

21世纪全国高职高专机电系列实用规划教材



21st CENTURY
实用规划教材

实用数控编程与操作

主 编 钱东东



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材

实用数控编程与操作

主 编	钱 东 东		
副主编	龚 肖 新		
参 编	马 俊	顾 涛	
	成 立	殷 铭	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书根据 21 世纪我国对高素质高技能型人才培养的需要,着重介绍了现代数控机床的编程与操作方法。

全书共 12 章,主要内容包括:数控技术的概念、发展历程,数控机床的结构组成、分类及加工特点,数控机床常用编程指令和编程方法,数控加工工艺分析及数据处理,典型数控车床与加工中心的编程与操作,用户宏程序编程、自动编程方法,数控加工实训项目和企业生产实例。每章均配有一定数量的习题和专业英语,并增加了实用性较强的参考附录。全书内容丰富、图文并茂、案例生动、实践强化、与企业融合、与国际接轨。

本书可作为职业技术学院数控、模具、机电一体化、机械制造等机电系列同类专业的实用教材,也可以作为数控机床编程或操作技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

实用数控编程与操作/钱东东主编. —北京:北京大学出版社, 2007.12

(21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-13262-3

I. 实… II. 钱… III. 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(2007)第 196740 号

书 名: 实用数控编程与操作

著作责任者: 钱东东 主编

策划编辑: 徐 凡 赖 青

责任编辑: 孙哲伟

标准书号: ISBN 978-7-301-13262-3/TH·0086

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京大学印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16 开本 20 印张 456 千字

2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 32.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

《21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材》

专家编审委员会

主 任 傅水根

副主任 (按拼音顺序排名)

陈铁牛	李 辉	刘 涛	祁翠琴
钱东东	盛 键	王世震	吴宗保
张吉国	郑晓峰		

委 员 (按拼音顺序排名)

蔡兴旺	曹建东	柴增田	程 艳
丁学恭	傅维亚	高 原	何 伟
胡 勇	李国兴	李源生	梁南丁
刘靖岩	刘瑞己	刘 铁	卢菊洪
南秀蓉	欧阳全会	钱泉森	邱士安
宋德明	王用伦	王欲进	吴百中
吴水萍	武昭辉	肖 珑	徐 萍
喻宗泉	袁 广	张 勤	张西振
张 莹	周 征		

丛书总序

高等职业技术教育是我国高等教育的重要组成部分。从 20 世纪 90 年代末开始,伴随我国高等教育的快速发展,高等职业技术教育也进入了快速发展时期。在短短的几年时间内,我国高等职业技术教育的规模,无论是在校生数量还是院校的数量,都已接近高等教育总规模的半壁江山。因此,高等职业技术教育承担着为我国走新型工业化道路、调整经济结构和转变增长方式提供高素质技能型人才的重任。随着我国经济建设步伐的加快,特别是随着我国由制造大国向制造强国的转变,现代制造业急需高素质高技能的专业人才。

为了使高职高专机电类专业毕业生满足市场需求,具备企业所需的知识能力和专业素质,高职高专院校的机电类专业根据市场和社会需要,努力建立培养企业生产第一线所需的高等职业技术应用型人才的教学体系和教材资源环境,不断更新教学内容,改进教学方法,积极探索机电类专业创新人才的培养模式,大力推进精品专业、精品课程和教材建设。因此,组织编写符合高等职业教育特色的机电类专业规划教材是高等职业技术教育发展的需要。

教材建设是高等学校建设的一项基本内容,高质量的教材是培养合格人才的基本保证。大力发展高等职业教育,培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高素质技能型人才,要求我们必须重视高等职业教育教材改革与建设,编写和出版具有高等职业教育自身特色的教材。近年来,高职教材建设取得了一定成绩,出版的教材种类有所增加,但与高职发展需求相比,还存在较大的差距。其中部分教材还没有真正过渡到以培养技术应用能力为主的体系中来,高职特色反映也不够,极少数教材内容过于肤浅,这些都对高职人才培养十分不利。因此,做好高职教材改革与建设工作刻不容缓。

北京大学出版社抓住这一时机,组织全国长期从事高职高专教学工作并具有丰富实践经验的骨干教师,编写了高职高专机电系列实用规划教材,对传统的课程体系进行了有效的整合,注意了课程体系结构的调整,反映系列教材各门课程之间的渗透与衔接,内容合理分配;努力拓宽知识面,在培养学生的创新能力方面进行了初步的探索,加强理论联系实际,突出技能培养和理论知识的应用能力培养,精简了理论内容,既满足大类专业对理论、技能及其基础素质的要求,同时提供选择和创新的空間,以满足学有余力的学生进修或探究学习的需求;对专业技术内容进行了及时的更新,反映了技术的最新发展,同时结合行业的特色,缩短了学生专业技术技能与生产一线要求的距离,具有鲜明的高等职业技术人才培养特色。

