



汽车维修技能修炼丛书

QICHE WEIXIU JINENG XIULIAN CONGSHU

汽车空调系统 原理与检修

刘春晖 张学忠◎主编 刘宝君 王云◎副主编

**QICHE KONGTIAO XITONG
YUANLI YU JIANXIU**



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车维修技能修炼丛书

汽车空调系统原理与检修

主 编 刘春晖 张学忠
副主编 刘宝君 王 云



机械工业出版社

本书全面、系统地介绍了七个方面的内容,分别是汽车空调制冷系统的工作原理;汽车空调系统主要部件结构;汽车空调控制系统;汽车空调取暖、通风与配气系统;汽车空调自动控制系统;汽车空调系统检测与维修基础以及汽车空调系统结构与检修实例。

本书图文并茂,深入浅出,通俗易懂,可作为高职高专院校汽车检测与维修专业、汽车电子技术专业及汽车类相关专业的教材,也可作为学习现代汽车空调技术的培训教材,还可作为汽车驾驶人、汽车空调专业维修技术人员的入门及提高书籍。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调系统原理与检修/刘春晖,张学忠主编.

—北京:机械工业出版社,2011.10

(汽车维修技能修炼丛书)

ISBN 978-7-111-36179-4

I. ①汽… II. ①刘…②张… III. ①汽车空调—车辆修理

IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第213792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:杜凡如 责任编辑:杜凡如

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

北京汇林印务有限公司印刷

2012年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.5印张·379千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-36179-4

定价:38.00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

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着汽车工业的发展和人们对汽车的舒适性、安全性、可靠性要求的提高,汽车空调系统已成为现代汽车特别是轿车的标准配置。电子技术在汽车上的广泛应用,使汽车在总体结构、工作原理、使用与维修等方面都发生了根本性的变化,使得空调系统的结构越来越复杂,控制部分的电子化程度也越来越高。目前中高档轿车已普遍采用微机控制的自动空调。

本书从实际出发,全面、系统地阐述了汽车空调系统的基本结构、工作原理、自动控制、拆装、使用和维护知识,详细地讲解了空调系统故障现象、原因和排除方法,特别适合职业教育教学和培训使用,同时也可作为广大汽车维修一线的维修人员自学使用。

本书由山东华宇职业技术学院刘春晖、张学忠任主编,山东华宇职业技术学院刘宝君、德州学院王云任副主编,参加编写工作的还有张斌、赵国富、魏金铭、柳学军、孙长勇、蔡志涛、尹文荣、王淑芳、魏代礼、刘甲洪和郭长保。

本书在编写过程中借鉴和参考了大量国内外的汽车技术资料、维修资料和相关书籍,在此向维修资料的作者及编者深表感谢!由于编者水平有限,书中难免有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 汽车空调系统工作原理	1
第一节 汽车空调热力学知识	1
一、空调系统中常用的基本物理量	1
二、热传递的基本形式	5
三、物质的状态变化和热的形态	6
四、热力学的两个基本定律	7
五、节流	7
第二节 汽车空调技术的发展	8
一、汽车空调技术的发展过程	8
二、我国汽车空调的应用现状	9
三、汽车空调发展的趋势	10
四、自动空调新技术在汽车上的应用	11
第三节 汽车空调对环境的影响	12
第四节 汽车空气调节的内容	14
一、汽车空调的功能	14
二、汽车空调的特点	15
三、汽车空调的组成	16
第五节 汽车空调系统的分类	17
一、按节流装置和系统结构分类	17
二、按驱动方式分类	19
三、按功能分类	20
四、按控制方式分类	21
五、按压缩机的排量是否可变分类	23
第六节 制冷剂与冷冻润滑油	24
一、制冷剂	24
二、冷冻润滑油	28
第七节 汽车空调制冷系统原理与组成	31
一、空调制冷基本原理	31
二、制冷循环	32
三、汽车空调制冷系统的功能与组成	32
四、汽车空调制冷系统的制冷循环过程	34
第二章 汽车空调系统的主要部件结构与检修	37
第一节 压缩机结构与检修	37
一、概述	37
二、定排量压缩机	39
三、变排量空调压缩机	46



