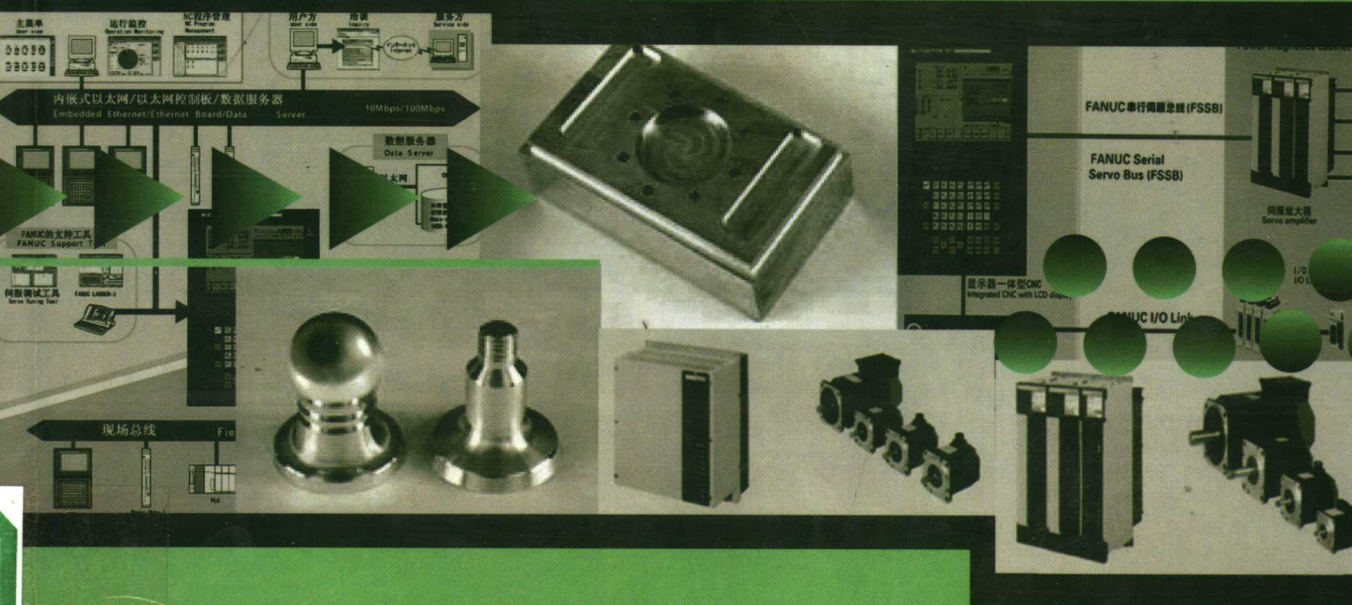


数控技术与数控加工丛书

典型数控系统 及其应用

● 罗学科 赵玉侠 编著



数控技术与数控加工丛书

典型数控系统及其应用

罗学科 赵玉侠 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

内 容 提 要

本书是《数控技术与数控加工丛书》之一, 比较全面、系统地讲述了数控系统的基本组成, 各部分的主要功能和特点、工作原理等。重点在数控系统应用上, 着重介绍了发那科(FANUC)公司、西门子(SIEMENS)公司等的数控系统的功能、特点及典型应用。另外, 书中还讲述了数控系统所用的检测系统和伺服系统。

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本科生的教材, 还可供从事数控加工的工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

典型数控系统及其应用/罗学科, 赵玉侠编著. —北京:
化学工业出版社, 2005. 10
(数控技术与数控加工丛书)
ISBN 7-5025-7765-3

I. 典… II. ①罗…②赵… III. 数控机床-数控系统
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 125179 号

数控技术与数控加工丛书

典型数控系统及其应用

罗学科 赵玉侠 编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 闫 敏

责任校对: 陈 静

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

http:// www. cip. com. cn

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$ 字数 306 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7765-3

定 价: 27.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

数控技术与数控加工丛书

编写委员会

主 任 罗学科

副主任 徐宏海 张超英

委 员	牛小铁	王 刚	王 犇	张超英	张莉洁	罗学科
	徐宏海	谢富春	金福吉	高德文	康西瑛	王小芳
	阎红娟	郑张龙	赵玉侠	郑 青	陈晓光	杨霭云
	吕宝和	李 牧	高 雯			

序

机械制造业是国民经济的支柱产业。没有发达的制造业，就不可能有国家的真正繁荣和富强。而制造业的发展规模和水平，则是国民经济实力和科学技术水平的重要标志之一。加入 WTO 以后，我国的制造业得到了迅猛发展，并将逐步成为世界的制造业中心。因此，制造业急需大量的高等级应用型人才。

数控机床集计算机技术、自动控制技术、自动检测技术和精密机械等高新技术于一体，涉及了多学科的相关知识。数控技术正朝着高精度、高速度、高柔性、高可靠性和复合化方向发展，出现了许多新知识、新技术、新方法和新工艺。因此，要求从事数控机床操作的人员不仅具备多学科的基础知识，还要不断地进行知识更新，以适应岗位对人才的要求。

