

应用型本科汽车类专业规划教材

汽车空调技术

第2版

麻友良 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



应用型本科汽车类专业规划教材

汽车空调技术

第2版

主 编 麻友良

副主编 彭小晴

机械工业出版社

本书全面系统地介绍了汽车空调系统的组成与工作原理、主要部件的结构、空调的使用与维修等,内容包括汽车空调概述、空调基础知识、汽车空调制冷系统、汽车空调采暖系统、汽车空调的通风与空气净化装置、汽车空调的布置与操控、汽车空调的使用与故障检修等。

本书以实用性为主导,通俗易懂、图文并茂,适合作为车辆工程、汽车服务工程、交通运输等本科专业教材,同时可作为汽车维修、汽车技术服务与营销及其他汽车类专业高职高专教材,也可作为汽车维修技术培训教材和从事汽车使用与维修工作的工程技术人员、工人的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调技术/麻友良主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2016.6

应用型本科汽车类专业规划教材

ISBN 978-7-111-54429-6

I. ①汽… II. ①麻… III. ①汽车空调-高等学校-教材
IV. ①U463.85

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第174599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:赵海青 责任编辑:赵海青 丁锋 责任校对:刘怡丹

封面设计:路恩中 责任印制:李飞

北京富生印刷厂印刷

2016年9月第2版第1次印刷

184mm×260mm·15印张·368千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-54429-6

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

前言

随着人们对汽车安全性及舒适性要求的日益提高，空调在汽车上的应用也逐渐普及，汽车空调已成为现代汽车不可或缺的一部分。正因为如此，汽车空调课程已经成为汽车类专业本科和高职高专学生的必修或选修的专业课程。为适应汽车类专业汽车空调技术课程的教学需要，我们在总结多年的汽车空调技术教学经验的基础上，广泛地征集教育同行、已毕业生、现场工程技术人员等方面的意见，对汽车空调技术课程教学大纲进行了修改，并参考了已有的汽车空调教材组织撰写内容，教材出版后，已被多所学校选用，现已印刷5次，累计印数近万册。

本书面向非空调专业的学生，在内容组织上以实用性为主导，没有过多地涉及空调的基础理论，重点放在了汽车空调的结构原理和故障检修方面。文字叙述力求深入浅出、通俗易懂，以便使本书在适用于汽车类专业本科“汽车空调”课程教学的同时，也可作为高职高专汽车类专业学生学习汽车空调技术课程的教材。

为了能满足不同教学对象、不同教学目标的需要，本书的内容选取尽可能做到系统、全面，内容编排上也与已有的各类汽车空调教材有所不同，各章节的安排充分考虑到了不同层次教学对象的取舍方便、学习内容与难度的循序渐进。本书前八章介绍了汽车空调概述、空调基础知识、汽车空调制冷系统、汽车空调采暖系统、汽车空调的通风与空气净化、汽车空调的控制电路与保护装置及汽车空调的使用与故障检修。在此基础上，又精选了两种典型的汽车空调（手动空调和自动空调各一例）为实例，简明扼要地介绍了这两种汽车空调的结构特点及故障检修方法，以方便读者通过实例加深理解前面所学的内容，同时，也可使本书更具实践指导意义。

第2版对全书文字叙述进行了仔细的校审和修改，并调整了个别段落文字的先后顺序，添加或更换了个别插图和相关的内容，以使新版教材结构层次更清晰、文字更流畅且更加全面地反映汽车空调技术现状。

本书由武汉科技大学麻友良教授主编，彭小晴任副主编，参加编写的有麻友良（第一章、第二章、第三章、第九章）、刘桥（第四章）、彭小晴（第五章）、张进（第六章）、金杭、曾勇（第七章）、丁华斌、席敏（第八章）。

在编写本书过程中，我们参阅了大量的书籍和资料，从中得到了许多的启发和帮助，借此，我们向这些作者表示感谢。

由于编者水平所限，书中难免会有不妥和错误之处，恳望读者予以指正。

目录

前言

第一章 汽车空调概述 1

第一节 汽车空调的作用与质量评价指标 1

- 一、汽车空调的作用 1
- 二、衡量汽车空调质量的指标 2
- 三、汽车空调的工作环境及要求 2

第二节 汽车空调的发展概况 3

- 一、汽车空调技术的发展历程 3
- 二、我国汽车空调技术发展概况 4
- 三、汽车空调的发展方向 5

第三节 现代汽车空调系统的基本组成与类型 7

- 一、现代汽车空调系统的基本组成 7
- 二、汽车空调的类型 9

第二章 汽车空调基础知识 11

第一节 空调热力学参数 11

- 一、温度 11
- 二、热量 12
- 三、湿度 14
- 四、压力 15

第二节 空调的常用术语 16

- 一、汽化与冷凝 16
- 二、饱和温度和饱和压力 17
- 三、节流 18
- 四、制冷能力与制冷负荷 18

第三节 制冷剂与冷冻机油 19

- 一、制冷剂 19
- 二、冷冻机油 21

第三章 汽车空调制冷系统 26

第一节 汽车空调制冷系统概述 26

- 一、汽车空调制冷系统的基本组成 26
- 二、汽车空调制冷系统的工作原理 27

第二节 压缩机 28

- 一、汽车空调压缩机的要求与类型 28
- 二、往复式压缩机的结构原理 30
- 三、旋转式压缩机的结构原理 35
- 四、变排量压缩机的结构原理 42
- 五、压缩机电磁离合器 45

