



21世纪高职高专规划教材·机电类

数控加工工艺

主 编 杨晓平



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容简介

21 世纪高职高专规划教材·机电类

数控加工工艺

主 编 杨晓平
副主编 张 俊

中国版本图书馆 CIP 数据		中国版本图书馆 CIP 数据	
I. 数… II. 杨… III. 数控加工—加工 I. TG629		I. 数… II. 杨… III. 数控加工—加工 I. TG629	
IV. TG629		IV. TG629	
中国版本图书馆 CIP 数据		中国版本图书馆 CIP 数据	
北京理工大学出版社		北京理工大学出版社	
北京市西城区		北京市西城区	
邮编 100081		邮编 100081	
电话 (010) 68914772		电话 (010) 68914772	
网址 http://www.bjupress.com		网址 http://www.bjupress.com	
经 销 全国各新华书店		经 销 全国各新华书店	
印 刷 陕西西安		印 刷 陕西西安	
开 本 787 毫米×960 毫米		开 本 787 毫米×960 毫米	
印 张 20.25		印 张 20.25	
字 数 411 千字		字 数 411 千字	
定 价 39.00 元		定 价 39.00 元	

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

责任编辑：张俊
封面设计：张俊

版权所有，侵权必究

内 容 简 介

本书共分为7章,包括数控加工概述、数控加工工艺基础、数控机床夹具基础、数控加工刀具的基础、数控车削加工工艺、数控铣削及加工中心工艺及数控线切割加工工艺。本书简明扼要,浅显易懂,是一本针对性和实用性较强的教材,书中的实例都是根据实际加工进行编写,让读者更能理论联系实际进行数控加工工艺的编制。

本书可作为高等职业院校数控技术和机电一体化等专业用书,也可以作为与之相近专业师生及有关工程技术人员参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺/杨晓平主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-5640-2666-0

I. 数… II. 杨… III. 数控机床-加工工艺-高等学校-教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 147031 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 陕西省乾兴印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 20.25

字 数 / 411 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 36.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

目前,随着国内数控机床用量的剧增和国家大力发展制造业的需要,社会急需大批熟练掌握数控机床加工的高技能型人才。为满足教学及中、高级数控技术人员学习的需要,编者针对数控教学的特点,根据多年的教学经验,编写了本书。

本书按照以实际应用为目的,以理论必须、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点的原则,紧紧围绕数控加工的工艺内容,把数控加工工艺基础、数控机床夹具基础和数控加工刀具的基础知识进行了有机的融合。在此基础上系统地介绍了数控加工概念、数控加工工艺基础、数控机床夹具基础、数控加工刀具的基础、数控车削加工工艺、数控铣削加工中心工艺及数控线切割加工工艺等内容。

本书简明扼要,浅显易懂,理论结合实际。全书共7章,由陕西国防工业职业技术学院杨晓平担任主编并对全书统稿,由西安航空职业技术学院张俊老师担任副主编。其中第1章、第2章2.1~2.3节由陕西国防工业职业技术学院杨晓平编写;第2章2.4~2.8节由陕西国防工业职业技术学院赵熹编写;第3章由西京学院王宏伟和郑州交通职业学院李鹏编写;第4章由西京学院霍肖飞编写;第5章由陕西国防工业职业技术学院潘冬编写;第6章由西安航空职业技术学院张俊和郑州电子信息职业技术学院朱卫国共同编写;第7章由陕西国防工业职业技术学院曾霞编写。

全书由李诚人教授主审,对本书提出了不少宝贵的建议,编者在此致以衷心感谢!

由于编者的水平有限,书中难免存在一些不足之外,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 数控加工工艺概述	1
1.1 数控加工在机械制造业中的地位和作用	1
1.1.1 数控加工在机械制造业中的地位和作用	1
1.1.2 数控加工的发展	2
1.1.3 数控机床加工工艺研究的内容及任务	3
1.1.4 数控机床加工工艺的特点及学习方法	4
1.2 数控加工与数控工艺	4
1.2.1 数控加工的概念	4
1.2.2 数控加工的基本原理与加工过程	4
1.2.3 数控加工的特点	7
1.2.4 数控加工工艺	8
1.3 数控加工工艺技术的新发展	10
1.3.1 CAPP 技术的概念	10
1.3.2 CAPP 技术的发展	10
1.3.3 CAPP 系统的分类	12
1.3.4 CAPP 系统的基本结构	13
习题	18
第 2 章 数控加工工艺基础	19
2.1 基本概念	19
2.1.1 生产过程和工艺过程	19
2.1.2 机械加工工艺过程的组成	20
2.1.3 机械加工的生产纲领、生产类型及工艺特征	24
2.2 工件获得加工精度的方法	26
2.2.1 获得尺寸精度的方法	26

