



全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

金属工艺实习

第二版

陈佩芳 主编

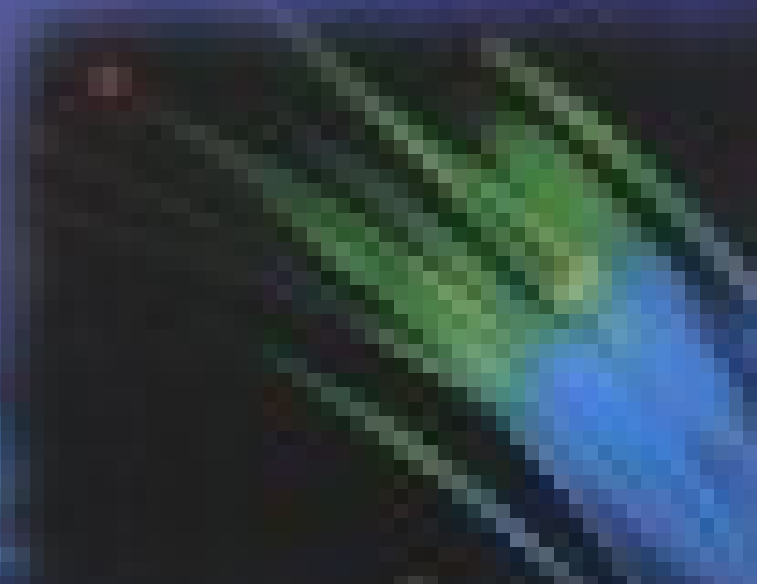
45

中国农业出版社

THE UNIVERSITY OF CHINA PRESS

THE UNIVERSITY OF CHINA PRESS

THE UNIVERSITY OF CHINA PRESS



THE UNIVERSITY OF CHINA PRESS

全国高等农业院校教材

金属工艺实习

第二版

陈佩芳 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

金属工艺实习/陈佩芳主编. - 2版. - 北京: 中国农业出版社, 1999.12

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-05940-5

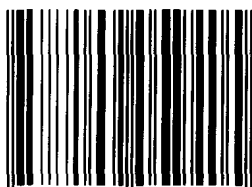
I. 金… II. 陈… III. 金属加工-工艺-实习-高等学校-教材 IV. TG1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1998) 第 60271 号

出版人 沈镇昭
责任编辑 段丽君
出版 中国农业出版社
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
发行 新华书店北京发行所
印刷 北京东光印刷厂
* * *
开本 787mm × 1092mm 16 开本
印张 11.5 字数 313 千字
版、印次 1990 年 10 月第 1 版
2000 年 5 月第 2 版北京第 1 次印刷
印数 1~3 000 册 定价 14.50 元

书号 ISBN 7-109-05940-5 / TG · 8

ISBN 7-109-05940-5



9 787109 059405 >

第二版说明

《金属工艺实习》出版以来，经各院校使用，普遍反映它是一本比较好用的教材，其内容和篇幅均比较适宜，因此这次修订在内容和体系上没有作更大的改动，修订的主要工作有以下几个方面：

1. 根据教学改革的要求，把原版《机械制造基础》讲课教材中的部分内容择编于本教材，并增编了“数控机床”等内容，使教材内容较原版稍有增加。
2. 增编了复习思考题和实习作业件，以引导学生较深入地掌握实习内容。
3. 更换了近 50 幅插图，文字叙述也更为精练，力图达到图文并茂。

参加本次修订编写工作的有中国农业大学陈佩芳、东北农业大学侯书林、西北农业大学侯介仁，中国农业大学赵建柱参加了数控机床的编写工作。陈佩芳任主编，侯书林任副主编，张政兴（中国农业大学）任主审。

编者

1998年6月

第一版前言

本书是根据1984年10月全国高等农业院校制订的《金工教学实习大纲》编写的，是《机械制造基础》的配套教材，供学生在实习时使用。

《金属工艺实习》内容的重点是介绍机械零件的各种成形和加工方法，常用设备和工具的工作原理、基本结构和操作方法，指导学生掌握基本操作技能、遵守安全操作技术规程，为《机械制造基础》和其它课程的学习提供必要的感性知识和实践基础。

