



“十二五”江苏省高等学校重点教材



iCourse · 教材

国家精品资源共享课配套教材

使用数控车床的 零件加工

▲ 王荣兴 主编

高等教育出版社



“十二五”江苏省高等学校重点教材
(编号: 2014-1-069)



iCourse·教材
国家精品资源共享课配套教材

江苏高校品牌专业建设工程资助项目
(编号: PPZY2015B185)

使用数控车床的 零件加工

主 编 王荣兴
副主编 虞 俊
主 审 王志平

Shiyong Shukong Chechuang De Lingjian Jiagong

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2014-1-069)。

本书在对装备制造(工程机械、轨道交通、农业机械、数控机床等)、新能源及环保设备、汽车、轻工等重点行业中使用数控车床加工零件现况调研的基础上,与企业专家合作共同选取来自行业企业真实和典型的轴、套、盘、异形等类型零件的加工为教学载体,按职业工作过程为导向,结合高职学生的认知规律,以数控车削技术、基本指令编程、循环指令及复杂零件的加工工艺分析与编程的知识逻辑顺序,由浅入深地构建教学情境。

本书适用于高等职业技术学院(包括成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校)数控技术、模具设计与制造、机电类专业学生使用,也可作为企业从事数控车床操作员工的自学用书,以及供参加国家职业技能鉴定等级考工的人员培训使用。

本书为国家精品资源共享课“使用数控车床的零件加工”课程主讲教材。

课程网址: http://www.icourses.cn/coursestatic/course_2108.html

图书在版编目(CIP)数据

使用数控车床的零件加工 / 王荣兴主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2016.8
ISBN 978-7-04-046140-4

I. ①使… II. ①王… III. ①数控机床-车床-零部件-加工-高等职业教育-教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 182572 号

策划编辑 王 博	责任编辑 王 博	封面设计 赵 阳	版式设计 赵 阳
插图绘制 杜晓丹	责任校对 吕红颖	责任印制 耿 轩	

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100120

印 刷 北京市大天乐投资管理有限公司

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 16.25

字 数 420 千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>

<http://www.hepmall.com>

<http://www.hepmall.cn>

版 次 2016 年 8 月第 1 版

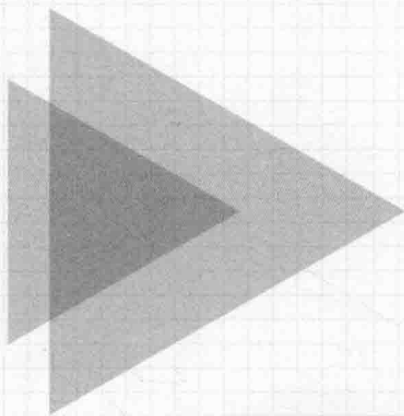
印 次 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 30.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 46140-00



前言

本书是“十二五”江苏省高等学校重点教材（编号：2014-1-069），也是国家精品资源共享课“使用数控车床的零件加工”课程主讲教材。

本书由国家精品资源共享课“使用数控车床的零件加工”课程组编写。课程组在对装备制造、新能源及环保设备、汽车、轻工等重点行业中使用数控车床加工零件现况进行调研的基础上，选取来自企业真实和典型的轴、套、盘、异形类等零件的加工为教学载体，以职业工作过程为导向，结合高职高专学生的认知规律，构建 6 个学习情境 15 个学习任务。

本书以 SINUMERIK802D 系统为主线，针对每个项目讲授了与之相关的工艺、编程等一系列知识，力争教学内容与工厂实际加工所需知识做到“无缝对接”。本书所选取的载体来自企业生产一线，针对性与实用性更强。通过本书的学习，学生的知识更为丰富，扩展性、适应性更强。

学习情境	解决问题
学习情境一 数控车削技术与基本指令编程	了解数控车床构成、类型与操作，常用车削刀具与量具；使用基本指令完成工件的轮廓与螺纹车削
学习情境二 毛坯与切槽循环指令编程	应用 CYCLE95 毛坯切削循环指令简化编程，完成比较复杂轴类零件的编程；应用 CYCLE93 切槽循环指令完成径向槽的编程
学习情境三 螺纹切削循环指令编程	应用 CYCLE97 螺纹切削循环指令简化编程，完成外、内圆柱螺纹及密封用圆锥螺纹的编程；应用 CYCLE95 毛坯切削循环指令完成内孔的车削编程