2.2.2	获得形状精度的方法	27
2.2.3	获得位置精度的方法	28
2.3	加工余量的确定	29
2.3.1	加工余量的概念	29
2.3.2	工序加工余量的影响因素	31
2.3.3	确定加工余量的计算方法	33
2.4	加工质量	35
2.4.1	加工精度的概念	35
2.4.2	原始误差与加工误差的关系	36
2.4.3	影响加工精度的因素	36
2.4.4	提高加工精度的工艺措施	45
2.4.5	加工表面质量的含义	46
2.4.6	加工表面质量对零件使用性能的影响	48
2.4.7	影响加工表面粗糙度的因素及其改善措施	50
2.5	常用零件质量检验方法	52
2.5.1	常用零件质量检验方法	52
2.5.2	新技术在质量检验中的应用	65
2.6	机械加工工艺规程的制定	70
2.6.1	工艺规程的概念、制定的作用原则、主要依据和步骤	70
2.6.2	数控加工工艺文件的格式	71
2.6.3	零件图分析	77
2.6.4	零件毛坯的确定	79
2.6.5	工件定位基准的选择	82
2.6.6	工艺路线的拟定	89
2.7	工序尺寸和公差确定	99
2.7.1	基准重合时,工序尺寸和公差计算	100
2.7.2	基准不重合时,工序尺寸和公差计算	101
2.8	数控加工走刀路线、工件原点、对刀点、换刀点等的确定	109
2.8.1	刀具走刀路线的确定	109
2.8.2	机床原点、工件原点、对刀点、换刀点等的确定	110

习题	113
第3章 数控机床夹具基础	117
3.1 机床夹具概述	117
3.1.1 机床夹具的分类	117
3.1.2 机床夹具的组成	118
3.2 工件的定位原理	119
3.2.1 工件定位的基本原理	119
3.2.2 定位与夹紧的关系	121
3.3 定位基准的分类	121
3.4 定位方法和定位元件	122
3.5 定位误差	127
3.5.1 定位误差的产生	127
3.5.2 定位误差的分析与计算	128
3.6 工件的夹紧	131
3.6.1 夹紧装置应满足的基本要求	131
3.6.2 夹紧力方向和作用点的选择	132
3.6.3 常用机床夹具介绍	133
3.7 组合夹具简介	137
3.7.1 组合夹具的工作原理、特点及应用	137
3.7.2 组合夹具的系列和基本要素	138
3.7.3 组合夹具元件的分类	139
习题	142
第4章 数控切削刀具的基础	146
4.1 切削运动与切削要素的概述	146
4.1.1 切削运动和加工中的表面	146
4.1.2 切削要素	147
4.2 切削刀具几何参数对加工的影响及其合理的选择	150
4.2.1 前角的选择	150
4.2.2 后角的选用	151
4.2.3 主偏角及副偏角的选择	153

4.2.4	刃倾角的选择	154
4.2.5	其他几何参数的选择	155
4.2.6	刀具几何参数选择示例	156
4.3	数控刀具	156
4.3.1	刀具材料	157
4.3.2	刀具的种类	163
4.4	刀具磨损及耐用度	185
4.4.1	刀具磨损的原因	185
4.4.2	刀具磨损过程及磨钝标准	186
4.4.3	刀具耐用度	186
4.5	切削用量及切削液的选择	187
4.5.1	切削用量的选择	187
4.5.2	切削液的合理选用	188
	习题	190
第5章 数控车削加工工艺		191
5.1	数控车削加工工艺概述	191
5.1.1	数控车削的主要加工对象	191
5.1.2	数控车削加工工艺的基本特点	193
5.1.3	数控车削加工工艺的主要内容	193
5.2	数控车削加工工艺的制订	193
5.2.1	分析零件图	193
5.2.2	工序及装夹方法的确定	196
5.2.3	加工顺序和进给路线的确定	198
5.2.4	加工刀具及切削用量的选择	203
5.3	典型零件的工艺分析	209
5.3.1	轴类零件数控车削工艺分析	209
5.3.2	套类零件数控车削工艺分析	212
5.3.3	盘类零件数控车削工艺分析	215
5.3.4	综合类零件数控车削工艺分析	217
	习题	225

