

● 数控工人快速上岗丛书

SIEMENS 系统

数控机床的编程

崔兆华 主编



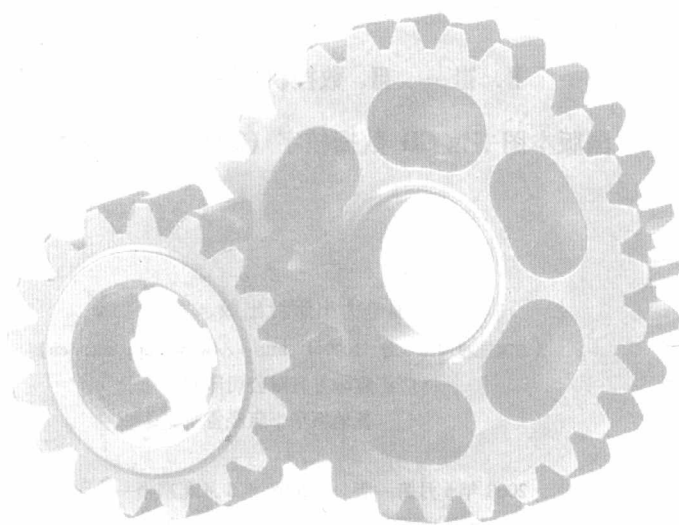
中国电力出版社

www.cepp.com.cn

● 数控工人快速上岗丛书

SIEMENS系统数控机床的编程

主 编 崔兆华
参 编 宁万信 黄伟斌 武玉山
付 荣 刘敬斌
主 审 韩鸿鸾



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《数控工人快速上岗丛书》之一。全书突出“零起点快速上岗”的特点,从基础写起,紧密联系生产应用实际,并列举了大量的生产实例。力求使读者通过对本书的学习,尽快掌握数控技术的应用技能,从而达到快速上岗的目的。本书主要内容有:数控编程的基础、SIEMENS 802S/C 系统数控车床的编程、SIEMENS 802D 系统数控车床编程、SIEMENS 802S/C 系统数控铣床/加工中心的编程、SIEMENS 802D 系统数控铣床/加工中心编程。

本书既可作为工人培训、数控机床操作与维修人员的用书、自学教材,也可作为高职高专等院校机电专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

SIEMENS 系统数控机床的编程 / 崔兆华主编. —北京:
中国电力出版社, 2008
(数控工人快速上岗丛书)
ISBN 978 - 7 - 5083 - 6763 - 7

I. S… II. 崔… III. 数控机床 - 程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 020456 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 6 月第一版 2008 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 16 印张 450 千字

印数 0001—4000 册 定价 28.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《数控工人快速上岗丛书》

编 委 会

主 任：韩鸿鸾

副 主 任：沈建峰 崔兆华

委 员：胡旭兰 金玉峰 刘德成 吴海燕 张玉东

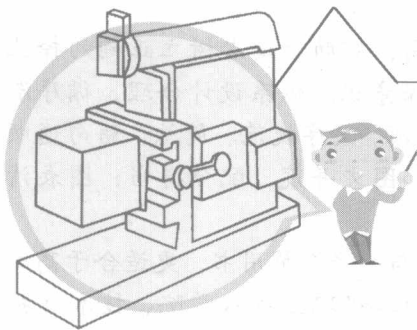
范玉成 薛秋浩 张富林 王常义 朱晓华

刘国通 刘敬斌 武玉山

顾 问：毕毓杰

丛书主编：韩鸿鸾

丛书主审：毕毓杰



数控工人快速上岗丛书

SIEMENS系统数控机床的编程

丛书前言

21 世纪是我国全面建设小康社会、开创中国特色社会主义事业新局面的重要时期。建设小康社会需要科技创新，离不开技能人才，更离不开技术工人。他们是社会物质财富的直接创造者。技术工人的劳动，是科技成果转化为生产力的关键环节，是经济发展的重要基础。

随着我国逐渐成为“世界制造业中心”进程的加快，制造业的主力军——技能人才的严重缺乏已成为制约我国制造业快速发展的瓶颈，特别是掌握数控技术的人才奇缺。2003 年，国家数控系统工程技术研究中心的一项调研结果显示，仅数控机床的操作工就短缺 60 多万人。

我国的数控人才不仅表现在数量上的短缺，其质量与知识结构也不能完全满足企业的需求。根据 2004 年 2 月劳动和社会保障部、教育部等六部委调查研究和分析预测，数控技术应用是我国劳动力市场技能型人才最为短缺的四类人才之一，并列榜首。为此，国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”，强调各地、各行业、各企业、各职业院校等要大力开展职业技术培训，以培训促就业，全面提高技术工人的素质。

