

第二版

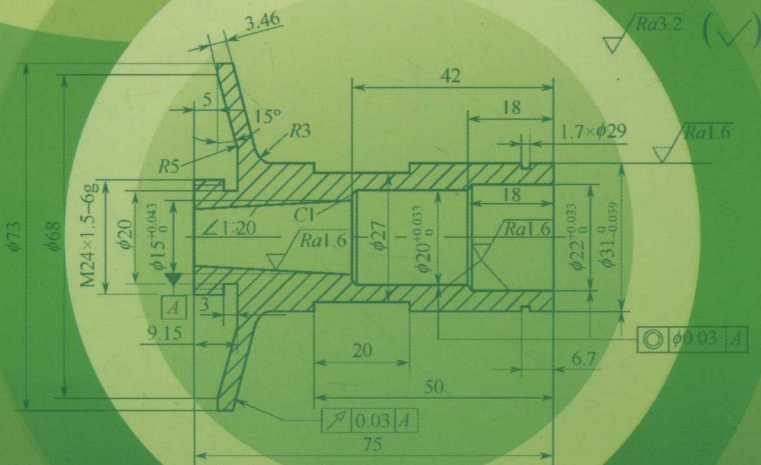
数控车床

编程训练图集

SHUKONG CHECHUANG BIANCHENG
XUNLIAN TUJI



翟瑞波 编著



化学工业出版社

第二版

数控车床 编程训练图集

SHUKONG CHECHUANG BIANCHENG
XUNLIAN TUJI



翟瑞波 编著



化学工业出版社

·北京·

111111

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车床编程训练图集/翟瑞波编著. —2 版. 北京: 化学工业出版社, 2013.7

ISBN 978-7-122-16532-9

I. ①数… II. ①翟… III. ①数控机床-车床-程序设计-图集 IV. ①TG519.1-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 029237 号

责任编辑: 王 焯
责任校对: 战河红

文字编辑: 谢蓉蓉
装帧设计: 刘丽华

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: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 470 千字 2013 年 8 月北京第 2 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: 49.00 元

版权所有 违者必究

前言

为提高数控编程理论、实操教学中练习图的针对性、适用性，参照原劳动和社会保障部颁布的《数控车工》国家标准，我们编写了这本《数控车床编程训练图集》。

《数控车床编程训练图集》第一版兼顾了编程理论、仿真教学、机床加工等方面的需要，采取循序渐进的原则，通过基本指令、循环指令、宏程序（参数编程）、指令综合应用等部分的练习，突出了FANUC、SIEMENS系统编程指令的应用。该图集编写中加入了大量的实际应用技巧，涵盖机械加工工艺、数控加工工艺、数控编程、刀具、夹具等方面的知识。练习图的设置注重综合知识的应用，可操作性强。本图集中将编者多年的教学、生产经验编入其中，对教学及实践有较好的指导作用。

鉴于第一版出版时间较早，近几年数控加工知识和技能又有诸多新的发展和变化，作者对该图集进行了再版修订。第二版按最新国家制图标准修改了原图集中的图形和尺寸、形位标注；增加了基本练习量，减少了相似图形；增加了如刀具、夹具、量具等工艺知识；增加了复杂零件的加工练习图，如盘环件、薄壁件、螺纹加工（多线、锥螺纹、变螺距）、偏心件、异形件、车铣加工中心零件等；增加了鉴定考核图例。

本图集适合本科院校、职业院校、技师学院和社会培训学校数控专业师生讲授和学习编程指令时参考使用。

本图集由翟瑞波编著，在编写过程中得到了王振峰、苏向东、邢国忠、胡克明、李锋、汪化娟、张鹏程等专家的帮助和支持，在此一并表示感谢。

本书编写的不足和疏漏之处，希望读者批评指正。

编著者
2013年5月

第1章 FANUC 系统常规编程训练图例	1
1.1 常用指令练习	2
1.1.1 快速定位指令 G00	2
1.1.2 直线插补指令 G01	2
1.1.3 圆弧插补指令 G02、G03	4
1.1.4 刀尖半径补偿指令 G40、G41、G42	5
1.1.5 螺纹切削指令 G32、G34	8
1.1.6 综合编程练习	10
1.2 循环指令编程练习	12
1.2.1 单一形状固定循环	12
1.2.2 多重复合固定循环指令	15
1.2.3 循环指令综合编程练习	20
1.3 子程序	23
1.4 宏程序	25
1.4.1 变量	25
1.4.2 用户宏程序的调用	27
1.4.3 算术运算指令	28
1.4.4 控制指令	29
1.4.5 宏程序练习	31
第2章 FANUC 系统综合练习	37
2.1 常用指令的综合应用	38
2.1.1 外形加工	38
2.1.2 外形、内腔加工	55
2.2 典型零件加工	78
2.2.1 轴类零件练习	78
2.2.2 轴套、套、槽、盘类零件	89
2.2.3 车铣加工中心	104
2.2.4 综合零件加工	108

