

汽车空调换热器特点及应用发展研究^x

唐连伟 何雅玲

(西安交通大学动力工程多相流国家重点实验室)

摘 要 汽车空调换热器(冷凝器和蒸发器)是汽车空调系统的重要组成部分,换热器的性能优化直接影响空调系统的性能,并影响整车的紧凑型。针对蒸气压缩式汽车空调系统,总结其换热器的发展分类及各自结构特点,同时回顾国内、外对汽车空调换热器性能研究的发展,指出采用计算机辅助模拟技术来开发具有更好传热效果且结构更为紧凑可靠的换热器是汽车空调换热器的研究发展趋势。

关键词 汽车空调 冷凝器 蒸发器 气体冷却器

STUDY ON APPLICATION DEVELOPMENT AND CHARACTERS OF AUTOMOBILE AC HEAT EXCHANGERS

Tang Lianwei He Yaling

(State Key Laboratory of Multiphase Flow in Power
Engineering, Xi'an Jiao Tong University)

ABSTRACT The automobile AC (air conditioning) heat exchangers (condenser and evaporator) are the main part of the automobile AC system. The classification and characters of different forms of the heat exchangers in an automobile AC system are summarized. A review of the domestic and abroad research work on the performance study of the automobile AC heat exchanger is given. It is pointed out that the more compact and reliable heat exchanger with better performance developed by CAD technology is the direction.

KEY WORDS Automobile AC Condenser Evaporator Gas cooler

自从1927年世界上第一台汽车空调器的诞生,汽车空调系统发展至今已经历四代,即单纯供热系统、冷暖合一系统、自动控温系统、微机控制空调系统^[1]。汽车空调换热器的换热和阻力性能直接影响整体空调系统的性能,同时由于其体积直接决定整个空调系统的体积,因此,换热器的优化设计不但能够有效提高空调性能,而且还能提高整车装配的紧凑性,这对于汽车的设计具有重要意义,所以汽车空调换热器的研究日益成为热点。

1 汽车空调换热器的发展及特点

1.1 汽车空调换热器的发展

汽车空调换热器按照不同的结构可分为:管片式换热器、管带式换热器、平行流式换热器、层叠式换热器。早期汽车空调的冷凝器和蒸发器一般均

为管片式(又称套片管、翅片管)结构。到上世纪80年代末90年代初,管带式结构逐渐成熟并开始取代管片式结构。这种当时的新型换热器结构具有良好的换热性能,并且相对于管片式结构其换热量的提升幅度大于阻力的提升幅度,因此,在90年代中期,汽车空调的冷凝器和蒸发器广泛采用这种结构。

随着人们对臭氧层保护的日益重视,汽车空调制冷剂也需要采用对臭氧层无害的工质来替代传统的氟利昂工质,但是由于替代工质的热力性质和传统氟利昂工质不同,在已有的管带式结构换热器中直接充灌新工质会使空调系统的性能下降,为了解决这个问题,人们尝试了两个办法,一个是对管带式结构加以改造,另一个是采用新的结构。经过

x 国家自然科学基金资助项目(50425620),全国博士学位论文作者专项资金资助项目。

不断研究,这两个办法都收到较好的效果,并出现两种成熟的结构,即冷凝器采用的平行流结构和蒸发器采用的层叠式结构,这两种结构的换热器具有相对良好的性能,随着汽车空调系统全面采用替代工质,这两种结构也被引入汽车空调系统,一直使用至今。

替代工质 R2134a 是一种过渡性工质。出于对环保的考虑,欧洲国家开始在轿车上装备 CO₂ 跨临界循环汽车空调系统^[2]。为了满足 CO₂ 跨临界的热力性质,一种新型的气体冷却器被开发出来,这种新的汽车空调换热器具有良好的耐高压能力,系统能够在 CO₂ 跨临界状态的高压下工作,作为新型换热器,这种气体冷却器更加紧凑,它的设计体现了汽车空调换热器的进步。

1.2 汽车空调换热器的特点

1° 车厢内部空间相对紧凑,人员密集,换热器要能满足车内热湿负荷波动较大的要求,某些状况下甚至需要满足多蒸发器耦合的要求;

