

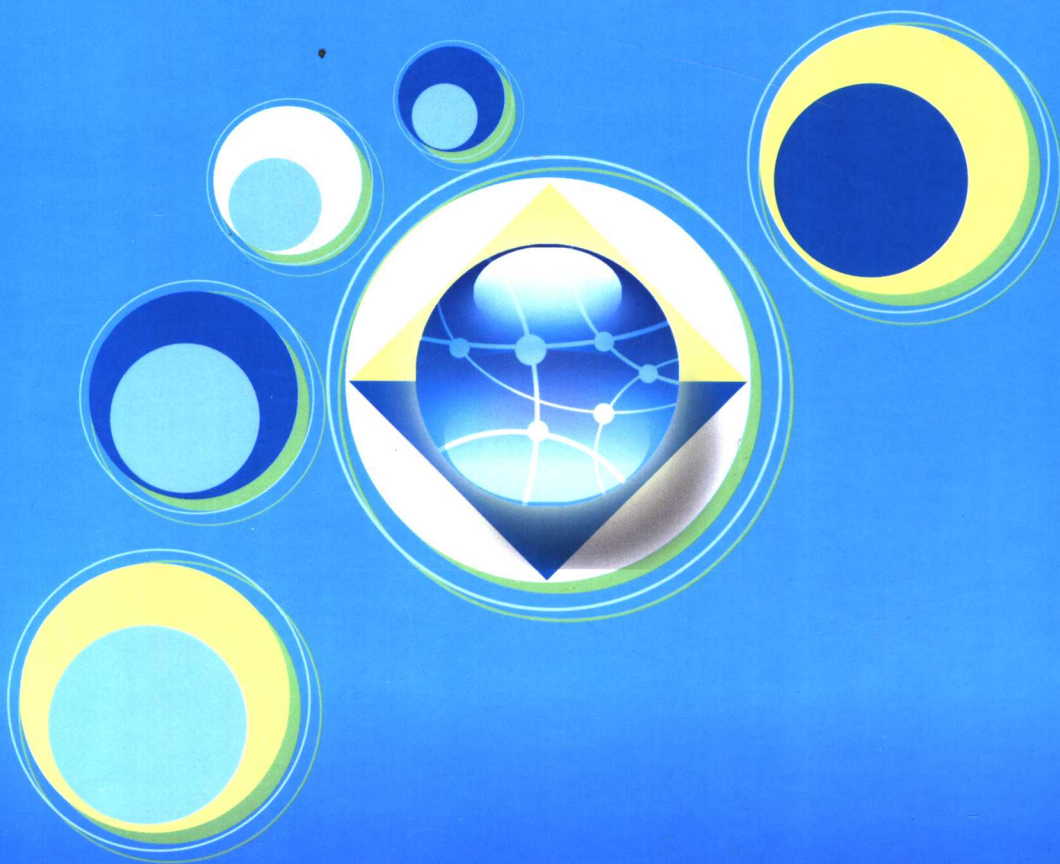


21st CENTURY
规划教材

全国高职高专数控模具规划教材

数控编程技术

陈志雄 余小燕 主编



科学出版社
www.sciencep.com



全国高职高专数控模具规划教材

数控编程技术

陈志雄 余小燕 主编

熊裕文 周金元 陈向东 副主编

图书在版编目(CIP)数据

数控编程技术 / 陈志雄, 余小燕主编. — 北京: 科学出版社, 2002
(全国高职高专数控模具规划教材)

ISBN 7-03-010117-3

I. ①数… II. ①陈… ②余… III. ①数控机床—程序设计—高等学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第090734号

责任编辑: 李亚娟 封面设计: 陈宁宁 责任印制: 吕会青
北京科委字(2002)第090734号

出版 科学出版社

北京 中关村大街251号

100080

http://www.sciencep.com

印刷 北京印刷厂

科学出版社 北京

2002年8月第1版 157×105 1/16

2002年8月第一次印刷 印张: 10.75

印数: 1—3 000 定价: 22.00元

科学出版社

(北京印刷厂承印)

