



国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

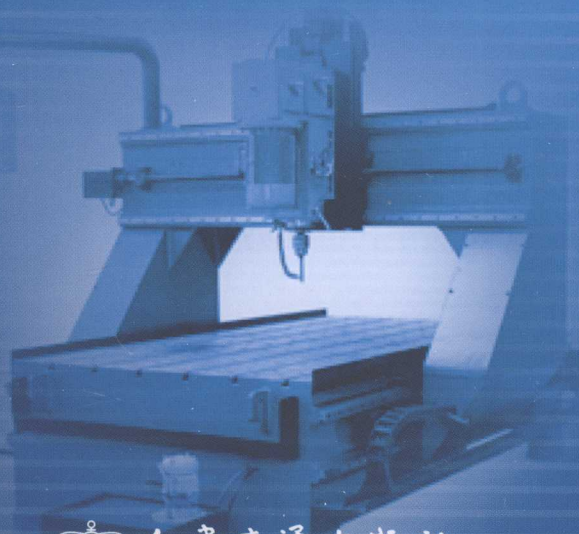
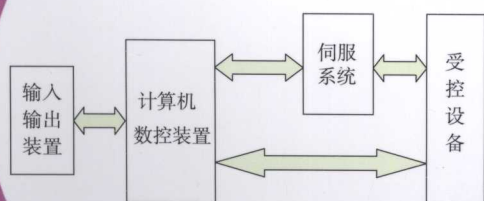
机电一体化技术专业

数控机床与编程技术

◎主 编 陈贵清

◎副主编 陈忠士 颜文焯

◎主 审 李 斌



人民交通出版社
China Communications Press

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

Shukong Jichuang Yu Biancheng Jishu

数控机床与编程技术

(机电一体化技术专业)

主 编 陈贵清
副主编 陈忠士 颜文煨
主 审 李 斌

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是国家示范性高等职业院校重点建设专业教材之一,介绍了数控机床编程与操作的相关内容,主要包括数控车床编程与操作、数控铣床编程与操作、数控加工中心编程与操作等知识。本书知识结构清晰、条理连贯,讲解深入浅出,通过相应模块的学习,可以使学生很好地掌握所学知识。

本书适合高职高专数控及相关专业学生使用,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床与编程技术/陈贵清主编. —北京:人民交通出版社,2009.8

ISBN 978 - 7 - 114 - 07935 - 1

I. 数… II. 陈… III. 数控机床 - 程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 153490 号

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

书 名:数控机床与编程技术

著 者:陈贵清

责任编辑:富砚博

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:9.5

字 数:230千

版 次:2009年8月 第1版

印 次:2009年8月 第1次印刷

书 号:ISBN 978 - 7 - 114 - 07935 - 1

定 价:28.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序

2006年是中国高等职业教育的春天。这一年,我国教育部、财政部启动了国家示范性高等职业院校建设计划,高等职业教育首次被定性为中国高等教育发展的一种类型。时代赋予了高等职业教育非常广阔的发展空间。

2006年也是福建交通职业技术学院发展的春天。同年12月,这所有着140多年办学历史的百年老校,被确定为全国首批国家示范性高等职业院校建设单位。这对学校而言,是荣誉更是责任,是挑战更是压力。

国家示范性院校建设的核心是专业建设,而课程和教材又是专业建设的重要内容之一。如何通过课程的建构来推动人才培养模式的改革和创新?教材编写工作又如何与学校人才培养模式和课程体系改革相结合?如何实现课程内容适合高素质技能型人才的培养?这均是我校示范性建设中的重要命题。

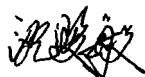
难能可贵的是,三年来,在全体教职员工的不懈努力下,我校8个重点建设专业(6个为中央财政支持的重点建设专业)在实验实训条件建设、师资队伍建设、人才培养模式与课程体系改革等方面,都取得了突破性的进展。

更令人欣慰的是,我院教师历经3年的不断探索和实践,为我院的教材建设作出了功不可没的成绩。一系列即将在人民交通出版社出版的国家示范性高等职业院校重点建设专业教材,就是我院部分成果的体现。在这些教材中,既有工学结合的核心课程教材,也有专业基础课程教材。无论是哪种类型的教材,在编写中,我院都强调对教材内容的改革与创新,强调示范性院校专业建设成果在教材中的固化,强调教材为高素质技能型人才培养服务,强调教材的职业适应性。因为新教材的使用,必须根植于教学改革成果之上,反过来又促进教学改革目标的实现,推进高职教育人才培养模式改革。

培养社会所需要的人,是我院一直不懈的努力方向,而这些教材就是我们努力前行的足迹。

在这些教材的编写过程中,也倾注了相关企业有关专家的大量心血和辛勤劳动,在此谨向他们表示衷心的感谢!

