



高职高专规划教材

汽车空调

主 编 郝 军
主 审 林为群



33.85

139

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高职高专规划教材

汽车空调

主编 郝 军
参编 孔令来
主审 林为群



机械工业出版社

本教材全面、系统地介绍了汽车空调的基础知识；汽车空调主要部件的结构与工作原理；汽车空调制冷系统的温度控制；汽车空调通风、暖风与配气系统；控制电路的工作原理及分析方法，以及各类微电脑控制系统的基本组成、结构特点和工作原理。本教材还针对高职高专汽车电子类专业的培养方向，用较多篇幅介绍了汽车空调系统的检修、维护方法和技术规范，使教材具有一定的实用价值，便于指导教学和工程实践。

本教材图文并茂，深入浅出，通俗易懂。适用于汽车电子技术专业使用，可作为汽车类其他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及提高书籍。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车空调/郝军主编. —北京: 机械工业出版社, 2004.2

高职高专规划教材

ISBN 7-111-13846-5

I. 汽... II. 郝... III. 汽车-空气调节设备-高等学校: 技术学校-教材 IV. U463.85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 002963 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 李铭杰 宋学敏 版式设计: 冉晓华 责任校对: 李秋荣

封面设计: 饶 薇 责任印制: 李 妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 8 月第 1 版第 2 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·9 印张·220 千字

定价: 14.00 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) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

高职高专汽车类专业系列 教材编委会

主任:	天津交通职业学院	靳和连
副主任:	天津交通职业学院	林为群
	机械工业出版社	王世刚
	承德石油高等专科学校	王世震
	黑龙江工程学院	孙凤英
	长春汽车工业高等专科学校	李春明
	江西交通职业技术学院	邹小明
委员:	北京汽车工业学校	么居标
	河南机电职业技术学院	娄云
	辽宁省交通高等专科学校	张西振
	辽宁省交通高等专科学校	毛峰
	承德石油高等专科学校	郝军
	河北工业职业技术学院	顾振华
	郑州工业高等专科学校	李焕锋

前 言

中共中央、国务院在第三次全国教育工作会议做出了“关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定”的重大决策，明确提出要大力发展高等职业教育，培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力，适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高技术应用性专门人才。为此，教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议，进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务，以适应社会需要为目标，要体现地区经济、行业经济和社会发展的需要，即用人的需求。

“教书育人，教材先行”，教育离不开教材。机械工业出版社组织全国 11 所职业技术学院有多年高职高专教学经验的老师编写了高职高专汽车电子技术专业、汽车贸易专业两套教材。

两套教材是根据高中毕业 3 年制（总学时 1600~1800 学时）、兼顾 2 年制（总学时 1100~1200 学时）的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。突出针对性和实用性，强化实践教学。

本教材从工程实际出发，全面、系统地介绍了汽车空调的结构、原理、检修和维护技术。内容有：空调的基础知识；汽车空调主要部件的结构与工作原理；汽车空调整冷系统的温度控制；汽车空调通风、暖风与配气系统；控制电路的工作原理及分析方法。特别是结合目前中、高档轿车自动空调的普及应用，较详细地讲述了各类微电脑控制系统的基本组成、结构特点和工作原理。本教材还针对高职高专汽车电子类专业的培养方向，用较多的篇幅介绍汽车空调系统的检修、维护方法和技术规范，使教材具有一定的实用价值，便于指导教学和工程实践。

本教材图文并茂，深入浅出，通俗易懂，专业教学时数为 30~50 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及提高书籍。

本教材由郝军担任主编，并编写第一~第六章及负责全书的统稿工作；孔令来编写第七、八章。

天津交通职业技术学院林为群担任本书的审定工作，提出了宝贵的编写、修改意见，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

