 后, 风扇加热器加热结束, 冷冻风扇停止运行。

(4) 冷冻室的进、回风门均打开, 进入滴水时间, 持续时间为 $t_3\text{min}$ 后, 滴水时间结束。

(5) 检测是否需要进入制冷运行, 如果某间室请求制冷, 则进入正常的制冷运行。

该种化霜控制方法, 可以实现蒸发器与冷冻风扇的可靠化霜, 满足风冷冰箱化霜可靠性要求。

2.1.4 保温层优化设计

对于三门风冷冰箱载体样机而言, 主要作为冷藏功能的间室, 一般保温层均较薄, 当该间室作为冷冻室使用时, 就会在主板与显板(主板与显板一般均位于冷藏间室前后的箱体保温层中)处出现凝露现象, 如图5所示。图中标号: 1.门体2.真空绝热板-1 3.显示板4.冷藏后背5.主控板6.真空绝热板-2。针对此问题, 分别在主控板与显示板后背增加真空绝热板^[4](VIP), 导热系数低, 保温性能好, 确保了主控板与显示板衬盒内部不出现凝露现象, 可靠性得到保证。

2.2 智能方案

2.2.1 RFID^[5]自动识别技术方案

(1) RFID系统方案

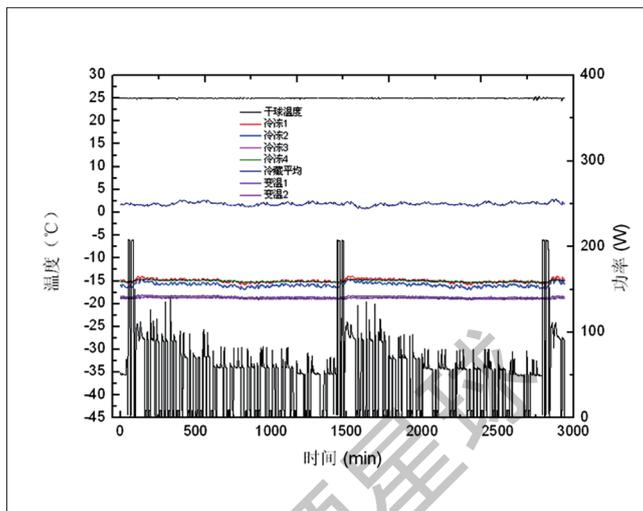


图7 上、中、下间室分别为冷冻、冷冻与冷藏状态的测试结果

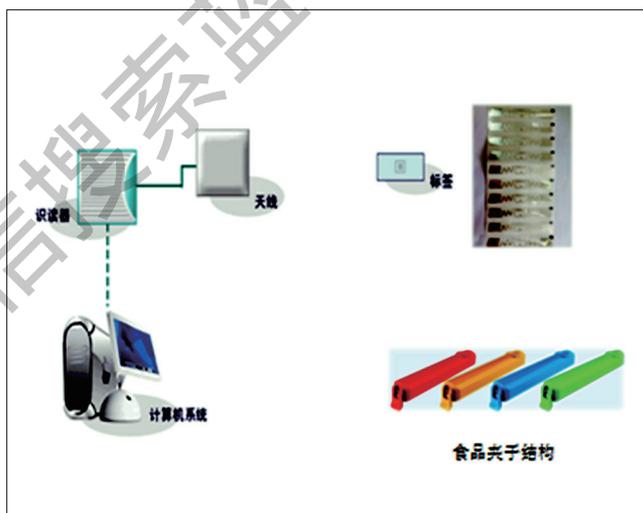


图8 RFID自动识别系统图

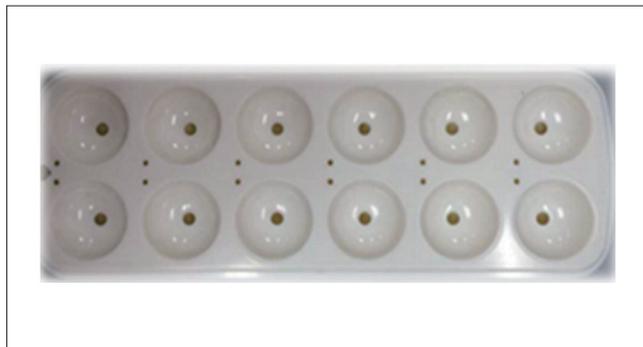


图9 智能蛋盒实物图

RFID 识别模块放置在箱体电器盒座内, RFID 天线分别布置在冷藏室两个, 冷冻室一个, 变温室一个。

(2) RFID 标签方案

固定食品信息夹子标配15个, 选配15个。每个夹子含一个

电子标签,每个标签有一个RFID号,每个夹子上印刷食品造型,出厂时附有该夹子造型的食品信息,夹子上所含食品信息不可更改。

自定义食品信息夹子标配数8个。添加食品时,用户通过手动输入或语音输入对标签定义,完成自定义标签夹子的设置,下次使用该夹子时,继承上一次输入的食品名称。

夹子收集:采用收纳袋方案,可收纳食品夹子及家庭其他小杂物。

2.2.2 智能蛋盒技术方案

放置位置:冷藏第2层搁架。

蛋的数量要求:采集鸡蛋个数12个,可扩充至24个。

控制方案:采用光感传感器采集鸡蛋的个数与位置信息,蛋盒单片机将信息发送至主控板。控制板一套带电池,带无线通信模块,配合独立的智能蛋盒使用,蛋盒也可以取出,在冰箱外使用。

