



全国高级技工学校数控类专业教材

数控车床 编程与操作(广数系统)

SHUKONG CHECHUANG BIANCHENG YU CAOZUO (GUANGSHU XITONG)



中国劳动社会保障出版社

全国高级技工学校数控类专业教材

数控车床编程与操作

(广数系统)

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

简介

本书主要包括数控车削编程基础、数控车床基本操作、数控车仿真加工、外轮廓加工、内轮廓加工、切槽与切断、螺纹加工、非圆曲线的加工、技能鉴定实例。

本书由崔兆华任主编，王希波、付荣、邢业华、逯伟、乔西菊参加编写，由洪惠良审稿。

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与操作. 广数系统/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2012

全国高级技工学校数控类专业教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 9575 - 1

I. ①数… II. ①人… III. ①数控机床：车床-程序设计②数控机床：车床-操作 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 049473 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出 版 人：张梦欣

*

北京华正印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.5 印张 484 千字

2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

定价：37.00 元

读者服务部电话：010 - 64929211/64921644/84643933

发行部电话：010 - 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010 - 64954652

如有印装差错，请与本社联系调换：010 - 80497374

前言

为了更好地适应高级技工学校数控类专业的教学要求，全面提升教学质量，人力资源和社会保障部教材办公室组织有关学校的骨干教师和行业、企业专家，充分调研企业生产和学校教学情况，吸收和借鉴各地高级技工学校教学改革的成功经验，在原有同类教材的基础上，重新组织编写了高级技工学校数控类专业教材。

本次教材编写工作的重点主要体现在以下几个方面：

第一，完善教材体系，定位科学合理。

针对初中生源和高中生源培养高级工的教学实际情况，调整和完善了教材体系，能较好地满足数控加工（数控车工、数控铣工、加工中心操作工方向）、数控机床装配与维修、数控编程、数控电加工等专业的教学需求。同时，根据数控类专业高级工在相关岗位工作的实际需要，合理确定学生应具备的能力和知识结构，避免教材内容偏难、偏深，进一步增加了实践性教学内容。

第二，反映技术发展，涵盖职业标准。

根据相关工种及专业领域的最新发展，在教材中充实新知识、新技术、新材料、新工艺等方面的内容，体现教材的先进性。教材编写以国家职业标准为依据，内容涵盖数控车工、数控铣工、加工中心操作工、数控机床装调维修工、数控程序员、电切削工等国家职业技能标准（中、高级）的知识和技能要求，并在配套的习题册中增加了相关职业技能鉴定考题。

第三，精心设计形式，激发学习兴趣。

在教材内容的呈现形式上，较多地利用图片、实物照片和表格等将知识点生动地展示出来，力求让学生更直观地理解和掌握所学内容。针对不同的知识点，设计了许多贴近实际的互动栏目，以激发学生的学习兴趣，使教材“易教易学，易懂易用”。

第四，开发辅助产品，提供教学服务。

本套教材中《CAD/CAM 应用技术（Mastercam）》《CAD/CAM 应用技术（CAXA）》《CAD/CAM 应用技术（UG）》《CAD/CAM 应用技术（Pro/E）》配有教学素材光盘，其余教材配有多媒体教学课件和习题册，多媒体教学课件可以通过中国劳动社会保障出版社网站（<http://www.class.com.cn>）免费下载。

本次教材编写工作得到了河北、辽宁、江苏、山东、河南等省人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持，在此我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2012 年 1 月

目 录

第一章 数控车削编程基础	(1)
第一节 数控车床概述	(1)
第二节 数控车床坐标系	(7)
第三节 数控车削编程基本知识	(12)
第四节 程序编制的工艺处理	(24)
第五节 手工编程的数学处理	(35)
第六节 刀具补偿功能	(42)
第二章 数控车床基本操作	(49)
第一节 GSK980TDb 操作面板介绍	(49)
第二节 GSK980TDb 数控车床基本操作	(55)
第三节 数控车床的维护与保养	(69)
第三章 数控车仿真加工	(76)
第一节 数控车仿真界面介绍	(76)
第二节 数控车仿真操作加工实例	(82)
第四章 外轮廓加工	(96)
第一节 外圆与端面加工	(96)
第二节 外圆锥面加工	(109)
第三节 圆弧面加工	(119)
第四节 复合形状固定循环加工	(131)
第五节 外轮廓加工综合实例	(144)
第五章 内轮廓加工	(162)
第一节 简单内轮廓加工	(162)
第二节 复杂内轮廓加工	(173)
第六章 切槽与切断	(184)
第一节 单槽加工	(186)
第二节 多槽加工	(196)

