

# 数控机床故障诊断

主 编 张魁林

副主编 孙建业 张志军

机 械 工 业 出 版 社



## 编委会名单

主 编 张魁林

副主编 孙建业 张志军

编 委 刘景全 李舒平 梁 媛 高荣坚

李晓峰 洪 雁 张锡盛 陈诗良

裘易芴 王 军 王 海 王占辉

查继红 方 华 张宏祥

# 前 言

我国已经成功地加入了世贸组织，国民经济发展面临着新的机遇和挑战。装备制造业是国民经济发展的基础，没有先进的装备就不能有经济的高速发展。近几年来我国的装备制造业中，数控机床的占有率不断提高，在生产中已经占有重要地位，但目前数控机床的使用水平不高。一些技术人员对数控机床的故障检修能力较低，造成数控机床停机时间过长，不能充分发挥数控机床的效益。因此，如何充分发挥数控机床的效益，满足先进工艺发展的要求已成为数控机床使用中一个重要课题。

本书是由一些有丰富经验的专家依据多年来对数控机床故障诊断的实践编写而成的。本书从介绍数控机床故障诊断理论、诊断方法入手，并收集、分析、讲解多种数控机床故障诊断维修的实例，是一本从理论到实践，再从实践到理论较全面介绍数控机床故障诊断的书。本书能帮助读者快速诊断故障、对其归类并排除，从而使数控机床的停机时间大大缩短，延长其平均无故障时间，充分发挥数控机床应有的效益。

本书可供工厂数控机床专业维修人员参考，也可作为高等院校进行工程教育和工程训练的指导教材。

全书共分 12 章，其中第 1 章由沈阳工业学院的张魁林、张宏祥教授编写，第 2 章由查继红、方华编写，第 3 章由沈阳工业学院的刘景全、李舒平、孙建业等高级工程师和王海讲师及沈阳数控集团的王军高级工程师等编写，第 4 章由沈阳工业学院的孙建业、梁媛，沈阳第一机床厂的高荣坚、李晓峰和沈阳第二机床厂的张锡胜、洪雁，沈阳第三机床厂的陈诗良，北京施耐德公司代表处的王占辉等高级工程师和裘易芴等人编写。全书由张魁林教授统稿，张志军教授审阅。

在此对在本书编写过程中给予大力支持的沈阳工业学院及有关人士表示衷心感谢！由于时间所限，书中难免会有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

# 目 录

前 言	圆圆猿
第 员章 数控机床的发展、现状与未来	员
员员 数控机床的发展	员
员圆 数控机床的现状	员
员圆员 长时间连续自动加工时的质量保证	员
员圆圆 高速度、高精度	圆
员圆猿 多功能	猿
员圆源 智能化	猿
员圆缘 数控系统小型化	猿
员圆远 数控编程自动化	源
员圆苑 高可靠性	源
员圆愿 柔性制造系统	源
员猿 数控机床的发展趋势与未来	源
员猿员 数控系统	源
员猿圆 检测装置	缘
员猿猿 实施绿色制造	缘
员源 我国数控机床发展现状	缘
第 圆章 数控机床的机械结构及悦晕兑系统	远
圆员 数控机床机械结构的主要组成部分	远
圆圆 数控机床机械结构的主要特点	远
圆圆员 高刚度和高抗振性	远
圆圆圆 减少机床热变形的影响	远
圆圆源 传动系统机械结构简化	苑
圆圆缘 高传动效率和无间隙的传动装置及元件	苑
圆圆缘 低摩擦因数的导轨	愿
圆猿 数控车床	员
圆猿员 数控车床的结构特点	员
圆猿圆 主传动系统	员
圆猿猿 伺服进给系统与位置检测	员
圆源 数控超高速铣床	员
圆源员 概述	员
圆源圆 国内外发展概况及未来发展趋势	员
圆源猿 数控超高速铣床的结构及技术关键	员
圆缘 复合加工机床——车铣加工中心	员
圆缘员 复合加工的概念	员
圆缘圆 车铣加工中心的结构特点	圆
圆远 数控机床常用的悦晕兑系统简介	圆
圆远员 云粤兑系统	圆
圆远圆 西门子系统	缘
圆远猿 晕兑系统	圆
圆远源 沈阳一桥堡 孕兑式数控系统	猿
圆远缘 其他	猿
圆苑 可编程控制器	猿
圆苑员 可编程序控制器的概述	猿
圆苑圆 数控机床中的孕兑	缘
第 猿章 数控机床故障诊断的基本知识	猿
猿员 可靠性	猿
猿员员 可靠性的基本知识	猿
猿员圆 衡量可靠性的几个指标	猿
猿员猿 影响可靠性的因素	源
猿圆 数控机床故障诊断的基本知识	猿
猿圆员 数控机床与普通机床在诊断方面的区别	猿
猿圆圆 预防性维护	苑
猿猿 数控机床故障诊断的基本条件和内容	苑

