

教育部高等学校高职高专汽车类专业教学指导委员会规划教材

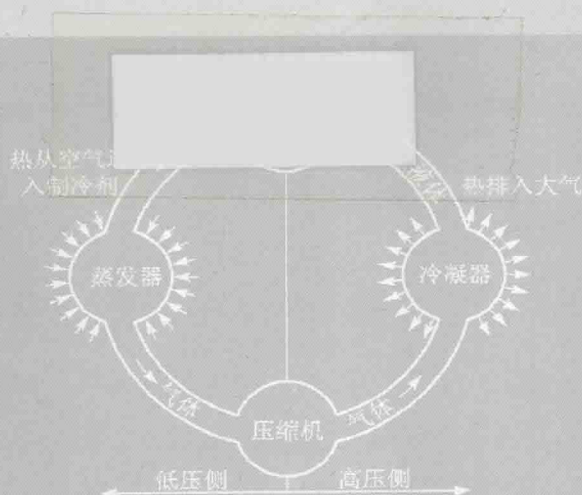
总主编 仪垂杰



汽车空调

QICHE KONGTIAO

主编 王爱国



山东大学出版社

教育部高等学校高职高专汽车类专业教学指导委员会规划教材

总主编 仪垂杰

汽车空调

主 编 王爱国

副主编 张文智 杜 潜

主 审 康国初

山东大学出版社

内容简介

本书依托精品课程建设,以轿车空调为主,教学内容与目前汽车实际使用的空调设备相符合,删除淘汰的内容,对于过渡内容弱化讲解,将理论和实践相结合,配备系列教学资料,系统地介绍了现代汽车空调系统的结构、组成、工作原理、维修和故障诊断技术等。

本书主要包含汽车空调基础知识、制冷系统构造、电气控制系统、汽车自动空调、供暖与配气系统、制冷系统的维护与检修、汽车空调故障诊断等。

本书可以供职业院校汽车检测与维修、汽车技术服务与营销、汽车电子技术、汽车制造与装配等专业使用,也可以供成人高等教育相关专业使用,还可以供汽车维修人员、驾驶员、汽车行业技术人员等阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调/王爱国主编. —济南:山东大学出版社,2011.8
教育部高等学校高职高专汽车类专业教学指导委员会
规划教材/仪垂杰总主编
ISBN 978-7-5607-3746-1

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(2011)第 158783 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)

山东省新华书店经销

山东省英华印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/16 12.25 印张 279 千字

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

定价:23.00 元

版权所有,盗印必究!

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部负责调换

教育部高等学校高职高专汽车类 专业教学指导委员会规划教材

编审委员会

总 主 编	仪垂杰				
主 任 委 员	尹万建				
副主任委员	祁翠琴				
委 员	王世震	贺 萍	尹万建	李春明	汤定国
	么居标	魏庆耀	冯 渊	杨维和	卢 明
	傅高升	石晓辉	颜培钦	祁翠琴	胡定军
	周翼翔	程言昌	陈 明	林在犁	吴宗保
	高创宽	孙志春	康国初	李佩禹	范小青
	阳小良	牛宝林	陈文均	王永仁	邹小明
	胡 勇	朱成庆	高俊文	王勇军	陈永革
	崔振民	李纪聪	游文明	孟繁营	张西振
	朱秀英	王 军	韩学军	王 宇	陈文华
	宋继红	戚晓霞	牟盛勇	张红英	张松青
	韩翠英	周梅芳	刘继明	王斌修	王优强

总 序

进入新世纪以来,我国加快了转变经济发展方式的步伐,从而有力地推动着各领域的科学发展。随着科技创新能力的不断提高,科学技术的产业化进程日益加快,制造业不断优化结构,改善品种质量,并淘汰落后产能,汽车制造业尤其如此。《中华人民共和国国民经济和社会发展规划纲要》提出的培育发展新能源汽车等新兴产业的战略目标就充分体现了这一点。

