

光机电一体化丛书

现代数控机床

林 宋 田建君 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

光机电一体化丛书

现代数控机床

林 宋 田建君 编著

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

现代数控机床/林宋, 田建君编著. —北京: 化学工业出版社, 2003.8
(光机电一体化丛书)
ISBN 7-5025-4751-7

I. 现… II. ①林… ②田… III. 数控机床
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 078822 号

光机电一体化丛书

现代数控机床

林 宋 田建君 编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 韩庆利

责任校对: 李 林

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销
化学工业出版社印刷厂印刷
三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 15 字数 362 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4751-7/TH·139

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

光机电一体化是激光技术、微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术的相互交叉与融合，是诸多高新技术产业和高新技术装备的基础。它包括产品和技术两方面：光机电一体化产品是集光学、机械、微电子、自动控制和通讯技术于一体的高科技产品，具有很高的功能和附加值；光机电一体化技术是指其技术原理和使光机电一体化产品得以实现、使用和发展的技术。

目前，国际上产业结构的调整使得各个行业不断融合和协调发展。作为光学、机械与电子相结合的复合产业，光机电一体化以其特有的技术带动性、融合性和普适性，受到了国内外科技界、企业界和政府部门的特别关注，它将在提升传统产业的过程中，带来高度的创新性、渗透性和增值性，成为未来制造业的支柱，被誉为 21 世纪最具魅力的朝阳产业。我国已经将发展光机电一体化技术列为重点高新技术发展项目，北京市政府也于 2001 年 7 月 23 日批准正式成立了北京市光机电一体化产业基地，预计到 2010 年，北京市光机电一体化产业总产值将达到 336 亿元。

随着光机电一体化技术的不断发展，各个行业的技术人员对其兴趣和需求也与日俱增。但到目前为止，国内还鲜有将光机电一体化技术作为一个整体技术门类来介绍和论述的书籍，这与其方兴未艾的发展势头形成了巨大反差。有鉴于此，由北方工业大学、东华大学、华中科技大学和上海交通大学联合编写光机电一体化丛书，旨在适时推出一套光机电一体化技术基本知识和应用实例的科技丛书，满足科研设计单位、企业及高等院校的科研和教学的需求，为有关技术人员在开发光机电一体化产品时，提供从产品造型、功能、结构、材料、传感测量到控制等诸方面有价值的参考素材。

本丛书共十本，包括《光机电一体化实用技术》、《现代数控机床》、《光机电一体化系统设计》、《智能机器人》、《光机电一体化技术产品实例》、《楼宇设备自动化技术》、《关节型机器人》、《微机电系统设计与制造》、《激光在加工和检测中的应用》、《光电传感器及其应用》。自 2003 年 8 月起陆续出版发行。

丛书的基本特点，一是内容新颖，力求及时地反映光机电一体化技术在国内外的最新进展和作者的有关研究成果；二是系统全面，丛书分门别类地归纳总结了光机电一体化技术的基本理论和在国民经济各个领域的应用实例，重点介绍了光机电一体化技术的工程应用方法和实现方法，许多内容，如楼宇自动门的专门论述，尚属国内首次；三是深入浅出，每本书重点突出，注重理论联系实际。既有一定的理论深度，又偏重实用性，力求满足不同层次读者的需求，适合工程技术人员阅读和高校机械类专业教学的需要。

由于本丛书涉及内容广泛，相关技术发展迅速，加之作者水平有限，时间紧迫，书中错误和不妥在所难免，恳请专家、学者和读者不吝指教为盼！

《光机电一体化丛书》编辑委员会

2003 年 5 月于北京

前 言

现代数控机床是信息集成和系统自动化的基础设备，是典型的光机电一体化产品，它集高效率、高精度、高柔性于一身，具有加工精度高、生产效率高、自动化程度高、对加工对象的适应性强等优点。实现加工机床及生产过程的数控化，已经成为当今制造业的发展方向。可以说，机械制造竞争的实质就是数控的竞争。

