



面向高职高专教育“十二五”国家级规划教材



机电工程系列

数控机床编程与仿真操作

主编 孙明江

西北工业大学出版社

面向高职高专教育“十二五”国家级规划教材

数控机床编程与仿真操作

主 编 孙明江

副主编 陈祥敏 何其宝

权秀敏 韩士萍

主 审 王兴松

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书主要介绍了数控机床编程的基础知识、数控铣削(加工中心)、数控车削加工程序的编制;介绍了上海宇龙软件工程有限公司的数控加工仿真系统软件,并对当前市场上流行的数控系统(FANUC系统、SIEMENS系统、广州数控系统)的车床、铣床的数控加工仿真系统软件进行了详细介绍。

本书可作为高职高专及成人教育院校数控技术、机电一体化、机械制造及自动化等相关工程专业的教材,也可供相关工程人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与仿真操作/孙明江主编. —西安:西北工业大学出版社,2010.1

ISBN 978-7-5612-2718-3

I. ①数… II. ①孙… III. ①数控机床—程序设计 ②数控机床—计算机仿真
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 022416 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西百花印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14

字 数:337 千字

版 次:2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

定 价:24.00 元

前 言

随着数控加工技术的日益普及和发展,社会对数控加工技能型人才的需求更加迫切。目前,许多大学、高职高专院校相继开设了数控专业或与数控加工技术有关的相关课程。然而,大多数院校由于资金或场地等条件的限制,无法建立起完全能够满足数控实训需求的大规模的数控实训中心或基地。为解决数控实训难的问题,在教学中使用数控加工仿真系统软件是一个非常好的选择。实践已证明这是一个多、快、好、省地培养出社会紧缺的技能型人才的良好办法。

尽管数控加工仿真系统软件不能完全代替数控加工的实际操作训练,但可以间接地熟悉和掌握数控操作的全过程。

数控加工仿真系统是在计算机屏幕上仿真完成数控加工程序的输入输出、数控机床操作、工件加工、虚拟测量等数控加工全过程的学习软件。通过数控加工仿真系统软件的学习既可以使数控相关专业培训得到实物操作训练的目的,又可以大大减少昂贵的设备投入。上海宇龙软件工程有限公司的“数控加工仿真系统”,是目前国内市场上流行的具有优良的使用性能、友好的操作界面等特点的一款学习软件。当前国内许多大、中专院校普遍采用这款软件,通过与真实数控机床相结合的方式,进行数控相关专业的实训教学。

本书根据当前高等职业教育的特点安排教学内容。针对数控机床的使用技术较全面地介绍了数控编程的基础知识和数控加工工艺设计的基本方法,着重讲述了数控铣床(加工中心)、数控车床的程序编制方法。通过宇龙仿真软件介绍了当前市场上流行的 FANUC 0I 数控系统、SIEMENS 数控系统和广州数控系统仿真操作全过程。

本书力求体现职业教育的特色,在理论知识点的难度上综合考虑高等职业教育的实际理论水平,以深浅适宜、够用为原则,做到易学、易懂、实用。

参加本书编写的有陈祥敏(第 1,2 章)、孙明江(第 3,7 章)、何其宝(第 4,5 章)、权秀敏(第 6 章),韩士萍收集、整理了资料。全书由孙明江任主编并统稿。

本书由东南大学王兴松教授担任主审。王兴松老师认真细致地审阅了本书,对本书的编写工作提出了许多宝贵意见,编者对此谨致以深切的谢意。

其他许多同志对本书的编写提供了许多帮助,在此一并感谢。

编 者

2009 年 10 月

目 录

上篇 数控机床编程

第 1 章 数控机床加工程序编制基础	1
1.1 数控机床概述	1
1.2 数控程序编制的概念	9
1.3 数控机床的坐标系	15
1.4 数控加工工艺设计	24
1.5 程序编制中的数学处理	34
习题 1	36
第 2 章 数控铣削(加工中心)加工程序编制	38
2.1 数控铣削(加工中心)加工概述	38
2.2 数控铣削(加工中心)加工编程技术	41
2.3 数控铣削(加工中心)加工实例	66
习题 2	69
第 3 章 数控车削加工程序编制	71
3.1 数控车削加工程序编制的基础	71
3.2 数控车削加工的基本编程方法	82
3.3 数控车床综合加工实例	104
习题 3	107