福建交通职业技术学院院长
福州大学博士生导师



前 言

数控技术自 20 世纪 50 年代诞生至今,受到世界各国的广泛重视。凭借其在机械加工中的高精度、高效率以及高自动化程度,在军事、航空航天、船舶、汽车等领域得到了广泛应用。数控加工的水平 and 普及程度已成为衡量一个国家工业发展水平的重要指标之一。

数控加工技术在我国产生的时间较早,由于各种历史原因,数控加工技术的真正应用与推广则是在 20 世纪八九十年代。这也造成了在相当一段时间内,我国数控技术人才短缺的现象。随着我国在电子、计算机、信息处理、检测技术及光电磁等领域不断取得突破,数控加工技术也越来越完善,应用越来越普及,已成为我国机械工业加工的支柱,也为全球化的“中国制造”立下了汗马功劳。

本书是按照培养职业技术应用型人才的要求,结合生产实际情况,遵循“实用为主、够用为度、注重应用、面向实践”的原则来编写的,内容简明、通俗易懂、实用性强,做到了深入浅出,注重生产应用,重视学生的动手能力的培养。本书是针对机械加工常用机床及国内流行的数控系统,如 FANUC 数控系统和华中数控系统编写的,主要包括编程部分和操作部分,内容深入浅出,针对性强。本书既体现了理论的教学要求,又体现了操作的实用性。

本书共分四大模块,内容包括:数控机床的概况,数控车床、数控铣床、加工中心的编程与操作。其中模块一由陈忠士编写,模块二至模块三由陈贵清编写,模块四由颜文煊编写。

由于编者的经验和水平有限,书中错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2009 年 7 月

目 录

模块一 课程认知	1
项目一 数控设备的认识	1
项目二 数控程序的编制	3
项目三 数控机床坐标系的建立	8
思考与练习	14
模块二 数控车床编程与加工操作	15
项目一 数控车床操作入门	15
课题 2.1.1 数控车床介绍	15
课题 2.1.2 系统操作面板说明及各功能键的作用	20
课题 2.1.3 数控车床的操作	22
课题 2.1.4 文明安全生产	27
项目二 轴类零件的程序编制	28
课题 2.2.1 外圆、端面、台阶的加工	28
课题 2.2.2 沟槽的加工与切断	32
课题 2.2.3 圆弧与球面的加工	36
课题 2.2.4 外圆锥的加工及刀尖圆弧半径补偿	39
课题 2.2.5 倒角与倒圆	44
课题 2.2.6 综合练习	45
项目三 套类零件的程序编制	49
课题 2.3.1 钻孔、扩孔及铰孔	49
课题 2.3.2 直通孔的加工	52
课题 2.3.3 台阶孔的加工	54
课题 2.3.4 内沟槽的加工	57
课题 2.3.5 内圆锥的加工	60
课题 2.3.6 综合练习	61
项目四 螺纹零件的程序编制	64
课题 2.4.1 车削外三角螺纹	64
课题 2.4.2 车削外锥螺纹	70
课题 2.4.3 车内螺纹	72
课题 2.4.4 综合练习	75
思考与练习	80
模块三 数控铣床编程与加工操作	82
项目一 数控铣床操作入门	82
课题 3.1.1 数控铣床介绍	82
课题 3.1.2 系统操作面板说明及各功能键的作用	84

课题 3.1.3 数控铣床的操作	85
课题 3.1.4 文明安全生产	88
项目二 基本形状加工	89
课题 3.2.1 平面零件的加工	89
课题 3.2.2 轮廓加工	91
课题 3.2.3 槽类加工	93
课题 3.2.4 孔类加工	96
项目三 组合零件加工	100
课题 3.3.1 平面、轮廓、槽加工	100
课题 3.3.2 平面、槽、孔类加工	104
课题 3.3.3 镜像组合零件加工	107
课题 3.3.4 旋转组合零件加工	109
项目四 数控铣床综合零件加工	111
课题 3.4.1 综合零件加工(一)	111
课题 3.4.2 综合零件加工(二)	115
课题 3.4.3 综合零件加工(三)	117
思考与练习	122
模块四 加工中心编程与加工操作	123
项目一 加工中心操作入门	123
课题 4.1.1 加工中心介绍	123
课题 4.1.2 加工中心操作	127
课题 4.1.3 加工中心安全操作规程	132
项目二 曲面零件的加工	133
项目三 加工中心孔系零件的加工	135
项目四 加工中心综合零件加工	136
思考与练习	140
参考文献	141

