

冰箱组合储冷节能器的实验研究

陈英姿², 刘益才¹, 杨智辉¹, 曹立宏¹

(1. 中南大学 制冷与低温研究所, 湖南 长沙 410083;
2. 伊莱克斯 (中国) 电器有限公司, 湖南 长沙 410118)

摘 要: 从冰箱储冷的研究现状出发, 提出了一种新的冰箱储冷方法——组合式相变储冷技术。通过对组合式相变材料的相变温度和相变潜热的 DSC 测试结果和冰箱降温、保温实验结果分析可知, 组合式相变储冷材料不失为一种冰箱新的储冷方案。采用组合式储冷可以延长冰箱的保冷时间, 达到或超过 45 h。

关键词: 组合式; 相变储冷; 冰箱

中图分类号: TB651

文献标识码: A

文章编号: 1006-7086(2006)02-0112-04

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON EMPLOYING MULTIPLE PHASE CHANGE MATERIALS IN THE REFRIGERATOR

CHEN Ying-zi², LIU Yi-cai¹, YANG Zhi-hui¹, CAO Li-hong¹

(1. Institute of Refrigeration and Cryogenics, Central South University, Changsha 410083, China;
2. Electrolux (China) Home Appliance Company Ltd. Changsha 410118, China)

Abstract: Form the investigate status of cooling-regenerator, a new cooling storage method in the refrigerator was given. It is employing multiple phase materials. Thought the measuring of the phase change temperature and the latent heat storage of phase change materials by using DSC, one conclusion can be received that the time of keep design temperature would be prolong in the refrigerator. The multiple phase materials would be employed in the refrigerator.

Key words: multiple phase change materials; cooling storage; refrigerator

1 引 言

能量贮存是节能工作的重要环节。在相变贮能研究和应用领域, 西方发达国家兴起较早, 并在材料及工程应用技术等方面已经做了卓有成效的工作。近几年来, 国内外都广泛开展了蓄冷在空调方面的研究和应用, 而把相变蓄冷技术应用于家用冰箱目前还不普及, 但采用冰箱蓄冷可以获得: 1) 延缓冰箱温度回升时间、减小冰箱内温度波动; 2) 减少冰箱压缩机的启动次数, 节约能源; 3) 可以作为快速冷却保温啤酒、饮料等的可选方案。

目前在冰箱上采用的蓄冷节能器是在封闭容器内盛装的固液相变换热器, 或者是固液和固固相变材料的混合物。采用相变储冷系统的显著特点是储冷密度大, 但是其焓效率较低, 仅与显热储冷系统的焓效率相当。尽管相变储冷系统的研究与应用已有很长的历史, 但是直到 1985 年 Bjurström 和 Carlson^[1] 第一次对相变储冷系统储冷—放冷循环相变过程的焓效率进行分析研究, 人们才真正定量化了解相变储冷系统的焓效率低达 12%^[2]。提高相变储冷系统的热效率和传热速率的传统方法有 2 种, 一是选择或合成高性能的相变材料;

收稿日期: 2005-12-12.

基金项目: 中南大学博士后科学基金(20040708)资助。

作者简介: 陈英姿 (1971-) 男, 湖南省常德市人, 工程师, 从事冰箱制冷系统研究。

二是优化储冷系统结构和运行参数。然而,更重要的方法是依赖于对传统储冷系统的改进。组合式相变材料储冷系统是在传统相变储冷系统基础上提出的一种新型相变储冷方式,具有很大的应用潜力。

2 组合式相变储冷系统的原理

相变储冷的相平衡曲线见图1所示。文献[3]首先提出并研究了采用2种水合盐为相变材料的两级相变储冷系统。它是组合式相变储冷概念的延伸,可以使系统效率显著提高。

组合式相变材料储冷的新思路自1986年首次提出至今只有十多年的时间,目前在理论和实验研究方面都已取得了明显进展。但是,由于该思路本身的特点和迄今为止的研究内容仍十分有限,所以在获得工程应用之前,理论研究和实验研究工作有待于进一步进行。

