



21世纪全国高等院校汽车类**创新型**应用人才培养规划教材

汽车空调

刘占峰 宋力 赵丹平 主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材

汽车空调

主 编 刘占峰 宋 力 赵丹平
参 编 柴俊霖 赵明智



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书面向汽车运用类专业编写, 共分为 9 章, 对汽车空调的基础知识做了必要的介绍, 对汽车空调的结构、工作原理、控制技术、维修和保养等做了详尽的说明。本书对传统学科型教材进行了整合, 在教学内容选取上, 尽量避免内容之间不必要的交叉和重复; 在叙述上力求通俗易懂, 深入浅出, 对于汽车空调结构和工作原理的阐述力求简明扼要。为便于教师教学和学生自学, 本书每章前有本章教学要点, 章末附有小结和习题。

本书可作为高等院校车辆工程、交通运输、汽车服务工程等汽车类专业的本科教材, 高职高专层次也可选用, 还可以作为汽车运输企业、汽车维修企业、汽车检测站的技术与管理人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调/刘占峰, 宋力, 赵丹平主编. —北京: 北京大学出版社, 2011. 1

(21 世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-18066-2

I. ①汽… II. ①刘…②宋…③赵… III. ①汽车—空气调节设备—高等学校—教材 IV. ①U463. 85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 220900 号

书 名: 汽车空调

著作责任者: 刘占峰 宋 力 赵丹平 主编

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-18066-2/TH·0223

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 336 千字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

随着人民生活水平的逐步提高，人们对乘车的舒适性和安全性要求也越来越高。汽车空调系统作为影响汽车舒适性和安全性的主要装备之一，受到前所未有的重视。现在，轿车、各种大中型客车、旅行车、重型矿用车和各类工程机械车辆等都装有空调装置。家用空调带来的“空调病”是众所周知的，对于容积更小的汽车来说更是不容大意。据悉由于汽车空调本身故障或使用不当而造成 CO 中毒乃至危及生命安全的现象时有发生。目前车用空调系统在结构设计和工作过程控制等方面已保证了其使用的可靠性和安全性，同时对汽车空调的使用维护也提出了更高更严的要求。

本书在介绍热力学基本知识的基础上，较详细地介绍了汽车空调冷/热负荷的设计计算、汽车空调的分类和布置、制冷和采暖系统的结构和工作原理、汽车空调的配气与通风净化、汽车空调的控制以及汽车空调的维修和保养等相关知识。本书力求内容的广泛性和实用性，以提高学生和培训者在实际工作中对知识的应用能力。

本书由内蒙古工业大学能源与动力工程学院刘占峰、宋力、赵丹平主编。其中，第 1、4 章由刘占峰、宋力编写，第 2、6、7 章由柴俊霖编写，第 3、5 章由宋力、赵丹平编写，第 8、9 章由赵明智编写。本书的统稿工作由宋力、刘占峰完成。

本书在编写过程中参阅了大量国内外公开出版与发表的文献，在此对这些文献的作者表示感谢。由于编者经历及水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者
2010 年 9 月

目 录

第 1 章 汽车空调概述	1	3.2.2 客车与公交车的热负荷	47
1.1 汽车空调发展历程	2	3.2.3 性能计算方法	49
1.2 汽车空调的特点	4	3.2.4 经验估算方法	50
1.3 汽车空调性能评价指标	6	3.3 汽车除霜和采暖负荷的确定	51
1.4 汽车空调的未来	6	小结	53
小结	11	习题	53
习题	11	第 4 章 汽车空调的分类和布置	54
第 2 章 汽车空调的基础知识	12	4.1 汽车空调的分类	55
2.1 制冷剂的热力学参数	14	4.1.1 按驱动方式分类	55
2.1.1 压力	14	4.1.2 按送风方式分类	56
2.1.2 温度	15	4.1.3 按功能分类	56
2.1.3 热量与热容	15	4.1.4 按结构形式分类	58
2.1.4 汽化与冷凝	16	4.1.5 按空气流动路径分类	58
2.1.5 饱和温度和饱和压力	16	4.2 小型车辆的空调布置	59
2.1.6 显热和潜热	17	4.2.1 轿车空调布置	59
2.1.7 过热和过冷	18	4.2.2 轻型客车空调布置	62
2.1.8 节流	18	4.3 大中型车辆的空调布置	65
2.1.9 热力学第二定律	19	4.3.1 大中型客车制冷装置的布置	66
2.1.10 焓与熵	19	4.3.2 大中型客车采暖系统的布置方式	71
2.1.11 制冷剂的压焓图	20	4.3.3 大中型客车除霜装置的布置	73
2.2 湿空气的组成及其主要状态参数	22	4.4 其他用途车辆的空调布置	74
2.2.1 湿空气的组成	22	4.4.1 货车空调系统布置	74
2.2.2 湿空气的主要状态参数	23	4.4.2 冷藏车空调系统布置	76
2.3 空气的焓-湿图及其应用	26	4.4.3 工程车空调系统布置	77
2.3.1 空气的焓-湿图	26	小结	79
2.3.2 空气的焓-湿图的应用	28	习题	80
小结	34	第 5 章 汽车空调制冷系统的基本结构及工作原理	81
习题	35	5.1 制冷系统的基本原理及组成	82
第 3 章 汽车空调负荷的设计计算	36	5.1.1 蒸气压缩式制冷系统的基本原理	82
3.1 车厢内、外空气设计参数的确定	37	5.1.2 制冷系统的组成	83
3.2 汽车制冷负荷的确定	39	5.2 制冷压缩机	84
3.2.1 热负荷的组成	39		



