

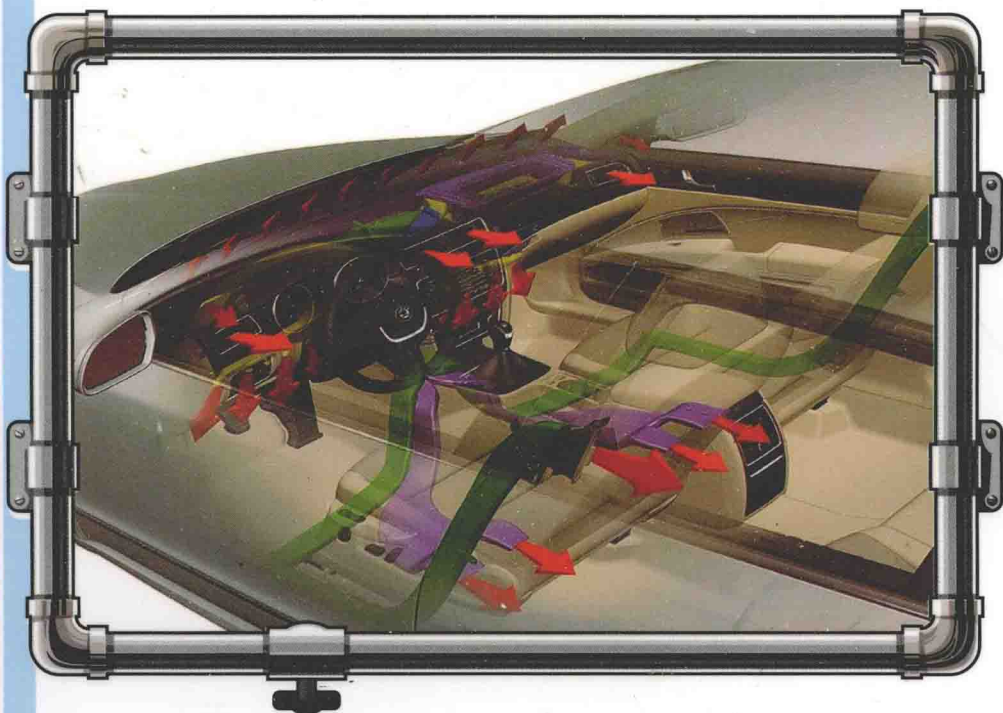


21世纪全国高等院校汽车类**创新型**应用人才培养规划教材

汽车空调技术

麻友良 主编

- ✔ 以两种典型汽车空调为例加深理解理论知识
- ✔ 重点介绍汽车空调的结构原理及其故障检修
- ✔ 内容和难度循序渐进，可满足不同教学需求



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材

汽车空调技术

主 编 麻友良
副主编 丁礼灯 席 敏



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书主要介绍了汽车空调系统的组成与工作原理、主要部件的结构、空调的使用与维修等,内容包括汽车空调概述、汽车空调基础知识、汽车空调制冷系统、汽车空调采暖系统、汽车空调的通风与空气净化装置、汽车空调的布置与操控、汽车空调的控制电路与保护装置、汽车空调的使用与故障检修、典型汽车空调的检修等。为了更具实践指导的作用,本书较为系统地介绍了两种典型汽车空调的组成与故障检修。

本书以实用性为主导,通俗易懂,图文并茂,可作为本科车辆工程、汽车服务工程、交通运输等汽车类专业教材,也适用于高职高专汽车维修技术、汽车电子技术、汽车技术服务与营销及其他汽车类专业教材,也可作为汽车维修技术培训教材和从事汽车使用与维修工作工程技术人员、工人的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调技术/麻友良主编. —北京:北京大学出版社, 2014. 4

(21世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-23996-4

I. ①汽… II. ①麻… 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041688号

书 名: 汽车空调技术

著作责任者: 麻友良 主编

策划编辑: 童君鑫

责任编辑: 宋亚玲

标准书号: ISBN 978-7-301-23996-4/TH·0387

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电子信箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京富生印刷厂

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 17.5印张 405千字

2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷

定 价: 36.00元



未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

现代汽车对安全性及舒适性的要求逐渐提高，从而对汽车安全性和舒适性提高均有重要意义的汽车空调的应用也逐渐普及，已成为汽车不可分割的一部分。因此，汽车空调课程已经成为汽车类专业本科和高职高专学生必修或选修的专业课程。为适应汽车类专业汽车空调技术课程的教学需要，我们在总结多年汽车空调技术教学经验的基础上，编写了本书。

本书面向非空调专业的学生，在内容组织上以实用性为主导，没有过多地涉及空调的基础理论，重点放在了汽车空调的结构原理和故障检修方面。文字叙述力求深入浅出、通俗易懂，以便使本书在适用于本科汽车类专业“汽车空调”课程教学的同时，也可作为高职高专汽车类专业学生学习汽车空调技术课程的教材。

为了能满足不同教学对象、不同教学目标的需要，本书的内容选取尽可能做到系统、全面，内容编排也与已有的各类汽车空调教材有所不同，各章节的安排充分考虑到了不同层次教学对象的取舍方便、学习内容与难度的循序渐进。本书前8章介绍了汽车空调概述、空调基础知识、汽车空调制冷系统、汽车空调采暖系统、汽车空调的通风与空气净化、汽车空调的布置与操控、汽车空调的控制电路与保护装置及汽车空调的使用与故障检修。在此基础上，又精选了两种典型的汽车空调（手动空调和自动空调各一例）为实例，简明扼要地介绍了这两种汽车空调的结构特点及故障检修方法，以方便读者通过实例加深理解前面所学的内容，同时，也可使本书更具实践指导意义。

