

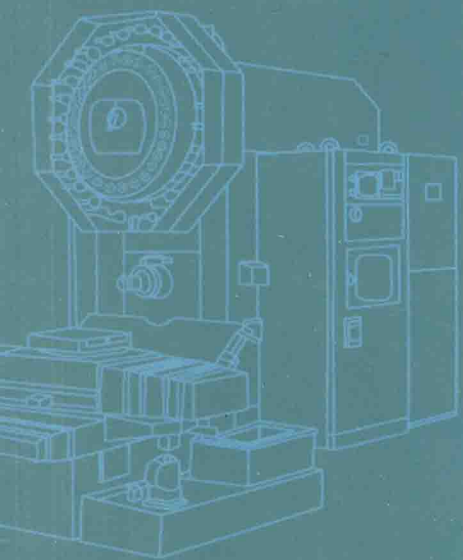


职业教育精品系列教材

101110100101010101010101100110101011
0101010110011010101101000101011010100

数控机床 编程与加工

主编 朱 勇



SHUKONG
JICHUANG BIANCHENG
YU JIAGONG

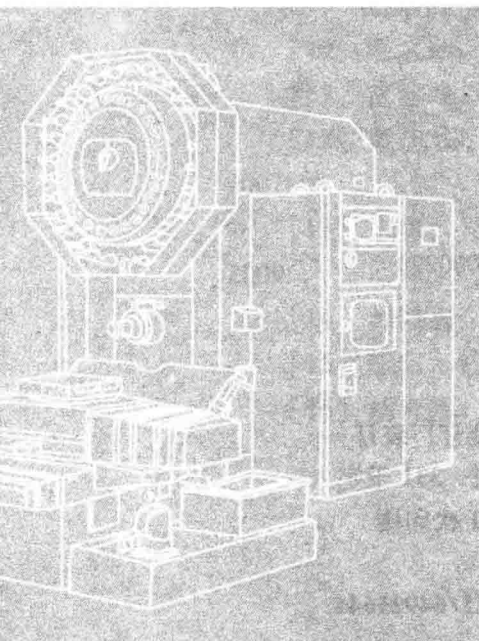


中国人事出版社



职业教育精品系列教材

数控机床 编程与加工



编审委员会

主 任	石伟平		
副主任	骆德溢	雷正光	顾建明
委 员	尤庆华	周援朝	凌萃祥
	高 明	郑民章	马晓云
	江剑锋	孟富森	
主 编	朱 勇		
副主编	陈梅仙	杜振东	
编 者	张雪峰	杨志红	姚永海
	唐卫华	蒋鸿申	孟富森
主 审	郑民章	马晓云	



中国人事出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与加工/朱勇主编. —北京: 中国人事出版社, 2011

职业教育精品系列教材

ISBN 978 - 7 - 5129 - 0214 - 5

I. ①数… II. ①朱… III. ①数控机床-程序设计-职业教育-教材②数控机床-加工-职业教育-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 147840 号

中国人事出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 三河市华东印刷装订厂装订
787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 16.5 印张 331 千字
2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

定价: 29.00 元

读者服务部电话: 010 - 84643933/64929211/64921644

发行部电话: 010 - 64961894

出版社网址: [http: //www. class. com. cn](http://www.class.com.cn)

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

如有印装差错, 请与本社联系调换: 010 - 80497374

内 容 简 介

本教材根据上海市教育委员会教研室数控专业课程标准及上海市职业培训研究发展中心1+X数控铣工（四级）、数控车工（四级）、加工中心操作工（四级）职业技能鉴定细目组织编写。教材从强化培养操作技能，掌握实用技术的角度出发，较好地体现了当前最新的实用知识与操作技术，对于实现职业资格证书与学历证书的衔接，提高学员基本素质，掌握数控机床编程与操作的核心知识与技能有直接的帮助和指导作用。

本教材在编写中根据本专业与职业的工作特点，以能力培养为根本出发点编写。全书共分为6章，内容包括：数控机床基础知识、数控工艺基础知识、数控车床编程、数控铣床编程、加工中心编程、数控机床仿真加工。

