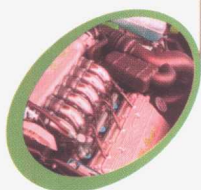
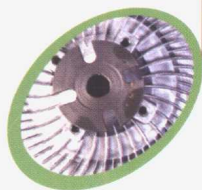


21世纪 全国高职高专汽车检测与维修专业教材

汽车空调系统

原理与维修

劳动和社会保障部教材办公室
组织编写



■ 本专业系列教材适用范围

全国高职高专教学
全国高级技工学校教学
职工在职培训
汽车检测与维修专业人员自学



21世纪全国高职高专
汽车检测与维修专业教材

汽车空调系统原理与维修

王瑞君 杨英俊 编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调系统原理与维修/王瑞君 杨英俊编写. —北京:中国劳动社会保障出版社,
2003.8

21 世纪全国高职高专汽车检测与维修专业教材

ISBN 7-5045-3883-3

I. 汽… II. ①王… ②杨… III. ①汽车-空气调节设备-理论 ②汽车-空气调节设备-车辆维修 IV. U463.85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 109352 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码:100029)

出版人:张梦欣

*

北京外文印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 7.25 印张 176 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

印数:3000 册

定价:14.00 元

读者服务部电话:010-64929211

发行部电话:010-64911190

出版社网址:<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64911344

内 容 简 介

本书是高等职业院校汽车检测与维修专业的教学用书。

本书系统地介绍了汽车空调系统的结构、原理、控制；汽车空调系统的故障诊断方法；维修与检测工具；汽车空调系统的维修与保养技术等。

本书的编写面向汽车检测与维修专业的工作实际，是高等职业院校汽车检测与维修专业的必备教材，还可供从事汽车设计、运用与维修工作的有关人员参考。

本书1~4章由王端君编写，5~8章由杨英俊编写，郑宏飞主审。编写此书过程中，得到了相关专家和同志的大力支持和帮助。在此对他们表示衷心的感谢；编写此书时还借鉴、参考了有关文献、出版物，在此也致以诚挚的谢意！

前 言

我国高等职业技术教育是改革开放的产物，是社会经济发展对职业教育提出的更高层次的要求，是中等职业教育的继续和发展。为了进一步适应经济发展对高等技术应用型人才的需求，国家正在理顺高等职业教育、高等专科学校教育和成人高等教育三者（简称为高职高专教育）的关系，力求形成合力，将目标统一到培养高等技术应用型人才上来。

为了贯彻落实党中央、国务院关于大力发展高等职业教育、培养高等技术应用型人才的指示精神，解决高等职业教育缺乏通用教材的问题，劳动保障部教材办公室从1999年下半年开始，组织部分高校编写了“21世纪全国高职高专专业教材”。这套教材具有三大特点：①为高等职业教育、高等专科学校教育和成人高等教育“三教”的整合与升级服务；②体现高职高专教育以培养高等技术应用型人才为宗旨，使学生获得相应职业领域的职业能力；③以专业教材为主，突出以应用技术、创造性技能和专业理论相结合为特色。目前我们已出版的高职高专专业教材有机械类、电工类和医学美容、汽车检测与维修、国际贸易、建筑装饰等专业的教材，今后还将陆续开发计算机技术、电子商务、机电一体化、数控技术等10余个专业的教材。力争逐步建立起涵盖高职高专各主要专业，符合市场要求，满足经济建设需要的高职高专院校专业教材体系。

在本套教材的编写工作中，我们注意了以下两点：一是目标明确。立足于高等技术应用类型的专业，以培养生产建设、三产服务、经营管理第一线的高等职业技术应用型人才为根本任务，以适应经济建设的需求。二是突出特色。教材以国家职业标准为依据，以培养技术应用能力为主线，全面设计学生的知识、职业能力和培养方案，以“适用、管用、够用”为原则，从职业分析入手，根据职业岗位群所需的知识结构来确定教材的具体内容，在基础理论适度的前提下，突出其职业教育的功能，力争达到理论与实践的完美结合，知识与应用

的有机统一，以保证高职高专教育目标的顺利实现。

编写这套适用于全国高职高专教育有关专业的教材既是一项开创性工作，又是一项系统工程，参与编写这套系列专业教材的各有关院校的专家们，为此付出了艰辛的努力，谨向他们表示感谢。同时由于缺乏经验，这套教材难免存在某些缺点和不足，在此，我们恳切希望广大读者提出宝贵意见和建议，以便今后修订并逐步完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2002 年 11 月