2010年,中国汽车产销量已超过1800万辆,居全球首位,市场潜力巨大。中国汽车与装备制造业已进入了一个新的发展阶段。汽车工业的飞速发展带动了汽车与制造相关产业链的发展,为汽车和机械制造类相关专业毕业生提供了广阔的就业空间和很好的发展前景。然而,老版本的汽车类教材已经远远不能满足汽车专业的教学需求,为广大汽车专业的师生提供一套新版教材成为当务之急。同时,为贯彻《教育部财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)和《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)的精神,进一步推动职业教育由“重视规模发展”向“注重提高质量”的工作重心转变,适应我国现代汽车工业和职业教育发展的需要,教育部高等学校高职高专汽车类专业教学指导委员会决定在工学结合课程开发和教材建设方面进行探索,组织高校富有经验的教师和企业专家共同编写一套理论性和实践性相结合的汽车类专业教材。

教学质量是学校的生命线。提高教学质量,专业建设是龙头,课程建设是关键。高职教育的课程改革是一项长期的工作,它不是片面的课程内容的解构与重构,必须以人才培养模式创新为核心,以双师素质教师团队建设、实训条件建设、实训项目开发、教学方法改革、教学实施创新等一系列条件为支撑。多年来,在教育部高等学校高职高专汽车类专业教学指导委员会指导下,各高职高专院校进行了广泛的调研,以课程建设为抓手,以校企合作、工学结合为突破口,狠抓课程实施,在教材建设方面做出了高等职业教育的特色。本套教



材既注重技能的提高,又兼顾理论的提升,力求满足广大高职高专汽车类专业学生学习的需要,为学生的就业和继续深造打下坚实的基础,充分体现了工学结合的职业教育特色。

经过各分册编写者和主审们的辛勤劳动,本套教材即将陆续面世。希望教育部高等学校高职高专汽车类专业教学指导委员会的工作可以为各高职院校提供一些借鉴,并通过这套教材进一步推动各地的高职高专教学与课程改革。同时,也希望业内专家和同仁对本套教材提出指导性和建设性意见,以便在教学实践中共同完善和提高。

在本套教材编写过程中,得到了教育部领导、行业专家、各高职高专院校和企业专家的支持,山东大学出版社对教材的出版给予了大力支持和帮助,在此一并致谢。

教育部高等学校高职高专汽车类专业
教学指导委员会主任委员 仪垂杰

2010年12月于青岛

前言

近几年来,随着社会经济的发展,我国汽车工业突飞猛进,汽车新技术也在不断更新,汽车空调逐渐成为汽车不可缺少的设备。汽车空调控制技术不断提高,使得对维修人员的素质要求越来越高,对于教育,尤其是职业教育,也提出了更高的要求,因此编写合适的职业教育所使用的教材里得尤为重要。

在编写本书的同时,从高职教育的实际情况出发,以精品课程建设为依托,以实际故障诊断为目标,理论与实践一体化为重点,力求内容系统、准确,与现在使用的汽车空调设备相一致。

本教材主要突出以下特点:

1. 课程内容与目前汽车实际使用的空调设备相符合,删除淘汰的内容,对于过渡内容弱化讲解,将理论和实践相结合,根据教学内容,拍摄了部分汽车空调零部件的教学图片和运行过程中的教学录像。

2. 在故障检测与诊断方面,以项目为基础,安排必要的实训内容,力求理论与实践一体化。

3. 内容系统全面,重点突出,对于汽车空调的结构、保养与故障诊断等内容都进行了重点讲解,并且图文并茂。

4. 本书是精品课程建设成果,教学资料齐全。

本书参考学时为36学时,其中实践环节为8学时,各部分的参考学时参见下面的学时分配表。

章号	课程内容	学时分配	
		讲授	实训
第1章	汽车空调基础知识	2	0.5
第2章	汽车空调制冷系统构造	4	1.5
第3章	汽车空调电气控制系统	6	2
第4章	汽车自动空调	6	



