

shukong xichuang jiagong zhongxin

数控铣床 / 加工中心 编程

biancheng 100li

100
例

周晓宏 主编

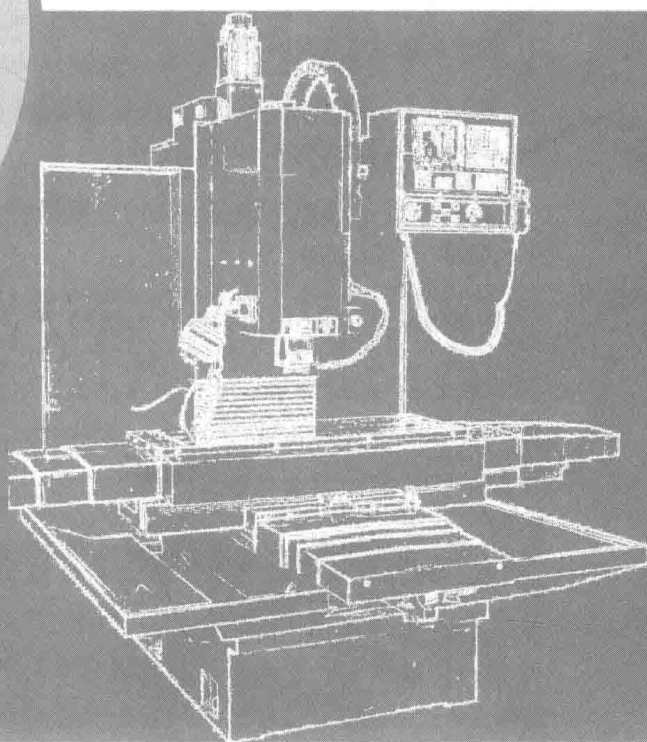


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

周晓宏
赖资填

主编
参编

数控铣床 / 加工中心 编程 100 例



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书根据数控铣床 / 加工中心操作工岗位的技术和技能要求, 以 FANUC 系统和 SIEMENS 系统为平台, 以典型零件的数控铣床 / 加工中心编程与加工为主线, 精选了 100 个编程实例。对每个典型零件都进行了零件分析和工艺分析, 在编程过程中介绍了编程方法与技巧, 并给出了具体程序。全书共分五章, 内容包括数控铣床 / 加工中心编程基础, FANUC 系统数控铣床 / 加工中心编程实例, SIEMENS 系统数控铣床 / 加工中心编程实例, 数控铣床 / 加工中心中级考证实例, 数控铣床 / 加工中心高级考证实例。

本书适合作为学习数控铣床 / 加工中心编程与加工技术的教材, 可供高等院校、高职高专、技校、中职的数控技术应用专业、模具专业、数控维修、机电一体化专业师生使用, 也可作为从事数控机床应用工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣床 / 加工中心编程 100 例 / 周晓宏主编. —北京: 中国电力出版社, 2018. 8

ISBN 978-7-5198-2215-6

I. ①数… II. ①周… III. ①数控机床—铣床—程序设计②数控机床加工中心—程序设计
IV. ①TG547 ②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 148913 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 杨 扬 (010-63412524)

责任校对: 黄 蓓 李 楠

装帧设计: 王红柳

责任印制: 杨晓东

印 刷: 三河市九洲财鑫印刷有限公司

版 次: 2018 年 8 月第一版

印 次: 2018 年 8 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 16 开本

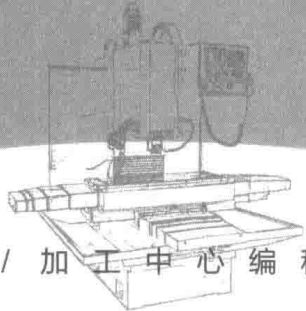
印 张: 25

字 数: 644 千字

定 价: 79.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换



数 控 铣 床 / 加 工 中 心 编 程 1 0 0 例

前 言

目前,数控铣床和加工中心在企业的使用数量正在大幅度增加,企业急需大批数控铣床/加工中心编程与加工方面的技能型人才。数控编程是一项实用技术,数控加工工艺路线和加工程序的优劣会直接影响产品的加工质量。为适应培养数控铣床/加工中心编程员的需要,我们总结了在生产一线和教学岗位上多年的心得体会,并结合学校的教学要求和企业要求,组织编写了本书。

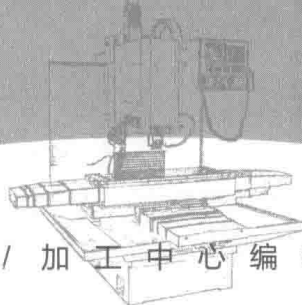
本书根据数控铣床/加工中心操作工岗位的技术和技能要求,以企业常用的 FANUC 系统和 SIEMENS 系统为平台,以典型零件的数控铣床/加工中心编程与加工为主线,精选了 100 个编程实例,对每个典型零件都进行了零件分析和工艺分析,在编程过程中介绍了编程方法与技巧,并给出了具体程序。全书共分五章,内容包括数控铣床/加工中心编程基础, FANUC 系统数控铣床/加工中心编程实例, SIEMENS 系统数控铣床/加工中心编程实例,数控铣床/加工中心中级考证实例,数控铣床/加工中心高级考证实例。

本书选例典型,针对性强,图文并茂,通过具体典型实例深入浅出地介绍了数控铣床/加工中心的编程技术,具有很高的实用价值。本书可操作性强,通过对这些典型零件编程的学习和训练,读者可很快掌握数控铣床/加工中心编程技术。本书可大大提高学生学习数控铣床/加工中心编程技术的兴趣和针对性,提高学习效率。在编写过程中,本书突出体现“知识新、技术新、技能新”的编写思想,以所介绍知识和技能“实用、可操作性强”为基本原则,不过分追求理论知识的系统性和完整性。

