

普通高等教育机电类专业规划教材

金工实习教程 (非机类专业)

孙文志 郭庆梁 主编



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

赠 电 子 课 件
教 师 免 费 下 载

普通高等教育机电类专业规划教材

金工实习教程

(非机类专业)

主 编 孙文志 郭庆梁

参 编 衣 娟 高晶晶

本书是根据普通高等院校非机类专业金工实习教学大纲，结合编者多年金工实习教学经验，优化结构，精心编写而成的。主要内容包

括金工实习动员、金工实习安全知识、钳工实习、铸工实习、焊工实习、普通机实习、数控加工实习及特种加工实习。

针对非机械类专业普遍不设置机械相关课程，并且金工实习时间相对较短的实际情况，本书主要体现了以下一些特点：

1. 坚持“少而精”的原则。
2. 全书内容深入浅出，在
3. 突出实践性、操作性，注重理论与实践的结合。
4. 本书以普通高等院校普遍开设、相对成熟的内容为主，适当引入数控加工、快速原型制造等先进制造技术。
5. 采用实物照片，力求做到图文并茂，突出石油

本书适合高等院校非机械类专业（如化工、轻工、纺织、食品、医药、材料、能源、环境、生物、电子、信息、管理等）的本科生、专科生、成人教育的师生和有关人员参考。

本书由辽宁石油化工大学孙文志、郭庆梁主编，衣娟、高晶晶参编。全书共分5章，第1章为金工实习动员，第2章为钳工实习，第3章为铸工实习，第4章为焊工实习，第5章为普通机实习。本书在编写过程中参考了有关教材和资料，在此表示感谢。



机械工业出版社

本书是根据国家教育部最新颁布的《高等工业学校金工实习教学基本要求》，在总结作者多年教学和工作经验的基础上，结合现代制造技术的应用，并针对高等工科院校非机械类专业金工实习时间相对较短的特点编写而成的。全书由金工实习基础知识、热加工工艺、冷加工工艺和先进制造技术等几部分组成，包括金工实习动员、金工实习基础知识、钳工实习、铸造实习、材料成形实习、焊接实习、普通机械加工实习、数控加工实习、特种加工实习共9章。

本书可作为高等工科院校非机械类专业金工实习教材，也可供有关工程技术人员参考。

本书配有电子课件，凡使用本书作教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网（<http://www.cmpedu.com>）下载，或发送电子邮件至 cmpgaozhi@sina.com 索取。咨询电话：010-88379375。

图书在版编目（CIP）数据

金工实习教程：非机类专业 / 孙文志，郭庆梁主编. —北京：机械工业出版社，2015.7

普通高等教育机电类专业规划教材
ISBN 978-7-111-50198-5

I. ①金… II. ①孙…②郭… III. ①金属加工 - 实习 - 高等学校 - 教材
IV. ①TG - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 097210 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：王英杰 责任编辑：王英杰 武 晋

版式设计：赵颖喆 责任校对：丁丽丽

封面设计：鞠 杨 责任印制：乔 宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2015年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.75 印张·363 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-50198-5

定价：32.00 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

服务咨询热线：010-88379833

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-88379649

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网：www.golden-book.com

前言

PREFACE

本书是根据《高等工业学校金工实习教学基本要求》，结合作者多年金工实习教学经验，经优化结构后整合而成的一本非机械类专业金工实习教材。全书共分9章，主要内容包括金工实习动员、金工实习基础知识、钳工实习、铸造实习、材料成形实习、焊接实习、普通机实习、数控加工实习及特种加工实习。

针对非机械类专业普遍不设置机械相关课程，并且金工实习时间相对较短的实际情况，本书主要体现了以下一些特点：

1. 坚持“少而精”的原则，做到内容充分、重点突出。
2. 全书内容深入浅出，在机械基础知识上力求讲解通俗、到位。
3. 突出实用性，每个工种设有实习示例及详细操作步骤，体现了知识性与趣味性的结合。
4. 本书以普通高等院校普遍开设、相对成熟的实习工种为主，删除了锻造、磨工等开设较少工种的内容，引入了数控加工、快速原型制造等先进制造技术。
5. 采用实例教学为主要编写方法，在热加工部分以化工容器的制作为主线，突出石油化工特色，为后续专业课的学习提供帮助。