为加快和推动数控技术的发展，中国电力出版社根据教育部大力推动技能型紧缺人才培养培训工程的指导思想，通过大量的市场调研，特邀请全国知名先进制造企业、职业院校及高技能人才培训中心的有关教授、专家编写了《数控工人快速上岗丛书》。本套丛书包括《数控加工工艺》、《FANUC 系统数控机床的编程》、《SIEMENS 系统数控机床的编程》、《数控机床的操作》、《数控机床电气检修》、《数控机床机械维修》。

此外，考虑到数控机床操作、编程人员的深造；工厂中对复杂零件的加工；数控专业技术人员晋升高级工及技师的需要，我们在此基础上还组织编写了《数控编程 200 例》一书。

《数控工人快速上岗丛书》的特点是：

(1) 体现以职业能力为本位，以应用为核心，以“必需、够用”为原则；突出“快速上岗”的特点，紧密联系实际、生产实际；与相应的职业资格标准相互衔接；精选了大量的生产实例。

(2) 注意用新观点、新思想来审观、阐述经典内容；适应经济社会发展和科技进步的需要，及时更新教学内容，反映新知识、新技术、新工艺、新方法。引用数据、图

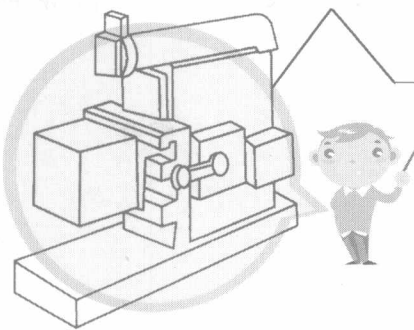
表、材料可靠。

(3) 渗透职业道德和职业意识教育;体现就业导向,有助于读者树立正确的择业观;培养其爱岗敬业和创业精神;树立安全意识和环保意识。体系设计合理,循序渐进,符合读者心理特征和技能养成规律;结构、体例新颖。文字规范、简练,语句通顺流畅,条理清楚,可读性强;计量单位使用规范正确。图文并茂,配合得当;图表清晰,图样绘制和标注规范。

因此本套书不仅可以作为工人培训、数控机床操作与维修人员用书,更适合于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、技术(技师)学院、高级技校、继续教育学院和民办高校数控与机电专业使用。

本套书在编写过程中,得到了威海、烟台、淄博、临沂、太原、上海、广州、常州、济南等有数控设备的厂家大力支持,提供了大量的资料,并参考了国内外有关著作和技术资料。在此谨向有关资料的作者,FANUC 数控系统、SIEMENS 数控系统、MITSUBISHI(三菱)数控系统、OKUMA(大隈)数控系统的厂家,以及华中科技大学表示最诚挚的谢意。

丛书编委会



数控工人快速上岗丛书

SIEMENS系统数控机床的编程

前言

SIEMENS 是国际知名品牌, SIEMENS 数控系统也是最早进入我国市场的数控系统品牌之一, 但在 20 世纪中国市场占有率并不是很高, 大约只在 25% 左右。20 世纪末期, SIEMENS 公司改变了对中国市场的策略, 以最新、最先进的产品挺进中国市场, 提供从低到高全方位的技术配套解决方案, 市场占有率逐年上升。SIEMENS 编程指令系统与国际标准兼容性较差, 但其指令系统功能十分丰富, 同样的任务可以根据实际情况采用最简单的方法解决, 因而往往学习麻烦但应用非常方便。此外, 一些工艺或机床设定功能通过编程指令开放, 从而为编程人员进行编程、工艺优化提供了条件。

目前国内流行的 SIEMENS 数控系统主要有 SIEMENS 802S/C、SIEMENS 802D、SIEMENS 810D 和 SIEMENS 840D 等, 考虑到目前国内数控系统的具体情况, 本书将以 SIEMENS 802S/C 和 SIEMENS 802D 系统为例进行介绍。尽管 SIEMENS 802S/C 只是一个经济型系统, 但其编程指令系统功能较强, 有一定的典型意义。在 SIEMENS 802S/C 基础上进一步介绍 SIEMENS 802D 系统, 扩展 SIEMENS 编程指令功能, 增加编程思路。

