



普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

数控技术应用及机械 CAD/CAM 系列

数控加工编程及操作

顾 京 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材
(高职高专教育)

数控加工编程及操作

顾 京 主 编
王振宇 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材,是根据“高职高专教育专业人才培养目标及规格”的要求,结合教育部“高职高专教育机电类专业人才培养规格和课程体系改革与实践”课题的研究成果编写的。

本教材针对数控机床的使用技术,较全面地介绍了数控编程的基础知识,数控加工工艺设计,数控车床、数控铣床、加工中心、数控电火花线切割机床、数控板料折弯机床的程序编制及操作,自动编程及 CAD/CAM 软件应用、FMS 系统与数控加工技术等内容。本书在内容选择上,突出实用性、综合性、先进性;在编写方式上,强调通俗易懂,由浅入深,并力求全面、系统和重点突出;在表现形式上,除文字内容外,还附有助学光盘,生动表述教学内容。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人院校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校数控技术应用、机电一体化、机械制造及自动化等专业的教材,也可供有关工程技术人员作为参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工编程及操作/顾京主编. —北京:高等教育出版社,2003.9

ISBN 7-04-012636-2

I. 数… II. 顾… III. 数控机床-程序设计-高等学校:技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 045385 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京市鑫霸印务有限公司

开 本	787×1092 1/16	版 次	2003 年 9 月第 1 版
印 张	15	印 次	2003 年 9 月第 1 次印刷
字 数	360 000	定 价	27.10 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

前 言

本书作为普通高等教育“十五”国家级规划教材,是根据“高职高专教育专业人才培养目标及规格”的要求,结合教育部“高职高专教育机电类专业人才培养规格和课程体系改革与建设的研究与实践”课题的研究成果,并总结了编者在数控机床应用领域的教学和工程实践经验而编写的。

随着科学技术的进步,现代机械产品日趋精密复杂,改型换代频繁,发展现代数控机床是当前机械制造业技术改造、技术更新的必由之路。数控技术是现代机械系统,机器人,FMS,CIMS,CAD/CAM等高新技术的基础,是采用计算机控制机械系统实现高度自动化的桥梁,是典型的机电一体化高新技术。因而,社会对数控技术应用人才的需求也越来越高。同时,对高等职业技术教育也提出了新要求。

本书在内容选择上,突出实用性、综合性、先进性;在编写方式上,强调通俗易懂,由浅入深,并力求全面、系统和重点突出;在表现形式上,除文字内容外,还附有助学光盘,为重点、难点内容设计了动画、录像、声音等。同时,还提供了典型机床和有关工艺工装设备制造企业的网址,以便读者获得更丰富的信息,有效地提高学习效率。通过本书的学习,读者可掌握较完整的数控机床程序编制的知识,并具备对各类数控机床进行程序编制和加工调试的能力,从而更好地适应现代制造业发展的需求。

本书针对数控机床的使用技术,较全面地介绍了数控编程的基础知识和数控加工工艺设计的基本方法,着重讲述数控车床、数控铣床、加工中心、数控电火花线切割机床和数控板料折弯机床的程序编制方法、加工调整及操作,还详细介绍了自动编程及CAD/CAM软件应用、FMS系统与数控加工技术等内容。

本书由无锡职业技术学院顾京主编。第1章由无锡职业技术学院徐安林编写,第2章由无锡职业技术学院倪森寿编写,第3、7、8章由无锡职业技术学院王振宇编写,第6章由常州机电职业技术学院吴新腾编写,第4、9章由顾京编写。

本书承蒙东南大学汤文成教授审稿,为本书提供了宝贵的意见和建议;南通纵横国际股份有限公司数控机床制造分公司总工程师张芳言、江苏省常州机床厂副总工程师龚仲华、上海第二机床厂高级工程师张仲益等均对本书给予了大力支持,编者在此表示衷心感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在一些缺点和不足,恳请读者批评指正。

