

常见数控系统宏程序编程方法、技巧与实例

FANUC

数控系统宏程序

编程方法、技巧与实例

张运强 穆瑞 编著



含1CD



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

常见数控系统宏程序编程方法、技巧与实例

FANUC 数控系统宏程序 编程方法、技巧与实例

张运强 穆 瑞 编著



机械工业出版社

本书以应用为主,以 FANUC 0i 数控系统为蓝本,详细介绍宏程序基础知识,通过大量实例分别讲述数控车床、数控铣床宏程序编制方法及技巧,使读者从简单的宏程序入门逐步了解、熟悉并掌握宏程序,将它应用到生产加工中去。内容包括数控技术基础、宏程序概述、宏程序理论基础、用户宏功能、数控车床宏程序应用实例、数控铣床宏程序应用实例。本书宏程序需要主程序调用时赋初始值,以便进行产品系列化加工。随书赠送含第 5、6 章的多媒体动画文件的光盘。

本书是一本实用性很强的数控技术用书,可为企业数控机床操作工和程序员、数控技术专业师生提供宏程序解决具有非圆曲线、列表曲线及曲面类零件的编程方案。

图书在版编目(CIP)数据

FANUC 数控系统宏程序编程方法、技巧与实例/张运强,穆瑞编著.
北京:机械工业出版社,2011.6
(常见数控系统宏程序编程方法、技巧与实例)
ISBN 978-7-111-34860-3

I. ①F… II. ①张…②穆… III. ①数控机床—程序设计
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 100756 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:周国萍 责任编辑:周国萍 曾红
版式设计:张世琴 责任校对:常天培
封面设计:路恩中 责任印制:杨曦
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
169mm×239mm·21 印张·407 千字
0001—4000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-34860-3
ISBN 978-7-89451-982-5(光盘)
定价:48.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑:(010)88379733

社服务中心:(010)88361066

网络服务

销售一部:(010)68326294

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着数控机床的普及,越来越多的企业采用数控设备进行零件的加工,对于形状简单的零件,计算比较简单,采用普通的编程方法就可以完成任务。但对于具有非圆曲线、列表曲线及曲面类的零件,用普通的方法进行程序的编制就存在一定的难度,虽然采用 CAD/CAM 软件能够自动生成加工程序,但程序段过长,且加工的效率低,而采用宏程序编程就可以有效解决上述问题,且编制出来的程序反应迅速,加工效率很高。

另外每两年一次的全国数控技能大赛,吸引了高校师生和企业职工的参与。宏程序是其中考查的一点,难度较大。

对读者来说,通过参考本书的宏程序,编写宏程序将不再头痛。特别是针对与本书实例图形相同而尺寸不同的零件时,只需要将具体变量初始值编写到主程序调用宏程序即可,对使用其他数控系统的读者也有一定的参考价值。

