



教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

数控机床电气控制

SHUKONGJICHUANG
DIANQIKONGZHI

舒大松 等编



中央广播电视大学出版社

Central Radio & TV University Press

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

数控机床电气控制

舒大松 等编

中央广播电视大学出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床电气控制 / 舒大松等编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2007. 1

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

ISBN 978 - 7 - 304 - 03787 - 1

I. 数… II. 舒… III. 数控机床—电气控制—电视大学—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 015071 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

数控机床电气控制

舒大松 等编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部: 010 - 58840200

总编室: 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 何勇军

责任编辑: 闫海新

印刷: 北京密云胶印厂

印数: 3001 ~ 8000

版本: 2007 年 1 月第 1 版

2007 年 8 月第 2 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 15.25 字数: 347 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 03787 - 1

定价: 21.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

数控技术专业教学资源建设咨询委员会

顾问：于云秀 郝广发 严 冰

主任：李林曙 孙长庆

成员：（以姓氏笔画为序）

王 军	方院生	刘春佳	任 岩
冯雪飞	任庆国	何阳春	关德章
杜纯梓	吴炳岳	沈炳生	李长江
李 涛	季连海	周延军	陈 昊
聂荣华			

数控技术专业教学资源建设委员会

主任：陶水龙 刘亚琴

副主任：张超英 杨 琳 郭 鸿 章振周

宁 晨 王兆山 李西平

成员：（以姓氏笔画为序）

石 亮	田 琥	冯小平	孙海维
齐 宏	谷 良	杨海东	何勇军
冼健生	洪晓锋	高鸿庭	栾振涛
梁柳青	崔虹雯	郭士义	舒大松

前 言

为了配合中央广播电视大学数控技术专业的教学,中央广播电视大学与机械工业教育发展中心合作共同组织编写了数控技术专业系列教材。该系列教材的编写遵循教育部等三部委联合发布的《关于开展数控技术专业技能型紧缺人才培养的通知》精神,结合“中央广播电视大学人才培养模式改革和开放教育试点”研究工作的开展,立足职业为导向,学生为中心,以基础理论教学“必需、够用”为度,突出实践技能教学的地位,旨在培养学生具有一定的工程技术应用的能力,以适应职业岗位实际工作的需要。

本书是中央广播电视大学数控技术专业系列教材之一,是按照中央电大2006年制定的数控机床电气控制课程多种媒体教材一体化设计方案而编写的。同时,该教材具有鲜明的高职教育特色,突出了人才培养的实践性、应用性原则,也适合于高等职业院校同类专业使用。

本书首先介绍了数控机床电气控制部分的基本组成及功能,随后分别系统地介绍了数控机床强电控制电路、数控装置(CNC)的结构、数控机床的伺服驱动、位置检测装置、可编程控制器(PLC)的基础知识和应用,最后介绍了常用的典型数控系统。实际上,该书几乎囊括了数控机床中涉及到的所有电气专业的知识。通过学习,将使读者对数控机床控制技术及其系统有较深的认识。在深度和广度上,一方面力求注意知识面的广度和知识点的深度;另一方面注意基础部分的讲述,内容处理上充分反映了本领域的最新技术,既考虑先进性,又注意结合当前的国情。

同时,通过大量实例介绍,强调知识的实际应用;每章安排的实验实训内容,加强了实践能力的训练。通过学习本书,读者能基本掌握数控机床的调试与维修所需要的电气专业知识。

参加本书编写的有湖南广播电视大学舒大松(前言,第1章,第4章,第5章,第6章的1和2节)、李灿军(第6章的3和4节)、许孔联(第7章),湖南省林业科学院吴跃锋(第2章,第3章)。舒大松主持本书的编写并统稿。

