



卓越系列·21世纪高职高专精品规划教材



数控加工编程与操作

COMPUTER NUMERICAL CONTROL PROGRAM AND OPERATION

主 编 王双林 牟志华 张华忠



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

卓越系列 · 21 世纪高职高专精品规划教材

数控加工编程与操作

Computer Numerical Control Program and Operation

主 编 王双林 牟志华 张华忠
副主编 冯 桢 张 红 吴 健
主 审 张永花



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

《数控加工编程与操作》是根据教育部关于数控技能型紧缺人才的培养指导思想,即基于工作过程、突出技能的培养的精神而编写的。本书以西门子 802D 系统为主,全面、系统地介绍了数控车床、数控铣床的操作与编程知识,共设立了七个项目:数控机床概述、数控车床操作、数控车床编程与加工、数控铣床操作、数控铣床编程与加工、数控车工职业技能鉴定强化训练、数控铣工职业技能鉴定强化训练。

本书学习任务力求简明实用,对数控技术基础理论本着必需、够用的原则,每一学习任务都附有相应的技能训练。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人院校及本科院校开办的二级职业技术学院和民办高校的数控技术专业、机械制造专业、机电一体化专业等专业的教材,也可作为本科院校相关专业教材及数控技术的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工编程与操作/王双林,牟志华,张华忠主编.

—天津:天津大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-5618-3135-9

I. 数… II. ①王…②牟…③张… III. 数控机
床-程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 149847 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 169mm×239mm

印 张 14.75

字 数 315 千

版 次 2009 年 8 月第 1 版

印 次 2009 年 8 月第 1 次

印 数 1—3 000

定 价 28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

序

随着社会的发展,制造业发挥着越来越重要的作用,其中,数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础。我国已逐渐成为全球制造中心,为提高机械制造业的竞争力,促进产业结构优化升级,需要应用先进的高新数控技术。但是,我国目前数控高技能人才短缺,严重制约着加工制造业的发展。

高等职业教育为解决短缺技能型人才的培养问题提供了良机,高等职业教育在理念和教学方面很适合培养高技能人才。但目前高职课程仍然存在讲授理论知识过多,传授技能知识不足的问题。而技能型人才的培养更需要理论知识与实际生产相结合,特别是教学需要校企合作、工学结合的课程。如何将专业建设、课程建设与技能培养融合在一起,如何找到工学结合和综合实践能力培养的结合点,已成为课程建设的重要切入点。

本书主要以西门子系统为对象,以典型工作任务为载体,将理论知识很好地融合到技能培训中去,具有鲜明的技能培养特色。本书内容的编写基于工作过程,注重实践能力,能够很好地保证教学质量。相信本书能为培养高技能人才及加工制造业的快速发展作出积极贡献。

北京航空航天大学

宋放之

2009年8月

前 言

本书是根据教育部等六部委下发的有关数控技能紧缺人才的培养培训方案的指导思想及高职高专的教育教学要求,结合编者多年的教学经验,在查阅有关资料的基础上编写的。

本书从职业教育的实际情况出发,针对数控技术技能型人才的培养要求,采用模块化和基于工作过程的训练方式,利用大量图表准确、简洁地描述数控机床操作、编程及加工的技能训练步骤及方法。学习内容突出循序渐进的特点,读者通过学习与技能训练相结合,可真正实现理论与实践的统一。