本教材可作为中、高等职业院校数控专业的教材，也可作为社会培训班的培训教材，还可作为数控从业人员提高自身技能和水平的参考教材。

编 者 的 话

随着机电一体化技术的迅猛发展，数控机床的应用已日趋普及，现代机械制造业正广泛采用数控技术以提高工件的加工精度和生产效率。随着数控机床的大量使用，社会急需大批熟练掌握现代数控机床编程、操作、维修的技能型人才。目前，机械领域的人才培养模式越来越完善，在职业院校和企业已推广并实施职业技能鉴定考试，通过技能鉴定考试取得数控职业资格证书。

本书根据教育部数控技能型紧缺人才培养方案的指导思想和《数控车工》《数控铣工》《加工中心操作工》国家职业标准编写，是数控技术应用专业的理论教材，也可用作职业资格鉴定培训用书。

本书涉及的数控技术追随国内外数控技术的发展方向，以适应经济建设和科技进步的需要，体现以职业能力为本位，以应用为核心，以“必需”“够用”为度的原则；紧密联系实际生产实际；与职业资格标准相互衔接，针对性强；体系设计合理，循序渐进，语句通顺，条理清楚，图文并茂，可读性强。

本书由朱勇任主编并统稿，陈梅仙、杜振东任副主编。参编人员具体分工：朱勇（第2章第1、3、5节、第6章第1、2、3、4节）、陈梅仙（第2章第2、4节）、杜振东（第3章第1、2、3、4节）、张雪峰（第5章第2、3、4节）、杨志红（第1章第1、2节）、姚永海（第4章第1节）、唐卫华（第4章第3、4、5、6、7节）、蒋鸿申（第4章第8节）、孟富森（第3章第5节、第4章第2节、第5章第1节），全书由郑民章、马晓云审稿。

编 者

2011年6月

目 录

第 1 章 数控机床基础知识	(1)
1.1 数控机床概述	(2)
1.1.1 数控机床的产生与发展	(2)
1.1.2 数控机床的组成及工作原理	(4)
1.1.3 数控机床的分类	(7)
1.2 常用数控机床	(9)
1.2.1 数控车床基础知识	(9)
1.2.2 数控铣床基础知识	(13)
1.2.3 加工中心基础知识	(15)
1.2.4 数控机床的加工方法	(16)
思考与练习	(18)
第 2 章 数控工艺基础知识	(19)
2.1 零件图基础知识	(20)
2.1.1 零件视图表达方法	(20)
2.1.2 零件图尺寸表达方法	(22)
2.1.3 零件表面粗糙度	(23)
2.1.4 零件的形位公差	(25)
2.1.5 零件图的识读	(29)
2.2 数控加工基础知识	(37)
2.2.1 工件材料与热处理	(37)
2.2.2 金属切削基础知识	(38)
2.2.3 数控机床的常用刀具	(43)
2.3 数控加工工艺文件分析	(54)
2.3.1 加工工艺基础知识	(54)
2.3.2 数控机床坐标系	(55)
2.3.3 数控加工尺寸标注	(56)
2.3.4 零件轮廓基点坐标计算	(57)
2.3.5 零件加工工艺分析	(59)

2.3.6 车削加工工艺文件的阅读	(61)
2.3.7 铣削加工工艺文件的阅读	(65)
2.4 数控加工程序基础知识	(69)
2.4.1 数控程序的基本结构	(69)
2.4.2 程序段格式	(71)
2.4.3 功能指令	(71)
2.4.4 数控机床的初始状态	(76)
2.5 零件检测与质量管理知识	(76)
2.5.1 常用测量器具	(76)
2.5.2 质量管理知识	(82)
思考与练习	(84)
第3章 数控车床编程	(85)
3.1 数控车床编程基础	(86)
3.1.1 数控车床编程基本概念	(86)
3.1.2 数控车床坐标系	(86)
3.1.3 数控车床的坐标值和尺寸	(89)
3.2 数控车床基本编程方法	(90)
3.2.1 工件坐标系指令	(90)
3.2.2 车削加工基本指令	(93)
3.2.3 刀具补偿	(97)
3.3 单一循环指令与编程	(102)
3.3.1 圆柱/圆锥车削单一循环指令 G90	(103)
3.3.2 端面车削单一循环指令 G94	(104)
3.3.3 螺纹车削单一循环指令 G92	(106)
3.4 复合循环指令与编程	(108)
3.4.1 内外径粗车复合循环指令 G71	(108)
3.4.2 精加工复合循环指令 G70	(109)
3.4.3 端面粗车复合循环指令 G72	(111)
3.4.4 固定形状粗车复合循环指令 G73	(113)
3.4.5 端面钻孔复合循环指令 G74	(116)
3.4.6 外圆/内孔切槽复合循环指令 G75	(117)
3.4.7 螺纹切削复合循环指令 G76	(119)
3.5 数控车床综合编程	(121)
3.5.1 盘类零件车削加工	(121)
3.5.2 轴类零件车削加工	(129)