本书适合高等院校非机械类专业2~4周金工实习教学使用，也可供高职高专院校、成人教育的师生和有关工程技术人员参考。

本书由辽宁石油化工大学孙文志、郭庆梁任主编。作者分工如下：第1、2、6章由辽宁石油化工大学衣娟编写；第3、7章由辽宁石油化工大学孙文志编写；第4、5章由辽宁石油化工大学高晶晶编写；第8、9章由辽宁石油化工大学郭庆梁编写。

编写过程中参考了大量有关教材和资料，在此对相关编著者深表感谢！

由于编者的学识、水平和经验有限，书中难免出现不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者



前言

第1章 金工实习动员 1

- 1.1 金工实习概述..... 1
 - 1.1.1 金工实习的性质 1
 - 1.1.2 金工实习的任务 1
 - 1.1.3 金工实习的内容 2
- 1.2 工程训练中心简介..... 2
- 1.3 安全教育..... 4
- 1.4 金工实习须知..... 5
 - 1.4.1 金工实习的管理制度 5
 - 1.4.2 金工实习的成绩考核 6

**第2章 金工实习基础
知识 7**

- 2.1 机械工程材料基础知识..... 7
 - 2.1.1 金属材料的性能 7
 - 2.1.2 常用机械工程材料 16
 - 2.1.3 钢的热处理 22
 - 2.1.4 典型零件的选材及热处理 32
- 2.2 机械制图基础知识 34
 - 2.2.1 图样的基本知识..... 34
 - 2.2.2 零件的表达方法..... 36
 - 2.2.3 公差和表面结构要求的识读 39
 - 2.2.4 零件图的识读 43
- 2.3 常用测量器具及其使用 45

第3章 钳工实习 50

- 3.1 钳工概述 50
- 3.2 钳工工作台和台虎钳 50
- 3.3 划线 51
 - 3.3.1 划线的作用和种类 52
 - 3.3.2 划线工具及其用法 52
 - 3.3.3 划线基准 55
 - 3.3.4 划线步骤与操作 55
- 3.4 锯削 56
 - 3.4.1 手锯 56

- 3.4.2 锯削操作 57
- 3.5 锉削 59
 - 3.5.1 锉刀 59
 - 3.5.2 锉削操作 60
 - 3.5.3 锉削的应用 62
- 3.6 铰削 63
 - 3.6.1 铰削工具及其使用 63
 - 3.6.2 铰削方法 64
- 3.7 攻螺纹和套螺纹 65
 - 3.7.1 攻螺纹工具 65
 - 3.7.2 套螺纹工具 65
 - 3.7.3 攻螺纹操作 66
 - 3.7.4 套螺纹操作 67
- 3.8 钻孔 68
 - 3.8.1 钻孔设备 68
 - 3.8.2 钻孔工具 69
 - 3.8.3 钻孔基本操作 71
- 3.9 钳工实习操作示例 72
 - 3.9.1 工艺小锤锤头的加工工艺过程 72
 - 3.9.2 钳工操作练习题 74

第4章 铸造实习 76

- 4.1 型砂的组成、性能及制备 77
 - 4.1.1 型砂的组成 77
 - 4.1.2 型砂的性能 77
 - 4.1.3 型砂的制备 78
- 4.2 铸型及铸造工艺 78
 - 4.2.1 铸型的组成及造型方法 78
 - 4.2.2 铸造工艺 79
- 4.3 手工造型工具及手工造型方法 80
 - 4.3.1 手工造型工具 80
 - 4.3.2 手工造型方法 81
 - 4.3.3 制芯 85
- 4.4 合型、熔炼、浇注和落砂 86
- 4.5 铸件的后处理及铸造缺陷 87



4.5.1 铸件的后处理	87
4.5.2 铸造缺陷及缺陷分析	88
4.6 铸造实习实例	89

第5章 材料成形实习 92

5.1 材料成形方法	92
5.2 放样与号料	92
5.2.1 放样	92
5.2.2 号料	102
5.3 材料成形设备	102
5.3.1 卷板机	103
5.3.2 剪板机	105
5.4 材料成形实习示例	107

第6章 焊接实习 110

6.1 焊接概述	110
6.1.1 焊接的定义	110
6.1.2 焊接方法分类及发展	110
6.1.3 焊接安全操作规程	111
6.2 焊条电弧焊	113
6.2.1 焊条电弧焊设备	113
6.2.2 焊条	113
6.2.3 焊条电弧焊工艺	114
6.2.4 焊条电弧焊操作要领	116
6.2.5 实习示例及操作要领	118
6.3 氩弧焊	119
6.3.1 氩弧焊的分类	119
6.3.2 氩弧焊操作要点	120
6.4 气焊与气割	120
6.4.1 气焊	120
6.4.2 气割	122