北京 010-65139131 010-65138678-8508 (7104)

内 容 简 介

本书主要介绍数控车床、数控铣床、加工中心的操作及数控系统的功能,结合实例详细阐述了数控机床的手工编程方法,重点讲述了FANUC、SIEMENS、华中数控系统的编程方法。

全书共7章,内容包括数控技术的发展,数控机床的工作原理、组成及分类,常用的数控系统,数控加工程序编制的基本知识,机床的操作方法,常用指令,数控车床、数控铣床、加工中心程序的编制方法等。

本书可以作为高等职业院校数控应用专业、模具设计与制造专业、机电一体化专业教材,也可作为广大自学者及工程技术人员自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控编程技术/陈志雄,余小燕主编. —北京:科学出版社,2005

(全国高职高专数控模具规划教材)

ISBN 7-03-016117-3

I. 数… II. ①陈… ②余… 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(2005)第090734号

责任编辑:李昱颖 马琳/责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉/封面设计:万千广告公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2005年8月第一次印刷 印张:10 1/4

印数:1—3 000 字数:222 000

定价:14.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<路通>)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62138978-8208 (VT04)

全国高职高专数控模具规划教材

编 委 会

主 任 李振格

副主任 (按姓氏笔画排序)

王贤涛 余小燕 张红英 陈志雄 柳舟通

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁晚景	王利荣	王希华	邓德清	刘美玲
李年芬	李昱颀	李雪早	何 伟	余冬蓉
陆全龙	周金元	徐江林	黄卫红	龚洪浪
程燕军	雷才洪	廖建刚	熊南峰	

本书编写人员

主 编 陈志雄 余小燕

副主编 熊裕文 周金元 陈向东

撰稿人 (按姓氏笔画排序)

肖 仁	余小燕	陈向东	陈志雄
周金元	范锦峰	龚 福	熊裕文

出版说明

进入 21 世纪,国际竞争日趋激烈,竞争的焦点是人才的竞争,是全民素质的竞争。人力资源在国家综合国力的增强方面发挥着越来越重要的作用,而人力资源的状况归根结底取决于教育发展的整体水平。

教育部在《2003~2007 年教育振兴行动计划》中明确了今后 5 年将进行六大重点工程建设:一是“新世纪素质教育工程”,以进一步全面推进素质教育;二是“就业为导向的职业教育与培训工程”,以增强学生的就业、创业能力;三是“高等学校教学质量与教学改革工程”,以进一步深化高等学校的教学改革;四是“教育信息化建设工程”,以加快教育信息化基础设施、教育信息资源建设和人才培养;五是“高校毕业生就业工程”,以建立更加完善的高校毕业生就业信息网络和指导、服务体系;六是“高素质教师和管理队伍建设工程”,以完善教师教育和终身学习体系,进一步深化人事制度改革。

职业教育事业在改革中加速发展,使我国的经济建设和社会发展服务能力显著增强。各地和各级职业院校坚持以服务为宗旨、以就业为导向,正大力实施“制造业与现代服务业技能型紧缺人才培养培训计划”和“农村劳动力转移培训计划”,并密切与企业、人才、劳务市场的合作,进一步优化资源配置和布局结构,深化管理体制和办学体制改革,使这一事业发展势头良好。

为配合教育部职业教育与成人教育司 2004~2007 年推荐教材的出版计划,科学出版社本着“高水平、高质量、高层次”的“三高”精神和“严肃、严密、严格”的“三严”作风,集中相关行业专家、各职业院校双优型教师,编写了高职高专层次的基础课、公共课教材,各类紧缺专业、热门专业教材,实训教材,以及引进的特色教材,其中包括如下三个部分:

1. 高职高专基础课、公共课教材系列
 - (1) 基础课教材系列
 - (2) 公共课教材系列
2. 高职高专专业课教材系列,又分
 - (1) 紧缺专业
 - 软件类专业系列教材
 - 数控技术类专业系列教材
 - 护理类专业系列教材
 - (2) 热门专业教材
 - 电子信息类专业系列教材
 - 交通运输类专业系列教材

