



浙江省重点教材

数控铣床综合实训教程

主 编 林 峰
副主编 周建强 郑小军
彭 伟 肖保燕



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

浙江省重点教材

数控铣床综合实训教程

主 编 林 峰

副主编 周建强 郑小军

彭 伟 肖保燕



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床综合实训教程 / 林峰主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2012. 6
ISBN 978-7-308-10128-8

I. ①数… II. ①林… III. ①数控机床—铣床—教材
IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 137142 号

内容简介

本书依据数控铣工国家职业技能鉴定标准, 结合考工培训的教学特点编写而成。在内容编排上分为上、下篇两大部分, 上篇(基础篇)以介绍数控铣床基本操作、数控铣削加工工艺设计、数控铣床简单编程指令、数控铣床复合编程指令, 并配以与企业产品相结合的典型实训项目, 达到数控铣床中级工的要求; 下篇(提高篇)选用技术先进、市场份额大的华中 HNC 21M 系统、日本 FANUC 0i 系统以及德国 SIEMENS 802D 系统作为典型数控系统进行介绍和训练, 在技能上做进一步的提高, 达到数控铣床高级工的要求。

本书采用项目式结构, 按照模块化、层次化整合教学内容, 注重内容的先进性、科学性和实用性, 力求做到理论与实践的有机结合。

本书适合作为高职高专数控、模具、机电类专业的数控实训教材, 也可作为数控铣床中、高级考证培训用书, 还可作为高等工科院校机械类本科专业数控铣床编程及操作实践教材。

数控铣床综合实训教程

主 编 林 峰

副主编 周建强 郑小军 彭 伟 肖保燕

责任编辑 杜希武

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州好友排版工作室

印 刷 杭州半山印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 22.75

字 数 553 千

版 次 2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-10128-8

定 价 48.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88925591

前言

数控铣床综合实训的目的是使学生通过训练熟练掌握数控加工工艺的编制方法,掌握典型零件的数控编程及加工,学会综合应用所学的专业知识、操作技能解决现实问题,提高分析问题、解决问题、独立工作的能力。

本书是为了满足现代制造业对数控技术人才的迫切需要,依据数控铣工国家职业技能鉴定标准,结合考工培训的教学特点编写而成。在内容编排上分为上、下篇两大部分,上篇(基础篇)以介绍数控铣床基本操作、数控铣削加工工艺设计、数控铣床简单编程指令、数控铣床复合编程指令为主,并配以与企业产品相结合的典型实训项目,达到数控铣床中级工的要求;下篇(提高篇)选用技术先进、市场份额大的华中 HNC 21M 系统、日本 FANUC 0i 系统以及德国 SIEMENS 802D 系统作为典型数控系统进行介绍和训练,并通过数控铣床高级工知识的讲解和典型产品的训练,在技能上做进一步的提高,达到数控铣床高级工的要求。

本书的编写者均来自于数控教学一线的“双师型”教师,从事数控教学多年,积累了丰富的理论与实践教学经验,大多已取得数控铣工技师或高级考评员职业资格证书,并在省、市级数控技能大赛中获得各种奖项。

本书在编写上力求体现如下特色:

1. 打破传统的理论递进编写体系,直接以实际项目、生产任务作为出发点和落脚点,突出了教学过程的实践性、开放性和职业性理念。

2. 体现了以应用为目的,以必需、够用为度,按照学生的实际情况,以学生为主体确定理论深度,加强实践性教学环节,融入足够的实训内容,保证对学生实践能力的培养,体现“能适应生产、建设、服务和管理第一线需要的,德、智、体、美等方面全面发展的高素质技能型专门人才”的培养要求。

3. 注重与现代化的实训装备相匹配、与学生考工考级相结合、与行业企业相结合,为提升学生的可持续发展能力与职业迁移能力打下良好的基础。

本书由衢州学院林峰任主编;由衢州学院周建强、郑小军,河南职业技术学院彭伟,湖北十堰职业技术(集团)学校肖保燕任副主编,衢州学院吴军、程亮、邓小雷参与了本书的编写。虽然本书编写时力求严谨完善,但由于时间仓促,疏漏错误之处在所难免,敬请广大读者惠予斧正。我们十分期望读者及专业人士提出宝贵意见与建议,以便今后不断加以完善。请通过以下方式与我们交流:

