

机电技术 问答系列

数控机床 操作工问答 260

胡家富
主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作工问答 260 例 / 胡家富主编. —上海:
上海科学技术出版社, 2011. 8
(机电技术问答系列)
ISBN 978 - 7 - 5478 - 0723 - 1

I. ①数… II. ①胡… III. ①数控机床 - 操作 - 问
题解答 IV. ①TG659 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 038313 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787 × 1092 1/32 印张: 17

字数 410 千字

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1 - 2 500

ISBN 978 - 7 - 5478 - 0723 - 1/TG · 25

定价: 45.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书根据数控机床操作工技术鉴定标准相关内容为依据进行编写,并按照数控机床操作工岗位的实际需要进行内容的编排。内容包括数控机床加工工艺;数控加工程序的释读、编制和修改;数控机床的操作与调整;数控机床的刀具和夹具的使用与调整;数控机床零件加工精度的检测和质量分析;数控仿真系统的操作与自动编程;数控机床维护与常见故障及其处理方法等。

本书可供数控车床、数控铣床和加工中心操作工培训和自学使用,书中附有鉴定考核的模拟知识考试卷与技能考核试卷,适用于初、中级数控机床操作工的技术培训和考核鉴定;对于初学数控机床加工的技术工人,也是一本可供自学和参考的实用书籍。

前 言

数控机床操作工是机械制造业紧缺的技术人才,数控加工机床是柔性自动化加工的主要机床设备,数控车床、数控铣床和加工中心是数控金属切削加工机床中最常用,最典型的机床设备,本书以数控车床和铣床操作的岗位能力要求为主线,按数控机床操作工职业鉴定标准为依据,将数控机床操作的知识 and 技能通过通俗易懂、循序渐进、深入浅出的问答叙述,引导读者克服数控机床操作“难”的障碍,抓住数控机床操作中常见的问题,对数控机床操作工岗位必须掌握的技术基础、操作技能进行通俗的介绍,使初学者能了解和熟悉数控机床、数控加工工艺、操作面板使用方法、状态监控和显示的应用、数控加工程序的释读和编制修改方法、加工参数的设置和修改步骤、自动编程的图形交互实用方法;使在岗人员能得到进一步的提高。读者在工作中,遇到实际问题可得到书中问答的现场帮助;面临难题可通过书中问答茅塞顿开。

本书备有自测自查的鉴定考核模拟试卷,书中将职业鉴定知识和技能考核范围的内容融入各种问答和考题,内容精辟通俗,图文并茂,实用性强的表格数据,可供初、中级工实际操作参考选用。本书具有重点突出、内容精炼、表达通俗、起点较低、循序渐进、可读性强等特点。在内容安排和设问、答题中,理论的内容以实际操作为基础,操作技能以理论应用为先导。本书的内容除了基本知识和技能的介绍外,还介绍了数控机床操作经验的总结、技巧的启示和分析、数控自动编程和仿真系统的使用方法,以便读者在本书指导下,快速达到数控机床操

作工岗位要求,在岗位实践中逐步提高独立解决问题的能力,并能学会使用 CAD/CAM 软件和仿真系统进行自学训练,应对计算机模拟培训和考核方式。

本书由胡家富主编,尤道强、何津、程学萍、尤根华等同志参加编写,限于编者的水平,书中难免有疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 数控机床加工工艺	1
第一节 数控机床及其加工工艺规程与文件	1
第二节 数控机床加工的工艺范围	23
第三节 数控机床的典型加工工艺与方法	29
第四节 典型零件和部位的数控加工路线	47
第二章 数控机床加工程序释读、编制和修改	66
第一节 数控编程基础	66
第二节 数控机床坐标系	73
第三节 数控机床加工中的有关点	78
第四节 数控机床的主要功能	99
第五节 数控加工程序的组成与格式	110
第六节 数控加工程序的编程规则和方法	113
第七节 数控加工程序的释读、编制方法与实例	117
第三章 数控机床的操作与调整方法	173
第一节 数控机床操作的基本方法与规范	173
第二节 数控系统及其面板操作的基本方法	177
第三节 数控车床的操作	200
第四节 数控铣床的操作	233
第五节 数控加工中心的操作	261

