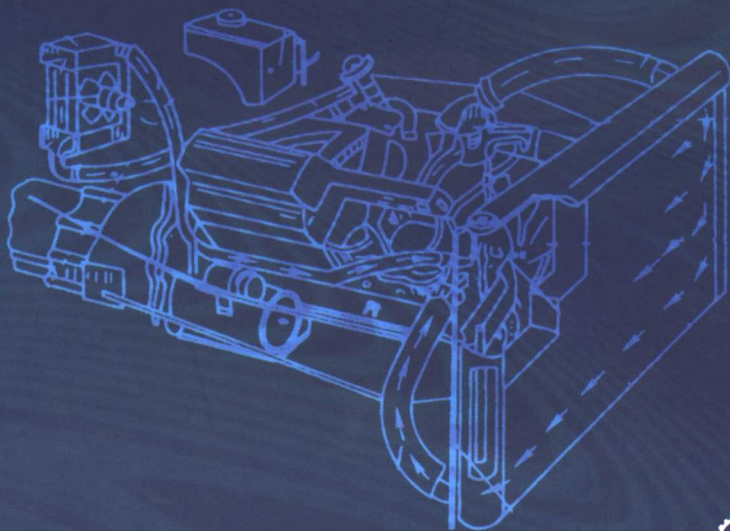


面向21世纪课程教材

汽车类教学改革规划教材

# 汽车空调

张 蕾 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

面向 21 世纪课程教材  
汽车类教学改革规划教材

# 汽 车 空 调

主 编 张 蕾  
参 编 董恩国 张世荣  
主 审 张文明



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。本书图文并茂、内容丰富、条理清晰;叙述深入浅出,使学生易于接受和掌握;基本原理与检修操作紧密结合,有较强的实用性和可读性。

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/张蕾主编. —北京:机械工业出版社, 2006. 2  
面向 21 世纪课程教材. 汽车类教学改革规划教材  
ISBN 7-111-18351-7

I. 汽... II. 张... 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(2006)第 002385 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:宋学敏 张双国

责任编辑:张双国 版式设计:冉晓华 责任校对:李秋荣

封面设计:饶薇 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·6.625 印张·241 千字

0 001—3 000 册

定价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着我国汽车工业的高速发展，作为汽车技术现代化标志之一的汽车空调技术在我国蓬勃发展。汽车空调大大改善了乘坐环境，提高了乘员的舒适性。近年来，各种完善的多功能型空调装置的应用，受到用户的普遍欢迎。汽车专业、制冷专业、暖风空调专业和交通运输、机电类相关专业的在校学生迫切需要有一本全面、系统、准确介绍汽车空调技术的教材，以便从中获得有用的知识，指导自己学习和实践。同时，广大读者也希望了解和掌握汽车空调的结构、原理及检修步骤等一些实用技术。因此根据多年从事汽车空调技术的教学工作和科研实践、维修经验，结合近年国内外有关文献资料，作者编撰了此书。

汽车空调技术涉及物理学、工程热力学、机械学、电子学和汽车等多方面的专业知识。由于涉及学科广泛，考虑到内容的侧重点，本书将涉及到的部分基础概念、理论直接引用到内容中，并未加以详细解释。

对于广大读者，在他们缺少必要的基础知识时，本书为他们自学汽车空调技术提供了快捷的途径和最经济的工具。需要说明的是，为便于读者对照学习，本书中引用的国内外汽车空调电路图均保留其原来的图形符号及文字符号，而未按国家标准逐一订正。

本书由天津工程师范学院张蕾主编并编写第1、2、4、5章，董恩国编写第6、7、8章，张世荣编写第3章。由北京科技大学张文明教授主审。在教材编写过程中得到了上海大众汽车辽沈特约维修站解育敏站长的大力支持和帮助，在此表示诚挚的感谢。

