

微机控制机械系统设计

WEI JI KONG ZHI JI XIE XI TONG SHE JI • 林其骏主编 • 上海科学技术出版社



350192

微机控制机械系统设计

林其骏 主编

上海科学技术出版社

350192

责任编辑 史金雷

微机控制机械系统设计

林其骏 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 常熟第七印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张 11.5 字数268,000

1991年7月第1版 1991年7月第1次印刷

ISBN 7-5323-2321-8/TH·46

印数1—3,000 定价: 5.50元

内 容 提 要

本书比较系统地阐述了微机控制的机械系统中位置控制的工作原理和设计。全书共分八章,主要有四部分内容:(1)机械产品的计算机数控系统的基础知识;(2)电气执行元件和位置检测元件的工作原理和选用;(3)计算机控制系统的分析和设计;(4)微机控制机械系统设计的实例。编写内容深入浅出,注意实际应用。

本书供机械制造类专业的师生使用,也可供设计机电一体化产品和从事技术改造工作的工程技术人员进修。

前 言

随着微电子、计算机和信息技术的飞速发展与应用,机械技术与这些前沿学科的相互渗透,使机械产品向着高技术集成系统方向发展。这是当今机械科学技术发展的重要趋势。机械工程学科正朝着机电一体化方向发展。

关于机电一体化的概念,目前理解不尽一致。无论如何,它标志着机和电(尤指电子和计算机技术)两个系统的有机结合,它将使机械产品的精确度和自动化程度显著提高。然而,机械与电子技术结合的本质,是从系统工程学的观点出发,由机械系统、微电子和计算机技术、信息转换技术组成的最佳系统。通过功能复合,将使机械本身出现过去无法满足的新功能,乃至智能化。例如,机械加工的高精度,不是单纯依靠提高机械构件的精度来获得,而是从整个加工系统出发,通过检测技术,计算机控制补偿等手段来达到。CNC 机床、工业机器人、电子照相机等典型机电一体化的产品,都显示了单纯的机械系统无法比拟的优越性能。今后的时代可以说是机电一体化的时代。

为了适应机电一体化发展趋势,机械工程技术人员需要扩大知识领域,增强应用计算机和微电子技术的能力,以解决机电一体化产品设计的问题。本书着重介绍微机控制机械系统位置控制的基本原理和设计基础知识,为从事开发机电产品工作的工程技术人员提供必要的基础。

本书由林其骏主编,其中第一、八章由林其骏编写,第二章由林其骏、吴宏编写,第三章由王会燃、林其骏编写,第四章由林其骏、聂钢编写,第五、六章由王光铨编写,第七章由关中国编写。全书由史维祥审阅。

限于编者的水平和经验,书中难免存在不少错误,不妥之处,敬请读者不吝赐教,十分感谢。

编 者 1990 年 8 月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 数控与计算机数控	1
§ 1-2 数控系统在机械设备中的应用	2
§ 1-3 数控系统的组成	4
§ 1-4 近年来数控系统的进步	7
§ 1-5 数控技术在机械制造中的应用与发展	9
第二章 微机的结构、原理及模块化设计	12
§ 2-1 微机的硬件结构	12
§ 2-2 单片微机原理	25
§ 2-3 微机总线控制系统的模块化设计	38
第三章 计算机插补软件的设计	49
§ 3-1 插补过程的必要性	49
§ 3-2 逐点比较插补法	50
§ 3-3 数字积分插补法	60
§ 3-4 控制信号的产生和坐标变换	68
§ 3-5 其他插补方法	71
第四章 数控装置中惯性的计算和加、减速时位置的控制	73
§ 4-1 数控机械惯性的计算	73
§ 4-2 等效转动惯量的计算方法	75
§ 4-3 数控装置中加速和制动的控制	78
§ 4-4 步进电机升降速时的位置控制	85
第五章 电气执行元件	92
§ 5-1 直流电动机的调速	92
§ 5-2 感应电动机的变频调速	98
§ 5-3 步进电动机的控制特性	101
第六章 位置检测元件	118
§ 6-1 差动变压器	118

§ 6-2 光栅	120
§ 6-3 感应同步器	123
§ 6-4 磁栅传感器	126
§ 6-5 旋转变压器	129
§ 6-6 光电盘和编码盘	131
第七章 NC 和 CNC 系统的分析和设计	134
§ 7-1 概述	134
§ 7-2 点位系统的控制	135
§ 7-3 廓形系统的控制	138
§ 7-4 计算机数字控制	155
第八章 微机控制机械系统设计实例	161
§ 8-1 装配机器人 KAM 的机械结构	161
§ 8-2 KAM 的控制系统	161
§ 8-3 KAM 的操作方式	172
§ 8-4 性能试验和结论	173
参考文献	175

