

一种冰箱用一体式冷凝风道结构设计与应用研究

Study on Design and Application of an Integrated Condensing Air Duct Structure for Refrigerator

陈开松 尚殿波 张魁仓
(合肥美菱股份有限公司 安徽 230601)

摘要：通过分析现有大容积风冷冰箱冷凝模块的设计现状，从风扇支架、冷凝风道、冷凝器以及固定方式等方面进行技术方案的优化改进，设计出一种冰箱用一体式冷凝风道结构。结果表明，一体式冷凝风道结构是集风扇支架、冷凝风道以及冷凝器安装结构为一体的创新设计，微通道冷凝器边板设计有与一体式冷凝风道对应的固定孔，可以确保冷凝风扇扰流的冷凝风全部扫掠过微通道冷凝器的表面，进一步强化换热效果。该种一体式冷凝风道结构具有结构整体尺寸小，安装方便，成本低等优点，可以满足更宽容积段的大容积风冷冰箱的冷凝模块设计要求。

关键词：一体式结构；冷凝风道；大容积风冷冰箱；微通道冷凝器

Abstract : Through analysis of the current situation on the air cooled refrigerator with large volume, an integrated condensing duct structure for refrigerator is designed by the improvement of a fan bracket, condensing duct, condenser and fixed mode. The results show that an integrated condensing duct structure is an innovative design, which includes fan bracket, condensing ducts and Condenser mounting structure. A fixed hole in the side plate of the micro-channel condenser is corresponding to the integral condensation air duct's hole, which can ensure that the condensing air of the condensing fan swept over the surface of the micro-channel condenser, and the heat transfer effect is further enhanced. The structure of the integral condensation air duct has the advantages of small size, convenient installation, low cost etc, and can meet the design requirements of the condensing module for the air cooling refrigerator with wider volume.

Key words : the integrated structure; condensing air duct; air cooled refrigerator with large volume ; micro-channel condenser

前言

当前，随着家电行业技术逐步进步，家电产品尤其是冰箱产品的更新换代速度加快，针对大容积风冷冰箱的节能与工艺提效方案层出不穷。

冰箱按照门体来分，对开门、十字对开门、法式对开门、意式等大容积风冷冰箱市场占有率逐步提高。基于新国标的正式实施^[1-2]，大容积风冷冰箱的节能要求更加苛刻，需要寻求更多的节能技术方案。就大容积（500-800L）风冷冰箱而言，冷凝器外置与冷凝器侧帮

内置方式对比来看，冷凝器外置可以极大地降低箱体热负荷。而外置的风冷冷凝器一般采用9排旋翅式冷凝器，该种冷凝器体积较大，安装工艺较复杂，且存在安装密封性不好的问题，致使实际冷凝效果不佳。

基于以上存在的问题，设计出一种冰箱用一体式冷凝风道结构，实现风冷冰箱更节能，安装工艺更简单的要求。

1 具体方案

以 BCD-566W 风冷冰箱为研究载体,分析其冷凝风道模块存在的问题,从节能与工艺安装便捷性等角度出发,设计出具有体积更小、更节能与工艺操作更简单的优化设计方案,满足项目的既定要求。

1.1 冷凝风扇优化设计

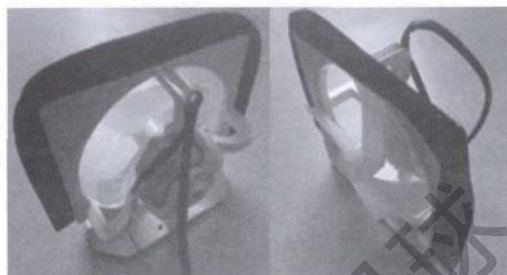
BCD-566W 风冷冰箱使用的冷凝风扇如图 1 (a) 所示。从图中可知该种风扇为轴流风扇,扇叶面积较小,进风口处存在一个体积较大的电机,使用运行过程中,该电机对风循环具有一定的阻隔影响。该种结构的扇叶导风圈较小,扇叶在风循环过程中风量也较小。另外,该种风扇电机额定功率约为 3.5 W,在现有的冰箱能耗测试中,能耗占比较大。