5.2.1	制冷压缩机概述	84	7.2.2	汽车空调的净化	160
5.2.2	汽车空调制冷压缩机的 结构原理	87	7.3	汽车空调的噪声	164
5.3	制冷系统其他设备	101	7.3.1	车内噪声标准	164
5.3.1	冷凝器的结构与原理	101	7.3.2	汽车空调噪声源	165
5.3.2	蒸发器的结构与原理	102	7.3.3	汽车空调噪声的降低	165
5.3.3	膨胀阀的结构与原理	102	小结		169
5.3.4	储液干燥器的用途与 结构原理	105	习题		169
5.3.5	吸气储液器的结构原理	106	第8章 汽车空调控制系统		171
5.3.6	电磁离合器的结构与 工作原理	106	8.1	汽车空调的控制	172
5.3.7	电磁阀的结构与 工作原理	107	8.1.1	恒温控制器	172
5.4	制冷剂和润滑油	107	8.1.2	压力控制器	176
5.4.1	制冷剂	107	8.1.3	系统的真空控制	180
5.4.2	冷冻润滑油	114	8.1.4	转速控制	182
小结		123	8.2	汽车空调的保护	185
习题		123	8.2.1	汽车空调的运行 保护装置	185
第6章 汽车空调采暖系统的基本结构及 工作原理		125	8.2.2	汽车空调运行工况的 控制装置	188
6.1	余热式采暖系统	126	8.2.3	汽车空调的系统保护	190
6.1.1	水暖式采暖系统	127	8.2.4	汽车空调的电气控制与 保护器件	194
6.1.2	气暖式采暖系统	131	小结		199
6.1.3	废气水暖系统	133	习题		199
6.1.4	大型客车的余热水暖式 采暖系统	134	第9章 汽车空调的检修方法和技术		201
6.2	独立式采暖系统	134	9.1	汽车空调检修的仪器和设备	202
6.2.1	独立气暖式采暖系统	134	9.1.1	维修工具	202
6.2.2	独立水暖式采暖系统	136	9.1.2	维修设备	203
小结		139	9.1.3	维修材料及连接配件	208
习题		139	9.2	制冷系统制冷剂的充放技术	210
第7章 汽车空调的配气及 通风净化		141	9.2.1	制冷系统检查	210
7.1	汽车空调的配气与气流组织	143	9.2.2	制冷剂放泄	211
7.1.1	汽车空调配气	143	9.2.3	影响制冷系统性能的 因素	211
7.1.2	汽车空调气流组织形式及其 计算	145	9.2.4	系统抽真空	212
7.2	汽车空调的通风与净化	155	9.2.5	制冷剂充注	213
7.2.1	汽车空调的通风	156	9.3	制冷系统各部件检修技术	216
			小结		220
			习题		221
			参考文献		222

第 1 章

汽车空调概述



本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识
汽车空调的发展历程	了解汽车空调的发展历程	汽车空调系统由单一功能到多功能的五个阶段 我国汽车空调业的发展
汽车空调的特点	掌握汽车空调的特点	汽车空调的特点
汽车空调性能的评价指标	掌握汽车空调性能的评价指标	汽车空调性能五项评价指标
汽车空调的未来	关注汽车空调未来的发展	全自动、节能环保、小型轻量化并能体现现代新技术是汽车空调的发展方向



导入案例

空调，是汽车舒适度的一个重要体现，同时，又是影响汽车安全性的重要因素。尤其是在严寒季节，采暖系统可使乘员避免过量着装、为车窗提供除雾和除霜功能，提高舒适性并保障驾乘安全。



冷气系统则通过制冷、除湿来提供舒适性，通过使驾驶员保持警醒、允许关窗等措施提供了安全服务。通风和空气过滤系统还可提供除小、除菌的功能。

在驾乘人员感觉舒适的范围内。

最原始的汽车空调仅是开窗换气的方式。最早的汽车空调装置始于1927年,它仅由加热器、通风装置和空气过滤器3部分组成,且只能对车室供暖。准确地讲,汽车空调的历史,应该从制冷技术应用在车上开始。20世纪30年代末期美国的几部公共汽车装上了应用制冷技术的冷气装置。直到20世纪60年代,应用制冷技术的汽车空调才开始逐步普及起来。以后,人们对汽车空调的研究逐年增加,汽车空调技术日趋完善,功能也越来越全面。汽车空调系统的发展经历了由低级到高级,由单一功能到多功能的五个阶段。

第一阶段,单一取暖。1925年首先在美国出现利用汽车冷却水通过加热器取暖的方法,到1927年发展到具有加热器、风机和空气滤清器的比较完整的供热系统。这种供热系统直到1948年才在欧洲出现。而日本到1954年才开始使用加热器取暖。目前,在寒冷的北欧、亚洲北部地区,汽车空调仍然使用单一供热系统。

