



QICHE KONGTIAO YUANLI
GOUZAO YU JIANXIU



高职高专汽车类专业

项目化教育规划教材

汽车空调原理

构造与检修

● 郑为民 林妙山 主编 ● 岳江 主审



化学工业出版社

配套电子教案





高 职 高 专 汽 车 类 专 业

项目化教育规划教材

汽车空调原理

构造与检修

郑为民 林妙山 主编 · 岳江 主审

责任编辑：林妙山
封面设计：林妙山

责任编辑：林妙山
封面设计：林妙山



化学工业出版社

· 北 京 ·

定价：35.00元

定价：35.00元

本书根据国家教育部对高职高专教学的有关规定及在职岗位人员对专业知识、基本技能和基本素质的要求,结合汽车专业人才培养目标,着重介绍汽车空调原理、构造的理论和大多数在用车辆的检修项目,内容包括热力学知识、制冷原理、汽车空调的结构、汽车空调的工作原理以及维修保养技术和故障检测诊断方法等。本书图文并茂,力求以较多的图形说明,直观、简练、易懂,便于授课和学习。

本书可作为高职高专汽车检测与维修、汽车技术服务与营销、汽车运用工程等专业教材,也可作为职业技能培训机构参考书和汽车修理工人、技师的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调原理构造与检修/郑为民,林妙山主编. —北京:化学工业出版社,2010.6

高职高专汽车类专业项目化教育规划教材

ISBN 978-7-122-08229-9

I. 汽… II. ①郑…②林… III ①汽车-空气调节设备-构造-高等学校:技术学院-教材②汽车-空气调节设备-车辆维修-高等学校:技术学院-教材 IV. U463.85

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第066459号

责任编辑:韩庆利

文字编辑:韩亚南

责任校对:徐贞珍

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张14½ 字数377千字 2010年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:26.00元

版权所有 违者必究

高职高专汽车类专业项目化教育规划教材 顾问委员会

主 任 谢可滔

副主任 曾小彬 于仕斌 李望国

委 员 (按姓名笔画排序)

于仕斌	王长建	乔本新	李望国
翁绍捷	曾小彬	谢可滔	

高职高专汽车类专业项目化规划教材 编审委员会

主 任 张晓东

副主任 汪菊英 林妙山 龙志军

编 委 (按姓名笔画排序)

王玉群	龙志军	朱 涛	刘文莘
杨志勇	何南昌	汪菊英	张晓东
张继锋	林妙山	郑为民	翁绍捷
唐蓉芳	涂光伟		

前 言

本书根据国家教育部对高职高专教学的有关规定及在职岗位人员对基本专业知识、基本技能和基本素质要求,结合汽车专业人才培养目标,着重介绍汽车空调原理、构造的理论和大多数在用车辆的检修项目,内容包括热力学知识、制冷原理、汽车空调的结构、汽车空调的工作原理以及维修保养技术和故障检测诊断方法等。

本书力求与我国汽车产业的发展相适应,建立以亚洲和欧美主流轿车车型为主的新的结构体系,同时体现高等职业技术教育改革的发展趋势。本书共八个课题,尽可能突出汽车的新结构、新技术,系统地介绍了汽车空调维修中出现的问题,针对性较强,内容由浅入深。

本书是以汽车维修企业岗位群作业项目的实际工艺过程为依据,围绕高职高专汽车专业一体化教学实际需要编写的,理论与实践并重,将理论知识与实践技能有机结合。本书编写力求取材新颖,图文并茂,内容充实,通俗易懂,实用性强。

本书可作为高职高专汽车检测与维修、汽车技术服务与营销、汽车运用工程等专业教材,也可作为职业技能培训机构参考书和汽车修理工人、技师适用的工具书。

本书由广东白云学院郑为民、海南大学林妙山主编,海南大学王高平、海南工业学校周锋皇副主编,林旭群、雷明森、方海旋、陈丽娟等参编。全书由广东机电职业技术学院汽车工程系岳江主审。

本书在编写过程中得到广东白云学院和海南大学的专家和教授的大力支持,在此向所有对本书编写有帮助的各位同仁致以诚挚的感谢。

本书有配套电子教案,可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师,如果需要,可发邮件至 hqlbook@126.com 索取。