高职高专汽车类专业系列教材编委会

目 录

前言

第一章 汽车空调基础知识 1

第一节 汽车空调概况 1

第二节 汽车空调系统的组成与分类 4

第三节 热力学基础知识 4

第四节 制冷剂与冷冻油 9

第二章 汽车空调制冷系统工作原理 与结构 14

第一节 汽车空调制冷系统的工作原理 14

第二节 制冷压缩机 15

第三节 冷凝器与蒸发器 25

第四节 汽车空调其他部件 30

第三章 汽车空调制冷系统的温度 控制 34

第一节 恒温器控制的离合器制冷循环
系统 34

第二节 吸气节流阀控制的蒸发器压力
制冷系统 40

第三节 其他方法控制的蒸发器压力制
冷系统 46

第四章 汽车空调通风、暖风与配气 系统 50

第一节 汽车通风与空气净化装置 50

第二节 汽车空调供暖系统 52

第三节 汽车空调配气系统 57

第五章 汽车空调系统电路 67

第一节 汽车空调系统保护元件 67

第二节 汽车空调系统运行控制装置 71

第三节 汽车空调系统电路 76

第六章 汽车空调自动控制系统 81

第一节 汽车空调自动控制系统工作
原理 81

第二节 汽车空调传感器和控制执行
器件 85

第三节 自动空调典型电路分析 94

第七章 中、大型汽车空调系统 105

第一节 中、大型汽车空调系统的结构与
工作方式 105

第二节 独立空调制冷系统的结构与工作
原理 110

第三节 独立采暖系统的结构与工作
原理 112

第八章 汽车空调系统的故障诊断与使用、 维护 115

第一节 汽车空调系统的使用与维护 115

第二节 汽车空调系统的维修操作技能 118

第三节 汽车空调故障诊断 131

第四节 汽车空调系统故障分析 134

第五节 汽车空调系统的检验 136

参考文献 138

第一章 汽车空调基础知识

第一节 汽车空调概况

一、汽车空调的基本概念

空调即空气调节，它的意义是指在封闭的空间内，对温度、湿度及空气的清洁度进行调节控制。

空调是汽车现代化标志之一，现代汽车空调的基本功能是在任何气候和行驶条件下，能改善驾驶员的工作劳动条件和提高乘员的舒适性。由于汽车空调的调节对象是车内的人，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、细菌等参数指标的感觉和反映决定的。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，创造良好的劳动条件和工作环境，以提高驾驶员的劳动生产率和行车安全。同时，保护乘员的身体健康，利于乘员旅游观光，学习或者休息。为此，现代汽车空调系统就必须具备完善的功能，以及完成这些功能所需要的装置。这些装置既可单独使用，也可综合使用，以完成空气调节工作。

衡量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

在夏季人感到最舒适的温度是 $22\sim 28^{\circ}\text{C}$ ，在冬季则是 $16\sim 18^{\circ}\text{C}$ 。温度低于 14°C ，人就会感觉到“冷”，温度越低，越觉得手脚动作僵硬，不能灵活操作机件。温度超过 28°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，容易造成交通事故，超过 40°C ，则称为有害温度，对身体的健康会造成损害。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°C 。

2. 湿度

人觉得最舒适的相对湿度夏季是 $50\% \sim 60\%$ ，冬季则是 $40\% \sim 50\%$ 。在这种湿度环境中，人会觉得心情舒畅，皮肤觉得特别光滑、柔嫩。湿度过低，人的皮肤会干燥，这是由于湿度太低时，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；湿度过高，人会觉得发闷，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服，这是因为流动的空气能促进人体内外散热的缘故，所以，空气流速是汽车空气调节的重要内容之一。通常空气流速在 0.2m/s 以下为好，并且以低速流动为佳。

4. 清洁度

由于车内空间小，成员密度大，全封闭空间的空气极易产生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、野外有刺激性的花粉都容易进入车内，造成车内空气混浊，严重时会影响乘员的身体健康。

舒适性环境参数如表 1-1 所示。

表 1-1 舒适性环境参数

项目范围	温度/ $^{\circ}\text{C}$		相对湿度 (%)	换气量 $/\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	风 速 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	CO_2 (%)	CO (%)	加速度 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	振动 $/\text{mm}$	噪声 $/\text{dB}$
	冬	夏								
舒适带范围	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	>0.03	>0.01 5	>3	>2	>65
有害带	<0	>43	<15, >95	<5	>0.4	>10	>0.03	>4	>15	>120

二、汽车空调的工作特点

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震能力，接头牢固并防漏。汽车空调制冷系统极容易发生制冷剂的泄漏，破坏整个空调系统的工作条件，统计表明，汽车空调因制冷剂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。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的动力都来自同一发动机，这种空调系统叫非独立式空调系统；对于大型客车和豪华型大中型客车，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压缩机和设立的取暖设备，故称之为独立式空调系统。对于非独立式空调系统，会影响汽车的动力性能，但比独立式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，耗油量平均增加了 10%~20%（和汽车的速度有关），发动机的输出功率减少了 10%~12%。

