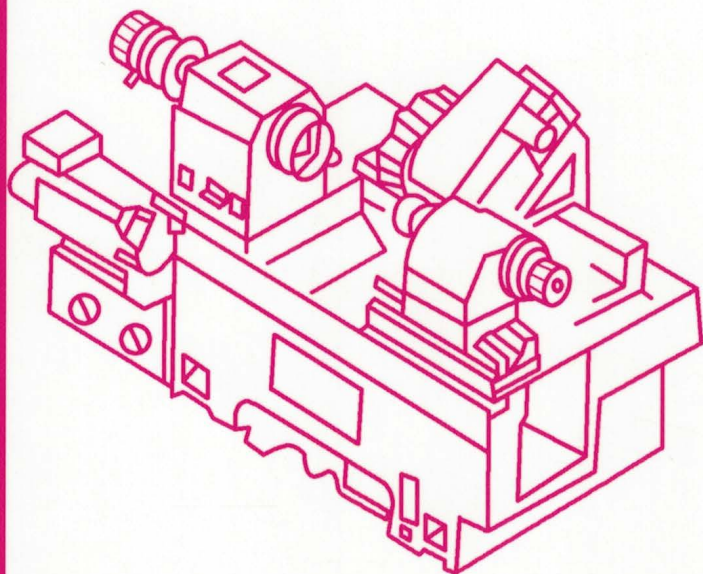




国家职业技能鉴定培训教程

依据全新《国家职业标准》编写



崔兆华 主编

数控车工

(高级)

内容全面、实用

聚焦培训、考证

便于学习、自测

理论知识、操作技能、配套试题库全包括，素材均源于企业生产实际
紧扣国家职业技能标准和鉴定考核要求，将考证和技能提升有机结合
设有考核要求、重点解析、章后练习等栏目，使学习和自测更高效便捷



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家职业技能鉴定培训教程

数控车工（高级）

主 编 崔兆华

副主编 武玉山

参 编 逯 伟 祝宝青 王 华 蒋自强



机械工业出版社

本书是依据《国家职业标准 数控车工》(高级)的知识要求和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书内容包括:数控车床的基础知识、典型轮廓的数控车削工艺、数控车床编程基础、FANUC Oi 系统数控车床的编程、SIEMENS 802D 系统数控车床的编程、数控仿真加工、数控车床的故障与维修。本书通过大量的示例详细地介绍了数控车床的机械结构、典型轮廓的数控车削工艺、FANUC Oi 系统与 SIEMENS 802D 系统的编程及仿真软件的操作。每章章首有理论知识要求和操作技能要求,章末有考核重点解析以及复习思考题,便于企业培训和读者自查自测。

本书既可用作企业培训部门以及各级职业技能鉴定培训机构的考前培训教材,又可作为读者考前复习用书,还可作为职业技术学院、技工学校的专业课教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控车工. 高级/崔兆华主编. —北京:机械工业出版社, 2017. 9

国家职业技能鉴定培训教程

ISBN 978-7-111-58937-2

I. ①数… II. ①崔… III. ①数控机床-车床-职业技能-鉴定-教材
IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 006610 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:赵磊磊 责任编辑:赵磊磊 责任校对:张晓蓉

封面设计:张 静 责任印制:孙 炜

北京中兴印刷有限公司印刷

2018 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·19.75 印张·433 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-58937-2

定价:49.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工微博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

机械制造业是技术密集型的行业，历来高度重视技术工人的素质。在经济条件下，企业要想在激烈的市场竞争中立于不败之地，必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠。为了适应新形势，我们编写了《数控车工（高级）》一书，以满足广大数控车床操作工学习的需要，帮助他们提高相关理论知识水平和技能操作水平。

本书以职业活动为导向，以职业技能为中心，以《国家职业标准 数控车工》（高级）的要求为依据，以“实用、够用”为宗旨，按照岗位培训需要编写。本书内容包括：数控车床的基础知识、典型轮廓的数控车削工艺、数控车床编程基础、FANUC Oi 系统数控车床的编程、SIEMENS 802D 系统数控车床的编程、数控仿真加工、数控机床的故障与维修。本书具有如下特点：

1) 在编写原则上，突出以职业能力为核心。本书的编写贯穿“以职业标准为依据，以企业需求为导向，以职业能力为核心”的理念，依据《国家职业标准》，结合企业实际，反映岗位要求，突出新知识、新技术、新工艺、新方法，注重职业能力培养。凡是职业岗位工作中要求掌握的知识和技能，均做详细介绍。

2) 在使用功能上，注重服务于培训和鉴定。根据职业发展的实际情况和培训需求，本书力求体现职业培训的规律，反映职业技能鉴定考核的基本要求，满足培训对象参加鉴定考试的需要。

3) 在内容安排上，强调提高学习效率。为便于培训及鉴定部门在有限的时间内把最重要的知识和技能传授给培训对象，同时也便于培训对象迅速抓住重点，提高学习效率，本书精心设置了“理论知识要求”“操作技能要求”“考核重点解析”“复习思考题”等栏目，以提示应该达到的目标，需要掌握的重点、难点、鉴定点和有关的扩展知识。

本书由临沂市技师学院崔兆华任主编，武玉山任副主编，逯伟、祝宝青、王华、蒋自强参加编写。在本书编写过程中，参考了部分著作，并邀请了部分技术高超、技术精湛的高技能人才进行示范操作，在此谨向有关作者、参与示范操作的人员表示最诚挚的谢意。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免有疏漏和不当之处，敬请广大读者批评指正，在此表示衷心的感谢。