由于编者受水平和经验所限,加之时间紧迫,书中难免出现欠妥之处,恳请广大读者和同仁批评、指正,以便日后进一步修订完善本书。

编 者

2010年3月

目 录

课题一 汽车空调基础知识	1
项目一 汽车空调概述	1
一、温度与健康	2
二、汽车空调的定义	3
三、汽车空调的功能	3
四、汽车空调技术的发展过程	4
五、汽车空调新技术	5
六、汽车空调系统的分类	7
七、汽车空调的特点	8
项目二 热力学知识	8
一、温度	9
二、湿度	10
三、压力与真空度	11
四、汽化与冷凝	12
五、饱和温度与饱和压力	12
六、热量、热容与热传导	13
七、显热与潜热	13
八、节流	14
项目三 冷媒与冷冻油	14
一、冷媒	14
二、冷冻油	18
三、制冷能力与制冷负荷	20
复习与思考	21
课题二 汽车空调制冷系统	22
项目一 空调制冷系统工作原理	22
一、空调制冷机理	22
二、空调制冷机构	23
三、空调制冷循环	23
项目二 汽车空调制冷系统类型	26
一、循环离合器系统	26
二、蒸发器压力控制系统	26
项目三 制冷系统主要部件的结构与检修	28
一、压缩机	28
二、热交换器	48
三、风机	53
四、节流装置	54

五、储液器	61
复习与思考	63
课题三 汽车空调制冷控制系统	65
项目一 制冷控制系统的基本部件	65
一、温度控制器(温度开关)	66
二、压力开关	68
三、过热限制器	72
四、高压卸压阀	73
五、过热开关	73
六、环境温度开关	74
七、除霜开关	74
八、旁路电磁阀	74
九、控制继电器	75
十、综述	76
项目二 循环离合器系统	77
一、离合器恒温器膨胀阀系统	77
二、离合器节流膨胀管系统	77
项目三 蒸发器压力控制系统	79
一、蒸发压力调节器控制的蒸发器压力系统	80
二、导阀蒸发压力调节器控制的蒸发器压力系统	80
三、吸气节流阀控制的蒸发器压力系统	81
四、先导吸气节流阀控制的蒸发器压力系统	83
五、罐中组合阀系统	84
项目四 电子膨胀阀控制的制冷系统	86
一、电磁式电子膨胀阀	86
二、电动式电子膨胀阀	87
复习与思考	88
课题四 汽车空调采暖系统	90
项目一 汽车空调采暖系统概述	90
一、汽车空调采暖系统的作用	90
二、汽车空调采暖系统的分类	90
项目二 余热式采暖装置	91
一、水暖式采暖装置	91
二、气暖式采暖装置	94
项目三 独立燃烧式采暖装置	95
一、直接交换燃烧式	95
二、间接交换燃烧式	97
三、独立燃烧式采暖装置的日常维护	99
复习与思考	100
课题五 汽车空调通风、净化和配气系统	101
项目一 通风系统	101
一、汽车空调通风系统的作用	101
二、汽车空调通风的基本要求	102

三、汽车空调通风系统的结构和原理	102
项目二 空气净化系统	104
一、粉尘的净化	104
二、除臭去毒	106
三、空气净化器	107
项目三 配气系统	108
一、原理	108
二、系统结构	109
三、操纵、控制与执行机构	109
复习与思考	117
课题六 汽车空调电路控制系统	118
项目一 基本控制电路	118
一、怠速控制电路	118
二、发动机负荷控制电路	121
三、温度控制电路	122
四、汽车空调基本电路	123
项目二 典型汽车空调系统电路	127
一、桑塔纳空调制冷系统电路分析	127
二、夏利空调制冷系统电路分析	128
三、海狮空调制冷系统电路分析	130
四、捷达空调制冷系统电路分析	132
五、丰田小霸王空调制冷系统电路分析	135
复习与思考	137
课题七 汽车空调自动控制系统	138
项目一 汽车空调自动控制系统概述	138
一、半自动空调系统简介	139
二、全自动空调系统简介	140
项目二 汽车空调自动控制系统的结构与原理	140
一、汽车空调自动控制系统的基本结构	140
二、汽车空调自动控制系统的工作原理	141
三、传感器	143
四、控制器	156
五、控制程序和执行器	158
项目三 自动空调典型控制程序分析	166
一、凌志 LS400 自动空调控制程序分析	166
二、BCM 系统自动空调控制程序分析	171
三、自动空调系统 LAN 控制技术	173
项目四 自动空调检修	176
一、电控系统故障诊断	176
二、故障码检查	176
三、驱动器检查	178
复习与思考	180
课题八 汽车空调检测与维修	182

