

# 简明 数控机床 维修工手册

胡家富 主编

机电工人技术丛书

jidian  
gongren  
jishu  
congshu

上海科学技术出版社

机电工人技术丛书

# 简明数控机床维修工手册

胡家富 主编

上海科学技术出版社

## 内 容 提 要

本书主要介绍数控机床维修的基础知识和技能,内容包括:数控机床的种类与使用;数控机床维修的基本要求和方法;数控机床故障维修的常用工具和检测仪器;数控机床常见机械故障、典型数控系统故障的诊断与维修;数控机床的维修实例和日常保养与维修管理。

本书注重数控维修理论和技能的综合运用,可供具有中级及以上水平的数控机床维修工培训和自学使用,也可供数控加工和维修的技术人员和管理人员参考使用。

# 前 言

数控机床维修是一门比较复杂的维修技术,随着数控机床的广泛使用,一些常见故障的诊断、分析和维修排除技术成为制造行业十分重要和紧缺的技术。本书从数控机床维修的实际出发,注重理论与技能的综合运用,深入浅出地介绍数控机床的结构和系统配置,以及常见故障的诊断、维修方法。书中的内容编排参照数控装调维修工职业鉴定的相关要求,汇集了典型数控设备的技术资料、维修经验和相关书刊基础理论,形成了中、高级数控机床维修工迫切需要的知识和技能平台。书中的实例引导读者循序渐进地熟悉数控机床各个组成部分常见故障的现象、原因,分析确定故障的部位和元器件的基本方法,从指导维修操作实践出发,介绍典型数控系统的板级和片级维修的具体方法,各种参数的调整和设置方法,各类元器件的结构原理和替代、维修方法,既有维修经验的传授,又有指导维修实践的基本知识和技能介绍,融知识与维修技能为一体,符合数控机床机电一体化维修实践的需要和发展趋势。

本书由胡家富主编,李国樑、顾美琴、何津、尤道强、尤根华、黄镔、黄岭参加编写,限于作者水平,书中有不妥和疏漏之处,敬请广大读者提出宝贵意见,以便再版时改正。

# 目 录

第一章 数控机床概述 .....	1
一、数控机床的概念、特点、种类和主要参数 .....	1
1. 数控机床的概念与原理 .....	1
2. 数控机床的特点与组成 .....	4
3. 数控机床的种类 .....	17
4. 数控机床的主要参数 .....	20
二、典型数控机床的操作方法 .....	26
1. 数控机床的基本操作规范 .....	26
2. 数控车床的操作方法 .....	27
3. 数控铣床的操作方法 .....	33
4. 数控加工中心的操作方法 .....	35
5. 其他数控机床的操作方法 .....	43
三、数控加工程序的释读和编制方法 .....	47
1. 数控机床加工程序的结构和组成 .....	47
2. 数控加工路线确定原则和程序编制的方法 .....	52
3. 数控机床加工程序的释读 .....	58
4. 数控机床维修常用的数控程序修改方法 .....	72
四、数控机床的安装、调试和验收 .....	74
1. 数控机床的安装 .....	74
2. 数控机床的调试方法 .....	78
3. 数控机床的验收与精度检测 .....	80
五、数控机床典型数控系统 .....	90
1. 数控机床数控系统的基本构成 .....	90
2. 数控机床常用数控系统的种类 .....	97
3. FANUC 数控系统 .....	99

4. 西门子数控系统 .....	103
5. 国内典型数控系统 .....	105
<b>第二章 数控机床维修的基本要求和方法 .....</b>	<b>110</b>
<b>一、数控机床常见故障的种类与形式 .....</b>	<b>110</b>
1. 数控机床常见故障的分类方法 .....	110
2. 机械故障 .....	113
3. 电气故障 .....	114
4. 液压和气动故障 .....	129
5. 数控系统故障 .....	130
6. 伺服系统故障 .....	132
7. PLC 控制模块故障 .....	134
<b>二、数控机床维修的基本要求 .....</b>	<b>139</b>
1. 维修人员素质要求 .....	139
2. 维修器具要求 .....	141
3. 技术准备要求 .....	141
4. 维修备件要求 .....	143
5. 维修操作工作环境要求 .....	143
<b>三、数控机床故障的诊断技术 .....</b>	<b>143</b>
1. 数控机床故障诊断技术的类型和特点 .....	143
2. 数控机床故障诊断技术的应用方法 .....	145
3. 数控机床故障诊断技术的应用实例 .....	152
<b>四、数控机床故障原因的分析检查方法 .....</b>	<b>155</b>
1. 基本检查分析方法 .....	155
2. 机械故障检查分析方法 .....	166
3. 电、液、气故障检查分析方法 .....	170
4. 系统故障检查分析方法 .....	171
<b>五、数控机床故障维修的常用方法 .....</b>	<b>186</b>
1. 机械故障维修特点与方法 .....	186
2. 电、液、气故障维修特点与方法 .....	190
3. 系统故障维修特点与方法 .....	194

