SINUMERIK 828D数控系统连接与调试

项目1-1 数控机床认识

教材编写组 周树强

SIEMENS
Ingenuity for life

在完成本项目学习之后，掌握数控机床工艺特点和工艺用途

同时学习：

目录

CONTENTS

01 ◆数控机床组成

02 ◆常见数控机床类型

03 ◆典型数控机床结构

04 ◆实训任务

01

数控机床组成

导读

SIEMENS
Ingenuity for life

一.数控机床作用

二.数控机床组成

数控机床

数控机床作用

图 1-1-1　配置 828D 系统数控车床

数控机床是数字控制机床（Computer numerical control machine tools）的简称，是一种装有程序控制系统的自动化机床。该控制系统能够逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序，并将其译码，用代码化的数字表示，通过信息载体输入数控装置。经运算处理由数控装置发出各种控制信号，控制机床的动作，按零件图纸要求的形状和尺寸，自动地将零件加工出来。

简单的说，配置了数控系统的机床称为数控机床。如图1-1-1所示为第45届世界技能大赛全国选拔赛数控车赛项所用数控车床，数控车床本体配置SINUMERIK 828D数控车系统；如图1-1-2所示为第45届世界技能大赛全国选拔赛数控铣赛项、原型制作赛项所用数控铣床，SINUMERIK 828D数控铣系统。

图 1-1-2　配置 828D 系统数控铣床

数控机床基本组成

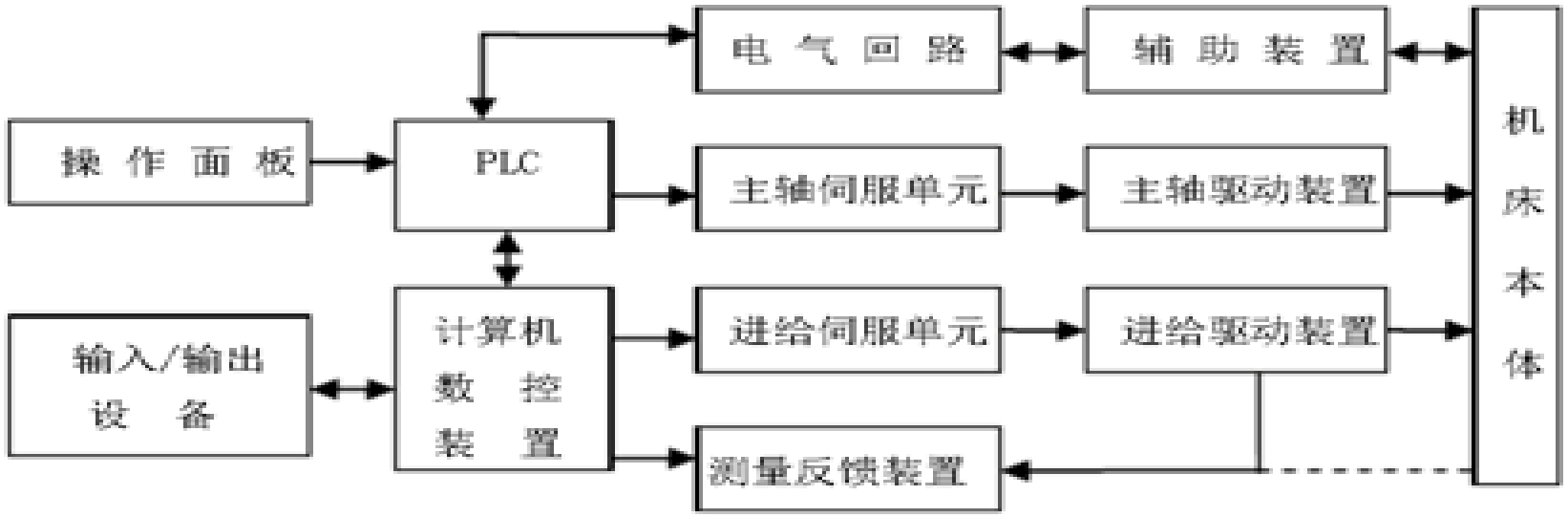

图 1-1-3 数控机床基本组成

数控机床基本组成 数控机床基本组成如图1-1-3框图所示，一般由输入输出设备、CNC装置（或称CNC单元）、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、机床本体及测量反馈装置组成。

各部分主要功能

1）机床本体 与传统的机床相比较，数控机床本体仍然由主传动装置、进给传动装置、床身及工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控机床本体的整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统等的结构以及操纵机构发生了很大的改变,这种变化的目的是为了满足数控机床高精度、高速度、高效率以及高柔性的要求。具体体现在以下几个方面：

机床本体

◇机床刚性大大提高，抗振性能大为改善。通过合理设计结构的断面形状和尺寸、合理布置结构上的筋条和筋板、改善构件连接处刚性、合理选择构件壁厚等措施提高机床结构件静刚性和固有频率；通过在机床大型型腔中充填阻尼材料、在大型结构件表面采用阻尼涂层等措施改善抗振性能。采用加宽机床导轨面、改变立柱和床身布局方式、校动平衡等措施，同时借助软件对机床整体结构进行有限元强度分析，作为改善结构重要依据，提高机床结构性能。