项目一 汽车空调的使用与维护.....	182
一、正确使用汽车空调.....	182
二、例行检查.....	183
三、日常保养.....	183
四、定期保养.....	184
项目二 汽车空调维修基本作业.....	185
一、常用维修工具介绍.....	185
二、汽车空调基本维修.....	194
三、汽车空调制冷性能的测试.....	203
项目三 汽车空调故障诊断与排除.....	206
一、汽车空调常见故障分析和排除.....	206
二、汽车空调维修实例.....	213
复习与思考.....	217
参考文献	219

课题一 汽车空调基础知识

应知理论

了解汽车空调的发展、定义、功能、人体舒适的环境及汽车空调新技术；

理解热力学知识中的湿度、压力与真空、饱和温度和饱和压力、热量、热容、显热与潜热等知识；

熟悉热力学知识中的温度、汽化、冷凝、热传导、节流及冷媒等知识。

应会技能

掌握冷媒的应用，并能够识别冷媒的技能；

掌握各种冷冻润滑油性质、质量变化和使用方法。

课程内容

汽车空调概述，包括汽车空调与健康、汽车空调的特点、汽车空调的功能、汽车空调新技术等；

热力学知识，包括温度、湿度、汽化与冷凝、饱和温度与饱和压力、热容、热量、热传导与节流等；

冷媒与冷冻油，包括冷媒的种类、性能、环保和汽车空调对冷媒的要求；冷冻润滑油的性质、汽车空调对冷冻油的要求；冷冻润滑油的要求和冷冻油的质量变化及使用注意事项等。

项目一 汽车空调概述

汽车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。

汽车空调技术就是随时对车厢内或驾驶室内空气的温度、湿度、风速和清洁度等参数进行调节，将其控制在舒适的标准范围之内的技术。

汽车空调技术包括降温、供热、除湿、通风和净化等方面的技术，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作用如下。

① 提高安全性。现代汽车空调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，使驾驶人员大脑清晰和精力充沛，保证安全行车。

② 提高效率。现代汽车空调改善驾驶员的工作环境和劳动条件。在严寒、酷暑等恶劣环境下，汽车各机构中众多的控制模块将不能正常工作，驾驶人员在 0°C 以下时手和脚将冻僵，在 40°C 以上时大脑反应迟钝，这些状态都无法正常操作，此时汽车必须停止行驶。而汽车空调可将车内空间调节为可以正常操作的环境，因而提高了效率。

③ 提高乘坐舒适性。汽车空调的服务对象是车内的人，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、灰尘和细菌等参数指标的感受和反应决定的。

一、温度与健康

人体靠食物的化学能来补偿因肌体活动（做功）所消耗的能量，并将多余的能量以热量的形式排到体外，保持热平衡（产热量与散热量相等），使人体体温恒定。人体的散热过程是随着人体的新陈代谢过程不断进行的。

人体热平衡可用下式表示：

$$q_m - q_w = q_d + q_z + q_f + q_{ch}$$

式中 q_m ——人体新陈代谢过程产生的热量，决定于人的活动量大小；

q_w ——用于做功而消耗的热量；

q_d ——人体对流散热量，当空气温度低于人体表面平均温度时人体对流散热量为正值，反之则为负值；

q_z ——汗液蒸发和呼出的水蒸气所带走的热量；

q_f ——人体与周围表面的辐射换热量，可能为正值，也可能为负值；

q_{ch} ——蓄存于人体内的热量；

$q_m - q_w$ ——必须由体内排出或蓄存的多余热量，它因人体的活动强度不同而异。

在正常的热平衡情况下， q_{ch} 应为零。这时，人体因保持了能量平衡而感受到舒适。若周围环境温度升高，则人体的对流和辐射散热量将减少。为保持热平衡，人体会运用自身的自动调节机能来加强汗液分泌。这样，由于汗量和消耗在汗水蒸发上的热量增加，在一定程度上会补偿人体对流和辐射散热的减少。不过，这时即使有可能维持人体热平衡，但实际上人体并不一定感到舒适。当环境温度高于人体表面温度时，对流换热和辐射换热都是由外界环境传向人体，这时，当人体余热量难以全部散出时，余热量就会在体内蓄存起来，于是 q_{ch} 为正值，导致体温上升，人体因热平衡遭到破坏会感到很不舒服，甚至可能生病。体温即使仅比正常体温高出 1°C 甚至不到 1°C ，也会影响人体健康。体温增到 40°C 时，人体的自调节功能被破坏，出汗停止，若不采取措施（物理降温），则体温将迅速上升，当上升到 43.5°C 时，将有生命危险。