第四章 数控机床刀具和夹具使用与调整	275
第一节 数控机床刀具的结构形式	275
第二节 数控机床刀具的合理选用	289
第三节 数控机床加工的对刀装置及其使用方法 ...	313
第四节 数控机床夹具的结构特点及其使用方法 ...	319
第五章 数控机床零件加工精度的检测和质量分析	335
第一节 数控机床零件加工精度检测基础	335
第二节 影响数控机床加工精度的因素	339
第三节 数控加工零件的精度检测方法	344
第四节 数控机床典型零件加工精度分析	372
第五节 提高数控机床加工精度的方法和措施	384
第六章 数控仿真系统操作与自动编程简介	393
第一节 仿真系统及其应用	393
第二节 仿真演练示例	415
第三节 自动编程简介	432
第七章 数控机床维护和常见故障及其处理方法	459
第一节 数控机床的维护保养	459
第二节 数控机床的安装和验收	464
第三节 数控机床的精度检测	471
第四节 数控机床的常见故障	486
第五节 数控机床故障现场的处理方法	495
附录 知识考核与技能考核模拟试卷	499
知识考核模拟试卷一	499

知识考核模拟试卷二	505
知识考核模拟试卷三	511
技能考核模拟试卷一	517
技能考核模拟试卷二	522
技能考核模拟试卷三	527

第一章 数控机床加工工艺

第一节 数控机床及其加工工艺规程与文件

1—1 什么是数控机床？用于数控机床的数控系统有哪些特点？

答：(1) 数控机床定义 数控机床 (Numerical Control Machine Tools) 是指采用数字形式信息控制的机床。凡是用数字化的代码将零件加工过程中所需的各种操作和步骤,以及刀具与工件之间的相对位移量等记录在程序介质上,送入计算机或数控系统,经过译码、运算及处理,控制机床的刀具与工件的相对运动,加工出所需要工件的一类机床称为数控机床。国际上相关组织对数控机床下的定义是:数控机床是一个装有程序控制系统的机床。该系统能够逻辑地处理具有使用号码,或其他符号编码指令规定的程序。简而言之,用数字化信息控制的自动控制技术称为数字控制技术;用数控技术控制的机床,或者说装备了数控系统的机床,称之为数控机床。

(2) 数控系统特点 数控系统 (Numerical Control System) 是指采用数控技术的控制系统,数字控制系统有如下特点:

- ① 可用不同的字长表示不同精度的信息,信息表达准确;
- ② 可进行逻辑运算和算数运算,也可进行复杂的信息处理;
- ③ 可用软件来改变信息处理的方式和过程,具有柔性化。

由于数字控制系统具有以上特点,故被广泛应用于机械运动的轨迹控制。轨迹控制是金属切削机床数控系统和工业机器人的主要控制内容。此外,数字控制系统的逻辑处理功能可方便地用

于机械系统的开关量控制。

1—2 数控机床有哪些种类？数控加工中心有哪些典型形式？

答：(1) 数控机床的种类 数控机床有多种分类方法，按工艺用途分类，可分为普通数控机床（车床、铣床等）和加工中心。按功能和运动方式分类，可分为点位运动控制数控机床、点位直线运动控制数控机床和轮廓运动控制数控机床。按进给伺服系统控制方式分类，可分为开环控制系统数控机床、半闭环控制系统数控机床和闭环控制系统数控机床。按数控装置的构成和配置分类，可分为硬线数控机床和 CNC 数控机床。按配置的典型数控系统，常分为发那科（FANUC）数控机床、西门子（SIEMENS）数控机床、华中数控机床等。按可控制的联动轴分类，可分为两坐标联动、三坐标联动、两轴半联动和多轴联动数控机床等。按加工方式分类，可分为金属切削加工数控机床、金属成型数控机床、特种加工数控机床和测量、测绘类数控机床等。

(2) 数控加工中心的典型形式

① 加工中心。加工中心主要适用于镗铣加工，立式加工中心适用于中型零件，高度尺寸较小的零件加工，尤其是盖板类零件加工。如图 1-1 所示为立式加工中心示例。卧式加工中心适用于中、大型零件及工序复杂且精度较高的零件加工，通常用于箱体类零件的加工。五面加工中心适用于具有多面、多方向或多坐标复杂型面的零件加工。龙门加工中心适用于大型、长型复杂零件加工。

② 车削中心。车削中心的转塔刀架上带有能使刀具旋转的动力刀座，主轴具有按轮廓成形要求连续回转（不等速回转）运动和进行连续精确分度的 C 轴功能，并能与 X 轴或 Z 轴联动。车削加工中心分为多主轴（主要主轴和辅助主轴）、双主轴多种类型，适用于多工序轴套类零件及其零件上设置孔、键槽和平面等复合

