



国家示范性高等职业教育汽车类“十三五”规划教材
高等职业教育汽车类专业“双证课程”培养方案教材

汽车空调



主编 王爱国



QICHE KONGTIAO



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



国家示范性高等职业教育汽车类“十三五”规划教材
高等职业教育汽车类专业“双证课程”培养方案教材

汽车空调

主 编 王爱国

副主编 王 波 张贤栋



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书以培养高素质的技术技能型人才为目标,分9个项目介绍了汽车空调方面的内容,每个项目再分为若干个任务。编者从职业教育的实际情况出发,根据汽车维修企业的实际操作和真实的维修资料,按照理实一体化的思路编写本书,力求使本书的内容系统、准确。

本书可作为高职高专院校汽车检测与维修、汽车电子、汽车营销与服务、汽车制造与装配等专业的教材,也可供汽车维修人员、汽车驾驶员等学习和参考。

为了方便教学,本书配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发邮件至 hustpeit@163.com 免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调/王爱国主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.6

国家示范性高等职业教育汽车类“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5680-2780-9

I. ①汽… II. ①王… III. ①汽车空调-高等职业教育-教材 IV. ①U463.85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 095951 号

汽车空调

Qiche Kongtiao

王爱国 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:徐桂芹

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913

邮编:430223

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.25

字 数:404千字

版 次:2017年6月第1版第1次印刷

定 价:35.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

随着我国汽车工业的快速发展,汽车空调的应用已逐渐普及,汽车空调维修已成为汽车机电一体化维修人员必备的技能。由于汽车技术的不断发展,社会对汽车服务人员的技术要求也越来越高。因此,编写内容较为先进、知识点全面的关于汽车空调的教材就显得尤为重要。

本书以培养高素质的技术技能型人才为目标,分9个项目介绍了汽车空调方面的内容,每个项目再分为若干个任务。编者从职业教育的实际情况出发,根据汽车维修企业的实际操作和真实的维修资料,按照理实一体化的思路编写本书,力求使本书的内容系统、准确。本书具有以下特点。

(1) 内容与目前实际使用的汽车空调技术相符合,由学校的教师和汽车维修企业的技术人员共同商讨编写,体现了理论和实践相结合的原则。

(2) 每个项目中首先提出学习目标,然后围绕学习目标介绍相关知识,最后以具体的案例来进行总结。

(3) 图文并茂,内容系统、全面,重点对汽车空调的结构、保养与故障诊断等方面的内容进行讲解。

(4) 在项目9中总结了许多种车型的空调系统电路图,有助于培养学生识读电路图的能力,提高学生的技能。

(5) 本书是精品课程建设成果,教学资料齐全。

本书由安徽机电职业技术学院王爱国担任主编,由安徽机电职业技术学院王波和张贤栋担任副主编,其中,张贤栋编写项目1、项目2和项目5,王波编写项目3、项目4和项目6,王爱国编写项目7、项目8和项目9。另外,在编写本书的过程中,安徽江城汽车服务有限公司技术组的成员在资料收集、整理和技术支持等方面做了大量工作。

本书可作为高职高专院校汽车检测与维修、汽车电子、汽车营销与服务、汽车制造与装配等专业的教材,也可供汽车维修人员、汽车驾驶员等学习和参考。

为了方便教学,本书配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发邮件至 hustpeit@163.com 免费索取。

由于时间仓促,加上编者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2017年5月

项目 1 汽车空调基础知识	1
任务 1 汽车空调技术基础	2
任务 2 汽车空调制冷剂与冷冻机油	14
任务 3 汽车空调系统的布置	21
实训项目 汽车空调系统构成的认知	24
习题	25
项目 2 汽车空调制冷系统	28
任务 1 汽车空调制冷系统的组成、工作原理和类型	29
任务 2 压缩机	33
任务 3 热交换器	44
任务 4 节流装置	50
任务 5 其他辅助设备	53
实训项目 2.1 汽车空调系统制冷现象的认知	60
实训项目 2.2 汽车空调压缩机的拆装与检修	61
实训项目 2.3 汽车空调热交换器与节流装置的拆装与检修	63
习题	65
项目 3 汽车空调通风、供暖与配气系统	69
任务 1 汽车空调通风与空气净化装置	70
任务 2 汽车空调供暖系统	72
任务 3 汽车空调配气系统	79
实训项目 汽车空调制热不良故障诊断与检修	89
习题	91
项目 4 汽车空调电气控制系统	95
任务 1 汽车空调常用的控制装置	96
任务 2 汽车空调的基本电路	104
任务 3 典型汽车空调电路分析	110

