

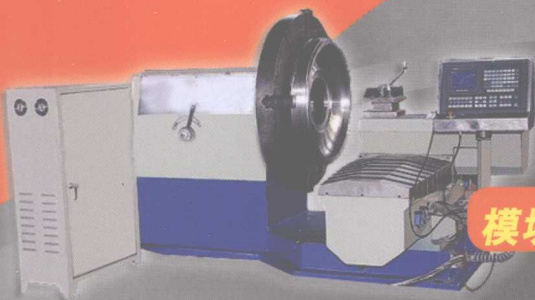
● 国家职业教育推荐教材

● 机械工人模块化学习与训练丛书

数控车工

(FANUC系统)

● 胡协忠 朱勤惠 主编



模块化教学**必备**



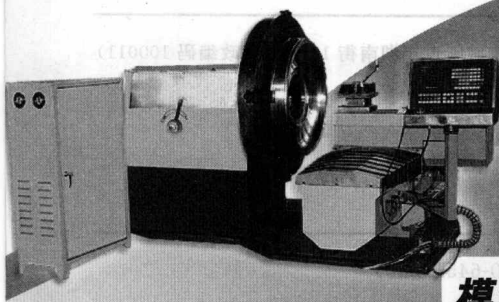
化学工业出版社

- 国家职业教育推荐教材
- 机械工人模块化学习与训练丛书

数控车工

(FANUC系统)

● 胡协忠 朱勤惠 主编



模块化教学 **必备**



化学工业出版社

· 北京 ·

本书针对数控、模具行业的岗位要求，按照任务驱动（模块化）模式编写，主要涉及数控车床（FANUC 系统）编程和加工工艺知识和技能，内容涵盖了数控车工中、高级技能的绝大部分知识点和技能点。具有实用、管用、够用的特色。

本书可作为中职、高职院校及职业培训的教材，也可供企业技术工人提高工作技能参考。

工车数控

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车工 (FANUC 系统)/胡协忠, 朱勤惠主编.

北京: 化学工业出版社, 2008.1

(机械工人模块化学习与训练丛书)

ISBN 978-7-122-01472-6

I. 数… II. ①胡…②朱… III. 数控机床: 车床-车削 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 181042 号

责任编辑: 张兴辉 黄 滢

文字编辑: 李玉峰

责任校对: 周梦华

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 11¼ 字数 308 千字

2008 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

前 言

目前，机械职业教育发展迅速，各职业院校均将机械加工技能型人才的培养作为重点之一。职业院校采取的一般教学模式是：先全面进行基本理论教学，然后集中时间进行技能实训。这种教学模式在职业教育开始阶段取得了比较好的效果，但是也暴露出很多问题，主要是教学中的许多理论知识很难在实际操作中用到，即教学中老师很难对“必需、够用”为度的原则有很好的把握；另外，一般职业院校的学生生源大多都是高中或初中毕业，机械专业基础知识非常贫乏，在有限的教学时间内系统学习所有理论知识很困难，短时间内也很难领悟。针对现有教学模式存在的弊端，一种新的教学模式——模块化教学逐渐被推出，现在已经有许多职业院校采用。

国内职业教育的模块化大多采用德国的“双元制”模式，即以职业实践活动为核心组织必要的知识和技能，该模式具有以下三个主要特点：第一，不以学科为中心来组织教学内容，不强调知识的系统性、完整性，而是从职业活动的实际需要出发来组织教学内容，强调能力本位和知识的“必需、够用”原则；第二，课程结构实行模块化，这种结构不但能及时体现新知识、新技术、新工艺和新方法，更主要的是大大增强教学内容的适用性；第三，教学内容取舍的依据是职业岗位的实际需求，因此绝大多数模块都是以某一能力或技能的形成为主线，把专业知识和专业技能有机地融合为一个整体，每个模块几乎都是以“问题为中心”展开。

模块化教学模式是根据职业教育的每一种专项能力的培养要求来设计教学模块，课程设置、教学大纲和教材是基于对每个工种的

任务和技能的深刻分析，严格按照工作规范，开发出不同的教学模块，每个模块都有明确的学习目标和要求，还包括一个特定技能的详细工作步骤，它强调学以致用，具有较强的教学灵活性。

为了有效促进模块化教学模式在职业院校中的普及推广，化学工业出版社组织国内富有教学和实践经验的专家组织编写了《机械工人模块化学习与训练丛书》。丛书各分册紧密结合各工种的特点，按照模块化的思路编写。本书为《数控车工》分册。该分册内容紧密联系职业技能鉴定和生产实践的要求，由浅入深、简明扼要、图文并茂、通俗易懂。

