

就业金钥匙



《就业金钥匙》编委会 组织编写

TUJIE
SHUKONG
XIGONG
JIAGONG ZHONGXIN
CAOZUOGONG
JINENG
YIBENTONG

图解

数控铣工/ 加工中心操作工技能 一本通



学会一技之长 快速打开就业之门
面向岗位需求 全新图解操作技能



化学工业出版社

就业金钥匙



《就业金钥匙》编委会 组织编写



数控铣工/ 加工中心操作工技能 本通



化学工业出版社

· 北 京 ·

《图解数控铣工/加工中心操作工技能一本通》是《就业金钥匙》丛书机械加工行业中的一本。书中系统地介绍了数控铣床和加工中心基础知识、数控铣削和加工中心加工工艺、数控铣床和加工中心编程基础、数控铣床和加工中心操作方法和典型数控加工综合实例等内容。本书可供下岗、转岗、再就业人员和农村进城务工人员阅读,也可供高职高专、中职等院校学生使用参考。

图书在版编目(CIP)数据

图解数控铣工/加工中心操作工技能一本通/《就业金钥匙》编委会组织编写. —北京:化学工业出版社, 2014.4

(就业金钥匙)

ISBN 978-7-122-19863-1

I. ①图… II. ①就… III. ①数控机床-铣床-图解
②数控机床加工中心-图解 IV. ①TG547-64 ②TG659-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 035061 号

责任编辑:王 烨

文字编辑:谢蓉蓉

责任校对:陶燕华

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市前程装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 10 $\frac{3}{4}$ 字数 296 千字

2014 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着城市化进程的加快，越来越多的农村富余劳动力向非农产业转移，如何赋予这部分群体以新技能，引导其转移就业，如何打造新农村建设急需的新人才，为农村发展助力，是社会不容忽视而又亟待解决的问题。素质不高、缺乏就业技能，是制约农村劳动力转移的一大瓶颈。授之以鱼不如授之以渔，掌握一技之能显得尤为重要。

《就业金钥匙》丛书，旨在帮助那些进城务工、转岗就业的学员掌握一技之长。在注重理论培训的同时，更注重提升实际操作技能，提升就业竞争力。本丛书立足技能培训和考证上岗，有针对性地对农民工和下岗人员进行学习指导，涉及机械加工、电工电子、家用电器维修、车辆维修等多个岗位紧俏、薪酬待遇好的工种。

本丛书具有如下特点：

① 全零起点，内容编写采用图解的形式，易学易懂。

② 重点突出操作技能与操作要点，以指导入门人员快速上手为目的。

③ 操作技能步骤清晰、方法可靠。

④ 配有典型的操作实例。

相信通过学习，广大学员可以凭借自己的一技之长，搭上就业的快速列车，为今后顺利步入社会铸造一把“就业金钥匙”。

《图解数控铣工/加工中心操作工技能一本通》是《就业金钥匙》丛书机械加工行业中的一本。书中系统地介绍了数控铣床和加工中心基础知识、数控铣床和加工中心加工工艺、数控铣床和加工中心编程技术、数控铣床和加工中心操作方法和典型数控加工综合实例等内容。本书可供下岗、转岗、再就业人

员和农村进城务工人员阅读，也可供高职高专、中职等院校学生使用参考。

由于编者水平所限，文中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

本书编委会

第1章

数控铣床/加工中心基础知识

1

第一节 数控机床及其工作原理	2
一、数控机床的基本概念	2
二、数控机床的构成及基本工作原理	2
三、数控机床的分类	3
第二节 数控铣床基础知识	5
一、数控铣床的分类	5
二、数控铣床的主要功能	7
三、数控铣床的组成	9
四、数控铣床机械结构	11
五、数控铣床的数控系统	20
六、数控铣床的伺服系统	24
第三节 加工中心基础知识	28
一、加工中心的功能及特点	28
二、加工中心的分类	30
三、加工中心的结构特点	34