汗的蒸发强度不仅与周围空气温度有关，而且和相对湿度、空气流动速度有关。

相对湿度愈高，空气中水蒸气分压力愈大，人体汗水蒸发量愈少。所以，增加空气湿度，在高温时，会增加空气对人的热作用；在低温时，由于空气潮湿增强了导热，会加剧空气对人的冷作用。

周围空气的流动速度是影响人体对流散热和水分蒸发散热的主要因素之一。气流速度大时，由于提高了对流换热系数及湿交换系数，因而使对流散热和水分蒸发散热随之增强，亦即加剧了空气对人体的冷作用。

周围物体表面温度决定了人体辐射散热的强度。在同样的室内空气参数条件下，围护结构内表面温度高，人体增加热感；表面温度低，则会增加冷感。

综上所述，人体舒适感与下列因素有关：室内空气温度；室内空气相对湿度；人体附近的空气流速；围护结构内表面及其他物体表面温度。

舒适性环境参数见表 1-1。

人体的舒适感除与上述几种客观因素有关外，还和生活习惯、人体活动、衣着情况以及年龄、性别有关。不可能用一个单一的物理量来表示空气条件以及衡量该条件对人体是否舒适，而应采用有关影响舒适的所有效应的一个综合指标来表示和衡量空气条件才比较合理。为此，人们提出了有效温度或等效温度这样一个综合指标，它是结合干球温度、湿球温度和

表 1-1 舒适性环境参数

项目范围	温度/℃		相对湿度 /%	换气量 /m ³ ·h ⁻¹	风速 /m·s ⁻¹	CO ₂ /%	CO/%	加速度 /m·s ⁻²	振动幅度 /mm	噪声 /dB
	冬	夏								
舒适带	16~18	22~28	50~70	20~30	0.075~0.2	<0.03	<0.01	<3	<0.2	<45
不舒适带	0~14	30~35	15~30 90~95	5~10	<0.075 >0.3	>0.3	>0.015	>3	>2	>65
有害带	<0	>43	<15,>95	<5	>0.4	>10	>0.03	>4	>15	>120

空气流速的效应来反映冷和热的感觉的。

评价汽车空调性能好坏的主要指标就是舒适性。经空调调节后的车内空气如果使人感到舒适，那么空调的性能就好；否则空调的性能就差。

评价汽车空调性能好坏的另一指标就是经济性。变排量压缩机大量的应用就提高空调的经济性。

二、汽车空调的定义

汽车空调是汽车车厢内空气调节的简称，它的内涵是指在封闭的空间内调节车内的温度、湿度、气流速度、空气洁净度等参数指标。

三、汽车空调的功能

汽车空调只要具有如下几个功能，就基本能满足人们舒适性的要求：调节车内空气的温度、调节车内空气的湿度、调节车内空气流动和净化空气等。

1. 汽车空调的第一功能

汽车空调的第一功能是调节车内空气的温度。

汽车空调在冬季利用其采暖装置升高车厢内空气的温度。轿车和中小型客车一般以发动机冷却循环水作为暖风的热源，而大型客车则采用独立式加热器作为暖风的热源。在夏季，车内降温则由制冷装置来完成。

车内空气的平均温度推荐值为：夏季 25~28℃，冬季 15~18℃。车内外空气温度相差不宜太大，否则也会使乘客感到不舒适。夏季车内外空气温度相差宜保持在 5~7℃ 范围内；冬季车内外空气温度相差宜保持在 10~12℃ 范围内。从经济性方面考虑，车内空气温度夏季应尽量提高，冬季应尽量降低。夏季车内温度每升高 1℃，约减少冷负荷 10%；冬季每降低 1℃，约减少热负荷 12%。

2. 汽车空调的第二功能

汽车空调的第二功能是调节车内空气的湿度。

普通汽车空调一般不具备这种功能，只有高级豪华汽车采用的冷暖一体化空调器才能对车内的湿度进行适量调节。它通过制冷装置冷却降温去除空气中的水分，再由采暖装置升温，以降低空气的相对湿度。但汽车上目前还没有加装加湿装置，只能通过打开车窗等通风设施，靠车外新鲜空气来调节。