本书由长沙理工大学李鸿主审,审定组成员湖南工业职业技术学院彭跃湘、南京日上自动化设备公司陆江等对本书的编写也提出了许多宝贵的意见。

由于时间仓促,兼之作者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者和同仁不吝批评指正。

编 者

2006年10月

目 录

1 绪 论	(1)
1.1 数控机床控制系统的构成	(1)
1.2 数控机床的分类	(5)
1.3 数控系统的发展趋势	(8)
复习思考题	(12)
2 数控机床强电控制电路	(13)
2.1 机床常用低压电器的工作原理与选用	(13)
2.2 机床强电控制系统的基本环节	(32)
2.3 典型机床电气控制线路分析	(45)
2.4 数控机床强电控制电路技能实验实训	(48)
复习思考题	(52)
3 数控装置(CNC)的结构	(54)
3.1 概述	(54)
3.2 数控装置的硬件结构	(57)
3.3 数控装置的软件结构	(66)
3.4 数控系统的抗干扰	(74)
3.5 数据传输技能实训(FANUC 0i 系统数据的传输)	(78)
复习思考题	(81)
4 数控机床的伺服驱动	(82)
4.1 伺服驱动概述	(82)

4.2 进给驱动系统	(87)
4.3 主轴驱动系统	(104)
4.4 步进驱动系统技能实训	(111)
复习思考题	(114)
5 数控机床的位置检测装置	(116)
5.1 概述	(116)
5.2 旋转编码器	(118)
5.3 光栅	(122)
5.4 旋转变压器	(126)
5.5 感应同步器	(129)
5.6 磁栅	(132)
5.7 脉冲编码器实验实训	(136)
复习思考题	(137)
6 数控机床的可编程控制器(PLC)	(139)
6.1 概述	(139)
6.2 可编程序控制器的结构及工作原理	(142)
6.3 PLC 指令与编程	(149)
6.4 数控机床中的 PLC 应用	(183)
6.5 可编程控制器技能实验实训	(201)
复习思考题	(207)
7 典型数控系统介绍	(209)
7.1 概述	(209)
7.2 FANUC 数控系统	(212)
7.3 华中数控系统	(223)
7.4 数控系统基本连接技能实训(FANUC Oi 系统的基本连接)	(228)
复习思考题	(234)
参考文献	(235)

1 绪 论

学习目标

掌握数控机床控制系统的构成

了解数控机床的分类

了解数控系统的发展趋势

内容提要

本章着重介绍了数控系统的基本概念及其特点，数控系统的组成及工作过程，数控系统的分类，数控系统的发展趋势。通过学习，掌握数控系统的基本概念，对数控系统的组成及各部分的作用有一个较完整的认识；了解点位、直线和轮廓控制系统以及开环、半闭环和闭环控制系统的组成与特点。

1.1 数控机床控制系统的构成

1.1.1 数控机床的基本工作原理

数字控制（Numerical Control，简称 NC）技术是用数字化信息对某一对象的工作过程进行自动控制的技术，采用数控技术控制的机床，称之为数控机床。数控机床是机电一体化的典型产品，是集机床、计算机、电机及拖动、自动控制、检测等技术为一体的自动化设备。现代数控系统主要为计算机数控（Computer Numerical Control，简称 CNC）系统。

数控机床进行加工时，首先必须将工件的几何数据和工艺数据按规定的代码和格式编制成数控加工程序，并用适当的方法将加工程序输入数控系统。数控系统对输入的加工程序进

行数据处理, 输出各种信息和命令, 控制机床各部分按程序规定进行有序的动作。这些信息和指令包括: 各坐标轴的进给速度、进给方向和进给位移量, 各状态控制的输入/输出信号等。伺服系统的作用就是将进给位移量等信息转换成机床的进给运动, 数控系统要求伺服系统正确、快速地跟随控制信息, 执行机械运动, 同时, 位置反馈系统将机械运动的实际位移信息反馈至数控系统, 以保证位置控制精度。

总之, 数控机床的运行就是在数控系统的控制下, 处于不断地计算、输出、反馈等控制过程中, 从而保证刀具和工件之间相对位置的准确性。数控机床的基本工作原理及工作过程如图 1.1 所示。