第 6 章 数控铣削及加工中心加工工艺	227
6.1 数控铣削及加工中心加工工艺概述	227
6.1.1 数控铣削及加工中心的主要加工对象	227
6.1.2 数控铣削及加工中心加工工艺的特点	230
6.1.3 数控铣削及加工中心加工工艺的主要内容	232
6.2 数控铣削及加工中心加工工艺的制定	232
6.2.1 零件图工艺分析	232
6.2.2 工序和加工方法的确定	233
6.2.3 加工顺序和进给路线的确定	234
6.2.4 加工刀具及切削用量的选择	235
6.3 典型零件的工艺分析	236
6.3.1 孔类零件的工艺分析	236
6.3.2 轮廓加工的工艺分析	240
6.3.3 壳体零件的工艺分析	244
6.3.4 支架零件的工艺分析	249
6.3.5 综合类零件工艺分析	253
习题	258
第 7 章 数控电火花线切割加工工艺	260
7.1 数控电火花线切割概述	260
7.1.1 快走电火花丝线切割加工的原理、特点和应用范围	260
7.1.2 慢走电火花丝线切割加工的原理、特点和应用范围	262
7.2 数控线切割加工工艺	263
7.2.1 快走丝电火花线切割加工工艺	263
7.2.2 慢走丝电火花线切割加工工艺	284
7.3 典型零件的数控线切割加工工艺	297
7.3.1 六方套零件的线切割加工	297
7.3.2 阶梯板零件的线切割加工	301
7.3.3 落料冲孔模的凸凹模零件的线切割加工	305
习题	310
参考文献	312

第1章

数控加工工艺概述

1.1 数控加工在机械制造业中的地位和作用

1.1.1 数控加工在机械制造业中的地位和作用

随着科学技术的发展,机械产品结构越来越合理,其性能、精度和效率日趋提高,更新换代频繁,生产类型由大批大量生产向多品种小批量生产转化。对机械产品的加工相应地提出了高精度、高柔性、高度自动化的要求。

大批量的产品,如汽车、拖拉机与家用电器的零件,为了实现高产、优质的目标,多采用专用的工艺装备、专用自动化机床或专用的自动生产线和自动车间进行生产。但是应用这些专用生产设备进行生产,生产准备周期长,产品改型不易,使产品的开发周期增长。在机械产品中,单件与小批量产品占到70%~80%,这类产品一般都采用通用机床加工,当产品改变时,机床与工艺装备均需作相应的变换和调整,而且通用机床的自动化程度不高,基本上由人工操作,难以提高生产效率和保证产品质量。特别是一些曲线、曲面轮廓组成的复杂零件,只能借助靠模和仿形机床,或者借助划线和样板用手工操作的方法来加工,加工精度和生产效率受到很大的限制。

数控机床综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等方面的技术成果,具有高柔性、高精度与高度自动化的特点,因此,采用数控加工手段,很好地解决了机械制造中常规加工技术难以解决甚至无法解决的单件、小批量、特别是复杂型零件的加工问题。应用数控加工技术是机械制造业的一次技术革命,使机械制造业的发展进入了一个新的阶段,提高了机械制造业的制造水平,为社会提供了高质量、多品种及高可靠性的机械产品。目前应用数控加工技术的领域已从当初的航空工业逐步扩大到汽车、造船、机床、建筑等民用机械制造业,并已取得了巨大的经济效益。

