



应用型本科机电类专业“十三五”规划精品教材

数控加工工艺与编程 (第2版)

SHUKONG JIAGONG GONGYI
YU BIANCHENG



主编 石从继



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



应用型本科机电类专业“十三五”规划精品教材

数控加工工艺与编程 (第2版)

SHUKONG JIAGONG GONGYI
YU BIANCHENG



主 编 石从继

副主编 王 鹤

参 编 蒋慧琼 周俊荣 马 丽 黄 丽



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书结合当前数控机床的应用水平对数控技术应用型人才培养目标要求,以 FANUC 和 HNC 系统为蓝本,以零件的数控编程与仿真加工、数控加工工艺为主线,全面介绍了数控车床、铣床、加工中心的编程、加工工艺及仿真操作。全书共分五章,内容包括数控加工技术基础、数控车床加工工艺与编程、数控铣床加工工艺与编程、加工中心加工工艺与编程、数控仿真加工系统与机床操作。本书紧密结合生产实际,紧扣国家数控操作工职业资格鉴定的要求,选取典型加工案例,力求学生能够对一般零件独立制定加工工艺和正确编写数控加工程序,仿真加工出合格零件。

本书可作为本科、高职高专院校相关课程的教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺与编程/石从继主编. —2 版. —武汉:华中科技大学出版社,2017.6
应用型本科机电类专业“十三五”规划精品教材
ISBN 978-7-5680-2903-2

I. ①数… II. ①石… III. ①数控机床-加工-高等学校-教材 ②数控机床-程序设计-高等学校-教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 126962 号

数控加工工艺与编程(第 2 版)
Shukong Jiagong Gongyi yu Biancheng

石从继 主编

策划编辑:袁 冲
责任编辑:狄宝珠
责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉) 电话:(027)81321913
武汉市东湖新技术开发区华工科技园 邮编:430223

录 排:华中科技大学惠友文印中心
印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司
开 本:787mm×1092mm 1/16
印 张:12.75
字 数:319 千字
版 次:2017 年 6 月第 2 版第 1 次印刷
定 价:29.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

第二版前



《数控加工工艺与编程》自 2012 年 12 月出版以来,受到了广大读者的普遍欢迎,在多所高校中使用,反响良好。近几年,数控技术迅猛发展,新技术、新工艺和新系统层出不穷,为适应这一趋势,我们对《数控加工工艺与编程》进行了修订,主要工作如下:

(1) 一段好的数控程序与其所采用的合理的数控加工工艺是密不可分的,数控程序与程序运行所采用的数控系统、刀具、毛坯等直接关联,为了让读者更好地理解书中例题的编程思路和独立仿真出程序运行效果,对书中所有的数控程序例题增加了工艺说明。

(2) 更换了部分数控程序例题及部分概念等,更加注重实践性、启发性,做到基本概念清晰、重点突出、简明扼要,在讲清基本知识的基础上,注重能力的培养,并努力做到理论联系实际,体现面向生产实际。

(3) 修订了个别错误,增加了每章的习题量,便于学生理解和掌握基本内容,培养学生的思维方法。

本次修订工作,由主编石从继老师提出修订原则和思路,具体由河南工程学院王鹤老师执笔,最后由主编审定,同时也得到了华中科技大学出版社袁冲同志及编辑们的大力支持,在此深表感谢。

限于编者水平,修订后的本书,错误与不妥之处仍在所难免,切望读者不吝指教。

编者
2017 年 4 月

前 言

数控技术及数控机床在当今机械制造业中的重要地位和巨大效益,显示了其在国家基础工业现代化中的战略性作用,已成为传统机械制造工业提升改造和实现自动化、柔性化、集成化生产的重要手段和标志。大量数控机床的爆发式增长,导致了数控技术应用型人才的紧缺,尤其是具有数控加工工艺相关知识又熟练掌握数控机床编程与操作的应用型人才。

本书根据国内数控技术及数控机床的应用情况,以数控机床加工工艺和程序编制为核心,突出数控技术的实用性和数控机床的操作性,力求做到理论与实践的最佳结合。本书着重介绍 FANUC 数控系统编程及其操作,内容包括数控加工技术基础、数控车床、数控铣床及加工中心的加工工艺与编程,书中还介绍了南京斯沃数控仿真系统的使用,力求学生在学完教材五章内容后,对一般零件能够独立制定加工工艺和正确编写数控加工程序,仿真加工出合格零件。

合理的工艺是保证数控加工质量、发挥数控机床效能的前提条件,书中将数控机床必备的数控加工工艺规程的制定与数控编程有机联系在一起,紧扣国家数控操作工职业资格鉴定的要求,所选实例具有较强的实用性和代表性,所有实例都经过模拟仿真加工验证,读者可以举一反三。

