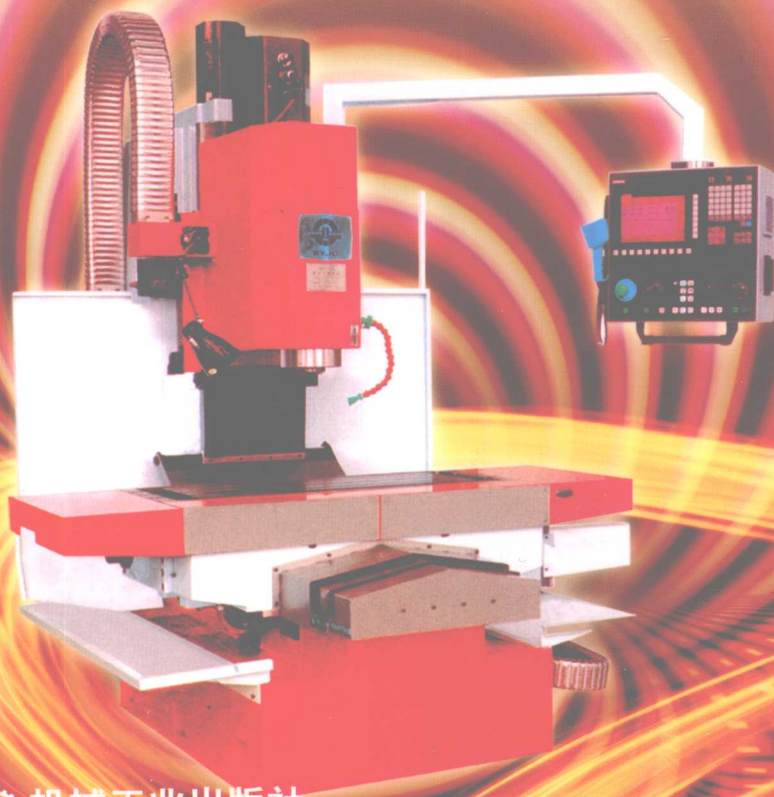


中等职业教育“十一五”规划教材

数控机床及应用

于万成 ★ 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

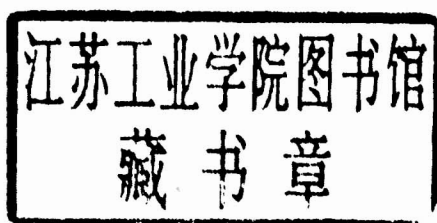
中等职业教育“十一五”规划教材

数控机床及应用

主 编 于万成

副主编 王桂莲

参 编 王 钰 陆国玉 罗建新



机械工业出版社

本书以培养技能型人才为目标,从应用的角度介绍了数控机床的结构特点及应用。全书分为7章,包括数控机床概述、典型数控系统介绍、数控车床的机械结构、数控铣床与加工中心的机械结构、数控电火花成形加工机床和线切割机床、数控机床编程基础、数控机床的维护与故障处理。

本书可作为中等职业学校数控技术应用、机电技术应用和机械制造及控制等专业的教学用书,也可作为技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床及应用/于万成主编. —北京:机械工业出版社,2008.5

中等职业教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-111-24045-7

I. 数… II. 于… III. 数控机床—专业学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 061207 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:崔占军 王海峰

责任编辑:游焱兵 版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:王奕文 责任印制:杨 曦

北京机工印刷厂印刷(兴文装订厂装订)

2008 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 10.25 印张 · 250 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-24045-7

定价:17.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着微电子技术、计算机技术、自动控制技术的发展,数控技术得到了广泛应用。数控机床的使用给传统制造业的生产方式、产品结构、产业结构带来深刻的变化,也给传统的机电类专业人才的培养带来新的挑战。为了更好地适应职业学校教学的需要,满足市场需求,编者总结了多年的教学实践经验编写了本书。

本书充分体现了“以能力为本位”的指导思想,重视培养和提高学生分析问题和解决问题的能力,强调理论知识与生产实际、技术应用的密切联系。

本书主要介绍了数控机床的基本特点、典型的数控系统、数控车床的机械结构、数控铣床与加工中心的机械结构、数控电火花成形加工机床和线切割机床的结构与特点。同时,针对数控机床的应用介绍了数控机床编程方法和数控机床的维护与故障处理。

本书共有7章,由于万成和王桂莲老师统稿。其中,第1章由山东省轻工工程学校王钰老师编写,第2、3、4章由山东省轻工工程学校于万成老师编写,第5章由青岛工贸学校陆国玉老师编写、第6章由广东佛山南海信息技术学校罗建新老师编写,第7章由山东省轻工工程学校王桂莲老师编写。

由于作者的水平和经验有限,书中难免有欠妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 数控机床概述	1
1.1 数控机床的组成与特点	1
1.1.1 数控车床的组成与特点	1
1.1.2 数控铣床的组成与特点	2
1.1.3 加工中心的组成与特点	4
1.1.4 数控电火花线切割机床的组成与特点	5
1.1.5 数控电火花成形机床的组成与特点	6
思考与练习题	7
1.2 数控机床的加工工作原理	8
1.2.1 读零件图	8
1.2.2 数学处理	8
1.2.3 数控编程	8
1.2.4 程序输入	8
1.2.5 译码	8
1.2.6 数据处理	9
1.2.7 插补	9
1.2.8 伺服控制与加工	9
思考与练习题	9
1.3 数控机床的分类	9
1.3.1 按工艺用途划分	9
1.3.2 按控制系统的特点划分	10
1.3.3 按伺服系统的类型划分	10
思考与练习题	12
1.4 数控机床的特点和应用	12
1.4.1 数控机床的特点	12
1.4.2 数控机床的应用范围	13
思考与练习题	14
1.5 数控机床的发展	14
1.5.1 高速、高精度化	14
1.5.2 高可靠性	14
1.5.3 数控系统的智能化	15
1.5.4 网络化	15
1.5.5 柔性制造系统	16
1.5.6 计算机集成制造系统	16

