

中等职业技术教育规划教材

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 编
机 电 专 业 委 员 会



6/7

936

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

中等职业技术教育规划教材

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 编

机电专业委员会

主 编 杨柳青

机械工业出版社

本书是为适应中等职业教育教学改革需要而编写的。主要内容有：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；典型零件的加工等。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械加工常识/中国机械工业教育协会等编. —北京：
机械工业出版社，2003.8

中等职业技术教育规划教材

ISBN 7-111-12662-9

I. 机... II. 中... III. 机械加工—专业学校—教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 061632 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:王英杰 版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm^{1/32}·6.375 印张·169 千字

0 001—5 000 册

定价:13.00 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) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

“中等职业技术教育规划教材”

编审委员会名单

- 主 任** 郝广发
- 副主任** 周学奎 刘亚琴 李超群 何阳春 林爱平
李长江 付捷 单渭水 卓嘉 王兆山
张仲民
- 委 员** (按姓氏笔画排序)
- 于平 王柯 王军 王洪琳 付元胜
付志达 刘大力 (常务) 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 (常务) 杨耀双 杨君伟
张跃英 林青 周建惠 赵杰士 (常务)
郝晶卉 荆宏智 (常务) 贾恒旦 黄国雄
董桂桥 (常务) 曾立星 甄国令
- 本书主编** 杨柳青
- 参 编** 徐晓萍 刘治伟 罗瑞琳
- 本书主审** 巫健

前 言

为贯彻落实《全国职业教育工作会议》精神，克服原有的教材专业设置落后，缺乏新的专业和复合专业，技术内容比较陈旧，理论课内容偏深、偏难的弊端，更好地满足中等职业技术教育教学改革的需要，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织编写了这套适合新形势的中等职业技术教育规划教材。首批所选五个专业为机床切削加工、机械设备维修、模具制造与维修、数控机床加工、电气维修。本套教材的编写指导思想是：贯彻党的教育方针，依据《劳动法》、《职业教育法》的规定和《国家职业标准》的要求，更新教学内容，突出技能训练，强化创新能力的培养，以培养具备较宽理论基础和复合型技能的人才，使培养的人才适应科技进步、经济发展和市场的需要。其宗旨是：促职业教育改革，助技能人才培养。

为实现这一宗旨，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织了 30 多所高、中级技工学校参加了首批五个专业教学计划、教学大纲的制定和教材的编审工作。各学校对新教材的专业选择、课程设置、学时安排、教学计划和教学大纲的制定、教材定位、编写方式等，参照《国家职业标准》相关工种中级工的要求和各校实际，经过三次会议进行了广泛的讨论和充分论证，首先完成了教学计划和教学大纲的制定和审定工作。在教材的编写过程中，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。同时通过对原有教材进行评价，针对其不足并在编写过程中进行了改进，以充分反映学校的实际需要。新教材的价值在于兼顾了学生学习真本事与达到职业技能鉴定考试两种要求。

综上所述,本套教材具有以下特色:

1) **职业性** 专业设置参照有关专业目录,并根据职业发展变化和社会实际需求确定。

2) **科学性** 教学内容与现代科学技术发展和先进技术装备、技术水平相适应,体现了科学性和先进性。

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) **衔接性** 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。

5) **实用性** 教学内容符合职业标准及企业生产实际需要,有利于培养实用型人才。

与本教材配套的还有相应教材的习题集。

本套教材的编写工作得到了各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,保证了本套教材能够按计划有序地进行,并为编好教材提供了良好的技术保证,在此对各个学校的支持表示感谢。

本书的具体编写分工如下:绪论由杨柳青编写,第一章、第二章由徐晓萍编写,第三章~第五章由刘治伟编写,第六章、第七章由罗瑞琳编写。全书由杨柳青统稿,由巫健主审。

由于时间和编者水平有限,书中难免存在某些缺点或错误,敬请读者批评指正。

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	51
第四节 钢的回火	55
思考与练习题	57

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 刀具的切削角度	61
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	73
第一节 车削	73
第二节 铣削	85
第三节 刨削、插削、拉削	94
第四节 磨削	99
思考与练习题	107
第五章 钳工加工方法	109
第一节 钳工的概念及工作内容	109
第二节 划线工具及划线方法	110
第三节 整削工具及整削方法	113
第四节 锯削工具及锯削方法	117
第五节 锉削工具及锉削方法	121
第六节 钻孔、铰孔的方法	125
第七节 螺纹加工	130
第八节 装配的基础知识	133
思考与练习题	136
第六章 机械加工工艺过程	137
第一节 概述	137
第二节 定位基准的选择	142
第三节 工艺路线的拟定	148
第四节 毛坯选择	155
第五节 加工余量和工序尺寸及其公差的确 定	156
第六节 制定工艺规程的技术依据和步骤	160
思考与练习题	165
第七章 典型零件的加工	166

VII

第一节 轴类零件的加工	166
第二节 套类零件的加工	173
第三节 箱体类零件的加工	180
思考与练习题	189

附录	192
-----------------	-----

附录 A 压痕直径与布氏硬度对照表	192
附录 B 黑色金属硬度及强度换算表	194

绪 论

一、学习本课程的目的

机械产品从定货、设计、制定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。它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、

