

XINBIAN GAOZHI GAOZHUAN GUIHUA JIAOCAI

新编高职高专规划教材

主 编 史新逸 徐剑锋

主 审 王阳辉



数控技术

SHUKONG JISHU

XINBIAN GAOZHI GAOZHUAN GUIHUA JIAOCAI

新编高职高专规划教材

数控技术

SHUKONG JISHU

主 编：史新逸 徐剑锋

主 审：王阳辉

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了数控机床的特点、数控机床机械结构、数控加工编程、插补原理、机床用可编程控制器、计算机数控系统、伺服系统和典型数控系统等内容。本书取材新颖,注重内容的先进性、科学性和实用性。全书注重理论联系实际,各章既有联系,又有一定的独立性。每章后均附有习题。

本书可用作高等院校机械、机电、数控专业学生的教材,也可供从事机床数控技术的工程技术人员、研究人员参考。

徐剑锋 史新逸 主编

鞠国玉 审 主

图书在版编目(CIP)数据

数控技术/史新逸,徐剑锋主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2008.9
ISBN 978-7-312-02350-7

I. 数… II. ①史…②徐… III. 数控机床—高等学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 130836 号

- 出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026
<http://press.ustc.edu.cn>
- 印刷 合肥学苑印务有限公司
- 发行 中国科学技术大学出版社
- 经销 全国新华书店
- 开本 787 mm×1092 mm 1/16
- 印张 15.75
- 字数 390 千
- 版次 2008 年 9 月第 1 版
- 印次 2008 年 9 月第 1 次印刷
- 定价 26.00 元

前 言

数控技术是一个综合了计算机技术、自动控制技术、检测技术和机械加工技术的交叉和综合技术领域。计算机数控技术的核心是由计算机(主要是软件)实现对加工过程中信息的处理和控制在,实现加工过程自动化。随着微电子技术、计算机技术、传感器技术和机械加工技术的发展,从 20 世纪 70 年代以来,计算机数控技术获得了突飞猛进的发展,数控机床和其他数控装备在实际生产中获得了越来越广泛的应用。同时,计算机数控技术的发展又极大地推动了计算机辅助设计和辅助制造(CAD/CAM)、柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造技术(CIMS)的发展,成为先进制造技术的技术基础和重要组成部分。

中国的机械制造业正面临着前所未有的机遇与挑战——参与国际市场的竞争。用以数控技术为基础的先进制造技术武装机械制造业,是在这场竞争中获胜的重要条件之一。因此在中国推广应用数控技术有着特别重要的意义。

目前,随着国内数控机床用量的剧增,急需培养一大批数控应用型高级技术人才。为了适应我国高等职业技术教育发展及数控应用型技术人才培养的需要,我们编写了本书。

本书比较全面、系统地讲述了数控系统的基本组成,各部分的主要功能、特点、工作原理等,重点突出了数控系统的应用。在数控机床的结构上,主要针对数控机床的特色,介绍了机床布局、相关机械结构和辅助装备。

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培训用书或教材,也可作为机械设计制造及自动化专业学生的教材,还可供从事数控技术的工程技术人员参考。

本书由江西航空职业技术学院史新逸和徐剑锋主编,由江西航空职业技术学院王阳辉主审。

由于作者水平所限,加上编写时间仓促,书中难免会有疏漏之处,我们期待着读者的批评指正。

编 者

2008 年 5 月

目 录

前言	(1)
----------	-------

第 1 章 概述	(1)
----------------	-------

1.1 数字控制和数控机床	(1)
1.1.1 数控与计算机数控	(1)
1.1.2 数控机床的加工特点	(2)
1.1.3 数控机床的使用特点	(3)
1.2 数控机床的组成和工作原理	(4)
1.3 数控机床的分类	(6)
1.3.1 按加工工艺方法分类	(6)
1.3.2 按控制运动轨迹分类	(7)
1.3.3 按驱动装置的特点分类	(8)
1.3.4 按功能水平分类	(10)
1.4 数控机床的发展趋势	(11)
复习思考题	(15)

第 2 章 数控机床的机械结构	(16)
-----------------------	--------

2.1 概述	(16)
2.2 数控机床的主传动系统	(17)
2.2.1 数控机床主传动系统的特点	(17)
2.2.2 数控机床主轴变速方式	(18)
2.2.3 主轴组件	(18)
2.2.4 主轴组件的润滑与密封	(20)
2.2.5 主轴的准停	(21)
2.3 数控机床的进给运动系统	(21)
2.3.1 概述	(21)
2.3.2 电机与丝杠之间的联接	(22)
2.3.3 滚珠丝杠螺母副	(23)
2.3.4 进给系统传动间隙的补偿机构	(27)
2.4 回转工作台与导轨	(29)

