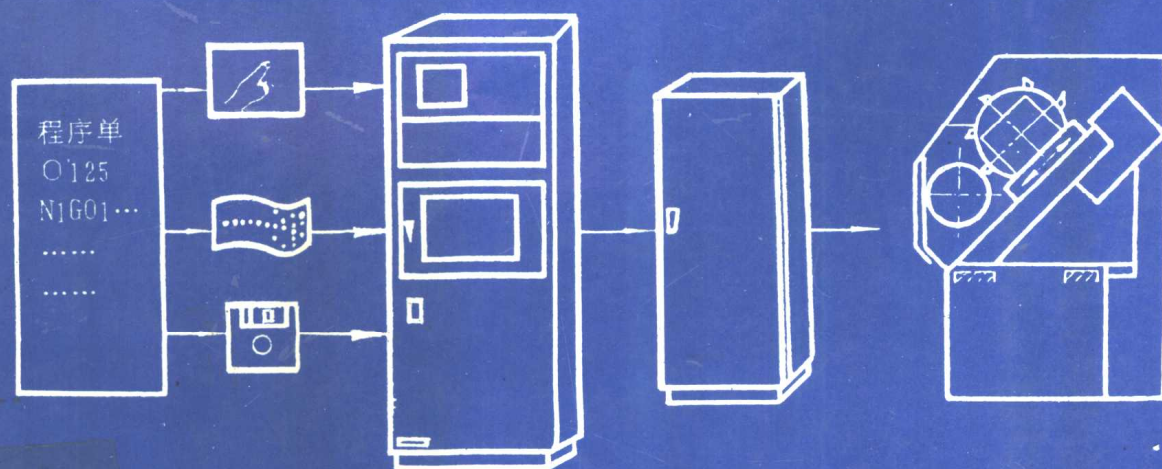


數控機床及加工編程

龙 伟 编著



成都科技大学出版社

852014

第 1 版 (1994 年 1 月)

數控機床及加工編程

龙 伟 编著

成都科技大学出版社

1994. 成都

(川)新登字第015号

内 容 简 介

本书以数控机床为主线,结合几类典型的数控机床加工编程,把数控机床的结构特点、性能规格、工装夹具、刀具工具系统、加工编程等内容贯穿起来。全书分四大章。第一章为数控机床的加工编程,重点介绍了数控机床的工作原理,NC程编的一般标准和程编方法,手工和自动编程等内容;第二章主要涉及数控铣床的工作原理、结构特点、数控铣刀、数控铣削加工程序编制等;第三章的内容涉及到数控车床的结构、加工、编程等;第四章的主要内容是加工中心的基本结构、自动换刀系统及其加工编程等。

本书可作为高校本专科机械制造、机械设计、机电一体化等类学生的教材或研究生的选学教材,也可作为数控职业培训和技能培训的书目。同时,可供从事这方面工作的工程技术人员和研究人员参考。

数控机床及加工编程

龙 伟 编著
责任编辑 何 琪

成都科技大学出版社出版发行
成都科技大学印刷厂印刷
开本:787×1092 1/16 印张:16
1994年11月第1版 1994年11月第1次印刷
字数:360千字 印数:1-600
ISBN7-5616-2964-8/TH.24

定价:7.40元

目 录

第一章 数控机床加工编程	1
1.1 概述	1
1.2 数控加工的基本原理	1
1.2.1 数控加工的原理及其过程	1
1.2.2 数控加工的特点	4
1.3 数控加工程序编制方法	6
1.3.1 数控加工编程的基本概念	6
1.3.2 数控加工编程步骤	8
1.3.3 数控加工编程方法	10
1.4 数控程序代码及程序格式	11
1.4.1 穿孔纸带与ISO和EIA代码	11
1.4.2 准备功能与辅助功能代码	16
1.4.3 数据程序的结构及格式	19
1.5 数控自动编程系统	23
1.5.1 什么是数控自动编程	23
1.5.2 数控自动编程系统的组成及特点	23
1.5.3 自动编程数控语言软件系统	25
1.5.4 数控程序自动编制技术的发展	26
1.6 APT自动编程语言	27
1.6.1 数控语言的发展概况	27
1.6.2 APT语言(MINIAPT)	28
1.7 数控技术的标准化	45
1.7.1 概述	45
1.7.2 常用的数控标准	46
1.7.3 其它数控标准和规约	48
第二章 数控铣床加工	50
2.1 数控铣床的工作原理、特点和应用	50
2.2 数控铣床的种类、型号、规格及性能	50
2.2.1 数控铣床的结构和种类	50
2.2.2 数控铣床的型号、规格及性能	54
2.3 铣床附件及装夹	55
2.3.1 铣床附件	55
2.3.2 铣床工件装夹	62
2.4 铣刀类型、规格、选用	70
2.4.1 铣刀的类型	70
2.4.2 新型高效铣刀	72
2.4.3 铣刀各部位名称、代号、齿形	74
2.4.4 铣刀的合理选用	76
2.5 数控铣床切削用量及其选择	78
2.6 表面铣削加工方法	80
2.7 数控铣床加工程序编制	84
2.7.1 数控铣削编程的工艺分析	84
2.7.2 铣削加工中的刀具补偿	88