限于作者的水平，书中难免有不完善的地方，恳请专家和读者批评指正。在编写教材时，参阅和引用了一些文献资料，特向这些文献资料的作者表示诚挚的谢意。

编 者

# 目 录

前言

第 1 章 汽车空调基础知识 ..... 1

1.1 汽车空调概况 ..... 2

1.2 制冷剂与冷冻油 ..... 8

1.3 汽车空调系统的组成  
与分类 ..... 16

第 2 章 汽车空调制冷系统 ... 21

2.1 汽车空调的制冷原理 ..... 22

2.2 制冷压缩机 ..... 31

2.3 其他部件 ..... 49

第 3 章 汽车空调的暖风、  
通风与空气净化  
装置 ..... 66

3.1 汽车空调暖风装置 ..... 67

3.2 汽车空调通风装置 ..... 72

3.3 空气的净化处理 ..... 74

第 4 章 汽车空调系统电  
路 ..... 79

4.1 汽车空调系统电路的  
控制元件 ..... 80

4.2 汽车空调系统电路 ..... 96

4.3 典型汽车空调系统  
电路分析 ..... 101

第 5 章 汽车空调控制系统及  
配风方式 ..... 108

5.1 手动调节的汽车空调  
系统 ..... 109

5.2 电控气动的汽车空调  
系统 ..... 113

5.3 全自动的汽车空调系统 ... 118

5.4 微型计算机控制的汽车  
空调系统 ..... 120

5.5 汽车空调系统的配风  
方式 ..... 126

第 6 章 汽车空调系统的  
检修 ..... 132

6.1 汽车空调制冷系统检修  
的基本工具 ..... 133

6.2 汽车空调制冷系统检修  
的基本操作 ..... 140

6.3 非独立式汽车空调  
系统的检修 ..... 151

6.4 独立式汽车空调系  
统的检修 ..... 157

6.5 汽车空调的维护与保养 ... 160

第 7 章 汽车空调系统的  
故障诊断程序  
与排除方法 ..... 164

7.1 一般汽车空调系统的故障判断

程序与排除方法·····	165	检测与维修·····	181
7.2 独立式汽车空调的故障判		8.2 汽车空调系统零件	
断程序与排除方法·····	173	检测与维修·····	190
第8章 汽车空调维修		8.3 根据驾驶员的报修陈述进	
举例·····	180	行故障分析的方法·····	202
8.1 汽车空调系统整体		参考文献·····	206

# 第 1 章 汽车空调基础知识

---

## 教学目标与要求：

- 了解汽车空调性能的评价指标和汽车空调的发展阶段
- 了解汽车空调新技术
- 掌握汽车空调制冷剂的选择原则及制冷剂 R12 与 R134a 的特性
- 了解制冷剂 R12 和 R134a 的使用注意事项
- 掌握冷冻油的使用注意事项
- 了解汽车空调系统的分类

## 教学重点：

- ※ 汽车空调制冷剂的选择原则
- ※ 制冷剂 R12 与 R134a 的特性及使用注意事项

### 1.1 汽车空调概况

汽车空调已大众化、普及化。日本和欧美的一些发达国家，现在生产的新型轿车，绝大部分出厂时就安装了空调设备。不但轿车、旅游客车和公共汽车上装有空调设备，而且在载货汽车、拖拉机的驾驶室里以及具有特殊作业的汽车上，都装有空调设备。可见汽车空调的使用已经相当普及。

#### 1.1.1 汽车空调性能的评价指标

空调是空气调节器的简称。汽车空调用于对汽车驾驶室和车厢内空气的温度、湿度、流速和清洁度等参数进行调节，并预防或去除风窗玻璃上的雾、霜和冰雪，保障乘员的身体健康、视野和行车安全。

评价汽车空调质量的指标主要有四个，即温度、湿度、流速和清洁度。

##### 1. 温度

在夏季人感到舒适的温度是 $22^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ ，冬季是 $16^{\circ}\text{C} \sim 18^{\circ}\text{C}$ 。温度低于 $14^{\circ}\text{C}$ ，人会感觉到“冷”，温度越低，手脚动作就会越僵硬，驾驶员将不能灵活操作。温度超过 $28^{\circ}\text{C}$ ，人就会觉得燥热，精神集中不起来，思维迟钝，容易造成交通事故。超过 $40^{\circ}\text{C}$ ，则称为有害温度，将对人体的健康造成损害。另外，人体面部所需求的温度比足部略低，即要求“头凉足暖”，温差大约为 $2^{\circ}\text{C}$ 。

##### 2. 湿度

人觉得舒适的相对湿度夏季是 $50\% \sim 60\%$ ，冬季是 $40\% \sim 50\%$ 。在这种湿度环境中，人会觉得心情舒畅。湿度过低，皮肤会痒，这是由于湿度太低时，皮肤表面和衣服都较干燥，它们之间摩擦产生静电的缘故；湿度过高，人会觉得闷，这是由于人体皮肤的水分蒸发不出来，干扰了人体正常的新陈代谢过程。

