

国家示范性 高职院校建设规划教材



汽车空调原理 构造与检修

第二版

郑为民 主编
岳江 主审

配套电子课件

QICHE
KONGTIAO
YUANLI GOUZAO
YU JIANXIU



化学工业出版社

国家示范性 高职院校建设规划教材



汽车空调原理 构造与检修

第二版

郑为民 主 编
雷源春 副主编
岳 江 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书着重介绍汽车空调原理、构造的理论和大多数在用车辆的检修项目,内容包括热力学知识、制冷原理、汽车空调的结构、汽车空调的工作原理,以及维修保养技术和故障检测诊断方法等,并系统地介绍了汽车空调维修中出现的问题,以及解决办法。书中力求与我国汽车产业的发展相适应,建立以亚洲和欧美主流轿车车型为主的新的结构体系,同时体现高等职业技术教育改革的发展趋势,突出汽车的新结构、新技术、新材料和新工艺。

本书可作为高职高专院校、成人高校、中等职业技术学校汽车专业的教学用书,也可作为社会有关从业人员的业务参考书及培训用书,还可作为汽车维修管理的工程技术人员及汽车修理工参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调原理构造与检修/郑为民主编. —2版. —北京:化学工业出版社,2016.6

国家示范性高职院校建设规划教材

ISBN 978-7-122-26921-8

I. ①汽… II. ①郑… III. ①汽车空调-构造-高等教育-教材②汽车空调-维修-高等教育-教材 IV. ①U463.850.3②U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第087734号

责任编辑:韩庆利

责任校对:宋 玮

装帧设计:史利平

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 装:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张14 $\frac{3}{4}$ 字数369千字 2016年8月北京第2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:32.00元

版权所有 违者必究

前 言

本书是以汽车维修企业岗位群作业项目的实际工艺过程为依据,围绕高职高专汽车专业理论实践一体化教学需要编写的,将理论知识与实践技能有机结合。编写力求取材新颖,图文并茂,内容充实,通俗易懂,实用性强。本书的第一版自出版以来,受到广大专业师生及企业同人的青睐。编者认真总结了近几年的教学经验和反馈意见,在参考大量相关文献和标准的基础上,对教材进行了修订。

本书力求与我国汽车产业的发展相适应,建立以亚洲和欧美主流轿车车型为主的新的结构体系,同时体现高等职业技术教育改革的发展趋势,突出汽车的新结构、新技术、新材料和新工艺。全书分为七个课题,着重介绍汽车空调原理、构造的理论和大多数在用车车辆的检修项目,内容包括热力学知识、制冷原理、汽车空调的结构、汽车空调的工作原理以及维修保养技术和故障检测诊断方法等,并系统地介绍了汽车空调维修中出现的问题,以及解决办法。

本书由广东机电职业技术学院郑为民主编,广州科技职业技术学院雷源春副主编,参加本书编写的还有:广东机电职业技术学院方文杰,广州铁路职业技术学院张晓东,广东工贸职业技术学院刘文革、彭鹏峰,广州科技职业技术学院甘俊旗、戚金凤,广东白云学院李林、李滢泽、杨志勇,佛山职业技术学院龙志军、刘顺祥、陈永康、李兵建,江门市工贸职业技术学院利凌霄,广东农工商职业技术学院张锒钰,茂名市交通高级技校陈德唐,中国一汽深业店魏相权,中国电器科学研究院叶岗,江门市汽车检测站李志君等。全书由广东机电职业技术学院岳江主审。

本书编撰过程中得到广东机电职业技术学院、广州科技职业技术学院、广东工贸职业技术学院的领导和有关专家教授的大力支持,在此向所有对本书编写有帮助的各位同仁致以诚挚的感谢。

本书可作为高职高专汽车运用与维修技术、汽车营销与服务、汽车电子技术等专业教材,也可作为职业技能培训机构参考书和汽车修理工人、技师的工具书。

本书有配套电子课件,可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师,如果需要,可发邮件至 hqlbook@126.com 索取。

