

中等职业教育数控技术应用专业规划教材

数控车床编程 与操作实例

SHU KONG CHE CHUANG BIAN CHENG
YU CAO ZUO SHI LI

翟瑞波 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业教育数控技术应用专业规划教材

数控车床编程与操作实例

翟瑞波 主编
闻福三 段战军 参编

工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书是依据中等职业学校、技工学校数控技术应用领域技能型紧缺人才培养培训指导方案编写的。其内容包括：FANUC 系统数控车床的编程与操作实例、SIEMENS 系统数控车床的编程与操作实例、华中系统数控车床的编程与操作实例。本书将典型零件的加工过程逐一分解，详细讲解，并将宏程序、参数编程应用在实际零件加工中。本书注重编程指令的综合应用和数控机床的操作，内容由浅入深、循序渐进、图文并茂，具有较强的实用性。本书还配有电子教学参考资料包，包括教学指南、电子教案，以便于教学。

本书可作为中等职业学校、技工学校数控技术应用专业教材，也可作为职业技术学院机电一体化、机械制造专业教材及机械工人岗位培训和自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车床编程与操作实例/翟瑞波主编. —北京：机械工业出版社，2007.7
中等职业教育数控技术应用专业规划教材
ISBN 978-7-111-21736-7

I. 数… II. 翟… III. ①数控机床：车床—程序设计—专业学校—教材 ②数控机床：车床—操作—专业学校—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 109154 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑：王英杰 版式设计：霍永明 责任校对：姜婷
封面设计：王伟光 责任印制：洪汉军
北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市明辉装订厂装订)
2007 年 9 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm·13.75 印张·337 千字
0001—4000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-21736-7
定价：21.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
销售服务热线电话：(010) 68326294
购书热线电话：(010) 88379639、88379641、88379643
编辑热线电话：(010) 88379083
封面无防伪标均为盗版

中等职业教育数控技术应用专业规划教材

编 委 会

主 任 白一凡

副 主 任 南晓东 翟瑞波（常务）

委 员 （按姓氏笔画排序）

万长安 于 清 王英杰（常务） 李 宙

杨 琳 南逢玉 贺 鹏 闻福三 段战军

徐 明 高光明 阎 栋 谢龙爱

编委介绍

白一凡 西安航空技师学院院长

陕西省数控教学研究会会长

南晓东 陕西省劳动和社会保障厅技工学校指导中心副主任

贺 鹏 陕西航天技术学院院长

杨 琳 陕西航空技术学院院长助理 教务处处长

陕西省数控教学研究会副会长

徐 明 西安工程技术学院院长

李 宙 陕西建设技术学院院长

谢龙爱 西安航空技师学院副院长

陕西省数控教学研究会秘书长

阎 栋 陕西航天技术学院数控教研室主任

陕西省数控教学研究会副秘书长

南逢玉 西安航空技师学院副院长

闻福三 陕西建设技术学院教师

高光明 西安工程技术学院数控教研室主任

段战军 西安北方华山机电有限公司工具制造公司副经理

万长安 西安航空职工大学机电工程系副主任

于 清 西安航空技师学院教师

翟瑞波 西安航空技师学院教务培训处副主任

王英杰 机械工业出版社技能教育分社副编审

中等职业学校数控技术专业教材

前言

本系列教材是在陕西省数控教学研究会的安排、指导下,依据中等职业学校、技工学校数控技术应用领域技能型紧缺人才培养培训指导方案和国家颁布的数控技术应用专业的教学大纲编写的,符合核心教学与训练项目的基本要求和中、高级数控机床操作人员职业技能鉴定规范的基本要求。

本系列教材的编写坚持以就业为导向,将数控机床加工工艺(工艺路线确定、刀具选择、切削用量设置等)和程序编制等专业技术能力融合到实训操作中,充分体现了“教、学、做合一”的职教办学特色,并结合数控机床操作工职业资格考核标准进行实训操作的强化训练,注重提高学生的实践能力和岗位就业竞争力。