##### 3. 流速

人在流动的空气中比在静止的空气中要舒适，这是因为流动的空气能促进人体内外散热。所以，空气流速是汽车空气调节的重要内容之一。空气流速在 $0.2 \text{ m/s}$ 以下为好，并且以低速变动为佳。

##### 4. 清洁度

由于车内空间小，乘员密度大，全封闭空间的空气极易产生缺氧( $\text{O}_2$ )和二氧化碳( $\text{CO}_2$ )浓度过高的现象；汽车发动机废气中的一氧化碳( $\text{CO}$ )和道路上的粉尘都易进入车内，造成车内空气浑浊，严重影响乘员的身体健康，因此必须对车内空气进行净化处理。

#### 1.1.2 汽车空调的发展



汽车空调技术的发展是从低级到高级，由功能简单向功能齐全方向发展的，其发展过程可以概括为以下五个阶段：

**第一阶段：单一供暖**，即利用房间取暖的方法的汽车空调。1925年首先在美国出现利用汽车冷却液通过加热器的方法取暖。到1927年发展到具有加热器、鼓风机和空气滤清器等比较完整的供热系统。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暖系统。

**第二阶段：单一制冷的汽车空调**。1939年，由美国通用汽车帕克公司(PACKARD)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。目前在热带、亚热带地区，汽车空调仍然使用单一制冷系统。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。

**第三阶段：冷暖一体化的汽车空调**。1954年美国通用汽车公司，首先在纳什(NASH)轿车上安装了冷暖一体化的空调器，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改进，目前冷暖一体的空调基本上具有降温、除湿、通风、过滤和除霜等功能。

**第四阶段：自动控制的汽车空调**。冷暖一体汽车空调需要人工操纵，增加了驾驶员的工作量，同时控制质量也不太理想。1964年美国通用汽车公司将自动控制的汽车空调安装在凯迪拉克轿车上。这种自动空调装置只要预先设置好温度，机器就能自动地在设定的温度范围内工作，达到调节车内空气的目的。

**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和日本五十铃汽车公司一起联合研究微型计算机控制的汽车空调系统，1977年同时安装在各自生产的汽车上。微型计算机控制的汽车空调功能增加了显示数字化，冷、暖、通风三位一体化。微型计算机根据车内外的环境条件，控制空调器的工作，实现了空调运行与汽车运行的相关统一，极大地提高了调节效果、节约了燃料，从而提高了汽车的整体性能和最佳的舒适性。目前微型计算机控制的汽车空调都装在高级汽车上，如福特公司的林肯、丰田汽车公司的凌志、本田汽车公司的雅阁和三菱大客车等。

### 1.1.3 我国汽车空调的发展现状

在20世纪60年代，我国曾经有利用汽车发动机排出的高温废气来取暖的供热系统，并在60~70年代生产的北京吉普和北方的一些长途客车上应用。1976年以来，上海、南京、广东等地开始生产汽车空调设备，但这些产品大多数是为轿车配套的。20世纪80年代初期，我国从日本购进降温用汽车制冷系统，装在我国生产的红旗、上海、伏尔加等小轿车上，并发展成单一的降温汽车空调。20世纪80年代中后期，我国第一汽车制造厂以及上海、北京、湖南、广州、佛山等地分别从日本、德国引进先进的空调生产线

和空调技术，使我国的汽车空调技术接近世界水平，为我国的汽车空调发展打下了良好的基础。

我国现有主要汽车空调生产厂家 20 多家，其中绝大部分都引进国外技术生产线和生产设备，还有些是中外合资企业，国内汽车空调技术的研究和开发与国外的差距正在逐渐缩小。

从市场占有情况看，由于目前大多数汽车空调生产未具规模，加上汽车空调种类繁多，国内汽车空调销售市场仅为几家所垄断。其中上海德尔福汽车空调系统有限公司生产的爱斯牌汽车空调为别克、帕萨特、桑塔纳、捷达、富康、切诺基等车型配套；杰克赛尔汽车空调有限公司生产的空调主要为奥迪、红旗轿车及解放牌重、中、轻型车配套；湖北沙市电工仪表集团生产为东风汽车公司、神龙富康汽车公司配套的载货车空调和富康轿车空调；广州豪华空调器有限公司生产为海南马自达、奥拓、广州本田、长安之星配套的车用空调。随着我国汽车配件市场的逐步放开，国内汽车空调生产厂家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。

