

山东省示范校建设丛书


SHUKONG XICHUANG BIANCHENG YU CAOZUO

# 数控铣床编程与操作

主编 ● 刘士兵 尚善敏



天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

山东省示范校建设丛书

SHUKONGXICHUANG BIANCHENG YU CAOZUO

# 数控铣床编程与操作

主 编 尚善敏 刘士兵

副主编 杨小娟 张 利

编 者 张志彦 李 猛 马 超

杨维光 郝红艳 马跃红

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

**图书在版编目 ( CIP ) 数据**


数控铣床编程与操作 / 尚善敏, 刘士兵主编. — 天津 : 天津科学技术出版社, 2018. 2  
ISBN 978-7-5576-4705-6

I. ①数… II. ①刘… ②尚… III. ①数控机床—铣床—程序设计②数控机床—铣床—操作 IV. ①TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第039231号

---

责任编辑:石 崑  
责任印制:兰 毅

天津出版传媒集团 出版  
 天津科学技术出版社

出版人:蔡 颢  
天津市西康路 35 号 邮编 300051  
电话:(022)23332369 (编辑室)  
网址:www.tjkjcs.com.cn  
新华书店经销  
日照梓名印务有限公司印刷

---

开本 787×1092 1/16 印张10.75 字数 240 000  
2018 年 2 月第 1 版第 1 次印刷  
定价:35.00 元

# 前 言

为了更好地适应我校数控类专业学生的教学要求，全面提升教学质量，我校组织部分数控专业骨干教师，充分调研企业和学校教学情况，吸收和借鉴其他职业学校教学改革的成功经验，重新组织编写了适合我校学生的数控类专业教材。

本教材在编写过程中，主要有以下两个特点：

## 1. 教材内容定位科学合理

针对学生实际，调整和完善了教学内容，根据国家职业标准，以及企业对数控加工人员的岗位要求，以够用实用为度，加大了技能训练及评价考核的力度，使新教材更符合教学规律和学生的认知规律。

## 2. 精心设计形式

在教材编写模式方面，力求反映先进的教学理念，突出理论实训一体化教学的原则。根据任务驱动、理实一体化的先进教学理念，对教材内容进行重组，以典型零件的生产为载体，有机融入理论知识和操作技能。同时，在教材中尽可能多地采用图片和步骤清晰的操作流程，这样既体现了工作岗位的情景，又激发了学生的学习兴趣。

本教材可供数控技术应用专业数控铣床操作与编程实训用，也可供短期培训使用。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和疏漏，恳请广大读者批评指正。

# 目 录

<b>项目一 数控铣床面板与对刀操作</b> .....	1
一、工作任务 .....	1
二、知识链接 .....	2
三、任务实施 .....	23
四、考核评价 .....	24
五、探究与拓展 .....	24
<b>项目二 数控仿真加工</b> .....	27
一、工作任务 .....	27
二、知识链接 .....	28
三、任务实施 .....	39
四、考核评价 .....	39
五、探究与拓展 .....	40
<b>项目三 平面铣削加工</b> .....	42
一、工作任务 .....	42
二、知识链接 .....	43
三、任务实施 .....	60
四、考核评价 .....	63
五、探究与拓展 .....	64
<b>项目四 轮廓铣削加工</b> .....	67
一、工作任务 .....	67
二、知识链接 .....	67
三、任务实施 .....	78
四、考核评价 .....	81

