

★ 中等职业学校数控车工类培训用书 ★

SHUKONG CHEGONG CAOZUO SHIXUN

数控车工操作实训

武新卫 结加甲 主编



郑州大学出版社

数控车工操作实训

主 编 武新卫 结加甲

副主编 滑海宁 赵红山 周新刚



郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控车工操作实训 / 武新卫, 结加甲主编. — 郑州:
郑州大学出版社, 2016. 10
ISBN 978-7-5645-3504-9

I. ①数… II. ①武… ②结… III. ①数控机床—车
床—车削—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 234931 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人: 张功员

全国新华书店经销

郑州泰宏印刷有限公司

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 9

字数: 167 千字

版次: 2016 年 10 月第 1 版

邮政编码: 450052

发行部电话: 0371-66966070

印次: 2016 年 10 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978-7-5645-3504-9

定价: 30.00 元

本书如有印装质量问题, 由本社负责调换

前言

preface

数控技术及数控机床在当今机械制造业中的重要地位和产生的巨大效益,显示了其
在国家基础工业现代化中的战略性作用,并已成为传统机械制造工业提升改造和实现自
动化、柔性化、集成化生产的重要手段和标志。

本教材立足于数控加工实用技术,以理论知识做引导,以实际应用为目的,融基础知
识、工艺技术、编程原理与方法、操作技能于一体,紧扣当前企业对数控人才的实际需求,
强调数控应用能力的培养,内容在系统性、先进性、实用性和完整性上达到统一,更好地
反映了企业发展的需要。

本教材作为学生学习数控车工专业的入门教材,非常关注学生作为初学者的接受能
力和知识结构。教材内容由浅至深,力求通俗易懂,让学生看得明白、学得进去、学出效
果,提高对数控专业的兴趣,力争每个人都达到中级工技能考核要求。

本教材在知识介绍方面,选择企业应用最广泛的 FANUC 0i 数控车床系统作为范
本,展开相关知识的讲授和技能操作的讲解,针对性强,立足讲精讲透,让学生学得扎实、
用得明白,一通百通。

教材内容包含:数控车床加工基础、台阶轴加工、外圆锥零件加工、切槽加工、圆弧加
工、螺纹加工、复合固定循环加工、子程序与刀尖圆弧半径补偿、中级应会试题训练等
九章。

教材第一、五、九章由结加甲编写;第二、三章由周新刚编写;第四、六章由滑海宁、赵
红山编写;第七、八章由武新卫编写。由于编者水平有限,书中难免出现不足之处和一些
纰漏,敬请读者批评指正,以便进一步修改。

本书由武新卫、结加甲主编,滑海宁、赵红山、周新刚参与编写;结加甲校核,武新卫
主审。

编 者

2016 年 7 月

目 录

contents

第一章 数控车床加工基础	001
第一节 认识数控车床	001
第二节 数控编程基础	009
第三节 数控机床的基本操作	018
第四节 仿真软件的使用	026
第二章 简单台阶轴加工	036
第三章 外圆锥零件加工	042
第四章 切槽加工	045
第一节 单槽加工	045
第二节 多槽加工	053
第五章 圆弧加工	057
第一节 顺圆弧加工	057
第二节 逆圆弧加工	064
第六章 螺纹加工	073
第一节 普通三角形螺纹加工	073
第二节 复合固定循环加工螺纹	080

第七章 复合固定循环加工	094
第一节 外圆粗车固定循环	094
第二节 径向粗车固定循环	100
第三节 仿形固定循环	105
 第八章 子程序与刀尖圆弧半径补偿	111
第一节 子程序	111
第二节 刀尖圆弧半径补偿	116
 第九章 中级工应会试题训练	125
第一节 中级工应会试题(一)	125
第二节 中级工应会试题(二)	132

第一章 数控车床加工基础

第一节 认识数控车床



教学目标

1. 了解数控车床的组成和工作原理；
2. 了解数控车床的分类；
3. 识记安全操作规程；
4. 了解保养知识。



教学内容

一、数控车床与普通车床的区别

我们已经学习了普通车床的车削,今天起开始学习数控车床的车削,首先我们观察一下数控车床的基本结构,看看与普通车床有什么区别。再观看数控加工录像或者教师演示操作,看一看加工出的零件有什么不同。

(一)静态区别

对比一下普通车床与数控车床的结构外形,我们可以看出以下不同:

- (1)数控车床有“电脑”即数控装置。
- (2)数控车床有安全防护装置。
- (3)数控车床的刀架是电动刀架,有刀架电机,没有换刀手柄。
- (4)数控车床没有横向纵向手轮,而是各有一个电机。
- (5)丝杠不一样,没有变换手柄,卡盘是液压卡盘,尾座是液压尾座。

(二)动态区别

- (1)数控车床得先对刀、编程序。

- (2)数控车床转速高、切削速度快、加工速度快。
- (3)数控车床辅助动作自动完成,不用手工操作,很省劲。
- (4)数控车床加工复杂轮廓既快又好,精度高。

(三)数控车床的优缺点

如果把数控加工和传统加工相比,在加工过程的步骤上都是一致的,主要差别在于各种数据的输入方式上,一个用指令,一个用手动。在传统加工中,要用手来操作机床,并移动刀具来完成零件的加工,在一批零件加工过程中要重复进行同样的操作,操作人员不可能毫不休息始终以同样的水平工作,一致性难以保证。而数控加工则不同,一旦零件程序经证实无误,就可以反复使用,而且每次获得一致的效果。当然,任何一种方法都有它的局限性,比如:数控刀具的磨损、毛坯的不一致、安装的变动等都需要采取相应的补偿措施。数控并非可以完全代替传统加工,它只是对传统手段的补充(不会修螺纹)。数控只是使机床以高生产率、精确一致的方式使用的一种方法或手段。

通过动静态的对比,我们发现数控车床有这些优点:加工精度高、生产效率高、自动化程度高、省人力,对加工形状复杂的零件有优势。但是数控车床也有它的缺点:人员要求高,需要进行专业培训;程序的编制有一定难度,需要一定的绘图识图、尺寸计算、工艺分析能力;对零件进行再修正、修理不如普通车床方便。

二、数控车工的组成和加工原理

通过刚才的学习,我们发现数控车工加工过程与普通车工的加工过程有所不同,我们把它总结成一个流程图呈现如下:

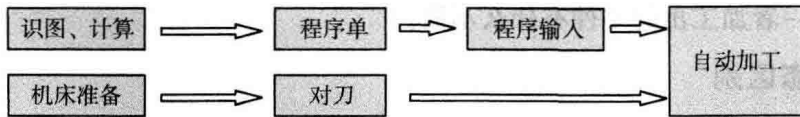


图 1-1 数控车工加工流程图

(一)数控车床的组成

1. 输入/输出装置

一方面是使用数控装置的面板按键输入程序数据;另一方面是现在大多数机床都有数据接口,分 RS232 接口和 USB 接口,RS232 接口可以把机床和电脑连接起来,使用 CAD/CAM 软件生成程序,通过传输程序传输到机床中。USB 接口可以直接插入 USB,把 USB 中的程序调进机床中使用。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,主要进行信息的输入、处理、输出。数控装置接到操作工输入的程序后,先进行识别和翻译,经过处理后,输出相应的脉冲命令控制,把各项控制信息指令输出给伺服系统,伺服系统再驱动各执行部件做各种运动,完成机械加工。

3. 伺服系统

伺服系统由主轴伺服系统和进给伺服系统组成,主轴伺服系统控制主轴转速、方向、位移,进给伺服系统主要根据脉冲命令信息来驱动各运动轴的运动,按轮廓外形进给插补完成加工。

4. 检测系统

检测系统分为位置检测系统和速度检测系统,常见的检测装置有光电编码器、光栅尺等。主轴编码器使用同步带连接主轴,检测主轴转速;光栅尺检测位置是否到位,不到位则反应给数控装置,再由数控装置发送电信号给执行机构修正。

5. 机床本体

机床本体有床身、导轨、主轴、刀架、滚珠丝杠、照明、润滑系统等。

(二) 数控车床的工作原理

操作工根据图样要求进行工艺分析、尺寸计算,编制出程序,输入至数控装置中,数控装置编译后,转变成主轴伺服系统、XZ轴驱动器、PLC能够识别的信号,控制它们进行主运动、进给运动、辅助运动,并通过检测系统协调完成零件的自动加工。

三、数控车床的分类

(一) 按主轴配置形式分类

按主轴配置形式分类,可将数控车床分为卧式和立式两大类。其中卧式数控车床有水平导轨和倾斜导轨两种形式。卧式数控车床主要加工轴向尺寸较大的轴类零件;立式数控车床主要加工径向尺寸大而轴向尺寸相对较小,形状复杂的大型和重型工件,如盘、轮、套类零件。