- 财经类专业系列教材
- 旅游类专业系列教材
- 生物技术类专业系列教材
- 食品类专业系列教材
- 精细化工类专业系列教材
- 艺术设计类专业系列教材
- 建筑专业系列教材

3. 高职高专特色教材系列, 又分

(1) 高职高专实训教材系列教材

(2) 国外职业教育优秀系列教材

本套教材建设的宗旨是以学校的选择为依据, 以方便教师授课为标准, 以理论知识为主体, 以应用型职业岗位需求为中心, 以素质教育、创新教育为基础, 以学生能力培养为本位, 力求突出以下特色:

1. 理念创新: 秉承“教学改革与学科创新引路, 科技进步与教材创新同步”的理念, 根据新时代对高等职业教育人才的需求, 出版一系列体现教学改革最新理念、内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

2. 方法创新: 摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法, 专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位所需求的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上, 引进国外先进的教材, 以确保符合职业教育的特色。

3. 特色创新: 加大实训教材的开发力度, 填补空白, 突出热点, 积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材, 提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持, 以方便教师教学与学生学习。对于部分专业, 组织编写“双证教材”, 注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

4. 内容创新: 在教材的编写过程中, 力求反映知识更新和科技发展的最新动态, 新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中, 体现了高职教育专业紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

欢迎广大教师、学生在使用本系列教材时提出宝贵意见, 以便我们进一步做好修订工作, 出版更多的精品教材。

科学出版社

前 言

数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,数控技术的应用是提高制造业产品质量和劳动生产率必不可少的重要手段,数控机床是国防工业现代化的重要战略装备,是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要标志。因此有专家说:21世纪机械制造业的竞争,实质上是数控技术和数控人才的竞争。目前,我国数控机床的操作技术工人缺口达60多万,数控编程、数控机床操作和维护人员更是严重不足。尤其是专业理论知识层次较高和具备一定动手能力的高级复合型技能人才更加紧缺,在企业中所占比例不足5%。因此,急需培养一大批能够熟练掌握现代数控机床编程、操作和维护的应用型高级技术人才。在此基础上,同时也为了适应我国高等职业技术教育发展及应用型技术人才培养的需要,编写了这本教材。

在编写过程中,我们从高等职业教育的实际出发,以培养技术应用型人才为目的,在理论上不作过多的阐述,而加强了职业的针对性和技术的实用性。

本书主要介绍了数控加工程序的编制方法。在编写过程中,结合实际情况,同时也为了适应市场的需要,在数控系统选型上,考虑了市场占有率,选用华中数控系统、FANUC、SIEMENS等公司的数控系统,并以华中数控系统为主线编写。

全书共7章,大约需72学时,读者可根据自己的实际情况决定内容的取舍。

在本书的编写过程中,得到了湖北职业技术学院国家数控培训中心、华中数控股份有限公司的大力支持。另外,乔福机械工业股份有限公司(国内)副总经理杨子仪先生为作者编写教材提出了许多宝贵的意见和建议,并提供了丰富的资料,在此一并致谢。

由于数控技术发展迅速,编者水平有限,所以本书难免有不足之处,望广大读者提出宝贵意见。

目 录

第 1 章 数控技术概论	1
1.1 数控技术的发展	1
1.1.1 数控机床的出现	1
1.1.2 数控技术发展的几个主要阶段	2
1.1.3 我国数控技术发展概况	2
1.1.4 数控技术发展趋势	3
1.2 数控机床的工作原理及基本组成	4
1.2.1 数控机床的工作原理	5
1.2.2 数控机床的组成	5
1.3 数控机床的分类	6
1.3.1 按加工方式分类	7
1.3.2 按控制系统功能分类	7
1.3.3 按伺服控制方式分类	8
1.3.4 按数控系统的功能水平分类	10
1.4 数控机床的特点和应用范围	11
1.4.1 数控机床的加工特点	11
1.4.2 数控机床的使用特点	12
1.4.3 数控机床的应用范围	12
1.5 典型数控系统简介	13
1.5.1 FANUC 公司的主要数控系统	13
1.5.2 SIEMENS 公司的主要数控系统	14
1.5.3 FAGOR 公司的数控系统	14
1.5.4 华中数控系统	15
1.5.5 北京航天数控	15
本章小结	15
思考与练习	16
第 2 章 数控加工编程基础	17
2.1 插补的基本知识	17
2.1.1 插补的基本概念	17
2.1.2 常用的插补方法	17
2.2 数控机床坐标系	18
2.2.1 机床坐标系及运动方向	18
2.2.2 绝对坐标与增量坐标	20
2.2.3 机床原点与机床参考点	20

