

高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材
中国高等职业技术教育研究会推荐

数控机床调试与维修

曲小源 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材
中国高等职业技术教育研究会推荐

数控机床调试与维修

曲小源 主编



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书内容分为数控机床的认识与操作、数控机床硬件连接、数控机床调试、数控机床故障维修四个模块,主要以数控车床和加工中心为典型数控机床,以 FANUC 和华中世纪星为典型数控系统,从浅入深介绍并扩展。每个模块配以相应实践项目,使读者逐步掌握数控机床维修的基本知识与技能,能对数控机床进行连接、调试、故障分析与维修。

本书可作为高等职业技术学院、成人教育学院等数控技术专业、机电一体化技术专业的教材,亦可作为数控机床调试与维修工程师的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床调试与维修/曲小源主编. —北京:国防工业出版社,2014.1

高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-08881-6

I. ①数… II. ①曲… III. ①数控机床—调试方法—
高等职业教育—教材②数控机床—机械维修—高等职业
教育—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 014517 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 21½ 字数 494 千字

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

高等职业教育制造类专业“十二五”规划教材 编审专家委员会名单

- 主任委员** 方 新(北京联合大学教授)
- 刘跃南(深圳职业技术学院教授)
- 委 员** (按姓氏笔画排列)
- 王 炜(青岛港湾职业技术学院副教授)
- 白冰如(西安航空职业技术学院副教授)
- 刘克旺(青岛职业技术学院教授)
- 刘建超(成都航空职业技术学院教授)
- 米国际(西安航空学院副教授)
- 孙 红(辽宁省交通高等专科学校教授)
- 李景仲(江苏财经职业技术学院教授)
- 段文洁(陕西工业职业技术学院副教授)
- 徐时彬(四川工商职业技术学院副教授)
- 郭紫贵(张家界航空工业职业技术学院副教授)
- 黄 海(深圳职业技术学院副教授)
- 蒋敦斌(天津职业大学教授)
- 韩玉勇(枣庄科技职业学院副教授)
- 颜培钦(广东交通职业技术学院教授)
- 总 策 划** 江洪湖

总 序

在我国高等教育从精英教育走向大众化教育的过程中,作为高等教育重要组成部分的高等职业教育快速发展,已进入提高质量的时期。在高等职业教育的发展过程中,各高校在专业设置、实训基地建设、双师型师资的培养、专业培养方案的制定等方面不断进行教学改革。高等职业教育的人才培养还有一个重点就是课程建设,包括课程体系的科学合理设置、理论课程与实践课程的开发、课件的编制、教材的编写等。这些工作需要每一位高职教师付出大量的心血,高职教材就是这些心血的结晶。

高等职业教育制造类专业赶上了我国现代制造业崛起的时代,中国的制造业要从制造大国走向制造强国,需要一大批高素质的、工作在生产一线的技能型人才,这就要求我们高等职业教育制造类专业的教师们担负起这个重任。

高等职业教育制造类专业的教材一要反映制造业的最新技术,因为高职学生毕业后马上要去现代制造业企业的生产一线顶岗,我国现代制造业企业使用的技术更新很快;二要反映某项技术的方方面面,使高职学生能对该项技术有全面的了解;三要深入某项需要高职学生具体掌握的技术,便于教师组织教学时切实使学生掌握该项技术或技能;四要适合高职学生的学习特点,便于教师组织教学时因材施教。要编写出高质量的高职教材,还需要我们高职教师的艰苦工作。

国防工业出版社组织一批具有丰富教学经验的高职教师所编写的机械设计制造类专业、自动化类专业、机电设备类专业、汽车类专业的教材反映了这些专业的教学成果,相信这些专业的成功经验又必将随着本系列教材这个载体进一步推动其他院校的教学改革。

