

普通高等教育汽车车身设计学科方向规划教材

# 汽车空调

○ 王若平 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育汽车车身设计学科方向规划教材

# 汽车空调

王若平 主编  
王志远 田杰 钟绍华 参编  
于源俊 朱世华 主审

机械工业出版社

本书全面、系统地介绍了汽车空调的工作原理、结构、使用和检修技术,内容包括汽车空调的基础知识,制冷系统的组成及原理,暖风系统,空调系统电路,控制系统及各类汽车空调系统的使用与检修技术,有较强的实用性和可读性。

本书图文并茂、内容丰富、条理清晰、通俗易懂;叙述深入浅出,易于接受和掌握。

本书可作为本科及高职高专汽车专业、制冷专业、暖风空调专业、交通运输、机电类相关专业的教材,也可供从事汽车空调的工程技术人员、汽车空调检修人员及广大汽车驾驶员参考。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

汽车空调/王若平主编. —北京:机械工业出版社, 2007. 6  
普通高等教育汽车车身设计学科方向规划教材  
ISBN 978-7-111-21451-9

I. 汽… II. 王… III. 汽车—空气调节设备—高等学校—教材  
IV. U463. 85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 065199 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 赵爱宁 责任编辑: 冯 铤 版式设计: 霍永明

责任校对: 张晓蓉 封面设计: 王伟光 责任印制: 李 妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 15.5 印张 · 379 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-21451-9

定价: 25.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010)68326294

购书热线电话: (010)88379639 88379641 88379643

编辑热线: (010)88379712

封面无防伪标均为盗版

# 序

汽车被称为“改变世界的机器”。由于汽车工业具有很强的产业关联度，因而被视为一个国家经济发展水平的重要标志。进入 21 世纪以来，随着国民经济的持续增长，轿车逐渐进入家庭，我国汽车工业进入空前的快速发展时期，已经成为国民经济的支柱产业。在“十五”末期，我国汽车年产量已达到 570 多万辆，世界排名由第 11 位跃居第 3 位，已经成为世界汽车生产、消费和保有量大国。汽车工业正在成为拉动我国经济增长的发动机。汽车工业的繁荣，使汽车及其相关产业的人才需求量大幅度增长。与此相适应，作为高层次人才培养基地的汽车工业高等教育也得到了长足发展。据不完全统计，迄今全国开办汽车类专业的高等院校已达百余所。

虽然近几年中国汽车工业得到快速发展，市场需求稳步增长，汽车产能迅速扩大，技术水平不断提升，多元化资本进入汽车产业，但是从可持续发展的战略高度仔细分析我国汽车工业现状，仍然存在很多限制因素。中国汽车产品的质量和技术水平与国际水平存在着很大的差距，汽车产业自主开发能力十分薄弱。从未来发展趋势看，打造我国自主品牌、开发核心技术是我国汽车工业的必然选择。

“十六大”以来，党中央明确提出要把推动自主创新摆在全部科技工作的突出位置，把提高自主创新能力、建设创新型国家作为调整经济结构、转变增长方式、提高国家竞争力的中心环节，这对我国高等教育的办学体制、机制、模式和人才培养理念等都提出了全新的要求。

为了满足新形势下对汽车类高等工程技术人员培养的需求，在中国机械工业教育协会机械工程及自动化学科教学委员会车辆工程学科组的领导下，成立了教材编审委员会，组织制定了多个系列的普通高等教育规划教材。其中，为了解决车身开发方面的创新型人才培养中教材短缺、滞后等问题，组织编写了“普通高等教育汽车车身设计学科方向规划教材”。

本系列教材在学科体系上适应普通高等院校培养开发研究创新型人才的需求；在内容上除选择反映车身开发方面的基础理论和共性技术，如汽车车身设计、汽车造型设计、汽车车身试验学、汽车空气动力学、汽车人机工程学以外，还注重介绍反映当前国际汽车车身开发方面的新理论、新技术和新工艺，如汽车车身制造工艺学、汽车车身 CAD/CAM 技术、汽车车身 CAE 基础、汽车碰撞安全与乘员保护、汽车车身电子技术等；在教学上强调加强实践环节。

相信本系列教材的出版将对我国汽车类专业的高等教育产生积极的影响，为我国汽车行业创新型人才培养模式作出有益的探索。由于我国汽车工业还处于快速发展阶段，对人才不断提出新的要求，这也就决定了高等教育的人才培养模式和教材建设也处于不断变革之中。我们衷心希望更多的高等院校加入本系列教材建设的队伍中来，使教材体系更加完善，以更好地为培养汽车专业人才的高等教育事业服务。

中国汽车工程学会 常务理事  
中国机械工业教育协会车辆工程学科组 副主任  
林 逸

# 前 言

伴随着我国汽车工业的飞速发展,汽车空调技术在近十余年获得了长足的发展,汽车空调装置已成为乘用车和大部分客车的标准配置。汽车空调极大地改善了乘坐环境,提高了乘员的舒适性,因而配置各类型空调装置的汽车受到了用户的普遍欢迎。

近年来,有关工科高校先后开设了汽车空调选修课,但由于学时所限,非制冷专业和暖风空调专业如车辆工程、交通运输、机电类相关专业的学生迫切需要有一本全面、系统、概要地介绍汽车空调技术的短学时教材,以拓宽知识视野,充实专业素养,满足多样的就业需要。同时,广大汽车空调从业人员也希望了解和掌握汽车空调的基本结构、工作原理及检修等实用技术。