第三节 异形槽的加工	(199)
第四节 切断	(205)
第七章 螺纹加工	(210)
第一节 普通螺纹加工	(210)
第二节 梯形螺纹加工	(229)
第三节 多线螺纹的加工	(240)
第四节 变螺距螺纹加工	(246)
第八章 非圆曲线的加工	(251)
第一节 宏程序	(251)
第二节 非圆曲线加工	(257)
第三节 采用特殊指令加工非圆曲线	(269)
第九章 技能鉴定实例	(274)
中级职业技能鉴定实例一	(274)
中级职业技能鉴定实例二	(282)
中级职业技能鉴定实例三	(290)
中级职业技能鉴定实例四	(297)
高级职业技能鉴定实例一	(309)
高级职业技能鉴定实例二	(315)
高级职业技能鉴定实例三	(320)
高级职业技能鉴定实例三	(330)

第一章

数控车削编程基础

第一节 数控车床概述

数控车床又称 CNC (Computer Numerical Control) 车床,即用计算机数字控制的车床。它是目前国内外使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床。如图 1—1 所示为一台常见的数控车床实物图。数控车床主要用于回转体工件的加工,一般能自动完成内、外圆柱面,内、外圆锥面,复杂回转体内、外曲面,圆柱螺纹和圆锥螺纹等轮廓的切削加工,并能进行车槽、钻孔、车孔、扩孔、铰孔、攻螺纹等加工。



图 1—1 数控车床实物图

一、数控车床的组成

数控车床一般由控制介质、数控装置、伺服系统、测量反馈装置和车床主体组成,如图 1—2 所示。

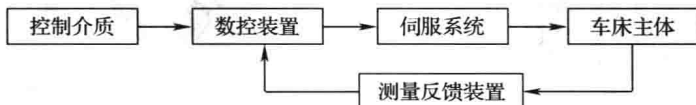


图 1—2 数控车床的组成

1. 控制介质

控制介质是指将零件加工信息传送给数控装置的程序载体。控制介质有多种形式,随数控装置类型的不同而不同,常用的有闪存卡、移动硬盘、U 盘等,如图 1—3 所示。随着计算机辅助设计/计算机辅助制造 (CAD/CAM) 技术的发展,在某些 CNC 设备上,可先利用 CAD/CAM 软件在计算机上编程,然后通过计算机与数控系统通信,将程序和数据直接传送给数控装置。

2. 数控装置

数控装置是数控车床的核心。现代数控装置通常是一台带有专门系统软件的专用计算机,如图 1—4 所示为某数控车床的数控装置。它由输入装置 (如键盘等)、控制运算器和

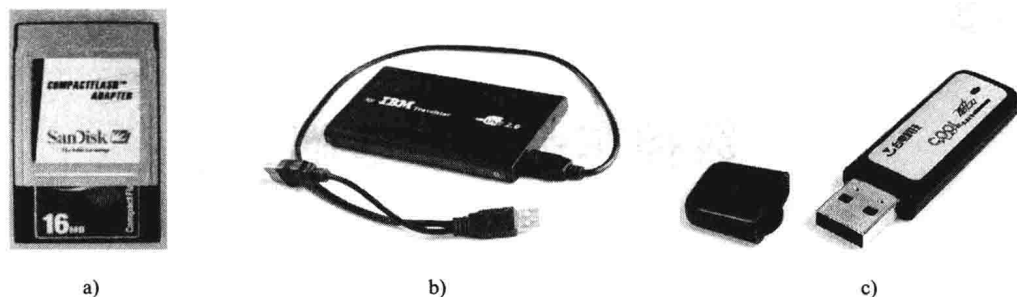


图 1—3 控制介质

a) 闪存卡 b) 移动硬盘 c) U 盘

输出装置（如显示器）等构成。数控装置接受控制介质上的数字化信息，经过控制软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后，输出各种信号和指令，控制车床的各个部分，进行规定的、有序的运动。

