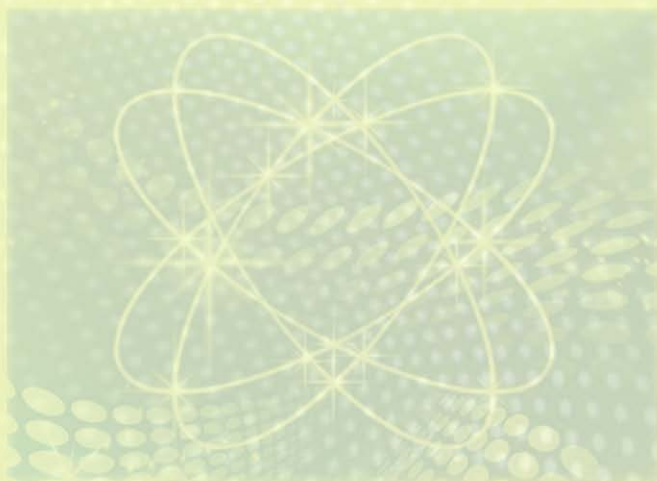


数控加工编程及操作

万友玲 尚 武 主编



江西高校出版社

图书在版编目(C I P) 数据

数控加工编程及操作/万友玲,尚武主编. —南昌:江西高校出版社, 2014. 5

ISBN 978 - 7 - 5493 - 2548 - 1

I. ①数... II. ①万... ②尚... III. ①数控机床 - 程序设计 - 中等专业学校 - 教材 ②数控机床 - 操作 - 中等专业学校 - 教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014) 第 108347 号

出版发行	江西高校出版社
社 址	江西省南昌市洪都北大道 96 号
邮 政 编 码	330046
总编室电话	(0791) 88504319
销 售 电 话	(0791) 88500223
网 址	www. juacp. com
印 刷	南昌市光华印刷有限责任公司
照 排	江西太元科技有限公司照排部
经 销	各地新华书店
开 本	787mm × 1092mm 1/16
印 张	8. 75
字 数	178 千字
版 次	2014 年 5 月第 1 版第 1 次印刷
书 号	ISBN 978 - 7 - 5493 - 2548 - 1
定 价	18. 50 元

赣版权登字 - 07 - 2014 - 249

版权所有 侵权必究

序

重构课程和教材建设是发展职业教育、深化教学改革、提高教学质量、完善人才培养模式的重要举措。中等职业教育的目的是培养面向生产、面向社会和管理一线职业岗位的技能型、实用型专门人才。目前,中等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到教材建设层面。中职学校学生使用的部分专业教材与企业工作岗位、技能标准的实际要求相距甚远,教材重理论、轻实践,重原则、轻案例,文字多、难理解,缺乏对真实职业岗位、工作任务和职业素养的学习情境描述。为了培养具有良好职业技能和职业素养的技能型人才,实现中职生毕业与就业上岗的零距离,我们从中职学校人才培养目标和实际需求出发,以就业为导向,编写了系列专业教材和德育读本。编写符合本校情况的专业教材和德育读本其实酝酿已久,但真正将这系列教材与德育读本送到大家面前的助推器则是此次国家改革发展示范校的建设。

根据教育部关于要求发展中等职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,我们组织编写了《餐饮服务与管理》《客房服务与管理》《茶艺服务》《前厅服务与管理》《酒水知识与调酒技艺》《服装缝制工艺》《服装结构制版》《服装设计基础》《计算机组装与维修》《Flash 动画设计》《计算机网络基础》《Adobe Photoshop CS 平面设计与制作基础教程》《3D Max 基础制作与设计》《机械制图》《机械加工工艺》《AutoCAD 实用教材》《车间管理》《数控加工编程及操作》《酒店服务英语》《中职生礼仪教程》系列专业教材和《法律伴我行——法纪篇》《阳光雨露——心理篇》《诚行天下——诚信篇》《扬帆启航——职业篇》《南昌市第一中等专业学校学生管理手册》《百篇经典诗文诵读》系列德育教育读本。这些校本教材的出版,是我校改革发展示范校课程改革项目建设的研究成果。为了贯彻和落实培养学生以能力为本,以就业为导向,以服务为宗旨的人才培养目标,完善工学交替、产学结合的人才培养模式,这些校本教材在编写时,注重了中职生的能力培养和案例教学激活课堂,注重了“做中学,学中练,练中教”的实践性环节,推进了本校教材教学与实际工作岗位的对接。