第二阶段,单一冷气。1939年,由美国通用汽车帕克公司(Packard)首先在轿车上安装由机械制冷的空调器。这项技术由于第二次世界大战而停止了发展。战后的美国经济迅速发展,特别是因1950年美国石油产地的炎热天气,急需大量的冷气车,而使单一降温的空调汽车得以迅速发展起来。欧洲、日本到1957年才加装这种单一冷气的轿车。单一降温的方法目前仍然在热带、亚热带地区使用。

第三阶段,冷暖一体化。1954年,通用汽车公司首先在纳什(Nash)牌轿车上安装了冷暖一体化的空调器,汽车空调才基本上具有调节控制车内温度、湿度的功能。随着汽车空调技术的改进,目前的冷热一体空调基本上具有降温、除湿、通风、过滤、除霜等功能。这种方式目前仍然在大量的经济型汽车上使用,是目前使用量最大的一种方式。

第四阶段,自动控制。冷暖一体汽车空调需要人工操纵,这显然增加了驾驶人员的工作量,同时控制质量也不大理想。自从冷暖一体化出现后,通用公司就着手研究自动控制的汽车空调,并于1964年首先安装在凯迪拉克(CADILLAC)牌轿车上,紧接着通用、福特、克莱斯勒三大汽车公司竞相在各自的高级轿车上安装自动空调。日本、欧洲直到1972年才在高级的轿车上安装自动空调。

第五阶段,微机控制。1973年美国通用汽车公司和日本五十铃汽车公司(后合并到三菱集团)一起联合研究由微型计算机控制的汽车空调系统,1977年同时安装在各自的汽车上,将汽车空调技术推到一个新的高度。微机控制的汽车空调系统由微机按照车内外的环境,实现微调化。该系统具备数字化显示、冷暖通风三位一体化、自我诊断系统、执行器自检、数据流传输等功能。通过微机控制,实现了空调运行与汽车运行的相关统一,极大地提高了制冷效果,节约了燃料,从而提高了汽车的整体性和舒适性。

汽车工业是我国国民经济的支柱产业,并逐渐成为我国经济发展中新的经济增长点。由于历史原因,我国的汽车工业在早期主要以发展载货汽车为主,因此长期以来,汽车空调技术一直处于空白状态。从20世纪60年代开始,我国的汽车空调业大致经历了三个发展阶段。第一阶段是从60年代初到70年代末,主要是利用汽车发动机排出的废气或冷却循环水产生的热量来供给车室内采暖;第二阶段是80年代初至90年代初期,我国从日本购进制冷降温用的汽车空调系统装配在红旗、上海等小轿车和豪华大客车上;80年代中



后期,第一汽车制造厂以及上海、北京、湖南、广州、佛山等汽车生产厂家分别从日本、德国引进先进的空调生产线和空调技术,生产大中型客车、轻型车及轿车的空调系统;第三阶段是从90年代开始到现在,国内已形成规模较大的汽车空调生产企业,分别从国外引进了国际最先进的平行流式冷凝器和层叠式蒸发器的生产技术和生产线,同时按《蒙特利尔议定书》和《中国消耗臭氧层物质逐步淘汰国家方案》的要求,开始研究开发汽车空调制冷工质由R12向R134a的转换。至此,我国汽车空调技术在短时间内实现了接近世界先进水平的目的,并为我国汽车工业的发展作出了重大贡献。目前,重庆建设工业、牡丹江富通、湖南华达、安徽昊方和上海三电贝洱等汽车空调公司已进入国际汽车零部件OEM市场体系,具备参与国际竞争的實力。国内汽车空调行业正跟随国外先进技术,顺应世界潮流,向着又好又快的目标发展。



阅读材料1-1

众所周知,压缩制冷剂,尤其是用于制冷业的制冷剂是设备制冷效果的关键所在。传统上最为常用的制冷剂是氟利昂,即氟氯烃。氟利昂化学性质稳定,不易燃烧,易储存,价格低廉,安全无毒,而且在制冷效果、稳定性等方面均特别优异,曾经被制冷行业视作最理想的制冷介质,在空调、冰箱等制冷行业一统天下。但是近年来的研究发现,氟利昂虽然具有极其重要的作用,但其对臭氧层有破坏作用。臭氧层存在于地球上空11~48km的大气平流层中,平流层中的气体90%由臭氧(O₃)组成,它可以有效地吸收对生物有害的太阳紫外线,如果没有臭氧层这把地球的“保护伞”,强烈的紫外线辐射不仅会使人死亡,而且会消灭地球上绝大多数物种。因此,臭氧层是人类及地表生态系统的一道不可或缺的天然屏障,而氟利昂却是这道天然屏障的“杀手”。为保护臭氧层,使人类免受太阳紫外线的辐射及维护地球生态系统的平衡,联合国1985年制定了《保护臭氧层维也纳公约》,1987年又制定了《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》(简称《蒙特利尔议定书》),对破坏臭氧层的物质提出了禁止使用的时限和要求。作为全球较大的氟利昂生产和消费大国,我国已加入了上述两个公约。发达国家已于1996年1月1日,全部停止氟利昂的生产和使用,发展中国家的期限可以延迟到2005年。根据我国承担的国际义务,氟利昂(氟氯烃类)物质的替代势在必行,1999年7月7日,我国开始冻结氟利昂的生产和消费。因此,寻找能够替代上述制冷剂的替代品已成为目前研究的主流。