第7章 普通机械加工 实习 123

7.1 金属切削加工基础知识	123
7.1.1 切削运动和切削用量	124
7.1.2 金属切削机床	125
7.2 车工实习	128
7.2.1 车工安全操作规程	128

7.2.2 车削加工的工艺范围及 特点	129
7.2.3 CA6140 型卧式车床	130
7.2.4 车刀	134
7.2.5 刀具与工件的安装	137
7.2.6 车削加工基本操作方法 ...	141
7.2.7 车削实习示例	148
7.3 铣工实习	151
7.3.1 铣削加工工艺范围及 特点	151
7.3.2 铣床	151
7.3.3 铣刀	153
7.3.4 铣工基本操作方法	154
7.3.5 铣工实习示例	156
7.4 刨工实习	157
7.4.1 刨削加工工艺范围及 特点	157
7.4.2 刨床	157
7.4.3 刨刀	160
7.4.4 刨工实习示例	161

第8章 数控加工实习 163

8.1 数控加工的基础知识	163
8.1.1 数控加工的基本概念	163
8.1.2 数控机床	164
8.1.3 数控加工的坐标系	165
8.1.4 数控程序	167
8.2 数控车削实习	169
8.2.1 数控车削加工工艺	169
8.2.2 数控车床编程基本指令 ...	175
8.2.3 数控车床粗车复合循环 指令	181
8.2.4 车削螺纹数控编程	186
8.2.5 数控车削编程综合举例与 练习	187
8.2.6 数控车床安全操作规程 ...	191
8.3 数控铣削实习	192
8.3.1 数控铣削加工工艺	192
8.3.2 数控铣床编程指令	196

金工实习动员

1.1 金工实习概述

1.1.1 金工实习的性质

金工实习是工科专业学生的必修课，是使学生获得机械制造基本知识和技能的一项实践性教学环节，是高等工科院校学生必修的工程实践课程和综合性的工艺技术基础课程。它担负着全面提高学生的工程素质和工程实践能力，培养综合型、应用型和创新型现代工程技术人才的重要任务。另外，通过金工实习的操作技能训练，学生能得到较好的动手能力锻炼，为后续课程的学习打下良好的基础。

1.1.2 金工实习的任务

1) 建立对机械制造生产基本过程的感性认识，学习机械制造的基础工艺知识，了解机械制造生产的主要设备。在实习中，学生要学习机械制造的各種主要加工方法及其所用主要设备的基本结构、工作原理和操作方法，并正确使用各类工具、夹具、量具，熟悉各种加工方法、工艺技术、图样文件和安全技术，了解加工工艺过程和工程术语，使学生对工程问题从感性认识上升到理性认识。这些实践知识将为其以后学习有关专业技术基础课、专业课及毕业设计等打下良好的基础。

2) 培养实践动手能力，进行基本技能训练。通过直接参加生产实践，操作各种设备，使用各类工具，独立完成简单零件的加工制造全过程，可培养学生对简单零件的加工工艺分析能力、主要设备的操作能力和加工技能，初步掌握工科专业人才应具备的基础知识和基本技能。

3) 全面开展素质教育和创新能力培养，树立实践观念、劳动观念和团队协作观念，培养高质量人才。金工实习是在学校的工程训练中心进行的。实训现场不同于教室，它是生产、教学、科研三者结合的基地，教学内容丰富，实习环境多变，接触面宽广。这样一个特定的教学环境正是对学生进行思想作风教育的好场所。金工实习场地是校内的工业环境，学生在实习时置身于工业环境中，接受实习指导人员思想品德教育，培养工程技术人员应有的

全面素质。因此,金工实习是强化学生工程意识教育的良好教学手段。



1.1.3 金工实习的内容

金工实习是以机器零件加工全过程为主线,涉及多工种、多工艺的操作训练。目前开设的金工实习工种主要有铸造、压力成形、焊接、热处理、车工、铣工、刨工、钳工、数控加工以及特种加工等。

1.2 工程训练中心简介

工程训练中心是高校对学生开展金工实习及其他工程训练和创新实践活动的重要场所。一般工程训练中心具备的车间、实训室及其功能如下:

1. 车工车间(实训室)