2.7.3	镜像铣削加工	92
2.7.4	铣削加工编程中的子程序调用	95
2.7.5	铣削转移加工	100
2.7.6	数控铣床程序编制实例	102
附件一: 数控铣床产品(厂家、型号、性能)		107
第三章 数控车床加工		
3.1	数控铣床的工作原理、特点和应用	114
3.1.1	数控车床概述	114
3.1.2	数控车削原理与特点	115
3.2	数控铣床的结构、种类、规格和型号	115
3.2.1	数控车床的结构、种类	115
3.2.2	数控车床的型号、规格和性能	118
3.3	车床的附件和装夹	119
3.3.1	车床的一般附件	119
3.3.2	车床工件装夹	128
3.3.3	数控车床的刀架系统	129
3.4	车刀类型、规格及选用	132
3.4.1	车刀的类型、规格及数控车削工具系统	132
3.4.2	数控车床的车削工具系统	141
3.5	数控车床的加工编程	143
3.5.1	车床程序编制的特点	143
3.5.2	坐标设定指令——G92(EIA代码为G50)	143
3.5.3	车削固定循环程序	144
3.5.4	圆头车刀的编程与补偿	147
3.6	数控车削加工编程实例	150
3.6.1	一般加工实例	150
3.6.2	锥的车削实例	152
3.6.3	螺纹加工实例	153
3.6.4	孔加工车削实例	158
附件二: 数控车床产品(厂家、型号、性能)		162
第四章 加工中心及加工编程		
4.1	引言	176
4.2	加工中心的结构与分类	177
4.2.1	加工中心的基本结构	177
4.2.2	加工中心的基本分类	178
4.3	加工中心的自动换刀系统(ATC)	181
4.3.1	自动换刀系统的结构	181
4.3.2	刀库	182
4.3.3	换刀系统	184
4.3.4	换刀机械手	185
4.3.5	拉刀装置	187
4.3.6	主轴定向装置	189
4.4	加工中心的主传动系统	190
4.4.1	结构与分类	190
4.4.2	主传动系统的运动学参数	190

4.5	加工中心的工具系统	193
4.6	加工中心的加工编程	198
4.6.1	加工中心的坐标系	198
4.6.2	加工中心的准备功能	200
4.6.3	主轴、换刀和辅助机能	206
4.6.4	圆弧程序的编制	208
4.6.5	刀具偏置功能	210
4.6.6	刀具补偿功能	213
4.6.7	固定循环功能	228
4.6.8	子程序调用编程	234
附件三	数控加工中心产品(厂家、型号、性能)	237
参考文献	251

一、数控机床加工编程

1.1 概述

科学技术和社会生产的不断发展,对机械产品的质量和生产率提出了越来越高的要求。同时,人类社会日益增长的不同社会需求,要求产品的多样化也愈加明显。由于市场竞争日趋激烈,为在竞争中求得生存与发展,各生产企业不仅要提供高质量的产品,而且必须经常进行改型,缩短生产周期,以满足市场上不断变化的需要。因此,即便是大批量生产,也改变了产品长期一成不变的做法。频繁地开发新产品,使“刚性”的自动化设备在大批量生产中日益暴露其缺点。

为了解决上述问题,满足多品种、小批量产品的自动化生产,迫切需要一种灵活的、通用的、能够适应产品更新变化的柔性自动化机床。

另一方面,早在五、六十年代,由于美苏在军事装备上的激烈竞争,要求其军工企业、公司提供能高精、高效、灵活的自动化加工机床,以满足军事武器零配件的加工生产需要,从而也促使机床数控获得迅速发展。可以说,机床数控也是军备竞赛的产物。

自1951年美国麻省理工学院与帕森公司合作,受美国空军的委托,研制成功世界第一台数控机床以来,有关早期机床数控装置的诸多技术几乎都是由美国完成的。到1964年为止,就已有3500台数控机床在使用中。

在日本,由于注意到美国数控发展动向的东京工业大学,于1955年开始了数控的研究工作。1956年日本富士通公司、冲电气工业公司等也开始研制和生产高技术水平的多坐标轮廓控制的数控装置,使日本也很快进入了其先进的机床数控装置真正实用化生产的国家行列。

目前,随着微电子技术的飞跃发展和新技术革命的不断深入,世界各工业化国家近几年来,使机床数控进入民用制造业。进一步地在能够设计制造自动换刀的高效自动化机床的基础上,相继又研制生产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),而由多台加工中心、自动物料传输装置和工业机器人组成的柔性制造系统(FMS)也已用于生产第一线,甚至实现了二十四小时无人化加工制造。

我国从1958年开始研制数控机床,在研制与推广使用数控机床方面取得了一定的成绩。近年来,由于引进了国外的数控系统与伺服系统的制造技术,使我国数控机床在品种、数量和质量等方面都得到了迅速发展。目前我国已有几十家机床厂能够生产不同类型的数控机床和加工中心机床。我国经济型数控机床的研究、生产和推广工作也取得了较大的发展,这必将对我国各行各业的技术改造起到积极的推动促进作用。

