



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

数控编程与操作综合实训

■ 王晓华 主 编
■ 王炜罡 张 林 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

数控编程与操作综合实训

主 编	王晓华	
副主编	王炜罡	张 林
编 写	徐晓明	
主 审	张 琦	



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。本书共7个项目：加工中心对刀器、开口棘轮扳子、多用锁刀座、螺旋式千斤顶、密码锁、万向虎钳制作练习、单件制作练习。本书以实用装置为项目载体，将数控车削与数控铣削、加工中心相结合，注重对学生综合知识运用能力的培养。

本书可作为高职高专院校机械、数控各专业数控车削编程与操作的教材，也可供相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控编程与操作综合实训/王晓华主编. —北京：中国电力出版社，2012.2

普通高等教育“十二五”规划教材·高职高专教育

ISBN 978-7-5123-2827-3

I. ①数… II. ①王… III. ①数控机床—操作—高等职业教育—教材②数控机床—程序设计—高等职业教育—教材
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 047681 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 [http: //www. cepp. sgcc. com. cn](http://www.cepp.sgcc.com.cn)）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 4 月第一版 2012 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 7.5 印张 179 千字

定价 13.50 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

在现有的数控编程与操作教材中,都是将零件的车削与铣削单独进行训练,没有将数控车削与数控铣削、加工中心内容综合起来的实训项目,学生无法掌握零件在机器中的装配与应用。为填补上述空白,编者基于多年教学与工厂实践经验编写了本书。

在本书的编写过程中吸收了近年来在教学改革中形成的正确的教学思想和先进的教学方法,在教学内容的制订上注重对学生综合知识运用能力的培养。本书以实用的装置为项目载体,将相关的编程指令、工艺内容、刀具、夹具、量具等相关知识相结合,使学生能根据零件的结构及工艺特点编写加工程序;在知识讲解上,针对性强,避免罗列系统知识,使学生能够根据零件的结构特点,制订工艺方案,确定应用相应的编程指令,加深学生对各种刀辅量具的应用,掌握切削用量的选择,工艺清单的填写等内容,使整个工作过程接近实际生产。通过综合项目的训练可增强学生的操作能力,让学生在兴趣中做,知道为什么而做,如何做,做完之后的用途又是什么。每一个项目作品的完成都会使学生拥有极大的成就感。同时,通过团队的合作,增强学生的合作与沟通能力。

本书以企业中使用广泛的 FANUC 0i Mate-TC 和 FANUC 0i Mate-MC 系统的切削加工设备为主,着重描述了加工中心对刀器、开口棘轮扳子、多用锁刀座、螺旋式千斤顶、密码锁五个项目中主要零件的工艺过程、加工参考程序。第六个项目万向虎钳的制作是给学生布置的练习项目,目的在于考核学生的独立操作能力。同时,本书还设置了单件制作练习,可供学生练习提高。

本书由长春汽车工业高等专科学校王晓华任主编,长春汽车工业高等专科学校王炜罡、长白山职业技术学院张林任副主编。具体编写分工如下:项目 1、项目 2 由王晓华设计与编写;项目 3、项目 5 由王炜罡设计与编写;项目 4 由王晓华、徐晓明共同设计与编写;项目 6 由王炜罡设计,王晓华编写;项目 7 及附录由张林编写。全书由王晓华统稿。

本书由长春汽车工业高等专科学校张琦主审,并提出了宝贵的意见和建议,在此表示感谢。

编者

2012 年 2 月



目 录

前言

项目 1 加工中心对刀器	1
项目 2 开口棘轮扳子	29
项目 3 多用锁刀座	36
项目 4 螺旋式千斤顶	70
项目 5 密码锁	77
项目 6 万向虎钳制作练习	87
项目 7 单件制作练习	97
附录	106
参考文献	114

项目1 加工中心对刀器

一、产品说明

1. 装配图

图1-1所示为加工中心用铣刀轴向对刀装置，同以往的卡规式对刀装置及现代电子式对刀设备相比具有以下显著特点：

- (1) 对刀精度好，精度为0.001~0.01mm。
- (2) 可减小对刀仪的磨损误差，避免卡规式对刀装置的磨损报废问题，以及电子式对刀仪工作不可靠、寿命短的问题，降低了对刀成本。
- (3) 提高了对刀效率。

