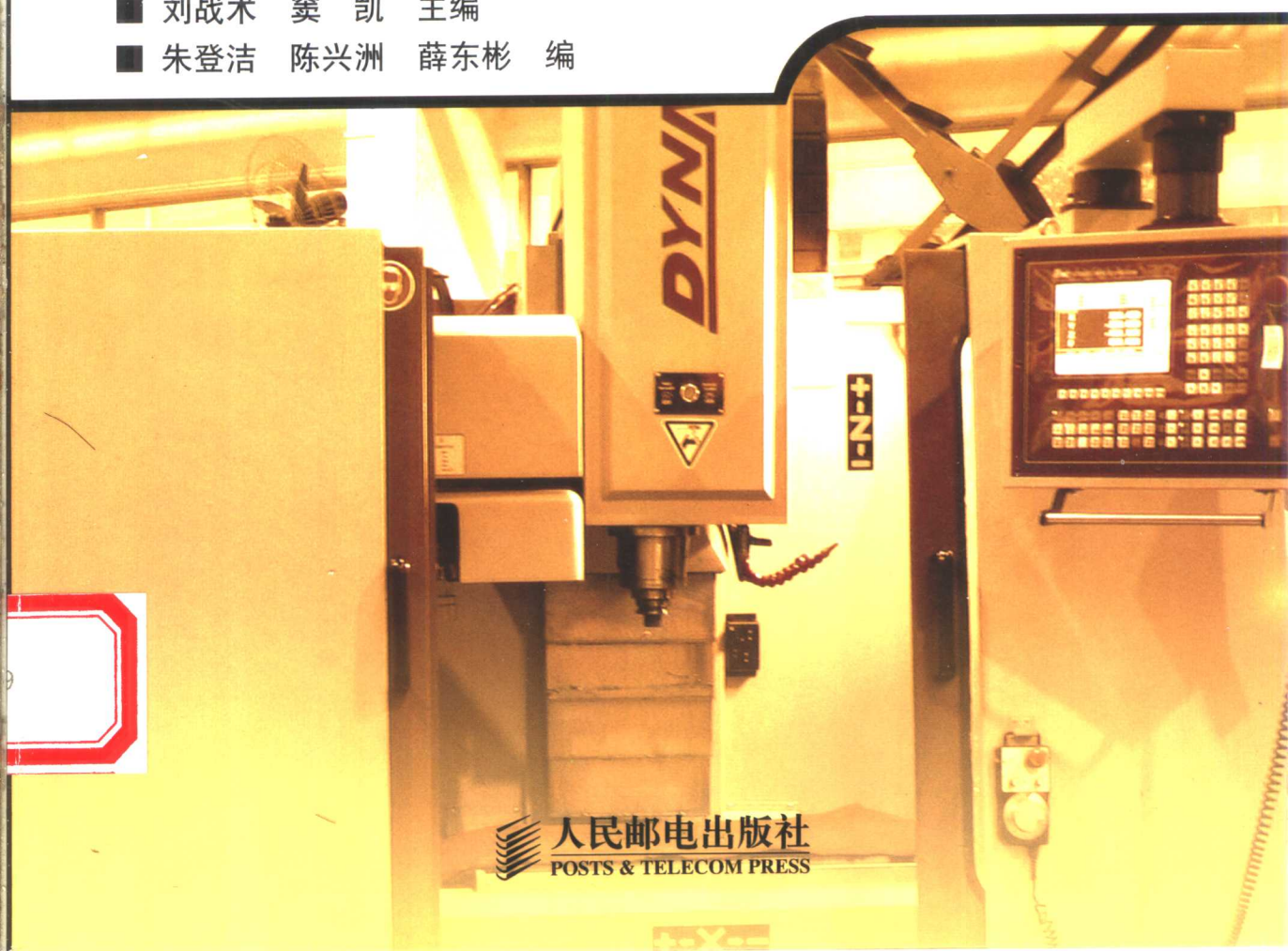


21世纪 高等职业教育
数控技术 规划教材

数控机床 及其维护

■ 刘战术 窦 凯 主编
■ 朱登洁 陈兴洲 薛东彬 编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材

数控机床及其维护

刘战术 窦 凯 主编

朱登洁 陈兴洲 薛东彬 编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床及其维护 / 刘战术编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.1

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材

ISBN 7-115-12824-3

I. 数... II. 刘... III. 数控机床—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 129339 号

内 容 提 要

本书详细介绍常用数控机床的机械结构、数控系统、辅助控制系统及数控机床的安装、调试与维护技术, 在数控系统部分加入了数控系统二次开发——PMC 程序编制内容, 简要介绍 PMC 的功能规划、逻辑设计和用 C 语言编制 PMC 程序的方法, 并给出了完整的 PMC 子程序。全书按照机械、电气、辅助控制和安装调试四个部分讲述。