最后,我们感谢参加本系列教材编著和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动,也感谢北京大学出版社和中国林业出版社的领导和编辑们对本系列教材的支持和编审工作。由于编写的时间紧、相互协调难度大等原因,本系列教材还存在一些不足和错漏。我们相信,在使用本系列教材的教师和学生的关心和帮助下,不断改进和完善这套教材,使之成为我国高等职业技术教育的教学改革、课程体系建设和教材建设中的优秀教材。

《21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材》

专家编审委员会

2007 年 7 月

前 言

本书的编写以高等职业教育人才培养目标为依据,结合教育部明确的数控应用专业技能型紧缺人才培养需求,注重教材的基础性、实践性、科学性、先进性、通用性。本书融理论教学、实践操作、企业项目为一体,是职业院校数控、模具、机电一体化、机械制造等机电系列同类专业的实用规划教材。

随着计算机技术的不断发展,真正意义上的且具有广泛用途的数字程序控制机床有了迅速发展。在综合应用电子器件、通信传输、自动控制、伺服驱动、精密测量和新型材料机械结构等方面新技术成果的基础上,国内外的科研机构、厂家企业都不断研制出灵活、通用、万能、适应性好的数控机床,几乎所有品种的机床都实现了数控化。数控机床的操作需要高能型技术人员,而这方面人才的培养必须借助适时性、针对性、实践性较强的高职教材。为了满足社会与企业的迫切需求,同时考虑到职业院校学生和企业相关技术人员在接受教育和专业培训过程中急需配套实用教材的情况,本书编写组的老师总结多年理论与实践教学经验,深入企业一线采集案例资料,借鉴国内外先进教学资源,参插数控操作必备的专业英语,力求与国际接轨,以便适应我国尤其是地方经济较发达地区职业技术教育发展的需求。

教材内容可分为以下几部分:第一部分为数控编程的基础与理论,第二部分为数控机床常用编程指令和方法,第三部分为典型 FANUC 和 SIEMENS 系统数控机床的操作与技巧,第四部分为学校实训和企业生产的实例及应用,并附有 G 功能、M 功能字及标准代码含义、数控机床安全操作规程、数控机床维护保养等实用参考资料。

教材特色是:理论与实践紧密结合,编程理论阐述力求简单明了,机床操作结合典型设备,突出实践教学特色;大量引用生产实例进行工艺分析与编程,将企业加工技术渗透于专业教学;适量借用德国、新加坡等国外相关数控教学讲义资源,将国外教材新理念体现于本教材之中;专业术语和关键词采用中英文双解,有助于学习者学会阅读进口数控设备资料,熟悉数控专业英语;各章节的习题题型和题量充足,体现精讲多练的原则。本书不仅可以作为职业技术学院机电系列相关专业的实用教材或培训资料,还可以供教师、学生、企业技术人员课外查阅、拓展视野或进一步提高时参考。

本书由苏州工业职业技术学院钱东东任主编,编写了第 2、5、6 章,龚肖新任副主编,编写了第 1、3、4 章及附录,顾涛编写了第 7、12 章,成立编写了第 9、11 章,殷铭编写了第 8、10 章,马俊负责专业英语部分。

编写过程中,苏州精技机电有限公司、苏州众翔金属制品有限公司、长春一东汽车零部件制造有限公司、HUSKY 赫斯基注塑系统(上海)有限公司、Shanghai Mediworks(上海美沃)有限公司、苏州工业职业技术学院机电工程系数控实训部门给予了极大的支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

