

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

# 汽车空调原理与维修

QICHE KONGTIAO  
YUANLI  
YU WEIXIU

凌凯汽车资料编写组 组编  
刘仁峰 主编



 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

# 汽车空调原理与维修

## QI CHE KONG TIAO YUAN LI YU WEI XIU

凌凯汽车资料编写组 组编

主 编：刘仁峰

副主编：李 超 陈赞东

参 编：郑 路 于海东 蔡永红 陈 波  
蔡志乾 徐银泉 杨海鹏 刘广宁  
邓冬梅 李丽娟 钟利兰

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本模块化教材全面系统地介绍了汽车空调的基础知识,汽车空调主要部件的结构与工作原理,汽车空调制冷系统的组成与控制原理,汽车空调通风、暖风与配气系统,控制电路的工作原理及分析方法,以及自动空调系统的基本组成、结构特点和工作原理。本教材还针对汽车空调系统的实际维修操作,详细介绍了汽车空调制冷系统的检修、维护、故障分析及排除方法,使教材具有一定的实用价值,便于指导教学和维修实践。

本教材图文并茂,深入浅出,通俗易懂,适合作为高等院校汽车类专业的教学用书,也可作为从事汽车技术、管理及维修人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

---

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车空调原理与维修 / 刘仁峰主编. —北京:北京理工大学出版社, 2011.6

ISBN 978-7-5640-4275-2

I. ①汽… II. ①刘… III. ①汽车-空气调节设备-理论 ②汽车-空气调节设备-维修 IV. ①U463.85 ②U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 020612 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市兆成印刷有限责任公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 12.5

字 数 / 213 千字

版 次 / 2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1~1500 册

定 价 / 28.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换

# 出版说明

近年来,随着我国汽车行业的不断发展,汽车保有量呈现出迅猛增加的趋势,汽车维修、售后服务以及汽车销售人才所存在的缺口问题也越发明显。特别是建立在先进传感技术基础上的故障诊断系统在各种汽车上大量应用之后,各种现代化检测诊断仪器和维修技术也应运而生,现代汽车已发展成为机电一体化的高科技载体。这给汽车维修业带来了极大的机遇和挑战,同时也对汽车维修人员的技术水平提出了更高、更新的要求。

为适应企业和市场对人才需求的变化,满足社会对技能型人才的需求,北京理工大学出版社特邀请一批知名行业专家、学者以及一线教学名师,规划出版了这套“面向‘十二五’高等教育课程改革项目研究成果”系列教材。

作者在编写之际,广泛考察了各校学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,着力培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持有序工作的应用型人才。

本系列教材坚持如下定位:

- 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用为目的;
- 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合汽车类课程体系设置;
- 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高;
- 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

本系列教材配有大量的插图、表格和大量的图片资料,介绍了大量的故障诊断、维修服务和营销案例。

- 在内容上强调面向应用、任务驱动、精选案例、严把质量;
- 在风格上力求文字简练、脉络清晰、图表明快、版式新颖;
- 在理论阐释上,遵循“必需”、“够用”的原则,在保证知识体系相对完整的同时,做到知识讲解实用、简洁和生动。

本系列教材可作为高等教育应用型本科院校汽车类相关专业的课程教学用书,也可作为相关行业从业人员的培训和参考用书。

# 前 言

当今国家正在大力推行教育创新，各地教育机构紧抓机遇，大胆革新，积极推行新的教育方法与思路。其中，实际应用与理论相结合的模块化教学尤为突出。

模块化教学根据职业需求和岗位要求而设置教学项目，同时将知识系统和技能系统化整为零，合而为一，使学员能做到学一样会一样。模块化教学是一种简化技术理论，强化职业实践的实用性教学，它对理论教学的要求是将抽象深奥的知识简单化、形象化和感性化，使学员能够感知、认知，并联系实际，融入实践，同时在实践教学中结合理论认识，能将实践认知与经验总结为理论。这样，在学中做，在做中提高，巩固知识，强化技能。

空调是汽车现代化标志之一，现代汽车空调的基本功能是在任何气候和行驶条件下，都能改善驾驶员的工作条件和提高乘员的舒适性。本模块化教材一共分为六章，系统全面地讲述了汽车空调系统原理与维修。第一章为概述，主要讲述空调制冷系统的基本原理、组成与分类；第二章为制冷系统，讲述构成空调制冷系统的组件，这些组件的作用以及工作原理；第三章为取暖与通风系统，主要讲述取暖、通风、配气系统和手动空调面板的作用；第四章为空调控制系统，详细讲述了控制元件与控制电路，并阐述了如何分析手动空调系统的电路；第五章专门讲解汽车自动空调；第六章重点介绍空调系统检修操作方法，以及如何对常见的故障进行分析与排除，将理论运用于实际维修工作。

