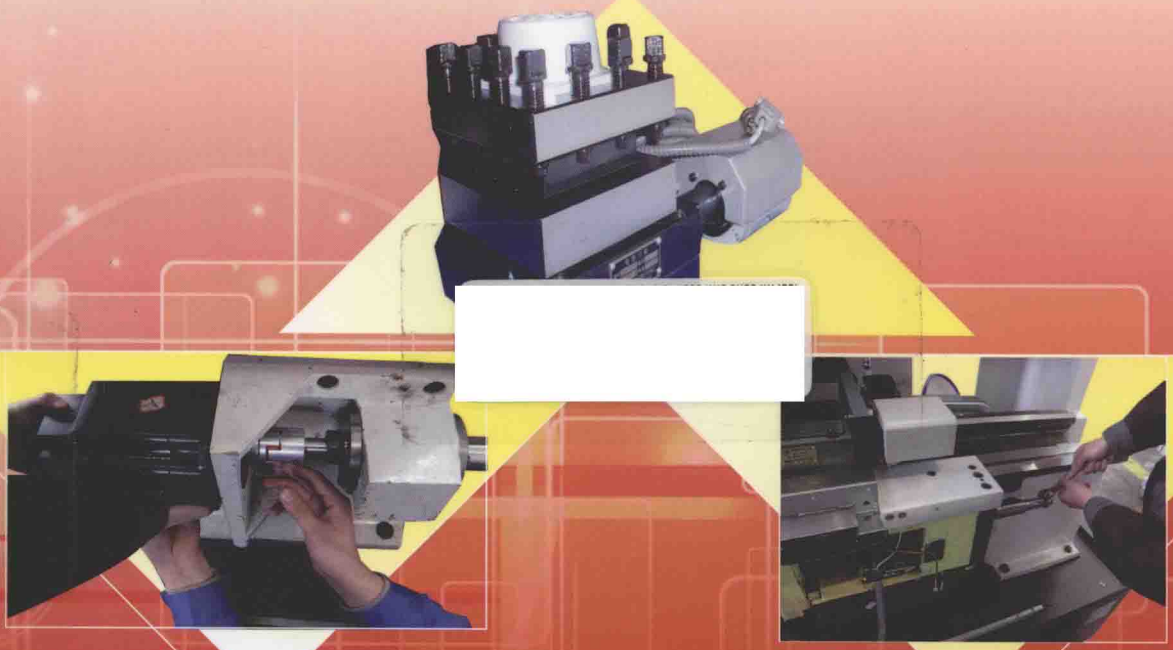
全国高职高专“十二五”规划教材

数控机床拆装与测绘

SHUKONG JICHUANG CHAIZHUANG YU CEHUI

配套电子课件

高红宇　主编
王叔平　李艳霞　副主编



化学工业出版社

全国高职高专“十二五”规划教材

数控机床拆装与测绘

SHUKONG JICHUANG CHAIZHUANG YU CEHUI

高红宇　主编
王叔平　李艳霞　副主编

化学工业出版社
·北京·

本书内容包括数控机床拆装与测绘安全防护须知，数控机床的结构组成及性能，数控机床的主要零部件及其功用，数控车床的主要参数及加工对象，数控机床装配的基础知识，数控机床的拆装测绘，数控机床拆装过程的有关问题和注意事项。书中内容以真实的工作任务为载体，通过做与学、教与学、学与考、过程评价与结果评价的有机结合，有效实施教学全过程。

本书可作为高职高专机电类相关专业学生教材，企业人员培训用书，并可作为相关专业技术人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

数控机床拆装与测绘/高红宇主编. —北京：化学工业出版社，2014.5

全国高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-20167-6

Ⅰ.①数… Ⅱ.①高… Ⅲ.①数控机床-装配（机械）-高等职业教育-教材②数控机床-机床零部件-测绘-高等职业教育-教材 Ⅳ.①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 055826 号

责任编辑：韩庆利　　文字编辑：张燕文

责任校对：蒋　宇　　装帧设计：韩　飞

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号　邮政编码 100011）

印　　装：大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm　1/16　印张 7　字数 166 千字　2014 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）　售后服务：010-64518899

