



职业技术教育数控专业规划教材

数控机床 加工程序的编制

韩鸿鸾 荣维芝 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



职业技术教育数控专业规划教材

数控机床加工程序的编制

主编 韩鸿鸾 荣维芝

参编 郑学军 顾正松 刘仁启

主审 毕毓杰



机械工业出版社

本书共分为六章,内容包括数控机床加工程序编制的基础、数控车床与车削中心的编程、数控铣床与铣削中心的编程和用户宏程序、常用数控设备的编程和自动编程等内容。在每章的最后还附有思考与练习以供读者选用。

本书是职业学校数控专业和机电专业用教材,本书力争做到在理论上是先进的、在内容上是实用的、在应用上是可操作的。因此,该书也可以作为其他相近专业和本科师生的参考书,还可以供工厂中数控机床操作人员与数控机床编程人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床加工程序的编制/韩鸿鸾,荣维芝主编. —北京:机械工业出版社,2002.12

职业技术教育数控专业规划教材

ISBN 7-111-11175-3

I. 数... II. ①韩... ②荣... 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(2002)第 089704 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:邓海平

封面设计:张 静 责任印制:路 琳

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·10.875 印张·423 千字

0001—4000 册

定价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

数控机床是现代机械工业的重要技术装备，也是先进制造技术的基础装备。数控机床随着微电子技术、计算机技术、自动控制技术的发展而得到飞跃发展。目前，几乎所有传统机床都有了数控机床品种。数控技术极大地推动了计算机辅助设计、计算机辅助制造、柔性制造系统、计算机集成制造系统、虚拟制造系统和敏捷制造的发展，并为实现绿色制造打下了基础。目前数控机床已逐渐成为机械工业技术改造的首选设备。

随着数控机床的应用日趋普及，社会对其相应技术人才的要求也越来越高。为此，数控技术的教学和人才培养，更应强调其实用性、先进性和可操作性，这也是本书所要力求做到的。

本书是职业技术教育数控专业与机电专业的教材，建议学时为 180 学时，当然各学校可根据具体情况而定，建议学时安排如下表所示。

章	理论学时	实验学时
一	20	
二	40	10
三	30	10
四	20	
五	20	
六	20	10

本书由威海市高级技工学校的韩鸿鸾、荣维芝主编，由南京工程学院的毕毓杰主审。两位主编的地位是相同的，三位参编的地位也是相同的，内封与封面的署名顺序是以所编写的章节而定的。即第一、二、三章由韩鸿鸾与郑学军编写；第四、五、六章由荣维芝、顾正松、刘仁启编写，全书由韩鸿鸾同志统稿。本书在编写过程中得到了南京数控培训中心与丹东数控分中心的大力帮助，在此深表谢意。

由于时间仓促，编者水平有限，书中缺陷乃至错误在所难免，望广大读者给予批评、指正。

编者
于山东威海

目 录

前言

第一章 数控机床加工程序编制的基础	1
第一节 数控编程概述.....	1
第二节 数控机床的坐标系	9
第三节 穿孔纸带及代码.....	13
第四节 数控机床的有关功能	19
第五节 数控加工程序的格式与组成	29
第六节 数控机床上的有关点	37
第七节 刀具补偿功能.....	47
第八节 数控机床的编程规则	68
第九节 程序编制中的误差问题	72
思考与练习	73
第二章 数控车床与车削中心的编程	75
第一节 一般工件的编程.....	75
第二节 圆弧程序的编制.....	91
第三节 螺纹加工	102
第四节 循环加工	113
第五节 子程序的应用.....	131
第六节 零点偏置	135
第七节 圆头车刀的编程与补偿	138
第八节 数控车削中心编程	140
第九节 数控车床编程举例	157
思考与练习	163
第三章 数控铣床与铣削中心的编程	167
第一节 一般工件的编程.....	167
第二节 刀具偏置功能.....	179
第三节 固定循环功能.....	186
第四节 子程序在加工中心编程上的应用	210

