

21世纪高职高专系列教材

数控机床应用基础

杨琳 主编



山东大学出版社

21 世纪高职高专系列教材

数控机床应用基础

主 编 杨 琳

副主编 段晶莹 孙翰英

山 东 大 学 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

数控机床应用基础/杨琳主编. —济南:山东大学出版社,2004.8
ISBN 7-5607-2851-0

I. 数…

II. 杨

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(2004)第 086390 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)

山东省新华书店经销

济南景升印业有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 12.25 印张 290 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—5500 册

定价:21.80 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

出版说明

江泽民同志在党的十六大报告中指出：“教育是发展科学技术和培养人才的基础，在现代化建设中具有先导性全局性作用，必须摆在优先发展的战略地位。……加强职业教育和培训，发展继续教育，构建终身教育体系。”职业教育作为我国教育事业的一个重要的组成部分，改革开放以来，尤其是近年来获得了长足发展。据不完全统计，目前全国各类高等职业学校有近千所，仅山东省就有五十多所，为国家和地方培养了一大批高素质的劳动者和专门人才。与此相适应，教材建设也硕果累累，各出版社先后推出了多部具有高职特色的高职高专教材。但总体上看，与迅猛发展的高职教育相比，教材的出版相对滞后，这不仅表现在教材品种相对较少，更表现在内容的针对性不强，某些方面与高职的专业设置、培养目标相去甚远。同时，地方性、区域性的高职教材也稍嫌不足。以山东省为例，作为一个经济强省、人口大省、教育大省，迄今为止，居然没有一套统编的、与山东省社会、经济、文化发展相适应的高职教材，严重地制约了我省高职高专教育的发展。

有鉴于此，我们在山东省教育厅的领导与支持下，依据教育部《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》，并结合我省高职院校及专业设置的特点，组织省内二十余所高职院校长期从事高职高专教学和研究的专家、教授，编写了这套“21世纪高职高专系列教材”。该教材充分借鉴近年来国内高职高专院校教材建设的最新成果，认真总结和汲取省内高职院校和成人高校在教育、培养新时期技术应用性专门人才方面所取得的成功经验，以适应高职院校教学改革的需要为目标，重点突出实用性、针对性，力求从内容到形式都有一定的突破和创新。本系列教材拟分批出版，约一百余种。出齐后，将涵盖山东省高职高专教育的基础课程和主干课程。

编写这套教材，在我们是一次粗浅的尝试，也是一次学习、探索和提高的机会。由于我们水平有限，加之编写时间仓促，本教材无论在内容还是形式上都难免会存在这样那样的缺憾或不足，敬请专家和读者批评指正。

21世纪高职高专系列教材编写委员会
2003年8月

前 言

本书是根据国家教育部的高职高专教育教学大纲的要求,结合职业教育特点和职业教育教学改革经验,本着“必需、够用”的原则组织编写的,是职业院校机电类通用教材,也是其他工程技术人员、企业管理人员、高级技术工人的必备参考资料。

通过本教材的学习,可以了解数控机床的基本构成、编程的基本规定;掌握数控机床简单程序的编写知识;熟悉数控机床的机械结构的组成及工作原理;熟悉数控机床的伺服系统、检测装置的作用及典型结构的组成、工作原理;了解数控机床的安装、调试、使用、维护与保养等知识;掌握数控机床常见故障的形式及排除简单故障的基本知识。

本教材服从于培养生产第一线应用技能型人才的专业培养总目标,坚持理论联系实际,以掌握概念、强化应用为重点,着重培养分析问题、解决问题的能力。编写中尽求贯彻最新国家标准中各种技术术语、符号和法定计量单位,注意补充了新技术、新工艺、新知识。在编写内容上力求简单实用,以讲清概念、原理、结论为主,避免涉及过多的纯理论分析。在编写顺序上按照由浅入深、循序渐进的原则,力求适用面宽,比较全面地阐述了数控机床的基本内容,信息量大。

