

21世纪全国高职高专机电系列实用规划教材



21st CENTURY
实用规划教材

汽车空调原理及维修

主 编 林 钢
副主编 曹永明



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材

汽车空调原理及维修

主 编 林 钢

副主编 曹永明

参 编 钟 声 雷 霞 王国富



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书从工程实际出发,全面、系统地介绍了汽车空调的结构、原理、使用、保养、检修和维护技术。内容包括:汽车空调概述;汽车空调的制冷原理;汽车空调的制冷系统;汽车空调通风、供暖与配气系统;汽车空调系统控制电路;汽车空调自动控制系统;汽车空调的使用与维护;汽车空调零部件的检修;汽车空调的故障诊断与维修;汽车空调诊断维修的案例分析。本书针对高职高专汽车电子类专业的培养方向,图文并茂,内容讲解深入浅出,语言通俗易懂,具有很强的实用价值。

本书适合作为高职高专教学用书,也可作为汽车类专业培训教材和汽车驾驶员、汽车空调专业维修技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调原理及维修/林钢主编. —北京:北京大学出版社, 2008.8

(21世纪全国高职高专机电系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-14139-7

I. 汽… II. 林… III. ①汽车—空气调节设备—理论—高等学校: 技术学校—教材; ②汽车—空气调节设备—维修—高等学校: 技术学校—教材 IV. U463.85 U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 119566 号

书 名: 汽车空调原理及维修

著作责任者: 林 钢 主编

责任编辑: 李 虎

标准书号: ISBN 978-7-301-14139-7/TH·0114

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: 涿州市星河印刷有限公司

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 16 印张 363 千字

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 26.00 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

《21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材》

专家编审委员会

主 任 傅水根

副主任 (按拼音顺序排名)

陈铁牛	李 辉	刘 涛	祁翠琴
钱东东	盛 健	王世震	吴宗保
张吉国	郑晓峰		

委 员 (按拼音顺序排名)

蔡兴旺	曹建东	柴增田	程 艳
丁学恭	傅维亚	高 原	何 伟
胡 勇	李国兴	李源生	梁南丁
刘靖岩	刘瑞己	刘 铁	卢菊洪
马立克	南秀蓉	欧阳全会	钱泉森
邱士安	宋德明	王世辉	王用伦
王欲进	吴百中	吴水萍	武昭辉
肖 珑	徐 萍	喻宗泉	袁 广
张 勤	张西振	张 莹	周 征

丛书总序

高等职业技术教育是我国高等教育的重要组成部分。从 20 世纪 90 年代末开始,伴随我国高等教育的快速发展,高等职业技术教育也进入了快速发展时期。在短短的几年时间内,我国高等职业技术教育的规模,无论是在校生数量还是院校的数量,都已接近高等教育总规模的半壁江山。因此,高等职业技术教育承担着为我国走新型工业化道路、调整经济结构和转变增长方式提供高素质技能型人才的重任。随着我国经济建设步伐的加快,特别是随着我国由制造大国向制造强国的转变,现代制造业急需高素质高技能的专业人才。

为了使高职高专机电类专业毕业生满足市场需求,具备企业所需的知识能力和专业素质,高职高专院校的机电类专业根据市场和社会需要,努力建立培养企业生产第一线所需的高等职业技术应用型人才的教学体系和教材资源环境,不断更新教学内容,改进教学方法,积极探索机电类专业创新人才的培养模式,大力推进精品专业、精品课程和教材建设。因此,组织编写符合高等职业教育特色的机电类专业规划教材是高等职业技术教育发展的需要。

教材建设是高等学校建设的一项基本内容,高质量的教材是培养合格人才的基本保证。大力发展高等职业教育,培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高素质技能型人才,要求我们必须重视高等职业教育教材改革与建设,编写和出版具有高等职业教育自身特色的教材。近年来,高职教材建设取得了一定成绩,出版的教材种类有所增加,但与高职发展需求相比,还存在较大的差距。其中部分教材还没有真正过渡到以培养技术应用能力为主的体系中来,高职特色反映也不够,极少数教材内容过于浅显,这些都对高职人才培养十分不利。因此,做好高职教材改革与建设工作刻不容缓。

北京大学出版社抓住这一时机,组织全国长期从事高职高专教学工作并具有丰富实践经验的骨干教师,编写了高职高专机电系列实用规划教材,对传统的课程体系进行了有效的整合,注意了课程体系结构的调整,反映系列教材各门课程之间的渗透与衔接,内容合理分配;努力拓宽知识面,在培养学生的创新能力方面进行了初步的探索,加强理论联系实际,突出技能培养和理论知识的应用能力培养,精简了理论内容,既满足大类专业对理论、技能及其基础素质的要求,同时提供选择和创新的空間,以满足学有余力的学生进修或探究学习的需求;对专业技术内容进行了及时的更新,反映了技术的最新发展,同时结合行业的特色,缩短了学生专业技术技能与生产一线要求的距离,具有鲜明的高等职业技术人才培养特色。