车工车间的主要设备为车床。学生在车工车间主要进行车削加工实习。车削加工是指在车床上,利用工件的旋转运动和刀具的直线运动或曲线运动,去除毛坯表面多余金属,从而获得一定形状和尺寸、符合图样要求零件的过程。车削是最基本、最常见的切削加工方法,在生产中占有十分重要的地位。

通过车工实习,学生应掌握卧式车床的基本操作方法及中等复杂零件的车削加工工艺过程。车工车间实习的具体要求如下:

- 1) 了解卧式车床的结构、原理及基本操作方法。
- 2) 学会使用顶尖等工具装夹工件的方法。
- 3) 学会外圆车刀、车槽刀等常见车刀的选择与安装方法。
- 4) 掌握外圆面、端面及台阶面的加工方法。
- 5) 掌握车槽、切断及倒角加工方法。
- 6) 掌握在车床上钻中心孔及钻孔的方法。
- 7) 学会游标卡尺等常用车工量具的使用方法。

2. 铣工、刨工、磨工车间(实训室)

铣工、刨工、磨工车间的主要设备为铣床、刨床和磨床。学生在这里主要进行铣工、刨工、磨工实习。在铣床上用铣刀加工工件的工艺过程称为铣削。铣削时,铣刀做旋转的主运动,工件做缓慢的直线进给运动。铣床的加工范围很广,可以加工平面、斜面、垂直面、各种沟槽和成形面,还可以进行分度工作,有时孔的钻、镗加工也可在铣床上进行。在刨床上用刨刀对工件做水平直线往复切削运动的加工方法称为刨削。刨削适应性强,通用性好,能完成平板类、支架类、箱体类、机座、床身零件的各种表面、沟槽等的加工。在磨床上使用砂轮对工件表面进行的切削加工称为磨削,它的主要任务是完成对工件最后的精加工,获得较为光洁的表面。

铣工、刨工、磨工车间实习的具体要求如下:

- 1) 了解卧式铣床的结构、原理及基本操作方法。
- 2) 了解牛头刨床的结构、原理及基本操作方法。
- 3) 了解铣刀、刨刀的结构,学会常见铣刀、刨刀的使用与安装方法。
- 4) 掌握平面铣削和平面刨削的加工方法。

- 5) 了解矩形槽、V形槽与燕尾槽的铣削、刨削加工工艺与方法。
- 6) 完成锤头料的四个平面加工作业。
- 7) 了解常用铣床附件的结构、用途及其使用方法。
- 8) 了解外圆磨床和平面磨床的基本结构与操作。

3. 材料成形车间(实训室)

材料成形车间的主要设备是造型工具、加热炉、空气锤、剪板机、卷板机等。学生在这里主要进行铸造、板料冲压和铆工实习。把加热融化的金属液浇入铸型,从而获得零件毛坯的加工方法称为铸造。铸造实习的主要工作是砂型铸造的造型。将钢板在压力机、剪板机、卷板机等的作用下,实现剪切、变形等工作称为压力成形。而完成放样、号料、下料、成形、制作、矫正、安装等工作的工种则称为铆工。

材料成形车间实习的主要要求如下:

- 1) 认识铸造工具、附具及其使用方法。
- 2) 学会简单零件的砂型铸造操作方法。
- 3) 认识压力机、剪板机、卷板机的功能及基本操作方法。
- 4) 练习缓冲罐等实习工件毛坯在剪板机、卷板机上的下料操作。
- 5) 了解铆工的常用工具、设备和常见工作。
- 6) 练习简单图形的展开图绘制。

4. 焊车间(实训室)

焊车间的主要设备是电焊机、气瓶和其他焊接设备。学生主要进行焊条电弧焊、氩弧焊和气焊的操作训练。焊接是一种连接金属材料的工艺方法。焊接过程的实质是通过加热或加压,借助金属原子的结合与扩散作用使分离的金属材料永久连接起来。

焊车间实习的具体要求如下:

- 1) 了解焊接的概念和分类。
- 2) 了解焊条电弧焊的概念、特点和应用。
- 3) 了解焊接电弧的概念、产生条件和特征。
- 4) 了解电焊机的分类及型号的含义。
- 5) 了解焊条的分类、型号、组成和作用。
- 6) 掌握焊条电弧焊的焊接工艺、操作技术及操作要领。
- 7) 了解气焊的焊接工艺、操作技术及操作要领。
- 8) 了解氩弧焊的焊接工艺、操作技术及操作要领。
- 9) 学习焊工安全操作规程及注意事项。