限于编者的水平和经验,书中存在的不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

2007 年 10 月

目 录

第1章 数控加工概述 1

1.1 数控机床的概念及其特点 1

1.1.1 数控机床的基本概念 1

1.1.2 数控机床的特点 2

1.2 数控机床的产生与发展 3

1.2.1 数控机床的产生 3

1.2.2 数控机床的发展 4

1.2.3 柔性制造技术 5

1.2.4 计算机集成制造系统 7

1.3 数控机床的组成和分类 7

1.3.1 数控机床的组成 7

1.3.2 数控机床的分类 9

1.4 习题 12

第2章 数控编程基础知识 14

2.1 数控程序编制的概念 14

2.1.1 数控编程的定义 14

2.1.2 数控编程的步骤 15

2.1.3 数控编程的方法 16

2.2 数控机床坐标系 18

2.2.1 坐标系及运动方向 18

2.2.2 机床坐标系与工件坐标系 21

2.3 字符与代码 23

2.3.1 字符 23

2.3.2 代码 23

2.4 常用编程指令 24

2.4.1 准备功能指令 25

2.4.2 辅助功能指令 29

2.4.3 进给功能指令 30

2.4.4 主轴转速功能指令 31

2.4.5 刀具功能指令 31

2.5 加工程序的结构 31

2.6 习题 34

第3章 数控加工工艺分析 37

3.1 数控加工工艺性分析 37

3.1.1 数控加工工艺内容的选择 37

3.1.2 零件数控加工工艺性分析 37

3.2 数控加工走刀路线确定 39

3.3 确定定位和夹紧方案 43

3.3.1 零件的夹紧 43

3.3.2 夹具的选择 44

3.3.3 夹具定位实例 46

3.4 确定刀具与工件的相对位置 47

3.5 选择刀具和确定切削用量 48

3.5.1 数控加工刀具 48

3.5.2 切削用量的确定 51

3.6 金属切削液的使用 52

3.7 工艺文件编制 53

3.8 工艺分析实例 57

3.9 习题 61

第4章 数控编程的数据处理 64

4.1 基点坐标计算 64

4.1.1 基点的含义 64

4.1.2 基点直接计算的内容 64

4.2 节点坐标计算 66

4.2.1 节点的含义 66

4.2.2 节点坐标值计算 67

4.3 绝对坐标与增量坐标计算 67

4.4 刀具中心轨迹计算 68

4.5 习题 69

第5章 数控车床编程 72

5.1 数控车床简介 72

5.1.1 数控车床加工的特点 72

5.1.2 数控车床的组成	73	7.1.2 变量及变量的使用 方法	147
5.1.3 数控车床的分类	75	7.1.3 变量的种类	149
5.1.4 数控车床与普通车床的 区别	76	7.1.4 变量的算术和逻辑 运算	151
5.2 数控车床程序编制	77	7.1.5 转移和循环	153
5.2.1 程序编制的坐标系统	77	7.1.6 宏程序的调用	156
5.2.2 数控车床的基本编程 指令	79	7.2 宏程序实例	161
5.3 数控车床编程实例	94	7.2.1 圆周孔加工实例	161
5.3.1 轴类零件加工程序 编制	94	7.2.2 矩阵孔加工实例	162
5.3.2 套类零件加工程序 编制	97	7.2.3 椭圆凸台加工实例	163
5.4 习题	99	7.2.4 倒圆角加工实例	165
第6章 加工中心编程	105	7.3 习题	167
6.1 加工中心简介	105	第8章 自动编程	171
6.1.1 加工中心的概念	105	8.1 自动编程基础知识	171
6.1.2 加工中心的分类	105	8.1.1 自动编程的原理	171
6.1.3 加工中心主要加工 对象	106	8.1.2 自动编程的特点	171
6.1.4 加工中心的自动换刀 装置	107	8.1.3 自动编程的分类	172
6.2 加工中心程序编制	109	8.2 自动编程的发展	173
6.2.1 机床坐标系与加工坐 标系	109	8.3 数控语言自动编程	175
6.2.2 加工中心的基本编程 指令	110	8.3.1 数控语言自动编程 过程	175
6.3 加工中心编程实例	129	8.3.2 数控语言自动编程软件 系统组成	176
6.3.1 孔系零件加工程序 编制	129	8.3.3 数控语言自动编程 举例	176
6.3.2 壳体类零件加工程序 编制	132	8.4 图形交互自动编程	178
6.3.3 模板类零件加工程序 编制	136	8.4.1 数控图形自动编程 过程	178
6.4 习题	139	8.4.2 CAD/CAM 关键技术 概述	179
第7章 用户宏程序编程	145	8.5 常用 CAD/CAM 系统介绍	183
7.1 用户宏程序编程基础	145	8.5.1 常用 CAD/CAM 系统类型 及简介	183
7.1.1 用户宏程序的概念	145	8.5.2 CAD/CAM 应用实例	185
		8.6 习题	191
		第9章 数控车床操作	193
		9.1 FANUC 数控车床操作	193

9.1.1 FANUC Oi - TB 数控车床 操作面板介绍	193	第 11 章 数控加工实训项目	250
9.1.2 数控车床操作步骤与 要点	197	11.1 数控车床实训演练	250
9.1.3 数控车床对刀方法	201	项目 1: 轴类工件实训演练 (FANUC 系统)	250
9.2 SIEMENS 数控车床操作	202	项目 2: 套类工件实训演练 (FANUC 系统)	253
9.2.1 SIEMENS 802S/C 数控车 床操作面板介绍	202	项目 3: 螺纹类工件实训演练 (FANUC 系统)	257
9.2.2 数控车床操作步骤与 要点	206	项目 4: 复合型面实训演练 (SIEMENS 系统)	260
9.2.3 数控车床对刀方法	213	11.2 加工中心实训演练	266
9.3 习题	215	项目 5: 加工中心实训演练 (FANUC 系统)	266
第 10 章 加工中心操作	218	项目 6: 加工中心实训演练 (SIEMENS 系统)	269
10.1 FANUC 加工中心操作	218	11.3 习题	274
10.1.1 FANUC Series Oi - MB 加工中心操作面板 介绍	218	第 12 章 数控加工企业生产实例	277
10.1.2 FANUC 加工中心手动 操作	223	12.1 数控车床企业生产实例	277
10.1.3 程序编辑与管理	226	12.2 加工中心企业生产实例	280
10.1.4 对刀及偏置数据设定	227	12.3 习题	290
10.1.5 自动运行	229	附录	293
10.2 SIEMENS 加工中心操作	230	附录 A ISO 和 EIA 标准代码	293
10.2.1 SIEMENS 802D 加工中心 操作面板介绍	230	附录 B G 功能字含义	295
10.2.2 SIEMENS 加工中心基本 操作	237	附录 C M 功能字含义	298
10.2.3 刀具的设置和管理	242	附录 D 数控车床安全操作规程	301
10.2.4 程序的管理	243	附录 E 加工中心安全操作规程	302
10.2.5 程序编辑	244	附录 F 数控机床的维护与保养	303
10.2.6 自动运行方式	245	参考文献	304
10.3 习题	247		