2.2.4 工件坐标系	22
2.3 刀具补偿的概念	23
2.3.1 刀位点	23
2.3.2 位置补偿	23
2.4 数控加工工艺分析	25
2.4.1 加工方法的选择	25
2.4.2 加工工序的编排原则	25
2.4.3 工件的装夹	26
2.4.4 对刀点和换刀点位置的确定	27
2.4.5 加工路线的确定	28
2.4.6 刀具及切削用量的选择	30
2.5 数控加工程序的格式及编程方法	34
2.5.1 程序的结构	35
2.5.2 程序的格式	35
2.5.3 主程序和子程序	36
2.5.4 常用地址符及其含义	37
2.5.5 数控程序的编制方法及步骤	37
本章小结	40
思考与练习	41
第3章 数控机床的操作	42
3.1 数控车床的操作	42
3.1.1 数控车床控制面板及操作面板	42
3.1.2 回参考点及手动操作	45
3.1.3 对刀及刀具补偿的设置	46
3.2 数控铣床的操作	49
3.2.1 数控铣床控制面板及操作面板	49
3.2.2 手动操作	51
3.2.3 MDI 操作	53
3.2.4 坐标系数据设置	54
3.2.5 刀具库及刀具参数的输入	55
3.3 加工中心的操作	56
3.3.1 加工中心控制面板及操作面板	56
3.3.2 参数设定	61
3.3.3 操作要点	61
本章小结	62
思考与练习	63
第4章 数控编程常用指令	64
4.1 概述	64
4.2 与坐标和坐标系有关的指令	68

4.3 运动路径控制指令	71
4.3.1 单位设定指令	71
4.3.2 快速定位指令	71
4.3.3 方向定位指令	73
4.3.4 线性进给指令	73
4.3.5 圆弧进给及螺旋线进给指令	74
4.3.6 暂停指令	78
4.4 辅助功能及其他功能指令	79
4.4.1 辅助功能指令	79
4.4.2 刀具功能指令	80
4.4.3 进给功能指令	80
4.4.4 主轴转速功能指令	81
4.5 不同数控系统功能的比较	81
本章小结	85
思考与练习	85
第5章 数控车床编程	87
5.1 概述	87
5.1.1 数控车削加工的对象	87
5.1.2 数控车床编程要点	87
5.2 数控车床的刀具补偿	88
5.2.1 刀具位置补偿	88
5.2.2 刀尖半径补偿	88
5.2.3 刀尖圆弧半径补偿的实现	89
5.3 固定循环	92
5.3.1 简单固定循环	92
5.3.2 复合固定循环	94
5.3.3 螺纹切削循环	99
5.4 数控车床加工编程实例	104
本章小结	109
思考与练习	110
第6章 数控铣床编程	115
6.1 数控铣加工的特点	115
6.1.1 数控铣床加工的对象	115
6.1.2 数控铣床加工的特点	115
6.1.3 数控铣床编程时应注意的问题	116
6.2 数控铣加工的刀具补偿及其他功能指令	116
6.2.1 刀具半径补偿 G40, G41, G42	116
6.2.2 刀具长度补偿 G43、G44、G49	118
6.2.3 其他功能指令	120