本书由武昌首义学院石从继担任主编。参加编写的有武昌工学院蒋慧琼、黄丽,湖北工业大学工程技术学院周俊荣、马丽;全书由石从继统稿。在本书编写过程中,编者得到武昌首义学院机电与自动化学院徐盛林院长、孙立鹏副院长,数控实训创新基地肖书浩、周严主任,以及机电教研室李硕、刘海、李平等同事的大力支持;同时还得到了华中科技大学出版社袁冲同志及编辑们的大力支持,在此一并表示感谢。

本书在编写过程中参阅了大量相关文献与资料,在此向有关作者一并表示谢意。

本书虽然经反复推敲和校对,但由于编者水平有限、时间仓促,书中难免存在错误或不足之处,恳请读者批评指正,以便我们及时改进。

编 者
2011年9月



第 1 章 数控加工技术基础	(1)
1.1 数控加工技术概述	(1)
1.2 数控机床概述	(8)
1.3 数控加工编程基础	(18)
习题	(28)
第 2 章 数控车床加工工艺与编程	(31)
2.1 数控车床概述	(31)
2.2 数控车床的加工工艺	(36)
2.3 数控车床编程基础	(53)
2.4 数控车削循环指令的编程	(69)
2.5 车削刀具补偿指令	(81)
2.6 车床综合编程实例	(85)
习题	(92)
第 3 章 数控铣床加工工艺与编程	(98)
3.1 数控铣床概述	(98)
3.2 数控铣床的加工工艺	(101)
3.3 数控铣床编程基础	(116)
3.4 简化编程指令	(130)
3.5 铣床综合编程实例	(136)
习题	(142)
第 4 章 加工中心加工工艺与编程	(147)
4.1 加工中心概述	(147)
4.2 加工中心的加工工艺	(149)



4.3	加工中心编程基础	(157)
4.4	加工中心综合编程实例	(169)
	习题	(174)
第5章	数控仿真加工系统与机床操作	(177)
5.1	斯沃数控仿真加工系统概述	(177)
5.2	数控车床仿真加工及其操作	(178)
5.3	数控铣床及加工中心仿真加工及其操作	(189)
	参考文献	(198)

第 1 章 数控加工技术基础

1.1 数控加工技术概述

1.1.1 数控机床的产生及发展

随着科技与生产的发展,机械产品日益精密复杂,更新换代日趋频繁,这就要求加工设备具有更高的精度和效率。另外,在产品加工过程中,单件小批量生产的零件占机械加工总量的 80% 以上,加工这种品种多、批量少、形状复杂的零件也要求通用性和灵活性较高的加工设备。数控机床就是一种灵活、通用、高精度、高效率的“柔性”自动化生产设备,数控机床是为了解决复杂型面零件加工的自动化而产生的。

1946 年,诞生了世界上第一台电子计算机,这表明人类创造了可增强和部分代替脑力劳动的工具。它与人类在农业、工业生产中创造的那些只是增强体力劳动的工具相比,有了质的飞跃,为人类进入信息社会奠定了基础。

1949 年,美国 Parson 公司与麻省理工学院开始合作,历时三年研制出能进行三轴控制的数控铣床样机,取名 Numerical Control。

1953 年,麻省理工学院开发出只需确定零件轮廓、指定切削路线,即可生成 NC(数控)程序的自动编程语言。

1959 年,美国 Keaney&Trecker 公司成功开发了带刀库,能自动进行刀具更换,即一次装夹就能进行铣、钻、镗、攻丝等多种加工功能的数控机床,这就是数控机床的新种类——加工中心。

1968 年,英国首次将多台数控机床、无人化搬运小车和自动仓库在计算机控制下连接成自动加工系统,这就是柔性制造系统(FMS)。

1974 年,微处理器开始用于机床的数控系统中,从此 CNC(计算机数控)系统软线数控技术随着计算机技术的发展得以快速发展。

1976 年,美国 Lockheed 公司开始使用图像编程。利用 CAD(计算机辅助设计)绘出加工零件的模型,在显示器上“指点”被加工的部位,输入所需的工艺参数,即可由计算机自动计算刀具路径,模拟加工状态,获得 NC 程序。

DNC(直接数控)技术始于 20 世纪 60 年代末期。它是使用一台通用计算机,直接控制

和管理一群数控机床及数控加工中心,进行多品种、多工序自动加工的技术。DNC技术是FMS柔性制造技术的基础,现代数控机床上的DNC接口就是机床数控装置与通用计算机之间进行数据传送及通信控制用的,也是数控机床之间实现通信的接口。随着DNC技术的发展,数控机床已成为无人控制工厂的基本组成单元。