本书简明扼要, 深入浅出, 理论结合实践, 是一本针对性和实用性较强的教材。本书可作为数控技术专业、机电一体化专业和机械制造专业的大中专教材, 也可作为初、中级数控技术人员的培训用书和从事数控机床设计、数控机床销售与维护服务的工程技术人员的参考书。

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材

数控机床及其维护

◆ 主 编 刘战术 窦 凯

编 朱登洁 陈兴洲 薛东彬

责任编辑 杨 堃

执行编辑 韩学义

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129259

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 13.25

字数: 320 千字

2005 年 1 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12824-3/TP · 4311

定价: 18.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

21 世纪高等职业教育 数控技术规划教材编审委员会

主 任： 李迈强

副主任： 刘亚琴 向 伟

委 员： （排名不分先后）

马西秦 张 元 宋文学 张晓云 廖兆荣

首 珩 罗学科 屈铁军 赵先仲 刘向东

黄 诚 刘 波 阎 兵 左文钢

执行委员： 潘春燕 杨 堃

从书前言

数控技术作为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,是制造业提高产品质量和生产效率的重要手段,数控技术的应用水平更是体现国家综合国力的重要标志。加入 WTO 以后,中国正在逐渐成为“世界制造中心”,制造业已经成为国民经济的支柱产业。为了增强竞争能力,中国制造业开始更加广泛地使用先进的数控技术。然而,除了需要技术条件、政策环境和廉价劳动力等方面的支持外,企业更需要大批高素质的专门人才,特别是大批具有较高素质的数控技术应用型人才。人力市场上也因此出现数控技术应用型人才的严重短缺,而培养高素质的数控人才是高等职业教育义不容辞的责任。

为此,人民邮电出版社按照教育部、中国机械工业联合会等六部门关于高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养的一系列精神,专门针对数控行业现阶段的特点和要求,组织全国范围内高等职业院校中对数控技术应用专业教学 and 实践经验都非常丰富的教师、专家和在职企业人员成立了“21 世纪高等职业教育数控技术规划教材编审委员会”,就数控专业的课程体系结构的设置以及新型数控教材的编写进行了一系列研讨。从职业分析入手,对职业岗位进行能力分解,以技术应用能力和岗位工作技能为支撑,明确数控专业领域核心能力,并且围绕核心技能的培养形成数控专业领域的课程体系。其后,在全国广泛调研的基础上,再经过反复的讨论,决定编写出版《21 世纪高等职业教育数控技术规划教材》系列教材。

本系列教材的作者,由高等职业教育一线的优秀骨干教师和数控企业的技术人员所组成。这套教材体现了企业对数控人才的具体要求和学校多年的教育、教学经验的结合,并且力求文字表达的简练和知识内容的实用,希望能够最大限度地适合高等职业教学的要求。

高等职业教育改革和教材建设不是一朝一夕可以完成的,作为一项工程它需要反复地研讨和实践。我们衷心希望,全国关心高等职业教育的广大读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正、提出修改意见;我们也热切盼望从事高等职业教育的教师、专家以及数控企业的技术专家和我们联系,共同探讨数控教学的课程组织方案和教材编写等相关问题。来信请发至 yangkun@ptpress.com.cn,我们也殷切地期待您的投稿。

本系列教材在调研和编写过程中,得到了机械工业联合会数控专业教材指导委员会几位专家的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材编审委员会

前 言

我国已经成为 21 世纪世界上最重要的经济地区之一,尤其是制造业发展极为迅速,国内各大企业均引进了世界先进的生产设备。快速的经济发 展向高等学校提出要培养大量具有先进科学知识装备的、具有一技之长的技术人才。数控技术是现代制造技术的典型应用,数控技术对我国的工业及科技的进步和发展有巨大的推动力,据有关部门统计表明,在未来几年,数控技术应用人才的需求量将达 100 万。为了适应数控技术教学和人才培养的需求,我们编写了《数控机床及其维护》一书。本书力求紧跟数控机床技术发展的步伐,以介绍实用技术为主,系统地阐述数控机床的基本结构、控制系统,以及调试与维护的基本方法。

本书主要供高职高专院校机、电类专业开展数控技术教学使用,也可供从事数控加工与安装调试的工程技术人员使用。

本书作为教材,以理论联系实际为指导、以技术应用为目标,把熟悉结构原理和掌握应用方法作为学习的基本要求。在内容上力求体系完整、通俗易懂、具有实际指导意义。全书共分 8 章,主要内容有:数控机床的机械结构,电气控制系统与伺服系统,辅助控制系统,工具系统及数控机床的安装、调试与维护保养等。

本书由刘战术、窦凯主编。参加编写的有:刘战术(第 1 章、第 3 章),窦凯(第 4 章),薛东彬(第 2 章),陈兴洲(第 5 章、第 6 章)和朱登洁(第 7 章、第 8 章)。