本书由武汉科技大学麻友良主编，丁礼灯、席敏任副主编。编写分工为：麻友良编写第1~3章、第9章，丁礼灯编写第5章、第6章，席敏编写第8章，游彩霞编写第7章，汤富强编写第4章。

在编写本书的过程中，我们参阅了大量的书籍和资料，从中得到了许多启发和帮助，借此，向这些作者表示感谢。

由于编者水平所限，书中难免会有不妥和错误之处，恳望读者予以指正。

编 者

2013年8月

北京大学出版社汽车类教材书目

	书 名	标准书号	著 者 者	定 价	出 版 日 期
1	汽车构造(第2版)	978-7-301-19907-7	肖生发, 赵树朋	56	2014.1
2	汽车构造学习指导与习题详解	978-7-301-22066-5	肖生发	26	2014.1
3	汽车发动机原理(第2版)	978-7-301-21012-3	韩同群	42	2013.5
4	汽车设计	978-7-301-12369-0	刘涛	45	2008.1
5	汽车运用基础	978-7-301-13118-3	凌永成, 李雪飞	26	2008.1
6	现代汽车系统控制技术	978-7-301-12363-8	崔胜民	36	2008.1
7	汽车电气设备实验与实习	978-7-301-12356-0	谢在玉	29	2008.2
8	汽车试验测试技术	978-7-301-12362-1	王丰元	26	2013.6
9	汽车运用工程基础(第2版)	978-7-301-21925-6	姜立标	34	2013.1
10	汽车制造工艺(第2版)	978-7-301-22348-2	赵桂范, 杨娜	40	2013.4
11	汽车工程概论	978-7-301-12364-5	张京明, 江浩斌	36	2008.6
12	汽车运行材料(第2版)	978-7-301-22525-7	凌永成	45	2013.7
13	汽车试验学	978-7-301-12358-4	赵立军, 白欣	28	2013.5
14	内燃机构造	978-7-301-12366-9	林波, 李兴虎	26	2011.12
15	汽车故障诊断与检测技术	978-7-301-13634-8	刘占峰, 林丽华	34	2013.8
16	汽车维修技术与设备	978-7-301-13914-1	凌永成, 赵海波	30	2013.5
17	热工基础	978-7-301-12399-7	于秋红	34	2009.2
18	汽车检测与诊断技术	978-7-301-12361-4	罗念宁, 张京明	30	2009.1
19	汽车评估	978-7-301-14452-7	鲁植雄	25	2012.5
20	汽车车身设计基础	978-7-301-15619-3	王宏雁, 陈君毅	28	2009.9
21	汽车车身轻量化结构与轻质材料	978-7-301-15620-9	王宏雁, 陈君毅	25	2009.9
22	车辆自动变速器构造原理与设计方法	978-7-301-15609-4	田晋跃	30	2009.9
23	新能源汽车技术(第2版)	978-7-301-23700-7	崔胜民	39	2014.2
24	工程流体力学	978-7-301-12365-2	杨建国, 张兆营等	35	2011.12
25	高等工程热力学	978-7-301-16077-0	曹建明, 李跟宝	30	2010.1
26	汽车电气设备(第2版)	978-7-301-16916-2	凌永成, 李淑英	38	2014.1
27	现代汽车发动机原理	978-7-301-17203-2	赵丹平, 吴双群	35	2013.8
28	现代汽车新技术概论	978-7-301-17340-4	田晋跃	35	2013.5
29	现代汽车排放控制技术	978-7-301-17231-5	周庆辉	32	2012.6
30	汽车服务工程	978-7-301-16743-4	鲁植雄	36	2013.1
31	汽车使用与管理	978-7-301-18761-6	郭宏亮, 张铁军	39	2013.6
32	汽车数字开发技术	978-7-301-17598-9	姜立标	40	2010.8
33	汽车人机工程学	978-7-301-17562-0	任金东	35	2013.5
34	专用汽车结构与设计	978-7-301-17744-0	乔维高	45	2010.9
35	汽车空调	978-7-301-18066-2	刘占峰, 宋力等	28	2013.8
36	汽车空调技术	978-7-301-23996-4	麻友良	36	2014.4
37	汽车CAD技术及Pro/E应用	978-7-301-18113-3	石沛林, 李玉善	32	2014.1
38	汽车振动分析与测试	978-7-301-18524-7	周长城, 周金宝等	40	2011.3
39	新能源汽车概论	978-7-301-18804-0	崔胜民, 韩家军	30	2013.6
40	汽车空气动力学数值模拟技术	978-7-301-16742-7	张英朝	45	2011.6
41	汽车电子控制技术(第2版)	978-7-301-19225-2	凌永成, 于京诺	40	2014.1
42	车辆液压传动与控制技术	978-7-301-19293-1	田晋跃	28	2011.8
43	车辆悬架设计及理论	978-7-301-19298-6	周长城	48	2011.8
44	汽车电器及电子控制技术	978-7-301-17538-5	司景萍, 高志鹰	58	2012.1
45	汽车车身计算机辅助设计	978-7-301-19889-6	徐家川, 王翠萍	35	2012.1
46	现代汽车新技术	978-7-301-20100-8	姜立标	49	2013.7
47	电动汽车测试与评价	978-7-301-20603-4	赵立军	35	2012.7
48	电动汽车结构与原理	978-7-301-20820-5	赵立军, 佟钦智	35	2012.7
49	二手车鉴定与评估	978-7-301-21291-2	卢伟, 韩平	36	2012.8
50	汽车微控制器结构原理与应用	978-7-301-22347-5	蓝志坤	45	2013.4
51	汽车振动学基础及其应用	978-7-301-22583-7	潘公宇	29	2013.6
52	车辆优化设计理论与实践	978-7-301-22675-9	潘公宇, 商高高	32	2013.7
53	汽车专业英语	978-7-301-23187-6	姚嘉, 马丽丽	36	2013.8
54	车辆底盘建模与分析	978-7-301-23332-0	顾林, 朱跃	30	2014.1
55	汽车安全辅助驾驶技术	978-7-301-23545-4	郭烈, 葛平淑等	43	2014.1
56	汽车安全	978-7-301-23794-6	郑安文	45	2014.3

