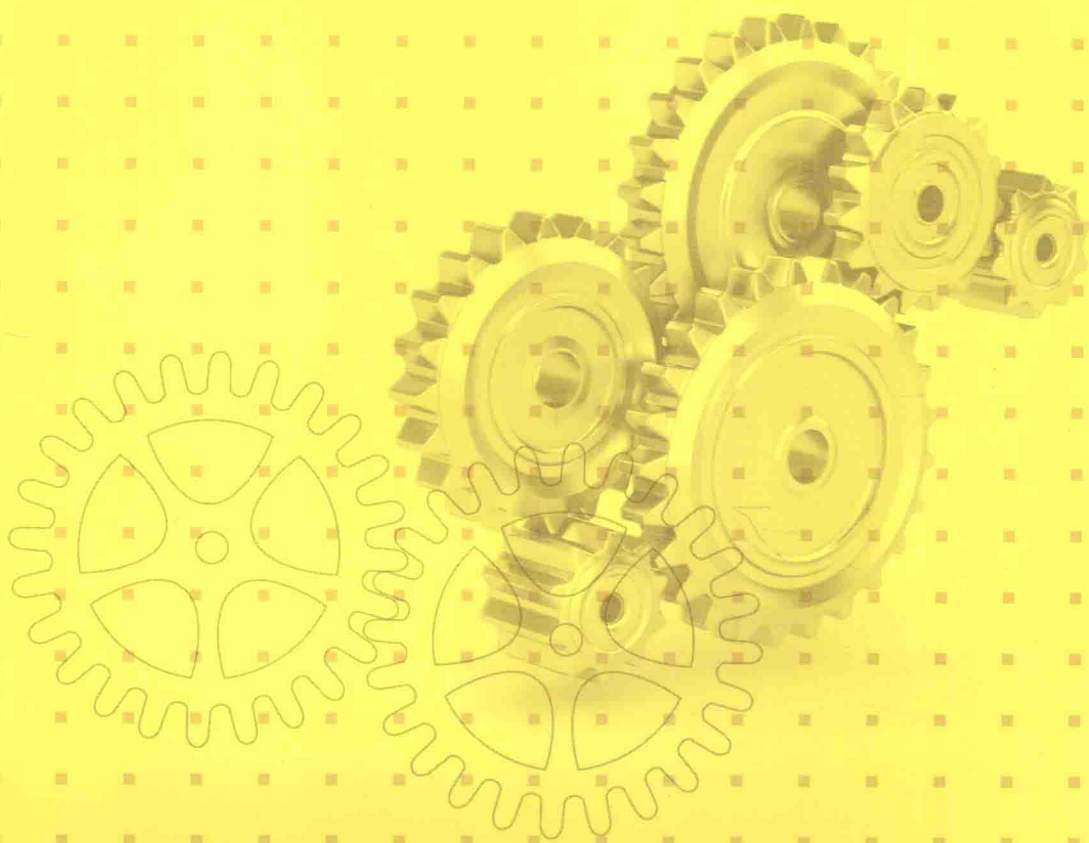




数控机床构造

(第3版)

● 主编 蔡厚道

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

数控机床构造

(第3版)

主 编 蔡厚道
副主编 李 刚 杨伟峰 杨璐铨
参 编 刘馨鑫

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书主要介绍了数控机床概述、数控机床的主传动系统、数控机床的进给传动系统、数控机床的伺服系统、数控机床的自动换刀装置、数控机床的液压与气压装置、数控机床的辅助装置、常用数控机床、新技术在数控机床中的应用等内容。全书是按照常用数控机床基本概念、基本结构、工作原理、新技术的应用几个部分来讲述。内容全面、综合，深入浅出，既考虑到目前数控机床应用的实际情况，又考虑到数控机床的发展趋势。

本书可作为高等院校数控技术、机电一体化、机械制造及自动化、模具设计与制造等专业教学和技能考核培训用书。也可作为工厂操作、编程、设计与维修等工程技术人员的自学参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床构造 / 蔡厚道主编. — 3 版. — 北京: 北京理工大学出版社, 2016. 8
ISBN 978-7-5682-2888-6

I. ①数… II. ①蔡… III. ①数控机床-构造 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 197259 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 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 16

字 数 / 372 千字

版 次 / 2016 年 8 月第 3 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 49.00 元

责任编辑 / 赵 岩

文案编辑 / 赵 岩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

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

前 言

本书是《数控机床构造（第2版）》教材的修订本。根据目前教学体系及课程改革的要求，并反映当前国内外工厂企业在数控机床和数控技术的发展，对教学内容作了适当的修改。

本书是根据教育部制定的数控技能型紧缺人才培养培训方案的指导思想，结合作者多年的工程实践与教学经验，借鉴一直在机加工岗位从事操作的人员经验而编写的。本书取材新颖、内容由浅入深、循序渐进、图文并茂、实例丰富、着重于应用，理论部分突出简明性、系统性、实用性和先进性。