续表

学习情境	解决问题
学习情境四 组件的综合加工与编程	针对轴类零件在不同位置其径向、轴向公差要求不同时，编程与加工的处理方法；薄壁类零件加工时的装夹方法；端面槽加工车削刀具选择与编程；车铣复合零件的编程与加工
学习情境五 刀尖圆弧补偿与 R 参数编程	正确设置车刀刀沿位置与刀尖半径，解决车刀圆弧半径补偿问题；使用 R 参数编制曲线类工件的程序
学习情境六 CAM 软件造型与编程	应用 CAM 软件进行车削类零件造型与程序生成，完成自定义车刀的设置
附录 FANUC 0i-TC 系统指令说明	对 FANUC 系统的基本指令、循环指令的编程格式与参数进行详细的说明，通过综合举例掌握其编程，拓展学习空间

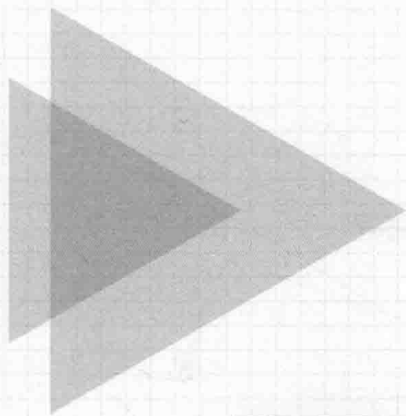
本书由常州轻工职业技术学院王荣兴主编，虞俊副主编。

王志平认真审阅了本书，江苏常发集团、南车集团戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司、常柴股份有限公司、江苏新瑞机械有限公司等企业的相关工程技术人员对本书内容、结构等方面提出了许多建设性的建议，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，谬误欠妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2016 年 3 月



目 录

► 学习情境一 数控车削技术与基本指令编程	001
任务一 认识数控车床及切削刀具	003
任务二 操作 SINUMERIK802D 系统数控车床	024
任务三 支轴的加工	033
► 学习情境二 毛坯与切槽循环指令编程	063
任务一 齿轮轴的加工	065
任务二 V 带轮的加工	080
► 学习情境三 螺纹切削循环指令编程	093
任务一 喷嘴的加工	095
任务二 接头的加工	110
► 学习情境四 组件的综合加工与编程	123
任务一 转轴的加工	125
任务二 定位套的加工	137
任务三 齿轮端面槽的加工	144
任务四 连接法兰的加工	152