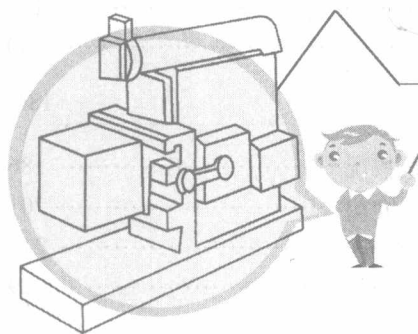
本书将一般切削加工类数控编程分为两类: 一类是数控车床编程; 另一类是数控铣床/加工中心编程。数控铣床/加工中心编程与数控车床编程功能指令有很多是相同或相似的, 考虑到不同工种单项学习的需要, 本书仍然按自有体系编排。从本质上讲, 数控车与数控铣可以涵盖车、铣、钻及镗等加工工艺内容。

本书在内容组织和编排上选用了技术先进、占市场份额较大的 SIEMENS (西门子) 系统作为典型的数控系统进行剖析, 详细介绍了数控编程的基础、SIEMENS 802S/C 系统数控车床的编程、SIEMENS 802D 系统数控车床的编程、SIEMENS 802S/C 系统数控铣床/加工中心的编程、SIEMENS 802D 系统数控铣床/加工中心的编程等内容。在素材的组织上, 本书突出了实用的特点, 搜集了相关权威资料并加以细致的整理, 许多加工实例都来源于生产实践, 便于读者借鉴。

本书由崔兆华主编, 宁万信、黄伟斌、武玉山、付荣、刘敬斌参与了部分章节的编写, 由威海职业学院的韩鸿鸾主审。在该书编写过程中, 参考了国内外有关著作和技术资料, 在此谨向有关资料的作者、SIEMENS 数控系统厂家、有关机床厂家表示最诚挚的谢意。

数控技术是一项高速发展的现代先进技术，由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不当之处，恳请各位读者朋友批评指正和赐教。

编者



数控工人快速上岗丛书

SIEMENS系统数控机床的编程

目 录

丛书前言

前言

第一章 数控编程的基础

1

第一节	数控编程概述	1
第二节	坐标系及运动方向的规定	6
第三节	常用术语与指令代码	12
第四节	数控加工程序的格式与组成	19
第五节	刀具补偿功能	21
第六节	手工编程中的数学处理	28

第二章 SIEMENS 802S/C 系统数控车床的编程

34

第一节	概述	34
第二节	基本工件的编程	42
第三节	螺纹切削与螺纹切削固定循环指令	65
第四节	循环加工编程	69
第五节	子程序编程	75
第六节	R 参数编程	77
第七节	综合编程实例	82

第三章 SIEMENS 802D 系统数控车床编程

90

第一节	SIEMENS 802D 系统数控车床指令系统概况	90
第二节	SIEMENS 802D 系统数控车床部分指令介绍	102
第三节	综合实例编程	115

第四章 SIEMENS 802S/C 系统数控铣床/加工中心的编程

130

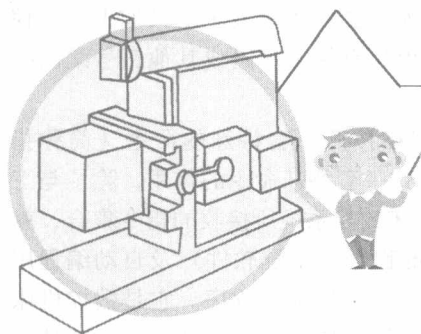
第一节	概述	130
第二节	基本工件的加工	140
第三节	刀具和刀具补偿功能	155
第四节	固定循环	161

第五节	子程序的应用	178
第六节	参数编程与程序跳转	180

第五章	SIEMENS 802D 系统数控铣床/加工中心编程	186
------------	-----------------------------------	------------

第一节	SIEMENS 802D 系统数控铣床/加工中心指令系统概况	186
第二节	SIEMENS 802D 系统数控铣床/加工中心部分指令介绍	201
第三节	固定循环指令介绍	211
第四节	综合实例编程	229

参考文献	244
-------------	------------



数控编程的基础

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了。

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工完成的。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、关等都是由操作者手工操作的。

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。

在数控机床上,传统的加工过程中的人工操作均被数控系统所取代。其工作过程如下:首先要将被加工零件图上的几何信息和加工工艺信息数字化,即编制零件加工程序,再将零件加工程序中的内容记录在磁盘等控制介质上,然后将该程序送入到数控系统。数控系统按照程序的要求,进行相应的运算、处理,然后发出控制命令,使各坐标轴、主轴以及辅助动作相互协调运动,实现刀具与工件的相对运动,自动完成零件的加工。