1.5.7 开放性数控系统	17
思考与练习题	18
第2章 典型数控系统介绍	19
2.1 数控系统(CNC)概述	19
2.1.1 数控系统的基本组成	19
2.1.2 数控装置的软件组成	21
2.1.3 数控装置的硬件组成	22
思考与练习题	24
2.2 FANUC 数控系统	24
2.2.1 FANUC 数控系统的主要特点	24
2.2.2 FANUC 公司的主要数控系统	24
2.2.3 FANUC 数控系统的主要系列产品介绍	25
思考与练习题	28
2.3 SIEMENS 数控系统	28
2.3.1 SIEMENS 数控系统的主要特点	28
2.3.2 SIEMENS 数控系统的主要系列产品介绍	29
思考与练习题	30
2.4 HNC 数控系统	30
2.4.1 HNC-21/22 数控系统的特点	30
2.4.2 HNC-21/22 数控系统的介绍	32
思考与练习题	36
2.5 数控机床的伺服系统	36
2.5.1 数控机床对伺服系统的要求、组成与分类	36
2.5.2 数控机床检测装置	38
2.5.3 步进电动机	45
2.5.4 交流伺服电动机	47
2.5.5 直线电动机	49
思考与练习题	50
第3章 数控车床的机械结构	51
3.1 数控车床的机械结构特点及组成	51
3.1.1 数控车床机械结构的特点	51
3.1.2 数控车床机械结构的组成	51
思考与练习题	52
3.2 数控车床主轴系统及其传动方式	52

3.2.1 数控车床主轴系统的结构形式	52	思考与练习题	87
3.2.2 数控车床主轴的支承与润滑	53	4.4 数控铣床与加工中心的其他装置	87
3.2.3 CK6136 数控卧式车床的主轴箱 结构	54	4.4.1 加工中心的自动换刀装置	87
思考与练习题	56	4.4.2 对刀装置	91
3.3 数控车床进给系统的机械传动	57	4.4.3 数控铣床和加工中心常用的 夹具	93
3.3.1 数控车床对进给系统的性能 要求	57	思考与练习题	95
3.3.2 数控车床进给系统的传动方式和 传动元件	57	4.5 数控铣床与加工中心的主要技术规格 参数	95
思考与练习题	60	4.5.1 立式数控铣床的主要技术规格 参数	95
3.4 数控车床的辅助装置	60	4.5.2 立式加工中心的主要技术规格 参数	96
3.4.1 自动换刀装置	60	思考与练习题	97
3.4.2 润滑系统	64	第 5 章 数控电火花成形加工机床和 线切割机床	98
3.4.3 排屑系统	65	5.1 数控电火花成形加工概述	98
思考与练习题	66	5.1.1 电火花加工的原理	98
3.5 数控车床的主要技术参数	66	5.1.2 电火花加工的特点	99
3.5.1 普通数控车床的主要技术参数	66	5.1.3 电火花加工的应用	99
3.5.2 数控车削中心的主要技术参数	67	思考与练习题	99
思考与练习题	68	5.2 数控电火花成形加工机床的结构	99
第 4 章 数控铣床与加工中心的机械 结构	69	5.2.1 机床主体	100
4.1 数控铣床与加工中心的主传动系统与 结构	69	5.2.2 脉冲电源	100
4.1.1 数控铣床加工对主传动系统的 要求	69	5.2.3 自动进给调节系统	101
4.1.2 数控铣床主传动系统的传动 方式	70	5.2.4 工作液净化及循环系统	102
4.1.3 数控铣床主传动系统的结构	72	思考与练习题	102
思考与练习题	74	5.3 数控电火花成形加工工艺	102
4.2 数控铣床与加工中心的进给传动 系统与结构	74	5.3.1 冲模的电火花加工工艺方法	103
4.2.1 数控机床对进给传动系统的 要求	74	5.3.2 工具电极	103
4.2.2 进给伺服系统	75	5.3.3 工件的准备	104
4.2.3 滚珠丝杠螺母副	76	5.3.4 电规准的选择及转换	104
4.2.4 静压丝杠螺母副	80	思考与练习题	104
4.2.5 数控机床的导轨	80	5.4 数控电火花成形机床的主要技术 规格参数	104
思考与练习题	82	思考与练习题	105
4.3 数控铣床工作台	82	5.5 数控电火花线切割机床	105
4.3.1 数控铣床工作台的纵向传动 机构	82	5.5.1 数控电火花线切割机床的分类	105
4.3.2 数控回转工作台	83	5.5.2 数控电火花线切割机床的加工 工作原理	106
		5.5.3 数控线切割加工的特点	107
		5.5.4 数控线切割加工的应用	107
		思考与练习题	108

