

FANUC



系统实用技术丛书

数控铣床加工中心

S H U K O N G

X I C H U A N G

J I A G O N G

Z H O N G X I N

◀◀ 胡育辉/编著



辽宁科学技术出版社

FANUC系统实用技术丛书

数控铣床加工中心

胡育辉/编著

辽宁科学技术出版社

· 沈阳 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣床加工中心/胡育辉编著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2005.1

(FANUC 系统实用技术丛书)

ISBN 7-5381-4222-3

I. 数… II. 胡… III. ①数控机床: 铣床②数控机床加工中心 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 080928 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市第三印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 18.75

字 数: 400 千字

印 数: 9001-13000

出版时间: 2005 年 1 月第 1 版

印刷时间: 2006 年 1 月第 3 次印刷

责任编辑: 韩延本 王正飞

封面设计: 杜 江

版式设计: 于 浪

责任校对: 张丽萍

定 价: 32.00 元

编辑部电话: 024-23284372

联系电话: 024-23284360

邮购电话: 024-23284502 23284357

E-mail: lkzxb@mail.lnpgc.com.cn

http: //www.lnkj.com.cn

《FANUC 系统实用技术丛书》编委会

主 任：邹 伟

副主任：赵福成

委 员：李 超 栾 敏 徐 衡 关 颖
胡育辉 孙红雨 赵宏立 段晓旭

序

中国制造业飞速发展。同时,高级技工,尤其是数控机床高级人才严重短缺的现象已经引起了社会的广泛关注。通过调研我们发现,所有机械工厂的主管和技术人员都已经认识到数控机床在加工精度、自动化程度、生产效率、劳动强度等各方面都有普通机床无法比拟的优越性。在 21 世纪的今天,一个机械制造企业,如果不用数控机床完成自己的关键制造过程,将不会有任何竞争力。数控系统是数控产品的核心,使用数控产品的关键也自然是熟悉并掌握它的数控系统。在现有的数控系统中,FANUC 系统凭借其高可靠性及完整的质量控制体系已成为最成功的 CNC 系统之一。我国数控机床中配备最多的数控系统也是 FANUC 系统。这也意味着 FANUC 系统在我国拥有最广泛的使用者。图书要为读者服务,于是,我们策划出版了这套“FANUC 系统实用技术丛书”。

本套丛书目前出版四种,分别是《数控机床维修》、《数控铣床加工中心》、《数控车床》、《数控加工实例》。本套丛书的编写队伍经过了严格的筛选,都是具有多年专业教学经验的职业技术教师与生产一线的工人技师。他们经常为一些数控方面的培训班授课,了解并掌握一线工人最需要的知识,同时很多人本身就具有相当丰富的实践经验。本套丛书可以说是编者多年教学与实践经验的一个总结。本套丛书体现了以下几个特点。

1. 在素材的组织上,突出了实用的特点,搜集了大量的相关权威资料并加以细致的整理,力求让读者能够在最短的时间内掌握最有用的技巧。

2. 在写作风格上,语言通俗易懂,尽最大可能把复杂的知识用平白的语言叙述出来,使读者更加容易接受。

3. 由于是实用技术图书,因此在编写过程中精选了大量的实例,使读者可以很容易地与自己的工作实践相结合。

4. 图文并茂,为了更清楚地说明内容,同时也为了节省读者的宝贵时间,书中选配了大量的图片,这样既可以提高阅读效率,又使读者接受起来更加容易。

本套丛书可以作为从事数控技术工作人员的参考书,帮助制造业技术工人更新知识、提高职业技能,也可以作为高职、高专数控专业和其他机电专业的培训教材。

“FANUC 系统实用技术丛书”仅仅是我们数控方面选题的一个组成部分,随着调研的深入,会有更多实用性的数控技术图书与读者见面。我们同时也十分希望读者朋友能够将您对这个领域图书的想法和意见反馈给我们,您的意见就是对我们最大的支持和帮助。我们希望与读者共同努力,在数控领域多出精品图书,为您的工作提供更多更好的帮助。

