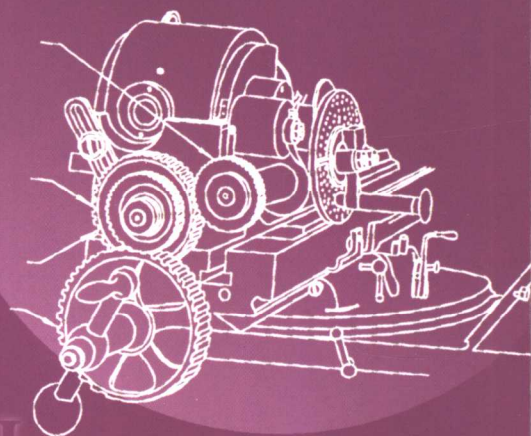


//
高等学校通用教材

制造技术实习

张兴华 主编



ZHIZAO JISHU SHIXI



北京航空航天大学出版社

高等学校通用教材

制造技术实习

张兴华 主编



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是在北京航空航天大学金工实习多年来的教学经验及《金工实习》讲义的基础上,根据国家教委“高等工业学校金工实习教学基本要求”和新颁布的国家有关标准,吸取兄弟院校的教学改革成果和教学经验,充分考虑到现代机械制造业的发展状况,结合高等学校机械制造实习的实际需要而编写的工程训练系列教材之一。

全书共 14 章,主要包括机械制造基本知识、铸造、锻压、焊接、车削、铣削、磨削、钳工、数控基础、数控车、数控铣、特种加工和塑料加工等。考虑到航空航天制造技术的需要,根据航空航天零部件生产特点,增加了齿轮加工、拉削、镗削、三坐标测量和数控冲床等内容。各章后均有思考练习题,以便于自学。

本教材可用于高等工科大学机械类及近机械类院系的实习教学,也可作为高职、中专师生及工程技术人员的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

制造技术实习 / 张兴华等编著. — 北京:北京航空航天大学出版社, 2005. 3

ISBN 7-81077-642-8

I. 制… II. 张… III. 机械制造工艺—实习
IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 018719 号

制造技术实习

张兴华 主编

责任编辑 蔡 喆

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

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

E-mail: bhpess@263.net

北京市时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:18.75 字数:420 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-642-8 定价:25.00 元

前言

本书是根据国家教委“高等工业学校金工实习教学基本要求”和新颁布的国家有关标准,吸取兄弟院校的教学改革成果和教学经验,充分考虑到现代机械制造工业的发展状况,结合高等学校机械制造实习的需要,在北京航空航天大学 2000 版《金工实习》讲义的基础上修订而成,是工程训练系列教材之一。

本教材具有如下特点:

(1) 充分考虑到机械制造工业的发展状况,适当减少了传统加工内容,大幅度增加了先进制造技术和非金属加工的内容,其中数控加工、特种加工、塑料加工的内容约占总篇幅的 30 %。

(2) 适当增加了环境保护、航空航天零部件生产特点等内容,注重对学生知识、能力和素质的综合培养。

(3) 与后续课程“工程材料”、“加工工艺学”、“综合创新训练”紧密配合,突出了学生在创新训练过程中经常遇到的难点和重点等内容。

(4) 本教材配有思考练习题,而实习报告和考试题库,教学大纲、教案、各工种教学录像和动画素材库等均已放在北京航空航天大学校园网上,以利于学生自学和网上学习。

(5) 在“数控铣、数控车和特种加工”章节中增加了实例讲解,以便于学生课前预习及编写程序,尽量增加学生在实习教学中的动手操作时间。

(6) 考虑到不同专业学生的实习时间和实习侧重点不同,凡在书中标注了“*”的章节,可根据实际需要进行取舍。

本教材由北京航空航天大学工程训练中心组织编写,张兴华任主编。参加本次教材编写的人员有李运华和于维平(第 1 章部分内容)、王秋红(第 5 章)、解兆宏、刘雅静和赵雷(第 10 章部分内容)、孙英蛟(第 11 章)、王凤霞(第 12 章线切割部分),其余各章由张兴华编写。

在本书编写过程中,得到了范悦、靳永卫、杜林坡、赵志华、李泽军、杨浩、刘乃光、孔克平、杜跃和、刘哲、郝继峰、纪铁铃、杨俊海、张宝江、王金来、尚金英、龙祥、陈乐光等人的很多帮助。崔贤金、路建军、高杰等在本书的插图绘制方面做了很多工作。全书插图由张兴华整理。