3) 要求汽车的制冷制热能力大，其原因在于：

① 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。

② 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。

③ 汽车都在野外工作，直接接受太阳的热辐射，霜雪的冷，风雨的潮湿，环境恶劣，千变万化。要使汽车空调能迅速地降温，在最短的时间里达到舒适的环境，要求制冷量就特别大。非独立式空调系统，由于汽车发动机的工况变化频繁，所以，制冷系统的制冷剂流量变化大。

4) 汽车空调结构紧凑、质轻。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，不致于使汽车增重太多，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%，是原始汽车空调质量的 1/4，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制暖，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。

三、汽车空调技术的发展

汽车空调的功能是随着人们对汽车舒适性的要求不断提高，而从低级到高级，由功能简

单向功能齐全方向发展的，其过程可以概括为以下五个阶段：

第一阶段：单一供暖。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，在国内大部分货车上仍然使用单一供暖系统。

第二阶段：单一制冷。1939年，由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。目前，在热带、亚热带地区，汽车空调仍然使用单一制冷系统。

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形式。

第四阶段：自动控制的汽车空调。冷暖一体化汽车空调需要人工操纵，这显然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。这种自动空调装置使用了电子控制方法，只要预先设定好温度，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。随着微电子技术的发展，微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、通风三位一体化，故障诊断智能化。目前，高档轿车全自动空调已经与车身计算机系统组成局域网络，计算机根据车内外的环境条件，自动控制空调系统的工作，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舒适性。

我国汽车空调工业的发展大致经历了三个阶段：第一阶段是从20世纪60年代初到20世纪70年代末，主要是利用汽车发动机排出的废气或冷却循环水产生的热量来供给车室内采暖。第二阶段是20世纪80年代初至20世纪90年代初。20世纪80年代初期，我国从日本购进制冷降温用的汽车空调系统，装配在红旗、上海等小轿车和豪华大客车上；20世纪80年代中后期，我国一汽、上海、北京、广州、佛山等厂从日本、德国引进先进的空调生产线和空调生产技术，生产大中型客车、轻型车及轿车的空调系统。第三阶段是从20世纪90年代开始到目前。国内有一批形成生产规模的汽车空调制造企业，分别从国外引进最先进的压缩机、冷凝器和蒸发器的生产技术和生产线。同时，按照《蒙特利尔议定书》和《中国消耗臭氧层物质逐步淘汰国家方案》的要求，普及应用汽车空调制冷系统工质由R12向R134a的转换。至此，我国汽车空调技术在短时间内接近了世界先进水平。

四、空调制冷新技术在汽车上的应用

随着人类对环境污染的重视和科技水平的提高，目前，在汽车空调制冷系统采用了许多新技术，如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。

第二节 汽车空调系统的组成与分类

一、汽车空调系统的组成

汽车安装空调系统的目的是为了调节车内空气的温度、湿度，改善车内空气的流动性，并且提高空气的清洁度。因此，汽车空调系统主要由以下几部分组成。

(1) 制冷装置(系统) 对车内空气或由外部进入车内的新鲜空气进行冷却或除湿，使车内空气变得凉爽舒适。

(2) 暖风装置 主要用于取暖，对车内空气或由外部进入车内的新鲜空气进行加热，达到取暖、除霜的目的。

(3) 通风装置 将外部新鲜空气吸进车内，起通风和换气作用。同时，通风对防止风窗玻璃起雾也起着良好作用。

(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。

将上述全部或部分有机地组合在一起安装在汽车上，便组成了汽车空调系统。在一般的轿车和客、货车上，通常只有制冷装置、暖风装置和通风装置，在高级轿车和高级大、中客车上，除了制冷装置、暖风装置外，还有加湿装置和空气净化装置。

二、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。

1) 单一功能是指冷风、暖风各自独立，自成系统，一般用于大、中型客车上。

2) 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。

1) 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。

2) 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。

第三节 热力学基础知识

一、温度

温度是用来衡量物体冷热程度的物理量，测量温度的标尺称为温标。工程上常用的温标

有：

(1) 摄氏温标 用符号 t 表示，单位为 ($^{\circ}\text{C}$)。它将标准大气压下冰的熔点定为 0°C ，水的沸点定为 100°C ，两者之间均分为 100 分度，每单位分度为摄氏一度，表示为 1°C 。

(2) 华氏温标 用符号 F 表示，单位为 ($^{\circ}\text{F}$)。它将标准大气压下冰的熔点定为 32°F ，水的沸点定为 212°F ，两者之间均分为 180 分度，每单位分度为华氏一度，表示为 1°F 。

