



中等职业学校电子信息类教材 机电技术专业

模具数控加工技术

盛定高 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中等职业学校电子信息类教材(机电技术专业)

模具数控加工技术

盛定高 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是适应机器制造业数控加工技术不断发展和职业教育教学改革的需要,结合我国当前广泛使用的数控机床实例和教学、科研工作实践编写的新教材。全书概述了数控车床、数控铣床、加工中心和数控电火花线切割机床等多种数控机床的组成、主要技术参数和功能指令,重点讲述了不同数控机床的编程基础知识和操作基本方法,并对自动编程技术及方法也进行了详细介绍。

本书编写中注意职业教育特点,重视基本技能训练,安排有上机实验和现场教学,可作为中等职业学校机械制造、模具制造、数控技术等专业教材,也可作为有关技术、管理人员的参考书。

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。

图书在版编目(CIP)数据

模具数控加工技术/盛定高主编. —北京:电子工业出版社,2002.4

中等职业学校电子信息类教材(机电技术专业)

ISBN 7-5053-7271-8

I. 模… II. 盛… III. 模具—数控机床—加工—专业学校—教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 012364 号

责任编辑:张孟玮 特约编辑:王银彪

印刷:北京兴华印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:11 字数:282 千字

版 次:2002 年 4 月第 1 版 2002 年 4 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:14.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。

联系电话:(010)68279077

出版说明

职业教育的教育质量和办学效益,直接关系到我国 21 世纪劳动者和专门人才的素质,关系到经济发展的进程。要培养具备综合职业能力和全面素质,直接在生产、服务、技术和管理第一线工作的跨世纪应用型人才,必须进一步推动职业教育教学改革,确立以能力为本位的教学指导思想。在课程开发和教材建设上,以社会和经济需求为导向,从劳动力市场和职业岗位分析入手,努力提高教育质量。

电子工业出版社受国家教育部的委托,负责规划、组织并出版全国中等职业学校计算机技术、实用电子技术和通信技术三个专业的教材。电子工业出版社以电子信息产业为背景,以本行业的科技力量为依托,与教研、教学第一线的教研人员和教师相结合,已组织编写、出版计算机技术、实用电子技术及通信技术专业的教材 100 余种,受到了广大职业学校师生的好评,为促进职业教育做出了积极的努力。

随着科学技术水平日新月异,计算机、电子、通信技术的发展更是突飞猛进,而职业教育直接面向社会、面向市场,这就要求教材内容必须密切联系实际,反映新知识、新技术、新工艺和新方法。好的教材应该既要让学生学到专业知识,又能让学生掌握实际操作技能,而重点放在学生的操作和技能训练方面。在这一思想指导下,电子工业出版社根据《职业教育法》及劳动部颁发的《职业技能鉴定规范》,在教育部等相关部门的领导下,会同电子信息行业的专家、教育教研部门研究人员以及广大中等职业学校的领导和教师,在深入调查研究的基础上,制定了三个专业的指导性教学计划。该计划强调技能培养,充分考虑各学校课程设置、师资力量、教学条件的差异,突出了“宽基础多模块、大菜单小模块”灵活办学的宗旨。

新版教材具有以下突出的特点:

1. 发挥产业优势,以本行业的科技力量为依托,充分适应中等职业学校推行的学业证书和职业资格证书的双证制度,突出教材的实用性、先进性、科学性和趣味性。
2. 教材密切反映电子信息技术的发展,不断推陈出新。实用电子技术专业教材突出数字化、集成化技术;计算机技术专业教材内容涉及多种流行软件及实用技术;通信技术专业教材反映通信领域的先进技术。
3. 教材与中等职业学校开设的专业课程相配套,注意贯穿能力和技能培养于始终,精心安排例题、习题,在把握难易、深广度时,以易懂、广度优先,理论原理为操作技能服务,够用即可。
4. 教材的编写一改过去又深又厚的模式,突出“小模块”的特点,为不同学校依据自己的师资力量和办学条件灵活选择不同专业模块组合提供方便。

另外,为满足广大中等职业学校教师的教学需要,我们还将根据每种教材的具体情况推出配套的教师辅助参考书以及供学生使用的上机操作/练习指导书。

随着教育体制改革的进一步深化,加之科学技术的迅猛发展,编写中等职业学校教材始终是一个新课题。希望全国各地中等职业学校的广大师生多提宝贵意见,帮助我们紧跟职业教育和科学技术的发展,不断提高教材的编写质量,以便更好地为广大师生服务。