图 1-1-1 数控车床结构示意图

图 1-1-1 所示为卧式数控车床结构示意图。图中(a)为卧式数控车床,其主轴为水平布置,除具有普通车床的所有功能之外,其转塔刀架上装有一个可转动的刀架,可以在转塔刀架上对工件进行加工。

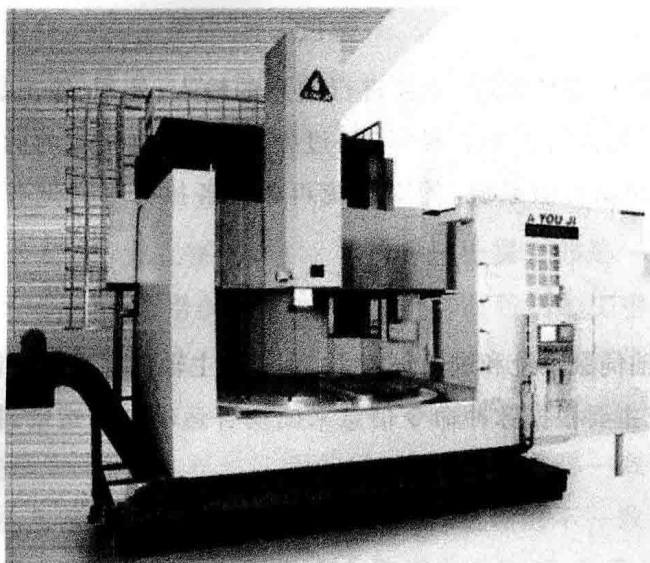


图 1-2 立式车床



图 1-3(a) 卧式水平导轨



图 1-3(b) 卧式倾斜导轨

(二)按主轴、刀架分类

(1)按主轴数量分,可将数控车床分为两轴经济型、两轴半全功能型、四轴车削中心。

(2)按刀架数量分,可将数控车床分为单刀架和双刀架两类。单刀架数控车床多采用水平导轨,两坐标控制;双刀架数控车床多采用斜置导轨,四坐标控制。

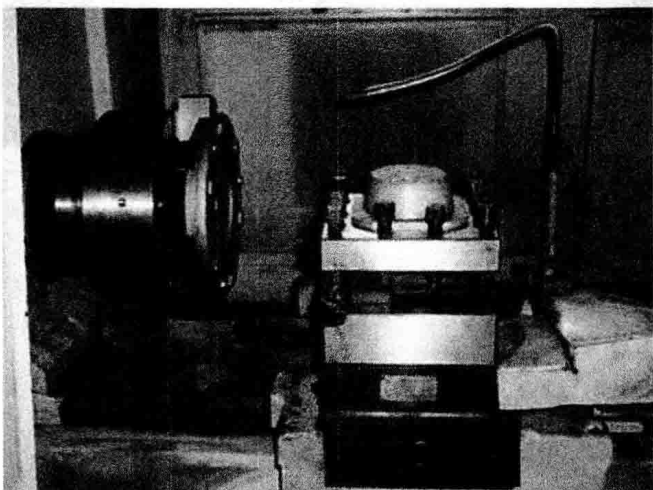


图 1-4 两轴经济型单刀架

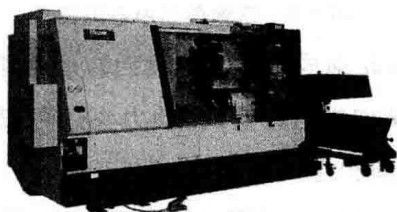


图 1-5(a) 两轴半全功能型

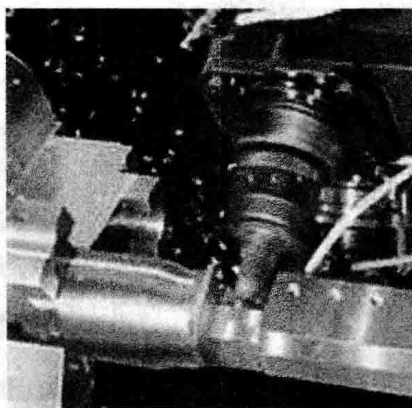


图 1-5(b) 两轴半全功能型动力头