方新

《数控机床调试与维修》

编委会

主 编 曲小源

副主编 李 文 杨 光 来庆忠

参 编 余运昌

主 审 沈景祥

前 言

随着数控技术在制造业中的迅猛发展,我国机械制造业急需大批的数控技能型人才,从而大大促进了数控机床调试与维修技术的快速发展。

“数控机床调试与维修”课程以培养“为现代制造业生产第一线培养具有良好的职业道德、科学工作方法与创新精神,掌握数控技术的理论知识、应用技术和操作技能,能从事数控机床操作、数控机床装调及数控机床维护维修等工作的高素质技能型人才”为目标。本课程是以数控机床为载体,由学校和企业共同对数控机床调试与维修的工作任务和职业能力进行分析,以数控机床的连接、调试及故障维修为主线,确定本课程的教学内容。

本书是从高职教育的实际出发,根据高等职业技术教育要求,确定了编写的指导思想和教材特色,以工程应用为目的,加强了针对性和实用性,强化了实践教学。本书是应示范性高职院校建设的需要,在进行课程整合后进行编写的。将“数控机床概论”、“数控机床电气控制及 PLC”、“数控系统”和“数控机床故障诊断与维修”课程整合为“数控机床调试与维修”这门课程。

本书由作者结合多年的教学实践编写而成,依据国家职业标准,注重理论与实际相结合。在结构安排和表达方式上,由浅入深,循序渐进,并通过实例和图解的生动表现,化繁为简。专业知识紧密联系培养目标,加强技能与能力提高,以期达到国家职业技能鉴定标准和就业能力要求。按照本专业的教学规律和学生的认识规律,使教、学、做融为一体。本书的编写是一项探索性工作,我们真诚希望与同行商榷研讨,以求使其更加适应高职教育的需要。

本书由曲小源任主编,李文、杨光、来庆忠任副主编,余运昌参编,沈景祥任主审。全书由曲小源统稿。本书在编写过程中,得到了青岛职业技术学院、厦门海洋职业技术学院以及诸多专家的大力支持,在此表示衷心感谢!

限于作者的水平和经验,书中难免有不少缺点和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

模块一 数控机床的认识与操作	1
1.1 数控机床的了解与认识	1
项目 1-1 数控机床的认识	10
1.2 数控机床的基本操作	11
项目 1-2 数控机床的使用	15
1.3 数控机床的日常维护	16
思考与练习	18
模块二 数控机床硬件连接	19
2.1 电气系统初识	19
2.1.1 数控机床常用电器、基本回路和画法规则	19
2.1.2 典型数控机床电气系统初识	36
项目 2-1 电气系统主要器件的认识	38
2.2 数控系统	39
2.2.1 FANUC 数控系统的组成与连接	39
2.2.2 华中数控系统	49
项目 2-2 数控系统接口与连接	51
2.3 进给和主轴系统	52
2.3.1 进给驱动系统概述	52
2.3.2 主轴驱动系统概述	57
2.3.3 进给和主轴系统连接	62
项目 2-3 进给和主轴系统的连接	82
2.4 数控机床 I/O	86
2.4.1 数控机床 PMC 概述	86
2.4.2 FANUC 系统 I/O 的选型、连接与地址分配	87
2.4.3 华中输入输出装置	97
项目 2-4 I/O 连接及地址分配	99
2.5 典型数控机床电路分析	100
2.5.1 主电路分析	100
2.5.2 控制电路分析	100
项目 2-5 电气系统的观察与分析	103
项目 2-6 电气系统的连接与检测	104
项目 2-7 数控机床电气故障分析	106
2.6 进给和主轴传动	108

