

数控加工编程 实用技术

许祥泰 刘艳芳 编著



机械工业出版社
China Machine Press

数控加工编程实用技术

许祥泰 刘艳芳 编著



机械工业出版社

《数控加工编程实用技术》一书共分 8 章。第 1 章概述,讲述数控机床的概况、工作原理、运动分类、坐标系统;第 2 章数控加工程序编制的工艺基础,讲述数控加工方案的确定、工艺设计、数控刀辅具的选择、切削用量的确定;第 3 章程序编制的基础知识,讲述数控机床加工程序编制的基础知识,编程的有关标准、规定;第 4 章数控铣床及加工中心程序设计,讲述镗铣类数控机床的控制、准备、补偿、固定循环、辅助、主轴等功能及其加工程序的编制方法;第 5 章加工中心指令编程典型实例;第 6 章数控车床程序设计,讲述数控车床编程基础、方法及编程实例;第 7 章数控车床加工程序设计实例;第 8 章自动编程,讲述自动编程的基本概念,介绍 APT 和 ISO4342 两种数控语言, FAPT 加工程序的结构、一般规则, FAPT 车、铣床辅助语言系统。

本书内容丰富、简明扼要、图文并茂,来源实践、注重理论分析,兼顾数控加工的先进性与实用性,全部实例均来自编著者的工作实践,由浅入深,通俗易懂,是一本实用性强、适用面广的教材。

本书为初、中级工程技术人员的数控培训教材,可作为大、中专和高职数控、模具、机械制造及相关专业的教材。也是一本从事数控机床应用的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工编程实用技术 / 许祥泰, 刘艳芳编著. —北京: 机械工业出版社, 2000
ISBN 7-111-08571-X

I. 数.. II. ①许 ②刘. III. 数控机床加工中心—程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 76707 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: 武江 周国萍

封面设计: 李雨桥 责任印制: 路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 4 月第 1 版第 2 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·14 印张·343 千字

3 001—6 000 册

定价: 25.00 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、68326677-2527

前 言

先进制造技术是振兴传统产业的技术支撑和发展趋势，而数控技术是先进制造技术的基础技术和共性技术。机械制造业的竞争，其实质是数控技术的竞争，谁先掌握先进制造技术，谁就能够占领市场。数控机床、加工中心是机电一体化高新技术产品，同时又是先进制造技术的工艺装备。我国数控机床产业是在改革开放以后才步入发展期，80 年代可以说是我国数控产业发展的春天，到“八五”末期，我国数控机床产量已达到年产 1 万台水平。但是，我国数控技术及产业较发达国家仍落后 15~20 年，其原因是多方面的，但最重要的是数控人才匮乏，以致本来数量有限的数控设备也不能发挥作用。

历史的经验告诉我们，落后就要挨打。1985 年震惊世界的“东芝事件”告诫国人，数控产业的重要战略地位。无论是从经济还是从战略的角度来考虑问题，我国都应该加大数控产业发展的力度。为此，我国政府已把发展数控技术作为振兴机械工业的重中之重。国家计委和机械工业局还把数控人才培养列入“九五”计划。国家教委于 1999 年夏季在全国范围内招收 10 万名数控专业的大专生，加大初、中级数控应用人才的培养力度，拟培养出一大批能够熟练掌握现代数控机床编程、操作、维修的工程技术人员和高级技术工人。为适应初、中级数控人才培训的需要，满足大专、中专、职校、技校机制专业学生学习先进制造技术的需要，我中心特邀在数控机床设计开发与应用方面有突出贡献的国家级专家、柳州市数控机床研究所所长许祥泰高级工程师和长期从事数控机床应用与编程工作的高级工程师刘艳芳主持本书的编写工作。本稿经国家级专家、长城机床厂总工程师宁子文教授级高级工程师审阅。

参加本书编写工作的还有柳州市数控机床研究所总工程师、高级工程师陈强，工程师李太升、唐满宾、秦志林；从事数控应用培训与教学的老师：广西工学院袁爱霞老师，柳州交通学校韦韬勇、周云、谭周龙老师，广西高级技校梁日朝、卢贵、向金林老师。

限于编者的水平，书中难免有不足之处，恳请读者不吝赐教。

柳州市机电 CAD/CAM 网络服务中心

2000 年 7 月 1 日

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 数控机床概述	1
1.2 数控加工的概念	3
1.3 数控机床运动的分类	4
1.4 数控机床的坐标系	5
1.4.1 坐标系和运动方向	6
1.4.2 机床坐标系的原点	8
1.4.3 工件坐标系	9
1.4.4 绝对坐标与增量（相对）坐标	9
第 2 章 数控加工程序编制的工艺基础	10
2.1 数控加工工艺概述	10
2.1.1 数控加工工艺的基本特点	10
2.1.2 数控加工工艺的主要内容	10
2.1.3 数控机床的合理选用	11
2.2 数控加工的工艺分析与工艺设计	14
2.2.1 加工零件的工艺分析	14
2.2.2 加工内容及工艺路线的确定	15
2.2.3 工艺设计	17
2.2.3.1 数控加工工序划分及加工余量的选择	17
2.2.3.2 典型加工工序的工艺处理	21
2.2.3.3 加工路线的确定	22
2.2.3.4 工件定位与安装的确定	24
2.2.3.5 选择数控加工刀具	25
2.2.3.6 切削用量的确定	33
2.3 数控机床的工具（刀辅具）系统	39
2.3.1 TSG82 数控工具系统	39
2.3.2 数控车床转塔式刀架的工具系统	46
2.4 数控加工工艺文件的编制	48
第 3 章 程序编制的基础知识	52
3.1 穿孔带及代码	52
3.2 程序的格式	56