3. 伺服系统

伺服系统由驱动装置和执行部件（如伺服电动机等）组成，它是数控系统的执行机构，如图 1—5 所示。伺服系统分为进给伺服系统和主轴伺服系统。伺服系统的作用是把来自 CNC 的指令信号转换为机床移动部件的运动，它相当于手工操作人员的手，使工作台（或溜板）精确定位或按规定的轨迹做严格的相对运动，最后加工出符合图样要求的零件。伺服系统作为数控机床的重要组成部分，其本身的性能直接影响整台数控车床的精度和速度。



图 1—4 数控装置

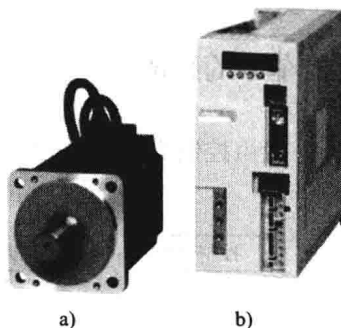


图 1—5 伺服系统

a) 伺服电动机 b) 驱动装置

4. 测量反馈装置

测量反馈装置的作用是通过测量元件将车床移动的实际位置、速度参数检测出来，转换成电信号，并反馈到 CNC 装置中，使 CNC 能随时判断车床的实际位置、速度是否与指令一致，并发出相应指令，纠正所产生的误差。测量反馈装置安装在数控车床的工作台或丝杠上，相当于普通车床的刻度盘和人的眼睛。

5. 车床主体

车床主体是数控车床的本体，主要包括床身、主轴、进给机构等机械部件，还包括冷却、润滑、转位部件等辅助装置，如换刀装置、夹紧装置等。

二、数控车床的工作过程

用数控车床加工零件时,根据零件图样要求及加工工艺,将所用刀具、刀具运动轨迹与速度、主轴转速与旋转方向、冷却与润滑等辅助操作以及相互间的先后顺序,以规定的数控代码形式编制成程序,并输入数控装置中,在数控装置内部的控制软件支持下,经过处理、计算后,向车床伺服系统及辅助装置发出指令,驱动车床各运动部件及辅助装置进行有序的动作与操作,实现刀具与工件的相对运动,加工出所要求的零件。如图 1—6 所示为数控车床的基本工作原理。

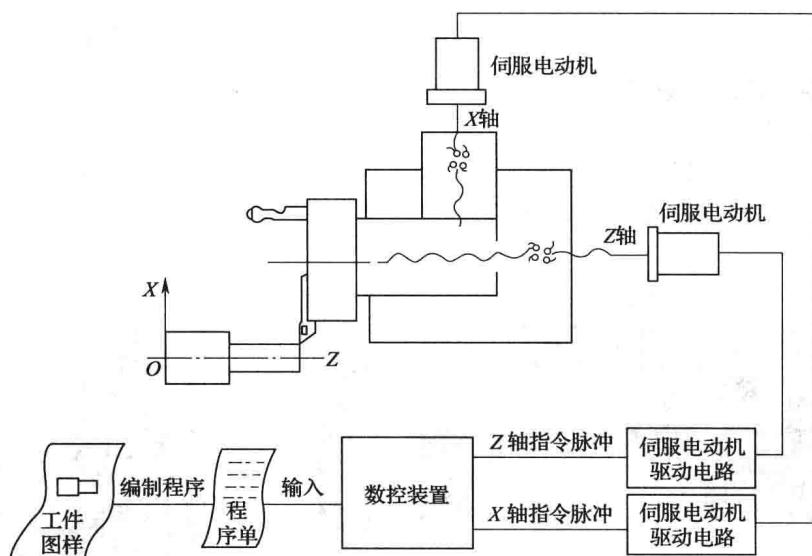


图 1—6 数控车床的基本工作原理

三、数控车床的分类

数控车床的种类较多,通常采用与普通车床相似的方法进行分类。

1. 按数控车床主轴位置分类

(1) 立式数控车床

立式数控车床简称数控立车,如图 1—7 所示。其主轴垂直于水平面,并有一个直径很大的圆形工作台,供装夹工件用。这类车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工件。