思考与练习	(137)
第4章 数控铣床编程	(141)
4.1 数控铣床坐标系及常用编程指令	(142)
4.1.1 机床坐标系和工件坐标系	(142)
4.1.2 设定坐标系指令	(144)
4.1.3 常用基本指令	(146)
4.2 刀具半径补偿	(150)
4.2.1 刀具半径补偿原理	(150)
4.2.2 刀具半径补偿指令与编程	(150)
4.2.3 顺铣与逆铣的特点	(152)
4.3 子程序调用指令	(153)
4.3.1 子程序	(153)
4.3.2 子程序应用	(153)
4.4 极坐标指令	(156)
4.4.1 极坐标指令格式	(157)
4.4.2 极坐标指令应用	(157)
4.5 坐标系旋转指令	(159)
4.5.1 坐标系旋转指令格式	(159)
4.5.2 坐标系旋转指令应用	(160)
4.6 镜像指令	(161)
4.6.1 镜像指令格式	(161)
4.6.2 镜像指令应用	(161)
4.7 缩放指令	(163)
4.7.1 比例缩放指令	(163)
4.7.2 比例缩放应用	(163)
4.8 数控铣床综合编程	(165)
4.8.1 轮廓铣削加工	(165)
4.8.2 简单曲面铣削加工	(167)
4.8.3 盘类零件铣削加工	(168)
思考与练习	(175)
第5章 加工中心编程	(177)
5.1 加工中心坐标系	(178)
5.1.1 机床坐标系	(178)
5.1.2 工件坐标系	(179)

5.2 孔加工固定循环指令	(180)
5.2.1 孔加工固定循环概述	(180)
5.2.2 孔加工固定循环指令格式	(181)
5.2.3 孔加工固定循环指令说明	(183)
5.2.4 孔加工进给路线	(190)
5.3 加工中心刀具补偿	(192)
5.3.1 加工中心刀库种类及换刀方法	(192)
5.3.2 加工中心换刀指令	(194)
5.3.3 加工中心刀具补偿指令	(196)
5.4 加工中心综合编程	(199)
5.4.1 加工中心模块化编程	(199)
5.4.2 孔加工程序	(200)
5.4.3 钻螺纹孔与铰孔加工程序	(202)
5.4.4 加工中心综合编程实例	(205)
思考与练习	(209)

第6章 数控机床仿真加工

(211)

6.1 仿真软件安装与运行	(212)
6.1.1 仿真软件简介	(212)
6.1.2 仿真软件的安装与卸载	(212)
6.1.3 仿真软件的运行	(212)
6.2 数控机床仿真系统基本操作	(212)
6.2.1 软件功能操作	(212)
6.2.2 视图的基本操作	(215)
6.2.3 数控机床系统的选择	(215)
6.2.4 数控车床工件的装夹和刀具选择	(215)
6.2.5 数控车床工件测量	(217)
6.2.6 数控铣床(加工中心)工件的装夹和刀具选择	(218)
6.2.7 数控铣床(加工中心)工件测量	(221)
6.3 数控车床仿真加工	(222)
6.3.1 数控车床面板简介	(222)
6.3.2 数控车床启停操作	(225)
6.3.3 数控车床常规操作	(226)
6.3.4 数控车床对刀操作	(227)
6.3.5 数控车床程序处理	(228)
6.3.6 数控车床参数设定	(229)

6.3.7 数控车床加工	(230)
6.3.8 数控车床仿真加工实例	(230)
6.4 数控铣床(加工中心)仿真加工	(237)
6.4.1 数控铣床(加工中心)面板简介	(237)
6.4.2 数控铣床(加工中心)启停操作	(237)
6.4.3 数控铣床(加工中心)常规操作	(238)
6.4.4 数控铣床对刀操作	(239)
6.4.5 数控铣床(加工中心)程序处理	(241)
6.4.6 数控铣床(加工中心)参数设置	(242)
6.4.7 数控铣床(加工中心)加工	(242)
6.4.8 数控铣床(加工中心)仿真加工实例	(243)
思考与练习	(249)
参考文献	(253)

