



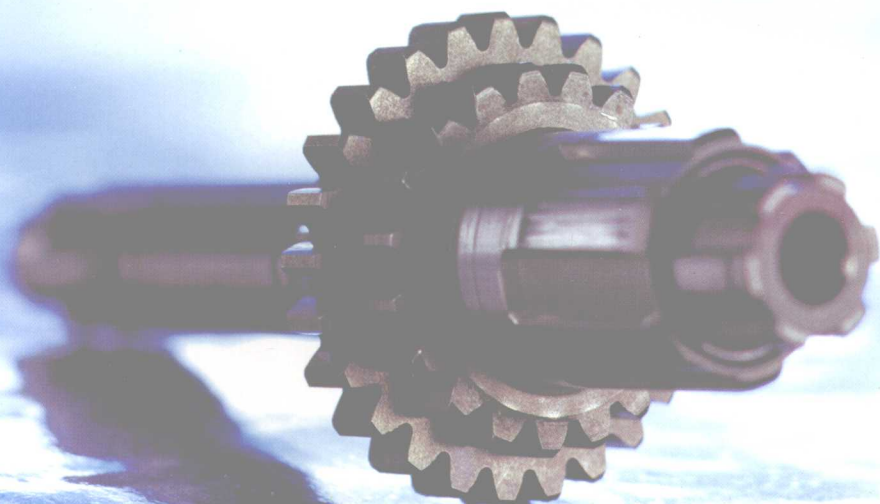
【职业 教育】
机电类系列教材

● 主编 查正卫 卫东节
● 主审 张汉林

数控车编程与操作教程

(理论部分)

SHUKONGCHE BIANCHENG YU CAOZUO JIAOCHENG



职业教育机电类系列教材

数控车编程与操作教程

(理论部分)

主 编 查正卫 卫东节
副主编 黄 忠 段胜月
参 编 查正卫 李元博 卫东节 黄 忠
段胜月 李 燕 陈治国 校斯桃
主 审 张汉林



安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控车编程与操作教程. 理论部分/查正卫, 卫东节主编. —合肥: 安徽科学技术出版社, 2008. 7

(职业教育机电类系列教材)

ISBN 978-7-5337-4075-7

I. 数… II. ①查…②卫… III. ①数控机床: 车床-程序设计-职业教育-教材 ②数控机床: 车床-操作-职业教育-教材
IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 101727 号

数控车编程与操作教程. 理论部分
(查正卫 卫东节 主编)

数控车编程与操作教程. 理论部分 查正卫 卫东节 主编

出 版 人: 朱智润

责任编辑: 王菁虹 文字编辑: 戚革惠

封面设计: 王 艳

出版发行: 安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号
出版传媒广场, 邮编: 230071)

电 话: (0551)3533330

网 址: www.ahstp.net

E - mail: yougoubu@sina.com

经 销: 新华书店

排 版: 安徽事达科技贸易有限公司

印 刷: 合肥晓星印刷有限责任公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17

字 数: 410 千

版 次: 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 29.80 元

(本书如有印装质量问题, 影响阅读, 请向本社市场营销部调换)

编 委 会

主 任(排名不分先后): 寿培聪 吴丁良 姚成秀

副主任(排名不分先后): 施正和 翟 敏 黄庭曙 包太平 郝登峰

任祖明 王礼义 李涤新 肖 山 王立升 陈爱娥 刘淑凤

王华君 刘树钢 王亚平 石晓峰 丁士中 张 敏 唐久春

范铭祥 韩 云 王宏锦

委 员(排名不分先后): 徐 黎 刘纯根 李惠兰 江 涛 储立群

刘尚华 吴桂荣 邢良言 葛冬云 汪建安 徐万赋 姚卫宁

胡晓红 吴成群 张艺国 彭 建 刘 彦 陆伟生 张 李

魏 敏 吴晓东 朱晓华 张 强 周 斌 丁淑荃 汤 峰

顾 宏 周致远 陆思忠 窦祥国 李国辉

前 言

本书以劳动部颁发的《数控车国家职业标准》和教育部职业与成人教育司颁发的《数控技术应用专业教学指导方案》为指导,在总结近年来中等职业学校数控车编程与操作教学经验的基础上编写而成。

本书在内容的选择、安排和编写上,坚持以“必需、够用、可教”为原则,突出体现培养技能型人才的特点。强调基本技能的掌握,提高学生的基本专业素质,为学生从事工作和继续深造奠定良好的基础。注重理论联系实际,激发和培养学生的科学精神和创新精神,提高学生的实际动手能力。

