

21世纪机械类专业规划教材

数控车削 加工工艺与编程



主 编 ◇ 张希胜 喻如兵

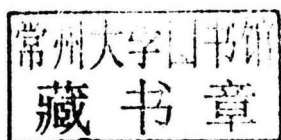


电子科技大学出版社

21 世纪机械类专业规划教材

数控车削加工工艺与编程

主 编 张希胜 喻如兵



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控车削加工工艺与编程 / 张希胜, 喻如兵主编

. 一—成都: 电子科技大学出版社, 2016. 9

ISBN 978-7-5647-3441-1

I. ①数… II. ①张… ②喻… III. ①数控机床—车床—车削—加工工艺—中等专业学校—教材②数控机床—车床—车削—程序设计—中等专业学校—教材 IV.

①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 042337 号

21 世纪机械类专业规划教材

数控车削加工工艺与编程

主编 张希胜 喻如兵

出版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 曾 艺

责任编辑: 刘 愚

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 全国新华书店经销

印 刷: 北京市彩虹印刷有限责任公司

成品尺寸: 185×260mm 印张 10.25 字数 240 千字

版 次: 2016 年 9 月第一版

印 次: 2016 年 9 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-3441-1

定 价: 32.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆本社发行部电话: (028)83202463; 本社邮购电话: (028)83201495。

◆本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

由长沙航天学校相关课题人员所主持的《基于就业导向的中职数控技术应用专业模块化教学改革研究》，申报湖南省教育科学 2013 年度课题，已得到省教育科学规划领导小组批准，课题批准号为：XJK013BZX033，开题验证后，经过十多位课题研究成果成员的努力，课题研究取得了阶段性的成果。校本教材开发是模块化教学实施的重点改革项目，也是课题研究成果之一。在学校领导的支持下，课题组成员对相关课程进行了校本开发，本书为该课题系列教材之一，以期在实践中取得良好成效，推动模块化教学改革和课题研究的深入开展。

本书以中职数控专业学生所必备的基本知识为主线，按照“够用、实用、应用”的教学原则，突出职业能力的培养，加强学习的针对性和实用性，强调理论与实践的紧密结合。全书分为十八个项目，各项目自成模块，以实际生产零件作为任务驱动，学习遵循由浅入深、由简单到复杂的规律。书中设置了教师寄语及适量的练习题，以浅显易懂的语言表述每个项目机床操作要领、编程技巧、注意事项及教师的生产实践体会，力图给学生以技巧启迪，缩短摸索过程。

本书由张希胜、喻如兵主编，刘隆武、许月良、魏朝晖、刘才志主审，董政明、刘桂香、谢华、林海源为副主编。其中项目一、项目二、项目九、项目十八由喻如兵编写，项目十四、项目十五、项目十六、项目十七由董政明编写，项目十、项目十一、项目十二、项目十三由刘桂香编写，项目三、项目四、项目五由林海源编写，项目六、项目七、项目八由谢华编写，统稿合成由喻如兵完成。

本书编写时间较为紧张，不足与错误在所难免，有待于在教学实践中不断补充与完善，热忱欢迎各位老师和同学提出宝贵的改进意见和建议。

编 者

2016 年 1 月于长沙

目 录

项目一 数控车床编程基础知识	1
项目二 数控车床的基本操作	16
项目三 G00/G01 指令编程	34
项目四 G02/G03 指令编程	41
项目五 G04 指令编程	48
项目六 G80/G81 指令编程	55
项目七 G71 指令编程	62
项目八 G72 指令编程	68
项目九 G73 指令编程	74
项目十 G82 指令编程	80
项目十一 G76 指令编程	89
项目十二 G41/G42/G40 指令编程	95
项目十三 M98/M99 子程序编程	105
项目十四 内孔车削加工编程	112
项目十五 配合零件的车削加工编程	118
项目十六 宏指令编程	125
项目十七 数控车综合编程	131
项目十八 数控车工艺卡片填写及编程练习	142
数控车工中级操作练习一	152
数控车工中级操作练习二	153
数控车工中级操作练习三	154
数控车工中级操作练习四	155
数控车工中级操作练习五	156
数控车工中级操作练习六	157