2.6.1	进给传动	108
2.6.2	主轴传动	113
	思考与练习	118
模块三	数控机床调试	119
3.1	数控机床 PLC 调试	119
3.1.1	FANUC 系统 PMC 的画面操作	119
3.1.2	FANUC 系统 PMC 的编程指令	134
3.1.3	FANUC 系统 PMC 的常用信号	140
3.1.4	华中系统 PLC 的应用	149
	项目 3-1 FANUC 系统 PMC 的调试	153
	项目 3-2 华中系统标准 PLC 的修改与调试	158
3.2	系统参数	160
3.2.1	FANUC 系统参数及基本操作	160
3.2.2	FANUC 系统基本参数的设定	172
3.2.3	华中系统参数	177
	项目 3-3 数据备份、恢复与基本参数设置	185
3.3	进给系统调试	185
3.3.1	FANUC 进给系统的调试	185
3.3.2	华中进给系统的调试	190
3.3.3	位置检测元件	196
	项目 3-4 FANUC 系统进给驱动的调试	203
	项目 3-5 华中系统的进给驱动调试	204
	项目 3-6 返回参考点的控制与调试	206
	项目 3-7 数控机床位置精度测试与补偿	208
3.4	主轴系统调试	210
3.4.1	FANUC 主轴系统的调试	210
3.4.2	华中主轴系统的调试	217
3.4.3	主轴换挡	219
3.4.4	数控机床主轴定向	221
	项目 3-8 FANUC 系统主轴驱动的调试	225
	项目 3-9 华中系统主轴驱动的调试	227
	思考与练习	228
模块四	数控机床故障维修	229
4.1	数控机床维修基础	229
4.2	数控系统故障诊断与维修	246
	项目 4-1 FANUC 数控系统的诊断与报警	257
4.3	进给驱动系统故障诊断与维修	261
	项目 4-2 伺服系统的诊断与报警	263
4.4	主轴控制系统故障诊断	272

项目 4-3 主轴系统的诊断与报警	276
4.5 数控机床典型故障	281
4.5.1 急停类和超程类故障与维修	281
4.5.2 回参考点、编码器类故障与维修	283
4.5.3 自动换刀类故障与维修	284
4.5.4 数控加工类故障与维修	289
思考与练习	291
附录	293
附录 1 FANUC 数控系统名词解释	293
附录 2 电气图常用文字符号(摘自 GB 7159—87)	299
附录 3 FANUC 16/18/21/0i 系列 PMC 信号表	300
附录 4 CK6136 数控车床电气原理图	304
附录 5 XH7132 加工中心电气原理图	319
参考文献	333

模块一 数控机床的认识与操作

1.1 数控机床的了解与认识

一、定义与原理

1. 数控技术(Numerical Control Technique)

用数字化信号对工作过程进行自动控制的技术。

2. 数控系统(NC System)

是一种程序控制系统,它能够自动阅读输入载体上事先给定的程序,并将其译码,从而使机床运动和加工零件。早期数控系统的所有功能都由硬件实现,所以又称为硬件数控。

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

是一种数控系统,由装有数控系统程序的专用计算机、输入输出设备、PLC、存储器、主轴驱动及进给驱动装置等部分组成,习惯上称为 CNC 系统。

数字控制是相对于模拟控制而言的。数字控制系统或计算机数字控制(CNC)系统,用字长来表示不同精度信息,可进行复杂的算术运算、逻辑运算和信息处理。通过改变软件(而非电路或机械机构)实现信息处理方式和过程的转换,因此具有很好的柔性功能。

由于 CNC 系统方便、可靠及精度高,因而广泛应用于机械运动的轨迹、检测和辅助运动控制等各个方面,其中轨迹控制是机床和工业机器人的主要控制内容。

4. 数控机床(NC Machine)

采用了数控技术的机床或者说装备了数控系统的机床。

从机床应用来说就是将加工过程所需的各种操作(如主轴变速、松夹工件、进刀与退刀、开车与停车、选择刀具、供给冷却液等)和步骤,以及刀具与工件之间的相对位移量都用数字化的代码来表示,通过控制介质将数字信息送入专用的或通用的计算机,计算机对输入的信息进行处理与运算,发出各种指令来控制机床的伺服系统或其它执行元件,使机床自动加工出所需要的工件,如图 1-1 所示。

数控机床在加工前要分析零件图,拟定零件加工工艺方案,明确加工工艺参数,然后按编程规则编制数控加工程序。当加工零件的几何信息和工艺信息转换为数字化信息后,可以用不同方法输入到机床的数控系统中,经检查无误即可启动机床,运行数控加工程序,数控装置会自动完成数控加工程序发出的各种控制指令,直到加工程序运行结束,零件加工完毕为止。数控加工的控制过程与计算机控制打印机打印过程很相似。