第2章

数控铣床/加工中心加工工艺分析

49

第一节 数控铣床/加工中心加工工艺概述	50
一、数控铣床加工工艺概述	50
二、加工中心加工工艺概述	52
第二节 数控铣床加工工艺分析	56
一、数控铣床加工零件的工艺性分析	56
二、工件在数控铣床上的定位与装夹	61
第三节 数控铣床/加工中心加工工艺方案的确定 ...	82

一、数控铣床加工工序的设计	82
二、加工中心加工工艺方案的确定	95

第3章

数控铣床/加工中心编程技术

129

第一节 数控编程基础	130
一、数控编程概述	130
二、数控机床的坐标系统	132
三、数控加工程序与指令代码	136
第二节 数控铣床的程序编制	144
一、数控铣床的程序编制	144
二、数控铣床综合编程实训	173
第三节 加工中心加工程序的编制	182
一、加工中心的编程特点	182
二、基本编程功能指令	183
三、固定循环功能指令	201
四、辅助功能指令	211
五、加工中心综合编程实训	216

第4章

典型数控铣床/加工中心加工实训

225

第一节 FANUC 系统数控铣床加工实训	226
一、XK5025 型数控铣床 (FANUC 0-MD 系统) 的组成及操作	226
二、FANUC15 系统的编程指令及编程要点	238
三、FANUC 系统编程及加工实例	242
第二节 FANUC 系统加工中心加工实训	255
一、FANUC 系统加工中心的操作	255
二、FANUC 0i-M 系统加工中心的编程	275
三、典型零件加工实例	301

参考文献

330

第 1 章

数控铣床/加工中心
基础知识



第一节 数控机床及其工作原理

一、数控机床的基本概念

数控机床是将加工过程的各种机床动作由数字化的代码表示，通过某种载体将信息输入数控系统，控制计算机对输入的数据进行处理，从而控制机床的伺服系统或其他执行元件，使机床加工出所需要的工件。数控机床是一种装了程序控制系统的机床。该系统能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。数控机床是典型的机电一体化的产品。

二、数控机床的构成及基本工作原理

数控机床主要由控制介质、数控装置、伺服系统、辅助装置和机床本体组成，如图 1-1 所示。

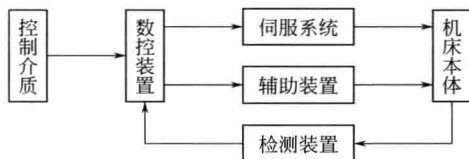


图 1-1 数控机床的基本构成

(1) 控制介质 用于记载各种加工信息（如零件加工的工艺过程、工艺参数和位移数据等），控制机床的运动，实现零件的机械加工的中间媒介物质。控制介质又称信息载体。

(2) 数控装置 是数控机床的运算和控制系统，也是数控机床的核心。它的功能是接受输入装置输入的加工信息，经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后，发出相应的脉冲送给伺服系统，通过伺服系统控制机床的各个运动部件按规定要求动作。数控装置集成了微电子技术、信息技术、自动控制技术、驱动技术、监控检测技术、软件工程技术和机械加工工艺知识。数控机床正是在它的控制下，按照给定的程序自动地对机械零件进行加工。

(3) 伺服系统及位置检测装置 伺服系统由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成,它是数控系统的执行部分。其基本作用是接收数控装置发来的指令脉冲信号,控制机床执行部件的进给速度、方向和位移量,以完成零件的自动加工。每个进给运动的执行部件都配有一套伺服系统。伺服系统有开环、闭环和半闭环之分,在闭环和半闭环伺服系统中,还需配有位置测量装置,直接或间接测量执行部件的实际位移量。

