

数
空
编
呈

数控技术丛书

SHUKONG JISHU CONGSHU

数控编程

全国数控培训网络天津分中心 编



机械工业出版社

机
械
工



数控技术丛书

数 控 编 程

全国数控培训网络天津分中心 编



机械工业出版社

JS190/15

《数控编程》一书共分七章。第一章绪论，讲述数控编程的基础知识、数控编程的有关标准及规定。第二章程序编制中的工艺分析，讲述数控加工工艺的主要内容、工艺分析的一般步骤与方法及数控加工中的工艺文件。第三章数控编程中的数值计算，讲述基点、节点及刀位点轨迹的计算。第四章数控车床编程，讲述数控车床编程基础、编程方法及编程实例。第五章数控铣床编程，讲述数控铣床编程基础、编程方法及编程实例。第六章加工中心的编程，讲述加工中心编程基础、编程方法及编程实例。第七章自动编程，介绍自动编程的基本概念、JB 数控语言自动编程、MASTER CAM 软件自动编程。

本书深入浅出，内容丰富，详简得当。既注重先进性又照顾到实用性，既有理论又有实例，是一本实用性强、适应面宽的培训教材。

本书为初、中级数控技术人员的数控培训用书，可作为数控技术应用专业、数控机床加工专业、机械制造专业、机电一体化专业的大中专、技校教材，也可作为从事数控机床工作的工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控编程/全国数控培训网络天津分中心编. —北京:
机械工业出版社, 1997. 3

(数控技术丛书)

ISBN 7-111-05451-2

I. 数… II. 全… III. 数控机床-数控系统-程序设计
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字·(96) 第 23949 号

出版人：马九荣（北京市百万庄南街1号 邮政编码100037）
责任编辑：贡克勤 版式设计：霍永明 责任校对：李秋荣
封面设计：郭景云 责任印制：路琳
机械工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
1997年3月第1版第1次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·12.75印张·309千字
0 001—6 000册
定价：18.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

数控技术丛书编委会

主任委员：范广才
副主任委员：何文利 周永华 张殿尧 刘树镛
王玉杰 郎名华 殷育平（常务）
委 员：魏宝仲 刘炳庄 贡克勤 郭文成
李占军 赵云霞 娄 锐 刘英杰

数控技术丛书作者名单

《数控原理》作者：郭文成 胡峥嵘 刘英杰 刘文芳
《数控编程》作者：赵云霞 李占军 庞俊玺
《数控机床》作者：殷育平 娄 锐 赵学东

前 言

数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物，是典型的机电一体化产品。它的出现及所带来的巨大效益，引起世界各国科技界和工业界的普遍重视。发展数控机床是当前我国机械制造业技术改造的必由之路，是未来工厂自动化的基础。

随着数控机床的大量使用，急需培养大批能熟练掌握现代数控机床编程、操作、维修的人员和工程技术人员。为了适应初、中级数控技术人员培训和学习的需要，并供大中专、职校、技校学生学习现代加工技术之用，全国数控培训网络天津分中心组织编写了“数控技术丛书”，该丛书由数控原理、数控编程及数控机床三册组成。各册内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂，所采用的实例翔实可靠。

在组织编写过程中，得到天津市人事局、天津市机电一体化办公室、天津市机电工业总公司的大力支持和帮助，天津大学杜君文教授、赵忠堂教授、邓广敏教授及天津理工学院刘树琪教授、吴建华教授等为丛书提出了宝贵的意见并提供了资料，天津分中心陈卫平、刘淑丽、王丽、魏颖、徐士军、回健永等同志对丛书的文稿、图稿进行了打印和绘制，在此一并致以衷心的感谢。