1.2 汽车空调的特点

汽车直接暴露在太阳下或风雪下,隔热措施困难;汽车在行驶时有大量风沙、废气从各种缝隙钻入车厢内,造成车厢内的空气污染并增加热负荷;汽车的行驶速度变化无常,难以保证稳定的空调工况等。所以汽车空调的工作环境比房间空调器要恶劣得多。

由于汽车这个“移动房间”的特殊工作环境,它与建筑空调有许多不同之处,具体表

现在以下诸方面:

(1) 在炎热的夏季,由于汽车车厢容积小,而且车窗占的面积比例相对较大,易受阳光直射,因此车厢内的温度很高。此外,车厢内的温度还受到地面热量反射、人体散热、发动机的辐射热以及换气热的影响,因此汽车空调的热负荷较大。

(2) 汽车空调制冷压缩机一般要由汽车发动机或专门的辅助发动机来驱动,因此对汽车的其他性能(如汽车的加速性能、爬坡性能、燃油经济性等)均有一定的影响。

(3) 小型车辆采用非独立式的汽车空调系统,汽车空调的制冷性能与汽车行驶速度有关。汽车高速时,制冷量就大;汽车低速时,制冷量就小。

(4) 汽车车身结构紧凑,空调装置布置起来较困难,并且各种汽车空调部件的通用性较差。

(5) 汽车车厢内乘员所占空间比例较大,加上座椅和其他机械装置的高低不平,直接影响了车厢内的风速分布和温度分布的均匀性,从而影响了人体的舒适性。

(6) 冷凝温度高。对于轿车、货车、小型旅行车等大多数车辆,冷凝器置于汽车散热器前面,其散热效果受到发动机散热器辐射热、汽车行驶速度、路面尘土污染的影响,尤其在汽车怠速或爬坡时,不仅冷凝压力异常升高,而且影响汽车发动机散热器的散热。即使装在汽车车身侧面的冷凝器,冷却条件也不很理想。

(7) 制冷剂易泄漏。汽车空调安装在行驶的车辆上,承受着剧烈频繁的振动和冲击,因此,各个零部件应有足够的强度和抗震能力,接头应牢固并防漏。不然将会造成汽车空调制冷系统制冷剂的泄漏,破坏整个空调系统的工作条件,严重的会损坏制冷系统的压缩机等部件。使用中要经常检查系统内制冷剂的多少。据统计,由于制冷剂泄漏而引起的空调故障约占全部故障的80%。

(8) 汽车空调制冷系统中循环的制冷剂流量变化范围较大,给设计带来困难;对于非独立式的汽车空调系统(由主发动机驱动的轿车空调、货车空调等),由于汽车车速变化范围大,发动机转速的变化可从700r/min(怠速)变到6000r/min(高速),压缩机转速与发动机转速成正比,因而压缩机转速也相应提高,这给制冷系统的流量控制、制冷量调节带来困难,使得汽车空调系统的能量调节和控制较普通的建筑空调系统复杂。

由于汽车空调自身的特点,汽车空调应比一般房间空调具有更高的技术性能和工作可靠性。具体要求如下:

(1) 汽车空调应保证在任何条件下,车厢内部都具有舒适的温度范围和气流平均速度。舒适的温度范围,冬季为16~20℃,夏季为20~28℃;舒适的湿度范围,冬季为55%~70%,夏季为60%~75%;舒适的气流平均速度一般为0.25m/s。

(2) 汽车空调的控制机构和操纵机构要灵活、方便、可靠。

(3) 汽车空调的零部件要求可靠、体积小、质量轻、安装维修方便。

(4) 汽车空调应具有快速制冷和快速采暖的能力。

(5) 汽车空调冷气装置工作时,对汽车发动机的动力消耗、燃油消耗、加速和爬坡性能的影响应尽可能小。

(6) 汽车空调在汽车上的结构布局要紧凑合理,零部件安装要有防振措施,保证汽车空调在剧烈颠簸振动条件下能可靠地工作。



1.3 汽车空调性能评价指标

(1) 温度指标：温度指标是最重要的一个指标。人感到最舒服的温度是 20~28℃，超过 28℃，人就会觉得燥热；超过 40℃，即为有害温度，会对人体健康造成损害。低于 14℃，人就会感到“冷”。当温度下降到 0℃以下时，会造成冻伤。因此，空调应控制车内温度夏天在 25℃，冬天在 18℃，以保证驾驶员正常操作，防止发生事故，同时保证乘员的舒适性。