20世纪90年代初,出现了包括市场预测、生产决策、产品设计与制造和销售等全过程均由计算机集成管理和控制的计算机集成制造系统(CIMS)。其中,数控是其基本控制单元。

20世纪90年代,基于PC-NC的智能数控系统开始得到发展,它打破了原数控厂家各自为政的封闭式专用系统结构模式,提供开放式基础,使升级换代变得非常容易。充分利用现有PC的软、硬件资源,使远程控制、远程检测诊断能够得以实现。

我国虽然早在1958年就开始研制数控机床,但由于历史原因,一直没有取得实质性成果。20世纪70年代初期,曾掀起研制数控机床的热潮,但当时采用的是分立元件,性能不稳定,可靠性差。1980年北京机床研究所引进日本FANUC 5、FANUC 7、FANUC 3、FANUC 6数控系统,上海机床研究所引进美国GE公司的MTC-1数控系统,辽宁精密仪器厂引进美国Bendix公司的Dynaph LTD10数控系统。在引进、消化、吸收国外先进技术的基础上,北京机床研究所开发出BS03经济型数控系统和BS04全功能数控系统,航天部706所研制出MNC864数控系统。“八五”期间国家又组织近百个单位进行以发展自主知识产权为目标的“数控技术攻关”,为数控技术产业化奠定了基础。20世纪90年代末,华中数控自主开发出基于PC-NC的HNC数控系统,达到了国际先进水平,增强了我国数控机床在国际上的竞争实力。

1.1.2 数控机床的加工原理与特点

1. 数控机床的加工原理

当使用机床加工零件时,通常都需要对机床的各种动作进行控制,一是控制动作的先后次序,二是控制机床各运动部件的位移量。采用普通机床加工时,开车、停车、走刀、换向、主轴变速和开关切削液等操作都是由人工直接控制的。采用自动机床和仿形机床加工时,上述操作和运动参数则是通过设计好的凸轮、靠模和挡块等装置以模拟量的形式来控制的,它们虽能加工比较复杂的零件,且有一定的灵活性和通用性,但是零件的加工精度受凸轮、靠模制造精度的影响,而且工序准备时间也很长。

采用数控机床加工零件时,只需要将零件图形和工艺参数、加工步骤等以数字信息的形式,编成程序代码输入到机床控制系统中,再由其进行运算处理后转成伺服驱动机构的指令信号,即可控制机床各部件协调动作,自动地加工出零件来。当更换加工对象时,只需要重新编写程序代码,即可完成由数控装置自动控制加工的全过程,制造出任意复杂的零件。数控加工过程总体上可分为数控程序编制和机床加工控制两大部分。数控机床工作原理如图1-1所示。

数控机床的控制系统一般都能按照NC程序指令控制机床实现主轴自动启停、换向和变速;能自动控制进给速度、方向和加工路线,进行加工;能选择刀具并根据刀具尺寸调整吃刀量及行走轨迹;能完成加工中所需要的各种辅助动作。

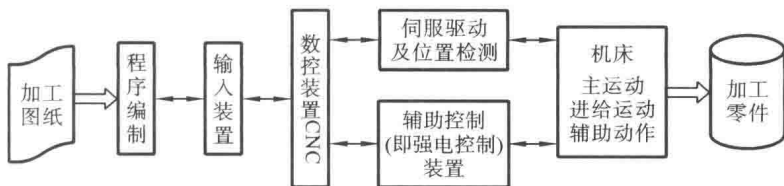


图 1-1 数控机床工作原理

2. 数控机床的加工特点

1) 自动化程度高,具有很高的生产效率

除手工装夹毛坯外,其余全部加工过程都可由数控机床自动完成。若配合自动装卸手段,则成为无人控制工厂的基本组成环节。数控加工减轻了操作者的劳动强度,改善了劳动条件,省去了划线、多次装夹定位、检测等工序及其辅助操作,有效地提高了生产效率。

2) 对加工对象的适应性强

改变加工对象时,除了更换刀具和解决毛坯装夹方式外,只需重新编程即可,不需要做其他任何复杂的调整,从而缩短了生产准备周期。

3) 加工精度高,质量稳定

加工尺寸精度在 $0.005 \sim 0.01 \text{ mm}$ 之间,不受零件复杂程度的影响。由于大部分操作都由机器自动完成,因而消除了人为误差,提高了批量零件尺寸的一致性,同时精密控制的机床上还采用了位置检测装置,提高了数控加工的精度。

