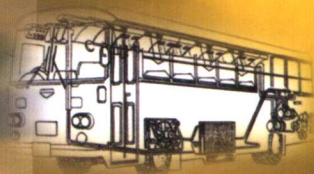


# 现代汽车空调技术



梁荣光 主编



华南理工大学出版社

# 现代汽车空调技术

梁荣光(主编) 何文韶 朱志强 杨丽明 编著

华南理工大学出版社

·广州·

## 图书在版编目(CIP)数据

现代汽车空调技术/梁荣光,何文韶,朱志强,杨丽明编著. —广州: 华南理工大学出版社, 2003.7

ISBN 7-5623-1933-2

I. 现… II. ①梁…②何…③朱…④杨… III. 汽车-空气调节设备 IV. U463.85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 030601 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行部电话: 020-87113487 87113488

E-mail: scut202@scut.edu.cn

<http://www2.scut.edu.cn/press>

责任编辑: 王魁葵

印刷者: 中山市新华印刷厂有限公司

开本: 850×1168 1/32 印张: 12.75 字数: 331 千

版次: 2003 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1 ~ 3000 册

定 价: 20.00 元



版权所有 盗版必究

## 内容简介

本书讲述汽车空调工作过程的基本理论及汽车空调系统和主要部件的结构、工作原理等。全书共分九章,内容包括汽车空调的热力学基础,设计计算,汽车空调装置的分类,汽车空调用的制冷剂,制冷系统的主要部件的结构和设计,汽车空调的取暖装置,空气净化处理及通风,汽车空调的自动控制调节与保护,控制电路分析和汽车空调今后的发展方向,汽车空调的维护与维修等。内容深入浅出,简明翔实,注重理论应用并举。

本书为热能与动力工程、制冷空调专业本科生教材,可供从事汽车空调设计、制造、维护和研究开发的工程技术人员和研究部门的技术人员参考,也可作本专业专科教材。

## 前 言

中国加入 WTO 以后,中国的汽车市场已面向全球,汽车工业在国内的发展也势不可挡。汽车大量进入家庭已成为我国的现实,汽车空调很快如同电冰箱、房间空调器一样成为我们日常使用的制冷设备了。汽车的发展促进了汽车空调及相关技术的迅速发展,本书是想将现代汽车空调技术的发展介绍给广大同汽车空调相关的研究、开发、管理、维修的工程技术人员和高校热能与动力工程、制冷空调专业的学生。

本书共九章,论述了汽车空调的基本理论、结构、工作原理、设计计算以及一些最新技术,编写时力求理论密切联系实际,论述简明清晰,语言精练,深入浅出。

本书由梁荣光主编。其中概论和第一~八章由梁荣光、何文韶、朱志强编写,第九章由杨丽明编写。本书在编审过程中得到西安交通大学著名学者俞炳丰教授的热心指导并提供部分资料,在此表示衷心的感谢。本书编写还得到简弃非副教授、余绍欣工程师、柳荣兴技师,研究生曾恺、周沛丽、胡永飘和周光明等大力支持和帮助,谨致谢意。由于编者水平有限,不当与错误在所难免,敬请广大读者指正。

本书另编有多媒体课件,需要者可与作者联系。

联系人:梁荣光

电 话:13602759055

**编 者**

**2002年12月于广州**

# 目 录

概述 .....	( 1 )
0.1 汽车空调技术的发展过程 .....	( 3 )
0.2 汽车空调制冷剂的使用 .....	( 4 )
0.3 汽车空调的空气参数 .....	( 5 )
0.4 汽车空调的特点与特殊要求 .....	( 6 )
0.5 汽车空调主要总成的发展 .....	( 8 )
第一章 汽车空调的热力学基础 .....	( 11 )
1.1 制冷剂的基本状态参数 .....	( 11 )
1.1.1 压力 .....	( 11 )
1.1.2 温度 .....	( 12 )
1.1.3 显热与潜热 .....	( 13 )
1.1.4 饱和温度与饱和压力 .....	( 15 )
1.1.5 过冷与过热 .....	( 16 )
1.1.6 节流 .....	( 17 )
1.1.7 焓与熵 .....	( 18 )
1.1.8 热力学第二定律 .....	( 19 )
1.1.9 制冷剂的压焓图 .....	( 19 )
1.2 湿空气的状态参数 .....	( 25 )
1.2.1 空气的组成 .....	( 25 )
1.2.2 空气的湿度 .....	( 26 )
1.2.3 空气的质量体积与密度 .....	( 28 )
1.3 空气的焓湿图( $H-d$ 图)及其应用 .....	( 28 )
1.3.1 确定空气的状态参数 .....	( 29 )