前 言

第一章 数控车床的基础知识 1

第一节 数控车床的机械结构 1

一、数控车床机械结构组成 1

二、床身与导轨 1

三、主传动系统 3

四、进给传动系统 8

五、数控车床的辅助装置 15

第二节 数控系统的插补原理 20

一、对插补计算的要求 20

二、插补算法的种类 20

三、逐点比较法直线插补 21

四、逐点比较法圆弧插补 24

第三节 典型车床数控系统简介 28

一、FANUC 系统简介 28

二、SIEMENS 系统简介 29

三、华中数控系统简介 29

四、广数（GSK）系统简介 30

第四节 数控车床的安装与调试 31

一、数控车床的安装 31

二、数控车床的调试 37

第五节 数控车床的验收 39

一、数控车床外观的验收 39

二、数控车床精度的验收 41

复习思考题 45

第二章 典型轮廓的数控车削

工艺 46

第一节 外圆面车削工艺 46

一、外圆车刀及其安装 46

二、车外圆的进给路线 48

第二节 端面 and 台阶车削工艺 49

一、车刀的选择 49

二、车刀的安装 49

三、车削端面和台阶的方法 50

第三节 切槽及切断 51

一、车刀的选择 51

二、切断刀的安装 53

三、深槽与宽槽加工工艺 53

四、切槽（切断）加工工艺特点 54

五、切槽（切断）加工需要注意的问题 54

第四节 特征面加工工艺 55

一、车圆锥的加工路线分析 55

二、车圆弧的加工路线分析 56

三、轮廓粗车加工路线分析 58

第五节 孔加工工艺 59

一、钻孔刀具 59

二、扩孔刀具 63

三、车孔 64

四、铰孔刀具 66

第六节 螺纹车削工艺 69

一、对螺纹车刀的要求 69

二、螺纹车刀 69

三、螺纹车刀的安装 72

四、螺纹的车削方法 73

五、车螺纹时的轴向进给距离分析 74

六、多线螺纹的加工 76

复习思考题 76

第三章 数控车床编程基础 78

第一节 数控编程概述 78

一、数控编程的定义 78

二、数控编程的分类 79

三、数控编程的内容与步骤 79

四、数控车床编程特点 80

第二节 数控车床坐标系 80

一、坐标系确定原则 80

二、坐标轴的确定 81

三、机床坐标系 82



四、工件坐标系	82
五、刀具相关点	83
第三节 数控机床的有关功能	84
一、准备功能	84
二、辅助功能	84
三、其他功能	85
四、常用功能指令的属性	87
五、坐标功能指令规则	88
第四节 数控加工程序的格式与组成	90
一、程序组成	90
二、程序段组成	91
第五节 数控车床编程中的常用功能指令	92
一、常用功能指令	92
二、与坐标系相关的功能指令	96
三、倒角与倒圆指令	99
四、程序开始与结束	100
五、综合编程示例	101
第六节 数控车床的刀具补偿功能	104
一、数控车床用刀具的交换功能	104
二、刀具补偿功能	104
三、刀具偏移	105
四、刀尖圆弧半径补偿 (G40、G41、G42)	107
第七节 手工编程中的数学处理	113
一、基点、节点的概念	113
二、基点计算方法	113
复习思考题	119
第四章 FANUC Oi 系统数控车床的编程	120
第一节 单一固定循环	120
一、内、外圆切削循环 G90	120
二、端面切削循环 G94	123
三、使用单一固定循环 (G90、G94) 时应注意的事项	125
第二节 复合固定循环	126
一、毛坯切削循环	126
二、切槽用复合固定循环	134

三、内外圆加工编程示例	137
第三节 螺纹加工及其固定循环	142
一、普通螺纹的尺寸计算	142
二、螺纹切削指令 (G32、G34)	144
三、螺纹切削单一固定循环 (G92)	147
四、螺纹切削复合固定循环 (G76)	150
五、加工综合示例	154
第四节 子程序	158
一、子程序的概念	158
二、子程序的调用	159
三、子程序调用编程示例	160
四、编写子程序时的注意事项	163
第五节 B 类用户宏程序	163
一、B 类宏程序编程	164
二、宏程序在坐标变换编程中的应用	170
三、宏程序编程在加工异形螺旋槽中的运用	173
第六节 典型零件编程示例	176
一、零件图样	176
二、加工准备	176
三、加工工艺分析	177
四、编制加工程序	177
复习思考题	179
第五章 SIEMENS 802D 系统数控车床的编程	185
第一节 SIEMENS 802D 系统特殊加工指令	185
一、顺、逆圆弧插补指令	185
二、返回机床固定点功能指令	187
第二节 内、外圆切削循环	187
一、毛坯切削循环	187
二、切槽循环	195
第三节 螺纹加工与其固定循环	199
一、螺纹切削指令	199
二、螺纹切削循环	203
三、加工综合示例	208