为了充分利用实习工厂“看得见，摸得着”的有利条件，《金属工艺实习》还编入了和实习内容联系密切的部分内容。这部分内容可通过安排一学时的现场教学、实验或讨论课以及自学等方式来完成。

《金属工艺实习》由金属材料及热处理、铸造、锻压、焊接、金属切削加工基础知识、钳工、车工、铣工、刨工、钻工和磨工等11章组成。

由于编者水平所限，缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编者

1988年1月

第一版编审人员

主 编 张政兴 (北京农业工程大学)
副主编 房 武 (西北农业大学)
编 者 林伟业 (福建农学院)
江受训 (河南农业大学)
吴 忠 (东北农学院)
尹长贵 (北京农业工程大学)
黄 钦 (北京农业工程大学)
审稿者 龙如昌 (河北农业大学)
杨忠汉 (湖南农学院)
尚士友 (内蒙古农牧学院)
谭忠诚 (吉林农业大学)
魏亚璋 (浙江农业大学)
龙德根 (江西农业大学)
阳东升 (广西农学院)
刘光华 (华南农业大学)
肖树屏 (山西农业大学)

目 录

第一章 金属材料及热处理	1
第一节 金属的力学性能	1
一、强度	1
二、硬度	1
三、塑性	2
第二节 钢和铸铁的分类	2
一、钢的分类和编号	2
二、铸铁的分类和用途	4
第三节 钢的火花鉴别	4
一、碳素结构钢	5
二、碳素工具钢	5
三、高速钢	6
第四节 金属的热处理	6
一、退火	6
二、正火	6
三、淬火	6
四、回火	7
第二章 铸造	9
第一节 概述	9
一、铸型	9
二、砂型铸造工艺过程	10
第二节 型砂	14
一、型砂性能	14
二、影响型砂性能的主要因素	14
三、型砂的种类	15
第三节 造型方法	15
一、整模造型	15
二、分模造型	16
三、活块造型	16
四、挖砂、假箱造型	17
五、三箱造型	18
六、刮板造型	18
七、机器造型	19
第四节 造芯	20
一、芯砂	20

二、芯的加强与排气	21
三、造芯方法	21
第五节 铸铁的熔化	22
一、冲天炉的构造	23
二、冲天炉的炉料	24
三、冲天炉的操作过程	24
第六节 铸件的缺陷	25
第七节 流动性、收缩变形及铸造应力实验	28
一、合金的流动性测定	28
二、试样铸件的收缩变形和内应力	28
第三章 锻压	31
第一节 坯料的加热和锻件的冷却	31
一、加热的目的	31
二、加热时产生的缺陷及其防止方法	31
三、锻造温度范围的确定	32
四、加热方法和加热设备	33
五、锻件的冷却方法	34
第二节 自由锻造	34
一、空气锤	34
二、自由锻造基本工序	35
第三节 胎模锻造	37
一、胎模锻造的特点	37
二、胎模锻造的种类	37
三、胎模锻造的示例	38
第四节 模型锻造	39
第五节 板料冲压	40
一、冲床	40
二、冲压基本工序	41
三、冲模	42
第四章 焊接	44
第一节 手工电弧焊	44
一、焊接过程	44
二、焊接设备和工具	45
三、电焊条	47
四、基本操作与工艺	47
五、焊接规范	51
六、焊接缺陷和质量检验	52
第二节 电阻焊	53
一、种类	53
二、电阻焊的特点与应用	54
第三节 气焊	54

