

中等职业学校汽车运用与维修专业通用教材

# 汽车机械基础

主 编 周 云 万军海  
副主编 徐红艳



机械工业出版社

本书是根据教育部中等职业学校汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养培训指导方案的基本精神，并为满足中等职业学校“汽车机械基础”课程教学的需要而编写的，主要内容包括：汽车材料基础；极限配合与技术测量基础；常用机构与机械传动；联接与支承零部件；液压与气压传动。

本书适合于全日制三年制中等职业学校汽车类各专业，适用学时为64~72学时。本书也可供有关从事汽车运用与维修的工作人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

汽车机械基础 /周云, 万军海主编. —北京: 机械工业出版社, 2005.3  
中等职业学校汽车运用与维修专业通用教材

ISBN 7-111-16139-4

I. 汽... II. ①周...②万... III. 汽车—机械学—专业学校—教材  
IV. U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 011349 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 朱 华 版式设计: 冉晓华 责任校对: 樊钟英

封面设计: 王伟光 责任印制:

印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·14.75 印张·363 千字

定价: 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

# 中等职业学校汽车运用与维修专业通用教材 编 委 会

主 任 林为群

副 主 任 高玉民 曾 剑 韦弢勇 张子波 么居标

委 员 王宏基 李敏皓 李 晓 杨桂玲 陈建军

张茂国 柳阳明 李洪港 詹红红

秘 书 长 祖国海

本 书 主 编 周 云 万军海

本 书 副 主 编 徐红艳

本 书 参 编 唐秀丽 曲爱玲 高宏伟 韦晓航 孟冬菊

蒙以嫦 梁颖春 夏明君

本 书 主 审 方国强

# 前 言

本套教材是根据教育部确定的中等职业学校汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养的指导思想编写的，教材以提高学习者的职业实践能力和职业素养为宗旨，倡导以学生为本位的教育培训理念和建立多样性与选择性相统一的教学机制而编写的。通过综合和具体的职业技术实践活动，帮助学生积累实际工作经验，突出职业教育的特色，全面提高学生的职业道德、职业能力和综合素质。

汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养培训的基本原则是：

1. 以培养全面素质为基础，以培养能力为本位。
2. 以企业需求为基本依据，以就业为导向。
3. 适应企业技术发展，体现教学内容的先进性和前瞻性。
4. 以学生为主体，体现教学组织的科学性和灵活性。

根据这一指导思想和基本原则，我们组织编写了这套汽车运用与维修专业通用教材。

本套教材具有以下特点：

1. 采用新标准、新规范、新规定。
2. 反映新结构、新材料、新工艺、新知识与新经验。
3. 突出实践，理论与实训比例为 1:1 左右。
4. 教材内容以够用为主，定位准确，难度适宜。

通过本套教材的学习，可以使达到以下要求：

1. 能够了解汽车维修企业的生产过程，具备初步的企业生产经验。
2. 能够分析和解决本企业的一般技术问题，具有初步的工作计划、组织、实施和评估能力。
3. 能够借助工具书阅读一般的专业外文技术资料。
4. 具有良好的人际交流能力、团队合作精神和客户服务意识。
5. 具有安全生产、环境保护以及汽车维修等法规的相关知识和技能。

