

■ 全国中等职业技术学校数控加工专业教材

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO SHUKONG JIAGONG ZHUANYE JIAOCAI

数控加工工艺 编程与操作练习指导

(FANUC系统车床分册)



中国劳动社会保障出版社

目 录

模块一 数控机床的编程与操作基础	(1)	任务 3—2 径向粗车固定循环加工	(47)
应知部分	(1)	任务 3—3 型车复合固定循环	(51)
任务 1—1 认识数控机床及其操作面板	(1)	任务 3—4 复合固定循环车削内孔	(56)
任务 1—2 数控车床的手动操作	(6)	任务 3—5 切槽加工	(60)
任务 1—3 数控车床程序的输入与编辑	(11)	应会部分	(64)
应会部分	(17)	模块四 子程序与刀尖圆弧半径补偿	(75)
模块二 简单轴类零件的加工	(22)	应知部分	(75)
应知部分	(22)	任务 4—1 子程序	(75)
任务 2—1 圆柱/圆锥类零件的编程与加工	(22)	任务 4—2 刀尖圆弧半径补偿编程	(80)
任务 2—2 圆弧工件的加工	(27)	应会部分	(83)
任务 2—3 单一固定循环	(33)	模块五 螺纹加工	(90)
应会部分	(37)	应知部分	(90)
模块三 复合固定循环加工工件轮廓	(43)	任务 5—1 普通三角形螺纹加工	(90)
应知部分	(43)	任务 5—2 复合固定循环加工螺纹	(94)
任务 3—1 外圆粗车固定循环加工	(43)	应会部分	(96)

模块六 自动编程与数控仿真	(102)	数控车床中级应知试题一	(114)
应知部分	(102)	数控车床中级应知试题二	(120)
应会部分	(107)	数控车床中级应知试题三	(126)
模块七 中级职业技能鉴定试题	(114)	数控车床中级应知试题四	(132)
应知部分	(114)	应会部分	(137)

模块一 数控机床的编程与操作基础

应知部分

任务 1—1 认识数控机床及其操作面板

一、知识梳理

重点与难点分析

- (1) 掌握数控编程常用指令的含义。
- (2) 掌握数控编程的编程规则。
- (3) 了解数控加工的基础知识。
- (4) 了解数控分层切削加工工艺。

实用知识拓展

(1) 数控机床的分类

数控机床是指采用数控技术进行控制的机床。根据数控机床的加工用途分类，数控机床主要有以下几种类型。

1) 数控铣床 根据数控机床的用途进行分类，用于完成铣削加工或镗削加工的数控机床称为数控铣床。图 1—1 所示为立式数控铣床。

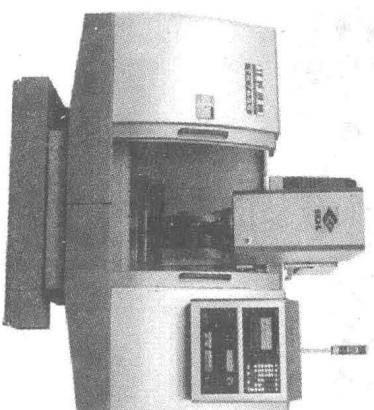


图 1—1 立式数控铣床

2) 加工中心 加工中心是指带有刀库（带有回转刀架的数控车床除外）和刀具自动交换装置（Automatic Tool Changer—ATC）的数控机床。通常所指的加工中心即是指带有刀库和刀具自动交换装置的数控铣床。图 1—2 所示为卧式加工中心。

3) 数控车床 数控车床是一种用于完成车削加工的数控机床。通常情况下也将以车削加工为主，并辅以铣削加工的数控车削中心归类为数控车床。图 1—3 所示为经济型卧式数控车床。