网　　址：http://www.cip.com.cn

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定　　价：18.00 元

前　言

本教材结合生产实际，由专业教师与企业一线生产设计主管工程师合作编写，以企业岗位能力为目标，实现理论与实践相融合的项目教学方法，以真实的工作任务为载体，通过做与学、教与学、学与考、过程评价与结果评价的有机结合，有效实施教学全过程，充分体现了“以教师为主导，以学生为主体”的教学理念，适合高职高专数控技术、数控设备应用与维护专业学生使用。

数控机床拆装与测绘实训是在二、三年级开设的重点专业课程，是机床机构理论教学之后进行的实践教学环节。目的在于巩固所学知识，学会查阅有关资料，端正学习态度，勤思考、勤观察、勤动手，学会自学、主动学习的方法，学会计划、实施、检查、改进的方法。树立正确的学习、工作思想，掌握机床原理、结构、拆装方法、装调方法，培养学生的实际工作能力。

本教材主要介绍：数控机床的产生、特点及类型，数控机床的机械结构与传统机床相比进行了哪些改进；数控机床的组成结构、布局特点及性能，零部件之间的装配关系；数控机床的主要部件及其功用；数控机床零件图的测绘方法；数控车床主要结构、工作情况，零件在机床上的安装方法、调试方法、精度检验方法等，以及机床拆装所使用的工具；机床典型零部件的测绘；车床拆装过程的有关问题和注意事项。

《数控机床拆装与测绘》由天津轻工职业技术学院高红宇担任主编，王叔平和李艳霞担任副主编，由大连机床公司的宋恒满高级工程师参编。具体编写分工如下：项目一、二、三由李艳霞和王叔平编写；项目四、五、六、七由高红宇编写；高红宇负责全书内容的组织和统稿。天津轻工职业技术学院韩志国副教授和宋恒满高级工程师审阅了全书，并提出了许多宝贵的意见和建议，在此谨致谢忱！

本书配套有电子课件，可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师，如有需要可发邮件至 hqlbook@126.com 索取。