绪 论

§ 1-1 数控与计算机数控

数字控制(Numerical Control)技术最初是随金属切削机床发展起来的,但它不是附属于机床,而是一种能控制机器运动的技术。数字控制系统简称为数控系统(NC system)。通过某种介质输入以某种形式记录的指令,数控系统能自动译解这些指令,并使所控制的装置执行这些指令。有时还能监控执行结果,以保证所要求的精度和功能。数控系统的输入介质一般采用穿孔纸带。

使用 NC 设备的好处是:

- ① 提高了生产率;
- ② 减少了工夹具的需要量和投资;
- ③ 缩短了设备的调整时间;
- ④ 增加了设备的柔性;
- ⑤ 提高了加工精度和一批工件尺寸的重复精度;
- ⑥ 减少了工件的运输时间;
- ⑦ 有助于进行质量控制;
- ⑧ 可向更高级的制造系统发展。

使用 NC 设备的不足之处是:

- ① 增加了电子设备的维护;
- ② 提高了起始阶段的投资;
- ③ 对操作人员要求高。

以上列举的虽然不是数控设备的所有优缺点,但是从中可以看到哪些工作是适合于利用数控设备来实现。

随着微电子技术的发展,计算机特别是微型计算机迅速发展,它的内存容量和运算速度日益增大,性能价格比不断提高,使得数控系统控制单元的一部分或全部功能有可能用微型计算机来完成。由于微型计算机数控的优越性,目前除了复杂、大型的数控中心尚有用小型计算机控制外,新研制的数控机床或机械装置绝大部分是采用微型计算机的数字控制系统。

计算机数控系统中计算机是一个软件控制器。将数控程序一次键入计算机的内存贮器后,不需要其他硬件将数控程序译成机器码。计算机使用常驻执行程序(resident executive

program) 将数控代码处理成电脉冲去控制机床。常驻执行程序更确切地称为固件(firmware), 它写入 ROM(只读存储器, 没有专用设备就不能将它擦去, 只需要开机, 就能执行 ROM 中的执行程序)。

数控程序(代码)用键盘或其他设备写入 RAM(随机存储器)中, 但是 RAM 中的内容关机后就会消失。有些计算机中使用电池支持系统, 使得关机后可在较长的时间内保持 RAM 中的程序。

数控系统引入微机的主要优点为:

① 可靠性高: 由于省去了老式数控机床的输入纸带的光电阅读机, 不再需要频繁地开启光电阅读机而造成差错。同时, 尽可能地减少了硬件, 显著减少了焊点、接插点和外部连线, 大大提高了系统无故障运行时间。此外, 计算机系统一般都具有诊断功能, 可及时排除故障, 或预防操作失误, 减少停机时间。

② 柔性强: 微机数控系统中, 硬件是通用化的, 对于不同机床的控制要求, 只需要更换 ROM 中的控制程序就可实现, 不需要更换其他硬件, 增强了系统的“柔性”。在键入 NC 程序以后, 可使用微机的编辑修改功能, 甚至可通过机内试运算, 或图形显示来校验程序的准确性。也可将编辑好的 NC 程序用穿孔机制成新纸带, 以备其他数控机床使用。对于反复使用的 NC 程序可作为子程序, 存储起来调用十分方便。由于微机组件采用标准化模块方式, 因此, 可市购接插件, 扩充系统功能。

③ 易于实现机电一体化: 由于大规模集成电路的出现, 使得半导体芯片上单个元件密度不断增加, 只要用 2~3 块印刷电路板, 就可构成整个控制系统, 使得控制柜外形大为减小。甚至可把控制装置装入机床内部, 不用单独的数控柜。这不仅减少了占地面积, 操作和安装也更为方便, 有力地促进了机电一体化。

④ 经济性好: 采用微机数控系统的成本大为降低, 对推广数控机床极为有利。因此不但大型企业, 生产量较小的中、小型企业使用微机数控机床也日渐增多起来。

§ 1-2 数控系统在机械设备中的应用

由于数控和计算机控制的设备在技术上的优越性, 可以说凡需要精密位置或运动控制的装置就用得到数控技术。目前数字控制系统在以下几种机械的位置控制方面得到日益广泛的应用。