本书介绍了数控机床概述、数控机床的主传动系统、数控机床的进给传动系统、数控机床的伺服系统、数控机床的自动换刀装置、数控机床的液压与气压装置、数控机床的辅助装置、常用数控机床、新技术在数控机床中的应用等内容。

本书共有九章，由蔡厚道担任主编，李刚、杨伟峰、杨璐铨担任副主编，刘馨鑫参与编写，全书由蔡厚道统稿。

在本书各版本的编写过程中，参阅了许多高等院校、公司的教材和资料，曾得到许多从事数控车、数控铣、加工中心操作的技师、高级技师的宝贵建议和大力帮助，我们在此致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，数控技术发展迅速，所以本书难免有不足之处，望读者给予指正。

编 者

目 录

第一章 数控机床概述	1
1.1 数控机床的产生与发展	1
1.1.1 数控机床的产生与发展过程	1
1.1.2 数控机床的发展趋势	2
1.2 机床中有关数控的基本概念	6
1.3 数控机床的组成与工作原理	7
1.3.1 数控机床的组成	7
1.3.2 数控机床的工作原理	9
1.4 数控机床的分类	10
1.4.1 按工艺用途分类	10
1.4.2 按机床运动轨迹分类	13
1.4.3 按伺服系统控制方式分类	15
1.5 数控机床的特点	16
1.5.1 数控机床的加工特点	16
1.5.2 数控机床的结构特点	17
1.6 数控机床的主要性能指标	18
1.6.1 数控机床的规格指标	18
1.6.2 数控机床的精度指标	18
1.6.3 数控机床的运动指标	19
1.6.4 可靠性指标	19
1.7 数控机床的应用范围	20
思考与练习题	21
第二章 数控机床的主传动系统	22
2.1 数控机床对主传动系统的要求	22
2.2 数控机床主轴的传动方式与主传动系统类型	23
2.2.1 数控机床主轴的传动方式	23
2.2.2 数控机床主传动系统类型	27
2.3 主轴部件	29
2.3.1 数控机床的主轴	29
2.3.2 数控机床主轴部件的支承	31
2.3.3 主轴滚动轴承的预紧	34
2.3.4 主轴内切屑清除装置	36
2.4 主轴准停与主轴的同步运行功能	36

2.4.1 主轴准停功能与控制	36
2.4.2 主轴准停装置	38
2.4.3 主轴的同步运行功能	39
2.5 主轴润滑与密封	41
2.5.1 主轴润滑	41
2.5.2 主轴密封	42
2.6 电主轴	43
思考与练习题	46
第三章 数控机床的进给传动系统	47
3.1 对数控机床进给传动系统的要求	47
3.2 联轴器	48
3.3 滚珠丝杠螺母副与静压丝杠螺母副	50
3.3.1 滚珠丝杠螺母副	50
3.3.2 静压丝杠螺母副	61
3.4 齿轮传动副与齿轮齿条传动	63
3.4.1 齿轮传动副	63
3.4.2 齿轮齿条传动	66
3.5 双导程蜗杆蜗轮副与静压蜗杆蜗轮条传动	69
3.5.1 双导程蜗杆蜗轮副	69
3.5.2 静压蜗杆蜗轮条传动	70
3.6 直线电动机传动	73
3.7 数控机床导轨	75
3.7.1 对数控机床导轨的要求	76
3.7.2 常用数控机床导轨	77
3.7.3 导轨间隙的调整、润滑与防护	83
思考与练习题	86
第四章 数控机床的伺服系统	87
4.1 概述	87
4.2 步进电动机驱动控制系统	87
4.2.1 步进电动机的分类与结构	88
4.2.2 步进电动机的工作原理与主要特性	89
4.2.3 步进电动机的驱动控制	91
4.3 直流伺服电动机控制系统	93
4.3.1 直流伺服电动机的分类与结构	93
4.3.2 直流伺服电动机的工作原理与工作特性	94
4.3.3 直流伺服电动机的调速方法	96
4.4 交流伺服电动机控制系统	96
4.4.1 交流伺服电动机的分类与结构	96
4.4.2 交流伺服电动机的工作原理与性能	97