2.4.1 回转工作台	(29)
2.4.2 导轨	(32)
2.5 数控机床的自动换刀装置	(34)
2.5.1 自动换刀装置的形式	(34)
2.5.2 刀库	(39)
2.5.3 刀具系统及刀具选择	(41)
复习思考题	(50)
第3章 数控机床加工程序的编制	(52)
3.1 数控编程基础	(52)
3.1.1 数控编程的概念	(52)
3.1.2 数控编程的内容和步骤	(52)
3.1.3 数控编程的方法	(55)
3.1.4 程序的结构与格式	(56)
3.1.5 数控机床坐标轴和运动方向	(58)
3.1.6 数控系统的准备功能和辅助功能	(61)
3.2 数控编程中的数值计算	(65)
3.2.1 基点与节点	(65)
3.2.2 坐标值计算的方法	(66)
3.2.3 坐标值计算的基本环节	(67)
3.2.4 坐标值的常用计算方法	(68)
3.2.5 基点坐标的计算	(69)
3.2.6 非圆曲线节点坐标的计算	(69)
3.3 数控加工手工编程	(70)
3.3.1 数控手工编程的工艺处理	(70)
3.3.2 常用基本指令	(77)
3.3.3 程序编制举例	(85)
3.4 数控自动编程	(91)
3.4.1 自动编程概述	(91)
3.4.2 自动编程的现状和发展	(93)
复习思考题	(95)
第4章 数控系统的加工控制原理	(97)
4.1 数控装置的工作过程	(97)
4.2 CNC装置的插补原理	(98)
4.2.1 概述	(98)
4.2.2 逐点比较法直线插补	(99)

4.2.3 圆弧插补计算原理	(103)
4.3 刀具半径补偿原理	(110)
4.3.1 概述	(110)
4.3.2 刀具半径补偿的工作过程和常用方法	(111)
4.3.3 程序段间转接情况分析	(112)
4.3.4 刀具半径补偿的实例	(114)
4.3.5 加工过程中的过切判别原理	(115)
复习思考题	(116)
第5章 计算机数控系统(CNC系统)	(118)
5.1 概述	(118)
5.1.1 CNC系统的组成	(118)
5.1.2 CNC系统的功能和一般工作过程	(119)
5.2 CNC系统的硬件结构	(123)
5.2.1 CNC系统的硬件构成特点	(123)
5.2.2 单CPU结构CNC系统	(124)
5.2.3 多CPU结构CNC系统	(125)
5.3 CNC系统的软件结构	(127)
5.3.1 CNC装置软、硬件的界面	(127)
5.3.2 CNC系统控制软件的结构特点	(128)
5.3.3 常规CNC系统的软件结构	(131)
5.4 CNC系统的输入输出与通信功能	(136)
5.4.1 CNC装置的输入输出和通信要求	(136)
5.4.2 CNC系统常用外设及接口	(137)
5.5 开放式数控系统的结构及其特点	(151)
5.5.1 开放式数控系统概述	(151)
5.5.2 开放式数控系统主要特点	(153)
5.5.3 基于Linux的开放式结构数控系统	(154)
复习思考题	(156)
第6章 数控机床用可编程控制器	(158)
6.1 概述	(158)
6.1.1 PLC的产生与发展	(158)
6.1.2 PLC的基本功能	(159)
6.1.3 PLC的基本结构	(160)
6.1.4 PLC的规模和几种常用名称	(162)
6.2 数控机床用PLC	(163)