本书共分为七个学习项目,每个学习项目分若干个学习任务。

项目一 数控机床概述,着重讲述数控机床的组成和数控机床的坐标系统。

项目二 数控车床的基本操作,着重讲述数控车床基本操作的技能训练。

项目三 数控车削零件的编程与加工,着重讲述数控车床基本指令的编程与循环指令的编程,并与实际加工相结合,突出技能训练。

项目四 数控铣床的基本操作,着重讲述数控铣床基本操作的技能训练。

项目五 数控铣削的编程与加工,着重讲述数控铣床基本指令的编程与循环指令的编程,并与实际加工相结合,突出技能训练。

项目六 数控车工职业技能鉴定强化实训,训练的安排按照由易到难、循序渐进的原则进行,与职业资格鉴定相结合,最终达到能加工出合格零件的要求。

项目七 数控铣工职业技能鉴定强化实训。

本书在编写过程中,得到了来自企业的高级工程师的帮助,听取了他们的建议,在此致谢。

由于本书作者水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

编者

2009年8月

目 录

项目一 数控机床概述	1
任务一 数控机床的组成	1
任务二 数控机床的技术指标	3
任务三 数控机床的坐标系	5
项目二 数控车床基本操作	11
任务一 数控车床面板操作	11
任务二 数控车床刀具参数设置	19
任务三 数控车床零点偏置的设置	24
项目三 数控车削零件的编程与加工	30
任务一 简单轴类零件的编程与加工	30
任务二 数控车削圆弧类零件的编程与加工	45
任务三 数控车削槽类零件的编程与加工	50
任务四 数控车削螺纹零件的编程与加工	55
任务五 数控车削复杂零件的编程与加工	62
项目四 数控铣床的基本操作	69
任务一 西门子 802D 系统概述及基本操作	69
任务二 输入刀具参数及刀具补偿参数	72
任务三 输入/修改零点偏置值	77
项目五 数控铣削零件的编程与加工	80
任务一 简单轮廓零件的编程与加工	80
任务二 带圆弧的轮廓零件的编程与加工	88
任务三 子程序及调用	93
任务四 孔类加工	98
任务五 排孔及圆弧孔零件加工	109
任务六 圆弧、圆周槽类零件加工	115
任务七 矩形、圆形槽类、凸台类零件加工	123
任务八 端面及复杂轮廓的零件加工	137
项目六 数控车工职业技能鉴定强化实训	146
任务一 中级职业技能鉴定实训题 1	146
任务二 中级职业技能鉴定实训题 2	149
任务三 中级职业技能鉴定实训题 3	152
任务四 中级职业技能鉴定实训题 4	154

任务五	中级职业技能鉴定实训题 5	157
任务六	中级职业技能鉴定实训题 6	159
任务七	中级职业技能鉴定实训题 7	163
任务八	中级职业技能鉴定实训题 8	166
任务九	中级职业技能鉴定实训题 9	169
任务十	中级职业技能鉴定实训题 10	172
项目七 数控铣工职业技能鉴定强化实训		176
任务一	中级职业技能鉴定实训题 1	176
任务二	中级职业技能鉴定实训题 2	181
任务三	中级职业技能鉴定实训题 3	186
任务四	中级职业技能鉴定实训题 4	191
任务五	中级职业技能鉴定实训题 5	196
任务六	中级职业技能鉴定实训题 6	201
任务七	中级职业技能鉴定实训题 7	208
任务八	中级职业技能鉴定实训题 8	213
任务九	中级职业技能鉴定实训题 9	218
任务十	中级职业技能鉴定实训题 10	223
参考文献		228

项目一 数控机床概述

任务一 数控机床的组成

一、任务要求

掌握数控机床的基本结构和各部分功能。

二、任务指导

数控机床是一种装有程序控制系统的机床。程序控制系统逻辑处理具有特定代码或其他符号编码指令规定的程序,机床执行部件执行程序发出的动作指令,从而完成零件的加工。

一般说来,数控机床由输入/输出装置、数控装置(CNC)、伺服单元、驱动装置(或称执行机构)、可编程控制器(PLC)、电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成。图 1.1.1 是数控机床的组成框图。

