



高职高专汽车类规划教材
国家技能型紧缺人才培养培训系列教材



汽车空调

龚文资 陈振斌 主编

党宝英 主审



3.85-43
4



化学工业出版社



高职高专汽车类规划教材
国家技能型紧缺人才培养培训系列教材



汽车空调

龚文资 陈振斌 主编

党宝英 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书内容深入浅出,系统地阐述了汽车空调系统的结构、工作原理以及故障诊断和维修技术,以国家职业标准为依据,以培养学生技术应用能力为主线,以“适度、实用、够用”为原则,理论知识与实训项目相结合,突出职业教育的特点。全书共六章,具体内容有汽车空调概述、汽车空调制冷系统、汽车空调取暖与配气系统、汽车空调系统的控制电路、汽车空调自动控制系统及汽车空调系统的使用、维护与检修。本书配套有电子教案,可方便老师教学。

本书可作为高职高专院校、成人高校、培训机构等汽车类专业教材,也可供相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调/龚文资,陈振斌主编. —北京:化学工业出版社, 2010.5

高职高专汽车类规划教材

国家技能型紧缺人才培养培训系列教材

ISBN 978-7-122-07882-7

I. 汽… II. ①龚…②陈… III. 汽车-空气调节设备-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036475号

责任编辑:韩庆利

文字编辑:张燕文

责任校对:边涛

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)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张14¼ 字数366千字 2010年5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:25.00元

版权所有 违者必究

前 言

随着汽车工业的发展和人们对汽车舒适性、安全性、可靠性要求的提高,空调系统已成为现代汽车的标准装置。由于电子技术的高速发展和在轿车上的应用,空调系统的结构也越来越复杂,控制部分的电子化程度也越来越高,许多高级轿车已采用微机控制的自动空调系统。为满足高职汽车专业教学的需要,使广大汽车维修人员系统掌握现代汽车空调的结构、原理和维修技术,我们编写了此书。

本书内容深入浅出,系统地阐述了汽车空调系统的结构、工作原理以及故障诊断和维修技术,以国家职业标准为依据,以培养学生技术应用能力为主线,以“适度、实用、够用”为原则,理论知识与实训项目相结合,突出职业教育的特点。

全书共六章,内容包括汽车空调概述、汽车空调制冷系统、汽车空调取暖与配气系统、汽车空调系统的控制电路、汽车空调自动控制系统及汽车空调系统的使用、维护与检修。

本书由龚文资和陈振斌担任主编,党宝英担任主审。全书共分六章,绪论和第三章由陈建编写,第一章和第六章由陈振斌编写,第二章由张建珍编写,第四章和第五章由龚文资编写。

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,如果有需要,可发邮件至 hqlbook@126.com 索取。

由于时间仓促及编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请批评指正。

编 者

2010年2月

目 录

绪论	1
一、本课程的性质与任务	1
二、汽车空调的发展史	1
三、汽车空调的特点	2
四、汽车空调技术的发展趋势	3
五、汽车空调的性能评价指标	6
复习思考题	7
第一章 汽车空调概述	8
第一节 制冷技术基础	8
一、温度	8
二、压力	8
三、汽化与凝结	11
四、饱和温度和饱和压力	12
五、热量	14
六、显热和潜热	15
七、热力学定律	16
第二节 汽车空调系统的功能及组成	17
一、汽车空调的功能	17
二、汽车空调的组成	18
第三节 制冷剂与冷冻机油	24
一、制冷剂	24
二、冷冻机油	29
第四节 汽车空调制冷系统的工作原理	32
一、普通轿车空调制冷系统的工作原理	33
二、大客车空调制冷系统的工作原理	34
实训 1-1 汽车空调及制冷系统的认识	36
实训 1-2 汽车空调制冷系统的拆装	38
复习思考题	43
第二章 汽车空调制冷系统	44
第一节 压缩机	44
一、汽车空调压缩机的作用与工作过程	44
二、汽车空调压缩机的分类	45
三、往复式压缩机的结构与原理	46
四、旋转式压缩机的结构与原理	50
五、压缩机的检修	55
第二节 热交换器	57
一、冷凝器的原理与结构	57
二、冷凝器的基本维护与检修	60

