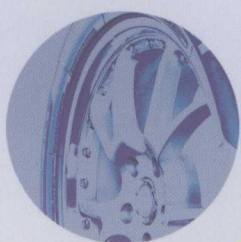


高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材
汽车运用与维修专业

汽车机械基础

(不含制图和公差)

王利贤 主编 崔选盟 主审



<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·汽车运用与维修专业

汽车机械基础

王利贤 主编

崔选盟 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

全书主要内容包括三篇共 10 章。第一篇(第 1~5 章), 机械工程材料; 第二篇(第 6、第 7 章), 零件加工基础; 第三篇(第 8~10 章), 汽车常用机构与部件。其中包括: 金属的铸造, 金属的压力加工, 金属的焊接等毛坯制造方法, 金属切削加工的基本原理, 金属切削加工的各种方法, 以及汽车常用材料的化学成分、力学性能、应用举例等。在每章后面附有可供选用的思考题。带 * 号部分可根据专业与课时多少选学。

新课程在形式上取代原三门课程, 但新课程在内容上并非传统的三门课程的简单合并, 而是以汽车常用机构为主线, 对传统的三门课程教学内容进行有机整合、精炼、充实和提高, 并辅以创新思维及法则等内容, 形成以“工程材料”、“零件加工”、“汽车常用机构”为三大模块的课程体系。

本书既可作为高等职业院校汽车专业的教材, 也可作为相关专业培训用书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/王利贤主编. —北京: 电子工业出版社, 2008.7

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·汽车运用与维修专业

ISBN 978-7-121-06857-7

I. 汽… II. 王… III. 汽车—机械学—高等学校: 技术学校—教材 IV.U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 094608 号

策划编辑: 程超群

责任编辑: 宋兆武

印 刷: 北京京科印刷有限公司
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 15.5 字数: 393.6 千字

印 次: 2008 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 24.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

随着我国汽车行业的飞速发展,汽车“后市场”服务岗位分工越来越细。因此,为适应市场需求,自20世纪90年代末以来,各院校相继开设了“汽车电子技术、汽车技术服务与营销、汽车整形技术”等新专业。由于各院校此类专业课开设较晚,因此,目前急需适合本专业的《汽车机械基础》教材。

结合我们承担的学院精品课程——“汽车机械基础”建设的要求及在教学实践过程中的体会,针对已有教材内容存在的不足以及汽车行业技术水平的发展,在编写过程中紧密联系汽车行业人才能力结构和水平特点的要求,对教学内容进行优化整合,进一步突出职业教育特色,力求体现“必需、适度、够用”这一指导思想。

全书主要包括三篇。第一篇(第1~5章),机械工程材料;第二篇(第6、第7章),零件加工基础;第三篇(第8~10章),汽车常用机构与部件。其中包括:金属的铸造,金属的压力加工,金属的焊接等毛坯制造方法,金属切削加工的基本原理,金属切削加工的各种方法,以及汽车常用材料的化学成分、力学性能、应用举例等。在每章后面附有可供选用的思考题。带*号的部分章节,可根据专业与课时等适当选学。

新课程在形式上取代原三门课程,但新课程在内容上既非传统的三门课程的简单合并,而是以汽车常用机构为主线,对传统的三门课程教学内容进行有机整合、精炼、充实和提高,并辅以创新思维及法则等内容,形成以“工程材料”、“零件加工”、“汽车常用机构”为三大模块的课程体系。

本书由陕西交通职业技术学院王利贤主编,崔选盟主审。其中第1章由陕西交通职业技术学院杨少博编写,第2章由陕西交通职业技术学院王飞编写,第3、第4章由陕西交通职业技术学院宋晓华编写,前言、绪论及第5~10章由陕西交通职业技术学院王利贤编写。

在本书编写过程中得到了李吟龙、廖发良、王保新等专家的指导、帮助和支持,另外,还参考了大量的文献资料,在此向指导、帮助和支持的专家及文献资料的作者致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请同行及读者批评指正。