5. 钳工车间(实训室)

钳工车间的设备主要有钻床、钳工工作台及各种钳工工具。钳工是手持工具来进行金属切削加工的方法,其基本操作有划线、錾削、锉削、锯削、钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹和套螺纹、铆接、矫正与弯形、刮削与研磨等。

钳工车间实习的具体要求如下:

- 1) 了解常用钳工工具的使用方法、钳工基本工艺及操作要领。
- 2) 掌握锯割方法及锯条的种类和选择,了解锯条损坏和折断的原因。
- 3) 掌握划线的概念、划线的基准如何选择、划线的作用和划线的基本步骤;学会常用

划线工具的正确使用方法,以及平面划线和简单零件的立体划线方法。

4) 掌握锉削的概念,锉刀的种类、规格和用途;学会锉刀的选择及操作;学会平面和曲面的锉削方法。

5) 掌握钻孔的基本知识及设备;了解麻花钻的几何形状和各部分的作用,以及钻床使用的安全操作规程;学会基本钻孔方法。

6) 了解丝锥、板牙的构造、规格和用途;学会攻螺纹和套螺纹的操作方法。

6. 先进制造技术车间(实训室)

先进制造技术车间的设备主要有数控机床、电火花加工机床和塑料注射成型机等。学生在先进制造技术车间主要完成数控加工实习和特种加工实习。数控加工是指采用数字信息对零件加工过程进行定义,并控制机床进行自动运行的一种自动化加工方法。数控加工具有复杂形状加工能力,其设备具有高质量、高效率、高柔性的优点,并且能够减轻工人劳动强度,有利于生产管理。特种加工实习主要有电火花成形、电火花线切割、塑料注射成型等。

先进制造技术车间实习的具体要求如下:

- 1) 学会中等复杂零件的数控加工工艺分析。
- 2) 学会用复合循环指令车削外圆的方法。
- 3) 学会简单零件的数控铣削加工方法。
- 4) 学会数控铣削简化编程方法。
- 5) 了解加工中心的加工操作。
- 6) 了解电火花成形的特点与应用。
- 7) 了解电火花线切割的适用范围与操作方法。
- 8) 了解塑料注射成型的步骤与方法。

1.3 安全教育

金工实习是学生接受高等教育阶段进行的一次直接上手操作的实践教学,实习内容又是具有高度危险性的机械加工工作,因此全体参与实习的师生一定要时刻树立“安全第一”的思想意识,要做到警钟长鸣。实习安全包括人身安全、设备安全和环境安全,其中最重要的是人身安全。