如图1-1-4所示为数控机床典型床身设计，采用有效的床身结构设计，合理设计筋板，控制开孔尺寸及合理位置布局，大型型腔填充，有效提高了机床刚性。

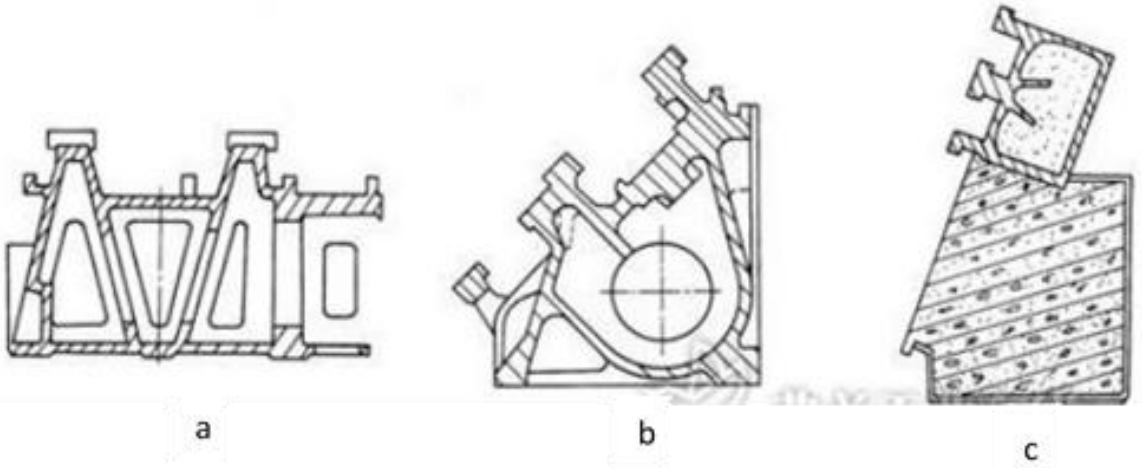

图 1-1-4　提高机床刚性，改善抗振性能
a 平床身设计　b 斜床身设计　c 机床型腔填充

机床本体

SIEMENS
Ingenuity for life

◇机床热变形降低 在数控机床结构设计上将电动机、变速箱、液压装置、油箱等发热源外置减少热变形对机床精度影响；通过强制冷却、良好散热控制温升等措施减小部件热变形；通过丝杠预紧减少丝杠热变形。

◇机床传动结构简化，数控机床通过主轴电机、伺服电机自动调速达到加工要求，机械传动链短，机械结构得以简化。如主轴电机采用电主轴，将电机转子和机床主轴合二为一，实现零传动链传动；进给运动采用直线电机，电机直接带动工作台作直线运动。如图1-1-5为西门子公司生产的电主轴；图1-1-6为西门子公司生产的直线电机。

图 1-1-6　西门子直线电机

机床本体

◇机床各运动副的摩擦因数小。滚动导轨、静压导轨、磁悬浮导轨、贴塑导轨的使用能够减小摩擦系数和摩擦力；用精密滚珠丝杠副代替滑动丝杠副，能有效减小进给运动部件摩擦力。图1-1-7为导轨采用滚动导轨块减小摩擦力；图1-1-8为数控机床进给运动采用滚珠丝杠螺母副结构减小摩擦力。

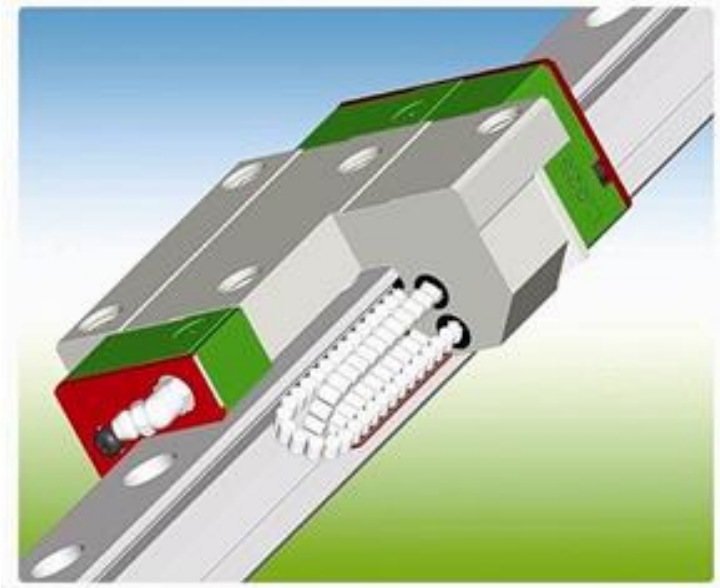

图 1-1-7　滚动导轨块

图 1-1-8　滚珠丝杠螺母副

机床本体

◇数控机床功能部件增多。数控机床使用了很多功能部件，如加工中心刀库、交换工作台、数控车床自动排屑装置、数控机床在线检测装置等，提高数控机床性能和提高加工效率。

如图1-1-9为加工中心刀库，可实现加工过程中多工序、多工步自动换刀；图1-1-10为工件自动加工过程中检测用的比对仪，可以就近直接检测加工出的工件，针对车间中的手动或自动测量工序提供高速、可重复及操作简单的测量解决方案。

图 1-1-9　加工中心链式刀库

图 1-1-10　比对仪

CNC单元

图 1-1-11　828D 数控单元 PPU240 垂直版

图 1-1-12　828D 数控单元 PPU240 水平版

CNC单元是数控机床的核心。CNC单元由信息的输入、处理和输出三个部分组成。CNC单元接受数字化信息，经过数控装置的控制软件和逻辑电路进行译码、插补、逻辑处理后，将各种指令信息输出给伺服系统，伺服系统驱动执行部件作进给运动。

