

★★★ 21世纪中职教育创新教材

zhongdengzhiyejiaoyu

数控铣削加工教程

SHUKONG XIXIAO JIAGONG JIAOCHENG

主编 张彪元

兰州大学出版社



主 编 张彪元

参 编 刘 鹏 梁开玺 辛志伟 雷 晋
牛新成 张红梅 杨亚慧 刘文平

兰州大学出版社

SHUKONG XIXIAO JIAGONG JIAOCHENG

数控铣削加工教程



图书在版编目(CIP)数据

数控铣削加工教程 / 张彪元主编. —兰州: 兰州
大学出版社, 2013. 11
ISBN 978-7-311-04297-4

I. ①数… II. ①张… III. ①数控机床—铣削—中等
专业学校—教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 285793 号

策划编辑 梁建萍
责任编辑 张 萍
封面设计 张友乾

书 名 数控铣削加工教程
作 者 张彪元 主编
出版发行 兰州大学出版社 (地址: 兰州市天水南路 222 号 730000)
电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)
0931-8914298(读者服务部)
网 址 <http://www.onbook.com.cn>
电子信箱 press@lzu.edu.cn
印 刷 兰州万易印务有限责任公司
开 本 787 mm × 1092 mm 1/16
印 张 13.25
字 数 310 千
版 次 2014 年 1 月第 1 版
印 次 2014 年 1 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-311-04297-4
定 价 26.00 元

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

前 言

数控铣床的出现,使得机械加工精度和效率得到了极大的提高。数控铣床特别适合于普通铣床无法铣削的复杂型面零件,尤其是模具加工。随着国内数控铣床使用量的剧增,急需培养一批能熟练掌握数控铣床编程和操作的应用型技术人才。

本书根据中等职业学校数控技术应用专业的特点和相关职业标准及规范编写,以项目为载体,是按照实训教学过程展开教学的项目驱动式实训教材。教材从数控铣床基本结构认识到数控铣床典型零件加工共计三十五个项目,阐述了数控铣削类典型零件从图样到产品全部工作过程所需的知识、技能及职业素质要求。每个项目按照知识目标和技能目标,知识链接,项目分析,项目实施,项目评价,工、量、刃具清单,项目作业等模块设计,有效地将数控铣削所涉及的理论知识点融入各项目任务操作过程中,真正做到了理实一体化。

本书的主要特色是改变了传统教材的知识组织构架,采用了更适宜中等职业学校技能培养的知识组织架构形式,力求简明实用。本书包括三十五个大的项目串接所要掌握的知识,内容由浅入深,循序渐进。全书围绕数控铣床的操作、典型零件的铣削加工工艺开展教学,以实际零件的铣削加工过程为主线,通过典型零件工艺分析和加工过程,达到理论与生产实际相结合、技能训练与职业岗位相结合的目的,体现了职业教育工学结合的特色。

本书可作为数控技术专业领域的培训教材,适用于中职学校机械制造、数控、模具、计算机辅助制造、机电一体化等专业,也可作为应用型本科、高职院校、成人教育、函授学院、岗位培训班的教材,以及机械行业企业技术人员的参考书。

本书由甘肃省张掖市职业中专张彪元主编,刘鹏、梁开玺、辛志伟、雷晋、牛新成、张红

梅、杨亚慧、刘文平参编,张掖市职业中专副校长郭雪林主审。在此书的编写过程中还得到了相关部门领导的关心和大力支持,在此一并致谢。

本书编写时虽力求严谨完善,但由于时间仓促和编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,在此恳请读者不吝指教,以便改进。