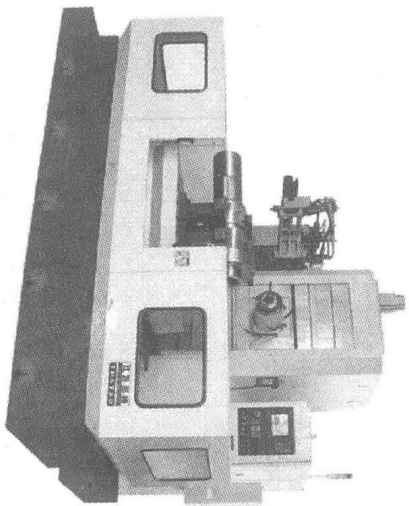


图 1—2 卧式加工中心



图 1—3 经济型卧式数控车床

4) 数控钻床 数控钻床主要用于完成钻孔、攻螺纹等加工，有时也可完成简单的铣削加工。数控钻床是一种采用点位控制系统的数控机床，即控制刀具从一点到另一点的位置，而不控制刀具的移动轨迹。图 1—4 所示为立式数控钻床。

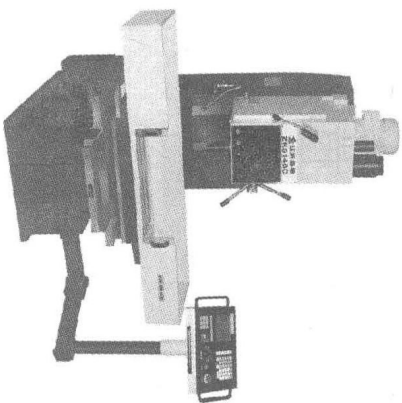


图 1—4 立式数控钻床

5) 数控电火花成形机床 数控电火花成形机床（即通常所指的电脉冲机床，图 1—5）是一种特种加工机床，它利用两个

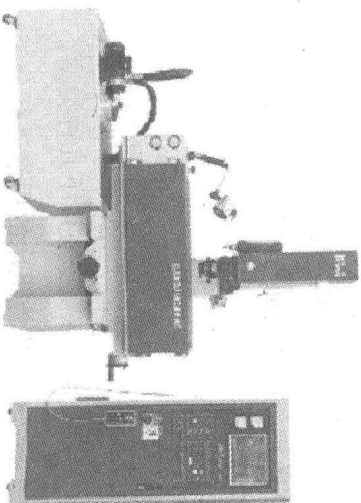


图 1—5 数控电火花成形机床

不同极性的电极在绝缘液体中产生的电蚀现象，去除材料而完成加工，对于形状复杂的模具及难加工材料的加工有其特殊优势。

6) 数控线切割机床 数控线切割机床如图 1—6 所示，其工作原理与数控电火花成形机床相同，但其电极是电极丝（铜丝、铜丝等）和工作。

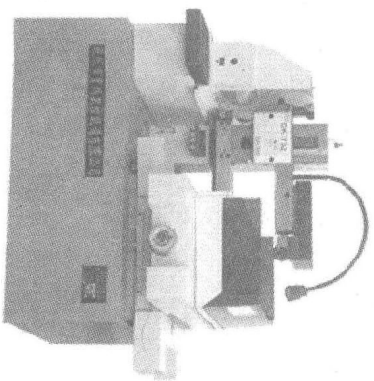


图 1—6 数控线切割机床

7) 其他数控机床：数控机床除以上几种常见类型外，还有数控磨床、数控冲床、数控激光加工机床、数控超声波加工机床等多种形式。

(2) 不同生产厂家的 FANUC 系统数控机床操作面板

对于同一系统的数控车床，其系统面板是统一的。但其操作面板却因生产厂家的不同而存在较大区别，以 FANUC 0i 系统为例，沈阳机床厂（图 1—7）、宝鸡机床厂（图 1—8）和大连机床厂（图 1—9）的操作面板就有很大区别。

