

| 高等职业教育“十三五”精品规划教材 |

数控机床结构 原理与应用

(第3版)

● 主编 陈子银

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

数控机床结构 原理与应用

(第3版)

主编 陈子银

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

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床结构 原理与应用/陈子银主编. —3 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 8

ISBN 978 - 7 - 5682 - 4806 - 8

I. ①数… II. ①陈… III. ①数控机床-结构-高等学校-教材
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 218942 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 15

字 数 / 353 千字

版 次 / 2017 年 8 月第 3 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 59.00 元

责任编辑 / 孟雯雯

文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



制造业是实体经济的主体，是国民经济的脊梁，是国家安全和人民幸福安康的物质基础，是我国经济实现创新驱动、转型升级的主战场。因此，实现从制造大国向制造强国的转变，是新时期我国制造业应着力实现的重大战略目标。

为进一步适应“中国制造”，国务院于2015年5月8日正式发布了《中国制造2025》，明确了建设制造强国的战略任务和重点。其中，高档数控机床和机器人是十大重点领域之一。

为适应现代制造类企业对数控技术专业培养高素质技术技能人才的要求，结合第1版、第2版教材教学使用情况，并进一步跟踪企业发展的实际，主要突出更新教材的内容，仍然力求体现数控机床的基本知识、核心内容与新知识，并兼顾到理论与实际的联系。取材和叙述上力求简洁、层次分明，图文并茂，便于教与学。

本书共有七章，以数控机床的主要组成部分为主线，全面细致地介绍了各组成部分的基本知识，知识的介绍以了解、指导、熟悉、掌握为度，便于教学中有目的地开展学习。

本书由陈子银主编，并负责全书的通稿工作。邹上元、黄美英担任副主编，王东斌、李聪、张继光、屈海军、韩方恒参编。在本书的修订过程中参阅了有关院校、企业和科研院所的一些资料和文献，并得到了许多同行的支持和帮助，在此一并表示感谢。

限于编者的水平和经验，书中不妥和错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者



目 录

第 1 章 数控机床概论	1
1.1 数控机床的产生和发展	1
思考与练习	7
1.2 数控机床的基本组成及工作过程	8
思考与练习	11
1.3 数控机床的分类	12
思考与练习	17
1.4 数控机床的加工特点及应用	19
思考与练习	20
本章小结	21
第 2 章 数控系统	22
2.1 CNC 系统的总体结构及各部分功能	23
思考与练习	26
2.2 CNC 装置的硬件	28
思考与练习	31
2.3 CNC 系统的软件功能及其实现	32
思考与练习	35
2.4 插补原理	37
思考与练习	43
2.5 可编程序控制器	44
思考与练习	50
本章小结	50
第 3 章 数控机床的检测装置	51
3.1 旋转编码器	51
思考与练习	55
3.2 光栅	56
思考与练习	59
3.3 磁尺	60
思考与练习	62
3.4 感应同步器	63

思考与练习	66
3.5 旋转变压器	67
思考与练习	68
本章小结	69
第4章 数控机床伺服系统	70
4.1 概述	70
思考与练习	72
4.2 步进电动机伺服系统	74
思考与练习	81
4.3 直流电动机伺服系统	83
思考与练习	88
4.4 交流电动机伺服系统	89
思考与练习	94
本章小结	95
第5章 数控机床的典型机械结构	96
5.1 数控机床的机械结构概述	96
思考与练习	98
5.2 数控机床主轴系统	99
思考与练习	113
5.3 数控机床进给传动系统	114
思考与练习	126
5.4 导轨	128
思考与练习	136
5.5 机床支承件	137
思考与练习	143
本章小结	144
第6章 数控机床的辅助装置	145
6.1 加工中心自动换刀装置	145
思考与练习	154
6.2 数控回转工作台	155
思考与练习	159
6.3 分度工作台	160
思考与练习	164
6.4 数控机床的液压与气动系统	164
思考与练习	169
6.5 数控机床的润滑与冷却系统	170
思考与练习	176
本章小结	176

第7章 典型数控机床简介	177
7.1 数控车床概述	178
思考与练习	183
7.2 车削中心	185
思考与练习	191
7.3 数控铣床概述	192
思考与练习	197
7.4 加工中心概述	199
思考与练习	206
7.5 数控电火花成形加工机床	209
思考与练习	215
7.6 数控电火花线切割加工机床	217
思考与练习	224
7.7 数控激光切割机床	224
思考与练习	230
本章小结	230
参考文献	231

