

# 基于 MCU 的共享冷热柜

苏鑫淼 陈基洋 樊潞源 郑翰立 王许州

北京师范大学珠海分校 广东 珠海 519087

**【摘要】**为了解决物流行业中所面临的“最后一公里”的末端环节问题，本文主要利用新型单片机和传感器技术的结合，设计一款基于 STM32 单片机的共享冷热柜。它具有制冷、制热、检测所存储食品是否变质、后备式 UPS 作为断电保护等多个功能。本文将以 STM32 单片机为控制芯片，采用制冷系统和制热系统对食物进行冷藏、加热；并且在外接电压中断的情况下，后备式 UPS 能够进行断电保护使冷热柜正常工作运转；同时加入电化学 CO<sub>2</sub> 气体传感器检测冷热柜内的食物是否变质，将检测到的信息发送至单片机，单片机进行数据处理并发送控制指令，通过物联网将食物变质的信息发送到用户移动端；除此之外，系统可将柜子使用时间等相关信息发送给用户。调测结果表明，该共享冷热柜性能稳定、具备多种智能化创新设计，能够有效解决存储食品的安全与新鲜等相关问题。

**【关键词】**冷热双功能结合；后备式 UPS；电化学 CO<sub>2</sub> 气体传感器；反馈系统

## 引言

近年来，我国大力提倡“共享经济”，为此国家也出台了許多相关政策来支持这一经济模式的发展。为了响应国家高效率、低成本的节能政策，并且满足诸多人群的生活需求、弥补市场空白，本文基于 STM32 单片机的共享冷热柜将解决现有的多种问题，并在技术上进行创新设计与研究，带来一系列智能化、便捷性的服务功能。

- 响应国家共享经济的政策。实现居住区共享同一个冷热柜，有效地提高公共空间利用率，并达到高效能、低功耗的节能效果。

- 解决上班族购买新鲜食物的困难。使用冷热柜中的冷藏柜，能够解决物流末端环节——最后一公里问题，达到保持食物时刻保鲜的效果。

- 解决校园宿舍无法使用大功率电器的安全问题。

## 1 发展过程

近年来，共享经济发展成一种新型的经济模式，其以“互联网+”作为创新型经济模式的基础，主要借以移动互联网平台作为媒介进行发展。

共享冰箱这一概念最早出现在德国、西班牙、印度等地，当时其用处是将个人或餐馆的多余、剩余食物放置于公共场所的冰箱中，免费提供给有需求的人群。不少居民将面包、牛奶、果蔬等食品主动放入其中，留给需要人群自主拿取。随着共享理念的渗透，在我国部分地区已经进行了定点测试。相比于国外的共享冰箱，本文的共享冷热柜在多功能集成化与智能科技化等方面有

着更高水平的创新设计与研究。考虑到之前的共享冰箱优点是节约粮食浪费问题，但是其对于食品的安全性和隐私性依旧无法保障，因此我们采取封闭式的智能管理，需要凭借个人密码进行存取食物。在保证存储食品隐私安全的基础之上，增设气体传感器有效地保障食品的质量安全。

## 2 与传统技术的优缺点对比

### 2.1 快递柜

快递柜，作为现代人群频繁使用的智能存取设备，在日常生活中必不可少。作为一种既可投取信函、杂志，又可投取快递包裹的智能自助设备，它实现了存、取的统一结合。但其占地空间庞大，若功能仅用来存取物件，将会使快递柜的使用效能降低，功能单一。针对目前存取物品却无法实时了解到快递柜情况的问题，本文通过共享冷热柜的反馈系统解决该问题，并实现线上预约、查看余量与存储用时等相关功能。

### 2.2 冰箱

冰箱，作为人们日常生活的必需品，从冰箱发明至今，其技术发生了诸多改进与变革。但是到目前为止，仍未出现能够检测食物变质的智能冰箱，在家庭日常使用冰箱的情况中，经常会因忘记存储时间导致蔬果、生鲜等食物发生变质或超过最佳使用时限。现有的冰箱因不够智能，不仅会使食品变质与水果腐烂等问题影响冰箱的自身效能，而且在突发断电时也会导致冰箱内的食品无法实现时刻保鲜。针对以上的问题，可以通过后备式 UPS 在外接电压中断时提供电能；还可以通过电化学

