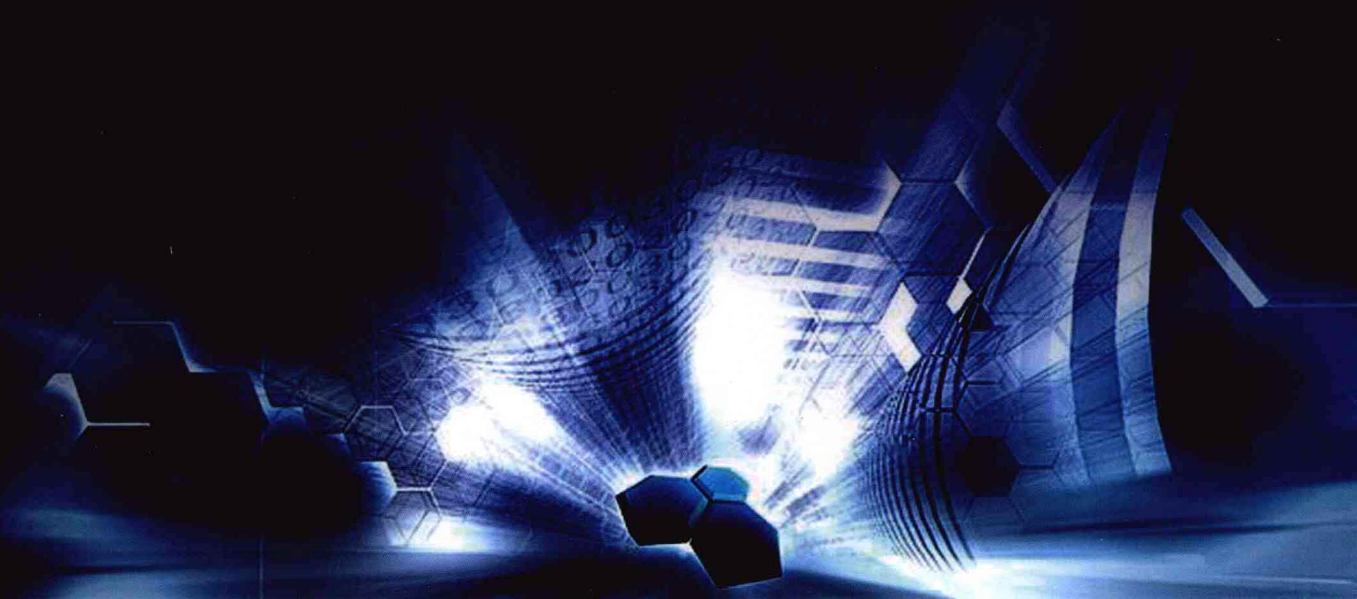




浙江省高等教育重点建设教材
高职高专规划教材



Numerical Control Technique

数控技术

□ 王道宏 等 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

浙江省高等教育重点建设教材
高职高专规划教材

数 控 技 术

王道宏等 编著

浙江大學出版社

内 容 简 介

本教材涵盖了数控原理、数控加工工艺、数控编程、数控加工等内容。注重联系生产实际,简化基本理论的叙述,加强应用性内容的介绍。弱化数控原理部分,强化数控加工编程。在数控加工工艺部分,加强刀具等内容。

具体内容上重点介绍了数控机床的控制原理、数控编程基础、数控车床的编程、数控铣床及加工中心编程、自动编程系统概述、数控电火花线切割技术等内容。

本书着重从高职学生具体特点及未来就业角度等方面去考虑,有很强的针对性、实践性和强烈的职业教育特点,同时具有知识的更新性、例证的实用性。对数控车床、数控铣床及加工中心程序的编程等重点章节专门增加编程实例部分,实例丰富。

针对目前我国数控机床以 FANUC 系统为主体的特点,本书着重以 FANUC 数控系统为例介绍数控编程技术。

本教材为浙江省高等教育重点建设教材,适用于各级各类高职高专院校的机电、数控类专业使用,也可作为中职学校机械、数控类专业教材,还可供有关教师与工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控技术 /王道宏等编著. —杭州:浙江大学出版社,
2008.6

(高职高专数控专业系列教材)

ISBN 978-7-308-05942-8

I. 数… II. 王… III. 数控机床—高等学校:技术学校—
教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 064269 号

数控技术

王道宏等 编著

责任编辑 王 波

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

<http://www.press.zju.edu.cn>)

电话: 0571-88925592, 88273066(传真)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 富阳市育才印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 11.5