编 者

2003年3月

目 录

第 1 章 数控机床加工程序编制基础	(1)
1.1 数控程序编制的概念	(1)
1.2 数控机床的坐标系	(6)
1.3 常用编程指令	(17)
1.4 程序编制中的数学处理	(26)
思考题与习题	(28)
第 2 章 数控加工工艺设计	(32)
2.1 数控加工工艺设计的主要内容	(32)
2.2 数控加工工艺设计方法	(34)
2.3 填写数控加工技术文件	(38)
思考题与习题	(41)
第 3 章 数控车床的加工程序编制	(43)
3.1 数控车床程序编制的基础	(43)
3.2 数控车床的基本编程方法	(51)
3.3 数控车削加工综合举例	(71)
思考题与习题	(76)
第 4 章 数控铣床的程序编制	(79)
4.1 数控铣床程序编制的基础	(79)
4.2 数控铣床程序编制的基本方法	(95)
4.3 图形的数学处理	(111)
4.4 数控铣削加工综合举例	(116)
思考题与习题	(124)
第 5 章 加工中心的程序编制	(128)
5.1 加工中心程序编制的基础	(128)
5.2 FANUC 系统固定循环功能	(133)
5.3 SIEMENS 系统固定循环功能	(139)
5.4 FANUC 系统 B 类宏程序应用	(145)
5.5 SIEMENS 系统宏程序应用	(149)
5.6 加工中心的调整	(150)
思考题与习题	(154)
第 6 章 数控电火花线切割机床的程序编制	(157)
6.1 数控电火花线切割加工工艺	(157)
6.2 数控电火花线切割机床的基本编程方法	(164)
6.3 计算机自动编制程序	(171)
6.4 数控电火花线切割加工综合应用	(175)
思考题与习题	(178)
第 7 章 数控板料折弯机床的程序编制	(181)
7.1 数控板料折弯机床程序编制的基础	(181)
7.2 数控板料折弯机床的基本二维图形编程方法	(186)
7.3 典型零件的程序编制	(194)
思考题与习题	(196)
第 8 章 CAD/CAM 软件应用	(197)
8.1 CAD/CAM 技术特点	(197)
8.2 CAD/CAM 软件分类	(199)
8.3 CAD/CAM 技术的发展趋势	(199)
8.4 典型 CAD/CAM 软件介绍	(200)
8.5 典型零件 CAD/CAM 应用实例	(203)
思考题与习题	(217)
第 9 章 FMS 系统与数控加工技术	(219)
9.1 FMS 的基本工作原理	(219)
9.2 工艺装备集成管理系统和数控加工	(222)
思考题与习题	(230)
参考文献	(231)

第 1 章

数控机床加工程序编制基础

数控机床是一种高效的自动化加工设备,它严格按照加工程序,自动对工件进行加工。从数控系统外部输入的直接用于加工的程序称为数控加工程序,简称数控程序,它是机床数控系统的应用软件。与数控系统应用软件相对应的是数控系统内部的系统软件,系统软件是用于数控系统工作控制的,它不在本教程的研究范围内。

数控系统的种类繁多,它们使用的数控程序语法规则和格式也不尽相同,本教程以 ISO 国际标准为主来介绍加工程序的编制方法。当针对某一台数控机床编制加工程序时,应该严格按照机床编程手册中的规定进行程序编制。

1.1 数控程序编制的概念

在编制数控加工程序前,应首先了解:数控程序编制的主要工作内容,程序编制的工作步骤,每一步应遵循的工作原则等,最终才能获得满足要求的数控程序(如图 1.1 所示的程序样本)。

```
%
00000
(PROGRAM NAME - HY10)
( DATE=DD-MM-YY - 27-02-02 TIME=HH:MM - 12:50)
((UNDEFINE) TOOL - 1 DIA. OFF. - 41 LEN. - 1 DIA. - 10.)
N100G21
N102G0G40G49G80G98
N104T1M6
N106G0G90G54X-19.305Y-15.6S1200M3
N108G43H1260.M8
N110Z34.8
N112G1Z29.8F2.
N114X19.305
N116G0Z50.
N118X24.240Y-5.2
```

图 1.1 程序样本

1.1.1 数控程序编制的定义

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、高效的工作。

1. 数控程序编制的内容及步骤

数控编程是指从零件图纸到获得数控加工程序的全部工作过程。如图 1.2 所示,编程工作主要包括:

(1) 分析零件图样和制定工艺方案

这项工作的内容包括:对零件图样进行分析,明确加工的内容和要求;确定加工方案;选择适合的数控机床;选择或设计刀具和夹具;确定合理的走刀路线及选择合理的切削用量等。这一工作要求编程人员能够对零件图样的技术特性、几何形状、尺寸及工艺要求进行分析,并结合数控机床使用的基础知识,如数控机床的规格、性能、数控系统的功能等,确定加工方法和加工路线。

(2) 数学处理

在确定了工艺方案后,就需要根据零件的几何尺寸、加工路线等,计算刀具中心运动轨迹,以获得刀位数据。数控系统一般均具有直线插补与圆弧插补功能,对于加工由圆弧和直线组成的较简单的平面零件,只需要计算出零件轮廓上相邻几何元素交点或切点的坐标值,得出各几何元素的起点、终点、圆弧的圆心坐标值等,就能满足编程要求。当零件的几何形状与控制系统的插补功能不一致时,就需要进行较复杂的数值计算,一般需要使用计算机辅助计算,否则难以完成。

(3) 编写零件加工程序

在完成上述工艺处理及数值计算工作后,即可编写零件加工程序。程序编制人员使用数控系统的程序指令,按照规定的程序格式,逐段编写加工程序。程序编制人员应对数控机床的功能、程序指令及代码十分熟悉,才能编写出正确的加工程序。