► 学习情境五 刀尖圆弧补偿与 R 参数编程 161

任务一 圆弧类手柄的加工 163

任务二 曲线类手柄的加工 175

► 学习情境六 CAM 软件造型与编程 189

任务一 蜗杆的造型 191

任务二 蜗杆的辅助加工 211

► 附录 FANUC 0i-TC 系统指令说明 231

► 参考文献 253

01

学习情境一

数控车削技术与
基本指令编程

任务一

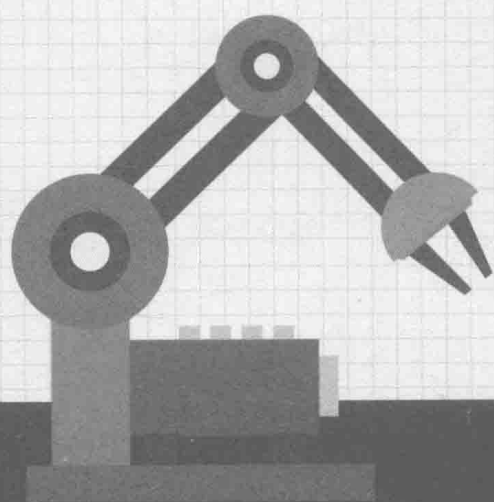
认识数控车床及切削刀具

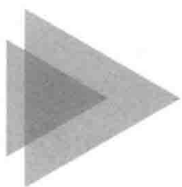
任务二

操作 SINUMERIK802D 系统数控车床

任务三

支轴的加工





任务一 认识数控车床及切削刀具

一、工作任务

1. 任务工单

完成如图 1-1 所示的柴油机支轴的加工。

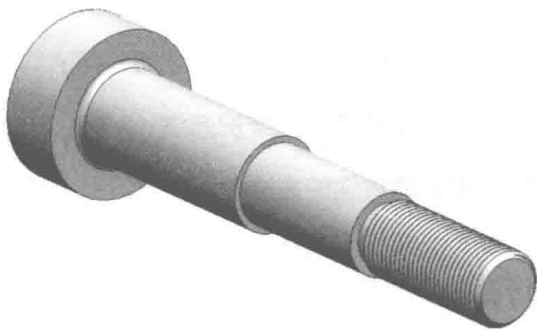


图 1-1
柴油机支轴

2. 工作任务分析

- (1) 柴油机支轴零件有什么结构特征?
- (2) 柴油机支轴零件需满足怎样的精度要求?
- (3) 加工该零件,一般使用什么加工设备、刀具与量具?
- (4) 加工工艺过程怎样?加工程序怎么编制?

柴油机支轴零件是一种回转体的结构;尺寸精度为 IT7 ~ IT8,几何公差要求较高,表面结构要求一般。这类零件可以用普通车床加工,但从提高生产率和减少劳动力成本等考虑,可使用数控车床进行加工;零件测量采用通用手持量具即可。

为加工柴油机支轴零件,应掌握数控机床的组成、结构与坐标系;熟悉数控车削常用刀具的种类、结构、特点及用途;了解通用量具的种类,掌握通用量具的使用方法;针对具体的零件编制加工工艺及程序,并使用数控车床及通用量具进行零件的加工与检测。

二、任务学习

知识点

+

数控车床的类型；
数控车床的结构组成；
机床坐标系和工件坐标系；
数控车削常用刀具类型及功能；
常用量具种类与结构。

技能点

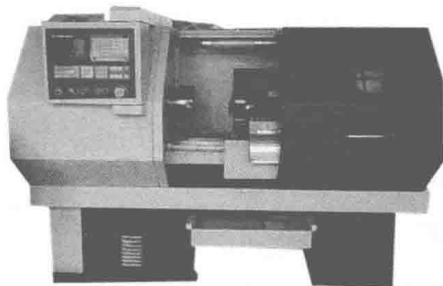
+

能根据零件图合理选用数控车床；
能正确确定机床坐标系和工件坐标系的位置与方向；
认识各类数控车削刀具，并能阐述其作用；
认识各类量具及其使用和维护方法；
了解数控车床基本维护方法。

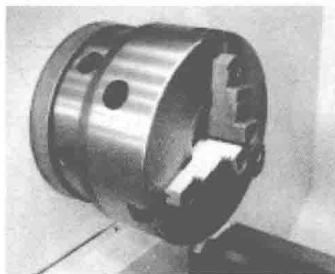
（一）数控车床简介

1. 数控车床的功能

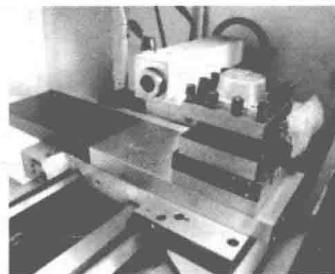
车削加工是机械加工中应用最为广泛的方法之一，主要用于回转体零件的加工。数控车床(图 1-2)的加工工艺类型主要包括车外圆、车端面、车锥面、车成形面、钻孔、镗孔、铰孔、切槽、车螺纹、滚花、攻螺纹等。如果借助于标准夹具(四爪单动卡盘)或专用夹具，在车床上还可以完成非回转体零件上的回转表面加工。



(a) 数控车床外形



(b) 主轴三爪自定心卡盘



(c) 尾架与刀塔

图 1-2
数控车床

根据被加工零件的类型及尺寸不同,车削加工所用的车床有卧式、立式、仿形等类型。按被加工表面不同,所用的车刀有外圆车刀、内圆车刀、端面车刀、镗孔刀、螺纹车刀、切断刀等不同类型。恰当地选择和使用夹具,不仅可以可靠地保证加工质量、提高生产率,还能够有效地拓展车削加工工艺范围。

2. 数控机床的产生与特点

(1) 数控机床的产生

1952年美国帕森斯公司和麻省理工学院伺服机构实验室合作研制成功世界上第一台三坐标数控立式铣床,用它来加工直升机叶片轮廓检查用样板。这是一台采用专用计算机进行运算与控制的直线插补轮廓控制数控机床,专用计算机采用电子管元件,逻辑运算控制采用硬件连接的电路。1955年,这类机床进入实用阶段,在复杂曲面的加工中发挥了重要作用,这就是第一代数控系统。之后随着自动控制技术、微电子技术、计算机技术、精密测量技术及机械制造技术的迅速发展,数控机床经历了晶体管、中、小规模集成电路,大规模集成电路以及微机时代。