5.6 数控电火花线切割机床的结构	108	6.5 常用数控编程 G 指令	126
5.6.1 数控电火花线切割机床的组成 ..	108	6.5.1 数控车床的基本编程指令	126
5.6.2 数控电火花线切割机床的工 作台	109	6.5.2 数控铣床和加工中心的基本编 程指令	127
5.6.3 数控电火花线切割机床的走 丝机构	109	思考与练习题	130
思考与练习题	110	第 7 章 数控机床的维护与故障处理	
5.7 数控电火花线切割机床的主要技术 规格参数	110	的方法	131
思考与练习题	111	7.1 数控机床的安装与调试	131
第 6 章 数控机床编程基础	112	7.1.1 数控机床安装前的准备	131
6.1 数控加工工艺	112	7.1.2 数控机床的安装步骤	132
6.1.1 数控车削加工工艺	112	7.1.3 数控机床的调试	134
6.1.2 数控铣削加工工艺	117	7.1.4 数控机床精度和功能的调试	135
思考与练习题	121	思考与练习题	136
6.2 程序编制的内容与方法	121	7.2 数控机床的验收	136
6.2.1 编程的内容与步骤	121	7.2.1 数控机床验收的依据	136
6.2.2 编程的方法	122	7.2.2 数控机床的精度检验	136
思考与练习题	123	思考与练习题	147
6.3 数控机床的坐标系	123	7.3 数控机床的安全操作与维护	147
6.3.1 机床坐标系	123	7.3.1 数控车床的安全操作与维护	147
6.3.2 工件坐标系	123	7.3.2 数控铣床和加工中心的维护	149
思考与练习题	124	思考与练习题	151
6.4 数控加工程序的结构与格式	124	7.4 数控机床故障诊断方法	151
6.4.1 程序的结构	124	7.4.1 数控机床常见的故障分类	151
6.4.2 程序段格式	125	7.4.2 数控机床常见故障的处理方法 ..	153
思考与练习题	126	思考与练习题	155
		参考文献	156

第 1 章 数控机床概述

本章主要内容为数控机床的组成、数控机床的加工工作原理、数控机床的分类、特点和应用、数控机床的发展等。通过学习之后应达到以下要求：

【知识目标】 掌握数控机床的组成、分类和应用，了解数控机床工作原理和发展方向；

【能力目标】 正确区分各种数控机床，并能够根据要加工零件的形状合理选择数控机床的类型。

1.1 数控机床的组成与特点

数控技术常称为数控（Numerical Control，简称 NC），它是应用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法。由于现代数控技术采用以计算机为核心的数控系统对机械运动及加工过程进行控制，因此，也可以称其为计算机数控（Computerized Numerical Control，简称 CNC）。采用数控技术进行控制的机床，称为数控机床。

数控机床是一种采用计算机，利用数字信息进行控制的高效、能自动化加工的机床。它能够用机床规定的数字化代码，把各种机械位移量、工艺参数、辅助功能（如刀具交换、切削液开与关等）表示出来，经过数控系统的逻辑处理与运算，发出各种控制指令，实现要求的机械动作，自动完成零件加工任务。数控机床是一种灵活性很强、技术密集度及自动化程度很高的机电一体化加工设备。

数控机床种类很多，有钻铣镗床类、车削类、磨削类、电加工类、锻压类、激光加工类和其他特殊用途的专用数控机床等。

1.1.1 数控车床的组成与特点

数控车床是目前使用较广泛的一种数控机床。与卧式车床相比，数控车床是将编制好的加工程序输入到数控系统中。由数控系统通过车床 X、Z 坐标轴的伺服电动机控制车床进给运动部件的动作顺序、移动量和进给速度，再配以主轴的转速和转向，便能加工出各种形状的轴类或盘类回转体零件。

1. 数控车床的用途

数控车床的用途与卧式车床一样，主要是用来加工轴类或盘类的回转体零件。数控车床是通过程序控制来自动完成内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、端面 and 圆柱螺纹、锥螺纹、多线螺纹等的切削加工，并能进行切槽、切断、钻、扩和铰孔等工作。

数控车床相对于卧式车床而言，加工精度高、质量稳定、适应性强且自动化程度高，可大大提高劳动生产率，降低劳动强度，因此特别适合精度高、形状复杂、多品种中小批量零件的加工。

2. 数控车床的组成

数控车床一般是由车床主体、数控装置、伺服系统和辅助装置组成。总体说来，除部分

专门设计的全功能数控车床外, 数控车床的车床主体大多数虽经改进, 但仍基本保持了卧式车床的布局结构, 即由床身、主轴箱、进给传动系统、刀架、液压系统、冷却系统及润滑系统等部分组成。图 1-1 所示为数控车床的外形 (CAK6140V), 图 1-2 所示为数控车床外形的基本组成。该型号机床可配备 FANUC、SIEMENS、HNC-21T 等多种数控系统。全功能数控车床大都采用机、电、液、气一体化设计和布局, 采用全封闭或半封闭防护。

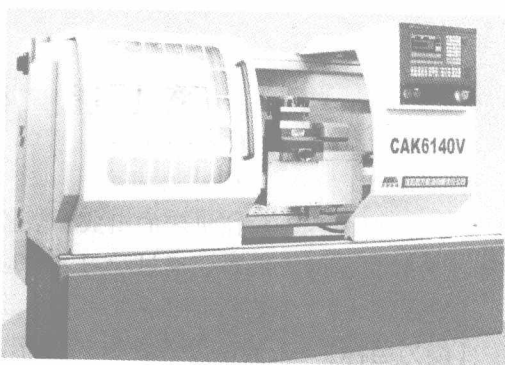


图 1-1 数控车床的外形

我国数控车床上常用的数控系统有日本 FANUC 公司的 0T、6T、0TC、0TD、160/180TC、0i-TB/TA、0i-Mate 等, 德国 SIEMENS 公司的 802S、802C、802D、810D、840D、840Di、840C 等, 以及美国 ACRAMATIC 数控系统、西班牙 FAGOR 数控系统, 国产的数控系统有华中、广数系统等。

