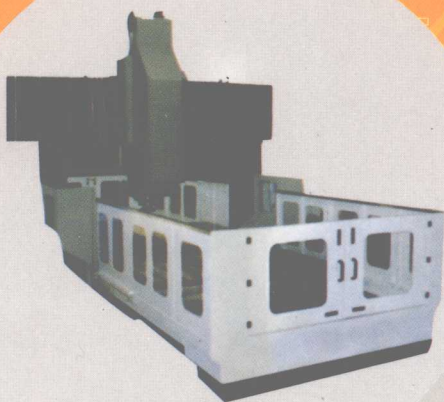


高等院校机械类“十一五”规划系列教材

JICHUANGSHUKONG

机床数控技术



王家忠 李 猛◎主 编

王泽河 杨小华 姜海勇◎副主编



北京航空航天大学出版社

高等院校机械类“十一五”规划系列教材

机床数控技术

王家忠 李 猛 主 编
王泽河 杨小华 姜海勇 副主编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是高等学校机械工程及自动化(机械设计制造及自动化、机电一体化、数控技术等)相关专业“十一五”规划系列教材之一。本书以数控机床作为载体,详细分析和阐述了数控技术的最新原理和技术,并紧紧围绕机床数控技术的核心内容,从理论和实践结合的角度介绍了机床数控技术中所涵盖的关键技术,为数控技术的推广和应用打下坚实的基础。全书共7章,主要包括机床数控技术的基本概念、数控机床的加工控制原理、数控机床的编程基础、计算机控制装置、伺服驱动系统、测量反馈系统和数控机床机械技术等。

本书内容丰富新颖、图文并茂,注意各章节内容上的联系,具有系统性、先进性、针对性和实用性的特点。可作为高等普通院校和高等职业院校机械类工科及机械电子工程等相关专业教材,还可作为工程技术人员或相关研究者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机床数控技术/王家忠等主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-81124-812-8

I. 机… II. 王… III. 数控机床 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 109341 号

机 床 数 控 技 术

王家忠 李 猛 主 编

王泽河 杨小华 姜海勇 副主编

责任编辑 金友泉

*

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: bhpresse@263.net

北京市媛明印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:18.5 字数:474 千字

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81124-812-8 定价:28.00 元

前 言

本书是高等院校机械工程及自动化(机械设计制造及自动化、机电一体化、数控技术等)相关专业“十一五”规划系列教材之一。

数控技术是现代先进制造技术的基础之一,它的广泛应用使普通机械被数控机械所代替,使全球制造业发生了根本变化,已经被世界各国列为优先发展的关键工业技术,成为当代国际间科技竞争的重点。因此,数控技术的水平,数控设备的拥有和普及程度,已经成为衡量一个国家综合实力和工业现代化水平的重要标志。为了适应这种形势,需要培养大量的数控技术人才。

数控技术课程是机械工程学科中机电控制及其结合的专业技术基础课。本课程是以数控机床作为物化对象,以解剖麻雀的形式讲解数控技术中的关键技术,这也是本书取名“机床数控技术”的原因之一。该技术综合应用机、电、控制及计算机知识,结合各种实践教学环节,进行数控装备机电控制的基本训练,为学生从事机电控制系统和现代先进制造技术工作打下基础。

为了在高等院校发展和普及数控技术,培养数控人才,由此编写了本书。“数控技术”相关教材较多,本书着眼于国内外最新的科研成果和发展动态,力求做到先进性。根据编者多年的教学经验,在讲义的基础上,博采众长,将理论与实践相结合。本书内容新颖、图文并茂、语言简洁、思路清晰,具有系统性、先进性、针对性和实用性的特点。

全书共分7章,分别介绍了机床数控技术的基本概念、数控机床加工控制原理、数控编程基础、计算机数控装置的软硬件组成、伺服驱动系统、测量反馈系统和数控机床的机械技术。

参加本书编写工作的有河北农业大学王家忠(第1章、第4章),李猛(第3章),姜海勇(第6章),王泽河(第2章),浙江丽水职业技术学院杨小华(第5章),刘江涛(第7章)。全书由王家忠、李猛任主编,王家忠统稿。

本书由河北农业大学弋景刚教授主审,参加审稿的还有吉林大学王龙山教授、中国地质大学的李宝林教授和河南理工大学邓乐教授,审稿人对本书提出了宝贵意见。在本书编写过程中,参考了大量同类文献和最新研究成果,在此一并表示衷心感谢。

本书编写虽然力求缜密严谨,但由于编者水平有限,不足之处在所难免,敬请广大读者不吝指正。

注:本书配有教学课件,购买本书的读者可向 wjz9001@163.com 或 010-82317027 索取,非常感谢您对北航出版社图书的关注与支持!