前 言

数控机床是一种高科技的机电一体化设备,目前装备 FANUC 数控系统的数控机床在国内应用广泛。数控铣床加工中心是多功能、高精度的数控机床,它们的应用,使机械制造过程发生了巨大的变化。随着数控铣床、加工中心的日趋普及,急需培养一大批能够熟练掌握数控铣床及加工中心的编程、操作和维护的应用型技术人才,而我国仅数控机床的操作工就短缺约 60 万人。当前,市场上也有许多关于数控机床方面的书籍,但针对某一数控系统的数控机床书不是很全面,为适应这一需求,我们通过多年的实践与总结,编写了《数控铣床加工中心》一书。

本书针对数控铣床、加工中心的特点,以目前新型的 FANUC Oi-MA 数控系统的编程和操作为核心内容,并以 CAXA 制造工程师及 MASTER CAM 软件对自动编程作以介绍。力求用实例说明问题,许多典型例子都来源于企业当前加工的零件,增强了全书的系统性、实用性与需求性。

本书可作为数控铣床、加工中心操作人员的培训教材,也可作为高职数控专业及机械类学生以及从事数控加工技术人员的参考用书。

本书在编写过程中参考了在数控技术方面的诸多论述、书籍和 FANUC 系统数控编程与操作手册,全书由胡育辉编写,其中第二章第三节由孙成普编写,第四节由李斌编写,第四章第五节例 1~例 3 由沈阳 606 所金辉提供,本书在编写过程中,李超、栾敏、胡启亮、段晓旭、李辉、周玮、钱珊、刘洪志、焦洪钧、张桂兰、胡巨春、李庆有、郭凤兰、刘开源、张万隆、兰阳、胡启宏、孙洪亮、张武荣、王素艳、赵宏立、於春月、孙红雨等同志提供了大量建议和帮助,在此一并表示感谢。

编 者

目 录

第一章 数控系统概述	1
第一节 数控系统的组成及工作过程.....	1
第二节 数控系统的分类.....	3
一、按运动轨迹分类	3
二、按伺服系统分类	4
三、按数控系统的制造方式分类	6
第三节 FANUC 数控系统	6
一、FANUC 数控系统介绍	6
二、FANUC 数控系统的特点	7
三、FANUC 系统典型系列	7
第四节 数控系统与数控机床技术发展趋势	11
一、数控系统发展趋势	11
二、数控机床发展趋势	11
第二章 数控加工工艺	14
第一节 数控铣床、加工中心加工对象	14
一、数控铣削对象	14
二、加工中心的加工对象	15
第二节 加工工艺分析方法	16
一、工艺分析	16
二、零件结构工艺性.....	17
三、工艺路线设计	19
第三节 定位与装夹	21
一、工件在数控机床上的定位与装夹.....	21
二、数控机床夹具介绍	29
三、组合夹具简介	31
四、夹具的选择举例.....	36
第四节 加工方法选择及加工路线的确定	37
一、加工方法的选择.....	37
二、加工路线的确定.....	40
第五节 加工工艺参数及在线测量	43
一、主轴转速的确定.....	43
二、进给速度的确定.....	43

三、背吃刀量的确定	44
四、在线测量	45
第六节 加工中心工艺规程	45
第三章 数控铣床及加工中心的结构	48
第一节 数控铣床及加工中心的分类	48
一、加工中心的类型	48
二、数控铣床的类型	49
第二节 数控铣床及加工中心的结构	50
一、数控铣床、加工中心的组成	50
二、XK5040A 数控铣床的传动结构	52
三、TH6350 型卧式加工中心的布局	53
第三节 数控机床的主轴结构及控制	54
一、数控机床的主传动及主轴组件	54
二、主轴驱动装置的工作原理	57
三、主轴准停控制方法	60
第四节 数控铣床、加工中心的其他装置	63
一、加工中心自动换刀装置	63
二、位置检测装置	67
三、对刀装置	71
第五节 数控铣床及加工中心常用刀具	73
一、数控铣镗床常用铣刀	73
二、数控铣床加工中心常用孔加工刀具	78
第四章 FANUC 0i-MA 系统数控铣床及加工中心的编程	83
第一节 程序编制的基本概念	83
一、数控编程的方法	83
二、程序代码	83
三、程序结构与格式	84
第二节 数控铣床、加工中心编程基础	87
一、数控系统的功能	87
二、坐标系	91
三、几种常见的坐标系及其原点	93
四、程序原点的设置与偏移	94
第三节 数控铣床、加工中心基本编程方法	97
一、基本编程指令	97
二、固定循环	119
三、子程序	131
第四节 用户宏程序	137
一、用户宏概念	137

