

职业院校

汽车类“十二五”规划教材



工业和信息化高职高专

“十二五”规划教材立项项目



汽车 机械基础

Mechanical Foundation
of Automobile

◎ 李东兵 李亚杰 主编

◎ 陈位铭 主审

每个教学任务来源于汽车工程实例

采取“项目引领、任务驱动”的模式进行编写

以学生完成规定的“任务”为教学目标，强化实践教学环节



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

职业院校
汽车类“十二五”规划教材



工业和信息化高职高专
“十二五”规划教材立项项目

教育部备案



汽车 机械基础

Mechanical Foundation
of Automobile

◎ 李东兵 李亚杰 主编

◎ 陈位铭 主审

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

汽车机械基础 / 李东兵, 李亚杰主编. -- 北京 :
人民邮电出版社, 2012.12
职业院校汽车类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-115-30220-5

I. ①汽… II. ①李… ②李… III. ①汽车—机械学
—职业教育—教材 IV. ①U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第013892号

内 容 提 要

本书采取“项目引领、任务驱动”的方式组织内容, 每个教学任务均来源于汽车工程实例。全书共有 8 个项目: 汽车工程材料、汽车构件力学分析、汽车常用机构、汽车机械传动装置、汽车常用机械零件、液压传动、汽车制造技术——金属成形热加工、汽车制造技术——金属成形冷加工。

本书可作为高职高专汽车制造与装配技术、汽车整形技术、汽车检测与维修技术、汽车电子技术等汽车类专业的教学用书, 还可以作为相关技术人员、管理人员和技术工人的培训教材和参考书。

工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目

职业院校汽车类“十二五”规划教材

汽车机械基础

-
- ◆ 主 编 李东兵 李亚杰
主 审 陈位铭
责任编辑 赵慧君
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 22 2012 年 12 月第 1 版
字数: 524 千字 2012 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-30220-5

定价: 41.80 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



为了更好地满足现代汽车产业发展的需求,适应高等职业教育汽车类专业的特点,突出任务驱动教学模式的优越性,长春汽车工业高等专科学校组织编写了本书。

本书以提高教学质量为目的,采取“项目引领、任务驱动”的模式进行编写。精心选取汽车工程实例为任务载体,按照“任务引入→任务分析→学习目标→相关知识→任务实施”的顺序,构建新的教学内容体系,使机械理论知识与汽车专业知识有机融合,让理论知识更好地为专业技能服务。

书中的每个任务开始有任务引入、任务分析,中间有相关知识讲解、重点知识提示,结尾有任务实施。本书图文并茂、重点突出,体例新颖。

本书以学生完成规定的“任务”为教学目标,强调学生“做”,而不是教师“讲”,最大限度地激发学生的学习兴趣 and 求知欲望,使学生带着问题,有针对性地投入学习,并保持较高的学习热情,从而有效地提高学生的学习效率和学习效果。

本书的参考学时为110~134学时,建议采用理实一体化教学模式,各项目的参考学时见学时分配表。

学时分配表

项 目	课 程 内 容	学 时
	绪论	2
项目一	汽车工程材料	18~22
项目二	汽车构件力学分析	20~24
项目三	汽车常用机构	10~12
项目四	汽车机械传动装置	16~18
项目五	汽车常用机械零件	10~14
项目六	液压传动	14~18
项目七	汽车制造技术——金属成形热加工	10~12
项目八	汽车制造技术——金属成形冷加工	10~12
课时总计		110~134

全书由长春汽车工业高等专科学校李东兵、李亚杰任主编，陈位铭任主审。全书有8个项目30个任务。其中，绪论、项目三、项目六由李东兵编写，项目二、项目四、项目五的学习任务四由李亚杰编写，项目一、项目五的学习任务二由惠兆文编写，项目五的学习任务三、项目七由王立超编写，项目五的学习任务一、项目八由于宁编写。此外，参加本书编写的还有长春汽车工业高等专科学校的房芳、张芑、李起振、王酋等。

在本书编写的过程中，参考了大量相关书籍及网络教学资料，在此对原编著者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2012年10月



绪论

项目一 汽车工程材料

- 任务一 汽车常用材料主要性能分析..... 7
- 任务二 铁碳合金相图..... 18
- 任务三 汽车典型零件热处理..... 28
- 任务四 汽车零件常用材料..... 37

项目二 汽车构件力学分析

- 任务一 汽车构件静力分析..... 59
- 任务二 汽车构件强度分析..... 81

项目三 汽车常用机构

- 任务一 平面机构的结构分析..... 102
- 任务二 汽车常见四杆机构..... 113
- 任务三 汽车凸轮机构..... 121
- 任务四 汽车其他机构..... 125