4.4.3 交流伺服电动机的调速方法	98
4.5 数控机床位置检测装置	99
4.5.1 旋转变压器	99
4.5.2 感应同步器	102
4.5.3 光栅	104
4.5.4 光电脉冲编码器	106
思考题与习题	108
第五章 数控机床的自动换刀装置	109
5.1 对数控机床自动换刀装置的要求	109
5.2 刀库与机械手	109
5.2.1 刀库	109
5.2.2 机械手	115
5.3 自动换刀装置	120
5.3.1 刀具选择方式	120
5.3.2 数控车床刀架	124
5.3.3 加工中心自动换刀装置	131
5.4 自动换刀实例	134
5.4.1 无机械手自动换刀实例	134
5.4.2 机械手自动换刀实例	136
思考与练习题	138
第六章 数控机床的液压与气压装置	140
6.1 液压与气压传动简介	140
6.1.1 液压与气压传动的工作原理	140
6.1.2 液压与气压传动系统的组成	141
6.1.3 液压与气压传动的特点	144
6.2 数控机床上液压系统的构成及其回路	145
6.2.1 压力控制回路	145
6.2.2 速度控制回路	149
6.2.3 方向控制回路	152
6.3 液压与气压传动系统在数控机床上的应用	153
6.3.1 TND360 数控车床液压系统	153
6.3.2 数控加工中心气动换刀系统	155
思考与练习题	156
第七章 数控机床的辅助装置	158
7.1 数控机床用工作台	158
7.1.1 直线工作台	158
7.1.2 数控回转工作台	160
7.1.3 分度工作台	164
7.2 数控机床用附件	167

7.2.1 卡盘	167
7.2.2 尾座	170
7.2.3 分度头	170
7.2.4 常用铣削刀柄	171
7.2.5 三坐标测量机	178
7.2.6 对刀仪	178
7.2.7 寻边器与Z轴设定器	179
7.3 数控机床的支承件	180
7.4 润滑系统	185
7.5 自动排屑装置	187
思考与练习题	189
第八章 常用数控机床	190
8.1 数控车床	190
8.1.1 概述	190
8.1.2 数控车床的分类	190
8.1.3 数控车床的组成与布局	192
8.1.4 数控车床的特点与工艺范围	195
8.1.5 数控车床的传动系统与机械结构	197
8.1.6 数控车床的卡盘和尾架	204
8.2 数控铣床	205
8.2.1 概述	205
8.2.2 数控铣床的分类	206
8.2.3 数控铣床的组成与布局	207
8.2.4 数控铣床的特点与工艺范围	209
8.2.5 数控铣床的传动系统与结构	211
8.3 加工中心	214
8.3.1 概述	214
8.3.2 加工中心的分类	215
8.3.3 加工中心的组成与布局	217
8.3.4 加工中心的特点与工艺范围	219
8.3.5 加工中心的传动系统与结构	220
8.4 数控机床的生产管理	226
8.4.1 数控机床的选择	226
8.4.2 应用数控机床的生产准备	229
8.4.3 数控机床的生产管理	230
思考与练习题	230
第九章 新技术在数控机床中的应用	232
9.1 数控机床应用关键技术	232
9.2 直接数字控制 (DNC)	233

9.2.1 直接数字控制 (DNC) 简介	233
9.2.2 DNC 控制系统的组成	233
9.3 柔性制造系统 (FMS)	234
9.3.1 柔性制造系统 (FMS) 简介	234
9.3.2 柔性制造系统 (FMS) 的组成	235
9.4 计算机集成制造系统 (CIMS)	236
9.4.1 计算机集成制造系统 (CIMS) 简介	236
9.4.2 计算机集成制造系统 (CIMS) 的组成	237
思考与练习题	238
附录 常用液压与气动图形符号	239
附录 A 符号要素、管路	239
附录 B 控制机构和控制方法	239
附录 C 泵、电动机和缸	240
附件 D 控制元件	240
附录 E 辅助元件	242
参考文献	243

数控机床概述

科学技术和社会生产的不断发展,对机械产品的性能、质量、生产率和成本提出了越来越高的要求。机械加工工艺过程自动化是实现上述要求的重要技术措施之一。单件、小批生产占机械加工的 80% 左右,一种适合于产品更新换代快、品种多、质量和生产率高、成本低的自动化生产设备的应用已迫在眉睫。而数控机床则能适应这种要求,满足了目前生产需求。

20 世纪 40 年代以来,汽车、飞机和导弹制造工业发展迅速,原来的加工设备已无法承担加工航空工业需要的复杂型面零件。数控技术是为了解决复杂型面零件加工的自动化而产生的。1948 年,美国帕森斯 (Parsons) 公司在研制加工直升机叶片轮廓检验用样板的机床时,首先提出了应用电子计算机控制机床来加工样板曲线的设想。后来与美国空军签订合同,帕森斯 (Parsons) 公司与麻省理工学院 (MIT) 伺服机构研究所合作进行研制工作。1952 年试制成功第一台三坐标立式数控铣床。后来,又经过改进并开展自动编程技术的研究,于 1955 年进入实用阶段,这对于加工复杂曲面和促进美国飞机制造业的发展起了重要作用。