组合式相变储冷系统的原理就是:在同一相变储冷系统中应用相变温度不同的2种或2种以上相变材料,进行合理组合后可望提高相变储冷系统的焓效率。研究表明:采用多种相变材料组合,对于其显热储冷和放冷过程的传热速率无明显改善,但是潜热储冷和放冷过程的传热速率可以提高15%。如果采用纯度更高、相变温度恒定,其潜热储冷和放冷过程的焓效率将更高^[2,3]。

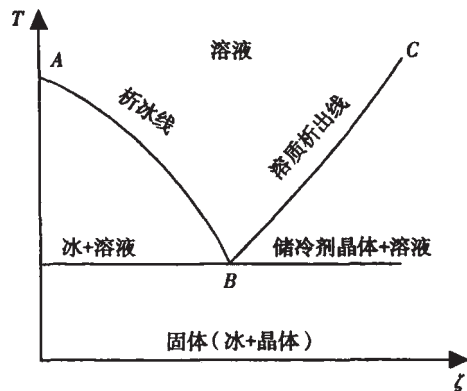


图1 储冷剂的相平衡曲线图

3 组合相变储冷的实验研究方法

3.1 问题的提出

在同一储冷系统中采用相变温度不同的相变材料合理组合,可以显著提高系统效率,并能够维持相变过程中相变速率的均匀性。这一特性对于储冷或放冷时间有严格限制的储冷系统具有重要意义。目前已知的适用于工作温度从 $-25\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围的相变材料有很多,这方面的主要材料可以参见相关文献^[2,3],这为组合相变材料储冷的研究提供了良好的选择条件。在组合式相变材料储冷系统研究中,相变材料可能组合的方式主要有3种:

(1)沿传热流体流动方向分别放置相变温度不同的2种或2种以上的相变材料储冷单元。(2)在冰箱冷冻室中通过合理组合同时放置相变温度不同的2种或2种以上的相变材料。这是作者在冰箱储冷方面的创新设想,具体实验研究结果见下一节的实验研究内容。(3)在同一种储冷单元中放置2种溶解度不同、其相变温度也不同的储冷材料,组成三元或多元水合盐。

可以预计,这一新型的组合方式不仅能够实现高的系统效率,而且储冷或放冷速率会更趋稳定。

3.2 实验布置物理模型

组合储冷实验模型如图2所示,相变过程示意图如图3所示。相变材料封装在一个扁平的储冷单元中,在同一储冷单元内只封装1种相变材料。不同种类的相变材料储冷单元按相变温度的高低顺序自左向右排列。储冷过程和放冷过程的流动方向相反。为模拟方便,假定:

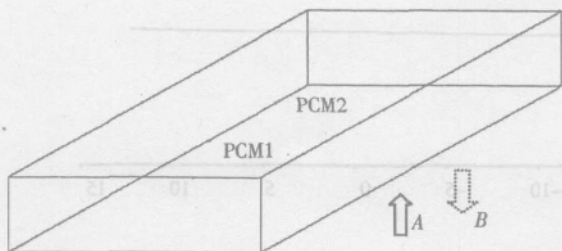


图2 相变材料储冷和释冷简化模型

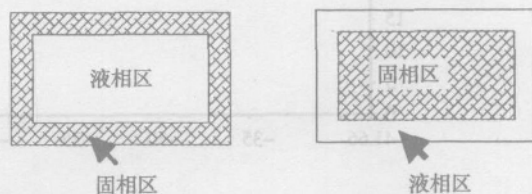


图3 相变过程示意图

(1)忽略传热流体在垂直于传热流体流动方向上的流速和温度梯度(2)储冷盒内封装的相变材料的融化过程为自然对流与接触融化的耦合 ,固化过程为导热控制的相变过程(3)相变材料在给定的温度范围内只发生固液相变 ,并不存在过冷和性能衰减(4)盒内封装的相变材料在相变前后的体积变化对相变过程的影响可以忽略不计(5)忽略储冷盒本身的传热热阻。