6.3 固定循环	123
6.3.1 概述	123
6.3.2 钻孔循环	124
6.3.3 镗孔循环	126
6.3.4 攻螺纹	127
6.3.5 取消固定循环	127
6.4 数控铣加工编程实例	128
本章小结	131
思考与练习	131
第7章 加工中心编程	135
7.1 加工中心的特点	135
7.1.1 加工中心的加工特点	135
7.1.2 加工中心程序的编制特点	135
7.1.3 加工中心的主要加工对象	136
7.1.4 加工中心的换刀形式	136
7.2 加工中心的换刀程序	139
7.2.1 加工中心主轴的准停	139
7.2.2 换刀程序	139
7.3 加工中心编程实例	140
本章小结	149
思考与练习	149
主要参考文献	151

第 1 章 数控技术概论

内容提要：本章主要讲述数控技术的发展过程及其发展趋势；数控机床的组成、工作原理、分类及特点；数控机床的适用范围；常用数控系统的介绍。

1.1 数控技术的发展

数控技术和数控机床的诞生，实现了多品种、小批量产品零件的自动化生产。数控机床是一种用计算机以数字指令方式控制的机床，数控机床也简称为 NC 机床。

1.1.1 数控机床的出现

数控是数字控制（numerical control）的简称，在机床领域是指用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制，其含义是用以数值和符号构成的数字信息自动控制机床的运转。

促进数控技术发展的动力是第二次世界大战以后的军备竞赛。1946 年世界上第一台计算机的问世为数控机床的研制提供了技术基础。1948 年，美国一个小型飞机工业承包商帕森兹公司（Parsons Corporation）在制造飞机时，利用全数字电子计算机对叶片轮廓的加工路径进行了数据处理，并考虑了刀具半径对加工路径的影响，其加工精度达到 $\pm 0.0381\text{mm}$ 。

1952 年，美国帕森兹公司与麻省理工学院伺服机构实验室（Serve Mechanisms Laboratory of the Massachusetts's Institute of Technology）合作，成功研制出一套三坐标联动、利用脉冲乘法器原理的试验性数字控制系统，并将它装在一台立式铣床上，这就是世界上第一台数控机床。

1953 年，美国空军与麻省理工学院协作，开始从事计算机自动编程的研究，这就是研制 APT（automatically programming tool）自动编程系统的开始。

1959 年 3 月，美国克耐·杜列克公司（Keane Y & Trecker Corp）开发了带有自动换刀装置的数控机床，称为“加工中心”。

由于当时控制计算机的价格十分昂贵，1967 年，英国首先把几台数控机床联接成具有柔性的加工系统，这就是最初的 FMS（flexible manufacturing system）柔性制造系统。随着计算机技术的发展，小型计算机的价格急剧下降，小型计算机开始取代专用控制的硬件逻辑数控系统（NC），数字控制的许多功能由软件程序实现。出现了由计算机作控制单元的数控系统（CNC）。

1970 年前后，美国英特尔（Intel）公司首先开发和使用微处理器。1974 年，美国、日本等首先研制出以微处理器为核心的数控系统的数控机床。由于中、大规模集成电路的集成度和可靠性高、价格低廉，因此，20 多年来，微处理器数控系统的数控机床得到飞速发展和广泛应用。这就是微机数控（micro-computer numerical control）系

统,即 MNC 系统。

20 世纪 80 年代初,国际上又出现了柔性制造单元 FMC (flexible manufacturing cell)。柔性制造单元 (FMC) 和柔性制造系统 (FMS) 被认为是实现计算机集成制造系统 CIMS (computer integrated manufacturing system) 的必经阶段和基础。

1.1.2 数控技术发展的几个主要阶段

数控机床产生以后,随着电子技术和计算机技术的发展,经历了如下几个主要阶段。

1952 年,数控装置的电子元件由电子管组成。

1959 年,数控装置由电子管过渡到晶体管和印刷电路板元件。

1965 年,数控装置使用了小规模集成电路,并商品化,不仅缩小了体积,减少了功耗,而且使系统的可靠性进一步提高。

1970 年,在美国芝加哥国际机床展览会上,出现了计算机数控装置 (CNC) 以及由计算机直接进行多机床控制的系统,称为直接控制系统 DNC (direct numerical control)。