第三节 冷凝器 46

- 一、冷凝器的传热方式与工作过程 46
- 二、冷凝器的结构形式 47

第四节 蒸发器 49

- 一、蒸发器的传热方式与工作过程 49
- 二、蒸发器的结构形式 49

第五节 节流装置 51

- 一、节流装置的作用与类型 51
- 二、热力膨胀阀 52
- 三、节流孔管 54
- 四、电子节流装置 55

第六节 制冷系统其他辅件 56

- 一、储液干燥器 56
- 二、气液分离器 56
- 三、油分离器 57
- 四、检修阀 57

第七节 典型制冷系统 59

- 一、离合器恒温膨胀阀制冷系统 59
- 二、离合器节流管制冷系统 60
- 三、恒温膨胀阀-吸气节流阀控制的制冷系统 62
- 四、储液器-阀组合制冷系统 63
- 五、热气旁通阀制冷系统 63

第四章 汽车空调采暖系统 65

第一节 汽车采暖系统概述 65

- 一、汽车采暖系统的作用 65
- 二、汽车采暖系统的类型 65

第二节 水暖式采暖系统	67	三、汽车空调电子控制系统电路	129
一、水暖式采暖系统的组成与工作原理	67	第八章 汽车空调的使用与故障	
二、水暖式采暖装置部件	68	检修	132
第三节 气暖式采暖系统	70	第一节 汽车空调的正确使用与维护	132
一、气暖式采暖系统的组成与工作原理	70	一、汽车空调使用注意事项	132
二、废气热水式暖气系统	72	二、汽车空调的日常维护	134
第四节 燃烧式采暖装置	72	三、汽车空调的定期维护	135
一、燃烧直接加热式采暖系统	73	第二节 汽车空调的故障分析	136
二、燃烧间接加热式采暖系统	74	一、非独立式汽车空调常见故障现象与	
第五章 汽车空调的通风与空气净化		原因分析	136
装置	76	二、独立式汽车空调常见故障现象与	
第一节 汽车空调通风装置	76	原因分析	139
一、汽车空调的通风	76	第三节 汽车空调的故障检测方法	142
二、汽车空调的送风方式	78	一、汽车空调的直观检查	142
第二节 空气净化装置	82	二、汽车空调的仪表与仪器检测	144
一、对粉尘的净化	82	三、制冷系统温度与压力检测	144
二、空气的除臭、去毒与清新	84	第四节 汽车空调常见故障诊断程序	146
三、空气净化器	85	一、汽车空调故障诊断的一般原则	146
第六章 汽车空调的布置与操控	88	二、手动空调系统故障诊断程序	147
第一节 汽车空调系统的布置	88	三、自动空调系统故障诊断程序	149
一、轿车空调系统的布置	88	第五节 汽车空调的维修	153
二、客车空调系统的布置	89	一、汽车空调的检修设备	153
三、其他用途汽车空调系统的布置	93	二、汽车空调维修基本操作	156
第二节 汽车空调系统的操控方式	97	三、汽车空调压缩机的检修	162
一、汽车空调手动操作系统	97	四、汽车空调系统其他主要部件的	
二、汽车空调半自动操作系统	99	检修	166
三、汽车空调全自动操作系统	104	第九章 典型汽车空调故障检修	
第七章 汽车空调的控制电路与保护		实例	171
装置	107	第一节 手动汽车空调系统故障检修	
第一节 汽车空调的控制电路	107	实例	171
一、汽车空调常用电气控制器件	107	一、典型手动汽车空调的基本组成	171
二、汽车空调的基本控制电路	112	二、典型手动汽车空调系统故障检测	178
第二节 汽车空调的保护装置	114	三、典型手动汽车空调系统部件故障	
一、汽车空调的压力保护开关	114	维修	180
二、汽车空调的过热保护装置	117	第二节 自动汽车空调系统故障检修实例	193
三、汽车空调其他保护装置	118	一、典型自动汽车空调系统的组成	193
四、独立式汽车空调的安全保护装置	119	二、典型自动汽车空调系统故障自诊断	194
第三节 微处理器控制的汽车空调系统	121	三、典型自动汽车空调系统常见故障	
一、汽车空调电子控制系统的基本组成		原因分析	197
与控制原理	121	四、典型自动汽车空调系统故障检修	202
二、汽车空调电子控制系统部件结构		参考文献	234
原理	122		

第一章

汽车空调概述

第一节 汽车空调的作用与质量评价指标

一、汽车空调的作用

1. 空调的定义

“空调”是人们非常熟悉的一个名词，因为在家里、工作场所、商场、地铁及公交车上都装有空调器，而人们通常简称其为空调。因此，空调就是对一封闭空间内的空气温度、湿度、清新度等进行调节，使封闭空间的空气环境达到对人体最适宜的状态。