4) 易于建立与计算机间的通信联络,容易实现群控

由于机床采用数字信息控制,易于与计算机辅助设计系统连接,形成 CAD/CAM 一体化系统,并且可以建立各机床间的联系,容易实现群控。

5) 具有良好的经济效益

数控机床虽然设备昂贵,加工时分摊到每个零件上的设备折旧费较高,但在单件小批量生产的情况下,数控机床可节省划线工时,减少调整、加工和检验时间,节省直接生产费用。数控机床加工精度稳定,降低了废品率,使生产成本下降。此外,数控机床可实现一机多用,节省厂房面积和建厂投资。因此使用数控机床可获得良好的经济效益。

1.1.3 数控加工常用术语及典型数控系统

1. 数控加工常用术语

数字控制(numerical control)技术:简称数控(NC)技术,指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技术。计算机数控技术称为 CNC 技术。

数控机床(numerical control machine tool):数控机床是采用数字控制技术的机械设备,是一种以数字量作为指令信息形式,通过专用的或通用的电子计算机控制的机床。数控机床是一种具有高质、高效、高度自动化、高度灵活性,适合加工精度要求高、形状复杂的零件的工具。现在,制造业已广泛采用数控机床,几乎所有的加工机械都已数控化。

数控系统(numerically controlled system):采用数控技术的控制系统,包括数控装置、可编程控制器、主轴驱动及进给装置等。

数控程序(NC program):输入 NC 或 CNC 机床,执行一个确定的加工任务的一系列指

令,称为数控程序或零件程序,编写指令的过程称为数控编程(NC programming)。

数控加工工艺:数控加工工艺是采用数控机床加工零件时运用各种方法和技术手段的总和。数控加工工艺应用于整个数控加工的全过程。

数控加工(NC machining):根据零件图样及工艺要求等原始条件编制零件 NC 程序,输入数控系统,控制数控机床中刀具与工件的相对运动,从而完成对零件的加工。数控加工是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础。数控加工技术是将金属切削加工(包括机床、刀具、切削、工艺等相关知识)、数控编程、数控加工、数控加工工艺、CAM 等技术综合在一起的先进加工技术。

2. 典型数控系统

数控系统由数控装置、伺服系统和反馈系统组成。在数控机床中,数控系统采用数字代码形式的信息指令控制机床运动部件的速度和轨迹,以实现零件给定形状的加工。

数控机床配置的数控系统不同,其功能和性能有很大差异。目前,数控系统应用较多的有国外的 FANUC(日本)、SIEMENS(德国)、FAGOR(西班牙),以及国内的华中数控、广州数控、航天数控等系统。

1) 日本 FANUC 系列数控系统

FANUC 公司是生产数控系统和工业机器人的著名厂家,该公司自 20 世纪 60 年代生产数控系统以来,已经开发出 40 多种的系列产品。

1979 年,FANUC 公司研制出数控系统 FANUC 6,它是具备一般功能和部分高级功能的中档 CNC 系统,FANUC 6M 适合于铣床和加工中心,FANUC 6T 适合于车床。与过去机型比较,该系统使用了大容量磁盘存储器,专用于大规模集成电路,元件总数减少了 30%。它还备有用户自己制作的特有变量型子程序的用户宏程序。

1980 年,在系统 FANUC 6 的基础上同时向低档和高档两个方向发展,研制了系统 FANUC 3 和系统 FANUC 9。系统 FANUC 3 是在系统 FANUC 6 的基础上简化而形成的,体积小,成本低,容易组成机电一体化系统,适用于小型、廉价的机床。系统 FANUC 9 是在系统 FANUC 6 的基础上强化而形成的具备高级性能的可变软件型 CNC 系统。通过变换软件可适应任何不同用途,尤其适合加工复杂而昂贵的航空部件及要求高度可靠的多轴联动重型数控机床等。

1984 年,FANUC 公司又推出新型系列产品:数控系统 FANUC 10、系统 FANUC 11 和系统 FANUC 12。该系列产品在硬件方面做了较大改进,凡是能够集成的都做成了大规模集成电路,其中包含了 8 000 个门电路的专用大规模集成电路芯片有 3 种,其引出脚竟多达 179 个;其他的专用大规模集成电路芯片有 4 种,厚膜电路芯片 22 种;还有 32 位的高速处理器、4 MB 的磁泡存储器等,元件数比前期同类产品又减少 30%。该系列采用了光导纤维技术,使过去在数控装置与机床以及控制面板之间的几百根电缆大幅度减少,提高了抗干扰性和可靠性。该系统在 DNC 方面能够实现主计算机与机床、工作台、机械手、搬运车等之间的各类数据的双向传送。它的 PLC 装置使用了独特的无触点、无极性输出和大电流、高电压输出电路,能促使强电柜的半导体化。此外,PLC 的编程不仅可以使使用梯形图语言,还可以使用 PASCAL 语言,便于用户自己开发软件。数控系统 FANUC 10、FANUC 11、FANUC 12 还充实了专用宏功能、自动计划功能、自动刀具补偿功能、刀具寿命管理、彩色图形显示 CRT 等。