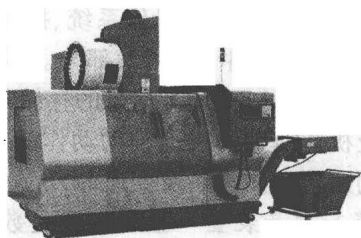


图 1-1 凸轮机械手式自动换刀立式加工中心

结构部位的加工。

1—3 数控机床有哪些基本组成部分？各组成部分有哪些主要作用？

答：数控机床一般由数控系统和机床两大部分组成，计算机数控系统一般由外部设备、数控装置、驱动装置构成，机床部分由主机与辅助设备组成。

(1) **外部设备** 所谓外部设备，是指用来实现和机床数控装置进行数据交换的仪器和设备，亦称输入输出装置。对于简单的零件，数控机床的加工程序编制和输入常用手工编程的方法，并通过数控装置的手动数据输入和显示面板进行输入和编辑，这种方式称为 MDI 方式。较复杂的零件通常通过 CAD/CAM 软件自动生成加工程序，并利用数控装置的通信接口实现与数控装置的数据交换。此外，某些数控装置内部的 PLC (Programmable Logic Controller 可编程逻辑控制器) 程序的编辑、输入常需借助于编程仪等设备实现。目前，较为先进的数控机床都使用带专用软件的便携式计算机与数控装置进行数据交换。因此，常见的外部设备有纸带阅读机、穿孔机、编程仪、磁盘机、磁带机，便携式计算机等。

(2) **数控装置** 数控装置是数控机床的核心，主要包括硬件 (各种电子线路板，如中央数据处理器、存储器、接口板、显示卡、

显示器、键盘、电源等)及软件(如操作系统、插补软件、补偿软件、机床控制软件、图形处理软件等)两大部分。其主要作用是完成零件程序的输入、输出及处理、加工信息的存储及处理、插补运算、坐标轴运动控制及机床所需的其它辅助动作的控制(如冷却液的起动、停止,主轴的旋转方向控制及变速等)。

(3) 驱动装置和测量装置 驱动装置是数控机床的执行机构,一般包括进给驱动单元、进给电动机与主轴驱动单元、主轴电动机两大部分。通常由速度控制器、位置控制器、驱动电动机和相应的位置检测装置组成。驱动装置根据数控装置发出的运动控制脉冲指令,带动机床的工作台、主轴自动完成相应的运动,并对运动或定位的速度和精度进行控制。每一个指令脉冲信号使机床运动部件产生的位移量称为脉冲当量。常用的脉冲当量为 $0.01\text{mm}/\text{脉冲}$ 、 $0.005\text{mm}/\text{脉冲}$ 和 $0.001\text{mm}/\text{脉冲}$ 。数控机床的伺服驱动电机有功率步进电机、交流伺服电机和直流伺服电机。常用的位置检测装置是光电编码器、光栅等位置检测元件。通常将数控机床的数控装置和驱动装置统称为数控系统。

(4) 主机与辅助设备 主机是数控机床的机械部分,包括床身、立柱、主轴、进给机构等基本构件以及确保数控机床可靠运行的配套装置(如液压、气动部件,冷却装置、排屑装置等),与普通机床相比,数控机床的主机部分具有以下特点:

- ① 传动系统结构简单、传动链短;
- ② 采用高性能的进给和主轴系统,机械结构有较高的动态刚度和较小的阻尼,并具有耐磨性好,热变形小的特点;
- ③ 采用高效传动部件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨等,具有快速跟随特性,确保机床的运动精度。

1—4 数控车床和铣床有哪些基本类型?

答:(1) 数控车床的常见类型 按车床主轴位置分类,可分为立式数控车床和卧式数控车床。立式数控车床的主轴垂直于水

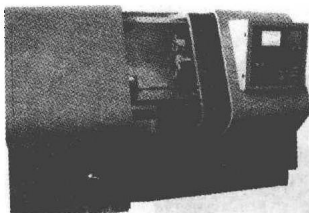
平面,有一个直径很大的圆形工作台装夹工件。卧式数控车床分为水平导轨卧式数控车床和倾斜导轨卧式数控车床。按工件加工类型和装夹方式分类,可分为适用于加工盘套类零件的卡盘式数控车床、适用于加工轴类零件的顶尖式数控车床等。按刀架的数量分类,可分为单刀架数控车床、双刀架数控车床。如图 1-2a 所示的是单刀架数控车床;如图 1-2b 所示的是双刀架数控车床。按特殊和专用性能分类,可分为螺纹数控车床、活塞数控车床、曲轴数控车床等。按结构性能层次分类,可分为普及型数控车床、多功能数控车床(图 1-2c、d);按进给伺服系统控制方式分类,可分为半封闭数控车床和全封闭数控车床。