全书共 8 章,总课时为 40~60 学时,教学中可根据实际情况决定内容的取舍。

本书由山东劳动职业技术学院杨琳任主编。段晶莹、孙翰英任副主编。尚金丽编写第一章 1,2 节,姚桂玲编写第一章 3,4 节,杨琳编写第二章、第四章,孙翰英编写第三章,段晶莹编写第五章、第六章,邓爱国编写第七章及第三章的部分内容,程慧编写第八章。

在本书的编写过程中,得到了山东劳动职业技术学院、山东大学出版社等有关领导和老师的大力支持,并参考了有关的文献资料,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,时间仓促,本书中难免存在错误和不足之处,在此恳请各位专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2004 年 7 月于济南

21 世纪高职高专系列教材

编委会成员名单

主 任 邢宪学

委 员 (按姓氏笔画为序)

马克杰 王元恒 刘德增 牟善德

孙庆珠 苏永勤 杨忠斌 张卫华

张启山 张保卫 柳耀福 郝宪孝

荀方杰 侯印浩 徐 冬 高焕喜

常立学 温金祥

目 录

第一章 概 述.....	(1)
§ 1-1 数控机床的产生及发展	(1)
§ 1-2 数控机床的特点与适用场合	(6)
§ 1-3 数控机床分类	(11)
§ 1-4 数控技术发展趋势	(19)
习 题	(22)
第二章 数控机床编程基础	(23)
§ 2-1 数控系统插补原理	(23)
§ 2-2 编程步骤	(32)
§ 2-3 数控编程代码的规定	(39)
§ 2-4 数控编程方法	(44)
习 题	(45)
第三章 数控机床编程实例	(46)
§ 3-1 数控车床的编程	(46)
§ 3-2 数控铣床与加工中心的编程	(69)
习 题	(85)
第四章 数控机床的机械结构	(87)
§ 4-1 对机械结构的要求	(87)
§ 4-2 数控机床典型机械结构	(94)
习 题	(131)
第五章 伺服系统简介.....	(132)
§ 5-1 伺服系统的性能要求	(132)
§ 5-2 常用伺服系统简介	(136)

习 题.....	(145)
第六章 位置检测装置.....	(146)
§ 6-1 对位置检测装置的要求	(146)
§ 6-2 常用典型位置检测装置	(147)
习 题.....	(156)
第七章 数控机床的使用、维护与保养	(157)
§ 7-1 数控机床的安装、调试和验收	(157)
§ 7-2 数控机床的使用、维护与保养	(163)
习 题.....	(170)
第八章 数控机床故障分析及排除.....	(171)
§ 8-1 一般故障的分析方法	(171)
§ 8-2 数控机床一般故障的排除方法	(180)
习 题.....	(184)
参考文献.....	(185)

第一章 概 述

§ 1-1 数控机床的产生及发展

数字控制(NC-Numerical Control),简称为数控,它是用数字化信号对机床的运动及加工过程进行控制的一种方法,属于自动控制技术。由于数控与机床控制技术的发展紧密相联,因此,现在人们通常所讲的“数控”就是指“机床数控”,用这种控制技术所控制的机床称为“数控机床”,相应的控制装置称为“数控装置”。

国际信息处理联盟(IFIP-International Federation of Information Processing)第五技术委员会对数控机床的定义是: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。即数控机床是采用了数控技术的机床或装备了数控装置的机床。

一、数控机床的产生及发展

1. 数控机床的产生

随着科学技术和生产的飞速发展,机械制造技术发生了深刻的变化。机械产品的结构越来越合理,其性能、精度日趋提高,因此,对加工机械产品的生产设备提出更高的要求(高性能、高精度、高柔性和高自动化)。

由于市场对产品多样化的需求越来越大,单件、多品种、中小批量生产比重越来越大,传统的普通加工设备已经不能很好地适应高效率、高质量、多样化加工的要求。因此,从20世纪70年代以来,工业发达国家十分重视发展先进的制造技术,在加工设备中大量采用以微电子技术和计算机技术为基础的数控技术,并与机械技术、组成技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络处理技术、网络通信技术有机地结合在一起,使机器制造业的生产方式发生了革命性的变化,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,数控技术在机床加工领域得到了空前广泛的应用。目前,数控技术关系到国家战略地位,是体现国家综合国力水平的重要基础性产业,其水平高低是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志,实现加工机床及生产过程数控化,已经成为当今制造业的发展方向。