(3) 热力学温标 热力学温标又称为绝对温标或开氏温标，用符号 T 表示，单位为 (K)。这个温标所定义的热力学温度以绝对零度 (-273.16°C) 为基准。

三种温标的比较如表 1-2 所示。

表 1-2 温标的比较换算

温度标定名称	代 号	单 位	换算方法
摄氏温度	t	$^{\circ}\text{C}$	$t = 5/9 (F - 32)$
华氏温度	F	$^{\circ}\text{F}$	$F = 9/5t + 32$
热力学温度	T	K	$T (\text{K}) = t + 273$

用于测量温度的仪表称为温度计。测试汽车空调性能常用的温度计有：压力表式温度计、热电偶温度计和热敏电阻式温度计（数字式），它们是利用蒸汽的饱和压力和饱和温度的对应关系（压力表式温度计）或某些材料的热电效应进行温度测量的。

下面介绍干球温度、湿球温度、干湿球温差、露点温度、冷凝温度、蒸发温度。

1. 干球温度和湿球温度

1) 干球温度是指用干球温度计测量空气温度时，干球温度计所指示的温度，就是我们通常使用的温度计所测量的空气温度。

2) 湿球温度是指在稳定条件下，湿球温度计所指示的温度。如图 1-1 所示，在感温球上包上纱布，并把纱布的一端放在水槽中，靠毛细管现象把水吸上去，使感温球湿润。由于湿纱布上的水分蒸发需要吸收相应的汽化潜热，所以湿球温度计上的读数将要比干球温度计上的读数低一些，此时湿球温度计所指示的温度叫湿球温度。

标准湿球温度应在感温球周围有 $3\sim 5\text{m/s}$ 的风速。

2. 干湿球温差

用干、湿球温度计测量未饱和空气时，干、湿球温度计所显示的温度不同，湿球温度低于干球温度，二者形成的温差叫干湿球温差，这个温差越大，表明空气越干燥，反之，空气越潮湿。

3. 露点温度

将我们周围的空气冷却后，空气的湿度便降低，当湿度达到 100% 时，即干球温度和湿球温度相同时，空气中所含有的水蒸气便成为饱和状态，再进一步冷却，水蒸气便不能以其原来的状态存在下去，其中一部分凝结成露水。于是，我们把湿度为 100% 的温度叫做凝结成露水的温度——露点温度。

4. 冷凝温度

在空调系统中，在冷凝器中制冷剂在一定高压下由气态变为液态时的温度称为冷凝温度。

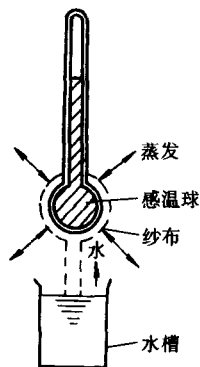


图 1-1 湿球温度的测定

5. 蒸发温度

在空调系统中，在蒸发器中制冷剂低压汽化时的温度称为蒸发温度。

二、湿度

湿度用来表示空气的含湿程度。1m³湿空气中所含水蒸气的重量，叫空气的绝对湿度。由于湿空气是空气和水蒸气的均匀混合物，所以绝对湿度在数值上等于水蒸气的含量，用 r_w 表示。

绝对湿度只能说明湿空气在某一温度下实际所含水蒸气的重量，但不能说明湿空气的吸湿能力。因此，采用湿空气的相对湿度来说明空气的潮湿程度，或说明空气接近饱和的程度。相对湿度就是湿空气中实际所含的水蒸气量与同温度下饱和湿空气所含的水蒸气量的比值，用 ψ 表示，即

$$\psi = \frac{r_w}{r_s} = \frac{p_w}{p_s} \times 100\%$$

式中 r_w ——空气的绝对湿度；

r_s ——饱和湿空气的密度；

p_w ——空气中水蒸气的分压力；

p_s ——饱和湿空气中的水蒸气分压力（简称饱和水蒸气压力）。

ψ 值越小，表示湿空气离饱和状态越远，空气较干燥，还能吸收更多的水分；反之，若 ψ 值越大，则表示空气越潮湿，吸收水分的能力越差。当 $\psi = 0$ 时，则为干空气；当 $\psi = 100\%$ 时，则为饱和空气，再也不能吸收水分了。