第四节 子程序	211	操作	246
一、SIEMENS 系统中的子程序命名		一、面板简介	246
规则	211	二、机床准备	249
二、子程序的嵌套	212	三、选择刀具	250
三、子程序的调用	212	四、对刀	251
四、子程序调用时的编程示例	213	五、设定参数	255
第五节 参数编程	214	六、自动加工	262
一、参数编程简介	214	七、机床操作的一些其他功能	263
二、参数编程在坐标变换编程中的		八、数控程序处理	265
应用	219	九、检查运行轨迹	273
三、参数编程在加工异形螺旋槽中的		复习思考题	274
应用	221	第七章 数控车床的故障与维修 ...	277
第六节 典型零件编程示例	224	第一节 数控车床故障诊断	277
一、零件图样	224	一、数控车床的故障	277
二、加工准备	225	二、数控车床故障产生的规律	281
三、加工工艺分析	225	三、数控车床的故障诊断	283
四、参考程序	225	第二节 数控车床电气故障与维修 ...	289
复习思考题	226	一、常见电气故障分类	289
第六章 数控仿真加工	230	二、故障的调查与分析	290
第一节 数控加工仿真软件的操作 ...	230	三、电气故障的排除	292
一、仿真软件的开启与登录	230	四、电气维修中应注意的事项	293
二、仿真软件的基本操作	232	五、故障排除后的总结与提高	
第二节 FANUC Oi 车床标准面板		工作	294
操作	239	第三节 数控系统硬件故障与维修 ...	294
一、面板简介	239	一、数控系统硬件故障检查与	
二、车床准备	241	分析	294
三、对刀	242	二、系统硬件更换方法	301
四、手动操作	245	复习思考题	307
五、自动加工方式	246	参考文献	308
第三节 SIEMENS 802D 车床标准面板			



第一章 数控车床的基础知识

理论知识要求

1. 掌握数控车床机械结构组成形式和作用。
2. 掌握数控车床主轴的驱动方式和主轴调速方法。
3. 了解典型数控车床主传动系统结构。
4. 掌握滚珠丝杠螺母副工作原理。
5. 了解数控车床常用的辅助装置结构及其作用。
6. 掌握数控系统的插补原理。
7. 了解典型车床数控系统的种类及其应用。
8. 掌握数控车床的安装与调试。
9. 掌握数控车床的验收。

操作技能要求

1. 能够调整滚珠丝杠螺母副的间隙。
2. 能够用逐点比较法完成直线与圆弧插补计算。
3. 能够根据生产需要选配数控系统。
4. 能够完成数控机床的安装与调试。
5. 能够完成数控机床的验收。

第一节 数控车床的机械结构

一、数控车床机械结构组成

数控车床的机械结构主要包括主传动系统（主轴、主轴电动机和 C 轴控制主轴电动机等）、进给传动系统（滚珠丝杠、联轴器和导轨等）、自动换刀装置、液压与气动装置（液压泵、气泵和管路等）、辅助装置（卡盘、尾座、润滑与冷却装置、排屑及收集装置等）和床身等部分，如图 1-1 所示。

二、床身与导轨

1. 床身

数控车床的床身是整个机床的基础支承件，是机床的主体，一般用来放置导轨、主轴箱等重要部件。床身的结构对机床的布局有很大的影响。按照床身导轨面与水平面的相对位置，床身有图 1-2 所示的 5 种布局形式。