为实现节能目标,采用一体式风扇电机设计,该种电机额定功率为 2.5 W,较原电机功率降低约 28%,对于冰箱在低环温、低转速运行条件下的整机能耗提升作用很大。采用与一体式风扇电机对应的扇叶,该种扇叶也是三片叶,整体结构更有利于风循环,且进风口处的电机尺寸小,同等进风面积下,进风面积增大,更有利于降低风循环阻力,提升风循环效率。同时,在此种风扇结构下,设计出扇叶的导风圈结构,该种导风圈结构可以极大提升风循环量。详见图 1 (b) 所示。

1.2 冷凝器优化设计

对具有外置冷凝模块的大容积风冷冰箱而言,一般使用的都是 9 排旋翅式冷凝器,如图 2 (a) 所示。该种冷凝器的整体体积较大,具体尺寸为 180 mm × 195 mm × 180 mm (长 × 宽 × 高),实际安装过程中需要采用 4 颗螺钉固定与接水盘上,冷凝器四周使用密封海绵进行风道气密性密封,但是该种冷凝器与接水盘的安装工艺较繁琐,风道气密性较差,实际使用过程中,冷凝器面积配置较大,成本较高。

为实现安装工艺提升、成本降低以及换热性能提升等目的,应用具有更高换热性能的微通道冷凝器设计方案,如图 2 (b) 所示。该种方案的微通道冷凝器为两端带集液管的微通道平行流冷凝器,两流程方案,平行流扁管内部孔洞数为 10 个,两个平行流扁管之间的尺寸为 10 mm,扁管厚度为 1.8 mm。采用开窗的翅片结构,翅片波距为 4~5 mm。其中,最具特点的是在微通道冷凝器下边板设置孔洞,数量为 3 个,该种孔洞可以与一体式风道结构件直接固定,固定方式简单,安装工艺方便。

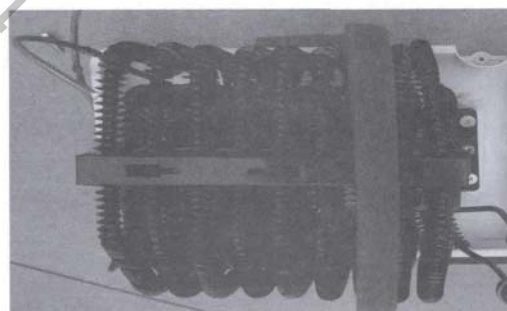


(a) 原冷凝风扇



(b) 一体式风扇

图 1 改进前后的冷凝风扇结构图



(a) 原 9 排旋翅式冷凝器



(b) 微通道冷凝器

图 2 冷凝器改进前后实物图

1.3 冷凝风道一体化结构设计

常规大容积风冷冰箱外置冷凝模块如图 3 (a) 所示,该种冷凝模块的风道结构是由冷凝风扇、

冷凝器（含密封条）以及压缩机仓后盖板等组成，在实际的运行过程中，冷凝风扇的启动运行扰流的风从压缩机仓后盖板的右进风口进入，之后扫略旋翅式冷凝器的表面，在密封条作用下，大部分扰流风均可以扫掠过旋翅式冷凝器的表面，达到冷凝器换热降温的目的。经过与冷凝换热之后的热风再经过冷凝风扇，之后扫略过压缩机表面，给压缩机降温，确保压缩机表面温度可以再降低，最后，经过充分换热的风温度较高，再通过压缩机仓后盖板的左出风口排出压缩机仓。

为进一步提升冷凝器的换热效率，需要强化冷凝器的密封性能，故针对现在的冷凝风道状态，创新设计出一体式冷凝风道，如图3（b）、（c）所示。该种一体式风道结构具有微通道冷凝器直接固定安装的结构，该结构为四方形，与微通道冷凝器结构对应，同时具有确保微通道冷凝器可以可靠固定的卡爪结构，卡爪位置与微通道冷凝器的边板孔洞位置一一对应，确保可靠安装。

该种一体式风道结构在风扇与冷凝器之间直接采用风道连接，微通道冷凝器可以直接安装于一体式风道上，此时微通道与风道之间密封的气密性非常好，确保扰流风扇扰流的风可以几乎全部扫掠过微通道换热器的表面，极大地减少冷凝器换热面积，降低换热器的成本。同时，固定方式方面，不需要像旋翅式冷凝器那样通过四颗螺钉固定于接水盘上，只需要通过卡扣直接卡上，安装工艺简单，操作方便。