### 1.1.4 汽车空调的发展方向

当前，从市场需求方面看，汽车空调装置应进一步降低成本，提高燃油经济性；从制造方面看，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紧凑性和效率；从乘员和驾驶员方面看，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。

#### 1. 日趋自动化

早期的汽车空调系统，进出风系统、冷气系统和暖气系统彼此间互相独立，因而它们的控制系统也自成一体，且汽车空调都是手动控制，仅凭人的感觉来调节开关，因而温度、湿度及风量很难控制。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。使用这种空调系统能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，该系统可根据车厢内人员数量及其他情况的变化进行多挡位、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，同时可进行故障自动诊断和数字显示，从而缩短其检修和准备时间。

#### 2. 提高舒适性

当前不少汽车空调系统的制冷和采暖是各自独立的系统。每当梅雨季节，车窗玻璃上常常蒙上雾气，若要去掉雾气，必须起动冷气装置，但这样

会使车内太冷。为了克服此缺点，目前正在开发一种全季节型的空调系统。该系统具有换气、采暖、除湿、制冷等功能，夏天由发动机驱动制冷系统，冬天由加热器制热采暖，过渡季节（如梅雨季节）则采用制冷与采暖混合吹出温和风进行除湿，使车厢内换气情况达到最佳状态。

### 3. 高效节能、小型轻量化

要进一步降低空调装置的重量和外形尺寸，必须提高各组成装置的结构紧凑性和效率。在压缩机方面，以往的空调系统多采用斜板式压缩机，这种压缩机制冷能力相对较低，性能系数和容积效率也相对较小。为了提高压缩机性能，现已使用了制冷效率高的旋转式压缩机和三角转子压缩机。在冷凝器和蒸发器方面，管片式换热器已逐渐被管带式换热器取代。而目前散热性能更佳，结构更为紧凑的平行流冷凝器和层叠式蒸发器又有取代管带式换热器的趋势。在制冷管路方面，进行优化设计使管路结构更为合理，并在管路上装配防振橡胶块以防共振等。

### 4. 向环保型汽车空调发展

目前所使用的汽车空调制冷剂 R12 对大气臭氧层有一定的破坏作用，根据“蒙特利尔议定书”规定，发达国家 1996 年开始禁用 R12，发展中国家 2006 年完全禁用 R12。因此世界各国都在积极研制一种更适合环境保护的新型制冷剂。目前世界各国一致公认 R134a 是 R12 的首选替代物，并基本上解决了空调系统的匹配和材料等一系列问题。

### 5. 采用空调新技术

空调制冷方式有许多种，目前应用于汽车空调的制冷方式全部为蒸汽压缩式。其他制冷方式，如吸收式、吸附式、蒸气喷射式、空气压缩式等，很少在汽车空调上采用。但利用发动机的余热来驱动制冷系统是一个理想的节能方案，所以世界各国都在研究这种新技术。

(1) 氢化物汽车空调系统 以色列发明了一种利用汽车排气余热作动力的汽车空调。这种新型汽车空调系统利用金属氢化物作制冷剂，通过在不同温度下金属氢化物释放或吸收氢气的特点而实现制冷。整个系统由两个容器及连接导管组成，如图 1-1 所示。一个容器导管内充满了粉状高温氢化物，另一个容器导管内充满了粒状低温氢化物，两个容器的内导管与外导管相连。汽车排出的高温废气进入第一个容器，使其温度

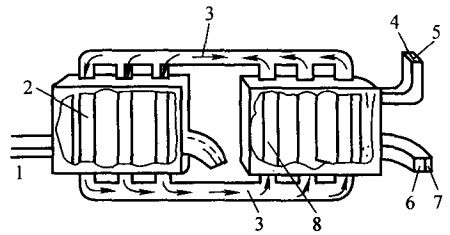


图 1-1 氢化物汽车空调系统示意图

- 1—热空气 2—高温氢化物 3—氢气
- 4—车内热空气进口 5—冷空气出口心 6—外部空气进口
- 7—外部空气出口 8—低温氢化物

升高,当达到 $240^{\circ}\text{C}$ 时,导管内的粉状高温氢化物就会释放出氢气,并通过外导管进入第二个容器的内导管。粒状低温氢化物吸收氢气后温度升高,这时外面的空气进入第二个容器进行冷却,降低其温度。当汽车排气停止进入第一个容器时,导管内的粉状高温氢化物停止加热,通过外导管而吸收第二个容器释放出的氢气。当粒状低温氢化物释放氢气时吸收热量,从而使送入第二个容器的车内热空气得到冷却降温,起到了制冷作用。于是,利用汽车排气对第一个容器间歇加热,使制冷剂不停地释放、吸收氢气,冷却空气,再把冷却后的空气送回车厢,达到车内降温的目的。