项目四 汽车机械传动装置

- 任务一 带传动..... 129
- 任务二 链传动..... 141
- 任务三 齿轮传动..... 146
- 任务四 蜗杆传动..... 159
- 任务五 轮系传动..... 163
- 任务六 螺旋传动..... 171

项目五 汽车常用机械零件

- 任务一 轴..... 176
- 任务二 轴承..... 181
- 任务三 联轴器、离合器与制动器..... 195
- 任务四 常用连接件..... 203

项目六 液压传动

- 任务一 液压传动基础知识..... 213
- 任务二 液压元件..... 221
- 任务三 液压基本回路..... 249
- 任务四 液压传动在汽车中的应用实例..... 262

项目七 汽车制造技术——金属成形热加工

- 任务一 铸造..... 268
- 任务二 锻压..... 281
- 任务三 焊接..... 294

项目八 汽车制造技术——金属成形冷加工

- 任务一 金属切削加工基础知识..... 306
- 任务二 常用切削加工方法及设备..... 314
- 任务三 数控加工基础知识..... 336

绪论

任务引入

什么是汽车？什么是机械？“汽车机械基础”这门课程主要讲解哪些内容？开设这门课程的主要目的是什么？

任务分析

汽车是一个机械系统、是一个复杂的机电产品，汽车是人类重要的交通工具。机械也常称为机器，汽车机械是机械工业的重要组成部分。

学习目标

1. 掌握机器的组成。
2. 熟悉汽车的主要组成。
3. 了解本课程的学习内容和学习目标。

相关知识

一、机械的概念

1. 机器

(1) 机器的组成

本课程的研究对象是汽车机械。汽车属于机械范畴，汽车工业是机械工业的一个重要分支。机械也常称为机器，机器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机械运动装置。

图 0-1 所示为汽车总体构造图，通常汽车由发动机、底盘、车身和电气设备四部分组成。

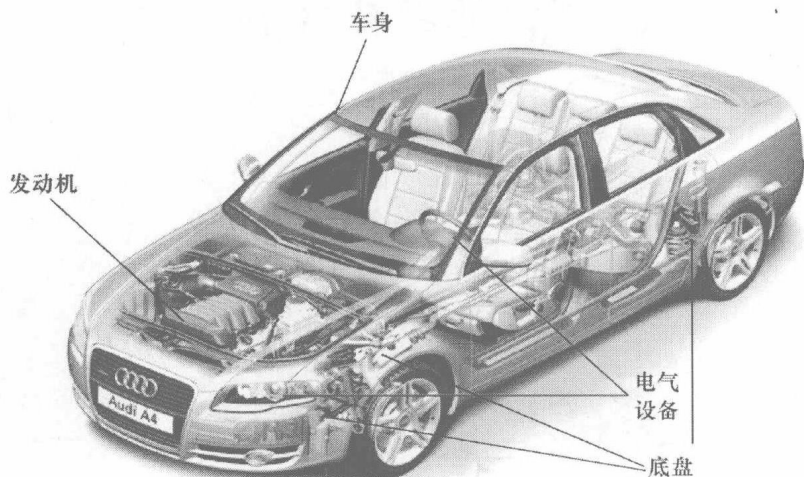


图0-1 汽车总体构造

① 发动机。发动机是汽车的动力装置，它的作用是使燃料燃烧产生动力，然后通过底盘的传动系驱动车轮，使汽车行驶，如图 0-2 所示。

发动机主要有汽油机和柴油机两种。汽油发动机由曲柄连杆机构、配气机构和燃料供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统、启动系统组成。柴油发动机的点火方式为压燃式，所以无点火系统。

a. 曲柄连杆机构是发动机实现工作循环，完成能量转换的主要运动零件。它由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组等组成。

b. 配气机构的功用是根据发动机的工作顺序和工作过程，定时开启和关闭进气门和排气门，使可燃混合气或空气进入气缸，并使废气从气缸内排出，实现换气过程。配气机构一般由气门组、气门传动组和气门驱动组组成。

c. 燃料供给系统主要有汽油机燃料供给系统和柴油机燃料供给系统两种。汽油机燃料供给系统的功用是根据发动机的要求，配制出一定数量和浓度的混合气，供入气缸，并将燃烧后的废气，从气缸内排到大气中去。柴油机燃料供给系统的功用是把柴油和空气分别供入气缸，在燃烧室内形成混合气并燃烧，最后将燃烧后的废气排出。

d. 冷却系统的功用是带走发动机内的热量，让发动机在适宜的温度下工作。

e. 润滑系统的功用是润滑发动机内有相对运动的零件，减少摩擦磨损。

f. 点火系统通常由蓄电池、发电机、分电器、点火线圈和火花塞等组成。

g. 启动系统使发动机由静止状态过渡到工作状态，必须先用外力转动发动机的曲轴，使活塞作往复运动，气缸内的可燃混合气燃烧膨胀做功，推动活塞向下运动使曲轴旋转，发动机才能自行运转，工作循环才能自动进行。

