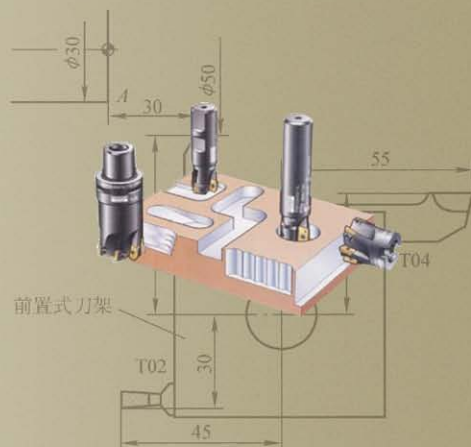


全国高职高专机电专业系列规划教材

数控加工与编程

王丽洁 主编

SHUKONG
JIAGONG YU BIANCHENG



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

全国高职高专机电专业系列规划教材

数控加工与编程

王丽洁 主 编



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

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,着重介绍现代数控机床的编程技术。

全书主要包括:数控机床的概述,常用编程指令和编程方法,数控加工工艺分析,数控车床、加工中心的编程与操作,数控加工实训项目,自动编程。全书内容丰富、图文并茂、案例生动、实践性强。

本书可作为高等职业教育机电类专业数控技术应用、CAD/CAM 技术应用和模具设计与制造专业教材,还可供从事数控加工的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工与编程/王丽洁主编.--北京:北京邮电大学出版社,2011.8

ISBN 978-7-5635-2684-0

I. ①数… II. ①王… III. ①数控机床—程序设计—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 146045 号

书 名:数控加工与编程

作 者:王丽洁

责任编辑:陈 瑶

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

北方营销中心:电话:010-62282185 传真:010-62283578

南方营销中心:电话:010-62282902 传真:010-62282735

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

开 本:787 mm×1 092mm 1/16

印 张:16.25

字 数:398 千字

印 数:1—3 000 册

版 次:2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2684-0

定价:32.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社营销中心联系 ·

本书编委会

主 编 王丽洁（西安理工大学高等技术学院）

主 审 尹燕军（陕西航空技术学院）

副 主 编 徐德凯（西安理工大学高等技术学院）

史卫朝（西安理工大学高等技术学院）

编 委 吴东（西安航空发动机公司培训中心）

申世起（西安技师学院）

前 言

科学技术的高速发展,使制造业发生了根本性的变化。由于数控技术的广泛应用,普通机床逐渐被高效率、高精度的数控机床所代替,形成了巨大的生产力。数控技术是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业,其水平高低和拥有量是衡量一个国家工业现代化的重要标志。专家们预言:21世纪机械制造业的竞争,其实质是数控技术的竞争。我国政府已把发展数控技术作为振兴机械工业的重中之重。

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技术。

本书融理论教学、实践操作、项目训练为一体。在内容选择上,突出了普遍性、实用性、综合性和先进性的特点,大量引用生产实例及数控技能大赛题目进行工艺分析与编程,将企业加工技术渗透于专业教学,强调知识的渐进性,兼顾知识的系统性,结构逻辑性强;形式上采用项目教学法,适合职业教育的发展思路。编程理论阐述力求简单明了,以大量实例构建教学项目进行工艺分析与编程,突出实践教学特色;各章习题题型与题量充足,体现精讲多练的原则;教学的内容是完成项目的过程,学生在项目实践过程中能更好地理解 and 把握课程需要的知识和技能。

本书由王丽洁主编,徐德凯、史卫朝任副主编。其中学习领域1由徐德凯编写,学习领域2由王丽洁编写,学习领域3由王丽洁、吴东编写,学习领域4由王丽洁、申世起编写,学习领域5由史卫朝编写。全书由王丽洁统稿,尹燕军担任主审。

本书可作为高等职业教育机电类专业中从事数控技术应用、CAD/CAM技术应用和模具设计与制造人员的教材或培训用书,还可供从事数控加工的工程技术人员参考。

由于数控技术的飞速发展,加上我们认识的局限性,教材难免有不足之处,恳请读者和各位同仁批评指正。

编者

目 录

学习领域 1 数控技术基础	1
1.1 数控机床的产生与发展	1
1.1.1 数控机床的产生及发展概况	1
1.1.2 数控加工在现代机械制造业中的地位和作用	4
1.1.3 数控机床的发展趋势	5
1.2 数控机床的组成及工作原理	8
1.2.1 数控机床的基本组成	8
1.2.2 数控机床加工原理	9
1.3 数控机床的分类与加工特点	10
1.3.1 数控机床的分类	10
1.3.2 数控加工的特点	12
习题	13
学习领域 2 数控机床编程基础	14
2.1 数控编程的概念	14
2.1.1 数控编程的内容和步骤	14
2.1.2 数控编程的方法	15
2.2 程序编制的标准及规定	16
2.2.1 数控机床坐标系	16
2.2.2 程序结构与格式	19
2.3 常用编程指令	21
2.3.1 与坐标系相关的指令	22
2.3.2 运动控制指令	24
2.3.3 刀具补偿指令	31
2.3.4 辅助功能 M 指令	39
2.4 数控加工工艺基础	42