1.3.2	求空气的露点温度 .....	(30)
1.3.3	空气的湿球温度 .....	(30)
1.3.4	空气状态变化过程的热湿比 .....	(31)
1.3.5	两种不同状态空气的混合 .....	(34)
1.3.6	空气的等湿冷却过程 .....	(36)
1.3.7	空气的等湿加热过程 .....	(36)
1.3.8	空气的减湿冷却过程 .....	(36)
<b>第二章</b>	<b>汽车空调的工作环境及热负荷 .....</b>	<b>(37)</b>
2.1	汽车空调的工作环境及车内外空气参数的 计算取值 .....	(37)
2.1.1	汽车空调的工作环境 .....	(37)
2.1.2	车外空气计算参数的确定 .....	(37)
2.1.3	车内空气计算参数的确定 .....	(38)
2.2	汽车空调热湿负荷计算 .....	(40)
2.2.1	热负荷的组成 .....	(40)
2.2.2	客车与公交车的热负荷 .....	(54)
2.2.3	性能计算方法 .....	(56)
2.2.4	经验估算方法 .....	(59)
<b>第三章</b>	<b>汽车空调装置及其分类 .....</b>	<b>(61)</b>
3.1	汽车空调装置的基本构造和特点 .....	(63)
3.1.1	制冷系统的基本原理及组成 .....	(63)
3.1.2	采暖系统的基本原理及组成 .....	(64)
3.1.3	汽车空调的送风系统 .....	(65)
3.1.4	汽车空调的自动控制系统 .....	(65)
3.2	汽车空调装置的分类 .....	(66)
3.2.1	轿车空调 .....	(66)
3.2.2	轻型客车空调 .....	(76)
3.2.3	大中型客车空调 .....	(84)



---

3.2.4 货车与工程车上的空调系统 .....	(94)
3.3 汽车空调工作过程的举例 .....	(100)
3.3.1 快速降温(Max) .....	(100)
3.3.2 正常空调(A/C) .....	(103)
3.3.3 除霜(DEF) .....	(105)
<b>第四章 汽车空调用的制冷剂</b> .....	<b>(108)</b>
4.1 制冷剂种类和对制冷剂性能的要求 .....	(108)
4.1.1 制冷剂种类 .....	(108)
4.1.2 理想制冷剂应具备性质 .....	(109)
4.2 汽车空调用过的制冷剂及其替代物 .....	(113)
4.2.1 汽车空调用过的氟里昂 12 .....	(114)
4.2.2 氟里昂 12 对大气臭氧层的破坏机理 .....	(115)
4.2.3 R12 的替代物 R134a .....	(117)
4.3 汽车空调用的冷冻机油 .....	(146)
4.3.1 对冷冻机油的性能要求 .....	(146)
4.3.2 冷冻机油的变质及使用注意事项 .....	(149)
4.3.3 与 R134a 相溶的冷冻机油 .....	(150)
<b>第五章 汽车空调制冷系统</b> .....	<b>(156)</b>
5.1 汽车空调压缩机 .....	(156)
5.1.1 汽车空调对压缩机的性能要求 .....	(156)
5.1.2 汽车空调压缩机的主要结构形式及发展 .....	(157)
5.2 汽车空调制冷系统部件 .....	(217)
5.2.1 冷凝器 .....	(217)
5.2.2 蒸发器 .....	(241)
5.2.3 汽车空调的节流装置 .....	(259)
5.2.4 储液干燥器 .....	(273)
5.2.5 连接软管 .....	(281)
5.3 汽车空调制冷系统的分类及其辅助设备 .....	(283)

5.3.1	分类 .....	(283)
5.3.2	压缩机间断运行式系统 .....	(284)
5.3.3	压缩机连续运行式系统及其辅助设备 .....	(285)
5.4	汽车空调运行工况和特性 .....	(290)
<b>第六章</b>	<b>汽车空调取暖</b> .....	(295)
6.1	汽车空调的取暖 .....	(295)
6.2	余热式暖气装置 .....	(297)
6.2.1	以冷却水为热源 .....	(297)
6.2.2	以发动机废气为热源 .....	(299)
6.3	独立燃烧式暖气装置 .....	(300)
6.3.1	直接式 .....	(301)
6.3.2	间接式 .....	(303)
<b>第七章</b>	<b>汽车空调的通风及空气净化处理</b> .....	(305)
7.1	汽车空调通风系统 .....	(305)
7.1.1	汽车通风的基本要求 .....	(305)
7.1.2	汽车的通风方法及风口的合理布置 .....	(306)
7.1.3	汽车空调的送风系统 .....	(310)
7.2	空气的净化处理 .....	(314)
7.2.1	对粉尘的净化 .....	(314)
7.2.2	除臭去毒 .....	(317)
7.2.3	空气净化器 .....	(319)
<b>第八章</b>	<b>汽车空调的自动控制调节与保护</b> .....	(322)
8.1	汽车空调的控制 .....	(322)
8.1.1	汽车空调常用的控制元件 .....	(325)
8.1.2	汽车空调温度的自动控制 .....	(330)
8.1.3	汽车空调温度自动控制系统中的真空控制装置 .....	(334)
8.2	汽车空调的保护装置 .....	(338)
8.2.1	压力保护开关 .....	(339)