相关教学资源如电子课件、电子教材、习题答案等可以登录 www.pup6.com 下载或在线阅读。

扑六知识网(www.pup6.com)有海量的相关教学资源 and 电子教材供阅读及下载(包括北京大学出版社第六事业部的相关资源), 同时欢迎您将教学课件、视频、教案、素材、习题、试卷、辅导材料、课改成果、设计作品、论文等教学资源上传到 pup6.com, 与全国高校师生分享您的教学成就与经验, 并可自由设定价格, 知识也能创造财富。具体情况请登录网站查询。

如您需要免费纸质样书用于教学, 欢迎登陆第六事业部门户网站(www.pup6.com)填表申请, 并欢迎在线登记选题到北京大学出版社来出版您的大作, 也可下载相关表格填写后发到我们的邮箱, 我们将及时与您取得联系并做好全方位的服务。

扑六知识网将打造成全国最大的教育资源共享平台; 欢迎您的加入——让知识有价值, 让教学无界限, 让学习更轻松。

联系方式: 010-62750667; 童编辑: 13426433315@163.com, pup_6@163.com, 欢迎来电来信咨询。

目 录

第 1 章 汽车空调概述	1	2.3.1 制冷剂	24
1.1 汽车空调的定义与质量评价	2	2.3.2 冷冻机油	27
1.1.1 汽车空调的定义	2	本章小结	31
1.1.2 衡量汽车空调质量的指标	3	思考题	31
1.1.3 汽车空调的工作环境及要求	4	第 3 章 汽车空调制冷系统	32
1.2 汽车空调的发展概况	5	3.1 汽车空调制冷系统的组成与工作原理	33
1.2.1 汽车空调技术的发展历程	5	3.1.1 汽车空调制冷系统的基本组成	33
1.2.2 我国汽车空调技术发展概况	6	3.1.2 汽车空调制冷系统的工作原理	34
1.2.3 汽车空调技术的发展趋势	6	3.2 压缩机	36
1.3 汽车空调系统的组成与类型	9	3.2.1 汽车空调压缩机的要求与类型	36
1.3.1 汽车空调系统的基本组成	9	3.2.2 往复式活塞式压缩机结构原理	37
1.3.2 汽车空调的类型	11	3.2.3 旋转式压缩机的结构原理	43
本章小结	13	3.2.4 变排量压缩机的结构原理	50
思考题	13	3.2.5 压缩机电磁离合器	54
第 2 章 汽车空调基础知识	14	3.3 冷凝器	55
2.1 空调的热力学参数	15	3.3.1 冷凝器的传热方式与工作过程	55
2.1.1 温度	15	3.3.2 冷凝器的结构	56
2.1.2 热量与热容	16	3.4 蒸发器	58
2.1.3 湿度	19	3.4.1 蒸发器的传热方式与工作过程	58
2.1.4 压力	20	3.4.2 蒸发器的结构	59
2.2 空调的常用术语	21	3.5 节流装置	61
2.2.1 汽化与冷凝	21	3.5.1 节流装置的作用与类型	61
2.2.2 饱和温度和饱和压力	21	3.5.2 热力膨胀阀	62
2.2.3 过冷与过热	23	3.5.3 节流孔管	65
2.2.4 节流	23	3.5.4 电子节流装置	66
2.2.5 制冷能力与制冷负荷	23	3.6 制冷系统其他辅件	67
2.3 制冷剂与冷冻机油	24		



3.6.1 储液干燥器	67	5.2 空气净化装置	98
3.6.2 气液分离器	68	5.2.1 对粉尘的净化	98
3.6.3 油分离器	68	5.2.2 空气的除臭、去毒与 清新	100
3.7 典型制冷系统	69	5.2.3 空气净化器	101
3.7.1 离合器恒温膨胀阀制冷 系统	69	本章小结	103
3.7.2 离合器节流管制冷系统	71	思考题	103
3.7.3 恒温膨胀阀-吸气节流阀 控制的制冷系统	72	第6章 汽车空调的布置与操控	104
3.7.4 储液器-阀组合制冷 系统	73	6.1 汽车空调系统的布置	105
3.7.5 热气旁通阀制冷系统	74	6.1.1 轿车空调系统的布置	105
本章小结	74	6.1.2 客车空调系统的布置	106
思考题	74	6.1.3 其他用途汽车空调系统的 布置	111
第4章 汽车空调采暖系统	76	6.2 汽车空调系统的操控方式	114
4.1 汽车采暖系统的作用与类型	77	6.2.1 汽车空调手动操控 系统	114
4.1.1 汽车采暖装置的作用	77	6.2.2 汽车空调半自动操控 系统	117
4.1.2 汽车采暖系统的类型	77	6.2.3 汽车空调全自动操控 系统	122
4.2 水暖式采暖系统	79	本章小结	124
4.2.1 水暖式采暖系统的工作 原理及工作过程	79	思考题	124
4.2.2 水暖式采暖装置部件	80	第7章 汽车空调的控制电路与 保护装置	126
4.3 气暖式采暖系统	82	7.1 汽车空调的电气控制	127
4.3.1 气暖式采暖系统的工作 原理	82	7.1.1 汽车空调常用电气控制 器件	127
4.3.2 废气热水式暖气系统	84	7.1.2 汽车空调基本控制 电路	132
4.4 燃烧式采暖装置	85	7.2 汽车空调的保护装置	134
4.4.1 燃烧直接加热式采暖 系统	85	7.2.1 汽车空调的压力保护 开关	134
4.4.2 燃烧间接加热式采暖 系统	87	7.2.2 汽车空调的过热保护 装置	137
本章小结	88	7.2.3 汽车空调其他保护 装置	138
思考题	88	7.2.4 独立式汽车空调的安全 保护装置	140
第5章 汽车空调的通风与空气净化 装置	90	7.3 微处理器控制的自动汽车空调	142
5.1 汽车空调通风装置	91		
5.1.1 汽车空调的通风	91		
5.1.2 汽车空调通风系统的送风 方式	94		