第 1 章 数控加工概述

教学目标：了解数控的概念，认识数控机床的产生和发展，熟悉数控机床的组成及各组成部分的作用，掌握数控机床的工作特点及应用，学会比较数控机床与普通机床之间的区别与联系。

1.1 数控机床的概念及其特点

数控加工是一种自动化加工技术，它综合了计算机、自动控制、电动机、电气传动、测量、监控和机械制造等学科的内容。数控机床是数控加工的执行单元，与其他加工设备相比，它具备了许多独特优点，因此其发展速度极快。

1.1.1 数控机床的基本概念

1. 数字控制

“数控”是数字化信号控制的简称，其英文解释为“Numerical Control”，缩写是“NC”，是指用数字指令来控制机械执行预定的动作，通常由硬件电路发出数字化信号。

“计算机数控”的英文解释为“Computerized Numerical Control”，缩写是“CNC”，主要采用存储程序的专用计算机来实现部分或全部基本数控功能。

2. 数控机床

数控技术是为了满足复杂型面零件加工的自动化需要而产生的。采用数控技术的控制系统称为数控系统，装备了数控系统的机床称为数控机床。

数控机床是一种高效的自动化加工设备，它严格按照加工程序，可以自动地对被加工工件进行加工。从数控系统外部输入的直接用于加工的程序称为数控加工程序，简称为数控程序(NC Program)，它是机床数控系统的应用软件。与数控系统应用软件相对应的是数控系统内部的系统软件，系统软件是用于数控系统工作控制的。

如图 1.1 所示为国外相关资料表示的程序员(Programmer)、加工程序(NC Program)、

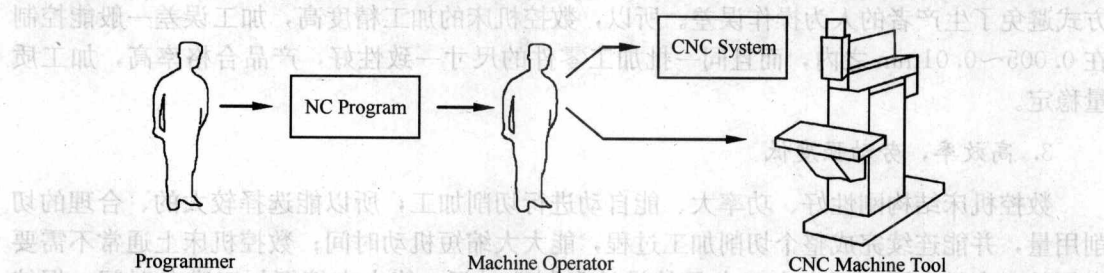


图 1.1 国外资料对数控程序和系统的介绍

操作员(Machine Operator)、数控系统(CNC System)、数控机床(CNC Machine Tool)之间的关系。

1.1.2 数控机床的特点

数控机床是由普通机床发展而来的,它们之间最明显的区别是数控机床可以按数控加工程序自动地对工件进行加工,而普通机床的整个加工过程必须通过技术工人的手工操作来完成,如图 1.2 所示。

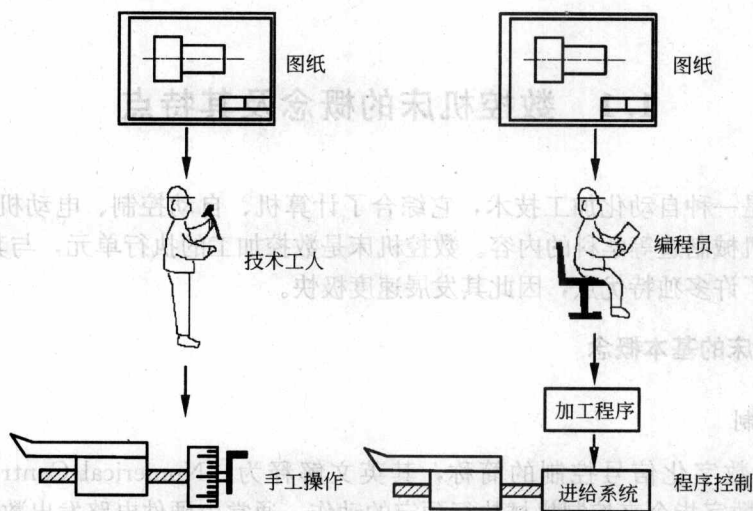


图 1.2 普通机床加工与数控机床加工的区别

数控机床加工与普通机床加工相比具有以下特点。

1. 高柔性, 适应性强

因数控机床能实现几个坐标联动, 加工程序可按对加工零件的要求而变换, 所以它的适应性和灵活性很强, 可以加工普通机床无法加工的形状复杂的零件。为单件、小批量零件加工及试制新产品提供了极大的便利。