1) 实习开始前,要认真研读每个工种的安全操作规范并严格遵守。实习中,要做到专心听讲,仔细观察,做好笔记,要独立操作机床设备。

2) 严格执行安全制度,进入车间前必须穿好规定的工作服装。女生戴好工作帽,将长发放入帽内,不得穿高跟鞋、凉鞋。

3) 遵守设备操作规程,未经教师允许不得随意乱动车间设备,更不准乱动开关和按钮。

4) 实习时不打闹,不串车间,不随地而坐,不擅离工作岗位。机床设备等工作过程中,不得无人看守。

5) 操作机床时不准戴手套,严禁身体、衣袖与转动部位接触,必要时佩戴防护镜;机床工作时,严禁使用抹布擦拭机床。

6) 焊工实习时,不得在无防护下直视强光;搬动工件材料前,要试验温度,防止烫

伤；严禁触动电焊机接入电源，电焊场地要保持干燥，防止触电；焊接操作前，要清理周围可燃物，防止火灾发生。

7) 钳工实习时，工具、工件等要放置稳妥，防止掉落砸脚；要使用刷子清理切屑，切勿嘴吹，防止切屑入眼。

8) 实习结束及上、下班时认真清点工具、夹具、量具，做好保养、保管。

9) 每天下班后擦拭机床，清洁整理工具、工件，打扫工作场地，保持环境卫生。

10) 爱护劳动保护用品，实习结束时应将护目镜、手套等交还。

1.4 金工实习须知



1.4.1 金工实习的管理制度

1) 实习期间，由指导老师对学生进行考勤并记入实习指导手册。未按规定请假的学生一律记为旷课，按学校相关规定处理。

2) 在实习过程中，学生因病不适合参加某工种实习，经学生所在系和金工实习负责人认定，可以作病假处理。因病假所缺的实习时数，需要按教学计划补足。

3) 严格控制事假。如遇急事需要请事假者，必须提前按规定办理批准手续。因事假所缺的实习时数，需要按教学计划补足。

4) 实习学生因文艺演出、体育比赛等活动需要请公假的，需出具二级学院提供的公假单（加盖公章）。因公假所缺的实习时数也要补足。

5) 实习学生在实习期间除了上述的病假、事假、公假之外，其他情况一律视为旷课，旷课一天以上者，取消实习资格，成绩以零分计。

6) 实习期间不得进行娱乐活动，如发现实习时听收音机、MP3，玩手机，或者看与实习无关的杂志书籍者，指导教师有义务进行批评教育。如学生接受批评，可继续实习；如不接受批评，指导教师有权停止其实习。工程训练中心全范围内严禁吸烟，一经发现实习按零分计。

7) 进入实习场地，必须穿好规定的工作服和鞋，戴好防护镜和工作帽。如发现穿裙子、短裤、背心、拖鞋、高跟鞋和露长发者进入实习场地，应停止其参加实习。

8) 因学生个人原因发生设备事故及人身伤害事故，责任人实习操作成绩以零分计。

9) 严格遵守劳动纪律，每人只能在指定的设备或岗位上操作，不得串岗、串位或代人操作，也不得擅自离开实习场所。

10) 不得迟到、早退。对迟到、早退者，除批评教育外，在评定实习成绩时要酌情扣分。

11) 学生实习期间一般不准会客，如遇特殊情况，15min 内可向实习指导教师请假，超过 15min 按事假处理。

12) 凡不做实习报告或未按要求完成的，不予评定实习总成绩。故意损坏公物者，除照价赔偿外，还要通报学生所在院、系。



1.4.2 金工实习的成绩考核

金工实习的成绩考核方法及标准见表 1-1。

表 1-1 金工实习的成绩考核方法及标准

项 目	工种实习成绩	实习报告	实习纪律	总 成 绩
占比	60%	20%	20%	100%
成绩评定标准	优秀	各工种成绩优秀，实习报告完整、工整，遵守实习纪律		
	良好	各工种成绩优秀或良好，实习报告较完整、工整，遵守实习纪律		
	中等	各工种成绩良好或中等，实习报告完整，遵守实习纪律		
	及格	各工种成绩中等或及格，实习报告较完整，遵守实习纪律		
	不及格	各工种成绩有一个不及格，或者实习报告不完整，或者不遵守实习纪律		

2.1 机械工程材料基础知识

2.1.1 金属材料的性能

1. 概述

在生产生活中,人们大量地使用金属材料,主要是因为它具备的一些优良性能能够满足人们的使用要求,如结实耐用、导电、导热和具有美丽的光泽等。其中,在机械工程领域,人们最看重的是金属材料具有优良的力学性能。金属材料的力学性能,是指金属材料在外力作用时表现出来的性能,包括强度、塑性、硬度、韧性及疲劳强度等。

金属材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷。根据作用性质的不同,载荷可分为静载荷和动载荷。

- (1) 静载荷 指大小不变或变化很慢的载荷。
- (2) 动载荷 指大小随时间而不断改变的载荷。动载荷又可分为冲击载荷和循环载荷。
 - ① 冲击载荷 指在很短的时间内突然变化的动载荷。
 - ② 循环载荷 指随时间做周期性变化的动载荷,也称交变载荷。

根据载荷的作用形式不同,又可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷等,如图2-1所示。

金属材料受不同载荷作用而发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。

- (1) 弹性变形 指撤除载荷以后可以完全恢复的变形。
- (2) 塑性变形 指撤除载荷以后不能恢复的永久性变形。

金属受外力作用后,为保持其不变形,在材料内部作用着与外力相对抗的力,称为内力。单位面积上的内力称为应力。金属受拉伸载荷或压缩载荷作用时,其横截面积上的应力 σ 按下式计算^①