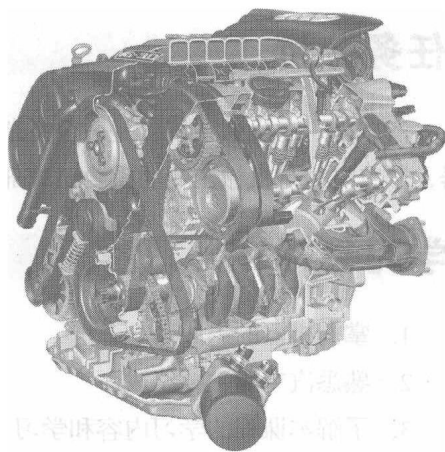


图0-2 发动机

② 底盘。底盘的作用是支承、安装汽车发动机及其各部件、总成，形成汽车的整体造型，并接受发动机的动力，使汽车产生运动，保证正常行驶。

底盘由传动系、行驶系、转向系和制动系四部分组成，如图 0-3 所示。

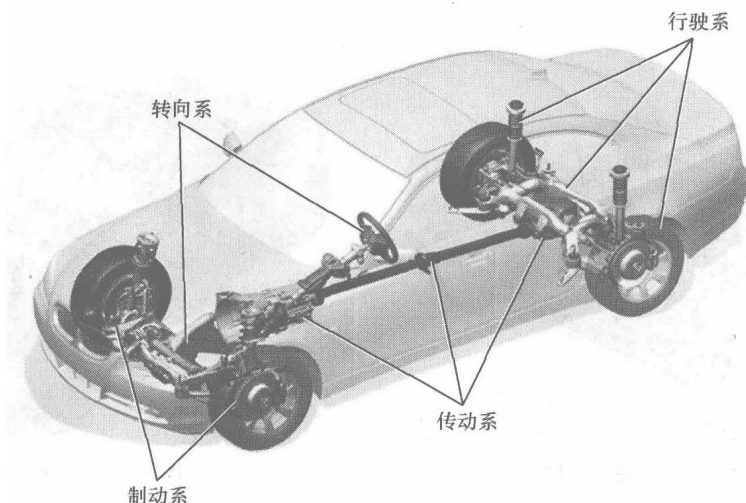


图0-3 底盘的组成

a. 传动系一般由离合器、变速器、万向传动装置、主减速器、差速器和半轴等组成。汽车发动机所发出的动力靠传动系传递到驱动车轮。

离合器是汽车传动系中直接与发动机相连接的总成；变速器用来改变发动机传到驱动轮上的转矩和转速；万向传动装置能传递在工作过程中相对位置不断改变的两根轴的运动；主减速器能增大由传动轴或变速器传来的转矩；差速器将动力合理地分配给左、右驱动轮，使汽车顺利转弯。

b. 行驶系由车架、车桥、悬架和车轮等部分组成。它的基本功用是支持全车质量，并保证汽车正常的行驶。

车架的作用是承受载荷，包括汽车自身零部件的质量和行驶时所受的冲击、扭曲、惯性力等；车桥的作用是传递车架与车轮之间各方向的作用力；悬架是车架与车桥之间的一切传力连接装置的总称，它包括弹性元件、减振器和传力装置三部分，这三部分分别起缓冲、减振和力的传递作用；车轮的作用是与地面接触使汽车得到所需的牵引力。

c. 转向系由方向盘、转向器、转向节、转向节臂、横拉杆、直拉杆等组成。它是用来保持或者改变汽车行驶方向的机构，能够在汽车转向行驶时，保证各转向轮之间有协调的转角关系。

d. 制动系一般由制动主缸、制动轮缸、比例分配阀、车轮制动器等组成。制动系的功用是使汽车以适当的减速度降速行驶直至停车，在下坡行驶时使汽车保持适当的稳定车速，使汽车可靠地停在原地或坡道上。

③ 车身。车身不仅是驾驶员的工作场所，也是容纳乘客和货物的场所。车身既有封闭作用，也有保证行车安全和减轻事故后果的作用。轿车车身由本体、内外装饰和车身附件等组成。轿车车身多数是承载式车身，其基本结构如图 0-4 所示。