由于我们水平有限，经验不足，加之资料不全，书中难免存在错误疏漏之处，希读者给予指正。

数控技术丛书编委会

1996年8月

目 录

前言			
第一章 绪论	1		
第一节 数控编程概述	1		
第二节 数控编程的基础知识	4		
第二章 程序编制中的工艺分析	16		
第一节 概述	16		
第二节 数控加工工艺分析的一般步骤 与方法	16		
第三节 数控加工工艺文件	33		
第三章 程序编制中的数值计算	38		
第一节 数值计算的内容	38		
第二节 由直线和圆弧组成零件轮廓时 的基点计算	39		
第三节 非圆曲线节点坐标的计算	48		
第四节 列表曲线节点坐标的计算	59		
第五节 刀位点轨迹的坐标计算	66		
第六节 简单立体型面零件的数值 计算	69		
第四章 数控车床编程	71		
第一节 数控车床编程基础	71		
第二节 数控车床常用指令的 编程方法	82		
第三节 典型数控车床编程实例	104		
第五章 数控铣床编程	107		
第一节 数控铣床编程基础	107		
第二节 常用功能的编程方法	109		
第三节 编程举例	118		
第六章 加工中心的编程	124		
第一节 加工中心编程概述	124		
第二节 部分 G 功能指令的 编程方法	131		
第三节 固定循环功能	137		
第四节 子程序	144		
第七章 自动编程	150		
第一节 自动编程概述	150		
第二节 JB 数控语言自动编程	154		
第三节 MASTER CAM 软件自动 编程	165		
附录 采用三次参数样条双圆弧拟 合的 BASIC 程序	193		
参考文献	198		

第一章 绪 论

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,而且也进入了汽车、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。所以,普通机床越来越难以满足加工精密零件的需要。同时,由于生产水平的提高,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很普遍。

一、数控编程的概念

我们都知道,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。在工艺规程中制订出零件的加工工序、切削用量、机床的规格及刀具、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、关等都是由工人手工操纵的。

在由凸轮控制的自动机床或由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是不一样的。它是按照事先编制好的加工程序,自动地对被加工零件进行加工。我们把零件的加工工艺路线、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、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,从而指挥机床加工零件。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零件的区别在于数控机床是按照程序自动加工零件,而普通机床要由人来操作,我们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。

从外观看,数控机床都有CRT屏幕,我们可以从屏幕上看到加工程序、各种工艺参数等内容。从内部结构来看,数控机床没有变速箱,它的主运动和进给运动都是由直流或交流无级变速伺服电动机来完成的。另外,数控机床一般都有工件测量系统,在加工过程中,可以减少对工件进行人工测量的次数。所以数控机床在各行各业中的使用将会越来越普及。

由于数控机床要按照程序来加工零件,编程人员编制好程序以后,要输入到数控装置中

来指挥机床工作。程序的输入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。

1. 穿孔纸带

我国数控机床上常用的控制介质,大都是穿孔纸带。它是把数控程序按一定的规则制成穿孔纸带,数控机床通过纸带阅读装置把纸带上的代码转换成数控装置可以识别的电信号,经过识别和译码以后分别输送到相应的寄存器,这些指令作为控制与运算的原始依据,控制器根据指令控制运算及输出装置,达到对机床控制的目的。目前常用的是八单位的穿孔纸带。

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,然后把计算机与数控机床上的 RS-232 标准串行接口连接起来,实现计算机与机床之间的通信(或使用数控机床上配备的软盘驱动器)。这样就不必把程序制成穿孔纸带,而是通过通信的方式,把加工指令直接送入数控系统,指挥机床进行加工,从而提高了系统的可靠性和信息的传递效率。

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,适用于形状简单、程序不长的零件。

二、数控编程的内容与步骤

1. 数控编程的内容

数控编程的主要内容有: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。

2. 数控编程的步骤

数控编程的步骤一般如图 1-1 所示。

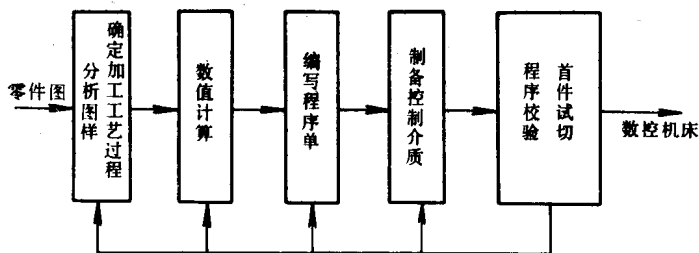


图 1-1 数控编程的步骤

1) 分析图样、确定加工工艺过程。在确定加工工艺过程时,编程人员要根据图样对工件的形状、尺寸、技术要求进行分析,然后选择加工方案、确定加工顺序、加工路线、装卡方式、刀具及切削参数,同时还要考虑所用数控机床的指令功能,充分发挥机床的效能,加工路线要短,要正确选择对刀点、换刀点,减少换刀次数。

