

冰箱制冷循环的节能分析

张宣枞¹ 李建周² 李骏²

(1、中国质量认证中心上海分中心 上海 200135; 2、合肥美菱股份有限公司 安徽合肥 230601)

摘要: 本文根据单级蒸气压缩制冷循环的冰箱制冷系统设计归纳出来常用循环类型, 并对目前超级节能冰箱制冷系统汇总分析, 提出了改变传统节能冰箱设计中单纯依靠增加发泡层厚度以及采用高COP值压缩机来降低能耗的一种技术即冷凝保压技术, 同时从热力学角度对单级蒸气压缩系统采用冷凝保压技术的循环和未采用冷凝保压技术的回路循环做对比分析, 归纳出目前超级节能冰箱此类制冷装置的设计和系统分析中的冷凝压力、蒸发压力、冷凝温度、蒸发温度、压缩机回气温度控制以及制冷剂灌注量的匹配关系, 推导出来最佳状态的各个参数的优化组合。

关键词: 节能冰箱; 制冷循环; 运行工况; 传热温差

Title super energy-efficient refrigerator refrigeration cycle analysis

Zhang Xuanzong¹ Li Jianzhou² Li Tao²

(1、China Quality Certification Center Shanghai Branch; 2、Hefei Meiling Co., Ltd.)

Abstract: This paper bases on the design of refrigerator 'refrigeration system which is single fume compression, induces to the normal circulating type. It gives analysis to the super-energy-saved refrigerator 'refrigeration system. It also gives technique, which is called condensation-pressure-ensure, to improve the tradition energy-saved ways merely by increasing bubble layer 'thickness and using high COP compressor. It offers contrast analysis on the circle system which adopting condensation-pressure-ensure technique and not adopt ones from thermodynamics. And the paper sum up the best match relationship among condensate pressure, evaporate pressure, condensate temperature, evaporate temperature, the returned fume ' temperature and refrigerant 's amount, and gives the best composite parameter.

Keywords: Energy-saving refrigerators; Refrigeration cycle; Operating conditions; Heat transfer temperature difference

1 前言

随着新的能耗标准GB12021.2-2008在2009年5月1日正式执行, 家用电冰箱行业以及类似制

冷器具制造迎来了新一轮能耗升级高峰, 同时上海广州等大城市制定了相关地方法规节能产品的准入制度, 对制造厂提出了能耗升级的客

观硬性要求。根据已经全面展开的国家财政补贴的家电下乡计划, 要求进入农村市场的冰箱产品能效等级要达到新版2级以上, 而只有节能系数

成, 这种油网由于油烟要在滤网上经过2~3次碰撞才能进入吸油烟机, 所以油烟分离效果和效率较好, 但是由于油烟要在滤网上经过几次急折急回, 容易形成强烈的空气扰动噪音和金属片的震动噪音。

这两种方式都属于物理方法, 目的是希望通过滤网把油烟挡住, 但经过多年的使用情况来看仍有改善的空间。有研究表明, 一般油烟机的滤

网孔多数在0.04平方厘米左右, 即便滤网孔小到0.01平方厘米, 仍有37%的油烟能够通过。也就是说还不能真正的做到风机免拆洗, 只是在一定程度上将拆洗油烟机的周期延长了。因此, 今后油烟机发展迫切需要解决的几个问题如下: 1) 强化油烟机油脂分离功能, 做到油烟机内部真正免拆洗; 2) 延长油烟机新机状态的使用性能时间; 3) 减少外排气体污染环境。

参考文献

- [1] 全国家用电器标准化技术委员会. 吸油烟机[S]. 北京, 全国家用电器标准化技术委员会, 2011.
- [2] 范宗明, 蒋达华. 厨房油烟污染净化技术应用探讨[J]. 环境保护与循环经济. 2010, 30(3): 46-49.
- [3] 徐鑫, 曹亚群, 胡国庆. 油烟净化方法及在家用吸油烟机上的应用[J]. 家电科技. 2011(1): 70-72.
- [4] 张艳明. 油烟机市场季度扫描[J]. 家用电器. 2012(7): 66-68.
- [5] 家用吸油烟机节能环保产品认证技术规范[S]. 北京, 中国质量认证中心, 2012.