1985年,FANUC公司推出了数控系统FANUC 0,它的目标是体积小、价格低,适用于机电一体化的小型机床,因此它与适用于中、大型的系统FANUC 10、FANUC 11、FANUC 12一起组成了这一时期的全新系列产品。在硬件组成上,以最少的元件数量发挥最高的效能为宗旨,采用了最新型高速高集成度处理器,共有专用大规模集成电路芯片6种,其中4种为低功耗CMOS专用大规模集成电路,专用的厚膜电路有3种。三轴控制系统的主控制电路包括I/O接口、PMC(programmable machine control)和CRT电路等都在一块大型印制电路板上,与操作面板CRT组成一体。系统FANUC 0的主要特点:彩色图形显示、会话菜单式编程、专用宏功能、多种语言(汉、德、法)显示、目录返回功能等。FANUC公司自推出数控系统FANUC 0以来,得到了各国用户的高度评价,成为世界范围内使用用户最多的数控系统之一。

1987年,FANUC公司成功研制出数控系统FANUC 15,被称为划时代的人工智能型数控系统,它应用了MMC(man machine control)、CNC、PMC的新概念。系统FANUC 15采用了高速度、高精度、高效率加工的数字伺服单元,数字主轴单元和纯电子式绝对位置检出器,还增加了MAP(manufacturing automatic protocol)、窗口功能等。

另外,近些年,FANUC公司成功研制出了具有网络功能的超小型、超薄型CNC16i/18i/21i系列数控系统及高性能的运动控制器PM系列。

2) 德国SIEMENS公司的SINUMERIK系列数控系统

SIEMENS公司凭借在数控系统及驱动产品方面的专业思考与深厚积累,不断制造出机床产品的典范之作,为自动化应用提供了日趋完美的技术支持。SINUMERIK不仅仅意味着一系列数控产品,其目标在于生产一种适于各种控制领域不同控制需求的数控系统,其构成只需很少的部件。它具有高度的模块化、开放性及规范化的结构,适于操作、编程和监控。

SINUMERIK 802D——NCK、PLC、HMI集成一体。通过PROFIBUS连接各部件SIMODRIVE 611U数字驱动系统。可控制四个进给轴、一个数字或模拟主轴;集成大量CNC功能;提供编程模拟及图形循环支持功能,PC卡备份数据,可实现一次编程批量安装。

SINUMERIK 810D——性能优越,操作简单。SINUMERIK 810D是一个全数字化构造的控制器,高集成数字化数控系统,它的出现给车床、铣床和磨床带来了一次真正意义上的革新,使操作更简单,编程更直观。它可将CNC和驱动系统集成在一块板子上;可控制五轴或四个进给轴和一个主轴;可实现四轴线性插补;有RS-232通信接口,编程可采用固定循环及自动子程序等。

SINUMERIK 840D——数字NC系统,是SIEMENS公司数控产品的杰出代表。SINUMERIK 840D是德国SIEMENS公司20世纪90年代推出的一种数控系统。840D系统的特点是计算机化、驱动的模块化及控制与驱动接口的数字化。它与以往数控系统的不同点是伺服与驱动的接口信号是数字量的,它的人机界面建立在Flex Os基础上,更易操作,更易掌握,MMC102和MMC103带有硬盘,可储存大量的数据。另外,它的硬件结构更加简单、紧凑、模块化;软件内容更加丰富,功能更强大。

SINUMERIK 802S/C——经济型方案的最佳选择。该系统用于车床、铣床等,可控制三个进给轴和一个主轴。802S适用于步进电动机驱动,802C适用于伺服电动机驱动,都具有数字I/O接口。

3) 华中数控系统 HNC

华中“世纪星”系列数控系统包括世纪星 HNC-18i、HNC-19i、HNC-21 和 HNC-22 四个系列产品,均采用工业微机(IPC)作为硬件平台的开放式体系结构的创新技术路线,充分利用 PC 软、硬件的丰富资源,通过软件技术的创新,实现数控技术的突破,通过工业 IPC 的先进技术和低成本保证数控系统的高性价比和可靠性。同时还充分利用通用 PC 已有软、硬件资源和分享计算机领域的最新成果,如大容量存储器、高分辨率彩色显示器、多媒体信息交换、联网通信等技术,使数控系统可以伴随 PC 技术的发展而发展,从而长期保持技术上的优势。