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1—1 汽车与环境	(1)
§ 1—2 空调的发展简史	(4)
第二章 空气和制冷剂的热力性质	(7)
§ 2—1 空气的热力性质	(8)
§ 2—2 制冷剂的热力性质	(13)
第三章 空调系统原理	(17)
§ 3—1 引言	(17)
§ 3—2 空调循环系统	(18)
§ 3—3 冷却系统	(23)
§ 3—4 空调系统负荷	(26)
§ 3—5 传热过程	(28)
第四章 汽车空调系统部件	(32)
§ 4—1 压缩机	(32)
§ 4—2 冷凝器	(34)
§ 4—3 蒸发器	(35)
§ 4—4 节流装置	(36)
§ 4—5 贮液干燥器和集液器	(37)
§ 4—6 管路系统	(38)
第五章 空调系统的控制	(40)
§ 5—1 汽车空调系统常用控制组件	(41)
§ 5—2 空调系统控制电路	(50)
§ 5—3 几种常见车型控制电路	(55)
第六章 系统维修与检测工具	(59)
§ 6—1 维修工具	(59)
§ 6—2 维修设备	(61)

§ 6—3 维修材料及连接配件·····	(68)
第七章 汽车空调系统故障诊断 ·····	(71)
§ 7—1 系统故障诊断的一般方法·····	(71)
§ 7—2 非独立式空调制冷系统故障诊断·····	(75)
§ 7—3 独立式空调制冷系统故障诊断·····	(78)
§ 7—4 制冷系统主要部件故障诊断·····	(79)
§ 7—5 电气系统常见故障诊断·····	(80)
§ 7—6 非独立式空调系统采暖故障诊断·····	(82)
§ 7—7 独立式空调系统采暖故障诊断·····	(83)
第八章 汽车空调的维修与保养 ·····	(84)
§ 8—1 汽车空调系统布置·····	(84)
§ 8—2 汽车空调制冷系统维修、保养基本操作技能·····	(88)
§ 8—3 汽车空调制冷系统维修注意事项·····	(94)
§ 8—4 部分主要部件的拆卸与维修·····	(95)
§ 8—5 汽车空调系统使用、保养·····	(101)
§ 8—6 汽车空调系统维修后性能检测·····	(104)

第一章 绪 论

随着社会生产力和社会经济的快速发展,今天,汽车(通常指轿车、客车)已经成为人们的主要代步工具之一;而今越来越多的汽车上装配空调装置,则表明乘坐环境的舒适性也同样是必备要求。

现在几乎所有的汽车厂商销售的轿车都配载有空调系统,并且这种配置已逐渐推广到大中型客车、公交汽车、载货汽车,甚至其他的非道路机动设备如拖拉机、收割机、推土机等。仅从全球每年销售的轿车数量可以了解到,车辆空调的大量使用(或称普及),对安装、维护和维修技术人员的需求大量增加,使空调维修成为大多数汽车维修保养单位的主要业务之一。

汽车配备空调的目的是使车内温度适宜、空气清洁,以此为乘客提供良好、舒适的乘坐环境,减少旅途疲劳;同时改善驾驶员的劳动条件,有利于安全驾驶。由此可见,汽车空调所具备的功能是:①调节空气的温度、湿度和风度,使车内人员获得冷暖舒适的感觉,这种感觉称热舒适感;②保证空气的洁净和空气的质量,有利于车内人员的健康或减少对车内人员健康或身体的危害。

§ 1—1 汽车与环境

汽车是一种高度机动的交通工具。相同配置的车,可能需要有适应不同气候环境的能力,因此,车外的环境、路况、气候或白昼、夜晚等条件,必定对车内的环境带来直接影响。同样,汽车的普及和使用过程本身也在影响着我们的自然环境。臭氧空洞的形成与汽车所使用的制冷剂泄漏或修理过程中排入到大气中有关;大城市中的空气质量恶化现象与汽车的尾气排放有关。

一、车内空气环境

车厢内空气的温度、湿度、气流速度和空气的新鲜度的综合指标构成其微气候。良好的车内微气候应该满足舒适、卫生、安全等要求。所谓舒适是指人在该空间内感觉到不冷、不热,没有异味,或者空气清新(注意劣质的空气清新剂可能含有对人体有害的物质)等。卫生条件通常意味空气中不应或少含对人体有害的物质或粉尘等。同时还应有足够的氧气,防止出现窒息致死现象(确实已出现过这样的事故)。