- 网站: <http://www.51cax.com>
- E-mail: book@51cax.com
- 致电: 0571-28811226, 28852522

杭州浙大旭日科技开发有限公司为本书配套提供立体教学资源库、教学软件及相关协助,本书编写过程中还承蒙许多专家和同行提供了许多宝贵意见和建议,并得到浙江省高校重点教材建设项目资助,编者在此表示衷心感谢。

最后,感谢浙江大学出版社为本书的出版所提供的机遇和帮助。

作者

2012 年 6 月

目 录

上篇 基础篇

项目一 数控铣床基础知识	3
任务 1.1 数控铣床概述	3
任务 1.2 数控铣床坐标系	7
任务 1.3 数控铣床对刀	9
任务 1.4 数控铣床安全操作规程	12
实训 1.1 数控铣床基本操作	13
实训 1.2 数控铣床试切法对刀训练	18
思考练习题	21
项目二 数控铣削加工工艺设计	22
任务 2.1 数控铣削加工的质量分析	22
任务 2.2 工件装夹与定位基准的选择	25
任务 2.3 数控铣削加工工艺规程	26
实训 2.1 工件装夹训练	35
实训 2.2 刀具的装卸训练	38
思考练习题	40
项目三 数控铣床简单编程指令	42
任务 3.1 数控铣床程序编制的一般方法	42
任务 3.2 坐标系指令	51
任务 3.3 准备功能指令	55
任务 3.4 辅助功能指令	58
任务 3.5 F、S、T 指令	59
任务 3.6 刀补原理及指令	60
实训 3.1 二维外形轮廓铣削编程与加工训练	68
实训 3.2 十字槽铣削编程与加工训练	70
思考练习题	73
项目四 数控铣床复合编程指令	74
任务 4.1 子程序编程	74

任务 4.2 镜像指令编程	81
任务 4.3 旋转指令编程	89
任务 4.4 缩放指令编程	93
任务 4.5 固定循环指令编程	98
实训 4.1 内孔铣削编程与加工训练	118
实训 4.2 内螺纹铣削编程与加工训练	133
思考练习题	136
 下篇 提高篇 	
项目五 华中(HNC-21M)系统数控铣床实训操作	141
任务 5.1 华中(HNC-21M)系统操作面板介绍	141
任务 5.2 华中(HNC-21M)系统数控铣床编程指令	144
实训 5.1 华中(HNC-21M)系统数控铣床基本操作	168
实训 5.2 圆凸台铣削编程与加工训练	188
思考练习题	192
项目六 FANUC 0i 系统数控铣床实训操作	194
任务 6.1 FANUC 0i 系统操作面板介绍	194
任务 6.2 FANUC 0i 系统数控铣床编程指令	200
实训 6.1 FANUC 0i 系统数控铣床基本操作	220
实训 6.2 型腔槽板铣削编程与加工训练	234
思考练习题	239
项目七 SIEMENS 802D 系统数控铣床实训操作	243
任务 7.1 SIEMENS 802D 系统操作面板介绍	243
任务 7.2 SIEMENS 802D 系统数控铣床编程指令	250
实训 7.1 SIEMENS 802D 系统数控铣床基本操作	284
实训 7.2 凹凸模板铣削编程与加工训练	303
思考练习题	307
项目八 数控铣床中、高级工训练	310
任务 8.1 数控铣工国家职业技能鉴定标准	310
实训 8.1 数控铣床中级工考核训练	320
实训 8.2 数控铣床高级工考核训练	323
思考练习题	331

附 录	333
附录 A 数控铣床操作工职业技能鉴定(中级)应会考核试题	333
附录 B 数控铣床操作工职业技能鉴定(高级)应会考核试题	338
附录 C 数控铣床操作工职业技能鉴定(技师)应会考核试题	344
参考文献	355
配套教学资源与服务	356