2.4.1	数控加工工艺设计准备	42
2.4.2	数控加工工艺设计过程	43
2.4.3	数控加工技术文件编写	45
2.4.4	数控编程中的数值计算	46
习题		47
学习领域 3 数控车床编程		50
3.1	数控车削加工工艺基础	50
3.1.1	数控车削的主要加工对象	50
3.1.2	数控车削加工工艺的制订	51
3.2	数控车床编程基础	61
3.2.1	数控车床的编程特点	61
3.2.2	数控车床的基本编程方法	61
3.2.3	车削固定循环指令	64
3.2.4	螺纹切削指令	72
3.3	数控车削加工技术	75
项目一	数控车床的基本操作	75
项目二	内外轮廓车削加工	82
项目三	螺纹的加工	94
项目四	槽形零件的加工	101
项目五	非圆曲线轮廓的加工	111
项目六	综合加工实例	116
习题		125
学习领域 4 加工中心编程		130
4.1	加工中心工艺基础	130
4.1.1	加工中心概述	130
4.1.2	加工中心工艺方案的制订	133
4.2	加工中心编程基础	145
4.2.1	加工中心编程的特点	145
4.2.2	加工中心基本编程指令要点	145
4.2.3	宏程序	156
4.3	加工中心加工技术	165
项目一	加工中心的基本操作	165
项目二	平面轮廓加工	170
项目三	沟槽加工	176
项目四	孔加工	183
项目五	子程序	186

项目六 宏程序	189
项目七 综合加工实例	192
习题	212
学习领域 5 自动编程	217
5.1 自动编程基础	217
5.1.1 自动编程的基本概念	217
5.1.2 自动编程的工作过程	217
5.2 CAD/CAM 软件介绍	220
5.2.1 CAD/CAM 技术	220
5.2.2 CAD/CAM 软件分类	221
5.2.3 CAD/CAM 技术的发展趋势	222
5.3 典型零件 CAD/CAM 应用实例	223
5.3.1 零件造型	224
5.3.2 数控加工	227
5.3.3 代码生成	238
习题	240
附录A ISO标准代码	242
附录B 数控车床安全操作规程	244
附录C 加工中心安全操作规程	246
参考文献	248

学习领域 1 数控技术基础

学习目标:了解数控机床的产生和发展概况;掌握数控机床的组成和工作原理;掌握数控机床的分类和数控机床的加工特点。

关键词:数控机床 CNC

1.1 数控机床的产生与发展

1.1.1 数控机床的产生及发展概况

1. 数控机床的产生背景

科学技术和社会生产的不断发展,对机械产品的质量和生产率提出了越来越高的要求。机械加工工艺过程的自动化是实现上述要求的最重要措施之一。它不仅能够提高产品的质量,提高生产效率,降低生产成本,还能够大大改善工人的劳动条件。

许多生产企业(例如汽车、拖拉机、家用电器等制造厂)已经采用了自动机床、组合机床和专用自动生产线,实行多刀、多工位、多面同时加工,以达到高自动化和高效率。尽管需要很大的初始投资以及较长的生产准备时间,但在大批大量的生产条件下,由于分摊在每一个工件上的费用很少,经济效益仍然是非常显著的。但是,在机械制造业中并不是所有的产品零件都具有很大的批量,单件小批生产的零件(批量在 10~100 件)约占机械加工总量的 80%以上。尤其是在造船、航天、航空、机床、重型机械以及国防部门,其生产特点是加工批量小,改型频繁,零件的形状复杂而且精度要求高,采用专用化程度很高的自动化机床加工这类零件就显得很不合理,因为生产过程中需要经常改装与调整设备,对于专用生产线来说,这种改装与调整是非常困难的。近年来,由于市场竞争日趋激烈,为在竞争中求得生存与发展,各生产企业如要提供高质量的产品,就必须频繁地改型,并缩短生产周期,满足市场上不断变化的需要。因此,即使是大批量生产,也改变了产品长期一成不变的做法。频繁地开发新产品,使“刚性”的自动化设备在大批量生产中也日益暴露其缺点。已经使用的各类仿形加工机床部分地解决了小批量、复杂零件的加工。但在更换零件时,必须制造靠模和调整机床,不但要耗费大量的手工劳动,延长了生产准备周期,而且由于靠模误差的影响,加工

