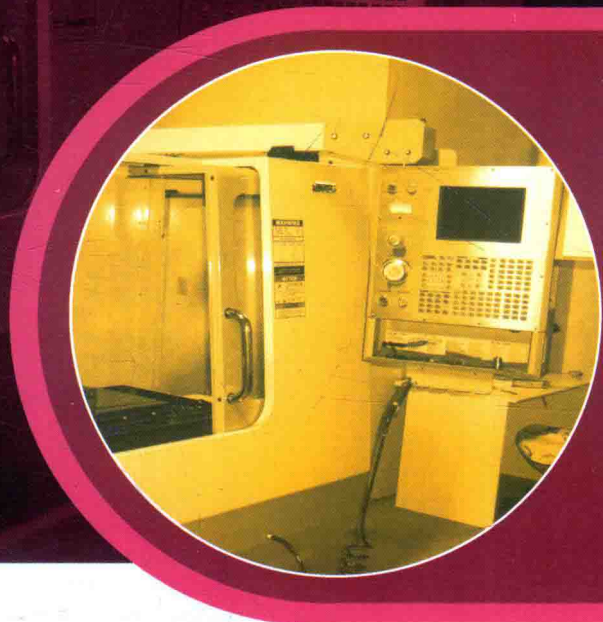




“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材



机床数控技术及应用 (第三版)

主 编 陈蔚芳 王宏涛
副主编 薛建彬 楼佩煌 罗福源
主 审 游有鹏



科学出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材

机床数控技术及应用

(第三版)

主 编 陈蔚芳 王宏涛
副主编 薛建彬 楼佩煌 罗福源
主 审 游有鹏

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书系统、全面地介绍了数控编程、数控原理、数控机床机械结构方面的知识。全书共10章,内容包括:数控技术概论、数控加工程序编制基础、数控加工编程方法、计算机数控装置、数控机床的运动控制原理、检测装置、伺服驱动系统、数控机床的机械结构与装置、分布式数控技术和柔性制造系统。

本书深入浅出,内容丰富,系统性强。在强化理论基础的同时,突出了实践性和先进性。

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,可作为高等工科大学机械工程、机械电子工程、飞行器制造工程、机械设计制造及其自动化等专业的本科生教材,也可作为从事数控技术研究与应用的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机床数控技术及应用/陈蔚芳,王宏涛主编. —3版. —北京:科学出版社,2016.1

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材·普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材

ISBN 978-7-03-045454-6

I. ①机… II. ①陈…②王… III. ①数控机床-高等学校-教材
IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第190395号

责任编辑:朱晓颖 王向珍/责任校对:桂伟利

责任印制:霍兵/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年4月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008年9月第 二 版 印张:23

2016年1月第 三 版 字数:588 000

2016年1月第十五次印刷

定价:49.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

科学技术的高速发展使制造业发生了根本性的变化,普通机床逐渐被高效率、高精度的现代数控机床所代替,形成了巨大的生产力。数控机床的核心是机床数控技术,其发展和应用的水平标志着一个国家的工业生产能力和科学技术水平,也是实现制造系统自动化、柔性化、集成化、智能化的基础。

“数控技术”作为培养机械工程技术人才的一门专业课程,可使学生获得丰富的机械、控制、检测、编程、数控工艺等方面的基础知识和综合技能,满足社会对数控技术人才的需要。

本书与“数控技术”课程相配套,被列为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,同时也曾是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,偏重于数控编程和数控原理,同时兼顾现代数控机床结构、分布式数控技术、柔性制造技术等方面的知识。编写时既注重基础性、系统性、综合性,也考虑应用性和实践性,同时兼顾先进性。文字叙述上力求深入浅出、通俗易懂。

本书共 10 章,第 1 章介绍了数控技术及数控机床的概念、组成、工作原理、分类和新发展;第 2 章介绍了数控编程方面的基础知识,包括数控工艺、数学处理、常用编程指令和高速加工工艺;第 3 章介绍了数控车床、数控铣床、车铣复合机床、数控线切割机床、加工中心的手工编程方法,同时介绍了基于 UG 平台的自动编程方法;第 4 章介绍了数控装置的硬件和软件结构及可编程控制器在数控系统中的应用;第 5 章介绍了各种插补方法及其实现步骤,以及刀具半径补偿原理、进给加减速控制方法;第 6 章介绍了数控机床常用的各种检测装置;第 7 章介绍了应用于数控机床的多种控制电机及其驱动控制方式;第 8 章介绍了数控机床机械结构的特点、主轴部件、进给传动系统、导轨、自动换刀装置;第 9 章介绍了分布式数控系统的概念、功能、控制方式、信息采集技术和应用实例;第 10 章介绍了柔性制造系统的组成、功能、控制调度技术,最后给出了应用实例。