字 数 266 千

版 次 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

印 数 0001—3000

书 号 ISBN 978-7-308-05942-8

定 价 19.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

前 言

当前,中国经济正加快向新兴工业化道路发展,制造业已成为国民经济的支柱产业。进入新的世纪以后,随着我国综合国力的进一步增强和加入世界贸易组织,我国经济全面与国际接轨,并正在成为全球制造业的中心,我国制造业进入了一个空前蓬勃发展的新时期,洗衣机、空调器、集装箱等一百多种制造产品产量居世界第一,“中国制造”的产品越来越多地走向世界,成为我国参与国际竞争的强势产品。然而,我国制造业与国际先进工业国家相比还存在相当大的差距。原因是多方面的,数控人才的匮乏是最主要原因之一,由于数控技术是最典型的、应用最广泛的机电一体化综合技术,我国迫切需要大量数控编程、数控机床操作、维护等数控人才。“高薪难聘高素质的数控技工”,成为全社会普遍关注的热点问题。

本书着重从高职学生具体特点及未来就业角度等方面去考虑,有很强的针对性、实践性和强烈的职业教育特点,同时具有知识的更新性、例证的实用性。对数控车床、数控铣床及加工中心程序的编程等重点章节专门增加编程实例部分,实例丰富。

本书共分七章:第1章概述,第2章数控机床的控制原理,第3章数控编程基础,第4章数控车床的编程,第5章数控铣床及加工中心编程,第6章自动编程系统概述,第7章数控电火花线切割技术。

本教材为浙江省高等教育重点建设教材,由嘉兴职业技术学院王道宏任主编,第1、2、3、4章由王道宏编写,第5章由宁波职业技术学院陈宇晓编写,第6、7章由台州职业技术学院应一帆编写。

由于我们水平有限,编写时间紧迫,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者
2008年4月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 数控机床的发展及特点	1
1.1.1 数控机床的发展	1
1.1.2 数控机床加工特点	5
1.2 数控机床的组成与工作原理	8
1.2.1 数控机床组成	8
1.2.2 数控机床的工作原理	10
1.2.3 数控机床分类	11
第 2 章 数控机床的控制原理	17
2.1 计算机数控(CNC)系统的组成	17
2.1.1 CNC 装置的硬件组成	18
2.1.2 CNC 装置的软件结构	19
2.2 数控系统插补原理	20
2.2.1 逐点比较法插补原理	21
2.2.2 逐点比较法直线插补	21
2.3 数控机床的伺服系统	25
2.3.1 概述	25
2.3.2 步进电动机开环伺服系统	26
2.3.3 直流伺服系统	28
2.3.4 交流伺服系统	29
2.3.5 伺服系统中的常用检测元件	31
第 3 章 数控编程基础	35
3.1 数控编程概述	35
3.1.1 程序编制的内容和步骤	35
3.1.2 程序编制的方法	36



3.2 数控程序编制中的工艺分析	38
3.2.1 数控加工工艺基本特点	38
3.2.2 数控加工工艺分析主要内容	38
3.2.3 数控加工工艺分析的一般步骤与方法	39
3.2.4 数控加工工艺文件	54
3.3 数控程序编制中的数学处理	57
3.3.1 数学处理的概念	57
3.3.2 常见的数学处理方法	57
第4章 数控车床的编程	65
4.1 数控车床编程基础	65
4.1.1 数控车床分类	65
4.1.2 数控车床的基本功能	65
4.1.3 数控车床编程要点	68
4.1.4 数控车床的坐标系	70
4.1.5 数控车床加工工艺分析	72
4.2 基本编程方法	76
4.3 刀具补偿功能	81
4.4 车削固定循环	85
4.4.1 单一形状的固定循环	85
4.4.2 多重固定循环	86
4.4.3 编程举例	88
4.5 子程序	90
4.6 数控车床加工程序实例	92
第5章 数控铣床及加工中心编程	102
5.1 数控铣床及加工中心编程基础	102
5.1.1 数控铣床及加工中心概述	102
5.1.2 数控铣床及加工中心坐标系	105
5.2 数控铣床及加工中心的编程方法	105
5.2.1 设定数控铣床的机床坐标系	105
5.2.2 设定数控铣床的工件坐标系	106
5.2.3 绝对坐标与增量坐标	106
5.2.4 一般编程方法	106
5.2.5 循环	109

