

应用型本科汽车类专业“十二五”规划教材

汽车空调技术

凌永成 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

应用型本科汽车类专业“十二五”规划教材

汽车空调技术

凌永成 主编

王岩松 主审



机械工业出版社

本书是根据全国应用型本科汽车类专业的教学目标、培养方案及教学大纲的要求编写的。

本书共分8章,在简要介绍热工学基础知识和汽车空调系统的组成与分类之后,重点阐述和讲授乘用车空调制冷系统的结构原理、温度控制、采暖与通风配气系统、自动控制系统,以及汽车空调系统的使用、维护与检修知识,对商用车(大型客车、载货汽车、冷藏汽车)空调系统也作了充分的介绍,是一本内容较为宽泛、简明扼要地反映现代汽车空调技术新知识的教材。

本书为全国应用型本科汽车类专业教材,也可作为高等工程专科学校、高等职业技术学院以及职业培训学校的汽车运用、汽车服务、汽车维修类专业教材,还可作为广大汽车工程技术人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调技术/凌永成主编. —北京:机械工业出版社,2014.2

应用型本科汽车类专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-45539-4

I. ①汽… II. ①凌… III. ①汽车空调—高等学校—教材 IV. ①U463.85

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第014181号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:赵海青 责任编辑:赵海青

版式设计:常天培 责任校对:肖琳

封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2014年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16.25印张·2插页·390千字

0001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-45539-4

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

车辆工程方向教材编审委员会

- | | |
|------------|-----|
| 主任：河南科技大学 | 张文春 |
| 副主任：南昌工程学院 | 林谋有 |
| 鲁东大学 | 于京诺 |
| 委员：沈阳理工大学 | 赵海波 |
| 上海电机学院 | 陆忠东 |
| 金陵科技学院 | 智淑亚 |
| 金陵科技学院 | 付香梅 |
| 黑龙江工程学院 | 于春鹏 |
| 哈尔滨理工大学 | 贾冬开 |
| 九江学院 | 黄 强 |
| 广西工学院 | 黄雄健 |
| 沈阳大学 | 凌永成 |
| 河南工业大学 | 吴心平 |
| 秘书：机械工业出版社 | 赵海青 |

汽车服务工程方向教材编审委员会

主任：上海建桥学院	陈永革
副主任：武汉科技大学	赵英勋
长春工业大学	刘兰俊
北京运华天地科技有限公司	廖 明
委员：江汉大学	李素华
黑龙江工程学院	于春鹏
吉林农业大学发展学院	吴 明
金陵科技学院	付香梅
浙江师范大学	曹红兵
黑龙江东方学院	贾冬开
九江学院	丁志华
九江学院	代红梅
九江学院	徐玉红
上海建桥学院	裘文才
同济大学	陈昌明
同济大学	陈传灿
上海大学	何忱予
秘 书：机械工业出版社	赵海青

交通运输方向教材编审委员会

主任：长安大学 陈焕江

副主任：浙江师范大学 曹红兵

鲁东大学 宋进桂

山东交通学院 戴汝泉

委员：沈阳理工大学 赵海波

上海建桥学院 朱列

吉林农业大学 吴明

黑龙江工程学院 于春鹏

鲁东大学 陈燕

山东交通学院 李景芝

秘书：机械工业出版社 赵海青

从 书 序

进入 21 世纪,我国高等教育得到了迅猛发展,已经进入了大众化的发展阶段,全国高等教育的毛入学率已达到 20%,上海、北京等高等教育发达地区的毛入学率已经超过 50%,率先进入了高等教育大众化的发展阶段。

在高等教育大众化发展阶段,受教育者和社会对高等学校的要求趋向于多元化和复杂化,对人才的认识和评价标准趋向于多样化,它的发展必然要求高等教育理念、办学形式的多元化和高等学校办学层次、类型的多样化。我国传统的“精英式”高等教育理念、“研究型”高等学校办学模式和“学术性”人才培养模式在高等教育大众化阶段受到了严重挑战。也就是说,高等教育大众化在提高适龄青年接受高等教育比例的同时,使教育的对象、目标和教育结构发生了变化,接受高等教育的人具有了不同的类型和不同的特点,这就需要高等教育具有不同层次和不同类型,因此,产生了学校设置的不同类型和不同定位。应用型本科人才的培养正是在这种情况下,越来越得到社会的重视。