一、概述	54
二、气焊设备	55
三、气焊火焰	58
四、气焊工艺	59
五、焊丝、焊剂和气焊规范	60
第四节 氧气切割	62
一、气割过程和原理	62
二、氧气切割条件	63
三、氧气切割工艺	64
第五章 金属切削加工基础知识	66
第一节 金属切削加工的基本概念	66
一、切削加工及其分类	66
二、机械加工的主要方法及切削运动	66
三、切削用量	67
第二节 加工精度和表面粗糙度	68
一、加工精度	68
二、表面粗糙度	69
第三节 常用量具	69
一、钢板尺和卡钳	69
二、游标卡尺	69
三、百分尺	70
四、百分表	71
五、塞规和卡规	71
六、直角尺、刀口尺和塞尺	72
七、内径百分表	73
第六章 钳工	75
第一节 划线	75
一、划线的作用	75
二、划线工具	76
三、划线基准的选择	77
四、划线方法	78
五、划线规则	79
第二节 錾削	79
一、錾削工具	79
二、錾削方法	80
三、錾削规则	80
第三节 锯切	81
一、锯切工具	81
二、锯切方法	81
第四节 锉削	82
一、锉刀的种类和选用	82

二、锉削方法	82
三、锉削规则	84
第五节 攻丝和套扣	84
一、攻丝	84
二、套扣	86
第六节 刮削	87
一、刮削工具	87
二、刮削方法	88
第七节 装配简介	89
一、装配的概念	89
二、螺纹连接的装配	89
三、滚动轴承的装配	89
四、组件装配	90
钳工实习作业件举例	91
第七章 车工	93
第一节 普通车床	94
一、C618 车床的结构	94
二、C618 车床的传动系统	95
第二节 车刀	97
一、车刀的组成	97
二、车刀的几何角度	97
三、车刀的材料	99
四、车刀的类型	99
五、车刀的安装	101
第三节 工件的装夹和车床附件的应用	101
一、卡盘装夹工件	101
二、前、后顶尖装夹工件	101
三、三爪卡盘与后顶尖装夹工件	103
四、中心架与跟刀架的应用	103
五、心轴装夹工件	104
第四节 车床作业	105
一、车削要点	105
二、车外圆	107
三、车端面、切槽和切断	107
四、钻孔和镗孔	109
五、车圆锥面	110
六、车螺纹	111
七、车偏心工件	113
八、车成形表面和滚花	113
第五节 车刀角度及切削用量对车削过程和加工质量影响的实验	114
一、前角 γ_0 对切屑变形的影响	114
二、主偏角 κ_r 对加工精度的影响	115

三、进给量 f 和副偏角 κ' 对表面粗糙度的影响	115
四、切削速度对切削温度的影响	116
实习作业件举例	116
第八章 铣工	118
第一节 铣床	118
一、铣床的类型	118
二、铣削运动	119
三、铣床传动	120
第二节 铣床主要附件及工件、刀具的安装	123
一、铣床的主要附件	123
二、工件、铣刀的安装	125
第三节 铣床作业	126
一、铣平面	126
二、铣斜面	127
三、铣沟槽	128
四、铣成形表面	130
第四节 齿轮加工	131
一、仿形法铣渐开线直齿圆柱齿轮	131
二、仿形法铣螺旋齿轮	133
三、滚齿加工	134
四、插齿加工	135
第九章 刨工	138
第一节 牛头刨床及其作业	138
一、牛头刨床的结构	138
二、牛头刨床的调整	140
三、刨床作业	141
第二节 龙门刨床和插床	143
一、龙门刨床	143
二、插床	144
第十章 钻工	145
第一节 钻床	145
一、台式钻床	145
二、立式钻床	146
三、摇臂钻床	147
第二节 钻孔	147
一、麻花钻	147
二、群钻	149
三、钻削用量	149
四、钻头的装夹	149
五、钻孔方法	150
第三节 扩孔和铰孔	150

第四节 镗孔	151
第十一章 磨工	154
第一节 磨床及其作业	154
一、外圆磨削	154
二、内圆磨削	157
三、平面磨削	158
第二节 砂轮	159
一、砂轮的种类和选用	159
二、砂轮的安裝和修整	160
第十二章 数控机床加工	162
第一节 JIBNC320B 型微机数控车床加工	162
一、车床的组成	162
二、车床的工作原理	163
三、加工程序的编制	163
四、JIBNC320B 型微机数控车床的操作方法	165
第二节 DK7716 型微机数控线切割机床加工	167
一、DK7716 型微机数控线切割机床的组成	167
二、数控线切割机床的工作原理	168
三、加工程序的格式和编制方法	169
四、数控线切割机床的操作方法	170
主要参考文献	172