第3章 SIEMENS 系统常规编程训练图例 112

3.1 常用指令练习	113
3.1.1 绝对坐标和相对坐标	113
3.1.2 TRANS / ATRANS 可编程零点偏置	113
3.1.3 快速定位指令 G00	114
3.1.4 带进给率的线性插补指令 G01	114
3.1.5 圆弧插补指令 G02/G03	116
3.1.6 刀尖半径补偿指令 G40 G41 G42	119
3.1.7 恒螺距螺纹切削指令 G33	120
3.2 循环指令编程练习	121
3.2.1 CYCLE82 中心钻孔	121
3.2.2 CYCLE83 深孔钻削	122
3.2.3 CYCLE93 切槽循环	124
3.2.4 CYCLE94 退刀槽形状 E 或 F	125
3.2.5 CYCLE95 毛坯切削	126
3.2.6 CYCLE97 螺纹切削	128
3.3 子程序	130
3.4 参数编程	131
3.4.1 R 参数	131
3.4.2 程序跳转	132
3.4.3 参数编程练习	134

第4章 SIEMENS 系统综合练习 141

4.1 常用指令的综合应用	142
4.1.1 外形加工	142
4.1.2 外形、内腔加工	156
4.2 典型零件加工	174
4.2.1 轴类零件	174
4.2.2 轴套、槽、盘类零件	183
4.2.3 综合零件加工	193

第5章 技能鉴定样题 200

5.1 中级工技能鉴定样题	201
5.2 高级工技能鉴定样题	210
5.3 技师技能鉴定样题	220
5.4 高级技师鉴定样题	231

第1章

FANUC 系统常规编程 训练图例

- 1.1 常用指令练习
- 1.2 循环指令编程练习
- 1.3 子程序
- 1.4 宏程序

1.1 常用指令练习

1.1.1 快速定位指令 G00

(1) 指令格式: $G00 X(U) _ Z(W) _;$

(2) 指令练习: 分别使用绝对值、增量值以及混合编程完成刀具快速从点 (X120, Z90.) 移动至点(X60, Z5.), 见图 1-1。

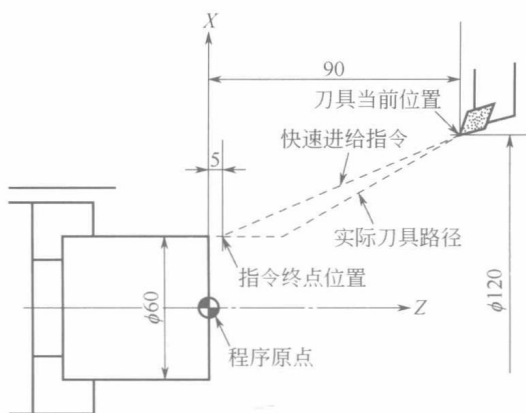


图 1-1 G00 指令练习

应用技巧

1) 绝对值编程时, 用 X 、 Z 表示 X 轴与 Z 轴的坐标值; 增量值编程时, 用 U 、 W 表示 X 轴与 Z 轴的移动量。数车编程时, 也可以用绝对值编程和增量值编程混合起来进行编程的方法称为混合编程, 如 $G01 X50.0 W-10.0$ 。编程时常用绝对值编程。

2) $G00$ 指令刀具轨迹不是标准的直线插补。各轴按同一速度进给, 距离短的轴先到尺寸。移动速度由系统设定。

1.1.2 直线插补指令 G01

(1) 指令格式: $G01 X(U) _ Z(W) _ F _;$

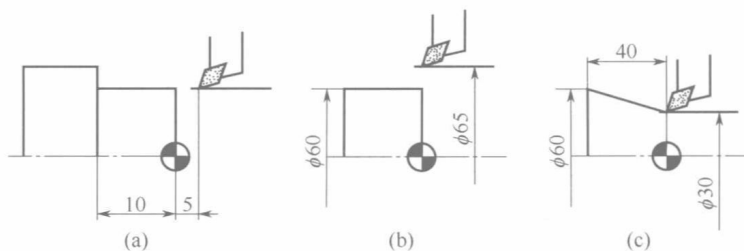


图 1-2 G01 指令

(a) $G01 Z-10.0 F0.2$ 或 $G01 W-15.0 F0.2$; (b) $G01 X0 F0.2$ 或 $G01 U-65.0 F0.2$;