为了培养国内急需的数控技术应用型人才，针对数控技术的特点和从业人员的职业特征，组织编写了《数控技术与数控加工丛书》，包括《典型数控系统及其应用》、《数控机床刀具及其应用》、《数控车削加工》、《数控铣削加工》、《数控模具加工》和《数控机床调试、使用与维护》共 6 本。

该丛书在知识体系上，以数控技术应用为出发点，围绕数控技术和数控加工两个方面；在知识结构上，突出系统性；在内容上，突出实践性，以工程应用为主线，力求概念清晰、叙述简单、通俗易懂。书中的大量实例来自生产实际和教学实践，融会了作者长期以来的教学实践和研究成果。

本书可作为大、中专及职业技术学院相关专业的教材或技术参考书籍，也可作为从业人员的培训指导用书。

《数控技术与数控加工丛书》编委会

2005 年 6 月

前 言

众所周知的数字控制技术（简称数控技术），产生于 20 世纪中期。该技术最早可追溯到 1952 年，直到 20 世纪 60 年代早期，数控技术才应用在产品制造领域。真正的繁荣是在 1972 年前后随着 CNC 技术的产生到来的，这恰好比微型计算机以大家可以承受的价格出现晚了十年。在制造领域尤其在金属加工领域，数控技术已带来革命性影响。在计算机成为每个公司和许多家庭的常备设施之前，配备数控系统的机床在机械厂中已占据了一席之地。目前，随着微电子技术和计算机技术的不断发展以及数控技术对制造技术影响的扩大，制造业尤其是金属加工业已发生了巨大变化。

数控系统是数控技术的基础和核心内容，本书比较全面、系统地讲述了数控系统的基本组成，各部分的主要功能和特点、工作原理等。重点在数控系统应用上，着重介绍了发那科（FANUC）公司、西门子（SIEMENS）公司等数控系统的功能、特点及典型应用。另外，书中还讲述了数控系统所用的检测系统和伺服系统。

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本科生的教材，还可供从事数控加工的工程技术人员使用。

本书由北方工业大学机电工程学院罗学科、赵玉侠、谢富春、张超英、阎红娟、刘瑛、李凯和郑青等编写，全书由罗学科、赵玉侠统稿。

本书在编写过程中，FAGOR 公司总经理陈晓光先生和郑张龙经理、SIEMENS 公司易维成经理、BEIJING-FANUC 公司李小萍女士、华中数控集团蔡胜安主任等提供了丰富的资料，在此致谢。

由于编者水平有限，数控技术发展迅速，所以本书难免有不足之处，望读者和各位同仁提出宝贵意见。

编者

2005 年 8 月

目 录

第 1 章 数控系统概述	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 数控系统的概念	1
1.1.2 数控机床的系统组成及各部分的功能	1
1.2 数控系统的分类	3
1.2.1 按数控机床运动轨迹分类	3
1.2.2 按数控机床伺服系统分类	4
1.2.3 按数控机床功能水平分类	6
1.2.4 按加工工艺及机床用途分类	7
1.3 计算机数控系统	7
1.3.1 主要工作过程	7
1.3.2 硬件构成	9
1.3.3 面板结构	11
1.3.4 软件构成	13
1.3.5 信息流处理过程	14
1.3.6 数控系统的功能	16
1.4 数控机床的加工对象	22
1.4.1 采用数控机床加工的优势及特点	22
1.4.2 数控机床的适用范围	23
1.5 数控技术的发展方向	23
第 2 章 数控检测装置	26
2.1 概述	26
2.1.1 检测装置的分类	26
2.1.2 数控测量装置的性能指标及要求	27
2.2 光栅位置检测装置	27
2.2.1 长光栅检测装置的结构	28
2.2.2 光栅传感器工作原理	28
2.2.3 光栅位移-数字变换电路	29
2.3 光电脉冲编码器	30
2.3.1 脉冲编码器的分类与结构	30
2.3.2 光电脉冲编码器的工作原理	31
2.3.3 光电脉冲编码器的应用	31
2.4 旋转变压器	33
2.4.1 旋转变压器的工作原理	33