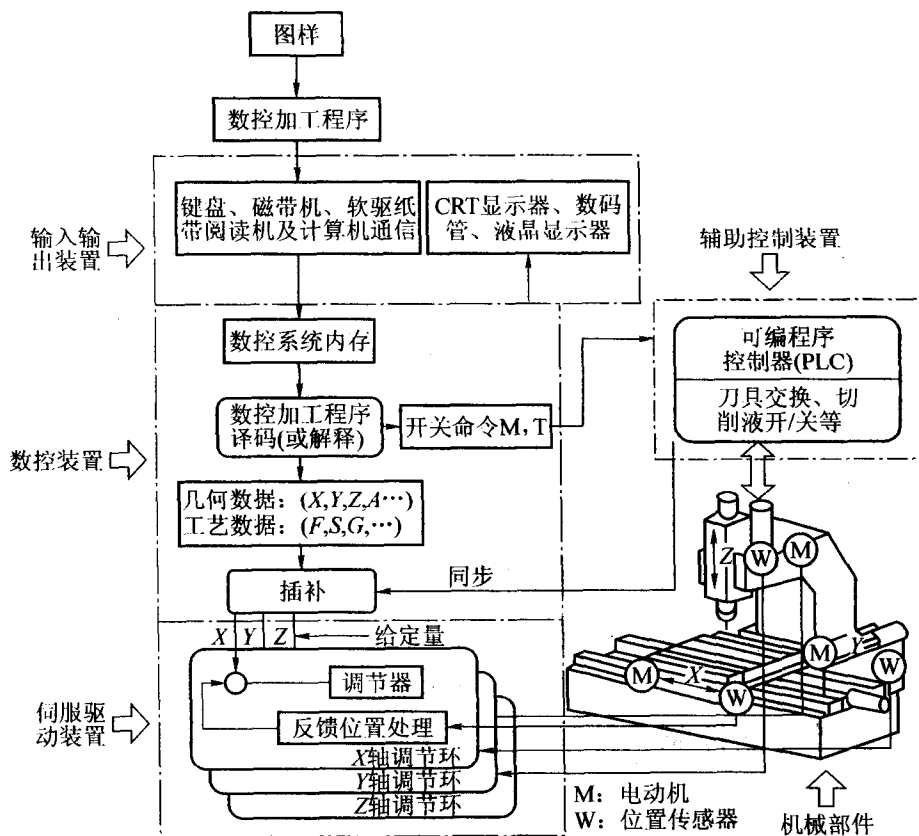


图 1.1 数控机床的组成及工作过程

数控机床为了完成上述任务, 数控系统必须按照工件加工的要求对机床的运动进行控制, 归纳起来可分为 3 种类别的控制:

1. 主轴运动

主轴运动和普通机床一样, 主轴运动主要是完成切削任务, 其动力约占整台机床动力的 70% ~ 80%。基本控制是主轴的正、反转和停止, 可自动换挡及无级调速, 对加工中心和车削中心等一些数控机床, 还必须具有定向控制、定位控制和 C 轴控制。

2. 进给运动

进给运动是数控机床区别于普通机床最根本的地方,即用电气自控驱动替代了人工机械驱动,数控机床的进给运动是由进给伺服系统完成的。伺服系统包括伺服驱动装置、伺服电动机、进给传动链及位置检测装置,如图 1.2 所示。

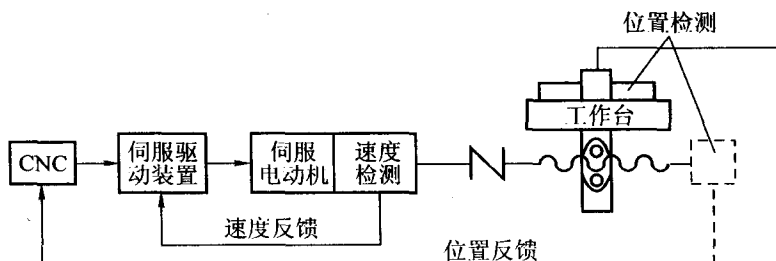


图 1.2 数控机床的进给伺服系统

伺服控制的最终目的是机床工作台或刀具的位置控制。伺服系统中所采取的一切措施,都是为了保证进给运动的位置精度,如对机械传动链进行预紧和反向间隙调整,采用高精度的位置检测装置,采用高性能的伺服驱动装置和伺服电动机,提高数控系统的运算速度等。

3. 辅助运动

数控系统对加工程序处理后输出的控制信号除了对进给运行轨迹进行连续控制外,还要对机床的各种状态进行控制,这些状态包括主轴的变速控制,主轴的正、反转及停止,冷却和润滑装置的启动和停止,刀具的自动交换,工件夹紧和放松及分度工作台转位等。例如,通过执行机床程序中的 M 等辅助指令,同时检测数控机床操作面板上的控制开关及分布在机床各部位的行程开关、接近开关、压力开关等输入元件,由数控系统的可编程控制器 (PLC) 进行逻辑运算,输出控制信号驱动中间继电器、接触器、电磁阀及电磁制动器等输出元件,对冷却泵、润滑泵、液压系统和气动系统进行控制。