最后,我们感谢参加本系列教材编著和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动,也感谢北京大学出版社的领导和编辑们对本系列教材的支持和编审工作。由于编写的时间紧、相互协调难度大等原因,本系列教材还存在一些不足和错漏。我们相信,在使用本系列教材的教师和学生的关心和帮助下,不断改进和完善这套教材,使之成为我国高等职业技术教育的教学改革、课程体系建设和教材建设中的优秀教材。

《21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材》

专家编审委员会

2007 年 7 月

前 言

随着世界科学技术的迅猛发展,人们对汽车的舒适性、安全性、可靠性的要求不断提高,空调系统已成为现代汽车的标准装置。同时,随着现代汽车技术大量融进电子技术、计算机技术和控制技术,空调系统的结构越来越复杂,控制部分的电子化程度也越来越高,许多高级进口汽车已采用微型计算机控制的自动空调系统。此外,为适应环保要求,新型的 R134a 制冷剂正在逐渐取代 R12 制冷剂。

为满足新形势下高职高专汽车检测与维修专业教学的需要,使广大汽车维修人员系统地掌握现代汽车空调的原理和维修技术,我们编写了此书。

本书从工程实际出发,全面、系统地介绍了汽车空调的结构、原理、使用、保养、检修和维护技术。内容包括:汽车空调概述;汽车空调的制冷原理;汽车空调的制冷系统;汽车空调通风、供暖与配气系统;汽车空调系统控制电路;汽车空调自动控制系统;汽车空调的使用与维护;汽车空调零部件的检修;汽车空调的故障诊断与维修;汽车空调诊断维修的案例分析。本书用较多的篇幅介绍了汽车空调系统的检修、维护方法和技术规范,使本书具有很强的实用价值,便于指导教学和工程实践。

本书图文并茂,内容讲解深入浅出,语言通俗易懂,适合作为三年制高职高专(同时兼顾两年制高职和五年制高职)教学用书,建议学时数为 60~80 学时。也可作为汽车类各专业培训教材和汽车驾驶员、汽车空调专业维修技术人员的入门与提高用书。为提高广大读者的实际动手能力,书中选编了国产、日韩、美系、德系多种车型的维修实例。

本书由无锡商业职业技术学院林钢任主编,无锡交通高等职业技术学校曹永明任副主编。全书共分 10 章,第 1 章由四川交通职业技术学院钟声编写,第 2 章由北京联合大学机电学院雷霞编写,第 3 章由桂林航天工业高等专科学校王国富编写,第 4 章由林钢编写,第 5、6、7、8、9、10 章由曹永明编写。

在本书编写过程中,我们借鉴和参考了国内外大量资料,还得到了编者所在单位的大力支持,在此一并致以诚挚谢意!

由于汽车空调技术的不断发展,加之作者水平有限,书中难免出现错误与不足,敬请广大读者批评指正。

编 者
2008 年 5 月

目 录

第1章 汽车空调概述	1	第3章 汽车空调的制冷系统	28
1.1 汽车空调的组成与分类	1	3.1 汽车空调制冷系统的工作原理	28
1.1.1 汽车空调的作用与指标	1	3.2 制冷压缩机	29
1.1.2 汽车空调系统的组成	3	3.2.1 概述	29
1.1.3 汽车空调系统的分类	3	3.2.2 定排量压缩机的主要结构形式	31
1.1.4 汽车空调的发展历程	6	3.2.3 变排量压缩机的主要结构形式	38
1.1.5 汽车空调的发展趋势	7	3.3 冷凝器与蒸发器	43
1.2 汽车空调的特点	8	3.3.1 冷凝器	44
1.2.1 汽车空调的工作特点	8	3.3.2 蒸发器	47
1.2.2 汽车空调与环境	8	3.4 膨胀阀、塑料节流管和储液干燥器	49
本章小结	9	3.4.1 膨胀阀的作用	49
复习思考题	10	3.4.2 膨胀阀的工作原理与结构	50
第2章 汽车空调的制冷原理	11	3.4.3 H形膨胀阀	55
2.1 制冷循环的形成及原理	11	3.4.4 塑料节流管	57
2.1.1 制冷循环的形成	11	3.4.5 储液干燥器	58
2.1.2 单级蒸汽压缩式制冷循环	14	3.5 其他制冷部件	60
2.2 热力学基础知识	15	3.5.1 气液分离器	60
2.2.1 状态及状态参数	15	3.5.2 视液镜	61
2.2.2 热力学基本定律	17	3.5.3 制冷系统的连接部件	62
2.2.3 热力过程	17	3.5.4 充注接口	65
2.2.4 热力性质图——压-焓图	17	本章小结	65
2.3 汽车空调的制冷循环	19	复习思考题	66
2.3.1 制冷剂状态变化	19	第4章 汽车空调通风、供暖与配气系统	67
2.3.2 制冷循环正常工作状态	20	4.1 通风与空气净化装置	67
2.3.3 制冷循环效率的影响因素	21	4.1.1 通风装置	67
2.4 制冷剂与润滑油	22	4.1.2 空气净化装置	69
2.4.1 制冷剂的作用	22	4.2 供暖系统	70
2.4.2 制冷剂的分类	23	4.2.1 发动机余热式供暖系统	70
2.4.3 制冷剂对环境的影响	23		
2.4.4 常用制冷剂	24		
2.4.5 润滑油	26		
本章小结	26		
复习思考题	27		