车内相对湿度一般保持在 30%~70% 为宜，超出此范围，人就会感到干燥或闷热。

3. 汽车空调的第三功能

汽车空调的第三功能是调节车室内的空气流速。

空气的流速和方向对人体舒适性影响很大。夏季，舒适的气流速度一般为 0.25m/s 左右，不宜超过 0.5m/s；冬季，一般为 0.15~0.2m/s，不宜超过 0.3m/s。夏季，气流速度稍大些，有利于人体散热降温，但过大的风速直接吹到人体上，也会使人感到不舒服。冬

季, 气流速度尽量小一些, 风速太大, 会影响人体保温。

根据人体生理特点, 头部对冷比较敏感, 脚部对热比较敏感, 因此在布置空调出风口时, 应采取上冷下暖的方式, 即让冷风吹到乘员头部, 暖风吹到乘员脚部。

4. 汽车空调的第四功能

汽车空调的第四功能是过滤净化车内空气。

由于车内空间小, 乘员密度大, 车内极易出现缺氧和二氧化碳浓度过高的情况, 所以进气门应处于外循环, 以不断向车内补充外界的新鲜空气。为防止人体缺氧, 产生疲劳、头痛和恶心等现象, 车内每位乘客所需新鲜空气量应为 $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{h}$, 二氧化碳浓度应保持在 0.03% (体积) 以下。

车辆中使用两种类型的通风装置: 自然通风装置和强制通风装置。

空气净化装置主要由过滤器及活性炭过滤器组成, 有些车型还装有灭菌灯和离子控制器, 如图 1-1 所示。

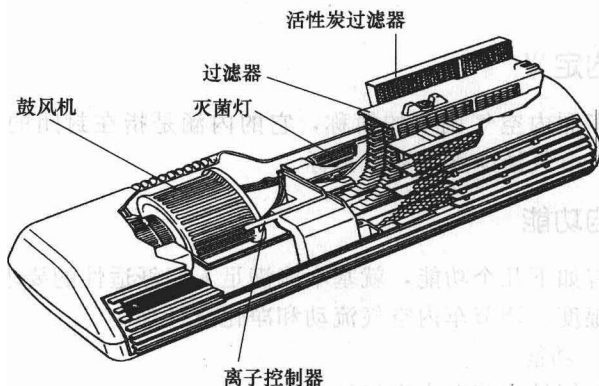


图 1-1 空气净化装置

四、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→微机控制五个阶段。

1. 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 年才使用取暖系统, 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。

2. 单一冷气

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。第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迅速地发展起来。欧洲、日本到 1957 年才使用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、海南使用的空调出租汽车, 大部分只有制冷降温功能。

3. 冷暖合一

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。

4. 自动控制

自从冷暖一体化汽车空调出现后,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年也在高级轿车上装上了自动空调,例如目前的高级皇冠、总统、奔驰和奥迪等。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、高级大巴都安装了自动空调。

5. 微机控制

1977年开发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,并能获得最佳的舒适性。

目前微机控制的空调都装在高级轿车上,例如通用的骑士,福特的林肯、马克,丰田的凌志,本田的雅阁,奔驰500,三菱大客车BS712D等。

从1971年开始,中国长春一汽在红旗牌轿车上安装了空调器。

五、汽车空调新技术

目前全世界空调汽车估计有2188亿辆,每辆车平均需CFC-12为112kg。目前汽车产业已经成为我国工业的第五大支柱。据行业统计,1980年汽车产量突破20万辆,而2002年年底全国的汽车产量已达320万辆,2010年我国汽车产量将超过1000万辆,汽车空调的应用前景将更为广泛。

空调CFC对大气的臭氧层破坏相当严重(图1-2、图1-3);能源消耗也相当大,一般轿车空调要消耗8%~12%的轿车发动机动力。当前环境保护问题和能源问题越来越受到重视,新型汽车空调系统产品一旦成熟,我国汽车空调业又将面临新的挑战。