本书通过数控车床编程与操作实例的讲述,突出了目前的主流数控操作系统 FANUC 系统、SIEMENS 系统、华中系统的常用指令、综合应用、宏程序、参数编程以及各种编程技巧的使用。本书注重实际应用,精选了大量的应用实例,且均已在数控车床上加以验证。对于每一部分的实例,特别是典型实例、综合实例都按照数控加工的实际情况,列出分析计算图、基点坐标表、相关工艺卡、刀具卡等,使学习者能够抓住问题实质,举一反三,规范练习,熟能生巧,从而迅速牢固地掌握数控车床的加工技术。本书由具有多年教学和生产经验的教师及技术人员编写,第一章第一、二、五、六节、第二章第一、二、四、五节及习题由翟瑞波编写,第一章第三节、第二章第三节由翟瑞波与段战军共同编写,第一章第四节由段战军编写;第三章由闻福三编写,全书由翟瑞波统稿并任主编。本书在编写过程中得到胡克明、陈晓辉、刘铁锋、毛小建等教师和专家的帮助,在此一并表示感谢。

本书有配套的电子教案,有关信息可登陆机械工业出版社网站 <http://www.cmpbook.com> 和机械工业出版社教材服务网 <http://www.cmpedu.com>。

由于编者水平有限,书中定会存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 FANUC 系统数控车床的编程

与操作实例 1

第一节 数控车床及坐标系 1

第二节 FANUC 系统的常用指令 5

第三节 FANUC 系统常用指令的综合 应用 26

第四节 典型零件的加工 52

第五节 宏程序的应用 79

第六节 FANUC 系统数控车床的 操作 91

习题 97

第二章 SIEMENS 系统数控车床的编程

与操作实例 102

第一节 SIEMENS 系统的常用指令 102

第二节 SIEMENS 系统常用指令的综合

应用 118

第三节 典型零件的加工 128

第四节 参数编程的应用 146

第五节 SIEMENS 系统数控车床的 操作 153

习题 168

第三章 华中系统数控车床的编程

与操作实例 177

第一节 华中系统常用指令及应用 177

第二节 典型零件的加工 190

第三节 华中系统数控车床的 操作 203

习题 211

参考文献 212

第一章 FANUC 系统数控车床的编程与操作实例

数控车床应用广泛，主要用于轴类、盘套类等回转体类零件的加工，能完成内外圆柱面、锥面、圆弧、螺纹等工序的切削加工，并能进行切槽、钻、扩、铰孔等加工。数控车削中心还可在一次装夹中完成更多的加工内容，适宜于复杂形状的回转体类零件的加工。

第一节 数控车床及坐标系

一、数控车床概述

1. 数控车床种类

(1) 按主轴配置形式分类

1) 卧式数控车床 (图 1-1a)：有水平床身、倾斜床身以及水平床身斜滑板等形式。卧式数控车床按刀架相对与主轴位置的不同有刀架前置和刀架后置两种。卧式数控车床用于轴向尺寸较大或小型盘类零件的车削加工。

2) 立式数控车床 (图 1-1b)：其主轴垂直于水平面并有一个直径很大的圆形工作台，供装夹工件使用。适用于回转直径较大的盘类零件的加工。

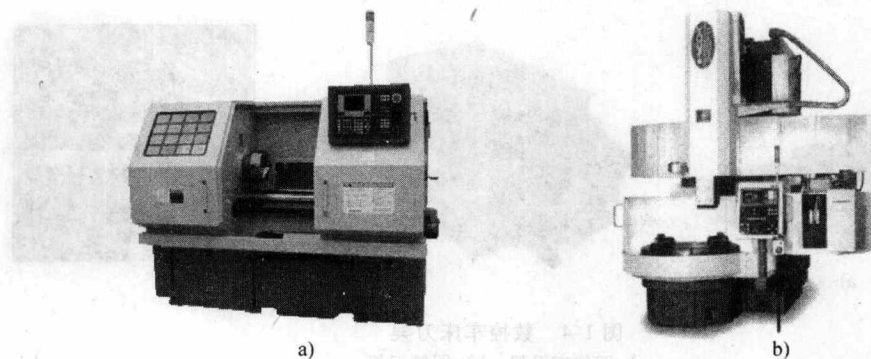


图 1-1 数控车床

a) 卧式数控车床 b) 立式数控车床

(2) 按刀架数量分类

1) 单刀架数控车床：多采用水平床身，两坐标控制。

2) 双刀架数控车床：多采用倾斜床身，四坐标控制。

(3) 按数控车床控制系统和机械结构的不同分类 可分为经济型数控车床、全功能数控车床和数控车削中心。

数控车床一般具有两轴联动功能，Z 轴是与主轴平行方向的运动轴，X 轴是在水平面内与主轴垂直方向的运动轴。另外，在最新的车削加工中心中，增加了 C 轴（绕 Z 轴旋转）和动力头，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)。数控车削加工中心,除可进行一般车削外,还可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。图 1-2 所示为数控车削中心。