---

8.2.2	汽车空调的温度保护开关	(346)
8.2.3	怠速保护装置	(350)
8.3	汽车空调系统控制电路分析	(355)
8.3.1	最基本的控制电路	(355)
8.3.2	汽车空调控制电路举例	(357)
<b>第九章 汽车空调的正确使用、维护和常见故障的 检修分析</b>		
9.1	汽车空调的正确使用与维护	(361)
9.1.1	正确使用汽车空调	(361)
9.1.2	例行检查	(362)
9.1.3	日常保养	(363)
9.1.4	汽车事故后对空调系统的检查维护	(365)
9.2	汽车空调器常见故障的检查判断	(366)
9.2.1	汽车空调制冷系统故障的检修分析	(366)
9.2.2	汽车空调控制系统常见故障的检修分析	(372)
9.2.3	汽车空调维修实例	(375)
<b>参考文献</b>		(395)

## 概 述

汽车问世已有一百多年的历史。今天汽车的种类已有百余种,主要可分为客车、轿车、货车、工程特种车等几大类,拖拉机和摩托车也属于汽车的派生物。汽车现已成为人们生活中的必需品,成为房间生活的延伸部分。对房间环境的要求同样延伸到汽车上,空调便是其中的一个重要内容。汽车空调就是移动建筑的空调。各种汽车空调如图 0-1 所示。

汽车空调,就是随时对车厢内或驾驶室内空气的温度、湿度、流速、清洁度、噪音等参数进行调节,将其控制在舒适的标准范围之内的技术。汽车空调是空气调节工程重要的分支之一,其工业产值仅次于房间空调而居第二位。汽车空调技术包括了降温、供热、除湿、通风、净化、调风速、防噪声等方面的技术,是空气调节中功能要求最全面的空调技术。

现代汽车空调的基本功能是改善驾驶员的工作环境、劳动条件和提高乘坐舒适性。所以,汽车空调不仅具有生产性空调的性质,而且具有舒适性空调的性质。汽车空调的服务对象都是车内的人,故偏重于舒适性的要求。舒适性是由人对车内的温度、湿度、空气流速、含氧量、有害气体含量、噪声、压力、气味、灰尘、细菌等参数指标的感受和反映决定的。现代汽车空调就是将车内空间的环境调整到对人体最适宜的状态,创造良好的车内环境,保证安全行车,保护乘员的身体健康,利于乘员旅游观光、学习或休息。汽车空调的舒适性指标见表 0-1。