50%的冰箱才能称之为节能冰箱,这样就形成了全国城乡市场齐步能效升级的局面。按照目前冰箱技术的发展,采用R600a制冷系统并改善发泡层密度和厚度以及使用强化换热的立体蒸发器结构等技术,达到2级节能等级较为容易;现阶段将节能系数进一步降低达到30%甚至更低就变得尤为突出,而目前大部分技术研发还主要关注发泡层厚度或者加装真空绝热板以及使用高COP值的压缩机上(目前节能冰箱使用的压缩机COP值已经达到2.0左右),受材料本身特性影响,发泡层厚度增加造成冰箱箱体重量增加以及容积率下降,高效压缩机设计中增加的消音器和机壳内降低吸气焓降的装置又让运行存在不一致性的几率增加。

本文首先回顾并对典型的冰箱制冷系统类型和特征进行分析,找出其中采用的节能措施和方法;然后分析增加了冷凝保压技术的冰箱制冷系统。采以容积分别为186、206L两款直冷冷藏冷冻箱产品设计为例,在循环回路中采用了冷凝保压技术,冰箱热负荷减少约12%,这两款直冷冰箱样机能耗实测值分别达到0.25kWh/24h和0.27kWh/24h。

2 典型制冷系统循环分析

目前家用冰箱制冷系统多数采用的为单级蒸气压缩制冷系统,系统流程图为见图1所示。

这种典型制冷系统为单路循环,依靠布置在冷藏室内机械温控装置调节储藏温度,冷冻室或者类似间室粗藏温度是依靠系统设计

压缩机吸气缸容积决定每次循环压入系

统的制冷剂蒸气的量(容积流量 v_1 或者质量流量),受制冷剂类型影响,提高容积流量或者质量流量要求提高焓差 h_1-h_4 和降低 v_1 。在实际操作中,依据 v_1 的参数是我们选择制冷剂的参照。

通过对压缩机理论比功分析得出降低冷凝压力或者减少冷凝和蒸发的压差可以实现。

由冷凝热负荷 $q_k=(h_2-h_2')+(h_2-h_3)$ 以及 $q_k=q_0+w_0$ 关系,冷凝器采用强化换热或者增大冷凝面积可以降低 h_2-h_3 ,在系统设计的时候保证5左右的过冷度,减少毛细管节流后闪发蒸汽比例,增大毛细管流量。整体匹配减少制冷剂灌注量也可以实现减少冷凝器热负荷的目的。

2.1 典型制冷系统循环模式

典型制冷循环能够帮助我们发现该类型循环的规律,本文所描述的几种节能冰箱制冷循环系统技术发展比较成熟,所以综合分析下该类型制冷循环模式以及循环点,有助于我们找到解决问题的突破点。该类型制冷循环共同特点为:专注于单级典型蒸汽压缩循环,降低能耗的根本是制冷功能的变化,比如多温区室的转换或者关停;使用高效压缩机,提高蒸发温度,降低冷凝压力;加厚发泡层厚度以及加装真空绝热板等来将少箱体结构的漏热。

2.1.1 双循环制冷系统

双循环制冷系统引入一个分流电磁换向阀或者稳态电磁阀,主要功能为实现冷藏或者冷冻功能从制冷循环中中断,单个冷藏冷冻箱可以实现冷藏冷藏功能和单纯冷藏或者单纯冷冻功能,选择控制的转换简单通过换向阀的开闭来实现。制冷剂流程图可简述为以下三种情况:

压缩机 冷凝器+过滤装置 换向阀
冷藏毛细管 冷藏蒸发器 冷冻蒸发器 压缩机

压缩机 冷凝器+过滤装置 换向阀
冷冻毛细管 冷冻蒸发器 压缩机

压缩机 冷凝器+过滤装置 换向阀
冷藏毛细管 冷藏蒸发器 压缩机

分析:冷藏蒸发器蒸发温度 t_{01} 由冷藏毛细管节流产生,冷冻蒸发器蒸发温度由冷冻毛细管节流产生,冷藏功能和冷冻功能的转换所带来的冷量负荷是不一样的,单位容积制冷量 q_v 下降,总的制冷剂加入量下降,理论比功降低,压缩机轴功率降低。