两轴半全功能型除具有一般二轴联动数控车床的所有功能之外,其转塔刀架上装有可能使刀具旋转的动力头,在零件的端面和外圆面上可以进行铣加工的功能。

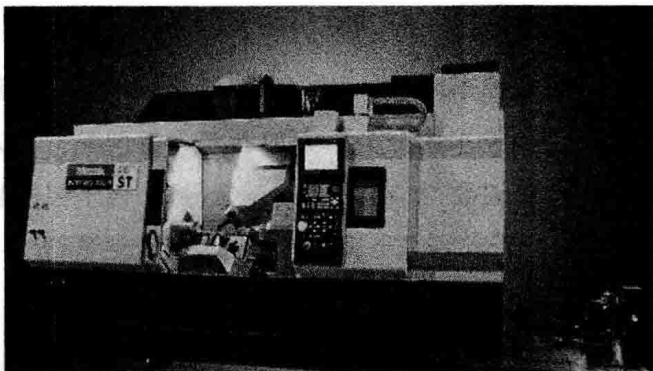


图 1-6 四轴车削中心

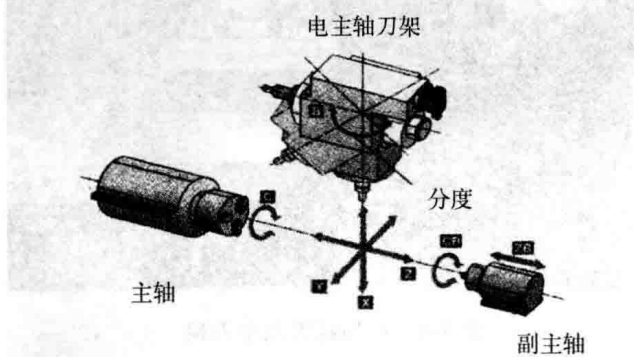


图 1-7 四轴车削中心刀架

四轴车削中心主轴具有按轮廓成形要求连续回转运动和进行精确分度的 C 轴功能，同时具有 Y 轴，X、Y、Z 轴交叉构成三维空间，动力头还可以进行 270° 旋转，可进行端面和圆周上任意部位的钻削、铣削和螺纹加工等。

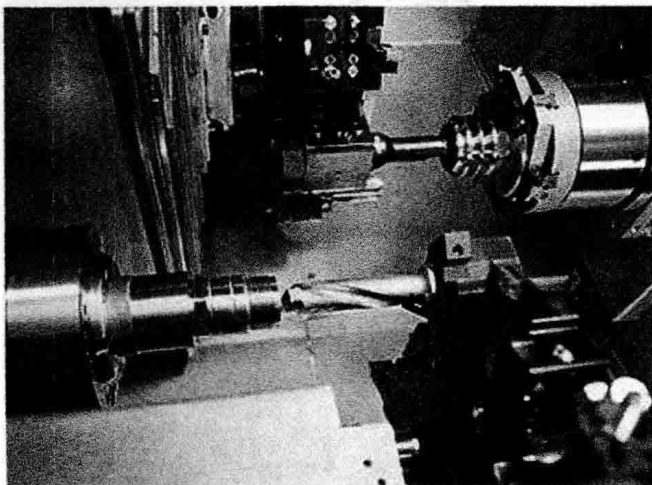


图 1-8 四轴车削中心双刀架

(三)按控制方式分类

1. 开环控制

开环控制即不带位置测量元件。数控装置根据控制介质上的指令信号,经指令脉冲使伺服驱动元件转过一定的角度,并通过传动齿轮、滚珠丝杠螺母副,使执行机构(如工作台)移动或转动。特点是没有来自位置测量元件的反馈信号,对执行机构的动作情况不进行检查,控制精度较低。