1958 年我国开始研制数控机床,1975 年研制出第一台加工中心。目前,在数控技术领域,我国同先进国家之间还存在不小的差距,但这种差距正在缩小。数控技术的应用也从机床控制拓展到其他控制设备,如:数控电火花线切割机床、数控测量机和工业机器人等。

1.1 数控机床的产生与发展

1.1.1 数控机床的产生与发展过程

1946 年诞生了世界上第一台电子计算机,它为人类进入信息社会奠定了基础。六年后,即在 1952 年,计算机技术应用到了机床上,在美国诞生了第一台数控机床。从此,传统机床产生了质的变化。近半个世纪以来,数控机床经历了两个阶段和六代的发展,如图 1-1 所示。

1. 数控 (NC) 阶段 (1952—1970 年)

早期计算机的运算速度低,这对当时的科学计算和数据处理影响还不大,但不能适应机床实时控制的要求。人们不得不采用数字逻辑电路制成一台机床专用计算机作为数控系统,被称为硬件连接数控 (HARD—WIRED NC),简称为数控 (NC)。随着元器件的发展,这个

阶段历经了三代,即1952年的第一代——电子管数控机床;1959年的第二代——晶体管数控机床;1965年的第三代——集成电路数控机床。

2. 计算机数控 (CNC) 阶段 (1970 至今)

到1970年,通用小型计算机业已出现并成批生产,其运算速度比五六十年代有了大幅度的提高,这比逻辑电路专用计算机成本低、可靠性高。于是将它移植过来作为数控系统的核心部件,从此进入了计算机数控 (CNC) 阶段。1971年,美国 Intel 公司在世界上第一次将计算机的两个最核心的部件——运算器和控制器,采用大规模集成电路技术集成在一块芯片上,称之为微处理器 (MICRO—PROCESSOR),又称中央处理单元 (简称 CPU)。1974年,微处理器被应用于数控系统。这是因为小型计算机功能太强,控制一台机床能力有多余,但不如采用微处理器经济合理,而且当时的小型计算机可靠性也不理想。虽然早期的微处理器速度和功能都还不够高,但可以通过多处理器结构来解决。

因为微处理器是通用计算机的核心部件,故仍称为计算机数控。到了1990年,PC机 (个人计算机,国内习称微机) 的性能已发展到很高的阶段,可满足作为数控系统核心部件的要求,而且PC机生产批量很大,价格便宜,可靠性高。数控系统从此进入了基于PC的阶段。

总之,计算机数控阶段也历经了三代,即1970年的第四代——小型计算机数控机床;1974年的第五代——微型计算机数控机床;1990年的第六代——基于PC机 (国外称为PC-BASED) 的数控机床。

数控机床是典型的机电一体化产品,它所覆盖的领域如图1-2所示。

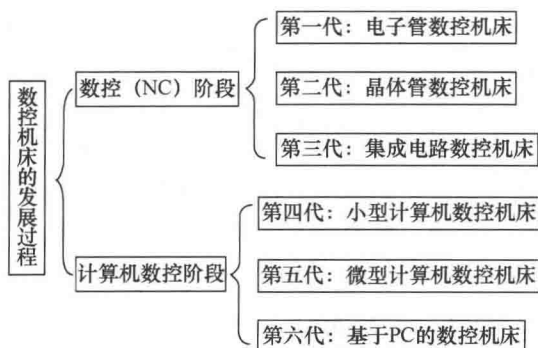


图 1-1 数控机床的发展过程

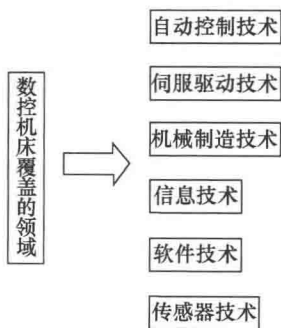


图 1-2 数控机床覆盖的领域

1.1.2 数控机床的发展趋势

随着计算机技术的发展,数控机床不断采用计算机、控制理论等领域的最新技术成就,它的性能日臻完善,应用领域日益扩大。同时,为了满足市场和科学技术发展的需要,为了达到现代制造技术对数控技术提出的更高的要求,当前,世界数控技术及其装备正朝着下述几个方向发展:

1. 高速、高效、高精度和高可靠性

高速、高效和高精度是机械加工的目标。要提高加工效率,首先必须提高切削和进给速度,同时还要缩短加工时间;要确保加工质量,必须提高机床部件运动轨迹的精度,而可靠

性则是上述目标的基本保证。为此，必须要有高性能的数控装置作保证。

(1) 高速

随着汽车、国防、航空、航天等工业的高速发展以及铝合金等新材料的应用，对数控机床加工的高速化要求越来越高。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低成本生产有广泛的适用性。

