



高职高专规划示范教材

数控技术

主 编 彭永忠 张永春
副主编 朱年华 吴应昌 唐爱武
主 审 杨冬生



北京航空航天大学出版社



高职高专规划示范教材

数 控 技 术

主 编 彭永忠 张永春
副主编 朱年华 吴应昌 唐爱武
主 审 杨冬生

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

以数控编程及加工为主线,阐述数控技术的基本概念,数控机床的基本结构,数控编程的基础及工艺,数控车、铣及加工中心的编程与加工方法等,并简要介绍了 MasterCAM 软件的应用。

本书以案例教学为主,共有 11 个实训项目,从基本的机床操作入手,再由简单零件到复杂零件的编程、加工训练,内容深入浅出。各章均附有针对性的习题。

本书主要供高职院校机电类专业师生使用,也可作为数控培训教材使用,还可作为数控工程技术人员和研究人员的参考用书。

本书配有教学课件,请发送邮件至 bhkejian@126.com 或致电 010-82317027 申请索取。

图书在版编目(CIP)数据

数控技术 / 彭永忠, 张永春主编. —北京: 北京航空航天大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-81124-772-5

I. 数… II. ①彭…②张… 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(2009)第 070067 号

数控技术

主 编 彭永忠 张永春

副主编 朱年华 吴应昌 唐爱武

主 审 杨冬生

责任编辑 董云凤 张金伟

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpess@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本: 787×1 092 1/16 印张: 14.25 字数: 365 千字

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷 印数: 4 000 册

ISBN 978-7-81124-772-5 定价: 25.00 元

前 言

本书从高职教育的特点入手,以实用为目的,以必需、够用为度,重点讲解基本理论和实践操作,使之具有较强的针对性和实用性。本书详细介绍了 FANUC Oi 系统的数控车、铣、加工中心的基础理论知识和实践操作,文字叙述力求简练、清晰,配有大量的零件加工图形、界面图形、举例程序和习题等,使内容具体,直观易懂,便于数控编程与加工的基础理论学习和数控机床的实践操作。本书中还附有 SIEMENS 802D 和华中世纪星系统的编程指令及格式。

参加本书编写的有甘肃畜牧工程职业技术学院吴应昌(第 1 章),大连水产学院职业技术学院张永春(第 2 章),湖南永州职业技术学院彭永忠(第 3 章),山西农业大学平遥机电学院李灵魁、江苏农业职业技术学院秦培亮(第 4 章),北京农业职业学院清河分院刘英超、大连水产学院职业技术学院赵成喜、于吉鲲(第 5 章),江苏南通农业职业技术学院朱年华(第 6 章)。湖南永州职业技术学院唐爱武负责实训课题的编写,江苏畜牧职业技术学院陈强编写了附录指令格式表。全书由彭永忠、张永春任主编,朱年华、吴应昌、唐爱武任副主编。

本书由杨冬生教授主审,他对本书的编写提出了许多宝贵意见和建议,在此表示感谢!同时,也对所有关心、支持本书编写工作的人及本书所引用的文献、著作的作者表示感谢!

由于编者水平有限,书中如有不妥或谬误之处,敬请各位专家和广大读者批评指正!

编 者
2009 年 4 月

序

数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,数控技术的应用是提高制造业的产品质量和劳动生产率必不可少的重要手段。数控机床是工业现代化的重要战略装备,是体现国家综合国力水平的重要标志。专家预言:21 世纪机械制造业的竞争,其实是数控技术的竞争。

目前,我国逐步变成“世界制造中心”,拥有全世界数量最多的机床(近 300 万台),但我们的机床数控化率仅达到 2% 左右,这与西方工业国家(一般能达到 20%)差距太大。日本不到 80 万台的机床却有近 10 倍于我国的制造能力。数控化率低,已有数控机床利用率、开动率低,是发展我国 21 世纪制造业必须首先解决的最主要问题。要解决此问题,必须加强数控人才的培养。对于数控人才,有以下 3 个需求层次:

1) 蓝领层(数控操作技工) 精通机械加工和数控加工工艺知识,熟练掌握数控机床的操作和手工编程,了解自动编程和数控机床的简单维修。这适合高职、中职学生。此类人员市场需求量大,适合作为车间的数控机床操作技工。但由于其知识较单一,其工资待遇不会太高。