数控机床是由美国人发明的。二战后的1947年美国密执安州特拉弗斯城帕森斯公

司的帕森斯(John C. Parson)为了精确地制作直升飞机叶片的样板,设想了用电子技术控制坐标镗床的方案。1949年美国空军后勤司令部为了在短时间内造出经常变更设计的火箭零件与帕森斯公司合作,并选择麻省理工学院伺服机构研究所为协作单位,于1952年成功研制了世界第一台数控机床——直线插补连续控制的三坐标立式铣床,其数控系统由2000多个电子管组成,插补装置采用脉冲乘法器。经过三年的改进与自动程序编制的研究,1955年美国生产了100台类似产品用于民用工业,这些数控铣床在复杂的曲面零件加工中发挥了很大作用,使美国的制造水平有了很大的飞跃,带动了汽车、飞机、航空航天等行业的发展。

2. 数控机床的发展

随着微电子技术的发展,从1952年美国麻省理工学院研制出第一台试验性数控系统,到现在已走过了50多年的历程。近10年来,随着计算机技术的飞速发展,各种不同层次的开放式数控系统应运而生。数控系统的发展历程见表1-1。

表 1-1 数控系统的发展历程

发展阶段	数控系统的发展	世界产生年代	中国产生年代
硬件数控	第一代电子管数控系统	1952年	1958年
	第二代晶体管数控系统	1959年	1964年
	第三代集成电路数控系统	1965年	1972年
软件数控	第四代小型计算机数控系统	1968年	1978年
	第五代微处理器数控系统	1974年	1981年
	第六代基于工控PC机的通用CNC系统	1990年	1992年

美国帕森斯公司与美国麻省理工学院(MIT)合作,于1952年研制出第一台数控机床(直线插补连续控制的三坐标立式数控铣床)使用的是第一代数控系统——电子管数控系统。

1959年晶体管出现,电子计算机应用晶体管元件和印刷电路板,从而使机床数控系统也跨入了第二代。1959年美国的克耐·杜列克公司(Keaney & Trecker Co 简称K&T公司)开发出世界上第一台加工中心(Machine Center,简称MC)。所谓的加工中心是指一种备有自动换刀装置和刀库并能对工件进行多工序加工的数控机床。加工中心的出现,把数控机床的应用推上了一个更高的层次,它一般集铣、钻、镗于一身。为以后立式和卧式加工中心、车削中心、磨削中心、五面体加工中心、板材加工中心等机床的发展打下基础。目前,加工中心已成为市场非常畅销的一个数控机床品种。

20世纪60年代,随着集成电路的出现,数控系统发展到第三代。以上三代都属于硬逻辑数控系统(称为NC)。1967年英国Mollin Co将7台数控机床用IBM1360/140计算机集中控制,组成Mollin24系统。该系统首开柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,简称FMS)先河,能执行生产调度程序和数控程序。具有工件储存、传送和检验自动化的功能。由于FMS具有较高的生产率和对产品及市场的应变能力,使其在制造

领域得到了广泛的应用,尤其在英、美、日、德等工业化国家,FMS的应用和研制都处于这一领域的前列。

随着计算机技术的发展,小型计算机应用于数控机床中,由此组成的数控系统称为现代计算机数控(Computer Numerical Control,简称 CNC),数控系统进入了第四代。20 世纪 70 年代初,随着微处理机的出现,美、日、德等国都迅速推出了以微处理机为核心的数控系统,由此组成的数控系统称为第五代数控系统(MNC,通称为 CNC)。自此,微处理器直接用于数控机床,进一步促进了数控机床的普及应用和飞速发展。

