



国外经典教材·计算机科学与技术

PEARSON
Prentice
Hall

Computer Numerical Control Machining and Turning Centers

计算机数控技术应用 ——加工中心和车削中心



(美) Robert Quesada 著
崔洪斌 张敬凯 译

清华大学出版社

Computer Numerical Control
Machining and Tooling Centers

计算机数控技术应用 加工中心和车削中心

1994 年 10 月第 1 版
1994 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 7-111-02111-1

国外经典教材·计算机科学与技术

计算机数控技术应用

——加工中心和车削中心

(美) Robert Quesada 著

崔洪斌 张敬凯 译

清华大学出版社

北 京

Simplified Chinese edition copyright © 2005 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: Computer Numerical Control Machining and Turning Centers, Robert Quesada, Copyright © 2005

EISBN: 0-13-048867-4

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由培生教育出版集团授权给清华大学出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2003-1779

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有 Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机数控技术应用——加工中心和车削中心/(美)凯赛达(Quesada,R.)著;崔洪斌,张敬凯译.—北京:清华大学出版社,2006.3

书名原名: Computer Numerical Control Machining and Turning Centers

(国外经典教材·计算机科学与技术)

ISBN 7-302-11995-3

I.数… II.①凯… ②崔… ③张… III.数控机床 IV.TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 119607 号

出版者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社总机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 曹 康

文稿编辑: 王 黎

封面设计: 久久度文化

版式设计: 康 博

印刷者: 北京密云胶印厂

装订者: 北京市密云县京文制本装订厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 27.25 字数: 697 千字

版 次: 2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-11995-3/TG·19

印 数: 1~4000

定 价: 49.80 元

出 版 说 明

近年来,我国的高等教育特别是计算机学科教育,进行了一系列大的调整和改革,急需一批门类齐全、具有国际先进水平的计算机经典教材,以适应当前我国计算机科学的教学需要。通过使用国外先进的经典教材,可以了解并吸收国际先进的教学思想和教学方法,使我国的计算机科学教育能够跟上国际计算机教育发展的步伐,从而培育出更多具有国际水准的计算机专业人才,增强我国计算机产业的核心竞争力。为此,我们从国外知名的出版集团 Pearson 引进这套“国外经典教材·计算机科学与技术”教材。

作为全球最大的图书出版机构,Pearson 在高等教育领域有着不凡的表现,其下属的 Prentice Hall 和 Addison Wesley 出版社是全球计算机高等教育的龙头出版机构。清华大学出版社与 Pearson 出版集团长期保持着紧密友好的合作关系,这次引进的“国外经典教材·计算机科学与技术”教材大部分出自 Prentice Hall 和 Addison Wesley 两家出版社。为了组织该套教材的出版,我们在国内聘请了一批知名的专家和教授,成立了一个专门的教材编审委员会。

教材编审委员会的运作从教材的选题阶段即开始启动,各位委员根据国内外高等院校计算机科学及相关专业的现有课程体系,并结合各个专业的培养方向,从 Pearson 出版的计算机系列教材中精心挑选针对性强的题材,以保证该套教材的优秀性和领先性,避免出现“低质重复引进”或“高质消化不良”的现象。

为了保证出版质量,我们为这套教材配备了一批经验丰富的编辑、排版、校对人员,制定了更加严格的出版流程。本套教材的译者,全部来自于对应专业的高校教师或拥有相关经验的 IT 专家。每本教材的责编在翻译伊始,就定期不间断地与该书的译者进行交流与反馈。为了尽可能地保留与发扬教材原著的精华,在经过翻译、排版和传统的三审三校之后,我们还请编审委员或相关的专家教授对文稿进行审读,以最大程度地弥补和修正在前面一系列加工过程中对教材造成的误差和瑕疵。

由于时间紧迫和受全体制作人员自身能力所限,该套教材在出版过程中很可能还存在一些遗憾,欢迎广大师生来电来信批评指正。同时,也欢迎读者朋友积极向我们推荐各类优秀的国外计算机教材,共同为我国高等院校计算机教育事业贡献力量。

清华大学出版社

国外经典教材·计算机科学与技术

编审委员会

主任委员:

孙家广 清华大学教授

副主任委员:

周立柱 清华大学教授

委员 (按姓氏笔画排序):