° 汽车整体结构紧凑,要求汽车空调系统体积小,重量轻,因此在保证换热量的情况下,换热器必须具有更高的单位体积换热量;

» 考虑到汽车行驶的路面状况不同,换热器与系统的结合还必须具有很好的抗震性、密封性;

¼ 换热器必须具有良好的耐压可靠性能。

2 汽车空调换热器的结构及应用

2.1 管片式换热器

管片式结构是一种传统结构,它是由铜管套上铝翅片组成,经胀管工艺使得铝翅片与铜管紧密接触。优点是加工简单、工艺成熟、成本较低。缺点是由于汽车的运动产生震动引起管片之间的松动,同时因温度的交替变化,管与片热胀冷缩程度不同,造成管片之间的接触不好,导致热阻增大,可靠性和使用寿命降低。同时应用于蒸发器时,当管壁温度低于空气的露点温度时,通过蒸发器管表面的空气就会在其表面冷凝,冷凝水的出现也会使得热阻增大,管片式结构的排水效果不好,也限制它在汽车空调上的使用。目前,轿车空调系统中已经不再使用这种结构的换热器,一些大型客车和工程车的蒸发器中还有使用。管片式蒸发器的结构如图 1 所示^[3]。

2.2 管带式换热器

管带式结构的管子是由一条连续的铝合金材料经挤压而成的多孔通道扁管,然后将其机械弯曲

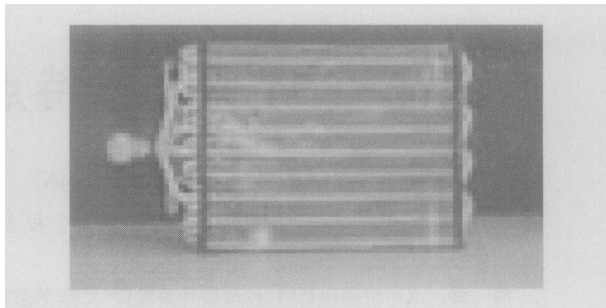


图 1 管片式蒸发器

成等间距的蛇形管,同时把带状铝箔(翅片)冲压开缝,加入管子中间,施加一定的压力,最后将翅片与管整体钎焊,这是一种永久性的联结方式。这种联结方式在汽车行驶时不会影响换热器的效果和使用寿命,结构紧凑,换热性能好,其管子与肋片均采用铝材,重量轻,加工工艺简单,可靠性好。但是管带式结构不易做成多通路式(有两通路形式),大都是一通到底的蛇形管,管道的阻力比较大,额外增大了冷凝压力,另外管壁较厚,传热效率不高。因此现在的冷凝器一般很少使用管带式结构。

客车或 MPV 的双蒸发器系统还在使用管带式蒸发器,为了强化空气侧换热,通常在空气侧使用开有多重百叶窗的翅片,通过不断破坏空气侧流动形成的边界层来达到强化换热效果。由于汽车空调蒸发器受车厢内结构的限制,蒸发器的体积及迎风面积都做得不太大,一般都采用截面为二十个矩形流道左右的宽型管带,制冷剂在多孔矩形扁管流道内发生沸腾相变传热。管带式蒸发器的结构如图 2 所示^[3]。

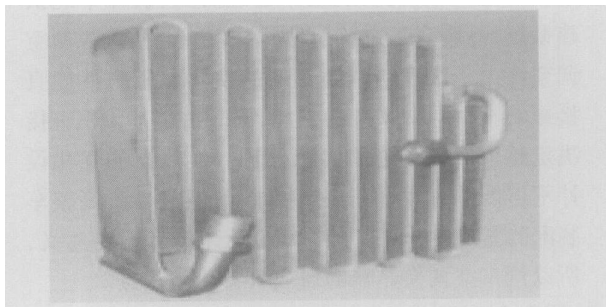


图 2 管带式蒸发器

2.3 平行流式换热器

平行流式换热器的结构形式是在管带式冷凝器的基础上通过变制冷剂单路进出或双路并串联为多流程进出设计而成。它同样采用扁管挤压技术、百叶窗翅片成型技术和真空焊接技术。平行流