图 1-2 为数控加工与传统加工的比较。数控机床与普通机床最显著的区别是:当加工对象(工件)改变时,数控机床只需要改变加工程序(软件),而不需要对机床作较大的调整,即能加工出各种不同的工件。

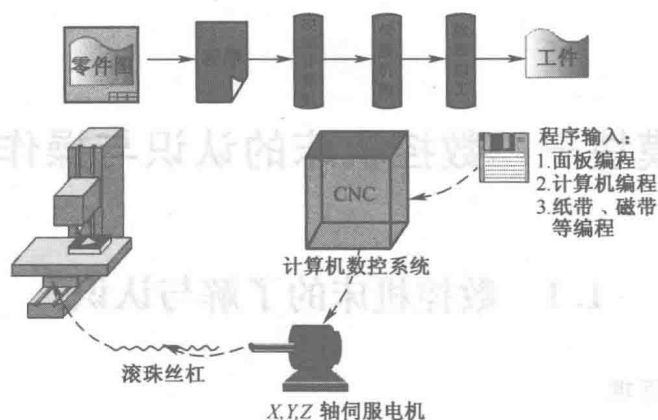


图 1-1 数控原理图

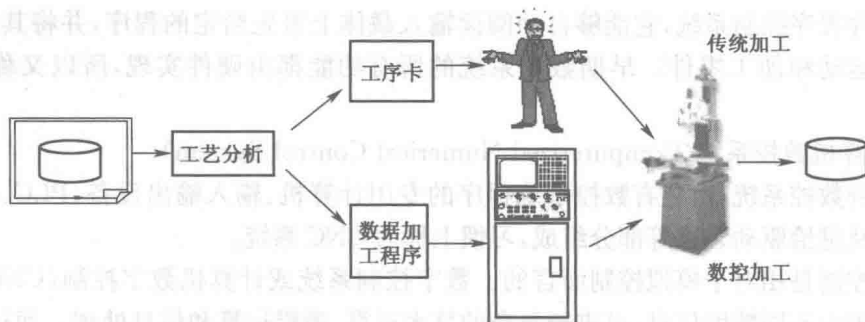


图 1-2 数控加工与传统加工的比较

关于数控机床的更多名词解释见附录 1。

二、产生、发展及今后趋势

随着科学技术的发展,机械产品的结构越来越合理,其性能、精度和效率日趋提高,因此对加工机械产品零部件的生产设备——机床也相应地提出了高性能、高精度与高自动化的要求。

大批大量的产品,如汽车、家用电器的零件等,为了解决高产优质的问题,多采用专用的工艺装备、专用自动化机床或专用的自动生产线和自动化车间进行生产。但是应用这些专用生产设备,生产准备周期长,产品改型不易,因而使新产品的开发周期增长。在机械产品中,单件与小批量产品占到 70%~80%,这类产品一般都采用通用机床加工,当产品改变时,机床与工艺装备均需作相应的变换和调整,而且通用机床的自动化程度不高,基本上由人工操作,难于提高生产效率和保证产品质量。特别是一些由曲线、曲面轮廓组成的复杂零件,只能借助靠模和仿形机床,或者借助划线和样板用手工操作的方法来加工,加工精度和生产效率受到很大的限制。

数字控制机床,就是为了解决单件、小批量、特别是复杂型面零件加工的自动化并保证质量要求而产生的。

采用数字控制(Numerical Control, NC)技术进行机械加工的思想,最早是于 20 世纪 40 年代初提出来的。

1952 年,美国麻省理工学院成功地研制出第一台数控铣床(NC Milling Machine),这是世界上公认的第一台数控机床,当时用的电子元件是电子管(Electron Tube)。

1958 年,开始采用晶体管(Transistor)元件和印制电路板。美国出现带自动换刀装置(Automatic Tool Changer, ATC)的数控机床,称为加工中心(Machining Center, MC)。从 1960 年开始,其他一些工业国家,如联邦德国、日本也陆续开发生产出了数控机床。

1965 年,数控装置开始采用小规模集成电路(Small Scale Integrated Circuit),使数控装置的体积减小、功耗降低及可靠性提高,但仍然是硬件逻辑数控系统。