第三章 数控机床维修常用工具和检测仪器 .....	201
一、常用维修工具、量具和仪表 .....	201
1. 机械故障常用维修工具和量具 .....	201
2. 电气故障常用维修工具和仪表 .....	209
二、常用故障检测仪器 .....	217
1. 系统故障常用检测仪器 .....	217
2. 其他故障常用检测仪器 .....	224
第四章 数控机床常见机械故障的诊断与维修 .....	230
一、主轴传动部件的结构、故障诊断与维修 .....	230
1. 主轴部件的典型结构与装配调整 .....	230
2. 主轴部件的常见故障及其诊断 .....	239
3. 主轴部件常见故障维修示例 .....	239
二、进给传动部件的结构、故障诊断与维修 .....	243
1. 进给传动部件的典型结构 .....	243
2. 进给传动部件的常见故障及其诊断 .....	260
3. 进给传动部件常见故障维修示例 .....	261
三、导轨的结构、故障诊断与维修 .....	264
1. 导轨的结构特点与调整 .....	264
2. 导轨的常见故障及其诊断 .....	274
3. 导轨部件常见故障维修示例 .....	275
四、回转运动部件的结构、故障诊断与维修 .....	277
1. 回转运动部件的结构特点与调整 .....	277
2. 回转运动部件的常见故障及其诊断 .....	284
3. 回转运动部件常见故障维修示例 .....	285
五、位置检测装置的功能、分类、故障诊断与维修 .....	287
1. 位置检测装置的功能、分类与调整 .....	287
2. 位置检测装置的常见故障及其诊断 .....	300
3. 位置检测装置常见故障维修示例 .....	302
六、自动换刀装置的结构、故障诊断与维修 .....	304
1. 自动换刀装置的类型、结构、特点与调试 .....	304

2. 自动换刀装置的常见故障及其诊断 .....	323
3. 自动换刀装置常见故障维修示例 .....	325
<b>第五章 数控机床常见液压、气动系统故障的诊断与     维修 .....</b>	<b>329</b>
<b>一、典型数控机床液压、气动系统基本组成 .....</b>	<b>329</b>
1. 数控机床典型液压系统 .....	329
2. 数控机床典型气动系统 .....	351
<b>二、液压、气动系统基本维修方法 .....</b>	<b>366</b>
1. 泵站和气源的维修 .....	367
2. 控制部件的维修 .....	386
3. 执行部件的维修 .....	411
4. 管路和辅助元件的维修 .....	421
<b>三、液压、气动系统常见故障与维修 .....</b>	<b>430</b>
1. 液压系统常见故障分析与诊断 .....	430
2. 液压系统典型故障的维修与示例 .....	437
3. 气动系统常见故障分析与诊断 .....	445
4. 气动系统典型故障的维修与示例 .....	449
<b>第六章 数控机床典型数控系统故障的诊断与维修 .....</b>	<b>454</b>
<b>一、数控系统维修技术要求 .....</b>	<b>454</b>
1. 数控系统主要技术指标要求 .....	454
2. 现场维修阶段的划分 .....	463
3. 现场维修工作的步骤 .....	464
4. 维修中的元器件替代 .....	467
5. 数控系统维修注意事项 .....	468
<b>二、控制系统故障诊断 .....</b>	<b>469</b>
1. 常见控制系统故障与诊断 .....	469
2. 经济型数控机床控制系统常见故障与诊断 .....	484
3. 全功能型数控机床控制系统常见故障与诊断 .....	486
<b>三、伺服系统故障诊断与排除 .....</b>	<b>489</b>
1. 伺服系统常见故障与诊断 .....	489