(c) $G01 X60.0 Z-40.0 F0.2$ 或 $G01 U30.0 W-40.0 F0.2$;

1) G01 指令格式, 其中 F 为进给速度, 单位为 mm/min (G98 指令设定) 或 mm/r (G99 指令设定), 一般车削时默认设置为 mm/r。

2) 使用 G01 指令可以实现纵向切削、横向切削、锥度切削等形式的直线插补运动, 编程练习见图 1-2。a. 纵向切削车外圆; b. 横向切削平端面; c. 锥度切削车圆锥。

(2) G01 指令在数车编程中, 还可以直接用来进行倒角(C 指令)、倒圆角(R 指令)。

① 倒角(45°倒角) 由轴向切削向端面切削倒角, 即由 Z 轴向 X 轴倒角, i 的正负根据倒角是向 X 轴正向还是负向, 如图 1-3 (a) 所示。其编程格式为 G01 Z(W)_ C \pm i 。

由端面切削向轴向切削倒角, 即由 X 轴向 Z 轴倒角, k 的正负根据倒角是向 Z 轴正向还是负向, 如图 1-3 (b) 所示。其编程格式为 G01 X(U)_ C \pm k 。

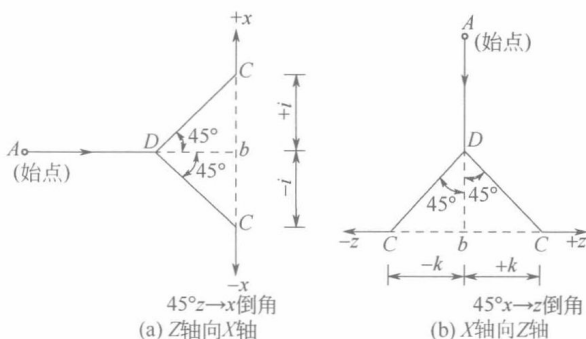


图 1-3 G01 倒角

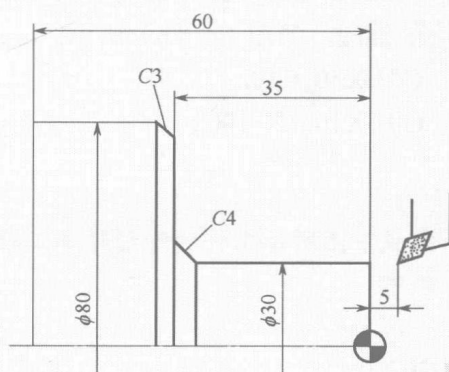
注意判定 C 指令、R 指令的正负值。

例 1: 倒角

```
G01 Z-35.0 C4.0 F0.2;
      X80.0 C-3.0;
      Z-60.0;
```

注: C4.0 倒角, 因为 Z 轴切削向 X 轴正向倒角, 所以为 C4.0;

C-3.0 倒角, 因为 X 轴切削向 Z 轴负向倒角, 所以为 C-3.0;



倒角练习

② 倒圆角(1/4 圆角)

编程格式 G01 Z(W)_ R \pm r 时, 圆弧倒角情况如图 1-4 (a) 所示。

编程格式 G01 X(U)_ R \pm r 时, 圆弧倒角情况如图 1-4 (b) 所示。

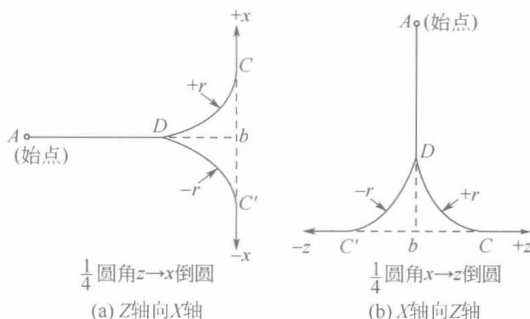


图 1-4 G01 倒圆角

注意判定 C 指令、R 指令的正负值。

例 2: 倒圆

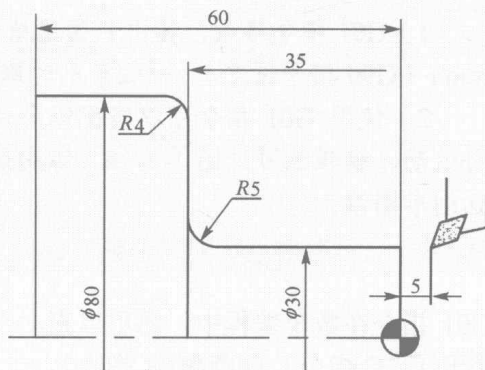
G01 Z-35.0 R5.0 F0.2;