编 者

2008年3月

目 录

0 绪论	(1)
0.1 汽车材料及零件加工	(1)
0.2 机械概述	(2)
0.2.1 机器和机构	(2)
0.2.2 零件和构件	(2)
0.2.3 机器的组成	(2)
0.3 汽车机械基础课程的性质、内容、任务和学习方法	(2)
0.3.1 汽车机械基础课程的性质与研究对象	(2)
0.3.2 汽车机械基础课程的内容	(3)
0.3.3 汽车机械基础课程的任务	(3)
0.3.4 汽车机械基础课程的学习方法	(3)
第一篇 机械工程材料	(4)
第1章 金属材料的力学性能	(4)
1.1 强度和塑性	(4)
1.1.1 强度	(4)
1.1.2 塑性	(6)
1.2 硬度	(6)
1.2.1 布氏硬度	(7)
1.2.2 洛氏硬度	(10)
1.2.3 维氏硬度	(11)
实训一 金属材料的硬度测试	(13)
1.3 冲击韧性及疲劳强度	(13)
1.3.1 冲击韧性	(13)
1.3.2 疲劳强度	(14)
思考题	(15)
第2章 金属材料基础知识	(16)
2.1 金属与合金的晶体结构及结晶	(16)
2.1.1 金属晶体结构的基本知识	(16)
2.1.2 合金的基本概念	(17)
2.1.3 实际金属的晶体结构	(20)
2.1.4 纯金属的结晶	(21)
2.1.5 合金的结晶	(24)
2.2 铁碳合金	(26)
2.2.1 铁碳合金的基本组织与性能	(26)
2.2.2 Fe-Fe ₃ C 相图	(28)
实训二 铁碳合金显微组织观察	(35)

2.3	钢的热处理	(36)
2.3.1	概述	(36)
2.3.2	钢在加热时的组织转变	(36)
2.3.3	钢在冷却时的组织转变	(38)
(1)	2.3.4 钢的退火和正火	(43)
(1)	2.3.5 钢的淬火和回火	(45)
(2)	2.3.6 钢的表面热处理	(50)
(2)	2.3.7 热处理新工艺*	(54)
(2)	思考题	(56)
第3章 黑色金属		(59)
(2)	3.1 碳素钢	(59)
(2)	3.1.1 杂质元素对钢性能的影响	(60)
(3)	3.1.2 碳素钢的分类	(60)
(3)	3.1.3 碳素钢的牌号、性能及主要用途	(60)
(3)	3.2 合金钢	(62)
(4)	3.2.1 合金钢的分类及牌号	(62)
(4)	3.2.2 合金元素在钢中的作用	(63)
(4)	3.2.3 合金结构钢	(65)
(4)	3.2.4 滚动轴承钢	(69)
(6)	3.2.5 合金工具钢	(70)
(6)	3.2.6 特殊性能钢	(73)
(7)	3.3 铸铁	(77)
(10)	3.3.1 铸铁分类及铸铁石墨化	(77)
(11)	3.3.2 灰铸铁	(79)
(11)	3.3.3 球墨铸铁	(81)
(11)	3.3.4 蠕墨铸铁	(83)
(11)	3.3.5 可锻铸铁	(84)
(11)	3.3.6 合金铸铁*	(85)
(12)	思考题	(87)
第4章 有色金属及合金		(89)
(16)	4.1 铝及铝合金	(89)
(16)	4.1.1 工业纯铝	(89)
(17)	4.1.2 铝合金	(89)
(18)	4.2 铜及铜合金	(93)
(18)	4.2.1 工业纯铜	(93)
(18)	4.2.2 常用铜合金	(93)
(18)	4.3 滑动轴承合金	(96)
(18)	4.3.1 轴承合金的组织特性	(96)
(18)	4.3.2 常用轴承合金	(97)
(18)	4.4 其他有色金属*	(99)