实训项目 汽车空调电气控制系统故障诊断	114
习题	117
项目 5 客车空调系统	119
任务 1 客车空调的分类和组成	120
任务 2 客车空调的布置	124
实训项目 客车空调结构的认知	129
习题	130
项目 6 汽车自动空调与典型电路分析	131
任务 1 汽车自动空调的构造与工作原理	132
任务 2 汽车自动空调的输入元件	138
任务 3 汽车自动空调的执行元件	146
任务 4 汽车自动空调电路分析	157
实训项目 汽车自动空调控制系统故障诊断与检修	165
习题	167
项目 7 制冷系统的维护与检修	170
任务 1 汽车空调系统的使用、保养与维护	171
任务 2 专用检修工具及设备	175
任务 3 制冷系统制冷剂储量的检测	182
任务 4 制冷系统的检漏	185
任务 5 制冷剂的排放及加注	187
实训项目 汽车空调整制冷剂泄漏故障诊断与处理	192
习题	194
项目 8 汽车空调故障诊断	197
任务 1 汽车空调故障的成因和诊断方法	198
任务 2 汽车空调常见故障的分析和诊断	201
任务 3 汽车空调故障诊断和排除实例	204
实训项目 汽车空调系统不制冷故障诊断	224
习题	226
项目 9 部分车型空调系统电路图集	228
参考文献	254

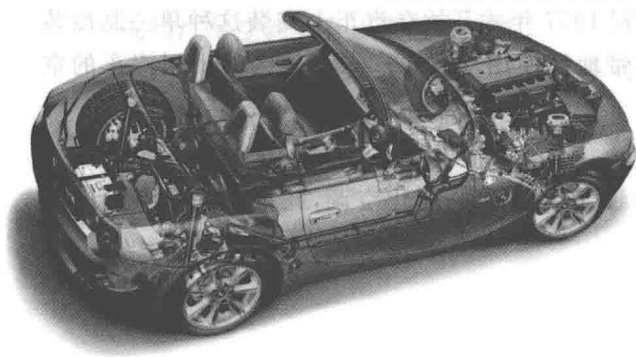
项目 1

汽车空调基础知识

1

学习目标

1. 了解汽车空调技术的发展过程。
2. 掌握汽车空调的定义、基本功能、组成与类型。
3. 理解热力学中的压力、温度、汽化、冷凝、热传导与节流等基础知识。
4. 掌握汽车空调系统的布置形式。
5. 掌握汽车空调制冷剂与冷冻机油的特性、性能要求和使用注意事项。
6. 学会正确操作汽车空调系统并能进行简单的检查。



任务 1 汽车空调技术基础

一、汽车空调概述

1. 汽车空调发展概况

世界上第一辆汽车诞生于 1886 年,但是第一台汽车空调直到 1927 年才出现。当时的汽车空调仅有加热器和通风系统。1939 年,美国 Packard 汽车公司第一次提供了通过制冷使车内空气凉爽的方法。第二次世界大战后,汽车空调在技术上和数量上有了很大提高。

目前,汽车空调已经被广泛应用在现代汽车上。它不仅可以改善驾驶员的工作条件,提高驾驶安全性,还可以提高汽车等级,改善汽车的乘坐舒适性。汽车空调已经不再是一种奢侈品,而是汽车现代化的重要标志之一。目前,美国、日本两国的乘用车空调安装率已达 90% 以上。我国的汽车空调技术虽然起步较晚,但近年来发展很快。

汽车空调除了广泛应用在轿车上外,还大量应用在大客车、工程车、旅游车及城市公交车上。随着车辆制造水平和人们需要的不断提高,汽车空调技术也不断发展,高性能制冷压缩机、新型热交换器,以及自动控制技术等不断出现,并得到了广泛应用。

汽车空调是汽车现代化的标志之一,是空气调节工程重要的分支之一。汽车空调技术包括降温、供热、除湿、通风、净化、调节风速、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之一。

2. 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。和其他事物一样,汽车空调技术的发展也经历了从低级到高级、从单一功能到多功能的历程,其发展过程大致包括单一供热、单一制冷、冷暖一体化、自动控制、微机控制五个阶段。