第五节	坐标系的旋转·····	217
第六节	极坐标编程与柱面坐标编程·····	223
第七节	螺旋线切削与螺纹加工·····	229
第八节	零点偏置与转移加工·····	232
第九节	数控探针编程介绍·····	239
	思考与练习·····	246
第四章	用户宏程序·····	253
第一节	用户宏程序概述·····	253
第二节	A 类型的用户宏程序·····	257
第三节	B 类型的用户宏程序·····	267
	思考与练习·····	276
第五章	常用数控设备的编程·····	277
第一节	数控冲床的编程·····	277
第二节	数控线切割机的编程·····	290
第三节	数控立式磨床的编程·····	306
	思考与练习·····	312
第六章	自动编程·····	314
第一节	自动编程概述·····	314
第二节	APT 语言简介·····	321
第三节	CAD/CAM 集成 数控编程系统的应用概述·····	326
第四节	MatserCAM 系统的应用·····	329
	思考与练习·····	339
参考文献	·····	341

第一章 数控机床加工程序编制的基础

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工件进行加工的。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。

第一节 数控编程概述

随着数控技术的发展，数控机床不仅在宇航、造船、军工等领域广泛使用，也进入了汽车、机床等民用机械制造行业。目前，在机械行业中，单件、小批量的生产所占有的比例越来越大，机械产品的精度和质量也在不断地提高。普通机床越来越难以满足加工精密零件的需要。同时，数控机床的价格在不断下降，因此，数控机床在机械行业中的使用已日渐普遍。

一、数控编程的概念

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。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。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（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。我们将在第三节中介绍。

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系统中，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的应用与充分的发挥，以使数控机床能安全可靠及高效地工作。

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，制作控制介质，校对程序及首件试切，如图 1-1 所示。

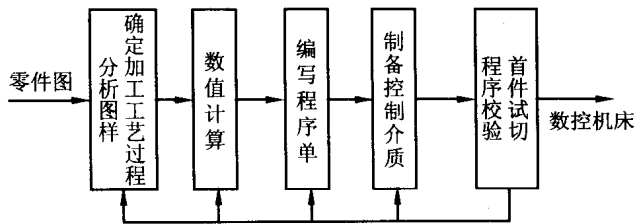


图 1-1 数控编程的步骤

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) 工夹具的设计和选择 应特别注意要迅速的将工件定位并夹紧，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 对于数控机床来说，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) 选择合理的走刀路线 合理地选择走刀路线对于数控加工是很重要的。走刀路线的选择应从以下几个方面考虑：

- 1) 尽量缩短走刀路线，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、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. 数值处理

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, 按照程序的程序格式, 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 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

数控编程方法可分为四种: 手工编程, 自动编程, 计算机辅助编程和计算机高级语言编程。

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。手工编程的框图如图 1-2 所示。

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，因而手工编程仍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

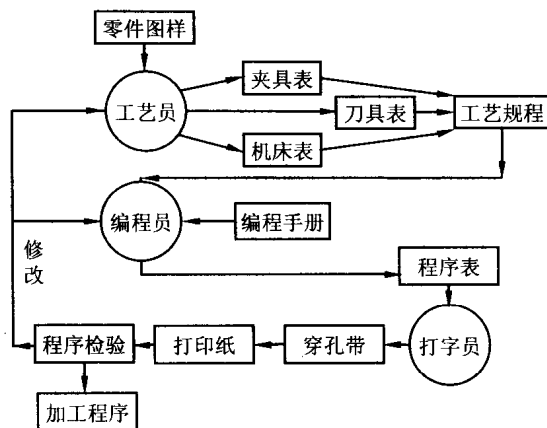


图 1-2 手工编程框图

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别条件的制约；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运算,而在运算过程中可能产生人为的错误。

2) 加工复杂型面的轮廓零件时,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,并要计算出某些数据,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地绘出所编程序的图形及走刀轨迹,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,我们将在第六章中介绍。