2. 汽车空调的功能

汽车空调是装备在汽车上的空调器，其作用是调节车内的温度、湿度、空气清新度，以提高车内驾乘人员的舒适性。

现代汽车所配置的自动空调系统其功能较为完整，包括了制冷、采暖、通风与空气调节、空气净化及自动空气调节等功能。

(1) 制冷功能 通过制冷系统对车内空气或车外进入车内的新鲜空气进行冷却、除湿，使车内达到“凉爽”的舒适程度。

(2) 采暖功能 由采暖系统对车内空气或车外进入车内的新鲜空气进行加热、除湿，使车内达到“温暖”的舒适程度。

(3) 通风与空气调节功能 通风系统将车外的新鲜空气引进车内，以达到通风、换气的目的；空气调节系统是将冷风、热风、新鲜空气有机地混合，形成适宜的气流供给车内。

(4) 空气净化功能 通过空气净化装置除去进入车内空气中的尘埃、异味、细菌等，使车内空气变得清新。目前普通汽车上所用的空调系统通常只是在通风风道中安装了一个过滤器用于除尘，空气净化功能较为完备的空调系统在一些高级轿车或豪华大客车上较多的应用。

(5) 自动控制功能 现代汽车自动空调系统通过空调的电子控制系统可自动实现制冷、采暖和换气的有机组合，向车内提供冷暖适宜、风量与风向适当的空气，即具有自动对车内环境进行全季节、全方位、多功能的最佳控制功能。



二、衡量汽车空调质量的指标

汽车空调是要使车内空气环境达到人体最适宜的状态。人对车内空气环境的舒适感觉与车内空气的温度、湿度、风速及空气的清新鲜度等因素有关，其舒适性指标如表 1-1 所示。

表 1-1 汽车空调环境参数对舒适性影响

参数 影响	温度/℃		相对湿度/ %	换气量 /(m ³ /h)	风速 /(m/s)	CO ₂ 含量 /%	CO 含量 /%
	冬季	夏季					
舒适指标	16~18	22~28	50~70	20~30	0.2	<0.03	<0.01
不舒适指标	0~14	30~35	15~30 90~95	5~10	<0.075 >0.3	>0.03	>0.015
有害指标	<0	>40	<15 >95	<5	>0.4	>10	>0.03

能否将车内的空气调节到人体感觉最舒适的程度，是衡量汽车空调质量高低的标准。

1. 空气温度

空气温度是汽车空调质量最重要的指标。人感觉最适宜的温度是夏季为 22~28℃，冬季为 16~18℃。在冬季如果温度低于 14℃，人就会有冷的感觉，温度越低，手脚动作越容易僵硬，操作灵活性会越差，对行车安全会有影响；当温度下降到 0℃ 时，会使人产生冻伤。在夏季如果温度高于 28℃，人体就会有热的感觉，温度越高，头昏脑涨、精神不集中、思维迟钝的情况就会越严重，很容易造成行车事故；如果车内温度高于 40℃，就会对人体健康造成伤害。

除了温度的高低对人体舒适性的影响外，温度的分布对人体舒适性感觉也有影响。人体适宜的温度分布是头凉足暖，头部的舒适温度比足部要低 1.5~2℃，温差在 2℃ 左右。

2. 空气湿度

空气湿度是汽车空调质量的另一项指标，人们通常用空气潮湿、空气干燥来表示空气湿度过高或过低。人体适宜的相对湿度夏季为 50%~60%，冬季为 40%~50%，在此湿度范围内，人会感觉舒畅，皮肤光滑、柔嫩。湿度过低（15%~30%），人体皮肤会干燥，衣服与皮肤摩擦产生静电而使人感觉很不舒服；如果湿度太低，则会使人体皮肤因缺水而造成干裂。湿度过高（90%~95%），人体皮肤水分蒸发不出去，干扰人体正常新陈代谢；湿度太高，人会有“闷”的感觉，对人体健康会有不利影响。

3. 空气流速

空气流速也是反映汽车空调质量的参数之一。空气的流动可促进人体内外散热，适宜的空气流速应在 0.075~0.2m/s 之内。空气低速流动会使人感觉舒适，如果风速过高，就会有不舒服的感觉。

4. 空气清新度

空气清新度是反映汽车空调质量的另一项指标。清新的空气应该是富氧、少 CO₂（<0.03%）和 CO（<0.01%）、少粉尘。由于汽车内空间较小，及易造成空气混浊，使人感觉不适，且对乘员身体健康不利。如果 CO₂>1.0%、CO>0.03%，则会严重影响乘员的身体健康。

三、汽车空调的工作环境及要求

汽车空调安装在汽车上，其工作环境与室内的空调有较大的差别，因而对汽车空调有特



殊的要求。汽车空调工作环境的特殊性主要有如下几方面。

1. 承受频繁的振动及冲击

汽车在行驶时，车辆的颠簸振动、汽车加减速时的惯性力，使汽车空调系统要承受剧烈而又频繁的振动和冲击。因此，要确保汽车空调在这样的工作环境下正常工作，汽车空调的零部件应有足够的强度和抗震能力，而系统管路接头连接必须牢固，其防泄漏能力要强。