续表

章号	课程内容	学时分配	
		讲授	实训
第 5 章	汽车空调通风、供暖与配气系统	2	
第 6 章	制冷系统的维护与检修	4	2
第 7 章	汽车空调故障诊断	4	2
第 8 章	部分车型空调系统电路(选学)		
课时小计		28	8

本书由安徽机电职业技术学院的王爱国老师担任主编(编写第 5 章、第 8 章),长沙职业技术学院的张文智(编写第 7 章)和河南机电高等专科学校的杜潜(编写第 4 章)老师担任副主编,参加本书编写人员还有扬州职业大学的许和进老师(编写第 1 章),长春职业技术学院的杨贵田老师(编写第 2 章、第 3 章),青岛开发区职业学校的李永生老师(编写第 6 章)。

黑龙江农业工程职业学院的康国初老师主审了全书,并提出了很多宝贵的修改意见,我们在此表示诚挚的感谢!

由于时间仓促,加之水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者
2011 年 4 月

目 录

第 1 章 汽车空调基础知识	(1)
1.1 汽车空调概述、组成与分类	(1)
1.2 汽车空调的制冷技术基础	(6)
1.3 汽车空调制冷剂与冷冻机油	(8)
1.4 汽车空调制冷系统工作原理	(13)
1.5 汽车空调系统布置	(15)
实训项目一 汽车空调系统构成的认知	(21)
实训项目二 汽车空调系统制冷现象的认知	(22)
第 2 章 汽车空调制冷系统构造	(24)
2.1 压缩机	(24)
2.2 热交换器	(33)
2.3 节流装置	(37)
2.4 其他辅助设备	(41)
实训项目三 汽车空调压缩机拆装与检修	(45)
实训项目四 汽车空调热交换器与节流装置的拆装与检修	(47)
第 3 章 汽车空调电气控制系统	(50)
3.1 常用控制装置	(50)
3.2 汽车空调各系统电路	(57)
3.3 典型汽车空调电路分析	(64)
实训项目五 汽车空调电气系统故障诊断	(72)
第 4 章 汽车自动空调	(75)
4.1 汽车自动空调的构造与工作原理	(75)
4.2 自动空调电路分析	(80)



4.3	自动空调的输入元件	(86)
4.4	自动空调的执行元件	(94)
	实训项目六 汽车自动空调控制系统故障诊断与检修	(105)
第5章	汽车空调通风、供暖与配气系统	(108)
5.1	汽车通风与空气净化装置	(108)
5.2	汽车空调供暖系统	(111)
5.3	汽车空调配气系统	(120)
第6章	制冷系统的维护与检修	(136)
6.1	汽车空调系统的使用与维护	(136)
6.2	专用维修工具及设备	(140)
6.3	制冷系统的制冷剂量与压力检测	(147)
6.4	空调系统的检漏	(153)
6.5	空调系统制冷剂排放、抽真空及充注制冷剂	(155)
6.6	压缩机冷冻机油的检查与加注	(159)
	实训项目七 汽车空调制冷剂泄漏故障的诊断与处理	(164)
第7章	汽车空调故障诊断	(167)
7.1	汽车空调故障诊断方法	(167)
7.2	汽车空调故障诊断技巧	(170)
7.3	汽车空调系统常见故障分析和排除	(172)
7.4	常见车型空调综合故障诊断排除实例	(175)
	实训项目八 汽车空调系统不制冷	(178)
	实训项目九 汽车空调制冷量不足	(179)
	实训项目十 汽车空调制冷系统忽冷忽热	(180)
	实训项目十一 汽车空调异响和振动	(180)
第8章	部分车型空调系统电路	(182)
	主要参考书目	(184)

第1章 汽车空调基础知识

学习目标

1. 了解汽车空调的功能、组成与类型。
2. 了解与汽车空调制冷系统相关的理论。
3. 掌握汽车空调制冷系统的组成、类型与工作原理。
4. 掌握汽车空调的制冷剂与冷冻机油的特性。
5. 学会正确使用、操作汽车空调制冷系统及简单的检查。