四、空调压缩机的检修·····	50
第二节 冷凝器的结构与检修·····	53
一、汽车空调冷凝器的结构·····	53
二、空调冷凝器的拆装与检修·····	56
第三节 蒸发器的结构与检修·····	57
一、蒸发器的结构·····	57
二、空调蒸发器的拆装与检修·····	60
第四节 热力膨胀阀和节流管的结构与检修·····	61
一、膨胀阀·····	62
二、膨胀阀的拆装·····	66
三、膨胀阀的检修·····	67
四、膨胀节流管(孔管)·····	69
五、节流管的拆装与检修·····	69
第五节 储液干燥器、集液器及管路接头·····	72
一、储液干燥器·····	72
二、储液干燥器的拆装与检修·····	74
三、集液器·····	76
四、视镜·····	77
五、制冷系统的连接部件·····	77
第三章 汽车空调控制系统·····	80
第一节 常用的保护与控制装置·····	80
一、制冷剂压力开关·····	80
二、过热过压保护装置·····	85
三、控制继电器·····	87
四、电磁离合器·····	88
第二节 蒸发器的压力控制·····	92
一、蒸发压力调节器(EPR)·····	92
二、导阀控制蒸发压力调节器·····	93
三、吸气节流阀(STV)·····	93
四、导阀控制吸气节流阀(POASTV)·····	94
五、组合阀·····	95
第三节 汽车空调的真空控制装置·····	96
一、真空源和真空驱动器·····	96
二、加热器控制·····	97
三、真空罐·····	98
四、模式门的控制·····	99
五、单向阀和单向继电器·····	101
第四节 汽车空调的温度自动控制·····	101
一、电气动式温度控制装置·····	101
二、蒸发器温度控制器·····	102
第五节 汽车空调系统的发动机控制·····	105
一、发动机的怠速提升控制·····	105
二、发动机失速控制·····	108

三、传动带保护控制	109
四、加速控制装置	109
五、压缩机双级控制	110
六、双蒸发器控制	110
第六节 汽车空调电路分析	111
一、鼓风机控制电路	111
二、冷凝器风扇控制电路	113
三、压缩机电磁离合器控制	117
第七节 典型空调控制电路的综合读图分析	118
一、普通桑塔纳轿车空调系统电路分析	118
二、天津夏利轿车空调系统电路分析	120
三、桑塔纳 3000 轿车空调系统电路分析	123
四、2005 款捷达轿车空调系统电路分析	125
第四章 汽车空调的取暖、通风与配气系统	128
第一节 汽车空调暖风系统	128
一、汽车空调暖风系统概述	128
二、热水取暖系统	130
三、气暖式暖风装置	133
四、独立燃烧式暖风装置	134
第二节 汽车通风和空气净化系统	135
一、汽车通风系统	135
二、空气净化装置	137
第三节 汽车空调控制面板的使用	139
一、汽车空调的气流分配形式	139
二、汽车空调的气流组织过程	140
三、手动空调控制面板的操作	141
四、全自动空调系统控制面板的操作	144
第五章 汽车空调自动控制系统	147
第一节 自动空调的功能及基本组成	147
一、自动空调系统的功能	147
二、自动空调系统基本组成	147
第二节 自动空调系统的工作原理	149
一、送风温度控制	149
二、鼓风机转速控制	152
三、工作模式控制	154
四、进气模式控制	155
五、压缩机控制	156
第三节 自动空调的传感器	157
一、车内温度传感器	157
二、车外温度传感器	159
三、蒸发器温度传感器	160
四、冷却液温度传感器	161
五、阳光传感器	162



六、空气质量传感器	163
七、烟雾传感器	163
第四节 自动空调系统控制执行机构及控制模式	164
一、自动空调系统控制执行机构	164
二、自动空调控制模式	165
第六章 汽车空调系统的检测与维修基础	169
第一节 汽车空调的正确使用与维护保养	169
一、汽车空调的正确使用	169
二、汽车空调的维护保养	171
第二节 汽车空调故障诊断方法	172
一、直观诊断法	173
二、仪器诊断法	175
第三节 汽车空调系统维修工具的使用	177
一、通用工具及常用设备	178
二、专用工具及专用设备	178
第四节 汽车空调维修操作技能	186
一、汽车空调系统的泄漏检查	186
二、汽车空调系统制冷剂的排放	189
三、汽车空调制冷系统的抽真空	189
四、汽车空调系统制冷剂的加注	190
五、制冷系统润滑油的加注	192
第五节 汽车空调维修后的性能检测	194
一、汽车空调系统维修后的外观检查	194
二、汽车空调系统维修后的性能测试	194
三、桑塔纳轿车空调系统检查方法	199
第七章 汽车空调系统结构与检修实例	200
第一节 奥迪系列自动空调控制系统	200
一、奥迪轿车的自动空调控制系统概述	200
二、主要的温度传感器	203
三、自动空调系统的执行器	206
四、奥迪轿车自动空调系统的空气分配	210
五、循环空气模式	211
六、自动控制式的循环空气模式	212
第二节 上海帕萨特 B5 全自动空调系统	213
一、全自动空调系统的结构原理	213
二、全自动空调系统的自诊断	226
第三节 上海通用凯迪拉克轿车自动空调系统	233
一、系统组成和控制电路	233
二、主要元件	233
三、系统控制	237
参考文献	238

第一章 汽车空调系统工作原理

第一节 汽车空调热力学知识

一、空调系统中常用的基本物理量

1. 温度

温度是用来衡量物体冷热程度的物理量，用温标来表示。工程上常用的温标有：摄氏温标，用℃表示；开氏温标，用 K 表示；华氏温标，用°F表示。

(1) 摄氏温标 它将标准大气压下水的冰点（海平面）定为 0℃，水的沸腾点定为 100℃，间隔 100 份，每份为 1℃。用摄氏温标标定的温度称为摄氏温度，用符号 t 表示，单位为℃。