由于受水平和经验所限,加之时间紧迫,书中难免出现欠妥之处,恳请广大读者和同仁批评、指正,以便日后进一步修订完善本书。

编 者

目 录

课题一 汽车空调基础知识	1
项目一 认识汽车空调	1
一、温度与健康	2
二、汽车空调的定义	3
三、汽车空调的功能	3
四、汽车空调系统的分类	4
五、汽车空调的特点	4
项目二 热力学知识	5
一、温度	5
二、湿度	6
三、压力与真空	7
四、汽化与冷凝	8
五、饱和温度与饱和压力	8
六、热量、热容与热传导	9
七、显热与潜热	10
八、节流	10
九、制冷能力与制冷负荷	11
项目三 冷媒与冷冻油	11
一、冷媒	11
二、冷冻油	14
复习与思考	16
课题二 汽车空调制冷系统原理构造与检修	17
项目一 空调制冷系统工作原理	17
一、空调制冷机理	17
二、空调制冷机构	18
三、空调制冷循环	18
项目二 制冷系统主要部件的结构与检修	21
一、压缩机	21
二、热交换器	41
三、风机	46
四、节流装置	47
五、储液器	54
复习与思考	56
课题三 汽车空调采暖和配气系统原理构造与检修	58

项目一 余热式采暖装置	59
一、水暖式采暖装置	59
二、气暖式采暖装置	61
项目二 燃烧式采暖装置	63
一、直接交换燃烧式	63
二、间接交换燃烧式	64
三、燃烧式采暖装置的日常维护	67
项目三 空气净化系统	67
一、粉尘的净化	67
二、除臭去毒	69
三、空气净化器	69
项目四 通风系统	70
一、汽车空调通风系统的作用	71
二、汽车空调通风的基本要求	71
三、汽车空调通风系统的结构和原理	71
项目五 配气系统	73
一、原理	73
二、系统结构	73
三、操纵、控制与执行机构	76
复习与思考	84
课题四 汽车空调制冷控制系统及电路原理构造与检修	86
项目一 制冷控制系统的基本部件构造原理与检修	87
一、温度控制器（温度开关）	87
二、压力开关	89
三、过热限制器	93
四、高压卸压阀	94
五、过热开关	95
六、环境温度开关	96
七、除霜开关	96
八、旁路电磁阀	97
九、控制继电器	97
十、综述	98
项目二 汽车空调制冷控制系统	98
一、循环离合器控制系统	99
二、蒸发器压力控制系统	102
项目三 电子膨胀阀控制的制冷系统	110
一、电磁式电子膨胀阀	110
二、电动式电子膨胀阀	111
项目四 汽车空调基本控制电路	112
一、怠速控制电路	112
二、发动机负荷控制电路	113

三、温度控制电路	114
四、汽车空调基本电路	116
项目五 典型汽车空调系统电路	120
一、桑塔纳空调制冷系统电路分析	120
二、夏利空调制冷系统电路分析	121
三、海狮空调制冷系统电路分析	123
四、捷达空调制冷系统电路分析	124
五、丰田小霸王空调制冷系统电路分析	128
复习与思考	129
课题五 汽车空调自动控制系统原理构造与检修	130
项目一 认识汽车空调自动控制系统	130
一、半自动空调系统简介	131
二、全自动空调系统简介	132
项目二 汽车空调自动控制系统的结构与原理	132
一、汽车空调自动控制系统的基本结构	132
二、汽车空调自动控制系统的工作原理	133
三、传感器结构原理与检修	135
四、控制器结构与原理	148
五、控制程序和执行器	150
项目三 自动空调典型控制程序分析	160
一、凌志 LS400 自动空调控制程序分析	160
二、BCM 系统自动空调控制程序分析	165
三、自动空调系统 LAN 控制技术	167
项目四 自动空调检修	170
一、电控系统故障诊断	170
二、故障码检查	172
复习与思考	175
课题六 汽车空调检测与维修	176
项目一 汽车空调维修基本作业	176
一、常用维修工具介绍	177
二、汽车空调基本维修	186
三、汽车空调制冷性能的测试	195
项目二 汽车空调故障诊断与排除	198
一、汽车空调常见故障分析和排除	198
二、汽车空调维修实例	205
复习与思考	210
课题七 新技术知识拓展	211
项目一 认识汽车空调新技术	211
一、氢化物汽车空调系统	211
二、二氧化碳汽车空调系统	212
三、固体吸附式汽车空调系统	212