本书由南京工程学院刘极峰教授审定,特此致谢。

本书在编写过程中参阅了国内外同行有关的资料、文献和教材,得到了许多专家和同行的支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平和时间有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2004 年 7 月

目 录

第1章 概述	1
1.1 数控机床的发展和特点	1
1.1.1 数控机床的发展	1
1.1.2 数控机床的特点	3
1.2 数控机床的组成与工作原理	5
1.2.1 数控机床组成	5
1.2.2 数控机床的工作原理	5
1.3 数控机床的常见类型	7
1.3.1 数控车床	7
1.3.2 数控镗铣床	9
1.3.3 其他数控机床	12
小结	13
习题	14
第2章 数控机床机械结构	15
2.1 数控车床结构	15
2.1.1 数控车床的布局形式	15
2.1.2 卧式数控车床组成	18
2.1.3 卧式数控车床传动系统的主要结构	19
2.2 数控铣床结构	25
2.2.1 立式数控铣床组成	25
2.2.2 数控铣床传动系统的主要结构	27
2.3 加工中心结构	28
2.3.1 加工中心结构概述	28
2.3.2 立式加工中心的组成	31
2.3.3 加工中心传动系统的主要结构	32
2.4 其他数控机床	35
2.4.1 数控滚齿机	35
2.4.2 立式钻床	36
2.5 滚珠丝杠和滚动导轨	39
2.5.1 滚珠丝杠副	39
2.5.2 滚动导轨	43
小结	46
习题	46

第3章 数控机床叠制系统	47
3.1 数控系统概述	47
3.1.1 数控系统的计算机功能	48
3.1.2 数控系统的高效加工功能	48
3.2 机床常用数控系统	49
3.2.1 SIEMENS 数控系统	49
3.2.2 FANUC 数控系统	52
3.3 数控机床 PMC	53
3.3.1 PMC 概述	53
3.3.2 数控机床 PMC 的动作要求	54
3.3.3 PMC 程序总体结构	57
3.3.4 PMC 典型子模块举例	62
3.4 数控机床的强电控制系统	66
3.4.1 加工中心 PMC 的 I/O 点	68
3.4.2 加工中心 PMC 的逻辑电路	70
3.5 数控机床故障的判定	74
小结	75
习题	75
第4章 数控机床伺服系统	76
4.1 数控机床伺服系统概述	76
4.1.1 伺服系统的组成	76
4.1.2 数控机床对伺服系统的要求	77
4.1.3 伺服系统的分类	78
4.2 直流伺服系统	81
4.2.1 直流伺服电机分类	81
4.2.2 永磁直流伺服电动机	82
4.2.3 直流伺服系统主电路	84
4.2.4 晶闸管触发电路	86
4.2.5 直流电机晶闸管供电的速度控制系统	88
4.2.6 晶体管直流脉宽 (PWM) 调速系统	90
4.3 交流伺服系统	92
4.3.1 交流伺服电机	92
4.3.2 交流永磁电机调速系统	94
4.3.3 交流主轴驱动系统	99
4.4 位置检测装置	101
4.4.1 数控机床对检测元件的要求与检测元件的分类	101
4.4.2 旋转变压器	102
4.4.3 脉冲编码器	105
4.4.4 光栅	108

4.4.5 感应同步器	113
小结	117
习题	117
第5章 数控机床刀具和刀库	118
5.1 数控机床刀具和刀库概述	118
5.1.1 数控加工对刀具的要求	118
5.1.2 数控机床刀具技术的发展	119
5.2 数控机床常用刀具及工具系统	120
5.2.1 数控机床刀具分类	120
5.2.2 数控机床用刀具材料	120
5.2.3 常用数控刀具结构	124
5.2.4 数控机床刀具的选用	127
5.2.5 数控机床工具系统	128
5.3 刀具测量与调整	134
5.3.1 刀具的分类和调整方法	134
5.3.2 刀具预调仪	135
5.4 数控车床刀架	135
5.4.1 数控车床的结构和要求	135
5.4.2 典型数控车床刀塔结构与工作原理	136
5.5 加工中心刀库	137
5.5.1 加工中心刀库分类与形式	138
5.5.2 典型加工中心刀库结构与操作	139
小结	143
习题	144
第6章 数控机床的气、液压系统	145
6.1 气液压传动特点和发展概况	145
6.1.1 气、液压传动的特点	145
6.1.2 气、液压传动发展概况及其在机床上的应用	146
6.2 典型数控机床的气、液压系统	147
6.2.1 气、液压系统在数控机床中的作用	147
6.2.2 数控机床气动系统工作原理、布局及特点	148
6.2.3 数控机床液压系统工作原理、布局及特点	153
6.3 数控机床的冷却、润滑系统	155
6.3.1 冷却系统	155
6.3.2 润滑系统	158
小结	160
习题	160
第7章 数控机床的安装、调试与验收	161
7.1 数控机床的安装与调试	161