第 1 章

数控机床概论

教学提示：

本章着重讨论数控机床的产生和发展、数控机床的基本组成及工作过程、数控机床的分类、数控机床加工的特点及应用。

教学要求：

通过本章的学习，了解数控机床的产生过程及发展趋势。了解数控机床的组成（由程序输入装置、数控装置、伺服系统、强电控制装置、检测装置和主机等六部分组成）。了解数控机床的基本工作过程。掌握数控机床按加工方式分类的方法。掌握数控机床的加工特点及其应用。

本章知识导读：

数控机床最早诞生于美国。1948年，美国帕森斯公司在研制加工直升机叶片轮廓检查用样板的机床时，提出了数控机床的设想，后受美国空军委托与麻省理工学院合作，于1952年试制了世界上第一台三坐标数控立式铣床，其数控系统采用电子管。

1960年开始，德国、日本、中国等都陆续地开发、生产及使用数控机床，中国于1968年由北京第一机床厂研制出第一台数控机床。

1974年，微处理器直接用于数控机床，进一步促进了数控机床的普及应用和飞速发展。

1.1 数控机床的产生和发展

随着科技领域日新月异的发展，特别是在航天航空、尖端军事、精密仪器等方面，对机械产品制造精度和复杂程度的要求越来越高，传统的加工技术已很难适应现代制造业的需求。譬如，用普通车床加工圆弧、普通铣床加工空间曲面，以及加工精度对产品质量的影响、加工效率对制造成本的影响等，这些都是一直困扰人们的难题。还有，当机械产品转型时，机床和工艺装备需要做大的调整，周期较长，成本高，也就是说传统的加工技术已很难满足市场对产品高精度、高效率的要求，因此，数控机床作为一种革新技术设备应运而生。

数控技术是现代工业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础，是知识密集、资金密集的现代制造技术，也是国家重点发展的前沿技术。特别是在市场竞争日趋激烈的今天，市场

需求不断变化,为满足加速开发研制新产品,改变单一大批量的生产格局,以数控加工技术为代表的现代制造技术展现出其强大的生命力。近几年在我国已呈现出以数控加工技术逐步取代传统的机械制造技术的趋势。

1.1.1 数控机床的诞生

1948年,美国飞机制造商帕森斯公司(Parsons)为了解决加工飞机螺旋桨叶片轮廓样板曲线的难题,提出了采用计算机来控制加工过程的设想,立即得到了美国空军的支持及麻省理工学院的响应,经过几年的努力,于1952年3月研制成功世界上第一台有信息存储和处理功能的新型机床。它是一台采用脉冲乘法器原理的插补三坐标连续控制立式铣床,这台数控铣床的数控装置体积比机床本体还要大,电路采用的是电子管元件。它的产生标志着数控技术以及数控机床的诞生,该数控铣床的研制成功使得传统的机械制造技术发生了质的飞跃,是机械制造业的一次标志性技术革命。从此数控技术随着计算机技术和微电子技术的发展而迅速发展起来,数控机床也在迅速地发展和不断地更新换代。

1.1.2 数控机床的发展过程

数控机床以微电子技术发展为推动力,先后经历了第一代电子管数控系统(1952)、第二代晶体管数控系统(1959)、第三代集成电路数控系统(1965)、第四代小型计算机数控系统(1970)、第五代微型机数控系统(1974)和第六代基于PC的通用型CNC数控系统(20世纪90年代以后)等六个发展阶段。前三代数控系统是20世纪70年代以前的早期数控系统,它们都是采用电子电路实现的硬接线数控系统,因此称为硬件式数控系统,也称为NC数控系统;后三代系统是20世纪70年代中期开始发展起来的软件式数控系统,称为计算机数字控制(Computer Numerical Control)或简称为CNC系统。

软件式数控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数控系统,它具有很强的程序存储能力和控制功能,这些控制功能是由一系列控制程序(驻留系统内)来实现的。软件式数控系统的通用性很强,几乎只需要改变软件,就可以适应不同类型机床的控制要求,具有很大的柔性,因而数控系统的性能大大提高,而价格却有了大幅度的下降。同时,可靠性和自动化程度有了大幅度的提高,数控机床也得到了飞速发展。目前,CNC数控系统几乎完全取代了以往的NC数控系统。