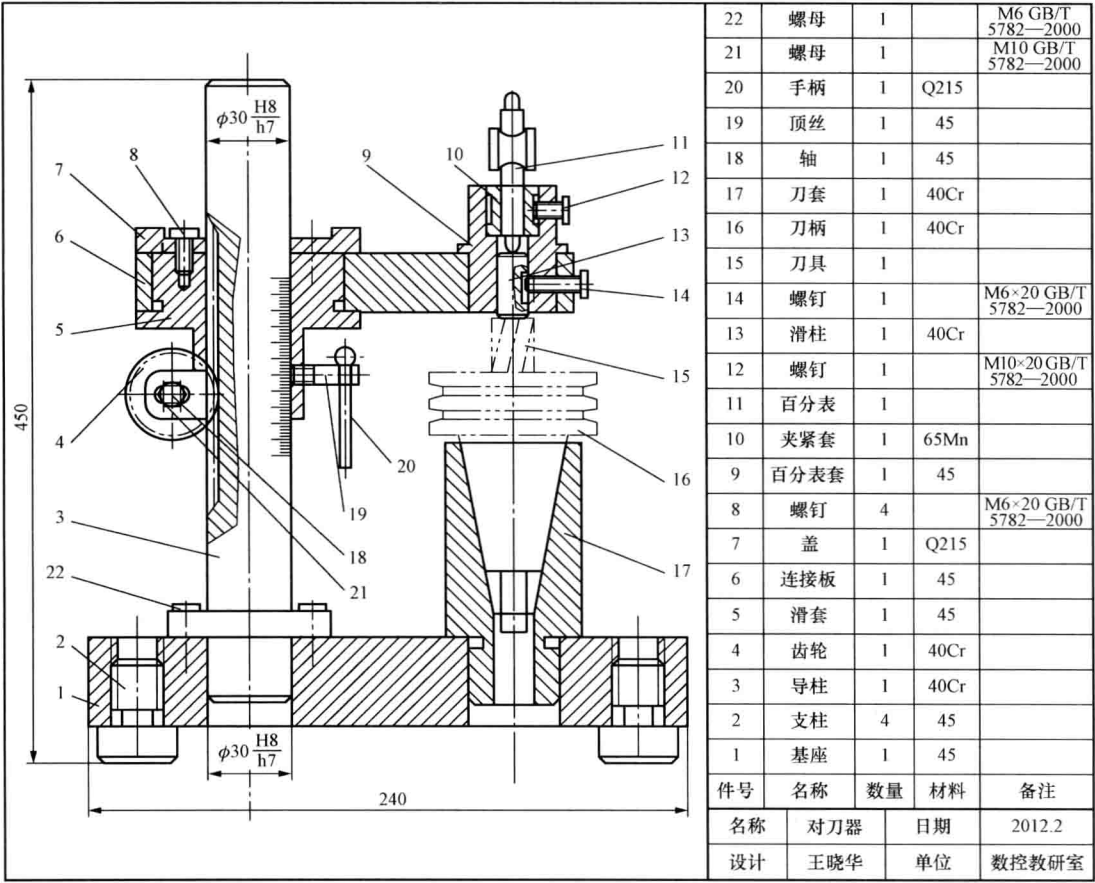


图1-1 对刀器装配图

2. 工作原理

下面介绍对刀过程。首先将基准刀具及被测量刀具分别装入相应刀柄中，在锁刀座上装

夹牢固。然后转动连接板 6 带动百分表（或千分表）套 9、夹紧套 10、百分表 11（或千分表）、螺钉 12、滑柱 13、螺钉 14 转动；将基准刀及刀柄插入刀套 17 内；之后松开手柄 20，调整齿轮 4 使滑套 5 上、下移动，将连接板 6 转回到滑柱 13 中心与基准刀轴向最高刀尖点一致的位置，同时使滑套 5 在导柱上的整数刻度值 a 上，拧紧手柄 20，使滑套 5 在导柱 3 上固定；最后调整百分表（或千分表）11，使表的触头（有一定压缩量）、滑柱、刀具连接起来，同时让表的指针达到零位，将螺钉 14 拧紧。此时，表的正确位置调整完毕。记录滑套 5 在导柱上的刻度值，转动连接板 6，拿走基准刀及刀柄，将被测刀具及刀柄一同插入刀套 17 内，再调整滑套 5，将滑套固定在一整数刻度位置 b ，将 6 转回到滑柱与被测刀具最高刀尖点接触的位置，松开 14 螺钉，再根据百分表 11（或千分表）的转动情况，计算出被测刀具相对基准刀具的实际轴向长度， $h=b-a$ +表移动的距离。

3. 技术要求

- (1) 安装后要保证 4 个支柱在同一平面上。
- (2) 滑套 5 与导柱 3 为间隙配合，以便导套与导柱能自由地相对滑动；盖 7 与连接板 6 在装配时进行配磨，保证间隙 0.01~0.03mm，使连接板 6 在滑套 5 上自由转动。
- (3) 滑柱 13 两端无中心孔，两端面要平行。
- (4) 刀套 17 的结构可根据刀具柄部或刀柄结构设计。

