

全国高等职业院校数控类专业教材

QUANGUO GAODENG ZHIYE JISHU YUANXIAO SHUKONGLEI ZHUANYE JIAOCAI

0101010101101001

010100101000001

0100011001010001101011

01010010

00001101010

110010011011010

0101001

1010101

01010

110010

0101001

1010101

0101010100010

101101011010

1010100100000110000101

01010101

001101001100100101

0101101010100

数控编程

SHUKONG BIANCHENG

01010100101

10010110

0101010101010

0100101000110

110010101010

01010100010

01001101010

010100101011010

010001

1010110101010100010

0101101010010

01010000010010101



中国劳动社会保障出版社

全国高等职业院校数控类专业教材

数 控 编 程

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控编程/韩鸿鸾编著. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2004
全国高等职业技术学院数控类专业教材
ISBN 7-5045-4212-1

I. 数… II. 韩… III. 数控机床-程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 103013 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

新华书店经销

北京大容彩色印刷有限公司印刷 北京密云青云装订厂装订
787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 429 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月第 1 次印刷

印数: 3200 册

定价: 26.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

前言

为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，推进高等职业技术教育更好地适应经济结构调整、科技进步和劳动力市场的需要，推动高等职业技术学院实施职业资格证书制度，加快高技能人才的培养，劳动和社会保障部教材办公室在充分调研和论证的基础上，组织编写了高等职业技术学院系列教材。从2004年起，陆续推出数控类、电工类、模具设计与制造、电子商务、电子类、烹饪类专业教材，并将根据需要不断开发新的教材，逐步建立起覆盖高等职业技术学院主要专业的教材体系。

在高等职业技术学院系列教材的编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则：一是坚持高技能人才的培养方向，从职业（岗位）分析入手，强调教材的实用性；二是紧密结合高职院校、技师学院、高级技校的教学实际情况，同时，坚持以国家职业资格标准为依据，力求使教材内容覆盖职业技能鉴定的各项要求；三是突出教材的时代感，力求较多地引进新知识、新技术、新工艺、新方法等方面的内容，较全面地反映行业的技术发展趋势；四是打破传统的教材编写模式，树立以学生为主体的教学理念，力求教材编写有所创新，使教材易教易学，为师生所乐用。

数控类专业教材主要包括《机械制造工艺学》《金属材料及热处理》《电工基本技能》《数控原理及系统》《数控编程》《数控机床机械系统》《机床电气控制》《数控系统故障诊断与排除（2005年出版）》等，可供高职院校、技师学院、高级技校数控技术应用、数控设备应用与故障排除等专业使用。教材的编写参照了相关的国家职业标准，有些教材还配套出版了习题册。

在上述教材编写过程中，我们得到有关省市劳动和社会保障部门、教育部门，以及高等职业院校、技师学院、高级技校的大力支持，在此表示衷心的感谢。同时，我们恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2004年2月

简介

本书为全国高等职业技术学院数控类专业教材，供各类高职院校、技师学院、高级技校相关专业使用。主要内容有：数控编程基础、数控车床与车削中心的编程、数控铣床与铣削中心的编程、用户宏程序、常用数控设备编程、自动编程等。

本书也可用于高级技术人才培养。

本书由韩鸿鸾主编，钱星审稿。

目录

第一章 数控编程基础	(1)
§ 1—1 数控编程概述	(1)
§ 1—2 数控机床的坐标系	(6)
§ 1—3 数控机床的有关功能	(9)
§ 1—4 数控加工程序的格式与组成	(22)
§ 1—5 数控机床上的有关点	(28)
§ 1—6 刀具补偿功能	(38)
§ 1—7 数控机床编程规则	(54)
§ 1—8 程序编制中的误差问题	(57)
§ 1—9 编制程序时的工艺处理	(59)
§ 1—10 手工编程中的数值计算	(61)
思考与练习	(63)
第二章 数控车床与车削中心的编程	(65)
§ 2—1 直线插补的应用	(65)
§ 2—2 圆弧程序的编制	(72)
§ 2—3 螺纹加工	(78)
§ 2—4 循环加工	(88)
§ 2—5 子程序的应用	(102)
§ 2—6 零点偏置	(106)
§ 2—7 数控车削中心编程	(108)
§ 2—8 数控车床编程举例	(122)
思考与练习	(127)
第三章 数控铣床与铣削中心的编程	(131)
§ 3—1 一般工件的编程	(131)
§ 3—2 刀具偏置功能	(141)
§ 3—3 固定循环功能	(146)
§ 3—4 子程序在加工中心编程上的应用	(165)
§ 3—5 坐标系的旋转	(171)
§ 3—6 极坐标编程与柱面坐标编程	(176)
§ 3—7 螺旋线切削与螺纹加工	(181)