零件的精度很难达到较高的要求。

为了解决上述这些问题,来满足多品种、小批量的自动化生产,迫切需要一种灵活的、通用的、能够适应产品频繁变化的柔性自动化机床。数字控制(Numerical Control,简称 NC 或数控)机床就是在这样的背景下诞生与发展起来的。它极其有效地解决了上述一系列矛盾,为单件、小批生产的精密复杂零件提供了自动化加工手段。

2. 数控机床的产生发展过程

(1) 国外情况

在飞机机翼加工中,以往的加工方法是使用仿形加工机床,即在图纸设计和大量试验完成以后,还必须制作昂贵的靠模和样件在仿形机床上进行加工。靠模和样件的制作也很困难,为了保存这些原始数据,还要占用大量库房,制造周期长,更新品种很不容易。第二次世界大战以后,美国为了加速飞机工业的发展,要求革新这种样板加工设备。

1948 年,美国帕森斯公司(Parsons)在研制加工飞机发动机叶片轮廓检查用样板时,提出了数控机床的初始设想。1952 年,美国帕森斯公司和麻省理工学院(MIT)合作研制成功世界上第一台三坐标数控铣床。这是一台采用专用计算机进行运算与控制的直线插补轮廓控制数控铣床,专用计算机采用电子管元件,逻辑运算与控制采用硬件联接的电路。1955 年,该类机床进入实用化阶段,在复杂曲面的加工中发挥了重要作用。

从 1952 年至今,数控机床按照控制机的发展,已经历了六代。

第一代数控系统采用电子管元件,体积大,可靠性低,价格高,因此主要用于军工生产,没有得到推广。

第二代数控系统是 1958 年出现的由晶体管和印刷电路板组成的数控系统,可靠性有所提高,体积大为缩小,仍未得到广大用户的认可。

第三代是 1965 年面世的商品化的集成电路数控系统,它不仅大大缩小了数控系统的体积,其可靠性也得到了实质性的提高,成为一般用户能够接受的数控系统。

这三代数控系统是属于采用专用控制计算机的硬接线(硬线)数控系统,一般称为普通数控系统,简称 NC。

1970 年,小型计算机在数控系统中得到了应用,称之为第四代数控系统。1975 年,微处理器的应用使之成为第五代数控系统。

20 世纪 90 年代以来,受通用微机技术飞速发展的影响,数控系统朝着以通用微机(个人计算机——PC)为基础、体系结构开放和智能化的方向发展。1994 年基于 PC 的 NC 控制器在美国首先出现于市场,此后得到迅速发展。由于基于 PC 的开放式数控系统可充分利用通用微机丰富的硬软件资源和适用于通用微机的各种先进技术,已成为数控技术发展的潮流和趋势。这种基于 PC 的数控系统称之为第六代数控系统。

因为计算机应用于数控系统,所以第四、五、六代数控系统为计算机数字控制系统,简称 CNC 系统。由于计算机的应用,很多控制功能可以利用软件来实现,因而数控系统的性能大大提高,而价格却有较大幅度的下降。同时,可靠性和自动化程度有了大幅度的提高,数控机床也得到了飞速的发展。

(2) 国内情况

我国数控技术起步于 1958 年,近 50 年的发展历程大致可分为三个阶段。

第一阶段从1958年到1979年,即封闭式发展阶段。在此阶段,由于国外的技术封锁和我国的基础条件的限制,数控技术的发展较为缓慢。20世纪60年代末70年代初,已经有了一些晶体管式的数控系统研制成功,并用于生产,如数控线切割机床、数控铣床等。但是数控机床的品种及数量都很少,数控系统的稳定性及可靠性都不过关,没能在生产中广泛应用。这是我国数控机床发展的初级阶段。

第二阶段是在国家的“六五”、“七五”期间以及“八五”的前期,即引进技术,消化吸收,初步建立起国产化体系阶段。在此阶段,由于改革开放和国家的重视,以及研究开发环境和国际环境的改善,我国数控技术的研究、开发以及在产品的国产化方面都取得了长足的进步。20世纪80年代初开始,我国先后从日本、美国等国家引进一些数控系统与伺服系统的制造技术,使我国数控机床在品种、数量和质量方面得到了迅速发展。“七五”期间,我国启动了国家重点科技开发项目“数控机床引进的消化吸收”,对我国数控技术的发展起到了很好的作用。如FANUC3系统、6系统等国产化率已达到80%以上,并因此建设了一批小规模数控系统生产基地。我国已有几十家机床厂能够生产不同类型的数控机床和加工中心。