二、宏调用指令	139
三、宏程序应用实例	142
第五节 FANUC 系统数控铣床加工中心编程实例	144
一、盖板零件的程序编制	144
二、梭轴螺旋槽的加工	147
三、摩擦盘槽的加工	149
第五章 数控铣床及加工中心的操作	152
第一节 数控铣床的基本操作	152
一、数控系统操作面板 (CRT/MDI 面板)	152
二、XK716 型数控铣床操作面板	156
三、数控铣床基本操作	159
四、数控铣床操作步骤及注意事项	166
第二节 加工中心的操作	167
一、TH6350 卧式加工中心控制系统简介	167
二、数控系统的操作	173
三、加工中心刀具参数设置与自动换刀	178
四、加工中心的对刀	180
五、加工中心的安全操作	184
第三节 数控铣床加工中心加工实例	186
一、壳体零件的加工	186
二、内轮廓型腔零件的加工	191
第六章 自动编程	195
第一节 自动编程概述	195
一、自动编程发展过程	195
二、自动编程的操作步骤	195
三、常见的自动编程软件简介	195
第二节 CAXA 制造工程师软件自动编程	197
一、基本概念与基本操作	197
二、零件的加工方法	204
三、加工实例	238
第三节 MASTER CAM 软件加工实例	244
一、MASTER CAM 自动编程软件简介	244
二、MASTER CAM 二维编程方法与应用实例	246
三、MASTER CAM 三维铣削编程方法	258
第七章 数控铣床、加工中心的使用、保养和维修	262
第一节 数控铣床、加工中心的选择与日常维护	262
一、数控铣床、加工中心的选择	262
二、数控铣床、加工中心使用中应注意的问题	265

三、数控铣床、加工中心的维护	265
第二节 数控铣床、加工中心的安装与调试	267
第三节 数控铣床、加工中心的检测与验收	270
一、机床外观的检查	270
二、机床几何精度的检查	271
三、机床定位精度的检查	272
四、机床切削精度的检查	273
五、随动精度与工艺装备精度的检查	273
六、机床性能及数控系统性能检查	273
七、其他的检查项目	275
第四节 FANUC 数控系统的故障诊断	275
一、数控系统故障诊断的一般方法	275
二、FANUC 系统的报警内容	276
第五节 数控铣床、加工中心常见故障的诊断与排除	281
一、数控机床故障诊断的特点	281
二、数控机床常见故障的分类	282
三、数控机床故障诊断的流程	284
四、故障诊断方法与排除实例	285
参考文献	291

第一章 数控系统概述

数控技术是 20 世纪 40 年代后期发展起来的一种自动化加工技术，它综合了计算机、自动控制、电机、电气传动、测量、监控和机械制造等学科的内容，目前在机械制造业中已得到了广泛的应用。

数字控制（NC，Numerical Control）简称数控，是指利用数字化的代码构成的程序对设备的工作过程实现自动控制的一种方法。数控系统（NCS，Numerical Control System）是指利用数字控制技术实现的自动控制系统。

数控设备则是采用数控系统进行控制的机械设备，其操作命令是用数字或数字代码的形式来描述的，工作过程按照指定的程序自动地进行，装备了数控系统的机床称之为数控机床。数控机床是数控设备的典型代表，其他数控设备包括数控气割机、数控绘图机、数控测量机、数控雕刻机、电脑绣花机、数控插件机等。