2. 空调的热负荷大

汽车车内的空间狭小，人员相对密集，人体散发的热量相对较多；车身的隔热差，加之车门窗玻璃和前后风窗玻璃的面积相对较大，车外的热量很容易通过热传导、热对流和热辐射的传热方式进入车内。因此，汽车空调的热负荷比室内空调要大很多，且气流分布难以均匀。在这样的热负荷下，要确保车内空气保持在适宜的温度，就要求汽车空调的制冷量要足够大，具备迅速降低车内温度的能力。

3. 需由汽车发动机承担空调动力源

汽车空调需要用车载发动机作为空调的动力源，尤其是使用最为广泛的非独立式汽车空调，发动机既要给空调提供动力，也是汽车的动力源。为尽可能节约发动机有限的动力和降低汽车的油耗，要求汽车空调的效率要高。

此外，非独立式汽车空调系统的压缩机由发动机驱动，其制冷能力受发动机转速变化的影响很大。发动机在怠速或低转速工况下，压缩机的转速也低，其制冷能力小；而汽车高速行驶，发动机处于高速运转时，压缩机的转速高，其制冷能力也强。因此，要求汽车空调设备的大小选择和控制要合理，空调既要能满足汽车怠速或低速行驶时的制冷需要，又不会在汽车正常或高速行驶时造成浪费。

4. 汽车结构空间有限

由于汽车本身结构非常紧凑，可供安装空调设备的位置和空间极为有限。因此，要求汽车空调的结构要紧凑，各部件的体积小、重量轻，以便能在有限的空间顺利安装，且安装了空调后，不至于使汽车增重太多，影响其动力性和经济性。现代汽车空调采用了全铝、薄壁结构、多元平流式冷凝器及多缸化新型压缩机，其重量已经比 20 世纪 60 年代下降了 60%，而制冷能力却增加了 50%。

第二节 汽车空调的发展概况

一、汽车空调技术的发展历程

汽车空调技术是随着汽车的日益普及以及人们对汽车的舒适性、安全性要求的越来越高而发展起来的。按汽车空调功能的不断完善过程，可将其发展过程概括为五个阶段，即：单一取暖→单一冷气→冷暖一体化→模拟控制器自动控制→微处理器控制。

1. 单一取暖阶段

1925 年，在美国首次出现了汽车采暖装置，这种采暖装置是利用汽车发动机冷却液的热量，在冷却液通过加热器时完成采暖过程。1927 年发展为由加热器、风机和空气滤清器等组成较为完整的供热系统。在欧洲，1948 年才开始在汽车上使用这种供热系统，在日本的汽车上开始出现供热系统则是在 1954 年。目前，在寒冷的北欧、亚洲北部地区仍在使

这种单一取暖功能的空调系统。

2. 单一冷气阶段

1939年美国企业首先在轿车上安装机械式制冷降温空调,这种单一冷气装置只能在夏天起降温的作用。在1950年,美国石油产地的炎热天气使这种单一降温空调汽车得以迅速发展,到了1957年,欧洲和日本也开始在汽车上加装能制冷降温的空调。这种单一冷气功能的空调系统目前仍然在热带、亚热带地区使用。

3. 冷暖一体化阶段

1954年美国通用汽车公司率先在轿车上安装了冷暖一体化空调器,这种汽车空调将产生冷气的蒸发器和产生暖气的加热器安装在同一个进风通道中,使空调器具有调控车内温度和湿度的功能。目前的冷暖一体化汽车空调基本上都具有调温、除湿、通风、过滤、除霜等功能,并在各种汽车上得到最广泛的使用。

4. 自动控制阶段

人工操纵的冷暖一体化汽车空调增加了驾驶人的工作量,且不容易实现最佳的空气调节质量。因此,自从冷暖一体化汽车空调出现以后,人们就着手研究具有自动控制功能的汽车空调。1964年通用公司率先在轿车上安装了由模拟电子控制器来实现自动控制的汽车空调器,从1972年开始,日本和欧洲的各汽车公司也在其生产的高级轿车上装备了自动空调器。这种自动空调系统可预先设置温度,空调能自动地工作,将车内空气的温度控制在设定的范围之内。

5. 微处理器控制阶段

1973年美国和日本联合研究由微处理器控制的汽车空调系统,并在1977年安装于汽车。相比于模拟控制器控制的自动空调器,微处理器控制的自动空调系统的控制功能更加完善了,并可实现空调运行与汽车运行的相关统一,从而进一步提高了汽车的整体性能和乘坐的舒适性。这种以微处理器为控制核心的自动空调系统已在中高档轿车上及豪华客车上得到了广泛的使用,并逐渐向普通汽车推广应用。

二、我国汽车空调技术发展概况

我国汽车工业发展得较晚,从20世纪50年代开始的我国汽车工业发展初期,主要是以发展载货汽车为主,汽车空调技术的发展在较长的一段时间处于空白。从20世纪60年代开始,我国的汽车空调大致经历了三个发展阶段。

1. 单一采暖阶段

从20世纪60年代初到70年代末,我国的汽车空调主要还是单一的采暖技术,就是在一些载货汽车上利用发动机冷却液或发动机排出的废气来提供热量,用于提高冬季车内的温度。