3.3	程序纸带的组成	57
3.4	程序的分类	59
第 4 章	数控铣床及加工中心程序设计	62
4.1	数控系统的基本功能	62
4.1.1	控制功能	62
4.1.2	准备功能(G 代码)	62
4.1.3	辅助功能	64
4.1.4	主轴功能	64
4.1.5	刀具功能 (T 机能)	64
4.1.6	进给功能 (F 机能)	65
4.1.7	第二辅助机能 (B 机能)	65
4.2	指令编程的方法与应用	65
4.2.1	工件坐标系设定 (G92) 指令	65
4.2.2	工件坐标的偏置指令	66
4.2.3	基本移动指令	67
4.2.4	刀具补偿指令	69
4.2.5	固定循环加工功能指令	76
4.2.6	极坐标系指令 G16	83
4.2.7	螺旋线切削 (G02 G03)	83
4.2.8	等导程螺纹切削 (G33)	84
4.2.9	钻孔路径循环 (G70、G71、G72)	85
第 5 章	加工中心指令编程典型实例	87
5.1	凸轮加工的程序 (在卧式加工中心上加工)	87
5.2	机油泵体加工程序	88
5.3	端盖加工程序	92
5.4	空压机吸气阀盖头的加工程序	99
5.5	空压机吸气阀排气口曲线加工	102
第 6 章	数控车床程序设计	104
6.1	数控车床坐标系统	104
6.2	数控车床的基本功能	105
6.2.1	准备功能 (G 机能)	105
6.2.2	辅助功能 (M 机能)	106
6.2.3	F. T. S 功能	106
6.3	CNC 车床指令编程的方法与应用	108
6.3.1	编程的一些规则	108
6.3.2	小数点编程	109
6.3.3	机械原点与参考点	109

6.3.4 机床坐标系与工件坐标系	110
6.3.5 快速定位指令 G00	111
6.3.6 直线插补指令 G01	111
6.3.7 圆弧插补(切削)指令(G02、G03)	112
6.3.8 单一形状固定循环切削(G90、G94)	114
6.3.8.1 单一形状固定循环 G90	115
6.3.8.2 单一形状固定循环 G94	115
6.3.8.3 单一形状固定循环编程范例	116
6.3.9 复合固定循环切削(G70~G76)	116
6.3.10 螺纹切削及螺纹切削自动循环	120
6.3.11 孔加工及外径切槽加工	125
6.3.12 刀具补偿功能的运用	128
第 7 章 数控车床加工程序设计实例	133
7.1 轴类零件加工程序设计	133
7.2 盘类零件加工程序设计	135
7.3 在经济型数控车床上加工零件程序设计	139
7.4 其它综合实例	141
第 8 章 自动编程	145
8.1 自动编程的基本概念	145
8.1.1 计算机编程系统的处理方式及功能	145
8.1.2 编程系统的数控语言	147
8.2 APT 语言的简介	148
8.3 ISO 4342 数控语言	152
8.4 FAPT 加工程序的结构形式	170
附录一 JB3051—82 规定的各种机床坐标轴和运动方向	177
附录二 数控机床(TSG82)工具系统	180
参考文献	216

第 1 章 概述

1.1 数控机床概述

数控机床源于美国。本世纪 50 年代初，出于军事工业发展的需要，美国麻省理工学院在美空军后勤部的资助下，于 1952 年 3 月研制成功了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。很快数控技术的应用从美国逐步推广到欧洲和日本等国。我国在 1958 年也开始进行数控机床的研制工作，并取得了一定的成效。

数控机床由机床主体和数控系统及伺服驱动三大部分组成。现代数控机床综合了计算机、自动控制、精密测量、机床制造及其配套技术的最新成果。它已成为先进制造技术不可缺少的工艺装备。

数控机床的控制系统发展至今，已经经历了从电子管、晶体管、集成电路、计算机、微处理机控制到数字控制六代的演变。数控机床的类型，已从最初的铣床类数控机床，发展到如今的铣镗类、车削类、磨削类、钻削类、线切断类、电化学类、锻压类、激光类和其它特殊用途的专用数控机床。数控机床的品种多达千余种。近 20 年来，一种能够自动更换刀具的数控机床——加工中心，其发展速度十分迅速。相继出现了双托盘和多托盘自动交换的加工中心和柔性制造单元（FMC）。由多台加工中心、物流系统、工业机器人及相应的信息流和中央控制系统所组成的柔性制造系统（FMS），实现了 24~120h 无人化运转。办公自动化（OA）与柔性制造系统（FMS）集成，实现了工厂自动化（FA），改变了传统的制造系统，走向了一种新的生产模式，即计算机集成制造系统（CIMS），见图 1-1。