本书在紧扣国家职业标准的同时,紧密联系中等职业学校的实际,注重与数控专业教学计划相结合。主要内容包括数控技术基础知识、数控车床手工编程、CAXA 数控车自动编程和数控加工仿真系统四大部分。与本书配套使用的实训教材《数控车编程与操作教程(实训分册)》主要介绍了西门子、发那科、广州数控和华中数控系统的操作和数控车工初级、中级、高级考级试题,可供中等职业学校数控技术应用专业教学使用,也可作为数控车床操作人员培训教材和自学读物。

本书若在中等职业学校使用,建议第一学期学习数控技术基础知识、数控车手工编程部分,第二学期学习 CAXA 数控车自动编程部分。数控加工仿真系统部分自第四章起穿插使用。

本书由安徽科技贸易学校查正卫、安徽理工学校卫东节任主编,安徽商贸工程技师学院黄忠、桐城望溪高级职业学校段胜月任副主编。其中查正卫编写第一、四、五、八、九章,卫东节编写第二章,黄忠编写第三章,校斯桃编写第六章,段胜月编写第七章,河南省经济管理学校李元博编写第十章,安徽科技贸易学校李燕、陈治国编写第十一章。全书由查正卫统稿,由河南经济管理学校副校长张汉林老师审稿。

本书在编写过程中参考和借鉴了不少国内同类教材及有关著作文献,得到了各方面领导和有关专家的大力支持,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在疏漏和不妥之处,恳请广大读者和同行不吝批评指正。

编 者

2008. 6. 27

目 录

第一章 数控技术基础知识	1
第一节 数控技术与数控机床的基本概念	1
第二节 数控机床的组成及功能	6
第三节 数控机床的分类	8
第四节 数控机床的特点及主要技术指标	11
第五节 数控技术常用术语	13
习题一	15
第二章 数控车削加工基础知识	16
第一节 车削用量	16
第二节 数控车刀的选择	18
第三节 切削液的选用	23
第四节 车削精度	24
第五节 数控车削加工对象	27
习题二	29
第三章 数控车削编程基础	30
第一节 数控编程的内容与方法	30
第二节 数控机床坐标系	31
第三节 编程方式的选择	32
第四节 S、F、T、D 指令主要功能说明	34
第五节 SINUMERIK 802S/C 系统指令代码	35
习题三	37
第四章 轴套类零件加工程序的编制	38
第一节 简单数控编程尺寸计算	38
第二节 阶梯轴加工程序的编制	39
第三节 外圆锥面加工程序的编制	43
第四节 毛坯粗车循环——LCYC95 循环	48
第五节 槽与切断加工程序的编制	52
第六节 套类零件的编程方法	57
习题四	69
第五章 成形面类零件加工程序的编制	76
第一节 成形面加工编程基础	76
第二节 成形面加工编程方法	78
第三节 成形面加工编程示例	82
第四节 子程序在成形面加工程序中的应用	90

习题五	94
第六章 螺纹加工程序的编制	98
第一节 螺纹加工编程的工艺知识	98
第二节 螺纹加工的编程方法	103
习题六	111
第七章 CAXA 数控车基础	115
第一节 数控车床自动编程概述	115
第二节 CAXA 数控车 XP 的安装与启动	115
第三节 CAXA 数控车 XP 的用户界面	118
第四节 CAXA 数控车 XP 的基本操作	121
习题七	127
第八章 CAXA 数控车造型	128
第一节 基本图形的绘制	128
第二节 曲线的编辑	140
第三节 曲线的几何变换	147
第四节 造型实例	152
第五节 DAT 数据文件*	156
习题八	158
第九章 数控车加工	160
第一节 CAXA 数控车 CAM 功能的基础知识	160
第二节 机床的设置	161
第三节 后置处理设置	166
第四节 刀具库管理	168
第五节 轮廓粗车	172
第六节 轮廓精车	178
第七节 切槽	183
第八节 钻中心孔*	187
第九节 螺纹固定循环*	189
第十节 车螺纹	192
第十一节 轨迹仿真	196
第十二节 参数修改	197
第十三节 代码生成	197
第十四节 查看代码	199
第十五节 代码反读	199
习题九	201
第十章 数控车削加工实例	203
实例 1 外轮廓加工	203
实例 2 镗孔加工	221

习题十	230
第十一章 数控加工仿真系统	232
第一节 机床操作	232
第二节 零件加工	237
习题十一	254
附 录	255
附录 1 数控机床安全操作规程	255
附录 2 数控车床操作主要步骤(SINUMERIK 802S 数控系统)	255
附录 3 数控机床操作加工注意事项(SINUMERIK 802S 数控系统)	256
附录 4 SINUMERIK 802S 数控车床指令表	257
附录 5 SINUMERIK 802S 准备功能 G 代码表	261
附录 6 辅助功能 M 代码表	263
参考文献	264