模块一 课程认知

项目一 数控设备的认识

一、数控设备的产生与发展

1. 数控设备的产生

科学技术和社会生产的不断发展,对加工机械产品的生产设备提出了“三高”(高性能、高精度和高自动化)的要求。

为了解决上述问题,一种新型的数字程序控制机床应运而生。它极其有效地解决了上述一系列矛盾,为单件、小批量生产,特别是复杂型面零件提供了自动化加工手段。

2. 数控设备的发展

从第一台数控机床问世至今,数控系统先后经历了电子管(1952年)、晶体管和印刷电路板(1960年)、小规模集成电路(1965年)、小型计算机(1970年)、微处理器或微型计算机(1974年)和基于PC-NC的智能数控系统(20世纪90年代后)共六代。

前三代数控系统是属于采用专用控制计算机的硬逻辑(硬线)数控系统,简称NC(Numerical Control),目前已被淘汰。

第四代数控系统采用小型计算机取代专用控制计算机,数控的许多功能由软件来实现,故这种数控系统又称为软线数控,即计算机数控系统,简称CNC(Computer Numerical Control)。1974年,采用以微处理器为核心的数控系统形成第五代微型机数控系统,简称MNC(Micro-computer Numerical Control)。CNC与MNC统称为计算机数控,其控制原理基本上相同。MNC具有成本低、功能强的特点。

基于PC-NC的第六代数控系统充分利用现有PC机的软硬件资源,是最新一代的数控系统。

在数控系统不断更新换代的同时,数控机床的品种得以不断地发展。

数控机床是数控设备的典型代表,其他数控设备,如数控激光与火焰切割机数控设备也得到了广泛的应用。

二、数控设备的工作原理、组成与特点

1. 数控设备的工作原理

图1-1是数控设备的一般工作原理图。

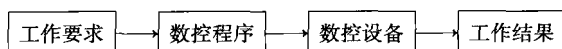


图 1-1 数控设备的工作原理

2. 数控设备的组成与功能

数控设备的基本结构框图如图1-2所示。它主要由输入输出装置、计算机数控装置、伺服系统和受控设备四部分组成。

3. 数控设备的特点

数控设备是一种高效能自动化加工设备,与普通设备相比,数控设备具有如下特点。

- (1) 适应性强;
- (2) 精度高,质量稳定;
- (3) 生产率高;
- (4) 能完成复杂型面的加工;
- (5) 减轻劳动强度,改善劳动条件;
- (6) 有利于生产管理。

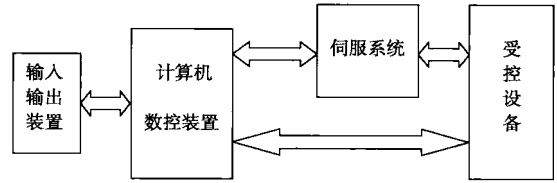


图 1-2 数控设备基本结构框图

三、数控设备的分类

数控设备通常从以下不同角度进行分类。

1. 按工艺用途分类

目前,数控机床的品种规格已达 500 多种,按其工艺用途可以划分为以下四大类:

1) 金属切削类

它又可分为两类:

- (1) 普通数控机床;
- (2) 数控加工中心。

2) 金属成形类

金属成形类设备是指采用挤、压、冲、拉等成形工艺的数控机床,常用的有数控弯管机、数控压力机、数控冲剪机、数控折弯机、数控旋压机等。

3) 特种加工类

特种加工类设备主要有数控电火花线切割机、数控电火花成形机、数控激光与火焰切割机等等。

4) 测量、绘图类

这类设备主要有数控绘图机、数控坐标测量机、数控对刀仪等。

2. 按控制运动的方式分类

- (1) 点位控制数控机床;
- (2) 点位直线控制数控机床;
- (3) 轮廓控制数控机床。

3. 按伺服系统的控制方式分类

1) 开环控制数控机床

开环控制数控机床一般适用于中、小型经济型数控机床,其控制框图如图 1-3 所示。

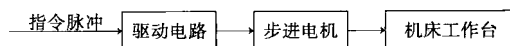


图 1-3 数控机床开环控制框图

2) 半闭环控制数控机床

半闭环控制数控机床可以获得比开环控制机床更高的精度,调试比较方便,因而得到广泛应用,其控制框图如图 1-4 所示。

3) 闭环控制数控机床

闭环控制数控机床的控制框图如图 1-5 所示。

闭环控制数控机床一般适用于精度要求高的数控机床,如数控精密镗铣床。

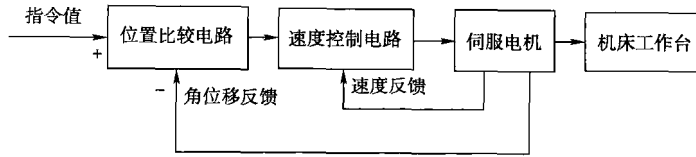


图 1-4 数控机床半闭环控制框图

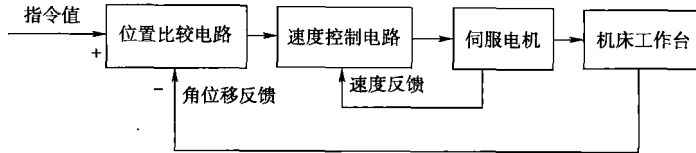


图 1-5 数控机床闭环控制框图

4. 按所用数控系统的档次分类

按所用数控系统的档次通常把数控机床分为低、中、高档三类。

以上中、高档数控机床一般称为全功能数控或标准型数控。

项目二 数控程序的编制

在编制数控加工程序前,应首先了解:数控程序编制的主要工作内容,程序编制的工作步骤,每一步应遵循的工作原则等,最终才能获得满足要求的数控程序(如图 1-6 所示为程序样本)。

```

%
O0000
(PROGRAM NAME - HY10)
( DATE=DD-MM-VV - 27-02-02 TIME=HH:MM - 12:50)
((UNDEFINE) TOOL - 1 DIA. OFF. - 41 LEN. - 1 DIA. - 10.)
N100621
N10260640649680690
N104T1M6
N10660690654X-19.305Y-15.651200M3
N108643H1260.M8
N110234.8
N11261229.8F2.
N114X19.305
N116G0Z50.
N118X24.240Y-5.2
    
```

图 1-6 程序样本

一、数控程序编制的定义

编制数控加工程序是使用数控机床的一项重要技术工作,理想的数控程序不仅应该保证加工出符合零件图样要求的合格零件,还应该使数控机床的功能得到合理的应用与充分的发挥,使数控机床能安全、可靠、高效地工作。

1. 数控程序编制的内容及步骤

数控编程是指从零件图纸到获得数控加工程序的全部工作过程。如图 1-7 所示,编程工作主要包括以下方面。

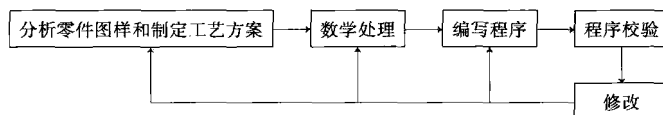


图 1-7 数控程序编制的内容及步骤

1) 分析零件图样和制定工艺方案

这项工作的具体内容包括:对零件图样进行分析,明确加工的内容和要求;确定加工方案;选择适合的数控机床;选择或设计刀具和夹具;确定合理的走刀路线及选择合理的切削用量等。这一工作要求编程人员能够对零件图样的技术特性、几何形状、尺寸及工艺要求进行分析,并结合数控机床使用的基础知识,如数控机床的规格、性能、数控系统的功能等,确定加工方法和加工路线。

2) 数学处理

在确定了工艺方案后,就需要根据零件的几何尺寸、加工路线等计算刀具中心运动轨迹,以获得刀位数据。数控系统一般均具有直线插补与圆弧插补功能,对于加工由圆弧和直线组成的较简单的平面零件,只需要计算出零件轮廓上相邻几何元素交点或切点的坐标值,得出各几何元素的起点、终点、圆弧的圆心坐标值等,就能满足编程要求。当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,一般需要使用计算机辅助计算,否则难以完成。

3) 编写零件加工程序

在完成上述工艺处理及数值计算工作后,即可由程序编制人员使用数控系统的程序指令,按照规定的程序格式,逐段编写加工程序。程序编制人员只有对数控机床的功能、程序指令及代码十分熟悉,才能编写出正确的加工程序。

4) 程序检验

将编写好的加工程序输入数控系统,就可控制数控机床的加工工作。然而在正式加工之前,一般要对程序进行检验。程序检验通常可采用机床空运转的方式,检查机床动作和运动轨迹的正确性,以检验程序。在具有图形模拟显示功能的数控机床上,可通过显示走刀轨迹或模拟刀具对工件的切削过程,对程序进行检查。对于形状复杂和要求高的零件,也可采用铝件、塑料或石蜡等易切材料进行试切来检验。通过检查试件,不仅可确认程序是否正确,还可知道加工精度是否符合要求。若能采用与被加工零件材料相同的材料进行试切,则更能反映实际加工效果。检验过程中,当发现加工的零件不符合加工技术要求时,可修改程序或采取尺寸补偿等措施。