二、产品制作过程

1. 基座的制作

(1) 零件图。图 1-2 所示为对刀装置基座零件图。基座在整个装置中起支撑作用，毛坯尺寸可选为 255mm×145mm×40mm。

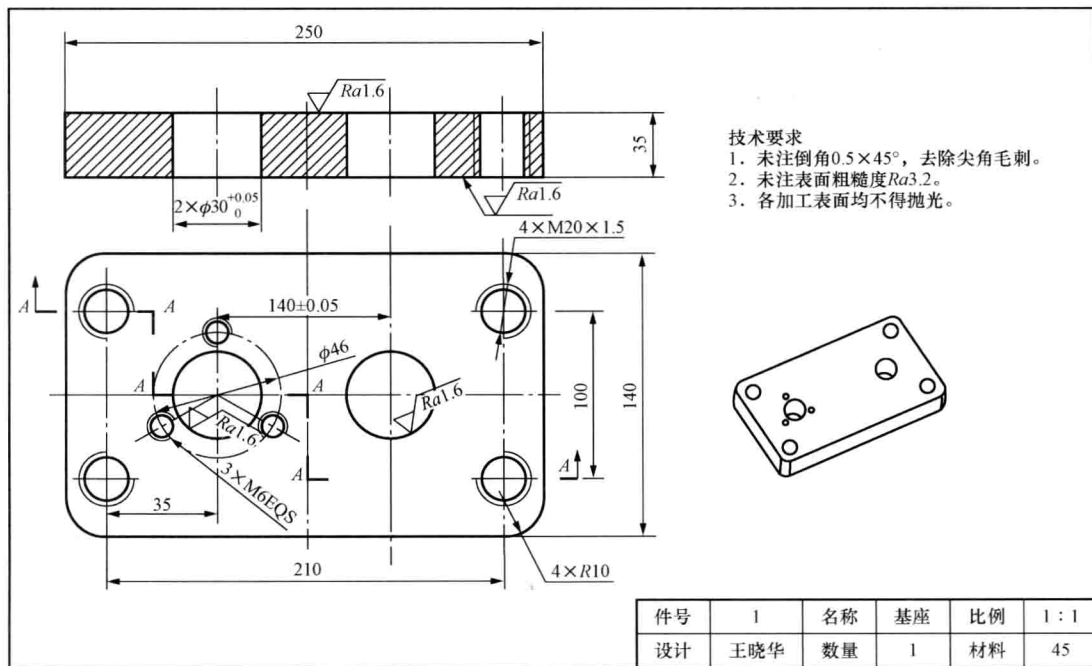


图 1-2 基座

(2) 刀具选择: $\phi 160$ 平面铣刀、 $\phi 25$ 硬质合金立铣刀、 $\phi 18$ 麻花钻、 $\phi 25$ 麻花钻、 $\phi 30$ 镗刀、 $\phi 16$ 镗刀、M20 丝锥、 $\phi 5$ 麻花钻、M6 丝锥。

(3) 机床选择。选择 FANUC 0i Mate-MC 系统立式镗铣加工中心机床, 如图 1-3 所示。

(4) 工艺过程。

1) 用平口虎钳夹紧工件的前、后两面, 用 $\phi 160$ 平面铣刀铣削基座的上、下两大平面。粗加工主轴转速 1000r/min, 切削深度 2~3mm, 进给量 300mm/min; 精加工主轴转速 2000r/min, 切削深度 0.5mm, 进给量 150mm/min。

2) 用 $\phi 25$ 麻花钻钻 $2 \times \phi 30$ 通孔的预制孔。主轴转速 600r/min, 进给量 150mm/min。

3) 用 $\phi 25$ 立铣刀铣基座四周侧面。主轴转速 1000r/min, 进给量 200mm/min。

4) 用 $\phi 18$ 麻花钻钻 $4 \times M20 \times 1.5$ 预制孔。主轴转速 600r/min, 进给量 150mm/min。

5) 用 $\phi 30$ 镗刀镗 $2 \times \phi 30$ 孔。主轴转速 2000r/min, 进给量 150mm/min。

6) 用 $\phi 16$ 镗刀镗螺纹底孔。主轴转速 2000r/min, 进给量 150mm/min。

7) M20 丝锥加工内螺纹。主轴转速 100r/min, 进给量 150mm/min。

8) 用 $\phi 5$ 麻花钻钻 M6 的预制孔。主轴转速 800r/min, 进给量 200mm/min。

9) 用 M6 丝锥加工 $3 \times M6$ 内螺纹。主轴转速 100r/min, 进给量 100mm/min。

(5) 相关指令。

1) G81: 钻孔循环。

指令格式: G99 G90 G81 X__Y__Z__R__F__L__;

G81 钻孔动作循环, 包括 X、Y 坐标定位, 快进, 工进, 快速返回等动作。G81 动作轨迹如图 1-4 所示。

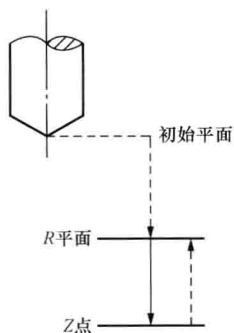


图 1-4 G81 动作
循环轨迹

指令说明:

G99——返回 R 点平面;

G81——钻孔循环指令;

X、Y——孔中心绝对坐标值;

R——R 平面的坐标绝对值;

Z——孔底绝对坐标值;

F——切削进给速度;

L——固定循环的次数。

2) G84: 右旋攻螺纹循环。

指令格式: G99 G90 G84 X__Y__Z__R__P__F__L__;

G84 指令使主轴从 R 点移至 Z 点时, 刀具正向进给, 主轴正转, 到孔底时主轴反转, 返回到 R 点平面后主轴恢复正转。G84 动作轨迹如图 1-5 所示。

指令说明:

G99——返回 R 点平面;

G84——右旋攻螺纹循环指令;



