

SIEMENS

数控加工手册

关颖 胡育辉 编著

辽宁科学技术出版社

SIEMENS

数控加工手册

关 颖 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

SIEMENS数控加工手册 / 关颖, 胡育辉编著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2015.3

ISBN 978-7-5381-9092-2

I. ①S… II. ①关… ②胡… III. ①数控机床—加工—技术手册 IV. ①TG659-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 025288 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29号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳全成广告印务有限公司

经销者: 各地新华书店

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 44

字数: 1000 千字

出版时间: 2015 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2015 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑: 高 鹏

封面设计: 杜 江

版式设计: 于 浪

责任校对: 王玉宝 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-9092-2

定 价: 180.00 元

投稿热线: 024-23284373

邮购热线: 024-23284502

E-mail: lnkj1107@126.com

<http://www.lnkj.com.cn>

本社法律顾问: 陈光律师

咨询电话: 13940289230

总目录

第一篇/1……376

SIEMENS数控车床

关 颖 编著

第二篇/1……299

SIEMENS数控铣床加工中心

胡育辉 编著

第一篇

SIEMENS数控车床

关 颖 编著

目 录

前言

第一章 数控车床绪论	1
第一节 数控机床概述	1
一、数控技术与数控设备	1
二、数控机床的特点	1
三、数控机床的分类	2
四、数控机床的工作原理	6
第二节 数控车床的功能、组成及分类	9
一、数控车床的功能及特点	10
二、数控车床的结构、布局和特点	10
三、数控车床的分类	12
第三节 数控车床的安全生产规则及日常维护保养	13
一、数控车床安全生产规则	13
二、数控机床日常维修工作安全规范	13
三、数控机床机床本体的维护	15
四、数控机床电气控制系统的日常维护	16
五、数控机床的维修	16
六、数控车床操作工职业技能鉴定标准	17
第四节 数控系统与数控机床技术发展趋势	19
一、数控系统发展趋势	19
二、数控机床发展趋势	21
第二章 SINUMERIK 数控系统	24
第一节 SINUMERIK 数控系统概述	24
第二节 CNC 装置的主要功能、特点及工作原理	24
一、CNC 装置的特点	25
二、CNC 装置的工作原理	26
第三节 CNC 装置的硬件结构	27
一、单微处理器结构的 CNC 系统	27
二、多微处理器 CNC 装置的典型结构	28
第四节 CNC 装置的软件结构	31
一、CNC 装置软件类型	31
二、CNC 装置的软件功能	31
三、CNC 系统的软件结构特点	32
第五节 SINUMERIK 数控系统实例	33
一、SINUMERIK 数控系统组成及性能特点	33
二、SINUMERIK 802D 系统的技术功能特点	36
三、SINUMERIK 802D 系统基本组成与部件说明	37

四、SINUMERIK 802D 系统的连接	40
五、SINUMERIK 802D 系统电气控制连接	44
第三章 SINUMERIK 系统——数控车床伺服驱动控制系统与检测	51
第一节 数控车床伺服驱动系统概述	51
一、数控车床进给伺服系统的组成	51
二、伺服系统的分类	51
三、数控车床对伺服驱动的要求	52
四、典型伺服装置的组成	52
第二节 常用的伺服电机	53
一、步进电机	53
二、直流伺服电机	54
三、交流伺服电机	56
第三节 数控车床的检测装置	57
一、对检测装置的要求	58
二、检测装置的分类	58
三、数控测量装置的性能指标	58
四、常用的位置检测装置——光栅	59
五、感应同步器	60
六、磁尺	62
七、旋转变压器	62
第四章 数控车削加工工艺	64
第一节 数控车床的加工工艺	64
一、数控车削加工零件的类型	64
二、数控车削的加工特点	64
三、数控车床加工的主要对象	65
第二节 数控车床加工工艺剖析	66
一、数控车削加工的主要内容	66
二、数控车削加工的工艺特点	66
第三节 数控加工工艺文件的拟定	69
一、数控车削加工方案的确定	69
二、工序划分的原则	69
三、加工顺序安排原则	70
四、加工路线的确定	71
五、工件在数控车床上的定位与装夹	74
六、刀具的选择	83
七、切削参数的选择	94
八、典型零件数控车削加工工艺	96
第五章 SINUMERIK 802D 数控车床编程及其应用	99
第一节 SINUMERIK 802D 数控车床编程基础	99
一、数控车床编程的方法	99
二、SINUMERIK 802D 程序的结构与格式	99