本书由胡协忠、朱勤惠主编，熊勇、丁尚宽参与了本书的编写工作，全书由胡协忠统稿。由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者
于江苏无锡

目 录

模块一 数控车床编程与操作基础	1
1.1 认识数控机床及操作面板	1
1.2 数控车床的手动操作	14
1.3 数控程序的输入与编辑	32
模块二 轴类零件的加工	55
2.1 外圆、端面、台阶的编程与加工	55
2.2 圆锥面的加工	66
2.3 圆弧的加工	85
2.4 车槽与切断	103
2.5 普通螺纹车削	114
2.6 内、外圆粗车循环	126
2.7 径向粗车循环	136
2.8 多重复合循环	152
2.9 子程序在编程中的运用	161
2.10 外形轮廓综合加工实例	170
模块三 套类零件的加工	177
3.1 直通孔与台阶孔的加工	177
3.2 平底孔与内沟槽的加工	186
3.3 平面直槽的加工	192
3.4 内锥孔的加工	197
3.5 内螺纹的加工	201
3.6 复杂内轮廓的加工	205
模块四 非圆曲线的加工	212
4.1 复杂公式曲面编程与加工	212

4.2 Mastercam 自动编程实例	229
模块五 典型零件加工	278
5.1 复杂内、外轮廓零件的编程与加工	278
5.2 组合件加工	286
模块六 数控车工职业技能鉴定应会试题案例	305
6.1 数控车床（中级）职业技能鉴定案例一	305
6.2 数控车工（中级）职业技能鉴定案例二	312
6.3 数控车工（高级）职业技能鉴定案例	321
6.4 数控车工（中级）职业技能鉴定模拟试题	334
6.5 数控车工（高级）职业技能鉴定模拟试题	346
参考文献	353

模块一

数控车床编程与操作基础

1.1 认识数控机床及操作面板

知识目标：

- 了解数控车床的组成、结构特点、分类及工作过程；
- 掌握机床面板各操作按钮的功能。

技能目标：

- 正确使用数控机床操作面板各功能按钮。

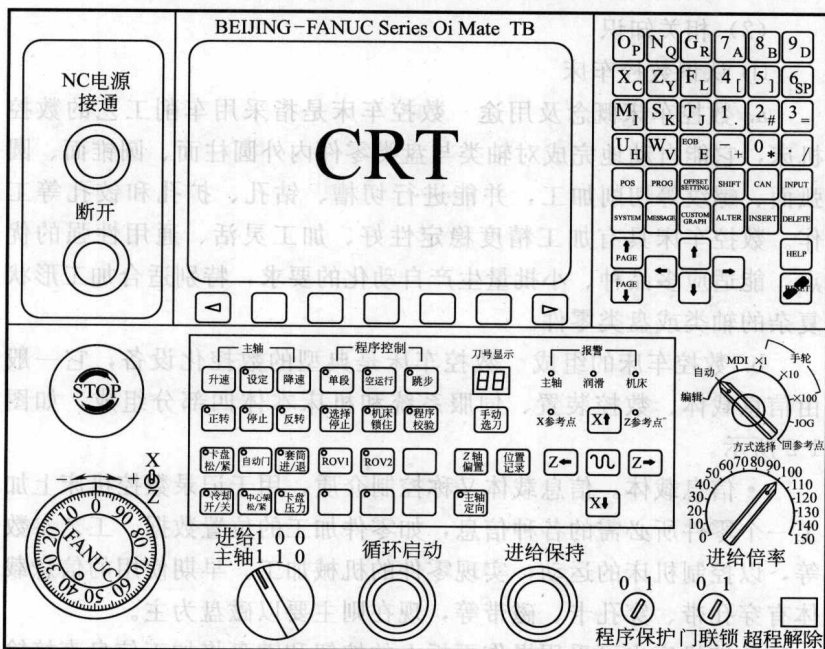


图 1-1 BEIJING-FANUC Oi Mate TB 数控车床面板

(1) 目标任务及分析

① 目标任务

掌握如图 1-1 所示 FANUC Oi Mate TB 面板各按钮的功能,并对每一功能进行标注。

② 任务分析

该任务是数控机床操作的首要任务,为了完成该项任务,必须了解数控机床组成,数控系统、操作面板各功能按钮等方面的知识。

由于数控系统和数控机床生产厂家众多,即使是同一种数控系统的数控机床操作面板也不尽相同。所以,在本任务的学习过程中,尽可能组织学员进行现场参观或使用数控仿真系统进行教学,加强感性认识,做到举一反三、融会贯通。本书以 FANUC Oi Mate TB 为例,所述内容也适用于其他 FANUC Oi 系统。