1) 第一阶段:单一供热阶段

1925 年,美国最先利用汽车发动机的冷却水通过加热器进行供热。由加热器、风机和空气滤清器等组成的比较完整的供热系统直到 1927 年才出现。欧洲在 1948 年才开始使用供热系统,日本则在 1954 年才开始使用供热系统。目前,在寒冷的北欧、亚洲北部地区,汽车空调仍然采用单一的供热系统。

2) 第二阶段:单一制冷阶段

1939 年,美国 Packard 汽车公司首次在轿车上安装机械制冷降温的空调装置。这种单一制冷装置只有降温的功能。第二次世界大战后,美国经济迅速发展,使这种带有单一制冷装置的汽车迅速地发展起来。欧洲、日本直到 1957 年才开始在汽车上安装这种单一制冷装置。单一制冷的的方法目前仍然在热带、亚热带地区使用,例如,广东等地区的出租汽车的空调大部分只有制冷功能。

3) 第三阶段:冷暖一体化阶段

1954 年,美国通用汽车公司率先在轿车上安装冷暖一体化空调,其最大的特点是同时

具有供热、制冷功能。随着空调技术的发展,目前的冷暖一体化空调基本上具有降温、供热、除湿、通风、过滤、除霜等功能。目前,这种空调仍然在经济型轿车上大量使用。

4) 第四阶段:自动控制阶段

冷暖一体化汽车空调需要人工操纵,这显然会增加驾驶员的工作量,同时控制质量也不太理想。因此,自从冷暖一体化汽车空调出现后,人们就着手研究自动控制的汽车空调。1964年,美国通用汽车公司在轿车上安装了自动控制的汽车空调。日本、欧洲1972年也开始在高档轿车上安装自动控制的汽车空调。这种自动控制的汽车空调,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,它会根据传感器检测到的车内、车外环境的温度信息,自动控制各部件工作,达到控制车内温度的目的。目前,大部分中高档轿车都安装了自动控制的汽车空调。

5) 第五阶段:微机控制阶段

1973年,美国通用汽车公司和日本五十铃汽车公司联合研究微机控制的汽车空调,1977年同时将微机控制的汽车空调安装在各自生产的汽车上。相对于模拟控制器控制的自动空调,微机控制的汽车空调增加了显示数字化,制冷、供热、通风三位一体化和故障诊断智能化等功能。目前,高档轿车的自动空调系统已经与车身计算机系统组成局域网络,计算机可以根据车内外的环境条件,自动控制空调系统。通过计算机控制,不仅可以实现空调运行与汽车运行的统一,而且可以提高制冷效果,节约燃料,从而提高汽车的整体性能。这种以微机处理器为控制核心的自动空调系统已经在高档轿车及豪华客车上得到了广泛应用,并逐渐向普通汽车推广应用。

我国汽车空调技术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给车内供暖。第二阶段是从20世纪80年代初到20世纪90年代初。20世纪80年代初,我国从日本购进带有制冷功能的汽车空调系统,并将其装配在红旗、上海等小轿车和豪华大客车上。20世纪80年代中后期,中国一汽以及上海、北京、广州、佛山等地的汽车厂从日本、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年代中期到目前,国内一批形成生产规模的汽车空调制造企业纷纷从国外引进先进的压缩机、冷凝器和蒸发器的生产技术和生产线,目前,我国的汽车空调技术已接近世界先进水平。

3. 汽车空调的含义

空调即空气调节,指在封闭的空间内,对空气的温度、湿度及清洁度等进行调节和控制。

汽车空调是汽车空气调节的简称,指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,将其控制在舒适的范围之内。

二、汽车空调的基本功能

现代汽车空调具有以下基本功能。

(1) 调节车内的温度。汽车空调在冬季可以利用供暖装置使车内温度升高,在夏季可以利用制冷装置使车内温度降低。

(2) 调节车内的湿度。

(3) 调节车内的空气流速。夏季空气流速稍大,有利于人体散热降温;冬季空气流速过

大,会影响人体保温。夏季舒适的风速一般为 0.25 m/s ,冬季舒适的风速一般为 0.20 m/s 。

(4) 过滤、净化车内的空气。由于车内空间小,乘员密度大,车内极易缺氧,而车外道路上的粉尘等又容易进入车内造成空气不清洁,影响乘员的身体健康,因此,汽车空调必须具有补充车外新鲜空气、过滤和净化车内空气的功能。现代汽车空调可以将车内环境调控到最适宜的状态,从而改善驾驶员的驾驶环境,提高乘坐舒适性。良好的车内环境,有利于保证行车安全,也有利于保护乘员的身体健康。