6.2.1 两类数控机床用 PLC	(163)
6.2.2 PLC 的工作过程	(165)
6.3 典型 PLC 指令系统	(166)
6.3.1 基本指令	(167)
6.3.2 功能指令	(168)
6.4 数控机床 PLC 程序设计及调试	(178)
6.4.1 数控机床的控制对象及接口信号	(178)
6.4.2 梯形图工作原理	(183)
6.4.3 数控机床 PLC 程序的设计和调试	(184)
复习思考题	(188)
第 7 章 数控机床伺服驱动系统	(189)
7.1 伺服驱动系统概述	(189)
7.2 伺服电动机及调速	(190)
7.2.1 概述	(190)
7.2.2 步进电动机	(190)
7.2.3 直流伺服电动机及调速系统	(192)
7.2.4 交流伺服电动机及其调速	(195)
7.3 位置检测装置	(197)
7.3.1 概述	(197)
7.3.2 旋转变压器	(199)
7.3.3 感应同步器	(201)
7.3.4 光栅	(202)
7.3.5 磁尺	(204)
7.3.6 脉冲编码器	(205)
7.4 典型进给伺服系统	(206)
7.4.1 概述	(206)
7.4.2 开环进给伺服系统	(206)
7.4.3 脉冲比较进给伺服系统	(207)
7.4.4 全数字进给伺服系统	(208)
7.5 伺服系统的特性对数控机床加工精度的影响	(208)
7.5.1 速度误差对加工精度的影响	(209)
7.5.2 伺服系统的响应特性对加工拐角的影响	(211)
复习思考题	(211)
第 8 章 典型数控系统介绍	(213)
8.1 数字控制和数控机床	(213)

8.2 FANUC 数控系统介绍	(213)
8.2.1 FANUC 数控系统的发展历史	(213)
8.2.2 常见 FANUC 数控系统	(215)
8.2.3 FANUC 系统功能特点	(218)
8.3 西门子数控系统	(220)
8.3.1 西门子系统简介	(220)
8.3.2 西门子数控系统的基本构成	(222)
8.3.3 SINUMERIK 810D、840D 参数体系及参数的调整	(226)
8.4 华中数控系统	(228)
8.4.1 华中数控系统产品类型	(229)
8.4.2 华中世纪星系列数控系统概述	(229)
8.4.3 世纪星系列数控系统	(230)
8.4.4 华中世纪星系列数控系统的开放性	(232)
8.4.5 华中世纪星系列数控系统网络联接解决方案	(232)
8.4.6 华中数控系统产品型号	(233)
8.4.7 华中数控系统的总体联接	(233)
8.5 数控系统应用	(235)
8.5.1 应用概述	(235)
8.5.2 华中系统 CJK6032 数控车床	(235)
复习思考题	(238)
参考文献	(239)

第 1 章 概 述

1.1 数字控制和数控机床

1.1.1 数控与计算机数控

数字控制(Numerical Control, NC)简称数控,是指用数字化信号对机床或加工过程进行控制的技术,包括对机床工作台运动的控制和各种开关量的控制。实现数字控制技术的设备就叫做数控系统,装备了数控系统的机床就叫做数控机床。用数控机床加工一个零件的过程见图 1.1。

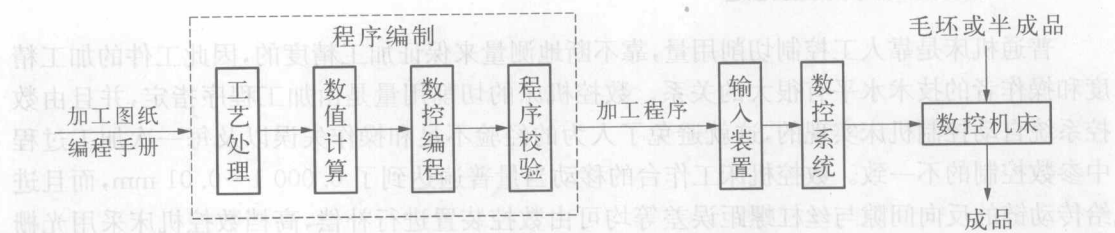


图 1.1 数控机床上加工零件的过程

用数控机床加工工件时,首先由编程人员按照零件的几何形状和加工工艺要求将加工过程编成加工程序并记录在介质上。常用的介质有纸带、磁带和磁盘等。数控系统首先读入记录在介质上的加工程序,由数控装置将其翻译成机器能够理解的控制指令,再由伺服系统将其变换和放大后驱动机床上的主轴电动机和进给伺服电动机转动,并带动机床的工作台移动,实现加工过程。由图 1.1 可见,数控系统实质上是完成了手工加工中操作者的部分工作。