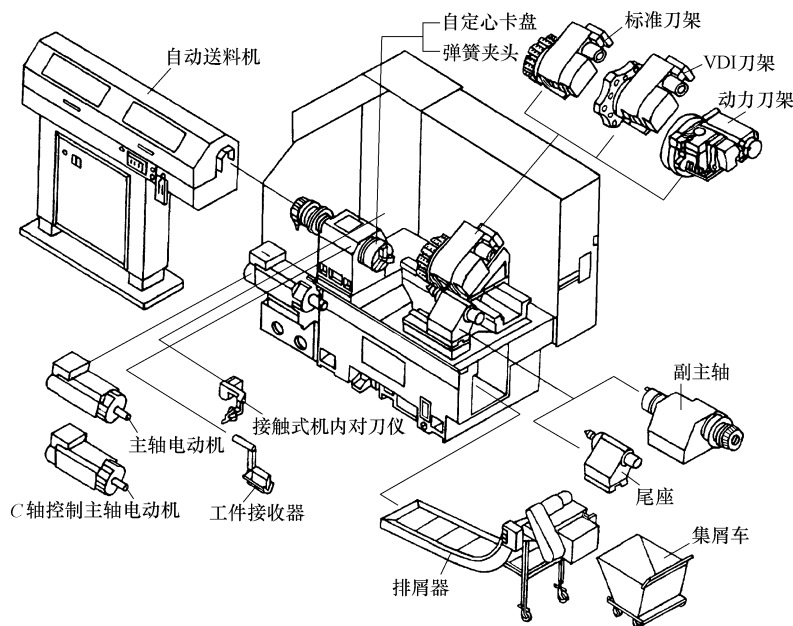


图 1-1 数控车床机械结构组成

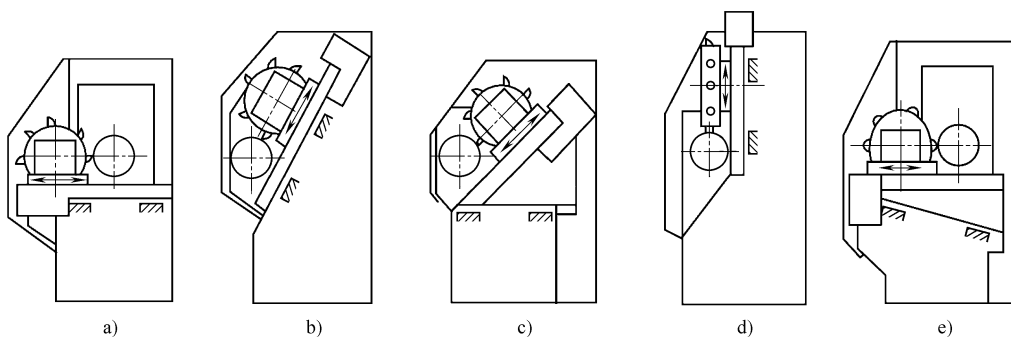


图 1-2 数控车床床身布局

- a) 平床身平滑板 b) 后斜床身斜滑板 c) 平床身斜滑板
d) 立床身立滑板 e) 前斜床身平滑板

平床身的工艺性好，导轨面容易加工。平床身配上水平刀架，由平床身机件、工件重量所产生的变形方向垂直向下，与刀具运动方向垂直，对加工精度影响较小。平床身由于刀架水平布置，不受刀架、溜板箱自重的影响，容易提高定位精度，大型工件和刀具装卸方便，但平床身排屑困难，需要三面封闭，刀架水平放置也加大了机床宽度方向结构尺寸。斜床身的观察角度好，工件调整方便，防护罩设计较为简单，排屑性能较好。斜床身导轨倾斜角有 30° 、 45° 、 60° 和 75° 几种，导轨倾斜角为 90° 的斜床身通常称



为立床身。倾斜角影响导轨的导向性、受力情况、排屑、宜人性及外形尺寸高度比例等。一般小型数控车床多用 30° 、 45° ，中型数控车床多用 60° ，大型数控车床多用 75° 。

2. 导轨

数控车床的导轨可分为滑动导轨和滚动导轨两种。

(1) 滑动导轨 滑动导轨具有结构简单、制造方便、接触刚度大等优点。但传统滑动导轨摩擦阻力大，磨损快，动、静摩擦因数差别大，低速时易产生爬行现象。目前，数控车床已不采用传统滑动导轨，而是采用带有耐磨粘贴带覆盖层的滑动导轨和新型塑料滑动导轨，它们具有摩擦性能良好和使用寿命长等特点。导轨刚度的大小、制造是否简单、能否调整、摩擦损耗是否最小以及能否保持导轨的初始精度，在很大程度上取决于导轨的横截面形状。数控车床滑动导轨的横截面常采用山形横截面和矩形横截面，如图 1-3 所示。山形横截面导轨导向精度高，导轨磨损后靠自重下沉自动补偿。山形横截面导轨有利于排污物，但不易保存油液。矩形横截面导轨制造维修方便，承载能力大，新导轨导向精度高，但磨损后不能自动补偿，需用镶条调节，影响导向精度。

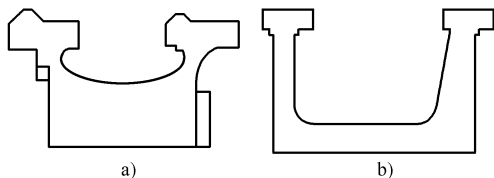


图 1-3 导轨横截面

a) 山形横截面 b) 矩形横截面

(2) 滚动导轨 滚动导轨的优点是摩擦因数小，动、静摩擦因数很接近，不会产生爬行现象，可以使用油脂润滑。数控车床导轨的行程一般较长，因此滚动体必须循环。根据滚动体的不同，滚动导轨可分为滚珠直线导轨和滚柱直线导轨，如图 1-4 所示。后者的承载能力和刚度都比前者高，但摩擦因数略大。

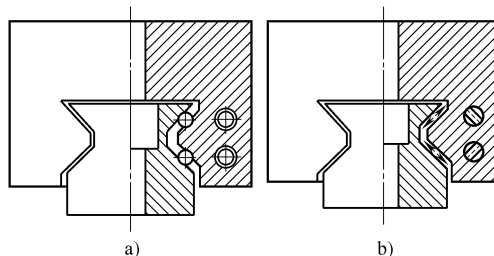


图 1-4 滚动导轨

a) 滚珠直线导轨 b) 滚柱直线导轨

三、主传动系统

数控车床的主运动是机床的成形运动之一，主传动系统的精度决定了零件的加工精度。数控车床是高效率机床，针对高自动化及高精度要求，数控车床的主传动系统与普通机床相比应具有更高的要求。

1. 数控车床对主传动系统的要求

(1) 转速高，功率大 数控车床主传动系统转速高，功率大，使数控车床能完成大功率切削（如大切削用量的粗加工）和高速切削（如高速旋转下的精加工），实现高



效率加工。

(2) 变速范围宽 数控车床的主传动系统具有较宽的变速范围，以保证加工时能选用合理的切削用量，以满足不同的加工要求有不同的加工速度，这样保证切削工作始终在最佳状态下进行。

(3) 变速迅速可靠，能实现无级变速，并可实现恒切削速度加工 数控车床直流和交流主轴电动机的变速系统日趋完善，使主传动链缩短，累积误差变小，不仅能够方便地实现无级变速，而且由于减少了中间传递环节，提高了变速控制的可靠性，使变速迅速。另外，在加工端面或变直径类零件时，为了保证稳定的加工质量，要求数控车床能保持恒定的线切削速度。

(4) 具有较高的精度与刚度、传动平稳、噪声低 数控车床加工精度的提高，与主传动系统具有较高的精度密切相关。为此，要提高传动件的制造精度与刚度，增加齿轮齿面耐磨性；最后一级齿轮采用斜齿轮传动，使传动平稳；采用精度高的轴承及合理的支承跨距等，以提高主轴组件的刚性。

(5) 低温升，热变形小 因为主传动系统的发热使其中所有零部件产生热变形，降低传动效率，破坏零部件之间的相对位置精度和运动精度，造成加工误差。

2. 主轴的驱动方式

主轴的驱动方式主要有如图 1-5 所示四种形式。采用前面三种驱动方式时，数控车床在交流或直流伺服电动机无级变速的基础上配以其他机构，使之成为分段无级变速。而采用 1-5d 所示驱动方式时，主轴的变速方式为无级变速。