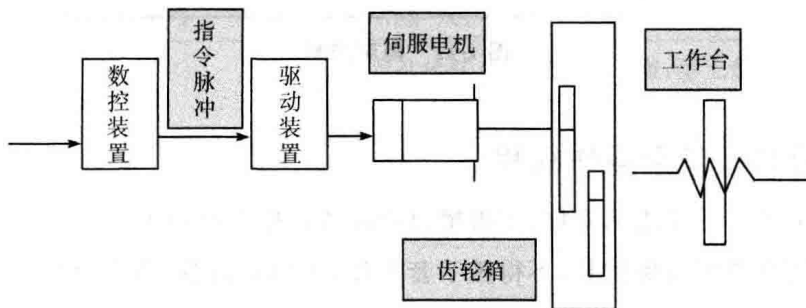


图 1-9 开环控制

2. 半闭环控制

半闭环控制是将位置检测装置安装于驱动电动机轴端或安装于传动丝杠端部,间接地测量移动部件(工作台)的实际位置或位移。精度比开环高,比闭环低。

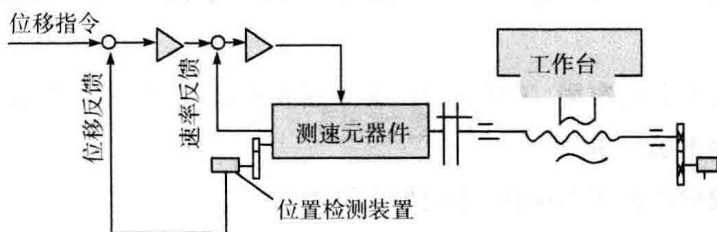


图 1-10 半闭环控制

3. 闭环控制

将位置检测装置安装于机床运动部件上,加工中反馈测量到的实际位置值。另外通过与伺服电机刚性连接的测速元件,随时实测驱动电动机的转速,得到速度反馈信号,并与速度指令信号相比较,其比较的差值对伺服电动机的转速随时进行校正,直至实现移动部件工作台的最终精确定位。

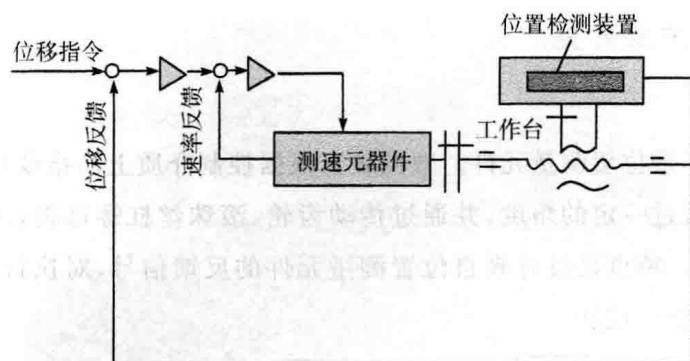


图 1-11 闭环控制

四、数控车床安全操作规程

- (1) 进入数控车间要服从安排,不得擅自启动或者操作数控车床。
- (2) 按规定穿戴好劳保护具,不得戴手套操作,不得穿裤头、背心及拖鞋,女生必须戴好发网,不得穿高跟鞋,不得戴围巾、领带。
- (3) 开机前必须检查机床,看结构有无缺失,电器元件是否失灵,并按要求做好润滑保养工作。
- (4) 操作机床前必须详细阅读操作说明书,不得进行尝试性操作,不得更改参数。
- (5) 数控机床面板按键操作不可用力过猛,不得写划、破坏,机床线路和电器元件严禁更改破坏。
- (6) 工件一定要装夹牢固,工具、量具、辅具摆放到位,严禁放在机床床头上面或者保护罩上面,防止掉落引发事故。
- (7) 操作过程中严禁多人操作,必须单人操作。
- (8) 对刀完成后必须进行换刀试验,防止发生干涉撞刀事故。
- (9) 程序编制完毕后必须进行空运行模拟操作,确定无误后再进行自动加工。
- (10) 自动加工中操作者必须注意力集中,关好防护罩确保安全,左手放在紧急停止按钮上,右手调节进给快速倍率,以便随时掌控车削情况,严禁脱岗,如果遇到紧急情况,及时按下紧急停止按钮,避免各类事故发生。
- (11) 自动加工时,电气控制柜严禁打开,防止发生事故。
- (12) 如果有事故发生,应及时按下紧急停止按钮,保持现场,注意收集各类情况,以便给维修人员提供第一手有效的资料。
- (13) 加工结束后,应该按照规定做好清理、清洁、整理、整顿和机床保养工作,做好交接班记录。

五、数控车床的保养

表 1-1 数控车床的保养

每天	机床清洁、导轨面、刀架	
	润滑油	油位高低
	切削液	切削液多少、是否堵塞
	压力表	漏气、压力值是否安全
每周	排气扇空气过滤网	清理一次
每半年	滚珠丝杠螺母副	清洗丝杠上旧的润滑油脂,涂上新的油脂,清洗螺母两端的防尘网
	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、滤油器、油箱油低,更换或过滤液压油
每年	检查并更换直流伺服电机碳刷	