2) 数值计算。根据零件图的几何尺寸、确定的工艺路线及设定的坐标系,计算零件粗、

精加工各运动轨迹,得到刀位数据。对于点定位控制的数控机床(如数控冲床),一般不需要计算。只是当零件图样坐标系与编程坐标系不一致时,才需要对坐标进行换算。对于形状比较简单的零件(如直线和圆弧组成的零件)的轮廓加工,需要计算出几何元素的起点、终点、圆弧的圆心、两几何元素的交点或切点的坐标值,有的还要计算刀具中心的运动轨迹坐标值。对于形状比较复杂的零件(如非圆曲线、曲面组成的零件),需要用直线段或圆弧段逼近,根据要求的精度计算出其节点坐标值,这种情况一般要用计算机来完成数值计算的工作。

3) 编写零件加工程序单。加工路线、工艺参数及刀位数据确定以后,编程人员可以根据数控系统规定的功能指令代码及程序段格式,逐段编写加工程序单。此外,还应填写有关的工艺文件,如数控加工工序卡片、数控刀具卡片、数控刀具明细表、工件安装和零点设定卡片、数控加工程序单等。

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。我国数控机床上使用的控制介质一般都为穿孔纸带,穿孔纸带是按照国际标准化组织(ISO)或美国电子工业学会(EIA)标准代码制成。穿孔纸带上的程序代码,通过纸带阅读装置送入数控系统。穿孔纸带的特点是不受环境因素的影响(如磁场),不易损坏。

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、数控编程的种类

数控编程一般分为手工编程和自动编程两种。

1. 手工编程

手工编程就是上面讲到的编程的步骤,即由分析图样、确定工艺过程、数值计算、编写零件加工程序单、制备控制介质到程序校验都是由人工完成的,这种编程方法叫手工编程。

对于加工形状简单的零件,计算比较简单,程序不多,采用手工编程较容易完成,而且经济、及时,因此在点定位加工及由直线与圆弧组成的轮廓加工中,手工编程仍广泛应用。但对于形状复杂的零件,特别是具有非圆曲线、列表曲线及曲面的零件,用手工编程就有一定的困难,出错的机率增大,有的甚至无法编出程序,因此必须用自动编程的方法编制程序。

2. 自动编程

自动编程即用计算机编制数控加工程序的过程。编程人员只需根据图样的要求,使用数控语言编写出零件加工源程序,送入计算机,由计算机自动地进行数值计算、后置处理,编写出零件加工程序单,直至自动穿出数控加工纸带,或将加工程序通过直接通信的方式送入数控机床,指挥机床工作。自动编程的出现使得一些计算繁琐、手工编程困难、或无法编出的程序能够实现。因此,自动编程的前景是非常远大的。

第二节 数控编程的基础知识

一、数控编程中有关标准及代码

为了满足设计、制造、维修和普及的需要，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，国际上已经形成了两种通用的标准，即国际标准化组织（ISO）标准和美国电子工业学会（EIA）标准。我国机械工业部根据 ISO 标准制定了 JB3050—82《数字控制机床用七单位编码字符》、JB3051—82《数字控制机床坐标和运动方向的命名》、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 代码》。但是由于各个数控机床生产厂家所用的标准尚未完全统一，其所用的代码、指令及其含义不完全相同，因此在编制程序时必须按所用数控机床编程手册中的规定进行。

穿孔纸带也叫纸带、指令带，它是数控装置常用的控制介质。穿孔纸带上必须用规定的代码，以规定的格式排列，并代表规定的信息。数控装置读入这些信息后，对它进行处理，用来指挥数控机床完成一定的机械运动。

目前，数控机床多采用八单位穿孔纸带，其标准尺寸如图 1-2 所示。由图可见，穿孔纸带的每行可穿九个孔，其中一个小孔称为“中导孔”或“同步孔”，用来产生读带的同步控制信号。其余八个孔称为“信息孔”，用来记录数字、字母或符号等信息。