X80.0 R-4.0;

Z-60.0;

注: R5.0 倒角, 因为 Z 轴切削向 X 轴正向倒圆, 所以为 R5.0;

R-4.0 倒角, 因为 X 轴切削向 Z 轴负向倒圆, 所以为 R-4.0;



倒圆练习

③ 任意角度的倒角与倒圆

a) 在直线或圆弧插补指令尾部加上 C_, 可自动插入任意角度倒角, 如图 1-5 (a) 所示。

程序: G01 X50. C10.;

G01 X100. Z-100.;

b) 在直线或圆弧程序段尾部加上 R_, 可自动插入任意角度的倒圆, 如图 1-5 (b) 所示。

程序: G01 X50. R10.;

G01 X100. Z-100.;

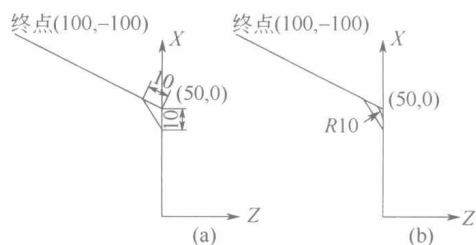


图 1-5 任意角度的倒角与倒圆

完成下图所示工件的外形精加工程序。毛坯 $\phi 35$ 圆棒料。

程序:

.....

G0 X0;

G1 Z0 F0.15;

X14. C-2.;

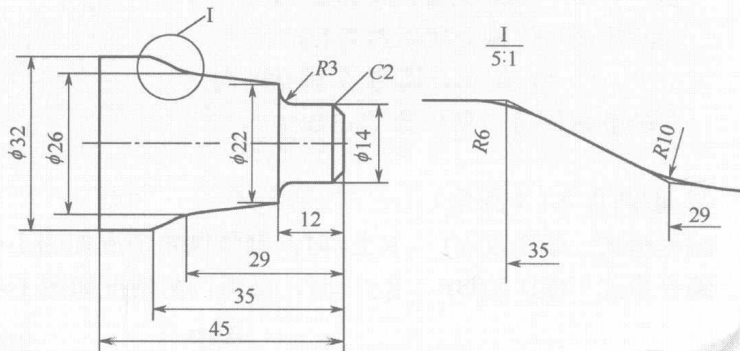
Z-12. R3.;

X22.;

X26. Z-29. R10.;

X32. Z-35. R6.;

Z-50.;



任意角度的倒角与倒圆

1.1.3 圆弧插补指令 G02、G03

- (1) 指令格式: G02/G03 X(U) __ Z(W) __ R__ F__;
或: G02/G03 X(U) __ Z(W) __ I__ K__ F__;

(2) 指令练习

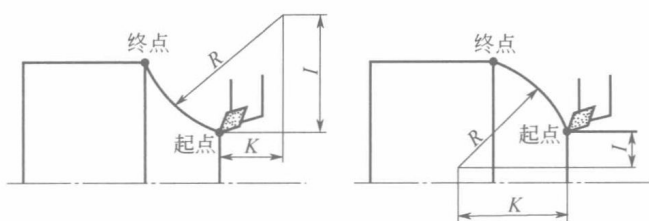


图 1-6 圆弧插补指令

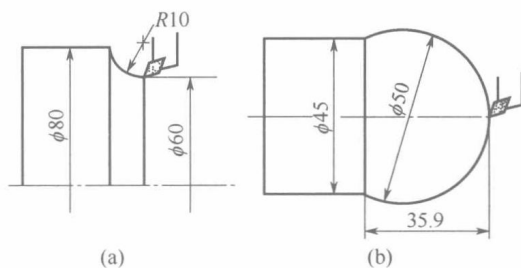


图 1-7 圆弧插补指令练习

应用技巧

- 1) X (U) __ Z (W) __ 为圆弧终点坐标;
- 2) I __ K __ 为圆心相对于圆弧起点的增量坐标; I 为半径增量, 如图 1-6 所示;
- 3) R 为圆弧半径。若 G02 X__ Z__ R__ I__ K__ F__; 则执行 R 指令 (优先)。圆弧 $< 180^\circ$ 时 R 为正, $\geq 180^\circ$ 时 R 为负。

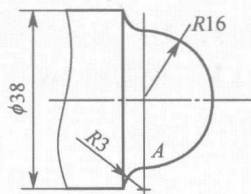
圆弧插补指令练习见图 1-7 所示。

例: 编写右图所示的圆弧轮廓的精加工程序。

程序如下:

```

... ..
G00 X0 Z1.0
G01 Z0 F0.2
G03 X32.0 Z-16.0 R16.0 .
G02 X38.0 W-3.0 R3.0
... ..
    
```



