汽车维修入门 全程图解系列

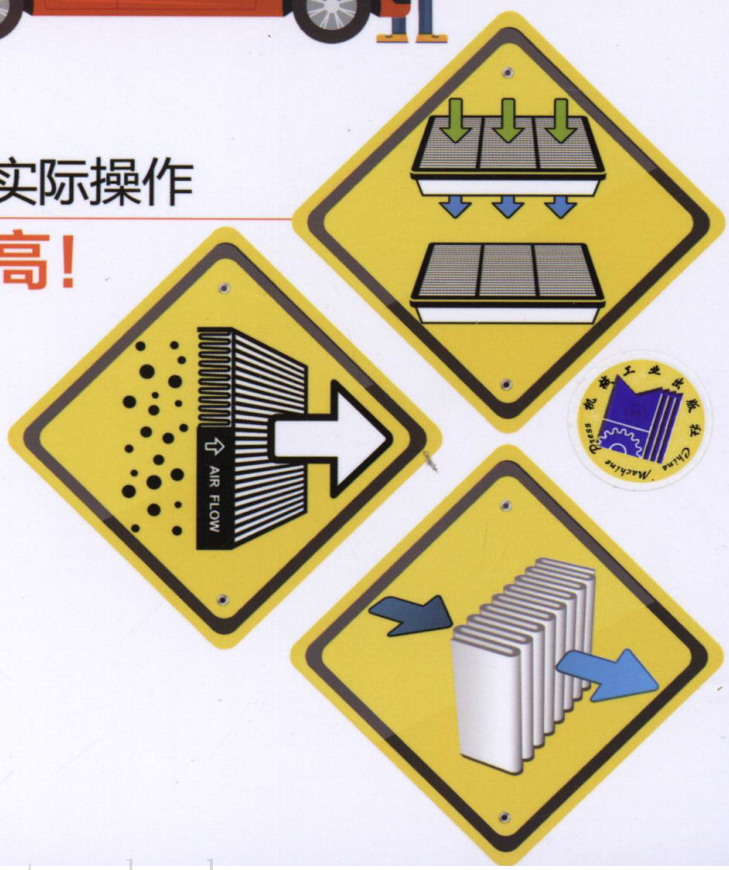
全程图解 汽车空调维修



★ 刘春晖 孙清明 主编

流程图 + 基础知识 + 实际操作

轻松入门 快速提高！



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全程图解汽车空调维修

刘春晖　孙清明　主编

机 械 工 业 出 版 社

本书全面、系统地介绍了七个方面的内容，分别是汽车空调基础知识，空调制冷系统部件结构与检修，汽车空调系统电气控制，汽车空调取暖、通风与配气系统，汽车自动空调控制系统，汽车空调系统检测与维修基础，汽车自动空调系统检修实例。

本书内容新颖、全面，系统、实用，重点突出，图文并茂。书中以汽车空调为主，突出介绍了现代汽车空调新技术和新结构以及故障诊断和维修技术。本书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，也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。

图书在版编目(CIP)数据

全程图解汽车空调维修/ 刘春晖，孙清明主编. —2 版. —北京：机械工业出版社，2016. 11

ISBN 978-7-111-55373-1

Ⅰ. ①全… Ⅱ. ①刘… ②孙… Ⅲ. ①汽车空调 - 车辆修理 - 图解 Ⅳ. ①U472. 41 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 274883 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：连景岩 杜凡如 责任编辑：连景岩 杜凡如 章承林

责任校对：樊钟英 刘雅娜 封面设计：张 静

责任印制：李 昂

北京中兴印刷有限公司印刷

2017 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16. 25 印张 · 388 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-55373-1

定价：49. 90 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
服务咨询热线：010 - 88361066	机 工 官 网：www. cmpbook. com
读者购书热线：010 - 68326294	机 工 官 博：weibo. com/cmp1952
010 - 88379203	金 书 网：www. golden - book. com
封面无防伪标均为盗版	教育服务网：www. cmpedu. com