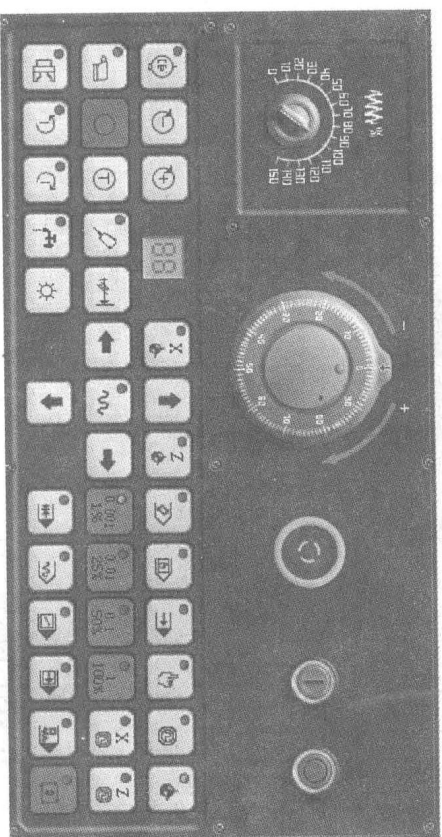


图 1—7 沈阳机床厂的操作面板

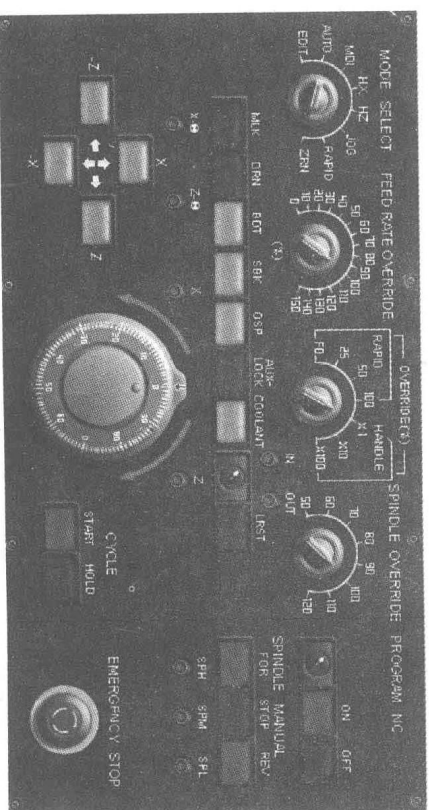


图 1—8 宝鸡机床厂的操作面板

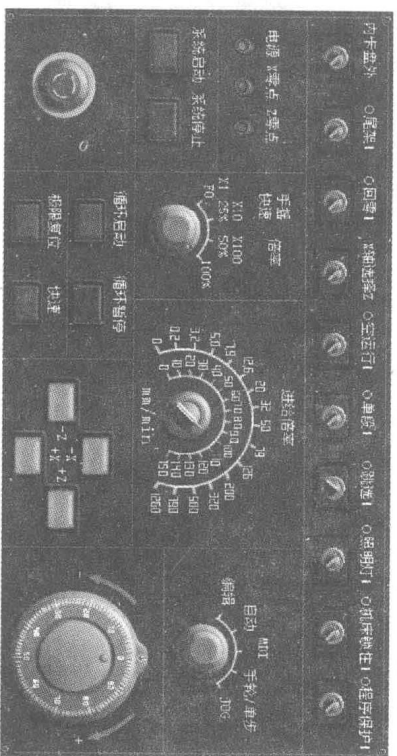


图 1—9 大连机床厂的操作面板

二、填空题

1. 数控车床根据车床主轴的位置, 可分成_____数控车床和_____数控车床两类。

2. 立式数控车床主要用于加工径向尺寸_____、轴向尺寸相对较_____的大型复杂零件。

3. 数控车床根据其功能, 可分成_____数控车床、_____数控车床、_____三类。

4. 数控车床主要由_____和数控系统两大部分组成。数控系统由程序的输入/输出装置、_____和_____三部分组成。

5. 字母“_____”表示计算机辅助设计, 而字母“_____”则表示计算机数字控制, 即通常所说的“数控”。

6. 按钮“_____”用于程序编辑过程中程序字的插入, 而按钮“_____”则用于参数或补偿值的输入。

• 4 •

7. 解释各按钮的含义: EDIT 表示_____, HANDLE 表示_____, _____表示在线加工。

8. 在手动方式下将手轮倍率开关置于“×100”位置, 手轮旋转 360°刀具移动的距离为_____ mm。

9. 数控线切割机机床往往采用_____、_____等作为电极丝。

10. 用于完成_____或_____加工的数控机床称为数控铣床, 而通常所指的加工中心即是指带有_____和_____的数控铣床。

三、判断题

1. 立式数控车床主轴轴线平行于水平面, 一般采用圆形工作台来装夹工件。 ()

