



21世纪高等院校机械设计制造及其自动化专业系列教材

数控铣床操作与编程

● 主 编 时 建

● 副主编 练军峰 王校春 李 举



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校机械设计制造及其自动化专业系列教材

数控铣床操作与编程

主 编 时 建

副主编 练军峰 王校春 李 举



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材以 FANUC Oi 系统为例讲述数控铣床、加工中心的编程与操作的知识与技能。根据专业培养目标和数控铣床、加工中心操作工国家职业资格标准逐级分解形成课程教育目标,并细化落实课程单元的教学目标,以工作过程导向重构课程结构和知识序列,设计学习情境,选择实现课程目标的载体,以典型工作任务为中心来重新整合相应的知识、技能,组织课程内容,形成工作任务引领型课程。

本书可作为技师学院、高级技校、高职院校的数控技术专业、机械制造专业、模具设计与制造专业、机电一体化专业的教材,也可作为各类职业技能培训机构的鉴定培训教程。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床操作与编程 / 时建主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2010.1

(21世纪高等院校机械设计制造及其自动化专业系列教材)

ISBN 978-7-5084-7122-8

I. ①数… II. ①时… III. ①数控机床: 铣床—操作—高等学校—教材②数控机床: 铣床—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第241474号

策划编辑: 石永峰 责任编辑: 宋俊娥 封面设计: 李 佳

书 名	21 世纪高等院校机械设计制造及其自动化专业系列教材 数控铣床操作与编程
作 者	主 编 时 建 副主编 练军峰 王校春 李 举
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 17.5 印张 453 千字
版 次	2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	29.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本教材遵循职业成长规律和教育规律,根据数控铣床/加工中心操作工专业培养目标和国家职业资格标准逐级分解形成课程教育目标,并细化落实为各单元的教学目标。

本教材以“工作过程导向”重构课程结构和知识序列,设计学习情境,选择实现课程目标的载体,以典型工作任务为中心来重新整合相应的知识、技能,组织课程内容,形成工作任务引领型教材。

本教材选择典型零件产品为教学载体,充分结合广大院校的教学实习设备的现状,对任务载体进行教学化处理,重点是集中、全面反映工作过程所需知识点,并去除了过多重复、过于烦琐的内容,从而使源于企业的载体更具典型意义,该教材将企业工作流程与规范、先进的企业文化引入教学中,实现教学过程与工作过程融为一体,做到“教、学、做”合一,理论与实践一体化。任务从简单到复杂,从个体到系统(机械零件或机构)。模块一至模块四按中级工标准设置,以理论与仿真为主,实操为辅进行一体化教学。模块五至模块八按高级工标准设置,以理论、仿真、实操相结合进行一体化教学。模块九至模块十一按技师鉴定标准设置,以理论、实操为主,仿真为辅进行一体化教学。

本教材由山东技师学院机械工程系主持编写,本书编者中练军峰、王校春、曲亚冰、李举、蔡文斌、冯建栋、冷雨、龙吉业、李溪、李银涛等教师均在历届全国数控技能大赛中获得优异成绩并具有数控类高级技师职业资格,时建、赵冠琳、孙磊等老师均获得工学硕士学位,多名编写人员具有丰富的企业一线生产经验。

在教材编写过程中,得到了山东技师学院领导的大力支持,各位参编老师和数控专业各位老师提出了许多宝贵意见。在此,向帮助支持本书编写的领导和老师表示衷心的感谢。

由于时间仓促,编著者水平有限,不足之处仍在所难免,欢迎读者和同行们提出宝贵意见和建议,对我们进行鞭策和鼓励。

编 者

2010年1月

目 录

前言

模块一 数控铣床的基本操作 1

 任务一 数控机床概述 1

 任务二 数控机床编程基础 10

 任务三 仿真软件简介 12

 任务四 数控铣床基本操作 22

 思考与练习 33

模块二 平面零件的铣削 35

 思考与练习 67

模块三 轮廓类零件的加工 69

 思考与练习 85

模块四 多槽类零件的铣削 86

 思考与练习 113

模块五 孔类零件的加工 115

 思考与练习 137

模块六 坐标系变换类零件的加工 138

 任务一 五边形零件的铣削 138

 任务二 旋转类零件的铣削 144

 任务三 比例缩放与镜像类零件的铣削 150

 思考与练习 158

模块七 曲面类零件的加工 161

 任务一 圆形槽的加工 162

 任务二 椭圆槽的加工 165

 任务三 半圆球曲面的加工 172

 任务四 固定循环宏程序的编写 177

 思考与练习 187

模块八 配合类零件的加工 189

 思考与练习 202

模块九 薄壁类零件的加工 203

 思考与练习 214

模块十 螺纹的铣削加工 215

 思考与练习 224

模块十一 零件的多轴加工 225

 任务一 旋转体表面刻字 225

 任务二 圆柱凸轮零件的加工 234

 思考与练习 242

附录一 数控铣床/加工中心技能鉴定练习题 243

附录二 常用数控系统指令格式 253

参考文献 273

模块一 数控铣床的基本操作

能力目标:

- 数控机床的基本概念
- 数控机床编程基础
- 仿真软件简介
- 数控铣床基本操作

相关知识:

- 数控机床的发展史
- 文件的存储与打开, 机床、刀具、毛坯的选择等

图 1-1 为汉字“五一”的加工零件图, 本模块利用数控机床的手动功能完成此项任务, 为了完成该项任务, 必须了解数控机床的基本知识、编程基础、仿真软件的使用方法以及数控机床的基本操作方法。

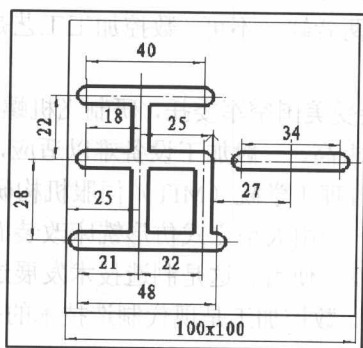


图 1-1 汉字的铣削加工零件图

任务一 数控机床概述

任务分析

随着社会生产和科学技术的不断发展, 各行各业都离不开的机械产品日趋精密复杂, 同时对机械产品的质量和生产率也提出了越来越高的要求, 此时普通机床已经无法满足生产需要, 必须有一种技术密集度及自动化程度很高的机电一体化加工设备来代替它, 即本任务中提到的数控机床, 如图 1-2 所示。

这一部分主要介绍数控机床的一系列基本知识, 包括数控机床的发展史及趋势、数控机床的工作原理及组成、数控机床的特点及应用、数控机床的分类等。通过本任务的学习, 从整体上对数控机床有所了解。



图 1-2 数控机床

知识链接

一、数控机床的发展史及趋势

数控机床是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的机床。它是一种技术密集度及自动化程度很高的机电一体化加工设备。数控加工是根据被加工零件的图样和工艺要求,编制成以数字表示的程序,输入到机床的数控装置或控制计算机中,以控制工件和工具的相对运动,使之加工出合格零件的方法。在数控加工过程中,如果数控机床是硬件的话,数控工艺和数控程序则相当于软件,两者缺一不可。数控加工工艺是伴随着数控机床的产生、发展而逐步完善的一种应用技术。

1948年,美国帕森斯公司接受美国空军委托,研制飞机螺旋桨叶片轮廓样板的加工设备。由于样板形状复杂多样,精度要求高,一般加工设备难以适应,于是提出计算机控制机床的设计。1949年,该公司在美国麻省理工学院(MIT)伺服机构研究室的协助下,开始数控机床研究,并于1952年试制成功第一台由大型立式仿形铣床改装而成的三坐标数控铣床,不久即开始正式生产,于1957年正式投入使用。这是制造技术发展过程中的一个重大突破,标志着制造领域中数控加工时代的开始。数控加工是现代制造技术的基础,这一发明对于制造行业而言具有划时代的意义和深远的影响。

半个世纪以来,数控系统经历了两个阶段和六代的发展。两个阶段是数控(NC)阶段(1952~1970年)和计算机数控(CNC)阶段(1970年至今)。其中数控阶段历经了三代,即1952年的第一代——电子管;1959年的第二代——晶体管;1965年的第三代——小规模集成电路。到1970年,通用小型计算机业已出现并成批生产,于是将它移植过来作为数控系统的核心部件,从此进入了计算机数控(CNC)阶段,这一阶段到目前为止也历经了三代,即1970年的第四代——小型计算机;1974年的第五代——微处理器和1990年的第六代——基于PC(国外称为PC-BASED)。

目前来看,数控技术未来主要的发展方向包括以下几方面:

(1) 继续向开放式、基于PC的第六代方向发展。基于PC具有开放性、低成本、高可靠性、软硬件资源丰富等特点,更多的数控系统生产厂家会走上这条道路,至少是采用PC机作为它的前端机,来处理人机界面、编程、联网通信等问题,由原有的系统承担数控的任务。PC机所具有的友好的人机界面,将普及到所有的数控系统。远程通信、远程诊断和维修将更加普遍。