1974 年,出现了微处理品和半导体存储器的微计算机数控装置。

1990 年开始,基于工业 PC 的通用 CNC 系统出现,数控装置的各项功能被分配到各个微处理器,在主微处理器的统一控制和管理下,并行、协调地工作,使数控机床向高精度、高速化发展。

数控技术发展的 6 个主要阶段见表 1.1。

表 1.1 数控技术发展的 6 个主要阶段

数控系统发展的历史	出现年份	数控系统发展的历史	出现年份
第一代电子管数控系统	1952	第四代小型计算机数控系统	1970
第二代晶体管数控系统	1959	第五代微处理器数控系统	1974
第三代集成电路数控系统	1965	第六代基于工业 PC 的通用 CNC 系统	1990

1.1.3 我国数控技术发展概况

我国从 1958 年开始研制数控机床,由清华大学研制出了最早的样机。1966 年我国诞生了第一台用于直线-圆弧插补的晶体管数控系统,即第二代数控系统。1970 年,集成电路数控系统制造成功,标志着我国进入了第三代数控系统制造阶段。但是由于历史的原因,数控机床的发展很慢,品种和数量都很少,稳定性和可靠性也比较差,只在一些复杂的、特殊的零件加工中使用。

从 20 世纪 70 年代开始,数控技术在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工、电加工等领域全面展开,数控加工中心在上海、北京研制成功。但由于电子元器件的质量和制造工艺水平差,致使数控系统的可靠性、稳定性未得到解决,因此不能广泛推广。

直到 20 世纪 80 年代,我国先后从日本、美国等国家引进一些先进的数控系统和直流伺服电机、直流主轴电机技术,并进行了商品化生产,这些系统可靠性高,稳定性

好,功能齐全,推动了我国数控机床的发展,使我国数控机床在质量、性能及水平上有了一个飞跃。到1985年,我国数控机床的品种累计达80多种,进入了实用阶段。

1986年至1990年期间是我国数控机床大发展的时期。在此期间,通过实施国家重点科技攻关项目“柔性制造系统技术及设备开发研究”及重点科技开发项目“数控机床引进技术消化吸收(数控机床一条龙)”,推动了我国数控机床的发展。

从20世纪90年代以来,我国主要发展高档数控机床。

目前,在数控领域中,我国和先进的工业国家之间还存在一定的差距。我国数控机床的生产还远远满足不了国内生产的需要,更不能满足出口的要求。在现有数控机床中,还有待于进一步提高其利用率。随着我国加入WTO,并将成为世界制造中心,各行各业对数控机床的需要将会很大,数控机床也必然在国家建设中发挥更大的作用。

1.1.4 数控技术发展趋势

从发明第一台数控机床到现在的几十年中,数控技术迅猛发展。当前,数控技术的发展呈现以下的发展趋势。

1. 数控控制器发展趋势

(1) 高性能的控制器

当前控制器在性能上将向如下方向发展:多坐标多通道控制;高速、高精加工功能;复合机床功能,也就是在同一机床上可以进行多种工艺的加工,如在一台机床上可以进行车加工、铣加工、镗加工等;高可靠性和安全性功能;方便使用。

(2) 伺服驱动器向数字化、交流化和智能化方向发展

伺服由模拟伺服向数字伺服发展,数字伺服有如下优点:无温漂,稳定性好;基于数值计算,精度高;通过参数对系统设定,调整减少,方便智能控制;容易做成ASIC电路。对交流电机采用矢量控制可使交流伺服电机的控制性能与直流电机媲美。采用软件与高速数字信号处理器控制,可提高运算能力,实现参数自动识别,加上高精度的传感器,使伺服系统智能化程度大大提高。