第一章 数控技术基础知识

学习目标:

1. 了解数控技术与数控机床的基本概念。
2. 熟悉数控机床的组成及功能。
3. 熟悉数控机床分类方法。
4. 了解数控机床的特点及主要技术指标。
5. 了解数控技术常用术语。

第一节 数控技术与数控机床的基本概念

一、数控技术与机床数控技术

数控技术,简称数控(Numerical Control,NC),它是利用数字化的信息对机床运动及加工过程进行控制的一种方法。数控技术在机床控制中应用广泛,形成了数控技术发展主流——机床数控技术和机床数控系统。机床数控系统能够逻辑地处理使用代码或者其他符号编码指令规定的程序,能够自动完成机床加工信息的输入、译码、运算,从而控制机床的运动和加工过程。

应用数控技术或装有数控系统的机床称为数字控制机床(Numerically Control Machine, NCM),简称数控机床。随着电子技术的发展,数控机床采用了计算机数控(Computerized Numerical Control, CNC)系统,因此也称为计算机数控机床或 CNC 机床。

数控机床产生于 20 世纪 50 年代,它综合了计算机技术、自动控制、精密检测和精密制造等方面的科技成果,是集机、电、液、气、光于一体的新型自动化机床。要实现对机床的控制,需要用几何信息描述刀具和工件间的相对运动以及用工艺信息来描述机床加工必须具备的一些工艺参数。例如:进给速度、主轴转速、主轴正反转、换刀、冷却液的开关等。这些信息按一定的格式形成加工文件(即数控加工程序),存放在信息载体(如磁盘、穿孔纸带、磁带等)上,然后由机床上的数控系统读入(或直接通过数控系统的键盘输入,或通过通信方式输入),通过对其译码,从而控制机床动作和加工零件。

二、数控技术的产生

随着电子技术的发展,1946 年世界上第一台电子计算机问世,由此掀开了信息自动化的新篇章。数控技术由此产生,并一步步发展壮大,其性能也越来越可靠,功能越来越强大。总的来说,数控技术的发展经历了以下几个阶段。

1. 第一代数控系统的产生

1948 年美国密歇根州的一个小型飞机工业承包商帕森斯公司(Parsons Corporation)在制造飞机的框架及直升机的转动机翼轮廓样板时,提出了采用电子计算机对加工轨迹进行控制和数据处理的设想,后来得到美国空军的支持,并与美国麻省理工学院合作,于 1952 年研制出第一台三坐标数控铣床。帕森斯的设想考虑到刀具直径对加工路径的影响,使得加工精度达到 $\pm 0.0038\text{ cm}$ (这在当时水平是相当高的),因而获得了专利。1954 年底,美国本迪克斯公司(Bendix Corporation)在帕森斯专利的基础上生产出了第一台工业用的数控机床。数控机床的控制系统(专用电子计算机)采用的是电子管,其体积庞大,功耗高,仅在一些军事部门中承担普通机床难以加工、形状复杂的零件的加工。这时数控机床的控制系统是第一代数控系统。

2. 第二代数控系统

1959 年晶体管出现,电子计算机应用晶体管元件和印制电路板,从而使机床数控系统跨入了第二代。而且 1959 年克耐·杜列克公司(Keaney & Trecker Corporation)在数控机床上设置了刀库,并在刀库中装有丝锥、钻头、铰刀等刀具,根据穿孔带的指令自动选择刀具,并通过机械手将刀具装在主轴上,以缩短刀具的装卸时间和减少零件的定位装夹时间。人们把这种带自动交换刀具功能的数控机床称为加工中心(Machining Center, MC)。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,它一般都集铣、钻、镗等功能于一身,为以后立式加工中心、卧式加工中心、车削中心、磨削中心、五面体加工中心、板材加工中心等的发展打下了基础。今天加工中心已成为市场上非常畅销的一个数控机床品种。从 1960 年开始,美国、日本等工业国家都陆续开发、生产及使用数控机床。

3. 第三代数控系统

1965 年,出现了小规模集成电路,它的应用使数控系统的可靠性进一步提高,数控系统发展到第三代。

以上三代,都是采用专用控制计算机的硬逻辑系统,因此都属于硬逻辑数控系统(称为 NC)。装有这类系统的机床为普通数控机床,简称 NC 机床。由于点位控制的数控系统比轮廓控制的数控系统要简单得多,在该阶段,点位控制的数控机床得到很大发展。1967 年英国 Mollin Corporation 公司将 7 台机床用 IBM 1360/140 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, FMS)的先河,能执行生产调度程序和数控程序,具有工件储存、传送和自动检验的功能,能加工小于 $300\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ 的工件,适合于几件到上百件的小规模生产。