本书第 1~3 章由陈蔚芳编写,第 4 章由薛建彬、刘凯编写,第 5 章由王宏涛、陈蔚芳、罗福源编写,第 6 章、第 7 章由王宏涛、罗福源编写,第 8 章由薛建彬编写,第 9 章、第 10 章由楼佩煌编写。全书由陈蔚芳、王宏涛、楼佩煌统稿和定稿。

南京航空航天大学游有鹏教授、范炳炎教授、竺钦尧教授和南京数控机床有限公司孙序泉教授级高工对本书进行了审阅,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

在本书编写过程中,何磊工程师、侯军明老师提供了部分编程例题和工艺素材,倪丽君硕士生完成了书中大部分图形的绘制、部分文字的录入和整理工作,云乃彰教授、冷晟副教授、史建新工程师、赵正彩博士也提供了部分材料,对他们的大力支持同样表示感谢!

在此,还要向南通科技投资集团有限公司(原南通机床厂)、无锡桥联数控机床有限公司等单位表示感谢,感谢他们为本书提供了相关资料。

另外,本书编写时还参阅了大量相关文献和教材,在此向相关作者、编者表示感谢!

机床数控技术仍有许多理论需要进一步研究和完善,同时由于编者学识水平有限、成书时间仓促,因此书中难免存在不足或不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 8 月

目 录

前言

第 1 章 数控技术概论	1
1.1 数控技术的基本概念	1
1.2 机床数控技术的组成	1
1.2.1 机床本体	2
1.2.2 数控系统	2
1.2.3 外围技术	3
1.3 数控加工零件的过程	4
1.4 数控机床的特点与分类	5
1.4.1 数控机床的特点	5
1.4.2 数控机床的分类	6
1.5 数控技术的发展趋势	10
复习思考题	12
第 2 章 数控加工程序编制基础	13
2.1 概述	13
2.1.1 数控编程的基本概念	13
2.1.2 数控编程的内容和步骤	13
2.1.3 数控编程的方法	14
2.1.4 数控机床坐标系	15
2.1.5 加工程序结构与格式	17
2.2 数控编程中的常用指令	18
2.2.1 准备功能 G 代码	19
2.2.2 辅助功能 M 代码	25
2.2.3 F、S、T 代码	28
2.3 数控编程中的工艺处理	28
2.3.1 数控加工工艺的特点与内容	28
2.3.2 数控加工零件或加工内容的选择	29
2.3.3 数控加工工艺性分析	29
2.3.4 数控加工工艺路线的设计	30
2.3.5 数控加工工序的详细设计	31
2.3.6 工艺处理的案例分析	42
2.4 高速加工及其工艺处理	44
2.4.1 高速加工概述	44
2.4.2 高速加工中的工艺处理	45

2.5	数控编程中的数学处理	47
2.5.1	直线、圆弧类零件的数学处理	48
2.5.2	非圆曲线节点坐标计算	49
2.5.3	列表曲线轮廓零件的数学处理	53
2.5.4	列表曲面轮廓零件的数学处理	56
2.5.5	刀位点轨迹的计算	57
	复习思考题	60
第3章	数控加工编程方法	61
3.1	概述	61
3.2	手工编程方法	62
3.2.1	数控车床编程方法及编程实例	62
3.2.2	数控铣床编程方法及编程实例	78
3.2.3	数控线切割机床编程方法及编程实例	84
3.2.4	加工中心编程方法及编程实例	92
3.2.5	车铣复合机床编程方法及编程实例	103
3.2.6	宏程序编程方法	110
3.3	自动编程方法	115
3.3.1	概述	115
3.3.2	图形交互编程的主要过程	116
3.3.3	图形交互编程实例	117
	复习思考题	124
第4章	计算机数控装置	127
4.1	概述	127
4.2	计算机数控装置的硬件结构	127
4.2.1	单微处理器结构	127
4.2.2	多微处理器结构	129
4.2.3	开放式数控系统	130
4.2.4	嵌入式数控系统	131
4.3	计算机数控装置的软件结构	133
4.3.1	CNC 装置的软件组成	133
4.3.2	CNC 系统软件的工作过程	133
4.3.3	CNC 系统的软件结构	135
4.4	数控机床的可编程控制器	138
4.4.1	数控机床中可编程控制器实现的功能	138
4.4.2	PLC、CNC 与数控机床的关系	139
4.4.3	PLC 在数控机床上的应用举例	140
4.5	典型的 CNC 系统简介	141
4.5.1	FANUC 公司的主要数控系统	141
4.5.2	SIEMENS 公司的主要数控系统	145