此次系列校本教材的编写,只是一次探索性尝试,因经验、知识水平和阅历等方面的局限,可能书中会出现一些欠缺和不足,但我们愿以此作为引玉之砖,与有关专家学者和教育同仁商榷,最终开发出适合学生、学校,适合企业、社会的中职教材。

编者

2014 年 3 月

目 录

第 1 章 FANUC 系统车床编程基础	(1)
1.1 数控车基本理论	(1)
1.1.1 数控车床分类	(1)
1.1.2 数控车床坐标轴的确定	(2)
1.1.3 机床坐标系与工件坐标系	(2)
1.1.4 编程分类	(3)
1.1.5 程序构成	(3)
1.1.6 编程基本指令	(4)
1.1.7 编程坐标	(7)
1.2 插补指令编程	(7)
1.2.1 快速定位 G00	(7)
1.2.2 直线插补 G01	(8)
1.2.3 圆弧插补 G02/G03	(12)
1.3 单一固定循环指令	(13)
1.3.1 内外圆单一固定循环指令	(13)
1.3.2 端面切削循环指令 G94	(17)
1.3.3 螺纹切削循环 G92	(21)
1.4 复合切削循环指令	(24)
1.4.1 内/外圆粗车复合循环指令 G71	(24)
1.4.2 端面粗车循环 G72	(26)
1.4.3 封闭切削循环 G73	(29)
1.4.4 端面深孔加工循环 G74	(31)
1.4.5 外圆、内圆切槽循环 G75	(33)
1.4.6 螺纹复合循环 G76	(36)
1.5 其他编程指令	(37)
1.5.1 暂停指令应用	(37)
1.5.2 恒线速与恒转速应用	(40)

1.5.3 子程序的应用	(41)
1.6 内孔车削编程	(45)
1.6.1 插补指令车削内孔	(46)
1.6.2 G90 车削内孔	(47)
1.6.3 G70、G71 车削内孔	(48)
1.6.4 内螺纹加工	(49)
第2章 金属车削工艺实例	(50)
2.1 车削工艺基础	(50)
2.1.1 数控车床加工工艺的主要内容	(50)
2.1.2 加工内容的确定	(50)
2.2 加工实例讲解	(60)
2.2.1 尼龙棒车削工艺	(60)
2.2.2 铝合金车削工艺	(63)
2.2.3 45 号钢车削工艺	(66)
2.2.4 铜车削工艺	(69)
2.2.5 不锈钢车削工艺	(71)
2.2.6 铸铁车削工艺	(77)
第3章 FANUC 系统铣床编程基础	(82)
3.1 数控铣基本理论	(82)
3.1.1 数控铣床分类	(82)
3.1.2 数控铣床坐标轴的确定	(83)
3.1.3 机床坐标系与工件坐标系	(84)
3.1.4 编程基本指令	(85)
3.1.5 编程平面的确定	(86)
3.2 插补指令编程	(87)
3.2.1 快速定位 G00	(87)
3.2.2 直线插补 G01	(87)
3.2.3 圆弧插补 G02/G03	(89)
3.3 刀具补偿指令	(92)
3.3.1 刀具半径补偿 G40/G41/G42	(92)
3.3.2 刀具长度补偿 G43/G44/G49	(94)
3.4 简化编程指令	(95)
3.4.1 孔循环指令	(95)
3.4.2 子程序应用	(103)

3.4.3 镜像指令 G50.1/G51.1	(104)
3.4.4 缩放指令 G50/G51	(105)
3.4.5 旋转指令 G68/G69	(106)
第 4 章 金属铣削加工实例	(108)
4.1 铣削工艺基础	(108)
4.1.1 数控铣床加工工艺的主要内容	(108)
4.1.2 加工内容的确定	(116)