2. 数控程序编制的方法

数控加工程序的编制方法主要有两种:手工编制程序和自动编制程序。

1) 手工编程

手工编程是指主要由人工来完成数控编程中各个阶段的工作,具体流程如图 1-8 所示。

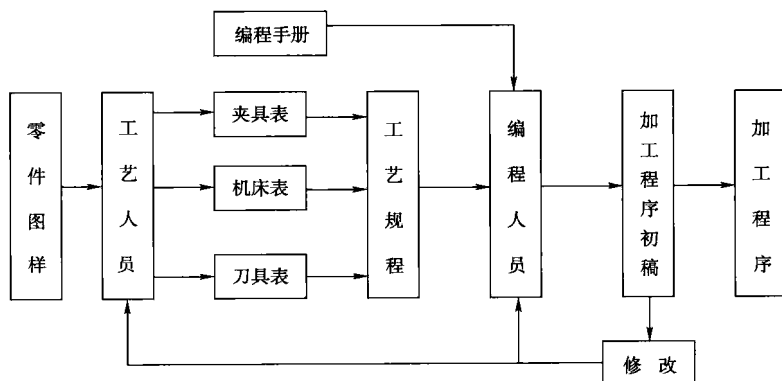


图 1-8 手工编程

一般对几何形状不太复杂的零件,所需的加工程序不长,计算比较简单,用手工编程比较合适。

手工编程的特点是:耗费时间较长,容易出现错误,无法胜任复杂形状零件的编程。据国外资料统计,当采用手工编程时,一段程序的编写时间与其在机床上运行加工的实际时间之比,平均约为 30:1,通常,数控机床不能开动的原因中有 20% ~ 30% 是由于加工程序编制困难,编程时间较长造成的。

2) 计算机自动编程

自动编程是指在编程过程中,除了分析零件图样和制定工艺方案由人工进行外,其余工作均由计算机辅助完成。

采用计算机自动编程时,数学处理、编写程序、检验程序等工作是由计算机自动完成的,由于计算机可自动绘制出刀具中心运动轨迹,使编程人员能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。又由于计算机自动编程能代替程序编制人员完成繁琐的数值计算,可提高编程效率几十倍乃至上百倍,因此能解决手工编程无法解决的许多复杂零件的编程难题。因而,自动编程的特点就在于编程工作效率高,可解决复杂形状零件的编程难题。

根据输入方式的不同,自动编程可分为图形数控自动编程、语言数控自动编程和语音数控自动编程等。图形数控自动编程是指将零件的图形信息直接输入计算机,通过自动编程软件的处理,得到数控加工程序。目前,图形数控自动编程是使用最为广泛的自动编程方式。语言数控自动编程是指将加工零件的几何尺寸、工艺要求、切削参数及辅助信息等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。语音数控自动编程是指采用语音识别器,将编程人员发出的加工指令声音转变为加工程序。

二、字与字的功能

1. 字符与代码

字符是用来组织、控制或表示数据的一些符号,如数字、字母、标点符号、数学运算符等。数控系统只能接受二进制信息,所以必须把字符转换成用“0”和“1”组合的代码来表达。国际上广泛采用的两种标准代码是:

- (1) ISO 国际标准化组织标准代码;
- (2) EIA 美国电子工业协会标准代码。

这两种标准代码的编码方法不同,在大多数现代数控机床上这两种代码都可以使用,只需用系统控制面板上的开关来选择,或用 G 功能指令来选择。

2. 字

在数控加工程序中,字是指一系列按规定排列的字符,作为一个信息单元存储、传递和操作。字是由一个英文字母与随后的若干位十进制数字组成,这个英文字母称为地址符。如:“X2500”是一个字,X 为地址符,数字“2500”为地址中的内容。

3. 字的功能

组成程序段的每一个字都有其特定的功能含义。下面是根据 FANUC-OM 数控系统的规范介绍的,实际工作中,应按照机床数控系统说明书来使用各个功能字。

1) 顺序号字 N

顺序号又称程序段号或程序段序号。顺序号位于程序段之首,由顺序号字 N 和后续数字组成。顺序号字 N 是地址符,后续数字一般为 1 ~ 4 位的正整数。数控加工中的顺序号实际

上是程序段的名称,与程序执行的先后次序无关。数控系统不是按顺序号的次序来执行程序,而是按照程序段编写时的排列顺序逐段执行。

(1) 顺序号的作用:对程序的校对和检索修改;作为条件转向的目标,即作为转向目的程序段的名称。有顺序号的程序段可以进行复归操作,这是指加工可以从程序的中间开始,或从程序中断处开始。

(2) 一般使用方法:编程时将第一程序段冠以 N10,以后以间隔 10 递增的方法设置顺序号,这样,在调试程序时,如果需要在 N10 和 N20 之间插入程序段时,就可以使用 N11、N12 等。

2) 准备功能字 G

准备功能字的地址符是 G,又称为 G 功能或 G 指令,是用于建立机床或控制系统工作方式的一种指令。准备功能字的后续数字一般为 1~3 位正整数,G 功能字的含义见表 1-1。