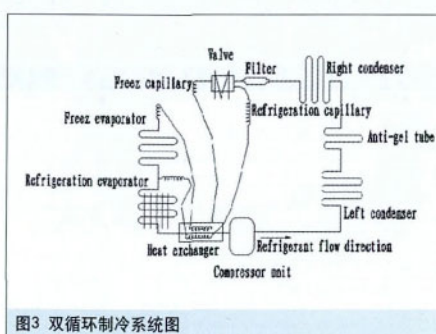
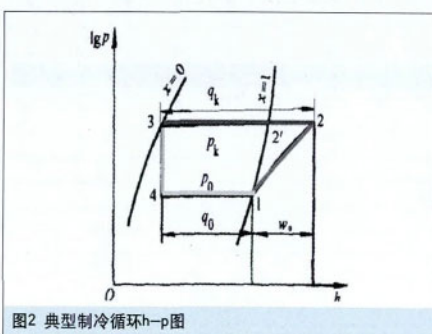
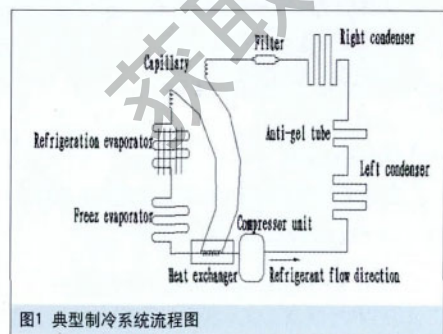
2.1.2 三循环制冷系统

三循环制冷系统中引入变温室储温功能单元,可实现储温功能变温功能转换。三循环制冷系统引入两个个分流电磁换向阀或者双稳态电磁阀,主要功能为实现冷藏以及变温功能从制冷循环中断开,可以单独实现冷冻功能以及冷藏冷冻功能匹配和变温和冷冻功能匹配组合。选择控制的转换简单通过换向阀组合的开闭换向接通变温毛细管1、冷藏毛细管2、冷冻毛细管3来实现。制冷剂流程图可简述为以下三种情况:

第一种情况:电磁阀()常闭关闭,电磁阀()常闭关闭。

压缩机 冷凝器+过滤装置 换向阀组合
变温室毛细管 变温室蒸发器 冷冻室蒸发器 压缩机

第二种情况:电磁阀()常闭打开,电磁阀()常闭关闭。



8788宽频段交直流电参数测量仪

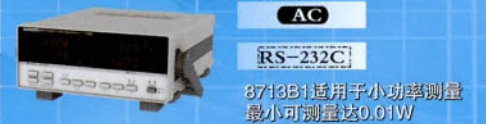


8788电参数测量仪电能最高分辨率为1mWh, 满足 [GB 21456-2008家用电器能效限值及能源效率等级]

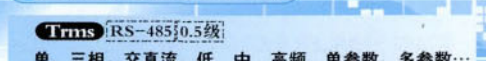
8788仪表可以精确测量DC或0.5Hz~2kHz范围的交流信号或二者叠加的信号; 并给出电压、电流、功率、功率因数、电压正峰值、电压负峰值、电压波峰系数、电流波峰系数、电压频率、电流频率等数据。

- ◆测量项目: AC/DC U(600V), I(20A), P(U×I×PF), PF, F(0.5-2kHz), 电能累计, 无功电能, 谐波分析(1-50次)
- ◆参数设置: CT, PT, I, P上下限, bps, addr
- ◆显示方式: 5位, 0.5" LED, 6窗口
- ◆对电压电流可以给出直流分量、交流分量或有效值。精确地测量间歇性信号和半波整流信号中的直流分量。

交直流、小功率电参数测量仪



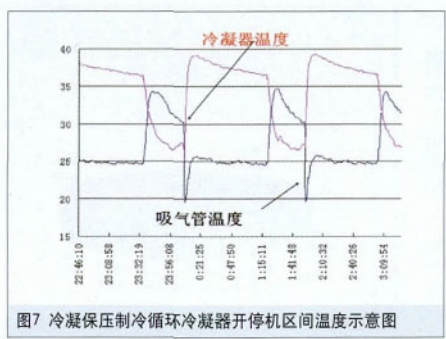
盘装数字电量表、变送器



48 × 96, 96 × 96, 80 × 160, 120 × 120多种尺寸

青岛青智仪器有限公司

地址: 青岛市崂山区山东头路58号盛和大厦1号楼五层
邮编: 266101
电话/传真: (0532)81920028(多线), 81920029(多线)
技术热线: (0)13953270323
上海办事处: (021)62301990
广东地区: (0)13964229321
网址: www.qingzhi.com