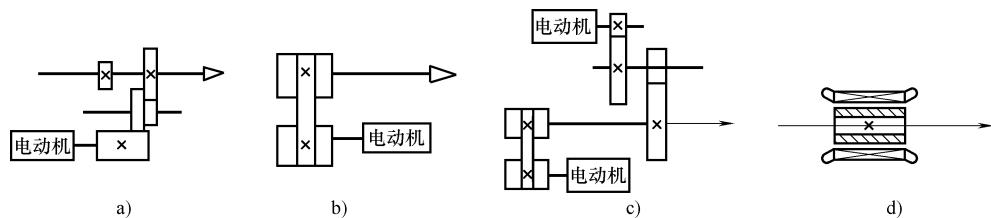


图 1-5 数控车床主轴的驱动方式

图 1-5a 所示为带有变速齿轮的主传动。这是大中型数控车床较常采用的配置方式，通过少数几对齿轮传动，扩大变速范围。滑移齿轮的移位大都采用液压拨叉或直接由液压缸带动齿轮来实现。

图 1-5b 所示为通过带传动的主传动，主要用在转速较高、变速范围不大的机床。它适用于高速、低转矩特性的主轴。常用的是同步带。

图 1-5c 所示为用两个电动机分别驱动主轴。高速时由一个电动机通过带传动驱动，低速时由另一个电动机通过齿轮传动驱动。由于两个电动机不能同时工作，所以造成一定程度的动力浪费。

图 1-5d 所示为内装电动机主轴（电主轴）。电动机转子固定在机床主轴上，结构紧凑。



3. 数控车床主轴变速的方法

(1) 液压拨叉变速机构 在带有齿轮传动的主传动系统中, 齿轮的换档主要都靠液压拨叉来完成。图 1-6 所示为三位液压拨叉工作原理图。通过改变不同的通油方式可以使三联齿轮块获得三个不同的变速位置。

液压拨叉换档在主轴停机之后才能进行, 但停机时拨叉带动齿轮块移动又可能产生顶齿现象。因此, 在这种主传动系统中通常设一台微电动机, 它在拨叉移动齿轮块的同时带动各传动齿轮做低速回转, 使移动齿轮与主动齿轮顺利啮合。

(2) 电磁离合器变速 电磁离合器的基本工作方式是应用电磁效应接通或切断运动。由于它便于实现自动操作, 并有现成的系列产品可供选用, 因而它已成为自动装置中常用的操纵元件。电磁离合器用于数控机床的主传动时, 能简化变速机构, 通过若干个安装在各传动轴上的离合器的吸合和分离的不同组合来改变齿轮的传动路线, 实现主轴的变速。

(3) 带传动变速 数控车床主传动系统采用带传动时, 通常使用多联 V 形带、多楔带和同步带。

多联 V 形带又称为复合 V 形带, 如图 1-7 所示, 横截面呈楔形, 楔角为 40° 。多联 V 形带是一次成形, 不会因长度不一致而受力不均, 因而承载能力

比多根 V 形带高。同样的承载能力, 多联 V 形带的横截面积比多根 V 形带小, 因而质量较小, 耐挠曲性能高, 允许的带轮最小直径小, 线速度高。

多楔带如图 1-8 所示。多楔带综合了 V 形带和平带的优点, 运转时振动小, 发热少, 运转平稳, 质量小, 一般在 40m/s 的线速度使用。此外, 多楔带与带轮的接触好, 负载分配均匀, 即使瞬时超载, 也不会产生打滑, 而传动功率比 V 形带大 $20\% \sim 30\%$ 。因此, 它能够满足加工中心主轴传动的要求。多楔带在高速、大转矩下也不会打滑。多楔带安装时需要较大的张紧力, 会使主轴和电动机承受较大的径向负载。

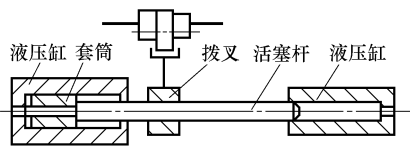


图 1-6 三位液压拨叉工作原理图

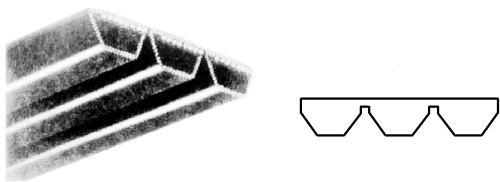


图 1-7 多联 V 形带

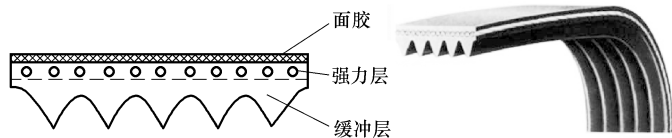


图 1-8 多楔带

同步带根据齿形不同分为梯形齿同步带和圆弧齿同步带, 如图 1-9 所示。同步带具有带传动和链传动的优点: 与一般的带传动相比, 它不会打滑, 且不需要很大的张紧力, 减少或消除了轴的静态径向力; 传动效率高达 $98\% \sim 99.5\%$; 可用于 $60 \sim 80\text{m/s}$ 的



