



高等职业教育机电类“十一五”规划教材

GAODENG ZHIYE JIAOYU JIDIAN LEI SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI

- 主 编 尤东升
- 副主编 宋 健
- 主 审 王建锋

数控机床故障 诊断与维修

SHUKONG JICHUANG

GUZHANG ZHENDUAN YU WEIXIU



电子科技大学出版社

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

数控机床故障诊断与维修

主 编 尤东升

副主编 宋 健

主 审 王建锋

电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床故障诊断与维修 / 尤东升主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2007.7

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

ISBN 978-7-81114-491-8

I. 数… II. 尤… III. ①数控机床—故障诊断—高等学校: 技术学校—教材②数控机床—维修—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 101875 号

内 容 简 介

本书共分八章, 以应用最广泛的日本 FANUC 和德国 SIEMENS 数控系统为例, 从数控系统、主轴驱动装置、进给驱动装置及系统可编程控制器的组成、功能连接和控制原理分析入手, 深入浅出地阐述了数控机床故障诊断的理论依据; 全面系统地叙述了故障诊断与维修的基本方法和步骤。同时, 通过精选的实例详细地介绍了故障产生的原因、诊断及处理过程, 突出了内容的先进性、实用性和技术的综合性。

本书可作为机电一体化、数控编程与操作、数控机床维修等专业的教材; 也可作为各类数控培训班资料; 还可作为数控专业的技术员、维修与调试工、数控机床维修人员的自学用书。

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

数控机床故障诊断与维修

主 编 尤东升

副主编 宋 健

主 审 王建锋

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 朱 丹

责任编辑: 辜守义 张 鹏

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 20.5 字数 500 千字

版 次: 2007 年 8 月第一版

印 次: 2007 年 8 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-491-8

定 价: 28.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话: (028) 83202323, 83256027
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

前 言

随着机械制造设备的数控化,企业亟须具备数控设备保养与维修技术的专业技术人员。数控设备的操作人员、维修技术人员急切希望提高自己的技术水平,以适应数控设备保养和维修工作的需要。本书是为从事数控机床维修的人员编写的,书中的内容从数控机床安装、调试、验收、保养和维修工作的需要出发,阐述了数控机床相关各方面的知识。由于数控设备的维修多是在无图样与资料的情况下进行的,本书中提供的数控机床技术资料,可以用做数控机床维修人员日常工作参考。

目前,我国使用的数控机床、数控系统种类繁多,本书中不可能涵盖所有数控系统,又由于数控系统的结构在本质上是一致的,因此对不同类型数控机床故障的诊断思路和维修方法是相同的。掌握了一种数控机床维修技术,可采用类比的方法,对其他类型数控机床进行维修。本书基于这样的想法,主要介绍 FANUC Oi 数控系统机床和 SINUMERIK 802S/802D 数控系统机床的保养与维修。读者在实际工作中可能维修的并不是本书介绍的数控系统,但是只要运用类比的方法,不难诊断其他类型数控机床故障,并能作出相应的维修和处理。

本书绪论和第六章由王永红(江苏信息职业技术学院)编写;第一章由宋健(四川工程职业技术学院)编写;第二、三章由尹昭辉(淮安信息职业技术学院)编写;第四、五、七章由尤东升(江苏信息职业技术学院)编写;第八章王锡忠(江苏信息职业技术学院)编写。全书由王建锋(江苏信息职业技术学院)主审。

本书编写过程中参考了 FANUC 和 SIEMENS 公司的部分技术资料,并且得到了两公司技术人员的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在缺点与错误,殷切期望广大读者批评、指正,以进一步提高本书的质量。

编 者

2007 年 5 月

目 录

绪论	1
第1章 数控机床的安装、调试及维护要求	21
1.1 802D 数控系统简介	21
1.1.1 802D 数控系统的技术特点	21
1.1.2 802D 系统组成	22
1.2 基本操作功能	25
1.2.1 进给倍率和主轴倍率	26
1.2.2 电子手轮	28
1.2.3 进给轴的手动控制	30
1.2.4 程序运行控制选项	31
1.3 急停控制和限位控制	32
1.4 数控系统基本参数的调试	36
1.4.1 调试前的准备工作	36
1.4.2 数控系统的初始化	38
1.4.3 PLC 应用程序的调试	39
1.4.4 总线配置	40
1.4.5 驱动器的参数配置	40
1.4.6 机械传动系统配比参数	46
1.4.7 速度参数的设定	46
1.4.8 参考点相关参数	48
1.4.9 误差补偿参数	49
1.4.10 驱动器特性优化	50
1.4.11 数控系统的数据保护与数据备份	51
1.5 机床精度检测	53
1.5.1 机床几何精度检测	54
1.5.2 机床定位精度检测	54
1.5.3 机床切削精度检测	57
1.6 数控机床的维护保养	58
1.6.1 日常维护的规章制度	58
1.6.2 数控机床的本体维护	59
1.6.3 机床备件的保养	61
1.6.4 数控机床上电与断电	61
第2章 数控机床故障诊断与维修总述	63
2.1 数控机床的故障类型和特点	63
2.1.1 故障的分类	63
2.1.2 数控机床故障的特点	65
2.2 数控机床的故障诊断方法	66
2.3 数控机床故障诊断的一般步骤	69
2.3.1 故障现场调查	69
2.3.2 故障信息的整理和分析	70