编 者

2009年4月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 数控技术的基本概念	1
1.1.1 机床的概念	1
1.1.2 数控的概念	1
1.1.3 数控技术的概念	2
1.1.4 数控机床的概念	2
1.1.5 其他相关的概念	3
1.1.6 数控机床与普通机床、机电一体化及 CAD/CAM 的关系	3
1.2 数控机床的组成及其特点	4
1.2.1 数控机床的组成	4
1.2.2 数控加工系统及其组成环节	6
1.2.3 数控机床的工作原理	6
1.2.4 数控机床的加工特点	7
1.3 数控机床的分类	8
1.3.1 按运动控制的特点分类	8
1.3.2 按伺服系统的控制方式分类	9
1.3.3 按机床的工艺用途进行分类	10
1.3.4 按数控系统的功能水平进行分类	11
1.3.5 按照可联动轴数进行分类	11
1.3.6 坐标联动控制	12
1.4 数控技术的产生与发展	14
1.4.1 数控机床的产生	14
1.4.2 数控机床的发展趋势	16
本章小结	18
思考与练习题	18
第 2 章 数控系统的加工控制原理	20
2.1 概 述	20
2.1.1 零件加工表面分解过程	20
2.1.2 刀具运动轨迹合成过程	21
2.2 数控系统工作过程	22
2.3 插补原理	23
2.3.1 逐点比较法	24

2.3.2 数字积分法	30
2.3.3 数据采样插补法	37
2.4 刀具补偿原理	40
2.4.1 刀具半径补偿的作用	40
2.4.2 刀具半径补偿计算	41
2.4.3 C 功能刀具半径补偿	42
本章小结	47
思考与练习题	48
第 3 章 数控机床编程基础	50
3.1 概 述	50
3.1.1 数控编程方法简介	50
3.1.2 数控编程的内容与手工编程的步骤	52
3.2 数控编程的几何基础	53
3.2.1 数控编程标准	53
3.2.2 数控编程的坐标系	54
3.3 数控编程的工艺基础	60
3.3.1 数控加工的工艺特点与内容	60
3.3.2 数控加工的工艺分析方法	63
3.3.3 数控加工的工艺路线设计	66
3.3.4 数控加工的工序设计	70
3.3.5 编写数控加工工艺文件	75
3.4 数控编程的指令代码和手工编程	79
3.4.1 数控编程的程序结构与程序段格式	79
3.4.2 常用功能字简介	82
3.4.3 FANUC Oi 系统常用准备功能 G 代码介绍	83
3.4.4 常用辅助功能 M 代码及用法	117
3.4.5 其他常用编程指令	119
3.4.6 用户宏程序编程	123
3.5 数控手工编程综合应用	123
3.5.1 数控车削编程综合应用	123
3.5.2 数控铣削编程综合应用	129
3.5.3 加工中心编程综合应用	132
3.6 数控编程的自动编程简介	134
3.6.1 计算机辅助数控程序自动编制的基本概念	134
3.6.2 CAD/CAM 集成数控自动编程系统的原理	135
3.6.3 CAD/CAM 集成数控自动编程系统的应用	136
本章小结	138
思考题与习题	138