编 者

2013 年 6 月

目
录

上篇 数控铣床基本知识

项目一 认识数控铣床 1

项目二 数控铣床坐标系的建立 5

项目三 华中数控系统编程基础 8

项目四 数控铣削刀具 13

项目五 数控铣削常用夹具 21

项目六 数控铣削常用量具 25

项目七 数控加工工艺文件 34

中篇 数控铣削中级部分

项目八 数控铣床的基本操作技术 37

项目九 数控铣床的对刀 42

项目十 十字槽板的铣削编程与加工 47

项目十一 平面的铣削编程与加工 53

项目十二 方台的铣削编程与加工 59

项目十三 圆台的铣削编程与加工 63

项目十四 刀具半径补偿应用 70

项目十五	十字槽底板铣削编程与加工	75
项目十六	矩形端盖板铣削编程与加工	80
项目十七	圆弧连接板铣削编程与加工	88
项目十八	镜像凸模板铣削编程与加工	92
项目十九	型腔槽板铣削编程与加工	97
项目二十	槽轮板铣削编程与加工	102
项目二十一	腰形槽板铣削编程与加工	107
项目二十二	凹凸模配合件铣削编程与加工	112
项目二十三	中篇综合训练图集	117

下篇 数控铣削高级部分

项目二十四	华中数控系统宏程序编程基础	122
项目二十五	宏程序应用——小线段逼近整圆	128
项目二十六	宏程序应用——小线段逼近椭圆	133
项目二十七	宏程序应用——凸半球铣削编程与加工	139
项目二十八	宏程序应用——凹半球铣削编程与加工	144
项目二十九	宏程序应用——圆柱面圆角及倒角	148
项目三十	宏程序应用——椭圆台倒角	156
项目三十一	薄壁类零件铣削编程与加工	163
项目三十二	正反面类零件铣削编程与加工	167
项目三十三	配合件的铣削编程与加工(一)	171
项目三十四	配合件的铣削编程与加工(二)	176
项目三十五	下篇综合训练图集	181

附 件

数控铣床安全操作规程	192
数控铣工国家职业标准	194

上篇 数控铣床基本知识

项目一 认识数控铣床

知识目标:了解数控铣床的种类及结构特点。

技能目标:熟悉数控铣床(山东鲁南 XK7132)的结构特点。

一、数控铣床的种类

(一)按数控系统的功能分类

1.经济型数控铣床

一般采用经济型数控系统,进给采用步进电动机,是开环位置控制。这种铣床成本低,功能简单,加工精度不高,适合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

使用全功能数控系统,采用半闭环或全闭环位置控制,数控系统功能丰富,一般可以实现四坐标以上的联动,加工适用性强,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。这类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为 $8000\sim 100000\text{ r/min}$,切削进给速度为 $10\sim 30\text{ m/min}$,可以对大面积的曲面进行高效率、高质量的加工,但这种机床价格昂贵,使用成本较高。

(二)按机床主轴的布置形式及机床的布局特点分类

1.立式数控铣床(图 1-1a)

立式数控铣床是数控铣床中数量最多的一种,应用范围最广。小型数控铣床 X 、 Y 、 Z 方向的移动一般都由工作台完成。主运动由主轴完成,与普通立式升降台铣床相似。中型数控立式铣床的纵向和横向移动一般由工作台完成,且工作台还可以手动升降主轴,除完成主运动外,还能沿垂直方向伸缩。

2.卧式数控铣床(图 1-1b)

卧式数控铣床与通用卧式铣床相同,其主轴轴线平行于水平面。为了扩大加工范围和扩充功能,卧式数控铣床通常采用增加数控转盘或万能转盘来实现四坐标和五坐标加工,这样不但工件侧面上的连续回转轮廓可以加工出来,而且可以实现一次装夹,通过转盘改变工位,进行“四面体加工”。尤其是万能数控转盘可以把工件上各种不同的角度或空间角度的加工面摆成水平加工,这样可以省去很多专用夹具或专用角度的成型铣刀。对于箱体类零件或需要在一次装夹中改变工位的零件来说,选择带数控转盘的卧式数控铣床进行加工是非常合适的。

由于卧式数控铣床在增加了数控转盘后很容易做到对加工零件进行“四面加工”,在许多方面胜过带数控转盘的立式数控铣床,所以目前已得到很多用户的重视。

3.立卧两用数控铣床(图 1-1c)