(2) 华氏温标 它将标准大气压下水的冰点定为 32 °F，沸点为 212 °F，间隔 180 份，每单位分度为 1 华氏度，表示为 1 °F。用华氏温标标定的温度称为华氏温度。

(3) 开氏温标 在开氏温标中，将分子完全不运动的温度定为 0 K，是可能存在的最低温度，用摄氏温标表示为 -273.15℃，华氏温标为 -459.67 °F，开氏温标与摄氏温标的间隔相同。

在我国，表示温度通常使用摄氏温标，在欧美，华氏温标使用比较普遍，三种温标的比较换算见表 1-1。温标对照如图 1-1 所示。

表 1-1 温标的比较换算

温标名称	代 号	单 位	换算方法
摄氏温标	t	℃	$t = 5/9 (\theta - 32)$
华氏温标	θ	°F	$\theta = 9/5t + 32$
开氏温标	T	K	$T (K) = t + 273.15$

2. 压力（压强）与真空

(1) 压力单位 压力（压强）是指单位面积上所承受的均匀分布且垂直于该表面的力。在工程上俗称压力，压力的法定计量单位是“帕斯卡”，单位符号为“Pa”。物理意义是 1 平方米（m²）的面积上作用有 1 牛顿（N）的力。由于此单位较小，常用的单位是千帕（kPa）和兆帕（MPa）。

$1\text{MPa} = 1000\text{kPa} = 10^6\text{Pa}$

在实际使用中还有几个常用的压力单位，如

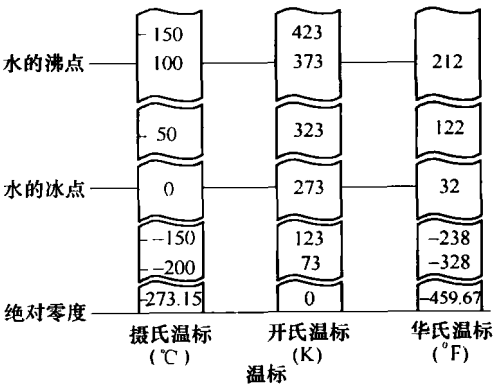


图 1-1 温标对照

工程大气压 (kgf/cm²)、毫米汞柱 (mmHg)、大气压 (atm) 及磅/平方英寸 (psi) 等。它们之间的换算关系见表 1-2。

表 1-2 几个常用压力单位之间的换算关系

kPa	kgf/cm ²	mmHg	psi	atm
1	1.02	7.50	0.145	9.87×10^{-3}
9.81	1	7.36×10^2	14.2	0.98
0.133	1.36×10^{-3}	1	1.93×10^{-2}	1.32×10^{-3}
6.89	7.03×10^{-2}	51.72	1	6.80×10^{-2}
101.32	1.03	760	15.97	1

此外，还有些地方采用巴 (bar) 作为压力单位，它与工程大气压的换算为：

$1\text{bar} \approx 1\text{kgf/cm}^2$

(2) 标准大气压 纬度 45° 的海平面上常年平均气压称为标准大气压 (atm)。

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

(3) 真空与真空度 真空是指低于标准大气压的气体状态与标准大气压下的气体状态相比较，单位体积中气体的分子数目减少了一种现象，因此是一个相对概念。绝对真空是不存在的。真空度用来表示实现真空的程度。由于真空程度越大，意味着单位体积中气体分子数减少得越多，也就是说压力随之减小得也越多，所以真空度是以气体压力大小来表示的。压力越低，表示真空度越高。反之，压力越高，表示真空度越低。若以汞柱高度来表示，当压力高到 760mmHg 时，则意味着真空“消失”了，若压力继续升高，即超过了标准大气压时，则用“正压”表示。相反，低于标准大气压，即真空状态的压强，则以“负压”来表示。

(4) 绝对压力与表压力 实际运用中，压力的表示方法有三种，分别是：“绝对压力”、“表压力”和“真空度”。绝对压力表示作用于单位面积上压力的绝对值，指完全真空状态下测出的压力；表压力是指用压力表测出的压力，表示比标准大气压高出的压力数值，即

绝对压力 = 表压力 + 1 个标准大气压

为了与绝对压力相区别，常在表压力的具体数字后面加一个 (G) 字，如 10kPa (G)。真空度表示比标准大气压低多少的具体数量。它们之间的基本关系如图 1-2 所示。

