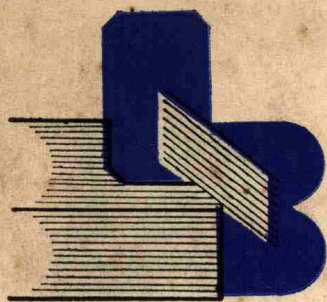




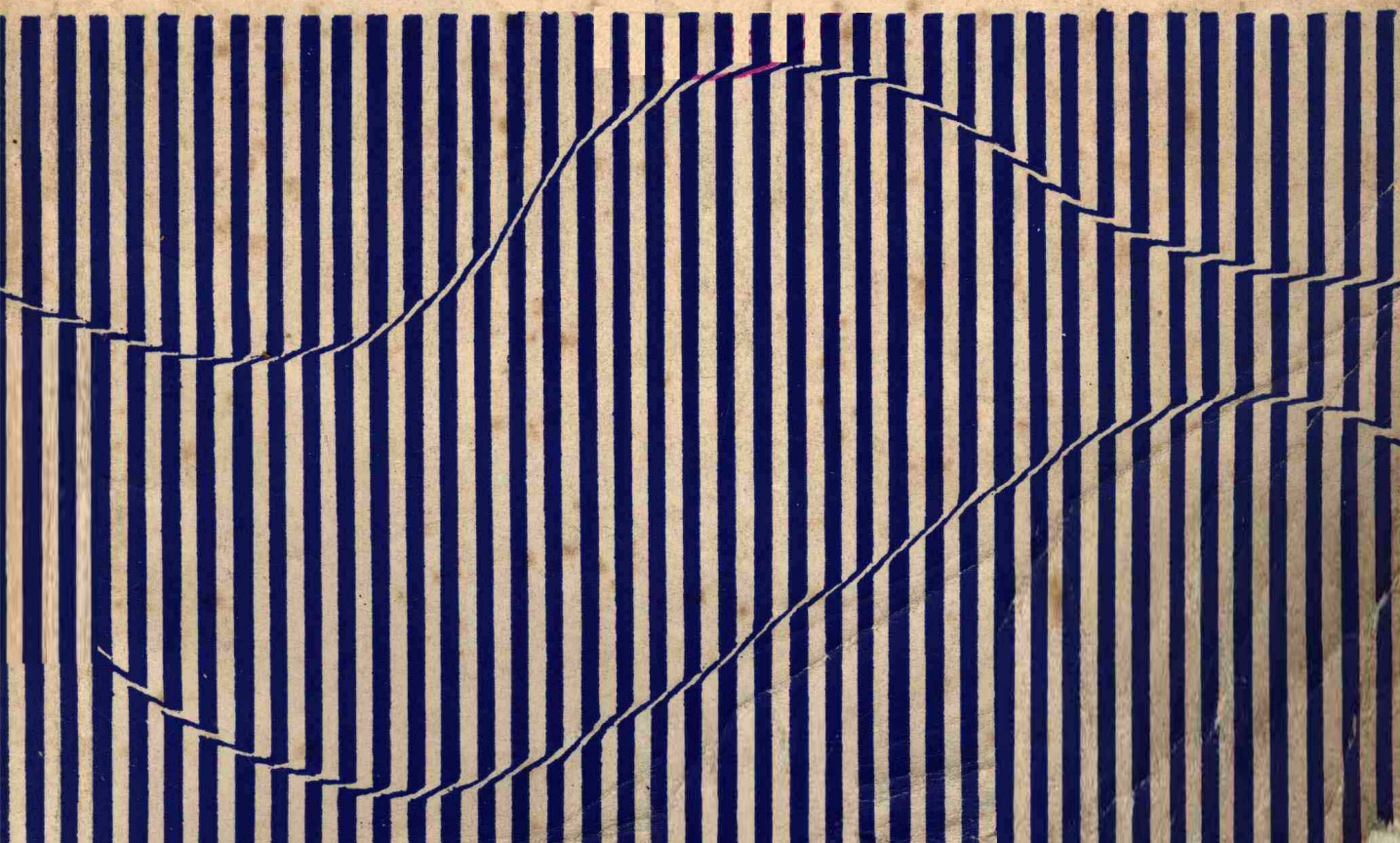
青海省机械工业科技情报站

数控技术丛书

13

数控机床编程基础

刘艳芳 许祥泰



前 言

我国拟在“七五”计划末期，数控机床（包括简易数控机床）的产量从目前300台左右的年产量水平提高到1万台左右的水平，因而数控机床的使用，已经成为机械加工行业十分关注的问题。

数控机床使用得好坏，与程序编制有着直接的关系，大力培养数控机床编程人员是当务之急，通过十期数控培训班讲授，深感编写一本实用数控机床程序编制的讲义十分必要。

手工编程是当前用得最为普遍的编程方法，本文着重介绍日本FANUC的6M系统和7M系统的编程方法，从基本概念入手侧重介绍加工中心的程序编制，采用图文并茂的方式介绍典型零件的工艺分析和加工程序。

掌握一个系统的编程方法，有助于对新系统的了解。本文旨在通过三十学时的讲授，有助于初学者对数控机床编程的特点与过程有所了解，掌握工艺分析和编制，正确选择刀辅具和切削参数，能完成较复杂零件的程序编制。

在附录中汇编了常用的日本、西德的有关数控系统的准备功能一览表和《TSG82》工具系统，供读者编程时参考，本讲义是一本实用性讲义和手册，可供工程技术人员使用，亦可供大专院校师生参考。

由于笔者水平有限，讲义错误在所难免，敬请批评指正。

刘艳芳 许祥泰 一九八七、十、于西宁

目 录

前言

第一章 概述

§ 1—1 数控机床的概况	(1)
§ 1—2 数控机床的工作原理	(5)
§ 1—3 数控机床运动的分类	(5)
§ 1—4 数控机床的坐标系统	(7)

第二章 程序编制的工艺基础

§ 2—1 加工方案的确定	(15)
§ 2—2 零件的工艺编制	(17)
§ 2—3 数控机床用的刀辅具系统	(26)
§ 2—4 切削用量的确定	(32)

第三章 程序编制的基础

§ 3—1 穿孔带及代码	(43)
§ 3—2 程序的格式	(47)
§ 3—3 程序纸带的组成	(49)
§ 3—4 程序的分类	(51)

第四章 数控装置的功能

§ 4—1 控制功能	(54)
§ 4—2 准备功能	(54)
§ 4—3 补偿功能	(77)
§ 4—4 固定循环加工功能	(98)
§ 4—5 辅助功能	(107)
§ 4—6 主轴功能	(110)

§ 4—7 刀具机能与第二辅助机能·····	(111)
§ 4—8 进给机能·····	(112)

第五章 实用典型零件加工程序

1 调头镗加工程序·····	(114)
2 端面铣刀铣削平面加工程序·····	(115)
3 立铣刀铣削外圆加工程序·····	(115)
4 利用刀具半径补偿铣内外圆的程序·····	(116)
5 利用半径补偿铣切泵体内腔加工程序·····	(117)
6 用立铣刀进行两坐标联动铣削加工程序·····	(119)
7 端面铣刀铣削零件周边加工程序·····	(119)
8 精镗孔加工程序·····	(120)
9 端盖加工程序·····	(121)
10 配油盘加工程序·····	(127)
11 凸轮加工程序·····	(131)
12 机油泵体加工程序·····	(133)
13 板件钻孔程序·····	(137)