数控系统的硬件基础是数字逻辑电路。最初的数控系统是由数字逻辑电路构成的，因而被称之为硬件数控系统。随着微型计算机的发展，硬件数控系统已逐渐被淘汰，取而代之的是当前广泛采用的计算机数控系统（CNC，Computer Numerical Control），采用存储程序的专用计算机实现部分或全部基本数控功能，从而具有真正的“柔性”，并可以处理硬件逻辑电路难以处理的复杂信息，使数控系统的性能大大提高。

第一节 数控系统的组成及工作过程

数控系统一般由输入输出装置、数控装置、伺服驱动装置和辅助控制装置四部分组成，有些数控系统还配有位置检测装置，其工作过程如图 1-1 所示。

1. 输入输出装置

CNC 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，数控装置要为操作人员显示必要的信息，如坐标值、报警信号等。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。

面板和显示器是数控系统不可缺少的人机交互设备，操作人员可通过面板和显示器输入程序、编辑修改程序和发送操作命令，即进行手动数据输入（MDI，Manual Data Input）。数控系统通过显示器为操作人员提供必要的信息，根据系统所处的状态和操作命令的不同，显示的信息可以是正在编辑的程序，或是机床的加工信息。较简单的显示器只有若干个数码管，显示的信息也很有限；较高级的系统一般配有 CRT 显示器或点

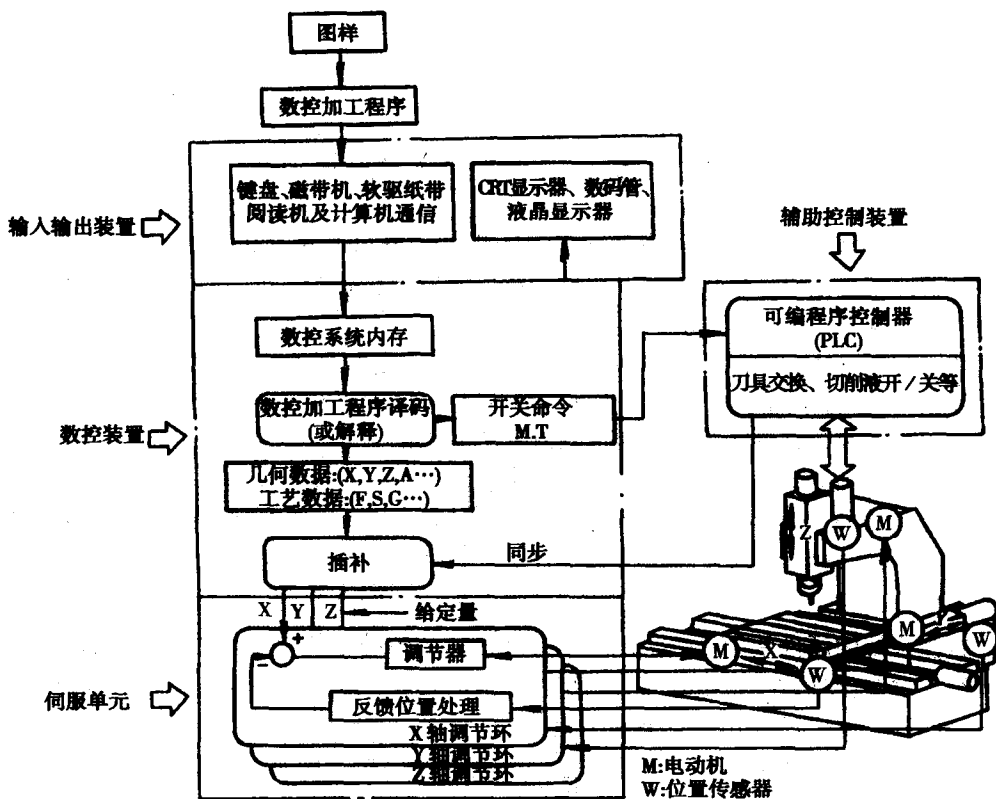


图 1-1 数控系统组成及工作过程

阵式液晶显示器，显示的信息较丰富；低档的显示器只能显示字符，中、高档的显示系统能显示图形。

数控加工程序编制好后，一般存放于便于输入到数控装置的一种控制介质上。传统的方式是将编制好的程序记录在穿孔纸带或磁带上，然后由纸带阅读机或磁带机输入数控系统，因此纸带阅读机和磁带机是数控机床的典型输入设备。