2.4.2 旋转变压器的应用	34
2.5 磁尺位置检测装置	35
2.5.1 磁尺的组成	35
2.5.2 磁尺的工作原理	38
第3章 伺服驱动系统	40
3.1 概述	40
3.2 步进电动机及其控制系统	42
3.2.1 步进电动机	42
3.2.2 步进电动机的工作原理	43
3.2.3 步进电动机的特性及选用	44
3.2.4 步进电动机的控制	46
3.3 直流伺服电动机及其速度控制	48
3.3.1 直流伺服电动机及工作特性	48
3.3.2 直流伺服电动机的速度控制方法	53
3.4 交流伺服电动机及其速度控制	55
3.4.1 交流伺服电动机概述	55
3.4.2 交流电动机调速原理	58
3.4.3 变频调速技术	59
3.5 典型伺服电动机简介	61
第4章 插补原理	65
4.1 脉冲增量插补法	65
4.1.1 逐点比较插补法	65
4.1.2 数字积分法	69
4.2 数据采样插补法	73
4.2.1 数据采样插补法原理	73
4.2.2 时间分割插补法直线插补	74
4.2.3 时间分割插补法圆弧插补	75
4.2.4 扩展 DDA 数据采样插补法	77
4.3 插补计算实例	79
第5章 计算机数控 (CNC) 装置	82
5.1 CNC 装置的硬件结构	82
5.1.1 CNC 装置的硬件构成	82
5.1.2 CNC 装置的体系结构	82
5.1.3 单微处理器数控装置的硬件结构	83
5.1.4 多微处理器数控装置的硬件结构	84
5.1.5 开放式数控装置的体系结构	88
5.2 CNC 装置的软件结构	89
5.2.1 软件结构特点	90
5.2.2 输入和数据处理	92
5.2.3 速度处理和加减速控制	96

5.2.4	插补计算	105
5.2.5	位置控制	105
5.2.6	故障诊断	106
5.3	数控系统常用接口	107
5.3.1	概述	107
5.3.2	键盘输入及其接口	108
5.3.3	显示器及其接口	110
5.3.4	机床开关量及其接口	113
5.3.5	串行通信及其接口	118
5.3.6	网络通信及其接口	120
5.4	可编程控制器 (PLC) 在数控机床中的应用	121
5.4.1	数控机床上的两类控制信息	121
5.4.2	可编程控制器 (PLC) 及其工作过程	122
5.4.3	PLC 在数控机床上的应用实例	126
5.5	典型数控系统简介	132
第 6 章	FANUC 数控系统简介	135
6.1	FANUC 0 系列	135
6.2	FANUC 0i 系列	142
6.3	FANUC 16i/18i/21i 系列	149
6.4	典型产品介绍	151
6.4.1	FANUC 0i 系列产品	151
6.4.2	FANUC 16i/18i/21i 系列产品	158
第 7 章	其他数控系统简介	167
7.1	SIEMENS 数控系统	167
7.1.1	SIEMENS 数控系统组成及功能	167
7.1.2	SINUMERIK 840D 产品功能介绍	173
7.2	FAGOR 数控系统	180
7.3	华中 HNC 数控系统	184
7.3.1	华中 HNC-21/22M 数控系统	185
7.3.2	HNC-21/22T 车削数控系统产品介绍	186
参考文献		190

第 1 章 数控系统概述

数控系统是现代机械制造系统的重要基础之一。而数控机床则是数控系统应用最为广泛和最为典型的一类系统。所以,本章首先阐述数控机床的基本概念、结构组成、分类方法、显著特点以及发展过程,然后着重讲解计算机数控系统的基本工作原理、内部信息流的处理过程及其各种功能,最后简单介绍数控机床与现代机械制造系统之间的关系。

1.1 基本概念

1.1.1 数控系统的基本概念

数控是数字控制(Numerical Control, NC)的简称。从广义上讲,是指利用数字化信息实行控制,也就是利用数字控制技术实现的自动控制系统,其被控对象可以是各种生产过程。而这里主要从狭义上理解,也就是利用数字化信息对机床轨迹和状态实行控制,例如数控车床、数控铣床、数控线切割机床、数控加工中心等。因此,本书主要以机床作为被控对象,讨论数控系统的工作原理。

任何生产都有一定的过程。采用数字控制技术,生产过程被用某种语言编写的程序来描述,以数字形式送入计算机或专用控制装置,利用计算机的高速数据处理能力,识别出该程序所描述的生产过程,通过计算和处理将此程序分解为一系列的动作指令,输出并控制生产过程中相应的执行对象,从而可使生产过程能在人不干预或少干预的情况下自动进行,实现生产过程自动化。可见,计算机数字控制系统都是由输入、决策与输出三个环节组成。

数控系统与被控机床本体的结合体称为数控机床。它是具有高附加值的技术密集型产品,实现了高度的机、电、液、光、气一体化。它集机械制造、计算机、微电子、现代控制及精密测量等多种技术为一体,使传统的机械加工工艺发生了质的变化。这个变化的本质就在于用数控系统实现了加工过程的自动化操作。

1.1.2 数控机床的系统组成及各部分的功能

(1) 数控加工的过程

利用数控机床完成零件数控加工的过程如图 1-1 所示,主要内容如下。

① 根据零件加工图样进行工艺分析,确定加工方案、工艺参数和位移数据。

② 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单;或用自动编程软件进行 CAD/CAM 工作,直接生成零件的加工程序文件。

