

电冰箱制冷系统的优化设计

郭凯 陈旭峰 张波 袁秀玲

(西安交通大学制冷系)

杨波

(长岭集团(股份)有限公司)

摘要 本文通过一项改进直冷式双温双控冰箱性能的试验,提出了一些实用有效的节能、降噪的技术手段,为冰箱制冷系统的优化设计提供参考。

关键词 电冰箱 性能 设计

OPTIMIZED DESIGN FOR REFRIGERATION SYSTEM OF REFRIGERATORS

GUO Kai CHEN Xufeng ZHANG Bo YUANG Xiuling YANG Bo

ABSTRACT This paper briefly introduces an experimentation of improving the performance of a type of direct cooling double temperature and double control refrigerator, and puts forward some practicable technology measures to reduce power consumption and decrease noise of refrigerator. So as to give reference to ideal design of refrigerator.

KEY WORDS refrigerator, performance, design

1 前言

1996年国标GB/T 8059.1-1995的施行,对电冰箱的制冷性能和能耗指标都提出了更高的要求。对直冷式冷藏冷冻箱,中国国家标准(GB/T8059.2-1995)对其制冷性能的要求为以下几点:(1)储藏温度;(2)制冰能力;(3)耗电量;(4)化霜性能;(5)冷冻能力;(6)负载温度回升时间;另外,1997年3月下旬,全国家用电器标准化技术委员会制冷空调器具分技术委员会在海口召开了年度工作会议,关于家用电冰箱电耗限定值,及能效等级提出了征求意见稿,该文参照欧盟标准,把冰箱分成九个类别,详细定出了各类别冰箱的能耗限定值计算公式,第一次把冷冻箱类列入标准,而且定出了五个能效等级—A、B、C、D和不合格级,这个标准要强制执行。如何不断提高电冰箱的性能,以适应这些标准,是家用电冰箱生产企业面临的一大问题。

同时,为了满足不断提高的使用性、舒适性要求,在原有技术的基础上不断优化制冷系统的设计是非常必要的。

2 原产品的介绍以及分析

BCD218b型双温双控电冰箱设计于1987年,该产品为温带型,采用上部冷藏室,下部冷冻室的结构,采用R12作为制冷剂。

冷冻室容积:95 L,冷藏室容积:123 L;

冷藏室左右侧保温层厚:36.5 mm,冷冻室左右侧保温层厚:60 mm;

冷藏室后背保温层厚:45 mm,冷冻室后背保温层厚:60 mm(和两侧相同)。

冷藏室蒸发器为铝板热粘D型铜管结构,冷冻室蒸发器为搁架式钢丝盘管结构,冷冻室蒸发器盘管通过箱体上的开的一个通孔返回压缩机。电磁阀采用贵州天宁无线电厂DHF23-0.8型温控三通阀。制冷剂流程示意图如图1所示:压缩机排气经过冷凝器后,经过电磁阀后分为两路,分别经毛细管进入冷藏室、冷冻室蒸发器,通过冷冻室回气管直接返回压缩机。

运行中发现系统存在以下不足:

(1) 制冷系统回气有明显的结霜现象,耗电量比较大;

(2) 冰箱稳定运行时噪声很大,抽检测试有时达到 45dB(A);

(3) 冷藏室内温度分布不均匀度很大,上下层温差大;

(4) 制冷系统运行不稳定(不同工作周期平均温度变化大,影响例行测试中的稳态判定)。

3 性能优化

3.1 冰箱管路布置改进的措施

3.1.1 消除回气结霜,提高性能系数

由于 BCD218b 型电冰箱冷冻室在冰箱箱体下部,距离压缩机比较近,因此回气管很短。冷冻室回气管穿过冷冻室的保温层,直接返回压缩机,运行中存在以下不足:

(a) 冷冻室蒸发器回气管穿过冷冻室的保温

层,形成了一个“冷桥”,同时,在测试时发现,靠近回气管处的感温包温度居高不下,为了达到测试中规定的储藏温度,不得不增加冷冻室的制冷量。

(b) 制冷剂液体出冷冻室蒸发器后往往不能 100% 蒸发,虽然有毛细管的过热热量,仍然不足以将多余冷量平衡,导致回气带液,必然会在压缩机吸气管之前产生结霜现象。运行一段时间后,回气管处结霜,随着冰箱间歇运行,冰箱背后地上积蓄冷凝水。