本教材主要突出实图实例及原理、检测、维修与理论结合。适用于高等院校汽车类专业的教学用书，也可作为从事汽车技术、管理及维修人员的参考用书。

编 者

# 目 录

## 概述

### → 课题一 1

#### 任务一 发展史 1

#### 任务二 制冷剂及冷冻机油 3

- 一、制冷剂 3
- 二、冷冻机油 4

#### 任务三 空调制冷原理 7

- 一、热力学定律 7
- 二、物理状态变化 7
- 三、制冷循环过程 9

#### 任务四 汽车空调系统的组成及分类 11

- 一、汽车空调系统的组成 11
- 二、汽车空调系统的分类 14

- 课题小结 18
- 思考与练习 18

## 制冷系统

### → 课题二 19

#### 任务一 压缩机 19

- 一、功能 19
- 二、分类和特点 19
- 三、压缩机的控制 24

#### 任务二 热交换器 25

- 一、冷凝器 25
- 二、蒸发器 27

#### 任务三 制冷系统节流装置 31

- 一、热力膨胀阀 31
- 二、H形膨胀阀 33
- 三、节流管式节流阀 35

#### 任务四 储液干燥器 38

- 一、储液干燥器的作用 38
- 二、储液干燥器的分类与结构特点 38

- 课题小结 41
- 思考与练习 41

## 取暖和通风系统

### → 课题三 43

#### 任务一 取暖系统 43

- 一、取暖系统的作用 43
- 二、取暖系统的分类 43

#### 任务二 配气系统 48

- 一、系统概述 48
- 二、空气净化装置 50
- 三、进气装置 53
- 四、混合气调节装置 56
- 五、混合气出风装置 58
- 六、排气装置 62
- 七、空气分配管道 63