全国中等职业学校电子信息类教材工作领导小组

2000 年 5 月

全国中等职业学校电子信息类教材工作领导小组

组长：

姚志清(原电子工业部人事教育司副司长)

副组长：

牛梦成(教育部职成教司教材处处长)

蔡继顺(北京市教委职教处副处长)

李 群(黑龙江省教委职教处处长)

王兆明(江苏省教委职教办主任)

陈观诚(福建省职业技术教育学会副秘书长)

王 森(解放军军械工程学院计算机应用研究所教授)

吴金生(电子工业出版社副社长)

成员：

褚家蒙(四川省教委职教处副处长)

尚志平(山东省教学研究室副主任)

赵丽华(天津市教育局职教处处长)

潘效愚(安徽省教委职教处处长)

郭菊生(上海市教委职教处)

翟汝直(河南省教委研究室主任)

李洪勋(河北省教委职教处副处长)

梁玉萍(江西省教委职教处处长)

吴永发(吉林省教育学院职教分院副院长)

王家诒(上海现代职业技术学校副校长)

郭秀峰(山西省教委职教处副处长)

彭先卫(新疆教委职教处)

李启源(广西教委职教处副处长)

彭世华(湖南省职教研究中心主任)

许淑英(北京市教委职教处副处级调研员)

姜昭慧(湖北省职教研究中心副主任)

张雪冬(辽宁省教委中职处副处长)

王志伟(甘肃省教委职教处助理调研员)

李慕瑾(黑龙江教委职教教材站副编审)

何雪涛(浙江省教科院)

杜锡强(广东省教育厅职业与成人教育处副处长)

王润拽(内蒙古自治区教育厅职成处处长)

秘书长：

林 培(电子工业出版社)

全国中等职业学校电子信息类教材编审委员会

名誉主任委员：

杨玉民(原北京市教育局副局长)

主任委员：

马叔平(北京市教委副主任)

副主任委员：

邢 晖(北京市教科院职教所副所长)

王家诒(上海现代职业技术学院副校长)

王 森(解放军军械工程学院计算机应用研究所教授)

韩广兴(天津广播电视大学高级工程师)

[实用电子技术编审组]

组长：

刘志平(北京市职教所教研部副主任)

副组长：

陈其纯(苏州市高级工业学校特级教师)

杜德昌(山东省教学研究室教研员)

白春章(辽宁教育学院职教部副主任)

张大彪(河北师大职业技术学院电子系副主任)

王连生(黑龙江省教育学院职教部副教授)

组员：

李蕴强(天津市教育教研室教研员)

孙介福(四川省教科所职教室主任)

沈大林(北京市回民学校教师)

朱文科(甘肃省兰州职业中专)

郭子雄(长沙市电子工业学院高级教师)

金国砥(杭州中策职业高级中学教研组长)

李佩禹(山东省家电行业协会副秘书长)

邓 弘(江西省教委职教处助理调研员)

刘 杰(内蒙古呼和浩特市第一职业中专教师)

高宪宏(黑龙江省佳木斯市职教中心)

朱广乃(河南省郑州市教委职教室副主任)

黄亲民(上海现代职业技术学校)

[计算机技术编审组]

组长:

吴清萍(北京市财经学校副校长)

副组长:

史建军(青岛市科协计算机普及教育中心副主任)

钟 葆(上海现代职业技术学校教研组长)

周察金(四川省成都市新华职业中学教研组长)

组员:

刘逢勤(郑州市第三职业中专教研组长)

戚文正(武汉市第一职教中心教务主任)

肖金立(天津市电子计算机职业中专教师)

严振国(无锡市电子职业中学教务副主任)

魏茂林(青岛市教委职教室教研员)

陈民宇(太原市实验职业中学教研组长)

徐少军(兰州市职业技术学校教师)

白德淳(吉林省冶金工业学校高级教师)

陈文华(温州市职业技术学校教研组长)

邢玉华(齐齐哈尔市职教中心学校主任)

谭枢伟(牡丹江市职教中心学校)

谭玉平(石家庄第二职教中心副校长)

要志东(广东省教育厅职业教育研究室教研员)

王英武(呼和浩特市第二职业中专教导主任)