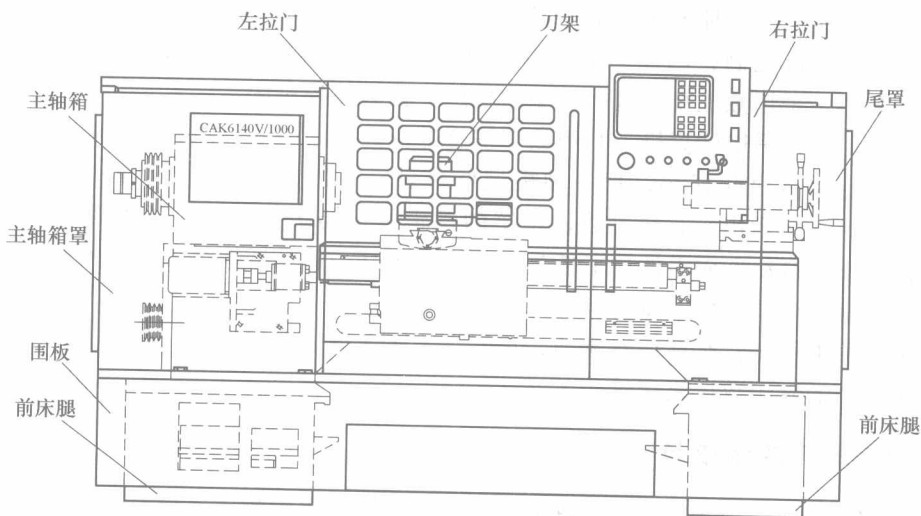


图 1-2 数控车床外形的基本组成

3. 数控车床结构的特点

数控车床本体结构的特点包括下面几个方面:

- 1) 采用高性能的主轴部件。具有传递功率大、刚度好、抗振性好及热变形小等优点。
- 2) 进给伺服传动采用高性能传动件, 具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点, 一般采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等。
- 3) 高档数控车床, 有较完善的刀具自动交换和管理系统。工件在车床上一次安装后, 能自动地完成或接近完成工件各面的加工。

1.1.2 数控铣床的组成与特点

数控铣床是由卧式铣床发展而来的一种数字控制机床, 其加工能力很强, 加工灵活, 通用性强。数控铣床的最大特点是高柔性, 即具有灵活、通用、万能性, 可以加工不同形状的

工件。

1. 数控铣床的用途

数控铣床能够铣削加工各种平面、斜面轮廓和立体轮廓零件，如各种形状复杂的凸轮、样板、模具、叶片、螺旋桨等。此外，配上相应的刀具数控铣床还可进行钻、扩、铰、镗、镗孔和攻螺纹等加工。

2. 数控铣床的组成

数控铣床的外形如图 1-3 所示，数控铣床的组成如图 1-4 所示。

(1) 铣床主体 铣床主体是数控铣床的机械部件，包括床身、主轴箱、铣头、工作台、进给机构等。

(2) 控制部分（CNC 装置） 控制部分是数控铣床的控制核心，实际上是一台机床专用计算机，由印制电路板、各种电器元件、监视器、键盘等组成。

(3) 驱动装置 驱动装置是数控铣床执行机构的驱动部件，包括主轴电动机、进给伺服电动机等。

(4) 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、冷却和润滑系统、排屑装置等。

3. 数控铣床机械的特点

数控铣床在结构上要比卧式铣床复杂得多，与其他数控机床（如数控车床）相比，数控铣床在结构上有下列特点：

(1) 数控铣床的运动特征 为了将工件中各种复杂的形状轮廓连续加工出来，必须控制刀具沿设定的直线、圆弧或空间的直线、圆弧轨迹运动。这就要求数控铣床的伺服系统能在多坐标方向同时协调动作并保持预定的相互关系，即要求机床能实现多坐标联动。因此，数控铣床所配置的数控系统在档次上一般都比其他数控机床

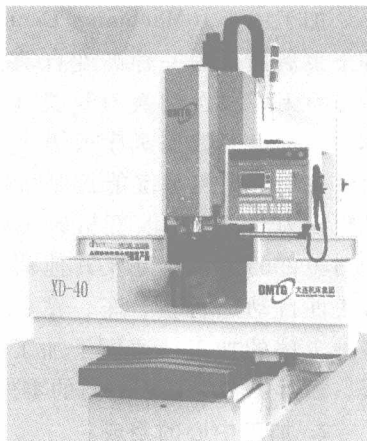


图 1-3 数控铣床的外形

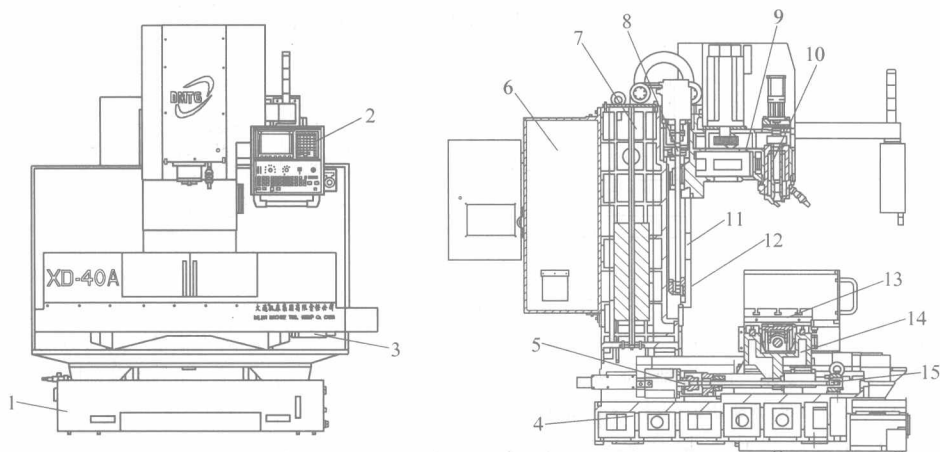


图 1-4 数控铣床的组成

- 1—冷却水箱 2—操纵台 3—X 向导轨防护 4—底座 5—Y 轴伺服驱动 6—气动与润滑
7—立柱 8—Z 轴伺服驱动 9—主轴箱 10—主轴总成 11—Y 向导轨防护 12—Z 向导轨防护
13—工作台 14—十字滑台 15—X 轴伺服驱动