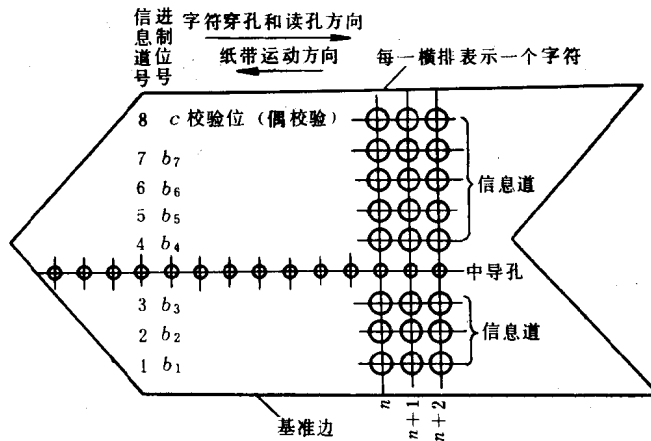


图 1-2 八单位标准穿孔纸带

代码是数控系统传递信息的语言，程序单中给出的字母、数字或符号都按规定穿出孔来（即信息孔）。有孔表示二进制的“1”，无孔表示二进制的“0”。根据穿孔纸带上一排孔有、无状态的不同，便可以得到不同的信息。我们把这一排孔称为代码或字符。

目前，数控系统中常用的代码有 ISO 代码和 EIA 代码。分别如表 1-1 和表 1-2 所示。

ISO 代码是由 7 位二进制数和一位偶校验位组成，它的特点是穿孔纸带上每一排孔的孔数必须为偶数，故也称 ISO 代码为偶数码。代码孔有一定的规律性，如所有数字需在第五列和第六列上穿孔，字母需在第七列穿孔，第八列为偶校验位，当某个代码的孔数为奇数时，就在该代码行的第八列穿一个孔，使孔的总数为偶数，如果某个代码的孔数已为偶数，则第八列不在补孔。

表 1-1 数控机床用 ISO 编码表

代 码 孔							代码符号	定 义	
8	7	6	5	4	3	2			1
		○	○	○				0	数字 0
○		○	○	○	○		○	1	数字 1
○		○	○	○	○			2	数字 2
		○	○	○	○	○	○	3	数字 3
○		○	○	○	○	○		4	数字 4
		○	○	○	○	○	○	5	数字 5
		○	○	○	○	○	○	6	数字 6
○		○	○	○	○	○	○	7	数字 7
○		○	○	○	○			8	数字 8
		○	○	○	○			9	数字 9
	○				○			A	绕着 X 坐标的角度
	○				○		○	B	绕着 Y 坐标的角度
	○				○		○	C	绕着 Z 坐标的角度
	○				○	○		D	特殊坐标的角度尺寸; 或第三进给速度功能
	○				○	○	○	E	特殊坐标的角度尺寸; 或第二进给速度功能
	○				○	○	○	F	进给速度功能
	○				○	○	○	G	准备功能
	○			○				H	永不指定 (可作特殊用途)
	○			○				I	沿 X 坐标圆弧起点对圆心值
	○			○				J	沿 Y 坐标圆弧起点对圆心值
	○			○				K	沿 Z 坐标圆弧起点对圆心值
	○			○	○			L	永不指定
	○			○	○			M	辅助功能
	○			○	○	○		N	序号
	○			○	○	○		O	不用
	○			○	○			P	平行于 X 坐标的第三坐标
	○			○	○			Q	平行于 Y 坐标的第三坐标
	○			○	○			R	平行于 Z 坐标的第三坐标
	○			○	○	○		S	主轴速度功能
	○			○	○	○		T	刀具功能
	○			○	○	○		U	平行于 X 坐标的第二坐标
	○			○	○	○		V	平行于 Y 坐标的第二坐标
	○			○	○	○		W	平行于 Z 坐标的第二坐标
	○			○	○			X	X 坐标方向的主运动
	○			○	○			Y	Y 坐标方向的主运动
	○			○	○			Z	Z 坐标方向的主运动
				○				.	小数点
				○				+	加/正
				○				-	减/负
				○				*	星号/乘号
				○				/	跳过任选程序段 (省略/除)
				○				,	逗号
				○				=	等号
				○				(左圆括号/控制暂停
				○)	右圆括号/控制恢复
				○				\$	单元符号
				○				:	对准功能/选择 (或计划) 倒带停止
				○				NLorLF	程序段结束, 新行或换行
				○				%	程序开始
				○				HT	制表 (或分隔符号)
				○				CR	滑座返回 (仅对打印机适用)
				○				DEL	注销
				○				SP	空格
				○				BS	反绕 (退格)
				○				NUL	空白纸带
				○				EM	载体终了