**任务三 手动空调面板使用介绍**·····66

一、标致207手动空调面板的使用·····66

二、长城酷熊手动空调面板的使用·····68

课题小结·····71

思考与练习·····71

**汽车空调控制系统****→课题四**·····72**任务一 控制元件**·····72

一、蒸发器温度控制装置·····72

二、制冷剂压力开关·····75

三、保护装置·····77

四、发动机怠速稳定装置·····80

五、鼓风机与继电器·····82

**任务二 控制电路**·····85

一、鼓风机控制电路·····85

二、散热风扇控制电路·····87

三、压缩机控制电路·····90

**任务三 典型手动空调电路分析**·····95

一、本田飞度空调电路分析·····95

二、捷达轿车空调电路分析·····98

课题小结·····100

思考与练习·····100

**自动空调****→课题五**·····102**任务一 控制原理**·····102

一、出气温度(TAO)·····102

二、自动空调系统的组成与工作原理·····102

**任务二 传感器**·····107

一、车内温度传感器·····107

二、车外温度传感器·····109

三、蒸发器温度传感器·····110

四、暖风水箱温度传感器·····111

五、高压压力传感器·····112

六、阳光传感器·····113

七、空气质量传感器-AQS·····115

**任务三 执行器**·····118

一、执行器概述·····118

二、鼓风机总成·····120

三、进气风门执行器·····124

四、混合风门执行器·····126

五、模式风门执行器·····129

**任务四 自动空调面板使用介绍**·····131

一、标致207自动空调面板的使用·····131

二、日产颐达自动空调面板的使用·····133

三、荣威350自动空调面板的使用·····133

**任务五 自动空调系统的自诊断**·····139

一、福特蒙迪欧空调系统自诊断·····139

二、现代伊兰特空调系统自诊断·····141

三、日产风度A33空调系统自诊断·····142

**任务六 典型自动空调电路分析**·····144

一、丰田凯美瑞自动空调电路分析·····144

二、日产风雅自动空调电路分析·····148

课题小结·····158

思考与练习·····158

## → 课题六 空调系统检测 159

### 任务一 歧管压力表的使用·····159

- 一、歧管压力表的结构·····159
- 二、歧管压力表的使用方法·····160
- 三、空调歧管压力表的调整·····162

### 任务二 检漏方法·····163

- 一、目视泄漏检测法·····163
- 二、肥皂水检漏法·····164
- 三、电子检漏仪检漏法·····164
- 四、荧光检漏法·····166

### 任务三 制冷剂加注方法·····168

- 一、制冷剂的补充·····168
- 二、制冷剂的重新加注·····169
- 三、冷冻机油的加注·····172

### 任务四 压力表检查制冷系统···174

- 一、压力表检测制冷系统的测试条件·····174
- 二、正常的制冷系统仪表读数·····174
- 三、异常的制冷系统仪表读数·····175

### 任务五 故障分析及排除·····178

- 一、诊断技巧·····178
- 二、常见故障诊断与排除·····180

课题小结·····184

思考与练习·····184

## → 附录 练习题参考答案 186

## → 参考文献 188



## 课题一 概述

### ○ [学习任务]

1. 了解汽车空调发展史
2. 了解汽车空调系统使用的制冷剂及冷冻机油
3. 掌握空调制冷系统的原理和循环过程
4. 掌握空调系统的组成与分类

### ○ [技能要求]

1. 简单讲述汽车空调发展史
2. 概述空调制冷循环过程

## 任务一 发展史

人们对空气进行人工调节的历史可以追溯很久远。在中国的隋唐时期，人们已经懂得利用水车向房顶喷洒水来达到为室内降温的目的，还会利用自然洞穴在冬季存储大量冰块，用于在炎热的夏季保存新鲜的食物。这些措施和现代的制冷系统采用了同样的原理，即将热从一个空间排出并传递到另一个空间。

汽车空调是伴随汽车的发展而发展的，其发展基本上经历了以下几个阶段。

### 1. 单一取暖

1925年首先在美国出现利用汽车冷却水通过加热器取暖的方法，到1927年发展成具有加热、风机和空气滤清器等比较完整的供热系统。目前，在寒冷的北欧和亚洲北部地区，汽车空调系统仍使用单一取暖系统。

### 2. 单一冷气

1939年，美国通用汽车公司在轿车上首次使用机械降温的空调器，成为汽车空调的先驱。第二次世界大战后，伴随着世界经济的复苏，尤其是美国石油产地、西南部的德克萨斯州天气炎热，急需大量的带制冷的汽车，使单一降温的空调汽车迅速发展起来。单一降温的空调系统目前仍然在热带、亚热带地区使用。



### 3. 冷暖一体化空调

1954年,通用汽车公司首先在纳什牌轿车上安装了冷暖一体化空调,汽车空调才基本上具备调节车内温度、湿度的功能。随着汽车空调技术的改进,目前的冷热一体空调基本上都具有降温、除湿、通风、过滤、除霜等功能,现在的实用经济型汽车上都配备了手动的冷暖一体化空调。

### 4. 自动控制的汽车空调

手动汽车空调需要人工操作,这显然增加了驾驶员的工作量,分散了驾驶注意力,同时控制质量也不大理想。自动空调装置只要预先调节好温度,空调就能自动地在调定的范围内工作,根据传感器检测到车内、车外环境的温度信息,自动地指挥空调器各部件工作,达到控制车内温度和完成其他功能的目的。

### 5. 微型计算机控制空调系统

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空调系统,并装载到各自的汽车上,将汽车空调技术提升到一个新的高度。微机控制的空调系统,由计算机按照车内外的环境所需,实现微调化,实现了空调运行和汽车运行的相关统一,极大地提高了制冷效果,节约了燃料,从而提高了汽车的整体性能和最佳的舒适性。

## 任务二 制冷剂及冷冻机油

### 一、制冷剂

汽车空调制冷系统的运行需要有“冷媒”，这个“冷媒”就是制冷剂，俗称“雪种”。目前的汽车空调一般使用R-134a环保制冷剂，如图1-1所示为常见的R-134a制冷剂一次性铁罐包装，每个包装内有制冷剂300 g。



图1-1 罐装R-134a制冷剂

#### （1）制冷剂的特点

R-134a是使用最广泛的中低温环保制冷剂，由于其良好的综合性能，它成为一种非常高效和安全的CFC-12（R12）替代品。

R-134a制冷剂具有以下特点：

- 分子式：CH<sub>2</sub>F-CF<sub>3</sub>。
- 物理特性：沸点：-26.5°  
冰点：-101.6°
- 无色无味，无毒、不易燃易爆，但在高温下或遇明火和红热表面时将分解放出有毒的刺激性气体。
- 对某些橡胶有腐蚀性。
- 腐蚀有色金属，如铜和铅。
- 具有一定的吸湿性。
- 与R12不同，它不会破坏臭氧层，属于环保型制冷剂。