2. 引进空调技术阶段

在20世纪80年代开始到90年代初,我国主要是从日本购进能制冷降温的汽车空调系统装备于红旗牌、上海牌等国产小轿车,以及一些豪华大客车上。20世纪90年代中后期,一汽以及其他的许多汽车生产厂家纷纷引进日本、德国等国家的空调技术,利用进口的空调生产线生产汽车空调,装备于国产的各类汽车上。

3. 迅速壮大阶段

从 20 世纪 90 年代以来,我国汽车空调生产企业迅速成长,除了引进国际上最先进的平流式冷凝器和层叠式蒸发器的生产技术外,还致力于 R134a 空调器替代 R12 空调器的研究与开发,使得我国的汽车空调技术在较短的时间内接近了国际先进水平。目前,国内有多家汽车空调生产企业已进入国际汽车零部件 OEM 市场体系,具备与国际竞争的实力。

三、汽车空调的发展方向

1. 自动空调系统日趋普及化

目前,汽车上使用的冷暖一体化空调手动控制的还有不少,这种空调需要人工操控相应的开关来调节空调温度、风量及风向等。由于仅凭人的感觉来调节,空调温度、湿度及风量等很难控制在最佳状态,而已经在中高档汽车上广泛使用的微处理器控制空调系统则可以由控制器根据车内和车外的温度等参数自动控制空调各系统协调地工作,将空调各项指标控制在理想范围之内。随着人们对汽车舒适性要求的进一步提高和微机控制技术的进一步成熟,汽车空调自动控制技术会更加完善,其应用也将迅速普及。

2. 空调系统智能化

为提高汽车的舒适性和安全性,汽车空调在微机化控制的基础上,进一步向着智能化的方向发展。智能化汽车空调系统主要体现在如下几方面:

1) 采用模糊控制技术,可通过分析判断车内空气的温度、湿度、清新度等参数,自动将车内的空气调整到人体感觉最适宜的状态。

2) 根据车内外的温差、空气的湿度及车外的气候等情况自动控制空调相关系统工作,以防止汽车风窗玻璃产生雾或霜而影响驾驶人的视线;如果汽车风窗玻璃已产生了霜冻,控制器可自动开启空调相关系统工作迅速除霜,并使车内的温度、湿度等仍保持在最佳状态。

3) 可根据车内空气的清新程度自动控制新鲜空气导入或车内空气循环。当车内空气的 CO_2 、粉尘、烟雾等含量超标或有异味时,控制器会自动选择车外新鲜空气导入,使车内的空气变得清新;如果车内的空气清新,控制器则自动选择车内空气循环,以避免冷气散失,节约能源。

3. 高效节能、小型轻量化

部件结构更加紧凑、效率更高、系统布局更加合理,是汽车空调高效节能、小型轻量化的关键。在压缩机方面,现在还广泛采用的往复式压缩机将会逐渐被制冷效率更高的涡旋式压缩机所取代。在热交换器方面,为提高热交换效率,管片式已逐渐被管带式所取代,进一步的发展是冷凝器采用平流式,蒸发器采用层流式,散热翅片采用超级条缝片,且翅片表面进行亲水膜处理。节流机构将越来越多地采用电子膨胀阀,以使结构更紧凑,并可与汽车空调系统智能控制相匹配。在制冷管路方面,通过优化设计使管路更为合理,并在管路上装配防震橡胶块以防共振等。

4. 采用空调新技术

目前,汽车空调制冷基本上都是蒸气压缩式,而实际上制冷方式有多种,如吸收式、吸附式、蒸气喷射式、空气压缩式等。世界各国在优化完善蒸气压缩式空调制冷系统的同时,也在研究与开发其他的汽车空调制冷技术,如氧化物制冷、固体吸附制冷、吸收式制冷等汽车空调系统。这些空调技术可充分利用发动机排气余热或冷却液的热量来驱动制冷系统,以

达到节能之目的，其组成原理简介如下。

(1) 氢化物制冷技术 氢化物制冷技术最早由以色列发明，这种汽车空调利用汽车发动机废气余热作为热源（动力），采用金属氢化物作为制冷剂，其组成及工作原理如图 1-1 所示。

氢化物汽车空调系统的关键部件是金属氢化物高、低温反应器。这种汽车空调的制冷是通过金属氢化物与氢气之间可逆反应的热效应实现的，利用汽车尾气中的废热作为高温热源，外界大气环境作为中温热源来驱动金属氢化物制冷循环。两个氢化物容器中，高温容器的导管内充满了高温氢化物，低温容器的导管内则充满了粒状低温氢化物，两个容器的内导管与外导管相连。

工作时，发动机废气进入高温容器而使其温度升高，在高温下（240℃左右），高温容器导管内的粉状高温氢化物会释放出氢气（ H_2 ）， H_2 由外导管进入低温容器； H_2 进入低温容器导管内后，被低温粒状氢化物吸收而使容器温度升高，由外面进入低温容器的空气进行降温。当高温容器停止进入发动机废气时，其导管内的氢化物因停止废气加热而温度下降，就会吸收低温容器的氢气，而低温容器在释放 H_2 的过程中会吸收热量，使空气冷却降温。

氢化物汽车空调系统通过控制发动机废气对高温容器间歇加热，使氢化物制冷剂进行释放氢气和吸收氢气的循环过程，实现了对空气的冷却降温，并将冷风送入车内，从而降低了车内的温度。