① 主轴转速：机床采用电主轴（内装式主轴电动机），主轴最高转速达 200 000r/min。

② 进给速度：它是指快速移动速度的高速化和切削进给速度的高速化。

目前 CNC 装置所具有的最高进给速度为：1 μ m 脉冲当量时，100m/min；0.01 μ m 脉冲当量时，240m/min，且可获得复杂型面的精确加工。

③ 运算速度：微处理器的迅速发展为数控系统向高速、高精度方向发展提供了保障，开发出 CPU 已发展到 32 位以及 64 位的数控系统，频率提高到几百兆赫、上千兆赫。由于运算速度的极大提高，使得当分辨率为 0.1 μ m、0.01 μ m 时仍能获得高达 24~240m/min 的进给速度。

④ 换刀速度：目前国外先进加工中心的刀具交换时间普遍已在 1s 左右，高的已达 0.5s。德国 Chiron 公司将刀库设计成篮子样式，以主轴为轴心，刀具在圆周布置，其刀到刀的换刀时间仅 0.9s。

新一代数控机床（含加工中心）只有通过高速化大幅度缩短切削工时才可能进一步提高其生产率。超高速加工特别是超高速铣削与新一代高速数控机床特别是高速加工中心的开发应用紧密相关。随着超高速切削机理、超硬耐磨长寿命刀具材料和磨料磨具，大功率高速电主轴、高加/减速度直线电动机驱动进给部件以及高性能控制系统（含监控系统）和防护装置等一系列技术领域关键技术的解决，应不失时机地开发应用新一代高速数控机床。

(2) 高效

依靠快速、准确的数字量传递技术对高性能的机床执行部件进行高精密度、高响应速度的实时处理，现在数控机床自动换刀时间最短可达 0.5s 以内，采用新的刀库和换刀机械手，使选刀动作更快速、可靠；采用各种形式的交换工作台，使装卸工件的时间缩短；采用快换夹具，刀具装置以及实现对工件原点快速确定等，缩短时间定额，实现高效化。

(3) 高精度

从精密加工发展到超精密加工（特高精度加工），是各工业强国致力发展的方向。其精度从微米级到亚微米级，乃至纳米级（<10nm），其应用范围日趋广泛。超精密加工主要包括超精密切削（车、铣）、超精密磨削、超精密研磨抛光以及超精密特种加工（三束加工及微细电火花加工、微细电解加工和各种复合加工等）。随着现代科学技术的发展，对超精密加工技术不断提出了新的要求。新材料及新零件的出现，更高精度要求的提出等都需要超精密加工工艺，发展新型超精密加工机床，完善现代超精密加工技术，以适应现代科技的发展。

精密化是为了适应高新技术发展的需要，也是为了提高数控机床的性能、质量和可靠性，减少其装配时的工作量从而提高装配效率的需要。随着高新技术的发展和对数控机床性能与质量要求的提高，机床用户对机床加工精度的要求也越来越高。为了满足用户的需要，近 10 多年来，普通级数控机床的加工精度已由 $\pm 10\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5\mu\text{m}$ ，精密级

加工中心的加工精度则从 $\pm 3 \sim 5 \mu\text{m}$, 提高到 $\pm 1 \sim 1.5 \mu\text{m}$ 。

(4) 高可靠性

高可靠性是指数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性在一个数量级以上, 但也不是可靠性越高越好, 仍然是适度可靠, 因为是商品, 受性能价格比的约束。对于每天工作两班的无人工厂而言, 如果要求在 16 小时内连续正常工作, 无故障率 $P(t) = 99\%$ 以上的话, 则数控机床的平均无故障运行时间 MTBF 就必须大于 3 000 小时。

MTBF 大于 3 000 小时, 对于由不同数量的数控机床构成的无人化工厂差别就大多了, 我们只对一台数控机床而言, 如主机与数控系统的失效率之比为 10 : 1 的话 (数控的可靠比主机高一个数量级)。此时数控系统的 MTBF 就要大于 33 333.3 小时, 而其中的数控装置、主轴及驱动等的 MTBF 就必须大于 10 万小时。

当前国外数控系统平均无故障时间 MTBF 在 7 万~10 万小时以上, 国产数控系统平均无故障时间仅为 10 000 小时左右, 国外整机平均无故障工作时间达 800 小时以上, 而国内最高只有 300 小时。