5.2.6 刀具补偿	121
5.2.7 子程序	121
5.2.8 同编程有关的操作方法(以 FANUC 系统为例)	121
5.2.9 加工中心编程的特点	122
5.3 典型零件的数控铣床及加工中心编程实例	123
5.3.1 编程实例 1	123
5.3.2 编程实例 2	124
5.3.3 编程实例 3	126
5.3.4 编程实例 4	126
5.3.5 编程实例 5	128
第 6 章 自动编程系统概述	133
6.1 常见的几种 CAD/CAM 软件简介	133
6.2 MasterCAM V9.0 软件基本功能介绍	136
6.2.1 MasterCAM 的基本功能	136
6.2.2 MasterCAM V9.0 工作界面介绍	137
6.2.3 实例	142
第 7 章 数控电火花线切割技术	155
7.1 线切割加工概述	155
7.1.1 线切割加工原理	155
7.1.2 线切割加工特点	156
7.1.3 数控线切割加工的应用	156
7.1.4 数控线切割机床的分类	156
7.1.5 数控线切割机床组成	157
7.2 线切割加工程序的编制	163
7.2.1 3B 格式编制程序	163
7.2.2 ISO 代码数控程序编制	166
7.3 数控电火花线切割加工工艺	170
7.3.1 模坯准备	170
7.3.2 工件的装夹与调整	171
7.3.3 电极丝的选择和调整	173
参考文献	176

第1章 概述

1.1 数控机床的发展及特点

数字控制(Numerical Control, NC)简称数控,是近代发展起来的一种自动控制技术,是用数字化的信息实现机床控制的一种方法。数字控制机床(Numerically Controlled Machine Tool)是采用了数字控制技术的机床,简称数控机床。

国际信息处理联盟(International Federation of Information Processing, IFIP)第五技术委员会,对数控机床作如下定义:

数控机床即数字控制机床,是一种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。它是一种灵活、通用、能够适应产品频繁变化的柔性自动化机床。

定义中所指的程序控制系统,就是所说的数控系统。数控系统是一种控制系统,它自动阅读输入载体上事先给定的数字值,并将其译码,从而使机床动作和加工零件。数控系统包括数控装置、可编程控制器、主轴驱动及进给驱动装置等部分。

1.1.1 数控机床的发展

随着社会生产和科学技术的不断进步,人类的社会活动日益精彩纷呈。在工业领域,各种新产品也是层出不穷。尤其是机械制造业,作为国民工业的基础,其产品更是日趋精密复杂且日新月异。特别是在宇航、航海、军事等领域所需的机械零件,精度要求更高,形状更为复杂且往往批量较小。加工这类产品需要经常改装或调整设备,普通机床或专业化程度高的自动化机床显然无法适应这些要求。同时,随着市场竞争的日益加剧,企业生产也迫切需要进一步提高其生产效率,提高产品质量及降低生产成本。在这种社会背景下,一种新型的生产设备——数控机床就应运而生了,它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密测量及新型机械结构等多方面的技术成果,成为今后机械工业的基础及机械制造业设备的发展方向。

1. 数控机床的产生

数控机床的研制最早是从美国开始的。1948年,美国帕森斯公司(Parsons Co.)在

完成研制加工直升机桨叶轮廓用检查样板的加工机床任务时,提出了研制数控机床的初步设想。1949年,在美国空军后勤部的支持下,帕森斯公司正式接受委托,与麻省理工学院伺服机构实验室(Servo Mechanism Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology)合作,开始从事数控机床的研制工作。经过三年时间的研究,于1952年试制成功世界上第一台数控机床试验性样机。这是一台采用脉冲乘法器原理的直线插补三坐标连续控制系统铣床,其数控系统全部采用电子管元件,数控装置体积比机床本体还要大。后又经过三年的改进和自动编程研究,于1955年进入实用阶段。此后,其他一些国家(如德国、英国、日本、前苏联、瑞典)也相继开展了数控机床的研制开发和生产。1959年,美国克耐·杜列克公司(Keaney & Trecker)首次成功开发了加工中心(Machining Center)。这是一种有自动换刀装置和回转工作台的数控机床,可以在一次装夹中对工件的多个平面进行多工序的加工。但是,直到20世纪50年代末,由于价格和其他因素的影响,数控机床仅局限在航空、军事工业中应用,品种也多为连续控制系统。直到60年代,由于晶体管的应用,数控系统进一步提高了可靠性且价格开始下降,一些民用工业开始发展数控机床,其中多数为钻床、冲床等点位控制的机床。数控技术不仅在机床上得到实际应用,而且逐步推广到焊接机、火焰切割机,使数控技术的应用范围不断地得到扩展。

2. 数控机床的发展简况

自1952年美国研制成功第一台数控机床以来,随着电子技术、计算机技术、自动控制和精密测量等相关技术的发展,数控机床也在迅速地发展和不断地更新换代,先后大致经历了五个发展阶段。

第一代数控:1952—1959年采用电子管元件构成的专用数控装置;