本书由中国农业大学张政兴教授审稿。他对本书提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中的错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2005 年 1 月

目 录

第 1 章 机械制造基础知识

1.1 机械制造概述	1
1.2 零件机械加工质量	4
1.2.1 尺寸精度	5
1.2.2 表面粗糙度	6
1.2.3 形状和位置精度	6
1.3 切削加工基础知识	7
1.3.1 概 述	7
1.3.2 机械加工的切削运动	8
1.3.3 刀具材料	9
1.4 常用量具	11
1.4.1 游标卡尺	11
1.4.2 百分尺	12
1.4.3 百分表	14
1.4.4 内径百分表	15
1.4.5 塞 尺	16
1.4.6 刀口尺	16
1.4.7 直角尺	17
1.5 常用工程材料简介	17
1.5.1 金属材料的主要力学性能	17
1.5.2 常用机械工程材料	19
1.6 钢的热处理及表面处理	21
1.6.1 热处理的工艺过程	21
1.6.2 热处理设备	22
1.6.3 常用热处理方法	22
1.6.4 零件表面处理	23
1.7 环境保护与安全生产	24
1.7.1 机械制造过程中的环境保护问题	24

1.7.2 安全生产	25
1.8 航空航天零部件的生产特点	25
思考练习题	26

第2章 铸 造

2.1 概 论	28
2.2 砂型铸造	29
2.2.1 造型材料	29
2.2.2 铸型组成	31
2.2.3 造型中的工艺问题	31
2.2.4 手工造型	34
2.2.5 机器造型	38
2.3 合金的熔炼和浇注	39
2.4 铸件清理和常见缺陷分析	40
2.5 特种铸造方法	41
2.5.1 压力铸造	41
2.5.2 消失模铸造	42
2.5.3 金属型铸造	43
2.5.4 离心铸造	44
2.5.5 熔模铸造	44
思考练习题	45

第3章 锻造和冲压

3.1 概 述	47
3.2 锻件加热与冷却	48
3.2.1 锻造温度范围	48
3.2.2 加热缺陷及其预防方法	48
3.2.3 加热设备	49
3.2.4 锻件的冷却	50
3.3 自由锻	50
3.3.1 自由锻设备	50
3.3.2 自由锻基本工序	51
3.3.3 自由锻的常用工具	53
3.4 模型锻造	54

3.4.1 胎模锻·····	54
3.4.2 锤上模锻和压力机上模锻·····	55
3.5 冲 压·····	56
3.5.1 概 述·····	56
3.5.2 冲压设备·····	56
3.5.3 冲 模·····	57
3.5.4 冲压生产主要工序·····	59
3.5.5 数控冲压简介·····	60
3.6 其他锻压技术·····	61
思考练习题 ·····	62

第4章 焊 接

4.1 概 述·····	64
4.2 手工电弧焊·····	65
4.3 焊接质量·····	71
4.4 其他焊接方法 ·····	73
4.4.1 气焊及气割·····	73
4.4.2 埋弧焊·····	76
4.4.3 气体保护焊·····	77
4.4.4 电阻焊·····	78
4.4.5 钎 焊·····	79
思考练习题 ·····	79

第5章 车 工

5.1 概 述·····	81
5.2 车 床·····	81
5.2.1 普通车床型号·····	81
5.2.2 普通车床的组成·····	82
5.2.3 普通车床的传动路线·····	83
5.2.4 车床的安全操作要点·····	83
5.2.5 车床操作准备·····	85
5.3 车 刀·····	85
5.3.1 车刀的种类和结构类型·····	85
5.3.2 车刀切削部分组成·····	86

5.3.3 车刀的几何角度	87
5.3.4 车刀的刃磨与安装	89
5.4 车削加工基础	90
5.4.1 车削用量的选择	90
5.4.2 车削的正确步骤	91
5.4.3 试切的作用和方法	91
5.4.4 刻度盘的正确使用	93
5.4.5 粗车和精车	93
5.4.6 切削液的选择和应用	94
5.4.7 机床附件及工件装夹	94
5.5 车削加工方法	99
5.5.1 车端面	99
5.5.2 车外圆及台阶	100
5.5.3 切槽与切断	101
5.5.4 车圆锥	102
5.5.5 螺纹车削	105
5.5.6 孔加工	106
5.5.7 其他车削加工	109
5.6 典型零件车削工艺简介	111
5.6.1 制定零件加工工艺的要求	111
5.6.2 典型零件车削加工实例	111
思考练习题	117