六、课堂练习

- (1)对照数控车床说明各构件的名称、作用。
- (2)抄写安全操作规程、保养内容。

第二节 数控编程基础



教学目标

1. 了解数控编程;
2. 掌握数控车床坐标系的确定方法;
3. 了解编程格式;
4. 识记常用代码。



教学内容

一、什么是数控编程

所谓的数控编程,就是综合零件的图形尺寸、工艺过程、工艺参数(如主轴转速、进给量、切削深度)、机床运动及刀具位移等,按照数控机床提供的代码、格式,编制出加工指令,然后输入给机床,机床按照程序要求对零件进行自动加工。

二、编程的方法

(一)手工编程

就是编程过程依赖人工完成的称为手工编程。适合于结构简单、几何形状又不太复杂的零件,数值计算比较简单,并且能够方便使用数控系统提供各种简单编程指令的零件。

一般手工编程步骤如下:(1)零件图样分析;(2)确定加工工艺过程;(3)数值计算;(4)编写程序单;(5)输入给机床,模拟检验;(6)零件试切;(7)最终确定程序。

手工编程的三大原则:一是两短原则,加工程序尽量要短、加工刀具运动路线要短。二是手工编程按照先粗车后精车的原则。三是手工编程按照先细后粗的原则,即先车直径小的后车直径大的,以提高零件刚性。

手工编程的缺点是编程耗费时间较长,容易出现错误,复杂形状的零件编程特别困难,程序重复,多而繁杂。

(二)自动编程也称计算机辅助编程

自动编程(计算机辅助编程)即程序的编制工作大部分时间或全部由计算机通过专门的编程软件完成。根据零件的三维或二维图形、工艺参数选择切削方式,设置刀具参数、切削用量等,相关内容再经计算机处理后、自动生成数控程序,并能通过动态模拟,查看程序的正确性,可通过传输电缆,传给数控机床。

自动编程效率高,计算迅速准确,非常适合加工复杂形状的零件。常用软件有CAXA 数控车。

三、编程的统一性

为了便于编程时描述机床的运动,简化程序编制,保证程序的通用性,国际标准化组织对数控机床坐标及方向规定了统一标准,即 ISO 441 标准。我国于 1982 年颁布了

JB 3051—1982 数字控制机床坐标和运动方向的命名标准,它与国际 ISO 441 标准等效。

(一)坐标系的确定原则

1. 刀具相对静止、工件运动的原则

据国际标准化组织颁布的 ISO 841—2001 标准规定的命令原则中刀具相对静止而工件运动的原则。这一原则使编程人员能够在不知道刀具与工件相对运动的情况下,而永远假定工件是静止的,刀具相对于静止的工件运动。

2. 标准坐标系

(1)数控机床标准坐标系规定原则:在数控机床上,机床的动作是由数控装置来控制的,为了确定机床上形成运动,必须先确定机床上运动方向和运动距离,这就需要一个坐标系才能实现,这个坐标系就是机床坐标系。

(2)机床上用的标准坐标系实质就是国际上通用的右手笛卡尔直角坐标系。机床上某一运动部件的正方向规定为增大刀具与工件间的距离的方向,即刀具远离工件为正方向,反之为负。

①伸出右手的大拇指、食指和中指,并互为 90° 。则大拇指代表 X 坐标,食指代表 Y 坐标,中指代表 Z 坐标。

②大拇指的指向为 X 坐标的正方向,食指的指向为 Y 坐标的正方向,中指的指向为 Z 坐标的正方向。

③围绕 X、Y、Z 坐标旋转的旋转坐标分别用 A、B、C 表示,根据右手螺旋定则,大拇指的指向为 X、Y、Z 坐标中任意轴的正向,则其余四指的旋转方向即为旋转坐标 A、B、C 的正向。

机床上确定坐标轴时,一般先确定 Z 轴,因为一般产生切削力的主轴为 Z 轴,也是带动工件旋转的车床主轴,刀具远离主轴为正,然后再确定 X 轴,X 轴一般平行于工件装夹的水平面,是刀具工件定位平面内运动的主要坐标,X 轴平行切削方向(对车床是吃刀,深度方向)与 Z 轴垂直,刀具远离工件方向为正。

(二)机床坐标系

以机床原点为坐标原点建立起来的直角坐标系,称为机床坐标系。

1. 机床原点

机床坐标系是机床固定的,对某型号机床来说,在设计与调整后,这个机床坐标系的原点就被确定下来,是机床上的固定点,各厂家生产的机床原点设置是不一致的。一般情况下,原点设立在主轴中心与主轴端面的交汇处,也有的设在 Z、X 轴的最大行程处。