CO<sub>2</sub> 气体传感器检测食物是否变质。

### 3 设计要点

#### 3.1 外观设计

由于共享冷热柜未曾在市场上出现，所以我们在外观设计方面以直观、新颖的理念进行设计，使得用户能够轻松操作与使用。

考虑到存储物种类多样、大小不一，且共享冷热柜占用公共空间的因素，本文采用不同规格、排列紧凑的“蜜蜂蜂巢”式柜体。里面包含的正五边形与正六边形不仅满足不同存储物体积而且提高柜体的空间利用率。

考虑到柜体与柜内存储物的安全，上方设有遮挡棚与摄像头可以有效保证柜子干净与食品安全。

考虑到制热系统在工作时会散热，因此在最右侧设计加热柜并且在其左侧设置加厚隔层，用于防止对冷藏柜产生影响。

用户可以通过中间电子显示屏或者移动端小程序直观清晰地操作共享冷热柜。

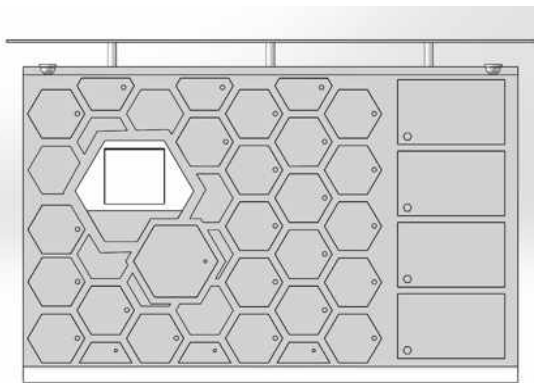


图 1 共享冷热柜正面模型图

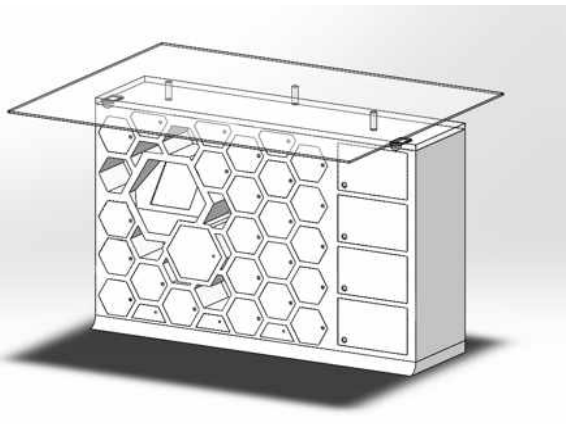


图 2 45 度立体模型图

本设计的系统运行流程如图 3 所示：

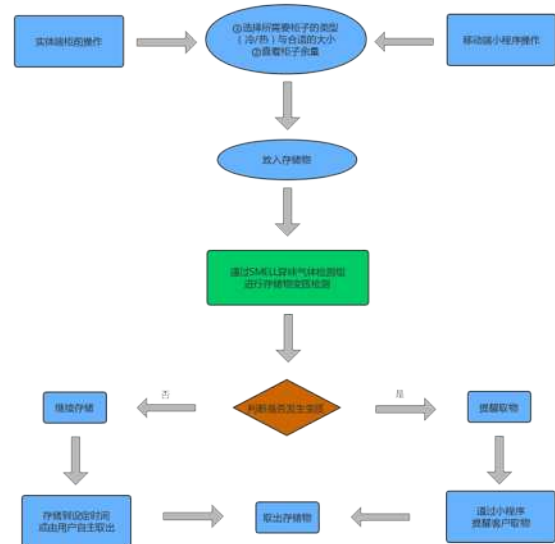


图 3 系统运行流程图

#### 3.2 功能设计

共享冷热柜由 STM32 单片机、变频压缩机、磁控管、后备式 UPS、电化学 CO<sub>2</sub> 气体传感器、摄像头、电子显示屏等组成。根据其功能将内部系统分为中央控制系统、制冷系统、制热系统、反馈系统四个部分。

##### 3.2.1 中央控制系统 (CPU)

中央控制系统包括数据处理系统、器件运行系统和供电系统。其负责连接各种传感器和元器件，进行数据处理与程序调试、设备管理、供电保护等。

##### · 数据处理与程序调试

该功能将传感器与外接元器件所接收到的信号实时传输给中央控制系统，将设计编写的对应程序烧入 STM32 芯片，芯片对所接收的数据进行判别；最后中央控制系统对每个柜子毛细管的阻通、压缩机工作的频率、磁控管的工作时长与功率、显示屏的内容显示、柜子的开关、移动端小程序的控制等进行综合调制。

##### · 设备管理

设备管理系统可以实时传输压缩机、磁控管等元器件的工作状态信号，判断元器件的运行状态，还可以根据传感器所装 LED 灯的亮灯颜色判断其是否处于正常工作状态：绿灯则正常，红灯则故障。