第 1 章

数控机床基础知识

1.1 数控机床概述

1.2 常用数控机床

1.1 数控机床概述

1.1.1 数控机床的产生与发展

1. 数控机床的产生

20 世纪 40 年代,随着航空航天技术的飞速发展,对各种飞行器的加工提出了更高的要求,大多数飞行器零件形状复杂,材料为难加工的合金,用传统的机床和工艺加工不能保证精度。1952 年,美国帕森斯公司和麻省理工学院研制成功了世界上第一台数控机床,半个多世纪以来,数控技术得到了迅猛的发展,加工精度和生产效率不断提高。数控机床的核心是数控系统。数控系统包含数控装置、伺服系统与测量反馈装置,其中数控装置的发展经历了 2 个阶段共 6 代。

(1) 数控 (NC) 阶段 (1952—1970 年)。早期计算机运算速度慢,不能适应机床实时控制,当时用分离元件组成的逻辑电路和控制系统,称为数字控制系统 (简称 NC)。随着电子元器件的发展,这个阶段经历了 3 代,1952 年第 1 代的电子管数控机床、1959 年第 2 代的晶体管数控机床及 1965 年第 3 代的集成电路数控机床。

(2) 计算机数控 (CNC) 阶段 (1970 年至今)。1970 年,通用小型计算机投入批量生产,把计算机作为数控系统的数控装置,从此进入计算机数控阶段。这个阶段也经历了 3 代,1970 年第 4 代的小型计算机数控机床、1974 年第 5 代的工控计算机数控机床及 1990 年第 6 代的基于 PC 的数控机床 (又称开放式数控系统)。

微电子技术和计算机技术的发展日新月异,从而推动了数控技术与现代制造业的发展,数控系统几乎每 5 年更新换代一次,使得数控机床的功能越来越强大。

2. 数控机床的特点与应用

(1) 数控机床的特点

1) 加工精度高。数控机床传动链短,其传动系统与机床结构都有较高的精度、刚度、热稳定性及动态敏感度;大多数数控机床移动部件的脉冲当量普遍达到了 0.001 mm ,减小了数控机床的插补误差。

2) 生产效率高。现代数控机床能实现的主轴转速与进给速度越来越快,意味着数控机床的生产效率大幅度提高。随着数控机床向复合化的方向发展,多工作台、多主轴、多刀架、复合型加工中心等新型数控机床层出不穷,一台数控机床能完成多道工序的连续加工,使数控机床的生产效率成倍提高。

3) 减轻劳动强度、改善劳动条件和劳动环境。对于批量零件的加工,数控机床解放了操作人员的重复劳动,而且改善了工作条件、环境,减轻了劳动强度。

4) 提高生产经济效益。数控机床加工精度稳定,从而降低了加工的废品率,使生产成本进一步下降。

5) 有利于生产的现代化管理。数控机床适于与计算机网络连接,通过计算机远程

控制,为计算机辅助设计、制造与管理一体化奠定了基础。

(2) 数控机床的应用

1) 加工批量零件。对于多品种、小批量零件的生产优先考虑数控机床加工。

2) 加工复杂的零件。结构复杂、精度要求高的零件无法用手工操作方法完成,如复杂的曲线轮廓与曲面轮廓,只能依靠数控机床完成零件的加工。

3) 加工多道工序的零件。加工中心最适于多道工序的零件加工,通过自动换刀,可以实现零件一次装夹后完成钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹等工序的加工,还可借助回转工作台或回转主轴加工零件不同方位的加工面。

4) 加工试制产品。数控机床加工又称为柔性加工,只要改变加工程序就可以用同一台数控机床加工不同的产品,故数控机床适用于新产品的试制以及产品频繁的改变。

3. 数控机床的发展

数控机床的发展给传统制造业带来了革命性的变化,制造业是工业化的象征,以数控技术为核心的现代制造业在关系国计民生的 IT、汽车、轻工、医疗等重要行业中,起着越来越重要的作用,当前世界上数控机床的发展呈现如下趋势。

