



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校机械专业教学用书

第2版

机械加工常识

(含习题册)

JIXIE JIAGONG CHANGSHI

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 组编
机电专业委员会

杨柳青 主编



赠电子课件

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校机械专业教学用书

机械加工常识



中国机械工业教育协会

全国职业培训教学工作指导委员会 组编

机电专业委员会

杨柳青 主 编



机械工业出版社

本书是为适应中等职业技术教育教学改革需要而编写的。主要内容包括：金属材料的力学性能及常用材料、钢的热处理、金属切削加工的基础知识、常用的机械切削加工方法、钳工加工方法、机械加工工艺过程、典型零件的加工。每章后有思考与练习题，书后附有压痕直径与布氏硬度对照表、黑色金属硬度及强度换算表。

本书可作为中等职业学校机械类专业教材，也可作为中级技能人才培养和工人自学用书。

图书在版编目（CIP）数据

机械加工常识/杨柳青主编；中国机械工业教育协会，全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组编. —2版. —北京：机械工业出版社，2013.12

教育部职业教育与成人教育司推荐教材 中等职业学校机械专业教学用书

ISBN 978-7-111-44351-3

I. ①机… II. ①杨… ②中… ③全… III. ①金属切削—中等专业学校—教材 IV. ①TG506

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第242558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：王华庆 责任编辑：王华庆 张振勇

版式设计：霍永明 责任校对：姜艳丽

封面设计：赵颖喆 责任印制：乔宇

北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）

2014年1月第2版第1次印刷

140mm×203mm·8.5印张·211千字

0 001—3 000册

标准书号：ISBN 978-7-111-44351-3

定价：19.80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

社服务中心：(010)88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

中等职业学校机械专业教学用书

编审委员会名单

主 任 郝广发

副 主 任 周学奎 刘亚琴 李俊玲 何阳春 林爱平
李长江 付 捷 单渭水 王兆山 张仲民

委 员 (按姓氏笔画排序)

于 平	王 珂	王 军	王洪琳	付元胜
付志达	刘大力	刘家保	许炳鑫	孙国庆
李木杰	李稳贤	李鸿仁	李 涛	何月秋
杨柳青	杨耀双	杨君伟	张跃英	张敬柱
林 青	张建惠	赵杰士	郝晶卉	荆宏智
贾恒旦	黄国雄	董桂桥	曾立星	甄国令

本书主编 杨柳青

本书参编 刘治伟 徐晓萍 罗瑞琳

本书主审 巫健志 黄国雄

前 言

由中国机械工业教育协会、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组编的“中等职业学校机械专业和电气维修专业教学用书”(共22种)自2003年出版以来,已多次重印,受到了教师和学生的广泛好评,其中17种被评为“教育部职业教育与成人教育司推荐教材”。

随着技术的进步和职业教育的发展,本套教材中涉及的一些技术规范、标准已经过时,同时,近年来各学校普遍进行了教学和课程的改革,使教学内容也有了一定的更新和调整。为更好地服务教学,我们对本套教材进行了修订。

在修订过程中,贯彻了“简明、实用、够用”的原则,反映了新知识、新技术、新工艺和新方法,体现了科学性、实用性、代表性和先进性,正确处理了理论知识与技能的关系。本次修订充分继承了第1版教材的精华,在内容、编写模式上做了较多的更新和调整。为适应教学改革的需要,部分专业课教材采用任务驱动模式编写。本套教材全部配有电子课件,部分教材配有习题集或课后习题。第2版教材具有以下特点:

(1) 职业性 专业设置参照有关专业目录,并根据职业发展和实际社会需求确定。

(2) 先进性 本套教材在修订过程中,主要是更新陈旧的技术规范、标准、工艺等,做到知识新、工艺新、技术新、设备新、标准新,并根据教学需要,删除过时和不符合目前授课要求的内容,精简繁杂的理论,适当增加、更新相关图表和习题,重在使学生掌握必需的专业知识和技能。

(3) 实践性 重视实践性教学环节,加强了技能训练和生产实习教学,努力实现产教结合。

(4) 实用性 与企业培训和其他类型教育相沟通,与国家职业资格证书体系相衔接。

本套教材的编写工作得到了各相关学校领导的重视和支持,参加教材编审的人员均为各校的教学骨干,使本套教材的修订工作能够按计划有序地进行,并为编好教材提供了良好的保证,在此对各个学校的支持表示感谢。