3. CAD/CAM 集成系统数控编程

它是以待加工零件 CAD 模型为基础的一种集加工工艺规划(process planning)及数控编程为一体的自动编程方法。其中零件 CAD 模型的方法多种多样,适用于数控编程的主要有表面模型(surface model)和实体模型(solid model),其中以表面模型在数控编程中应用较为广泛。以表面模型为基础的 CAD/CAM 集成数控编程系统,习惯上又称为图形交互编程系统。

CAD/CAM 集成系统数控编程的主要特点,是零件的几何形状可在零件设计阶段采用 CAD/CAM 集成系统的几何设计模块,在图形交互方式下进行定义、显示和修改,最终得到零件的几何模型(可以是表面模型,也可以

4. 计算机高级语言编程

由于计算机计算速度的不断提高，最近出现了计算机高级语言编程，有以下特点：软件资源丰富，便于移植，开放性好，透明度好，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，程序员都很清楚。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心形线的程序
(如图 1-4 所示， $R=B\cos(Q/2)$)。

用 2 号子程序计算节点，各参数含义如下：

A 或 P0: 图 1-4 中的角度 Q 的值

B 或 P1: 图 1-4 中的 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)))

;计算图 1-4 中的 R 值

(WRITE G01 G05 R P10 QP0)

;运动模块

(P0=P0+P2)

;计算下一个角度

(IF(P0 NE 365)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

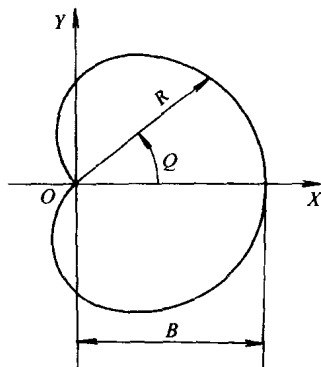


图 1-4 心形线图

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，其他方法可视为自动编程方法的扩展，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，那么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。

另外，自动编程方法有多种。即使用数控语言实现自动编程，数控语言也是种类繁多的。由于用来编程的控制机种类、数控语言系统的功能与使用方便性、所用计算机的种类和性能、还有硬件和软件费用以及维修、人员培训等多方面的差异，这里边也有一个选择问题。因此，选用前，应首先根据本单位的具体条件，包括人员情况、现有的计算机等设备和占用的可能性、本单位数控技术应用发展前景以及本地和外地计算中心的协作关系等等，全面考虑后才能做出选择。通常，应选择适用、价廉、且易于为程编人员掌握的数控语言系统。

还应指出，现代 CNC 的控制机不仅具有零件加工程序的存储能力，而且还能提供零件程序的编辑能力，即允许程编员直接利用操作面板上的键盘编辑程序，如插入或删除某些内容，修改某些内容等；一个新的加工程序也容易通过键盘输入。这种控制机一般都具有一个纸带穿孔机接口，以便穿孔输出修改过的或新输入的加工程序的纸带，用于归档存放等；反之，一个已穿好孔的程序可随时通过串联的光电阅读机进行读入。因此说，程编人员既可在生产准备部门编程，又可在机床上编程（又称为在线编程）。由于在线编程一般都需要机床停机时进行，影响机床的运转利用率，因而又研究制造了另一种在线编程的 CNC 系统，它能做到在线编程时不中断机床的工作。

第二节 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 JB3052—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 1-5 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相关。根据右手螺旋方法，可以很方便地确定出 A 、 B 、 C 三个旋转坐标的方向。