随着计算机技术的发展，一些计算机中通用技术也融入数控系统，如磁盘也作为存储零件的介质引入数控系统。与纸带相比，磁盘存储密度大，存取速度快，存取方便，所以应用越来越广泛。

数控机床程序输入的方法除上述的面板、磁盘、磁带和穿孔纸带外，还可以用标准的 R232 串行接口通信的方式输入。随着 CAD、CAM、CIMS 技术的发展，机床数控系统和计算机的通信显得越来越重要。

2. 数控装置

数控装置是数控系统的核心。它的主要功能是将输入装置传送的数控加工程序，经数控装置系统软件进行译码、插补运算和速度预处理等。系统进行数控加工程序译码时，将其区分成几何数据、工艺数据和开关功能。几何数据是刀具相对于工件运动路径

的数据, 利用这些数据可加工出工件的几何形状; 工艺数据是主轴转速和进给速度等功能的数据; 开关功能是对机床电器的开关命令, 如主轴启/停、刀具选择和交换、切削液的开/关、润滑油的启/停等。

数控装置的插补器根据曲线段已知的几何数据以及相应工艺数据中的速度信息, 计算出曲线段起点与终点之间的一系列中间点, 分别向机床各个坐标轴发出速度和位移信号, 通过各个轴运动的合成, 形成符合数控加工程序要求的工件轮廓的刀具运动轨迹。

由数控装置发出的开关命令在系统程序的控制下, 输出给机床控制器。在机床控制器中, 开关命令和由机床反馈的信号一起被处理和转换为机床开关设备的控制命令。现代数控系统中, 绝大多数机床控制器都采用可编程序控制器 (PLC, Programmable Logical Control) 实现开关控制。

3. 伺服驱动装置

伺服驱动装置接收数控装置发来的速度和位移信号, 控制伺服电动机的运动速度和旋转方向。伺服驱动装置一般由驱动电路和伺服电动机组成, 并与机床上的机械传动部件组成数控机床的进给系统。每个进给运动的执行部件都配有一套伺服驱动装置, 伺服驱动装置分为开环、半闭环和闭环控制系统。

4. 辅助控制装置

辅助控制装置是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的控制装置, 可通过可编程序控制器来实现对机床辅助功能 M、主轴速度功能 S 和换刀功能 T 的逻辑控制。

5. 位置检测装置

位置检测装置与伺服装置配套, 组成半闭环和闭环伺服驱动系统。位置检测装置通过直接或间接测量将执行部件的实际进给位移检测出来, 反馈到数控装置, 并与指令位移进行比较, 将误差转换放大后控制执行部件的进给运动, 以提高系统精度。

第二节 数控系统的分类

数控系统的种类很多, 虽然在使用上各自的控制对象不同, 但在原理上却万变不离其宗。按照数控系统的基本原理, 可进行下述分类。

一、按运动轨迹分类

1. 点位控制系统

这类控制系统只控制刀具相对工件从一点移动到另一点的准确位置, 而对于点与点之间移动的轨迹不进行控制, 且移动过程中不进行切削 (见图 1-2)。为了提高加工效率, 保证定位精度, 系统采用“快速趋近, 减速定位”的方法实现控制。采用这一类系

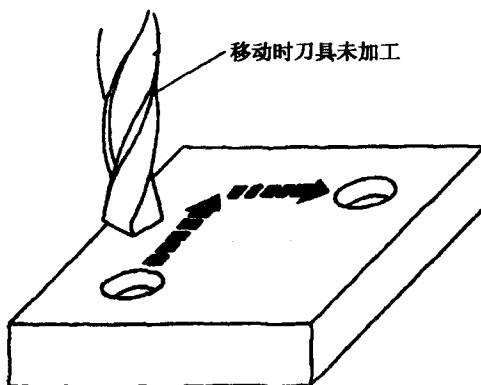


图 1-2 点位控制系统

统的设备有数控钻床、数控镗床、数控冲床、数控折弯机、数控点焊机等。

2. 直线控制系统

这类控制系统不但要控制点与点的准确位置，而且要保证两点之间刀具移动的轨迹是一条直线，且在移动过程中刀具能以给定的进给速度进行切削加工（见图 1-3）。一般情况下，直线控制系统的刀具运动轨迹是平行于各坐标轴的直线；特殊情况下，如果同时驱动两套运动部件，其合成运动的轨迹是与坐标轴成一定夹角的斜线。采用此类控制方式的设备有数控车床、数控磨床和数控镗铣床等。