[通信技术编审组]

组长:

徐治乐(广州市电子职业高级中学副校长)

副组长:

陶宏伟(北京市西城电子电器职高主任)

陈振源(厦门教育学院职业教育教研室高级教师)

组员:

赖晖煜(福建省厦门电子职业中专学校主任)

许林平(石家庄市职业技术教育中心主任)

邱宝盛(山东省邮电学校副校长)

邹开跃(重庆龙门浩职业中学主任)

前 言

现代数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测以及精密机械等高新技术的产物,是典型的机电一体化产品,是完全新型的自动化机床。

随着科学技术的不断发展以及机械产品的性能、结构、形状的不断改进,对零件加工质量和精度的要求越来越高。此外,零件加工型面越来越复杂,产品变化越来越频繁。在一般机械加工中,复杂型面产品的单件、小批量生产约占七成以上,在航空、宇航、舰船等国防工业的产品中所占比例则更高,而模具制造业中几乎所有产品都是属于单件产品。数控机床的重要特点之一就是适合高精度复杂型面的单件或小批量生产,因而数控机床在精密机械、国防工业和模具制造等领域的应用越来越广泛。随着小型计算机成本的降低,数控机床的性能价格比日趋合理,可靠性也日益提高。数控机床已由开始阶段的解决单件、小批量复杂型面的零件加工,逐步发展成以减轻劳动强度、提高劳动生产率、保证质量、降低成本等为主要目的中批量或大批量零件加工。

为了满足人们对数控加工技术的迫切需要,适应机械制造和精密模具等专业的教学要求,我们在总结近几年工作实践的基础上编写了此教材。目的在于普及与提高数控加工技术,推广先进加工设备的应用,加强职业技术教育,培养 21 世纪的初中级技能型人才。本书在编写中,充分考虑到职业教育的特点,理论讲解力求简单浅显,内容讲述力求全面创新,实践操作力求直观易懂;同时,既考虑到中等职业学校学生数控实践基本技能的训练要求,又考虑到数控技术在 CAD/CAM 集成技术中的应用,以照顾到读者长远发展的需要。

本书由淮安信息职业技术学院盛定高主编,淮安信息职业技术学院张海军、孙业明和南京无线电工业学校钱群雷参编。盛定高编写第 1,7 章,张海军编写第 3,6 章,孙业明编写第 4,5 章,钱群雷编写第 2 章及本书实验部分。全书由盛定高统稿,东南大学机械系主任、数控技术研究所所长、博士生导师易红教授和南京无线电工业学校高级讲师韩满林审阅了全稿。

由于作者水平有限,时间匆忙,书中难免有疏漏和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2001 年 10 月

目 录

第 1 章 数控加工概述	(1)
1.1 数控机床简介	(1)
1.1.1 数控机床的产生	(1)
1.1.2 数控机床的加工过程	(1)
1.1.3 数控机床的组成	(2)
1.1.4 数控机床的加工特点	(3)
1.1.5 数控机床的分类	(3)
1.2 插补原理及 CNC 系统原理	(6)
1.2.1 插补原理	(6)
1.2.2 CNC 系统工作原理	(7)
1.3 数控加工的发展	(8)
1.3.1 数控技术的发展	(8)
1.3.2 数控加工的发展	(9)
练习与思考题	(10)
第 2 章 程序设计的基本知识	(11)
2.1 数控编程概述	(11)
2.1.1 数控机床的坐标系	(11)
2.1.2 绝对坐标与相对坐标	(12)
2.1.3 数控纸带及代码	(12)
2.1.4 程序结构	(15)
2.1.5 最小输入增量和最小命令增量	(15)
2.1.6 进给速度	(16)
2.1.7 小数点输入	(16)
2.2 程序编制中的常用功能字	(16)
2.2.1 准备功能字	(16)
2.2.2 辅助功能字	(17)
2.2.3 其他功能字	(18)
2.3 程序编制中的工艺处理	(19)
2.3.1 分析零件图样	(19)
2.3.2 确定加工方案	(19)
2.3.3 确定零件的安装方法和选择夹具	(20)
2.3.4 确定对刀点和换刀点	(20)
2.3.5 选择刀具	(21)