2. 通常情况下, 将以车削加工为主并辅以铣削加工的数控车削中心归类为数控车床。 ()

3. 由于卧式数控车床的主轴轴线与水平面平行, 因此, 卧式数控车床的导轨必定与水平面平行。 ()

4. 水平床身数控车床与倾斜床身数控车床相比, 具有刚性好、外形美观、结构紧凑、排屑容易、便于操作和观察的优点。 ()

5. 在 FANUC 系统中编辑加工程序, 如要输入字母“E”, 只需连续按下按钮“”两次即可。 ()

6. 当出现紧急情况而按下急停按钮时, 在屏幕上会出现

“EMG”字样，机床报警指示灯亮。 ()

- A. FANUC B. SIEMENS

7. 模式选择按钮，如“EDIT”“JOG”“ZRN”等，均为单选按钮，只能选择其中的一个，不能复选。 ()

- C. 华中 D. 广州
5. 下列装置中，不属于数控系统的装置是 ()。

8. “AUTO”模式下的按钮，如“MLK”“DRN”“BDT”等，均为单选按钮，只能选择其中的一个，不能复选。 ()

- A. 刀具交换装置 B. 输入/输出装置
- C. 数控装置 D. 伺服驱动

9. 数控车床在运行过程中，一般不能通过机床面板上的按钮调节主轴转速。 ()

- A. 1945 B. 1948
- C. 1952 D. 1958

10. 当程序保护开关处于“ON”位置时，即使在“EDIT”状态下也不能对NC程序进行编辑操作。 ()

7. 以下数控系统中，我国自行研制开发的系统是 ()。

- A. 法纳克 B. 大森

四、选择题

1. 车削中心与普通的数控车床相比，车削中心增加了C轴和 ()。

- A. A轴 B. B轴
- C. Y轴 D. 动力头

2. 用符号“CCW”标注的按钮是用于控制 () 的按钮。

- A. 主轴正转 B. 主轴反转
- C. 主轴停转 D. 刀架转位

3. 按钮“F0”“F25”“F50”和“F100”用于控制数控机床的 () 倍率。

- A. 快速进给 B. 手摇进给
- C. 增量进给 D. 手动进给

4. “HNC-21T”是 () 数控系统中的一种车床数控系统型号。

- A. 柔性制造单元 B. 柔性制造系统
- C. 计算机集成制造系统 D. 计算机辅助工艺规程设计

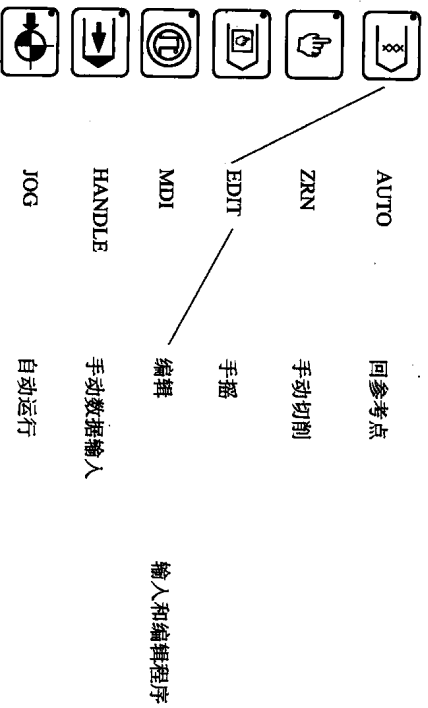
11. 手动返回参考点须在 () 方式进行。

- A. MDI
- B. REF
- C. JOG
- D. NC ON

五、简答题

1. 试例举本地区常用的数控车床系统，并列出其典型型号。

2. 将下列按钮图标和对应的中、英文名称用直线连接，并在中文名称后说明该按钮的功能。



3. 根据按钮的图标完成下表。

按钮图标	英文名称	中文含义	功能说明

任务 1—2 数控车床的手动操作

一、知识梳理

重点与难点分析

- (1) 掌握数控车床坐标系的确定方法。
- (2) 比较数控车床机床坐标系与工件坐标系的不同之处。
- (3) 熟练掌握数控车床的对刀操作。
- (4) 熟练掌握数控车床手摇进给操作、手动进给操作和回参考点操作。
- (5) 了解实习车间和数控机床的安全文明生产规程。