(2) 固体吸附制冷汽车空调系统 固体吸附制冷是利用某些固体物质在一定温度、压力下能吸附某种气体或水蒸气,在另一种温度、压力下又能把它释放出来的特性,通过吸附与解吸过程导致压力变化,从而起到了压缩机的作用。固体吸附制冷系统由发生器、冷凝器、蒸发器和节流

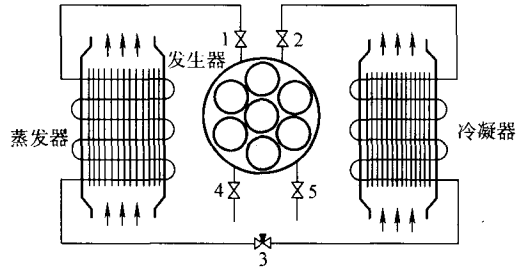


图 1-2 固体吸附制冷汽车空调系统示意图

装置组成,其工作原理如图 1-2 所示。通过真空阀 1,使得低压、低温制冷剂蒸气被发生器的吸附剂吸附,通过高压阀 2,使得从发生器内解吸的制冷剂蒸气进入冷凝器中冷凝。通过节流阀 3,使得发生器两侧形成压差,实现制冷剂高压冷凝和低温蒸发。为了实现发生器间歇加热、冷却,还需由阀门 4、5 来控制热水、冷水,起到热压缩的作用。在固体吸附制冷系统中,目前实际应用比较成功的工质对有碱金属氯化物—氨、沸石—水和活性炭—甲醇等。

(3) 吸收式汽车空调系统 吸收式制冷也是以热能为动力,利用由两种沸点不同的物质组成溶液的气液平衡特性来完成制冷循环的。图 1-3 所示是利用汽车循环冷却液余热实现汽车空调的吸收式制冷循环系统,由发生器 7、吸收器 2、冷凝器 3、蒸发器 5、溶液热交换器 1、溶液泵 8 及节流阀 4 和节流阀 6 所组成。利用汽车循环冷却液作为热源,在发生器 7 中加热一定浓度的溶液并使之蒸发,于是溶液中的制冷剂的低沸点成分大部分被蒸发出来,在风冷式冷凝器 3 中凝结成液体,经节流阀 4 降至蒸发压力,然后进入蒸发器 5 中进行蒸发制冷,把车厢内的部分空气冷却后再送回车厢,在蒸发器内产生的低压制冷剂蒸气直接进入吸收器 2 中。

另外,在发生器 7 中,溶液经节流阀 6 压力降低到蒸发压力,经溶液热交换器 1 冷却后进入吸收器 2,再与从蒸发器来的低压制冷剂混合并吸收这

些蒸气，即恢复了原来溶液的浓度。吸收过程是一个放热过程，利用车外空气进行冷却。吸收器中的浓溶液再通过溶液泵 8 升压后，经溶液热交换器 1 进行热交换，吸收由发生器 7 来的稀溶液热量后送入发生器，这样就完成了吸收式制冷循环。

以氨-水为制冷剂的工质对，由于氨的单位容积制冷量大，且氨与水的溶解度随温度变化较大，所以是一种较理想的工质对，可以作为吸收式汽车空调的工质对。

(4) 二段式（也称二级）制冷循环汽车空调系统 二段式制冷循环

（见图 1-4）是将有不安安全因素的制冷工质循环放在车厢外侧（如轿车发动机机舱内），通过中间制冷剂将车外蒸发器的冷量带入车厢内的风机热交换器中，制冷剂可以是可用于发动机冷却的乙醇冷却液。这种系统的样机已表明其制冷量与目前的 R134a 系统相当，很可能成为 CO<sub>2</sub>、碳氢化合物或 R152a 等工质采用的空调系统。

2002 年底 20 辆丰田电动轿车上安装了日本电装公司的 CO<sub>2</sub> 汽车空调系统，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，上海易初通用机器有限公司与上海交通大学正在合作进行低压 CO<sub>2</sub> 汽车空调系统的探索。