1974 年美国约瑟夫·哈林顿博士首先提出了计算机集成制造(CIM)的概念,由此组成的系统称为计算机集成制造系统(CIMS-Computer Intergrated Manufacturing System)。这是一种使企业实现整体优化的理想模式,是在自动化技术、信息技术及制造技术的基础上,通过计算机及其软件将制造工厂全部生产活动所需的各种分散的自动化系统有机地集成起来,是适合于多品种、中小批量生产的高效益、高柔性的智能制造系统。CIMS 的核心是有三大系统组成,即以计算机辅助设计(CAD)为中心的工程信息处理系统,以计算机辅助制造(CAM)为中心的加工工艺、检测、装配自动化工艺系统;以及由生产计划管理、物资管理和财务管理等组成的经营管理信息系统(MIS)。计算机集成制造系统的发展,代表了当前机械制造业的最高水平。它综合了系统工程、管理科学、计算机技术和现代机械制造的科学成就,形成一个从市场分析、产品设计、加工制造、经营管理到售后服务的企业的计算机化控制网络,是具有统一信息管理和控制的系统。在 CIMS 中,涉及到计算机数控 CNC、计算机辅助组成技术、计算机辅助质量控制、计算机辅助集成生产管理。

20 世纪 80 年代初期,由于微处理机升档的加速,极大地促进了数控机床柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell 简称 FMC)、柔性制造系统(FMS)的发展。并奠定了向规模更大、层次更高的生产自动化系统,如计算机集成制造系统(CIMS)、自动化工厂(FA)方向发展的坚实基础。

80 年代末期,随着社会需求个性化、多样化的发展,生产规模沿小批量——大批量——多品种变批量的方向发展,以及以计算机为代表的高技术和现代化管理技术的引入、渗透与融化,不断地改变着传统制造技术的面貌和内涵,从而形成了先进制造技术。

我国从 1958 年开始研究数控技术,于 1966 年研制成功晶体管数控系统,并将样机应用于生产,如数控线切割机床、数控铣床、非圆插齿机、数控立铣床、数控车床、数控镗床等。1968 年研制成功 X53K—1 立式铣床。1988 年我国的第一套 FMS 通过验收投入运行,用于生产伺服电动机的零件。80 年代初,国际上又出现了以 2~3 台数控机床或 1 台加工中心为主体,再配上工件自动装卸和监控检测装置的柔性制造单元(FMC)。这种单元投资少、见效快,既可以单独长时间少人看管运行,也可以集成到 FMS 或更高级的集成制造系统中使用。

20 世纪 80 年代初期,我国的数控技术逐步取得实质性进展。“六五”(1981~1985 年)期间先后从日本、美国、德国等国家引进了先进的 CNC 装置及主轴、伺服系统的先进技术,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上、性能上都有了很大的飞跃。到 1985 年,数控机床的品种累计已有 80 多种,数控机床在我国开始进入

实用阶段。“七五”(1986~1990年)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”,进一步推动了我国数控机床的发展,到1989年底,我国数控机床可供品种超过300种。“八五”(1991~1995)期间国家组织的科技攻关和“九五”国家组织的产业化攻关,使我国的数控技术飞速发展,目前我国数控机床的品种已达1300多种。

目前,我国数控机床生产企业有100多家,年产量可达一万多台。20世纪80年代末期,我国还在一定范围内探索实施CIMS,已取得了一些有益的经验。90年代我国还加强了自主知识产权数控系统的研制工作,而且取得一定的成效,如在五轴联动数控系统(分辨率为 $0.02\mu\text{m}$)、高精度车床数控系统、数字仿形系统、中低档数控系统等方面都取得了较好的成绩。我国数控机床的拥有量已从1985年的0.49%上升到1995年的2.15%,但整体水平还非常低。机床数控化率是衡量各国机床工业发展水平的重要指标,1995年我国只有1.9%,日本是16.1%。如今许多发达国家已达到20%以上。

目前全世界机床拥有量1400万台,数控机床约占100万台。

二、数控机床的发展现状

1. 数控技术的现状

数控技术是用数字信息对机械运动和工作过程进行控制的技术,而数控机床是以数控系统为代表的新技术对传统机械制造产业的渗透形成的机电一体化产品;其技术范围覆盖机械制造技术、信息处理加工传输技术、自动控制技术、伺服驱动技术、传感器技术、软件技术等领域。