第一章 金属材料及热处理

第一节 金属的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料受外力作用时所表现的抵抗能力，如强度、硬度、塑性等。力学性能可以通过试验方法测定。

一、强 度

强度是金属材料在外力作用下，抵抗变形和破坏的能力。按照外力作用方式的不同，强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。工程上常用来表示金属材料强度的指标有屈服点和抗拉强度。

用金属材料的标准试样进行拉伸试验时，开始发生弹性变形，随后发生部分塑性变形，这时去除外力，试样便不能恢复原始长度，这种开始出现塑性变形的现象称为屈服，这时的应力，称为屈服点，用 σ_s 表示，它可用下式计算：

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F}$$

式中 P_s ——试样产生微量塑性变形时的最大外力 (N)；

F ——试样原横截面积 (mm^2)。

当试样出现塑性变形后继续拉伸至拉断时的最大应力称为抗拉强度，用 σ_b 表示，可按下式计算：

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F}$$

式中 P_b ——试样拉断前的最大外力 (N)；

F ——试样原横截面积 (mm^2)。

工程上，金属材料的屈服点和抗拉强度是设计和选材时的主要依据。

二、硬 度

硬度是金属材料抵抗比它更硬的物体压入其表面的能力。金属材料的硬度越高，其耐磨性越好。常用的硬度有布氏硬度和洛氏硬度。

(一) 布氏硬度 布氏硬度是在一定载荷下，将一定直径的硬质小球垂直压入被测金属材料表面时，压痕表面所承受的平均应力值，用 HBS (小球为淬火钢时) 或 HBW (小球为硬质合金时) 表示。如 300HBS 及 500HBW 等。

布氏硬度 HBS 只能测量硬度低于 450HBS 的材料，如有色金属、低碳钢和灰铸铁等。

(二) 洛氏硬度 洛氏硬度分 HRA、HRB、HRC 三种，分别用于不同的场合。常用的

是 HRC，它是用 1471.0N 的载荷，将顶角为 120° 的金刚石圆锥体压入金属材料表面时，压痕深度的数值。如果压痕的深度越小，则硬度越高。HRC 可测量硬度较高的金属材料，如淬火钢和白口铸铁等。测量范围为 20~67HRC。

HRC 和 HBS (W) 值可以通过硬度表进行换算。

由于硬度测量方法简便，尤其 HRC 的测定，压痕小，不损伤零件，更利于成品检验，因此，硬度常作为零件的技术参数。

三、塑 性

塑性是指金属材料在外力作用下，产生塑性变形而不断裂的能力，常用伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 表示。它们都用拉伸试验确定。

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad \psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中 L_0 ——试样原来的长度 (mm)；

L_1 ——试样拉断后的长度 (mm)；

F_0 ——试样原来的横截面积 (mm^2)；

F_1 ——试样拉断后的横截面积 (mm^2)。

伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 越大，材料塑性越好，反之塑性越差。钢和有色金属塑性较好，而铸铁塑性很差。塑性是金属材料进行锻压生产的重要依据，如钢可以进行锻打，而铸铁则不能。

各种金属材料的力学性能指标数值可以查阅有关手册。

第二节 钢和铸铁的分类

钢和铸铁是铁碳合金，含碳量小于 2.11% 的称为钢；大于 2.11% 的称为铸铁。工业上用高炉先将铁矿石冶炼成生铁，分为炼钢生铁和铸造生铁，均为含碳量大于 2.11% 的铁碳合金，再把炼钢生铁冶炼成钢并铸成钢坯，再把钢坯轧制成各种钢材或作铸钢使用；铸造生铁则作熔炼铸铁使用。与其它材料相比，钢和铸铁均具有较高的强度和硬度，而钢还具有较好的可塑性；通过铸造或锻压、焊接、切削加工和热处理等，制成机器零件或日用品。铁矿蕴藏量丰富，冶炼方法较简单，成本较低，因此钢和铸铁在工业、农业、国防及日常生活中得到广泛应用。