下篇 数控加工仿真系统

第 4 章 数控加工仿真系统软件	111
4.1 软件简介	111
4.2 软件安装	111
4.3 数控加工仿真系统软件的基本功能	116
4.4 机床和工件	118
4.5 软件的教学功能	128
第 5 章 FANUC 0I 数控系统仿真	136
5.1 数控机床基本操作	136

5.2	数控机床加工程序处理	140
5.3	参数设置	143
5.4	数控车床加工仿真实例操作	146
5.5	数控铣床加工仿真实例操作	154
第 6 章	SIEMENS 数控系统仿真	165
6.1	SIEMENS 802S 车床	165
6.2	SIEMENS 802S 铣床	179
第 7 章	广州数控系统仿真	193
7.1	数控车床面板介绍	193
7.2	数控车床基本操作	199
7.3	数控程序处理	203
7.4	刀具对刀与刀具偏置数据的设置	205
7.5	数控车床加工仿真实例	209
参考文献		216

上篇 数控机床编程

第 1 章 数控机床加工程序编制基础

数控机床是一种高效的自动化加工设备,它工作时是严格按照加工程序,自动地对被加工工件进行加工。这里把从数控系统外部输入的直接用于加工的程序称为数控加工程序,简称为数控程序,它是机床数控系统的应用软件。与数控系统应用软件相对应的是数控系统内部的系统软件,该系统软件是用于控制数控系统工作的,它不在本教程的范围内。

数控系统的种类繁多,它们使用的数控程序语言规则和格式也不尽相同,本教程以 ISO 国际标准为主来介绍数控程序的编制方法。当针对某一台数控机床编制数控程序时,应该严格按照《机床编程手册》中的规定进行程序编制。

1.1 数控机床概述

1.1.1 数控机床的发展历程

1952 年,Parsons 公司和 M. I. T 合作研制了世界上第一台三坐标数控机床。1955 年,第一台工业用数控机床由美国 Bendix 公司生产出来。1958 年,出现加工中心。从 1952 年至今,数控机床按数控系统的发展经历了五代。

第一代:20 世纪 50 年代,数控系统以电子管组成,其特点是体积大,功耗大。

第二代:20 世纪 50 年代末,数控系统以晶体管组成,广泛采用印刷电路板。

第三代:20 世纪 60 年代,数控系统采用小规模集成电路作为硬件,其特点是体积小,功耗小,可靠性进一步提高。

以上三代数控系统,由于其数控功能均由硬件实现,故历史上又称其为“硬线数控”。

第四代:20 世纪 70 年代,数控系统采用小型计算机取代专用计算机,其部分功能由软件实现,它具有价格低,可靠性高和功能多等特点。

第五代:20 世纪 80 年代,数控系统以微处理器为核心,不仅价格进一步降低,体积进一步缩小,而且使实现真正意义上的机电一体化成为可能。

第五代数控系统又可分为六个发展阶段:

1974 年:数控系统采用 CRT 显示、VLIC、大容量磁盘存储器、可编程接口和遥控接口等。

1979 年:数控系统以芯片微处理器为核心,有字符显示和自诊断功能。

1981 年:数控系统具有人机对话、动态图形显示、实时精度补偿功能。

1986 年:数字伺服控制诞生,大流量的交直流电机进入实用阶段。

1988 年:采用高性能 32 位机为主机的主从结构系统。

1994 年:基于 PC 的数控系统诞生,使数控系统的研发进入了开放型、柔性化的新时代,新型数控系统的开发周期日益缩短。它是数控技术发展的又一个里程碑。

1.1.2 数字控制与数控技术

数字控制(Numerical Control,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)是采用数字控制的方法对某一工作过程实现自动控制的技术。

数控机床(Numerical Control Machine Tools)是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。它是数控技术典型的应用实例。

数控系统(Numerical Control System)实现数字控制的装置。

计算机数控系统(Computer Numerical Control, CNC)以计算机为控制核心的数控系统。

1.1.3 数控机床的组成

现代数控机床主要由程序载体、输入装置、数控装置、伺服驱动装置、位置反馈系统及数控机床本体等部分组成。

1. 程序载体

数控机床工作时是按照数控加工程序自动执行的。加工程序上存储着加工零件的全部操作信息,加工程序可存储在程序载体上。

常用的程序载体有磁盘、磁带、穿孔带等。信息是以代码的形式按规定的格式存储的;代码分别表示十进制的数字及字母、符号。

目前,国际上通常使用 EIA(Electronic Industries Association,EIA)代码和 ISO(International Standardization Organization,ISO)代码。我国规定以 ISO 代码作为标准代码。