7.3.1 自动汽车空调电子控制系统的 基本组成与控制原理	142	8.4.2 手动空调系统故障诊断 程序	174
7.3.2 汽车空调电子控制系统 部件结构原理	143	8.4.3 自动空调的故障诊断 程序	177
7.4 汽车空调系统电路实例	150	8.5 汽车空调制冷系统的维修	180
7.4.1 手动汽车空调系统 电路	150	8.5.1 汽车空调制冷系统的 检修设备与工具	180
7.4.2 自动汽车空调系统 电路	153	8.5.2 汽车空调制冷系统维修 基本操作	184
本章小结	155	8.5.3 汽车空调制冷系统主要 部件的检修	190
思考题	155	本章小结	197
第 8 章 汽车空调的使用与故障检修 方法	156	思考题	198
8.1 汽车空调的使用与维护	157	第 9 章 典型汽车空调的结构与 检修	199
8.1.1 汽车空调的正确使用 方法	157	9.1 雪铁龙车系紧凑型轿车 空调系统	200
8.1.2 汽车空调使用过程中的 日常检查与维护	160	9.1.1 雪铁龙车系紧凑型轿车 空调系统的基本组成	200
8.1.3 汽车空调的定期维护	161	9.1.2 雪铁龙车系紧凑型轿车 空调系统故障检测	207
8.2 汽车空调的故障分析	162	9.1.3 雪铁龙车系紧凑型轿车 空调系统部件故障 维修	209
8.2.1 非独立式汽车空调常见 故障现象与原因分析	162	9.2 广州本田雅阁轿车空调系统	226
8.2.2 独立式汽车空调常见 故障现象与原因分析	166	9.2.1 广州本田雅阁轿车空调 系统的组成	226
8.3 汽车空调的故障检测方法	169	9.2.2 广州本田雅阁轿车空调 系统故障自诊断	229
8.3.1 汽车空调的直观检查	169	9.2.3 广州本田雅阁轿车空调 系统故障检修	233
8.3.2 汽车空调的仪器与 仪表检测	171	本章小结	267
8.3.3 制冷系统温度与压力 检测	171	思考题	267
8.4 汽车空调常见故障诊断程序	173	参考文献	269
8.4.1 汽车空调故障诊断的 一般原则	173		

第 1 章

汽车空调概述



教学目标

了解汽车空调的作用与性能评价指标，以及汽车空调的发展过程；并了解汽车空调的类型，对汽车空调的工作环境和性能特点有一定的认识。



教学要点

知识要点	能力要求	相关知识
汽车空调的基本概念	了解汽车空调的基本功能以及汽车空调系统的基本组成	空调的定义、汽车空调的发展过程
汽车空调的性能评价	了解汽车空调性能评价的方法	空气的温度、湿度、流速及清新程度对人体的影响
汽车空调的特点、汽车空调的类型	了解汽车空调的使用环境及性能特点，了解其他类型的汽车空调的组成原理	汽车使用、热负荷、制冷能力、汽车结构、蒸气压缩式汽车空调



1.1 汽车空调的定义与质量评价

1.1.1 汽车空调的定义

1. 空调的定义

空调实际上就是空气调节的简称,人们对“空调”一词是再熟悉不过了,因为在家里、商场、办公室等场所都装有各种类型的空调(也称空调器)。空气调节,就是在一封闭空间内,对空气的温度、湿度、清新度等进行调节,使封闭空间的空气环境达到对人体最适宜的状态。

汽车空调是指在汽车上使用的空调,即对车内空气的温度、湿度及清新度进行调节,使车内乘员拥有一个最适宜的空气环境。

2. 汽车空调的功能

从汽车空调的定义我们已经明确了其作用是调节车内的温度、湿度、空气清新度,用以提高汽车乘坐的舒适性。对于现代汽车来说,所配置的空调系统功能包括了制冷、采暖、通风与空气调节,功能完整的自动空气系统还配有空气净化及自动空气调节等功能。汽车空调各种功能的意义如下:

1) 制冷功能

制冷功能是指通过汽车空调的制冷系统对车内空气或车外进入车内的新鲜空气进行冷却、除湿,以降低车内空气的温度和湿度,使车内达到“凉爽”的舒适程度。

2) 采暖功能

采暖功能则是利用汽车空调的采暖系统对车内空气或车外进入车内的新鲜空气进行加热、除湿,以提高车内空气的温度,并适当降低车内空气的湿度,使车内达到“温暖”的舒适程度。