本书系作者根据多年从事汽车空调技术的教学工作和科研实践,结合近年来国内外的最新技术成果编撰而成,系统地阐述了汽车空调的结构、工作原理、空调装置分类、采暖与通风系统、控制系统、空调系统设计、性能试验与维修等知识和实用技术,具有较强的知识性、实用性。本书所涉及的物理学、工程热力学、机械学、电子学和汽车工程学等专业知识,因限于篇幅,文中只直接引用其结论,有关专业的概念、原理,请读者参阅相关的教材或书籍。

本书由江苏大学王若平主编。河南科技大学王志远编写第1、2、6章,南京林业大学田杰编写第3、7章,江苏大学王若平编写绪论、第9章,武汉理工大学钟绍华编写第4章,王若平、钟绍华合作编写第5、8章。全书由王若平统稿。

本书由中国汽车工程学会汽车空调分会于源俊会长、牡丹江富通汽车空调有限公司朱世华高级工程师负责主审。尤其是朱世华高级工程师,对全书进行了反复仔细的审阅,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

本书编写过程中,参阅和引用了一些文献资料,尤其是汽车空调设计与选配方面企业公开发表的资料,特向这些文献资料的作者表示诚挚的谢意。上海三电贝洱汽车空调有限公司的秦洪翔高级工程师对本书的出版给予了帮助,在此一并致谢。

限于作者的水平,书中难免有不足之处,恳请专家和读者批评指正。

作 者

# 目 录

序	
前言	
绪论	1
第一章 空气调节概述	9
第一节 空气调节基础	9
第二节 车室内外空气计算参数的确定	21
第三节 车室内热湿负荷的计算	24
第四节 车室的隔热保温	34
第二章 汽车空调制冷系统工作原理	39
第一节 汽车空调的制冷原理	39
第二节 蒸气压缩式制冷系统理论循环及热力计算	45
第三节 蒸气压缩式制冷系统实际循环及热力计算	47
第四节 制冷剂与润滑油	49
第五节 跨临界 CO <sub>2</sub> 压缩式制冷循环	61
第三章 制冷系统主要总成及部件	64
第一节 压缩机	64
第二节 冷凝器	74
第三节 蒸发器	79
第四节 节流膨胀装置	83
第五节 其他辅助部件	87
第六节 典型制冷系统	90
第四章 汽车采暖系统	94
第一节 余热式采暖系统	94
第二节 独立热源式采暖系统	99
第五章 汽车空调装置的分类与布置	104
第一节 汽车空调装置的分类	104
第二节 汽车空调装置的布置	107
第三节 各类典型汽车空调装置	118
第六章 汽车的通风与配气系统	128
第一节 汽车空调的通风系统	128
第二节 汽车空调的配气系统	133
第三节 全空调系统	139
第四节 通风系统的设计	144
第七章 汽车空调的控制系统	153
第一节 汽车空调的常用控制元件	153
第二节 汽车空调的真空控制	163
第三节 乘用车空调的控制系统	174
第四节 大型客车空调的控制系统	181
第五节 汽车空调的安全保护装置	185
第八章 汽车空调系统的选型与匹配	191
第一节 汽车空调系统设计参数的确定	191
第二节 压缩机的选配	192
第三节 蒸发器和冷凝器的选配	198
第四节 制冷系统总成之间的匹配	200
第五节 空调系统与整车性能的匹配	202



<b>第九章 汽车空调系统的试验与 维修</b> .....	204	<b>附录</b> .....	232
<b>第一节 汽车空调系统的试验</b> .....	204	<b>附录 A R134a 压—焓图</b> .....	232
<b>第二节 汽车空调系统的基本         维修操作</b> .....	216	<b>附录 B R134a 饱和状态下的         热力性质</b> .....	233
<b>第三节 汽车空调系统的故障诊断         与维修</b> .....	224	<b>附录 C 汽车空调部分标准目录</b> ...	236
		<b>参考文献</b> .....	237

# 绪 论

空气调节，顾名思义是对空气进行冷却或加热、加湿或减湿、净化或过滤，并将这样处理过的空气以一定方式送回室内，使之符合人们对室内舒适性要求的过程。

广义讨论的空气调节是一年四季使室内空气的温度、湿度、流速、清洁度等保持在舒适标准范围内的技术。这种技术称为空气调节技术，用于空气调节的设备称为空气调节装置。

汽车空调是空气调节工程的一个重要分支，是空气调节技术在汽车上的应用，是创造车室内舒适环境的技术。

汽车空调是伴随着汽车技术发展到现在一定阶段的产物，且将随着汽车工业的发展进一步完善。目前汽车空调已成为提高汽车乘坐舒适性的一种重要手段，并被广大汽车制造商及乘客所认可，汽车空调装置正成为乘用车和商用车的重要标准配置之一。

## 一、汽车空调的功用和特点

### 1. 汽车空调的功用

汽车空调的基本功用是对车室内空气的温度、湿度、流速和清洁度等参数进行调节，使乘员感到舒适；去除车窗玻璃上的雾、霜和冰雪，保证乘员身体健康和行车安全。具体功用有以下几点：