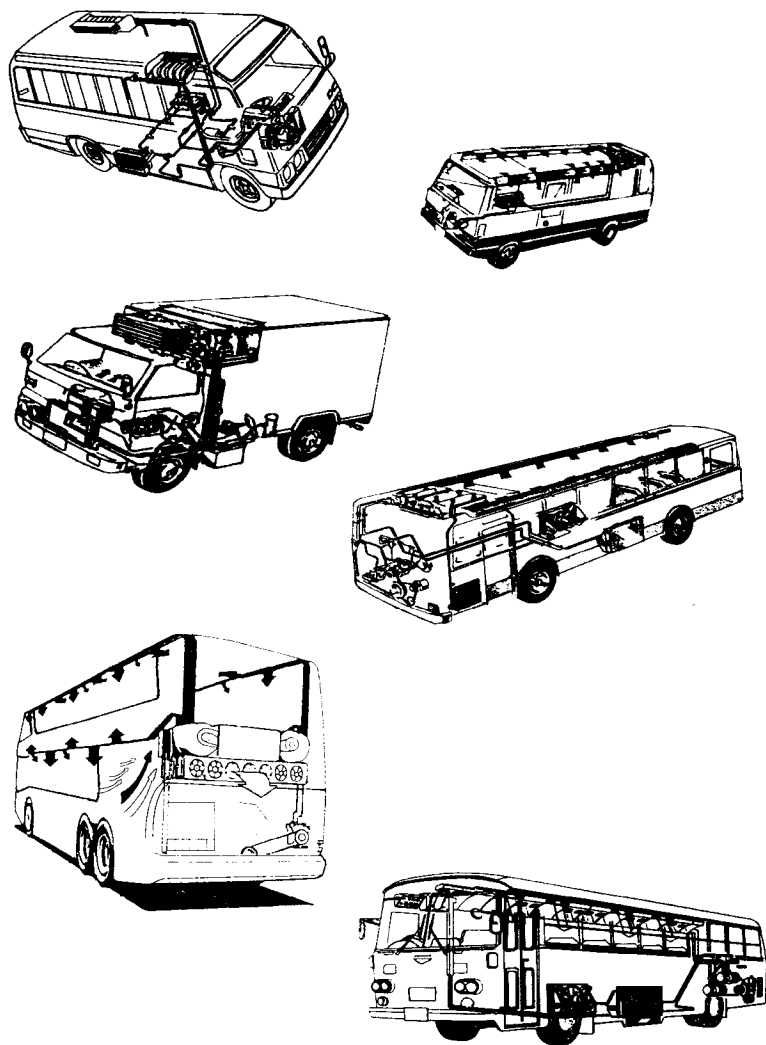


图 0-1 汽车空调

表 0-1 汽车空调环境参数

项目 范围	温度(°C)		相对 湿度 (%)	换气量 (m <sup>3</sup> /(人·h))	风速 (m/s)	CO <sub>2</sub> 体积分数 (%)	CO 体积分数 (%)	减速度 (m/s <sup>2</sup> )	振动 (mm)	噪声 (dB)
	冬	夏								
舒适带	16 ~ 25	24 ~ 28	50 ~ 70	20 ~ 30	0.2	<0.03	<0.01	<3	<0.2	<45
不舒适带	0 ~ 14	30 ~ 35	15 ~ 30, 90 ~ 95	5 ~ 10	<0.75 >0.3	>0.03	>0.015	>3	>0.4	>65
有害带	<0	>43	<15, >95	<5	>0.4	>1.0	>0.03	>4	>15	>120

## 0.1 汽车空调技术的发展过程

汽车空调技术是随着汽车的普及而发展起来的。其发展过程经历了:单一取暖 → 单一冷气 → 冷暖合一 → 自动控制 → 微机控制等五个阶段。

单一取暖。1925年最早在美国出现利用汽车发动机的冷却水通过加热器取暖的方法。由加热器、风机和空气滤清器组成比较完整的供热系统到1927年才出现。欧洲在1948年才使用取热系统,日本则迟至1954年才开始使用。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。

单一冷气,即汽车空调只有夏天降温的功能。1939年首先应用在轿车上。二次世界大战后的美国经济迅速发展,特别是美国石油产地——西南部的得克萨斯州的炎热天气,急需大量的冷气车,使单一降温的空调汽车得以迅速地发展起来。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。例如,广东、海南岛使用的空调出租汽车,大部分只有制冷降温功能。

1954年出现了冷暖一体化汽车空调。其最大特点是同时具

有冷调、热调功能。至此汽车空调才基本上具有调节控制车内温度、湿度的功能。目前的冷暖一体化空调基本上具有降温、除湿、通风、过滤、除霜等功能。这种方式,是目前使用量最大的一种方式。但是冷暖一体化汽车空调需要人工操纵,这显然增加了驾驶人员的工作量,同时控制质量也不太理想。

因此自从冷暖一体化出现后,人们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、欧洲到1972年也在高级的轿车上装上自动空调。例如,目前的高级皇冠牌、世纪牌、总统牌、德国的奔驰牌、奥迪牌等。这种自动空调装置,只要预先设好温度,机器就能自动地在设定的温度范围内工作。空调器根据传感器检测到车内、车外环境的温度信息,自动地指挥空调器各部件工作,达到控制车内温度和其他功能的目的。目前,大部分的中、高级轿车,高级大巴,都安装自动空调。

1977年又发展了微型计算机控制的汽车空调。微机控制的汽车空调功能增加,显示数字化,冷、暖、通风三位一体化。由电脑按照车内外的环境所需,实现微调化。通过电脑控制,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能和获得最佳的舒适性。

目前微机控制的空调都装在高级轿车上,例如通用的骑士牌,福特公司的林肯、马克牌,丰田汽车的凌志(LEXUS),本田的雅阁、奔驰-500,三菱大客车BS712D型等。