五、探究与拓展 .....	81
<b>项目五 键槽型腔铣削加工 .....</b>	<b>86</b>
一、工作任务 .....	87
二、知识链接 .....	87
三、任务实施 .....	91
四、考核评价 .....	95
五、探究与拓展 .....	96
<b>项目六 孔加工 .....</b>	<b>104</b>
一、工作任务 .....	105
二、知识链接 .....	105
三、任务实施 .....	121
四、考核评价 .....	126
五、探究与拓展 .....	127
<b>附 录 .....</b>	<b>131</b>
练习一 四方凸台 .....	131
练习二 倒圆四方凸台 .....	133
练习三 倒角四方凸台 .....	135
练习四 圆弧四方凸台 .....	137
练习五 圆弧综合件(一) .....	139
练习六 圆弧综合件(二) .....	141
练习七 铣槽工件 .....	143
练习八 内外圆弧件 .....	145
练习九 六角凸台 .....	147
练习十 槽轮 .....	149
练习十一 三星槽轮 .....	151
练习十二 综合件(一) .....	153
练习十三 综合件(二) .....	155
练习十四 综合件(三) .....	157
练习十五 综合件(四) .....	159
练习十六 综合件(五) .....	161

# 项目一 数控铣床面板与对刀操作

## 【项目导读】

数控铣床（加工中心）面板操作与对刀操作是学习数控铣削技术的基础。本项目以济南第一机床厂生产的J1VMC400B加工中心操作面板和Fanuc Series Oi—MD数控系统为例，介绍数控铣床结构、维护保养知识，MDI面板和机床操作面板上各按键及旋钮的含义及功能，试切法对刀的对刀方法等，为后续项目学习奠定基础。

## 【知识目标】

1. 了解数控铣床的基本结构、特点和应用范围。
2. 掌握数控系统操作面板各键和旋钮的含义及功能。
3. 了解机床坐标系和工作坐标系。
4. 了解机床的技术参数。
5. 掌握试切对刀法。
6. 了解数控铣床的安全操作规程和维护保养知识。

## 【能力目标】

1. 熟练进行机床的开机、回零、工作台和主轴的移动、关机等操作。
2. 熟练运用MDI键盘进行简单程序的输入、修改、删除等编辑操作。
3. 能够进行图形的模拟。
4. 熟练运用试切对刀法进行对刀。

## 【素质目标】

1. 通过对刀操作，培养学生严谨认真、一丝不苟的工作作风。
2. 通过操作规程的学习，培养学生安全生产意识。

## 一、工作任务

（一）对以下给定的加工程序进行图形模拟与校验

O0001;

N60 Y42;

N10 G90 G54 G00 X0 Y0 Z100;

N70 G02 X28 Y50 R8;



N20 M03 S800;

N30 Z10;

N40 G01 Z-2 F100;

N50 X20 Y18;

N120 X28;

N130 X20 Y18 R8;

N140 X0 Y0;

N80 G01 X72;

N90 G02 X80 Y42 R8;

N100 Y18;

N110 G02 X72 Y10 R8;

N150 G00 Z100;

N160 M05;

N170 M30;

## (二) 对刀操作

## 二、知识链接

### (一) 数控铣床简介

#### 1. 数控铣床分类

数控铣床可进行平面铣削、轮廓铣削、型腔铣削、钻孔、镗孔、攻螺纹及空间三维复杂型面的铣削等。



图1-1立式数控铣床



图1-2卧式数控铣床

### (1) 按机床主轴的布置形式及机床的布局特点分类

#### 1) 立式数控铣床

立式数控铣床的主轴轴线垂直于水平面，是数控铣床中最常见的一种布局方式，应用范围也最广，如图1-1所示。立式数控铣床一般用于加工盘、套、板类零件，一次装夹后，可对上表面进行平面铣削，钻、扩、镗、铰、攻螺纹等孔加工以及侧面的轮廓加工。

## 2) 卧式数控铣床

卧式数控铣床的主轴轴线平行于水平面，主要用于箱体类零件的加工，如图1-2所示。为了扩大加工范围和扩充功能，通常采用增加数控转台或万能数控转台的方式来实现四轴和五轴联动加工。一次装夹后可加工工件侧面的连续回转轮廓，也可实现通过转台改变零件的加工位置，进行多个位置或工作面的加工。