(1) 调节车内空气的温度 夏季降低车室内空气的温度，用于制冷；冬季提高车室内空气的温度，用于采暖和车窗玻璃除霜。在气候潮湿的季节，还可以去除车窗玻璃上的雾气。除霜、除雾都是为了确保驾驶员的视野，提高汽车驾驶的安全性。

(2) 调节车内空气的湿度 车室内空气潮湿的时候能降低湿度，即减湿；车室内空气干燥的时候可以增加湿度，即加湿。

(3) 调节车内空气的流速 空气的流速和方向对人体舒适性影响很大。流速过高虽然利于气流传送，但会使人体感觉不舒适。流速过低气流又无法传送到乘客处，同样使人体感觉不舒适。

(4) 净化车内空气 通风可以更新车室内的空气，满足人体卫生需求。通风的方式可以是自然通风或者强制通风。自然通风是指利用汽车行驶的迎面风，不依靠动力；强制通风是指依靠动力组织气流流动。

为了去除车室内空气中的臭味、烟气、有害气体及粉尘，保证车室内有足够的氧气，这就要求汽车空调应采用空气净化装置对车室内空气进行过滤和净化。

### 2. 汽车空调的特点

汽车是交通运输工具，是移动的建筑物。与一般建筑物空调相比，这个“移动的房间空调”工作在动态环境中，工作条件差，环境恶劣，隔热难，散热快，因而有其许多不同之处，具体表现在以下诸方面：

(1) 车室热湿负荷大且变化幅度大 由于汽车长时间直接暴露在太阳下或风雪下，进入车室的热负荷或冷负荷比一般建筑物要大得多，加之车室内空间狭小，乘员密度大，上、下





车频繁，车身的热工性能差，隔热困难，导致车室热量大或失热量多。

(2) 动力的来源 汽车空调一般采用蒸汽压缩式制冷循环，压缩机的动力来源于汽车整车发动机或辅助发动机，若来自整车发动机，势必影响整车的动力性和经济性，同时，汽车的车速和负荷变化很大，因而导致制冷量也随之变化。而制冷装置的设计是按某个常用工况确定的，装置选择得过大对成本、安装位置和能源利用率等均不利，选择得过小又不能满足舒适性的要求；若专门设置辅助发动机虽然能满足制冷量的要求，但会增加汽车整备质量，间接影响整车的性能和成本，同时还要考虑轴荷分配对汽车性能的影响。因此，汽车空调在动力的来源上比一般建筑空调困难得多。采暖也存在类似的问题。

(3) 制冷剂容易泄漏 汽车在不平的路面上高速行驶，制冷装置处于剧烈的振动之中，这使得制冷系统连接处容易松动，制冷剂比较容易泄漏。另外，汽车空调压缩机是开启式结构，长期剧烈的振动使制冷剂容易从轴封、缸体接合处泄漏。

(4) 冷凝温度高 对于乘用车、货车等大多数汽车，冷凝器置于汽车水箱前面，通风冷却效果受发动机水箱辐射热、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，不仅冷凝温度及冷凝压力异常升高，而且影响汽车发动机水箱的散热；有的汽车受结构空间的限制，将冷凝器布置在车身侧面，导致冷却效果不理想。

(5) 对汽车空调系统各部件的强度、抗振性能要求高 汽车空调系统与汽车其他部件一样，处于频繁的振动和冲击环境，抗振性能要求非常高，需要各部件有足够的机械强度或缓冲减振措施，而且对系统管路的走向、弯曲形状、密封性能、拧紧力矩都有严格要求，否则就会因振动而松动，造成制冷剂泄漏。

(6) 布置困难 汽车车身结构紧凑，尤其是乘用车空间有限。因此，汽车空调装置各总成的布置、安装、连接都比较困难。对空调装置的体积、重量、外形也提出了很高的要求。

(7) 气流、温度分布不易均匀 由于车厢高度低，又受座椅布置的影响，气流分布不均匀，风量分配不易像一般建筑物那样均匀，因而车内温度分布不易均匀。

(8) 汽车空调必须与内饰协调 空调装置安装在汽车上，其风口、风道是汽车内饰的一部分，必须与车身内饰协调，以保持整车内饰的统一、完美，这是汽车空调有别于其他空调的地方。

由于汽车空调自身的特点，汽车空调应满足下列要求：

- 1) 汽车空调应保证在任何条件下，车室内都具有舒适的温度、湿度和气流速度。舒适的温度、湿度和气流平均速度推荐值见表 0-1。
- 2) 汽车空调各总成应工作可靠、体积小、质量轻、安装维修方便，且抗振性能强。
- 3) 汽车空调应具有快速制冷、采暖的能力。
- 4) 汽车空调的控制机构、操纵机构要可靠、灵活、方便。
- 5) 汽车空调装置工作时消耗能源要少，尽可能降低汽车使用成本。