一、钢的分类和编号

(一) 钢的分类 钢的分类方法很多，常用的有以下三种。

1. 按化学成分分类 可分为碳素钢和合金钢两大类。

(1) 碳素钢：碳素钢是指含碳量小于 2.11% 的铁碳合金。但实际碳素钢中除含有铁和碳两种主要元素外，还含有锰、硅、硫、磷等杂质元素。其中锰和硅是炼钢时为脱氧而加入的有益元素，硫和磷是从炼钢原料中带入的有害杂质。

碳素钢按含碳量可分为：

低碳钢：含碳量小于 0.25%，其塑性好，多用于锻压成形和焊接，常用作冲压件（罩、壳、容器等）和受力不大的零件。

中碳钢：含碳量为 0.25% ~ 0.60%，其强度较高，而塑性稍差，经正火或调质处理后能获得较好的综合力学性能，常用于制造轴、齿轮和螺栓等重要结构零件。

高碳钢：含碳量为 > 0.60% ~ 1.4%，其强度、硬度高，弹性好，塑性差，经热处理后可获得较高的硬度和耐磨性，常用于制造弹簧、工具、刀具、模具及一些耐磨零件。

(2) 合金钢：为了提高钢的某些性能或获得某种特殊性能，炼钢时特意加入了某种或某几种元素，这样得到的钢称为合金钢。合金钢价格较高，常用于制造重要的机器零件或工具，以及对物理化学性能有特殊要求的零件。

2. 按用途分类 可分为三类：

(1) 结构钢：主要用于制造各种机器零件及工程结构。

(2) 工具钢：主要用于制造刀具、模具、量具及其它工具。

(3) 特殊性能钢：具有特殊的物理性能或化学性能的钢，主要有耐热钢、耐磨钢、不锈钢等。

3. 按质量分类 按钢中有害杂质硫、磷的含量，可分为普通质量钢（硫含量不大于 0.035% ~ 0.05%、磷含量不大于 0.035% ~ 0.045%）、优质钢（硫、磷含量均不大于 0.035%）、高级优质钢（硫、磷含量均不大于 0.025%）。

(二) 钢的编号 钢的种类很多，根据国家标准，我国的钢材编号采用国际化学元素符号、汉语拼音字母和阿拉伯数字相结合的方法，以表示其主要成分、主要性能或主要用途。下面介绍几种常用钢材的编号。

1. 普通碳素结构钢 这类钢均属于普通质量钢，它的牌号由代表屈服点的字母“Q”、屈服点数值、质量等级符号和脱氧方法符号等四部分按顺序组成。质量等级分为 A、B、C、D 四级，其中硫、磷含量 A 级最高而 D 级最低，如“Q235 - A · F”即表示屈服点为 235MPa 的 A 级沸腾钢。镇静钢不加字母，半镇静钢加字母“b”。

2. 优质碳素结构钢 这类钢的牌号用两位阿拉伯数字表示平均含碳量的万分率，如“45”即表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢。钢中含锰量较高（0.70% ~ 1.50%）时，则在数字后面加“Mn”。沸腾钢、半镇静钢以及专门用途的优质碳素结构钢，应在牌号中特别标出，如锅炉钢在牌号后部加“g”，压力容器钢加“R”，而焊条钢则在牌号头部加“H”。例如“50Mn”、“20g”、“08F”、“H08”等。

3. 碳素工具钢 这类钢头部用“T”表示，其后面的阿拉伯数字表示平均含碳量的千分率，钢中含锰量高时，后面加“Mn”，若为高级优质碳素工具钢，则在牌号尾部加“A”。例如“T10”、“T10A”等。