2. 数控车床典型结构

(1) 液压卡盘 (图 1-3) 和液压尾座 液压卡盘和液压尾座用来夹紧工件,具有稳定可靠的特点。



图 1-2 数控车削中心

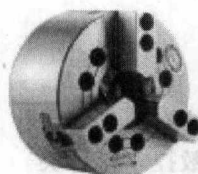
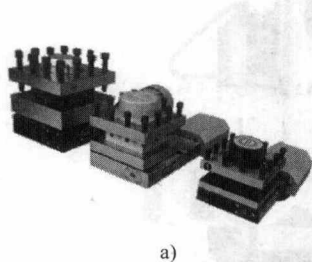


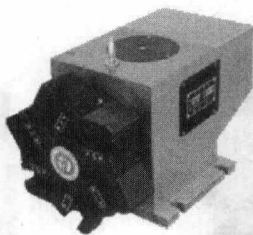
图 1-3 液压卡盘

(2) 数控车床的刀架系统 (卧式)

1) 数控车床刀架有四位方刀架 (图 1-4a) 和回转刀架 (图 1-4b)。回转刀架上的刀具沿圆周方向安装,可以安装径向车刀、轴向车刀。



a)



b)

图 1-4 数控车床刀架

a) 四位方刀架 b) 回转刀架

2) 铣削动力头: 数控车床刀架安装铣削动力头后可扩展数车加工能力。图 1-5 为铣削动力头以及加工零件切削状态。

3. 数控车削用刀具

数控车床一般选用硬质合金可转位车刀。这种车刀就是使用可转位刀片的机夹车刀,即把经过研磨的可转位刀片用夹紧组件夹紧在刀杆上,车刀在使用过程中,一旦切削刃磨钝后,通过刀片的转位,就可用新的切削刃继续切削。数控车床使用的可转位刀具有定位准确、夹紧可靠、换刀迅速的特点。

(1) 刀片的紧固方式 在国家标准中,一般紧固方式有上压式、上压与销孔夹紧、销孔夹紧和螺钉夹紧四种,如图 1-6 所示。

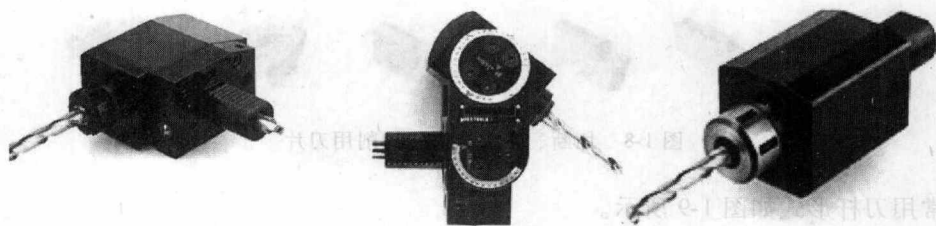


图 1-5 铣削动力头

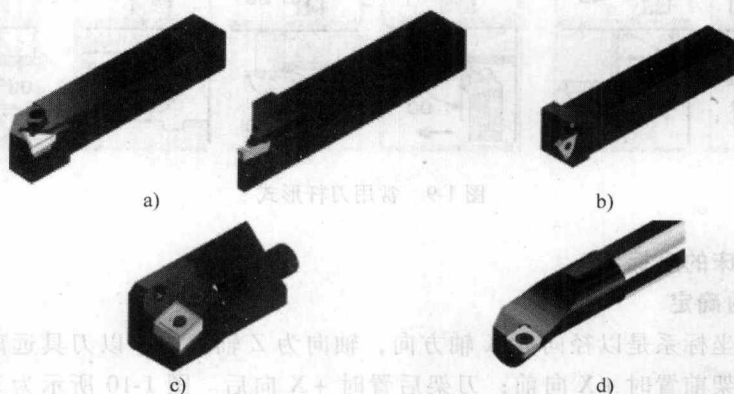


图 1-6 可转位刀片的紧固方式

a) 上压式 b) 上压与销孔夹紧 c) 销孔夹紧 d) 螺钉夹紧

(2) 刀杆及刀片形式

1) 刀片形式：外圆、内孔及型面切削用刀片如图 1-7 所示；切断、切槽及螺纹切削用刀片如图 1-8 所示。

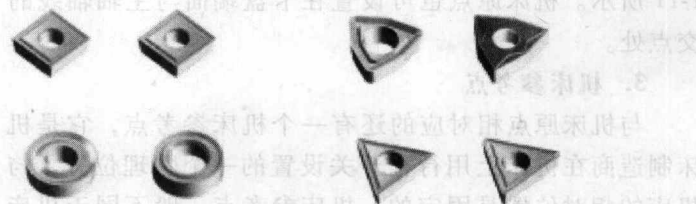
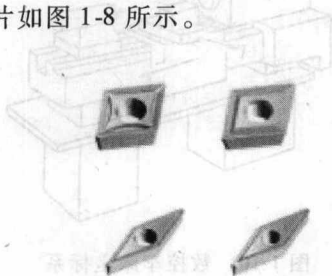