§ 3—8 零点偏置与转移加工·····	(184)
思考与练习·····	(190)
第四章 用户宏程序 ·····	(195)
§ 4—1 用户宏程序概述·····	(195)
§ 4—2 A类型的用户宏程序 ·····	(199)
§ 4—3 B类型的用户宏程序·····	(207)
思考与练习·····	(214)
第五章 常用数控设备编程 ·····	(215)
§ 5—1 数控冲床编程·····	(215)
§ 5—2 数控线切割机编程·····	(225)
§ 5—3 数控立式磨床编程·····	(238)
思考与练习·····	(244)
第六章 自动编程 ·····	(245)
§ 6—1 自动编程概述·····	(245)
§ 6—2 探针编程介绍·····	(250)
§ 6—3 CAD/CAM集成数控编程系统的应用 ·····	(256)
§ 6—4 MasterCAM系统的应用 ·····	(258)
思考与练习·····	(267)
参考文献 ·····	(269)

第一章

数控编程基础

数控机床是严格按照从外部输入的程序来自动地对被加工零件进行加工的。为了与数控系统的内部程序（系统软件）及自动编程用的零件源程序相区别，我们把从外部输入的直接用于加工的程序称为数控加工程序，简称为数控程序，它是机床数控系统的应用软件。它使用的自动控制语言与通用计算机使用的 BASIC、FOTRAN 等高级语言属于不同的范畴。尽管这种自动控制语言有严格的规则和格式，但它没有类似高级语言那样的语法。

数控系统的种类繁多，它们使用的数控程序的语言规则和格式也不尽相同，应该严格按照机床编程手册中的规定进行程序编制。

§ 1—1 数控编程概述

一、数控编程的概念

我们都知道，在普通机床上加工零件时，一般是由工艺人员按照设计图样事先制订好零件的加工工艺规程。在工艺规程中确定零件的加工工序、切削用量、机床的规格及工具、夹具等内容。操作人员按工艺规程的各个步骤操作机床，加工出图样给定的零件。也就是说零件的加工过程是由人来完成。例如开车、停车、改变主轴转速、改变进给速度和方向、切削液开、关等都是由工人手工操纵的。

在由凸轮控制的自动机床或仿形机床上加工零件时，虽然不需要人对它进行操作，但必须根据零件的特点及工艺要求，设计出凸轮的运动曲线或靠模，由凸轮、靠模控制机床运动，最后加工出零件。在这个加工过程中，虽然避免了操作者直接操纵机床，但每一个凸轮机构或靠模，只能加工一种零件。当改变被加工零件时，就要更换凸轮、靠模。因此，它只能用于大批量、专业化生产中。

数控机床和以上两种机床不同。它是按照事先编制好的加工程序，自动地对工件进行加工。我们把工件的加工工艺路线、工艺参数、刀具的运动轨迹、位移量、切削参数（主轴转速、进给量、背吃刀量等）以及辅助功能（换刀、主轴正转、反转、切削液开、关等），按照数控机床规定的指令代码及程序格式编写成加工程序单，再把这一程序单中的内容记录在控制介质上（如穿孔纸带、磁带、磁盘、磁泡存储器），然后输入到数控机床的数控装置中，从而控制机床加工。这种从零件图的分析到制成控制介质的全部过程叫数控程序的编制。