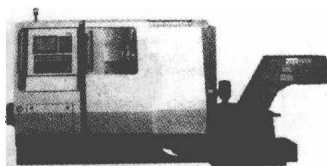
(a)



(b)



(c)



(d)

图 1-2 数控车床

- (a) 单刀架数控车床; (b) 双刀架数控车床;
(c) 普及型数控车床; (d) 多功能数控车床

(2) 数控铣床的常见类型。常见中大型数控铣床的类型如图 1-3 所示。按 Z 坐标的运动方式分类,可分为升降台式数控铣床和固定台座式数控铣床。小型数控铣床采用升降台形式,中型和大型数控铣床采用固定台座式。按主轴的位置分类,可分为立式数控铣床和卧式数控铣床。还有立卧两用的数控铣床,立卧两用数控铣床的主轴方向可以进行更换,采用数控万能主轴头的立卧两用数控铣床,其主轴头可以任意转换方向,可以加工出与水平面呈各种不同角度的工件表面。按铣削功能和结构分类,可分为数控镗铣床、数控龙门铣床、数控仿形铣床和各种专用数控铣床(曲轴铣床、螺纹铣床)等。按联动轴数分类,数控铣床有三轴联动,

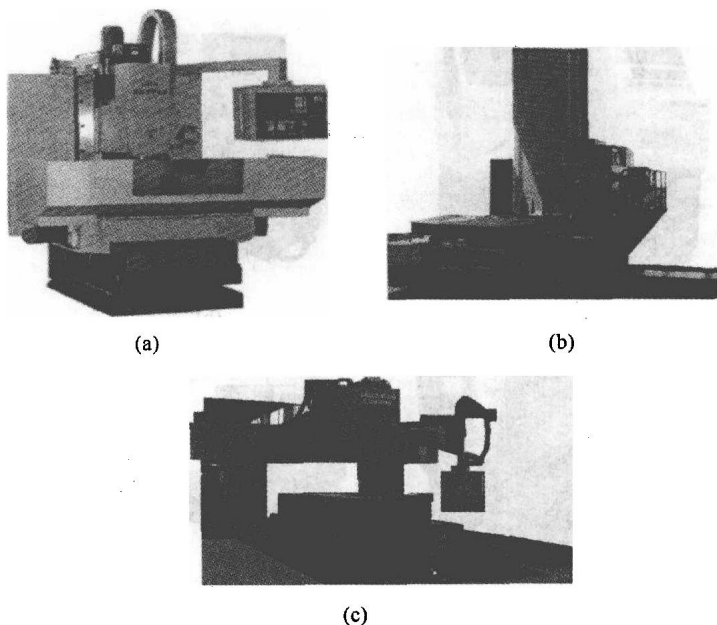


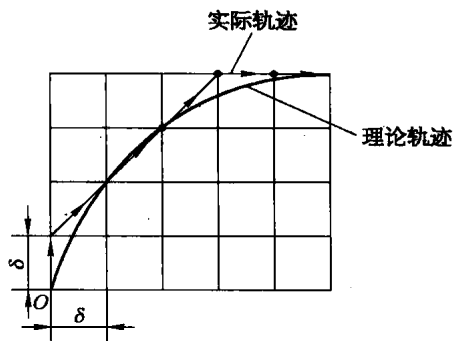
图 1-3 中、大型数控铣床

(a) 立式数控铣床; (b) 卧式数控镗铣床; (c) 龙门铣床

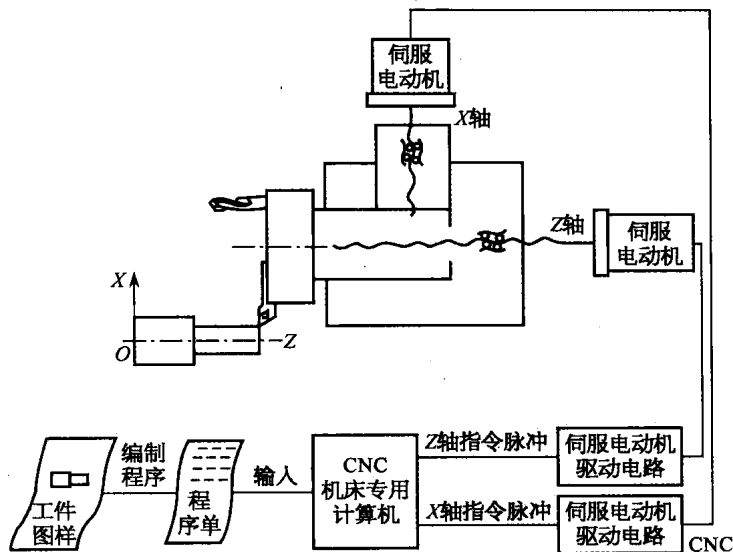
也有两轴半联动,一些有摆角功能和配置数控转盘,分度头的数控铣床,可以进行四轴和五轴联动多面加工。

1—5 数控加工的基本原理是什么?