第6章 铣 工

6.1 概 述	120
6.2 铣床及主要附件	121
6.2.1 万能卧式铣床	121
6.2.2 立式铣床	122
6.2.3 铣床附件及其使用和工件安装	122
6.3 铣 刀	127
6.3.1 带孔铣刀及安装	127
6.3.2 带柄铣刀及安装	128
6.4 铣削加工	129
6.4.1 铣削用量	129

6.4.2 顺铣和逆铣	131
6.4.3 铣平面	133
6.4.4 铣沟槽	135
6.4.5 其他铣削加工	137
6.4.6 典型铣削工件	138
6.5 齿形加工	141
思考练习题	144

第7章 磨 工

7.1 概 述	146
7.2 磨 床	147
7.3 砂 轮	150
7.4 磨削加工	154
7.4.1 磨削运动	154
7.4.2 磨外圆	155
7.4.3 磨内孔	157
7.4.4 磨圆锥面	158
7.4.5 磨平面	159
思考练习题	160

第8章 钳 工

8.1 概 述	161
8.2 划 线	162
8.2.1 划线概念	162
8.2.2 划线工具	163
8.2.3 划线基准及其选择	165
8.2.4 划线步骤和示例	167
8.3 锯 削	168
8.3.1 锯削工具	168
8.3.2 锯削方法和示例	170
8.4 锉 削	171
8.4.1 锉 刀	172
8.4.2 锉削方法和示例	175
8.4.3 锉削质量分析	177

8.5 孔加工	177
8.5.1 钻床种类和用途	177
8.5.2 孔加工	178
8.6 攻丝和套丝	183
8.6.1 攻 丝	183
8.6.2 套 丝	184
8.7 刮 削	186
8.8 研 磨	188
8.9 装 配	190
8.9.1 装配基础知识	190
8.9.2 装配工艺	190
8.9.3 常见零件的装配	191
8.10 典型工件	193
思考练习题	197

第9章 数控加工基础

9.1 概 论	200
9.1.1 数控机床的组成	200
9.1.2 数控加工的特点	200
9.1.3 数控机床的分类	201
9.1.4 数控机床的结构特点	201
9.2 数控机床控制原理	202
9.2.1 数控系统插补原理	202
9.2.2 刀具半径补偿	203
9.3 数控机床的伺服系统和测量系统	203
9.3.1 伺服系统	203
9.3.2 位置检测装置	203
9.4 数控机床程序编制中的工艺处理	206
9.5 数控加工的程序编制	206
9.5.1 数控机床的坐标系	206
9.5.2 常用指令的含义	209
9.5.3 手工编程	212
思考练习题	214

第 10 章 数控铣

10.1 数控铣床简介	216
10.2 数控加工工序的设计	217
10.2.1 确定走刀路线和安排工步顺序	217
10.2.2 确定对刀点与换刀点	218
10.2.3 切削用量的确定	219
10.3 数控铣编程	219
10.3.1 数控铣加工工艺过程	219
10.3.2 常用指令介绍	219
10.3.3 编程举例 1	220
10.3.4 编程举例 2	221
10.4 数控铣加工操作	222
10.5 加工实例	223
10.5.1 在平面上铣图案	223
10.5.2 有刀具半径补偿的平面轮廓加工	225
10.5.3 平面区域加工	227
10.6 加工中心和三坐标测量机简介	229
思考练习题	230

第 11 章 数控车

11.1 数控车床简介	232
11.2 数控车加工工艺	233
11.2.1 零件图工艺分析	233
11.2.2 工序和装夹方式的确定	234
11.2.3 加工顺序的确定	235
11.2.4 刀具进给路线	235
11.2.5 数控车刀具和切削用量的选用	236
11.3 数控车编程	237
11.3.1 编程特点	237
11.3.2 设置参考点和建立工件坐标系	237
11.4 数控车加工操作	238
11.4.1 操作面板	238
11.4.2 MDI 控制面板	239