项目一 数控车床编程基础知识



学习任务

掌握数控、数控机床、坐标系、编程的概念,初步了解编程指令的类型。



学习目标

通过学习,能正确使用 M、F、S、T 指令,了解 G 指令的作用。

一、理论知识学习

(一)数控编程的概念

数控即数字控制(Numerical Control),是数字程序控制的简称。由于数控中的控制信息是数字化信号,而处理这些信息离不开计算机,因此将通过计算机进行自动控制的技术通称为数控技术。

编制数控加工程序是使用数控机床的一项重要技术工作,理想的数控程序不仅应该保证加工出符合零件图样要求的合格零件,还应该使数控机床的功能得到合理的应用与充分的发挥,使数控机床能安全、可靠、高效地工作。

数控编程是指从零件图纸的分析到获得数控加工程序的全部工作过程。

(二)数控机床及分类

数控机床是数字控制机床(Computer Numerical Control Machine Tools)的简称,是一种装有程序控制系统的自动化机床。该控制系统能够逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序,并将其译码,用代码化的数字表示,通过信息载体输入数控装置。经运算处理由数控装置发出各种控制信号,控制机床的动作,按图纸要求的形状和尺寸,自动地将零件加工出来。数控机床较好地解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题,是一种柔性的、高效能的自动化机床,代表了现代机床控制技术的发展方向,是一种典型的机电一体化产品。

几种常见数控机床的如图 1-1 所示。



(a)数控车床



(b)数控铣床



(c)加工中心



(d)线切割机床

图 1-1 常见的数控机床

数控机床的主要分类方式有以下几种。

1. 按加工工艺方法分类

(1)普通数控机床

为了不同的工艺需要,普通数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床及数控磨床等,而且每一类又有很多品种。

(2)数控加工中心

数控加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。典型的数控加工中心有镗铣加工中心和车削加工中心。

(3)多坐标数控机床

多坐标联动的数控机床,其特点是数控装置能同时控制的轴数较多,机床结构也较

复杂。坐标轴数的多少取决于加工零件的复杂程度和工艺要求,现在常用的有四、五、六坐标联动的数控机床。

(4) 数控特种加工机床

数控特种加工机床包括电火花加工机床、数控线割机床、数控激光切割机床等。

2. 按控制运动的方式分类

(1) 点位控制数控机床

这类机床只控制运动部件从一点移动到另一点的准确位置,在移动过程中不进行加工,对两点间的移动速度和运动轨迹没有严格要求,可以沿多个坐标同时移动,也可以沿各个坐标先后移动。采用点位控制的机床有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床和数控测量机等。

(2) 直线控制数控机床

这类机床不仅要控制点的准确定位,而且要控制刀具(或工作台)以一定的速度沿与坐标轴平行的方向直线移动进行切削加工。

(3) 轮廓控制数控机床

这类机床能够对两个或两个以上运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的平面或空间运动轨迹能满足零件轮廓的要求。

轮廓控制数控机床有数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心等。

3. 按所用进给伺服系统的类型分类

(1) 开环数控机床

开环数控机床采用开环进给伺服系统,伺服驱动部件通常为反应式步进电动机或混合式伺服步进电动机。

(2) 闭环数控机床

闭环数控机床的进给伺服系统按闭环原理工作,带有直线位移检测装置,直接对工作台的实际位移量进行检测。伺服驱动部件通常采用直流伺服电动机和交流伺服电动机。

(3) 半闭环数控机床

这类控制系统与闭环控制系统的区别在于采用角位移检测元件,检测反馈信号不是来自工作台,而是来自与电动机相连的角位移检测元件。

4. 按所给数控装置类型分类

(1) 硬件式数控机床

硬件式数控机床(NC 机床)使用硬件式数控装置,它的输入、插补运算和控制功能都由专用的固定组合逻辑电路来实现,不同功能的机床,其组合逻辑电路也不相同。改变或增减控制、运算功能时,需要改变数控装置的硬件电路。