机械加工工艺流程编制步骤。

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，尚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，同时连续测量力和相应的伸长量，直至试样断裂，根据测得的数据，即可得出有关的力学性能。

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/T6397—1986（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。

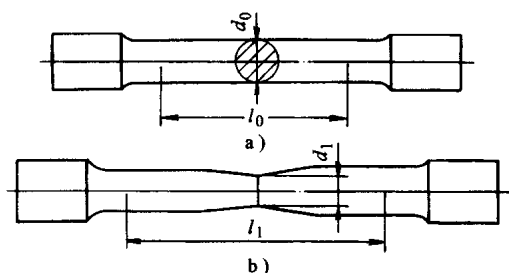


图 1-1 圆形拉伸图试样

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。图中明显地表现出下面几个变形阶段：

(1) O_e ——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_s 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_s 称为屈服载荷。屈服后, 材料开始出现明显的塑性变形。

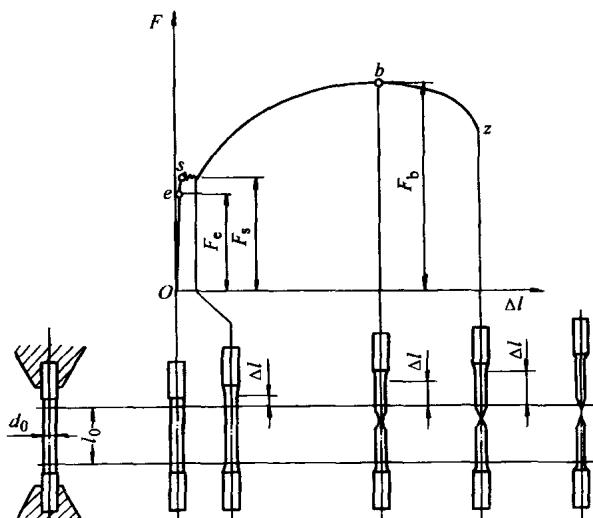


图 1-2 低碳钢的拉伸图

(3) sb ——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_b 为试样拉伸试验时的最大载荷。

(4) bz ——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) 屈服点 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点，用符号 σ_s 表示，计算公式如下

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

式中 σ_s ——屈服点 (MPa)；

F_s ——试样屈服时的载荷 (N)；

S_0 ——试样原始横截面积 (mm^2)。

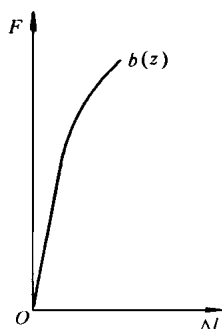


图 1-3 铸铁的
拉伸曲线

对于无明显屈服现象的金属材料，国标 GB/T228—1987（金属拉伸试验法）规定可用规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ 表示。 $\sigma_{0.2}$ 表示试样卸除载荷后，其标距部分的残余伸长率达到 0.2% 时的应力，也称为屈服强度。计算公式如下

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

式中 $\sigma_{0.2}$ ——规定残余伸长应力，即屈服强度 (MPa)；

$F_{0.2}$ ——残余伸长率达到 0.2% 时的载荷 (N)；

S_0 ——试样原始横截面积 (mm^2)。

屈服点 σ_s 和屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 都是衡量金属材料塑性变形抗力的指标。材料的屈服点或屈服强度越大，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，材料的屈服点或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 σ_b 表示。计算公式如下

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

式中 σ_b ——抗拉强度 (MPa);

F_b ——试样拉断前承受的最大载荷 (N);

S_0 ——试样原始横截面积 (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。 σ_b 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 δ 表示, 其计算公式如下

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

式中 δ ——伸长率 (%);

l_1 ——试样拉断后的标距 (mm);

l_0 ——试样的原始标距 (mm)。

必须指出, 同一材料的试样长短不同, 测得的伸长率是不同的。长、短试样的伸长率分别用符号 δ_{10} 和 δ_5 表示, 习惯上 δ_{10} 也常写成 δ 。

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

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

式中 ψ ——断面收缩率 (%);

S_0 ——试样原始的横截面积 (mm^2);

S_1 ——试样拉断后缩颈处的横截面积 (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 δ 可达到 50%, ψ 可达到 80%, 可以拉制细丝、

轧制薄板等。铸铁的 δ 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。

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 使用一定直径的球体（钢球或硬质合金球），以规定的试验力压入试样表面，经保持规定时间后卸除试验力，然后用测量表面压痕直径来计算硬度，如图 1-4 所示。

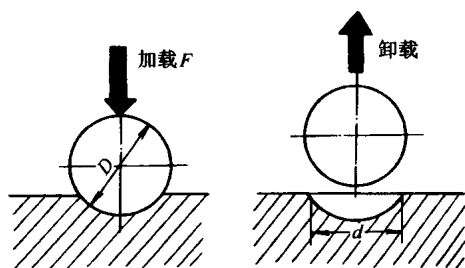


图 1-4 布氏硬度试验原理图

布氏硬度是用球面压痕单位面积上所承受的平均压力来表示，用符号 HBS (HBW) 来表示。布氏硬度值按下式计算

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