本书由连云港职业技术学院张运强、穆瑞老师编著,其中穆瑞老师负责编写第 1 至第 5 章,张运强老师负责第 6 章的编写以及全书的统稿。

由于编著者水平有限,时间仓促,书中难免有错误和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

前言

第 1 章 数控技术基础.....1

1.1 数控技术与数控机床的概念.....1

1.2 数控机床的发展.....1

1.3 数控机床工作原理.....2

1.3.1 数控机床的组成及其外形.....2

1.3.2 数控系统的主要功能.....3

1.3.3 数控机床的工作原理.....4

1.4 数控机床编程基础知识.....5

1.5 数控机床坐标系.....8

第 2 章 宏程序概述.....11

2.1 数控编程技术的应用现状.....11

2.2 宏程序编程的技术特点.....12

2.3 宏程序与普通程序的对比.....13

2.4 宏程序与 CAD/CAM 软件生成程序的加工性能对比.....14

2.4.1 宏程序编程的特点.....14

2.4.2 影响自动编程加工精度的因素.....15

2.4.3 自动编程与宏程序加工速度的区别.....15

2.5 学习好宏程序编程的意义.....15

第 3 章 宏程序理论基础.....17

3.1 FANUC Oi 系统的用户宏程序.....17

3.2 变量.....17

3.2.1 变量的表示.....17

3.2.2 变量的类型.....17

3.2.3 变量值的范围.....18

3.2.4 小数点的省略.....18

3.2.5 变量的引用.....18

3.2.6 未定义的变量..... 19

3.3 系统变量..... 20

3.3.1 接口（输入/输出）信号..... 20

3.3.2 刀具补偿值..... 21

3.3.3 宏程序报警..... 22

3.3.4 停止和信息显示..... 22

3.3.5 时间信息..... 23

3.3.6 自动运行控制..... 23

3.3.7 已加工的零件数..... 24

3.3.8 模态信息..... 24

3.3.9 当前位置信息..... 25

3.3.10 工件坐标系补偿值（工件零点偏移值）..... 26

3.4 算术和逻辑运算..... 27

3.5 赋值与变量..... 32

3.6 转移和循环..... 32

3.6.1 无条件转移（GOTO 语句）..... 33

3.6.2 条件转移（IF 语句）..... 33

3.6.3 循环（WHILE 语句）..... 34

第 4 章 用户宏功能..... 37

4.1 用户宏程序调用指令 A..... 37

4.1.1 宏程序模态调用与取消（G66、G67）..... 37

4.1.2 子程序调用（M98）..... 37

4.1.3 用 M 代码调用子程序..... 37

4.1.4 用 T 代码调用子程序..... 38

4.2 用户宏程序本体..... 39

4.2.1 用户宏程序本体的结构..... 39

4.2.2 变量的表示和引用..... 39

4.2.3 变量的种类	40	5.3 圆锥曲线加工实例	60
4.2.4 宏程序的运算和控制指令	40	5.3.1 双曲线轮廓加工	60
4.3 用户宏程序调用指令 B	41	5.3.2 抛物线轮廓加工	65
4.3.1 宏程序非模态调用 (G65)	42	5.3.3 椭圆轮廓加工	69
4.3.2 宏程序模态调用与取消 (G66、G67)	45	5.4 螺纹加工实例	74
4.3.3 用 G 代码调用宏程序 (G <g>)	46	5.4.1 梯形螺纹的基本知识	74
4.3.4 用 M 代码调用宏程序 (M <m>)	47	5.4.2 单线梯形螺纹加工	84
4.3.5 用 M 代码调用子程序	48	5.4.3 多线梯形螺纹加工	90
4.3.6 用 T 代码调用子程序	49	5.4.4 变螺距螺纹加工	93
4.4 宏程序语句和 NC 语句	50	第 6 章 数控铣床宏程序应用	
4.4.1 宏程序语句和 NC 语句的 定义	50	实例	98
4.4.2 宏程序语句和 NC 语句的 异同	50	6.1 规则形状加工	98
4.4.3 宏程序语句的处理	50	6.1.1 实例一圆柱体加工	98
4.4.4 用户宏程序的存储	50	6.1.2 实例二内外锥体	107
4.5 用户宏程序的使用限制	51	6.1.3 实例三棱柱加工	125
4.6 外部输出指令	52	6.1.4 实例四棱锥加工	132
4.6.1 打开指令 POPEN	52	6.1.5 实例五球体加工	145
4.6.2 数据输出指令 BPRNT	52	6.1.6 实例六椭圆球面加工	156
4.6.3 数据输出指令 DPRNT	53	6.1.7 实例七圆环面加工	166
4.6.4 关闭指令 PCLOS	54	6.1.8 实例八铣螺纹	172
4.6.5 要求的设定	54	6.2 非圆曲线轮廓零件加工	174
4.7 中断型用户宏程序	54	6.2.1 实例一椭圆	175
4.7.1 指令格式	54	6.2.2 实例二双曲线	177
4.7.2 指定方法说明	55	6.2.3 实例三抛物线	179
4.7.3 从用户宏程序中中断返回	55	6.2.4 实例四正弦曲线	181
第 5 章 数控车床宏程序应用		6.2.5 实例五余弦曲线	184
实例	57	6.2.6 实例六正切曲线	186
5.1 概述	57	6.2.7 实例七等速螺线	188
5.2 数控编程中的数学处理	57	6.3 孔系加工	190
		6.3.1 实例一圆周钻孔	190
		6.3.2 实例二定角度均布孔	193
		6.3.3 实例三矩阵孔加工	194
		6.3.4 实例四三角均布孔加工	199
		6.3.5 实例五可变深孔加工	202
		6.4 矩形加工	207