20 世纪 60 年代末,出现计算机群控系统,即直接数控(DNC Direct NC)系统。DNC 系统使用一台较大型的计算机,控制与管理多台数控机床和数控加工中心,能进行多品种、多工序的自动加工。

1970 年,美国芝加哥国际机床展览会首次展出用小型计算机控制的数控机床,这是世界上第一台计算机数字控制(Computer Numerical Control, CNC)的数控机床。

1974 年,微处理器(Microprocessor)用于数控装置,促进了数控机床的普及应用和数控技术的发展。

20 世纪 80 年代后期,出现了以加工中心为主体,再配上工件自动更换(AWC Automated Workpiece Changer)与检测装置的柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)。

在多台加工中心机床或柔性制造单元的基础上,增加物流存储和必要的工件清洗及尺寸检查设备,并由高一级的计算机对整个系统进行控制和管理,就构成了柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)。

FMC 和 FMS 技术是实现计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)的重要基础。CIMS 不仅实现了车间制造过程的自动化,而且实现了从生产决策、产品设计、市场预测直到销售的整个生产活动的自动化,特别是技术和管理工作的自动化,这是当今自动化制造技术发展的最高阶段。

数控技术已经成为衡量现代制造技术水平高低的标志,其拥有量代表着一个国家工业的整体实力。数控技术的应用不但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,它对国计民生的一些重要行业(IT、汽车、轻工、医疗等)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。当前数控机床呈现以下发展趋势。

1. 高速、高精密化

高速、精密是机床发展永恒的目标。随着科学技术突飞猛进的发展,机电产品更新换代速度加快,对零件加工的精度和表面质量的要求也越来越高。为满足这个复杂多变市场的需求,当前机床正向高速切削、干切削和准干切削方向发展,加工精度也在不断地提高。另一方面,电主轴和直线电机的成功应用,陶瓷滚珠轴承、高精度大导程空心内冷和滚珠螺母强冷的低温高速滚珠丝杠副及带滚珠保持器的直线导轨副等机床功能部件的面市,也为机床向高速、精密发展创造了条件。

数控机床采用电主轴,取消了皮带、带轮和齿轮等环节,大大减少了主传动的转动惯

量,提高了主轴动态响应速度和工作精度,彻底解决了主轴高速运转时皮带和带轮等传动的振动和噪声问题。采用电主轴结构可使主轴转速达到 10000r/min 以上。

直线电机驱动速度高,加减速特性好,有优越的响应特性和跟随精度。用直线电机作伺服驱动,省去了滚珠丝杠这一中间传动环节,消除了传动间隙(包括反向间隙),运动惯量小,系统刚性好,在高速下能精密定位,从而极大地提高了伺服精度。

直线滚动导轨副,由于其具有各向间隙为零和非常小的滚动摩擦,磨损小,发热可忽略不计,有非常好的热稳定性,提高了全程的定位精度和重复定位精度。

通过直线电机和直线滚动导轨副的应用,可使机床的快速移动速度由目前的 10~20m/min 提高到 60~80m/min,甚至高达 120m/min。

2. 高可靠性

数控机床的可靠性是数控机床产品质量的一项关键性指标。数控机床能否发挥其高性能、高精度和高效率,并获得良好的效益,关键取决于其可靠性的高低。

3. 数控机床设计 CAD 化、结构设计模块化

随着计算机应用的普及及软件技术的发展,CAD 技术得到了广泛发展。CAD 不仅可以替代人工完成繁琐的绘图工作,更重要的是可以进行设计方案选择和大件整机的静、动态特性分析、计算、预测及优化设计,可以对整机各工作部件进行动态模拟仿真。在模块化的基础上,在设计阶段就可以看出产品的三维几何模型和逼真的色彩。采用 CAD,还可以大大提高工作效率,提高设计的一次成功率,从而缩短试制周期,降低设计成本,提高市场竞争能力。