前言 PREFACE

随着汽车技术的进步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的标准配置。随着汽车技术中大量融入电子、计算机及网络等技术，汽车空调系统的结构变得越来越复杂，其控制部分电子化程度也越来越高，越来越人性化，使汽车空调的舒适性与技术标准有了显著的提高。目前，中高档轿车已普遍采用微型计算机控制的自动空调。汽车空调的维修已成为当前汽车维修行业中不可或缺的工作。

本书最突出的特点是各章节采用图解的形式将各部分的重点内容展现在读者面前，使读者能够快速了解内容的结构，掌握本节的内容，对学习内容有一个整体的认识。同时全书采用高清图片500余幅，多数图片为各车系最新原版维修手册、自学手册、培训资料截图，力求有权威、有说服力，能够反映最新车型的新技术、新配置及新的维修理念。

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、检测和维护知识，详细地讲解了空调系统故障现象、原因和排除方法，特别适合广大汽车维修一线的维修人员自学使用，同时也可作为职业教育教学和培训使用。

本书内容深入浅出，系统地介绍了现代汽车空调系统的结构、工作原理、维修和故障诊断方面的知识。全书共分七个方面内容，分别是汽车空调基础知识；空调制冷系统部件结构与检修；汽车空调系统电气控制；汽车空调取暖、通风与配气系统；汽车自动空调控制系统；汽车空调系统检测与维修基础；汽车自动空调系统检修实例。

本书由刘春晖、孙清明任主编，参加本书编写工作的还有王学军、张坤、刘玉振、陈国、许明、陈明、张炜炜。

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，恳请广大读者批评指正。

目录 CONTENTS

前言

第一章 汽车空调基础知识 …… 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 …… 7
三、物质的状态变化和热的形态 …… 8
四、热力学的两个基本定律 …… 10
五、节流 …… 10
第二节 汽车空调制冷剂对环境的影响 …… 11
第三节 汽车空气调节的内容 …… 15
一、汽车空调系统的功能 …… 15
二、汽车空调的特点 …… 16
三、汽车空调的组成 …… 16
第四节 汽车空调系统的分类 …… 19
一、按采用节流装置和系统结构的不同分类 …… 20
二、按驱动方式分类 …… 21
三、按功能分类 …… 22
四、按控制方式分类 …… 23
五、按压缩机的排量是否可变分类 …… 24
第五节 制冷剂与冷冻润滑油 …… 25
一、制冷剂 …… 25
二、冷冻润滑油 …… 28
第六节 汽车空调制冷原理与组成 …… 29
一、制冷的基本思路 …… 29
二、制冷循环 …… 30
三、汽车空调制冷系统的功能与组成 …… 31
四、汽车空调制冷循环过程 …… 32

第二章 空调制冷系统部件结构与检修 …… 35

第一节 空调压缩机 …… 35

需要全本请访问

一、空调压缩机的分类及要求 …… 36
二、定排量空调压缩机 …… 37
三、变排量空调压缩机 …… 42
四、空调压缩机的检修 …… 45
第二节 冷凝器 …… 47
一、冷凝器的结构 …… 48
二、冷凝器的检修 …… 49
第三节 蒸发器 …… 51
一、蒸发器的结构 …… 51
二、蒸发器的检修 …… 53
第四节 热力膨胀阀和节流管 …… 55
一、膨胀阀 …… 55
二、膨胀阀的拆装 …… 60
三、膨胀阀的检修 …… 61
四、膨胀节流管（孔管） …… 62
五、膨胀节流管的拆装与检修 …… 63
第五节 储液干燥器、积累器及管路接头 …… 66
一、储液干燥器 …… 67
二、储液干燥器的拆装与检修 …… 68
三、集液器 …… 69
四、制冷系统的连接部件 …… 70
第三章 汽车空调系统电气控制 …… 73
第一节 空调常用保护与控制装置 …… 73
一、制冷剂压力开关 …… 73
二、过热过压保护装置 …… 79
三、空调开关 …… 81
四、控制继电器 …… 82
五、电磁离合器 …… 83
第二节 汽车空调的真空控制装置 …… 86
一、真空源和真空驱动器 …… 87
二、真空换能器 …… 88
三、加热器控制 …… 89
四、真空罐 …… 90
五、模式门的控制 …… 90
六、单向阀和单向继动器 …… 90
第三节 空调温度自动控制装置 …… 93
一、电－气动式温度控制装置 …… 93
二、蒸发器温度控制器 …… 94

