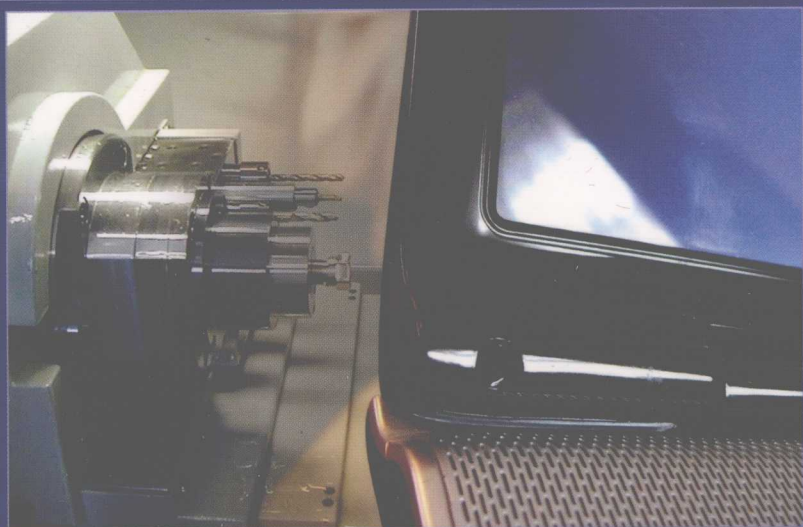


“十一五”国家重点图书出版规划项目 · 先进制造新技术丛书

数控加工技术新篇

◎ 王爱玲 主编 ◎

◎ 李梦群 庞学慧 武文革 副主编 ◎



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

内容简介

先进制造新技术丛书

数控加工技术新篇

王爱玲 主 编
李梦群 庞学慧 武文革 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书已列入“十一五”国家重点图书出版规划项目“先进制造技术丛书”。本书以先进制造技术及数字化装备的基本概念和新技术为出发点,详细分析了数控加工的最新理论及方法。全书共7章:1~3章,重点介绍数控加工技术的最新成就、数控高速加工的程序编制、开放式数控系统;第4~7章,主要介绍高性能交流伺服系统采用现代控制理论复合控制策略的新进展、数控机床结构功能的新进展、数控加工新工艺及高速加工刀具等内容。

本书内容充分体现一个“新”字,同时突出基础性、系统性、实用性和先进性。

本书可作为高等工科院校机械工程、机电工程相关专业师生的教材和参考书,也可作为硕士、博士生进行相关课题研究的参考书,同时可供自动化领域及机械制造业有关工程技术和研究人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工技术新篇 / 王爱玲主编. —北京: 电子工业出版社, 2008.9

(先进制造新技术丛书)

ISBN 978-7-121-07273-4

I. 数… II. 王… III. 数控机床—加工 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第128421号

策划编辑: 李 洁

责任编辑: 宋兆武

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 21.75 字数: 487.2千字

印 次: 2008年10月第1次印刷

印 数: 4000册 定价: 39.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

“十一五”国家重点图书出版规划项目

先进制造新技术丛书

编 委 会

主 任：李伯虎 范玉顺 郝玉成

副主任：谢兵兵 刘 强 高 平

成 员（排名不分先后，以姓氏笔画为序）：

于海斌	王田苗	王爱玲	田雨华	齐二石	朱文海
刘 飞	刘国兴	刘晓冰	孙林夫	曲道奎	祁国宁
林忠钦	张伯鹏	孟祥旭	邵新宇	赵大哲	洪 军
黄 涛	曾庆宏	黎晓东			

序

制造业是国民经济与国家安全的重要支柱。21 世纪经济全球化和全球信息化的趋势对制造企业提出了严峻的挑战，同时也提供了良好的发展机遇。一场以信息化为特征的全球化的制造业革命正在波澜壮阔地展开。制造企业间竞争的要素是企业产品 (P) 及其上市时间 (T)、质量 (Q)、成本 (C)、服务 (S)、环境 (E)、知识 (K)。国内外的实践表明，融合了信息、管理、材料、自动化等高新技术的制造技术——“先进制造技术”，是支持制造企业“产品创新、管理创新、技术创新”，实现其“全球化、敏捷化、信息化、集成化、智能化、绿色化”，进而提高制造企业竞争力的良策与有效途径。