第三阶段是在国家的“八五”的后期和“九五”期间,即实施产业化的研究,进入市场竞争阶段。在此阶段,随着我国进一步向世界开放,国内数控市场出现了非常复杂的竞争状态。一方面,我国的数控技术在进一步地提高和完善,但其速度显然跟不上国外数控系统及整机纷纷涌入的速度。由于原始开发能力的缺乏以及综合性能等诸方面因素,在数控技术领域中,我国和先进的工业国家之间还存在着不小的差距,但这种差距正在缩小。

我国数控系统的开发与生产,通过“七五”引进、消化、吸收,“八五”攻关和“九五”产业化,取得了很大的进展,在与数控主机匹配方面可以说已基本上改变了“拖后腿”的局面,性能和质量显著提高、功能价格比有优势,我国具有自主知识产权的数控系统产业开始形成,在市场上具有一定竞争力,逐步提高了市场占有率。目前,我国国产数控装备的产业化取得了实质性进步。在“九五”末期,国产数控机床的国内市场占有率达50%,配国产数控系统(普及型)也达到了10%。

纵观我国数控技术近50年的发展历程,特别是经过4个5年计划的攻关,总体来看取得了以下成绩。

① 奠定了数控技术发展的基础,基本掌握了现代数控技术。我国现在已基本掌握了从数控系统、伺服驱动、数控主机、专机及其配套件的基础技术,其中大部分技术已具备进行商品化开发的基础,部分技术已商品化、产业化。

② 初步形成了数控产业基地。在攻关成果和部分技术商品化的基础上,建立了诸如华中数控、航天数控等具有批量生产能力的数控系统生产厂。兰州电机厂、华中数控等一批伺服系统和伺服电机生产厂以及北京第一机床厂、济南第一机床厂等若干数控主机生产厂。这些生产厂基本形成了我国的数控产业基地。

③ 建立了一支数控研究、开发、管理人才的基本队伍。虽然在数控技术的研究开发以及产业化方面取得了长足的进步,但我们也要清醒地认识到,我国高端数控技术的研究开发,尤其是在产业化方面的技术水平现状与我国的现实需求还有较大的差距。虽然从纵向看我国的发展速度很快,但横向比(与国外对比)不仅技术水平有差距,在某些方面发展速度也有差距,即一些高精尖的数控装备的技术水平差距有扩大趋势。

从国际上来看,对我国数控技术水平和产业化水平估计大致如下。

① 在技术水平上,与国外先进水平大约落后 10~15 年,在高精尖技术方面则更大。

② 在产业化水平上,市场占有率低,品种覆盖率小,还没有形成规模生产;功能部件专业化生产水平及成套能力较低;外观质量相对差;可靠性不高,商品化程度不足;国产数控系统尚未建立自己的品牌效应,用户信心不足。

③ 可持续发展的能力上,对竞争前数控技术的研究开发、工程化能力较弱;数控技术应用领域拓展力度不强;相关标准规范的研究、制定滞后。

1.1.2 数控加工在现代机械制造业中的地位和作用

1. 数控加工技术对传统机械制造行业的影响

半个世纪以来,特别是近 30 年以来,数控技术飞速发展,它的应用深刻地影响着机械制造业。

(1) 机械制造业的整体面貌发生了根本性的变化

传统的机械制造业一直被认为是应用古典力学和机械学,不需要高深的理论和技术,只凭经验和手艺的纯机械制造行业。更有甚者,认为是发展到尽头的黄昏科学。数控技术的应用将传统的机械制造与微电子、计算机、信息处理、现代控制、检测技术以及光电磁等多种科学技术融为一体,机械制造业成为知识密集、技术密集的大科学范畴的现代制造工程业。

(2) 机械制造业的内涵和生产方式发生了深刻的变化

由于市场的需求和科技的发展,制造业的生产规模沿着“小批量—少品种—大批量—多品种—变批量”的方向发展。与此相应的制造技术生产方式沿着“手工—机械化—单机自动化—刚性流水自动化—柔性自动化—智能自动化”的方向发展。数控技术是柔性自动化和智能自动化的基础技术之一,从而满足多品种变批量的市场需求。

