

模块一 数控铣床基本操作

课题一 数控铣床基础知识

【学习目标】

- ① 了解数控铣床种类。
- ② 了解数控铣床组成。
- 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。

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外形。



图 1-1-1 立式数控铣床外形



图 1-1-2 立式加工中心外形

数控铣床（加工中心）上零件的加工过程如图 1-1-3 所示。

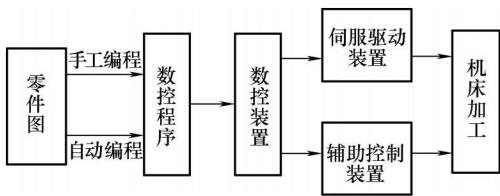


图 1-1-3 零件的加工过程

二、数控铣床种类

1. 按机床形态分类

数控铣床有立式、卧式和龙门式三种。其中立式、卧式数控铣床应用较广。立式数控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。卧式数控铣床主轴是水平设置的，结构比立式复杂，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。龙门式数控铣床用于加工特大型零件。本书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，如图 1-1-5 所示为开环控制系统框图。

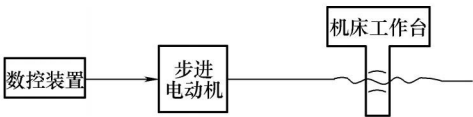


图 1-1-5 开环控制系统框图

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。

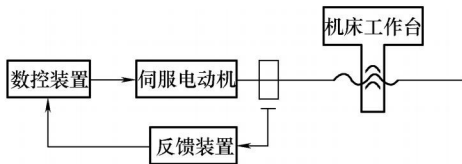


图 1-1-6 半闭环控制系统框图

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。

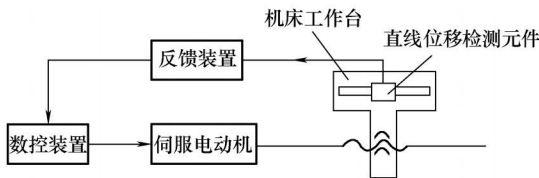


图 1-1-7 闭环控制系统框图

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。

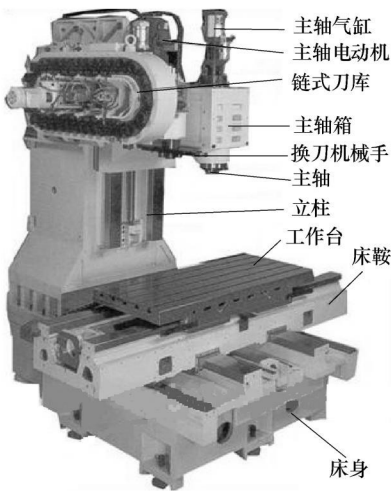
3. 按数控系统分类

目前工厂常用的数控系统有 FANUC（法那克）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（法那克）系统从 0i 到 23i；SIEMENS（西门子）系统从 SINUMERIK 802S、802C 到 802D、810D、840D 等。各种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书指令为准。本书以 FANUC（法那克）0i-MD 系统和 SINUMERIK（西门子）802D 系统为例。

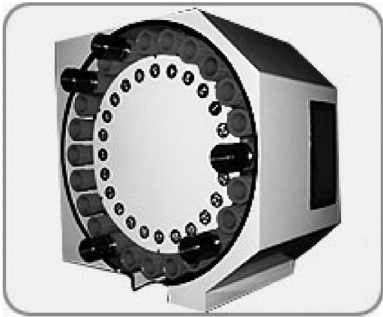
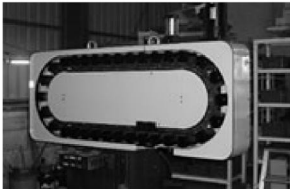
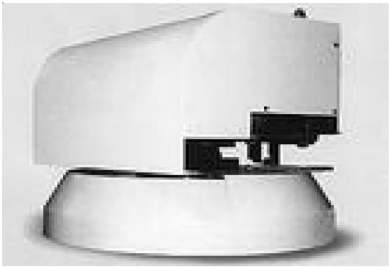
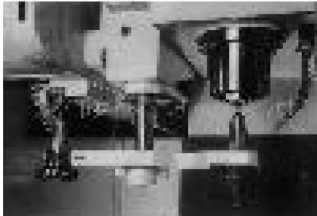
三、数控铣床组成