2. 主轴伺服系统常见故障与诊断 .....	496
3. 进给伺服系统常见故障与诊断 .....	506
<b>四、典型 FANUC 数控系统维修 .....</b>	<b>511</b>
1. FANUC 数控系统的组成与主要功能 .....	511
2. FANUC 数控系统的维修特点 .....	522
3. 典型 FANUC 数控系统的故障诊断与维修 .....	537
<b>五、典型 SINUMERIK 数控系统维修 .....</b>	<b>549</b>
1. SINUMERIK 数控系统的组成与主要功能 .....	549
2. SINUMERIK 数控系统的维修特点 .....	555
3. 典型 SINUMERIK 数控系统的故障诊断与维修 .....	558
<b>六、其他典型系统维修 .....</b>	<b>570</b>
1. ACRAMATIC(美国)数控系统维修 .....	570
2. FAGOR(西班牙)数控系统维修 .....	574
3. MTC(中国)数控系统维修 .....	577
4. SKY(中国)数控系统维修 .....	580
<b>第七章 数控机床维修实例 .....</b>	<b>586</b>
<b>一、数控车床维修实例 .....</b>	<b>586</b>
1. CNC 系统维修 .....	586
2. 主轴系统维修 .....	590
3. 进给系统维修 .....	591
4. 刀架、尾座、夹紧等装置维修 .....	594
<b>二、数控铣床维修实例 .....</b>	<b>600</b>
1. CNC 系统维修 .....	600
2. 主轴系统维修 .....	601
3. 进给系统维修 .....	604
4. 位置检测、分度回转装置的维修 .....	607
<b>三、数控加工中心维修实例 .....</b>	<b>610</b>
1. CNC 系统维修 .....	610
2. 伺服系统维修 .....	613
3. 刀库、机械手与工作台维修 .....	618

四、其他数控加工机床维修实例 .....	624
1. 数控磨床维修 .....	624
2. 数控专用机床维修 .....	631
3. 数控线切割机床维修 .....	642
第八章 数控机床的日常维护与维修管理 .....	651
一、数控机床的预防性维护 .....	651
1. 预防性维护概述 .....	651
2. 预防性维护的主要内容和方法 .....	653
二、数控机床的日常维护 .....	656
1. 数控系统维护 .....	657
2. 机械部件维护 .....	659
3. 机床精度维护 .....	661
4. 其他方面的维护 .....	662
三、数控机床的维修管理 .....	671
1. 数控机床维修管理的主要内容 .....	671
2. 数控机床维修管理的主要方法 .....	673
附录一 FANUC 0 系统故障报警含义速查表 .....	687
附录二 常用 TTL 集成电路型号索引 .....	700
附录三 常用 CMOS 集成电路型号索引 .....	715
附录四 常用集成运算放大器型号索引 .....	717

# 第一章 数控机床概述

## 一、数控机床的概念、特点、种类和主要参数

### 1. 数控机床的概念与原理

1) 机床数字控制的基本概念 数字控制与数控机床的基本概念包括表 1-1 所列基本内容。

表 1-1 机床数字控制的相关概念

基本概念	英语表达	说 明
数字控制 (简称数控)	Numerical Control (NC)	是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程(如加工、测量、装配等)进行可编程控制的自动化方法;控制信息是数字量
数控技术	Numerical Control Technology	是指用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术,是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术
数控系统	Numerical Control System	是指采用数字控制技术的控制系统,数字控制系统有如下特点: 1) 可用不同的字长表示不同精度的信息,信息表达准确 2) 可进行逻辑运算和算数运算,也可进行复杂的信息处理 3) 可用软件来改变信息处理的方式和过程,具有柔性化 由于数字控制系统具有以上特点,故被广泛应用于机械运动的轨迹控制。轨迹控制是金属切削机床数控系统和工业机器人的主要控制内容。此外,数字控制系统的逻辑处理功能可方便地用于机械系统的开关量控制
计算机 数控系统	Computer Numerical Control System (CNC)	是以计算机为核心的数控系统,初期的数控系统是由数字逻辑电路构成的,被称为硬件数控系统。随着微机技术的发展,计算机数控系统完全用软件来确定数字信息的处理过程,从而使数控系统具有真正的“柔性”

(续表)

基本概念	英语表达	说 明
数控机床	Numerical Control Machine Tools	是指采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的机床。数控机床是一个装有程序控制系统的机床,该系统能逻辑地处理程序使用号码或其他符号
可编程序逻辑控制器	Programmable Logical Controller (PLC)	也常称为可编程序控制器(PC),是指微机技术与继电器接触器常规控制概念相结合的产物,即采用微型计算机的基本结构和工作原理,融合继电器接触器控制的概念构成的一种新型电控制器