6.4.1 实例一矩形上平面加工	207	6.5.7 实例七椭圆柱倒圆	305
6.4.2 实例二矩形槽加工	211	附录	323
6.4.3 实例三矩形倒圆加工	225	附录 A FANUC 0i 系统常用准备功	
6.4.4 实例四矩形倒角加工	240	能代码	323
6.5 倒角倒圆加工	253	附录 B FANUC 0i -TC 系统常用辅	
6.5.1 实例一内外圆柱倒角	253	助功能代码	324
6.5.2 实例二内外圆柱倒圆	261	附录 C FANUC 0i -MC 系统常用准	
6.5.3 实例三内外形倒角	270	备功能代码	325
6.5.4 实例四内外形倒圆	274	附录 D 可变更加工坐标系指令 G10	
6.5.5 实例五斜面加工	280	简介	327
6.5.6 实例六圆柱面加工	287	参考文献	328

第 1 章 数控技术基础

1.1 数控技术与数控机床的概念

1. 数控技术

数控技术是数字控制 (Numerical Control, NC) 技术的简称, 是指用数字化信号对设备运行及其加工过程进行控制的一种自动化技术, 它是一种可编程的自动控制方式。随着科学技术的发展, 数控系统也采用专用或通用计算机及控制软件与相关的电气元部件一起来实现数控功能, 称为计算机数控 (CNC) 系统。

2. 数控机床

装备了数控系统的机床称为数控机床。数控机床在计算机控制系统的控制下按照一定的加工指令控制主轴系统、进给系统和刀具库系统、冷却系统等设备的工作。

1.2 数控机床的发展

自 1952 年第一台数控铣床在美国诞生以来, 随着电子技术、计算机技术、自动控制和精密测量技术的发展, 数控机床得到迅速的发展和更新换代。

数控机床的发展先后经历了电子管 (1952 年)、晶体管 (1959 年)、小规模集成电路 (1965 年)、大规模集成电路及小型计算机 (1970 年) 和微型计算机 (1974 年) 等五代数控系统。前三代系统是采用电子线路实现的硬件式数控系统, 一般称为普通数控系统, 简称 NC。第四代和第五代系统是采用微处理器及大规模或超大规模集成电路组成的软件式数控系统, 称为现代数控系统, 简称 CNC (第四代) 和 MNC (第五代)。由于现代数控系统的控制功能大部分由软件技术来实现, 因而硬件得到进一步简化, 系统可靠性提高, 功能更加灵活和完善。目前现代数控系统几乎完全取代了以往的普通数控系统。

随着数控系统的不断更新换代, 数控机床的品种也得以不断发展, 产量也不断地提高。目前, 世界数控机床的品种已超过 1500 种, 几乎所有品种的机床都实现了数控化。

我国数控机床的研制始于 1958 年, 由清华大学研制出了最早的样机。1966 年我国诞生了第一台用直线—圆弧插补的晶体管数控系统。1970 年初研制成功集

成电路数控系统。1980 年以来通过研究和技术引进,我国数控机床发展很快,现已掌握了 5~6 轴联动、螺距误差补偿、图形显示和高精度伺服系统等多项关键技术。

1.3 数控机床工作原理

1.3.1 数控机床的组成及其外形

传统观点认为数控机床由程序载体,输入、输出设备,数控系统,伺服系统,机床本体等组成。但现代数控机床的数控系统都采用模块化结构,伺服系统中的伺服单元和驱动装置为数控系统中的一个子系统,输入、输出装置也为数控系统中的一个模块,所以现在的观点认为数控机床主要由计算机数控系统和机床本体组成。