人体生命活动依靠的能量来源是所摄取的食物,食物在人体内通过新陈代谢被分解氧化,同时释放出能量。一部分直接以热能形式维持体温恒定并散发到体外,另一部分为机体所利用的能量,但最后也有一部分或大部分以热能形式散发到体外。人体的热舒适感觉是建立在产热和散热保持平衡的基础上的。产热量大于散热量,有热的感觉;产热量小于散热量,有冷的感觉;产热量等于散热量时,就会有冷暖合适的感觉。人体散热除与性别、活动

量大小、穿衣多少、体质情况以及年龄等有关外，还与空气的温度、湿度和流动速度有关。在热舒适性方面，空调是通过调节空气的温度、湿度和流动速度使人体与环境间的散热量改变，从而产生舒适与否的感觉。

人的体温基本上保持在 37°C 左右，体温上升或下降时都会感到不舒服。体温升到 40°C ，出汗停止，如不采取措施，则体温迅速上升，当体温上升到 43.5°C 时人即死亡。人体与空气之间的热量传递可以有对流换热、辐射换热以及通过水分蒸发散热（呼吸、出汗排出水分）等方式。

对流换热、辐射换热的快慢均与微气候环境空气温度、周围物体温度高低紧密相关。显然空气的温度和周围物体的温度越低，人体向外散热越容易。夏季阳光照射下的车厢内总是很热的，即便开着车窗，我们也会感到车内比外面还要热，这是因为车厢的内表面、座椅、物品等在吸收了太阳光的热量后温度高出了周围的空气温度，这些物件会通过辐射换热向人体传热。

水分蒸发散热取决于人体体液（水分）散失量的大小， 1 kg 体液大致可带走约 4.2 kJ 热量。体液蒸发速度与空气中的水分饱和程度，也就是相对湿度多少有关。空气的湿度越小，体液越容易蒸发，所散的热也越多。所以夏天车厢内空气温度下降不多时，如果能使湿度保持较低（干燥）的水平，也会增加人体的凉爽感。但在低温时，潮湿的空气会降低衣服保温性能，从而增加人体的冷感。

风速大小是影响对流换热和水分蒸发散热的主要因素之一。气流速度大时，对流换热系数和湿交换系数增加，使对流散热和水分蒸发散热增加，人体有冷的感觉。单个电风扇吹出的风，尽管温度和湿度不变，但容易使人感到凉快就是这个道理。

可见车厢内的热舒适性与温度、湿度以及风速有关，而且这三者相互关联。一个温度较高（不容易散热），但风速较大（容易散热）的空气环境，可能与一个温度较低（容易散热）、风速较小（不容易散热）的空气环境给人以同样的冷热感觉。空气湿度小（即比较干燥），那么空气温度即便稍高些，也会使人感到比较凉快，反之空气湿度大时（很潮湿的空气），需要有比较低的温度才会使人舒适；另外从空调装置送出的风速如果过大的话，同样会使人感到不舒服（冷的感觉）。

车内最佳温度：通常认为以 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 为宜。气温过高，会加重乘员心血管系统的负担，损害中枢神经系统的功能，对驾驶员则会降低支配注意和集中注意的能力，反应迟钝。人体散热受到限制，还会引起疲劳甚至患病。气温过低，增加驾驶员身体的热能消耗，四肢行动不灵活，动作迟缓，操作失误。若空气温度过低或气流速度过大，乘员身体过冷，易患感冒或其他疾病。一般而言，如果冬天能使车内温度维持在 $15\sim 18^{\circ}\text{C}$ ，夏天维持在 $22\sim 27^{\circ}\text{C}$ ，湿度的范围大约在 $30\%\sim 70\%$ 之间，对大多数人会产生舒适的感觉。

汽车空调系统还应能够除去空气中的污染物质，使车内的空气达到洁净的要求，这即为空气质量的控制。空气中的一类污染物包括灰（粉）尘、烟雾、微生物、花粉及令人不快的气味等。去除空气中这类污染物的方法称净化。一般常见的方法有：①过滤除尘，用过滤器过滤掉这些污染物，适用于空调的过滤器称初效过滤器，对较大的灰尘（ $>5\text{ }\mu\text{m}$ ）可以有效过滤。通常，车内空气只需要做一般过滤净化处理即可满足要求。②静电除尘，空气流过时其中的灰尘在电极的作用下带上负电荷被正极吸附，从而使之过滤掉。