1.1 汽车空调概述、组成与分类

1.1.1 汽车空调概述

汽车空调是“汽车空气调节”的简称,就是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,将其控制在舒适的标准范围之内的技术。汽车空调是空气调节工程重要的分支之一,其工业产值仅次于房间空调,居第二位。汽车空调技术包括了降温、供热、除湿、通风、净化、调风速、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。

现代汽车空调的基本功能是:

(1)调节车内温度。汽车空调在冬季利用其采暖装置升高车内温度,夏季利用制冷装置对车内降温。

(2)调节车内湿度。利用制冷装置冷却降温去除空气中的水分,再由采暖装置升温以降低空气的相对湿度。

(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,冬季气流速度过大,会影响人体保温,因此,夏季舒适风速一般为 0.25m/s ,冬季的舒适风速一般为 0.20m/s 。

(4)过滤净化车内空气。由于车内空间小,乘员密度大,车内极易出现缺氧,而车外道路上的粉尘等又容易进入车内造成空气污浊,影响乘员的身体健康,因此,要求空调必须



具有补充车外新鲜空气、过滤和净化车内空气的功能。现代汽车空调就是将车内空间的环境调控到对人体最适宜的状态,改善驾驶员的工作环境、劳动条件和提高乘坐舒适性。创造良好的车内环境,保证安全行车,保护驾乘员的身体健康,利于驾乘人员旅游观光、学习或休息。

所以,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和反映决定的,汽车空调的舒适性指标如表 1-1 所示。

表 1-1 汽车空调的舒适性指标

项目 范围	温度(℃)		相对湿度 (%)	换气量 (m ³ /人·h)	风速(m/s)	噪声(dB)
	冬	夏				
舒适带	16~25	24~28	40~70	20~30	<0.2	<45
不舒适带	0~14	30~35	15~40 70~95	5~10	0.2~0.4	>65
有害带	<0	>43	<15,>95	<5	>0.4	>120

1.1.2 汽车空调系统的组成

汽车空调系统由制冷装置、暖气装置、通风装置、加湿装置、空气净化装置、控制装置等部分组成。各组成的主要作用如下:

(1)制冷装置。把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)暖气装置。把车内空气或从外部吸进来的新鲜空气加热,达到取暖、除湿的目的。

(3)通风装置。把车外新鲜空气吸进车内进行换气,同时通风,对防止风窗玻璃起雾也起着良好的作用。

(4)加湿装置。在空气温度较低时,对车内空气加湿,以提高车内空气的相对湿度。

(5)空气净化装置。除去车内存在的灰尘、气味及有毒气体,使车内空气变得清洁。

(6)控制装置。对制冷和暖风装置进行控制,使空调正常工作。

1.1.3 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。其发展过程经历了单一取暖、单一制冷、冷暖合一、自动控制空调、微机控制空调等五个阶段。

1.1.3.1 单一取暖

1925 年,在美国出现最早利用汽车发动机的冷却水通过加热器取暖的方法。由加热器、风机和空气滤清器等组成比较完整的供热系统直到 1927 年才出现。欧洲在 1948 年才使用取热系统,日本则迟至 1954 年才开始使用。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热系统。



1.1.3.2 单一制冷

即汽车空调只有夏天降温的功能,1939年首先应用在轿车上。第二次世界大战后的美国经济迅速发展,特别是美国石油产地——西南部的得克萨斯州的炎热天气,急需大量的冷气车,使单一降温的空调汽车得以迅速地发展起来。欧洲、日本到1957年才加装这种单一冷气的轿车。单一降温的方法目前仍然在热带、亚热带地区使用。例如,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。

1.1.3.3 冷暖合一

1954年出现冷暖一体化汽车空调。其最大特点是同时具有冷调、热调功能。至此,汽车空调才基本上具有调节控制车内温度、湿度的功能。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方式。但是冷暖一体化汽车空调需要人工操纵,这显然增加了驾驶人员的工作量,同时控制质量也不太理想。