(2) 卧式数控车床

卧式数控车床又分为卧式水平导轨数控车床(图 1—1)和卧式倾斜导轨数控车床(图 1—8)。倾斜导轨可使数控车床具有更大的刚度,并易于排除切屑。

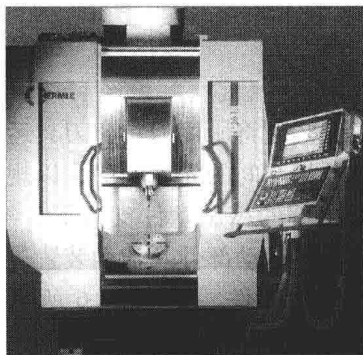


图 1—7 立式数控车床

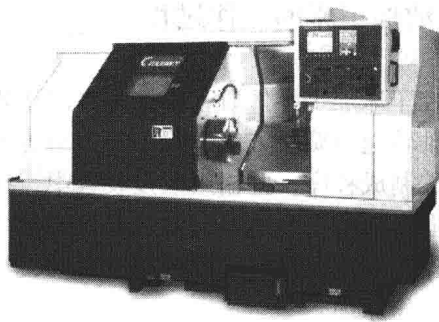


图 1—8 卧式倾斜导轨数控车床

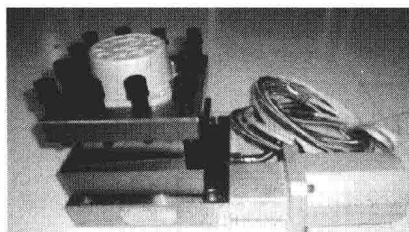
2. 按数控车床刀架数量分类

(1) 单刀架数控车床

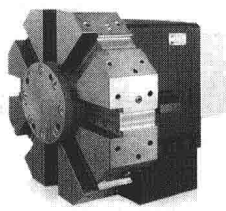
数控车床一般都配置有各种形式的单刀架, 如四工位卧式自动转位刀架 (图 1—9a) 和多工位转塔式自动转位刀架 (图 1—9b)。

(2) 双刀架数控车床

这类车床配置有双刀架, 双刀架可以平行分布 (图 1—10), 也可以相互垂直分布。



a)



b)

图 1—9 自动转位刀架

a) 四工位卧式自动转位刀架 b) 多工位转塔式自动转位刀架

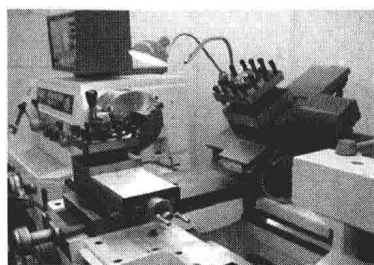


图 1—10 双刀架数控车床

3. 按数控车床控制方式分类

按照对被控制量有无测量反馈装置不同, 数控车床可分为开环控制数控车床和闭环控制数控车床两种。在闭环控制数控车床中, 根据检测装置安放的部位不同又分为全闭环控制数控车床和半闭环控制数控车床两种。

(1) 开环控制数控车床

开环控制系统框图如图 1—11 所示。开环控制系统中没有测量反馈装置。数控装置将工件的加工程序处理后, 输出数字指令信号给伺服驱动系统, 驱动机床运动, 但不检测运动的实际位置, 即没有位置反馈信号。开环控制系统主要使用步进电动机, 受步进电动机的步距精度和工作频率以及传动机构的传动精度影响, 开环控制系统的速度和精度都较低。但由于开环控制系统结构简单, 调试方便, 容易维修, 成本较低, 仍被广泛应用于经济型数控车床上。

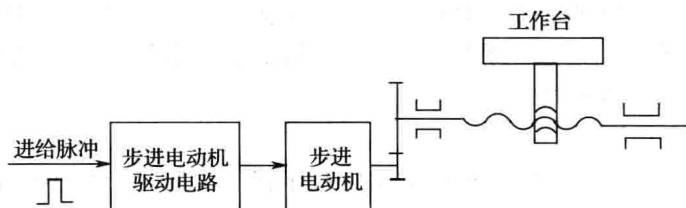


图 1—11 开环控制系统框图

(2) 全闭环控制数控车床

全闭环控制系统框图如图 1—12 所示，安装在工作台上的检测元件将工作台实际位移量反馈到计算机中，与所要求的位置指令进行比较，用比较的差值进行控制，直到差值消除为止。可见，全闭环控制系统可以消除机械传动部件的各种误差和工件加工过程中产生的干扰的影响，从而使加工精度大大提高。