2) 灰领层 ① 数控编程员。掌握数控加工工艺知识和数控机床的操作;掌握复杂模具的设计和制造专业知识;熟练掌握三维 CAD/CAM 软件,如 UG、ProE 等;熟练掌握数控手工和自动编程技术;适合由高职、本科院校组织培养,并作为工厂设计处和工艺处的数控编程员。此类人员需求量大,尤其在模具行业非常受欢迎,待遇也较高。② 数控机床维修人员。掌握数控机床的机械结构和机电联调、操作与编程;熟悉各种数控系统的特点、软硬件结构、PLC 和参数设置;精通数控机床的机械和电气的调试和维修;适合作为工厂设备处的工程技术人员。虽然此类人员需求量相对较少,但培养非常不易,要求其知识结构很广,适应与数控相关工作的能力强,并需要大量实际经验的积累。此类人员目前非常缺乏,其待遇也较高。

3) 金领层(数控通才) 具备并精通数控操作技工、数控编程员和数控维修人员所需掌握的综合知识,并在实际工作中积累了大量实际经验,知识面很广;精通数控机床的机械结构设计和数控系统的电气设计,掌握数控机床的机电联调;能自行完成数控系统的选型以及数控机床电气系统的设计、安装、调试和维修;能独立完成机床的数控化改造。此类人员是企业(特别是民营企业)的抢手人才,其待遇很高。适合由高职、本科院校组织培养,但必须提供特殊的实训措施和名师指导,促其成才。此类人员可担任企业的技术负责人或机床厂数控机床产品开发的机电设计主管。

我国现在处于生产一线的各种数控人才主要有两个来源:一是大学、高职和中职的机电一体化或数控技术应用等专业的毕业生。他们都很年轻,具有不同程度的英语、计算机应用、机械和电气基础理论知识及一定的动手能力,容易接受新工作岗位的挑战。他们最大的缺陷就是缺乏工作经验;同时,由于学校教育的专业课程分工过窄,仍然难以满足某些企业对加工和维修一体化的复合型人才的要求。另一个是从企业现有员工中挑选的人员。他们参加不同层次的数控技术中、短期培训,以适应企业对数控人才的需求。这些人员一般具有企业所需的工艺背景、比较丰富的实践经验,但是他们大部分是传统机类或电类专业的毕业生,知识面较窄,特别是对计算机应用技术和计算机数控系统不太了解。

高职教育作为蓝领层、灰领层、金领层数控人才培养的前沿阵地,在培养技能型人才的过程中,教材显得尤为重要。本教材较好地贯彻了职业性、实用性、系统性及针对性的编写原则,具有明显的职业教育特色,将有助于学生专业理论的学习和应用技能的训练和提高。

杨冬生
2009年4月

目 录

第 1 章 数控机床概述	1
1.1 数控技术的基本概念	1
1.1.1 数控机床的诞生	1
1.1.2 数控机床的发展过程	1
1.1.3 我国数控机床的发展过程	2
1.2 数控机床的组成、工作原理及特点	3
1.2.1 数控机床的组成	3
1.2.2 数控机床的工作过程	5
1.2.3 数控机床的特点	5
1.2.4 数控机床适合加工的零件	6
1.3 数控机床的分类	7
1.3.1 按工艺用途分类	7
1.3.2 按运动轨迹分类	7
1.3.3 按伺服系统的控制方式分类	8
1.3.4 按功能分类	9
1.4 数控机床的发展趋势	10
1.4.1 机床结构的发展	11
1.4.2 计算机控制性能的发展	13
1.4.3 伺服驱动系统的发展	15
1.4.4 计算机群控	16
1.4.5 柔性制造系统	17
实训项目 1 数控机床面板操作及加工演示	20
小 结	25
思考与练习题	26
第 2 章 数控机床的机械结构	27
2.1 概 述	27
2.1.1 数控机床机械结构的主要组成	27
2.1.2 数控机床的机械结构特点及要求	27
2.2 数控机床的主传动系统及部件	28
2.2.1 主轴变速方式	29
2.2.2 主轴部件	30
2.3 数控机床的进给传动系统	33
2.3.1 齿轮传动装置	33
2.3.2 滚珠丝杠螺母副	35