3.3 实验方法

对于采用组合式储冷的冰箱系统来说 ,其储冷材料的储冷实验方法与采用单一储冷材料的冰箱储冷系统的储冷实验方法相当 ,即先对单一组分储冷材料的储冷相变温度和相变潜热等进行较全面的测量 ,然后再选择合适的 2 种不同相变温度的单一储冷材料组分 ,同时放置在冰箱冷冻室进行冰箱系统的储冷实验。2 种储冷相变材料放置在 2 个容器中 ,但同时放置在冰箱中进行实验。

4 初步研究结果

4.1 DSC 测试结果

采用 2 种储冷水合盐组合的相变材料的差示量热扫描仪(Differential scanning calorimetry 简称 DSC)测试曲线见图 4 和图 5 所示。图 4 和图 5 表示了单组分时不同配方的冰箱储冷材料的相变温度与溶解热之间的变化曲线。

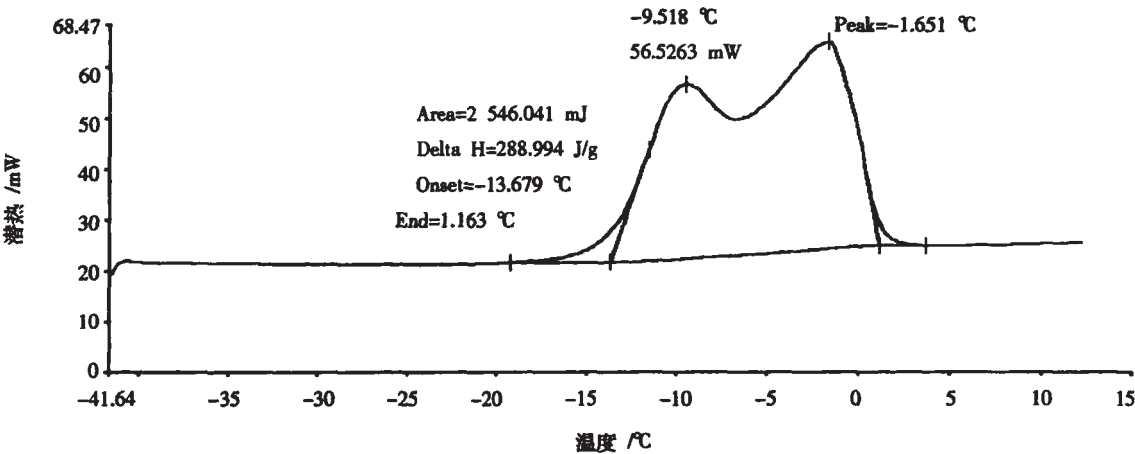


图 4 某组分储冷材料 2 的相变温度与相变潜热 DSC 测试结果

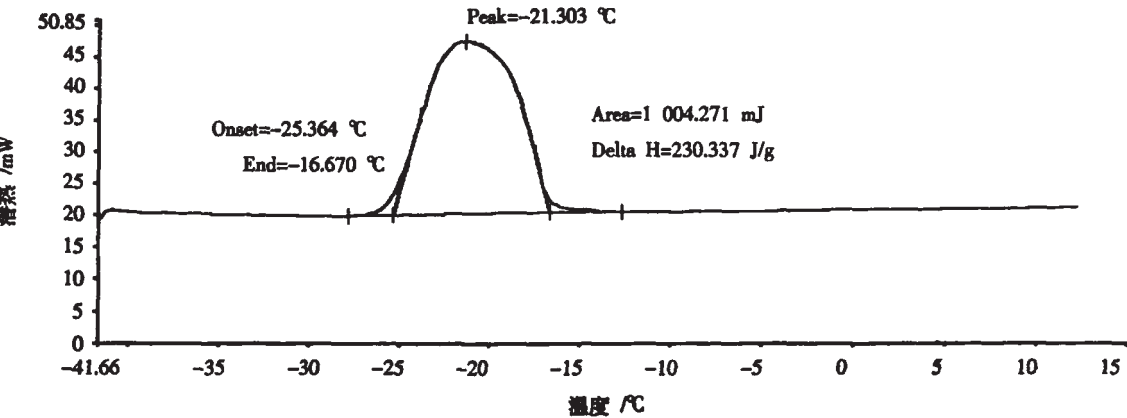
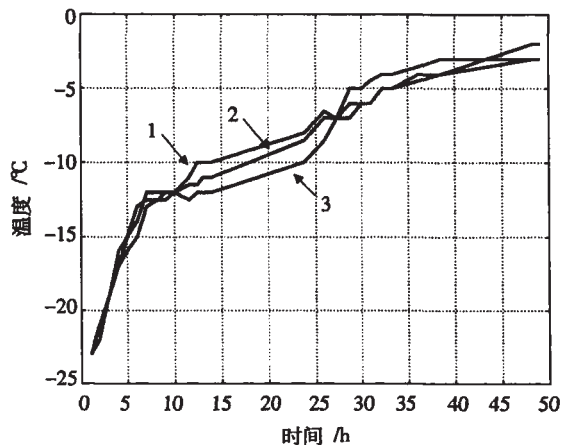


图 5 某组分储冷材料 1 的相变温度与相变潜热 DSC 测试结果

4.2 冰箱实验测试结果

采用组合式储冷材料的冰箱保温实验见图6所示,图7为采用单一的储冷材料的冰箱降温 and 保温实验曲线。以上实验用的2种组合储冷材料总质量(图6中使用的节能器)和使用单一储冷材料组分(图7中使用的节能器)的质量是一样的,即均为3 kg。采用同一台冰箱进行实验。

从图6和图7的对比中可以看出:采用组合式储冷材料作为冰箱储冷节能器,可以延长温度回升时间,图6的实验结果比图7的实验结果延长了近10 h。



1. 第一次实验;2. 第二次重复实验;3. 第三次重复实验。