③ 程序的输入或传输。由手工编写的程序,可以通过数控机床的操作面板输入程序;由编程软件生成的程序,通过计算机的串行通讯接口直接传输到数控机床的数控单元(MCU)。

④ 将输入/传输到数控单元的加工程序,进行试运行、刀具路径模拟等。

⑤ 通过对机床的正确操作,运行程序,完成零件的加工。

(2) 数控机床的组成及各部分的功能

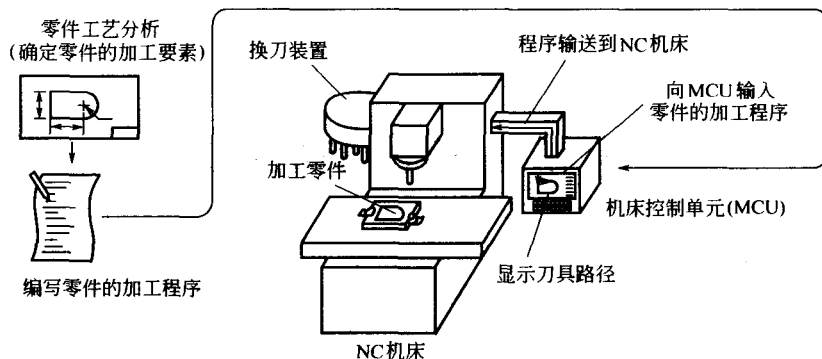


图 1-1 数控加工的过程

数控机床一般由数控系统、包含伺服电动机和检测反馈装置的伺服系统、强电控制柜、机床本体和各类辅助装置组成，如图 1-2 所示。

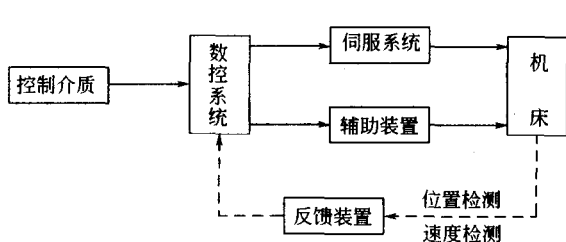


图 1-2 数控机床的系统组成

1) 控制介质

控制介质又称信息载体，是人与数控机床之间联系的中间媒介物质，反映了数控加工中全部信息。

2) 数控系统

数控系统是机床实现自动加工的核心，是整个数控机床的灵魂所在。主要由输入装置、监视器、主控制系统、可编程控制

器、各类输入/输出接口等组成。主控制系统主要由 CPU、存储器、控制器等组成。数控系统的主要控制对象是位置、角度、速度等机械量以及温度、压力、流量等物理量，其控制方式又可分为数据运算处理控制和时序逻辑控制两大类。其中主控制器内的插补模块就是根据所读入的零件程序，通过译码、编译等处理后，进行相应的刀具轨迹插补运算，并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号的比较，从而控制机床各坐标轴的位移。而时序逻辑控制通常由可编程控制器 PLC 来完成，它根据机床加工过程中各个动作要求进行协调，按各检测信号进行逻辑判别，从而控制机床各个部件有条不紊地按顺序工作。

3) 伺服系统

伺服系统是数控系统和机床本体之间的电传动联系环节。主要由伺服电动机、驱动控制系统和位置检测与反馈装置等组成。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，再经过驱动系统的功率放大后，驱动电动机运转，通过机械传动装置拖动工作台或刀架运动。

4) 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器件，除了提供数控、伺服等一类弱电控制系统的输入电源以及各种短路、过载、欠压等电气保护外，主要在 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桥梁连接作用，控制机床辅助装置的各种交流电动机、液压系统电磁阀或电磁离合器等。此外，它也与机床操作台有关手动按钮连接。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。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、接触器等电磁感应器件中均必须并接 RC 阻容吸收器；对各种检测信号的输入均要求用屏蔽电缆连接。

5) 机床本体

数控机床的本体指其机械结构实体。它与传统的普通机床相比较，同样由主传动系统、进给传动机构、工作台、床身以及立柱等部分组成，但数控机床的整体布局、外观造型、传动机构、工具系统及操作机构等方面都发生了很大的变化。为了满足数控技术的要求和充分发挥数控机床的特点，归纳起来包括以下几个方面的变化。

① 采用高性能主传动及主轴部件。具有传递功率大、刚度高、抗震性好及热变形小等优点。

② 进给传动采用高效传动件。具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点，一般采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等。

③ 具有完善的刀具自动交换和管理系统。

④ 在加工中心上一般具有工件自动交换、工件夹紧和放松机构。

⑤ 机床本身具有很高的动、静刚度。

⑥ 采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工，为了操作安全等，一般采用移动门结构的全封闭罩壳，对机床的加工部件进行全封闭。

6) 辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀装置 ATC (Automatic Tool Changer)、自动交换工作台机构 APC (Automatic Pallet Changer)、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液装置、排屑装置、过载和保护装置等。