限于编者水平所限，书中疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编写组

目 录

项目一　安全防护须知

机床配有许多安全装置以防止操作人员受伤害和设备损坏，应彻底弄懂各种安全标牌的内容以及规定后再上机工作。

任务一　掌握基本操作要求

危险：

有些控制盘变压器、电机接线盒以及带有高压接线端子的部位不要去接触，否则会引起电击。

不要用湿手触摸开关，否则会引起电击。

须知：

应当非常熟悉急停按钮开关的位置，以便在任何需要使用它时，不需要寻找就能够按到它。

在安放保险丝前，一定要将机床断电。

要有足够的工作空间，以避免产生危险。

水或油能使地面打滑而造成危险，为了防止出现意外的事故，工作地面应保持洁净干燥。

在使用开关之前，一定要确认，不要弄错。

不要乱碰开关。

接近机床的工作台应结实牢固，以防止出现事故时物件从工作台面上滑下。

如果一项任务必须由两个以上的人来完成，那么，在操作的每一个步骤上都应当规定协调的信号，除非已给出了规定的信号，否则就不要进行下一步操作。

注意：

当电源部分出现故障时，应立即扳断主电路开关。

使用推荐的液压油、润滑油和油脂或认可的同等性能的同类物质。

应当使用具有适宜电流额定值的保险丝。

要防止操作盘、电气控制盘等受到冲击，否则会引起故障，使设备不正常工作。

不要改变参数值或其他电气设置。若非变不可，则应在改变之前将原始值记录下来，以便在必要时，可以恢复到其原始值上。

不要弄脏、刮伤或弄掉警告标牌。如果标牌上的字迹已变得模糊不清或遗失了，应向厂方订购新的标牌。在订购时要标清标牌的件号。

任务二　了解接通电源之前的要求

危险：

凡是绝缘皮损坏的缆线、软线或导线都会产生电流泄漏和电击。所以，在使用它们之前，应进行检查。

在机床主轴运转时，任何情况下，禁止扳动床头前的变速手柄，机床在空挡位置时，严禁启动。

须知：

一定要弄懂说明书和编程手册中所规定的内容。对每一个功能和操作过程都要弄清楚。

应穿防油的绝缘鞋，穿工作服和佩戴其他安全防护用品。

将所有 NC 装置、操作盘和电气控制盘的门和盖都关上。

注意：

为机床所配置的送电开关的缆线和主线路开关用的缆线必须具有足够的横截面积以满足电力的要求。

铺设在地面的缆线必须能防铁屑以避免产生短路。

机床拆箱后第一次使用前，应使机床空运转几小时，对每个滑动部件都要用新的润滑油加以润滑，应使润滑泵连续工作，直到油从刮屑器处渗出为止。

应将油箱的油灌到油标处。在必要时应进行检查并加油。

对于润滑点，油的种类和相应的油位，参见各自有关的说明标牌。

各个开关及操作手柄都应灵活、平滑好用。要检查它们的动作情况。

当给机床送电时，要在操纵盘上依次接通工厂送电开关、主线路开关和电源开关。

检查冷却液的液量，必要时添加冷却液。

任务三　常规检查须知

危险：

在检查皮带的松紧时，千万不要将手指插到皮带和带轮之间。

注意：

检查电机、主轴箱和其他部件是否发出噪声。

检查各滑动部件的润滑情况。

检查防护罩和安全装置是否处于良好的状态。

检查皮带的松紧度。若皮带太松应用新的相匹配的皮带换上。

任务四　升温须知

对机床进行升温，特别是对主轴和进给轴进行升温，应该在机床的自动状态中速运行，使机床达到稳定温度。

机床的自动操作程序控制机床的各种动作，应对其每个动作进行检查。

如果机床放置了很长时间，不要一开始就进入实际的加工，由于润滑不足，很可能会使运动部件受损，导致机床部件热膨胀，从而影响加工精度。为了避免这种情况，一定要对机床采取升温措施。

任务五　开机前的准备工作

应确保工装符合机床的技术参数、尺寸和型号。

过分的刀具磨损能够引起损坏，因此事先就应将所有的有严重磨损的刀具用新刀换下。

工作区应有足够的亮度以方便安全检查。机床或设备和周围的工具及其他物品应存放有序，保持良好关系和通道畅通。工具或其他任何物品都不要放在主轴箱、刀架上盖或另外一些相似的位置上。

如果重型圆柱件的中心孔太小，在加载后，工件很可能会跳出顶尖，所以一定要注意中心孔的规格和角度。

对于工件的长度应限制在规定之内，以防止干扰。

刀具安装后，应进行试运转。

机床必须仔细地用煤油洗涤防锈涂料，主轴箱内用加热的煤油冲洗，除去导轨上的油纸，擦干净后重新注上导轨润滑油，不得用砂布或其他硬物磨刮机床。注意往油箱和水箱中按要求分别注入适量的润滑油和冷却液。

在开始使用机床前，应详细阅读使用说明书及弄清机床的各种要求和工作条件，弄清各按钮、旋钮的功能和使用方法，然后仔细检查电气系统是否完好，接线及插头连接是否正确，运输中有无连线振松、虚接情况，电机有无受潮。接通后，注意电机旋转方向是否符合规定。开动机床前必须仔细了解机床结构性能、操作、润滑和电器说明。先用手动操作检查机床各部分机能的工作，再用手动输入一个单程序，最后用手动输入试验全机自动循环。在试验中机床运转必须平稳、润滑充分。动作灵活、各种机能都符合要求，才能开始使用。

任务六 维修、维护及操作须知

披着长发，不要操作机床。一定要戴工作帽后再工作。

操作开关时不得戴手套。否则，很可能引起错误动作等。

对于重型工件，无论什么时候移动它都必须由两个或更多人一起工作，以消除危险的隐患。

操作叉式升降机、吊车或相类似的设备都应特别细心，防止碰撞周围的设备。

所使用的吊运钢丝绳或吊钩都必须具有足够的强度以满足吊运的负载要求，并严格地限制在安全规定之内。

工件必须夹牢。

一定要在关机的状态下调整冷却液的喷嘴。

不要用手或以其他方式去触摸加工中的工件或转动的主轴。

从机床上卸下工件时应使刀具及主轴停止转动。

在切削工件期间不要清理切屑。

在没有关好安全防护装置的前提下，不得操作机床。

应当用刷子清理刀头上的切屑，不得用裸手去清理。

安装或卸下刀具都应在停车状态下进行。

对镁合金件进行加工，操作者应佩戴防毒面具。

在自动加工过程中，不要打开机床门。

在进行重载加工时，由于热的切屑能够引起火灾，所以应防止切屑堆积。

任务七　了解机床的安装

对于机床来说，安装的方法对机床的功能有极大的影响。如果一台机床的导轨是精密加工的，而该机床安装得不好，则不会使其达到最初的加工精度，这样就很难获得所需要的加工精度。大多数故障都是因安装不当而引起的。