2. 模块化、智能化、柔性化和集成化

(1) 模块化、专门化与个性化

为了适应数控机床多品种、小批量的特点, 机床结构模块化, 数控功能专门化, 机床性能价格比显著提高并加快优化。个性化是近几年来数控机床特别明显的发展趋势。

(2) 智能化

智能化的内容包括在数控系统中的各个方面, 具体体现在如下:

为追求加工效率和加工质量方面的智能化, 如加工过程自适应控制技术, 加工参数的智能优化与选择; 为提高驱动性能及使用连接方便方面的智能化, 如前馈控制、电动机参数的自适应运算、自动识别负载自动选定模型、自整定等; 简化编程、简化操作方面的智能化, 如智能化的自动编程, 智能化的人机界面等; 智能故障诊断与自修复技术、智能监控方面的内容, 方便系统的诊断及维修等。

(3) 柔性化和集成化

数控机床向柔性自动化系统发展的趋势是: 从点 (数控单机、加工中心和数控复合加工机床)、线 (FMC、FMS、FTL、FML) 向面 (工段车间独立制造岛、FA)、体 (CIMS、分布式网络集成制造系统) 的方向发展, 另一方面向注重应用性和经济性方向发展。柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段, 是各国制造业发展的主流趋势, 是先进制造领域的基础技术。

重点是以提高系统的可靠性、实用化为前提, 以易于联网和集成为目标; 注重加强单元技术的开拓、完善; CNC 单机向高精度、高速度和高柔性方向发展; 数控机床及其构成柔性制造系统能方便地与 CAD、CAM、CAPP、MTS 联结, 向信息集成方向发展; 网络系统向开放、集成和智能化方向发展。

3. 开放性

由于数控系统生产厂家技术的保密, 传统的数控系统是一种专用封闭式系统, 各个厂家的产品之间以及与通用计算机之间不兼容, 维修、升级困难, 难以满足市场对数控技术的需求, 为适应数控进线、联网、普及型、个性化、多品种、小批量、柔性化及数控迅速发展的要求, 最重要的发展趋势是体系结构的开放性, 设计生产开放式的数控系统, 开放式数控系

统具有标准化的人机界面和编程语言, 软、硬件兼容, 维修方便, 如图 1-3 所示为开放式数控装置的概念结构。

目前, 国内外许多国家对开放式数控系统进行了研究, 例如美国在 20 世纪 90 年代初提出了开发下一代控制器的计划 NGC (Next Generation Controller), 以后又提出了 OMAC (Open Modular Architecture Control) 计划, 欧洲在 20 世纪 90 年代初开始 OSACA (Open System Architecture for Controls within Automation System) 计划, 以及目前正发展的基于 PC 的开放式数控系统结构 (PC 嵌入 CNC 型、CNC 嵌入 PC 型、全软件 CNC 型) 等。

4. 新一代数控加工工艺与装备

为适应制造自动化的发展, 向 FMC、FMS 和 CIMS 提供基础设备, 要求数字控制制造系统不仅能完成通常的加工功能, 而且还要具备自动测量、自动上下料、自动换刀、自动更换主轴头 (有时带坐标变换)、自动误差补偿、自动诊断、进线和联网等功能, 广泛地应用于机器人和物流系统, 出现了数控技术的并联化和网络化。



图 1-4 并联机床

围绕数控技术、制造过程技术在快速成型、并联机构机床、机器人化机床、多功能机床等整机方面和高速电主轴、直线电动机、软件补偿精度等单元技术方面先后有所突破。并联杆系结构的新型数控机床实用化, 如图 1-4 所示为并联机床。

以计算机辅助管理和工程数据库、因特网等为主体的制造信息支持技术和智能化决策系统。对机械加工中海量信息进行存储和实时处理。应用数字化网络技术, 使机械加工整个系统趋于资源合理支配并高效地应用。国内外一些著名数控机床和数控系统制造公司都在近几年推出了相关的新概念和样机, 例如日本山崎马扎克 (Mazak)

公司在 EMO2001 展出的智能生产控制中心, 日本大隈 (Okuma) 机床公司展出的信息技术广场 (IT 广场), 德国西门子 (Siemens) 公司展出的开放制造环境 (OME) 等, 反映了数控机床加工向网络化方向的发展趋势。

对于制造业来说, 如何减少资源消耗和环境污染是 21 世纪所面临的重大问题, 金属切削机床在工作过程中不仅消耗能源, 还会产生固体、液体和气体废弃物, 对自然环境和工作环境造成直接或间接的污染。因此, 开发节能环保、绿色生态机床是当前研究的热点。

实现机床绿色化可以采用新结构和新材料, 减少机床的质量和体积, 减轻移动部件的质量; 采用干切削和微量润滑, 减少各种废弃物排放, 并且注意排屑路径通畅, 热移除迅速, 保证不造成机床热变形而影响加工精度; 机床报废后的材料可以实现 100% 的回收。