三、蒸发器的原理与结构	60
四、蒸发器的基本维护与检修	62
第三节 膨胀阀	62
第四节 储液干燥器、气液分离器	67
一、储液干燥器	67
二、气液分离器	69
三、油分离器	69
四、连接软管	69
五、维修辅助阀	70
实训 2-1 汽车空调压缩机的拆装、检修与调整	72
实训 2-2 热力膨胀阀的拆装与调整	78
复习思考题	80
第三章 汽车空调取暖与配气系统	81
第一节 汽车空调取暖系统	81
一、汽车空调取暖系统的作用与类型	81
二、余热式取暖系统	82
三、独立燃烧式取暖装置	85
第二节 汽车空调配气系统	87
一、通风与配气系统	87
二、控制面板	92
三、手动控制系统	94
实训 3-1 汽车空调面板控制的认识	99
实训 3-2 汽车空调配气系统的拆装与检修	103
复习思考题	106
第四章 汽车空调系统的控制电路	107
第一节 常用控制装置	107
一、温度控制装置	107
二、怠速控制装置	109
三、空调放大器	110
四、压力开关	111
五、安全保护装置	113
六、发动机的功率保护装置	115
第二节 汽车空调电路分析	117
一、鼓风机控制电路	117
二、冷凝器散热风扇控制电路	118
三、压缩机电磁离合器控制电路	122
四、通风系统的控制	124
第三节 汽车空调控制电路实例	124
一、单风口空调电路	124
二、上海桑塔纳轿车空调电路	125
三、富康轿车空调电路	126
实训 4-1 汽车空调电气系统故障诊断	128
实训 4-2 捷达前卫轿车(2V 电喷发动机)空调电路的检修	133

复习思考题	135
第五章 汽车空调自动控制系统	136
第一节 电控气动的自动空调系统	137
一、电控气动半自动空调系统	137
二、电控气动全自动空调系统	139
第二节 微型计算机控制的自动空调系统	140
一、系统简介	140
二、微机控制自动空调系统的工作原理	141
三、凌志 400 (LS400) 自动空调控制系统实例	153
实训 5-1 广州本田雅阁轿车自动空调系统控制电路的分析	163
实训 5-2 广州本田雅阁轿车自动空调系统的故障自诊断及检修	167
复习思考题	177
第六章 汽车空调系统的使用、维护与检修	178
第一节 汽车空调的日常维护	178
一、汽车空调的正确使用	178
二、汽车空调的例行检查	179
三、汽车空调的定期维护	181
第二节 常用检修工具及设备	183
一、通用工具	183
二、常用设备	184
三、专用工具与设备	184
第三节 汽车空调维修的基本操作技能	189
一、操作注意事项	189
二、制冷剂的排放与回收	190
三、检漏	191
四、抽真空	193
五、加注冷冻机油	194
六、充注制冷剂	195
第四节 汽车空调系统的故障诊断	198
一、汽车空调系统的基本诊断检测	198
二、汽车空调系统故障分析	201
三、汽车空调系统常见故障的诊断	206
实训 6-1 汽车空调制冷系统的检漏及压力检测	209
实训 6-2 汽车空调制冷系统抽真空、冷冻机油及制冷剂的加注	210
实训 6-3 汽车空调不制冷的故障诊断	213
实训 6-4 汽车空调制冷不足的故障诊断	215
复习思考题	217
参考文献	218

绪 论

空调即空气调节的简称,它是指在封闭的空间内,对空气的温度、湿度、流速及清洁度等空气质量指标进行调节控制。汽车空调是指对汽车车室内的空气质量进行调节的装置。其主要功能是对车室内空气的温度、湿度、流速和清洁度等指标进行调节,使乘员感到舒适,保证乘员的身体健康和行车安全,预防或去除风窗玻璃上的雾或霜。汽车空调装置目前已成为汽车上的基本装置,汽车空调已成为汽车运用与维修专业的一门重要专业课程。

一、本课程的性质与任务

汽车空调是汽车运用与维修专业学生在学习完电工学、电子学、汽车构造、汽车电器等课程,进入最后学习阶段时,为向汽车空调技术领域纵深发展和为就业奠定坚实基础而设置的专业课程。其任务是通过全面系统的学习,使学生掌握汽车空调的基本理论并具备维修基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力、实践能力和创新能力,使其适应汽车行业的发展要求。

汽车空调是一门实践性很强的课程,应做到理论与实践紧密结合,根据条件加强现场教学环节。通过本课程的学习,培养学生具备以下能力。

- ① 具有正确使用汽车空调检测仪器、仪表和维修设备的能力。
- ② 具有对常见空调故障的分析与判断能力。
- ③ 具有独立完成各项空调维修作业的能力。

二、汽车空调的发展史

最原始的汽车空调方式仅仅是开窗换气。最早的汽车空调装置诞生于1927年,它只有加热器、通风装置和空气过滤器三部分,所以只能对车室内供暖。准确地讲,汽车空调的发展史应该从制冷装置在汽车上应用开始。20世纪30年代末期美国的几辆公共汽车上开始安装了制冷装置,可以使车室内空气降温。直到20世纪60年代,汽车空调制冷装置才开始逐步普及起来。总之,汽车空调的发展同其他事物的发展规律一样,它随着汽车的普及和高新技术的应用而逐渐发展起来,经历了从低级到高级,由功能简单到功能齐全,其发展过程可以概括为五个阶段。