近年来,随着微电子和计算机技术的飞速发展及数控机床的广泛应用,加工技术跨入一个新的里程,并建立起一种全新的生产模式,在日本、美国、德国、意大利等发达国家已出现了以数控机床为基础的自动化生产系统。如计算机直接数控系统DNC(Direct Numerical Control)、柔性制造单元FMC(Flexible Manufacturing Cell)、柔性制造系统FMS(Flexible Manufacturing System)和计算机集成制造系统CIMS(Computer Integrated Manufacturing System)。

1.1.3 我国数控机床的发展简介

我国于1958年研制出了首台数控机床(见图1-1),但是,由于相关工业基础较差,尤其是数控系统的支撑工业——电子工业薄弱,致使其发展速度一直缓慢。直到20世纪70年代初期,我国才掀起研制数控机床的热潮。但由于当时的控制系统主要是采用分立电子元

器件，性能不稳定，可靠性差，且机、液、气配套基础元器件不过关，因此多数机床在生产中并没有发挥出明显的作用。20 世纪 80 年代以来，在消化吸收国外先进技术的基础上，我国的数控技术有了新的发展，数控机床才真正进入小批量生产的商品化时代。例如，从 1980 年开始，北京机床研究所从日本 FANUC 公司引进 FANUC 数控系统，在引进、消化、吸收国外先进技术的基础上，北京机床研究所又开发出了 BS03 经济型数控系统和 BS04 全功能数控系统。

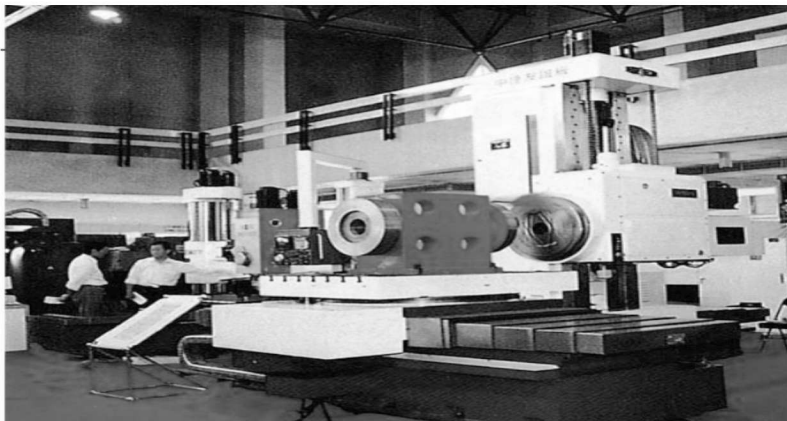


图 1-1 原中捷友谊厂生产的中国第一台数控车床

目前，我国已能批量生产和供应各类数控系统，并掌握了多轴（五轴以上）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，基本上能够满足国内各机床生产厂家的需要。我国已研制出了具有自主知识产权的数控技术平台和数控系统，但绝大多数全功能数控机床还是采用国外的 CNC 系统。

我国的数控技术与国际先进水平相比，还存在一定的差距，其主要表现在以下两个方面。

(1) 数控系统和数控机床的稳定性差，两者与国外产品的比较见表 1-1。

表 1-1 国内外数控系统和数控机床平均无故障时间

国内		国外	
数控系统	数控机床平均无故障时间	数控系统	数控机床平均无故障时间
1 万~2 万	300	7 万~10 万	500

(2) 我国数控系统成套性差，数控装置、驱动、电动机不配套，伺服驱动、主轴驱动的性能和可靠性比国外产品的性能和可靠性低，高精度、高速度及重型设备数控系统的性能、功能比国外产品的性能和功能差。

1.1.4 数控机床的发展趋势

数控机床综合了当今世界上许多领域最新的技术成果，主要包括精密机械、计算机及信息处理、自动控制及伺服驱动、精密检测及传感、网络通信等技术。随着科学技术的发展，

特别是微电子技术、计算机控制技术、通信技术的不断发展,世界先进制造技术的兴起和不断成熟,数控设备性能日趋完善,应用领域不断扩大,成为新一代设备发展的主流。随着社会的多样化需求及其相关技术的不断进步,数控机床也向着更广的领域和更深的层次发展。当前,数控机床的发展主要呈现出以下趋势。

1. 高速度与高精度化

速度和精度是数控机床的两个重要指标,它直接关系到加工效率和产品质量。高速数控加工起源于20世纪90年代初,以电主轴和直线电动机的应用为特征,电主轴的发展实现了主轴的高速转动;直线电动机的发展实现了坐标轴的高速移动。高速数控加工的应用领域首先是汽车和其他大批量生产的工业,目的是用单主轴的高转速和高速直线进给运动的加工中心,来替代虽为多主轴但难以实现高转速和高速进给的组合机床。