学生通过对本套教材的学习，完全能掌握必要的本专业理论知识，同时能达到相应的技能要求，并能取得相应的职业资格证书，为就业打下良好的基础。

本套教材在编写中，得到很多中职学校、有关工厂企业的关怀和大力支持，在此致以深切谢意。

# 目 录

前言	
第一章 绪论	
第一节 本课程研究的对象和内容	1
第二节 本课程的学习目的和学习方法	4
自我测试习题	5
自我总结页	6
第二章 金属材料与热处理基础	
第一节 金属的力学性能	7
第二节 钢的热处理常识	10
第三节 常用金属材料	15
自我测试习题	25
自我总结页	28
第三章 其他常用汽车材料	
第一节 工程塑料	29
第二节 其他非金属材料	33
自我测试习题	43
自我总结页	45
第四章 极限、配合与技术测量	
第一节 互换性与标准化概念	46
第二节 公差的基本术语及定义	47
第三节 测量技术基础	54
第四节 形位公差与测量	58
自我测试习题	63
自我总结页	65
第五章 常用机构	
第一节 平面连杆机构	66
第二节 凸轮机构	72
第三节 间歇运动机构	74
第四节 螺旋机构	76
自我测试习题	80
自我总结页	82
第六章 齿轮传动	
第一节 齿轮传动的特点、应用与分类	83
第二节 渐开线直齿圆柱齿轮	84
第三节 渐开线直齿圆柱齿轮传动	89
第四节 斜齿圆柱齿轮传动	91
第五节 锥齿轮传动	94
第六节 圆弧齿轮传动简介	96
第七节 蜗杆传动	96
自我测试习题	102
自我总结页	104
第七章 齿轮系与减速器	
第一节 齿轮系的分类与功用	105
第二节 齿轮系传动比的计算	107
第三节 齿轮减速器简介	116
自我测试习题	122
自我总结页	125
第八章 带传动与链传动	
第一节 带传动的特点与类型	126
第二节 链传动	130
自我测试习题	136
自我总结页	137
第九章 联接	
第一节 键联结	138
第二节 螺纹联接	141
第三节 紧固联接	145
第四节 联轴器	150

第五节 万向节 .....	153	第二节 液力传动基本知识 .....	187
第六节 离合器 .....	156	第三节 液压元件 .....	190
第七节 制动器 .....	157	第四节 液压辅助元件 .....	198
自我测试习题 .....	162	第五节 液压基本回路 .....	199
自我总结页 .....	165	第六节 液压伺服(随动)系统 .....	202
第十章 支承零部件		第七节 液压系统应用举例 .....	204
第一节 轴 .....	166	自我测试习题 .....	208
第二节 滑动轴承 .....	170	自我总结页 .....	210
第三节 滚动轴承 .....	174	第十二章 气压传动	
第四节 轴系的调整与维护 .....	178	第一节 气压传动基础知识 .....	211
自我测试习题 .....	181	第二节 气动元件 .....	213
自我总结页 .....	183	第三节 气动基本回路 .....	221
第十一章 液压传动		第四节 气压传动应用举例 .....	225
第一节 液压传动基本知识 .....	184	自我测试习题 .....	227
		自我总结页 .....	229

# 第一章 绪 论

教学目的：

使学生对汽车机械基础有一个初步的了解。

教学要求：

掌握机械、机器、机构、构件、零件的基本概念，了解其之间的联系与区别；了解本课程的学习内容和学习目标，对本门课程所采用的学习方法——项目学习法有一个初步的了解。

## 第一节 本课程研究的对象和内容

### 一、本课程研究的对象

本课程研究的对象是汽车机械。

汽车机械是人类重要的交通工具，汽车工业是机械工业的重要组成部分。在一些发达国家，汽车工业产值占国民经济总产值的8%，占机械工业产值的30%，足以左右整个国民经济的发展动向。我国的汽车工业正在长足的发展，至1999年汽车工业的产值占国民经济总产值的2.51%，并有逐年增加趋势，特别是2000年以后，世界上各大汽车厂家都在我国寻找合作厂家，我国的汽车工业正处于长足的发展阶段。可见汽车工业是国民经济的支柱产业。

机械是机器与机构的总称。机器是用来变换或传递运动、能量、物料和信息，能减轻或替代人类劳动的工具。是人类在长期生产实践中为满足自身生活需要而创造出来的。

图1-1所示是典型的轿车总体构造。一般汽车由发动机、底盘和车身三大部分组成。发动机是使输送进来的燃料燃烧而产生动力的部件，一般采用内燃机，由曲柄连杆机构、凸轮配气机构、燃料供给系、冷却系、润滑系、点火系和起动系组成。底盘是将发动机输出的动力转变为汽车的运动，并按驾驶员的操纵而正常行驶的部件，由传动系、行驶系、转向系和制动系组成。传动系包括离合器、变速器、传动轴、主减速器及差动器、半轴等传递动力的部分组成；行驶系对全车起支承作用，以保证汽车正常行驶，包括车架、前悬架和后悬架、前车轮和后车轮等部分；转向系使汽车按选定的方向行驶，包括转向器、转向传动装置等；制动系使汽车可靠停驻、停车和减速，包括前、后轮制动器、控制、传动等装置。车身是驾驶员工作及容纳乘客和货物的场所。汽车是一个机械系统，通过这三大部件实现汽车安全行驶功能，使人类以车代步。