数控加工程序就是根据被加工零件图纸要求的形状、尺寸、精度、材料及其他技术要求,确定零件的加工工艺规程、工艺参数,然后根据《数控机床编程手册》规定的格式和代码编写的零件加工程序单。对于形状简单的零件,通常采用手工编程;对于形状复杂的零件,目前大多采用编程软件自动编程。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的程序代码传递、输入到数控系统。根据程序载体的不同,输入装置有光电阅读机、磁带机、软盘驱动器等。

数控加工程序也可通过数控机床的操作键盘,用手工方式直接输入到数控系统;还可以由编程计算机用 RS232C 接口或采用网络通信方式传送到数控系统。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的中枢。其主要控制对象是位置、角度、速度等机械量;其控制方式

又可分为数据运算处理控制和时序逻辑控制两类。在主控制器内的插补模块就是根据所读入的加工程序,经译码、刀补等处理后,进行刀具轨迹插补运算,并通过伺服驱动系统控制机床各坐标轴的位移。而时序逻辑控制通常由可编程控制器 PLC 来完成,它协调机床加工过程中的各个动作,对检测信号进行逻辑判断,从而控制机床各部件有条不紊地工作。

4. 伺服驱动装置

伺服驱动装置是数控系统和机床本体之间的联系环节。该装置主要由伺服电动机、驱动控制系统和位置检测与反馈装置等组成。

伺服电动机是系统的执行元件,驱动控制系统的作用是接受数控系统发出的指令信号,由伺服驱动电路经过一定的转换和放大后,控制伺服电动机的动作。

位置检测与反馈装置用于检测机床执行机构的实际位移值并将检测结果反馈至数控系统。数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令,再经驱动控制系统经过功率放大后,驱动伺服电动机运转,通过机械传动机构拖动机床工作台或刀架移动。

5. 位置反馈系统

位置反馈系统的作用是对数控机床的实际位移和速度进行检测,将检测结果转化为电信号反馈给数控装置,实现闭环或半闭环控制。

6. 数控机床本体

数控机床本体是指其机械结构实体。它主要包括基础部件(床身、立柱、底座)、主运动部件、进给运动部件(工作台、刀架),还有用于冷却、润滑、转位等功用的部件。

1.1.4 数控机床的分类

数控机床的种类很多,通常有以下几种不同的分类方法。

1. 按工艺用途分类

(1)切削加工类。切削加工类有数控镗铣床、数控车床、数控磨床、加工中心、数控齿轮加工机床、FMC 等。

(2)成形加工类。该类有数控折弯机、数控弯管机等。

(3)特种加工类。该类有数控线切割机、电火花加工机、激光加工机等。

(4)其他类型。其他包括数控装配机、数控测量机、机器人等。

2. 按运动方式分类

(1)点位控制数控系统机床。这类数控机床控制系统仅能实现刀具相对于工件从一点到另一点的精确定位运动,对轨迹不作控制要求,运动过程中不进行任何加工。适用范围包括数控钻床、数控镗床、数控冲床和数控测量机。

(2)直线控制数控系统机床。这类机床控制系统除了要求控制点与点之间的准确位置外,还须保证刀具的移动轨迹是一条直线,且要进行移动速度控制。

(3)轮廓控制数控系统机床。它是具有控制几个进给轴同时协调运动(坐标联动),使工件相对于刀具按照程序规定的轨迹和速度运动,在运动过程中进行连续切削加工的数控系统机床。该类机床适用范围包括数控车床、数控铣床、加工中心等用于加工曲线和曲面的机床。现代数控机床基本上都是装备这种数控系统的。

3. 按联动轴数分类

按联动轴数分,可分为 2 轴联动(平面曲线)机床、2 轴半联动机床、3 轴联动机床、多轴联

动(空间曲面)机床。

联动轴数越多,数控机床的数控系统的控制算法就越复杂。

4. 按进给伺服系统的控制方式分类

按照数控系统的进给伺服系统有无位置测量装置可分为开环数控系统机床和闭环数控系统机床。在闭环数控系统机床中根据位置测量装置安装的位置又可分为全闭环控制系统机床和半闭环控制系统机床两种。

(1)开环数控系统(见图 1.1)。由于该数控系统没有位置检测装置,信号流是单向的(数控装置→进给系统),因此系统稳定性好。开环系统无位置反馈,精度相对闭环系统来讲不高,其精度主要取决于伺服驱动系统和机械传动机构的性能和精度。该系统一般以功率步进电动机作为伺服驱动元件。