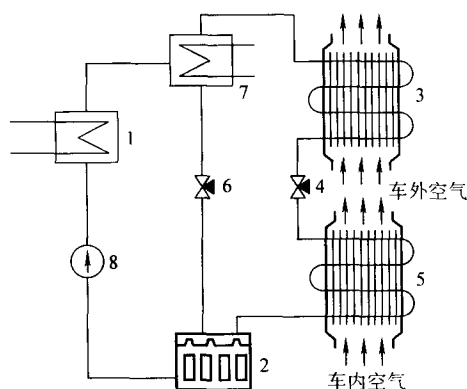


图 1-3 吸收式汽车空调系统

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

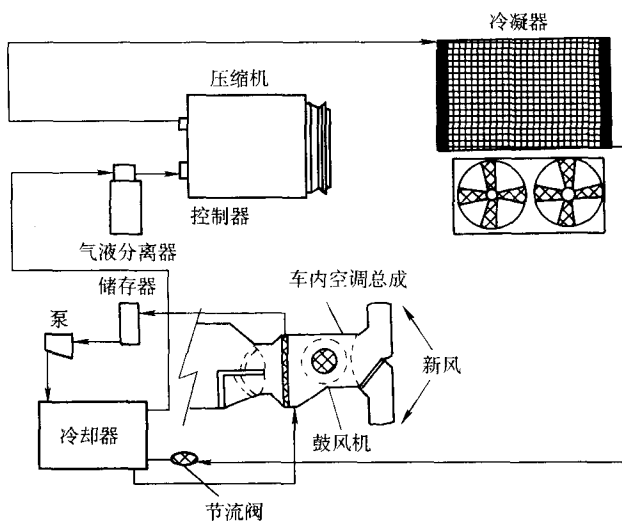


图 1-4 二段式制冷循环式汽车空调系统示意图

## 1.2 制冷剂与冷冻油

### 1.2.1 制冷剂

汽车空调是由制冷剂循环流动实现制冷的。液体制冷剂在蒸发器中低温下吸取被冷却对象的热量而汽化，使被冷却对象降温，然后又在高温下把热量传给周围介质而冷凝成液体，如此不断循环，借助于制冷剂的状态变化，达到制冷目的。在制冷设备中，如果没有制冷剂，就无法实现制冷，其作用就像人的血液一样。制冷剂的性能直接影响制冷循环的技术经济指标。

#### 1. 制冷剂的命名方法

汽车空调使用的制冷剂是氟里昂的一种，国际上用英文字母 R 来表示（取英文制冷剂 refrigerant 的第一个字母）。氟里昂是饱和碳氢化合物的卤族元素的衍生物，即用卤族元素的氟、氯，有时加入溴原子取代饱和碳氢化合物（如甲烷、乙烷、丙烷、丁烷）的氢原子所得的化合物，因而氟里昂品种繁多。氟里昂的性质与所含氟、氯、溴、氢、碳元素的原子多少有密切关系。

R 后面的数字表示氟里昂的分子通式  $C_m H_n F_p Cl_s B_r$ 。

R 后面是两位数的，是甲烷衍生的氟里昂。甲烷的分子式为  $CH_4$ ，其中 R 后面的首位数字表示氢原子数， $n$  等于首位数减去 1，第二位数字表示氟原子数  $p$ ，氯原子数  $s = 4 - p - n$ 。

如 R12 表示甲烷衍生的氟里昂制冷剂，其分子通式中的碳原子数  $m = 1$ ，氢原子数  $n = 1 - 1 = 0$ ，氟原子数  $p = 2$ ，氯原子数为  $s = 4 - n - p = 2$ 。R12 的分子式为  $CF_2Cl_2$ ，化学名称为二氟二氯甲烷。

如果用溴原子来代替氟里昂中的某些氯原子，则分子式多一个 B，其原子数用  $r$  来表示。如  $R_{12}B_2$ ，则为  $CF_2Br_2$ 。

R 后面是三位数的，则表示为乙烷、丙烷、丁烷……衍生的氟里昂。其中乙烷衍生的氟里昂，R 后面首位数用 1 表示；丙烷衍生的氟里昂，则 R 后面用 2 表示；丁烷衍生的氟里昂，R 后面用 3 表示……。很明显，其碳原子数  $m$  等于首位数加 1，氢原子数  $n$  等于 R 后面的第二位数字减去 1，R 后面的第二位数表示氟原子数  $p$ 。氯原子数，对乙烷衍生物为  $s = 6 - n - p$ ，对丙烷衍生物， $s = 8 - n - p$ 。例如 R142 表示乙烷衍生的氟里昂，乙烷分子式为  $C_2H_6$ ，则  $m = 2$ ， $n = 4 - 1 = 3$ ， $p = 2$ ， $s = 6 - 3 - 2 = 1$ 。R142 的分子式为  $C_2H_3F_2Cl$ ，化学名称为二氟一氯乙烷。