第六章 复杂零件的加工程序

1. 调节器壳体·····	(139)
2. 缝纫机机壳·····	(147)
3. 工业缝纫机底板·····	(155)
4. 升降台体·····	(160)
5. 曲形零件拨叉·····	(173)
6. 并条机箱体零件·····	(178)

附录一 常用的几种数控系统的准备机能一览表·····	(189)
----------------------------	-------

附录二 数控机床《TSG82》工具系统·····	(200)
--------------------------	-------

附录三 几种国产加工中心参数·····	(241)
---------------------	-------

第一章 概 述

§ 1—1 数控机床的概况

1952年美国麻省理工学院(MIT)首先把机床技术与电子技术结合在一起,研制成功世界上第一台有信息存储和处理功能的新型机床,即数控机床。

数控机床发展至今,已经经历了从电子管数控、晶体管数控、集成电路数控、计算机数控到微处理机数控的五代演变。数控机床综合了计算技术、自动控制、精密测量以及机床设计和配套的最新成就,它是机床发展的必然趋势和未来。

近十多年来,随着电子技术的飞跃发展,能够自动更换刀具的高自动化数控机床——加工中心,其发展更为迅速。各工业发达国家相继出现了双工位和多工位交换工作台的加工中心——柔性制造单元(FMC),由多台加工中心与物料传输装置和工业机器人组成的柔性制造系统(FMS),实现24小时无人化运转。在这个基础上又发展了自动化工厂(FA)。

当前加工中心机床,已经成为国民经济发展当中具有方向性的产品。由于它具有高速、高效、高精度、低劳动强度和高自动化等特点,所以数控机床最适于多品种、小批量零件更换频繁的生产。

1985年日本共生产了4.3万台数控机床,产量数控化率已经突破25%,产值数控化率达到了70%。1986年日本数控机床产量已占世界数控机床产量的一半以上,产量数控化率达到了30.30%,产值数控化率高达70.7%。

我国1958年开始研制数控机床,1975年研制第一台加工中心。三十年来,我国在数控机床研究和推广方面都取得了一定成绩。但数控机床的产量仍然很低,1958年我国共生产了数控机床(包括简易数控机床)350台,约为机床产量的20.6%。

目前我国能生产数控机床的厂家约十余家,而生产加工中心的厂家不足十家,能自行开发数控机床的厂家有北京机床研究所、青海第一机床厂、沈阳第三机床厂、北京第一机床厂、中捷人民友谊厂、昆明机床厂、南京机床厂等厂家。能够生产柔性制造单元(FMC)的只有北京机床研究所和青海第一机床厂。图1—1是青海第一机床厂生产的XH754卧式加工中心。图1—2是北京机床研究所、青海第一机床厂联合生产的JCS—013卧式加工中心。图1—3是美国GIDDINGS&LEWIS公司的数控车床。图1—4是青海第一机床厂生产的QH₁—FMC—1柔性加工单元(六个交换工作台)。

“七五”计划期间,我国计划生产数控机床20000余台,争取1990年其年产量达到一万台左右,这个产量是1980年的500倍。“七五”期间我国还将生产100台柔性加工单元,并引进示范性的柔性制造系统5条。