1.2 数控系统的分类

1.2.1 按数控机床运动轨迹分类

(1) 点位数控系统

这类数控系统控制机床运动部件从一点准确地移动到另一点，在移动过程中不进行加工，因此对两点间的移动速度和运动轨迹没有严格要求，可以先沿一个坐标轴移动完毕，再沿另一个坐标轴移动，也可以多个坐标轴同时移动。但是为了提高加工效率，一般要求运动时间最短；为了保证定位精度，常常要求运动部件的移动速度是“先快后慢”，即先以快速移动接近目标点，再以低速趋近并准确定位。这类数控机床主要有数控钻床、数控坐标镗床和数控冲床等。

(2) 直线数控系统

这类数控系统不仅要控制机床运动部件从一点准确地移动到另一点，还要控制两相关点之间的移动速度和轨迹。其轨迹一般为与某坐标轴平行的直线，也可以为与坐标轴成 45° 夹角的斜线。但不能为任意斜率的直线。由于这类数控系统可一边移动一边切削加工，因此其辅助功能也比点位数控系统多一些。例如，它可能被要求具有主轴转速控制、进给速度控制和刀具自动交换等功能。这类数控机床主要有简易数控车床、数控镗床等。也可以与点位数控系统结合起来，设计成点位/直线数控系统。

(3) 轮廓数控系统

这类数控系统能够同时对两个或两个以上运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制，

使其合成的平面或空间的运动轨迹符合被加工工件图样的要求。这类数控系统的辅助功能比前两类都多。相应的数控机床主要有数控车床、数控铣床、数控磨床、加工中心和电加工机床等。其相应的数控装置称为轮廓控制数控系统。根据它所控制的联动坐标轴数不同，又可以分为下面几种形式。

① 二轴联动 主要用于数控车床加工旋转曲面或数控铣床加工曲线柱面。如图 1-3 所示。

② 二轴半联动 主要用于三轴以上机床的控制，其中二根轴可以联动，而另外一根轴可以作周期性进给。如图 1-4 所示就是采用这种方式用行切法加工三维空间曲面。

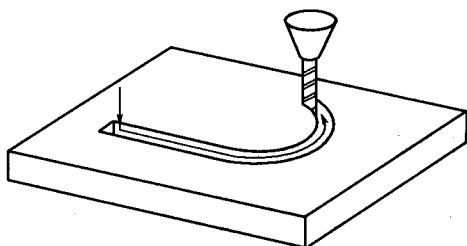


图 1-3 数控铣床的轮廓加工轨迹

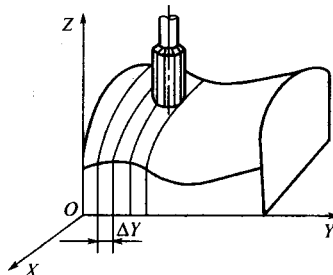


图 1-4 二轴半联动的曲面加工

③ 三轴联动 一般分为两类，一类就是 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴联动，比较多的用于数控铣床、加工中心等，如图 1-5 所示用球头铣刀铣切三维空间曲面。另一类是除了同时控制 X 、 Y 、 Z 其中两个直线坐标外，还同时控制围绕其中某一直线坐标轴旋转的旋转坐标轴。如车削加工中心，它除了纵向 (Z 轴)、横向 (X 轴) 两个直线坐标轴联动外，还需同时控制围绕 Z 轴旋转的主轴 (C 轴) 联动。

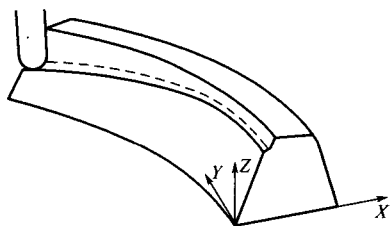


图 1-5 三轴联动的加工曲面

④ 四轴联动 同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴与某一旋转坐标轴联动，图 1-6 所示为同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴与一个工作台回转轴联动的数控机床。

⑤ 五轴联动 除同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴联动外，还同时控制围绕这些直线坐标轴旋转的 A 、 B 、 C 坐标轴中的两个坐标轴，形成同时控制五个轴联动。这时刀具可以被定在空间的任意方向，如图 1-7 所示。比如控制刀具同时绕 X 轴和 Y 轴两个方向摆动，使得刀具在其切削点上始终保持与被加工的轮廓曲面成法线方向，以保证被加工曲面的光滑性，提高其加工精度和加工效率，减小被加工表面的粗糙度。

1.2.2 按数控机床伺服系统分类

(1) 开环数控系统

开环数控系统的进给伺服驱动是开环的，即没有检测反馈装置，一般它的驱动电动机为步进电动机，步进电动机的主要特征是控制电路每变换一次指令脉冲信号，电动机就转动一个步距角，并且电动机本身就有自锁能力。其控制系统的框图如图 1-8 所示，数控系统输出的进给指令信号通过脉冲分配器来控制驱动电路，它以变换脉冲的个数来控制坐标位移量，以变换脉冲的频率来控制位移速度，以变换脉冲的分配顺序来控制位移的方向。因此这种控制方式的最大特点是控制方便、结构简单、价格便宜。数控系统发出的指令信号流是单向

