

新型压缩 / 喷射冰箱 混合制冷循环理论及实验研究

Experimental and Theoretical Study of a New Compression /

Injection Hybrid Refrigeration Cycle

郭健翔 谭连城 阴建民 彭雄兵

(西安交通大学, 西安 710049)

傅宏涛 郝轶群 陈 原

(国营黄河机器制造厂)

针对双门冰箱冷冻室及冷藏室温差较大的特点, 提出了一种新型压缩 / 喷射混合制冷循环, 并加工制造了新循环冰箱, 降低了冷藏室与蒸发器之间由于温差过大造成的有效能损失。以 R12 以及它的可能替代物 R152a、R134a、R22 / R152a 等作为制冷剂的模拟计算结果表明: 新循环性能系数 COP 及容积制冷量较原蒸汽压缩循环有明显提高。实验结果表明: 新循环冰箱, 具有明显的节能效果。

In accordance with the large temperature difference between the fresh food section and the freezer section, a new compression / injection hybrid cycle for household refrigerators is proposed. With the new cycle the loss of available energy caused by the excess temperature difference between the evaporator and the fresh section can be decreased. According to the results of simulation of the new cycle using R12 and the alternatives R152a, R134a, R22 / R152a as refrigerants, a significant profit in COP and volumetric refrigeration capacity relative to the simple vapor-compression cycle is obtained. An experimental refrigerator with the new cycle using CFC12 as refrigerant has operated more than four months, the experimental results show that the refrigerator with the new cycle consumes less energy.

一、引言

对 CFC_s 的限制对冰箱工业提出了挑战, 同时提供了一个机会——制造使用无

公害制冷剂的优良冰箱。在寻找 R12 新替代物同时, 必须对制冷系统进行优化。据联合国资料, 如每台冰箱能效提高 5%,

收稿日期: 1992 年 11 月

则世界冰箱耗电负荷减少 1500 兆瓦, 这是相当可观的数字, 选择新型制冷工质, 能效特性应放在首要位置。对蒸汽压缩制冷循环进行热力学分析, 可以发现主要有以下几种有效能损失:

1. 冷凝器与蒸发器传热温差带来的有效能损失。
2. 压缩机所产生的不可逆损失。
3. 毛细管节流损失。
4. 流动阻力所产生的有效能损失。

一台典型的双门冰箱根据不同的用途设有冷冻箱和冷藏箱两个空间, 而且两箱温度相差很大, 如冷冻箱在 -18°C 以下, 冷藏箱在 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。对简单压缩制冷循环来说, 冷藏室与蒸发器具有同一蒸发温度, 为了保证冷冻室和蒸发器之间有足够大的传热温差, 势必造成冷藏室与蒸发器之间的传热温差过大, 从而引起较大的有效能损失, 为了降低这部份有效能损失, 有的研究提出双路循环冰箱, 冷冻室及冷藏室分别用两套独立的制冷系统, 这相当于制造两台冰箱, 显然是不经济的。采用非共沸混合工质的劳伦兹循环[5]亦是降低这部分损失的一个措施, 但由于系统中需增加中间换热器, 设计及制造都存在困难。

本文采用了一种新的冰箱制冷循环, 与前两种措施相比, 具有简单方便, 易于实现的特点。

二、新型压缩 / 喷射混合制冷循环

作者提出了一个新型压缩 / 喷射混合制冷循环[1], 图 1 描述了新循环的系统。与简单蒸汽压缩循环相比, 新循环系统中使用了一个喷射器和一个汽液分离器。流经蒸发器 1 的两相制冷剂被分离器分为两股, 蒸汽流入喷射器, 液体流入毛细管 2 进行再次节流。调节毛细管 1 与毛细管 2 的长度, 可以调节两蒸发器中制冷剂的蒸发压力, 使得两蒸发器具有与冷冻室和冷藏室相匹配的蒸发温度。由于冷藏室具有较高的蒸发温度, 对应于较高的蒸发压力, 流经此蒸发器的制冷剂作为喷射器的工作流体来引射从冷冻室蒸发器流出的制冷蒸汽, 从而起到“压缩”的作用, 使得压缩机吸入压力高于冷冻室蒸发压力, 这样产生两个效果, 一是压缩机压比减少而使得功耗降低, 另一个是进入压缩机气缸的制冷工质蒸汽比容增大, 从而使得系统容积制冷量增加。图 2 表示了喷射器的结构, 图 3 表示出了新循环的 LogP-h 图。

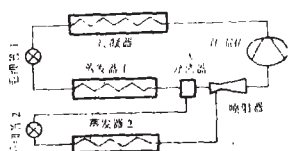


图 1. 压缩 / 喷射循环原理图

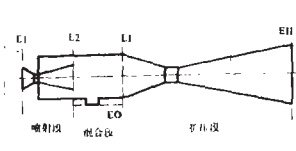


图 2. 喷射器结构图

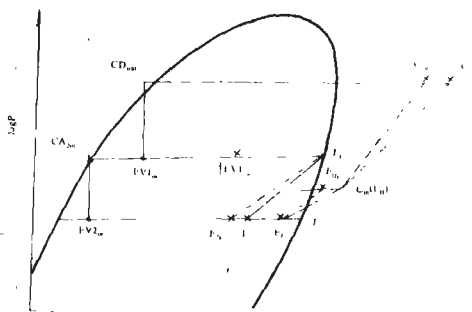


图 3. 新循环 LogP-h 图

三、理论模拟计算

制冷工质热力性质计算选用修正的 PT 状态方程, 参见文献[1]。修正的 PT 状态方程较原 PT 方程精度有较大的提高, 比 PR 方程、RKS 方程等有更大的提高, 能够达到工程计算所要求的精度。利用作者所编制的模拟计算程序, 对 R12 及其有