(4) 程序检验

将编写好的加工程序输入数控系统,就可控制数控机床的加工工作。一般在正式加工之前,要对程序进行检验。通常可采用机床空运转的方式,来检查机床动作和运动轨迹的正确性,以检验程序。在具有图形模拟显示功能的数控机床上,可通过显示走刀轨迹或模拟刀具对工件的切削过程,对程序进行检查。对于形状复杂和要求高的零件,也可采用铝件、塑料或石蜡等易切材料进行试切来检验程序。通过检查试件,不仅可确认程序是否正确,还可知道加工精度是否符合要求。若能采用与被加工零件材料相同的材料进行试切,则更能反映实际加工效果,当发现加工的零件不符合加工技术要求时,可修改程序或采取尺寸补偿等措施。

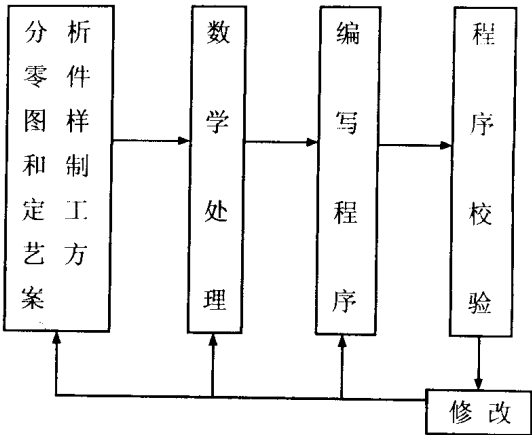


图 1.2 数控程序编制的内容及步骤

2. 数控程序编制的方法

数控加工程序的编制方法主要有两种:手工编制程序和自动编制程序。

(1) 手工编程

手工编程指主要由人工来完成数控编程中各个阶段的工作。如图 1.3 所示。

一般对几何形状不太复杂的零件,所需的加工程序不长,计算比较简单,用手工编程比较合适。

手工编程的特点:耗费时间较长,容易出现错误,无法胜任复杂形状零件的编程。据国外资料统计,当采用手工编程时,一段程序的编写时间与其在机床上运行加工的实际时间之比,平均约为 30 : 1,而数控机床不能开动的原因中有 20%~30%是由于加工程序编制困难,编程时间较长。

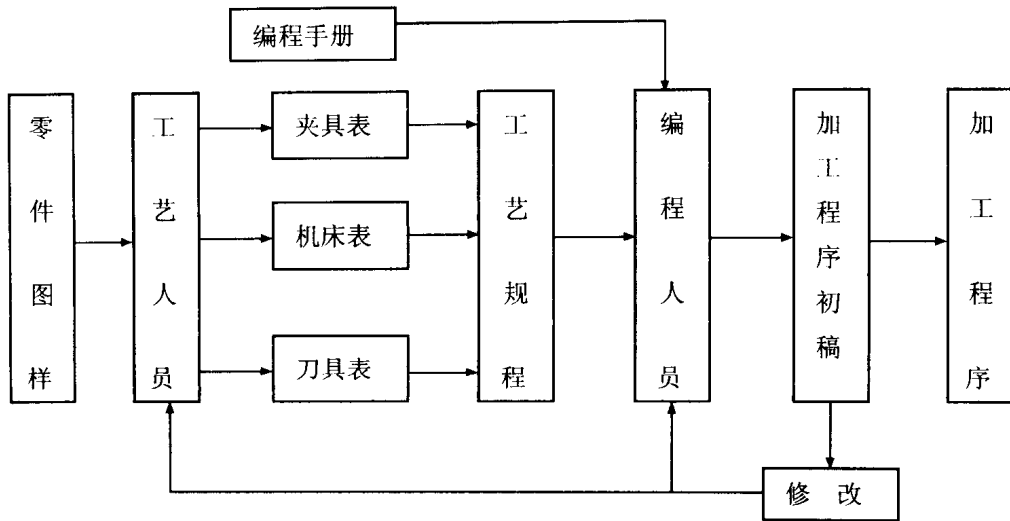


图 1.3 手工编程

(2) 计算机自动编程

自动编程是指在编程过程中,除了分析零件图样和制定工艺方案由人工进行外,其余工作均由计算机辅助完成。

采用计算机自动编程时,数学处理、编写程序、检验程序等工作是由计算机自动完成的,由于计算机可自动绘制出刀具中心运动轨迹,使编程人员可及时检查程序是否正确,需要时可及时修改,以获得正确的程序。又由于计算机自动编程代替程序编制人员完成了繁琐的数值计算,可提高编程效率几十倍乃至上百倍,因此解决了手工编程无法解决的许多复杂零件的编程难题。因而,自动编程的特点就在于编程工作效率高,可解决复杂形状零件的编程难题。

根据输入方式的不同,可将自动编程分为图形数控自动编程、语言数控自动编程和语音数控自动编程等。图形数控自动编程是指将零件的图形信息直接输入计算机,通过自动编程软件的处理,得到数控加工程序。目前,图形数控自动编程是使用最为广泛的自动编程方式。语言数控自动编程指将加工零件的几何尺寸、工艺要求、切削参数及辅助信息等用数控语言编写成源程序后,输入到计算机中,再由计算机进一步处理得到零件加工程序。语音数控自动编程是采用语音识别器,将编程人员发出的加工指令声音转变为加工程序。