3) 通风与空气调节功能

通风功能是通过汽车空调的通风系统将车外的新鲜空气引进车内,以达到通风、换气的目的;空气调节功能则是将冷风、热风、新鲜空气有机地混合,形成适宜的气流供给车内。

4) 空气净化功能

空气净化功能是通过汽车空调所配置的空气净化装置,除去进入车内空气中的尘埃、异味,使车内空气变得清洁。普通汽车上所用的空调系统通常不具备空气净化功能,或只具备简单的除尘过滤功能。在一些高级轿车或豪华大客车上,为进一步提高车内空气的质量,其空调系统配备了空气净化装置。

5) 自动控制功能

自动控制功能是通过汽车空调的电子控制系统自动实现制冷、采暖和换气的协调工作,向车内提供冷暖适宜、风量与风向适当的空气。具有自动控制功能的汽车空调可自动对车内环境进行全季节、全方位、多功能的最佳控制,这种自动空调系统中、高级轿车上已有广泛的应用。

汽车空调使用危险性提示：如果车辆停在密闭的车库或其他通风条件很差的环境，在停车状态下长时间使用汽车空调，车内乘员有可能会中毒身亡。因为开启空调后，发动机处于怠速运转状态，其排出的尾气包含 CO 等有毒气体，在通风差的较小空间，这些有毒气体会越积越多，并通过车身通气孔进入车内，使车内乘员吸入过量的 CO 而导致死亡。

1.1.2 衡量汽车空调质量的指标

汽车空调的作用是使车内空气环境达到人体最适宜的状态，因此，人体对空气质量的舒适感觉就是衡量汽车空调质量的标准。人对车内空气环境的舒适感觉与车内空气的温度、湿度、风速及空气的清新鲜度等因素有关，其舒适性指标见表 1-1。

表 1-1 汽车空调环境参数对舒适性的影响

影响\参数	温度/°C		相对湿度/ %	换气量/ m ³ /h	风速/ m/s	CO ₂ 含量/ %	CO 含量/ %
	冬季	夏季					
舒适指标	16~18	22~28	50~70	20~30	0.2	<0.03	<0.01
不舒适指标	0~14	30~35	15~30 90~95	5~10	<0.075 >0.3	>0.03	>0.015
有害指标	<0	>40	<15 >95	<5	>0.4	>10	>0.03

各个衡量空气质量参数对人体的具体影响说明如下：

1. 空气温度

车内空气的温度是衡量汽车空调质量最重要的指标。人体感觉最适宜的空气温度：夏季为 22~28°C，冬季为 16~18°C。

在夏季，如果空气温度高于 28°C，人体就会感觉到热，温度越高，人感觉头昏脑涨、精神不集中、思维迟钝的情况就会越严重，这也容易造成行车安全事故；如果空气温度高于 40°C，就会对人体健康造成伤害。

在冬季，如果空气温度低于 14°C，人体就会有冷的感觉，空气温度越低，手脚动作越容易僵硬，操作灵活性会越差，对行车安全也会有影响；当空气温度下降到 0°C 时，会使人产生冻伤。

除了车内空气温度的高低对人体舒适性的影响外，车内空气温度的分布对人体舒适度的感觉也会有影响。人体感觉较为适宜的空气温度分布是头凉足暖，头部的舒适温度比足部要低 1.5~2°C，温差在 2°C 左右。

2. 空气湿度

车内空气湿度是汽车空调质量的另一项指标，人们通常用空气潮湿、空气干燥来表示空气湿度过高或过低。人体适宜的相对湿度，夏季为 50%~60%，冬季为 40%~50%，在此湿度范围内，人会感觉舒畅，皮肤光滑、柔嫩。

空气的湿度过低(15%~30%)，人体皮肤会干燥，衣服与皮肤摩擦产生静电而使人感觉很不舒服；如果空气湿度太低，则会使人皮肤因缺水而造成干裂。

空气湿度过高(90%~95%)，会使人体皮肤中的水分蒸发不出去，干扰了人体正常的



新陈代谢；空气湿度太高时，人还会有“闷”的感觉，对人体健康造成不利的影响。

3. 空气流速

空气流速也是反映汽车空调质量的参数之一。空气的流动可促进人体内外散热，适宜的空气流速应在 $0.075\sim 0.2\text{m/s}$ 之内。空气低速流动会使人感觉“轻风拂面”，较为舒适，如果风速过高，人就会感觉不太舒适。

4. 空气清新度

空气清新度是反映汽车空调质量的另一项指标。清新的空气应该是富氧、少 CO_2 ($< 0.03\%$) 和 CO ($< 0.01\%$)、少粉尘。由于汽车内空间较小，当人员相对较为密集时，很容易造成空气混浊。污浊的空气会使人感觉不适，如果 $\text{CO}_2 > 1.0\%$ 、 $\text{CO} > 0.03\%$ ，则会严重影响乘员的身体健康。

1.1.3 汽车空调的工作环境及要求

相比于在家庭、商场、办公室等场所使用的室内空调，汽车空调的工作环境较差，条件也较特殊。因此，对汽车空气系统有特殊的要求。汽车空调工作环境的特殊性及其的要求主要有如下几方面。

1. 承受频繁的振动及冲击

汽车在行驶过程中，车身不免颠簸振动，汽车在加减速和紧急制动时，会产生较大的惯性力，这些振动和惯性冲击力均会传递给汽车空调系统，致使汽车空调系统的总成与部件承受激烈而又频繁的振动与冲击。因此，汽车空调系统的各个零部件的材料及总成的安装均需有足够的强度和抗振能力，并且要求汽车空调系统制冷和采暖管路接头处的连接牢固，具有很强的防泄漏的能力。