在超高速切削和超精密加工技术中,对机床各坐标轴的位移速度和定位精度提出了更高的要求,但是速度和精度这两项技术指标是相互制约的,当位移速度要求越高时,定位精度就越难提高。现代数控机床配备的高性能数控系统及伺服系统,其位移分辨率与进给速度的对应关系是:一般的分辨率为 $1\ \mu\text{m}$,进给速度可以达到 $100\sim 240\ \text{m}/\text{min}$;分辨率为 $0.1\ \mu\text{m}$,进给速度可以达到 $24\ \text{m}/\text{min}$;分辨率为 $0.01\ \mu\text{m}$,进给速度可以达到 $400\sim 800\ \text{mm}/\text{min}$ 。提高主轴转速是提高切削速度最直接、最有效的方法。近二十年来主轴转速已经翻了几番,20世纪80年代中期,中等规格的加工中心主轴最高转速普遍为 $4\ 000\sim 6\ 000\ \text{r}/\text{min}$,到了20世纪80年代后期达到 $8\ 000\sim 12\ 000\ \text{r}/\text{min}$,20世纪90年代初期相继出现了 $15\ 000\ \text{r}/\text{min}$ 、 $20\ 000\ \text{r}/\text{min}$ 、 $30\ 000\ \text{r}/\text{min}$ 、 $50\ 000\ \text{r}/\text{min}$,目前国外用于加工中心的电主轴转速已达到 $75\ 000\ \text{r}/\text{min}$ 。切削速度和进给速度之所以能大幅度提高,是由于数控系统、伺服驱动系统、位置检测装置、计算机数控系统的补偿功能,刀具、轴承等相关技术的突破及数控机床本身基础技术的进步。

高精度化一直都是数控机床加工所追求的指标。它包括数控机床制造的几何精度和机床使用的几何精度两个方面。普通中等规格加工中心的定位精度已从20世纪80年代初期的 $\pm 12\ \mu\text{m}/300\ \text{mm}$,提高到20世纪90年代初期的 $\pm (2\sim 5)\ \mu\text{m}/\text{全程}$ 。如日本KITAMU-RA公司的SONICMILL-2型立式加工中心,主轴转速为 $20\ 000\ \text{r}/\text{min}$,快进速度为 $24\ \text{m}/\text{min}$,其定位精度为 $\pm 3\ \mu\text{m}/\text{全程}$ 。美国BOSTON DIGITAL公司的VECTOR系列立式加工中心,主轴转速为 $10\ 000\ \text{r}/\text{min}$,双向定位精度为 $2\ \mu\text{m}$ 。

提高数控机床的加工精度,一般是通过减少数控系统误差、提高数控机床基础大件结构特性和热稳定性及采用补偿技术和辅助措施来达到的。在减小CNC系统误差方面,通常采取提高数控系统分辨率,使CNC控制单元精细化,提高位置检测精度以及在位置伺服系统中为改善伺服系统的响应特性,采用前馈与非线性控制等方法。在采用补偿技术方面,采用齿隙补偿、丝杆螺母误差补偿及热变形误差补偿技术等。通过上述措施,近年来数控机床的加工精度也有很大提高。普通级数控机床的加工精度已由原来的 $\pm 10\ \mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5\ \mu\text{m}$,精密级从 $\pm 5\ \mu\text{m}$ 提高到 $\pm 1.5\ \mu\text{m}$ 。预计将来普通加工和精密加工的精度还将提高几倍,而超精度加工已进入纳米时代。

2. 高柔性化

柔性是指机床适应加工对象变化的能力,即当加工对象变化时,只需要通过修改而无须更换或只做极少量快速调整即可满足加工要求的能力。数控机床对满足加工对象的变

换有很强的适应能力。提高数控机床柔性化正朝着两个方向努力：一是提高数控机床的单机柔化，另一方面是向单元柔性和系统柔性化发展。例如，在数控机床软硬件的基础上，增加不同容量的刀库和自动换刀机械手（见图 1-2），增加第二主轴，增加交换工作台装置，或配以工业机器人和自动运输小车（见图 1-3），以组成柔性加工单元或柔性制造系统。