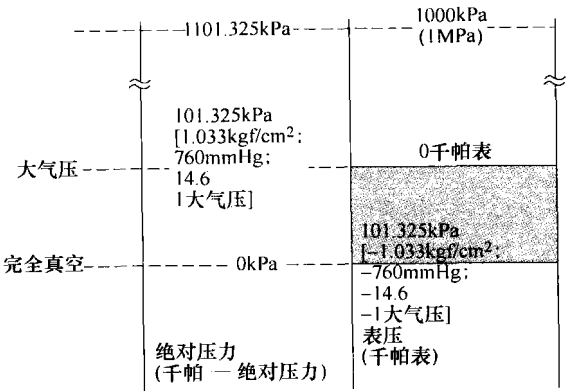


图 1-2 绝对压力、表压力和真空度的关系

3. 湿度

湿度用来表示空气中水蒸气的含量。湿度较高时，人就会感到不舒适。空气中常因含有一定数量的水蒸气而呈现为湿空气。

(1) 饱和空气和未饱和空气 在一定温度下，空气所含的水蒸气量 (即水蒸气分压力) 有一个最大限度，这个最大限度就是空气湿度所对应的水蒸气饱和压力，超过这一限度，多余的水蒸气就会从湿空气中凝结出来。



凡水蒸气含量未达到该温度下的最大限度的空气均称为未饱和空气。未饱和空气具有吸收和容纳水蒸气的能力，如湿衣服挂在空气中能够被晾干，就是这个道理。

(2) 露点 对未饱和空气，如在含湿量不变的条件下，将其温度下降，当降到相应于该含湿量的饱和空气温度时，它就变成饱和空气。如果温度再下降，空气中的一部分水蒸气就会凝结成露珠而被析离出来，这一临界温度称为露点。

露点是指空气中所含水蒸气由当时温度下降而达到饱和（开始结露）时的温度。显然，湿度越高，露点温度和当时温度之差就越小。例如，当气温为 30°C 时，湿度为 60%，露点温度为 20.9°C ；而当湿度为 90% 时，露点温度则上升到 28.1°C 。

(3) 相对湿度和绝对湿度 通常空气中水蒸气的最大含量，随温度不同而异；空气温度较高时，水蒸气的最大含量要比温度较低时大。湿度大小有两种表示方法，一种叫相对湿度，另一种叫绝对湿度。

相对湿度：在某一温度下，空气中实际含水蒸气量（以重量计）与空气在该温度下所能含水蒸气量（重量）之比。通常随着温度的升高，空气中所能含的水蒸气量会增加，如果空气的实际含水蒸气量不变，温度升高，则空气的相对湿度下降，如图 1-3 所示。它常用百分比表示，100% 称为饱和空气，0% 称为干空气。

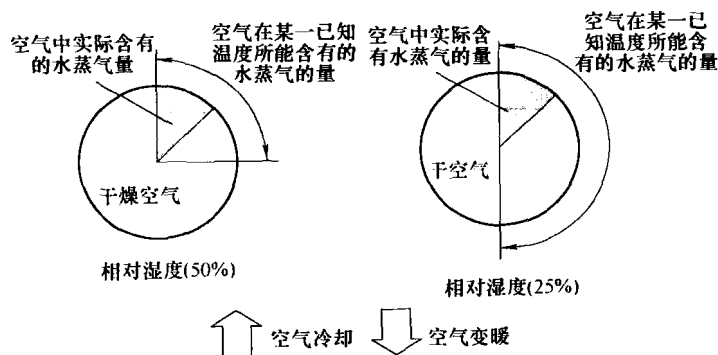


图 1-3 空气的相对湿度

空气的相对湿度是衡量制冷系统工作性能的一个重要因素，实验表明，在 26°C 相对湿度为 30% 和在 22°C 相对湿度为 90% 这两个环境里，人体的感觉是一样的。

绝对湿度：空气中所含水蒸气的量（重量）与干燥空气量之比。

(4) 湿度的测量 湿度的测量通常用干湿球温度计，干球温度计就是普通的温度计，湿球温度计是将干球温度计的玻璃球处包上纱布，再将纱布浸在水中，如图 1-4 所示，水便在毛细管的作用下湿润温度计，由于在湿球处的水分蒸发带走一部分热量，使湿球处的温度降低，这样就形成了湿球温度，通过计算干球温度和湿球温度的差值，就可以算出空气的湿度。

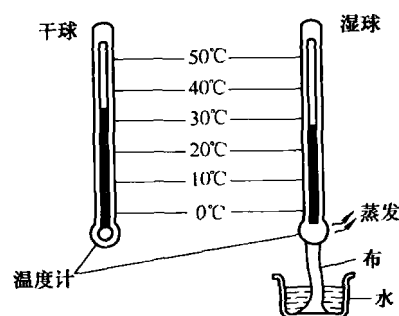


图 1-4 干湿球温度计（干湿计）

4. 饱和温度和饱和压力

在图 1-5 所示的封闭容器中，其内部的液体因吸收外界热量，就会有部分液体蒸发成蒸

气。当吸收的热量不变时, 蒸气的温度和压力也随之稳定不变。这时液面以上的蒸气就称为饱和蒸气。此时的温度称为饱和温度, 此时的压力称为饱和压力。饱和温度和饱和压力为不定值, 它们随着吸收热量的多少而增减。但饱和温度和饱和压力的值是一一对应的。通常所说的蒸发温度和蒸发压力就是指饱和温度和饱和压力。