4.4.1	钛及钛合金	(99)
4.4.2	镁及镁合金	(99)
4.5	粉末冶金材料	(100)
4.5.1	粉末冶金生产过程	(100)
4.5.2	常用的粉末冶金材料	(100)
4.6	典型汽车零件用材	(102)
	思考题	(104)
第5章	非金属材料	(105)
5.1	高分子材料	(105)
5.1.1	塑料	(105)
5.1.2	橡胶	(107)
5.1.3	胶黏剂	(108)
5.2	陶瓷材料	(109)
5.2.1	陶瓷	(109)
5.2.2	玻璃	(110)
5.3	复合材料	(111)
5.3.1	复合材料的特性	(112)
5.3.2	复合材料的组成和分类	(112)
5.3.3	汽车常用复合材料	(112)
	思考题	(114)
第二篇	零件加工基础	(115)
第6章	热加工及压力加工	(115)
6.1	铸造基础	(115)
6.1.1	砂型铸造	(115)
6.1.2	铸造合金的铸造性能	(119)
6.1.3	特种铸造	(122)
6.2	金属压力加工	(122)
6.2.1	金属压力加工的基础知识	(123)
6.2.2	自由锻选	(125)
6.2.3	模型锻造	(126)
6.2.4	胎模锻造	(127)
6.2.5	板料冲压	(128)
6.2.6	轧制	(129)
6.3	焊接生产基础	(129)
6.3.1	手工电弧焊	(129)
6.3.2	气焊与气割	(135)
6.3.3	焊接变形与防止措施	(136)
6.3.4	常用金属材料的焊接性能	(138)
6.3.5	焊接结构的焊接工艺性	(139)
	思考题	(141)

第 7 章 金属切削加工	(142)
7.1 金属切削加工基础知识	(142)
7.1.1 切削运动	(142)
7.1.2 切削要素	(142)
7.1.3 刀具材料与几何形状	(143)
7.1.4 切削过程的物理现象	(145)
7.2 金属切削加工的工艺特点	(148)
7.2.1 切削机床的分类与型号	(148)
7.2.2 金属切削加工的工艺特点与应用	(150)
思考题	(155)
第三篇 汽车常用机构与部件	(157)
第 8 章 汽车常用机构	(157)
8.1 机构的组成与运动简图	(158)
8.1.1 机构的组成	(158)
8.1.2 运动副及其分类	(159)
8.1.3 机构运动简图	(161)
8.1.4 机构具有确定运动的条件	(163)
8.2 平面连杆机构	(166)
8.2.1 铰链四杆机构的基本类型	(166)
8.2.2 铰链四杆机构的演化	(168)
8.2.3 铰链四杆机构的基本性质	(169)
8.3 凸轮机构	(172)
8.3.1 凸轮机构的组成与特点	(172)
8.3.2 凸轮机构的分类	(172)
8.3.3 凸轮机构从动件的运动规律	(173)
8.3.4 凸轮轮廓曲线的几个参数	(176)
思考题	(177)
第 9 章 带传动与齿轮传动	(179)
9.1 带传动	(179)
9.1.1 带传动概述	(179)
9.1.2 普通 V 带与带轮的结构、型号	(180)
9.1.3 V 带的安装与张紧装置	(183)
9.2 齿轮传动	(184)
9.2.1 齿轮传动的特点与分类	(184)
9.2.2 渐开线齿轮	(185)
9.2.3 直齿圆柱齿轮的结构	(188)
9.2.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮啮合传动	(189)
9.2.5 渐开线齿轮的切齿原理与根切现象*	(192)
9.2.6 齿轮传动的失效形式	(195)
9.2.7 齿轮材料	(196)

9.3 其他齿轮传动	(197)
9.3.1 斜齿圆柱齿轮传动	(197)
9.3.2 圆锥齿轮传动特点	(199)
9.3.3 齿轮齿条传动的特点	(200)
9.3.4 蜗杆传动	(201)
9.4 轮系	(202)
9.4.1 轮系的分类	(203)
9.4.2 定轴轮系传动比的计算	(203)
9.4.3 周转轮系的组成和分类	(206)
9.4.4 周转轮系传动比的计算	(207)
9.4.5 混合轮系传动比的计算	(210)
9.4.6 轮系的应用	(212)
思考题	(214)
第 10 章 轴、滚动轴承、联轴器与离合器	(216)
10.1 轴	(216)
10.1.1 轴的分类	(216)
10.1.2 轴的材料	(217)
10.1.3 轴的结构设计	(218)
10.2 滚动轴承	(222)
10.2.1 滚动轴承的结构	(222)
10.2.2 滚动轴承的类型	(222)
10.2.3 滚动轴承的代号	(224)
10.2.4 滚动轴承类型的选择	(226)
10.2.5 滚动轴承的受力分析和失效形式*	(227)
10.2.6 滚动轴承的组合设计*	(228)
10.3 联轴器与离合器	(229)
10.3.1 概述	(229)
10.3.2 常用联轴器	(230)
10.3.3 常用离合器	(232)
思考题	(235)
参考文献	(236)