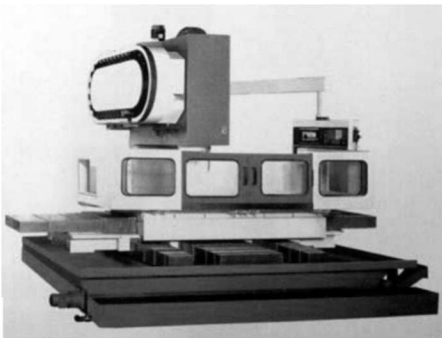


图 1-2 带有刀库和自动换刀装置的数控加工中心

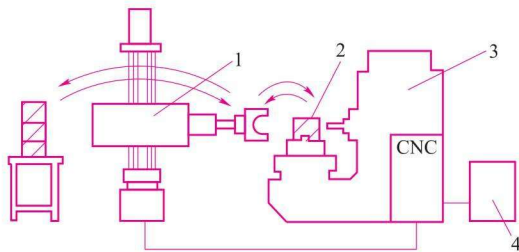


图 1-3 带有机器人的柔性制造单元

1—工业机器人；2—工件；
3—CNC 机床；4—自动运输小车

采用柔性自动化设备或系统，能够提高加工效率、缩短生产和供货周期，并能对市场需求的变化做出快速反应以提高企业的竞争能力。

3. 复合化

复合化包含工序复合化和功能复合化。数控机床复合化发展的趋势是尽可能将零件加工过程中所有工序集中在一台机床上，实现全部加工之后，该零件入库或直接送到装配工段，而不需要再转到其他机床上进行加工。这不仅省去了运输和等待时间，使零件的加工周期最短，而且在加工过程中不需要多次定位与装夹，有利于提高零件的精度。

加工中心就是把车、铣、镗、钻等类的工序集中到一台机床来完成，打破了传统的工序界限和分开加工的工艺规程。加工中心的快速增长就是工序复合化受市场欢迎的最好证明。一台具有自动换刀装置、回转工作台及托盘交换装置的五面体镗铣加工中心，工件一次安装可以完成镗、铣、钻、铰、攻螺纹等工序，对于箱体件可以完成五个面粗、精加工的全部工序。国内的江宁机床集团公司、北京机床研究所、江苏多棱数控机床公司、自贡长征机床公司等制造商均生产五面体立式或卧式加工中心。

近年来，又相继出现了许多跨度更大、功能更集中的复合化数控机床，如集冲孔、成型与激光切割复合加工中心等。

4. 多功能化

现代数控系统由于采用了多 CPU 结构和分级中断控制方式，因此在一台数控机床上可以同时零件加工和程序编制，即操作者在机床进入自动循环加工的同时可以利用键盘和使用阴极射线管的显示器 CRT (Cathode Ray Tube) 进行零件加工程序的编制，并可利用 CRT 进行动态图形模拟功能，显示所编程序的加工轨迹，或是编辑和修改加工程序，故也称该工作方式为“前台加工，后台编辑”。由此缩短了数控机床更换不同种类加工零件的待机时间，以充分提高机床的利用率。为了适应 FMC、FMS 以及进一步联网组成 CIMS 的要

求,一般的数控系统都具有 R-232C 和 R-422 高速远距离串行接口,通过网卡连成局域网,可以实现几台数控机床之间的数据通信,也可以直接对几台数控机床进行控制,如图 1-4 所示。