氢化物汽车空调系统无腐蚀、无磨损，运动部件少，承受行车过程中的振动与冲击能力较强；采用氢气作为热量的载体，属于天然工质，不存在对大气臭氧层的破坏作用，因而属于环保型汽车空调。

(2) 固体吸附制冷技术 固体吸附制冷是利用一些固体物质在一定的温度和压力状态下，可吸附某种气体和水蒸气，而在另一种温度和压力状态下，又可释放出来的特性，通过吸附和释放过程导致压力变化，起到了压缩机的抽吸、压缩和循环泵的作用。

固体吸附制冷系统主要由发生器、蒸发器、冷凝器及节流装置等组成，其组成与工作原理如图 1-2 所示。

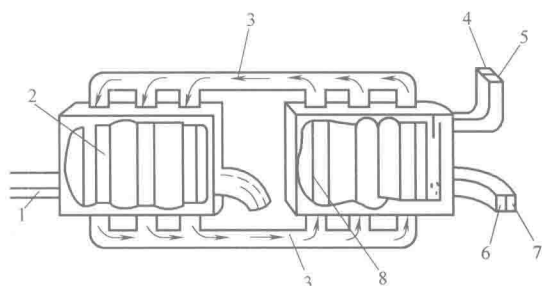


图 1-1 氢化物汽车空调制冷系统

- 1—热空气 2—高温氢化物反应器 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—外部空气进口 8—低温氢化物反应器

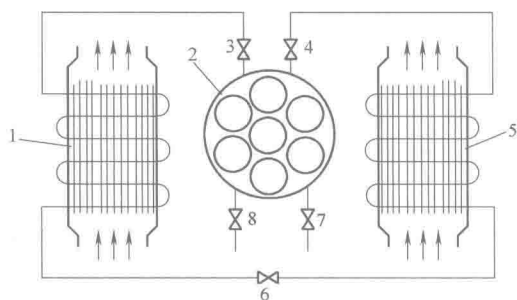


图 1-2 固体吸附式汽车空调制冷系统

- 1—蒸发器 2—发生器 3—真空阀 4—高压阀
5—冷凝器 6—节流阀 7—冷水阀 8—热水阀

从蒸发器出来的低温、低压制冷剂经真空阀进入发生器，被发生器内的固体物质吸附，由发生器内的固体物质解吸的制冷剂则是通过高压阀进入冷凝器。制冷剂在管路中节流阀的作用下产生压差，使制冷剂在蒸发器侧低压蒸发，在冷凝器侧高压冷凝。为实现发生器的间歇加热和冷却，通过冷水阀和热水阀来调节冷水和热水。目前，固体吸附制冷系统应用较为成功的制冷剂（工质对）有碱金属氯化物—氨、沸石—水及活性炭—甲醇等。

(3) 吸收式制冷技术 吸收式制冷技术通常以发动机冷却液的热量作为动力，利用溶液（由两种沸点不同的物质组成）的气液平衡特性来完成制冷循环过程。吸收式制冷系统的组成与工作原理如图 1-3 所示。

工作时，发动机冷却液加热发生器，使发生器内一定浓度的溶液温度上升。溶液中沸点较低，且用作制冷剂的液体蒸发，进入冷凝器后又凝结成液体。液态制冷剂从冷凝器出来后，经节流阀 5 进入蒸发器，在蒸发器中完成蒸发制冷过程。

从蒸发器出来的低温制冷剂蒸气直接进入吸收器，同时，在发生器内已降低了浓度的液体经节流阀 8 的节流作用，压力降至蒸发压力，在吸收器中与从蒸发器出来的制冷剂蒸气混合，并吸收这些蒸气，溶液恢复到原来的浓度。吸收器内的溶液通过溶液泵进入溶液热交换器，进行热交换（放热）后再进入发生器，完成吸收式制冷循环过程。

吸收式空调制冷系统应用较多的是工质对是水—溴化锂，这是因为溴化锂（LiBr）的沸点高达 1265℃，与水（H₂O）的沸点相差很大，且化学性质稳定，又有较好的吸湿性。水—溴化锂工质对的缺点是水蒸气的单位容积制冷量较小，这样，制冷系统的体积相对较大，因此，对于空间有限的汽车来说，这种空调工质就不太适用了。以氨（NH₃）—水为制冷剂的工质对，由于氨的单位容积制冷量较大，且随温度变化氨与水的溶解度的变化也较大，是一种较为理想的工质对。对于吸收式汽车空调制冷系统，氨（NH₃）—水制冷剂也是一种可行的选择。