1.1.2 数控机床控制系统的组成

数控机床控制系统的基本组成包括输入/输出装置、数控装置、伺服驱动装置、机床电气逻辑控制装置、位置检测装置,如图 1.3 所示。

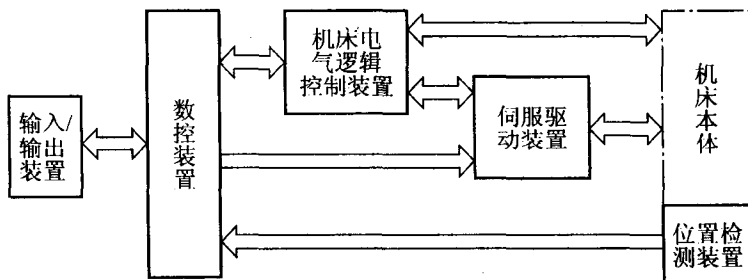


图 1.3 数控机床控制系统的基本组成

1. 输入/输出装置

数控机床在进行加工前,必须接受由操作人员输入的零件加工程序,然后才能根据输入的加工程序进行加工控制,从而加工出所需的零件。在加工过程中,操作人员要向机床数控装置输入操作命令。此外,输入的程序并非全部正确,有时需要编辑、修改和调试。以上工作都是机床数控系统和操作人员进行信息交流的过程,要进行信息交流,CNC系统中必须具备必要的交互设备,即输入/输出装置。

输入/输出装置有多种形式,最常用的是利用键盘直接将程序及数据输入,早期的还有穿孔纸带、穿孔卡、磁带、磁盘。随着CAD/CAM技术的发展,有些数控设备还可以利用CAD/CAM软件在计算机上编程,然后通过计算机与数控系统通信,将程序和数据直接传送给数控装置。

2. 数控装置

数控装置是数控系统的核心。数控装置实际上就是微型计算机系统,其硬件部分包括中央处理器(CPU)、存储器、局部总线以及输入/输出接口等,软件部分就是我们所说的数控系统软件。数控装置的基本功能是:读入零件加工程序,根据加工程序所指定的零件形状,计算出刀具中心的移动轨迹,并按照程序指定的进给速度,求出每个微小的时间段(插补周期)内刀具应该移动的距离,在每个时间段结束前,把下一个时间段内刀具应该移动的距离送给伺服单元。

3. 伺服驱动装置

伺服驱动装置是数控机床的执行机构,是数控系统和机床本体之间的电气联系环节。伺服驱动装置包括伺服电动机、驱动控制系统。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。数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令,再经过驱动控制系统的功率放大后,驱动电动机运转,最后通过机械传动装置拖动工作台或刀架运动。

目前,数控机床的伺服系统中常用的执行部件有步进电动机、直流伺服电动机或交流伺服电动机,每种伺服电动机的性能和工作原理都不同。步进电动机是最简单的伺服电动机,随着交流电动机调速技术的发展,交流伺服系统得到越来越普遍的应用。

4. 机床电气逻辑控制装置

数控系统除了位置控制功能外,还需要主轴启/停、换刀、冷却液开/停等辅助控制功能。这部分功能一般由“接触器—继电器”控制逻辑或可编程序逻辑控制器(PLC)实现。机床电气逻辑控制对象还包括自动换刀装置、自动交换工作台机构、工件夹紧与放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液控制装置、排屑装置、过载和保护装置等。

5. 位置检测装置

位置检测装置主要用来检测工作台的实际位移或丝杠的实际转角。位置检测装置中的反馈元件通常安装在机床的工作台上或丝杠上。在闭环控制系统中,实际位移或转角有的要反馈给数控装置,由数控装置计算出实际位置和指令位置之间的差值,并根据这个差值的方向和大小去控制机床,使之朝着减小误差的方向移动。位置检测装置的精度直接决定了数控机

床的加工精度。

6. 强电控制柜

强电控制柜主要用来安装机床强电控制的各种电气元件，其作用包括：①提供数控、伺服一类弱电控制系统的电源，及各种短路、过载、欠压等电气保护；②在 PLC 的输出接口与机床各类辅助装置的电气执行元件之间起连接作用，控制机床的辅助装置，如各种交流电动机、液压系统电磁阀或电磁离合器等；③执行机床操作台有关手动按钮的功能。