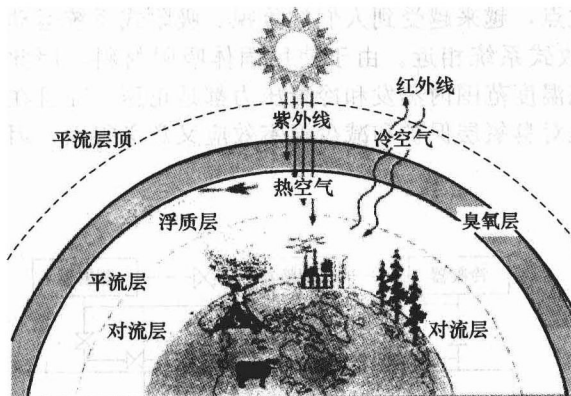


图 1-2 大气层自然保护

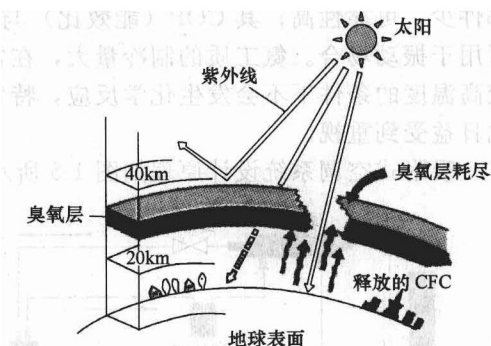


图 1-3 CFC 对大气层的臭氧层破坏作用

当今新型的空调有氢化物汽车空调系统、二氧化碳汽车空调系统、固体吸附式汽车空调系统、吸收式汽车空调系统等。

1. 氢化物汽车空调系统

(1) 金属贮氢式汽车空调系统 采用氢气作为能量载体,氢属于天然工质,不存在对大

气臭氧层的破坏作用，为环保型空调。该系统的工作原理是：一种金属氢化物在较高温度下吸热后释放出氢气，氢气流在较低温度（环境温度）下被另一种金属氢化物吸收，再利用两种氢化物在环境温度下的氢压平衡反应使后一种氢化物释氢，从而吸收车室内的热量，达到空调降温的目的。

(2) 两级金属氢化物汽车空调 通过金属氢化物与氢气之间可逆反应的热效应来实现制冷，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，采用两对金属氢化物反应器交替制冷来实现车室内空气温度的连续调节。该空调系统主要包括金属氢化物高、低温反应器及换热器、电磁阀、水泵、风机等。高、低温反应器中布置有内填金属氢化物的细管，在管中心设有透氢薄膜，每只反应器均有收集氢气的总管。该空调无腐蚀、无磨损，运动部件少，耐行车过程中的振动冲击等。

2. 二氧化碳汽车空调系统

CO₂ 作为最早采用的冷媒之一，在 20 世纪 30 年代得到了普遍使用，随着 CFCs 的出现，除在船用领域一直被采用外，CO₂ 很快被人们所抛弃。这种发展的主要原因是在冷却水温高的热带地区，由于 CO₂ 的临界温度只有 31.1℃，采用传统 Perkin 蒸气压缩制冷循环时冷量损失较大，且存在着饱和压力过高、压缩机功耗过大的缺点，当然这也和当时的制造水平有关。

20 世纪 70 年代，CFCs 及 HCFC 被发现破坏大气臭氧层及温室效应指数较高而面临全面禁用。HFC134a 也由于其温室效应指数较高而被认为是一种过渡型的替代物。在此背景下，采用超临界循环的 CO₂ 系统以其优良的环保特性、良好的传热性质、较低的流动阻力及相当大的单位容积制冷量，重新在制冷领域，尤其在认为用新型化合物替代物同样会隐藏着不可预知潜在危险的欧洲得到了青睐。由于汽车空调易泄漏，其替代的任务更为迫切，二氧化碳汽车空调的研制进展最快，离实用化的距离也最近，美国、日本、欧洲都已相继研制成功了二氧化碳汽车空调系统并装车试运行，DANFOSS、DENSO、ZEXEL 等已进入二氧化碳压缩机小批量生产阶段。

二氧化碳汽车冷媒流程如图 1-4 所示。

3. 固体吸附式汽车空调系统

吸附式制冷系统使用的工质有沸石-水、活性炭-甲醇、活性炭-氨等，因其对环境无污染、可直接利用一次能源以及无运动部件等优点，越来越受到人们的重视。吸附式系统运动部件少，可靠性高；其 COP（能效比）与吸收式系统相近。由于使用固体吸附材料，因此可用于振动场合。氨工质的制冷量大，在常规温度范围内蒸发和冷凝压力都是正压，而且在较高温度的条件下不会发生化学反应，特别是对臭氧层保护和减少温室效应又意义很大，因此日益受到重视。