7.1.1 数控机床的初就位和组装	161
7.1.2 数控系统的连接和调整	162
7.1.3 通电试车	164
7.1.4 机床精度和功能的调试	165
7.1.5 机床试运行	165
7.2 数控机床的验收	166
7.2.1 开箱检验和外观检查	166
7.2.2 机床性能及数控功能的检验	167
7.2.3 机床精度的检验	168
小结	179
习题	179
第8章 数控机床的维护	180
8.1 数控机床的维护概述	180
8.1.1 数控机床使用中应注意的问题	180
8.1.2 数控系统的维护	181
8.1.3 机械部件的维护	182
8.1.4 机床精度的维护检查	184
8.2 故障诊断的方法	186
8.2.1 故障分类	186
8.2.2 检测故障的原则	187
8.2.3 故障诊断一般步骤	188
8.2.4 常用的故障诊断技术	189
8.2.5 故障诊断方法	191
8.3 数控机床机械故障诊断	192
8.3.1 数控机床机械故障诊断方法	193
8.3.2 典型机械部件的故障诊断方法	193
8.4 控制系统故障诊断	198
8.5 伺服系统故障诊断	199
8.5.1 常见伺服系统故障及诊断	199
8.5.2 主轴伺服系统的故障及诊断	200
8.5.3 进给伺服系统故障及诊断	202
小结	202
习题	203
参考文献	204

第 1 章

概 述

1.1 数控机床的发展和特点

制造业是一个国家国民经济的支柱产业，它一方面创造价值，生产物质财富，另一方面为国民经济各个部门提供装备，其现代化程度决定了国家其他行业的发展步伐。数控技术和数控装备是制造业现代化的重要基础，这个基础是否牢固，直接影响到一个国家的经济发展和综合国力，在一个国家的建设事业中具有战略意义。因此，世界上各工业发达国家均采取措施来大力发展自己的数控技术及其产业。随着计算机技术的迅速发展，数控系统及数控机床的性价比和数控机床在机械制造业中的普及率大幅度提高。

1.1.1 数控机床的发展

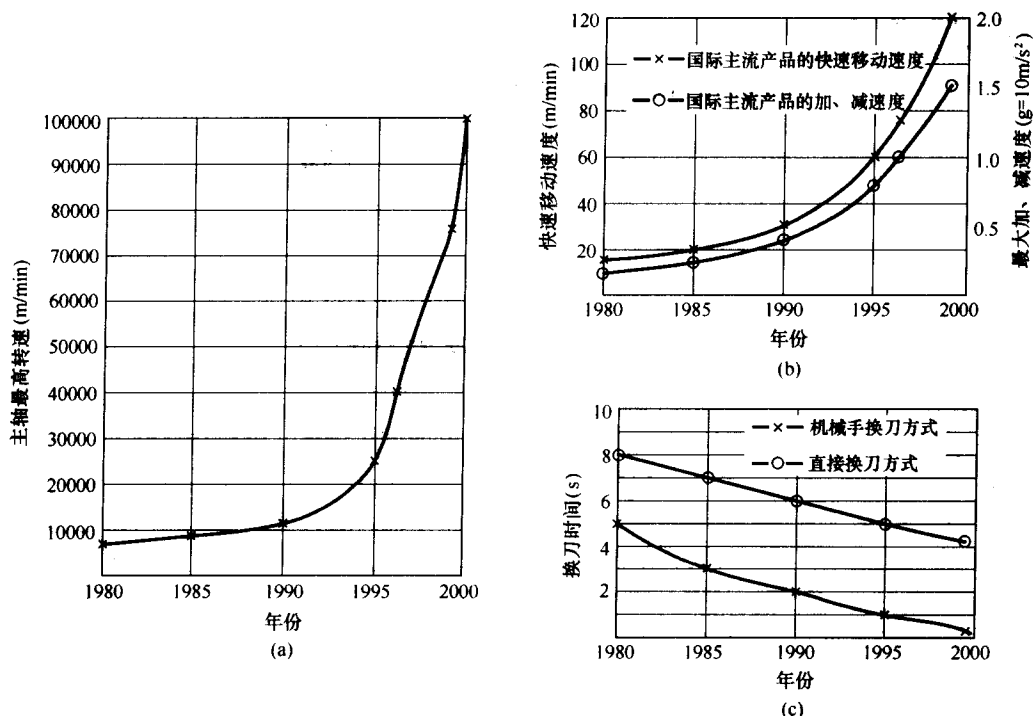
在传统机械制造业中，批量产品的生产采用了自动机床、组合机床和专用生产线，这种高效设备在汽车、发动机等行业得到了广泛的应用。但在机械制造业中单件、小批量生产约占机械加工总量的 80% 以上，尤其是造船、航天、机床、重型机械以及军工行业，其特点是加工批量小、改型频繁、零件的形状复杂而且加工精度高。如果使用一次性投资高，并且在生产中需要经常更换工装的专用生产线来生产这类零件显然很不合适。数控机床就是为了解决多品种、小批量零件的自动化生产而诞生出来的一种灵活、通用、自动化的机床。它最早应用于军工行业，用来加工直升飞机叶片检查样板，经过几年的研究和推广应用后，在机械制造业中加工复杂零件曲面方面发挥了重要作用。目前，在机械制造业中，数控机床有取代常规机床的趋势。