王成山	天津大学教授
王 珊	中国人民大学教授
冯少荣	厦门大学教授
冯全源	西南交通大学教授
刘乐善	华中科技大学教授
刘腾红	中南财经政法大学教授
吉根林	南京师范大学教授
孙吉贵	吉林大学教授
阮秋琦	北京交通大学教授
何 晨	上海交通大学教授
吴百锋	复旦大学教授
李 彤	云南大学教授
杨宗源	华东师范大学教授
沈钧毅	西安交通大学教授
邵志清	华东理工大学教授
陈 纯	浙江大学教授
陈 钟	北京大学教授
陈道蓄	南京大学教授
周伯生	北京航空航天大学教授
孟祥旭	山东大学教授
姚淑珍	北京航空航天大学教授
徐佩霞	中国科学技术大学教授
徐晓飞	哈尔滨工业大学教授
秦小麟	南京航空航天大学教授
钱培德	苏州大学教授
曹元大	北京理工大学教授
龚声蓉	苏州大学教授
谢希仁	中国人民解放军理工大学教授

译者序

本书是目前介绍数控加工技术不可多得的好书。对于学习数控加工技术的用户来说,通过学习本书能够全面掌握数控加工的基本概念、基本操作及其相关功能。

本书最大的特点是将数控技术与切削加工技术融为一体,既介绍了数控机床的工作原理与编程方法,又介绍了利用数控机床加工各种零件时常用的刀具,以及在不同加工工序中使用的切削用量(如切削速度和进给速度)等。这种综合介绍数控加工技术的书籍在我国并不多见。

本书共分两大部分:前 10 章介绍 CNC 加工中心;后 10 章介绍 CNC 车削中心。在第一部分中,首先介绍了制造业发展史、NC 技术和 CNC 技术的特点与发展,并介绍了 CNC 加工中心的安全规则、加工工艺设计及加工支持文档;然后依次介绍了 CNC 加工中心基础知识、CNC 加工中心切削加工基础知识、CNC 加工中心的控制与操作、CNC 加工中心技术数据及各种常用的 CNC 操作与加工,如快速移动、进给运动、圆弧插补、刀具直径补偿、钻孔封闭循环及其他常用切削加工固定循环。在第二部分中,首先介绍了 CNC 车床的安全规则、加工工艺设计及加工支持文档;然后依次介绍了 CNC 车床基础知识、CNC 车床切削加工基础知识、CNC 车床的控制与操作、CNC 车床技术数据及各种常用的 CNC 操作与加工,如快速移动、进给运动、圆弧插补、刀尖半径补偿及常用切削加工固定循环。

本书在每一章的最后提供了练习题,可以使读者通过综合复习巩固所学习的知识。

译者在翻译本书时,力求用精炼的语言准确地表达出原著的意思,但书中难免会有不妥之处,欢迎读者批评指正。

本书既可作为大专院校相关专业的教材,也可作为从事数控加工的工程技术人员的参考书。

译者

2004 年 9 月

目 录

第 1 章	CNC 加工中心概述	1
1.1	CNC 概述	1
1.1.1	制造史	1
1.1.2	NC 技术	1
1.1.3	CNC 的优点	2
1.1.4	CNC 技术	2
1.1.5	CNC 车削中心	3
1.1.6	CNC 加工中心	3
1.2	CNC 加工中心的安全规则	5
1.3	CNC 加工中心加工工艺设计	7
1.4	CNC 加工中心加工文档	8
1.5	本章小结	12
1.6	习题	12
第 2 章	CNC 加工中心基础知识	13
2.1	CNC 加工中心的组成	13
2.1.1	CNC 控制器	15
2.1.2	CRT 显示器	16
2.1.3	床身	16
2.1.4	主轴箱	16
2.1.5	主轴与刀具锥柄	16
2.1.6	工作台与托盘	16
2.1.7	刀库	16
2.1.8	自动换刀臂	17
2.1.9	导轨和导轨罩	18
2.1.10	导轨润滑系统	18
2.1.11	电源控制箱	18
2.1.12	伺服电机	18
2.1.13	滚珠丝杠	18
2.1.14	开环系统	18
2.1.15	闭环系统	18
2.1.16	点对点和连续路径	19
2.1.17	输入介质	19
2.1.18	CNC 机床的配置	20
2.1.19	主轴转速	20

2.1.20	对刀器	20
2.2	笛卡尔坐标系	20
2.2.1	绝对程序和增量程序	22
2.2.2	立式加工中心的笛卡尔坐标系	23
2.2.3	卧式加工中心的笛卡尔坐标系	23
2.2.4	旋转的笛卡尔坐标系	23
2.2.5	笛卡尔象限	23
2.3	绝对坐标簿和增量坐标簿	23
2.4	CNC 加工中心的程序格式	24
2.5	CNC 加工中心命令代码	25
2.6	本章小结	28
2.7	习题	29