一、基本概念

数字控制(Numerical Control)简称数控(NC),是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程(如加工、测量、装配等)进行可编程控制的自动化方法。

数控技术(Numerical Control Technology)是指用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术,它已经成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术。

数控系统(Numerical Control System)是指采用数字控制技术的控制系统。

计算机数控系统(Computer Numerical Control System)是以计算机为核心的数控系统。

数控机床(Numerical Control Machine Tools)是指采用数字控制技术对机床的加工过程进行

自动控制的一类机床。国际信息处理联盟 (IFIP) 第五技术委员会对数控机床定义如下: 数控机床是一个装有程序控制系统的机床, 该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。定义中所说的程序控制系统即数控系统。

数控机床加工不需要通过手工去进行直接操作, 而是严格按照一套特殊的命令 (简称指令), 并经机床数控系统处理后, 使机床自动完成零件加工。这一套特殊命令的作用, 除了与工艺卡的作用相同外, 还能被数控装置所“接收”。这种能被机床数控系统所接收的指令集合, 就是数控机床加工中所必需的加工程序。为了与数控系统的内部程序 (系统软件) 及自动编程用的源程序相区别, 我们把从外部输入的直接用于加工的程序称为数控加工程序。它是数控机床的应用软件, 它使用的自动控制语言与通用计算机使用的高级语言属于不同范畴。尽管这种自动控制语言有严格的规则和格式, 但它没有类似高级语言的语法。

所谓数控编程, 就是根据零件的图样和工艺计划, 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、主轴正转和反转、切削液开和关等), 用“数控编程语言”表达描述出来, 以便传递给数控系统, 经数控系统处理后控制伺服系统执行输出, 实现刀具与工件间的相对成形运动及其他相关辅助运动。

值得注意的是, 所谓的“数控编程语言”, 一部分是由系统中性化 (兼容) 的格式组成, 而另一部分则是由具体系统或机床的专用格式组成。一个数控程序往往是针对某一数控系统或某台数控机床而言的, 一般不能通用于其他与之不同的数控系统或数控机床。因此, 数控编程通常必须面向具体的数控系统或数控机床。

二、数控编程的方法

数控编程通常分为手工编程和自动编程两大类。

1. 手工编程

(1) 手工编程的定义。从零件图样分析、工艺处理、数值计算、编写零件加工程序单、程序输入直到程序校验等各阶段均由人工完成的编程方法称为手工编程。对于加工形状简单的零件, 计算比较简单, 程序不多, 采用手工编程既经济又及时, 比较容易完成。目前国内大部分的数控机床编程处于这一层次。手工编程的框图如图 1-1 所示。

随着新型数控系统的不断推出, 系统编程功能的日趋丰富完善, 手工编程所能处理的工作已经今非昔比。许多现代数控系统具有宏程序或参数计算、程序跳转分支运行等功能以实现复杂曲线的编程加工。一些固定循环、图形循环及轮廓编程等在系统界面上实现了简单的图形对话编程。各种高级复杂插补功能, 如螺旋线、渐开线、螺旋渐开线、样条曲线及 NURBS 插补等大大减少了 NC 程序的数据输入量。一些新型数控系统甚至可装入小型职能专家库, 编程时可根据机床、刀具、工件材料性能及加工要求等自动选择生成最佳工艺参数。

可以说, 当前许多新品种数控系统在编程功能方面有了长足的发展, 编程界面也相当友好, 但采用手工编程毕竟主要由人工去完成, 通常只适合点位和平面轮廓。对于形状复杂的零件, 人工处理的工作量大, 手工编程显得耗时又不可靠, 尤其是带有复杂曲

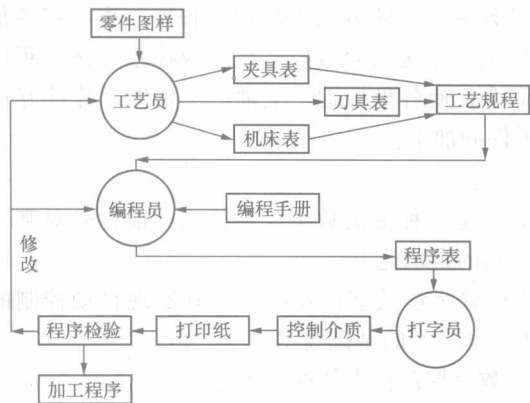


图 1-1 手工编程框图

线、自由曲面的模具或复杂型腔的加工,常常需要三坐标、四坐标甚至五坐标联动加工,手工编程几乎无法胜任。据统计,数控加工中采用手工编程的编程时间与机床加工时间之比一般为30:1。手工编程效率低,出错率高,在复杂零件编程中,必然被先进的自动编程所代替。