(2) 湿度指标：湿度指标是用相对湿度来表示。人体感觉得最舒适的相对湿度在 50%~70%，所以汽车空调的湿度参数要求控制在此范围内。

(3) 空气的清新鲜度：由于车内空间小，乘员密度大，在密闭的空间内极易产生缺氧和二氧化碳(CO₂)浓度过高。汽车发动机废气中的一氧化碳(CO)和道路上的粉尘，野外有毒的花粉都容易进入车厢内，造成车内空气混浊，影响乘员身体健康。这样汽车空调必须有对车内空气进行过滤的功能，以保证车内空气的清新鲜度。

(4) 除霜功能：有时汽车车室内外温度相差太大，这就会在玻璃上出现霜雾，影响驾驶员的视线，所以汽车空调必须具有除霜除雾功能。

(5) 操作简单、容易、稳定：汽车空调必须做到不增加驾驶员的劳动强度，不影响驾驶员的正常驾驶。

1.4 汽车空调的未来

当前，从市场需求方面看，汽车空调装置应进一步降低成本，提高燃油经济性；从车身制造方面看，随着车厢地板的降低以及车辆向大型化、高级化发展，需进一步提高汽车空调各组成装置的紧凑性和工作效率；从乘客和驾驶员方面看，车内温度要合理分布，设备操作要简便，空调装置应向全季节型发展。

1. 向全自动化方向发展

早期的汽车空调系统，其进出风系统、冷气系统和暖气系统彼此间互相独立，因而它们的控制系统也自成一体，且汽车空调都是手动控制，仅凭人的感觉来调节开关，因而温度、湿度及风量很难控制。近年来，随着电子计算机的普及并逐步应用到汽车空调系统，使得空调系统的控制功能日趋完善，空调设备的性能也越来越高。运用这种空调系统能进行全天候的空气调节，集制冷、采暖、通风于一体，在人为设定的最佳温度、湿度及风量的情况下，该系统可根据车室内人员数量及其他情况的变化进行多挡位、多模式的微调，从而达到设定的最佳值，使车内始终保持舒适的人工气候环境。同时还可进行故障自动诊断和数字显示，缩短检修和准备时间。全自动空调系统比传统空调系统节省 30%的能耗，运用多传感器技术使得采暖通风与空调(Heating Ventilation and Air Conditioning, HVAC)能自动控制车内的湿度、温度、空气流速和阳光照射，既能很好地控制出风温度、冷凝风扇速度，实现 ECU 自动控制，去除车内异臭及有毒气体，很好地防止眼睛和呼吸

黏膜的不适,减少冷凝风扇的噪声,也能很好地防止车窗玻璃起雾,确保行驶安全,同时可避免在空调运行中使空气变干燥。以 Valeo 公司的新型空调系统为例,该系统采用了自动内循环模式,由一个环境污染传感器控制,当传感器检测到外界空气中有 CO 和二氧化氮(NO_2)等有毒气体时,内循环风模式自动启动,将有毒外界空气隔绝在乘员舱外。全自动空调系统的发展趋向于个性化和舒适化,采用汽车辅助加热系统、负离子发生器和车用冷藏箱,提高乘车的舒适性。利用功能集成化技术,将全自动空调与汽车音响合二为一,共用一个显示屏,以解决仪表板位置紧张的矛盾。

2. 更加合理的设计和制造

虚拟环境舒适工程(VTCE),在汽车空调设计上居世界领先地位。其主要流程是通过 CFD 计算分析模拟整车运行工况,并加入人体模型,仿真计算人体表面舒适度。运用 VTCE 可以显著缩短汽车空调的开发周期,减少设计开发成本;产品数据管理系统 IPM/PDM,统一管理产品设计信息和工艺信息,形成工程信息数据库,最终满足公司的总体规划标准,实现公司的信息化;使用 UG、CATIA 等三维造型软件,具有全新开发压缩机、蒸发器、暖风机和鼓风机的设计能力。

3. 高效节能、小型轻量化

要进一步降低空调装置的质量和外形尺寸,必须提高各组成装置的结构紧凑性和效率。为此各国正致力于改进各部件的结构,完善各部件的制造工艺,改进空调装置的布局,提高空调装置的性能。

压缩机的设计正朝着减少质量和体积、降低噪声和提高振动稳定性的方向发展。目前市场上的压缩机仍以斜盘式、旋叶式和涡旋式压缩机为主,为减少离合器频繁闭合产生的噪声并获得更佳的控制效果,外部控制式变排量压缩机逐渐成为世界车用空调压缩机的主导方向,它具有结构紧凑、质量轻和节省能源的优点。以日本电装 DENSO 的变排量压缩机为例,它采用了树脂离合器,体积小、质量轻,而其中的新型控制阀能实现扭矩的估计和控制。DANFOSS、DENSO、ZEXEL 等国际性公司开始研发新型的二氧化碳压缩机。另外,随着世界各国环保意识的不断加强,电动压缩机也得到了进一步的发展,它能满足混合燃料电池车用空调的需要;研究开发散热性能更佳、结构更为紧凑的新型冷凝器和蒸发器;软管和接头的密封朝着低泄漏的方向发展。