数控机床的生产已经成为衡量机床生产厂家水平标志之一,目前世界上技术能力较强的机床厂家无一不生产数控机床。

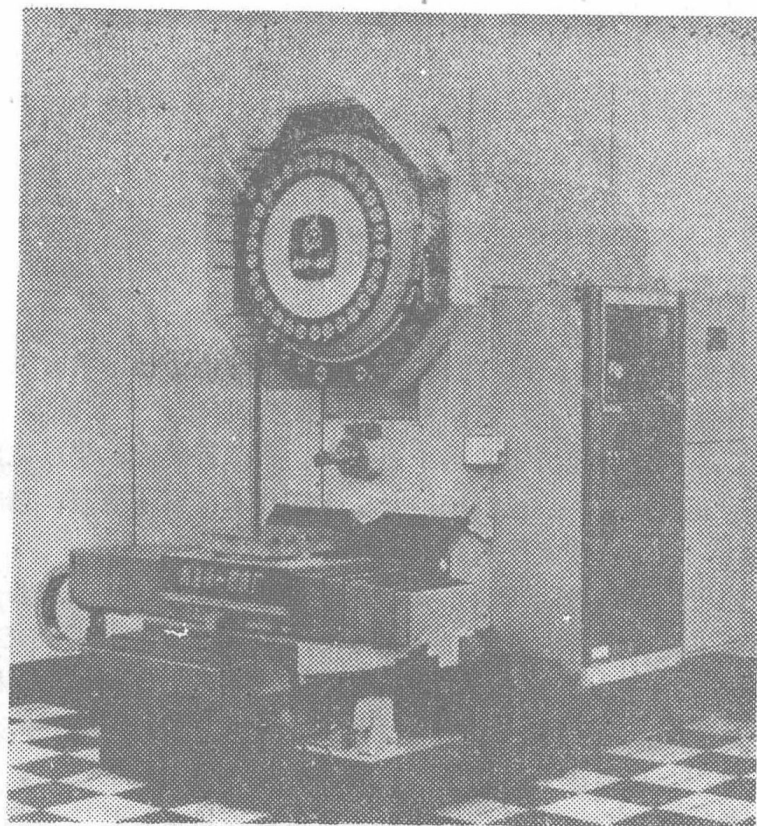


图1—1 XH754卧式加工中心

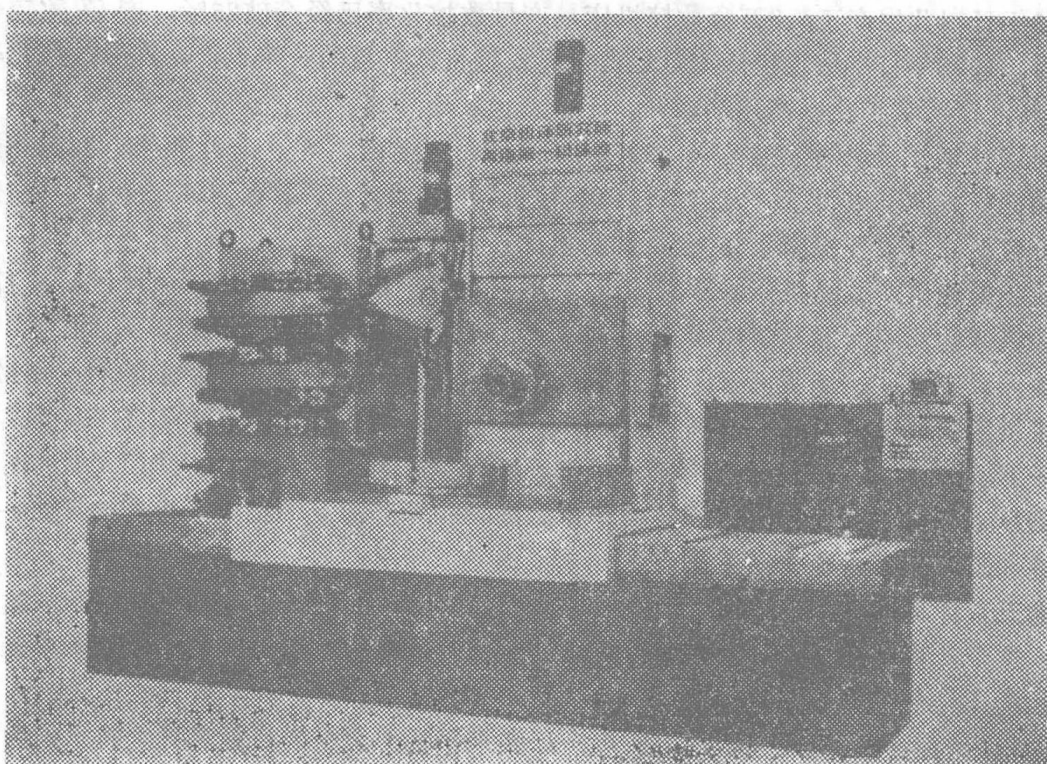


图1—2 JCS—013卧式加工中心

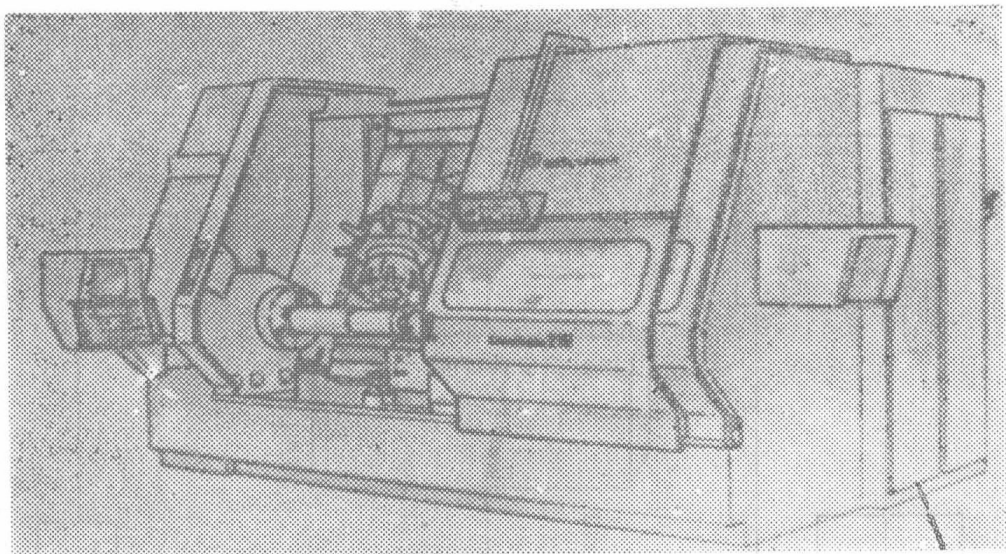


图1—3 美GIDDING LEWIS数控转塔车床

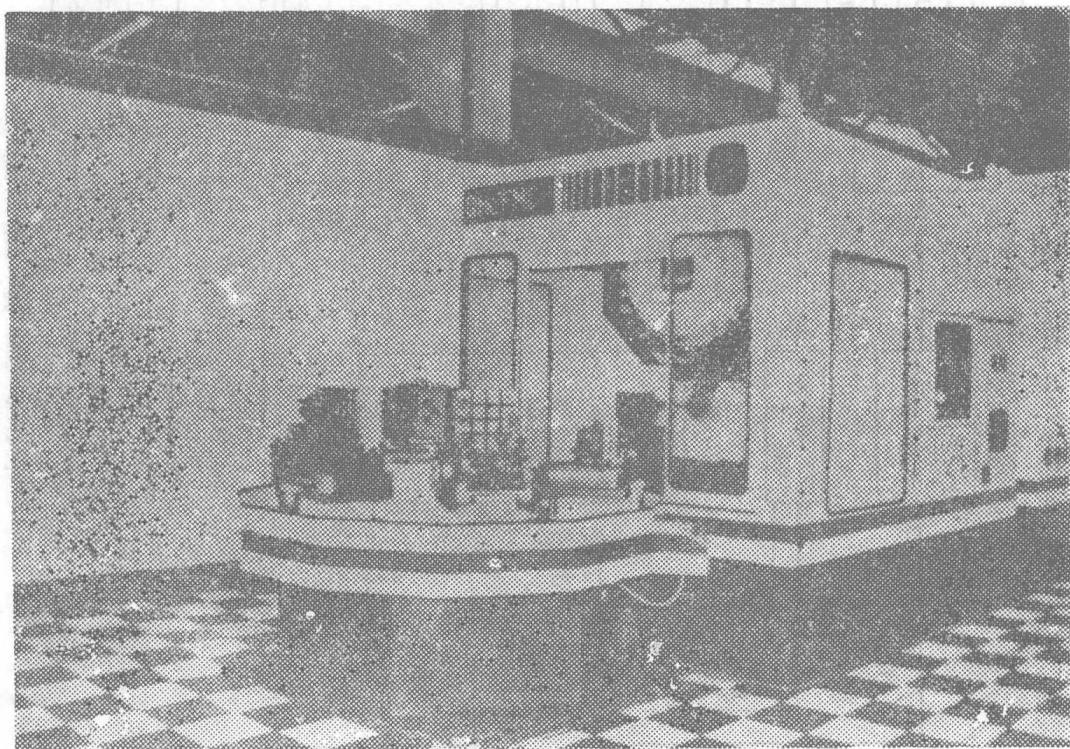


图1—4 QH₁—FMC—1柔性加工单元

1986年开始,我国数控机床已经开始批量进入国际市场。青海第一机床厂生产的XH754卧式加工中心、XH754—1交换工作台卧式加工中心、XH755卧式加工中心共24台出口美国。青海第一机床厂还与巴西签订了技术转让协议,1988将向巴西提供成套加工中心技术。