##### · 供电保护

中央控制系统连接到 220V 市电，对 STM32 单片机及其所连接的各模块、传感器进行供电，以确保它们的正常运行。此外，为应对外接交流电中断的突发状况，后备式 UPS 通过启动备用蓄电池对冷热柜进行 48 小时不间断供电，有效地实现断电保护。

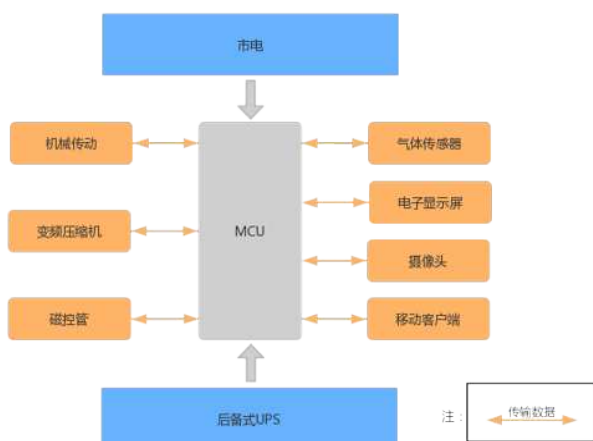


图 4 系统原理框图

内部控制系统的结构如图 5 所示:

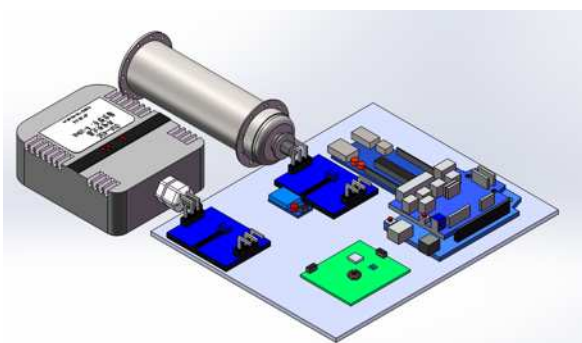


图 5 产品结构图

详细部分介绍如下:

- ① STM32 单片机芯片
- ② 扩展芯片
- ③ 气体传感器
- ④ 冷凝处理器
- ⑤ 开关设置



图 6 产品结构爆炸图

### 3.2.2 制冷系统

制冷系统由变频压缩机、冷凝器、温度传感器、毛细管等组成。基于普通压缩式电冰箱的工作原理，利用制冷剂 R600A 达到制冷效果。我们将不同数量的毛细管接入各规格的制冷柜，以区分冷藏、冷冻的不同保鲜

效果。此外，接入每个制冷柜的毛细管都装有特定阀门，该阀门可在中央系统的控制下，根据制冷柜的使用状态采取阻通动作，使该制冷系统更加节能。此外，根据温度传感器传回的柜内温度数据，中央控制系统将会调整压缩机的工作频率，进而使压缩机转速在 2000 转到 4000 转的区间内进行柔性变速，保证温度固定在设定区间内。同时柔性变速还可以使得噪音值降低 50% 以上，实现延长压缩机和系统使用年限的效果。

因此，该制冷系统与普通冰箱中的制冷系统相比可以达到节能 70% 以上的预期效果，更好地实现节能减排。

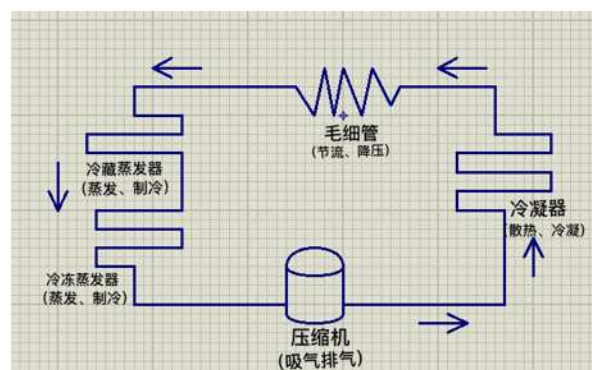


图 7 制冷原理图

### 3.2.3 制热系统

制热系统由滤导管、磁控管、搅拌器等组成。基于普通微波炉的工作原理，我们将磁控管与 CPU 相连，用户可根据自己的需要，在小程序或柜体电子显示屏上对微波加热的方式与时间进行自由选定。随后系统将根据用户选择，对磁控管等相关器件进行功率以及工作时间的调控，以满足用户的制热需求。另外，本设计还将冷凝器放出的热量以风的形式吹入布于保温腔体周围的环流网络，以达到能量循环与优化保温效果的目的。