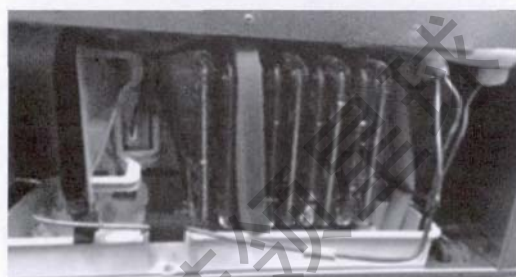
1.4 接水盘等其他部件优化设计

基于一体式冷凝风道结构设计的尺寸要求，为满足与原有压缩机仓的压缩机、排气管以及回气管等部件的安装固定不干涉，确保压缩机仓接水盘的冰箱化霜水可以及时的蒸发，需要设计新的接水盘与接水盘内的连接管，具体结构见图4。

从图4中可知，因一体式风道与接水盘固定位置发生了改变，原有接水盘中的一体式风道固定位置需要右移至少40 mm，才可以确保一体式风道最左端与压缩机排气管、回气管等部件不干涉。一体式风道与接水盘的固定方式与原固定方式一致。

新设计出置于接水盘中的连接管结构，该种设计结构可以确保通过压缩机排气管排出的高温制冷剂气体可以先通过接水盘中的水以及环境空气进行冷却，温度可以降低4~5℃，

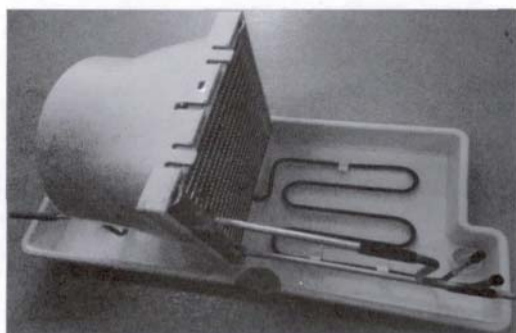
该种温度稍低的制冷剂再进入冰箱的防凝管，可以在确保防凝露要求的条件下，降低防凝管带入冰箱箱体的热负荷，进一步降低冰箱能耗。



(a) 常规外置冷凝模块



(b) 一体式冷凝风道模块



(c) 一体式冷凝模块整体结构

图3 冷凝风道模块改进设计

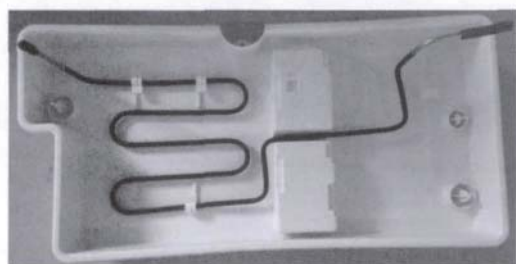


图4 接水盘及连接管图

2 实验测试

2.1 换热性能测试设备及工作原理

为了测试改进前后的冷凝器换热性能是否满足要求,需要对旋翅式冷凝器与微通道冷凝器进行换热性能测试分析,所使用的换热器换热性能测试设备如图5所示。

该套设备是我司自主研发的一套换热器换热性能测试设备^[3]。

测试设备由两部分组成:第一部分由恒温水槽、直流水泵和浮子流量计组成;第二部分外部结构由风道组成,内部安装有温湿度测量仪、风量仪、PT100 热电偶显示仪、风机和测试件。其中风道结构原理简图6所示。

该套设备空气侧换热量和水侧换热量对比计算确定出测试设备精度为8%,所得结果可以作为冰箱换热性能对比结果。实验测试是换热器内进水温度为60℃,水流量约为25 L/h,风侧的进风温度为环境空气温度,约25℃,风扇扰流风速约为2.8 m/s。

2.2 冰箱性能测试实验室

我司实验室为国家级实验室,测试冰箱性能所使用的测试室是按照国家标准 GB 12021.1-2015 要求的设计。环境温度为32℃,冰箱所在台位如图7所示。耗电量测试时,该款冰箱同时使用旋翅式冷凝器冷凝模块与微通道冷凝器冷凝模块进行耗电量测试与结果对比分析。