编程练习

1.1.4 刀尖半径补偿指令 G40、G41、G42

(1) 指令格式

- ① G40: 取消刀具 (尖) 半径补偿指令。
- ② G41: 刀具 (尖) 半径左补偿; G42: 刀具 (尖) 半径右补偿。

判定: 沿着刀具运动方向看, 刀具在工件切削位置左侧称左补偿; 刀具在工件切削位置右侧称右补偿, 如图 1-8 所示。

应用技巧

- 1) G40 应写在程序开始的第一个程序段以及取消刀具半径补偿的程序段, G40 取消 G41、G42。
- 2) 加刀具半径补偿或去除刀具半径补偿最好在工件轮廓线以外且未加刀补点至加刀补点距离应大于刀具 (尖) 半径; 未去刀补点至去除刀补点处距离应大于刀具 (尖) 半径。
- 3) G41、G42 指令可与 G00 或 G01 指令写在同一个程序段内, 在这个程序段的下一个程序开始点位置, 与程序中刀具路径垂直的方向线通过刀尖圆弧中心。

用 G40 指令取消刀具半径补偿, 在指令 G40 程序段的前一个程序段的终点位置, 与程序中刀具路径垂直的方向线通过刀尖圆弧中心。

4) 在使用 G41 或 G42 指令时, 不允许有两条连续的非移动指令。

非移动指令: M 代码、S 代码、暂停指令 G04、某些 G 代码 (如 G50、G96)、移动量为零的切削指令 (如 G01 U0 W0)。

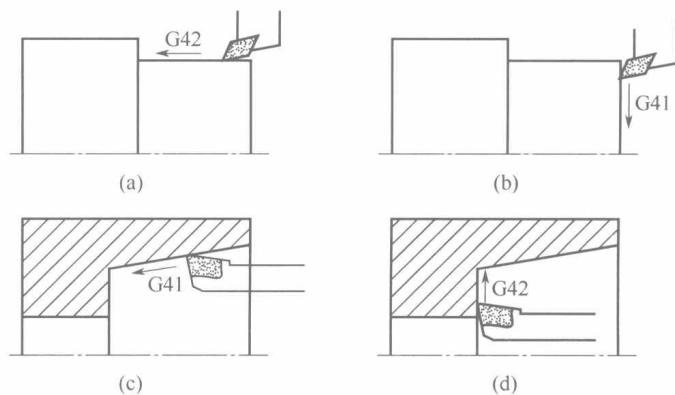


图 1-8 刀具 (尖) 半径补偿判定

(2) 指令练习: 刀尖半径补偿练习

【练习 1】 根据图 1-9 中利用刀具 (尖) 半径补偿做出的刀具路径, 完成程序编制。刀尖 R 为 0.4mm。

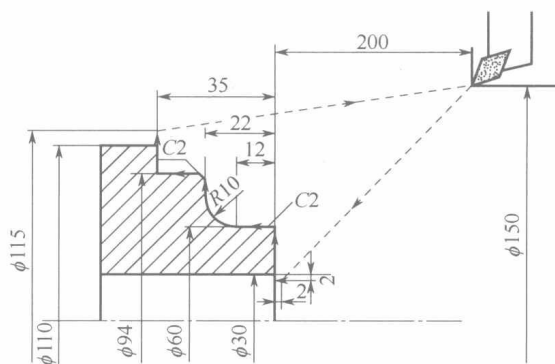


图 1-9 外形切削练习

应用技巧

1) (X150、Z200) 为换刀点。刀具切至 (X26, Z2) 时加右刀补, 程序为 G00 G42 X26. Z2.;

2) 刀具刀尖圆弧半径应小于编程的刀具行程长度。例如图中刀具从 (X26、Z2) 切削至 (X26、Z0)。

3) 去刀补程序:

...

```
G01 X94.0;
      Z-35.0;
      X111.0;
G40 X115.0;
```

```
G00 X150. Z200.;
```

...