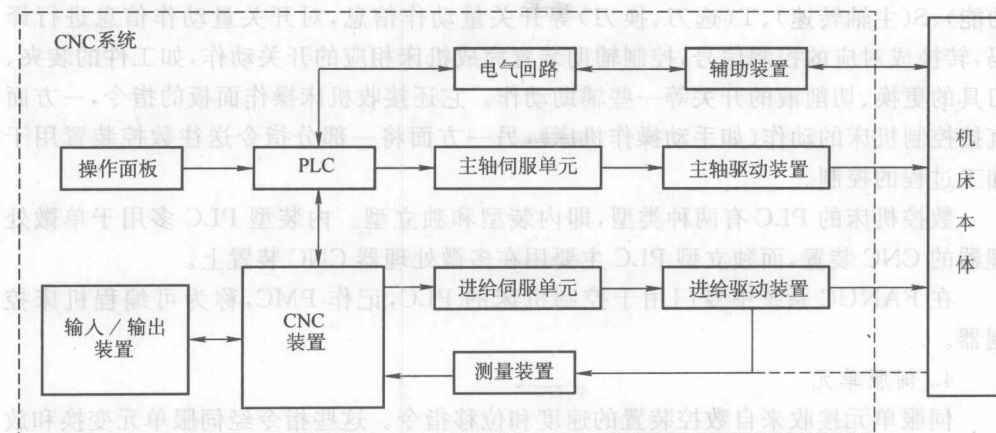


图 1.1.1 数控机床的组成框图

1. 输入和输出装置

输入和输出装置是机床数控系统和操作人员进行信息交流、实现人机对话的交互设备。

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电脉冲信号,传送并存

入数控装置内。目前,数控机床的输入装置有键盘、磁盘驱动器、光电阅读机等。输出装置是显示器,有 CRT 显示器或彩色液晶显示器两种。输出装置的作用是:数控系统通过显示器为操作人员提供必要的信息,显示的信息可以是正在编辑的程序、坐标值以及报警信号等。

利用串行端口以及以太网通信方式输入数控加工程序正越来越得到广泛的应用,它是实现数控机床联网以及计算机集成制造所必需的途径。

2. 数控装置(CNC 装置)

数控装置是计算机数控系统的核心,是由硬件和软件两部分组成的。它接受的是输入装置送来的脉冲信号,信号经过数控装置的系统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,控制机床的各个部分,使其进行规定的、有序的动作。这些控制信号中最基本的信号是各坐标轴(即作进给运动的各执行部件)的进给速度、进给方向和位移量指令(送到伺服驱动系统驱动执行部件作进给运动),还有主轴的变速、换向和启停信号,选择和交换刀具的刀具指令信号,控制切削液、润滑油启停信号,控制工件和机床部件松开、夹紧、分度工作和转位的辅助指令信号等。

数控装置主要包括微处理器(CPU)、存储器、局部总线、外围逻辑电路以及 CNC 系统其他组成部分联系的接口等。

3. 可编程逻辑控制器(PLC)

数控机床通过 CNC 和 PLC 共同完成控制功能,其中 CNC 主要完成与数字运算和管理等有关的功能,如零件程序的编辑、插补运算、译码、刀具运动的位置伺服控制等;而 PLC 主要完成与逻辑运算有关的一些动作,它接收 CNC 的控制代码 M(辅助功能)、S(主轴转速)、T(选刀、换刀)等开关量动作信息,对开关量动作信息进行译码,转换成对应的控制信号,控制辅助装置完成机床相应的开关动作,如工件的装夹、刀具的更换、切削液的开关等一些辅助动作。它还接收机床操作面板的指令,一方面直接控制机床的动作(如手动操作机床),另一方面将一部分指令送往数控装置用于加工过程的控制。

数控机床的 PLC 有两种类型,即内装型和独立型。内装型 PLC 多用于单微处理器的 CNC 装置,而独立型 PLC 主要用在多微处理器 CNC 装置上。

在 FANUC 系统中专门用于控制机床的 PLC,记作 PMC,称为可编程机床控制器。

4. 伺服单元

伺服单元接收来自数控装置的速度和位移指令。这些指令经伺服单元变换和放大后,通过驱动装置转变成机床进给运动的速度、方向和位移。因此,伺服单元是数控装置与机床本体的联系环节,它把来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。伺服单元分为主轴单元和进给单元等,伺服单元就其系统而言又有开环系统、半闭环系统和闭环系统之分。

5. 驱动装置

驱动装置把经过伺服单元放大的指令信号变为机械运动,通过机械连接部件驱

动机床工作台,使工作台精确定位或按规定的轨迹做严格的相对运动,加工出形状、尺寸与精度符合要求的零件。目前常用的驱动装置有直流伺服电动机和交流伺服电动机,且交流伺服电动机正逐渐取代直流伺服电动机。

伺服单元和驱动装置合称为伺服驱动系统,它是机床工作的动力装置,计算机数控装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施,伺服驱动装置包括主轴驱动单元(主要控制主轴的速度)和进给驱动单元(主要用以进给系统的速度控制和位置控制)。伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说,数控机床的功能主要取决于数控装置,而数控机床的性能主要取决于伺服驱动系统。

6. 机床本体

机床本体即数控机床的机械部件,包括主运动部件、进给运动执行部件,如工作台、拖板及其传动部件和床身立柱等支撑部件,此外还有冷却、润滑、转位和夹紧等辅助装置。对于加工中心类的数控机床,还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。