图 1-7 外圆、内孔及型面切削用刀片



图 1-8 切断、切槽及螺纹切削用刀片

2) 常用刀杆形式如图 1-9 所示。

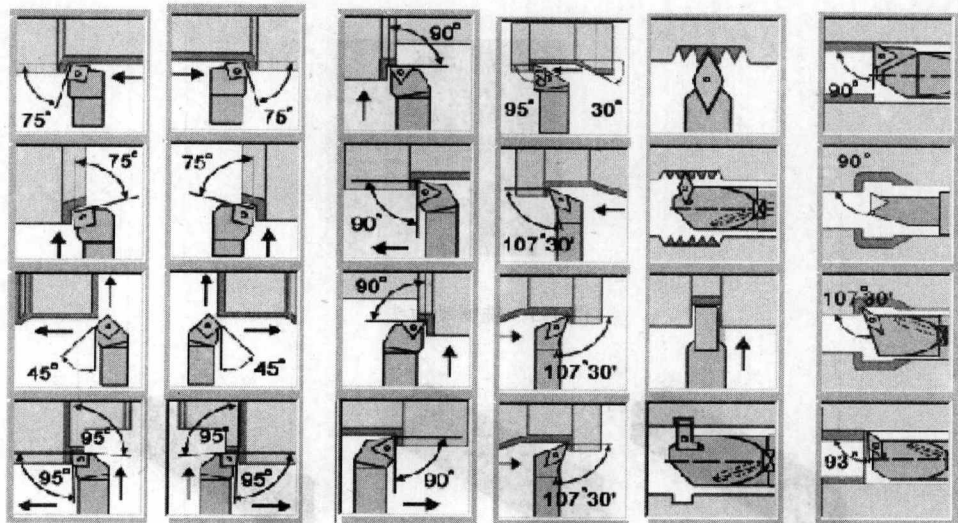


图 1-9 常用刀杆形式

二、数控车床的坐标系

1. 坐标系的确定

数控车床的坐标系是以径向为 X 轴方向，轴向为 Z 轴方向，以刀具远离工件的方向为坐标轴正向。刀架前置时 +X 向前；刀架后置时 +X 向后。图 1-10 所示为刀架前置的卧式数控车床的坐标系。

2. 机床原点（机械原点）

机床原点是机床坐标系的原点，是机床制造商设置在机床上一个物理位置。其作用是使机床与控制系统同步，建立测量机床运动坐标的起始点。机床原点一般设置在机床移动部件沿其坐标轴正向的极限位置，如图 1-11 所示。机床原点也可设置在卡盘端面与主轴轴线的交点处。

3. 机床参考点

与机床原点相对应的还有一个机床参考点，它是机床制造商在机床上用行程开关设置的一个物理位置，与机床的相对位置是固定的。机床参考点一般不同于机床原点。

三、工作坐标系

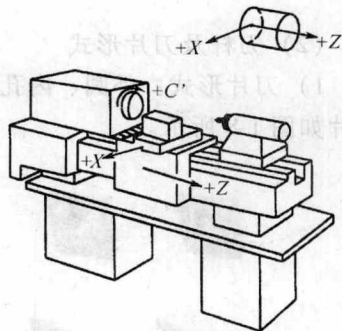


图 1-10 数控车床坐标系

工作坐标系是编程人员在编程和加工时使用的坐标系,是程序的参考坐标系,工作坐标系的原点设置以机床坐标系为参考点,一般在一个机床中可以设定6个工作坐标系,同时还可以在程序中多次设置原点。设置时一般用G54~G59和G50等指令。

编程人员以工件图样上某点为工作坐标系的原点,称工件原点。工件原点一般设在工件的设计工艺基准处,以便于尺寸计算,如图1-12所示。

编程时的刀具轨迹坐标点是按工件轮廓在工件坐标系中的坐标确定。

在加工时,工件随夹具安装在机床上,这时测量工件原点与机床原点间的距离,称作工件原点偏置,该偏置预存在数控系统中。在加工时,工件原点偏置能自动加到工件坐标系上,使数控系统可按机床坐标系确定加工时的绝对坐标值。