本教材由杨柳青主编,参加编写的人员有刘治伟、徐晓萍和罗瑞琳,巫健志和黄国雄两位专家对全书进行了仔细审阅。

尽管我们不遗余力,但书中仍难免存在不足之处,敬请读者批评指正。我们真诚地希望与您携手,共同打造职业教育教材的精品。

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第一章 金属材料的力学性能及常用材料	3
--------------------------	---

第一节 金属材料的力学性能	3
---------------------	---

第二节 碳素钢	17
---------------	----

第三节 合金钢	24
---------------	----

第四节 铸铁	31
--------------	----

第五节 新材料简介	38
-----------------	----

思考与练习题	42
--------------	----

第二章 钢的热处理	44
-----------------	----

第一节 热处理的概念	44
------------------	----

第二节 钢的退火和正火	48
-------------------	----

第三节 钢的淬火	50
----------------	----

第四节 钢的回火	55
----------------	----

思考与练习题	58
--------------	----

第三章 金属切削加工的基础知识	59
-----------------------	----

第一节 金属切削加工的基本概念	59
-----------------------	----

第二节 刀具角度	62
----------------	----

第三节 切削用量及切削力	65
--------------------	----

第四节 切削热和切削液	68
-------------------	----

第五节 常用的金属切削刀具及其寿命	69
-------------------------	----

思考与练习题	72
--------------	----

第四章 常用的机械切削加工方法	74
-----------------------	----

第一节 车削	74
--------------	----

第二节 铣削	86
--------------	----

第三节 刨削、插削、拉削	96
第四节 磨削	101
思考与练习题	109
第五章 钳工加工方法	111
第一节 钳工的概念及工作内容	111
第二节 划线工具及划线方法	112
第三节 整削工具及整削方法	115
第四节 锯削工具及锯削方法	120
第五节 锉削工具及锉削方法	123
第六节 钻孔、铰孔的方法	128
第七节 螺纹加工	136
第八节 装配的基础知识	138
思考与练习题	141
第六章 机械加工工艺过程	143
第一节 概述	143
第二节 定位基准的选择	148
第三节 工艺路线的拟订	154
第四节 毛坯选择	161
第五节 加工余量和工序尺寸及其公差的确定	162
第六节 制订工艺规程的技术依据和步骤	166
思考与练习题	171
第七章 典型零件的加工	172
第一节 轴类零件的加工	172
第二节 套类零件的加工	178
第三节 箱体类零件的加工	183
思考与练习题	188
附录	191
附录 A 压痕直径与布氏硬度对照表	191
附录 B 黑色金属硬度及强度换算表	193

绪 论

一、学习本课程的目的

机械产品从定货、设计、制订工艺文件到生产计划，从原材料投入直至成品制出，要经历一个复杂的生产过程，其中的基本过程就是工艺过程。工艺过程直接用来改变生产对象的性质、形状和尺寸。产品的生产过程是连续的，完整的。工人要提高工作效率，保证产品质量，就必须全面了解产品的生产过程及加工常识，深刻认识某工种与相邻工种以及其他相关工种之间的联系和区别，明确同一工艺过程中各加工工序的加工特点、加工范围和加工方法，不断提高技术水平。