(1) 输入装置

数控机床是按照编程人员编制的工件加工程序运行的。在工件加工程序中,包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数(进给量、主轴转速等)和辅助运动等。通常编程人员将工件加工程序以一定的格式和代码存储在一种载体上,如录音磁带、软磁盘或硬盘等。通过数控机床的输入装置,将程序信息输入到数控装置内。

输入装置的作用是将程序载体内有关加工的信息读入数控装置。根据程序载体的不同,输入装置可以是录音机或软盘驱动器等。

数控机床还可以不用任何载体,通过数控机床操作面板上的键盘,用手工将工件加工程序输入数控装置;或者将存储在计算机硬盘上的工件加工程序传送到数控装置。

(2) 计算机数控装置

数控装置是数控机床的核心。它根据输入的数据,完成数值计算、逻辑判断、输入输出控制等。数控装置一般由专用(或通用)计算机、输入输出接口板及可编程序控制器(PLC)等组成。可编程序控制器主要用于对数控机床辅助功能、主轴转速功能和刀具功能的控制。

(3) 伺服系统

伺服系统包括主轴伺服单元、进给伺服单元、机床控制线路、功率放大线路及驱动装置,它接受数控装置发来的各种动作命令,驱动数控机床传动系统的运动。它的伺服精度和动态响应是影响数控机床的加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。

(4) 测量装置

测量装置的作用是通过位置传感器将伺服电动机的角位移或数控机床执行机构的直线位移转换成电信号, 输送给数控装置, 使之与指令信号进行比较, 并由数控装置发出指令, 纠正所产生的误差, 使数控机床按工件加工程序要求的进给位置和速度完成加工。

(5) 机床本体

机床本体包括: 主传动系统、进给系统以及辅助装置等。对于数控加工中心, 还有存放刀具的刀库、自动换刀装置(ATC)和自动托盘交换装置等。与传统的机床相比, 数控机床的结构强度、刚度和抗振性, 传动系统和刀具系统的部件结构, 操作机构等方面都发生了很大的变化, 其目的是为了满足不同数控技术的要求和充分发挥数控机床的效能。

1.3.2 数控系统的主要功能

(1) 多轴控制功能

控制系统可以控制的坐标轴数指的是数控系统最多可以控制多少个坐标轴, 其中包括平动轴和回转轴。基本平动坐标轴是X、Y、Z轴, 基本回转坐标轴是A、B、C轴。联动轴是指数控系统按照加工的要求可以控制同时运动的坐标轴的数目。如某型号的数控机床具有X、Y、Z三个坐标轴运动方向, 而数控系统只能同时控制两个坐标(XY、YZ、XZ)方向的运动, 则该机床的控制轴数为三轴(称为三轴控制), 而联动轴数为两轴(称为两轴联动)。

(2) 插补功能

指数控机床能够实现的运动轨迹, 如直线、圆弧、螺旋线、抛物线、正弦曲线等。数控机床的插补功能越强, 说明加工的轮廓种类越多。

(3) 进给功能

包括快速进给(空行程移动)、切削进给、手动连续进给、点动、进给量调整(倍率开关)、自动加减速功能等性能。进给功能与伺服驱动系统的性能有很大的关系。

(4) 主轴功能

可实现恒转速、恒线速度、定向停车及转速调整(倍率开关)等功能。恒线速度指主轴可以自动变速, 使得刀具对工件切削点的线速度保持不变。主轴定向停车功能主要用于数控机床在换刀、精镗等工序退刀前, 对主轴进行精确定位, 以便于退刀。