冷凝器由分管、扁管、汇流管组成。每个流程制
冷剂在分管内流动,同时进入多个扁管(每根扁
管有多个通道)进行换热,在扁管尾部进入汇流
管重新分配进入下一流程。制冷剂因逐渐冷却
而体积流量减小,因而各行扁管数逐渐减小。
扁管流动截面为矩形、三角形或圆形;内壁为
光管或加内翅片。扁管间有波纹状、带百叶窗
的翅片。

如前面提到,在氟里昂工质被替代的时候,要
达到原有系统的性能就必须提高冷凝器的传热
性能。平行流式冷凝器能大大提高原有氟里昂
R212 系统的性能,所以能完全满足替代工质
R2134a 系统对冷凝器的要求。作为第三代汽
车空调换热器,它的使用标志着汽车空调系统
的进步^[4]。平行流式冷凝器的结构如图 3 所
示^[3]。

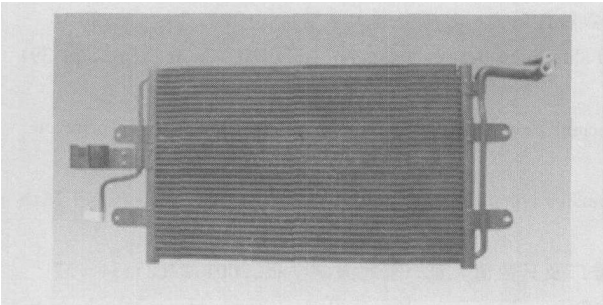


图 3 平行流式冷凝器

2.4 层叠式换热器

层叠式蒸发器是上世纪 80 年代末出现^[5]、在
90 年代中期成熟应用的一种新型的紧凑式高性
能的换热器。层叠式蒸发器继承了管片式和管
带式蒸发器的结构上的优点,是一种流道为 U
形的板式换热器,冲压成型的流路板两两焊
接,构成制冷剂流道。为强化制冷剂侧的换
热,将流道板冲压成波纹形或斑点形,压焊后
形成分布的 0X0 形结合点或圆形斑点结合点,
大大加强制冷剂流动过程中的扰动。同样,为
了强化空气侧的换热,翅片侧的结构也不断发
展,在其发展过程中出现了平直翅片、锯齿形
翅片、波纹翅片、多孔翅片、百叶窗翅片、钉
状翅片等。层叠式蒸发器的结构如图 4 所示^[3]。

2.5 气体冷却器

CO₂ 作为一种天然工质,曾在早期为人们所
利用,但是其使用过程中系统部件需要耐高压,
因此曾被氟里昂工质所替代。在目前环保的要
求下,欧洲科学家又开始研究采用这种天然工
质,为此研究出气体冷却器。新的气体冷却器
制冷剂通道通常

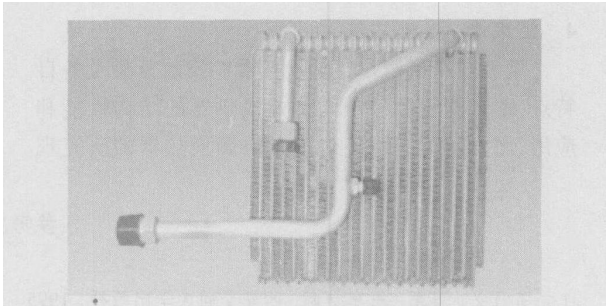


图 4 层叠式蒸发器

采用微通道,来适应工作在 CO₂ 的跨临界区
的高压,翅片侧开百叶窗以强化空气侧传热,制
冷剂流程采用平行流方式布置,这种紧凑的结
构有效地提高了单位体积的换热量。目前这种
气体冷却器还在不断的研究发展中。

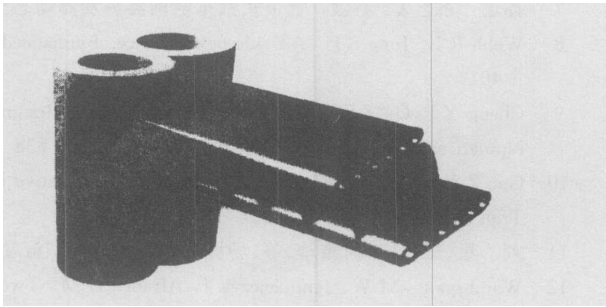


图 5 气体冷却器结构图^[6]