(2) 数控机床的特点

1) 高速度

提高生产率是机床技术追求的基本目标之一。数控机床高速化可充分发挥现代刀具材料的性能,不但可大幅度提高加工效率,降低加工成本,而且还可提高零件的表面加工质量和精度,对制造业实现高效率、高精度、低成本生产,具有广泛的适用性。

2) 高精度

现代科学的发展,新材料及新零件的出现,对精密加工技术不断提出新的要求,提高加工精度,发展新型超精密加工机床,完善精密加工技术,以适应现代科技的发展,是现代数控机床的发展方向之一。

3) 高柔性

柔性即适应性,采用柔性自动化设备或系统,是提高加工精度和效率,缩短生产周期,适应市场变化需求和提高竞争能力的有效手段。数控机床在提高单机柔性化的同时,朝着单元柔性化和系统柔性化方向发展。如出现可编程控制器控制的可调组合机床、数控多轴加工中心、换箱式加工中心、数控三坐标动力单元等具有柔性的高效加工设备、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)以及介于传统自动线与柔性制造系统之间的柔性制造线(FTL)。

4) 高度智能化

随着人工智能在计算机领域的不断渗透与发展,为适应制造业生产柔性化、自动化发展需要,智能化正成为数控设备研究及发展的热点,它不仅贯穿在生产加工的全过程,还贯穿在产品的售后服务和维修中。

5) 复合化

复合化包含工序复合和功能复合。数控机床的发展已模糊粗、精加工工序的概念。车削中心的出现,又把车、铣、镗等工序集中到一台机床来完成,打破了传统的工序界面和分开加工的工艺规程,可最大限度地提高设备利用率。为了进一步提高工效,现代数控机床又采用了多主轴、

多面体切削,即同时对一个零件的不同部位进行不同方式的切削加工,如各类五面体切削,有的车削中心一次上料可完成零件左、右两端的加工,可一次性完成包括车削、镗孔、钻孔、攻螺纹、铣削等多道工序。

6) 高可靠性

数控系统将采用更高集成度的电路芯片,利用大规模或超大规模的专用及混合式集成电路,以减少元器件的数量,提高可靠性。通过硬件功能软件化,以适应各种控制功能的要求,同时采用硬件结构机床本体的模块化、标准化、通用化及系列化,使得既提高硬件生产批量,又便于组织生产和质量把关。还通过自动运行启动诊断、在线诊断、离线诊断等多种诊断程序,实现对系统内硬件、软件和各种外部设备进行故障诊断和报警。利用报警提示,及时排除故障;利用容错技术,对重要部件采用冗余设计,以实现故障自恢复;利用各种测试、监控技术,当发生生产超程、刀损干扰、断电等各种意外时,自动进行相应保护。

7) 网络化

为适应 FMC、FMS 以及进一步联网组成 CIMS 的要求,先进的 CNC 系统为用户提供了强大的联网能力,除有 RS232、RS422、RS485 等接口外,还带有远程缓冲功能的 DNC 接口,可以实现几台数控机床之间的数据通信和直接对几台数控机床进行控制。

8) 开放式体系结构

计算机技术的飞速发展推动数控技术更快地更新换代,世界上许多数控系统生产厂家利用 PC 丰富的软硬件资源,开发开放式体系结构的新一代数控系统。开放式体系结构可以大量采用通用微机的先进技术,如多媒体技术,实现声控自动编程、实体扫描自动编程等。其新一代数控系统的硬件、软件和总路线规范都对外开放,由于有充足的软、硬件资源可供利用,不仅使数控系统制造商和用户进行系统集成得到有力的支持,而且也为用户的二次开发带来极大方便,促进了数控系统多档次、多品种的开发和广泛应用。

3. 数控车床的分类

数控车床品种繁多,规格不一,可按以下方法进行分类:

(1) 按车床主轴位置分类

1) 卧式数控车床

卧式数控车床又分为数控水平导轨卧式车床(图 1-2)和数控倾斜导轨卧式车床(图 1-3)。倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性,并易于排除切屑。