实用知识拓展

(1) 进入实习车间的安全知识

进入生产现场时, 为了避免发生事故, 应时刻对学员进行安全风险和安全防护的教育, 从而让学生养成良好的安全文明生产习惯。

1) 应正确进行工作服、工作鞋、防护眼镜、工作帽的穿戴。工作服的穿戴要求如图 1—10 所示, 穿戴时应扣紧袖口和风纪扣; 进入加工车间时, 不能赤脚或穿凉鞋, 最好穿坚实的皮靴, 穿工作鞋时 (图 1—11) 鞋带一定要系紧; 戴好工作帽 (图 1—12) 是为了防止头发被机床转动的部位卷入, 女同志必须将头发塞入帽中, 以免发生事故。佩戴防护眼镜 (图 1—12) 的目的是防止在加工零件时切屑飞出损伤眼睛。

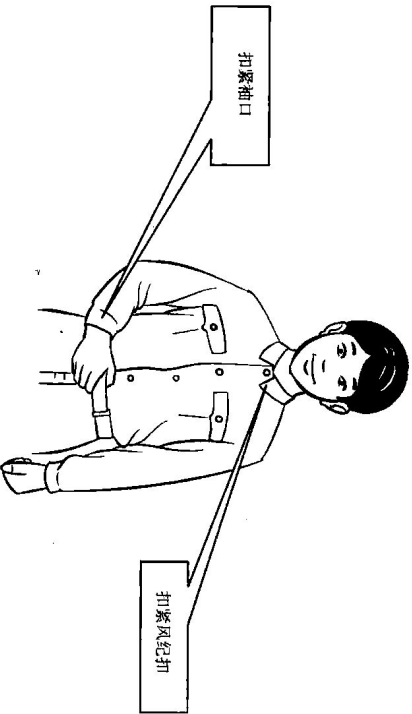


图 1—10 正确穿戴工作服



图 1—11 系紧工作鞋



图 1—12 戴工作帽和防护眼镜

2) 应加强手部的防护措施。在生产过程中, 不要用手直接

接触机床上的金属屑，以防止手被扎伤。操作机床时严禁戴手套，也不能用布去擦除切屑，避免手被卷进转动的机器而造成伤害。各种切削液、冷却液和溶剂对人的皮肤都有刺激作用，经常接触可能会引起皮疹或感染，因此应尽量减少接触这些液体，如果无法避免，接触后要尽快洗手。

3) 严禁在车间打闹，一些不经意的玩笑都可能会造成严重的伤害。

4) 如果在车间不慎受伤，应及时进行处理，并尽快向指导教师汇报。

(2) 返回参考点注意事项

1) 开机后，首先应进行“机床回参考点”操作，机床坐标系的建立必须通过该操作来完成。

2) 即使机床已经进行了“回参考点”操作，如出现下列三种情况时，必须重新进行“回参考点”操作：机床系统断电后重新接通电源；机床解除急停状态后；机床超程报警解除后。