4. 第四代数控系统

1970 年,在美国芝加哥国际机床展览会上,首次展出了利用小型计算机取代专用数控计算机且数控的许多功能由软件程序实现的计算机数控系统。数控系统进入第四代。

5. 第五代数控系统

1974 年,美、日等国首先研制出以微处理器为核心的数控系统,简称微机数控(Microcomputer Numerical Control, MNC),这就是第五代数控系统。自此,开始了数控机床大发展时代。进入 20 世纪 80 年代,微处理器发展更加迅速,极大地促进了数控机床向柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)、柔性制造系统(FMS)方向发展,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。

随着个人计算机(PC)技术性能和可靠性的不断提高,20 世纪 80 年代末期,又出现了以 PC 机为基础的计算机数控系统,由于其具有良好的开放性,发展速度很快,从 90 年代开始不断推

出该系统的新产品。

三、数控技术在我国的研究与发展

我国从 1958 年开始研制数控机床,一些高等院校、科研单位、企业从采用电子管着手,到 60 年代曾研究出部分样机。1965 年开始研制晶体管数控系统,60 年代末到 70 年代初曾成功研究出非圆齿轮插齿机、数控立铣床以及数控车床、数控镗床、数控磨床、加工中心等。这一时期国产数控系统的稳定性、可靠性尚未得到很好的解决,因而也限制了国产数控机床的发展。而数控线切割机床由于结构简单、价格低廉、使用方便等优势,得到了较快的发展。据资料统计,1973 年至 1979 年,我国共生产数控机床 4 180 台,其中数控线切割机床占 86% 左右。

20 世纪 80 年代,我国开始走技术引进和自行研制相结合的道路,从国外引进新技术和以日本 FANUC 系列为主的数控系统,开始批量生产微处理器数控系统,掀起了我国数控机床新的发展高潮,我国开发了立式、卧式加工中心,立式、卧式数控车床,数控铣床,数控钻、镗床,数控磨床等,同时还在立式、卧式加工中心基础上,配置有 10 个工件位置的自动交换工作台(Automatic Pallet Change),组成柔性制造单元。可以进行夜间(二、三班)无人(或少人)看管自动加工,可以安装不同工件,实现混流加工,用软件控制工作台的任选交换,识别工件并按工件自动调出相应的加工程序,还相应地建造了规模较大的 FMS。80 年代末期,我国在一定范围内探索实施 CIMS,且取得了一些有益的经验。90 年代,我国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大的成果。

目前,我国已有几十家机床厂能生产不同类型的数控机床和数控加工中心机床,建立了以中、低档数控机床为主的数控产业体系,在高档数控机床的研制方面也有了较大的进展。在数控技术领域,我国和先进工业国之间仍存在着不小的差距,但这种差距正在不断缩小。

四、数控技术的发展趋势

随着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要求。数控技术的典型应用是 FMC、FMS、CIMS。其发展趋势具体表现在以下几个方面。

1. 向高速度、高精度加工方向发展

速度和精度是数控机床的两个重要指标,它直接关系到加工效率和产品的质量,特别是在超高速切削、超精密加工技术的实施中,它对机床各坐标轴位移速度和定位精度提出了更高的要求;另外,这两项技术指标又是相互制约的。目前主要研究集中在以下几个方面。

(1) 数控装置。随着数控机床向高速度、高精度方向发展的需要,数控装置要能高速处理输入的指令数据并计算出伺服机构的位移量,而且要求伺服电机能快速作出反应。目前高速主轴单元(电主轴)转速已达 $15\,000\sim 100\,000\text{ r/min}$;进给运动部件不但要求高速度,且要求具有高的加速、减速功能,其快速移动速度达 $60\sim 120\text{ m/min}$,工作进给速度已高达 60 m/min 以上。微处理器芯片的迅速发展,为数控系统采用高速处理技术提供了保障。CPU 已由 20 世纪 80 年代的 16 位(如 FANUC-6M 等)发展为现今的 32 位(如 FANUC-15 等)以及 64 位。20 世纪 90 年代还出现了精简指令集(RISC)芯片的数控系统(如 FANUC-16 等)。CPU 的频率由原来的 5 MHz、10 MHz,提高到几百兆赫、上千兆赫,甚至更高,进一步提高了系统的运算速度。由于运算速度极大提高,在分辨率为 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.01\mu\text{m}$ 的状况下,仍能获得很高的进给速