2.3.3 故障诊断与排除.....	72
2.3.4 经验总结和记录.....	72
2.4 维修器具的使用.....	72
2.4.1 仪器仪表.....	72
2.4.2 常用维修工具.....	74
2.4.3 使用与维修有关的技术资料.....	75
第3章 数控系统硬件及其维护.....	77
3.1 数控系统的硬件配置.....	77
3.1.1 数控系统的常见硬件结构.....	77
3.1.2 数控系统的主要硬件配置.....	78
3.2 硬件故障检测与分析.....	82
3.3 系统硬件更换方法.....	87
3.4 数控机床的抗干扰.....	90
第4章 数控机床主轴驱动系统维修.....	95
4.1 概述.....	95
4.1.1 数控机床主轴驱动系统分类.....	95
4.1.2 主轴伺服系统的故障形式及诊断方法.....	95
4.2 模拟量控制的主轴驱动装置.....	98
4.2.1 通用变频器的组成及端子功能.....	98
4.2.2 变频器报警代码及维修技术.....	100
4.3 直流主轴驱动系统维护与故障诊断.....	101
4.3.1 直流主轴伺服系统工作原理.....	101
4.3.2 直流主轴伺服系统的特点.....	103
4.3.3 直流主轴伺服系统的故障及其排除.....	104
4.4 FANUC 交流主轴驱动装置及维修技术.....	106
4.4.1 FANUC 电源模块及维修技术.....	107
4.4.2 串行数字控制的主轴装置及连接.....	109
4.4.3 串行数字控制的主轴装置报警代码及故障原因分析.....	110
4.4.4 数控主轴位置检测装置常见故障及维修技术.....	112
4.5 SIEMENS 交流主轴驱动装置及维修技术.....	113
4.5.1 611A 系列主轴驱动的结构与连接.....	114
4.5.2 611A 系列主轴驱动的故障诊断与维修.....	117
第5章 数控机床进给驱动系统维修.....	122
5.1 伺服进给系统概述.....	122
5.1.1 数控机床伺服进给系统的基本形式.....	122
5.1.2 直流伺服驱动系统.....	124
5.1.3 交流伺服驱动系统.....	128
5.2 FANUC 伺服系统的故障诊断与维修.....	131
5.2.1 数字伺服控制基本原理.....	131
5.2.2 伺服单元(SVU)驱动装置及维修技术.....	133
5.2.3 伺服模块(SVM)驱动装置及维修技术.....	135
5.3 SIEMENS 伺服系统的故障诊断与维修.....	140
5.3.1 STEPDRIVEC/C + 步进驱动.....	140

5.3.2	Baseline 系列交流伺服驱动简述	151
5.3.3	611U/Ur 交流数字伺服驱动的维修	152
5.4	位置检测装置故障及诊断	173
5.4.1	位置检测故障形式	174
5.4.2	位置检测元件的维护	174
5.4.3	位置检测装置的故障诊断	175
第 6 章	数控机床机械结构故障诊断及维护	177
6.1	数控机床主传动系统的结构和维修	177
6.1.1	主传动系统的配置方式	177
6.1.2	主轴部件	177
6.1.3	主传动系统的常见故障及排除方法	181
6.1.4	主传动系统故障维修实例	182
6.2	进给系统机械传动结构与维修	183
6.2.1	滚珠丝杠副的机械结构及维护	183
6.2.2	滚珠丝杠螺母副常见的故障及排除方法	188
6.2.3	滚珠丝杠螺母副的故障维修实例	189
6.3	导轨副结构与维修	190
6.3.1	导轨副的结构特点与分类	190
6.3.2	导轨副的安装维护	191
6.3.3	导轨副的常见故障及排除方法	194
6.3.4	导轨副的维修实例	195
6.4	自动换刀装置的结构原理与维修	195
6.4.1	自动换刀装置的形式	195
6.4.2	刀架、刀库及换刀装置的常见故障及排除方法	203
6.4.3	刀架、刀库及换刀装置的维修实例	205
6.5	辅助控制装置的维修	206
6.5.1	液压系统的故障与维修	206
6.5.2	气动系统的故障与维修	210
第 7 章	数控机床的可编程控制器应用举例	213
7.1	SINUMERIK 802S/C 系统 PLC 故障诊断	213
7.1.1	系统 DI/O 板接线电平	213
7.1.2	Hardware 硬件故障	215
7.1.3	操作错误 (Operating Errors)	216
7.1.4	机床数据设定错误 (Machine Data Setting Errors)	217
7.1.5	通信故障	218
7.2	FANUC 系统 PMC	219
7.2.1	PMC 的性能及规格	220
7.2.2	内装 I/O 卡和 I/O Link 地址分配	221
7.2.3	梯形图概述	225
7.3	FANUC Oi 系统 PMC 的功能指令	230
7.3.1	顺序程序结束指令	230
7.3.2	定时器指令	232
7.3.3	计数器指令	233

