

中国高等职业技术教育研究会推荐

高等职业教育精品课程

21世纪高等职业教育规划教材

数控加工工艺与编程

杨 丰 黄登红 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

中国高等职业技术教育研究会推荐

高等职业教育精品课程

21 世纪高等职业教育规划教材

数控加工工艺与编程

杨 丰 黄登红 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是根据“高职高专教育专业人才培养目标及基本规格”的要求,结合数控操作工国家职业技能鉴定标准编写的。

本书主要介绍常用的数控加工工艺分析和设计的方法及应用,并详细讲述FANUC数控系统的编程方法、技巧及其应用实例。全书共5个模块,内容包括数控加工基础知识、数控铣削、加工中心、数控车削以及数控电火花与线切割的加工工艺与编程。在各个模块中根据各工种(岗位)的典型工作内容,以项目为纽带,以任务为载体,把相关工艺知识、编程知识和编程技能有机地结合,便于采用“项目导向、任务驱动”教学法,具有较强的可操作性。

本书可作为高等职业院校数控技术应用相关专业教学用书,也可作为其他职业教育的培训教程以及相关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺与编程/杨丰,黄登红主编. —北京:国防工业出版社,2009.2

21世纪高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-118-06124-6

I. 数... II. ①杨...②黄... III. ①数控机床—加工工艺—高等学校:技术学校—教材②数控机床—程序设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 207658 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18½ 字数 418 千字

2009 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

21 世纪高等职业教育机电类规划教材 编审专家委员会名单

- 主任委员** 方 新(北京联合大学教授)
- 委 员** 刘跃南(深圳职业技术学院教授)
- (按姓氏笔画排列)
- 白冰如(西安航空职业技术学院副教授)
- 刘 炯(国防工业出版社副编审)
- 刘克旺(青岛职业技术学院副教授)
- 刘建超(成都航空职业技术学院教授)
- 闫大建(北京科技职业学院副教授)
- 米国际(西安航空技术高等专科学校副教授)
- 李景仲(辽宁省交通高等专科学校副教授)
- 徐时彬(四川工商职业技术学院副教授)
- 郭紫贵(张家界航空工业职业技术学院副教授)
- 蒋敦斌(天津职业大学教授)
- 韩玉勇(枣庄科技职业学院副教授)
- 颜培钦(广东交通职业技术学院副教授)
- 总 策 划** 江洪湖

总 序

在我国高等教育从精英教育走向大众化教育的过程中,作为高等教育重要组成部分的高等职业教育快速发展,已进入提高质量的时期。在高等职业教育的发展过程中,各高校在专业设置、实训基地建设、双师型师资的培养、专业培养方案的制定等方面不断进行教学改革。高等职业教育的人才培养还有一个重点就是课程建设,包括课程体系的科学合理设置、理论课程与实践课程的开发、课件的编制、教材的编写等。这些工作需要每一位高职教师付出大量的心血,高职教材就是这些心血的结晶。

高等职业教育机电类专业赶上了我国现代制造业崛起的时代,中国的制造业要从制造大国走向制造强国,需要一大批高素质的、工作在生产一线的技术应用型人才,这就要求我们高等职业教育机电类专业的教师们担负起这个重任。

高等职业教育机电类专业的教材一要反映制造业的最新技术,因为高职学生毕业后马上要去现代制造业企业的生产一线顶岗,我国现代制造业企业使用的技术更新很快;二要反映某项技术的方方面面,使高职学生能对该项技术有全面的了解;三要深入某项需要高职学生具体掌握的技术,便于教师组织教学时切实使学生掌握该项技术或技能;四要适合高职学生的学习特点,便于教师组织教学时因材施教。要编写出高质量的高职教材,还需要我们高职教师的艰苦工作。

国防工业出版社组织了一批具有丰富教学经验的高职教师所编写的数控、模具、汽车、自动化、机电设备等方面的教材反映了这些专业的教学成果,相信这些专业的成功经验又必将随着本系列教材这个载体进一步推动其他院校的教学改革。

方新

《数控加工工艺与编程》

编委会

主 编 杨 丰 黄登红

副主编 冯 娟 周秦源

参 编 (按姓氏笔画排列)