通过对机床部件进行模块化设计,不仅能减少重复性劳动,而且可以快速响应市场,缩短产品开发设计周期。

4. 功能复合化

功能复合化的目的是进一步提高机床的生产效率,使用于非加工辅助时间减至最少。通过功能的复合化,可以扩大机床的使用范围、提高效率,实现一机多用、一机多能,即一台数控机床既可以实现车削功能,也可以实现铣削加工,有的还可以实现磨削加工。宝鸡机床厂已经研制成功的 CX25Y 数控车铣复合中心机床同时具有 X、Z 轴以及 C 轴和 Y 轴,通过 C 轴和 Y 轴,可以实现平面铣削和偏孔、槽的加工。该机床还配置有强动力刀架和副主轴,副主轴采用内藏式电主轴结构,通过数控系统可直接实现主、副主轴转速同步。该机床工件一次装夹即可完成全部加工,极大地提高了效率。

5. 智能化、网络化、柔性化和集成化

21 世纪的数控装备将是具有一定智能化的系统。智能化的内容包括在数控系统中的各个方面:为追求加工效率和加工质量方面的智能化,如加工过程的自适应控制,工艺参数自动生成;为提高驱动性能及使用连接方面的智能化,如前馈控制、电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;还有智能诊断、智能监控等方面的内容,以方便系统的诊断及维修等。

网络化数控装备是近年来机床发展的一个热点。数控装备的网络化将极大地满足生产线、制造系统、制造企业对信息集成的需求,也是实现新的制造模式,如敏捷制造、虚拟企业、全球制造的基础单元。

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。其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和完善。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 及 MTS 等连接,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。

三、数控机床的分类

(一) 按加工方式和工艺用途分类

这种分类方法和普通机床的分类方法相似,按切削方式不同,可分为数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床等。有些数控机床具有两种以上切削功能,例如以车削为主兼顾铣、钻削的车削中心;具有铣、镗、钻削功能且带刀库和自动换刀装置的镗铣加工中心(简称加工中心)。另外,还有数控线切割、数控电火花、数控激光加工、数控板材成型、数控冲床、数控剪床、数控液压机等各种功能和不同种类的数控加工机床。