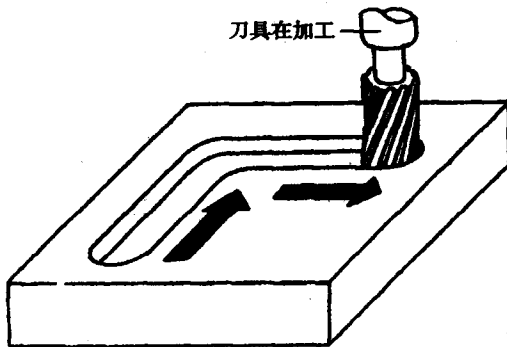


图 1-3 直线控制系统

3. 连续控制系统

连续控制系统又称为轮廓控制系统，大多数数控机床具有连续控制功能。这类系统能对两个或两个以上的坐标方向进行严格控制（见图 1-4）。连续控制系统是多坐标同时控制，信息处理比较复杂，它需要进行复杂的插补运算。插补运算的作用是：根据给定的运动代码指令和进给速度，计算刀具相对于工件的运动轨迹，实现连续控制。轮廓控制装置要比点位、直线控制装置结构复杂得多，功能齐全得多。采用此类控制方式的设备有数控车床、数控铣床、数控线切割机床、数控加工中心等。

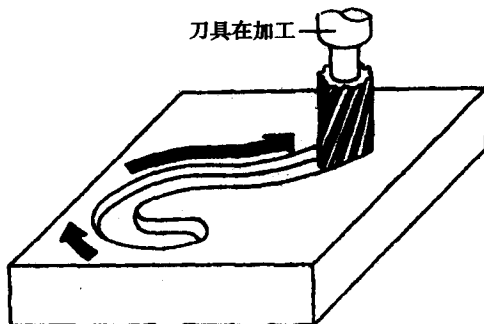


图 1-4 连续控制系统

二、按伺服系统分类

1. 开环控制系统

开环数控系统结构简单，没有测量反馈装置。同时，数控装置发出的指令信号流是单向的，所以不存在系统稳定性问题。因为无位置反馈，所以精度不高，其精度主要取决于伺服驱动系统的性能。

开环数控系统的工作原理如图 1-5 所示。开环数控系统是这样工作的：首先将控制机床工作台或刀架运动的位移距离、位移速度、位移方向、位移轨迹等参量通过输入装置输入 CNC 装置，CNC 装置根据这些参量指令计算出进给脉冲序列；然后对脉冲单元进行功率放大，形成驱动装置的控制信号；最后，由驱动装置驱动工作台或刀架，按所要求的速度、轨迹、方向和移动距离，加工出形状、尺寸与精度符合要求的零件。开环数控系统一般用功率步进电动机作为伺服驱动单元。

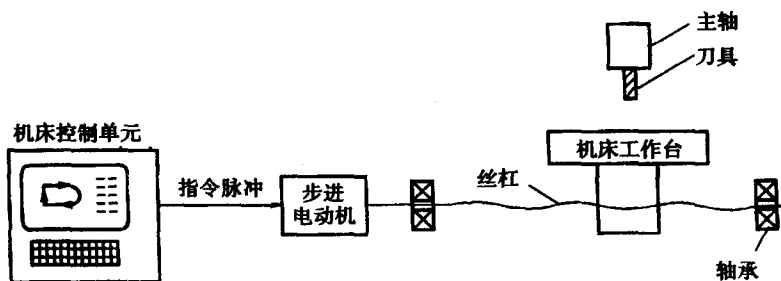


图 1-5 开环控制系统工作原理框图

开环数控系统具有工作稳定、反应迅速、调试方便、维修简单、价格低廉等优点，在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到广泛的应用。但是，由于步进电动机的低频共振及丢步等原因，其应用有逐渐减少的趋势。一般适用于经济型数控机床和旧机床的数控化改造。