复习思考题	148
第 5 章 数控机床的运动控制原理	149
5.1 概述	149
5.1.1 插补的基本概念	149
5.1.2 插补方法的分类	150
5.2 逐点比较法	152
5.2.1 逐点比较法直线插补	152
5.2.2 逐点比较法圆弧插补	155
5.3 数字积分法	159
5.3.1 DDA 法直线插补	160
5.3.2 DDA 法圆弧插补	163
5.3.3 提高 DDA 法插补质量的措施	166
5.3.4 其他函数的 DDA 法插补运算	171
5.4 直线函数法	172
5.4.1 直线函数法直线插补	172
5.4.2 直线函数法圆弧插补	172
5.5 扩展数字积分法	173
5.5.1 扩展 DDA 法直线插补	174
5.5.2 扩展 DDA 法圆弧插补	174
5.6 曲面直接插补	176
5.6.1 实现 SDI 的软件系统结构和工作流程	177
5.6.2 SDI 算法的基本原理	178
5.6.3 SDI 的信息输入	180
5.6.4 曲面直接插补的技术关键	181
5.7 刀具半径补偿	182
5.7.1 B 刀具半径补偿	182
5.7.2 C 刀具半径补偿	184
5.8 进给加减速控制方法	191
5.8.1 进给速度的控制方法	192
5.8.2 CNC 装置的常见加减速控制方法	194
复习思考题	205
第 6 章 数控机床的检测装置	207
6.1 概述	207
6.1.1 数控机床对检测装置的主要要求	207
6.1.2 位置检测装置分类	207
6.2 旋转变压器	209
6.2.1 旋转变压器的结构	209
6.2.2 旋转变压器的工作原理	210
6.2.3 旋转变压器的应用	212

6.2.4	磁阻式多极旋转变压器简介	212
6.3	感应同步器	213
6.3.1	感应同步器的结构与种类	213
6.3.2	感应同步器的安装	214
6.3.3	感应同步器的工作原理	215
6.3.4	感应同步器的特点	217
6.4	光栅	218
6.4.1	光栅的种类与精度	218
6.4.2	光栅的结构与测量原理	219
6.4.3	光栅测量系统	221
6.5	编码器	223
6.5.1	接触式编码器	224
6.5.2	光电式编码器	225
6.5.3	编码器在数控机床中的应用	226
6.6	磁栅	227
6.6.1	磁栅的工作原理与结构	227
6.6.2	磁栅位移检测装置的结构类型	231
6.7	激光干涉仪	232
6.7.1	激光干涉法测距基本原理	232
6.7.2	双频激光干涉仪	233
6.8	位置检测装置的输出接口与传输协议	234
	复习思考题	238
第7章	数控机床的伺服驱动系统	239
7.1	概述	239
7.2	步进电机及其驱动控制系统	240
7.2.1	步进电机的工作原理	240
7.2.2	步进电机的主要特性	242
7.2.3	步进电机的分类	243
7.2.4	步进电机的环形分配器	245
7.2.5	功率放大电路	247
7.3	直流伺服电机及其速度控制	250
7.3.1	直流伺服电机的分类	250
7.3.2	直流伺服电机的调速原理与方法	251
7.3.3	直流伺服电机速度控制单元的调速控制方式	252
7.4	交流伺服电机及其速度控制系统	257
7.4.1	交流伺服电机的分类与特点	257
7.4.2	交流伺服电机的变频调速	258
7.4.3	交流电机变频调速特性	262
7.4.4	交流伺服电机的矢量控制	262

7.4.5 永磁式交流伺服电机的矢量控制	265
7.4.6 感应式交流伺服电机的矢量控制	267
7.5 直线电机及其在数控机床中的应用简介	268
7.5.1 直线电机的特点	268
7.5.2 直线电机的基本结构和分类	269
7.5.3 直线电机的基本工作原理	271
7.5.4 直线电机在机床上的应用	271
7.6 位置伺服系统的结构与原理	272
7.6.1 概述	272
7.6.2 相位比较伺服系统	274
7.6.3 幅值比较伺服系统	279
7.6.4 数字脉冲比较伺服系统	280
7.6.5 全数字控制伺服系统	281
7.6.6 多轴同步控制原理	281
复习思考题	283
第8章 数控机床的机械结构与装置	284
8.1 概述	284
8.1.1 数控机床机械结构的特点	284
8.1.2 数控机床机械结构的基本要求	284
8.1.3 综合应用箱中箱完全对称结构和双丝杠驱动结构的实例	290
8.2 数控机床主运动系统	291
8.2.1 主传动方式	291
8.2.2 主轴部件的结构	292
8.2.3 主轴部件的支承	292
8.2.4 主轴的准停装置	294
8.2.5 自动换刀装置	295
8.2.6 高速电主轴装置	297
8.3 数控机床的进给传动系统	300
8.3.1 齿轮传动副	301
8.3.2 滚珠丝杠螺母副	303
8.3.3 齿轮齿条副	305
8.3.4 回转工作台	306
8.4 数控机床的导轨	311
8.4.1 带有塑料层的滑动导轨	311
8.4.2 滚动导轨	312
8.4.3 静压导轨	312
8.5 数控机床的自动换刀装置	313
8.5.1 自动换刀装置	313
8.5.2 刀库	316