4.2.2 独立燃烧室暖风装置.....	74	6.1.1 空气调节系统.....	129
4.3 配气系统.....	75	6.1.2 风管系统与真空回路.....	130
4.3.1 汽车空调的配气方式.....	75	6.1.3 温度自动控制系统.....	130
4.3.2 操作面板与功能.....	78	6.2 电控气动空调的自动控制系统.....	131
4.3.3 控制与执行器的结构原理.....	81	6.2.1 电控气动空调操作面板.....	131
4.3.4 配气系统的结构 与工作原理.....	84	6.2.2 半自动汽车空调控制系统的 真空自动控制系统.....	133
本章小结.....	90	6.2.3 全自动电控气动汽车 空调控制.....	137
复习思考题.....	91	6.3 微型计算机空调的自动控制系统.....	140
第5章 汽车空调系统控制电路.....	92	6.3.1 微型计算机空调的 自动控制系统概述.....	140
5.1 常用保护与控制装置.....	92	6.3.2 微型计算机空调的 自动控制系统结构原理.....	141
5.1.1 电磁离合器.....	92	6.3.3 微型计算机空调的自动 控制系统电路实例.....	144
5.1.2 恒温器.....	93	本章小结.....	146
5.1.3 怠速控制装置.....	96	复习思考题.....	146
5.1.4 空调放大器.....	100	第7章 汽车空调的使用与维护.....	147
5.1.5 压力开关.....	103	7.1 汽车空调常用工具设备的使用.....	147
5.1.6 过热过压保护装置.....	105	7.2 汽车空调的使用.....	154
5.1.7 发动机的功率保护装置.....	107	7.2.1 汽车空调使用的注意事项.....	154
5.2 汽车空调电路分析.....	110	7.2.2 汽车空调的正确使用.....	155
5.2.1 鼓风机的控制.....	110	7.3 汽车空调的维护保养及基本操作.....	156
5.2.2 冷凝器散热风扇的控制.....	113	7.3.1 概述.....	156
5.2.3 压缩机电磁离合器控制.....	118	7.3.2 维护操作基本注意事项.....	158
5.3 典型控制电路实例.....	120	7.3.3 汽车空调维护的基本操作.....	159
5.3.1 桑塔纳轿车的 空调系统电路.....	120	本章小结.....	166
5.3.2 夏利轿车的空调系统电路.....	121	复习思考题.....	167
5.3.3 三菱帕杰罗吉普车的 空调系统电路.....	123	第8章 汽车空调零部件的检修.....	168
5.3.4 丰田汽车的 空调系统电路.....	126	8.1 汽车空调机组部件的检修.....	168
5.3.5 本田雅阁轿车的 空调系统电路.....	127	8.1.1 压缩机的检修.....	168
本章小结.....	128	8.1.2 冷凝器的检修.....	172
复习思考题.....	128	8.1.3 蒸发器的检修.....	173
第6章 汽车空调自动控制系统.....	129	8.1.4 膨胀阀的检修.....	173
6.1 汽车空调自动控制系统的组成 与作用.....	129	8.1.5 储液干燥器的检修.....	174
		8.2 汽车空调电气元件的检修.....	174

本章小结	177	本章小结	190
复习思考题	178	复习思考题	191
第 9 章 汽车空调的故障诊断与维修	179	第 10 章 汽车空调诊断维修的	
9.1 汽车空调故障诊断的常用方法.....	179	案例分析	192
9.2 使用歧管压力表进行故障诊断.....	180	10.1 国产车系.....	192
9.3 全自动空调系统故障诊断与排除.....	185	10.2 日韩车系.....	215
9.4 汽车空调的常见故障诊断及排除.....	186	10.3 美国车系.....	229
9.4.1 暖风系统故障的诊断		10.4 德国车系.....	234
及排除	187	本章小结	240
9.4.2 制冷系统故障的诊断		复习思考题	240
及排除	188	参考文献	241