从以上分析可以看出，数控机床与普通机床加工的区别在于数控机床是按照程序自动进行加工，而普通机床要由人来操作，我们只要改变控制机床动作的程序就可以达到加工

不同零件的目的。因此，数控机床特别适用于加工小批量且形状复杂，要求精度高的零件。

编程人员编制好程序以后，要输入到数控装置中，它是通过控制介质来实现的。具体的方法有多种，如穿孔纸带、数据磁带、软磁盘及手动数据输入（即 MDI）和直接通信。

1. 穿孔纸带

早期数控机床上常用的控制介质大都是穿孔纸带。

2. 数据磁带

这种方法是将编制好的程序录制在数据磁带上，在加工零件时，再将程序从数据磁带上读出来，从而控制机床动作。

3. 软磁盘

随着计算机行业的迅速发展，使用计算机软磁盘作为程序输入控制介质的越来越多。编程人员可以在计算机上使用自动编程软件进行编程，然后制作软盘，插入机床的软盘驱动器。

4. MDI

MDI 即手动数据输入方式。它是利用数控机床操作面板上的键盘，将编好的程序直接输入到数控机床中，并可以通过显示器显示有关内容。MDI 的特点是输入简单，检验与校核、修改方便，适用形状简单、程序不长的零件。

5. 直接通信

利用计算机和数控机床上的标准串行接口（RS—232 或 RS—422）实现通信，将加工程序直接送入机床数控系统，更为便捷可靠。

二、数控编程的步骤

数控机床都是按照事先编制好的数控加工程序自动地对工件进行加工的设备。理想的加工程序不仅应保证加工出符合图样要求的合格零件，同时应能使数控机床的功能得到合理地应用与充分地发挥，以使数控机床能安全可靠及高效地工作。

数控编程步骤主要包括：分析零件图样，确定加工工艺过程、数值计算、编写程序、制备控制介质、程序校验及首件试切，如图 1—1 所示。

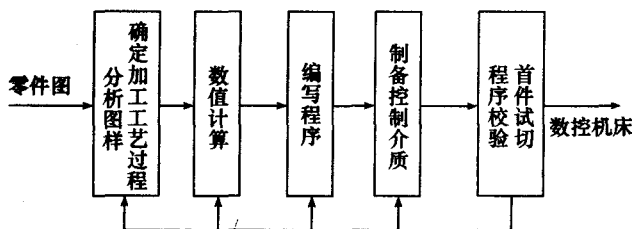


图 1—1 数控编程的步骤

数控编程的具体步骤与要求如下：

1. 分析零件图样和工艺处理

这一步骤的内容包括对零件图样进行分析，以明确加工的内容及要求、确定加工方案、选择合适的数控机床、设计夹具、选择刀具、确定合理的走刀路线及选择合理的切削用量等。工艺处理涉及的问题很多，编程人员需要注意以下具体工作：

(1) 确定加工方案 此时应考虑数控机床的合理性及经济性,并充分发挥数控机床的功能。

(2) 工夹具的设计和选择 应特别注意要迅速地将工件定位和夹紧,以减少辅助时间。使用组合夹具,生产准备周期短,夹具零件可以反复使用,经济效果好。此外,所用夹具应便于安装,便于协调工件和机床坐标系的尺寸关系。

(3) 正确地选择编程原点及坐标系 对于数控机床来说,程序编制时,正确地选择编程原点及坐标系是很重要的。

编程原点及坐标系的选择原则如下:

- 1) 所选的编程原点及坐标系应使程序编制简单。
- 2) 编程原点应选在容易找正、并在加工过程中便于检查的位置。
- 3) 引起的加工误差小。

(4) 选择合理的进给路线 合理地选择进给路线对于数控加工是很重要的。进给路线的选择应从以下几个方面考虑:

- 1) 尽量缩短进给路线,减少空走刀行程,提高生产效率。
- 2) 合理选取起刀点、切入点和切入方式,保证切入过程平稳,没有冲击。
- 3) 保证加工零件精度和表面粗糙度的要求。
- 4) 保证加工过程的安全性,避免刀具与非加工面的干涉。
- 5) 有利于简化数值计算,减少程序段数目和编制程序工作量。