8.5.3 刀具交换装置	317
8.6 数控机床的辅助装置	317
8.6.1 液压和气动装置	317
8.6.2 排屑装置	317
8.6.3 其他辅助装置	319
复习思考题	319
第9章 分布式数控技术	320
9.1 概述	320
9.1.1 DNC 的产生	320
9.1.2 DNC 的特点	321
9.1.3 DNC 的基本组成	321
9.1.4 DNC 的主要功能	322
9.2 DNC 系统结构与控制	323
9.3 DNC 系统的通信方式	325
9.3.1 基于异步串行通信的点对点型	325
9.3.2 基于网络的分布式型	326
9.3.3 混合通信型	328
9.4 DNC 系统中的数据采集与信息监视	329
9.4.1 数据采集与信息监视技术	329
9.4.2 信息采集的实现方案与策略	329
9.4.3 OPC 原理与规范	331
9.4.4 OPC 技术在 DNC 中的应用	333
9.5 DNC 系统实例分析	335
复习思考题	337
第10章 柔性制造系统	338
10.1 概述	338
10.1.1 柔性制造系统定义	338
10.1.2 柔性制造系统特点	339
10.2 柔性制造系统基本组成	340
10.2.1 FMS 制造工作站	340
10.2.2 物料储运系统	341
10.2.3 FMS 管理与控制系统	347
10.3 FMS 实例	352
10.3.1 FMS-500 系统概况	352
10.3.2 FMS-500 系统递阶控制结构与系统功能	353
10.3.3 FMS-500 的特点	354
复习思考题	355
参考文献	356

第 1 章 数控技术概论

1.1 数控技术的基本概念

数控技术是综合了计算机、自动控制、电机、电气传动、测量、监控、机械制造等学科领域成果而形成的一门技术。在现代机械制造领域中,数控技术已成为核心技术之一,是实现柔性制造(flexible manufacturing, FM)、计算机集成制造(computer integrated manufacturing, CIM)、工厂自动化(factory automation, FA)的重要基础技术之一。数控技术较早地应用于机床装备中,本书中的数控技术具体指机床数控技术。

国家标准《机床数字控制术语》(GB 8129—87)把机床数控技术定义为“用数字化信息对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法”,简称数控(numerical control, NC)。数控机床是装备了数控系统的机床。国际信息处理联盟第五技术委员会对数控机床作了如下定义:“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代码或其他符号编码指令规定的程序。”换言之,数控机床是一种采用计算机并利用数字信息进行控制的高效、能自动化加工的机床,它能够按照机床规定的数字化代码,把各种机械位移量、工艺参数、辅助功能(如刀具交换、冷却液开与关等)表示出来,经过数控系统的逻辑处理与运算,发出各种控制指令,实现要求的机械动作,自动完成零件加工任务。在被加工零件或加工工序变换时,它只需改变控制的指令程序就可以实现新的加工。所以,数控机床是一种灵活性很强、技术密集度及自动化程度很高的机电一体化加工设备。

随着自动控制理论、电子技术、计算机技术、精密测量技术和机械制造技术的进一步发展,数控技术正向高速度、高精度、智能化、网络化以及高可靠性等方向迅速发展。

1.2 机床数控技术的组成

机床数控技术由机床本体、数控系统和外围技术组成,如图 1-1 所示。

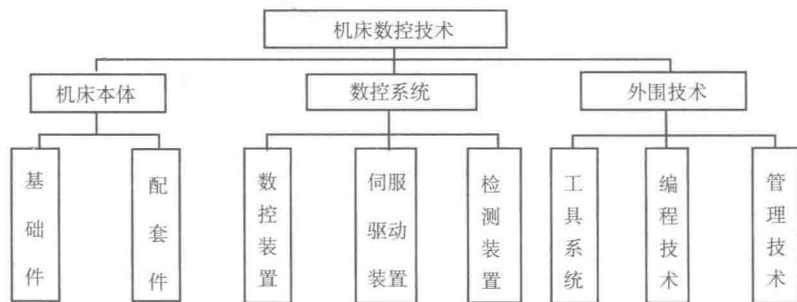


图 1-1 数控技术的组成

1.2.1 机床本体

机床本体主要由床身、立柱、工作台、导轨等基础件和刀库、刀架等配套件组成。数控机床的主运动、进给运动都由单独的伺服电机驱动,传动链短,结构较简单。为保证数控机床的快速响应特性,数控机床普遍采用精密滚珠丝杠和直线滚动导轨副。为保证数控机床的高精度、高效率和高自动化加工,机械结构应具有较高的动态特性、动态刚度、抗变形性能、耐磨性。除此之外,数控机床还配备有冷却、自动排屑、对刀、测量等配套装置,以利于更大地发挥数控机床的功能。