计算机对传统机械制造产业的渗透,完全改变了制造业。制造业不但成为工业化的象征,而且由于信息技术的渗透,使制造业犹如朝阳产业具有广阔的发展天地。

1) 开放结构的发展

装备数控系统的机床大大提高了加工精度、速度和效率。当出现数控系统以后,制造厂家逐渐希望数控系统能部分代替机床设计师和操作者的大脑,具有一定的智能,能把特殊的加工工艺、管理经验和操作技能放进数控系统,同时也希望系统具有图形交互、诊断功能等。首先就要求数控系统具有友好的人机界面和开发平台,通过这个界面和平台开放而自由地执行和表达自己的思路。这就产生了开放结构的数控系统。机床制造商可以在该开放系统的平台上增加一定的硬件和软件构成自己的系统。

2) 软件伺服驱动技术

伺服技术是数控系统的重要组成部分。广义上说,采用计算机控制,控制算法采用软件的伺服装置称为“软件伺服”。它有以下优点:①无温漂,稳定性好;②基于数值计算,精度高;③通过参数设定,调整量减少;④容易做成ASIC电路。

3) CNC系统的联网

系统从控制单台机床到控制多台机床的分级式控制需要网络进行通信,网络的主要任务是进行通信,共享信息。这种通信通常分三级:①工厂管理级:一般由以太网组成。②车间单元控制级:一般由DNC功能进行控制。更高档次的DNC还可以对CAD/CAM/CAPP以及CNC的程序进行传送和分级管理。CNC与通信网络联系在一起还可

以传递维修数据,使用户与 NC 生产厂直接通信,从而把制造厂家连接成一个整体,构成虚拟制造网络。③现场设备级:现场级与车间单元控制级及信息集成系统主要完成底层设备单机及 I/O 控制、连线控制、通信联网、在线设备状态监测及现场生产、运行数据的采集、存储、统计等功能,保证现场设备高质量完成生产任务,并将现场设备生产运行数据信息传送到工厂管理层,向工厂级提供数据。同时也可接受工厂管理层下达的生产管理及调度命令并执行。因此,现场级与车间级是实现工厂自动化及 CIMS 系统的基础。

4) 功能不断发展和扩大

①开放性:系统可通过光纤与 PC 机连接,采用 Window 兼容软件和开发环境。功能以高速、超精加工为核心,并具有智能控制。特别适于加工航空机械零件、汽车及家电的高精密零件、各种模具和复杂的需 5 轴加工的零件。②高级复杂的功能:可进行各种数学的插补,如直线、圆弧、螺旋线、渐开线、螺旋渐开线、样条等插补。③强大的联网通信功能:适应工厂自动化需要,支持标准 FA 网络及 DNC 的连接。④具有高性能强功率的内装 PLC 以减少加工的循环的时间。⑤先进的操作性和维修性:有触摸面板,容易操作。

2. 国内外数控机床状况分析

进入 21 世纪,人类社会将逐步进入知识经济时代,知识将成为科技和生产发展的资本与动力,而机床工业,作为机器制造业、工业以至整个国民经济发展的装备部门,毫无疑问,其战略性重要地位、受重视程度,也将更加鲜明突出。

1) 国内数控机床现状

近几年我国企业的数控机床占有率逐年上升,在大中企业已有较多的使用,在中小企业甚至个体企业中也普遍开始使用。在这些数控机床中,除少量机床以 FMS 模式集成使用外,大都处于单机运行状态,并且相当部分处于使用效率不高,管理方式落后的状态。

近年来,我国数控机床一直保持两位数增长。2001 年,我国机床工业产值已进入世界第 5 名,机床消费额在世界排名上升到第 3 位,达 47.39 亿美元,仅次于美国的 53.67 亿美元。2002 年产值达 260 亿元,产量居世界第 4 位。但与发达国家相比,我国机床数控化率还不高,目前生产产值数控化率还不到 30%;消费值数控化率还不到 50%,而发达国家大多在 70%左右。由于国产数控机床不能满足市场的需求,高档次的数控机床及配套部件只能靠进口,使我国机床的进口额呈逐年上升态势,2001 年进口机床跃升至世界第 2 位,达 24.06 亿美元,比上年增长 27.3%。