总之, 新一代数控系统技术水平大大提高, 促进了数控机床性能向高精度、高速度、高柔性化方向发展, 机械加工向虚拟制造方向发展, 使现代加工技术水平不断提高。

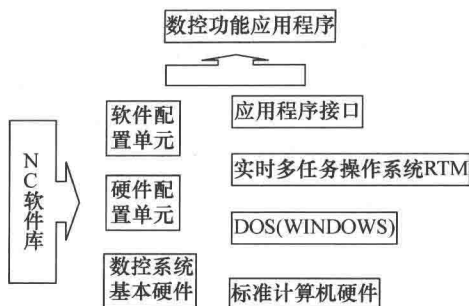


图 1-3 开放式数控装置的概念结构

1.2 机床中有关数控的基本概念

1. 数字控制 (Numerical Control)

简称数控, 是一种自动控制技术, 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方法。

2. 数控系统 (Numerical Control System)

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。即采用数字控制的系统。

3. 计算机数控系统 (Computer Numerical Control System)

计算机数控系统是由装有数控系统程序的专用计算机、输入输出设备、可编程控制器 (PLC)、存储器、主轴驱动及进给驱动装置等部分组成。用计算机控制实现数控功能的系统。

4. 伺服驱动 (Servo Drive)

在数控机床上, 伺服驱动的控制对象通常是机床坐标轴的位移 (包括速度、方向和位置), 其执行机构是伺服电动机, 对输入指令信号进行控制和功率放大的是伺服放大器 (又称驱动器、放大器、伺服单元等), 实际位移量的检测通过检测装置进行。伺服驱动的作用主要是按照数控装置给定的速度运行和给定的位置定位。

5. 数控机床 (Numerical Control Machine Tools)

数控机床是用数字指令进行控制的机床, 机床的所有运动, 包括主运动、进给运动与各种辅助运动都是用输入数控装置的数字信号来控制的, 其加工过程可用如图 1-5 所示的框图来描述。

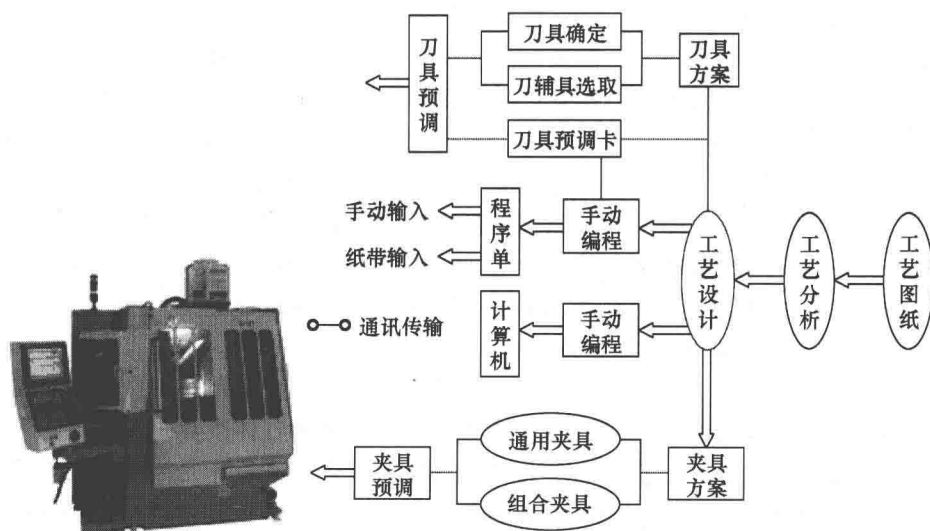


图 1-5 数控机床加工过程

6. 数控技术 (Numerical Control Technology)

数控技术是用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术。目前,计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)、柔性制造单元 (FMC)、柔性制造系 (FMS)、计算机集成制造系统 (CIMS)、敏捷制造 (AM) 和智能制造 (IM) 等先进制造技术都建立在数控技术基础上。

7. 计算机辅助设计和制造

简称 CAD/CAM, 是以计算机作为主要技术手段, 处理各种数字信息与图形信息, 辅助完成从产品设计到加工制造整个过程的各项活动。模具 CAD/CAM 技术的主要特点是设计与制造过程的紧密联系——设计制造一体化, 其实质是设计和制造的综合计算机化, 主要设计与制造加工的是各类模具零件。目前这类软件较多, 典型的 CAD/CAM 软件主要有 Master CAM、CAXA、I—DEAS、UG、CATIA 等, 其中我国应用较多的有 Master CAM、CAXA、Pro/E、UG 等软件。