度(100~240 m/min)。

(2)伺服系统。伺服驱动技术是数控技术的重要组成部分。与数控装置相配合,伺服系统的静态和动态特征直接影响机床的位移速度、定位精度和加工精度。现在,直流伺服系统被交流数字伺服系统所取代;伺服电机的位置、速度及电流环都实现了数字化;并采用了新的控制理论,出现了不受机械负荷变动影响的高速响应系统。这样就提升了数控机床的加工速度与加工精度。

①前馈控制技术。过去采用的把检测器发出的信号与位置指令的差值乘以位置环增益作为速度指令的伺服系统,总是存在着跟踪滞后误差,这使得在加工拐角及圆弧时加工精度恶化。目前,在原来的控制系统上加上速度指令的控制方式,即所谓的前馈控制,使伺服系统的跟踪滞后误差大大减小。

②机床静、动摩擦的非线性补偿控制技术。机械静、动摩擦的非线性会导致机床爬行。除了在机械结构上采取措施降低摩擦外,新型的数控伺服系统具有自动补偿机械系统静、动摩擦非线性控制功能。

③伺服系统的位置环和速度环(包括电流环)均采用软件控制,如数字调解和矢量控制等。为适应不同类型机床、不同精度和不同速度的要求,预先调整加速、减速性能。

④采用高分辨率的位置检测装置。如高分辨率的脉冲编码器,内有微处理器组成的细分电路,使得分辨率大大提高,增量位置检测分辨为 1 000 p/r(脉冲数/转)以上,绝对位置检测分辨率为 1 000 000 p/r 以上。

⑤补偿技术得到了发展和应用。现代数控系统都具有补偿功能,可以对伺服系统进行多种补偿,如丝杠螺距误差补偿、齿侧间隙补偿、轴向运动误差补偿、空间误差补偿和加热变形补偿等。

2. 向多功能化与复合化加工方向发展

(1)配置多种遥控接口和智能接口,具有更高的通信功能。系统除配置 RS232 串行接口、RS422 等接口外,还有 DNC(Direct Numerical Control,直接数控,也称群控)接口。为适应网络技术的需要,许多数控系统带有与工业局域网(LAN)通信功能,而且近年来不少数控系统还带有 MAP(Manufacturing Automation Protocol,制造自动化协议)等高级工业控制网络接口,以实现不同厂家和不同类型机床联网的需要。

(2)数控机床一机多能,以最大限度地提高设备利用率。机械结构技术更多地采用机电一体化结构。为了提高自动化程度,采用自动交换刀具,自动交换工件,主轴立、卧自动转换,工作台立、卧自动转换,主轴带 C 轴控制,万能回转铣头,以及数控夹盘、数控回转工作台、动力刀架和数控夹具等。为了提高数控机床的动态特性,将伺服系统和机床主机进行很好的机电匹配,同时主机也借助计算机进行模块化、优化设计。

3. 向基于个人计算机(PC)的开放式数控系统方向发展

由于 PC 机具有良好的人机界面,软件资源特别丰富,近年来 CPU 主频高达 2 000 MHz 以上、内存 256MB 以上、外存 80 GB 以上已是常见之事;相应的 Windows 界面更加友好,功能更趋完善,其通信功能、联网功能、远程诊断和维修功能将更加普遍具备。在系统的操作性能方面,具有友好的人机界面,普遍采用薄膜软按钮的操作面板,减少指示灯和按钮数量,使操作一目了然;大量采用菜单选择操作方式,使操作越来越方便。CRT(Cathode Ray Tube,阴极射线管)显示技术大大提高,彩色图像显示已很普遍,不仅能显示字符、平面图形,还能显示三维图形,甚至显示三维动态图形。更重要的是 PC 机成本低廉,可靠性高。日本、美国、欧盟各国等

正在开放式的 PC 平台上进行“开放式数控系统”的研究,包括标准、结构、编程、通信、操作系统以及样机的研制等。

4. 向高可靠性方向发展

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。

(1)大量采用高集成度的芯片、专用芯片及混合式集成电路,提高了硬件质量,减少了元器件数量,这样就降低了功耗,提高了可靠性。新型大规模集成电路采用表面贴装技术,实现了三维高密度安装工艺。元器件经过严格筛选,建立由设计、试制到生产的一整套质量保证体系。这使得数控系统的平均无故障时间达到 10 000~36 000h。

(2)增强故障自诊断、自恢复和保护功能。

5. 向智能化方向发展

随着人工智能在计算机领域的不断渗透和发展,数控系统的智能化将不断提高。

(1)引进自适应控制(Adaptive Control)技术。在加工过程中,数控系统可检测一些重要信息,如工作状态、特性等,并自动调整系统的有关参数,以达到或接近最佳工作状态。