1.2 数控加工的基本原理

1.2.1 数控加工原理及其过程

那么,什么是数控机床呢?数控机床是指将被加工零件的工艺流程、工艺和几何参

数用数控代码（即数控程序），以数字信息的形式输入到数控装置中。数控装置便根据数字信息，通过伺服机构控制一台或多台机床的动作。即，将加工过程所需的各种操作（如主轴变速、装夹工件、进退刀具、开车停车、选择刀具、供给冷却液等）和步骤，以及刀具与工件之间的相对位移量都用数字化的代码来表示，通过控制介质（穿孔纸带或磁带）将数字信息送入专用的或通用的计算机，计算机对输入的信息进行处理与运算，发出各种指令来控制机床的伺服系统或其它执行元件，使机床自动加工所需的工件。可见，数控加工就是数控装置控制机床对工件进行工艺切削的过程。

数控机床主要由数控装置（计算机系统）、伺服系统、机床本体组成，它的加工过程见图 1-1 所示。从该图的数控机床加工过程。可以看出，在数控机床（加工中心）上加工零件，所涉及的范围比较宽。因此，使用数控机床，不能将它当作使用一台机床来看，而应该把它做为一种成套设备来使用，做为了一项综合了传统工艺方法和最新高科技成果的高新技术来处理，这样才能发挥数控机床的作用。

数控加工的一个显著特点就是连续控制的切削加工过程，即均能同时多坐标方向运动进行严格的不间断控制。为了满足刀具沿工件型面的相对运动轨迹符合工件加工轮廓的直线、曲线或曲面要求，必需将各坐标方向运动的位移控制与速度按规定的比例关系精确的协调起来，即多坐标联动加工。其多坐标联动数控加工的几种方式见表 1-1。

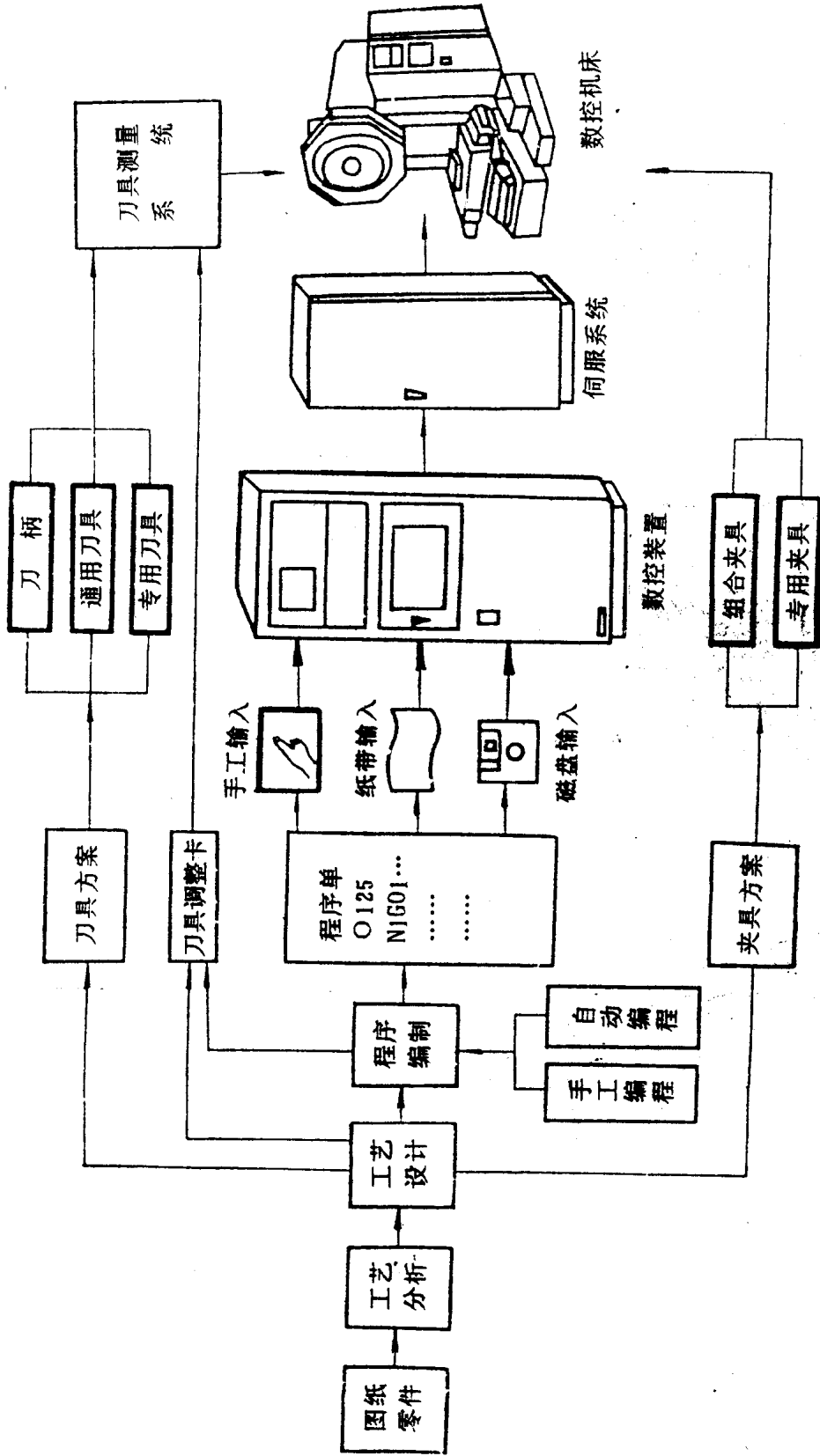
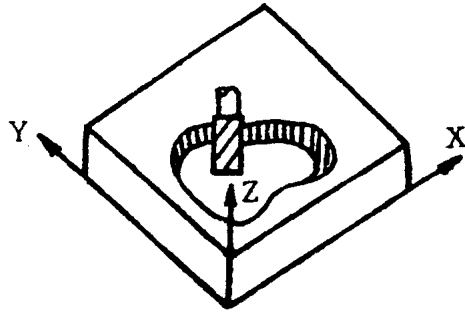
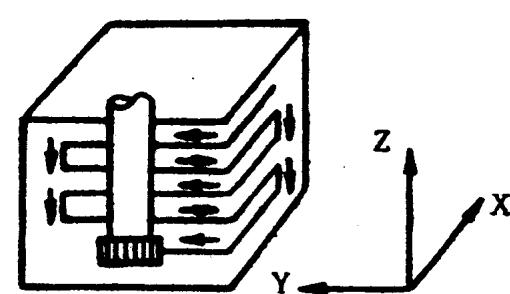
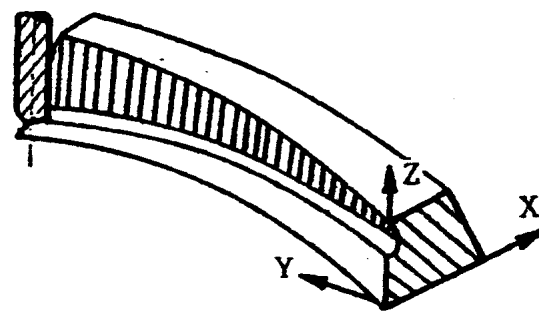