第 4 章 计算机数控装置	142
4.1 概 述	142
4.2 计算机数控系统的硬件	144
4.2.1 CNC 系统的硬件构成	144
4.2.2 CNC 装置的体系结构	145
4.2.3 开放式数控装置的体系结构	151
4.3 计算机数控系统的软件	152
4.3.1 计算机数控系统的软件概述	152
4.3.2 输入数据处理程序	155
4.3.3 插补运算及位置控制程序	158
4.3.4 速度处理和加减速控制程序	159
4.3.5 输出程序	160
4.3.6 系统管理和诊断程序	161
4.4 数控机床的辅助功能和可编程控制器(PMC)接口	162
4.4.1 可编程控制器的定义、特点和分类.....	163
4.4.2 可编程控制器的组成及工作原理	165
4.4.3 可编程控制器在数控机床上的应用实例	172
4.5 国内外常见数控系统介绍及性能比较	182
4.5.1 FANUC 数控系统	182
4.5.2 SIEMENS 数控系统	189
4.5.3 A-B 公司的 7360 系统	191
4.5.4 国产数控系统	191
本章小结.....	194
思考题与习题.....	194
第 5 章 数控机床伺服驱动系统	195
5.1 概 述	195
5.1.1 伺服系统的组成	195
5.1.2 数控机床对伺服系统的基本要求	196
5.1.3 伺服系统的分类	197
5.2 数控机床主轴驱动系统	199
5.2.1 主轴驱动装置及工作特性	199
5.2.2 主轴分段无级变速及控制	201
5.2.3 主轴准停控制	203
5.2.4 主轴与进给轴关联控制	206
5.3 数控机床进给驱动系统	208
5.3.1 进给驱动系统组成与分类	208
5.3.2 开环进给伺服控制	215

5.3.3 闭环进给伺服控制及特性分析	224
5.3.4 脉冲比较的进给伺服控制	228
5.3.5 相位比较的进给伺服控制	229
5.3.6 幅值比较的进给伺服控制	232
5.3.7 数据采样式和反馈补偿式进给伺服控制	236
本章小结	237
思考题与习题	238
第6章 数控机床测量反馈系统	239
6.1 概 述	239
6.1.1 数控机床检测装置的分类	240
6.1.2 数控机床对检测装置的要求	240
6.1.3 数控检测装置的性能指标与要求	241
6.2 旋转变压器	241
6.2.1 旋转变压器的组成及工作原理	241
6.2.2 相位工作方式	242
6.2.3 幅值工作方式	242
6.3 感应同步器	243
6.3.1 感应同步器的组成及工作原理	243
6.3.2 感应同步器测量系统	245
6.4 光栅测量装置	249
6.4.1 光栅测量的工作原理	249
6.4.2 光栅测量装置的数字变换线路	250
6.4.3 读数头	252
6.4.4 等倍透镜系统	252
6.5 脉冲编码器	252
6.5.1 增量式脉冲编码器	253
6.5.2 绝对值式脉冲编码器	255
本章小结	257
思考题与习题	258
第7章 数控机床的机械系统	259
7.1 概 述	259
7.1.1 数控机床机械结构特点	259
7.1.2 数控机床对机械结构的要求	260
7.2 数控机床的布局特点	262
7.2.1 概 述	262
7.2.2 数控机床布局特点	262
7.3 数控机床的主运动结构	265

7.3.1 概 述	265
7.3.2 主运动的配置形式和驱动电动机	266
7.3.3 主轴部件	267
7.4 进给系统的机械传动结构	268
7.4.1 进给系统机械传动结构概述	269
7.4.2 滚珠丝杠螺母副	270
7.4.3 回转工作台	270
7.4.4 导 轨	271
7.5 数控机床的刀具交换装置	272
7.5.1 概 述	272
7.5.2 自动换刀装置的形式	273
7.5.3 刀 库	274
7.6 机床床身	275
7.7 刀具系统	275
7.8 夹具及附件	276
本章小结	277
习题与思考题	277
附 录	279
附录1 FANUC 系统准备功能 G 代码	279
附录2 FANUC 系统辅助功能 M 代码	280
附录3 FANUC 系统部分功能的技术术语及解释	281
参考文献	286

第 1 章 绪 论

本章要点

数控机床的出现满足了多品种、中小批量、形状复杂、精度要求高和产品更新换代的要求，是一种灵活、通用、能够适用产品频繁变化的柔性自动化机床。

本章主要阐述数控技术和数控机床的基本概念；机床数控技术的组成和特点；数控机床的分类方法；在了解数控技术发展历史的基础上，理解数控机床与现代机械制造系统之间的关系和发展数控机床的必要性以及数控机床的发展趋势。

1.1 数控技术的基本概念

1.1.1 机床的概念

国际标准机构 ISO (International Organization for Standardization) 对机床 (machine tools) 所下的定义为：“无论制出材料或成品，或有无切屑，将固体材料 (金属、木材或塑料等) 由一动力源推动而用物理的、化学的或其他方法制出生产工件的机械”。我国的机床或工具机是指狭义的工具机而言，故称之为机床或工作母机。它主要指将金属工件以自动切削或研磨等的机械制造方法制造出所需形状、尺寸及表面精度为目的的机械。