承载式车身的基本结构由发动机盖、前柱（A 柱）、中柱（B 柱）、后柱（C 柱）、车顶盖、行李

厢盖、前后翼子板、前后车门、底板、前后横梁等组成。

④ 电气设备

汽车电气设备是汽车的重要组成部分,它控制着发动机、车灯,甚至汽车全身,是汽车的中枢神经系统,如图 0-5 所示。

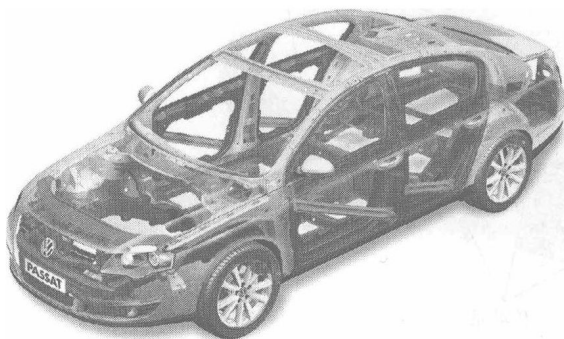


图0-4 轿车车身的的基本结构

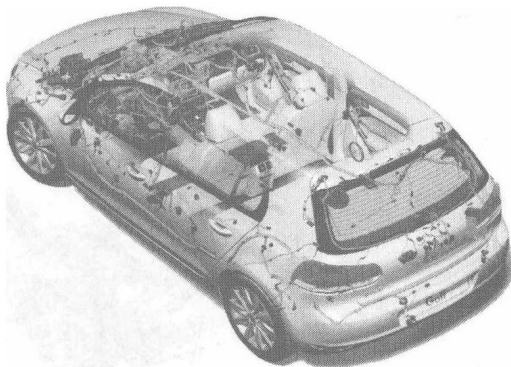
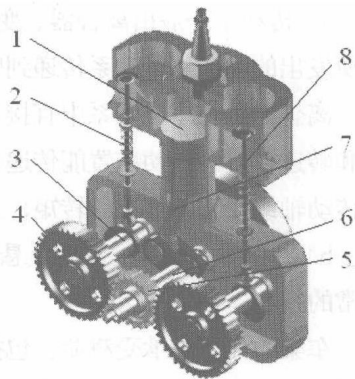


图0-5 汽车电气设备

汽车电气设备由电源、发动机点火系(汽油机)、启动系、照明和信号装置、空调、仪表和报警系统以及辅助电器等组成。

汽车是一个机械系统,通过以上四部分实现汽车安全行驶功能,使人类以车代步。

图 0-6 所示为单缸内燃机的构成,它由活塞 1、进气门推杆 2、凸轮轴 3、大齿轮 4、小齿轮 5、曲轴 6、连杆 7 和排气门推杆 8 等组成。活塞 1、曲轴 6、连杆 7 和缸体(机架)组成其主体部分,气缸内燃烧的膨胀气体,推动活塞在气缸内作往复移动时,通过连杆使曲轴作连续转动;凸轮轴 3、进气门推杆 2、排气门推杆 8 和机架组成其控制部分,凸轮转动,通过推杆推动进、排气门按时启闭,实现可燃混合气定时进入气缸、废气定时排出气缸的功能;凸轮轴上的大齿轮 4、曲轴上的小齿轮 5 及机架组成其传动部分,把燃料燃烧产生的热能转换为机械能。上述三部分共同协调工作,保证燃料燃烧产生的热能转换为机械能。



1—活塞 2—进气门推杆 3—凸轮轴
4—大齿轮 5—小齿轮 6—曲轴
7—连杆 8—排气门推杆

图0-6 单缸内燃机

从以上两个例子分析,可以归纳出一般机器由以下四个基本部分组成。

① 动力部分。它是驱动整台机器完成预定功能的动力来源,其作用是把其他形式的能量转换为机械能,以驱动机器各部件。如汽车发动机,给汽车行驶提供动力。

② 执行部分。它是机器中直接完成工作任务的组成部分,其运动形式依据用途的要求,可能是直线运动,也可能是回转运动或间歇运动等。如汽车的行驶系(车轮),内燃机的活塞等。

③ 传动部分。它是机器中介于动力部分和执行部分之间,用来完成运动形式、运动和动力参数转换的组成部分。利用它可以减速、增速、调速、改变转矩以及改变运动形式等,从而满足执行部