地基应浇筑在紧实的土壤上（事先捣固），水平度误差保持在 5mm 以内，水泥地基深度为 300mm，混凝土层的深度不小于 400mm。垫铁穿过地脚螺栓放好，然后将机床缓缓落下，调整床身上四个调整螺栓，同时检查机床的水平度，使水平仪在纵向和横向上的读数均不超过 0.04mm/1000mm。

用水泥固定地脚螺栓，干固后，旋紧地脚螺栓螺母，同时用水平仪再次检查机床的水平度。

必须仔细阅读安装步骤，并按照规定的安装要求来安装机床，才能使机床进行高精度的加工。

项目二　数控机床的结构组成及性能

任务一　了解数控机床的特点

数控机床对零件的加工过程，是严格按照加工程序所规定的参数及动作执行的。它是一种高效能自动或半自动机床，与普通机床相比，具有以下明显特点。

① 适合于复杂异形零件的加工。数控机床可以完成普通机床难以完成或根本不能加工的复杂零件的加工，因此在宇航、造船、模具等工业中得到广泛应用。

② 加工精度高。

③ 加工稳定可靠。实现计算机控制，排除人为误差，零件的加工一致性好，质量稳定可靠。

④ 高柔性。加工对象改变时，一般只需要更改数控程序，体现出很好的适应性，可大大节省生产准备时间。在数控机床的基础上，可以组成具有更高柔性的自动化制造系统——FMS。

⑤ 高生产率。数控机床本身的精度高、刚性大，可选择有利的加工用量，生产率高，一般为普通机床的 3～5 倍，对某些复杂零件的加工，生产率可提高十几倍甚至几十倍。

⑥ 劳动条件好。机床自动化程度高，操作人员劳动强度大大降低，工作环境较好。

⑦ 有利于现代化管理。采用数控机床有利于向计算机控制与管理生产方向发展，为实现生产过程自动化创造了条件。

⑧ 投资大，使用费用高。

⑨ 生产准备工作复杂。由于整个加工过程采用程序控制，数控加工的前期准备工作较为复杂，包含工艺确定、程序编制等。

⑩ 维修困难。数控机床是典型的机电一体化产品，技术含量高，对维修人员的技术要求很高。

由于数控机床的上述特点，适用于数控加工的零件有批量小而又多次重复生产的零件；几何形状复杂的零件；贵重零件；需要全部检验的零件；试制件。

对以上零件采用数控加工，能最大限度地发挥出数控加工的优势。

任务二　了解数控机床的组成

数控机床一般由输入装置、输出装置、数控装置、可编程控制器、伺服系统、检测反馈装置和机床主机等组成，如图 2-1 所示。

1. 输入、输出装置

输入装置可将不同加工信息传递给计算机。在数控机床产生的初期，输入装置为穿孔纸带，现已趋于淘汰；目前，使用键盘、磁盘等，大大方便了信息输入工作。

输出指输出内部工作参数（含机床正常、理想工作状态下的原始参数，故障诊断参数

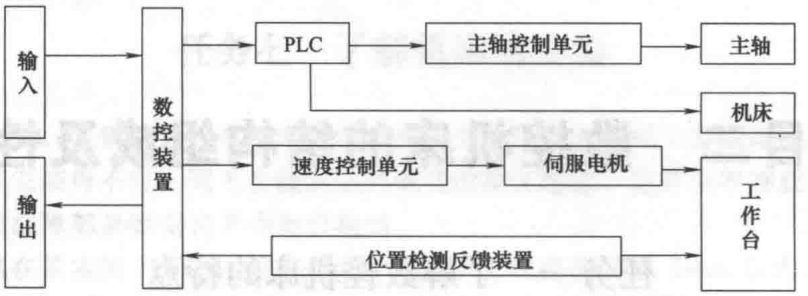


图 2-1 数控机床的组成

等），一般在机床刚工作状态需输出这些参数做记录保存，待工作一段时间后，再将输出与原始资料作比较、对照，可帮助判断机床工作是否维持正常。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心与主导，完成所有加工数据的处理、计算工作，最终实现数控机床各功能的指挥工作。它包含微计算机的电路、各种接口电路、CRT 显示器等硬件及相应的软件。