更高一些。

(2) 数控铣床的主轴特性 在数控铣床的主轴套筒内一般都设有自动夹刀、退刀装置,能在数秒钟内完成装刀与卸刀,使换刀较为方便。此外,多坐标数控铣床的主轴还可以绕 X 轴、 Y 轴或 Z 轴摆动,扩大了主轴自身的运动范围,但主轴结构更加复杂。

1.1.3 加工中心的组成与特点

1. 加工中心的用途

加工中心 (Machining Center) 是在数控铣床的基础上发展而来的一种高度自动化的加工设备,它是一种带有刀库和自动换刀装置 (ATC) 的数控机床,又称为自动换刀数控机床或多工序数控机床。工件经一次装夹后,数控系统能控制机床按不同工序自动选择和更换刀具,自动改变机床主轴转速、进给量和刀具相对工件的运动轨迹及其他辅助功能,连续地对工件各表面自动进行铣、车、钻、扩、铰、镗、攻螺纹等多种工序的加工,适用于加工凸轮、箱体、支架、盖板、模具等各种复杂型面的零件。

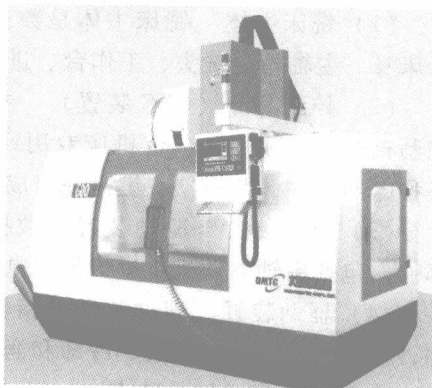


图 1-5 加工中心的外形

2. 加工中心的组成

加工中心的外形如图 1-5 所示,加工中心的组成如图 1-6 所示。

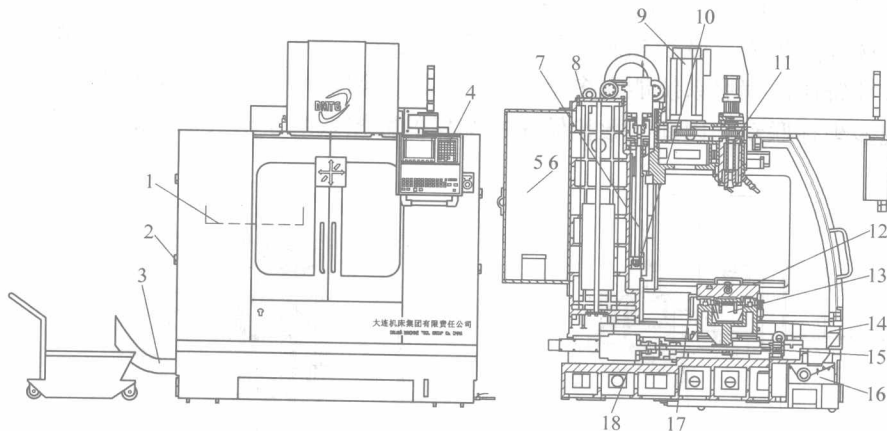


图 1-6 加工中心的组成

- 1—斗笠式刀库 2—整体防护 3—排屑装置 4—操作箱 5—电气柜 6—气动与润滑 7— Z 向防护罩
8—立柱 9—主轴 10— Z 轴伺服驱动 11—主轴箱 12—十字滑台与工作台 13— X 轴伺服驱动
14— Y 向导轨防护 15— Y 轴伺服驱动 16—水箱 17— X 向导轨防护 18—底座

加工中心有各种类型,虽然外形结构各异,但总体上是由基础部件、主轴部件、数控系统、自动换刀装置 (ATC) 等几大部分组成。加工中心与一般数控机床的显著区别是具有对零件进行多工序加工的能力,有一套自动换刀装置。有些加工中心除配有刀库外,还有主轴头库,可自动更换主轴头进行卧铣、立铣、磨削和转位铣削等。

目前,加工中心的刀库容量越来越大,换刀时间越来越短,加工精度越来越高,功能不

断增强,除了在数控铣床基础上发展起来的加工中心(铣镗加工中心)外,还出现了在数控车床基础上发展起来的车削加工中心。

3. 加工中心的主要结构特点

- 1) 具有刀库和自动换刀装置(ATC)。加工中心是由数控系统控制机床自动更换刀具的。
- 2) 加工中心一般带有自动分度回转工作台或可自动转角度的主轴箱,从而使工件在一次装夹后,自动完成多个平面或多个角度位置的多工序加工。
- 3) 有的加工中心具有自适应控制功能,在加工过程中能随着加工条件的变化而自动调整最佳切削参数,自动改变机床主轴转速、进给量和刀具相对工件的运动轨迹及其他辅助功能,从而可得到更好的加工质量。

4. 加工中心的分类

加工中心品种繁多,形态各异,分类方法有多种。按照换刀的形式,可分为带刀库、机械手的加工中心、无机械手的加工中心和回转刀架式的加工中心。按其运动坐标数和控制坐标的联动数,可分为三轴二联动、三轴三联动、四轴三联动、五轴四联动和六轴五联动加工中心等。常用分类方法是按机床结构分,一般可分为立式加工中心、卧式加工中心、龙门式加工中心和五面体加工中心。