这类控制系统具有结构简单、工作稳定、调试方便、维修简单、价格低廉等优点,在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到广泛应用。该类控制一般用于经济型数控机床。

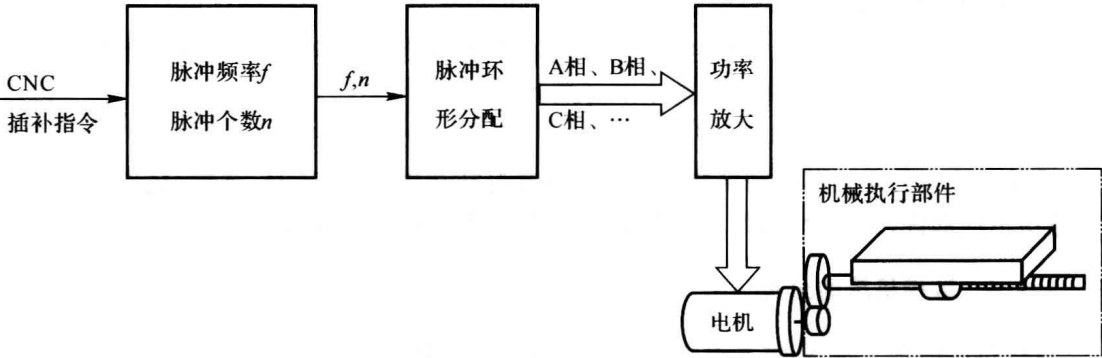


图 1.1 开环数控系统

(2)半闭环数控系统(见图 1.2)。半闭环数控系统的位置采样点是从驱动装置(常用伺服电机)或丝杠引出,间接测量执行部件的位置。半闭环环路内不包括或只包括少量机械传动环节,因此可获得稳定的控制性能,其系统的稳定性虽不如开环系统,但比闭环系统要好。由于丝杠的螺距误差和齿轮间隙引起的运动误差难以消除,因此,其精度较闭环差,较开环好。但系统可通过对这类误差进行补偿,因而仍可获得满意的精度。

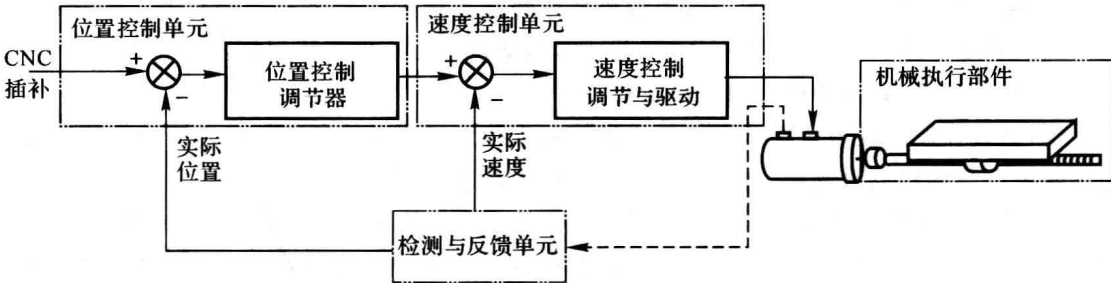


图 1.2 半闭环数控系统

半闭环数控系统结构简单、调试方便、精度也较高,因而在现代 CNC 机床中得到了广泛应用。

(3)全闭环数控系统。全闭环数控系统的位置采样点如图 1.3 所示中的虚线所示,直接对运动部件的实际位置进行检测。从理论上讲,这样做可以消除整个驱动和传动环节的误差、间隙和失动量,具有很高的位置控制精度。由于位置环内的许多机械传动环节的摩擦特性、刚性和间隙都是非线性的,故很容易造成系统的不稳定,使闭环系统的设计、安装和调试都相当困难。

