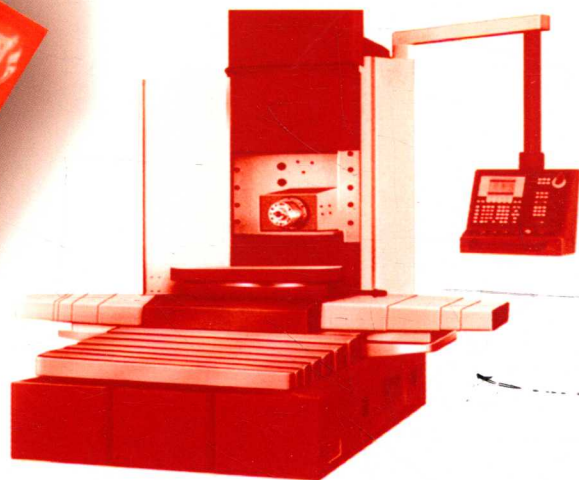
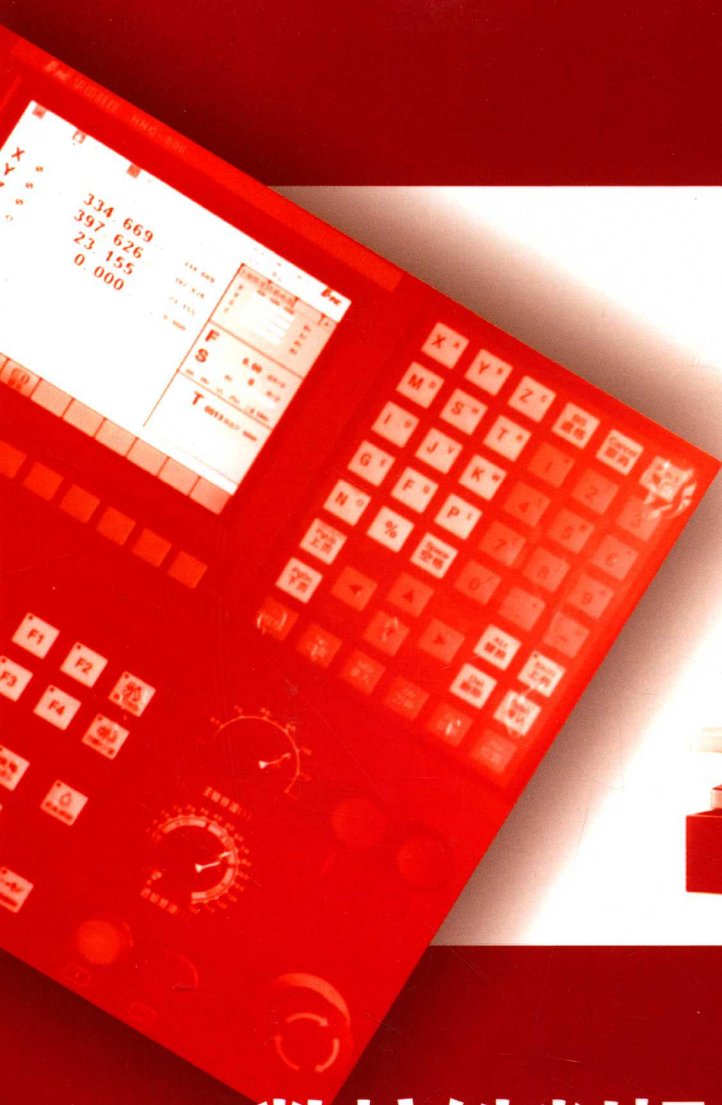