1.1.1	数控机床故障诊断的必要性和基本条件 .....	1	1.1.2	参数的重要性 .....	2
1.1.2	现场诊断 .....	2	1.1.3	参数的分类 .....	3
1.1.3	故障诊断专家系统的建立 .....	3	1.1.4	数控机床软故障的诊断 .....	3
1.2	数控机床常见故障的分类 .....	3	第 2 章	数控机床故障诊断实例 .....	3
1.2.1	系统性故障和随机故障 .....	3	2.1	数控系统故障诊断实例 .....	3
1.2.2	有显示故障和无显示故障 .....	3	2.2	主机故障诊断实例 .....	3
1.2.3	破坏性故障和非破坏性故障 .....	3	第 3 章	数控机床开机调试 3 步 .....	3
1.2.4	机床品质下降故障 .....	3	3.1	通电前的外观检查 .....	3
1.2.5	硬件故障和软件故障 .....	3	3.2	机床总电源接通后的检查 .....	3
第 2 章	数控机床的故障诊断 .....	3	3.3	控制电器箱通电检查 .....	3
2.1	数控机床故障诊断的流程 .....	3	3.4	手动数据输入 (MDI) 试验 .....	3
2.1.1	故障现场充分调查 .....	3	3.5	编辑 (EDIT) 功能试验 .....	3
2.1.2	故障树的建立 .....	3	3.6	自动状态 (AUTO) 试验 .....	3
2.1.3	排列可能引起故障的诸多因素 .....	3	3.7	外围设备试验 .....	3
2.1.4	确定故障产生的原因 .....	3	附录	云梯系列参数说明 .....	3
2.1.5	确定故障产生原因的方法 .....	3	参考文献	.....	3
2.2	利用参数设置诊断数控机床软故障 .....	3			

# 第 1 章 数控机床的发展、现状与未来

## 1.1 数控机床的发展

数控机床是新型自动化机床，它是具有广泛的通用性和很高自动化程序的全新型机床，是用数字代码形式的信息来控制机床按给定的动作顺序进行加工的自动化机床。

采用数字控制技术进行机械加工的思想最早来源于 20 世纪 50 年代，数控机床最早产生于美国。

1952 年，为了精确制作直升飞机叶片的样板，美国的帕森斯（John Parsons）公司设想并利用全数字计算机对叶片轮廓的加工路径进行了数据处理，使得加工精度达到 0.0254 mm（0.001 in），这就是最早地将数字控制技术运用机械加工当中。

1953 年，美国空军为了能在短时间内制造出经常变更设计的火箭零件，委托帕森斯公司并通过该公司与麻省理工学院伺服机构研究所协作，开始了数控机床的研制工作。经过三年的研制，于 1956 年研制成功了世界上第一台数控坐标镗铣床。当时所用的电子元件是电子管。

1957 年，美国又相继研制成功了数控转塔钻床。同年，日本也成功地研制出数控转塔式冲床。

1958 年，美国一家公司研制出带刀架或自动换刀装置（ATC）的加工中心。此时已开始采用晶体管元件和印制电路板。这种带有 ATC 的加工中心，就是 FMS（柔性制造系统）。

1959 年以后，数控装置开始采用小规模集成电路，使得数控装置的体积减小，功耗降低，可靠性提高，但仍然是一种硬件逻辑数控系统（MCS）。

1960 年，日本的 FANUC 公司研制出全集成电路化的数控装置。

1964 年，在美国芝加哥国际机床展览会上，首次展示了用小型计算机控制的数控机床，这是第一台计算机控制的数控机床（MCS）。

1965 年后，由于控制电路小型集成化技术的迅速发展，微处理器可直接用于数控系统，从而促进了数控机床的普及应用和数控技术的发展。

20 世纪 80 年代初，又出现了柔性制造单元（FMS），它和 FMS 被认为是实现计算机集成制造系统（CIMS）的必经阶段和基础。

## 1.2 数控机床的现状

当前在控制领域，微机数控装置占了绝对的优势，而数控装置随着微机技术和相应软件技术的发展也得到了很快的发展。因此，数控机床也正在不断采用最新技术，朝着高速度化、高精度化、多功能化、高可靠性等方向发展。