从机床的定义出发，可从以下几点理解机床的基本概念：

① 机床是对金属或其他材料的坯料或工件进行加工，使之获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的机器。

② 机械产品的零件通常都是用机床加工出来的。机床是制造机器的机器，也是能制造机床本身的机器，这是机床区别于其他机器的主要特点，故机床又称为工作母机或工具机。

③ 机床 (也称车床) 通常称为工作母机，是制造世界上一切机器的机器。没有机床，大工业的生产和现代世界将回到它们的原始状态中去，世界将不堪设想。

1.1.2 数控的概念

数字控制简称数控 (Numerical Control) 是一种自动控制技术，是用数字化信号对机械的运动及其工作过程进行控制的一种方法。它利用了计算机强大的数值计算和信息处理能力，对产品加工过程进行数字化信息处理与控制。为了说明数控的基本概念，下面以数控机床中的一个程序段为例来进行说明，例如

N003 G90 G01 X+325.927 Y+279.346 Z-429.732 S1000 T02 F500 M07

该程序段部分的含义如下：

N003 第三个程序段；

G90 绝对坐标编程，在这里指该程序中的位置坐标均是相对于坐标原点的绝对坐标值，

有别于增量坐标编程；

G01 刀具做直线插补运动；

S1000 机床主轴转速为 1000 r/min；

T02 选用 2 号刀具；

F500 机床进给部件的运动速度为 500 mm/min；

M07 冷却液开。

上述程序段为数控加工的指令代码，即数字化的信号，用来控制机床的运动。它的总体含义为：第三个程序段，数控机床选用 2 号刀具，在主轴转速为 1000 r/min，进给部件运动速度为 500 mm/min 和冷却液打开的工艺条件下加工一条空间直线段。该线段以坐标原点或上一程序段的指令点为起点，以给定坐标值(+325.927, +279.346, -429.732)为终点。所有坐标值的计算均以坐标原点为基准。

1.1.3 数控技术的概念

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。

机床数控技术由机床机械技术、数控系统和外围技术组成，如图 1-1 所示。其中数控系统是最关键的技术，由控制系统(数控装置)、伺服驱动系统和测量反馈系统组成，将在书中第 4 章、第 5 章和第 6 章中分别介绍；机床的机械部分包括基础件和配套件，构成了机床的本体部分，将在第 7 章中介绍；外围技术包括工具技术、编程技术和管理技术，本书将在第 3 章中重点介绍编程技术。

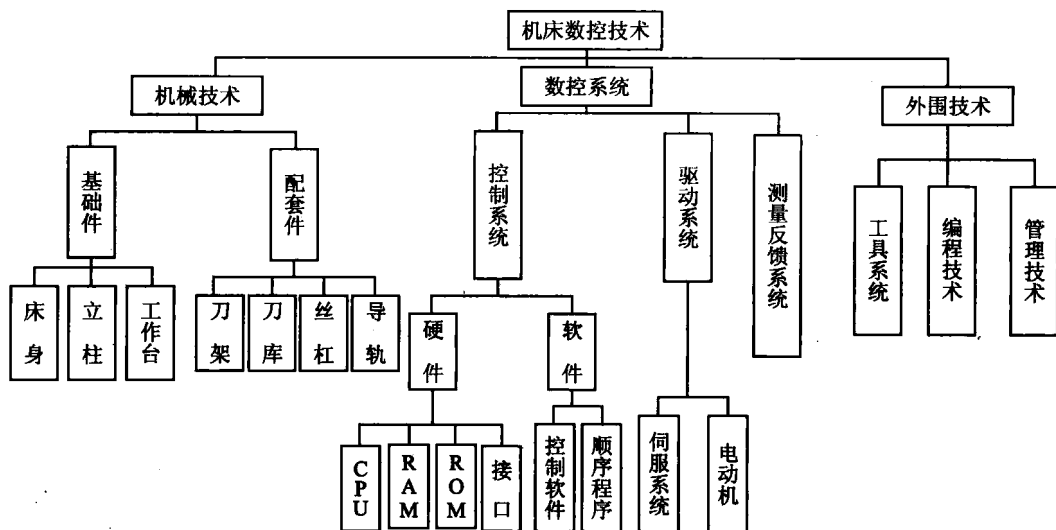


图 1-1 机床数控技术的组成

1.1.4 数控机床的概念

数控技术是现代先进制造技术的基础，其技术水平和普及程度是衡量一个国家综合国力和工业现代化程度的重要标志。国际信息处理联盟(IFIP, International Federation of Infor-