图1-1-11所示为SINUMERIK 828D数控单元PPU240垂直版；图1-1-12所示为SINUMERIK 828D数控单元PPU240水平版。

输入、输出设备和伺服单元

SIEMENS
Ingenuity for life

- 输入、输出设备。输入、输出设备用于数控系统与外界进行程序、信号、文件等的传递。常见的输入输出设备有网线、USB、RS232数据线、CF卡、键盘等。

- 伺服单元。伺服单元由驱动器、驱动电机组成，并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统。它的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成机床移动部件的运动。如图1-1-13标记处即为由驱动器和驱动电机构成的伺服单元

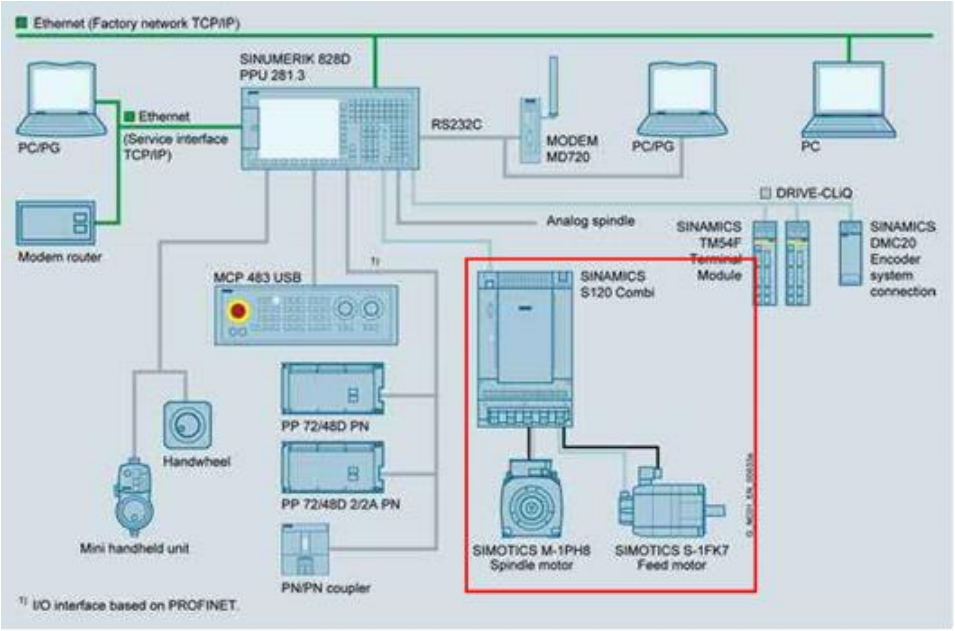

图 1-1-13　伺服单元

可编程控制器

SIEMENS
Ingenuity for life

可编程控制器（PC，Programmable Controller）是一种以微处理器为基础的通用型自动控制装置，专为在工业环境下应用而设计的。由于最初研制这种装置的目的是为了解决生产设备的逻辑及开关控制，故把称它为可编程逻辑控制器（PLC，Programmable Logic Controller）。当PLC用于控制机床顺序动作时，也可称之为可编程机床控制器（PMC，Programmable Machine Controller）。

测量反馈装置

图 1-1-14　主轴外置编码器

图 1-1-15　光栅尺

测量装置也称反馈元件，包括光栅、旋转编码器、激光测距仪、磁栅等。通常安装在机床的工作台或丝杠上，它把机床工作台的实际位移转变成电信号反馈给CNC装置，供CNC装置与指令值比较产生误差信号，以控制机床向消除该误差的方向移动。

如图1-1-14所示为西门子公司主轴外置编码器，用于测量主轴旋转速度，并将测量结果反馈给数控系统；图1-1-15所示为光栅尺，用于测量工作台实际位移，并将测量结果反馈给数控系统。

SIEMENS
Ingenuity for life

电气控制装置

给数控系统、伺服单元、I/O模块等提供工作电源和强电，并对整个系统提供各种短路、过载、欠压等电气保护和系统安全保护；同时在可编程控制器PLC的输出接口与机床各类辅助装置的电气执行元器件之间起桥梁联结作用，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。

如图1-1-16为某加工中心电气控制柜，内有828D系统用伺服放大器，空气开关、交流接触器、中间继电器、开关电源、端子排、变压器等。

辅助装置

SIEMENS
Ingenuity for life

常用的辅助装置包括：

数控机床辅助装置是保证充分发挥数控机床功能所必需的配套装置。

02

数控机床的分类及应用

- 按工艺用途分类
- 按运动方式分类
- 按控制方式分类
- 按可控制联动坐标轴数分类

SIEMENS
Ingenuity for life

按工艺用途分类

数控车床

如图1-1-17所示为斜床身数控卧式车床，主要由床身部分、主轴箱部分、纵横向进给装置、刀架、尾座、冷却润滑辅助装置等部分构成，适合于轴类零件加工。

数控车床适合于回转体类零件加工，是一种高精度、高效率的自动化机床。机床就具有广泛的加工工艺性能，可加工内外形状的圆柱面、圆锥面、圆弧面、各种螺纹、沟槽、蜗杆等复杂工件，具有直线插补、圆弧插补各种补偿功能，并在复杂零件的批量生产中发挥了良好的经济效果。