数控铣床一般由机床主机、控制部分、驱动部分、辅助部分等组成，加工中心还包括刀具库及自动换刀装置见表 1-1-1。

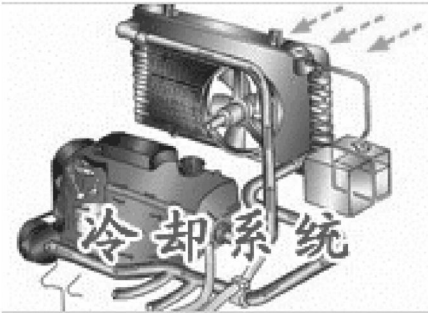
表 1-1-1 数控铣床的组成部分

序号	组成部分	说 明	图 例
1	机床主机	它是数控铣床机械主体，包括床身、床鞍、工作台、立柱、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	 数控系统
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)

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它辅助工具的地方	 圆盘式刀库  链式刀库  斗笠式刀库
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	 无机械手自动换刀装置  机械手换刀装置

(续)

序号	组成部分	说 明	图 例
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	 冷却系统  润滑系统

四、数控铣床加工特点（表 1-1-2）

表 1-1-2 数控铣床加工特点

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、曲面的加工
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，只需要重新编写（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，不需要进行其它复杂手工操作，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

(续)

序号	特 点	说 明
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、小批生产情况下，可以节省许多其它方面的费用，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

数控铣床相对于一般铣床具有许多优点，随着数控技术的发展，数控铣床的应用范围也在不断扩大，但因设备投资费用较高，还不能完全替代普通铣床，它最适用于以下几种情况。

1) 形状复杂的零件。形状复杂的零件，如凸轮、样板、模具、叶片等，使用普通铣床加工困难，有时甚至无法加工，因此其不论批量大小，都适宜采用数控铣床加工。

2) 精度高，尺寸一致性要求高的零件。数控铣床通过数控程序控制零件尺寸精度，首件加工合格后，能保证一批零件的尺寸精度，且精度不受人为因素的影响，尺寸一致性好，仅存在刀具磨损带来的误差影响。

3) 多品种、小批量生产的零件。零件生产批量与加工总费用存在一定关系，当生产批量在100件以下、具有一定复杂程度的零件用数控铣床加工时，加工费用最低，能获得较高的经济效益。

4) 频繁改型的零件。当生产的产品不断更新时，使用数控铣床只需更改相应数控加工程序，从而节省大量的工艺装备，使综合费用降低。

5) 价值昂贵，不允许报废的关键零件。

6) 设计制造周期短的急需零件。

用数控铣床替代普通铣床，可提高生产率，减轻劳动者工作强度，是技术发展不可逆转的方向和趋势。

【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？

课题二 数控铣床面板功能

【学习目标】

- ① 掌握 FANUC（法那克）0i-MD 系统数控铣床面板功能。
- ② 掌握 SINUMERIK（西门子）802D 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、FANUC（法那克）0i-MD 系统数控铣床面板功能

1. CRT/MDI 数控操作面板

如图 1-2-1 所示为 FANUC（法那克）0i-MD 数控操作面板。

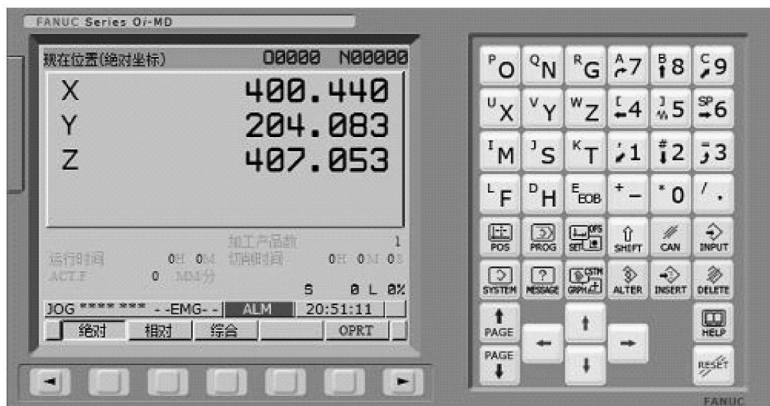


图 1-2-1 FANUC（法那克）0i-MD 数控操作面板

各键的符号及用途如下：

(1) 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 （上档）键切换输入，如 O—P，7—A。

(2) 编辑键



替换键：用输入的数据替换光标所在处的数据。



删除键：删除光标所在处的数据，删除一个程序或者删除全部程序。



插入键：把输入区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：结束一段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，可用 PAGE 按钮选择。