(4) 辅助装置 辅助装置包括自动换刀装置、转位和夹紧装置、电气及液压气动控制系统、冷却、润滑、排屑、防护等装置。

(5) 机床本体 数控机床的本体包括主运动部件、进给运动执行部件及其传动部件和床身立柱等支承部件。

数控机床加工零件时,首先应根据零件图纸制定加工方案,然后把图纸要求变成数控装置能接受的信息代码,即编制零件的加工程序,这是数控机床的工作指令。将加工程序输入到数控装置,再由数控装置控制机床主运动的变速、启停、进给的方向、速度和位移量,以及其他如刀具选择更换、工件的夹紧松开、冷却润滑的开关等动作,使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作,从而加工出符合要求的零件。

三、数控机床的分类

(1) 按工艺用途分 数控机床可分为数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗铣床、数控齿轮加工机床、数控电火花加工机床、数控线切割机床、数控冲床、数控剪床、数控激光加工机、数控液压机等各种工艺用途的数控机床。

(2) 按机床运动控制方式分 数控机床可分为点位控制、直线控制和轮廓控制三种,如图 1-2 所示。其中轮廓控制数控机床(又称连续控制数控机床)的特点是不管数控机床有几个控制轴,其中任意两个或两个以上的控制轴能实现联动控制,从而实现轨迹控制。根据联动轴的数量,可分成两轴联动、三轴联动和多轴联动数控机床。

(3) 按有无位置检测和反馈装置分 数控机床可分为开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统,如图 1-3 所示。