图1-2所示为单缸内燃机构造，是由气缸体、活塞、进气阀、排气阀、推杆、凸轮、连杆、曲柄和大小齿轮等组成。内燃机工作时，气缸燃气推动活塞运动。活塞上下往复移动通过连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和推杆是用来打开或关闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周，进、排气阀各开闭一次，在曲轴和凸轮之间安装了齿数比为1:2的一对齿轮。这样，当燃气推动活塞运动时，进、排气阀有规律地开闭，加上供给、点火系等装置的配合，把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

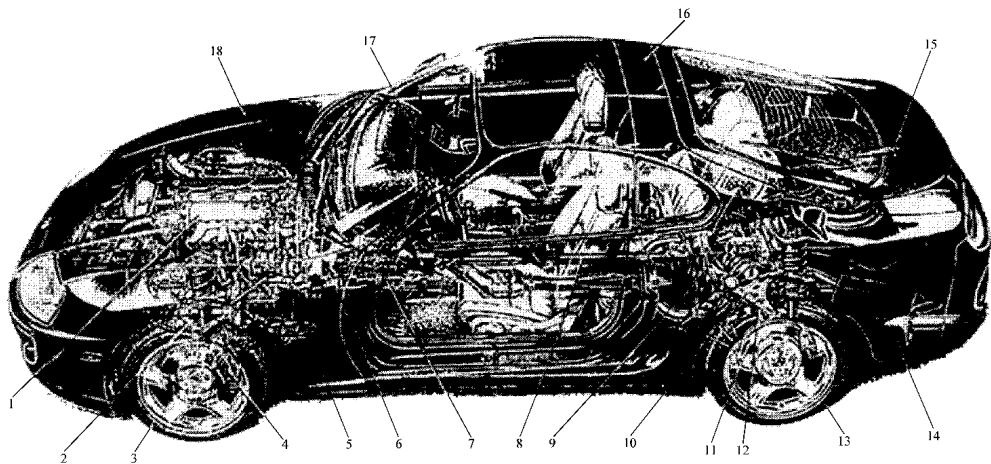


图 1-1 典型的轿车总体结构

1—发动机 2、10—前、后悬架 3、13—前、后轮 4、11—前、后轮制动器 5—副车架 6—离合器 7—变速器  
8—传动轴 9—主减速器及差速器械 12—半轴 14—消声器 15—油箱 16—车身 17—转向器 18—车前板制件

从以上例子分析，可以归纳成以下几点认识：

(1) 机器的组成 一部完整的机器一般由下面四个基本部分组成

1) 动力部分(原动装置)：它是驱动整个机器完成预定功能的动力源，如汽车的发动机、机床的电动机。各种机器广泛使用的动力源有电力、热力、液力、压缩气体、风力等。

2) 执行部分(执行装置)：它是机器中直接完成工作任务的组成部分，如汽车的行驶系、内燃机的曲轴、起重机的吊钩、机床的刀架等。

3) 传动部分(传动装置)：它是机器中介于原动装置和执行装置之间，用来完成运动形式、运动、动力等转换与传递的组成部分。利用它可以减速、增速、调速、改变转矩以及改变运动形式、方向等，从而满足执行装置的各种要求。如汽车的传动系、内燃机的连杆、齿轮机构。常用的传动形式有机械传动、液压传动、液力传动、气压传动、电动传动等。机械传动应用最广。

4) 控制部分：它是使上述三个部分基本职能部分彼此协调动作，并准确、安全、可靠地完成整机功能的组成部分，如汽车的转向系、制动系、内燃机的凸轮配气机构等。它包括机械控制、电气控制、液压控制和气压控制等。

(2) 任何机器都是由许多零件组合而成 根据机器功能和结构要求，某些零件需刚性联接成一个整体，成为机器中运动的基本单元，通常称为构件。零件是机器中最小的制造单元。为了结构和工艺的需要，构件既可以由若干个零件组成，也可以是独立运动的零件。

(3) 机器的各组成部分随其用途不同而各异 但在不同的机器组成中，常包括齿轮、带轮、凸轮、连杆、液压、气压等传动机构，以及轴、轴承、联轴器、离合器、键、螺栓、销和弹簧等零部件，包含有机械、电气等传动、控制元件和机构。它们在不同的机器中所起的作用和工作原理基本相同，是各种机器共同的、重要的组成部分。对这些常见机构、零部件和元件，一般称为常用机构、通用零部件和元件。