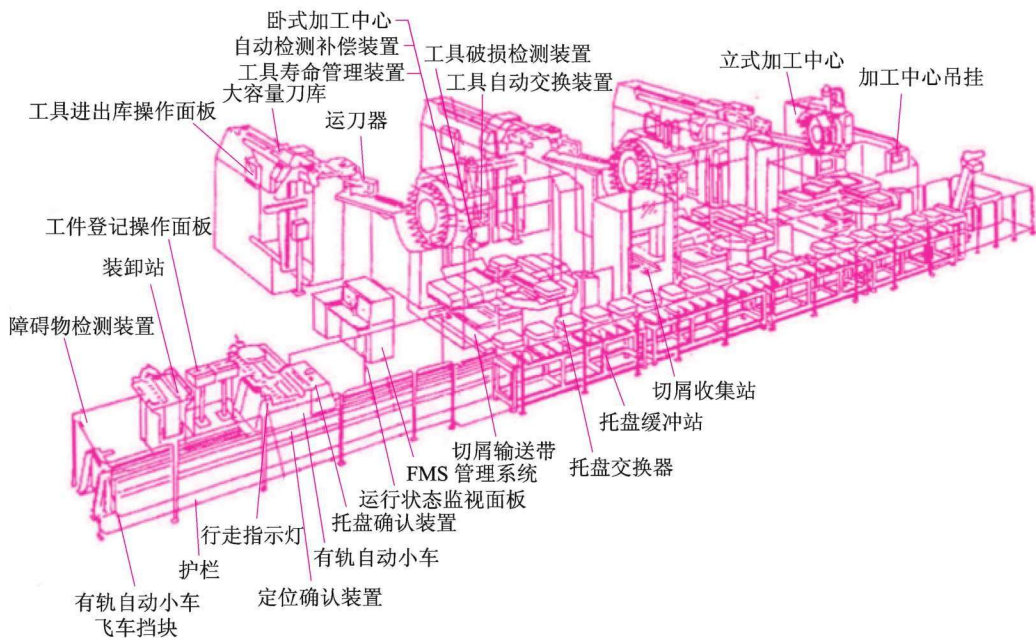


图 1-4 柔性制造系统 (FMS)

5. 智能化

智能加工是一种基于知识处理理论和技术的加工方式,以满足人们所要求的高效率、低成本及操作简便为基本特征。发展智能加工的目的是解决加工过程中众多不确定的、要求人工干预才能解决的问题。它的最终目标是要由计算机取代或延伸加工过程中人的部分脑力劳动,实现加工过程中监测、决策与控制的自动化。

6. 造型宜人化

造型宜人化是一种新的设计思想和观点,是将功能设计、人机工程学与工业美学有机地结合起来,是技术与经济、文化、艺术的协调统一,其核心是使产品变为更具魅力、更适销对路,引导人们进入一种新的工作环境。该设计理念在工业发达国家早已广泛用于各种产品的设计中,是其经济腾飞、提高市场竞争能力的重要手段。日本由于重视这项技术,故很快摆脱了机床产品“仿制”阶段,并创出了自己工业产品的“轻巧精美”独特风格。

近年来,随着我国的经济快速发展与社会进步,人们对生活质量逐步重视,同时对劳动条件和工作环境也提出了更高的要求。用户不只是满足于加工设备的基本性能和内在质量,还要求设计结构紧凑流畅、造型美观协调、操作舒适安全、色泽明快宜人,使人处在舒适优美的环境中工作,从而激发操作者的工作情绪,达到提高工作效率的目的。因此,国内数控机床生产厂家也将造型宜人化的设计理念引入自己的产品设计中,使国产数控机床在外形结构、颜色、外观质量等方面较过去有了明显的改进和提高。



思考与练习

一、名词解释

1. 数字控制
2. 计算机数控系统
3. 数控机床
4. 柔性制造系统
5. 计算机集成制造系统

二、选择题

1. FMS 是指 ()。
 - A. 自动化工厂
 - B. 计算机数控系统
 - C. 柔性制造系统
 - D. 加工中心
2. 利用计算机辅助设计与制造技术, 进行产品的设计和制造, 可以提高产品质量, 缩短产品研制周期。它又称为 ()。
 - A. CD/CM
 - B. CAD/COM
 - C. CAD/CAM
 - D. CAD/CM
3. 下列关于数控机床组成的描述不正确的是 ()。
 - A. 数控机床通常由控制装置、数控系统和机床本体组成
 - B. 数控机床通常由控制装置、数控装置、伺服系统、测量反馈装置、辅助控制装置和机床组成
 - C. 数控机床通常由控制装置、数控系统、伺服系统和机床组成
 - D. 数控机床通常由键盘、数控装置、伺服系统、测量反馈装置和机床组成
4. 目前第四代计算机采用元件为 ()。
 - A. 电子管
 - B. 晶体管
 - C. 小型计算机集成电路
 - D. 集成电路
5. CIMS 是指 ()。
 - A. 自动化工厂
 - B. 计算机集成制造系统
 - C. 柔性制造系统
 - D. 柔性制造单元
6. 我国从 () 年开始研究数控机械加工技术, 并于当年研制成功我国第一台电子管数控系统样机。
 - A. 1952
 - B. 1958
 - C. 1954
 - D. 1959

三、判断题

- () 1. 世界上第一台数控机床是 1958 年试制成功的。
- () 2. DNC 是柔性控制数控系统。
- () 3. 计算机辅助制造 (CAM) 就是指 NC 程序的自动编程。
- () 4. 数控机床正在向高速度、高精度和高成本方向发展。