2) 数控机床的加工原理与过程 金属切削机床是通过改变刀具与工件的运动参数(如位置、速度等),使刀具对工件进行切削加工,最终获得所需的合格零件的。数控机床的工作过程如图 1-1 所示,数控机床的加工原理主要包括表 1-2 所列内容。

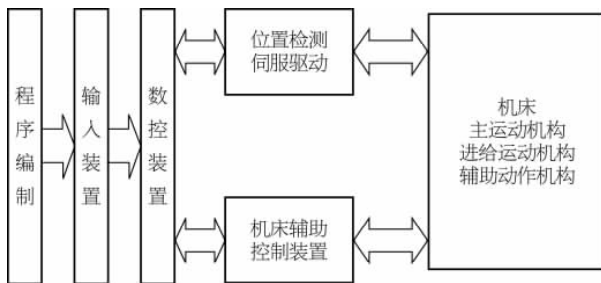


图 1-1 数控机床工作过程

表 1-2 数控机床的加工原理

项 目	说 明
数控程序编制	<pre>             graph LR               A[零件图] --&gt; B[确定加工/工艺过程]               B --&gt; C[数值计算]               C --&gt; D[编写程序单]               D --&gt; E[制备控制介质]               E --&gt; F[程序/首件校验]               F --&gt; G[数控机床]           </pre>

(续表)

项 目	说 明
数 控 程 序 编 制	<p>从零件图的分析到制成控制介质的全部过程称为数控程序编制,数控程序包含零件的加工工艺过程、工艺参数和位移数据等内容。数控程序信息是记载在程序载体上的,常用的载体有纸带、磁盘、磁带和半导体存储器等。数控程序编制的一般过程如上图所示。数控程序编制一般分为手工编程和自动编程两种方式。这一部分包括各种编程方法的功能与原理等内容</p>
输入装置 与输入通道	<p>1) 大部分的数控机床都可以通过操作面板上的键盘直接将加工程序输入数控装置,这种方式通常称为 MDI 方式,即手动数据输入方式。数据量大的程序一般通过计算机与数控装置之间的数据通讯输入数控系统。早期的数控机床程序输入装置有光电阅读器、磁盘驱动器、磁带机和半导体存储卡读入机等</p> <p>2) 具有检测环节的数控系统,可将位置或速度等被测参数经过一系列转换由物理量转化为计算机能识别的数字脉冲信号,输入数控装置,这个检测及转换过程通常被称为数控系统的输入通道。检测信号经输入通道送入数控系统后与位置指令信号相比较,得到偏差值,再通过位置调节单元和速度控制单元控制伺服系统</p> <p>这一部分包括输入系统键盘的工作原理与键盘接口、数码显示器与接口工作原理等内容</p>
数 控 装 置	<p>数控装置通常是指控制数控机床运动的核心,其功能是根据输入的指令码和数据码进行译码、运算、寄存及控制,发出相应的运动指令给伺服驱动系统,通过伺服驱动系统使机床按预定的轨迹运动。数控装置一般包括译码器、运算器、存储器、控制器和显示器,并与输入装置和输出装置连接。这一部分主要包括插补原理等内容。所谓插补,是指在已知数控机床运动轨迹方程或终点和起点坐标的情况下,通过数控系统实时地计算出各个中间点的坐标,即“插入、补上”运动轨迹各个中间点的工作过程。实际上,数控机床的加工原理的核心是控制机床按预定的轨迹运动,因此“插补”工作原理是十分重要的,插补原理比较复杂,包括逐点比较插补法、数字积分插补法和数据采集插补法等</p>
机 床 辅 助 控 制 装 置	<p>数控机床的辅助动作控制即机床强电控制,诸如冷却液、润滑油、机床防护门控制、主轴的启动与停止、进给运动的坐标原点控制、限位控制等。通常数控装置中带有内装 PLC,可实现辅助动作的控制。这一部分包括 PLC 的工作原理等主要内容</p>
伺 服 驱 动 及 位 置 检 测 装 置	<p>伺服驱动装置是数控系统的执行装置,由速度控制器、位置控制器、伺服驱动电机和相应的位置检测装置组成。其功能是接受数控装置输出的指令脉冲信号(运动指令),使机床上的移动部件(如工作台、滑板、主轴箱等部件)作相应的运动,并对运动和定位的速度和精度加以控制。目前数控机床的脉冲当量有 0.005 mm/脉冲等。伺服系统的精度和动态响应速度是影响数控机床加工精度、零件表面质量和生产率的重要因素。目前数控机床常用的伺服驱动电机是直流伺服电机等。常用的位置检测是用光栅等位置测量元件进行检测的。在闭环工作系统中,位置检测装置具有极为重要的反馈控制作用。这一部分包括步进电机、光栅和磁栅检测装置的工作原理等主要内容</p>