我国数控机床的研究、开发始于 1958 年，但是直到改革开放才步入发展期。通过“六五”、“七五”和“八五”的攻关，我国不仅能够生产车、钻、镗、铣类

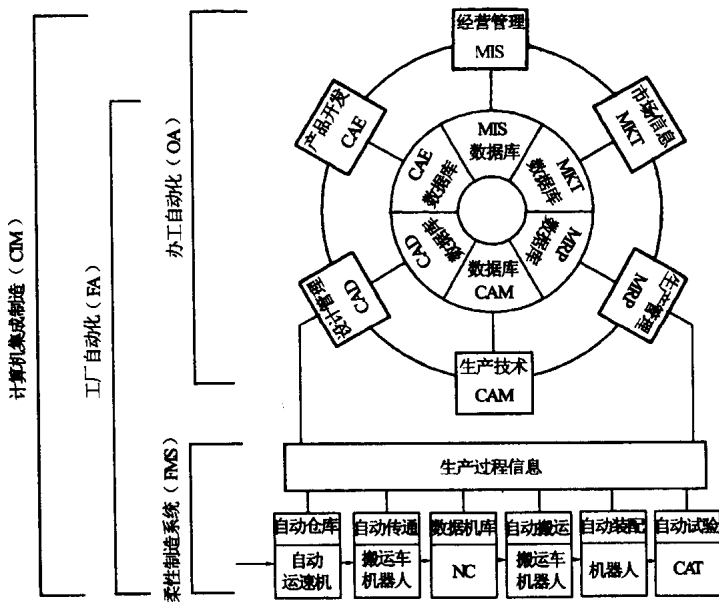


图 1-1 计算机集成制造系统（CIMS）组成示意图

及磨削类和其它类型的数控机床，而且还可以生产各种加工中心、车削中心、柔性制造单元、组合柔性制造单元等高性能、高自动化的数控机床和柔性制造系统。到“八五”末期，我国数控机床的品种已有 200 多个，产量已达到年产 10000 台的水平。这个产量是 1980 年的 500 倍。图 1-2~图 1-7 所示的数控机床仅是我国自行开发的数控机床的一部分。这些机床都是“六五”以来科技攻关的成果。

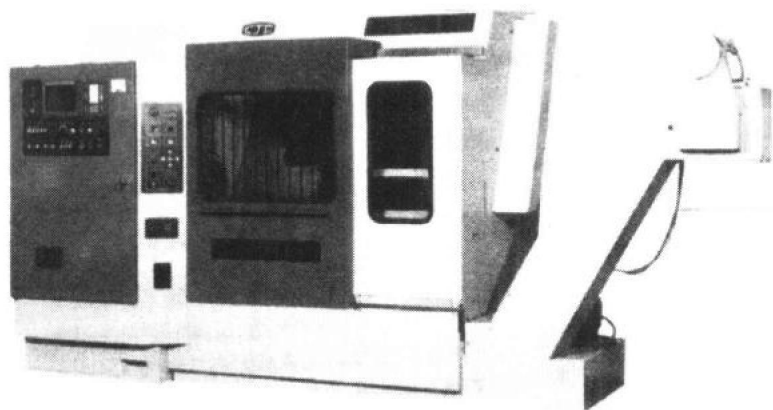


图 1-2 CK7815 型数控车床

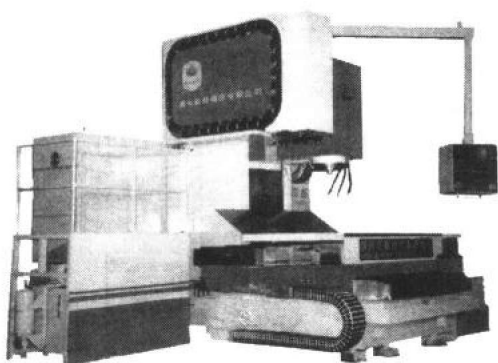


图 1-3 XH716 型立式加工中心

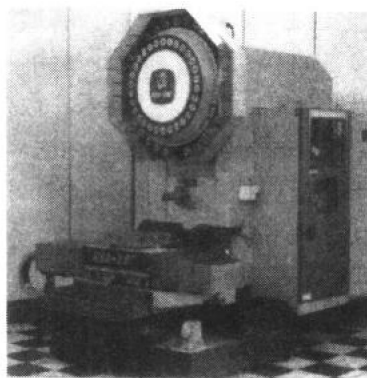


图 1-4 XH754 型卧式加工中心

图 1-5 为 QH1-FMC1 柔性加工单元。该机床具有 6 个工件托盘，在加工过程中，可实现工件、刀具的自动交换。能够进行不同工件的混流加工。

图 1-6 为 FMC8H2D60X12 柔性制造单元。该机床具有两个工件托盘、一个装有 60 把刀的刀库和一个装有 12 个主轴箱的箱库，它是一台集加工中心与组合机床功能于一体的柔性制造单元。在加工过程中能够实现工件、刀具、主轴箱的自动交换。