我国数控机床发展前景十分广阔,全国一些骨干机床厂都在努力开发各种数控机床,深信数控机床产量在不远的将来会有一个较大的飞跃,使用领域定会遍及各类机械加工行业。

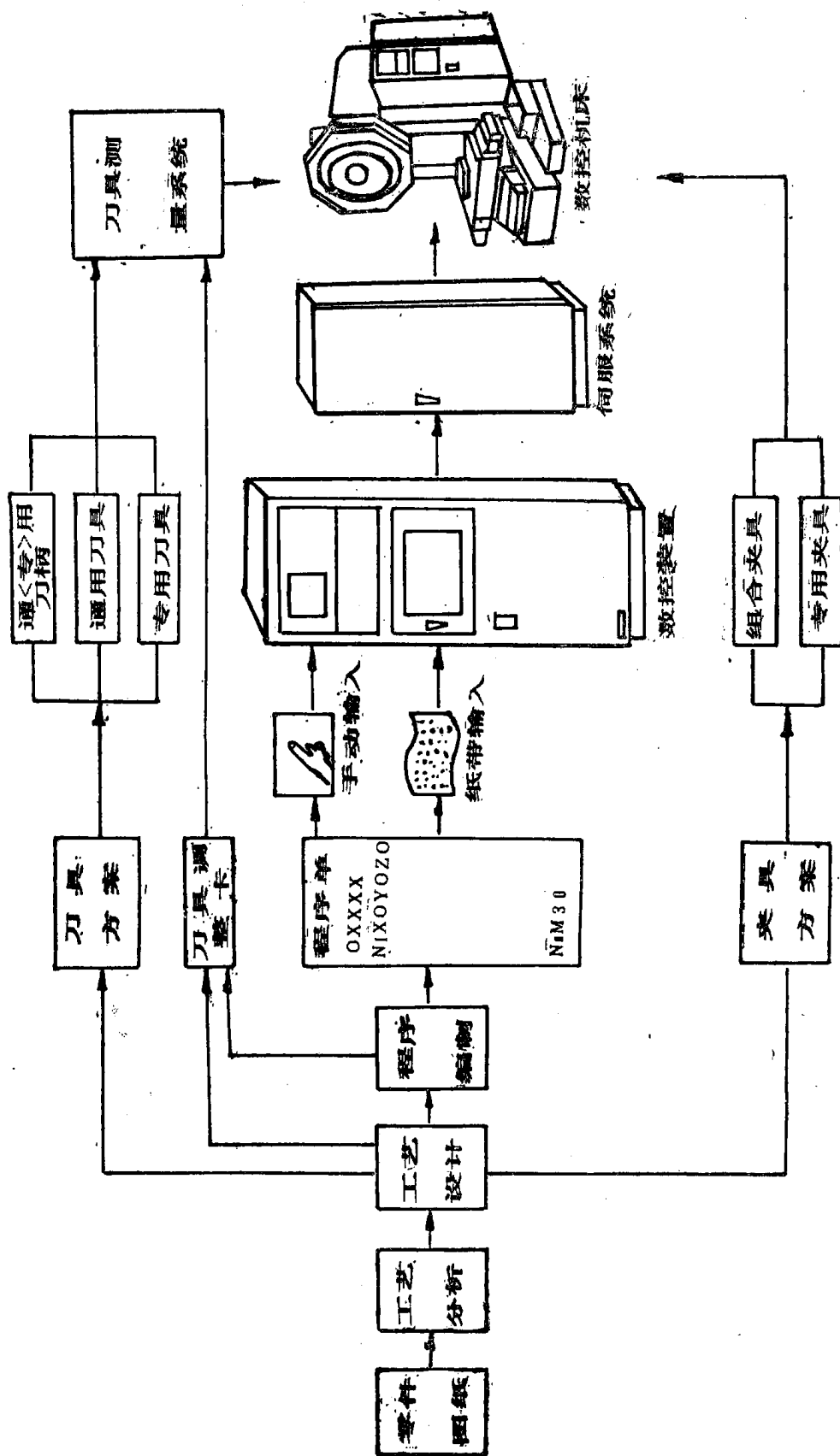


图1-5 数控机床工作原理框图

§ 1—2 数控机床的工作原理

在数控机床上加工零件，是把被加工零件的工艺过程、工艺参数、运动要求用数控语言记录在控制介质上，并输入数控装置，数控装置便根据程序指令（记录在控制介质上的数控指令）直接控制机床的各种运动。当零件的加工程序结束时，机床便会自动停止。数控机床的工作原理框图如图1—5所示。

从图1—5数控机床工作原理框图可以看出，在数控机床（加工中心）上加工零件，所涉及的范围比较广，与相应的配套技术有密切的关系。合格的编程员首先应该是一个很好的工艺员，应熟练的掌握零件的工艺设计和切削用量的确定，能提出正确刀具方案和夹具方案，懂得刀具测量方法，了解数控机床（加工中心）的性能和特点，熟悉程序编制和输入方式。

使用数控机床，不能把它仅仅看做使用一台机床来看，而是应该把它做为一个成套设备来使用，作为一项综合的成套技术来处理。因此程序设计员的知识面要远超过工艺设计员，否则就无法胜任程序设计工作。

§ 1—3 数控机床运动的分类

数控机床按其刀具与工件相对运动的轨迹进行分类，可以分为点位控制，直线控制和连续控制三大类。

1. 点位控制

点位控制（positioning control/point to point control）的主要功能是在坐标系中，将刀具从一点到另一点的定位。只控制刀具相对于工件运动时，从一点运动到另一点之间的准确性，而不考虑两点之间的运动路径。

点位控制可在X—Y平面内进行，直线和旋转的均可。编程时可以指令两坐标联动或顺序定位，机械加工是在定位完成之后进行。点位控制的机床、刀具在移动过程中不进行切削，如数控钻床、数控镗床、数控冲床、数控铆接机均可应用这种控制方式。

点位控制刀具运动轨迹如图1—6所示。

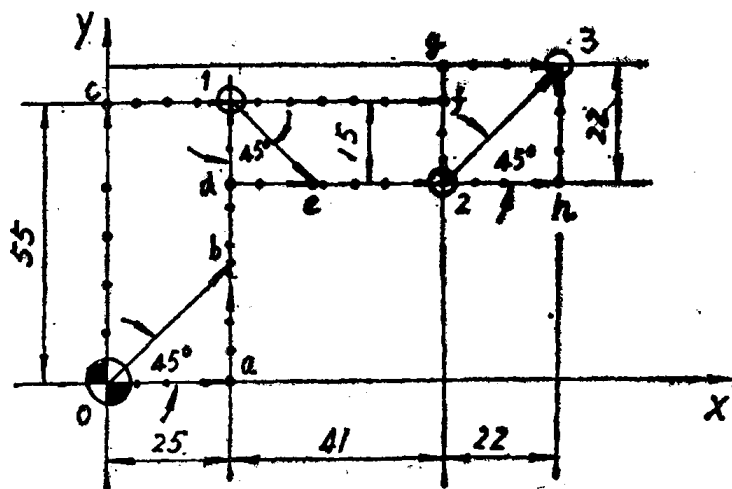


图1—6 点位控制刀具运动轨迹

从图中可以看出刀具顺序定位，是系统使刀具一次在一个坐标内移动，如从0到a（或c）点，再从a（或c）点到1点，达到了从0点到1点的定位目的。图中带·的是顺序定位时刀具运动的轨迹。

两坐标联动定位是两个坐标轴以相同的速度（一般都是快速定位）进行定位。两轴同时开始运动，刀具大致沿45°角的方向运动，坐标值较小者先完成了运动到达某一中间点（如b点），另一坐标将沿坐标轴方向，从中间点继续向终点（1点）运动，直至定位结束。

图1—7是点位控制的数控钻床加工示意图。

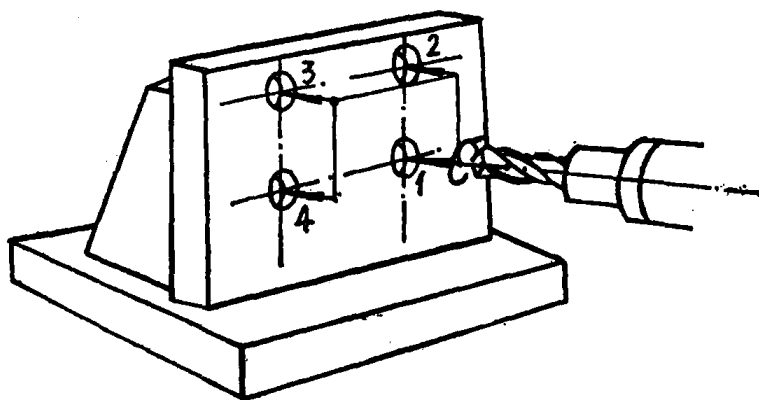


图1—7 点位控制加工示意图

2. 直线控制系统

直线控制（Straight cut control）系统也称直线切削控制方式，它除了控制刀具从始点到终点的准确定位之外，还要保证运动轨迹必须是一条直线，并且在运动过程中刀具同时完成切削加工。两轴联动进给时可以完成45°的铣削加工。