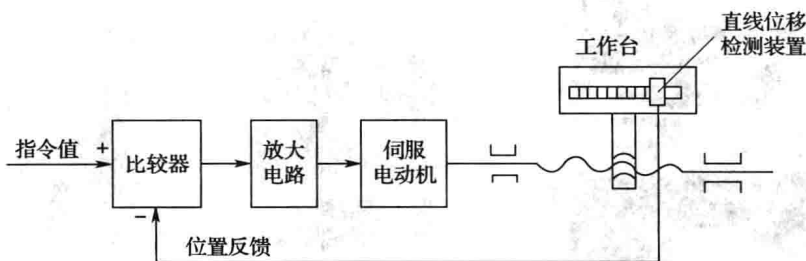


图 1—12 全闭环控制系统框图

全闭环控制系统的特点是加工精度高，移动速度快。但这类数控车床采用直流伺服电动机或交流伺服电动机作为驱动元件，电动机的控制电路比较复杂，检测元件价格昂贵，因此，调试和维修比较复杂，成本高。

(3) 半闭环控制数控车床

半闭环控制系统框图如图 1—13 所示，它不直接检测工作台的位移量，而是采用转角位移检测元件（如光电编码器等）测出伺服电动机或丝杠的转角，推算出工作台的实际位移

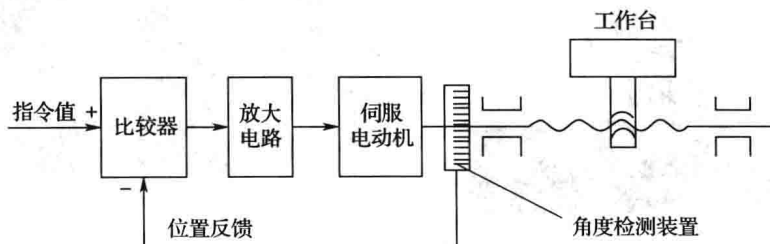


图 1—13 半闭环控制系统框图

量, 反馈到计算机中进行位置比较, 用比较的差值进行控制。由于反馈环内不包含工作台, 故称为半闭环控制。半闭环控制系统精度比全闭环控制系统低, 但稳定性好, 成本较低, 调试及维修也较容易, 兼顾了开环控制系统和全闭环控制系统两者的特点, 因此应用比较普遍。

4. 按数控系统的功能分类

(1) 经济型数控车床

如图 1—14 所示, 经济型数控车床常常是基于普通车床进行数控改造的产物。一般采用开环或半闭环伺服系统; 主轴一般采用变频调速, 并安装有主轴脉冲编码器, 可用于车削螺纹。经济型数控车床一般刀架前置 (位于操作者一侧), 车床主体结构与普通车床无大的区别, 结构简单, 且功能简化, 针对性强, 精度适中, 主要用于精度要求不高、有一定复杂性的工件。

(2) 全功能型数控车床

如图 1—15 所示, 全功能型数控车床的总体结构先进, 控制功能齐全, 辅助功能完善, 加工的自动化程度比经济型数控车床高, 稳定性和可靠性也较好, 适用于精度高、形状复杂、工序多、品种多变的单件或中、小批量工件的加工。



图 1—14 经济型数控车床

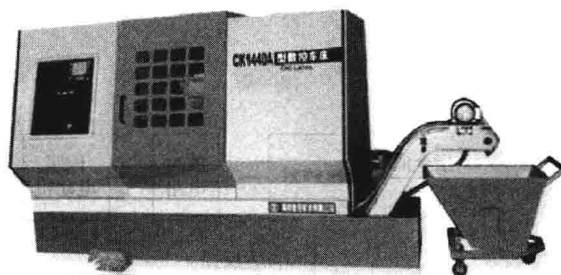


图 1—15 全功能型数控车床

(3) 车削中心

如图 1—16 所示, 车削中心以全功能型数控车床为主体, 增加了动力刀座 (C 轴控制) 和刀库。车削中心除具备一般的车削功能外, 还具备对零件的端面和外圆面进行铣削加工的功能, 如图 1—17 所示。