(续表)

项 目	说 明
数控机床的机械部件	数控机床的机械部件与一般的机床相比具有更好的刚性、更小的热变形、更高的精度,运动部件具有更好的快速跟随特性,以实现机床的高精度运动。这一部分包括机床传动系统,主要机构的工作原理等

## 2. 数控机床的特点与组成

### 1) 数控机床与普通机床的区别及结构比较

(1) 数控机床和普通机床的主要区别 如图 1-2 所示,主要区别是控制机床切削运动的方法不同。

数控机床可以实现刀具(或机床工作台)运动的自动控制,包括坐标定位、移动轨迹、移动速度和刀具转速、刀具补偿等,使用普通机床进行切削加工,操作者起到了切削运动调节控制器的作用;而使用数控机床进行切削加工,数控系统是切削运动的调节控制器,其加工精度和效率远高于操作者人工控制水平,数控机床可加工普通机床难以完成的高精度、高难度的复杂机械零件。

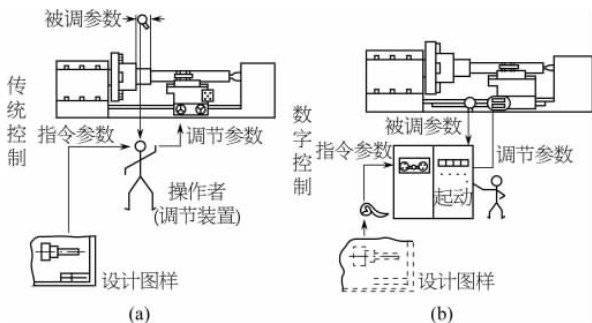


图 1-2 控制机床切削运动的方法

(a) 普通机床; (b) 数控机床

### (2) 数控机床与普通机床典型结构比较

① 主传动系统典型结构比较见表 1-3。

表 1-3 主传动系统的典型结构比较

项 目	普通机床	经济型数控机床	全功能数控机床
变速形式	齿轮变速	齿轮变速 变频变速	电子调速
传动机构	多级齿轮传动	多级齿轮传动 无齿轮传动	无齿轮传动 一级齿轮传动
电动机	三相异步电动机	三相异步电动机	交流主轴电动机 直流主轴电动机

② 进给传动系统典型结构比较见表 1-4。

表 1-4 进给传动系统典型结构比较

项 目	普通机床	经济型数控机床	全功能数控机床
导 轨	铸铁滑动导轨	铸铁滑动导轨	滚动导轨 “贴塑”滑动导轨
丝杠副	梯形螺纹丝杠	梯形螺纹丝杠	滚珠丝杠
变速形式	齿轮变速	脉冲频率调速	电子调速
传动机构	多级齿轮传动	一级齿轮传动	同步带传动
电动机	三相异步电动机	步进电机	交流伺服电机 直流伺服电机

③ 位置检测装置比较见表 1-5。

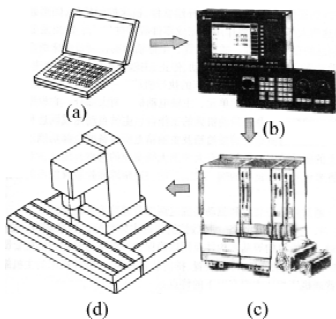
表 1-5 位置检测装置比较

项 目	普通机床	经济型数控机床	全功能数控机床
检测功能	无	可有 可无	必有
检测方式	无	间接	间接 直接
检测装置	无	编码器	编码器 光栅
检测精度	无	0.01 mm	0.001 mm