强电控制柜由各种中间继电器、接触器、变压器、电源开关、接线端子和各类电气保护元器件等构成，如图 1.4 所示。它与一般普通机床的电气类似，但为了提高对弱电控制系统的抗干扰性，要求各类频繁启动或切换的电动机、接触器的电磁感应器件中均必须并联 RC 阻容吸收器，对各种检测信号的传输均要求用屏蔽电缆。

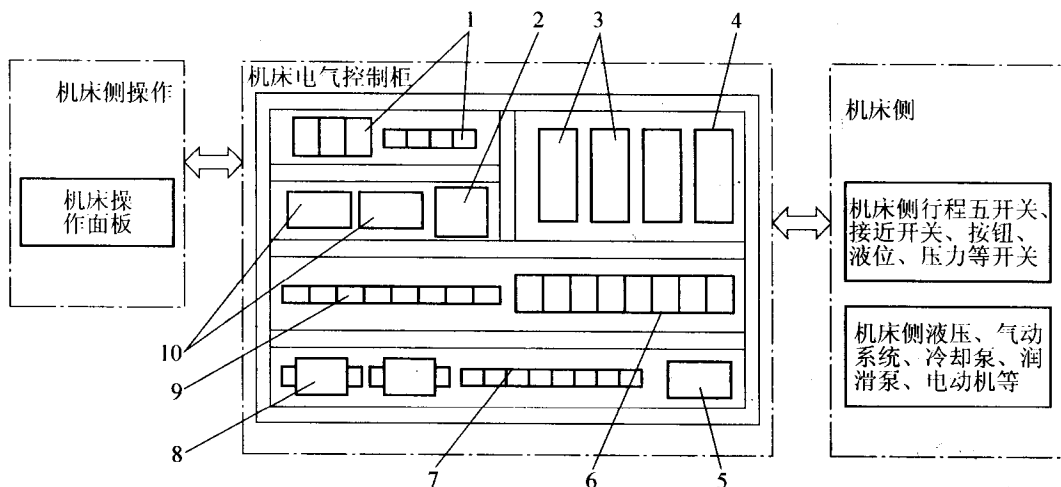


图 1.4 数控机床电气控制柜示意图

1—熔断器及断路器；2—开关电源；3—主轴及进给驱动装置；4—CNC 装置；5—接地排；
6—接触器；7—接线排；8—机床控制变压器；9—中间继电器；10—输入/输出 (I/O) 接口

1.2 数控机床的分类

数控机床的种类、规格很多，分类方法也各不相同，常见的分类有以下几种方式。

1.2.1 按被控制对象的运动轨迹进行分类

1. 点位控制的数控机床

点位控制数控机床的数控装置只要求能够精确地控制从一个坐标点到另一个坐标点的定

位精度，而不管是按什么轨迹运动，在移动过程中都不进行任何加工。为了精确定位和提高生产率，系统首先高速运行，然后按 1~3 级减速，使之慢速趋近于定位点，减小定位误差。这类数控机床主要有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床、数控点焊机、数控折弯机等。

2. 直线控制的数控机床

直线控制的数控机床，一般要在两点间移动的同时进行加工，所以不仅要求有准确的定位功能，还要求从一点到另一点之间按直线规律运动，而且对运动的速度也要进行控制，对于不同的刀具和工件，可以选择不同的进给速度。这一类机床包括简易数控车床、数控铣床、数控镗床等。一般情况下，这些机床可以有 2~3 个可控轴，但一般同时控制轴数只有两个。