图 1-1 数控机床工作过程框图

表1-1 多坐标联动数控加工的方式

 <p style="text-align: center;">二坐标联动加工曲面</p>	<p>指同时控制两坐标联动的数控加工,即在X、Y、Z三个运动坐标中,可任意同时控制其中的两个坐标,如XY,或XZ,或ZY,又称2D。</p>
 <p style="text-align: center;">二坐标半数控加工</p>	<p>指同时控制二个坐标(X、Y)联动,同时用其第三个坐标(Z)作阶段性调整的数控加工,又称2.5D</p>
 <p style="text-align: center;">三坐标数控加工</p>	<p>指同时控制X、Y、Z三个坐标联动的数控加,又称3D</p>

1.2.2 数控加工的特点

数控机床的加工原理与普通机床及传统的自动化机床并无原则性区别,其主要的差异在于控制方式不同。此外,数控加工对机床、刀具和夹具的结构和精度都提出了相应的要求。归纳起来,数控机床与其它普通机床相比有以下几方面的优点:

1、适于加工复杂件

4.

数控机床可以实现多坐标联动,尤其对于曲线、曲面的加工有着极大的优越性。当用普通机床加工曲线、曲面时,往往是用靠模来产生刀具的运动轨迹。因此对靠模的形状和位置精度、表面粗糙度、硬度等提出了较高的要求,制造难度较大。且在应用过程中,靠模因受到摩擦以致磨损而使型面精度降低,对精加工带来不利影响。应用数控机床加工曲线的型面时,则不需要制造靠模,而是把靠模功能的全部信息记载在纸带上,一条纸带可分别用以控制粗、细、精加工。对于加工部位多,尺寸复杂,加工时观察和测量困难的工序,数控机床显示出极大的优越性。

2、适于加工精密件

一般数控装置的输出当量(即伺服装置运动的最小移动量)为0.001毫米。机床传动链的反向齿隙和丝杠的螺距误差可以通过数控装置自动地进行补偿,因此数控机床的定位精度较高。对于中、小型机床来说,定位精度一般可达0.01mm/300mm毫米,重复定位精度可达0.005毫米。对于同一批零件而言,由于使用同一个加工程序,刀具加工轨迹完全相同,主轴的转速和刀具进给速率也相同,所以工件精度一致性好。

数控机床在粗加工、半精加工和精加工各个阶段,切削负荷步步递减。精加工刀具负荷小,使用寿命长,有利于工件质量的稳定。对于难切削材料的工件和刚性较差的工件,只要有相应的措施,数控机床也能使加工精度在一定的程度上得到稳定。

3、缩短新产品试制的生产周期

以普通机床为加工手段时,新产品的试制常因大批专用工装的设计和制造而延误进度。对于复杂的产品,甚至需要设计和制造专用机床设备,费工费时。一旦这些工装和设备配备齐全,又往往成为下一代产品的“包袱”。造成这种被动局面的原因是普通机床的适应性和灵活性较差。而数控加工的手段减少了对专用工装品种和数量上的要求,也降低了对专用工装复杂的要求,有利于产品的更新换代。