本书的主编为深圳技师学院的周晓宏副教授、高级技师。本书适合作为学习数控铣床/加工中心编程与加工技术的教材,可供高等院校、高职高专、技校、中职的数控技术应用专业、模具专业、数控维修、机电一体化专业师生使用,也可作为从事数控机床应用工作的工程技术人员参考。

由于编者水平有限,书中难免存在一些疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者



数 控 铣 床 / 加 工 中 心 编 程 1 0 0 例

目 录

前言

第一章	数控铣床/加工中心编程基础	1
第一节	认识数控铣床和加工中心	1
第二节	数控铣削加工刀具	8
第三节	制定数控铣削加工工艺	12
第四节	数控铣床/加工中心编程知识	20
第二章	FANUC 系统数控铣床/加工中心编程实例	22
第一节	FANUC 系统数控铣床/加工中心编程指令	22
第二节	槽类零件编程	35
第三节	凸形零件编程	46
第四节	型腔零件编程	71
第五节	内外轮廓零件编程	97
第六节	孔系零件编程	115
第七节	宏程序编程	136
第八节	复杂综合零件编程	151
第九节	双面零件编程	193
第十节	配合件编程	205
第三章	SIEMENS 系统数控铣床/加工中心编程实例	226
第一节	SIEMENS 系统数控铣床/加工中心编程指令	226
第二节	槽类零件编程	273
第三节	凸台零件编程	280
第四节	型腔零件编程	294
第五节	孔系零件编程	304
第六节	综合零件编程	313
第七节	配合件编程	327
第四章	数控铣床/加工中心中级考证实例	336
第一节	中级考证实例一（FANUC 系统）	336

第二节 中级考证实例二（FANUC 系统） 339

第三节 中级考证实例三（FANUC 系统） 343

第四节 中级考证实例四（FANUC 系统） 347

第五节 中级考证实例五（西门子系统） 353

第五章 数控铣床/加工中心高级考证实例 358

第一节 高级考证实例一（西门子系统） 358

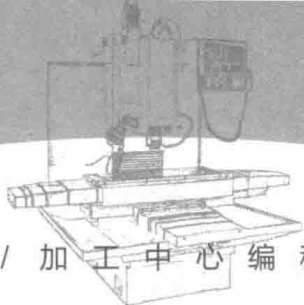
第二节 高级考证实例二（西门子系统） 368

第三节 高级考证实例三（西门子系统） 377

第四节 高级考证实例四（FANUC 系统） 384

第五节 高级考证实例五（FANUC 系统） 387

参考文献 393



第一章

数控铣床 / 加工中心编程基础

第一节 认识数控铣床和加工中心

一、数控铣床的分类

1. 按机床主轴的布置形式及机床的布局特点分类

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 1-1 (a) 所示, 数控立式铣床主轴与机床工作台面垂直, 工件安装方便, 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。主轴箱作上下运动, 并通过立柱内的重锤平衡主轴箱的质量。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 1-1 (b) 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。

(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, 保证机床的整体刚性和强度, 即数控龙门铣床, 有工作台移动和龙门架移动两种形式。它适用于加工飞机整体结构体零件、大型箱体零件和大型模具等, 如图 1-1 (c) 所示。

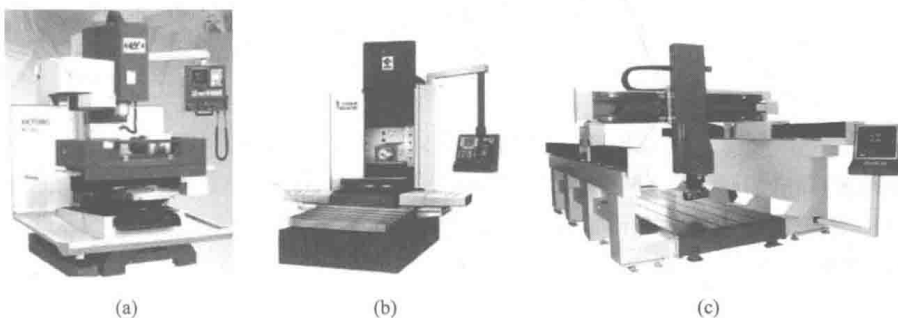


图 1-1 数控铣床

(a) 数控立式铣床; (b) 数控卧式铣床; (c) 数控龙门铣床

2. 按数控系统的功能分类

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。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。采用半闭环控制或闭环控制，数控系统功能丰富，一般可以实现 4 坐标以上联动，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、数控铣床的组成

数控铣床形式多样，不同类型的数控铣床在组成上有所差别，但都有许多相似之处。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 1-2 为其布局图。

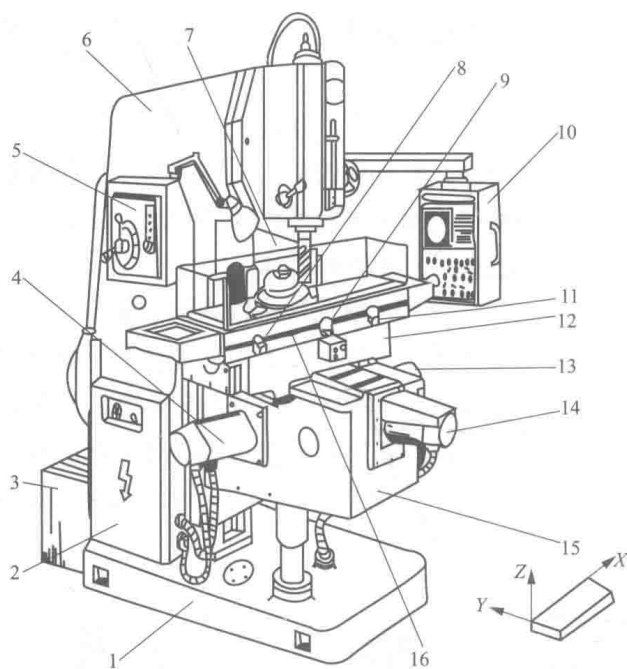


图 1-2 XK5040A 型数控立式升降台铣床的布局图

- 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（控制纵向行程硬限位）；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