另一类是空气正常成分以外的一些气体和蒸汽，种类繁多，且多为微量，有时会造成对

人体健康的危害，必须将这些气体的含量浓度降到允许的限度以下。这些成分主要靠向车内送新风以稀释并排出车内受污染的空气，如此可保持车厢内的空气处于卫生和不影响健康的水平，同时又补充了车内人员所消耗的氧气。粗略估计，在车内每人每小时大约需要新鲜空气 20 m^3 。

汽车内空气状况受到内外两方面的影响，一方面是车内人员散出的热量使车内温度升高，排出的二氧化碳等气体及吸烟等使车内空气污浊，及车辆的内饰物所散发出的有毒气体如甲苯、乙醛等；另一方面是车辆行驶过程中外界的阳光辐射，车外炎热的空气等使车内气温上升，及车外空气中的污染物也会进入车厢内造成对车内的污染等。

二、车外条件对乘员的影响

汽车直接暴露在阳光、雨或风雪中，环境的变化很容易使车内微气候条件发生变化。车厢结构特点决定了车内外的隔热、密封条件不可能做到完美无缺，另外汽车的行驶速度变化等，使得车厢内的空气条件无法保持在一个稳定的舒适状态下。

相对于车厢容积而言，车体表面积比较大且有效隔热困难；为保持有良好的视野，现代汽车的玻璃窗面积相对较大，大量的太阳辐射热会透过玻璃窗进入车内。可见在夏季环境车外会向车内传递大量热量。据测量，在我国大部分地区，夏季汽车长时间停留在烈日下，车内温度会上升到 50°C 以上。

当车辆在城市内道路上行驶并且无风时，一旦遇上交通阻塞，发动机的尾气、燃油蒸气和路面扬起的尘土等在车厢密封不良或车窗敞开的条件下会进入车内，使车内空气质量严重下降或说受到污染。汽车内的有害气体主要是一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化合物以及车内装饰件散发出的有毒气体等。

三、汽车对环境的影响

汽车排放出的尾气是城市大气污染的主要原因之一。汽车空调系统中的制冷剂释放大气中将带来另一种环境破坏。

地球大气主要是由氮气、氧气等组成。氮是一种惰性气体，其体积约占大气总体积的 78%，氧气则是维持生命活动的基本必需气体，其体积约占 21%。除此还有其他一些气体，不过它们的体积百分比比较微小。但是它们有些在我们的环境中起着极为重要的作用，例如二氧化碳气体，虽然它在大气中的成分仅有 350×10^{-6} ，但它可吸收红外辐射。适量的二氧化碳气体使地球表面保持在一定的温度范围，适应生命活动，该现象称为温室效应。有些气体给我们带来了极大的问题，如大量排入环境中的二氧化硫气体会形成酸雨；过量排放的二氧化碳气体造成了全球性气温变暖；因大量制冷剂气体排入大气而造成平流层中臭氧的减少等。

臭氧是大气中的另一种稀有气体，其体积百分比极小，约 0.4×10^{-6} 。臭氧分子是由三个氧原子组成。在高浓度下，臭氧是一种看上去呈蓝色并且有毒的气体，臭氧具有刺激性臭味。氧气与之不同，有两个氧原子组成，无色、无味。这两种气体对地球生命活动都是不可或缺的。

大气层中的臭氧主要分布在离地球海平面 $15 \sim 35\text{ km}$ 之间。大气层可分为三个不同的层，离地面最近的一层称对流层，这一层高度约有 11 km ，大部分气体都集中分布于此层。气象变化如风、雨等都在这一层中。离地面 $11 \sim 48\text{ km}$ 范围为平流层。阳光中紫外线作用于平流层中的氧气是臭氧形成的基本原因。赤道区域阳光最强烈，所以地球上大部分臭氧在

这一区域形成。在微弱的地球风循环作用下，臭氧向整个平流层扩散。平流层内臭氧所处的高度不同，以赤道处最低，南北两极为最高。最外层 48~480 km 的范围称电离层。

电离和紫外线的作用能够产生臭氧。但是，平流层中的氯（Cl）在紫外线照射条件下，会与臭氧发生光化学反应。氯原子与臭氧分子反应的结果是形成一个氧分子、一个一氧化氯分子。但是氯原子很快从氯的氧化物中分离出来，如此这个氯原子又可以与另一个臭氧分子发生反应。在一定时间内，一个氯原子与臭氧发生一系列反应使成千上万个臭氧分子转化为氧分子。这是一种几乎无穷尽的链式反应，能够持续数年以至上百，甚至更久，直至氯分子沉降入对流层或与另一物质结合成化合物。