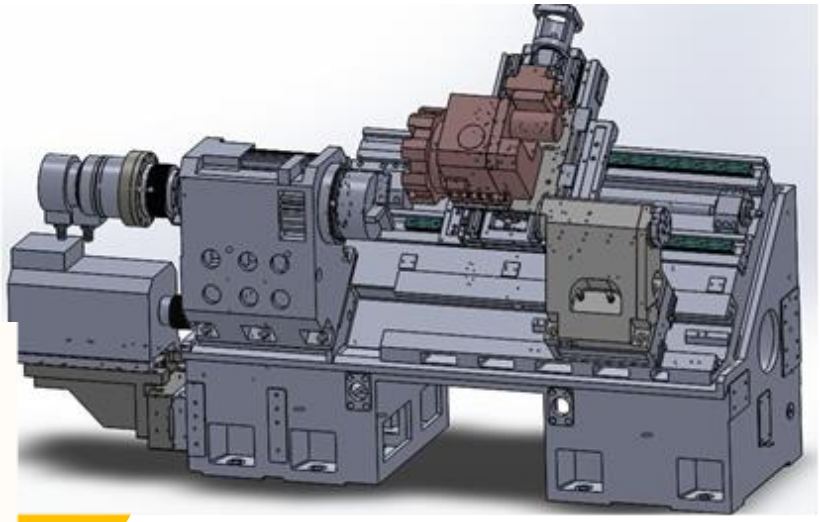

图 1-1-17　斜床身数控卧式车床

图 1-1-18　数控立式车床

如图1-1-18所示为数控立式车床，适用于大型的、具有回转中心的盘类零件加工。

数控铣床

SIEMENS
Ingenuity for life

数控铣床对零件加工的适应性强、灵活性好，能加工轮廓形状特别复杂或难以控制尺寸的零件，如模具类零件、壳体类零件等。按照数控铣床主轴布局形式不同，数控铣床分为立式铣床和卧式铣床。

如图1-1-19所示为数控立式铣床，适合于加工具备平面、轮廓、孔系、沟槽等要素的盘类零件加工。

图 1-1-19　数控立式铣床

图 1-1-20　数控卧式铣床

如图1-1-20所示为数控卧式铣床，通常具备回转工作台，适合于箱体类零件加工。

数控加工中心

SIEMENS
Ingenuity for life

加工中心的典型特征是具有刀库和自动换刀装置。常见加工中心类型如表1-1-1所示。

表 1-1-1　数控加工中心分类

分类标准	类别
加工范围	车削加工中心、钻削加工中心、镗铣加工中心、磨削加工中心、电火花加工中心、车铣复合加工中心等
机床结构	立式加工中心、卧式加工中心、五面加工中心、并联加工中心（虚拟加工中心）
数控系统联动轴数	两坐标加工中心、三坐标加工中心和多坐标加工中心
加工精度	普通加工中心、精密加工中心

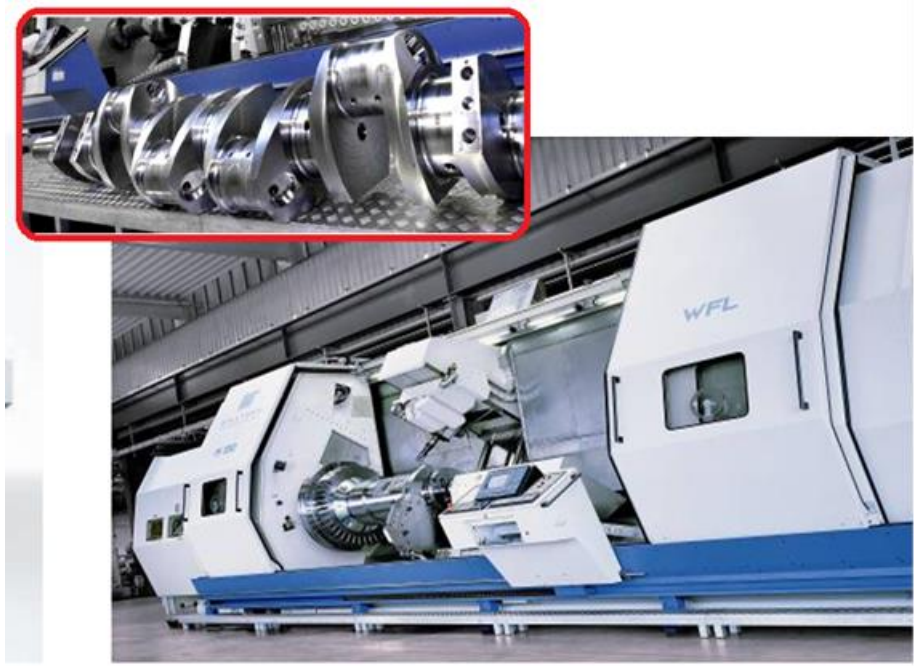

图 1-1-21　车铣复合加工中心

如图1-1-21所示为车铣复合加工中心，用于船用柴油机曲轴零件加工。

三坐标测量机

三坐标测量仪是指在一个六面体的空间范围内，能够对几何形状、长度及圆周分度等要素进行高精度测量。具有可作三个方向移动的探测器，可在三个相互垂直的导轨上移动，以接触或非接触等方式传递讯号，三个轴的位移测量系统（如光栅尺）经数据处理器或计算机等计算出工件的各点（x，y，z）及各项功能测量数据。

图 1-1-22　三坐标测量机

- 如图1-1-22所示为三坐标测量机外形，三坐标测量仪的测量功能包括尺寸精度、定位精度、几何精度及轮廓精度检测等，广泛的应用于机械、电子、汽车、航空、船舶、军工、模具等行业中的箱体、机架、齿轮、凸轮、蜗轮、蜗杆、叶片、曲线、曲面等的测量。