为适应社会对应用型人才的需求,对高等学校尤其是新建本科院校来说,应用型本科人才的培养工作重任在肩。应用型本科如何定位、分类和发展,是国内教育界非常关注的问题。定位于职业取向的应用型大学,既有普通本科教育的共性,又有区别于普通本科的自身特点,它更加注重的是实践性、应用性和技术性。有人认为,“后劲足、上手快”,即基础知识比高职高专学生深厚、实践能力比传统本科生强,是本科应用型人才最本质的特征,但是由于类型多而复杂,应用型本科院校之间缺乏横向交流和适用于应用型人才培养的针对性教材一直是制约院校发展的瓶颈。

2011 年 12 月,围绕应用型本科人才培养和教材开发,机械工业出版社牵头在上海建桥学院召开了“汽车类专业应用型本科示范教材”开发研讨会。上海建桥学院、上海电机学院、鲁东大学、九江学院、长安大学、河南科技大学、南昌工程学院、黑龙江工程学院、武汉科技大学、山东交通学院、河南工业大学、长春工业大学、哈尔滨理工大学、沈阳理工大学、浙江师范大学、吉林农业大学、金陵科技学院等来自全国 20 多所设有汽车类专业的应用型本科院校的 30 多位汽车专业系主任、骨干教师参加了此次会议。此次会议组建成立了“全国汽车类专业应用型本科院校联盟”,审议并通过了“全国汽车类专业应用型本科院校联盟”章程和联盟理事会工作细则,确定了教材联编共同的思路。

在此次会议上,与会代表对汽车类专业应用型本科的培养方案、专业建设、教材建设等问题进行了深入而广泛的探讨,并成立了教材编审专家委员会,对教材编例、内容组织、教材体系等多方面问题进行了探讨。

本套教材具有如下特点:

- 强调以知识为基础,以能力为重点,知识、能力、素质协调发展。具体培养目标强调学生综合素质和专业核心能力的培养。

- 内容组织和体现形式符合学生认知和技能养成规律，体现以应用为主线。
- 体现行业需求、职业要求和岗位规范，尤其是要注意紧跟技术更新。
- 注重学生分析能力、判断能力、创新能力和沟通能力的综合能力培养。
- 配套开发课程设计指导、实训教学指导书，配备多媒体教学课件，打造立体化教材。

本套教材附赠多媒体课件、练习题答案等教学资料供任课老师采用，可在机械工业出版社教材服务网（www.cmpedu.com）免费下载或拨打编辑热线获取（010-88379353）。

虽然本套教材的各参编院校在应用型本科人才培养和教学改革方面进行了有益的探索，但限于认识水平和工作经历，教材中难免仍有许多不足之处，恳请各位专家、同行和广大使用本套教材的师生给予批评指正。

应用型本科汽车类专业“十二五”规划教材编委会

前 言

本书是根据全国应用型本科汽车类专业的教学目标、培养方案及教学大纲的要求编写的。

本书共分8章,在简要介绍热工学基础知识和汽车空调系统的组成与分类之后,重点阐述和讲授乘用车空调制冷系统的结构原理、温度控制、采暖与通风配气系统、自动控制系统以及汽车空调系统的使用、维护与检修知识,对商用车(大型客车、载货汽车、冷藏汽车)空调系统也作了充分的介绍,是一本内容宽泛、简明扼要地反映现代汽车空调技术新知识的教材。

本书为全国应用型本科汽车类专业教材,也可作为高等工程专科学校、高等职业技术学院以及职业培训学校的汽车运用、汽车服务、汽车维修类专业教材,还可作为广大汽车工程技术人员的参考读物。

本书是按照教学时数约为60学时编写的,理论教学和实验教学的学时安排建议按照下表进行。各学校在选用本书作为教材时,可根据自己的教学大纲适当增、减学时。

汽车空调技术课程学时分配表(建议)

序号	课程内容	理论学时	实验学时	总学时
1	汽车空调概论	2	—	2
2	汽车空调制冷系统	10	4	14
3	制冷系统的温度控制	6	—	6
4	汽车空调通风、采暖与配气系统	4	—	4
5	汽车空调的控制与保护	6	2	8
6	汽车空调自动控制系统	6	2	8
7	汽车空调系统的布置	4	—	4
8	汽车空调系统检修	6	6	12
9	结课考核	2	—	2
学时合计		46	14	60

为进一步强化实践教学,切实培养和提高学生的汽车空调系统检修技能,本书还配有汽车空调系统检测诊断实训指导书和作业单。建议将汽车空调系统检测诊断实训安排在课程结束之后集中进行,实训时间为1周。