3 试验结果分析

3.1 换热器换热性能测试结果

依托换热器换热性能测试设备,对9排旋翅式冷凝器与新设计的微通道冷凝器换热量数据如表1所示。

从该表中可知,在同等测试条件下,所采用的微通道冷凝器的换热量较常规的九排旋翅式冷凝器的换热量高约6.4%,冷凝器换热量可以满足测试要求。两端带集液管的微通道平行流冷凝器的流程短,冷凝器侧的阻力较原状态减小,有利于制冷系统的节能。

3.2 性能测试结果分析

通过以上的一系列技术优化设计,对具有装有原冷凝模块与新设计的冷凝模块冰箱载体进行整机性能测试。耗电量测试

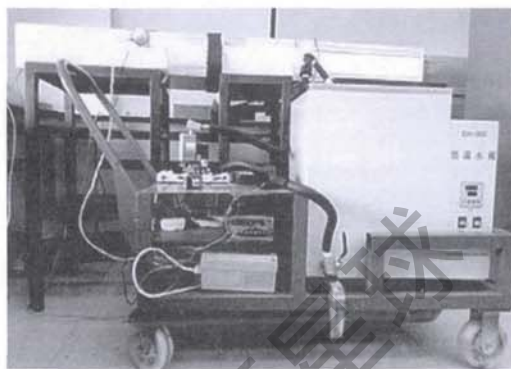


图5 换热器换热性能测试设备

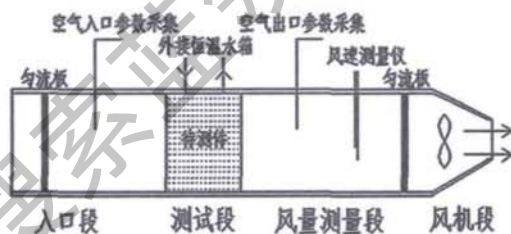


图6 换热设备风道结构简图

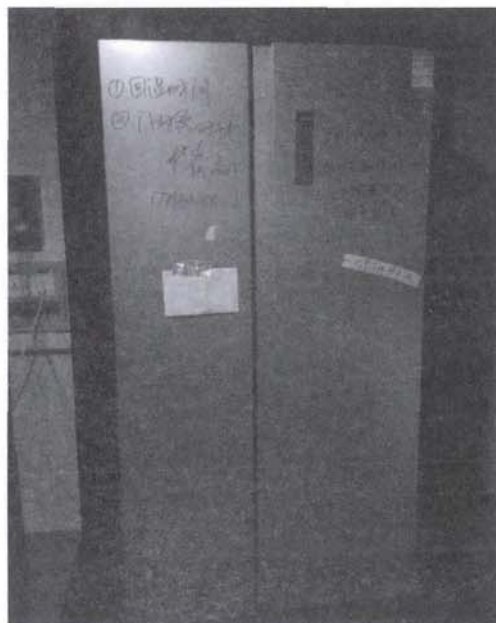


图7 载体冰箱实验室测试图

表1 两者换热器换热测试结果

名称	风侧换热量 (W)	水侧换热量 (W)	平均换热量 (W)
微通道冷凝器	625	621	623
旋翅式冷凝器	587	584	585.5

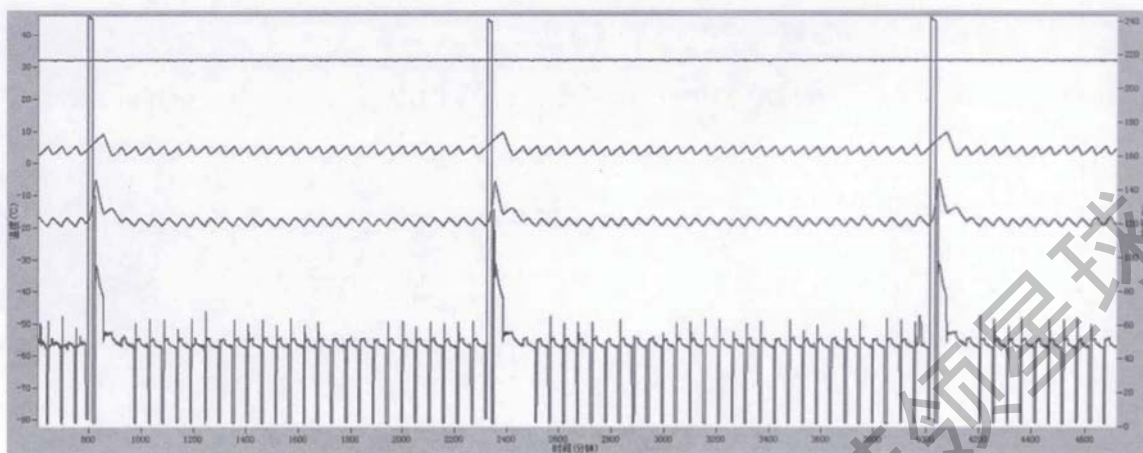


图8 原冷凝模块整机能耗测试曲线图