王晓磊 田小静 许文斌 宋宏明

杨延华 赵 熹 崔 静

前 言

近年来,随着数控机床的广泛使用,社会对数控应用型人才的需求呈现高速增长态势,“如何培养出受企业欢迎的数控技能人才”成为职业教育界关注的热点问题。作为解决这一热点问题的一种尝试,“项目导向、任务驱动”的教学改革正在各个高职院校广泛开展。

“项目导向、任务驱动”教学法是一种以职业岗位典型实践项目为中心,将教学目标融入各项目中,通过完成项目来达到教学目标的教学方法。项目教学法不以学科为中心来组织教学内容,不强调知识的系统性、完整性,而是从职业活动的实际需要出发,强调能力本位和知识的“必需、够用”原则,注重知识、技能传授与职业岗位实践项目紧密结合,让学生学有所用、学以致用。

本书主要介绍常用的数控加工工艺分析和设计的方法及应用,并详细讲述 FANUC 数控系统的编程方法、技巧及其应用实例。全书共 5 个模块 26 个项目,内容包括数控加工基础知识、数控铣削、加工中心、数控车削及数控电火花与线切割的加工工艺与编程。在各个模块中根据各工种(岗位)的典型工作内容,以项目为纽带,以任务为载体,把相关工艺知识、编程知识和编程技能有机的结合,便于采用“项目导向、任务驱动”教学法,具有较强的可操作性。

本书由杨丰、黄登红任主编,冯娟、周秦源任副主编。参与本书编写工作的有杨丰(项目 2、9、17、21、23、24),黄登红(项目 11、13、14),许文斌(项目 1),宋宏明(项目 26),冯娟(项目 3、4、6、8),田小静(项目 5),周秦源(项目 19、20),崔静(项目 15、22、25),王晓磊(项目 7),杨延华(项目 16、18),赵熹(项目 10、12)。全书由杨丰负责统稿。

本书在编写过程中得到了中国高等职业技术教育研究会、长沙航空职业技术学院、西安航空职业技术学院、张家界航空工业职业技术学院、陕西工业职业技术学院、陕西航空职业技术学院、西安航空技术高等专科学校的大力支持与帮助,在此表示衷心感谢!国防工业出版社在编写过程中给予了很多技术和资源上的大力支持,在此表示衷心感谢!

尽管我们为本书的编写付出了极大的努力,但对于如何适应职业教育改革创新要求,符合职业能力培养的需要还欠缺实践经验。因此,对于本书中的不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

模块一 数控加工基础知识

项目 1 数控机床基础知识	2
1.1 数控机床简介	2
1.1.1 数控机床的产生	2
1.1.2 数控机床的组成	2
1.1.3 数控机床的分类	3
1.2 数控加工	6
1.2.1 数控加工概念	6
1.2.2 数控加工过程	6
1.2.3 数控加工的特点	7
1.3 数控机床的发展趋势	7
思考题与习题	8
项目 2 数控编程基础知识	9
2.1 数控编程简介	9
2.1.1 数控编程的概念	9
2.1.2 数控编程方法	9
2.2 数控编程格式	11
2.2.1 数控程序的结构	11
2.2.2 程序段	11
2.2.3 程序字	12
思考题与习题	12

模块二 数控铣削加工工艺与编程

项目 3 数控铣削加工基础	14
3.1 数控铣床简介	14
3.1.1 数控铣床的分类	14
3.1.2 数控铣削的加工对象	15
3.2 数控铣削加工工艺	16
3.2.1 数控铣削加工工艺的主要内容	16
3.2.2 数控铣削加工工序划分与设计	16
3.2.3 数控铣削加工工艺文件	18
3.3 数控铣床坐标系	20