表 1-2 数控机床用 EIA 编码表

代 码 孔						代码符号	定 义
8	7	6	5	4	3 2 1		
		○			○	0	数字 0
					○	1	数字 1
					○	2	数字 2
			○		○	3	数字 3
					○	4	数字 4
			○		○	5	数字 5
			○		○	6	数字 6
					○	7	数字 7
			○		○	8	数字 8
			○		○	9	数字 9
○					○	A	绕着 X 轴的转角
○	○				○	B	绕着 Y 轴的转角
○	○	○			○	C	绕着 Z 轴的转角
○	○				○	D	第三进给速度机能
○	○	○			○	E	第二进给速度机能
○	○	○			○	F	进给速度机能
○	○				○	G	准备机能
○	○		○		○	H	输入 (或引入)
○	○	○			○	I	不用
○	○				○	J	没有被指定
○	○				○	K	没有被指定
○	○				○	L	不用
○	○		○		○	M	辅助机能
○	○				○	N	序号
○	○				○	O	不用
○	○				○	P	平行于 X 轴的第三坐标
○	○		○		○	Q	平行于 Y 轴的第三坐标
○	○		○		○	R	平行于 Z 轴的第三坐标
○	○				○	S	主轴速度机能
○	○				○	T	刀具机能
○	○				○	U	平行于 X 轴的第二坐标
○	○				○	V	平行于 Y 轴的第二坐标
○	○				○	W	平行于 Z 轴的第二坐标
○	○				○	X	X 轴方向的主运动坐标
○	○				○	Y	Y 轴方向的主运动坐标
○	○				○	Z	Z 轴方向的主运动坐标
○	○				○	.	小数点 (句号)
○	○				○	+	加
○	○				○	-	减
○	○				○	*	乘
○	○				○	/	省略/除
○	○				○	,	逗号
○	○				○	=	等号
○	○				○	(括号开
○	○				○)	括号闭
○	○				○	\$	单元符号
○	○				○	:	选择 (或计划) 倒带停止
○	○				○	STOP (ER)	纸带倒带停止
○	○				○	TAB	制表 (或分隔符号)
○	○				○	CR	程序段结束
○	○				○	DELETE	注销
○	○				○	SPACE	空格

EIA 代码的特点是除 CR 外,其它各字符均不占用第八列,其次它的每一排孔的孔数都是奇数,故也称 EIA 代码为奇数码,其第五列孔为补奇孔。例如数字 5 按二进制应在第一列和第三列有孔,但孔数为偶数,故在第五列上补一个孔使孔数为奇数。

补偶与补奇的目的是为了数控机床在读入程序时检验穿孔纸带是否有少穿孔,破孔的现象,如果有问题,控制系统就会报警,并命令停机。正是由于补偶、补奇列是当作检验穿孔纸带用的,它并不是代码的组成部分,故通常称的八单位孔带又称为《七单位编码字符》。

二、程序的结构与格式

每种数控系统,根据系统本身的特点及编程的需要,都有一定的程序格式。对于不同的机床,其程序的格式也不同。因此编程人员必须严格按照机床说明书的规定格式进行编程。

(一) 程序的结构

一个完整的程序由程序号、程序的内容和程序结束三部分组成。

例如 O 0001		程序号
N01 G92 X40 Y30;	}	
N02 G90 G00 X28 T01 S800 M03;		
N03 G01 X-8 Y8 F200;		
N04 X0 Y0;		程序内容
N05 X28 Y30;		
N06 G00 X40;		
N07 M02;		程序结束

1) 程序号。程序号即为程序的开始部分,为了区别存储器中的程序,每个程序都要有程序编号,在编号前采用程序编号地址码。如在 FANUC6 系统中,一般采用英文字母 O 作为程序编号地址,而其它系统有的采用 P,% 以及: 等。