分的各种要求。如汽车的传动系统,内燃机的连杆、齿轮机构等。

常用的传动形式有机械传动(带传动、齿轮传动等)、液压传动、电力传动等。其中,机械传动应用最广。

④ 控制部分。它是使上述三个基本职能部分彼此协调运作,并准确、安全、可靠地完成整机功能的组成部分。如汽车的转向系统、制动系统,内燃机的配气机构等。

以上四部分中,传动部分和执行部分是机器的主体。

(2) 机器的特征

机器不仅能传递运动和动力,还能变换或传递能量、物料和信息。如图 0-6 所示的内燃机,除运动外,还能把热能转换成机械能。

又如全自动洗衣机主要由机体、电动机、叶轮和控制电路组成。当接通电源后,操作控制按钮,驱动电动机经带传动使叶轮回转,搅动洗涤液实现洗涤。一旦设置好程序,全自动洗衣机就会自动完成洗涤、清洗、甩干等洗衣全过程。

由上述实例及日常生活中常见的其他机器可以看出,尽管机器种类繁多,构造和用途差别很大,但都有以下共同特征。

- ① 各类机器都是人为的实体组合。
- ② 机器的各部分之间具有确定的相对运动。
- ③ 机器能完成有用的机械功或实现能量转换。

2. 机构

具备机器前两个特征的多构件组合体,称为机构。机构能实现一定规律的运动。如图 0-6 所示,由活塞、连杆、曲轴和气缸体组成的曲柄滑块机构,可把活塞的往复直线运动转变成曲轴的连续转动;由曲轴齿轮和凸轮轴齿轮及气缸体所组成的齿轮机构,可以改变转速的大小和方向;由凸轮、进排气门推杆和气缸体所组成的凸轮机构,可以将凸轮轴的连续转动转换为进、排气推杆的往复直线移动。

组成机构的具有确定相对运动的实体,称为构件。如图 0-6 所示中活塞、连杆、缸体(机架)等都是构件。构件在机构中具有独立运动的特性,是机构中不可分割的相对运动单元体,即运动单元。构件可以是一个单独的零件,如内燃机中的曲轴;也可以是若干零件的刚性组合体,如内燃机中的连杆。

从制造加工的角度来看,机器是由若干零件组装而成的。零件是机器的最小制造单元,是机器的基本组成要素。对于机器中的零件,按其功能和结构特点可分为通用零件和专用零件。各种机器中普遍使用的零件,称为通用零件,如螺栓、齿轮、轴等;仅在某些特定机器中才用到的零件,称为专用零件,如内燃机中的活塞、曲轴,汽轮机中的叶片,电动机中的转子等。

对于一组协同工作的零件组成的独立制造或装配的组合体称为部件。部件是机器的装配单元。部件也分为专用部件和通用部件,如滚动轴承、电动机、减速器、联轴器、制动器属于通用部件,而汽车转向器则属于专用部件。把一台机器划分为若干个部件,其目的是有利于设计、制造、运输、安装和维修。

显然,构件和零件的区别就在于,构件是运动单元,而零件是制造单元。构件可能是由多个零件刚性连接而成,也可能是一个单独零件。部件是指机器中由若干零件所组成的装配单元,部件中

的各零件之间不一定具有刚性连接。

综上所述,机构与机器的区别在于,机构只是一个构件系统,而机器除构件系统之外,还包括电气、液压等其他装置。机构只用于传递运动和动力,机器除传递运动和动力外,还应当具有变换或传递能量、物料和信息的功能。但是,在研究构件的运动和受力情况时,机器与机构之间并无区别,因此,习惯上用“机械”作为机器和机构的总称。

二、本课程的学习内容和学习目标

1. 本课程的学习内容

“汽车机械基础”是高职高专汽车类各专业必修的重要专业基础课程,内容包括汽车工程材料、构件力学分析、机械机构、机械传动、常用机械零件、液压传动、金属材料冷热加工等知识。

2. 本课程的学习目标

“汽车机械基础”在相关各专业课程的教学中占有重要的地位,通过本课程的学习,应使学生具备必需的机械基础知识和技能,课程目标包括以下几点。

- ① 掌握汽车工程材料的类型、牌号和力学性能。
- ② 掌握汽车机械构件的静力学分析及强度分析。
- ③ 掌握汽车常用机构的工作原理、结构特点。
- ④ 掌握机械传动的类型、特点及使用知识。
- ⑤ 掌握常用机械零件的工作原理、类型、结构特点。
- ⑥ 掌握液压传动相关知识。
- ⑦ 掌握金属材料热加工方法的类型及用途。
- ⑧ 掌握金属材料冷加工方法的类型及用途。