图1—8是直线控制加工示意图，采用直线控制系统的机床有数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心等。

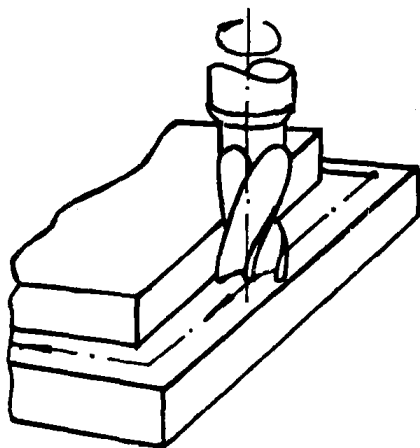


图1-8 直线控制加工示意图

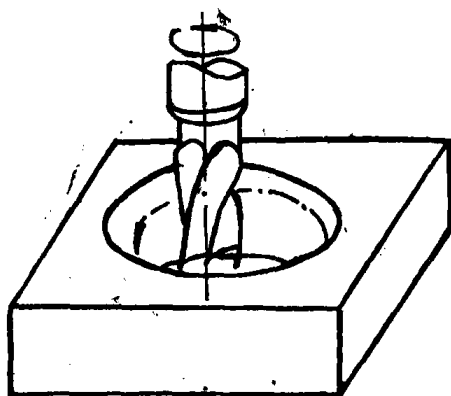


图1—9 连续控制方式示意图

3.连续控制系统

连续控制系统 (contouring control system) 也称轮廓数字控制系统。该系统的特点能够对两个坐标或两个坐标以上运动进行控制,运动的轨迹可以是直线的也可以是曲线的。在运动过程中刀具同时切削工件。

所有的连续控制系统都具有直线插补和圆弧插补的功能,有些系统还具有抛物线,螺旋线等特殊曲线的插补功能。

图1—9是连续控制方式铣圆弧的加工示意图。采用连续控制系统的机床有数控磨床、数控铣床和加工中心等机床。

§ 1—4 数控机床的坐标系

在数控机床上加工零件时,刀具与零件的相对运动,必须在确定的坐标系中才能按规定的程序进行加工。

为了便于编程时描述机床的运动,简化程序的编制方法,保证记录数据的互换性,穿孔纸带的通用性,数控机床的坐标和运动方向均已标准化。机械工业部1982年颁布了JB3051—82数字控制机床坐标和运动方向的命名标准。