第四节　汽车空调系统的发动机控制 …… 96
一、发动机的怠速提升控制 …… 97
二、发动机失速控制 …… 98
三、传动带保护控制 …… 98
四、加速控制装置 …… 99
五、压缩机双级控制 …… 99
六、双蒸发器控制 …… 99
第五节　汽车空调电路分析 …… 100
一、鼓风机控制电路 …… 101
二、冷凝器风扇控制电路 …… 102
三、压缩机电磁离合器控制 …… 107
第六节　典型空调控制电路的综合读图分析 …… 109
一、桑塔纳3000轿车空调系统电路分析 …… 109
二、广州本田雅阁轿车空调控制电路 …… 112
三、东风雪铁龙世嘉手动空调电路分析 …… 114
四、东风雪铁龙世嘉自动空调电路分析 …… 119

第四章　汽车空调取暖、通风与配气系统 …… 123

第一节　汽车空调暖风系统 …… 123
一、汽车空调暖风系统概述 …… 123
二、热水取暖系统 …… 126
三、气暖式暖风装置 …… 129
四、独立燃烧式暖风装置 …… 130
五、暖风系统的拆装 …… 131
第二节　汽车通风和空气净化系统 …… 134
一、汽车通风系统 …… 134
二、空气净化装置 …… 135
三、通风系统的拆装与检测 …… 137
第三节　汽车空调控制面板的操作 …… 140
一、汽车空调的气流分配形式 …… 140
二、汽车空调的气流组织过程 …… 141
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 …… 143

第五章　汽车自动空调控制系统 …… 146

第一节　自动空调的功能及基本组成 …… 146
一、自动空调系统的功能 …… 146
二、自动空调系统的基本组成 …… 147
第二节　自动空调系统的工作原理 …… 149

一、送风温度控制 …… 150
二、鼓风机转速控制 …… 151
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 …… 164
第四节 自动空调系统执行机构及控制模式 …… 165
一、自动空调系统执行机构 …… 165
二、自动空调控制模式 …… 166

第六章 汽车空调系统检测与维修基础 …… 170

第一节 汽车空调的正确使用与维护保养 …… 170
一、汽车空调的正确使用 …… 170
二、汽车空调的维护保养 …… 172
第二节 汽车空调故障诊断方法 …… 173
一、直观诊断法 …… 173
二、仪器诊断法 …… 174
第三节 汽车空调系统维修工具的使用 …… 178
一、通用工具及常用设备 …… 178
二、专用工具及专用设备 …… 179
第四节 汽车空调维修操作技能 …… 187
一、直观检查 …… 188
二、制冷剂量的检查 …… 188
三、汽车空调系统的泄漏检查 …… 190
四、制冷剂的排放 …… 192
五、制冷系统的抽真空 …… 193
六、制冷剂的加注 …… 195
七、制冷系统润滑油的加注 …… 200

第七章 汽车自动空调系统检修实例 …… 203

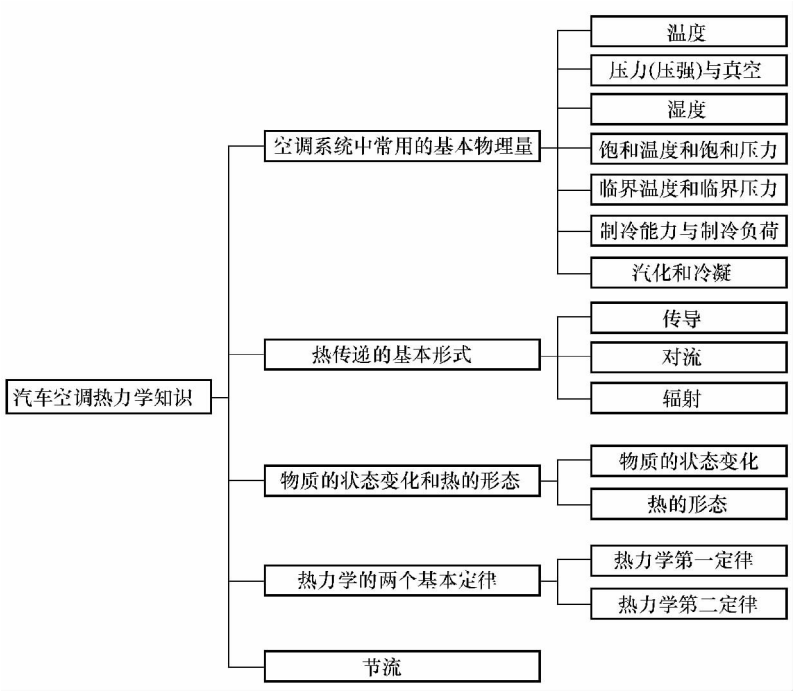
第一节 奥迪系列自动空调控制系统 …… 203
一、奥迪轿车的自动空调控制系统结构 …… 203