第1章 FANUC 系统车床编程基础

1.1 数控车基本理论

数控车床的外形与普通车床相似,即由床身、主轴箱、刀架、进给系统、冷却系统和润滑系统等部分组成。数控车床的进给系统与普通车床有质的区别,传统普通车床有进给箱和交换齿轮架,而数控车床是直接伺服电机通过滚珠丝杠驱动溜板和刀架实现进给运动,因而进给系统的结构大为简化。

1.1.1 数控车床分类

一、按车床主轴位置分类

1. 立式数控车床

立式数控车床简称数控立车,其车床主轴垂直于水平面,一个直径很大的圆形工作台,用来装夹工件。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

2. 卧式数控车床

卧式数控车床又分为数控水平导轨式车床和数控斜导轨式车床。其倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性,并易于排除切削。

二、按刀架数量分类

1. 单刀架数控车床

数控车床一般都配置有各种形式的单刀架,如四工位卧动转位刀架或多工位转塔式自动转位刀架。

2. 双刀架数控车床

这类车床的双刀架配置平行分布,也可以是相互垂直分布。

三、按功能分类

1. 经济型数控车床

采用步进电动机和单片机对普通车床的进给系统进行改造后形成的简易型数控车床,成本较低,但自动化程度和功能都比较差,车削加工精度也不高,适用于要求不高的回转类零件的车削加工。

2. 普通数控车床

根据车削加工要求在结构上进行专门设计并配备通用数控系统而形成的数控车床,数控系统功能强,自动化程度和加工精度也比较高,适用于一般回转类零件的车削加工。这种数控车床可同时控制两个坐标轴,即 X 轴和 Z 轴。

3. 车削加工中心

在普通数控车床的基础上,增加了 C 轴和动力头,更高级的数控车床带有刀库,可控制 X、Z 和 C 三个坐标轴,联动控制轴可以是 (X、Z)、(X、C) 或 (Z、C)。由于增加了 C 轴和铣削动力头,这种数控车床的加工功能大大增强,除可以进行一般车削外还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。

四、其他分类方法

按数控系统的不同控制方式等指标,数控车床可以分很多种类,如直线控制数控车床、两主轴控制数控车床等;按特殊或专门工艺性能可分为螺纹数控车床、活塞数控车床、曲轴数控车床等多种。

1.1.2 数控车床坐标轴的确定

Z 轴: 与机床主轴轴线平行的坐标轴

X 轴: 垂直于 Z 轴并与机床导轨面平行的坐标轴

Y 轴: Y 坐标轴垂直于 X、Z 坐标轴。Y 坐标轴运动的正方向根据右手直角笛卡儿坐标系来判断。

(以操作人员操作车床为例,刀架左右方向移动为 Z 轴;前后方向移动为 X 轴;虚拟轴 Y 轴。其方向规定为远离工件的方向为正方向。)

1.1.3 机床坐标系与工件坐标系

一、机床原点与机床参考点

机床原点(M) 又称机床零点,是机床上一个固定点,由机床生产厂在设计机床时确定,原则上是不可改变的。以机床原点为坐标原点的坐标系就称为机床坐标系。机床原点是工件坐标系、编程坐标系、机床参考点的基准点。也就是说只有确定了机床坐标系,才能建立工件坐标系,才能进行其他操作。

机床参考点(R) 是机床坐标系中一个固定不变的位置点,是由机床制造厂人为定义的点,用于对机床工作台、滑板与刀具之间相对运动的测量系统进行标定和控制的点。机床参考点相对于机床原点的坐标是一个已知定值。数控机床通电后,在准备进行加工之前,要进行返回参考点的操作,使刀具或工作台退回到机床参考点,此时,机床显示器上将显示出机床参考点在机床坐标系中的坐标值,就相当于在数控系统内部建立了一个以机床原点为坐标原点的机床坐标系。