0 绪 论

人们根据汽车零件的工作条件、性能要求选择机械工程材料, 再进行加工就能获得汽车零件, 汽车零件经过装配调试后即成为汽车。

0.1 汽车材料及零件加工

汽车材料是指汽车工程中常用的材料, 是材料科学的一个分支。目前, 汽车正朝着高速、经济、舒适、安全、环保等方向发展, 特别是近年来人们对环保的高度重视, 对汽车材料提出了更高的要求。因而, 在汽车产品设计及其制造与维修过程中, 材料的选用问题将日益突出, 使汽车工业的发展与材料科学之间的关系更加紧密。

汽车工业已是世界各国的支柱产业之一, 我国也不例外。在汽车工业中应用最广泛的是金属材料(占总质量的 70%~90%)。我国汽车工业每年所用的钢铁材料约占钢铁年产量的 10%。金属材料之所以能获得广泛的应用是因为金属材料不仅来源丰富, 而且有着优良的使用性和工艺性。金属材料还可通过不同成分配制、不同的加工和热处理方法来改变其组织和性能, 以扩大其使用范围。但随着科学技术的不断进步, 高性能金属材料、非金属材料在汽车上的应用范围逐渐扩大。

新中国成立以来, 材料科学得到了迅速发展。目前, 我国各种金属材料产品种类齐全, 已基本能满足我国国民经济的发展需要。钢产量已由 1949 年的 15 万多吨提高到现在的 1 亿多吨, 名列世界第一。非金属材料的种类和产量以更高于金属材料的速度增长着。塑料、橡胶、水泥、玻璃、复合材料等的产量都位居世界前列, 其质量也在不断提高。

随着科学技术的发展, 机械零件加工工艺也出现了日新月异的变化。如激光技术与计算机技术在机械零件加工过程中的应用, 使得机械零件加工设备不断创新, 零件的加工质量和效率不断提高。例如, 计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和生产管理信息系统(MIS)的综合应用, 突破了传统的机械零件加工方法, 产生了巨大的变革。

金属材料与非金属材料加工工艺技术水平的高低, 在某种程度上代表着一个国家机械制造的水平, 与国民经济的发展有着密切的关系。只有材料生产和机械制造工艺水平不断提高, 并保持先进水平, 才会有力地促进现代工业、农业、航天事业的飞速发展和科学技术的不断进步, 加快国民经济的发展步伐; 才会更好地保护好环境, 达到清洁生产; 才会在知识经济和世界经济一体化进程中保持发展优势。目前, 我国机械制造的整体工艺水平还比较落后, 尤其是在广泛应用机械制造自动化方面, 与先进工业国家相比还有明显的差距, 这就需要我们工程技术人员深入地研究有关金属材料与非金属材料及其加工工艺理论, 不断地学习新技术、新工艺、新设备、新材料, 为提高我国机械制造工艺水平而努力。