目前,这类铣床正逐步增加。由于这类铣床的主轴方向可以更换,能达到在一台铣床上既可以进行立式加工,又可以进行卧式加工,使其应用范围更广,功能更全,选择加工对象的余地更大,给用户带来了很大的便利。尤其是当生产批量小、品种多,又需要立、卧两种方式加工时,用户只需要购买一台这样的机床就可以了。



图 1-1 数控铣床

(三)按数控铣床的构造分类

1.工作台升降式数控铣床

这类数控铣床采用工作台移动、升降,而主轴不动的方式。小型数控铣床一般采用此种方式。

2. 主轴头升降式数控铣床

这类数控铣床采用工作台纵向和横向移动,且主轴沿垂向溜板上下运动。主轴头升降式数控铣床在精度保持、承载重量、系统构成等方面具有很多优点,已成为数控铣床的主流。

3. 龙门式数控铣床

这类数控铣床主轴可以在龙门架的横向与垂向溜板上运动,而龙门架则沿床身做纵向运动。大型数控铣床,因要考虑扩大行程、缩小占地面积及刚性等技术上的问题,往往采用龙门架移动式。

(四) 其他分类方式

数控铣床除按上述方式分类外,也可按控制轴数分为 2.5 轴、3 轴、4 轴等,还可按伺服系统控制方式分为开环控制型、半闭环控制型及闭环控制型。

二、数控铣床的结构及特点

(一) 数控铣床的结构

数控铣床的机械结构,除铣床基础部件外,由下列各部分组成:(1)主传动系统;(2)进给系统;(3)实现工件回转、定位的装置和附件;(4)实现某些部件动作和辅助功能的系统和装置,如液压、气动、润滑、冷却等系统和排屑、防护等装置。铣床基础件称为铣床大件,通常是指床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台等,它是整台铣床的基础和框架。铣床的其他零部件,或者固定在基础件上,或者工作时在它的导轨上运动。其他机械结构的组成则按铣床的功能需要选用。

1. 数控铣床(山东鲁南 XK7132)的组成部分(图 1-2)

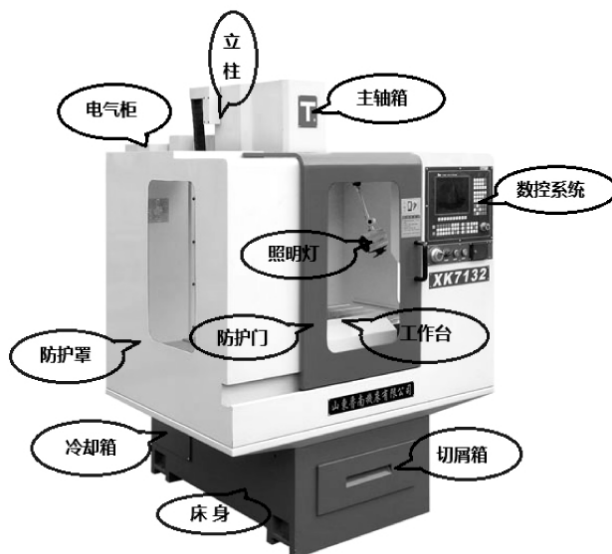


图 1-2 数控铣床(山东鲁南 XK7132)组成部分

2. 数控铣床(山东鲁南 XK7132)的基本参数

系统配置:华中世纪星。

工作台面积(mm):320×800。

行程(X-Y-Z)(mm):500×320×350。

主轴锥孔:BT30。

主功率(kW):2.2。

主轴变速系统转速(r/min):1~3000(6000)变频。

机床结构:气动(手动)松拉刀、直线导轨、自润(手动润滑)。

机床重量(t):1.3。

备注:全防护、自制主轴。

(二)数控铣床的特点

数控铣床加工除了具有普通铣床加工的特点外,还有如下特点:

(1)零件加工的适应性强、灵活性好,能加工轮廓形状特别复杂或难以控制尺寸的零件,如模具类零件、壳体类零件等。

(2)能加工普通机床无法加工或很难加工的零件,如用数学模型描述的复杂曲线零件以及三维空间曲面类零件。

(3)能加工一次装夹定位后,需进行多道工序加工的零件。

(4)加工精度高,加工质量稳定可靠。

(5)生产自动化程度高,可以减轻操作者的劳动强度,有利于生产管理自动化。

(6)生产效率高。

(7)从切削原理上讲,无论是端铣或是周铣都属于断续切削方式,而不像车削那样连续切削,因此对刀具的要求较高,具有良好的抗冲击性、韧性和耐磨性,在干式切削状况下,还要求有良好的红硬性。

项目二 数控铣床坐标系的建立

知识目标:熟悉数控铣床坐标系的确定规则。

技能目标:理解各类数控铣床坐标系的确定方法。

一、数控机床坐标系的确定依据

(一)数控机床坐标系的定义

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,这个坐标系就叫机床坐标系,也叫标准坐标系。

(二)数控机床坐标轴的命名

为了简化编程,保证数据的互换性,国际标准化组织(ISO)对数控机床的坐标和运动方向的命名制定了统一标准(ISO 841:1974),我国也制定了《数控机床的坐标和运动方向的命名》标准(JB 3051—1982)。标准规定,采用右手直角笛卡儿坐标系对机床的坐标系进行命名。用 X 、 Y 、 Z 表示直线进给坐标轴, X 、 Y 、 Z 坐标轴的相互关系由右手法则确定,围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A 、 B 、 C 表示,根据右手螺旋定则确定,如图2-1所示。