## 二、本课程研究的内容

要对汽车有更深更全面的了解，《汽车机械基础》是汽车类各专业课程的基础，因此本课程务求为同学们打下一个基础的平台。

汽车材料基础——主要介绍汽车机械工程材料，也就是制造汽车机械零部件的材料，包括金属材料和非金属材料，介绍了金属材料的力学性质、金属热处理的基本知识和金属材料的种类，非金属材料种类、性能等。

极限配合与技术测量基础——主要介绍公差与配合的基本原理及相关知识。

常用机构与机械传动——主要介绍常用机构(平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构、螺旋机构)、齿轮传动、齿轮系与减速器、带传动与链传动等。

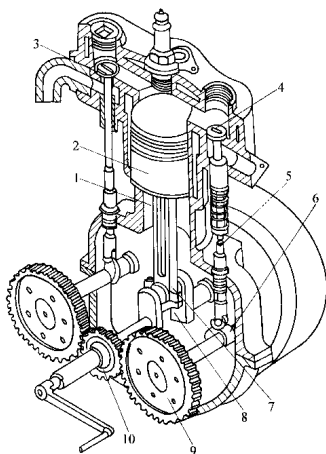


图 1-2 单缸内燃机构造

- 1—气缸体 2—活塞 3—进气阀 4—排气阀  
5—推杆 6—凸轮 7—连杆 8—曲柄  
9、10—大、小齿轮

联接与支承零部件——主要介绍各种联接方式（键联结、螺纹联接、坚固联接、）及联接部件（联轴器、万向节、离合器、制动器）和支承零部件（轴、滚动轴承、滑动轴承）等。

液压传动与气压传动——介绍液压传动与气压传动的基本原理与基本知识、主要元件、基本回路，应用在汽车机械上典型液压系统与气压系统分析等。

## 第二节 本课程的学习目的和学习方法

### 一、本课程的学习目标

本课程的教学目标是：使同学们具备所必需的机械基础知识和基本技能，为后续的汽车构造与修理课程打下基础，初步形成解决实际问题的能力。

#### 1. 知识教学目标

- 1) 掌握常用的机械工程材料类型、牌号、力学性能。
- 2) 理解公差与配合的原理并掌握常用量具与量仪的正确使用。
- 3) 理解常用机构的工作原理、结构特点。
- 4) 理解通用机械零件的结构、参数。
- 5) 掌握基本的液压与气动基本知识。

#### 2. 能力培养目标

- 1) 具有查阅、检索相关技术资料的能力，掌握相关的技术标准。
- 2) 掌握正确判断工程材料和选择工程材料的能力。
- 3) 掌握正确使用量具与量仪进行技术测量的能力。
- 4) 能正确识别机械零件及常用机构的能力。
- 5) 能对常用机构进行工作原理和结构分析。
- 6) 能识别常用的液压与气动元件并对简单液压与气动系统进行正确分析。
- 7) 运用和维护机械、传动装置的能力。

### 二、本课程的学习方法

《汽车机械基础》是汽车专业技术基础课程，它涉及了从汽车材料基础、极限配合与技术测量基础到机械零件、液压与气压传动等方面的内容，是学习后续汽车专业课程的基础课程。本课程具有较强的综合性和实践性，因此，同学们在学习本课程时，应注意理论结合实际，多看实物、模型，并尽可能多做实验和进行机构的拆装，加深对其了解。其核心是掌握各类零件、机构的应用情况。建议在教学中采用项目教学法，学生在学习中的在教师的指导下带着问题进行学习，采用小组合作的形式，制订小组的学习与研究目标，确定小组成员每个人的工作内容并相互配合。通过调查、研究、实验、讨论和回顾等多种形式，共同为小组的学习与研究目标的实现而努力。另外，各章的后面有自我测试习题和自我总结页，自我测试习题基本上是按照其应该掌握的内容而设定的，同学们通过自我测试了解自己的学习情况，如能认真地把自我总结页填写清楚，则会对自己的学习效果有一个清楚的认识。