2. 半闭环控制系统

这类系统的位置检测装置安装在电动机或丝杠轴端，通过角位移的测量间接得出机床工作台的实际位置，并与 CNC 装置的指令值进行比较，用差值进行控制。这类系统可矫正部分环节造成的误差，精度比开环高，以交、直流伺服电动机作为驱动元件。

半闭环数控系统工作原理如图 1-6 所示，由伺服电动机采样旋转角度而不是检测工作台的实际位置。因此，丝杠的螺距误差和齿轮或同步带轮等引起的误差都难以消除。半闭环数控系统的环路内不包括或只包括少量机械传动环节，因此系统控制性能稳定。而机械传动环节的误差，大部分可通过误差补偿的方法消除，因而仍可获得满意的精度。

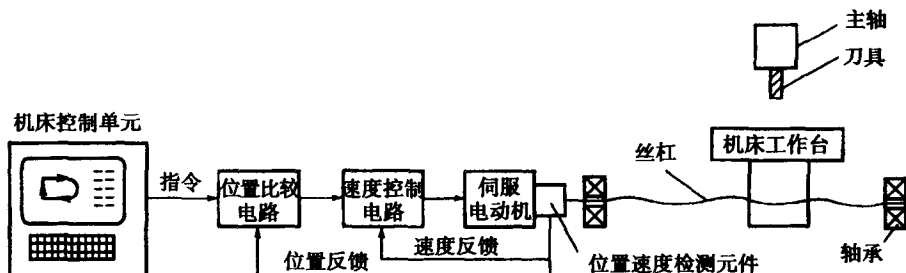


图 1-6 半闭环控制系统工作原理框图

3. 闭环控制系统

这类系统的位置检测装置安装在机床工作台上，将工作台的实际位置检测出来，并与 CNC 装置的指令位置进行比较，用差值进行控制。这类系统可矫正全部传动环节造成的误差，其精度很高，系统的精度主要取决于检测装置的精度。以交、直流伺服电动机作为驱动元件，用于高精度设备的控制。

闭环数控系统工作原理如图 1-7 所示, 采样点从机床的运动部件上直接引出。通过采样工作台运动部件的实际位置, 即对实际位置进行检测可以消除整个传动环节的误差、间隙, 因而具有很高的位置控制精度。但是, 由于位置环内的许多机械环节的摩擦特性、刚性和间隙都是非线性的, 故容易造成系统的不稳定以及调试困难。这类系统主要用于精度要求很高的铣床、超精车床和螺纹车床等。

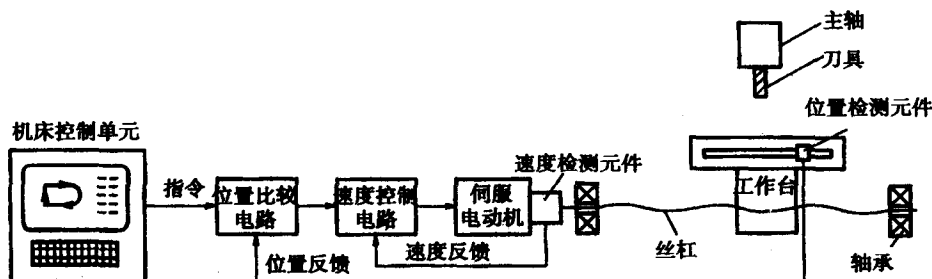


图 1-7 闭环控制系统工作原理框图

三、按数控系统的制造方式分类

1. 专用型数控系统

这类数控系统是各制造厂家专门设计和制造的, 布局合理、结构紧凑、专用性强, 但硬件之间彼此不能交换和替代, 没有通用性。如 SIEMENS 数控系统、FANUC 数控系统及我国一些数控系统生产厂家生产的数控系统等都属此类。