四、吸气时汽车空调系统.....	213
五、氨机空调.....	213
项目二 汽车空调新结构新部件.....	213
一、外部调节的变排量压缩机.....	213
二、无电压缩机离合器技术.....	214
三、主副冷凝器技术.....	216
四、冷凝器组件.....	216
项目三 冷媒新知识.....	217
一、房间空调常用冷媒.....	217
二、HC 类天然冷媒	217
三、天然制冷剂.....	218
项目四 新型制冷技术.....	220
一、太阳能制冷.....	220
二、余热制冷.....	221
三、磁制冷.....	222
四、热声制冷.....	222
五、地热制冷.....	223
六、激光制冷.....	224
参考文献	226

课题一 汽车空调基础知识

应知理论

了解汽车空调的发展、定义、功能、人体舒适的环境；

理解热力学知识中的湿度、压力与真空、饱和温度和饱和压力、热量、热容、显热与潜热等知识；

熟悉热力学知识中的温度、汽化、冷凝、热传导、节流及冷媒等知识。

应会技能

掌握冷媒的应用，并能够识别冷媒的技能；

掌握各种冷冻润滑油性质、质量变化和使用方法。

课程内容

认识汽车空调，包括汽车空调与健康、汽车空调的特点、汽车空调的功能等；

热力学知识，包括温度、湿度、汽化与冷凝、饱和温度与饱和压力、热容、热量、热传导与节流等；

冷媒与冷冻油，包括冷媒的种类、性能、环保和汽车空调对冷媒的要求；冷冻润滑油的性质、汽车空调对冷冻油的要求；冷冻润滑油的要求和冷冻油的质量变化及使用注意事项等。

项目一 认识汽车空调

汽车已成为人们生活中的必需品，成为房间生活的延伸部分。对房间环境的要求同样延伸到汽车上，空调便是其中的一个重要内容。汽车空调就是移动建筑的空调。

汽车空调技术就是随时对车厢内或驾驶室内空气的温度、湿度、风速和清洁度等参数进行调节，将其控制在舒适的标准范围之内的技术。

汽车空调技术包括降温、供热、除湿、通风和净化等方面的技术，是空气调节中功能要求最全面的空调技术。

现代汽车空调的基本作用如下。

① 提高安全性。现代汽车空调将车内空间的环境调整到对人体最适宜的状态，创造良好的车内环境，使驾驶人员大脑清晰和精力充沛，保证安全行车。

② 提高效率。现代汽车空调改善驾驶员的工作环境和劳动条件。在严寒、酷暑等恶劣环境下，汽车各机构中众多的控制模块将不能正常工作，驾驶人员在 0°C 以下时手和脚将冻僵，在 40°C 以上时大脑反应迟钝，这些状态都无法正常操作，此时汽车必须停止行驶。而汽车空调可将车内空间调节为可以正常操作的环境，因而提高了效率。

③ 提高乘坐舒适性。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、灰尘和细菌等参数指标的感受和反应决定的。

一、温度与健康

人体靠食物的化学能来补偿因肌体活动（做功）所消耗的能量，并将多余的能量以热量的形式排到体外，保持热平衡（产热量与散热量相等），使人体体温恒定。人体的散热过程是随着人体的新陈代谢过程不断进行的。

若周围环境温度升高，则人体的对流和辐射散热量将减少。为保持热平衡，人体会运用自身的自动调节机能来加强汗液分泌。这样，由于汗量和消耗在汗水蒸发上的热量增加，在一定程度上会补偿人体对流和辐射散热的减少。不过，这时即使有可能维持人体热平衡，但实际上人体并不一定感到舒适。当环境温度高于人体表面温度时，对流换热和辐射换热都是由外界环境传向人体，这时，当人体余热量难以全部散出时，余热量就会在体内蓄存起来，导致体温上升，人体因热平衡遭到破坏会感到很不舒服，甚至可能生病。体温即使仅比正常体温高出 1℃ 甚至不到 1℃，也会影响人体健康。体温增到 40℃ 时，人体的自调节功能被破坏，出汗停止，若不采取措施（物理降温），则体温将迅速上升，当上升到 43.5℃ 时，将有生命危险。