3. 可编程控制器

即 PLC，它对主轴单元实现控制，将程序中的转速指令进行处理而控制主轴转速；管理刀库，进行自动刀具交换、选刀方式、刀具累计使用次数、刀具剩余寿命及刀具刃磨次数等管理；控制主轴正反转和停止、准停、切削液开关、卡盘夹紧松开、机械手取送刀等动作；对机床外部开关（行程开关、压力开关、温控开关等）进行控制；对输出信号（刀库、机械手、回转工作台等）进行控制。

4. 检测反馈装置

由检测元件和相应的电路组成，主要是检测速度和位移，并将信息反馈给数控装置，实现闭环控制以保证数控机床加工精度。

5. 机床主机

数控机床的主体，包括床身、主轴、进给传动机构等机械部件。

任务三 掌握数控机床的工作过程

数控机床的工作大致有如下几个过程（图 2-2）。

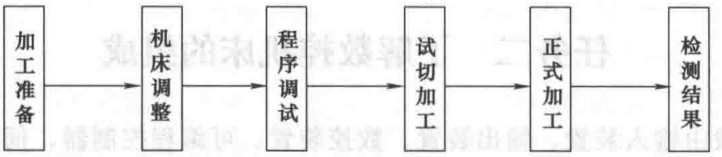


图 2-2 数控机床的工作过程

数控加工的准备过程较复杂，内容多，包括对零件的结构认识、工艺分析、工艺方案的制定、加工程序编制、选用工装和辅具及其使用方法等。

机床的调整主要包括刀具命名、调入刀库、工件安装、对刀、测量刀位、机床各部位状态等多项工作内容。

程序调试主要是对程序本身的逻辑问题及其设计合理性进行检查和调整。

试切加工则是对零件加工设计方案进行动态下的考察，而整个过程均需在前一步实现后完成结果评价，再进行后一步工作。

试切成功后方可对零件进行正式加工，并对加工后的零件进行结果检测。

前三步工作均为待机时间，为提高工作效率，希望待机时间越短越好，以利于机床合理使用。该项指标直接影响对机床利用率的评价（即机床实动率）。

任务四　了解数控机床结构的基本要求

1. 有良好的静、动刚度

良好的静、动刚度是数控机床保证加工精度及其精度保证特性的关键因素之一。与普通机床相比，其静、动刚度应提高 50% 以上。

为使数控机床具有良好的静刚度，应注意合理选择构件的结构形式，如基础件采用封闭的完整箱体结构，构件采用封闭式截面；合理选择及布局隔板和筋条（图 2-3、图 2-4），尽量减小接合面，提高部件间接触刚度等；合理进行结构布局（图 2-5）。