二、主要的传感器 …… 206
三、自动空调系统的执行器 …… 210
四、奥迪轿车自动空调系统的空气分配 …… 213
五、循环空气模式 …… 214
六、自动控制式的循环空气模式 …… 215
第二节 丰田卡罗拉自动空调系统 …… 216
一、基本组成 …… 217
二、主要元件的作用 …… 218
三、自动空调的工作原理、控制功能及故障检修 …… 223
第三节 别克林荫大道轿车自动空调系统 …… 226
一、空调控制系统的组成及原理 …… 227
二、空调系统控制电路 …… 230
三、空调压缩机接通和断开的条件 …… 234
四、空调（A/C）系统性能测试 …… 234
第四节 第三代丰田普锐斯空调系统 …… 236
一、系统特征 …… 236
二、系统组成及主要零部件功能 …… 236
三、系统控制 …… 238
参考文献 …… 249

第一章 Chapter 1

汽车空调基础知识

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。温度只反映物体冷热的程度，并不表示物体具有热量的多少。物体温度的高低可用温度计来测量，温度计是利用某些物质的体积随温度的变化而改变的特性制成的。常用的温度计有水银温度计和酒精温度计。

（1）温标　温度计上的标尺称为温标，工程上常用的温标包括：摄氏温标，用℃表示；

热力学温标，用 K 表示；华氏温标，用℉表示。用这三种温标测得的温度分别为摄氏温度、热力学温度和华氏温度，如图 1-1 所示。

1）摄氏温标。摄氏温标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℃，把这两者之间分为 100 等份，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℃。摄氏温度是人们日常生活中应用最为广泛的温标，其常用温度计如图 1-2 所示。

2）华氏温标。华氏温标将标准大气压下水的冰点定为 32℉，沸点为 212℉，把这两者之间分为 180 等份，每份为 1℉。用华氏温标标定的温度称为华氏温度，其符号为 θ，单位为℉。

3）热力学温标。理论上把物体内部分子完全停止热运动的点称为绝对零度，将此温度定为 0K，纯水的三相点定为 273.16K，这种标定温度的温标称为热力学温标，用热力学温标测定的温度称为热力学温度，其符号为 T，单位为 K。热力学温标与摄氏温标的间隔相同。

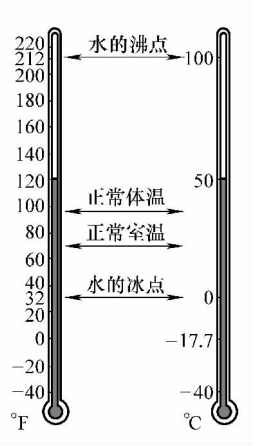


图 1-1　华氏温度计与摄氏温度计

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，三种温度的比较换算见表 1-1。温度对照示意图如图 1-3 所示。



图 1-2　常用温度计

表 1-1　温度的比较换算

温度名称	代号	单位	换算方法
摄氏温度	t	℃	$t=5(\theta-32)/9$
华氏温度	θ	℉	$\theta=9t/5+32$
热力学温度	T	K	$T=t+273$