1.1.2 数控加工的发展

1. 数控加工的发展

自1952年第一台数控铣床在美国诞生以来,随着电子技术、计算机技术、自动控制和精密测量技术的发展,数控机床技术得到迅速的发展,其产品更新换代的频率大幅提高。

数控机床的发展先后经历了电子管(1952年)、晶体管(1959年)、小规模集成电路(1965年)、大规模集成电路及小型计算机(1970年)和微处理器或微型计算机(1974年)等五代数控系统。前三代系统采用专用电子线路实现的硬件式数控系统,一般称为普通数控系统,简称NC。第四代和第五代系统是采用微处理器及大规模或超大规模集成电路组成的软件式数控系统,称为现代数控系统,简称CNC(第四代)和MNC(第五代)。由于现代数控系统的控制功能大部分由软件技术来实现,因而使硬件进一步得到了简化,系统可靠性提高,功能更加灵活和完善。目前现代数控系统几乎完全取代了以往的普通数控系统。

随着数控系统的更新换代,数控机床的品种也得以不断地发展,产量也不断地提高。目前,世界数控机床的品种已超过1500种,几乎所有品种的机床都实现了数控化。数控机床的年产量近15万台,产值超过200亿美元,数控机床总拥有量达到100万台以上。

我国数控机床的研制始于1958年,由清华大学研制出了最早的样机。1966年,我国诞生了第一台用直线—圆弧插补的晶体管数控系统。1970年年初,研制成功集成电路数控系统。1980年以来,通过研究和引进技术,我国数控机床发展很快,现已掌握了5~6轴联动、螺距误差补偿、图形显示和高精度伺服系统等多项关键技术。目前已有几十个单位在从事不同层次的数控机床的生产和开发,形成了具有小批量生产能力的生产基地。数控机床的品种已超过500种,其中金属切削机床品种的数控化率达20%。

2. 自动编程系统的发展

在20世纪50年代后期,美国首先研制成功了语言式自动编程APT(Automatically Programmed Tools)系统。由于它具有语言直观易懂、制带快捷、加工精度高等优点,很快就成为广泛使用的自动编程系统。到了20世纪60年代和70年代,又先后发展了APTⅢ和APTⅣ系统,主要用于轮廓零件的编程,也可以用于点位加工和多坐标数控机床程序的编制。APT语言系统很庞大,需要大型通用计算机,不适用于中、小用户。为此,还发展了一些比较灵活、针对性强的可用小型计算机的自动编程系统,如用于两坐标轮廓零件编程的ADAPT系统等。

在西欧和日本,也在引进美国技术的基础上发展了各自的自动编程系统,如德国的EXAPT系统、法国的IFAPT系统、英国的2CL系统以及日本的FAPT系统和HAPT系统等。

我国的自动编程系统发展较晚,但进步很快,目前主要有用于航空零件加工的SKC系统以及ZCK系统、ZBC系统和用于线切割加工的SKG系统等。

目前常采用图形交互式自动编程,是一种可以直接将零件的几何图形信息自动转化为数

控加工程序的全新的计算机辅助编程技术。它通常以机械计算机辅助设计 (CAD) 为基础, 利用 CAD 软件的图形编辑功能将零件的几何图形绘制到计算机上, 形成零件的图形文件, 然后调用数控编程模块, 采用人机交互的方式在计算机屏幕上指定被加工的部位, 输入加工参数, 计算机便可自动进行数学处理, 生成刀具轨迹并编制出数控加工程序, 同时在计算机屏幕上动态地显示出刀具的加工轨迹。自动编程大大减轻了编程人员的劳动强度, 提高了编程效率, 同时解决了手工编程无法解决的许多复杂零件的编程难题。

常用的国外流行自动编程软件有 UG、MasterCAM、Pro—E、SolidWorks 等, 我国的图形交互式自动编程软件主要是北京斐克公司开发研制的 CAXA 制造工程师。

3. 自动化生产系统的发展

随着 CNC 技术、信息技术、网络技术以及系统工程学的发展, 为单机数控化向计算机控制的多机制造系统自动化发展创造了必要的条件, 在 20 世纪 60 年代末期出现了由一台计算机直接管理和控制一群数控机床的计算机群控系统, 即直接数控系统 DNC (Direct NC), 1967 年出现了由多台数控机床连接成可调加工系统, 这就是最初的柔性制造系统 FMS (Flexible Manufacturing System)。20 世纪 80 年代初又出现以 1~3 台加工中心或车削中心为主体, 再配上工件自动装卸的可交换工作台及监控检验装置的柔性制造单元 FMC (Flexible Manufeturing Cell)。近 10 多年来 FMC 和 FMS 发展迅速, 在 1989 年第八届欧洲国际机床展览会上, 展出的 FMS 超过 200 条。目前, 已经出现了包括生产决策、产品设计及制造和管理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 (Computer Integrated Manufacturing System), 以实现工厂自动化。自动化生产系统的发展, 使加工技术跨入了一个新的里程, 建立了一种全新的生产模式。我国已开始在这方面进行了探索与研制。并取得可喜的成果, 已有一些 FMS 和 CIMS 成功地用于生产。