4. 向环保型汽车空调发展

以前所使用的汽车空调制冷工质 R12 对大气臭氧层有一定的破坏作用,根据《蒙特利尔议定书》,2000 年已开始禁止使用 R12,因此世界各国都在积极地研制更适合于环境保护的新工质。目前一致公认 R134a 是汽车空调 R12 的首选替代物,并基本上解决了空调系统的匹配和材料等一系列问题。最近全球各大汽车生产厂和零部件供应商都在开发超临界的 CO_2 汽车空调系统及相应的零部件,超临界 CO_2 与 R134a 相比有潜在的能源效率优势,其压缩热很大,因而在热泵空调系统使用中很有吸引力。 CO_2 汽车空调系统的 GWP(全球变暖潜能值)仅为 R134a 系统的 1/1300,无毒、非燃烧性天然物质,不需要其他制冷剂的生产工序,能直接从化工厂排放物中提取。美、日、欧都已相继研制成功了 CO_2 汽车空调系统并装车试运行。



5. 采用空调新技术

空调制冷方式有许多种，目前应用于汽车空调的制冷方式，全部为蒸气压缩式。其他制冷方式，如吸收式、吸附式、蒸气喷射式、空气压缩式等，很少在汽车空调上采用。但利用发动机的余热来驱动制冷系统是一个理想的节能方案。世界各国都在研究这种新技术。

1) 氢化物汽车空调系统

以色列发明了一种利用汽车废气余热作动力的汽车空调。这种新型汽车空调系统利用金属氢化物作制冷剂，通过在不同温度下金属氢化物释放或吸收氢气的特点而实现制冷。整个系统由两个容器及连接导管组成，如图 1.1 所示。一个容器导管内充满了粉状高温氢化物，另一个容器导管内充满了粒状低温氢化物，两个容器的内导管与外导管相连。汽车排出的高温废气进入第一个容器，使其温度升高，当达到 240℃ 时。导管内的粉状高温氢化物就会释放出氢气(H₂)，并通过外导管进入第二个容器的内导管。粒状

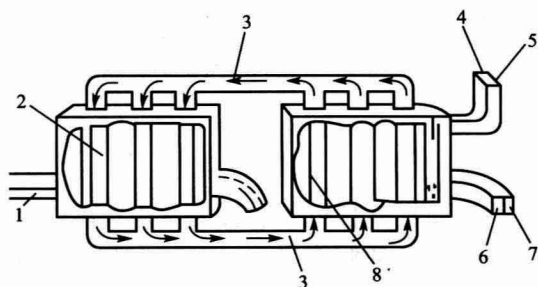


图 1.1 氢化物汽车空调系统

- 1—热空气；2—高温氢化物；3—氢气；4—车内热空气进口；5—冷空气出口；6—外部空气进口；7—外部空气出口；8—低温氢化物

低温氢化物吸收氢气后温度升高，这时外面的空气进入第二个容器进行冷却，降低其温度。当汽车废气停止进入第一个容器时，导管内的粉状高温氢化物停止加热，通过外导管吸收第二个容器释放出的氢气。当粒状低温氢化物释放氢气时吸收热量，从而使送入第二个容器的车内热空气得到冷却降温，起到了制冷作用。为此，利用汽车废气对第一个容器间歇加热，使制冷剂不停地释放、吸收氢气，冷却空气，再把冷却后的空气送回车厢，达到车内降温的目的。

2) 固体吸附制冷汽车空调系统

固体吸附制冷是利用某些固体物质在一定温度、压力下能吸附某种气体或水蒸气，在另一种温度、压力下又能把它释放出来的特性，通过吸附与解吸过程导致压力变化，从而起到了压缩机的作用。该制冷系统由发生器、冷凝器、蒸发器和节流装置组成，其工作原理如图 1.2 所示。通过真空阀①，使得低压、低温制冷剂蒸气被发生器的吸附剂吸附，通过高压阀②，使得从发生器内解吸的制冷剂蒸气进入冷凝器中冷凝。通过节流阀③，使得发生器两侧形成压差，实现制冷剂高压冷凝和低温蒸发。为了实现对发生器间歇加热、冷却，还需由阀门④、⑤来控制热水、冷水，起到热压缩的作用。在固体吸附制冷系统中，目前实际应用比较成功的工质对有碱金属氯化物-氨、沸石-