图1-3立卧两用数控铣床

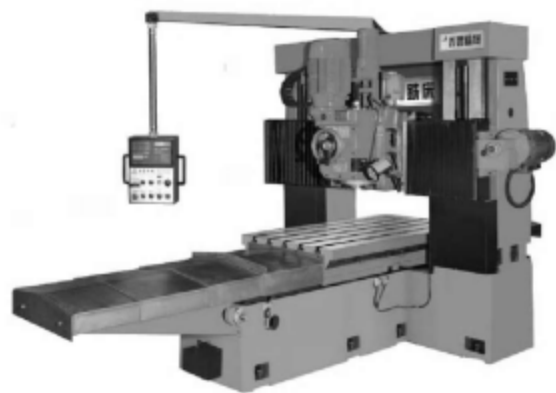


图1-4龙门数控铣床



图1-5经济型数控铣床



图1-6全功能数控铣床

## 3) 立卧两用数控铣床

立卧两用数控铣床又称万能数控铣床，如图1-3所示，主轴可旋转 $90^\circ$ 或工作台带工件旋转 $90^\circ$ ，一次装夹后可以完成对工件五个表面的加工。其使用范围更广、功能更全，选择加工对象的余地更大。

## 4) 龙门数控铣床



如图1-4所示，采用对称双立柱结构的数控铣床，通常成为龙门铣床。双立柱结构保证了机床的整体刚性和强度，有工作台移动和龙门移动两种形式。适用于加工整体结构件零件、大型箱体零件及大型模具等。