(1) 高速度与高精度。速度和精度是数控机床的两个重要技术指标,其直接关系到产品的加工质量和效率。当前,数控机床主轴转速可达 $40\,000 \sim 100\,000 \text{ r/min}$,进给速度可达 120 m/min ,最大加速度可达 3 m/s^2 ,定位精度的目标是亚微米级。纳米级五轴联动加工中心已经商品化。

(2) 多功能化。一台多功能的数控机床,可以最大限度地提高设备的利用率。如数控加工中心配有机床手和刀具库,工件一次装夹,能够自动更换刀具,连续完成铣削、镗削、扩孔、铰孔、攻螺纹等多道工序加工,从而避免了多次装夹所造成的定位误差,减少了设备台数、工装夹具和操作人员,节省了占地面积和辅助时间,提高了产品的加工质量和效率。

数控机床的多功能化表现为多主轴、多工作台及数控机床类型的复合,如数控车床与加工中心的复合形成车削中心与车铣复合加工中心。高端的数控系统能控制的轴数多达 15 轴,同时联动的轴数已达到 6 轴。

(3) 智能化

1) 自适应控制技术 (Adaptive Control, 简称 AC)。在随机加工过程中,能将自动测得的机床工作状态和特性,按照给定的评价指标自动校正机床的工作参数,以达到或接近最佳工作状态,数控机床具备的这种自动调节功能为自适应控制技术。

AC 系统在数控机床加工过程中能自动测量主轴转速、切削力、切削温度、刀具磨损等参数值,通过 CPU 运算、分析、优化,随后发出修正信号。AC 系统确保机床处于最佳的切削状态,从而保证产品的加工质量和生产效率。现在宇航等工业部门加工特种材料时就广泛使用 AC 技术。

2) 人机会话自动编程功能。在数控系统中存储刀具库、切削用量专家系统和示教

系统,通过人机会话的示教系统,编程人员根据操作界面对话框的提示调用刀具库和切削用量专家系统的参数,这种方式能提高编程的效率与质量。数控机床具备的这种功能为人机会话自动编程功能。

3) 故障自诊断功能。故障自诊断系统在开机时检索数控硬件与软件,当测得故障与系统参数丢失时能发出报警信号;在数控机床加工过程中,故障自诊断系统随机诊断,测得故障及时停机与报警,以避免事故的发生;当数控机床出了故障后,故障自诊断系统能够进行自动诊断,并提示排除故障的措施。数控机床具备的这种功能为故障自诊断功能。

(4) 高可靠性。数控机床的高可靠性是投资效益的重要指标,在生产流水线上的数控机床,其高可靠性是一个更重要的指标。为了提高数控机床的可靠性,通常采取如下措施。

1) 提高线路集成度。采用大规模或超大规模的集成电路、专用芯片及混合式集成电路,可以减少元器件的数量、精简连线 and 降低功耗,从元件数量上减少了产生故障的概率,提高了数控机床的可靠性。

2) 建立由设计、试制到生产的一整套质量保证体系。数控机床的设计与选型模块化、通用化及标准化,重要的元器件要通过拷机检测,严格筛选,从而保证产品质量的高可靠性。

3) 增强自适应控制技术与故障自诊断功能。自适应控制技术保障数控机床处于最佳工作状态,故障自诊断功能可以随机诊断故障及提示排除故障的措施,如果这两种功能较强,那么数控机床的可靠性则相应得到提高。

平均无故障时间(MTBF)是衡量数控机床可靠性的一个指标,可靠性高的数控机床的平均无故障时间可达到10 000~36 000 h。

4. 中国数控机床行业现状及前景

中国数控机床行业从20世纪80年代起步,目前仍处于发展阶段。“十五”期间,中国数控机床行业实现了超高速发展,其产量为2001年17 521台,2002年24 803台,2003年36 813台,2004年51 861台,2005年59 639台,接近6万台大关。“十一五”期间,中国数控机床产业步入快速发展期,年均增长率为16.5%。

中国机床工具工业协会组织的用户调查表明,航天航空、国防军工制造业需要大型、高速、精密、多轴、高效数控机床;汽车、摩托车、家电制造业需要高效、高可靠性、高自动化的数控机床和成套柔性生产线;电站设备、船舶、冶金石化设备、轨道交通设备制造业需要高精度、大型的数控机床;IT业、生物工程等高新技术产业需要纳米级、亚微米级超精密加工数控机床;工程机械、农业机械等传统制造行业的产业升级,特别是民营企业的蓬勃发展,都需要大量数控机床。