## 自我测试习题

### 一、选择题

1. 汽车的轮系是\_\_\_\_\_。  
A. 动力装置 B. 传动装置 C. 执行装置 D. 控制装置
2. 汽车发动机对于汽车而言是汽车\_\_\_\_\_ (A. 动力装置 B. 传动装置 C. 执行装置 D. 控制装置), 就其本身而言则是\_\_\_\_\_ (A. 机器 B. 机构 C. 部件 D. 零件)。
3. 车床的主轴是机床的\_\_\_\_\_。  
A. 动力装置 B. 传动装置 C. 执行装置 D. 控制装置
4. 汽车的转向器是\_\_\_\_\_。  
A. 动力装置 B. 传动装置 C. 执行装置 D. 控制装置
5. 汽车的主减速器是汽车的\_\_\_\_\_。  
A. 动力装置 B. 传动装置 C. 执行装置 D. 控制装置
6. 汽车空调相对汽车而言是\_\_\_\_\_ (A. 动力装置 B. 传动装置 C. 执行装置 D. 控制装置), 就其本身而言则是\_\_\_\_\_ (A. 机器 B. 机构 C. 部件 D. 零件)。

### 二、填空题

1. 机械是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的总称。
2. 一部完整的机器一般由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_四个部分组成。
3. 部件是构成机械的\_\_\_\_\_, 而零件则是机器的\_\_\_\_\_。
4. 根据机器功能和结构要求, 某些零件需刚性联接成一个整体, 成为机器中运动的基本单元件, 通常称为\_\_\_\_\_。零件是机器中最小的\_\_\_\_\_。
5. 为了结构和工艺的需要, 构件既可以由若干个\_\_\_\_\_组成, 也可以是独立运动的\_\_\_\_\_。

### 三、判断题

1. 机构与机器都是机械, 也可以认为机构就是机器。( )
2. 部件是由多个零件所组成, 通常机构也需要多个零件组成, 对于机器而言, 一个机构也是机器的一个部件。( )
3. 发动机是一台机器, 放在汽车上则是汽车的动力装置。( )
4. 部件是构成机器的最小单元, 而零件则是最小制造单元。( )
5. 传动装置是机器中介于原动装置和执行装置之间, 用来完成运动形式、运动、动力等转换与传递的组成部分。( )

### 四、备用题 (项目教学课题)

1. 分组讨论, 列举你们所知道的汽车上采用的机构名称, 各起什么样的作用?
2. 分组讨论本门课程对学习后续专业课程的作用。

## 自我总结页

本章的主要内容（个人认为）：

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

本章学习中的重点（个人认为）：

---

---

---

---

---

---

本章学习中的难点（个人认为）：

---

---

---

---

我的感受：

---

---

---

---

---

---

## 第二章 金属材料与热处理基础

教学目的：

使学生具备所必需的汽车所使用的金属材料基本知识。

教学要求：

掌握金属的力学性能指标及常用判据。

掌握钢的热处理的基本知识及常用的热处理方法、工艺特点和应用范围。

掌握常用的机械工程材料类型、牌号、力学性能及用途。

初步具有选择工程材料的能力。

### 第一节 金属的力学性能

由于机械零件的用途不同，对材料性能的要求也有所不同。只有了解了它们的各种性能，才能正确、合理地使用金属材料。金属材料的性能分为使用性能和工艺性能两大类。

使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出的性能，它包括密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性、磁性等物理性能，耐腐蚀性、抗氧化性等化学性能和力学性能。

工艺性能是指金属材料在各种加工过程中所表现出的性能，它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理工艺性能、切削加工性能。

在材料的所有性能中，力学性能非常重要，在产品设计和材料选择中作为主要的依据。材料的力学性能是指材料在外力作用下所表现出来的特性。力学性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧度及疲劳强度等。

#### 一、强度

材料受到外力（载荷）作用时，引起尺寸与形状的改变叫变形。强度是指金属材料在载荷作用下抵抗变形和破坏的能力。抵抗外力的能力越大，则强度越高。

强度指标一般可以通过金属拉伸试验来测定。把标准试样装夹在试验机上，然后对试样缓慢施加拉力，使之不断变形直到拉断为止。在此过程中，试验机能自动绘制出载荷  $F$  和试样变形量  $\Delta L$  的关系曲线。此曲线叫做拉伸曲线。