工学结合、知行合一
一体化课程规划教材



数控铣削操作与加工基础

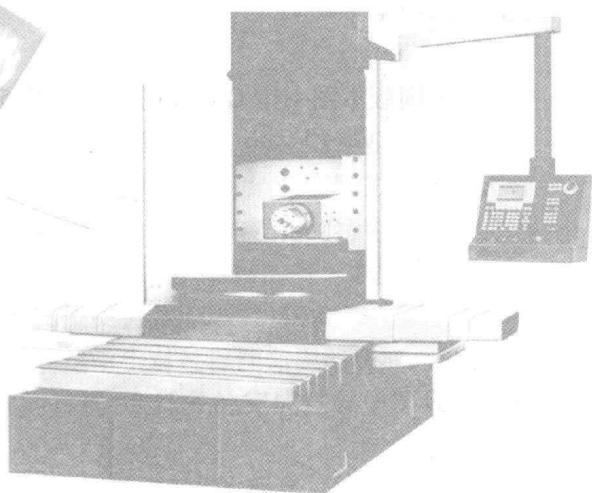
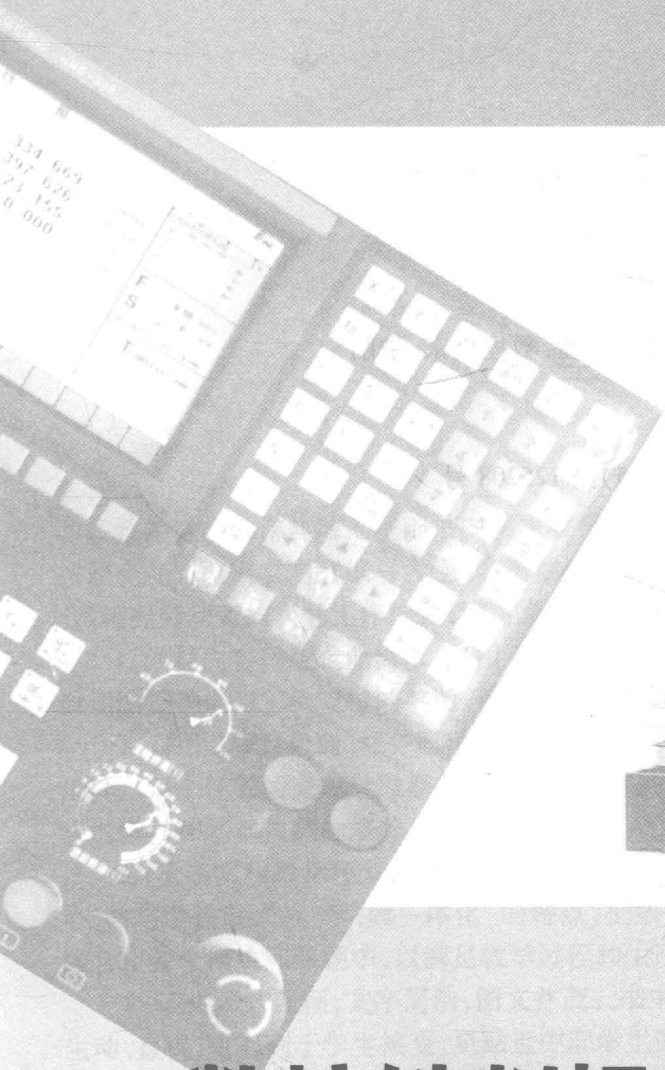
SHUKONG XIXUE CAOZUO YU JIAGONG JICHU

主编 施要生 刘兴中 郭月莲



郑州大学出版社

工学结合、知行合一
一体化课程规划教材



数控铣削操作与加工基础

SHUKONG XIXUE CAOZUO YU JIAGONG JICHU

主编 施要生 刘兴中 郭月莲



郑州大学出版社

郑州

图书在版编目(CIP)数据

数控铣削操作与加工基础/施要生,刘兴中,郭月莲主编.

—郑州:郑州大学出版社,2015.9

ISBN 978-7-5645-2308-4

I. ①数… II. ①施…②刘…③郭… III. 数控机床-铣削

IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 125208 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:张功员

全国新华书店经销

河南安泰彩印有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:9.25

字数:222 千字

版次:2015 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

印次:2015 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-2308-4

定价:24.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换



前言

数控铣削操作与加工基础是中等职业教育数控技术应用专业的一门专业课。本教材按照企业岗位需求制订编写大纲,确定教材内容,使教材内容更好地与实际工作岗位相结合,培养劳动者的实际工作能力,满足企业对技能型人才的需要。教材的特色如下:

1. 教材内容适应企业需求,采用工学结合特色。力争做到教材内容与职业岗位对接,以期缩短学生与工作岗位的差距,使知识运用到岗位中去。

2. 采用“项目导向、任务驱动”的结构设计,满足学生对过程性知识的获取,突出能力的培养。每个任务的完成过程都是解决实际问题的过程,在任务的完成过程中实现基本知识的学习和基本技能的培养。

3. 重视实践教学环节,突出职业教育的“学中做、做中教”的理念。体现以学生为中心,教与学并重,“教、学、做一体化”的特点,把数控机床的编程、操作和加工知识有机地融合在各个模块和课题中,以满足教学过程和生产过程相对接的要求。