表 0-1 舒适的温度、湿度和气流平均速度推荐值

项 目	冬 季	夏 季
舒适的温度范围	16~20℃	20~28℃
舒适的湿度范围	55%~70%	60%~75%
气流平均速度	0.15m/s	0.25m/s



## 二、汽车空调发展概述

### 1. 汽车空调的发展历程

1927年,第一台汽车空调器在美国汽车市场上出现,当时的汽车空调器只是在汽车上配置一个加热器、一个通风系统和一个空气过滤器。这种供热系统直到1948年才在欧洲出现。从1954年开始,日本在汽车上使用加热器取暖。1940年,美国通用汽车Pakard公司开始生产机械制冷空调器并在乘用车上开始安装,以后各种样式的加热器和车窗玻璃除霜器逐步出现。1954年,美国通用汽车公司首先在Nash牌乘用车上装备第一台冷暖一体化整体式空调设备,开创了汽车空调在美国的实用化、普及化的先河。此后,汽车空调基本上具有降温、除湿、通风、过滤、除霜等功能。

随着汽车技术的发展,通用公司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牌乘用车上。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乘用车上安装自动空调。日本、欧洲直到1972年才在高级乘用车上装备自动空调。这种自动空调装置只要预先设定温度,就能根据传感器检测到车内、外环境的温度,自动控制空调器在调定的温度范围内自动工作。

1973年,美国通用汽车公司和日本五十铃汽车公司联合研制微机控制的汽车空调系统,1977年同时安装在各自公司的汽车上。微机控制技术将汽车空调技术推向一个新的高度。

从此,汽车空调开始在全球逐步得到普及,不仅配置在乘用车、客车上,并已推广到载重汽车及其他用途的车辆上,如工程车辆等。

汽车空调是伴随着汽车工业的发展而发展起来的,其发展过程可概括为以下五个阶段:

第一阶段:单一暖风系统。通常是利用汽车冷却液通过加热器的方法取暖。目前在寒冷的北欧、亚洲北部地区,汽车空调仍然使用单一采暖系统。

第二阶段:单一制冷系统。使用制冷装置进行制冷。目前在热带、亚热带地区,汽车空调仍然使用单一制冷系统。

第三阶段:冷暖一体化空调系统。这种结构是目前汽车空调大量使用的一种形式。

第四阶段:自动控制汽车空调系统。这是目前高级汽车空调的主要使用形式。它弥补了冷暖一体化空调系统需要人工操纵、控制质量不理想的缺陷。

第五阶段:微机控制的汽车空调系统。这是目前汽车空调的发展趋势。微机控制的汽车空调系统功能增加,显示数字化,微机可根据车内、外的环境条件,控制空调系统的工作,实现了空调工作与汽车行驶的协调统一,极大地提高调节效果,节约燃料,从而提高汽车的整体性能和最佳的舒适性。

### 2. 我国汽车空调的现状

汽车工业是国民经济的支柱产业之一。我国的汽车工业经过50余年的奋斗,取得了长足的发展,已成为我国经济发展的新的增长点,2005年汽车总产量以570万辆位居全球第四,仅次于美国、日本,与德国并驾齐驱。但由于历史的原因,我国汽车工业主要以发展载货汽车起步的,因此在20世纪60年代以前,汽车空调技术一直处于空白状态。

我国汽车空调技术真正起步于20世纪60年代以后,其发展过程大致可分为三个阶段:

第一阶段:20世纪60年代至80年代初。这个阶段是自我研发阶段。以研制红旗乘用车空调系统为契机,我国长春一汽的技术人员自己设计、自己生产研制出CA770红旗乘用车



车空调系统并成功装车，开始批量生产。该空调系统所有的总成及零部件均为一汽自己生产或国内配套。随后又独立研制了 CA774 红旗乘用车空调系统。

红旗高级乘用车空调装置中的主要部件的产品水平在当时都是较先进的，汽车空调压缩机为六缸双向斜盘式结构，这种结构是美国通用汽车公司 1962 年推向市场的新产品，直至今日，斜盘式压缩机仍然是汽车空调压缩机的主流产品。蒸发器是全铝层叠式结构，该结构至今也是汽车空调用蒸发器的先进产品。除此之外，红旗高级乘用车空调装置中还采用了外平衡式膨胀阀，制冷系统中采用了防止蒸发器结霜的蒸发压力调节阀，制冷系统的输氟软管采用了化工部研制的丁腈橡胶材料，在制冷系统中设计有吸、排气消声器等。

第二阶段：20 世纪 80 年代初至 90 年代中期。这个阶段是技术上兼收并蓄的阶段。在自我研发的基础上，配合汽车工业的技术引进和发展，国内各大型汽车制造厂分别从日本、德国引进先进的汽车空调系统主要部件生产线和技术，使我国的汽车空调接近世界先进水平，为发展我国汽车空调业奠定了良好的坚实基础。

第三阶段：20 世纪 90 年代中期至现在。这个阶段是规模发展的阶段。随着该阶段我国汽车产量的急剧增加，国内各大汽车空调制造商抓住机遇，趁势而上，形成了国内整车汽车空调配套的市场格局。

目前，我国现有生产和组装汽车空调及零部件的企业有近百家，但主要的并在市场上已形成稳固配套关系的厂家有 20 多家。这些企业绝大部分引进国外技术、生产线和生产设备，其中有些是合资企业。

表 0-2 所示为国内主要汽车空调生产企业的简况。此外，还有四川华盛强制冷设备有限公司生产的独立式中巴空调机组和专为 6~12m 的各种城市、旅游长途客车设计的各型四大系列巴士空调；安源实业股份有限公司制冷设备厂生产的“安源”牌独立式和非独立式客车空调；广州豪华空调器有限公司为海南马自达、奥拓、广州本田、长安之星配套的车用空调；江西福昌空调系统有限公司为江铃配套的汽车空调；中美合资上海开利运输冷气设备有限公司生产的顶置式客车空调、货车冷冻设备及零部件。