(2) 向高速化和高精度化发展。

(3) 向智能化方向发展。随着人工智能在计算机领域的不断渗透和发展,数控系统的智能化程度将不断提高。

1) 应用自适应控制技术。数控系统能检测过程中的一些重要信息,并自动调整系统的有关参数,达到改进系统运行状态的目的。

2) 引入专家系统指导加工。将熟练工人和专家的经验、加工的一般规律和特殊规律存入系统中,以工艺参数数据库为支撑,建立具有人工智能的专家系统。

3) 引入故障诊断专家系统。

4) 智能化数字伺服驱动装置。可以通过自动识别负载,而自动调整参数,使驱动系统获得最佳的运行。

二、数控机床的工作原理及组成

1. 数控机床的工作原理

数控机床是采用了数控技术的机床,它是用数字信号控制机床运动及其加工过程。具体地说,将刀具移动轨迹等加工信息用数字化的代码记录在程序介质上,然后输入数控系统,经过译码、运算,发出指令,自动控制机床上的刀具与工件之间的相对运动,从而加工出形状、尺寸与精度符合要求的零件,这种机床即为数控机床。

2. 数控机床的组成

数控机床一般由输入输出设备、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)及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成。图 1-3 是数控机床的硬件构成。

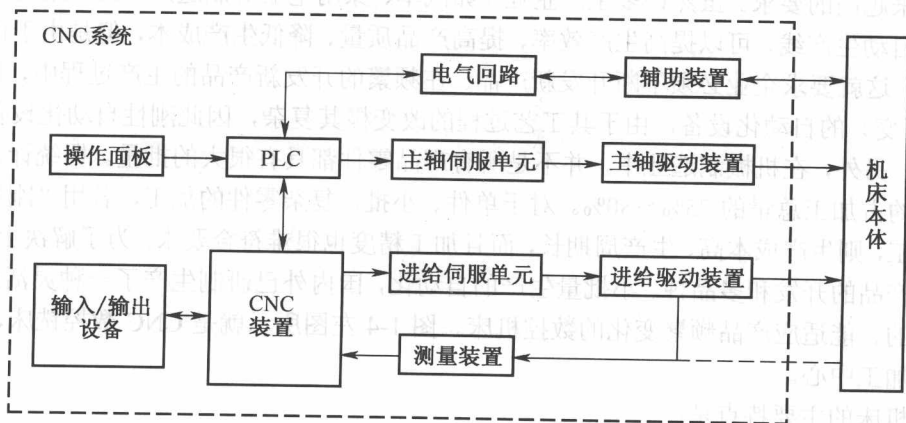


图 1-3 数控机床的硬件构成

(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。

(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。

它接收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等。

（3）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。

（4）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作严格的相对运动，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。

（5）机床本体。数控机床的机床本体与传统机床相似，由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点。

三、数控机床的特点及应用

随着科学技术和市场经济的不断发展，对机械产品的质量、生产率和新产品的开发周期提出了越来越高的要求。虽然许多生产企业（如汽车、家用电器等制造厂）已经采用了自动机床和专用自动生产线，可以提高生产效率、提高产品质量、降低生产成本，但是由于市场竞争日趋激烈，这就要求企业必须不断开发新产品。在频繁的开发新产品的生产过程中，使用“刚性”（不可变）的自动化设备，由于其工艺过程的改变极其复杂，因此刚性自动化设备的缺点暴露无遗。另外，在机械制造业中，并不是所有产品零件都具有很大的批量。据统计，单件小批量生产约占加工总量的 75%~80%。对于单件、小批，复杂零件的加工，若用“刚性”自动化设备加工，则生产成本低、生产周期长，而且加工精度也很难符合要求。为了解决上述问题，并满足新产品的开发和多品种、小批量生产的自动化，国内外已研制生产了一种灵活的、通用的、万能的、能适应产品频繁变化的数控机床。图 1-4 左图所示就是 CNC 数控铣床，右图所示是数控加工中心。

数控机床的主要特点是：

（1）加工对象改型的适应性强。利用数控机床加工改型零件，只需要重新编制程序就能实现对零件的加工。它不同于传统的机床，不需要制造、更换许多工具、夹具和量具，更不需要重新调整机床。因此，数控机床可以快速地从加工一种零件转变为加工另一种零件，这就为单件、小批量以及试制新产品提供了极大的便利。它不仅缩短了生产准备周期，而且节省了大量工艺装备费用。

（2）加工精度高。数控机床是以数字形式给出指令进行加工的，目前数控装置的脉冲当量（即每输出一个脉冲后数控机床移动部件相应的移动量）一般达到了 0.001mm，也就是 1μm，而进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿，因此，数控机床能达到比较高的加工精度和质量稳定性。这是由数控机床结构设计采用了必要的措施以及具有机电结

合的特点决定的。首先是在结构上引入了滚珠丝杠螺母机构、各种消除间隙结构等,使机械传动的误差尽可能小;其次是采用了软件精度补偿技术,使机械误差进一步减小;第三是用程序控制加工,减少了人为因素对加工精度的影响。这些措施不仅保证了较高的加工精度,同时保持了较高的质量稳定性。