上篇 基础篇

项目一 数控铣床基础知识

※ 知识目标

1. 了解数控铣床基本结构;
2. 了解数控铣床操作规程;
3. 了解数控铣床坐标系的建立方法;
4. 掌握对刀的基本方法。

※ 能力目标

1. 能按照操作规程启动及停止数控铣床;
2. 能通过操作面板输入和编辑加工程序;
2. 能进行对刀并确定相关坐标系。

任务 1.1 数控铣床概述

数控铣床是主要采用铣削方式加工零件的数控机床,它能够进行外形轮廓铣削、平面或曲面型腔铣削及三维复杂型面的铣削,如凸轮、模具、叶片等,另外数控铣床还具有孔加工的功能,通过特定的功能指令可进行一系列孔的加工,如钻孔、扩孔、铰孔、镗孔和攻丝等。

一、数控铣床的组成

数控铣床大体由输入装置、数控装置、伺服系统、检测装置运动部件和辅助装置等组成。

1. 输入装置

数控程序编制后需要存储在一定的介质上,按目前的控制介质大致分为纸介质和电磁介质,相应地通过不同方法输入到数控装置中去。纸带输入方法,即在专用的纸带上穿孔,用不同孔的位置组成数控代码,再通过纸带阅读机将代表不同含义的信息读入。手动输入是将数控程序通过数控机床上的键盘输入,程序内容将存储在数控系统的存储器内,使用时可以随时调用。

数控程序的产生由计算机编程软件或手工输入到计算机中,可采用通讯方式来传递数控程序到数控系统中,通常使用数控装置的 RS-232C 串行口或 RJ45 口等来完成。

2. 数控装置

一般数控系统是由专用或通用计算机硬件加上系统软件和应用软件组成,完成数控设备的运动控制功能、人机交互功能、数据管理功能和相关的辅助控制等功能。它是数控设备功能实现和性能保证的核心组成部分,是整个数控设备的中心

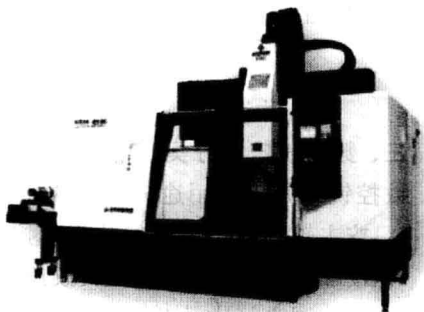


图 1-1 数控铣床

控制机构。随着开放式数控技术的出现,数控系统具备了自我扩展和自我维护的功能,为数控设备的应用提供了自由完善、自定义系统软硬件功能和性能的能力。

数控装置是数控铣床的核心,是由数控系统、输入和输出接口等组成,它接收到的数控程序,经过编译、数学运算和逻辑处理后,输出各种信号到输出接口上。

3. 伺服系统

连接数控装置和机械结构的控制传输通道,它将数控装置的数字量的指令输出转换成各种形式的电动机运动,带动机械结构执行元件实现其所规定的运动轨迹。伺服系统包括驱动放大器和电动机两个主要部分,其任务是实现一系列数/模或模/数之间的信号转化,表现形式就是位置控制和速度控制。

伺服系统接收数控装置输出的各种信号,经过分配、放大、转换等功能,驱动各运动部件,完成零件的切削加工。

4. 检测装置

位置检测、速度反馈装置根据系统要求不断测定运动部件的位置或速度,转换成电信号传输到数控装置中,与目标信号进行比较、运算,进行控制。

5. 运动部件

由包括主轴、工作台、进给机构等组成的机械部件,伺服电机驱动运动部件运动,完成工件与刀具之间的相对运动。

6. 辅助装置

辅助装置是指数控铣床的一些配套部件,包括液压和气动装置、冷却系统和排屑装置等。

二、数控铣床的工作原理

在数控铣床上,把被加工零件的工艺过程(如加工顺序、加工类别)、工艺参数(如主轴转速、进给速度、刀具尺寸)以及刀具与工件的相对位移,用数控语言编写成加工程序单,然后将程序输入到数控装置,数控装置便根据数控指令控制机床的各种操作和刀具与工件的相对位移,当零件加工程序结束时,机床会自动停止,加工出合格的零件,其工作原理如图 1-2 所示。