本书条理清晰,层次分明,语言简练,图文并茂,内容全面、重点突出,详略得当,删除了冗长的理论分析,强化了汽车空调检测、诊断、维修等实用技术的介绍,教材内容的取舍以充分满足汽车空调工程师知识结构的要求为出发点,特别注重理论与实践的紧密结合,内容具有极强的针对性和实用性,旨在开阔学生的专业知识视野,切实培养和提高学生的技术应用能力,是一本具有鲜明特色的实用规划教材。

本书由沈阳大学凌永成主编,李雪飞、王海军(西南林业大学)、赵海波、赵德祥同志参加了部分章节的编写工作。

辽宁曙光汽车集团乘用车事业部技术总监刘国贵、商用车事业部技术总监张桂卿,沈阳华宝汽车销售服务有限公司技术总监凌永胜、锦州立达汽车销售服务有限公司技术总监刘涛、辽宁快飞特(沈阳)汽车维修有限公司技术总监李宝峰等同志,分别从整车制造企业和汽车技术服务企业对应用型人才专业技能需求的角度出发,参与了写作大纲的讨论和草拟工作,使本书在教材内容、编写体例、实践能力的培养等方面与用人单位的实际需求紧密结合,进一步提升和突出了本书的实用性和实战性。

在本书写作大纲的审定会议上,曾得到清华大学汽车工程系夏群生教授和中国汽车工程学会常务理事、中国机械工业教育协会车辆工程学科组副主任林逸教授的热情支持和悉心指导。同时,在书稿写作过程中,作者还参考、借鉴了许多国内外公开出版和发表的文献,在此一并致谢!

上海工程技术大学汽车工程学院王岩松教授作为主审,对全书进行了认真的审阅,并提出了许多宝贵意见,使本书结构更为严谨,在此深表感谢!

由于水平有限,书中难免存在不足或疏漏之处,恳请广大读者批评指正,以便再版时修订。

为方便选用本书作为教材的任课教师授课,编者还制作了与本书配套的电子课件。有需要的教师可致信编辑邮箱 13744491@qq.com 索取,编者会无偿提供。

凌永成
2013年9月

目 录

丛书序

前言

第 1 章 汽车空调概论	1
1.1 热力学基础知识	1
1.1.1 温度与湿度	1
1.1.2 压力与真空度	3
1.1.3 汽化与冷凝	4
1.1.4 饱和温度与饱和压力	4
1.1.5 过冷与过热	5
1.1.6 热量与热容	5
1.1.7 显热与潜热	6
1.1.8 节流膨胀	7
1.1.9 制冷能力与制冷负荷	7
1.1.10 热力学基本定律	7
1.2 汽车空调简介	8
1.2.1 汽车空调的功能	8
1.2.2 汽车空调的工作特点	10
1.2.3 汽车空调技术的发展	11
1.3 汽车空调系统的组成与分类	12
1.3.1 汽车空调系统的组成	12
1.3.2 汽车空调系统的分类	13
第 2 章 汽车空调制冷系统	15
2.1 制冷系统的工作原理	15
2.1.1 制冷系统的基本组成	15
2.1.2 蒸气压缩制冷系统的工作原理	16
2.2 制冷剂与冷冻机油	17
2.2.1 对制冷剂的性能要求	17
2.2.2 制冷剂的分类和性能特征	19

2.2.3	制冷剂的使用	23
2.2.4	冷冻机油	23
2.3	压缩机	25
2.3.1	压缩机的作用与分类	25
2.3.2	定排量压缩机	27
2.3.3	变排量压缩机	36
2.3.4	压缩机的动力输入装置	40
2.3.5	电动压缩机	43
2.4	冷凝器与蒸发器	50
2.4.1	冷凝器	51
2.4.2	蒸发器	53
2.5	节流装置	54
2.5.1	节流装置的作用与分类	54
2.5.2	膨胀阀	55
2.5.3	孔管	60
2.6	其他辅助部件	60
2.6.1	储液干燥器	60
2.6.2	集液器	62
2.6.3	风机	63
2.6.4	制冷剂管路	64
2.7	CO ₂ 汽车空调系统	68
2.7.1	CO ₂ 制冷剂的特点	68
2.7.2	CO ₂ 汽车空调系统的组成	69
2.7.3	电装公司开发的CO ₂ 汽车空调系统	70
2.7.4	CO ₂ 汽车空调系统存在的问题及展望	71
第3章	制冷系统的温度控制	73
3.1	压缩机液击及其预防	73
3.1.1	蒸发器结冰与压缩机液击	73
3.1.2	压缩机液击的预防	73
3.2	恒温器-电磁离合器循环制冷系统	74
3.2.1	恒温器-内平衡膨胀阀循环制冷系统	74
3.2.2	恒温器-H形膨胀阀循环制冷系统	77