(5) 刀具功能

指在数控机床上可以实现刀具的自动选择和自动换刀。

(6) 刀具补偿功能

包括刀具位置补偿、半径补偿和长度补偿功能。半径补偿中有车刀的刀尖半

径、铣刀半径的补偿,长度补偿中有车刀长度变化的补偿。

(7) 机械误差补偿功能

指系统可以自动补偿机械传动部件因间隙产生的误差的功能。

(8) 操作功能

数控机床通常有单程序段运行、跳段执行、连续运行、试运行、图形模拟仿真、机械锁住、暂停和急停等功能,有的还有软件操作功能。

(9) 程序管理功能

指对加工程序的检索、编制、插入、删除、更名、锁住、在线编辑(即后台编辑,在执行自动加工的同时进行编辑)以及程序的存储通信等。

(10) 图形显示功能

在显示器(CRT)上进行二维或三维、单色或彩色的图形显示。图形可以进行缩放、旋转,还可以进行刀具轨迹动态显示。

(11) 辅助编辑功能

如固定循环、镜像、图形缩放、子程序、宏程序、坐标轴旋转、极坐标等功能,可减少手工编程的工作量和难度。

(12) 自诊断报警功能

指数控系统对其软件、硬件故障的自我诊断能力。这项功能可以用于监视整个机床和整个加工过程是否正常,并在发生异常时及时报警。

(13) 通信功能

现代数控系统中一般都配有 RS232 接口或 DNC 接口,可以与计算机进行信号的高速传输。高档数控系统还可与 MAP 或 INTERNET 相连,以适应 FMS、CIMS 的要求。

1.3.3 数控机床的工作原理

如图 1-1 所示,首先根据零件图样进行工艺分析,确定工艺方案,依据数控系统的规定指令,编制零件的加工程序。视零件结构的复杂程度,可以采用手工或计算机编程,程序较小时,可以直接在机床操作面板的输入区域操作;程序较大时,也可以在装有程序软件的普通计算机上进行。编程软件国内一般采用模拟软件和专用软件,经过相应的后处理,生成加工程序。再通过机床控制系统上的接口或其他存储介质(软盘、光盘等),把生成的加工程序输入到机床的控制系统中。进入数控装置的信息,经过一系列处理和运算转变成脉冲信号。有的信号输送到机床的伺服系统,通过伺服机构处理,传到驱动装置(主轴电动机,步进或交、直流伺服电动机),使刀具和工件严格执行零件加工程序规定的运动;有的信号送到可编程序控制器,可以控制机床的其他辅助运动,如主轴和进给运动的变速、液压或气动装夹。

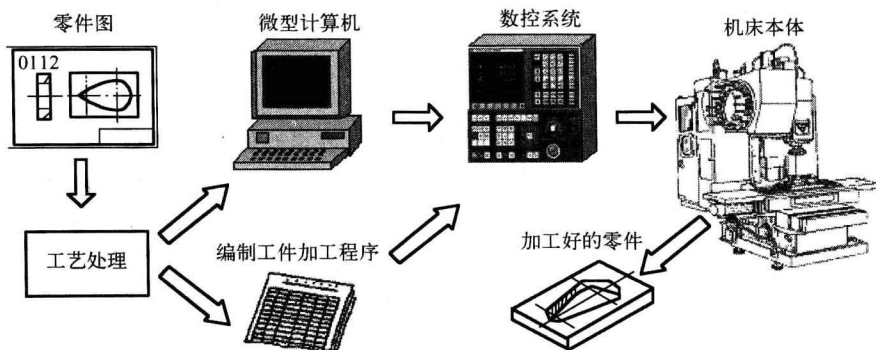


图 1-1 数控机床的工作过程

1.4 数控机床编程基础知识

数控编程是实现零件数控加工的关键环节，它包括从零件分析到获得数控加工程序的全过程。

1. 数控编程的内容

一般来说，数控编程包括以下工作：

(1) 分析零件图，制定加工工艺方案

根据零件图样，对零件的形状、尺寸、材料、精度和热处理要求等进行工艺分析，合理选择加工方案，确定工件的加工工艺路线、工序及切削用量等工艺参数，确定所用机床、刀具和夹具。