G 功能字含义表

表 1-1

G 功能字	FANUC 系统	SIEMENS 系统	G 功能字	FANUC 系统	SIEMENS 系统
G00	快速移动点定位	快速移动点定位	G65	用户宏指令	—
G01	直线插补	直线插补	G70	精加工循环	英制
G02	顺时针圆弧插补	顺时针圆弧插补	G71	外圆粗切循环	米制
G03	逆时针圆弧插补	逆时针圆弧插补	G72	端面粗切循环	—
G04	暂停	暂停	G73	封闭切削循环	—
G05	—	通过中间点圆弧插补	G74	深孔钻循环	—
G17	XY 平面选择	XY 平面选择	G75	外径切槽循环	—
G18	ZX 平面选择	ZX 平面选择	G76	复合螺纹切削循环	—
G19	YZ 平面选择	YZ 平面选择	G80	撤销固定循环	撤销固定循环
G32	螺纹切削	—	G81	定点钻孔循环	固定循环
G33	—	恒螺距螺纹切削	G90	绝对值编程	绝对尺寸
G40	刀具补偿注销	刀具补偿注销	G91	增量值编程	增量尺寸
G41	刀具补偿——左	刀具补偿——左	G92	螺纹切削循环	主轴转速极限
G42	刀具补偿——右	刀具补偿——右	G94	每分钟进给量	直线进给率
G43	刀具长度补偿——正	—	G95	每转进给量	旋转进给率
G44	刀具长度补偿——负	—	G96	恒线速控制	恒线速度
G49	刀具长度补偿注销	—	G97	恒线速取消	注销 G96
G50	主轴最高转速限制	—	G98	返回起始平面	—
G54 ~ G59	加工坐标系设定	零点偏置	G99	返回 R 平面	—

3) 尺寸字

尺寸字用于确定机床上刀具运动终点的坐标位置。

其中,第一组 X、Y、Z、U、V、W、P、Q、R 用于确定终点的直线坐标尺寸;第二组 A、B、C、D、E 用于确定终点的角度坐标尺寸;第三组 I、J、K 用于确定圆弧轮廓的圆心坐标尺寸。在一些数控系统中,还可以用 P 指令设定暂停时间、用 R 指令设定圆弧的半径等。

多数数控系统可以用准备功能字来选择坐标尺寸的制式,如 FANUC 诸系统可用 G21/G22 来选择米制单位或英制单位,也有些系统用系统参数来设定尺寸制式。采用米制时,一般单位为 mm,如 X100 指令的坐标单位为 100 mm。当然,一些数控系统可通过参数来选择不同

的尺寸单位。

4) 进给功能字 F

进给功能字的地址符是 F, 又称为 F 功能或 F 指令, 用于指定切削的进给速度。对于车床, F 可分为每分钟进给和主轴每转进给两种; 对于其他数控机床, 一般只用每分钟进给。F 指令在螺纹切削程序段中常用来指令螺纹的导程。

5) 主轴转速功能字 S

主轴转速功能字的地址符是 S, 又称为 S 功能或 S 指令, 用于指定主轴转速。单位为 r/min。对于具有恒线速度功能的数控车床, 程序中的 S 指令用来指定车削加工的线速度数。

6) 刀具功能字 T

刀具功能字的地址符是 T, 又称为 T 功能或 T 指令, 用于指定加工时所用刀具的编号。对于数控车床, 其后的数字还兼作指定刀具长度补偿和刀尖半径补偿用。

7) 辅助功能字 M

辅助功能字的地址符是 M, 后续数字一般为 1~3 位正整数, 又称为 M 功能或 M 指令, 用于指定数控机床辅助装置的开关动作。M 功能字的含义见表 1-2。

M 功能字含义表

表 1-2

M 功能字	含 义	M 功能字	含 义
M00	程序停止	M07	2 号冷却液开
M01	计划停止	M08	1 号冷却液开
M02	程序停止	M09	冷却液关
M03	主轴顺时针旋转	M30	程序停止并返回开始处
M04	主轴逆时针旋转	M98	调用子程序
M05	主轴旋转停止	M99	返回子程序
M06	换刀		

三、程序格式

1. 程序段格式

程序段是可作为一个单位来处理的、连续的字组, 是数控加工程序中的一条语句。一个数控加工程序是若干个程序段组成的。

程序段格式是指程序段中的字、字符和数据的安排形式。现在一般使用字地址可变程序段格式, 每个字长不固定, 各个程序段中的长度和功能字的个数都是可变的。地址可变程序段格式中, 在上一程序段中写明的、本程序段里又不变化的那些字仍然有效, 可以不再重写。这种功能字称之为续效字。

程序段格式举例:

N30 G01 X88.1 Y30.2 F500 S3000 T02 M08

N40 X90(本程序段省略了续效字“G01, Y30.2, F500, S3000, T02, M08”, 但它们的功能仍然有效。)

在程序段中, 必须明确组成程序段的各要素:

- (1) 移动目标: 终点坐标值 X、Y、Z;
- (2) 沿怎样的轨迹移动: 准备功能字 G;