若程序为:

```
G01 X94.0
```

```
    Z-35;
```

```
G40 X115.;
```

```
G00 X150. Z200.;
```

则长度 35mm 尺寸不能保证。

【练习 2】 根据图 1-10 中利用刀具半径补偿做出的刀具路径, 完成程序编制。刀尖 R 为 0.4mm。

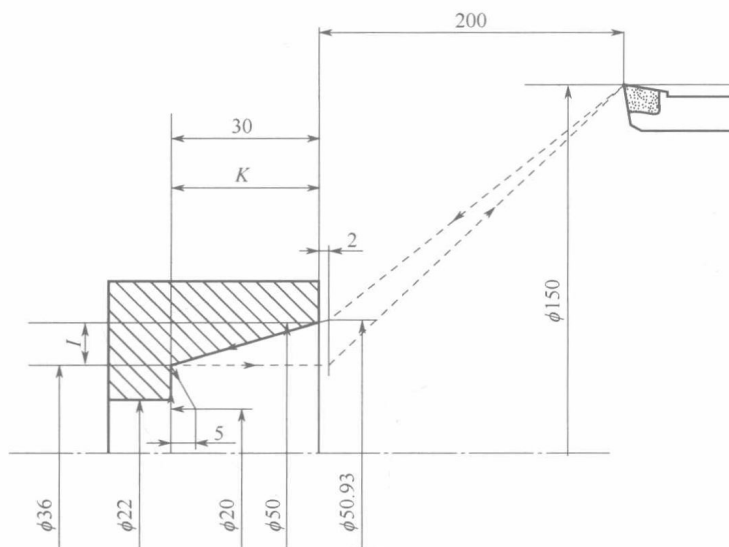


图 1-10 内腔切削练习

应用技巧

在阶梯、锥面连接处, 退刀时指定 G40, 在指定 G40 的程序里使用反映斜面方向的 I、K 地址来防止工件被过切。如图 1-10 所示。

程序示例:

```
O0013;
```

```
G50 X150.0 Z200.0;
```

```
G40 G97 G99 S500 M03 F0.2 T0202;
```

```
G00 G41 X50.93 Z2.0;
```

```
G01 X36.0 Z-30.0;
```

```
G00 G40 X20.0 Z-25.0 I-7.0 K-30.0; 去刀补。I、K 工件斜面方向, 防止过切
```

```
G01 G42 Z-30.0;
```

```
X36.0;
```

```
G00 G40 Z2.0 I7.0 K30.0; 去刀补
```

```
G00 X150.0 Z200.0;
```

```
G28 U0 W0 T0 M05; 返回参考点, 取消刀具, 主轴停转
```

```
M30;
```

程序中 G41 被 G40 取消后方可使用 G42。

1.1.5 螺纹切削指令 G32、G34

(1) 单行程螺纹切削 G32

指令格式: G32X(U) __ Z(W) __ F__;

式中的 X(U) __ Z(W) __ 为螺纹终点坐标, F__ 为螺距。

① 直螺纹加工 如图 1-11 所示, 螺纹外径已车至 29.8; 4×2 的退刀槽已加工, 此螺纹加工查表知切削 5 次 (0.9; 0.6; 0.6; 0.4; 0.1), 至小径 $d = 30 - 1.3 \times 2 = 27.4$ 。

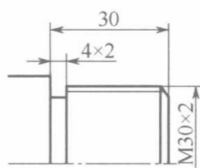


图 1-11 直螺纹加工

② 锥螺纹加工 如图 1-12 所示, 螺距 2mm。

1) G32 指令可车削直螺纹、锥螺纹和端面螺纹 (涡形螺纹)。G32 进刀方式为直进式。G32 指令在编写螺纹加工程序时, 车刀的切入、切出和返回均要写入程序中 (注: 螺纹切削时不可用主轴速度恒定指令 G96)。程序员可控制螺纹的编程过程, 从而可在螺纹加工中应用一些特殊的技巧, 例如使用比螺纹本身小得多的螺纹刀加工螺纹形状或使用圆头切槽刀加工大螺距螺纹。

2) 有些控制器也使用 G33。

3) 双线或多头螺纹加工进行分头时, 移动量 = 螺距, 移动次数 = 线数 - 1。

4) 右旋螺纹, M3 Z-进刀; 左旋螺纹, M3 Z+进刀。

应用技巧

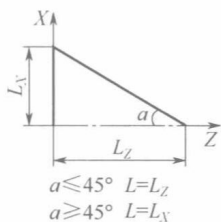
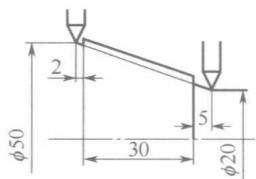