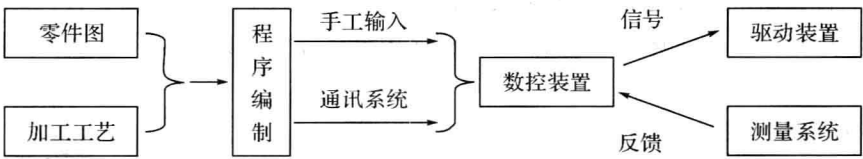


图 1-2 数控铣床工作原理

三、数控铣床的分类

数控铣床是一种用途广泛的数控机床,按照不同方法分为不同种类。

1. 按主轴轴线位置方向分为数控立式铣床、数控卧式铣床。
2. 按加工功能分数控铣床、数控仿形铣床、数控齿轮铣床等。

3. 按控制坐标轴数分两轴联动数控铣床、三轴联动数控铣床、两轴半联动数控铣床、四轴联动数控铣床和五轴联动数控铣床,如图 1-3 所示。

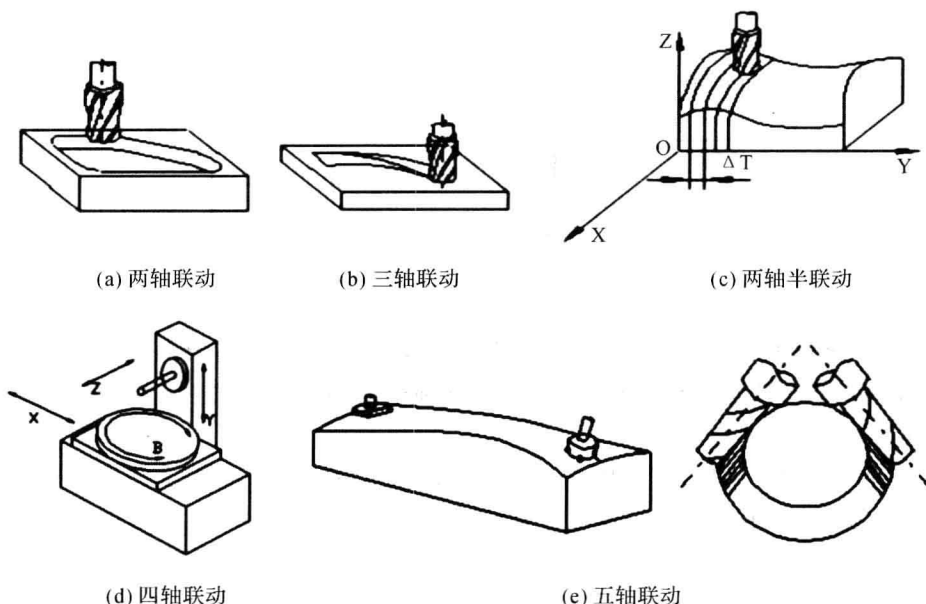


图 1-3 数控铣床的不同联动轴数

4. 按伺服系统方式分为开环伺服系统数控铣床、闭环伺服系统数控铣床。

1) 开环伺服系统数控铣床 如图 1-4 所示,这类机床的进给伺服驱动是开环的,即没有检测反馈装置。其驱动电机只能采用步进电机,该类电机的主要特征是控制电路每变换一次指令脉冲信号,电机就转动一个步距角,并且电机本身就有自锁能力。驱动控制系统的结构框图见图 1-4,数控系统输出的进给指令信号通过环形分配器来控制驱动电路,它以变换脉冲的个数来控制坐标位移量,以变换脉冲的频率来控制位移速度,以变换脉冲的分配顺序来控制位移方向。因此该控制方式的最大特点是控制方便,结构简单,价格便宜。数控系统发出的位移指令信号流是单向的,所以不存在稳定性问题。但由于机械传动误差不经过反馈校正,位移精度一般不高。世界上早期的数控机床均采用该控制方式。



图 1-4 开环伺服系统框图

2) 闭环伺服系统数控铣床 这类机床的进给伺服驱动是按闭环反馈控制方式工作的。其驱动电机可采用直流或交流两种伺服电动机。并需同时配有速度反馈和位置反馈。在加工中随时检测移动部件的实际位移量,并及时反馈给数控系统中的比较器,它与插补运算所得的指令信号进行比较,其差值又作为伺服驱动的控制信号,进而带动位移部件以消除位移误差。