数控技术使传统的制造工艺产生显著本质的变化。由经验走向定量化,由分散单一工艺走向集成化和科学化。随着科技的发展,特别是数控技术的不断发展应用,工艺方法和制造系统不断更新,形成 CAD、CAM、CAPP、CAT、FMS、CIMS、FA……一系列划时代意义的新技术,从而极大地提高了生产率和产品质量。

(3) 产品结构发生了重大变化

现代机械产品向着高精度、高自动化程度和高可靠性方向发展,而且随着科技进步还要不断更新换代。为达到上述要求,数控机床将起到保证作用。

作为机械制造的工作母机,数控机床的结构和性能与传统机床相比发生了巨大变化。它是应用各学科高新技术的产物,是典型的机电一体化产品,是完全新型的自动化设备。由于制造业广泛地应用数控技术,使其他数控机械产品的品种和数量也迅速增加,并逐渐取代传统机械。应用数控设备和数控加工工艺生产的大量机械零、部件和一般机械产品可以达到很高的精度水平,而且产品具有了向着综合应用新技术的结构方向发展的工艺设备条件。

当前,机械产品在国内外市场上是否有竞争力,在很大程度上取决于数控技术的发展、推广和应用。

2. 数控加工技术的重要性

随着科学技术的高速发展,制造业发生了根本性的变化。由于数控技术的广泛应用,普

通机床逐渐被高效率、高精度的数控机械所代替,形成了巨大的生产力。专家们预言:21 世纪机械制造业的竞争,其实质是数控技术的竞争。

应用数控技术可大大提高生产力、稳定加工质量、缩短加工周期、增加生产柔性、实现对各种复杂精密零件的自动化加工,易于在工厂或车间实行计算机管理,还使车间设备总数减少、节省人力、改善劳动条件,有利于加快产品的开发和更新换代,提高企业对市场的适应能力并提高企业综合经济效益。数控技术的应用,使机械加工大量前期准备工作与机械加工过程联为一体,CAD/CAM、FMS 和 CIMS、敏捷制造和智能制造等,都是建立在数控技术之上。

数控技术也是发展军事工业的重要战略技术。美国与西方国家在高档数控机床与加工技术方面,一直对我国进行封锁限制。因为许多先进武器装备的制造,如飞机、导弹、坦克等的关键零件,都离不开高性能数控机床的加工。我国的航空、能源、交通等行业从西方引进了一些五坐标机床等高档数控设备,但其使用受到国外的监控和限制,不准用于军事用途的零件加工。这都说明数控技术在国防现代化方面所起的作用。

因而可以毫不夸张地说,数控技术是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业,其水平高低和拥有量是衡量一个国家工业现代化的重要标志。我国政府已把发展数控技术作为振兴机械工业的重中之重。

1.1.3 数控机床的发展趋势

半个多世纪以来,数控机床在品种、数量、机床性能等方面有了很大的发展,大规模集成电路和微型计算机的发展以及完善,使数控系统的价格逐年下降,而加工精度和可靠性却大大提高。随着先进生产技术的发展,数控机床的发展进入了一个崭新的时代。数控机床正朝着高精度化、高速化、高复合化、高智能化、开放式结构方向发展。

1. 高精度化

效率、质量是先进制造技术的主体。高速、高精加工技术可极大地提高效率,提高产品的质量和档次,缩短生产周期和提高市场竞争能力。为此日本先端技术研究会将其列为 5 大现代制造技术之一,国际生产工程学会(CIRP)将其确定为 21 世纪的中心研究方向之一。

数控机床的精度包括机床的几何精度、加工精度、进给分辨率、定位精度和重复定位精度、动态刚度、闭环交流数字伺服系统性能等。20 世纪 90 年代初中期全程定位精度达到 $\pm 0.002 \sim \pm 0.005 \text{ mm}$ 的加工中心已越来越多。定位精度、机床的结构特性以及热稳定性的提高,使得数控机床的加工精度得到了大幅度的提高,纳米技术的应用,使得数控机床的精度又发生了一次革命。近 10 年来,普通级数控机床的加工精度已由 $10 \mu\text{m}$ 提高到 $5 \mu\text{m}$,精密级加工中心则从 $3 \sim 5 \mu\text{m}$,提高到 $1 \sim 1.5 \mu\text{m}$,并且超精密加工精度已开始进入纳米级($0.01 \mu\text{m}$)。

2. 高速化

高速化指数控机床的高速切削和高速插补进给。在保证精度的前提下,提高加工速度,节省加工时间,除了对数控系统的处理速度提出了更高的要求外,同时还要求数控机床具有大功率和大转矩的高速主轴、高速进给电动机、高性能的刀具、稳定的动态刚度。