- (3)进给速度:进给功能字 F;
- (4)切削速度:主轴转速功能字 S;
- (5)使用刀具:刀具功能字 T;
- (6)机床辅助动作:辅助功能字 M。

2. 加工程序的一般格式

1) 程序开始符、结束符

程序开始符、结束符是同一个字符,为 ISO 代码中的%,EIA 代码中的 EP,书写时要单列一段。

2) 程序名

程序名有两种形式:一种是英文字母 O 和 1 ~ 4 位正整数组成;另一种是由英文字母开头,字母数字混合组成的。一般要求单列一段。

3) 程序主体

程序主体是由若干个程序段组成的。每个程序段一般占一行。

4) 程序结束指令

程序结束指令可以用 M02 或 M30,一般要求单列一段。

加工程序的一般格式举例:

```

%                               // 开始符
O1000                           // 程序名
N10 G00 G54 X50 Y30 M03 S3000;
N20 G01 X88.1 Y30.2 F500 T02 M08;
N30 X90;
.....
N300 M30;
%                               // 结束符

```

项目三 数控机床坐标系的建立

在数控编程时,为了描述机床的运动,简化程序编制的方法及保证纪录数据的互换性,数控机床的坐标系和运动方向均已标准化,ISO 和我国都拟定了命名的标准。通过这一部分的学习,要能够掌握机床坐标系、编程坐标系、加工坐标系的概念,具备实际动手设置机床加工坐标系的能力。

一、机床坐标系

1. 机床坐标系的确定

1) 机床相对运动的规定

在机床上,工件被认为是静止的,而刀具是运动的。这样编程人员在不考虑机床上工件与刀具具体运动的情况下,就可以依据零件图样,确定机床的加工过程。

2) 机床坐标系的规定

标准机床坐标系中 X、Y、Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡尔直角坐标系决定。

在数控机床上,机床的动作是由数控装置来控制的,为了确定数控机床上的成形运动和辅助运动,必须先确定机床上运动的位移和运动的方向,这就需要通过坐标系来实现,这个坐标

系被称之为机床坐标系。

例如铣床上,有机床的纵向运动、横向运动以及垂向运动,如图 1-9 所示。在数控加工中就应该用机床坐标系来描述。

标准机床坐标系中 X 、 Y 、 Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡尔直角坐标系决定:

(1)伸出右手的大拇指、食指和中指,并互为 90° 。则大拇指代表 X 坐标,食指代表 Y 坐标,中指代表 Z 坐标。

(2)大拇指的指向为 X 坐标的正方向,食指的指向为 Y 坐标的正方向,中指的指向为 Z 坐标的正方向。

(3)围绕 X 、 Y 、 Z 坐标旋转的旋转坐标分别用 A 、 B 、 C 表示,根据右手螺旋定则,大拇指的指向为 X 、 Y 、 Z 坐标中任意轴的正向,则其余四指的旋转方向即为旋转坐标 A 、 B 、 C 的正向,如图 1-10 所示。

3) 运动方向的规定

增大刀具与工件距离的方向即为各坐标轴的正方向,如图 1-11 所示为数控车床上两个运动的方向。

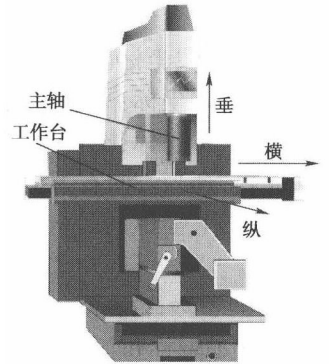


图 1-9 立式数控铣床

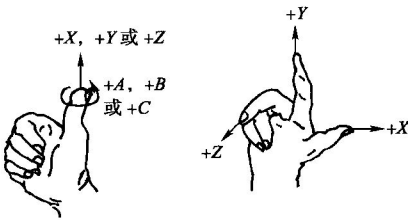


图 1-10 直角坐标系

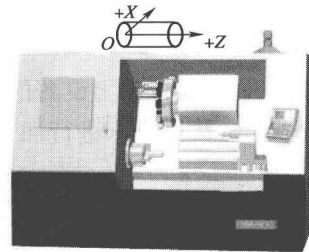


图 1-11 机床运动的方向

2. 坐标轴方向的确定

1) Z 坐标

Z 坐标的运动方向是由传递切削动力的主轴所决定的,即平行于主轴轴线的坐标轴即为 Z 坐标, Z 坐标的正向为刀具离开工件的方向。

如果机床上有几个主轴,则选一个垂直于工件装夹平面的主轴方向为 Z 坐标方向;如果主轴能够摆动,则选垂直于工件装夹平面的方向为 Z 坐标方向;如果机床无主轴,则选垂直于工件装夹平面的方向为 Z 坐标方向。图 1-12 所示为数控车床的 Z 坐标。