该机床由六个主要部分组成，即床身部分、铣头部分、工作台部分、横进给部分、升降台部分、冷却与润滑部分。

1. 床身

床身内部布筋合理，具有良好的刚性，底座上设有 4 个调节螺栓，便于机床调整水平，冷却液储液池设在机床底座内部。

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 ISO 50 锥度。主轴采用机械无级变速,调节范围宽,传动平稳,操作方便。刹车机构能使主轴迅速制动,节省辅助时间,刹车时通过制动手柄撑开止动环使主轴立即制动。启动主电动机时,应注意松开主轴制动手柄。铣头部件还装有伺服电动机、内齿带轮、滚珠丝杠副及主轴套筒,它们形成垂向(Z向)进给传动链,使主轴作垂向直线运动。

3. 工作台

工作台与床鞍支承在升降台较宽的水平导轨上,工作台的纵向进给是由安装在工作台右端的伺服电动机驱动的。通过内齿带轮带动精密滚珠丝杠副,从而使工作台获得纵向进给。工作台左端装上手轮和刻度盘,以便进行手动操作。

床鞍的纵横向导轨面均采用了 TURCTTE-B 贴塑面,提高了导轨的耐磨性、运动的平稳性和精度的保持性,消除了低速爬行现象。

4. 升降台(横向进给部分)

升降台前方装有交流伺服电动机,驱动床鞍作横向进给运动,其传动原理与工作台的纵向进给相同,此外,在横向滚珠丝杠前端还装有进给手轮,可实现手动进给。升降台左侧装有锁紧手柄,轴的前端装有长手柄可带动锥齿轮及升降台丝杠旋转,从而获得升降台的升降运动。

5. 冷却与润滑装置

(1) 冷却系统。机床的冷却系统是由冷却泵、出水管、回水管、开关及喷嘴等组成,冷却泵安装在机床底座的内腔里,冷却泵将冷却液从底座内储液池打至出水管,然后经喷嘴喷出,对切削区进行冷却。

(2) 润滑系统及方式。润滑系统是由手动润滑油泵、分油器、节流阀、油管等组成。机床采用周期润滑方式,用手动润滑油泵,通过分油器对主轴套筒、纵横向导轨及三向滚珠丝杠进行润滑,以提高机床的使用寿命。

三、数控铣床/加工中心的工作原理

数控机床的工作过程如图 1-3 所示。

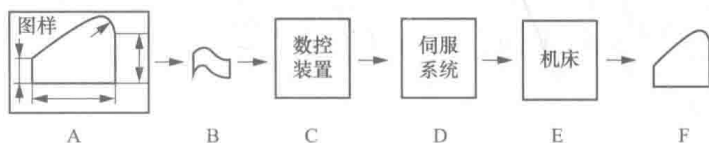


图 1-3 数控机床的工作过程

图 1-3 中, A 为零件图样,它记载着两类信息——几何信息和工艺信息。这些信息是编制数控加工程序的原始依据,根据图样编写数控程序。B 为控制介质,即程序的载体,如穿孔纸带、磁盘等,其上记载有数控程序。C 为数控装置,一般由控制计算机和控制电路组成。数控程序经过它处理后,变成伺服系统能够接受的控制电信号。D 为伺服系统,它由伺服电路和伺服执行元件组成,它把控制电信号转换为运动物理量。“伺服”这个词起源于希腊语“奴隶”,可以把数控装置比拟为人的“头脑”,“伺服系统”则相当于人的“手”和“足”,伺服系统执行“大脑”的意志(数控装置发出的控制信号)。E 为机床,它最终完成一个零件的加工,形成最后的零件 F。

四、加工中心的特点

加工中心(Machining Center, MC)是一种能把铣削、镗削、钻削、螺纹加工等功能集中在一台设备上的数控加工机床。

加工中心与数控铣床、数控镗床的本质区别是配备有刀库，刀库中存放着不同数量的各种刀具或检具，在加工过程中由程序自动选用和更换，它的结构相对较复杂，控制系统功能较多。加工中心是一种综合加工能力较强的设备，与普通数控机床相比，它具有以下特点。

(1) 工序集中，加工精度高。MC 数控系统能控制机床在工件一次装夹后，实现多表面、多特征、多工位的连续、高效、高速、高精度加工，即工序集中，这是 MC 的典型特点。由于加工工序集中，减少了工件半成品的周转、搬运和存放时间，使机床的切削利用率（切削时间和开动时间之比）比普通机床高 3~4 倍，达 80% 以上，缩短了工艺流程，减少了人为干扰，故加工精度高，互换性好。

(2) 操作者的劳动强度减轻、经济效益高。

(3) 对加工对象的适应性强。加工中心是按照被加工零件的数控程序进行自动加工的，当改变加工零件时，只要改变数控程序，不必更换大量的专用工艺装备。因此，能够适应从简单到复杂型面零件的加工，且生产准备周期短，有利于产品的更新换代。