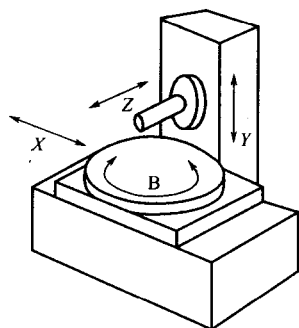


图 1-6 四轴联动的数控机床

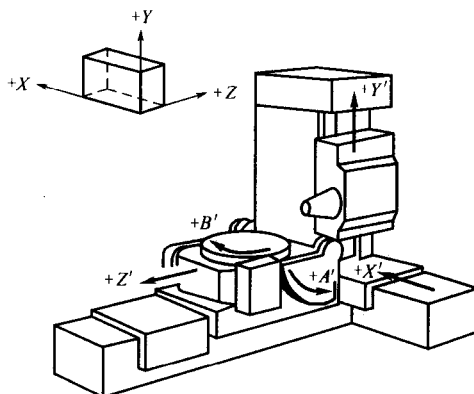


图 1-7 五轴联动的加工中心

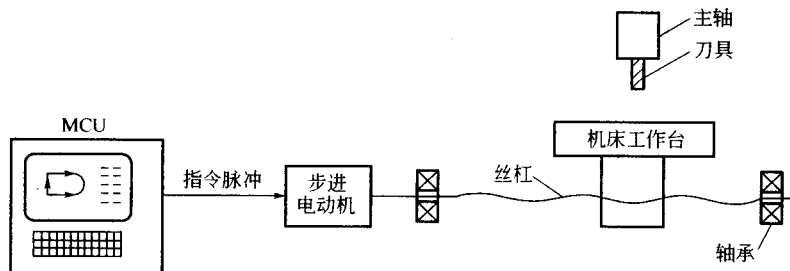


图 1-8 开环数控系统控制框图

的，所以不存在控制系统的稳定性问题，但由于机械传动的误差不经过反馈校正，位移精度不高。早期的数控机床均采用这种控制方式，只是故障率比较高，目前由于驱动电路的改进，仍有较多的应用。尤其是在我国，一般经济型数控系统和旧设备的数控改造多采用这种控制方式。另外，这种控制方式可以配置单片机或单板机作为数控装置，使得整个系统的价格很低。

(2) 闭环数控系统

闭环数控系统的进给伺服驱动是按闭环反馈控制方式工作的，其驱动电动机可采用直流或交流两种伺服电动机，并需要配置位置反馈和速度反馈，在加工中随时检测移动部件的实际位移量，并及时反馈给数控系统中的比较器，它与插补运算所得到的指令信号进行比较，其差值又作为伺服驱动的控制信号，进而带动位移部件以消除位移误差。

按位置反馈检测元件的安装部位和所使用的反馈装置的不同，它又分为全闭环和半闭环两种控制方式。

① 全闭环控制 如图 1-9 所示，其位置反馈装置采用直线位移检测元件（目前一般采用光栅尺），安装在机床的床鞍部位，即直接检测机床坐标的直线位移量，通过反馈可以消除从电动机到机床床鞍的整个机械传动链中的传动误差，得到很高的机床静态定位精度。但是，由于在整个控制环内，许多机械传动环节的摩擦特性、刚性和间隙均为非线性，并且整个机械传动链的动态响应时间与电气响应时间相比又非常大。这为整个闭环系统的稳定性校正带来很大困难，系统的设计和调整也都相当复杂。因此，这种全闭环控制方式主要用于精度要求很高的数控坐标镗床、数控精密磨床等。

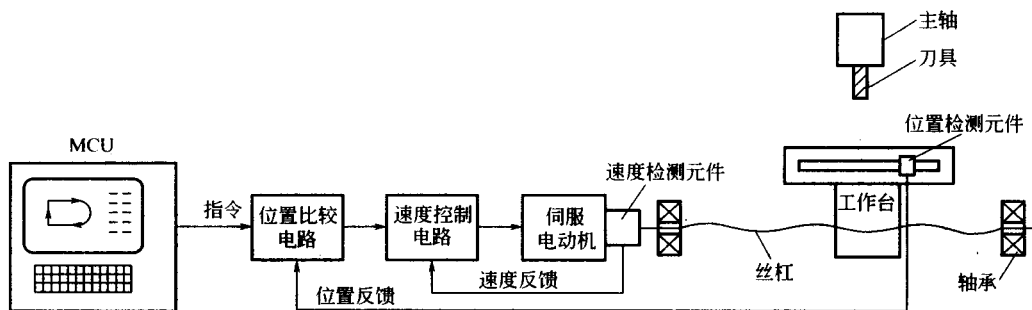


图 1-9 全闭环控制系统框图

② 半闭环控制 如图 1-10 所示，其位置反馈采用转角检测元件（目前主要采用编码器），直接安装在伺服电动机或丝杠端部。由于大部分机械传动环节未包括在系统闭环环路内，因此可获得较稳定的控制特性。丝杠等机械传动误差不能通过反馈来随时校正，但是可采用软件定值补偿方法来适当提高其精度。目前，大部分数控机床采用半闭环控制方式。