高速传动。但是，为适应高速传动，带轮必须设置轮缘，故在设计时要考虑轮齿槽的排气，以免产生“啸叫”。

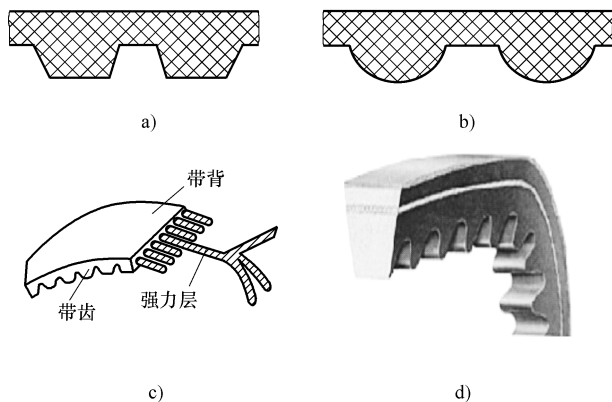


图 1-9 同步带

a) 梯形齿 b) 圆弧齿 c) 同步带的结构 d) 实物图

4. 主轴的支承

(1) 主轴轴承 主轴轴承是主轴组件的重要组成部分。它的类型、结构、配置、精度、安装、调整、润滑和冷却都直接影响了主轴组件的工作性能。在数控机床上常用的主轴轴承有滚动轴承和滑动轴承。

1) 滚动轴承。滚动轴承摩擦阻力小，可以预紧，润滑维护简单，能在一定的转速范围和载荷变动范围下稳定工作。滚动轴承由专业化工厂生产，选购维修方便，在数控机床上被广泛采用。但与滑动轴承相比，滚动轴承的噪声大，滚动体数目有限，刚度是变化的，抗振性略差，并且对转速有很大的限制。数控机床主轴组件在可能条件下，都会尽量使用滚动轴承，特别是大多数立式主轴和装在套筒内能够做轴向移动的主轴。这时对滚动轴承可以用

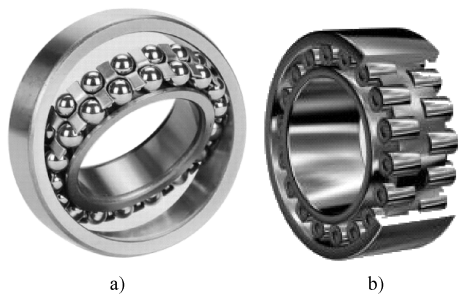


图 1-10 滚动轴承

a) 球轴承 b) 滚子轴承

润滑脂润滑以避免漏油。滚动轴承根据滚动体的结构分成如图 1-10 所示球轴承和滚子轴承两大类。

2) 滑动轴承。滑动轴承在数控设备上最常使用的是静压滑动轴承。静压滑动轴承的油膜压强是由液压缸从外界供给，与主轴转与不转、转速的高低无关（忽略旋转时的动压效应）。它的承载能力不随转速而变化，而且无磨损，起动和运转时摩擦阻力矩相同，所以液压轴承的刚度大，回转精度高，但静压轴承需要一套液压装置，成本



较高。

液体静压轴承装置主要由供油系统、节流器和轴承三部分组成，其工作原理如图 1-11 所示。在轴承的内圆柱表面，对称地开了 4 个矩形油腔和回油槽，油腔与回油槽之间的圆弧面称为周向封油面，封油面与主轴之间有 $0.02 \sim 0.04\text{mm}$ 的径向间隙。系统的液压油经各节流器降压后进入各油腔。在液压油的作用下，将主轴浮起而处在平衡状态，同时将主轴轴线始终保持在回转中心轴线上。

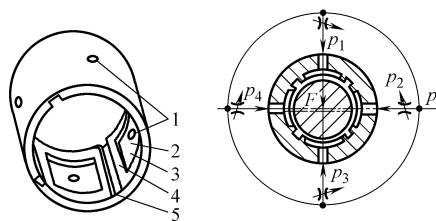


图 1-11 液体静压轴承工作原理

1—进油孔 2—油腔 3—轴向封油面
4—周向封油面 5—回油槽

(2) 主轴轴承的配置 在实际应用中，数控车床主轴轴承常见配置形式如图 1-12 所示。

图 1-12a 所示的配置形式能使主轴获得较大的径向和轴向刚度，可以满足车床强力切削的要求。这种配置的后支承也可用圆柱滚子轴承，进一步提高后支承径向刚度。

图 1-12b 所示的配置形式没有前一种配置形式的主轴刚度大，但这种配置形式提高了主轴的转速，适合要求主轴在较高转速下工作的数控车床。为提高这种配置形式的主轴刚度，前支承可以用四个或更多个轴承相组配，后支承用两个轴承相组配。

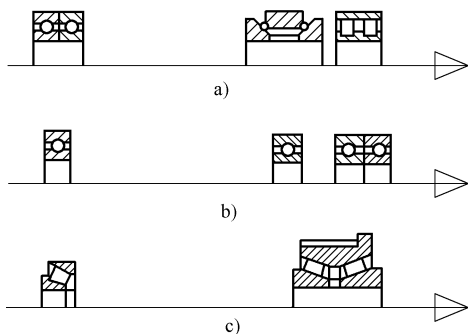


图 1-12 数控车床主轴轴承常见配置形式

图 1-12c 所示的配置形式能使主轴承受较重载荷（尤其是承受较强的动载荷），径向和轴向刚度，安装和调整性好。但这种配置形式相对限制了主轴最高转速和精度，适用于中等精度、低速与重载的数控车床主轴。

5. 典型数控车床主传动系统结构

数控车床主运动传动链的两端部件是主电动机与主轴，它的功用是把动力源（电动机）的运动及动力传递给主轴，使主轴带动工件旋转实现主运动，并满足数控车床主轴变速和换向的要求。图 1-13 所示为 TND360 数控卧式车床主传动系统图。图 1-14 所示为 TND360 数控卧式车床主轴箱结构简图。