(2) 软件式数控机床

这类数控机床使用计算机数控装置(CNC)。此数控装置的硬件电路是由小型或微型计算机再加上通用或专用的大规模集成电路制成。数控机床的主要功能几乎全部由系统软件来实现,所以不同功能的机床其系统软件也就不同,而修改或增减系统功能时,不需改变硬件电路,只需改变系统软件。

5. 按数控装置的功能水平分类

按此分类方法可将数控机床分为低、中、高档三类。

本教材重点介绍华中世纪星 HNC-21T 数控车床的编程内容。

(三) 数控车床加工对象及组成

1. 数控车床加工对象

结合数控车削的特点,与普通车床相比,数控车床适合于车削具有以下要求和特点的回转体零件。

(1) 轮廓形状特别复杂或难于控制尺寸的回转体零件,如圆弧面、椭圆面或曲线面。

(2) 回转精度要求高的零件,如图 1-2 所示。



(a) 高精度机床主轴



(b) 高速电机主轴

图 1-2 回转精度要求高的零件

(3) 特殊螺旋零件,如图 1-3 所示的滚珠丝杠。

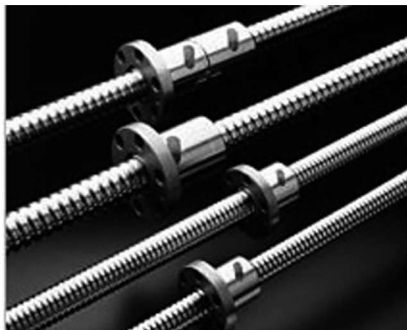


图 1-3 滚珠丝杠

(4) 淬硬工件的加工。

工件经过淬硬后硬度可达 HRC40 及以上,用普通的刀具是很难切削的,但数控机床广泛采用涂层硬质合金刀、特殊材料的刀具,为淬硬工件的加工提供了可能。

2. 数控机床的组成

数控机床一般由输入输出设备、CNC 装置(或称 CNC 单元)、伺服单元、驱动装置(或称执行机构)、可编程控制器 PLC 及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量反馈装置组成。图 1-4 所示是数控机床的组成框图。

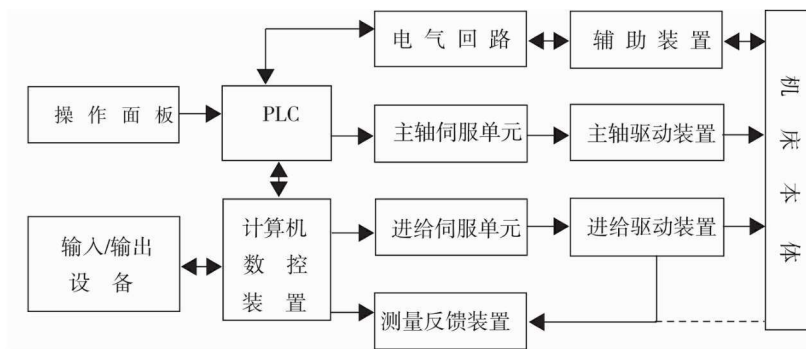


图 1-4 数控车床的组成框图

(1) 机床本体

数控机床的机床本体与传统机床相似,由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已发生了很大的变化,这种变化是为了满足数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点。

(2) CNC 单元

CNC 单元是数控机床的核心,CNC 单元由信息输入、信息处理和信息输出三个部分组成。CNC 单元接受数字化信息,经过数控装置的控制软件和逻辑电路进行译码、插补和逻辑处理后,将各种指令信息输出给伺服系统,伺服系统驱动执行部件做进给运动。