1. 金属切削机床

数控技术已成功地用于车、钻、镗、铣、磨和锯床以及成形铣床上。它使本来已具备功能的机床扩充了许多新的功能。除了上述单工序机床外, 还发展了一种称为加工中心的新机床(图 1-1), 它将许多机床的功能集中到一台设备中, 从而减少了工件的搬运和装卸。加工中心本身带有刀具库, 能自动更换刀具, 完成铣、钻、镗及攻丝等工序。机床的功能和动作愈多, 使用的数控系统越复杂。随着数控机床的发展, 数控系统将获得长足的进步。

2. 坐标测量机

坐标测量机是用精密定位功能来测量实际表面与理论表面之间偏差的(图 1-2)。传感器代替了机床上的刀具。测量轮廓表面时, 测量机沿被检曲面移动, 一个位移传感器跟踪着实际表面的轮廓。如果编程表面的坐标值(即理想曲面的坐标值)和实际表面的坐标值一致

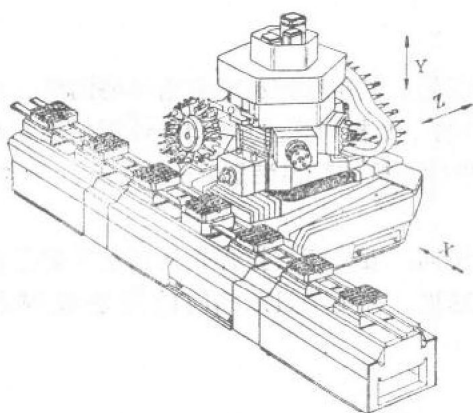


图 1-1 NC 加工中心

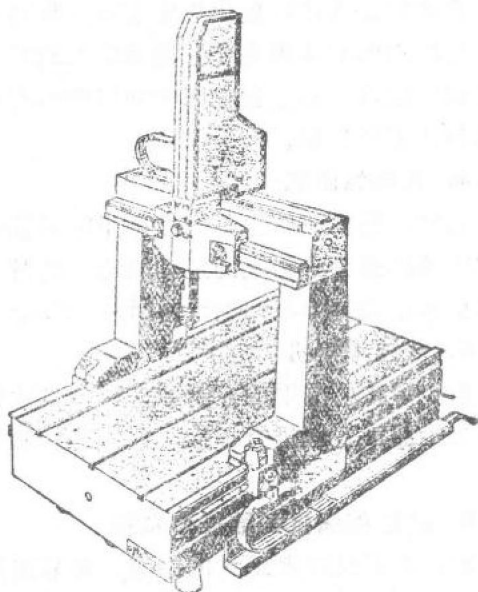


图 1-2 三坐标测量机

时,传感器的输出信号为零;如果实际的和理论的坐标值不一致,则传感器即输出数字信号,这些数字信号输入计算机和存贮器中的信号相比较,就能得出偏差值。计算机输出记录下来的网格点的编号和偏差值,可用打印机打出偏差数值,或用绘图仪绘出实测图形或偏差图形。由上述可知,坐标测量机使用的数字控制系统与金属切削机床使用的很相似。当然,由于这两类机械的功能不同,程序内容与机械结构是不同的。

3. 机器人

机器人是与研究数控机床同时一起发展起来的,由于飞机制造业的需要,1953年美国麻省理工学院(MIT)把成熟的伺服系统技术与数字计算机技术结合起来,研制成功了数控铣床。到了60年代初,就研制出第一台通用工业机械手,与数控铣床配套使用,这些机械手沿一系列点位运动,这些点的位置以数字形式存贮起来,由伺服控制系统驱动机械手的各个关节,使机械手完成简单的工作,并可再现这些动作,所以机械手的成功也依赖于高精度、可重复的数字控制系统。随着生产和科学技术的发展,机器人越来越高级,除了完成一定的动作外,尚具备视觉、触觉等功能以适应各行业的需要。

图 1-3 所示,为工业机器人组成。机器人由手、手腕、手臂以及驱动机构和动力源组成。

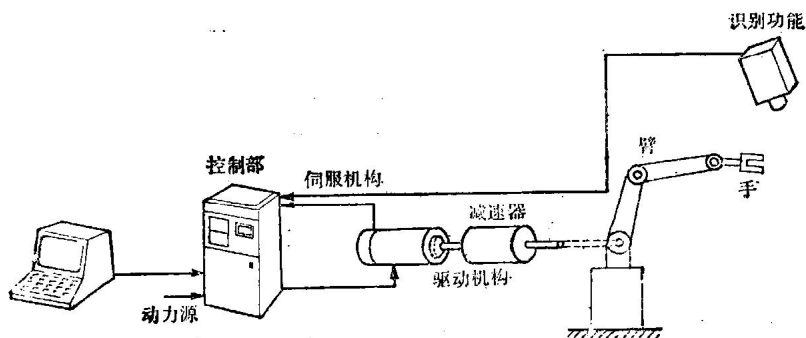


图 1-3 机器人的组成

对于高级机器人还有使用视觉和触觉传感器的识别功能。手臂起很重要的作用，它使手腕在三坐标空间中从现在位置向指定位置移动，同时又有速度和位置精度的要求。机器人位置控制系统与一般数控机床中使用的没有很大区别，执行机构和传感器的种类也大致相同，但结构上有些区别。