1.2.1 长时间连续自动加工时的质量保证

目前在先进的数控机床床上，装有各种类型的监控及检测装置。如采用红外线、超声、激



指令的运行速度可达到一个新的水平，可编程序步数可达几千步以上。利用数控的高速处理功能，使数控与机械有机地结合起来，满足数控机床运行中的各种实时控制要求。

## 多功能

### 复合加工机床

在各类加工中心上，工件一经装夹，各种工序和不同的工艺加工过程都集中到同一台设备上来完成，以避免工件多次装夹造成的定位误差，确保零件的形位公差要求。现代数控机床还采用了多主轴、多面体切削（如各类五面体加工中心、双主轴数控机床加工中心等），以进一步提高工效。近几年，又产生了一种“复合加工机床”，以车铣加工中心为代表，该加工中心将车、铣加工工艺有机地融合一体，零件一次装夹，可进行车削和铣削、钻孔、攻螺纹等项加工，即使是具有复杂表面形状的回转体零件，也可一次加工完成。这种车铣加工中心已成为航天、军工行业中不可缺少的工作母机。

### 多坐标轴控制

对曲线、曲面及特殊面的加工，要求现代数控机床数控系统的控制轴数在不断增加，有的控制轴多达十轴，其同时联动的轴数可达八轴。

### 联机会话功能

借助显示屏，利用键盘可以实现程序的输入与编辑。用数控进行动态图形模拟显示其所编程序的加工轨迹，以此来进行零件程序的调试与修改，充分提高其工作效率和机床利用率。此外，还具有在线编程功能，机床在加工一个零件的同时，可进行另一个零件的程序编制，节约了大量的辅助时间。

### 具有很强的通信功能

由于数控和机械以及机械的出现和应用，要求现代数控系统具有更高的通信功能，以适应数控的进一步联网要求。一般的数控系统都具有硬线和高速远距离串行的接口，高档的数控系统应用具有硬线接口，可以实现几台数控机床之间的数据通信，也可以直接对几台数控机床进行控制。为了满足不同厂家、不同类型数控机床联网功能要求，现代数控机床已采用符合（制造自动化协定书）工业控制网络，现已实现了多种版本。最新的数控系统开发了符合开放系统互联七层网络模型的通信规则，为自动化技术发展创造了条件。

## 智能化

数控系统中引进自适应控制技术。自适应控制技术是一种能调节在加工过程中的工作状态特性，且能使切削过程达到并维持最佳状态的技术。自适应控制系统能根据切削条件的变化，自动调节工作参数并保持最佳工作状态，实现了切削状态调整智能化，从而得到较高的加工精度和较好的表面质量，同时也能提高刀具的使用寿命和设备的生产效率。

## 数控系统小型化

数控系统体积的减小便于将机、电装置合为一体。目前主要使用超大规模集成元件，多层印制电路板，并采用三维的安装方法，可以较大地缩小系统的占有空间。此外，还可以采用新型的彩色液晶薄型显示器替代传统的阴极射线管，使数控系统进一步小型化。

## 2.1.1 数控编程自动化

随着计算机应用技术的发展,目前利用计算机绘图交互式自动编程已得到较多的应用,它是利用计算机绘制的零件加工图样,再经计算机内的刀具轨迹数据计算和后置处理,而自动生成零件加工程序,以实现CAD与CAM的集成。由于CAM技术的发展,当前又出现了CAD/CAM集成的全自动编程方式,在这方式中,编程所需的加工工艺参数不必由人工参与,而是直接由系统内的工艺参数数据库获得。

## 2.1.2 高可靠性

数控机床工作的可靠性一直是用户最关注的重要指标。它主要取决于数控系统和各伺服驱动单元的可靠性。提高可靠性经常采用的措施主要有:

提高系统的硬件质量,如选用高质量的集成电路芯片,印制电路板和其他元器件,采用零件三维高密度安装工艺、性能测试等一系列完整的质量保证体系。

现代数控系统的硬件、软件结构实现模块化、标准化和通用化,以便于现代数控系统进一步扩展和升级,促进数控技术向深度和广度方面发展。

## 2.1.3 柔性制造系统

在现代生产中,为了满足多品种、小批量产品更新换代周期的要求,原来以单功能组成机床为主体的生产线,已不能适应机械制造业日益发展的要求,因而具有多功能和一定柔性的设备和生产系统相继出现,如柔性制造单元和柔性制造系统。这些生产系统的出现促使数控技术向更高层次发展。

## 2.2 数控机床的发展趋势与未来

20世纪50年代初出现的数控机床,在经历半个世纪的发展后,现已成为当今制造业的主流设备。尤其是20世纪70年代高速加工中心的诞生,使数控机床得到了更为广泛的应用。随着CAD和CAM迅速发展及CAM的成熟,又将对数控机床的可靠性、通信功能、人工智能等技术提出更高的要求。进入20世纪以后,数控机床的发展将更加迅速。