7.3.4	译码指令	234
7.3.5	比较指令	236
7.3.6	常数定义指令	237
7.3.7	判别一致指令和逻辑与后传输指令	238
7.3.8	旋转指令	239
7.3.9	数据检索指令	241
7.3.10	变地址传输指令	243
7.3.11	代码转换指令	245
7.3.12	信息显示指令	248
7.4	数控机床 PMC 控制应用举例	249
7.4.1	数控机床工作状态开关 PMC 控制	249
7.4.2	数控机床加工程序功能开关 PMC 控制	252
7.4.3	数控机床倍率开关 PMC 控制	255
7.4.4	数控机床润滑系统 PMC 控制	257
7.4.5	数控机床自动换刀 PMC 控制	259
7.4.6	数控机床辅助功能代码 (M 代码) PMC 控制	262
7.5	PMC 屏幕画面功能	265
7.5.1	查阅梯形图	265
7.5.2	查找触点和线圈	268
7.5.3	查找梯形图的行号	270
7.5.4	查找功能指令	270
7.5.5	用信号触发器监控梯形图	271
7.5.6	梯形图的多窗口显示	274
7.5.7	信号状态监控画面	277
7.5.8	PMC 的报警画面	280
7.5.9	PMC 信号的跟踪	280
7.5.10	PHC 参数的设定	283
7.5.11	PMC 程序的启动与停止	287
第 8 章	数控维修实训	288
8.1	SINUMERIK802S 数控车床实验台	288
8.1.1	SINUMERIK802S 数控车床实验台电气原理	289
8.1.2	STEPDRIVE C/C+步进驱动器连接和开机调试	292
8.1.3	SINUMERIK802S 数控车床实验台电气控制线路图	295
8.1.4	SINUMERIK802S 数控车床实验台智能故障设置系统使用说明	298
8.1.5	SINUMERIK802S 数控车床实验台智能故障设置系统使用实例	300
8.2	FANUC 0i Mate C 数控铣床实验台	303
8.2.1	FANUC 0i Mate 数控铣床操作、维修综合实训台电气原理	304
8.2.2	系统各主要电气部件说明	307
8.2.3	FANUC 数控铣床综合实验台智能故障设置系统使用说明	314
8.2.4	FANUC 数控铣床综合实验台智能故障设置系统使用实例	317
参考文献		320

绪 论

第一部分 数控机床概述

一、数控机床的产生和发展

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。

1. 数控机床产生的背景

随着科学技术和社会生产的不断发展,人们对机械产品的质量和生产效率提出了越来越高的要求,批量定型产品的生产采用了自动机床、组合机床和专用自动生产线,实行自动流水作业。尽管初期投资大、生产准备时间长,但在大批量生产条件下,产品质量容易保证,生产效率高,平均单件成本低,经济效益非常显著。因此,这些高效设备在汽车、发电机、家电等行业得到了广泛的应用。但是,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,其中,造船、航天、机床、重型机械以及军工行业,其生产特点是品种多,加工批量小,改型频繁,零件的形状复杂且精度要求高,普通机床自动化程度低,生产效率和加工精度都难以提高,尤其是一些复杂曲面,甚至无法加工,而采用专用自动化加工设备,则投资大、时间长、转型难,显然不能满足竞争日益激烈的市场需要。数控机床就是为了解决多品种、单件、小批量、高精度、高效率的自动化生产而诞生出来的一种灵活、通用、自动化的设备。

2. 数控机床的出现及其发展过程

根据国家标准 GB/T8129-1997 机床数字控制的定义:用数字数据的装置(简称数控装置),在运行过程中,不断地引入数字数据,从而对某一生产过程实现自动控制,叫做数字控制(Numerical Control),简称数控(NC)。由于现代数控都采用了计算机进行控制,因此,也可以称为计算机数控(Computerized Numerical Control——CNC)。