知, 压缩机开机区间的无效吸热量由于泄压毛细管的节流作用维持高压高温状态而再次利用, 静态热负荷为 Q_0 ; 实际热负荷为 $Q_0 - Q_{x1}$; 压缩机消耗功 P ;

冷凝器散热量: 散热量 $Q_k = \int_{t_2}^{t_3} KF\Delta T$
吸热量为: $Q_x = \int_{t_2}^{t_3} KF\Delta T$
系统循环效率COP; 则 $P = \frac{Q_0 + Q_x}{COP}$;
 $Q_k = Q_0 - Q_{x1} + P$

假定原系统循环效率为1.70, 采用冷凝器保压制冷循环的系统循环效率为1.75, 根据测试数据计算, Q_{x1} 约为 Q_k 的8%, 则计算结果为:

$Q_{x1} = Q_0 \times 0.12$
即冰箱热负荷减少约12%。

可知: 采用冷凝保压技术后系统节能效果提高为10%。

根据节能型冰箱经常型试验优化结合软件模拟所建立起来的数学模型, 数学模型的数据输入点为蒸发温度, 蒸发器进口中间和出口点温度和温差(高温条件下, 满负荷运行), 冷凝器的进口中间和出口点的温度和温差(工况条件同蒸发器工况), 蒸发器蒸发温度和传热温差。节能型冰箱根据测试温度点动态匹配要求如下:

蒸发器蒸发温度: 在25 环境温度条件下, 蒸发温度在-26 ~ -28 左右; 冷凝器冷凝温度: 过滤器过冷度不小于8 ; 冷凝终了温度(过滤器温度): 与环境温差在8 左右; 壁面传热温差: 壁面温度和最热M包温差不小于5 。

3 结论

根据对目前传统冰箱以及0.27 节能冰箱的分析, 我们得出一些结论: 首先, 完善制冷系统各个部件的设计按照节能参数原则进行优化时

非常有必要的, 25 环境温度条件下蒸发温度要求控制在-26 ~ -28 ; 过滤器的过冷度控制在8 ~ 10 (设计冷凝温度为40); 42 环境温度下储液罐(气液分离器)尽量保证为干蒸汽状态回压缩机; 壁面和最热M包的传热温差要大于5度; 其次, 充分利用停机阶段的高低压部分的压差继续转化为制冷量, 维持冷凝器部分的持续散热, 也是提高系统效率的有效途径。

提升冰箱制冷系统的节能水平不是单纯的依靠制冷系统来实现的, 是需要包括保温层设计, 压缩机工况实际运行数据修正, 以及结构漏热处理来综合实现的。节能设计从一开始就需要统筹全面, 抓住细节, 分析热损失的主要方面。

参考文献

- [1] 林超光, 陈则韶等. 冰箱毛细管内流动特性的研究[J]. 流体机械, 2000年, (10), 第28卷
- [2] 周国兵, 绝热毛细管制冷剂流动特性及与系统匹配研究, 硕士论文. 天津, 天津大学环境科学与工程学院, 2004年
- [3] 李建周. 一种变温储蓄制冷系统. 实用新型专利, 专利号: ZL 2004 20010656.
- [4] 陈群, 徐明仿, 晏刚. 变工况下冰箱新型节能循环的设计[J]. 家电科技, 2003, (7): 37 ~ 39
- [5] 胡晓宗, 魏邦福, 陈涛, 辛海亚. 冷凝器保压节能性冰箱制冷系统, 发明专利 专利号: CN 2548089, 2003-04-30.
- [6] 姜彩玲, 家用冰箱新型循环的理论研究, 硕士论文. 太原, 太原理工大学, 2002年
- [7] 中华人民共和国国家标准. 家用制冷器具, 冷藏箱. GB8059.1-95, 1995
- [8] 中华人民共和国国家标准. 家用制冷器具, 家用冷藏冷冻箱. GB8059.2-95, 1995
- [9] 中华人民共和国国家标准. 家用制冷器具, 冷冻箱. GB8059.3-95, 1995
- [10] 李建周, 冰箱冷凝器压力缓释技术的实验研究和节能技术分析[D], [硕士学位论文], 南京, 东南大学, 2011年9月
- [11] 谷波, 李文华. 制冷空调系统毛细管和压缩机流量匹配研究[J]. 流体机械, 1999, 27(11): 43 ~ 46