(2) 手工编程的意义。手工编程的意义在于加工形状简单的零件(如直线与直线或直线与圆弧组成的轮廓)时,编程快捷、简便,不需要具备特别的条件(价格较高的自动编程机及相应的硬件和软件等),对机床操作或程序员不受特殊条件的制约,还具有较大的灵活性和编程费用少等优点。

手工编程在目前仍是广泛采用的编程方式,即使在自动编程高速发展的将来,手工编程的重要地位也不可取代。在先进的自动编程方法中,许多重要的经验都来源于手工编程。手工编程一直是自动编程的基础,并不断丰富和推动自动编程的发展。

(3) 手工编程的不足。手工编程既繁琐、费时,又复杂,而且容易产生错误。其原因如下:

1) 零件图上给出的零件形状数据往往比较少,而数控系统的插补功能要求输入的数据与零件形状给出的数据不一致时,就需要进行复杂数学计算,而在计算过程中可能会产生人为的错误。

2) 加工复杂形面的零件轮廓时,图样上给出的是零件轮廓的有关尺寸,而机床实际控制的是刀具中心轨迹。因此,如果所用机床没有刀具补偿功能,就要计算出刀具中心运动轨迹的坐标值,这种计算过程也比较复杂。对有刀具半径补偿功能的数控系统,要用到一些刀具补偿的指令,并要计算出一些数据,这些指令的使用和计算过程也比较繁琐复杂,容易产生错误。

3) 当零件形状以抽象的数据表示时,就失去了明确的几何形象,在处理这些数据时容易出错。无论是计算过程中的错误,还是处理过程中的错误,都不便于查找。

4) 手工编程时,编程人员必须对所用机床和数控系统以及对编程中所用到的各种指令、代码都非常熟悉。这在编制单台数控机床的程序时矛盾还不突出,但在一个编程人员负责几台数控机床的程序编制工作时,由于数控机床所有的指令、代码、程序段格式及其他一些编程规定不一样,所以就给编程工作带来了由于混淆而出错的可能性。

2. 自动编程

由计算机或编程器完成程序编制中的大部分或全部工作的编程方法称为自动编程。

(1) 数控语言编程。数控语言自动编程方法几乎是与数控机床同步发展起来的,目前有很多种不同的版本,基本都是由麻省理工学院(MIT)研发的APT语言自动编程系统演变发展而来。数控语言自动编程基本过程如图1-2所示,编程人员根据被加工零件图样要求和工艺过程,运用专用的数控语言(APT)编制零件加工源程序,用于描述零件的几何形状、尺寸大小、工艺路线、工艺参数及刀具相对零件的运动关系等。这样的源程序是由类似日常语言和车间工艺用语的各种语句组成,它不能直接用来控制数控机床。源程序编写后输入计算机,经编译系统翻译成目标程序后才能被系统所识别。系统根据目标程序进行刀具运动轨迹计算,生成中性的刀位文件。最后,系统根据具体数控系统所要求的指令和格式进行后置处理,生成相应的数控加工程序。

在数控语言自动编程过程中,编程人员所要做的工作仅仅是源程序的编写,其余的计算和各种处理工作均由计算机系统自动完成,编程效率和正确性大大提高。数控语言自动编程存在的问题是缺少图形的支持,除了编程过程不直观外,被加工

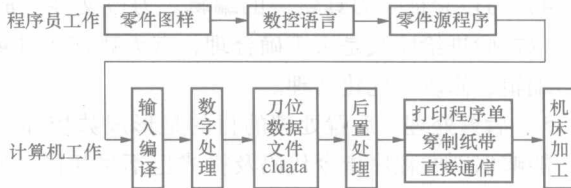


图 1-2 数控语言自动编程过程

工件轮廓是通过几何定义语句一条条进行描述的, 编程工作量大。现在已经很少使用了。

(2) CAD/CAM 系统自动编程。随着 CAD/CAM 技术的成熟和计算机图形处理能力的提高, 可直接利用 CAD 模块生成几何图形。采用人机交互的实时对话方式, 在计算机屏幕上指定被加工部位, 输入相应的加工参数, 计算机便可自动进行必要的数学处理并编制出数控加工程序, 同时在计算机屏幕上动态显示出刀具的加工轨迹。这种利用 CAD/CAM 系统进行数控加工编程的方法与数控语言自动编程相比, 具有效率高、精度高、直观性好、使用简便、便于检查等优点, 从而成为当前数控加工自动编程的主要手段。