1.1.3 数控机床加工工艺研究的内容及任务

数控机床加工工艺是以数控机床加工中的工艺问题为研究对象的一门加工技术。它以机械制造中的工艺基本理论为基础, 结合数控机床的特点, 综合运用多方面的知识解决面临的数控加工中的工艺问题。

数控机床加工工艺的内容包括金属切削、加工工艺的基本知识和基本理论、金属切削刀具、量具的选择与应用、零件的安装和装夹、典型零件加工及工艺分析等。数控机床加工工艺研究的宗旨是如何科学地、最优地设计加工工艺, 充分发挥数控机床加工过程中的优点, 实现在数控加工中的优质、高产、低耗。

数控机床加工工艺是数控技术应用专业和机电类专业的主要专业课之一。通过本课程的学习, 应基本掌握数控加工的金属切削及加工工艺的基本知识和基本理论; 学会选择机床、刀具、夹具及零件表面的加工方法; 学会选择合理的切削参数; 掌握数控加工工艺设计方法; 通过有关教学环节的配合, 初步具有制订中等复杂程度零件的数控机床加工工艺和分析

解决生产中一般工艺问题的能力。

1.1.4 数控机床加工工艺的特点及学习方法

数控机床加工工艺是一门综合性、实践性、灵活性强的专业技术课程。学习本课程应注意以下几个方面。

1) 本课程包含面广、内容丰富、综合性强。不仅包含金属切削原理、刀具、夹具和加工工艺等,还涉及毛坯制造、金属材料、热处理、公差配合、零件表面加工方法和加工设备等多方面知识。因此,在学习时,要善于将已学过的《数控加工基础》和《数控机床》等知识同本课程的知识结合起来,合理地综合运用。

2) 数控机床加工工艺同生产实践密切相关,其理论源于生产实践,是长期生产实践的总结。因此,学习本课程必须注意同生产实践的结合。只有通过实践与教学环节(实验、课程设计及实习)的配合,深入生产实践,才能掌握本课程的知识,提高工艺设计和解决问题的能力。

3) 数控机床加工工艺的应用有很大的灵活性。对同一个问题,在工艺设计上可能有多
种方案,必须针对具体问题进行分析,在不同的现场条件下,灵活运用理论知识,优选
最佳方案。

1.2 数控加工与数控工艺

1.2.1 数控加工的概念

数字控制(Numerical Control, NC),简称为数控,是一种自动控制技术,是用数字化信号对控制对象加以控制的一种方法。数字控制是相对模拟控制而言的,数字控制中的控制信息是数字量,而模拟控制系统中的控制信息是模拟量。数字控制与模拟控制相比有许多优点,如可用不同的字长表示不同精度的信息,可对数字化信息进行逻辑运算、数学运算等复杂的信息处理工作,特别是可用软件来改变信息处理的方式或过程,而不用改动电路或机械结构,从而使机械设备具有很大的“柔性”。因此,数字控制已被广泛用于机械运动的轨迹控制和机械系统的开关量控制,如机床的控制、机器人的控制等。

数控加工实质上是利用数控机床对零件进行加工的全过程。目前被广泛地应用于机械制造生产领域。

1.2.2 数控加工的基本原理与加工过程

1. 数控机床加工的基本原理

数控机床加工的工作原理如图 1-1 所示。首先根据被加工零件的形状、尺寸、工艺和要

求等,采用手工或计算机进行零件加工程序编排,把加工零件所需机床的各种动作及工艺参数变成数控装置所能接受的程序代码,并将这些程序代码存储在控制介质(穿孔带、磁带、磁盘)上,然后经输入装置读出信息并送入数控装置。当控制介质为穿孔带时,用光电读带机输入;若控制介质为磁带或磁盘时,可用驱动器输入,或用计算机和数控机床的接口直接进行通信。进入数控装置的信息经一系列的处理和运算转变成脉冲信号,有的脉冲信号被传送到机床的伺服系统,经传动装置驱动机床有关运动部件;有的脉冲信号则传送到可编程控制器中,按顺序控制机床的其他辅助动作,如工件紧、松开,切削液的开关,刀具的自动更换等。