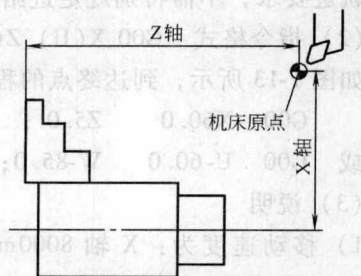


图 1-11 数控车床机床原点



图 1-12 工件原点

第二节 FANUC 系统的常用指令

一、数控车床的编程特点

1. 绝对值编程和增量值编程

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。数控车床编程时,也可以用绝对值和增量值混合编程的方法,如G01 X50.0 W-10.0。常用的是绝对值编程。

2. 直径编程和半径编程

数控车床编程时,U和X坐标值有直径编程和半径编程两种方法,采用哪种方法要受系统的参数决定。数控车床出厂时均设定为直径编程,所以编程时与X轴有关的各项一定要用直径编程。如果需用半径编程,则要改变系统中的几项参数,使系统处于半径编程状态。

3. 车削固定循环功能

数控车床具备各种不同形式的固定切削循环功能,如内(外)圆柱面、圆锥面固定切削循环,端面固定切削循环,切槽循环,螺纹固定切削循环及复合切削循环等,这些循环指令可简化编程。

4. 刀具位置补偿

数控车削具有刀具位置补偿功能,可以完成刀具磨损和刀尖圆弧半径补偿以及安装刀具时产生的误差补偿。

二、数控车削常用各种指令

1. 快速定位指令(G00)

(1) 功能 该指令命令刀具以点位控制方式,从刀具所在点快速移动到目标位置,无

运动轨迹要求, 不需特别规定进给速度。

(2) 指令格式 $G00\ X(U)_Z(W)_;$

如图 1-13 所示, 到达终点的程序为:

$G00\ X60.0\ Z5.0;$

或 $G00\ U-60.0\ W-85.0;$

(3) 说明

1) 移动速度为: X 轴 8000mm/min Z 轴 12000mm/min (FANUC 0T 系统速度)。

2) 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, 如图 1-13 所示。

2. 直线插补指令 ($G01$)