湿空气在状态变化过程中，由于水分蒸发，水蒸气凝结，其体积和重量会发生变化。即使湿空气中的水蒸气含量不变，由于温度变化，其体积也跟着变化，故绝对湿度也将发生变化。

三、压力与真空度

压力就是固体、液体或气体垂直作用于物体表面上的力。在实际应用中是以物体单位面积上所受压力——压强来表示的，常用 p 表示，其单位为帕斯卡，简称帕（Pa）。

地球表面包围着一层很厚的空气层，我们称它为大气层，大气的重量对地球表面物体单位面积上所产生的压力称为大气压力（简称大气压）。我们把在地球纬度 45°、温度为 0°C 时，大气对海平面的压力称为标准大气压，它相当于 101.325kPa。

表示压力常用的方式有绝对压力、表压力和真空度。

(1) 绝对压力 它表示实际的压力值，是把完全真空状态作为零值。

(2) 表压力 通过压力表上指示读出的压力值，称为表压力值。它是将标准大气压作为零值，在此基础上进行压力计量的结果。

(3) 真空度 低于大气压力的数值称为真空度。

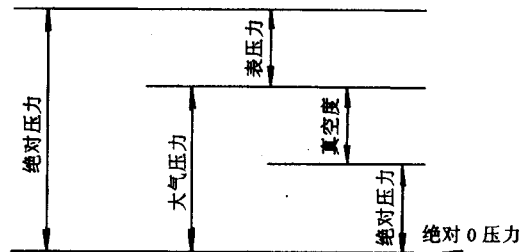


图 1-2 压力与真空度的关系

上述三种压力在制冷技术领域经常应用，绝对压力是设计及查阅制冷剂特性表时使用，表压力则是在观察系统运行状况时使用，

真空度则是在维修系统抽真空时使用。它们之间的关系如图 1-2 所示，用公式表示如下

$$\text{表压力 } p_{\text{表}} = \text{绝对压力 } p_{\text{绝}} - \text{大气压力 } B$$

$$\text{真空度 } p_{\text{真}} = \text{大气压力 } B - \text{绝对压力 } p_{\text{绝}}$$

四、汽化与冷凝

1. 汽化

物质由液态变为气态的过程称为汽化。1kg 液体转变为气体需要的热量（单位为 J 或 kJ），叫做该物质的汽化热。汽化过程有两种形式，即蒸发和沸腾。

蒸发是指在任何温度下液体表面上所发生的汽化过程，蒸发过程一般为吸热过程。沸腾是一种在液体表面和内部同时进行的汽化现象。任何一种液体只有在一定的温度下才能沸腾，沸腾时的温度称为沸点。在一定压力下，蒸发可以在任何温度下进行，而沸腾只能在一定温度下发生。制冷剂在蒸发器内吸收了热量后，由液态汽化为蒸气，这个过程就是沸腾。

在制冷技术中，对蒸发一词通常是理解为液体的沸腾过程。

在空调制冷系统中，主要是利用制冷剂在蒸发器内的低压下，不断吸收周围空气的热量进行汽化的过程来制冷的。这种过程通常是在蒸发器中以沸腾的方式进行，但习惯上称它为蒸发过程，并把沸腾时的温度称为蒸发温度，沸腾时所保持的压力称为蒸发压力。

2. 冷凝

冷凝是指气态物质经过冷却（通过空气或水等热交换方式）使其转变为液体。冷凝过程一般为放热过程。在制冷技术中，指制冷剂在冷凝器中由气态凝结为液态的过程，同时放出热量，放出的热量由冷却空气带走。

在汽车空调制冷系统中，制冷剂在冷凝器中由气态变成液态的变化过程就是一个冷凝过程。

五、饱和温度和饱和压力

如果对制冷剂加热，则其中的一部分液体就会变成蒸气；反之，如果制冷剂放出热量，则其中的一部分蒸气又会变成液体（温度不变）。在这种制冷剂液体和蒸气处于共存的状态时，液体和蒸气是可以彼此转换的。处于这种状态的制冷剂蒸气叫饱和蒸气，这种状态下的制冷剂液体叫做饱和液体。汽化过程中，由饱和液体和饱和蒸气组成的混合物称为湿饱和蒸气，简称湿蒸气。饱和蒸气的温度叫做饱和温度；饱和蒸气的压力叫做饱和压力。干饱和蒸气指在容器中的液体全部蒸发成蒸气的状态。