2. 空调制冷系统的热负荷大

汽车车内空间的容积较小，当人员相对较为密集时，人体散发的热量相对较多。此外，由于车身的隔热较差，加之透光的前后风窗玻璃和门窗玻璃的面积大，车外的热量很容易通过热传导和热辐射传入车内。因此，汽车空调的热负荷远比室内空调大，且气流分布难以均匀。在这样的热负荷下，要确保车内的空气保持在适宜的温度，就要求汽车空调的制冷量要大，有迅速降温的能力。

3. 需由汽车发动机承担空调动力源

汽车空调不能像室内空调那样使用电网的电力，需要用车载发动机作为空调制冷系统的动力源。对于汽车上广泛使用的非独立式汽车空调来说，发动机不仅要为空调制冷系统提供动力，也是汽车唯一的动力源。为尽可能节约发动机有限的动力，降低汽车的油耗，要求汽车空调的效率要高。

非独立式汽车空调系统由于其压缩机由发动机驱动，其制冷能力受发动机转速变化的影响很大。发动机在怠速或低转速工况下，压缩机的转速也低，其制冷能力小，而汽车高速行驶，发动机处于高速运转时，压缩机的转速高，其制冷能力相对较强。这样的工作条件就要求汽车空调从设备功率大小的选择，以及空调系统工作过程的控制均要十分合理，以使空调工作时既能够满足汽车怠速或低速行驶时的制冷需要，又能避免在汽车正常或高

速行驶时造成浪费。

4. 汽车结构空间有限

由于汽车本身结构非常紧凑,可供安装空调设备的位置和空间极为有限。因此,要求汽车空调的结构要紧凑,各部件的体积小、质量轻,以便能在有限的空间顺利安装,且安装了空调后,不至于使汽车增重太多,影响其动力性和经济性。现代汽车空调较多地采用了全铝、薄壁结构、多元平流式冷凝器及多缸化新型压缩机,其质量已经比20世纪60年代下降了60%,而制冷能力却增加了50%。

1.2 汽车空调的发展概况

1.2.1 汽车空调技术的发展历程

随着汽车的日益普及以及人们对汽车的舒适性、安全性越来越高的要求,汽车空调也经历了从无到有,从单一到多功能的发展过程。通常将汽车空调的发展过程划分为五个阶段,即单一取暖→单一冷气→冷暖一体化→自动控制→微处理器控制。

1. 单一取暖阶段

在1925年,美国首先出现了利用汽车发动机冷却液循环采暖的加热器,这种空调的结构形式和工作原理与室内使用的通过热水循环取暖的暖气片相似。到1927年,发展为由加热器、风机和空气滤清器等组成完整的供热系统。在欧洲,直到1948年才开始在汽车上使用这种供热系统,而在日本的汽车上,开始出现供热系统的时间是1954年。目前,在寒冷的北欧、亚洲的北部地区仍在使用这种单一取暖功能的空调系统。

2. 单一冷气阶段

在1939年,美国首先在轿车上安装机械式制冷降温空调。这种只提供冷气的空调装置只能在夏天时起降温的作用。在1950年,美国石油产地的炎热天气,使得这种只能提供冷气来降温的汽车空调得以迅速发展。到了1957年,欧洲和日本也开始在汽车上加装能制冷降温的空调。这种单一冷气功能的空调系统目前仍然在热带、亚热带地区使用。

3. 冷暖一体化阶段

在1954年,美国通用汽车公司率先在轿车上安装了冷暖一体化空调器,自此,汽车空调才开始具有按人们的意愿调控车内温度和湿度的功能。目前的冷暖一体化汽车空调基本上都具有调温、除湿、通风、过滤、除霜等功能,并在各种类型的汽车上得到了广泛的应用。

4. 自动控制阶段

人工操纵的冷暖一体化汽车空调需要由驾驶员来调节空调出风的温度、风量、风向及空气循环的方式等,这不仅增加了驾驶员的工作量,并且人工调节不容易实现最佳的空气质量的调节。因此,自从冷暖一体化汽车空调出现以后,人们就着手研究汽车空调的自动控制。1964年,美国通用汽车公司率先在轿车上安装了由模拟电子控制器进行自动控制



的自动空调器,实现了汽车空调温度及通风的自动控制。日本和欧洲的各大汽车公司则是从1972年开始,在其生产的高级轿车上装备自动空调器。这种自动空调系统可预先设置温度,空调能自动地将车内空气的温度控制在设定的范围之内。

5. 微处理器控制阶段

在1973年,美国和日本联合研究由微处理器控制的汽车空调系统,并在1977年安装于汽车。相比于模拟控制器控制的自动空调器,微处理器控制的自动空调系统其控制功能提高了,并可实现空调运行与汽车运行的相关统一,从而进一步提高了汽车的整体性能和乘坐的舒适性。现在,这种以微处理器为控制核心的自动空调系统已在中高档轿车及豪华客车上得到了广泛的使用,并逐渐向普通汽车推广应用。

1.2.2 我国汽车空调技术发展概况

我国汽车工业的发展较晚,从20世纪50年代开始的汽车工业发展初期,主要是以发展载货汽车为主,而汽车空调技术的发展在较长的一段时间处于空白。从20世纪60年代开始,我国的汽车空调大致经历了三个发展阶段。

1. 单一采暖阶段

从20世纪60年代初到70年代末,我国的汽车空调主要还是单一的采暖技术,就是在一些载货汽车上利用发动机冷却液或发动机排出的废气来提供热量,用于提高冬季车内的温度。

2. 引进空调技术阶段

在20世纪80年代初到90年代初,我国主要从日本购进能制冷降温的汽车空调系统,装备于红旗、上海牌等国产小轿车,以及一些豪华大客车上。90年代中后期,中国第一汽车集团公司(原第一汽车制造厂)以及其他许多汽车生产厂家纷纷引进日本、德国的空调技术,利用进口的空调生产线生产汽车空调,装备于国产的各类汽车上。