3) 在 X、Z 轴回参考点过程中，如果选择了错误的回参考点方向，刀架将不会移动。

4) 在返回参考点过程中，为了刀具及机床的安全，数控车床的返回参考点操作一般应按先 X 轴后 Z 轴的顺序进行。

二、填空题

1. 在右手定则的笛卡尔坐标系中，大拇指的方向为_____轴的正方向，食指指向_____轴的正方向，中指指向_____轴的正方向。

2. 在机床坐标系中，平行于_____的方向为 Z 方向，而_____轴的方向一般为水平方向，同时规定刀具_____工件的方向为正方向。

3. 选取数控车床工件坐标系原点时，X 向一般选在工件的_____，而 Z 向一般选在完工工件的_____或_____。

4. 对于机床原点，有一些数控车床将机床原点设在_____处，还有一些数控车床将机床原点设在刀架位移的_____位置。

5. 通常情况下，手摇脉冲发生器顺时针转动方向为刀具进给的_____向，逆时针转动方向为刀具进给的_____方向。

6. 在数控机床显示机床位置画面有三个坐标系存在：即_____、_____和_____。

7. 对于工件运动而刀具不动的机床，在确定机床坐标系的方向时规定：_____。

8. 开机回参考点的目的是为了建立_____。这种针对某一工件并根据零件图样建立的坐标系称为_____（也称_____）。

9. 手动方式的模式选择按钮为“_____”，手摇方式的模式选择按钮为“_____”，而回参考点的模式选择按钮为“_____”。

10. 找出工件坐标系在机床坐标系中位置的过程称为_____。

三、判断题

1. 数控机床上的机床参考点与机床坐标零点在进给轴方向上的距离可以在机床出厂时设定。 ()

• 2. 数控车床开机返回参考点操作时, 为防止刀架与尾架发生干涉, 通常先进行 X 轴回参考点, 再进行 Z 轴回参考点。 ()

3. 数控机床的坐标系采用符合左手定则规定的笛卡尔坐标系。 ()

4. 对于数控车床的刀架, 当刀架位于操作者一侧时, 这种刀架称为前置式刀架。而当刀架位于操作者的另一侧时, 这种刀架称为后置式刀架。 ()

5. 数控车床选择左端面作为 Z 向工件原点时, 有利于保证工件的总长。而选择右端面作为 Z 向工件原点时则有利于对刀。 ()

6. 数控机床的机床原点与机床参考点必定重合。 ()

7. 机床报警指示灯变亮后, 通常情况下是通过关闭机床面板上的报警指示灯按钮来熄灭该指示灯的。 ()

8. 按下机床急停操作开关后, 除能进行手轮操作外, 其余的所有操作都将停止。 ()

9. 增量进给的最小增量步长是按照脉冲当量来作为单位的, 通常情况下, 最小增量步长取 0.001 mm。 ()

10. 手动返回参考点时, 返回点不能离参考点太近, 否则会出现机床超行程报警。 ()

11. 手摇进给的进给速率可通过进给速度倍率旋钮进行调整, 调节范围为 0%~150%。 ()

12. 当机床出现超行程报警时, 按下复位按钮“RESET”即可使超行程报警解除。 ()

四、选择题

1. 限位开关的作用是 ()。

- A. 线路开关
- B. 过载保护
- C. 欠压保护
- D. 位移控制

2. 数控机床的 B 轴是指绕 () 旋转的轴。

- A. X 轴
- B. Y 轴
- C. Z 轴
- D. 主轴

3. 数控机床坐标系各坐标轴确定的顺序依次为 ()。

- A. X→Y→Z
- B. X→Z→Y
- C. Z→X→Y
- D. Z→Y→X

4. 数控机床的 B 轴是指绕 () 旋转的轴。

- A. X 轴
- B. Y 轴
- C. Z 轴
- D. 机床主轴

5. 对于大多数数控机床, 开机第一步总是先使机床返回参考点, 其目的是为了建立 ()。

- A. 工件坐标系
- B. 机床坐标系
- C. 编程坐标系
- D. 工件基准

6. 数控机床编程与操作的坐标系中, () 对坐标系的描述是错误的。

- A. 机床坐标系 B. 编程坐标系
C. 参考坐标系 D. 极坐标系

12. 为了保障人身安全，在正常情况下，电气设备的安全电压规定为（ ）V。
A. 42 B. 24
C. 12 D. 36

7. 程序段前加符号“/”表示（ ）。
A. 程序停止 B. 程序暂停
C. 程序跳跃 D. 单段运行

五、简答题与计算题

8. 当机床屏幕上出现“SERVOI DRIVE OVERHEAT”的报警时，则产生报警的原因是（ ）。

1. 若机床出现超行程报警，如何使机床恢复正常工作？

- A. 冷却液位低 B. 伺服系统没有准备就绪
C. 伺服系统过热 D. 刀具夹紧状态不正常

9. 对于数控机床的 Z 坐标轴，下列描述正确的是（ ）。

- A. Z 坐标轴平行于主轴轴线
B. 一般是水平的，并与工件装夹面平行
C. 按右手笛卡尔坐标系，任何坐标系可以定义为 Z
D. Z 轴的负方向是远离工件的方向