生产汽车空调的其他厂家还有：阳江宝马利汽车空调设备有限公司、柳州亚美汽车空调有限公司、张家港保税区华友空调器有限公司、豫新机械厂、温州万马汽车空调有限公司、清远明鑫汽车空调有限公司、新电汽车空调机有限公司、南京中港汽车空调器制造有限公司、珠海雪凯利客车空调设备有限公司、扬州杰信空调有限公司、深圳市怡丰空调器厂等。

表 0-2 国内部分主要汽车空调生产企业简况

企业名称	性质	主要产品	生产能力	配套公司或车型
上海德尔福汽车空调系统有限公司	中美合资	各类乘用车空调/客车空调	年产 70 万套各类汽车空调装置	上海大众、上海通用、沈阳金杯、重庆五十铃、长安铃木、昌河铃木、南京菲亚特、一汽大众、二汽神龙
上海三电贝洱汽车空调有限公司	中、日、德合资	SE 系列压缩机/变排量系列压缩机/汽车空调	产品达 300 余种 160 万台/年	上海大众、上海通用、一汽集团、一汽大众、北京吉普、南汽依维柯
一汽杰克赛尔汽车空调有限公司	中、日合资	汽车空调/平行流式冷凝器/管带式冷凝器/管带式蒸发器/暖风系统	汽车空调总成 50 万套	一汽重、中、轻型货车、小红旗空调系统、一汽大众、风神汽车、一汽吉轻、郑州日产客货两用车、上汽奇瑞、江铃汽车、贵州云雀、哈飞汽车



(续)

企业名称	性质	主要产品	生产能力	配套公司或车型
空调国际(上海)有限公司	中、澳合资	汽车空调器	乘用车、轻型客车、货车和大客车四大系列 20 余个品种	沈阳金杯、金杯通用、南京依维柯、跃进集团、海南马自达、广西柳州、哈飞等
岳阳恒立冷气设备股份有限公司	国有股份制	客车空调机组/乘用车空调	空调机组 2.5 万套/乘用车换热器 40 万台/汽车空调专用压缩机 6000 台	20 余家客车厂、上海大众、神龙富康
东风-派恩汽车铝热交换器有限公司	台资	客车系列空调/列车空调/多种暖风装置		东风汽车公司 EQ6480 轻型客车、武汉万通轻型客车、中型客车等
大洋汽车空调工程(大连)有限公司	中港合资	蒸发器/冷凝器/空调系统	21.6 万台/年左右	一汽大众、上海大众
南京豫新世通汽车空调有限公司	国有股份制	各类汽车空调机组/工程车空调	1 万套/年	金龙客车、南汽、东风旅行车等
杭州新都奥兰汽车空调有限公司	中韩合资	无氟汽车空调器/工程机械用空调器		一汽集团、广西柳工机械股份有限公司、厦门工程机械股份有限公司
上海恒初车用空调有限公司	国有股份制	各类汽车空调	各类空调 2.5 万套/年	金龙客车、宇通客车、北京京通、山东飞燕、湖南三湘等 20 多家大中型客车

从市场占有率情况来看，目前的大多数汽车空调企业生产规模偏小，加之汽车空调品种繁多，国内汽车空调销售市场为几家大型合资企业占有。随着我国汽车配件市场的逐步放开，国内汽车空调市场面临国外汽车空调专业生产厂家的严重挑战。因此，国内汽车空调生产如何走上专业化、规模化经营之路，将成为我国未来几年汽车空调业迫切需要解决的问题。

汽车空调制冷装置主要由压缩机、蒸发器、冷凝器、贮液干燥器、膨胀阀以及空调软管、硬管组成。其中压缩机是汽车空调的心脏部件，蒸发器和冷凝器也是空调系统最重要的组成部分。下面按汽车空调制冷系统组成看其关键部件的国产化情况。

汽车空调压缩机方面：2004 年上海易初通用机器有限公司投资方上海汽车股份有限公司与日本三电公司、德国贝洱公司重新组立了上海三电贝洱汽车空调有限公司，同时生产七缸斜盘式无级可变排量压缩机 SD7V16 和六缸斜盘式无级可变排量压缩机 SD6V12，并在国内首先生产目前世界上最先进的外控式无级可变排量 PXE 系列压缩机，形成了年产 160 万台套的生产能力，市场占有率达到 76%，产品出口 32 个国家和地区。湖南华达机械总厂于 1992 年引进日本杰克赛尔公司六缸斜盘式 DKS 系列压缩机产品，1994 年双方又合资组建湖南华达—杰克赛尔汽车空调有限公司。牡丹江富通汽车空调有限公司于 1994 年引进韩国德尔福公司五缸摇盘式 V5 系列无级可变排量压缩机产品，2004 年又引进韩国德尔福公司十缸斜盘式 SP 系列压缩机产品。烟台首钢空调器厂于 1995 年与日本电装公司合资组建烟台首钢电装有限公司，生产日本电装公司十缸斜盘式 10PA 系列压缩机产品和贯穿叶片式 TV 系列压缩机产品。重庆建设集团 1995 年引进日本精工精机公司旋叶式 JSS—96 和 JSS—120 压缩机产品。中美合资柳州怡风涡旋压缩机实业有限公司是由柳州联压机械股份有限公司与美国芝