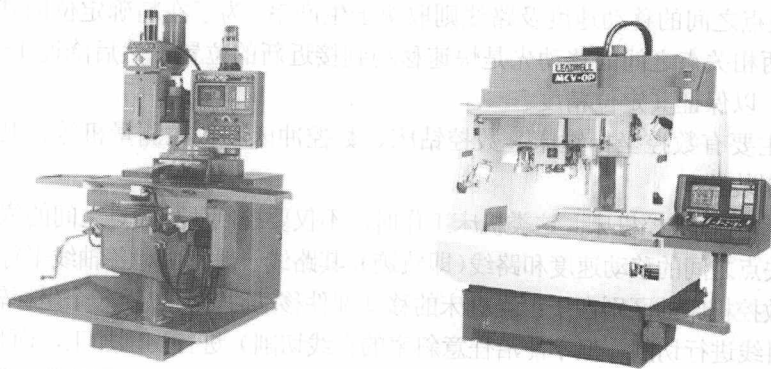


图 1-4 数控机床

(3) 生产效率高。零件加工需要的时间包括在线加工时间与辅助时间两部分。数控机床能够有效地减少这两部分时间,因而加工生产率比一般机床高得多。数控机床主轴转速和进给量的范围比普通机床的范围大,每一道工序都能选用最有利的切削用量,良好的结构刚性允许数控机床进行大切削用量的强力切削,有效地节省了在线加工时间。数控机床移动部件的快速移动和定位均采用了加速与减速措施,由于选用了很高的空行程运动速度,因而消耗在快进、快退和定位上的时间要比一般机床少得多。

数控机床在更换被加工零件时几乎不需要重新调整机床,而零件又都安装在简单的定位夹紧装置中,可以节省用于停机进行零件安装调整的时间。

数控机床的加工精度比较稳定,一般只做首件检验或工序间关键尺寸的抽样检验,因而可以减少停机检验的时间。在使用带有刀库和自动换刀装置的数控加工中心时,在一台机床上实现了多道工序的连续加工,减少了半成品的周转时间,生产效率的提高更为明显。

(4) 自动化程度高。数控机床对零件的加工是按事先编好的程序自动完成的,操作者除了操作面板、装卸零件、关键工序的中间测量以及观察机床的运行之外,其他的机床动作直至加工完毕,都是自动连续完成的,不需要进行繁重的重复性手工操作,劳动强度与紧张程度均可大为减轻,劳动条件也得到相应的改善。

(5) 良好的经济效益。使用数控机床加工零件时,分摊在每个零件上的设备费用是较昂贵的。但在单件、小批生产情况下,可以节省工艺装备费用、辅助生产工时、生产管理费用及降低废品率等,因此能够获得良好的经济效益。

(6) 有利于生产管理的现代化。用数控机床加工零件,能准确地计算零件的加工作业,并有效地简化了检验和工夹具、半成品的管理工作。这些特点都有利于使生产管理现代化。

数控机床在应用中也有不利的一面,如提高了起始阶段的投資,对设备维护的要求较高,对操作人员的技术水平要求较高等。

四、数控机床的分类和特点

1. 数控机床的分类

数控机床的分类有多种方式。

(1) 按数控机床的运动轨迹分类。按照能够控制的刀具与工件间相对运动的轨迹, 可将数控机床分为点位控制数控机床、点位直线控制数控机床、轮廓控制数控机床等。

1) 点位控制数控机床。这类机床的数控装置只能控制机床移动部件从一个位置(点)精确地移动到另一个位置(点), 即仅控制行程终点的坐标值, 在移动过程中不进行任何切削加工, 至于两相关点之间的移动速度及路线则取决于生产率。为了在精确定位的基础上有尽可能高的生产率, 两相关点之间的移动先是快速移动到接近新的位置, 然后降速 1~3 级, 使之慢慢趋近定位点, 以保证其定位精度。

这类机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床和数控测量机等, 其相应的数控装置称为点位控制装置。

2) 点位直线控制数控机床。这类机床工作时, 不仅要控制两相关点之间的位置(即距离), 还要控制两相关点之间的移动速度和路线(即轨迹)。其路线一般都由和各轴线平行的直线段组成。它和点位控制数控机床的区别在于: 当机床的移动部件移动时, 可以沿一个坐标轴的方向(一般也可以沿 45°斜线进行切削, 但不能沿任意斜率的直线切削)进行切削加工, 而且其辅助功能比点位控制的数控机床多, 例如, 要增加主轴转速控制、循环进给加工、刀具选择等功能。

这类机床主要有简易数控车床、数控镗铣床和数控加工中心等。相应的数控装置称为点位直线控制装置。

3) 轮廓控制数控机床。这类机床的控制装置能够同时对两个或两个以上的坐标轴进行连续控制。加工时不仅要控制起点和终点, 还要控制整个加工过程中每点的速度和位置, 使机床加工出符合图纸要求的复杂形状的零件。它的辅助功能也比较齐全。