2) 程序内容。程序内容部分是整个程序的核心,它由许多程序段组成,每个程序段由一个或多个指令构成,它表示数控机床要完成的全部动作。

3) 程序结束。程序结束是以程序结束指令 M02 或 M30 作为整个程序结束的符号,来结束整个程序。

(二) 程序段格式

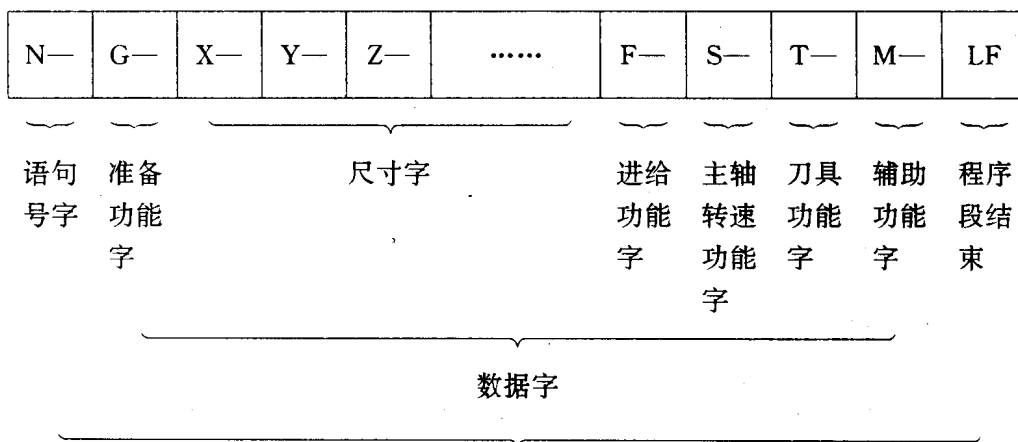
零件的加工程序是由程序段组成的,每个程序段由若干个数据字组成,每个字是控制系统的具体指令,它是由表示地址的英语字母、特殊文字和数字集合而成。

程序段格式是指一个程序段中字、字符、数据的书写规则,通常有以下三种格式:

1. 字-地址程序段格式

字-地址程序段格式是由语句号字、数据字和程序段结束组成。各字前有地址,各字的排列顺序要求不严格,数据的位数可多可少,不需要的字以及与上一程序段相同的续效字可以不写。该格式的优点是程序简短、直观以及容易检验、修改,故该格式在目前广泛使用。

字-地址程序段格式如下:



程序段

例如：N20 G01 X25 Y-36 F100 S300 T02 M03；

程序段内各字的说明：

(1) 语句号字

用以识别程序段的编号。用地址码 N 和后面的若干位数字来表示。例如：N 20 表示该语句的语句号为 20。

(2) 准备功能字 (G 功能字)

G 功能是使数控机床做某种操作的指令，用地址 G 和两位数字来表示，从 G00-G99 共 100 种。

(3) 尺寸字

尺寸字由地址码、+、- 符号及绝对值（或增量）的数值构成。

尺寸字的地址码有 X、Y、Z、U、V、W、P、Q、R、A、B、C、I、J、K、D、H 等。

例如：X 20 Y-40

尺寸字的“+”可省略。

表示地址码的英文字母的含义如表 1-3 所示。

表 1-3 地址码中英文字母的含义

地址码	意义
O、P	程序号、子程序号
N	程序段号
X、Y、Z	X、Y、Z 方向的主运动
U、V、W	平行于 X、Y、Z 坐标的第二坐标
P、Q、R	平行于 X、Y、Z 坐标的第三坐标
A、B、C	绕 X、Y、Z 坐标的转动
I、J、K	圆弧中心坐标
D、H	补偿号指定

(4) 进给功能字

它表示刀具中心运动时的进给速度。它由地址码 F 和后面若干位数字构成。这个数字的单位取决于每个数控系统所采用的进给速度的指定方法。如 F100 表示进给速度为 100mm/

min, 有的以 F * * 表示, 这后两位既可以是代码也可以是进给量的数值。具体内容见所用数控机床编程说明书。

(5) 主轴转速功能字

由地址码 S 和在其后面的若干位数字组成, 单位为转速单位 (r/min)。

例如: S800——表示主轴转速为 800r/min。

(6) 刀具功能字

由地址码 T 和若干位数字组成。刀具功能字的数字是指定的刀号。数字的位数由所用系统决定。

例如: T08——表示第八号刀。

(7) 辅助功能字 (M 功能)

辅助功能表示一些机床辅助动作的指令。用地址码 M 和后面两位数字表示。从 M00~M99 共 100 种。

(8) 程序段结束

写在每一程序段之后, 表示程序结束。当用 EIA 标准代码时, 结束符为“CR”, 用 ISO 标准代码时为“NL”或“LF”。有的用符号“;”或“*”表示。

2. 使用分隔符的程序段格式

这种格式预先规定了输入时可能出现的字的顺序, 在每个字前写一个分隔符“HT”, 这样就可以不使用地址符, 只要按规定的顺序把相应的数字跟在分隔符后面就可以了。

使用分隔符的程序段与字-地址程序段的区别在于用分隔符代替了地址符。在这种格式中, 重复的可以不写, 但分隔符不能省略。若程序中出现连在一起的分隔符, 表明中间略去一个数据字。