通常所说的沸点都是指液体在一个大气压下的饱和温度。对于不同的液体，在同一压力下，它的饱和温度也是不同的，见表 1-3。

表 1-3 几种液体在一个标准大气压下的正常沸点

液体名称	沸点/°C	液体名称	沸点/°C
水	100	R22	-40.8
酒精	78	R134a	-26.15
R12	-29.8	R142b	-9.25
氨	-33.4	R405a	-27.3

六、热量与热容

1. 热量

有热出入，温度就有变化，温度变化的大小和出入的热量成比例，这种热的量叫做热量。热量的单位为焦耳 (J)。

温度不同的物体接触时，热量从温度较高的物体传到温度较低的物体，或从同一物体内温度较高的部分传到温度较低的部分，直到温度趋于一致为止。热的传递有传导、对流和辐射三种形式。

(1) 传导 在物体 (固体) 两点之间有温差时，热量将通过物体内部从高温点向低温点移动，这种现象就是热的传导。一般说来，金属是热的良导体；而一些非金属，如木头、石棉等导热能力极差，称为绝热材料。

(2) 对流 气体和液体依它本身的流动使热量转移，这种热的传递方式称为热的对流。冷凝器就是利用空气对流进行冷却的。

(3) 辐射 它是指发热源直接向其周围的空间散发热量，通过辐射波将热量传递给其他物体的过程。热辐射和电波的传播很类似，其特点是热量由热源表面以光 (电磁波) 的形式连续发射，以光速传播，可以不依靠其他物质。

2. 热容

把单位质量的物质的温度升高 1K 所需要的热量称为热容。热容大的物体有不易热和不易冷的性质。

热容的单位为 J/K。

七、显热与潜热

物体受热，温度就会上升，温度上升到一定程度物体状态就会发生变化。冰加热后融化成水 (固体→液体)；水加热，温度上升到 100°C 开始沸腾汽化 (液体→气体)，这时即使继续加热，温度也不再升高。在水未达到 100°C 之前，所加的热能使温度上升，这种热能感觉出来，我们称之为显热，能用温度计测出。达到 100°C 以后，继续加的热，用于使液体变成气体发生状态变化，这种热叫做潜热，是不能用温度计测出的，如图 1-3 所示。潜热按物体状态变化不同，可分为以下几种：

液化潜热：从气体变成液体时放出的热叫做液化潜热；

凝固潜热：从液体变成固体时放出的热叫做凝固潜热；

溶解潜热：从固体变成液体时吸收的热叫做溶解潜热；

蒸发潜热：从液体变成气体时吸收的热叫做蒸发潜热；

升华潜热：从固体变成气体时吸收的热叫做升华潜热。

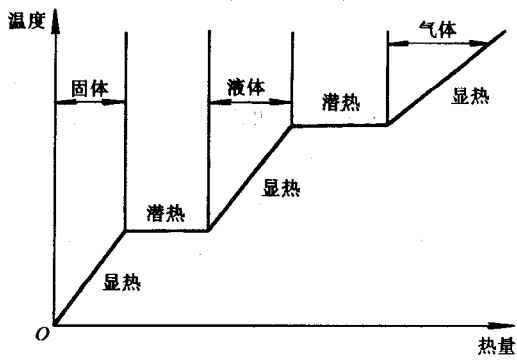


图 1-3 显热与潜热

八、节流

在流体通路中，通道突然缩小，液体压力便下降，如果此时产生气体，则总体积还要增大。这种变化只是状态的变化，与外界没有热和功的交换，因此流体的热量不变，这种状态变化称为节流，如图 1-4 所示。

在空调制冷系统中，制冷剂在膨胀阀中的状态变化就是节流过程。制冷剂被膨胀阀节流

后，如果压力下降得比饱和压力还低，部分液体将变成饱和蒸气，体积急剧增大。这时的蒸发热是由液体本身供给的，所以液体温度下降较大。

九、制冷能力与制冷负荷

1. 制冷能力

制冷机就是把热量不断地从低温物体转移给高温物体的装置。制冷能力的大小是以单位时间内所能转移的热量来表示的，单位为 J/h。

2. 制冷负荷

为了把汽车内部的温度和湿度保持在一定的范围内，必须将来自车外太阳的辐射热和车室内人体散发出的热量排除到大气中去。这两种热量的总和就叫做制冷负荷。

由于汽车制冷负荷受到车身形状及外界大气温度、湿度、车速等客观条件和乘员数量的影响，所以，汽车空调系统的制冷负荷较大。

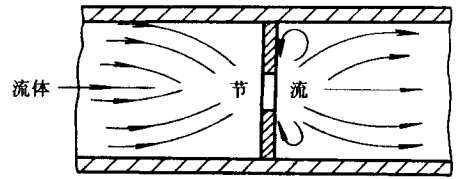


图 1-4 节流示意图

第四节 制冷剂与冷冻油

一、制冷剂的定义

在制冷系统中用于转换热量并且循环流动的物质称为制冷剂。

汽车空调是利用蒸气压缩制冷装置驱动其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，使被冷却对象得到降温。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。