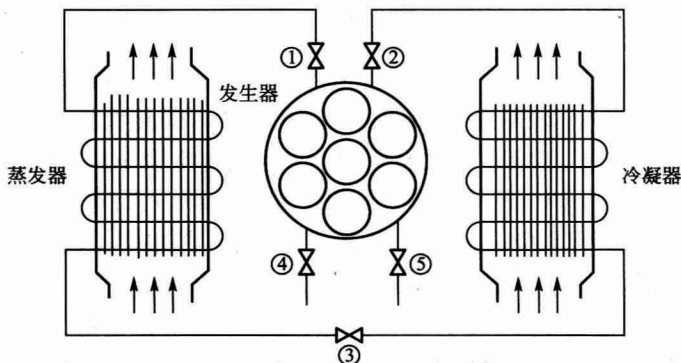


图 1.2 固体吸附制冷汽车空调系统

水和活性炭-甲醇等。

3) 吸收式汽车空调系统

吸收式制冷也是以热能为动力,利用由两种沸点不同的物质组成溶液的气液平衡特性来完成制冷循环的。图 1.3 所示为利用汽车循环冷却液余热实现汽车空调的吸收式制冷循环系统,其由发生器 G、吸收器 B、冷凝器 C、蒸发器 E、溶液热交换器 A、溶液泵 P 及节流阀 D 和 F 所组成。利用汽车循环冷却液作为热源,在发生器 G 中加热一定浓度的溶液并使之蒸发,于是溶液中作为制冷剂的低沸点成分大部分被蒸发出来,在风冷式冷凝器 C 中凝结成液体。经节流阀 D 降至蒸发压力,然后进入蒸发器 E 中进行蒸发制冷,把车厢内的部分空气冷却后再送回车厢。在蒸发器内产生的低压制冷剂蒸气直接进入吸收器 B 中。另外,在发生器 G 中,溶液经节流阀 F 后压力降低到蒸发压力,经溶液热交换器 A 冷却后进入吸收器 B,再与从蒸发器来的低压制冷剂混合并吸收这些蒸气,即恢复了原来溶液的浓度。吸收过程是一个放热过程,利用车外空气进行冷却。吸收器 B 中的浓溶液再通过溶液泵 P 升压后,经溶液热交换器 A 进行热交换,吸收由发生器 G 来的稀溶液热量后送入发生器,这样就完成了吸收式制冷循环。由于溴化锂(LiBr)的沸点高至 1265℃,与水(H₂O)的沸点相差较大,化学性质稳定,有较强的吸湿性,所以水-溴化锂是使用较广泛的工质对。但是,由于水蒸气的单位容积制冷量较小,相应的制冷设备体积较大,因而它不适宜作为吸收式汽车空调工质对。

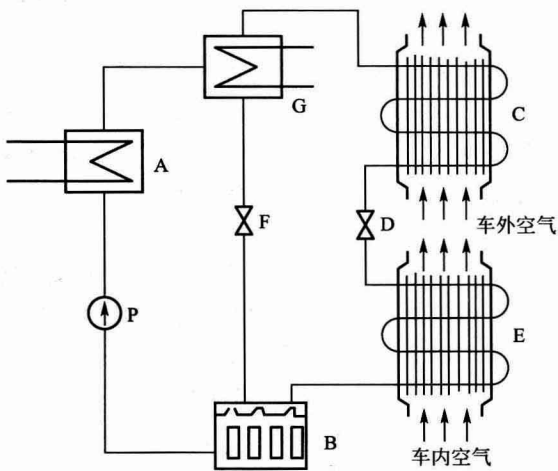


图 1.3 吸收式汽车空调系统

以氨(NH₃)-水为制冷剂的工质对,由于氨的单位容积制冷量大,且氨与水的溶解度随温度变化较大,所以是一种较理想的工质对,可以作为吸收式汽车空调的工质对。

未来新型空调系统的开发必须与汽车开发同步,以适应新的变化,如发动机效率提高(余热量减少)、电气化、混合驱动动力及其他新型零部件使用后导致空调系统特性的变化。汽车电气化日益加强,新型的电子元件如加热座椅、娱乐系统、电子导航等在汽车上的应用日渐广泛,为了适应这些技术,汽车生产商正在拟转向 42V 系统。采用高电压系统后有可能省略带驱动的装置,如发电机、空调压缩机、水泵及动力转向泵等。这使在汽车空调系统中应用全封闭压缩机成为可能,并且只要发动机室内靠近仪表盘的部分存在足够的空间,就有可能用金属管代替软管,从而大大降低制冷剂泄漏;电动车及混合动力车为了达到高效和减少温室气体排放的目的,以尽量少使用燃料来满足动力要求。例如,一些混合驱动车在发动机模式时利用多余动力对电池充电,当电池充电完成时则切向电动模式,相应的空调系统的设计面临新的挑战;新的零部件技术可减少空调或采暖负荷,如增强车身隔热、改进门封结构、玻璃镀层和其他新技术的应用都可减少车室热负荷,从而减少用于空调或采暖的能耗而减少温室气体排放。目前,全球各大汽车生产厂和零部件供应商都在开发超临界的二氧化碳汽车空调系统及相应的零部件。



阅读材料1-2

1. 天然制冷剂的研究

目前的天然制冷剂技术中,有氨、丙烷(C_3H_8)与其他烃的混合物及 CO_2 制冷技术,其中 CO_2 制冷技术最有可能成为 R22 的长期替代物。这是由于 CO_2 的高密度和低黏度,且流动损失小,传热效果好。通过强化传热可以弥补其循环不高的缺点,增加回热器或者采用两级压缩即可达到与常规制冷剂相似的效率,而不设膨胀机,这也是各公司开发 CO_2 小型制冷或者汽车空调的研究方向。

CO_2 制冷技术已经跨进实际应用的门槛。日本几大公司开发的 CO_2 热泵热水器已上市多年,年产已达十万台。日本冷冻空调协会标准 JRA-4050-2004 家电热泵热水机(二氧化碳冷媒)对这类产品的性能、安装等有严格的规定。实际上热水器稍加改装,即可变为有热回收的家用空调,所以将 CO_2 用于家用空调也只是一步之遥。在汽车空调方面,可以说国际上各大汽车公司都进行了 CO_2 汽车空调的研制,并通过专门协调机构联合攻关,国际汽车工程学会不断发布有关报告。欧盟正在制定相关 CO_2 汽车空调的标准,准备在 2008~2010 年将欧洲的汽车空调全部改为 CO_2 系统。