4、提高工作效率

一般说来,数控机床的潜在生产能力是普通机床的3倍以上。这是因为数控机床的主轴转速和进给速度变化范围大,机床刚性好,允许选用较高的切削用量。加工中辅助时间相对缩短也是切削效率提高的重要原因之一。

5、便于生产管理

加工程序调妥之后,正常情况下加工所需的时间也就基本上可以确定。在自动编程的条件下,甚至可以在程序编好的同时就自动计算出该程序的全部走刀时间。将这个时间乘上一定的经验系数,就可以较准确地估计该工序的全部工时。数控加工的工序越多,数控化程度越高,生产的节奏就越容易掌握。所以,数控技术的发展有利于生产管理,特别适应于计算机生产管理。

6、降低操作者的劳动强度

每批工件的首件加工时,特别是新编制的程序试削加工时,操作者要担负重要的责任,经验显得十分重要,此时,劳动强度并不低。在这方面,熟练的操作工人的作用是不可忽视的。以为数控机床的操作工作只是送送纸带、按按电钮,这显然是误会,至少当前还不能普遍做到。不过在数控机床上,继首件加工通过后再加工同样的工件,劳动

强度则大大降低。当然,这还依赖于其它的条件,如刀具的耐用度和标准化程序。

7、便于建立通信网络

数控机床使用数字化信息,容易实现与计算机辅助设计系统通讯联网,形成计算机辅助设备与制造紧密结合的一体化系统(即CAD/CAM系统。)

另一方面,也应看到数控机床的造价高、技术复杂,对编程、操作、维修人员的素质要求较高。影响数控机床正常运转的因素也很多,需要切实解决,如零件编程、刀具供应、操作和维修人员培训以及备件订货等等问题,从各方面创造条件,提高数控机床的开机率,以求提高经济效益。

1.3 数控加工程序编制方法

1.3.1 数控加工编程的基本概念

1、什么叫数控编程?

在普通机床上加工零件,通常根据零件图纸的要求编制工艺规程或工艺卡。在工艺规程中规定了每道加工方法、使用机床、刀具选择、操作顺序和切削用量等。因此操作工人只需按工艺规程加工零件。而现代数控机床是按照事先编制好的加工程序自动地对工件进行加工的高效自动化设备。理想的加工程序不仅应保证加工出符合图纸要求的合格工件,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。

所谓程序编制,就是将零件的工艺流程、工艺参数、刀具位移量与方向以及其他辅助动作(换刀、冷却、夹紧等),按运动顺序和所用数控机床规定的指令代码及程序格式编成加工程序单(相当于普通机床加工的工艺过程卡),再将程序单中的全部内容记录在控制介质上(如穿孔带、磁带等),然后输给数控装置,从而指挥数控机床加工。这种从零件图纸到制成控制介质的过程称为数控加工程序编制。

2、数控机床运动坐标系

统一规定数控机床坐标轴名称及其运动的正、负方向,可使编程简便,并使所编程序对同类型机床有互换性。目前国际上已统一了标准的坐标系。我国也已制订了JB3051-82《数控机床坐标和运动方向的命名》数控标准,它与ISO841等效。

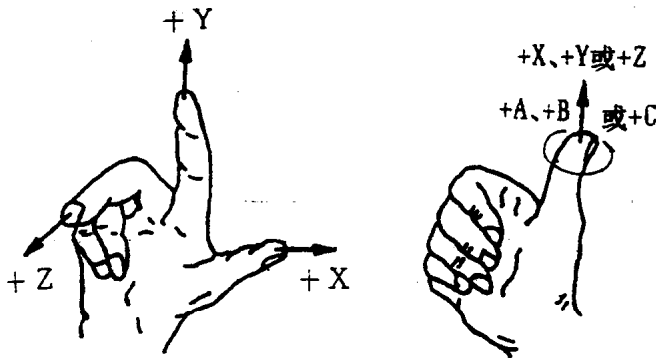


图1-2 右手直角笛卡儿坐标系

标准的坐标系采用右手直角笛卡儿坐标系（图 1-2）。它规定直角坐标 x 、 y 、 z 三者的关系及其正方向用右手定则判定，围绕 x 、 y 、 z 各轴回转运动及其正方向 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ 分别用右螺旋法则判定。与 $+x$ 、 $+y$ …… $+z$ 相反的方向相应用带“'”符号的 $+x'$ 、 $+y'$ …… $+z'$ 表示。

图 1-3、图 1-4、图 1-5 分别示出了数控车床、数控铣床以及数控镗铣床的标准坐标系。其坐标和运动方向是根据以下规则确定的：

1) 由于机床的运动可以是刀具相对于工件的运动，也可以是工件相对于刀具的运动，所以统一规定在图 1-2 中字母不带“'”的坐标表示工件固定、刀具运动的坐标，如图 1-3~1-5 旁边所示的坐标系；带“'”的则表示刀具的固定，工件的运动。规定增大工件刀具之间的距离（即增大工件尺寸）的方向为正方向。