图 1-12 锥螺纹加工

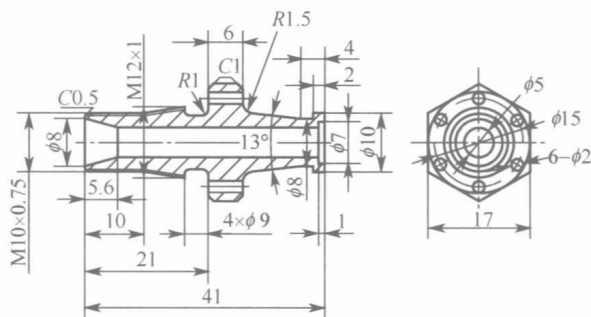


图 1-13 螺纹段 (导程不同) 连续编程

③ 螺纹段 (导程不同) 连续编程 如图 1-13 所示。

应用技巧

如图 1-13 所示, 零件批量 100 件。

加工步骤:

1) 普车 车 $\phi 13 \times 21$ 、 $\phi 18 \times 10$ 、 $\phi 13 \times 10$ 台阶轴;

2) 铣 铣六方;

3) 数铣 钻孔;

4) 数车 车左端内外形;

5) 数车 车右端内外形;

6) 数车 车左端外螺纹, 一夹一顶装夹 (夹持外六方, 加堵头顶锥度孔)。

螺纹加工程序:

O1;

T0505; 螺纹刀

G97 G99 M3 S400;

G0 X12 Z3;
 X9.03;
 G33 Z-10. K0.75;
 G33 X10.7 Z-19 K1; 终点已延伸
 G0 X20;
 X150 Z150;
 M5;
 M30;

(2) 变导程螺纹切削 (G34)

指令格式: G34 X (U) __ Z (W) __ F__ K__;

式中的 X (U) __ Z (W) __ 为螺纹终点坐标; F__ 为螺距; K__ 为螺纹每导程的增 (或减) 量。

K 值范围: 米制为 $\pm (0.0001 \sim 100.00)$ mm/r, 英制为 $\pm (0.000001 \sim 1.000000)$ 英寸/r。

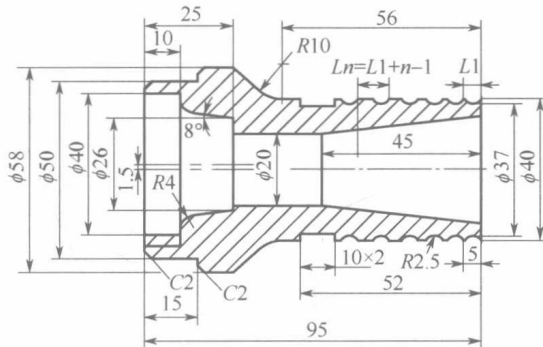


图 1-14 变导程螺纹加工

1) 变导程螺纹有等槽宽变导程螺纹和等齿宽变导程螺纹两种。

2) 图 1-14 所示为等槽宽变导程螺纹。

加工程序:

O1;

T0606; R2.5 球头车刀

G97 G99 M3 S300;

G00 X42.0 Z4.0; 螺纹车削起点

G1 X38. F0.5;

G34 Z-48.0 F4. K1.; 第一刀 起始螺纹导程 4mm, 增量值 1mm

G00 X42.0;

Z4.0;

G1 X37. F0.5;

G34 Z-48.0 F4. K1.; 第二刀

G00 X42.0;

G00 X100.0 Z150.0

M5;

M30;

1.1.6 综合编程练习

【练习1】 圆柱面加工如图 1-15 所示，圆锥面加工如图 1-16 所示。

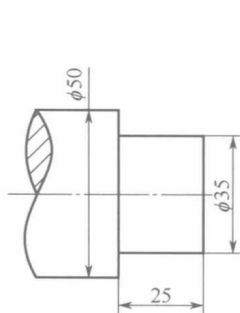


图 1-15 圆柱面加工

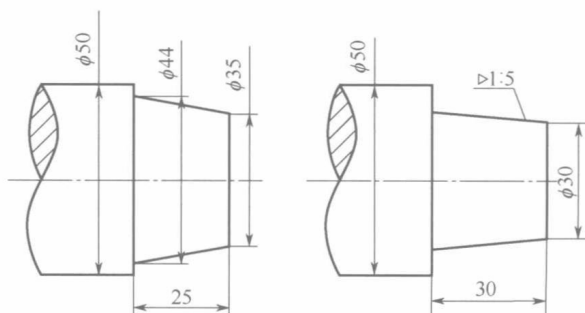


图 1-16 圆锥面加工

应用技巧

- 1) 工件毛坯为 $\phi 50$ 棒料，不切断。
- 2) 使用 G00、G01 指令完成精加工。
- 3) 图 1-16 编程时注意圆锥面线段起、终点坐标的计算。