2.3.3 导 轨	38
2.4 自动换刀装置	39
2.4.1 自动换刀装置的形式	39
2.4.2 刀 库	41
小 结	41
思考与练习题	42
第 3 章 数控编程基础	43
3.1 程序编制的基本知识	43
3.1.1 程序编制的内容和步骤	43
3.1.2 数控编程的方法	44
3.1.3 字符与代码	45
3.1.4 数控机床坐标系和运动方向	46
3.1.5 程序结构与格式	49
3.2 数控机床加工工艺分析	49
3.2.1 数控机床的选择和加工工序的安排	49
3.2.2 数控加工的工艺路线设计	51
3.2.3 工件的装夹和换刀点位置的确定	52
3.2.4 数控机床加工刀具的选择	54
3.2.5 切削用量的选择	55
3.2.6 数控加工专用工艺文件编写	56
小 结	57
思考与练习题	58
第 4 章 数控车床程序的编制及操作	59
4.1 概 述	59
4.1.1 数控车床主要加工对象	59
4.1.2 数控车床主要功能	60
4.1.3 数控车床的类型	60
4.1.4 数控车床的工艺装备、刀具和夹具等	63
4.1.5 数控车床的选择配置与机械结构组成	67
4.1.6 数控车床的数控系统	68
4.2 数控车床常用的编程指令	69
4.2.1 数控车床的编程特点	69
4.2.2 数控车床的编程规则	69
4.2.3 数控车床坐标系	71
4.2.4 数控车床常用指令	71
4.3 数控车床的操作面板及操作简介	110
4.3.1 数控车床操作面板简介	110
4.3.2 操作面板各功能键简介	111
4.3.3 FANUC 系统的工作方式简介	112

4.3.4 FANUC 系统编程操作	114
4.3.5 安全操作	114
4.3.6 数控车床加工过程	114
4.4 车削加工实例	115
实训项目 2 数控车床的对刀操作	119
实训项目 3 简单车削零件的加工	122
实训项目 4 简单螺纹加工实训	124
实训项目 5 外(内)表面循环加工指令实训	126
实训项目 6 数控车床综合加工实训	128
小 结	131
思考与练习题	131
第 5 章 数控铣床及加工中心程序的编制及操作	134
5.1 概 述	134
5.1.1 数控铣床概述	134
5.1.2 加工中心概述	137
5.2 数控铣床及加工中心常用的编程指令	139
5.2.1 数控系统的功能代码	139
5.2.2 手工编程	141
5.3 数控铣床及加工中心的操作面板及操作简介	150
5.4 铣削加工编程实例	159
5.4.1 实例 1——平面轮廓类零件	159
5.4.2 实例 2——挖槽类零件	162
5.4.3 实例 3——孔系类零件	165
5.4.4 实例 4——子程序应用	169
5.4.5 实例 5——模具加工	172
5.4.6 实例 6——用户宏指令编程	176
实训项目 7 数控铣床及加工中心对刀操作	179
实训项目 8 外型轮廓加工实训	183
实训项目 9 简化指令编程加工实训	184
实训项目 10 钻孔循环加工指令实训	186
实训项目 11 数控铣床综合加工实训	187
小 结	188
思考与练习题	188
第 6 章 自动编程加工	193
6.1 自动编程的基本概念和分类	193
6.1.1 自动编程的基本原理	193
6.1.2 自动编程的主要特点	193
6.1.3 自动编程的分类	194
6.2 CAD/CAM 编程软件自动编程的内容与步骤	195

6.2.1 常用的几种 CAD/CAM 软件简介	195
6.2.2 自动编程的内容与步骤	196
6.3 MasterCAM X 自动编程加工实例	199
6.3.1 创建零件图形	199
6.3.2 选择机床	200
6.3.3 刀具路径	201
6.3.4 CAXA 制造工程师概述	207
小 结	207
思考与练习题	208
附 录	209
附录 A FANUC 0i 数控系统功能指令格式	209
附录 B 华中世纪星数控系统功能指令格式	212
附录 C 西门子 802S/C 与 802D 数控系统指令	215
参考文献	218