1.1.2 字与字的功能

1. 字符与代码

字符是用来组织、控制或表示数据的一些符号,如数字、字母、标点符号和数学运算符等。数控系统只能接受二进制信息,所以必须把字符转换成 8 bit 信息组合成的字节,用“0”和“1”组合的代码来表达。国际上广泛采用两种标准代码:

- (1) ISO 国际标准化组织标准代码
- (2) EIA 美国电子工业协会标准代码

这两种标准代码的编码方法不同,在大多数现代数控机床上这两种代码都可以使用,只需用系统控制面板上的开关来选择,或用 G 功能指令来选择。

2. 字

在数控加工程序中,字是指一系列按规定排列的字符,作为一个信息单元存储、传递和操作。字是由一个英文字母与随后的若干位十进制数字组成,这个英文字母称为地址符。

如:“X2500”是一个字,X为地址符,数字“2500”为地址中的内容。

3. 字的功能

组成程序段的每一个字都有其特定的功能含义,以下是以 FANUC-OM 数控系统的规范为主来介绍的,实际工作中,请遵照机床数控系统说明书来使用各个功能字。

(1) 顺序号字 N

顺序号又称程序段号或程序段序号。顺序号位于程序段之首,由顺序号字 N 和后续数字组成。顺序号字 N 是地址符,后续数字一般为 1~4 位的正整数。数控加工中的顺序号实际上是程序段的名称,与程序执行的先后次序无关。数控系统不是按顺序号的次序来执行程序,而是按照程序段编写时的排列顺序逐段执行。

顺序号的作用:对程序的校对和检索修改;作为条件转向的目标,即作为转向目的程序段的名称。有顺序号的程序段可以进行复归操作,这是指加工可以从程序的中间开始,或回到程序中断处开始。

一般使用方法:编程时将第一程序段冠以 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,如果需要在 N10 和 N20 之间插入程序段时,就可以使用 N11,N12 等。

(2) 准备功能字 G

准备功能字的地址符是 G,又称为 G 功能或 G 指令,是用于建立机床或控制系统工作方式的一种指令。后续数字一般为 1~3 位正整数,见表 1.1。

表 1.1 G 功能字含义表

G 功能字	FANUC 系统	SIEMENS 系统	G 功能字	FANUC 系统	SIEMENS 系统
G00	快速移动点定位	快速移动点定位	G65	用户宏指令	—
G01	直线插补	直线插补	G70	精加工循环	英制
G02	顺时针圆弧插补	顺时针圆弧插补	G71	外圆粗切循环	米制
G03	逆时针圆弧插补	逆时针圆弧插补	G72	端面粗切循环	—
G04	暂停	暂停	G73	封闭切削循环	—
G05	—	通过中间点圆弧插补	G74	深孔钻循环	—
G17	XY 平面选择	XY 平面选择	G75	外径切槽循环	—
G18	ZX 平面选择	ZX 平面选择	G76	复合螺纹切削循环	—
G19	YZ 平面选择	YZ 平面选择	G80	撤销固定循环	撤销固定循环
G32	螺纹切削	—	G81	定点钻孔循环	固定循环
G33	—	恒螺距螺纹切削	G90	绝对值编程	绝对尺寸
G40	刀具补偿注销	刀具补偿注销	G91	增量值编程	增量尺寸
G41	刀具补偿——左	刀具补偿——左	G92	螺纹切削循环	主轴转速极限
G42	刀具补偿——右	刀具补偿——右	G94	每分钟进给量	直线进给率
G43	刀具长度补偿——正	—	G95	每转进给量	旋转进给率
G44	刀具长度补偿——负	—	G96	恒线速控制	恒线速度
G49	刀具长度补偿注销	—	G97	恒线速取消	注销 G96
G50	主轴最高转速限制	—	G98	返回起始平面	—
G54~G59	加工坐标系设定	零点偏置	G99	返回 R 平面	—

(3) 尺寸字

尺寸字用于确定机床上刀具运动终点的坐标位置。

其中,第一组 X,Y,Z,U,V,W,P,Q,R 用于确定终点的直线坐标尺寸;第二组 A,B,C,D,E 用于确定终点的角度坐标尺寸;第三组 I,J,K 用于确定圆弧轮廓的圆心坐标尺寸。在一些数控系统中,还可以用 P 指令确定暂停时间、用 R 指令确定圆弧的半径等。

多数数控系统可以用准备功能字来选择坐标尺寸的制式,如 FANUC 诸系统可用 $G21/G22$ 来选择米制单位或英制单位,也有些系统用系统参数来设定尺寸制式。采用米制时,一般单位为 mm ,如 $X100$ 指令的坐标单位为 100 mm 。当然,一些数控系统可通过参数来选择不同的尺寸单位。