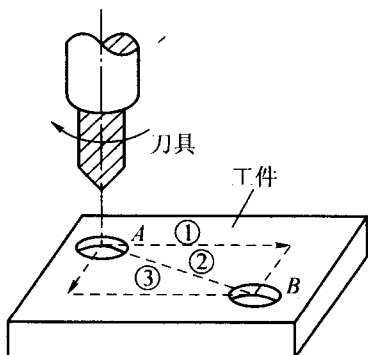


图 1.5 点位控制的切削加工

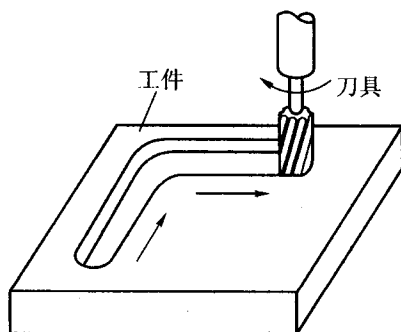


图 1.6 直线控制的切削加工

3. 轮廓控制的数控机床

轮廓控制又称连续控制，大多数数控机床都具有轮廓控制功能。其特点是能同时控制两个以上的轴，且具有插补功能。它不仅要控制起点和终点位置，而且要控制加工过程中每一点的位置和速度，从而加工出任意形状的曲线或曲面组成的复杂零件。轮廓控制的数控机床主要有两坐标及两坐标以上的数控铣床，可以加工回转曲面的数控机床、加工中心等。

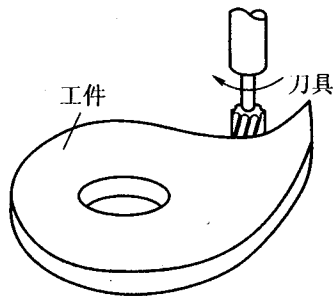


图 1.7 轮廓控制切削加工

1.2.2 按控制方式分类

1. 开环控制数控机床

这类数控机床没有检测反馈装置，数控装置发出的指令信号流程是单向的，其精度主要决定于驱动元件和伺服电机的性能。开环数控机床所用的电动机主要是步进电动机，移动部件的速度与位移由输入脉冲的频率和脉冲数决定，位移精度主要决定于该系统各有关零部件

的精度。

开环控制具有结构简单、系统稳定、容易调试、成本低廉等优点，但是系统对移动部件的误差没有补偿和校正，所以精度低，位置精度通常为 $\pm 0.01 \sim \pm 0.02 \text{ mm}$ ，一般适用于经济型数控机床。图 1.8 所示为开环数控系统示意图。

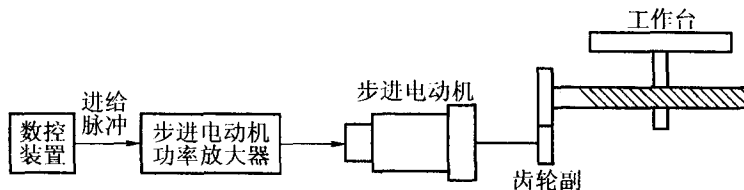


图 1.8 开环数控系统示意图

2. 闭环控制系统

闭环控制系统是指在机床的运动部件上安装位置测量装置（位置测量装置有光栅、感应同步器和磁栅等），如图 1.9 所示。加工中，位置测量装置将测量到的实际位置值反馈到数控装置中，与输入的指令位移相比较，用比较的差值控制移动部件，直到差值为零，即实现移动部件的最终精确定位。从理论上讲，闭环控制系统的控制精度主要取决于检测装置的精度，它完全可以消除由于传动部件制造中存在的误差而给工件加工带来的影响，所以，这种控制系统可以得到很高的加工精度。闭环控制系统的设计和调整都有较大的难度，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。

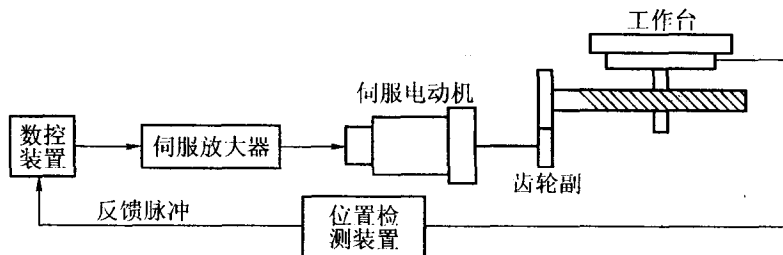


图 1.9 闭环控制系统示意图

3. 半闭环控制系统

半闭环控制系统是在开环系统的丝杠上或进给电动机的轴上装有角位移检测装置（角位移检测装置有圆光栅、光电编码器及旋转式感应同步器等）。该系统不是直接测量工作台的位移量，而是通过检测丝杠转角间接地测量工作台的位移量，然后反馈给数控装置，如图 1.10 所示。这种控制系统实际控制的是丝杠的传动，而丝杠螺母副的传动误差无法测量，只能靠制造保证，因而，半闭环控制系统的精度低于闭环系统。但由于角位移检测装置比直线位移检测装置结构简单，安装调试方便，因此，配有精密滚珠丝杠和齿轮的半闭环系统正在被广泛地采用，目前，已逐步将角位移检测装置和伺服电动机设计成一个部件，使系统变得更加简单，安装、调试更加方便，中档数控机床广泛采用半闭环控制系统。