（2）温度类型

1）冷凝温度。在空调系统中，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。

需要全本请访问

2）蒸发温度。在空调系统中，在蒸发器中制冷剂低压汽化时的温度称为蒸发温度。

2. 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 $1m^2$ 的面积上作用有 1N 的力。由于此单位较小，常用的单位是 kPa 和 MPa。

$$1MPa = 1000kPa = 10^6 Pa$$

在实际使用中还有几个常用的压强单位，如千克力/平方厘米（kgf/cm^2）、毫米汞柱（mmHg）、标准大气压（atm）及磅力/平方英寸（psi）等。它们之间的换算关系见表 1-2。

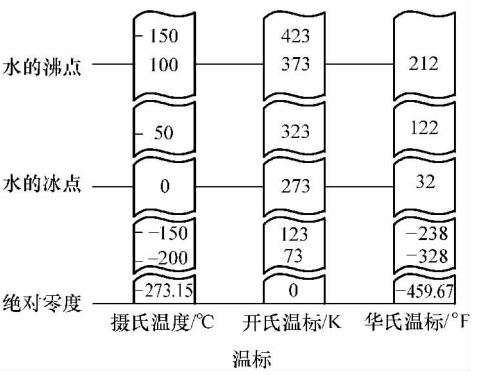


图 1-3　温度对照

表 1-2　几个常用压强单位之间的换算关系

kPa	kgf/cm^2	mmHg	psi	atm
1	1.02×10^{-2}	7.50	0.145	9.87×10^{-3}
98.1	1	7.356×10^{2}	14.22	0.9678
0.133	1.36×10^{-3}	1	1.93×10^{-2}	1.32×10^{-3}
6.89	7.03×10^{-2}	51.7149	1	6.80×10^{-2}
1.0132×10^{2}	1.033	760	14.69	1

此外，还有些地方采用巴（bar）作为压强单位，它与帕斯卡（Pa）的换算关系为

$$1bar = 10^5 Pa$$

（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）。

$$1atm = 1.033kgf/cm^2 = 760mmHg$$

（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的一种现象，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。真空程度越高，意味着单位体积中气体分子数减少得越多，也就是说压强随之减小得也越多，因此真空度是以气体压强大小来表示的。压强越低，表示真空度越高。反之，压强越高，表示真空度越低。若以汞柱高度来表示，当压强高到 760mmHg 时，则意味着真空“消失”了，若压强继续升高，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

$$绝对压力 = 表压力 + 1atm$$

为了与绝对压力相区别，常在表压力的具体数字后面加符号“(G)”，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 1-4 所示。

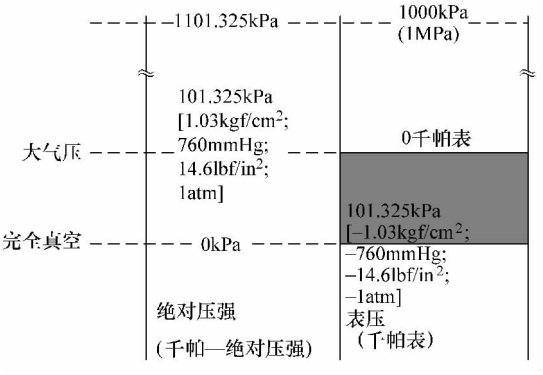


图 1-4　绝对压力、表压力和真空度之间的基本关系

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。

（2）露点　将自然环境的空气冷却后，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，这一临界温度称为露点。

（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。表示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。

1）相对湿度。在某一温度下，空气中实际含水蒸气量（以质量计）与空气在该温度下所能含水蒸气量（质量）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 1-5 所示。它常用百分比表示，100% 称为饱和空气，0% 称为干空气。

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，试验表明，在 26℃ 相对湿度为 30% 和在 22℃ 相对湿度为 90% 这两个环境里，人体的感觉是一样的。