#### 1. 拉伸曲线

图 2-1 为低碳钢的拉伸曲线，图中纵坐标表示载荷单位为 N；横坐标表示绝对伸长量  $\Delta L$ ，单位为 mm。

从图 2-1 中可以看出下面几个变形阶段：

(1)  $Oe$ ——弹性变形阶段 试样的伸长量与载荷成正比增加，此时若卸载，试样能完全恢复原状。 $F_e$  为能恢复原状的最大拉力。

(2)  $es$ ——屈服阶段 当载荷超过  $F_e$  时，试样除产生弹性变形外，开始产生塑性变形，此时若卸载，试样的伸长只能部分的恢复，这种不能随载荷的去除而消失的变形称为塑性变形。当载荷增加到  $F_s$  时，图上出现平台或锯齿状，这种在载荷不增加，试样还能继续伸长

的现象叫做屈服。

(3)  $sb$ ——强化阶段 在屈服阶段以后,欲使试样继续伸长,必须不断加载。随着塑性变形的增大,试样变形抗力也逐渐增加,这种现象称为形变强化。 $F_b$  为试样拉伸试验时的最大载荷。

(4)  $bk$ ——缩颈阶段 载荷达到最大值  $F_b$  后,试样局部开始急剧缩小,出现“缩颈”现象,由于截面面积减小,试样变形所需载荷也随之降低,  $K$  点时试样发生断裂。

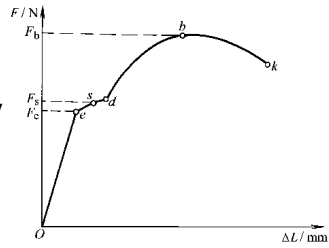


图 2-1 低碳钢的拉伸曲线

## 2. 强度指标

材料受到外力作用会发生变形,同时在材料内部产生一个抵抗变形的力称为内力。单位面积上的内力称为应力,单位为 Pa (帕),即  $N/m^2$  工程上常用 MPa (兆帕),  $1MPa = 10^6Pa$ , 或  $1Pa = 1N/m^2$ , 或  $1MPa = 1N/mm^2$ 。

(1) 屈服点  $\sigma_s$  材料产生屈服时的最小应力。单位为  $MPa$ 。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad (2-1)$$

式中,  $F_s$  是屈服时的最小载荷 (N);  $A_0$  是试样原始截面积。

对于无明显屈服现象的金属材料 (如高碳钢、铸铁), 测量屈服点很困难, 工程上经常采用残余伸长为 0.2% 原长时的应力  $\sigma_{0.2}$  作为屈服强度指标, 称为规定残余伸长应力。

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{A_0} \quad (2-2)$$

屈服点表征金属发生明显塑性变形的抗力, 因此它是机械设计的主要依据, 也是评定金属材料优劣的重要指标, 例如, 机械零件在工作时如受力过大, 会因过量变形而失效。

(2) 抗拉强度  $\sigma_b$  材料在拉断前所承受的最大应力, 单位为  $MPa$ 。抗拉强度表示材料抵抗均匀塑性变形的最大能力, 也是设计机械零件和选材的主要依据。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (2-3)$$

式中,  $F_b$  是试样断裂前所承受的最大载荷 (N)。

## 二、塑性

金属材料在载荷的作用下, 产生塑性变形而不断裂的能力称为塑性。通过拉伸试验测得的常用塑性指标有: 断后伸长率和断面收缩率。

### 1. 断后伸长率 $\delta$

试样拉断后的标距伸长量和原始标距之比

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2-4)$$

式中,  $L_1$  试样原始标距长度。  $L_0$  试样拉断后的标距长度。

伸长率大小与试样尺寸有关, 试样有长试样 ( $L_1 = 10d_0$ ;  $d_0$  试样原始直径) 和短试样 ( $L_1 = 5d_0$ ) 两种, 分别用  $\delta_{10}$  (或  $\delta$ ) 和  $\delta_5$  表示。

### 2. 断面收缩率 $\Psi$

试样拉断处横截面积的缩减量与原始横截面积之比

$$\Psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (2-5)$$

式中,  $A_0$  是试样的原始横截面积;  $A_1$  是试样断口处的横截面积。

材料的  $\delta$  和  $\psi$  值越大, 表示材料的塑性越好。良好的塑性可使零件易于完成某些成型工艺, 如锻压、轧制、冷拔等。同时也增加了材料使用的安全可靠。