本书是《光机电一体化丛书》的一册，全书共分10章，第1章对现代数控机床的发展历程和变化趋势进行全面的阐述；第2章较为详细地讨论了数控加工的信息处理及程序编制，介绍了图形交互自动编程系统和STEP-NC的应用；第3章在论述了数控机床的位置检测装置的基础上，专门介绍了激光在数控机床位置检测装置上的应用；第4章主要讲述了数控装置的硬件结构和软件结构，以及数控插补原理和刀具补偿原理，并介绍了开放式数控系统；第5章阐述了数控机床的进给伺服系统，并介绍了全数字伺服系统；第6章着重介绍了现代数控机床的结构以及新型材料；第7章就数控工具系统、数控刀具类型和选用进行了较为详细的讨论，并给出了新型刀具材料在精密和超精密高速切削以及难加工材料加工的应用；第8章介绍了数控加工设备中较为典型两款的光机电一体化产品；第9章以实例的形式介绍了普通机床的数控改造的应用；第10章讲述了方兴未艾的最新高速数控机床及其加工技术。

本书第1、2、6、7、8和10章由林宋编写，第3、4、5和9章由田建君编写，全书由林宋统稿。本书可作为从事光机电一体化应用和数控机床的技术人员的参考书，亦可用作大专院校机械工程专业的相关教材。

在编写过程中，作者参阅和引用了大量书籍、期刊以及技术资料，有些正式出版的文献已在书的参考文献中列出，有些难免遗漏，对未能列出的文献和资料，编者向其作者表示诚挚的感谢。本书的编写得到了王生泽教授、胡于进教授的支持和帮助，吕艳娜、陈长勇、张长征、朱成辉、胡春江、白传栋、陈岳、陈庆梅等同志在绘图、制表和校对等方面也给予了大力协助，在此，编者一并向他们表示谢意。

由于编者学识水平有限，成书时间仓促，书中难免存在一些不足和错误，敬请读者勿吝指正！

编 者

2003年6月

《光机电一体化丛书》编辑委员会

主任 林 宋

副主任 王生泽 王石刚 程愿应

委员 (排名不分先后)

胥信平	黎 放	林 宋	王生泽	王石刚	程愿应
胡于进	张卫国	莫锦秋	何 勇	董方祥	刘继英
罗学科	朱宏军	崔桂芝	殷际英	方建军	田建君
马全明	王延璋	赵 坤	周洪江	刘杰生	徐胜林
韩少军	程 铭				

内 容 提 要

现代数控机床是典型的光机电一体化加工设备，本书较为详细地阐述和分析了现代数控机床中的光学、电气、机械、信息处理系统，从原理上介绍了现代数控机床的最新内容和展，内容涉及数控加工的信息处理及程序编制、数控机床的位置检测、计算机数控系统和进给伺服系统、数控机床的机械本体技术、数控设备和普通机床的数控改造。其中包括数控刀具、STEP-NC、高速数控机床及其加工、激光在机床位置检测上的应用等较新的内容。本书内容全面新颖、逻辑性强。

本书可供有关工程技术人员阅读，亦可作为高等工科院校的有关专业学生作为课程教材和学习参考书使用。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 数控机床简介	1
1.1.1 基本概念	1
1.1.2 数控机床的特点	2
1.2 数控机床的工作原理及组成	3
1.2.1 数控机床的工作原理	3
1.2.2 数控机床的组成	3
1.3 数控机床的分类	5
1.3.1 按工艺用途分类	5
1.3.2 按运动轨迹分类	5
1.3.3 按伺服控制系统分类	7
1.3.4 按数控系统的功能水平分类	8
1.4 现代数控机床的发展	9
1.4.1 数控技术的产生与发展	9
1.4.2 直接数字控制系统.....	10
1.4.3 柔性制造单元及柔性制造系统.....	11
1.4.4 计算机集成制造系统.....	13
1.4.5 现代数控机床的发展趋势.....	14
第 2 章 数控加工的信息处理及程序编制	18
2.1 数控机床的信息处理.....	18
2.1.1 输入方式.....	18
2.1.2 信息处理.....	18
2.1.3 信息输出.....	19
2.2 数控编程的内容与步骤.....	19
2.2.1 数控程序编制的方法.....	20
2.2.2 数控加工的工艺分析.....	21
2.3 数控程序的编制.....	23
2.3.1 数控程序编制的国际标准和国家标准.....	23
2.3.2 数控加工程序段格式和程序结构.....	24
2.3.3 数控机床的坐标系.....	24
2.3.4 数控机床的最小设定单位.....	27
2.3.5 数控加工程序常用的编程指令.....	27
2.4 自动数控编程.....	34
2.4.1 自动编程的特点.....	34
2.4.2 APT 自动编程系统	36

