



全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

数控铣床编程与操作

主 编 王志斌
主 审 陈光明



突出数控铣床编程实际应用
引入MasterCAM自动编程新思想
符合应用型本科院校的定位



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

数控铣床编程与操作

主 编	王志斌
副主编	王宏睿
参 编	薛姣益
主 审	陈光明



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书根据应用型本科院校的定位和教学特点编写而成,内容详略得当、图文并茂、实用性强,突出数控铣床编程在生产实践中的实际应用,同时引入 MasterCAM 自动编程的新思想、新成果,反映学科发展的新趋势。全书共 7 章,包括:数控编程的基础、数控铣床的编程、宏指令应用、数控铣床加工工艺基础、数控铣床编程训练、自动编程和习题集。其中第 1~3 章属于编程知识部分,第 4 章为加工工艺基本知识,第 5 章为模块加工实训,第 6 章为自动编程的特点、性能及应用介绍,第 7 章为本书习题集。

本书不仅可作为高等院校机械类、机电类及模具专业的专业基础课教学用书,也可供自学者、工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床编程与操作/王志斌主编. —北京:北京大学出版社, 2012. 10

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-21347-6

I. ①数… II. ①王… III. ①数控机床—铣床—程序设计—高等学校—教材②数控机床—铣床—操作—高等学校—教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 236469 号

书 名: 数控铣床编程与操作

著作责任者: 王志斌 主编

策 划 编 辑: 童君鑫 宋亚玲

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-21347-6/TH·0318

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.75 印张 414 千字

2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

数控机床是集机、电、液、气高度一体化及自动化程度很高的加工设备，是综合应用计算机、自动控制自动检测及精密机械等高新技术的产物。数控机床的数控加工技术的应用给现代制造业带来了巨大效益。随着数控机床的普及与发展，现代企业对掌握数控加工工艺、能进行数控加工编程的技术人才的需求量不断增加，然而，数控机床门类很多，各种数控设备加工编程方法又有很大不同，本书正是基于此，专门编写数控铣床编程与操作一书。本书内容主要讲解数控加工程序编制的基本方法，数控铣床编程具有的功能介绍，用户宏程序在数控铣床编程中的应用，数控铣床编程的技能训练模块，最后附一些经典数控加工用图样，以备学生学后练习所用。由于数控系统门类很多，同一系统分类也很多，所以本书在操作训练方面只讲解工艺处理、器具和材料准备、程序编制等。

本书由三江学院机械工程学院的王志斌任主编，南京工程学院机械工程学院王宏睿任副主编，薛姣益参编，由南京农业大学的陈光明教授主审。其中，第1章由王宏睿编写，第3章由薛姣益编写，其余由王志斌编写，全书由王志斌统稿。

由于编者水平有限，书中不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2012年5月于南京

目 录

第 1 章 数控编程的基础	1
1.1 数控编程概述	2
1.1.1 数控编程的概念	2
1.1.2 数控编程的方法	3
1.1.3 手工编程的步骤	4
1.2 数控铣床的坐标系及相关点	6
1.2.1 坐标系的确定原则	6
1.2.2 运动方向的确定	6
1.2.3 机床原点	10
1.2.4 机床参考点	11
1.2.5 刀具相关点	13
1.2.6 装夹原点	13
1.2.7 工件坐标系原点	13
1.2.8 起刀点	16
1.3 数控铣床的主要功能	16
1.3.1 数控系统的主要功能	16
1.3.2 准备功能字	17
1.3.3 辅助功能	20
1.3.4 进给速度	22
1.3.5 主轴转速功能	24
1.3.6 刀具功能	25
1.4 数控加工程序的格式与组成	27
1.4.1 程序组成	27
1.4.2 程序段格式	29
1.5 数控铣床编程的规则	30
1.5.1 CNC 程序结构	30
1.5.2 编程规则	31
1.5.3 绝对值编程和增量值编程	34
1.5.4 机床的初始状态	35
1.6 刀具补偿功能	36
1.6.1 刀具长度补偿	36
1.6.2 刀具半径补偿	38
1.7 数控铣床编程过程中的误差处理	51
1.7.1 数控误差补偿	51
1.7.2 数控加工特殊情况下的数学处理	52
思考题	55
第 2 章 数控铣床的编程	56
2.1 加工一般工件的编程	57
2.1.1 主要辅助功能简介	57
2.1.2 主要准备功能简介	59
2.2 刀具偏置功能	73
2.3 固定循环功能	80
2.4 子程序的应用	98
2.5 螺旋线切削与螺纹加工	104
2.6 坐标系旋转等功能的应用	107
2.7 零点偏置	108
思考题	112
第 3 章 宏指令应用	113
3.1 A 类用户宏程序及应用	114
3.2 B 类用户宏程序及应用	119
思考题	126
第 4 章 数控铣床加工工艺基础	127
4.1 数控加工对象	128
4.1.1 数控铣削对象	128
4.2 加工工艺性分析	129
4.2.1 工艺分析	129
4.2.2 零件结构工艺性	129
4.2.3 定位和装夹	133
4.3 加工工艺路线的确定	135
4.3.1 加工方法的选择	135
4.3.2 加工顺序的安排	139