第二代数控:从1959年开始采用晶体管电路的NC系统;

第三代数控:从1965年开始采用小、中规模集成电路的NC系统;

第四代数控:从1970年开始采用大规模集成电路的小型通用电子计算机控制的系统(Computer Numerical Control, CNC);

第五代数控:从1974年开始采用微型电子计算机控制的系统(Microcomputer Numerical Control, MNC)。

我国的机床数控行业起步于1958年,1958年清华大学和北京机床研究所研制成功中国第一代电子管101数控机床。1964年研制出一些晶体管式的数控系统,并用于生产。但由于历史的原因,数控技术一直没有取得实质性的成果。数控机床的品种和数量都很少,稳定性和可靠性也比较差,只在一些复杂的、特殊的零件加工中使用。

直到80年代初,我国先后从日本、德国、美国等国家引进一些先进的CNC装置及主轴、伺服系统的生产技术,并陆续投入了生产。这些数控系统性能比较完善,稳定性和可靠性都比较好,这些先进的CNC装置及主轴、伺服系统在数控机床上使用后,得到了用户的认可,结束了我国数控机床发展徘徊不前的局面,使我国数控机床在质量、性

能及水平上有了一个飞跃。到1985年,我国数控机床的品种累计达80多种,数控机床进入了实用阶段。

1986年至1990年(国家第七个五年计划)期间是我国数控机床大发展的时期。在此期间,通过实施国家重点科技攻关项目“柔性制造系统技术及设备开发研究”及重点科技开发项目“数控机床引进技术消化吸收(数控机床一条龙)”,推动了我国数控机床的发展。1991年以来,一方面从日、德、美等国购进数控系统,另一方面积极开发、设计、制造具有自主产权的中、高档数控系统,并且取得了可喜的成果。我国的数控产品已覆盖了车、铣(包括仿型铣)、钻、磨、加工中心及齿轮机床、折弯机、火焰切割机、柔性制造单元等,品种达300多种。中、低档数控系统已达到小批量生产能力。

近年来,微电子和计算机技术日益成熟,它的成果正在不断渗透到机械制造的各个领域,先后出现了计算机直接数控(Direct Numerical Control, DNC)、柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)和计算机集成制造系统(Computer-Integrated Manufacturing System, CIMS)。所有这些高级的自动化生产系统均是以数控机床为基础,它们代表着数控机床今后的发展趋势。

(1) 计算机直接控制系统(DNC)

所谓计算机直接控制系统,即使用一台计算机为数台数控机床进行自动编程,编程结果直接通过数据线输送到各台数控机床的控制箱。中央计算机具有足够的内存容量,因此,可统一存储和管理大量的零件程序。利用分时操作系统,中央计算机可以同时完成一群数控机床的管理与控制,因此,也称它为计算机群控系统。

目前DNC系统中的各台数控机床都各自有其独立的数控系统,并与中央计算机联网,实现分级控制,而不再考虑让一台计算机去分时完成所有数控装置的功能。

随着DNC技术的发展,中央计算机不仅用于编制零件的程序以控制数控机床的加工过程,而且进一步控制工件与刀具的输送,形成了一条由计算机控制的数控机床自动生产线,它为柔性制造系统(FMS)的发展提供了有利条件。

(2) 柔性制造系统(FMS)

柔性制造系统也叫做计算机群控自动线,是将一群数控机床用自动传送系统连接起来,并置于一台计算机的统一控制之下,形成一个用于制造的整体。其特点是由一台主计算机对全系统的硬、软件进行管理,采用DNC方式控制两台或两台以上的数控加工中心机床,对各台机床之间的工件有调度和自动传送功能。利用交换工作台或工业机器人等装置实现零件的自动上料和下料,能使机床每天24h均能在无人或极少人的监督控制下进行生产。如日本FANUC公司有一条FMS由60台数控机床、52个工业机器人、两台无人自动搬运车、一个自动化仓库组成,这个系统每月能加工10000台伺服电机。

(3) 计算机集成制造系统(CIMS)

计算机集成制造系统,是指用最先进的计算机技术,控制从订货、设计、工艺、制造

到销售的全过程,以实现信息系统一体化的高效率的柔性集成制造系统。它是在生产过程自动化,例如计算机辅助设计、计算机辅助工艺规程设计、计算机辅助制造、柔性制造系统等发展的基础上,加上其他管理信息系统的发展,逐步完善的有各种类型计算机及其软件系统的分析、控制能力,它可把全厂的生产活动联系起来,最终实现全厂性的综合自动化。