2）绝对湿度。空气中所含水蒸气的量（质量）与干空气量之比。

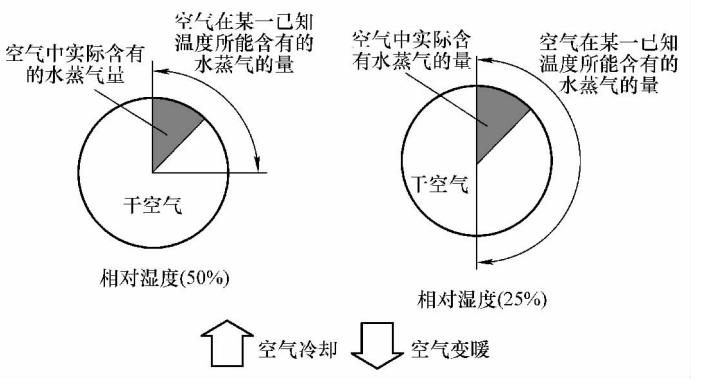


图 1-5　空气的相对湿度

（4）湿度的测量　湿度的测量通常用干湿球温度计，干球温度就是普通的温度计。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 1-6 所示，水便在毛细管的作用下湿润温度计，由于湿纱布上的水分蒸发需要吸收相应的汽化热，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叫湿球温度。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。干湿球温差越大，表明空气越干燥，反之，空气越潮湿。标准湿球温度应在感温球周围有 3 ~5m/s 的风速。

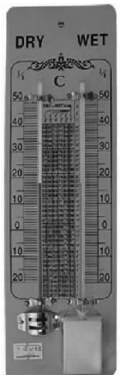




图 1-6　干湿球温度计（干湿计）

4. 饱和温度和饱和压力

如果对制冷剂加热，则其中的一部分液体就会变成蒸气；反之，如果制冷剂放出热量，则其中的一部分蒸气又会变成液体（温度不变）。在这种制冷剂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。处于这种状态的制冷剂蒸气叫饱和蒸气，这种状态下的制冷剂液体叫饱和液体。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。饱和蒸气的温度叫饱和温度；饱和蒸气的压力叫饱和压力。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 1-3。

表 1-3　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

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 1-4 列出了几种氟制冷剂的临界温度和临界压力。

表 1-4　几种氟制冷剂的临界温度和临界压力

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

6. 制冷能力与制冷负荷

（1）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，单位为 J/h。

（2）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的物体散发出的热量排到大气中去。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（图 1-7a）。汽化有两种方式：蒸发与沸腾。

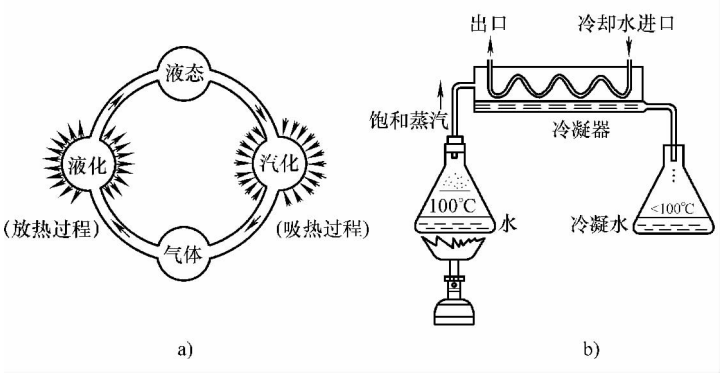


图 1-7　汽化、冷凝示意图

a）汽化　b）冷凝

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 1-8 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，液体同样也能进行沸腾，如图 1-9 所示。