因此,改进时在冰箱管路流程上增加一个回气过热段(如图 2)。冷冻室蒸发器回气先经过冷藏室蒸发器上的一段短管,再回压缩机。由于冷藏室温度不会低于 0℃,二次蒸发后,基本上解决了回气管结霜问题。

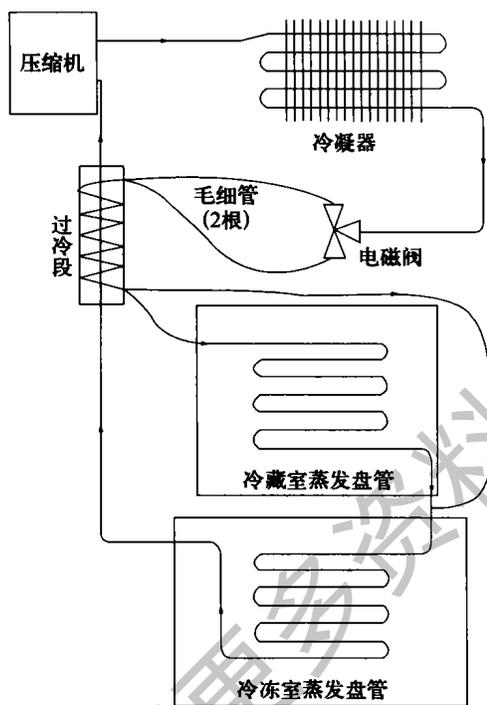


图1 改进前

这样做还有降噪的效果。原冰箱由于压缩机与冷冻室蒸发器连接管路比较短,压缩机的震动直接传到搁架式钢丝盘管蒸发器上,容易与冷冻室搁架上的物品产生共振,导致压缩机运行时震动和噪声都比较大。增加回气过热段之后,因为过热管埋在冰箱的发泡层中间,再接到压缩机上,压缩机的震动不会直接传到冷冻室蒸发器上,实测发现噪声降低了 2~3 dB(A)。

同时,为了减小蒸发器内的流动阻力,采用了

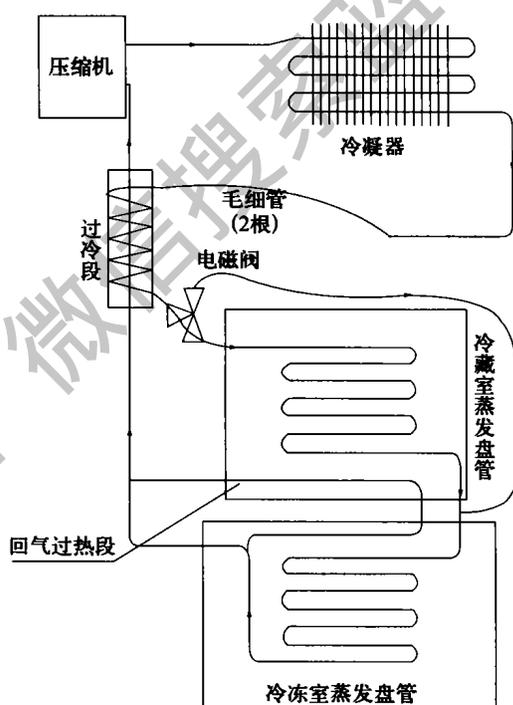


图2 改进后

大内径蒸发器盘管。

实验表明,改进后,进行各种国标测试时,冷冻室试验台各感温点温差降低,冷冻室内的温度的分布更加合理。同时,冷冻室保温效果提高,测试中冷冻室温度冷却快,回升慢,试验结果显示负载升温时间增加 15% 以上。

3.1.2 调整毛细管流量,改变蒸发温度

冰箱改进时,考虑到双温双控冰箱的冷藏室冷冻室分别制冷的特点,改进后的冰箱采用了双温蒸

发的模式。双温蒸发模式可以提高整机的效率(见文献[3])。原冰箱虽然有两条毛细管,但是毛细管流量相同,正常运行时节流后冷藏室与冷冻室蒸发温度都在 $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$;改进后的管路如图2,电磁阀前后均为毛细管,通往冷冻室的毛细管比较长,相应流量比较小,控制对冷冻室单独制冷时蒸发温度在 $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$,而对冷藏室制冷时的蒸发温度在 $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (冷藏室蒸发温度不能太低,是因为总流程要通过冷冻室),为了保证冷藏室制冷速度,同时不致使很多冷量分配到冷冻室中,改进后的冰箱加大了冷藏室蒸发器的冷却面积。