(5) 选择合理的刀具 根据零件材料的性能、机床的加工能力、加工工序的类型、切削用量以及其他与加工有关的因素来选择刀具。

(6) 确定合理的切削用量 在工艺处理中必须正确确定切削用量。

2. 数值计算

在完成了工艺处理的工作之后,下一步需根据零件的几何尺寸、加工路线和刀具半径补偿方式,计算刀具的运动轨迹,以获得刀位数据。

3. 编写零件加工程序单

在完成上述工艺处理和数值计算之后,编程员应使用数控系统的程序指令,按照程序格式,逐段编写零件加工程序单。编程员应对数控机床的性能、程序指令及代码非常熟悉,才能编写出正确的零件加工程序。

4. 制备控制介质

制备控制介质,即把编制好的程序单上的内容,记录在控制介质上,作为数控装置的输入信息。

5. 程序校验与首件试切

程序单和制备好的控制介质必须经过校验和试切才能正式使用。在没有 CRT 的数控机床上,校验的方法是直接将控制介质上的内容输入到数控装置中,让机床空运转,即以笔代刀,以坐标纸代替工件,画出加工路线,以检查机床的运动轨迹是否正确。在有 CRT 图形显示屏的数控机床上,用模拟刀具与工件切削过程的方法进行检验更为方便,但这些方法只能检验出运动是否正确,不能检查出被加工零件的加工精度。因此,有必要进行零件的首件试切。当发现有加工误差时,应分析误差产生的原因,找出问题所在,加以修正。

从以上内容来看,作为一名好的编程人员,不但要熟悉数控机床的结构、数控系统的功

能及相关标准，而且还必须是一名好的工艺人员，要熟悉零件的加工工艺、装卡方法、刀具、切削用量的选择等方面的知识。

三、数控编程的方法

数控编程可分为手工编程、自动编程和计算机高级语言编程三种方法。

1. 手工编程

(1) 手工编程的定义 手工编程是指主要由人工来完成数控机床程序编制各个阶段的工作。当被加工零件形状不十分复杂和程序较短时，都可以采用手工编程的方法。手工编程框图如图 1—2 所示。

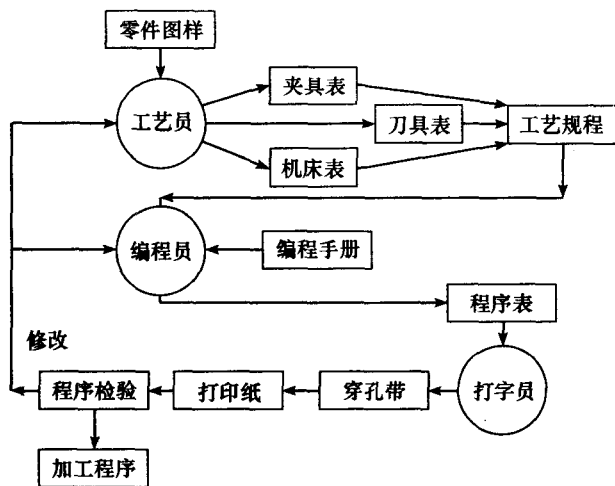


图 1—2 手工编程框图

对于几何形状不太复杂的零件，所需要的加工程序不长，计算也比较简单，出错机会较少，这时用手工编程既经济又及时，因而手工编程被广泛地应用于形状简单的点位加工及平面轮廓加工中。但对于一些复杂零件，特别是具有非圆曲线的表面，或者零件的几何元素并不复杂，但程序量很大的零件（如一个零件上有许多个孔或平面轮廓由许多段圆弧组成），或当铣削轮廓时，数控系统不具备刀具半径自动补偿功能，而只能以刀具中心的运动轨迹进行编程等特殊情况，由于计算相当繁琐且程序量大，手工编程就难以胜任，即使能够编出程序来，往往耗费很长时间，而且容易出现错误。据国外统计，当采用手工编程时，一个零件的编程时间与在机床上实际加工时间之比，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，编程所用时间较长，造成机床停机。因此，为了缩短生产周期，提高数控机床的利用率，有效地解决各种模具及复杂零件的加工问题，采用手工编制程序已不能满足要求，而必须采用“自动编制程序”的办法。

(2) 手工编程的意义 手工编程的意义在于加工形状简单的零件（如直线与直线或直线与圆弧组成的轮廓）时，快捷、简便；不需要具备特别的条件（价格较高的自动编程机及相应的硬件和软件等）；对机床操作或程序员不受特殊条件的制约；还具有较大的灵活性和编程费用少等优点。