它按位置反馈检测元件的安装部位不同,又分为全闭环和半闭环两种控制方式。

① 全闭环控制 如图 1-5 所示,其位置反馈采用直线位移检测元件,安装在机床拖板部位上,即直接检测机床坐标的直线位移量,通过反馈可以消除从电动机到机床拖板整个机械

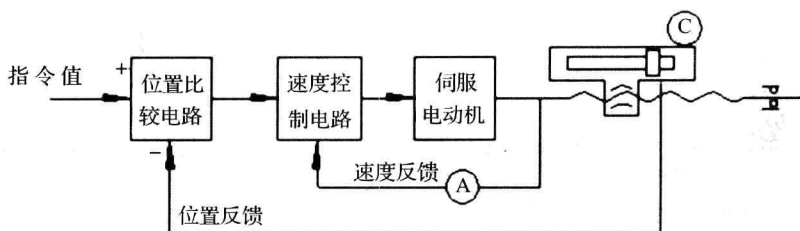


图 1-5 全闭环伺服系统框图

传动链中的传动误差。即可得到很高的机床静态定位精度。但整个闭环系统的稳定性校正困难,系统的设计和调整也都相当复杂。因此这种全闭环控制方式主要用于精度要求很高的数控铣床上。

(2) 半闭环控制 如图 1-6 所示,其位置反馈采用转角检测元件,直接安装在伺服电动机或丝杠端部。由于大部分机械传动环节未包括在系统闭环环路内,因此可获得较稳定的控制特性。目前,大部分数控铣床采用该半闭环控制方式。

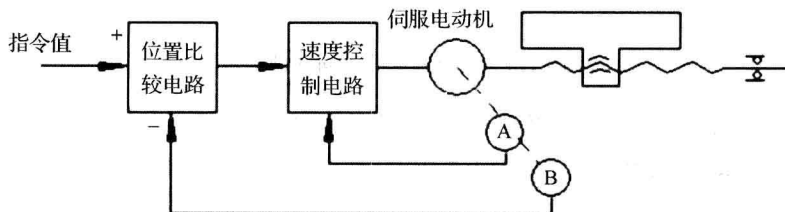


图 1-6 半闭环伺服系统框图

四、数控铣床的加工特点

数控铣床加工与普通铣床有着一定的区别,其加工有以下特点。

1. 工序集中 数控铣床一般带有可以自动换刀的刀架、刀库,换刀过程由程序控制自动进行,因此,工序比较集中,减少机床占地面积,节约厂房,同时减少或没有中间环节(如半成品的中间检测、暂存搬运等),既省时间又省人力。

2. 产品质量稳定 数控铣床的加工自动化,免除了普通机床上工人的疲劳、粗心等人为误差,提高了产品的一致性。

3. 加工效率高 数控铣床的自动换刀(加工中心)等使加工过程紧凑,提高了劳动生产率。

4. 柔性化高 改变数控加工程序,就可以在数控铣床上加工新的零件,且又能自动化操作,柔性好,效率高,因此数控铣床很适应市场竞争。

5. 加工能力强 数控铣床能精确加工各种轮廓,而有些轮廓在普通铣床上无法加工。

6. 自动化程度高 数控铣床加工时,不需人工控制刀具,自动化程度高,对操作工人的要求降低。数控操作工在数控铣床上加工出的零件比普通工在传统铣床上加工出的零件精度高,而且省时、省力,降低了工人的劳动强度。

任务 1.2 数控铣床坐标系

为便于编程时描述机床的运动,简化程序的编制方法及保证记录数据的互换性,数控机床的坐标和运动方向都已标准化。

一、坐标系的确定原则

1. 刀具相对于静止的工件而运动的原则。即总是把工件看成是静止的,刀具作加工所需的运动。

2. 标准坐标系(机床坐标系)的规定 在数控机床上,机床的运动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。

标准的机床坐标系采用右手笛卡尔直角坐标系。它用右手的大拇指表示 X 轴,食指表示 Y 轴,中指表示 Z 轴,三个坐标轴相互垂直,即规定了它们之间的位置关系。如图 1-7 所示。这三个坐标轴与机床的各主要导轨平行。 A 、 B 、 C 分别是绕 X 、 Y 、 Z 旋转的角度坐标,其方向遵从右手螺旋定则,即右手的大拇指指向直角坐标的正方向,其余四指的绕向为角度坐标的正方向。