二、本课程的基本内容

本课程主要由以下七个部分组成：

(1) 金属材料的力学性能及常见材料 介绍金属材料常用的力学性能指标及其测定方法，以及机械零件最常用的材料（碳素钢、合金钢、铸铁）的种类、牌号、性能及用途。

(2) 钢的热处理 介绍钢在加热和冷却时的组织转变，转变产物的组织形态和性能。常用热处理方法（退火、正火、淬火、回火）的目的、工艺特点和应用。

(3) 金属切削加工的基础知识 介绍金属切削加工的基本概念、刀具的切削角度、切削用量、切削力、切削热、常用切削刀具及寿命等基础知识。

(4) 各种机械切削加工方法 介绍常见的车、铣、刨、插、拉、磨等机械切削加工所使用的设备、刀具及加工方法、工艺特点。

(5) 钳工加工方法 介绍钳工加工的基本操作和设备装配的基础知识。

(6) 机械加工工艺过程 介绍机械加工工艺过程的基本知识、机械加工工艺规程编制步骤。

(7) 典型零件的加工 介绍轴类、套类、箱体类等典型零件的加工方法及特点。

三、本课程的特点及学习方法

本课程针对产品生产的工艺过程，比较全面而简略地介绍了有关知识和加工方法。学习本课程时，在内容上既要注意理解基本概念和基本原理，又要注意掌握工艺特点，逐步熟悉常用的技术术语和符号。对于有些工艺知识，需在有关后续课程和技能训练中加深和提高。每章后的思考与练习题，有些是学习阅读教材的引导，有些是综合应用，有些就是生产实际问题，因此，要及时、认真地完成。本课程能逐步培养学生灵活运用所学知识分析和解决问题以及独立工作的能力。

第一章 金属材料的力学性能及常用材料

第一节 金属材料的力学性能

在机械设备及工具的设计、制造中，选用金属材料时，大多以其力学性能为主要依据，故熟悉和掌握金属材料的力学性能是非常重要的。

所谓力学性能是指金属在外力作用下所表现出来的性能。常用的力学性能有：强度、塑性、硬度、冲击韧度及疲劳强度等。

金属材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷。根据载荷作用性质的不同，分为以下几种：

- 1) 静载荷——大小不变或变化过程缓慢的载荷。
- 2) 冲击载荷——在短时间内以较高速度作用于零件上的载荷。
- 3) 交变载荷——是指大小、方向或大小和方向随时间发生周期性变化的载荷。

金属材料受载荷作用而产生的几何形状和尺寸的变化称为变形。变形一般分为弹性变形和塑性变形两种。弹性变形是随载荷的作用而产生，随载荷的去除而消失的变形。塑性变形是不能随载荷的去除而消失的变形。

金属受拉伸载荷或压缩载荷作用时，其横截面积上的应力按下式计算：

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

式中 σ ——应力 (Pa) ($1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$ ；当面积用 mm^2 作单位时，则应力可用 MPa 为单位， $1\text{MPa} = 1\text{N}/\text{mm}^2 = 10^6\text{Pa}$)；

F ——外力 (N);

S ——横截面面积 (m^2)。

一、强度

金属在静载荷作用下, 抵抗塑性变形或断裂的能力称为强度, 强度的大小通常用应力来表示。

常用强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等五种。一般以抗拉强度作为判别金属强度高低的指标。

抗拉强度是通过拉伸试验测定的。其方法是用静拉力对标准试样进行轴向拉伸, 同时连续测量变化的载荷和试样的伸长量, 直至试样断裂, 根据测得的数据, 即可得出有关的力学性能指标。

1. 拉伸试样

拉伸试样的形状一般有圆形和矩形两类。在国家标准 GB/T 228.1—2010 (金属拉伸试验试样) 中, 对试样的形状、尺寸及加工要求均有规定。图 1-1 所示为圆形拉伸试样。

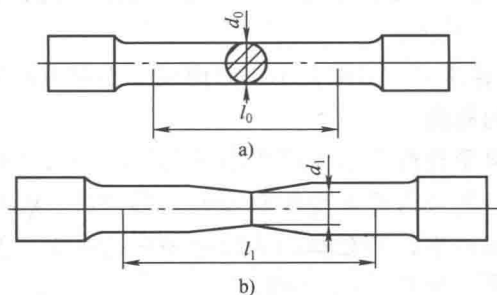


图 1-1 圆形拉伸图试样

a) 拉伸前 b) 拉伸后

图中 d_0 是试样的直径, l_0 为标距长度。试样可分为长试样 ($l_0 = 10d_0$) 和短试样 ($l_0 = 5d_0$) 两种。

2. 拉伸曲线

图 1-2 是低碳钢的拉伸曲线, 图中纵坐标表示力 F , 单位为 N; 横坐标表示伸长量 Δl , 单位为 mm。拉伸过程中分为下面几

个变形阶段：

(1) Oe ——弹性变形阶段 试样变形完全是弹性的，此时如果卸载，试样即恢复原状。 F_e 为试样能恢复到原始形状和尺寸的最大拉伸力。

(2) es ——屈服阶段 当载荷超过 F_e 再卸载时，试样的伸长只能部分地恢复，而保留一部分残余变形。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_{eL} 时，图上出现平台或锯齿状，这种在载荷不增加或略有减小的情况下，试样还继续伸长的现象叫屈服。 F_{eL} 称为屈服载荷。屈服后，材料开始出现明显的塑性变形。