3.2.3	恒温器-电磁离合器孔管循环制冷系统	78
3.3	基于蒸发器压力控制的制冷系统	79
3.3.1	吸气节流阀-外平衡膨胀阀制冷系统	80
3.3.2	先导阀操纵的绝对压力吸气节流阀制冷系统	82
3.3.3	组合式先导阀操纵的绝对压力吸气节流阀制冷系统	84
3.3.4	蒸发器压力调节器控制的制冷系统	85
3.3.5	热气旁通阀控制的制冷系统	86
第4章	汽车空调通风、采暖与配气系统	89
4.1	汽车通风与空气净化装置	89
4.1.1	通风装置	89
4.1.2	空气净化装置	91
4.2	汽车采暖系统	92
4.2.1	汽车暖风系统的作用与类型	92
4.2.2	汽车暖风系统的结构与工作原理	93
4.2.3	汽车暖风系统的温度调节	97
4.2.4	汽车除霜/除雾装置	98
4.3	汽车空调配气系统	100
4.3.1	汽车空调的配气方式	100
4.3.2	控制面板与功能	103
4.3.3	控制器与执行器的结构原理	105
4.3.4	配气系统的结构与工作原理	108
4.4	驻车加热系统	111
4.4.1	驻车加热系统的作用及特点	111
4.4.2	大众辉腾汽车驻车加热系统	112
第5章	汽车空调的控制与保护	129
5.1	汽车空调的控制	129
5.1.1	电磁离合器及系统压力控制	129
5.1.2	风机的控制	134
5.1.3	压缩机排量与工作模式的控制	137
5.1.4	其他项目的控制	142
5.2	汽车空调的保护	144
5.2.1	发动机的过载保护	144

5.2.2 制冷剂的过热保护	146
5.2.3 制冷剂的过压保护	147
第6章 汽车空调自动控制系统	149
6.1 汽车空调的控制电路	149
6.1.1 汽车空调基本控制电路	149
6.1.2 典型手动空调控制电路	151
6.1.3 自动空调控制电路	153
6.2 四温区自动空调控制系统	153
6.2.1 四温区自动空调系统的基本结构	154
6.2.2 四温区自动空调系统的控制项目	157
6.2.3 四温区自动空调系统的空气调节过程	171
6.2.4 四温区自动空调系统的控制电路	176
第7章 汽车空调系统的布置	184
7.1 乘用车空调系统的布置	184
7.1.1 单蒸发器乘用车空调系统的布置	184
7.1.2 双蒸发器乘用车空调系统的布置	186
7.2 客车空调系统的布置	188
7.2.1 客车空调采暖系统的布置	188
7.2.2 客车空调系统常见布置形式	188
7.2.3 典型顶置式客车空调系统的布置	194
7.2.4 高档客车智能电控空调系统的布置	198
7.3 其他商用车空调系统的布置	199
7.3.1 载货汽车空调系统的布置	199
7.3.2 冷藏汽车空调系统的布置	201
第8章 汽车空调系统检修	205
8.1 汽车空调系统的使用与维护	205
8.1.1 汽车空调的正确使用	205
8.1.2 汽车空调的检查维护	206
8.2 常用工具与基本操作	211
8.2.1 汽车空调系统维护的常用工具	211
8.2.2 汽车空调系统维护的基本操作	218
8.3 汽车空调系统的检测	227

8.3.1 汽车空调系统的检测设备	227
8.3.2 汽车空调系统的检测方法	229
8.4 汽车空调系统的诊断	230
8.4.1 制冷系统压力诊断法	230
8.4.2 制冷系统触摸诊断法	233
8.5 汽车空调系统的维修	237
8.5.1 汽车空调系统常见故障的维修	237
8.5.2 汽车空调系统零部件的维修	240
附录 汽车空调系统检测诊断实训指导书	242
汽车空调系统检测诊断实训作业单(范例)	244
参考文献	245