第二节 SINUMERIK 802D 常用指令与编程方法	102
一、SINUMERIK 802D 系统数控车床编程基础知识	102
二、SINUMERIK 802D 系统数控车床基本编程方法	108
三、SINUMERIK 802D 系统数控车床主轴运动指令	128
四、SINUMERIK 802D 系统数控车床刀具补偿功能	131
五、SINUMERIK 802D 系统数控车床计算参数及函数指令	140
六、SINUMERIK 802D 系统数控车床程序跳转	141
七、SINUMERIK 802D 系统数控车床子程序	143
八、SINUMERIK 802D 系统数控车床辅助功能	146
九、SINUMERIK 802D 系统数控车床 H 功能	148
第三节 SINUMERIK 802D 数控车床固定循环	148
一、循环概述	148
二、SINUMERIK 802D 车削类循环	149
三、钻镗孔类循环	166
第四节 SIEMENS 802D 数控系统数控车床加工实例	186
一、简单形面(端面及外圆)数控车削加工实例	186
二、轴类零件数控车削加工实例	188
三、盘类零件数控车削加工实例	193
四、螺纹类零件的数控加工实例	201
五、子程序数控加工实例	204
六、复杂零件综合数控加工实例	209
第六章 SINUMERIK 802D 数控车床操作	219
第一节 SINUMERIK 802D 数控车床操作设备及软件功能	219
一、SINUMERIK 802D 数控控制面板	219
二、SINUMERIK 802D 键符定义	220
三、SINUMERIK 802D 机床控制面板	221
四、SINUMERIK 802D 数控系统屏幕划分	222
五、操作区域键	224
六、直角坐标系	224
第二节 SIEMENS 数控系统—数控车床的操作方法	226
一、开机回参考点	226
二、“加工”操作区——JOG 运行方式	226
三、手摇脉冲发生器——手轮的运行	228
四、MDA 手动输入方式	229
五、车削端面	230
六、程序输入	231
七、输入刀具参数及刀具补偿	235
八、输入/修改零点偏置值	239
九、自动加工	242
第三节 数控车床的机械结构	247
一、数控车床主传动系统及主轴部件	247

二、数控车床进给传动系统及传动装置	250
三、数控车床自动回转刀架	254
四、数控车床润滑系统	257
五、数控车床排屑系统	257
六、数控车床尾座	258
第七章 SINUMERIK 802D 数控车床自动编程	259
第一节 自动编程软件概述	259
一、自动编程发展过程	259
二、自动编程软件的优点	259
三、自动编程的操作步骤	259
四、常见的自动编程软件简介	260
第二节 CAXA 数控车自动编程	261
一、界面与菜单介绍	261
二、系统的交互方式	264
三、CAXA 数控车的 CAD 功能	266
第三节 CAXA 数控车的 CAM 功能	274
一、数控车 CAM 功能概述	274
二、CAXA 数控车软件的车削加工	275
第四节 数控车自动编程实例	289
一、轴类零件的加工	289
二、套类零件的加工	298
三、槽及螺纹加工	314
四、手柄零件的加工	322
五、复杂轴类零件加工	330
第八章 SINUMERIK 802D 数控车床的故障诊断与排除	334
第一节 SINUMERIK 802D 数控车床常见故障和常规处理方法	334
一、数控车床常见故障分类	334
二、故障诊断及常规处理方法	335
第二节 SINUMERIK 802D 数控系统的维护和故障诊断	337
一、数控系统的预防性维护	337
二、数控系统故障诊断	338
第三节 SINUMERIK 802D 数控车床机械故障诊断	339
一、数控车床机械故障诊断的方法	339
二、数控机床机械故障诊断及维修	340
第四节 SINUMERIK 802D 数控车床故障报警	345
附录 1 数控车工国家职业技能鉴定标准	359
附录 2 SINUMERIK 802D 指令表	366
参考文献	376

第一章 数控车床绪论

第一节 数控机床概述

一、数控技术与数控设备

数控技术是指利用数字信号构成的控制程序对设备的工作过程实现自动控制的一种技术,简称数控(NC, Numerical Control)。它所控制的一般是位移、角度、速度等机械量,也可以是温度、压力、流量等物理量,这些物理量的大小不仅是可测得的,而且可经A/D或D/A转换,用数字信号表示。

现代数控技术是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广泛的应用。

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为数控机床。

随着微型计算机的发展,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,具有真正的“柔性”,使数控系统的性能大大提高。