与普通机床相比,数控机床的传动装置更简单,但对精度、刚度、抗振性等方面要求更高,而且其传动和变速系统要便于实现自动化控制。

三、技能训练

熟识所操作机床的组成和功用。

任务二 数控机床的技术指标

一、任务要求

熟悉数控机床的技术指标,包括规格指标、精度指标、性能指标和可靠性指标等;掌握相应的检测方法。

二、任务指导

1. 规格指标

数控机床的规格指标是指数控机床的基本能力指标,主要有以下方面。

(1)行程范围:是指坐标轴可控的运动区间,它反映该机床允许的加工空间,通常情况下,工件的轮廓尺寸应在加工空间的范围之内;个别情况下,工件轮廓也可大于机床的加工范围,但其加工范围必须在加工空间范围之内。

(2)工作台面尺寸:反映该机床安装工件大小的最大范围,通常应选择比最大加工工件稍大一点的面积,这是因为要预留夹具所需的空间。

(3)承载能力:反映该机床能加工零件的最大重量。

(4)主轴功率和进给轴扭矩:反映该机床的加工能力,同时也可间接反映机床刚度和强度。

(5)控制轴数和联动轴数:数控机床控制轴数通常是指机床数控装置能够控制的

进给轴数目,现在,有的数控机床生产厂家也认为控制轴数包括所有的运动轴,即进给轴、主轴、刀库轴等,数控机床控制轴数和数控装置的运算处理能力、运算速度及内存容量等有关;联动轴数是指数控机床控制多个进给轴,使它们按零件轮廓规定的规律运动的进给轴数目,它反映数控机床实现曲面加工的能力。

2. 精度指标
数控机床的精度指标主要包括几何精度和位置精度两类。

1) 几何精度

它是机床在不切削情况下的静态精度,能综合反映出机床的关键零部件和总装后的几何形状误差。其指标可分为两类:第一类是对机床的基础件和运动大件(如床身、立柱、工作台、主轴箱等)的直线度、平面度、垂直度的要求,如工作台的平面度、各坐标轴运动方向的直线度和相互垂直度、相关坐标轴与工作台面和 T 形槽侧面的平行度等;第二类是对机床执行切削运动的主要部件即主轴的运动要求,如主轴的轴向窜动、主轴孔的径向跳动、主轴箱移动导轨与主轴轴线的平行度、主轴轴线与工作台面的垂直度(立式)或平行度(卧式)等。精度指标常用千分表、平尺、检验棒、精密水平仪、直角尺等工具进行检查。

2) 位置精度

它是综合反映机床各运动部件在数控系统的控制下空载所能达到的精度。根据各轴能达到的位置精度就能判断出加工时零件所能达到的精度。这类指标主要有以下几个。

(1) 定位精度。它是指数控机床各移动轴在确定的终点所能达到的实际位置精度,其误差称为定位误差,即移动部件实际位置与理想位置之间的误差。定位误差包括伺服系统、检测系统、进给系统等误差,它们将直接影响零件加工的精度,常用测微仪、成组块规、标准长度刻线尺、光学读数显微镜和双频激光干涉仪等工具检测。

(2) 分度精度。它是指机床运动部件做回转运动时的定位精度。分度精度既影响零件加工部位在空间的角度位置,也影响孔系加工的同轴度等,通常用标准转台、平行光管、精密圆光栅等工具进行检测。

(3) 重复定位精度。它是指在数控机床上,反复运行同一程序代码,所得到的位置精度的一致程度。重复定位精度受伺服系统特性、进给传动环节的间隙与刚性以及摩擦特性等因素的影响。一般情况下,重复定位精度是呈正态分布的偶然性误差,它影响一批零件加工的一致性,是一项非常重要的精度指标。

(4) 回零精度。它是指数控机床各坐标轴达到规定的零点的精度,其误差称为回零误差。同定位误差一样,回零误差包括整个进给伺服系统的误差,它将直接影响机床坐标系的建立精度。