(4) 有利于生产管理的现代化。用 MC 加工零件时，能够准确地计算零件的加工工时，并有效地简化检验和工具、夹具、半成品的管理工作。这些特点有利于使生产管理现代化。当前许多大型 CAD/CAM 集成软件已经具有了生产管理模块，可满足计算机辅助生产管理的要求。

加工中心虽然具有很多优点，但也还存在如下一些必须考虑的问题。

1) 工件粗加工后直接进入精加工阶段。粗加工时，一次装夹中金属切除量多、几何形变大，工件温升高，温升来不及回复，冷却后工件尺寸发生变化，会造成零件的精度下降。

2) 工件由毛坯直接加工为成品，零件未进行时效处理，内在应力难以消除，加工完了一段时间后内应力释放，会使工件产生变形。

3) 装夹零件的夹具必须满足既能承受粗加工中切削力大，又能在精加工中准确定位的要求，而且零件夹紧变形要小。

4) 多工序集中加工，要及时处理切屑。在加工过程中，切屑的堆积、缠绕等将会影响加工的顺利进行及划伤零件的表面，甚至使刀具损坏、工件报废。

5) 由于自动换刀装置（Automatic Tool Changer, ATC）的应用，使工件尺寸受到一定的限制，钻孔深度、刀具长度、刀具直径及刀具质量都要加以综合考虑。

五、加工中心的分类

1. 按功能特征分类

按功能特征可分为镗铣、钻削和复合加工中心。

(1) 镗铣加工中心。如图 1-4 所示，镗铣加工中心是机械加工行业应用最多的一类数控设备，有立式和卧式两种。其工艺范围主要是铣削、钻削、镗削。镗铣加工中心数控系统控制的坐标数多为 3 个，高性能的数控系统可以达到 5 个或更多。



图 1-4 镗铣加工中心

(2) 钻削加工中心。以钻削为主，刀库形式以转塔头形式为主，适用于中、小批量零件的钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹及连续轮廓铣削等多工序加工。钻削加工中心如图 1-5 所示。

(3) 复合加工中心。在一台设备上可以完成车、铣、镗、钻等多种工序加工的加工中心称之为复合加工中心，可代替多台机床实现多工序的加工。这种方式既能减少装卸时间，提高



机床生产效率,减少半成品库存量,又能保证和提高形位精度。复合加工中心如图 1-6 所示。

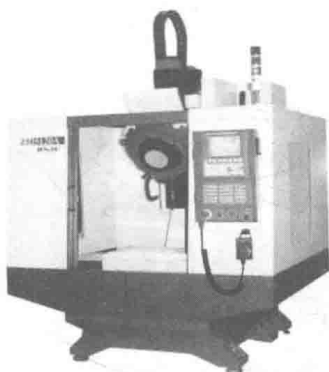


图 1-5 钻削加工中心



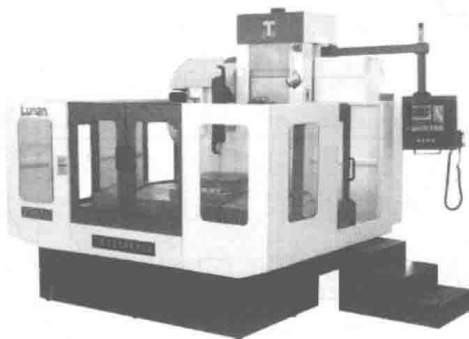
图 1-6 复合加工中心

2. 按主轴的位置不同分类

按主轴的位置不同分卧式、立式和五面加工中心,这是加工中心通常的分类方法。

(1) 卧式加工中心。卧式加工中心如图 1-7 (a) 所示,是指主轴轴线水平设置的加工中心。卧式加工中心有固定立柱式或固定工作台式。

(2) 立式加工中心。立式加工中心如图 1-7 (b) 所示。立式加工中心主轴的轴为垂直设置,其结构多为固定立柱式,工作台为十字滑台。



(a)



(b)

图 1-7 卧式加工中心与立式加工中心

(a) 卧式加工中心; (b) 立式加工中心

(3) 五面加工中心。五面加工中心如图 1-8 所示,这种加工中心具有立式和卧式加工中心的功能,在工件的一次装夹后,能完成除安装面外的所有五个面的加工。这种加工方式可以使工件的形位误差降到最低,省去二次装夹的工装,从而提高生产效率,降低加工成本。

3. 按支撑件的不同分类

按支撑件的不同分龙门式镗铣加工中心和动柱式镗铣加工中心。

(1) 龙门式镗铣加工中心。如图 1-9 所示,龙门式加工中心的典型特征是具有一个龙门型的固定立柱,在龙门框架上安装有可实现 X 向、Z 向移动的主轴部件,龙门式加工中心的工作台仅实现 Y 向移动。龙门型加工中心结构刚性好,该种形式常见于大型加工中心。

(2) 动柱式镗铣加工中心。动柱式镗铣加工中心如图 1-4 所示。动柱式加工中心主轴部件安装在加工中心的立柱上,实现 Z 向移动,立柱安装在 T 形底座上实现 X 向移动。动柱式加工中心由

于立柱是通过滚动导轨与底座相连，刚性比龙门式结构差，一般不适宜重切削加工；加工过程中立柱要完成支承工件和 X 向移动两个功能，较大的立柱质量限制了机床的机动性能。该种形式常见于中小型立式或卧式镗铣加工中心。