## 2.2.1 数控系统

数控系统将采用位数和频率更高的微处理器,如用32位的微处理器,以提高系统的基本运算速度。为适应现代制造业的发展要求,人们提出了新一代数控系统——开放式数控系统。开放式数控系统就是要求能够在普及型个人计算机的操作系统上轻松的使用系统所配置的软件模块和硬件运行控制插件卡。机床制造商和用户能够方便地进行软件开发,能够追加功能和实现功能的个性化。从使用角度看,新型的数控系统应能运用各种计算机软硬件平台,并提供统一风格的用户交互环境,以便于用户的操作、维护和更新换代。

开放式数控系统应实现下列要求:

(1) 开放性 把现成的硬件部件集成到实际的标准控制环境中模块化,允许部件“即插即用”,最大限度满足特殊应用控制要求。

(2) 可塑性 当要求控制器变化时,能方便而有效地进行再组合。

(3) 可维修性 支持最长的平均无故障时间(MTBF)和最短的平均修复时间(MTTR),易于维修。

上述开放式数控系统又称为第六代数控系统。目前,国外数控系统开发商都在积极研制此机床数控系统。

## 1.4.4 检测装置

精密测试技术——视觉测试技术被广泛应用于数控机床中。非接触测试技术很多，特别值得一提的是视觉测试技术。现代视觉论和技术的发展，不仅在于模拟人眼所完成的功能，更重要的是它能完成人眼所不能胜任的工作。所以，在电子、光学和计算机等技术不断成熟和完善的基础上，视觉测试技术得到了突飞猛进的发展。在 1989 年 9 月份的北京国际机床博览会上，已见到国外利用视觉测试技术研制成功的仪器。

## 1.4.5 实施绿色制造

绿色制造是一个综合考虑环境影响和资源消耗的现代制造模式。目标是使得产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的整个生命周期中，对环境负面影响极小，资源利用率极高，并使企业经济效益和社会效益协调优化。近年来，由于人们环保意识的不断增强，可持续发展战略的提出，绿色制造必将成为数控机床产业的追求目标。

## 1.5 我国数控机床发展现状

我国从 1958 年开始研究数控机床，开始也是从电子管着手的，一直到 20 世纪 70 年代中期还处于研制开发时期。1958 年，国内开始研制晶体管数控系统。从 20 世纪 70 年代开始，数控技术在车、铣、齿轮加工、电加工等领域全面发展，数控加工中心在上海、北京研制成功。在这一时期，数控车削加工、点位加工和加工中心及三坐标数控加工的自动编程系统和语言也研制成功，有的还在生产中得到了较好的应用。20 世纪 80 年代，我国从日本引进了数控系统和直流伺服电动机等制造技术。与此同时，还自行开发了猿源 轴联动的数控系统以及双电动机驱动的同步数控系统和新品种的伺服电动机，使我国数控机床在性能和质量上产生了一个质的飞跃。

现在我国已建立了以中、低档数控机床为主的产业体系。一些较高档次的数控系统，如轴联动的数控系统、远轴数控高速滚齿机等高精度数控机床、加工中心也相继研制成功并投入商用。进入 20 世纪 90 年代以来，国内企业不断推出自行开发的新产品。国内许多商家还制造出轴联动加工中心，如北京市机电研究院新研制出型号为缘一 轴联动的轴联动加工中心。此外，在并联机床方面，我国也已进入实用阶段，开发了自主知识产权的虚拟轴机床数控系统和软件，这是我国机床创新方面又一重大成果。

值得一提的是，当国外数控机床普遍向智能化、网络化发展的时候，华中数控系统股份公司与桂林机床股份公司联合研制出了一套由源台机床组成的具有相同功能的网络制造系统。这充分说明我国机床制造业在网络制造技术方面有了长足进步，为实现生产制造过程的智能化奠定了较坚实的基础。

当前，我国数控机床的发展状况表明，虽然我国数控机床的总体水平与国外还有较大差距，但在一些高精尖技术方面也已取得了可喜的成就。2005 年在北京举办的国际机床博览会上，国内机床厂家生产的数控机床、悦悦系统、机床附件等都显示了经过改革开放以后所取得的显著成绩，具有一定的竞争能力。

总之，我国数控机床技术水平有了较大提高，产品正向着更高水平发展，在创新开发上也取得了一定成果，正在一步步缩小与工业发达国家的差距。

## 第 10 章 数控机床的机械结构及 数控系统

### 10.1 数控机床机械结构的主要组成部分

数控机床的机械结构主要由以下各部分组成：

- (1) 机床基础件，如床身，底座等。
- (2) 主传动系统。
- (3) 进给系统。
- (4) 实现工件回转、定位的装置和附件。
- (5) 刀架或自动换刀装置（数控）。
- (6) 自动托盘交换装置（数控）。
- (7) 尾座。
- (8) 辅助装置，如液压、气动、润滑、冷却、排屑、防护等装置。
- (9) 特殊功能装置，如刀具破损监控、精度检测和监控装置等。
- (10) 各种反馈信号装置及元件。