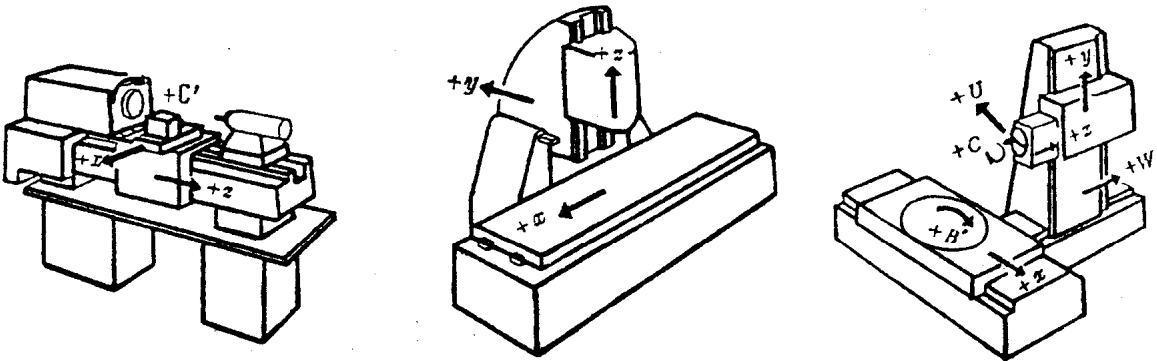


图 1-3 数控车床坐标系

图 1-4 数控铣床坐标系

图 1-5 数控镗铣床坐标系

2) 机床 x 、 y 、 z 坐标的确定。规定平行于机床主轴（传递切削动力）的刀具运动坐标为 z 轴，取刀具远离工件的方向为正方向（ $+z$ ）。当机床有几个主轴时，则选一个垂直于工件装卡面的主轴为 z 轴（如龙门铣床）。

x 轴为水平方向，且垂直于 z 轴并平行于工件的装卡面。对于工件旋转运动的机床（车床、磨床），取平行于横向滑座的方向（工件径向）为刀具运动的 x 坐标。同样，取刀具远离工件的方向为 x 的正向，对于刀具旋转运动的机床（如铣床、镗床）：当 z 轴为水平时，沿刀具主轴后端向工件方向看，向右方向为 x 的正向；当为立式主轴时，对单立柱机床，面对刀具主轴向立柱方向看，向右方向为 x 轴的正向。

y 坐标轴垂直于 x 及 z 坐标。当 $+z$ 、 $+x$ 确定以后，按右手定则不难确定 $+y$ 方向。

3) 编程坐标。正由于工件与刀具是一对相对运动， $+x'$ 与 $+x$ 、 $+y'$ 与 $+y$ 、 $+z'$ 与 $+z$ 是等效的，所以在数控机床的程序编制中，为使编程方便，一律假定工件固定不动、全部用刀具运动的坐标系编程，亦即能用标准坐标系 x 、 y 、 z 、 A 、 B 、 C 在图纸上进行编程。这样，即使编程人员在不知刀具移近工件还是工件移近刀具的情况下，也能编出正确的程序。注意：实际编程时，正号可省略，负号不可省且紧跟在字母之后。

4) 附加运动坐标。 x 、 y 、 z 为主坐标系或第一坐标系。如有第二组坐标和第三

组坐标平行于 x 、 y 、 z ，则分别指定为 U 、 V 、 W 和 P 、 Q 、 R 。所谓第一坐标系是指靠近主轴的直线运动，稍远的为第二坐标系。如在镗铣床（图1-5），镗杆运动为 z 轴，立柱运动为 W 轴，而镗头径向刀架运动为平行于 x 轴，故称 U 轴。

1.3.2 数控加工编程步骤

在程序编制前，程编员应了解所用数控机床的规格、性能、CNC系统所具备的功能及编程指令格式等。编制程序时，需先对图样规定的技术特性，零件的几何形状、尺寸及工艺要求进行分析，确定加工方法和加工路线，再进行数值计算，获得刀位数据。然后，按数控机床规定采用的代码和程序格式，将工件的尺寸、刀具运动中心轨迹、位移量、切削参数（主轴转速、刀具进给量、切削深度等）以及辅助功能（换刀、主轴正转、反转、冷却液开关等）编制成加工程序。在大部分情况下，需要将加工程序记录在控制介质上。常见的控制介质有穿孔纸带，以及磁带、磁盘等。其一般过程如下：

1、分析零件图及制订工艺过程

一般来说，数控机床程序编制过程主要包括：分析零件图、工艺处理与工艺制订、数学处理与轨迹计算、编写程序单、制作控制介质及程序检验。所谓“数控机床的程序编制”是指：由分析零件图样到程序检验的全部过程，如图1-6。

首先应根据图纸

对工件的形状、技术条件、毛坯及工艺方案等进行详细的分析。明确加工的内容及要求，确定加工方案、选择适合的数控机床、设计夹具、选择刀具、确定合理的走刀路线以及选择合理的切削用量等。工艺处理涉及问题很多，主要应注意以下几点：