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是车内的人,故偏重于对舒适性的要求。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决定的。

三、汽车空调系统的组成

汽车空调系统由制冷装置、供暖装置、通风装置、加湿装置、空气净化装置、控制装置等部分组成,各组成部分的主要作用如下。

(1) 制冷装置:将车内空气或从外部吸进来的新鲜空气冷却,使车内空气变得凉爽、舒适。

(2) 供暖装置:将车内空气或从外部吸进来的新鲜空气加热,达到取暖的目的。

(3) 通风装置:将车外的新鲜空气吸进车内进行换气,同时,它还可以防止风窗玻璃起雾。

(4) 加湿装置:在空气湿度较低时,对车内空气进行加湿处理,以提高车内空气的相对湿度。

(5) 空气净化装置:除去车内的灰尘、气味及有毒气体,使车内空气变得清洁。

(6) 控制装置:对制冷和供暖装置进行控制,使空调正常工作。

四、汽车空调的工作特点

汽车行驶时,汽车空调要承受剧烈、频繁的震动和冲击,所以汽车空调的各个部件应有足够的强度和抗震能力,接头应牢固。汽车空调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。统计表明,因制冷剂泄漏而引起的故障约占全部汽车空调故障的 80% 。

汽车空调系统所需的动力来源于发动机。轿车、轻型汽车、中小型客车的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。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压缩机和独立的供暖设备,这种空调系统称为独立式空调系统。非独立式空调系统会影响汽车的动力性,但设备成本和运行成本低。

汽车为了减轻自重,隔热层通常比较薄,且门窗多,面积大,所以汽车的隔热性能差,热量散失严重。另外,汽车都在室外工作,直接承受太阳的热辐射,经受霜雪的寒冷和风雨的潮湿,工作环境恶劣,条件千变万化。因此,要使车内环境在最短的时间内变得舒适,汽车空调必须具有较强的制冷、制热能力。

五、汽车空调系统的分类

汽车空调系统按不同的分类依据可分为不同的类型。

1. 按驱动方式分类

汽车空调系统按驱动方式可分为非独立式汽车空调系统、独立式汽车空调系统和其他动力源式汽车空调系统三种。

1) 非独立式汽车空调系统

非独立式汽车空调系统又称为被动式汽车空调系统。这种汽车空调系统以汽车发动机为动力源,空调压缩机由汽车本身的发动机直接驱动,并由电磁离合器进行控制。它被称为被动式汽车空调系统是因为其制冷工况受汽车行驶速度和负荷的影响。车速和负荷改变,压缩机转速也随着变化,工况不稳定,特别是在怠速时不能保证有足够的制冷量。其优点是:结构简单,便于安装布置,不增加辅助发动机,占用空间小,质量轻,造价低。其缺点是:由于需要消耗汽车发动机10%~15%的动力,所以会影响汽车的加速性能和爬坡性能。尽管如此,非独立式汽车空调系统由于其较低的成本(相对于独立式汽车空调系统),仍然在市场上占据主导地位。非独立式汽车空调系统一般适用于压缩机功耗不大,而汽车发动机功率也足够的轿车和小客车等。

2) 独立式汽车空调系统

独立式汽车空调系统的压缩机由专门设置的辅助发动机驱动,工况较稳定,即使在停车状况下也能向车内提供冷气。采用独立式汽车空调系统的汽车由于加装了一台辅助发动机,能耗与成本会增加,维护和保养也更复杂。独立式汽车空调系统一般用于长途货车、大型客车等。

3) 其他动力源式汽车空调系统

在特殊情况下,空调压缩机也可由电动机驱动,如雷达指挥车等。

2. 按机组形式分类

汽车空调系统按机组形式可分为整体独立式汽车空调系统、分散式汽车空调系统和组合式汽车空调系统。

1) 整体独立式汽车空调系统

整体独立式汽车空调系统把空调的各个组件全部装在一个专用机架上,自成体系。压缩机由辅助发动机驱动,冷风或热风由风管送入车厢或驾驶室内。这种汽车空调系统的特点是结构紧凑,可安装在地板下,不占用车厢或驾驶室空间,整个制冷系统各个组件的连接管路的制冷剂填充量少,泄漏问题易于控制,但是机组高度受到限制,且系统质量大,要考虑轴负荷的分配要求。