3. 迅速壮大阶段

从20世纪90年代以来,我国汽车空调生产企业迅速成长,除了引进国际上最先进的平流式冷凝器和层叠式蒸发器的生产技术外,还致力于R134a空调器替代R12空调器的研究与开发,使得我国的汽车空调技术在较短的时间内接近了国际先进水平。目前,国内有多家汽车空调生产企业已进入国际汽车零部件OEM市场体系,具备与国际竞争的实力。

1.2.3 汽车空调技术的发展趋势

汽车空调已经成为现代汽车的标准装备,未来汽车空调技术的发展趋势是更加高效、节能和智能化。

1. 自动空调系统日趋普及化

目前,汽车上普遍采用冷暖一体化的空调中,手动操控的汽车空调还占有多数。手动汽车空调需要驾驶员通过操控相应的开关来调节空调温度、风量及风向等,这种调节方式仅凭人的感觉来调节,空调温度、湿度及风量等很难控制在最佳状态。

已经在部分中高档汽车上使用的微处理器控制空调系统,是通过传感器将车内温度、车外温度及蒸发器温度、日光照射度等参数变成电信号,输送给电子控制器,由电子控制器对传感器的信号进行分析处理后,输出控制信号,控制空调各系统自动协调地工作,将空调各项指标控制在理想范围之内。随着人们对汽车舒适性要求的进一步提高和汽车电子控制技术的进一步成熟,汽车空调自动控制技术会更加完善,其应用也将迅速普及。

2. 空调系统智能化

为提高汽车的舒适性和安全性,汽车空调技术在微机化控制的基础上,进一步向着智能化的方向发展。

智能化汽车空调系统采用模糊控制技术,除了能分析判断车内空气的温度、湿度、清新度等参数,并自动将车内的空气调整到人体感觉最适宜的状态外,还可根据车内外的温差及车外的气候等情况自动控制空调相关系统工作,以防止汽车风窗玻璃产生雾或霜而影响驾驶员的视线。如果汽车风窗玻璃已产生了霜冻,控制器可自动开启空调相关系统工作迅速除霜,并使车内的温度、湿度等仍保持在最佳状态。

3. 高效节能、小型轻量化

部件结构更加紧凑、效率更高、系统布局更加合理,是汽车空调高效节能、小型轻量化的关键。

压缩机是汽车空调高效节能及小型轻量化的关键。目前,还有往复式空调压缩机在汽车上使用,而往复式空调压缩机及一些回转式压缩机将会逐渐被制冷效率更高、体积更小的涡旋式压缩机所取代。

在热交换器方面,为提高热交换效率,管片式已逐渐被管带式所取代,进一步的发展是冷凝器采用平流式,蒸发器采用层流式,散热翅片采用超级条缝片,且翅片表面进行亲水膜处理。

在节流装置方面,节流机构将越来越多地采用电子膨胀阀,以使结构更紧凑,并可与汽车空调系统智能控制相匹配。在制冷管路方面,通过优化设计使管路更为合理,并在管路上装配防震橡胶块以防共振等。

4. 采用空调新技术

目前汽车空调制冷基本上都是蒸气压缩式,而实际上制冷方式有多种,如吸收式、吸附式、蒸气喷射式、空气压缩式等。世界各国在优化完善蒸气压缩式空调制冷系统的同时,也在研究与开发其他的汽车空调制冷技术,如氧化物制冷、固体吸附制冷、吸收式制冷等汽车空调系统,充分利用发动机排气余热或冷却液的热量来驱动制冷系统,以达到节能的目的。

1) 氢化物制冷技术

氢化物制冷技术最早由以色列发明,这种汽车空调利用汽车发动机废气余热作为热源(动力),采用金属氢化物作制冷剂,其组成及工作原理如图 1.1 所示。

氢化物汽车空调系统的关键部件是金属氢化物高、低温反应器。这种汽车空调的制冷是通过金属氢化物与氢气之间可逆反应的热效应实现的,利用汽车尾气中的废热作为高温热源,外界大气环境作为中温热源来驱动金属氢化物制冷循环。两个氢化物容器中,高温

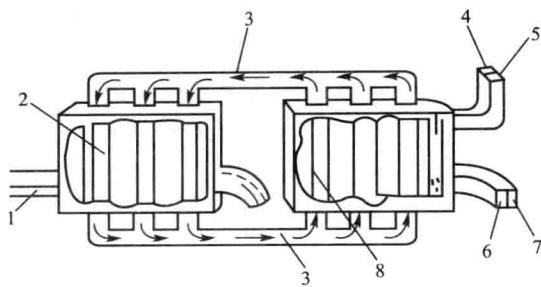


图 1.1 氢化物汽车空调制冷系统

- 1—热空气；2—高温氢化物；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—外部空气进口；
- 8—低温氢化物

气的过程中会吸收热量，使空气冷却降温。

氢化物汽车空调系统通过控制发动机废气对高温容器间歇加热，使氢化物制冷剂进行释放氢气和吸收氢气的循环过程，实现了对空气的冷却，并将冷风送入车内，从而降低了车内的温度。

氢化物汽车空调系统无腐蚀、无磨损，运动部件少，承受行车过程中的振动与冲击能力较强；采用氢气作为热量的载体，属于天然工质，不存在对大气臭氧层的破坏作用，属于环保型汽车空调。