图 1-3 镗铣加工中心机床

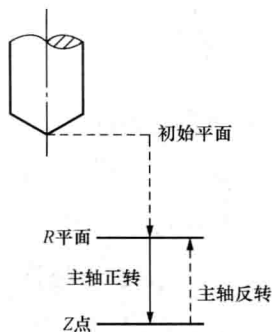


图 1-5 G84 动作
循环轨迹

X、Y——孔中心绝对坐标值；

R——R 平面的坐标绝对值；

Z——孔底绝对坐标值；

F——切削进给速度， $F = \text{转速} \times \text{导程}$ ；

L——固定循环的次数。

3) G76：精镗循环。

指令格式：

G99 G90 G76 X__Y__Z__R__P__I__J__F__L__；

指令说明：

X、Y——孔中心绝对坐标值；

R——R 平面的坐标绝对值；

Z——孔底绝对坐标值；

F——切削进给速度；

L——固定循环的次数；

I——X 轴刀尖反向位移量；

J——Y 轴刀尖反向位移量。

G76 精镗时，主轴在孔底定向停止后，沿刀尖反方向移动，然后快速退刀。这种带有让刀的退刀不会划伤已加工平面，以保证镗孔精度。G76 指令动作轨迹如图 1-6 所示。

注意：如果 Z 的移动量为零，该指令不执行。

注意事项：攻螺纹时，速度倍率、进给保持均不起作用；R 应选在距工件表面 7mm 以上的地方；F 与 S 的比值等于螺距值。

攻右螺纹循环开始前必须给 M03 指令，使主轴正转。

4) 子程序。

调用格式：

M98 PXXXX XXXXX；

子程序号，必须为 4 位数

调用次数 1 ~ 99

M99；子程序结束

5) 刀尖圆弧半径补偿指令及刀补过程。

指令格式：

G41 { G00 X__Z__ D__；
G42 { G01 X__Y__F__

刀尖圆弧半径补偿的过程分三个步骤：建立刀补过程；执行刀补过程；取消刀补过程。

注意事项：

①数控车床的刀尖圆弧半径补偿通过 G41/G42/G40 代码及 T 代码指定的刀尖圆弧半径补偿号来加入或取消半径补偿值，而数控铣床通过 D 代码指定的刀尖圆弧半径补偿号来加

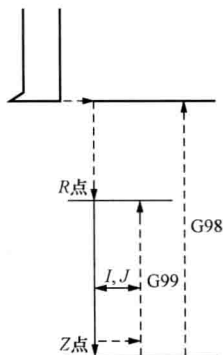


图 1-6 G76 动作
循环轨迹

入或取消半径补偿值。

②刀尖圆弧半径补偿的建立与取消只能用 G00 或 G01，而不能用 G02 或 G03。

③左补偿 G41 或右补偿 G42 的判别方法：在刀具运动轨迹所在平面垂直轴的负方向，其运动平面上沿着刀具运动方向，刀具在工件右侧用 G42，刀具在工件左侧用 G41。

6) 相关计算。

①内孔公差取平均值。

②4×M20×1.5 内螺纹孔尺寸计算：

内螺纹大径 $D_1 \approx$ 公称直径 = 20mm

内螺纹小径 $D_2 \approx$ 公称直径 - P (塑材) = 20mm - 1.5mm = 18.5mm

7) 相关量具。

①内孔测量工具：孔径尺寸精度要求较低时，可采用钢直尺、内卡钳或游标卡尺测量；精度要求较高时，可采用内径千分尺（见图 1-7）或内径量表（见图 1-8）测量，标准孔还可以采用塞规测量。



图 1-7 内径千分尺



图 1-8 内径量表

②螺纹的测量：螺纹的主要测量参数有螺距、大径和中径三个尺寸。

螺距的测量：对一般要求的螺纹，外螺纹螺距可按如图 1-9 所示方式测量。

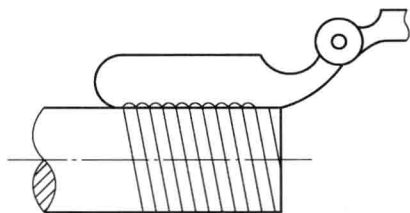
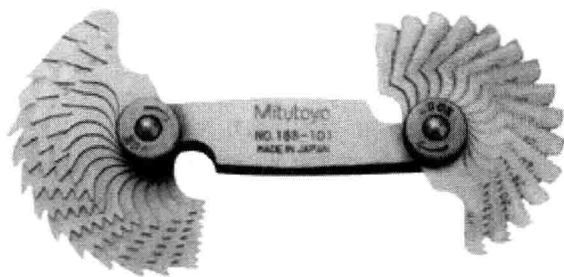


图 1-9 螺纹量规

大径的测量：外螺纹大径与内螺纹小径的公差都比较大，一般用游标卡尺或千分尺测量。

中径的测量：螺纹中径的测量方法有多种，例如，用如图 1-10 所示的螺纹千分尺测量中径，测量时选与螺纹牙型角相同的上、下两个测量头，将其卡在螺纹的牙侧上，测得的尺寸即为螺纹的中径。此外，还有单针测量法、三针测量法。



图 1-10 螺纹千分尺

螺纹的综合测量：通常用螺纹量规对螺纹各主要参数进行综合测量。螺纹量规包括测量内螺纹的螺纹塞规（见图 1-11）和测量外螺纹的螺纹环规（见图 1-12）。它们都分为通规与止规，使用中不能用错。测量时，若通规可以通过，止规不能通过，则螺纹合格。