2. 高精度, 质量稳定

数控机床的机械传动系统和结构都有较高的精度、刚度和热稳定性; 数控机床的加工精度不受零件复杂程度的影响, 零件加工的精度和质量由机床保证; 数控机床的自动加工方式避免了生产者的人为操作误差。所以, 数控机床的加工精度高, 加工误差一般能控制在 $0.005 \sim 0.01\text{mm}$ 之内, 而且同一批加工零件的尺寸一致性好, 产品合格率高, 加工质量稳定。

3. 高效率, 劳动强度低

数控机床结构刚性好、功率大、能自动进行切削加工, 所以能选择较大的、合理的切削用量, 并能连续完成整个切削加工过程, 能大大缩短机动时间; 数控机床上通常不需要专用的工夹具, 因而可省去工夹具的设计和制造时间, 能大大缩短加工准备时间。据统计, 普通机床的净切削时间一般占总切削时间的 $15\% \sim 20\%$, 而数控机床可达 $65\% \sim$

70%，可实现自动换刀的带刀库数控机床甚至可达75%~80%，加工复杂工件时，效率可提高5~10倍。

数控机床的加工，除了装卸工件、操作键盘、观察机床运行外，其他的机床动作都是按加工程序要求自动连续地进行切削加工的，操作者不需要进行繁重的重复性手工操作，劳动强度大大减轻。

4. 高投入，技术要求高

初始投资大。数控机床的价格一般是普通机床的若干倍，机床备件的价格也高，另外加工首件时需要编程、调试程序和试加工，时间较长，所以零件的加工成本高于普通机床；数控机床还增加了电子设备的维护，且对操作人员的技术水平要求较高。

因此，通常适合数控机床加工的零件主要有：多品种小批量零件，几何形状复杂的零件，需要频繁改型的零件，贵重的、不允许报废的关键零件，必须严格控制公差的零件。

1.2 数控机床的产生与发展

1.2.1 数控机床的产生

1948年，美国帕森斯(Parsons)公司在研制加工直升机叶片轮廓用检查样板的机床时，首先提出了数控机床的设想，而后在麻省理工学院的协助下，于1952年试制成功了世界上第一台数控机床样机。后又经过3年时间的自动程序编制的研究，数控机床进入了实用阶段，市场上出现了商品化数控机床。

我国于1958年开始研制数控机床，到20世纪60年代末和70年代初，简易的数控线切割机床已在生产中广泛使用。20世纪80年代初，我国引进了国外先进的数控技术，使我国的数控机床在质量和性能方面都有了很大的提高。从20世纪90年代起，我国已向高档数控机床方向发展。

数控技术虽然不是附属于数控机床，但它是随着数控机床而发展起来的，因此，数控技术通常是指机床数控技术。机床数控技术由机床、数控系统和外围技术3部分组成，数控机床综合应用了电子、计算机、自动控制、精密测量等方面的技术，经历了第一代电子管NC、第二代晶体管NC、第三代小规模集成电路NC、第四代小型计算机CNC和第五代微型机MNC数控系统5个发展阶段。前三代系统是20世纪70年代以前的早期数控系统，它们都是采用专用电子电路实现的硬接线数控系统，因此称之为硬件式数控系统，也称为普通数控系统或NC数控系统。第四代和第五代系统是20世纪70年代中期开始发展起来的软件式数控系统，称之为现代数控系统，也称为计算机数控或CNC数控。软件式数控是采用微处理器及大规模或超大规模集成电路组成的数控系统，它具有很强的程序存储能力和控制能力。软件式数控系统具有很强的通用性，几乎只需要改变软件，就可以适应不同类型机床的控制要求，具有很大的柔性。如今微型数控系统(Micro-Computer Numerical Control)，即MNC系统，几乎完全取代了以往的普通数控系统。

1.2.2 数控机床的发展

目前,世界先进制造技术的不断兴起,超高速切削、超精密加工等技术的应用,及柔性制造系统的迅速发展和计算机集成系统的不断成熟,对数控加工技术提出了更高的要求。当前数控机床正在朝着以下几个方向发展。