4. 自动绘图机

自动绘图机实质上是一个两坐标的描绘轮廓的装置。其中数控技术被用来将图纸、曲线图表等转换为绘图笔的运动轨迹。此时，绘图笔代替了数控机床上的刀具，绘图仪通常是计算机辅助设计(computer aided design, CAD)中计算机的输出装置。

5. 数控焊接机

数控焊接机采用的控制原理和多坐标数控机床相同，五坐标数控焊接机已在宇航工业中用来沿曲面边缘进行焊接。控制器控制着位置和速度，并用与机床相同的方法编制程序。

6. 数控编织机和数控剪裁机

数控编织机控制编针的配置、色彩图案以及服装的参数如式样尺寸等。数控剪裁机能将多层纺织品裁剪成精确的尺寸、式样，这两种设备都利用穿孔带提供需要的设计图纸和加工数据。

此外，数控技术在造船工业中被用于火焰切割、塑料工业中用来使注模过程自动化，提高了生产效率和减少了废品。

§ 1-3 数控系统的组成

一、数字控制系统的组成

数字控制系统能够控制多种机械，其中以金属切削机床最为典型，称为数控机床。以下经常以数控机床为例来说明数字控制系统的一些基本概念。这些概念对其他数控装置也是适用的。

数控机床的控制系统由输入介体、数控装置、伺服系统、反馈系统等部分组成，如图 1-4 所示。

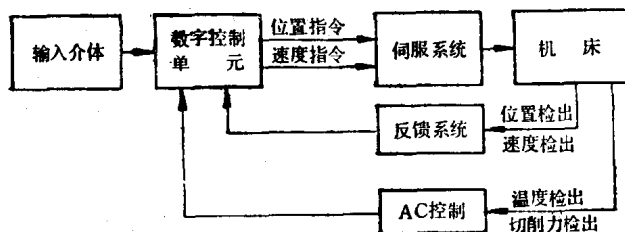


图 1-4 数控系统的组成

1. 输入介体

首先，根据零件图纸上规定的形状、尺寸和技术条件，制定加工工艺过程，并编出零件的加工程序，按照规定的格式记录到穿孔纸带或磁带上，输入数控装置。这种带有信息的穿孔

纸带或磁带等称为输入介体。

2. 数控单元

用来接受并处理由输入介体带来的信息,并依次转变成使伺服系统动作的各种指令(例如位置、速度指令)。数控单元中对信息的处理和运算可以由逻辑线路等硬件来实现,也可以用计算机软件来实现。前者称为硬件数控,后者称为软件数控。

3. 伺服系统

伺服系统包括伺服驱动机构和机床的移动部件,它是数控系统的执行部分。给伺服系统提供动力的主要有步进电机、直流伺服电机、交流伺服电机和电液伺服电机等数种。

4. 反馈系统

用以检测机床的运动方向、速率、距离等参数,并将物理量转变成电信号显示出来或送给控制单元,它使控制单元能够校核机床的工作情况及实际位置是否与指令一致,并由控制单元发出指令,纠正产生的误差。

5. 适应控制

针对机床当前的环境,如温度、振动、电源、摩擦、切削力等因素的变化适时地检测,将信号输入控制单元,及时地作出补偿,以期提高加工精度和生产率。此类装置多数用来加工高精度零件,如火箭、飞机零件,一般的数控机床很少采用。

二、数控系统的类型

数字控制系统有多种类型,根据伺服系统可以分为开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统。根据运动方式可分为点位控制系统,点位/直线控制系统和连续控制系统。根据坐标值的表示方式不同可分为增量坐标控制系统和绝对坐标控制系统。

1. 开环数控系统

图 1-5 为开环数控系统的框图。从输入介体输入的讯息进入控制单元的解读器后,编辑成计算机能识别的机器码,存入存储单元内。需要时送指令至电动机驱动单元,使伺服电机作规定的运动。当电动机完成动作后,送回一个信号,说明它已执行并在等待下一条指令。必须注意,它不能纠正伺服系统的差错。