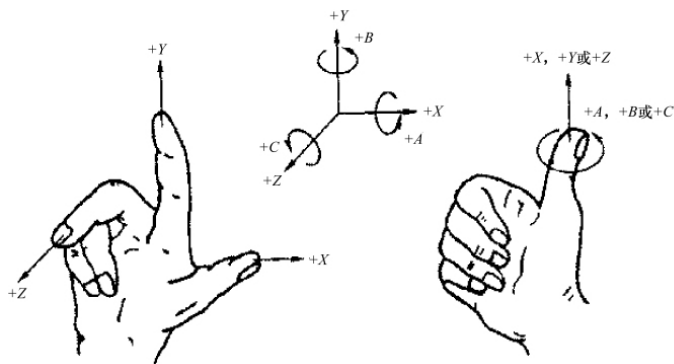


图 2-1 机床坐标系

二、数控铣床的坐标系

(一)数控铣床坐标轴的命名

坐标系中各个坐标轴与机床的主要轨道相平行。

在加工过程中不论是刀具移动,还是被加工工件移动,都一律假定被加工工件静止不动,而刀具在移动,并规定刀具远离工件的运动方向为坐标轴的正方向。

如果刀具看作是相对静止不动的,工件在移动,那么在坐标轴的字母上加“'”,如 X' 、 Y' 、 Z' 等。

(二) 数控铣床坐标轴的确定

确定数控铣床坐标轴时,一般先确定 Z 轴,再确定 X 轴和 Y 轴,如图 2-2。

Z 轴:一般选取产生切削力的轴线作为 Z 轴。

X 轴: X 轴位于与工件装夹面相平行的水平面内。

Y 轴: Y 轴方向根据已选定的 Z 、 X 轴按右手直角笛卡儿坐标系来确定。

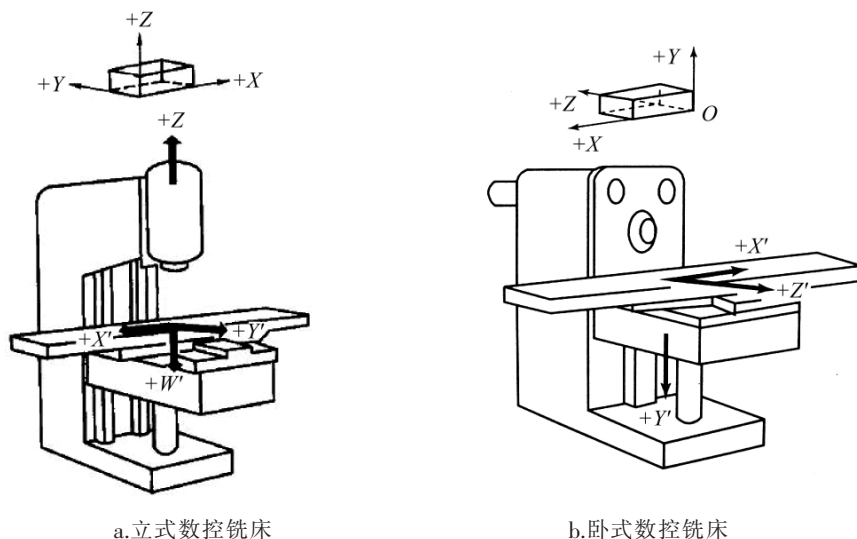


图 2-2 数控铣床坐标系

三、数控机床坐标系上的常用概念

(一) 轴

机床的部件可以沿其做直线移动或回转运动的基准方向。

(二) 机床坐标系

机床固有的坐标系,机床坐标系的原点称为机床原点或机床零点。在机床经过设计、制造和调整,这个原点便被确定下来,它是固定的点。

(三) 机床零点

数控装置上电时并不知道机床零点,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),机床启动后,通常要进行机动或手动回参考点,以建立机床坐标系。

(四) 机床参考点

机床参考点可以与机床零点重合,也可以不重合,通过参数指定机床参考点到机床零点的距离。机床回到了参考点位置,也就知道了该坐标轴的零点位置,找到所有坐标轴的参考点,数控机床就建立起了机床坐标系。

(五)工件坐标系

固定于工件上的笛卡儿坐标系。

(六)工件坐标系原点

为了方便编程,通常选择工件上的某一已知点为工件原点,再建立一个新的坐标系,称为工件坐标系。工件原点是人为设置的,一般选在设计基准或定位基准上,如工件的对称中心等。

(七)编程坐标系

编程坐标系是在分析图样的基础上,制订加工方案后,为方便计算而设定的坐标系,应满足编程简单、尺寸换算少、引起的加工误差小等要求。编程坐标系是编程时使用的坐标系。工件坐标系是机床进行加工时使用的坐标系,应该与编程坐标系一致。能否让编程坐标系与工件坐标系一致,是操作数控机床的关键,通常通过对刀操作等方式,将编程坐标系转换成工件坐标系。

项目三 华中数控系统编程基础

- 知识目标:熟悉华中数控系统编程的基本格式。
- 技能目标:1.学会华中数控系统编程的书写格式;
- 2.了解华中数控的指令系统及意义。

一、指令字的格式

一个指令字是由地址符(指令字符)和带符号(如定义尺寸的字)或不带符号(如准备功能字 G 代码)的数字数据组成的。

程序段中不同的指令字符及其后续数值确定了每个指令字的含义。在数控程序段中包含的主要指令字符如表 3-1 所示。

表 3-1 HNC-21M/22M 指令字符

机 能	地 址	意 义
零件程序号	%(O)	程序编号:%0001~%9999
程序段号	N	程序段编号:N0~N4294967295
准备机能	G	指令动作方式(直线、圆弧等) G00~99
尺寸字	XYZ、ABC、UVW	坐标轴的移动命令
	R	圆弧的半径,固定循环的参数
	I、J、K	圆心相对于起点的坐标,固定循环的参数
进给速度	F	进给速度的指定 F0~F36000
主轴机能	S	主轴旋转速度的指定
刀具机能	T	刀具编号的指定 T00~T99
辅助机能	M	机床主轴、切削液等的开/关控制指定
补偿号	D、H	刀具补偿号的指定(00~99)
暂停	P、X	暂停时间的指定
程序号的指定	P	子程序号的指定
重复次数	L	子程序或固定循环的重复次数
参数	R、P、F、Q、I、J、K	固定循环参数