1.1.4 数控电火花线切割机床的组成与特点

1. 数控电火花线切割机床的用途

电火花线切割机床应用范围十分广泛,它具有一般机床无可比拟的优点,用它可以加工出各种导电坚硬材料(如硬质合金、各种淬火钢、特殊金属)制成的模具、电火花成形机床的加工电极、工件样板、工具量规、复杂形状的小工件以及窄缝等,并可以把薄片重叠起来加工以获得一致尺寸。因此,电火花线切割机床被广泛应用于机械仪器、仪表、电子、汽车等制造行业。

2. 数控电火花线切割机床的组成

数控电火花线切割机床的外形如图1-7所示(CTW320TA/TB),数控电火花线切割机床的组成如图1-8所示。

数控线切割机床主要由主机、电气柜、工作液箱、脉冲电源和数控系统等组成。

(1) 主机 由床身、工作台、立柱、储丝筒、导丝系统和斜度切割装置等部件组成。

床身和工作台是主机的基础部件。工作台是由步进电动机、滚珠丝杠和滚动导轨组成的,并由X轴、Y轴坐标驱动系统驱动。床身是工作台、立柱、储丝筒等部件的支承基础。立柱是导丝系统、Z轴和斜度切割装置的支承基础件。储丝筒主要由丝筒、滑板和控制开关组成,是储存和带动电极丝作高速运动的机构。导丝系统由导轮、张丝机构等组成,采用高精度宝石主导轮和高精度轴承,运转平稳,可防止丝的抖动,有效地提

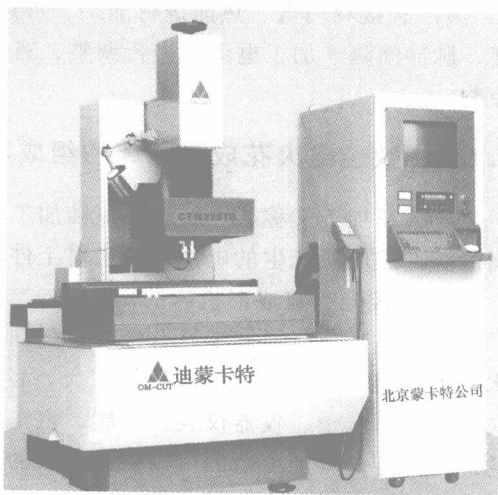


图1-7 数控电火花线切割机床的外形

高切割精度。斜度切割装置可实现锥度切割加工和上下异型曲面加工,由步进电动机直接与滑动丝杠相连,拖动滑板以实现 U 轴、 V 轴坐标的移动。

(2) 工作液箱 工作液箱里装有两级过滤网,回流的工作液首先经过平板式粗过滤网一级过滤,再经精过滤网二级过滤后由电动泵抽出。

(3) 电气柜 机床电气柜主要控制储丝筒的启动、制动、换向、变速、上丝电动机的运转以及断丝检测装置。

(4) 脉冲电源 线切割加工为脉冲电源放电加工。脉冲电源采用大功率场效应管,为独立模块化结构,与控制系统的连接全部采用光电隔离,使外部对系统的干扰降到了最低程度且电源具有自适应能力。加工参数可以通过程序中的加工条件或数控系统菜单中的功能键进行设定。

(5) 数控系统 快速走丝线切割机的数控系统,一般为步进电动机伺服驱动的经济型数控系统。

3. 数控电火花线切割机床加工特点

1) 用于加工一般传统切削方法难以完成或无法完成的结构形状复杂的零件,如冲模、凸轮、样板、外形复杂的精密零件及窄缝等,尺寸精度可达 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$,表面粗糙度 R_a 可达 $1.6\mu\text{m}$ 。

2) 电极丝在加工中不与工件接触,两者之间的作用力很小,因而不需要电极丝、工件及夹具有足够的刚度,以抵抗切削变形。

3) 电极丝材料不必比工件材料硬,可以加工硬而难以加工的金属材料 and 半导体材料,如硬质合金、淬火钢等。线切割不能加工非导电材料。

4) 直接利用电、热能进行加工,可以较方便地对影响加工精度的加工参数,如脉冲宽度、脉冲间隔、加工电流等进行调整,有利于加工精度的提高,便于实现加工过程的自动化控制。

1.1.5 数控电火花成形机床的组成与特点

电火花加工又称放电加工或电蚀加工,它是在一定的介质中利用工具电极与工件电极之间的脉冲放电所产生的电蚀作用来对工件进行加工的一种工艺方法。

1. 数控电火花成形机床的用途

由于电火花成形加工具有传统切削加工所无法比拟的优点,同时随着数控水平和工艺技术的不断提高,其应用领域日益扩大。目前该项加工技术应用在机械(特别是模具制造)、航天航空、电子、仪器仪表、核能、汽车等部门,用来解决各种难加工材料和复杂形状零件的加工问题。其加工范围可以从几微米的孔、槽到几米大的超大型模具和零件,可以加工各种成形刀具、样板、工具、量具、螺纹等。