2) 分散式汽车空调系统

分散式汽车空调系统的压缩机、冷凝器和蒸发器等都是相对独立的总成,分散安装在汽车的适当部位。分散安装的方法有很多种,可形成多品种、多规格的产品。其优点是安装灵活性大,有利于轴负荷的分配,缺点是管道往往较长。这种汽车空调系统常用于中、小型汽车。

3) 组合式汽车空调系统

组合式汽车空调系统的蒸发器与冷凝器组合成一体,与压缩机分开。压缩机由主发动机或辅助发动机驱动。

3. 按蒸发器的布置方式分类

汽车空调系统按蒸发器的布置方式可分为仪表板式汽车空调系统、车内顶置式汽车空调系统、立式汽车空调系统、下置式汽车空调系统、后置式汽车空调系统和车外顶置式汽车空调系统。

1) 仪表板式汽车空调系统

仪表板式汽车空调系统通常称为前置式汽车空调系统,是指蒸发器布置在汽车仪表板中间或仪表板下方。轿车、货车、小型旅行车基本上采用这种布置方式。

2) 车内顶置式汽车空调系统

车内顶置式汽车空调系统是指蒸发器布置在车内顶棚下,具体又可以分为前置、中置、后置和侧置几种。

3) 立式汽车空调系统

立式汽车空调系统是指蒸发器为一种特制的直立式结构,安装在前座后面或乘客座侧面。

4) 下置式汽车空调系统

下置式汽车空调系统是指蒸发器布置在汽车中部地板下或后座地板下,通过竖风道将冷风送至车内的横风道。采用这种布置方式时,制冷管路较短,但送风管路较长,增加了送风阻力。

5) 后置式汽车空调系统

后置式汽车空调系统是指蒸发器布置在汽车后面,冷风通过后面侧边的竖风道送至横风道。采用这种布置方式时,蒸发器维修方便,但是蒸发器会占用后座面积。

6) 车外顶置式汽车空调系统

采用这种布置方式时,蒸发器不占用汽车的有效空间,但制冷管路较长,制冷剂压力损失较多。

4. 按送风方式分类

汽车空调系统按送风方式可分为直吹式汽车空调系统和风道式汽车空调系统两种。

1) 直吹式汽车空调系统

直吹式汽车空调系统将经空调系统处理后符合要求的空气直接吹出。直吹式汽车空调系统结构简单,风压损失小,但难以保证送风均匀。一般,轿车、小客车和中小型旅行车常采用这种空调系统。

2) 风道式汽车空调系统

风道式汽车空调系统将处理后的空气通过风道送出。这种空调系统可以把风送到人们所需要的部位,如头部、足部,提高舒适性,但同时也会带来零件数量增多、送风阻力增大等问题。这种空调系统主要用于大中型客车。

5. 按功能分类

汽车空调系统按功能可分为冷暖分开型汽车空调系统、冷暖合一型汽车空调系统、全能型汽车空调系统。

1) 冷暖分开型汽车空调系统

冷暖分开型汽车空调系统是指制冷系统和采暖系统各自独立,温度控制系统也完全分

开。制冷时完全吸入车内空气,采暖时既可吸入车内空气,也可吸入车外空气。这种结构主要用在早期的汽车空调中。

2) 冷暖合一型汽车空调系统

冷暖合一型汽车空调系统在暖风机的基础上增加了蒸发器芯子及冷气出风口,但制冷系统和采暖系统各自分开,不能同时工作。目前,许多轿车都采用这种形式的空调系统。这种形式的空调系统虽然结构合一,但制冷和采暖的功能仍然是分开的。

3) 全功能型汽车空调系统

全功能型汽车空调系统是指集制冷、除湿、采暖、通风、净化等功能于一体的汽车空调系统。

6. 按控制方式分类

汽车空调系统按控制方式可分为手动控制汽车空调系统、半自动控制汽车空调系统、全自动控制汽车空调系统和计算机控制汽车空调系统等。

1) 手动控制汽车空调系统

这类空调系统不具备自动调节车内温度和空气配送方式的功能,制冷、采暖和风量控制等功能均需要使用者手动调节。这种空调系统控制电路简单,通常用于普及型轿车和大中型货车上。

2) 半自动控制汽车空调系统

这类空调系统虽然具备自动调节车内温度和空气配送方式的功能,但制冷、采暖和风量控制等功能仍然需要使用者手动调节。这类空调系统配有电子控制和保护电路,通常应用在普及型轿车和部分中档轿车上。