手工编程在目前仍是广泛采用的编程方式，即使在自动编程高速发展的将来，手工编程的重要地位也不可取代，仍是自动编程的基础。在先进的自动编程方法中，许多重要的经验

都来源于手工编程，并不断丰富和推动自动编程的发展。

(3) 手工编程的不足 手工编程既繁琐、费时，又复杂，而且容易产生错误。其原因是：

1) 零件图上给出的零件形状数据往往比较少，而数控系统的插补功能要求输入的数据与零件形状给出的数据不一致时，就需要进行复杂的数学计算，而在计算过程中可能会产生人为的错误。

2) 加工复杂形面的零件轮廓时，图样上给出的是零件轮廓的有关尺寸，而机床实际控制的是刀具中心轨迹。因此，有时要计算出刀具中心运动轨迹的坐标值，这种计算过程也较复杂。对有刀具半径补偿功能的数控系统，要用到一些刀具补偿的指令，并要计算出一些数据，这些指令的使用和计算过程也比较繁琐复杂，容易产生错误。

3) 当零件形状以抽象数据表示时，就失去了明确的几何形象，在处理这些数据时容易出错。无论是计算过程中的错误，还是处理过程中的错误，都不便于查找。

4) 手工编程时，编程人员必须对所用机床和数控系统以及对编程中所用到的各种指令、代码都非常熟悉。这在编制单台数控机床的程序时，矛盾还不突出，可以说不大出现代码弄错问题。但在一个编程人员负责几台数控机床的程序编制工作时，由于数控机床所用的指令、代码、程序段格式及其他一些编程规定不一样，所以就给编程工作带来了易于混淆而出错的可能性。

2. 自动编程

自动编程是指借助数控语言编程系统或图形编程系统由计算机来自动生成零件加工程序的过程。

编程人员只需根据加工对象及工艺要求，借助数控语言编程系统规定的数控编程语言或图形编程系统提供的图形菜单功能，对加工过程与要求进行较简便的描述，而由编程系统自动计算出加工运动轨迹，并输出零件数控加工程序。由于在计算机上可自动绘出所编程序的图形及进给轨迹，所以能及时地检查程序是否有错，并进行修改，得到正确的程序。

按输入方式的不同，自动编制程序可分为语言数控自动编程、图形交互自动编程和语音提示自动编程等。现在，在我国应用较广泛的主要是语言自动编程和图形交互式编程，我们将在第六章中详细介绍。

3. 计算机高级语言编程

由于计算机运算速度的不断提高，最近出现了计算机高级语言编程，其特点：即软件资源丰富，便于移植，开放性好，透明度高，编程员从建立工件几何形状尺寸数学模型，到最终形成加工程序的每一环节，编程员都很清楚。只要熟悉所用机床加工程序的格式，就能使用自己熟悉的语言进行编程，但仅适合于可用数学表达式表达的加工对象。

例如，生成一个用直线逼近图 1—3 所示心形线的程序如下，其中

$$R=B|\cos(Q/2)|$$

用 2 号子程序计算节点，各参数含义如下：

A 或 P0 角度 Q 的值

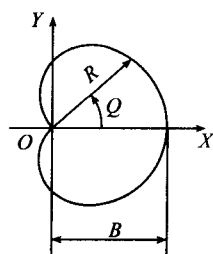


图 1—3 心形线图

B 或 P1 B 值

C 或 P2 计算用的角度增量

D 或 P3 坐标轴进给速度

主程序:

G00 X0 Y0

G93

(PCALL2, A0, B30, C5, D500)

M30

子程序为:

(CUB2)

(OPEN P12345)

; 开始编辑程序 P12345

(WRITE EP3)

; 选用进给率

N100 (P10=P1 * (ABS (cosP0/2)))

; 计算 R

(WRITE G01 G05 R P10 QP0)

; 运动模块

(P0=P0+P2)

; 计算下一个角度

(IF (P0 NE 360) GOTO N100)

; 如果不是 360°, 则计算新点

(WRITE M30)

; 程序模块结束

(RET)

