



高等职业教育“十二五”规划教材
数控技术应用专业系列

数控铣床编程与操作

● 主编 孙贵斌 陈军



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

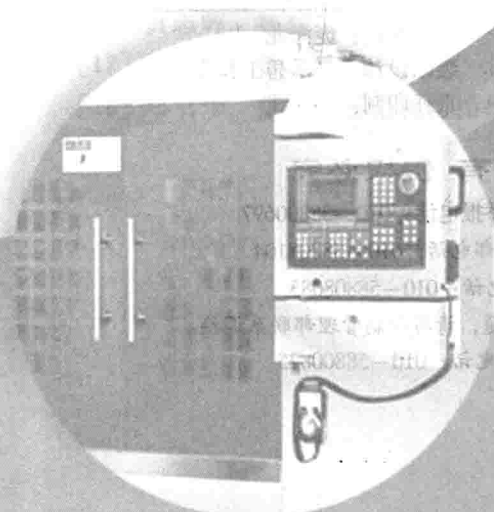
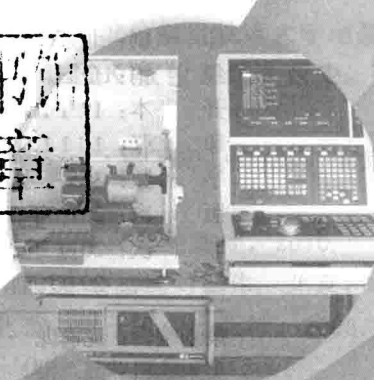


高等职业教育“十二五”规划教材
数控技术应用专业系列

数控铣床编程与操作

● 主 编 孙贵斌 陈 军
副主编 李世班 李 英
吴修彬 王 婧

常州大学图书馆
藏书章



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣床编程与操作 / 孙贵斌, 陈军等主编. —北京:
北京师范大学出版社, 2011.3
高等职业教育“十二五”规划教材. 数控技术应用专业系列
ISBN 978-7-303-11991-2

I. ①数… II. ①孙…②陈… III. ①数控机床: 铣床—程
序设计—高等学校: 技术学校—教材②数控机床: 铣床—操
作—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第 260482 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京嘉实印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 184 mm × 260 mm

印 张: 17.5

字 数: 365 千字

版 次: 2011 年 3 月第 1 版

印 次: 2011 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 29.00 元

策划编辑: 庞海龙

责任编辑: 庞海龙

美术编辑: 高 霞

装帧设计: 弓禾碧工作室

责任校对: 李 菡

责任印制: 孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010—58800697

北京读者服务部电话: 010—58808104

外埠邮购电话: 010—58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010—58800825

出版说明

为贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高〔2006〕16号)文件精神,“十二五”期间,北京师范大学出版社将组织出版高等职业教育“十二五”系列规划教材。在组织教材编写的过程中,我们始终坚持科学发展观,紧紧围绕高等职业教育的培养目标,从满足社会发展对高素质劳动者和技能型人才的需求出发,坚持以就业为导向,以能力为本位,以学生为中心,以工作过程为导向的课程改革与教材建设理念,着力打造反映教学改革最新精神的职业教育教材。为此,我们邀请了全国职业教育的专家、有关高职院校的骨干教师,共同编写了本套系列规划教材。

经过众多专家、老师的努力,本套教材在教材体系、内容组织、图文表现等各方面都有所创新与发展,形成了鲜明的编写风格:

1. 目标驱动。关注的焦点放在通过任务的完成所获得的成果上面。通过成果的获得,激发学生学习的兴趣,激励学生勇于探索,不断进步。

2. 任务引领。每个项目分为若干个任务,在任务的完成中学习相关知识、技能,实现学生的全面发展。

3. 学生为本。教材的设计以学生为中心,在教材组织的各个环节突出学生的主体地位,引导学生明确应该怎么做、做到什么程度。

4. 图文并茂。考虑到高等职业学院学生的心理和生理特点,本套教材尽量采用图形化、表格化和步骤化的呈现方式,便于学生学习。

5. 立体化开发。在组织教材编写的过程中,配套研发与教材相应的电子教案、课件、实训指导材料等助教、助学资源库,以便教师授课和学生学习使用。

当然,任何事物的发展都有一个过程,职业教育的改革与发展也有一个过程,同样,我们组织出版的本套系列规划教材也需要在教学实践的过程中不断完善,因此,衷心希望各位读者能提出宝贵的意见和建议,并积极参与到我们进一步的教材研发中来,共同为我国的高等职业教育教学改革和教材建设作出贡献。