1. 高速化和高精度化

速度和精度是数控机床的两个重要指标,它直接关系到加工效率和产品质量。

(1) 数控系统采用位数、频率更高的处理器,以提高系统的基本运算速度。

(2) 采用超大规模的集成电路和多微处理器结构,以提高系统的数据处理能力,即提高插补运算的速度和精度。

(3) 采用直线电动机直接驱动机床工作台的直线伺服进给方式,其高速度和动态响应特性相当优越。

(4) 采用前馈控制技术,使追踪滞后误差大大减小,从而改善拐角切削的加工精度。

(5) 为适应超高速加工的要求,数控机床采用主轴电动机与机床主轴合二为一的结构形式,实现了变频电动机与机床主轴一体化,主轴电动机的轴承采用磁浮轴承、液体动静压轴承或陶瓷滚动轴承等形式。陶瓷刀具和金刚石涂层刀具已开始得到应用。

2. 多功能化

(1) 各类加工中心配有自动换刀机构(刀库容量可达 100 把以上),能在同一台机床上同时实现铣削、镗削、钻削、车削、铰孔、扩孔、攻螺纹等多种加工工序。有些数控机床还采用了多主轴、多面体切削,可以同时对一个零件的不同部位进行不同方式的切削加工。

(2) 数控系统由于采用了多 CPU 结构和分级中断控制方式,所以可在一台机床上同时进行零件加工和程序编制。

(3) 为了适应柔性制造系统和计算机集成系统的要求,数控系统具有远距离串行接口,甚至可以联网,能实现数控机床之间的数据通信,也可以直接对多台数控机床进行控制。

3. 智能化

(1) 现代数控机床引进了自适应控制技术,即根据切削条件的变化,自动调节工作参数,使在加工过程中能始终保持最佳工作状态,从而得到较高的加工精度和较小的表面粗糙度,同时也能提高刀具的使用寿命和设备的生产效率。

(2) 现代数控机床具有自诊断、自修复功能,在整个工作状态中,系统随时对 CNC 系统本身以及与其相连的各种设备进行自诊断、检查,一旦出现故障时,可立即采用停机等措施,并进行故障报警,提示发生故障的部位、原因等。还可以自动使故障模块脱机,而接通备用模块,以确保无人化工作环境的要求。为实现更高的故障诊断要求,其发展趋势是采用人工智能专家诊断系统。

4. 编程自动化

编程自动化就是利用计算机完成数控机床的程序编制工作。按输入方式的不同,自动

编程系统分为语言输入方式和图形输入方式。图形输入方式用图形输入设备及图形菜单将零件图形信息直接输入计算机并在屏幕上显示出来,再做进一步处理,最终得到加工程序。由于图形输入方式操作简单、直观,因此,目前 CAD/CAM 图形交互式自动编程已得到了较多的应用,是数控技术发展的新趋势。它是利用 CAD 绘制的零件加工图样,再经计算机内的刀具轨迹数据进行计算和后置处理,从而自动生成 NC 零件加工程序,以实现 CAD 与 CAM 的集成。随着 CIMS 技术的发展,当前又出现了 CAD/CAPP/CAM 集成的全自动编程方式,它与 CAD/CAM 系统编程的最大区别是其编程所需的加工工艺参数不必人工参与,可直接从系统内的 CAPP 数据库获得。

5. 高可靠性

数控机床的可靠性一直是用户最关心的主要指标。

(1) 数控系统将采用更高集成度的电路芯片,利用大规模或超大规模的专用及混合式集成电路,以减少元器件的数量,来提高可靠性。

(2) 通过硬件功能软件化,以适应各种控制功能的要求,同时采用硬件结构机床本体的模块化、标准化和通用化及系列化,以便既能提高硬件生产批量,又便于组织生产和质量把关。

(3) 通过自动运行启动诊断、在线诊断、离线诊断等多种诊断程序,实现对系统内硬件、软件和各种外部设备进行故障诊断和报警。

(4) 利用报警提示,及时排除故障;利用容错技术,实现故障自恢复;利用各种测试、监控技术,当产生超程、刀损、干扰、断电等各种意外时,自动进行相应的保护。

6. 系统小型化

数控系统小型化便于将机、电装置结合为一体。目前主要采用超大规模集成元件、多层印刷电路板,采用三维安装方法,使电子元器件得以高密度安装,较大规模地缩小了系统占用的空间。而利用新型的彩色液晶薄型显示器替代传统的阴极射线管,将使数控操作系统进一步小型化。这样可以方便地将它安装在机床设备上,更便于对数控机床的操作使用。

1.2.3 柔性制造技术

柔性制造技术是一种能迅速响应市场需求而相应调整生产品种的制造技术。各种名称的柔性自动化制造设备或设备群,按其加工设备的规模、投资强度和用途可划分为 5 个级别。

1. 柔性制造模块

柔性制造模块(Flexible Manufacturing Module, FMM)是一台扩展了许多自动化功能(如托盘交换器、托盘库或料库、刀库、上下料机械手等)的数控加工设备。它是最小规模的柔性制造设备,相当于功能齐全的加工中心、车削中心或磨削中心等。