#### （2）制冷剂的加注量

在安装新的空调制冷系统，或者空调制冷系统中的重要部件进行更换维修后，需要进行制冷剂的重新加注。制冷剂加注量过少会导致制冷不足，而加注量

过多同样影响制冷效果。制冷剂加注量与空调压缩机型号有关，一般的轿车空调系统制冷剂加注量为500~600 g左右。如表1-1所示为大众CC汽车空调系统中的R-134a制冷剂加注量。

表1-1 大众CC汽车空调系统中的R-134a制冷剂加注量

| 空调压缩机  | 生产商      | 总加注量/g |
|--------|----------|--------|
| PXE16  | Sanden公司 | 600+25 |
| 6SEU14 | Denso公司  | 600+25 |

## 二、冷冻机油

空调系统使用的润滑油一般称为冷冻机油或冷冻油。冷冻机油属于合成醇类物质，具有易吸水的特点，例如，现在的汽车空调系统一般使用的制冷剂为R-134a，可以使用牌号为SP10或PAG的冷冻油，属于合成聚烷甘醇。如图1-2所示为GS冷冻机油。



图1-2 GS冷冻机油

### 1. 冷冻机油的作用

#### ➡ (1) 润滑作用

压缩机是高速运动的机器，轴承、活塞、活塞环、连杆曲轴等零件表面需要润滑，以减少阻力和磨损，延长使用寿命，降低功耗，提高制冷系数。

#### ➡ (2) 密封作用

汽车使用的压缩机都是半封闭式，在压缩机输入轴需油封来密封，防止制冷剂泄漏。有润滑油，油封才起作用。同时，活塞环上的润滑油不仅起减摩作用，而且起到密封压缩蒸气的作用。



### ➡ (3) 冷却作用

压缩机的摩擦表面会产生高温,需用冷冻油来冷却,冷冻油冷却不足,会引起压缩机温度过热,排气压力过高,降低制冷系数甚至烧坏压缩机。

### ➡ (4) 降低噪声

由于冷冻机油能显著改善压缩机机械运动部件的摩擦阻力,提供良好的润滑条件,因而大大降低了压缩机运转噪声。

## 2. 冷冻油使用注意事项

①不同牌号冷冻油不能混合使用。由于不同牌号的冷冻油所加的抗氧化剂不同,如将它们混合在一起使用,很可能会产生化学反应,引起变质,破坏了各自的冷冻油。

②冷冻油极易吸水,所以使用后的冷冻油瓶应该马上拧紧。

③不能使用变质的冷冻油。

④冷冻油是不制冷的,过量使用会妨害热交换器的换热性能,所以只允许加到规定的用量,决不允许过量使用。

⑤因其化学特性,冷冻机油不允许与发动机油或变速箱油一起进行废弃处理。

## 3. 冷冻油加注量

压缩机中的冷冻油与制冷剂一起在整个系统中循环。更换任何元件或发生大量制冷剂泄漏后,都应向压缩机中添加冷冻油。

将压缩机中的润滑剂保持在规定值非常重要。如果不能适当地保持润滑剂量,就可能导致以下故障:



①润滑剂不足:可能造成压缩机卡死。

②润滑剂过量:制冷不足(热交换干扰障碍)。

更换下列任何一个重要元件后,都应向系统添加正确剂量的润滑剂。例如,日产颐达汽车空调系统润滑剂的添加量如表1-2所示。



表1-2 日产颐达汽车空调系统润滑剂添加量

| 更换的零部件  | 添加到系统中的润滑剂 |  | 备注    |
|---------|------------|--|-------|
|         | 润滑剂量/mL    |  |       |
| 蒸发器     | 35         |  | —     |
| 冷凝器     | 15         |  | —     |
| 储液罐     | 5          |  | —     |
| 如遇制冷剂泄漏 | 30         |  | 大量泄漏  |
|         | —          |  | 少量泄漏* |