第一阶段:单一取暖。1925年首先在美国出现利用汽车冷却液通过加热器的方法进行取暖,1927年发展到具有加热器、通风装置和空气滤清器等比较完整的取暖系统。该系统直到1948年才在欧洲出现,而日本1954年才开始使用加热器取暖。目前,在寒冷的北欧、亚洲北部地区,汽车空调仍在使用单一取暖系统,我国部分货车也仍在使用单一取暖系统。

第二阶段:单一制冷。1939年,美国通用汽车帕克公司首先在其轿车上安装机械制冷降温的空调装置,成为汽车空调的先驱。此技术由于第二次世界大战而停止发展。战后美国经济迅速发展,特别是因1950年美国石油产地气候炎热,急需大量冷气车辆,从而促使单



一制冷的汽车空调迅速发展起来。欧洲与日本直到 1957 年才出现这种单一制冷的汽车。目前,在热带、亚热带地区,汽车空调仍在使用单一制冷系统。

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,使汽车空调具有了调节车室内温度、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、加热、除湿、通风、过滤、除霜功能。这种方式是目前使用量最多的一种。

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,这不仅增加了驾驶员的工作量,而且控制质量也不太理想。自从冷暖一体化空调问世后,美国通用汽车公司就开始研究自动控制的汽车空调,并于 1964 年首先将具有自动控制的汽车空调安装在凯迪拉克轿车上;之后不久,福特和克莱斯勒两大汽车公司也竞相在各自的高级轿车上应用;日本和欧洲到 1972 年才在其高级轿车上安装。这种自动空调装置使用了电子控制的方法,只要预先设定好温度,空调系统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(后合并到三菱集团)联合研究由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,使汽车空调技术发展到一个新的高度。随着微电子技术的发展,微机控制的汽车空调功能在不断增加和完善,实现了控制自动化,显示数字化,冷、暖、通风三位一体化,具有自诊断、执行元件测试、数据流传输等功能。微机控制的汽车空调能根据车内外的环境条件,自动控制空调系统的工作,并且能实现空调运行与汽车运行的相互统一,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废气的热量或冷却系统工作时冷却液产生的热量来供给车室内取暖。

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,我国从日本购进汽车空调制冷系统,装配在红旗、上海等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、佛山等汽车制造厂从日本、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、轻型车及轿车空调。

第三阶段是从 20 世纪 90 年代开始到目前。国内建成一批大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、冷凝器和蒸发器等生产技术和生产线。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,完成了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。

三、汽车空调的特点

汽车上使用的空调系统有别于其他空调系统,所以,了解汽车空调特点,有利于汽车空调的使用与维护。汽车空调的主要特点如下。

1. 抗冲击能力强

汽车空调安装在车辆上,汽车行驶的道路状况各种各样,所以汽车空调的工作条件十分恶劣,要求汽车空调有较强的抗冲击能力,要能承受剧烈和频繁的振动和冲击。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易发生制冷剂的泄漏故障,破坏整个空调系统的工作条件,甚至损坏制冷系统的部件。统计表明,汽车空调因制冷剂泄漏而引起的空调故障约占全部故障的 80%,而且泄漏频率很高。



2. 动力源多样

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行驶的动力都来自同一发动机,这种空调系统称为非独立式空调系统。非独立式空调系统在设备成本和运行成本上都很经济,但其制冷性能受汽车发动机的运行工况影响较大,工作稳定性较差。非独立式空调系统中,压缩机运行工况复杂,低速时制冷量不足,高速时制冷量过剩,并且消耗发动机功率较大,影响发动机动力性。汽车上安装了非独立式空调系统后,耗油量平均增加了10%~20%(与汽车的速度有关),发动机的输出功率减少了10%~12%。

大型客车和豪华中型客车,由于所需制冷量和暖气量都很大,一般采用专用发动机驱动制冷压缩机和安装独立的取暖设备,故称之为独立式空调系统。独立式空调系统的制冷性能不受汽车主发动机工况影响,工作稳定,制冷量大。但独立式空调系统需单独加装一台发动机,制造成本增加,而且体积和重量也增加。

3. 制冷制热能力强

安装于汽车上的空调系统,其制冷能力和制热能力要强,其原因如下。

① 车室内乘员密度大,夏天产生热量多,热负荷大,而冬天人体所需的热量也大。

② 为了减轻汽车自重,隔热层薄,且汽车的门窗多、面积大,所以汽车隔热性能较差,热量与冷量流失严重。

③ 汽车在户外工作,直接接受太阳的热辐射,受霜雪风雨的影响,环境恶劣,进入车室内的热量或冷量比一般房间要大得多。经实验测得,在气温35℃,湿度为70%,日射量为3762kJ/(m²·h)的环境下,车辆停放1h,车室内平均温度达57℃,车室内壁表面最高温度达90℃,仪表板面温度最高接近100℃。在气温为34℃,晴有微风的环境里,汽车停放在柏油路面上1h后,汽车各部位温度状况如表0-1所示。