数控机床的产生给传统制造业带来了革命性的变化，使制造业成为工业化的象征，而且随着数控技术的不断发展和应用领域的扩大，它对国民经济的一些重要行业（IT、汽车、轻工等）的发展起着越来越重要的作用，因为这些行业所需装备的数字化已是现代发展的大趋势。机械制造业对数控机床的要求越来越高，数控机床的变化和发展也越来越快，当前世界上数控机床的发展呈现如下趋势。

1. 高速、高精度化

高速指的是高的主轴转速、高的快速移动速度和高的换刀速度（即短的换刀时间或刀架转位时间）。高的主轴转速能提高切削效率和改善加工表面的质量，高的换刀速度能有效地缩短辅助时间，而高的快速移动速度不仅能减少非切削工时，而且能相应地提高切削进给速度，从而有利于提高切削效能，所以全面高速化能大大强化机床的工作效能。随着近年来市场竞

争的加剧,促使发展全面高速化机床的趋势更为明显。有关数据如图 1.1 所示。



(a) 主轴最高转速 (b) 快速移动速度及加速度 (c) 换刀时间

图 1.1 中、小型加工中心发展历程

高精度化是指提高数控机床的精度。在控制系统方面采用高性能的计算机提高位置控制时插补计算的速度,使用新的曲线拟合算法减少插补误差的产生,提高数控系统的控制精度(目前已经达到 $0.1\mu m \sim 0.01\mu m$)。在伺服系统方面使用全数字化的位置和速度控制,利用先进的控制理论提高伺服系统的跟随精度,最大限度地消除数控系统和伺服系统执行件之间的位置滞后误差,并且位置环应采用监测分辨率更高的位置编码器。采取以上措施并配合机械结构的动态、静态刚度的提高,在中、小型数控机床上其定位精度已经可以达到 $3 \sim 4\mu m$,重复定位精度可以达到 $1 \sim 3\mu m$ 。

2. 高可靠性

数控机床的价格较高,企业为缩短投资的回收周期,通常采用每天 2 班 16 小时工作制。数控机床能否发挥其高性能、高精度、高效率的特点,使企业获得良好的经济效益,关键取决于其可靠性。

衡量数控机床的可靠性的重要指标是数控机床的平均无故障工作时间(小时)。数控机床由数控系统、强电控制系统和液压传动系统等组合而成,其可靠性指标要低于其中任何一个单个系统的可靠性指标,统计结果显示数控机床的平均无故障工作时间通常比数控系统要低一个数量级。因此,提高数控机床的可靠性,关键在于提高组成数控机床的各个系统的可靠性,特别是数控系统的可靠性。

数控系统的可靠性近年来有了长足的发展,在 20 世纪 70 年代平均无故障工作时间大于

3000 小时, 80 年代大于 10000 小时, 90 年代已经提高到 30000 小时以上, 并且有继续提高的趋势, 有资料显示 FANUC 数控系统的可靠性指标已经达到 125 个月。

3. 机床功能复合化

数控机床功能的复合化是为了提高零件加工效率, 减少辅助时间。在复合化数控机床上可以完成车、铣、镗和钻等多种工序加工, 它消除了单一功能数控机床在使用上的局限性, 可代替多台机床实现多工序一次装夹加工, 这种方式既能减少装卸时间, 提高机床生产效率, 减少半成品库存量, 又能保证和提高形位精度。目前, 世界各国的数控机床制造厂商均竞相研制开发具有复合功能的数控机床。

目前, 复合加工中心多以车、铣加工功能复合为主要形式, 通常以车削功能的实现作为机床设计的重点, 而铣镗加工功能则放在次要位置。如 MAZAK 公司的 INTEGREX 380Y 机床, 设置有链式刀库 (最多 80 把刀), 可选刀具数量较多, 使用动力刀具 (转塔上有一个 15kW/6000 r/min 的铣削头) 时, 可以进行重负荷铣削, 具有 C 轴和 Y 轴 (行程 210mm) 功能。机床主轴功率 22.5kW, 转速 3500r/min。该机床适宜加工大型轴类 (如: 火力发电机主轴 $\phi 610 \times 10600\text{mm}$) 零件。