图 1-7 为 XH7910 型五面加工中心。该机床是一台立卧两用的加工中心。机床的主

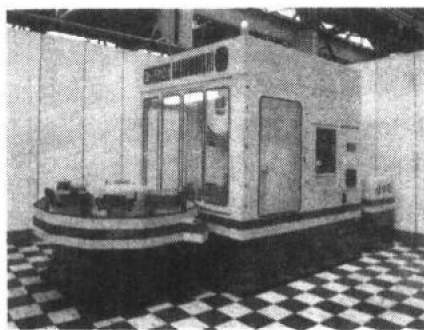


图 1-5 QH1-FMC1 柔性加工单元

轴可以进行立、卧转换，可完成工件五个面上的各种加工工序。

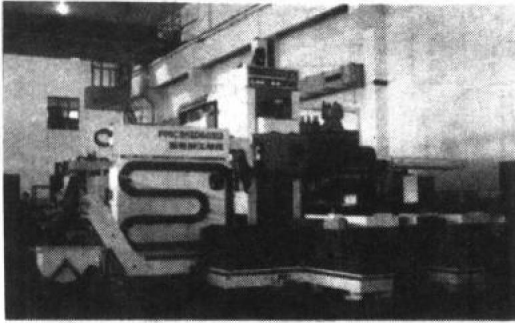


图 1-6 FMC8H2D60X12 柔性制造单元

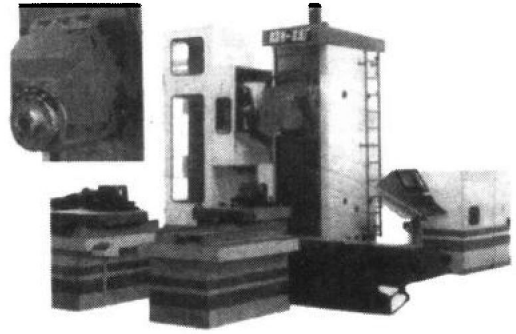


图 1-7 XH7910 型五面加工中心

1.2 数控加工的概念

数控加工，就是泛指在数控机床上进行零件加工的工艺过程。数控机床是一种用计算机来控制的机床，用来控制机床的计算机，不管是专用计算机，还是通用计算机都统称为数控系统。数控机床的运动和辅助动作均受控于数控系统发出的指令。在数控机床上加工零件与在普通机床上加工零件，其加工方法并无多大差异，但在机床运动的控制上却有很大区别。在普通机床上加工时，机床的运动受控于操作工人。如机床的开启、主轴转速的变换、走刀路径、运动部件的位移量、切削用量的变更，以及机床的停止等都是依靠操作工人来控制的。在数控机床上加工零件时，机床的运动和辅助动作的实现均受控于数控系统发出的指令。而数控系统的指令是由程序员根据工件的材质、加工要求、机床的特性和系统所规定的指令格式（数控语言或符号）编制的。编写加工（或运动）指令的过程就称为编程。所谓编程，就是把被加工零件的工艺过程、工艺参数、运动要求用数字指令形式（数控语言）记录在介质上，并输入数控系统。数控系统根据程序指令向伺服装置和其它功能部件发出运行或终断信息来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。任何一种数控机床，在其数控系统中若没有输入程序指令，数控机床就不能工作。

机床的受控动作大致包括机床的起动、停止；主轴的启停、旋转方向和转速的变换；进给运动的方向、速度、方式；刀具的选择、长度和半径的补偿；刀具的更换，冷却液的开起、关闭等。图 1-8 是数控机床加工过程框图。从框图中可看出在数控机床上加工零件所涉及的范围比较广，与相关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，应熟练地掌握工艺分析、工艺设计和切削用量的选择，能正确地提出刀辅具和零件的装夹方案，懂得刀具的测量方法，了解数控机床的性能和特点，熟悉程序编制方法和程序的输入方式。

使用数控机床，不能把它看成使用的仅是一台机床，而应该把它看成是在使用一套成套设备，作为一项综合的成套技术来处理。因此，要求数控编程人员所掌握的知识要新，面要广，要远超过普通的工艺人员，否则就无法胜任程序的设计和编制工作。编程技巧对加工质量有一定的影响。好的加工程序可以适当提高工件的位置精度和解决表面加工质量。