图1—10是一台工件运动的数控机床的机床坐标系图。

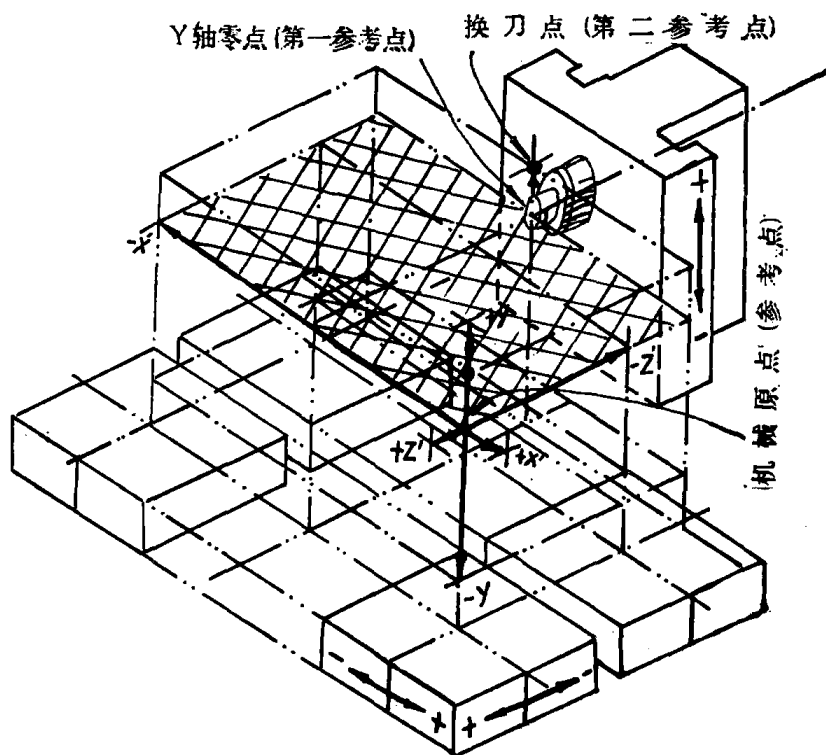


图1—10 工件运动的机床坐标系

图1—10所示的机床坐标系是如何建立的呢?这是初学编程的人员所关心的问题。

1.4.1 坐标系和运动方向命名的原则

国际标准化组织以及一些工业发达的国家，都先后制定了数控机床坐标和运动方向命名的标准。我国机械工业部1982年颁布的JB3051-82中规定的命名原则是：

1. 刀具相对于静止的工件而运动的原则

这一原则是为了编程人员能够在不知道是刀具移近工件，还是工件移近刀具的情况下，就能够依据零件图纸，确定机床的加工过程。

2. 标准坐标系统的规定

标准坐标系统是一个直角坐标系（见图1-11所示）。

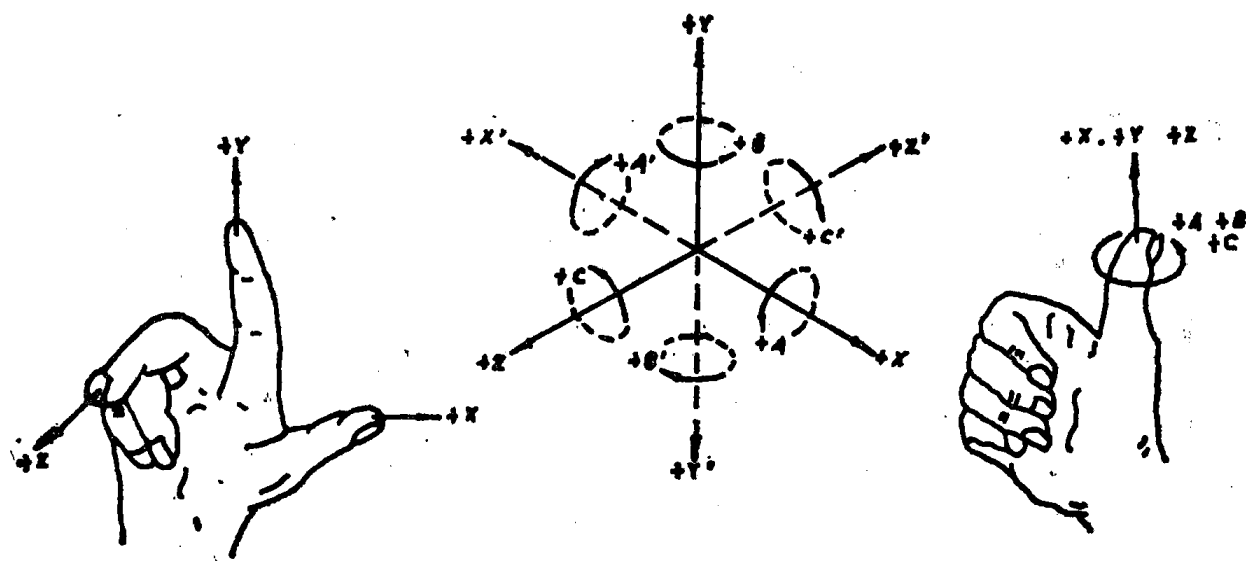


图1-11 右手直角坐标系

这个坐标系统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，并按机床的主要直线导轨找正的工件相关。

3. 机床运动部件方向的规定

机床的某一运动部件的运动正方向，是增大工件和刀具距离（即增大工件尺寸）的方向。

对于钻、镗加工机床，钻入或镗入工件的方向是负Z方向。图1-12是钻削加工时，工件移近刀具的运动所规定的方向。

（1）Z坐标运动

Z坐标的运动，是由传递切削动力的主轴所规定。对于没有主轴的机床（如牛头刨床），则Z坐标垂直于工件装卡表面。

在标准坐标系中，始终与主轴平行的坐标被规定为Z坐标。机床上有几个主轴时，可以选择一个垂直于工件装夹表面的主轴作为主要主轴。

Z坐标的正方向规定为增大工件和刀具距离的方向。

（2）X坐标运动

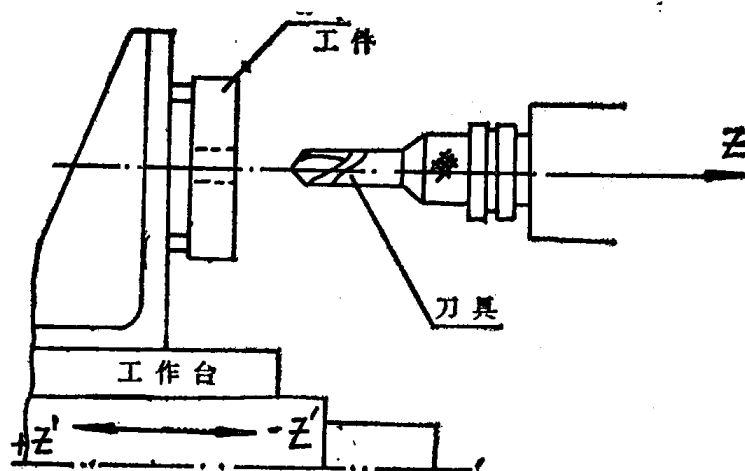


图1-12 钻镗时工件运动方向

X坐标是水平的，它平行于工件的装夹表面。X坐标是在刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。

在没有旋转刀具或旋转工件的机床上（如牛头刨床），X坐标平行于主要的切削方向，而且该方向为正方向。

对于工件旋转的机床（如车床、磨床等），X坐标方向是在工件的径向上，且平行于横滑座。安装在横滑座上的主要刀架上的刀具，离开工件旋转中心的方向是X坐标的正方向。

在刀具旋转的机床上（如铣床、钻床、镗床等），如Z坐标是水平的，当从主要刀具轴向工件看时，+X运动方向指向右方。如Z坐标是垂直的（如立式镗铣加工中心等），当从主要刀具向立柱看时，+X运动方向指向右向。

（3）Y坐标的运动

+Y的运动方向，根据X和Z坐标的运动方向，按右手直角坐标系来确定（见图1-11）。

（4）旋转运动

旋转运动部件用A、B、C分别地表示平行于X、Y和Z坐标的旋转运动。

A、B、C的正向，相应地表示在X、Y和Z坐标正方向上，按照右旋螺纹前进的方向（见图1-11）。

1.4.2 标准坐标系的原点

标准坐标系的原点（ $X=0$ ， $Y=0$ ， $Z=0$ ）的位置是任意的。A、B和C的运动原点也是任意的。选择时，原点（0°位置）最好被选择为相应地平行于X、Y和Z坐标。

1.4.3 附加坐标

在X、Y、Z主要直线运动之外，另有第二组平行与它们的坐标运动时，应分别指定为U、V、W。如果还有第三组运动，则分别指定为P、Q和R。

如果在旋转运动A、B、C的同时，还有平行或不平行于A、B、C的第二组旋转运动，可指定为D或E。

1.4.4 主轴的旋转运动方向

主轴顺时针旋转运动是按右旋螺纹向工件前进的方向。

1.4.5 机床坐标系的原点

机床坐标系的原点也称机械原点或参考点。机床启动时通常要进行手动或机动回零。所谓回零就是直线坐标轴回到机床正向极限位置。这个极限位置就是机床坐标系的原点。

图1-13就是一台工件作X和Z向运动，主轴箱作Y向运动的卧式加工中心（XH 754 卧式加工中心）的坐标系。回零表示工作台回到A点，主轴回到Y轴零点。

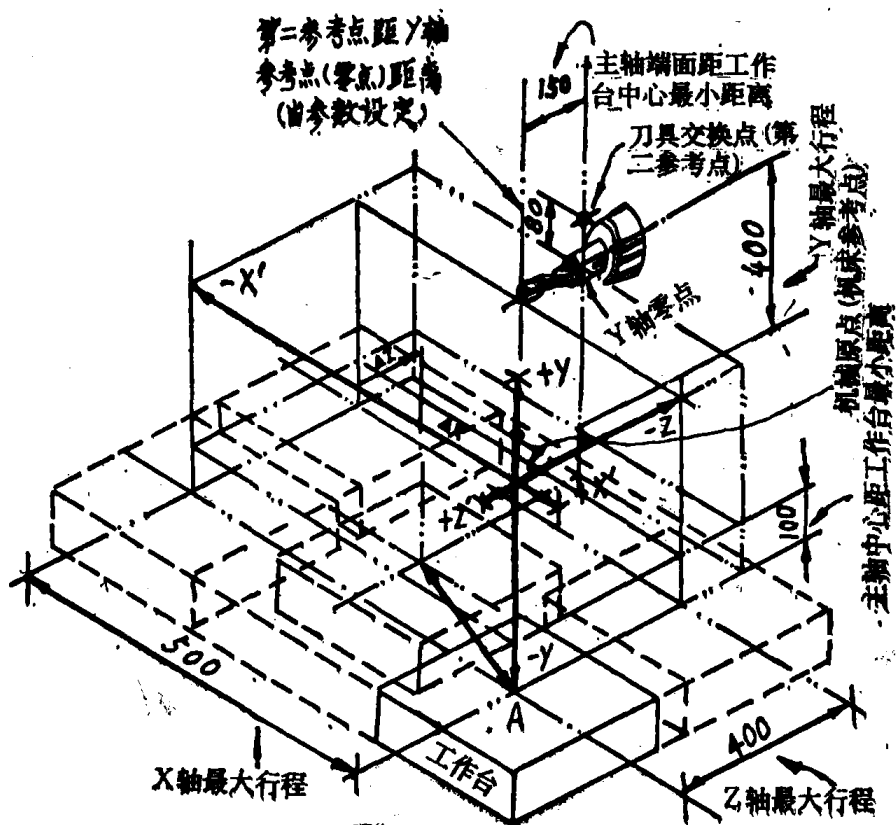


图1-13 XH754卧式加工中心机床坐标系

从图1-13中不难看出，机床通常是在坐标系的负向区域工作。机床回零都是运动部件从负向区向正方向回零。要注意，该坐标系一般不作为程编使用，而常常用它来确定工件坐标系，作为工件坐标系建立的参考点。