第 3 章	CNC 加工中心切削加工基础知识	30
3.1	CNC 加工中心的工序类型	30
3.1.1	钻孔工序	30
3.1.2	倒角工序	30
3.1.3	加工埋头孔工序	30
3.1.4	镗孔工序	31
3.1.5	扩孔工序	31
3.1.6	点钻工序	31
3.1.7	扁钻工序	31
3.1.8	镗孔工序	31
3.1.9	铰孔工序	31
3.1.10	攻丝工序	31
3.1.11	铣平面工序	31
3.1.12	端铣工序	32
3.1.13	铣槽工序	32
3.2	CNC 加工中心的孔描述	32
3.3	CNC 加工中心使用的刀具	35
3.3.1	CNC 刀杆	35
3.3.2	在机床主轴中加紧刀具	35

3.3.3 夹头刀杆	35	4.3 CNC 加工中心对工件的装卡	62
3.3.4 CNC V 型槽刀杆	35	4.3.1 定位基础知识	63
3.3.5 钻孔刀具	36	4.3.2 CNC 夹具	64
3.3.6 扁钻	38	4.3.3 加工中装卡工件的方法	64
3.3.7 镗杆	40	4.3.4 装卡装置	64
3.3.8 浮动铰刀刀杆	41	4.3.5 夹具	65
3.3.9 铰刀	42	4.3.6 组合夹具	65
3.3.10 丝锥刀杆	42	4.3.7 箱形弯板	65
3.3.11 丝锥	43	4.3.8 夹紧技巧	65
3.3.12 套式铣刀杆	44	4.3.9 定位销与套	66
3.3.13 面铣刀	45	4.3.10 装卡方法	66
3.3.14 端铣刀杆	46	4.4 CNC 加工中心的设置过程	70
3.3.15 端铣刀	46	4.4.1 机床参考点	71
3.3.16 铣槽刀杆	47	4.4.2 设置零件原点	71
3.3.17 槽铣刀	47	4.4.3 刀具长度偏置	72
3.3.18 铣削工序描述	48	4.4.4 寻边器设置法	72
3.4 硬质合金刀片参数	48	4.4.5 同轴测量表设置过程	74
3.4.1 切削液(冷却液)	50	4.4.6 量规块接触设置法	75
3.4.2 硬质合金刀片的特征以及 标识系统	50	4.4.7 摇摆器设置法	76
3.4.3 刀片标识与等级	51	4.4.8 点接触设置法	77
3.4.4 其他刀片材料	51	4.5 本章小结	77
3.4.5 刀片的刀尖半径选择	52	4.6 习题	78
3.4.6 刀片几何形状的选择	52	第 5 章 CNC 加工中心技术数据	79
3.5 CNC 加工中心的应用	52	5.1 CNC 加工中心计算	79
3.6 本章小结	53	5.2 CNC 切削速度与进给速度	84
3.7 习题	54	5.2.1 用于孔加工的切削速度和 主轴转速	84
第 4 章 CNC 加工中心控制与操作	55	5.2.2 用于孔加工工序的刀具进给 速度(IPR 和 IPM)	85
4.1 CNC 加工中心 CRT 和按键 面板的功能	55	5.2.3 用于铣削加工工序的刀具 速度与进给速度	86
4.2 CNC 加工中心操作面板的功能	57	5.3 几何尺寸与几何公差	87
4.2.1 CNC 加工中心操作面板	57	5.3.1 GD&T	87
4.2.2 CNC 加工中心控制面板按钮	58	5.3.2 基准标注	88
4.2.3 模式选择	59	5.3.3 基准引用	88
4.2.4 进给保持、空运行、单段 执行、跳段	60	5.3.4 GD&T 符号及说明	88
4.2.5 进给速度修调、主轴转速 修调、快速移动修调	61	5.3.5 GD&T 基准系统及夹具	89
4.2.6 手动脉冲生成器轮	62	5.3.6 特征控制框	90
		5.3.7 最大材料条件	91