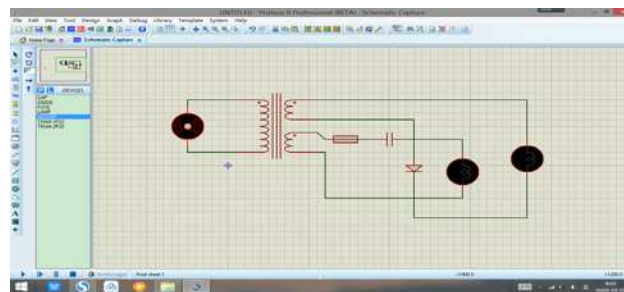


图 8 制热原理图

### 3.2.4 反馈系统

共享冷热柜中的反馈系统有电化学  $\text{CO}_2$  气体传感器、计时装置、小程序三个主要组成部分。 $\text{CO}_2$  气体通过探头进入传感器，系统产生一个与气体浓度正相关的电信号，即该信号与气体浓度成正比，并将信号通过线缆传输给 CPU。



用户将食品放入柜中，传感器随即开始工作，并在传感器检测到 CO<sub>2</sub> 气体浓度超标时，通过反馈相应电平，CPU 做出信号判断与数据反馈，将存有该食品的柜子信息通过小程序发送给用户，从而达到智能检测与实时反馈的效果。

计时装置可对每个柜子的使用时间进行统计，用户可通过小程序远程查看柜子已使用时间；在此基础上，若用户想要预约柜子，也可以通过小程序及时查看空余量，并规定用户需在 30min 预约时间内将食品存储在所预约的柜子中，若超时则系统将视为取消本次预约。

反馈模块是基于云计算、物联网等前端技术所设计的，可进行线上数据的实时更新，并将数据反馈给系统。通过全球定位系统，CPU 又可将冷热柜相关信息及时发送给用户移动端，很好地实现“物物相连”。

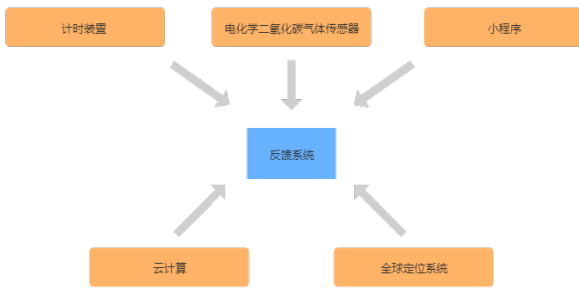


图 9 反馈系统组成框图

## 4 创新优势

### 4.1 冷热双功能结合模块

本设计的创新基础点是冷热结合。我们将冷藏柜、微波炉两者进行结合，实现了冷与热集于一体的双功能预设。因为共享冷热柜属于共享理念下的智能产品，所以要实现共享就不得不考虑其占用公共空间的因素。因此我们将冷与热进行功能结合，在 CPU 分别对两者控制调度与效能优化等方面进行重点研究。本设计在同一柜体内分别设计冷藏、冷冻区与加热区，并通过物理隔层有效地减少两者之间的微小影响，最终在实现双功能结合的基础之上，进一步实现节省效能的绿色环保理念。

### 4.2 电化学 CO<sub>2</sub> 气体传感器模块

电化学 CO<sub>2</sub> 气体传感器通过检测存储食物散发的大量水蒸气与 CO<sub>2</sub> 气体，对柜中食物进行变质检测。因本设计主要存储物属于蔬果生鲜类，所以会出现因放置过久而导致食品变质的情况，因此我们利用电化学 CO<sub>2</sub> 气体传感器对存储食品进行有效、精准地变质检测。在电化学 CO<sub>2</sub> 传感器中，气体通过扩散屏障层进入检测装置，利用其电化学活性原理，经过电解质混合，后被感应部件吸收。然后每层电极的分离器将无关气体分离，通过

感应电极检测到 CO<sub>2</sub> 气体之后该传感器开始工作；同时感应电极和参比电极中的集流器构成的电池可进行已知电极电势数值的测定与设定参数的比较，从而输出该电池的电势值。最后，STM32 通过检测电信号强弱推断出测量柜中 CO<sub>2</sub> 气体浓度，判定存储食物是否发生变质。由于该传感器响应准确度高、灵敏性好，所以它能够对每个柜内气体浓度变化进行精准检测。