mation Processing)第五技术委员会对数控机床的定义是: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号码或其他符号编码指令规定的程序,即数控机床是采用了数控技术的机床或装备了数控装置的机床。数控机床是利用数控技术,准确地按照事先编制好的程序,自动加工出所需工件的机电一体化设备。在现代机械制造中,特别是在航空、造船、国防、汽车模具及计算机工业中得到广泛应用。

1.1.5 其他相关的概念

和机床数控技术相关的概念还有数控系统、计算机数控系统、数控程序、数控编程和数控加工等。

1. 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具有特定代码的程序,并将其译码,从而使机床运动并加工零件,包括由硬件搭成的系统 NC(Numerical Control)和计算机数控系统 CNC(Computerized Numerical Control System)。

2. 计算机数控系统

计算机数控系统(CNC)由装有数控系统程序的专用计算机、输入/输出设备、可编程序控制器(PLC)、存储器、主轴驱动装置及进给驱动装置等部分组成。

3. 数控程序

数控程序(NC Program)是输入数控系统中的、使数控机床执行一个确定的加工任务的、具有特定代码和其他符号编码的一系列指令。

4. 数控编程

简单地说,数控编程是指生成用数控机床进行零件加工的数控程序的过程,可分为手工编程和自动编程两大类。

5. 数控加工

数控加工是指根据零件图样及工艺要求等原始条件编制零件数控加工程序,输入数控系统,控制数控机床中刀具与工件的相对运动,从而完成零件的加工。

1.1.6 数控机床与普通机床、机电一体化及 CAD/CAM 的关系

为了更好地理解数控机床的概念和特点,将数控机床与普通机床、机电一体化及 CAD/CAM 的关系作比较如下。

1. 数控机床与普通机床的比较

数控机床是在普通机床基础上增加了对机床运动和动作自动控制的功能部件,使数控机床能够自动完成对零件加工的全过程,其控制的媒介为数字程序。表 1-1 为数控机床和普通机床的性能比较。

2. 数控机床与机电一体化的关系

机械行业的发展方向是机电一体化(Mechatronics)。机电一体化是指在机构的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引进电子技术,并将机械装置和电子设备以及软件等有机结合起来构成系统的总称。机电一体化本身包括机电一体化技术和机电一体化产品两层含义。其中,数控机床和工业机器人一样是典型的机电一体化产品。

3. 数控技术与 CAD/CAM 的关系

数控技术是衡量一个国家经济发展水平的重要标志,使制造业的整体面貌发生重大变化。数控技术是先进制造技术的基础,数控技术使 CAD/CAM 实用化。

表 1-1 数控机床与普通机床的性能比较

序 号	项 目	数控机床	普通机床
1	加工异形零件的能力	强	弱
2	改变加工对象的柔性程度	高	低
3	加工质量和加工精度	高	低
4	加工效率	高	低
5	设备利用率	高	低
6	产品优化设计与 CAD 连接功能	高	低
7	前期投资	高	低
8	对操作人员素质的要求	高	低
9	对生产计划、生产准备和生产调度的要求	高	低
10	运行费	低	高
11	维修技术和维修费	高	低
12	对不合格产品再加工的费用	低	高

图 1-2 为 CAD/CAM 技术关系图。从图中可以看出,广义的 CAM 包括 CAPP 和 CAM 两部分,其中 CAPP 包括工艺设计、NC 编程和机器人编程等;CAM 包括 NC 加工、装配和检验等,可见数控编程和数控加工是 CAD/CAM 的重要内容,数控机床是数控加工的实施者。