建立了数控技术的基本概念后,我们发现数控装置是实现数控技术的关键。数控装置完成了数控程序的读入、解释,并根据数控程序的要求对机床进行运动和逻辑控制。在早期的数控装置中,所有这些工作都是由数字逻辑电路来实现的,现在我们称之为硬件数控。现代数控技术中,数控装置的大部分工作都是由计算机系统来完成的。以计算机系统为主构成的数控装置称为计算机数控系统(Computer Numerical Control, CNC)。CNC 装置中的数字信息处理功能主要由软件实现,因而十分灵活,并可以处理逻辑电路难以处理的复杂信息,使数控装置的功能大大提高。我们现在看到的数控装置,几乎都是计算机数控装置。

数控技术最早是被应用到金属切削机床上的,所以说到数控技术总是和数控机床联系

在一起,其实数控技术可以用于各种机械设备。我们也可以把这里所说的机床理解成广义的机床,可以是冶金机械、锻压机械、轻工机械、纺织机械等等。为了说明方便,本书仍以金属切削机床为例来介绍数控技术,但所有的内容都可以用于其他机器中。

1.1.2 数控机床的加工特点

数控机床以其精度高、效率高、能适应小批量多品种复杂零件的加工等优点,在机械加工中得到广泛的应用。概括起来,数控机床的加工有以下几方面的优点。

一、适应性强

适应性即所谓的柔性,是指数控机床随生产对象变化而变化的适应能力。由于市场对产品的需求逐渐趋向于多样化,实现单件、小批量产品的生产自动化是制造业的当务之急。传统机床要更换产品,往往要更换许多工装,费时费力。而数控机床的零件制造信息是记录在介质上的加工程序,所以更换被加工零件时只要改变加工程序就可以在短时间内加工出新的零件。因而用数控机床生产准备周期短,灵活性强,为多品种、小批量生产和新产品的研制提供了方便条件。

二、加工精度高、质量稳定

普通机床是靠人工控制切削用量,靠不断地测量来保证加工精度的,因此工件的加工精度和操作者的技术水平有很大的关系。数控机床的切削用量是由加工程序指定,并且由数控系统自动控制机床实现的,这就避免了人为的经验不足和操作失误以及每一次加工过程中参数控制的不一致。数控机床工作台的移动当量普遍达到了 $0.0001 \sim 0.01 \text{ mm}$,而且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,高档数控机床采用光栅尺进行工作台移动的闭环控制。数控机床的加工精度由过去的 $\pm 0.01 \text{ mm}$ 提高到 $\pm 0.005 \text{ mm}$,甚至更高。定位精度 20 世纪 90 年代初中期已达到 $\pm 0.002 \text{ mm} \sim \pm 0.005 \text{ mm}$ 。此外,数控机床的传动系统与机床结构都具有很高的刚度和热稳定性。通过补偿技术,数控机床可获得比本身精度更高的加工精度。尤其提高了同一批零件生产的一致性,产品合格率高,加工质量稳定。现代数控系统还可以利用控制软件补偿机床本身的系统误差、利用自适应控制消除各种随机误差,获得更高的加工精度。

三、生产效率高、经济效益好

数控机床主轴转速和进给量的变化范围较大,因而在每道工序中都能选用最佳的切削用量。另外,数控机床结构简单,刚性通常较大,可以使用较大的切削用量,因而可获得较高的生产率。数控机床的生产率高还因为它可以减少加工过程的辅助时间。对于复杂的零件可以用计算机辅助编程软件迅速编制加工程序;数控机床加工中通常使用较简单的夹具,减少了生产准备时间和装夹时间;尤其是使用带有刀具库和自动换刀装置的加工中心时,工件往往一次装夹就能完成多道工序的加工,减少了半成品的周转时间,生产率的提高更加明显。同时由于减少了样板、靠模和钻模板等专用工装的制造,也使生产成本降低了。

四、减轻操作者的劳动强度、操作简单

数控机床是由程序控制机床工作的,操作者一般只需装卸零件和更换刀具并监督机床的运行,因而大大减轻了操作者的劳动强度,减少了对熟练技术工人的需求。

五、有利于生产管理的现代化

用数控机床加工零件时,能准确计算零件的加工工时,并简化了检验、工装和半成品的管理工作,这些特点都有利于生产管理的现代化。

六、具有故障诊断和监控能力

CNC 系统一般具有用软件查找故障的功能,数控系统的故障可以通过诊断程序自动查找出来并显示在屏幕上,而且可以诊断出故障的种类,极大地提高了检修的效率。现代 CNC 系统还可以通过网络将数控机床的工作状态和故障信息传给远方的数控机床维修中心或生产厂家,帮助诊断一些疑难故障,在维修中心或生产厂家的指导下更快地修复数控机床。