0.2 机械概述

0.2.1 机器和机构

在人们的生产和生活中广泛使用着各种机器。

机器的种类繁多，结构形式和用途也各不相同，但总的来说，机器有三个共同的特征：

- 1) 都是人为的各种实物的组合；
- 2) 组成机器的各种实物间具有确定的相对运动；
- 3) 可代替或减轻人的劳动，完成有用的机械功或转换机械能。

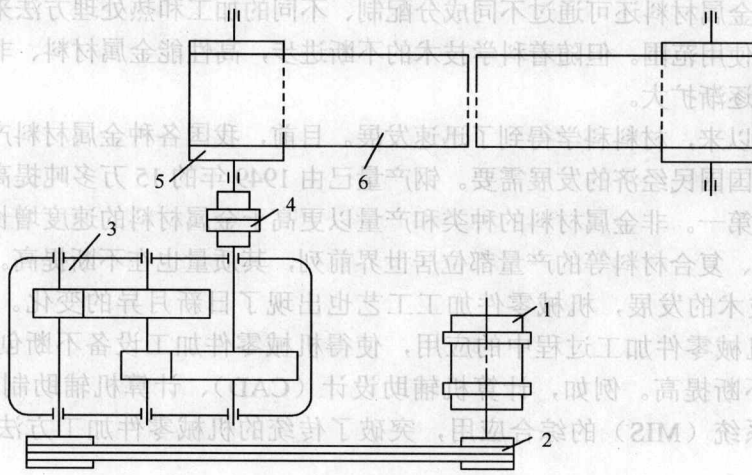
0.2.2 零件和构件

零件：制造的单元。

构件：运动的单元。

0.2.3 机器的组成

机器的组成见图 0.1。一般包括：原动部分、工作部分、传动部分和控制部分。



1—电动机；2—带传动；3—减速器；4—联轴器；5—滚筒；6—传送带

图 0.1 机器的组成

0.3 汽车机械基础课程的性质、内容、任务和学习方法

0.3.1 汽车机械基础课程的性质与研究对象

汽车机械基础是一门综合性技术基础课，其研究对象和本书的内容如下：

第一篇，机械工程材料。研究对象为常用机械工程材料的牌号、种类、性能及用途。

第二篇，零件加工基础。研究对象为各种加工方法所用设备（工具）的工作原理和应用范围。

第三篇,汽车常用机构与部件。研究对象为常见于各种机器中的机构,如平面连杆机构、凸轮机构等。常见于各种机器中的机械传动,如齿轮传动、带传动等。各种机器中普遍使用的零部件,如轴、轴承、联轴器及离合器等。

0.3.2 汽车机械基础课程的内容

第一篇,机械工程材料。主要研究常用材料的成分、组织、性能之间的关系,常用热处理基本原理、特点及应用,合理选用材料。

第二篇,零件加工基础。主要研究零件的各种加工工艺的基本原理和特点,主要设备和工具的基本操作方法。

第三篇,汽车常用机构与部件。主要研究机器中常用机构的组成、工作原理、常用机械传动的工作原理、结构特点以及设计的基本原理和方法。机械中通用零部件的工作原理、结构特点、选用方法。

0.3.3 汽车机械基础课程的任务

1) 掌握常用材料的牌号、种类、性能及用途,了解常用材料的成分、组织、性能之间的关系。了解常用热处理基本原理、特点及应用,初步具有合理选用材料的能力。

2) 了解零件的各种加工工艺的基本原理和特点。了解各种加工方法所用设备(工具)的工作原理和应用范围,掌握一些主要设备和工具的基本操作方法。

3) 了解与本课程有关的新技术、新工艺、新设备、新材料的发展概况。

4) 熟悉常用机构、常用机械传动及通用零部件的工作原理、特点、应用、结构和标准,掌握常用机构、常用机械传动和通用零部件的选用方法,具有正确分析、使用和维护机械的能力。

5) 具有与本课程有关的解题、运算、绘图能力和应用标准、手册、图册等有关技术资料的能力。

0.3.4 汽车机械基础课程的学习方法

本课程是从理论性、系统性很强的基础课和专业基础课向实践性较强的专业课过渡的一个重要转折点。

1) 学会综合运用知识 本课程是一门综合性课程,综合运用本课程和其他课程所学知识解决汽车机械基础问题是本课程的教学目标。

2) 学会知识技能的实际应用 除完成教学大纲安排的试验、实训外,还应注意结构和工艺性问题。

3) 学会总结归纳 本课程的研究对象多,内容繁杂,所以,必须对每一个研究对象的基本知识、基本原理、基本思路和方法进行归纳总结,并与其他研究对象进行比较,掌握其共性与个性,只有这样才能有效地提高分析问题和解决问题的能力。

4) 学会创新 学习汽车机械基础不仅在于继承,更重要的是应用创新,机械科学产生与发展的过程,就是不断创新的过程。只有学会创新,才能把所学的知识变成分析问题与解决问题的能力。

第一篇 机械工程材料

第 1 章 金属材料的力学性能

机器上由金属材料制成的零部件，工作过程中在外力（又称载荷）的作用下，都会发生形状和尺寸的改变，这种改变称为变形。由于所加载荷性质不同，引起材料变形方式也不同。常见的变形方式有：拉伸、压缩、弯曲、扭转、剪切等。金属材料在各种不同形式载荷的作用下所表现的特性称为力学性能。力学性能指标有强度、硬度、塑性、冲击韧性等。常用的试验方法有拉伸试验、硬度试验、冲击试验等。