SIEMENS
Ingenuity for life

按运动方式分类

点位控制机床

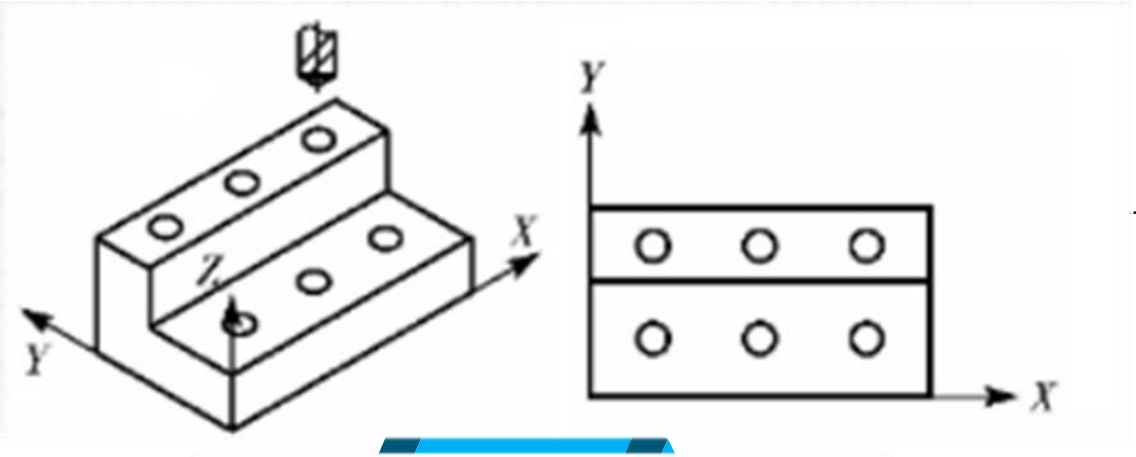

图 1-1-24　孔系加工点位控制

- **如图1-1-24所示为在数控钻床上进行孔系加工图例，数控钻床坐标轴移动时严格控制孔中心距图纸要求尺寸，刀具在移动过程中不进行加工。**

- 点位控制数控机床的特点是机床的运动部件只能够实现从一个位置到另一个位置的精确运动，而不考虑两点之间的路径和方向，在运动和定位过程中不进行任何加工工序。如数控钻床、数控坐标镗床、数控点焊机等。

直线控制机床

SIEMENS

ity for life

直线控制是机床的运动部件不仅要实现一个坐标位置到另一个位置的精确移动和定位，而且能实现平行于坐标轴的直线进给运动或控制两个坐标轴实现斜线进给运动。这类数控机床主要有简易数控车床、数控镗铣床和数控磨床等，相应的数控装置称之为直线数控装置。

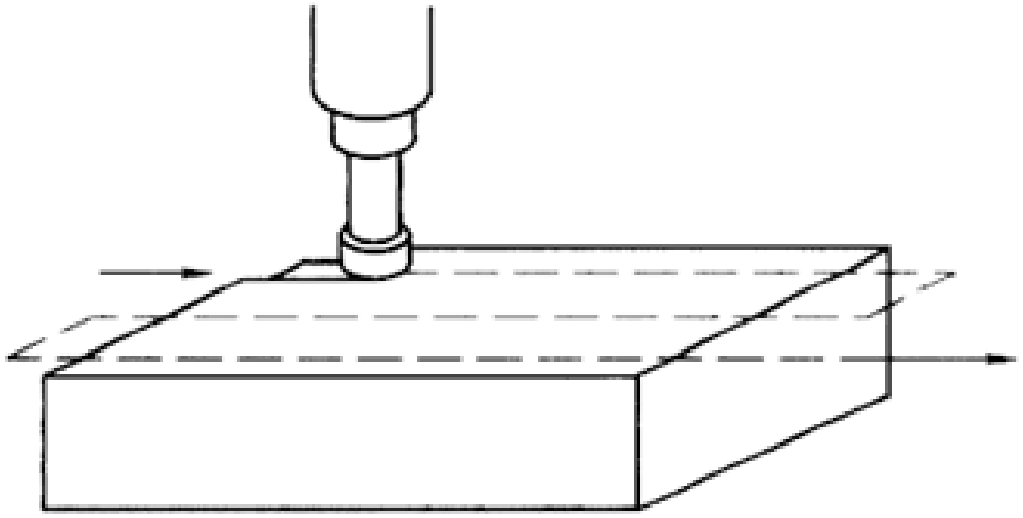

图 1-1-25　平面加工直线控制

如图1-1-25所示为直线加工图例。在立式铣床上用平面铣刀铣削平面时，刀具沿X方向、Y方向做直线运动，直至完成整个平面加工。

轮廓控制机床

SIEMENS
Ingenuity for life

轮廓控制是指刀具与工件相对运动时，能对两个或两个以上坐标轴的运动同时进行联动控制。它不仅要求控制机床运动部件的起点与终点坐标位置，而且要求精准控制机床坐标轴运动轨迹，控制整个加工过程中每一点的速度和位移量，实现直线、曲线或在空间曲面的加工。常见有数控车床、数控铣床、数控磨床、各种加工中心、车铣复合机床等