1.1.2 数控机床的组成及工作原理

1. 数控机床的概念

数字控制(Numerical Control,简称NC)是采用数字化信息实现加工自动化的控制

技术，用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的机床称作数控机床。

计算机数控（Computer Numerical Control，简称 CNC）是采用微处理器或专用计算机的数控系统，由事先存放在存储器里的系统程序（软件）来实现逻辑控制，从而实现部分或全部数控功能，并通过接口与外围设备进行连接，这样的机床称为 CNC 机床。

2. 数控机床的组成

数控机床的组成如图 1—1 所示，主要包含五个主要部分，即控制介质、数控装置、伺服系统、机床本体和辅助装置；一个次要部分反馈装置。其中数控装置、伺服系统构成数控系统。反馈装置主要有感应同步器、光栅、编码器、磁栅、激光测距仪等。

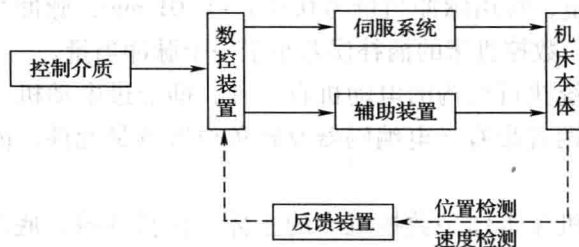


图 1—1 数控机床的组成

（1）控制介质。数控机床的控制介质是一种中间的信息载体，记载着加工零件所需的全部操作信息，包括刀具相对于工件运动轨迹的信息，建立了人与数控机床之间的某种联系。过去把穿孔带、穿孔卡作为信息载体，通过光电阅读机把信息传送给数控装置；现在把磁盘作为常用的信息载体，通过磁盘驱动器等输入装置将信息输入数控装置。除了上述几种控制介质以外，有的数控机床采用机床 CF 卡和 U 盘或者利用键盘将程序及数据输入数控装置。随着 CAD（计算机辅助设计）/CAM（计算机辅助制造）技术的发展，有些数控设备利用 CAD/CAM 软件自动编程，生成的加工程序通过计算机通信系统与网络系统直接传送给数控装置。

（2）数控装置。数控装置是数控机床的控制中心，数控装置包括输入装置、运算控制器和输出装置等，如图 1—2 所示，图中虚线内包含部分为数控装置。

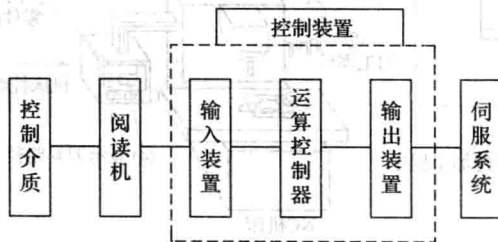


图 1—2 数控装置

数控装置的功能是接收控制介质上的各种信息,经过识别与译码后,送到运算控制器进行运算与处理,再通过输出装置将运算控制器发出的控制命令送到伺服系统,控制数控机床完成加工程序指定的运动。

过去把单片机、工控机作为数控装置,现在开放式数控系统把计算机作为数控装置,其中微型计算机的中央处理单元(CPU)又称为微处理器,是一种大规模集成电路,它将运算器、控制器集成在一块集成电路芯片中,输入与输出电路也采用大规模集成电路,即I/O接口。

(3) 伺服系统。伺服系统是数控系统的执行机构,接收数控系统的指令信息,发出位置与速度信号,通过伺服驱动装置控制数控机床移动部件的动作,加工出符合图样要求的工件。伺服系统的指令信息以脉冲信号表示,一个脉冲信号产生的机床移动部件的移动量称为脉冲当量,常用脉冲当量为 $0.001 \sim 0.01 \text{ mm}$,脉冲当量的大小直接影响数控机床的插补精度。数控机床的插补误差小于一个脉冲当量。

作为数控伺服系统执行机构的电动机有三种,即步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。后两者带有光电编码器及转角位置测量元件,能组成半闭环控制系统。

(4) 机床本体。机床本体是数控机床的主体,包括床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台、主轴箱、进给机构、刀架及自动换刀装置等机械部件,它们是数控机床上自动完成各种切削加工的执行部件。