1.2.2 数控系统

数控系统是一种程序控制系统,它能逻辑地处理输入到系统中的数控加工程序,控制数控机床运动并加工出零件。

图 1-2 为数控系统的基本组成。它由输入/输出装置、计算机数控 (computer numerical control,CNC)装置、可编程逻辑控制器 PLC(programmable logic controller,以下简称可编程控制器)、主轴伺服驱动装置、进给伺服驱动装置以及检测装置等组成。

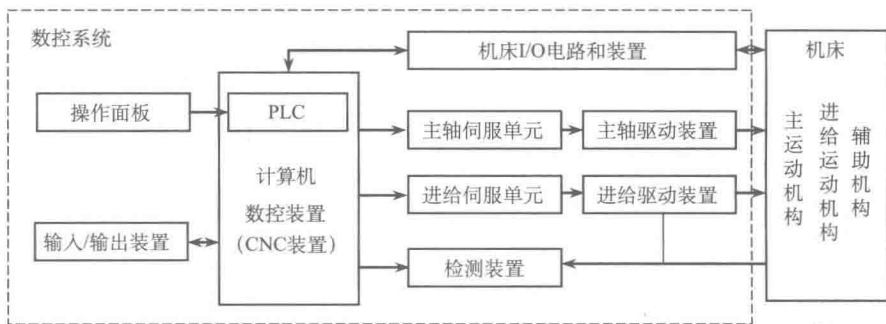


图 1-2 数控系统组成

1) CNC 装置

CNC 装置是数控系统的核心。在一般的数控加工过程中,首先启动 CNC 装置,在 CNC 内部控制软件的作用下,通过输入装置或输入接口读入零件的数控加工程序,并存放到 CNC 装置的程序存储器内。开始加工时,在控制软件作用下,将数控加工程序从存储器中读出,按程序段进行处理,先进行译码处理,将零件数控加工程序转换成计算机能处理的内部形式,将程序段的内容分成位置数据和控制指令,并存放到相应的存储区域,最后根据数据和指令的性质进行各种流程处理,完成数控加工的各项功能。

输入装置可以通过多种方式获得数控加工程序。早期数控机床,通过读取穿孔纸带上的信息获得编写好的数控加工程序;目前可以通过 MDI(manual data input)方式直接从键盘输入和编辑数控加工程序,也可以通过 USB 接口、RS232C 接口等获得数控加工程序。有些高档的数控装置本身就包含了自动编程系统或 CAD/CAM 系统,只需通过键盘输入相应的零件几何信息和加工信息,就能生成数控加工程序。

CNC 装置通过编译和执行内存中的数控加工程序来实现多种功能。CNC 装置一般具有

以下基本功能:坐标控制(XYZAB代码)功能、主轴转速(S代码)功能、准备功能(G代码)、辅助功能(M代码)、刀具(T代码)功能、进给(F代码)功能,以及插补功能、自诊断功能等。有些功能可以根据机床的特点和用途进行选择,如固定循环功能、刀具补偿功能、通信功能、特殊的准备功能(G代码)、人机对话编程功能、图形显示功能等。不同类型、不同档次的数控机床,其CNC装置的功能有很大的不同。CNC系统制造厂商或供应商会向用户提供详细的CNC功能和各功能的具体说明书。

2) 伺服驱动装置

伺服驱动装置又称伺服系统,它是CNC装置和机床本体的联系环节,它把来自CNC装置的微弱指令信号、转换、放大后驱动伺服电机,通过执行部件驱动机床运动,使工作台精确定位或使刀具与工件按规定的轨迹做相对运动,最后加工出符合图纸要求的零件。数控机床的伺服驱动装置包括主轴伺服驱动单元(主要是速度控制)、进给伺服驱动单元(包括位置和速度控制)、回转工作台和刀库伺服控制装置以及它们相应的伺服电机等。伺服系统分为步进电机伺服系统、直流伺服系统、交流伺服系统、直线伺服系统。步进电机伺服系统比较简单,价格又低廉,所以在经济型数控车床、数控铣床、数控线切割中仍有使用;直流伺服系统从20世纪70年代到80年代中期在数控机床上获得了广泛的应用。但由于直流伺服系统使用机械(电刷、换向器)换向,维护工作量大。80年代以后,由于交流伺服电机的材料、结构、控制理论和方法均有突破性的进展,电力电子器件的发展又为控制方法的实现创造了条件,使得交流伺服电机驱动装置发展很快,目前正在取代直流伺服系统。该系统的最大优点是电机结构简单、不需要维护、适合在恶劣环境下工作。此外,交流伺服电机还具有动态响应好、转速高和容量大等优点。当今,在交流伺服系统中,除了驱动级外,电流环、速度环和位置环可以全部采用数字化控制。交流伺服的控制模型、数控功能、静动态补偿、前馈控制、最优控制、自学习功能等均由微处理器及其控制软件高速实时地实现,使得其性能更加优越,已达到和超过直流伺服系统。直线伺服系统是一种新型高速、高精度的伺服机构,已开始数控机床中使用。