第1章 汽车空调概述

学习目标: (1) 了解汽车空调的作用、组成与分类。

(2) 了解汽车空调的发展历程和发展趋势。

(3) 了解汽车空调的特点。

1.1 汽车空调的组成与分类

1.1.1 汽车空调的作用与指标

汽车空调是一年四季对车内空气的温度、湿度、流速、清洁度、噪声等参数进行调节,控制在舒适的标准范围之内的技术。自问世以来经过几十年的发展,汽车空调已经由最初的奢侈品成为必需品,它大大改善了乘员的车内环境。现代汽车空调的基本功能是改善驾驶员的工作条件和提高乘员的舒适性。汽车空调的示意图如图 1.1 所示。

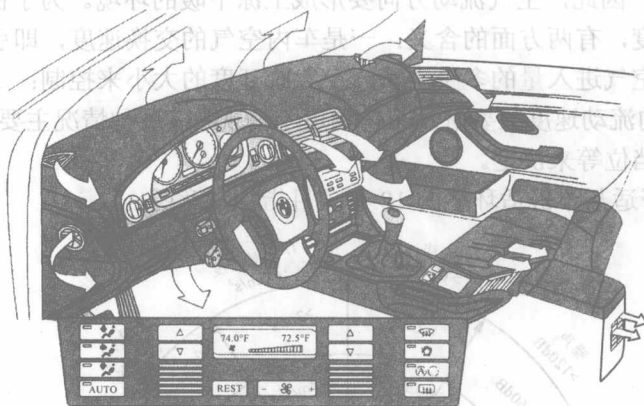


图 1.1 汽车空调的示意图

除了提高舒适性外,汽车空调还能极大地提高汽车的安全性。汽车空调本身不能提高安全性,但是汽车有了空调后,能极大地减轻驾驶员的疲劳强度,从而降低交通事故的发生率。据统计资料,交通事故可降低 12%~15%。

现代轿车与轻型汽车,绝大多数安装有汽车空调,汽车越高级,空调性能越好。可以说,没有空调的轿车,是没有人愿意购买的。有了汽车空调,才能全天舒适地将乘员长途运送,才有现代旅游业,才有跨省、跨地区的长途客运事业。

在汽车空调的指标中,温度是最重要的指标。20℃~28℃是人感到最舒适的温度范围,温度超过 28℃,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;温度超过 40℃,称为有害温度,对身体的健康造成损害。温度低于 14℃,

人就会感觉到“冷”，温度越低，越觉得手脚僵硬，不能灵活操作机器。汽车是运动的房间，经历不同的工作环境。在炎热的南方，汽车在太阳底下停留 1h，车内平均温度达 60°C ，而车顶表面高达 90°C 。即使在公路上正常行驶，车内温度也高达 40°C 以上。冬季，汽车的保温性是最差的，车内外的温差往往在 5°C 以上。汽车空调可使夏季车内温度保持在 25°C 左右，冬季则在 18°C 以上。

汽车空调的第二个指标是湿度。湿度的指标是用相对湿度来表示的。相对湿度在 $50\%\sim 60\%$ 时人体感觉最舒适，在这种湿度环境中，人会觉得心情舒畅。湿度过高，就会觉得闷，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°C ，相对湿度 100% 时，人会感到不如 32°C ，相对湿度 50% 时舒适。相反，环境的湿度太小，人的皮肤会痒，这是由于湿度太小，皮肤表面和衣服都较干燥，它们之间摩擦产生静电的缘故。冬季，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湿度控制在 $50\%\sim 70\%$ 的范围内。

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，并且发动机废气和道路上的粉尘都容易进入车内，容易造成车内空气闷浊，严重影响乘员的舒适性。因此，汽车空调必须具有补充足够新鲜空气的功能，具有对空气过滤吸附的功能，以保证车内空气的清新度。

汽车空调的第四个指标是空气流动速度与方向。实验表明，人头部的舒适温度比足部的要低 $1.5^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，因此，空气流动方向要形成上凉下暖的环境。为了保证人体舒适，要保证空气的更换速度，有两方面的含义：一是车内空气的交换速度，即引入外界新鲜空气的比例，外界新鲜空气进入量的多少由新鲜空气阀开度的大小来控制；二是车内空气的流动速度，车内空气的流动速度主要解决车内温度不均现象，这种情况主要由出风口的位置、出风方向、鼓风机挡位等来决定。