表 0-1 汽车各部位温度情况

测量位置	前座	后座	前座前	仪表板上	后座前	后座椅上	后行李厢	冷凝器前	风窗玻璃	转向盘	车顶	路面
温度/℃	50	54	47.5	73	44	57	46	46	66	58	75	40

④ 汽车开启空调与乘员进入车室内多在同一时间,乘员要求进入车室,在很短的时间内就将车室内温度调节到舒适值,而汽车车室内在开启空调之前的蓄热量或蓄冷量都很大,这两种因素加起来,就要求汽车空调的制冷制热能力要很强。

4. 结构紧凑、重量轻

由于汽车本身的特点,安装空间有限,要求汽车空调结构紧凑,能在有限的空间内进行安装,而且安装了空调后,不能使汽车增重太多,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%,是原始汽车空调重量的1/4,而制冷能力却增加了50%。

5. 汽车空调的取暖方式多样

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,一般利用发动机冷却液的热量或发动机排出废气的热量来取暖;而独立式汽车空调则通常采用燃烧式取暖装置来取暖。

四、汽车空调技术的发展趋势

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;从车身制造方面看,需进一步提高汽车空调各组成装置的紧凑性和效率;从使用者方面看,车室内



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. 控制自动化、智能化

早期的汽车空调系统,制冷装置和取暖装置彼此间互相独立,因而它们的控制系统也自成一体,汽车空调都是手动控制,这不仅增加了驾驶员的工作量,而且仅凭人的感觉来控制调节,使温度、湿度及风量控制质量差。近年来,随着微电子技术的发展、普及并逐步应用到汽车空调系统,使得空调系统的控制日趋自动化、智能化。这种微机控制的空调系统集制冷、取暖、通风于一体,自动地进行全天候的空气调节。在人为设定的最佳温度、湿度及风量的情况下,该系统可以自动根据车室内人员数量及环境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,实现了空调运行与汽车运行的相互统一。同时,计算机控制的空调系统还具有数字化显示和故障自动诊断功能,从而大大缩短了检修时间。

2. 提高舒适性

汽车空调系统最主要的作用就是提高乘员的舒适性,保证乘员身体健康和行车安全。由于早期的汽车空调制冷和取暖是各自独立的,空气调节质量差。为了克服此缺点,目前多应用全季节型的一体化空调系统。此系统具有通风、取暖、除湿、制冷及空气净化等功能,且出风口的布置越来越合理,大大提高了乘员的舒适性。对于全季节型空调系统,夏天由发动机驱动制冷系统,冬天由加热器制热取暖,过渡季节如梅雨季节则采用制冷与取暖混合吹出温和风进行除湿,使车室内空气质量达到最佳状态。

3. 高效节能、小型轻量化

要进一步提高空调系统效率,节约能源,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。为此,各制造厂商始终致力于改进各部件的结构,完善各部件的制造工艺,改进空调装置的布局,提高空调装置的性能。

在压缩机方面,以往的空调系统多采用斜盘式压缩机,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,已开发并逐步应用了制冷效率较高的旋转式压缩机和三角转子压缩机。同时,性能更为优越的涡旋压缩机也已研发成功并投入批量生产,涡旋压缩机与斜盘式压缩机相比,体积减小 40%,重量轻 15%,节能 30%,噪声降低 1/3,容积效率提高 40%,排气脉动只有斜盘式的 15%,节能环保,是迄今为止最为先进的压缩机之一。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

早期汽车空调制冷系统所使用的制冷剂是 R12,它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,原来在汽车空调系统使用的制冷剂 R12,发达国家在 1996 年停止使用,发展中国家则在 2006 年停止使用,我国从 2001 年 1 月 1 日起已禁止在新生产的车辆中使用以 R12 为制冷剂的汽车空调。目前一致公认 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。R134a 具有大气臭氧层破坏指数为零、温室效应指数为 R12 的 1/6、不可燃、低毒性、制冷量和系统性能与 R12 相当等优点,因而作为过渡性的替代制冷剂在世界范围内得到认可,但由于它的温室效应指数仍然较高,为 CO₂ 的 1300 倍,已列入京都协议规定限制发展的工质范畴。

目前,世界各大汽车生产厂和零部件供应商都在开发超临界的二氧化碳汽车空调系统及相应的零部件。二氧化碳汽车空调系统的好处是温室效应指数最低,仅为 R134a 系统的



1/1300, 且 CO_2 为无毒、非燃烧性天然物质, 不需要其他制冷剂的生产工序, 能直接从化工厂排放物中提取。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。

5. 采用空调制冷新技术

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应用。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, 世界各国都在研究这种新技术。