图 1-11 螺纹塞规

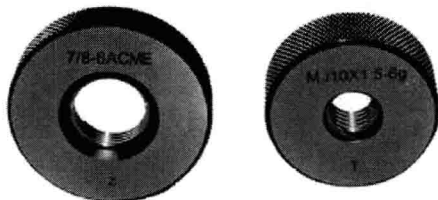


图 1-12 螺纹环规

③外圆测量：外圆尺寸精度要求较低时，可采用游标卡尺（见图 1-13）测量；精度要求较高时，可用外径千分尺（见图 1-14）测量。

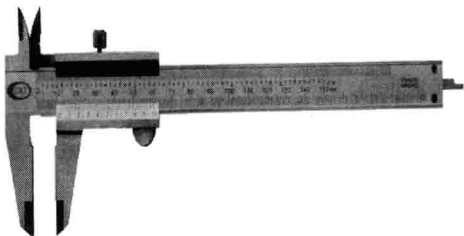


图 1-13 游标卡尺



图 1-14 外径千分尺

8) 参考程序。

①用 $\phi 25$ 麻花钻钻 $2 \times \phi 30$ 通孔程序。

用 G54 对刀，工件坐标系原点在工件上表面的对称中心。

O0001;	(程序名)
G54 G80 G94;	(建立工件坐标系)
M6 T1;	(调 $\phi 25$ 麻花钻)
M03 S600;	(主轴正转)
G90 G00 Z50;	(快速刀工件上方)
G99 G81 X-70 Y0 Z-40 R3 F150;	(钻孔)
X70 Y0;	(钻孔)
G00 Z50;	(退刀)
G80;	(取消孔加工循环)
M30;	(程序结束)

②用 $\phi 25$ 立铣刀铣工件四周侧面程序。

用 G55 对刀，工件坐标系原点在工件上表面的对称中心。

O0002;	(程序名)
G55 G80 G94;	(建立工件坐标系)
M6 T2;	(调 $\phi 25$ 立铣刀)

M03 S1000;	(主轴正转)
G90 G00 Z50;	(快速到工件上方)
G00 X-150 Y-95;	(快速到工件左侧)
Z-20;	(快速下刀)
M98 P21234;	(调加工工件四周轮廓子程序 2 次)
G0 Z50;	(抬刀)
M30;	(程序结束)
O1234;	(加工四周外轮廓子程序名)
G00 G41 X-125 Y-85 D2;	(建立刀具半径补偿)
G01 Y60 F200;	(直线切削左侧面)
G02 X-115 Y70 R10;	(切削左侧上部圆弧)
G01 X115;	(直线切削上侧面)
G02 X125 Y60 R10;	(切削右侧上部圆弧)
G01 X125 Y-60;	(直线切削右侧面)
G02 X115 Y-70 R10;	(切削右侧下部圆弧)
G01 X-125;	(直线切削下侧面)
G02 X-125 Y-60 R10;	(切削右侧下部圆弧)
G40 G00 X-150 Y-95;	(快速到工件左侧, 取消刀补)
G91 Z-12;	(快速下刀)
G90;	(绝对坐标指令)
M99;	(子程序结束)

③用 $\phi 18$ 麻花钻钻 $4 \times M20 \times 1.5$ 预制孔。

首先, 用 $\phi 30$ 镗刀镗 $2 \times \phi 30$ 孔程序; 然后, 用 $\phi 16$ 镗刀镗螺纹底孔程序; 最后, 用 M20 丝锥加工内螺纹程序。

用 G56 对刀, 工件坐标系原点在工件上表面的对称中心。

O0003;	(程序名)
N5 G56 G80 G94;	(建立工件坐标系)
N10 M6 T3;	(调 $\phi 18$ 麻花钻)
N15 M03 S600;	(主轴正转)
N20 G90 G00 Z50;	(快速到工件上方)
N25 G99 G81 X-105 Y-50 Z-40 R3 F150;	(钻孔)
N30 X-105 Y50;	(钻孔)
N35 X105 Y50;	(钻孔)
N40 X105 Y-50;	(钻孔)
N45 G00 Z50;	(退刀)
N50 M05;	(主轴停)
N55 M6 T4;	(调 $\phi 30$ 镗刀)
N60 M03 S2000;	(主轴正转)
N65 G90 G00 Z50;	(到工件上方)
N70 G99 G76 X-70 Y0 Z-40 R3 P3 I 0.5 J0.5 F150;	(镗 $\phi 30$ 孔)
N75 X70 Y0;	(镗 $\phi 30$ 孔)
N80 G00 Z50;	(退刀)

N90 M05;	(主轴停)
N95 M6 T5;	(调 φ16 镗刀)
N100 M03 S2000;	(主轴正转)
N105 G90 G00 Z50;	(快速到工件上方)
N110 G99 G76 X-105 Y-50 Z-40 R3 P3 I 0.5 J0.5 F150;	(镗螺纹底孔)
N115 X-105 Y50;	(镗螺纹底孔)
N120 X105 Y50;	(镗螺纹底孔)
N125 X105 Y-50;	(镗螺纹底孔)
N130 G00 Z50;	(退刀)
N135 M05;	(主轴停)
N140 M6 T6;	(调 M20 丝锥)
N145 M03 S100;	(主轴正转)
N150 G90 G00 Z50;	(快速到工件上方)
N155 G99 G84 X-105 Y-50 Z-40 R3 P3 F150;	(攻螺纹)
N160 X-105 Y50;	(攻螺纹)
N165 X105 Y50;	(攻螺纹)
N170 X105 Y-50;	(攻螺纹)
N175 G00 Z50;	(退刀)
N180 M30;	(程序结束)