一个零件程序是一组被传送到数控装置中去的指令和数据。

一个零件程序是由遵循一定结构、句法和格式规则的若干个程序段组成的,而每个程序段是由若干个指令字组成的。如图 3-1 所示。

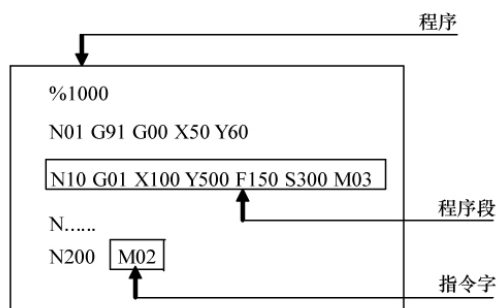


图 3-1 程序的结构

二、程序段的格式

一个程序段定义一个将由数控装置执行的指令行。

程序段的格式定义了每个程序段中功能字的句法,如图 3-2 所示。

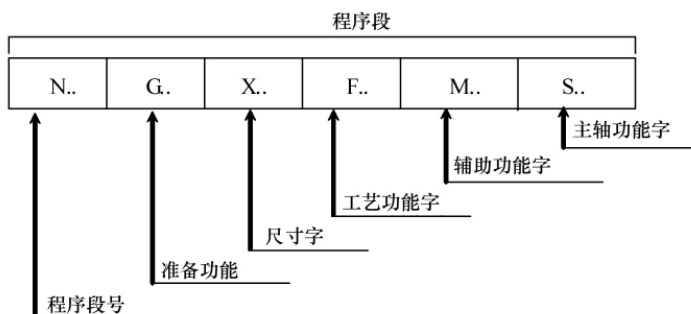


图 3-2 程序段格式

三、程序的一般结构

一个零件程序必须包括起始符和结束符。

一个零件程序是按程序段的输入顺序执行的,而不是按程序段号的顺序执行的,但书写程序时,建议按升序书写程序段号。

华中世纪星数控装置 HNC-21M 的程序结构:

程序起始符:%(或 O)符,%(或 O)后跟程序号;

程序结束:M02 或 M30;

注释符:括号“()”内或分号“;”后的内容为注释文字。

四、程序的文件名

每个程序都必须有一个程序文件名。数控装置可以装入许多程序文件,以磁盘文件的方式读写。

程序文件名格式为:Oxxxx(地址 O 后面有四位数字或字母)。主程序和子程序必须写在同一个文件名下。系统通过调用文件名来调用程序进行加工或编程。

五、HNC-21M/22M 数控系统的编程指令体系

(一)辅助功能 M 代码

辅助功能代码由地址字 M 和其后的两位数字组成,主要用于控制零件程序的走向以及机床各种辅助功能的开关动作。在同一程序段中可以有一个 M 指令,但不能同时出现多个 M 指令,否则将执行最后出现的 M 指令。

M 功能有非模态 M 功能和模态 M 功能两种形式:

- (1)非模态 M 功能(当段有效代码):只在书写了该代码的程序段中有效。
- (2)模态 M 功能(续效代码):一直有效,直到被同一组的其他功能注销为止。

模态 M 功能组中包含一个缺省功能,用“☆”标记,系统上电时将被初始化为该功能。华中世纪星 HNC-21M/22M 辅助功能 M 指令见表 3-2。

表 3-2 辅助功能 M 代码及功能

代码	分类	功能	代码	分类	功能
M00	非模态	程序暂停	M07	模态	切削液打开
M01	非模态	程序选择暂停	M08	模态	切削液打开
M02	非模态	程序结束	☆M09	模态	切削液关闭
M03	模态	主轴正转	M30	非模态	程序结束并返回起始行
M04	模态	主轴反转	M98	非模态	调用子程序
☆M05	模态	主轴停止	M99	非模态	子程序结束返回主程序

注:子程序调用 M98 及子程序返回 M99;M98 用来调用子程序;M99 表示子程序结束,执行 M99 使控制返回到主程序。

1.子程序的格式

```
%****
.....
M99
```

在子程序开头必须规定子程序号,以作为调用入口地址。在子程序的结尾用 M99,以控制执行完该子程序后返回主程序。