3) 检测装置

检测装置主要用于闭环和半闭环系统。检测装置检测出实际的位移量,反馈给CNC装置中的比较器,与CNC装置发出的指令信号比较,如果有差值,就发出运动控制信号,控制数控机床执行部件向消除该差值的方向移动。不断比较指令信号与反馈信号,然后进行控制,直到差值为零,运动停止。

常用检测装置有旋转变压器、感应同步器、编码器、光栅、磁栅等。

4) PLC

在数控系统中除了进行轮廓轨迹控制和点位控制外,还应控制一些开关量,如主轴的启动与停止、冷却液的开与关、刀具的更换、工作台的夹紧与松开等,在目前的数控系统中主要由PLC完成。

1.2.3 外围技术

外围技术主要包括工具系统(主要指刀具系统)、编程技术和管理技术。

1.3 数控加工零件的过程

在数控机床上加工零件时,要事先根据零件加工图纸的要求确定零件加工路线、工艺参数和刀具数据,再按数控机床编程手册的有关规定编写零件数控加工程序,然后通过输入装置将数控加工程序输入到数控系统,在数控系统控制软件的支持下,经过处理与计算后,发出相应的控制指令,通过伺服系统使机床按预定的轨迹运动,从而进行零件的切削加工。数控机床加工零件的过程如图 1-3 所示。

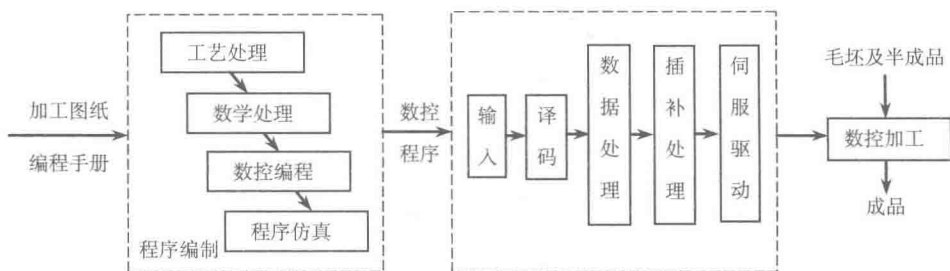


图 1-3 数控加工零件的过程

1) 零件图工艺处理

拿到零件加工图纸后,应对工件的形状、尺寸、位置精度、材料和技术要求进行分析,确定出合理的加工路线、装夹方式、刀具参数、对刀点和辅助动作顺序,同时还要考虑所用数控机床的指令功能。

2) 数学处理

在工艺处理后,应根据刀具相对工件的运动轨迹、图纸上的几何尺寸,计算刀具中心轨迹,获得刀位数据。如果数控系统有刀具补偿功能,则只需要计算出轮廓轨迹上的坐标值。

3) 数控编程和程序仿真

根据加工路线、工艺参数、刀位数据、数控系统规定的代码格式,编写数控加工程序,并利用数控程序仿真软件进行加工模拟,以检查运动轨迹是否正确,程序确认正确后,可存放在控制介质(如 U 盘等)上。

4) 程序输入

数控加工程序通过输入装置输入到数控系统。目前采用的输入方法主要有 USB 接口、RS232C 接口、MDI 手动输入、分布式数字控制(direct numerical control,DNC)接口、网络接口等。数控系统一般有两种不同的输入工作方式:一种是边输入边加工,DNC 即属于此类工作方式;另一种是一次将零件数控加工程序输入到计算机内部的存储器,加工时再由存储器一段一段地往外读出,USB 接口即属于此类工作方式。

5) 译码

输入的程序中含有零件的轮廓信息(如直线起点和终点坐标;圆弧起点、终点及圆心坐标;孔的中心坐标及孔深等)、切削用量(进给速度、主轴转速)、辅助信息(换刀、冷却液开与关、主轴顺转与逆转等)。数控系统以一个程序段为单位,按照一定的语法规则把数控程序解释、翻译成计算机内部能识别的数据格式,并以一定的数据格式存放在指定的内存区内。在译码的