建国 50 余年来，经过全国上下的艰苦奋斗，我国制造业已成为国民经济的重要组成部分，其工业增加值已占我国生产总值的 47.3%，并跃居世界第四位，即我国已从一个制造弱国发展为世界制造大国，但还不是强国，因为我国制造业工业增加值仅为美国的 1/4、日本的 1/2。在我国《中长期科学和技术发展规划纲要》中指出了我国制造工业的差距：“制造技术基础薄弱，创新能力不强；产品以低端为主；制造资源、能源消耗大，污染严重。”我们的目标要成为世界制造强国，这是历史赋予我们的责任，我们为此还要作出艰巨的努力。

在我国《中长期科学和技术发展规划纲要》中指出：当前先进制造技术的新变化是“信息化、高技术化、绿色化和发展极端制造技术”。因此，本丛书将围绕这些新变化，以组成先进制造系统为基点，从系统总体技术、产品设计技术、产品加工生产与装备技术、经营管理与决策技术、产品试验技术、系统集成支撑环境技术六个方面来组织其内容。

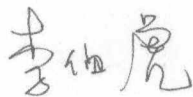
本丛书主要面向制造企业管理者与技术人员，因此其内容特点是“先进、实用、精练、简洁”，并提供成功的应用案例。

本丛书由中国机械工程学会机械工业自动化分会、中国自动化学会制造技术专业委员会、全国工业自动化系统与集成标准化技术委员会和电子工业出版社共同组织与筹划。

本丛书的著者是来自企业、学校、科研院所中从事先进制造技术研究开发与应用的科技与管理专家。丛书的大量内容取自他们各自参与的研究开发与应用项目，因此在这里要衷心感谢有关项目中一起工作的团队，感谢他们的努力与做出的贡献。

我们期望本丛书能促进我国制造企业创新能力和水平的提高，能为我国从制造大国向制造强国转变的历史任务中做出微薄的积极贡献。

敬请读者批评指正。



中国工程院院士
2007 年 9 月

前言

新世纪开始,中国工程院的调查报告指出:今天中国的制造业直接创造国民生产总值的 $\frac{1}{3}$,占整个工业生产的 $\frac{4}{5}$,为国家财政提供 $\frac{1}{3}$ 以上的收入,贡献出口总额的90%。处于工业中心地位的制造业,特别是装备制造业是国民经济持续发展的基础,是工业化现代化建设的发动机和动力源,是在国际竞争中取胜的法宝,是技术进步的主要舞台,是提高人均收入的财源和国防安全的保障。只有用先进的制造业不断地改造和提升各产业部门的装备和生产运行水平,发展现代文明的物质基础,才能实现对环境友好的可持续发展。

20世纪90年代以来,以高切削速度、高进给速度和高加工精度为主要特征的高速切削技术,已经成为现代数控加工技术的重要发展方向之一。航空航天、汽车、模具制造及精密微细加工等对高速切削的高需求,推动着高速切削技术的迅猛发展及广泛应用。目前高速切削技术的研究已成为国内外先进制造技术领域重要的研究项目之一。

机床既是实施先进制造技术的重要装备,也是制造信息集成的一个重要载体,因此机床的发展和创新在一定程度上映射出加工技术的主要趋向。

数控技术是现代制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,离开了数控技术,先进制造技术就成了无本之木。数控技术的广泛使用给机械制造业的生产方式、产业结构、管理方式带来深刻的变化,其关联效益和辐射能力更是难以估计。数控技术及数控装备已成为关系国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业,其水平高低是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志,实现加工机床及生产过程数控化,已经成为当今制造业的发展方向。