### 三、硬度

硬度是指材料表面抵抗局部塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是金属材料的重要力学性能指标之一, 通常材料硬度越高, 耐磨性越好, 强度也较高。

常用来测定硬度的方法有布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法。

#### 1. 布氏硬度试验法

如图 2-2 所示采用直径为  $D$  的淬火钢球或硬质合金球, 在规定载荷  $F$  的作用下, 压入被测金属表面, 保持一定时间后卸除载荷, 测定压痕直径, 求出压痕球形的表面积, 压痕单位面积上所承受的平均压力  $\left(\frac{F}{A}\right)$  即为布氏硬度值, 压头为淬火钢球时用 HBS 表示, 压头为硬质合金球用时 HBW 表示。例如 120HBS, 450HBW。

布氏硬度试验压痕面积较大, 能较真实的反映出材料的平均性能。具有较高的测量精度。布氏硬度主要用来测量灰铸铁、有色金属以及经退火、正火和调质处理的钢材等材料。HBS 适用于测量布氏硬度小于 450 的材料, HBW 适用于测量硬度值小于 650 的材料。因压痕较大, 布氏硬度不适宜检验薄件或成品。

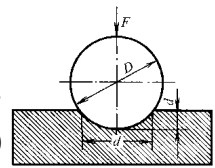


图 2-2 布氏硬度试验法

#### 2. 洛氏硬度试验法

采用顶角为  $120^\circ$  的金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 的淬火钢球作为压头, 如图 2-3 所示。试验时先施加初载荷, 使压头与试样表面接触良好, 保证测量准确, 再施加主载荷, 保持到规定的时间后再卸除主载荷, 依据压痕的深度来确定材料的硬度值。

常用的洛氏硬度标尺有 HRA、HRB、HRC 三种。书写方法是将洛氏硬度值写在硬度符号之前。例如 75HRA、90HRB、60HRC 等。

在实际应用时, 这种方法操作简单迅速, 测试的硬度值范围较大, 试样表面压痕较小, 可以直接测量成品或薄工件。HRA 主要用于测量硬质合金、表面淬火钢等, 测量范围为 60~85HRA。HRB 用于测量退火钢、铜合金等, 测量范围为 25~100HRB。HRC 用于测量淬火钢件, 测量范围为 20~67HRC。

### 四、冲击韧度

对于承受冲击载荷的材料, 如汽车发动机中的活塞, 不仅要求具有高的强度和一定的塑性, 还必须具备足够的冲击韧度。金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力称为冲击韧度。

冲击韧度的测定方法, 如图 2-4 所示。是将被测材料

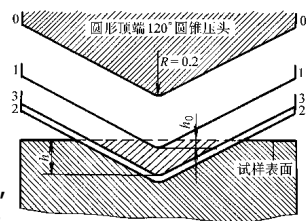


图 2-3 洛氏硬度试验法

制成标准缺口试样，在冲击试验机上由置于一定高度的重锤自由落下而一次冲断。冲断试样所消耗的能量称为冲击功，其数值为重锤冲断试样的势能差。冲击韧度值  $\alpha_{KV}$  就是试样缺口处单位截面积上所消耗的冲击功，这个值越大，则韧性越好，受冲击时，越不容易断裂。

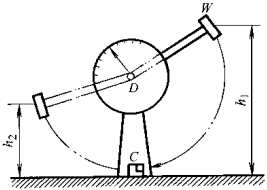
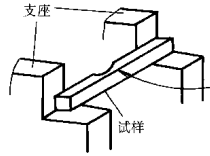


图 2-4 冲击韧度的测定方法

### 五、疲劳强度

在汽车上的许多零件中，比如各种轴、齿轮、弹簧、连杆等，要受到大小和方向呈周期性变化的载荷作用。这种交变载荷虽然小于材料的强度极限，甚至小于其弹性极限，但经多次循环后，在没有明显的外观变形时也会发生断裂，这种破坏称作疲劳破坏或疲劳断裂。这种破坏都是突然发生的，具有很大的危险性。

疲劳强度  $\sigma_{-1}$  是表示材料以周期性交变载荷作用而不致引起断裂的最大应力，其大小与应力变化的次数有关。对于黑色金属规定循环次数为  $10^7$  次，有色金属循环次数为  $10^8$  次。