3) 全自动控制汽车空调系统

这种空调系统具有自动调节和控制车内温度、风量以及空气配送方式的功能,保护系统完善,并具有故障诊断和网络通信功能,工作稳定、可靠,目前广泛应用在中高档轿车和大型豪华客车上。

4) 计算机控制汽车空调系统

这种空调系统是用计算机控制的空调系统,其操纵机构一般为电动式的。

7. 按结合车型分类

汽车空调系统按结合车型可分为轿车空调系统、轻型客车空调系统、大中型客车空调系统、货车空调系统、工程车空调系统等。

六、热力学基础知识

汽车空调与热力学的关系很密切,尤其是汽车空调的制冷系统的工作过程直接与热力学相关。在学习汽车空调的制冷原理之前,我们要先学习热力学的基本概念。

1. 压力

1) 压力的定义

垂直作用于物体表面的力称为压力,物体单位面积上所受到的压力称为压强,在工程上

习惯将压强称为压力,用符号 p 表示。在制冷系统中,制冷剂气体被密封在容器内,其分子不停地运动,频繁地与容器壁发生碰撞,这种碰撞在宏观上表现为垂直于容器内壁的压力,即容器内的压力。气体分子越多,运动的速度越快,容器内的压力就越大。

根据定义,压强的计算公式为:

$$p = \frac{F}{S} \quad (1-1)$$

式中: p —— 气体压强, Pa;

F —— 压力, N;

S —— 压力 F 的作用面积, m^2 。

地球表面包围着一层厚厚的空气层,这层厚厚的空气层就是我们通常所说的大气层。大气层对地球表面物体的压力称为大气压力,简称大气压。标准大气压是指纬度为 45° , 温度为 $0^\circ C$ 时,大气层对海平面的压力,相当于绝对压力 101.325 kPa。

2) 压力的表达方式

工程上,压力有以下几种表达方式。

(1) 绝对压力,即实际压力,以绝对真空作为起点。

(2) 表压力,指压力表上显示的压力,以大气压作为起点。

(3) 真空度,指实际压力低于大气压的数值。实际压力越低于大气压,真空度就越高。

各种压力之间的关系如下:

$$\text{表压力} = \text{绝对压力} - \text{大气压} \quad (1-2)$$

$$\text{真空度} = \text{大气压} - \text{绝对压力} \quad (1-3)$$

2. 温度

温度是表示物体冷热程度的物理量。从宏观上看,当两个物体处于热平衡状态时,其某个物理性质完全一样,表征这个物理性质的物理量就是温度。也就是说,处于热平衡状态的两个物体具有相同的温度。如果两个物体的温度不同,则必然会有热交换,热量会从温度高的物体向温度低的物体传递。从微观上看,温度反映了物质分子热运动的剧烈程度,更确切地说,它反映了物质分子热运动平均速度的大小。物体的温度高,则表示其内部的分子动能大,分子运动的剧烈程度高。

1) 温标

度量温度的标尺称为温标,有摄氏温标、华氏温标、热力学温标等。

(1) 摄氏温标。

摄氏温标习惯上称为摄氏温度,通常用符号 t 表示,其单位符号是 $^\circ C$ 。摄氏温标的规定是:在标准大气压下,将水的冰点定为 $0^\circ C$,将水的沸点定为 $100^\circ C$,把这两点之间分为 100 等份,每一等份即为 $1^\circ C$ 。

(2) 华氏温标。

华氏温标习惯上称为华氏温度,通常用符号 F 表示,其单位符号是 $^\circ F$ 。华氏温标的规定是:在标准大气压下,将水的冰点定为 $32^\circ F$,将水的沸点定为 $212^\circ F$,把这两点之间分为 180 等份,每一等份即为 $1^\circ F$ 。

(3) 热力学温标。

热力学温标习惯上称为热力学温度,也称为绝对温度、开氏温度,通常用符号 T 表示,单

位符号为K。

绝对温度与摄氏温度之间的关系为：

$$T = 273.15 + t \quad (1-4)$$

我国一般采用摄氏温标和热力学温标，而欧美国家则采用华氏温标。

2) 各种温度的定义

(1) 干球温度与湿球温度。

干球温度是指用干球温度计测量的空气温度，湿球温度是指用湿球温度计测量的空气温度。湿球温度计是在干球温度计的感温球上包裹纱布，将包有纱布的一端置于盛有水的容器中，利用纱布毛细管吸水使感温球湿润。