加哥威泰公司合资组建的，专门从事涡旋式压缩机研究与生产，怡风 WFC090 系列涡旋式汽车空调压缩机采用先进设计手段，主要元件在美国制造，坚固耐用，装配精密，密封可靠，工作平稳，适应性强。上述引进技术或合资的企业，大都是生产具有国外技术支持的产品。

国内也有不少企业在吸收国外压缩机产品技术的基础上，开发研制具有自主知识产权的压缩机产品。无锡市双菱汽车空调厂从 1999 年开始生产五缸和七缸摇盘式压缩机以及十缸斜盘式压缩机。由于涡旋式压缩机是公认的最先进的第四代汽车空调压缩机产品，因此，国内许多企业都成功地研制出了该产品。2000 年，上海奉天空调压缩机有限公司在合肥工业大学的技术支持下，自行研制开发了涡旋式 AP 系列压缩机；南京奥特佳制冷机有限公司在美国普渡大学技术支持下，于 2001 年研制开发了 WXH 系列涡旋式压缩机，其排量为 60~250mL/r，适用于微型车到大客车空调装置。广州万宝压缩机有限公司 1994 年引进当今世界先进水平的日立制作涡旋式压缩机成套技术和关键设备，并与美、德、瑞士等国先进设备配套，建成我国首家批量生产涡旋式压缩机的工厂，双班年产 1500~4500W 商业空调用涡旋式压缩机达 15 万台，1999 年开发出了汽车空调用涡旋式压缩机，该压缩机具有高效、节能、重量轻、可靠性高、超高速等优点。此外，生产汽车空调压缩机的还有南京埃迪压缩机有限公司等。

国内大客车用压缩机的生产企业，产量较大的主要是岳阳恒立制冷设备股份有限公司和宁波欣晖制冷设备有限公司，前者生产的是传统的曲柄连杆式压缩机，后者生产的是十缸斜盘式结构的压缩机。

汽车空调冷凝器和蒸发器以及空调系统其他部件方面：上海新新机器厂与美国德尔福公司合资组建上海德尔福汽车空调系统有限公司；上海新江机器厂与澳大利亚国际空调公司合资组建空调国际（上海）有限公司；一汽散热器公司与日本杰克赛尔公司合资组建一汽杰克赛尔汽车空调有限公司；大连冷冻机厂与香港大洋公司合资组建大洋（大连）汽车空调有限公司；烟台首钢空调器厂与日本电装公司合资组建烟台首钢电装有限公司；日本电装公司还分别在天津和广州与当地企业合资组建天津电装空调有限公司和广州电装空调有限公司；日本三电公司在天津合资组建天津三电汽车空调有限公司；法国法雷奥公司在湖北沙市合资组建法雷奥汽车空调湖北有限公司；美国福特公司在江西南昌合资组建江西福昌空调系统有限公司；韩国东焕公司在广西桂林独资组建桂林东焕汽车空调有限公司。另外，河南豫新机械厂、北京弘大汽车空调散热器有限公司、江西新电汽车空调系统有限公司、东风派恩汽车铝热交换器有限公司、广东阳江宝马利汽车空调设备公司等也都引进了国外先进的冷凝器、蒸发器制造技术和设备，成为国内汽车空调热交换器产品的主要生产厂家。豫新机械厂作为国内汽车空调生产主要企业之一，产品包括客车、乘用车、工程车、特种车等车用空调，为神龙、宇通等知名整车厂配套，其中工程车空调约占国内市场六分天下。在大客车空调方面，有湖南岳阳恒立制冷设备股份有限公司、空调国际（上海）有限公司、广东劲达集团公司、南京中冠汽车空调公司、广州精益汽车空调有限公司、四川华威强制冷设备有限公司等形成一批初具规模的企业。

在汽车空调其他部件中，也有形成一定规模和技术优势的专业生产厂。如生产控制阀和贮液器的有苏州新智机电工业公司；生产输氟软管的有南京汽车空调胶管厂和长春康泰克大洋管件有限公司；生产汽车空调风机的有上海日用电机厂和江苏超力电器有限公司；生产空



调系统操纵控制部件的有杭州富阳广安汽车电器有限公司等。

### 3. 汽车空调发展方向

经过 40 余年的发展,尤其是近 10 年的快速发展,我国汽车空调产品的技术水平得到大幅度提高,但其技术含量仍低于国际先进水平。我国汽车空调生产厂家 20 世纪 80 年代引进的两器生产线基本上是管带式的,而目前国际上所采用的层叠式蒸发器和平行流式冷凝器与管带式相比,同体积时可分别增加 10% 和 5%~15% 的换热效率。因此,国内汽车空调面临着产品升级换代的问题。汽车空调生产也需要向专业化、规模化集中,提高生产效率。

当前从市场需求方面看,汽车空调装置应进一步降低成本,提高使用经济性;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结构紧凑性和效率;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。随着汽车设计技术的不断提高,汽车空调将继续向以下几个方面发展:

(1) 全自动智能化 早期的汽车空调系统都是手动控制。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效果日趋完善,空调设备的性能也越来越高。这种空调系统的计算机能根据车内、外环境温度 and 人工设定要求,自动控制压缩机开停、热水阀开度、风机转速、辅助发动机转速及各种风门的开闭位置,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档位、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;节省能源,缩短检修和准备时间。