(3) 控制器的开放性能

当NC机床出现以后,制造厂家就希望能部分或全部地使用NC系统代替机床设计师和操作者的大脑,具有一定的智能,能把特殊的加工工艺、管理经验和操作技能放进NC系统中,同时也希望它具有图形交互、诊断等功能。这就需要数控系统有友好的人机界面和提供给用户的开发平台,要求NC控制器透明以使机床制造商和最终用户可以自由地实现自己的思想。于是产生了开放结构的数控系统。

(4) 智能化的控制器

这一特点主要表现在控制对象为数学模型复杂,或具有高度非线性,难于建模的系统;任务复杂,要求具有规划、决策的能力;具有故障自动诊断功能。

(5) 网络化控制

随着现代技术的发展,可以通过计算机或数控系统本身对多台机床进行集中监控和管理,系统可以通过网络进行通信以传递程序,监控加工状态。还可以传送维修数据,对系统进行远程控制、操作和诊断,传送CAD/CAM数据等。目前主要采用以太网以

及现场总线,随着技术的发展,应用无线技术也已经出现,无线技术几乎可以使信息到达任何地方。

2. 数控机床发展趋势

为了满足市场和科学技术发展的需要,为了达到现代制造技术对数控技术提出的更高的要求,当前,世界数控技术及其装备发展趋势主要体现在以下几个方面。

(1) 高速、高效、高精度、高可靠性

高速、高效:机床向高速化方向发展,可充分发挥现代刀具材料的性能,不但可大幅度提高加工效率、降低加工成本,而且还可提高零件的表面加工质量和精度。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低成本生产有广泛的适用性。

高精度:从精密加工发展到超精密加工(特高精度加工),是各工业强国发展的方向。其精度从微米级到亚微米级,乃至纳米级,其应用范围日趋广泛。

高可靠性:是指数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性在一个数量级以上,但也不是可靠性越高越好,仍然是适度可靠,受性能价格比的约束。

(2) 模块化、智能化、柔性化和集成化

模块化、专门化与个性化:机床结构模块化,数控功能专门化,机床性能价格比显著提高并加快优化。个性化是近几年来特别明显的发展趋势。

智能化:智能化的内容包括在数控系统中的各个方面;一是为追求加工效率和加工质量方面的智能化;二是为提高驱动性能及使用连接方便方面的智能化;三是简化编程、简化操作方面的智能化;四是智能诊断、智能监控方面的内容,方便系统的诊断及维修等。

柔性化和集成化:柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段,是各国制造业发展的主流趋势,是先进制造领域的基础技术。

(3) 开放性

为适应数控进线、联网、普及型个性化、多品种、小批量、柔性化及数控迅速发展的要求,最重要的发展趋势是体系结构的开放性,设计生产开放式的数控系统,例如美国、欧盟及日本发展开放式数控的计划等。

(4) 出现新一代数控加工工艺与装备

为适应制造自动化的发展,向 FMC、FMS 和 CIMS 提供基础设备,要求数字控制制造系统不仅能完成通常的加工功能,而且还要具备自动测量、自动上下料、自动换刀、自动更换主轴头(有时带坐标变换)、自动误差补偿、自动诊断、进线和联网等功能;FMC, FMS 制造及无图纸制造技术;围绕数控技术、制造过程技术在快速成型、并联机构机床、机器人化机床、多功能机床等整机方面和高速电主轴、直线电机、软件补偿精度等单元技术方面先后有所突破;以计算机辅助管理和工程数据库、因特网等为主体的制造信息支持技术和智能化决策系统。

1.2 数控机床的工作原理及基本组成

数控机床是一种利用信息处理技术进行自动加工的机床。熟悉数控机床的组成,不

仅要掌握数控机床的工作原理，同时还要掌握数控技术在其他行业的应用。

1.2.1 数控机床的工作原理

数控机床与普通机床相比，其工作原理的不同之处在于数控机床是按数字形式给出的指令进行加工的。

数控机床加工零件，首先要将被加工零件的图样及工艺信息数字化，用规定的代码和程序格式编写加工程序；然后将所编程序指令输入到机床的数控装置中；再后数控装置将程序（代码）进行译码、运算后，向机床各个坐标的伺服机构和辅助控制装置发出信号，驱动机床各运动部件，控制所需要的辅助运动；最后加工出合格零件。