5.3.8 最小材料条件	91	6.5.2 工程图	110
5.3.9 投影公差带	91	6.5.3 CNC 机床设置平面图	110
5.4 表面精度	91	6.5.4 CNC 刀具清单	110
5.4.1 表面精度特性和精度标注	92	6.5.5 CNC 示例程序 1000 的说明	110
5.4.2 由不同加工方法得到的 表面精度	93	6.5.6 建立坐标簿 1000	110
5.5 材料类型与硬度等级	93	6.5.7 CNC 程序示例 1000	113
5.5.1 钢的类型	94	6.6 本章小结	114
5.5.2 工具钢	95	6.7 习题	114
5.5.3 硬度等级确定方法	95	6.8 立式加工中心 CNC 程序练习	115
5.6 CNC 加工报警代码	96	第 7 章 CNC 加工中心圆弧插补	117
5.7 本章小结	98	7.1 圆弧插补	117
5.8 习题	98	7.2 G02 代码: 顺时针圆弧插补	117
第 6 章 CNC 加工中心的快速移动与 进给运动	100	7.3 G03 代码: 逆时针圆弧插补	119
6.1 快速移动和进给运动	100	7.4 主轴功能代码	119
6.2 G00 代码: 快速移动	100	7.4.1 主轴功能代码 M03、 M04 和 S	119
6.2.1 立式加工中心 G00 X 轴快速移动	101	7.4.2 M05 代码: 主轴停止	120
6.2.2 立式加工中心 G00 Y 轴快速移动	101	7.4.3 用立式加工中心铣削轮廓	120
6.2.3 立式加工中心 G00 Z 轴快速移动	102	7.4.4 用立式加工中心铣削 360°轮廓	121
6.2.4 卧式加工中心 G00 X 轴快速移动	103	7.4.5 G02 代码说明	122
6.2.5 卧式加工中心 G00 Y 轴快速移动	103	7.4.6 G03 代码说明	123
6.2.6 卧式加工中心 G00 Z 轴快速移动	104	7.5 CNC 程序示例 2000	126
6.3 G01 代码: 进给运动	105	7.5.1 CNC 示例程序 2000 的指令	127
6.3.1 立式加工中心 G01 X 轴进给运动	106	7.5.2 建立坐标簿 2000	127
6.3.2 立式加工中心 G01 Y 轴进给运动	106	7.5.3 CNC 程序示例 2000	131
6.3.3 立式加工中心 G01 Z 轴进给运动	107	7.6 本章小结	134
6.4 立式加工中心五轴加工	108	7.7 习题	134
6.5 CNC 程序示例 1000	109	7.8 立式加工中心 CNC 程序练习	135
6.5.1 坐标簿	109	第 8 章 CNC 刀具直径补偿	137
		8.1 刀具直径补偿	137
		8.1.1 刀具直径补偿代码	137
		8.1.2 G41 代码: 刀具直径左补偿	137
		8.1.3 G42 代码: 刀具直径右补偿	138
		8.1.4 G40 代码: 注销刀具 直径补偿	138
		8.1.5 G43 代码: 刀具长度补偿	138
		8.1.6 G49 代码: 注销刀具长度 补偿	138

8.1.7	G28 代码: 机床返回到参 考点	138
8.1.8	G41 代码和 G42 代码: 外切削	139
8.1.9	G41 代码和 G42 代码: 内切削	139
8.2	立式加工中心刀具直径 补偿代码 G41	140
8.3	立式加工中心刀具直径 补偿代码 G42	142
8.4	CNC 程序示例 3000	143
8.4.1	CNC 示例程序 3000 的说明 ..	144
8.4.2	建立坐标簿 3000	144
8.4.3	CNC 程序示例 3000	148
8.5	本章小结	150
8.6	习题	151
8.7	立式加工中心 CNC 程序练习 ..	151
第 9 章	CNC 钻孔固定循环	154
9.1	固定循环代码	154
9.2	CNC 钻孔固定循环	155
9.2.1	G81 代码: 钻孔固定循环	156
9.2.2	G82 代码: 镗孔固定循环	157
9.2.3	G83 代码: 间歇钻孔固定 循环	159
9.2.4	G80 代码: 注销固定循环	160
9.2.5	Z 返回代码	160
9.3	CNC 示例程序 4000	160
9.3.1	CNC 程序示例 4000 的说明 ..	161
9.3.2	建立坐标簿 4000	161
9.3.3	CNC 示例程序 4000	165
9.4	本章小结	169
9.5	习题	170
9.6	立式加工中心 CNC 程序练习 ..	170
第 10 章	CNC 固定循环代码: G84、 G86 和 G76	173
10.1	CNC 固定循环代码 G84、 G86 和 G76	173
10.1.1	G84 代码: 攻丝固定循环 ..	174
10.1.2	G86 代码: 镗孔固定循环 ..	174