偏置/设定页面：共有刀具补偿页面、机床参数设定页面和坐标系页面三种，可通过软键进行切换，按 **PARAM** 可查看每个页面下的内容。



系统页面：进行系统参数的设置。



信息页面：显示（如“报警”）信息。



图形参数设置页面：显示如刀具轨迹仿真。



系统帮助页面。

(4) 翻页按钮（PAGE）



向上翻页。



向下翻页。

(5) 光标移动（CURSOR）



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到参数页面。



复位键。

2. 机床操作面板（以北京 FANUC Oi-M 标准操作面板为例）

机床操作面板如图 1-2-2 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。

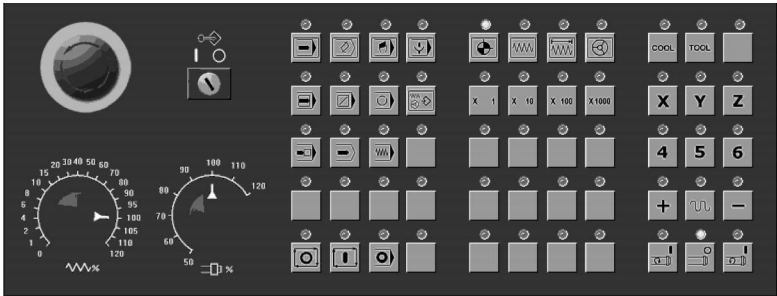


图 1-2-2 北京 FANUC Oi-M 标准操作面板

表 1-2-1 FANUC Oi-M 机床操作面板按键功能

按 键	功 能
	AUTO（MEM）键（自动模式键）：进入自动加工模式
	EDIT 键（编辑键）：用于直接通过操作面板输入数控程序和编辑程序
	MDI 键（手动数据输入键）：用于直接通过操作面板输入数控程序和编辑程序
	文件传输键：通过 RS232 接口把数控系统与电脑相联并传输文件
	REF 键（回参考点键）：通过手动回机床参考点
	JOG 键（手动模式键）：通过手动连续移动各轴
	INC 键（增量进给键）：手动脉冲方式进给
	HNDL 键（手轮进给键）：按此键切换成手摇轮移动各坐标轴
	切削液开关键：按下此键，切削液开
	刀具选择键：按下此键在刀库中选刀
	SINGL 键（单段执行键）：自动加工模式和 MDI 模式中，单段运行

(续)

按 键	功 能
	程序段跳键：在自动模式下按此键，跳过程序段开头带有“/”程序
	程序停键：自动模式下，遇有 M00 指令程序停止
	程序重启键：由于刀具破损等原因自动停止后，程序可以从指定的程序段重新启动
	机床锁住开关键：按下此键，机床各轴被锁住
	空运行键：按下此键，各轴以固定的速度运动
	机床主轴手动控制开关：手动模式下按此键，主轴正转
	机床主轴手动控制开关：手动模式下按此键，主轴停
	机床主轴手动控制开关：手动模式下按此键，主轴反转
	循环（数控）停止键：数控程序运行中，按下此键停止程序运行
	循环（数控）启动键：模式选择旋钮在“ AUTO ”和“ MDI ”位置时按下此键自动加工程序，其余时间按下无效
	X 轴方向手动进给键
	Y 轴方向手动进给键
	Z 轴方向手动进给键
	正方向进给键
	快速进给键，手动方式下，同时按住此键和一个坐标轴点动方向键，坐标轴以快速进给速度移动
	负方向进给
	选择手动移动时每一步的距离。X1 为 0.001mm

(续)

按 键	功 能
	选择手动移动时每一步的距离。X10 为 0.01mm
	选择手动移动时每一步的距离。X100 为 0.1mm
	选择手动移动时每一步的距离。X1000 为 1mm
	程序编辑开关：置于“ON”或“0”位置，可编辑程序；置于“1”位置，程序保护
	进给速度（F）调节旋钮：调节进给速度，调节范围从 0 ~ 120%
	主轴速度调节旋钮：调节主轴速度，调节范围从 50% ~ 120%
	紧急停止按钮：按下此旋钮，可使机床和数控系统紧急停止，旋转可释放

二、SINUMERIK（西门子）802D 数控铣床面板功能

1. 数控操作面板

SINUMERIK（西门子）802D 数控操作面板如图 1-2-3 所示。

各按键功能如下：



返回键



菜单扩展键



报警应答键



通道转换键



信息键



上档键

 CTRL	控制键	 ALT	ALT 键
	空格键		删除键（退格键）
	删除键		插入键
	制表键		回车/输入键
	加工操作区域键		程序操作区域键
	参数操作区域键		程序管理操作区域键
	报警/系统操作区域键		自定义键
	未使用		向上翻页键
	向下翻页键		选择/转换键
	光标向上键		光标向下键
	光标向左键		光标向右键