汗的蒸发强度不仅与周围空气温度有关，而且和相对湿度、空气流动速度有关。

相对湿度愈高，空气中水蒸气分压力愈大，人体汗水蒸发量愈少。所以，增加空气湿度，在高温时，会增加空气对人的热作用；在低温时，由于空气潮湿增强了导热，会加剧空气对人的冷作用。

周围空气的流动速度是影响人体对流散热和水分蒸发散热的主要因素之一。气流速度大时，由于提高了对流换热系数及湿交换系数，因而使对流散热和水分蒸发散热随之增强，亦即加剧了空气对人体的冷作用。

周围物体表面温度决定了人体辐射散热的强度。在同样的室内空气参数条件下，围护结构内表面温度高，人体增加热感；表面温度低，则会增加冷感。

综上所述，人体舒适感与下列因素有关：室内空气温度；室内空气相对湿度；人体附近的空气流速；围护结构内表面及其他物体表面温度。

舒适性环境参数见表 1-1。

人体的舒适感除与上述几种客观因素有关外，还和生活习惯、人体活动、衣着情况以及年龄、性别有关。不可能用一个单一的物理量来表示空气条件以及衡量该条件对人体是否舒适，而应采用有关影响舒适的所有效应的一个综合指标来表示和衡量空气条件才比较合理。为此，人们提出了有效温度或等效温度这样一个综合指标，它是结合干球温度、湿球温度和空气流速的效应来反映冷和热的感觉的。

表 1-1 舒适性环境参数

项目范围	温度/℃		相对湿度 /%	换气量 /m ³ ·h ⁻¹	风速 /m·s ⁻¹	CO ₂ /%	CO/%	加速度 /m·s ⁻²	振动幅度 /mm	噪声 /dB
	冬	夏								
舒适带	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	>0.3	>0.015	>3	>2	>65
有害带	<0	>43	<15, >95	<5	>0.4	>10	>0.03	>4	>15	>120

评价汽车空调性能好坏的主要指标就是舒适性。经空调调节后的车内空气如果使人感到舒适,那么空调的性能就好;否则空调的性能就差。

评价汽车空调性能好坏的另一指标就是经济性。

二、汽车空调的定义

汽车空调是汽车车厢内空气调节的简称,它的内涵是指在封闭的空间内调节车内的温度、湿度、气流速度、空气洁净度等参数指标。

三、汽车空调的功能

汽车空调只要具有如下几个功能,就基本能满足人们舒适性的要求:调节车内空气的温度、调节车内空气的湿度、调节车内空气流动和净化空气等。

1. 汽车空调的第一功能——调节温度

汽车空调在冬季利用其采暖装置升高车厢内空气的温度。轿车和中小型客车一般以发动机冷却循环水作为暖风的热源,而大型客车则采用独立式加热器作为暖风的热源。在夏季,车内降温则由制冷装置来完成。

车内空气的平均温度推荐值为:夏季 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$,冬季 $15\sim 18^{\circ}\text{C}$ 。车内外空气温度相差不宜太大,否则也会使乘客感到不舒适。夏季车内外空气温度相差宜保持在 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 范围内;冬季车内外空气温度相差宜保持在 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 范围内。从经济性方面考虑,车内空气温度夏季应尽量提高,冬季应尽量降低。夏季车内温度每升高 1°C ,约减少冷负荷 10%;冬季每降低 1°C ,约减少热负荷 12%。

2. 汽车空调的第二功能——调节湿度

普通汽车空调一般不具备这种功能,只有汽车采用的冷暖一体化空调器才能对车内的湿度进行适量调节。它通过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。但汽车上目前还没有加装加湿装置,只能通过打开车窗等通风设施,靠车外新鲜空气来调节。