第 1 章 汽车空调概论

学习目标

- 了解汽车空调系统的功能;
- 熟悉汽车空调系统的组成与分类;
- 熟悉汽车空调技术的发展历程;
- 能够对汽车空调技术的发展趋势进行分析。

1.1 热力学基础知识

1.1.1 温度与湿度

1. 温度

温度(temperature)是用来衡量物体冷热程度的物理量,测量温度的标尺称为温标。工程上常用的温标有摄氏温标、华氏温标和热力学温标三种。常用的温度测量仪器是温度计(图 1-1)。

摄氏温标用符号 t 表示,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。它将标准大气压下冰的熔点定为 0°C ,水的沸点定为 100°C ,两者之间均分为 100 分度,每单位分度为摄氏一度,表示为 1°C 。

华氏温标用符号 F 表示,单位为 $^{\circ}\text{F}$ 。它将标准大气压下冰的熔点定为 32°F ,水的沸点定为 212°F ,两者之间均分为 180 分度,每单位分度为华氏一度,表示为 1°F 。

热力学温标又称为绝对温标或开氏温标,用符号 T 表示,单位为 K 。这个温标所定义的热力学温度以绝对零度(absolute zero,数值为 -273.15°C)为基准。

三种温标的比较换算见表 1-1。

表 1-1 三种温标的比较换算

温标名称	代号	单位	换算方法
摄氏温标	t	$^{\circ}\text{C}$	$t = \frac{5(F - 32)}{9}$
华氏温标	F	$^{\circ}\text{F}$	$F = \frac{9}{5}t + 32$
热力学温标	T	K	$T = t + 273$

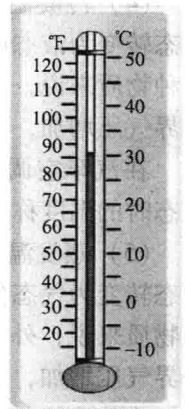


图 1-1 温度计

(1) 干球温度和湿球温度 干球温度(dry-bulb temperature)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,就是我们通常使用的温度计所测量的空气温度。

湿球温度(wet-bulb temperature)是指在稳定条件下,湿球温度计所指示的温度。

如图 1-2 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，使感温球保持湿润状态。

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。空气的干球温度和湿球温度可以用干湿球温度计(图 1-3)测量。

(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 将某一空间内的空气冷却后，空气的湿度便降低，当湿度达到 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。于是，将湿度为 100% 的温度称为水蒸气凝结成露水的温度——露点温度(dew-point temperature)。

(4) 冷凝温度 冷凝温度(condensing temperature)是指物质状态由气态转变为液态的临界温度。不同的物质，其冷凝温度也不同。对同一种物质来说，外界压力的变化也会导致冷凝温度的变化。一般来说，外界气压增加，冷凝温度会升高，反之则会降低。

在汽车空调系统中，在冷凝器中制冷剂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 蒸发温度(evaporating temperature)是指物质状态由液态转变为气态的临界温度。不同的物质，蒸发温度也不同。对同一种物质来说，外界压力的变化也会导致蒸发温度的变化。一般来说，外界气压增加，蒸发温度会升高，反之则会降低。

在汽车空调系统中，在蒸发器中制冷剂低压汽化时的温度称为蒸发温度。

2. 湿度

湿度(humidity)用来表示空气的含湿程度，1m³湿空气中所含水蒸气的质量，称为空气的绝对湿度(absolute humidity)。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。

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(relative humidity, RH)定义为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 φ 表示，即

$$\varphi = \frac{r_w}{r_s} = \frac{p_w}{p_s} \times 100\% \tag{1-1}$$

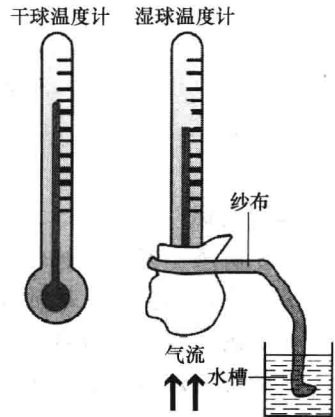


图 1-2 湿球温度的测定

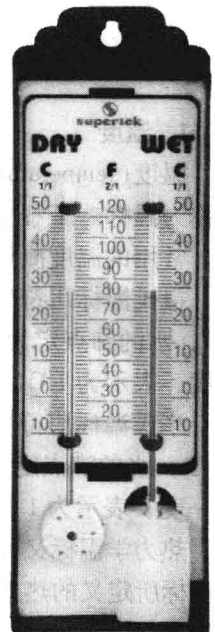


图 1-3 干湿球温度计