为了提高金属的疲劳强度，可以通过改善零件的结构形状，避免应力集中，减小表面粗糙度值，进行表面热处理和强化处理等方法。

## 第二节 钢的热处理常识

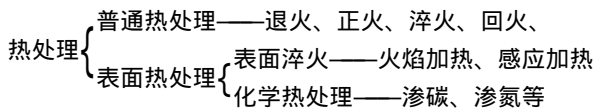
### 一、钢的热处理原理

#### 1. 概述

不同部位的汽车零件，工作条件不同，因此对材料的各项性能要求也不同。为了满足日益增长的汽车零件在性能上的需要，并充分发挥合金在钢中的作用，可以对大部分金属材料进行热处理以提高其性能。热处理的目的主要就是提高零件的使用性能，充分发挥钢材的潜力，延长零件的使用寿命。此外，通过热处理工艺还可改善工件的性能，提高加工质量，减小刀具磨损。汽车金属零件中大约 70%~80% 的零件需要经过热处理。大的如前轴、曲轴、凸轮轴、钢板弹簧等；小的如气门、活塞销以至滚针等。因此，热处理工艺是机械制造业也是汽车工业的基础工艺之一。

热处理是将固态金属或合金采用适当的方式进行加热、保温和冷却以获得所需要的组织结构与性能的工艺。

根据热处理的目的和工艺方法的不同，热处理可分为：



热处理方法虽然很多，但任何一种热处理工艺都是由加热、保温、和冷却三个阶段所组成的。热处理工艺过程可用在温度—时间坐标系中的曲线图表示，这种曲线称为热处理工艺曲线，见图 2-5。

## 2. 钢在加热时的转变

在热处理工艺中，钢的加热目的是为了获得奥氏体，奥氏体是钢在高温状态时的组织，其强度及硬度高，塑性良好，晶粒的大小、成分及其均匀化程度，对钢冷却后的组织和性能有重要影响。因此，钢在加热时，为了得到细小均匀的奥氏体晶粒，必须严格控制加热温度和保温时间，以求在冷却后获得高性能的组织。

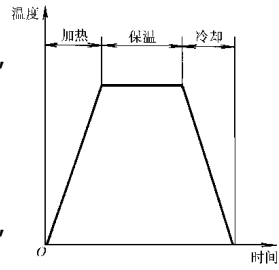


图 2-5 热处理工艺曲线示意图

## 3. 钢在冷却时的转变

冷却是热处理的关键工序，成分相同的钢经加热获得奥氏体组织后，以不同的速度冷却时，将获得不同的力学性能，见表 2-1。

表 2-1 冷却速度与力学性能

冷却方法	随炉缓冷	空冷	油冷	水冷
冷却速度	10℃/min	10℃/s	150℃/s	600℃/s
所得硬度 (HRC)	12	26	41	63

下面以共析钢为例，介绍等温转变产物的组织与性能。

(1) 珠光体转变 (约 727~550℃) 共析钢在此温度范围内等温转变成珠光体，用符号“P”表示。强度较高，硬度适中，有一定的塑性。

(2) 贝氏体转变 (约 550~230℃) 在此温度范围内，转变温度较低，形成的组织统称为贝氏体，虽然都是贝氏体，但是其形态不同所以性能不同。其中在 550~350℃形成的组织称为上贝氏体，强度、塑性、韧性较差，用符号“B<sub>上</sub>”表示（其显微组织如图 2-6 所示）。在 350~230℃形成的组织称之为下贝氏体，有较高的强度，较好的塑性和韧性，用符号“B<sub>下</sub>”表示（其显微组织如图 2-7 所示）。



图 2-6 上贝氏体显微组织



图 2-7 下贝氏体显微组织

(3) 马氏体转变 (约 230℃以下) 当钢从奥氏体区急冷到 230℃以下时，奥氏体转变为马氏体，符号用“M”表示。马氏体的性能与钢中的含碳量有关，含碳量不同所得到的马氏体的形态不同，从而性能上会产生差异。当碳的质量分数大于 1.0%形成的马氏体性能硬而脆；当碳的质量分数小于 0.2%时，形成的马氏体有较好的强韧性。