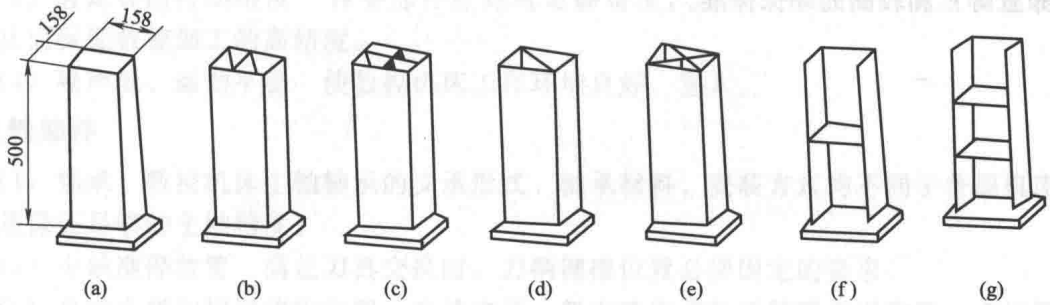


图 2-3　立柱结构

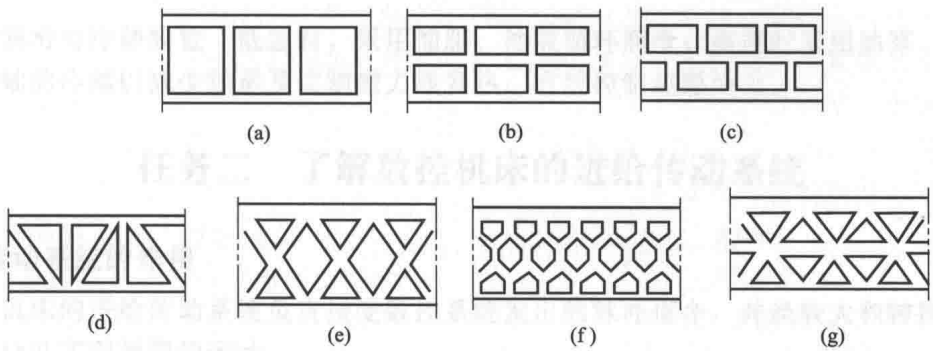


图 2-4　筋条结构

提高数控机床动刚性则可通过改善机床阻尼特性（如填充阻尼材料）来提高抗振性，在床身表面喷涂阻尼涂层，采用新材料（如人造花岗石、混凝土等）等方法实现。

2. 有更小的热变形

数控机床加工中的摩擦等均会引起温升及变形而影响加工精度。为确保加工精度，在数控机床结构布局设计中可考虑尽量采用对称结构（如对称立柱等），进行强制冷却（如采用

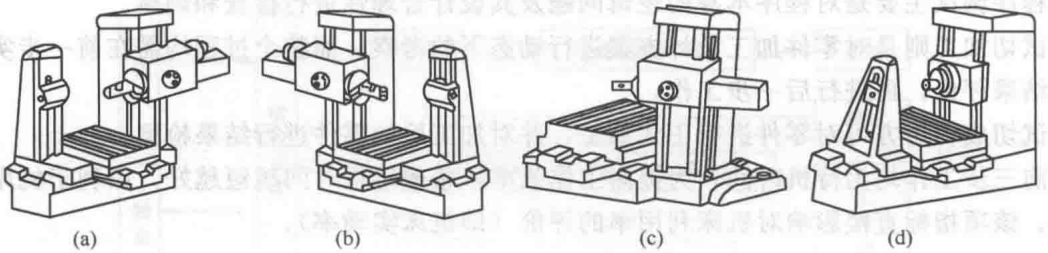


图 2-5 机床的几种布局形式

空冷机），使排屑通道对称布置等措施。

3. 有良好的低速运动性能

数控机床各坐标轴进给运动的精度及其灵敏性极大地影响到零件加工精度，要提高数控机床的运动精度，可采取降低执行件的质量，减小静、动摩擦因数之差，清除传动件间间隙，提高传动刚度等措施。

4. 有更好的宜人性

从数控机床的操作使用角度出发，机床结构布局应有良好的人机关系（如面板、操作台位置布置等）和较高的环保标准。

项目三　数控机床的主要零部件及其功用

任务一　了解数控机床的主传动系统

1. 主传动系统的作用

数控机床主传动系统的作用就是产生不同的主轴切削速度以满足不同的加工条件要求。

2. 对主传动系统的基本要求

(1) 有较宽的调速范围　可增加数控机床加工适应性，便于选择合理切削速度使切削过程始终处于最佳状态。

(2) 有足够的扭矩和功率　使数控加工方便实现低速时大转矩，高速时恒功率，以保证加工高效率。

(3) 有足够的传动精度　各零部件应具有足够精度、刚度、抗振性，使主轴运动精度高，从而保证数控加工的高精度。

(4) 噪声低、运动平稳　使数控机床工作环境良好、宜人。

3. 主轴部件

(1) 轴承　数控机床主轴轴承的支承形式、轴承材料、安装方式均不同于普通机床，其目的是保证足够的主轴精度。

(2) 主轴准停装置　满足刀具交换时，刀柄键槽位置必须固定的要求。

(3) 自动夹紧和切屑清除装置　自动夹紧一般由液压或气压装置予以实现；而切屑清除则是通过设于主轴孔内的压缩空气喷嘴来实现，其孔眼分布及其角度是影响清除效果的关键。