我国数控技术及产业虽然在改革开放后取得了显著的成就,但是与发达国家相比仍然有较大的差距,其原因是多方面的,但最重要的是数控人才的匮乏。目前,随着国内数控机床用量的剧增,急需培养一大批各种层次的数控人才。

本书已列入“十一五”国家重点图书出版规划项目“先进制造技术丛书”,旨在为培养实用型数控技术人才做出贡献。承担本书编写工作的中北大学机械工程与自动化学院机械工程系,在“机械设计制造及其自动化”山西省品牌专业建设的基础上,1995年就开设了“机床数控技术”和“制造自动化技术”两个专业方向,王爱玲负责的《机床数控技术新篇》是省级精品课程,“中北大学数控技术教学基地”是省级教学团队,2005年该校数控实验基地被列为教育部数控技术应用领域技能型紧缺人才培养培训基地;2007年王爱玲获“第三届高等学校教学名师奖”。目前,已形成近40位教师参加的“数控全系列”(含数控理论、技术、培训、实训操作、概论等)教材和著作的编写团队。从2001年至今,已完成了33部教材(其中有3套教材,每套6个分册)、著作的编著工作。其中,高等教育出版社出版的《机床数控

技术》被列为“21 世纪机械类课程系列教材”；国防工业出版社出版的《现代数控技术系列教材》(2001 年第 1 版，2005 年第 2 版，目前正在进行第 3 版的修订工作)，被 40 多所院校选做本科生、硕士生、博士生教材。机械工业出版社出版的系列教材《数控职业技能培训系列教程》和电子工业出版社出版的《数控职业技能实践系列教程》是职业教育和企业第一线技术人员及操作人员的理论、实践参考系列书。此外，中北大学还特别重视企业继续工程教育，通过请进来、走出去的教师和企业技术人员、操作人员互动方式，自 1995 年以来，开办 50 多期现代数控技术普及班、高级班和各种专项班，为 80 多个企事业单位培训了大量现代数控技术方面的工程技术人才。

《数控加工技术新篇》的编著工作，是经过 10 多年来作者教学实践的积累和检验，不断进行补充、更新、修改而完成的。本教材力求取材新颖，理论密切联系实际，系统全面地介绍数控技术、数控装备、数控加工工艺等方面的知识。

本书由王爱玲教授任主编，李梦群博士、教授，庞学慧博士、教授和武文革博士、教授任副主编。全书共 7 章，其中第 1 章由王爱玲编写，第 3、4 章由李梦群编写，第 5、6 章由庞学慧编写，第 2、7 章由武文革编写。全书由王爱玲提出总体构思及编写思想并进行统稿。

本书编写时参阅了很多院校和企业的教材、资料和文献，部分资料来源于网络，并得到很多专家和同事的支持和帮助，在此谨致谢意！特别感谢田雨华老师为本书的编写提供宝贵的文献和资料。本书编写过程中，刘永姜、刘中柱、孙旭东三位讲师（在读博士）在资料整理、书稿编辑等方面做了大量的工作，硕士研究生王连生、李文亮、郭卫卫也对书稿的编辑整理付出辛勤劳动，在此一并致谢。