同时还完成对程序段的语法检查,一旦有错,立即给出报警信息。

6) 数据处理

数控系统的数据处理程序一般包括刀具补偿、速度计算以及辅助功能的处理程序。刀具补偿有刀具半径补偿和刀具长度补偿。刀具半径补偿的任务是根据刀具半径补偿值和零件轮廓轨迹计算出刀具中心轨迹;刀具长度补偿的任务是根据刀具长度补偿值和程序值计算出刀具轴向实际移动值。速度计算主要实现自动加减速处理,同时对机床允许的最低速度和最高速度的限制进行判别处理。辅助功能的处理主要完成指令的识别、存储与标记,这些指令大都是开关量信号,现代数控机床可由 PLC 控制。

7) 插补

数控加工程序提供了刀具运动的起点、终点和运动轨迹,而刀具从起点沿直线或圆弧运动轨迹走向终点的过程则要通过数控系统的插补软件来控制。插补的任务就是通过插补计算程序,根据程序规定的进给速度要求,完成在轮廓起点和终点之间的中间点的坐标值计算,即数据点的密化工作。

8) 伺服驱动与加工

伺服系统接受插补运算后的脉冲指令信号,经放大后驱动伺服电机,带动机床的执行部件运动,从而加工出零件。

1.4 数控机床的特点与分类

1.4.1 数控机床的特点

数控机床是一种高效、新型的自动化机床,在航空、航天、造船、汽车、电子、模具等工业中有着广泛的应用。它与普通机床相比具有以下几个特点:

1) 适应性、灵活性好

数控机床由于采用数控加工程序控制,当加工零件改变时,只要改变数控加工程序,便可实现对新零件的自动加工,因此能适应当前市场竞争中对产品不断更新换代的要求,解决多品种、单件小批量生产的自动化问题,满足飞机、汽车、造船、动力设备、国防军工等制造部门对复杂零件和型面零件的加工需要。

2) 精度高、质量稳定

数控机床按照编好的程序自动加工,加工过程中不需要人工干预,这就消除了操作者人为产生的失误或误差。数控机床本身的刚度和精度高,并且精度保持性好,这更有利于零件加工质量的稳定。另外,数控机床可以利用软件进行误差补偿和校正,也使数控加工具有较高的精度。

3) 生产效率高

数控机床的进给运动和多数主运动都采用无级调速,且调速范围大,可选择合理的切削速度和进给速度;可以进行在线检测和补偿,避免数控机床加工中的停机时间;可进行自动换刀、自动交换工作台,减少了换刀和工件装卸时间;可在一次装夹中实现多工序、多工件加工,减少了工件装夹、对刀等辅助时间;数控加工工序集中,可减少零件在车间或工作单元间的周转时间。因此,数控加工生产率较高,一般零件可以高出 3~4 倍,复杂零件可提高十几倍甚至几十倍。

4) 劳动强度低、劳动条件好

数控机床的操作者一般只需装卸零件、更换刀具、利用操作面板控制机床的自动加工,不需要进行繁杂的重复性手工操作,因此劳动强度大为减轻。此外,数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置,操作者的劳动条件可得到很大改善。

5) 有利于现代化生产与管理

采用数控机床加工能方便、精确计算零件的加工时间,能精确计算生产和加工费用,有利于生产过程的科学管理和信息化管理。数控机床是 DNC、FMS、CIMS 等先进制造系统的基础,便于制造系统的集成。

6) 使用、维护技术要求高

数控机床是综合多学科、新技术的产物,机床价格高,设备一次性投资大,相应地,机床的操作和维护要求较高。因此,为保证数控加工的综合经济效益,要求机床的使用者和维修人员具有较高的专业素质。

1.4.2 数控机床的分类

数控机床的品种规格繁多,分类方法不一。根据数控机床的功能、结构、组成不同,可从控制方式、伺服系统类型、功能水平、工艺方法几个方面进行分类,如表 1-1 所示。

表 1-1 数控机床的分类

分类方法	数控机床类型		
按运动控制方式分类	点位控制数控机床	直线控制数控机床	轮廓控制数控机床
按伺服系统类型分类	开环数控机床	半闭环数控机床	闭环数控机床
按功能水平分类	经济型数控机床	中档型数控机床	高档型数控机床
按工艺方法分类	金属切削数控机床	金属成形数控机床	特种加工数控机床