(3) 输入/输出设备

输入装置将各种加工信息传递于计算机的外部设备。在数控机床产生初期,输入装置为穿孔纸带,现已淘汰,后发展成盒式磁带,再发展成键盘、磁盘等便携式硬件,极大方便了信息输入工作,现通用 DNC 网络通信串行通信的方式输入。

输出指输出内部工作参数(含机床正常、理想工作状态下的原始参数,故障诊断参数等),一般在机床刚刚进入工作状态需输出这些参数做记录保存,待工作一段时间后,再将输出与原始资料做比较、对照,可帮助判断机床工作是否维持正常。

(4) 伺服单元

伺服单元由驱动器、驱动电机组成,并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数

控机床的进给系统。它的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成机床移动部件的运动。对于步进电机来说,每一个脉冲信号使电机转过一个角度,进而带动机床移动部件移动一个微小距离。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服驱动系统,整个机床的性能主要取决于伺服系统。

(5)驱动装置

驱动装置把经放大的指令信号变为机械运动,通过简单的机械连接部件驱动机床,使工作台精确定位或按规定的轨迹做严格的相对运动,最后加工出图纸所要求的零件。和伺服单元相对应,驱动装置有步进电机、直流伺服电机和交流伺服电机等。

伺服单元和驱动装置可合称为伺服驱动系统,它是机床工作的动力装置,CNC 装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施,所以,伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。

(6)可编程控制器

可编程控制器(PC,Programmable Controller)是一种以微处理器为基础的通用型自动控制装置,专为在工业环境下应用而设计。由于最初研制这种装置的目的是为了解决生产设备的逻辑及开关控制,故把称它为可编程逻辑控制器(PLC, Programmable Logic Controller)。当 PLC 用于控制机床顺序动作时,也可称之为可编程机床控制器(PMC, Programmable Machine Controller)。PLC 已成为数控机床不可缺少的控制装置。CNC 和 PLC 协调配合,共同完成对数控机床的控制。

(7)测量反馈装置

测量装置也称反馈元件,包括光栅、旋转编码器、激光测距仪、磁栅等。通常安装在机床的工作台或丝杠上,它把机床工作台实际位移转变成电信号反馈给 CNC 装置,供 CNC 装置与指令值比较产生误差信号,以控制机床工作台向消除该误差的方向移动。

(四)数控车床编程的方法及编程步骤

1. 数控车床编程方法

数控程序的编制方法有手工编程和自动编程两种。

(1)手工编程

从零件图样分析、工艺处理、数值计算、书写程序单、制穿孔纸带直至程序的校验等各个步骤,均由人工完成,则属手工编程。对于点位加工或几何形状不太复杂的零件来说,编程计算较简单,程序量不大,手工编程即可实现。但对于形状复杂或轮廓不是由直线、圆弧组成的非圆曲线零件,或者是空间曲面零件,即使由简单几何元素组成,程序量也很大,因而计算相当烦琐,手工编程困难且易出错,必须采用自动编程的方法。

(2)自动编程

编程工作的大部分或全部由计算机完成的编程过程称为自动编程。编程人员只要根据零件图纸和工艺要求,用规定的语言编写一个源程序或者将图形信息输入到计算机

中,由计算机自动地进行处理,计算出刀具中心的轨迹,编写出加工程序清单,并自动制成所需控制介质。由于走刀轨迹可由计算机自动绘出,所以可方便地对编程错误做及时修正。常用软件有 Mastercam,CAXA,Pro/E 等。

2. 数控车床编程步骤

数控程序的编制应该有如下几个过程。

(1)分析零件图纸

分析零件的材料、形状、尺寸、精度及毛坯形状和热处理要求等,以便确定该零件是否适宜在数控机床上加工,或适宜在哪类数控机床上加工。有时还要确定在某台数控机床上加工该零件的哪些工序或哪几个表面。