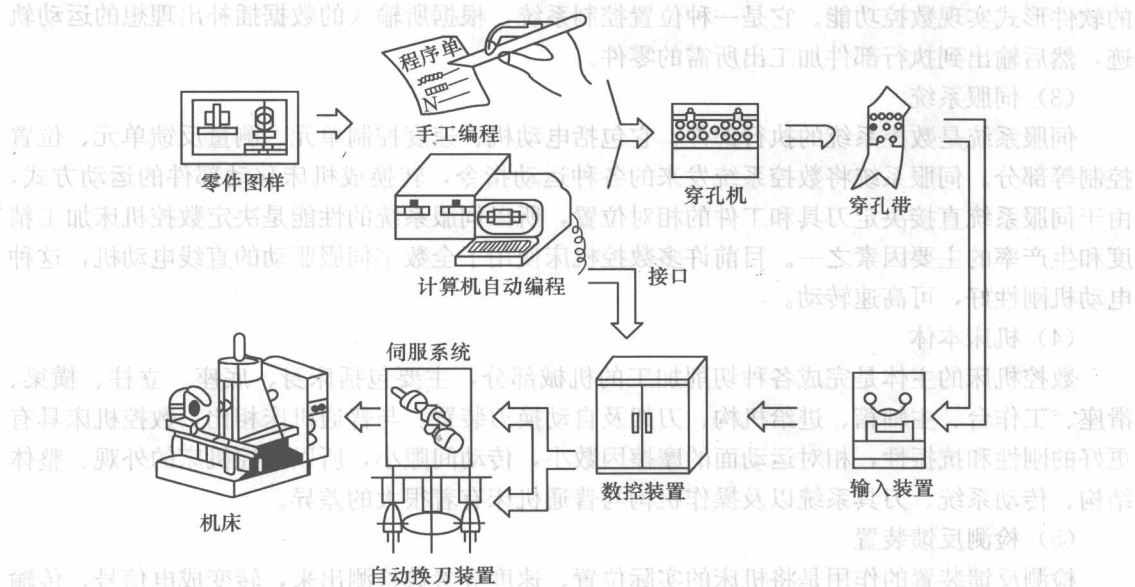


图 1-1 数控机床工作原理图

2. 数控机床的组成

数控机床一般是由输入/输出设备、数控装置、伺服系统、机床本体和检测反馈装置组成,其基本组成如图 1-2 所示。

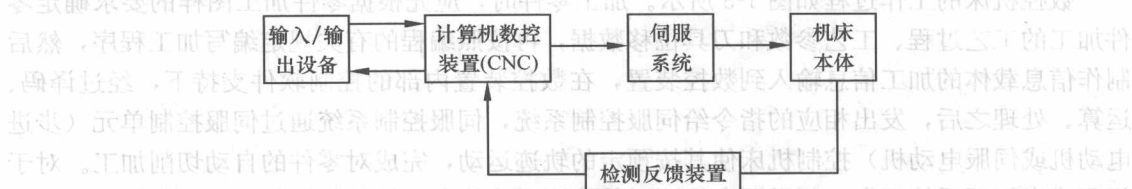


图 1-2 数控机床组成框图

(1) 输入/输出设备

用于记载零件加工的工艺过程、工艺参数和位移数据等各种加工信息，从而控制机床的运动，实现零件的机械加工。常用的信息载体有穿孔纸带、磁带和磁盘等，并通过输入机将记载的加工信息输入到数控系统中。有些数控机床也可采用操作面板上的按钮和键盘直接输入加工程序；或通过串行口将计算机上编写的加工程序输入到数控系统中。

(2) 数控装置

数控装置是数控机床的核心，它的作用是接收输入装置所输入的加工信息，完成数值的计算、逻辑判断、输入输出和控制等功能。目前数控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。它是一种位置控制系统，根据所输入的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的零件。