10.1.3	G76 代码: 精镗孔固定 循环	176
10.1.4	G98 和 G99 代码: 返回 代码	177
10.1.5	G80 代码: 注销固定循环 ..	177
10.1.6	英制格式代码 G20 和 米制格式代码 G21	178
10.1.7	G54~G59 代码: 工作 坐标系代码	178
10.1.8	卧式加工中心 B 轴	178
10.2	CNC 示例程序 5000	178
10.2.1	CNC 示例程序 5000 的 说明	179
10.2.2	建立坐标簿 5000	179
10.2.3	CNC 示例程序 5000	184
10.3	本章小结	190
10.4	习题	190
10.5	立式加工中心 CNC 程序练习 ..	191
第 11 章	CNC 车削加工概述	193
11.1	CNC 车床	193
11.1.1	CNC 车床的配置	195
11.1.2	CNC 自动螺纹车床	196
11.2	CNC 车床的安全规则	198
11.2.1	人身安全	198
11.2.2	车间环境安全	199
11.2.3	车床和刀具操作安全	199
11.2.4	加工安全措施	199
11.3	CNC 车床加工工艺设计	200
11.4	CNC 车床加工文档	202
11.5	本章小结	204
11.6	习题	205
第 12 章	CNC 车床基础知识	206
12.1	CNC 车床	206
12.2	CNC 车床的组成	206
12.2.1	CNC 车床控制器	207
12.2.2	CRT 显示器	208
12.2.3	床身	208
12.2.4	主轴箱	208
12.2.5	卡盘与卡爪	209

12.2.6	刀塔	209
12.2.7	CNC 车床三爪卡盘的 特征与说明	210
12.2.8	CNC 车床刀塔的特征与 说明	210
12.2.9	刀具转位	211
12.2.10	尾座	211
12.2.11	导轨和导轨罩	212
12.2.12	导轨润滑系统	213
12.2.13	电源控制箱	213
12.2.14	滚珠丝杠	213
12.2.15	CNC 车床尾座的特征与 说明	213
12.2.16	CNC 车床尾座设置说明	213
12.2.17	伺服驱动电机	214
12.2.18	自动棒料进给器	214
12.2.19	零件接收器	214
12.2.20	第二刀塔	214
12.2.21	子刀塔	214
12.2.22	对刀器	214
12.2.23	双主轴/双卡盘	214
12.2.24	动力刀头	214
12.2.25	切屑传送带	215
12.2.26	开环系统	215
12.2.27	闭环系统	215
12.2.28	点对点路径和连续路径	215
12.2.29	输入介质	215
12.2.30	CNC 车床闭环系统说明	215
12.3	CNC 车床笛卡尔坐标系	216
12.3.1	绝对程序和增量程序	220
12.3.2	CNC 车床笛卡尔象限	220
12.3.3	CNC 车床运动的笛卡尔 旋转坐标系	220
12.4	CNC 车床的程序格式	220
12.5	CNC 车床命令代码	222
12.5.1	字母地址命令	222
12.5.2	M 代码命令	223
12.5.3	G 代码命令	224
12.6	本章小结	227
12.7	习题	227

第 13 章	车床切削加工基础知识	229
13.1	CNC 车床切削术语与特征	229
13.1.1	转速(RPM)	230
13.1.2	进给速度	230
13.1.3	切削深度	230
13.1.4	卡盘	230
13.1.5	卡爪	230
13.1.6	车床切削术语与特征	230
13.1.7	刀塔	230
13.1.8	车刀	230
13.1.9	刀片	231
13.1.10	金属切屑	231
13.1.11	断屑槽	231
13.1.12	工件	231
13.2	CNC 车削工序	231
13.2.1	车削端面	231
13.2.2	车削外圆	232
13.2.3	车削圆锥面	233
13.2.4	倒角	234
13.2.5	镗孔	235
13.2.6	镗锥孔	236
13.2.7	车削沉孔	237
13.2.8	切槽	238
13.2.9	车削外螺纹	239
13.2.10	车削内螺纹	240
13.2.11	钻孔	241
13.2.12	用硬质合金可转位刀片 钻头钻孔	242
13.2.13	扁钻钻孔	243
13.2.14	铰孔	244
13.2.15	攻丝	244
13.2.16	切断	245
13.3	CNC 车床切削刀具	245
13.3.1	车削外圆刀具	246
13.3.2	外圆刀杆刀片几何形状 与特征	249
13.3.3	刀片刀杆前倾角	249
13.3.4	孔加工刀具	251
13.3.5	麻花钻	252
13.3.6	中心钻	252