1. 按运动控制方式分类

根据数控机床运动控制方式的不同,可将数控机床分成点位控制、直线控制和轮廓控制三种类型,如图 1-4 所示。

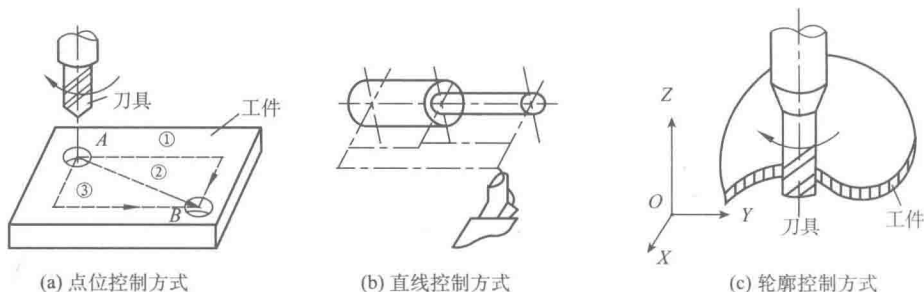


图 1-4 数控机床的运动控制方式

1) 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是机床的运动部件只能够实现从一个位置到另一个位置的精确定位,从一个位置到另一个位置的移动轨迹则无严格要求,在机床运动部件的移动过程中,不进行切削加工。为了尽量减少运动部件最终到达目标位置的时间,并提高定位精度,通常先快速接近终点坐标,然后再低速准确到达终点位置。典型的点位控制数控机床有数控钻床、数控冲床、数控点焊机等。

2) 直线控制数控机床

直线控制数控机床的特点是机床的运动部件不仅要实现从一个位置到另一个位置的精确定位,而且要求机床工作台或刀具(刀架)以给定的进给速度,沿平行于坐标轴的方向或与坐标轴成 45° 的方向进行直线移动和切削加工。目前具有这种运动控制方式的数控机床很少。

3) 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床的特点是机床的运动部件能够实现两个或两个以上坐标轴的联动控制,使刀具与工件间的相对运动符合工件轮廓要求。该类机床在加工过程中,不仅要求控制机床运动部件的起点与终点坐标位置,而且要求对整个加工过程中每一点的位移和速度进行严格的不间断的控制。典型的轮廓控制数控机床有数控铣床、数控车床等。

对于轮廓控制数控机床,根据同时控制坐标轴的数目可分为两轴、两轴半、三轴、四轴和五轴联动。两轴联动同时控制两个坐标轴实现二维直线、圆弧、曲线的轨迹控制。两轴半联动除了控制两个坐标轴联动外,还同时控制第三坐标轴做周期性进给运动,可以实现简单曲面的轨迹控制。三轴联动同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴联动,实现曲面的轨迹控制。四轴、五轴联动除了控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴外,还能同时控制一个或两个回转坐标轴,如工作台的旋转、刀具的摆动等,从而实现复杂曲面的轨迹控制。图1-5为二至五轴联动加工示意图。

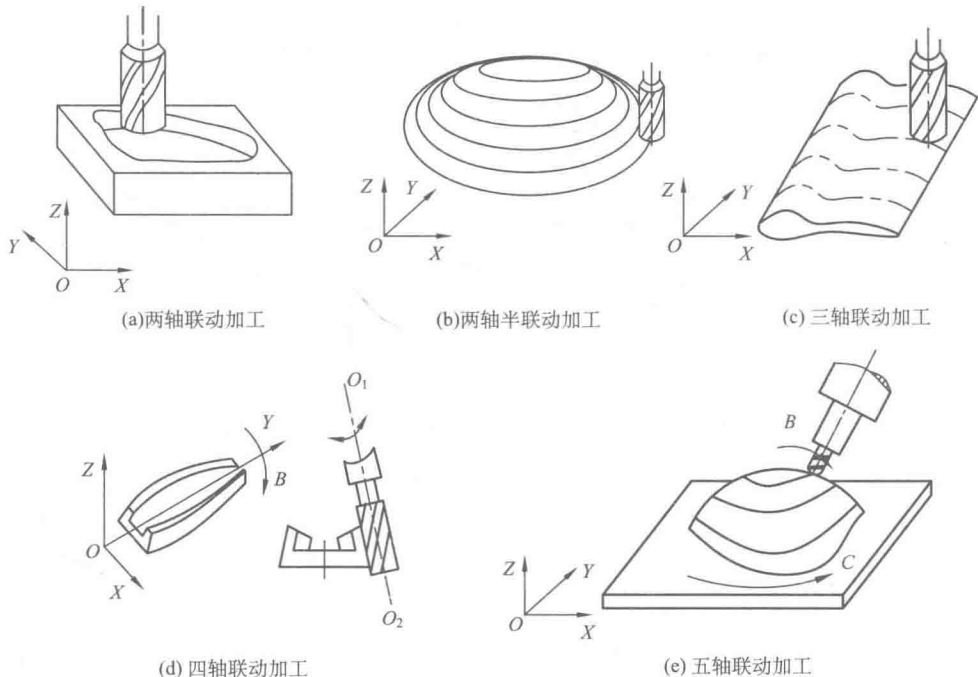


图 1-5 二至五轴联动加工示意图