限于编者的水平和经验，书中难免疏漏和错误，恳请读者和各位同人批评指正。

目 录

第1章 概论	(1)
1.1 数控机床的基本概念	(2)
1.1.1 数字控制	(2)
1.1.2 数控机床	(3)
1.1.3 机床数字控制的原理	(3)
1.1.4 数控机床的组成及特点	(5)
1.2 数控机床分类	(6)
1.2.1 按运动控制的特点分类	(6)
1.2.2 按伺服系统的控制方式分类	(8)
1.2.3 按数控系统功能水平分类	(10)
1.2.4 按工艺用途分类	(11)
1.2.5 按所用数控装置的构成方式分类	(12)
1.3 数控机床技术的发展历程、现状与发展趋势	(12)
1.3.1 发展历程	(12)
1.3.2 技术现状与发展趋势	(13)
1.3.3 关键技术分析	(21)
1.4 先进制造技术与数控装备	(27)
1.4.1 先进制造技术的内涵	(27)
1.4.2 先进制造技术的发展战略	(30)
1.4.3 先进制造技术及装备	(34)
第2章 数控高速加工程序的编制	(40)
2.1 现代数控编程技术的基本概念、发展状况及关键技术分析	(41)
2.1.1 数控编程技术的基本概念	(41)
2.1.2 数控编程技术的发展现状	(41)
2.1.3 数控编程关键技术及加工方法分析	(43)
2.2 数控加工程序编制的一般知识	(47)
2.2.1 数控编程内容与步骤	(47)
2.2.2 数控编程方法	(48)
2.2.3 常用的数控标准	(50)
2.2.4 数控编程的几何基础	(58)
2.2.5 数控编程的常用指令及用法	(61)

2.3	数控高速加工编程的策略与方法	(77)
2.3.1	高速加工对 CAM 软件的要求	(77)
2.3.2	数控高速加工编程的策略与方法	(79)
2.4	数控高速加工自动编程实例	(88)
2.4.1	MasterCAM 简介	(88)
2.5.2	MasterCAM X2 高速加工自动编程实例	(90)
第 3 章	开放式数控系统	(109)
3.1	数控系统的软/硬件结构	(110)
3.1.1	CNC 系统的组成	(110)
3.1.2	CNC 装置的组成和工作原理	(111)
3.1.3	CNC 装置的主要功能和特点	(113)
3.1.4	CNC 装置的硬件结构	(116)
3.1.5	CNC 装置的软件结构	(126)
3.2	数控系统常用接口	(133)
3.2.1	概述	(133)
3.2.2	键盘输入及其接口	(134)
3.2.3	显示器及其接口	(137)
3.2.4	机床开关量及其接口	(141)
3.2.5	串行通信及其接口	(146)
3.2.6	网络通信及其接口	(148)
3.3	开放式数控系统	(150)
3.3.1	开放式数控系统产生的背景	(150)
3.3.2	开放式数控系统的定义	(151)
3.3.3	开放式数控系统国内外研究现状	(152)
第 4 章	伺服系统及其新技术	(159)
4.1	概述	(160)
4.1.1	伺服系统的组成	(160)
4.1.2	数控机床对伺服系统的基本要求	(161)
4.1.3	伺服系统的分类	(163)
4.1.4	伺服系统的发展	(166)
4.2	伺服系统的一般检测装置	(169)
4.2.1	位置检测装置的作用	(169)
4.2.2	位置检测装置的分类	(169)
4.2.3	位置检测装置简介	(170)
4.3	伺服电动机及速度控制	(173)

4.3.1	伺服电动机	(173)
4.3.2	速度控制	(187)
4.4	位置控制	(210)
4.4.1	位置控制的基本原理	(210)
4.4.2	数字脉冲比较位置控制伺服系统	(211)
4.4.3	全数字控制伺服系统	(212)
4.5	交流伺服系统新技术	(213)
4.5.1	交流伺服系统的主要控制策略	(213)
4.5.2	交流伺服系统的研究状况	(216)
4.5.3	交流伺服系统的主要发展趋势	(218)
4.5.4	交流伺服技术有待解决的问题	(219)
第5章	数控机床结构和功能的新进展	(221)
5.1	电主轴	(222)
5.1.1	概述	(222)
5.1.2	高速精密电主轴的关键技术	(224)
5.2	快速、精密的进给驱动系统	(230)
5.2.1	精密高速滚珠丝杠传动	(231)
5.2.2	直线电动机传动	(234)
5.3	复合加工机床	(228)
5.3.1	复合加工机床的产生	(238)
5.3.2	典型复合加工机床	(239)
5.3.3	复合加工机床的相关技术	(244)
5.4	精密微小型数控机床和微型工厂	(245)
5.4.1	微细加工设备概念	(245)
5.4.2	国内外微小型化数控机床简介	(246)
5.5	超精密数控机床	(250)
5.5.1	超精密切削技术概述	(250)
5.5.2	国内外超精密数控机床简介	(251)
5.6	数控机床技术、理念的新境界	(256)
5.6.1	智能数控机床	(256)
5.6.2	模块化与可重构数控机床	(259)
第6章	数控加工工艺	(265)
6.1	数控加工工艺的基本内容	(266)
6.1.1	数控机床的合理选用	(266)
6.1.2	零件的工艺性分析	(267)