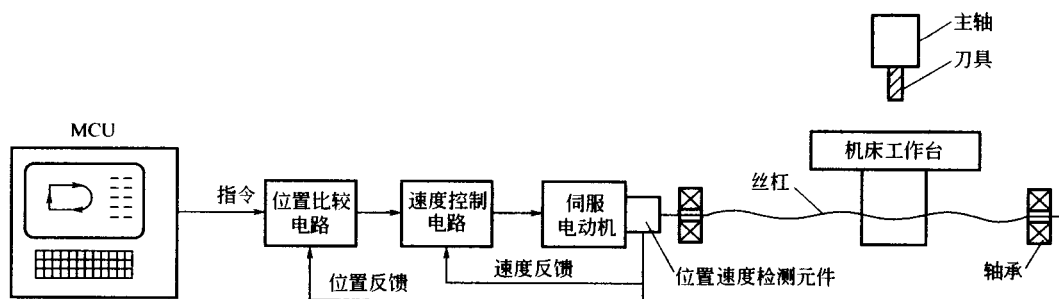


图 1-10 半闭环控制系统框图

(3) 混合控制数控系统

将上述控制方式的特点有选择的集中，可以组成混合控制的方案。如前所述，由于开环控制方式稳定性好、成本低、精度差，而全闭环稳定性差，所以为了互为弥补，以满足某些机床的控制要求，宜采用混合控制方式。采用较多有开环补偿型和半闭环补偿型两种方式。

1.2.3 按数控机床功能水平分类

(1) 经济型数控系统

经济型数控系统又称简易数控系统。这类数控系统通常仅能满足一般精度要求的加工，能加工形状较简单的直线、斜线、圆弧及带螺纹类的零件，采用的计算机系统为单板机或单片机系统，具有数码显示、CRT 或 LCD 字符显示功能，机床进给由步进电动机实现开环驱动，控制的轴数和联动轴数在 3 轴或 3 轴以下，进给分辨率一般为 $10\mu\text{m}$ ，快速进给速度最大不超过 10m/min 。这类机床结构一般都比较简单，精度中等，价格也比较低廉。例如数控线切割机床、数控钻床、数控车床、数控铣床及数控磨床等。

(2) 普及型数控系统

普及型数控系统又称全功能数控系统。这类数控系统功能较多，但不追求过多，以实用为准，除了具有一般数控系统的功能以外，还具有一定的图形显示功能及面向用户的宏程序

功能等,采用的计算机系统为16位或32位微处理机,具有RS232C通信接口,机床的进给多用交流或直流伺服驱动,一般系统能实现4轴或4轴以下联动控制,进给分辨率一般为 $1\mu\text{m}$,快速进给速度最大为 $10\sim 20\text{m/min}$,其开关量输入输出控制一般由可编程控制器来完成,从而大大增强了系统的可靠性和控制的灵活性。这类数控机床的品种比较多,几乎覆盖了各种机床类别,且其价格适中,目前其总的趋势是趋于简单、实用,不追求过多的功能,从而使机床的价格适当降低。

(3) 高档型数控系统

高档型数控系统一般系指加工复杂形状的多轴联动数控机床,并且其工序集中、自动化程度高、功能强,具有高度柔性。采用的计算机系统为32位以上控制器,机床的进给大多采用交流伺服驱动,除了具有一般数控系统的功能以外,应该至少能实现5轴或5轴以上的联动控制,最小进给分辨率为 $0.1\mu\text{m}$,最大快速移动速度可达到 100m/min 或更高,具有三维动画图形功能和宜人的图形用户界面,同时具有丰富的刀具管理功能、宽调速主轴系统、多功能智能化监控系统和面向用户的宏程序功能,还有很强的智能诊断和智能工艺数据库,能实现加工条件的自动设定,并能实现计算机的联网和通信。这类系统功能齐全,价格昂贵。例如具有5轴以上的数控铣床,大、重型数控机床,五面加工中心,车削中心和柔性制造单元,柔性制造系统等。

当然,按功能水平分类没有明确的定义和确切的界线,并且在不同时期和不同国家的含义也不相同,上面的描述只能作为参考条件。

1.2.4 按加工工艺及机床用途分类

(1) 金属切削类

金属切削类数控机床指采用车、铣、镗、铰、钻、磨、刨等各种切削工艺的数控机床。它又可被分为两类:

① 普通型数控机床 如数控车床、数控铣床、数控磨床等。

② 加工中心 其主要特点是具有自动换刀机构的刀具库,工件经一次装夹后,通过自动更换各种刀具,在同一台机床上对工件各加工面连续进行铣(车)镗、铰、钻、攻螺纹等多种工序的加工,如(镗/铣类)加工中心、车削中心、钻削中心等。

(2) 金属成型类

指采用挤、冲、压、拉等成型工艺的数控机床,常用的有数控压力机、数控折弯机、数控弯管机、数控旋压机等。

(3) 特种加工类

主要有数控电火花线切割机、数控电火花成型机、数控火焰切割机、数控激光加工机等。

(4) 测量、绘图类

主要有三坐标测量仪、数控对刀仪、数控绘图仪等。

1.3 计算机数控系统

1.3.1 主要工作过程

图1-11所示为计算机数控机床工作过程示意图,其主要任务是进行刀具和工件之间相对运动的控制。

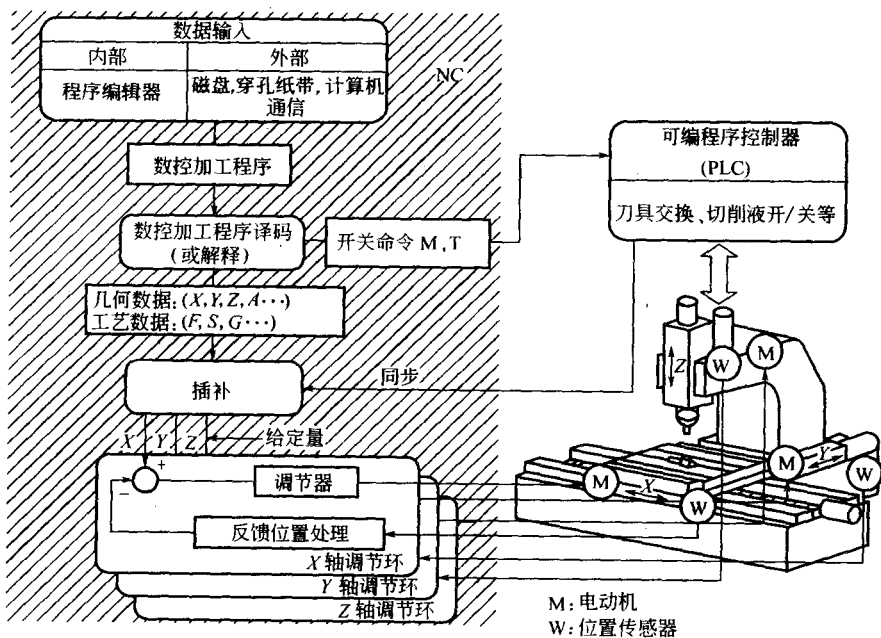


图 1-11 计算机数控机床工作过程示意图

当接通电源后, 计算机数控装置和可编程控制器都将对数控机床各组成部分的工作状态进行检查和诊断, 并设置初始状态。

对第一次使用的数控装置, 还需要进行机床参数设置。如指定系统控制的坐标轴; 指定坐标计量单位和分辨率; 指定系统中配置可编程控制器的状态; 指定系统中检测元件的配置; 工作台各轴正负行程极限的设置等。通过机床参数的设置, 使数控装置适应具体数控机床的硬件构成环境。

当数控机床具备了正常工作条件时, 开始输入数控加工程序。一般情况下, 编程工作可以在专门的编程场所进行, 也可在机床前完成。对前一种情况, 数控加工程序在加工准备阶段利用专门的编程系统产生, 保存到控制介质 (如磁带或磁盘) 上, 再输入数控装置, 或者采用通信方式直接传输到数控装置, 操作员可按需要, 通过数控面板对读入的数控加工程序进行修改; 对后一种情况, 操作员直接利用数控装置本身的编辑环境进行数控加工程序的编写和修改。

输入给数控装置的加工程序必须适应实际的工件和刀具位置, 因此在加工前还要输入实际使用刀具的刀具参数以及实际工件原点相对机床原点的坐标位置。

加工控制信息输入后, 可选择一种加工方式 (手动方式、自动方式的单段方式和连续方式), 启动加工运行。此时, 数控装置在系统控制程序的作用下, 首先对输入的加工控制信息进行预处理, 即进行译码、刀补计算和速度处理等, 然后开始逐段执行数控加工程序。

在连续轮廓加工过程中, 数控装置要根据轮廓段已知的几何数据以及相应工艺数据中的速度信息, 计算出轮廓段起点、终点之间的一系列中间点, 分别向各个坐标轴发出方向、大小和速度都确定的协调的运动序列命令, 通过各个运动轴的合成, 获得数控加工程序要求的工件轮廓的刀具运动轨迹。

数控装置向各个轴伺服系统发出命令值, 位置调节器将其与机床上位置检测元件测得的实际位置相比较, 经过调节, 输出相应的位置和速度控制信号, 控制各轴伺服系统驱动机床