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。两者之差称为过热度。

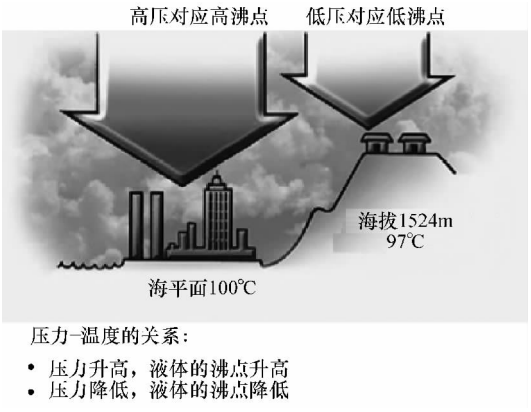


图 1-8　压力对沸点的影响

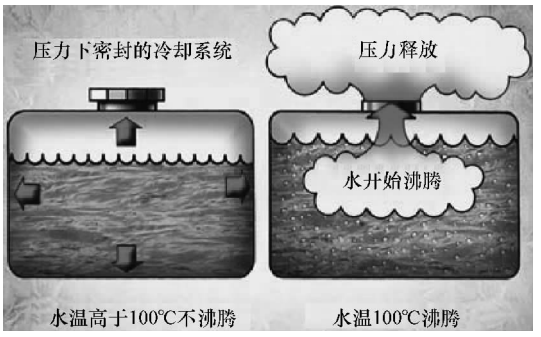


图 1-9　在密封和敞开系统中的沸点

（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（图 1-7b）。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 1-10 所示。

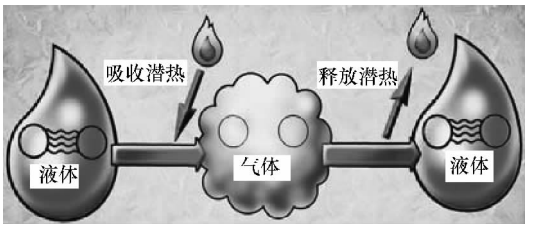


图 1-10　物态变化与热量的关系

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 1-11 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。温度低的相对密度大，因重力作用而向下流动；温度高的相对密度小，而向上升，从而形成对流。由于液体或气体本身的相对密度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 1-12 所示。

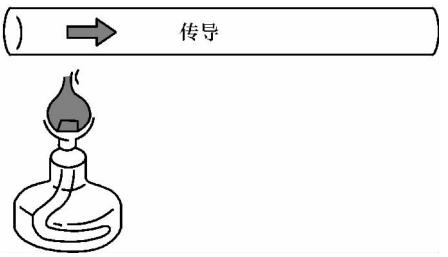


图 1-11　热传导

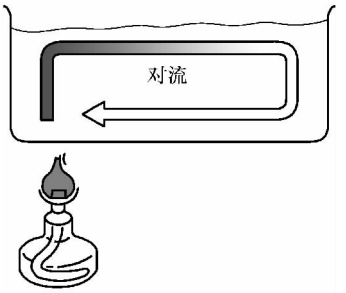


图 1-12　热对流

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，叫作热辐射。如图 1-13 所示，当一辆汽车在太阳下行驶或停靠的时候，来自许多热源的热量都可能进入车内，这些热源包括：周围空气、阳光、发动机热量、路面热量和排气热量等，所有这些热源都增加了车内的空气温度。如果车辆周围的温度很高（如夏天气温达到 36℃以上），且车辆暴露在太阳底下，在车窗关闭的情况下，车内温度可能达到惊人的 65 ~ 70℃。这是由于日光穿过空气照射到汽车的外表和内部，此时光能变为热能使汽车升温。

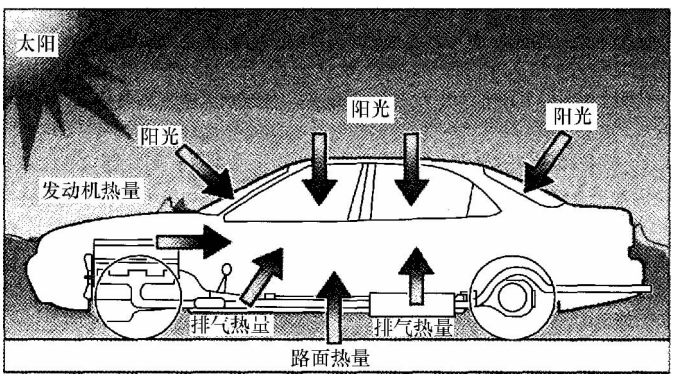


图 1-13　热辐射

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℃时，冰就开始熔化，在这一阶段，0℃的水与冰共存；继续加热直至冰全部转变为 0℃的水，这一固态转变为液态的过程称为熔化，而反过来的过程称为凝固。对水加热，水从 0℃升高到 100℃。在 100℃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 1-14 所示。水从液态变为气态的过程称为汽化（蒸发），相反的过程称为冷凝。物质从固态直接转化为气

需要全本请访问