图 1.2 列出了舒适与不舒适环境的 10 个项目指标示意图。

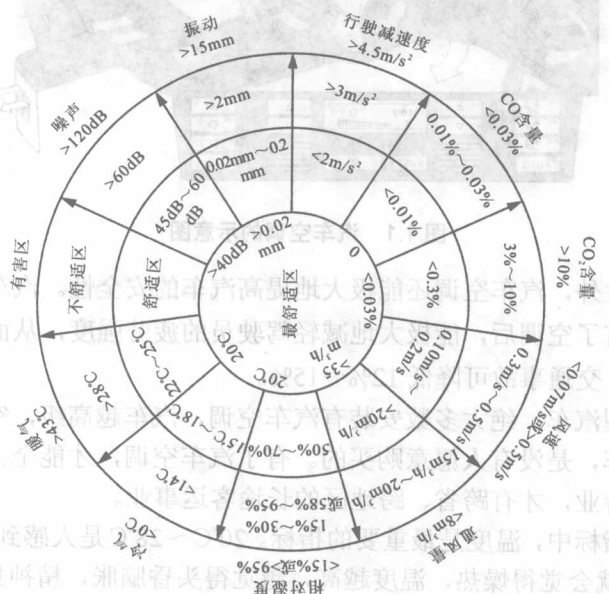


图 1.2 舒适与不舒适环境的 10 个项目指标示意图

汽车空调的特殊要求是具有除霜功能。这是由于车内外温度相差太大时,在玻璃上出现雾或霜,会影响驾驶员的视线。

1.1.2 汽车空调系统的组成

1. 制冷装置

对车内空气或外部进入车内的新鲜空气进行冷却与除湿,使车内空气变得凉爽舒适。汽车空调制冷系统主要由制冷循环及电气调节与控制两部分组成。

2. 暖风装置

对车内空气或外部进入车内的新鲜空气进行加热,用于供暖和除霜。

3. 通风装置

将外部新鲜空气吸进车内,起着通风与换气作用,同时,通风对防止风窗玻璃起雾也起着良好的作用。

4. 加湿装置

在空气湿度较低的时候,对车内空气进行加湿,以提高车内空气的相对湿度。

5. 空气净化装置

除去车内空气中的尘埃、臭味、烟气及有毒气体,使车内空气变得清新。

在大多数轿车及客车、货车上,通常仅有制冷装置、暖风装置、通风装置,在高级轿车和高级大、中客车上,还有加湿装置和空气净化装置。

1.1.3 汽车空调系统的分类

1. 按驱动方式分类

按驱动方式可分为非独立式空调和独立式空调。

(1) 非独立式空调:在大多数轿车及客车、货车上采用非独立式空调系统。非独立式空调系统驱动压缩机的动力来自主发动机。其优点是结构简单、噪声小,便于安装布置;缺点是要消耗主发动机10%~15%的动力,降低主发动机后备功率,影响汽车的动力性。

(2) 独立式空调:就是主发动机驱动汽车前进,专门用一个副发动机带动压缩机运转。其优点是制冷与行驶互不影响,制冷量大,制冷效果稳定;缺点是结构复杂、成本高、噪声大、布置难度大,主要装于大客车上,有的豪华轿车上也有采用。

2. 按布置形式分类

按布置形式可分为整体式空调、分体式空调、分散式空调。

(1) 整体式空调:整体式空调将副发动机、压缩机、冷凝器、蒸发器等通过传动带和管道连成一个整体,安装在一个专门机架上,构成一个独立总成,动力源为副发动机,最终由送风管将冷风送入车内。这种形式主要用于独立式空调系统的布置。

(2) 分体式空调:分体式空调将压缩机、冷凝器、蒸发器以及独立式空调系统中的副发动机根据汽车具体结构,部分或全部分开布置,用管道相互连接。这种形式主要用于独

立式空调系统的布置。

(3) 分散式空调：分散式空调将压缩机、冷凝器、蒸发器等各部件分散安装于车上，这种形式主要用于非独立式空调系统的布置。

3. 按送风方式分类

按送风方式分类可分为直吹式空调和风道式空调两种。

(1) 直吹式空调：这种方式的空调气流直接从空调器送风面板吹出，又称仪表板式空调。其结构简单，送风阻力小，但车内送风均匀性差。这种形式主要用于非独立式空调系统。

(2) 风道式空调：这种方式的空调是将气流用风机送到塑料风道，再由风道送到车顶或座位下的出风口吹出。风道式空调送风均匀，但结构复杂且送风阻力大，这种形式主要用于独立式空调系统。