近年来我国出口额增幅较大的数控机床有数控车床、数控磨床、数控特种加工机床、数控剪板机、数控成形折弯机、数控压铸机等,出口的数控机床品种以中低档为主。

2) 国外数控机床现状

1998 年世界机床进口额中大部分是数控机床,美国进口机床的数控化率达 70%,我国为 60%。目前世界数控机床消费趋势已从初期以数控电加工机床、数控车床、数控铣床为主转向以加工中心、专用数控机床、成套设备为主。随着计算机技术、网络技术日益普遍运用,数控机床走向网络化、集成化已成为必然的趋势和方向,互联网进入制造工厂的车间只是时间的问题。由于国外企业的发展水平,数控机床的网络接口功能被定义为用于远程监控、远程诊断。

§ 1-2 数控机床的特点与适用场合

一、数控机床的组成和工作原理

1. 数控机床的组成

数控机床一般是由控制介质、数控装置、伺服系统、反馈系统和机床本体组成。组成框图如图 1-1 所示。图中虚线部分在开环经济型数控机床上是不需安装的。

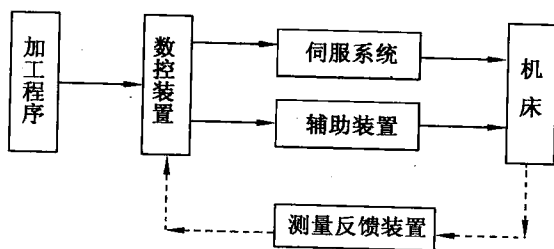


图 1-1 数控机床的组成

1) 加工程序

数控机床工作时,不需要工人直接操作机床,但机床必须执行人的加工意图,这就必须在人和数控机床之间建立某种联系,这种联系的媒介物称为加工程序。

在普通机床上加工零件时,操作工人是按照工艺人员事先制定好的工件加工的工艺路线、工步的确定、切削用量等工艺规程进行加工。操作中,机床的起动、停止、主轴变速、进给速度的调整,都是操作工人手工完成的。数控机床加工时,加工零件所需的全部动作、刀具相对于工件的位置、各级运动转速的调整,都是用数控装置所能接受的数字和文字代码按一定顺序编写成程序,并将程序通过键盘输入到数控系统中或储存在磁盘及控制介质上,或通过串行接口将计算机上编写的加工程序直接传输到数控系统中。加工零件的程序和各种参数、数据通过输入设备进入数控装置中,经过识别、运算,输出指令信号,控制机床执行部件的运动,实现零件的自动加工。

数控机床与普通机床加工工件的区别在于数控机床是按程序自动加工的,而普通机床是由人工操作的,见图 1-2。数控加工中,加工不同形状的工件一般只需改变加工程序即可。

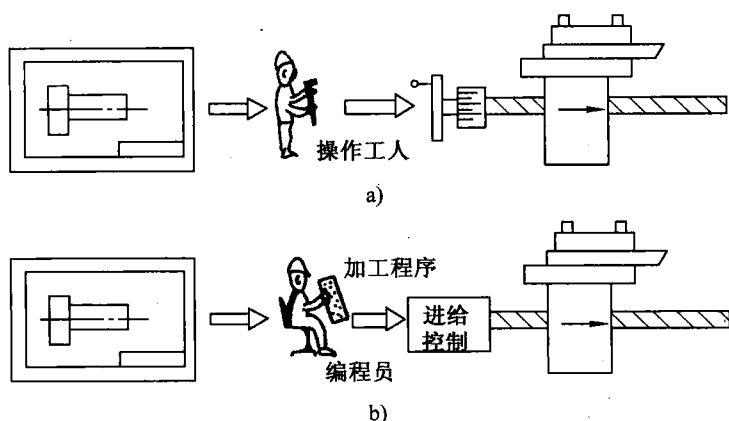


图 1-2 普通机床与数控机床加工过程比较

(a)普通机床加工过程 (b)数控机床加工过程

2) 数控装置

数控装置是数控机床的核心,它的作用是接受输入装置传输来的加工信息,经过数控系统的逻辑电路或系统软件进行识别、运算、存储等处理后,输出相应的指令脉冲,经过功率放大驱动伺服系统,控制机床各部分按规定作有序的运动。