(2) 相关知识

① 认识数控车床

a. 数控车床概念及用途 数控车床是指采用车削工艺的数控机床,它能自动地完成对轴类与盘类零件内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹等切削加工,并能进行切槽、钻孔、扩孔和铰孔等工作。数控车床具有加工精度稳定性好、加工灵活、通用性强的优点,能适应多品种、小批量生产自动化的要求,特别适合加工形状复杂的轴类或盘类零件。

b. 数控车床的组成 数控车床是典型的数控化设备,它一般由信息载体、数控装置、伺服系统和机床本体四部分组成,如图 1-2 所示。

- 信息载体。信息载体又称控制介质,用于记录数控机床上加工一个零件所必需的各种信息,如零件加工的位置数据、工艺参数等,以控制机床的运动,实现零件的机械加工。早期使用的信息载体有穿孔带、穿孔卡、磁带等,现在则主要以磁盘为主。

数控机床也可采用操作面板上的按钮和键盘将加工信息直接输入,或通过串行口将计算机上编写的加工程序输入到数控系统。

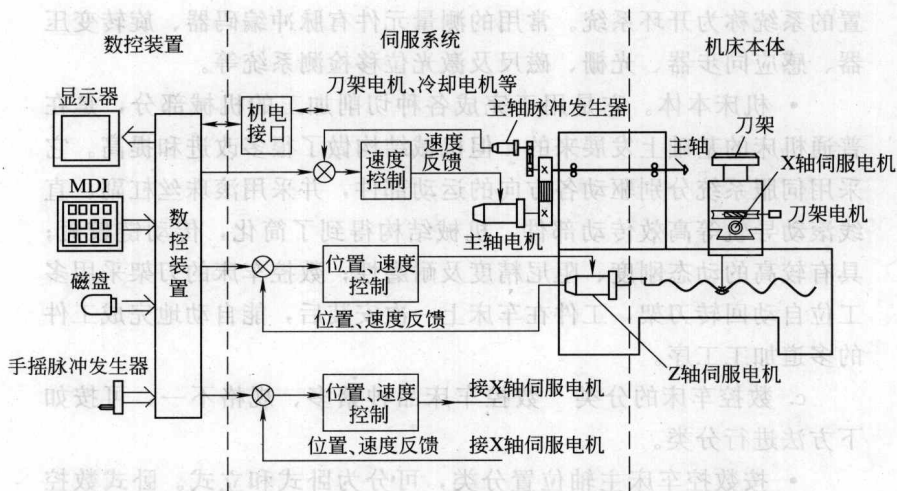


图 1-2 数控车床结构示意图

• **数控装置。**数控装置是数控车床的核心，它的功能是接受载体送来的加工信息，经计算和处理后去控制机床的动作。它由硬件和软件组成。硬件除计算机外，其外围设备主要包括显示器、键盘、操作面板、机床接口等。显示器供显示和监控用；键盘用于输入操作命令及编辑、修改程序段，也可输入零件加工程序；操作面板可供操作人员改变操作方式、输入整定数据、启停加工等；机床接口是计算机和机床之间联系的桥梁，用于两者间的信息变换、传递。软件由管理软件和控制软件组成。管理软件主要包括输入/输出、显示、诊断等程序；控制软件包括译码、刀具补偿、速度控制、插补运算、位置控制等程序。

• **伺服系统。**它是数控系统的执行部分，包括驱动机构和机床移动部件，它接受数控装置发来的各种动作命令，驱动机床移动部件运动。伺服电机可以是步进电机、电液马达、直流伺服电机或交流伺服电机。目前用得较多的是步进电机、交流伺服电机。

• **测量反馈装置。**该装置可以包括在伺服系统中。它由检测元件和相应的电路组成，其作用主要是检测运动件的速度和位移，并将信息反馈回控制系统，构成闭环、半闭环控制。无测量反馈装

置的系统称为开环系统。常用的测量元件有脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅、磁尺及激光位移检测系统等。