任务实施

1. 汽车由_____、_____、_____、_____四大部分组成。
2. 机器通常由_____、_____、_____、_____四大部分组成。
3. 一般把_____和_____统称为“机械”。
4. 构件是_____, 零件是_____。
5. “汽车机械基础”是一门_____课。

项目一

| 汽车工程材料 |

工程材料是现代工业生产的支柱之一，也是汽车制造的基础，汽车工业的发展在很大程度上要依赖于工程材料的发展。一方面，汽车的性能、寿命、安全性、经济性、舒适性的不断提高，促进了材料科学的迅速发展；另一方面，随着材料科学的发展，高性能、环保、节能的新型材料不断地应用于汽车制造，又促进了汽车工业的发展。因此，工程材料已成为汽车实现高性能的基础与载体。

任务一

汽车常用材料主要性能分析

| 任务引入 |

发动机曲轴用于动力输出，并带动其他部件运动；发动机活塞承受气体压力，并通过活塞销传给连杆驱使曲轴旋转；汽车齿轮主要分装在变速器和差速器中，汽车上发动机的动力均通过齿轮传给车轴，推动汽车运行。由此可见，汽车曲轴、活塞、齿轮（见图 1-1）的使用工况不同，因而对其使用性能的要求也就不同。那么，汽车常用材料的主要性能有哪些呢？汽车制造时，又是根据哪些指标进行材料选取的呢？

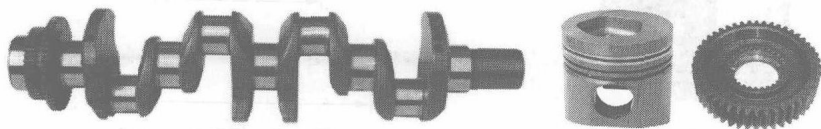


图1-1 汽车曲轴、活塞、齿轮

任务分析

不同的汽车零件由于所承受载荷的性质不同,使用工况不同,对其使用性能的要求也就不同。只有了解了金属材料的各种性能,才能在汽车零件加工和汽车车身维修时,做到正确、经济、合理地选择和使用金属材料,达到降低生产成本、提高维修质量的目的。

学习目标

1. 熟悉汽车常用材料的性能与特点。
2. 具有能对不同汽车零件进行主要性能分析的能力。

相关知识

不同的材料具有不同的性能和用途。只有了解金属与合金的主要性能并熟悉汽车常用材料的性能要求与特点,才能正确地使用和加工金属材料。金属及合金的主要性能包括使用性能和工艺性能。

使用性能:指各个零件或构件在正常工作时金属材料应具备的性能,它决定了金属材料的应用范围、使用的可靠性和寿命,包括力学性能、物理性能和化学性能。

工艺性能:指金属材料在冷、热加工过程中应具备的性能,它决定了金属材料的加工方法,包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能。

一、金属材料的使用性能

(一) 力学性能

材料在外力的作用下所表现出来的特性,称为力学性能,其主要指标有强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。上述指标既是选材的重要依据,又是控制、检验材料质量的重要参数。

材料受外力作用时,会发生尺寸与形状的改变,这种外力称为载荷,尺寸和形状的改变称为变形。载荷与变形的关系可用试验的方法测定。

拉伸试验是测定静态力学性能指标的常用方法。试验通常在常温下进行,选用具有代表性的常用材料低碳钢或铸铁做成标准试样,在拉伸试验机(见图 1-2)上进行。

试验时,采用国家标准所规定的标准试样,图 1-3 所示为金属材料的圆形试样,试样中间等截

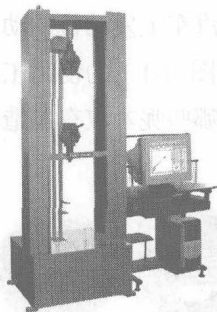


图1-2 拉伸试验机

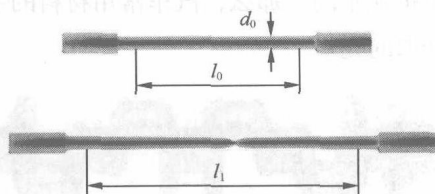


图1-3 标准拉伸试样

面部分的工作长度 l_0 称为试样标距, d_0 称为试样直径。试样标距与试样直径有两种比例关系。 $l_0 = 10d_0$ 时, 称为长试样; $l_0 = 5d_0$ 时称为短试样。