3. 性能指标

数控机床的规格指标主要有以下方面。

(1) 最高主轴转速和最大加速度。最高主轴转速是指主轴所能达到的最高转速,它是影响零件表面加工质量、生产效率以及刀具寿命的主要因素,尤其是有色金属的

精加工。最大加速度是反映主轴速度提速能力的性能指标,也是加工效率的重要指标。

(2)最高快移速度和最高进给速度。最高快移速度是指进给轴在非加工状态下的最高移动速度。最高进给速度是指进给轴在加工状态下的最高移动速度。这两项指标是影响零件加工质量、生产效率以及刀具寿命的主要因素,受数控装置的运算速度、机床动特性及工艺系统刚度等因素的限制。

(3)分辨率与脉冲当量。分辨率是指两个相邻的分散细节之间可以分辨的最小间隔。对测量系统而言分辨率是可以测量的最小增量;对控制系统而言,分辨率是可以控制的最小位移增量,即数控装置每发出一个脉冲信号,反映到机床移动部件上的移动量,通常称为脉冲当量。脉冲当量是设计数控机床的原始数据之一,其数值的大小决定数控机床的加工精度和表面质量。脉冲当量越小,数控机床的加工精度和表面加工质量越高。

另外,还有换刀速度和工作台交换速度,它们同样也是影响生产效率以及刀具寿命的主要因素。

4. 可靠性指标

数控机床的可靠性指标主要有以下几个。

(1)平均无故障工作时间 MTBF(Mean time between failures):指的是一台数控机床在使用中平均两次故障的间隔时间,也就是数控机床在寿命范围内总工作时间和总故障次数之比,即

$$MTBF = \frac{\text{总工作时间}}{\text{总故障次数}}$$

显然,这段时间越长越好。

(2)平均修复时间 MTTR(Mean time to restore):指的是一台数控机床从出现故障直到能正常工作所用的平均修复时间,即

$$MTTR = \frac{\text{总故障停机时间}}{\text{总故障次数}}$$

(3)平均有效度 A:是指可维修设备在某一段时间内维持其性能的概率,这是小于 1 的正数,数控机床故障的平均修复时间越短,则 A 就越接近 1,那么数控机床的使用性能就越好。

三、技能训练

(1)熟悉并验证所操作机床的规格指标和性能指标。

(2)根据实际能提供的检测手段,验证机床出厂检验合格证上所规定的精度指标。

任务三 数控机床的坐标系

一、任务要求

理解数控机床坐标系及运动方向的确定原则和方法,掌握机床坐标系、工件坐标

系的概念,具备实际动手设置工件坐标系的能力。

二、任务指导

在数控编程时,为了描述机床的运动,简化程序编制的方法及保证记录数据的互换性,国际标准化组织 ISO 和我国原机械工业部都颁布了相应的数控标准,对数控机床的坐标轴及运动方向作了明文规定。

1.3.1 标准坐标系及其运动方向

1. 命名原则

数控机床的进给运动是相对的,有的是刀具相对于工件运动(如车床),有的是工件相对于刀具运动(如铣床)。为了使编程人员能在不知道是刀具移向工件,还是工件移向刀具的情况下,可以根据图样确定机床的加工过程,特规定:永远假定刀具相对于静止的工件移动,并且将刀具与工件距离增大的方向作为坐标轴的正方向。

2. 标准坐标系

在数控机床上,机床的动作是由数控装置控制的,为了确定数控机床上的成形运动和辅助运动,必须先确定机床上运动的位移和运动的方向,这就需要通过坐标系来实现,这个坐标系被称为机床坐标系。

标准机床坐标系中 X 、 Y 、 Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡儿直角坐标系决定,如图 1.3.1 所示。