二、数控机床的特点

数控设备(特别是采用CNC装置的数控设备)是实现柔性自动化的重要设备,在各行业中得到了日益广泛的应用。与其他加工设备相比,数控机床具有以下特点。

1. 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。在数控设备上对产品加工,当产品(生产对象)改变时,只需改变数控设备的输入程序,就能适应新产品的生产需要,而不需改变机械部分和控制部分的硬件,而且生产过程是自动完成的。这一特点不仅满足了当前产品更新快的市场竞争需要,而且较好地解决了单件、小批量、多变产品的自动化生产问题。适应性强是数控设备最突出的优点,也是数控设备得以产生和迅速发展的主要原因。

2. 能实现复杂的运动

普通机械设备难以实现或无法实现轨迹为三次以上的曲线或曲面的运动,如螺旋桨、汽轮机叶片之类的空间曲面,而数控设备则几乎可以实现任意轨迹的运动和加工任何形状的空间曲面,适用于复杂异形零件的加工。

3. 精度高,质量稳定

数控设备是按照预定程序自动工作的,一般情况下工作过程不需要人工干预,这就消

除了操作者人为产生的误差。在设计制造设备主机时，通常采取了许多措施。使数控设备的机械部分达到较高的精度。数控装置的脉冲当量（或分辨率）目前可达 $0.01 \sim 0.0001\text{mm}$ ，同时，可以通过实时检测反馈修正误差或补偿来获得更高的精度。因此，数控设备可以获得比设备本身精度更高的加工精度，尤其提高了同批零件生产的一致性，使产品质量稳定。

4. 生产率高

数控设备比普通设备生产率高出许多倍。尤其对某些复杂零件的加工，生产率可提高十几倍甚至几十倍。生产率高的原因是：

(1) 数控设备（如数控机床）上可采用较大的切削用量，有效地减少了加工中的切削工时；

(2) 具有自动换速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能，而且无需工序间的检验与测量，使辅助时间大为缩短；

(3) 工序集中、一机多用的数控加工中心，在一次装夹后几乎可以完成零件的全部加工，不仅可减少装夹误差，还可减少半成品的周转（包括运输、测量等）时间，生产率的提高更为明显。

5. 减轻劳动强度，改善劳动条件

数控设备的工作是按预先编制好的加工程序自动连续完成的，操作者除输入加工程序、操作键盘、装卸工件、进行关键工序的中间测量及观看设备的运行外，不需进行繁重的重复手工操作，劳动条件和劳动强度大为改善。

6. 有利于生产管理

采用数控设备能准确地计算产品生产的工时，并有效地简化检验、工夹具和半成品的管理工作。数控设备采用数控信息的标准代码输入，有利于与计算机连接，构成由计算机控制和管理的小批量生产系统，实现制造和生产管理的自动化。

三、数控机床的分类

1. 按机床运动的控制轨迹分类

(1) 开环控制系统。开环控制系统结构简单，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。

开环控制系统的工作原理如图 1-1 所示。开环控制系统是这样工作的：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。开环控制系统一般用功率步进电动机作为伺服驱动单元。

开环控制系统具有工作稳定、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了广泛的应用。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。

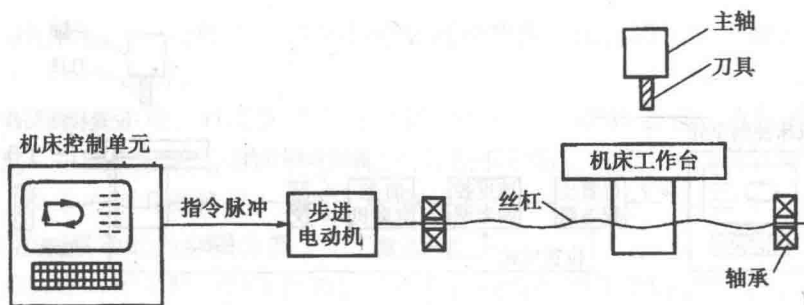


图 1-1 开环控制系统工作原理框图

(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，以交流、直流伺服电动机作为驱动元件。

半闭环控制系统工作原理如图 1-2 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。半闭环控制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。