对乙烷系的同素异构体都有相同的编号，但最对称的一种，其编号后面不带任何字母。同素异构体变得愈来愈不对称时，则附加 a、b、c 等字母。如  $CHF_2 - CHF_2$  表示为 R134， $CH_2F - CF_3$  表示为 R134a。

## 2. 汽车空调制冷剂的选择

氟里昂的性能与所含的氟、氯、氢、碳原子数的多少有密切关系，一般来说，氟里昂中，含碳原子数越少，含氟、氯原子数越多，则化学稳定性越高；含氟原子越多、毒性越小，对金属腐蚀性越小；氯原子则影响制冷剂的热力学性质，氯原子数越多、蒸发温度越高；破坏臭氧层的主要元素是氯和溴，所以制冷剂中含氯越多，破坏臭氧的能力越大。

在实际应用中，汽车空调使用哪一种制冷剂，应根据如下原则来选用：

- 1) 压缩机的类型。
- 2) 蒸发温度和蒸发压力。
- 3) 冷凝温度和冷凝压力。
- 4) 制冷装置的使用条件。

根据以上原则，汽车空调选择 R12 和 R134a 为制冷剂。

(1) 制冷剂 R12 汽车空调中，过去最常用的制冷剂是 R12。R12 最大的特点是：一个大气压下沸点温度低（ $-29.8^{\circ}\text{C}$ ），凝固温度低（ $-155^{\circ}\text{C}$ ），能够在低温下正常工作；临界温度较高（ $112^{\circ}\text{C}$ ），能够在常温下冷凝液化，节流引起的损失较小，能得到较大的制冷系数；在高于  $-30^{\circ}\text{C}$  时，其饱和蒸气压力大于大气压。这样可以防止空气进入制冷系统。

R12 基本特性如下：

- 1) R12 无色，气味很弱，只有一点芳香味。R12 毒性小，不燃烧、不爆炸。
- 2) R12 在温度达到  $400^{\circ}\text{C}$  以上时，与明火接触会分解出光气。
- 3) 水在 R12 中的溶解度很小，且溶解度随温度的降低而减小，所以 R12 系统内应严格控制含水量，一般 R12 中的含水量不得超过  $0.0025\%$ 。制冷系统在充注 R12 之前，必须经过严格的干燥处理，且需在系统中设置干燥器。
- 4) 在常温下，R12 能与润滑油以任意比例相互溶解。因此润滑油可随 R12 进入制冷系统的各个部分。
- 5) R12 对一般金属不起腐蚀作用，但能腐蚀镁及含镁量超过  $2\%$  的铝镁合金。
- 6) R12 对天然橡胶和塑料有膨润作用。R12 制冷系统中使用的密封材料应为耐腐蚀的丁腈橡胶或氯醇橡胶。
- 7) R12 很容易通过接合面的不严密处，所以对制冷系统的密封性要求高。
- 8) R12 由于其分子中含有氯原子，当其排放到大气并到大气同温层后，在太阳光的强烈照射下会分离出氯离子，从而导致大气臭氧层的破坏。因此

它是《蒙特利尔议定书》中的第一批禁用制冷剂。

(2) 制冷剂 R134a 制冷剂 R134a 是汽车空调 R12 的首选替代制冷剂。这主要是由于 R134a 不含氯原子，对大气臭氧层无破坏作用，温室效应影响小，其热力性质稳定，与 R12 相近。

R134a 基本特性如下：

- 1) R134a 无色、无臭、不燃烧、不爆炸，基本无毒性，化学性质稳定。
- 2) 不破坏大气臭氧层，在大气层停留寿命短，温室效应影响也很小。
- 3) 粘度较低，流动阻力较小。
- 4) 分子直径比 R12 略小，易通过橡胶向外泄漏，也较易被分子筛吸收。
- 5) 与矿物油不相容，与氟橡胶不相容。
- 6) 吸水性和水溶解性比 R12 高。
- 7) 汽化潜热高、比定压热容大，具有较好的制冷能力，但质量流量小，所以 R134a 的制冷系数与 R12 相当或较之略小。