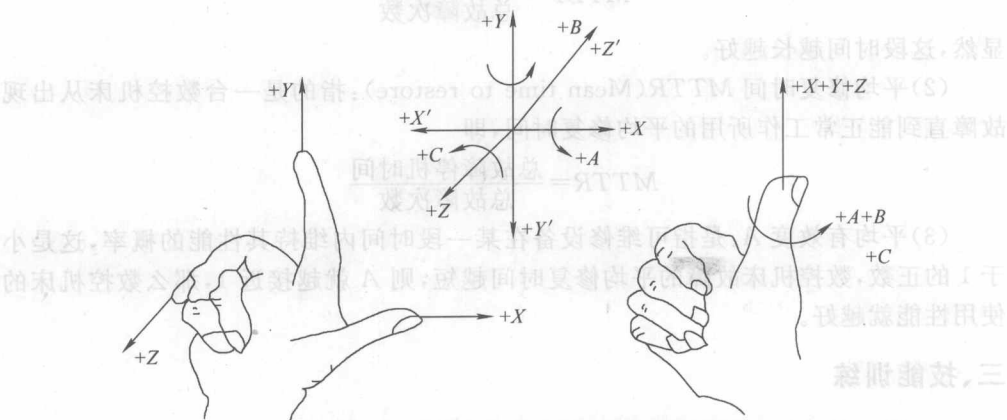


图 1.3.1 右手笛卡儿直角坐标系

(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。

3. 坐标轴方向的规定

1) Z 坐标

Z 坐标的运动方向是由传递切削动力的主轴所决定的,即平行于主轴轴线的坐标轴即为 Z 坐标, Z 坐标的正向为刀具离开工件的方向。

如果机床上有几个主轴,则选一个垂直于工件装夹平面的主轴方向为 Z 坐标方向;如果主轴能够摆动,则选垂直于工件装夹平面的方向为 Z 坐标方向;如果机床无主轴,则选垂直于工件装夹平面的方向为 Z 坐标方向。

2) X 坐标

X 坐标平行于工件的装夹平面,一般在水平面内。确定 X 轴的方向时,要考虑以下两种情况。

(1) 如果工件做旋转运动,则刀具离开工件的方向为 X 坐标的正方向。

(2) 如果刀具做旋转运动,则分为两种情况: Z 坐标水平时,观察者沿刀具主轴向工件看时, $+X$ 运动方向指向右方; Z 坐标垂直时,观察者面对刀具主轴向立柱看时, $+X$ 运动方向指向右方。

3) Y 坐标

在确定 X 、 Z 坐标的正方向后,可以用根据 X 和 Z 坐标的方向,按照右手直角坐标系来确定 Y 坐标的方向。

数控车床的坐标系如图 1.3.2 所示。

例:根据图 1.3.3 所示的数控立式铣床结构图,试确定 X 、 Y 、 Z 直角坐标。

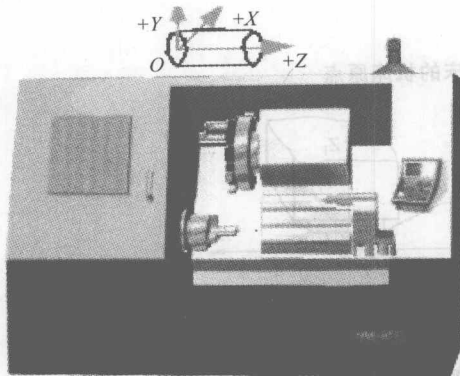


图 1.3.2 数控车床的坐标系

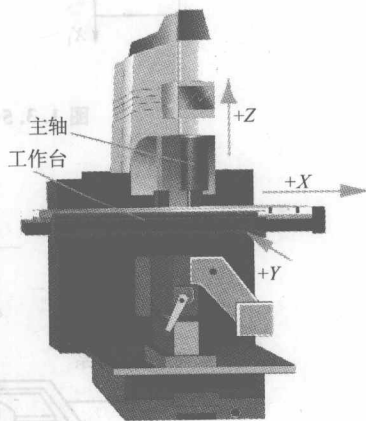


图 1.3.3 数控立式铣床的坐标系

(1) Z 坐标:平行于主轴,刀具离开工件的方向为正。

(2) X 坐标: Z 坐标垂直,且刀具旋转,所以面对刀具主轴,向立柱方向看,向右为正。

(3) Y 坐标:在 Z 、 X 坐标确定后,用右手直角坐标系确定。

4. 附加坐标系

如果在 X 、 Y 、 Z 主要坐标以外,还有平行于它们的坐标,可分别指定为 U 、 V 、 W 。如还有第三组运动,则分别指定为 P 、 Q 、 R 。

1.3.2 机床坐标系

机床坐标系是机床固有的坐标系,机床坐标系的原点也称为机床原点或机床零点,在机床经过设计制造和调整后的这个原点便被确定下来,是数控机床进行加工运动的基准参考点。

1. 数控车床的原点

在数控车床上,机床原点一般取在卡盘端面与主轴中心线的交点处,见图 1.3.5。同时,通过设置参数的方法,也可将机床原点设定在 X 、 Z 坐标的正方向的极限位置上。