随着电子控制技术在机床上的普及和应用，数控机床的机械结构也在不断发展和变化。

### 10.2 数控机床机械结构的主要特点

#### 10.2.1 高刚度和高抗振性

机床的刚度是机床的技术性能之一，它反映了机床结构抵抗变形的能力。根据机床所受载荷性质的不同，机床在静态力作用下所表现的刚度称为机床的静刚度。机床在动态力作用下所表现的刚度称为机床的动刚度。

与普通机床比较，数控机床应有更高的静动刚度，更好的抗振性。

#### 10.2.2 减少机床热变形的影响

随着机床自动化程度的提高，一方面，其主轴转速、进给速度远高于普通机床，而大切削用量所产生的热切屑对工件和机床部件的热传导影响远较普通机床严重；另一方面，操作工人对加工精度的控制逐渐为机床所代替，而难以修正热变形对加工精度的影响。所以，数控机床热变形对加工精度的影响应予以特别重视。可以通过以下几种措施改善机床的热变形：

(1) 改进机床布局和结构设计 如采用热对称结构，采用斜床身或者平床身斜滑鞍结构，采用热平衡措施等。

(2) 减少热源的发热量并将热源置于易于散热的位置 如提高滚动轴承的精度，改善轴承的润滑冷却条件及装配质量，提高齿轮的制造质量与安装质量，改善导轨的摩擦润滑条件，改善丝杠螺母副的运动条件等。还可以采取散热、风冷和液冷等控制温升的方法来吸收热源发出的热量。

(3) 对切削部位采取强制冷却措施 可采用多喷嘴、大流量冷却液来冷却热的切屑。

(源)采用自动热补偿装置 研究热变形规律,建立数学模型存入计算机控制系统中进行实时补偿。

### 圆圆圆 传动系统机械结构简化

数控机床的主轴驱动系统采用交直流主轴电动机,进给驱动系统采用交直流伺服电动机驱动。这两类电动机调速范围大,并可以无级调速,因此使主轴箱、进给及其传动系统大为简化,结构简单,轴承齿轮等数量减少,甚至可以由电动机直接带动主轴或进给滚珠丝杠。

### 圆圆圆 高传动效率和无间隙的传动装置及元件

数控机床在高进给速度下,工作要平稳,定位精度要高。因此,对进给系统中的机械传动装置和元件要求具有高寿命、高刚度、无间隙、高灵敏度和低摩擦阻力的特点。目前,数控机床进给驱动系统中常用的机械传动装置有以下几种:滚珠丝杠副、静压蜗杆—蜗母条、预加载荷双齿轮齿条及直线电动机。

#### 圆 滚珠丝杠副

滚珠丝杠副是在丝杠和螺母之间以滚珠为滚动体的螺旋传动元件。其结构见图 圆圆圆

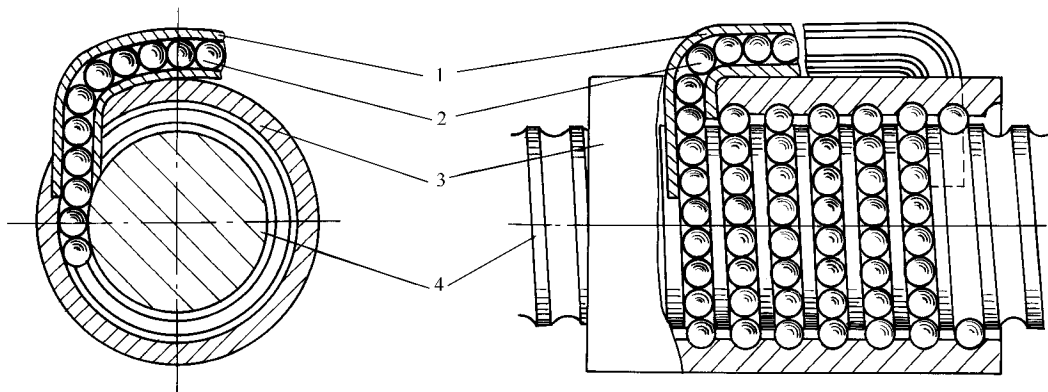


图 圆圆圆 滚珠丝杠副的结构

员—插管式回珠器 圆—滚珠 猿—螺母 源—丝杠

滚珠丝杠副是数控机床进给驱动系统中应用最为广泛的结构,与滑动丝杠相比具有如下优点:

- 员) 传动效率高,可达 忽忽% 以上。
- 圆) 灵敏度高,传动平稳。
- 猿) 磨损小,寿命长。
- 源) 可以消除轴向间隙,提高轴向刚度。

#### 圆 静压蜗杆—蜗母条传动

液体静压蜗杆—蜗母条机构是在蜗杆—蜗母条的啮合齿面间注入压力油,以形成一定厚度的油膜,使两啮合面间成为液体摩擦,其工作原理如图 圆圆圆 所示。

静压蜗杆—蜗母条传动由于既有纯液体摩擦的特点,又有蜗杆—蜗母条机械结构上的特点,因此特别适用于重型机床进给驱动系统。其主要优点有:

- 员) 摩擦阻力小。起动摩擦因数可小至 圆圆% 左右,功率消耗少,传动效率高,可达 忽忽% ~ 忽忽%。在低速下也很平稳。

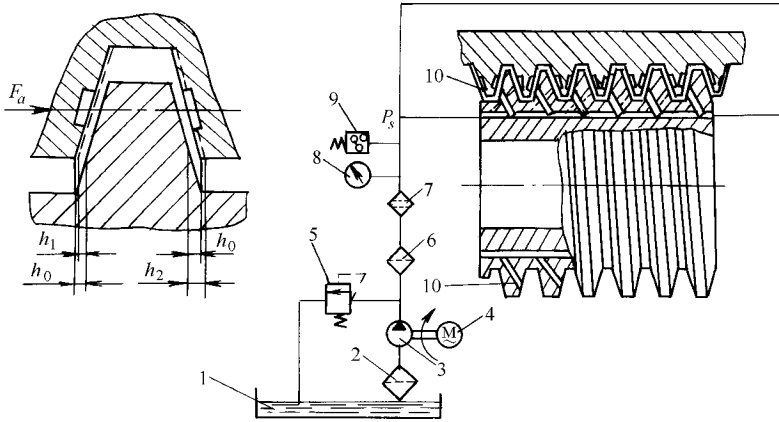


图 10 液体静压蜗杆—蜗母条机构的工作原理

1—液压箱 2—液压泵 3—粗过滤器 4—源—电动机 5—溢流阀  
 7—粗过滤器 7—精过滤器 愿—压力计 怨—压力继电器 愿—节流器

愿 寿命长，精度保持性好。

猿 抗振性能好。

源 轴向刚度大。

缘 蜗母条可无限接长，适用于长行程运动部件。

猿 预加载荷双齿轮齿条传动

预加载荷双齿轮齿条无间隙传动机构的产生，克服了一般齿轮齿条位移精度和运动平稳性较差的缺点，其齿侧隙消除如图 11 所示该机构现已广泛应用于长行程的各类数控机床进给传动系统中。

源 直线电动机传动

随着现代切削技术的发展，高速切削和超高速切削

技术日臻成熟。高速切削时，随着主轴转速的提高，进给速度也必须大幅度地提高。传统的滚珠丝杠副传动机构最大进给速度可达  $10\text{m/min}$ ，而直线电动机驱动系统进给速度可达  $100\text{m/min}$ 。由于直线电动机驱动系统无间隙，惯性小，刚度较大而无磨损，现已得到愈来愈广泛的应用。直线电动机的基本结构与普通旋转电动机相似，如图 12 所示。

可假想把一个旋转电动机沿母线剪开并铺平，这就形成一个直线电动机。它无需其他传动装置就可以实现直线运动。驱动系统的加速度取决于电动机的功率和滑鞍的质量。由于电动机与滑鞍联接在一起，整个驱动系统的刚度较高，与旋转电动机相比，直线电动机的电流发热较严重。当电动机的功率较大时，必须配备相应的冷却系统。

愿 低摩擦因数的导轨

机床借助于导轨保证刀具或工件的运动方向而进行工作，导轨用来支承和引导运动部件沿着一定的轨迹准确地运动。实现直线运动的称为直线运动导轨；实现圆周运动的称为圆周运动导轨。导轨结合面是滑动摩擦的称为滑动导轨；是滚动摩擦的称为滚动导轨。