3. 数控技术的发展水平和趋势

科学技术的发展,世界先进制造技术的兴起和不断成熟,对数控加工技术提出了更高的要求,超高速切削、超精密加工等技术的应用,对数控机床的各个组成部分提出了更高的性能指标。当今的数控机床正在不断采用最新技术成果,朝着高速化、高精度化、多功能化、智能化、系统化与高可靠性等方向发展。具体表现在以下几个方面。

(1) 高速化

由于数控装置及伺服系统功能的改进,其主轴转速和进给速度大大提高,减少了切削时间和非切削时间。加工中心的主轴转速现已达到 $8000 \sim 12000 \text{ r/min}$,最高的可达 100000 r/min 以上,磨床的砂轮线速度提高到 $100 \sim 200 \text{ m/s}$ 。采用 64 位 CPU 的新型数控系统,可实现快速进给、高速加工、多轴控制功能,控制轴数最多可达到 24 个,同时联动轴数可达 3~6 轴,进给速度为 $20 \sim 24 \text{ m/min}$,最快可达 60 m/min 。

(2) 高精度化

用户对产品精度要求的日益提高,促使数控机床的精度不断提高。数控机床的精度主要体现在定位精度和重复定位精度。数控机床配置了新型、高速、多功能的数控系统,其分辨率可达到 $1 \mu\text{m}$ ($100 \sim 240 \text{ m/min}$)、 $0.1 \mu\text{m}$ (24 m/min)、 $0.01 \mu\text{m}$ ($400 \sim 800 \text{ mm/min}$)。伺服系统采用前馈控制技术、高分辨率的位置检测元件、计算机数控的补偿功能等,保证了数控机床的高加工精度。目前数控机床的定位精度可达 $\pm 0.005 \sim \pm 0.001 \text{ mm}$,重复定位精度可达 0.0005 mm 。

(3) 多功能化

- ① 数控机床实现了一机多能,以最大限度地提高设备利用率。
- ② 前台加工、后台编辑的前后台功能,充分提高其工作效率和机床利用率。
- ③ 具有更高的通讯功能,现代数控机床除具有通讯口、DNC 功能外,还具有网络功能。

(4) 智能化

① 引入自适应控制技术 自适应控制(Adaptive Control, AC)技术要求在随机变化的加工过程中,通过自动调节加工过程中所测得的工作状态、特性,按照给定的评价指标自动校正自身的工作参数,以达到或接近最佳工作状态。

② 采用故障自诊断、自修复功能 这主要是指利用 CNC 系统的内装程序实现在线故障诊断,一旦出现故障,立即采取停机等措施,并通过 CRT 进行故障报警,提示发生故障的部位、原因等,并利用“冗余”技术,自动使故障模块脱机,接通备用模块。

③ 刀具寿命自动检测和自动换刀功能 利用红外、声发射(AE)、激光等检测手段,

对刀具和工件进行检测。发现工件超差、刀具磨损、破损等,进行及时报警、自动补偿或更换备用刀具,以保证产品质量。

④引进模式识别技术 应用图像识别和声控技术,使机器自己辨识图样,按照自然语言命令进行加工。

(5)高的可靠性

数控机床的可靠性一直是用户最关心的主要指标,它取决于数控系统和各伺服驱动单元的可靠性,为提高可靠性,目前主要采取以下几个方面的措施:

①提高系统硬件质量。

②采用硬件结构模块化、标准化、通用化方式。

③增强故障自诊断、自恢复和保护功能。

(6)数控编程自动化

随着数控加工技术的迅速发展,设备类型的增多,零件品种的增加以及形状的日益复杂,迫切需要速度快、精度高的编程,以便于直观检查。为弥补手工编程和 NC 语言编程的不足,近年来开发出多种自动编程系统,如图形交互式编程系统、数字化自动编程系统、会话型自动编程系统、语音数控编程系统等,其中图形交互式编程系统的应用越来越广泛。图形交互式编程系统是以计算机辅助设计(CAD)软件为基础,首先形成零件的图形文件,然后再调用数控编程模块,自动编制加工程序,同时可动态显示刀具的加工轨迹。其特点是速度快、精度高、直观性好、使用简便,已成为国内外先进的 CAD/CAM 软件所采用的数控编程方法。

1.1.2 数控机床加工特点

数控机床将加工过程中所需的各种操作,比如主轴变速、工件松夹、刀具进退、刀具选择、机床开停、冷却液供给等,以及刀具与工件之间的相对位移量,都是通过数字化代码编制的控制程序,经过计算机的运行处理,发出各种指令来控制机床的伺服系统和其他执行元件,使机床自动完成加工工作。数控机床与其他自动机床的显著区别就在于:当加工对象改变时,只要改变相应的加工程序即可,而不必对机床做其他的改变。这正是数控机床的“柔性”优于其他“刚性”自动化设备之所在。