(2)确定工艺过程

确定零件的加工方法(如采用的工夹具、装夹定位方法等)和加工路线(如对刀点、走刀路线),并确定加工用量等工艺参数(如切削进给速度、主轴转速、切削宽度和深度等)。

(3)数值计算

根据零件图纸和确定的加工路线,算出数控机床所需输入的数据,如零件轮廓相邻几何元素的交点和切点,用直线或圆弧逼近零件轮廓时相邻几何元素的交点和切点等的计算。

(4)编写程序单

根据加工路线计算出的数据和已确定的加工用量,结合数控系统的程序段格式编写零件加工程序单。此外,还应填写有关的工艺文件,如数控加工工序卡片、数控刀具卡片、工件安装和零点设定卡片等。

(5)制备控制介质

按程序单将程序内容记录在控制介质(如穿孔纸带)上作为数控装置的输入信息。应根据所用机床能识别的控制介质类型制备相应的控制介质。

(6)程序调试和检验

可通过模拟软件来模拟实际加工过程,或将程序送到机床数控装置后进行空运行,也可通过首件加工等多种方式来检验所编制的程序,发现错误应及时修正,直到程序能正确执行为止。

(五)数控机床坐标系

为了保证数控机床的正确运行,避免工作的不一致性,简化编程和便于培训编程人员,ISO 和我国都统一了数控机床坐标轴的代码及其运动的正、负方向,这给数控系统和数控机床的设计、使用与维修带来了极大的方便。

1. 坐标系的确定原则

我国的机械行业标准 JB/T 3051—1999 中规定的命名原则如下。

(1) 刀具相对于静止工件而运动的原则 这一原则使编程人员能在不知道是刀具移近工件还是工件移近刀具的情况下,就可依据零件图样,确定机床的加工过程。

(2) 标准坐标(机床坐标)系的规定 在数控机床上,机床的动作是由数控系统来控制的,为了确定机床上的成形运动和辅助运动,必须先确定机床上运动的方向和运动的距离,这就需要一个坐标系才能实现,这个坐标系就称为机床坐标系。

标准的机床坐标系是一个右手笛卡尔直角坐标系,如图 1-5 所示。在图中,大拇指的方向为 X 轴的正方向,食指为 Y 轴的正方向,中指为 Z 轴正方向。图 1-6、图 1-7 分别给出了卧式车床和立式铣床的标准坐标系。根据右手螺旋方法,我们可以很方便地确定出 A、B、C 三个旋转坐标的方向。

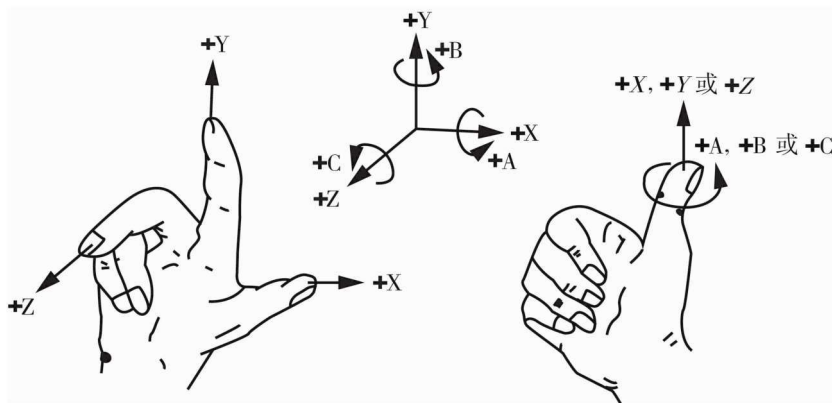


图 1-5 右手笛卡尔直角坐标系

(3) 运动方向 数控机床的某一部件运动的正方向,是增大工件和刀具之间距离的方向。

2. 坐标轴的指定

(1) Z 坐标

Z 坐标的运动由传递切削力的主轴决定,与主轴轴线平行的坐标轴即为 Z 坐标。对于车床、磨床和其它成形表面的机床是主轴带动工件旋转;对于铣床、镗床、钻床等是主轴带动刀具旋转。如图 1-6、图 1-7 所示。如果没有主轴(如牛头刨床),Z 轴垂直于工件装夹平面。Z 坐标的正方向为刀具远离工件的方向。