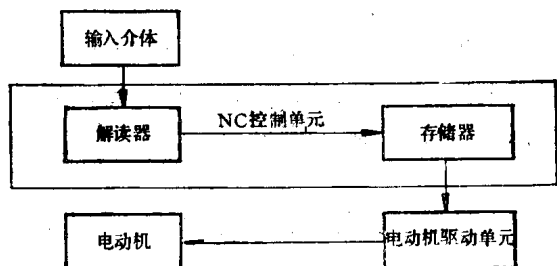


图 1-5 开环伺服系统

开环伺服系统中,多采用功率步进电机作为伺服电机。因为步进电机是根据电脉冲动作的。输入一个电脉冲,步进电机就转过一个步距角。这样就可以控制步进电机转动的角度,使机床的移动部件相应地得到精确的位移量。

2. 闭环数控系统

图 1-6 为闭环数控系统的框图。如同开环系统一样,从输入介体的信息经解读器编译成计算机机器码存入存储器中。闭环系统与开环系统不同的是增加了比较电路和反馈装置。当存储器发出控制指令使电机动作后,装在电机上的监视器即将电机的实际动作变成电信号返回比较电路,与正确的指令比较。如果出现误差,则发出指令以减少误差直至为零。如果误差较大,则 NC 控制单元可暂停执行程序中下一条指令,直到误差被纠正为止。因此,

闭环系统可消除伺服机构中出现的误差,提高了伺服精度。

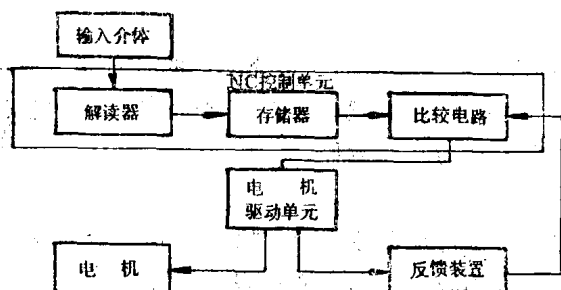


图 1-6 闭环伺服系统

闭环系统多采用功率较大的直流或交流伺服电机。由于通电时只能使交流或直流电机按规定的方向转动,而不能控制角位移量,因此需要使用编码器来控制其位移量,形成闭环系统。采用异步交流电机作为变速伺服电机是近年来发展起来的,它比交流伺服电机的功率更大,更有前途。电液伺服传动用于大型 NC 机床。

近年来,由于功率步进电机技术的发展,使得有可能制造出极为精确的步进电机开环伺服系统(脉冲当量可小于 $0.5\mu\text{m}$)。这些系统可以取消闭环系统特有的微电子电路,降低了造价。它适用于功率不大的数控系统。

由上述可知,总的来说闭环系统的伺服精度比开环系统高些,更可靠些。但闭环系统的数控装置的造价要高得多,故障率要大一些。一般根据工件的制造精度来选择合适的伺服系统。

3. 点位控制系统

点位控制系统仅控制刀具相对于工件的定位。由一个定位点向下一个定位点移动的途径原则上没有规定。但是为了简化机床运动起见,一般是沿机床的坐标轴运动的。在刀具或工件运动过程中不进行切削。这种系统一般用在孔加工机床上(例如钻孔、铰孔、镗孔机床等)。因为对这些机床最重要的是要保证孔的相对位置。所以点位系统中要快速定位,以减少空行程时间;接近定位点时要降低速度,以保证定位精度。

4. 点位/直线控制系统

有些采用点位控制系统的 NC 机床,例如数控铣床和某些镗床类加工中心。它们非但要求工作台运动的终点坐标,还要求在工作台沿坐标轴运动过程中进行切削。这种系统称为点位/直线控制系统,它应具备多种进给速度控制功能,以适应切削不同材质工件的需要。

在控制方法上,点位/直线系统与点位系统十分相似,有时将两种系统统称为点位系统。

5. 连续控制系统

连续控制系统又称为轮廓控制系统,它的主要特征是各个坐标的运动之间有着确定的函数关系。换句话说,连续控制系统应具备控制工件以给定的速率沿指定路径运动的功能。具备这种控制能力的数控机床,可以加工各种外形复杂的零件。实现连续控制功能有以下两种方法:一是在点与点之间进行插补以产生直线或圆弧曲线,另一种方法是将进给速率分解成两个坐标轴方向的分进给率,并监视各轴线的分进给率,使它们之间保持一定的函数关系,保证刀具沿工件轮廓表面运动以切出合乎要求的形状来。