但另一方面,数控机床在使用中也暴露出一些问题,主要有:

(1) 造价较高,很多企业特别是小企业还无法接受。

(2) 调试和维修比较复杂,需要专门的技术人员。

(3) 对编程人员的技术水平要求较高。

分析这些问题,我们认为,数控机床的造价将随着数控技术的进步逐渐下降,最终会达到人们能够接受的程度。而后两个问题告诉我们,数控系统的售后服务、操作人员的培训是数控技术推广应用中的重要环节,是需要我们共同努力来解决的问题。只有真正解决了这些问题,数控技术才能真正起到降低企业成本,提高经济效益和企业竞争能力的作用,数控技术本身才具有更广阔的发展前景。

1.1.3 数控机床的使用特点

一、数控机床对操作维修人员的要求

数控机床采用计算机控制,驱动系统具有较高的技术复杂性,机械部分的精度要求也比较高,因此要求数控机床的操作、维修及管理人员具有较高的文化水平和综合技术素质。

数控机床的加工是根据程序进行的,零件形状简单时可采用手工编制程序。当零件形状比较复杂时,编程工作量大,手工编程较困难且易出错,因此必须采用计算机自动编程。所以,数控机床的操作人员除了应具有一定的工艺知识和普通机床的操作经验之外,还应应对数控机床的结构特点、工作原理非常了解,具有熟练操作计算机的能力,须在程序编制方面进行专门的培训,考核合格才能上机操作。

正确的维护和有效的维修也是使用数控机床中的一个重要问题。数控机床的维修人员应有较高的理论知识和维修技术,要了解数控机床的机械结构,懂得数控机床的电气原理及电子电路,还应有比较宽的机、电、气、液专业知识,这样才能综合分析,判断故障的根源,正

确地进行维修,保证数控机床的良好运行状况。因此,数控机床维修人员和操作人员一样,必须进行专门的培训。

二、数控机床对夹具和刀具的要求

数控机床对夹具的要求比较简单,单件生产时一般采用通用夹具。当批量生产时,为了节省加工工时,应使用专用夹具。数控机床的夹具应定位可靠,可自动夹紧或松开工件。夹具还应具有良好的排屑、冷却性能。

数控机床的刀具应该具有以下特点:

- (1) 具有较高的精度、耐用度,几何尺寸稳定、变化小。
- (2) 刀具能实现机外预调和快速换刀,加工高精度孔时要经试切削确定其尺寸。
- (3) 刀具的柄部应满足柄部标准的规定。
- (4) 能很好地控制切屑的折断和排出。
- (5) 具有良好的可冷却性能。

1.2 数控机床的组成和工作原理

如图 1.2 所示,数控机床由程序编制及程序载体、输入装置、数控装置(CNC)、伺服驱动及位置检测、辅助控制装置、机床本体等几部分组成。



图 1.2 数控机床的基本结构

一、程序编制及程序载体

数控程序是数控机床自动加工零件的工作指令。在对加工零件进行工艺分析的基础上,确定零件坐标系在机床坐标系上的相对位置,即零件在机床上的安装位置;刀具与零件相对运动的尺寸参数;零件加工的工艺路线、切削加工的工艺参数以及辅助装置的动作等。得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等加工信息后,用由文字、数字和符号组成的标准数控代码,按规定的方法和格式,编制零件加工的数控程序单。编制程序的工作可由人工进行,对于形状复杂的零件,则要在专用的编程机或通用计算机上进行自动编程(APT)或 CAD/CAM 设计。

编好的数控程序,存放在便于输入到数控装置的一种存储载体上,它可以是穿孔纸带、磁带和磁盘等,采用哪一种存储载体,取决于数控装置的设计类型。

二、输入装置

输入装置的作用是将程序载体(信息载体)上的数控代码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阅读机、磁带机或软盘驱动器等。数控机床加工程序也可通过键盘用手工方式直接输入数控系统;数控加工程序还可由编程计算机用RS-232C或采用网络通信方式传送到数控系统中。

零件加工程序输入过程有两种不同的方式:一种是边读入边加工(数控系统内存较小时),另一种是一次将零件加工程序全部读入数控装置内部的存储器,加工时再从内部存储器中逐段逐段调出进行加工。