4.3.3 加工路线的确定	140	思考题	191
4.4 加工工艺参数	142	第6章 自动编程	192
4.4.1 主轴转速的确定	142	6.1 MasterCAM X5 系统的应用	
4.4.2 进给速度的确定	142	概述	193
4.4.3 背吃刀量确定	144	6.2 MasterCAM X5 系统的工作	
4.5 数控铣床的选用	147	环境	194
4.6 数控铣加工刀具的选择	148	6.3 MasterCAM X5 系统的几何	
4.6.1 铣削加工最佳切削条件 ...	148	建模功能	196
4.6.2 刀具的选择	150	6.4 MasterCAM X5 系统的数控	
4.6.3 铣刀的种类	152	加工编程功能	200
4.6.4 对刀仪的选择	156	6.4.1 二维刀具路径	200
4.7 数控机床夹具的选择	156	6.4.2 3D 刀具路径	212
思考题	157	6.5 MasterCAM 系统的应用	215
第5章 数控铣床编程训练	159	6.5.1 MasterCAM 几何造型 ...	215
5.1 基本操作训练	160	6.5.2 MasterCAM X5 二维加工	
5.1.1 实训目的与要求	160	举例	225
5.1.2 数控铣床(XK5025)		6.5.3 MasterCAM X5 三维加工	
简介	160	举例	247
5.1.3 铣床操作方法与步骤	165	6.5.4 MasterCAM X5 多轴加工	
5.2 中心轨迹加工操作实训	171	举例	258
5.3 平面轮廓的加工	173	6.5.5 MasterCAM X5 后置处理	
5.4 孔系加工	176	技术	264
5.5 螺纹加工	182	思考题	265
5.6 键槽的加工	184	第7章 习题集	266
5.7 三维体的加工	187	参考文献	275
5.8 型腔类零件的综合加工	189		

第 1 章

数控编程的基础



本章教学目标

- 了解数控铣床的基本功能；
- 了解数控编程的基本格式与组成；
- 熟悉数控编程中的误差处理方法；
- 掌握数控铣床坐标系、铣床编程规则与刀具补偿方法。



本章教学要点

知识要点	能力要求	相关知识
数控铣床坐标系的确定	熟练运用笛卡儿坐标系判断各个坐标轴、旋转轴的方向	机床坐标系、工件坐标系在数控编程中的应用地位
数控铣床编程规则	熟练掌握绝对坐标编程与增量坐标编程规则	准备功能、辅助功能、刀具功能及主轴功能编程方法与应用知识
刀具补偿方法	掌握刀具长度补偿与刀具半径补偿的建立	刀具磨损机理与加工精度保证的措施实施方法



在数控机床上,传统加工过程中的人工操作多数已被数控系统所取代。其工作过程如下:首先要将被加工零件图上的几何信息和工艺信息数字化,即编成零件程序,再将加工程序单中的内容记录在磁盘等控制介质上,然后将该程序送入数控系统。数控系统则按照程序的要求,进行相应的运算、处理,然后发出控制命令,使各坐标轴、主轴以及辅助机构相互协调运动,实现刀具与工件的相对运动,自动完成零件的加工。