车内相对湿度一般保持在 30%~70% 为宜,超出此范围,人就会感到干燥或闷热。

3. 汽车空调的第三功能——调节空气流速

空气的流速和方向对人体舒适性影响很大。夏季,舒适的气流速度一般为 0.25m/s 左右,不宜超过 0.5m/s ;冬季,一般为 $0.15\sim 0.2\text{m/s}$,不宜超过 0.3m/s 。夏季,气流速度稍大些,有利于人体散热降温,但过大的风速直接吹到人体上,也会使人感到不舒服。冬季,气流速度尽量小一些,风速太大,会影响人体保温。

根据人体生理特点,头部对冷比较敏感,脚部对热比较敏感,因此在布置空调出风口时,应采取上冷下暖的方式,即让冷风吹到乘员头部,暖风吹到乘员脚部。

4. 汽车空调的第四功能——净化空气

由于车内空间小,乘员密度大,车内极易出现缺氧和二氧化碳浓度过高的情况,所以进气门应处于外循环,以不断向车内补充外界的新鲜空气。为防止人体缺氧,产生疲劳、头痛和恶心等现象,车内每位乘客所需新鲜空气量应为 $20\sim 30\text{m}^3/\text{h}$,二氧化碳浓度应保持在 0.03% (体积) 以下。

车辆中使用两种类型的通风装置:自然通风装置和强制通风装置。

空气净化装置主要由过滤器及活性炭过滤器组成,有些车型还装有灭菌灯和离子控制器,如图 1-1 所示。

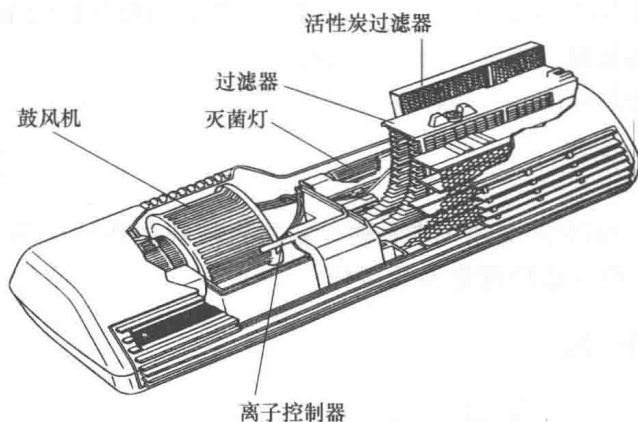


图 1-1 空气净化装置

四、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。

单一功能是指冷、暖风各自独立，自成系统，一般用于大中型客车上。

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。

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。

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。

五、汽车空调的特点

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振能力，接头牢固并防漏。汽车空调制冷系统极容易发生冷媒的泄漏，破坏整个空调系统的工作条件，统计表明，汽车空调因冷媒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。非独立式空调系统，会影响汽车的动力性能，但比独立式空调系统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 10%~20%（和汽车的速度有关），发动机的输出功率减少 10%~12%。

③ 要求汽车的制冷制热能力大，其原因如下。

a. 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。

b. 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。

c. 汽车都在野外工作，直接承受太阳的热辐射、霜雪的冷、雨水的潮湿，环境恶劣，千变万化。要使汽车空调在最短的时间里达到舒适的环境，要求制冷制热量就特别大。非独立式空调系统，由于汽车发动机的工况变化频繁，所以，空调系统的冷媒流量变化大。

④ 汽车空调结构紧凑、重量轻。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%，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。

项目二 热力学知识

汽车空调的任务是给车室内提供一个舒适的环境，包括车内空气的温度、湿度、洁净度、新鲜度和气流速度。汽车空调是利用蒸气压缩式制冷装置直接对车内空气进行冷热处理的。因此，要了解汽车空调系统，就要了解空气的物理性质和对空气处理的冷热过程，掌握制冷的热力学基础知识。

一、温度

1. 温度计量

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℃。它是把标准大气压（即 101.325kPa）下水的冰点定为 0℃，水的沸点定为 100℃，把这两点之间分为 100 等份，每 1 等份即为 1 摄氏度，记作 1℃。

热力学温度的单位符号为 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分为 273.16 份，每一份就称为 1 开尔文（1K）。热力学温度制的 1 度份与摄氏温度制的 1 度份相等，所以水的冰点用热力学温度表示时为 273.15K，沸点为 373.15K。水三相点高于水的冰点 0.01K。