数控装置对信息的处理和运算由逻辑线路等硬件实现,称为硬件数控(简称 NC),一般由输入输出装置、存储器、运算器和控制器组成。这是早期的数据装置。现在一般多采用计算机作为数控装置,这种数控系统称为软件数控(简称 CNC)。计算机本身即含有运算控制器等单元,其 CPU 可实现控制和运算功能,内部存储器中只读存储器(ROM)可以存储系统控制程序,读写存储器(RAM)用于存放零件的加工程序和系统运行时的工作参数,I/O 接口具有输入输出的功能。

3) 伺服系统

伺服系统又称为伺服驱动装置,它的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换为机床移动部件的运动,使工作台(或溜板)精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动,最后加工出符合图纸要求的零件。由于伺服系统直接决定刀具和工件的相对位置,伺服系统的性能是决定数控机床的加工精度、表面质量和生产率的主要因素之一。伺服系统是数控系统的执行部分,它包括电动机、速度控制单元、测量反馈单元、位置控制等部分。

伺服系统分为直流伺服系统和交流伺服系统,直流伺服系统已经逐渐被交流伺服所取代。目前以步进电机驱动的伺服系统采用的相对减少,由于直线电机系统具有高速、高精度等优点而被广泛应用。

4) 机床本体

机床本体也称主机,它包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和基础部件,如床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台、导轨等。数控机床与普通机床不同,它的主运动传动链短,结构比较简单。为了保证数控机床的快速响应特性,在数控机床普遍采用精密滚珠丝杠和直线滚动导轨副。为了保证数控机床的高精度、高效率和高自动化加工,机床的机械结构具有较高的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性以及抗热变形性能。加

工中心上还具备有刀库和自动交换刀具的机械手。同时还有一些良好的配套设施,如冷却、自动排屑、防护、可靠的润滑、编程机和对刀仪等,以利于充分发挥数控机床的功能。

5) 检测反馈装置

检测反馈装置的作用是检测机床的运动方向、速率、距离等参数,并将物理量转变为电信号显示出来或传输给数控装置,使数控装置能够校核机床的工作情况及实际位置与指令位置是否一致,并由数控装置发出指令修正所产生的误差。常用的检测装置有测速发电机、旋转变压器、脉冲编码器、感应同步器、光栅、磁栅等检测元件。

一般来说,数控机床的伺服驱动系统与检测反馈装置,要求具有很好的快速响应性能以及能够灵敏而准确地跟踪指令的功能。所以,伺服驱动及检测反馈是数控机床的关键环节。

2. 数控机床的工作原理

用数控机床加工零件时,首先应根据零件加工图纸编制零件的加工程序作为数控机床的工作指令。将加工程序送到数控装置,由数控装置控制机床的主传动的变速、起停、进给运动的方向、速度和位移量以及其他动作,使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工过程规定的顺序、轨迹和参数有条不紊的工作,从而加工出符合要求的零件。

数控机床具有很好的柔性,当加工对象变换时,只需重新编制加工程序即可,原来的程序可存储备用,这比存储工装夹具等设备方便得多,也不必像组合机床那样需要针对新加工零件重新设计组合机床,致使生产准备时间过长。

二、数控机床的特点及适用场合

1. 数控机床的特点

1) 适合加工复杂零件

与普通机床相比数控机床可以加工形状复杂的零件。由于计算机具有高超的运算能力,可以瞬间准确计算出每个坐标轴瞬间的运动量,并发出相应指令控制机床执行部件动作,因此数控机床能完成普通机床难以加工或根本不能加工的复杂型面的零件。图 1-3 所示为几种典型曲面零件,加工面分别为 M 面、P 面、N 面。