(2) 提高舒适性 除乘用车空调外,现在不少汽车空调还是冷暖系统相互独立。今后全天候型的空调系统将在各类汽车空调上得到普及。该系统具有换气、采暖、除湿、制冷等所有功能,夏天由发动机驱动制冷系统,冬天由加热器制热采暖,其他季节,如梅雨季节则采用制冷与采暖混合吹出的温和风进行除湿,使车内换气情况达到最佳状态。

(3) 新型空调结构 目前市场上已经开始推出双向空调,即采用热泵式系统。该空调系统的工作原理如同家用空调器一样,夏季制冷,冬季逆向工作取暖。但由于热泵式系统冬季供暖效率较低,因此往往需要加设一个水暖加热器,并由控制系统自动控制热泵系统的工作。当水温高时,发动机冷却水进入热水加热器;当水温低时,自动起动压缩机工作,制冷工质逆向流动,蒸发器起散热器的作用。

(4) 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。为此各科研部门正致力于改进各部件的结构,完善各部件的制造工艺,进一步降低压缩机的动力消耗,节约能源。

(5) 压缩机的发展和应用 未来几年内,六缸和七缸斜盘式无级可变排量压缩机仍然是压缩机的主导产品,特别是外控式无级可变排量斜盘式压缩机,由于没有电磁离合器使压缩机整机质量大为减轻,在市场上很受欢迎。

旋叶式压缩机由于成本比较低,将继续占据着微型车市场。

涡旋式压缩机早在 19 世纪初就已开发出来,但直到 1988 年才得到实际应用,1993 年三电公司正式开发出适用于汽车空调的涡旋式压缩机。涡旋式压缩机虽然有着广阔的前景,但由于生产技术要求高,故一直制约着其在汽车上的发展和使用。当加工、材料等疑难问题



逐步得到解决后，它的高效、节能、零部件少等优点必将吸引制造商和使用者，涡旋式压缩机将在汽车上得到更广泛的应用。

电动汽车、燃料电池汽车等新型动力汽车的发展呼唤新型的压缩机，该类型汽车空调采用电驱动压缩机是必然的出路。对于混合动力汽车，一般也希望采用电动压缩机，以保证在任何动力驱动时制冷空调都能正常工作。采用常规开启式压缩机的混合动力汽车只能在发动机驱动时带动制冷空调，若转换成电驱动模式，则一般停止空调，需要空调时临时再发动发动机，或配备一个小的汽油机供电驱动模式时使用空调用。

美国哈里森、日本三电和电装等公司都相继开发了电动压缩机。全封闭电动压缩机因省去了带驱动系统，因此安装位置不受任何限制。近年来直流无刷电动机及其调速技术的飞速发展，为开发使用小型轻便的全封闭电动压缩机奠定了基础，电动汽车的兴起又为发展电动压缩机提供了新的契机。

(6) 跨临界 CO<sub>2</sub> 汽车空调系统将日趋成熟 环境保护问题越来越受到重视，当全球在大张旗鼓地进行用 R134a 取代 R12 的技术转换工作的同时，也在积极寻找新的制冷剂，开发新的汽车空调系统。欧美正在积极进行 CO<sub>2</sub> 汽车空调系统的研究工作。

与常规制冷剂相比，CO<sub>2</sub> 具有明显的优点：不破坏臭氧层，温室效应指数接近零；蒸发潜热较大，单位容积制冷量相当大；运动粘度低；绝热指数较高，压缩机压缩比接近于最佳经济水平；充分适用各种润滑油和常用机器零部件材料；价廉，维修方便，无须再循环利用。

2002 年底日本电装公司在 20 辆丰田电动乘用车上安装 CO<sub>2</sub> 空调系统，这是世界上首次批量采用 CO<sub>2</sub> 空调系统的汽车。我国也开始进行这方面的科研工作，上海三电贝洱汽车空调有限公司与上海交通大学合作正在进行低压 CO<sub>2</sub> 汽车空调系统的探索，已经取得了一定的进展。CO<sub>2</sub> 汽车空调产品一旦成熟，必定使其他制冷工质黯然失色。

(7) 汽车空调市场将进一步细分 目前，国内货车及一些专用汽车的空调普及率还不高，而这类汽车往往工作条件艰苦，驾驶员更需要一个舒适的工作环境。但是为这类汽车提供配套的汽车空调生产企业比较少。随着汽车空调用户在这方面意识的逐渐加强，他们对这类汽车空调的要求也将逐步提高，汽车空调生产企业也会发现这一市场，汽车空调市场将进一步细分，为这类汽车提供符合其车型的汽车空调产品将是未来一段时间内的发展方向。

# 第一章 空气调节概述

## 第一节 空气调节基础

### 一、湿空气的概念

自然界中的空气是由干空气和水蒸气组成的混合物。干空气是由相对比例基本稳定的几种气体混合而成，见表 1-1，它对整个空气的热工性能无特殊意义，所以在空调中往往把干空气当作一个不变的整体看待。干空气的平均相对分子质量为 28.97。