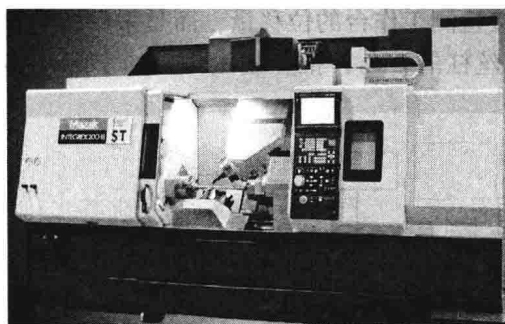


图 1—16 车削中心

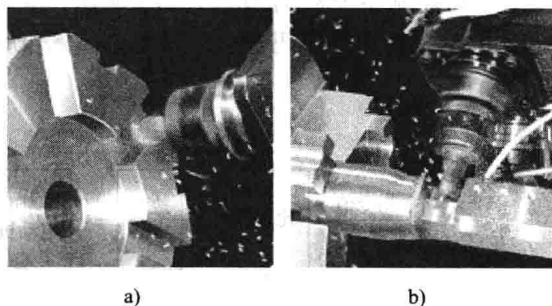


图 1—17 车削中心加工实例

a) 铣削端面 b) 铣削外圆

四、数控车床的特点

数控车床是实现柔性自动化的重要设备,与普通车床相比,数控车床具有以下特点:

1. 适应性强

数控车床在更换产品(生产对象)时,只需要改变数控装置内的加工程序、调整有关的数据就能满足新产品的生产需要,不需改变机械部分和控制部分的硬件。这一特点不仅可以满足当前产品更新快的市场竞争需要,而且较好地解决了单件、中小批量和多变产品的加工问题。适应性强是数控车床最突出的优点,也是数控车床得以产生和迅速发展的主要原因。

2. 加工精度高

数控车床本身的精度都比较高,中小型数控车床的定位精度可达 0.005 mm ,重复定位精度可达 0.002 mm ,而且还可利用软件进行精度校正和补偿,因此,可以获得比车床本身精度还要高的加工精度和重复定位精度。此外,数控车床是按预定程序自动工作的,加工过程不需要人工干预,工件的加工精度全部由机床保证,消除了操作者的人为误差,因此,加工出来的工件精度高,尺寸一致性好,质量稳定。

3. 生产效率高

数控车床具有良好的结构特性,可进行大切削用量的强力切削,有效节省了基本作业时间,还具有自动变速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能,使辅助作业时间大大缩短,所以一般比普通车床的生产效率高。

4. 自动化程度高,劳动强度低

数控车床的工作是按预先编制好的加工程序自动连续完成的,操作者除了输入加工程序或操作键盘、装卸工件、进行关键工序的中间检测以及观察机床运行之外,不需要进行繁杂的重复性手工操作,劳动强度与紧张程度均大为减轻。此外,数控车床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置,操作者的劳动条件也大为改善。

第二节 数控车床坐标系

为了便于描述数控车床的运动,数控研究人员引入了数学中的坐标系,用机床坐标系来描述机床的运动。为了准确地描述机床的运动、简化程序的编制方法及保证记录数据的互换性,数控车床的坐标和运动方向均已标准化。

一、坐标系的确定原则

1. 刀具相对于静止工件而运动的原则

这一原则使编程人员不需确定是刀具移近工件还是工件移近刀具,即可根据零件图样确定零件的加工过程。

2. 机床坐标系的规定

数控车床的动作是由数控装置来控制的, 为了确定机床上的成形运动和辅助运动, 必须先确定机床上运动的方向和运动的距离, 这就需要一个坐标系才能实现, 这个坐标系就称为机床坐标系。

机床坐标系是一个右手笛卡儿直角坐标系, 如图 1—18 所示, 图中规定了 X 、 Y 、 Z 三个直角坐标轴的方向。伸出右手的拇指、食指和中指, 并互为 90° , 拇指代表 X 坐标轴, 食指代表 Y 坐标轴, 中指代表 Z 坐标轴。拇指的指向为 X 坐标轴的正方向, 食指的指向为 Y 坐标轴的正方向, 中指的指向为 Z 坐标轴的正方向。围绕 X 、 Y 、 Z 坐标轴的旋转坐标分别用 A 、 B 、 C 表示, 根据右手螺旋定则, 拇指的指向为 X 、 Y 、 Z 坐标轴中任意轴的正方向, 则其余四指的旋转方向即为旋转坐标 A 、 B 、 C 的正方向。