1.1.3.4 自动控制空调

自从冷暖一体化出现后,人们就着手研究自动控制的汽车空调,并于1964年首先安装在凯莱克牌轿车上,紧接着通用、福特、克莱斯勒三大汽车公司竞相在各自的高级轿车上安装自动空调。1972年,日本、欧洲也在高级的轿车上安装自动空调。这种自动空调装置,只要预先设好温度,机器就能自动地在设定的温度范围内工作。空调器根据传感器检测到车内、车外环境的温度信息,自动地指挥空调器各部件工作,达到控制车内温度和其他功能的目的。目前,大部分的中、高级轿车、高级大巴都安装了自动空调。

1.1.3.5 微机控制空调

1977年又发展了微型计算机控制的汽车空调。微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;由电脑按照车内外的环境所需,实现微调化。通过电脑控制,实现了空调运行与汽车运行的相关统一,极大地提高制冷效果,节约燃料,从而提高汽车的整体性能和获得最佳的舒适性。

从1971年开始,中国长春一汽在红旗牌轿车上安装上了空调器,上海也于20世纪80年代初在上海牌轿车上安装了国产空调器。

1.1.4 汽车空调系统的分类

汽车空调按不同的分类依据可分为不同的类型。

1.1.4.1 按驱动方式分类

按驱动方式分类,汽车空调装置可分为非独立式、独立式和其他动力源式汽车空调装置三种。



(1) 非独立式

非独立式汽车空调装置又称为被动式汽车空调装置。以汽车发动机为动力直接驱动压缩机工作。之所以称它为被动式,就是因其运行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。由于是主机带动,如果主机功率不富裕,则对汽车的加速和爬坡能力有影响。其特点在于系统结构简单、不增加辅助发动机、占用空间小、质量小、造价低,一般适用于压缩机功耗不大,而主机功率也足够的轿车和小客车等。

(2) 独立式

独立式汽车空调装置的压缩机利用专门设置的辅助发动机进行制冷,与车速和负荷无关,工况较稳定,即使在停车状况也能向车内提供冷气。由于加装了一台辅助发动机,能耗与成本增加,占用空间位置也大,维护保养复杂。

(3) 其他动力源式

在特殊情况下,空调压缩机也可用电动机带动,如雷达指挥车、营房车等,只有停车时才开空调,可用地面电源。

1.1.4.2 按机组形式分类

按机组形式分类,汽车空调装置可分为整体独立式、分散式和组合式。

(1) 整体独立式

整体独立式汽车空调装置把空调装置的各个组件统统装在一个专用机架上,自成体系。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。这种方式的特点是结构紧凑,可安装在地板下,不占车厢或驾驶室空间,整个制冷系统各个组件的连接管路制冷剂充注量少,泄漏问题易于控制,但是机组高度受到限制,由于集中安置,装置质量大,要考虑轴负荷的分配要求。

(2) 分散式

分散式汽车空调装置中压缩机、冷凝器和蒸发器等各是一个相对独立总成,分散安装在汽车的适当部位。分散安装的方案有多种多样,可形成多品种、多规格产品。其优点是安装灵活性大,有利于轴负荷分配和气流组织,但往往管道长,阻力增大。这种方式是当前大多数中、小型汽车采用的方式。

(3) 组合式

组合式指蒸发器与冷凝器组合成一体,与压缩机分开。压缩机由主机驱动或辅机带动。由辅机带动的则是压缩机与辅机组合在一起。有专用机架,机架上还有发动机水箱、辅助发动机等。组合式热交换装置有三类:一类放在汽车车顶上方,称顶置式空调器;一类放在汽车后侧,称后置式空调器;还有一类是与压缩动力机组对称地放在车架侧面,称为底置式空调器。