(5) 辅助装置。保证充分发挥数控机床功能所必需的,不直接加工工件的装置均称为辅助装置。常用的辅助装置包括气动装置、液压装置、排屑装置、冷却与润滑装置、回转工作台和数控分度头、防护、照明等各种辅助设备。

3. 数控机床的工作原理

如图1—3所示,数控机床的工作原理是根据图样的加工要求与加工工艺编写加工程序,通过控制介质把加工程序输入数控装置,经过计算机系统的运算与处理,把程序中的指令代码转变成脉冲信息,由伺服系统功率放大,控制数控机床传动机构运动,从而加工出符合图样要求的工件。

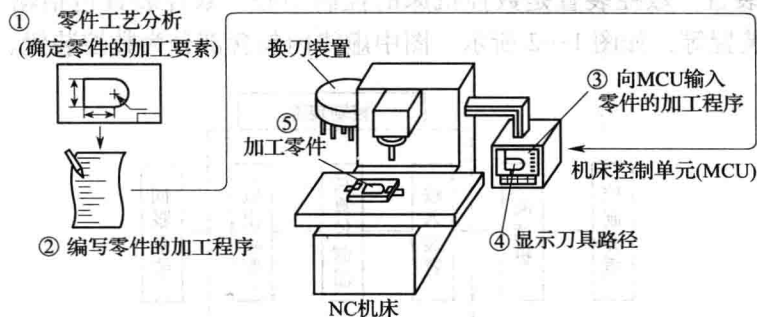


图1—3 数控机床的工作原理

1.1.3 数控机床的分类

1. 按加工方式分类

(1) 金属切削类数控机床。采用车、铣、镗、钻、铰、磨及刨等多种切削工艺的数控机床,包括数控车床、数控钻床、数控铣床、数控磨床、数控镗床以及加工中心等。

(2) 金属成形类数控机床。采用挤、冲、压及拉等成形工艺的数控机床,包括数控折弯机、数控组合冲床、数控弯管机及数控压力机等。

(3) 特种加工数控机床。采用电火花成形、火焰切割、水切割、激光切割的数控机床,包括数控线切割机床、数控电火花成形加工机床、数控火焰切割机床、数控水切割机床及数控激光切割机床等。

(4) 其他类型的数控机床。如数控三坐标测量仪、数控对刀仪及数控绘图仪等。

2. 按运动轨迹分类

(1) 点位控制数控机床。点位控制是指数控系统只控制刀具或工作台准确定位,然后进行定点加工,而点与点之间的路径不需控制,刀具在移动和定位过程中不切削加工,如图1—4所示。具有点位控制功能的数控机床有数控钻床、数控镗床和数控坐标镗床等。

(2) 直线控制数控机床。直线控制是指数控系统除控制直线轨迹的起点和终点的准确定位外,还要控制在这两点之间以指定的进给速度进行直线切削,如图1—5所示。具有直线控制功能的数控机床有数控车床、数控铣床和数控磨床等。

(3) 轮廓控制数控机床。轮廓控制又称连续轨迹控制,这类数控机床能够对两个或两个以上的运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,因而可以进行曲线或曲面加工,如图1—6所示。具有轮廓控制功能的数控机床有数控车床、数控铣床和加工中心等。

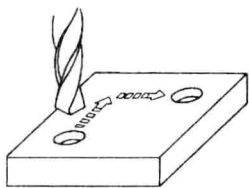


图1—4 点位控制示意图

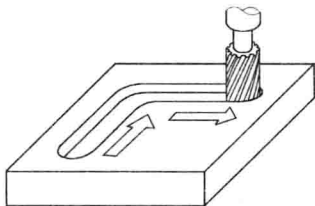


图1—5 直线控制示意图

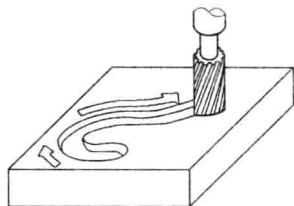


图1—6 轮廓控制示意图

3. 按控制方式分类

(1) 开环控制数控机床。开环控制系统是不带反馈装置的控制系统,由步进电动机及其驱动机构组成。数控装置经过控制运算发出脉冲信号,每一脉冲信号使步进电动机转动一定的角度,通过滚珠丝杠推动工作台移动一定的距离,其工作原理如图1—7所示。