本书着重介绍数控车床、数控铣床和加工中心机床。部分数控机床如图 1-3 所示。

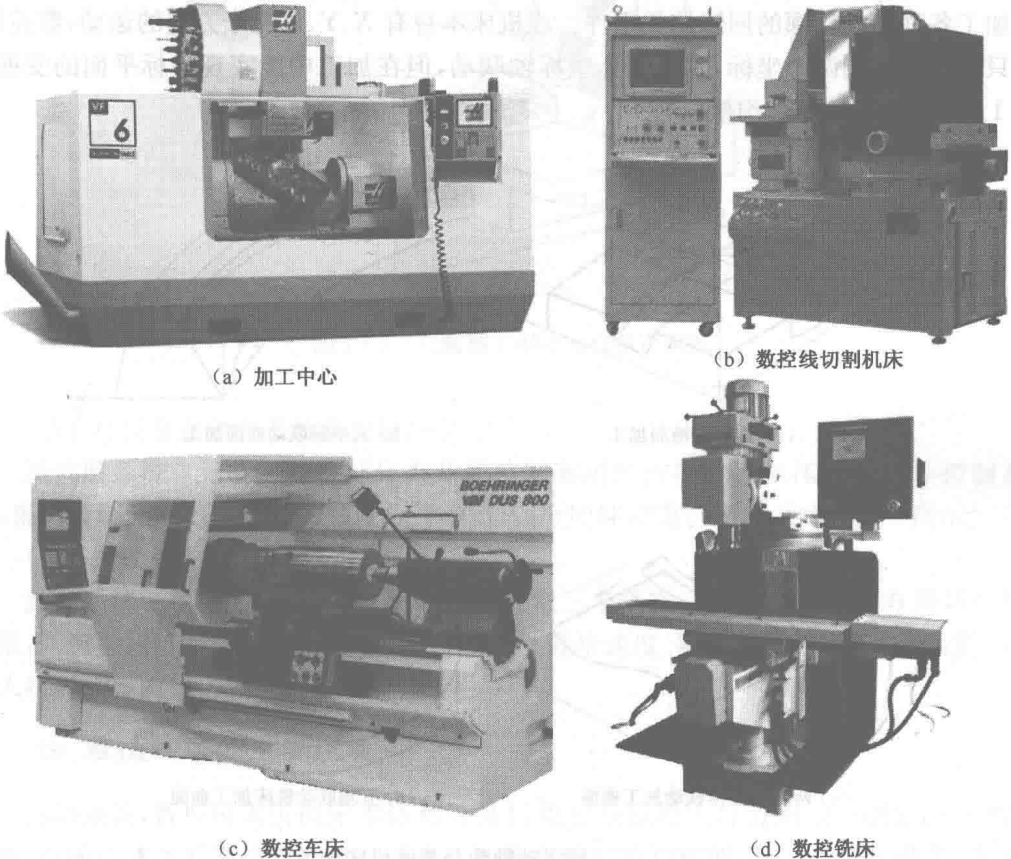


图 1-3 按加工方式分类的典型数控机床

(二) 按加工路线分类

数控机床按其刀具与工件相对运动的方式,可以分为点位控制、直线控制和轮廓控制,如图 1-4 所示。

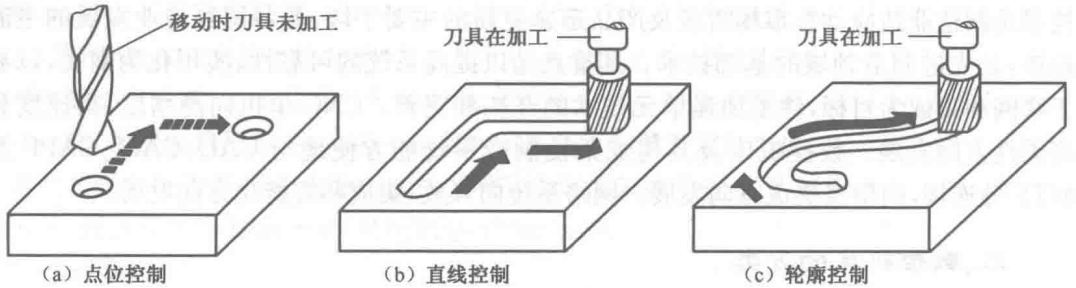


图 1-4 按加工路线分类的控制方式

(三) 按可控制联动的坐标轴分类

所谓数控机床可控制联动的坐标轴,是指数控装置控制几个伺服电动机,同时驱动机床移动部件运动的坐标轴数目。

1. 两坐标联动

数控机床能同时控制两个坐标轴联动,即数控装置同时控制 X 和 Z 方向运动,可用于加工各种曲线轮廓的回转体类零件。或机床本身有 X 、 Y 、 Z 三个方向的运动,数控装置中只能同时控制两个坐标,实现两个坐标轴联动,但在加工中能够实现坐标平面的变换,如图 1-5(a)所示的零件沟槽加工。