二、编程原点与工件坐标系

编程原点是程序中人为采用的原点。一般取工件坐标系原点为编程原点。对于形状复杂的零件,有时需要编制几个程序或子程序,为了编程方便,编程原点就不一定设在

工件原点上了。

数控编程时,首先应该确定工件坐标系和工件原点。编程人员以工件图样上的某一点为原点建立工件坐标系,编程尺寸就按工件坐标系中的尺寸来确定。工件随夹具安装在机床上后,这时测得的工件原点与机床原点间的距离称为工件原点偏置,操作者要把测得的工件原点偏置量存储到数控系统中。加工时,工件原点偏置量自动加到工件坐标系上。因此,编程人员可以不考虑工件在机床上的安装位置,直接按图样尺寸进行编程。

三、刀位点、对刀点和换刀点

数控机床中使用的刀具类型很多,为了更准确地描述刀具运动,需要引入刀位点的概念。对车刀来说是刀尖;对钻头来说是钻尖。对刀点是数控加工时刀具(刀位点)运动的起点。对刀点确定后,刀具相对编程原点的位置就确定了。

为了提高工件的加工精度,对刀点应尽量选在工件的设计基准或工艺基准上。同时,对刀点找正的准确度直接影响到工件的加工精度。当用夹具时常用与工件零点有固定联系尺寸的圆柱销等进行对刀,则用对刀点作为起刀点。

换刀点是为数控车床、数控钻镗床、加工中心等多刀加工的机床编制程序设定的,用以实现在加工中途换刀。换刀点的位置应根据工序内容和数控机床的要求而定,为了防止换刀时刀具碰伤工件或夹具等,换刀点常常设在被加工工件的外面,并要远离工件。

1.1.4 编程分类

一、绝对编程、增量编程和混合编程

绝对编程是指终点位置由所在工件坐标系中的坐标值设置。

增量编程是指终点位置用相对前一位置的增量值及移动方向给定。

混合编程是指终点坐标指定中既有绝对值又有增量值。当为绝对方式时,坐标尺寸用 X、Z 表示;当为增量方式时,坐标尺寸用 U、W 表示。

使用原则: 尺寸换算少,编程方便。

二、直径编程和半径编程

指编程时工件的 X 值用直径或半径给定,可分为直径编程和半径编程。

直径编程符合图纸标注习惯,较方便,但其轴线位置一定要理解准确。

半径编程尺寸换算较多,计算切点时较方便。

1.1.5 程序构成

一、程序段

加工程序由若干程序段组成,而程序段由一个或若干个指令字组成,指令字由地址符和数字组成,它代表机床的一个位置或一个动作。程序段结束处以 EOB、CR、LF 标志,显示为 “;” 或不显示,具体由不同的数控系统决定。

表 1 常用地址符含义

地 址 符	功 能	取 值 范 围
O	零件程序号	O0000 ~ O9999
N	程序段顺序号	N1 ~ N9999
G	准备功能	G00 ~ G99
X,Z,U,W R I,K C,R	坐标轴的移动指令 圆弧半径 圆弧中心坐标 倒角距离、倒角半径	± 9999.999
F	进给功能,进给速度或螺距	F0 ~ F15000mm/min(mm/r)
S	主轴功能	S0 ~ S9999 r/min(mm/min)
T	刀具功能	T0000 ~ T9999
M	辅助功能	M00 ~ M99
P,X	暂停时间	1 ~ 9999.999S
P,L	子程序号和子程序调用次数	P1 ~ P9999,L1 ~ L99
P,Q,R,U,V,W,I,J,K,A	复合切削循环参数	

程序段格式是指令字在程序段中排列的顺序,常见格式如下:

$$N _ G _ \left\{ \begin{array}{l} X _ Z _ \\ U _ W _ \\ P _ Q _ R _ \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} I _ K _ \\ R _ \end{array} \right\} F _ S _ T _ M _$$

分别代表: 顺序号,G 指令,坐标字,进给功能,主轴功能,刀具功能,辅助功能,结束标志。

1.1.6 编程基本指令

一、辅助功能 M 指令

用来控制机床各种辅助动作及开关状态,如主轴转、停,冷却液的开、关等。

常用 M 指令有:

1. M00 程序暂停

功能: 机床所有动作均被切断,现存模态信息保持不变,重按循环启动按钮,继续执行后续程序段。

用于加工中测量刀具和工件的尺寸、工件调头、手动变速等固定手工操作。

2. M01 任选暂停

功能同 M00,但必须在机床“任选停止”按钮接通时才有效。

用于首件检测及工件关键尺寸抽检。

3. M02、M30 主程序结束

M02 功能: 切断机床所有动作,并使系统复位,加工结束。再按“循环启动”按钮,程

序重新开始执行。

M30 功能: 切断机床所有动作, 系统复位, 并使控制返回零件程序头, 且重新执行。

说明: 不同的数控系统 M02、M30 解释不完全一致。

4. M03、M04、M05 主轴正、反转、停止

说明: 数控车床一般只需正转即可。

5. M08、M09 切削液开、关

6. M98、M99 子程序调用、结束

M98 调用子程序 M98 P __ L __

M99 子程序结束

二、F、S、T 指令

1. 进给功能 F 指令

指定刀具的进给速度, 有三种形式:

(1) 每转进给量 mm/r, 格式: G99 F __

(2) 每分钟进给量 mm/min, 格式: G98 F __

(3) 螺纹切削进给速度 mm/r

2. 刀具功能 T 指令

指定刀具及刀具补偿。

格式: T * * * *

说明: 例 T0101

(1) 前两位数字表示刀具号, 刀具号与刀盘上的刀位号相对应;

(2) 后两位数字表示刀具补偿号, 刀具补偿包括形状补偿(刀偏)和磨损补偿。

(3) 刀号与刀补号不必对应, 有些数控系统必须对应。如 GSK980T 系统。

(4) 每把刀加工结束后, 必须取消刀补, 即 T 指令必须配对使用。

取消刀补格式为: T * * 00

例:

 M06 T0101

∴

 T0100

 M06 T0202

∴

 T0200

∴

3. 主轴功能 S 指令

设定主轴转速: S * * * *

三、准备功能 G 指令

准备功能 G 指令包括模态指令与非模态指令

- (1) 非模态指令。仅在本程序段内有效的指令。
- (2) 模态指令。模态指令一旦指定便保持有效,直到被同组指令取代或被取消为止。用地址字 G 和两位数字表示,共有 G00 ~ G99 一百种。

G 指令按功能分成若干组,其中 00 组的 G 指令称为非模态 G 指令,其余 G 指令属于模态指令。

在同一程序段中可有不同组的 G 指令多个,同组 G 指令若有多个,以最后一个为准。

表 2 G 代码一览表

代码	组	功 能	备 注
G00 ★ G01 G02 G03	01	快速定位 直线插补 顺时针圆弧插补 逆时针圆弧插补	★: 系统默认模态代码
G04	00	暂停	
G20 G21 ★	06	英制输入 公制输入	
G27 G28 G29	00	参考点返回检查 返回到参考点 从参考点返回	
G32	01	螺纹切削	
G40 ★ G41 G42	07	刀具半径补偿取消 左刀补 右刀补	
G52	00	局部坐标系设定	
G54 ★ G55 G56 G57 G58 G59	11	零点偏置 1 零点偏置 2 零点偏置 3 零点偏置 4 零点偏置 5 零点偏置 6	
G65	00	宏指令简单调用	
G66 G67 ★	12	宏指令模态调用 宏指令模态调用取消	
G71 G72 G73 G76	00	内外径车削复合循环 端面车削复合循环 封闭轮廓车削复合循环 螺纹车削复合循环	

代码	组	功 能	备 注
G90	01	内外径车削单一固定循环	
G94		端面车削单一固定循环	
G92		螺纹车削单一固定循环	
G98★	05	每分进给	
G99		每转进给	

1.1.7 编程坐标

编程方法分为直径编程和半径编程。在机械设计中,通常对回转体直径进行标注,所以在编程时为了简化编程,我们一般选择直径编程。

1. 编程坐标识读

根据图形尺寸标注,写出各点坐标。(如图 1-1)