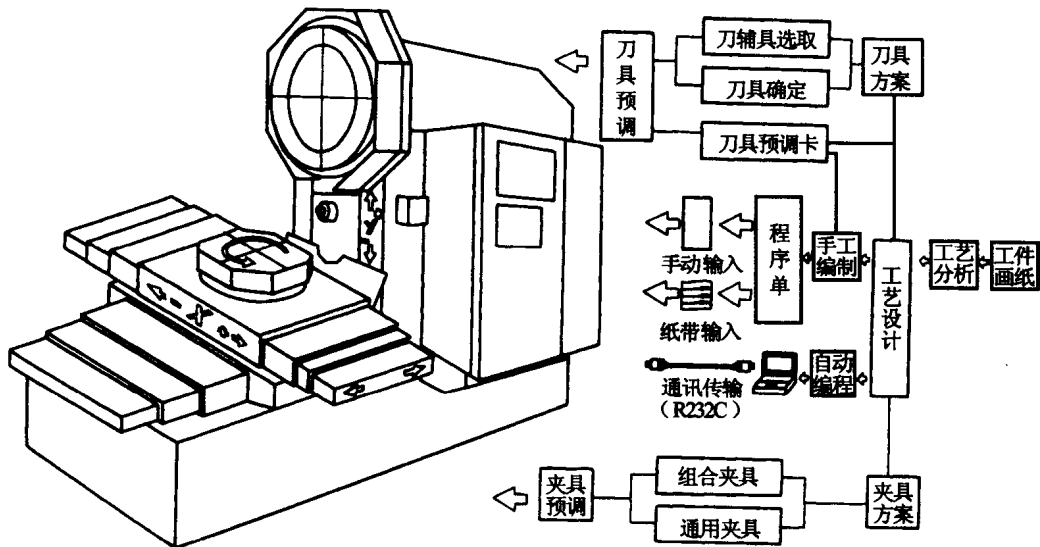


图 1-8 数控机床加工过程框图

数控加工程序编制方法有手工编程和自动编程之分。手工编程也称之为人工编程，程序的全部内容是由人工按数控系统所规定的指令格式编写的。自动编程也称为计算机编程。自动编程根据编程信息输入与计算机对信息的处理方式的不同，可以分为以语言和绘画为基础的自动编程方法。但是，无论是采用何种自动编程方法，都需要有相应配套的硬件和软件。

1.3 数控机床运动的分类

数控机床按其刀具与工件的相对运动轨迹，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

点位控制是指在刀具运动时，只控制刀具相对于工件位移的准确性，不考虑两点间的路径，这就是点位控制的特点。

通常在 $x-y$ 平面内均可以实现直线或旋转的点位控制。在编程时可以指令两个坐标联动或顺序定位。点位控制的机床，刀具在移动过程中是不进行切削的，切削加工是在定位之后才进行。如数控钻床、数控镗床、数控冲床、数控铆接机等都属于这种控制的机床。图 1-9 是点位控制机床（数控钻床）加工示意图。这是一种典型的点位控制加工，刀具在相应的点定位后才能进行钻削加工，刀具从一点移动到另一点是不能进行加工的，而且通常都采用快速移动方式。

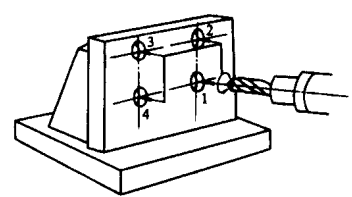


图 1-9 点位控制机床加工示意图

2. 直线控制

直线控制也称直线切削控制方式。这种控制方式，除了控制刀具从起点到终点的准确

定位之外，还要保证运动轨迹必须是一条直线，并且刀具在运动过程中还要进行切削加工。两轴联动，等速进给时可完成 45°角的铣削加工。

图 1-10 是直线控制的加工示意图。采用直线控制的机床有数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心等。

3. 连续控制

连续控制也称轮廓控制。该控制的特点是能够对两个坐标或两个坐标以上的运动进行控制。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进行切削。所有连续控制的系统都具有点位、直线控制功能，可以进行直线和圆弧的切削加工（直线、圆弧插补）和准确定位，有些系统还具有抛物线、螺旋线等特殊曲线的插补功能。图 1-11 是连续控制加工示意图。采用连续控制的机床有数控铣床、数控磨床、加工中心等机床。

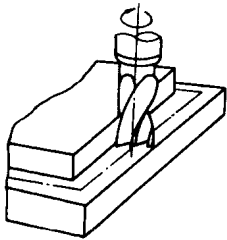


图 1-10 直线控制加工示意图

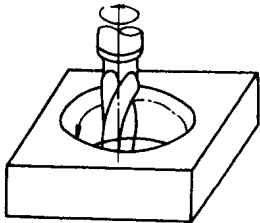


图 1-11 连续控制加工示意图

1.4 数控机床的坐标系

在数控机床上加工零件，刀具与零件的相对运动必须在确定的坐标系中进行，超出坐标系范围，加工就不能按规定的程序进行，编程人员必须熟悉机床坐标系。不同类型的机床，有不同的坐标系（详见附录一）。建立坐标系的概念，确定正确的工件坐标系可以简化编程计算和提高零件的加工质量。