2.4.3 图形交互自动编程系统	38
2.5 STEP-NC 简介	38
2.5.1 发展概况	39
2.5.2 STEP-NC 对 CNC 系统的影响	40
2.5.3 STEP-NC 的实施	41
第 3 章 数控机床位置检测	43
3.1 位置检测装置的主要要求和分类	43
3.1.1 位置检测装置的主要要求	43
3.1.2 位置检测装置的分类	43
3.2 旋转变压器	44
3.2.1 结构	44
3.2.2 工作原理	44
3.3 感应同步器	45
3.3.1 感应同步器的组成和原理	46
3.3.2 感应同步器的特点和使用	47
3.3.3 感应同步器检测系统应用	47
3.4 光电编码器	49
3.4.1 光电编码器的结构	49
3.4.2 光电脉冲编码器的工作原理	49
3.4.3 光电脉冲编码器在数控机床上的应用	50
3.5 光栅	51
3.5.1 光栅的结构和工作原理	51
3.5.2 光栅的种类	53
3.5.3 光栅测量装置的位移-数字变换电路	53
3.6 磁尺	54
3.6.1 磁尺位置检测装置的组成和原理	54
3.6.2 磁栅测量装置的工作方式	55
3.7 激光在机床位置检测上的应用	56
3.7.1 激光干涉法测距	56
3.7.2 多普勒效应	57
3.7.3 双频激光干涉仪基本原理	57
第 4 章 计算机数字控制系统	59
4.1 计算机数字控制系统的组成和装置的功能	59
4.1.1 CNC 系统的组成	59
4.1.2 CNC 装置的功能	60
4.2 计算机数字控制装置的硬件结构	60
4.2.1 单微处理器结构	61
4.2.2 多微处理器结构	63
4.2.3 专用型和通用型结构数控装置	64
4.2.4 开放式数控系统	65

4.3 计数机数字控制装置的软件结构	66
4.3.1 CNC 装置的软件组成	67
4.3.2 CNC 系统软件的工作过程	67
4.3.3 计算机数字控制系统的软件结构特点	68
4.4 数控机床的可编程序控制器	71
4.4.1 PLC 的原理	71
4.4.2 数控机床中 PLC 的功能	73
4.4.3 PLC 的指令和程序编程	74
4.5 数控插补原理	78
4.5.1 逐点比较法	78
4.5.2 数字积分法	81
4.5.3 数据采样插补法	85
4.6 数控系统的刀具补偿原理	88
4.6.1 刀具半径补偿的概念	88
4.6.2 B 刀具半径补偿	89
4.6.3 C 刀具半径补偿	90
第 5 章 进给伺服系统	94
5.1 数控机床的进给伺服系统的组成和分类	94
5.1.1 进给伺服系统的组成	94
5.1.2 数控机床进给伺服系统的分类	94
5.1.3 数控机床对进给伺服系统的要求	96
5.2 数控机床伺服进给系统的伺服驱动装置	97
5.2.1 步进电机	97
5.2.2 直流伺服电机	99
5.2.3 交流伺服电机及其速度控制	104
5.3 典型进给伺服系统	109
5.3.1 步进电机开环伺服系统	109
5.3.2 闭环进给位置伺服系统	110
5.3.3 半闭环进给伺服系统	112
5.4 全数字伺服系统	114
5.4.1 全数字伺服系统的特点	114
5.4.2 前馈控制简介	115
5.4.3 全数字伺服系统举例	116
第 6 章 现代数控机床的结构	118
6.1 数控机床的结构特点	118
6.1.1 提高机床的结构刚度	118
6.1.2 提高机床结构的抗振性	123
6.1.3 减小机床的热变形	126
6.1.4 改善运动导轨副的摩擦特性	128
6.2 数控机床主轴部件	131