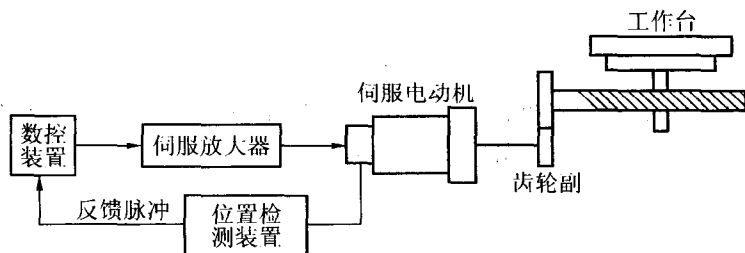


图 1.10 半闭环控制系统示意图

1.2.3 按功能水平分类

1. 经济型数控机床

在计算机中一般用一个微处理器作为主控单元，伺服系统大多使用步进电动机驱动，采用开环控制方式，脉冲当量为 $0.01 \sim 0.005 \text{ mm/脉冲}$ ，机床的快速移动速度为 $5 \sim 8 \text{ m/min}$ ，精度较低，功能较简单，用数码管或简单的 CRT 字符显示，基本具备了计算机控制数控机床的主要功能。

2. 全功能型数控机床

在计算机中采用 $2 \sim 4$ 个微处理器进行控制，其中一个为主控微处理器，其余为从属微处理器。主控微处理器可完成用户程序的数据处理、粗插补运算、文本和图形显示等；从属微处理器可在主控微处理器的管理下，完成对外围设备，主要是伺服控制系统的控制和管理，从而实现同时对各坐标轴的连续控制。

全功能型数控机床允许的最大速度一般为 $8 \sim 24 \text{ m/min}$ ，脉冲当量为 $0.01 \sim 0.001 \text{ mm/脉冲}$ ，伺服系统采用交、直流伺服电动机，广泛用于加工形状复杂或精度要求较高的工件。

3. 精密型数控机床

精密型数控机床采用闭环控制，它不仅具有全功能型数控机床的全部功能，而且机械系统的动态响应较快。其脉冲当量一般小于 0.001 mm/脉冲 ，适用于精密和超精密加工。

1.3 数控系统的发展趋势

1.3.1 数控技术的发展趋势

数控技术是 20 世纪 40 年代后期为适应复杂外形零件的加工而发展起来的一种自动化技术，其研究起源于飞机制造业。1949 年美国帕森（Parsons）公司接受美国空军委托，研制一种计算控制装置，用来实现飞机、火箭等复杂零部件的自动化加工。于是，该公司提出了用数字信息来控制机床自动加工外形复杂零件的设想，并与美国麻省理工学院（MIT）伺服

机构研究所合作,于1952年研制成功了世界上第一台数控机床——三坐标立式数控铣床,可控制铣刀进行连续的空间曲面加工,由此拉开了数控技术研究的序幕。

目前,随着生产技术的发展,对产品的性能要求越来越高,产品改型频繁,采用多品种小批量生产方式的企业越来越多,这就要求数控机床向着高速化、高精度化、复合化、系统化、智能化、环保化方向发展。

1. 高速化和高精度化

目前,数控机床正向着高速化和高精度化方向发展,主轴转速可达 $10\,000\sim 40\,000\text{ r/min}$,进给速度可达 30 m/min ,快速移动可达 100 m/min ,加速度可达 $1g$,换刀时间可达 1.5 s ,加工中心的定位精度约为 $\pm 5\text{ }\mu\text{m}$,有的可达到 $\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 。

日本开发的超精密非球面加工机砂轮轴转速为 $40\,000\text{ r/min}$,采用系统控制,C轴分度为 0.0001° ,X,Y,Z轴控制的分辨率可达 1 nm 。