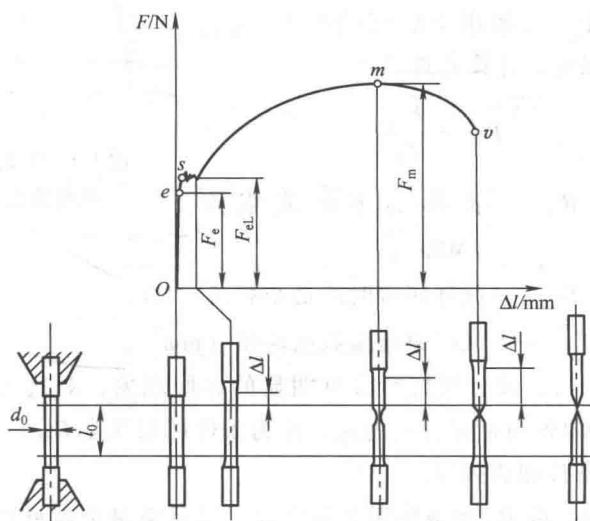


图 1-2 低碳钢的拉伸图

(3) sm ——强化阶段 在屈服阶段后，欲使试样继续伸长，必须不断加载。随塑性变形增大，试样变形抗力也逐渐增加，这种现象称为形变强化。此阶段试样的变形是均匀发生的。 F_m 为试样拉伸试验时的最大载荷。

(4) mv ——缩颈阶段 当载荷达到最大值 F_b 后，试样的直

径发生局部收缩，称为“缩颈”。由于试样缩颈处横截面积的减小，试样变形所需的载荷也随之降低，这时的试样伸长主要集中于缩颈部位，直至断裂。

工程上使用的金属材料，多数没有明显的屈服现象。有些脆性材料，不仅没有屈服现象，也不产生“缩颈”，如铸铁等。图 1-3 为铸铁的拉伸曲线。

3. 强度指标

(1) 屈服强度 在拉伸试验过程中，载荷不增加金属试样仍能继续伸长时的应力称为屈服强度。屈服强度分为上屈服强度 R_{eH} 和下屈服强度 R_{eL} 。在金属材料中，一般用下屈服强度 R_{eL} 代表其屈服强度。计算公式如下

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0}$$

式中 R_{eL} ——试样的下屈服强度 (MPa)；

F_{eL} ——试样屈服时的最小载荷 (N)；

S_0 ——试样原始横截面面积 (mm^2)。

注：大多数金属材料没有明显的屈服现象，对这些材料规定产生 0.2% 残余伸长时的应力作为条件屈服强度 $R_{p0.2}$ ，可代替 R_{eL} 称为条件屈服强度。

屈服强度 R_{eL} 和条件屈服强度 $R_{p0.2}$ 都是衡量金属材料塑性变形抗力的指标。材料的屈服强度越大，允许的工作应力也越大，则零件的截面尺寸及自身质量就可以减小。因此，材料的屈服强度是机械设计的主要依据，也是评定金属材料力学性能的重要指标。

(2) 抗拉强度 材料在拉断前所能承受的最大应力称为抗拉强度，用符号 R_m 表示。计算公式如下

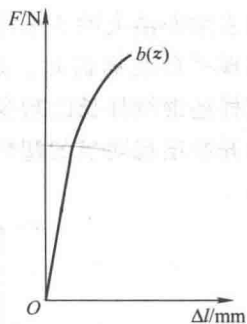


图 1-3 铸铁的拉伸曲线

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

式中 R_m ——抗拉强度 (MPa);

F_m ——试样拉断前承受的最大载荷 (N);

S_0 ——试样原始横截面面积 (mm^2)。

零件在工作中所承受的应力, 不允许超过抗拉强度, 否则会产生断裂。 R_m 也是机械零件设计和选材的重要依据。

二、塑性

断裂前金属材料产生永久变形的能力称为塑性。塑性指标也是由拉伸试验测得的, 常用伸长率和断面收缩率来表示。

1. 伸长率

试样拉断后, 标距的伸长与原始标距的百分比称为伸长率, 用符号 A 表示, 其计算公式如下

$$A = \frac{l_v - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 A ——断后伸长率 (%);

l_v ——试样拉断后的标距长度 (mm);

l_0 ——试样的原始标距长度 (mm)。

2. 断面收缩率

试样拉断后, 缩颈处横截面面积的缩减量与原始横截面面积的百分比称为断面收缩率, 用符号 Z 表示。其计算公式如下

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

式中 Z ——断面收缩率 (%);