6.1.3	加工工序的划分	(268)
6.1.4	加工路线的确定	(269)
6.1.5	切削用量的确定	(270)
6.1.6	零件的安装与夹具的选择	(271)
6.1.7	数控加工工艺文件	(272)
6.2	数控加工的夹具及其典型结构	(273)
6.2.1	夹具的分类与组成	(273)
6.2.2	夹具的典型结构	(275)
6.3	数控加工工艺的几个热点问题	(280)
第 7 章	数控加工与高速加工刀具	(285)
7.1	数控加工刀具的特点	(286)
7.1.1	数控加工常用刀具的种类及特点	(286)
7.1.2	数控加工刀具的选择	(287)
7.1.3	数控加工切削用量的确定	(288)
7.2	数控刀具管理系统及刀具状态的在线监测	(289)
7.2.1	数控刀具管理系统	(289)
7.2.2	数控刀具状态的在线监测	(293)
7.3	高速切削加工刀具材料的种类及合理选用	(297)
7.3.1	高速切削加工对刀具材料的要求	(297)
7.3.2	高速切削加工刀具材料的种类	(298)
7.3.3	高速切削加工刀具材料的选用	(300)
7.4	高速切削刀具的构造特点	(306)
7.4.1	高速切削对刀具系统的要求	(306)
7.4.2	常规锥度刀柄存在的问题	(307)
7.4.3	多种新型刀柄的开发与应用	(307)
7.4.4	高速切削加工用刀柄的选用	(317)
7.4.5	高速切削中刀具系统的动平衡	(319)
7.4.6	高速回转刀具的结构特点	(323)
参考文献		(326)

第 1 章 概 论

本章导读

- 数控机床的基本概念
- 数控机床分类
- 数控机床技术的发展历程、现状与发展趋势
- 先进制造技术与数控装备

1.1 数控机床的基本概念

1.1.1 数字控制

数字控制 (Numerical Control) 是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的一种技术方法。

数控技术是用数字信息对机械运动和工作过程进行控制的技术, 是现代化工业生产中的一门新型的发展十分迅速的高技术。数控装备是以数控技术为代表的新技术对传统制造产业和新兴制造业的渗透形成的机电一体化产品, 即所谓的数字化装备。其技术范围所覆盖的领域有: 机械制造技术, 微电子技术, 信息处理、加工、传输技术, 自动控制技术, 伺服驱动技术, 检测监控技术、传感器技术, 软件技术等。数控技术及装备是发展新兴高新技术产业和尖端工业 (如信息技术及其产业、生物技术及其产业、航空航天等产业) 的使能技术和最基本的装备。在提高生产率、降低成本、保证加工质量及改善工人劳动强度等方面都有突出的优势, 特别在适应机械产品迅速更新换代、小批量、多品种生产方面, 各类数控装备更是实现先进制造技术的关键。