(3) 伺服系统

伺服系统是数控系统的执行部件，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。伺服系统将数控系统发来的各种运动指令，转换成机床移动部件的运动方式，由于伺服系统直接决定刀具和工件的相对位置，所以伺服系统的性能是决定数控机床加工精度和生产率的主要因素之一。目前许多数控机床使用了全数字伺服驱动的直线电动机，这种电动机刚性好，可高速转动。

(4) 机床本体

数控机床的主体是完成各种切削加工的机械部分，主要包括床身、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。与普通机床相比，数控机床具有更好的刚性和抗振性，相对运动面的摩擦因数小，传动间隙小，所以数控机床的外观、整体结构、传动系统、刀具系统以及操作机构与普通机床有着很大的差异。

(5) 检测反馈装置

检测反馈装置的作用是将机床的实际位置、速度等参数检测出来，转变成电信号，传输给数控装置，通过比较，校核机床的实际位置与指定位置是否一致，并由数控装置发出指令修正所产生的误差。目前数控机床上常用的检测反馈装置主要有光栅、磁栅、感应同步器、码盘、旋转变压器和测速发电机。

3. 数控机床的加工过程

数控机床的工作过程如图 1-3 所示。加工零件时，应先根据零件加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数和刀具位移数据，再按照编程的有关规定编写加工程序，然后制作信息载体的加工信息输入到数控装置，在数控装置内部的控制软件支持下，经过译码、运算、处理之后，发出相应的指令给伺服控制系统，伺服控制系统通过伺服控制单元（步进电动机或伺服电动机）控制机床使其按预定的轨迹运动，完成对零件的自动切削加工。对于闭环或半闭环系统而言，还需要有检测元件检测后将信息反馈给数控装置，由数控装置对输入信息和反馈信息进行比较，最终使得机床主体的运动与数控程序所要求的运动完全一致。