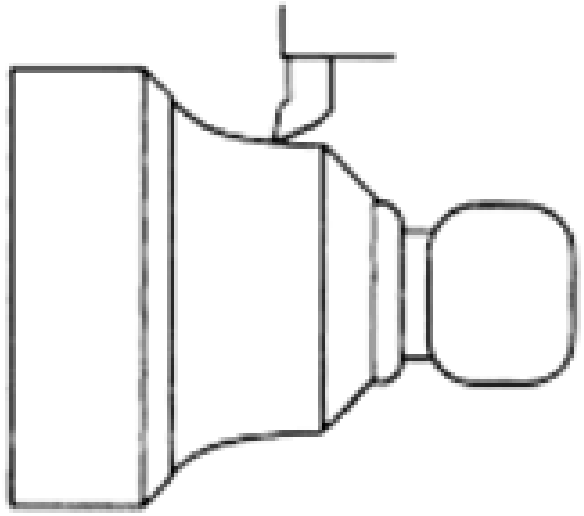

图 1-1-26　数控车床曲面加工轮廓控制

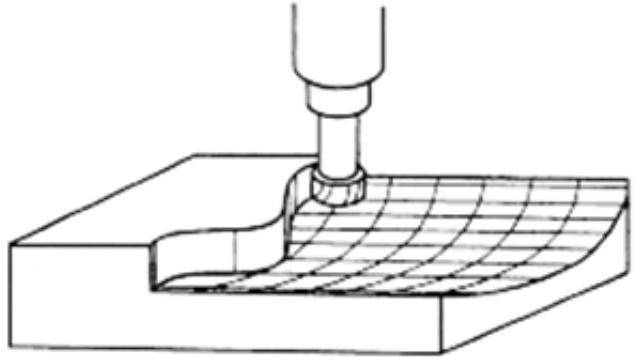

图 1-1-27　数控镗铣加工中心曲面加工轮廓控制

图1-1-26所示为在数控车床上加工曲面图例；图1-1-27为在数控镗铣加工中心进行工件三维曲面加工图例。

SIEMENS
Ingenuity for life

按控制方式分类

开环控制系统数控机床

开环控制系统数控机床中没有检测反馈装置，不检测运动的实际位置，没有位置反馈信号。指令信息在控制系统中单方向传送，不反馈。这类机床通常用步进电机作为执行机构。输入数据经过数控系统的运算，发出脉冲指令，使步进电机转过相应的步距角，再通过机械传动机构转换为工作台的直线移动，移动部件的移动速度和位移量由输入脉冲的频率和脉冲个数所决定。

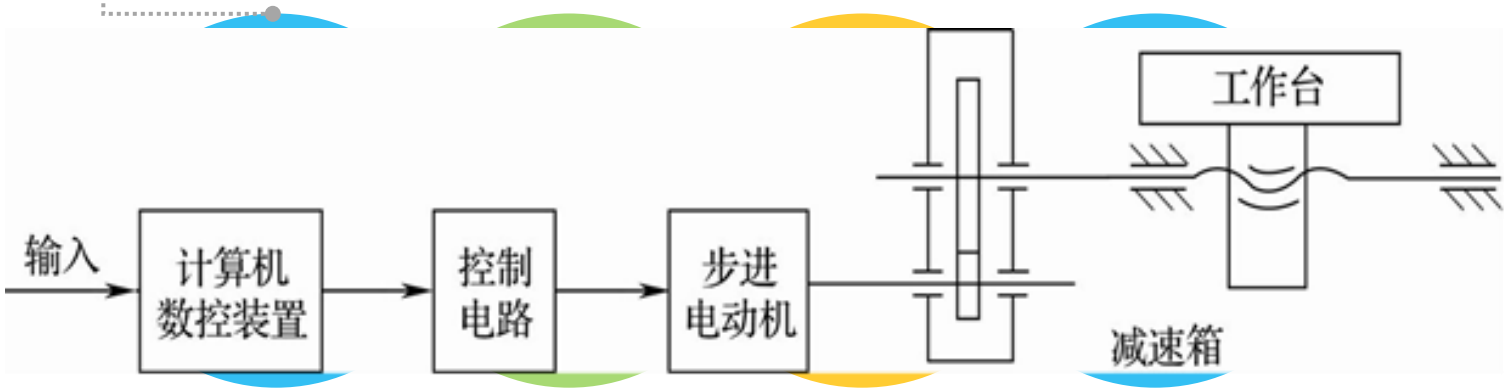

图 1-1-28　数控系统开环控制原理

如图1-1-28所示为数控系统开环控制原理图，这种控制方式的最大特点是控制方便、结构简单、价格便宜，控制系统稳定。但由于机械传动的误差没有经过反馈校正，故位移精度不高。

全闭环控制系统数控机床

在全闭环控制系统数控机床中，伺服轴的位置检测装置（一般是光栅尺）安装在机床工作台上，用以直接检测机床工作台的实际运行位置（直线位移），并将其与CNC装置计算出的指令位置（或位移）相比较，用差值进行控制以使坐标轴到达准确位置。全闭环控制消除了从电动机到机床移动部件整个机械传动链中的传动误差，最终实现精确定位。