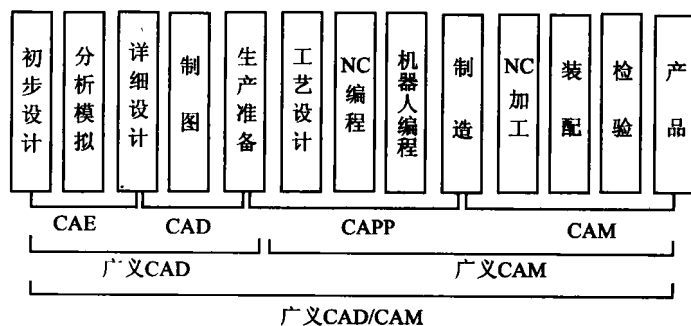


图 1-2 CAD/CAM 技术关系图

1.2 数控机床的组成及其特点

1.2.1 数控机床的组成

数控机床通常是由程序载体、CNC 装置、伺服驱动系统(包括主轴伺服驱动系统和进给伺

服驱动系统)、检测与反馈装置、辅助装置和机床本体组成,如图 1-3 所示。

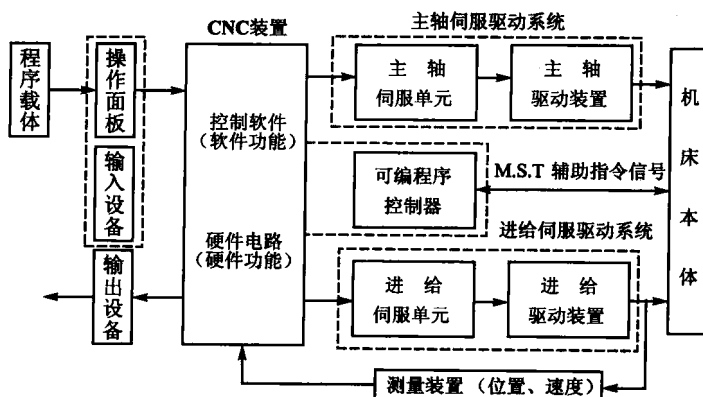


图 1-3 数控机床的组成

各部分的作用如下:

1. 程序载体

程序载体是用于存储零件加工程序的装置,可将加工程序以特殊的格式和代码存储在载体上。常用的载体有磁盘、磁带、硬盘和闪存卡等。

由于复杂模具和大型零件的加工程序占用内存空间大,目前将加工程序的执行方式按数控机床控制系统的内存空间大小分为两种方式:一种是采用 CNC 方式,即先将加工程序输入机床,然后调出来执行;另一种是采用 DNC 方式,即将机床与计算机连接,机床的内存作为存储缓冲区,加工程序由计算机一边传送,机床一边执行。

2. CNC 装置

CNC 装置,又称计算机数控装置,是 CNC 系统的核心,主要包括微处理器(CPU)、存储器、局部总线、外围逻辑电路和输入/输出控制等。有两种形式的数控系统:一种是由专用电路组成的专用计算机数控系统称为硬件数控系统 CNC;另一种是由通用小型计算机或微型计算机作为数控装置的数控系统称为计算机数控系统 CNC,目前,绝大多数为 CNC 系统。

输入装置将数控代码变成相应的电脉冲信号,传递并存入数控系统内。输入装置有磁带机和软驱等。输入方式可以通过手工(MDI)用键盘直接输入或通过通信的方式 RS-232C 输入到数控系统。

CNC 装置接收输入装置送来的脉冲信号;经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令,控制机床的各部分,使其进行规定的、有序的动作。

3. 伺服驱动系统

伺服系统包括主轴伺服驱动系统和进给伺服驱动系统,其作用是把来自数控装置的运动指令进行放大处理,驱动机床移动部件的运动,使工作台和主轴按规定的轨迹和速度运动,加工出符合要求的产品。它的伺服精度和动态响应是影响数控机床加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。

伺服系统是数控装置和机床本体之间的电传动联系环节。伺服系统包括驱动装置和执行装置两大部分,执行装置常用的伺服电动机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。

机。而执行装置主要由伺服电动机、驱动控制系统和位置检测与反馈装置等组成。伺服电动机是系统的执行元件,驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。在数控机床的伺服系统中,常用的伺服驱动元件有功率步进电动机、电液脉冲电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。

4. 检测与反馈装置

检测与反馈装置有利于提高数控机床的加工精度。它的作用是:将机床导轨和主轴移动的位移量、移动速度等参数检测出来,通过模数转换变成数字信号,并反馈到数控装置中;数控装置根据反馈回来的信息进行判断并发出相应的指令,纠正所产生的误差。