1.1.4.3 按蒸发器布置方式分类

按蒸发器布置方式分类,汽车空调装置可分为仪表板式、车内顶置式、立式、下置式、后置式和车外顶置式。



(1) 仪表板式

仪表板式通常称为前置式空调,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方式。

(2) 车内顶置式

车内顶置式是指蒸发器布置在车内顶棚下。又分为前置、中置、后置和侧置几种,并且又可分为集中式和分散式两类。集中式是由一个长条形蒸发器配几个离心式风机做成一个整体式蒸发器,分散式则由几个仪表板式蒸发器组合而成或分散在车内各处。

(3) 立式

立式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

下置式是指蒸发器置于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横风道。这种方式制冷管路较短,制冷剂侧压力损失小,但送风管路较长,增加了送风阻力。

(5) 后置式

后置式是指蒸发器置于汽车后面,冷风通过后面侧边的竖风道送至横风道。这种布置方式蒸发器维修方便,但是占用后座面积,减少乘员数。

(6) 车外顶置式

这种方式不占用汽车有效空间,风道阻力损失较少,但制冷管路长,制冷剂压力损失较多。

1.1.4.4 按送风方式分类

按送风方式分类,汽车空调装置可分为直吹式和风道式两种。

(1) 直吹式

直吹式即将经空调系统处理后符合要求的空气(冷或热)直接吹出。这种方式结构简单,风压损失小,但送风难以均匀,一般轿车、小客车和中、小型旅行车采用。

(2) 风道式

风道式则是将处理后的空气通过风道送出,这种方式可把风送到需要的部位(如头部、足部),进行良好的气流组织,提高舒适性,但同时也带来零件数增多、风的阻力大等问题,因此送风机功率要加大,主要用于大、中型客车。

1.1.4.5 按功能分类

按功能分类可分为冷暖分开型、冷暖合一型、全功能型。

(1) 冷暖分开型

制冷和采暖两套机构完全各自独立,温度控制系统也完全分开。制冷时完全是吸入车内空气,采暖时既可吸入车内空气,也可吸入车外空气,这种结构占用空间较多和存在空气质量问题,主要用在早期的汽车空调中。

(2) 冷暖合一型

在暖风机的基础上增加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型式,这种结构形式虽然结构合一,但制冷和采



暖的功能仍然是分开的。

(3) 全功能型

全功能型是集制冷、除湿、采暖、通风、净化于一体。冷暖分开型和冷暖合一型的缺点是冷风机只能降温、除湿,不能调节送风的相对湿度。夏季,车外的湿热空气,经过蒸发器的冷却、除湿,变成了冷风送入车室内。这种经除湿的冷风,绝对含湿量减少了,但相对含湿量却在 95% 以上,感觉较为潮湿。这种冷风吹到乘客身上,并不舒适。因此要降低相对湿度。全功能空调具有调节相对湿度的功能。

1.1.4.6 按自动控制的程度分类

按自动控制的程度分类有手动控制、半自动控制、全自动控制及全电脑控制等几种。

1.1.4.7 采用结合车型的方式来分类

采用结合车型的方式来分类,这种分类便于理解。就是将汽车空调装置分类为轿车、轻型客车、大中型客车和货车、工程车等汽车空调。

1.2 汽车空调的制冷技术基础

汽车空调与热力学的关系密切,尤其是汽车空调的制冷系统的工作过程直接与热力学基础相关。在学习汽车空调的制冷原理之前,先学习几个热力学的基本概念。

1.2.1 压力

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,被密封在容器内的制冷剂气体,其分子不停地运动,频繁地与容器壁发生碰撞,这种碰撞在宏观上就表现为垂直于容器内壁的压力,即称为容器内的压力,而且气体分子越多,运动的速度越高,容器内的压力就越高。

根据定义,工程上压力的计算公式为:

$$P = \frac{F}{S}$$

式中: P 为气体压强(Pa); F 为气体对内壁的压力(N); S 为压力 F 的作用面积(m^2)。

1.2.2 温度

温度是表示物体冷热程度的物理量。从分子论的观点看,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。我国法定计量单位规定采用的温度制为摄氏温度和绝对温度(也称热力学温度),而欧美国家则采用华氏温度。