氯的来源是碳氯氟化合物（CFC_s），这是一类人工合成的化合物，含有氯（Cl）、氟（F）、碳（C），通常还含有氢（H）。CFC_s 是非常稳定的化合物，不燃烧、不爆炸，无腐蚀性、无刺激性、无味低毒。由于在低温下很容易蒸发，十分适合用作冷冻和空调系统中的制冷剂（以前生产的汽车空调所使用的制冷剂为 CFC-12），也可用于其他如清洗电子元器件的溶剂、泡沫塑料的发泡剂、灭火剂、气雾剂等。因为 CFC_s 化合物的化学稳定性很好，可在大气中长期存在而不被分解，但当它进入到大气的平流层中，同那里的氮氧化物起反应，产生氯原子。

进入大气层的太阳射线包括从紫外线、可见光到红外线等不同波长的射线，过量紫外线照射会对人体及其他生命体产生很严重的破坏，减弱人体免疫系统的功能，引起如晒伤、皮肤癌、灼伤眼睛、白内障以及早衰、皮肤起皱等疾病。据推测，臭氧每减少 1%，白内障的发病率可能会增加 0.3%~0.6%、非黑色素瘤皮肤癌发病率增加 3%。过量紫外线辐射也能引起通过杀死海洋中的微生物等而使食物链中断，使某些种类生物的自然食物源减少或缺乏。植物的生命及谷物等也可能因过量的紫外线辐射而破坏，造成粮食减产，植物的营养成分减少等。

大气中的臭氧能够吸收部分紫外线，从而使地球表面的生物、植物等生命体免受过量紫外线辐射，臭氧层实际上是地球动植物的保护屏障，臭氧的减少会让过量的紫外线到达地面。

为此，1987 年的“蒙特利尔议定书”规定，发达国家从 1996 年 1 月 1 日起全面禁止使用 CFC_s 类物质。汽车空调系统所使用的不对臭氧层构成威胁的制冷工质是 HFC-134a，它不含氯（注意新闻媒体常称其为无氟工质），化学分子式 CF_3CFH_2 ，其制冷特性与 CFC-12 接近。CFC-12 的化学分子式是 CCl_2F_2 ，注意其中有两个氯原子，这是破坏大气臭氧层的化学元素。

§ 1—2 空调的发展简史

一、汽车空调的功能

空调一般是指对人生活或活动的室内空间气候进行调节，使之形成一个使人体感觉到舒适的小气候环境，也称微气候。形象地说，冬天的调节是保持这个小环境温度高于外面的温度，使人进入后有温暖的感觉；夏天的调节则保持它的温度低于外面的温度，在这样的条件下，人们会产生凉爽的感觉。但这只是空调任务的一个方面。

完整地说，空调或空调装置的主要任务有三个方面的。温度的调节是其中的一个主要功

能，另外还应调节空气的洁净度和空气的品质。空气的洁净度是指空气中的有害物如灰尘、花粉、微生物、烟雾等含量的多少。含量少，我们就称这样的空气为洁净的。所谓品质是指空气中微量有害气体的含量（浓度），如一氧化碳气体、氮氧化合物和碳氢化合物等。空气中的含氧量、温度、洁净度和品质的调节总是相互关联的。

二、空调的应用与发展历史

空调早先的需要是夏天把空气温度用人工手段降下来，冬天把气温升上去，使人在室内感到冷暖合适。即便是夏天用扇子或电风扇纳凉，用今天有关人体热平衡的概念分析，也是一种空调的手段。而今，空调的含义是建立在现代科学、现代生产技术能力以及工业化生产基础之上的，同时也建立在工业化生产所带来的各种环境污染问题的基础上。由此，空气调节不但包含了有关人体热舒适的内容，而且还应该考虑空气的洁净度和质量。

汽车空调最早是用煤炭燃烧取暖开始的。到1925年，美国开始有利用汽车发动机冷却水的热量取暖的。现在我们仍能看到由一台暖风机向车厢内提供热风的取暖系统，这可以说是一个比较完整的空调装置的雏形，可是这种系统只能在冬天起作用。

到1940年才开始在汽车上出现研制成形的汽车冷气机，当时所谓的空调不过是将房间空调机装到了汽车上而已。把暖风系统和这样的冷气机组合在一起，初步形成了我们今天的汽车空调系统。