(3) 制冷剂 R12 与制冷剂 R134a 制冷剂 R12 与 R134a 的特性比较如表 1-1 所示。

表 1-1 制冷剂 R12 与 R134a 特性比较

项目 \ 制冷剂	R134a	R12
化学式	$\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$	$\text{CF}_2\text{CL}_2$
沸点/℃	-26.9	-29.79
临界温度/℃	101.4	111.8
临界压力/MPa	4.065	4.125
临界密度/( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	511	558
蒸发潜热(0℃)/( $\text{kJ}/\text{kg}$ )	197.5	151.4
燃烧性	不燃	不燃
ODP 值(臭氧破坏潜能值)	0	1.0
GWP 值(全球变暖潜能值)	0.11	1.0
与矿物油相溶性	不溶	相溶
大气寿命/年	8~11	95~150

根据以上分析，可以得出如下初步结论：在保持制冷系统不变的情况下，仅将制冷剂 R12 换成 R134a 是可行的，替换之后的制冷系统性能变化不大，从输出冷量这一主要指标看，还稍有提高。通过在同一辆汽车的空调系统上做 R134a 与 R12 的对比试验，得出以下结论：

1) 车内温度：R134a 系统降温稍快，正常车速下所能保持的车内温度比用 R12 系统要低  $1.1^\circ\text{C}$ ，怠速时送风温度略高。



2) 压缩机的吸气压力: 从正常车速到高车速均相当, 怠速时 R134a 系统略高。

3) 压缩机的排气压力: 正常车速时 R134a 系统比 R12 系统高 0.138 ~ 0.172MPa, 怠速时高 0.275 ~ 0.55MPa。

综上所述, 汽车正常行驶时 R134a 系统情况良好, 而怠速时因排气压力较高, 制冷能力则略有下降。汽车空调的冷凝器紧贴在发动机散热器的前面, 除了靠发动机的风扇吹风冷却外, 散热在很大程度上取决于汽车前进时的迎面气流。怠速时迎面气流速度为零, 风扇转速受发动机工况影响较大, 故怠速时的冷凝条件恶劣是非独立式汽车空调的通病。R134a 系统怠速排气压力比 R12 系统高很多且大于相应的饱和蒸气压的差值, 是由于较大的压缩耗电转换为较多的热, 而系统散热不良, 这些热又反过来使排气压力提高, 更增加了压缩所耗的功, 如此恶性循环, 导致排气压力必然达到较高值时才能平衡。

虽然 R12 和 R134a 热力性质相近, 使用时, 还必须特别注意如下事项:

1) R12 和 R134a 两种制冷剂不能混用, 因为它们的化学特性不同而不能同时溶解一种润滑油, 如果混用, 将会造成空调系统机件的严重损坏和制冷系统工作不正常。

2) 常规 R12 空调系统使用的压缩机油不得用于 R134a 空调系统中, 必须使用专为 R134a 空调系统制造的压缩机油, R12 配用的矿物性冷冻油与 R134a 空调系统不相溶, 若应用于 R134a 空调系统则将严重影响制冷效果及压缩机寿命, 即使错用少量机油, 也会使制冷剂混浊, 降低润滑性能, 甚至使压缩机拉缸损坏, 因此必须开发应用与 R134a 相溶的新型冷冻油。目前已有两种与 R134a 相溶的冷冻油用于空调系统, 但效果并不理想, 其代号分别为 PAG 和 ESTER。

3) 常规 R12 制冷系统使用的 O 形圈和密封垫, 不得用于 R134a 空调系统。硝丁二烯 (NBR) 被用作 R12 空调系统的管道 O 形垫圈、压缩机边缘和软管部分的密封材料, 如果将 R12 制冷系统的 O 形圈和密封垫错用在 R134a 系统的连接处, 会使 O 形圈和密封垫泡胀和起泡, 导致制冷剂泄漏。为此研究人员专门开发了一种叫 H-NBR 的橡胶密封材料, 用于 R134a 空调系统。此外用于 R134a 系统的 O 形垫圈比 R12 系统的要厚一些以增强其密封性能。

4) 排出软管和吸入软管需要改动。由于 R12 系统软管内层的 NBR 对 R134a 比对 R12 的渗透性要强, 若这类软管应用于 R134a 系统, 则有可能发生制冷剂的大量渗漏。因此 R134a 系统的排出软管和吸入软管必须采用不同于 R12 系统的结构和材料, 且应具有较低的渗制冷剂 and 渗水性能, 两