(2) X 坐标

X 坐标一般是水平的,它平行于工件的装夹平面。这是在刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。对于工件旋转的机床(如车床、磨床等),X 坐标的方向是在工件的径向上,且平行于横向滑板,刀具离开工件旋转中心的方向为 X 轴正方向,如图 1-6 所示。对于刀具旋转的机床(如铣床、镗床、钻床等),从刀具向立柱看,右手方向为 X 运动的正方向,如图 1-7 所示。

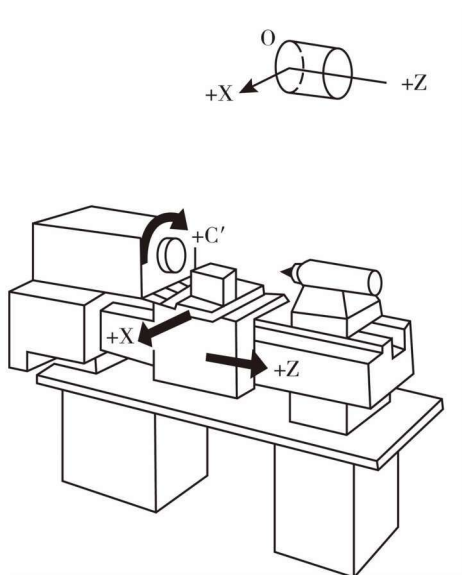


图 1-6 数控车床

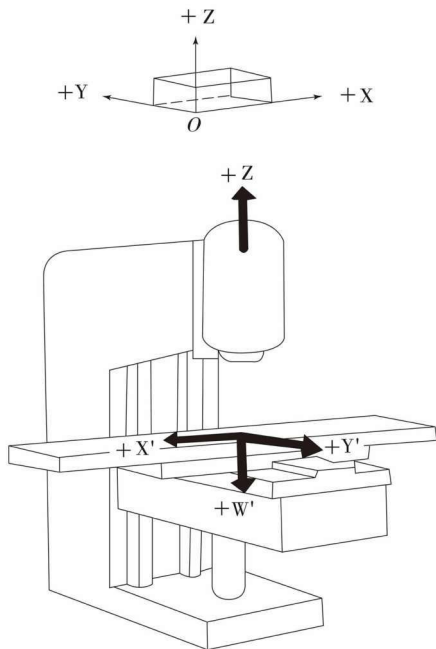


图 1-7 数控立式升降台铣床

(3) Y 坐标

Y 坐标垂直于 X、Z 坐标轴。Y 运动的正方向根据 X 和 Z 坐标的正方向，按右手笛卡尔直角坐标系来判断。

3. 编程坐标系

编程坐标系是编程人员在编程过程中使用的，由编程人员以工件图样上的某一固定点为原点所建立的坐标系，又称为工件坐标系或工作坐标系，编程尺寸都按工件的尺寸确定。

(六) 坐标系的原点

在确定了机床各坐标轴及方向后，还应进一步确定坐标系原点的位置。

1. 机床原点

机床原点是指在机床上设置的一个固定的点，即机床坐标系的原点。它在机床装配、调试时就已确定，是数控机床进行加工运动的基准参考点。在数控车床上，一般取在卡盘端面与主轴中心线的交点处，如图 1-8(a)所示。图中 O_1 即为机床原点。

2. 编程原点(工件原点)