目前, 市场上较为著名或流行的 CAD/CAM 软件系统有 UG II、Pro/E、Cimtron、Mastercam、CAXA 等。各软件系统都有其自己的特点, 不同的层次、不同行业、不同地区有不同的选择倾向。

(3) CAD/CAM 系统自动编程基本过程。不同的 CAD/CAM 系统其功能指令、用户界面各不相同, 编程的具体过程也不尽相同。但从总体上来讲, 编程的基本原理及步骤大体上是一致的。归纳起来可分为如图 1-3 所示的几个基本步骤。

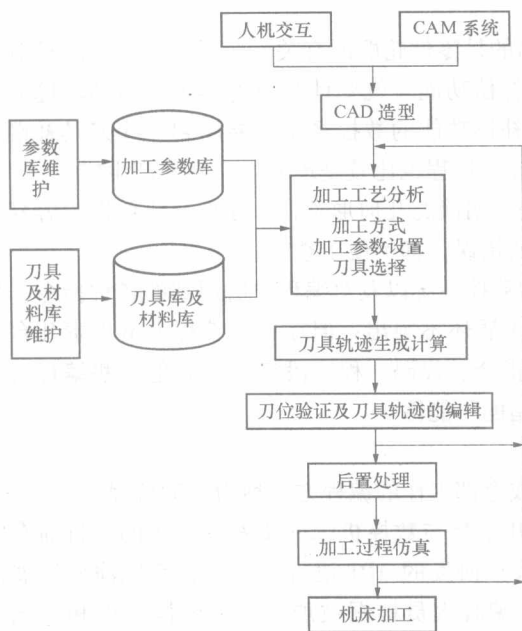


图 1-3 CAD/CAM 系统数控编程步骤

1) 几何造型。利用 CAD 模块的图形构造、编辑修改、曲面和实体造型等功能, 通过人机交互方式建立被加工零件三维几何模型, 也可以通过三坐标测量机或扫描仪测量被加工零件形体表面, 经计算机整理后送 CAD 造型系统进行三维曲面造型。三维几何模型建立后, 以相应的图形数据文件进行存储, 供后继的 CAM 模块调用。

2) 加工工艺分析。编程前, 必须分析零件的加工部位, 确定工件的定位基准与装夹位置, 指定建立工件坐标系, 选定刀具类型及其规格参数, 输入切削加工工艺参数等。目前, 该工作主要通过人机交互方式由编程人员通过用户界面输入系统。

3) 刀具轨迹生成。刀具轨迹生成是面向屏幕上的图形交互进行的, 用户可根据屏幕提示, 用光标选择相应的图形目标, 确定待加工的零件表面及限制边界; 用光标或命令输入切

削加工的对刀点; 交互选择切入切出方式和进给方式, 软件系统将自动从图形文件中提取所需要的零件几何信息, 进行分析判断, 计算节点数据, 自动生成进给轨迹, 并将其转换为刀具位置数据, 存入指定的刀位文件。

4) 刀位验证及刀具轨迹的编辑。刀位文件生成后, 可以在计算机屏幕上进行加工过程仿真, 以检验进给路线是否正确合理, 有无碰撞干涉或过切等现象, 并据此对已生成的刀具轨迹进行编辑、修改、优化处理。

5) 后置处理。后置处理的目的是形成数控加工程序文件。由于各机床使用的数控系统不同, 能够识别的程序指令代码及格式也不尽相同, 所以通过后置处理, 将刀位文件转换成某具体数控机床可用的数控加工程序。由于具体机床的差异及工艺上的一些特殊要求等原因, 后置处理生成的数控加工程序有时还需要进行必要的局部人工调整。

6) 数控程序的输出。通过后置处理生成的数控加工程序可使用打印机打印出数控加工程序单保存,也可将其存入磁盘等计算机外存介质上,直接供具有相应驱动器的机床控制系统使用。对于有标准通信接口的机床数控系统,可以直接由计算机将加工程序传送给机床控制系统进行数控加工。

三、手工编程的步骤

数控机床都是按照事先编制好的数控加工程序自动地对零件进行加工的设备。理想的加工程序不仅应保证加工出符合图样要求的合格零件,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的工作。

数控编程的过程(本书主要介绍手工编程)主要包括:分析零件图样,确定加工工艺过程,计算加工轨迹尺寸,编写零件加工程序,制作控制介质,校对程序及首件试切,如图1-4所示。