图 1-12 是一工件在 x - y 平面内运动，刀具在 z 平面内运动的数控机床的机床坐标系图。

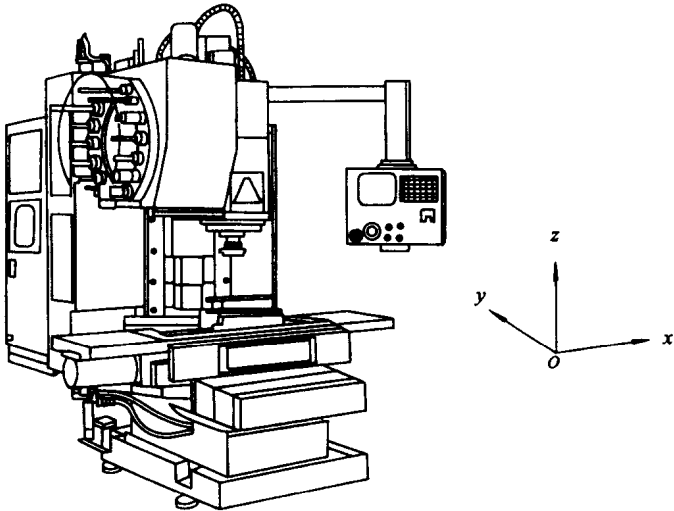


图 1-12 工件运动的机床坐标系

1.4.1 坐标系和运动方向

为准确地描述机床的运动，简化程序的编制方法，保证记录数据的互换性和程序介质（纸带、磁盘、光盘）的通用性，一些工业发达国家都先后制定了本国数控机床坐标和运动方向命名的相关标准。JB3051—82《数字控制机床坐标和运动方向的命名》，对数控机床的坐标、各运动方向做了明确规定。目前国际标准化组织已经统一了坐标标准系，详见附录一 JB3051—82 规定的各种机床坐标轴和运动方向。

1. 标准坐标系的规定

国际标准（ISO）和我国部颁标准中规定数控机床的坐标系采用笛卡儿直角坐标系，右手定则法。如图 1-13 所示，大拇指的方向为 x 轴的正方向；食指为 y 轴的正方向；中指为 z 轴的正方向。这个坐标系的各个坐标轴与机床的主要导轨相平行。

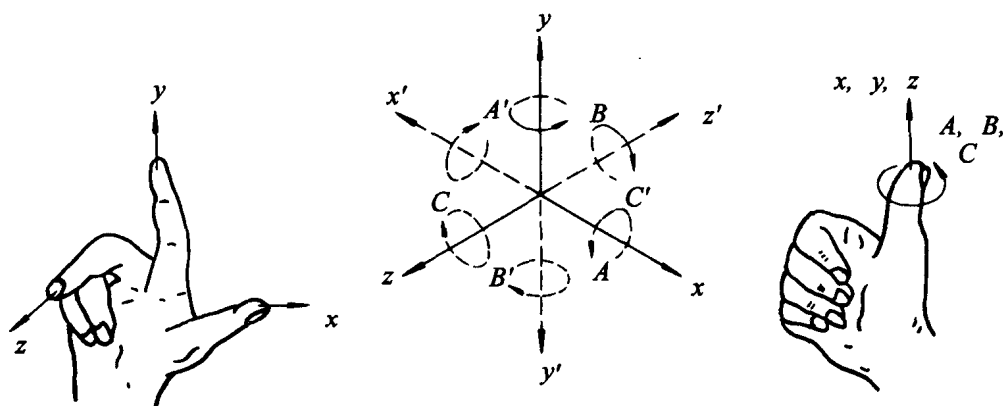


图 1-13 笛卡儿右手直角坐标系

2. 坐标和运动方向命名的原则

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，就能依据零件图纸来确定机床的加工过程、编制加工程序，特规定以工件为基准，假定工件不动，刀具相对于静止的工件运动的原则。

3. 机床运动部件运动方向的规定

JB3051—82 中规定，增大工件与刀具之间距离的方向是机床运动的正方向。

(1) z 轴坐标运动

规定与主轴线平行的坐标轴为 z 坐标（ z 轴），并取工件远离刀具的方向为 z 轴的正向。无论是主轴带动工件旋转类的机床（车床、磨床），还是主轴带动刀具旋转类的机床（铣床、钻床、镗床），与主轴平行的坐标轴为 z 轴。参见图 1-14、图 1-15、图 1-16。从这一规定我们可以得出这样一个结论：对于钻、镗类加工机床，钻入或镗入方向均是 $-z$ 方向。

当机床有几根主轴时，则选取一个垂直于工件装夹表面的主轴为 z 轴（如龙门铣床）。对于没有主轴的机床则规定垂直于工件表面的轴为 z 轴（刨床）。

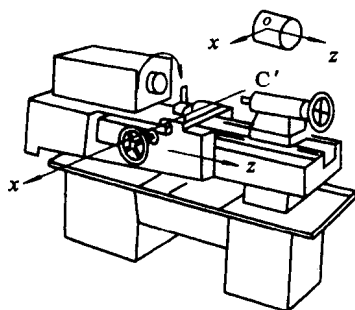


图 1-14 数控车床的坐标系

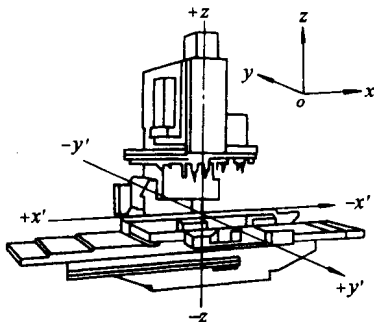


图 1-15 立式加工中心的坐标系

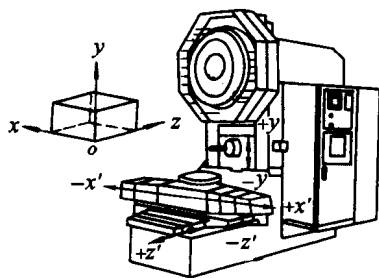


图 1-16 卧式加工中心的坐标系

(2) x 轴坐标运动

x 轴规定为水平平行于工件装夹表面。它是刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。

对于工件旋转的机床（车床、磨床），取横向离开工件旋转中心的方向为 x 轴的正方向，如图 1-14 所示。

对于刀具旋转的机床（铣床、钻床、镗床），又有立、卧式机床之分。当机床是立式（ z 轴是垂直的立铣、立钻、立式加工中心等）的，从主轴向立柱看，立柱右方规定为 x 轴的正方向，如图 1-15 所示；当机床是卧式（ z 轴是水平的卧式铣床、卧式镗床、卧式加工中心等）的，从主轴向工件看， $+x$ 方向指工件的右方向，如图 1-16 所示。