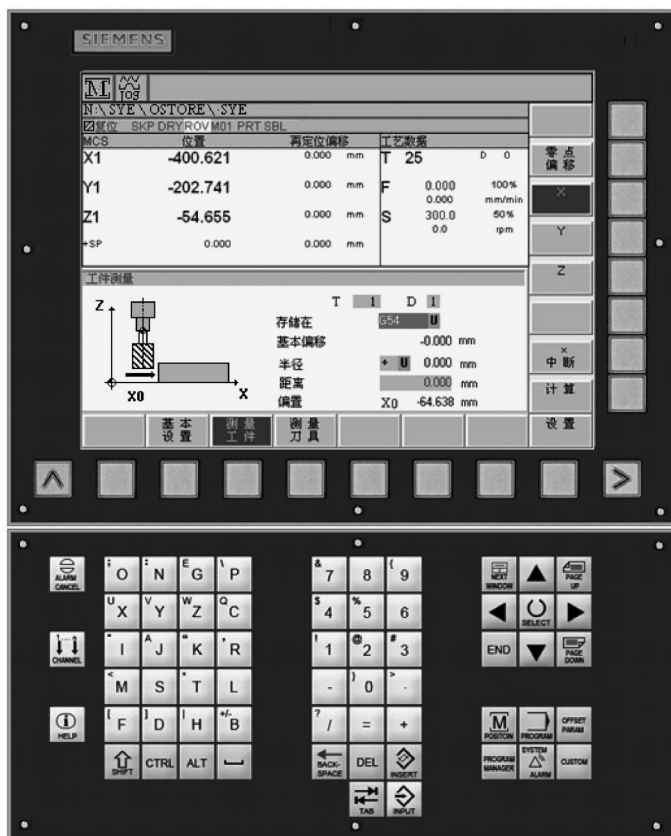


图 1-2-3 SINUMERIK（西门子）802D 数控操作面板

  数字键，上档键转换对应字符   字母键，上档键转换对应字符

2. 机床操作面板

SINUMERIK（西门子）802S/C/D 及 802S/C/D base line 机床操作面板如图 1-2-4 所示，主要用于控制机床运行状态，由模式选择按钮、程序运行控制开关等多个部分组成，每一部分的详细功能说明如下：

1)  MDA 键（手动数据输入键）：用于通过操作面板直接输入程序和编辑程序。

2)  AUTO 键（自动模式键）：进入自动加工模式。

3)  JOG 键（手动模式键）：手动连续移动各轴。

4)  REF 键（回参考点键）：通过手动回机床参考点。

5)  VAR 键（增量键）：在手动模式下，选择坐标轴每次进给的步进增量（范围：1，10，100，1000）移动。

6)  SINGL 键（单段执行键）：自动加工模式和 MDA 模式中，单段运行。

7)  SPINSTAR 键（主轴正转键）：手动方式下按此键，主轴正轴。

8)  SPINSTAR 键（主轴反转键）：手动方式下按此键，主轴反轴。

9)  SPINSTOP 键（主轴停止键）：手动方式下按此键，主轴停止转动。

10)  RESET 键（复位键）：各种操作方式下按下此键使 NC 系统复位。

11)  CYCLESTAR 键（数控启动键）：自动方式和 MDA 方式下启动执行指令程序。

12)  CYCLESTOP 键（数控停止键）：停止加工程序（按下启动键可恢复程序继续运行）。

13)  RAPID 键（快速移动键）：手动方式下，同时按住此键和一个坐标轴点动方向键，坐标轴以快速进给速度移动。

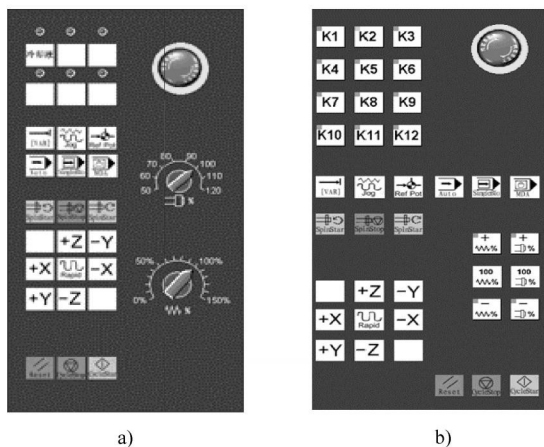
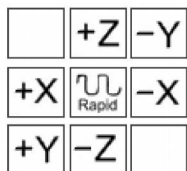