1.1 强度和塑性

（具大小、方向不变或变动很缓慢的载荷称为静载荷。金属材料的强度、塑性是在静载荷作用下测定的。

1.1.1 强度

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗变形和断裂的能力。按载荷形式不同，金属材料强度可分为：抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度、抗剪强度等。各种强度之间有一定的联系，一般情况下以抗拉强度作为金属材料的强度指标。

抗拉强度是通过拉伸试验测定的。其方法是用静拉伸载荷对标准试样进行轴向拉伸，同时测量相应伸长量，直至断裂。依据所测的数据即可求出有关的力学性能指标。

1. 拉伸试样

测试时为了排除试样尺寸、形状对材料力学性能的影响，并且便于分析比较，必须将拉伸试样制成标准形状，图 1.1 所示为常用的圆形拉伸试样。



图 1.1 圆形拉伸试样

根据试样标距长度 l_0 与直径 d_0 之间的关系，将试样分为长试样 ($l_0 = 10d_0$) 和短试样 ($l_0 = 5d_0$) 两种。

2. 力—伸长曲线

拉伸试验中记录的拉伸载荷与试样的绝对伸长量的关系曲线叫力—伸长曲线，简称拉伸图。图中以纵坐标表示拉伸载荷 F （单位为 N），以横坐标表示绝对伸长量 Δl （单位为 mm），

图 1.2 为低碳钢的拉伸图。

从图 1.2 中可以看出,低碳钢在拉伸过程中,其拉伸载荷和伸长变形有以下几个阶段:

1) 当拉伸力不超过 F_e 时,拉伸曲线 Oe 为直线,即 F 与 Δl 成正比例关系。当载荷卸载以后,试样仍能恢复到原来尺寸 l_0 ,即 $\Delta l=0$,这一阶段称为弹性变形阶段,其变形称为弹性变形。

2) 当拉伸力超过 F_e 后,试样将进一步伸长。此时若将拉伸载荷去除,则有一部分变形消失,属于弹性变形,另一部分变形却不能消失,即试样不能恢复到原来的尺寸 l_0 ($\Delta l \neq 0$),不能恢复的变形称为塑性变形。

3) 当拉伸载荷达到 F_s 时,拉伸曲线呈水平或锯齿形线段。即拉伸载荷基本不变,试样却继续变形,这种变形称为“屈服”。所对应的拉伸载荷 F_s 称屈服载荷。

4) 当拉伸载荷超过 F_s 以后,试验伸长量随拉伸载荷增加而增大,但曲线斜率小,这表明拉伸载荷超过 F_s 后,试样已开始产生大量塑性变形,当拉伸载荷到达最大值 F_b 时,试样截面缩小,产生缩颈现象,以后试样的伸长量增加,拉伸载荷反而降低。到达曲线 k 点时,试样随之断裂。 F_k 为试验断裂时的载荷。

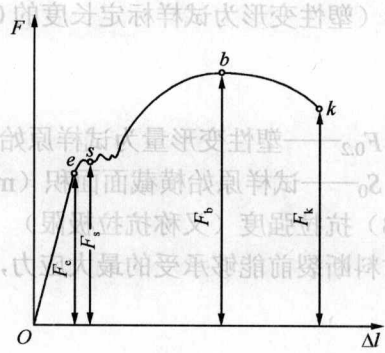


图 1.2 低碳钢的力—伸长曲线

3. 强度指标

强度指标用应力值 σ 表示:

$$\sigma = \frac{F}{S_0}$$

式中 σ ——应力 (MPa);

F ——拉伸载荷 (N);

S_0 ——试样原始横截面面积 (mm^2).

从拉伸曲线分析得出,有三个拉伸载荷比较重要。即弹性范围内的最大拉伸载荷 F_e ; 材料产生屈服的最小载荷 F_s ; 试样承受的最大拉伸载荷 F_b 。相应可得出金属材料的三个强度指标。

(1) 弹性极限

金属材料保持弹性变形的最大应力,用 σ_e 表示:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0}$$

式中 F_e ——弹性范围内的最大载荷 (N);

S_0 ——试样原始横截面面积 (mm^2).

(2) 屈服强度 (又称屈服极限)

金属材料产生屈服现象时的最小应力,用 σ_s 表示:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0}$$

式中 F_s ——材料产生屈服的最小载荷 (N);

S_0 ——试样原始横截面面积 (mm^2).