3 国内、外对汽车空调换热器的研究

汽车空调换热器结构不断成熟并发展,国内
、外学者进行了大量的研究。综述起来,其研
究方向主要集中在以下几个方面^[216]。

1 空气侧(翅片侧)的流动换热性能

通过试验和数学模拟,对翅片不断进行优
化,并减少换热器体积,增加单位体积换热面
积。

° 制冷剂侧(管内)的流动换热特性

通过大量试验数据拟合关联式,采用计算
机模拟方法研究换热和沿程阻力情况,优化
管路布置,优化制冷剂流量,更合理地分配压
降。

» 新工质的性能以及与之相适应的新的换
热器结构

在成熟结构中使用新工质,并根据新工质
的热力性能修改换热器的结构,使之发挥最
好的性能;另外,采用强化换热的最新理论
辅助设计和利用最先进的实验及加工手段
开发新型换热器,优化换热器结构。

4 结束语

笔者总结了汽车空调换热器的分类及各自特点,重点阐述各种不同型式换热器的结构性能和应用,简要回顾国内外对汽车空调换热器的研究现

状。我国的汽车空调业起步较晚,但是发展很快,作为汽车工业的伴随产业,我国的汽车空调业已经逐步兴起,随着研发的不断加强,有必要系统地总结汽车空调换热器的发展,从而把握未来的发展趋势。

参考文献

- 1 王宜义,王军. 汽车空调. 西安交通大学出版社, 1995
- 2 陈江平,穆景阳,刘军朴,等. 二氧化碳跨临界汽车空调系统开发. 制冷学报, 2002, (3): 14~ 17
- 3 www.cn2wanma.com
- 4 方贵银,郑哲. 替代工质 HFC134a 在汽车空调上的应用. 汽车空调, 1994, (3): 14~ 20
- 5 Toshio Ohara, Thshio Takahashi. High performance evaporator development, Transaction of SAE, Paper No. 880047, 1988, 4: 25~ 35
- 6 Pettersen J, Hafner A, Skaugen G. Development of compact heat exchangers for CO₂ air conditioning systems. International Journal of Refrigeration, 1998, 21(3): 180~ 193
- 7 孙正,陈芝久,谷波. 管带式汽车空调器蒸发器动态分布参数特性研究. 上海交通大学学报, 1994, 28: 16~ 20
- 8 Webb R L, Jung S H. Airside performance of enhanced brazed aluminum heat exchangers. ASHRAE Trans, 1992, 2: 391~ 401
- 9 Cheng Y P, Qu Z G, Tao W Q, et al. Numerical design of efficient slotted fin surface based on the field synergy principle. Numerical Heat Transfer, Part A, 2004, 45: 517~ 538
- 10 Guo Z Y, Wang B X. A novel concept for convective heat transfer enhancement. International Journal of Heat and Mass Transfer, 1998, 41(14): 2 221~ 2 225
- 11 刘 星,王秋旺,何雅玲,等. 场协同原理在椭圆型流动中的推广及其数值验证. 东北大学学报, 2001, 22(2): 34~ 37
- 12 Wambsganss M W, Jendrzejczyk J, Afrance D M. Two phase flow and pressure drop in flow passages of compact heat exchanger. SAE technical paper No. 920550
- 13 Chen I Y, Yang K S, Wang C C. An empirical correlation for two phase frictional performance in small diameter tubes. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2002, 45: 3 667~ 3 671
- 14 Chang Y J, Wang C C. Chang W J. Heat transfer and flow characteristics of automotive brazed aluminum heat exchangers. ASHRAE Trans, 1994, 100(2): 643~ 652
- 15 Chang Y J, Wang C C. A generalized heat transfer correlation for louver fin geometry. International Journal of Heat and Mass Transfer, 1997, 40(3): 533~ 544
- 16 Chang Y J, Hsu K C, Lin Y T, Wang C C. A generalized friction correlation for louver fin geometry. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2000, (43): 2 237~ 2 243