目前汽车空调系统使用的制冷剂，通常有 R12、R134a，英文字母 R 是 Refrigerant（制冷剂）的简称，其数字代号使用的是美国制冷工程师协会（ASRE）编制的代号系统。

制冷剂的种类很多，理论上只要能进行气液两相转换的物质，均可作为蒸发制冷系统的制冷剂。但寻找制冷效率高，且对环境没有污染的制冷剂却很困难，目前使用的 R134a 只是 R12 的替代品，其排放物产生的温室效应仍然对环境有较大的危害。

二、R12 制冷剂的特性

车用空调中曾广泛使用的制冷剂 R12，分子式为 CF_2Cl_2 ；化学名称为二氟二氯甲烷，是一种较为理想的制冷剂，主要特性如下：

1) 无色、无刺激性臭味；一般情况下不具有毒性，对人体没有直接危害；不燃烧、无爆炸危险；热稳定性好。

2) 是一种中压制冷剂，正常蒸发温度小于 0°C ，冷凝器压力小于 $(1.5\sim 2.0\text{MPa})$ ，由于压力不是很高，降低了对冷凝器结构强度的要求。在大气压下 R12 的沸点为 -29.8°C ，凝固温度为 -158°C ，能在低温下正常工作。节流后损失小，有较大的制冷系数。

3) R12 对一般金属没有腐蚀作用，但对镁和镁含量超过 2% 以上的铝合金除外。R12 在 $60\sim 70^\circ\text{C}$ 的温度时遇氧化铁、氧化铜，可促使其分解。

4) R12 制冷系统对密封件的特殊要求

① 制冷系统的密封件不能使用天然橡胶制品，因为 R12 会导致橡胶变软、膨胀、起泡。

② 对氯丁乙烯和氯丁胶制品破坏作用较小。

③ 对尼龙和塑料制品破坏作用不明显。

5) R12 有良好的绝缘性能, 它对制冷系统电器绕组的绝缘性能无影响。

6) R12 液态时对润滑油的溶解度无限制, 可以任何比例溶解。但气态时 R12 对润滑油的溶解度有限并随压力增高、温度降低而增大。R12 与润滑油的这种互溶特性对制冷系统是有益的, 因为 R12 液态时润滑油已溶解在其中并随 R12 一起流动, 所以在这段管路中不会积存润滑油。在气态管路 (特别是蒸发器) 中, 如果有足够的气体流速, 不会在蒸发器壁上产生油膜而影响传热效率, 润滑油也能被带回到压缩机中去。当压缩机曲轴箱中存在有互溶的 R12 气体和润滑油时, 由于曲轴箱内的压力和温度是变化的, 而一定压力和温度下的 R12 气体溶油量是一定的, 当曲轴箱内压力突然降低时, 因溶解量要减小, 于是原来溶解的 R12 就以沸腾形式从油中跑出, 从而使曲轴箱中的一部分润滑油将随着 R12 蒸气带到压缩机气缸和系统中去, 对制冷系统的工作带来不利影响。

7) R12 对水的溶解度很小, 而且气态与液态时, 水的溶解度也不同, 气态高于液态。

在制冷系统中, R12 的含水量不得超过 0.0025%。当有过量的水分随制冷剂运行, 在通过膨胀阀时, 低温、低压下水分中热量被吸收而形成冰塞, 堵塞制冷系统的循环通道, 从而使空调的制冷系统失效。

水与 R12 能产生化学反应, 生成盐酸—氢氟酸, 对系统有腐蚀作用。水与制冷系统中的酸、氧发生反应, 会在压缩机的机件表面 (压缩机的轴套、系统管路) 生成三氧化二铁和二氧化铜, 这些物质的形成, 反过来又分解 R12, 使制冷系统的效率下降。水的侵入是系统开始被腐蚀的信号。