2.3.6 确定切削用量	(21)
2.3.7 数值处理与误差分析	(22)
2.4 现代数控机床的性能	(23)
2.4.1 控制功能	(23)
2.4.2 编程功能	(24)
2.4.3 通信功能	(25)
练习与思考题	(25)
实验一 数控机床组成及结构现场教学	(25)
第3章 数控车床与编程	(27)
3.1 数控车床概述	(27)
3.1.1 数控车床的用途与组成	(27)
3.1.2 数控车床的主要技术参数	(27)
3.1.3 数控车床的传动系统	(29)
3.2 数控车床编程基础	(30)
3.2.1 数控系统的功能	(30)
3.2.2 坐标系统	(32)
3.3 数控车床基本编程方法	(33)
3.3.1 工件坐标系设定	(33)
3.3.2 快速定位	(33)
3.3.3 直线插补	(34)
3.3.4 倒角与倒圆	(35)
3.3.5 圆弧插补	(36)
3.3.6 暂停	(37)
3.3.7 米制输入与英制输入	(37)
3.3.8 回参考点检验、自动返回参考点	(38)
3.3.9 螺纹切削	(38)
3.3.10 循环指令	(41)
3.3.11 刀具补偿功能	(46)
3.3.12 子程序	(47)
3.4 数控车床编程与加工实例	(48)
3.4.1 轴类零件加工	(48)
3.4.2 盘类零件加工	(50)
练习与思考题	(53)
实验二 数控车床基本操作现场教学	(54)
实验三 数控车床编程	(57)
实验四 数控车床典型零件加工	(59)
第4章 数控铣床与编程	(61)
4.1 数控铣床概述	(61)
4.1.1 数控铣床的用途与组成	(61)

4.1.2 数控铣床的结构及主要技术参数	(61)
4.1.3 数控铣床的传动系统	(63)
4.2 数控铣床编程基础	(64)
4.2.1 数控系统的功能	(64)
4.2.2 坐标系统	(67)
4.3 数控铣床基本编程方法	(68)
4.3.1 工件坐标系设定	(68)
4.3.2 绝对值输入和增量值输入	(68)
4.3.3 快速点定位	(69)
4.3.4 直线插补	(70)
4.3.5 平面选择	(70)
4.3.6 顺时针圆弧插补和逆时针圆弧插补	(70)
4.3.7 暂停	(72)
4.3.8 刀具/工件零点偏移量设定	(72)
4.3.9 米制输入和英制输入	(72)
4.3.10 返回参考点	(72)
4.3.11 刀具长度补偿	(73)
4.3.12 刀具半径补偿	(74)
4.3.13 固定循环	(78)
4.3.14 子程序	(83)
4.3.15 数控铣床编程要点及举例	(84)
练习与思考题	(87)
实验五 XK5040A 数控铣床系统操作与机床操作现场教学	(89)
实验六 XK5040A 数控系统操作(一)	(91)
实验七 XK5040A 数控系统操作(二)	(93)
第5章 加工中心与编程	(96)
5.1 加工中心概述	(96)
5.1.1 加工中心的用途、组成与分类	(96)
5.1.2 加工中心的自动换刀装置	(96)
5.1.3 JCS-018A 型立式加工中心简介	(100)
5.2 加工中心编程基础	(102)
5.2.1 数控系统的功能	(102)
5.2.2 JCS-018A 加工中心的坐标系统	(104)
5.3 加工中心基本编程指令及使用方法	(105)
5.3.1 准备功能(G 功能)	(105)
5.3.2 其他功能指令的使用	(108)
5.3.3 加工中心编程要点及举例	(108)
练习与思考题	(112)
实验八 FANUC-6M 数控系统的基本操作	(113)