4) 广州数控系统

广州数控设备有限公司(GSK)成立于 1991 年,拥有国内最大的数控系统研发生产基地。其产品主要有 GSK980TB/TB1 系列车床数控系统、GSKTD1 系列车床数控系统、GSK218M 系列加工中心数控系统和 GSK983M-S/V 系列加工中心数控系统等。

1.1.4 数控加工技术的发展趋势

1. 数控加工技术的发展趋势

现代数控加工正在向高速化、高精度化、高柔性化、高一体化、网络化和智能化等方向发展。

1) 高速切削

受高生产率的驱使,高速化已是现代数控机床技术发展的重要方向之一。高速化首先要求计算机系统读入加工指令数据后,能高速处理并计算出伺服系统的移动量,并要求伺服系统能高速做出反应。高速切削可通过高速运算技术、快速插补运算技术、超高速通信技术和高速主轴等技术来实现。高主轴转速可减少切削力,减小切削深度,有利于克服机床振动,传入零件中的热量大大减低,排屑加快,热变形减小,加工精度和表面质量得到显著改善。因此,经高速切削加工的工件一般不需要再进行精加工。

2) 高精度控制

高精度化一直是数控机床技术发展追求的目标。它包括机床制造的几何精度和机床使用的加工精度控制两方面。提高机床的加工精度,一般是通过减小数控系统误差,提高数控机床基础大件结构特性和热稳定性,采用补偿技术和辅助措施来达到的。目前精整加工精度已提高到 $0.1\ \mu\text{m}$,并进入了亚微米级,不久以后超精度加工将进入纳米时代(加工精度达 $0.01\ \mu\text{m}$)。

3) 高柔性化

柔性是指机床适应加工对象变化的能力。目前,在进一步提高单机柔性自动化加工的同时,正努力向单元柔性化和系统柔性化方向发展。数控系统在 21 世纪将具有最大限度的柔性,能实现多种用途,具体是指具有开放性体系结构,通过重构和编辑,视需要系统的组成可大可小;功能可专用也可通用,功能价格比可调;可以集成用户的技术经验,形成专家系统。

4) 高复合化

高复合化包括工序复合化和功能复合化等两方面。工件在一台设备上一次装夹后,通

过自动换刀等各种措施,来完成多种工序和表面的加工。在一台数控设备上能完成多工序切削加工的加工中心,可替代多个机床的加工能力,减少半成品库存量,又能保证和提高形位精度,从而打破了传统的工序界限和分开加工的工序规程。

5) 网络化

实现多种通信协议,既满足单机需要,又能满足 FMS(柔性制造系统)、CIMS(计算机集成制造系统)对基层设备的要求。配置网络接口,通过 Internet 可实现远程监视和控制加工,进行远程检测和诊断,使维修变得简单。建立分布式网络化制造系统,可便于形成“全球制造”。

6) 智能化

21 世纪的 CNC 系统将是一个高度智能化的系统。具体是指系统应在局部或全部实现加工过程的自适应、自诊断和自调整;多媒体人机接口使用户操作简单,智能编程使编程更加直观,可使用自然语言编程;加工数据的自动生成及带有智能数据库;智能监控;采用专家系统以降低对操作者的要求等。

2. 先进制造技术简介

加工中心、网络控制技术、信息技术的发展,为单机数控向计算机控制的多机控制系统发展创造了必要的条件。已经出现的计算机直接数控系统(DNC)、柔性制造系统(FMS)及计算机集成制造系统(CIMS),就是以数控机床为基础的自动化生产系统。

1) 计算机直接数控系统(DNC)

计算机直接数控系统:用一台中央计算机直接控制和管理一群数控设备进行零件加工或装配的系统,因此,也称为计算机群控系统。在 DNC 系统中,各台数控机床都各自有独立的数控系统,并与中央计算机组成计算机网络,实现分级控制管理。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,而且能控制工件与刀具的输送,同时还具有生产管理、工况监控及刀具寿命管理等能力,形成了一条由计算机控制的数控机床自动生产线。

2) 柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)

FMC 主要由加工中心(MC)与工件自动交换装置(AWC)组成,同时,数控系统还增加了自动检测与工况自动监控等功能,如工件尺寸测量补偿、刀具损坏和寿命监控等。FMC 既可作为组成柔性制造系统的基础,也可用作独立的自动化加工设备,如图 1-2 所示。