试验时, 将试样两端夹在试验机上, 然后开动试验机, 在试样上慢慢施加拉力 F , 直到试样被拉断为止。在拉伸过程中, 试验机上的绘图仪能自动绘出所加载荷 F 与标距内伸长量 Δl 之间的关系曲线, 称为拉伸曲线或力—伸长曲线。由于拉伸曲线与拉伸试样的几何尺寸有关, 为消除试验几何尺寸的影响, 将纵坐标载荷 F 除以试样横截面面积 A_0 , 横坐标伸长量 Δl 除以试验标距 l_0 , 得到能反映材料力学性能的应力—应变曲线, 如图 1-4 所示。

从图 1-4 中可以看出, 整个拉伸过程, 大致可分为四个阶段。

① 弹性阶段 (图中 OA' 段)。 OA 为直线段, 在此阶段, 应力与应变呈正比例关系, 即符合胡克定律。 OA' 段内, 材料发生的是弹性变形, 若卸除拉力, 试样能完全恢复到原来的形状和尺寸。

② 屈服阶段 (图中 BC 段)。当拉力继续增加时, 试样将产生塑性变形, 并且在曲线上出现接近水平的有微小波动的锯齿状线段, 说明在此阶段内, 应力虽有微小的波动, 但基本不变, 而应变却迅速增加, 表明此时试样暂时几乎失去抵抗变形的能力, 这种现象称为材料的屈服。

③ 强化阶段 (图中 CD 段)。屈服后曲线又呈上升趋势, 表明试样又恢复了抵抗变形的能力, 要使它继续变形就必须增加拉力, 这种现象称为材料的强化。 D 点表示试样抵抗拉伸力的最大能力。

④ 缩颈阶段 (图中 DE 段)。强化阶段后, 变形就集中在试样的某一局部区域内, 截面尺寸显著减小, 出现缩颈现象 (见图 1-5)。随后, 试样承受拉伸力的能力迅速减小, 最后试样在缩颈处被拉断。

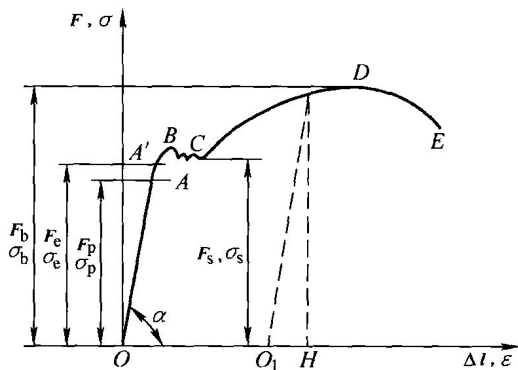


图1-4 低碳钢的拉伸曲线 (应力—应变曲线)



图1-5 缩颈现象

通过拉伸曲线 (应力—应变曲线) 可测定材料的强度与塑性。

1. 强度

强度是材料在载荷 (外力) 作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。抵抗载荷 (外力) 的能力越大, 则强度越高。

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 (内力), 其大小和外力相等, 但方向相反。

在单位截面面积上产生的内力称为应力, 单位为 Pa (帕), 即 N/m^2 。工程上常用 MPa (兆帕), $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$, 或 $1\text{MPa} = 1\text{N}/\text{mm}^2$ 。

(1) 屈服点和规定残余伸长应力

由图 1-4 可知, 当载荷增加到 F_s 时, 在不再继续增加载荷的情况下, 试样仍能继续伸长, 这种现象称为屈服。将开始发生屈服现象时的应力, 也即开始出现塑性变形时的应力, 称为材料的屈服点 (屈服极限), 用 σ_s 表示。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \text{ (MPa)}$$

式中, F_0 为试样屈服时的最小载荷, N; A_0 为试样的原始截面积, mm^2 。

屈服点是具有屈服现象材料特有的强度指标。除退火或热轧的低碳钢和中碳钢等少数材料具有屈服点外, 大多数材料都没有明显屈服现象, 因此提出“规定残余伸长应力”作为相应的强度指标。国家标准规定: 当试样卸除拉伸力后, 其标距部分的残余伸长达规定的变形量 (百分比) 时的应力, 作为规定残余伸长应力 σ_s 。此时的应力的符号应附以角标说明, 例如, $\sigma_{0.2}$ 表示规定残余伸长率为 0.2% 时的应力。

$\sigma_{0.2}$ 通常用来表示没有明显屈服现象的材料的屈服点。

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{A_0} \text{ (MPa)}$$

式中, $F_{0.2}$ 为试样产生规定残余伸长时的载荷, N。

(2) 抗拉强度

当载荷超过 F_s 以后, 试样将继续变形。载荷达到最大值后, 试样产生缩颈, 有效截面急剧减小, 直至断裂。抗拉强度 (强度极限) 是试样在断裂前所能承受的最大应力, 用 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \text{ (MPa)}$$

