

机电专业“十三五”规划教材

# 数控铣编程与操作

主编◎洪美琴 周名辉 聂笃伟



北京希望电子出版社  
Beijing Hope Electronic Press  
[www.bhp.com.cn](http://www.bhp.com.cn)

机电专业“十三五”规划教材

# 数控铣编程与操作

主 编 洪美琴 周名辉 聂笃伟  
副主编 郝彦琴 李建平 何周亮



北京希望电子出版社  
Beijing Hope Electronic Press  
www.bhp.com.cn

## 内 容 简 介

本书基于项目任务驱动的学习模式，重点培养学生的数控铣削编程能力与实际操作专业技能。全书分数控铣床加工基本认识、轮廓类零件的加工、槽类零件的加工、孔类零件的加工和综合特征零件的加工，共5个学习单元17个项目学习任务。

本书可作为高等院校、中、高等职业技术学院的数控技术加工专用教材，也可供从事数控铣削加工的技工人员学习和参考。

### 图书在版编目（CIP）数据

---

数控铣编程与操作 / 洪美琴，周名辉，聂笃伟主编. -- 北京：  
北京希望电子出版社，2019.2  
ISBN 978-7-83002-677-6

I. ①数… II. ①洪…②周…③聂… III. ①数控机床—铣床—  
—程序设计—高等职业教育—教材 IV. ①TG547

---

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 021682 号

出版：北京希望电子出版社  
地址：北京市海淀区中关村大街 22 号  
        中科大厦 A 座 10 层  
邮编：100190  
网址：www.bhp.com.cn  
电话：010-82626270  
传真：010-62543892  
经销：各地新华书店

封面：赵俊红  
编辑：武天宇 刘延姣  
校对：薛海霞  
开本：787mm×1092mm 1/16  
印张：13  
字数：333 千字  
印刷：廊坊市广阳区九洲印刷厂  
版次：2019 年 2 月 1 版 1 次印刷

定价：38.00 元

# 前言

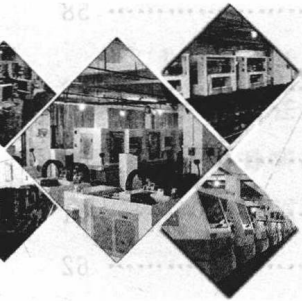
为了培养数控加工高素质专业技能人才,本课程建设团队从数控铣削加工典型加工任务分析出发,对数控铣削应掌握的知识和能力进行了分析,构建了以项目任务驱动的课程内容,将知识点通过项目任务载体呈现给学生,充分体现了以学生为主体的教学模式。

本书包括数控铣床加工基本认识、轮廓类零件的加工、槽类零件的加工、孔类零件的加工和综合特征零件的加工,共5个学习单元,每个学习单元由多个项目组成。根据课程教学目标和学生认知规律,教学内容由简单到复杂、由单一到综合,项目任务载体主要遴选于企业实际产品和湖南省数控技术专业技能抽考试题库。每个项目设置有案例任务和训练任务,案例任务由教师讲授编程知识点和项目任务零件的加工工艺分析,并仿真演示知识难点;训练任务由学生自主完成。每个项目任务包括项目任务分析、编程分析及编程指令、加工工艺分析、项目任务实施及训练任务,通过数控仿真加工和零件实际加工,来检查学生对知识的掌握程度。

本书重在培养学生编程指令的综合应用能力和零件加工工艺分析能力。对重点、难点提供了微视频学习素材,方便学生提前预习和课后复习。本书由湖南汽车工程职业学院的洪美琴、湘潭技师学院的周名辉和怀化职业技术学院的聂笃伟担任主编,由怀化职业技术学院的郝彦琴、李建平和江西应用工程职业学院的何周亮担任副主编。本书的相关资料和售后服务可与QQ(2436472462)联系获得。