传感器方案:直接放置于蛋槽底部。传感器直接贴于电路板之上。光电开关分为发射管和接收管两部分,当发射光被遮挡物反射时,接收管接收并向主控IC输出信号表示有鸡蛋放入。反之则表示蛋坑无鸡蛋。

指示灯方案:采用红绿双色LED指示灯,一个灯可以显示三色:红色、绿色、黄色。直接插装于电路板上,安装后在蛋坑旁开孔以透出光源,直观显示鸡蛋新鲜度,开孔处表面需覆盖透明防潮材料。

数据传输方案:无线传输,采用Wi-Fi传输方式,使用与冰箱智能板相同的Wi-Fi模块。

电源方案:无线连接的控制板,冰箱内预留5V电源接口,蛋盒自带锂电池。当蛋盒连接冰箱电源接口时,为锂电池充电,同时为蛋盒正常工作供电。当蛋盒脱离冰箱电源接口时,自动切换为内部电池供电。初步要求电池充满电至少能单独维持蛋盒工作4小时以上。此工作时间与电池容量有关,如需更长时间,可使用更大容量电池,亦或调整蛋盒工作时间及工作方式改善电能功耗。

3 试验结果分析

3.1 全变温性能测试结果分析

通过以上的一系列技术优化设计,对整机进行性能测试,在各间室温度设定最严苛的条件下,上间室、中间与下间室的温度分别设定-12℃、-18℃、-18℃,环温为38℃,实际测试结果如图6所示,上间室、中间与下间室的温度最大分别

为-12.6℃、-18.3℃、-19.5℃,可以满足既定温度要求。

考虑到下间室蒸发器所处的位置,可能会导致下间室温度升温困难,故需要对下间室进行温升测试。25℃环温条件下,上间室、中间与下间室的温度分别设定-12℃、-18℃、5℃,实际测试结果如图7所示,上间室、中间与下间室的实际温度分别为-14.4℃、-18.3℃、2.5℃,下间室温度可升到零度以上,满足冷藏功能的既定要求。

对于各间室的温度设定,可以通过智能终端手机APP进行查看,在手机上可以随时修改各间室的温度设定,满足用户对各间室的温度随时掌控的要求。

3.2 RFID自动识别技术结果分析

在RFID自动识别技术实际测试中发现,影响系统识别率的因素主要为压缩机运行状态、风扇电机运行状态、食品夹子状态、冰箱状态等。为了保证系统的识别率,项目组经过多次试验,采取了如下措施进行改进设计:增加天线个数,确保传输数据的可靠性;在RFID天线与控制板之间增加屏蔽材料,降低干扰源;合理选择模块发射功率、合理选择读取次数,为3次/min;优化食品夹子结构设计,具体结构见图8。