4. 表现形式新颖,文字简洁,图文并茂。书中配有大量图片将各个知识点展示出来,生动、直观,更有利于学生接受,更贴近中职学生的读书习惯。

本书由施要生、刘兴中、郭月莲主编,参加本书编写的还有万振宇、田同占、王东、刘兴中、李亚威、张林林等老师。

由于编者水平有限和时间紧迫,书中难免存在错误和不妥之处,望广大读者批评指正。

编者
2015 年

目录

项目一 数控铣削的基础知识.....	1
一、数控铣削的预备知识	1
二、数控铣削的加工过程	7
三、数控铣削所涉及的知识	8
任务 熟悉三视图和机床操作.....	8
项目二 数控铣床坐标系与运动	12
一、铣削加工的切削运动及机床坐标系.....	12
二、编程坐标系.....	15
三、数控机床上有关的原点.....	15
项目三 数控铣床基本操作	18
一、中小型数控铣床数控系统简介.....	18
二、数控机床操作界面概述.....	19
三、机床的工作方式.....	22
四、FANUC-0i 系统机床的操作界面详介	22
五、数控铣床的安全规程及上电操作.....	24
六、数控铣床的基本操作方法.....	26
任务 操作数控机床	28
项目四 数控铣削加工基础	29
一、数控铣削零件工艺分析	29
二、数控铣削刀具与切削用量.....	32
三、数控铣削刀具与工件的夹持.....	38
任务 立铣刀的刃磨	39
项目五 数控铣削编程基础	42
一、数控铣削编程概述.....	42

二、数控铣削加工程序的组成与格式	43
三、数控指令分类与典型数控系统指令	44
四、常用指令编程要点	46
任务 熟悉数控铣床零件加工的基本步骤	48
 项目六 直线与圆弧插补指令的应用	50
一、绝对坐标编程与相对坐标编程	50
二、工件的加工分析与实施	54
三、顺铣、逆铣	55
四、下刀方式	56
任务 方形凸模零件加工	57
 项目七 刀具半径和长度补偿指令的应用	61
一、刀具半径补偿	61
二、刀具长度补偿	65
任务 凸台零件加工	69
 项目八 平面和型腔程序编制	72
一、平面铣削	72
二、主、子程序	75
三、型腔铣削知识	76
任务一 平面的加工	78
任务二 凹模铣削	80
 项目九 固定循环指令及其应用	83
一、钻孔加工	83
二、内孔螺纹加工	85
三、镗孔加工	86
任务一 简单孔的加工	87
任务二 孔系零件的加工	89
任务三 盘类零件上孔的加工	91
 项目十 宏程序	97
一、宏程序概述及调用	97
二、运算和逻辑操作	99
任务一 圆环孔的加工	100
任务二 不规则凸台零件的加工	102

项目十一 加工中心的操作.....	105
一、加工中心的基础知识	105
二、操作设备	110
任务一 动模板的加工.....	116
任务二 内轮廓和开放轮廓加工.....	121
任务三 开放轮廓和孔的加工.....	124
本书练习题集.....	129

项目一

数控铣削的基础知识

项目描述

1. 了解数控铣削加工的过程。
2. 了解数控铣削加工涉及的技术。

项目分析

能掌握数控铣削的基本知识及数控铣削加工的工艺分析,以及数控铣削加工所涉及的技术知识。

一、数控铣削的预备知识

(一) 数控铣削的加工范围

数控铣削的加工包括平面铣削、曲面铣削、轮廓铣削、钻孔、镗削、螺纹。

(二) 数控铣削的类型

数控铣床如同传统的普通铣床一样,按主轴在空间所处的状态,分为立式数控铣床、卧式数控铣床、立卧两用数控铣床。主轴在空间处于垂直状态的,称为立式数控铣床;主轴在空间处于水平状态的,称为卧式数控铣床;主轴可作垂直和水平转换的,称为立卧两用数控铣床。

1. 立式数控铣床

如图 1-1 所示为立式数控铣床示意图。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。小型立式数控铣床 X 、 Y 、 Z 方向的移动一般都由工作台完成,主运动为主轴旋转,与普通立式升降台铣床相似。中型立式数控铣床的纵向和横向移动一般由工作台完成,且工作台还可手动升降,主轴除完成主运动外,还能沿垂直方向伸缩。大型立式数控铣床由于需要考虑扩大行程、缩小占地面积、刚性等技术问题,多采用龙门架沿床身作纵向移动,主轴在龙门架的横向与垂直溜板上运动。

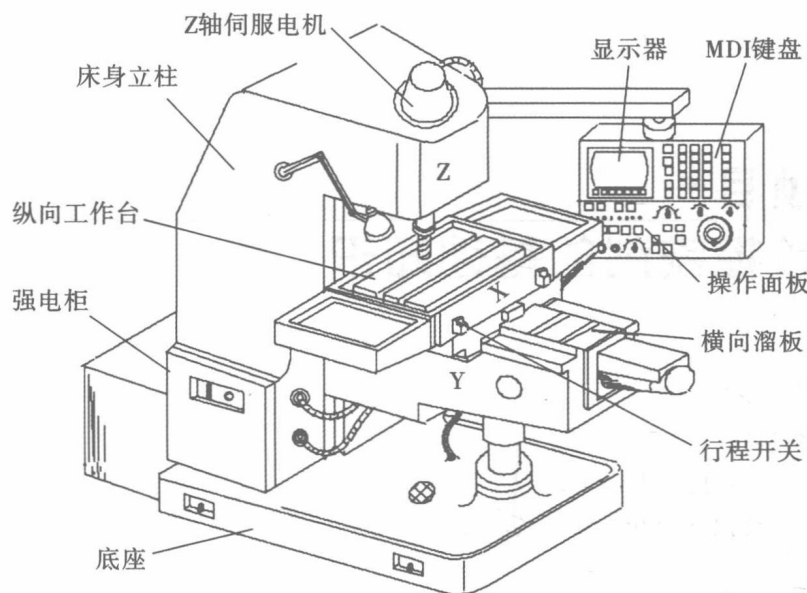


图 1-1 立式数控铣床示意

2. 卧式数控铣床

如图 1-2 所示为卧式数控铣床实物图。卧式数控铣床的主轴水平布置,为了扩大加工范围和使用功能,通常采用增加数控转盘或万能数控转盘来实现 4~5 轴加工。这样不但工件侧面上的连续回转轮廓可以加工出来,而且可以实现在一次安装中,通过转盘改变工位,进行“四面加工”。尤其是万能数控转盘可以把工件上各种不同角度的加工面摆成水平面来加工,可以省去许多专用夹具或专用角度成型铣刀。对箱体类零件或在一次安装中需要改变工位的工件来说,选择带数控转盘的卧式数控铣床进行加工是非常合适的。

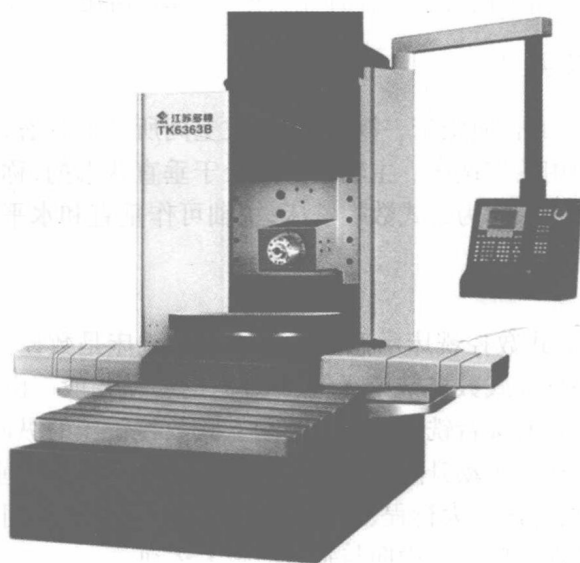


图 1-2 卧式数控铣床实物

卧式铣床的优点:机床操作方便,能承载重负荷切削,加工范围广,切削稳定性能好。

使用刀具:可用各种圆柱铣刀、圆片铣刀、角度铣刀、成型铣刀和端面铣刀加工各种平面、斜面、沟槽等。

3. 立卧两用数控铣床

立卧两用数控铣床的主轴方向可以变换,在一台机床上既可以进行立式加工,又可以进行卧式加工。立卧两用数控铣床主轴方向的更换有手动与自动两种。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。当立卧两用数控铣床增加数控转盘后,就可以实现对工件的“五面加工”。即除了工件与转盘贴面的定位面外,其他表面都可以在一次安装中进行加工。因此,其加工性能非常优越。

(三) 数控铣床的组成结构和主要技术参数

1. 数控铣床的组成结构

由图 1-3 可见,数控铣床的系统一般由以下几个部分组成:

(1) 数控系统。数控系统是机床实现自动加工的核心,是整个数控机床的灵魂所在,主要由输入装置、监视器、计算机数字控制系统、可编程控制器、各类输入/输出接口等组成。

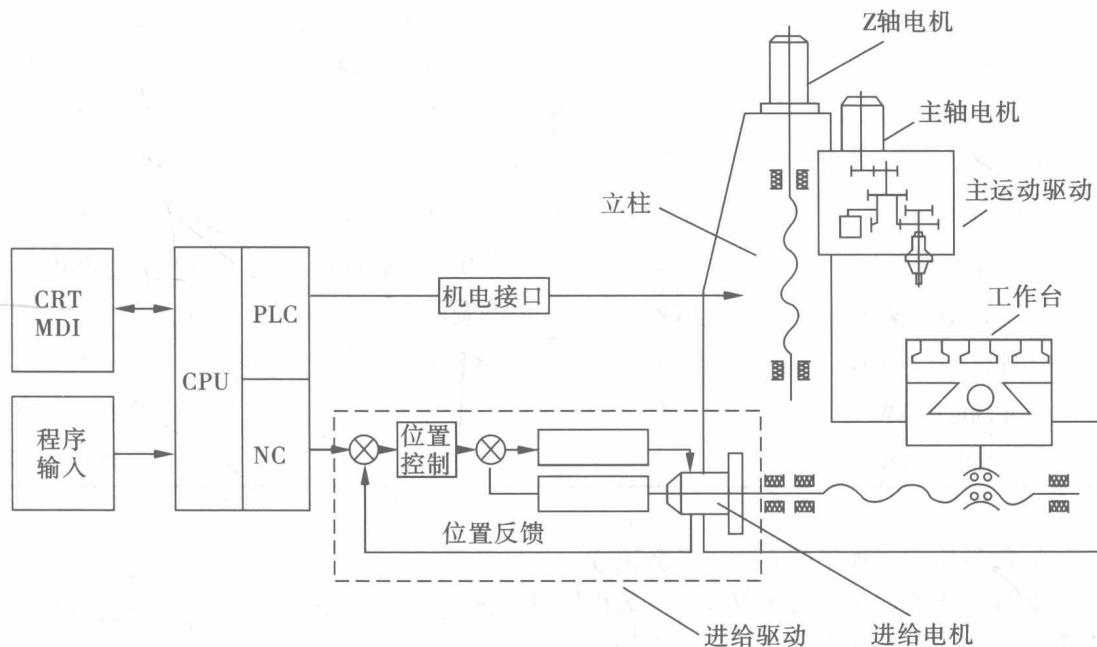


图 1-3 数控铣床的组成结构

(2) 进给伺服系统。数控铣床一般有多个进给方向的运动控制,如前后、左右、上下方向的运动。各方向进给运动的机械执行部件都配有一套伺服驱动系统。

(3) 主轴伺服系统。机床主轴的运动是旋转运动,随切削加工情形的变化,要求主轴

转速能够随之变化。现代数控机床要求主轴具有很高的转速和很宽的调速范围,主轴的正反方向都可以实现转动和自动加减速,并且可以在最高速与最低速间指令任意转速,属于无级调速方式。

(4)辅助装置。辅助装置主要包括液压控制系统、润滑装置、切削液装置、排屑装置、工件夹紧放松机构、回转工作台、过载和保护装置等。

(5)机床主体。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。与传统的普通铣床相比较,其整体布局、外观造型、传动机构、工具系统等方面都发生了很大的变化。如主传动及主轴部件具有传递功率大、刚度 high、抗震性好及热变形小等优点;进给传动件具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点;机床本身具有很高的动、静刚度;采用全封闭罩壳。

2. 数控铣床或加工中心的主要技术参数

数控铣床或加工中心的主要技术参数包括工作台面积、各坐标轴行程、主轴转速范围、切削进给速度范围、刀库容量、换刀时间、定位精度、重复定位精度等。表 1-1 为 VDF-850 数控铣床或立式加工中心技术参数说明。

表 1-1 VDF-850 数控铣床立式加工中心技术参数说明

机械规格	VDF-850	机械规格	VDF-850
行程 X 轴/mm	850	Y 轴电机/kW	1.2
行程 Y 轴/mm	510	Z 轴电机/kW	1.8
行程 Z 轴/mm	510	控制器	FANUC
主轴端面至工作台/mm	150 ~ 660	快速移动速率/(m/min)	18/18/16
工作台尺寸/mm	1 000×500	切削进给率/(mm/min)	1 ~ 7 600
最大承重/kg	150	定位精度/mm	±0.025/0.020
主轴孔锥度规格	BT40	重复定位精度/mm	±0.008
主轴转速/(r/min)	8 000	气压/(kg/cm ²)	≥6
主轴电机/kW	7.5	刀库(选装)	20(机械手)
X 轴电机/kW	1.2	机床质量/kg	6 500

3. 数控铣床或加工中心技术参数识读

数控铣床或加工中心主要技术参数识读可分成尺寸参数、接口参数、运动参数、动力参数、精度参数、其他参数几个方面来认识。

(1)尺寸参数。内容包括:工作台面积(长、宽)、承重,主轴端面到工作台的距离,交换工作台尺寸数量及交换时间。作用:影响到加工工件的尺寸范围大小质量编程范围及刀具、工件、机床之间的干涉。

(2)接口参数。内容包括:工作台 T 型槽数,槽宽槽间距,主轴孔锥度、直径,最大刀具尺寸及质量,刀具容量交换时间(加工中心)等。作用:影响到工件、刀具安装及加工适

应性和效率。

(3)运动参数。内容包括:各坐标行程及摆角范围,主轴转速范围,各坐标快速进给速度、切削进给速度范围。

(4)动力参数。内容包括:主轴电机功率,伺服电机额定转矩。作用:影响到切削负荷。

(5)精度参数。内容包括:定位精度和重复定位精度,回转工作台的分度精度。作用:影响到加工精度及其一致性。

(6)其他参数。内容包括:外形尺寸,质量。作用:影响到使用环境。

(四)数控铣床或加工中心选用

1. 数控铣床或加工中心的类型选择

不同类型的数控铣床或加工中心,其使用范围也有一定的局限性,只有加工与工作条件相适合的工件,才能达到最佳的效果。一般来说,立式数控铣床及镗铣加工中心适用于加工平面凸轮、样板、箱盖、壳体等形状复杂单面加工零件,以及模具的内、外型腔等;卧式铣床和加工中心配合回转工作台适用于加工箱体、泵体、壳体有多面加工任务的零件,如果对箱体的侧面与顶面要求在一次装夹中加工,可选用五面体加工中心。

如果在立式铣床和加工中心上加工适合卧式铣床和加工中心加工的典型零件,则当对零件的多个加工面、多工位加工时,需要更换夹具和倒换工艺基准,这样会降低加工精度和生产效率。

如果将适合在立式铣床和立式加工中心的典型工件在卧式铣床或加工中心上加工,则常常需要增加弯板夹具,从而降低工件加工工艺系统的刚性。

为了保持数控铣床及镗铣加工中心的精度,降低生产成本,延长使用寿命,又通常把零件的粗加工、零件基准面、定位面的加工安排在普通机床上进行。

2. 机床规格的选择

应根据被加工典型工件大小尺寸选用相应规格的数控机床。数控机床的主要规格包括工作台尺寸、几个数控进给坐标的行程范围和主轴电动机功率。选用合适的工作台尺寸保证工件在其上面能顺利装夹;选择合适的进给坐标行程保证工件的加工尺寸在各坐标有效行程内。

CNC 铣床或加工中心的工作台面尺寸和三个直线坐标行程都有一定比例关系,如机床的工作台为 500 mm×500 mm,其 X 轴行程一般为 700 ~ 800 mm, Y 轴行程一般为 550 ~ 700 mm, Z 轴行程一般为 500 ~ 600 mm,因此工作台的大小基本确定了加工空间的大小。

此外,选择数控机床时还应考虑工件与换刀空间的干涉及工作台回转时与护罩及附件干涉等一系列问题,而且还要考虑机床工作台的承载能力。对机床的主要技术参数确认是确定机床能否满足加工的重要依据。

3. 机床精度的选择

选择机床的精度等级应根据被加工工件关键部位的加工精度要求来确定,一般来说,批量生产零件时,实际加工出的精度公差数值为机床定位精度公差数值的 1.5 ~ 2 倍。数控铣床和加工中心按精度分为普通型和精密型,其主要精度项目如表 1-2 所示。普通型

CNC 机床可批量加工 IT8 级精度的工件;精密型 CNC 铣床或加工中心加工精度可达 IT 5 ~6级,但对使用环境要求较严格,以及要有恒温等工艺措施。

CNC 铣床和加工中心的直线定位精度和重复定位精度综合反映了该轴各运动元部件的综合精度。尤其是重复定位精度,它反映了该控制轴在全行程内任意点定位稳定性,这是衡量该控制轴能否稳定可靠工作的基本指标。

铣圆精度是综合评价 CNC 铣床和加工中心有关数控轴的伺服跟随运动特性和数控系统插补功能的指标。由于数控机床具有一些特殊功能,因此,在加工中等精度的典型工件时,一些大孔径圆柱面和大圆弧面可以采用高切削性能的立铣刀铣削,测定每台机床的铣圆精度的方法是用一把精加工立铣刀铣削一个标准圆柱试件,中小型机床圆柱试件的直径一般在 $\phi 200\text{ mm} \sim \phi 300\text{ mm}$ 。将铣削后加工得到的标准圆柱试件放到圆度仪上,测出加工圆柱的轮廓线,取其最大包络圆和最小包络圆,两者间的半径差即为其精度。

表 1-2 数控铣床和加工中心主要精度项目

精度项目	普通型/mm	精密型/mm
直线定位精度	$\pm 0.01/\text{全程}$	$\pm 0.005/\text{全程}$
重复定位精度	± 0.006	± 0.002
铣圆精度	$0.03 \sim 0.04$	0.02

(五) 夹具和刀具

数控铣床所常用的夹具和刀具如图 1-4 所示

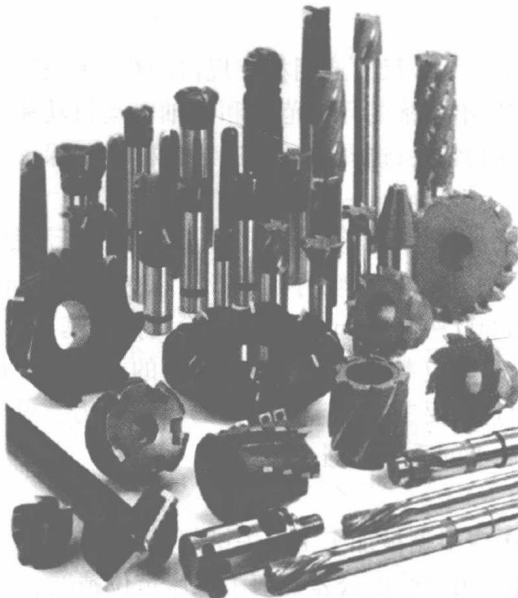


图 1-4 刀具和夹具

二、数控铣削的加工过程

(一) 加工工艺分析

我们要加工什么? ——对加工对象进行分析。

怎样进行加工? ——确定加工方案。

选择什么工具完成加工? ——确定工艺装备。

1. 分析零件样图,并确定毛坯

2. 确定加工方案

(1) 确定加工方法。

(2) 确定加工过程,制定工序。

3. 确定工艺装备

(1) 刀具的选择。

(2) 设计装夹、定位方式。

4. 确定加工工艺参数及走刀路线

5. 制定工艺规程

(二) 编制数控程序

手工编程:整个编程过程由人工完成。对编程人员的要求高(不仅要熟悉数控代码和编程规则,而且还必须具备机械加工工艺知识和数值计算能力)。

计算机辅助编程:编程人员只要根据零件图纸的要求,按照某个自动编程系统的规定,将零件的加工信息用较简便的方式送入计算机,由计算机自动进行程序的编制,编程系统能自动打印出程序单和制备控制介质。

(三) 将程序输入数控系统

编制好的数控程序要以文本文件(ASC II 码)的形式存储在数控系统之中,以便加工时调用,一般可以利用数控系统提供的编辑功能将程序输入并存储,也可以利用数控系统的通信功能直接将数控程序文件传输至数控系统之中。

(四) 校验并首件试切

一般在正式加工之前,要对程序进行检验。通常可采用机床空运转的方式来检查机床动作和运动轨迹的正确性,以检验程序的正确性。

(五) 数控铣床的工作原理

数控加工是先根据零件图样的要求确定零件的加工工艺过程、工艺参数等,再按编程手册规定编制零件数控加工程序,然后手动输入或计算机输入到数控机床的数控系统,以控制数控机床刀具与工件的相对运动,从而完成零件的加工。

(六) 零件加工

如图 1-5 所示,零件加工是先根据零件图样的要求确定零件的加工工艺过程,制定工艺卡片,再按编程要求编制零件数控加工程序,然后输入到数控系统校验无误后进行对刀操作,并首件试切,根据试切结果再确定零件的加工,一直到最后加工成零件成品。

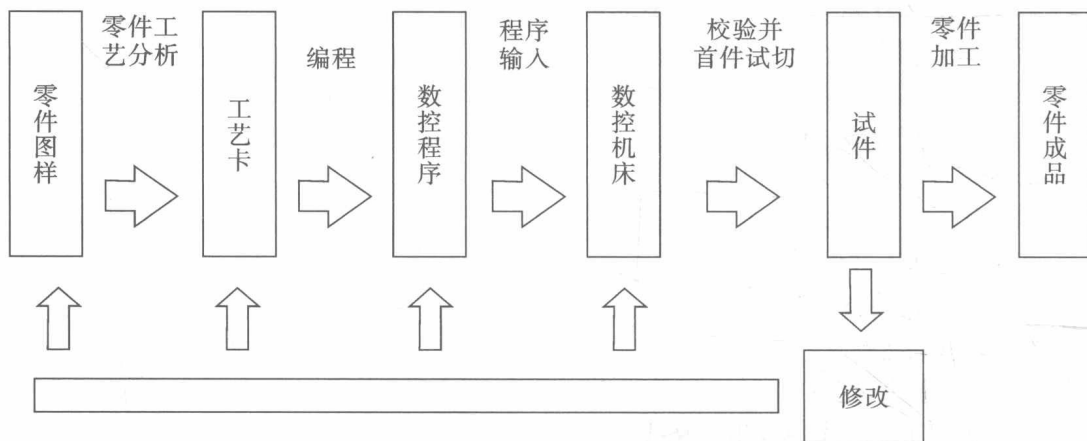


图 1-5 零件加工过程

三、数控铣削所涉及的知识

1. 正确识图

能够看懂三视图,根据图设计所需要的夹具和刀具及加工工艺。

2. 熟悉机械加工基本知识

熟悉加工的材料和所用刀具的材料。

3. 熟悉数控技术,熟练操作机床

机床所使用的系统不同,操作功能就有所不同,操作面板设计就有所不同。

任务 熟悉三视图和机床操作

任务描述

以一台型号为 ZK6350K 配凯恩帝 10Mi 系统的数控钻铣床为例,分析如图 1-6 所示的零件的加工工艺。本次任务重点是掌握数控机床操作的基本步骤。

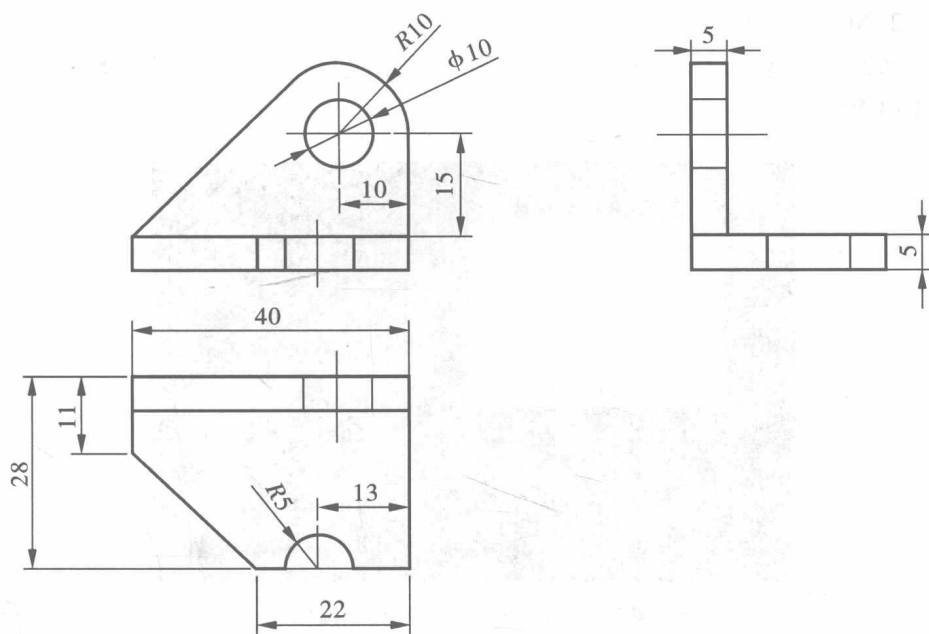


图 1-6 零件图

任务分析

数控加工设备的任务是接受数控程序,并按照程序完成各种加工动作。要分析三视图的数值尺寸,确定加工工艺,选择合适的刀具。

任务实施

1. 机床面板操作

机床面板主要用于控制机床运行状态,由模式选择按钮、运行控制开关等多个部分组成,如图 1-7 所示。



图 1-7 凯恩帝机床控制面板

2. NC 系统面板操作

机床系统操作键盘在视窗的右上角,其左侧为显示屏,右侧是编程面板,如图 1-8 所示。

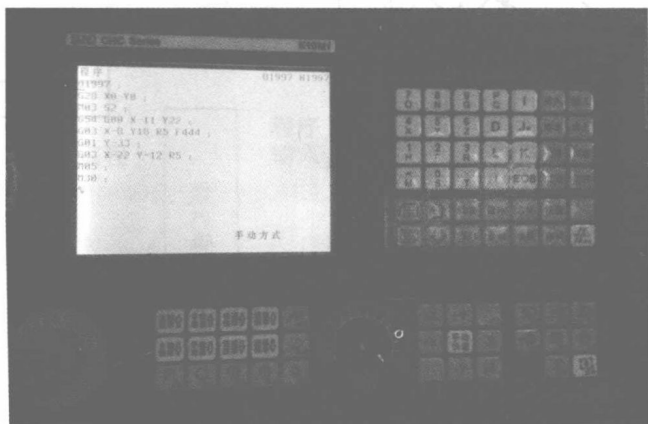


图 1-8 凯恩帝 NC 系统面板操作

数控机床的操作要求严格,必须按程序化、规范化的要求进行。本次任务的实施主要完成以下内容:①手动操作机床;②回机床零点;③手动数据输入(MDI);④参数调试;⑤程序自动运行。

任务评价

本次任务的重点是熟悉机床的基本操作技能和看三视图的技巧,现归纳如下:①机床开机,回参考点;②手动操作面板(如输入字母和数字);③立体图的长、宽、高所对应的三视图的看法;④机床关机。

思考与练习

1. 数控铣削加工的工艺装备包括哪些?
2. 数控铣床与加工中心的区别是什么?
3. 常见的铣削类型有哪些?
4. 简述数控铣削加工的实现过程。
5. 图 1-9 是某工厂的加工工件图,根据图中标注的尺寸,试分析零件的立体图。