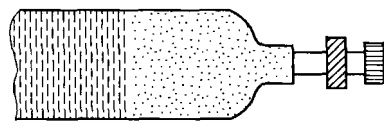


图 1-5 封闭容器内液体吸热而蒸发

5. 临界温度和临界压力

各种气体在一定的温度和压力下都可以液化。气体温度越高, 可以使之液化的压力也就越高。但是, 当温度升高超过某一数值后, 压力再大也不能使气体液化。这一特定的温度, 就称为临界温度。在这一温度下能使气体液化的最低压力, 就叫做临界压力。不同的气体, 其临界温度和临界压力也各不相同, 表 1-3 列出了几种氟制冷剂的临界温度和压力。

表 1-3 几种氟制冷剂的临界温度与临界压力

名 称	临界温度/℃	临界压力/MPa
氟制冷剂 12	112.04	4.12
氟制冷剂 13	28.78	3.86
氟制冷剂 22	96.13	4.586
氟制冷剂 134a	100.6	3.868

6. 制冷能力与制冷负荷

制冷能力: 制冷机就是把热量不断地从低温物体转移给高温物体的装置。制冷能力的大小是以单位时间内所能转移的热量来表示的, 单位 J/h。

制冷负荷: 为了把车内的温度和湿度保持在一定的范围内, 必须将来自车外太阳的辐射热和车内散发出的热量排到大气中。这两种热量的总和就叫制冷负荷。

7. 汽化和冷凝

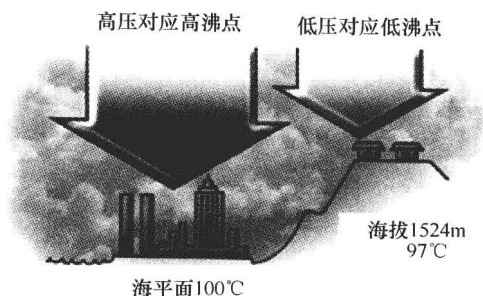
(1) **汽化** 对液体加热, 使其从液态转变为气态的过程称为汽化过程。汽化有两种方式: 蒸发与沸腾。

① **蒸发:** 液面上发生的汽化现象称为蒸发。衣服晾干的过程就是一个典型的蒸发过程。蒸发的快慢与蒸发的条件有很大的关系。液体的温度越高, 蒸发越快; 液体的蒸发面积越大, 或者液体表面气体速度越大, 蒸发越快。蒸发过程是一个吸热冷却过程。

② **沸腾:** 将液体加热到某一温度时, 例如将水在常压下加热到 100℃, 其内部会产生许多气泡, 这些气泡不断自由到达液体表面破裂, 而放出蒸气, 这种在液体内部以气泡形式出现的汽化现象叫做沸腾。

蒸发与沸腾虽然同属于汽化现象, 但在一定压力下, 蒸发可以在任何温度下进行, 而沸腾只能在到达与液体表面压力相对应的一定温度(沸点)时才能进行。液体沸腾时的温度称为沸点, 又称为该压力下的饱和温度, 该压力称为饱和压力。液体的沸点与它的表面压力有直接的关系, 压力越高, 沸点越高, 如图 1-6 所示。

对液体加热, 可使液体沸腾。然而将液体的压力降到相应于该液体温度下的饱和压力时, 液体也同样能沸腾, 如图 1-7 所示。



压力-温度的关系:

- 压力升高, 液体的沸点升高
- 压力降低, 液体的沸点降低

图 1-6 压力对沸点的影响

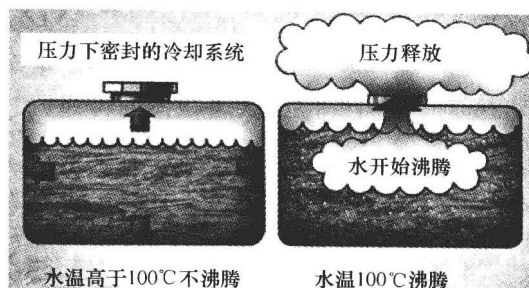


图 1-7 在密封和敞开系统中的沸点

汽化需要吸收热量, 单位质量的液体完全变成同温度下的气体所需要的热量, 称为汽化热。同一种液体, 在不同饱和温度时, 其汽化热也不同。一般来说, 温度越高, 汽化热越小。处于饱和温度时的蒸气称为饱和蒸气。将饱和蒸气在定压下加热, 即可成为过热蒸气。过热蒸气的温度比同压力下饱和蒸气的温度高。二者之差称为过热度。

(2) 冷凝 当蒸气受到冷却时, 放出热量, 由气体变成液体的过程称为冷凝。冷凝时的温度称为饱和温度, 如果将冷凝后的液体再度冷却, 使其温度低于饱和温度, 这种现象称为过冷, 两者的温度差称为过冷度。气体冷凝时要放出热量。同样质量的饱和蒸气冷凝时放出的热量等于同温度下的汽化热, 物态变化与热量的关系如图 1-8 所示。