这类机床主要有数控车床、数控铣床、数控磨床和电加工机床等。其相应的数控装置称为轮廓控制装置(或连续控制装置)。

(2) 按伺服系统的控制方式分类。数控机床按照对被控制量有无检测反馈装置可以分为开环、闭环和半闭环三种。

1) 开环控制数控机床。在开环控制中, 机床没有检测反馈装置, 如图 1-5 所示。



图 1-5 开环控制系统框图

数控装置发出信号的流程是单向的, 所以不存在系统稳定性问题。也正是由于信号的单向流程, 它对机床移动部件的实际位置不作检验, 所以机床加工精度不高, 其精度主要取决于伺服系统的性能。工作过程是: 输入的数据经过数控装置运算分配出指令脉冲, 通过伺服机构(伺服元件常为步进电机)使被控工作台移动。这种机床工作比较稳定、反应迅速、调试方便、维修简单, 但其控制精度受到限制。它适用于一般要求的中、小型数控机床。

2) 闭环控制数控机床。由于开环控制精度达不到精密机床和大型机床的要求, 所以必须检测它的实际工作位置, 为此, 在开环控制数控机床上增加检测反馈装置, 在加工中时刻检测机床移动部件的位置, 使之和数控装置所要求的位置相符合, 以期达到很高的加工精度。

闭环控制系统框图如图 1-6 所示。图中 A 为速度测量元件, C 为位置测量元件。当指令值发送到位置比较电路时, 若工作台没有移动, 则没有反馈量, 指令值使得伺服电机转动, 通过 A 将速度反馈信号送到速度控制电路, 通过 C 将工作台实际位移量反馈回去, 在位置比较电

路中与指令值进行比较,用比较的差值进行控制,直至差值消除时为止,最终实现工作台的精确定位。这类机床的优点是精度高、速度快,但是调试和维修比较复杂。其关键是系统的稳定性,所以在设计时必须对稳定性给予足够的重视。

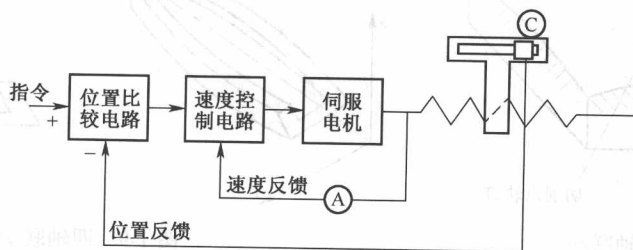


图 1-6 闭环控制系统框图

3) 半闭环控制数控机床。半闭环控制系统的组成如图 1-7 所示。

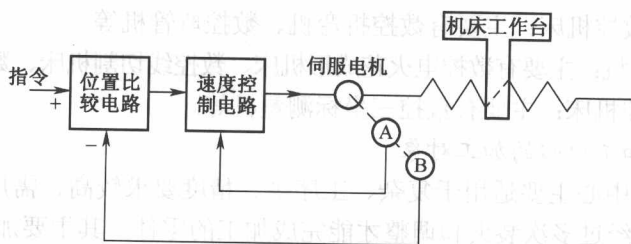


图 1-7 半闭环控制系统框图

这种控制方式对工作台的实际位置不进行检查测量,而是通过与伺服电机有联系的测量元件,如测速发电机 A 和光电编码盘 B (或旋转变压器) 等间接检测出伺服电机的转角,推算出工作台的实际位移量,半闭环控制系统框图用此值与指令值进行比较,用差值来实现控制。从图可以看出,由于工作台没有完全包括在控制回路内,因而称之为半闭环控制。这种控制方式介于开环与闭环之间,精度没有闭环高,调试却比闭环方便。

(3) 按联动坐标轴数划分。

- 1) 两轴联动数控机床。主要用于数控车床加工旋转曲面或数控铣床加工曲线等。
- 2) 二轴半联动数控机床。主要用于三轴以上机床的控制,其中,两根轴可以联动,而另外一根轴可以做周期性进给。
- 3) 三轴联动数控机床。X、Y、Z 三轴可同时插补联动。用三坐标联动加工曲面时,通常也用行切方法。如图 1-8 所示,三轴联动的数控刀具轨迹可以是平面曲线或者空间曲线。三坐标联动加工常用于复杂曲面的精确加工(如精密锻模)。但编程计算较为复杂,所用的数控装置还必须具备三轴联动功能。
- 4) 四轴联动数控机床。除了 X、Y、Z 三轴平动之外,还有工作台或者刀具的转动。如图 1-9 所示,侧面为直纹扭曲面。若在三坐标联动的机床上用圆头铣刀按行切法加工时,不但生产率低,而且光洁度差。为此,采用圆柱铣刀周边切削,并用四坐标铣床加工,即除三个直角坐标运动外,为保证刀具与工件型面在全长始终贴合,刀具还应绕 O_1 (或 O_2) 作摆角联动。由于摆角运动,导致直角坐标系(图中 Y)需作附加运动,其编程计算较为复杂。
- 5) 五轴联动数控机床。除了 X、Y、Z 三轴的平动外,还有刀具旋转、工作台的旋转。螺旋桨是五坐标加工的典型零件之一。