11.4.3 操作要点	240
11.5 加工实例	240
11.5.1 轴类零件	240
11.5.2 轴套类零件数控车削加工	242
思考练习题	244

第12章 特种加工

12.1 特种加工概述	246
12.2 电火花加工	247
12.2.1 电火花加工原理和加工特点	247
12.2.2 电火花成形加工工艺	249
12.2.3 电火花成形加工机床	250
12.2.4 电火花加工操作	251
12.2.5 加工实例	252
12.3 线切割加工	252
12.3.1 概 述	252
12.3.2 电火花线切割工艺	254
12.3.3 线切割加工机床	254
12.3.4 数控线切割编程	256
12.3.5 自动编程	256
12.3.6 偏移补偿值的计算	258
12.3.7 数控线切割机床操作与加工	259
12.3.8 加工实例	260
12.4 激光刻绘加工	262
12.4.1 概 述	262
12.4.2 CLS-2000 激光雕刻机	262
12.4.3 加工准备	264
12.4.4 操作与加工	264
12.4.5 激光雕刻加工实例	266
12.5 快速成形制造	266
思考练习题	267

第13章 其他切削加工方法及设备

13.1 其他车床	268
-----------	-----

13.2 刨削类机床.....	269
13.3 拉削加工.....	272
13.4 镗孔加工.....	273
思考练习题.....	274

第 14 章 塑料成形加工

14.1 概 述.....	275
14.2 塑料注射成形工艺.....	275
14.2.1 注射成形工艺过程.....	275
14.2.2 注射成形的前后处理.....	276
14.3 注塑模具.....	277
14.4 注塑机及操作.....	278
14.4.1 TTI-90F 注塑机结构	278
14.4.2 技术参数.....	278
14.4.3 操作步骤.....	279
14.4.4 注意事项.....	279
14.5 其他塑料加工成形方法.....	280
14.5.1 塑料的吹塑成形.....	280
14.5.2 塑料板材的真空成形.....	281
思考练习题.....	282

参考文献

第1章 机械制造基础知识

1.1 机械制造概述

机械制造是各种机械(如机床、工具、仪器、仪表等)制造过程的总称。它是一个将制造资源,如物料、能源、设备、工具、资金、技术、信息和人力等,通过制造系统转变为可供人们使用或利用的产品的过程。

1. 机械制造业在国民经济和社会发展中的作用

国民经济中的任何行业的发展,必须依靠机械制造业的支持并提供装备;在国民经济生产力的构成中,制造技术约占60%~70%。当今制造科学、信息科学、材料科学和生物科学这四大支柱科学相互依存,但后三种科学必须依靠制造科学才能形成产业和创造社会物质财富。而制造科学的发展也必须依靠信息、材料和生物科学的发展。因此,机械制造业是其他高新技术实现工业价值的最佳集合点。

机械制造业能否以适用的先进技术去装备国民经济各部门,将直接影响国民经济的发展,进而影响整个国家的经济振兴。我国建国半个多世纪以来,国民经济的每一次发展都与机械工业分不开。20世纪50年代,我国自行制造了汽车、拖拉机、飞机;60年代制造了原子能设备、12 000 t 水压机、125 000 kW 火力发电设备以及精密机床等;70年代发展了我国的大型成套设备,如年产300 000 t 合成氨设备、年处理2 500 000 t 炼油设备、50 000 t 远洋油轮,以及后来发展的核发电系统、航天事业中的机械装备和制造技术、葛洲坝大型水轮发电机等。

21世纪的先进制造技术已是当代国际间科技竞争的重要方面,我国已将先进制造技术列为国家重点发展领域。

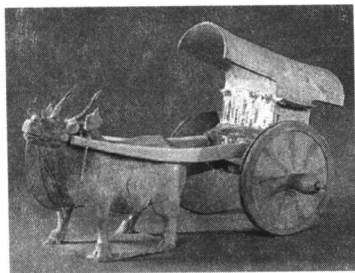
2. 机械制造发展史

我国早在4 000年前就开始使用铜合金,商周时代冶炼技术已达到很高水平,形成了灿烂的青铜文化;春秋战国时期,我国已开始使用铸铁做农具,比欧洲国家早1 800多年;约3 000年前我国已采用铸造、锻造等技术生产工具和各种兵器。大量的历史文物,例如在河南安阳武官村出土的质量为875 kg的商殷祭器司母戊大方鼎,1972年在河北藁城出土的商代铁刃铜钺,北京大钟寺内保存的质量为46.5 t的明朝永乐年间铸造的铜钟等,均显示了我国古代人民在铸造、锻造等方面的卓越成就。