有的车铣复合加工中心设置有复合溜板箱, 在上溜板箱上安装多个纵向动力刀头和横向动力刀头, 并增加 B 轴功能, 用以完成更多的加工需要。

4. 智能化、网络化、柔性化

智能化是指数控机床控制加工精度和加工效率的智能化。比如在加工过程中使用自适应控制、工艺参数的自动生成等技术, 在应用层面上改善数控机床的使用; 在数控系统方面使用智能化的负载自动识别、电机参数自适应运算调整和自动选定工作状态等技术, 使数控机床的安装调试更高效。

网络化是 21 世纪数控机床的必备功能之一, 这种功能将极大地满足生产线、制造系统和制造企业对信息集成的需求, 使得企业和企业之间也可以进行跨地域的协同设计、协同制造、信息共享、远程监控及远程服务, 并且极大地便利企业的供销和售后服务。

高速、高效的网络信息传输, 可以实现数控机床状态的远程诊断。管理人员可以随时了解由数控机床组成的生成系统中任何一台数控机床的工作状态, 掌握生成过程的实际进度。通过网络传送的生产过程信息构成了柔性自动化生产的基础。柔性自动化技术是先进制造领域的基础技术, 目前世界各国都在积极进行这方面的研究, 以期提高由数控机床组成的柔性自动化系统的可靠性及实用化程度, 并以联网和集成作为主要研究目标。

1.1.2 数控机床的特点

数控机床使用了计算机信息处理、自动控制等先进的工业技术, 使得数控机床在现代制造业中具有常规机床无法比拟的优势。

1. 对加工对象的适应性强

使用普通机床对机械零件加工, 必须按照零件的特征设计专用夹具和刀具, 并对机床进行调整, 当更换零件时所有的工、夹具都将更换。利用数控机床就可以消除这些因素对生产的影响, 只需更换零件的加工程序, 根据要求在数控机床的刀具库中添置符合相应工步要求的刀具, 即可迅速完成生产的组织工作, 而数控机床使用的工件夹具通常都是简单、容易制造的夹具, 可以节省大量的工艺装备费用。

2. 加工精度高

数控机床使用滚动导轨及滚珠丝杠进行运动传递, 加工过程中数控系统向伺服装置以数字方式发出位置控制指令, 由伺服装置完成执行件的正确位置定位。目前, 数控装置的脉冲当量一般都达到了 0.001mm , 而且运动执行机构的误差(如: 反向间隙、螺距误差等)均可以通过数控系统的误差补偿计算予以消除, 因此数控机床能够达到较高的加工精度。对于国产的中小型数控机床, 定位精度普遍可以达到 0.01mm , 重复定位精度可以达到 0.008mm 。并且数控机床在自动化加工的过程中消除了操纵者人为因素引起的操作误差, 因此, 同一批加工零件的尺寸一致性好, 产品合格率高, 加工质量十分稳定。

近年来, 数控技术的高速发展, 在数控机床上开发了许多提高加工精度的技术, 如: 刀具磨损控制技术、高阶曲线插补加工控制技术等, 这些加工技术极大地改善了数控加工的表面质量, 提高了复杂零件曲面加工效率和轮廓的加工精度。

3. 生产效率高

零件加工所需的时间包括机动时间和加工辅助时间两部分。数控机床能够有效地减少这两部分时间, 因而加工生产率比一般机床高得多。数控机床在加工的过程中可以通过对主轴转速和伺服进给速度的实时调节, 使数控机床的加工过程处于最佳切削状态, 并且数控机床经过优化设计的高刚性结构, 允许在加工过程中使用强力切削规范, 有效地节省了机动时间。新型数控机床的数控系统具有学习功能, 操作者在加工零件时启动该功能, 经过几个零件的加工, 数控系统能够对操作者使用的加工参数进行总结记忆, 并形成针对该种零件的切削规范。

数控机床在一次装夹后, 可以完成同一个加工面或几个加工面的多个要素的加工, 减少了在普通机床上重复装夹和安装的辅助时间。数控机床自身的自动换刀系统也使更换刀具的时间大大缩短, 同时减少了零件半成品的周转时间和费用。在新型的加工中心上自动换刀时间已经缩短到 0.6 秒(屑一屑时间)。

数控机床在更换加工零件时几乎不需要重新调整机床, 可以节省用于停机进行零件安装调整的时间。

4. 操作者劳动强度低

数控机床的加工过程是按照事先设定好的程序自动加工完成的, 操作者除了装卸工件、进行面板操作, 以及对零件的关键工步的加工尺寸进行测量外, 不需要进行繁重的重复性手工操作, 其劳动强度和紧张程度均可大大减轻。

5. 经济效益好

数控机床制造成本高、使用费用高, 分摊在每个零件上的综合费用比普通机床高。但在新产品试制, 单件、小批生产情况下, 使用数控机床可以节省大量的工艺装备费用及辅助生产工时, 加工复杂曲面的零件时, 其加工精度、生产效率和零件的成品率大大高于普通仿形机床。因此, 从综合效益计算, 数控机床具有更多的加工优势。