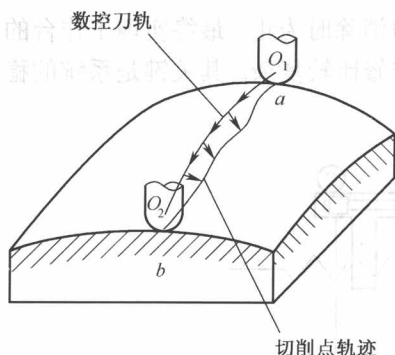


图 1-8 三轴联动

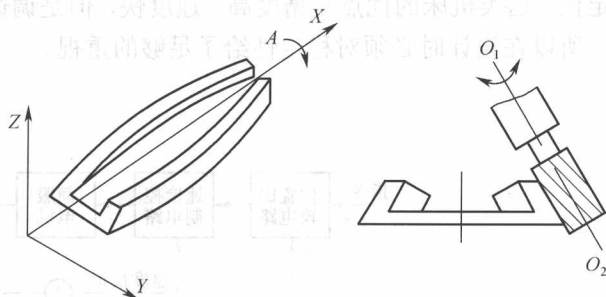


图 1-9 四轴联动

(4) 按工艺用途分类。

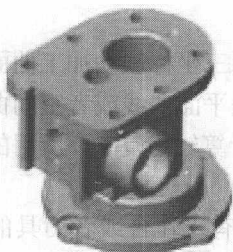
- 1) 金属切削类数控机床：普通数控机床主要有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、加工中心等。
- 2) 金属成形类数控机床：主要有数控折弯机、数控弯管机等。
- 3) 数控特种加工机：主要有数控电火花成形机床、数控线切割机床、数控激光切割机床等。
- 4) 其他类型数控机床：主要有数控三坐标测量机等。

2. 数控铣床、加工中心的加工对象

数控铣床、加工中心主要适用于复杂、工序多、精度要求较高、需用多种类型普通机床和繁多刀具、工装、经过多次装夹和调整才能完成加工的零件。其主要加工对象有以下五类。

(1) 既有平面又有孔系的零件。既有平面又有孔系的零件是加工中心首选的加工对象，这类零件常见的有箱体类零件和盘、套、板类零件。

1) 箱体类零件，箱体类零件很多。箱体类零件一般要进行多工位孔系及平面加工，如图 1-10 (a) 所示。精度要求较高，特别是形状精度和位置精度较严格，通常要经过铣、钻、扩、镗、铰、铰、铰、攻螺纹等工步，需要刀具较多，在普通机床上加工难度大，工装套数多，精度不易保证。在加工中心上一次安装可完成普通机床的 60%~95% 的工序内容，零件各项精度一致性好，质量稳定，生产周期短。



(a) 箱体零件



(b) 十字盘零件

图 1-10 以平面和孔系为主的零件

2) 盘、套、板类零件。这类零件端面上有平面、曲面和孔系，径向也常分布一些径向孔，如图 1-10 (b) 所示。加工部位集中在单一端面上的盘、套、板类零件宜选择立式加工中心，加工部位不是位于同一方向表面上的零件宜选择卧式加工中心。

(2) 结构形状复杂、普通机床难加工的零件。主要表面由复杂曲线、曲面组成的零件, 加工时, 需要多坐标联动加工, 这在普通机床上是难以甚至无法完成的, 加工中心是加工这类零件最有效的设备。最常见的典型零件有以下几类:

1) 凸轮类。这类零件有各种曲线, 如盘形凸轮、圆柱凸轮、圆锥凸轮和端面凸轮等, 加工时, 可根据凸轮表面的复杂程度, 选用三轴、四轴或五轴联动的加工中心。

2) 整体类。如常见叶轮、船舶水下推进器等, 它除具有一般曲面加工的特点外, 还存在许多特殊的加工难点, 如通道狭窄, 刀具很容易与加工表面和邻近曲面产生干涉等。图 1-11 所示是叶轮, 它的叶面是典型的三维空间曲面, 加工这样的曲面可采用四轴以上的加工中心。