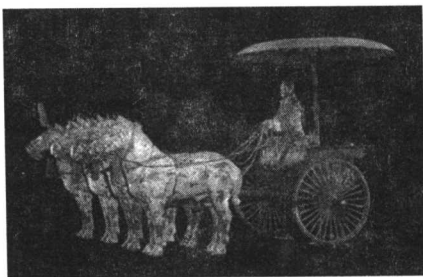
图1-1反映了我国古代机械制造业的杰出成就。

国外机械制造只是到了近代才比中国领先。1775年,英国人威尔肯逊为制造瓦特发明的

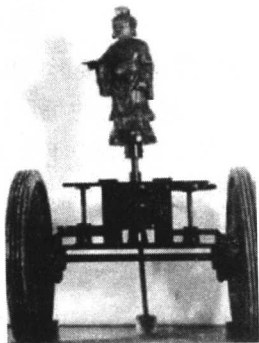
蒸汽机,制造了汽缸镗床。它的出现,标志着人类用机器代替手工的机械化时代的开始。1870年,在美国出现了第一台螺纹加工自动机床。1924年,第一条自动生产线在英国莫里斯汽车公司诞生。1952年美国麻省理工学院研制出数控铣床。1958年,第一台加工中心在美国卡尼和特雷克公司面世。20世纪80年代以来,得益于信息技术、计算机技术、精密检测与转换技术和机电一体化技术的快速发展,以数字化设计与制造技术、物流技术、现代管理技术、柔性制造系统以及计算机集成制造系统等为代表的先进制造技术得到快速发展。



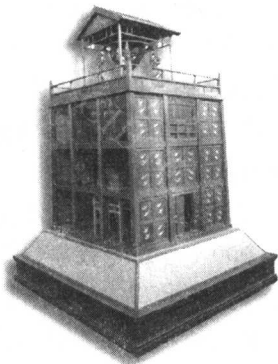
(a) 中国夏代出土的车子



(b) 秦代铜马车



(c) 三国时期马钧发明的指南车



(d) 宋代苏颂制成的水运仪象台

图 1-1 中国古代机械制造业的杰出成就

3. 机械制造的主要内容和一般过程

机械制造一般可以分为热加工和冷加工两种方法。

机械制造热加工是研究如何运用铸造、锻压、焊接、热处理、零件的表面处理等方法将材料制成毛坯或直接加工成具有一定性能的毛坯或零件,也称材料加工工程。

铸造是指将材料(金属、合金或复合材料)熔化成液态浇注于具有一定型腔的铸型内,凝固后成形;锻压是指将钢锭或棒材、板材在一定温度下通过不同的锻压机械施加压力使之成形;焊接是指通过局部熔化或相互扩散使若干个零件拼接成复杂的整体零件或构件。

热处理是指通过不同的加热和冷却方式使零件材料的内部组织结构发生变化,从而改变材料的力学、物理及化学性能。热处理仅改变材料性能,并不改变零件形状。

零件的表面处理是指改变零件表面的成分或组织结构以提高零件的性能。

机械制造冷加工主要是研究利用切削加工方法将毛坯或材料成形为高精度、低粗糙度的零件,并将零件装配为机器。

切削加工包括车削、铣削、磨削、钳工工作等内容。数控技术的出现使切削加工及其他加工方法在加工能力和效率等方面获得了空前的提高。

特种加工包括电火花加工、激光加工、超声波加工、电子束加工、等离子束加工等。这些虽然已经不属于切削加工的范围,但也是机械制造冷加工的一部分。

机械制造的生产过程一般是先用铸造、锻压或焊接等方法将材料制成零件的毛坯(或半成品),再经切削加工制成零件,最后将零件装配成机器。在制造过程中,为改善或提高毛坯和工件的性能,常要对其进行热处理。虽然在机械制造过程中各种加工方法是离散的和相对独立的,但它们之间又是互相渗透、互相交叉的。因此在生产过程中应互相补充,综合运用。图1-2所示为整个生产过程,它是一个有机联系的整体。