6. 便于生产管理的现代化

数控系统的核心是计算机, 目前随着计算机功能的迅速发展, 数控系统的功能也变得越来越强大, 除能够完成常规的数控功能外, 还能够完成零件加工时间的准确计算及零件半成品的管理工作, 根据需要还可将统计结果通过数控系统的网络接口向更高一级管理计算机发送, 便于管理层能随时准确地获得生产一线资讯。

1.2 数控机床的组成与工作原理

1.2.1 数控机床组成

数控机床按照事先编制好的程序，由数控系统控制完成预定的运动轨迹和辅助动作。它一般由程序载体、输入装置、CNC 单元、伺服系统、位置反馈系统和机床本体组成。如图 1.2 所示。

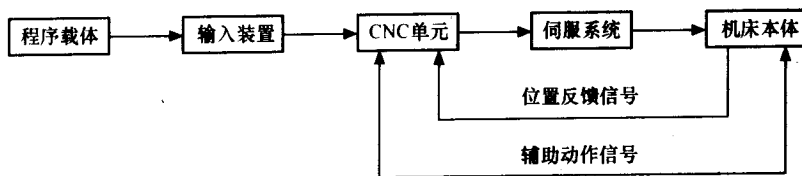


图 1.2 数控机床的组成

1.2.2 数控机床的工作原理

在数控机床上加工零件通常需要经过以下几个步骤。

- ① 制订工艺规程，编制 NC 加工程序。根据零件的特征确定几何要素加工所需的刀具和切削用量，复杂曲面需要使用 CAM 软件自动生成。
- ② 将 NC 程序通过输入装置传输到数控机床的 CNC 系统。
- ③ CNC 系统分析程序段，并按要求将相应的指令、数值传送到各个坐标轴的伺服系统及机床强电控制系统。
- ④ 伺服系统根据 CNC 发出的信号，驱动机床的运动部件，完成速度和位移要求，通过主运动和进给运动的配合加工出机械零件。
- ⑤ 机床主运动和进给运动由位置编码器检测并反馈给数控系统。
- ⑥ 机床辅助动作由数控系统的 PLC 直接控制。

数控机床各部分功能如下。

1. 程序载体

程序载体用于记录数控机床加工零件所需的程序。程序载体按照特殊的格式和代码记录并通过专用的装置传送程序。目前在数控机床上常用的有软盘、磁带和闪存卡等。闪存卡由于存储容量大、数据交流迅速和记录可靠，在使用开放式数控系统的新型数控机床上开始大范围使用。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的程序完整、正确地读入数控机床的 CNC 中。根据程序载体的不同；需要不同的输入装置，如果使用软盘作为程序载体，输入装置是软盘驱动器；如果使用磁带，输入装置就是磁带读入机；如果使用闪存卡，就必须有专用程序支持的计算机接口。

在先进的数控机床上，加工程序还可以通过网络从程序设计室直接将程序传送到数控机

床的内存中,此时数控机床作为计算机网络的一台服务器存在,程序设计人员可以向数控机床传送、下载程序或删除数控机床内存中的程序,但正在使用的零件加工程序将被锁定。

3. CNC 单元

CNC 单元是数控机床的核心,它由信息的输入、处理和输出三个部分组成,如图 1.3 所示。信息输入部分的功能是接收外来信息,包括:NC 程序、PLC 输入信号和面板操作信号等,是数控机床工作基础信息;信息处理部分是指 CPU,它将输入信息分类、处理,并发出控制信号到输出部分;信息输出部分与主轴系统、坐标轴伺服系统和 PLC 控制的辅助功能部件等连接,它将 CPU 的控制指令转换为各个功能部件能接收的控制信号,使其完成预定的控制功能。CNC 单元的输入部分和输出部分传输同时进行。

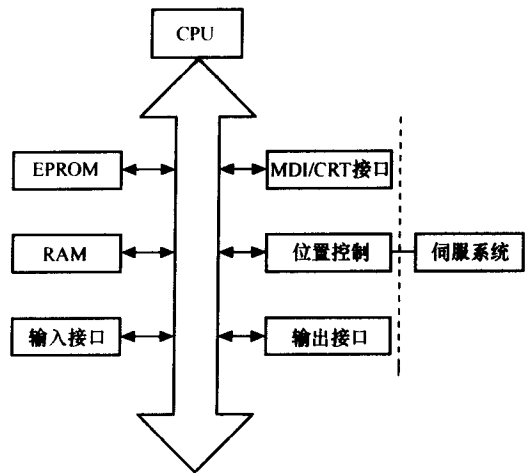


图 1.3 CNC 单元的组成

目前在 CNC 单元中使用的 CPU 性能有了很大的提高,已经从早期的 16 位 CPU 提高到 32 位,在新型的数控系统中大部分已经使用 64 位 CPU 来解决大量的数据运算和图形解析问题。在一些特殊要求的数控系统中也有使用多 CPU 协同工作,以进一步加快信息的处理速度。