④3×M6 螺孔程序略。

2. 支柱 2 的制作

(1) 零件图。图 1-15 所示为对刀装置支柱零件图，支柱 2 在整个装置中起支撑作用。毛坯材料可选取 φ35×55 棒料。

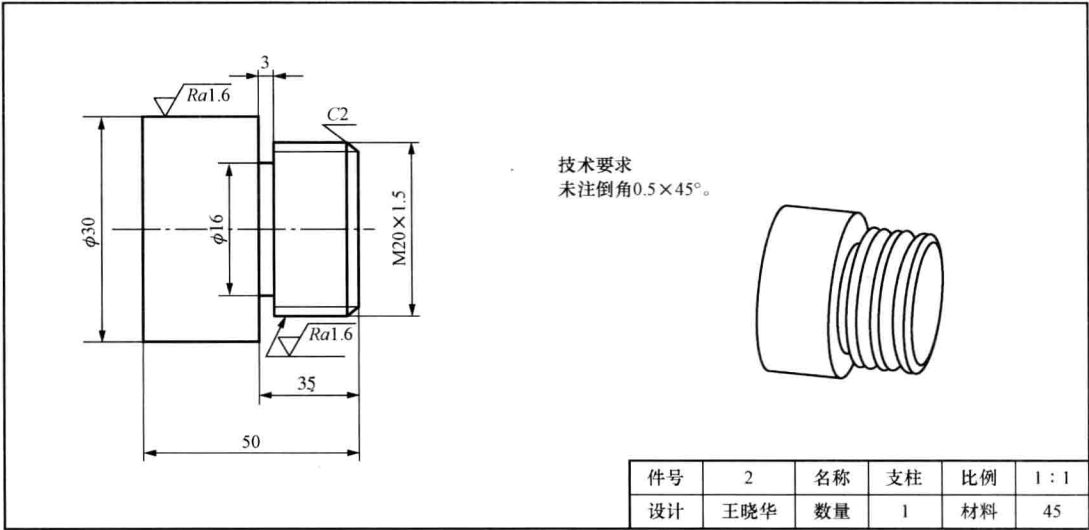


图 1-15 支柱

(2) 刀具选择：90°外圆粗车刀、90°外圆精车刀、3mm 宽切断刀、1.5 导程外螺纹车刀。

(3) 机床选择: 选择 FANUC 0i Mate-TC 系统数控车床, 如图 1-16 所示。

(4) 工艺过程。

1) 用 90° 外圆粗车刀粗切各外圆、台阶面及右端面。粗加工余量 2mm, 进给量 0.3mm/r, 主轴转速 1000r/min。

2) 用 90° 外圆精车刀精切各外圆、台阶面及右端面。精加工余量 0.3mm, 进给量 0.1mm/r, 主轴转速 1200r/min。

3) 用切槽刀切槽。主轴转速 800r/min, 进给量 0.05mm/r。

4) 用外螺纹刀切螺纹, 主轴转速 1200r/min。

5) 切断刀切断, 保证长度 50.2mm。

6) 掉头切端面及倒角, 保证工件长度。

(5) 相关指令。

1) 粗车循环 G71 指令。用于粗车圆柱棒料, 以切除较多的加工余量。

指令格式:

G71 U (Δd) R (e);

G71 P (ns) Q (nf) U (Δu) W (Δw) F (f);

指令说明:

Δd ——粗加工每刀吃刀量, 无符号规定, 半径值;

e——粗加工后每刀退刀量;

ns——精加工程序段第一句程序段的顺序号;

nf——精加工程序段最后一句程序段的顺序号;

Δu ——外圆精加工余量及方向;

Δw ——端面精加工余量及方向;

f——粗加工走刀量。

注意事项 (见图 1-17):

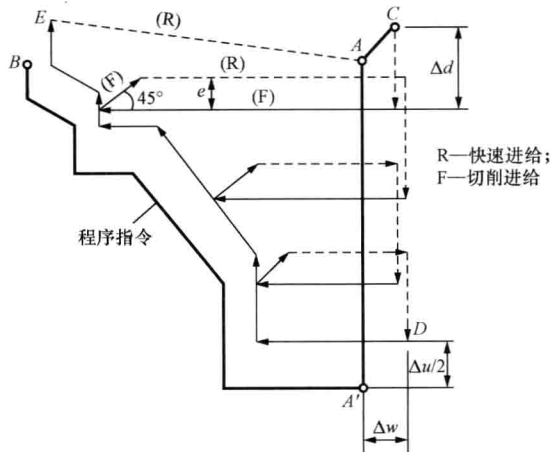


图 1-17 G71 循环轨迹

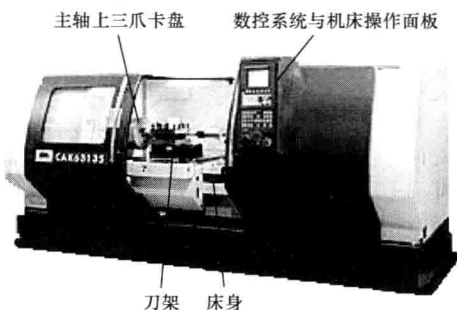


图 1-16 数控车床

①A 为循环加工起点;