编程原点是指根据加工零件图样选定的编制零件程序的原点，即编程坐标系的原点，如图 1-8(b)中所示的 O_2 点。

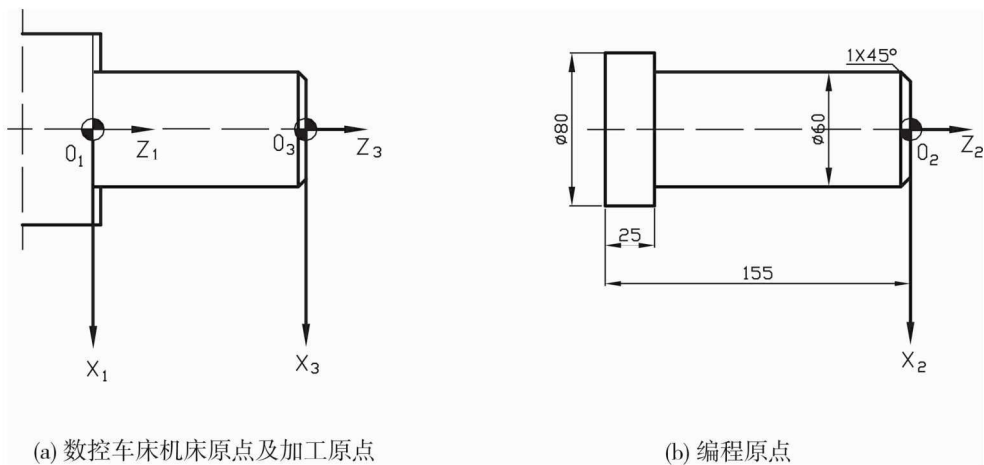


图 1-8 数控车床坐标系原点

3. 加工原点

加工原点也称程序原点,是指零件被装夹好后,相应的编程原点在机床坐标系中的位置。在加工过程中,数控机床是按照工件装夹好后的加工原点及程序要求进行自动加工的。加工原点如图 1-8(a)中的 O_3 所示。

4. 机床参考点

机床参考点是指刀架中心退离机床原点最远的一个固定点。该点在机床制造厂出厂时已调好,并已将数据输入到数控系统中。一般在车床上使用参考点。

(七) 数控程序的构成

一个完整的程序由程序号、程序的内容和程序结束三部分组成。

例如	%0001	程序号
	N01 G92 X60 Z20	} 程序内容
	N02 S800 M03 T0101	
	N03 G00 X45 Z5	
	N04 G01 Z-60 F100	
	N05 G28 X50 Z30	
	N06 M30	程序结束

1. 程序号

程序号即程序的开始部分。为了区别存储器中的程序,每个程序都要有程序编号,在编号前采用程序编号地址符。华中和 FANUC 系统一般采用英文字母 O 作为程序编号地址符,而其他系统有的采用 P,“%”或“:”等。

2. 程序内容

程序内容部分是整个程序的核心,它由许多程序段组成,每个程序段由一个或多个指令构成,表示数控机床要完成的全部动作。

3. 程序结束

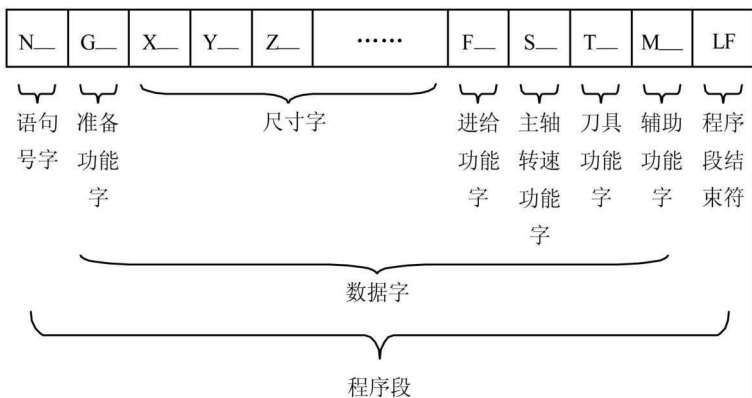
程序结束部分以程序结束指令 M02 或 M30 作为整个程序结束的符号,来结束整个程序。