华氏温度的单位符号为℉，它把标准大气压下水的冰点定为 32 华氏度，沸点定为 212 华氏度。两点间分为 180 等份，每一等份称为 1 华氏度，记作 1℉。

摄氏温度制和华氏温度制还沿水沸点和冰点向上、下

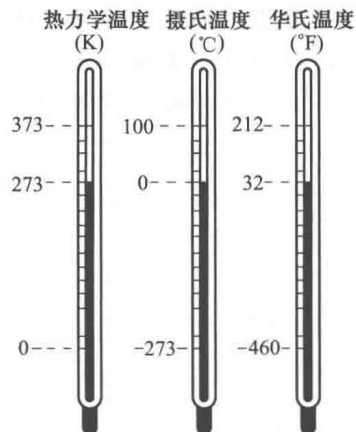


图 1-2 三种温度制的比较

端延伸到更高和更低的温度区间。当温度在 0℃ 以下时，温度数值前加 “-” 号（不能省略），如 -23℃。

三种温度制之间的关系如图 1-2 所示，其换算关系见表 1-2。

表 1-2 三种温度制之间的换算关系

温度标定名称	代 号	单 位	换 算 方 法
摄氏温度	t	℃	$t = \frac{5}{9}(F - 32)$
华氏温度	F	℉	$F = \frac{9}{5}t + 32$
热力学温度	T	K	$T = t + 273$

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、热电偶式温度计和热敏电阻式温度计（数字式），它们是利用蒸气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。

2. 物理温度

(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，亦即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 1-3 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称为湿球温度。标准湿球温度应在感温球周围有 3~5m/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，两者形成的温差称为干湿球温差，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 将周围的空气冷却后，空气的湿度便降低，如果湿度达到 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。把湿度为 100% 时凝结成露水的温度称为露点温度。

(4) 冷凝温度 在空调系统中，在冷凝器中冷媒在一定高压下由气态变为液态时的温度称为冷凝温度。

(5) 蒸发温度 空调系统中，在蒸发器中冷媒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。

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。

空气的湿度是指空气中所含水蒸气量的多少。它有以下几种表示方法。

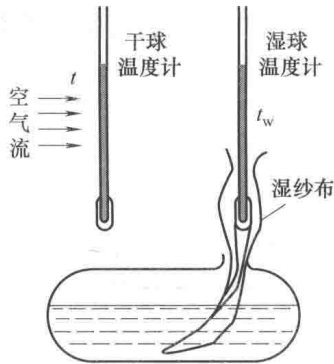


图 1-3 干球温度和湿球温度示意图

(1) 绝对湿度 (r_w) 每立方米空气中含有的水蒸气量 (kg) 称为空气的绝对湿度, 单位为 kg/m^3 。绝对湿度就是空气中水蒸气的质量。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。

(2) 相对湿度 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质量, 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 ω 表示, 即

$$\omega = \frac{r_w}{r_s} = \frac{p_q}{p_s} \times 100\%$$

式中 r_w ——空气的绝对湿度;

r_s ——饱和湿空气的密度;

p_q ——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)。

ω 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 ω 值越大, 则表示空气越潮湿, 吸收水分的能力越差。当 $\omega=0$ 时, 为干空气; 当 $\omega=100\%$ 时, 则为饱和空气, 再也不能吸收水分了。

在一定的温度下, 空气所含的水蒸气量 (即水蒸气分压力) 有一个最大限度, 超过这一限度, 多余的水蒸气就会从湿空气中凝结出来。这种含最大限度水蒸气量的湿空气称为饱和空气。饱和空气所具有的水蒸气分压力和含湿量分别称为饱和水蒸气分压力和饱和含湿量。如果温度发生变化, 饱和水蒸气分压力和饱和含湿量也相应地随着变化。

凡是水蒸气含量未达到该温度下最大限度的空气称为未饱和空气。未饱和空气具有吸收和容纳水蒸气的能力。湿衣服挂在空气中能够晾干, 就是这个道理。

三、压力与真空

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

地球表面包围着一层很厚的空气层, 称为大气层, 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)。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。