数控技术包括数控系统、数控机床及外围技术, 其组成如图 1-1 所示。

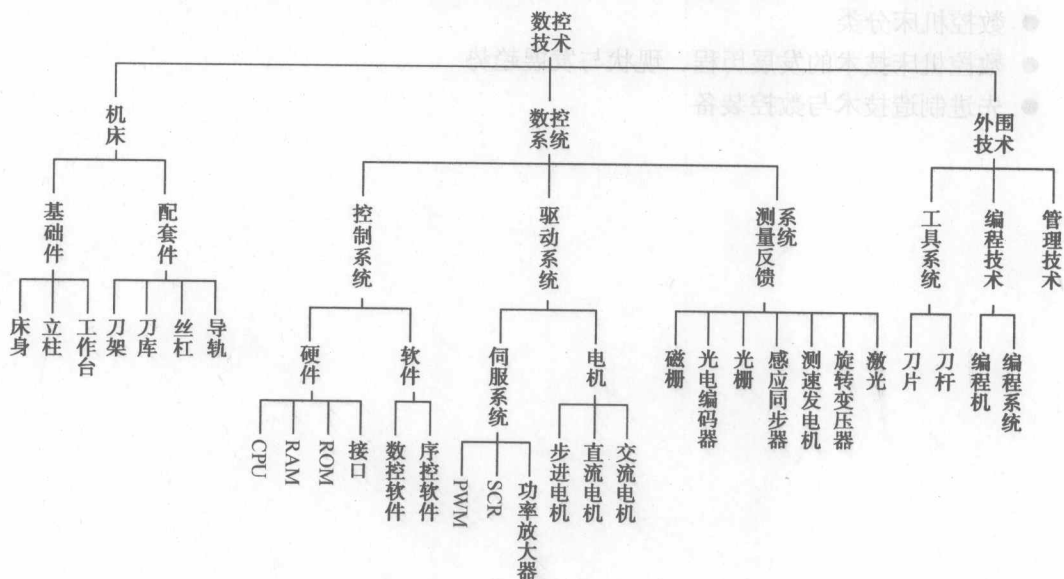


图 1-1 数控技术的组成

1.1.2 数控机床

数控机床是采用了数控技术的机床，或者说是装备了数控系统的机床。国际信息处理联盟（International Federation of Information Processing, IFIP）第五技术委员会，对数控机床的定义如下：数控机床是一种装备了程序控制系统的机床，该系统能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。

定义中所提的程序控制系统，就是数控系统（Numerical Control System, NCS）。数控系统是一种控制系统，它自动输入载体上事先给定的数字量，并将其译码，再进行必要的信息处理和运算后，控制机床动作和加工零件。最初的数控系统是由数字逻辑电路构成的专用硬件数控系统。随着微型计算机的发展，硬件数控系统已逐渐被淘汰，取而代之的是计算机数控系统（Computer Numerical Control, CNC）。CNC 系统是由计算机承担数控中的命令发生器和控制器的数控系统。由于计算机可完全由软件来确定数字信息的处理过程，从而具有真正的“柔性”，并可以处理硬件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。

1.1.3 机床数字控制的原理

金属切削机床加工零件，是操作者依据工程图样的要求，不断改变刀具与工件之间相对运动的参数（位置、速度等），使刀具对工件进行切削加工，最终得到所需要的合格零件。

数控机床是如何工作的呢？简言之，就是用数字信息控制机床的运动。机床的所有运动，包括主运动、进给运动及各种辅助运动，都是用输入数控装置的数字信号控制的。

具体而言，数控机床的工作过程，即加工零件的过程，如图 1-2 所示。其主要步骤是：



图 1-2 数控机床工作过程

(1) 根据被加工零件图所规定的零件的形状、尺寸、材料及技术要求等，制定工件加工的工艺过程，刀具相对工件的运动轨迹、切削参数以及辅助动作顺序等，进行零件加工程序设计；

(2) 用规定的代码和程序格式编写零件加工程序单；

(3) 按照程序单上的代码制备控制介质（制作穿孔带、磁盘等）；

(4) 通过输入装置变为数字信息的加工程序输入给数控系统；

(5) 启动机床后，数控系统根据输入的信息进行一系列的运算和控制处理，将结果以脉

冲形式送往机床的伺服机构（如步进电动机、直流伺服电动机、电液脉冲马达等）；

（6）伺服机构驱动机床的运动部件，使机床按程序预定的轨迹运动，从而加工出合格的零件。

数控机床的加工，是把刀具与工件的运动坐标分割成一些最小的单位量（即最小位移量），由数控系统按照零件程序的要求，使坐标移动若干个最小位移量（即控制刀具运动轨迹），从而实现刀具与工件的相对运动，完成对零件的加工。