(2)引入专家系统。将熟练工人和专家的经验、加工的一般规律与特殊规律存入系统中,以工艺参数数据库为支撑,建立具有人工智能的专家系统。当前已开发出模糊逻辑控制和带自学习功能的人工神经网络的数控系统和其他数控加工系统。

(3)引入故障自诊断、自修复系统。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,接备用模块。

(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)应用智能化伺服驱动装置。可以通过自动识别负载而自动调整参数,使驱动系统获得最佳的运行状态。

6. 向数控编程自动化方向发展

数控编程技术是实现数控加工的主要环节,当前其发展趋势有如下几点:

(1)从脱机编程发展到在线编程。传统的编程是脱机进行的,由人工、计算机以及编程机来完成,然后再输入到数控装置。现代的 CNC 装置有很强的存储和运算能力,把很多自动编程机具有的功能移植到数控装置的计算机中来,在人工操作键盘和彩色显示器的作用下,在线以人机对话方式进行编程,并具有前台操作、后台编程的功能。

(2)具有机械加工技术中的特殊工艺和组合工艺方法的程序编制功能。除了具有圆切削、固定循环和图形循环功能外,还有宏程序设计、子程序设计功能,会话式自动编程、蓝图编程和实物编程功能。

(3)编程系统由只能处理几何信息发展到几何信息和工艺信息同时处理的新阶段。新型的 CNC 系统中装入了小型工艺数据库,在在线程序编制过程中可以自动选择最佳切削用量和适合的刀具。

第二节 数控机床的组成及功能

一、数控机床的组成

数控机床是数值控制的工作母机的总称。一般由输入输出设备、数控装置、伺服系统、测量反馈系统和机床主机等部分组成,如图 1-1 所示。

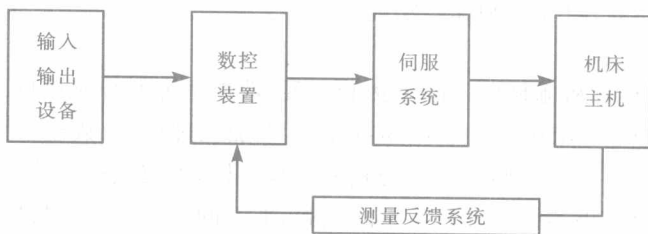


图 1-1 数控机床的组成

1. 输入输出设备

输入输出设备主要实现程序编制、程序和数据的输入以及显示、存储和打印等功能。这一部分硬件配置视需要而定,功能简单的机床可能只配有键盘和发光二极管(LED)显示器;功能普通的机床则可能加上纸带阅读机和纸带穿孔机、磁带和磁盘读入器、人机对话编程操作键盘和视频信号显示器;功能较多的机床可能还包含一套自动编程或计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)系统。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,现代数控机床都采用计算机数控装置。数控装置一般由输入、信息处理和输出三大部分构成。控制介质通过输入单元(如纸带阅读机、磁带机、磁盘机等)输入,转换成数控机床可以识别的信息,由信息处理单元按照程序的规定将接收的信息加以处理(如插补计算、刀具补偿等)后,通过输出单元发出位置、速度等指令给伺服系统,从而实现各种控制功能(如多坐标控制、插补功能、故障自诊断功能等)。

3. 伺服系统

伺服(Servo)系统的作用是把来自数控装置的各种指令,转换成机床执行部件的运动。它包括主轴驱动单元、进给驱动单元、主轴电机和进给电机等。伺服系统直接决定刀具和工件的相对位置,其性能是决定数控机床加工精度和生产力的主要因素。一般要求数控机床的伺服系统具有较好的快速响应性能,能灵敏而准确地跟踪由数控装置发出的指令。

4. 测量反馈系统

测量反馈系统由检测元件和相应的电路组成,其作用是检测机床的实际位置、速度等信息,并将其反馈给数控装置与指令信息进行比较和校正,构成系统的闭环控制。没有测量反馈装置的系统称为开环控制系统。

5. 机床主机

机床主机包括床身、主轴、进给机构等部件,是用于完成各种切削加工的机械部分。由于数控机床是高精度和高生产率的自动化机床,它与普通机床相比,其主机应具有更好的刚性和抗

振性,相对运动面摩擦系数要小,传动部件之间的间隙要小,还应具有较好的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性以及抗热变形性能等。为了保证数控机床功能的充分发挥,还有一些配套部件(如冷却、排屑、防护、润滑、照明、储运等一系列装置)和辅助装置(编程机和对刀仪等)。因此,数控机床的结构必须根据其性能要求进行专门设计,才能充分发挥其性能与优势。