6.2.1	主轴端部的结构形状	131
6.2.2	主轴部件的支承	132
6.2.3	主轴的准停装置	135
6.2.4	自动换刀装置	136
6.3	进给传动系统	139
6.3.1	齿轮传动副	139
6.3.2	滚珠丝杠螺母副	141
6.3.3	静压蜗杆蜗轮副和齿轮齿条副	144
6.3.4	回转工作台	145
6.4	自动换刀机构	146
6.4.1	自动换刀装置	146
6.4.2	刀库	149
6.4.3	刀具交换装置	151
第7章	数控刀具	152
7.1	数控刀具的特点	152
7.2	数控工具系统	153
7.2.1	数控刀具的分类	153
7.2.2	数控机床工具系统	155
7.3	数控刀具材料	156
7.3.1	高速钢	157
7.3.2	硬质合金	157
7.3.3	陶瓷	158
7.3.4	立方氮化硼	160
7.3.5	金刚石	161
7.4	刀具涂层技术	162
7.4.1	涂层技术的种类	162
7.4.2	刀具涂层材料	163
7.5	数控加工刀具的选择	165
7.6	数控刀具的切削用量选择	165
7.7	数控刀具的换刀装置	166
7.7.1	换刀装置的基本形式	166
7.7.2	自动换刀装置	167
7.7.3	刀具尺寸预调	168
7.7.4	刀具的识别	169
第8章	数控加工设备	171
8.1	立式加工中心	171
8.1.1	机床的用途及组成	171
8.1.2	主要技术性能	171
8.1.3	传动系统	173
8.1.4	自动换刀装置	173

8.1.5	数控系统	176
8.2	数控五轴联动激光加工机	178
8.2.1	系统构成	178
8.2.2	系统工作原理	178
8.2.3	系统设计	179
8.2.4	数控系统	180
8.2.5	激光切割加工焦点位置的检测系统设计	181
第9章	普通机床的数控改造	186
9.1	机械系统的改造	186
9.1.1	C618 车床的改造	186
9.1.2	CA6150 卧式车床的数控改造	188
9.1.3	X62W 铣床的改造	188
9.2	普通机床的数控改造中的数控系统	189
9.2.1	自行开发的数控系统	190
9.2.2	现成的数控系统	191
9.3	机床的数控改造实例	192
9.3.1	C616 普通车床的数控改造	192
9.3.2	CA6140 车床的数控改造	196
第10章	高速数控机床及其技术	199
10.1	高速切削和高速机床的关键技术	199
10.1.1	高速切削的特点	200
10.1.2	高速机床的关键技术	202
10.2	高速主轴单元	203
10.2.1	高速电主轴的结构	203
10.2.2	高速主轴的散热	204
10.2.3	高速精密轴承	204
10.3	高速进给系统	206
10.3.1	高速机床对进给系统的要求	206
10.3.2	新型快速进给系统	207
10.4	高速刀具系统	213
10.4.1	高速切削对刀具的要求	213
10.4.2	高速切削的常用刀具材料	213
10.4.3	高速刀具的几何结构设计	215
10.4.4	高速切削刀具系统的动平衡	216
10.4.5	高速刀具与机床的连接	217
10.4.6	高速切削刀具的安全性	220
10.5	高速控制系统	222
10.5.1	高速主轴矢量控制器	222
10.5.2	实时控制伺服系统	222
10.5.3	精简指令集系统	223

10.5.4 其他辅助控制技术·····	224
10.6 高速加工监测技术·····	224
10.6.1 关键技术·····	224
10.6.2 监测内容·····	225
参考文献 ·····	226

第 1 章 概 述

随着科学技术的飞速发展和经济竞争的日趋激烈，产品更新速度越来越快，多品种、中小批量生产的比重明显增加。同时，随着航空工业、汽车工业和轻工业消费品生产的高速增长，复杂形状的零件越来越多，精度要求也越来越高。此外，激烈的市场竞争要求产品研制生产周期越来越短，传统的加工设备和制造方法已难于适应这种多样化、柔性化与复杂形状零件的高效高质量加工要求。因此近几十年来，世界各国十分重视发展能有效解决复杂、精密、小批多变零件加工的数控加工技术。在加工设备中大量采用以微电子技术和计算机技术为基础的数控技术，将机械技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通信技术有机地结合在一起，使机械制造业的生产方式发生了革命性变化。