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,它是数控机床的应用软件。它使用的自动控制语言与通用计算机使用的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

1.1.1 数控编程的概念

在普通机床上加工零件时,零件的加工过程由人来完成,例如开车改变进给速度和方向、切削液开和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。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(主轴转数、进给量、背吃刀量等)以及辅助功能(换刀,主轴正转、反转,切削液开和关等),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(如磁带、磁盘等),然后输入到数控机床的数控装置中,从而控制机床加工。这种从零件图样的分析到制成控制介质的全部过程叫数控程序的编制。

由此可以看出,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。对数控机床,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和直接通信等。

1.1.2 数控编程的方法

数控编程方法可分为手工编程和自动编程两种。

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。手工编程过程如图 1.1 所示。

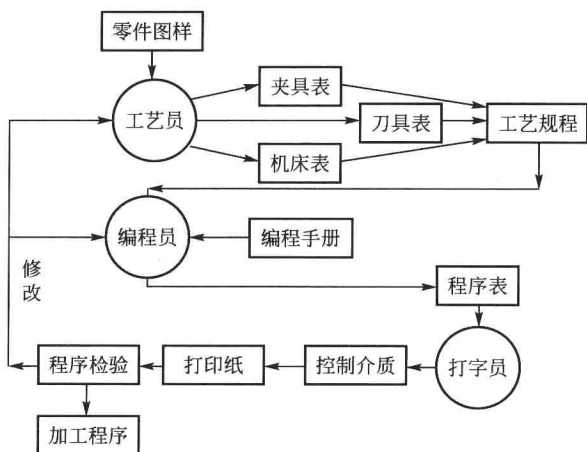


图 1.1 手工编程过程

(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。手工编程既烦琐、费时，又复杂，而且容易产生错误。其原因有以下几个。

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，并要计算出相应的数据，这些指令的使用和计算过程也比较烦琐复杂，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

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下,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,而数控机床不在运行的原因有 20%~30%是由于加工程序编制困难,编程所用时间较长造成的机床停机。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。

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地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。在我国应用较广泛的主要是图形交互式编程。

3. 编程方法的选择

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、现有装备(计算机、数控编程软件等)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。

1.1.3 手工编程的步骤

数控编程过程主要包括分析零件图样,确定加工工艺过程,数值计算,编写零件加工程序单,制备控制介质,程序校验与首件试切,如图 1.2 所示。现介绍具体步骤与要求。

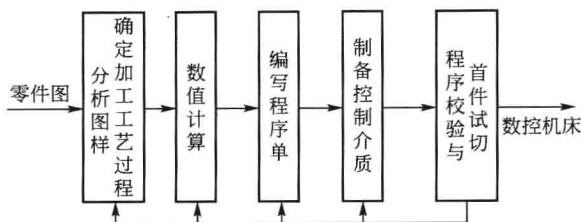


图 1.2 数控编程的步骤

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。确定合理的进给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几点。

(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) 工件夹具的设计和选择。应特别注意要迅速地工件定位并夹紧，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编程坐标系。对于数控机床，程序编制时，正确地选择编程原点及编程坐标系是很重要的。编程坐标系是指在数控编程时，在工件上确定的基准坐标系，其原点也是数控加工的对刀点。编程原点及编程坐标系的选择原则如下。

- ① 所选的编程原点及编程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，应从以下几个方面考虑。

- ① 尽量缩短进给路线，减少空进给行程，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。
- ③ 保证加工零件的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。根据工件材料的性能、机床的加工能力以及其他的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. 数值处理

在完成了上述工艺分析的工作之后，下一步需根据零件的几何尺寸，计算刀具运动轨迹，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，程序员使用数控系统的程序指令，按照要求的



程序格式,逐段编写零件加工程序单。程序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。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 的数控机床上,用模拟刀具与工件切削过程的方法进行校验更为方便,但这些方法只能检验出运动是否正确,不能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,而且还要熟悉零件的加工工艺、装夹方法、刀具、切削用量的选择等方面的知识。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。