1962年，美国销售的所有汽车中，仅有约11%的车上装备空调系统。但5年后装有空调的汽车数量大幅度增长。到上世纪90年代中期，在美国售出的汽车中，有近90%的车辆带有空调。欧洲，由于气候的关系，汽车空调的发展略为延迟些。但是，其增长速度同样惊人。虽然汽车空调开始时仅作为一种奢侈品，但是随着其带来的好处（舒适、卫生、安全），很快成为一种必需品而作为标准配置。

在我国汽车市场上，大部分销售的轿车，无论是国产还是进口的，包括微型轿车在内，均把空调作为标准配置。

汽车空调的发展速度惊人，同时其技术进步也很快，轿车空调系统的压缩机、冷凝器、蒸发器等部件的体积、质量、能耗等都有了明显的降低，自动化控制水平得到很大的提高。

空调压缩机是整个空调系统的主要部件，功率消耗较多，所以一直是研究和开发的重点。起初，汽车空调采纳了与普通制冷压缩机相差不多的结构，其活塞由曲柄连杆机构驱动。其后，采用一种称为旋转斜盘或叫摆盘的机构驱动活塞。这种压缩机结构紧凑、轴线方向较长、高度较小，呈卧式，非常适合布置在发动机边上，是目前汽车空调压缩机的主要型式。结构更为紧凑，体积和质量更小的是旋转叶片压缩机，一组装有叶片的转子在轴的带动下旋转，不断改变叶片和汽缸之间的空腔容积，使制冷剂得以压缩。由于节省了活塞和相应的驱动机构，压缩机的体积大幅缩小，效率很高。

上述几种压缩机都是以一个冲程或压缩容积的变化为周期工作的，所以排气管道内的制冷剂蒸气也以同样的周期流过，并且压力也有这样的周期性变化。还有一种压缩机，工作过程中所提供的制冷剂压力几乎没有这样的变化，它是由一个称之为旋转涡形管和固定涡形管相互作用而工作的，制冷剂由压缩机吸气口进入后，由旋转涡形管的转动完成封闭吸气口，减少容积使之压缩，最后排出。这种系统能耗进一步降低，制冷效率更高。从满足汽车空调负荷的大幅度变动角度而言，变容积压缩机是最好的选择。通过某种控制手段，改变摆盘的摆动角度，使活塞的行程改变，空调系统中的制冷剂流量发生改变，以适应任何汽车空调负

荷的变化要求。车内的温度由改变压缩机排气容积控制，而不是通过压缩机循环离合器的周期性开、关控制。这样，提供了一个更好的平稳的温度控制方法，而且消除了循环离合器带来的噪声问题。

围绕着达到节能、小型轻量化、提高效率、降低振动和噪声等目标，空调压缩机的材料和体积发生了很大的变化。据有统计的数据表明，汽车空调压缩机大量采用铝合金后，从1968年到1981年，质量减轻了45%。1980年以来，随着生产技术的进步，多缸化压缩机产品日趋成熟，压缩机的质量和体积进一步减小，如雪佛兰、福特、本田、三菱、丰田等公司生产的一些型号的轿车上已装备有十缸压缩机。

蒸发器和冷凝器的制造材料经历了从铜材到铝材的改变，使部件质量得以下降，与此同时强化传热的研究成果，使这两类部件的体积、质量趋于更小，材料更节省。

由于R-12制冷剂被禁用，在生产领域又推动了对制冷系统的一系列改进，以适应制冷剂R-134a的使用。

三、汽车空调的运行费用

对于非独立式汽车空调系统来说，系统工作时所需要的动力来自汽车发动机，通常对高档车辆而言，动力储备是足够的，问题是对于一些小排量经济型轿车而言往往动力储备不足，会使人感到空调性能有所欠缺，车辆的加速性不够理想。空调系统的使用，将会使汽车的百公里油耗增加。但在道路条件良好的情况下，例如，汽车在高等级公路上行驶，关闭窗口，打开空调系统，其百公里油耗比开着窗户而关闭空调的情况要低，究其原因是当汽车高速行驶时，空气阻力是车辆的主要阻力，发动机的动力用于克服这些阻力，关闭车窗可使空气阻力下降而补偿空调负荷。所以当汽车高速行驶时，使用空调系统关闭车窗是可以节省燃油的。