(3) y 轴坐标运动

y 坐标轴垂直于 x 、 z 坐标轴。当 z 轴、 x 轴确定之后，按笛卡儿直角坐标制右手定则法判断， y 轴方向就是唯一地被确定了。

(4) 旋转运动 A 、 B 和 C

旋转运动用 A 、 B 和 C 表示，规定其分别为绕 x 、 y 、 z 轴旋转的运动。 A 、 B 、 C 的正方向，相应地表示在 x 、 y 和 z 坐标轴的正方向上，按右手螺旋前进方向。如图 1-13 所示。

(5) 附加坐标

如果有第二或第三组坐标平行于 x 、 y 、 z ，则分别指定用 U 、 V 、 W 和 P 、 Q 、 R 表示。

(6) 工件运动的机床坐标表示的规定

JB3051-82 对工件运动而不是刀具运动的机床规定用带“'”的字母和箭头表示。如用 $+z$ 表示刀具相对于工件的正向运动， $+z'$ 则表示工件相对于刀具的正向运动。二者表示的运动方向正好相反，如图 1-17 所示。机床设计者要考虑的是带“'”的运动，编程人员在编程时只考虑不带“'”的运动。

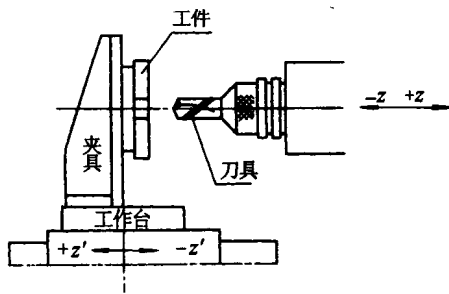


图 1-17 工件运动方向

(7) 主轴旋转方向

主轴顺时针旋转运动是按右手螺旋前进的方向为主轴的正向。如果正对主轴端面看主轴旋向，反时针方向为正向。

1.4.2 机床坐标系的原点

机床坐标系是用来确定工件坐标系的基本坐标系，其坐标和运动方向视机床的种类和结构而定。如数控车床、数控铣床、数控镗床都有自己的坐标系统，立式加工中心与卧式加工中心的坐标系也有较大的区别。即便都是卧式加工中心，其运动部件不同坐标系也有一定的差异，如工作台做 z 向运动的与立柱做 z 向运动的两种加工中心，其机床坐标就有较大的差别，但它们的标准坐标完全相同。

机床坐标系的原点也称机械原点、参考点或零点。这个原点是机床固有的点。机床启动时，通常要进行机动或手动回零。所谓回零，就是直线坐标或旋转坐标（如回转工作台）回到正向的极限位置。这个极限位置就是机械原点（零点）。如图 1-18 所示，各坐标轴回零比较直观，如工作台是回到 x 向极限位置，立柱回到 z 向极限位置，主轴箱是回到 y 向最上位置，它们都能够直接感觉和测量出来；而机床坐标系的原点是三维面的交点，无法直接感觉和测量，只有通过各坐标轴的零点，做相应的平行切面，这些切面的交点，即为机床坐标系的原点（机械原点），这个原点是机床一经设计和制造出来，就已经被确定下来的，所以说机械原点是机床坐标系中固有的点，不能随意改变。标准坐标系的原点是任意的，可以由编程人员自行设定。这就是两个坐标系不同之处，编程时切记不要混淆。