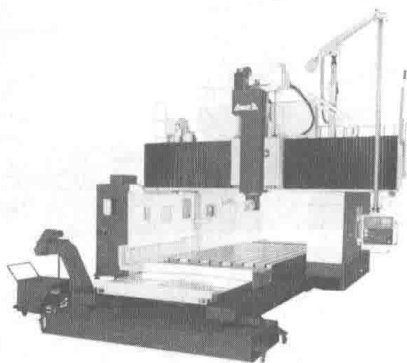


图 1-8 五面加工中心

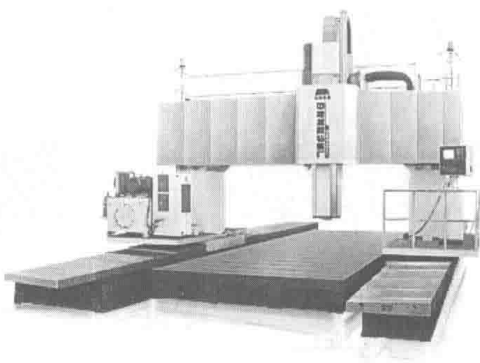


图 1-9 龙门式镗铣加工中心

六、加工中心的使用过程

加工中心的使用过程如图 1-10 所示，由图可见加工中心加工零件是完全按照指令进行的，程序是决定加工质量的重要因素。但编制程序是综合工艺要素和机床功能的过程，应考虑机床的功能、零件结构特点、装夹方式、刀具及切削用量等因素。各种数控系统程序编制的内容和格式有所不同，但是程序编制方法和使用过程是基本相同的。

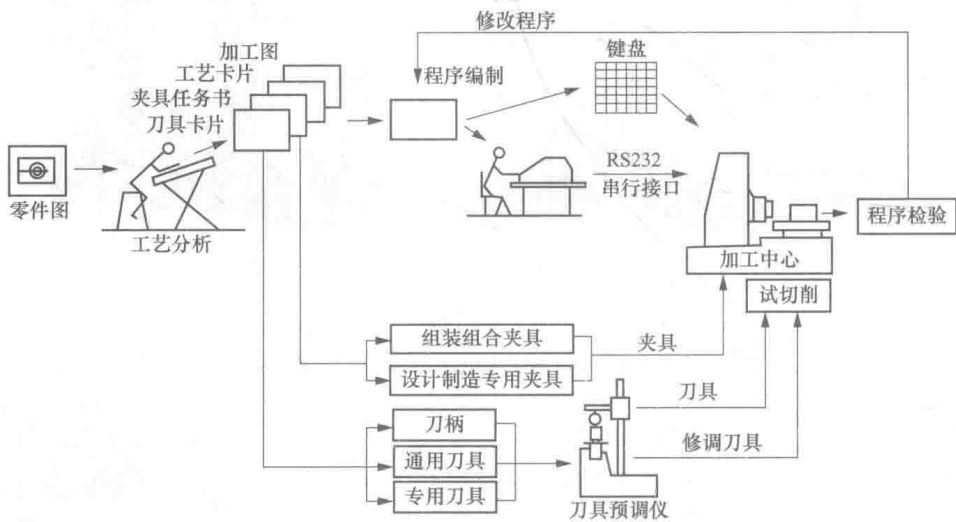


图 1-10 加工中心的使用过程

七、数控铣床和加工中心的工艺范围

数控铣床和加工中心能够铣削各种平面、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，配上相应的刀具还可进行钻孔、扩孔、铰孔、镗孔、镗孔和攻螺纹等。数控铣床可以加工的零件类型如下。

(1) 平面类零件。平面类零件是数控铣削加工中最简单的一类零件，一般只用数控铣床的两坐

标联动（即两轴半坐标联动）就可以把它们加工出来，如图 1-11 所示。

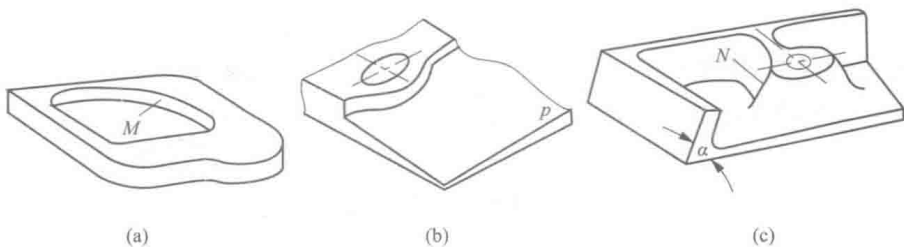


图 1-11 平面类零件

(a) 带平面轮廓的平面类零件；(b) 带斜平面的平面类零件；(c) 带正台和斜肋的平面类零件

(2) 空间曲面轮廓零件。空间曲面轮廓零件的加工面为空间曲面，如模具、叶片、螺旋桨等。空间曲面轮廓零件不能展开为平面，加工时铣刀与加工面始终为点接触，一般采用球头刀在三轴数控铣床上加工，当曲面较复杂、通道较窄、会伤及相邻表面及需要刀具摆动时，要采用四坐标或五坐标铣床加工。空间曲面轮廓零件如图 1-12 所示。

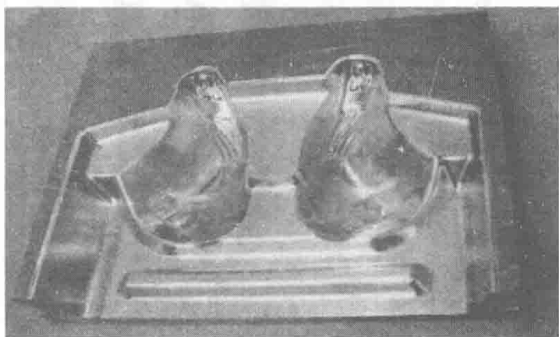


图 1-12 空间曲面轮廓零件

(3) 变斜角类零件。加工面与水平面的夹角呈连续变化的零件称为变斜角类零件，如飞机上的变斜角横梁条，如图 1-13 所示。加工变斜角类零件最好采用四轴或五轴数控铣床进行摆角加工，若没有上述机床，也可以在三轴数控铣床上采用两轴半控制的行切法进行近似加工，但精度稍差。