- 机床本体。它是用于完成各种切削加工的机械部分，是在普通机床的基础上发展来的，但机械结构做了很多改进和提高。它采用伺服系统分别驱动各方向的运动部件，并采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨等高效传动部件，机械结构得到了简化，传动链较短；具有较高的动态刚度、阻尼精度及耐磨性；数控车床的刀架采用多工位自动回转刀架，工件在车床上一次安装后，能自动地完成工件的多道工序。

c. 数控车床的分类 数控车床品种繁多、规格不一，可按如下方法进行分类。

- 按数控车床主轴位置分类，可分为卧式和立式。卧式数控车床 [图 1-3 (a)] 的主轴轴线处于水平位置，它的床身和导轨有水平床身、水平床身斜刀架、斜床身等多种布局形式，是应用最广泛的数控车床。立式数控车床 [图 1-3 (b)] 的主轴垂直于水平面，并有一个直径很大的圆形工作台，供装夹工件用。这类数控机床主要用于加工径向尺寸较大、轴向尺寸较小的大型复杂零件。

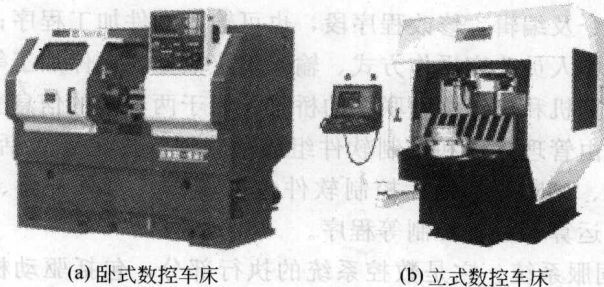


图 1-3 数控车床分类

- 按加工零件的基本类型分类，可分为卡盘式和顶尖式。卡盘式数控车床未设置尾座，主要适于车削盘类（含短轴类）零件，其夹紧方式多为电动液压夹紧。顶尖式数控车床设置有普通尾座或数控尾座，主要适合车削较长的轴类零件及直径不太大的盘、套类

零件。

② 数控车床典型数控系统介绍

a. FANUC 数控系统 FANUC 数控系统由日本富士通公司研制开发, 该数控系统在我国得到了广泛的应用。目前, 我国市场上用于数控车床的数控系统主要有 FANUC O TD FANUC Oi TB/TC、FANUC Oi Mate TB/TC 等。FANUC Oi Mate TB 操作界面如图 1-1 所示。

b. 西门子数控系统 SIEMENS 数控系统由德国西门子公司开发研制, 该系统在我国数控机床中的应用也相当普遍。目前, 我国市场上常用的 SIEMENS 系统有 SIEMENS 840D/C、SIEMENS 810T/M、802D/C/S 等型号, 除 802S 系统采用步进电动机驱动外, 其他型号系统均采用伺服电动机驱动。SIEMENS 802D 数控车系统操作界面如图 1-4 所示。

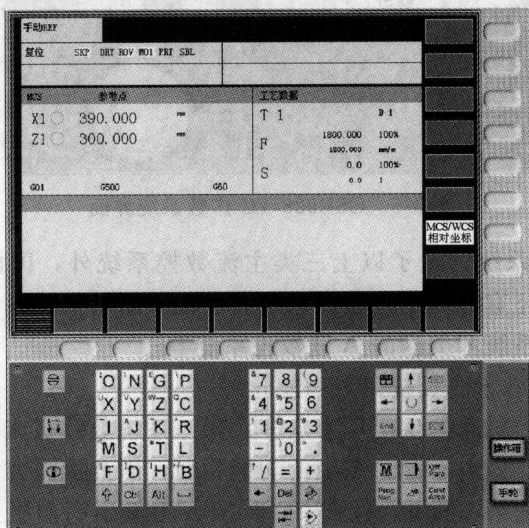


图 1-4 SIEMENS 802D 数控车系统操作界面

c. 国产数控系统 自 20 世纪 80 年代初, 我国数控系统生产与研制得到了飞速的发展, 并逐步形成了以航天数控集团、机电集团、华

中数控、蓝天数控等以生产普及型数控系统为主的国有企业，以及北京发那科数控、西门子数控（南京）有限公司等合资企业。目前，常用于车床的国产数控系统有北京凯恩地数控系统，如 KND100M 等；华中数控系统，如 HNC-21T 等；北京航天数控系统，如 CAS-NUC2100 等；广数系统，如 GSK928 TC（图 1-5）、GSK980 等。