希望的替代工质 R152a、R134a、R22/R152a 进行了计算, 程序中冰箱循环工况取为: 冷冻室蒸发温度为 -31°C , 冷凝温度为 42°C , 冷藏室蒸发温度为 -5°C , 压缩机吸入温度为 32°C , 并取冷藏室与冷冻室具有相同的热负荷。计算结果列于表 1。

新循环冰箱性能与简单蒸汽压缩循环冰箱性能比较

表 1

循环类型	新循环		简单循环		与简单循环 比较的增量		与 R12 简单 循环比较	
工质性能	COP	Qev (kJ/m ³)	COP	Qev (kJ/m ³)	COP (%)	Qev (%)	COP (%)	Qev (%)
CFC12	1.794	722.9	1.579	575.3	13.9	25.7	13.9	25.7
HFC152a	1.853	672.3	1.643	528.7	12.8	27.2	17.4	16.9
HFC134a	1.757	708.4	1.516	546.3	15.9	30.7	11.3	23.1
HCFC22/ HFC152a (25/75mol%)	1.845	737.7	1.640	585.4	12.5	26.0	16.9	28.2

注 Qev: 容积制冷量

结果表明: 如用 CFC12 为工质, 新循环相对于简单蒸汽压缩循环性能系数 COP 与容积制冷量分别提高 13.4% 与 25.7% 左右。若采用 CFC12 替代物 HFC152a, HFC134a 及近共沸混合制冷剂 HCFC22/HFC152a, 不但 COP 与 Qev 有类似的提高, 而且与使用 CFC12 的简单循环比较, COP 有 11%—17% 的提高, 而 Qev 有 16%—18% 的提高, 因而用此新循环结合无环害新工质研究是有光明前景的。

四、新循环冰箱的实验研究

为了进行新循环应用的初步试验, 在西安交通大学理论研究基础上, 特别制造了一台新循环实验冰箱, 充注 R12 制冷

剂。与简单循环冰箱相比, 两冰箱具有相同的箱体、相同型号的压缩机、相同型号的冷凝器及冷冻室蒸发器, 但新循环冰箱冷藏室蒸发器面积, 较原循环冰箱有所增加, 系统布置也略有不同。利用实验冰箱, 进行了冷却速度、储藏温度及耗电量的对比性实验。实验严格按照国际 GB8059.1—87 的要求进行。表 2 及表 3 分别列出了储藏温度及耗电量实验结果。实验结果表明: 以上各项指标均满足国家 A 级冰箱标准 (GB8059.1—87) 的要求。新循环冰箱较简单循环冰箱能耗下降了 12.5%。冷藏室冷却速度较原循环冰箱快, 但冷冻室冷却速度较原冰箱慢, 这是由于节流后的制冷剂先流入冷藏室蒸发器, 刚开机时冷藏室温度较高, 热负荷较

大以致大部分制冷剂在冷藏室蒸发器中蒸发, 流入冷冻室蒸发器的制冷剂很少导致冷量不足, 随着冷藏室热负荷的减少及液体制冷剂的增多, 流入冷冻室的制冷剂增加而使之冷量增加, 冷冻室冷却速度加快, 在低温区, 冷冻室温度下降趋势甚至比原循环冰箱快, 而在实际运行中, 冰箱开停时箱内温度较低, 正处于这一温度区域内。

贮藏温度实验结果 表 2

环境温度 (°C)	38	18
冷藏室平均温度 (°C)	4.6	3.2
冷冻室平均温度 (°C)	-20.0	-19.5

能耗实验结果 表 3

	简单循环	新循环
环境温度 (°C)	25	25
冷冻室温度 (°C)	-19.5	-19.0
冷藏室温度 (°C)	4.5	3.2
能耗 (kWh / 24h)	1.10	0.96

今后的工作是对新循环冰箱系统进行优化, 进行批量性冰箱对比实验, 以取得更为可信的论证并对新型制冷剂进行充机实验。

五、小 结

1) 采用新循环的冰箱具有明显的节能效果。

2) 新循环相对于简单压缩循环具有更高的容积制冷量。

3) 采用 R12 有希望的可能替代物, 如 HFC152a、HFC134a、HCFC22 / HFC152a 等, 新循环相对简单循环具有更高的性能系数 COP 与容积制冷量。

4) 因新循环关键部件结构简单, 成本低廉, 因而易于实现。

致谢 对国营黄河机器制造厂制冷研究所测试室的同志们参加测试工作表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 郭健翔、谭连城: 一种新型压缩 / 喷射冰箱用混合制冷循环。中国工程热物理学会会议论文集, 1991, 烟台。
- [2] 段永红、谭连城: Patel-Teja 方程的一种改进, 西安交通大学学报, 24 卷, 1990。
- [3] Alan A. Kornhauser: The use of an ejector as refrigerant expander. Proc. of the 1990 USNC / IIR-Purdue Refrigeration Conference and ASHARE-Purdue CFC Conference, 7, 1990, U.S.A.
- [4] Tan Liancheng, Ge Yunting: Thermodynamic proformance analysis and test of refrigerator using R152a as refrigerant. Proc. of the 1990 USNC / IIR-Purdue Refrigeration Conference and ASHARE-Purdue CFC Conference, 7, 1990, U.S.A.
- [5] A.Lorenz, K.Mentzner, Application of non-azeotropic two-component refrigerants in domestic refrigerators and home freezers, Proc. 14th. int. Congr. Refri 1975. ▣