图6 组合储冷剂保温曲线图(组合配方)

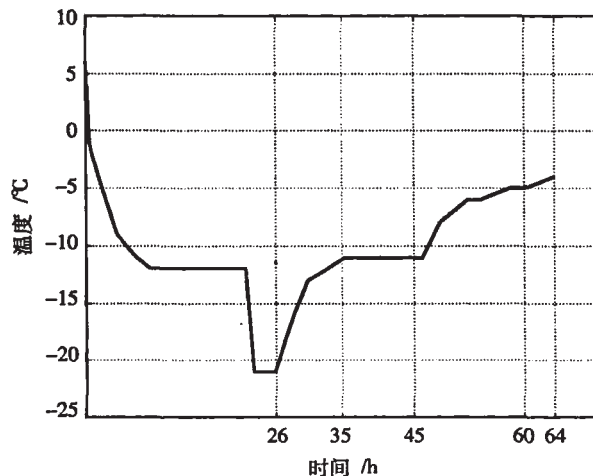


图7 降温保温曲线图(配方为2号,即图5的单一配方组分)

5 结 论

可以初步看出,组合式储冷材料在冰箱储冷中的应用前景非常广泛,组合式储冷材料具有延长冰箱保温时间的作用。与传统的单一相变材料储冷系统相比,最佳匹配工况对应的组合相变储冷系统具有相当的优势,但必须经过大量的实验进行验证。

参考文献:

- [1] BJURSTROM H, CARLSSON B. An energy analysis of sensible and latent heat storage[J]. Heat Recovery System, 1985, 5: 233~250.
- [2] CHARACH C. Second-law efficiency of an energy storage-removal cycle in a phase change material shell-and-tube heat exchanger[J]. Journal of Solar Energy Engineering, 1993, 115:240~243.
- [3] BELLECCI C, CONTI M. Phase change thermal storage: transient behavior analysis of a solar receiver/storage module using the enthalpy method[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 1993, 36(8):2157~2163.

欢迎刊登广告

欢迎订阅本刊