1.3 数控机床的组成与工作原理

1.3.1 数控机床的组成

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。数控机床通常是由程序载体、CNC 装置、伺服系统、检测与反馈装置、辅助装置、机床本体组成, 如图 1-6 所示。

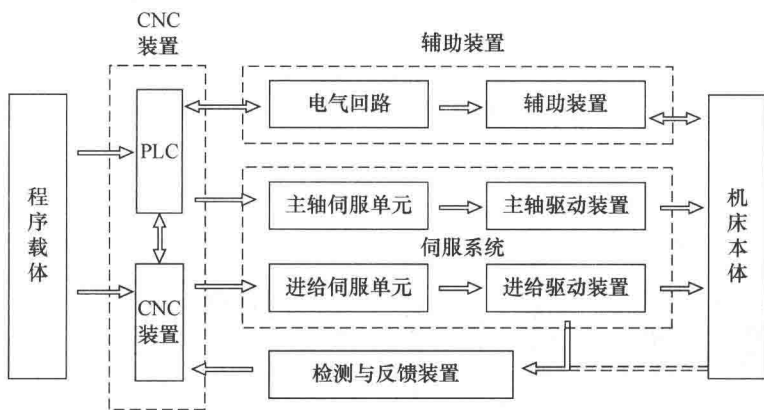


图 1-6 数控机床的组成框图

1. 程序载体

程序载体是用于存取零件加工程序的装置。可将零件加工程序以一定的格式和代码 (包括机床上刀具和零件的相对运动轨迹、工艺参数和辅助运动等) 存储在载体上, 程序载体可以是磁盘、磁带、硬盘和闪存卡等。

2. CNC 装置 (又称计算机数控装置)

CNC 装置是 CNC 系统的核心, 它包括微处理器 CPU、存储器、局部总线、外围逻辑电



图 1-7 CNC 数控装置组成

路及与数控系统其他组成部分联系的接口及相应控制软件。如图 1-7 所示为 CNC 数控装置组成。

CNC 装置的功能是接收从输入装置送来的脉冲信号；并将信号通过数控装置的系统软件或逻辑电路的编译、运算和逻辑处理后，输出各种信号和控制指令。在这些控制指令中，除了送给伺服系统的位置和速度指令外，还送给辅助控制装置的机床辅助动作指令。最终控制机床的各部分，使其按照规定的、有序的动作执行。

3. 伺服系统

伺服系统是 CNC 装置和机床本体的联系环节，它的作用是把来自 CNC 装置的微弱指令信号调解、转换、放大后驱动伺服电动机，通过执行部件驱动机床移动部件的运动，使工作台精确定位或使刀具和工件及主轴按规定的轨迹运动，最后加工出符合图样要求的零件。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。

伺服系统包括驱动装置和执行装置两大部分，数控机床的驱动装置包括主轴伺服单元（转速控制）、进给驱动单元（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动机等。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。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。数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令，再经过驱动系统的功率放大后，驱动电动机运转，通过机械传动装置带动工作台或刀架运动。

4. 检测与反馈装置

检测与反馈装置有利于提高数控机床加工精度。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。常用的检测装置有编码器、光栅、感应同步器、磁栅、霍尔检测元件等。如图 1-8 所示为光电编码器。

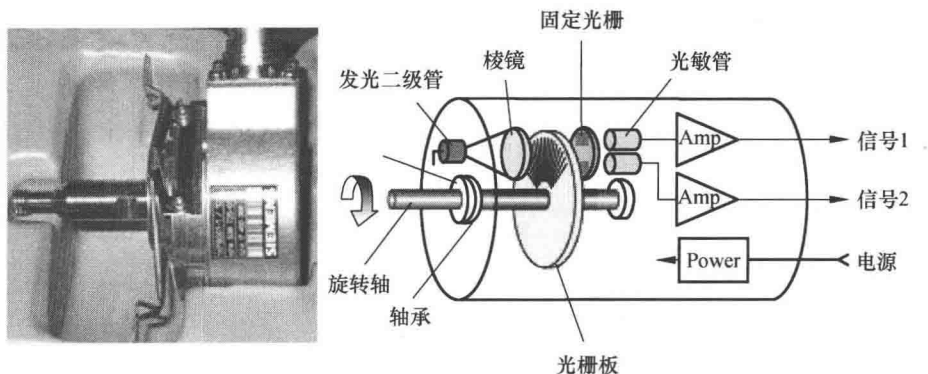


图 1-8 光电编码器

5. 辅助装置

辅助装置是把计算机送来的辅助控制指令（M，S，T 等）经机床接口转换成强电信号，用来控制主轴电动机启停和变速、冷却液的开关及分度工作台的转位和自动换刀等