; 子程序结束

四、编程方法的选择

在数控机床发展的过程中,在研制出各种数控机床的同时,也研制出了各种编程方法。至今,主要有手工编程和自动编程两种方法,其他方法可视为这两种方法的扩展,它们各有其适用范围。究竟选择哪一种编程方法,通常应根据被加工零件的复杂程度、数值计算的难度与工作量大小、现有设备(计算机、数控语言系统等)以及时间和费用等进行全面考虑,权衡利弊,予以确定。一般而言,加工形状简单的零件,例如点位加工或直线切削零件,用手工编程所需的时间和费用与用自动编程所需的时间和费用相差不大,因此采用手工编程比较合适。而当被加工零件形状比较复杂,如复杂的模具,若不采用自动编程,不仅在时间和费用上不合理,有时甚至用手工编程方法无法完成。

§ 1—2 数控机床的坐标系

为了便于编程时描述机床的运动,简化程序的编制方法及保证记录数据的互换性,数控机床的坐标和运动的方向均已标准化。这里仅作介绍和解释。

一、坐标系的确定原则

我国原机械工业部 1982 年颁布了 JB 3052—1982 标准,其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装置来控制

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儿直角坐标系，如图 1—4 所示。图中规定了 X、Y、Z 三个直角坐标轴的方向，这个坐标系的各个坐标轴与机床的主要导轨相平行，它与安装在机床上并且按机床的主要直线导轨找正的工件有关。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。

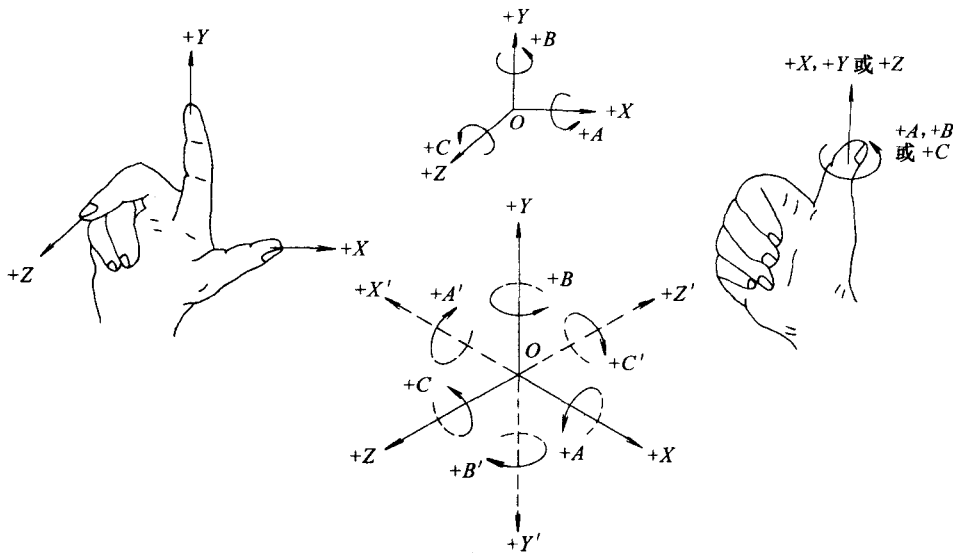


图 1—4 右手笛卡儿直角坐标系

二、运动方向的确定

机床某一运动部件的运动正方向规定为增大工件与刀具之间距离的方向。

1. Z 坐标的运动

Z 坐标的运动由传递切削力的主轴所决定，与主轴轴线平行的标准坐标轴即为 Z 坐标。如图 1—5、图 1—6 所示的车床，图 1—7 所示立式转塔车床或立式镗铣床等。若机床没有主轴（如牛头刨床等），则 Z 坐标垂直于工件装夹面，如图 1—8 所示。若机床有几个主轴，可选择—个垂直于工件装夹面的主要轴作为主轴，并以它确定 Z 坐标。