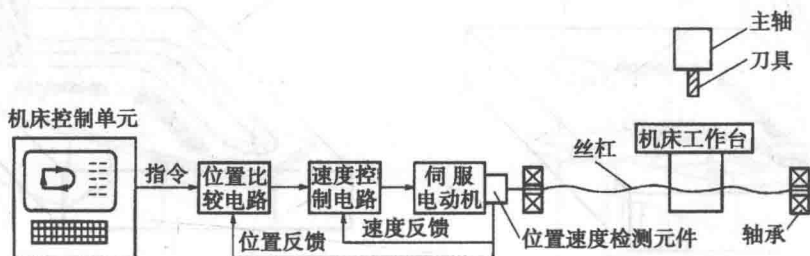


图 1-2 半闭环控制系统工作原理框图

(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，精度很高，系统的精度主要取决于检测装置的精度。以交流、直流伺服电动机作为驱动元件，用于高精度设备的控制。

闭环控制系统工作原理如图 1-3 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镜铣床、超精车床和螺纹车床等。

2. 按机床运动的控制轨迹分类

(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（图 1-4）。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。

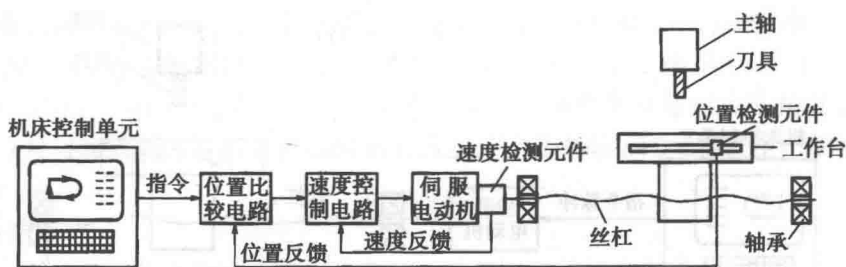


图 1-3 闭环控制系统工作原理框图

采用这一类系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（图 1-5）。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。

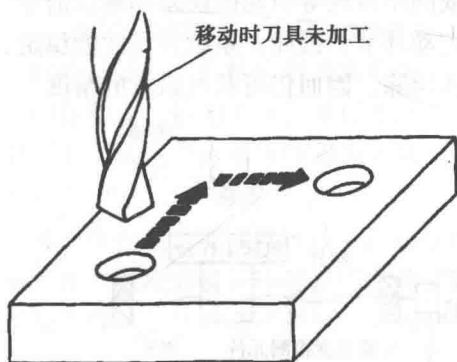


图 1-4 点位控制系统

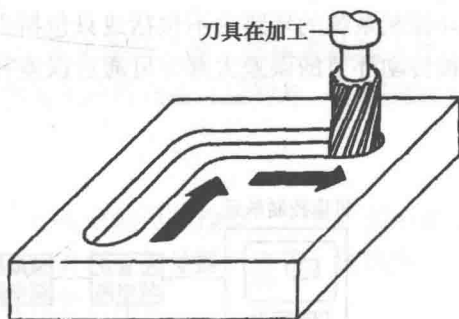


图 1-5 直线控制系统

(3) 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（图 1-6）。连续控制系统是多坐标同时控制，信息处理比较复杂，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 1-6 连续控制系统

3. 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 数控系统等。

(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。

4. 按可控制联动的坐标轴分类

所谓数控机床可控制联动的坐标轴,是指数控装置控制几个伺服电动机,同时驱动机床移动部件运动的坐标轴数目。

(1) 两坐标联动。数控机床能同时控制两个坐标轴联动(图 1-7),即数控装置同时控制 X 和 Z 方向运动,可用于加工各种曲线轮廓的回转体类零件。或机床本身有 X 、 Y 、 Z 三个方向的运动,数控装置只能同时控制两个方向的运动(图 1-8),实现两个坐标轴联动,但在加工中能实现坐标平面的变换,用于加工零件的沟槽。