2) 立式数控车床

立式数控车床(图 1-4)的主轴垂直于水平面,一个直径很大的圆形工作台,用来装夹工件。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

(2) 按刀架数量分类

1) 单刀架数控车床

如图 1-2c 所示,数控车床一般都配置各种形式的单刀架,如四工位转位刀架或多工位转塔



图 1-3
倾斜导轨数控车床

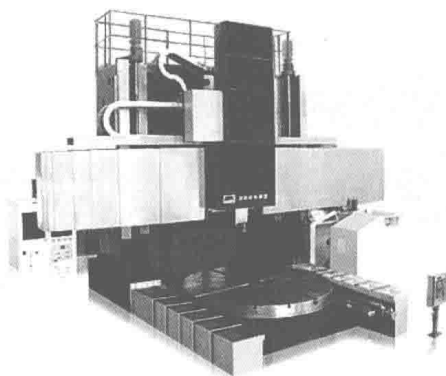


图 1-4
立式数控车床

式自动转位刀架。

2) 双刀架数控车床

如图 1-5 所示，这类车床的双刀架配置平行分布，也可以相互垂直分布。

(3) 按功能分类

1) 简易数控车床

简易数控车床（图 1-6）一般由单板机或单片机进行控制。机床主体部分由普通车床略作改进而成。此类车床结构简单，价格低廉，但功能较低、无刀尖圆弧半径自动补偿功能。

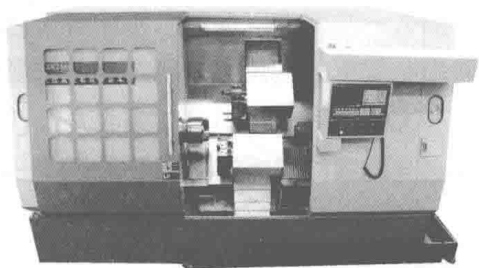


图 1-5
双刀架数控车床

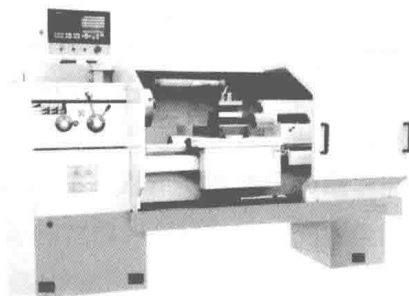


图 1-6
简易数控车床

2) 经济型数控车床

经济型数控车床（图 1-7）一般采用开环或半闭环控制系统。

3) 全功能型数控车床

全功能型数控车床（图 1-8）一般采用半闭环或闭环控制系统，具有高刚度、高精度和高加工速度等特点。此类车床具备恒线速度切削和刀尖圆弧半径自动补偿功能。

4) 车削中心

车削中心（图 1-9）是以全功能型数控车床为主体，并配置刀库和换刀机械手。此类车床的功能更加全面，但价格较高。

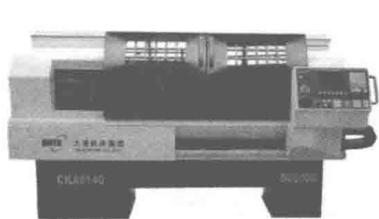


图 1-7
经济型数控车床



图 1-8
全能型数控车床



图 1-9
车削中心

4. 数控车床的组成

数控车床的主轴、尾座等部件相对床身的布局形式与普通车床基本一致，而在刀架和导轨的布局形式上发生了根本的变化。这种变化直接影响了它的使用性能以及结构与外观。图 1-10 所示为数控车床的一般结构组成。

(1) 床身和导轨的布局

数控车床的床身和导轨有四种布局形式，床身导轨与水平面的相对位置如图 1-11 所示。

平床身机床（图 1-11a）的工艺性好，便于导轨面的加工。水平床身配上水平放置的刀架能够提高刀架的运动精度，一般可用于大型数控车床或小型精密数控车床的布局。不过水平床身下部空间小，造成了排屑的困难。从结构尺寸上看，刀架的水平放置也使得滑板横向尺寸较长，从而加大了机床宽度方向的结构尺寸，机床占地面积较大。如果在水平床身上配置倾斜放置的滑板（图 1-11b）以及倾斜式的导轨防护罩，那么一方面得以保留水平床身工艺性好的特点，另一方面机床宽度方向的尺寸也较水平配置滑板布局形式的尺寸有所减小，排屑也变得更为方便。