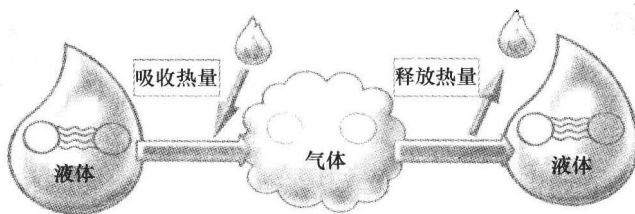


图 1-8 物态变化与热量的关系

二、热传递的基本形式

热量是热传导过程中物体内能变化的量度。热是能量的一种基本形式, 它不能消失, 只能从一个物体传递到另一个物体或从同一物体的一部分传递到另外一部分。根据科学定律, 热量只能从高温表面传递到低温表面, 直至温度相同为止。热传递的速度取决于高温表面与低温表面之间的温差。热量的法定计量单位是“焦耳”, 单位符号为“J”。

空调的工作过程实际就是热量的传递和转移的过程, 热量都是通过以下 3 个途径传递的。

(1) 传导 在受热不均匀的物体中, 通过分子运动, 将热能由较热的一端传到较冷的一端的过程称为传导。这种交换方式将一直进行到整个物体的温度相等时为止, 如图 1-9 所示。

(2) 对流 当液体或气体的温度发生变化后, 其比重也随之发生变化。温度低的比重

大，因重力作用而向下流动；温度高的比重小，向上升，从而形成对流。由于液体或气体本身的比重变化而形成的对流称为“自然对流”；若由于外力作用，使气体或液体的流速加快，则称为“强制对流”，如图 1-10 所示。

(3) 辐射 物体之间在不接触的情况下，高温物体将热量直接向外传给低温物体的传递方式，叫做热的辐射，如图 1-11 所示。

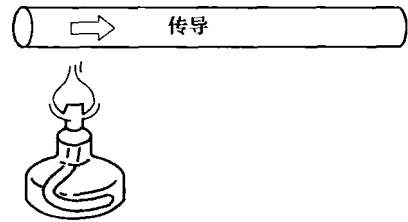


图 1-9 热传导

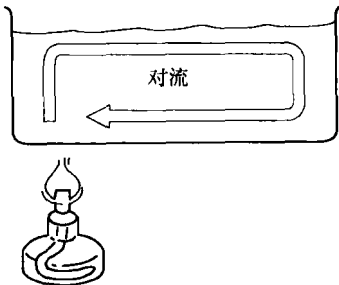


图 1-10 热对流

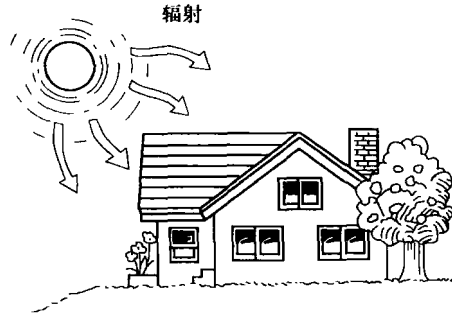


图 1-11 热辐射

三、物质的状态变化和热的形态

1. 物质的状态变化

增加或减少物质的热量，物质的温度可能发生变化，物质的状态也可能发生变化。

对冰加热，冰的温度会慢慢升高；当温度达到 0°C 时，冰就开始熔化，在这一阶段， 0°C 的水与冰共存；继续加热直至冰全部转变为 0°C 的水，这一固态转变为液态的过程称为熔化，而反过来的过程叫做凝固。对水加热，水从 0°C 升高到 100°C 。在 100°C 时，水的温度不再继续升高，而开始蒸发，直至水全部蒸发为水蒸气，水的加热过程如图 1-12 所示。水从液态变为气态的过程叫做汽化（蒸发），相反的过程称为冷凝。物质从固态直接转化为气体叫做升华，相反的过程叫凝华。

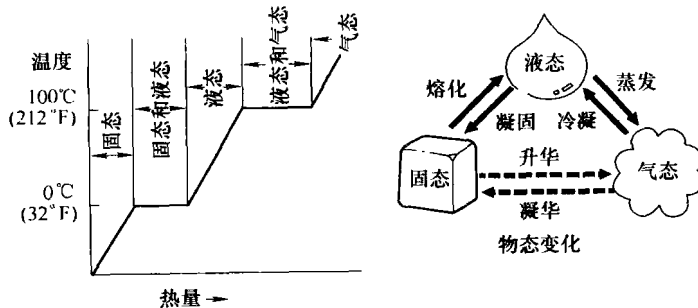


图 1-12 水的加热过程和状态变化

2. 热的形态

从水的加热过程我们可以看出，加热水时，水的温度会随加热量的增加而升高。当加热到 100°C 时，水的温度不再升高，而是从液态向气态转变（图 1-12）。这说明了加给水的热