① 金属材料力学性能新符号见国标 GB/T 228—2002。由于新旧标准符号许多不对应,全面贯彻新标准目前还不具备,故本书仍沿用旧标准符号,请读者注意。

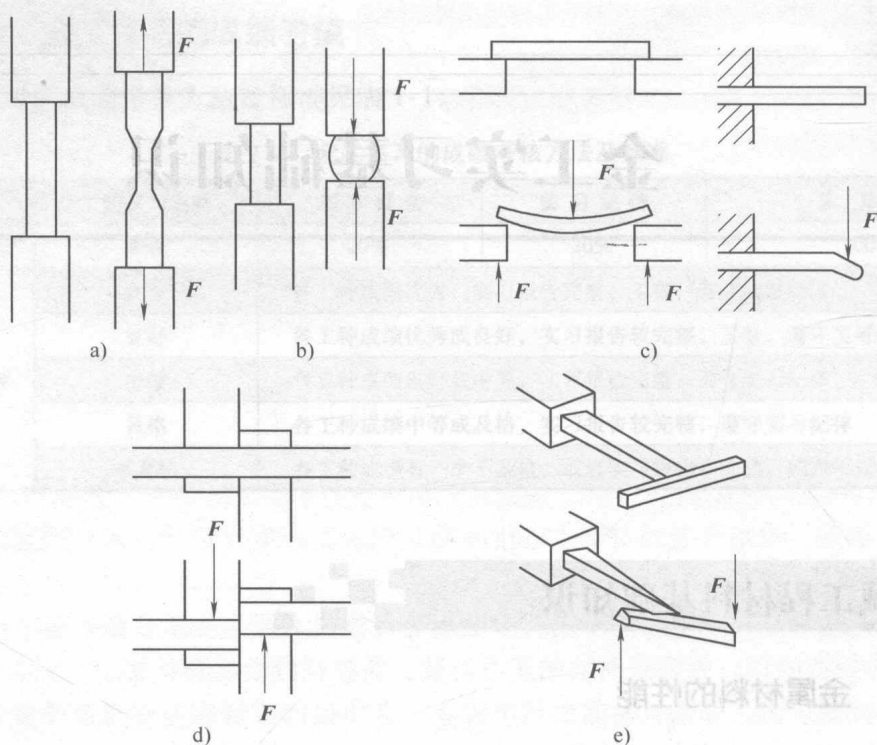


图 2-1 载荷的作用形式及零件的变形形式

a) 拉伸载荷 b) 压缩载荷 c) 弯曲载荷 d) 剪切载荷 e) 扭转载荷

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

式中 F ——外力 (N);

A ——横截面积 (m^2);

σ ——应力 (Pa)。1Pa = 1N/ m^2 ; 当面积单位为 mm^2 时, 则应力可用 MPa (兆帕) 为单位, 其换算关系为 1MPa = 1N/ mm^2 = 10^6 Pa。

2. 强度

金属材料在静载荷作用下, 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。根据载荷作用形式不同, 强度可以分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度。一般情况下, 多以抗拉强度作为衡量金属强度大小的性能指标。抗拉强度要通过金属材料的拉伸试验来测定。

(1) 拉伸试验 按国家标准规定的尺寸制作标准拉伸试样, 拉伸试样一般为圆柱形, 如图 2-2 所示。图中 d_0 为试样直径, 一般取 $d_0 = 10\text{mm}$; l_0 为标距长度。标准试样有长试样 ($l_0 = 10d_0$) 和短试样 ($l_0 = 5d_0$) 两种。

在拉伸试验机上缓慢地对试样进行拉伸, 使试样承受轴向拉力 F , 并引起试样沿轴向伸长 Δl ($\Delta l = l - l_0$), 直至试样断裂。在试验中同时连续测量拉力和相应的伸长量, 根据测得的数据即可得到拉力 F 和相应伸长变形 Δl 的关系曲线, 该曲线图称为拉伸曲线图。图 2-3 所示为低碳钢的拉伸曲线。