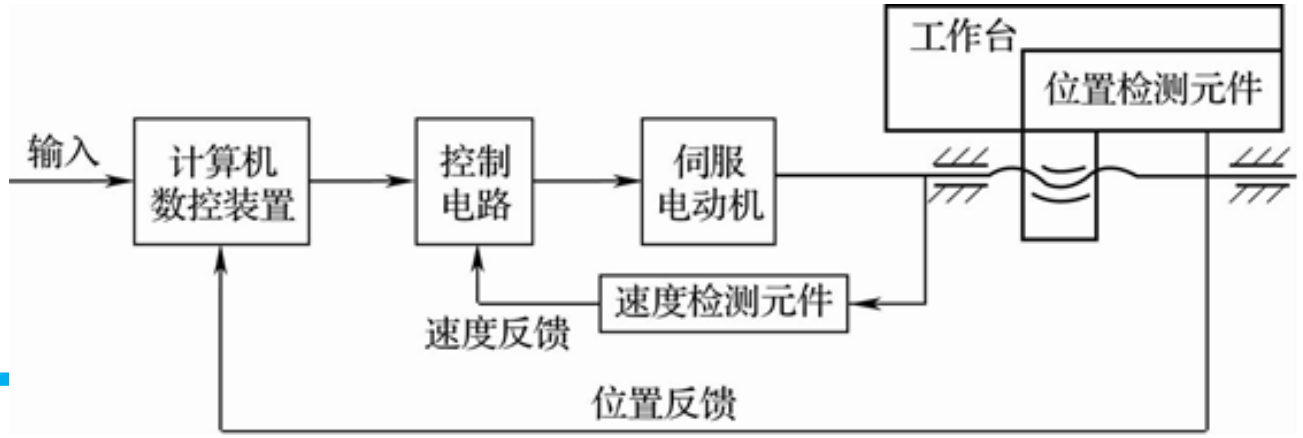

图 1-1-29　数控系统全闭环控制原理

- 如图1-1-29所示为数控系统全闭环控制原理图。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。全闭环控制方式主要用于精度要求很高的超精车床、镗铣床、超精铣床、数控精密磨床和精密加工中心。

半闭环控制系统数控机床

在半闭环控制系统数控机床中，检测传感器直接安装在伺服电机的轴端或安装在丝杠的端部，以测量电机输出轴旋转位移角或丝杠旋转位移角。它所检测得到的不是工作台的实际位移量，而是与位移量有关的旋转轴的转角量，然后反馈到数控装置的比较器中，与输入原指令位移值进行比较，用比较后的差值进行控制，使移动部件补充位移，直到差值消除为止，其精度比闭环系统稍差。

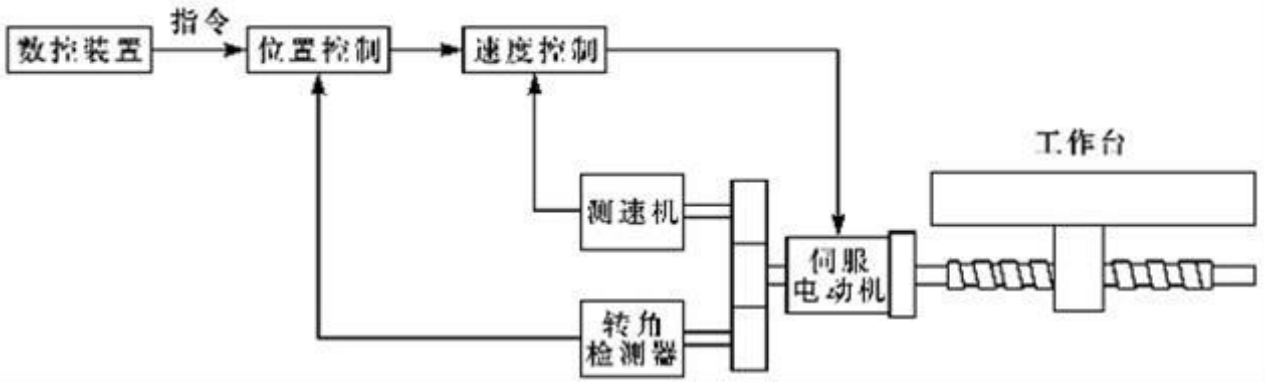

图 1-1-30　数控系统半闭环控制原理

如图1-1-30所示为数控系统半闭环控制原理图。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。但是丝杠等机械传动误差不能通过反馈来随时校正，可采用软件定值补偿方法来适当提高其精度。这种系统结构简单，便于调整，检测元件价格也较低，是目前广泛使用的一种数控系统。

SIEMENS
Ingenuity for life

按可控制联动
坐标轴数分类

数控机床可控制联动坐标轴数是指数控装置所能同时控制的移动坐标轴数目。

SIEMENS
Ingenuity for life

2坐标联动

数控机床能同时控制两个坐标轴联动。如数控车床同时控制X和Z运动，可用于加工各种曲线轮廓的回转体类零件，一般的数控车床属于2坐标联动机床。

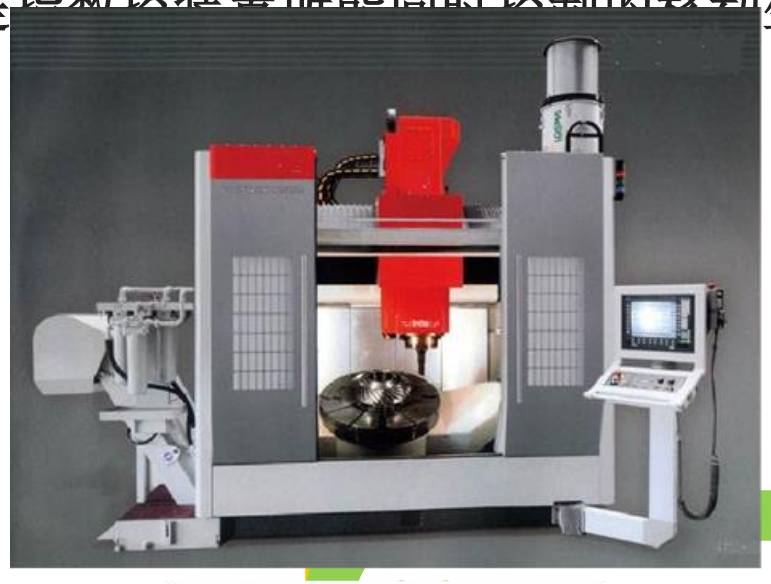

图 1-1-31　四轴联动数控机床

2.5轴坐标联动

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联动，而第三个坐标只能作等距周期移动。

3坐标联动

数控机床能同时控制三个坐标轴联动。如数控铣床称为三坐标数控铣床，可用于加工曲面零件。

图 1-1-32　五轴控制数控加工中心

4坐标联动

数控机床能同时控制四个坐标轴的联动，其中一个轴为回转轴。如图1-1-31所示为四轴控制数控机床，具有绕Y轴回转的回转工作台。。

5坐标联动

五轴联动是指在一台机床上有五个坐标轴（三个直线坐标轴和两个旋转坐标轴），在数控系统控制下同时协调运动进行加工。五轴联动数控机床是一种科技含量高、精密度高专门用于加工复杂曲面的机床，对航空、航天、军事、科研、精密器械、高精医疗设备等行业，有着举足轻重的影响力。