连续控制系统必须精确地同时控制两个或更多的坐标运动,这些坐标的脉冲当量(每个电脉冲产生的坐标移动量,用 BLU 表示)又很小,有时仅为 0.001mm 。因此,连续控制系统处理数据的速度比点位系统可能要高出 1000 倍。所以,连续控制系统的伺服元件必须具有大功率和快速响应的特性,以使这种系统具有较强的轨迹跟随能力。由于以上各种原因,连

续控制系统与点位系统相比, 电路复杂, 成本高和维护不便。但是, 由于计算机引进了控制系统, 有许多功能可以用软件来实现, 使得两种系统的价格日益趋近, 以致现有的 CNC 机床都具有点位和连续控制两种功能。

§ 1-4 近年来数控系统的进步

自 1952 年美国开始开发 NC 系统以来已过去 30 多年, 装有数控系统的新机床陆续开发出来, 机床的数控化率也年年提高。在美国、欧洲、日本每两年召开的数控机床展览会上都有很多新的数控机床展出, 由此可见竞争的激烈程度。在回顾数控系统历史的同时, 也来展望它的一些方面的未来的发展。

1. 数控系统的价格

这里所指的数控系统包括数控装置、伺服驱动系统和伺服放大系统。近几年来, 车床用的数控系统的价格下降了约 20%, 加工中心用的数控系统下降约 30%。数控系统的价格在不断下降, 性能却在不断提高, 即使采用了计算机数控系统后, 它的价格并没有提高反而有所下降。

2. 数控装置的计算机化

数控装置近 10 年以来最大的变革是从硬件数控 (NC) 系统转变为计算机数控 (CNC) 系统。计算机数控系统的产量是从 1975 年开始的, 实际上在这以前 CNC 系统也存在了。不过由于使用中型计算机, 价格昂贵仅用于特殊场合。1976 年以来, 由于大规模集成电路的出现, 计算机中器件数目大为减少, 计算机降低了价格、提高了可靠性, 对 CNC 系统也产生了良好的效果: 价格降低, 功能增强, 可靠性提高, 维护容易, 交货期缩短。同时, 总的集成电路芯板数减少, 现在控制的主要电路只要一块较大的印刷电路板即可全部收纳在其中了, 以至可与机床结合在一起这就是“机电一体化”趋势。

计算机将读入的程序存贮于随机存取存储器 (RAM) 内, 一般它由 CMOS 半导体构成, 在计算机电源切断后, 记忆内容就消失了。这对 CNC 机床操作很不方便。装了电池后, 可保持记忆约一年。1979 年以后, 代替 CMOS RAM 开发了一种磁泡存储器。磁泡存储器有许多优点: (1) 具有不挥发性, 不需装电池; (2) 记忆密度高; (3) 存储器可密闭, 没有机械运动部分, 即使工厂内使用环境不良, 也能可靠地动作, 这种 CNC 系统很快地普及了。这种装有磁泡存储器的 CNC 系统, 自问世以来仅几年时间, 世界上已售出 28000 台, 实践证明这种 CNC 系统的可靠性是很高的。

一般 NC 系统的可靠性用故障频率来表示, 大约 0.1 件/月台, 即每一台数控机床的 NC 系统平均约 10 个月发生一次故障, 使用装有磁泡存储器的 CNC 系统, 故障频率降低了, 大致为 0.03 件/月·台, 即约 33 个月发生一次故障。

所说 CNC 化, 一般也包括强电顺序控制。最初, 强电顺序控制是由继电器构成的, 随着可编程控制器 (Programming Controller) 的兴起, 就取代了继电器。

3. 伺服执行件

以往作为执行器件, 电气、电液脉冲马达两者都有使用, 其中电液脉冲马达由于它的响应速度、精度、回转的均匀性, 与机械结合的容易程度都很好, 体积又小, 得到广泛使用。近来用可控硅使电动机的控制性能提高了, 所以在这以后多采用永久磁铁产生磁场的具有较

高惯性转子的直流伺服电机。由于这种电机结构简单、直径较小，同时转子惯性又较高，机械负荷变动时受到的影响较小，这样可以构成较为稳定的系统。但是高惯性转子的电机要很快地加速或减速需要大电流。这一点可用大容量的可控硅调速装置来解决。这样，用可控硅驱动的高惯性转子直流伺服电机曾风靡一时。