\*如果制冷剂只是少量泄漏，就不需要添加润滑剂。

首次启动空调前，空调压缩机油底壳中的机油在制冷剂循环回路中分配如下：



- ①空调压缩机中约50%；
- ②冷凝器中约10%；
- ③进流软管中约10%；
- ④蒸发器中约20%；
- ⑤储液罐中约10%。

## 任务三 空调制冷原理

### 一、热力学定律

#### 1. 热力学第一定律

自然界中的一切物质都具有能量，能量不可能被创造，也不可能被消灭；但能量可以从一种形态转变为另一种形态，且在转化过程中，能量的总量保持不变。这也称为能量守恒定律。

#### 2. 热力学第二定律

热不能自发地、不付代价地从低温物体传到高温物体。简言之，热不能自发的从冷处转到热处，任何高温的物体在不受热的情况下，都会逐渐冷却。这也可以称为能量转换定律。

能量守恒与转换定律是自然界基本规律之一。

### 二、物理状态变化

自然界的物体有三种稳定的存在状态，分别是：固态、液态和气态。这三种物理状态在一定条件下是可以互相转化的，它们的转化形式如图1-3所示。

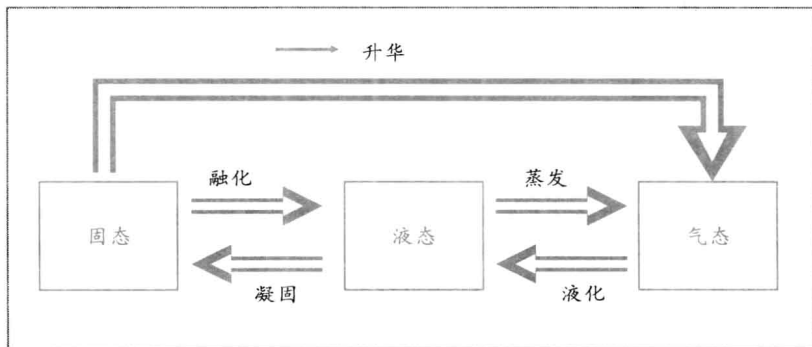


图1-3 物体的状态变化

## ➡ (1) 冷凝

物质由液态转变为气态是一种可逆现象。如果吸收气态物质中的热量，气态物质就会转变成液态。