二、数控机床的加工过程

数控机床工作时根据所输入的数控加工程序(NC 程序),由数控装置控制机床部件的运动形成零件加工轮廓,从而满足零件形状的要求。机床运动部件的运动轨迹取决于所输入的数控加工程序。数控加工程序是根据零件图样及加工工艺要求编制的。

利用数控机床完成零件数控加工的过程如图 1-2 所示。

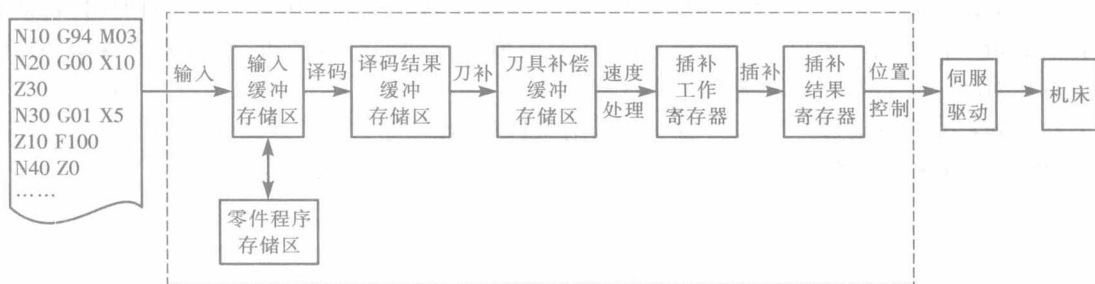


图 1-2 数控机床的加工过程

1. 数控加工程序的编制

在零件加工前,首先根据被加工零件图样所规定的零件形状、尺寸、材料及技术要求等,确定零件的工艺过程、工艺参数、几何参数以及切削用量等,然后根据数控机床编程手册规定的代码和程序格式编写零件加工程序单。早期的数控机床还需将零件加工程序单由穿孔机制成穿孔带以备加工零件用。

对于较简单的零件,通常采用手工编程;对于形状复杂的零件,则在编程机上进行自动编程,或者在计算机上用 CAD/CAM 软件自动生成零件加工程序。

2. 输入

输入的任务是把零件程序、控制参数和补偿数据输入到数控装置中去。输入的方法因输入设备而异,有纸带阅读器输入、键盘输入、磁带和磁盘输入以及通信方式输入。输入工作方式通常有两种。一种是边输入边加工,即在前一个程序段加工时,输入后一个程序段的内容;另一种是一次性地将整个零件加工程序输入到数控装置的内部存储器中,加工时再把一个个程序段从存储器中调出进行处理。

3. 译码

数控装置接受的程序是由程序段组成的,程序段中包含零件轮廓信息(如直线还是圆弧、线段的起点和终点等)、加工进给速度(F 代码)等加工工艺信息和其他辅助信息(M、S、T 代码等)。计算机不能直接识别它们,译码程序就像一个翻译,按照一定的语法规则将上述信息解译成计算机能够识别的数据形式,并按一定的数据格式存放在指定的内存专用区域。在译码过程中对程序段还要进行语法检查,有错则立即报警。

4. 刀具补偿

零件加工程序通常是按零件轮廓轨迹编制的。刀具补偿的作用是把零件轮廓轨迹转换成

刀具中心轨迹,运动加工出所要求的零件轮廓。刀具补偿包括刀具半径补偿和刀具长度补偿。

5. 插补

插补的目的是控制加工运动,使刀具相对于工件作出符合零件轮廓轨迹的相对运动。具体地说,插补就是数控装置根据输入零件轮廓数据,通过计算把零件轮廓描述出来,边计算边根据计算结果向各坐标轴发出运动指令,使机床在响应的坐标方向上移动一个单位位移量,将工件加工成所需的轮廓形状。所以说,插补就是在已知曲线的种类、起点、终点和进给速度的条件下,在曲线的起点、终点之间进行“数据点的密化”。在每个插补周期内运行一次插补程序,形成一个个微小的直线数据段。插补一个程序段(即加工一条曲线)通常需要经过若干次插补周期。需要说明的是,只有辅助功能(换刀、换挡、换冷却液等)完成之后才允许插补。

6. 位置控制和机床加工

插补的结果是产生一个周期内的位置增量。位置控制的任务是在每个采样周期内,将插补计算出的指令位置与实际反馈位置相比较,用其差值去控制伺服电动机,使机床的运动部件带动刀具相对于工件按规定的轨迹和速度进行加工。