四、填空题

1. NC 机床的含义是_____，CNC 机床的含义是_____，FMS 的含义是_____，_____的含义是计算机集成制造系统。
2. NC 指的是_____。
3. 数控系统主要经历了两个阶段：它们分别是_____和_____。
4. _____是指用代码对机床运动及其加工过程进行自动控制的一种方法。

五、问答题

1. 数控机床的发展经历了哪几个阶段？
2. 数控机床的发展趋势主要有哪几个方向？

1.2 数控机床的基本组成及工作过程

数控机床又称 CNC 机床，是由电子计算机或专用电子计算装置对数字化的信息进行处理而实现自动控制的机床。

国际信息处理联盟 (IFIP) 第五技术委员会对数控机床定义如下：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，定义中所说的程序控制系统即数控系统。也可以这么说：把数字化了的刀具移动轨迹的信息输入数控装置，经过译码、运算，从而实现控制刀具与工件的相对运动，加工出所需要零件的一种机床即为数控机床。

1.2.1 数控机床的组成

数控机床一般由程序输入装置、数控装置、伺服系统、强电控制装置、检测装置和主机六部分组成，如图 1-5 所示。

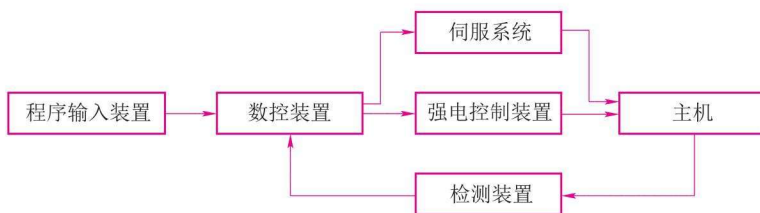


图 1-5 数控机床的组成

1. 程序输入装置

程序输入装置的作用是将程序载体（包括穿孔纸带、磁带、磁盘）上的数控代码信息转换成相应的电脉冲信号传送至数控装置。

现在对于微机控制的数控机床可用操作面板上的键盘直接把加工程序输入数控装置。

2. 数控装置 (CNC 装置)

数控装置是数控机床的控制核心，其功能是接受程序输入装置输入的加工信息，经译码、处理与计算，发出相应的脉冲送给伺服系统，通过伺服系统使机床按预定的轨迹运动。一般一台机床专用计算机包括印制电路板、各种电器元件、屏幕显示器和键

盘等部分。

数控装置的基本工作过程如下。

(1) 译码。将程序段中的各种信息,按一定语法规则翻译成数控装置能识别的语言,并以一定的格式存放在指定的内存专用区间。

(2) 刀具补偿。刀具补偿包括刀具长度补偿和刀具半径补偿。

(3) 进给速度处理。编程所给定的刀具移动速度是加工轨迹切线方向的速度,速度处理就是将其分解成各运动坐标方向的分速度。

(4) 插补。一般数控装置能对直线、圆弧进行插补运算。一些专用或较高档的 CNC 装置还可以完成椭圆、抛物线、正弦曲线和一些专用曲线的插补运算。

(5) 位置控制。在闭环 CNC 装置中,位置控制的作用是在每个采样周期内,把插补计算得到的理论位置与实际反馈位置相比较,用其差值去控制进给电动机。

3. 伺服系统

机床伺服系统是数控系统的执行部分,是以机床移动部件(工作台)的位置和速度作为控制量的自动控制系统。它由速度控制装置、位置控制装置、驱动伺服电动机和相应的机械传动装置组成。其功能是接收数控装置输出的脉冲信号指令,使机床上的移动部件做相应的移动。每一个脉冲信号指令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 0.01 mm/脉冲或 0.001 mm/脉冲。

伺服系统应满足的要求是,进给速度范围要大(如 0.1 mm/min 低速趋近,24 m/min 快速移动)、位移精度要高、工作速度响应要快以及工作稳定性要好。

伺服系统由驱动装置和执行机构组成。驱动装置是执行机构(工作台、主轴)的驱动部件,它由伺服驱动器与伺服电动机组成。

数控机床的伺服系统按其控制方式,可分为开环伺服系统、半闭环伺服系统和闭环伺服系统三大类。

4. 强电控制装置

强电控制装置的主要功能是接收数控装置控制的内置式可编程控制器(PLC)输出的主轴变速、换向、启动或停止,刀具的选择和更换,分度工作台的转位和锁紧,工件的夹紧或松开,切削液的开启或关闭等辅助操作的信号,经功率放大直接驱动相应的执行元件,诸如接触器、电磁阀等,从而实现数控机床在加工过程中的全部自动操作。