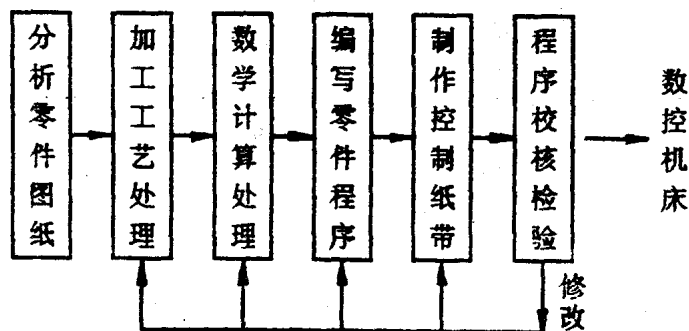


图1-6 数控机床零件程序编程过程

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

(2) 工夹具的设计和选择 应特别注意要迅速完成工件的定位和夹紧过程，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的尺寸关系。

(3) 正确地选择对刀点 对于数控机床来说，程序编制时正确地选择对刀点是很重要的。“对刀点”是指在数控加工时，刀相对于工件运动的起点。“对刀点”也是程序执行的起点。故也称为“程序原点”。对刀点的选择原则如下：

- 1) 所选的对刀点（即程序起点）应使程序编制简单。
- 2) 对刀点应选在容易找正、并在加工过程中便于检查的位置。

3) 引起的加工误差小。

对刀点可以设置在加工零件上,也可以设置在夹具上或机床上。为了提高零件的加工精度,对刀点应尽量设置在零件的设计基准或工艺基准上。对于以孔定位的零件,可以取孔的中心作为对刀点。对刀点经常既是程序起点,又是程序终点。因此在加工中,要考虑一次加工循环后对刀的重复精度。

所谓“对刀”是指使“刀位点”与“对刀点”重合的操作。所谓“刀位点,是指刀具的定位基准点。立铣刀的刀位点是刀具轴线与刀具底面的交点;球头铣刀是球头的球心;车刀是刀尖或刀尖圆弧中心;钻头是钻尖。为保证对刀精度常采用千分表或对刀仪进行找正对刀。

(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。走刀路线的选择从下面几个方面考虑:

1) 尽量缩短走刀路线,减少空走刀行程,提高生产效率。

2) 保证加工零件的精度和表面粗糙度的要求。

3) 有利于简化数值计算,减少程序段数目和编制程序的工作量。

(5) 合理选择刀具 应根据工件材料的性能,机床的加工能力,加工工序的类型,切削用量以及其它与加工有关的因素来正确地选择刀具。对刀具总的要求是:安装调整方便、刚性好、精度高、使用寿命长等。

(6) 确定合理的切削用量 在工艺处理必须正确确定切削用量,即切削深度和宽度、主轴转速及进给速度等。切削用量的具体数值应根据数控机床使用说明书的规定、被加工工件材料类型(如铸铁、钢材、铝材等)、加工工序(如车、铣、钻等、粗加工、半精加工、精加工等)以及其它工艺要求,并结合实际经验来确定。

2. 数学处理 (轨迹计算)

主要根据零件的几何尺寸、走刀路径以及设定的坐标系,来计算粗、精加工时刀具中心的运动轨迹的坐标值(即刀位数据)。

一般的数控系统均具有直线插补与圆弧插补的功能。对于加工由圆弧与直线组成的较简单的平面零件,只需计算出零件轮廓的相邻几何元素的交点或切点的坐标值,得出各几何元素的起点、终点、圆弧的圆心坐标值。如果数控系统无刀具补偿功能,还应计算刀具运动的中心轨迹。对于较复杂的零件或零件的几何形状与控制系统的插补功能不一致时,就需要进行较复杂的数值计算。例如对非圆曲线(如渐开线、阿基米德螺旋线等),需要用直线段或圆弧段来逼近,在满足加工精度的条件下,计算出曲线各节点的坐标值。对于自由曲线、自由曲面、组合曲面的程序编制,其数学处理更为复杂,一般需使用计算机辅助计算,否则难以完成。

3. 编写加工程序单

根据计算出的运动轨迹坐标值和已确定的运动顺序、刀号、切削参数以及辅助动作,按照数控装置规定使用的功能指令代码及程序段格式,逐段编写加工程序单。在程序段之前加上程序的顺序号,在其后加上程序段结束符号。此外,还应附上必要的加工示意图、刀具布置图、机床调正卡、工序卡以及必要说明(如零件名称与图号、零件程序号、

机床型号以及日期等等)。

4、制备控制介质

程序单只是程序设计完后的文字记录,还必须将程序单的程序按ISO或EIA代码记录在控制数控机床的介质上作为数控装置的输入信息。控制介质多为穿孔纸带、磁带和磁盘等。也可将程序单的内容直接用数控装置的键盘键入存储。

5、程序校验和首件试切

程序单和所制备的控制介质必须经过校验和试切削才能正式使用。一般的方法是将控制介质上的内容直接输入到CNC装置进行机床的空运转检查。亦即在机床上用笔代替刀具,坐标纸代替工件进行空运转画图,检查机床运动轨迹的正确性。在具有CRT屏幕图形显示的数控机床上,用图形模拟刀具相对工件的运动,则更为方便。但这些方法只能检查运动轨迹是否正确,不能查出由于刀具调整不当或编程计算不准而造成工件误差的大小。因此,必须用首件试切的方法进行实际切削检查。这不仅可查出程序单和控制介质的错误,还可知道加工精度是否符合要求。当发现尺寸有误差时,应分析错误的性质,或者修改程序单,或者进行尺寸补偿。