2. 数控电火花成形机床的组成

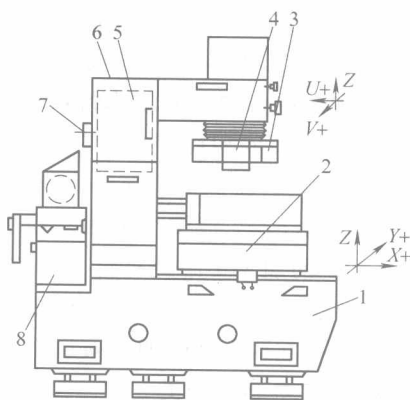


图 1-8 数控电火花线切割机床的组成

1—床身 2—工作台 3—斜度切割装置
4—上导轮 5—电气柜 6—立柱 7—储
丝筒操作面板 8—储丝筒

数控电火花成形机床的外形如图 1-9 所示 (CTE300ZK)。

数控电火花成形机床主要由主机、工作液 (煤油) 循环过滤系统、数控脉冲电源和数控系统组成。高档的数控电火花机床, 还具有工具电极库, 根据加工要求, 通过预先编好的程序, 在电火花加工过程中能够自动更换电极, 在不同的加工表面上自粗、中、精基准自动加工, 可以 24h 无人运转。这类带工具电极库的数控电火花机床, 常称之为电火花加工中心。

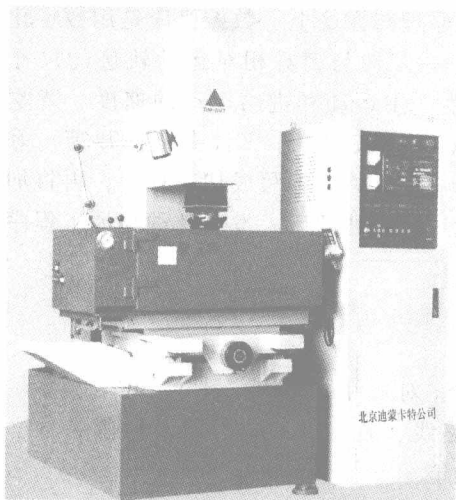


图 1-9 数控电火花成形机床的外形

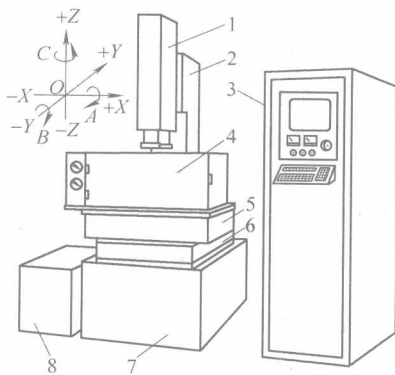


图 1-10 数控电火花成形机床的组成

- 1—主轴头 2—立柱 3—脉冲电源数控电柜
4—工作液箱 5—工作台上溜板 (X 方向)
6—工作台下溜板 (Y 方向) 7—床身
8—工作液箱循环过滤系统

数控电火花成形机床的组成如图 1-10 所示, 由床身底座、立柱、主轴头、上下两层溜板、工作台等组成。X、Y、Z 三轴都应采用直径 30mm 以上的精密滚珠丝杠和螺母副, 丝杠端部与驱动电动机相连 (步进电动机、直流、交流伺服电动机, 电动机的功率在 300 ~ 600W 之间)。

3. 数控电火花成形加工的特点

- 1) 可以用较软的工具电极加工较硬的工件, 达到“以柔克刚”的效果, 且电极制造容易。
- 2) 加工过程中, 工具电极与工件不直接接触, 故没有明显的“切削力”, 不足以引起工件的变形和位移, 适于加工各种弹性薄壁件。
- 3) 适合于加工传统的机械加工方法难于加工或无法加工的特殊材料和各种型孔及复杂形状的零件。
- 4) 便于实现过程的自动化, 能方便地进行粗、半精、精加工。
- 5) 主要用于金属导电材料的加工, 有加工效率较低、电极易损耗等问题。

思考与练习题

1. 数控车床由哪几部分组成? 其结构特点有哪些?
2. 数控铣床由哪几部分组成? 其结构特点有哪些?
3. 加工中心由哪几部分组成? 其结构特点有哪些?

4. 数控电火花线切割机床由哪几部分组成及其加工特点有哪些?
5. 数控电火花成形机床的由哪几部分组成及其加工特点有哪些?

1.2 数控机床的加工工作原理

数控机床是一种高度自动化的机床,在加工工艺与加工表面形成方法上,与普通机床是基本相同的,最根本的不同在于实现自动化控制的原理与方法上。数控机床是用数字化的信息来实现自动控制的,将与加工零件有关的信息——工件与刀具相对运动轨迹的尺寸参数(进给执行部件的进给尺寸),切削加工的工艺参数(主运动和进给运动的速度、背吃刀量等),以及各种辅助操作(主运动变速、刀具更换、切削液起停、工件夹紧松开等)等加工信息。用规定的文字、数字和符号组成的代码,按一定的格式编写成加工程序,再将加工程序通过控制介质输入到数控装置中,由数控装置经过分析处理后,发出各种与加工程序相对应的信号和指令控制机床进行自动加工。

1.2.1 读零件图

加工时首先要分析零件加工图样,应根据图样,对工件的形状、尺寸、位置关系、技术要求进行分析,然后确定合理的加工方案、加工路线、装夹方式、刀具及切削参数、对刀点、换刀点,同时还要考虑所用数控机床的指令功能。

1.2.2 数学处理

在工艺分析后,应根据加工路线、图样上的几何尺寸,计算刀具中心运动轨迹,获得刀位数据。如果数控系统有刀具补偿功能,则只需要计算出轮廓轨迹上的坐标值。

1.2.3 数控编程

根据加工路线、工艺参数、刀位数据及数控系统规定的功能指令代码及程序段格式,编写数控加工程序。程序编完后,可存放在控制介质(如软盘、磁带)上。

1.2.4 程序输入

数控加工程序通过输入装置输入到数控系统。目前采用的输入方法主要有软驱输入、USB 接口输入、RS232C 接口输入、MDI 手动输入、连接上级计算机的 DNC 接口输入、网络输入等。数控系统一般有两种不同的输入工作方式:一种是边输入边加工,DNC 即属于此类工作方式;另一种是将零件数控加工程序一次输入到计算机内部的存储器,加工时再由存储器一段一段地往外读出,软驱、USB 接口即属于此类工作方式。CNC 装置在输入过程中通常还要完成无效码删除、代码校验和代码转换等工作。