2. 柔性制造单元

柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)包括 2~3 台数控加工设备或

FMM, 它们之间由小规模的工作件自动输送装置进行连接, 并由计算机对它们进行生产控制和管理。如图 1.3 所示, (a) 为配有托盘交换系统的 FMC, (b) 为配有工业机器人的 FMC。

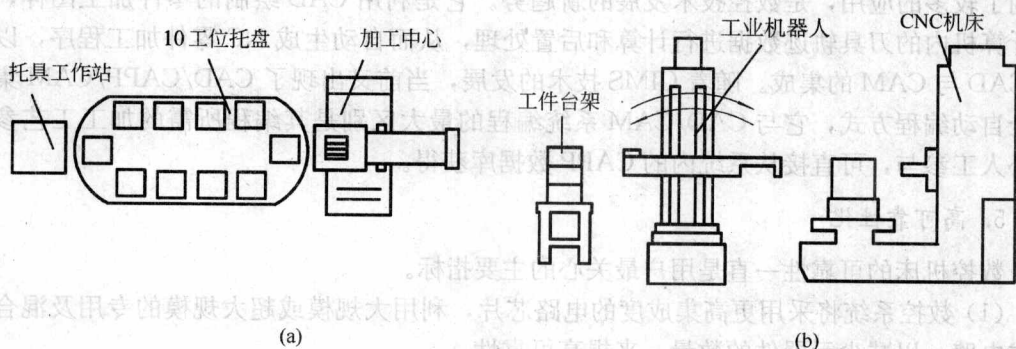


图 1.3 柔性制造单元 FMC

3. 柔性制造系统

柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)包括 4 台或更多的数控加工设备、FMM 或 FMC, 是规模更大的 FMC 或由 FMC 为子系统构成的系统, 如图 1.4 所示。FMS 的控制、管理功能比 FMC 强, 对数据管理与通信网络的要求高。

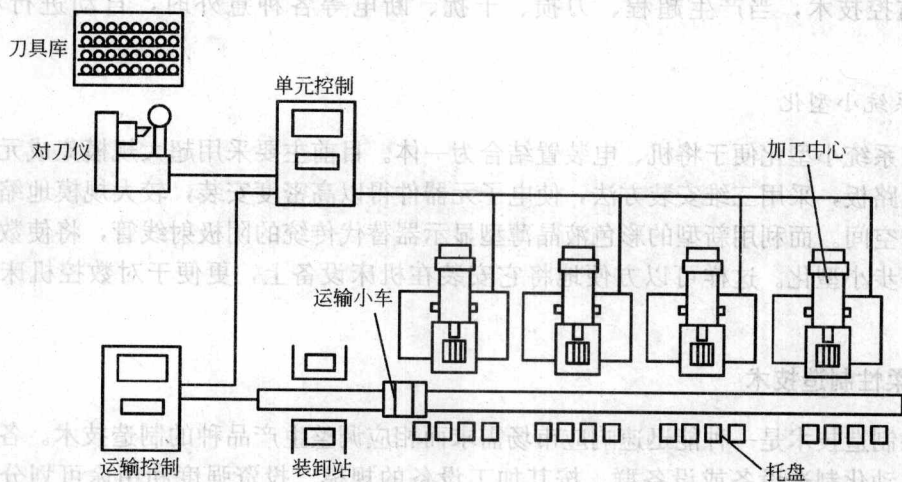


图 1.4 柔性制造系统 FMS

总之, 柔性制造系统是由若干台数控设备、物料运储装置和计算机控制系统组成的, 并能根据制造任务和生产品种的变化而迅速进行调整的自动化制造系统, 它是为了解决多品种、中小批量生产中效率低、周期长、成本高、质量差等问题而出现的高技术制造系统。

4. 柔性制造生产线

柔性制造生产线(Flexible Manufacturing Line, FML)的规模与 FMS 相同或比 FMS

大,但加工设备在采用通用数控机床的同时,更多地采用数控组合机床(数控专用机床、可换主轴箱机床、模块化多动力头数控机床等),所以这种柔性制造生产线也被称为柔性自动线(Flexible Transfer Line, FTL);工件输送路线多为单线固定。FML的特点是柔性较低、专用性较强、生产率较高、生产量较大,相当于数控化的自动生产线,一般用于少品种、中大批量生产。因此,可以说 FML 相当于专用 FMS。

5. 柔性制造工厂

柔性制造工厂(Flexible Manufacturing Factory, FMF)以 FMS 为子系统构成,柔性制造由 FMS 扩大到全厂范围,并通过计算机系统的有机联系,实现全厂范围内生产管理过程、设计过程、制造过程和物料运储过程的全盘自动化,即实现工厂自动化(Factory Automation, FA)的目标。