2. 热声制冷技术

热声制冷是 21 世纪以来发展的一种新的制冷技术,与传统的蒸气压缩式制冷系统相比,热声热机具有无可比拟的优势:无须使用污染环境的制冷剂,而是使用惰性气体或其混合物作为工质,因此使用的 CFCs 或 HFCs 不会导致臭氧层的破坏和温室效应而危害环境;其基本机构非常简单、可靠,无须贵重材料,成本上具有很大的优势;它们无须振荡的活塞和油密封或润滑,无运动部件的特点使得其寿命大大延长。热声制冷技术几乎克服了传统制冷系统的缺点,可成为下一代制冷新技术的发展方向。

所有的热声产品的工作原理都基于所谓的热声效应,热声效应机理可以简单地描述为在声波稠密时加入热量,在声波稀疏时排出热量,则声波得到加强;反之声波稠密时排出热量,在声波稀疏时吸入热量,则声波得到削弱。当然,实际的热声理论远比这复杂得多。

当然,热声制冷的设计水平及制造工艺也在不断的提高。目前,美国在热声领域内的投入最大,研究机构最多,取得了许多突破性的进展。如 20 世纪 90 年代早期,美国海军研究生院(NPS)的 Garrett 教授开发的热声制冷机;2000 年左右,开发了太阳能驱动的热声制冷机;还有在美国 Los Alamos 国家实验室(LANL),Swift 教授领导着世界著名的热声研究组,他们主要研发热声驱动的脉管制冷(低温制冷);另外还有开式热声制冷和空调、高频微型热声机制冷以及还在研发中的种种技术。

3. 太阳能空调

太阳对地球的年辐射总量为 $1.8 \times 10^{18} \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。如果 0.01% 能够被利用,折合到每人 $1.8 \times 10^{18} \times 0.01\% \div (60 \times 10^8) = 30000 \text{ [(kW} \cdot \text{h)/a]}$ 。

太阳能制冷具有很好的季节匹配性,夏季,天气越热,空调的负荷越大,需要的制冷量就越大,而此时太阳辐射最强,提供的热能最多,太阳能空调提供的冷量也就最高。冬季,太阳能辐射减弱,但所需的制热循环液温度不高(65°C 即可),在满足制冷工况的集热面积下,同样能满足制热负荷要求;这一特点使太阳能制冷技术受到重视和发

展。实现太阳能制冷有“光热冷”、“光电冷”、“光热电冷”等途径。

4. 天然气吸收式制冷系统

天然气是一种清洁优质的燃料,且储量丰富,已逐渐成为继煤炭和石油之后的世界第三大常规能源。以天然气为能源的制冷空调技术 20 世纪中期在发达国家已经走向市场,目前,大多数压缩式制冷空调系统都是采用电力驱动的,而以天然气为能源的内燃机或燃气轮机驱动的压缩式制冷空调系统在制冷空调工业中的比重越来越大。该种系统不但具有节能、减少电力投资的优点,还具有延长压缩机使用寿命,提高能源利用率的优势。

吸收式制冷是一种以“热化学压缩机”为特点的制冷循环。燃气吸收式制冷系统一般为氨-水系统、水-溴化锂系统。其特点是系统中无机械运动部件,无机械磨损,有利于延长机组使用寿命、降低噪声污染。天然气较高的燃烧品质,有利于提高制冷循环热力系数,减少能耗,减小冷热水机组的结构。通常,直燃式 Li Br 双效吸收式制冷机组 COP 值可达到 1.1~1.2,而三效机组的 COP 值可达 1.65 左右。

小 结

随着人们的生活水平和消费水平的提高,有车一族的数量越来越多,并且对汽车驾乘舒适性的要求有了更高的标准,汽车空调具有制冷、取暖、除霜、除雾、通风、空气过滤和湿度控制等功能,已成为汽车中必不可少的装备之一。

汽车空调的发展共分为单一取暖、单一冷气、冷暖一体化、自动控制和微机控制五个阶段。汽车的车厢是运动着的“房间”,这就对汽车空调提出更高的要求,既要满足乘员的舒适,还要考虑与整车的匹配。近年来,环保和能源问题成为世界关注的焦点,汽车空调业面临着新的课题与挑战,拥有一套节能高效、轻型环保、性能可靠的空调系统对开拓未来的汽车市场至关重要。本章概括介绍了汽车空调的发展历程、汽车空调的特点以及汽车空调的未来,为后文详细介绍汽车空调系统做了铺垫。

习 题

一、填空题

1. 汽车空调系统具有____、____、除霜、除雾、____、____和湿度控制等功能。
2. _____、_____、_____都是利用发动机余热来驱动的制冷系统。
3. 汽车空调性能评价指标有____、____、____、除霜功能和操作简单、容易、稳定等。

二、简答题

1. 与房间室内空调相比汽车空调有哪些特点?
2. 简述未来汽车空调的发展方向。