三、数控装置

数控装置是数控机床的核心。数控装置从内部存储器中取出或接受输入装置送来的一段或几段数控加工程序,经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制机床各部分的工作,使其进行规定的有序运动和动作。

零件的轮廓图形往往由直线、圆弧或其他非圆弧曲线组成,刀具在加工过程中必须按零件形状和尺寸的要求进行运动,即按图形轨迹移动。但输入的零件加工程序只能是各线段轨迹的起点和终点坐标值等数据,不能满足要求,因此要进行轨迹插补,也就是在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”,求出一系列中间点的坐标值,并向相应坐标输出脉冲信号,控制各坐标轴(即进给运动的各执行元件)的进给速度、进给方向和进给位移量等。

四、驱动装置和位置检测装置

驱动装置接收来自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移动部件,以加工出符合图样要求的零件。因此,它的伺服精度和动态响应性能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。驱动装置包括控制器(含功率放大器)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。

位置检测装置将数控机床各坐标轴的实际位移量检测出来,经反馈系统输入到机床的数控装置之后,数控装置将反馈回来的实际位移量值与设定值进行比较,控制驱动装置按照指令设定值运动。

五、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、逻辑判别和运动,再经功率放大后驱动相应的电器,带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启动、停止,工件和机床部件的松开、夹紧,分度工作台转位分度等开关辅助动作。

由于可编程逻辑控制器(PLC)具有响应快,性能可靠,易于使用、编程和修改程序并可直接启动机床开关等特点,现已广泛用作数控机床的辅助控制装置。

PLC主要完成与逻辑运算有关的动作,将零件加工程序中的M代码、S代码、T代码等

顺序动作信息,译码后转换成对应的控制信号,控制辅助装置完成机床的相应开关动作,如工件的装夹、刀具的更换、切削液的开关等一些辅助功能;它接受机床操作面板和来自数控装置的指令,一方面通过接口电路直接控制机床的动作,另一方面通过伺服单元控制主轴电动机的转动。

用于数控机床的 PLC 一般分为两类:一类是数控系统生产厂家为实现数控机床的顺序控制而将数控装置和 PLC 综合起来设计,称为内装型(或集成型)PLC,内装型 PLC 是数控装置的一部分;另一种是用 PLC 专业化生产厂家独立的 PLC 产品来实现顺序控制功能,称为独立型(或外置型)PLC。

六、机床本体

数控机床的机床本体与传统机床相似,由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、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、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点。

1.3 数控机床的分类

数控机床的品种很多,根据其加工工艺、控制原理、功能和组成,可以从以下几个不同的角度进行分类。

1.3.1 按加工工艺方法分类

一、金属切削类数控机床

与传统的车、铣、钻、磨、齿轮加工相对应的数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床等。尽管这些数控机床在加工工艺方法上存在很大差别,具体的控制方式也各不相同,但机床的动作和运动都是数字化控制的,具有较高的生产率和自动化程度。

在普通数控机床上加装一个刀库和换刀装置就成为数控加工中心机床。加工中心机床进一步提高了普通数控机床的自动化程度和生产效率。例如铣、镗、钻加工中心,它是在数控铣床基础上增加了一个容量较大的刀库和自动换刀装置形成的,工件一次装夹后,可以对箱体零件的四面甚至五面大部分加工工序进行铣、镗、钻、扩、铰以及攻螺纹等多工序加工,特别适合箱体类零件的加工。加工中心机床可以有效地避免由于工件多次安装造成的定位误差,减少了机床的台数和占地面积,缩短了辅助时间,大大提高了生产效率和加工质量。

二、特种加工类数控机床

除了切削加工数控机床以外,数控技术也大量用于数控电火花线切割机床、数控

电火花成型机床、数控等离子弧切割机床、数控火焰切割机床以及数控激光加工机床等。

三、板材加工类数控机床

常见的应用于金属板材加工的数控机床有数控压力机、数控剪板机和数控折弯机等。

近年来,其他机械设备中也大量采用了数控技术,如数控多坐标测量机、自动绘图机及工业机器人等。

1.3.2 按控制运动轨迹分类

一、点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是机床移动部件只能实现由一个位置到另一个位置的精确定位,在移动和定位过程中不进行任何加工。机床数控系统只控制行程终点的坐标值,不控制点与点之间的运动轨迹,因此几个坐标轴之间的运动无任何联系。可以几个坐标同时向目标点运动,也可以各个坐标单独依次运动。

这类数控机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床、数控点焊机等。点位控制数控机床的数控装置称为点位数控装置。