2) 固体吸附制冷技术

固体吸附制冷是利用一些固体物质在一定的温度和压力状态下，可吸附某种气体和水蒸气，而在另一种温度和压力状态下，又可释放出来的特性，通过吸附和释放过程导致压力变化，起到了压缩机的抽吸、压缩和循环泵的作用。

固体吸附制冷系统主要由发生器、蒸发器、冷凝器及节流装置等组成，其组成与工作原理如图 1.2 所示。

从蒸发器出来的低温、低压制冷剂经真空阀进入发生器，被发生器内的固体物质吸附，由发生器内的固体物质解吸的制冷剂则是通过高压阀进入冷凝器。制冷剂在管路中节流阀的作用下产生压差，使制冷剂在蒸发器侧低压蒸发，在冷凝器侧高压冷凝。为实现发生器的间歇加热和冷却，通过冷水阀和热水阀来调节冷水和热水。目前，固体吸附制冷系统应用较为成功的制冷剂(工质对)有碱金属氯化物-氨、沸石-水及活性炭-甲醇等。

3) 吸收式制冷技术

吸收式制冷技术通常以发动机冷却液的热量作为动力，利用溶液(由两种沸点不同的

容器的导管内充满了高温氢化物，低温容器的导管内则充满了粒状低温氢化物导管，两个容器的内导管与外导管相连。

工作时，发动机废气进入高温容器而使其温度升高，在高温下(240℃左右)，高温容器导管内的粉状高温氢化物会释放出氢气(H₂)，氢气通过外导管进入低温容器；氢气进入低温容器导管内后，被低温粒状氢化物吸收而使容器温度升高，由外面进入低温容器的空气进行降温。当高温容器停止进入发动机废气时，其导管内的氢化物因停止废气加热而温度下降，就会吸收低温容器的氢气，而低温容器释放氢

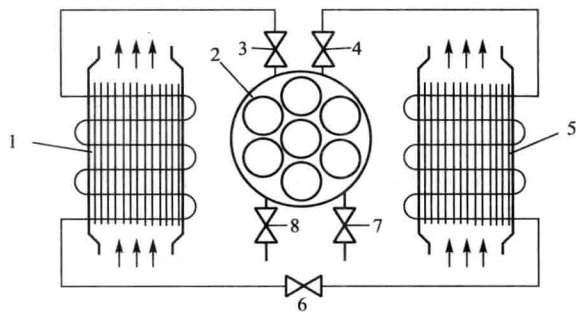


图 1.2 固体吸附式汽车空调制冷系统

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

物质组成)的气液平衡特性来完成制冷循环过程。吸收式制冷系统的组成与工作原理如图 1.3 所示。

工作时,发动机冷却液加热发生器,使发生器内一定浓度的溶液温度上升。溶液中,沸点较低,且用作制冷剂的液体蒸发,进入冷凝器后又凝结成液体。液态制冷剂从冷凝器出来后,经节流阀 5 进入蒸发器,在蒸发器中完成蒸发制冷过程。

从蒸发器出来的低温制冷剂蒸气直接进入吸收器,同时,在发生器内已降低了浓度的液体经节流阀 8 的节流作用,压力降至蒸发压力,在吸收器中与从蒸发器出来的制冷剂蒸气混合,并吸收这些蒸气,溶液恢复到原来的浓度。吸收器内的溶液通过溶液泵进入溶液热交换器,进行热交换(放热)后再进入发生器,完成吸收式制冷循环过程。

吸收式空调制冷系统应用较多的是工质对是水(H_2O)-溴化锂($LiBr$),这是因为溴化锂的沸点高达 $1265^{\circ}C$,与水的沸点相差很大,且化学性质稳定,又有较好的吸湿性。水-溴化锂工质对的缺点是水蒸气的单位容积制冷量较小,这样,制冷系统的体积相对较大,因此,对于空间有限的汽车来说,这种空调工质就不太适用了。以氨(NH_3)-水为制冷剂的工质对,由于氨的单位容积制冷量较大,且随温度变化氨与水的溶解度的变化也较大,是一种较为理想的工质对。对于吸收式汽车空调制冷系统,氨-水制冷剂也是一种可行的选择。

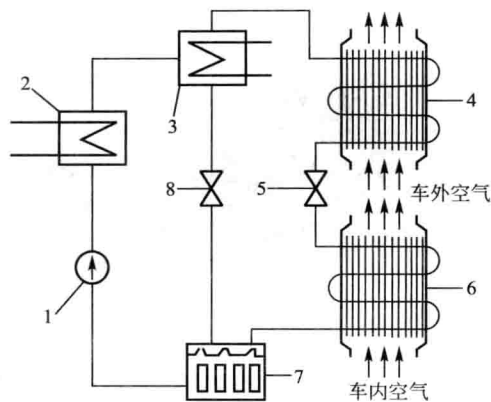


图 1.3 吸收式汽车空调制冷系统

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

1.3 汽车空调系统的组成与类型

1.3.1 汽车空调系统的基本组成

冷暖一体化的汽车空调由制冷系统、采暖系统、通风与空气调节系统及相应的操控装置组成,对于应用越来越多的自动空调系统,还包括空气净化装置及电子控制系统。

1. 制冷系统

制冷系统用于产生冷气,是汽车空调的冷源。目前普遍采用的蒸气压缩式制冷装置,是通过压缩机的压缩和抽吸作用,使制冷剂在制冷管路中循环,通过其气液转换,实现热量的“搬移”,完成制冷过程。典型的制冷系统的组成及在车上的布置如图 1.4 所示。

制冷系统在制冷过程中,制冷剂在低压端(蒸发器)汽化吸热,以降低蒸发器周围空气的温度,并通过鼓风机将冷空气送入车内;制冷剂在高压端(冷凝器处)液化散热,并通过