13.3.7 硬质合金可转位刀片钻头	253	第 15 章 CNC 车床技术数据	286
13.3.8 硬质合金刀尖并提供冷却液的钻头	254	15.1 CNC 车床加工计算	286
13.3.9 扁钻	254	15.1.1 计算示例 1	286
13.3.10 镗杆	255	15.1.2 计算示例 2	287
13.3.11 铰刀	256	15.1.3 计算示例 3	287
13.3.12 丝锥	257	15.1.4 计算示例 4	289
13.4 硬质合金刀片技术	259	15.1.5 计算示例 5	290
13.4.1 刀片标识与等级	259	15.1.6 计算示例 6	291
13.4.2 刀尖半径的选择	259	15.1.7 计算示例 7	292
13.4.3 刀片几何形状的选择	259	15.2 CNC 车削速度与进给速度	293
13.4.4 其他刀片材料	260	15.2.1 刀具速度(SFM 和 RPM)	294
13.4.5 切削刀具压力	260	15.2.2 刀具进给速度(IPR)	295
13.4.6 切削液(冷却液)	260	15.3 车床几何尺寸与公差	296
13.5 CNC 车床应用	261	15.3.1 基准标注	300
13.6 本章小结	262	15.3.2 基准引用	300
13.7 习题	262	15.4 表面精度	300
第 14 章 CNC 车床控制与操作	264	15.5 螺纹	302
14.1 CNC 车床 CRT 和按键面板功能	264	15.5.1 螺纹的形式	302
14.2 CNC 车床操作面板功能	266	15.5.2 螺纹特征及标识系统	305
14.2.1 CNC 车床操作面板	266	15.5.3 UN 螺纹和 NPT 螺纹说明	307
14.2.2 CNC 车床控制面板按钮	267	15.5.4 UN 螺纹特征	307
14.2.3 模式选择	268	15.6 CNC 车床报警代码	307
14.2.4 进给保持、空运行、单段执行、跳段	269	15.7 本章小结	308
14.2.5 进给速度修调、主轴转速修调与快速移动修调	270	15.8 习题	308
14.2.6 手动脉冲发生器轮	271	第 16 章 CNC 车床快速移动与进给运动	309
14.3 CNC 车床装卡工件方法	271	16.1 快速移动和进给运动	309
14.3.1 定位基础知识	272	16.2 G00 代码: 快速移动	309
14.3.2 加工中装卡工件的方法	272	16.3 G01 代码: 进给运动	312
14.3.3 装卡装置	272	16.4 CNC 示例程序 6000	316
14.4 CNC 车床设置过程	278	16.4.1 坐标簿	316
14.4.1 机床参考点	278	16.4.2 工程图	316
14.4.2 零件原点	278	16.4.3 CNC 车床设置平面图	316
14.4.3 设置	278	16.4.4 CNC 车床刀具清单	316
14.5 本章小结	285	16.4.5 用于 CNC 示例程序 6000 的指令	316
14.6 习题	285	16.4.6 建立坐标簿 6000	317
		16.4.7 CNC 示例程序 6000	320
		16.5 本章小结	323