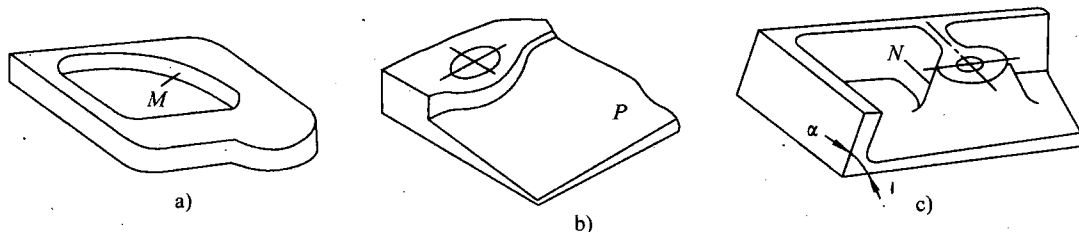


图 1-3 典型曲面零件

2) 适应性和灵活性强

由于数控机床能实现多个坐标的联动,可适应不同品种和尺寸规格工件的自动加工。更换加工零件时,数控机床只需更换零件的加工程序,就可改变加工工件的品种,为复杂结构的单件、小批量生产以及试制新产品提供极大的便利。所以,数控机床的适应性非常

高,灵活性也很强。

3)加工精度高,加工质量稳定

一般数控机床的脉冲当量可达 $0.01\text{mm}/P$ 或 $0.001\text{mm}/P$,进给丝杠的间隙可消除,误差可补偿,因此,数控机床能达到很高的加工精度。对于中、小型数控机床,定位精度可达 0.03mm ,重复定位精度可达 0.01mm 。目前,许多产品尤其是高、精、尖技术产品,如导弹导航的 1kg 重的陀螺转子因制造误差使质量中心偏离其对称轴 0.5nm ,将引起 100m 的射程误差和 50m 的轨迹误差。MX 战略导弹装上后,命中精度圆概率误差由原来民兵 II 型洲际导弹的 500m 减少到 $50\sim 150\text{m}$ 。美哈勃望远镜 HST,其一次镜为直径 2.4m ,重量 900kg 。为获得 0.1 角秒的高分辨率(相当从黑龙江的黑河能分辨在海南省的三亚市的一辆汽车前面的两个车灯),要求误差不超过 $0.01\mu\text{m}$ 。如此高的精度只有在数控机床上加工才能保证加工精度。另外数控机床按照预先编制的零件加工程序自动加工,加工过程不需要人工干预,同一批零件的尺寸一致性好,产品合格率高,所以零件的加工质量稳定,适合于批量生产。

4)生产率高

由于数控机床具有良好的结构刚性,数控机床可以采用高的主轴转速,用较大的切削用量进行强力切削,节省了机动时间。数控机床还具有自动变速、自动换刀、自动交换工件、自动测量等功能,大大缩短了辅助时间。与普通机床相比,数控机床的生产率可提高 $3\sim 4$ 倍,尤其是对于某些复杂零件、加工量大的零件等,生产率可提高几十倍。

5)自动化程度高

数控机床是一种高度自动化的机床,它具有自动变速、自动换刀、自动交换工件、自动测量等功能。基本上不需人工参与,大大减轻了操作者的劳动强度和紧张程度,改善劳动条件,减少操作人员的人数,同时有利于现代化的管理。数控机床加工零件更换时,生产准备相对容易,生产准备周期也较短。对不同的加工零件只需更换加工程序即可。

6)经济效益好

数控机床虽然设备昂贵,加工时分摊到每个工件上的设备折旧费用较高,但在单件、小批量生产情况下,使用数控机床加工,可节省大量辅助时间,还可节省直接生产费用和工艺装备费用。数控机床的加工精度稳定,减少了废品率,使生产成本进一步下降。此外,数控机床可实现一机多能,减少了机床的台数,节省了占地面积。还能加工普通机床难以完成或根本不能加工的复杂型面的零件。

数控机床也有其不足的几点:

1)价格较贵

数控机床是以数控系统为代表的新技术对传统机械制造产业渗透形成的机电一体化产品,它涵盖了机械、信息处理、自动控制、伺服驱动、自动检测、软件技术等许多领域,尤其是采用了许多高、新、尖的先进结构,使得数控机床的整体价格较高。

2)调试和维修较复杂,需专门的技术人员

由于数控机床结构复杂,所以要求调试与维修人员应经过专门的技术培训,才能胜任此项工作。

此外,由于许多零件形状较为复杂,目前数控机床编程又以手工编程为主,故编程所