(4) 进给功能字 F

进给功能字的地址符是 F ,又称为 F 功能或 F 指令,用于指定切削的进给速度。对于车床, F 可分为每分钟进给和主轴每转进给两种,对于其他数控机床,一般只用每分钟进给。 F 指令在螺纹切削程序段中常用来指令螺纹的导程。

(5) 主轴转速功能字 S

主轴转速功能字的地址符是 S ,又称为 S 功能或 S 指令,用于指定主轴转速,单位为 r/min 。对于具有恒线速度功能的数控车床,程序中的 S 指令用来指定车削加工的线速度数。

(6) 刀具功能字 T

刀具功能字的地址符是 T ,又称为 T 功能或 T 指令,用于指定加工时所用刀具的编号。对于数控车床,其后的数字还兼作指定刀具长度补偿和刀尖半径补偿用。

(7) 辅助功能字 M

辅助功能字的地址符是 M ,后续数字一般为 $1\sim3$ 位正整数,又称为 M 功能或 M 指令,用于指定数控机床辅助装置的开关动作,见表 1.2。

表 1.2 M 功能字含义表

M 功能字	含 义
M00	程序停止
M01	计划停止
M02	程序停止
M03	主轴顺时针旋转
M04	主轴逆时针旋转
M05	主轴旋转停止
M06	换刀
M07	2 号冷却液开
M08	1 号冷却液开
M09	冷却液关
M30	程序停止并返回开始处
M98	调用子程序
M99	返回子程序

1.1.3 程序格式

1. 程序段格式

程序段是可作为一个单位来处理的、连续的字组,是数控加工程序中的一条语句。一个数控加工程序是若干个程序段组成的。

程序段格式是指程序段中的字、字符和数据的安排形式。现在一般使用字地址可变程序段

格式,每个字长不固定,各个程序段中的长度和功能字的个数都是可变的。地址可变程序段格式中,在上一程序段中写明的、本程序段里又不变化的那些字仍然有效,可以不再重写。这种功能字称之为续效字。

程序段格式举例:

N30 G01 X88.1 Y30.2 F500 S3000 T02 M08

N40 X90(本程序段省略了续效字“G01,Y30.2,F500,S3000,T02,M08”,但它们的功能仍然有效)

在程序段中,必须明确组成程序段的各要素:

移动目标:终点坐标值 X,Y,Z;

沿怎样的轨迹移动:准备功能字 G;

进给速度:进给功能字 F;

切削速度:主轴转速功能字 S;

使用刀具:刀具功能字 T;

机床辅助动作:辅助功能字 M。

2. 加工程序的一般格式

(1) 程序开始符、结束符

程序开始符、结束符是同一个字符,ISO 代码中是%,EIA 代码中是 EP,书写时要单列一段。

(2) 程序名

程序名有两种形式:一种是英文字母 O 和 1~4 位正整数组成;另一种是由英文字母开头,字母数字混合组成的。一般要求单列一段。

(3) 程序主体

程序主体是由若干个程序段组成的。每个程序段一般占一行。

(4) 程序结束指令

程序结束指令可以用 M02 或 M30。一般要求单列一段。

加工程序的一般格式举例:

%		// 开始符
O1000		// 程序名
N10 G00 G54 X50 Y30 M03 S3000	}	// 程序主体
N20 G01 X88.1 Y30.2 F500 T02 M08		
N30 X90		
...		
N300 M30		// 结束符
%		

1.2 数控机床的坐标系

在数控编程时,为了描述机床的运动,简化程序编制的方法及保证纪录数据的互换性,数控机床的坐标系和运动方向均已标准化,ISO 和我国都拟定了命名的标准。通过这一部分的学习,能够掌握机床坐标系、编程坐标系、加工坐标系的概念,具备实际动手设置机床加工坐标系的能力。

1.2.1 机床坐标系

1. 机床坐标系的确定

(1) 机床相对运动的规定

在机床上,我们始终认为工件静止,而刀具是运动的。这样编程人员在不考虑机床上工件与刀具具体运动的情况下,就可以依据零件图样,确定机床的加工过程。

(2) 机床坐标系的规定

标准机床坐标系中 X, Y, Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡尔直角坐标系决定。

在数控机床上,机床的动作是由数控装置来控制的,为了确定数控机床上的成形运动和辅助运动,必须先确定机床上运动的位移和运动的方向,这就需要通过坐标系来实现,这个坐标系被称之为机床坐标系。

例如铣床上,有机床的纵向运动、横向运动以及垂直运动,如图 1.4 所示。在数控加工中就应该用机床坐标系来描述。

标准机床坐标系中 X, Y, Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡尔直角坐标系决定:

- 1) 伸出右手的大拇指、食指和中指,并互成 90° 。则大拇指代表 X 坐标,食指代表 Y 坐标,中指代表 Z 坐标。
- 2) 大拇指的指向为 X 坐标的正方向,食指的指向为 Y 坐标的正方向,中指的指向为 Z 坐标的正方向。
- 3) 围绕 X, Y, Z 坐标旋转的旋转坐标分别用 A, B, C 表示,根据右手螺旋定则,大拇指的指向为 X, Y, Z 坐标中任意轴的正向,则其余四指的旋转方向即为旋转坐标 A, B, C 的正向,见图 1.5。

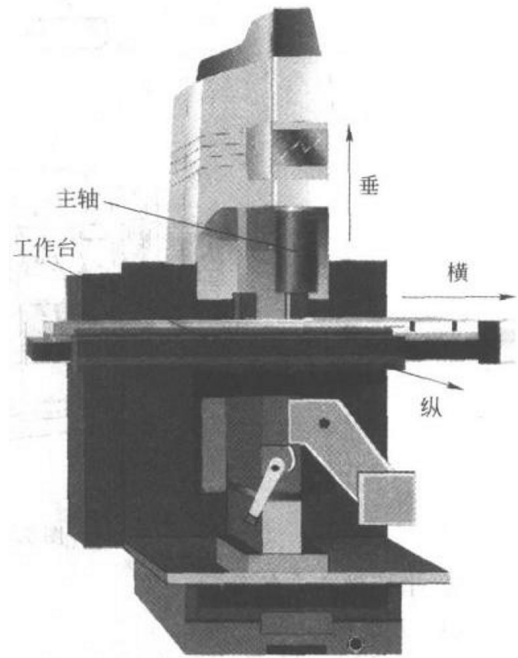


图 1.4 立式数控铣床

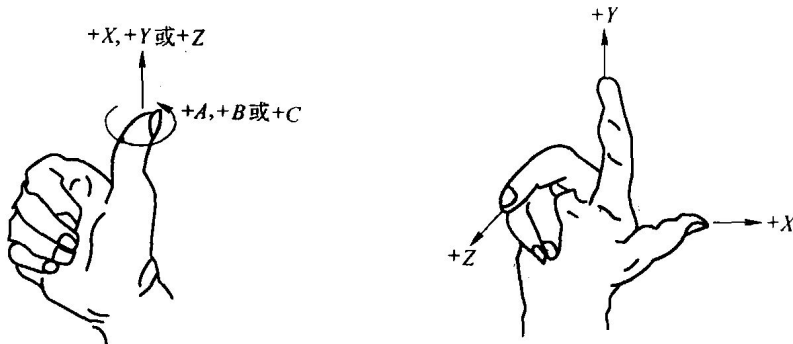


图 1.5 直角坐标系

(3) 运动方向的规定

增大刀具与工件距离的方向即为各坐标轴的正方向,如图 1.6 所示为数控车床上两个运动的正方向。

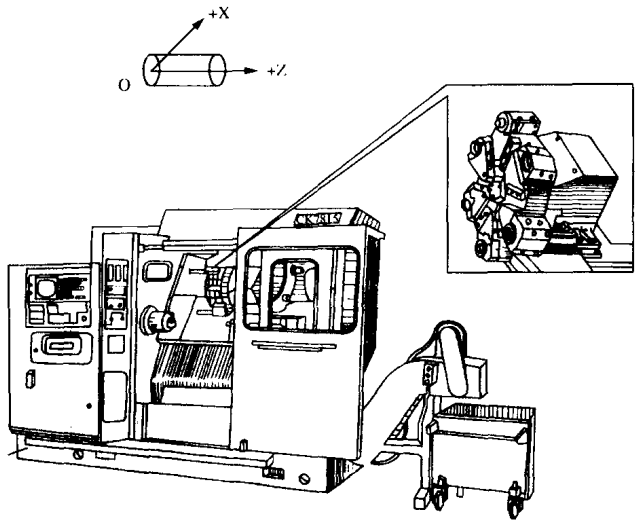


图 1.6 机床运动的方向

2. 坐标轴方向的确定

(1) Z 坐标

Z 坐标的运动方向是由传递切削动力的主轴所决定的,即平行于主轴轴线的坐标轴即为 Z 坐标,Z 坐标的正向为刀具离开工件的方向。

如果机床上有几个主轴,则选一个垂直于工件装夹平面的主轴方向为 Z 坐标方向;如果主轴能够摆动,则选垂直于工件装夹平面的方向为 Z 坐标方向;如果机床无主轴,则选垂直于工件装夹平面的方向为 Z 坐标方向。图 1.7 所示为数控车床的 Z 坐标。