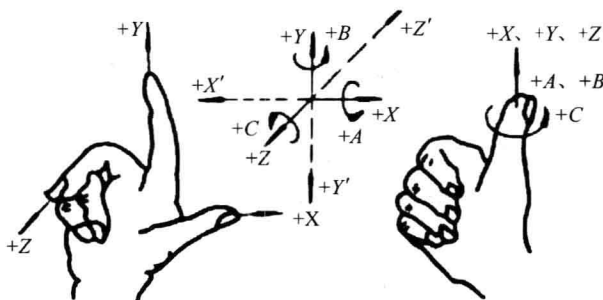


图 1-7 数控机床坐标系

3. 运动方向 数控机床的某一部件运动的正方向,是增大工件与刀具之间距离的方向。

二、坐标轴的确定方法

1. Z 坐标的确定 Z 坐标是由传递切削力的主轴所规定的,其坐标轴平行于机床的主轴。

2. X 坐标的确定 X 坐标一般是水平的,平行于工件的装夹平面。是刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。对卧式铣(镗)床或加工中心来说,从主要的刀具主轴方向看工件时, X 轴正方向向右;对单立柱的立式铣(镗)床或加工中心来说,从主要的刀具主轴看立柱时, X 轴的正方向向右;对双立柱(龙门式)铣(镗)床或加工中心来说,从主要的刀具主轴看左侧立柱时, X 轴正方向向右。

3. Y 坐标的确定 确定了 X 、 Z 坐标后, Y 坐标可以通过右手笛卡尔直角坐标系来确定。

图 1-8 是立式数控铣床和卧式数控铣(镗)床的坐标示意图,读者可以参考以上坐标轴的确定规则自己判断。

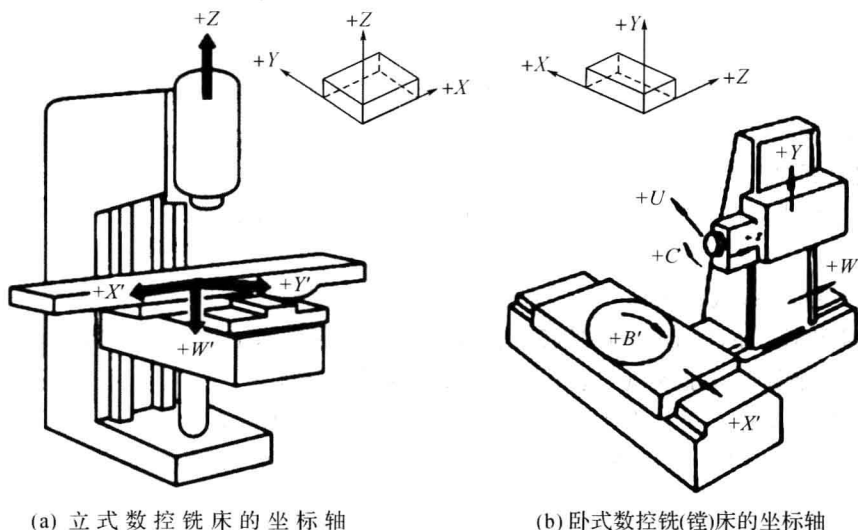


图 1-8 数控铣床坐标示意图

三、机床坐标系

仅仅确定了坐标轴的方位,还不能确定一个坐标系,还必须确定原点的位置。数控加工中涉及到三个坐标系,分别是机床坐标系、工件坐标系和编程坐标系,对同一台机床来说,这三个坐标系的坐标轴都相互平行,只是原点位置不同。机床坐标系的原点设在机床上面的一个固定位置,它在机床装配、安装、调整好后就确定下来了,是数控加工运动的基准参考点。在数控铣床或加工中心上,它的位置取在 X、Y、Z 三个坐标轴正方向的极限位置,通过机床运动部件的行程开关和挡铁来确定。数控机床每次开机后都要通过回零运动,使各坐标方向的行程开关和挡铁接触,使坐标值置零,以建立机床坐标系。