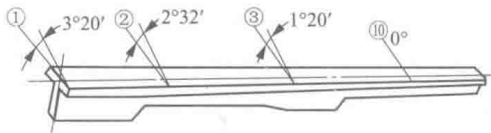


图 1-13 飞机上的变斜角横梁条

(4) 孔及孔系类零件。孔及孔系类零件的加工可以在数控铣床上进行，如钻孔、扩孔、铰孔和镗孔等。孔加工多采用定尺寸刀具，需要频繁换刀，当加工孔的数量较多时，应采用加工中心加工，更加方便、快捷。

(5) 螺纹。内、外圆柱螺纹、圆锥螺纹都可以在数控铣床上加工。数控铣床加工产品示例如图 1-14 所示。

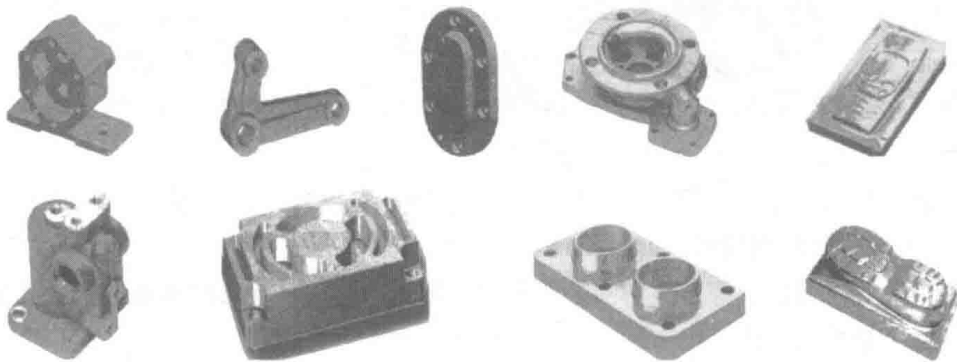


图 1-14 数控铣床加工产品示例

第二节 数控铣削加工刀具

一、认识数控铣削刀具

图 1-15 所示为数控铣床的常用铣刀。

1. 铣刀各部分的名称和作用

铣刀的组成部分如图 1-16 所示，其各部分名称和定义如下。



图 1-15 常用铣刀

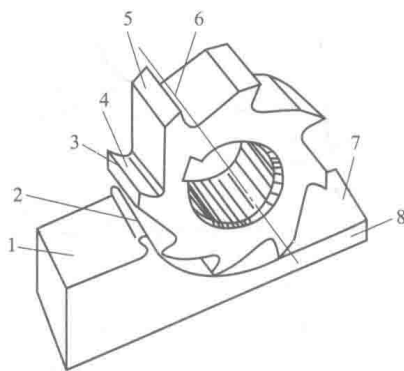


图 1-16 铣刀的组成部分

1—待加工表面；2—切屑；3—主切削刃；4—前刀面；
5—主后刀面；6—铣刀棱；7—已加工表面；8—工件

- (1) 前刀面。刀具上切屑流过的表面。
- (2) 主后刀面。刀具上同前刀面相交形成主切削刃的后面。
- (3) 副后刀面。刀具上同前刀面相交形成副切削刃的后面。
- (4) 主切削刃。起始于切削刃上主偏角为零的点，并至少有一段切削刃拟用来在工件上切出过渡表面的那个整段切削刃。

(5) 副切削刃。切削刃上除主切削刃以外的刃，亦起始于主偏角为零的点，但它向背离主切削刃的方向延伸。

(6) 刀尖。指主切削刃与副切削刃的连接处相当少的一部分切削刃。

2. 铣刀切削部分的常用材料

常用的铣刀材料有高速工具钢和硬质合金两种。

(1) 高速工具钢（简称高速钢、锋钢等）。有通用高速钢和特殊用途高速钢两种。高速钢具有以下特点。

1) 合金元素如 W（钨）、Cr（铬）、Mo（钼）、V（钒）等的含量较高，淬火硬度可达到 62~70HRC，在 600℃ 高温下，仍能保持较高的硬度。

2) 刃口强度和韧性好，抗震性强，能用于制造切削速度较低的刀具，即使刚性较差的机床，采用高速钢铣刀，仍能顺利切削。

3) 工艺性能好，锻造、焊接、切削加工和刃磨都比较容易，还可以制造形状较复杂的刀具。

4) 与硬质合金材料相比，仍有硬度较低，热硬性和耐磨性较差等缺点。

通用高速钢是指加工一般金属材料用的高速钢，其牌号有 W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2 等。

W18Cr4V 是钨系高速钢, 具有较好的综合性能。该材料常温硬度为 62~65HRC, 高温硬度在 600℃ 时约为 51HRC, 抗弯强度约为 3500MPa, 磨削性能好, 所以各种通用铣刀大都采用这种牌号的高速钢材料制造。

W6Mo5Cr4V2 是钨钼系高速钢, 它的抗弯强度、冲击韧度和热塑性均比 W18Cr4V 好, 而磨削性能稍次于 W18Cr4V, 其他性能均基本相同。由于其热塑性和韧性较好, 故常用于制造热成形刀具和承受冲击力较大的铣刀。

特殊用途高速钢是通过改变高速钢的化学成分来改进其切削性能而发展起来的。它的常温硬度和高温硬度比通用高速钢高。这种材料的刀具主要用于加工耐热钢、不锈钢、高温合金、超高强度材料等难加工材料。