水还能与系统中的酸、氧化物和其他杂质反应, 形成金属盐, 随着制冷剂和润滑油一起循环, 加大运动机件的磨损及破坏电器的绝缘性能。

水能使冷冻油老化。它在氧的作用下, 会生成一种油酸性质的絮状酸性物质, 腐蚀金属表面, 降低润滑效能。

水与 R12 作用还能生成二氧化碳气体。这种气体在冷凝器中冷却后并不液化, 成为一种不凝性气体, 引起压缩机排气压力增高, 制冷功耗增大, 制冷效果下降。

虽然在制冷系统中为了防止水分的侵入而影响制冷循环的正常运行而设有干燥器 (干燥罐), 但是干燥器的吸水功能极其有限 (只能吸收约半滴水)。对于含量大于 0.0025% 的水分是无能为力的。

在制冷系统中水的存在是有百害而无一利的, 必须采取严格的防水措施, 才能保证系统正常工作。防水措施主要有以下三个方面。

① 使用纯度高的制冷剂。

② 在装配或维修制冷系统后, 一定要严格地抽真空。

③ 选含水量小于 0.002% 的冷冻油, 而且要防止加注冷冻油时侵入水。

综上所述可以看出, R12 是一种易于制造, 原料来源丰富, 价格相对低廉且可以回收重复使用的制冷剂。只是它对大气同温层的臭氧层有很强的破坏作用, 因此, 目前已经被新的制冷剂所替代。

三、R134a 制冷剂的特性

长期以来, 汽车空调系统大多采用 R12 作为制冷剂。众所周知, R12 因泄漏而进入大

气会破坏地球的臭氧保护层，危害人类的健康和生存环境，引起地球的温室效应。据统计资料表明，现在大气层中 CFC（即 Cl、F、C 三种元素）物质的 75% 来自汽车空调系统泄漏的 R12，这不能不引起人类的广泛关注。1987 年国际上制定了控制破坏大气层的蒙特利尔协议。我国于 1991 年加入该协议，并决定从 1996 年起，汽车空调的制冷剂开始使用 R134a，到 2000 年全部使用 R134a。因此，作为汽车维修人员，必须掌握使用新型制冷剂的空调系统的使用和维修特点。

1. R134a 制冷剂的特性

R134a 制冷剂的分子式为 CH_2FCF_3 ，是卤代烃类制冷剂中的一种，R134a 制冷剂与 R12 制冷剂相比，其热物理性能如表 1-4 所示。

表 1-4 R134a 与 R12 的热物理性能比较

项 目	R134a	R12
分子式	CH_2FCF_3	CF_2Cl_2
分子量	102.031	120.92
沸点/ $^{\circ}\text{C}$	-26.18	-29.80
临界温度/ $^{\circ}\text{C}$	101.14	111.8
临界压力/MPa	4.065	4.125
临界密度/ (kg/m^3)	1206	1311
0 $^{\circ}\text{C}$ 时的饱和蒸气压/kPa	293.14	308.57
0 $^{\circ}\text{C}$ 时的汽化潜热/ (kJ/kg)	197.89	154.87
60 $^{\circ}\text{C}$ 时的饱和蒸气压/kPa	1680.47	1518.17
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
与矿物冷冻油的融合性	不溶	溶
溶态热导率	大	小

从表中可以看出 R134a 的主要特性：

1) 热物理性 R134a 的热力学性能，包括分子量、沸点、临界参数、饱和蒸气压和汽化潜热等，均与 R12 相近，具有无色、无臭、不燃烧、不爆炸、基本无毒的特性。

2) 传热性能 R134a 制冷剂的传热性能优于 R12，当冷凝温度为 40~60 $^{\circ}\text{C}$ 、质量流量为 45~200kg/s 时，R134a 蒸发和冷凝传热系数比 R12 高出 25% 以上。因此，在换热器表面积不变的条件下，可减少传热温差，降低传热损失；当制冷量或放热量相等时，可减少换热器表面积。

3) 相容性 用 R134a 替代 R12 后，原有的压缩机润滑油（简称压缩机油）必须更换，这是因为 R134a 本身与矿物油是非相容的，必须使用合成润滑油来取代，如 PAG 类润滑油等。否则，系统将会损坏。

4) 分子直径比 R12 略小，易通过橡胶向外泄露，也较易被分子筛吸收。

5) R134a 的吸水性和水溶解性高。

四、使用制冷剂的注意事项

1) 装制冷剂的钢瓶，应贮存在阴凉、干燥、通风的库房中，防止受潮而腐蚀钢瓶，在