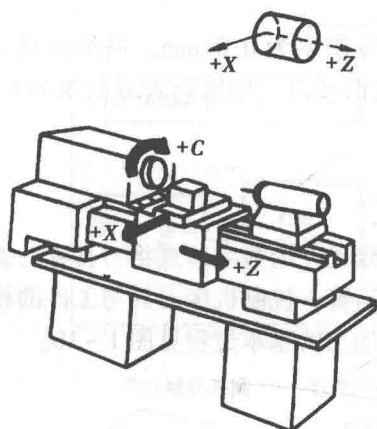


图 1-7 卧式车床

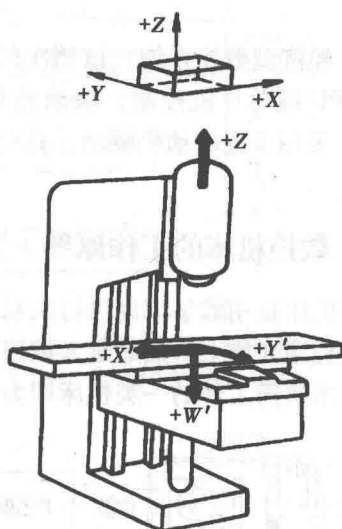


图 1-8 立式升降台铣床

(2) 三坐标联动。数控机床能同时控制三个坐标轴联动,如图 1-8 所示,此时,铣床称为三坐标数控铣床,可用于加工曲面零件。

(3) 两轴半坐标联动。数控机床本身有三个坐标,能作三个方向的运动,但控制装置只能同时控制两个坐标,而第三个坐标只能作等距周期移动,可加工空间曲面。如数控装置在 ZX 坐标平面内控制 X 、 Z 两坐标联动,加工垂直面内的轮廓表面,控制 Y 坐标作定期等距移动,即可加工出零件的空间曲面。

(4) 多坐标联动。数控机床能同时控制四个以上坐标轴联动。多坐标数控机床结构复杂、精度要求高、程序编制复杂,主要用于加工形状复杂的零件。六轴加工中心运动坐标系示意图如图 1-9 所示。

5. 按数控系统的功能水平分类

数控系统并没有确切的档次界限,其参考评价指标包括:CPU 性能、分辨率、进给速度、联动轴数、伺服水平、通信功能和人机对话界面等。

(1) 高级型数控系统。该档次的数控系统采用 32 位或更高性能的 CPU，联动轴数在 5 轴以上，进给速度 $\geq 24\text{m/min}$ （分辨率为 $1\mu\text{m}$ 时）或 $\geq 10\text{m/min}$ （分辨率为 $0.1\mu\text{m}$ 时），采用数字化交流伺服驱动，具有 MAP（Manufacturing Automation Protocol）高性能通信接口，具备联网功能，有三维动态图形显示功能。

(2) 普及型数控系统。该档次的数控系统采用 16 位或更高性能的 CPU，联动轴数在 5 轴以下，分辨率在 $1\mu\text{m}$ 以内，进给速度 $\leq 24\text{m/min}$ ，可采用交流、直流伺服驱动，具有 RS232 或 DNC 通信接口，有 CRT 字符显示和平面线性图形显示功能。

(3) 经济型数控系统。该档次的数控系统采用 8 位 CPU 或单片机控制，联动轴数在 3 轴以下，分辨率为 0.01mm ，进给速度为 $6 \sim 8\text{m/min}$ ，采用步进电动机驱动，具有简单的 RS232 通信接口，用数码管或简单的 CRT 字符显示。

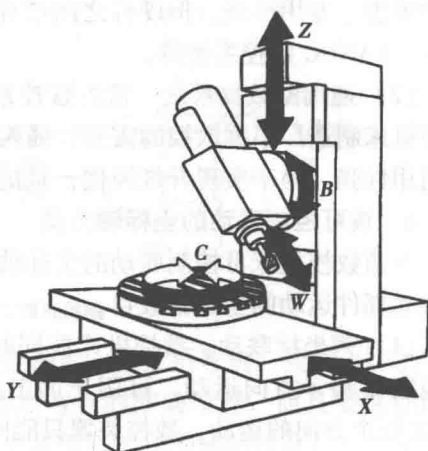


图 1-9 六轴加工中心运动坐标系

四、数控机床的工作原理

数控机床是用数字信息进行控制的机床。凡是用代码化的数字信息将刀具移动轨迹信息记录在程序介质上，然后送入数控系统经过译码和运算，控制机床刀具与工件的相对运动，加工出所需工件的一类机床即为数控机床。数控加工的基本过程见图 1-10。