3.3.1 数控铣床坐标系简介	20
3.3.2 机床原点和参考点	21
3.3.3 工件坐标系与工件原点	22
3.4 数控铣床基本编程指令	22
3.4.1 准备功能 G 指令	22
3.4.2 辅助功能 M 指令	23
3.4.3 主轴功能 S 指令	25
3.4.4 进给功能 F 指令	25
思考题与习题	25
项目 4 平面铣削加工	26
4.1 任务描述	26
4.2 知识链接	26
4.2.1 平面铣削的工艺知识	26
4.2.2 编程指令	29
4.3 任务实施	33
4.3.1 加工工艺的确定	33
4.3.2 参考程序编制	34
思考题与习题	35
项目 5 轮廓铣削加工	36
5.1 任务描述	36
5.2 知识链接	36
5.2.1 轮廓铣削的工艺知识	36
5.2.2 编程指令	39
5.3 任务实施	47
5.3.1 加工工艺的确定	47
5.3.2 参考程序编制	48
思考题与习题	49
项目 6 孔加工	50
6.1 任务描述	50
6.2 知识链接	50
6.2.1 孔加工的工艺知识	50
6.2.2 编程指令	57
6.3 任务实施	66
6.3.1 加工工艺的确定	66
6.3.2 参考程序编制	67
思考题与习题	69
项目 7 键槽加工	70
7.1 任务描述	70
7.2 知识链接	70

7.2.1 键槽加工的工艺知识	70
7.2.2 局部坐标系指令 G52	71
7.3 任务实施	72
7.3.1 加工工艺的确定	72
7.3.2 参考程序编制	74
思考题与习题	78
项目 8 型腔加工	79
8.1 任务描述	79
8.2 知识链接	79
8.2.1 型腔加工的工艺知识	79
8.2.2 编程指令	80
8.3 任务实施	81
8.3.1 加工工艺的确定	81
8.3.2 参考程序编制	83
思考题与习题	84
项目 9 宏程序铣削加工	85
9.1 任务描述	85
9.2 知识链接	85
9.2.1 球面加工工艺知识	85
9.2.2 宏程序	86
9.3 任务实施	92
9.3.1 加工工艺的确定	92
9.3.2 参考程序编制	93
思考题与习题	97
项目 10 数控铣削加工综合实例 1	98
10.1 任务描述	98
10.2 任务实施	98
10.2.1 加工工艺的确定	98
10.2.2 参考程序编制	100
思考题与习题	103
项目 11 数控铣削加工综合实例 2	104
11.1 任务描述	104
11.2 任务实施	104
11.2.1 加工工艺的确定	104
11.2.2 参考程序编制	107
思考题与习题	111

模块三 加工中心加工工艺与编程

项目 12 加工中心加工基础	113
-----------------------------	-----

12.1 加工中心简介	113
12.1.1 加工中心概述	113
12.1.2 加工中心的分类	113
12.1.3 铣削加工中心的加工对象	116
12.2 加工中心的自动换刀系统	118
12.2.1 加工中心的自动换刀装置	118
12.2.2 加工中心的换刀方式	119
思考题与习题	122
项目 13 加工中心加工综合实例 1	123
13.1 任务描述	123
13.2 知识链接	123
13.2.1 关于参考点的 G 代码	123
13.2.2 加工中心换刀功能及应用	124
13.3 任务实施	125
13.3.1 加工工艺的确定	125
13.3.2 参考程序编制	127
思考题与习题	130
项目 14 加工中心加工综合实例 2	131
14.1 任务描述	131
14.2 知识链接	131
14.2.1 可编程镜像加工指令	131
14.2.2 坐标系旋转指令	133
14.3 任务实施	134
14.3.1 加工工艺的确定	134
14.3.2 参考程序编制	137
思考题与习题	142

模块四 数控车削加工工艺与编程

项目 15 数控车削的加工基础	144
15.1 数控车削简介	144
15.1.1 数控车床的组成及布局	144
15.1.2 数控车床的分类	145
15.1.3 数控车削的加工对象	146
15.2 数控车削加工工艺	147
15.2.1 数控车削加工工艺的主要内容	147
15.2.2 数控车削加工工序划分与设计	150
15.2.3 数控车削加工工艺文件	155
15.3 数控车床的坐标系	156
15.3.1 数控车床坐标系的确定	156