②AA' // X 轴;

③A'—B 之间必须符合 X 方向尺寸沿 Z 方向单调增加或减小;

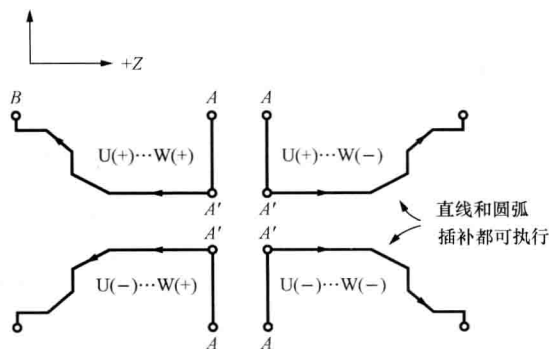
④起刀点 A 和退刀点 B 必须平行;

⑤顺序号 ns 程序段不能含有 Z 轴移动指令;

⑥ns—nf 的程序段中不能调用子程序;

⑦ Δu 、 Δw 精加工余量正、负的判别方法如图 1-18 所示。

2) 精车循环 G70 指令。精加工循环

图 1-18 工件轮廓走向与 Δu 、 Δw 正、负判别方法

将粗加工循环预留的精车余量车削掉。

指令格式:

G70 P (ns) Q (nf);

指令说明:

ns——精加工程序段第一句程序段的顺序号;

nf——精加工程序段最后一句程序段的顺序号;

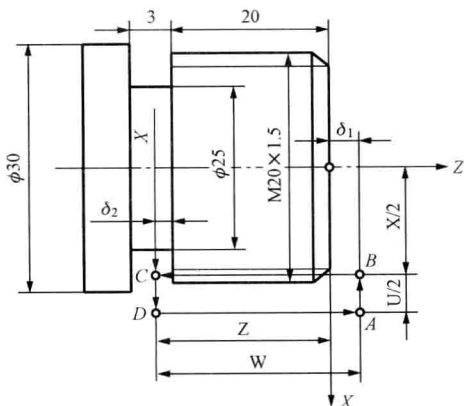


图 1-19 G92 循环轨迹

3) 车圆柱螺纹固定循环 G92。

指令格式:

G92 X(U) _ Z(W) _ F _;

指令说明:

X(U)、Z(W) ——每刀切削终点坐标值;

F——螺纹导程。

如图 1-19 所示, A 为螺纹循环加工起点, 刀具按 ABCD 矩形循环。X(U)、Z(W) 为矩形终点 C 坐标值。 δ_1 为切入距离, $\delta_1 \approx (1-2)F$; δ_2 为切出距离, $\delta_2 \approx F$ 。

外螺纹直径参考尺寸: 外螺纹大径 $d_1 = \text{公称直径} - 0.1F$
外螺纹小径 $d_2 = \text{公称直径} - 1.3F$

内螺纹直径参考尺寸: 内螺纹大径 $D_1 \approx \text{公称直径}$

内螺纹小径 $D_2 \approx \text{公称直径} - F(\text{塑材})$

内螺纹小径 $D_2 \approx \text{公称直径} - 1.05F(\text{脆材})$

(6) 相关计算。

M20×1.5 外螺纹孔大小径尺寸为

外螺纹大径 $d_1 \approx \text{公称直径} - 0.1P = 20 - 0.1 \times 1.5 = 19.85 \text{ (mm)}$

外螺纹小径 $d_2 \approx \text{公称直径} - 1.3P = 20 - 1.3 \times 1.5 = 18.05 \text{ (mm)}$

(7) 参考程序。

O0005;	(程序名)
N5 M03 S1000;	(主轴正转)
N10 G54 T0101;	(建立工件坐标系, 调粗加工刀)
N15 G00 X35. Z2. ;	(快速运动到循环起点)
N20 G71 U2. R0. 5;	(粗加工循环开始)
N25 G71 P30 Q55 U0. 6 W0. 3 F0. 3;	
N30 G00 X12. ;	(精加工第一段)
N35 G01 X19. 85 Z- 2. F0. 1;	(切削倒角)
N40 Z- 35. ;	(加工螺纹外圆)
N45 G01 X30. ;	(加工台阶端面)
N50 Z- 51. ;	(加工 $\phi 30$ 外圆)
N55 X35. ;	(精加工最后一段)
N60 G00 X100. Z80. ;	(粗加工刀退刀)
N65 T0100;	(取消 1 号刀补)
N70 T0202;	(调精加工刀)
N75 G00 X35. Z2. ;	(快速运动到循环起点)
N80 G70 P30 Q55;	(精加工)
N85 G00 G40 G00 X100. Z80. ;	(快速退刀)
N90 T0200;	(取消 2 号刀补)
N95 T0303;	(调切槽刀)
N100 G00 X31. Z- 35. ;	(快速运动到槽的上方)
N105 G01 X16. F0. 05;	(切槽)
N110 G04 X2. ;	(槽外圆表面光整加工)
N115 G01 X31. F1. ;	(退出槽加工)
N120 G00 X100. Z80. ;	(快速退刀)
N125 T0300;	(取消 3 号刀补)
N130 T0404;	(调螺纹刀)
N135 G00 X22. Z3. ;	(快速运动到螺纹切削加工循环起点)
N140 G92 X19. 25 Z- 21. 5 F1. 5;	(开始加工螺纹)
N145 X18. 65;	
N150 X18. 25;	
N155 X18. 05;	(螺纹加工结束)
N160 G00 X100. Z80. ;	(退刀)
N165 T0400;	(取消 4 号刀补)
N105 M30;	(程序结束)