4. 伺服系统

伺服系统用于完成坐标轴的驱动,是数控机床的重要组成部分。数控机床的伺服系统和常规机床的进给系统有本质的区别:常规机床的进给系统只能传送恒定的驱动力和速度,不能接收随机信号对其进行修正;数控机床的伺服系统是一个完整的控制系统,在接受数控系统传递的控制信号后,对信号进行处理,可以根据信号的要求以不同的速度和驱动力驱动坐标轴运动。

伺服系统性能的高低会直接影响数控机床加工的速度、位置精度及加工的形状精度。在使用较多的交流伺服系统中,一些制造商已经在伺服系统内部设置了提高控制精度和防止产生机械振动的电路和控制软件,在机床安装调试时伺服系统可以自动进行过程均衡。

5. 位置反馈系统

位置反馈系统是数控机床为提高加工精度而采取的必要措施,具有位置反馈系统的数控机床称之为闭环控制系统,数控系统直接获取坐标轴的位移量,控制更准确,有利于提高机床的加工精度。为了降低数控机床的制造成本,在中小型的数控机床上常借用坐标轴伺服电机的角位移反馈信号,作为数控系统控制坐标轴的位置反馈信号,而数控系统本身并无专用的位置反馈系统,这样的数控系统称之为半闭环控制系统。半闭环控制系统由于是间接获得位移信号,存在转换误差,对加工精度有一定的影响。

数控系统获取坐标轴的位置信号是为了和程序预定的位移量进行比较,以纠正运动控制过程中可能产生的误差。

6. 机床本体

机床本体是数控机床的机械结构,是数控机床的主体,所有运动的支承和实现均由机床

本体完成。数控机床的加工能力和加工精度取决于机床本体的机械强度和刚性，高性能的数控系统必须有高性能的机床本体才能发挥作用。数控系统、液压系统和气压系统等均以机床本体为控制对象。

近年来，在新型精密数控机床上为减少热变形对机床加工精度的影响，一部分数控机床制造商使用热伸长系数较小的非金属混合材料（如：人造花岗岩）制造数控机床的床身。这项技术使机床基础件的制造难度降低，机床使用中不均匀热变形的影响减小，同时也提高了机床的抗震性。

在数控机床上使用伺服系统控制进给运动，使得机械传动结构更为简单，但机械运动部件的制造精度要求更高。

1.3 数控机床的常见类型

1.3.1 数控车床

数控车床是在普通车床的基础上，增加数控系统控制，更换进给机构为交流伺服系统直接驱动，从而形成能够按照预定程序、自动完成预定加工过程的机床。数控车床在机械制造业中使用非常广泛，从简易经济型数控车床到具有动力头可完成更多加工功能的车削加工中心，从卧式数控车床到立式数控车床、多轴数控车床，门类齐全。

1. 普通数控车床

普通数控车床是机械制造业拥有量较多的一种车床，通常称之为经济型数控车床。图 1.4 为 CK6140 经济型数控车床外形图。

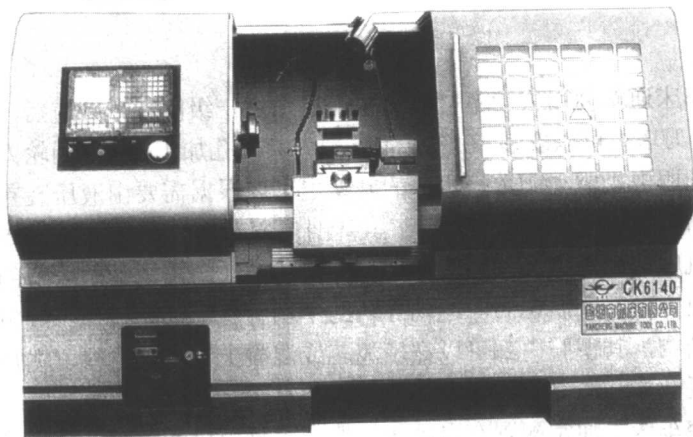


图 1.4 CK6140 数控车床

CK6140 数控机床使用 C6140 普通车床的床身作为机床本体，配置 FANUC-0i POWERMATE 数控系统，X 轴和 Z 轴使用 1.0 kW 和 2.2 kW 交流伺服电机和 40 mm 直径滚珠丝杠驱动；主轴使用 7.5 kW 的交流变频电动机驱动，完成下部分加工内容，在主轴箱上设置的低速大扭矩变速手柄，可以满足特殊工序的需要。机床的刀架使用四方电动刀架，可以安装 4 组加工刀具。机床导轨仍然使用山形一矩形滑动导轨组合。机床上下料和尾架的移