第 1 章 数控机床概述

1.1 数控技术的基本概念

随着科学技术的高速发展,机械制造领域正发生着巨大变化,传统的生产方式和加工技术已难以满足市场对产品优质、高效及多品种的需求。数控技术是现代工业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,是知识密集、资金密集的现代制造技术,也是国家重点发展的前沿技术。特别是在面对市场竞争日趋激烈、市场需求不断变化的情况下,为了加速开发研制新产品,改变单一不变、大批量的生产格局,以数控加工技术为代表的现代制造技术展现出其强大的生命力。近几年,在我国已呈现出以数控加工技术逐步取代传统的机械制造技术的趋势。

数控技术是根据设计和工艺要求,用计算机对产品加工过程进行数字化信息处理与控制,达到生产自动化、提高综合效益的一门技术。

所谓数控机床(Numerical Control Machine Tools)是指采用数控技术控制的机床。详言之,就是用规定的指令和代码将零件加工信息编制成程序,送入数控系统,经过译码、运算处理,将程序“翻译”为电脉冲信号,来控制机床刀具与工件的相对运动,加工出所需工件的一类机床即为数控机床。

近年来,随着微电子和计算机技术的飞速发展及数控机床的广泛应用,使加工技术跨入一个新的里程,并建立起一种全新的生产模式,在日、美、德、意等发达国家已出现了以数控机床为基础的自动化生产系统。如计算机直接数控系统 DNC(Direct Numerical Control)、柔性制造单元 FMC(Flexible Manufacturing Cell)、柔性制造系统 FMS(Flexible Manufacturing System)和计算机集成制造系统 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System)。

1.1.1 数控机床的诞生

为了解决复杂零件的自动化加工问题,1949 年美国帕森公司(Parsons Co)和麻省理工学院(MIT)合作,于 1952 年 3 月研制成功世界上第一台有信息存储和处理功能的新型机床——三坐标立式数控铣床。它的产生,标志着数控机床的诞生,从此数控技术随着计算机技术和微电子技术的发展而迅速发展起来,数控机床也在迅速发展和不断更新换代。

1.1.2 数控机床的发展过程

从 1952 年世界上第一台数控机床诞生之日起,随着计算机技术的同步发展,数控机床先后经历了以下 6 个阶段:

- ▶ 第 1 代电子管数控系统: 1952—1959 年,电路采用的是电子管元件,数控装置体积比机床本体还要大,运算速度慢。
- ▶ 第 2 代晶体管数控系统: 1959—1965 年,用晶体管取代电子管,运算速度较快,价格较

便宜。

- ▶ 第3代集成电路数控系统：1965—1970年，出现了集成电路取代晶体管，数控系统的可靠性有效提高，生产成本也显著降低。

以上3代数控系统都属于“硬连接”数控，系统的主要功能由硬件控制实现，灵活性差，可靠性难以保证。

- ▶ 第4代小型计算机数控系统：1970—1974年，数控系统的许多功能可以通过软件来实现，开创了计算机数控(CNC)的新纪元。但它的价格昂贵，主要用于一些科研院所。
- ▶ 第5代微型计算机数控系统：从1974年开始，以微处理器为核心构成了第5代数控系统——微型计算机数控系统，才真正使计算机数控系统得到了快速发展和广泛应用。它的功能强、运算速度快、可靠性高，而且价格便宜，较好地满足了数控机床发展的要求。
- ▶ 第6代PC数控系统：20世纪80年代，通用化的个人计算机PC(Personal Computer)得到迅速发展，开始在全世界普及和应用，由此催生了第6代数控系统——PC数控系统。

PC数控是自数控技术诞生以来最具深远意义的一次飞跃。与第5代数控系统的最大不同在于，PC数控系统的硬件平台和软件平台是完全通用的。虽然第5代数控系统也称为计算机数控系统，但这种数控系统的计算机是专用的，需由数控系统生产厂家自行开发和生产，这样就导致数控系统的几个生产厂家为了利益，技术上互相封锁，数控系统和其他操作系统不匹配，使得数控机床的推广和使用比较困难。以第6代PC数控系统为平台的计算机数控系统则完全避免了专用计算机数控系统的这些不足，使数控技术的发展更加迅速、应用更加广泛。