3. 导柱 3 的制作

(1) 零件图。图 1-20 所示为对刀装置导柱零件图, 导柱在整个装置中起导向作用。毛坯材料可选取 $\phi 70 \times 405$ 棒料。

(2) 刀具选择: 90° 外圆粗车刀、 90° 外圆精车刀、3mm 宽切断刀、 $\phi 6.5$ 麻花钻、中心钻。

(3) 工艺过程。

1) 在数控车床上用三爪夹盘装夹右端 $\phi 70$ 外圆, 用 90° 外圆粗车刀粗切左端端面、 $\phi 30$

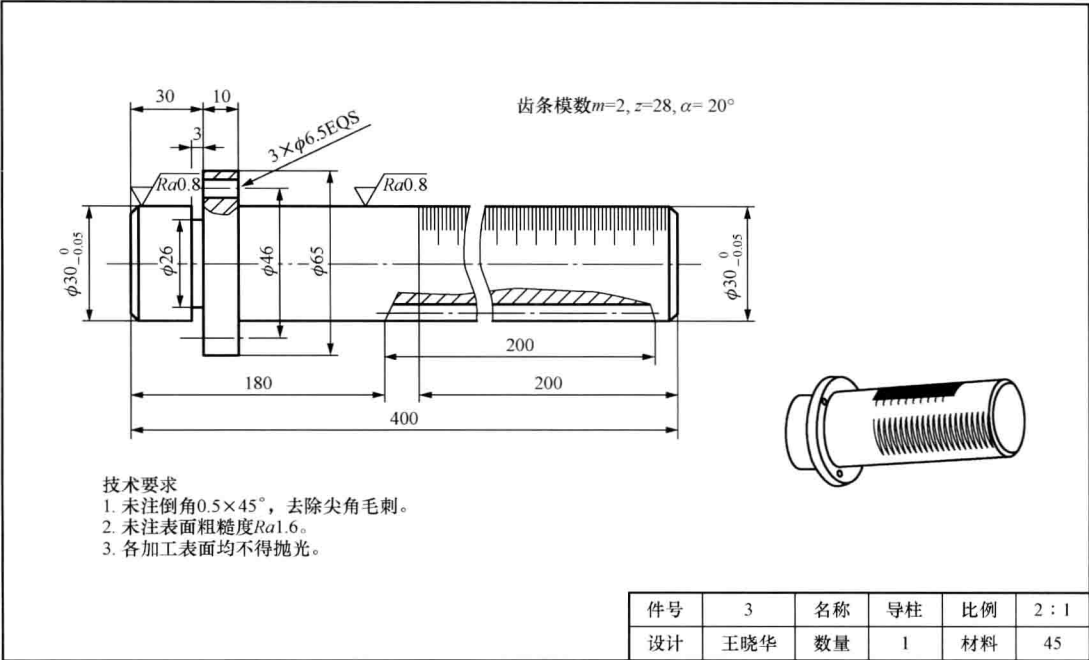


图 1-20 导柱

外圆、台阶面及 $\phi 65$ 外圆。粗加工余量 2mm，进给量 0.3mm，主轴转速 1000r/min。

2) 用 90° 外圆精车刀精切左端面、 $\phi 30$ 外圆、台阶面及 $\phi 65$ 外圆。精加工余量 0.3mm，进给量 0.1mm，主轴转速 1200r/min。

3) 用切槽刀切槽。主轴转速 800r/min，进给量 0.05mm/r。

4) 掉头装夹右端 $\phi 70$ 外圆，切右端面并打中心孔。

5) 装夹 $\phi 30$ 外圆，用 90° 外圆粗车刀粗切右端 $\phi 30$ 外圆、台阶面。

6) 用 90° 外圆精车刀精切右端 $\phi 30$ 外圆、倒角、台阶面。

7) 在镗铣加工中心机床上加工 $3 \times \phi 6.5$ 均布孔。主轴转速 600r/min，进给量 150mm/min。

8) 在电火花线切割机床上加工齿条。

9) 刻线。

(4) 相关计算。对有公差要求的两端外圆取公差平均值 $\phi 29.975\text{mm}$ 。

(5) 相关指令。

指令格式：

G16 G $\times \times$ X__ Y__；

⋮

G15；

指令说明：

G16 表示建立极坐标，X 坐标值表示极径，Y 坐标值表示极角；

G15 表示取消极坐标。