使用分隔符的程序格式一般用于功能不多且较固定的数控系统。但程序不直观, 容易出错。

3. 固定程序段格式

这种程序段既无地址码也无分隔符, 各字的顺序及位数是固定的。重复的字不能省略, 所以每个程序段的长度都是一样的。这种格式的程序段长且不直观, 目前很少使用。

三、机床坐标系和运动方向

规定数控机床坐标轴及运动方向, 是为了准确地描述机床的运动, 简化程序的编制方法, 并使所编程序有互换性。目前国际标准化组织已经统一了标准坐标系。我国机械工业部也颁布了 JB3051—82《数字控制床坐标和运动方向的命名》的标准, 对数控机床的坐标和运动方向作了明文规定。

1. 坐标和运动方向命名的原则

为了使编程人员能在不知道机床在加工零件时是刀具移向工件, 还是工件移向刀具的情况下, 就可以根据图样确定机床的加工过程, 特规定: 永远假定刀具相对于静止的工件坐标系而运动。

2. 标准坐标系的规定

在数控机床上加工零件, 机床的动作是由数控系统发出的指令来控制的。为了确定机床的运动方向, 移动的距离, 就要在机床上建立一个坐标系, 这个坐标系就叫标准坐标系, 也叫机床坐标系。在编制程序时, 就可以以该坐标系来规定运动方向和距离。

数控机床上的坐标系是采用右手直角笛卡儿坐标系。如图 1-3 所示。在图中，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。图 1-4~图 1-8 分别示出了几种机床的标准坐标系。

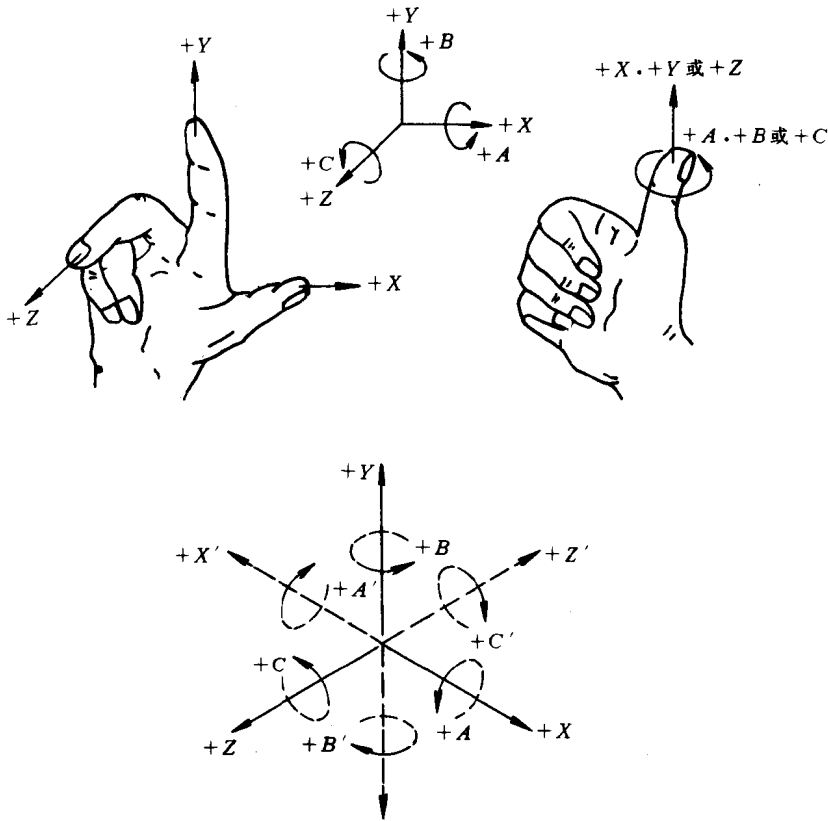


图 1-3 右手直角笛卡儿坐标系

3. 运动方向的确定

JB3051—82 中规定：机床某一部件运动的正方向，是增大工件和刀具之间距离的方向。

(1) Z 坐标的运动

Z 坐标的运动，是由传递切削力的主轴所决定，与主轴轴线平行的坐标轴即为 Z 坐标。对于车床、磨床等主轴带动工件旋转；对于铣床、钻床、镗床等主轴带着刀具旋转，那么与主轴平行的坐标轴即为 Z 坐标。如图 1-4、图 1-5 所示，如果机床没有主轴（如牛头刨床）， Z 轴垂直于工件装卡面。