数控机床是一种高度机电一体化的产品。

1. 数控加工的特点

数控加工与普通加工的本质区别在于数控加工是使用程序来控制机床实现自动加工的。因此,数控机床具有以下显著特点:

(1)生产柔性大

与传统的加工机床不同,在数控机床上改变加工工件时,只需要重新编制(或更换)程序就能实现新工件的加工。数控机床上工件的装夹,只需要简单的夹具。当加工工

件改变后,也不需要制作特别的工装夹具,不需要重新调整机床,这就为复杂结构的单件、小批量生产及试制产品提供了极大的便利。数控机床还能实现精密复杂零件的自动加工。这就为单件和中小批量的机械加工提供了极大的方便,缩短了生产准备周期,节省了工艺装备费用,表现出更大的生产柔性。

(2)加工精度高

数控机床采用计算机数控装置(CNC装置),将数字化的加工信息,通过计算机的运行处理,来实现加工过程的自动控制,而且,数控机床使用的执行机构及检测装置具有很高的灵敏度和分辨率,所以数控机床具有很高的控制精度;数控机床的床身结构具有很高的刚度和热稳定性,数控机床的进给系统采用了间隙消除措施,并可通过计算机实现自动补偿,因而数控机床可以获得很高的制造精度;数控机床的自动加工方式避免了生产者的人为操作误差,同一批加工零件的尺寸一致性好,产品合格率高,加工质量非常稳定;数控机床在零件的装夹、切削条件以及有效冷却等方面具有更好的改善措施,因而每个工件的加工表面可以获得更高的精度和表面质量。

(3)生产效率高

零件加工所需要的工作时间,包括切削工作时间和辅助工作时间。数控机床能够有效地减少这两部分的时间,所以可获得更高的生产效率。数控机床由于具有良好的结构刚性和热稳定性,因而可以采用较大切削量的强力切削方式,节省了切削工作时间;数控机床的主轴运动及进给运动往往采用高速运动方式,既提高了加工精度,也减少了切削加工时间;数控机床移动部件的快速移动和定位都采用了加速与减速措施,因而可以选用很高的空行程运动速度,用在快进、快退和定位的时间可得到有效的缩短;数控机床在更换加工零件时,几乎不需要重新调整机床,而零件又都安装在简单的定位夹紧装置中,用于停机进行零件安装和调整的时间可以节省不少;数控机床的加工精度比较稳定,同一批零件加工时一般无需停机检验,因此数控机床的利用系数很高;在使用带有刀库和自动换刀装置的数控加工中心机床时,由于在一台机床上实现了多道工序的连续加工,减少了半成品的周转时间,生产效率的提高就尤为明显了。

(4)自动化程度高,劳动强度低

数控机床对工件的加工是按事先编好的程序自动完成的,工件加工过程中不需要人的干预,加工完毕后自动停车,使操作者的劳动强度与紧张程度大为减轻,加上数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑,操作者的劳动条件也大为改善。

(5)良好的经济效益

数控机床加工技术是现代工业自动化的基础技术。采用数控机床可以提高产品质量,降低材料及其他资源损耗;可以提高生产效率,降低生产成本;可以通过有效的库存控制,提高生产流程的管理效率;更为重要的是,由于数控机床所表现的生产柔性,可以极大地缩短产品开发生产的周期,降低生产设备投资的费用。所以,虽然数控机床的价

格比较昂贵,但是采用以数控机床为基础的现代制造技术,将从根本上带来更高的经济效益。

(6)有利于现代化管理

采用数控机床加工,能准确地计算零件加工工时和费用,并有效地简化检验工夹具、半成品的管理工作,这些特点都有利于生产管理现代化。

2. 数控机床的使用特点

(1)数控机床对操作维修人员的要求

数控机床采用计算机控制,伺服系统的技术复杂,机床精度要求很高。因此,数控机床的使用不是简单的设备使用问题,而是一项技术应用工程,这就要求数控机床的操作、维修及管理人员具有较高的文化和技术素质。

数控机床的加工根据程序进行,当数控机床不多或加工零件的形状又不甚复杂的情况下,由操作人员手工或利用计算机辅助编制程序。程序编制既有一定的技术理论又有一定的技巧。编程直接关系到数控机床功能的开发和使用,程序的精度直接影响数控机床的加工精度。因此,数控机床的操作人员除了应具有一定的工艺知识和普通机床的操作经验之外,还应对数控机床的结构特点、工作原理以及程序编制进行专门的技术理论培训和操作训练,经考核合格者才能上机操作,以防止数控机床操作使用时人为事故的发生,同时也才能正确编写或快速理解程序,并对数控加工各种情况做出正确的综合判断和处理。