第 6 章 数控电火花线切割机床与编程	(118)
6.1 数控电火花线切割机床简介	(118)
6.1.1 机床的基本组成	(118)
6.1.2 机床的加工原理及用途	(119)
6.1.3 机床的主要技术参数	(119)
6.1.4 机床的坐标系	(120)
6.2 数控线切割工艺	(121)
6.2.1 数控线切割加工形式	(121)
6.2.2 偏移量的确定	(122)
6.2.3 数控线切割的工艺特点	(122)
6.2.4 数控线切割加工的工艺流程	(123)
6.3 数控线切割机床编程方法	(124)
6.3.1 3B 指令编程	(124)
6.3.2 4B 指令编程	(127)
练习与思考题	(128)
第 7 章 自动编程	(129)
7.1 自动编程概述	(129)
7.1.1 自动编程的基本原理	(129)
7.1.2 自动编程系统的类型与特点	(131)
7.1.3 零件源程序的构成	(131)
7.2 APT 语言的基本语句和功能语句	(132)
7.2.1 APT 语言的基本语法	(132)
7.2.2 几何定义语句	(135)
7.2.3 刀具运动语句	(143)
7.2.4 后置处理语句及其他语句	(147)
7.2.5 常用功能语句	(148)
7.3 零件源程序的编制方法与步骤	(150)
7.3.1 分析图纸、选定坐标系、确定有关几何元素的标识符	(150)
7.3.2 确定对刀方法、对刀点和换刀点	(151)
7.3.3 选择容差、刀具等工艺参数	(151)
7.3.4 编写几何定义语句	(151)
7.3.5 编写刀具运动语句	(152)
7.3.6 插入其他语句	(152)
7.3.7 检查、书写源程序	(152)
7.3.8 上机处理	(153)
7.4 图形交互式微机 CAM 系统简介	(153)
7.4.1 概述	(153)
7.4.2 常用 CAM 软件简介	(154)
7.4.3 Master CAM 基本功能介绍	(155)

7.4.4 Master CAM 常用基本命令	(155)
7.4.5 Master CAM 三维曲面造型	(156)
7.4.6 Master CAM 数控加工	(157)
练习与思考题	(160)
实验九 Master CAM 上机实践	(161)
参考文献	(162)

第 1 章 数控加工概述

【学习目标】

- 知识目标：了解数控机床的组成、加工原理及其分类，一般性了解 CNC 系统工作原理及插补原理，了解数控技术的发展趋势。

- 能力目标：能分析数控机床的组成与所属类型，能对数控技术的发展趋势有一定的认识。

【学习重点和难点】

- 重点：数控机床的加工原理及其分类。

- 难点：CNC 系统工作原理及插补原理。

【学习方法】

- 现场教学、观看声像资料。

【学习时间安排】

- 理论课时 6 学时。

1.1 数控机床简介

1.1.1 数控机床的产生

数字控制（Numerical Control，简称 NC 或数控）技术是一种自动控制技术，起源于 20 世纪 40 年代后期美国 John C .Parsons 建议的机床自动控制方法。凡是在生产过程中应用数字信息实现自动控制和操纵的生产设备都称为数控设备。用数字信息控制的金属切削机床称为数控机床(Numerically Controlled Machine Tool)。

1952 年，Parsons 公司和麻省理工学院（MIT）合作，研制成世界上第一台三坐标数控铣床，并用它加工出直升机叶片轮廓检测用的样板。这是一台以穿孔纸带为控制介质，应用脉冲乘法器原理的直线轮廓控制的数控机床，其数控装置采用电子管元件。

五十多年来，数控机床经历了电子管、晶体管、小规模集成电路、大规模集成电路、专用计算机、通用计算机和计算机网络等多个时代的发展，现已成为集现代电子技术、自动控制技术、液压气动技术、精密测量技术、计算机与网络技术和机床结构等新技术为一体的高新技术、高精度加工机器，并逐渐成为机器制造业的主要加工装备。

1.1.2 数控机床的加工过程

数控机床是能将加工零件的尺寸参数、工艺参数、加工顺序及机床开闭冷却液、更换刀具、夹具松紧等转变为数字信息来控制机床的各种运动，自动地将零件加工出来的金属切削机床。其加工过程可用图 1-1 来表示。

其主要加工步骤如下：

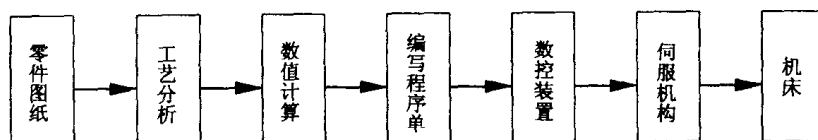


图 1-1 数控机床加工过程

(1) 根据被加工零件工作图所规定的零件形状、尺寸、材料及技术要求等，进行工艺分析，并经必要的计算，获取相关数据；

(2) 将加工顺序、切削用量、刀具与工件相对运动的轨迹和距离等，使用数控装置能够识别的专用代码，编制数控加工程序单；

(3) 将数控加工程序单制成穿孔纸带（新式数控机床多数不再采用穿孔纸带，故此步骤可省去）；

(4) 将加工程序输入数控装置；

(5) 数控装置根据输入信息，进行系列运算和控制处理，并将结果以脉冲信号形式送往机床的伺服机构；

(6) 伺服机构（如步进电动机、交直流伺服电动机、电液脉冲马达等）驱动机床的运动部件，按规定的顺序、速度和走刀方向进行加工，制造出符合图纸要求的零件。

1.1.3 数控机床的组成

数控机床主要由控制介质（信息载体）、数控装置、伺服系统和机床本体等四部分组成，闭环和半闭环控制的数控机床还有测量装置。数控机床的组成见图 1-2。

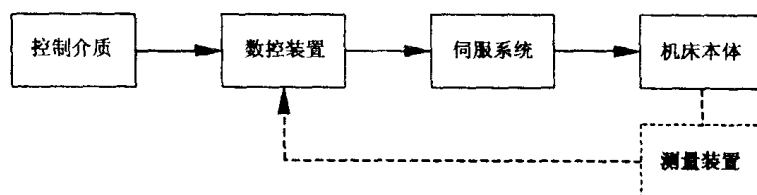


图 1-2 数控机床的组成

1. 控制介质

控制介质又称信息载体，它是操作者与数控机床之间建立的某种联系，是中间媒介物，用于记录零件加工过程中所需要的各种加工信息，以控制机床的运动，实现零件加工。常用的控制介质有穿孔纸带、磁带、磁盘等。

2. 数控装置

数控装置一般就是控制机床运动的微型计算机。对单台数控机床而言，控制机(Director)有两类。

一类是专用计算机(Special Purpose Computer)，也称其为 NC 数控装置。它有以下两个特点：一是“专用”，由机床厂家根据机床加工功能定制，不可用做它用；二是它的控制功能是由专用逻辑电路实现的。由于这种控制装置采用硬接线方式，要想更改或增加某种功能就必须改变其内部电路，因而灵活性差，常用于早期数控机床中，现已逐渐被淘汰。

另一类是通用的微型计算机，用它控制机床时称之为计算机数控（CNC）。其特点是输入信息的存储、数据的处理、插补运算及各种运动控制，全部或部分由计算机软件来完成，并且它还增加了很多逻辑电路难以实现的功能。计算机和机床及其驱动设备之间，只要采用一种接口设备连接即可，用户只要改变其控制软件和接口，就可改变控制功能。因此其通用性及适用性都很强，目前已被广泛应用。

数控装置接受控制介质送来的信息加以变换和处理，能对机床以下动作实现控制：

- （1）实现机床主轴的启停、变向和速度转换；
- （2）确定进给方向、进给速度和进给方式，如点定位、走直线、走圆弧、循环进给等；
- （3）选择刀具，进行刀具半径或长度补偿，完成如开闭冷却液、刀具更换、夹具的夹紧或松开等各种辅助操作功能的选择。

3. 伺服系统

伺服系统由速度控制装置、位移控制装置、伺服驱动装置和相应的机械传动装置组成。它接受来自数控装置的指令信息，通过步进电动机或交直流伺服电动机及减速齿轮副、滚珠丝杠螺母副等传动机构，去拖动机床的移动部件运动，运动的位移和速度分别正比于输出装置发出的脉冲信息的数量和频率。由于伺服系统是数控系统的执行部分，其精度、刚度、响应速度及稳定性对加工精度、表面质量和生产率有较大影响。

4. 机床本体

数控机床加工时，为了提高其工作效率，常常是大进给量高速强力切削，粗、精加工通常也一次安装，并自动完成整个加工过程。因此数控机床本体往往具有功率大、刚度好、传动路线短、能自动变速等特点。有的还配备自动刀库，可在加工中途自动更换刀具。

1.1.4 数控机床的加工特点

数控机床的加工有如下特点。

- （1）自动化程度高。在数控机床上加工零件时，除了手工装夹毛坯外，全部加工过程都由机床自动完成。这样减轻了操作者的劳动强度，改善了劳动条件。
- （2）加工适应性强。数控机床能实现多坐标轴联动，加工程序可按被加工零件的要求而变换，而机床本身不必调整，适合当代多品种、小批量高生产率的生产需要。
- （3）加工精度高，加工质量稳定。数控加工的尺寸精度通常在（0.005~0.1）mm 之间，不受零件复杂程度的影响。加工中消除了操作者的人为误差，提高了同批零件尺寸的一致性，使产品质量保持稳定，降低了废品率。
- （4）生产效率高。数控机床常常采用大进给量高速强力切削，自动化程度高，装夹定位和过程检验少，因而提高了生产率。
- （5）易于建立计算机通信网络。由于数控机床是使用数字信息，易于与计算机辅助设计系统连接，形成计算机辅助设计与制造紧密结合的一体化系统。今后，随着基于 PC 的网络数控技术的发展，机床可通过 PC 机连接到 Internet 网上，实现远程资源共享和远程加工控制。

1.1.5 数控机床的分类

数控机床品种很多，功能也各不相同，通常可按以下五种方法进行分类。

1. 按照工艺用途分类

数控机床发展至今, 几乎所有机床种类都向着数控化的方向发展。在机械加工机床方面有, 数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、加工中心; 在塑性加工机床方面有, 数控冲床、数控折弯机; 在特种加工方面有, 电火花线切割、激光加工机床; 在非加工设备中也大量采用了数控技术, 如多坐标测量机(仪)、工业机器人等。

2. 按运动方式分类

(1) 点位控制(Positioning Control)数控机床。点位控制数控机床移动时不进行加工, 仅进行快速定位运动, 中间无轨迹要求, 只要求从一点准确地到达指定的加工坐标点位置即可, 主要用于数控钻床、数控冲床及数控坐标镗床等。图 1-3 为点位控制机床移动示意图。

(2) 直线控制(Line Motion Control)数控机床。直线控制机床不仅要求控制位移终点的坐标, 还要保证被控制的位移是以指定的速度, 沿着平行于某坐标轴或与某坐标轴呈 45° 的斜线方向进行直线切削加工, 主要用于数控车床、简易数控镗铣床和一些加工中心上。图 1-4 为直线控制机床加工示意图。

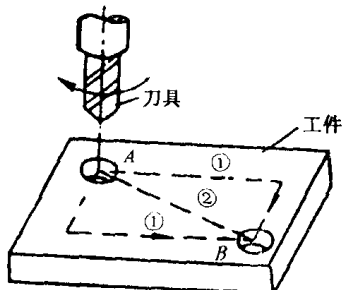


图 1-3 点位控制机床移动示意图

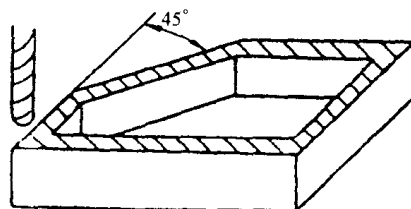


图 1-4 直线控制机床加工示意图

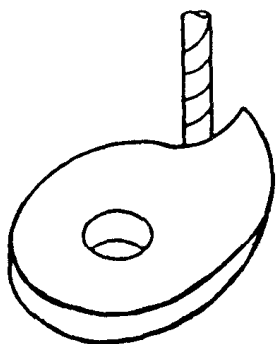


图 1-5 轮廓控制机床加工示意图

(3) 轮廓控制(Contouring Control)数控机床。轮廓控制又称连续控制, 该类机床加工时能对刀具相对于零件的运动轨迹进行连续控制, 以加工任意斜率的直线、圆弧, 采用逼近法(Approach Method)还能加工抛物线、椭圆线等二次曲线以及列表曲线和样条曲线等。由于这种控制方式多采用两坐标或多坐标联动控制, 可加工任意形状的曲线或型腔, 主要用于数控铣床、车削中心、数控凸轮磨床和数控线切割机床等。图 1-5 为轮廓控制机床加工示意图。

3. 按控制方式分类

(1) 开环控制(Opened Loop Control)方式。开环控制方式如图 1-6 所示。它是一种不带位置测量反馈装置的控制系统, 控制装置输出信号是单向的。开环控制方式通常采用步进电动机做驱动元件, 其转角和转速分别由输入脉冲的数量和频率决定。每当数控装置发出一个脉冲信号, 就使步进电动机转子旋转一个固定角度(该角称为步距角), 而机床工作台将移动一定的距离, 即脉冲当量。

由于开环控制系统没有位置反馈和校正系统, 工作台的位移精度完全取决于步进电动机