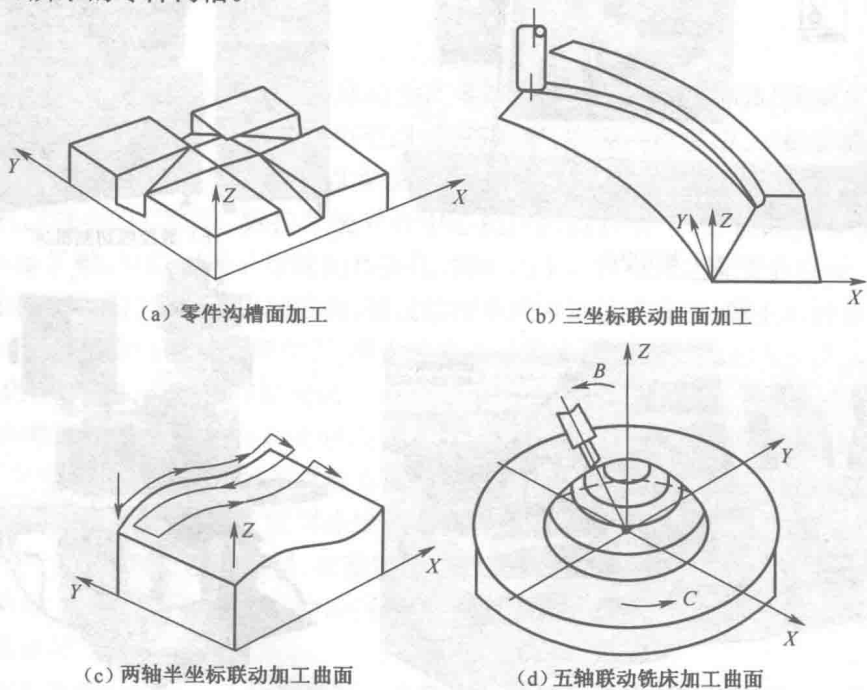


图 1-5 按联动轴数分类的机床加工

2. 三坐标联动

数控机床能同时控制三个坐标轴联动,此时,铣床称为三坐标数控铣床,可用于加工曲面零件,如图 1-5(b)所示。

3. 两轴半坐标联动

数控机床本身有三个坐标,能作三个方向的运动,但控制装置只能同时控制两个坐标,而第三个坐标只能作等距周期移动,可加工空间曲面,如图 1-5(c)所示零件。数控装置在 ZX 坐标平面内控制 X、Z 两坐标联动,加工垂直面内的轮廓表面,控制 Y 坐标作定期等距移动,即可加工出零件的空间曲面。

4. 多坐标联动

数控机床能同时控制四个以上坐标轴联动,多坐标数控机床的结构复杂、精度要求高、程序编制复杂,主要应用于加工形状复杂的零件。五轴联动铣床可加工曲面形状零件,如图 1-5(d)所示。六轴加工中心运动坐标系示意图,如图 1-6 所示。

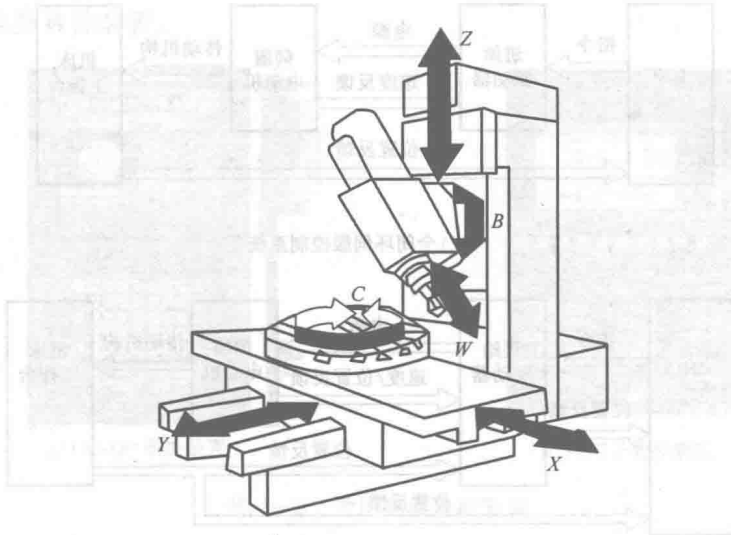


图 1-6 六轴加工中心坐标系示意图

(四) 按伺服系统有无检测装置分类

按伺服系统有无检测装置可分为开环控制和闭环控制数控机床。在闭环控制系统中,根据检测元件的位置不同又可分为半闭环、全闭环和混合闭环,如图 1-7 所示。

(五) 按数控系统的功能水平分类

数控系统一般分为高级型、普及型和经济型三个档次。数控系统并没有确切的档次界限,其参考评价指标包括 CPU 性能、分辨率、进给速度、联动轴数、伺服水平、通信功能和人机对话界面等。

四、数控机床的主要组成

总的来说,数控机床由机床本体和计算机数控系统两大部分组成,如图 1-8 所示。其中,机床本体主要指机床的机械部分。计算机数控系统主要由输入/输出装置、数控装置、PLC 及机床外围电路和伺服系统组成。