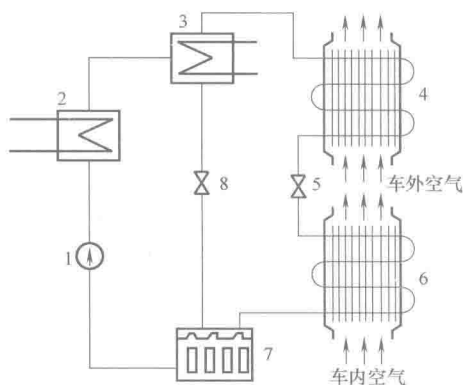


图 1-3 吸收式汽车空调制冷系统

- 1—溶液泵 2—溶液热交换器 3—发生器
4—冷凝器 5、8—节流阀
6—蒸发器 7—吸收器

第三节 现代汽车空调系统的基本组成与类型

一、现代汽车空调系统的基本组成

现代汽车越来越多地采用冷暖一体化的自动空调系统，这种自动空调器由制冷系统、采暖系统、通风与空气调节系统、空气净化装置及电子控制系统等几部分组成。

1. 制冷系统

制冷系统是汽车空调的冷源，目前普遍采用的蒸气压缩式制冷系统的组成及在汽车上的

典型布置如图 1-4 所示。

制冷装置通过压缩机的压缩和抽吸作用，使制冷剂在管路中循环，在低压端（蒸发器）汽化吸热，以降低蒸发器周围空气的温度，并将冷空气送入车内；在高压端（冷凝器处）液化散热，并将吸收了热量的热空气散发到车外大气中。如此循环，制冷系统工作时通过制冷剂气态与液态相互转换，进行着吸热和放热循环过程，将车内的热量“搬”到了车外，从而降低了车内空气的温度。

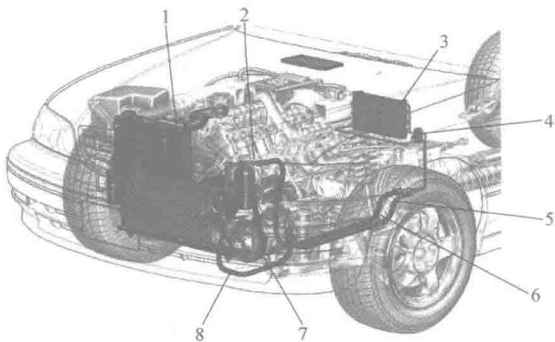


图 1-4 汽车空调制冷系统基本组成及典型布置形式

- 1—冷凝器 2—储液干燥器 3—蒸发器 4—节流装置
- 5—低压软管（蒸气） 6—高压软管（液体）
- 7—压缩机 8—高压软管（蒸气）

2. 采暖系统

采暖系统是汽车空调的热源，利用汽车发动机冷却液、废气的余热或利用燃烧器燃烧产生热量，通过加热器进行热交换，加热进入车内的空气，以提高车内的温度。图 1-5 是在汽车上应用最为广泛的非独立式水暖系统组成原理，该采暖装置利用发动机冷却液通过加热器时的热交换加热空气，并通过鼓风机将暖气吹入车内。

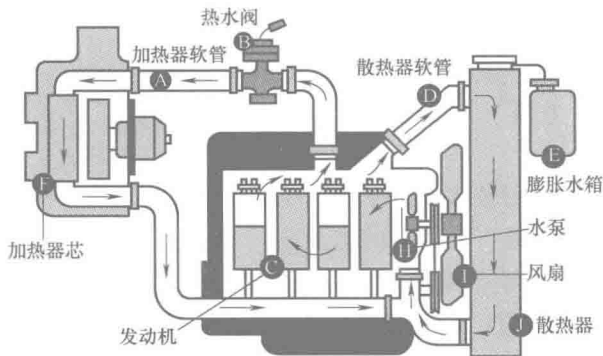


图 1-5 非独立式水暖系统组成原理

3. 通风与空气调节系统

通风系统通过鼓风机、进风口风门和风道，将车外的新鲜空气引入车内，达到通风、换气之目的；空气调节系统则是通过相应的控制开关和风门控制进气的入口、进风量，并将冷风与热风空气有机地混合，形成温度适宜、风量适当的气流送入车内。图 1-6 所示的是目前在汽车上使用最为广泛的混合送风方式的通风与空气调节系统示意图。

4. 空气净化装置

汽车空调空气净化装置的作用是将车内空气中的尘埃、异味及其他有害气体清除掉，有的还设有杀菌和产生负离子功能。空气净化装置可以使车内空气变得清新，目前只是在高级轿车和豪华大客车上应用较多，而普通汽车上通常只配备过滤尘埃的过滤器（图 1-7）。

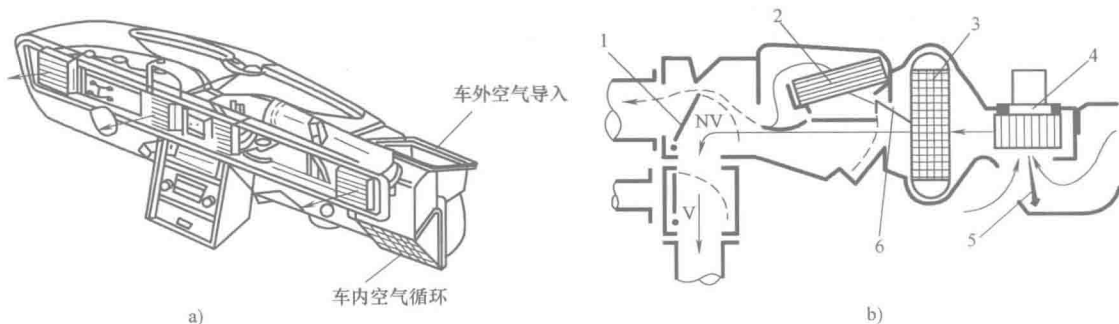


图 1-6 混合送风方式的通风与空气调节系统示意图

a) 进出风口的布置 b) 通风与空气调节系统组成

1—出风口风门 2—加热器 3—蒸发器 4—鼓风机 5—进气口风门 6—冷暖空气混合风门

5. 控制系统

自动汽车空调配备了电子控制系统，由传感器、控制器及执行机构组成的电子控制系统，用于自动调节车内空气的温度、湿度、空气流量和流向，使车内形成冷暖适宜的气流，实现车内环境在各个季节、全方位多功能的最佳调节。