本书难免有疏漏和不当之处,敬请各位专家及读者不吝赐教。

编者



# 目 录

## 学习单元一 数控铣床加工基本认识

项目 1 手动铣零件的上表面 .....	3
1.1 数控机床的坐标系 .....	3
1.2 机床坐标系与工件坐标系 .....	6
1.3 FANUC 0i 数控系统操作 .....	7
1.4 项目实施 .....	13
项目 2 铣字母 .....	17
2.1 项目任务分析 .....	17
2.2 编程基本知识 .....	18
2.3 项目实施 .....	24
2.4 拓展训练任务 .....	28
项目 3 编程铣工件的上表面 .....	30
3.1 项目任务分析 .....	30
3.2 零件加工相关知识 .....	32
3.3 项目实施 .....	38
3.4 拓展训练任务 .....	41

## 学习单元二 轮廓类零件的加工

项目 1 端盖零件的外轮廓加工 .....	45
1.1 项目任务分析 .....	45
1.2 刀具半径补偿的应用 .....	48
1.3 铣削方式 .....	52



1.4	项目实施	53
1.4	拓展训练任务	58
<b>项目 2</b>	<b>端盖零件内轮廓的加工</b>	<b>60</b>
2.1	项目任务分析	60
2.2	内轮廓的铣削方法	61
2.3	螺旋下刀方式	62
2.4	项目实施	64
2.5	拓展训练任务	67
<b>项目 3</b>	<b>圆形凸台零件的加工</b>	<b>68</b>
3.1	项目任务分析	68
3.2	项目任务实施	70
3.3	拓展训练任务	73
<b>项目 4</b>	<b>凸模板零件的加工</b>	<b>75</b>
4.1	项目任务分析	75
4.2	极坐标编程	76
4.3	项目实施	79
4.4	拓展训练任务	83

### 学习单元三 槽类零件的加工

<b>项目 1</b>	<b>标牌模座零件的加工</b>	<b>87</b>
1.1	项目任务分析	87
1.2	项目任务编程分析	88
1.3	项目实施	89
1.4	拓展训练任务	94
<b>项目 2</b>	<b>技能抽考试题零件的加工</b>	<b>96</b>
2.1	项目任务分析	96
2.2	项目任务编程分析	97
2.3	项目实施	99
2.4	拓展训练任务	103



<b>项目 3 离合器零件</b> .....	104
3.1 项目任务分析 .....	104
3.2 项目任务编程分析 .....	105
3.3 项目实施 .....	106
3.4 拓展训练任务 .....	111

## 学习单元四 孔类零件的加工

<b>项目 1 垫板零件的孔加工</b> .....	117
1.1 项目任务分析 .....	117
1.2 钻孔加工方法 .....	118
1.3 孔加工编程相关知识 .....	120
1.4 项目实施 .....	123
1.5 拓展训练任务 .....	128
<b>项目 2 盖板零件的加工</b> .....	130
2.1 项目任务分析 .....	130
2.2 编程指令 .....	132
2.3 项目实施 .....	136
2.5 拓展训练任务 .....	140

## 学习单元五 综合特征零件的加工

<b>项目 1 比例凸台轮廓零件的加工</b> .....	143
1.1 项目任务分析 .....	143
1.2 编程分析 .....	144
1.3 项目任务加工程序 .....	145
1.4 拓展训练任务 .....	146
<b>项目 2 用户宏程序的应用 1</b> .....	148
2.1 项目任务分析 .....	148
2.2 宏程序编程知识 .....	149
2.3 项目实施 .....	156
2.4 拓展训练任务 .....	160