吸附式空调系统设计原理如图 1-5 所示。

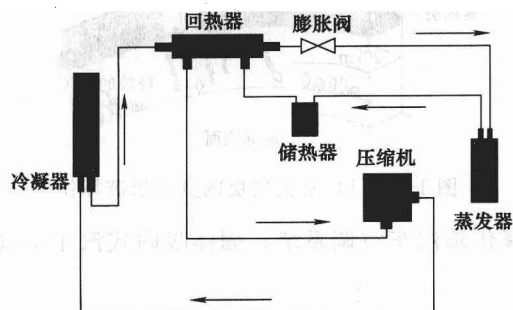


图 1-4 二氧化碳汽车冷媒流程

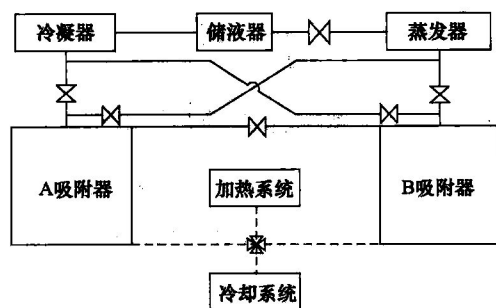


图 1-5 吸附式空调系统设计原理

固体吸附式汽车空调制冷机理如下。

受热解吸过程：当对吸附饱和的吸附床进行加热时，如利用汽车尾气加热，冷媒（吸附质）从吸附剂中解吸出来，系统中冷媒蒸气压力升高，达到冷凝压力后，冷媒蒸气在冷凝器中冷凝，凝结液流入蒸发器，在此过程中需对吸附剂加热（ Q_d ）和从冷凝器移出热量（ Q_c ）。

吸附制冷过程：当冷媒解吸完毕，对吸附床进行冷却，吸附剂重新吸附冷媒蒸气，系统中冷媒蒸气压力降低，引起蒸发器中的液态冷媒吸热蒸发，蒸发器产生冷量，在此过程中需不断地对吸附剂进行冷却，移出吸附热（ Q_a ），蒸发器吸收热量（ Q_{ev} ）。

当吸附制冷过程结束，就完成一个制冷循环。当只有一个吸附床时，系统为间歇型制冷系统；当采用两个吸附床时，系统为连续型制冷系统。

4. 吸收式汽车空调系统

目前，在轿车空调中，占统治地位的是蒸气压缩式空调系统，它的采暖系统采用发动机冷却水余热取暖形式。轿车空调一般要消耗 8%~12% 的轿车发动机动力，其中压缩机占 80%~85%，风机占 15%~20%，这样大的功率不仅增加了油耗，而且可引起水箱过热，影响轿车动力性，因此解决舒适性与制冷功耗之间的矛盾已成为现代轿车空调研制中的难题。轿车发动机的实用效率一般为 35%~40%，约占燃料发热量 1/2 以上的能量被发动机循环冷却水及排气带走。

为了减少轿车的油耗和提高轿车的动力性，人们应用热力学的方法，通过对现有轿车空调系统和单效溴化锂吸收式冷热水机组轿车空调系统的比较，指出利用发动机冷却水驱动的单效溴化锂吸收式冷热水机组在轿车空调中运用的可行性，开创了单效溴化锂吸收式冷热水机组系在轿车空调上的应用。

热管废热溴化锂制冷机是一种将烟气废热作为驱动热源的新型制冷设备，它由热管废热发生器取代了传统的高压发生器，通过高效的分离式热管换热器将烟气中的废热传递到溴化锂制冷机中作为驱动热源。当前热管废热溴化锂制冷机的设计计算还停留在传统的设计方法上，在设计过程中许多设计参数还需要设计者人工选取，这样不仅加重了设计者的负担，而且无法保证设计结果的最优化。针对这种情况，人们开发了热管废热溴化锂制冷机优化设计软件。将热管废热溴化锂制冷机分为两部分，分别建立了数学模型，一是以总传热面积最小而热力系数最大为目标函数的制冷机部分的优化设计模型，二是以传热系数最大为目标函数的热管废热发生器的优化设计模型，然后采用 VisualBASIC 语言编写了基于复合形算法的优化设计计算软件。在相同设计条件下，采用优化设计软件进行设计计算，结果确实使机组节省了传热面积、提高了热力系数，使废热发生器传热系数得到了提高。