1.1.3 我国数控机床的发展过程

数控技术和装备是制造工业现代化的重要基础。这个基础是否牢固直接影响到一个国家的经济发展和综合国力，关系到一个国家的战略地位。因此，世界上工业发达的国家均采取重大措施来发展自己的数控技术及其产业。

在我国，采取“引进、消化、吸收、创新”等方式，近年来，数控技术与装备得到了长足发展。我国从1958年开始研制数控机床，60年代针对壁锥、非圆齿轮等复杂形状的工件加工，研制出了数控壁锥铣床、数控非圆齿轮插齿机等设备；70年代针对航空工业等加工复杂形状零件的需要，从1973年以来组织了数控机床攻关会战，经过3年努力，到1975年已试制生产了40多个品种、300多台数控机床。据国家统计局的资料，1973—1979年，7年内全国累计生产数控机床4108台（其中3/4以上为数控线切割机床）。进入80年代，我国自主开发了华中Ⅰ号、中华Ⅰ号、航天Ⅰ号和蓝天Ⅰ号4种系统，基本上掌握了关键技术，建立了数控开发、生产基地，培养了一批数控人才，初步形成了自己的数控产业。特别是“十五”以来，我国机床行业平均每年完成科研项目100项以上，数控系统技术取得突破性发展，中高档数控机床自主研发力度加大，一批填补国内空白的新产品相继成功问世。在通用微机数控领域，以PC平台为基础的国产数控系统，已经走在了世界前列。这一切说明，我国的机床数控技术已经进入了一个新的发展时期。

但是，我国在数控技术研究和产业发展方面亦存在不少问题，特别是在技术创新能力、商品化进程和市场占有率等方面的问题尤为突出。在新的历史时期，如何有效解决这些问题，使

我国数控领域沿着可持续发展的道路前进,从整体上全面迈入世界先进行列,使我们在国际竞争中占有举足轻重的地位,将是数控研究开发部门和生产厂家所面临的重要任务。预计在不久的将来,我国的数控技术将会达到世界先进国家的水平。

1.2 数控机床的组成、工作原理及特点

1.2.1 数控机床的组成

数控机床的基本组成包括加工程序载体、数控装置、伺服系统和测量反馈系统、机床主体和其他辅助装置,如图 1-1 所示。

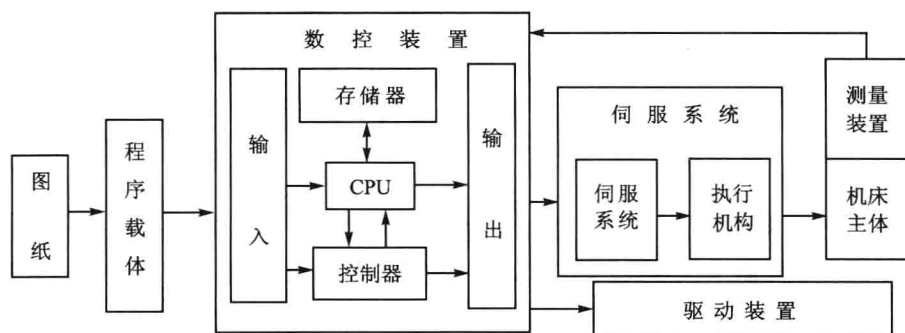


图 1-1 数控机床的组成

1. 程序载体

数控机床工作时,不需要工人直接去操作机床,通过编制加工程序对数控机床进行控制。零件加工程序中,包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数(进给量、主轴转速等)和辅助运动等。将零件加工程序用一定的格式和代码,存储在一种程序载体上,如穿孔纸带、盒式磁带、软磁盘等,通过数控机床的输入装置,将程序信息输入 CNC 单元。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心。现代数控装置均采用 CNC(Computer Numerical Control)形式,这种 CNC 装置一般使用多个微处理器,以程序化的软件形式实现数控功能,因此又称软件数控(Software NC)。CNC 系统是一种位置控制系统,它是根据输入数据,插补出理想的运动轨迹,然后输出到执行部件加工出所需要的零件。因此,数控装置主要由输入、处理和输出 3 个基本部分构成。而所有这些工作都由计算机的系统程序进行合理地组织,使整个系统协调地工作。