刀具沿各坐标轴的相对运动，以脉冲当量 δ 为单位（mm/脉冲）。

当走刀轨迹为直线或圆弧时，数控装置则在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”，求出一系列中间点的坐标值，然后按中间点的坐标值，向各坐标输出脉冲数，保证加工出需要的直线或圆弧轮廓。

数控机床的工作内容如图 1-3 所示。

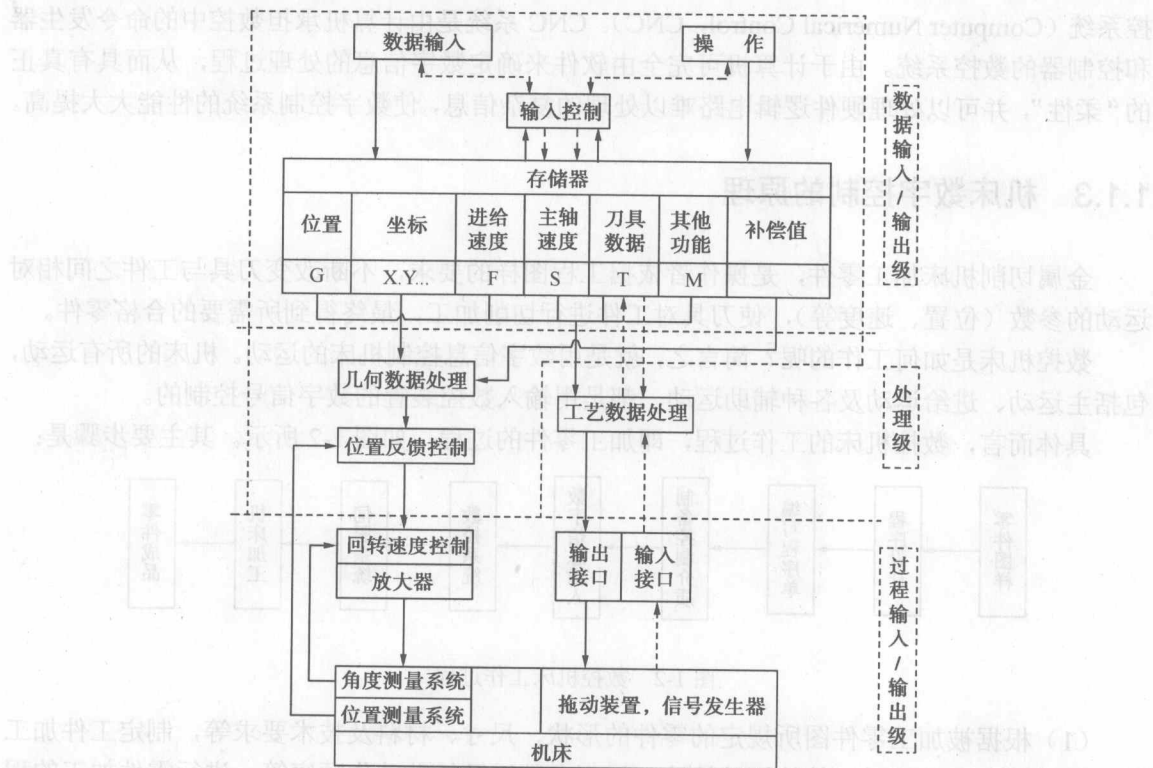


图 1-3 数控机床工作的内容

1.1.4 数控机床的组成及特点

数控机床是典型的数控化设备，一般由信息载体、计算机数控系统、伺服系统和机床本体四部分组成，如图 1-4 所示。



图 1-4 数控机床的组成

1. 信息载体

信息载体又称控制介质，用于记录数控机床加工一个零件所必需的各种信息，如零件加工的位置数据、工艺参数等，以控制机床的运动，实现零件的机械加工。常用的信息载体有穿孔带、穿孔卡、磁带、磁盘等，并通过相应的输入装置将信息输入到数控系统中。数控机床也可采用操作面板上的按钮和键盘将加工信息直接输入，或通过串行口将计算机编写的加工程序输入到数控系统。高级的数控系统可能还包含一套自动编程机或者 CAD/CAM 系统，由这些设备实现编制程序、输入程序、输入数据，以及显示、模拟仿真、存储和打印等功能。