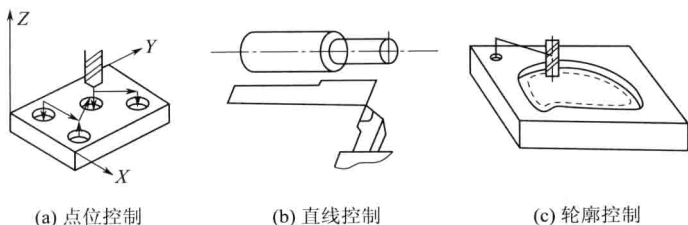


图 1-2 数控机床运动控制方式

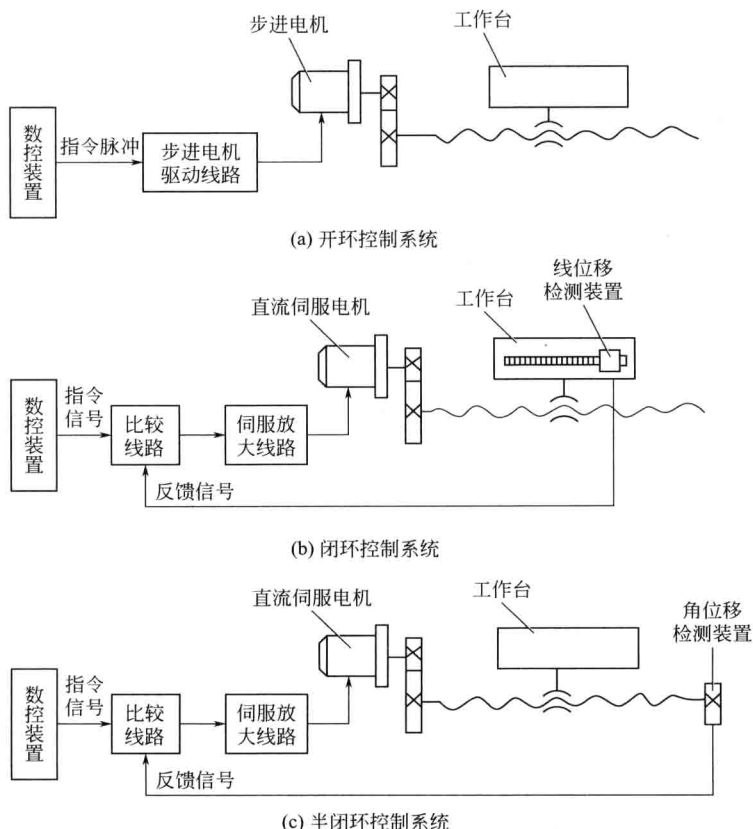


图 1-3 控制系统分类

(4) 按数控装置的构成方式分 数控机床可分为硬件数控 (numerical control, NC) 系统和软件数控 (computer numerical control, CNC) 系统两种。硬件数控系统的信息输入处理、运算和控制功能, 都由专用的固定组合逻辑电路来实现, 不同功能的机床, 其组合逻辑电路不同。改变或增减控制、运算功能时, 需要改变数控装置的硬件电路。软件数控系统也称计算机数控系统, 使用软件数控装置。这种数控装置的硬件电路是由小型或微型计算机加上通用或专用的大规模集成电路制成的, 数控机床的主要功能几乎全部由系统软件来实现, 修改或增减系统功能时, 不需要变动硬件电路, 只需要改变系统软件。因此, 它具有较高的灵活性。

第二节 数控铣床基础知识

一、数控铣床的分类

1. 布置形式及布局特点

按机床主轴的布置形式及机床的布局特点分类, 可分为数控立式铣床、数控卧式铣床和数控龙门铣床等。

(1) 数控立式铣床 如图 1-4 所示, 数控立式铣床主轴与机床工作台面垂直, 工件装夹方便, 加工时便于观察, 但不便于排屑。一般采用固定式立柱结构, 工作台不升降。主轴箱做上下运动, 并通过立柱内的重锤平衡主轴箱的重量。为保证机床的刚性, 主轴中心线距立柱导轨面的距离不能太大, 因此, 这种结构主要用于中小尺寸的数控铣床。

(2) 数控卧式铣床 如图 1-5 所示, 数控卧式铣床的主轴与机床工作台面平行, 加工时不便于观察, 但排屑顺畅。一般配有数控回转工作台, 便于加工零件的不同侧面。单纯的数控卧式铣床现在已比较少, 而多是在配备自动换刀装置 (ATC) 后成为卧式加工中心。

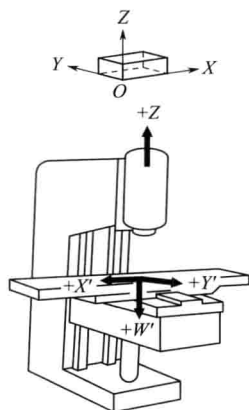


图 1-4 数控立式铣床

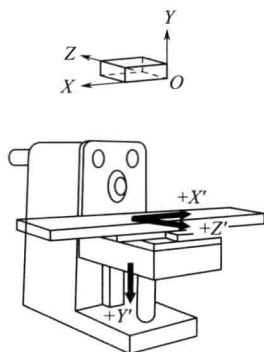
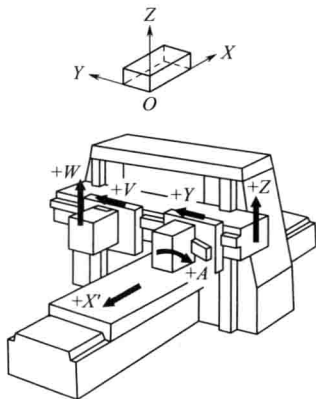
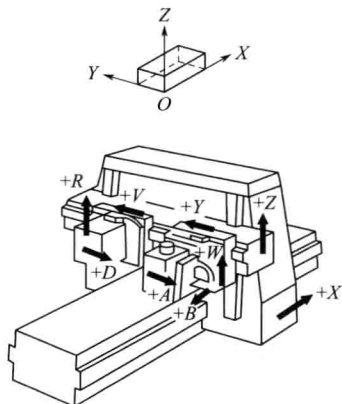


图 1-5 数控卧式铣床

(3) 数控龙门铣床 对于大尺寸的数控铣床，一般采用对称的双立柱结构，以保证机床的整体刚性和强度，这就是数控龙门铣床。数控龙门铣床有工作台移动式 and 龙门架移动式两种形式。它适用于加工飞机整体结构件零件、大型箱体零件和大型模具等，如图 1-6 所示。