(1) 输入装置

将数控指令输入数控装置,根据程序载体的不同,相应有不同的输入装置。目前主要有键盘输入、磁盘输入、CAD/CAM 系统直接通信方式输入和连接上一级计算机的 DNC(直接数控)输入,现仍有不少系统还保留有光电阅读机的纸带输入形式。

① 纸带输入方式 可用纸带光电阅读机读入零件程序,直接控制机床运动,也可以将纸带内容读入存储器,用存储器中储存的零件程序控制机床运动。

② MDI 手动数据输入方式 操作者可利用操作面板上的键盘输入加工程序的指令,它适用于比较短的程序。在控制装置编辑状态(EDIT)下,用软件输入加工程序,并存入控制装置的存储器中,这种输入方法可重复使用程序。一般手工编程均采用这种方法。在具有会话编程功能的数控装置上,可按照显示器上提示的问题,选择不同的菜单,用人机对话的方法,输入有关的尺寸数字,就可自动生成加工程序。

③ 采用 DNC 直接数控输入方式 把零件程序保存在上级计算机中,CNC 系统一边加工一边接收来自计算机的后续程序段。DNC 方式多用于采用 CAD/CAM 软件设计的复杂工件并直接生成零件程序的情况。

(2) 信息处理

输入装置将加工信息传给 CNC 单元,编译成计算机能识别的信息。由信息处理部分按照控制程序的规定,逐步存储并进行处理后,通过输出单元发出位置和速度指令给伺服系统和主运动控制部分。CNC 系统的输入数据包括:零件的轮廓信息(起点、终点、直线、圆弧等)、加工速度及其他辅助加工信息(如换刀、变速、冷却液开关等)。数据处理的目的是完成插补运算前的准备工作。数据处理程序还包括刀具半径补偿、速度计算及辅助功能的处理等。

(3) 输出装置

输出装置与伺服机构相联。输出装置根据控制器的命令接收运算器的输出脉冲,并把它送到各坐标的伺服控制系统,经过功率放大,驱动伺服系统,从而控制机床按规定和要求运动。

3. 伺服机构与测量反馈系统

机床伺服系统是数控系统的执行部分,是以机床移动部件(工作台或刀架)的位置和速度作为控制量的自动控制系统。该系统由驱动装置和执行机构组成,包括速度控制装置、位置控制装置、驱动伺服电机和相应的机械传动装置等。其功能是接受数控装置输出的脉冲信号指令,使机床上的移动部件做相应的运动。每一个脉冲信号指令使机床移动部件产生的位移量称为脉冲当量,通常脉冲当量为 0.01 mm/脉冲 或 0.001 mm/脉冲 。驱动装置由主轴驱动单元、进给驱动单元和主轴伺服电动机、进给伺服电动机等组成。常用的电动机主要有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。

伺服系统应满足的要求是,进给速度范围大、位移精度高、工作速度响应快以及工作稳定性好。

在半闭环和闭环伺服控制装置中,使用位置检测装置间接或直接测量执行部件的实际进给位移,并与指令位移进行比较,将其误差转换放大后控制执行部件的进给运动。常用的位移检测元件有脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅及磁栅等。

4. 机床主体

机床主体是数控机床的骨架,包括床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台、主轴箱、进给机构、刀架及自动换刀装置等机械部件,是在数控机床上自动地完成各种切削加工的机械部分。与传统机床相比,数控机床主体具有以下结构特点:

① 采用具有高刚度、高抗振性及较小热变形的机床新结构。通常采用提高结构系统的静刚度、增加阻尼、调整结构件质量和固有频率等方法来提高机床主体的刚度和抗振性,使其能适应数控机床连续自动地进行切削加工的需要。采取改善机床结构布局、减少发热、控制温升及采用热位移补偿等措施,减少热变形对机床主体的影响。