3) 模具类。常见的模具有锻压模具、铸造模具、注塑模具及橡胶模具等。图 1-12 所示为某型电器盒壳的注塑模具, 由于工序高度集中, 动模、静模等关键件基本上可在一次安装中完成全部的机加工内容, 尺寸累计误差及修配工作量小。同时, 模具的可复制性强, 互换性好。

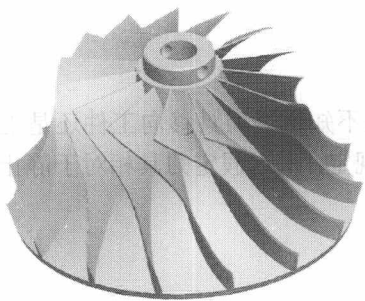


图 1-11 叶轮

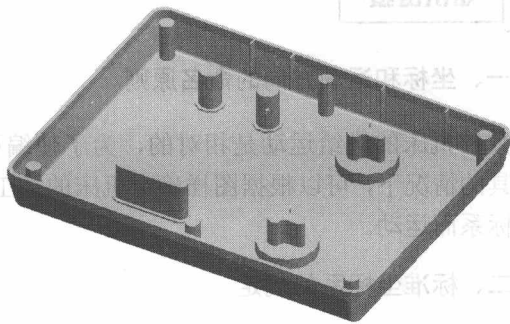


图 1-12 电器盒壳

(3) 外形不规则的异型零件。异型零件是指支架、拨叉这一类外形不规则的零件, 例如图 1-13 所示的异型支架, 大多要点、线、面多工位混合加工。由于外形不规则, 普通机床上只能采取工序分散的原则加工, 需用工装较多, 周期较长。利用加工中心多工位点、线、面混合加工的特点, 可以完成大部分甚至全部工序的内容。

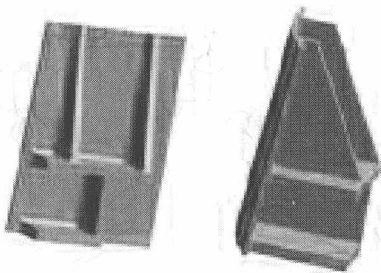


图 1-13 异型支架

(4) 加工精度较高的中小批量零件。针对加工中心的加工精度高、尺寸稳定的特点, 对加工精度较高的中小批量零件, 选择加工中心加工, 容易获得所要求的尺寸精度和形状位置精度, 并可得到很好的互换性。

(5) 特殊加工。在加工中心可以进行特种加工。例如, 在主轴上安装高频电火花电源, 可对金属表面进行表面淬火。

任务二 数控机床编程基础

任务分析

规定数控机床坐标轴及运动方向,是为了准确地描述机床的运动,简化程序的编制方法,并使所编程序有互换性。目前国际标准化组织已经统一了标准坐标系。我国机械工业部也颁布了 JB3051—82《数字控制机床坐标和运动方向的命名》的标准,对数控机床的坐标和运动方向作了明文规定。

本任务主要针对数控机床坐标系和运动方向进行一系列的介绍,包括坐标和运动方向命名的原则、标准坐标系的规定、运动方向的确定、机床坐标系和工件坐标系以及机床参考点等。

知识链接

一、坐标和运动方向的命名原则

数控机床的进给运动是相对的,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坐标系而运动。

二、标准坐标系的规定

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。为了确定机床的运动方向和移动距离,就要在机床上建立一个坐标系,这个坐标系就叫标准坐标系,也叫机床坐标系。在编制程序时,就可以以该坐标系来规定运动方向和距离。

数控机床上的坐标系是采用右手直角笛卡尔坐标系,如图 1-14 所示。在图中,中指所指的方向为传递主切削力的方向及 Z 轴的正方向,大拇指的方向为 X 轴的正方向,食指为 Y 轴的正方向。图 1-15 为标准立式数控铣床的机床坐标系。