(2) 数学处理

根据零件的几何尺寸、工艺要求及编程的方便，设定坐标系，计算工件粗、精加工的轮廓轨迹，获得刀位数据。数控系统一般具有直线和圆弧插补功能，所以对于由直线和圆弧组成的形状简单的零件轮廓加工，只需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坐标值即可，有些要计算刀具中心的运动轨迹；对于由非圆曲线或曲面组成的形状复杂的零件，需要用直线段或圆弧段来逼近曲线，根据加工精度的要求，计算出节点坐标，这个工作一般使用计算机完成。

(3) 编写零件加工程序

根据制定的加工工艺路线、切削用量、刀具补偿量、辅助动作及刀具运动轨迹等条件，按照机床数控系统规定的功能指令代码及程序格式，逐段编写加工程序。

(4) 记录程序并输入到数控机床

记录编制好的程序，并传输到数控机床中，这个工作可通过手工在操作面板

直接输入，或利用通信方式输入，由传输软件把计算机上的加工程序传输到数控机床。

(5) 程序校验和试切

输入到数控系统的加工程序在正式加工前需要进行验证，以确保程序正确。通常可采用机床空运行的方法，检查机床动作和运动轨迹是否正确；在有图形功能的数控机床上，可以利用模拟加工的图形显示来检查运行轨迹的正确性。需要注意的是这些方法只能检验运动轨迹是否正确，不能检验被加工零件的精度。因此，需要进行零件的首件试切，当发现加工的零件不符合加工技术要求时，分析产生加工误差的原因，找出问题，修改程序或采取尺寸补偿等措施。

2. 数控编程方法

(1) 手工编程

手工编程就是指数控编程内容的工作全部由人工完成。对形状比较简单的工件，其计算量小，程序短，手工编程快捷、简便。对形状复杂的工件采用手工编程有一定难度，有时甚至无法实现。一般说来，由直线和圆弧组成的工件轮廓采用手工编程，非圆曲线、列表曲线组成的轮廓采用自动编程。

(2) 自动编程

自动编程就是利用计算机专用软件完成数控机床程序编制工作。编程人员只需根据零件图样的要求，使用数控语言由计算机进行数值计算和工艺参数处理，自动生成加工程序，再通过通信方式传入数控机床。

3. 程序格式

(1) 字符与代码

字符是用于组织、控制或表示数据的一些符号，进行信息交换，数字、字母、标点符号、数学运算符都可以用作字符，常规加工程序应用四种字符：英文字母、数字和小数点、正负号、功能字符。

(2) 程序字（简称字或指令字）

字是一套可以作为一个信息单元进行存储、传递和操作的有规定次序的字符，字符的个数即为字长。常规加工程序中的字都是由英文字及随后的数字组成，这个英文字称为地址符，地址符与后续数字之间可有正负号，如 X30 Z-25。

常用地址符功能见表 1-1。

(3) 字的几种功能

1) 语句号 N（也称为程序段号）。程序是一句一句编写的，一句程序称为一个程序段。程序段号字用以识别每一程序段，由地址符 N 和若干位数字组成。例如，N40 表示该程序段的语句号为 40。

2) 准备功能字 G（又称 G 功能、G 指令、G 代码）。准备功能是用来建立机床或数控系统工作方式的一种命令，使数控机床做好某种操作准备，用地址符 G

和两位或三位数字表示。需要指出的是,不同生产厂家数控系统 G 指令的功能相差大,编程时必须遵照机床使用说明书进行。

表 1-1 常用地址符功能

功能	地址符	意义
程序号	O, P	程序号, 子程序号的指令
顺序段号	N	程序段号
准备功能	G	指令动作方式
尺寸字	X, Y, Z	坐标轴的移动指令
	A, B, C, U, V, W	附加坐标轴的移动指令
	I, J, K	圆弧中心坐标
	R	圆弧半径
进给功能	F	进给速度指令
主轴功能	S	主轴转速指令
刀具功能	T	刀具编号
辅助功能	M, B	主轴、切削液的开/关, 工作台分度等