第二章 空气和制冷剂的热力性质

汽车空调系统中,有两种物质在流动以完成空气的调节过程,它们是空气和制冷剂。空气在车内通过流动的方式吸收车内热量、人体的散热;制冷剂在系统中的流动可以将空气中的热量从汽车内送往车外。本章向读者介绍有关空气和制冷剂的知识。

以下先介绍常用的几个参数:压力、温度、比体积、热力学能、焓。

压力:单位面积上所受到的垂直作用力在物理上称压强,用符号 p 表示,我们这里习惯上称压力。压力的单位是牛/米² (N/m²),记作 Pa,读“帕”。有:

$$p = \frac{F}{A} \quad (2-1)$$

式中 F ——垂直作用力, N;

A ——表面积, m²。

地球表面各处空气的压力称当地大气压,可用符号 p_b 表示。纬度 45°处海平面上常年平均大气压力为 101 325 Pa,这就是标准大气压。可见 Pa 的单位太小,故常用其千倍 kPa 和兆倍 MPa 表示。关系为:

$$1 \text{ MPa} = 1\,000 \text{ kPa} = 1\,000\,000 \text{ Pa} \quad (2-2)$$

在空调系统的维修中常用压力表测定制冷剂在系统内各处的压力,此时从表上读到的数据称表压力,记为 p_g ,它的单位也是 kPa 或 MPa。压力 p 与该数值间有如下关系:

$$p = p_g + p_b \quad (2-3)$$

式中 p_b ——当地大气压。

温度:温度是表示物体冷热情况的一个参数。常用摄氏度作温度单位,符号为“℃”,这样的温标称摄氏温标。在国际制单位中,还有一种温度单位称热力学温标(又称绝对温标、开尔文温标),符号为“K”。用摄氏温标表示的温度称摄氏温度,符号为 t ;用热力学温标表示的温度称热力学温度,符号为 T 。两者间的关系为:

$$T = t + 273.15 \quad (2-4)$$

一般场合下只用 $T = t + 273$ 即可。

比体积(又称比容):指 1 kg 物质所具有的体积,符号为 v ,单位为 m³/kg。气体(包括空气)在压力发生变化时,比体积很容易随之发生改变。

$$v = \frac{V}{m} \quad (2-5)$$

式中 m ——物质的总质量, kg;

V ——物质的总体积, m³。

热力学能(又称内能):指物体内部分子运动、分子之间相互作用而形成的能量,后面该能量将用符号 U 表示,单位为焦耳,符号为 J。经常会用 1 kg 物质的热力学能作为计算

量, 此时的热力学能可称其为比热力学能 (质量内能), 符号为 u , 单位为 J/kg 。

焓: 热力学能、物质体积及所处压力的乘积之和称焓, 符号为 H , 单位为 J 。比热力学能、压力和比体积的乘积之和叫比焓。一般比焓也简称为焓, 符号为 h , 单位为 J/kg 。在工程上常用千焦耳为单位, 符号为 kJ 。

$$H = U + pV \quad (2-6a)$$

$$h = u + pv \quad (2-6b)$$

可以看出, 焓实际上也是物质具有能量大小的一种度量。压力与体积的乘积也是一种能量, 比如高压气瓶内冲出的气流。

§ 2-1 空气的热力性质

空气中除氧气、氮气外, 还含有水蒸气以及其他一些体积分数极微小的稀有气体, 下面讨论时把这些气体分成两部分, 一部分为水蒸气, 另一部分为氧气、氮气、除水蒸气外其他气体等的组合。如果空气中不含水蒸气, 则将它称作为干空气。但自然界的水通常都会汽化, 故空气中总含有一定量的水蒸气。含有水蒸气的空气称之为湿空气。汽车空调运行过程中, 湿空气在一定的条件下, 会分离出液态水, 这对空调设备处理空气时带来相应的影响。

一、干空气的热力性质

干空气不含水蒸气, 它的压力 p 、体积 V 和温度 t 之间有如下关系:

$$pV = 287m(t + 273) \quad (2-7)$$

这里压力、体积和温度的单位分别取 Pa 、 m^3 和 $^{\circ}\text{C}$, m 是空气的质量, 单位为 kg 。在常温常压下干空气的质量和体积在数值间近似有如下关系:

$$m \approx 1.2V \quad (2-8)$$

空气的焓值可由下式计算:

$$H = 1.004mt \quad (2-9a)$$

焓的单位为 kJ 。或每千克干空气的焓值:

$$h = 1.004t \quad (2-9b)$$

h 称比焓, 单位为 kJ/kg 。

空气被加热或冷却时所需要的加热量或放热量 Q 可由空气进出加热或冷却设备的焓差计算:

$$Q = H_2 - H_1 \quad (2-10a)$$

或每千克空气:

$$q = h_2 - h_1 \quad (2-10b)$$

H_1 (h_1)、 H_2 (h_2) 分别表示进、出加热或冷却设备的焓值 (比焓值)。由焓的计算式可见, 被加热的空气量越多, 被加热温差越大, 则加热量就需要越大。