当今世界上一切制成品无一不是直接或间接由机床所制造的，而机床的先进现代化程度又集中体现在现代数控机床上。数控机床是信息集成、系统自动化的基础设备，自 20 世纪 50 年代数控机床的出现以来，揭开了 CAD/CAM 的序幕，现已逐步成为 CAD/NCP/CAM（计算机辅助设计/数控编程/计算机辅助制造）信息集成的重要环节，是现代柔性制造单元（FMC）、柔性制造系统（FMS）的基本组成设备。它将复杂的机床内传动链解耦，代之以软件控制机床进行两坐标联动、三坐标联动、四坐标联动、五坐标联动加工，可完成复杂表面的加工，极大提高机电产品和设备的精度，使其外形更加美观，更易体现个性化。数控机床良好的加工精度和加工一致性，可保证产品零部件的标准化、系列化，并使它们达到良好的互换性。

数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础，现代的 CAD/CAM、FMS、CIMS 等，都是建立在数控技术之上，离开了数控技术，先进制造技术就成了无本之木。同时，数控技术关系到国家战略地位，是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。专家们曾预言：机械制造的竞争，其实质是数控的竞争。

1.1 数控机床简介

1.1.1 基本概念

数字控制（Numerical Control）是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程（如加工、测量、装配等）进行可编程控制的自动化方法，简称数控（NC）。

数控技术（Numerical Control Technology）是指用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术，它已成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术。计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）、柔性制造系统（FMS）、计算机集成制造系统（CIMS）、敏捷制造（AM）和智能制造（IM）等先进制造技术都是建立在数控技术之上。数控技术不仅用于金属切削机床，同时还用于多种其他的机械设备，如机器人、坐标测量机、编织机、电火花切割机、剪裁机等。

数控系统（Numerical Control System）是指采用数控技术的控制系统。

数控机床（Numerical Control Machine Tools）是指采用数字控制技术对机床的加工过

程进行自动控制的一类机床，是一种典型的光机电一体化加工设备。它集现代机械制造技术、自动控制技术及计算机信息技术于一体，采用数控装置或计算机来全部或部分地取代一般通用机床在加工零件时对机床的各种动作——启动、加工顺序、改变切削用量、主轴变速、选择刀具、冷却液开停以及停车等人工控制，是高效率、高精度、高柔性和高自动化的光机电一体化的数控设备。

计算机数控系统（Computer Numerical Control）是以计算机为核心的数控系统。

数控加工技术是指高效、优质地实现产品零件特别是复杂形状零件加工的技术，它是自动化、柔性化、敏捷化和数字化制造加工的基础与关键技术。数控加工过程包括由给定的零件加工要求（零件图纸、CAD 数据或实物模型）进行加工的全过程，其主要内容涉及数控机床加工工艺和数控编程技术两大方面。

图 1-1 所示为数控机床加工过程框图。从框图中可看出在数控机床上加工零件所涉及的范围比较广，与相关的配套技术有密切的关系。程序编制人员应该熟练地掌握工艺分析、工艺设计和切削用量的选择，能正确地提出刀辅具和零件的装夹方案，懂得刀具的测量方法，了解数控机床的性能和特点，熟悉程序编制方法和程序的输入方式。