(a) 工作台移动式



(b) 龙门架移动式

图 1-6 数控龙门铣床

2. 数控系统的功能

按数控系统的功能分类,数控铣床可分为经济型数控铣床、全功能数控铣床和高速铣削数控铣床等。

(1) 经济型数控铣床 经济型数控铣床一般采用经济型数控系统,如 SIEMENS 802S 等采用开环控制,可以实现三坐标联动。这种数控铣床成本较低,功能简单,加工精度不高,适用于一般复杂零件的加工。一般有工作台升降式和床身式两种类型。

(2) 全功能数控铣床 全功能数控铣床采用半闭环控制或闭环控制,其数控系统功能丰富,一般可以实现 4 坐标以上的联动,加工适应性强,应用最广泛。

(3) 高速铣削数控铣床 高速铣削是数控加工的一个发展方向,技术已经比较成熟,已逐渐得到广泛的应用。这种数控铣床采用全新的机床结构、功能部件和功能强大的数控系统,并配以加工性能优越的刀具系统,加工时主轴转速一般在 $8000 \sim 40000 \text{ r/min}$,切削进给速度可达 $10 \sim 30 \text{ m/min}$,可以对大面积的曲面进行高效率、高质量的加工。但目前这种机床价格昂贵,使用成本比较高。

二、数控铣床的主要功能

不同档次的数控铣床的功能有较大的差别,但都应具备以下主要功能。

1. 铣削加工

数控铣床一般应具有三坐标以上的联动功能,能够进行直线插补和圆弧插补,自动控制旋转的铣刀相对于工件运动进行铣削加工。坐标联动轴数越多,对工件的装夹要求就越低,加工工艺范围越大。

2. 孔及螺纹加工

可以采用孔加工刀具进行钻、扩、铰、镗、镗削等加工,也可以采用铣刀铣削不同尺寸的孔。在数控铣床上可以采用丝锥加工螺纹孔,也可以采用螺纹铣刀铣削内螺纹和外螺纹,这种方法比传统的丝锥加工效率要高很多。



3. 刀具半径自动补偿功能

使用这一功能，在编程时可以很方便地按工件实际轮廓形状和尺寸进行编程计算，而加工中可以使刀具中心自动偏离工件轮廓一个刀具半径，从而加工出符合要求的轮廓表面。也可以利用该功能，通过改变刀具半径补偿量的方法来弥补铣刀造成的尺寸精度误差，扩大刀具直径选用范围及刀具返修刃磨的允许误差。还可以利用改变刀具半径补偿值的方法，以同一加工程序实现分层铣削和粗、精加工或用于提高加工精度。此外，通过改变刀具半径补偿值的正负号，还可以用同一加工程序加工某些需要相互配合的工件（如相互配合的凹凸模等）。

4. 刀具长度补偿功能

利用该功能可以自动改变切削平面高度，同时可以降低在制造与返修时对刀具长度尺寸的精度要求，还可以弥补轴向对刀误差。

5. 固定循环功能

利用数控铣床对孔进行钻、扩、铰、镗和镗加工时，加工的基本动作是：刀具无切削快速到达孔位—慢速切削进给—快速退回。对于这种典型化动作，可以专门设计一段程序（子程序），在需要的时候进行调用来实现上述加工循环。特别是在加工许多相同的孔时，应用固定循环功能可以大大简化程序。利用数控铣床的连续轮廓控制功能时，也常常遇到一些典型化的动作，如铣整圆、方槽等，也可以实现循环加工。对于大小不等的同类几何形状（圆、矩形、三角形、平行四边形等），也可以用参数方式编制出加工各种几何形状的子程序，在加工中按需要调用，并对子程序中设定的参数随时赋值，就可以加工出大小不同或形状不同的工件轮廓及孔径、孔深不同的孔。目前，已有不少数控铣床的数控系统附带有各种已编好的子程序库，并可以进行多重嵌套，用户可以直接加以调用，编程就更加方便。