该系统主要用于精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精磨床以及较大型的数控机床等。

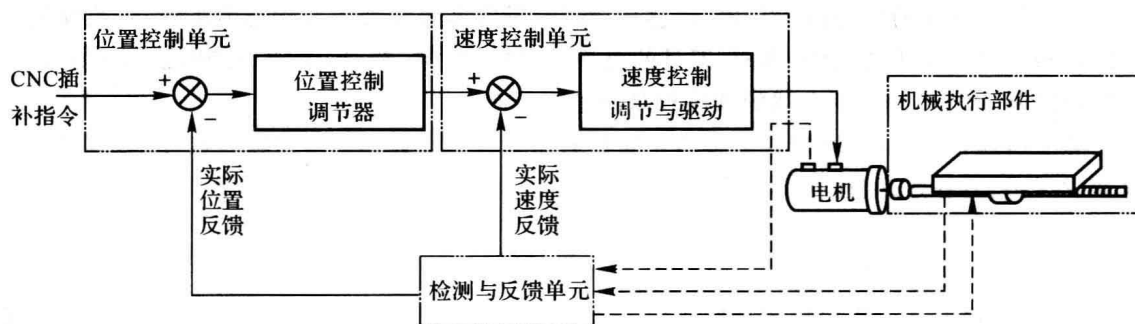


图 1.3 全闭环数控系统

1.1.5 数控加工的定义和特点

1. 数控加工的定义

(1)数控加工。数控加工是根据零件图样及工艺要求等原始条件,通过编制零件数控加工程序,再输入数控系统,通过控制数控机床中刀具与工件的相对运动,来完成对零件的加工。

(2)数控加工的过程。在数控机床上,传统加工过程的人工操作均被数控机床的自动控制所取代。其工作过程为:先将被加工零件的几何信息、工艺信息数字化,包括对刀具与工件的相对运动轨迹、主轴转速、进给速度、背吃刀量、冷却液的开关、工件和刀具的交换等控制操作,按照规定的格式和代码进行编程,然后再将该程序输入数控系统。数控系统对加工程序作一系列的处理,然后发出控制指令,驱动机床主运动、进给运动及辅助运动相互协调,实现对零件的自动化加工。

(3)数控加工中的数据处理与转换过程。数控系统的数据转换过程如图 1.4 所示。

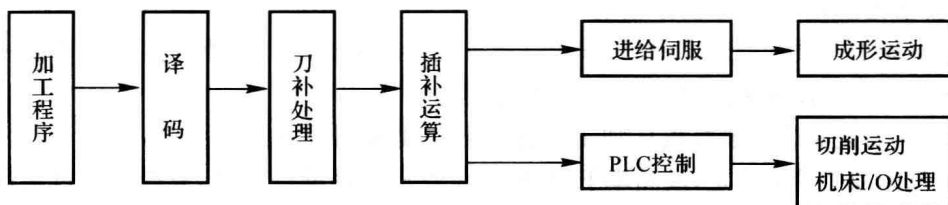


图 1.4 数控系统的数据转换过程

1)译码。译码程序的主要功能是将加工程序,以程序段为单位转换成便于数控系统处理的数据格式。主要包括 X,Y,Z 各轴坐标值、进给速度、主轴转速、G 代码、M 代码、刀具号、子程序的调用和处理等。

2)刀补处理。为了方便编程及加工调整,数控机床均设有刀具位置补偿和刀具半径补偿功能。

3)插补运算。数控编程提供了刀具相对工件运动的起点、终点和运动轨迹,而刀具如何从起点沿运动轨迹走向终点,则由数控系统的插补装置或插补软件控制。

4)可编程逻辑控制器(PLC)控制。数控系统对数控机床的控制分为轨迹控制和顺序控制。前者是指数控系统对机床各坐标轴的速度和位置控制;后者是指在数控机床运行过程中,以数控系统内部和机床各行程开关、传感器、按钮、继电器等开关信号状态为条件,按照预先规定的逻辑关系对主轴的启停、换向,刀具的更换,工件的夹紧、松开,液压、冷却、润滑系统的运行进行控制。PLC控制即上述的顺序控制或逻辑控制。

综上所述,数控加工原理就是将预先编好的加工程序以数据的形式输入数控系统,数控系统通过译码、刀补处理、插补运算等数据处理和PLC协调控制,从而实现对机床成形运动和辅助运动的控制,最终实现自动化加工。

2. 数控加工的特点

(1)加工精度高。数控机床是按照数字指令进行加工的。目前数控机床的脉冲当量普遍达到了 0.001mm ,且进给传动的反向间隙以及丝杠螺距误差等可由数控系统进行补偿。数控机床的加工精度由过去的 $\pm 0.01\text{mm}$ 提高到 $\pm 0.001\text{mm}$ 。此外,数控机床的传动系统与机床结构都具有较高的刚性和热稳定性,制造精度高。数控机床的加工方式避免了人为的干扰因素,同一批零件的尺寸一致性好,合格率高,加工质量稳定。

(2)对加工对象的适应性强。在数控机床上更换加工零件时,只须重新编写或更换程序就能实现对新零件的加工,从而为结构复杂的单件、小批量生产和新产品试制提供了极大的方便。