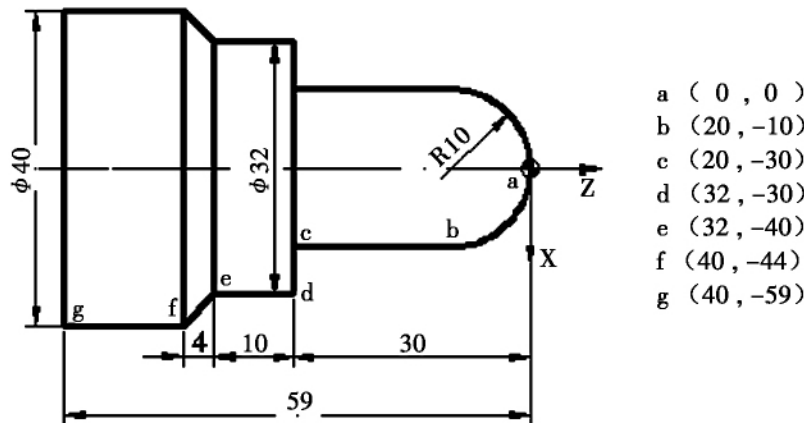


图 1-1

编写坐标时是以工件右端中心点作为工件坐标系原点,Z 轴表示工件长度,X 轴表示工件直径。

1.2 插补指令编程

1.2.1 快速定位 G00

G00 是刀具以系统默认的速度快速移动到指定位置,其速度不受程序的控制,可以通过机床中的快速倍率或厂家来调整。此指令用于空走刀。

一、指令格式与参数定义

G00 X(U) __ Z(W) __

X、Z 表示刀具所走轨迹终点的绝对坐标。

U、W 表示刀具所走轨迹终点的相对坐标。

二、走刀路线

X 轴、Z 轴同时运行,两轴按各自的移动速度进行,运行完短轴再运行长轴。刀具由 a 点运行到 b 点,先沿着斜线运行,X 轴运行完之后,继续运行 Z 轴。(如图 1-2)

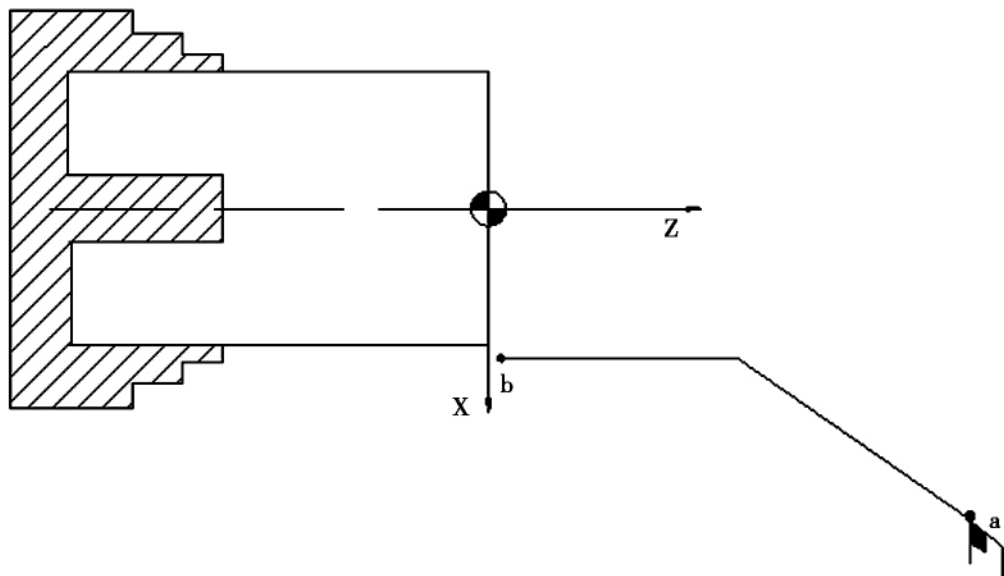


图 1-2

编程实例

O0001	建立程序名
M03 S800 T0101;	主轴正转、转速 800r/min、选择一号刀具
G00 X50 Z2;	快速定位到工件附近
.....	车削轨迹省略
G00 X100 Z100;	远离工件
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