毛细管改用锡焊,平行焊到回气管上,提高了两者之间的换热效率,试验表明这种方式热交换效率比毛细管穿在回气管内部高。

3.2 改变温度控制逻辑,合理调整制冷时间

原有冰箱开停控制比较简单,运行中压缩机开停频繁。由于在冰箱启动过程中有可用能损失(见参考文献[1]),必然增加能耗。为了使冰箱运行周期更加合理,新冰箱采用MBK-1型电脑温度控制器,重新设计温度控制逻辑,调整开停机温度点,使冰箱温度控制更加合理。

对于双温双控型冰箱温控器感温点及温控参数的选取,应遵循以下原则:使冰箱有一个合理的开停周期,压缩机有足够长的工作时间,使平均功率不致太高,同时也要保证期间箱内温度场不致引起太大的波动。既要使压缩机的启动不要太频繁,又能保证蒸发器高效换热,使箱内温度满足使用的要求。

由管路系统图可以看到,新冰箱制冷工作方式:冷藏室制冷时,冷冻室也有很少的降温效果;冷冻室制冷时,冷藏室不制冷。

双温双控冰箱,在冷藏室或冷冻室温度过高时,都要求开机,原来的简单控制导致压缩机频繁开机,而在制冷时间很短的情况,制冷效果不太好,又提高了能耗。新的控制逻辑为:在冷藏室(或冷冻室)需要制冷时,开机运行,直到冷藏室(或冷冻室)温度达到目标温度,然后立刻检测冷冻室(或冷藏室),如果冷冻室(或冷藏室)接近开机温度,则继续为冷冻室(或冷藏室)制冷,如果满足预先设定的温度值,可以保证短时间之内不会重新开机,就停止制冷。这样,通过合理的电脑程序控制,结合管路特点,大大减少了压缩机的频繁开机现象。通过合理调整设定的开机的临界温度,在不影响制冷精

度条件下,有效地将压缩机一次开机时间控制在20分钟以上,大大改善了运行稳定性和效率。

3.3 其他改进措施

3.3.1 调整冷藏室托盘的安放位置

显而易见,冷藏室的三个测点温度越接近(温差越小),储藏温度试验越容易通过;同时,冷冻能力试验时,冷藏室温度最低点也越不容易低于零度,导致试验失败;冷藏室的温度分布更加合理,对于实际使用也是有利的。对于直冷式冰箱,冷藏室制冷是靠贴在冷藏室后壁的蒸发器制冷,通过调整各层塑料搁架(这台冰箱采用平板式搁架)距后壁的距离,可以改变冷藏室内的空气流动,影响冷量分配,经过我们不断实验,最佳状态搁架摆放位置处,冷藏室温度测试所选取三个测点的温差会降低,测试值如下表所示(测试时各感温点位置不变):

表1 数据为三台随机抽检冰箱平均温度

测试温度	原冰箱		改进后冰箱	
	16 $^{\circ}\text{C}$	32 $^{\circ}\text{C}$	16 $^{\circ}\text{C}$	32 $^{\circ}\text{C}$
测点1	7.7	7.9	7.0	7.3
测点2	4.7	4.8	5.1	5.2
测点3	2.1	1.9	2.6	2.4

由测试数据可以看出,测试中冷藏室上下温差变小,温度分布改善效果明显。

3.3.2 调整毛细管入口位置降低噪音

电冰箱毛细管出口处的喷射产生的高频噪声,在整机噪声中占很大的比例,而双控冰箱由于有两个毛细管,这个问题就更不容忽视。

冷藏室毛细管出口处采用常用方案,毛细管通过平放的渐扩管接到蒸发器上,可以将噪音减少1~2 dB(A);这个流程中,冷冻室毛细管出口安装位置可以有多种选择,经过多次试验,将毛细管入口放在冷藏室出口向下进入冷冻室的管段上,避开下方出现弯管段,同时在毛细管末端扩口3 mm,在试验中取得了满意的降噪效果。