1.3.3 数控加工编程方法

数控机床程序编制(简称程编)的方法有两种:手工编制程序与自动编制程序。

1、手工编制程序

编制零件加工程序的各个步骤,即从零件图样分析及工艺处理、数值计算、书写程序单、穿制纸带直至程序的检验,均由人工完成的,即为手工编制程序的过程,亦称为“手工编制程序”。

对于点位加工或几何形状不太复杂的零件,程序编制计算较简单,程序段不多,穿孔纸带也不长,手工程序编制即可实现。但对轮廓形状不是由简单的直线、圆弧组成的复杂零件,特别是空间曲面零件,以及几何元素虽并不复杂,但程序量很大的零件,计算则相当繁琐,工作量大,易出错,难校对,采用手工编制程序是难以完成的。据统计,采用手工编制程序,一个零件的编程时间与机床加工时间之比,平均约为30:1。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”的方法。

2、自动编制程序

由计算机(程编机)自动地进行数值计算,编写零件加工程序单,自动地输出打印加工程序单,并将程序记录到穿孔纸带上或其他的控制介质上。数控机床的程序编制工作的大部分或全部由计算机完成的过程,即为自动编制程序。

程序编制人员只需根据零件图样和工艺要求,使用规定的数控语言编写出一个较短的零件加工源程序,并将其输入到计算机(程编机)中,计算机(程编机)自动地进行处理,计算刀具中心运动轨迹,编出零件加工程序并自动地制作出穿孔纸带。由计算机(或程编机)可自动绘出零件图形和走刀轨迹,因此程序编制人员可及时检查程序是否正确,需要时可及时修改,以获得正确的程序。由于计算机自动编程代替程序编制人员完成了繁琐的数值计算工作,并省去了书写程序单及制作穿孔纸带的工作量。因而

可将编程效率提高几十倍乃至上百倍,同时解决了手工程序编制无法解决的许多复杂零件的编程难题。

按输入方式分,自动编制程序有语言输入方式、图形输入方式和语音输入方式三种。语言输入方式指加工零件的几何尺寸、工艺要求、切削参数及辅助信息等是用数控语言编写成源程序后输入到计算机中,再由计算机进一步处理得到零件加工程序单及穿孔纸带;图形输入方式指用图形输入设备(如数字化仪)及图形菜单将零件图形信息直接输入计算机并在荧光屏上显示出来,再进一步处理,最终得到加工程序及控制介质;语音输入方式又称语音编程。它是采用语音识别器,将操作员发出的加工指令声音转变为加工程序。

按程序编制系统(程编机)与数控系统紧密性分,自动编程又分为离线程序编制和在线程序编制。与数控系统相脱离,单独的程序编制系统为离线程序编制系统。该种编程系统可为多台数控机床编制程序,其功能往往多而强。程序编制时不占用机床工作时间。随着数控技术的不断发展,数控系统不仅可用于控制机床,还可用于自动编制程序。这种使自动编程与数控系统联在一起的方法称为在线编程。有的数控装置具有人机对话的程编功能,即把离线程编机的许多功能移植到了数控系统。如FANUC-3TF和FANUC-11MF系统就是具有人机对话型程编功能的CNC。

1.4 数控程序代码及程序格式

1.4.1 穿孔纸带与ISO和EIA代码

不论何种数控机床的加工,都是将代表各种不同功能的指令代码输入数控装置,经过转换与处理,控制机床的各种操作。因此,程编人员应熟知有关指令代码的基本知识。数控机床经过三十多年来的不断实践与发展,在输入代码、坐标系统、加工指令、辅助功能及程序格式等方面逐渐形成了两种国际通用标准,即ISO(International Standard Organization)国际标准化组织标准及EIA(Electronic Industries Association)美国电子工业协会标准。我国已正式批准的数字控制标准有:JB3208-83《数字控制机床穿孔带程序段格式中的准备功能G和辅助功能M的代码》等标准。由于各类机床使用的代码、指令,其含义不一定完全相同,因此,程编人员还必须按照数控机床使用手册的具体规定来进行程序编制。

数控机床加工程序的输入可以是穿孔带、磁带、磁盘、或手动数据输入(MDI)。穿孔带由于有机械的固定代码孔,不易受环境(如磁场)影响,便于长期保存和重复使用,且程序的储存量大,故至今仍是数控机床主要而常用的信息输入方式。其缺点是:当传递信息量多时,纸带会很长,有几百米,甚至超过1千米,这样长的纸带不容易保管。

常用的标准纸带有五单位(五排孔,宽17.5毫米,用于国产快走丝线切割机床)和八单位(八排孔,宽25.4毫米,用于数控镗、铣床,车床及磨床等)两种。目前应用最普遍的是八单位穿孔纸带。

两种代码的纸带规格均按照EIA RS-237标准制定,如图1-7所示。由代码表和纸