Z 坐标的正方向为增大工件与刀具之间距离的方向。如在钻镗加工中，钻入和镗入工件的方向为 Z 坐标的负方向，而退出为正方向。

(2) X 坐标的运动

X 坐标是水平的，它平行于工件的装卡面。这是在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（如车床、磨床等）， X 坐标的方向是在工件的径向上，且平行于横滑座。刀具离开工件旋转中心的方向为 X 轴正方向。如图 1-4 所示。对于刀具旋转的机床（如铣床、镗床、钻床等），如 Z 轴是垂直的，当从刀具主轴向立柱看时， X 运动的正方向指

向右,如图 1-5 所示。如 Z 轴(主轴)是水平的,当从主轴向工件方向看时,X 运动的正方向指向右方,如图 1-6 所示。

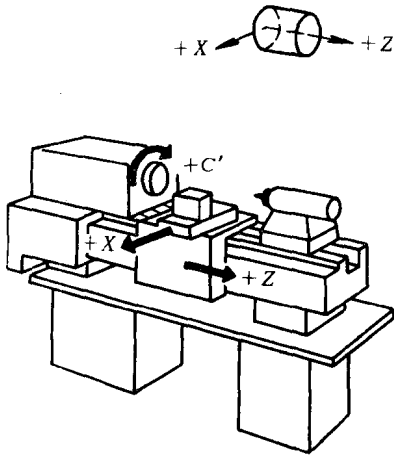


图 1-4 卧式车床

(3) Y 坐标的运动

Y 坐标轴垂直于 X、Z 坐标轴。Y 运动的正方向根据 X 和 Z 坐标的正方向,按照右手直角笛卡儿坐标系来判断。

(4) 旋转运动 A、B 和 C

A、B 和 C 相应地表示其轴线平行于 X、Y 和 Z 坐标的旋转运动。A、B 和 C 的正方向,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,如图 1-3 所示。

(5) 附加坐标

如果在 X、Y、Z 主要坐标以外,还有平行于它们的坐标,可分别指定为 U、V、W。如还有第三组运动,则分别指定为 P、Q 和 R。

(6) 对于工件运动的相反方向

对于工件运动而不是刀具运动的机床,必须将前述为刀具运动所作的规定,作相反的安排。用带“'”的字母,如 +X', 表示工件相对于刀具正向运动指令。而不带“'”的字母,如 +X, 则表示刀具相对于工件的正向运动指令。二者表示的运动方向正好相反。如图 1-5~图 1-8 所示。对于编程人员、工艺人员只考虑不带“'”的运动方向。

(7) 主轴旋转运动的方向

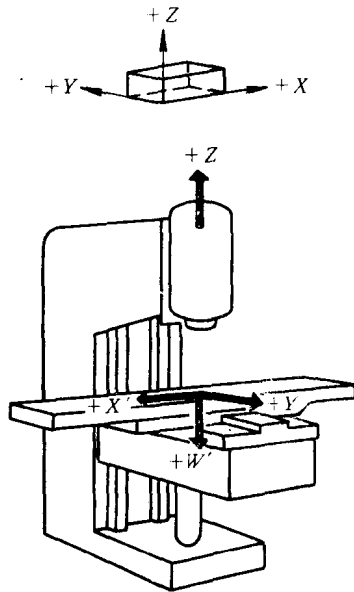


图 1-5 立式升降台铣床

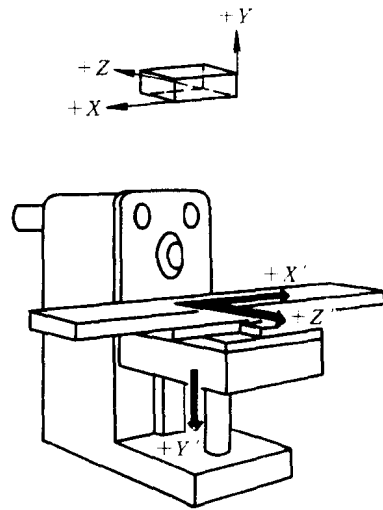


图 1-6 卧式升降台铣床