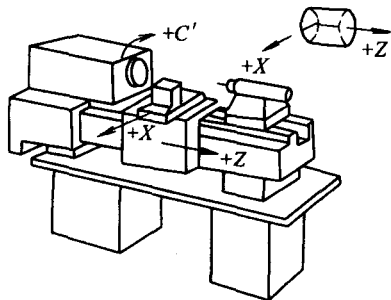


图 1—5 卧式车床

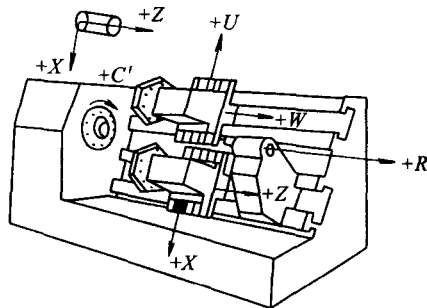


图 1—6 具有可编程尾架座的双刀架车床

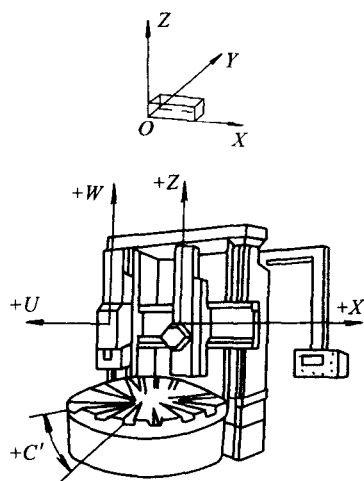


图 1—7 立式转塔车床或立式镗铣床

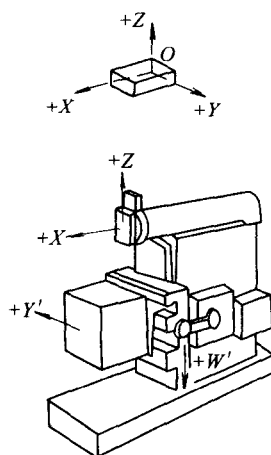


图 1—8 牛头刨床

Z 坐标的正方向是增加刀具和工件之间距离的方向。如在钻镗加工中，钻入或镗入工件的方向是 Z 的负方向。

2. X 坐标的运动

X 坐标的运动是水平的，它平行于工件装夹面，是刀具或工件定位平面内运动的主要坐标，如图 1—9 所示。

在没有回转刀具和没有回转工件的机床上（如牛头刨床），X 坐标平行于主要切削方向，以该方向为正方向，如图 1—8 所示。

在有回转工件的机床上，如车床、磨床等，X 运动方向是径向的，而且平行于横向滑座，X 的正方向是安装在横向滑座的主要刀架上的刀具离开工件回转中心的方向，如图 1—5 所示。

在有刀具回转的机床上（如铣床），若 Z 坐标是水平的（主轴是卧式的），当由主要刀具主轴向工件看时，X 运动的正方向指向右方，如图 1—10 所示，若 Z 坐标是垂直的（主轴是立式的），当由主要刀具主轴向立柱看时，X 运动正方向指向右方，如图 1—9 所示的立式铣床。对于桥式龙门机床，当由主要刀具主轴向左侧立柱看时，X 运动的正方向指向右方，如图 1—11 所示。