对数控机床导轨要求有较高的导向精度、高的刚度、高耐磨性及低速均匀性。另外，要

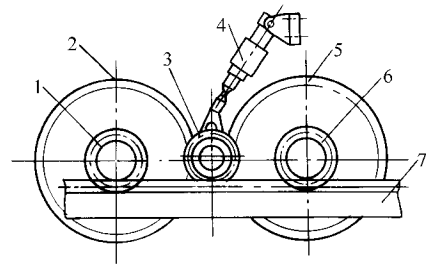


图 11 预加载荷双齿轮齿条传动的齿侧隙消除

员 圆 猿 缘 远—齿轮  
 源—加载装置 苑—齿条

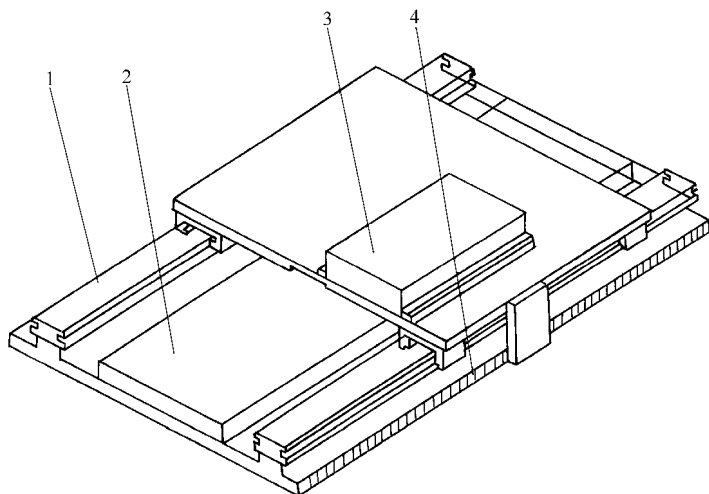


图 1-1 直线电动机的基本结构

1—导轨系统 2—笼型次级绕组（定子） 3—三相初级绕组（转子） 4—直线行程测量系统

求高速进给时不振动，低速进给时不爬行，具有高灵敏度。

现代数控机床所使用的导轨为滑动导轨、滚动导轨和液压导轨三种，但在材料上和结构上与普通机床所使用的导轨有一定的区别。

#### 1. 塑料滑动导轨

目前，数控机床所使用的滑动导轨材料为铸铁—塑料或镶钢—塑料滑动导轨。导轨塑料常用聚四氟乙烯导轨软带和环氧型耐磨导轨涂层两类。

(1) 聚四氟乙烯导轨软带的特点：

1) 摩擦特性好；金属—聚四氟乙烯导轨软带的动静摩擦因数基本不变。

2) 耐磨性好；聚四氟乙烯导轨软带材料中含有青铜、二硫化铜和石墨，因此，本身即具有自润滑作用，对润滑油的供油量要求不高。此外，塑料质地较软，即便嵌入金属碎屑、灰尘等，也不致损伤金属导轨面和软带本身，可延长导轨副的使用寿命。

3) 减振性好；塑料的阻尼性能好，其减振消声的性能有利于提高摩擦副的相对运动速度。

4) 工艺性好；可降低对粘贴塑料的金属基体的硬度和表面质量要求，而且塑料易于加工（铣、刨、磨、刮），使导轨副接触面获得优良的表面质量。

聚四氟乙烯导轨软带被广泛用于中小型数控机床的运动导轨中，常用的进给速度为  $0.1 \sim 1 \text{ m/min}$  以下。

(2) 环氧型耐磨涂层

1) 良好的加工性；可经车、铣、刨、钻、磨削和刮削。

2) 良好的摩擦性。

3) 耐磨性好。

4) 使用工艺简单。

#### 2. 滚动导轨

在两导轨面之间安放多个滚动体（滚柱、滚珠、滚针等）就成为滚动导轨。与滑动导轨相比，滚动导轨有下列优点：

- (员) 运动灵敏度高 滚动导轨的摩擦因数为 0.001~0.002，动静摩擦因数相差小，几乎不受运动速度变化的影响，无爬行现象。
- (圆) 定位精度高 一般滚动导轨的重复定位误差约 0.01~0.02mm
- (猿) 驱动力小，移动轻便
- (源) 磨损小，精度保持性好
- (缘) 润滑系统简单，维护方便

滚动导轨的缺点是抗振性较差，对防护要求也较高，结构复杂，制造困难，成本较高。



滚动导轨有多种形式，按导轨中的滚动体可分为滚珠、滚针和滚柱三种形式；按导轨的表面形状可分为平面导轨、圆柱导轨；按移动形式来分有直线运动导轨、圆周运动导轨；按承载状态可分为有预载和无预载导轨；按滚动体返回方式来分有采用返回装置的行程无限导轨和无返回装置的行程有限导轨。