直流主轴伺服电动机（27kW）的运动经过齿数为 27/40 同步带传递到主轴箱中的轴 I 上，再经轴 I 上双联滑移齿轮（齿轮副 84/60 或 29/86）传递到轴 II（即主轴），使主轴获得高（ $800 \sim 3150\text{r/min}$ ）、低（ $7 \sim 800\text{r/min}$ ）两档转速范围。在各转速范围内，由主轴伺服电动机驱动实现无级变速。主轴的运动经过齿轮副 60/60 传递到轴 III 上，由

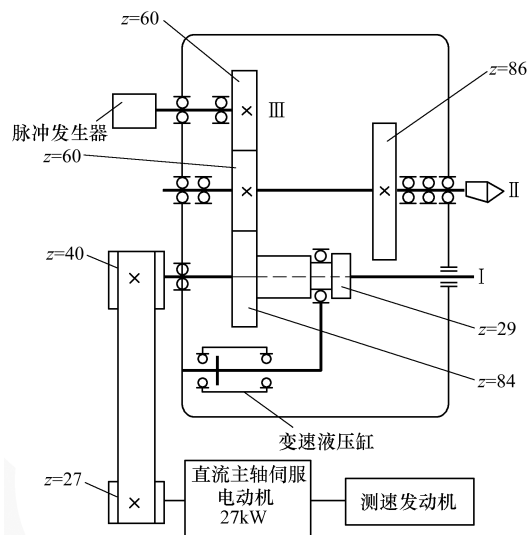


图 1-13 TND360 数控卧式车床主传动系统图

轴Ⅲ经联轴器驱动圆光栅。圆光栅将主轴的转速信号转变为电信号送回数控装置，由数控装置控制实现数控车床上的螺纹切削加工。

四、进给传动系统

1. 数控车床对进给传动系统的要求

数控车床进给传动系统的作用是，对数控系统传来的指令信息进行放大，从而控制执行件的运动。它不仅控制进给运动的速度，同时还要精确控制刀具相对于工件的移动位置和轨迹。为确保数控车床的加工精度和工作平稳性等，对进给传动系统提出如下要求。

(1) 摩擦阻力小 在数控车床进给系统中，普遍采用滚珠丝杠螺母副、静压丝杠螺母副；滚动导轨、静压导轨和塑料导轨。在减小摩擦阻力的同时，还必须考虑传动部件要有适当的阻尼，以保证系统的稳定性。

(2) 不受运动惯量影响 运动零部件的惯量对伺服机构的起动和制动特性都有影响，尤其是处于高速运转的零部件，其惯量的影响更大。因此，在满足零部件强度和刚度的前提下，一般会尽可能减小运动零部件的质量、减小旋转零部件的直径和质量，以减小惯量。

(3) 传动精度和定位精度高 进给传动系统的传动精度和定位精度对零件的加工精度起着关键作用，对采用步进电动机驱动的开环控制系统尤其如此。通过在进给传动链中加入减速齿轮以减小脉冲当量（即伺服系统接收一个指令，脉冲驱动工作台移动的距离），以及预紧传动滚珠丝杠，消除齿轮、蜗轮等传动件间隙等办法，可达到提高传动精度和定位精度的目的。