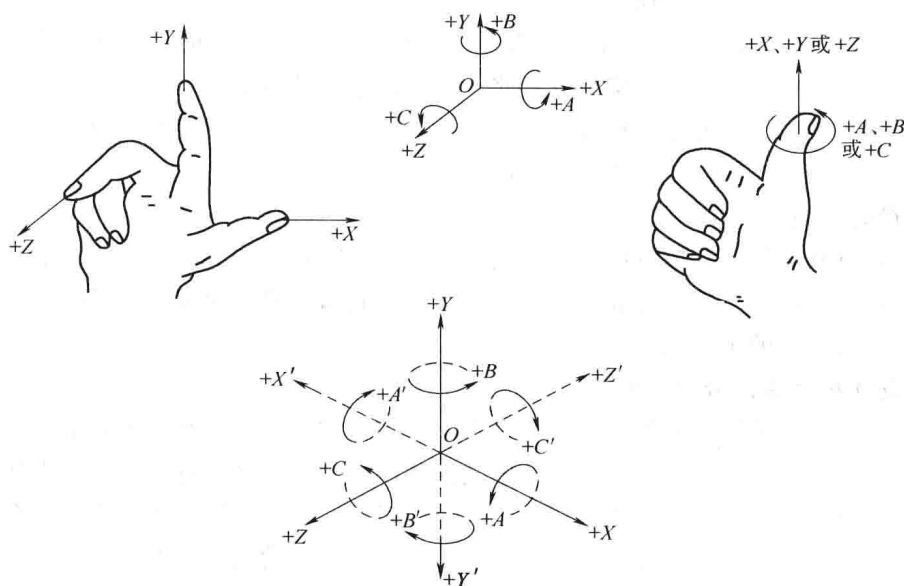


图 1—18 右手笛卡儿直角坐标系

3. 运动方向的规定

对于各坐标轴的运动方向, 均将增大刀具与工件间距离的方向确定为各坐标轴的正方向。

二、坐标轴的确定

1. Z 坐标轴

Z 坐标轴的运动方向是由传递切削力的主轴所决定的, 与主轴轴线平行的标准坐标轴即为 Z 坐标轴, 其正方向是增大刀具和工件之间距离的方向。如图 1—19 所示为卧式数控车床的坐标系。

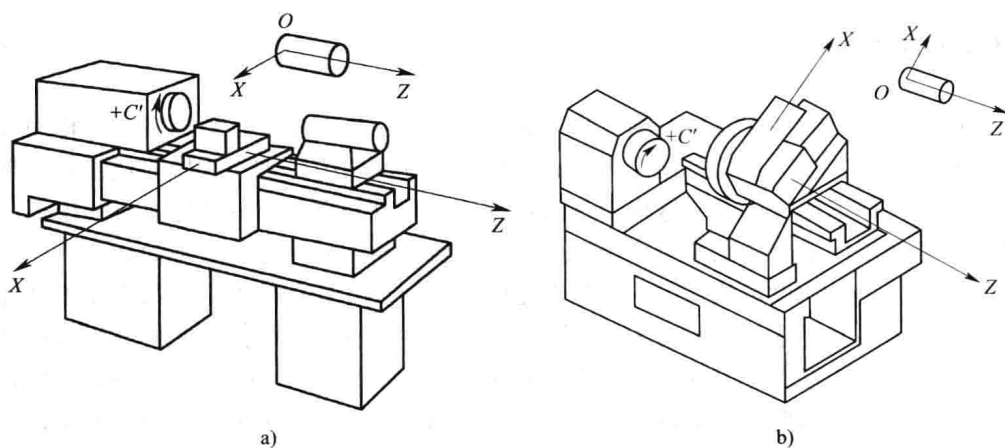


图 1—19 卧式数控车床的坐标系

2. X 坐标轴

X 坐标轴平行于工件装夹面，一般在水平面内，它是刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。对于数控车床，X 坐标轴的方向是在工件的径向上，且平行于横滑座。X 坐标轴的正方向是安装在横向滑座的主要刀架上的刀具离开工件回转中心的方向，如图 1—19 所示。

3. Y 坐标轴

在确定了 X 和 Z 坐标轴后，可根据 X 和 Z 坐标轴的正方向，按照右手笛卡儿坐标系来确定 Y 坐标轴及其正方向。

三、机床坐标系

机床坐标系是数控车床的基本坐标系，它是以机床原点为坐标原点建立起来的 X、Z 轴直角坐标系，如图 1—20 所示。机床原点是由生产厂家决定的，是数控车床上一个固定点。卧式数控车床的机床原点一般取在主轴前端面与中心线交点处，但这个点不是一个物理点，而是一个定义点，它是通过机床参考点间接确定的。机床参考点是一个物理点，其位置由 X、Z 向的挡块和行程开关确定。对某台数控车床来说，机床参考点与机床原点之间有严格的位置关系，在机床出厂前已调试准确，确定为某一固定值，这个值就是机床参考点在机床坐标系中的坐标。