(4) 润滑与冷却装置　低速时，采用油脂、油液循环润滑；高速时采用油雾、油气润滑方式。主轴的冷却以减少轴承及切割磁力线发热、有效控制热源为主。

任务二　了解数控机床的进给传动系统

1. 进给传动系统的作用

数控机床的进给传动系统负责接受数控系统发出的脉冲指令，并经放大和转换后驱动机床运动执行件实现预期的运动。

2. 对进给传动系统的要求

为保证数控机床高的加工精度，要求其进给传动系统有高的传动精度、高的灵敏度（响应速度快）、工作稳定、有高的构件刚度及使用寿命、小的摩擦因数及运动惯量，并能清除传动间隙。

3. 进给传动系统的种类

(1) 步进伺服电机伺服进给系统　一般用于经济型数控机床。

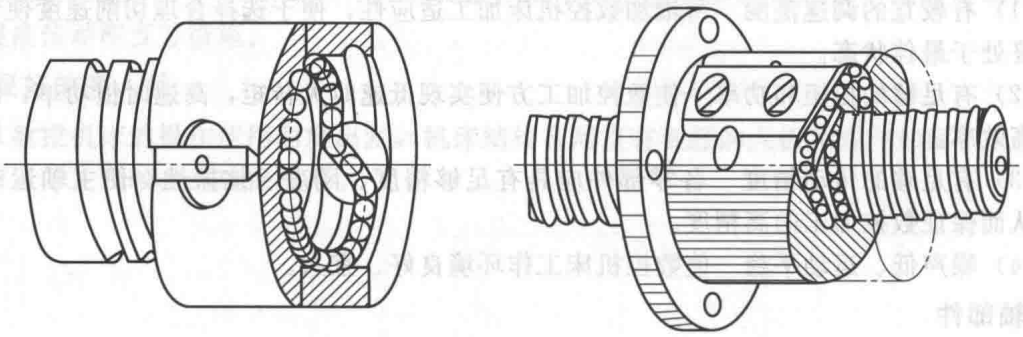
(2) 直流伺服电机伺服进给系统　功率稳定，但因采用电刷，其磨损导致在使用中需进行更换。一般用于中档数控机床

(3) 交流伺服电机伺服进给系统　应用极为普遍，主要用于中高档数控机床。

(4) 直线电机伺服进给系统　无中间传动链，精度高，进给快，无长度限制，但散热差，防护要求特别高，主要用于高速机床。

4. 进给系统的传动部件

(1) 滚珠丝杠螺母副　数控加工时，需将旋转运动转变成直线运动，故采用丝杠螺母传动机构。数控机床上一般采用滚珠丝杠，如图 3-1 所示，它可将滑动摩擦变为滚动摩擦，以满足进给系统需尽量减少摩擦的基本要求。该传动副传动效率高，摩擦力小，并可消除间隙，无反向空行程，但制造成本高，不能自锁，尺寸也不能太大，一般用于中小型数控机床的直线进给。



(a) 内循环　　(b) 外循环

图 3-1　滚珠丝杠

(2) 回转工作台　为了扩大数控机床的工艺范围，数控机床除了沿 X、Y、Z 三个坐标轴作直线进给外，往往还需要有绕 Y 或 Z 轴的圆周进给运动。数控机床的圆周进给运动一般由回转工作台来实现，对于加工中心，回转工作台已成为一个不可缺少的部件。

数控机床中常用的回转工作台有分度工作台和数控回转工作台。

(3) 导轨　是进给传动系统的重要环节，是机床基本结构的要素之一，它在很大程度上决定了数控机床的刚度、精度与精度保持性。目前，数控机床上的导轨形式主要有滑动导轨、滚动导轨和液体静压导轨等。