1.2 数控铣床的坐标系及相关点

1.2.1 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,1999 年对该标准进行了修订,也就是现在执行的 JB/T 3052—1999 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,就可根据零件图样,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 1.3 所示。图中规定了 X、Y、Z 3 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相关。根据右手螺旋方法,可以很方便地确定出 A、B、C 3 个旋转坐标的方向。

1.2.2 运动方向的确定

机床的某一运动部件的运动正方向,规定为刀具远离工件的方向。

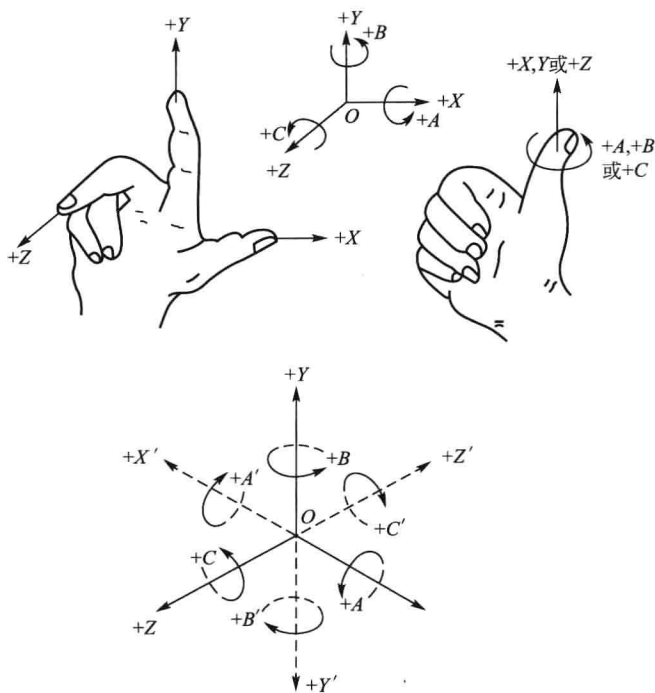


图 1.3 右手笛卡儿直角坐标系

1. Z 坐标的运动

主旋转轴的轴线就是 Z 坐标轴。 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 1.4、图 1.5 所示的车床，图 1.6 所示立式转塔车床或立式镗铣床等。若机床没有主轴(如刨床等)，则 Z 坐标垂直于工件装夹面，如图 1.7 所示的牛头刨床。若机床有几个主轴，可选择一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。