量有两种结果，一种是使水的温度升高，另一种是使水的状态发生变化。我们将使物质温度升高的热量称为显热，将使物质状态发生变化的热量称为潜热（图 1-13）。如果物质的状态是从液态变为气态，就将这种潜热称为汽化潜热。

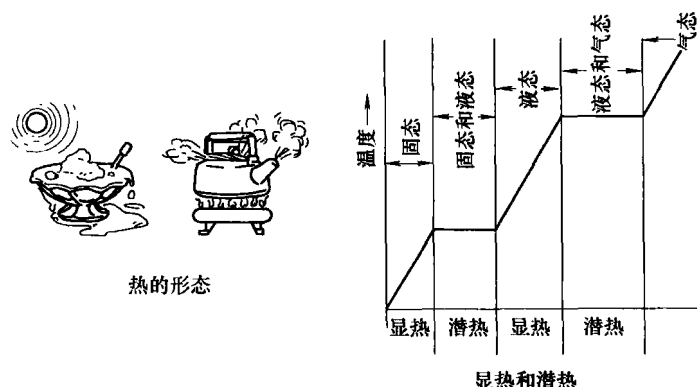


图 1-13 显热和潜热

例如 1kg 水沸腾开始汽化，到水完全汽化为止，所加入的热量为 2500kJ，这一热量就是水的汽化潜热。

四、热力学的两个基本定律

1. 热力学第一定律

汽车制冷系统在系统运行中，一直发生着不同形式的能量之间互相转换和传递，使制冷剂状态发生变化。在压缩机内，压缩机对制冷剂进行压缩，增加了制冷剂的热能，在冷凝器内，制冷剂又把热能传递给周围的空气而自身冷凝，在蒸发器内，制冷剂吸收车内空气的热量沸腾而变成气体，这一系列的热量传递和转换都是等量的。也就是说，热量传递，或者在机械功和热量的转换过程中，能量总和保持不变。这就是热力学第一定律。

2. 热力学第二定律

热量不能自动地由低温的物体传向高温的物体。但是，热量可以有条件地由低温物体传向高温物体，这个条件就是要消耗外功。其关系表达式为：

$$Q_H = Q_C + W$$

式中 Q_H ——从高温热源放出的热量；

Q_C ——从低温热源吸收的热量；

W ——制冷压缩机所消耗的功。

汽车空调制冷系统就是在消耗一定功的条件下，利用制冷剂的状态变化，而将热能由低温物体（车内空气）传向高温物体（车外空气）的一个实例。

五、节流

由于遇到突然缩小的狭窄通道，而使流体压力显著下降的现象，称为节流。气体或蒸气在管道中流动时，通道截面积突然缩小，如遇到阀门、孔板等，流体压力便下降。这种状态变化称为节流，如图 1-14 所示。

当流体流向孔口时,在孔口附近的流体因截面突然变小,流体的流动形态发生突变,流体的压力降低,速度增大;到孔口时,压力降低到最小,而速度增加到最大;流体流过孔口后,其截面积突然增大,流体的压力逐渐回升,速度逐渐减小,最后达到稳定。由于孔口前后发生强烈的扰动和涡流,造成压力的不可逆损失,因此流体恢复稳定后,压力比以前小很多,但速度(流速)基本保持不变。

由于节流时间很短,系统与外界的能量传递可以忽略不计,节流是绝热过程。节流过程中,系统没有能量的输入,所以节流前后的焓值不变,即等焓过程。

在汽车空调制冷系统中,制冷剂在膨胀阀中的状态变化就是节流过程。制冷剂被膨胀阀节流后,如果压力下降得比饱和压力还低,部分液体将变成饱和蒸气,体积急剧增大。这时蒸气吸热量都是液体本身供给的,所以液体温度下降较大。

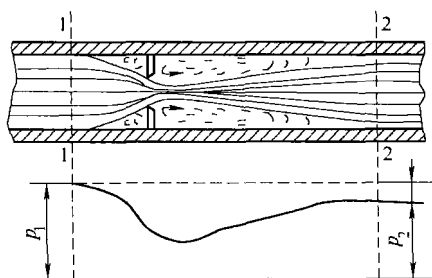


图 1-14 节流示意

第二节 汽车空调技术的发展

一、汽车空调技术的发展过程

汽车空调自 1925 年问世以来,经过几十年的发展,已经由最初的奢侈品成为必需品,它大大改善了车内环境,改善了驾驶人的工作条件,提高了乘员的舒适性。汽车空调示意图如图 1-15 所示。

汽车空调技术是随着汽车的普及和高新技术的应用而发展起来的。汽车空调技术的发展经历了由低级到高级、由单一功能到多功能的 5 个阶段。

第一阶段:单一取暖。1925 年,首先在美国出现了利用汽车冷却液通过加热器取暖的方法,到 1927 年发展到具有加热器、风机和空气滤清器的比较完整的取暖系统。该系统直到 1948 年才在欧洲出现。而日本到 1954 年才开始使用加热器取暖。目