(1) 功能 $G01$ 指令命令刀具以一定的进给速度, 从当前点直线移动到目标点。

(2) 指令格式 $G01\ X(U)_Z(W)_F_;$

其中, F 为进给速度, 单位为 mm/min 或 mm/r, 一般车削时默认设置为 mm/r。

(3) 说明 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, 如图 1-14 所示。

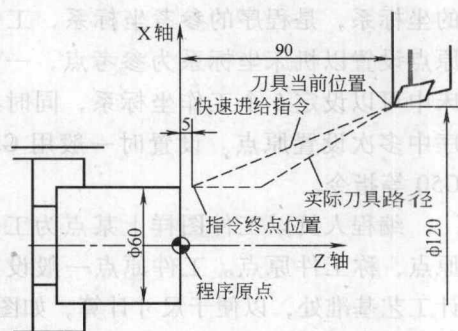


图 1-13 快速定位指令 $G00$

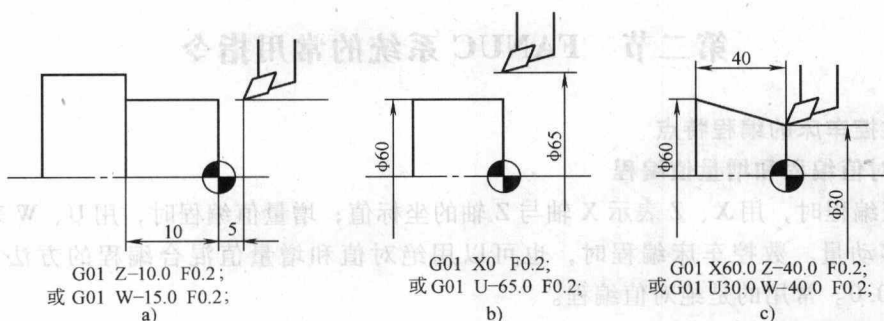


图 1-14 直线插补指令 $G01$

a) 纵向切削 b) 横向切削 c) 锥度切削

$G01$ 指令在数控车削编程中, 还可以直接用来进行倒角 (C 指令)、倒圆角 (R 指令)。如图 1-15 和图 1-16 所示。

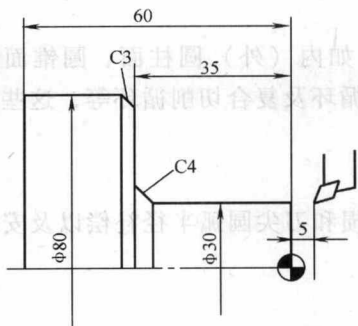


图 1-15 倒角

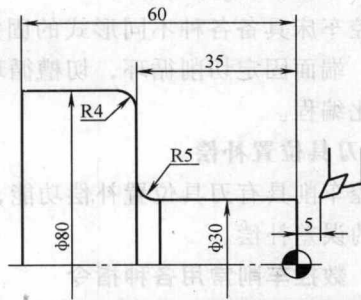


图 1-16 倒圆角

倒角程序为 (图 1-15):

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

注意: 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;

倒圆程序为 (图 1-16):

```
G01 Z-35.0 R5.0 F0.2;
      X80.0 R-4.0;
      Z-60.0;
```

3. 圆弧插补指令 (G02、G03)

(1) 功能 该指令使刀具从圆弧起点, 沿圆弧移动到圆弧终点。G02 为顺时针圆弧插补, G03 为逆时针圆弧插补。

(2) 指令格式 G02 /G03 X (U) _ Z (W) _ R _ F _ ;

或 G02 /G03 X (U) _ Z (W) _ I _ K _ F _ ;

(3) 说明 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 1-17 所示。

3) R 为圆弧半径。若执行 G02 X _ Z _ R _ I _ K _ F _ ; 时, 则执行 R 指令 (优先)。圆弧小于 180° 时, R 为正; 大于等于 180° 时, R 为负。

图 1-18a 所示工件的程序为:

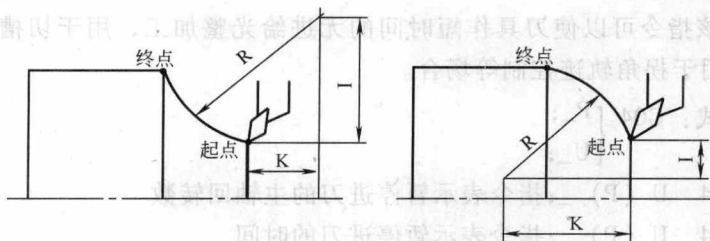


图 1-17 圆弧插补

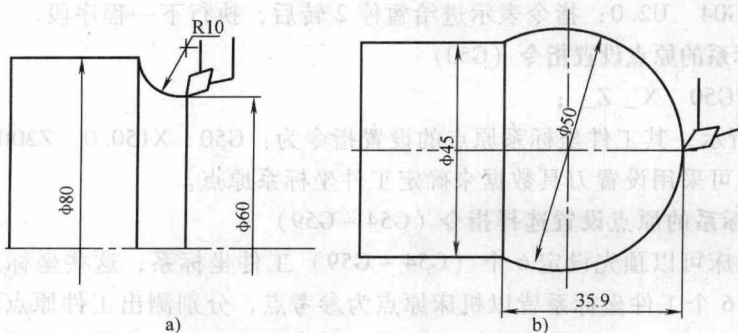


图 1-18 圆弧插补举例

- (1) G02 X80.0 Z-10.0 R10.0; 或 G02 U20.0 W-10.0 R10.0;
 (2) G02 X80.0 Z-10.0 I10.0 K0; 或 G02 U20.0 W-10.0 I10.0 K0;

图 1-18 b 所示工件的程序为:

- (1) G03 X45.0 Z-35.9 R25.0; 或 G03 U45.0 W-35.9 R25.0;
 (2) G03 X45.0 Z-35.9 I0 K-25.0; 或 G03 U45.0 W-35.9 I0 K-25.0;

注意: 建议初学者必须掌握 I、K 值的判定。因为 R 值的正负规定, 因系统不同而有所不同, I、K 值的正负规定各系统均相同。

4. 主轴转速设置指令 (S) 和转速控制指令 (G96、G97、G50)

(1) 主轴线速度恒定指令 G96

格式: G96 S_; S 的单位为 m/min

此时应限制主轴最高转速, 即用 G50 指令。

格式: G50 S1500; 主轴最高转速限制为 1500r/min

(2) 直接设定主轴转速指令 G97。

格式: G97 S_; S 的单位为 r/min

注意: 一般系统默认设置为 G97。

G96、G97 均为模态指令, 可相互取消。

5. 每转进给指令 (G99); 每分钟进给指令 (G98)