Z 坐标的正方向是刀具远离工件的方向。如在钻镗加工中，钻入或镗入工件的方向是 Z 的负方向。

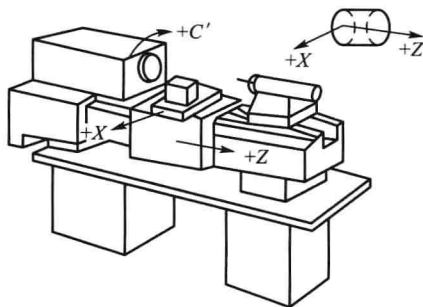


图 1.4 卧式车床

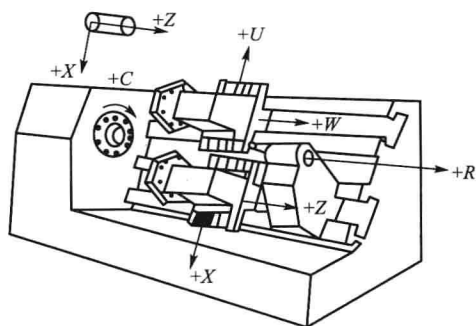


图 1.5 具有可编程尾座的双刀架车床

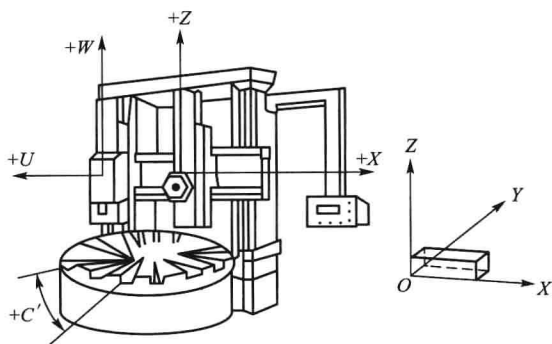


图 1.6 立式转塔车床或立式镗铣床

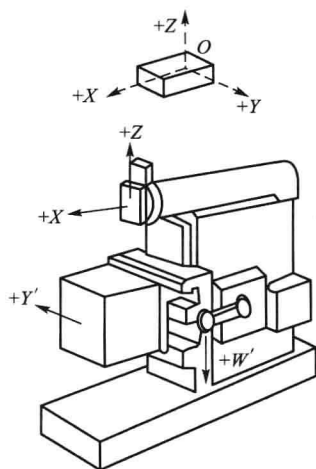


图 1.7 牛头刨床

2. X 坐标的判定

X 坐标运动轴是水平的，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 1.8 所示。在没有回转刀具和没有回转工件的机床(如牛头刨床)上 X 坐标平行于主要切削方向，以该方向为正方向，如图 1.7 所示。

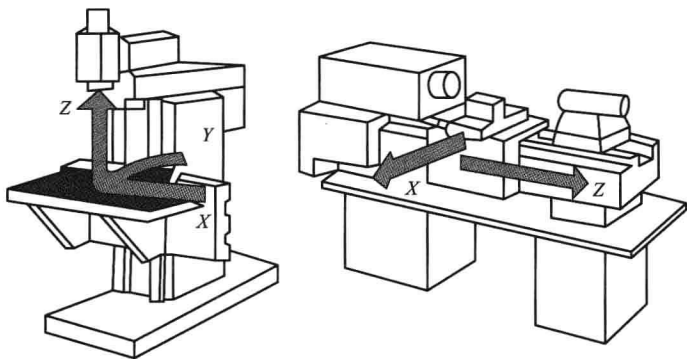


图 1.8 铣床与车床的 X 坐标

在有回转工件的机床上，如车床、磨床等，X 运动方向是直径方向，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远离工件回转中心的方向。

在有刀具回转的机床上(铣床)，若 Z 坐标是水平的(主轴是卧式的)，当逆着主要刀具的主轴方向向工件看时，X 运动的正方向指向右方，如图 1.9 所示；若 Z 轴是垂直的(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 1.8 所示的立式铣床；对于桥式龙门机床，当由主要刀具的主轴向左侧立柱看时，X 运动正方向指向右方，如图 1.10 所示。

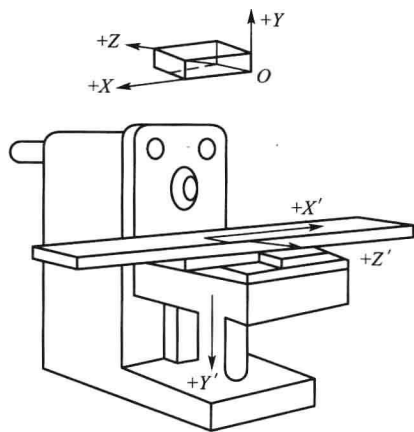


图 1.9 卧式升降台铣床

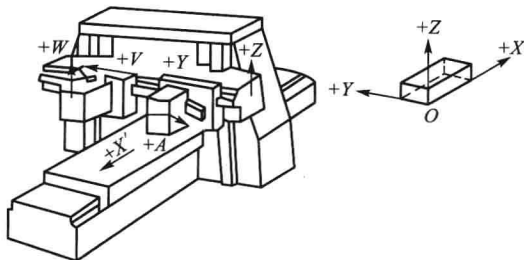


图 1.10 桥式龙门机床



3. Y 坐标的运动

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

4. 旋转运动

旋转运动在图 1.3 中, A、B、C 相应地表示其轴线平行于 X、Y、Z 轴, A、B、C 正向为逆着 X、Y 和 Z 正方向看, 逆时针方向便是 A、B、C 的正方向。

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。在数控铣床上, 机床原点一般取在 X、Y、Z 3 个直线坐标轴正方向的极限位置上, 如图 1.11 所示, 图中 O_1 即为立式数控铣床的机床原点。A、B、C 的运动原点(O 点)也是任意的, A、B、C 原点的位置最好选择为与相应的 X、Y、Z 坐标平行。