从1971年开始,中国长春一汽在红旗牌轿车上安装上了空调器,上海也于20世纪80年代初在上海牌轿车上安装上了国产空调器。

## 0.2 汽车空调制冷剂的使用

汽车空调原来使用氟里昂12(R12)作制冷剂。近来,由于发

现氟里昂 12(R12)是破坏大气臭氧层的主要物质之一而被禁用。从 1990 年起欧美各国在汽车空调上进行了从 R12 向 R134a 转换的试验工作,从 1991 年起开始在新车上试装 R134a 空调器;到 1994 年底,欧洲和日本的空调新车已全部转换成 R134a 空调器;而美国于 1994 年在 95% 新车上安装了 R134a 空调器,从 1996 年 1 月起在 100% 空调新车上装用 R134a 空调器。我国从 1994 年开始在桑塔纳轿车(新车型)上试装了国产 R134a 空调器,从 2000 年 1 月起,我国的全部新车不准使用 R12 空调器。

### 0.3 汽车空调的空气参数

#### (1) 温度

在汽车空调的指标中,最重要的参数是温度。人感到最舒服的温度是  $24 \sim 28^{\circ}\text{C}$ 。温度超过  $28^{\circ}\text{C}$ ,人就会觉得燥热,温度越高,越觉得头昏脑胀,精神集中不起来,思维迟钝,容易造成事故;超过  $40^{\circ}\text{C}$ ,称为有害温度,对身体的健康会造成损害;温度低于  $14^{\circ}\text{C}$ ,人就会感觉到“冷”,温度越低,越觉得手脚动作僵硬,不能灵活操作机器,当温度下降到  $0^{\circ}\text{C}$  时,会产生冻伤。

#### (2) 湿度

汽车空调的第二个指标是湿度。湿度用相对湿度来表示。人觉得最舒适的相对湿度在  $50\% \sim 70\%$ 。在这种湿度的环境中,人会觉得心情舒畅,感觉皮肤特别光滑、柔嫩。湿度过高,人会觉得闷,这是由于人体皮肤的水分不能蒸发,干扰了人的正常新陈代谢过程。例如,天快要下雨时,由于空气湿度太大,人会觉得闷热,情绪不稳。在温度为  $24^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为  $100\%$  时,人们会感到不如温度为  $32^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度  $50\%$  时舒适。相反,环境的湿度太小,人的皮肤会发痒。这是由于湿度太小,皮肤表面和衣服都较干燥,它们之间(特别是化纤衣服)摩擦产生静电的缘故。冬天,气候干燥,皮肤缺水而干裂(不是冻裂)。所以汽车空调要求车内的湿度参数控制



在 50% ~ 70% 的范围内。

### (3) 清新度

汽车空调的第三个指标是空气的清新度。由于车内空间小,乘员密度大,全封闭空间的空气极易造成缺氧和二氧化碳浓度过高;汽车发动机废气中的一氧化碳和道路上的粉尘、野外有毒的花粉都容易进入室内,造成车内空气浑浊,严重影响乘员的身体健康。汽车空调必须具有补充足够新鲜空气的功能,必须具有对车内的空气进行过滤吸附的功能,以保证车内空气的清新度。

### (4) 除霜

汽车空调的特殊要求是除霜(除雾)功能。当车内和车外温度相差太大时,在挡风玻璃上会出现雾或霜,影响司机的视线,此时就应该除霜。

此外,汽车空调还要求操作简单、方便、稳定,保证不增加司机的劳动强度,不影响司机的正常驾驶。

试验证明,人在夏天和冬天的舒适参数是有区别的,见表 0-1;头部的舒适温度比足部的要低 1.5 ~ 2 °C。现代汽车空调要求工作区内空气流速在 0.2 m/s 左右。空调都希望有上凉、下暖的环境,来适应人体各部分对舒适环境的不同要求。

## 0.4 汽车空调的特点与特殊要求

汽车空调是房间空调的延续,但与房间空调相比较,汽车空调又有着许多特殊的要求和特点:

(1) 汽车是交通运输工具,可看作是能移动的特殊建筑物。与固定建筑物相比,其容积狭小,人员密集,车身的热工性能又比建筑物差得多。因此汽车的热湿负荷远比一般的建筑物大,且气流分布难以均匀,因此对汽车空调要求制冷量要大,降温要迅速。

(2) 车辆行驶时汽车空调要承受剧烈而频繁的振动与冲击。这要求汽车空调的零部件应有足够的强度和抗震能力,接头牢固