5. 辅助装置

辅助装置的主要作用是接收数控装置输出的主运动换向、变速、启停、刀具的选择和交换,以及其他辅助装置动作等指令信号,经过必要的编译、逻辑判断和运算,经功率放大后直接驱动相应的驱动源,带动机床的机械部件,液压、气动装置等完成相应指令规定的动作。辅助装置是把计算机送来的辅助控制指令经机床接口转换成强电信号,用来控制主轴电动机启停、冷却液的开关及工作台的转位和换刀等动作。辅助装置主要包括自动换刀装置 ATC(Automatic Tool Changer)、自动交换工作台机构 APC(Automatic Pallet Changer)、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液装置、排屑装置、过载和保护装置等。

6. 机床本体

数控机床的本体指其机械结构实体。与传统的普通机床相比较,它同样由主传动系统、进给传动机构、工作台、床身以及立柱等部分组成。但数控机床在整体布局、外观造型、传动机构、工具系统及操作机构等方面都发生了很大的变化。为了满足数控技术的要求和充分发挥数控机床的特点,归纳起来包括以下几个方面的变化:

- ① 采用高性能主传动及主轴部件,使得主轴部件传递功率大、刚度高、抗振性好及热变形小。
- ② 进给传动采用高效传动件 具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点,一般采用滚珠丝杠副和直线滚动导轨副等。
- ③ 具有完善的刀具自动交换和管理系统。
- ④ 在加工中心上一般具有工件自动交换、工件夹紧和放松机构。
- ⑤ 机床本身具有很高的动、静刚度。
- ⑥ 采用全封闭罩壳 由于数控机床是自动完成加工,为了操作安全等,一般采用移动门结构的全封闭罩壳,对机床的加工部件进行全封闭。

1.2.2 数控加工系统及其组成环节

现代企业数控加工系统一般由编程系统、数控机床、机床工艺系统和加工保障系统等构成,如图 1-4 所示。其中,编程系统一般利用 CAD/CAM 软件,根据零件的加工要求在 CAD 的基础上,进行工艺分析,进而生成数控加工所需的数控代码,通过串行通信或网络的形式传送给数控机床,并在机床工艺系统和加工保障系统的配合下,完成零件的加工。

1.2.3 数控机床的工作原理

数控机床的加工原理框图如图 1-5 所示。

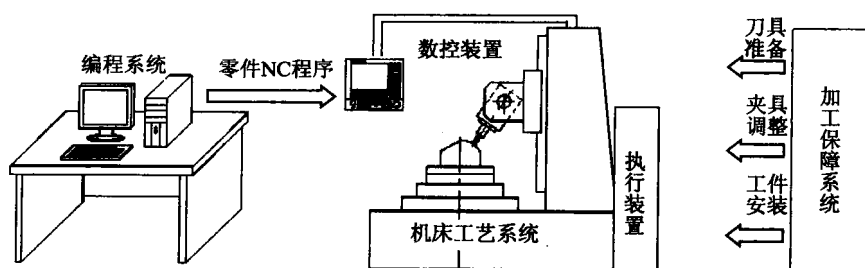


图 1-4 数控加工系统的典型结构

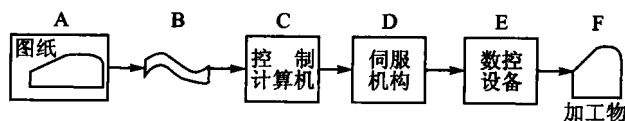


图 1-5 数控机床的加工原理

在图 1-5 中, A 为被加工零件的图纸, 图纸上的数据可分为几何数据和工艺数据两类。这些数据是指示给数控设备命令的原始依据(简称“指令”)。B 为控制介质(或程序介质、输入介质), 通常用纸带、磁带、磁盘等作为记载指令的控制介质。C 为数据处理和控制的电路, 通常是计算机数控系统。零件的加工程序经过数控系统处理后, 变成伺服机构能够接收的位置指令和速度指令。D 为伺服机构(或伺服系统), 如果把“控制计算机(C)”比拟为人的“大脑”, 则“伺服机构(D)”相当于人的“手”和“足”, 数控加工过程要求伺服机构无条件地执行“大脑”的意志。E 为数控设备。F 为加工后的零件成品或半成品。这就是一般数控设备的工作过程。

数控机床的工作过程可分为以下几个阶段:

- ① 根据被加工零件的图样与工艺要求, 用规定的代码和程序格式编写加工程序。
- ② 将编写好的程序和相关参数以 MDI、磁盘或通信方式, 输入至数控系统中。
- ③ 数控装置将程序进行译码、运算, 生成一系列指令, 向机床各个坐标的伺服机构和辅助控制装置发出控制信号, 驱动相应的部件动作, 以加工出合格的零件。