1.2.2 直线插补 G01

G01 用于工件直线加工。由于机床不能进行斜线运动,只能进行步距很小的水平线或垂直线移动,其轨迹接近斜线,所以 G01 称为插补指令。

一、指令格式与参数定义

G01 X(U) __ Z(W) __ F __

G01 X(U) __ Z(W) __ C __ F __

G01 X(U) __ Z(W) __ R __ F __

G01 X(U) __ Z(W) __ A __ F __

X、Z 表示刀具所走轨迹终点的绝对坐标。

U、W 表示刀具所走轨迹终点的相对坐标。

F 表示刀具加工时的走刀速度,单位分为 mm/min 和 mm/r,由 G98 与 G99 指定。

C 表示直线轨迹终点倒 45°倒角,C 后面跟随倒角数值,有正负之分。

R 直线轨迹终点倒圆角,R 后面跟随倒圆半径,有正负之分。

A 用于标注角度的直线加工,A 后面跟随角度,有正负之分。

二、编程加工

1. G01 X(U) __ Z(W) __ F __ 格式应用

毛皮直径 50mm。程序一为粗加工、程序二为精加工。在实际加工时精加工在粗加工程序后书写,不需要建立两个加工程序。(如图 1-3)。

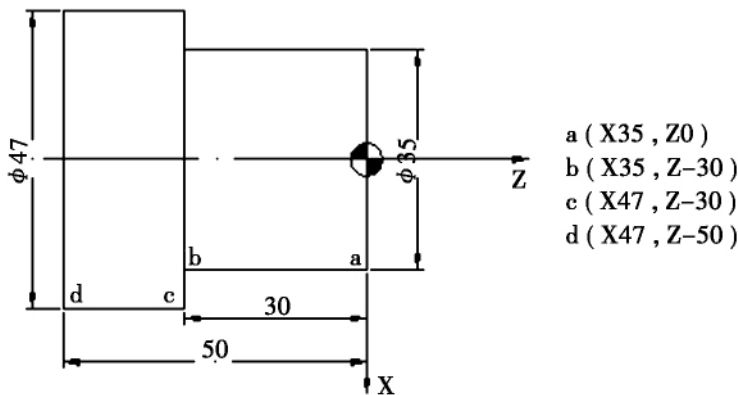


图 1-3

程序一

O0001	建立程序名	
M03 S800 T0101;	主轴正转、转速 800、选择一号刀具	
G00 X47.2 Z2;	定位到加工尺寸 X47,留 0.2 精加工余量	定位
G01 Z-50 F120;	切削加工	切削
G00 U2 Z2;	退刀	退刀
X43;	定位到加工尺寸 X43	定位
G01 Z-30 F120;	切削加工	切削
G00 U2 Z2;	退刀	退刀
X39;	定位到加工尺寸 X39	定位
G01 Z-30 F120;	切削加工	切削
G00 U2 Z2;	退刀	退刀
X35.2;	定位到加工尺寸 X35,留 0.2 精加工余量	定位
G01 Z-30 F120;	切削加工	切削
G00 X100 Z100;	加工完刀具远离工件	退刀
M30;	程序结束	

程序二

O0001	建立程序名
M03 S800 T0101;	主轴正转、转速 800、选择一号刀具
G00 X50 Z2;	快速定位到工件附近
G01 X35 Z0 F 100;	刀具移动到 a 点与工件接触,进给速度 100mm/min
X35 Z -30;	运动到第二点 b
X47 Z -30;	运动到第三点 c
X47 Z -50;	运动到第四点 d
G00 X100 Z100;	加工完刀具远离工件
M30;	程序结束

2. G01 X(U) __ Z(W) __ C __ F __ 格式应用

工件前端面倒角为 C2,按照精加工程序编写倒角。(如图 1-4)

O0001	建立程序名
M03 S800 T0101;	主轴正转、转速 800、选择一号刀具
G00 X30 Z 2;	定位到加工尺寸 X30、Z2
G01 X0 Z0 F100;	刀具移动到工件原点
X14 C -2;	刀具由原点到 a 点→b 点
Z -10;	刀具由 b 点→c 点
.....	