2) X 坐标

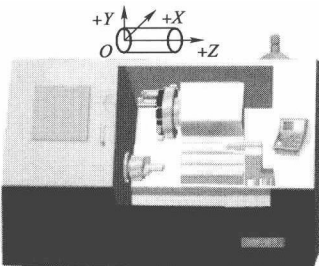


图 1-12 数控车床的坐标系

X 坐标平行于工件的装夹平面,一般在水平面内。确定 X 轴的方向时,要考虑两种情况:

(1)如果工件做旋转运动,则刀具离开工件的方向为 X 坐标的正方向。

(2)如果刀具做旋转运动,则分为两种情况: Z 坐标水平时,观察者沿刀具主轴向工件看, $+X$ 运动方向指向右方; Z 坐标垂直时,观察者面对刀具主轴向立柱看, $+X$ 运动方向指向右方。图 1-12 所示为数控车床的 X 坐标。

3) Y 坐标

在确定 X 、 Z 坐标的正方向后,可以用根据 X 和 Z 坐标的方向,按照右手直角坐标系来确定 Y 坐标的方向。图 1-12 所示为数控车床的 Y 坐标。

例 1-1 根据图 1-13 所示的数控立式铣床结构图,试确定 X 、 Y 、 Z 直线坐标。

(1) Z 坐标:平行于主轴,刀具离开工件的方向为正。

(2) X 坐标: Z 坐标垂直,且刀具旋转,所以面对刀具主轴向立柱方向看,向右为正。

(3) Y 坐标:在 Z 、 X 坐标确定后,用右手直角坐标系来确定。

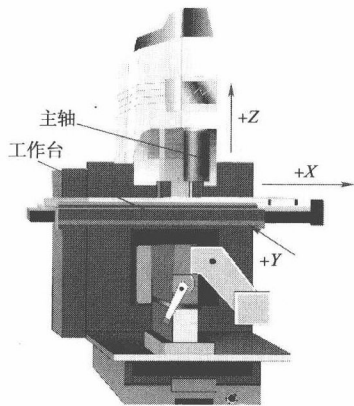


图 1-13 数控立式铣床的坐标系

3. 附加坐标系

为了编程和加工的方便,有时还要设置附加坐标系。

对于直线运动,通常建立的附加坐标系有:

1) 指定平行于 X 、 Y 、 Z 坐标轴

可以采用的附加坐标系:第二组 U 、 V 、 W 坐标,第三组 P 、 Q 、 R 坐标。

2) 指定不平行于 X 、 Y 、 Z 的坐标轴

也可以采用的附加坐标系:第二组 U 、 V 、 W 坐标,第三组 P 、 Q 、 R 坐标。

4. 机床原点的设置

机床原点是指在机床上设置的一个固定点,即机床坐标系的原点。它在机床装配、调试时就已确定下来,是数控机床进行加工运动的基准参考点。

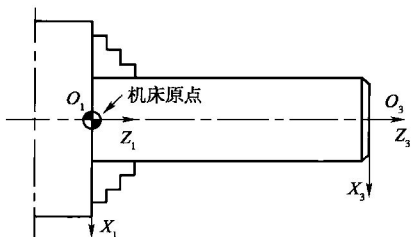


图 1-14 车床的机床原点

1) 数控车床的原点

在数控车床上,机床原点一般取在卡盘端面与主轴中心线的交点处,见图 1-14。同时,通过设置参数的方法,也可将机床原点设定在 X 、 Z 坐标的正方向极限位置上。

2) 数控铣床的原点

在数控铣床上,机床原点一般取在 X 、 Y 、 Z 坐标的正方向极限位置上,见图 1-15。

5. 机床参考点

机床参考点是用于对机床运动进行检测和控制的固定位置点。

机床参考点的位置是由机床制造厂家在每个进给轴上用限位开关精确调整好的,坐标值已输入数控系统中。因此参考点对机床原点的坐标是一个已知数。

通常在数控铣床上机床原点和机床参考点是重合的;而在数控车床上机床参考点是离机床原点最远的极限点。图 1-16 所示为数控车床的参考点与机床原点。

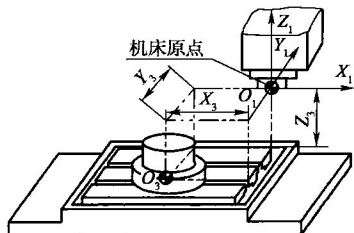


图 1-15 铣床的机床原点(尺寸单位:mm)

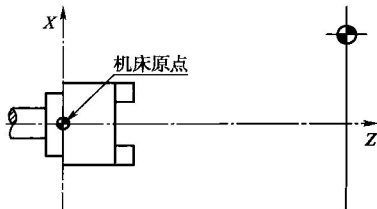


图 1-16 数控车床的参考点(尺寸单位:mm)