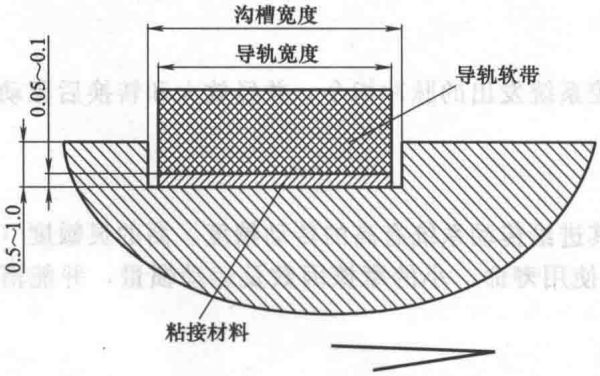


图 3-2　贴塑导轨

① 滑动导轨　具有结构简单、制造方便、刚度好、抗振性高等优点，在数控机床上应用广泛，目前多数使用金属对塑料形式，称为贴塑导轨，如图 3-2 所示。贴塑滑动导轨的特点是摩擦特性好、耐磨性好、运动平稳、工艺性好、速度较低。

② 滚动导轨　是在导轨面之间放置滚珠、滚柱或滚针等滚动体，使导轨面之间为滚动摩擦而不是滑动摩擦。

滚动导轨与滑动导轨相比，其灵敏度高，摩擦因数小，且动、静摩擦因数相差很小，因而运动均匀，尤其是在低速移动时，不易出现爬行现象；定位精度高，重复定位精度可达0.2μm；牵引力小，移动轻便；磨损小，精度保持性好，使用寿命长。但滚动导轨的抗振性差，对防护要求高，结构复杂，制造困难，成本高。

任务三　了解自动换刀装置

1. 自动换刀装置的作用

自动换刀装置可以帮助数控机床节省辅助时间，并满足在一次安装中完成多工序、工步的加工要求。

2. 对自动换刀装置的要求

数控机床对自动换刀装置的要求是换刀迅速、时间短，重复定位精度高，刀具储存量足够，所占空间位置小，工作稳定可靠。

3. 换刀形式

（1）回转刀架换刀　如图3-3所示，其结构类似普通车床上回转刀架，根据加工对象不同可设计成四方或六角形式，由数控系统发出指令进行回转换刀。

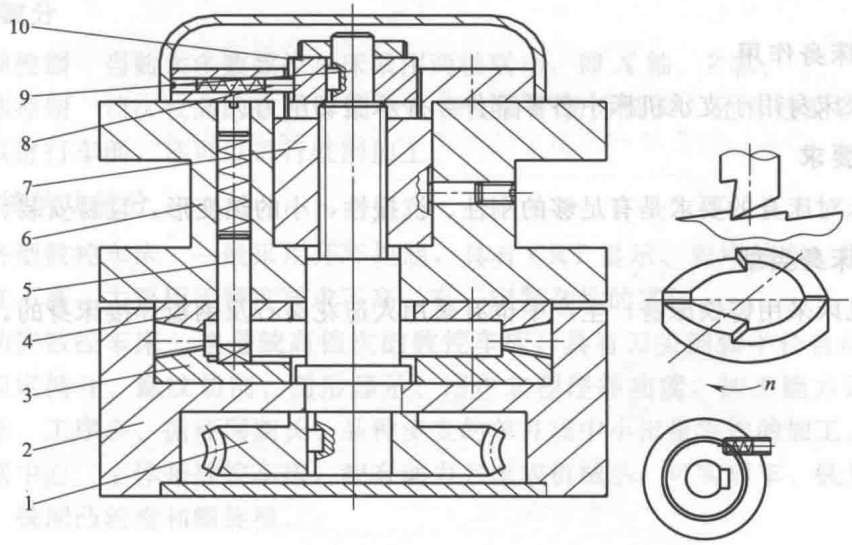


图3-3　端子盘定位的电动转位刀架结构

1—蜗轮；2—刀座；3,4—鼠齿盘；5—粗定位销；

6—四方刀架体；7—刀架螺母；8—转动销；9—芯轴；10—轴套

（2）更换主轴头换刀　各主轴头预先装好所需刀具，依次转至加工位置，接通主运动，带动刀具旋转。该方式的优点是省去了自动松夹、装卸刀具、夹紧及刀具搬动等一系列复杂操作，缩短了换刀时间，提高了换刀可靠性。

（3）使用刀库换刀　将加工中所需刀具分别装于标准刀柄，在机外进行尺寸调整后按一定方式放入刀库，由交换装置从刀库和主轴上取刀交换。

4. 刀具交换装置

自动换刀装置中，实现刀库与主轴间传递和装卸刀具的装置称为刀具交换装置。刀具交