2. 计算机数控系统

计算机数控系统是数控机床的核心，其功能是接受载体传送来的加工信息，经过计算和处理后去控制机床的动作。它由硬件和软件组成。硬件（除计算机外）的外围设备主要包括光电阅读机、CRT、键盘、面板、机床接口等。光电阅读机输入系统程序和零件加工程序。CRT 供显示和监控用。键盘用于输入操作命令及编辑、修改程序段，也可输入零件加工程序。操作面板可供操作人员改变操作方式、输入和修正数据、启/停加工等。机床接口是计算机和机床之间联系的桥梁，包括伺服驱动接口及机床输入/输出接口。伺服驱动接口主要进行数/模转化，以及对反馈元件的输出进行数字化处理并作记录，以供计算机采样。机床输入/输出接口用于处理辅助功能。软件由管理软件和控制软件组成。管理软件主要包括输入/输出、显示、诊断等程序。控制软件包括译码、刀具补偿、速度控制、插补运算、位置控制等部分。数控系统控制机床的动作可概括为以下 6 项：

- (1) 机床主运动，包括主轴的启动、停止、转向和速度选择，以及多坐标控制（多轴联动）；
- (2) 机床的进给运动，如点位、直线、圆弧、循环进给的选择，坐标方向和进给速度的选择等；
- (3) 刀具的选择和刀具的补偿（长度、半径）；

(4) 其他辅助运动, 如各种辅助操作, 工作台的锁紧和松开, 工作台的旋转与分度和冷却泵的开/停等;

(5) 故障自诊断, 由于数控系统是一个十分复杂的系统, 为使系统故障停机时间减至最少, 数控装置中设有各种诊断软件, 对系统运动情况进行监视, 及时发现故障, 并在故障出现后迅速查明故障类型和部位, 发出报警, 把故障源隔离在最小范围内;

(6) 通信和联网功能。

3. 伺服系统

伺服系统是数控系统的执行部分, 包括驱动机构和机床移动部件, 它接受数控装置发来的各种动作命令, 驱动受控设备运动。伺服电动机可以是步进电动机、电液马达、直流伺服电动机或交流伺服电动机。一般来说, 数控机床的伺服驱动机构, 要求有好的快速响应性能, 能灵敏而准确地跟踪由数控装置发出的指令信号。

4. 测量反馈装置

测量反馈装置由测量部件和响应的测量电路组成, 其作用是检测速度和位移, 并将信息反馈给数控装置, 构成闭环控制系统。没有测量反馈装置的系统称为开环控制系统。

常用的测量部件有脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅和磁尺等。

5. 机床本体

机床本体是数控机床的主体, 是用于完成各种切割加工的机械部分, 包括床身、立柱、主轴、进给机构等机械部件。机床是被控制的对象, 其运动的位移和速度以及各种开/关量是被控制的。数控机床采用高性能的主轴及进给伺服驱动装置, 其机械传动结构得到了简化。

为保证数控机床功能的充分发挥, 还有一些配套部件(如冷却、排屑、防护、润滑、照明、储运等一系列装置)和辅助装置(如程编机和对刀仪等)。

1.2 数控机床分类

机床数控系统的种类很多, 为了便于了解和研究, 可从不同的角度对其进行分类。

1.2.1 按运动控制的特点分类

1. 点位控制系统 (Point to Point Control System)

点位控制系统只控制机床移动部件的终点位置, 而不管移动所走的轨迹如何。可以是一