5. 氨机空调

氨机空调用液态氨作为热交换剂，制冷原理和结构与现在的氟空调系统基本相同，是最早使用的空调。但因为，要获得同样的制冷量，氟系统装置较小，氨系统装置大；氟系统容易实现自动控制，自动化程度可以做得很高，而且非常可靠，便于操作和管理，维护方便，费用低，而氨系统不易实现自动化，而且运行不可靠，维护不方便，费用高；另外氨易燃易爆，腐蚀性大，对压缩机的要求高，因而被淘汰。

但随着人们环保意识的提高和现代生产技术的进步，氨机的生产工艺不断改进，上述的缺陷都得以克服，因而氨机空调系统又逐步恢复使用。

六、汽车空调系统的分类

1. 按功能分类

按功能可分为单一功能和组合式两种。

单一功能是指冷、暖风各自独立，自成系统，一般用于大中型客车上。

组合式是指冷、暖风合用一个鼓风机、一套操纵机构。这种结构又分为冷、暖风分别工作和冷、暖风可同时工作两种方式，多用于轿车上。

2. 按驱动方式分类

按驱动方式可分为非独立式汽车空调系统和独立式汽车空调系统两种。

非独立式汽车空调系统空调制冷压缩机由汽车本身的发动机驱动，汽车空调系统的制冷性能受汽车发动机工况的影响较大，工作稳定性较差。尤其是低速时制冷量不足，而在高速时制冷量过剩，并且消耗功率较大，影响发动机动力性。这种类型的汽车空调系统一般多用于制冷量相对较小的中小型汽车上。

独立式汽车空调系统空调制冷压缩机由专用的空调发动机（也称副发动机）驱动，故汽车空调系统的制冷性能不受汽车主发动机工况的影响，工作稳定，制冷量大，但由于加装了一台发动机，不仅增加了成本，而且体积和重量也增加了。这种类型的汽车空调系统多用于大中型客车上。

七、汽车空调的特点

汽车空调是房间空调的延续。但由于汽车空调是以消耗发动机的动力来调节控制汽车内的环境的，所以，了解汽车空调特点，有利于汽车空调的使用和维护。汽车空调的主要特点如下。

① 因汽车空调安装在运动中的车辆上，要承受剧烈和频繁的振动和冲击，所以汽车空调的各个零部件应有足够的强度和抗振能力，接头牢固并防漏。汽车空调制冷系统极容易发生冷媒的泄漏，破坏整个空调系统的工作条件，统计表明，汽车空调因冷媒泄漏而引起空调故障的约占全部故障的 80%，而且泄漏频率很高。

② 空调系统所需的动力来自发动机。非独立式空调系统，会影响汽车的动力性能，但比独立式空调系统在设备成本和运行成本上都经济。汽车安装了非独立式空调后，耗油量平均增加 10%~20%（和汽车的速度有关），发动机的输出功率减少 10%~12%。

③ 要求汽车的制冷制热能力大，其原因如下。

a. 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。

b. 汽车为了减轻自重，隔热层薄；汽车的门窗多、面积大，所以汽车隔热性能差，热量流失严重。

c. 汽车都在野外工作，直接承受太阳的热辐射、霜雪的冷、雨水的潮湿，环境恶劣，千变万化。要使汽车空调在最短的时间里达到舒适的环境，要求制冷制热量就特别大。非独立式空调系统，由于汽车发动机的工况变化频繁，所以，空调系统的冷媒流量变化大。

④ 汽车空调结构紧凑、重量轻。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，而且安装了空调后，不致使汽车增重太多，影响其他性能。现代汽车空调的总重，已经比 20 世纪 60 年代下降了 50%，而制冷能力却增加了 50%。

⑤ 汽车空调的取暖方式与房间空调完全不同。对于非独立式汽车空调取暖，一般利用发动机的冷却水；而独立式空调系统则通常采用燃油取暖装置。

项目二 热力学知识

汽车空调的任务是给车室内提供一个舒适的环境，包括车内空气的温度、湿度、洁净度、新鲜度和气流速度。汽车空调是利用蒸气压缩式制冷装置直接对车内空气进行冷热处理的。因此，要了解汽车空调系统，就要了解空气的物理性质和对空气处理的冷热过程，掌握