当数控机床较多或者加工的零件比较复杂时,手工编程就很困难,而且往往容易出错,因此,必须采用计算机自动编程,一般需配备专门的程序设计人员,如果操作者文化素质较高,经专门的培训后也可掌握自动编程。

正确的维护和有效的维修是提高数控机床效率的基本保证。数控机床的维修人员应有较高的理论知识和维修技术,机修人员要懂得一些电气维护知识,维修人员要了解数控机床的结构和程序编制。维修人员应有比较宽的机、电、液、气专业知识,才能综合分析、判断故障根源,实现高效维修,以便尽可能地缩短故障停机时间。为此,数控机床维修人员,也应进行专门的培训。

(2)数控机床的夹具和刀具的要求

当单件生产时,一般采用通用夹具;如果为批量生产,为了节省加工工时,应使用专用夹具。数控机床的夹具应定位可靠,自动夹紧或松开工件,夹具还应具有良好的排屑、冷却结构。

数控机床的刀具应该具有以下特点:

- ①较高的精度、耐用度和几何尺寸稳定、变化小;
- ②刀具能实现机外预调、快速换刀,加工高精度孔时经试切确定尺寸;
- ③刀具应具有柄部标准系列;
- ④很好地控制切屑的切断、卷曲和排出;

⑤具有良好的可冷却性能。

3. 数控加工的适应性

数控机床具有一般机床不具备的许多优点,数控机床的应用范围正在不断地扩大,但它并不能完全代替普通机床、组合机床和专用机床,而且不是任何情况下都能以最经济的方式解决机械加工中的问题。

数控机床最适应加工具有以下特点的零件:①多品种小批量生产的零件;②形状结构比较复杂的零件;③精度要求高的零件;④需要频繁改型的零件;⑤价格昂贵,不允许报废的关键零件;⑥需要生产周期短的急需零件;⑦批量较大,精度要求高的零件。

但在使用数控机床时,如下问题也需考虑:①数控机床初始投资费用大;②对操作、维修及管理人员的素质要求高;③维修和维护费用高,技术难度大。

近年来,由于机械加工劳动力费用的不断增加,数控机床的应用范围逐渐扩大。数控机床的高度自动化加工可减少操作工人人数(中小型数控机床可实现一人多台看管),降低生产和管理费用。因此,大批量生产的零件采用数控机床加工,特别是普及型或经济型数控机床加工,在经济上是可行的。

考虑到上述种种因素,在决定选用数控机床加工时,需要进行科学的技术经济分析,使数控机床能实现最佳经济效益。

1.2 数控机床的组成与工作原理

1.2.1 数控机床组成

数控机床与普通机床相比,其工作原理的不同之处在于数控机床按照事先编制好的程序,由数控系统控制完成预定的运动轨迹和辅助动作,它一般由程序载体、输入装置、CNC单元、伺服系统、位置反馈系统和机床本体组成,如图 1-1 所示。

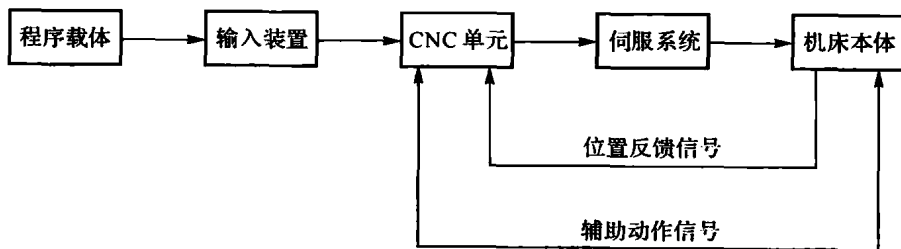


图 1-1

(1) 程序载体

程序载体用于记录数控机床加工零件所需的程序。程序载体按照特殊的格式和代

码记录并通过专用的装置传送程序。目前在数控机床上常用的有软盘、磁带和闪存卡等。闪存卡由于存储容量大、数据交流迅速和记录可靠,在使用开放式数控系统的新型数控机床上开始大范围使用。

(2) 输入装置

输入装置的作用是将控制介质(信息载体、程序载体)上的有关加工信息传递并存入控制系统内。根据控制介质的不同,相应有不同的输入装置。如对应穿孔带,有光电阅读机;对应磁带,有录放机;对应磁盘,有磁盘驱动器等。