图 1-7 安装在空调通风通道中的空气过滤器

二、汽车空调的类型

不同类型、不同级别的汽车，其装备的汽车空调也会有所不同，因此，现代汽车空调有多种结构类型，现以不同的分类方法予以概括。

1. 按空调压缩机驱动方式分

(1) 独立式空调 独立式汽车空调由专用空调发动机来驱动制冷压缩机。独立式空调系统的制冷量大，工作稳定，但成本高，体积及质量大。独立式汽车空调多用于制冷量较大的大、中型客车上。

(2) 非独立式空调 非独立式汽车空调由汽车发动机直接驱动制冷压缩机。这种汽车空调结构紧凑，其缺点是制冷性能受汽车发动机工作的影响，工作稳定性较差。小型客车和轿车都采用了非独立式汽车空调。

2. 按空调的功能分

(1) 单独功能型空调 单独功能型汽车空调可以有制冷和采暖两种功能，但是该类型空调是将制冷系统、取暖系统、强制通风系统各自安装、单独操作，互不干涉，多用于大型客车和载货汽车上。

(2) 冷暖一体型空调 冷暖一体型汽车空调的制冷、取暖和通风共用一台鼓风机及一个风道，冷风、暖风和通风在同一控制板上进行控制。冷暖一体型汽车空调结构紧凑，操作方便，多用于轿车上。



3. 按空调系统的调节方式分

(1) 手动调节空调 由驾驶人通过控制板的功能键完成对空调的温度、通风机构和风向、风速的调节。目前这种空调系统在汽车上还有较多的应用。

(2) 自动控制空调 由电子控制器根据各相关传感器的电信号,自动对空调的温度、风量及风向等进行调节,可实现对车内空气环境的全季节、全方位、多功能的最佳调节和控制。自动控制空调又分模拟控制和微机控制两种形式,现代汽车已普遍采用微机控制的自动空调系统。

思 考 题

1. 何谓空调?现代汽车空调的作用是什么?
2. 如何评价汽车空调的质量?
3. 根据汽车空调的工作环境,对其有哪些要求?
4. 现代汽车空调通常由哪几部分组成?各组成部分的作用是什么?
5. 汽车空调的发展历程可分哪几个阶段?未来的发展方向是什么?
6. 按不同的分类方式分,汽车空调有哪些类型?

第二章

汽车空调基础知识

第一节 空调热力学参数

本节只涉及与空调相关的热力学参数，熟悉这些热力学基本概念，有助于我们更好地理解汽车空调原理，并提高汽车空调故障分析的能力。如果需要系统、深入地了解热力学，可阅读其他相关的教材。

一、温度

“温度”用来衡量物体的冷热程度，它是一个抽象的物理量，目前对温度还没有一个明确而又统一的定义。可以从宏观和微观两个不同的角度去分析和理解温度的物理意义。

从宏观上看，当两物体处于热平衡状态时，其某个物理性质完全一样，表征这个物理性质的量就是温度。也就是说，处于热平衡状态的两个物体具有相同的温度。如果两个物体的温度不同，则必然会有热交换，热量会从温度高的物体向温度低的物体传递。

从微观上看，温度是物体内部分子运动平均动能大小的度量。物体的温度高，则表示其内部分子动能大，分子运动的激烈程度高。

1. 温标

各种物理量均有相应的度量标准，例如，长度的度量标准是米，电压的度量标准是伏特，而度量温度的标准就是温标。有摄氏温标、华氏温标和热力学温标等，我国法定计量单位规定采用的温标为摄氏温标和热力学温标，而欧美国家则采用华氏温标。

(1) 摄氏温标 摄氏温标习惯称摄氏温度，通常用符号 t 表示，其单位符号为 $^{\circ}\text{C}$ 。摄氏温度将标准大气压 (101.325kPa) 下水的冰点定为 0°C ，水的沸点定为 100°C ，两点之间均分 100 等份，每 1 等份即为 1 摄氏度，记为 1°C 。

(2) 华氏温标 华氏温标习惯称华氏温度，通常用符号 F 表示，其单位符号为 $^{\circ}\text{F}$ 。华氏温度是将标准大气压下的冰点定为 32°F ；水的沸点定为 212°F ，两点之间均分 180 等份，每 1 等份即为 1 华氏度，记为 1°F 。

摄氏温度与华氏温度之间的关系为：

$$F = 1.8t + 32 \quad (^{\circ}\text{F})$$

$$t = (F - 32) / 1.8 \quad (^{\circ}\text{C})$$