15.3.2	机床原点和参考点	156
15.3.3	工件坐标系与工件原点	157
15.4	数控车床基本编程指令	158
15.4.1	准备功能 G 指令	158
15.4.2	进给功能 F 指令	159
15.4.3	刀具功能 T 指令	159
	思考题与习题	159
项目 16	外圆与端面加工	160
16.1	任务描述	160
16.2	知识链接	160
16.2.1	外圆与端面加工工艺知识	160
16.2.2	编程指令	162
16.3	任务实施	168
16.3.1	加工工艺的确定	168
16.3.2	参考程序编制	170
	思考题与习题	171
项目 17	车槽与切断加工	172
17.1	任务描述	172
17.2	知识链接	172
17.2.1	车槽与切断加工的工艺知识	172
17.2.2	编程指令	174
17.3	任务实施	175
17.3.1	加工工艺的确定	175
17.3.2	参考程序编制	176
	思考题与习题	178
项目 18	外成形面加工	179
18.1	任务描述	179
18.2	知识链接	179
18.2.1	外成形面加工的工艺知识	179
18.2.2	编程指令	182
18.3	任务实施	191
18.3.1	加工工艺的确定	191
18.3.2	参考程序编制	192
	思考题与习题	193
项目 19	孔加工	195
19.1	任务描述	195
19.2	知识链接	195
19.2.1	孔加工的工艺知识	195
19.2.2	编程指令	197

19.3 任务实施	200
19.3.1 加工工艺的确定	200
19.3.2 参考程序编制	202
思考题与习题	204
项目 20 螺纹加工	206
20.1 任务描述	206
20.2 知识链接	206
20.2.1 螺纹加工的工艺知识	206
20.2.2 编程指令	210
20.3 任务实施	213
20.3.1 加工工艺的确定	213
20.3.2 参考程序编制	215
思考题与习题	216
项目 21 宏程序车削加工	218
21.1 任务描述	218
21.2 知识链接	218
21.2.1 非圆曲线的加工方法	218
21.2.2 宏程序的使用	219
21.3 任务实施	221
21.3.1 加工工艺的确定	221
21.3.2 参考程序编制	222
思考题与习题	224
项目 22 数控车削加工综合实例 1	225
22.1 任务描述	225
22.2 知识链接	225
22.2.1 多线螺纹的加工方法	225
22.2.2 多线螺纹加工的编程	226
22.3 任务实施	228
22.3.1 加工工艺的确定	228
22.3.2 参考程序编制	230
思考题与习题	232
项目 23 数控车削加工综合实例 2	233
23.1 任务描述	233
23.2 任务实施	233
23.2.1 加工工艺的确定	233
23.2.2 参考程序编制	236
思考题与习题	240
项目 24 车削中心编程与加工	241
24.1 任务描述	241

24.2 知识链接	241
24.2.1 车削中心简介	241
24.2.2 车削中心编程指令	242
24.3 任务实施	246
24.3.1 加工工艺的确定	246
24.3.2 参考程序编制	248
思考题与习题	251
 模块五 数控电火花与线切割加工工艺与编程	
项目 25 数控线切割加工	253
25.1 任务描述	253
25.2 知识链接	253
25.2.1 数控线切割加工简介	253
25.2.2 加工条件选用	256
25.2.3 数控线切割编程基础	259
25.3 任务实施	264
25.3.1 加工工艺的确定	264
25.3.2 参考程序编制	265
思考题与习题	265
项目 26 数控电火花加工	267
26.1 任务描述	267
26.2 知识链接	267
26.2.1 数控电火花加工简介	267
26.2.2 数控电火花加工工艺	269
26.2.3 数控电火花加工编程基础	274
26.3 任务实施	279
26.3.1 加工工艺的确定	279
26.3.2 参考程序编制	280
思考题与习题	281
参考文献	282

模块一

数控加工基础知识

项目 1 数控机床基础知识

项目 2 数控编程基础知识

项目 1 数控机床基础知识

1.1 数控机床简介

1.1.1 数控机床的产生

1. 数控机床的定义

数控技术,简称数控(Numerical Control,NC),是利用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法。由于现代数控都采用了计算机进行控制,因此,也可以称为计算机数控(Computerized Numerical Control,CNC)。

采用数控技术进行控制的机床,称为数控机床(NC 机床)。它是一种综合应用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和机床设计等先进技术的典型机电一体化产品,是现代制造技术的基础。数控机床也是数控技术应用最早、最广泛的领域,因此,数控机床的水平代表了当前数控技术的性能、水平和发展方向。