对于低塑性材料,由于屈服现象不明显,所以,此类材料屈服强度常以产生一定的微量塑

性变形（塑性变形为试样标定长度的 0.2%）的应力为屈服应力，用 $\sigma_{0.2}$ 表示：

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0}$$

式中 $F_{0.2}$ ——塑性变形量为试样原始长度 0.2% 时的载荷 (N)；

S_0 ——试样原始横截面面积 (mm^2)。

(3) 抗拉强度（又称抗拉极限）

材料断裂前能够承受的最大应力，用 σ_b 表示：

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0}$$

式中 F_b ——试样所能承受的最大载荷 (N)；

S_0 ——试样原始横截面面积 (mm^2)。

σ_s/σ_b 称为屈强比。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 越小，零件的安全可靠性越高； σ_s/σ_b 越大，材料强度的有效利用率越高。

1.1.2 塑性

金属材料在静载荷作用下发生塑性变形而不发生断裂破坏的能力称为塑性。在拉伸时用伸长率和断面收缩率来度量。

1. 伸长率（又称延伸率）

指试样拉伸时，绝对伸长量与原始长度比值的百分数，用 δ 表示：

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

式中 l_0 ——试样的原始标距 (mm)；

l_1 ——试样断裂后的标距 (mm)。

2. 断面收缩率

指试样拉断后，试样断口处横截面面积的收缩量与原始横截面面积比值的百分数，用 ψ 表示：

$$\psi = \frac{\Delta S}{S} \times 100\% = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中 S_0 ——试样的原始横截面面积 (mm^2)；

S_1 ——试样断口处横截面面积 (mm^2)。

伸长率大小与试样尺寸有关，试样的长径比不同，测得的伸长率不同。长、短试样伸长率分别记为 δ_{10} 和 δ_5 ，习惯上将 δ_{10} 记为 δ 。长、短试样的伸长率不能直接进行比较。

塑性是材料的一个重要指标，其数值越大，则材料塑性越好。金属材料的塑性好坏，对于零件的使用和加工性能有着十分重要的意义。例如，低碳钢塑性好，可以进行压力加工；铸铁塑性差，不便采用压力加工，只能铸造。同时，由于材料具有一定的塑性，在使用中能够保证材料不会因为稍有超载而突然断裂，增加了材料使用的安全性。

1.2 硬度

硬度是指材料表面上局部体积内抵抗变形或破坏的能力，是材料的重要性能之一。测量

硬度的方法很多，主要有压痕法和划痕法。压痕法是用一定的静压力（静载荷）将特制压头压入金属表面，然后通过测定压痕面积或深度来确定硬度值。按测量方法不同将硬度分为布氏硬度，洛氏硬度和维氏硬度。

1.2.1 布氏硬度

布氏硬度的测量原理是用一定大小的静压力 F 将直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球压入被测金属材料表面，保持一段时间以后卸除载荷。压痕面积 S 除载荷 F 所得的商即为布氏硬度值。布氏硬度试验原理如图 1.3 所示。