北京师范大学出版社职教分社

内容简介

本教材以 FANUC 0i-MB 数控系统和 SINUMERIK 802 S/C 系统数控为研究对象，以上海宇龙仿真系统为工具，通过典型实例详细讲述了数控铣床编程的应用。每一个项目由理论教学和实践教学两部分组成，主要包括数控铣床基本操作、平面图形加工、孔加工、轮廓加工、凹槽加工、零件综合加工等内容。

本教材可作为高等职业院校数控技术应用专业、机电一体化专业的学生用书，也可供相关工程技术人员参考。



前



言

本书是以教育部数控技术应用型紧缺人才的培训方案为指导思想，参照最新的数控专业教学计划，根据“基本理论的教学以应用为目的，以必需和够用为尺度”这一指导原则编写的。全书介绍了主流数控系统 FANUC 0i-MB 及 SINUMERIK 802 S/C 的基本功能，以先进而具体的工艺路线和加工方法为例，讲授各种编程指令的综合应用及数控机床的操作；重点讲述了数控铣床的编程与操作步骤，并用数控仿真软件—上海宇龙数控仿真软件进行仿真运行，讲授知识由浅入深、循序渐进、讲解详细，使本教材具有针对性、可操作性和实用性，力争为数控加工制造领域人才的培养起到促进作用。

本书由莱芜职业技术学院孙贵斌、陈军任主编，李世班、李英、吴修彬、王婧任副主编。主要分工如下：孙贵斌编写平面图形加工、孔加工；陈军编写轮廓加工、凹槽加工；吴修彬编写数控铣床基本操作；李英、李世班、王婧共同编写零件综合加工；高佐矿业集团王洪齐工程师、王西伟工程师使用软件予以核对数据。莱芜职业技术学院孙召瑞教授审阅了全部书稿并提出了很多宝贵的意见，作者在此谨致谢忱。本教材编写得到了莱芜职业技术学院领导和机电系领导及全体同仁的大力支持，编者在此表示诚挚的谢意。

由于学识水平有限，疏漏之处在所难免，希望读者提出宝贵的建议。

目 录

项目 1 数控铣床基本操作	1
任务 1 数控铣床基础知识	1
任务 2 数控铣床面板功能	7
任务 3 数控铣床手动操作与试切削	17
任务 4 数控铣床程序的输入与编辑	25
任务 5 数控铣床 MDI(MDA)操作及对刀	33
项目 2 平面图形加工	43
任务 1 直线图形加工	43
任务 2 圆弧图形加工	56
任务 3 一般形状图形加工及数控仿真	64
项目 3 孔加工	76
任务 1 钻 孔	76
任务 2 铰 孔	90
任务 3 铣 孔	98
任务 4 镗 孔	110
任务 5 攻内螺纹	122
项目 4 轮廓加工	133
任务 1 平面铣削基础知识	133
任务 2 平面外轮廓加工	142
任务 3 平面内轮廓加工	155
任务 4 轮廓综合加工	164
项目 5 凹槽加工	174
任务 1 键槽铣削	174
任务 2 直沟槽、圆弧槽加工	186
任务 3 腔槽综合加工	199
项目 6 零件综合加工	214
任务 1 零件综合加工训练(一)	214
任务 2 零件综合加工训练(二)	228

任务 3	零件综合加工训练(三)	239
任务 4	零件综合加工训练(四)	252
任务 5	零件综合加工训练(五)	262
任务 6	零件综合加工训练(六)	263
任务 7	零件综合加工训练(七)	265
任务 8	零件综合加工训练(八)	266
参考文献		269