表 1-1 干空气的组成

	氮 (N <sub>2</sub> )	氧 (O <sub>2</sub> )	氩 (Ar)	二氧化碳 (CO <sub>2</sub> )	其他气体 (He, Ne, Kr, H <sub>2</sub> )
相对分子质量	28.02	32.00	39.91	44.00	
体积分数	0.78	0.21	$0.93 \times 10^{-2}$	$0.031 \times 10^{-2}$	微量

在空调技术中，通常把不含水蒸气的空气称为干空气，把干空气和水蒸气的混合物称为湿空气。

### 二、湿空气的状态参数

在汽车空调系统的设计计算、设备的选择和运行调整中，往往要涉及到湿空气的状态参数和状态变化等问题。实际上，单纯的干空气在自然界是不存在的。因为地球表面大部分是海洋、湖泊和江河，每时每刻都有大量的水分蒸发到大气中去，使大气成为干空气和水蒸气的混合气体，即湿空气习惯上称为空气。

湿空气中水蒸气含量的多少，会随着季节、天气、湿源等的变化而不同。水蒸气含量的多少决定了空气干燥和潮湿的程度，对生产和生活都有很大影响。空气调节技术中，除了对空气的温度、洁净度、气流速度等参数调节外，对其中水蒸气含量的调节也是一个十分重要的任务。湿空气的物理性质可以用状态参数来表示，其主要状态参数有温度、压力、湿度、比体积、焓等。

如前所述，湿空气是由干空气和水蒸气组成的，在常温常压下，干空气可视为理想气体，其状态参数的关系服从理想气体状态方程。而湿空气中的水蒸气由于处于过热状态，且数量微小，加之分压力很低、比体积很大，也可近似地当作理想气体来对待，所以湿空气也应遵循理想气体的变化规律。汽车空调属于这个范畴。下面分别讨论湿空气的状态参数。

#### 1. 空气的湿度

空气的湿度是指空气中所含水蒸气量的多少。一般有三种表示方法。

(1) 绝对湿度 单位容积湿空气中所含有的水蒸气量称为湿空气的绝对湿度  $Z$ ，单位为





kg/m<sup>3</sup>。

$$Z = \frac{m_q}{V} \quad (1-1)$$

式中  $m_q$ ——水蒸气的质量，单位为 kg；

$V$ ——水蒸气占有的容积，即湿空气的容积，单位为 m<sup>3</sup>。

从式 (1-1) 可见，绝对湿度  $Z$  即为该温度和水蒸气分压力下的水蒸气密度  $\rho$ 。

由于容积随温度变化而变化，即使  $m_q$  不变， $Z$  也随温度的变化而变化。所以在计算中用  $Z$  表示空气的湿度不太方便，因而引进含湿量的定义。

(2) 含湿量 每千克干空气所含有的水蒸气质量称为含湿量  $d$ ，单位为 kg/kg (干空气)。即

$$d = \frac{m_q}{m_g} \quad (1-2)$$

式中  $m_q$ ——湿空气中水蒸气的质量，单位为 kg；

$m_g$ ——湿空气中干空气的质量，单位为 kg。

由理想气体状态方程可得

$$d = \frac{m_q}{m_g} = \frac{p_q V / R_q T}{p_g V / R_g T} = \frac{0.622 p_q}{B - p_q} \quad (1-3)$$

式中  $R_q$ ——水蒸气的气体常数，461J/(kg·K)；

$R_g$ ——干空气的气体常数，287J/(kg·K)；

$p_q$ 、 $p_g$ ——分别为水蒸气的分压力和干空气的分压力，单位为 Pa；

$B$ ——空气总压力， $B = p_q + p_g$ ，单位为 Pa；

$T$ ——气体的热力学温度，单位为 K。

可见，含湿量  $d$  大体与水蒸气分压力成正比，而与空气总压力  $B$  成反比。它确切表达了空气中实际含有的水蒸气量，而且基本上同温度无关。对某一地区来讲， $B$  基本上是定值，那么空气含湿量仅同水蒸气分压力  $p_q$  有关。

在空调中，含湿量同温度一样，都是空气的主要状态参数，对空气进行减湿或加湿处理时，干空气的质量是保持不变的，仅是水蒸气含量发生变化，所以在空调工程的计算中含湿量是常用参数之一。

(3) 相对湿度 在一定温度下湿空气所含的水蒸气量有一个最大限度，超过这一限度，多余的水蒸气就会从湿空气中凝结出来，这种含有最大限度水蒸气量的湿空气称为饱和空气。饱和空气所具有的水蒸气分压力和含湿量，分别称为该温度下湿空气的饱和水蒸气分压力  $p_{qb}$  和饱和含湿量  $d_b$ 。如果温度发生变化，饱和水蒸气分压力和饱和含湿量也会相应地发生变化。凡是水蒸气含量未达到该温度下最大限度的空气称为未饱和空气。未饱和空气具有吸收和容纳水蒸气的能力。湿衣服挂在空气中能够被晾干就是这个道理。

相对湿度  $\varphi$  就是空气中的水蒸气分压力  $p_q$  与同温度下饱和水蒸气分压力  $p_{qb}$  的比值，常用百分数表示。即

$$\varphi = \frac{p_q}{p_{qb}} \times 100\% \quad (1-4)$$

相对湿度  $\varphi$  表示空气接近饱和空气的程度。 $\varphi=0$ ，属于干空气； $\varphi=100\%$ ，则称为饱