4. 按功能分类

按功能可分为冷暖分开型、冷暖合一型和全功能型。

(1) 冷暖分开型：制冷与供暖完全分开，各自独立控制，结构分开布置。这种形式占用空间较多，主要用于早期的汽车空调，现已淘汰。

(2) 冷暖合一型：在制冷系统的基础上增装加热气及暖风出口，但制冷与供暖不能同时工作，其结构系统如图 1.3 所示。

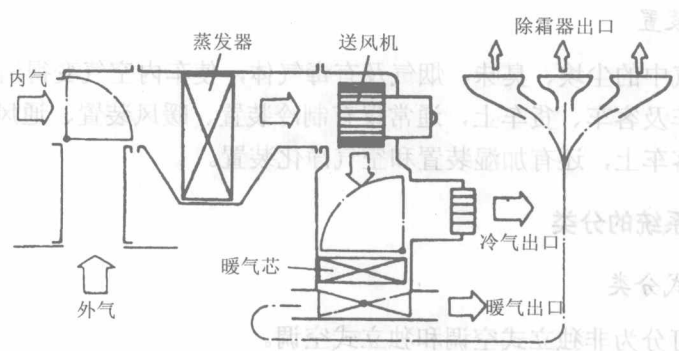


图 1.3 冷暖合一型汽车空调系统

(3) 全功能型：这种形式的汽车空调集制冷、供暖、除霜、去湿、通风、净化等功能于一体，由于其功能完善，提高了乘员的舒适性，越来越多的汽车空调采用了这种形式。全功能型汽车空调系统如图 1.4 所示。