图 1-2-4 西门子系统机床操作面板

a) 802S/C/D b) 802S/C/D base line

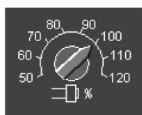


- 14) 坐标轴点动方向键：手动方式下按相应的坐标轴方向键可使坐标

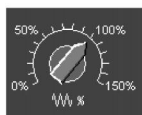
轴向相应方向移动。



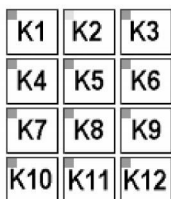
- 15) 紧急停止按钮：按下此按钮，可使机床和数控系统紧急停止，旋转可释放。



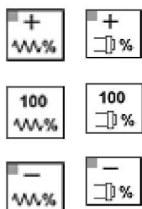
- 16) 主轴速度调节旋钮：调节主轴转速。



- 17) 进给速度 (F) 调节旋钮：调节进给速度。



- 18) 自定义功能键：**K1** 进给驱动键，**K6** 切削液开关键。



- 19) 左侧为西门子 802S/C base line 进给速度调节按钮。

右侧为西门子 802S/C base line 主轴转速调节按钮。

3. 手持式操作器（手摇轮）

手持式操作器如图 1-2-5 所示，其各功能键含义如下：



- 1) 功能选择旋钮：选择所需运动轴，OFF 状态为关闭

手轮模式。



- 2) 步距选项按钮：选择对应为 $0.001 \times 1\text{mm}$ ， $0.001 \times$

10mm ， $0.001 \times 100\text{mm}$ 。



- 3) 手摇轮：顺时针旋转手摇轮，各坐标轴正向移

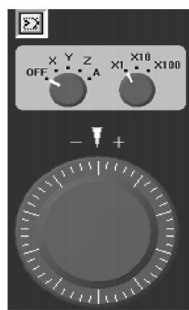


图 1-2-5 手持式操作器

动；逆时针旋转手摇轮，各坐标轴负向移动（机床移动坐标轴由功能按钮确定，机床移动速度由步距选项按钮确定）。

三、数控铣床安全操作规程

为了正确合理地使用数控铣床，保证机床正常运转，必须制定比较完善的数控铣床操作规程，通常包括以下内容。

- 1) 机床通电后，检查各开关、按钮、按键是否正常、灵活，机床有无异常现象。
- 2) 检查电压、气压、油压是否正常（有手动润滑的部位先要进行手动润滑）。
- 3) 检查各坐标轴是否回参考点，限位开关是否可靠；若某轴在回参考点前已在参考点位置，应先将该轴沿负方向移动一段距离后，再手动回参考点。
- 4) 机床开机后应空运转 5min 以上，使机床达到热平衡状态。
- 5) 装夹工件时应定位可靠，夹紧牢固，所用螺钉、压板是否妨碍刀具运动，以及零件毛坯尺寸是否有误。
- 6) 数控刀具选择正确，夹紧牢固，刀具应根据程序要求，依次装入刀库。
- 7) 首件加工应采用单段程序切削，并随时注意调节进给倍率控制进给速度。
- 8) 试切削和加工过程中，刃磨刀具、更换刀具后，一定要重新对刀。
- 9) 加工结束后应清扫机床并加防锈油。
- 10) 停机时应将各坐标轴停在中间位置。

四、数控铣床日常维护及保养

1. 数控铣床日常维护及保养

- 1) 保持良好的润滑状态，定期检查、清洗自动润滑系统，增加或更换油脂、油液，使丝杠、导轨等各运动部位始终保持良好的润滑状态，以减小机械磨损。
- 2) 进行机械精度的检查调整，以减少各运动部件之间的装配精度。
- 3) 经常清扫。周围环境对数控机床影响较大，如粉尘会被电路板上静电吸引，而产生短路现象；油、气、水过滤器、过滤网太脏，会发生压力不够、流量不够、散热不好，造成机、电、液部分的故障等。

数控铣床日常维护内容见表 1-2-2。

表 1-2-2 数控铣床日常维护内容

序号	检查周期	检查 部 位	检查 要 求
1	每天	导轨润滑油箱	检查油标、油量，检查润滑泵能否定时起动供油及停止
2	每天	X、Y、Z 轴向导轨面	清除切屑及脏物，导轨面有无划伤
3	每天	压缩空气气源压力	检查气动控制系统压力
4	每天	主轴润滑恒温油箱	工作正常，油量充足并能调节温度范围
5	每天	机床液压系统	油箱、液压泵无异常噪声，压力指示正常，管路及各接头无泄漏
6	每天	各种电气柜散热通风装置	各电气柜冷却风扇工作正常，风道过滤网无堵塞