3.3.3 改用新型双稳态电磁阀

新冰箱采用电冰箱专用(双稳态)电磁阀代替原有的老式DHF23-0.8型电磁阀。新型阀耗电量很小,工作时是以脉冲电流控制阀门开闭,只在开闭瞬间耗电(启闭阀门一次耗电0.2~0.5焦耳),正常工作周期不耗电,可以达到比老式电磁阀每天节电0.1度左右的效果。

4 改进前后的试验参数对比

表 2 三台随机抽检冰箱改进前后的平均温度

	改进前	改进后
耗电量 kWh/24 h	1.41	1.15
噪声 dB(A)	43.1	39.4
开机	频繁,不稳定	比较稳定

由测试结果对比可以看出,经过对制冷系统以及结构上进行设计改进后冰箱耗电比原来耗电减

少 18.4%,噪声减少 3.7 dB(A),温度分布更加合理,总体性能得到了很大的提高,达到了预期的改进目的。

进一步的节能措施,可以从采用高效压缩机以及新型制冷剂,优化箱体保温设计,选用新型节能门封,采用高效节能发泡剂,采用神经元模糊控制改善控制方法等方面着手。

参考文献

- 1 陈治春,郑贤德等.家用电冰箱制冷系统启动过程研究.制冷学报,1997,4.
- 2 林镛,李文林.双温冰箱节能的新途径.低温工程,1995,4.
- 3 方徐君.电冰箱制冷系统的合理配置.制冷,1998,3.

(上接第 72 页)

3.3.5 空调计费系统实施方案

根据当地电价、建筑物房屋的出租率、公共区域所占总面积的比例,确定标准室内机(通常为 1 匹机)在额定工况下,满负载运转 1 小时所耗用的电费。使用检测器检测室内机的累计运转(只记录制冷和制热的运转时间,送风以及制冷或制热达到设定温度后的运转时间被忽略)时间数据,作为计费依据。并根据室内机能力(匹数)和是否采用波峰波谷分时电价,确定计费修正系数,最终根据室内机的累计运转时间和修正系数,将室外机的运行维护费用分摊给各室内机的用户。

相关系数含分时计费系数、室内机能力系数等。

标准单价 = 空调总运行费 / 计费室内机的计时当量总和。

计时当量为室内机的单位运行时间,通常为 1 小时。

3.3.6 系统主要性能参数

名称	规格	
通讯方式	数据集中器与电脑	RS232
	数据集中器与管理器	RS485
	检测器与管理器	RS485
存储方式	循环累计	
系统容量	1024 点(基本结构模式)	
电源	220V,1PH,50Hz(系统采用集中供电模式)	
通讯规模	管理器对检测器	1 拖 32
	数据集中器对管理器	1 拖 32
	电脑对数据集中器	1 拖 1
工作环境温度	0~50℃	
工作环境相对湿度	<95%	

3.3.7 系统软件功能介绍

该系统配套的软件具有数据采集、统计、管理和控制功能。可运行于 WINDOWS95/98/NT 平台上。具有以下具体功能:

(1) 有查询统计功能,可查询、检索、打印用户每日、每月计费清单或设定时段内计费清单。

(a) 可以设定计时计费时段起止日期;

(b) 可根据检测器地址、用户名称、用户编号、费用等进行查询;

(c) 可根据检测器地址、用户名称、用户编号、费用等进行排序,分升序和降序两种序列;

(d) 具有计费总表和各用户计费单等多种报表类型。

(2) 以对检测器、用户的各种信息进行方便地设定、查询。

(3) 可对欠费用户进行停机处理。

(4) 根据用电波峰、波谷,可分时段设定不同的用电单价。

(5) 具有自诊断功能,定时对系统的运行状态进行检测,如发生剪线故障可自动报警。

(6) 可对数据进行智能判断,对用量异常的用户单独列表,进行检查。

(7) 在软件中设置多级密码,规定使用权限,确保系统数据的安全。

综上所述,独立计费系统在海尔 C-MRV 中央空调中的成功应用,解决了许多中央空调用户需要独立计费、分户分区计量的技术难题,也为一拖多空调领域的发展提供了新的发展方向。