例：1:5 锥度计算终点 X 轴坐标

$$X = 30 + 30 \times 1/5 = 36$$

- 4) 使用外圆车刀，不考虑刀具刀尖圆弧半径。

【练习2】 外形切削如图 1-17、图 1-18 所示。

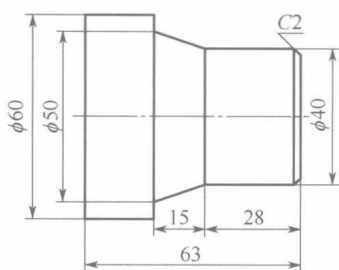


图 1-17 外形切削

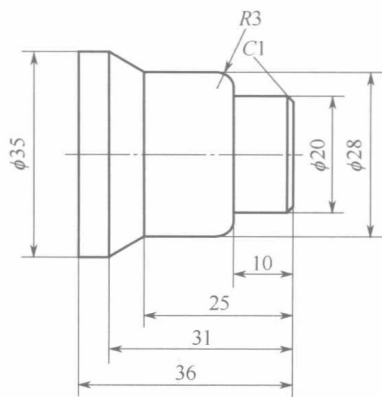


图 1-18 外形切削

应用技巧

- 1) 使用 G00、G01 指令完成精加工。
- 2) 图 1-18 编程时采用 G01 指令完成倒角 (45°)、倒圆 ($1/4$ 圆)。
- 3) 使用外圆车刀，不考虑刀具刀尖圆弧半径。使用圆棒料，工件不切断。

【练习 3】 内腔切削如图 1-19、图 1-20 所示。

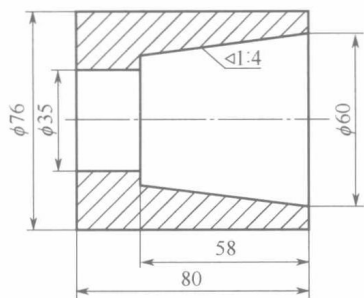


图 1-19 内腔切削

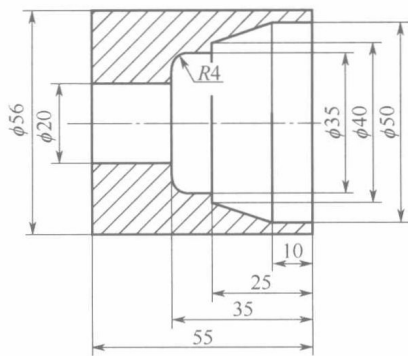
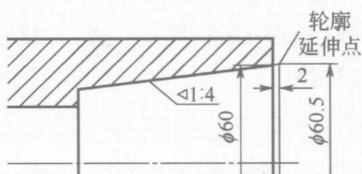


图 1-20 内腔切削

应用技巧

- 1) 使用 G00、G01 指令完成精加工。
- 2) 使用外圆车刀、镗孔刀，不考虑刀具尖圆弧半径。使用棒料，工件底孔已做，工件不切断。完成精加工。
- 3) 图 1-19 编程为保证轮廓尺寸，锥度孔应适当延伸。示意图如右。



【练习 4】 圆弧插补练习如图 1-21、图 1-22 所示。

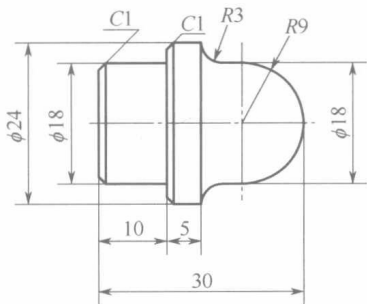


图 1-21 圆弧插补练习

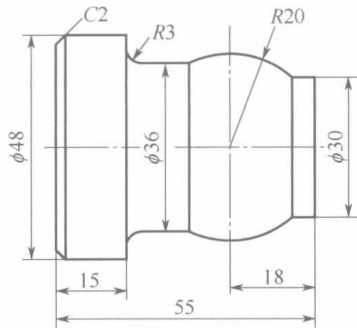


图 1-22 圆弧插补练习

应用技巧

- 1) 使用 G00、G01、G02、G03 指令。
- 2) 注意判定 G02、G03 指令。此类轮廓编程建议 G02、G03 指令中使用 R 指令，I、K 指令也可进行练习。
- 3) 注意圆弧线段起、终点坐标的计算，通过坐标计算用以判定圆弧与圆弧、圆弧与直线间是相切还是相接的关系。
- 4) 使用外圆车刀（尖刀），不考虑刀具刀尖圆弧半径。仅进行精加工。
- 5) 练习中可考虑毛坯料的大小、工件的装夹等。
- 6) 为保证图 1-21 中 R9 圆弧的光滑，在切削时刀具可采用圆弧切入。