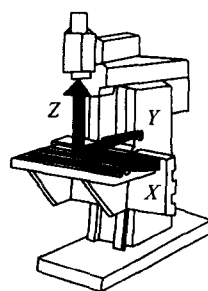


图 1—9 数控铣床的 X 坐标

3. Y 坐标的运动

正向 Y 坐标的运动，根据 X 和 Z 的运动，按照右手笛卡儿直角坐标系来确定。

4. 旋转运动

在图 1—4 中，A、B、C 相应地表示其轴线平行于 X、Y、Z 的旋转运动。A、B、C 正方向为在 X、Y 和 Z 方向上，右旋螺纹前进的方向。

5. 机床坐标系的原点及附加坐标

标准坐标系的原点位置是任意选择的。A、B、C 的运动原点（0°的位置）也是任意的。

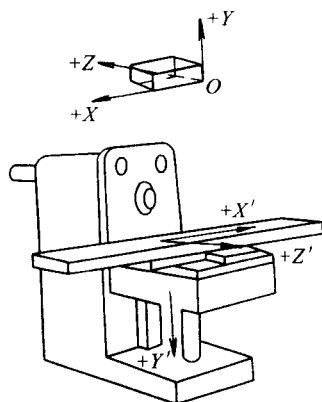


图 1—10 卧式升降台铣床

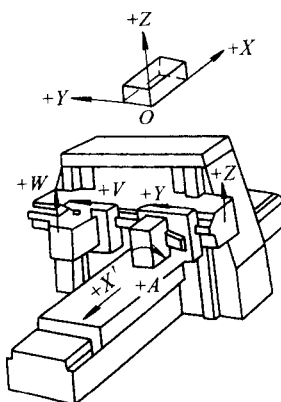


图 1—11 龙门式轮廓铣床

如果在 X 、 Y 、 Z 主要直线运动之外另有第二组平行于它们的坐标运动，就称为附加坐标。它们应分别被指定为 U 、 V 和 W ，如还有第三组运动，则分别指定为 P 、 Q 和 R ，如有不平行或可以不平行于 X 、 Y 、 Z 的直线运动，则可相应地规定为 U 、 V 、 W 、 P 、 Q 或 R 。

如果在第一组回转运动 A 、 B 、 C 之外，还有平行或不平行于 A 、 B 、 C 的第二组回转运动，可指定为 D 、 E 或 F 。

6. 工件运动

对于移动部分是工件而不是刀具的机床，必须将前面所介绍的移动部分是刀具的各项规定，在理论上作相反的安排。此时，用带“'”的字母表示工件正向运动，如 $+X'$ 、 $+Y'$ 、 $+Z'$ 表示工件相对于刀具正向运动的指令， $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ 表示刀具相对于工件正向运动的指令，二者所表示的运动方向恰好相反。

§ 1—3 数控机床的有关功能

一、准备功能

准备功能也称 G 功能或 G 代码，由地址符 G 加两位数值构成该功能的指令。 G 功能指令用来规定坐标平面、坐标系、刀具和工件的相对运动轨迹、刀具补偿、单位选择、坐标偏置等多种操作。 G 功能指令分若干组（指令群），有模态功能指令和非模态功能指令之分。非模态 G 功能指令只在所在程序段中有效，因此也称作一次性代码。模态功能指令可与同组 G 功能指令互相注销，模态 G 功能指令一旦被执行，则一直有效，直至被同组 G 功能指令注销为止。不同组的 G 指令可放在同一程序段中；在同一程序段中有多个同组的 G 代码时，以最后一个为准。我国依据 ISO 1056—1975 (E) 制定了 JB 3208—1983 标准。

各个国家，甚至在同一个国家内，数控系统的 G 代码含义并未真正统一。表 1—1 表示出 FUNUC 数控系统的 G 代码及其功能。

表 1—1

FANUC 数控系统的准备功能一览表

G 代码	组别	用于数控车床的功能	用于数控铣床的功能	附注
▲ G00	01	快速定位	相同	模态
G01		直线插补	相同	模态
G02		顺时针圆弧插补	相同	模态
G03		逆时针圆弧插补	相同	模态
G04	00	暂停	相同	非模态
▲ G10		数据设置	相同	非模态
G11		数据设置取消	相同	非模态
G17	16	XY 平面选择	相同 (缺省状态)	模态
G18		ZX 平面选择 (缺省状态)	相同	模态
G19		YZ 平面选择	相同	模态
G20	06	英制 (in)	相同	模态
G21		公制 (mm)	相同	模态
▲ G22	09	行程检查功能打开	相同	模态
G23		行程检查功能关闭	相同	模态
▲ G25	08	主轴转速波动检查关闭	相同	模态
G26		主轴转速波动检查打开	相同	模态
G27	00	参考点返回检查	相同	非模态
G28		参考点返回	相同	非模态
G30		第二参考点返回	×	非模态
G31		跳步功能	相同	非模态
G32	01	螺纹切削	×	模态
G36	00	X 向自动刀具补偿	×	非模态
G37		Z 向自动刀具补偿	×	非模态
▲ G40	07	刀尖半径补偿取消	刀具半径补偿取消	模态
G41		刀尖半径左补偿	刀具半径左补偿	模态
G42		刀尖半径右补偿	刀具半径右补偿	模态
G43	01	×	刀具长度正补偿	模态
G44		×	刀具长度负补偿	模态
G49		×	刀具长度补偿取消	模态