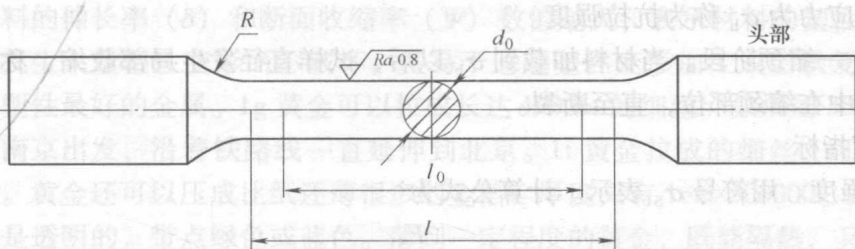


图 2-2 拉伸试样

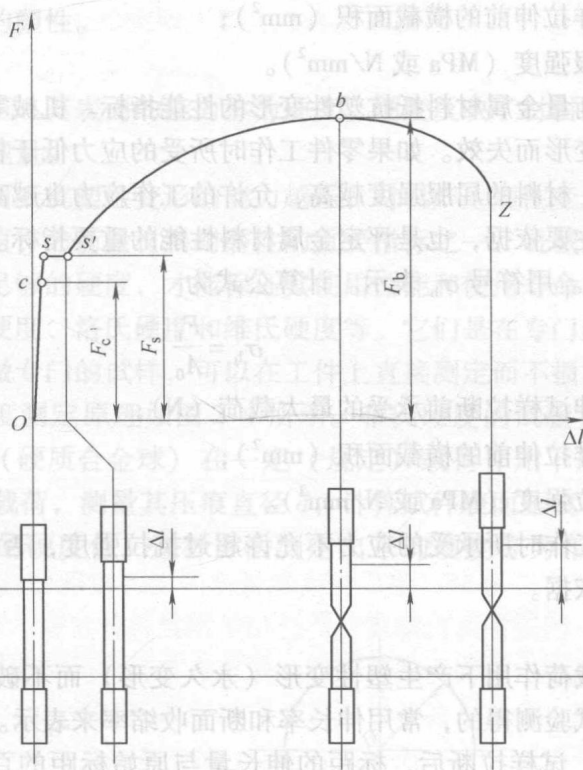


图 2-3 低碳钢的拉伸曲线

通过观察可以发现，低碳钢的拉伸曲线包括以下几个阶段：

Oc 阶段——弹性变形阶段。此时发生的是弹性变形，撤除拉力后，变形可以完全恢复。

cs 阶段——微量塑性变形阶段。此时试样发生了少量塑性变形，但变形还是以弹性变形为主。

ss' 阶段——屈服阶段。这种在应力不增加或略有减小的情况下，试样还继续伸长的现象称为屈服现象。 F_s 为屈服阶段对试样施加的拉力，此时试样内部对应产生的应力为 σ_s 称为屈服强度。零件发生塑性变形，意味着零件丧失了对尺寸和公差的控制，因此工程上常根据 σ_s 确定材料的许用应力。

s'b 阶段——大量塑性变形阶段。继续增大拉力，试样开始发生明显的塑性变形。随着塑性变形的加大，材料的变形抗力也显著增加，这种现象称为冷变形强化或冷作硬化。生产上，常利用材料的这一特性来增加材料的承载能力。 F_b 为试样能够承受的最大拉力，其对

应的产生的内应力为 σ_b 称为抗拉强度。

bZ 阶段——缩颈阶段。当材料加载到 σ_b 以后, 试样直径发生局部收缩, 称为缩颈。此时变形主要集中在缩颈部位, 直至断裂。

(2) 强度指标

1) 屈服强度。用符号 σ_s 表示。计算公式为

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

式中 F_s ——拉伸试样产生屈服现象时承受的载荷 (N);

A_0 ——试样拉伸前的横截面积 (mm^2);

σ_s ——屈服强度 (MPa 或 N/mm^2)。

屈服强度是衡量金属材料抵抗塑性变形的性能指标。机械零件在工作时如受力过大, 则会因过量的塑性变形而失效。如果零件工作时所受的应力低于材料的屈服强度, 则不会产生过量的塑性变形。材料的屈服强度越高, 允许的工作应力也越高。因此, 材料的屈服强度是机械零件设计的主要依据, 也是评定金属材料性能的重要指标。

2) 抗拉强度。用符号 σ_b 表示。计算公式为

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

式中 F_b ——拉伸试样拉断前承受的最大载荷 (N);

A_0 ——试样拉伸前的横截面积 (mm^2);

σ_b ——抗拉强度 (MPa 或 N/mm^2)。

机械零件在工作时所承受的应力不允许超过抗拉强度, 否则将会断裂。 σ_b 也是机械设计及选材的重要依据。

3. 塑性

金属材料在载荷作用下产生塑性变形 (永久变形) 而不破坏的能力称为塑性。塑性指标也是通过拉伸试验测得的, 常用伸长率和断面收缩率来表示。

(1) 伸长率 试样拉断后, 标距的伸长量与原始标距的百分比称为伸长率, 用符号 δ 表示。其计算公式为

$$\delta = \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \times 100\%$$

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)。

(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, 其计算公式为

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

式中 Ψ ——断面收缩率 (%);

A_1 ——试样拉断后缩颈处的横截面积 (mm^2);

A_0 ——试样的原始横截面积 (mm^2)。