(4) 进给变速范围宽 进给传动系统在承担全部工作负载的条件下，应具有很宽

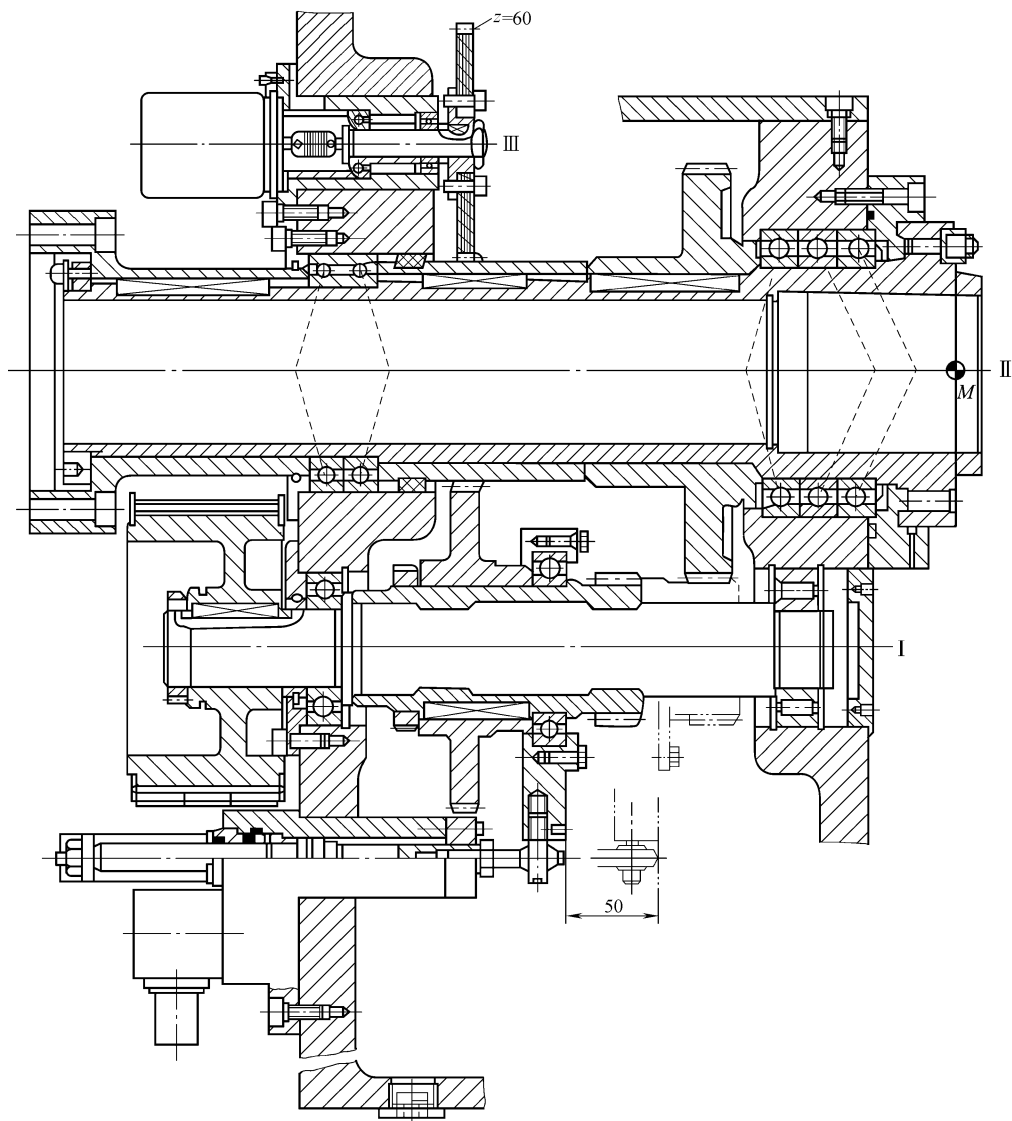


图 1-14 TND360 数控卧式车床主轴箱结构简图

的变速范围，以适应各工件材料、尺寸和刀具等变化的需要，工作进给速度范围可达 $3 \sim 6000 \text{ mm/min}$ （变速范围 $1:2000$ ）。为了完成精密定位，伺服系统的低速趋近速度达 0.1 mm/min ；为了缩短辅助时间，提高加工效率，快速移动速度高达 240 m/min 或更高。

(5) 响应速度快 这里的响应速度快是指进给传动系统对指令输入信号的反应快，



瞬态过程结束迅速，即跟踪指令信号的响应要快，定位速度和轮廓切削进给速度要满足要求，机床运动部件应在规定的速度范围内灵敏而精确地跟踪指令，进行单步或连续移动，在运行时不出现丢步或多步现象。进给传动系统响应速度不仅影响机床的加工效率，而且影响加工精度。应使机床运动部件及其传动机构的刚度、间隙、摩擦以及转动惯量尽可能达到最佳值，以提高伺服进给系统的快速响应性。

(6) 无间隙传动 进给传动系统的传动间隙一般指反向间隙，即反向死区误差。它存在于整个传动链的各种传动副中，直接影响数控车床的加工精度。设计中一般会采用消除间隙的联轴器或者消除间隙的传动副等措施来消除传动间隙。

(7) 稳定性好、寿命长 稳定性是进给传动系统能够正常工作的最基本的条件，特别是在低速进给情况下不产生爬行，并能适应外加负载的变化而不发生共振。稳定性与系统的惯性、刚性、阻尼及增益等都有关系，适当选择各项参数，并能达到最佳的工作性能，是伺服系统设计的目标。所谓进给传动系统的寿命，主要指其保持数控车床传动精度和定位精度的时间长短，即各传动部件保持其原来制造精度的能力。为此，组成进给机构的各传动部件应选择合适材料及合理的加工工艺与热处理方法，对于滚珠丝杠及传动齿轮，必须具有一定的耐磨性和适宜的润滑方式，以延长其寿命。

(8) 使用维护方便 数控车床属于高精度自动控制机床，主要用于单件、中小批量、高精度及复杂的生产加工，因而机床的开机率相应比较高。为此，进给传动系统的结构一般均便于维护和保养，最大限度地减小维修工作量，以提高机床的利用率。

2. 联轴器

联轴器是用来连接进给机构的两根轴，使之一起回转，以传递转矩和运动的一种装置。机器运转时，被连接的两轴不能分离，只有停机后将联轴器拆开，两轴才能脱开。目前联轴器的种类繁多，有液压式、电磁式和机械式；而机械式联轴器是应用最广泛的一种，其借助于机械构件相互的机械作用力来传递转矩，大致可进行如下划分：

机械式	刚性	固定式——套筒联轴器、凸缘联轴器及夹壳联轴器等
		可移式——齿轮联轴器、十字滑块联轴器及万向联轴器等
	弹性	金属弹性联轴器（安全联轴器）——簧片联轴器、膜片联轴器、波形管联轴器等
		非金属弹性联轴器——轮胎式联轴器、整圈橡胶联轴器及橡胶块联轴器等

(1) 套筒联轴器 套筒联轴器如图 1-15 所示，由连接两轴轴端的套筒和连接套筒与轴的连接件（键或销）组成。一般当轴端直径 $d \leq 80\text{mm}$ 时，套筒用 35 或 45 钢制造；

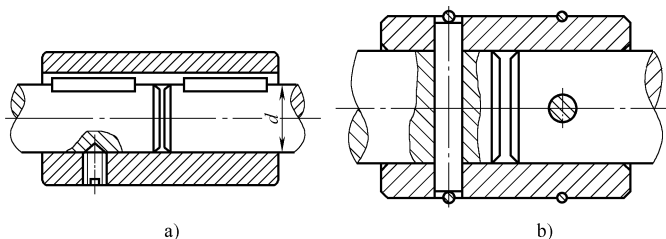


图 1-15 套筒联轴器

a) 键连接 b) 销连接