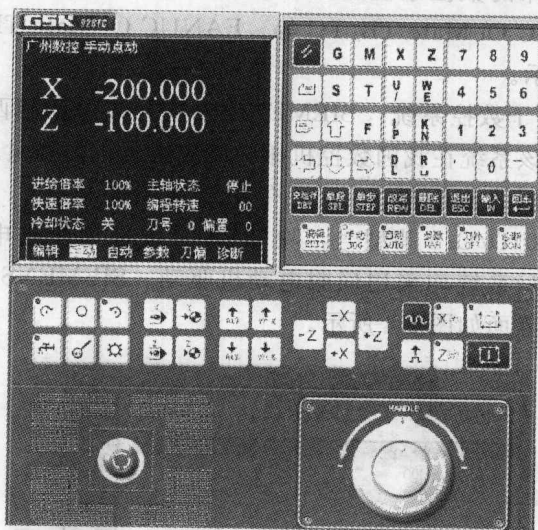


图 1-5 GSK928 TC 广数系统界面

d. 其他系统 除了以上三类主流数控系统外，国内使用较多的数控系统还有日本三菱数控系统、法国施耐德数控系统、西班牙的法格数控系统和美国的 A-B 数控系统等。

③ 熟悉机床面板按钮与功能介绍

由于数控机床的生产厂家众多，同一系统数控机床的操作面板也各不相同，但由于同一系统的功能相似，因此操作方法也基本相似，现以济南第一机床厂生产的 SL-360i 为例说明面板上各按钮的功能，该机床以 FANUC Oi Mate TB 为数控系统，机床面板如图 1-1 所示。

该面板上的按钮可分成以下三类。

◇ 机床控制面板按钮 这类按钮（旋钮、按键）为机床厂家

自定义功能键，位于面板总图下方，本书用加“”的字母或文字表示，如“空运行”、“手动选刀”等。

◇ MDI 功能按钮 这类按钮位于显示屏幕右侧，只要系统型号相同，其功能键的含义及位置也相同。本书中用加“ ”的字母或文字表示，如 PROG、POS 等。

◇ CRT 屏幕下的软键 这类软键在本书中用加“[]”的字母或文字表示，如 [参数]、[综合] 等。

a. 机床控制面板按钮及其功能介绍

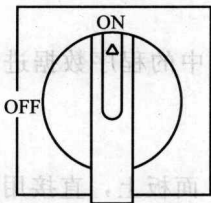


图 1-6 机床总电源开关



图 1-7 NC 电源开关



图 1-8 急停按钮及报警指示

- 电源开关。电源开关包括机床总电源开关和数控系统电源开关。机床总电源开关如图 1-6 所示，一般位于机床的背面。使用时，首先将主电源开关扳到“ON”位置。机床工作灯亮，风扇开始启动。数控系统电源开关如图 1-7 所示。按图中“NC 电源接通”按钮，向机床 CNC 部分供电，启动润滑泵、液压泵。“NC 电源断开”：用于断开 NC 电源。

- 紧急停止按钮及机床报警指示灯。紧急停止按钮“STOP”用于当出现紧急情况时，按图 1-8 所示急停按钮“STOP”，机床及 CNC 装置处于急停状态，此时在屏幕上出现“EMG”字样，机床报警指示灯亮。要消除急停状态，一般情况下可顺时针转动急停按钮，使按钮向上弹起，并按下 RESET 复位键即可。机床报警指示灯用于当机床出现各种情况的报警时，该指示灯变亮，报警消除后该指示灯即熄灭。

• 工作方式选择开关 (图 1-9), 用于选择一种工作方式。

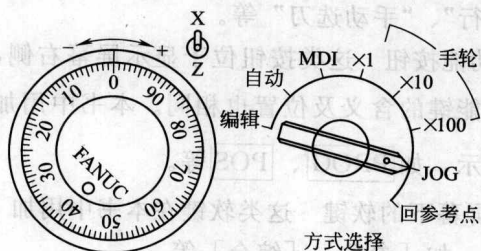


图 1-9 工作方式选择及手轮

自动方式。

◇ 编辑：用于新建程序或对储存在内存中的程序数据进行编辑操作。

◇ 自动：用于连续加工工件。

◇ MDI (手动数据输入)：在 MDI/CRT 面板上，直接用键盘将程序输入到 MDI 存储器内，来作 MDI 运行操作。其操作方法与自动循环操作相同。另外，该方式也用于输入系统参数。

手动方式。

◇ 手轮：选择 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 任一方式后，再按手轮旁边钮子开关选择坐标轴，旋转手轮，可将滑板移动到指定位置。 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 对应的每格移动量为 0.001mm、0.01mm、0.1mm。