提高生产效率是机床技术发展的基本目标,数控机床出现和快速发展的原因之一就是其生产效率比一般普通机床高。近 20 年来,数控机床的生产效率又有了很大提高,主要方法是减少切削时间和非切削时间。减少切削时间是通过提高切削速度及提高主轴转速来实

现的。高速加工中心进给速度可达 80 m/min , 甚至更高, 空运行速度可达 100 m/min 。目前世界上许多汽车厂, 包括我国的上海通用汽车公司, 已经采用以高速加工中心组成的生产线部分替代组合机床。美国 Cincinnati 公司的 hypermach 机床进给速度最大达 60 m/min , 快速为 100 m/min , 加速度达 $2g$, 主轴转速已达 $60\,000\text{ r/min}$ 。加工一薄壁飞机零件, 只用 30 min , 而同样的零件在一般高速铣床加工需 3 h , 在普通铣床加工需 8 h 。

3. 高复合化

高复合化加工指一台机床上集中了多台机床的功能, 工件一次装夹可完成多工种、多工序的加工。减少了装卸刀具、装卸工件、调整机床的辅助时间, 最大限度提高机床的利用率。这种机床既保证了更高的加工精度, 又提高了生产效率、节省占地面积、节约投资, 避免了重复建设, 其典型代表就是加工中心, 即带有刀库和自动换刀装置的数控铣床。在加工中心机床上, 工件装夹后, 机械手可自动更换刀具, 连续地对工件的各加工表面进行多工序加工。目前加工中心的刀库容量可多达 120 把, 自动换刀装置的换刀时间为 $1\sim 2\text{ s}$ 。加工中心除了镗铣类加工中心和车削类车削中心外, 还出现集成型车\铣加工中心、自动更换电极的电火花加工中心, 带有自动更换砂轮装置的内圆磨削加工中心等。

复合加工技术不仅是加工中心、车削中心等在同类技术领域内的复合, 而且正向不同类技术领域内的复合发展。多轴联动是衡量数控系统的重要指标。高档次的数控系统, 还增加自动上下料的轴控制功能, 有的在 PLC 里增加位置控制功能, 以补充轴控制数的不足, 这将会进一步扩大数控机床的加工范围。

4. 高智能化

随着人工智能技术的不断发展, 并为适应制造业生产高度柔性化、自动化的需要, 数控设备的智能化程度在不断提高。

应用自适应控制技术, 数控系统能检测对自己有影响的信息, 并自动连续调整系统的有关参数, 达到改进系统运行状态的目的。如通过监控切削过程中的刀具磨损、破损、切屑形态、切削力及零件的加工质量等, 实现自适应调节, 以提高加工精度和降低工件表面粗糙度。

引入专家系统指导加工, 将切削专家的经验、切削加工的一般规律与特殊规律存入计算机中, 以加工工艺参数数据库为支撑, 建立具有人工智能的专家系统, 提供经过优化的切削参数, 使加工系统始终处于最优和最经济的工作状态, 从而达到提高编辑效率和降低对操作人员技术水平的要求, 大大缩短生产准备时间的目的。

故障诊断专家系统是诊断装置发展的最新动向, 其为数控设备提供了一个包括二次监控、故障诊断、安全保障和经济策略等方面在内的智能诊断及维护决策信息集成系统。采用智能混合技术, 可在故障诊断中实现以下功能: 故障分类、信号提取、故障诊断专家系统、维护管理以及多传感信号融合。

智能化交流伺服驱动装置能自动识别负载, 并自动调整参数的智能化伺服系统, 包括智能化主轴交流伺服驱动装置和智能化进给伺服驱动装置。这种驱动装置能自动识别电机及负载的转动惯量, 并自动对控制系统参数进行优化和调整, 使驱动系统处于最佳运行状态。模糊数学、神经网络、数据库、知识库、以范例和模型为基础的决策形成系统、专家系统、现代控制理论与应用等技术的发展及在制造业中的成功应用, 为新一代数控设备智能化水平的提高建立了可靠的技术基础。智能化正成为数控设备研究与发展的方向。