二、直线控制数控机床

直线控制数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度,沿着平行于坐标轴的方向进行直线移动和切削加工,进给速度根据切削条件可在一定范围内变化。

直线控制的简易数控车床只有两个坐标轴,可加工阶梯轴。直线控制的数控铣床有3个坐标轴,可用于平面的铣削加工。现代组合机床采用数控进给伺服系统,驱动动力头带有主轴箱的轴向进给进行钻镗加工,它也可算是一种直线控制数控机床。

数控镗铣床、加工中心等机床,它们的各个坐标方向的进给运动的速度能在一定范围内进行调整,兼有点位和直线控制加工的功能,这类机床应该称为点位/直线控制的数控机床。

三、轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床能够对两个或两个以上运动的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的平面或空间的运动轨迹能满足零件轮廓的要求。它不仅能控制机床移动部件的起点与终点坐标,而且能控制整个加工轮廓每一点的速度和位移,将工件加工成要求的轮廓形状。

常用的数控车床、数控铣床、数控磨床就是典型的轮廓控制数控机床。数控火焰切割机、电火花加工机床以及数控绘图机等也采用了轮廓控制系统。轮廓控制系统的结构要比点位/直线控制系统更为复杂,在加工过程中需要不断进行插补运算,然后进行相应的速度与位移控制。

现在计算机数控装置的控制功能均由软件实现,增加轮廓控制功能不会带来成本的增

加。因此,除少数专用控制系统外,现代计算机数控装置都具有轮廓控制功能。

1.3.3 按驱动装置的特点分类

一、开环控制数控机床

图 1.3 所示为开环控制数控机床系统框图。

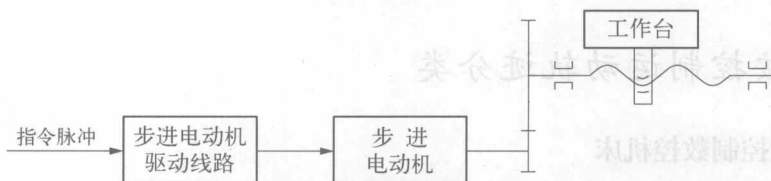


图 1.3 开环控制数控机床的系统框图

这类控制的数控机床其控制系统没有位置检测元件,伺服驱动部件通常为反应式步进电动机或混合式伺服步进电动机。数控系统每发出一个进给指令,经驱动电路功率放大后,驱动步进电机旋转一个角度,再经过齿轮减速装置带动丝杠旋转,通过丝杠螺母机构转换为移动部件的直线位移。移动部件的移动速度与位移量由输入脉冲的频率与脉冲数所决定。此类数控机床的信息流是单向的,即进给脉冲发出后,实际移动值不再反馈回来,所以称为开环控制数控机床。

开环控制系统的数控机床结构简单,成本较低。但是,系统对移动部件的实际位移量不进行监测,也不能进行误差校正,因此,步进电动机的失步、步距角误差、齿轮与丝杠等传动误差都将影响被加工零件的精度。开环控制系统仅适用于加工精度要求不是很高的中小型数控机床,特别是简易经济型数控机床。

二、闭环控制数控机床

闭环控制数控机床是在机床移动部件上直接安装直线位移检测装置,直接对工作台的实际位移进行检测,将测量到的实际位移值反馈到数控装置中,与输入的指令位移值进行比较,用差值对机床进行控制,使移动部件按照实际需要的位移量运动,最终实现移动部件的精确运动和定位。从理论上讲,闭环系统的运动精度主要取决于检测装置的检测精度,与传动链的误差无关,因此其控制精度高。图 1.4 所示为闭环控制数控机床的系统框图。图中 A 为速度传感器,C 为直线位移传感器。当位移指令值发送到位置比较电路时,若工作台没

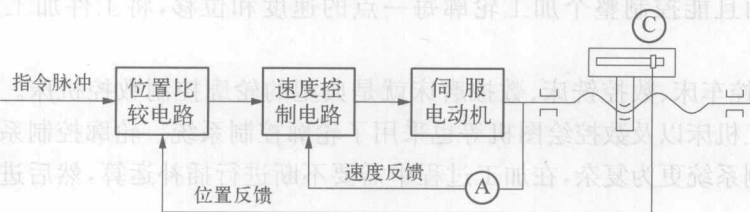


图 1.4 闭环控制数控机床的系统框图