现代数控机床,可以通过键盘,用手动方式(MDI方式)直接输入数控系统,也可以由计算机编程后,用通信方式传送到数控系统中。

(3) CNC 单元

CNC单元是数控机床的核心,它由信息的输入、处理和输出三个部分组成。信息输入部分的功能是接收外来信息,包括NC程序、PLC输入信号和面板操作信号等,是数控机床工作基础信息;信息处理部分是指CPU,它将输入信息分类、处理,并发出控制信号到输出部分;信息输出部分与主轴系统、坐标轴伺服系统和PLC控制的辅助功能部件等连接,它将CPU的控制指令转换为各个功能部件能接收的控制信号,使其完成预定的控制功能。CNC单元的输入部分和输出部分传输同时进行。

目前在CNC单元中使用的CPU性能有了很大的提高,已经从早期的16位CPU提高到32位,在新型的数控系统中大部分已经使用64位CPU来解决大量的数据运算和图形解析问题。在一些特殊要求的数控系统中也有使用多CPU协同工作,以进一步加快信息的处理速度。

(4) 伺服系统

伺服系统由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成,它是数控系统的执行部分。伺服系统接受数控系统的指令信息,并按照指令信息的要求带动机床的移动部件运动或使执行部分动作,以加工出符合要求的工件。指令信息是以脉冲信息体现的,每一个脉冲使机床移动部件产生的位移量叫做脉冲当量。机械加工一般常用的脉冲当量为0.01mm/脉冲、0.005mm/脉冲、0.001mm/脉冲,目前所使用的数控系统脉冲当量通常为0.001mm/脉冲。

伺服系统是数控机床的关键部件,它直接影响数控加工的速度、位置、精度等。伺服机构中常用的驱动装置,随控制系统的不同而不同。开环系统的伺服机构常用步进电机和电液脉冲马达;闭环系统常用的有宽调速直流电机和电液伺服驱动装置等。目前大都采用直流或交流伺服电动机作为执行机构。

(5) 位置反馈系统

位置反馈系统是数控机床为提高加工精度而采取的必要措施,数控系统直接获取坐标轴的位移量,控制更准确,有利于提高机床的加工精度。数控系统获取坐标轴的位置信号是为了和程序预定的位移量进行比较,以纠正运动控制过程中可能产生的误差。



(6) 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的主运动换向、变速、启停、刀具的选择和交换,以及其他辅助装置等指令信息,经过必要的编译、逻辑判别和运算,经功率放大后直接驱动相应的电器,带动机床机械部件、液压气动等辅助装置完成指令规定的动作。

现在由于可编程逻辑控制器(PLC)具有响应快,性能可靠,易于使用、编程和修改,并可直接驱动机床电器的特点,已被广泛作为数控机床的辅助控制装置。

(7) 机床本体

机床本体是数控机床的主体,由机床的基础大件(如床身、底座)和各运动部件(如工作台、床鞍、主轴等)所组成。它是完成各种切削加工的机械部分,是在原普通机床的基础上改进而得到的,具有以下特点:

- ①数控机床采用了高性能的主轴及伺服传动系统、机械传动装置;
- ②数控机床机械结构具有较高的刚度、阻尼精度及耐磨性;
- ③更多地采用高效传动部件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨。

与传统的手动机床相比,数控机床的外部造型、整体布局,传动系统与刀具系统的部件结构及操作机构等方面都已发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点,因此必须建立数控机床设计的新概念。

1.2.2 数控机床的工作原理

数控机床的加工,首先要将被加工零件图上的几何信息和工艺信息数字化,按规定的代码和格式编成加工程序。信息数字化就是把刀具与工件的运动坐标分割成一些最小单位量,即最小位移量。数控系统按照程序的要求,经过信息处理、分配,使坐标移动若干个最小位移量,实现刀具与工件的相对运动,完成零件的加工。

在数控机床上加工零件通常需要经过以下几个步骤:

- ①制订工艺规程,编制 NC 加工程序。根据零件的特征确定几何要素加工所需的刀具和切削用量,复杂曲面需要使用 CAM 软件自动生成。
- ②将 NC 程序通过输入装置传输到数控机床的 CNC 系统。
- ③CNC 系统分析程序段,并按要求将相应的指令、数值传送到各个坐标轴的伺服系统及机床强电控制系统。
- ④伺服系统根据 CNC 发出的信号,驱动机床的运动部件,完成速度和位移要求,通过主运动和进给运动的配合加工出机械零件。
- ⑤机床主运动和进给运动由位置编码器检测并反馈给数控系统。
- ⑥机床辅助动作由数控系统的 PLC 直接控制。