图1-14～图1-36是JB3051-82规定的各种机床的坐标轴和运动方向。图中以字母表示运动坐标，箭头表示其正方向。对于工件运动而不是刀具运动的机床，图中用带“'”的字母和箭头表示，如 $+Z'$ 表示工件正向运动。

机床设计者要考虑的是带“'”的运动，工艺和编程人员在编程时只考虑不带“'”的运动。

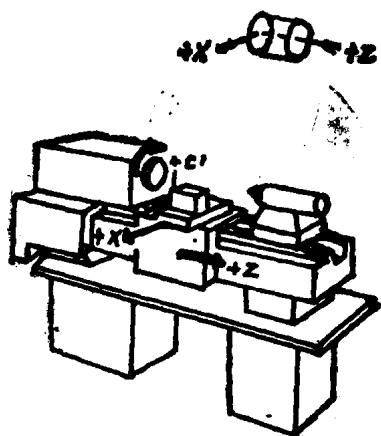


图1-14 普通车床

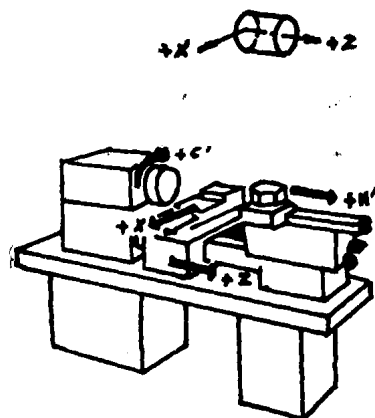


图1-15 转台六角车床

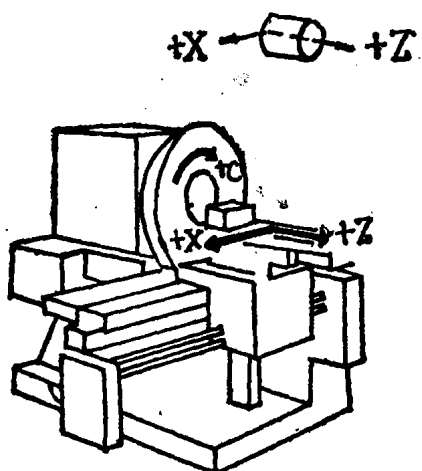


图1-16 卡盘车床

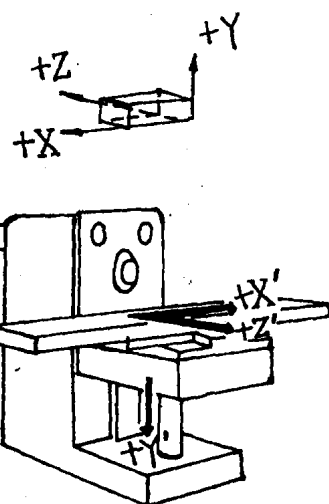


图1-17 卧式升降台铣床

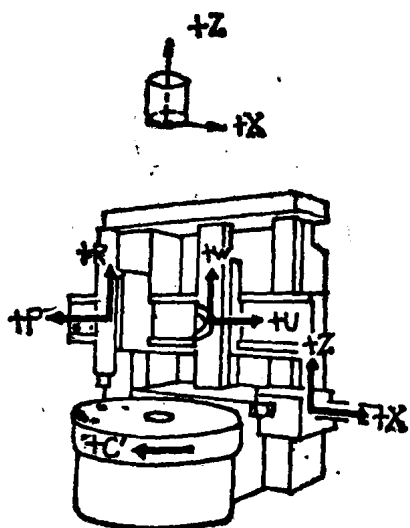


图1-18 双柱立式车床

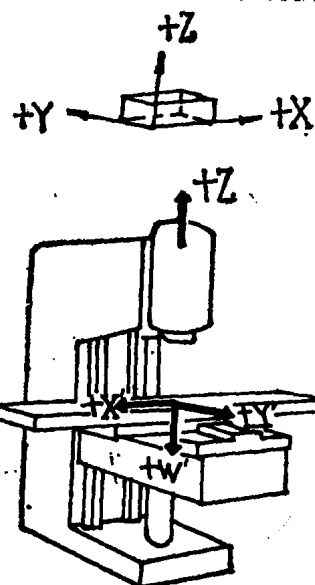


图1-19 立式升降台铣床

(适于立式钻床、立式坐标镗床)