3) G 指令分模态指令(续效指令)和非模态指令(非续效指令)。非模态指令只在本程序段中有效,模态指令可在连续几个程序段中有效,直到被相同组别的指令取代。指令表中标有相同数字或字母的为的一组,如 G00、G01、G02、G03、G04,其中 G04 为非模态指令,其余为模态指令。

4) 尺寸字。由地址符、符号(+、-)、绝对(或相对)数值组成。尺寸字的地址符有 X、Y、Z、U、V、W、P、Q、R、A、B、C、I、J、K、D、H 等。例如, X15 Y-20, 其中“+”可省略。

5) 进给功能字 F。表示加工时的进给速度,由地址符 F 和后面的若干位数字组成。

6) 主轴功能字 S。表示数控机床主轴转速,由地址符 S 和后面的若干位数字组成。

7) 刀具功能字 T。由地址符 T 和后面的若干位数字组成。数字表示刀号;数字位数由数控系统决定。

8) 辅助功能字 M(又称 M 功能、M 指令、M 代码)。用来控制机床辅助动作或系统的开关功能,由地址符和后面的两位数字组成。

(4) 程序段格式

零件的加工程序由若干个程序段组成。程序段格式是指一个程序段中字符、数据的书写规则,目前使用最多的是“字—地址”程序段格式,如图 1-2 所示。

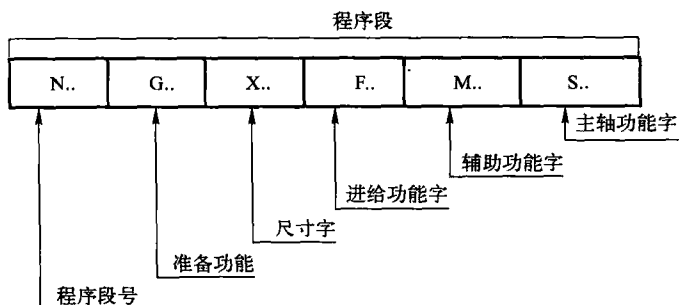


图 1-2 程序段格式

字—地址程序段由程序段号字、数据字和程序段结束符组成。各字后有地址，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。

例：N30 G01 X50 Z-20 F100 S400 T01 M03

需要说明的是，数控加工程序内容、指令和程序段格式虽然在国际上有很多标准，实际上并不是完全统一，所以在编制加工程序前，必须详细了解机床数控系统编程说明书中的具体指令格式和编程方法。

1.5 数控机床坐标系

为简化编程和保证程序的通用性，对数控机床的坐标轴和方向命名制定了统一的标准。国际标准化组织以及一些工业发达国家都先后制定了数控机床坐标系和运动命名的标准。

1. 坐标系和运动方向命名的原则

1) 数控机床中统一规定采用右手笛卡儿坐标系命名，如图 1-3 所示。图中大拇指的指向为 X 轴的正方向，食指指向为 Y 轴的正方向，中指指向为 Z 轴的正方向。

2) 坐标系中的各个坐标轴与机床的主要导轨相平行。

3) 机床在加工过程中不论是刀具移动还是工件移动，都一律假定工件相对静止不动，而刀具在移动，并规定刀具远离工件的运动方向为坐标轴正方向。

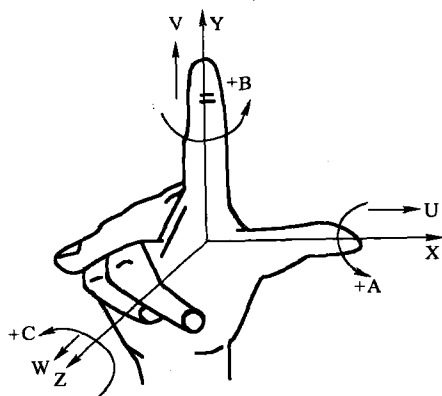


图 1-3 右手笛卡儿坐标系

4) 旋转运动。围绕 X、Y、Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A、B、C 表示, 其正方向用右手螺旋法则确定, 以大拇指指向+X、+Y、+Z 方向, 则食指和中指等的指向是圆周进给运动的+A、+B、+C。