任务 1 MISSION 1

数控铣床基础知识



知识目标

1. 了解数控铣床的种类。
2. 了解数控铣床的组成。
3. 了解数控铣床的特点。
4. 了解数控铣床的应用场合。



知识学习

一、数控铣床

数控铣床是用计算机数字化信号控制的铣床。它把加工过程中所需的各种操作(如主轴变速、进刀与退刀、开车与停车、选择刀具、供给切削液等)和步骤以及刀具与工件之间的相对位移量都用数字化的代码表示,通过控制介质或数控面板等将数字信息送入专用或通用的计算机,由计算机对输入的信息进行处理与运算,发出各种指令来控制机床的伺服系统或其他执行机构,使机床自动加工出所需要的工件。图 1-1-1 所示为立式数控铣床外形图。

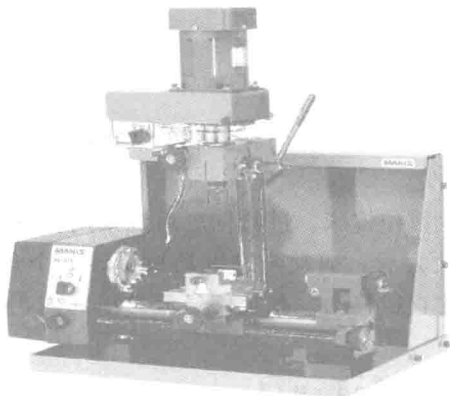


图 1-1-1 立式数控铣床外形

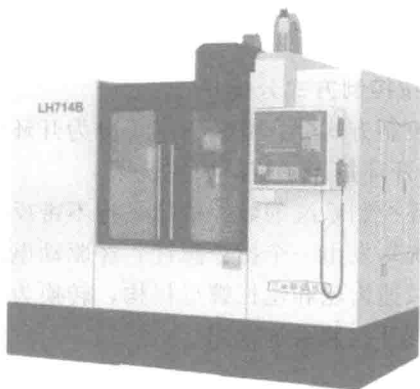


图 1-1-2 立式加工中心外形

加工中心:带刀库和自动换刀装置的数控镗铣床,图 1-1-2 所示为立式加工中心。

数控铣床(加工中心)上零件的加工过程如图 1-1-3 所示。

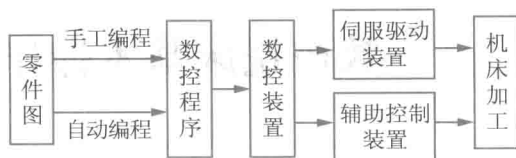


图 1-1-3 零件的加工过程

二、数控铣床种类

1. 按机床形态分类

数控铣床有立式铣床、卧式铣床和龙门式铣床三种。其中立式、卧式数控铣床应用较广。立式铣床主轴处于垂直位置, 适宜加工高度方向尺寸相对较小的工件。卧式铣床主轴是水平设置的, 结构比立式铣床复杂, 占地面积较大、价格较高, 宜加工箱体类零件, 如图 1-1-4 所示, 龙门式铣床用于加工特大型零件。本节主要以立式铣床为例。

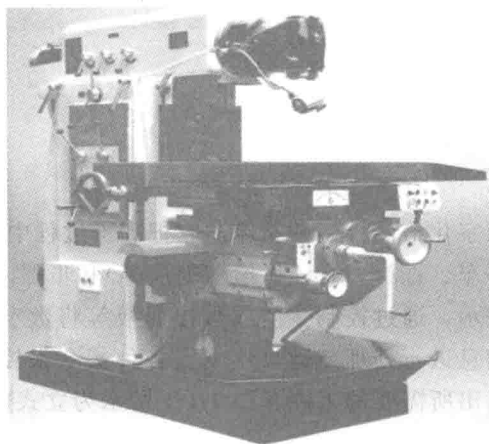


图 1-1-4 卧式铣床

2. 按控制方式分类

按控制方式分, 数控铣床可分为开环控制、半闭环控制和闭环控制的数控铣床三大类。

(1) 开环控制系统的数控铣床

开环控制系统的数控铣床是指不带反馈装置的数控铣床。进给伺服系统采用步进电动机, 数控系统每发出一个指令脉冲, 经驱动电路功率放大后, 驱动步进电动机旋转一个角度, 然后经过减速齿轮和丝杠螺母机构, 转换为工作台的直线移动。系统信息流是单向的, 图 1-1-5 所示为开环控制系统框图。



图 1-1-5 开环控制系统框图

开环控制系统的数控铣床不具有反馈装置,对移动部件实际位移量的测量不能与原指令值进行比较,也不能进行误差校正,因此系统精度低。因其结构简单、成本低、技术容易掌握,故在中、小型控制系统的经济型数控铣床中得到应用,尤其适用于旧机床改造的简易数控铣床中。

(2) 半闭环控制系统的数控铣床

半闭环控制系统的数控铣床在伺服机构中装有角位移检测装置,通过检测伺服机构的滚珠丝杠转角间接测量移动部件的位移,然后反馈到数控装置中,与输入原指令位移值进行比较,用比较后的差值进行控制,以弥补移动部件位移,直至差值消除为止。由于丝杠螺母机构不包括在闭环之内,所以丝杠螺母机构的误差仍然会影响移动部件的位移精度,如图 1-1-6 所示为半闭环控制系统框图。

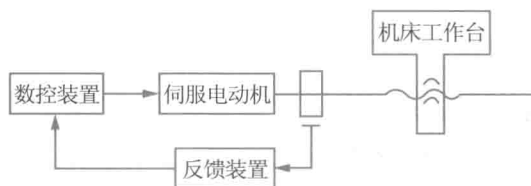


图 1-1-6 半闭环控制系统框图

半闭环控制系统的数控铣床(加工中心)采用伺服电动机,结构简单、工作稳定、使用维修方便,目前应用比较广泛。

(3) 闭环控制系统的数控铣床

闭环控制系统的数控铣床在机床移动部件位置上直接装有直线位置检测装置,将检测到的实际位移反馈到数控装置中,与输入的原指令位移值进行比较,用比较后的差值控制移动部件作补充位移,直到差值消除时才停止,达到精度要求。图 1-1-7 所示为闭环控制系统框图。

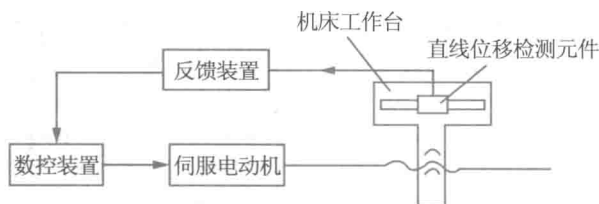


图 1-1-7 闭环控制系统框图

闭环控制系统数控铣床的优点是定位精度高(一般可达 0.01mm,最高可达 0.001mm),但结构复杂、维修困难、成本高,一般用于加工精度要求很高的场合。

3. 按数控系统分类

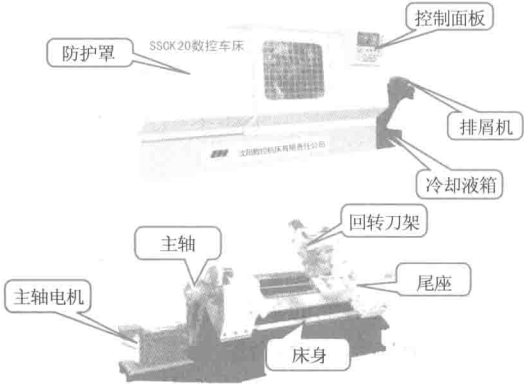
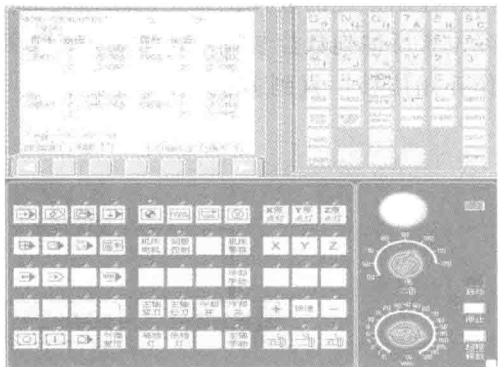
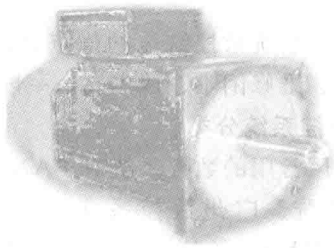
目前工厂常用的数控系统有 FANUC(法那科)数控系统、SIEMENS(西门子)数控系统、华中数控系统、广州数控系统、三菱数控系统等。每一种数控系统又有多种型号,如 FANUC(法那科)系统从 0i 到 23i; SIEMENS(西门子)系统从 SINUMERIK 802S、802C 到

802D、840D 等。各处数控系统指令各不相同，同一系统不同型号，其数控指令也略有差别，使用时应以数控系统说明指令为准。本书以 FANUC(法那科)0i-MB 系统和 SINUMERIK(西门子)802S/C 系统为例。

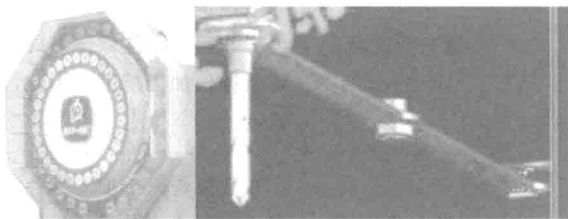
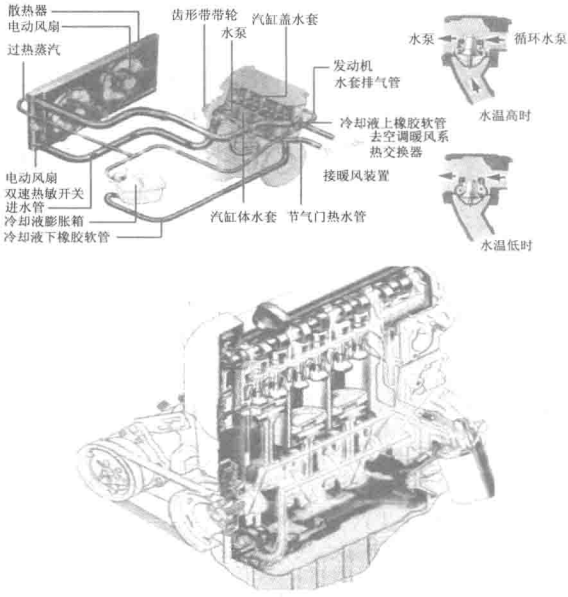
三、数控铣床组成

数控铣床一般由机床主机、控制部分、驱动部分、刀库及自动换刀装置、辅助部分等组成，如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 数控铣床的组成部分

序号	组成部分	说 明	图 例
1	机床主机	它是数控铣床机械本体，包括床身、床鞍、工作台、主柱、主轴箱、进给机构等	
2	控制部分	它是数控铣床的控制核心，由各种数控系统完成对数控铣床的控制	
3	驱动部分	驱动部分是数控铣床执行机构的驱动部件，包括主轴电动机和进给伺服电动机	

续表

序号	组成部分	说 明	图 例
4	刀库	刀库及自动换刀装置是加工中心特有的部件。刀库是用来储存刀具和其他辅助工具的地方	
5	自动换刀装置	自动换刀装置是将加工中心主轴上的刀具与刀库中的刀具交换的机构，由换刀指令完成加工中心的换刀	
6	辅助部分	它是数控铣床的一些配套部件，包括液压装置、气动装置、冷却系统、润滑系统、自动清屑器等	 该图例展示了数控铣床的辅助部分，包括冷却系统、润滑系统和气动装置。图中详细标注了各个部件及其连接关系： - 冷却系统：包括散热器、电动风扇、过热蒸汽、水泵、汽缸盖水套、水泵、发动机水套排气管、冷却液上橡胶软管、去空调暖风系统热交换器、接暖风装置、汽缸体水套、节气门热水管、冷却液下橡胶软管、冷却液膨胀箱、进水管、电动风扇双速热敏开关。 - 润滑系统：包括循环水泵、水温高时、水温低时。 - 气动装置：包括接暖风装置。

四、数控铣床特点

数控铣床的特点如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 数控铣床特点

序号	特 点	说 明
1	能加工形状复杂零件	数控铣床(加工中心)因能实现多坐标联动, 所以容易实现许多普通机床难以完成或无法加工的空间曲线、曲面, 如加工形状复杂的模具
2	具有高度柔性	柔性即“灵活”、“可变”, 是相对“刚性”而言。使用数控铣床, 当加工的零件改变时, 只需要重新填写(或修改)数控加工程序即可实现对新的零件的加工, 不需要重新设计模具、夹具等工艺装备, 对多品种、小批量零件的生产, 适应性强, 生产周期短
3	加工精度高、质量稳定	数控铣床按照预定的加工程序自动加工工件。加工过程中消除了操作者人为的操作误差, 能保证零件加工质量的一致性, 而且还可以利用反馈系统进行校正及补偿加工精度。因此, 可以获得比机床本身精度还要高的加工精度及重复精度
4	自动化程度高、工人劳动强度低	在数控铣床上加工零件时, 操作者除了输入程序、装卸工件、对刀、关键工序的中间检测及观察机床运行之外, 不需要进行其他复杂手工操作, 劳动强度和紧张程度均大为减轻。此外, 机床上一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却等装置, 操作者的劳动条件大为改善
5	生产效率高	数控铣床结构刚性好, 主轴转速高, 可以进行大切削用量的强力切削。此外, 机床移动部件的空行程运动速度快, 加工时所需的切削时间和辅助时间均比普通机床少, 生产率比普通机床一般高 2~3 倍; 加工形状复杂的零件, 生产效率可高达十几倍到几十倍
6	经济效益高	使用数控机床加工零件时, 分摊在每个零件上的设备费用是较昂贵的, 但在单件、小批量生产情况下, 可以节省许多其他方面的费用, 如减少划线、调整、检验时间而直接减少生产费用; 节省工艺装备, 减少装备费用等而获得良好的经济效益; 此外, 加工精度稳定, 减少了废品率; 数控机床还可实现一机多用, 节省厂房、节省建厂投资等
7	有利于生产管理的现代化	用数控铣床加工零件, 能准确地计算零件的加工工时, 并有效地简化了检验和工夹具、半成品的管理工作。其加工及操作均使用数字信息与标准代码输入, 最适于与计算机联系, 目前已成为计算机辅助设计、制造及管理一体化的基础

五、数控铣床的应用场合

数控铣床比一般机床具备许多优点, 但是这些优点都是以一定条件为前提的。数控铣床的应用范围在不断扩大, 但它并不能完全代替其他类型的机床, 也还不能以最经济的方式解

决机械加工中的所有问题,它常最适用于以下几种情况。

1)多品种、小批量生产的零件。图1-1-8所示为三类机床的零件加工批量数与综合费用的关系。加工大批量零件时选用数控铣床是不利的,而选择专用机床效率高、费用低。通常,采用数控机床加工的合理生产批量为10~100件。

2)结构比较复杂的零件。图1-1-9所示为三类机床的被加工零件复杂程度与零件批量数大小的关系。通常数控机床适宜加工结构比较复杂,在非数控机床上加工时需要昂贵的工艺装备(工具、夹具和模具)及无法加工的零件。

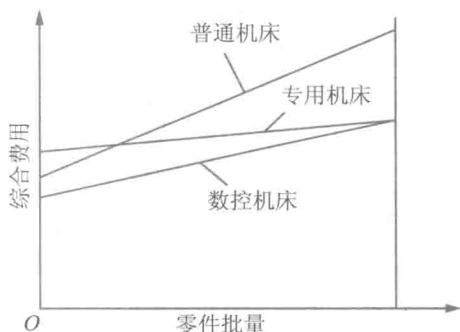


图 1-1-8 加工批量数与综合费用的系统

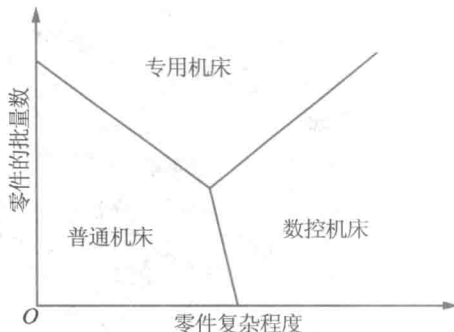


图 1-1-9 零件复杂程度与批量数的关系

3)需要频繁改形的零件。当生产的产品不断更新,使用数控机床只需更改相应数控加工程序即可,从而节省大量的工艺装备,使综合费用降低。

4)价值昂贵,不允许报废的关键零件。

5)设计制造周期短的急需零件。

6)批量较大,精度要求较高的零件。



思考与练习

1. 数控铣床由哪几个部分组成?
2. 目前工厂中常用数控系统有哪些?
3. 数控铣床加工特点有哪些?
4. 数控铣床用于什么场合?

MISSION 2

数控铣床面板功能



知识目标

1. 掌握 FANUC(法那科)0i-MB 系统数控铣床面板功能。
2. 掌握 SINUMERIK(西门子)802S/C 系统数控铣床面板功能。
3. 掌握数控铣床安全操作规程。
4. 熟悉数控铣床的日常维护及保养。

知识学习

一、FANUC0i-MB 系统数控铣床面板功能

1. CRT/MDI 数控操作面板

图 1-2-1 所示为 FANUC(法那科)0i-MB 数控操作面板。各键的符号及用途如下。

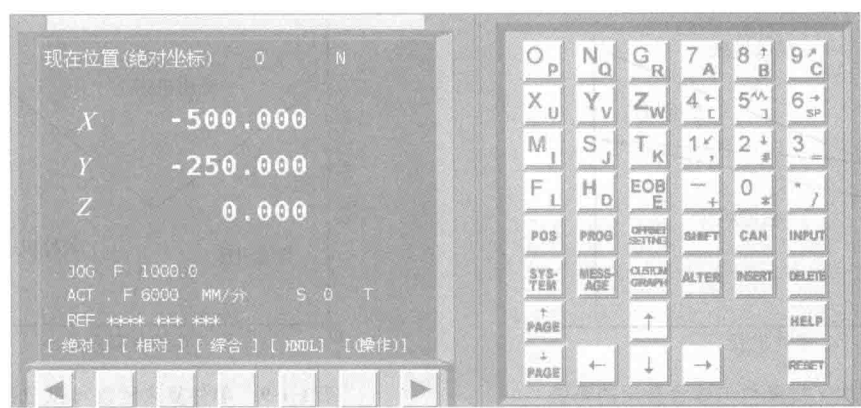


图 1-2-1 FANUC 0i-MB 数控操作面板

(1) 数字/字母键

数字/字母键如图 1-2-2 所示。

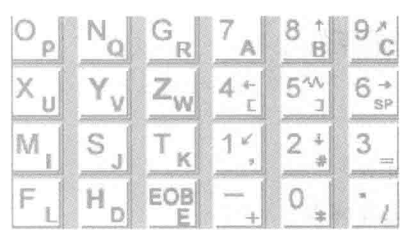


图 1-2-2 数字/字母键

数字/字母键用于输入数据到输入区域，系统自动判别取字母还是取数字。字母和数字键通过 **SHIFT** (上档) 键切换输入，例如，O—P，7—A。

(2) 编辑键

- ALTER** 替换键：用输入的数据替换光标所在的数据。
- DELET** 删除键：删除光标所在的数据，或者删除一个程序或者删除全部程序。
- INSRT** 插入键：把输入区之中的数据插入到当前光标之后的位置。

 取消键：消除输入区内的数据。

 回车换行键：结束一行程序的输入并且换行。

 上档键。

(3) 页面切换键

：程序显示与编辑页面。

：位置显示页面。位置显示有三种方式，用 PAGE 按钮选择。

：参数输入页面。按第一次进入坐标系设置页面，按第二次进入刀具补偿参数页面。进入不同的页面以后，用 PAGE 按钮切换。

：系统参数页面。

：信息页面，如“报警”信息。

：图形参数设置页面。

(4) 翻页按钮(PAGE)

：向上翻页。

：向下翻页。

(5) 光标移动(CURSОР)

↑：向上移动光标。

←：向左移动光标。

↓：向下移动光标。

→：向右移动光标。

(6) 输入键

 输入键：把输入区内的数据输入参数页面。

：复位键。

2. 机床操作面板(以 FANUC 0i-M 标准操作面板为例)

机床操作面板如图 1-2-3 所示，主要用于控制机床的运动和选择机床运行状态，由模式选择旋钮、数控程序运行控制开关等多个部分组成，每一部分的详细说明见表 1-2-1。