答:金属切削机床加工零件是通过改变刀具与工件的运动参数(如位置、方向、速度等),使刀具对工件进行切削加工,最终获得所需的合格零件的。数控机床的加工原理如下:数控装置根据自身的控制精度,将所需的刀具运动轨迹分割成若干个数控系统能控制的最小位移量 δ (亦称最小输出单位),如图1-4a所示,并选择最接近理论轨迹的折线组合,数控装置根据这一折线分别对各坐标轴发出相应的移动指令,控制坐标轴的运动。数控装置通过改变各坐标轴的脉冲分配,即可改变移动轨迹。通过控制单位时间内的脉冲数量(频率),即可控制坐标轴的运动速度。这一在理论轨迹或轮廓上的已知点间进行数据点的密化,并确定一些中间点的方法,称为插补,由于数控装置的最小位移量一般足够小,因此加工轨迹和理论轨迹是十分接近的。数控加工中能将同时参与插补的轴数称为联动轴数。具有两轴联动的数控机床可以完成平面曲线的加工;具有三轴联动的数控机床可以完成空间曲面加工;具有五轴联动的数控铣床等,是在 X 、 Y 、 Z 这三个直线轴的基础上,通过再控制两个回转轴,实现刀具在两个方向的摆动或工件的回转加刀具的摆动。这种数控机床通过五轴联动控制,可以保证刀具中心始终垂直于加工平面,因此特别适合于加工汽轮机叶片、飞机机翼等零件。数控仿形是一种不需要进行编程的加工方式,数控仿形是在普通数控装置上增加数控仿形功能,利用在机床上的仿形测头,在加工之前先对零件的形状进行有限点的测量,这些测量点经过必要的处理,存储在数控装置内,并由数控系统自动处理成加工所需要的标准控制指令。加工时按采集的数据进行控制,使坐标轴按照实际测量的轨迹运动,从而解决复杂表面的模具加工问题。



(a)



(b)

图 1-4 数控机床加工的基本原理

(a) 插补原理; (b) 工作过程

1—6 数控机床是怎样进行工作的?

答:数控机床加工零件时,根据零件图样要求、加工工艺,将所用刀具、刀具运动轨迹、进给方向与速度、主轴转速与旋转方向、冷却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数控程序,输入到数控装置中,在数控装置内控制软件支持下,经过处理、计算后,向机床各坐标的伺服系统及辅助装置发出指令,驱动机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,最终加工出图样要求的零件。如图1-4b所示为数控车床的基本工作原理,数控铣床、加工中心和其他数控机床的加工过程基本类似,根据数控机床的不同可控轴数和联动轴数,如铣床有 X 、 Y 、 Z 三轴加工或两轴半联动加工,加工中心有三轴、四轴、五轴等多轴加工,以适应不同型面的加工要求。

(1) 两坐标联动加工 数控机床能同时控制两个坐标轴联动,如数控车床可以 X 、 Z 轴联动加工各种曲线轮廓的回转体零件;又如数控铣床有 X 、 Y 、 Z 三个坐标,可以同时控制两个坐标联动,经过坐标变换,可以分别实现 ZX 、 ZY 和 XY 两坐标联动。如图1-5a所示为分别采用 ZX 、 ZY 两轴联动加工的零件沟槽。

(2) 三坐标联动加工 数控机床能同时控制三个坐标联动,如三坐标联动的数控铣床可用于加工如图1-5b所示的曲面零件。

(3) 两轴半坐标联动加工 数控机床有三个方向坐标运动,但只能实现两轴联动,第三个坐标只能作等距周期移动,如图1-5c所示为 ZX 坐标平面实现两轴联动, Y 轴方向采用周期进给移动加工立体曲面。

(4) 多坐标联动加工 能同时控制四个以上坐标的数控机床,主要用于加工形状复杂的零件,如图1-5d所示为五轴联动数控铣床加工曲面形状示意。