5. 开放式结构

为解决传统的数控系统封闭性和数控应用软件的产业化生产存在的问题,目前许多国家对开放式数控系统进行研究,如美国的 NGC(The Next Generation Work-Station/Machine Control)、欧盟的 OSACA(Open System Architecture for Control within Automation Systems)、日本的 OSEC(Open System Environment for Controller),中国的 ONC(Open Numerical Control System)等。所谓开放式数控系统就是数控系统的开发可以在统一的运行平台上,面向机床厂家和最终用户,通过改变、增加或剪裁结构对象(数控功能),形成系列化,并可方便地将用户的特殊应用和技术诀窍集成到控制系统中,快速实现不同品种、不同档次的开放式数控系统,形成具有鲜明个性的名牌产品。基于 PC 的开放式 CNC 大致可分为四类:PC 连接型 CNC、PC 内装型 CNC、CNC 内装型 PC 和纯软件 NC。

典型产品有 FANUC 150/160/180/210、A2100、OA500、Advantage CNC System、华中 I 型等。这些系统以通用 PC 的体系结构为基础,构成了总线式(多总线)模块,开放型、嵌入式的体系结构,其硬软件和总线规范均是对外开放的,硬件即插即用,可向系统添加在 MS-DOS、Windows 3.1 或 Windows 95 环境下使用的标准软件或用户软件,为数控设备制造厂和用户进行集成给予了有力的支持,便于主机厂进行二次开发,以发挥其技术特色。经过加固的工业级 PC 已在工业控制领域得到了广泛应用,并逐渐成为主流,其技术上的成熟程度使其可靠性大大超过了以往的专用 CNC 硬件。

数控系统开放化已经成为数控系统的未来之路。目前开放式数控系统的体系结构规范、通信规范、配置规范、运行平台、数控系统功能库以及数控系统功能软件开发工具等是当前研究的核心。

6. 重视新技术标准、规范的建立

如前所述,开放式数控系统有更好的通用性、柔性、适应性、扩展性,美国、欧盟和日本等国家和组织纷纷实施战略发展计划,并进行开放式体系结构数控系统规范(OMAC、OSACA、OSEC)的研究和制定,世界 3 个最大的经济体在短期内进行了几乎相同的科学计划和规范的制定,预示了数控技术的一个新的变革时期的来临。我国在 2000 年也开始进行中国的 ONC 数控系统的规范框架的研究和制定。

数控标准是制造业信息化发展的一种趋势。数控技术诞生后的 50 年间的信息交换都是基于 ISO6983 标准,即采用 G、M 代码描述如何(how)加工,其本质特征是面向加工过程,显然,他已越来越不能满足现代数控技术高速发展的需要。为此,国际上正在研究和制定一种新的 CNC 系统标准 ISO14649(STEP-NC),其目的是提供一种不依赖于具体系统的中性机制,能够描述产品整个生命周期内的统一数据模型,从而实现整个制造过程,乃至各个工业领域产品信息的标准化。STEP-NC 的出现可能是数控技术领域的一次革命,对于数控技术的发展乃至整个制造业,将产生深远的影响。首先,STEP-NC 提出一种崭新的制造理念,传统的制造理念中,NC 加工程序都集中在单个计算机上。而在新标准下,NC 程序可以分散在互联网上,这正是数控技术开放式、网络化发展的方向。其次,STEP-NC 数控系统还可大大减少加工图纸(约 75%)、加工程序编制时间(约 35%)和加工时间(约 50%)。

目前,欧美国家非常重视 STEP-NC 的研究,欧洲发起了 STEP-NC 的 IMS 计划(1999. 1.1~2001. 12. 31)。参加这项计划的有来自欧洲和日本的 20 个 CAD/CAM/CAPP/CNC 用户、厂商和学术机构。美国的 STEP Tools 公司是全球范围内制造业数据交换软件的开发

者,它已经开发了用做数控机床加工信息交换的超级模型(Super Model),其目标是用统一的规范描述所有加工过程。目前这种新的数据交换格式已经在配备了 SIEMENS、FIDIA 以及欧洲 OSACA-NC 数控系统的原型样机上进行了验证。

1.2 数控机床的组成及工作原理

1.2.1 数控机床的基本组成

如图 1-1 所示,数控机床由程序载体、输入装置、数控装置(CNC)、伺服系统、检测与反馈装置、辅助控制装置和机床本体等几部分组成。

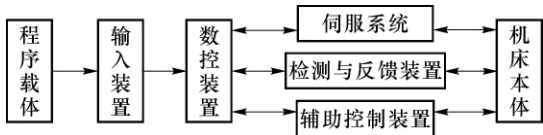


图 1-1 数控机床的基本结构框图

1. 程序载体

程序载体是用于存取零件加工程序的装置。零件加工程序包括刀具的运动轨迹、加工工艺参数(进给速度、切深量、退刀量、主轴的转速)和辅助动作(换刀、冷却液的打开与关闭)等。将零件的加工程序用机床能够识别的语言编制成一定的格式存储在载体上,常用的载体有穿孔纸带、磁盘、磁带和硬盘等。