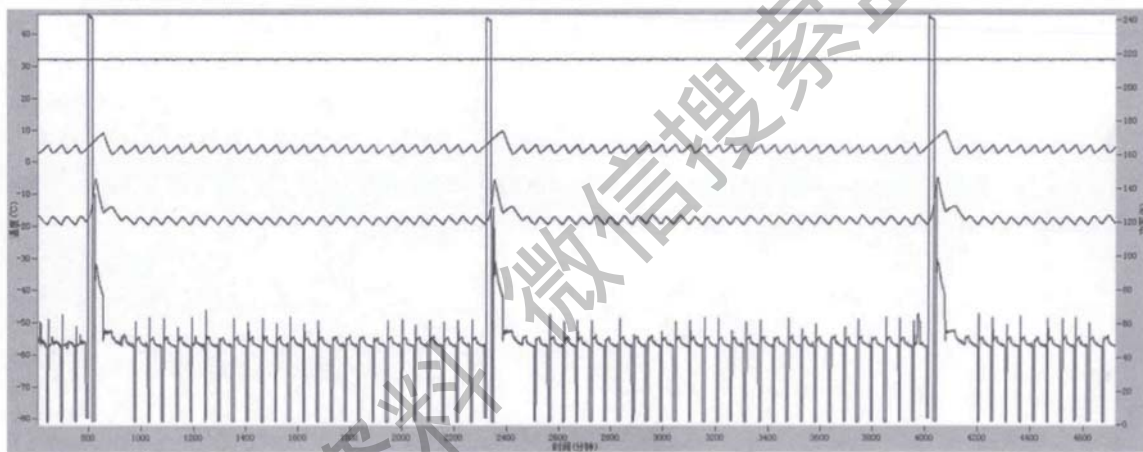


图9 新冷凝模块整机能耗测试曲线图

曲线图如图8、9所示。从测试曲线图来看，原冷凝模块与新冷凝模块的冰箱载体，整机功率运行均比较稳定，各间室温度曲线比较平稳。

装有原冷凝模块的整机耗电量（32℃）为1.11 kWh/24 h，装有新冷凝模块的整机耗电量（32℃）为1.07 kWh/24 h，应用新冷凝模块状态的冰箱载体整机耗电量较原状态降低约3.6%。同时，新冷凝模块体积小，换热效率高，安装工艺简单，成本低，是当前再用的冷凝模块较好的替代装置。

4 结论

通过对比分析冰箱原冷凝模块与新一体式风道冷凝模块冷凝器换热性能与整机耗电量测试结果可知，一体

式冷凝模块用微通道冷凝器体积小，可以应用于更宽容积段的冰箱载体中。一体式冷凝风道结构可以进一步提高冰箱冷凝模块换热效率，降低冰箱整机能耗，同时安装工艺进一步简化，提升了安装工艺效率。

参考文献：

- [1] 张成全, 施俊业, 陈江平. 采用微通道冷凝器的无霜风冷冰箱系统性能提升 [J]. 制冷学报, 2017(3): 43-49.
- [2] 孙川川, 陈俊. 新国标三系统直冷冰箱制冷系统匹配分析 [C].
- [3] 刘宏宇, 陈开松, 尚殿波. 冰箱用换热器换热能力测试设备数值模拟与试验研究 [J]. 家电科技, 2016(04): 42-45.