1.2.2 数控机床的组成

数控机床的主要由加工程序、输入装置、数控系统、伺服系统、辅助控制装置、反馈系统及机床等几个部分组成，如图 1.1 所示。

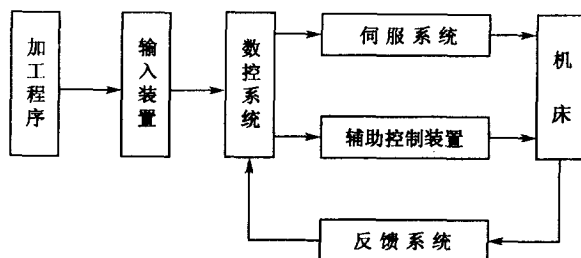


图 1.1 数控机床的基本组成

1. 加工程序

数控机床与普通机床的最大区别是数控机床不需要工作人员直接去操作机床，它是按输入的工件加工程序运行的。工件加工程序中，包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数（进给量、主轴转速等）和辅助运动等加工所需的全部信息。加工程序可存储在控制介质（也称信息载体、程序载体）上。数控机床中，常用的控制介质有穿孔带、磁带和磁盘等。

2. 输入装置

输入装置的作用是将控制介质（信息载体、程序载体）上的有关加工信息传递并存入控制系统内。根据控制介质的不同，相应有不同的输入装置，如对穿孔带，有光电阅读机；对磁带，有录放机；对磁盘，有磁盘驱动器等。

现代数控机床，可以通过键盘，用手动方式（MDI 方式）直接输入数控系统。也可以由计算机编程后，用通信方式传送到数控系统中。

3. 数控系统

数控系统是数控机床的核心，它主要包括微型计算机、通用输入输出外围设备及相

关软件。

数控系统的主要功能是接受输入装置送来的脉冲信号，经过数控系统的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后，输出各种信息和指令，控制机床各部分进行规定的动作。所输出的控制信息中最基本的信息是：经插补运算确定各坐标轴（即作进给运动的各执行部件）的进给速度、进给方向和进给位移量指令。还有主运动部件的变速、换向和启停指令；刀具的选择和交换指令；冷却、润滑装置的启停，工件和机床部件的松开、夹紧，分度工作台转位等辅助指令等。

4. 伺服系统

伺服系统是数控系统的执行部分。它接受数控装置的指令信息，经功率放大后，严格按照指令信息的要求驱动机床的运动部件，完成指令规定的运动，加工出合格的零件。一般来说数控机床的伺服系统，要有好的快速响应性能和高伺服精度。

伺服系统包括驱动装置和执行机构两大部分。目前大都采用直流或交流伺服电动机作为执行机构。

5. 测量反馈装置

测量反馈装置的作用是将数控机床各坐标轴的位移指令检测值反馈到机床的数控装置中，数控装置对反馈回来的实际位移值与设定值进行比较后，向伺服系统发出指令，纠正所产生的误差。

6. 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的主运动换向、变速、启停、刀具的选择和交换，以及其他辅助装置等指令信号，经过必要的编译、逻辑判别和运算，经功率放大后直接驱动相应的电器，带动机床机械部件、液压气动等辅助装置完成指令规定的动作。

现在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，并可直接驱动机床电器的特点，已被广泛作为数控机床的辅助控制装置。

7. 机床

与普通机床相比，数控机床主体结构虽然仍然由主传动装置、进给传动装置、床身及工作台和辅助装置组成，但其传动系统更为简单。并且数控机床的静态和动态刚度要求更高，传动装置的间隙要求尽可能小，滑动面的摩擦因数要小，并有恰当的阻尼，以适应对数控机床高定位精度和良好的控制性能的要求。

1.3 数控机床的分类

数控机床五花八门，种类繁多，据不完全统计，已有 400 多个品种。当前数控机床究竟如何分类，国内外尚无统一的规定。为了便于了解和研究，通常按下面四种方法来分类。