(2) 硬质合金。硬质合金是金属碳化物 WC (碳化钨)、TiC (碳化钛) 和以 Co (钴) 为主的金属粘结剂经粉末冶金工艺制造而成, 其主要特点如下。

1) 耐高温, 在 800~1000℃ 仍能保持良好的切削性能。切削时可选用比高速钢高 4~8 倍的切削速度。

2) 常温硬度高, 耐磨性好。

3) 抗弯强度低, 冲击韧度差, 切削刃不易刃磨得很锋利。

3. 常用铣刀及其用途

铣刀是一种多刃刀具, 其几何形状较复杂, 种类较多。铣刀切削部分的材料一般由高速钢或硬质合金制成。

(1) 面铣刀 (见图 1-17)。主要用于铣平面, 应用较多的为硬质合金面铣刀。

(2) 立铣刀 (见图 1-18)。主要用于铣台阶面、小平面和相互垂直的平面。它的圆柱刀刃起主要切削作用, 端面刀刃起修光作用, 故不能作轴向进给。刀齿分为细齿与粗齿两种。用于安装的柄部有圆柱柄与莫氏锥柄两种, 通常小直径为圆柱柄, 大直径为锥柄。

(3) 球头铣刀 (见图 1-19) 用于铣削曲面。

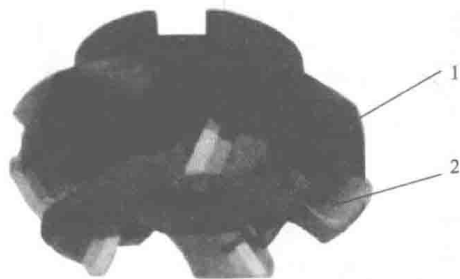


图 1-17 硬质合金可转位面铣刀

1—刀盘; 2—刀片

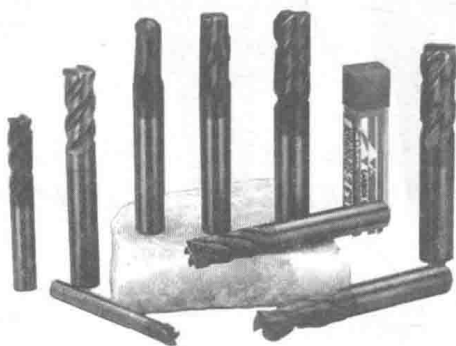


图 1-18 立铣刀



图 1-19 球头铣刀

(4) 键槽铣刀 (见图 1-20)。用于铣键槽, 其外形与立铣刀相似, 与立铣刀的主要区别在于其只有两个螺旋刀齿, 且端面刀刃延伸至中心, 故可作轴向进给, 直接切入工件。

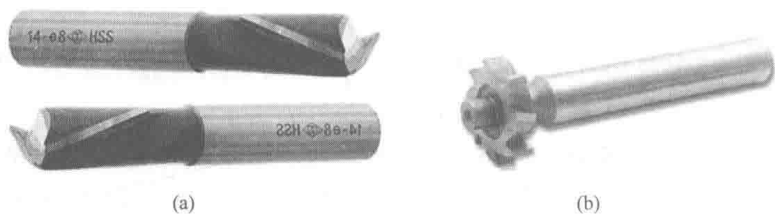


图 1-20 键槽铣刀
(a) 直柄键槽铣刀；(b) 半圆键槽铣刀

4. 铣刀的规格

为便于识别与使用各种类别的铣刀，铣刀刀体上均刻有标记，包括铣刀的规格、材料、制造厂等。铣刀的规格与尺寸已标准化，使用时可查阅有关手册。其规格与尺寸的分类为：圆柱铣刀、三面刃铣刀、锯片铣刀等，用外圆直径×宽度（厚度）（ $d \times L$ ）表示；立铣刀、端铣刀和键槽铣刀，只标注外圆直径（ d ）。

二、选择数控铣床/加工中心刀具

应根据数控铣床/加工中心的加工能力、工件材料的性能、加工工序、切削用量以及其他相关因素进行综合考虑来选用刀具及刀柄。

1. 铣刀刀柄的选择

铣刀刀具是通过刀柄与数控铣床或加工中心主轴连接，数控铣床或加工中心刀柄一般采用 7：24 锥面与主轴锥孔配合定位，通过拉钉使刀柄与其尾部的拉刀机构固定连接，常用的刀柄规格有 BT30、BT40、BT50 等，在高速加工中心则使用 HSK 刀柄。目前，常用的刀柄按其夹持形式及用途可分为钻夹头刀柄、侧固式刀柄、面铣刀刀柄、莫氏锥度刀柄、弹簧夹刀柄、强力夹刀柄、特殊刀柄等，常用数控铣刀刀柄如图 1-21 所示。