② 广泛采用高性能的主轴伺服驱动和进给伺服驱动装置,使数控机床的传动链缩短,简化机床机械传动系统的结构。

③ 采用高传动效率、高精度、无间隙的传动装置和运动部件,如滚珠丝杠螺母副、塑料滑动导轨、直线滚动导轨和静压导轨等。

5. 辅助装置

辅助装置是保证充分发挥数控机床功能所必需的配套装置,常用的辅助装置包括:气动、液压装置,排屑装置,冷却、润滑装置,回转工作台和数控分度头、防护装置及照明装置等。

1.2.2 数控机床的工作过程

数控机床加工工件的过程如图 1-2 所示。

1. 准备阶段

根据加工零件的图纸,确定有关加工数据(刀具轨迹坐标点、加工的切削用量、刀具尺寸信息等)。根据工艺方案、选用的夹具、刀具的类型等选择有关其他辅助信息。

2. 编程阶段

要根据加工零件的图样与工艺方案,用机床数控系统能识别的语言编写数控加工程序(对加工工艺过程的描述),并填写程序单。

3. 准备信息载体

根据已编好的程序单,将程序存放在信息载体(穿孔带、磁带、磁盘等)上,通过信息载体将全部加工信息传给数控系统。若数控加工机床与计算机联网时,可直接将信息载入数控系统。

4. 加工阶段

当执行程序时,机床数控系统(CNC)将加工程序语句译码、运算,转换成驱动各运动部件的动作指令,在系统的统一协调下驱动各运动部件做适时运动,自动完成对工件的加工。

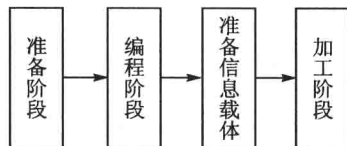


图 1-2 数控机床的加工过程

1.2.3 数控机床的特点

与通用机床和专用机床相比,数控机床具有以下主要特点:

① 加工精度高,质量稳定。数控机床的脉冲当量一般为 0.001 mm ,高精度的数控机床可达 0.0001 mm ,其运动分辨率远高于普通机床。另外,数控机床具有位置检测装置,可将移动部件实际位移量或丝杠、伺服电动机的转角反馈到数控系统,并进行补偿。因此,可获得比机床本身精度还高的加工精度。数控机床加工零件的质量由机床保证,无人为操作误差的影响,因此,同一批零件的尺寸一致性好,质量稳定。

② 对产品改型的适应性强。当被加工零件改型后,在数控机床只需变换零件的加工程序,调整刀具参数等,就能实现对改型后零件的加工,生产准备周期大大缩短。因此,数控机床可以很快地从加工一种零件转换为加工另一种改型后的零件,这就为单件、小批量新试制产品的加工和需频繁更新的零件加工提供了极大的方便。

③ 生产效率高。数控机床的主轴转速和进给量范围比普通机床的范围大,良好的结构刚性允许数控机床采用大的切削用量,从而有效地节省了加工时间。对某些复杂零件的加工,如果采用带有自动换刀装置的数控加工中心,可实现在一次装夹下进行多工序的连续加工,减少了半成品的周转时间,生产率的提高更为明显。

④ 能完成普通机床难以完成或根本不能加工的复杂零件加工。例如,采用二轴联动或二轴以上联动的数控机床,可加工母线为曲线的旋转体曲面零件、凸轮零件和各种复杂空间曲面类零件。

⑤ 有利于制造技术向综合自动化方向发展。数控机床是机械加工自动化的基本设备,以数控机床为基础建立起来的 FMC、FMS、CIMS 等综合自动化系统使机械制造的集成化、智能化和自动化得以实现。这是由于数控机床控制系统采用数字信息与标准化代码输入、并具有通信接口,容易实现数控机床之间的数据通信,最适宜计算机之间的联接,组成工业控制网络,实现自动化生产过程的计算、管理和控制。

⑥ 监控功能强,具有故障诊断的能力。CNC 系统不仅控制机床的运动,而且可对机床进行全面监控。例如,可对一些引起故障的因素提前报警,进行故障诊断等,极大地提高了检修的效率。

⑦ 减轻工人劳动强度、改善劳动条件。

1.2.4 数控机床适合加工的零件

数控机床是一种可编程的通用加工设备,但是因为设备投资费用较高,因此还不能用数控机床完全替代其他设备。数控机床的选用有其一定的适用范围,图 1-3 可粗略地表示数控机床的适用范围。从图 1-3(a)可看出,通用机床多适用于零件结构不太复杂、生产批量较小的场合;专用机床适用于生产批量很大的零件;数控机床对于形状复杂的零件尽管批量小也同样适用。随着数控机床的普及,数控机床的适用范围也愈来愈广,对一些形状不太复杂而重复工作量很大的零件,如印制电路板的钻孔加工等,由于数控机床生产率高,也已大量使用。因而,数控机床的适用范围已扩展到图 1-3(a)中阴影所示的范围。