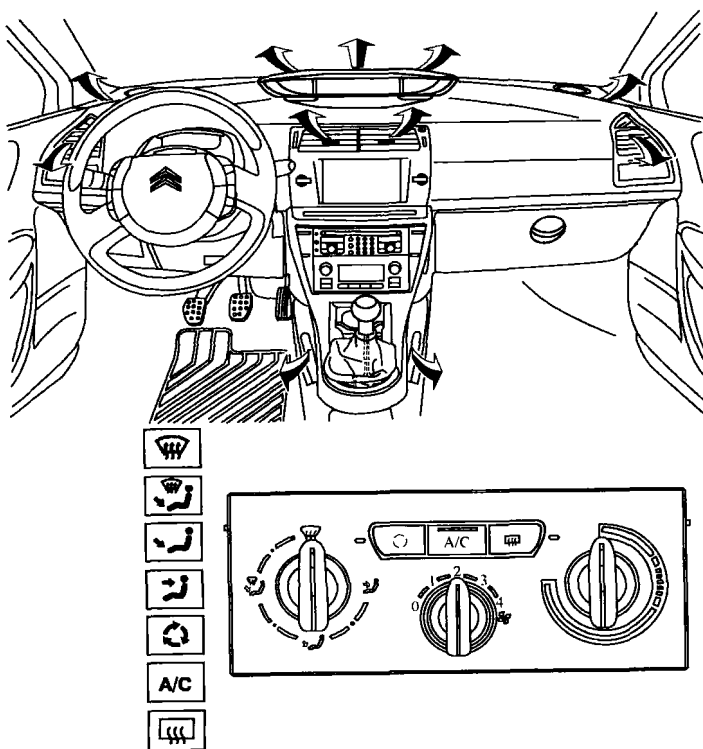


图 1-15 汽车空调示意图



前,在北欧、亚洲北部地区,汽车空调仍然使用单一取暖系统。

第二阶段:单一冷气。1939年,由美国通用汽车帕克公司(Packard)首先在轿车上安装了机械制冷的空调器。欧洲、日本到1957年才出现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。

第三阶段:冷暖一体化。1954年,美国通用汽车公司首先在纳什(Nash)牌轿车上安装了冷暖一体化的空调器,这时的汽车空调基本上具有调节控制车内温度、湿度的功能。随着汽车空调技术的改进,目前的冷暖一体化汽车空调基本上具有降温、除湿、通风、过滤、除霜等功能。这种方式目前仍然在大量的经济型汽车上使用,是目前使用量最大的一种方式。

第四阶段:自动控制。冷暖一体化汽车空调需要人工操纵,这显然增加了驾驶人的劳动强度,同时控制效果也不太理想。自从冷暖一体化汽车空调出现后,美国通用汽车公司就着手研究自动控制的汽车空调,并于1964年首先安装在凯迪拉克(Cadillac)牌轿车上,紧接着福特、克莱斯勒等汽车公司竞相在各自的高级轿车上安装。日本、欧洲国家直到1972年才在高级轿车上安装自动控制的汽车空调。目前,高档轿车的全自动空调与其他电控系统组成局域网,根据车内外的环境情况,自动控制汽车空调系统的工作,既提高了调节效果,又节约了燃料。

第五阶段:微机控制。1973年,美国通用汽车公司和日本五十铃汽车公司联合研究微机控制的汽车空调,1977年同时安装在各自生产的汽车上。微机控制的汽车空调功能增加了,且数字化显示。微机根据车内外的环境条件,控制汽车空调的工作,实现了汽车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舒适性。

二、我国汽车空调的应用现状

我国汽车空调工业的发展大致经历了三个阶段。

第一阶段,从20世纪60年代初到70年代末,主要是利用汽车发动机排出的废气或冷却液循环产生的热量来供给车内取暖。

第二阶段,20世纪80年代初至90年代初。80年代初期,我国从日本购进制冷降温用的汽车空调系统,装配在红旗、上海等小轿车和豪华大客车上;80年代中后期,我国一汽等生产厂从日本、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、轻型车及轿车的空调系统,为我国的汽车空调发展打下了良好的基础。

第三阶段,从20世纪90年代开始至今。国内有一批形成生产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、冷凝器和蒸发器的生产技术和生产线。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,普及应用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。

我国现有主要汽车空调生产厂家20多家,其中绝大部分都引进国外技术生产线和生产设备,还有些是中外合资企业,国内汽车空调技术的研究和开发与国外的差距正逐渐缩小。

从市场占有情况看,由于目前大多数汽车空调生产未具规模,加上汽车空调种类繁多,国内汽车空调销售市场仅为几家所垄断。其中上海德尔福汽车空调系统有限公司生产的爱斯牌汽车空调为别克、帕萨特、桑塔纳、捷达、富康、切诺基等车型配套;杰克赛尔汽车空调有限公司生产的空调主要为奥迪、红旗轿车及解放牌重、中、轻型车配套,湖北沙市电工仪