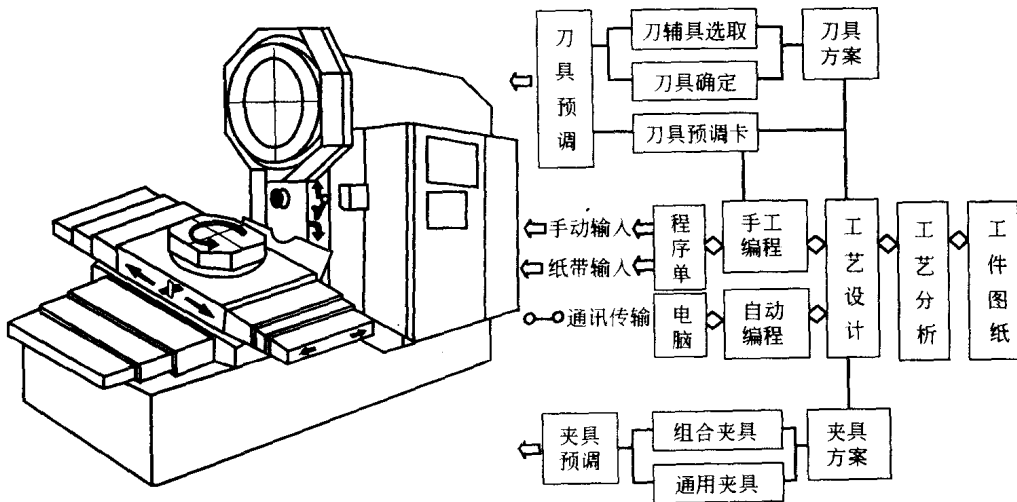


图 1-1 数控机床加工过程框图

1.1.2 数控机床的特点

现代数控机床集高效率、高精度、高柔性于一身，具有许多普通机床无法实现的特殊功能，它具有如下特点。

① 加工精度高 数控机床加工同批零件尺寸的一致性好，加工精度高，加工质量稳定，产品合格率高。中、小型数控机床的定位精度可达 0.005mm，重复定位精度可达 0.002mm。数控机床按预定的零件加工程序自动加工，加工过程不需要人工干预。加之数控机床本身的刚度好，精度高，而且还可利用软件进行精度校正和补偿。因此可以获得比机床本身精度还要高的加工精度和重复精度。

② 生产效率高 数控机床具有良好的结构刚性，可进行大切削用量的强力切削，有效地节省机动时间，还具有自动变速、自动换刀、自动交换工件和其他辅助操作自动化等功能，使辅助时间缩短，而且无需工序间的检测和测量。所以，数控机床生产效率比一般普通

机床高得多。对壳体零件采用加工中心进行加工，利用转台自动换位、自动换刀，可以在一次装夹的情况下几乎完成零件的全部加工。减少了装夹误差，节约了工序之间的运输、测量、装夹等辅助时间。

③ 自动化程度高 数控机床的加工，是输入事先编写好的零件加工程序后自动完成，除了装卸零件、安装穿孔带或操作键盘、观察机床运行之外，其他的机床动作直至加工完毕，都是自动连续完成。可大大减轻操作者的劳动强度和紧张程度，改善劳动条件，减少操作人员的人数。同时有利于现代化的生产管理，可向更高级的制造系统发展。

④ 对加工对象的适应性强 数控机床是一种高度自动化和高效率的机床，可适应不同品种和尺寸规格工件的自动加工。当加工对象改变时，只要改变数控加工程序，就可改变加工工件的品种，为复杂结构的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的便利。特别是对那些普通机床很难甚至无法加工的精密复杂表面（如螺旋表面），数控机床也能实现自动加工。

⑤ 经济效益好 数控机床虽然设备昂贵，加工时分摊到每个工件上的设备折旧费较高，但在单件、小批量生产情况下，使用数控机床加工，可节省划线工时，减少调整、加工和检验时间，节省直接生产费用和工艺装备费用。数控机床的加工精度稳定，减少了废品率，使生产成本进一步下降。此外，数控机床可实现一机多用，节省厂房面积和建厂投资。因此，使用数控机床仍可获得良好的经济效益。

1.2 数控机床的工作原理及组成

1.2.1 数控机床的工作原理

用数控机床加工零件时，首先应将加工零件的几何信息和工艺信息编制成加工程序，由输入部分送入数控装置，经过数控装置的处理、运算，按各坐标轴的分量送到各轴的驱动电路，经过转换、放大去驱动伺服电动机，带动各轴运动，并进行反馈控制，使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数有条不紊地工作，从而加工出零件的全部轮廓。

数控机床具有很好的柔性，当加工对象变换时，只需重新编制加工程序即可，原来的程序可存储备用，这比存储工装夹具方便得多，也不必像组合机床那样需要针对新加工零件重新设计组合机床，致使生产准备时间过长。