1.2.4 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)是随着计算机辅助设计与制造的发展而产生的。它是在信息技术、自动化技术与制造的基础上,通过计算机技术把分散在产品设计与制造过程中各种孤立的自动化子系统有机地集成起来,形成适用于多品种、小批量生产,实现整体效益的集成化和智能化制造系统。集成化反映了自动化的广度,它把系统的范围扩展到了市场预测、产品设计、加工制造、检验、销售及售后服务等的全过程。智能化则体现了自动化的深度,它不仅涉及物资流控制的传统体力劳动的自动化,还包括信息流控制的脑力劳动的自动化。

简言之, CIMS 就是用计算机通过信息集成实现现代化的生产制造,以求得企业的总体效益。它是计划、设计、工艺、加工、装配、检验、销售全过程由计算机控制的集成生产系统。

1.3 数控机床的组成和分类

1.3.1 数控机床的组成

如图 1.5 所示,数控机床一般由程序载体、输入装置、数控装置(CNC)、伺服系统、辅助控制装置、检测反馈装置、机床本体等几部分组成。

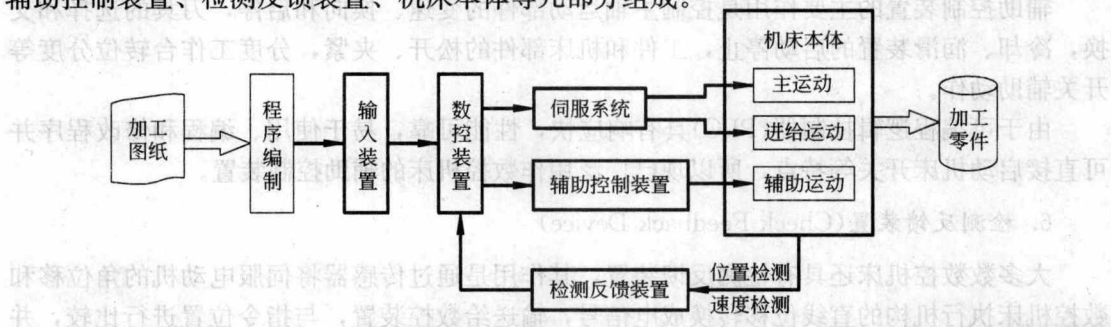


图 1.5 数控机床的组成

1. 程序载体(Carrier of Program)

在对加工零件进行工艺分析的基础上,得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等加工信息,用由文字、数字和符号组成的标准数控代码,按规定的方法和格式,编制零件加工的数控程序单。对于形状简单的零件,编制程序的工作可由人工进行;对于形状复杂的零件,则要在专用的编程机或通用计算机上进行自动编程(APT)或CAD/CAM设计。编好的数控程序,存放在便于输入到数控装置的一种存储载体上,它可以是穿孔纸带、磁带和磁盘等,采用哪一种存储载体,取决于数控装置的设计类型。

2. 输入装置(Input Device)

输入装置的作用是将程序载体(信息载体)上的数控代码传递并存入数控系统内。根据控制存储介质的不同,输入装置可以是光电阅读机、磁带机或软盘驱动器等。数控机床加工程序也可通过键盘用手工方式MDI(Manual Data Input)直接输入到数控系统;数控加工程序还可由编程计算机用RS-232C接口或采用网络通信方式传送到数控装置。

零件加工程序的输入过程有两种不同的方式:一种是边读入边加工(数控系统内存较小时),另一种是一次将零件加工程序全部读入数控装置内部的存储器,加工时再从内部存储器中逐段调出进行加工。

3. 数控装置(CNC Equipment)

数控装置是数控机床的核心,一般是指控制机床运动的微型计算机。数控装置从内部存储器中取出或接收输入装置送来的一段或几段数控加工程序,经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制机床各部分的工作,使其进行规定的有序运动和动作。

4. 伺服系统(Servo System)

伺服系统由伺服控制电路、功率放大电路和伺服电动机组成,其功能是接收数控装置输出的指令脉冲信号,使机床上的移动部件作相应的移动,并对定位的精度和速度加以控制。每一个指令脉冲信号使机床移动部件产生的位移量称为脉冲当量,常用的脉冲当量为0.01mm/脉冲、0.005mm/脉冲、0.001mm/脉冲等。因此,伺服系统的精度和动态响应是影响数控机床加工精度、表面质量和生产率的主要因素之一。

5. 辅助控制装置(Assist Control Equipment)

辅助控制装置的主要作用是控制主轴运动部件的变速、换向和启停,刀具的选择和交换,冷却、润滑装置的启动停止,工件和机床部件的松开、夹紧,分度工作台转位分度等开关辅助动作。

由于可编程逻辑控制器(PLC)具有响应快,性能可靠,易于使用、编程和修改程序并可直接启动机床开关等特点,所以现已广泛用作数控机床的辅助控制装置。

6. 检测反馈装置(Check Feedback Device)

大多数数控机床还具有检测反馈装置,其作用是通过传感器将伺服电动机的角位移和数控机床执行机构的直线位移转换成电信号,输送给数控装置,与指令位置进行比较,并由数控装置发出指令,纠正所产生的误差。