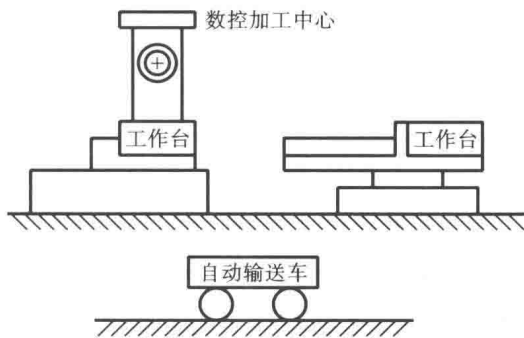


图 1-2 柔性制造单元

FMS 是在计算机直接数控系统基础上发展起来的一种高度自动化加工生产线,由数控机床、物料和工具自动搬运设备、产品零件自动传输设备、自动检测和试验设备等组成。这些设

备及控制分别组成了加工系统、物流系统和中央管理系统。FMS 的构成如图 1-3 所示。

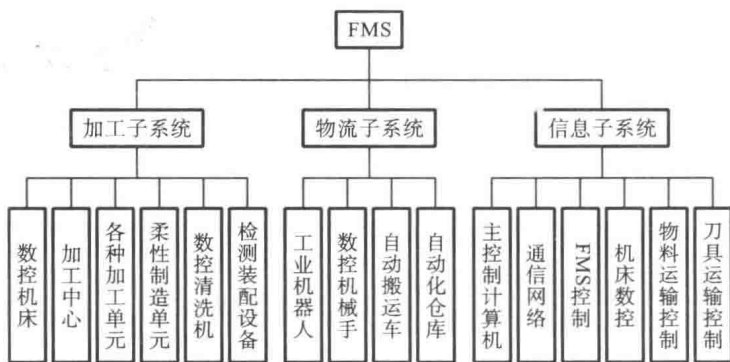


图 1-3 FMS 的构成

FMS 是当前机械制造技术发展的方向,它能解决机械加工中高度自动化和高度柔性化的矛盾,使两者有机地结合于一体。

3) 计算机集成制造系统(CIMS)

CIMS 是一个公用的数据库,对信息资源进行存储与管理,并与各个计算机系统进行通信。在此基础上,需要有三个计算机系统,一是进行产品设计与工艺设计的计算机辅助设计与计算机辅助制造系统,即 CAD/CAM 系统;二是计算机辅助生产计划与计算机生产控制系统,即 CAPP/CAC 系统,此系统对加工过程进行计划、调度与控制,FMS 是这个系统的主体;三是计算机工厂自动系统,它可以实现产品的自动装配与测试、材料的自动运输与处理等。在上述三个计算机系统外围,还需要利用计算机进行市场预测、编制产品发展规划、分析财务状况和进行生产管理与人员管理。虽然 CIMS 涉及的领域相当广泛,但数控机床仍然是 CIMS 不可缺少的基本工作单元。

1.2 数控机床概述

1.2.1 数控机床的组成

数控机床是典型的机电一体化产品,是集现代机械制造技术、自动控制技术、检测技术、计算机信息技术于一体的高效率、高精度、高柔性和高自动化的现代机械加工设备。数控机床一般由 I/O 设备、CNC 装置、伺服单元、驱动装置(或称执行机构)、可编程控制器 PLC 及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成。图 1-4 所示为数控机床的组成框图,其中除机床本体之外的部分统称为 CNC 系统。

1) 机床本体

数控机床的机床本体与传统机床相似,由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控机床由于切削用量大、连续加工发热量大等因素对加工精度有一定影响,加之在加工中是自动控制的,不能像在普通机床上那样由人工进行调整、补偿,所以其设计要求比普通机床更严格,制造要求更精密,采

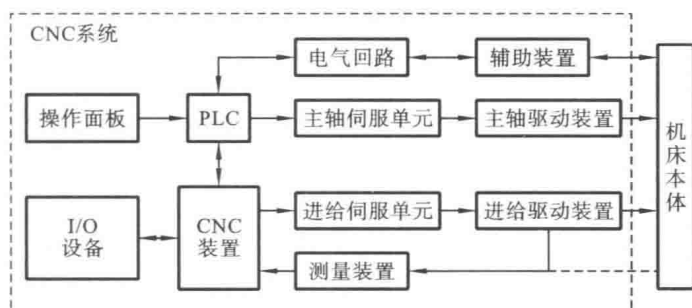


图 1-4 数控机床的组成框图

用了许多新的加强刚性、减小热变形、提高精度等方面的措施。

2) CNC 装置

计算机数控装置(CNC 装置)是 CNC 系统的核心,也是现代数控机床的中枢。CNC 装置从内部存储器中取出或接受输入装置送来的一段或几段数控加工程序,经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制机床各部分的工作,使其进行规定的有序运动和动作。CNC 装置主要包括微处理器 CPU、存储器、局部总线、外围逻辑电路及与 CNC 系统的其他组成部分联系的接口等。数控机床的 CNC 系统完全由软件来处理数字信息,因而具有真正的柔性化,可处理逻辑电路难以处理的复杂信息,使数字控制系统的性能大大提高。