(3)自动化程度高,劳动强度低。数控机床对零件的加工是按照事先编制的程序自动完成的,操作者除了进行操作键盘、装卸工件、关键工序的中间检测及观察外,不需要进行其他手工劳动,劳动强度大大减轻。另外,数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却、自动润滑等装置,劳动条件大为改善。

(4)生产效率高。数控机床主轴转速和进给量的变化范围较大,因此在每道工序上都可选用最有利的切削用量。由于数控机床的结构刚性好,因此允许采用大切削用量的强力切削,这就提高了数控机床的切削效率,节省了加工时间。数控机床的空行程速度快,工件装夹时间短,刀具自动更换,从而又节省了辅助时间。

数控机床加工质量稳定,一般只作首件检查或中间抽检,节省了停车检验时间。一台机床可实现多道工序的连续加工,生产效率明显提高。

(5)经济效益显著。数控机床加工零件一般不需要制造专用工夹具,节省了工艺装备费用。数控机床加工精度稳定,废品率下降,使得生产成本降低。此外,数控机床可实现一人多机、一机多用,节省了厂房面积和建厂投资。

(6)有利于现代化管理。在数控机床上,零件的加工时间可由数控系统精确计数,相同工件加工时间一致,因而工时和工时费用可精确计算。这有利于精确编制生产进度表,均衡生产,取得更高的效益。

数控机床使用数字信息及标准接口、标准代码输入,可实现计算机联网,是成为计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)及管理一体化的基础。

1.1.6 数控机床的发展动向

进入20世纪90年代以来,随着计算机技术突飞猛进的发展,数控技术不断采用计算机、控制理论等领域的最新技术和成就,使其朝着高速化、复合化、智能化、开放化、网络化的方向发展。

1. 运行高速化、加工高精度

速度和精度是数控设备的两个重要指标,它们是数控技术永恒追求的目标。因为它直接关系到加工效率和产品质量。新一代数控设备在运行高速化、加工高精度等方面都有了更高的要求。

运行高速化是指使进给率、主轴转速、刀具交换速度、托盘交换速度实现高速化,并且具有高加(减)速率。

进给率高速化是指在分辨率为 $1\text{ }\mu\text{m}$ 时,最大切削速度为 $240\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ 。在最大切削速度下可获得复杂型面的精确加工;在程序段长度为 1 mm 时,最大切削速度为 $30\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$,并且具有 $1.5g$ 的加减速率。

主轴高速化是指采用电主轴(内装式主轴电机),使主轴最高转速达 $200\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 。主轴转速的最高加(减)速率为 $1.0g$,即仅需 1.8 s 可从 0 提速到 $15\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 。换刀速度为 0.9 s (刀到刀)和 2.8 s (切削到切削);工作台(托盘)交换速度为 6.3 s 。

加工高精度是指采用高速插补技术,以微小程序段实现连续进给,使数控系统控制单位精细化;采用高分辨率位置检测装置,提高位置检测精度(日本交流伺服电机已有装上 106 脉冲/转的内藏位置检测器,其位置检测精度可达 $0.01\text{ }\mu\text{m}/\text{脉冲}$);位置伺服系统采用前馈控制与非线性控制等方法提高位置精度。采用误差补偿技术,如采用反向间隙补偿、丝杠螺距误差补偿和刀具误差补偿等技术;设备的热变形误差补偿和空间误差的综合补偿技术提高加工精度。研究结果表明,综合误差补偿技术的应用可将加工误差减少 $60\%\sim 80\%$ 。三井精机的JidicH5D型超精密卧式加工中心的定位精度为 $\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$ 。

2. 功能复合化

功能复合化是指在一台设备上能实现多种工艺手段的加工方法。如镗铣钻复合加工中心(ATC)、五面加工中心(ATC,主轴立卧转换)、车铣复合车削中心(ATC,动力刀头)、铣镗钻车复合加工中心(ATC,可自动装卸车刀架)、铣镗钻磨复合加工中心(ATC,动力磨头)、可更换主轴箱的数控机床组合加工中心等。

3. 控制智能化

随着人工智能技术的不断发展,并为满足制造业生产柔性化、制造自动化发展需求,数控技术智能化程度不断提高,具体体现在以下几个方面。

(1)加工过程自适应控制技术。通过监测加工过程中的切削力、主轴和进给电机的功率、电流、电压等信息,利用传统的或现代的算法进行识别,以辨识出刀具的受力、磨损以及破损状态,机床加工的稳定性状态,并根据这些状态实时修调加工参数(主轴转速、进给速度)和加工指令,使设备处于最佳运行状态,从而提高加工精度、降低工件表面粗糙度以及保障设备运行的安全性。如日本牧野在电火花数控系统 Makino-Mce20 中,用专家系统代替人进行加工过程监控;意大利 Mandelli 公司数控系统的可编程功率自适应控制功能。