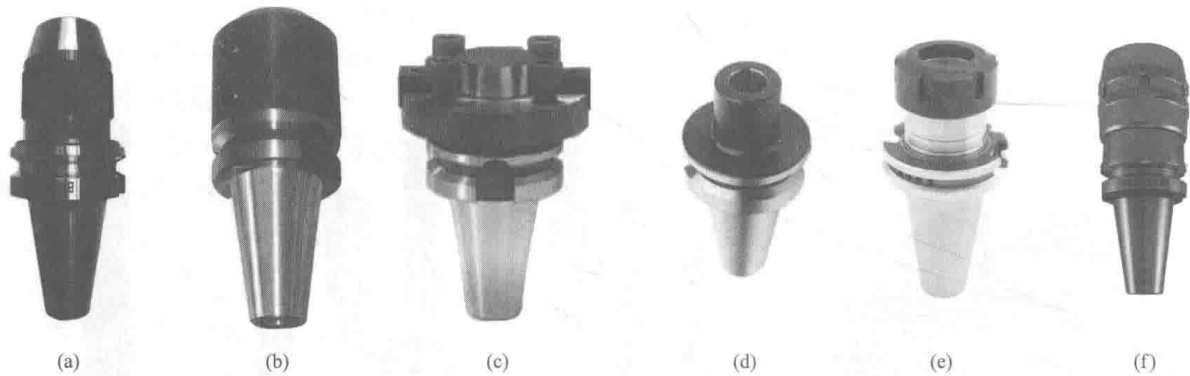


图 1-21 常用数控铣刀刀柄
(a) 钻夹头刀柄；(b) 侧固式刀柄；(c) 面铣刀刀柄；(d) 莫氏锥度刀柄；(e) 弹簧夹刀柄；(f) 强力夹刀柄

2. 铣刀刀具的选择

由于加工性质不同，刀具的选择重点也不一样。粗加工时，要求刀具有足够的切削能力快速去除材料；而在精加工时，由于加工余量较小，主要是要保证加工精度和形状，要使用较小的刀具，保证加工到每个角落。当工件的硬度较低时，可以使用高速钢刀具，而切削高硬度材料的时候，就必须要用硬质合金刀具。在加工中要保证刀具及刀柄不会与工件相碰撞或者挤擦，避免造成刀具或工件的损坏。



生产中,平面铣削应选用不重磨硬质合金端铣刀、立铣刀或可转位面铣刀;平面零件周边轮廓的加工,常选用立铣刀;加工凸台、凹槽时,选用平底立铣刀;加工毛坯表面或粗加工时,可选用镶硬质合金波纹立铣刀;对一些立体型面和变斜角轮廓外形的加工,常选用球头铣刀、环形铣刀、锥形铣刀和盘形铣刀;当曲面形状复杂时,为了避免干涉,建议使用球头刀,调整好加工参数也可以达到较好的加工效果;钻孔时,要先用中心钻或球头刀打中心孔,以引导钻头。可分两次钻削,先用小一点型号的钻头钻孔至所需深度,再用所需的钻头进行加工,以保证孔的精度。

在进行较深的孔加工时,特别要注意钻头的冷却和排屑问题,一般利用深孔钻削循环指令进行编程,可以工进一段后,钻头快速退出工件进行排屑和冷却再工进,再进行冷却和排屑,直至孔深钻削完成。

三、数控铣床/加工中心刀具的装夹

数控铣床/加工中心刀柄及配件如图 1-22 所示,组装数控铣床工具系统时要将拉钉旋入刀柄上端螺纹孔中,将刀具装入对应规格的夹头中,然后再装入刀柄中。拉钉有几种规格,所选拉钉的规格要和加工中心配套。

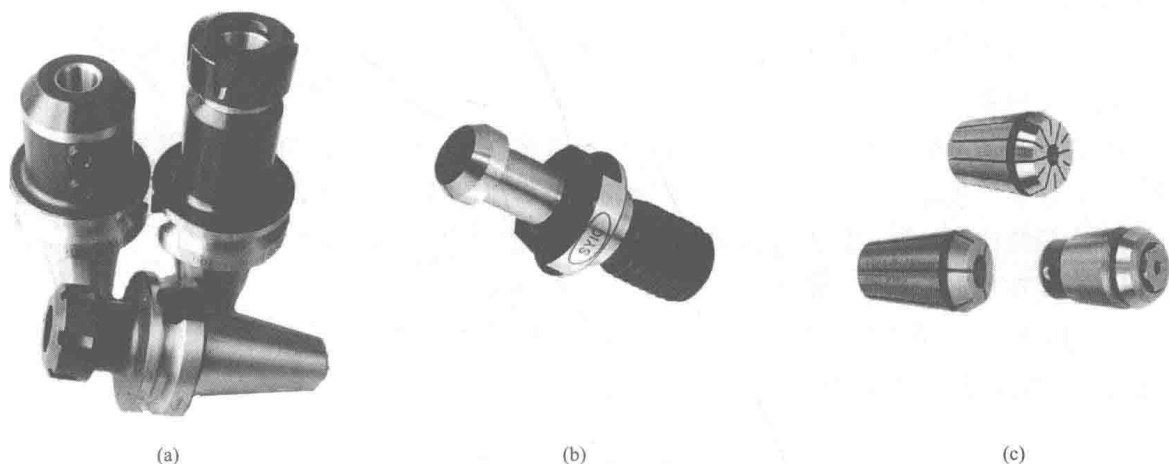


图 1-22 数控铣床/加工中心刀柄及配件

(a) 刀柄; (b) 拉钉; (c) 夹头

装刀时,需把刀柄放在如图 1-23 所示的锁刀座上,锁刀座上的键对准刀柄上的键槽,使刀柄无法转动,然后用如图 1-24 所示的扳手锁紧螺母。如图 1-25 所示为安装好刀具和拉钉后的刀柄。



图 1-23 锁刀座

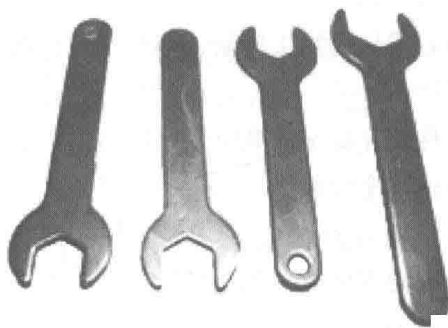


图 1-24 扳手