斜床身配置斜滑板的布局形式（图 1-11c）与平床身配置斜滑板的布局形式一样，常常被中、

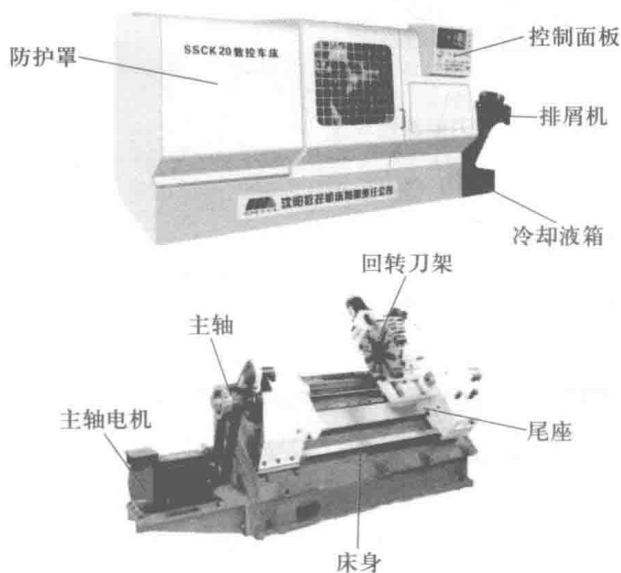


图 1-10
数控车床结构

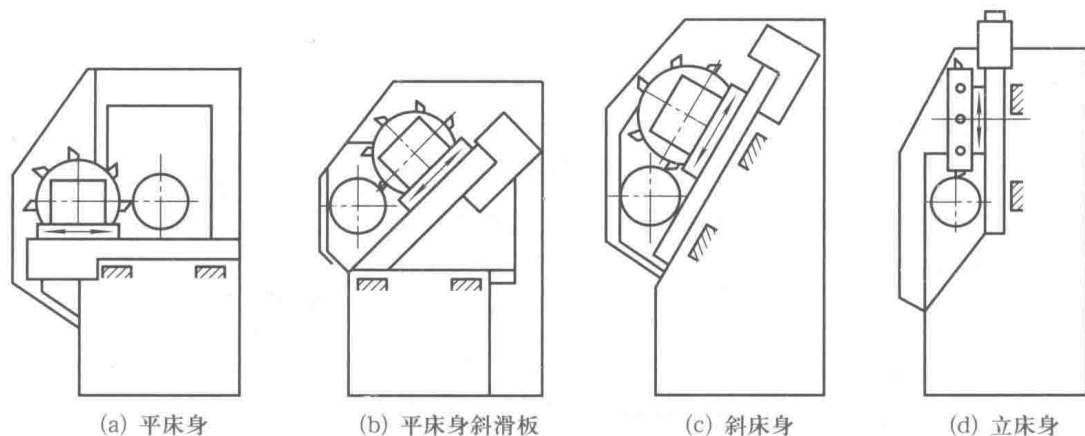


图 1-11
数控车床的床身布局

小型数控车床所采用。这是由于这两种布局形式排屑容易，热铁屑不会堆积在导轨上，也便于安装自动排屑器；操作方便，易于安装机械手，可实现单机自动化；占地面积小，外形简洁美观，容易实现半封闭式防护。

斜床身配置斜滑板机床的斜床身导轨倾斜角度一般有四种，分别为 30° 、 45° 、 60° 和 75° ；如果倾斜角度达到 90° ，则变成立床身（图 1-11d）。床身倾斜角度小，则排屑不便；倾斜角度大，则导轨导向性差，受力情况也差。导轨倾斜角度还会影响机床外形尺寸高度与宽度的比例。综合考虑以上因素，中、小型数控车床床身的倾斜度以 60° 为宜。

(2) 刀架的布局

转位刀架作为数控车床的重要部件之一，对机床整体布局及工作性能有着很大的影响。转位刀架是一种刀具存储装置，可以同时安装 4、6、8、12 把刀具，是一种专用自动化装置。图 1-12 ~ 图 1-14 是三种不同形式的转位刀架。转位刀架不仅可以存储刀具，而且在切削时要连同刀具一起承受切削力，在加工过程中要完成刀具交换转位、定位夹紧等动作。