(2)加工参数的智能优化与选择。将工艺专家或技工的经验、零件加工的一般规律与特殊

规律,用现代智能方法,构造基于专家系统或基于模型的加工参数的智能优化与选择器,利用它获得优化的加工参数,从而达到提高编程效率和加工工艺水平、缩短生产准备时间的目的。目前已开发出带自学习功能的神经网络电火花加工专家系统,如日本大隈公司的 7000 系列数控系统就带有人工智能式自动编程功能。国内清华大学在加工参数的智能优化与选择及 CAPP 方面的研究也取得了一些成果,还有待进行实用化开发。

(3)智能故障诊断与自修复技术。智能故障诊断技术是根据已有的故障信息,应用现代智能方法(人工智能,专家系统等),实现故障快速准确定位的技术。

智能故障自修复技术是指能根据诊断确定故障原因和部位,以自动排除故障或指导故障的排除技术。智能自修复技术集故障自诊断、故障自排除、自恢复、自调节于一体,并贯穿于加工的整个过程。智能故障诊断技术在日本、美国机床生产公司生产的一些数控系统中已有应用。智能化自修复技术还在研究之中。

(4)智能化交流伺服驱动装置。目前已开始研究能自动识别负载,并自动调整参数的智能化伺服系统,包括智能主轴交流驱动装置和智能化进给伺服装置。这种驱动装置能自动识别电机及负载的转动惯量,并自动对控制系统参数进行优化和调整,使驱动系统获得最佳运行状态。

4. 体系开放化

体系开放化是指具有在不同的工作平台上均能实现系统功能、可以与其他的系统应用进行互操作的系统。

开放式数控系统特点是系统构件(软件和硬件)具有标准化(Standardization)与多样化(Diversification)和互换性(Interchangeability)的特征,允许通过对构件的增减来构造系统,实现系统“积木式”的集成,构造应该是可移植的和透明的。

开放体系结构数控系统的优点:

(1)向未来技术开放。由于数控系统中软硬件接口都遵循公认的标准协议,只需少量的重新设计和调整,新一代的通用软硬件资源就可能被现有系统所采纳、吸收和兼容,这就意味着系统的开发费用将大大降低而系统性能与可靠性将不断改善并处于长生命周期。

(2)标准化的人机界面。标准化的编程语言方便了用户使用,降低了和操作效率直接有关的劳动消耗。

(3)向用户特殊要求开放。更新产品,扩充能力,提供可供选择的硬软件产品的各种组合以满足特殊应用要求,给用户提供一个方法——从低级控制器开始,逐步提高性能,直到达到所要求的性能为止。另外,用户自身的技术诀窍能方便地融入,创造出自己的名牌产品。

(4)可减少产品品种,便于批量生产,便于提高可靠性和降低成本,增强市场供应能力和竞争能力。

5. 交互网络化

支持网络通信协议,既满足单机需要,又能满足柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)对基层设备集成要求的数控系统、该系统是形成全球制造的基础单元。交互网络化可实现网络资源共享、数控机床的远程(网络)监控、数控机床的远程(网络)培训与教学(网络数控)、数控装备的数字化服务(数控机床故障的远程(网络)诊断、远程维护、电子商务等)。

1.2 数控程序编制的概念

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 1.5 所示为程序样本。

```
%
00000
(PROGRAM NAME - HY10)
( DATE=DD-MM-YY - 27-02-02 TIME=HH:MM - 12:50)
((UNDEFINE) TOOL - 1 DIA. OFF. - 41 LEN. - 1 DIA. - 10.)
N100G21
N102G0G40G49G80G90
N104T1M6
N106G0G90G54X-19.305Y-15.6S1200M3
N108G43H1260.M8
N110Z34.8
N112G1Z29.8F2.
N114X19.305
N116G0Z50.
N118X24.248Y-5.2
```

图 1.5 程序样本

1.2.1 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,而且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、高效的工作。