3) I/O 设备

键盘、磁盘机等是数控机床的典型输入设备。数控系统一般配有 CRT 显示器或点阵式液晶显示器,显示的信息比较丰富,并能显示图形。数控加工程序可通过键盘,用手工方式直接输入数控系统,也可由编程计算机用 RS232C 或采用网络通信方式传送到数控系统中。

零件加工程序输入过程有两种不同的方式:一种是边读入边加工;另一种是一次性将零件加工程序全部读入数控装置内部的存储器,加工时再从存储器中逐段调出进行加工。

4) 伺服单元

伺服单元是 CNC 和机床本体的联系环节,它把来自 CNC 装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。根据接收指令的不同,伺服单元有脉冲式和模拟式之分,而模拟式伺服单元按电源种类又可分为直流伺服单元和交流伺服单元。

5) 驱动装置

驱动装置把经放大的指令信号变为机械运动,通过简单的机械连接部件驱动机床,使工作台精确定位或按规定的轨迹做严格的相对运动,最后加工出图纸所要求的零件。和伺服单元相对应,驱动装置有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。

伺服单元和驱动装置可合称为伺服驱动系统,它是机床工作的动力装置。CNC 装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施,所以,伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说,数控机床功能的强弱主要取决于 CNC 装置,而数控机床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。

6) PLC

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量指令信号,经过编译、逻辑判别和运算,再经功率放大后驱动相应的电器,带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令

规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启停,工件和机床部件的松开、夹紧,分度工作台转位分度等开关辅助动作。

现广泛采用可编程控制器(PLC)作为数控机床的辅助控制装置。可编程控制器(PC, programmable controller)是一种以微处理器为基础的通用型自动控制装置,专为在工业环境下应用而设计的。由于最初研制这种装置的目的是为了解决生产设备的逻辑及开关控制,故称它为可编程逻辑控制器(PLC, programmable logic controller),当 PLC 用于控制机床顺序动作时,也可称之为编程机床控制器(PMC, programmable machine controller)。

PLC 已成为数控机床不可缺少的控制装置。CNC 装置和 PLC 协调配合,共同完成对数控机床的控制。用于数控机床的 PLC 一般分为两类:一类是 CNC 的生产厂家为实现数控机床的顺序控制,而将 CNC 和 PLC 综合起来进行设计,称为内装型(或集成型)PLC,内装型 PLC 是 CNC 装置的一部分;另一类是以独立专业化的 PLC 生产厂家的产品来实现顺序控制功能,称为独立型(或外装型)PLC。

7) 测量装置

测量装置也称反馈元件,相当于普通机床的刻度盘和人的眼睛,它的功能是将数控机床各坐标轴的实际位移量检测出来,经反馈系统输入到机床的数控装置中。数控装置将反馈回来的实际位移量值与设定值进行比较,控制驱动装置按指令设定值运动。测量装置通常安装在机床的工作台或丝杠上,它把机床工作台的实际位移转变成电信号反馈给 CNC 装置,供 CNC 装置与指令值比较产生误差信号,以控制机床向消除该误差的方向移动。

1.2.2 数控机床的分类

数控机床的品种很多,根据其加工、控制原理、功能和组成,可以从以下几个不同的角度进行分类。

1. 按加工工艺方法分类

1) 金属切削类数控机床

与传统的车、铣、钻、磨、齿轮加工相对应的数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床等。尽管这些数控机床在加工工艺方法上存在很大差别,具体的控制方式也各不相同,但机床的动作和运动都是数字化控制的,具有较高的生产率和自动化程度。

在普通数控机床上加装一个刀库和换刀装置就成为数控加工中心机床。数控加工中心机床进一步提高了普通数控机床的自动化程度和生产效率。例如,铣、镗、钻加工中心,它是在数控铣床基础上增加了一个容量较大的刀库和自动换刀装置形成的,工件一次装夹后,可以对箱体零件的四面甚至五面大部分加工工序进行铣、镗、钻、扩、铰及攻螺纹等多工序加工,特别适合箱体类零件的加工。数控加工中心机床可以有效地避免工件多次安装造成的定位误差,减少了机床的台数和占地面积,缩短了辅助时间,大大提高了生产效率和加工质量。立式加工中心如图 1-5 所示。

2) 特种加工类数控机床

除了切削加工数控机床以外,数控技术也大量用于数控线切割机床(如图 1-6 所示)、数