(1) 吸收式汽车空调系统 吸收式制冷是以热能为动力, 工质为两种沸点不同的混合溶液, 利用气液平衡特性来完成制冷循环。其中低沸点溶液作为制冷剂, 高沸点溶液作为吸收剂。该系统主要由发生器、冷凝器、蒸发器、吸收器、溶液泵、溶液热交换器和节流阀等组成。图 0-1 所示为利用汽车发动机冷却液的余热为热源实现汽车空调制冷的吸收式汽车空调系统。工作时, 发动机的冷却液流过发生器给发生器加热, 发生器中一定浓度的稀溶液受热后温度升高, 于是溶液中作为制冷剂的低沸点成分大部分被蒸发出来, 蒸发出来的制冷剂进入风冷式冷凝器中凝结成液体, 经节流阀 3 降至蒸发压力, 然后进入蒸发器中进行蒸发制冷, 把车室内的空气降温后再送回车室, 制冷后, 在蒸发器内产生的低压制冷剂蒸气直接进入吸收器中。与此同时, 在发生器中低沸点制冷剂蒸发后使溶液浓缩, 高浓度溶液经节流阀 8 降压后经溶液热交换器冷却再进入吸收器, 在吸收器内吸收并混合从蒸发器来的低压制冷剂蒸气, 使之恢复原来溶液的浓度。吸收过程是一个放热过程, 利用车外空气进行冷却以增强吸收能力。吸收器中被恢复浓度的溶液再通过溶液泵升压后, 经溶液热交换器进行热交换, 吸收由发生器来的浓溶液热量, 最后送入发生器再继续被加热, 这样就完成了吸收式制冷循环。

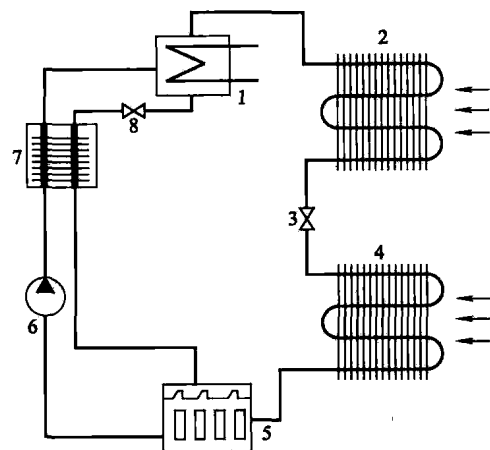


图 0-1 吸收式汽车空调系统工作原理

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

从工作循环中可以看出各主要部件的作用。其中发生器是使从吸收器来的稀溶液沸腾浓缩, 产生制冷剂蒸气和浓溶液; 冷凝器是使发生器产生的制冷剂蒸气冷凝成液态并经节流阀送往蒸发器; 蒸发器是使节流后的制冷剂蒸发吸热, 使周围空气降温; 吸收器是使发生器来的浓溶液吸收蒸发器来的制冷剂蒸气产生稀溶液; 溶液热交换器是使从吸收器来的低温稀溶液和从发生器来的高温浓溶液之间进行热量交换, 从而减轻发生器和吸收器的热负荷, 提高机组的性能。

溴化锂的沸点高至 1265°C , 与水的沸点相差较大, 化学性质稳定, 有较强的吸湿性, 所以水-溴化锂是使用较广泛的工质对。但是, 由于水蒸气的单位容积制冷量较小, 相应的制冷设备体积就会较大, 因而它不适宜作为吸收式汽车空调工质对。以氨-水为制冷剂的工质对, 由于氨的单位容积制冷量大, 且氨在水中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。

(2) 氢化物汽车空调系统 这是一种利用汽车排气余热作为动力, 利用金属氢化物作制冷剂的新型空调系统。它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。整个系统由高温反应器、低温反应器及氢气管路等组成。高、低温反应器中布置有内填金属氢化物



的导管,在管中心设有透氢薄膜,每个反应器均有收集氢气的总管,高、低温反应器的内导管与氢气管路相连。其工作原理如图 0-2 所示。

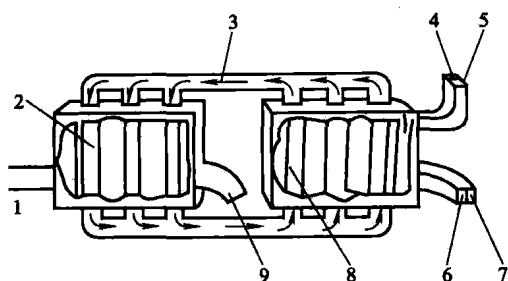


图 0-2 氢化物汽车空调系统工作原理

- 1—发动机排气入口；2—高温反应器；3—氢气；
4—车内热空气进口；5—冷空气出口；6—外部空气进口；7—外部空气出口；8—低温反应器；9—发动机排气出口

汽车排出的高温废气进入高温反应器,使其温度升高,当达到 240°C 时,导管内的粉状高温氢化物就会释放出氢气,并通过氢气管路进入低温反应器,低温反应器内的粒状低温氢化物吸收氢气后温度升高,这时外部的空气进入低温反应器进行冷却,降低其温度。当汽车排气停止进入高温反应器,高温反应器内的粉状高温氢化物停止被加热,这时它通过氢气管路吸收低温反应器释放出的氢气。当低温反应器内粒状低温氢化物释放氢气时吸收热量,从而使送入低温反应器的车内热空气冷却降温,起到了制冷作用。为此,利用汽车排气对高温反应