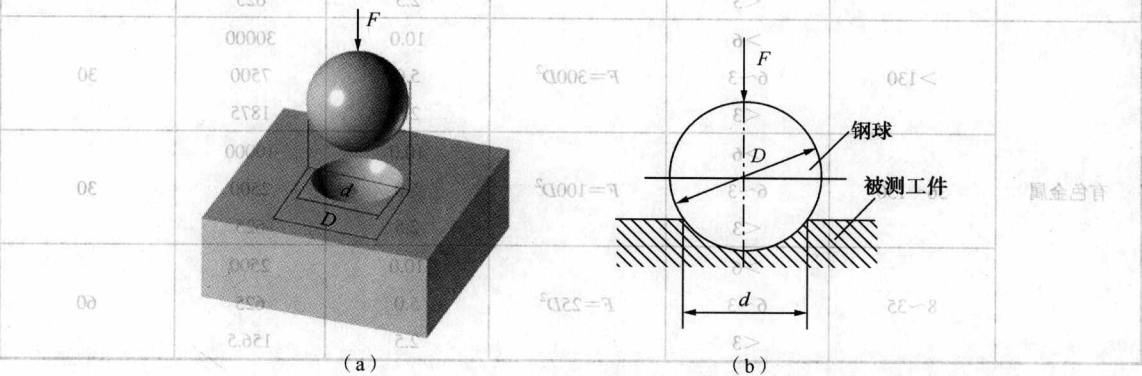


图 1.3 布氏硬度试验原理

布氏硬度值
$$= \frac{F}{S} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

- 式中 F ——载荷 (N);
 D ——钢球直径 (mm);
 d ——压痕平均直径 (mm)。

实际测量时，只测出压痕直径 d ，再根据试验条件查表，即可得出布氏硬度值。									
布氏硬度符号：压头为淬火钢球，用 HBS 表示，适用于布氏硬度值在 450 以下的材料；压头为硬质合金球，用 HBW 表示，适用于布氏硬度值为 450~650 的材料。在符号 HBS 或 HBW 前用数字表示硬度值，符号后按压头直径、载荷大小、保持时间（10~15s 不标注）的顺序，用数字表示测试条件。例如：									
150HBS10/10000/30 表示用直径为 10mm 的淬火钢球在 10000N 载荷作用下保持 30s，所测得布氏硬度值为 150。									
500HBW5/7500 表示用直径为 5mm 的硬质合金球在 7500N 的载荷作用下保持 10~15s，所测得布氏硬度值为 500。									
由于被测对象材料的硬度、壁厚不同，测试条件应有区别，否则会出现对硬材料适用，对软材料发生钢球陷入金属材料的现象；对厚壁工件适用，而薄壁工件会出现被压穿现象。布氏硬度的试验规范见表 1.1。									
试验后，压痕直径 d 应为 $(0.25 \sim 0.65) D$ ，否则试验结果无效，应考虑换用其他测试条件。									
当条件允许时，应尽可能选用直径为 10mm 的钢球作为压头，当选用的 F/D^2 比值不同时，不能直接比较布氏硬度值。									

表 1.1 布氏硬度的试验规范

金属种类	布氏硬度值/ HBS	试样厚度/ mm	载荷 F 与钢球直 径 D 的关系	钢球直径 D /mm	载 荷 F /N	载荷保持时间/s
黑色金属	140~450	>6	$F=300D^2$	10.0	30000	10
		6~3		5.0	7500	
		<3		2.5	1875	
	<140	>6	$F=100D^2$	10.0	10000	10
		6~3		5.0	2500	
		<3		2.5	625	
有色金属	>130	>6	$F=300D^2$	10.0	30000	30
		6~3		5.0	7500	
		<3		2.5	1875	
	36~130	>6	$F=100D^2$	10.0	10000	30
		6~3		5.0	2500	
		<3		2.5	625	
	8~35	>6	$F=25D^2$	10.0	2500	60
		6~3		5.0	625	
		<3		2.5	156.5	

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。布氏硬度试验常用来测定退火钢、正火钢、调质钢、铸铁及有色金属的硬度。

布氏硬度值见表 1.2。

表 1.2 布氏硬度值

钢球直径 D /mm					F/D^2						
					300	150	100	50	25	12.5	10
					试验力 F /N						
10	5	2.5	2	1	30000	15000	10000	5000	2500	1250	1000
					7500	2500	1250	625	312.5	250	
					1875	625	312.5	156.25	78.13	62.5	
					1200	400	200	100	50	40	
					300	100	50	25	12.5	10	
压痕直径 d /mm					布氏硬度值/HBS 或 HBW						
2.400	1.200	0.6000	0.480	0.240	653	327	218	109	54.5	27.2	21.8
2.450	1.225	0.6125	0.490	0.245	627	313	209	104	52.5	26.1	20.9
2.50	1.25	0.6350	0.500	0.250	601	301	200	100	50.1	25.1	20.0
2.55	1.275	0.6375	0.510	0.255	578	289	193	96.3	48.1	24.1	19.3
2.60	1.300	0.6500	0.520	0.260	555	278	185	92.6	46.3	23.1	18.5
2.65	1.325	0.6625	0.530	0.265	534	267	178	89.0	44.5	22.1	17.8
2.70	1.350	0.6750	0.540	0.270	514	275	171	85.7	42.9	21.4	17.1
2.75	1.375	0.6875	0.550	0.275	495	248	165	82.6	41.3	20.6	16.5
2.80	1.400	0.7000	0.560	0.280	477	239	159	79.6	39.8	19.9	15.9