10. 在增量进给方式下向 X 轴正向移动 0.1 mm，增量步长

2. 简述 X 轴和 Z 轴的对刀过程。

选“ $\times 10^0$ ”，则要按下“+X”方向移动按钮（ ）次。

- A. 1 B. 10
C. 100 D. 1 000

11. 机床坐标系建立后，在（ ）情况下需重新返回参考点。

- A. 数控系统掉电
B. 程序运行中按下复位按钮
C. 程序运行中按下进给保持按钮
D. 切断机床电源前

3. 简述手动操作和手摇操作的操作步骤。

4. 试计算图 1—13 中 A 点~F 点在工件坐标系中的坐标。

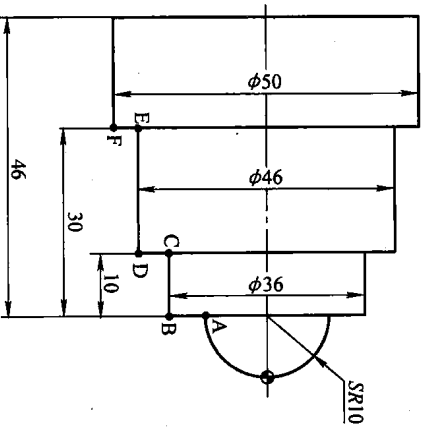


图 1—13 练习

5. 试计算图 1—14 中 A 点~D 点在工件坐标系中的坐标。

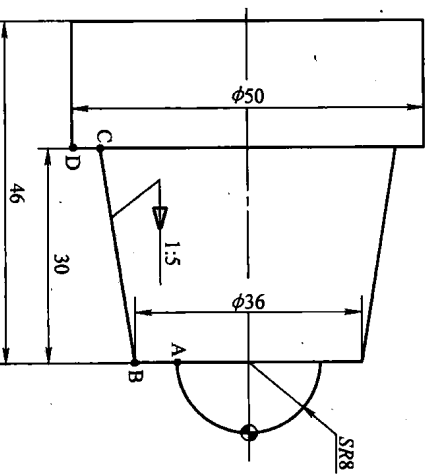


图 1—14 练习

任务 1—3 数控车床程序的输入与编辑

一、知识梳理

重点与难点分析

- (1) 掌握数控编程的程序和程序段格式。
- (2) 掌握数控程序手工输入和编辑的方法。
- (3) 掌握程序校验与数控机床绘图功能的操作。
- (4) 了解数控编程的定义、分类、步骤和数控车床的编程特点。

实用知识拓展

对于输入的程序，如出现程序格式方面的错误，则在程序调试过程中，会在显示屏上出现程序出错报警信息，通过这些信

信息，我们能方便地找出程序出错的原因。因此，了解这些出错信息对我们进行数控编程和程序正确输入很有帮助，常见的出错报警信息见表1—1。

表1—1 常见程序出错报警信息

屏幕信息		报警内容分析
英文	中文	
PLEASE TURN OFF POWER	请关电源	参数输入后必须关闭电源
TOO MANY DIGITS	数字位太多	输入了超过允许位数的数据
ADDRESS NOT FOUND	地址没找到	在程序段的开始无地址而输入了数字或符号“-”
NO DATA AFTER ADDRESS	地址后面无数据	地址后面无适当数据而是另一地址或EOB代码
ILLEGAL USE OF NEGATIVE SIGN	非法使用负号	符号“-”输入错误(在不能使用负号的地址后输入了“-”符号或输入了两个或多个“-”符号)
ILLEGAL USE OF DECIMAL POINT	非法使用小数点	小数点“.”输入错误(在不允许使用的地址中输入了“.”符号，或输入了两个或多个“.”符号)
ILLEGAL ADDRESS INPUT	输入非法地址	在有效信息区输入了不能使用的字符