数控系统的加工控制原理将在第 2 章介绍。

1.2.4 数控机床的加工特点

数控机床是柔性很强的自动化机床, 其加工特点可归纳为以下几点:

- (1) 加工精度高 数控机床是按数字形式给出的指令进行加工的, 脉冲当量普遍达到 0.001 mm 以下, 且传动链之间的间隙能得到有效补偿。
- (2) 适应性强 数控机床改变加工零件时, 只需改变加工程序, 特别适合于单件、小批量、加工难度和精度要求较高的零件加工。
- (3) 自动化程度高, 劳动强度低。机床自动化程度的提高, 使操作人员的劳动强度大大降低, 工作环境得到改善。
- (4) 生产效率高 数控机床加工零件粗加工时可以进行大切削用量的强力切削, 移动部件的空行程时间短, 工件装夹时间短, 更换零件时几乎不需要调整机床。

(5) 有利于现代化管理 数控机床使用数字信息与标准代码输入, 适宜于数字计算机网络, 成为计算机辅助设计、制造和管理一体化的基础。

1.3 数控机床的分类

数控机床分类方法很多, 按运动控制的特点分类可分为点位控制数控机床、直线控制数控机床和轮廓控制数控机床; 按伺服系统的类型分类可分为开环控制的数控机床、闭环控制的数控机床和半闭环控制的数控机床; 按工艺方法分类可分为金属切削类数控机床和金属成形类及特种加工类数控机床; 按功能水平分类可分为高档、中档和低档数控机床; 在轮廓控制数控机床中, 按照可联动轴数, 可分为两坐标联动控制、2.5 坐标联动控制、三坐标联动控制、四坐标联动控制和五坐标联动控制数控机床。分别介绍如下:

1.3.1 按运动控制的特点分类

按运动控制的特点, 可把数控机床分为点位控制数控机床、直线控制数控机床和轮廓控制数控机床, 如图 1-6 所示。

1. 点位控制数控机床

如图 1-6(a) 所示, 点位控制数控机床只控制运动部件从一个位置到另一个位置的准确定位, 严格控制点到点之间的距离, 而与所走的路径无关。不管中间的移动轨迹如何, 在移动的过程中不进行切削加工, 对两点之间的移动速度及运动轨迹没有严格要求。但通常为了提高加工效率, 一般先快速移动, 再以慢速接近终点。

具有点位控制功能的机床主要有数控钻床、数控镗床、数控冲床等。随着数控技术的发展和数控系统价格的降低, 单纯用于点位控制的数控系统已不多见。

2. 直线控制数控机床

直线控制数控机床不仅要求具有准确的定位功能, 还要求从一点到另一点按直线运动进行切削加工, 刀具相对于工件移动的轨迹是平行机床各坐标轴的直线或两轴同时移动构成 45° 的斜线, 如图 1-6(b) 所示为直线控制数控机床加工示意图。

具有直线控制功能的数控机床主要有简易的数控车床、数控铣床、加工中心和数控磨床等。这种机床的数控系统也称为直线控制数控系统。同样, 单纯用于直线控制的数控机床也不多见。

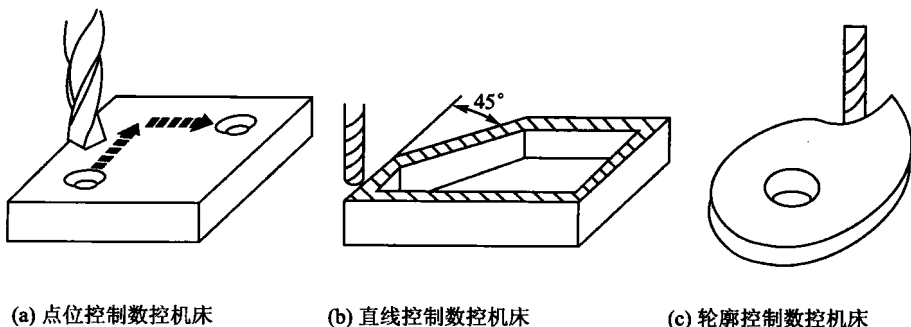


图 1-6 数控机床运动控制特点方法