图 1-19 为一工件（工作台）移动的卧式加工的机械原点示意图。

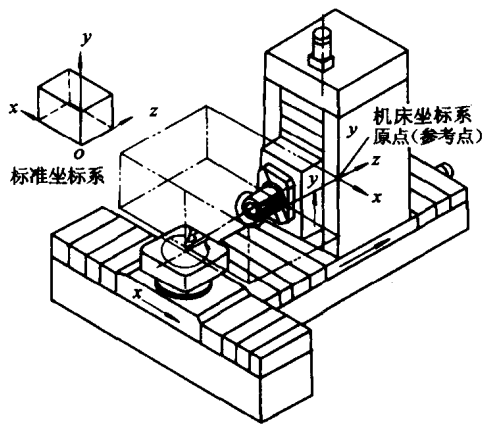


图 1-18 机床坐标系原点

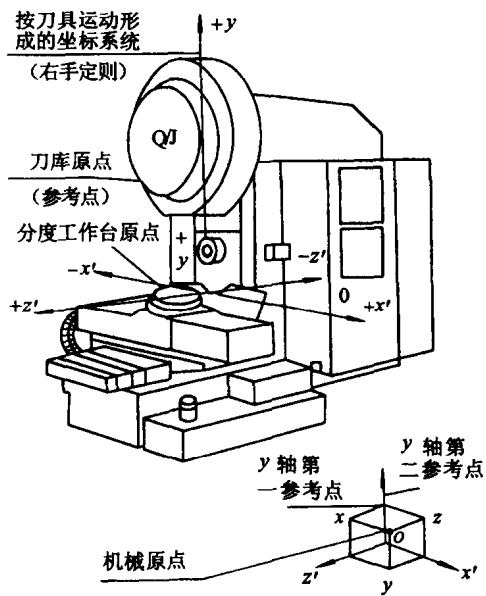


图 1-19 卧式加工中心（工件移动）的机械原点

1.4.3 工件坐标系

编程时一般是选择工件上的某一点作为程序原点，并以这个原点作为坐标系的原点，建立一个新的坐标系，这个新的坐标系就是所谓的工件坐标系。如图 1-20 所示，我们拟选择工件上的一个孔的中心为工件坐标系的原点（图中 O 点）。从图中还可以看出工件坐标系与机床坐标系之间的差异。

1.4.4 绝对坐标与增量（相对）坐标

在坐标系中，所有的坐标点均以某一固定坐标系原点作为坐标位置的起点，并以之计算各点的坐标值，这个坐标系称为绝对坐标系。如图 1-21 所示。绝对坐标系可以避免尺寸的积累误差。图中，

$$x_A = 25 \quad y_A = 20 \quad x_B = 60 \quad y_B = 50$$

在坐标系中，运动轨迹的终点坐标是以起点计量的坐标系称为增量坐标系（相对坐标系）。如图 1-21 所示。图中，

$$x_A = 25 \quad y_A = 20 \quad x_B = 35 \quad y_B = 30$$

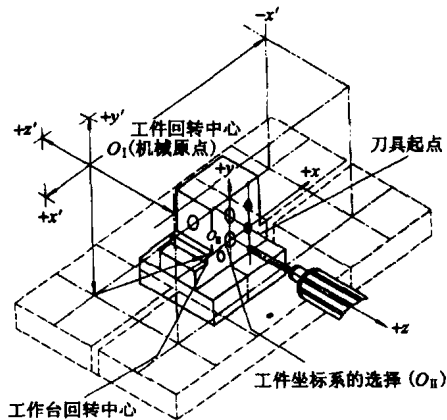
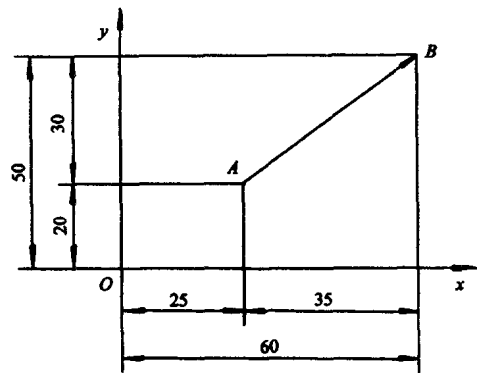


图 1-20 工件坐标系的选择图



1-21 绝对坐标及增量坐标

第2章 数控加工程序编制的工艺基础

2.1 数控加工工艺概述

在数控机床上加工零件与在普通机床上加工零件所涉及的工艺问题大致相同，处理方法也无多大差别。都是首先要对被加工零件进行工艺分析和处理，然后根据工艺装备（机床、夹具、刀具等）的特点拟定出合理的工艺方案，最后编制出零件加工的工艺规程（简称工艺）或加工程序。

2.1.1 数控加工工艺的基本特点

工艺规程是工人在加工时的指导性文件。由于普通机床受控于操作工人，因此，在普通机床上用的工艺规程实际上只是一个工艺过程卡，机床的切削用量、走刀路线、工序的工步等往往都是由操作工人自行选定。数控加工的程序是数控机床的指令性文件。数控机床受控于程序指令，加工的全过程都是按程序指令自动进行的。因此，数控加工程序与普通机床工艺规程有较大差别，涉及的内容也较广。数控机床加工程序不仅要包括零件的工艺过程，而且还要包括切削用量，走刀路线，刀具尺寸以及机床的运动过程。因此，要求编程人员对数控机床的性能、特点、运动方式、刀具系统、切削规范、以及工件的装夹方法都要非常熟悉。工艺方案的好坏不仅会影响机床效率的发挥，而且将直接影响到零件的加工质量。

2.1.2 数控加工工艺的主要内容

概括起来数控加工工艺主要包括如下内容：

- 1) 选择适合在数控机床上加工的零件，确定工序内容。
- 2) 分析被加工零件的图纸，明确加工内容及技术要求。
- 3) 确定零件的加工方案，制定数控加工工艺路线。如划分工序、安排加工顺序，处理与非数控加工工序的衔接等。
- 4) 加工工序的设计。如选取零件的定位基准，夹具方案的确定、划分工步、选取刀辅具、确定切削用量等。
- 5) 数控加工程序的调整。选取对刀点和换刀点，确定刀具补偿，确定加工路线。
- 6) 分配数控加工中的容差。
- 7) 处理数控机床上的部分工艺指令。

虽然数控加工工艺内容较多，但有些内容与普通机床加工工艺非常相似。