2. 坐标运动的规定

1) Z 坐标运动由传递切削动力的主轴所决定。与主轴轴线平行的标准坐标轴即为 Z 坐标, 如数控车床、数控立式镗铣床等。

若机床没有主轴(如数控刨床等), 则 Z 坐标垂直于工件主要装夹面; 若机床有几个主轴, 可选择一垂直于工件装夹面的主轴作为主要主轴, 并以它确定 Z 坐标, 如数控龙门铣床。

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 坐标的负方向。

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。

在没有回转刀具和回转工件的机床上(如牛头刨床), X 坐标平行于主要切削方向, 并且以该方向为正方向。

在有回转工件的机床上, 如车床、磨床等, X 坐标方向是在工件径向, 而且平行于横向滑座。对于安装在横向滑座的主要刀架上的刀具, 离开工件回转中心的方向是 X 坐标的正方向。

在有刀具回转的机床上(如铣床), 若 Z 坐标是水平的(主轴是卧式的), 当由主要刀具主轴向工件看时, X 运动的正方向指向右方; 如果 Z 坐标是垂直的(主轴是立式的), 当由主要刀具主轴向立柱看时, X 运动的正方向指向右方。

3) Y 坐标的运动。正向 Y 坐标的运动, 根据 X 和 Z 的运动, 按照右手笛卡儿坐标系来确定。

4) 机床坐标系的原点。机床坐标系的原点位置是任意选择的, 由生产厂家确定。A、B、C 的运动原点(0° 的位置)也是任意的, 但 A、B、C 原点的位置最好选择与 Y、Z、X 坐标平行。

5) 附加坐标。如果在 X、Y、Z 主要直线运动之外另有第二组平行于它们的坐标运动, 就称为附加坐标。它们分别被规定为 U、V 和 W。

如果在第一组回转运动 A、B、C 之外, 还有平行或不平行于 A、B、C 的第二组回转运动, 可指定为 P、Q 或 R。

3. 机床坐标系、机床原点和机床参考点

1) 机床坐标系。机床坐标系是机床上固有的坐标系, 并设有固定的坐标原点, 就是机床原点, 又称机械原点, 即 $X=0$ 、 $Y=0$ 、 $Z=0$ 的点。对某一具体机床来说, 在经过设计、制造和调整, 这个原点便被固定下来, 它是机床上固定的点。

2) 机床参考点。为了正确地建立机床坐标系, 通常在每个坐标轴的移动范围

内设置一个机床参考点，又称机械原点，即 $X=0$ 、 $Y=0$ 、 $Z=0$ 的点，其固定位置由各轴向的机械挡块来确定。一般机床开机后，通常要进行机动或手动回参考点以建立机床坐标系。

机床参考点可以与机床零点重合也可以不重合，通过参数指定机床参考点到机床零点的距离。机床回到了参考点位置也就知道了该坐标轴的零点位置，找到所有坐标轴的参考点，机床坐标系就建立起来了。机床参考点在数控机床出厂时就已经调好，并记录在说明书中供用户编程使用。一般情况下不允许随意变动。

3) 工件坐标系与原点。工件坐标系是编程人员在编程时使用的，编程人员选择工件上的某一已知点为原点（也称工件原点、程序原点），建立一个新的坐标系，称为工件坐标系。工件坐标系一旦建立便一直有效，直到被新的工件坐标系所取代。

工件坐标系的原点是人为设定的，设定的依据是要尽量满足编程简单、尺寸换算少、引起的加工误差小等条件。一般情况下，程序原点应选在尺寸标注的基准或定位基准上。对称零件或以同心圆为主的零件，编程原点应选在对称中心线或圆心上。Z 轴的程序原点通常选在工件的表面。