四、编程坐标系

编程人员在编程时,需要把零件的尺寸转换为刀具运动的坐标,这就要在零件图样上确定一个坐标原点,这个坐标原点就是编程原点,它所决定的坐标系就是编程坐标系。其位置没有一个统一的规定,确定原则是以便于坐标计算为准,同时尽量做到基准统一,即使编程原点与设计基准、工艺基准统一。

五、工件坐标系

工件坐标系实际上是编程坐标系从图纸上往零件上的转化,编程坐标系是在纸上确定的,工件坐标系是在工件上确定的。如果把图纸蒙在工件上,两者应该重合。数控程序中的坐标值都是按编程坐标计算的,零件在机床上安装好后,刀具与编程坐标系之间没有任何关系,如何知道程序中的坐标所对应的点在工件上什么位置呢?这就需要确定编程原点在机床坐标系中的位置,通过工件坐标系把编程坐标系与机床坐标系联系起来,刀具就能准确地定位了。

如图 1-9(b)所示的工件,编程坐标系原点取在 O3 点,工件装到工作台上后,如图 1-9

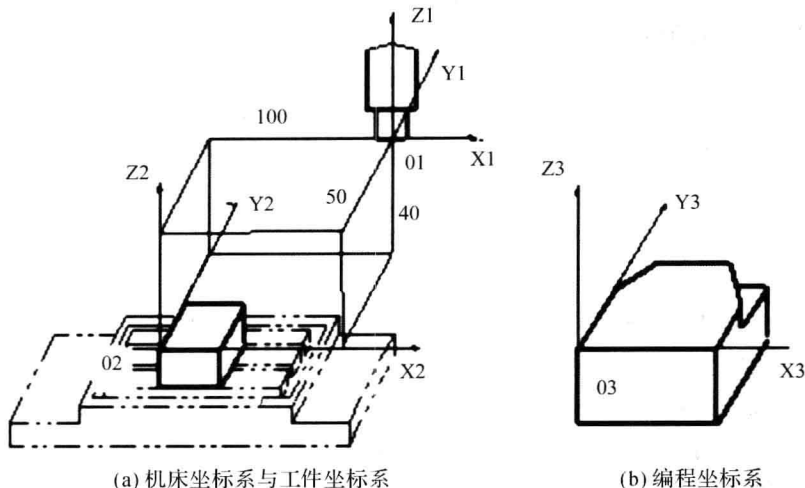


图 1-9 机床坐标系、编程坐标系与工件坐标系

(a)所示,通过回零操作,把机床坐标系原点建立在 O_1 点,要使刀具正确加工零件,必须把工件坐标系原点建立在图示的 O_2 点, O_2 点在机床坐标系中的位置通过对刀获得。假设通过对刀,得到 O_2 点与 O_1 点间的距离为 X 方向 100mm, Y 方向 50mm, Z 方向 40mm,则可通过 G54 指令或 G92 指令把工件坐标系原点建立在 O_2 点,即指明了编程坐标系在机床坐标系中的位置。

任务 1.3 数控铣床对刀

对刀的目的是通过刀具或对刀工具确定工件坐标系与机床坐标系之间的空间位置关系,并将对刀数据输入到相应的存储位置。它是数控加工中最重要的操作内容,其准确性将直接影响零件的加工精度。在进行对刀前,需完成必要的准备工作,即工件和刀具的装夹。

一、工件的安装与找正

加工中常用的夹具有平口钳、分度头、三爪自定心卡盘和平台夹具等。下面以在平口钳上装夹工件为例说明工件的装夹步骤:

1. 把平口钳安装在数控铣床工作台上,两固定钳口与 X 轴基本平行并张开到最大。
2. 把装有杠杆百分表的磁性表座吸在主轴上。
3. 使杠杆百分表的触头与固定钳口接触。
4. 在 X 方向找正,直到使百分表的指针在一个格子内晃动为止,最后拧紧平口钳固定螺母。
5. 根据工件的高度情况,在平口钳钳口内放入形状合适的表面质量较好的垫铁后,再放入工件,一般是工件的基准面朝下,与垫铁表面靠紧,然后拧紧平口钳。在放入工件前,应对工件、钳口和垫铁的表面进行清理,以免影响加工质量。
6. 在 X 、 Y 两个方向找正,直到使百分表的指针在一个格子内晃动为止。