S_0 ——试样原始的横截面面积 (mm^2);

S_u ——试样拉断后缩颈处的横截面面积 (mm^2)。

金属材料的伸长率和断面收缩率数值越大, 表示材料的塑性越好。塑性好的金属, 易于通过塑性变形加工成复杂形状的零件。例如工业纯铁的 A 可达到 50%, Z 可达到 80%, 可以拉制细丝、轧制薄板等。铸铁的 A 几乎为零, 所以不能进行塑性

变形加工。塑性好的材料，在受力过大时，首先产生塑性变形而不致发生突然断裂，因此比较安全。

三、硬度

材料抵抗局部变形特别是塑性变形、压痕或划痕的能力称为硬度。

硬度是各种零件和工具必须具备的性能指标，机械制造业所用的刀具、量具、模具等，都应具备足够的硬度，才能保证使用性能和寿命。有些机械零件如齿轮等，也要求有一定的硬度，以保证足够的耐磨性和使用寿命。因此，硬度是金属材料重要的力学性能之一，它是衡量材料软硬程度指标，硬度越高，材料耐磨性越好。

硬度测试的方法很多，最常用的有布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法和维氏硬度试验法三种。

1. 布氏硬度

(1) 布氏硬度的测试原理 在载荷 F 的作用下，将直径为 D 的球体压入试样表面（图 1-4），保持一定时间后卸除载荷，以试样压痕的表面积 S 去除载荷 F 所得的商，作为硬度的计算指标，用符号 HBW 表示。实验时只要测出压痕直径 d 值，就可以计算或查表得出 HBW 值。

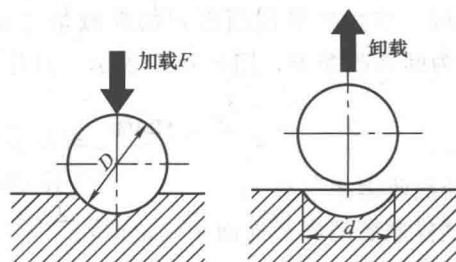


图 1-4 布氏硬度试验原理图

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

式中 HBW——用硬质合金球试验时的布氏硬度值；

F ——载荷 (N)；

S ——球面压痕表面积 (mm^2)；

D ——球体压头直径 (mm)；

d ——压痕平均直径 (mm)。

由上式可知，当载荷 F 和压头球体直径 D 一定时，布氏硬度值仅与压痕直径 d 的大小有关。 d 越小，布氏硬度值越大，也就是硬度越高。反之 d 越大，布氏硬度值也越小，硬度也越低。

通常布氏硬度值不标出单位。在实际应用中，布氏硬度一般不用计算，而是用专用的刻度放大镜量出压痕直径，根据压痕直径的大小，再从硬度表中查出相应的布氏硬度值。详见附录 A。

(2) 布氏硬度的表示方法 符号 HBW 之前的数字为硬度值，符号后面按以下顺序用数字表示试验条件：

1) 球体直径 (单位为 mm)。

2) 载荷大小 (单位为 kgf, $1\text{kgf} = 9.807\text{N}$)。

3) 载荷保持的时间 (10 ~ 15s 不标注) (单位为 s)。

例如 170HBW10/1000/30 表示用直径 10mm 的钢球，在 1000kgf (9807N) 的载荷作用下，保持 30s 时测得的布氏硬度值为 170。530HBW5/750 表示用直径 5mm 的硬质合金球，在 7355N 的载荷作用下，保持 10 ~ 15s 时测得的布氏硬度值为 530。

(3) 应用范围及优缺点 布氏硬度主要适用于测定灰铸铁、有色金属、调质处理后的低碳钢等硬度不是很高的材料。

布氏硬度的优点是具有很高的测量精度，因球体直径大，压痕直径也大，故能较真实地反映出金属材料的平均性能。另外，由于布氏硬度与抗拉强度之间存在着一定的近似关系，参见附录 B，故在工程上得到广泛应用。

布氏硬度的缺点是操作时间长，测量压痕直径费时、费力；不适于测量高硬度材料。因压痕直径较大，一般不宜在成品件