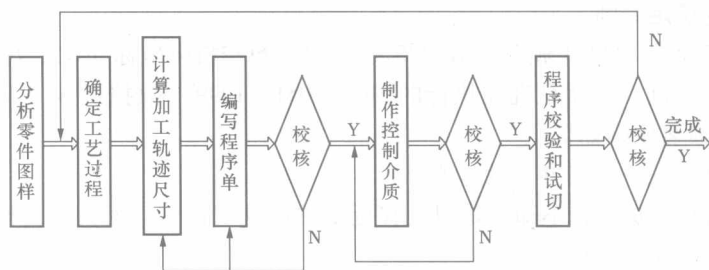


图1-4 数控编程的步骤

(1) 分析图样。编程人员在拿到零件图样后,首先应准确地识读零件图样表述的各种信息,主要包括零件的材料、形状、尺寸、精度、批量毛坯形状和热处理要求等,通过分析,以便确定该零件是否适合在数控机床上加工,或适宜在哪种数控机床上加工,甚至还要确定零件的哪几道工序在数控机床上加工。

(2) 确定加工工艺过程。在分析图样的基础上,进行工艺分析,选定机床、刀具和夹具,确定零件加工的工艺路线、工步顺序以及切削用量等工艺参数。

(3) 计算加工轨迹和加工尺寸。根据零件图样、加工路线和零件加工允许的误差,计算出零件轮廓的坐标值。对于无刀具补偿功能的机床,还要算出刀具中心的轨迹。对于点位控制的数控机床(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。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。

(4) 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,并校核上述两个步骤的内容,纠正其中的错误。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。

(5) 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。

(6) 程序校验与首件试切。程序单或制备好的控制介质必须经过校验和试切才能正式使用。校验的方法是以仿真的手段模拟刀具与工件切削的过程,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。

第二节 坐标系及运动方向的规定

为了便于编程时描述机床的运动,简化程序的编制方法及保证记录数据的互换性,数控机床的坐标和运动的方向均已标准化。这里仅作介绍和解释。

一、坐标系的确定原则

我国原机械工业部 1982 年颁布了 JB 3051—1982《数控机床坐标和运动方向的命名》,1999 年对该标准进行了修订,也就是现在执行的 JB/T 3051—1999《数控机床坐标和运动方向的命名》。其中规定的命名原则如下。

1. 刀具相对于静止工件而运动的原则

这一原则使编程人员能在不知道是刀具移近工件还是工件移近刀具的情况下,就可根据零件图样,确定机床的加工过程。

2. 标准坐标(机床坐标)系的规定

在数控机床上,机床的动作是由数控装置来控制的,为了确定机床上的成形运动和辅助运动,必须先确定机床上运动的方向和运动的距离,这就需要一个坐标系才能实现,这个坐标系就称为机床坐标系。

标准的机床坐标系是一个右手笛卡儿直角坐标系,如图 1-5 所示。图中规定了 X 、 Y 、 Z 三个直角坐标轴的方向,这个坐标系的各个坐标轴与机床的主要导轨相平行,它与安装在机床上、并且按机床的主要直线导轨找正的工件相关。根据右手螺旋方法,可以很方便地确定出 A 、 B 、 C 三个旋转坐标的方向。

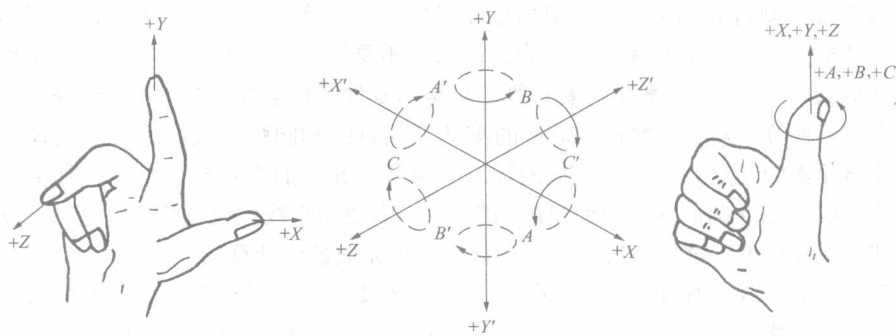


图 1-5 右手笛卡儿直角坐标系

3. 运动方向的确定

机床的某一运动部件的运动正方向,规定为增大工件与刀具之间距离的方向。

(1) Z 坐标的运动。 Z 坐标的运动由传递切削力的主轴所决定,与主轴轴线平行的标准坐标轴即为 Z 坐标,如图 1-6、图 1-7 所示的车床,图 1-8 所示立式转塔车床或立式镗铣床等。