1980年以来，功率晶体管无论在性能或容量方面都得到了提高，晶体管的性能要比可控硅为好，例如晶体管的截止频率(chopping frequency)为1~3kHz，而可控硅为300Hz，因此频率响应性能提高了，用可控硅驱动时频率响应约为30Hz而晶体管驱动为100Hz。所以使用晶体管控制时提高了轮廓控制的精度。回转运动中的振动减少了，可以得到更光滑的切削表面。由于晶体管的控制性能良好，就没有必要将转子惯性做得很大，如果从晶体管的价格考虑，稍微减少一些惯性，即做成中等惯性的转子是合适的。从发展趋势来看，以后晶体管驱动的中等惯性的DC伺服电机将占主导地位。

对于低惯性的电机，用于加速、减速极为频繁的机械如冲床、印刷电路板钻孔机等是很合适的。

由于脉宽调制技术的发展，交流伺服电机的调速比可达1:10000，性能/价格比有较大提高，在伺服系统中得到越来越多的应用。

4. 主轴电机

对于一般机床，电机通过变速箱传动主轴，只可能得到有限的几档转速，往往得不到最佳切削速度，所以希望能有无级调速的主轴电机，随着可控硅整流器的发展，开发了可变速的直流变速电机。最初，这样的电机价格比较昂贵，但由于提高了加工效率，逐渐得到应用。近来，半导体技术在不断进步，这种电机结构上有所改进，降低了价格，小型、高效率的直流主轴电机得到广泛使用。

可是，在加工铝合金等轻金属时，要求有6000~8000 r/min高速的主轴电机，在这样的高转速之下，电机的整流子的火花变大了，电刷的磨损激烈地增加。因此，交流电机再次被提出来了，希望它能变速。对于交流主轴电机来说，希望变速范围大致为1:100，而交流伺服电机要求的变速范围比这大得多。所以交流主轴电机比交流伺服电机更早地投入使用。即使如此，低速范围内扭矩的变化太大仍是交流电机变速的缺点，这一点可利用向量控制方式和精密电流波形控制方式来改善。

5. 制作数控带的自动编程系统

目前数控技术除了上述的硬件方面的发展外，在软件方面主要集中在数控编程语言的改进。最初比较完整的软件，是应用大型计算机开发的APT自动编程语言。这样的自动编程系统对大企业是很好的，可是现在80%的数控机床是在中小企业中使用。即使对计算机来说，办公室用和个人用的微型计算机用得最为广泛，所以自动编程系统也应在微型计算机上普及。数控语言由APT语言统一起来了。可是，APT语言对飞机制造业是最合适的，但对其他的机械制造领域未必是最合适的，更为简便的语言正在研究之中。

在微型计算机上自动编程的一般方法是用图形显示刀具轨迹的方法来确认编程结果，如有差错随即进行必要的修正，然后将数控纸带自动穿孔。由于计算机存储器的容量越大，它的价格越贵，所以一般做成单用途的软件输入微型计算机中，例如车床用的、加工中心用的、冲床用的，数控带编辑用的软件分别录在相应的磁带或软磁盘中。

软件技术的发展，使得在微型计算机上也能作成加工模具用的三坐标的数控带。三坐

标曲面的编程系统中,以往是将一系列点群输入计算机,然后将能够用数学描述的曲面组合成所需的曲面。新的简便方法是根据所需的三坐标曲面的一些断面图形(平面图形)来制作加工此曲面的数控带。

§ 1-5 数控技术在机械制造中的应用与发展

一、机床的自适应控制

普通的数控机床是根据事先编好的程序进行工作的。但是,在加工过程中由于受到实际切削深度的变化,工件材质的一致,刀具磨损,机床振动等因素的干扰,会偏离编程时预先设想的情况,往往得不到良好的切削效果。如果有一种控制系统,能够将加工现场的这些干扰因素通过某些传感器,将信息反馈给机床的控制部分,调节有关加工参数,就可以优化切削过程。这种系统就称为自适应控制系统。

根据调节参数的不同,自适应控制可分为两类:工艺和几何自适应控制。工艺自适应控制的调节参数是工艺参数(例如切削用量等),目的主要是为了减少加工时间,防止机床过载或振动和刀具过度磨损,充分发挥机床性能等,使切削过程稳定地进行。这类系统主要用于粗加工。几何自适应控制的调节参数是几何参数,主要用以达到预定的加工质量(主要是几何精度)。因此需要位置检测传感器和误差补偿环节。这种系统主要用于精加工。