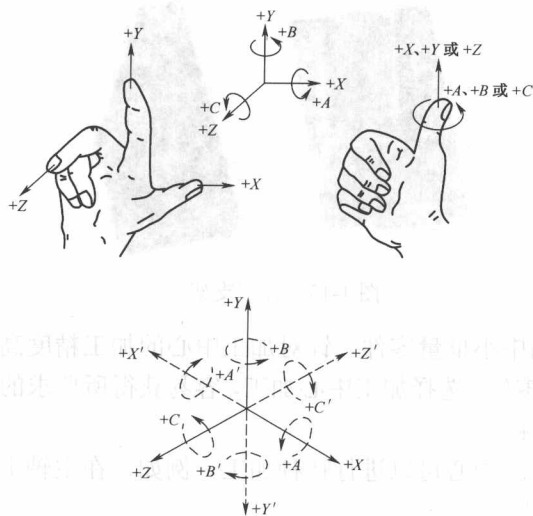


图 1-14 右手直角笛卡尔坐标系

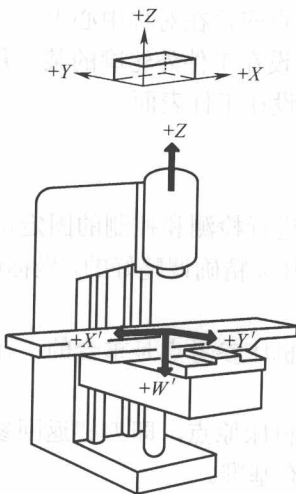


图 1-15 立式升降台铣床

三、运动方向的确定

JB3051—82 中规定：机床某一部件运动的正方向，是增大工件和刀具之间的距离的方向。

1. Z 坐标

Z 坐标的运动，是由传递切削力的主轴决定的。对立式数控铣床而言，主轴是垂直分布的，主轴旋转带动刀具旋转切削工件，是传递切削力的轴，所以确定为 Z 坐标。

2. X 坐标

X 坐标一般是水平的，它垂直于 Z 轴且平行于工件的装夹平面。它是刀具或定位平面内运动的主要坐标。对于立式数控铣床，面对刀具主轴向立柱方向看，刀具向右的方向为 X 方向。

3. Y 坐标

Y 坐标轴垂直于 X、Z 坐标轴。在确定数控机床的坐标系时，一般首先确定 Z 轴，然后确定 X 轴，最后根据右手笛卡尔坐标系确定 Y 坐标。

4. 旋转运动 A、B、C

A、B、C 相应地表示其轴线平行于 X、Y、Z 的旋转运动。A、B、C 正方向相应地表示在 X、Y 和 Z 坐标正方向上，右旋螺纹前进的方向。

四、机床坐标系和工件坐标系

数控机床的坐标系分为机床坐标系和工件坐标系（编程坐标系）。机床坐标系是机床固有的坐标系，它是制造和调整机床的基础，也是设置工件坐标系的基础。机床坐标系在出厂前已经调整好，一般情况下，不允许用户随意变动。机床原点为机床的零点，它是机床上的一个固定点，由生产厂家在设计机床时确定。

工件坐标系又称编程坐标系，是编程时使用的坐标系，用来确定工件几何形体上各要素的位置。工件坐标系的原点即为工件零点。工件零点的位置是任意的，它是编程人员在编制程序时根据零件的特点选定的。在选择工件零点的位置时应注意：

- (1) 工件零点应选在零件图的尺寸基准上，这样便于坐标值的计算，并减少错误。
- (2) 工件零点尽量选在精度较高的工件表面上，以提高被加工零件的加工精度。

- (3) 对于对称的零件, 工件零点应设在对称中心上。
- (4) 对于一般零件, 工件零点设在工件外轮廓的某一角上。
- (5) Z 轴方向上的零点, 一般设在工件表面。

五、机床参考点

机床参考点是用于对机床运动进行检测和控制的固定位置点。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, 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; 在数控车床上机床参考点是离机床原点最远的极限点。

数控机床开机时, 必须先确定机床原点, 即刀架返回参考点的操作。只有机床参考点被确认后, 刀具(或工作台)移动才有基准。

任务三 仿真软件简介

任务分析

宇龙数控加工仿真系统是基于虚拟现实的仿真软件, 本软件是为了满足企业数控加工仿真和教育部门数控技术教学的需要, 由上海宇龙软件工程有限公司研制开发。本系统可以实现对数控铣床、加工中心和数控车床加工全过程的仿真, 其中包括毛坯定义与夹具, 刀具定义与选用, 零件基准测量和设置, 数控程序输入、编辑和调试, 加工仿真以及各种错误检测功能。具有仿真效果好, 针对性强, 宜于普及等特点。本任务主要是介绍该软件的使用方法。

知识链接

一、项目文件

项目文件的内容包括机床、毛坯、经过加工的零件、选用的刀具和夹具、在机床上的安装位置和方法、输入参数、工件坐标系、刀具长度和半径补偿数据、输入的数控程序。

1. 新建项目文件

在“文件”菜单中选择“新建项目”; 选择新建项目后, 系统被初始化。

2. 保存项目文件

在“文件”菜单中选择“保存项目”或“另存项目”; 选择需要保存的内容, 单击“确定”按钮。如果保存一个新的项目或者需要以新的项目名保存, 选择“另存项目”, 当内容选择完毕, 还需要输入项目名。

保存项目时, 选择项目要保存的位置, 此时系统自动以文件名建立一个文件夹, 内容都保存在该文件夹之中, 如图 1-16 所示。

3. 打开文件

打开项目文件会弹出“是否保存当前修改的项目”对话框, 可根据用户的需要选择。打开选中的项目文件夹, 在文件夹中选中并打开后缀名为 mac 的文件, 如图 1-17 所示。