2. 输入装置

输入装置的主要作用是将载体上的程序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读带机、磁带机、磁盘输入机和软盘驱动器。加工程序可以通过手工方式直接输入数控系统(MDI 方式),也可以通过计算机用 RS232C 或网络通信方式传送到 CNC 装置。目前加工程序的输入有两种方式,一种是 CNC 方式,即将加工程序提前输入机床,然后直接调出来执行该程序。这种方式适用于内存大的数控机床。另一种是 DNC 方式,即将计算机与机床进行连接,机床的内存作为存储缓冲区,计算机一边传输机床一边执行该程序进行加工。这种方式适用于内存小的数控机床。

3. 数控装置(CNC)

数控装置是数控机床的核心。主要包括微处理器、存储器、局部总线和输入/输出控制等,目前主要采用的是计算机数控装置也称为 CNC 装置,它本质上是一台由特定的硬件和软件组成的专用计算机。数控装置是根据输入的程序和数据,经过数控装置的逻辑电路和系统软件进行编译、运算和逻辑处理后,输出控制信息和指令,控制机床各移动部件按照程序规定的动作运行。

4. 伺服系统

伺服系统的作用是将数控装置插补产生的脉冲信号,经系统功率放大器放大后,驱动伺服电动机运转,通过机械传动装置驱动机床移动部件的运动,使工作台和主轴按规定的轨迹运动,加工出符合要求的工件。伺服系统的性能和动态响应性是影响数控机床加工精度、表

面质量和生产率的重要因素之一。

伺服系统是数控系统和机床本体之间的电传动联系环节。伺服系统包括驱动装置和执行装置两大部分,伺服系统主要由伺服控制电路、功率放大电路和伺服电动机组成。伺服电动机是系统的执行元件,驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。常用的伺服电动机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。

5. 检测与反馈装置

检测装置与伺服装置配套组成半闭环和闭环伺服驱动系统。它的作用是通过直接或间接测量将执行部件的实际位移量、实际进给速度检测出来,通过模数转换变成数字信号,并反馈到数控装置中并与指令位移、指令速度进行比较,将其误差转换放大后控制执行部件的进给运动,检测与反馈装置有利于提高数控机床的加工精度。

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开关量指令信号,经过编译、逻辑判断和功率放大后驱动相应的电器,带动机床的机械、液压等装置完成指令规定的开关量动作。辅助装置主要包括自动换刀装置、自动交换工作台机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液装置、排屑装置、过载和保护装置等。

7. 机床本体

数控机床是高精度、高速度、高智能和高生产率的自动化机械加工作床,其机床本体与通用机床本体相似,同样由主传动系统、进给传动装置、工作台、床身以及辅助运动装置、润滑系统、冷却装置等组成,但数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统和操作机构等方面已发生了很大的变化。其目的是为了充分发挥数控机床的特点。

1.2.2 数控机床加工原理

使用普通机床加工零件时,通常都需要对机床的各种动作进行控制,一是控制动作的先后次序,二是控制机床各运动部件的位移量。采用普通机床加工时,这种开车、停车、走刀、换向、主轴变速和开关切削液等操作都是由人工直接控制的。采用自动机床和仿形机床加工时,上述操作和运动参数则是通过设计好的凸轮、靠模和挡块等装置以模拟量的形式来控制的,它们虽能加工比较复杂的零件,且有一定的灵活性和通用性,但是零件的加工精度受凸轮、靠模制造精度的影响,而且工序准备时间也很长。

采用数控机床加工零件时,只需要将零件图形和工艺参数、加工步骤等以数字信息的形式,编成程序代码输入到机床控制系统中,再由其进行运算处理后转成驱动伺服机构的指令信号,从而控制机床各部件协调动作,自动地加工出零件来。当更换加工对象时,只需要重新编写程序代码,即可由数控装置自动控制加工的全过程,能较方便地制造出任意复杂的零件。数控加工的原理如图 1-2 所示。

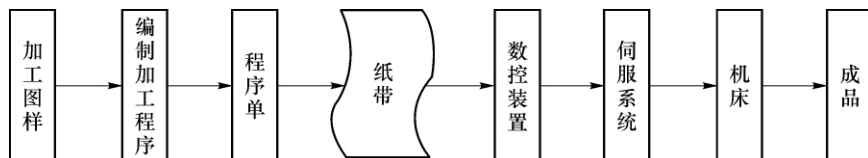


图 1-2 数控加工原理框图