干湿球温差可反映空气的干燥程度，干湿球温差越大，表示空气越干燥。当干湿球温差为0℃时，表示空气中所含的水蒸气处于饱和状态。

(2) 露点温度。

含有一定量水蒸气的空气在冷却时，其湿度会增加，当空气中的水蒸气达到饱和状态，即空气的湿度为100%时，再进一步冷却，空气中的部分水蒸气就会变成露水。露点温度是指空气中的水蒸气开始变成露水时的温度。

(3) 冷凝温度。

在空调系统中，进入冷凝器的气态制冷剂在适当的高压下会转变为液态（冷凝）。在一定的压力下，制冷剂由气态转变为液态时的温度称为冷凝温度。

(4) 蒸发温度。

在空调系统中，进入蒸发器的液态制冷剂在适当的低压下会转变为气态（沸腾）。在一定的压力下，制冷剂“沸腾”，由液态转变为气态时的温度称为蒸发温度。

3. 热量与比热容

物质分子所做的无规则运动称为热运动。当物质分子无规则运动的速度加快（平均动能增加）时，物质的温度就会升高，这说明温度与热有密切的关系。热量是指在热力系统与外界之间依靠温差传递的能量，单位为焦耳(J)。

不同的物质，尽管吸收或放出的热量相同，但其温度的变化却有所不同。单位质量的物体改变单位温度时吸收或放出的热量称为比热容。

4. 显热与潜热

1) 显热

如果物体吸热（或放热）仅使物体分子的动能增加（或减少），即仅使物体温度升高（或降低），并没有改变物体的状态，那么它所吸收（或放出）的热称为显热。

2) 潜热

如果物体吸热（或放热）仅使物体分子的热位能增加（或减少），即仅使物体状态发生改变，而温度不变，那么它所吸收（或放出）的热称为潜热。物态变化包括“固↔液”变化、“液↔气”变化和“固↔气”变化，相应的潜热称为熔解潜热和凝结潜热、汽化潜热和液化潜热、升华潜热和凝华潜热。

制冷是通过制冷剂的状态变化来实现的。在冷凝过程中，气态制冷剂在高温、高压条件

下放出液化潜热而变成液体；在蒸发器内，液态制冷剂则在低温、低压条件下吸收汽化潜热而变成气体。

5. 湿度

湿度用来表示空气中水蒸气的含量，有绝对湿度和相对湿度两种表示方法。

1) 绝对湿度

绝对湿度是指每立方米的湿空气中所含水蒸气的质量，单位为 kg/m^3 。

2) 相对湿度

相对湿度是湿空气中实际所含水蒸气的分压力与相同温度下饱和湿空气中水蒸气的分压力的比值。

相对湿度为 0，表示空气是不含水蒸气的干燥空气，相对湿度越大，表示空气越潮湿，相对湿度为 100%，表示空气为饱和湿空气。

6. 汽化与冷凝

液化、汽化和冷凝过程示意图如图 1-1 所示。

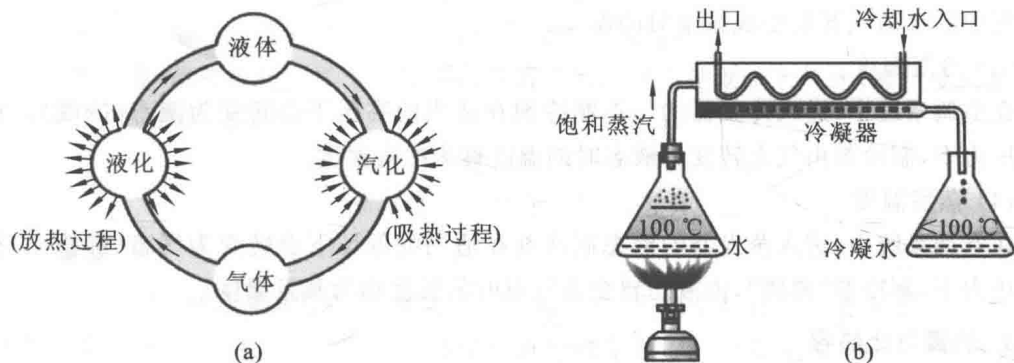


图 1-1 液化、汽化和冷凝过程示意图

1) 汽化

液体吸热，由液态变为气态的过程称为汽化。汽化过程通常是吸热过程，有两种方式：一种是蒸发；另一种是沸腾。

(1) 蒸发。

蒸发是指任何温度和压力下在液体表面所发生的汽化现象。比如，盆中的水逐渐减少最终消失就是因为水不断蒸发。液体蒸发时汽化的分子需要吸收液体中或外界的热量。因此，液体蒸发的速度与液体温度、液体蒸发面积和液体表面气体的流速等都有关系。