1.2.2 数控机床的组成

数控机床一般由控制介质、数控装置、伺服系统和机床本体所组成，如图 1-2 所示，图中实线部分为开环系统，虚线部分包含位置反馈构成了闭环系统，各部分简述如下。

(1) 控制介质

数控机床工作时，不需人参与直接操作，但人的意图又必须参与，所以人和数控机床之间必须建立某种联系，这种联系的媒介物称为控制介质或输入介质。

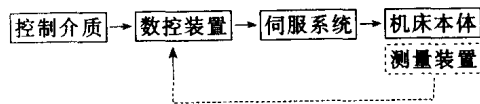


图 1-2 数控机床的组成

控制介质上存储着加工零件所需要的全部操作信息和刀具相对工件的移动信息，控制介质因数控装置的类型而异，可以是穿孔纸带、穿孔卡片、磁带或其他可以存储代码的载体。采用哪一种控制介质取决于数控装置的类型。随着微型计算机的广泛应用，磁盘正在成为最主要的控制介质。

零件的加工工艺过程以数字化代码的形式存储在控制介质上，通过安装在数控装置中的纸带阅读机或磁带阅读机，将零件加工的工艺信息输入数控装置中。

(2) 数控装置

数控装置是数控机床的中枢，用来接受并处理输入介质的信息，并将代码加以识别、存储、运算，并输出相应的命令脉冲，经过功率放大驱动伺服系统，使机床按规定要求动作。

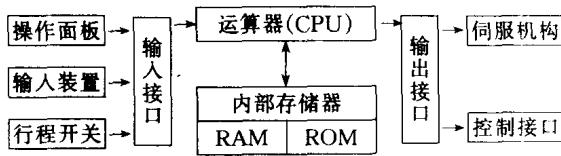


图 1-3 数控装置的组成

通常由一台通用或专用微机构成，有输入接口、存储器、运算器、输出接口和控制电路等，如图 1-3 所示。

输入接口接受控制介质或操作面板上的信息，并将其信息代码加以识别，经译码后送入相应的存储器，存储器中的代码

或数据是控制和运算的原始依据。

控制器根据输入的指令控制运算器和输出接口，以实现机床各种操作的执行，例如控制主轴变速和启动、控制刀架或工作台移动等，同时控制机床的整个工作循环。运算器主要是对输入的数据进行某种运算，按运算结果不断地由输出接口输出脉冲信号，驱动伺服机构按规定要求运动。

数控装置中的译码、处理、计算公式和控制的步骤都是预先安排好的，这种“安排”可以用专用计算机的刚性结构来实现（称为硬件数控或简称 NC），也可用小型通用计算机或微型计算机的系统控制程序来实现（称为软件数控），目前均采用专用的微型计算机来实现控制（CNC）。用微机构成数控装置，其 CPU 实现控制和运算，内部存储器中只读存储器（ROM）存放系统控制程序，读写存储器（RAM）存放零件的加工程序和系统运行时的工作参数，I/O 接口实现输入输出的功能。数控机床的功能强弱主要由数控装置的功能来决定，所以它是数控机床的核心部分。

(3) 伺服系统

伺服系统包括驱动部分和执行机构两大部分，伺服系统把数控装置输出的脉冲信号通过放大和驱动元件使机床移动部件运动或使执行机构动作，以加工出符合要求的零件。每一脉冲使机床移动部件产生的位移量称为脉冲当量，常用的脉冲当量为 0.01mm/脉冲、0.005mm/脉冲、0.001mm/脉冲等。因此，伺服系统的精度、快速性及动态响应是影响加工精度、表面质量与生产率的主要因素。

目前在数控机床的伺服系统中，常用的位移执行机构有功率步进电机、直流伺服电机和交流伺服电机，后两种都带有感应同步器、光电编码器等位置测量元件。所以，伺服机构的性能决定了数控机床的精度与快速性。

(4) 机床本体

机床本体也称主机，包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和基础部件，如底座、立柱、滑鞍、工作台（刀架）、导轨等。由于数控机床的主运动、各个坐标轴的进给运动都由单独的伺服电机驱动，因此，它的传动链短、结构比较简单，各个坐标轴之间的运动关系通过计算机来进行协调。为了保证数控机床的快速响应特性，数控机床上普遍采用精密滚珠丝杠和直线运动导轨副。为了保证数控机床的高精度、高效率和高自动化加工，数控机床的机械结构应具有较高的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性和抗热变形性能。在加工中心上还具备有刀库和自动交换刀具的机械手。同时还有一些良好的配套措施，如冷