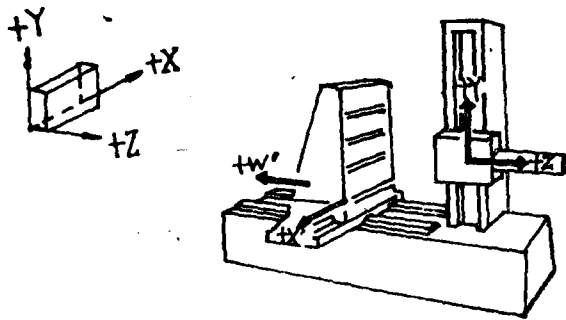


图1—20 卧式镗床

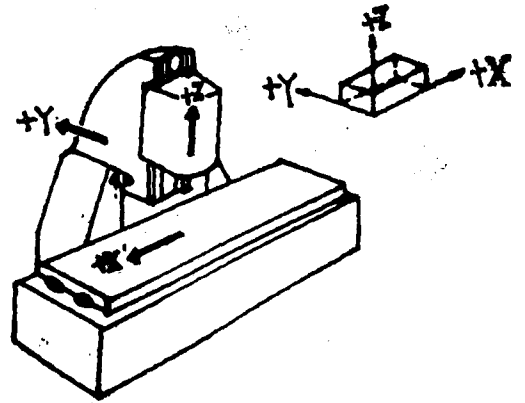


图1—21 曲面和轮廓铣床

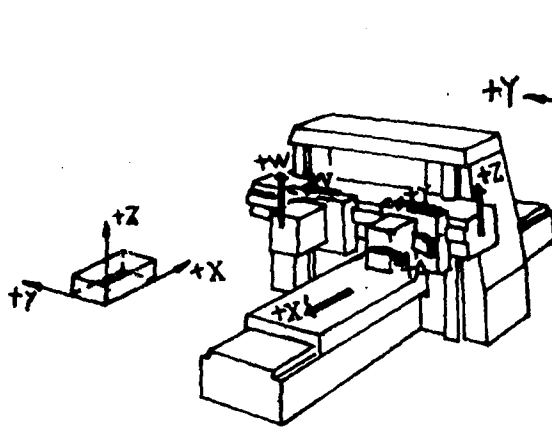


图1—22 龙门式轮廓铣床

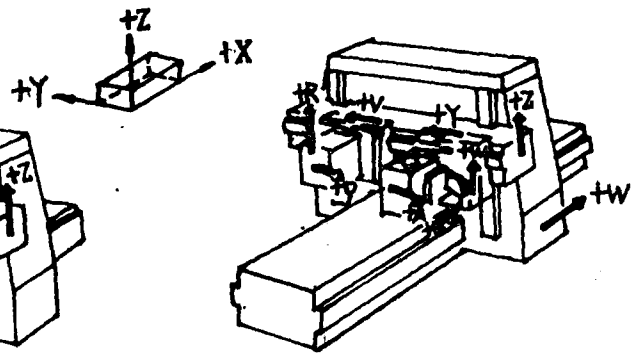


图1—23 龙门移动式轮廓铣床

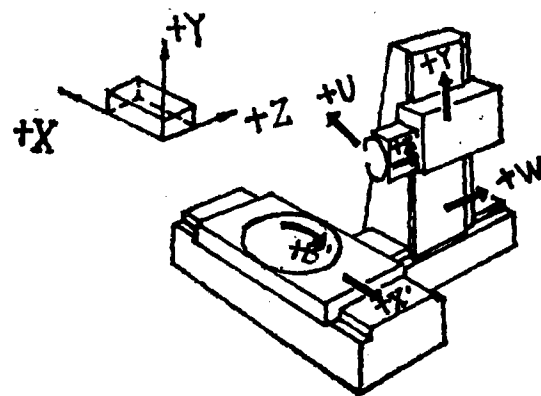


图1—24 卧式镗铣床

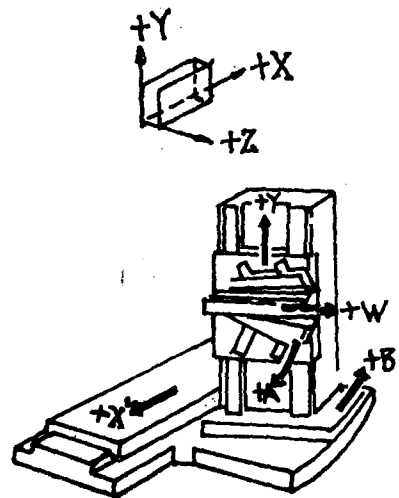


图1—25 五坐标工作台移动式曲面和轮廓铣床

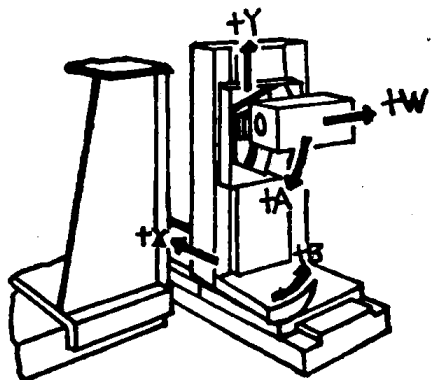
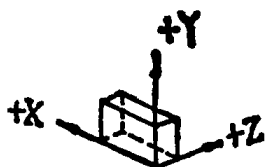


图1—26 五坐标卧式曲面和轮廓铣床

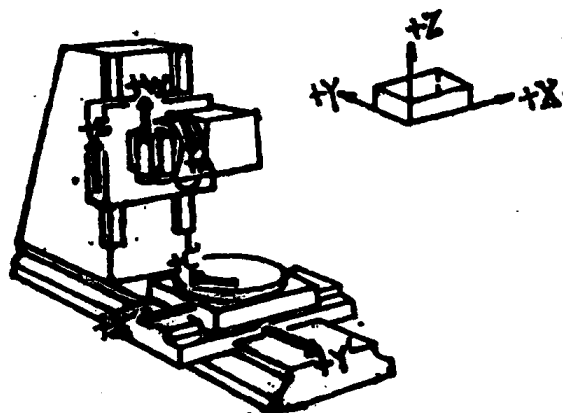


图1—27 五坐标摆动式铣头曲面和轮廓铣床

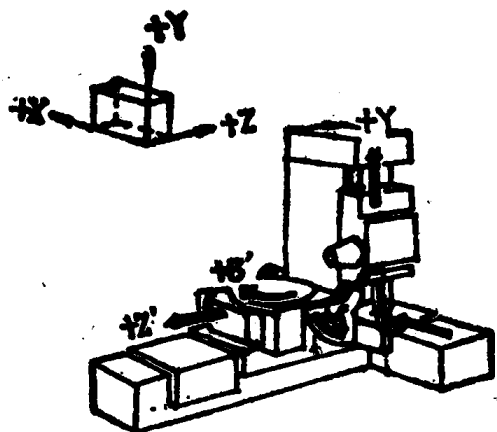


图1—28 五坐标摆动式工作台曲面和轮廓铣床

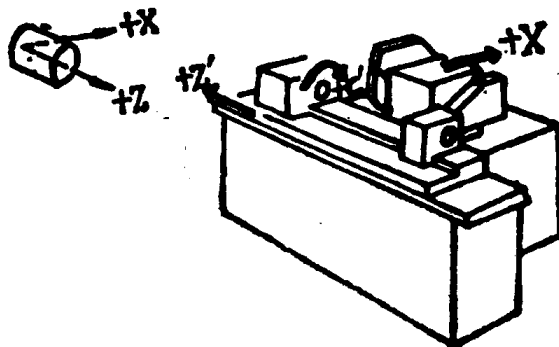


图1—29 外圆磨床

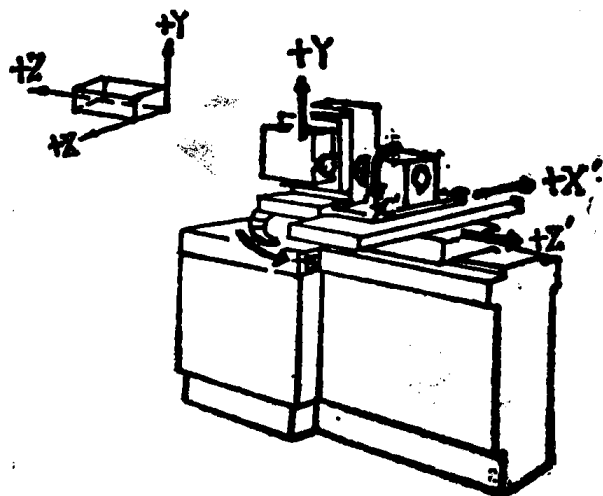


图1—30 工具磨床

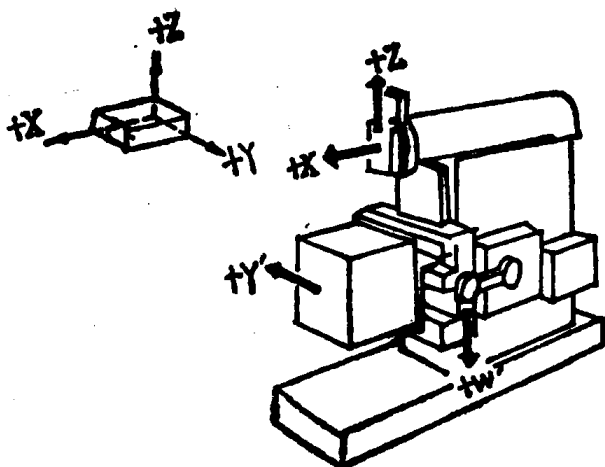


图1—31 牛头刨床