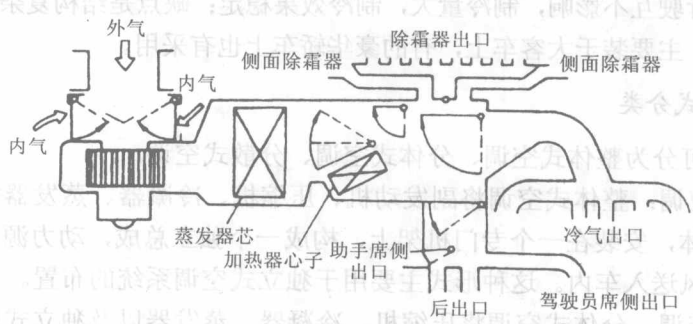


图 1.4 全功能型汽车空调系统

5. 按控制方式分类

按控制方式可分为手动空调、半自动空调、全自动空调和电控空调。

(1) 手动空调：手动空调用拨杆或旋钮控制，如图 1.5 所示。其操纵机构一般为拉索式，也有少数为气动式(真空)。

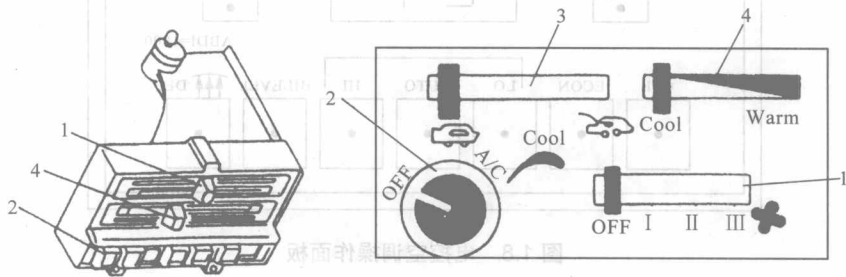


图 1.5 手动空调操作面板

1—调风键；2—功能选择键；3—后窗除霜键；4—温度键

(2) 半自动空调：半自动空调一般用拨杆控制，设有温度键和功能选择键，如图 1.6 所示。操纵机构一般为气动式。

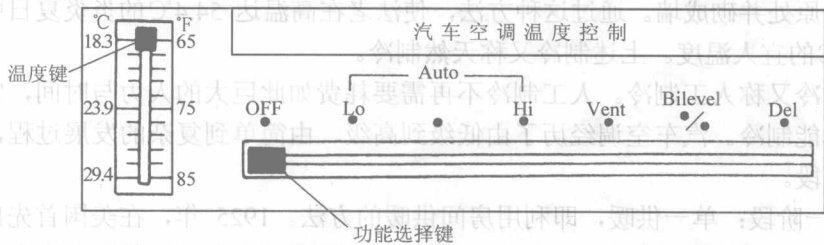


图 1.6 半自动空调操作面板

(3) 全自动空调：全自动空调一般用按键控制，如图 1.7 所示。其操纵机构一般为电控气动式。



图 1.7 全自动空调操作面板

(4) 电控空调：电控空调一般用触摸开关控制，是用计算机控制的空调系统，如图 1.8 所示。操纵机构一般为电动式，也有少数用电控气动式。

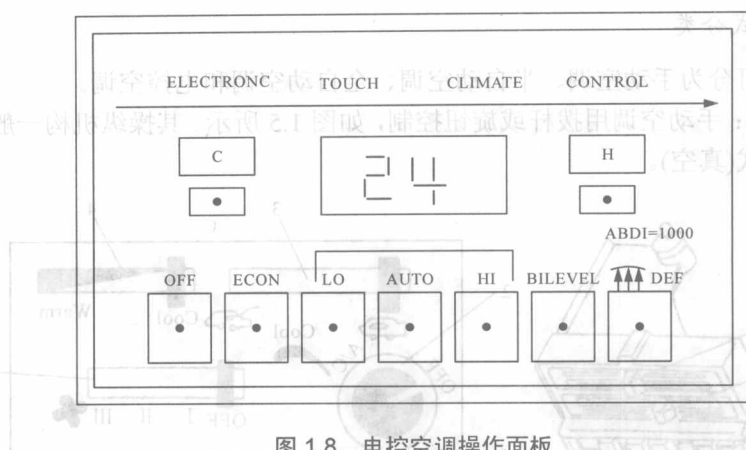


图 1.8 电控空调操作面板

1.1.4 汽车空调的发展历程

制冷的原理，早在一万年前就为人所知。当时，中国的先民们就知道在冬天凿取池塘和湖泊中的冻冰，放入柴堆中保藏，以备夏日之用。古埃及人利用沙漠地区昼夜温差大的特点，驱使几千名奴隶在夜里将宫墙的石头拆下后，运至沙漠中散热，破晓之前，奴隶又将石块运到原处并砌成墙。通过这种方法，使法老在高温达 54.4°C 的炎炎夏日中能够享受到宫内 26°C 的宜人温度。上述制冷又称天然制冷。

现代制冷又称人工制冷。人工制冷不再需要耗费如此巨大的人力与时间，它利用制冷系统消耗电能制冷。汽车空调经历了由低级到高级、由简单到复杂的发展过程，可概括成以下六个阶段。

(1) 第一阶段：单一供暖，即利用房间供暖的方法。1925 年，在美国首先出现利用汽车冷却水通过加热器供暖的方法。到 1927 年，发展到具有加热器、鼓风机和空气滤清器的比较完整的供暖系统。这种供暖系统直到 1948 年才在欧洲出现，在日本出现的时间是 1954 年。目前，在北欧、亚洲北部仍有只有单一供暖的汽车空调。

(2) 第二阶段：单一制冷。1939 年，美国通用汽车公司首先在轿车上安装机械制冷降温的空调器，成为汽车空调的先驱。由于第二次世界大战阻碍了汽车空调的发展，欧洲、日本到 1957 年才有这种单一制冷的轿车。目前，在热带、亚热带地区，汽车空调仍然使用单一制冷的汽车空调。

(3) 第三阶段：冷暖一体化。1954 年美国通用汽车公司首先在纳什牌轿车上安装了冷暖一体化的空调，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不断完善，现在的汽车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。目前，冷暖一体化空调仍然在大量的经济汽车上使用，是使用量最大的一种方式。

(4) 第四阶段：自动控制的汽车空调。冷暖一体化空调需要人工操作，这显然增加了驾驶员的工作量，同时控制质量也不是很好。1964 年，美国通用汽车公司首先在凯迪拉克轿车上安装了自动控制的汽车空调。欧洲、日本直到 1972 年才在高级轿车上安装。这种自动控制的汽车空调使用了电子控制的方法，只要预先设定好温度，就能自动地在设定的温度范围内工作。

(5) 第五阶段：微型计算机控制的汽车空调。1973 年，美国通用汽车公司与日本五十铃汽车公司一起联合研制，1977 年，同时安装在各自生产的汽车上，将汽车空调的技术推到一个新的高度。随着微型计算机技术的发展，微型计算机控制的汽车空调功能不断增加和完善，实现了控制显示数字化，冷暖通风一体化，故障诊断智能化。目前，高档轿车的全自动空调与其他电控系统组成局域网，根据车内外的环境情况，自动控制汽车空调系统的工作，既提高了调节效果，又节约了燃料。

(6) 第六阶段：注重环保阶段。汽车空调的制冷剂多年来采用 R12，但已被证明对臭氧层有害。因此，自 1996 年以后，已采用 R134a 作为制冷剂。

汽车工业是我国国民经济的支柱产业，我国汽车空调的发展经历了三个阶段。第一阶段是从 20 世纪 60 年代初到 70 年代末，主要是利用汽车发动机排出的尾气或冷却水产生的热量来给车内供暖。第二阶段是 20 世纪 80 年代初到 90 年代初，从国外购进一些制冷降温的汽车空调系统安装在轿车上。第三阶段是从 20 世纪 90 年代开始，国内形成一批有一定生产规模的汽车空调制造企业。至此，我国汽车空调技术在短时间内接近了世界先进水平。

1.1.5 汽车空调的发展趋势

(1) 控制向自动微型计算机智能化发展：微型计算机控制的汽车空调系统，不仅将在轿车上应用，在大客车及其他车型上也将得到进一步应用。

(2) 变排量压缩机进一步得到发展和应用：变排量压缩机以其独特的优点，无疑将在汽车空调中获得更加广泛的应用，在加工工艺、材料等问题更好解决后，蜗旋式压缩机将以其高效、节能、零部件少等优点大受人们欢迎。