在位置控制中通常还应完成位置回路的增量调整、各坐标方向的螺距误差补偿和反向间隙补偿,以提高机床的定位精度。

第三节 数控机床的分类

数控机床品种众多、功能各异,可以从不同的角度对其进行分类。

一、按采用的加工方法分类

1. 切削加工类数控机床

切削加工类数控机床主要采用切削的方法切除零件表面的多余材料层。根据切削加工方法的不同,又可分为如下几个类型。

(1)数控车床:主要用于轴类和盘类回转体零件加工,能自动完成内外圆柱面、锥面、圆弧、螺纹等工序的切削加工,并能进行切槽、钻孔、扩孔、铰孔等工艺内容,特别适合形状复杂零件的加工,使用较为广泛。

(2)数控铣床:主要用于各类较复杂的平面、曲面和壳体类零件的加工。

(3)数控钻床及镗床:主要用于形状复杂零件及箱体类零件的孔及孔系的加工。这类机床有逐渐被加工中心取代的趋势。

(4)加工中心:是目前应用最广泛的数控机床。它是在数控铣床、钻床及镗床的基础上,配置了自动换刀系统而发展起来的。主要用于箱体类零件及复杂曲面零件的铣、钻、镗及螺纹加工等工序,由于具有自动换刀功能,可在一次装夹后自动完成多道工序甚至全部工序的加工。有镗铣加工中心和钻铣加工中心,习惯上都称为加工中心。还有另一类加工中心是以轴类零件为主要加工对象的,称为车削中心。它在数控车床的基础上增加了C轴控制,配置了刀库。除了能完成数控车床的加工内容外,还可以在端面及圆周上任意部位进行钻削、铣削及攻丝加工。

(5)数控磨床:主要用于零件表面的磨削加工,有数控外圆磨床、数控平面磨床及数控坐标磨床等。

2. 电加工类数控机床

电加工类数控机床主要有数控线切割机床和数控电火花加工机床。

3. 其他加工类数控机床

除了以上所介绍的数控车床外,还有数控板材和管料加工机床(如数控冲床、数控板料折弯机等)、数控火焰切割机和数控三坐标测量机等。

二、按机械加工的运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床

点位控制的特点是只需控制机床实现由一个坐标点到另一个坐标点的精确定位,移动和定位过程中不进行任何加工。一般采用快速运动,并不考虑其运动轨迹,只要求刀具能最终准确到达目标位置,其运动轨迹误差不影响加工精度,可不作严格控制。其移动过程可以是先沿一个坐标方向移动,再沿另一个坐标方向移动到目标位置,也可沿两个坐标同时移动。为保证定位精度和减少移动时间,一般先高速运行,当接近目标位置时,再分级降速,慢速趋近目标位置。

采用点位控制的数控机床主要有数控钻床、数控镗床、数控冲床和数控测量机等。

2. 直线控制数控机床

这类数控机床不仅要保证点与点之间的精确定位,而且还要求点到点的运动过程是直线切削加工过程,其运动轨迹一般是平行于坐标轴的直线或与坐标轴成 45° 的斜线,运动时的速度可以控制。由于刀具在移动过程中要切削,所以对于不同的刀具和工件,需要选用不同的切削用量和进给量。这类数控机床通常具备刀具半径和长度补偿功能以及主轴转速控制功能,以便在刀具磨损或换刀后能得到合格的零件。但是这类数控机床各坐标轴无联动功能,一般只能作单坐标切削进给运动,因此只能加工轮廓较简单的工件。

采用直线控制系统的数控机床有早期的简易数控车床、简易数控铣床、加工中心等。

3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制也常称为轨迹控制或连续控制。这类机床的数控装置能够同时控制两个或两个以上的轴联动,具有插补功能,对运动轨迹和速度进行严格的不间断控制。它具有直线和圆弧插补功能、刀具补偿功能、机床轴向运动误差补偿、丝杠的螺距误差和齿轮的反向间隙误差补偿等功能。这类机床可加工曲面、叶轮等形状复杂的零件。

典型机床有:数控车床、数控铣床、数控磨床和加工中心等。

三、按伺服系统的控制原理分类

1. 开环控制的数控机床

开环控制的数控机床没有位置检测装置,数控装置每发出一个指令(脉冲),放大后驱动步进电机转动一个步距角,再经过减速齿轮带动丝杠旋转,通过丝杠螺母副传动带动工作台移动。指令信号的流程是单向的,如图1-3所示。



图 1-3 开环控制系统

这类数控机床的伺服驱动部件通常选用步进电机。受步进电机的步距精度和工作频率以