指令格式: G99 F_; F 单位为 mm/r

G98 F_; F 单位为 mm/min

G98、G99 均为模态指令, 机床初始状态默认 G99。

6. 暂停指令 (G04)

(1) 功能 该指令可以使刀具作短时间的无进给光整加工, 用于切槽、钻镗孔、自动加工螺纹, 也可用于拐角轨迹控制等场合。

(2) 指令格式: G04 $\begin{cases} P_; \\ U_; \end{cases}$

(G99) G04 U (P) _; 指令表示暂停进刀的主轴回转数

(G98) G04 U (P) _; 指令表示暂停进刀的时间

如: G98 G04 P1600; 表示进给暂停 1.6s (P 单位为 ms, P 值须为整数)

G98 G04 U1.6; 表示进给暂停 1.6s (U 单位为 s)

G99 G04 U2.0; 指令表示进给暂停 2 转后, 执行下一程序段。

7. 工件坐标系的原点设置指令 (G50)

指令格式 G50 X_ Z_;

如图 1-19 所示, 其工件坐标系原点的设置指令为: G50 X150.0 Z200.0;

数控车削亦可采用设置刀具数据来确定工件坐标系原点。

8. 工件坐标系的原点设置选择指令 (G54 ~ G59)

一般数控机床可以预先设定 6 个 (G54 ~ G59) 工件坐标系, 这些坐标系在机床重新开机时仍然存在。6 个工件坐标系皆以机床原点为参考点, 分别测出工件原点相对机床原点的坐标值即原点偏置值, 并输入到 G54 ~ G59 对应的存储单元中。在执行程序时, 遇到 G54 ~ G59 指令后, 便将对应的原点偏置值取出来参加计算, 从而得到刀具在机床坐标系中的坐标

值, 控制刀具运动, 如图 1-20 所示。

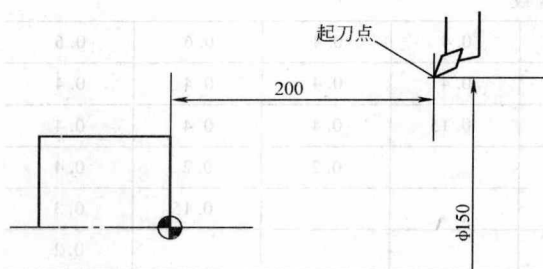


图 1-19

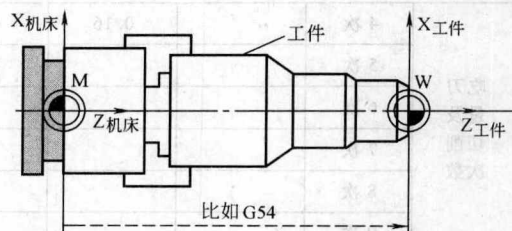


图 1-20

在接通电源和完成了原点返回后, 系统自动选择工件坐标系 1 (G54)。在有“模态”命令对这些坐标做出改变之前, 它们将保持其有效性。

9. 参考点返回指令 (G28)

(1) 功能 该指令使刀具自动返回参考点 (一般设置为机床原点) 或经过某一中间位置, 再回到参考点。

(2) 指令格式 $G28 \ X(U) _ Z(W) _ T00;$

$X(U) _ Z(W) _$ 为中间点的坐标,

T00 为取消刀补;

如图 1-21 所示, 参考点返回的程序为:

$G28 \ X100.0 \ Z150.0 \ T00;$

(3) 说明

1) 中间点的确定应考虑到不致发生碰撞。

2) 编程时亦可以从当前点直接回到参考点, 此时当前点应脱离工件, 则编程为: $G28 \ U0 \ W0 \ T00;$

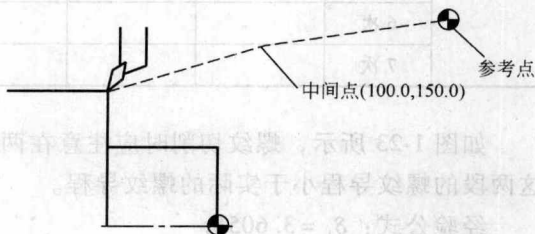


图 1-21

10. 螺纹车削加工

在数控车床上用车削的方法可加工直螺纹和锥螺纹。车螺纹的进刀方式有直进式和斜进式, 如图 1-22 所示。斜进式时, 刀具单侧刃加工, 可减轻负荷。切深可分为数次进给, 每次进给背吃刀量用螺纹深度减去精加工背吃刀量所得的差按递减分配。常用的螺纹切削进给次数与背吃刀量见表 1-1。