北京机床研究所研制的纳米超精车床,采用气浮主轴轴承,可加工的最大直径为 $\phi 800\text{ mm}$,长度为 400 mm ,采用纳米级光栅尺全闭环控制,分辨率为 5 nm ,加工零件的圆度为 $0.1\text{ }\mu\text{m}$,面形精度为 $0.2\text{ }\mu\text{m}/\phi 50\text{ mm}$,表面粗糙度为 $R_a 0.008\text{ }\mu\text{m}$ (铅材、无氧铜)。

达到这样的速度和精度,数控系统、伺服系统必须采取措施使其具有相适应的速度和控制精度。

2. 数控系统智能化、信息化

由于微电子技术、超大规模集成电路等各种技术的发展,使数控系统实现智能化变为可能。智能化的数控系统可以解决数控机床的故障诊断并提出排除的方法,也可以更广泛地深入解决加工中的技术问题。

信息技术(Information Technology,简称IT)将成为21世纪的重要发展潮流,数控机床将会广泛地应用IT技术实现控制、监视、诊断、补偿、调整等功能,提高机床无人化、智能化、集成化水平;利用IT网络将机床与工段、车间、工厂、外界数据库等进行联系,进一步实现制造、管理、经营、销售、服务等方面之间的网络化,也即向计算机集成制造系统方向发展。

3. 高可靠性

数控系统比较贵重,用户期望发挥投资效益,要求设备可靠。特别是对要用在长时间无人操作环境下运行的数控系统,可靠性成为人们最为关注的问题。提高可靠性通常可采取如下措施:

(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,以减少元器件的数量,精简外部连线 and 减低功耗。

(2) 建立由设计、试制到生产的一整套质量保证体系

例如,采取防电源干扰,输入/输出光电隔离;使数控系统模块化、通用化及标准化,以便于组织批量生产及维修;在安装制造时注意严格筛选元器件;对系统可靠性进行全面的

检查、考核等,通过这些手段均可保证产品质量。

(3) 增强故障自诊断功能和保护功能

数控系统可能由于元器件失效、编程及人为操作错误等原因出现故障。数控系统一般具有故障自诊断功能,能够对硬件和软件进行故障诊断,自动显示出故障的部位及类型,以便快速排除故障。新型数控系统具有故障预报和自恢复功能。此外,还要注意增强监控与保护功能,例如,有的系统设有刀具破损检测、行程范围保护和断电保护等功能,以避免损坏机床和报废工件。由于采取了各种有效的可靠性措施,现代数控系统的平均无故障时间(MTBF)可达到10 000~36 000 h。

1.3.2 数控伺服系统的发展

伺服系统是数控系统的重要组成部分,伺服系统的静态和动态性能直接影响数控机床的定位精度、加工精度和位移速度。当前,伺服系统的发展趋势如下。

1. 全数字式控制系统

伺服系统传统的位置控制是将位置控制信号反馈至数控系统,与位置指令比较后输出速度控制模拟信号至伺服驱动装置;而全数字式数控系统的位置比较则是在伺服驱动装置中完成的,数控系统仅输出位置指令的数字信号至伺服驱动装置。

另外,直流伺服系统逐渐被交流数字伺服系统所代替。在全数字式控制系统中,位置环、速度环和电流环等参数均实现了数字化,实现了几乎不受负载变化影响的高速响应的伺服系统。

2. 采用高分辨率的位置检测装置

现代数控机床的位置检测大多采用高分辨率的光栅和光电编码器,必要时采用细分电路,以进一步提高分辨率。

3. 软件补偿

现代数控机床利用数控系统的补偿功能,通过参数设置,对伺服系统进行多种补偿,如位置环增益、轴向运动误差补偿、反向间隙补偿及丝杠螺距累积误差补偿等。

4. 前馈控制

传统的伺服系统是将指令位置 and 实际位置的偏差乘以位置环增益作为速度指令,经伺服驱动装置拖动伺服电动机,这种方式总是存在着位置跟踪滞后误差,使得在加工拐角及圆弧时加工情况恶化。通过前馈控制,使跟踪滞后误差大为减小,从而提高位置控制精度。

5. 机械静、动摩擦的非线性控制技术

机床动、静摩擦的非线性会导致爬行现象,除采取降低静摩擦的措施外,新型的伺服系统还具有自动补偿机械系统静、动摩擦非线性的控制功能。