6. 镜像加工功能

镜像加工也称为轴对称加工。对于一个轴对称形状的工件来说，利用这一功能，只要编出一半形状的加工程序就可完成全部

加工。

7. 子程序功能

对于需要多次重复的加工动作或加工区域，可以将其编成子程序，在主程序需要的时候调用它，并且可以实现子程序的多级嵌套，以简化程序的编写。

8. 数据输入输出及 DNC 功能

数控铣床一般通过 RS232C 接口进行数据的输入及输出，包括加工程序和机床参数等，可以在机床与机床之间、机床与计算机之间进行。

数控铣床按照标准配置提供的程序存储空间一般都比较小，尤其是中低档的数控铣床，大概在几十至几百千字节之间。当加工程序超过存储空间时，就应当采用 DNC 加工，即外部计算机直接控制数控铣床进行加工，这在加工曲面时经常遇到。否则，只有将程序分成几部分分别执行，这种方法既操作繁琐，又影响生产效率。

9. 数据采集功能

数控铣床在配置了数据采集系统后，就可以通过传感器（通常为电磁感应式、红外线或激光扫描式）对工件或实物（样板、样件、模型等）进行测量和采集所需要的数据。对于仿形数控系统，还能对采集到的数据进行自动处理并生成数控加工程序，这为仿制与逆向设计制造工程提供了有效手段。

10. 自诊断功能

自诊断是数控系统在运转中的自我诊断。当数控系统一旦发生故障，借助系统的自诊断功能，往往可以迅速、准确地查明原因并确定故障部位。它是数控系统的一项重要功能，对数控机床的维修具有重要的作用。

三、数控铣床的组成

数控铣床形式多样，不同类型的数控铣床在组成上虽有所差别，但却有许多相似之处。下面以 XK5040A 型数控立式升降台铣床为例介绍其组成情况。

XK5040A 型数控立式升降台铣床配有 FANUC-3MA 数控系统，采用全数字交流伺服驱动。图 1-7 为 XK5040A 型数控铣床的结构布局。

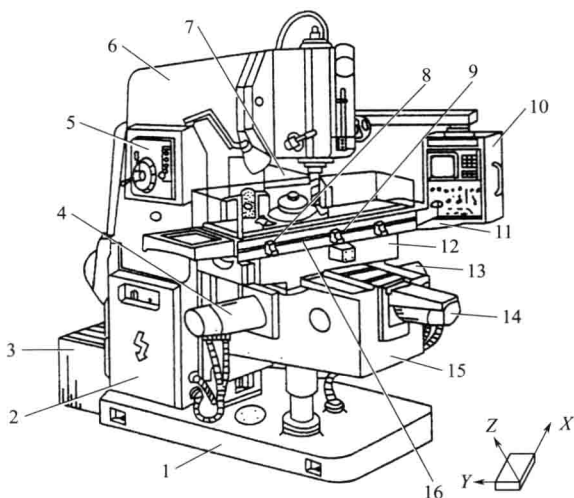


图 1-7 XK5040A 型数控铣床的布局图

- 1—底座；2—强电柜；3—变压器箱；4—垂直升降（Z 轴）进给伺服电动机；
5—主轴变速手柄和按钮板；6—床身；7—数控柜；8,11—保护开关
（控制纵向行程限位）；9—挡铁（用于纵向参考点设定）；10—操纵台；
12—横向溜板；13—纵向（X 轴）进给伺服电动机；14—横向（Y 轴）
进给伺服电动机；15—升降台；16—纵向工作台

该机床由 6 个主要部分组成，即床身部分、铣头部分、工作台部分、横向进给部分、升降台部分、冷却和润滑部分。

1. 床身部分

床身内部布局合理，具有良好的刚性，底座上设有 4 个调节螺栓，便于机床进行水平调整，切削液储液池设在机床座内部。

2. 铣头部分

铣头部分由有级（或无级）变速箱和铣头两个部件组成。

铣头主轴支承在高精度轴承上，保证主轴具有高回转精度和良好的刚性；主轴装有快速换刀螺母，前端锥孔采用 ISO50 # 锥度；主