03

典型数控机床结构

数控车床结构

数控车床组成

数控车床的结构包括主运动传动装置、伺服进给传动装置、液压与气压传动装置、床身部件、机床辅助装置等。

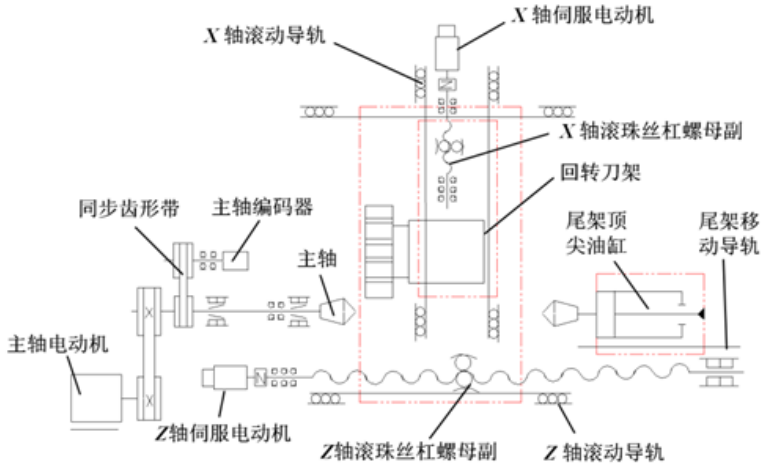

图 1-1-33　数控车床传动链示意图

数控车床运动

如图1-1-33所示为数控车床传动链示意图，从图中可以看出：

数控车床结构

如图1-1-34所示为采用斜床身布局的数控车床结构。

图 1-1-34　数控车床结构

主运动

主轴电机通过同步齿形带传动机床主轴旋转，通过主轴编码器测量主轴旋转速度；

X/Z轴运动

X/Z轴伺服电机通过联轴器直接带动X/Z轴滚珠丝杠旋转，实现工作台X/Z轴方向运动，电机端部安装有编码器，属于半闭环控制方式。

数控铣床结构

数控铣床组成

数控铣床主要由主轴箱、伺服进给传动装置、立柱、工作台、平衡块、床身部件、气压传动装置、液压传动装置、冷却润滑装置、机床辅助装置等部件组成。

数控铣床结构

如图1-1-36所示为数控铣床结构。

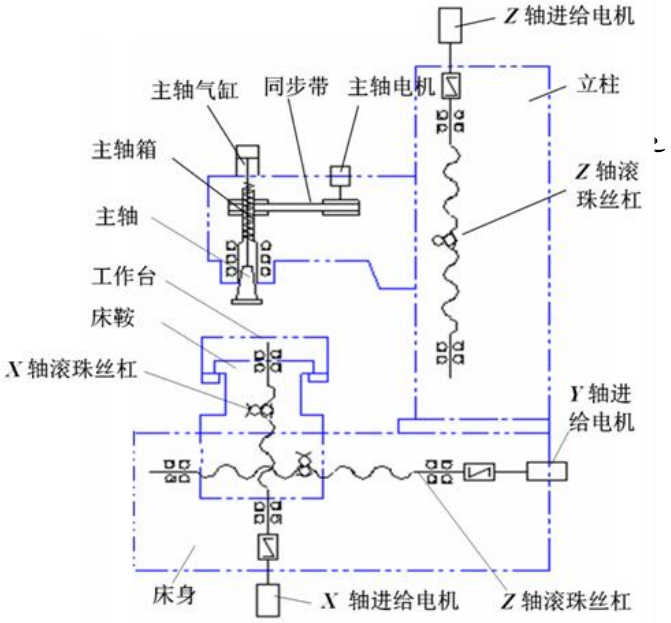

图 1-1-35 数控铣床传动链示意图

数控铣床运动

如图1-1-35所示为立式数控铣床传动链示意图，从图中可以看出

图 1-1-36 数控铣床结构

主运动

主轴电机通过同步齿形带传动机床主轴旋转，通过主轴编码器测量主轴旋转速度；

X/Y/Z轴运动

X/Y/Z轴伺服电机通过联轴器直接带动X/Y/Z轴滚珠丝杠旋转，实现工作台X/Y/Z轴方向运动。

04

实训任务

实训任务1-1 数控机床认识实训

SIEMENS
Ingenuity for life

实训任务1-1-1 数控车床认知

根据实训室实验设备的具体配置，
按照以下目标认知数控车床：

1.绘制数控车床传动链示意图，分析数控车床存在的运动

2. 绘制数控车床结构简图，在图上标明各功能部件

实训任务1-1-2 数控铣床认知

根据实训室实验设备的具体配置，
按照以下目标认知数控铣床：

1.绘制数控铣床传动链示意图，分析数控铣床存在的运动

2. 绘制数控铣床结构简图，在图上标明各功能部件