式中, F_b 为试样断裂前的最大载荷, N。

抗拉强度的物理意义是表征材料对最大均匀变形的抗力, 表征材料在拉伸条件下所能承受最大力的应力值, 它是设计和选材的主要依据之一, 是工程技术上的主要强度指标。

工程上所用的金属材料, 不仅希望具有较高的 σ_s 、 σ_b 值, 而且希望具有一定的屈强比 (σ_s/σ_b)。屈强比越小, 零件的安全可靠性越高。屈强比越大, 材料强度的有效利用率越高。

2. 塑性

塑性是材料断裂前发生不可逆永久变形的能力。材料断裂前的塑性变形越大, 表示它的塑性越好, 反之则表示其塑性差。常用的塑性指标是断后伸长率和断面收缩率。

(1) 断后伸长率

断后伸长率是指试样拉断后的标距伸长量和原始标距的百分比, 用 δ 表示。

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中, l_0 为试样原始的标距长度, mm; l_1 为试样断裂后的标距长度, mm。

拉伸试样使用长试样时, 测定的断后伸长率用符号 δ_{10} 表示, 通常写成 δ ; 使用短试样时, 测

定的断后伸长率用符号 δ_5 表示。同一种材料的短试样伸长率 δ_5 大于长试样的伸长率 δ_{10} 。因此, 比较伸长率时要注意试样规格的统一。通常把 $\delta \geq 5\%$ 的材料称为塑性材料, $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料。

(2) 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后, 缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比, 用符号 ψ 表示。

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中, A_0 为试样原始的横截面积, mm^2 ; A_1 为试样拉断后缩颈处的最小横截面积, mm^2 。

断面收缩率与试样尺寸无关, 所以它能比较确切地反映材料的塑性。

材料的 δ 或 ψ 值越大, 表示材料的塑性越好。塑性直接影响到零件的成形加工及使用。例如, 钢的塑性较好, 能通过锻造成形; 而灰铸铁塑性极差, 不能进行锻造。金属材料经塑性变形(屈服)后能得到强化, 因此塑性好的零件超载时, 仍有强度储备, 比较安全。

3. 硬度

硬度是指金属材料抵抗局部变形, 特别是塑性变形、压痕或划伤的能力。因此, 硬度也可以看作是材料对局部塑性变形的抗力。

硬度是衡量材料性能的一个综合的工程量或技术量。

通常材料硬度越高, 耐磨性越好, 强度也越高。测定硬度的方法很多, 常用的有布氏硬度测试法、洛氏硬度测试法和维氏硬度测试法。

(1) 布氏硬度

布氏硬度的测定是在布氏硬度试验机上进行的, 试验原理如图 1-6 所示。用一定大小的试验力 F , 把直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球压入被测金属的表面, 保持规定时间后卸除试验力, 用读数显微镜测出压痕平均直径 d , 然后按公式求出布氏硬度 HB 值, 或者根据 d 从已备好的布氏硬度表中查出 HB 值。压痕单位面积上所承受的平均压力即为布氏硬度值, 用符号 HBS 或 HBW 表示(压头为淬硬钢球时用 HBS, 压头为硬质合金球时用 HBW)。

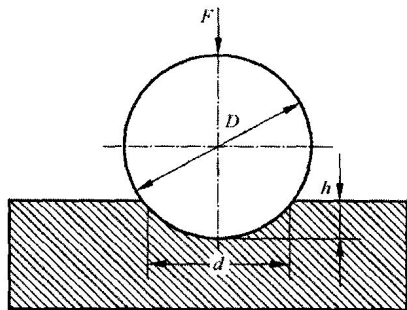


图1-6 布氏硬度试验原理示意图

$$\text{HBS(HBW)} = 0.102 \frac{F}{\pi D h} = 0.102 \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中, F 为所加载荷, N; A 为压痕球冠形表面积, mm^2 ; D 为球形压头直径, mm; d 为压痕直径, mm; h 为压痕深度, mm。

布氏硬度符号 HBS 和 HBW 之前的数字为硬度值, 例如, 500HBW 表示用硬质合金球作压头时测得的布氏硬度值为 500; 200HBS 表示用淬火钢球作压头时测得的布氏硬度值为 200。

布氏硬度试验的优点是数据准确、稳定, 数据重复性强。缺点是压痕较大、易损伤零件表面, 不能测量太薄、太硬的试样硬度。这种方法常用来测定退火钢、正火钢、调质钢、铸铁及非铁金属