## 2) 数控机床的基本组成

(1) 数控机床的组成部分 见表 1-6。

表 1-6 数控机床的组成部分



(a) 外部设备；(b) 数控装置；(c) 伺服装置；(d) 主机及辅助装置

项目	说 明
外部设备	<p>所谓外部设备,是指用来实现和机床数控装置进行数据交换的仪器和设备。对于简单的零件,数控机床的加工程序编制和输入常用手工编程的方法,并通过数控装置的手动数据输入和显示面板进行输入和编辑,这种方式称为 MDI 方式。较复杂的零件通常通过 CAD/CAM 软件自动生成加工程序,并利用数控装置的通信接口实现与数控装置的数据交换。此外,某些数控装置内部的 PLC(Programmable Logic Controller 可编程逻辑控制器)程序的编辑、输入常需借助于编程仪等设备实现。目前,较为先进的数控机床都使用带专用软件的便携式计算机与数控装置进行数据交换。因此,常见的外部设备有纸带阅读机、穿孔机、编程仪、磁盘机、磁带机,便携式计算机等</p>
数控装置	<p>数控装置是数控机床的核心,主要包括硬件(各种电子线路板,如中央数据处理器、存储器、接口板、显示卡、显示器、键盘、电源等)及软件(如操作系统、插补软件、补偿软件、机床控制软件、图形处理软件等)两大部分。其主要作用是完成零件程序的输入、输出及处理、加工信息的存储及处理、插补运算、坐标轴运动控制及机床所需的其他辅助动作的控制(如冷却的启动、停止,主轴的旋转方向控制及变速等)</p>
驱动装置	<p>驱动装置是数控机床的执行机构,一般包括进给驱动单元、进给电动机与主轴驱动单元、主轴电动机两大部分。通常由速度控制器、位置控制器、驱动电动机和相应的位置检测装置组成。驱动装置根据数控装置发出的运动控制脉冲指令,带动机床的工作台、主轴自动完成相应的运动,并对运动或定位的速度和精度进行控制。每一个指令脉冲信号使机床运动部件产生的位移量称为脉冲当量。常用的脉冲当量为 0.01 mm/脉冲、0.005 mm/脉冲和 0.001 mm/脉冲。目前数控机床中常用的伺服驱动电机是功率步进电机、交流伺服电机和直流伺服电机。常用的位置检测装置是光电编码器、光栅等位置检测元件。通常将数控机床的数控装置和驱动装置统称为数控系统</p>

(续表)

项目	说 明
主机与辅助设备	<p>主机是数控机床的机械部分,包括床身、立柱、主轴、进给机构等基本构件以及确保数控机床可靠运行的配套装置(如液压、气动部件,冷却装置、排屑装置等)。与普通机床相比,数控机床的主机部分具有以下特点:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 传动系统结构简单、传动链短</li> <li>2) 采用高性能的进给和主轴系统,机械结构有较高的动态刚度和较小的阻尼,并具有耐磨性好、热变形小的特点</li> <li>3) 采用高效传动部件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨等,具有快速跟随特性,确保机床的运动精度</li> </ol>

## (2) 数控车床的组成、布局形式与示例

① 数控车床的组成与特点。数控车床与卧式车床相比较,其结构基本都由主轴箱、刀架、进给传动系统等部分组成。数控车床的主要部件为:床身、主轴部件、进给传动部件、刀架、辅助装置(包括液压系统、电动卡盘、冷却系统、润滑系统、防护装置等)。传动系统特点如图 1-3 所示。

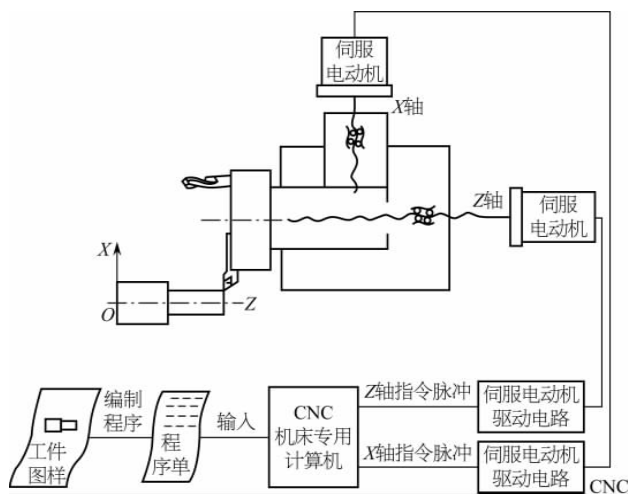


图 1-3 数控车床的传动系统

数控车床的进给传动系统采用伺服电机经滚珠丝杠,传到滑板和刀架,实现Z向(纵向)和X向(横向)进给运动。数控车床的主轴旋转采用