16.6	习题	324	18.3	CNC 示例程序 8000	347
16.7	用于 CNC 车床的 CNC 程序练习	324	18.3.1	用于 CNC 程序 8000 的说明	348
第 17 章	CNC 车床圆弧插补	327	18.3.2	建立坐标簿 8000	348
17.1	圆弧插补	327	18.3.3	CNC 示例程序 8000	352
17.2	G02 代码: 顺时针圆弧插补	327	18.4	本章小结	354
17.3	G03 代码: 逆时针圆弧插补	329	18.5	习题	354
17.4	主轴功能代码	330	18.6	用于 CNC 车床的 CNC 程序练习	355
17.4.1	M03、M04 和 S 代码	330	第 19 章	CNC 车床固定循环	
17.4.2	M05 代码: 主轴停止	330		代码: G70~G74	357
17.5	CNC 示例程序 7000	330	19.1	CNC 车床固定循环	358
17.5.1	用于 CNC 程序 7000 的说明	331	19.2	CNC 固定循环代码: G70~G74	358
17.5.2	建立坐标簿 7000	331	19.2.1	G70 代码: 精车循环	358
17.5.3	CNC 示例程序 7000	335	19.2.2	G71 代码: 粗车(粗镗孔)循环	359
17.6	本章小结	338	19.2.3	G72 代码: 粗车端面循环	360
17.7	习题	338	19.2.4	G73 代码: 轮廓重复循环	361
17.8	用于 CNC 车床的 CNC 程序练习	339	19.2.5	G74 代码: 多次切端面槽	362
第 18 章	刀尖半径补偿	341	19.2.6	G74 代码: 间歇进给钻孔循环	364
18.1	刀尖半径补偿	341	19.3	CNC 示例程序 9000	364
18.1.1	G41 代码: 刀尖半径左补偿	343	19.3.1	用于 CNC 程序 9000 的说明	364
18.1.2	G42 代码: 刀尖半径右补偿	344	19.3.2	建立坐标簿 9000	365
18.1.3	刀尖半径与矢量方向	345	19.3.3	CNC 示例程序 9000	368
18.1.4	G40 代码: 注销刀尖半径补偿	346	19.4	本章小结	369
18.1.5	激活几何偏置	346	19.5	习题	370
18.1.6	注销几何偏置	346	19.6	用于 CNC 车床的 CNC 程序练习	370
18.1.7	G28 代码: 机床回到参考点	346	第 20 章	CNC 车床固定循环代码: G75~G94	373
18.2	主轴转速控制代码	347	20.1	CNC 固定循环代码 G75~G94	373
18.2.1	G50 代码: 最大转速和坐标系设置	347	20.1.1	G75 代码: 多直径切槽循环	374
18.2.2	G97 代码: 主轴恒定 RPM 模式	347	20.1.2	G76 代码: 多次车螺纹循环	375
18.2.3	G96 代码: 主轴恒定 SFM 模式	347	20.1.3	G90 代码: 车削外圆和	

车削内圆循环(直车削).....	376	附录 F 钻孔进给速度(IPR, 高速 钢钻头).....	398
20.1.4 G90 代码: 车削外圆和车削 内圆循环(车削圆锥面).....	377	附录 G 硬质合金刀片钻头切削 速度(SFM)和进给速度(IPR)	399
20.1.5 G92 代码: 多次车螺纹 固定循环.....	378	附录 H 攻丝时使用的钻头尺寸表 (英制和米制).....	400
20.1.6 G94 代码: 车削端面循环 ..	379	附录 I NPT 管螺纹丝锥钻头尺寸表.....	402
20.1.7 G04 代码: 暂停	380	附录 J 加工中心程序代码说明	403
20.2 CNC 示例程序 9500	380	附录 K CNC 车床刀具库示例.....	406
20.2.1 用于 CNC 程序 9500 的说明.....	380	附录 L 用于车削的公式.....	410
20.2.2 建立坐标簿 9500.....	381	附录 M 车削和镗孔工序的切削 速度(SFM)与进给速度(IPR)	411
20.2.3 CNC 示例程序 9500.....	384	附录 N 60°V 型螺纹切削速度(SFM) 和计算公式	412
20.3 本章小结.....	386	附录 O 车床程序代码说明	414
20.4 习题.....	386	附录 P 直角三角形计算公式	417
20.5 用于 CNC 车床的 CNC 程序练习	387	附录 Q 分数、小数转换表	418
附录 A CNC 刀具库示例	389	附录 R 字母钻头尺寸和数字钻头 尺寸转换表.....	419
附录 B 用于加工中心的公式	394	附录 S 单位转换	420
附录 C 铣削加工切削速度(SFM).....	395		
附录 D 钻孔、铰孔和攻丝的切削 速度(SFM)(高速钢刀具).....	396		
附录 E 铣削加工进给速度(FPT).....	397		

第 1 章 CNC 加工中心概述

本章目的

通过学习本章，读者能够掌握以下内容：

- CNC 的历史与发展
- CNC 的优点
- CNC 的安全规则
- CNC 工艺规程
- CNC 文档

1.1 CNC 概述

1.1.1 制造史

从 20 世纪初钢铁业开始在美国匹兹堡发展时起，美国的制造技术就一直在不断发展。制造技术的发展使亨利·福特(Henry Ford)提出了“大批量生产”这一理论，并开始生产几乎所有美国人都能买得起的汽车。这一理论目前仍然是世界各地工业中采用的主要制造模式，但当今该理论已经发展成包含高科技的计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)机床、CNC 控制器、计算机及一些创新性的过程。

20 世纪 30 年代初期，W. Edwards Deming 使美国制造业开始了统计变革，这是数据收集研究的开始。目前通常称数据收集研究为统计过程控制(Statistical Process Control, SPC)。