图 10-1 直线滚动导轨的外形

滚动导轨还可分成开式与闭式两种。开式用于载荷在加工过程中变化较小的情况。闭式导轨则用于承受颠覆力矩、载荷变化较大及需要预加载荷的场合。

直线滚动导轨的突出优点为无间隙，并且能够施加预紧力。这种导轨的外形和结构见图 10-1 和图 10-2

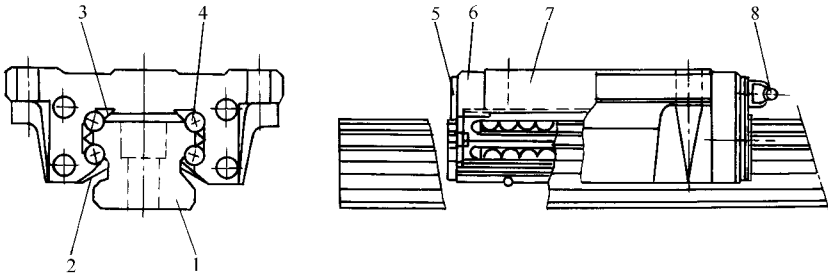


图 10-2 直线滚动导轨的结构

员—导轨体 圆—侧面密封垫 猿—保持器 源—承载球列 缘—端部密封垫 远—端盖 苑—滑块 愿—润滑油杯

直线滚动导轨主要由导轨体、滑块、滚珠或滚柱、保持器、端盖等组成。当滑块与导轨体相对移动时，滚动体在导轨体和滑块之间的圆弧直槽内滚动，并通过端盖内的滚道，从工作负荷区到非工作负荷区，然后再滚动回工作负荷区，不断循环，从而把导轨体和滑块之间的移动变成了滚动体的滚动。为防止灰尘和脏物进入导轨滚道，滑块两端及下部均装有塑料密封垫，滑块上还有润滑油注油杯。

### 猿 液体静压导轨

液体静压导轨是将具有一定压力的油液经节流器输送到导轨面的油腔，形成承载油膜，

将相互接触的金属表面隔开，实现液体摩擦。这种导轨的摩擦因数小（约为 0.001~0.002），机械效率高。由于导轨面间有一层油膜，吸振性也好。导轨面不相互接触，不会磨损，不但能长期保持导轨的导向精度，而且在低速下也不易产生爬行，且可降低对导轨材料的要求。但静压导轨结构复杂，并需要有一个具有良好过滤效果的液压装置，制造成本较高。静压导轨按导轨形式可分为开式和闭式两种；按供油方式，可分为恒压（即定压）供油和恒流（即定量）供油两种。

## 圆 数控车床

数控车床是由床身、主轴箱、刀架、进给系统、尾座、液压系统、冷却系统、润滑系统等部分组成。它是由计算机控制，步进电动机或伺服电动机驱动进给系统，以连续控制刀具的纵向（在轴）和横向（载轴）运动，从而完成对各类回转体零件的内外型面加工，可以加工圆柱、圆锥、圆弧、各类螺纹等。

### 圆 数控车床的结构特点

#### 圆 床身和导轨

按照床身导轨面与水平面的相关位置，主要可分为平床身、斜床身、平床身斜滑鞍和立床身等。中小规格的数控车床采用斜床身和平床身斜滑鞍较多，大型数控车床和小型精密数控车床采用平床身较多。

平床身工艺性好，容易加工制造，有利于提高刀架的运动精度。缺点是床身下部空间小，排屑困难。

斜床身多采用 3°、5°、7°、9° 和 12°，常用的有 5° 和 7° 较小的倾斜角宜人性差，排屑不方便；而倾斜角大，床身导轨导向性能差，受力情况也不好。

床身导轨除用镶钢导轨外，也有用铸铁导轨直接淬火的，与之相配的动导轨则用“贴塑”或“注塑”导轨。目前，直线滚动导轨已经被广泛采用。

#### 圆 刀架结构

刀架是数控车床的重要部件。两坐标连续控制的数控车床，一般都采用 远- 圆 工位回转刀架。回转刀架在机床上的布局主要有两种，一种是适用于加工轴类和盘形零件的刀架，其回转轴与主轴平行。另一种是专门用于加工盘类零件的刀架，其回转轴与主轴垂直。也有采用双刀架结构的，即在同一滑鞍上安装两个刀架，但不能同时切削，这样可增加刀具的工位数。还有采用分别装在两个滑板上的回转刀架的结构形式，这种结构的数控车床被称为双刀架四坐标数控车床，每个独立刀架的切削进给可分别控制，因而可同时切削同一工件的不同部位，不仅加工范围广，还能提高加工效率。它主要用于加工形状复杂，批量较大的零件。

转塔刀架结构及工作原理如图 圆 所示。

#### 圆 润滑系统

数控车床中不同功能部件配备有不同的润滑方式。主轴箱内的轴承和传动齿轮一般设有专用油箱，单独供油润滑，同时起到冷却作用，降低主轴温升，减少热变形。也有的机床由液压站直接供油润滑，润滑油在循环中经过专门设置的冷却器冷却。导轨和滚珠丝杠的润滑采用定时定量供油的自动滴油润滑系统，所设定的供油时间可由可编程控制器控制。定时定量供油系统由润滑专业生产厂生产，有不同的型号规格供使用者根据润滑部位所需的润滑条