1.2.5 译码

输入的程序中含有零件的轮廓信息(如直线的起点和终点坐标;圆弧的起点、终点、圆心坐标、孔的中心坐标、孔的深度等)、切削用量(进给速度、主轴转速)、辅助信息(换刀、切削液开与关、主轴顺转与逆转等)。不论系统工作在 MDI 方式还是存储器方式,

都是将零件程序以一个程序段为单位进行处理,把其中的各种零件轮廓信息(如起点、终点、直线或圆弧等)、加工速度信息(F代码)和其他辅助信息(M、S、T代码等)按照一定的语法规则编译成计算机能够识别的数据形式,并以一定的数据格式存放在指定的专用内存单元。数控系统在译码过程中,还要完成对程序段的语法检查,若发现语法错误便立即报警。

1.2.6 数据处理

数据处理程序一般包括刀具补偿、速度计算以及辅助功能的处理程序。刀具补偿有刀具半径补偿和刀具长度补偿。刀具半径补偿的任务是根据刀具半径补偿值和零件轮廓轨迹计算出刀具中心轨迹。刀具长度补偿的任务是根据刀具长度补偿值和程序值计算出刀具轴向实际移动值。速度计算是根据程序中所给的合成进给速度计算出各坐标轴运动方向的分速度。辅助功能的处理主要完成指令的识别、存储等。这些指令大都是开关量信号。现代数控机床可由PLC控制。

1.2.7 插补

数控加工程序提供了刀具运动的起点、终点和运动轨迹,而刀具从起点沿直线或圆弧运动轨迹走到终点的过程则要通过数控系统的插补软件来控制。插补的任务就是通过插补计算程序,并根据程序规定的进给速度要求,完成在轮廓起点和终点之间的中间点的坐标值计算,即数据点的密化工作。

1.2.8 伺服控制与加工

伺服系统接收插补运算后的脉冲指令信号或插补周期内的位置增量信号,经放大后驱动伺服电动机带动机床的执行部件运动,从而加工出零件。

思考与练习题

1. 数控机床加工的工作原理具体包括哪些内容?
2. 什么是数控编程?
3. 什么是数控插补?

1.3 数控机床的分类

数控机床的品种很多,规格不一。根据数控机床的功能、结构、组成不同,可以从工艺方法、控制方式、伺服系统类型、功能水平等几个方面进行分类。

1.3.1 按工艺用途划分

按工艺用途数控机床可分为以下类型:

1. 金属切削类数控机床

与传统的通用机床品种相适应的数控机床有数控车床、铣床、镗床、钻床、磨床、齿轮加工机床等。装有刀库和自动换刀装置,在一次装夹后,可以进行多种工序加工的数控机

床,称为数控加工中心。数控加工中心目前主要有两类:一类是在镗、铣床基础上发展起来的,称为铣削加工中心,主要完成铣、镗、钻、攻螺纹等工序的加工;另一类是在车床基础上发展起来的,称为车削加工中心,主要以完成各种车削加工为主,也能完成铣平面、铣键槽及钻镗孔等工序的加工。

2. 金属成形类数控机床

如数控折弯机、数控弯管机、数控转头压力机等。

3. 特种加工及其他类型数控机床

如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床、数控火焰切割机、数控三坐标测量机等。

1.3.2 按控制系统的特点划分

按控制系统的特点,数控机床可分为点位控制、点位直线控制和轮廓(连续轨迹)切削控制数控机床。

1. 点位控制数控机床

这类数控机床的数控装置只要求精确地控制刀具相对于工件从一个坐标点到另一个坐标点的定位精度。机床的点位控制系统控制刀具相对于工件的定位点的坐标位置,而对定位移动的轨迹并无要求,因为刀具在定位移动过程中不进行切削加工。这类数控系统常用于数控钻床、数控镗床、数控冲床和数控测量机。

2. 点位直线控制数控机床

这类数控机床不仅要求具有准确的定位功能,而且要求从一点到另一点按直线运动进行切削加工,其路线一般是由与各轴线平行的直线段组成的。运动时的速度是可以控制的,对于不同的刀具和工件,可以选择不同的切削用量。这一类数控机床包括数控车床、数控镗铣床、加工中心等。

3. 轮廓切削控制数控机床

采用这类数控系统的机床又称连续控制或多坐标联动数控机床,其数控系统控制几个坐标轴同时协调运动(坐标轴联动),使工件相对于刀具按程序规定的轨迹和速度运动,进行连续切削加工。这类数控机床不仅能控制机床移动部件的起点与终点坐标,而且能按需要严格控制刀具移动轨迹,以加工出任意斜率的直线、圆弧、抛物线及其他函数关系的曲线或曲面。数控系统控制几个坐标轴按需要的函数关系同时协调运动,称之为坐标联动。按照联动轴数分,可以分为2轴联动、2.5轴联动、3轴联动、4轴联动、5轴联动等数控机床。2.5轴联动是3个主要坐标控制轴(X 、 Y 、 Z)中,任意两个轴联动,而另一轴是点位或点位直线控制。这一类数控机床包括数控车床、数控铣床、加工中心等用于加工曲线和曲面的机床。

1.3.3 按伺服系统的类型划分

按伺服系统的类型,数控机床可分为开环、闭环和半闭环系统。闭环和半闭环数控系统有测量装置,而开环数控系统无测量装置。闭环数控系统和半闭环数控系统的测量装置采样点的位置是不一样的。

1. 开环数控系统