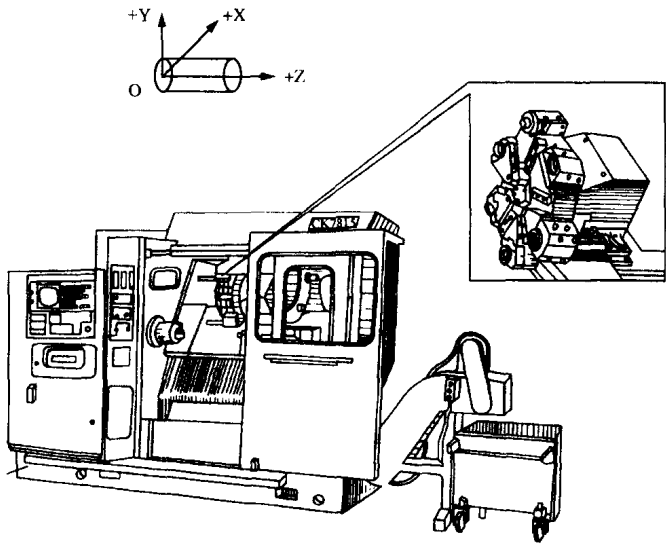


图 1.7 数控车床的坐标系

(2) X 坐标

X 坐标平行于工件的装夹平面,一般在水平面内。确定 X 轴的方向时,要考虑两种情况:

1) 如果工件做旋转运动,则刀具离开工件的方向为 X 坐标的正方向。

2) 如果刀具做旋转运动,则分为两种情况:Z 坐标水平时,观察者沿刀具主轴向工件看时,+X 运动方向指向右方;Z 坐标垂直时,观察者面对刀具主轴向立柱看时,+X 运动方向指向右方。图 1.7 所示为数控车床的 X 坐标。

(3) Y 坐标

在确定 X 和 Z 坐标的正方向后,可以用根据 X 和 Z 坐标的方向,按照右手直角坐标系来确定 Y 坐标的方向。图 1.7 所示为数控车床的 Y 坐标。

例:根据图 1.8 所示的数控立式铣床结构图,试确定 X,Y,Z 直线坐标。

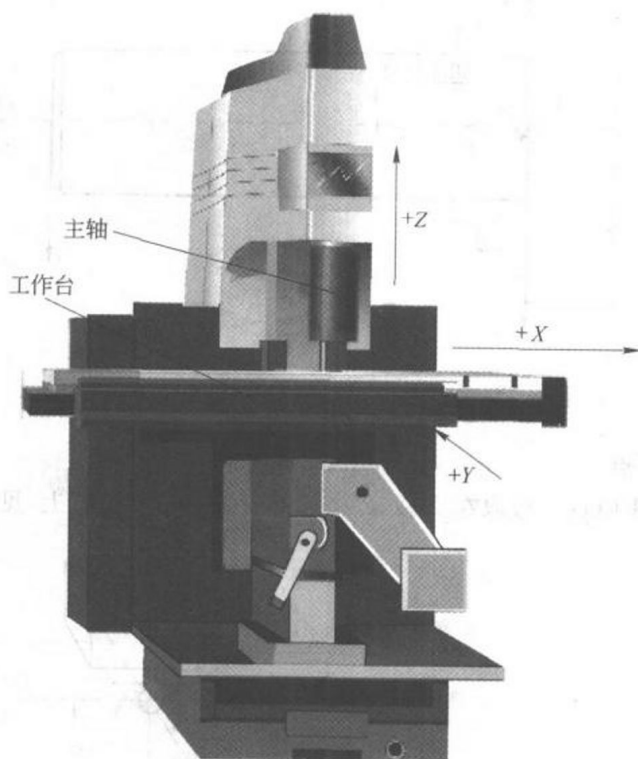


图 1.8 数控立式铣床的坐标系

(1) Z 坐标:平行于主轴,刀具离开工件的方向为正。

(2) X 坐标:Z 坐标垂直,且刀具旋转,所以面对刀具主轴向立柱方向看,向右为正。

(3) Y 坐标:在 Z,X 坐标确定后,用右手直角坐标系来确定。

3. 附加坐标系

为了编程和加工的方便,有时还要设置附加坐标系。

对于直线运动,通常建立的附加坐标系有:

(1) 指定平行于 X,Y,Z 的坐标轴

可以采用的附加坐标系:第二组 U,V,W 坐标,第三组 P,Q,R 坐标。

(2) 指定不平行于 X, Y, Z 的坐标轴

也可以采用的附加坐标系:第二组 U, V, W 坐标,第三组 P, Q, R 坐标。

4. 机床原点的设置

机床原点是指在机床上设置的一个固定点,即机床坐标系的原点。它在机床装配、调试时就已确定下来,是数控机床进行加工运动的基准参考点。

(1) 数控车床的原点

在数控车床上,机床原点一般取在卡盘端面与主轴中心线的交点处,见图 1.9。同时,通过设置参数的方法,也可将机床原点设定在 X, Z 坐标的正方向极限位置上。

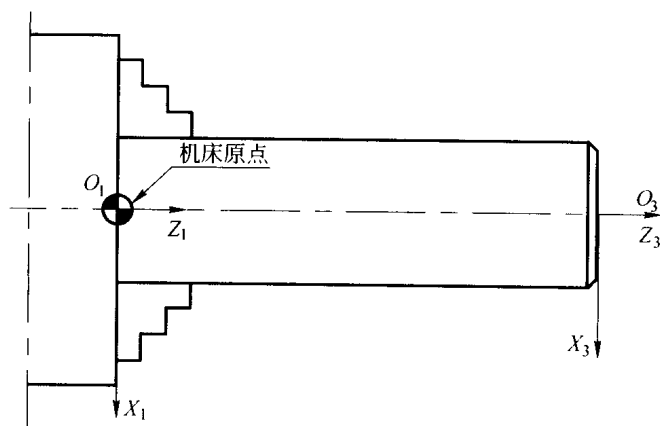


图 1.9 数控车床坐标系

(2) 数控铣床的原点

在数控铣床上,机床原点一般取在 X, Y, Z 坐标的正方向极限位置上,见图 1.10。

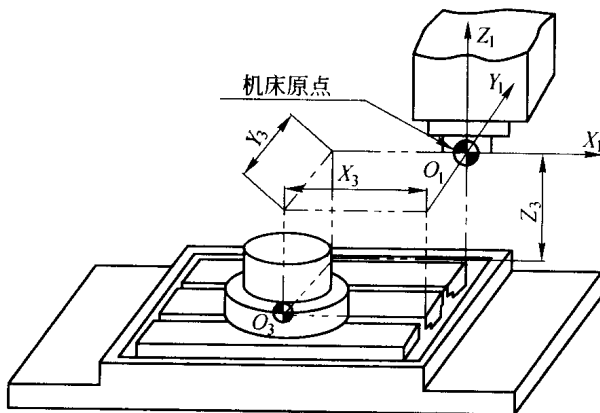


图 1.10 数控铣床坐标系

5. 机床参考点

机床参考点是用于对机床运动进行检测和控制的固定位置点。

机床参考点的位置是由机床制造厂家在每个进给轴上用限位开关精确调整好的,坐标值已

输入数控系统中。因此参考点对机床原点的坐标是一个已知数。

通常在数控铣床上机床原点和机床参考点是重合的；而在数控车床上机床参考点是离机床原点最远的极限点。图 1.11 所示为数控车床的参考点与机床原点。

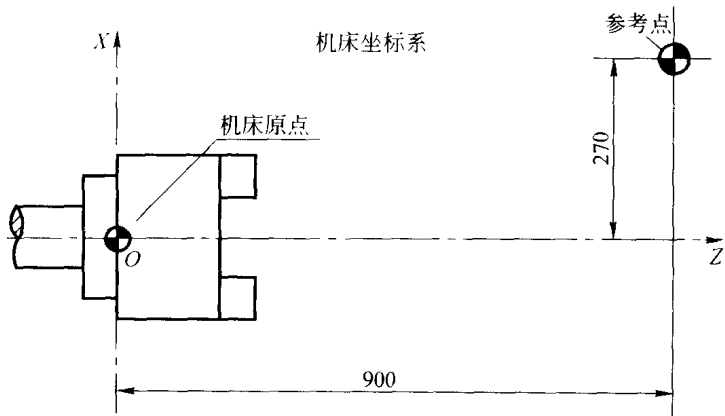


图 1.11 数控车床的参考点

数控机床开机时,必须先确定机床原点,而确定机床原点的运动就是刀架返回参考点的操作,这样通过确认参考点,就确定了机床原点。只有机床参考点被确认后,刀具(或工作台)移动才有基准。

1.2.2 编程坐标系

编程坐标系是编程人员根据零件图样及加工工艺等建立的坐标系。

编程坐标系一般供编程使用,确定编程坐标系时不必考虑工件毛坯在机床上的实际装夹位置。如图 1.12 所示,其中 O_2 即为编程坐标系原点。

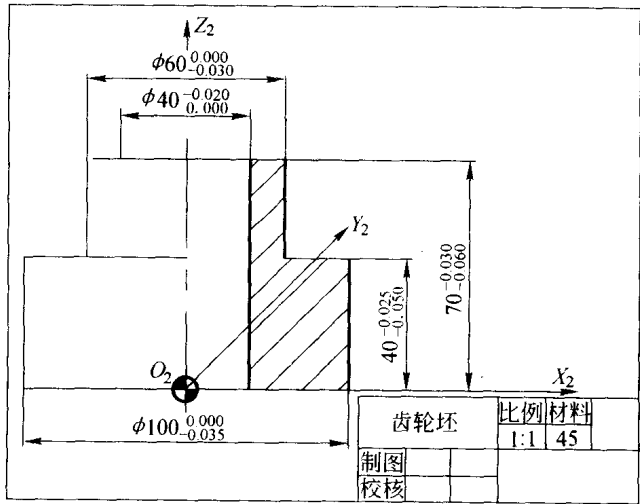


图 1.12 编程坐标系