3. G01 X(U) __ Z(W) __ R __ F __ 格式应用

工件前端面倒角为 R2,按照精加工程序编写倒圆。承接 2 倒角加工(如图 1-4)

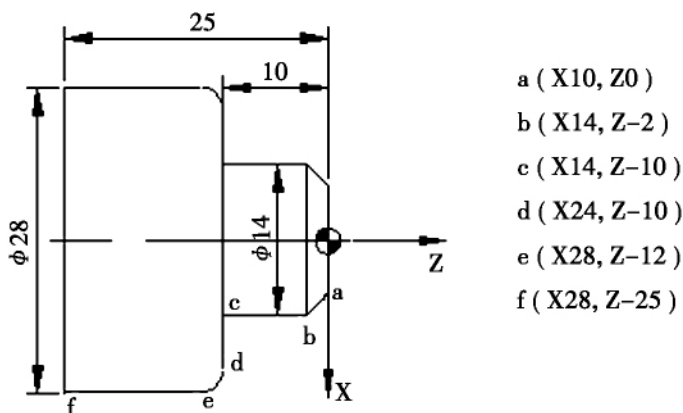


图 1-4

G01 X14 Z -10 F200;	定位到坐标原点
G01 X28 R -2;	刀具由 c 点→d 点→e 点
Z -25;	刀具由 e 点→f 点
G00 X100 Z100;	加工完刀具远离工件

M30;

程序结束

注:1. 倒角和倒圆加工时,刀具 X 轴坐标应该走到倒角或倒圆两直线的交点坐标。(如图 1-4) 直线 oa、bc 两直线存在 C2 倒角。X 轴坐标应该写成直线 oa 与 bc 延长线的交点坐标 X14。

2. 使用 R\C 格式时要注意正负号。G01 X __ R/C __ 中 R/C 为负值。G01 __ Z __ R/C __ 中 R/C 为正值。

4. G01 X(U) __ Z(W) __ A __ F __ 格式应用

按照精加工程序编写角度线,由于图 1-5 与图 1-6 标注不同,尺寸相同。所以图 1-6 在斜线编写时改为 Z-30 A-18.5。

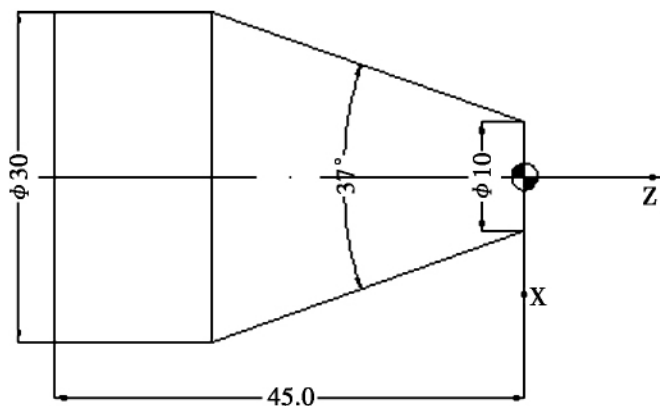


图 1-5

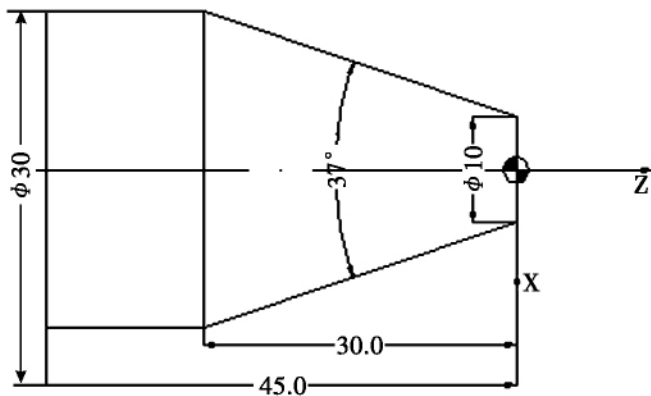


图 1-6

O0001

建立程序名

M03 S800 T0101;

主轴正转、转速 800、选择一号刀具

G00 X32 Z2;

定位到加工尺寸 X32、Z2

G01 X10 Z0;

运行到斜线起点

X30 A-18.5;

斜线加工

Z-45;

圆柱面加工

G00 X100 Z100;

加工完刀具远离工件