绝对压力表示实际的压力值, 是把完全真空状态作为零值。

表压力是通过压力表上指示读出的压力值。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。

真空度是低于大气压力的数值。

上述三种压力在制冷技术领域经常应用, 绝对压力在设计及查阅冷媒特性表时使用, 表压力是在观察系统运行状况时使用, 真空度则在维修系统抽真空时使用。它们之间的关系如图 1-4 所示, 用公式表示如下:

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

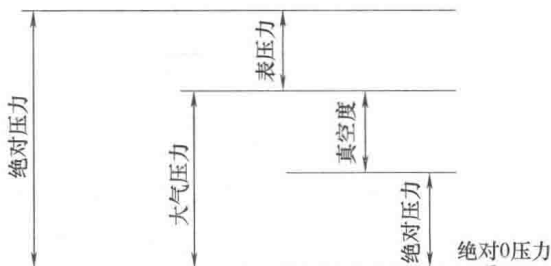


图 1-4 压力与真空度的关系

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

国际常用压力单位换算见表 1-3。

表 1-3 国际常用压力单位换算

kPa	kgf · cm ⁻²	mmHg	psi	大气压
1	0.0102	7.5	0.145	9.97×10^{-3}
98	1	736	14.2	0.968
0.13	1.36×10^{-3}	1	0.019	1.3×10^{-3}
6.9	0.07	52	1	0.068
101	1.03	760	14.7	1

注：1psi 即 1lbf/in²。

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），称为该物质的汽化热。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。冷媒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，对蒸发一词通常理解为液体的沸腾过程。

在空调制冷系统中，主要是利用冷媒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，指冷媒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，冷媒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。

热量交换中的物态变化如图 1-5 所示。

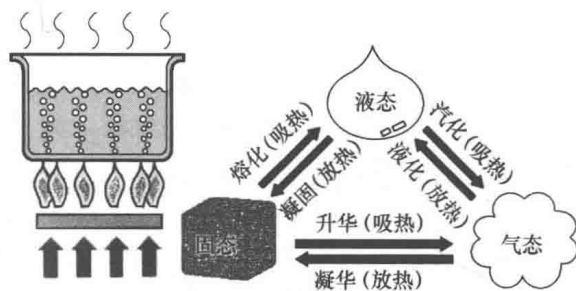


图 1-5 热量交换中的物态变化

五、饱和温度与饱和压力

饱和温度是指液体和蒸气处于动态平衡状态即饱和状态时所具有的温度 t_s 。饱和状态时，液体和蒸气的温度相等。饱和温度一定时，饱和压力也一定；反之，饱和压力一定时，饱和温度也一定。温度升高，会在新的温度下形成新的动态平衡状态。物质的某一饱和温度必对应于某一饱和压力。最佳的饱和温度并非一个固定值，它随外界条件变化

而变化。

如果对冷媒加热，则其中的一部分液体就会变成蒸气；反之，如果冷媒放出热量，则其中的一部分蒸气又会变成液体（温度不变）。在这种冷媒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。处于这种状态的冷媒蒸气称为饱和蒸气，这种状态下的冷媒液体称为饱和液体。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。饱和蒸气的温度称为饱和温度；饱和蒸气的压力称为饱和压力。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 1-4。

表 1-4 几种液体在一个标准大气压下的正常沸点

液体名称	沸点/℃	液体名称	沸点/℃
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、热容与热传导

1. 热量

物体含热的多少为热量。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。热量的单位为焦 [耳] (J)。单位体积的物体温度越高，热量越大；同温度的物体体积越大，热量越大；同温度体积物体不同，含热量不同。

2. 热容

物质温度升高 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。

3. 热传导

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，或从同一物体内部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。热的传递方式有传导、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或物体与物体的接触从高温点向低温点移动，这种现象就是热的传导。物体与物体接触面积越大、越紧密，热量传导越快。

一般来说，金属是热的优良导体；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。流速越快、流量越大，导热量越大。

(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。

无论哪种热传导方式，共同的特性是温差越大热量传导越快。