2. 数控铣床的原点

在数控铣床上,机床原点一般取在 X 、 Y 、 Z 坐标的正方向的极限位置上,见图 1.3.6。

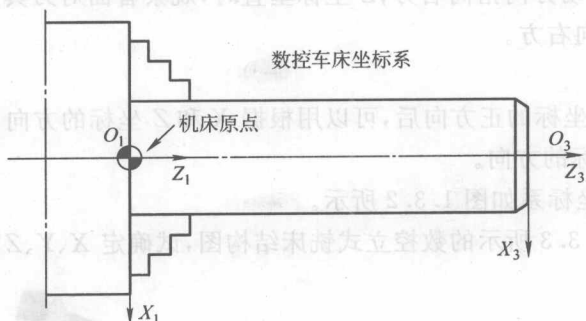


图 1.3.5 数控车床的机床原点

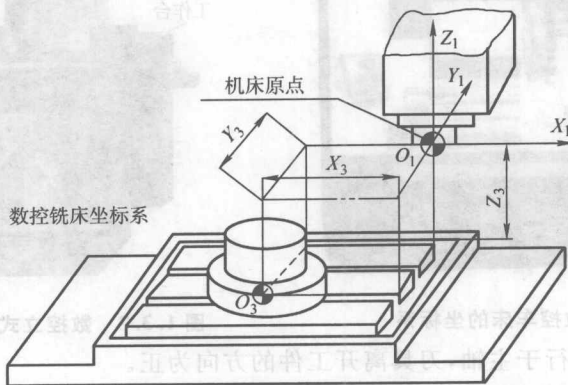


图 1.3.6 数控铣床的机床原点

3. 机床参考点

数控装置上电时并不知道机床原点,为了正确地在机床工作时建立机床坐标系,通常在每个坐标轴的移动范围内设置一个机床参考点(测量起点),机床启动时进行机动或手动回参考点,以建立机床坐标系。

机床参考点的位置是由机床制造厂家在每个进给轴上用限位开关精确调整好的,是一个固定位置点,其坐标值已输入数控系统中。因此参考点对机床原点的坐标是一个已知数。

通常在数控铣床上机床原点和机床参考点是重合的;而在数控车床上机床参考点是离机床原点最远的极限点。

1.3.3 工件坐标系

工件坐标系是编程人员在编程时使用的,编程人员选择工件上的某一已知点为原点称编程原点或工件原点,工件坐标系一旦建立便一直有效,直到被新的工件坐标系取代。工件装夹到机床上时,应使工件坐标系与机床坐标系的坐标轴方向保持一致。

工件坐标系的原点选择要尽量满足编程简单、尺寸换算少、引起的加工误差小等条件,一般情况下以坐标式尺寸标注的零件,编程原点应选在尺寸标注的基准点;对称零件或以同心圆为主的零件,编程原点应选在对称中心线或圆心上; Z 轴的程序原点通常选在工件的上表面,见图 1.3.7 和图 1.3.8。

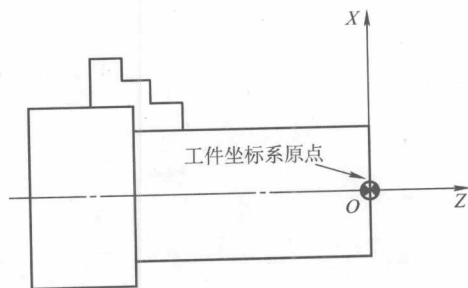


图 1.3.7 数控车床工件坐标系原点

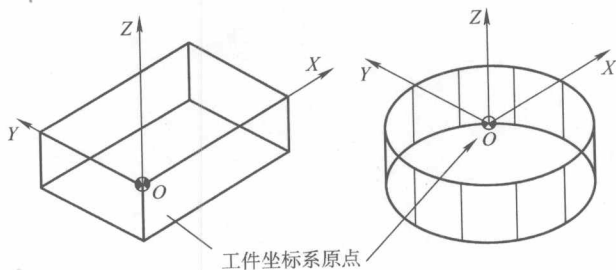


图 1.3.8 数控铣床工件坐标系原点

【思考题】(1)数控机床的坐标轴和运动方向是怎样规定的? 数控车床的 Z 轴是怎样定义的?

设: (2) 确定所操作数控机床的坐标系。