在机床每次通电之后，必须进行回机床零点操作（简称回零操作），使刀架运动到机床参考点，其位置由机械挡块确定。通过机床回零操作，确定了机床原点，从而准确地建立机床坐标系。

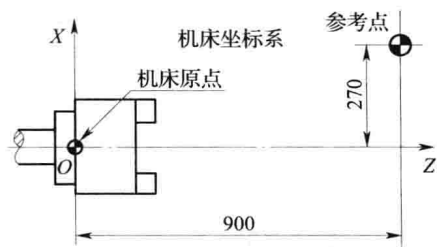


图 1—20 机床坐标系

四、工件坐标系

用数控车床加工时,工件可以通过卡盘装夹在机床坐标系中的任意位置,这样用机床坐标系描述刀具轨迹就显得不大方便。为此,编程人员在编写零件加工程序时通常要选择一个工件坐标系,也称编程坐标系,这样刀具轨迹就变为工件轮廓在工件坐标系下的坐标。编程人员就不用考虑工件上的各点在机床坐标系中的位置,从而使问题大大地简化。

工件坐标系是人为设定的,设定的依据是既要符合尺寸标注的习惯,又要便于坐标计算和编程。一般工件坐标系的原点最好选择在工件的定位基准、尺寸基准或夹具的适当位置上。根据数控车床的特点,工件原点通常设在工件左、右端面的中心或卡盘前端面的中心。如图 1—21 所示是以工件右端面为工件原点。实际加工时考虑加工余量和加工精度,工件原点应选择在精加工后的端面上或精加工后的夹紧定位面上,如图 1—22 所示。

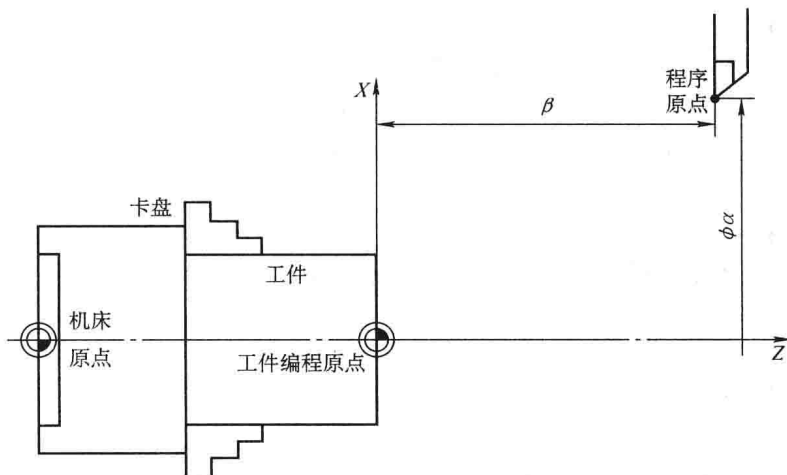


图 1—21 工件原点和工件坐标系

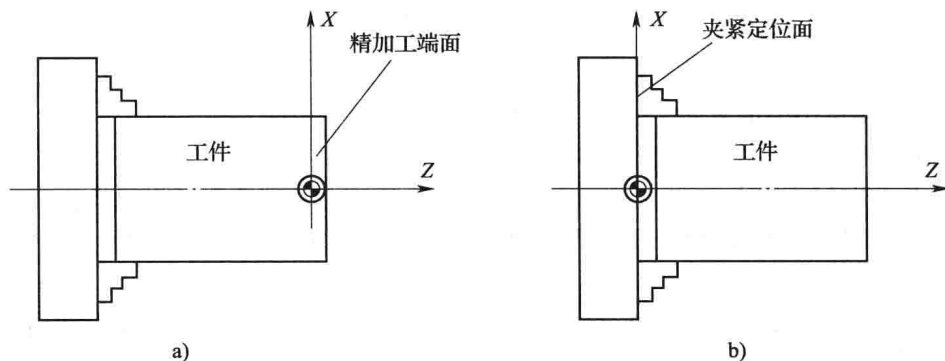


图 1—22 实际加工时的工件坐标系