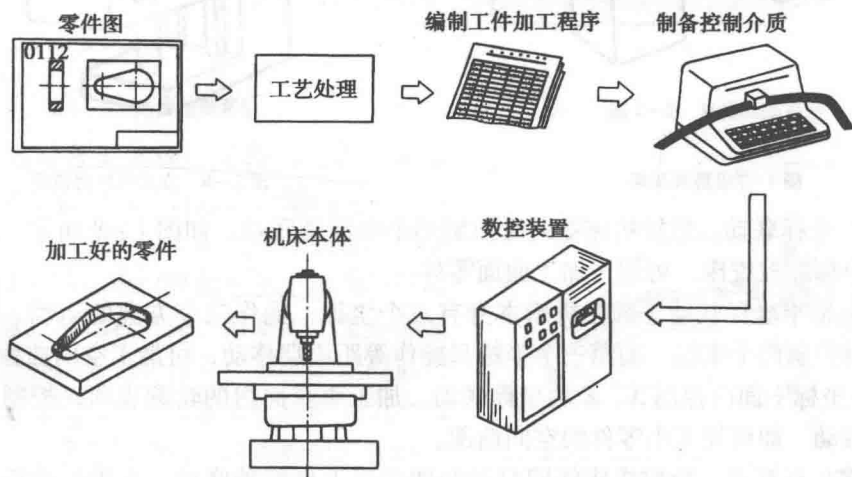


图 1-10 数控加工的基本过程

由图 1-10 可知，在数控机床加工工件前，要分析零件图，拟定零件加工工艺方案，明确加工工艺参数，然后按编程规则编制数控加工程序。当加工零件的几何信息和工艺信息转换为数字化信息后，可以用不同方法输入到机床的数控系统中，经检查无误即可启动

机床，运行数控加工程序，数控装置会自动完成数控加工程序发出的各种控制指令。如果不出现故障，直到加工程序运行结束，零件加工完毕为止。数控加工的控制过程与计算机控制打印机的打印过程，特别是与计算机控制绘图机的绘图过程非常相似。

数字控制是相对于模拟控制而言的。数字控制系统或计算机数字控制系统用字长来表示不同精度信息，可进行复杂的算术运算、逻辑运算和信息处理，通过改变软件（而非电路或机械机构）实现信息处理方式和过程的转换，具有很好的柔性功能。

CNC 系统方便、可靠、精度高，广泛应用于机械运动的轨迹、检测和辅助运动控制等各方面，其中，轨迹控制是机床和工业机器人的主要控制内容。

1. 数控机床的组成

数控机床一般由输入输出设备、数控装置（CNC）、伺服单元、驱动装置（或称执行机构）、可编程控制器（PLC）及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成。图 1-11 是数控机床的硬件构成图。

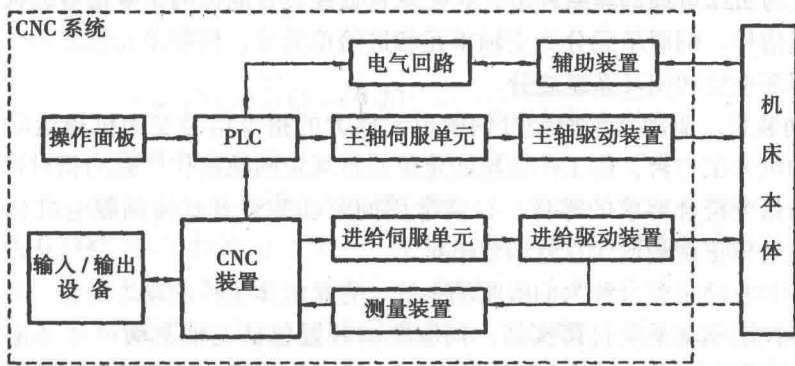


图 1-11 数控机床的硬件构成

(1) 输入和输出装置。是机床数控系统和操作人员进行信息交流、实现人机对话的交互设备。

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电脉冲信号，传送并存入数控装置内。目前，数控机床的输入装置有键盘、磁盘驱动器、光电阅读机等，其相应的程序载体为磁盘、穿孔纸带。输出装置是显示器，有 CRT 显示器或彩色液晶显示器两种。输出装置的作用是：数控系统通过显示器为操作人员提供必要的信息。显示的信息可以是正在编辑的程序、坐标值以及报警信号等。

(2) 数控装置（CNC 装置）。是计算机数控系统的核心，是由硬件和软件两部分组成的。它接收的是输入装置送来的脉冲信号，信号经过数控装置的系统软件或逻辑电路的编译、运算和逻辑处理后，输出各种信号和指令，控制机床的各个部分，使其进行规定的、有序的动作。这些控制信号中最基本的信号是各坐标轴（即作进给运动的各执行部件）的进给速度、进给方向和位移量指令（送到伺服驱动系统驱动执行部件作进给运动），还有主轴的变速、换向和启停信号，选择和交换刀具的刀具指令信号，控制冷却液、润滑油启停，控制工件和机床部件松开、夹紧，控制分度工作台转位的辅助指令信号等。

数控装置主要包括微处理器（CPU）、存储器、局部总线、外围逻辑电路以及与 CNC