5. 检测装置

在半闭环和闭环伺服控制装置中,使用位置检测装置间接或直接测量执行部件的实际进给位移,并与指令位移进行比较,将其误差转换放大后控制执行部件的进给运动。常用的位移检测元件有脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅及磁栅等。图 1-6 所示为编码器的应用。

6. 主机

主机是数控机床的机械部分,包括床身、主轴箱、工作台、进给机构和辅助装置(如刀库液压气动装置、冷却系统和排屑装置等)。数控机床是高精度、高生产率的自动化加工机床。与传统的普通机床相比,数控机床在整体布局、外部造型、主传动系统、进给传动系统、刀具系统、支承系统和排屑系统等方面有很大的差异。这些差异能更好地满足数控技术的要求,并充分适应数控加工的特点。通常对数控机床的精度、静刚度、动刚度和热刚度等

均提出了更高的要求,而传动链则要求尽可能的简单。

数控机床主体结构有以下特点。

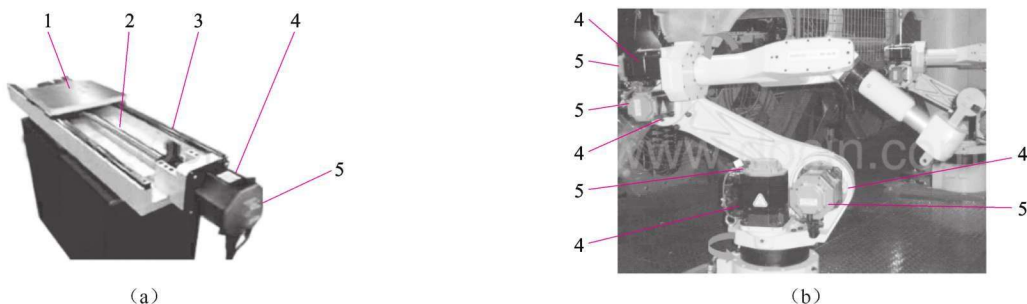


图 1-6 编码器的应用

(a) 编码器检测工作台角位移; (b) 编码器在机器人控制中的应用

1—工作台; 2—丝杠; 3—导轨; 4—伺服电动机; 5—编码器

(1) 由于采用了高性能的主轴及伺服传动系统,数控机床的机械传动结构大为简化,传动链较短。

(2) 为适应连续地自动化加工,数控机床机械结构一般要求:具有较高的动态刚度和阻尼,具有较高的耐磨性,而且热变形要小。

(3) 为了减少摩擦,提高传动精度,数控机床更多地采用了高效传动部件,如滚珠丝杠副和直线滚动导轨等。

1.2.2 数控机床的基本工作过程

数控机床的基本工作过程如图 1-7 所示。首先要由编程人员或操作者通过对零件图样的深入分析,特别是工艺分析,确定合适的数控加工工艺,其中包括零件的定位与装夹方法的确定,工序的划分,各工步走刀路线的规划,各工步加工刀具及其切削用量的选择,主轴转速、转向及冷却等要求,以规定的数控代码形式编制程序单。

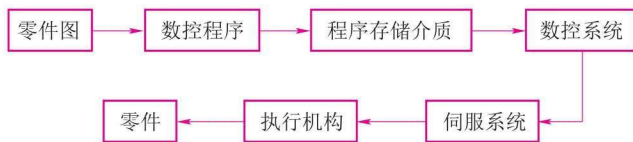


图 1-7 数控机床工作过程

然后,把数控程序输入到数控系统,当被调入执行程序缓冲区以后,一旦操作者按下启动按钮,程序就将被逐条逐段地自动执行。数控程序的执行实际上是不断地向伺服系统发出运动指令。数控系统在执行数控程序的同时,还要实时地进行各种运算,来决定机床运动机构的运动规律和速度。伺服系统在接收到数控系统发来的运动指令后,经过信号放大和位置、速度比较,控制机床运动机构的驱动元件(如主轴回转电动机和进给伺服电动机)运动。机床运动机构(如主轴和丝杠螺母机构)的运动结果是刀具与工件产生相对运动,实现切削加工,最终加工出所需要的零件。