摄氏温度的单位符号是 $^{\circ}\text{C}$,即把 1 标准大气压(101.325kPa)下水的冰点定为 0°C ,水的沸点定为 100°C ,把这二点之间分为 100 等份,每 1 等份即为 1 摄氏度,记作 1°C 。



绝对温度的单位符号为 K。热力学的研究指出,自然界存在一个最低的温度,热力学温标就以这个温度作为温度的零点,称为绝对零度。热力学温标仅用一个基准固定点——水三相点(纯冰、纯水和水蒸气),彼此处于平衡共存状态的温度。绝对零度到水三相点的温度间隔为 273.16K。把绝对零度到水三相点之间的温度间隔为 273.16 份,每一份就叫 1 开尔文(1K)。绝对温度制的 1 度份与摄氏温度制的 1 度份相等,所以水的冰点用绝对温度表示时为 273.15K,沸点为 373.15 K。水三相点高于水冰点 0.01K。

1.2.3 显热与潜热

显热是当物体吸热(或放热)仅使物体分子的热动能增加(或减少),即仅是使物体温度升高(或降低),并没有改变物质的形态,那么它所吸收(或放出)的热称为显热。如水在沸腾前的吸热(或放热)称为显热,因为此热可使水温升高(或降低)。

潜热是当物体吸热(或放热)仅使物质分子的热位能增加(或减少),即仅是使物质状态发生改变,而其温度不变,那么它所吸收(或放出)的热称为潜热。如制冷剂在沸腾时吸的热就是潜热。物态变化不外乎“固 $\leftrightarrow$ 液”变化、“液 $\leftrightarrow$ 气”变化和“固 $\leftrightarrow$ 气”变化。因此,相应的潜热为熔解潜热和凝结潜热、气化潜热和液化潜热、升华潜热和凝华潜热等。制冷剂在制冷时吸的潜热是气化潜热。气化潜热是指液体沸腾时,1g(或 1kg)某种液体变为同温度气体所需的热量,单位是焦/克(J/g),或千焦/千克(kJ/kg)。

制冷是利用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、高压条件下放出凝结潜热,而本身液化;在蒸发器内液态制冷剂则在低温、低压条件下吸收气化潜热,而变成气体。

实际上,液体气化有蒸发和沸腾两种方式。所谓蒸发是指任何温度下在液体表面进行的气化现象。如盘里的水在室温下水量会慢慢地减少直至消失。由于气化的液体分子吸收了液体内的热量(当然也从外界吸收热量),故蒸发时液体本身的温度会有所降低。

所谓沸腾是指液体吸热使温度升到沸点时,在液体内部和表面进行的剧烈气化现象,沸腾时涌现大量的气泡。沸腾过程必须从外界吸收热量,但液体的温度不变。因此沸腾与蒸发是不相同的。在制冷过程中,制冷剂的气化是沸腾,但按习惯仍称为“蒸发”。

1.2.4 饱和温度与饱和压力

当液体放在密闭且被抽成真空的容器(未装满)中时,其内部的液体因吸收了热量会有部分气化;与此同时,也有部分气体分子因失去能量而回到液体中。当气化飞离液面的分子数和液化返回液体中的分子数相等时,则上部气体和下部液体处于动平衡状态,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”,而液体称为“饱和液体”。饱和蒸汽具有的压力和相应的温度称为“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,液体向这些气泡内的空间气化,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,所以,沸点就是该压力下的饱和温度。在制冷技术中所讲的蒸发温度,就是该蒸发压力下的沸点。对液体加热,可使液体沸腾,而对液体降压也可使液体沸腾,即对不饱和液体降低其压力到相应于该液体温度下的饱和压力时,液体即开始沸腾;蒸发器内制冷剂的饱和蒸汽如不被吸走,则容器内液体制冷