二、水蒸气的热力性质

水蒸气的压力、体积和温度间的关系在绝大多数条件下没有空气那么简单。由于空气中, 水蒸气的含量很少, 故它的分压力很小, 这部分水蒸气的压力、体积和温度间的关系也可以简单地表示为:

$$pV = 461m(t + 273) \quad (2-11)$$

式中的单位同式 (2-7)。当体积 V 取为湿空气总体积时, 则压力 p 应取水蒸气的分压力; 或体积取水蒸气的分体积时, 压力就应取空气的总压力。

日常生活中我们经常可以观察到在 1 个标准大气压下 (1.01×10^5 Pa) 的水被加热到温度约为 100°C 时, 水会发生沸腾的现象, 我们认为液态水转变成了水蒸气。事实上液态水转变为水蒸气的过程 (称汽化过程) 远在我们看到沸腾现象前早已存在。自然界中液态水转变为气态的过程是处处存在的, 只要空气中的水蒸气分压力小于液态水的温度所对应的饱和压力, 一部分水就会汽化进入空气中。空气中的水分就是由江、湖、河、海中的水蒸发而来的。汽化过程需要吸收大量的热量; 相反的过程, 水蒸气重新变为液态水则称冷凝, 会将汽化时吸收的热量释放出。汽化和冷凝过程所吸收或放出的热量称汽化潜热。必须注意到水在蒸发时, 需要吸收大量的热量, 每千克水在 0°C 汽化时吸热量为 2501 kJ, 环境温度下水蒸气的比定压热容近似为 1.859 kJ/(kg· $^\circ\text{C}$), 所以空气中水蒸气的焓为:

$$h = 2501 + 1.859t \quad (2-12)$$

三、湿空气的热力性质

前已述, 湿空气 (可简称为空气) 是由干空气和水蒸气所组成的。不同气候条件下, 空气中水蒸气含量不同。为能够确切表示这些差异, 可选用两个基本参数, 压力和相对湿度表达。

1. 湿空气的总压力和分压力

根据湿空气组成成分分为干空气和水蒸气, 湿空气的压力也就由它们的分压力所组成:

$$p = p_a + p_v \quad (2-13)$$

式中 p ——湿空气的总压力, Pa;

p_a ——干空气的分压力, Pa;

p_v ——水蒸气的分压力, Pa。

水蒸气的分压代表湿空气中水蒸气量的多少。当湿空气的总压和温度一定时, 湿空气中能容纳的水蒸气是有限的, 其最大值由湿空气对应温度下水蒸气的饱和压力 p_s 确定。当湿空气所含水蒸气的分压力 p_v 低于湿空气温度对应的水蒸气饱和压力 p_s 时, 则水蒸气处于过热状态, 这样的湿空气称未饱和空气; 如果水蒸气分压力 p_v 等于饱和压力 p_s , 则水蒸气处于饱和状态, 这样的湿空气称饱和空气。未饱和空气具有吸收水分的能力, 而饱和空气不能再吸收更多一点的水分。

在空调过程中, 相关的水蒸气饱和温度与饱和压力的关系见表 2-1。

表 2-1 水蒸气饱和温度与饱和压力 (0~55 $^\circ\text{C}$)

温度 ($^\circ\text{C}$)	压力 (Pa)	温度 ($^\circ\text{C}$)	压力 (Pa)	温度 ($^\circ\text{C}$)	压力 (Pa)	温度 ($^\circ\text{C}$)	压力 (Pa)
0	611	9	1 148	18	2 064	27	3 556
1	657	10	1 228	19	2 197	28	3 781
2	706	11	1 313	20	2 338	29	3 995
3	758	12	1 402	21	2 480	30	4 245
4	813	13	1 498	22	2 644	35	5 626
5	872	14	1 598	23	2 802	40	7 381
6	932	15	1 705	24	2 985	45	9 590
7	1 002	16	1 818	25	3 160	50	12 345
8	1 072	17	1 938	26	3 362	55	15 752