图 1-3(b)表示当采用通用机床、专用机床及数控机床加工时,零件生产批量与零件总加工费用之间的关系。据有关资料统计,当生产批量在 100 件以下,用数控机床加具有有一定复杂程度零件时,加工费用最低,能获得较高的经济效益。

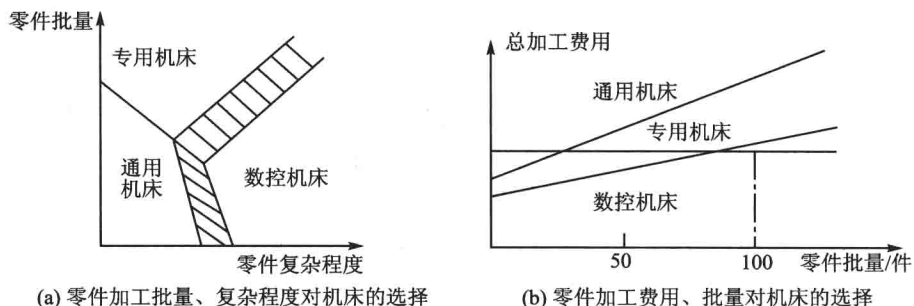


图 1-3 数控机床的适用范围

由此可见,数控机床最适宜加工以下类型的零件:

- ① 生产批量小的零件(100 件以下);
- ② 需要进行频繁改型的零件;

- ③ 加工精度要求高、结构形状复杂的零件,如箱体类,曲线、曲面类零件;
- ④ 普通机床加工无法保证尺寸的零件;
- ⑤ 价值昂贵的零件,这种零件虽然生产量不大,但是如果加工中因出现差错而报废,将产生巨大的经济损失。

1.3 数控机床的分类

目前,数控机床品种已经基本齐全,规格繁多,据不完全统计已有 400 多个品种规格。归纳起来,常见的分类方法有 4 种。

1.3.1 按工艺用途分类

1. 一般数控机床

切削加工类:如数控车床、铣床、镗床、钻床、磨床及齿轮加工机床等。

成型加工类:如数控压力机、数控冲床、数控弯管机及数控折弯机等。

特种加工类:数控电火花加工机床、线切割机床、激光加工机等。

其他类型:如数控多坐标测量机、自动绘图机及工业机器人等。

2. 加工中心

配备有刀库和自动换刀装置的数控机床称为数控加工中心,其特点是在同一台数控设备上可进行车、铣、镗、钻等多种工序的加工。

加工中心可以有效地避免由于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,提高了生产效率和加工质量。

1.3.2 按运动轨迹分类

按照能够控制刀具与工件间相对运动的轨迹,可将数控机床分为点位控制数控机床、点位/直线控制数控机床、轮廓控制数控机床等。现分述如下:

1. 点位控制系统

其特点是刀具相对工件的移动过程中,不进行切削加工,对定位过程中的运动轨迹没有严格要求,只要求从一坐标点到另一坐标点的精确定位。如数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床、数控点焊机和数控测量机等,如图 1-4(a)所示。

2. 点位/直线控制系统

这类控制系统的特点是除了控制起点与终点之间的准确位置外,还要求刀具由一点到另一点之间的运动轨迹为一条直线,并能控制位移的速度,因为这类数控机床的刀具在移动过程中要进行切削加工。直线控制系统的刀具切削路径只沿着平行于某一坐标轴方向运动,或者沿着与坐标轴成一定角度的斜线方向进行直线切削加工,如图 1-4(b)所示。采用这类控制系统的机床有数控车床、数控铣床等。同时具有点位控制功能和直线控制功能的点位/直线控制系统,主要应用在数控镗铣床和加工中心机床上。

3. 轮廓控制系统

也称连续控制系统。其特点是能够同时对两个或两个以上的坐标轴进行连续控制。加工