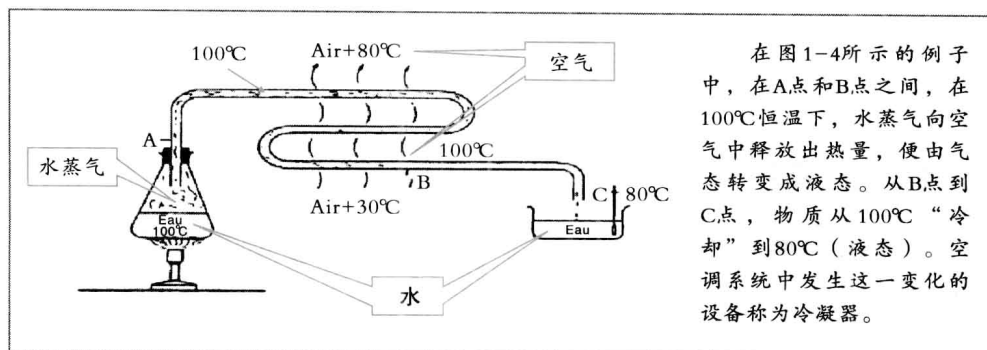


图1-4 冷凝作用

## ➡ (2) 蒸发

制冷剂要能够蒸发就必须吸收一定的热量。以下面的例子说明这一变化过程，如图1-5所示。

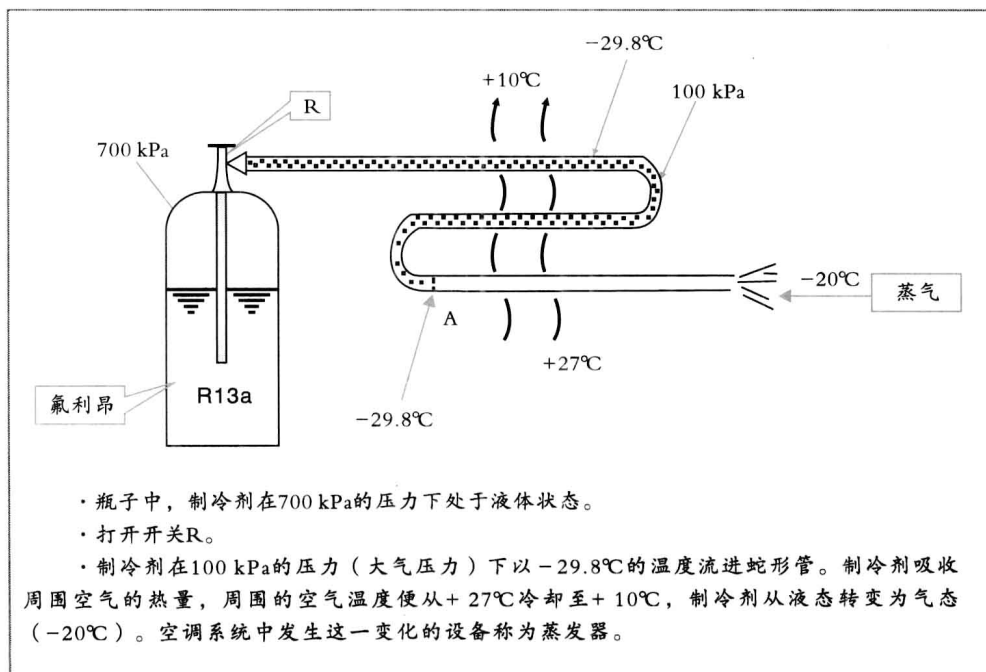


图1-5 蒸发过程

### 三、制冷循环过程

汽车空调制冷系统的制冷循环示意图如图1-6所示。

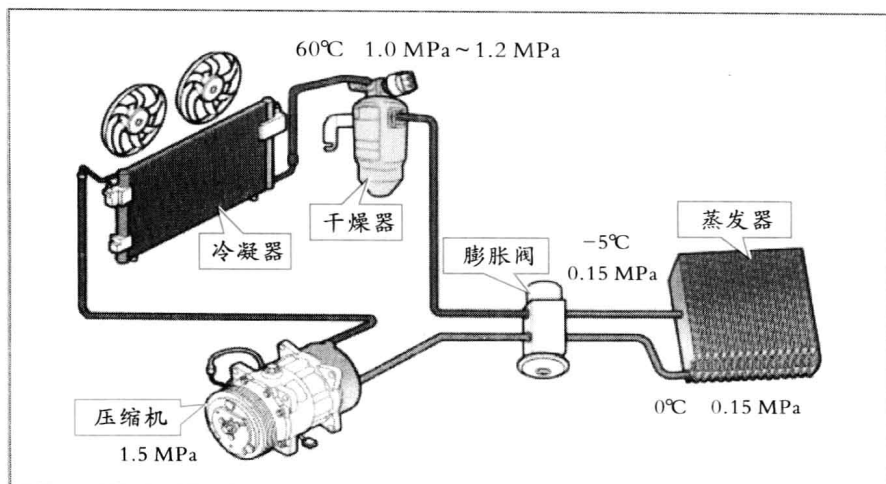


图1-6 制冷循环示意图

汽车空调制冷系统的制冷循环过程如图1-7所示。

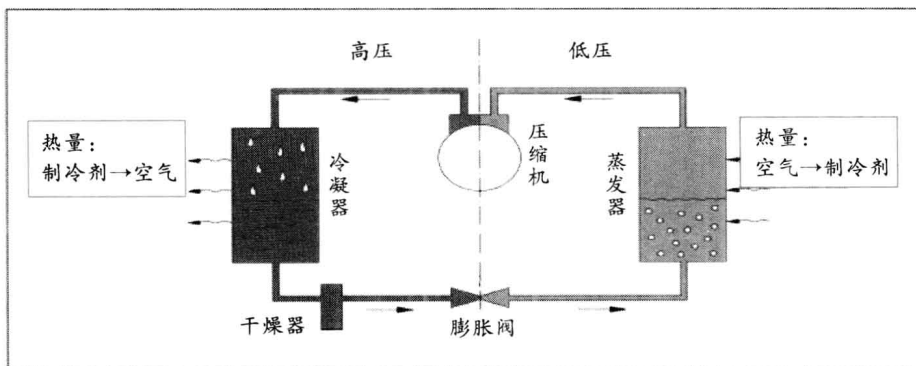


图1-7 制冷循环过程

#### ➡ (1) 压缩过程

压缩机将蒸发器低压侧（温度约为 $0^{\circ}\text{C}$ 、气压约为 $0.15\text{ MPa}$ ）的低温低压气态制冷剂压缩成高温（约 $110^{\circ}\text{C}$ ）、高压（约 $1.5\text{ MPa}$ ）的气态制冷剂，送往冷凝器冷却降温。

#### ➡ (2) 冷凝放热过程

送往冷凝器的过热气态制冷剂，在温度高于外部温度很多时，向外散热