零件的加工程序内容是由程序段组成的,每个程序段由若干个程序字组成,每个程序字是控制系统的具体指令。

程序段格式是指一个程序段中字、字符、数据的书写规则。通常有三种格式:字-地址程序段格式、使用分隔符的程序段格式和固定程序段格式,最常用的是字-地址程序段格式。

字-地址程序段格式由语句号字、数据字和程序段结束符组成。各字前有地址,字的排列顺序要求不严格,数据的位数可多可少,不需要的字以及与上一级程序段相同的续效字可以不写。该格式的优点是程序简短、直观以及容易检查和修改。因此,该格式目前被广泛使用。

字-地址程序段格式如下:



例如: N30 G01 X35 Z-60 F200 S350 T22 M30

程序段结束符写在每一程序段后,表示程序结束。当用 EIA 标准代码时,结束符为“CR”;用 ISO 标准代码时为“NL”或“LF”;有的用符号“:”或“*”表示;有的直接回车即可。

(八) 编程格式

1. 数控编程中的有关规则及代码

为了满足设计、制造、维修、和普及的需要,在输入代码、坐标系统、加工指令、辅助功能及程序格式等方面,国际上已形成了两种通用的标准,即国际标准化组织(ISO)标准和

美国电子工程协会(EIA)标准。我国根据 ISO 标准制定了 JB3050—1982《数字控制机床用七单位编码字符》、JB3051—1982《数字控制机床坐标和运动方向的命名》、JB3832—1985《数控机床轮廓和点位切削加工可变程序段格式》、JB/T3208—1999《数控机床程序段格式中的准备功能 G 和辅助功能 M 代码》等。但是由于各个数控机床生产厂家所用的标准尚未完全统一,其所用的代码、指令及含义不完全相同,因此,在数控编程时必须按所用数控机床编程手册中的规定进行。目前,数控系统中常用的代码有 ISO 代码和 EIA 代码。

2. 字与字的功能类别

字是程序字的简称,在这里它是机床数字控制的专门术语。它的定义是:一套有规定次序的字符,可以作为一个信息单元存储、传递和操作,如 X160 就是一个“字”。一个字所含的字符个数叫做字长。常规加工程序中的字都是由一个英文字母与随后的若干位 10 进制数字组成。这个英文字母称为地址符。地址符与后续数字间可加正、负号。程序字按其功能可分为 7 种类型,分别称为顺序号字、准备功能字、尺寸字、进给功能字、主轴转速功能字、刀具功能字和辅助功能字。

1) 顺序号字

它也叫程序段号或程序段序号。顺序号位于程序段之首,它的地址符是 N,后续数字一般 2~4 位。顺序号可以用在主程序、子程序和宏程序中。

① 顺序号的作用

首先,顺序号可用于程序的校对和检索修改;其次,在加工轨迹图的几何节点处标上相应程序段的顺序号,可直观地检查程序;再次,顺序号还可作为条件转向的目标;更重要的是,标注了程序段号的程序可以进行程序段的复归操作,这是指操作可以回到程序的(运行)中断处重新开始,或加工从程序的中途开始的操作。

② 顺序号的使用规则

数字部分应为正整数。顺序号的数字可以不连续,也不一定按从小到大顺序排列。一般都将第一程序段冠以 N10,以后以间隔 10 递增的方法设置顺序号,这样,在调试程序时如需要在 N10 和 N20 之间加入两个程序段,就可以用 N11, N12。

2) 准备功能字

准备功能字地址符是 G,所以又称 G 功能或 G 指令。它是建立机床或控制系统工作方式的一种命令。准备功能字中的后续数字大多为两位正整数。随着数控机床功能的增加, G00~G99 已不够用,所以有些数控系统的 G 功能字中的后续数字已经使用三位数。表 1-1 所示为华中数控系统常用的 G 代码。