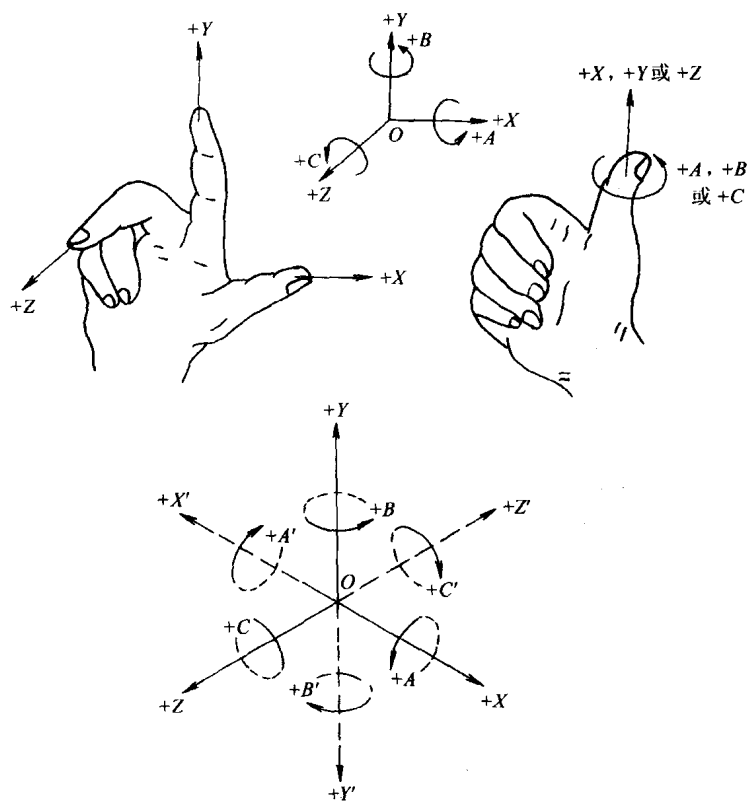


图 1-5 右手笛卡儿直角坐标系

二、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 1-6、图 1-7 所示的车床，图 1-8

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 1-9 所示。若机床有几个主轴，可选择其中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。

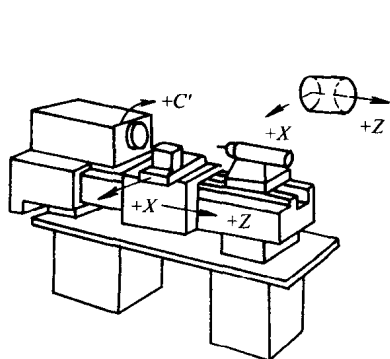


图 1-6 卧式车床

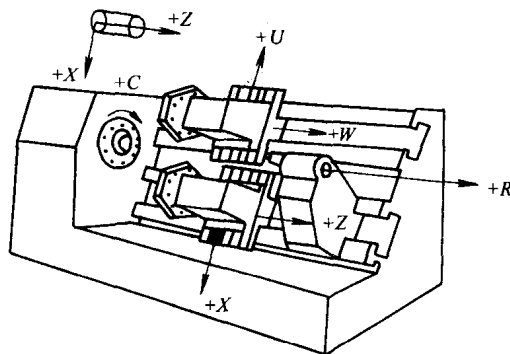


图 1-7 具有可编程尾座的双刀架车床

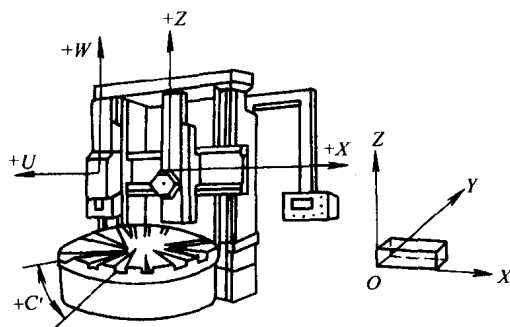


图 1-8 立式转塔车床或立式镗铣床

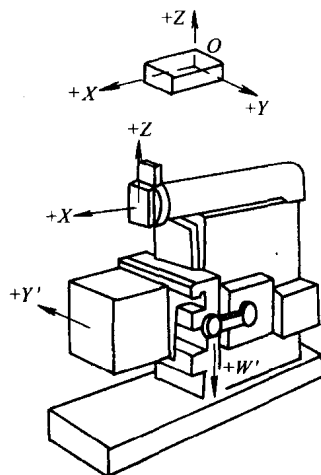


图 1-9 牛头刨床

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 1-10 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 1-9 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