◇ JOG (慢进给)：用于移动滑板，其进给速度取决于进给率修调。

回参考点方式，使滑板返回参考点建立机床坐标系。

• 程序控制按钮 (图 1-10)。

◇ “单段”：每按下一次循环启动按钮，机床将执行一段操作后暂停。再次按下循环启动按钮，则机床再执行一段程序后暂停，此方式可进行程序检查。



图 1-10 程序控制按钮

◇“空运行”：在自动运行过程中刀具按指定的速度快速运行，该功能主要用于检查刀具的运行轨迹是否正确。

◇“跳步”：程序段前加“/”符号的程序段将被跳过执行。

◇“选择停止”：在自动执行的程序中出现“M01”程序段时，此时程序将停止执行。再次按下循环启动按钮后，系统将执行“M01”以后的程序。

◇“机床锁住”：在自动运行过程中刀具的移动功能将被限制执行，但系统显示程序运行时刀具的位置坐标，因此，该功能主要用于检查程序的正确性。

◇“程序校验”：按下此按钮，指示灯亮，程序校验有效，此期间，不执行 M、S、T 功能。

• 主轴功能 (图 1-11)。

◇“正转”与“反转”：在 JOG 方式 (手动方式) 下，按下其中一个，主轴按指定的方向和设定的转速连续运转，且按钮上相应的指示灯亮。当正转或反转的指示灯闪烁，且主轴不转，表明“进给与主轴有效开关”处于“0”状态，此时将此开关旋转到主轴有效状态，主轴即可旋转。



图 1-11 主轴功能

◇“停止”：在 JOG 方式下，按下此开关，正在旋转的主轴立即停止。

◇“设定”：在 JOG 方式下，按下此开关，主轴按所选择的方向和设定的转速旋转。

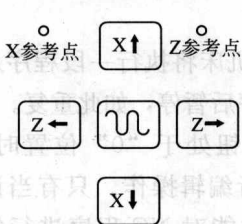


图 1-12 点动按钮

◇“降速”与“升速”：主轴正在旋转时，按一下转速减少或增加 5%，长时间按下转速递减或递增。

• 点动按钮 (图 1-12)。

在慢进给方式下，压下“X↑”、“X↓”、“Z→”、“Z←”其中任一按钮，滑板就以进给率修调指定的进给率，在相应的

方向上移动。

“∞”快速移动键，按下此键并同时按“X↑”、“X↓”、“Z→”、“Z←”中的任一按钮，滑板就以快速修调指定的速度，在相应的方向上移动。

注意：“X↑”、“X↓”、“Z→”、“Z←”每次只能压下一个按钮，且压下时滑板就移动，松手即停止移动。

X参考点、Z参考点：灯亮，表示X向或Z向已回参考点。

• 其他按钮。

◇“卡盘松/紧”：用于卡盘的夹紧与松开。指示灯亮，指示卡盘处于夹紧状态；指示灯灭，指示卡盘处于松开状态。

注意：卡盘处于松开状态时机床不能执行自动运行及图形模拟等功能。

◇“进给与主轴有效开关”（图 1-13）：

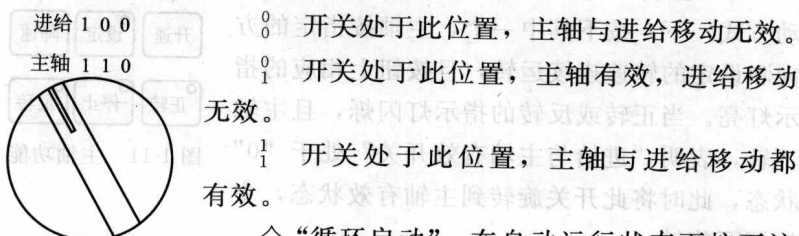


图 1-13 进给与主轴有效开关

◇“循环启动”：在自动运行状态下按下该按钮，机床自动运行程序。

◇“进给保持”：在自动运行状态下，按下该按钮，程序运行、刀具运动将处于暂停状态，其他指令如主轴转速、冷却状态等保持不变。再次按下循环启动，机床重新进入自动运行状态。

在单段执行状态下，每按下一次该按钮，机床将执行一段程序后暂停。再次按下该按钮，机床再次执行一段程序后暂停，如此重复。

◇“程序保护”：如图 1-1 所示，当该旋钮处于“0”位置时，即使在“编辑”状态下也不能对 NC 程序进行编辑操作。只有当该旋钮处于“1”位置，并在“编辑”状态下才能对 NC 程序进行编辑操作。