## (2) 按数控系统的功能分类

### 1) 经济型数控铣床

一般采用经济型数控系统，采用开环控制，可以实现三坐标联动。如图1-5所示。

### 2) 全功能数控机床

采用半闭环控制或闭环控制，功能丰富，加工适应性强，应用最广泛。如图1-6所示。

## 2. 数控铣床的组成

数控铣床是在一般铣床的基础上发展起来的，其结构与普通铣床有些相似，但也有很大区别。

数控铣床一般由数控系统、主轴传动系统、进给伺服系统、冷却润滑系统等几大部分组成。如图1-7所示。

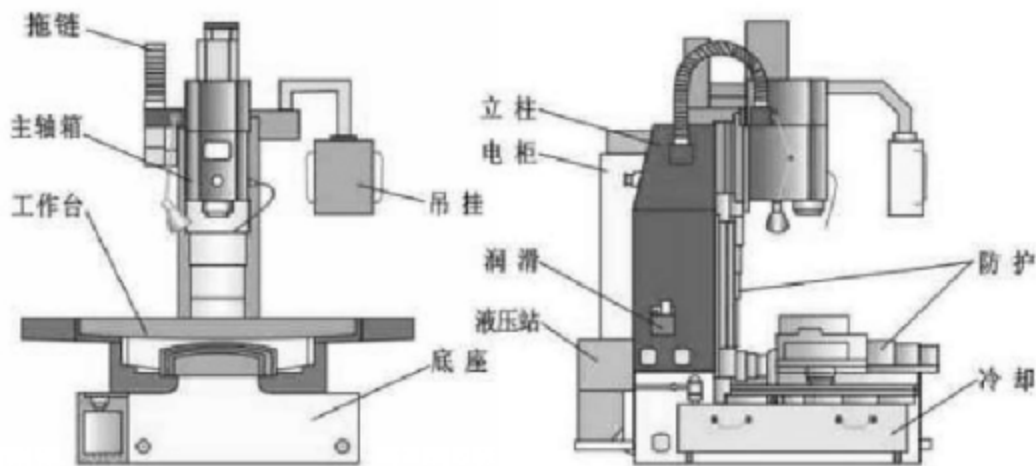


图1-7数控铣床组成

### (1) 主轴箱

主轴箱包括主轴箱体和主轴传动系统，用于装夹刀具并带动刀具旋转，主轴转速范围和输出扭矩对加工有直接影响。

### (2) 进给伺服系统

进给伺服系统由进给电机、进给执行机构组成，按照程序设定的进给速度实现刀具和工件之间的相对运动，包括直线进给运动和旋转运动。

### (3) 控制系统

数控机床运动控制的中心，执行数控加工程序，控制机床进行加工。

### (4) 辅助装置

辅助装置包括液压、气动、润滑、冷却系统和排屑、防护等装置。

### (5) 机床基础件

通常是指底座、立柱、横梁等，它是整个机床的基础和框架。

## 3. 数控铣床的主要加工对象

### (1) 平面类零件

平面类零件是指加工面平行或垂直于水平面，或加工面与水平面的夹角为定角的零件，如箱体、盘、套、板类等平面零件，如图1-8所示。目前，在数控铣床上加工的绝大多数零件属于平面类零件。平面类零件是数控铣削加工中最简单的一类，一般只需要用三坐标数控铣床的两轴联动或三轴联动即可加工。在加工过程中，加工面与刀具为面接触，粗、精加工都可采用端铣刀或牛鼻刀。



图1-8平面类零件

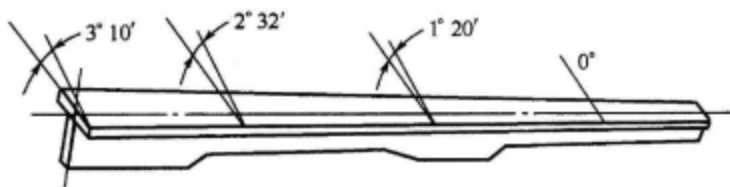


图1-9变斜角类零件

### (2) 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，如图1-9所示。这类零件的特点是加工面不能展开为平面，而且在加工中，加工面与铣刀接触的瞬间为一直线。此类零件一般采用四坐标或五坐标数控铣床摆角加工，也可采用三坐标机床，通过两轴半联调用鼓型铣刀分层近似加工，但精度较差。

### (3) 曲面类零件

加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件，如模具、叶片、螺旋桨等。曲面类零件加工

面不能展开为平面，加工时，加工面与铣刀始终为点接触。加工曲面类零件一般采用三坐标数控铣床，表面精加工多采用球头铣刀进行。

## （二）数控铣床坐标系

### 1. 机床坐标系

机床坐标系是机床上固有的坐标系，机床坐标系的方位是参考机床上的一些基准，由机床制造厂家设定。机床上的一些基准是指机床上的一些固定基准线，如主轴中心线，固定的基准面，如工作台面、主轴端面、工作台侧面、导轨面等，不同的机床有不同的坐标系。

机床坐标系的原点，称为机床原点或机械原点，它的位置是在各坐标轴的正向最大极限处。

### 2. 工件坐标系

工件坐标系是编程人员在编程和加工时使用的坐标系，是程序的参考坐标系，工件坐标系的位置以机床坐标系为参考点，一般在一个机床中可以设定6个工件坐标系，即G54-G59。编程人员以工件图样上的某点为工件坐标系的原点，称为工件原点，或编程原点。而编程时的刀具轨迹坐标点是按工件轮廓在工件坐标系中的坐标确定的。在加工时，工件随夹具安装在机床上，这时测量工件原点和机床原点之间的距离，称作工件原点偏置。这一过程在实际加工中就是通常所说的对刀，通过对刀将测得的偏置值预存到数控系统中。从而建立起机床坐标系和工件坐标系之间的关系。

### 3. 坐标系的有关规定

规定数控机床坐标轴及运动方向，是为了准确地描述机床运动，简化程序的编制，并使所编程序具有互换性。目前国际标准化组织已经统一了标准坐标系，我国机械工业部也颁布了JB3051—1999《数字控制机床坐标和运动方向的命名》的标准，对数控机床的坐标和运动方向作了明文规定。

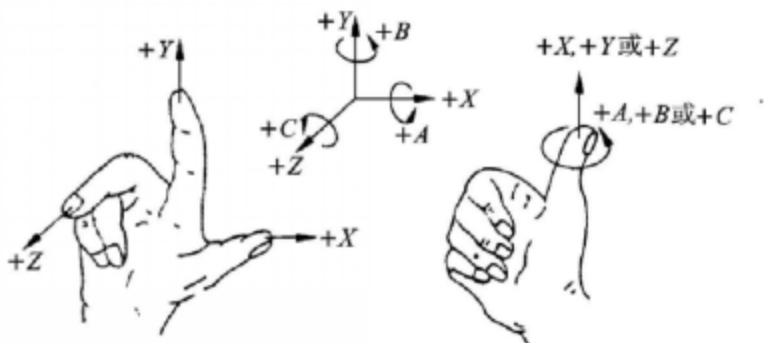


图1-10右手笛卡尔坐标系

(1) 刀具相对于静止的工件而运动的原则。由于机床的结构不同,有的是刀具运动,工件固定;有的是刀具固定,工件运动。为编程方便,一律规定为工件固定,刀具运动。

(2) 标准的坐标系是一个右手笛卡尔坐标系,如图1-10所示,拇指为X轴,食指为Y轴,中指为Z轴,指尖指向各坐标轴的正方向,即增大刀具和工件距离的方向。

(3) 若有旋转轴时,规定绕X、Y、Z轴的旋转轴为A、B、C轴,其方向为右旋螺纹方向。

(4) 各坐标轴在机床上的分布按如下规定:

Z轴是传递主切削力的主轴,其正方向是使刀具远离工件的方向,或者说是增大刀具与工件距离的方向,数控铣床的Z轴是带动刀具旋转的主轴。

X轴是水平的,平行于工件装夹平面,对于立式铣床,其正方向是由主轴向立柱方向看,X的正方向指向右方。

Y轴,在Z轴和X轴确定之后,由右手笛卡尔坐标系来确定其位置和方向。

立式数控铣床坐标方向如图1-11所示。

(5) 主轴旋转的顺时针方向是按右旋螺纹进入工件的方向。

### (三) 数控铣床操作面板介绍

#### 1. Fanuc Series Oi--MD系统操作面板介绍



图1-12 FANUC-Oi系统的MDI键盘和CRT界面

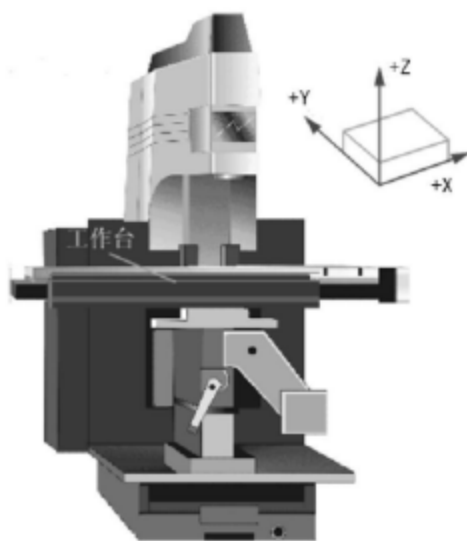


图1-11立式数控铣床坐标

### (1) 键盘的分类

根据键的功能不同MDI键盘可分为以下几部分：

#### 1) 软件键

该部分位于CRT显示屏的下方，除了左右两个箭头键外，键面上没有任何标识。这是因为各键的功能都被显示在CRT显示屏的下方的对应位置，并随着CRT显示的页面不同而有着不同的功能，这就是该部分被称为软件键的原因。

#### 2) 系统操作键

分别为右下角的RESET键和INPUT键，其中的RESET为复位键，INPUT为输入键。

#### 3) 数据输入键

该部分包括了机床能够使用的所有字符和数字。每个字符键都具有两个功能，较大的字符为该键的第一功能，即按下该键可以直接输入该字符，较小的字符为该键的第二功能，要输入该字符须先按“SHIFT”键（按“SHIFT”键后，屏幕上相应位置会出现一个“^”符号）然后再按该键。其中，键“6/SP”中“SP”是“空格”的英文缩写（Space），也就是说，该键的第二功能是空格。

#### 4) 光标移动键

在MDI面板的下方，标有上下左右箭头键为光标移动键，标有“PAGE”的上下箭头键为换页键。

#### 5) 编辑键和输入键

这一组有三个键：ALTER、INSERT和DELETE，位于MDI面板的右下方，这三个键为编辑键，用于编辑加工程序。

#### 6) NC功能键

该组的六个键用于切换NC显示的页面以实现不同的功能。

#### 7) NC电源开关按钮

NC的电源开关按钮位于CRT/MDI面板下面，红色按钮为NC电源关断，绿色的按钮为NC电源接通，黄色的按钮为超程释放。

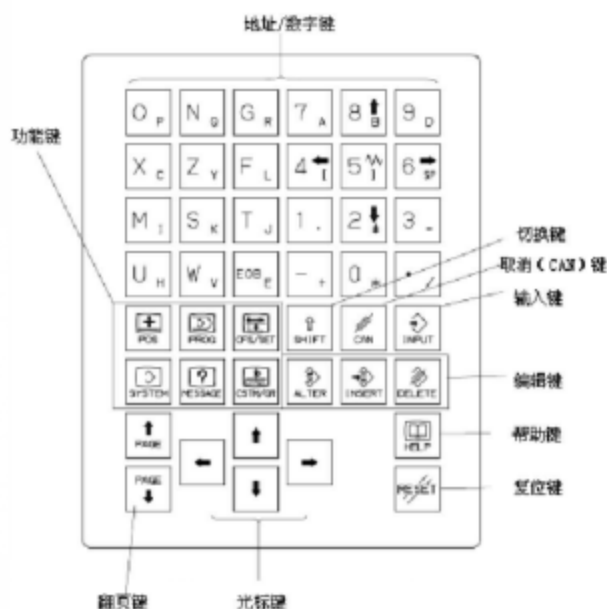




















图1-13 MDI键盘功能划分

## (2) MDI键盘功能说明

图1-12所示为FANUC-0i系统的MDI键盘（右半部分）和CRT界面（左半部分）。MDI键盘用于程序编辑、参数输入等功能，功能划分如图1-13所示。MDI键盘上各个键的功能列表如下。

表1-1 MDI键盘各键的功能表

MDI 键	功能
	软键  实现左侧CRT中显示内容的向上翻页；软键  实现左侧CRT显示内容的向下翻页。
	移动CRT中的光标位置。软键  实现光标的向上移动；软键  实现光标的向下移动；软键  实现光标的向左移动；软键  实现光标的向右移动。
	实现字符的输入，点击  键后再点击字符键，将输入右下角的字符。例如：点击  将在CRT的光标所处位置输入“0”字符，点击软键  后再点击  将在光标所处位置处输入P字符；软键  中的“EOB”将输入“；”号表示换行结束。
	实现字符的输入，例如：点击软键  将在光标所在位置输入“5”字符，点击软键  后再点击  将在光标所在位置处输入“]”。
<b>POS</b>	在CRT中显示坐标值。
<b>PROG</b>	CRT将进入程序编辑和显示界面。
<b>OFFSET SETTING</b>	CRT将进入参数补偿显示界面。
<b>SYS- TEM</b>	系统参数的设置与修改。
<b>MESS- AGE</b>	报警信息的显示。
<b>CUSTOM GRAPH</b>	在自动运行状态下将数控显示切换至轨迹模式。
<b>SHIFT</b>	输入字符切换键。
<b>CAN</b>	删除单个字符。
<b>INPUT</b>	将数据域中的数据输入到指定的区域。
<b>ALTER</b>	字符替换。
<b>INSERT</b>	将输入域中的内容输入到指定区域。
<b>DELETE</b>	删除一段字符。
<b>HELP</b>	帮助信息。
<b>RESET</b>	机床复位。

## 2. 数控铣床操作面板介绍

不同生产厂家，不同的机床功能，操作面板的按键形式和排列各不相同，如图1-14为济南第一机床厂生产的J1VMC400B加工中心操作面板。



图1-14 J1VMC400B加工中心操作面板

各按键及旋钮的功能列表如下。

表1-2 机床操作面板各按键及旋钮功能表

按键及旋钮	功能
	编辑方式 (EDIT) 按下 MDI 键盘中的 <b>MDI</b> 键后，可以对工件加工程序进行输入、修改、删除、查询、呼叫等。
	手动数据输入方式 (MDI) 按下 MDI 键盘中的 <b>MDI</b> 键后，可以输入一段较短的程序，然后通过按循环启动按钮开始执行，执行完成后，程序消失。
	自动运行方式 (MEM) 该方式是按照程序的指令控制机床连续自动加工的操作方式。自动操作方式所执行的程序在循环启动前已装入数控系统的存储器内，所以，这种方式又称存储器运行方式。
	回零 旋至该位置后，再分别按三个坐标轴的正方向按键（加工中心的 X 轴有的设置成负方向回参考点），实现机床回零。

按键及旋钮	功能
	<p>手动操作方式 (JOG)</p> <p>在此方式下, 按下相应的坐标轴按钮和方向按钮, 能将工作台和主轴向所希望的方向目标位置移动。松开按钮, 移动即停止。进给轴移动速率由进给倍率开关的位置决定。</p>
	<p>手摇脉冲进给方式 (HANDLE) 按钮</p> <p>在这种方式下, 选择相应的手轮轴及手摇倍率, 操作者可以转动手摇脉冲发生器, 令工作台和主轴移动。</p>
	<p>手动快速进给按钮</p> <p>在手动方式下, 选择相应坐标轴, 然后同时按下该按钮和  或  中的一个, 进给轴以快速移动。若只按  或  , 进给轴移动恢复成手动连续进给时速度。</p>
	<p>冷却液开闭按钮</p> <p>先按下该键, 指示灯亮, 冷却泵通电工作。打开冷却液阀门, 冷却液喷出。再按一下, 指示灯灭, 冷却液泵断电, 冷却液关闭。</p> <p>在自动或 MDI 运行时, 若执行了冷却液开指令 (M08), 该指示灯也亮。执行了冷却液关指令 (M09), 则指示灯灭, 冷却液关闭。</p>
	<p>机床锁住按钮</p> <p>按下该按钮, 指示灯亮, 机床锁住功能有效。再按一次, 指示灯灭, 机床锁住功能解除。</p> <p>在机床锁住功能有效期间, 各伺服轴移动操作都只能使位置显示值变化, 而机床各伺服轴位置不变。但主轴、冷却、刀架等其它功能照常。</p>
	<p>空运行按钮</p> <p>试运行操作也称空运行, 是在不切削的条件下试验、检查输入的工件加工程序的操作。为了缩短调试时间, 在试运行期间的进给倍率被系统强制在最大值上。</p> <p>按下该按钮, 指示灯亮, 试运行操作开始执行, 再次按下该按钮, 结束试运行状态。</p>
	<p>程序跳步按钮</p> <p>按下该按钮, 指示灯亮, 程序段跳过功能有效。再按一下该按钮, 指示灯灭, 程序段跳过功能无效。</p> <p>在自动操作方式下, 在程序段跳过功能有效期间, 凡是在程序段号 N 前冠以 “/” 符号的程序段, 全部跳过不予执行。在程序段跳过功能无效期间, 所有程序段全部照常执行。</p>
	<p>单程序段按钮</p> <p>在自动方式下, 按一下该按钮, 指示灯亮, 但程序段功能有效。再按一下该按钮, 指示灯灭, 单程序段功能撤销。在程序连续运行期间允许切换单程序段功能有效/无效。</p>