4. 合金结构钢 这类钢采用“两位数字 + 化学元素符号 + 数字”来表示。两位数字表示平均含碳量的万分率，元素符号后的数字表示该元素含量的百分率，若合金元素的平均含量 < 1.50%，则后面不加数字。若为高级优质结构钢，则在牌号尾部加“A”。例如“40Cr”、“60Si2MnA”等。

5. 合金工具钢 这类钢采用“数字（或无数字） + 化学元素符号 + 数字”来表示。头部数字表示钢中平均含碳量的千分率，若含碳量 $\geq 1.00\%$ 时，则不予标出，元素符号后

的数字含义与合金结构钢相同。例如“9SiCr”、“CrWMn”、“W6Mo5Cr4V2”（高速钢）等。

6. 特殊性能钢 这类钢的编号基本上与合金工具钢相同。

二、铸铁的分类和用途

铸铁是含碳量大于2.11%的铁碳合金，工业上所用铸铁的含碳量一般为2.5%~4.0%，硅、锰、硫、磷等杂质的含量较钢高。与钢相比，虽然铸铁的抗拉强度、塑性、韧性较差，但其具有优良的减震性、耐磨性、抗压强度和易铸造、易切削的性能，且价格便宜，所以在工业上得到广泛应用，尤其在汽车、拖拉机、机床等制造中占有重要地位。

根据碳元素在铸铁中存在形式的不同，铸铁通常可分为以下几种：

(一) 白口铸铁 白口铸铁中的碳几乎全部以化合物状态(Fe_3C)存在，其断口呈亮白色，硬度高，脆性大，很难进行切削加工，除制作一些耐磨件外，应用很少。

(二) 灰口铸铁 简称灰铸铁，其中的碳主要以片状石墨的形式存在，断口呈暗灰色，具有较高的抗压强度和一定的硬度，脆性大，耐磨性好，成本低，有良好的铸造性能和切削性能，在机械制造中应用非常广泛，如各种齿轮箱体、发动机汽缸体、机床床身、手轮、轴承座等大多用灰铸铁制造。

普通灰铸铁牌号以“HT”和三位数字组成，其中数字表示最低抗拉强度值。如“HT200”表示最低抗拉强度为200MPa的灰口铸铁。

(三) 可锻铸铁 可锻铸铁中的碳以团絮状石墨的形式存在，其断口呈黑绒状，它是由白口铸铁经退火获得的，与灰铸铁相比，具有较高的强度，较好的塑性和韧性，故被称为“可锻”铸铁，但实际并不可锻，用于制造形状复杂、承受冲击载荷的薄壁中小零件，如汽车、拖拉机的制动器，农机的犁刀以及管接头等。

可锻铸铁可分为黑心可锻铸铁、珠光体可锻铸铁和白心可锻铸铁，其牌号分别由“KTH”、“KTZ”、“KTB”和两组数字组成。前一组数字表示最低抗拉强度，后一组数字表示最低伸长率。如“KTH300-06”表示最低抗拉强度为300MPa和最低伸长率为6%的黑心可锻铸铁，“KTZ450-06”表示最低抗拉强度为450MPa和最低伸长率为6%的珠光体可锻铸铁。

(四) 球墨铸铁 球墨铸铁中的碳以球状石墨的形式存在，其断面呈银灰色，其强度可与钢相比，并有一定的塑性和韧性，耐热性、耐磨性和耐腐蚀性也好，而且兼有灰铸铁那样的铸造工艺性、切削加工性和吸震性等优点。可用于制造柴油机的曲轴、连杆、齿轮、凸轮轴等受力复杂、载荷较大的重要零件。

球墨铸铁的牌号由“QT”和两组数字组成，两组数字的含义与可锻铸铁相同。如“QT400-18”表示为抗拉强度不小于400MPa和伸长率不小于18%的球墨铸铁。

第三节 钢的火花鉴别

钢的火花鉴别，是根据钢在砂轮上磨出的火花形状和颜色，粗略地判断材料成分的一种方法。这种方法简单、迅速、实用。

采用这种方法要备有标准成分的钢材或火花图，最好在暗处进行，以便于比较。