2. 数控机床的产生和发展

1948 年,美国帕森斯公司(Parsons)接受美国空军委托,研制直升飞机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于样板形状复杂多样,精度要求高,一般加工设备难以适应,于是提出采用数字脉冲控制机床的设想。1949 年,该公司与美国麻省理工学院(MIT)开始共同研究,并于 1952 年 3 月研制成功了世界上第一台数控机床——三坐标数控铣床。之后,随着电子技术,特别是计算机技术的发展,数控机床不断更新换代。

第一代数控机床:从 1952 年至 1959 年,采用电子管元件。

第二代数控机床:从 1959 年开始,采用晶体管电路。

第三代数控机床:从 1965 年开始,采用集成电路。

第四代数控机床:从 1970 年开始,采用大规模集成电路及小型通用计算机。

第五代数控机床:从 1974 年开始,采用微处理器或微型计算机。

第六代数控机床:20 世纪 90 年代以后,基于 PC 的通用型 CNC 数控系统。

数控机床经历的六个时代可以分为两个阶段。前三代数控系统是 20 世纪 70 年代以前的早期数控系统,它们都是采用电子电路实现的硬接线数控系统,因此称为硬件数控系统,也称为 NC 数控系统。它的特点是具有很多的硬件电路和连接点,电路复杂,可靠性不好,这是数控系统发展的第一阶段。后三代数控系统是 20 世纪 70 年代中期发展起来的软件式数控系统,称为软件数控系统(CNC 系统)。它的特点是控制和运算主要由软件来完成,容易扩大功能,柔性好、可靠性高。

1.1.2 数控机床的组成

数控机床主要由输入/输出装置、数控装置、伺服系统、强电控制装置、机床本体和检

测装置六部分组成,如图 1-1 所示。

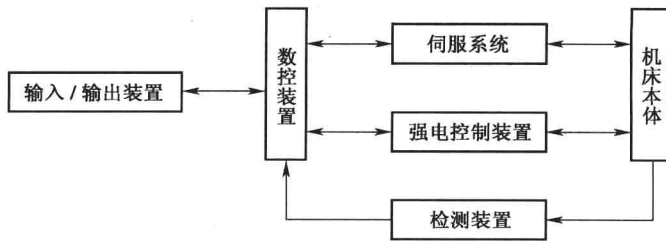


图 1-1 数控机床的组成

1. 输入/输出装置

输入/输出装置的作用是将数控加工信息输入数控装置,输入的内容及数控系统的工作状态可通过输出装置观察。常见的输入/输出装置有纸带阅读机、盒式磁带录音机、磁盘驱动器、CRT 及各种显示器件等。

2. 数控装置(CNC 装置)

数控装置是数控机床的控制核心,其主要作用是接受输入的工件加工程序或操作命令,经译码、处理与计算,发出相应控制命令到相应的执行部件(伺服系统和强电控制装置等),完成工件加工程序或操作者所要求的工作。

3. 伺服系统

伺服系统包括主轴伺服系统和进给伺服系统。主轴伺服系统的主要作用是实现工件加工的切削运动,其控制量为速度;进给伺服系统的主要作用是实现工件加工的成形运动,其控制量为速度和位置,特点是能灵敏、准确地实现数控装置的位置和速度指令。

4. 强电控制装置

强电控制装置包括 PLC 和机床 I/O 电路及装置,主要完成以下任务:

(1)接受 CNC 的 M、S、T 指令,对其进行译码并转换成对应的控制信号,控制辅助装置完成机床相应的开关动作。

(2)接受操作面板和机床侧的 I/O 信号,送给 CNC 装置;经其处理后,输出指令,控制 CNC 系统的工作状态和机床的动作。

5. 机床本体

机床本体是数控系统的控制对象,是实现加工工件的执行部件。主要由主运动部件(主轴、主运动传动机构)、进给运动部件(工作台、拖板及相应的传动机构)、支撑件(立柱、床身等)以及特殊装置、自动工件交换(APC)系统、自动刀具交换(ATC)系统和辅助装置(如冷却、润滑、排屑、转位和夹紧装置等)组成。

6. 检测装置

检测装置是指位置和速度检测装置,它是实现主运动和进给运动的速度、位置闭环控制的必要装置。

1.1.3 数控机床的分类

1. 按工艺用途分类

1) 切削加工类

此类数控机床具有切削加工功能,是数控机床的主要类型。其又可分为两类: