

普通高等教育“十二五”规划教材

数控机床 编程技术

第2版

逯晓勤 刘保臣 李海梅 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

数控机床编程技术

第2版

主编 逯晓勤 刘保臣 李海梅
参编 张晓黎 郑国强 黄霞 王波
主审 陈静波 刘春太



机械工业出版社

本教材根据数控加工技术的进展和几年来教学及上机实践遇到的问题,按照“设备简介、加工指令、编程实例”的顺序,更新了数控加工技术领域的新进展,补充了各类数控机床的主要加工方式及编程特点,对主要章节增加了指导性的编程实例,重新编写了全部加工程序代码。其中自动编程处理技术,以 MasterCAM 10.0 版本为应用软件,结合具体实例,图文并茂,详细介绍了建立多种加工模型、设置不同加工工况、模拟检验刀具轨迹,进而生成加工指令程序的方法步骤,使本教材更具指导性和实用性。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程技术/逯晓勤,刘保臣,李海梅主编. —2版.

—北京:机械工业出版社,2011.2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-32538-3

I. ①数… II. ①逯… ②刘… ③李… III. ①数控机床—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 235722 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:刘小慧 责任编辑:刘小慧 韩冰 冯铤

版式设计:张世琴 责任校对:张玉琴

封面设计:张静 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2011 年 3 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.5 印张·354 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-32538-3

定价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

第1版教材由于将理论与实践相结合,教材实例丰富,便于学习与掌握,受到学生的欢迎,并被评为校级“精品课程”。现在在第1版教材的基础上,结合数控加工技术的进展和几年来教学体会,特别是上机实践遇到的问题,再版本教材。

本版教材变化如下:

(1) 结构方面:按照“设备简介、加工指令、编程实例”的顺序,在数控铣床、数控钻镗床、加工中心、数控车床、数控线切割各章内容中均新增一节或充实完善相关部分。本版教材的结构安排使得各类数控机床的内容更完整,且便于理解学习。

(2) 内容方面:更新了数控加工技术领域的新进展,补充了各类数控机床的主要加工方式及编程特点,对主要章节增加了指导性的编程实例,重新编写了全部加工程序代码。其中的自动编程处理技术,以 MasterCAM 10.0 版本为应用软件,结合具体实例,图文并茂,详细介绍了建立多种加工模型、设置不同加工工况、模拟检验刀具轨迹,进而生成加工指令程序的方法步骤,使本教材更具指导性和实用性。

(3) 习题方面:增加了各章后思考与练习的内容,以利于对主要问题的理解与掌握。

此外,本版教材对第1版教材中的不当之处进行了修正。本版教材中编程算例完整、实用。

本版教材由逯晓勤、刘保臣、李海梅主编,张晓黎、郑国强、黄霞、王波等老师参加了部分章节的整理与编写。陈静波教授和刘春太教授审阅了书稿,并提出了指导性建议。本版教材还借鉴了同类书刊的相关内容,特在此表示感谢!

限于编者水平,书中难免有疏漏和不足之处,欢迎读者多提宝贵意见。

编者

近几年来,机械制造领域正随着数控技术及计算机辅助设计、分析、制造(CAD/CAE/CAM)技术的普及与提高发生着根本性的变化,数控技术已经成为衡量一个加工制造企业技术水平乃至一个国家工业化水平的重要标志之一。其中,数控机床是加工制造行业体现数控技术的重要组成部分,而数控编程则是数控机床实现数控加工的必要前提。因此,数控加工编程人员则成为当前各制造行业急需之人才。编者从近年来要求选修该专业的学生人数急增的现象中深刻感受到了这一点。

编者多年来从事计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)的研究开发及数控加工编程技术的教学工作,每年在为本科高年级学生挑选教材时总感到不尽人意,虽然数控编程类的书籍琳琅满目,却很难选出适合工科院校高年级学生用的教材来。有的对机床硬件、线路论述过多,偏重于数控原理;有的则偏重于数值计算原理,论述推导过多;有的仅介绍一两种数控机床的编程方法,内容过窄;有的则是面向中等专科学校的学生及企业技术人员,内容过浅;而大部分教材无习题供学生思考和练习。所以在授课过程中总要补充大量的内容和习题。现应广大学生要求,决定将多年不断积累更新的教案整理成册。

本书内容涉及面广,不仅包括数控铣、数控钻镗、加工中心、数控车、线切割等数控机床手工编程的数值计算原理和编程的方法步骤,还介绍了利用APT数控语言进行数控加工的辅助编程技术,以及使用CAD/CAM软件进行数控加工自动编程的操作处理。其特点:有深度,有广度,实例丰富,习题充足,便于理解和掌握。宜作为工科院校高年级学生教材及企业广大技术人员的自学用书。

本书在编写过程中得到了国家橡塑模具工程研究中心工程中心及模具教研室领导和同事们的大力支持和帮助;书中部分内容得到了河南自然科学基金项目(豫科004060400)的大力支持;关绍康教授审阅了书稿,并提出了宝贵意见;本书还借鉴了同类书刊的长处和精华。谨在此一并表示真诚的感谢!

参加本书编写的有:逯晓勤、李海梅、申长雨、刘保臣、翟震、杨广军、郝向丽、易文、王亚明、应进等同志。全书由逯晓勤、李海梅、申长雨统稿。

限于编者水平,书中难免出现疏漏和错误,敬请专家、读者批评指正。

编者

目 录

第2版前言	
第1版前言	
第一章 数控机床概述	1
第一节 数控机床加工特点	1
第二节 数控机床分类	3
第三节 数控机床发展概况	8
思考与练习	10
第二章 数控编程中的数值计算	11
第一节 平面轮廓切削点的计算	12
第二节 平面轮廓刀具中心位置的 计算	16
第三节 空间曲线曲面加工的数值 计算	18
思考与练习	22
第三章 数控编程基础	25
第一节 程序编制步骤	25
第二节 程序格式	29
第三节 主要功能指令	31
第四节 编程中的几个重要概念	33
思考与练习	38
第四章 数控铣床编程	39
第一节 数控铣床概述	39
第二节 数控铣床常用指令	43
第三节 数控铣床编程实例	55
思考与练习	57
第五章 数控钻镗床编程	60
第一节 孔加工概述	60
第二节 孔加工常用指令	64
第三节 数控钻镗床编程实例	70
思考与练习	73
第六章 加工中心编程	75
第一节 加工中心简介	75
第二节 加工中心编程特点	77
第三节 加工中心编程实例	80
思考与练习	92
第七章 数控车床编程	95
第一节 数控车床概述	95
第二节 数控车床常用指令	99
第三节 数控车床编程实例	108
思考与练习	110
第八章 数控线切割编程	114
第一节 数控线切割概述	114
第二节 数控线切割编程的常用 指令	119
第三节 数控线切割编程实例	129
思考与练习	132
第九章 APT 数控语言辅助编程	136
第一节 APT 语言的基本组成	136
第二节 几何定义语句	143
第三节 刀具运动语句	151
第四节 后置处理及辅助语句	163
第五节 编程实例	166

思考与练习	172	后置处理	197
第十章 数控自动编程应用简介	176	第四节 MasterCAM 综合应用实例 ...	215
第一节 CAD/CAM 技术概述	176	思考与练习	220
第二节 MasterCAM 造型基本方法 ...	178	参考文献	222
第三节 MasterCAM 刀具轨迹生成和		读者信息反馈表	

第一章 数控机床概述

在机械加工领域，用数字化信号对机床运动及其加工过程进行自动控制的加工方式称为数控加工。加装了数控系统的机床称为数控机床。数控机床是执行数控加工的载体。本章将简要介绍数控机床的加工特点、分类及发展概况。

第一节 数控机床加工特点

数控机床是由加工指令程序通过机床的控制系统控制加工过程的，其加工特点主要取决于机床的本体与控制系统。

一、数控机床的基本工作原理

数控机床主要由机床本体、驱动装置、辅助装置、数控系统等几部分组成。

机床本体是数控机床加工运动的机械部分，主要包括支承部件（床身、立柱等）、主运动部件（主轴箱）、进给运动部件（工作台滑板、刀架）等。

驱动装置是数控机床执行机构的驱动部分，包括主轴电动机、进给伺服电动机等。

辅助装置是指数控机床的一些配套部件，包括刀库、液压装置、气动装置、冷却系统、排屑装置、夹具、换刀机械手等。

数控系统（CNC 装置）是数控机床的控制核心，其基本工作流程如图 1-1 所示。由图 1-1 可以看出，机床数控系统是由加工指令程序、计算机数字控制装置、可编程序控制器、主轴控制单元、速度控制单元及位置检测装置等组成，其核心部分是计算机数字控制装置。计算机数字控制装置由硬件和软件两部分组成。硬件的主体是计算机，包括中央处理器、输入输出部分和位置控制部分。软件分为管理软件和控制软件：管理软件包括输入输出、显示和诊断程序等，控制软件包括译码、刀具补偿、速度控制、插补运算和位置控制等程序。

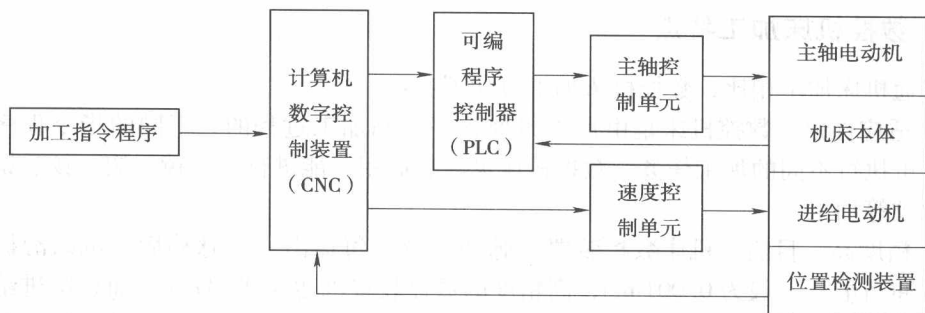


图 1-1 机床数控系统基本工作流程

数控系统具有如下三个基本功能：

- (1) 输入功能 输入功能是指零件加工程序和各种加工工况参数的输入。

(2) 插补功能 插补功能是指在加工零件的实际轮廓或轨迹的已知点之间确定一些中间点的方法,通常是在给定直线或圆弧的起点和终点之间进行密化。插补方法主要有两种:

1) 脉冲增量法。其特点是:每次插补运算产生一个进给脉冲,输出脉冲的最大速率取决于执行一次插补运算所需要的时间。这种方法适用于步进电动机驱动的开环数控系统,进给速率比较低。

2) 数字增量法。其特点是:整个控制系统通过计算机形成闭环,计算机定时采样反馈的实际位移量,并将采样结果与插补生成的指令数据进行比较,求得误差信号,进而给出主轴进给速度指令。这种方法适用于直、交流伺服电动机驱动的位置采样控制系统。

(3) 伺服控制 伺服控制是指将计算机送出的位置进给脉冲或进给速度指令,经变换和放大后转化为伺服电动机(步进或直、交流电动机)的转动,从而带动机床工作台滑板的移动。

计算机数字控制装置对输入的位移指令、控制参数、补偿数据等进行识别和译码,并执行所需要的逻辑运算,发出相应的指令脉冲,控制机床的驱动装置,从而操作机床实现预期的加工。

可编程序控制器(Programmable Logical Controller,简称为PLC)是一种专为在工业环境下应用而设计的数字运算操作电子系统。PLC处于计算机控制装置与机床之间,对计算机控制装置和机床的输入输出信号进行处理,实现辅助功能M、主轴转速S及刀具更换功能T的控制和译码,即按照预先规定的逻辑顺序对诸如主轴的起动、停止、转向、转速、刀具的更换、工件的夹紧与松开、液压、冷却、润滑、气动等进行控制。

主轴控制单元主要控制机床主轴的旋转运动。

速度控制单元控制机床的进给运动。机床的进给驱动装置由交流电动机、直流电动机、速度检测元件和速度控制元件组成,主要控制机床各坐标轴的进给运动。

综上所述,数控机床在执行加工时,根据工件图样要求及加工工艺,将所用刀具和机床各移动部件的移动量、速度及走刀轨迹、主轴转速、主轴旋转方向及冷却等要求,以规定的数控代码形式编制成程序单,并输送到机床控制装置中;机床数控系统则根据输入的指令,进行编译、运算和逻辑处理,输出各种信号指令,以控制机床各部分进行规定的位移和有序的动作,实现预期的加工。

二、数控机床加工特点

与普通机床加工相比,数控机床加工有如下特点:

(1) 适应性强 数控机床是由加工指令程序控制加工过程的,不同的指令程序、不同的刀具,可执行不同的加工任务。数控机床灵活、通用,能进行钻、镗、铰、铣削、车削、攻螺纹等加工。

(2) 精度高 目前,机床数控装置的脉冲当量(每输出一个脉冲后,机床滑板的移动量称为脉冲当量)一般为 0.001mm ,高精度的数控装置可达 0.0001mm 。而切削进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿,因此,数控机床能达到比较高的加工精度,一般可达 $0.005\sim 0.1\text{mm}$ 。对于中、小型数控机床,定位精度普遍可达到 0.03mm ,重复定位精度为 0.01mm 。数控机床的自动加工方式不但可避免人工操作误差,使工件加工的质量稳定,更重要的是可进行复杂曲面的加工。

(3) 效率高 与普通机床相比,数控机床的生产率可提高3~5倍;对于复杂型面的加工,其生产率可提高十倍,甚至几十倍。

(4) 减轻劳动强度、改善劳动条件 利用数控机床进行加工,只需按图样要求编制加工程序,输入并调试程序,安装坯件进行加工,观察监视加工过程并装卸零件。对于自动化程度较高的柔性加工单元或柔性加工系统,工件的检测、打磨、喷涂、装卸、运送等多工种流程都可由指令程序控制进行,操作人员不需要进行繁重手工操作,劳动强度与紧张程度可大为减轻,劳动条件也相应地得到改善。

三、数控机床的应用范围

数控机床是一种高度自动化的机床,有一般机床所不具备的许多优点,所以数控机床的应用范围在不断扩大。但数控机床的技术含量高,成本高,使用维修都有一定难度。若从最经济的方面考虑,数控机床适用于如下零件的加工:

- 1) 多品种、小批量零件(合理生产批量为10~100件);
- 2) 结构较复杂、精度要求较高或必须用数学方法确定的复杂曲线、曲面等零件;
- 3) 需要频繁改型的零件;
- 4) 钻、镗、铰、攻螺纹及铣削工序联合进行的零件,如箱体、壳体等;
- 5) 价格昂贵、不允许报废的零件;
- 6) 要求百分之百检验的零件;
- 7) 需要最小生产周期的急需零件。

第二节 数控机床分类

数控机床种类很多,如铣削类、钻铰类、车削类、磨削类、线切割、加工中心等,图1-2所示为部分常见数控机床,其具体称谓按不同的分类方法大致有以下几种:

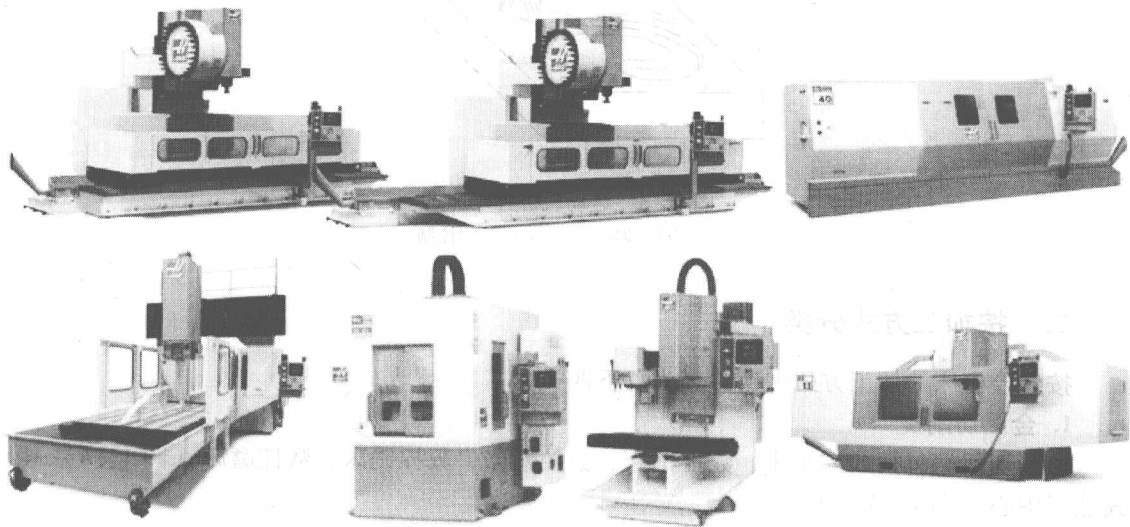


图1-2 常见数控机床

一、按控制刀具与工件相对运动轨迹分类

按机床控制系统控制刀具与工件相对运动轨迹的方式,数控机床可分为两种类型:点位控制机床和轮廓控制机床。

点位控制机床又称位置控制数控机床,这类机床只能控制工作台或刀具从一个位置精确地移动到另一位置,在移动过程中不进行加工,各个运动轴可以同时移动,也可以依次移动(图1-3a)。数控镗床、数控钻床、数控冲床、数控点焊机及数控折弯机等均属此类机床。

轮廓控制数控机床能够同时对两个或两个以上坐标轴进行连续控制,具有插补功能,工作台或刀具边移动边加工(图1-3b、c)。数控铣床、数控车床、数控磨床及加工中心等都是典型的轮廓控制数控机床,数控火焰切割机、数控线切割机及数控绘图机等也都采用轮廓控制系统。

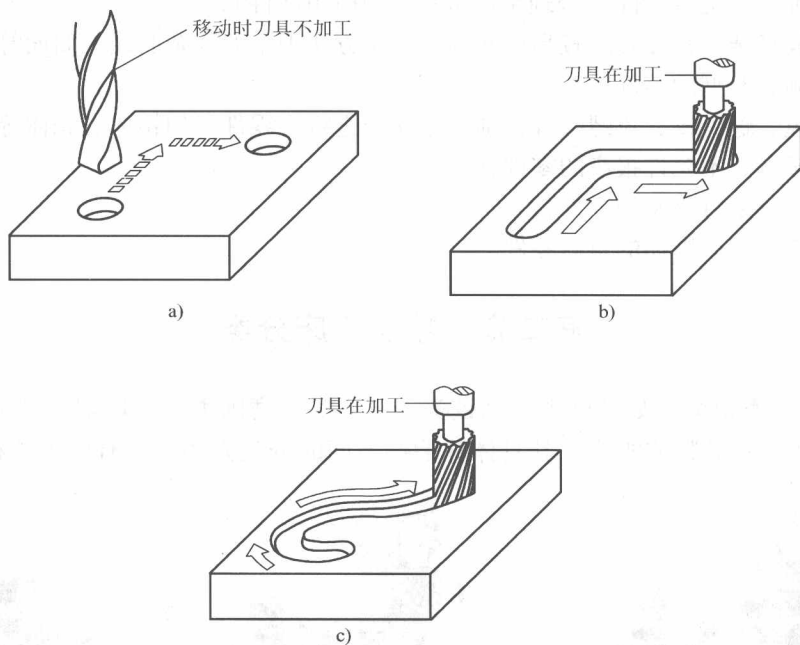


图1-3 运动轨迹控制方式

a) 点位控制 b)、c) 轮廓控制

二、按加工方式分类

按数控机床的加工方式大致可分为以下四类:

1. 金属切削类

金属切削类包括数控车床、数控钻床、数控镗床、数控铣床、数控磨床(图1-4)、卧式加工中心(图1-5)等。

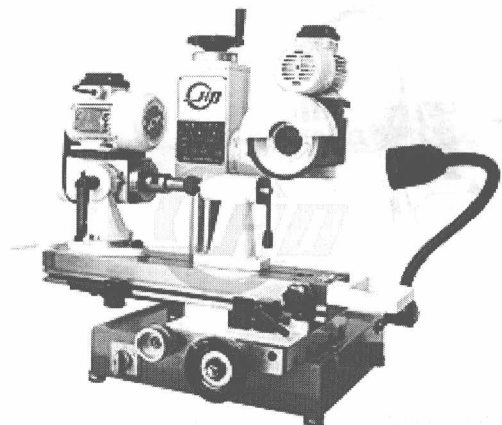


图 1-4 数控磨床

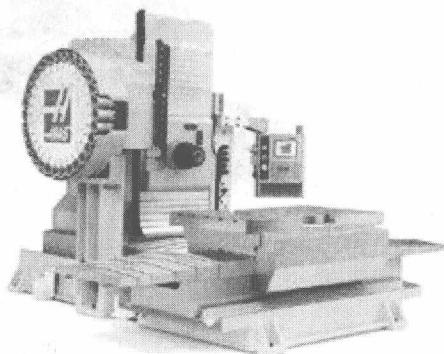


图 1-5 卧式加工中心

2. 金属成形类

金属成形类包括数控折弯机（图 1-6）、数控弯管机（图 1-7）、四转头压力机等。

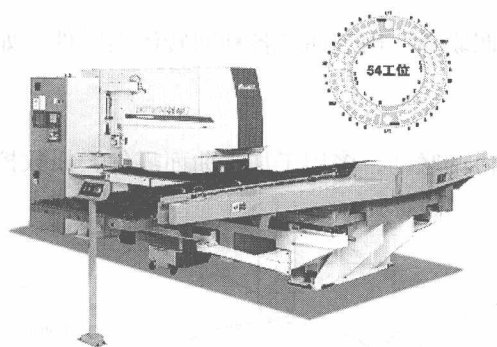


图 1-6 数控折弯机

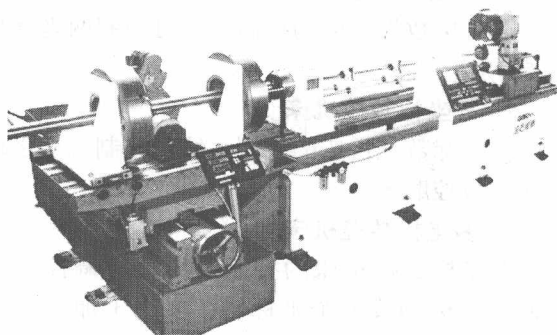


图 1-7 数控弯管机

3. 特殊加工类

特殊加工类包括数控线切割、电火花、数控激光切割机床（图 1-8）等。

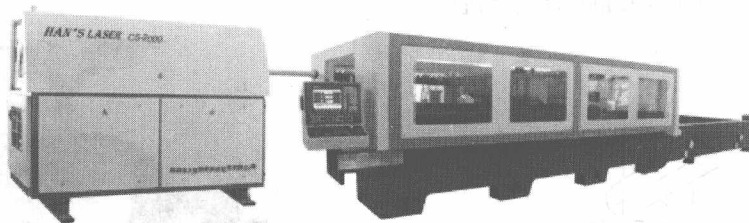


图 1-8 数控激光切割机床

4. 其他类

其他类包括等离子火焰切割机（图 1-9）、三坐标测量机等。

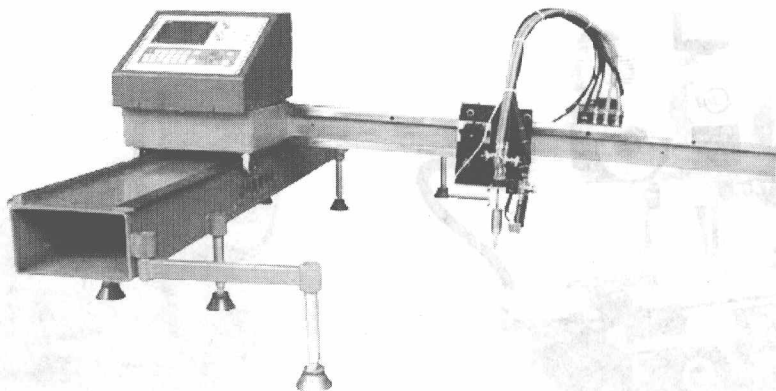


图 1-9 等离子火焰切割机

三、按控制坐标轴数分类

按控制坐标轴联动的数目大致可分为三类：

1. 两坐标数控机床

两坐标数控机床的控制系统可控制两坐标轴协调联动，用于加工各种回转体类零件，如数控车床。

2. 三坐标数控机床

三坐标数控机床的控制系统可控制三个坐标轴协调联动，多用于加工曲面零件，如数控铣床、数控磨床。

3. 多坐标数控机床

多坐标数控机床的控制系统可协调控制四个坐标轴或五个坐标轴，多用于加工形状复杂的零件。由图 1-10 可以看出，用三坐标机床加工复杂曲面时，会出现欠加工面，用多坐标数控机床可有效解决这类问题（图 1-11、图 1-12）。图 1-13 所示为两种不同类型的四轴联动数控机床。

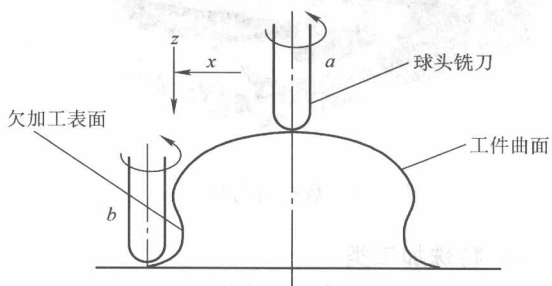


图 1-10 三坐标曲面加工

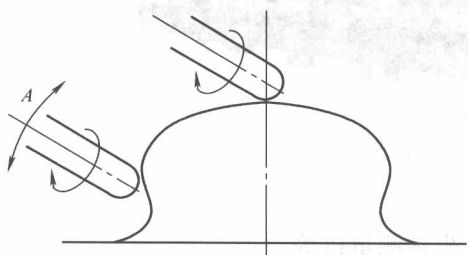


图 1-11 多坐标曲面加工

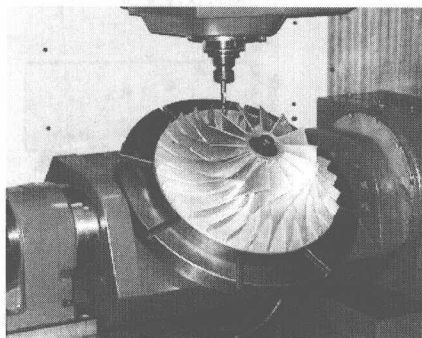


图 1-12 五轴联动加工

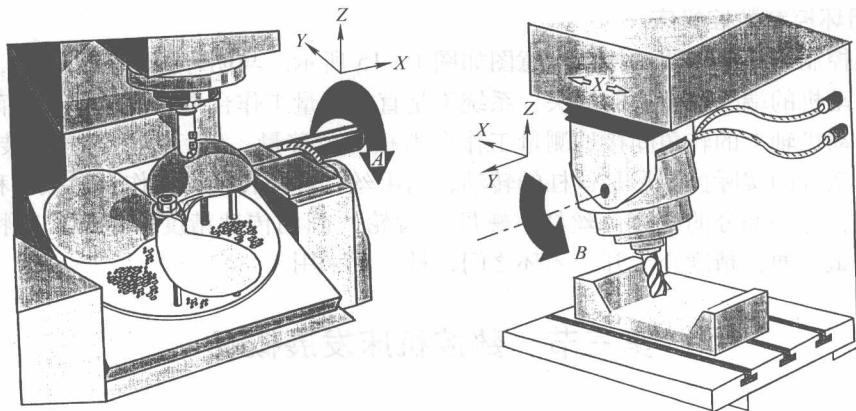


图 1-13 四轴联动数控机床

四、按驱动系统的控制方式分类

数控机床按驱动系统的控制方式可大致分为以下三种类型：

1. 开环控制数控机床

开环控制数控机床工作原理如图 1-14 所示。



图 1-14 开环驱动控制示意图

这类机床不带位置检测反馈装置，通常使用功率步进电动机或电液脉冲马达作为执行机构，数控装置输出的脉冲通过环形分配器和驱动电路，使步进电动机转过相应的步距角，再经过减速齿轮带动丝杠旋转，最后转换为移动部件的直线位移。其反应快，调试方便，比较稳定，维修简单。但系统对移动部件的误差没有补偿和校正，步进电动机的步距误差、齿轮与丝杠等的传动链误差都将反映到被加工零件的精度中去，所以精度比较低。

2. 闭环控制数控机床

这类机床带有检测反馈装置，位置检测器安装在机床运动部件上，加工中将监测到的实际运行位置反馈到数控装置中，与输入的指令位置相比较，用差值对移动部件进行控制，其精度高。从理论上说，闭环系统的控制精度主要取决于检测装置的精度，但这并不意味着可以降低机床的结构与传动链的要求。传动系统的刚性不足及间隙、导轨的爬行等各种因素将增加调试的困难，严重时会使闭环控制系统的品质下降，甚至引起振荡，故闭环系统的设计和调整都有较大的难度。此类机床主要用于一些精度要求较高的镗铣床、超精车床和加工中心等。其工作原理如图 1-15 所示。

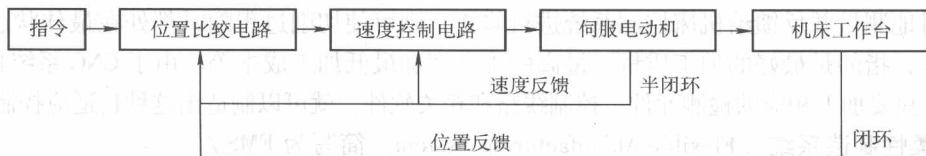


图 1-15 闭环、半闭环驱动控制示意图

3. 半闭环控制数控机床

半闭环控制数控机床驱动控制示意图如图 1-15 所示。与闭环控制不同的是,其检测元件安装在电动机的端头或丝杠的端头,系统不是直接测量工作台滑板的位移量,而是通过检测丝杠或电动机轴上的转角间接地测量工作台滑板的位移量,然后反馈给数控装置。显然,半闭环控制系统的实际控制量是丝杠的转动,而由丝杠转动转换为工作台滑板的移动,不受闭环的控制,这一部分的精度由丝杠—螺母(齿轮)副的传动精度来保证。其特点是比较稳定,且调试方便,精度介于开、闭环之间,被广泛采用。

第三节 数控机床发展概况

一、工业化国家数控机床的发展概况

数控机床的研制最早是从美国开始的,1952 年帕森斯公司和麻省理工学院合作研制成功了世界第一台三坐标数控铣床,用来加工直升飞机叶片轮廓检查用样板。这是一台采用专用计算机进行运算与控制并直线插补与轮廓控制的数控铣床,专用计算机使用电子管元件,经过三年的改进与自动编程研究,1955 年进入实用阶段,在复杂曲面的加工中发挥了重要作用。但由于技术上和价格上的原因,只局限在航空工业中应用。

随着电子技术的不断发展,数控系统也不断地更新换代,由使用电子管过渡到晶体管、印制电路、小规模集成电路等,数控系统的可靠性得到了进一步提高。但上述专用计算机都是采用硬接线数控系统,使用局限性大,属一般数控系统,即所谓的 NC。20 世纪 70 年代初,计算机技术的发展使小型计算机代替专用计算机在经济上成为可能,数控的许多功能可以用编制的指令程序来实现,而这些指令程序可以存储在小型计算机的存储器中,这就是所谓的软接线数控,即计算机控制系统 CNC。微处理器的诞生使得 CNC 系统的控制功能大部分由软件技术来实现,其可靠性进一步提高,功能更加完善,性价比大为提升,使数控机床产生了一个大的飞跃。进入 20 世纪 80 年代,数控机床的发展更为迅速,近年来具有代表性的数控系统有以下几个方面:

1. 计算机直接控制系统 (Direct Numerical Control, 简称为 DNC)

计算机直接控制系统又称群控。其特点是:使用计算机对生产过程加强管理,使程序的编制、生产的准备与计划安排等工作和机床工作协调一致,以提高各个数控机床的使用效率。

2. 自适应控制机床 (Adaptive Control, 简称为 AC)

一般数控机床是按预先编好的程序进行加工的。但在编程时,实际上有许多参数只能参照过去的经验数据来确定,不可能准确地考虑到它们的一切变化,如毛坯的不均匀状况、刀具与工件材质的变化、刀具的磨损、工件的变形、热传导性的差别等,这些变化直接或间接地影响着加工质量,使加工不能在最佳状态下进行。如果控制系统能对实际加工中的各种加工状态的参数及时地测量并反馈给机床控制系统进行修正,则可使切削过程随时都处在最佳状态。所谓最佳状态,指的是最好的加工质量、最高的生产率和最低加工成本等。由于 CNC 系统自身带有计算机,只要加上相应的检测元件、控制线路和相关软件,就可以制造出这种自适应控制机床。

3. 柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, 简称为 FMS)

柔性制造系统是在柔性制造单元 (Flexible Manufacturing Cell, 简称为 FMC) 基础上研

制和发展起来的。柔性制造单元是一种在人的参与减到最少时,能连续地对同一组零件内不同的工件进行自动化加工(包括工件在单元内部的运输和交换)的最小单元。它既可以作为独立使用的加工设备,又可以作为更大更复杂的柔性制造系统或柔性自动线的基本组成模块。柔性制造系统由加工系统(由一组数控机床和其他自动化工艺设备如清洗机、成品试验机、喷漆机等组成)、智能机器人、全自动输送系统及自动化仓库组成(图1-16)。这种系统可按任意顺序加工一组不同工序与不同加工节拍的工件,工艺流程可随工件不同而调整,全部生产过程由一台中央计算机进行生产程序的调度,若干台计算机进行工位控制。其中各个制造单元相对独立,能适时地平衡资源的利用。

4. 计算机集成生产系统(Computer Integrated Manufacturing System, 简称为 CIMS)

为实现整个生产过程自动化,近年来各相关团队正致力于研制包括计划设计、工艺、加工、装配、检验、销售等全过程都由计算机控制的集成生产系统。它具有计算机控制的自动化信息流和物质流,能对产品的构思和设计直到最终加工、装配、检验这一全过程进行控制,真正实现工厂生产自动化这一伟大的目标。

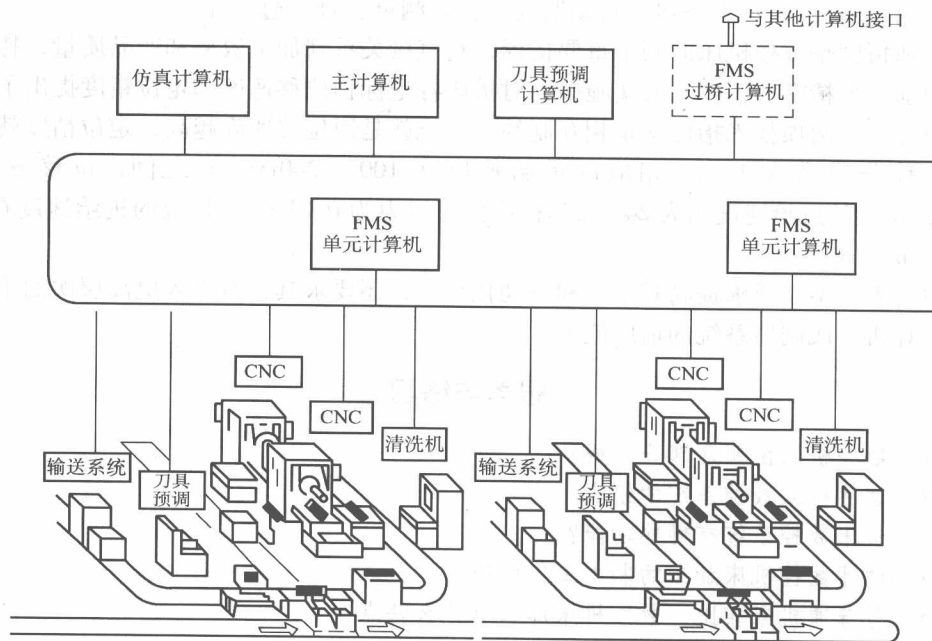


图 1-16 柔性制造系统

二、我国数控机床的发展概况

我国数控机床的研制始于1958年,由清华大学研制出了最早的样机。1966年诞生了第一台用于直线—圆弧插补的晶体管数控系统。1970年,北京第一机床厂的XK5040型数控升降台式铣床作为商品,小批量生产并推向市场。但由于相关工业基础差,尤其是数控系统的支撑工业——电子工业薄弱,致使在1970~1976年间开发出的加工中心、数控镗床、数控磨床及数控钻床因系统不过关,多数机床没有在生产中发挥作用。20世纪80年代前期,在引入了日本FANUC数控技术后,我国的数控机床才真正进入小批量生产的商品化时代。

近年来随着国民经济的飞速发展,数控技术也得到了快速提高,每年都有一百多项技术难题得到解决,国产数控机床的国内市场占有率由不到15%已上升至50%。

三、数控机床的发展趋势

科学技术的发展,对数控加工技术提出了更高的要求;超高速切削、超精密加工等技术的应用,对数控机床的各个组成部分提出了更高的性能指标。当今的数控机床正不断采用最新技术成就,朝着高速化、高精度化、多功能化、智能化、系统化与高可靠性等方向发展。其具体表现在以下几个方面:

- 1) 高精度:加工精度达到微米级、纳米级;
- 2) 高速度:主轴转速达到100000r/min,快速进给速度达到200m/min以上,换刀时间在2s以内;
- 3) 高柔性:多主轴、多工位、多刀库;
- 4) 多功能:立卧并用、复合加工;
- 5) 高自动化:自动上下料、自动监控、自动测量、自动通信等。

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,特别是在超高速切削、超精密加工技术的实施中,对机床各坐标轴位移速度和定位精度提出了更高的要求。但是,这两项技术指标又是相互制约的,也就是说位移速度越高,定位精度就越难提高。如位移分辨力为 $1\mu\text{m}$,相应的进给速度在100~240m/min之间;位移分辨力为 $0.01\mu\text{m}$,相应的进给速度约为24m/min;位移分辨力为 $0.01\mu\text{m}$,相应的进给速度在400~800mm/min之间。

对单台主机不仅要求提高其柔性和自动化程度,还要求其具有进入更高层次的柔性制造系统和计算机集成制造系统的适应能力。

思考与练习

- 1-1 数控机床由哪几部分组成?
- 1-2 试述机床数控系统的组成。
- 1-3 机床数控系统有哪些功能?
- 1-4 试述数控机床加工的基本工作原理。
- 1-5 与普通机床相比,数控机床加工有什么特点?
- 1-6 最适合数控机床发挥优越性的场合有哪些?
- 1-7 数控机床是如何分类的?
- 1-8 常见的数控机床有哪些类型?
- 1-9 何谓点位控制及轮廓控制?它们所用的数控机床有何不同?
- 1-10 何谓开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统?它们各有何特点?
- 1-11 何谓自适应数控机床?
- 1-12 何谓柔性制造单元?
- 1-13 何谓柔性制造系统?
- 1-14 未来数控机床的发展趋势是什么?