(3) 新型空调结构和系统得到发展：目前，汽车空调除了单一制冷以外，不少汽车开始使用双向空调，即像家用空调一样，采用热泵系统，夏季制冷、冬季供暖。

目前，一种适合应用于汽车的旋转叶片空气循环(ROVAC)空调系统已经研制出来，在不久的将来也许会取代现在使用的蒸汽式空调系统。如图 1.9 所示，旋转叶片空气循环空调系统的压缩机称为循环器，冷凝器称为主热交换器，蒸发器称为次热交换器，系统中的一个收集器以与传统系统中集液器相似的作用，将液体(氢碳)与蒸汽(空气)分离开。然而，它与集液器不同的是，液体保留在收集器中，不回到系统中去。少量的液态机油始终在系统中循环，为循环器提供润滑。另一种由酒精和氢碳组成的液体，随着其吸热在次热交换器中汽化；反之，随着其放热至外界空气中，这种蒸汽在主热交换器中又变成液体。

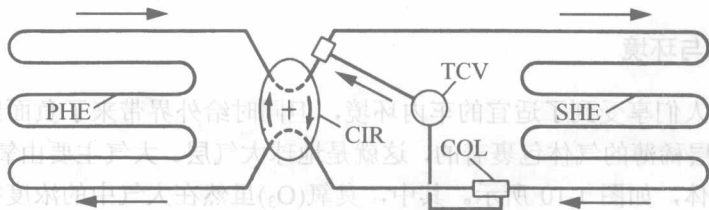


图 1.9 旋转叶片空气循环空调系统

COL—收集器；CIR—循环器；PHE—主热交换器；SHE—次热交换器；TCV—温度控制阀

(4) 出现新型空调部件：新结构、新材料、新工艺将不断应用于汽车空调部件，主要体现在热交换器和管口连接上，以保证得到更理想的性能。

1.2 汽车空调的特点

1.2.1 汽车空调的工作特点

(1) 汽车空调安装在运动的车辆上, 承受剧烈、频繁的振动和冲击。汽车空调的各个零部件应有足够的强度和抗震能力, 接头牢固并防漏。汽车空调的制冷系统极易发生制冷剂泄漏, 破坏整个空调系统的工作条件, 甚至破坏制冷系统的部件。所以, 各部件的连接要牢固, 要经常检查空调系统内制冷剂的量。统计表明, 汽车空调因制冷剂泄漏而引起空调故障约占全部故障的 80%, 而且泄漏频率很高。

(2) 汽车空调的动力来自发动机。轿车、轻型汽车、中小型客车及工程机械, 空调所需的动力和驱动汽车前进的动力来自同一发动机; 对于大型客车和豪华型中大型客车, 由于所需制冷量和暖气量大, 一般采用专用发动机驱动制冷系统的压缩机和设立的供暖设备。对于非独立式空调系统, 其制冷能力受车速影响, 而与车内的需求无关, 因此, 需要专门的设备进行协调, 结构比家用空调复杂。

(3) 要求汽车的制冷制热能力大, 其原因主要有如下几点。

① 为了使汽车减轻自重, 因此隔热层需较薄, 同时, 汽车的门窗多、面积大, 从而导致隔热性能差, 热量流失严重。

② 车内乘员密度大, 产生热量多, 热负荷大, 而冬天人体所需的热量也大。

③ 汽车在野外工作, 直接受太阳的照射, 以及霜雪、风雨的侵袭, 因而其所处的环境较恶劣, 千变万化。要使汽车空调能迅速地变温, 在最短的时间里达到舒适性, 要求制冷供暖量就特别大。

④ 汽车空调结构紧凑, 质量小。由于汽车本身的特点, 要求汽车空调结构紧凑, 能在有限的空间进行安装, 而且不会使汽车增重太多, 影响其他性能。现代汽车空调的总重, 已经比 40 年前下降了 40%, 是原始空调的 1/4, 而制冷能力却增加了 50%。

⑤ 汽车空调的供暖方式与家用空调完全不同。对于非独立式汽车空调, 一般采用发动机冷却水供暖; 对于独立式汽车空调, 则通常采用燃油暖风装置。

⑥ 由于汽车内部结构复杂, 风量分派不易均匀, 因而车内温度分布不易均匀, 影响乘员的舒适性。

1.2.2 汽车空调与环境

汽车空调使人们享受到了适宜的车内环境, 但同时给外界带来了负面影响。人们都知道, 地球是被一层稀薄的气体包裹着的, 这就是地球大气层。大气主要由氧气和氮气构成, 还有一些稀有气体, 如图 1.10 所示。其中, 臭氧(O_3)虽然在大气中的浓度很低, 体积百分比大约为 0.000004%, 但它却是吸收太阳紫外线辐射必不可少的气体。此外, 臭氧层可吸收约 3% 的入射太阳能, 从而有利于调节地球气温。

当然适量的紫外线照射对人体的健康是有益的。它能提高人体免疫能力, 促进磷钙代谢, 增强人体对环境污染物的抵抗力。但是人体长期反复照射过量紫外线将引起细胞内的