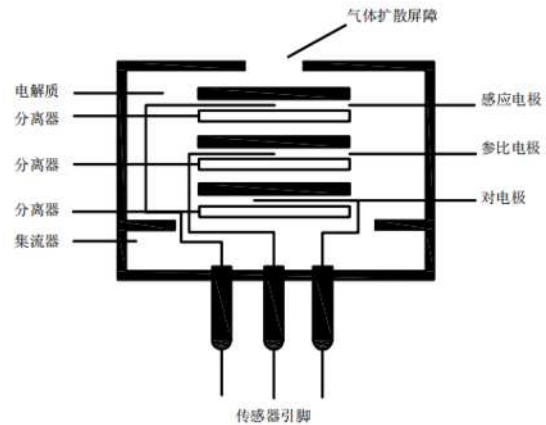


图 10 CO<sub>2</sub> 气体传感原理图

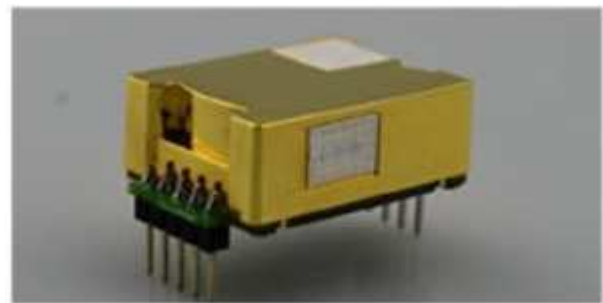


图 11 CO<sub>2</sub> 气体传感实体图

二氧化碳浓度 (PPM)	电流 (A)	二氧化碳浓度 (PPM)	电流 (A)
0.04	0	0.14	0.8
0.06	0	0.16	1
0.08	0	0.18	1.3
0.10	0.3	0.20	2.5
0.12	0.5	0.30	4.0

表 1 浓度电流关系表

### 4.3 后备式 UPS 模块

后备式 UPS 主要由蓄电池、稳压器、旁路转换开关、DC/AC 逆变器构成。当外接电压突然中断时，后备式 UPS 为用电设备提供持续的稳压稳频交流电。与在线式 UPS 相比，后备式 UPS 在市电正常供电时，相当于蓄电池，而在线式 UPS 则会与市电共同供电，无法实现节约效能的目的；且后备式 UPS 切换时间一般小于 10ms，因此后备式 UPS 更适合本设计。在该蓄电池容量足够的基础上，后备式 UPS 可以提供 48h 不间断供电，完成与

市电的平稳对接。因此,本设计能够达到时刻保鲜的预期效果。

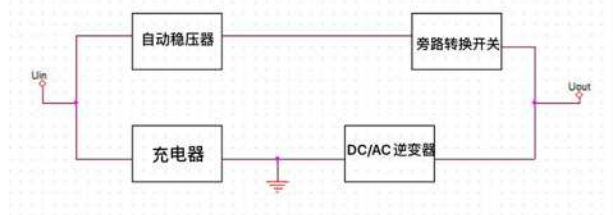


图 12 后备式 UPS 模块

## 5 结束语

目前已存在的冷藏柜与微波炉能够满足基本需求,但是仍然没有出现冷热双功能结合的智能柜。因此我们从理论与实际入手,进行的是物联网、单片机控制与传感器检测等方向的设计与研究。本设计基于冷热双功能,以提高节能效益与实现多功能集成为目的,着重于气体检测与 UPS 断电保护的策略研究,实现对食品的冷藏、加热,同时能够检测食品变质情况并将相关信息实时反

馈给用户。

本设计与其他冰箱、微波炉相比,在丰富智能化功能的同时提高了空间利用率与用电效能,改进了原有装置的弊端,突出了本设计的创新优势。本文分析了该共享冷热柜的组成、特性及其优势,并且重在论述其内部系统的设计与创新。根据国家所提倡的共享经济理念与提供的相关支持,若能将共享冷热柜广泛应用于日常生活,将能更好地响应国家政策并且促进智慧城市的进一步蓬勃发展。

## 【参考文献】

- [1] 卢煜文. 基于半导体制冷技术的小型冷热箱设计分析 [J]. 科技创新与应用, 2019(15):87-88.
- [2] 甘蕾, 陈楠, 张曦幻, 柴广成. 基于共享经济的研究——以共享冰箱为例 [J]. 产业与科技论坛, 2020, 19(03):83-84.
- [3] 杭先华. 变频技术在中央空调制冷系统中的应用分析 [J]. 农家参谋, 2020(12):264.
- [4] 任祯, 徐昊. 变频压缩机在冰箱中的节能技术初探 [J]. 家电科技, 2018(07):82-83.