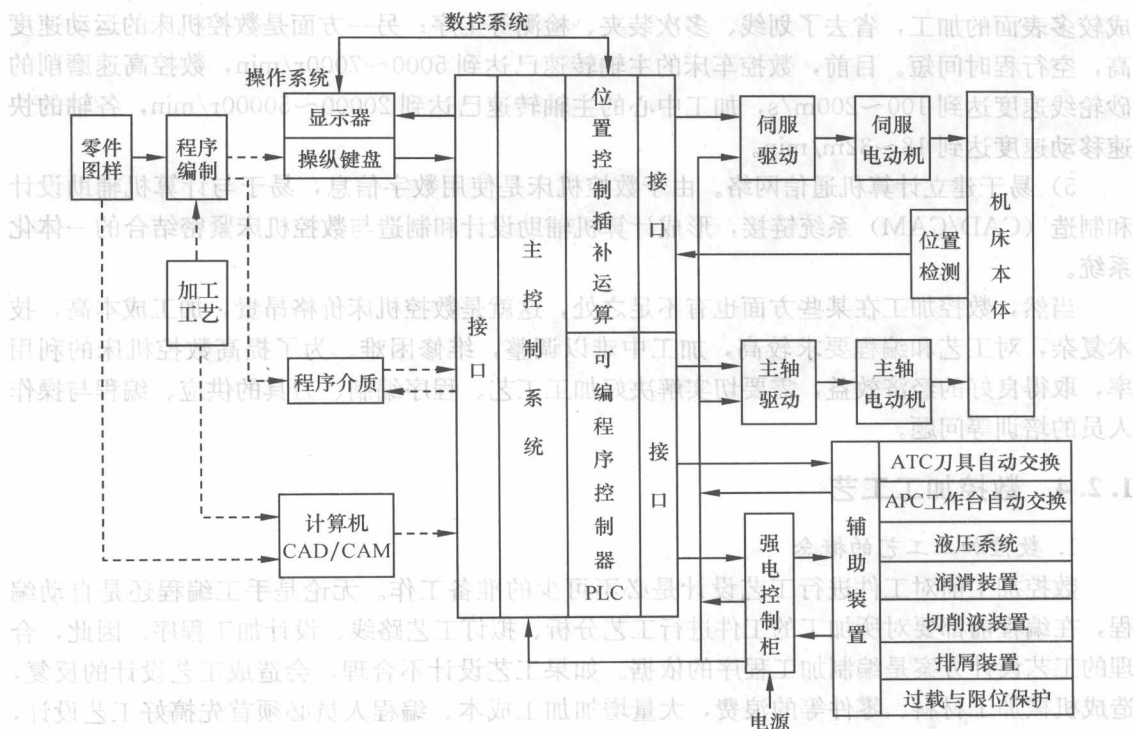


图 1-3 数控机床的工作过程

1.2.3 数控加工的特点

同常规加工相比，数控加工具有如下的特点。

- 1) 自动化程度高。在数控机床上加工零件时，除了手工装卸工件外，全部加工过程都由机床自动完成。在柔性制造系统上，上下料、检测、诊断、对刀、传输、调度和管理等也都由机床自动完成，这样减轻了操作者的劳动强度，改善了劳动条件。
- 2) 加工精度高。加工质量稳定，数控加工的尺寸精度通常在 $0.005 \sim 0.1\text{mm}$ ，目前最高的尺寸精度可达 $\pm 0.0015\text{mm}$ ，不受零件形状复杂程度的影响，加工中消除了操作者的人为误差，提高了同批零件尺寸的一致性，使产品质量保持稳定。
- 3) 对加工对象的适应性强。数控机床上实现自动加工的控制信息是加工程序。当加工对象改变时，除了相应更换刀具和解决工件装夹方式外，只要重新编写并输入该零件的加工程序，便可自动加工出新的零件，不必对机床做任何复杂的调整，这样缩短了生产准备周期，给新产品的研制开发以及产品的改进、改型提供了捷径。
- 4) 生产效率高。数控机床的加工效率高，一方面是自动化程度高，在一次装夹中能完

成较多表面的加工,省去了划线、多次装夹、检测等工序;另一方面是数控机床的运动速度高,空行程时间短。目前,数控车床的主轴转速已达到 $5000\sim 7000\text{r/min}$,数控高速磨削的砂轮线速度达到 $100\sim 200\text{m/s}$,加工中心的主轴转速已达到 $20000\sim 50000\text{r/min}$,各轴的快速移动速度达到 $18\sim 32\text{m/min}$ 。

5) 易于建立计算机通信网络。由于数控机床是使用数字信息,易于与计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)系统链接,形成计算机辅助设计和制造与数控机床紧密结合的一体化系统。

当然,数控加工在某些方面也有不足之处,这就是数控机床价格昂贵,加工成本高,技术复杂,对工艺和编程要求较高,加工中难以调整,维修困难。为了提高数控机床的利用率,取得良好的经济效益,需要切实解决好加工工艺、程序编制、刀具的供应、编程与操作人员的培训等问题。

1.2.4 数控加工工艺

1. 数控加工工艺的概念

数控加工前对工件进行工艺设计是必不可少的准备工作。无论是手工编程还是自动编程,在编程前都要对所加工的工件进行工艺分析、拟订工艺路线、设计加工程序。因此,合理的工艺设计方案是编制加工程序的依据。如果工艺设计不合理,会造成工艺设计的反复,造成机械加工材料、零件等的浪费,大量增加加工成本。编程人员必须首先搞好工艺设计,再考虑数控加工程序的编制。

数控加工工艺是使用数控机床加工零件的一种工艺方法。数控技术的应用使机械加工工艺过程产生了巨大的变化,它不仅涉及数控加工设备,还包括了工艺规程、工装和加工过程的控制等内容。其中,数控加工工艺的制定是核心工作。

2. 数控加工工艺设计的主要内容

由于数控机床的控制方式与普通机床存在根本的不同,实践证明,数控加工工艺设计主要包括以下几方面:

- 1) 选择适合在数控机床上加工的零件,确定工序内容。
- 2) 分析被加工零件图样,明确加工内容及技术要求,在此基础上确定零件的加工方案,制定数控加工工艺路线,如工序的划分、加工顺序的安排、与传统加工工序的衔接等。
- 3) 设计数控加工工序。如工步的划分、零件的定位与夹具的选择、刀具的选择、切削用量的确定等。
- 4) 调整数控加工工序的程序。如对刀点、换刀点的选择、加工路线的确定、刀具的补偿。
- 5) 分配数控加工中的容差。
- 6) 处理数控机床上部分工艺指令。
- 7) 编制数控加工工艺技术文件,如数控加工工序卡、刀具卡、程序说明卡和走刀路线