若机床没有主轴（如刨床等），则 Z 坐标垂直于工件装夹面，如图 1-9 所示的牛头刨床。若机床有几个主轴，可选择其中一个垂直于工件装夹面的主轴作为主轴，并以它确定 Z 坐标。

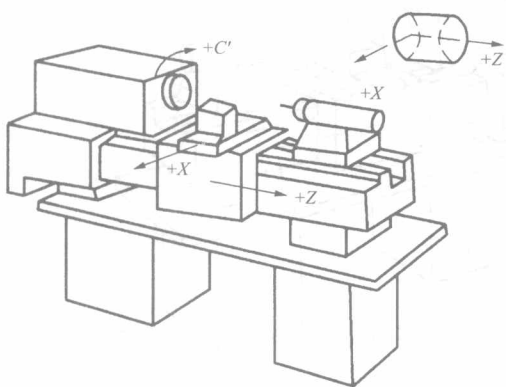


图 1-6 卧式车床

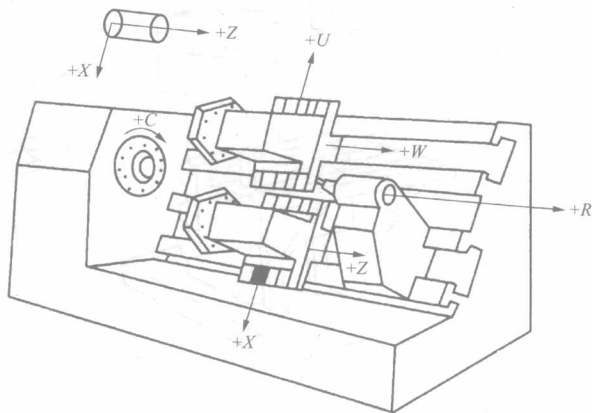


图 1-7 具有可编程尾座的双刀架车床

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 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，如图 1-10 所示。

在没有回转刀具和没有回转工件的机床上（如牛头刨床） X 坐标平行于主要切削方向，以该方向为正方向，如图 1-9 所示。

在有回转工件的机床上，如车床、磨床等， X 运动方向是径向的，而且平行于横向滑座， X

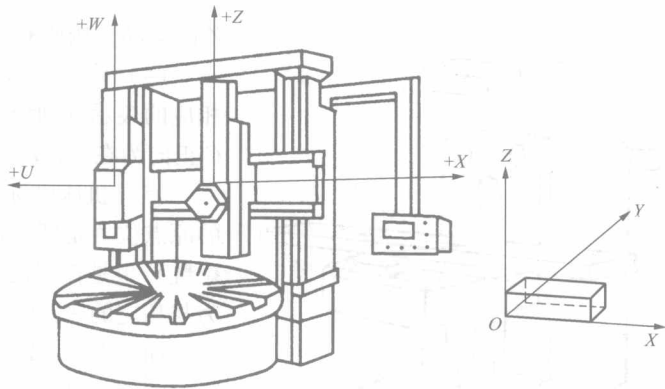


图 1-8 立式转塔车床或立式镗铣床

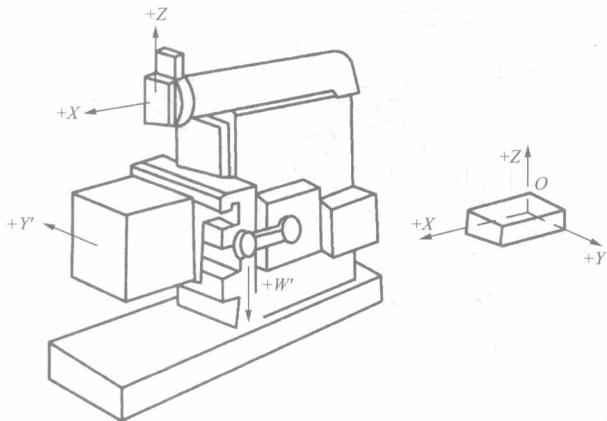


图 1-9 牛头刨床

的正方向是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。

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），当由主要刀具的主轴向工件看时， X 运动的正方向指向右方，如图 1-11 所示，若 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 运动正方向指向右方，如图 1-10 所示的立式铣床。对于桥式龙门机床，当由主要刀具的主轴向左侧立柱看时， X 运动的正方向指向右方，如图 1-12 所示。