20 世纪 40 年代，美国参加了第二次世界大战，使美国的工业企业进入了高速发展阶段。当时开发的许多高效率的技术、机器及设备目前仍然在使用。第二次世界大战后，产品需求又转回到生活消费品上，如汽车、各种器械、收音机和电视机等。在此阶段，Deming 博士受邀到了日本帮助日本进行重建工作。

1.1.2 NC 技术

美国于 20 世纪 50 年代到 60 年代推出了全面质量控制(Total Quality Control, TQC)理论，并制造出第一台数控(Numerical Control, NC)机床。在此之前，John Parsons 公司与美国空军签署了合同：设计和制造可用于加工复杂轮廓的三轴机床。第一台数控机床的出现是当今加工技术发展的开始。最初，NC 技术并没有受到广泛欢迎，由于该技术是革命性的技术，大多数制造商和工人在加工中抵制这一新技术，同时也引起各种毫无根据的恐慌。现在，采用 NC 技术的制造设备数不胜数，其应用领域包括金属加工、木材刨削、射流切割、激光切割、焊接、火焰切割等。

随着计算机 20 世纪 60 年代和 70 年代在美国的使用，美国各工业公司开始在需要提高产量、精度和(或)速度的地方使用计算机。NC 机床非常适合完成这些要求，并且很快发展到当今

的 CNC、计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)、计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)、计算机集成制造(Computer-Integrated Manufacturing, CIM)及机器人。

20 世纪 70 年代期间,美国制造商处于美国消费黄金时代。他们基本上不存在来自国外制造商的竞争。因此,大多数美国制造商最初并不愿意对费用昂贵的用于提高产品质量的任何措施或新技术投资。20 世纪 80 年代,福特公司、通用汽车公司、克莱斯勒公司及美国诸多机床制造商等公司如梦初醒,突然发现,外国产品(主要是日本产品)更受美国消费者的欢迎,同时美国产品的销售也开始进入低谷。因此,许多公司要么减小规模,要么退出竞争。

这一事件促使那些生存下来的美国制造商采用使日本制造商处于领先地位的技术。这些技术包括可以减少库存的即时生产(Just-In-Time, JIT)及在制品(Work In Process, WIP)技术、SPC、全面质量管理(Total Quality Management, TQM)、质量保证(Quality Assurance, QA)、质量循环与柔性制造系统(Flexible Manufacturing Systems, FMS)形式的单元制造。他们也开始在 CNC 机床、CAD/CAM 系统、计算机辅助编程、机器人、CIM 系统(该系统将各种机器和(或)机器人相组合并进行管理)方面投入更多的资金。

1.1.3 CNC 的优点

CNC 具有以下优点:

- CNC 机床自动运行,不需要操作者干预。
- CNC 机床可以使制造车间有更多的加工时间。
- CNC 机床可以提高总生产率。
- CNC 机床可以使零件达到极高的加工精度。
- CNC 机床可以减少废品和重复工作。
- 需要较少的检验时间。
- 可以使刀具费用降至最低。
- WIP 和库存最少。
- 可以快速、高效地加工复杂零件。

1.1.4 CNC 技术

目前, CNC 技术已经发展到包含“对话编程”。对话编程是允许 CNC 操作员在机床中创建 CNC 程序的软件。然而,目前最常用的编程方法仍然是计算机辅助软件。APT 是用于创建 CNC 程序的软件系统。有许多其他类似的软件系统也能够完成相同的 CNC 处理。后处理程序是软件的一部分,它将计算机语言转换成 CNC 代码,以便与对应的 CNC 机床相匹配。因此,对于拥有不同制造商、不同型号和不同配置的各种 CNC 机床的单位来说(大多数制造厂属于这种情况), APT 软件具有极大的优势。

采用 CNC 的机床和设备的类型数不胜数。例如, CNC 刨削机最初是用于木制产品制造行业的机器,用于加工木制家具构件的各种外形。该机器现在也用于加工聚氯乙烯(PVC)塑料零件,这些零件有类似于木材的加工特性。由此可以说明 CNC 机床工业是如何发展成具有多种设备的行业。在 CNC 刨削机的加工循环过程中,采用真空系统夹持加工对象。CNC 刨削机的工作台由金属制造,工作台顶板用巴尔莎(BALSA)木制造。之所以采用巴尔莎木,是因为这种木材有许多孔,可以通过向下抽的空气吸住加工材料(PVC)。

CNC 射流机类型独特,用含有砂粒的水流加工零件。它迫使水以高压从小径喷嘴喷出。适用于这种机器加工的材料应该是具有韧性的软材料(如铝)。现已证明,这种机器也非常适用于