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内,达到车内降温的目的。在实际应用中通常采用两个高温反应器和两个低温反应器进行交替工作,从而使车内送入连续不断的冷气。

(3) 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引起压力变化,从而起到了压缩机的作用。该制冷系统由发生器、冷凝器、蒸发器和节流装置及控制阀等组成。其工作原理如图 0-3 所示。通过真空阀,低压、低温制冷剂蒸气被发生器的吸附剂吸附。通过高压阀,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,发生器两侧形成压差,实现制冷剂高压冷凝和低温蒸发。为了实现对发生器间歇加热、冷却,还需由

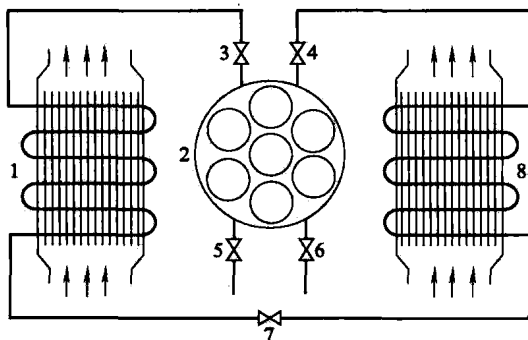


图 0-3 固体吸附制冷汽车空调系统工作原理

- 1—蒸发器；2—发生器；3—真空阀；4—高压阀；5—热水阀；6—冷水阀；7—节流阀；8—冷凝器

阀门来控制热水、冷水,起到热压缩冷吸附的作用。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、活性炭-甲醇等。

五、汽车空调的性能评价指标

1. 温度指标

温度指标是最重要的一个指标。人感到最舒适的温度是 $20\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。超过 28°C ,人就会觉得燥热,超过 40°C ,即为有害温度,会对人体健康造成损害。低于 14°C ,人就会感到冷,当温度下降到 0°C 时,会造成冻伤。通常,夏天空调应控制车内温度在 25°C 左右,冬天控制在 18°C 左右,以保证驾驶员正常操作,防止发生事故,保证乘员在舒适的状况下乘坐。

2. 湿度指标

湿度指标用相对湿度来表示。人体感觉最舒适的相对湿度在 $50\%\sim 70\%$,所以汽车空



调的湿度参数要求控制在此范围内。目前所使用的汽车空调系统多数只具备除湿功能，加湿装置极少配备。

3. 空气的清洁度

由于车室内空间小，乘员密度大，在密闭的空间内极易产生缺氧和二氧化碳浓度过高的情况，汽车发动机废气中的一氧化碳、道路上的粉尘和野外有毒的花粉都容易进入车厢内，乘员吸烟所产生的烟雾，这些将造成车内空气混浊，影响驾乘人员身体健康。汽车空调必须具有对车室内空气进行清洁过滤的功能，以保证车内空气的清新度。

4. 除霜功能

由于有时汽车内外温度相差太大，会在玻璃上出现霜雾，影响驾驶员的视线，所以汽车空调必须有除霜雾功能，保障行车安全。

5. 操作简单、容易、稳定

汽车空调必须做到不增加驾驶员的劳动强度，不影响驾驶员的正常驾驶。

复习思考题

- 0-1 汽车空调的发展经历了哪几个阶段？
- 0-2 汽车空调系统有哪些特点？
- 0-3 为什么汽车空调的制冷制热能力要很强？
- 0-4 汽车空调的发展趋势是什么？
- 0-5 评价汽车空调性能的指标有哪些？

第一章

汽车空调概述

第一节 制冷技术基础

一、温度

温度是表示物体冷热程度的物理量,从分子运动论的观点来看,温度越高,分子无规则运动的速度就越大,分子热运动就越激烈,因此可以说温度是分子热运动激烈程度的标志。用来量度物体温度数值的标尺称为温标,它规定了温度的读数起点(零点)和测量温度的基本单位。

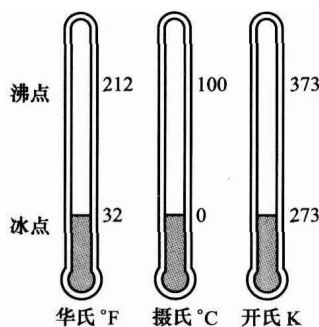


图 1-1 三种常用温标的比较

目前国际上用得较多的温标有华氏温标(°F)、摄氏温标(°C)和绝对温标(K),三种常用温标的比较如图 1-1 所示。包括中国在内的世界上很多国家都使用摄氏度,美国、英国等国家使用华氏度而较少使用摄氏度。

1. 摄氏温标

摄氏温标是把在一个标准大气压下水的冰点规定为 0°C,沸点规定为 100°C。0°C 与 100°C 之间分为 100 等份,每等份为 1°C。0°C 以下称为零下。

2. 华氏温标

华氏温标是把在一个标准大气压下水的冰点规定为 32°F,沸点规定为 212°F。32°F 与 212°F 之间分为 180 等份,每等份为 1°F。

华氏温度和摄氏温度的转换关系为

$$f(^{\circ}\text{F}) = t(^{\circ}\text{C}) \times 9/5 + 32 \quad (1-1)$$

$$t(^{\circ}\text{C}) = [f(^{\circ}\text{F}) - 32] \times 5/9 \quad (1-2)$$

3. 绝对温标

热力学温度又称开尔文温度,或称绝对温度,符号为 K。

绝对温标以分子运动停止时的温度为 0K,分度与摄氏温标相同。即 273K 与 373K 之间分为 100 等份,每等份为 1K。

热力学温度和摄氏温度的换算关系为

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273.15 \quad (1-3)$$

二、压力

1. 定义

单位面积上所受的垂直作用力称为压力,物理上称为压强。若以 F 表示垂直作用力, A

表示面积，则压力 p 可用下式表示：

$$p=F/A \tag{1-4}$$

压力也可以用液柱高度作为计量单位。如图 1-2 所示，液体作用在容器底部面积上的总垂直作用力 $F=A\rho h$ ，因此容器底部所受的压力 p 可用下式表示：

$$p=F/A=A\rho h/A=\rho h \tag{1-5}$$

式中， ρ 为液体密度， h 为液柱高度。

当测压液体采用水或水银柱时，压力可用相应的液柱高度表示，例如 mmH₂O（毫米水柱）和 mmHg（毫米汞柱）。

压力单位：法定计量单位为 Pa（帕）或 MPa（兆帕），除此之外，工程上以往常用 kgf/cm²（工程大气压）表示，物理上以 mmHg（毫米汞柱）表示。常用压力单位换算如表 1-1 所示。

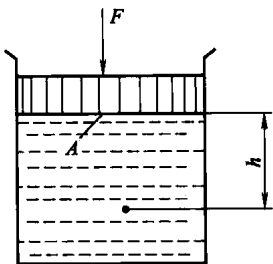


图 1-2 压力

$$\begin{aligned} 1\text{kgf/cm}^2 &= 9.8 \times 10^4 \text{Pa} \approx 1\text{atm} \\ 1\text{Pa} &= 1\text{N/m}^2 \\ 1\text{bar} &= 10^5 \text{Pa} \approx 1\text{kgf/cm}^2 \\ 1\text{MPa} &= 10^6 \text{Pa} \approx 10\text{kgf/cm}^2 \\ 1\text{mmHg} &\approx 133\text{Pa} \\ 1\text{mmH}_2\text{O} &\approx 10\text{Pa} \end{aligned}$$

表 1-1 常用压力单位换算

单位	Pa=N/m ²	atm	mmHg	mmH ₂ O	kgf/cm ²	bar	psi
帕斯卡 (Pa)	1	9.869×10^{-6} $\approx 10^{-5}$	7.50×10^{-3}	0.102 $\approx 10^{-1}$	1.02×10^{-5} $\approx 10^{-5}$	10^{-5}	1.45×10^{-4}
标准大气压 (atm)	1.01325×10^5	1	760	1.033×10^4 $\approx 10^4$	$1.033 \approx 1$	$1.01325 \approx 1$	14.69
毫米汞柱 (mmHg)	1.33322×10^2	1.316×10^{-3}	1	13.60	1.36×10^{-3}	1.33×10^{-3}	1.933×10^{-2}
毫米水柱 (mmH ₂ O)	$9.80665 \approx 10$	9.68×10^{-5} $\approx 10^{-4}$	7.36×10^{-2}	1	1.00×10^{-4}	$9.80665 \times 10^{-5} \approx 10^{-4}$	1.422×10^{-3}
千克力/厘米 ² (工程大气压 at)	$9.80665 \times 10^4 \approx 10^5$	$0.968 \approx 1$	736	10^4	1	$0.980665 \approx 1$	14.22
巴 (bar)	10^5	$0.9869 \approx 1$	750	1.02×10^4 $\approx 10^4$	$1.02 \approx 1$	1	14.5
磅力/英寸 ² (psi)	6.895×10^3	6.80×10^{-2}	51.71	7.033×10^2	7.033×10^{-2}	6.895×10^{-2}	1

2. 绝对压力、大气压力、表压力、真空度的相互关系

几种压力的概念图解如图 1-3 所示。

(1) 绝对压力 是指完全真空状态下测出的压力，单位为 MPa（A）。

(2) 大气压力 是指地球表面的空气层在单位面积上所形成的压力，单位为 Pa（帕）或 kPa（千帕）。除此之外，气象上习惯以 bar（巴）或 mbar（毫巴）表示。

大气压力不是一个定值，它随着所在地区的海拔高度的变化而变化，同时还随大气温度、湿度的变化而稍有变化。通常，以纬度 45°的海平面上常年平均大气压为物理大气压，

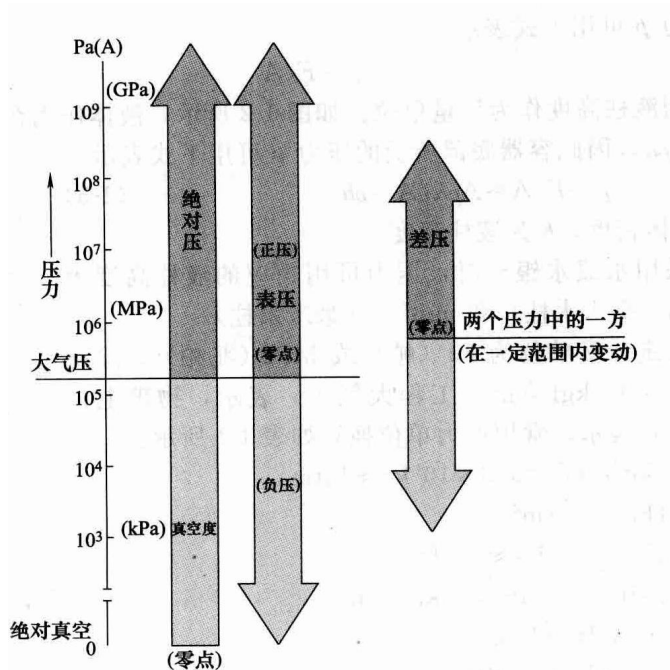


图 1-3 几种压力的概念图解

又称为标准大气压 (atm)。

$$1\text{atm}=1.033\text{kgf/cm}^2=101325\text{Pa}=760\text{mmHg}.$$

(3) 表压力 是指用压力表、真空表、U 形管等仪器测出来的压力，又称为相对压力，单位为 MPa (G)。表压力概念示意如图 1-4 所示。

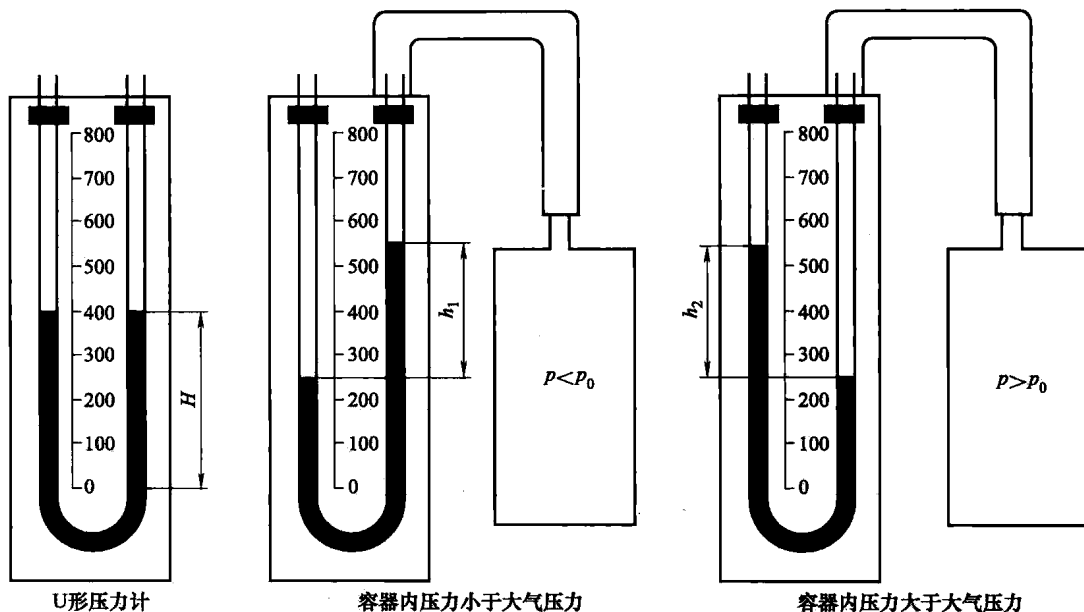


图 1-4 表压力概念示意

三者之间的关系：

$$\text{绝对压力} = \text{表压力} + 1\text{个标准大气压} \approx \text{表压力} + 0.1\text{MPa}$$

(4) 真空度 是指大气压以下的压力，用绝对压力表示，以 cmHg 或 mmHg 为单位。