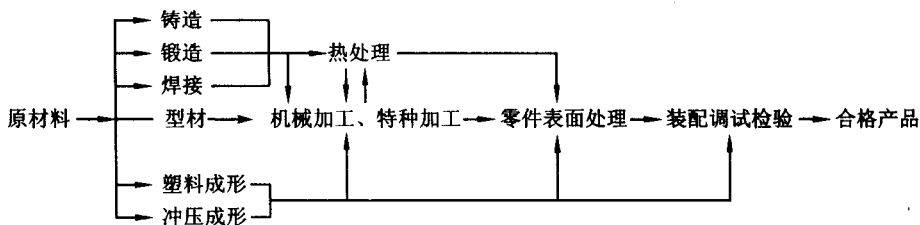


图 1-2 机械制造过程示意图

4. 先进制造技术

先进制造技术是传统制造业不断地吸收机械、信息、电子、材料、能源及现代管理等方面的最新技术成果,并将其综合应用于产品开发与设计、制造、检测、管理及售后服务的制造全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、敏捷制造,并取得理想技术经济效益的前沿制造技术的总称。从本质上说,先进制造技术是传统制造技术、信息技术、自动化技术和现代管理技术等有机融合。

先进制造技术具有以下特点:

- (1) 先进制造技术是面向 21 世纪的制造技术,是制造技术的最新发展阶段;
- (2) 先进制造技术贯穿了从市场预测、产品设计、采购生产经营管理、制造装配、质量保证、市场销售、售后服务、报废处理回收再利用等整个制造过程;
- (3) 先进制造技术注重技术、管理、人员三者的有机集成;
- (4) 先进制造技术是数字化设计与制造技术、自动化技术、计算机技术、机电一体化技术

多学科交叉融合的产物;

(5) 先进制造技术重视环境保护等因素。

先进制造是由传统制造技术与以信息技术为核心的现代科学技术相结合的一个完整的高新技术群。其技术体系可以分为五大技术群。

(1) 系统总体技术群:包括与制造系统集成相关的总体技术,如柔性制造、计算机集成制造 CIM、敏捷制造、智能制造和绿色制造等;

(2) 管理技术群:包括与制造企业的生产经营和组织管理相关的各种技术,如计算机辅助生产管理、制造资源计划 MRP、企业资源计划 ERP、供应链管理、动态联盟企业管理、全面质量管理、准时生产 JIT、精良生产和企业过程重组 BPR 等;

(3) 设计、制造、运行与管理一体化技术群:包括与产品设计、制造、检测、运行及管理制造与使用过程中相关的各种技术,如并行工程、CAD/CAPP/CAM/CAE、拟实制造、可靠性设计、智能优化设计、绿色设计、快速原型技术、质量功能配置 QFD、数控技术、物料储运控制、检测监控、质量控制、系统仿真及虚拟样机、机电伺服控制和信息综合与控制等;

(4) 制造工艺与装备技术群:包括与制造工艺及装备相关的各种技术,如精密超精密加工工艺及装备、高速超高速加工工艺及装备、特种加工工艺及装备、特殊材料加工工艺、少无切削加工工艺、热加工与成型工艺及装备、表面工程和微机械系统等;

(5) 支撑技术群:包括上述制造技术的各种支撑技术,如计算机技术、数据库技术、网络通信技术;软件工程、人工智能、虚拟现实、标准化技术和人机工程学、环境科学等。

先进制造技术在 21 世纪还会得到进一步的发展。

5. 制造技术实习课程的性质与任务

制造技术实习是大学本科以机械制造为载体,培养学生工程实践能力的重要的基础技术课程。通过实习,使学生接触零件制造的全过程,初步学习一些主要的机械加工方法;了解主要加工设备的功能与使用方法;认识和了解机械加工装备中的共性技术,如数控技术、机电传动与控制技术和网络技术等。本课程强调以实践教学为主,在实习过程中有机地将基础工艺知识和动手实践结合起来,重视学生实践技能的掌握,获得机械制造实践较完整的基础训练,并在学习和实践过程中受到全面的素质培养,为学生进一步学习机械制造学科或其他学科的有关知识和后续课程,也为日后走向社会和承担设计制造工作、研发工作、管理工作等奠定实践基础。

1.2 零件机械加工质量

机器零件均由几何形体组成,并具有各种不同的尺寸、形状和表面状态。为了保证机器的性能和使用寿命,设计时应根据零件的不同作用对制造质量提出要求,包括表面粗糙度、尺寸精度、形状精度、位置精度以及零件的材料、热处理和表面处理(如电镀、发黑)等。尺寸精度、