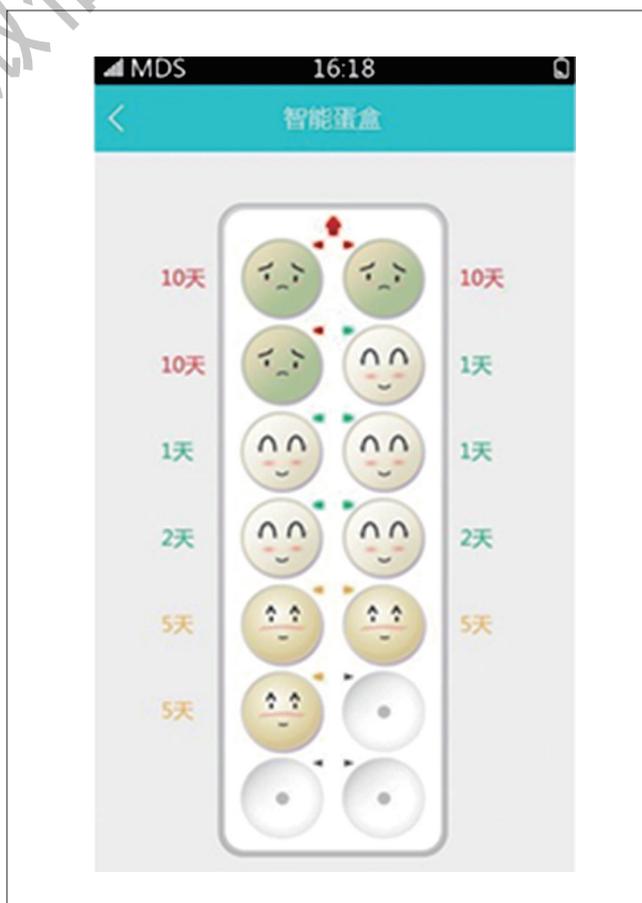


图10 手机终端智能蛋盒界面

冰箱内置RFID系统,包含阅读器和天线。预先将RFID电子标签写入食品信息,当系统接收到触发命令时,天线对冰箱内部进行全方位扫描,检测到冰箱内部的电子标签,并将电子标签内写入的食品信息上传云端,云端通过一定的逻辑处理数据后,生成食品列表,用户通过移动终端访问查看数据。

3.3 智能蛋盒结果分析

智能蛋盒实物如图9,该蛋盒按照上述的技术方案进行设计,满足设计要求。

通过多个光感传感器组成智能蛋盒系统,光感传感器数据默认为0,当检测到某个传感器有鸡蛋放入时,传感器数据置为1,同时发送数据到云端,云端进行处理后,在终端界面显示该位置有鸡蛋。此刻开始计时,根据鸡蛋放置的时间,在手机终端的智能蛋盒检测结果如下图10所示,不同的保存天数,采用不同的面部表情进行展示,超过10天的储存期,就是一个悲伤的面孔,提示用户需要食用了,做到更加接近人性化的处理方式。

4 结论

本文通过对三门风冷冰箱的制冷系统、风道结构、控制

规则和保温层等方面的新设计,加之RFID自动识别技术与智能蛋盒的创新性设计,设计出集全变温与智能为一体的全变温智能风冷冰箱。结果表明,集全变温与智能为一体的智能冰箱设计实现了冰箱各个间室更宽泛的温度要求,RFID自动识别技术可以自动读取冰箱食品的相关数据,智能蛋盒的设计确保蛋类食品数据得到人性化处理。智能化的设计应用,通过手机APP随时调整温度设计,随时监控冰箱间室内的食品的相关参数,让用户准确把握食品动态,更加合理与科学地的食用食材。

参考文献

- [1] 邵光达, 刘玉娇. 7款三门冰箱水果保鲜效果测评. 电器. 2014(09).
- [2] 魏邦福, 马长州等. 冰箱热负荷拟合计算方法及在开发中的应用. 家电科技. 2011(09).
- [3] 刘永辉, 王晶, 李标, 丁国良. 基于CFD技术的大容量风冷冰箱流场分析及改进设计. 流体机械. 2014(07).
- [4] 张德信等. 真空绝热板应用现状与展望. 新型建筑材料, 2014(01).
- [5] 汪建强等. 基于RFID的城市道路车辆监控系统的设计研究. 山东大学, 2009.