1. 数控程序编制的内容及步骤

数控程序编制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 1.6 所示,编程工作主要包括以下内容。

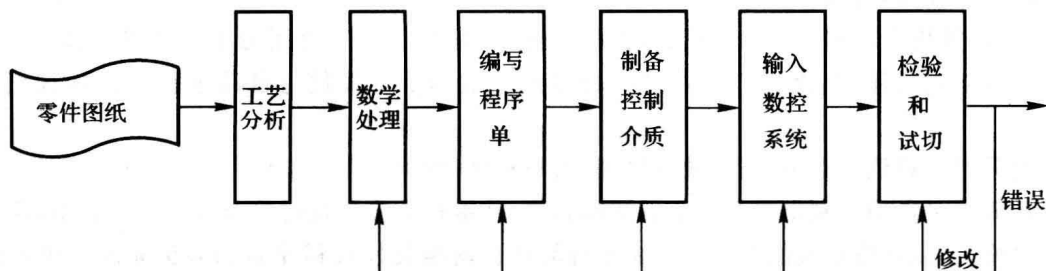


图 1.6 数控程序编制的内容及步骤

(1)分析零件图样和制订工艺方案。这项工作的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。在确定了加工工艺方案后,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,即可编写零件加工程序。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。程序编制人员应对数控机床的功能、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。一般在正式加工之前,要对程序进行检验。通常可采用机床空运转的方式,来检查机床动作和运动轨迹的正确性,以检验程序的正确与否。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。对于形状复杂和精度要求高的零件,也可采用铝件、塑料或石蜡等易切材料进行试切来检验程序。通过检查试件,不仅可以确认程序的正确与否,而且还可知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。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:手工编程和计算机自动编程。

(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。

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: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,而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造成的,编程占用时间较多。

(2)计算机自动编程。计算机自动编程是指在编程过程中,除了分析零件图样和制订工艺方案由人工进行外,其余工作均由计算机辅助完成。手工编程与自动编程的过程如图 1.7 所示。

当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的运动轨迹,使编程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。又由于计算机自动编程代替程序编制人员完成了烦琐的数值计算,可提高编程效率几十倍乃至上百倍,因此解决了手工编程无法解决的许多复杂零件的编程难题。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。

根据程序输入方式的不同,可将自动编程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,并通过自动

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采用语音识别器,将编程人员发出的加工指令的声音转变为加工程序。

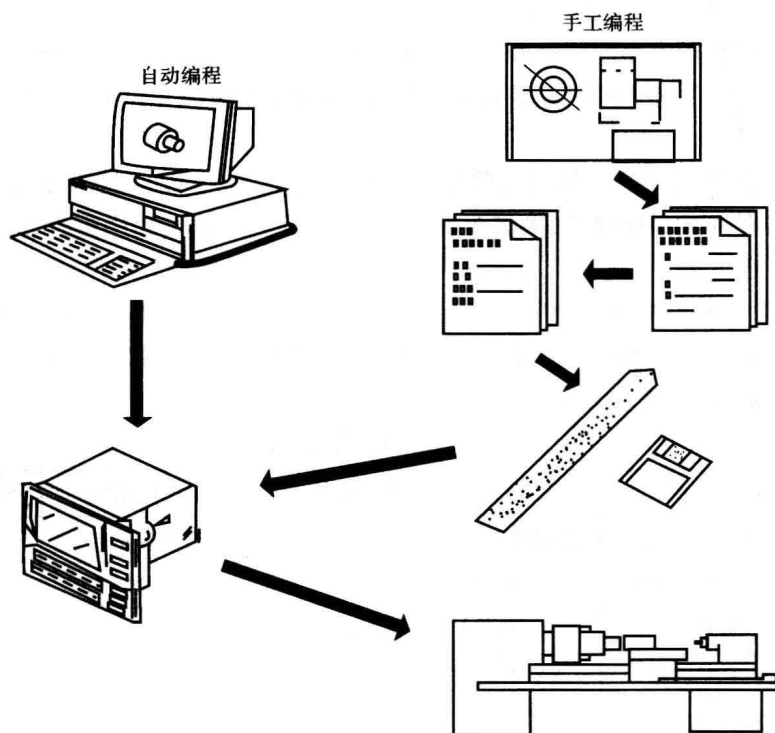


图 1.7 数控手工编程与自动编程过程

1.2.2 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 8bit 信息组合成的字节,用“0”和“1”组合的代码来表达。国际上广泛采用两种标准代码:①ISO 国际标准化组织标准代码;②EIA 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,只须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,“×2500”是一个字,×为地址符,数字“2500”为地址中的内容。

3. 功能字

组成程序段的每一个字都有其特定的功能含义,以下是以 FANUC 0M 数控系统为例来