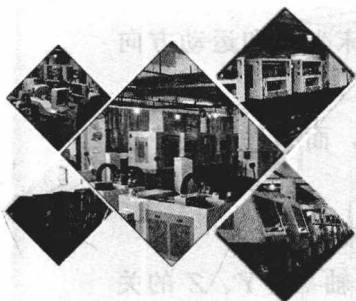
<b>项目 3 槽轮零件的加工</b> .....	162
3.1 项目任务分析 .....	162
3.2 项目任务编程分析 .....	165
3.3 项目实施 .....	166
3.2 编制数控加工技术文档 .....	167
3.3 数控加工程序 .....	168
3.4 试加工与调试 .....	172
3.5 拓展训练任务 .....	173
<b>项目 4 凸轮槽零件的加工</b> .....	175
4.1 项目任务分析 .....	175
4.2 项目任务编程分析 .....	176
4.3 项目实施 .....	178
4.4 拓展训练任务 .....	183
<b>项目 5 用户宏程序应用 2</b> .....	185
5.1 项目任务分析 .....	185
5.2 椭圆轮廓的编程分析 .....	186
5.3 项目实施 .....	188
5.4 拓展训练任务 .....	194
<b>附 录</b> .....	195

# 学习单元一

## 数控铣床加工基本认识







# 项目 1 手动铣零件的上表面

## 任务描述

图 1-1 零件毛坯为  $200 \times 150 \times 51$  (mm)，手动方式铣零件上表面至尺寸为  $200 \times 150 \times 50$  (mm)。

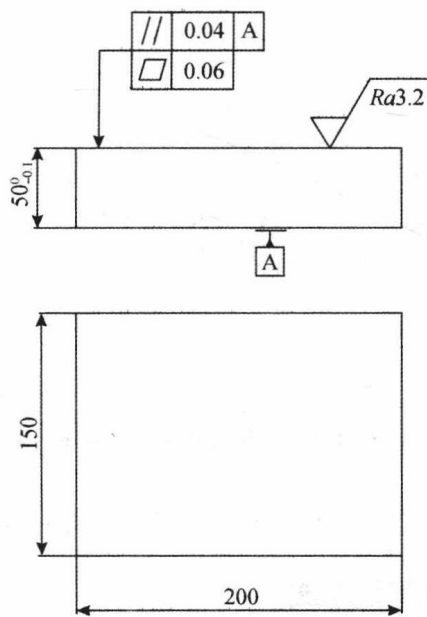


图 1-1 零件图

## 1.1 数控机床的坐标系

在数控机床上加工工件，刀具与工件的相对运动是以数字形式来体现的，因此需要建立相应的坐标系来明确刀具与工件的相对位置。为了便于编程时描述机床的运动，简化编程方法及保证记录数据的互换性，数控机床的坐标系和运动方向均已标准化。



### 1.1.1 机床坐标系与运动方向

数控机床坐标轴及运动方向是按统一的规定来确定的，数控机床坐标和运动方向的命名原则如下。

(1) 刀具相对静止工件而运动的原则。即把刀具看成是运动的，而工件则是静止不动的。

(2) 基本坐标轴  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  关系及其正方向用右手直角笛卡儿坐标。

标准坐标系采用右手直角笛卡儿定则。如图 1-2 所示。基本坐标轴  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  的关系及其正方向用右手直角定则判定。拇指为  $X$  轴，食指为  $Y$  轴，中指为  $Z$  轴，围绕  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  各轴的回转运动及其正方向  $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$  分别用右手螺旋定则判定，拇指为  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  的正向，四指弯曲的方向为对应的  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的正向。

图 1-2 中字母带 “'” 机床坐标表示刀具相对静止不动，而工件是移动的。如  $X'$ 、 $Y'$ 、 $Z'$  等。

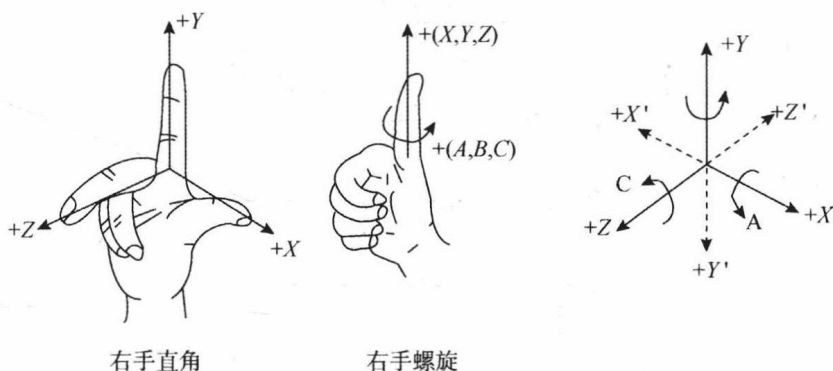


图 1-2 右手直角笛卡儿坐标

(3) 运动正方向以增大刀具与工件之间距离的方向为坐标正方向。

### 1.1.2 机床坐标轴的确定方法

数控机床坐标轴确定顺序如下。

先确定  $Z$  轴，然后确定  $X$  轴，再根据右手直角笛卡儿坐标来确定  $Y$  轴。

(1)  $Z$  轴

平行于主轴轴线的坐标轴即为  $Z$  轴。对于没有主轴（如牛头刨床）， $Z$  轴垂直于工件装夹平面。其方向为增大刀具与工件的距离的方向为正方向。

(2)  $X$  轴

$X$  轴坐标为水平且平行于工件装夹平面。对于刀具旋转的机床，如立式机床，应从刀具（主轴）向立柱方向看，右手所在方向为  $X$  轴正向，图 1-3 所示。如卧式机床，则应从刀具（主轴）尾端向工件方向看，右手所在方向为  $X$  轴的正方向，如图 1-4 所示。

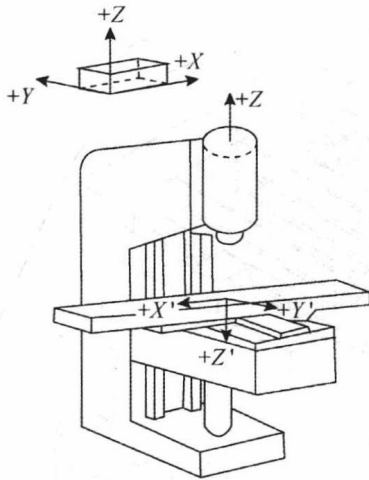


图 1-3 数控立式铣床坐标轴

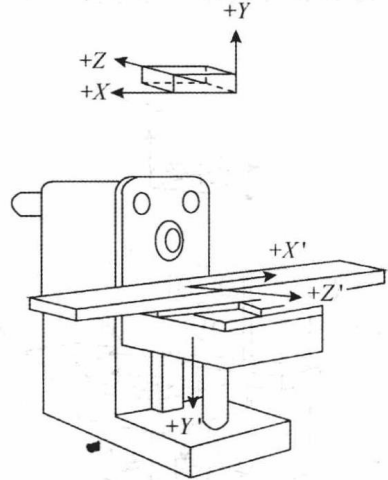


图 1-4 数控卧式铣床坐标轴

(3) Y 轴

已知 X 轴和 Z 轴，Y 轴则根据右手直角笛卡儿坐标系来判断。

(4) 回转坐标轴 A、B、C 轴

数控机床有回转进给运动时，回转轴线平行于 X、Y、Z 轴时，回转坐标轴用 A、B、C 表示，其正方向根据右手螺旋法则确定，如图 1-5 所示。

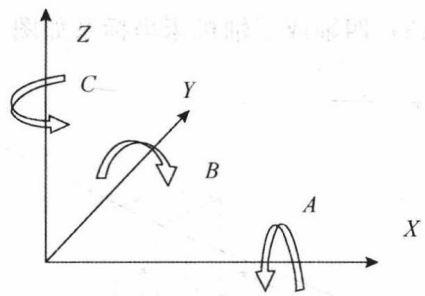


图 1-5 旋转坐标轴方向的判定

### 1.1.3 几种数控机床的坐标系

(1) 立式数控机床坐标系如图 1-6 所示。

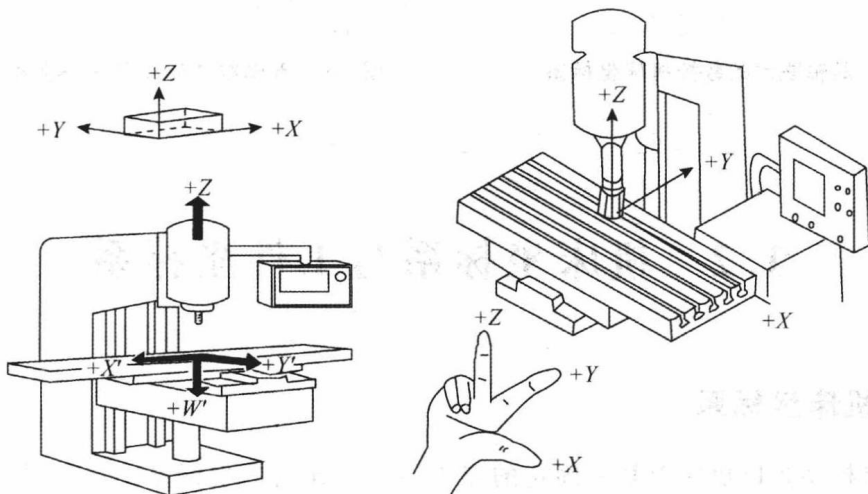


图 1-6 立式数控机床坐标系



(2) 卧式数控机床坐标系如图 1-7 所示。

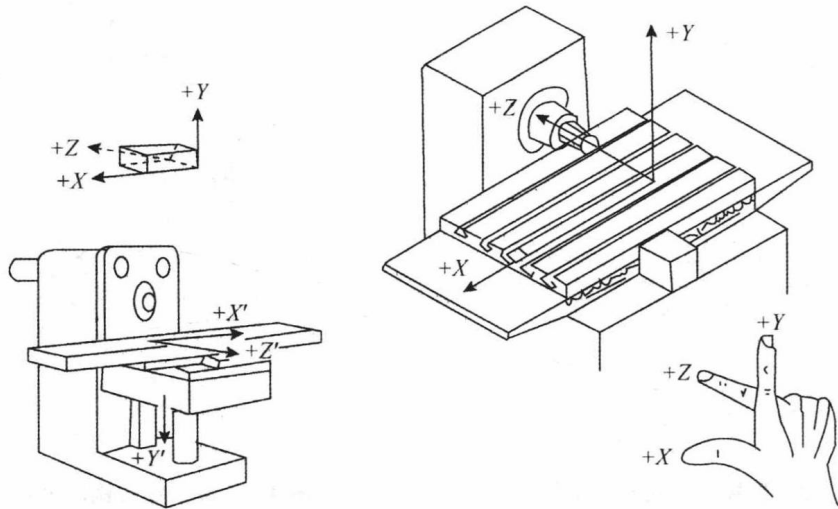


图 1-7 卧式数控机床坐标系

(3) 四轴或五轴机床坐标系如图 1-8~图 1-9 所示。

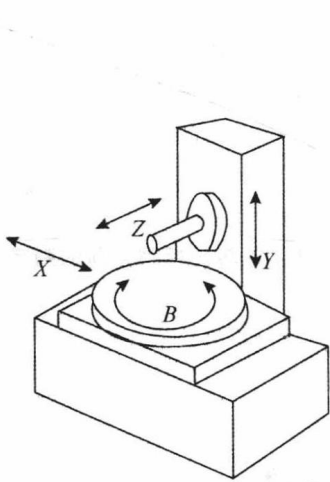


图 1-8 四轴联动的数控机床坐标系

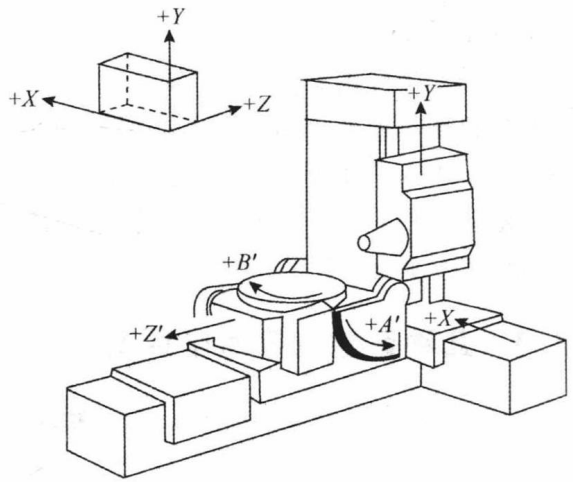


图 1-9 五轴联动的加工中心坐标系

## 1.2 机床坐标系与工件坐标系

### 1.2.1 机床坐标系

机床坐标系是以机床上某一固定的点为原点而建立的坐标系。这一固定点称为机床原点，其位置是机床设计和制造单位确定的，通常不允许用户改变。



机床原点是由机床参考点间接确定的。机床参考点也是机床上一个固定点，它与机床原点之间有一个确定的相对位置，一般设置在刀具运动的 X、Y、Z 轴正向最大极限位置，其位置由机床挡块确定。

### 1.2.2 工件坐标系

工件坐标系是由编程人员根据零件图及零件加工工艺，以零件上某一固定点为原点而建立的坐标系。工件坐标系是编程时用来确定工件几何形体上各要素的位置而设置的坐标系，又称为编程坐标系。工件原点的位置是根据工件的特点人为设定的，也称为编程原点。

数控铣削工件原点的选择原则如下。

- (1) 工件坐标原点应选在零件图的尺寸基准上，便于坐标值的计算。
- (2) 对称的零件，工件坐标原点应设在工件的对称中心上，便于对刀。
- (3) Z 轴的原点，一般设在工件最高表面。
- (4) 对于一般零件，通常设在刀具进刀方向一侧工件外轮廓的某一角上。

工件原点是由编程人员设定。同一工件，改变工件原点，编程时各要素之间坐标尺寸也随之改变，因此数控编程时，应首先确定编程原点与工件坐标系。加工时工件装夹后，编程原点与机床原点之间的位置关系是由对刀来确定的，也即对刀的过程是建立工件坐标系与机床坐标系之间关系的过程，对刀是数控机床的关键操作之一。

### 1.2.3 工件坐标系选择指令

工件坐标系选择指令有 G54、G55、G56、G57、G58、G59。均为模态指令。

加工之前，通过对刀设定工件坐标系原点在机床坐标系中的位置，假如将对刀获得的数据输入到刀具偏置表 G54 中，则编程时需输入工件坐标系选择指令 G54，以确定刀具与工件相对运动的正确性。假如对刀时将刀数据输入到 G55 中，则程序对应选择工件坐标系选择指令 G55。

程序段格式为：G54

## 1.3 FANUC 0i 数控系统操作

### 1.3.1 FANUC 0i 系统标准操作面板功能

(1) 操作面板功能简介

FANUC 0i 系统标准操作面板如图 1-10 所示，由 CRT 显示器、MDI 面板和标准机床操作等组成。

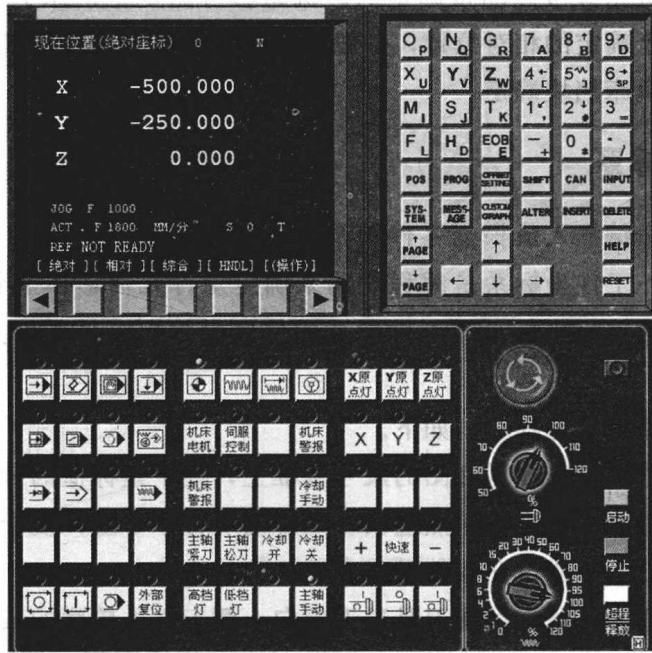


图 1-10 FANUC 0i 系统标准操作面板

图 1-11 为 MDI 键盘功能示意图，表 1-1 为 FANUC 0i 功能键盘简介，表 1-2 为机床操作面板功能键简介。

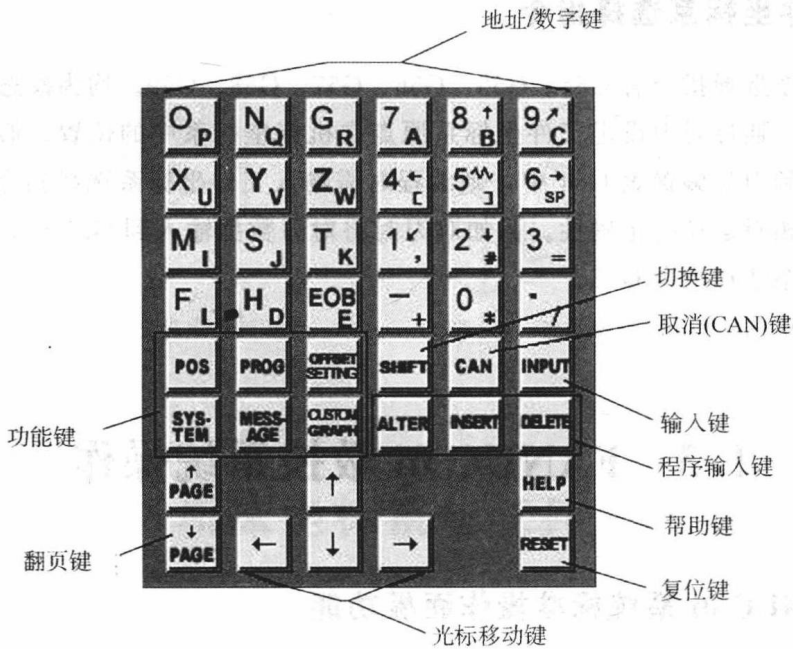


图 1-11 MDI 键盘功能示意图





表 1-1 FANUC 0i 功能键盘简介

名称	说明
复位键	按下该键可以使 CNC 复位或者取消的报警号
帮助键	当对操作不明白时, 按下该键可以获得帮助
软键	在显示屏的下方, 按下不同的功能键后具体功能会不同 按显示屏下方左端的软键 (▲) 时用于返回上一级菜单 按显示屏下方右端的软键 (▼) 时用于显示同级菜单中其他菜单功能
地址和数控键	按下这些键可以输入字母、数字或者其他字符
切换键	在输入键盘上有些键盘具有两个功能, 按下该键可以在两个功能之间切换
输入键	当按下一个字母键或者数字键时, 地址或数值进入键输入缓冲器并显示在 CRT 上, 要将输入缓存区的数据复制到偏置寄存器中, 按该键。该键与软盘上 INPUT 键等效
取消键	按下该键删除最后一个进入输入缓存区的字符或数字
程序输入键	按下 ALTER 键可以进行删除, 按下 INSERT 键可以进行插入, 按下 DELETE 键可以进行删除
功能键	按下这些键, 可以进行不同功能显示屏幕的切换
光标移动键	按下这些键可以将光标移动到程序的任意位置
翻页键	按下这些键可以进行换页显示程序

不同的生产厂家生产的数控机床, 机床操作面板是不同的, 下表 1-2 列出了常用键及按钮、指示灯的含义有用法。机床操作面板功能键简介如表 1-2 所示。

表 1-2 机床操作面板功能键简介

符号	字符	键定义
	AUTO	程序运行时先设定自动操作方式
	EDIT	有关程序操作如编辑程序时先设定程序编辑方式