续表

屏幕信息		报警内容分析
英文	中文	
IMPROPER G-CODE	不正确的G代码	使用了不能使用的G代码或指令了无此功能的G代码
NO FEEDRATE COMMANDED	无进给速度指令	在切削进给中未指令进给速度或进给速度不当
OVER TOLERANCE OF RADIUS	超出半位公差	在圆弧插补(G02或G03)中，起始点与圆弧中心的距离不同于终点与圆弧中心的距离，允许它超过参数3410中指定的值
ILLEGAL PLANE AXES COMMANDED	指令了非法平面轴	在圆弧插补中，指令了不在所选平面内(用G17、G18、G19)的轴
NO CIRCLE RADIUS	没有圆弧半径	在圆弧插补中，不管是R(指定圆弧半径)，还是I、J和K(指定从起始点到中心的距离)都没有被指令
ILLEGAL RADIUS COMMAND	非法半径指令	由半径指令的圆弧插补中，地址R指定了负值
CAN NOT COMMAND FO IN G02/G03 (M series)	在G02/G03中不能指令FO	在圆弧插补中，指令了F1位数FO

过执行。 ()

2. 在自动加工的空运行状态下, 刀具的移动速度与程序中指令的进给速度无关。 ()

3. 只有在 MDI 或 EDIT 方式下, 才能进行程序的输入操作。 ()

4. 在插入新程序的过程中, 如果新建的程序号为内存中已有的程序号, 则新程序将替代原有程序。 ()

5. 在 EDIT 模式下, 按下“RESET”键即可使光标跳转到程序头。 ()

6. 数控机床空运行主要是用于检查零件的加工精度。 ()

7. 机床返回参考点后, 如果按下急停开关, 机床返回参考点指示灯将熄灭。 ()

8. 在 FANUC 系统数控车床的同一个程序段中, 不能同时含有绝对坐标和增量坐标。 ()

9. 数控车床为了提高工件的径向尺寸精度, X 向的脉冲当量取 Z 向的 1/2。 ()

10. 数控机床在同一机床中的程序号不能重复。 ()

11. 程序段的执行是按程序段数值的大小顺序来执行的, 程序段号数值小的先执行, 大的后执行。 ()

12. 当程序段作为“跳转”或“程序检索”的目标位置时, 程序段号不可省略。 ()

13. 数控装置发出的一个进给脉冲所对应的机床坐标轴的位置量, 称为数控机床的最小移动单位, 也称脉冲当量。 ()

14. 开环伺服系统的精度要优于闭环伺服系统。 ()

15. 从 G00 到 G99 的 100 种 G 代码, 每种代码都具有具体的含义。 ()

16. 当前我国使用的各种数控系统中, 只允许使用两位数的 G 代码。 ()

17. 准备功能字 G 代码主要用来控制机床主轴的开、停、冷却液的开关和工件的夹紧与松开等机床准备动作。 ()

18. M99 与 M30 指令的功能是一致的, 它们都能使机床停止一切动作。 ()

19. 在 FANUC 系统中, 指令“T0101;”和指令“T0201;”使用的刀具补偿值是同一刀补存储器中的补偿值。 ()

四、选择题

1. 数控机床空运行主要是用于检查 ()。

- A. 程序编制的正确性
- B. 刀具轨迹的正确性
- C. 机床运行的稳定性
- D. 加工精度的正确性

2. 下列指令中, 用以控制切削过程中切削速度为 100 m/min 的指令是 ()。

- A. G50 S100
- B. G96 S100
- C. G97 S100
- D. G98 S100

3. 数控编程时, 应首先设定 ()。

- A. 机床原点
- B. 机床参考点
- C. 机床坐标系
- D. 工件坐标系

4. FANUC 系统在 () 方式下编辑的程序不能被存储。