2. 通用型数控系统

这类数控系统是以 PC 机作为 CNC 装置的支持平台, 再由各数控机床制造厂根据数控的需要, 插入自己的控制卡和数控软件, 构成相应的 CNC 装置。其通用性强, 易于实现升级换代, 且抗干扰能力强。

第三节 FANUC 数控系统

一、FANUC 数控系统介绍

在数控机床上常采用的数控系统有日本 FANUC 公司生产的 0M、15M、16M、18M, SIEMENS 公司生产的 3、8、802、810、840、850, 法国 NUM 公司生产的 NUM1020、1040、1060 等。国内的高档数控系统有华中理工大学的 HNC (华中 1 型), 珠峰数控公司的 CME988 (中华 1 型) 系列, 北京航天数控集团的 CASNUC911MC (航天 I 型) 及中国科学院沈阳计算所的 LT8520/30 (蓝天 1 型) 等。目前国内应用较多的是日本 FANUC 系列的数控系统。

日本 FANUC 公司创建于 1956 年, 是生产数控系统和工业机器人的著名厂家, 该公司自 20 世纪 60 年代生产数控系统以来, 已经成功开发出 40 种左右的系列品种。20

世纪 70 年代, FANUC 公司与德国 SIEMENS 公司联合研制了数控系统 7, 使 FANUC 公司成为世界上最大的专业数控系统生产厂家。20 世纪 80 年代初, FANUC 公司推出系列产品数控系统 10、11 和 12。20 世纪 80 年代中期, 推出数控系统 0, 它体积小、价格低, 适用于机电一体化的小型机床。在硬件上采用了最新型高速高集成度的微处理器, 使其运算速度、控制能力都有了较大的提高。FANUC 公司目前生产的数控系统装置有 F0、F10、F11、F12、F15、F16、F18 系列。F00/F100/F110/F120/F150 系列是在 F0、F10、F11、F12、F15 的基础上增加了 MMC 功能, 即 CNC、PMC、MMC 三位一体的数控系统。

二、FANUC 数控系统的特点

- (1) 在新产品中, 结构上采用模块化结构。
- (2) 采用专用 LSI, 以提高集成度、可靠性, 减小体积和降低成本。
- (3) 产品应用范围广。每一种 CNC 装置可配多种控制软件, 适用于多种机床。
- (4) 不断采用新工艺、新技术, 如表面安装技术 SMT、多层印制电路板、光导纤维电缆。
- (5) CNC 装置体积减小, 采用面板装配式、内装式 PMC。
- (6) 在插补、进给加减速、补偿、自动编程、图形显示、通信、控制和诊断方面不断增加新的功能。
- (7) CNC 装置面向用户开放功能是以用户特定宏程序、MMC 等功能来实现的。
- (8) 支持多种语言显示, 如日语、英语、汉语、德语、意语、法语、丹麦语等。
- (9) 备有多种外设。如 FANUC PPR、FANUC FA CARD、FANUC FLOPPYCASSETTE、FANUC PROGRAM FILE Mate 等。
- (10) 推出 MAP (制造自动化协议) 接口, 使 CNC 通过该接口实现与上一级计算机通信。
- (11) 现已形成多种版本。

三、FANUC 系统典型系列

1. 0 系列

FANUC 系统 0 系列是结构紧凑、面板可装配式的 CNC 装置, 易于组成机电一体化系统。F0 Mate 系列是 F0 系列的派生产品, 与 F0 相比, 它的结构更加紧凑。FANUC 公司先后开发出的 OMB 系列和 OMC 系列, 其中 OMC 系列为 20 世纪 90 年代初推出的具有 MST 的 32 位 CNC 系统。

OMA 为一种多微处理器的 CNC 系统, 主 CPU 为 8086, 伺服 CPU 为 8086, 图形及面板操作也用 CPU。主板采用大板结构, 控制线路采用专用 LSI: BAC (总线仲裁控制器)、IOC (I/O 控制器) 及 MB8103 (位置控制器)。OME 是 OMA 向东方国家销售时的标志, 与 OMA 软、硬件结构一致。FANUC 0 系列的系统结构框图如图 1-8 所示。