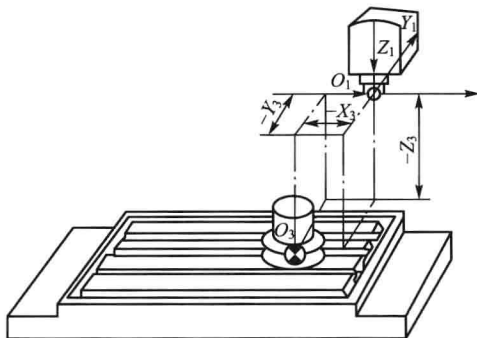


图 1.11 立式数控铣床的机床原点

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系, 就称为附加坐标系。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. 工件的运动

对于移动部分是工件而不是刀具的机床, 按照前面所介绍的移动部分是刀具的各项规定, 在理论上做相反的安排, 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, 两者所表示的运动方向恰好相反。

在数控机床中, 刀具的运动是在坐标系中进行的。在一台机床上, 有各种坐标系与零点。理解它们对使用、操作机床以及编程都是很重要的。

1.2.3 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、调试时就已确定下来了, 是数控机床进行加工运动的基准参考点。在数控铣床上, 机床原点一般取在 X、Y、Z 三个直线坐标轴正方向的极限位置上, 如图 1.11 所示, 图中 O_1

即为立式数控铣床的机床原点。

1.2.4 机床参考点

许多数控机床(全功能型及高档型)都设有机床参考点,该点至机床原点在其进给坐标轴方向上的距离在机床出厂时已经准确给定,使用时可通过“寻找操作”方式进行确认。它与机床原点相对应,有的机床参考点与原点重合。它是机床制造商在机床上借助行程开关设置的一个物理位置,与机床原点的相对位置是固定的,机床出厂之前由机床制造商精密测量确定。一般来说,加工中心的参考点为机床的自动换刀位置,如图 1.12 所示。当然,有的加工中心的换刀点为第二参考点(图 1.13),与数控车床一样。

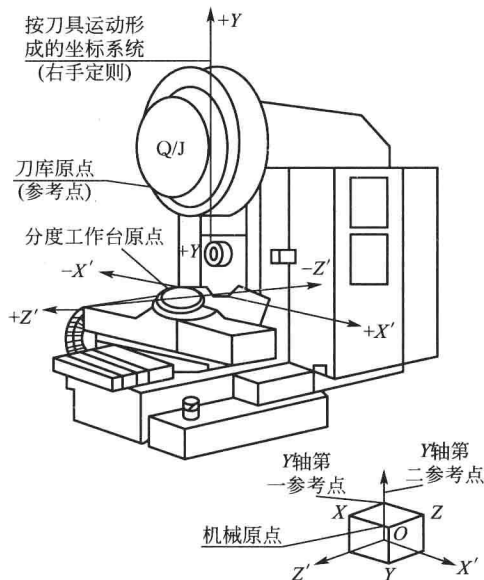


图 1.12 加工中心的参考点

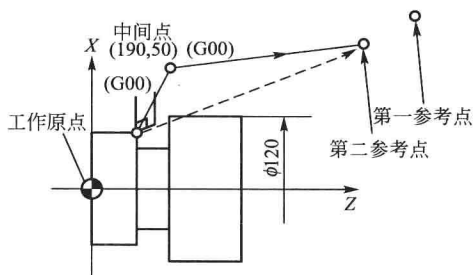


图 1.13 中间点设置

机床原点实际上是通过返回(或称寻找)机床参考点来完成确定的。机床参考点的位置在每个轴上都是通过减速行程开关粗定位,然后由编码器零位电脉冲(或称栅格零点)来精定位的。数控机床通电后,必须首先使各轴均返回各自参考点,从而确定了机床坐标系后,才能进行其他操作。机床参考点相对机床原点的值是一个可设定的参数值。它由机床厂家测量并输入至数控系统中,用户不得改变。当返回参考点的工作完成后,显示器即显