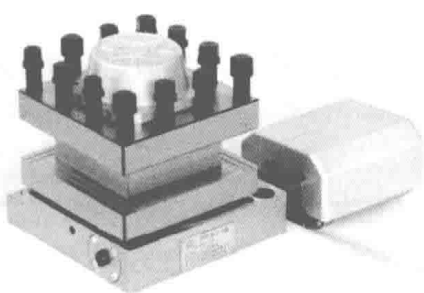


图 1-12
四工位转位刀架

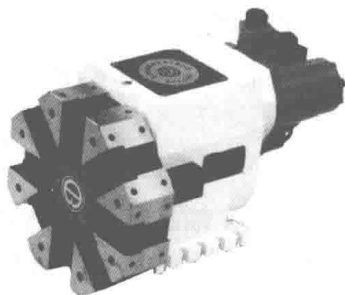


图 1-13
六工位转位刀架

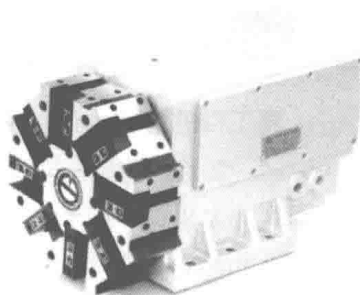


图 1-14
八工位转位刀架

5. 数控车床的坐标系

(1) 机床坐标系

在数控机床上加工零件,机床的动作是由数控系统发出的指令来控制的。为了确定刀架(或工件)的运动方向和移动距离,就要在机床上建立一个坐标系,这个坐标系称为机床坐标系,它是一个标准坐标系。

(2) 机床坐标系的规定

数控机床的加工动作主要分为刀具的运动和工件的运动两部分,因此,在确定机床坐标系的方向时规定:永远假定刀具相对于静止的工件而运动。

数控机床的坐标系采用符合右手定则规定的笛卡儿坐标系(图1-15)。对于机床坐标系的方向,统一规定增大工件与刀具间距离的方向为正方向。图1-15左图所示大拇指的方向为 X 轴的正方向,食指指向 Y 轴的正方向,中指指向 Z 轴的正方向。右图则规定了旋转轴 A 、 B 、 C 轴的正方向。对工件旋转的主轴(如车床主轴),其正转方向($+C'$,图1-16)与($+C$)方向相反。对前置刀架式各类车床,通称的“正转”,按标准应为反转($-C'$ 或 $+C$),其“正转”系指习惯上的俗称。

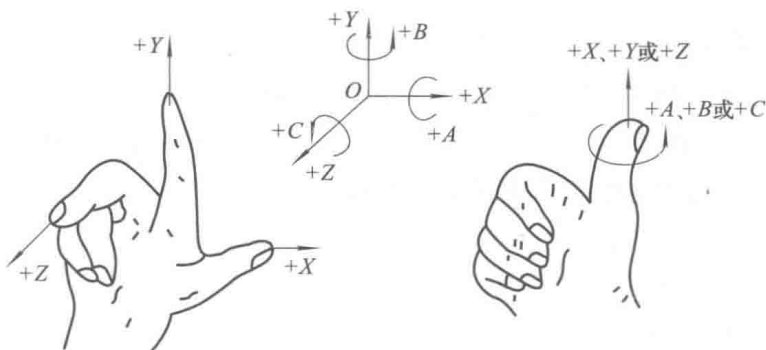


图 1-15
右手笛卡儿坐标系

(3) 机床坐标系的方向

1) Z 坐标方向

Z 坐标的运动由主要传递切削动力的主轴所决定。对任何具有旋转主轴的机床,其主轴及与主轴轴线平行的坐标轴都称为 Z 坐标轴(简称 Z 轴)。根据坐标系正方向的确定原则,刀具远离工件的方向为该轴的正方向。

2) X 坐标方向

X 坐标一般为水平方向并垂直于 Z 轴。对工件旋转的机床(如车床), X 坐标方向规定在工件的径向上且平行于车床的横导轨。同时也规定其刀具远离工件的方向为 X 轴的正方向。

3) Y 坐标方向及确定方法

Y 坐标垂直于 X 、 Z 坐标轴。按照右手笛卡儿坐标系确定机床坐标系中各坐标轴时,应根据主轴先确定 Z 轴,然后再确定 X 轴,最后确定 Y 轴。对一般的数控车床而言,为二轴类,所以没有 Y 轴。

数控车床坐标系如图1-16、图1-17所示。