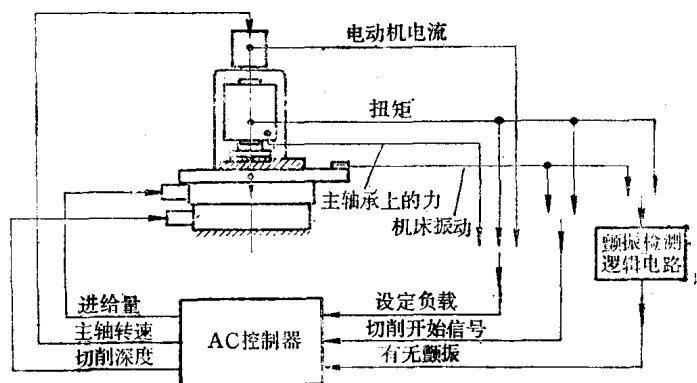


图 1-7 立铣床的自适应控制

图 1-7 所示,为立铣床的工艺自适应控制系统示意图。从加工现场可以选择检测主电动机的电流,主轴力矩,主轴承上承受的轴向力、机床振动等。这些传感器的信号均通过 AC 控制器调节机床的进给率,主轴转速或切削深度,使加工过程最佳化,达到预定目的。

二、直接数字控制

所谓直接数字控制(Direct Numerical Control, DNC),就是把一组数控机床连接到一个总的计算机存储器系统(图 1-8),存储器存储零件程序和机械工件程序,并按程序对机械分配数据和指令。

由于 DNC 系统是较复杂的综合性系统,计算机又以分时方式同时控制一群机床,主计算机不仅控制机床加工,同时还与计划管理相结合,所以需要较大容量的计算机,软件编制

也比较复杂，系统成本很高。这种系统只限于大型企业才能应用。

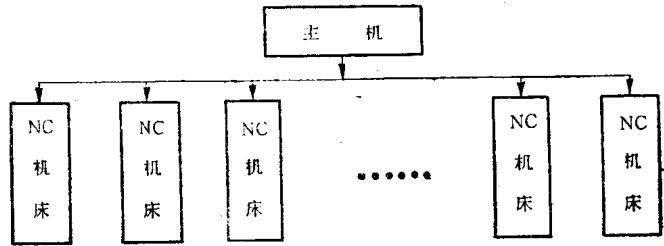


图 1-8 直接数字控制

为了克服上述缺点，近年来发展了一种新的直接数控系统，称为分布式数控系统 (Distributive Numerical Control)，如图 1-9 所示。它使用计算机网络来协调各个 CNC 机床的工作，最终可以将此系统的主计算机与整个工厂的计算机连结成网，以形成一个比较大的、完整的制造系统。

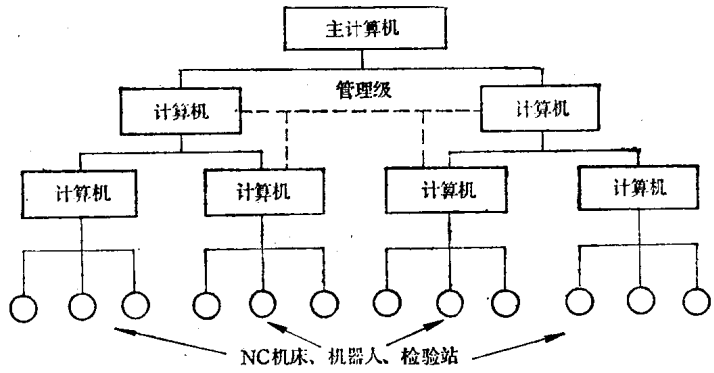


图 1-9 分布式数控系统

三、CNC 设备在制造系统中的应用

计算机控制技术在大量生产方式中得到激动人心的发展。在本世纪末，生产过程的计算机集成化相信是可能的。目前计算机软件和标准化工作的发展，基本上已具备了计算机集成制造 (Computer Integrated Manufacturing, CIM) 系统需要的功能。所谓 CIM 系统，简单来说就是将产品的设计、制造、检测以至生产管理和市场信息等功能通过计算机网络组成一个大系统，以提高生产效率，减少重复工作，压缩库存量，减少零件运输，适应市场竞争的需要。作为 CIM 系统的主要组成部分的柔性制造系统 (FMS)，已经在某些工业中建立了起来。

1. 柔性制造系统

柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS) 是由 CNC 机床、机器人和零件运输小车等组成。它能够将工件从棒料或铸件开始，经过机械加工、工件运输和检测等工序，以成为合格的零件，或者进行装配。它是无人的、软件管理的制造/装配生产线。FMS 包括四个主要组成部分：CNC 机床、坐标测量机、运输/装配机器人以及零件/工具运输小车。

FMS 的主要组成部分是 CNC 加工中心和车削中心。这些机床的自动换刀功能具有