(2) 沸腾。

沸腾是指液体的温度达到沸点时，液体的表面和内部同时进行的汽化现象。沸腾过程也是吸热过程。沸腾需要在一定的压力和温度下才能进行。比如，对水加热，在水烧开前，水面产生蒸汽属于蒸发；当水的温度达到 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 时，水才开始沸腾，即水的内部产生大量的气泡，这些气泡从水面逸出，放出大量的热。

空调制冷系统中进入蒸发器的液态制冷剂的汽化过程实际上是液态制冷剂沸腾的过程，但习惯上将其称为蒸发。制冷剂在蒸发器中汽化时需要从蒸发器周围的空气中吸收热

量,从而使这些进入车内的空气变冷。

2) 冷凝

气态物质经过冷却而转变为液态的过程称为冷凝。冷凝过程为放热过程。

空调制冷系统中,制冷剂在冷凝器中由气态转变为液态,冷凝过程中放出的热量传递给冷凝器周围的空气,并通过热对流传向大气中。

7. 饱和温度与饱和压力

当液体被放在密闭且被抽成真空的容器(未装满)中时,容器内部的部分液体会因为吸收热量而发生汽化现象,与此同时,也有一部分气体分子因为失去能量而回到液体中。当汽化飞离液面的分子数和液化返回液体中的分子数相等时,上部气体和下部液体处于动态平衡状态,上部蒸汽的密度不再改变,温度和压力也稳定不变,此时的蒸汽称为饱和蒸汽,液体称为饱和液体。饱和蒸汽所具有的压力和温度称为饱和压力和饱和温度。液体加热沸腾时,内部产生大量的气泡,当气泡内的饱和压力等于外界压力时,气泡则上升至液面破裂而放出蒸汽,沸点就是该压力下的饱和温度。对液体加热,可使液体沸腾,而对液体降压也可使液体沸腾,即将不饱和液体的压力降到相应于该液体温度下的饱和压力时,液体也可以沸腾。

空调制冷系统蒸发器内制冷剂的饱和蒸汽如果不被吸走,则容器内的液态制冷剂就不能再吸热汽化,即不能继续制冷,是因为饱和气体的密度不能再发生变化,只有当压缩机吸走部分蒸汽,使之由饱和变成不饱和(压力低于饱和压力)后,才会有液态制冷剂再吸热汽化,使蒸发器内恢复饱和状态。就这样,压缩机不断地从蒸发器吸走蒸汽,蒸发器内的液态制冷剂不断吸热汽化,从而实现制冷的目的,而蒸发器内的蒸发压力和蒸发温度则保持不变。不同的制冷剂在相同的蒸发温度下,其饱和压力是不相同的;同一种制冷剂在不同的蒸发温度下,其饱和压力也是不相同的。蒸发温度越高,饱和压力相应也越高;反之则越低。

8. 过冷与过热

1) 过冷

在制冷技术中,过冷是对液态制冷剂而言的。将冷凝后的液态制冷剂在压力不变的情况下继续冷却,其温度就会比冷凝时的饱和温度更低。当压力不变时,让液体的温度低于该压力相对应的饱和温度的热力过程称为过冷,这时的液体称为过冷液体,其温度称为过冷温度。饱和温度与过冷温度之差称为过冷度。

2) 过热

在制冷技术中,过热是对气态制冷剂而言的。让蒸发器中的干饱和蒸汽继续定压吸热的热力过程称为过热,其结果是使干饱和蒸汽变成过热蒸汽。过热蒸汽的温度称为过热温度,过热温度比干饱和蒸汽的饱和温度更高,两者之差称为过热度。如果保持干饱和蒸汽的温度不变,对其进行降压,也可使干饱和蒸汽变成过热蒸汽。

9. 节流

节流是指流体在管道内流动时,由于截面突然变小而使压力和温度下降的现象。

如图 1-2 所示,流体流向孔口时,由于孔口附近的流动截面积突然变小,流体的流动形