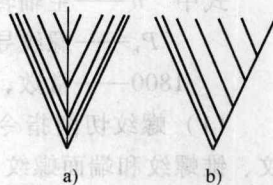


图 1-22 车螺纹进刀方式
a) 直进式 b) 斜进式

表 1-1 常用的螺纹加工进给次数与背吃刀量

(单位: mm)

米制螺纹								
螺距		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
牙高		0.649	0.947	1.299	1.624	1.949	2.273	2.598
吃刀量及切削次数	1 次	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	1.5
	2 次	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
	3 次	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

(续)

米制螺纹								
吃刀 量及 切削 次数	4 次		0.16	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6
	5 次			0.1	0.4	0.4	0.4	0.4
	6 次				0.15	0.4	0.4	0.4
	7 次					0.2	0.2	0.4
	8 次						0.15	0.3
	9 次							0.2
英制螺纹								
牙数/in		24	18	16	14	12	10	8
牙高		0.678	0.904	1.016	1.162	1.355	1.626	2.033
吃刀 量及 切削 次数	1 次	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.2
	2 次	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7
	3 次	0.16	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
	4 次		0.11	0.14	0.3	0.4	0.4	0.5
	5 次				0.13	0.21	0.4	0.5
	6 次						0.16	0.4
	7 次							0.17

如图 1-23 所示, 螺纹切削时应注意在两端设置足够的升速进刀段 δ_1 和降速退刀段 δ_2 , 这两段的螺纹导程小于实际的螺纹导程。

经验公式: $\delta_1 = 3.605\delta_2$

$$\delta_2 = \frac{nP_h}{1800}$$

式中 n ——主轴转速 (r/min);

P_h ——螺纹导程 (mm);

1800——常数, 是基于伺服系统时间常数 0.033s 得出的。

(1) 螺纹切削指令 (G32) 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线速度恒定指令 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牙型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。

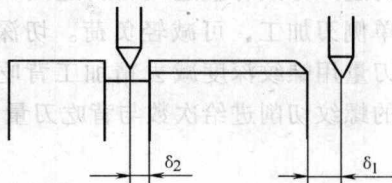


图 1-23 螺纹切削指令

1) 指令格式: G32 X (U) _ Z (W) _ F _ ;

其中, X (U) _ Z (W) _ 为螺纹终点坐标, F _ 为螺距。

2) 说明: ① 有些控制器也使用 G33。

② 双线或多线螺纹加工进行分线时, Z 向移动量 = 螺距, 移动次数 = 线数 - 1。

③ 加工右旋螺纹，用 M3 指令沿 Z 轴负向进刀；加工左旋螺纹，用 M3 指令沿 Z 轴正向进刀。

3) 直螺纹加工：如图 1-24 所示，螺纹外径已车至 29.8；
4×2 的槽已加工，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 $d = 30\text{mm} - 1.3 \times 2\text{mm} = 27.4\text{mm}$ 。

程序：O1；

G00 X32.0 Z5.0；螺纹进刀至切削起点

X29.1；切进

G32 Z-28.0 F2.0；切螺纹

G00 X32.0；退刀

Z5.0；返回

X28.5；切进

G32 Z-28.0 F2.0；切螺纹

... X 向尺寸按每次吃刀深度递减，直至终点尺寸 27.4mm

Z5.0；

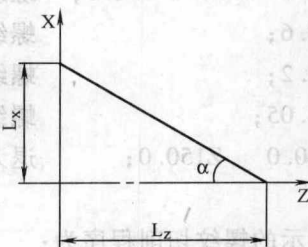
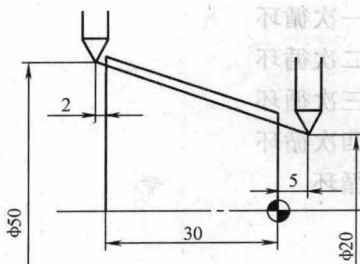
X27.4；切至尺寸

G32 Z-28.0 F2.0；

G00 X32.0；

Z5.0；

4) 锥螺纹加工 (图 1-25)。



$$\alpha \leq 45^\circ \quad L = L_z$$

$$\alpha \geq 45^\circ \quad L = L_x$$

图 1-25 锥螺纹加工

程序：O1；

...

Z5.0；

X20.0；

进刀至尺寸

G32 X50.0 Z-32.0 F2.0；车螺纹

...

(2) 螺纹切削循环 (G92) 螺纹加工要多次进刀，使用 G32 编写程序较长，且易发