数控机床是由美国人发明的。1947 年美国密执安州特拉弗斯城帕森斯公司的帕森斯(John.C.Parson),为了精确地制作直升机叶片的样板,设想了用电子技术控制坐标镗床的方案。1949 年美国空军后勤司令部为了在短时间内制造经常改型的火箭零件与帕森斯公司合作,并选择麻省理工学院伺服机构研究所为协作单位,于 1952 年研制成功了世界上第一台数控机床——直线插补连续控制的三坐标立式铣床。其数控系统由 2000 多个电子管组成。经过三年的改进与自动程序编制的研究,于 1955 年生产了 100 台类似产品,这些数控铣床在复杂的曲面零件加工中发挥了很大的作用。

随着电子技术及计算机技术的不断发展,从 1952 年第一台数控机床问世后,数控系统已先后经历了两个阶段和六代的发展,其六代是指电子管、晶体管、集成电路、小型计算机、微处理器和基于工控 PC 机的通用 CNC 系统。其中前三代为第一阶段,称作硬件数控系统,简称 NC 系统;后三代为第二阶段,称作计算机软件系统,也称 CNC 系统。

我国自从 1958 年由清华大学和北京机床研究所研制了第一代电子管 101 数控系统机床

以来,数控系统也同样经历了六代的发展。近年来,由于引进了国外的数控系统与伺服系统的制造技术,我国数控机床在品种、数量和质量方面得到了迅速发展。目前,我国已有几十家机床厂能够生产不同类型的数控机床和加工中心。我国经济型数控机床的研究、生产和推广工作也取得了较大的进展,它必将对我国各行业的技术改造起到积极的推动作用。

3. 数控机床的发展趋势

数控机床是一种综合应用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和机床设计等先进技术的典型机电一体化产品,是现代制造技术的基础。机床控制也是数控技术应用最早、最广泛的领域,因此,数控机床的水平代表了当前数控技术的性能、水平和发展方向。现代数控机床及其数控系统,目前大致向以下几个方向发展:

(1) 高速、高效、高精度:高速、高效、高精度是机械加工的目标,数控机床因其独特的性能,在上述三方面的发展也就更为突出。

① 高速:提高切削速度可以减少机动时间。目前数控机床的主轴转速已达 6000r/min 以上,有的达到 10000r/min,切削速度达到 2000m/min,加工铝材时的金属切除率已达 1000cm³/min。

② 高效:减少机床辅助加工时间,提高机床的效率,通常采取如下措施:

I、缩短换刀时间 (现在数控机床的换刀时间最短仅为 0.5s);

II、研制新的刀库和换刀机械手,使所选动作与机动时间重合,或使用全机械式换刀机械手,保证快速可靠;

III、使用各种形式的交换工作台,使装卸工件的时间与机动时间重合,同时缩短工作台的交换时间;

IV、广泛采用脱机编程、图形模拟等技术,实现后台输入修改编辑程序,前台加工,缩短新的加工程序在机调试时间;

V、采用快换夹具、刀具装置以及实现对工件原点快速确定等措施,缩短机床调整时间。

③ 高精度:工件加工精度主要取决于机床精度、编程精度、插补精度和伺服精度。提高机床精度,在设计阶段可利用计算机辅助设计和模拟技术提高机床动态、静态刚度;减少热变形,提高其稳定性;克服爬行和提高传动精度。对机床床身支撑件采用丙烯酸树脂“混凝土”制造,动刚度比铸件可提高 6 倍。此外,陶瓷新材料和人造花岗岩也开始用于机床支撑件的制造。

(2) 高可靠性

数控机床工作的可靠性一直是用户最关注的重要指标。它主要取决于数控系统和各伺服驱动单元的可靠性。提高可靠性经常采用的措施主要有:提高系统的硬件质量,如选用高质量的集成电路芯片,印刷电路板和其他元器件,采用零件三维高密度安装工艺、性能测试等一系列完整的质量保证体系。

(3) 智能化

① 数控系统中引进自适应控制技术。自适应控制技术是一种能调节在加工过程中的工作状态特性,且能使切削过程达到并维持最佳状态的技术。自适应控制系统能根据切削条件的变化,自动调整工作参数并保持最佳工作状态,实现了切削状态调整智能化,从而得到较高的加工精度和较好的表面质量,同时能提高刀具的使用寿命和设备的生产效率。

② 故障自诊断、自修复功能。这主要是利用 CNC 系统的内装程序实现在线诊断,即在

整个工作状态中,系统随时对 CNC 系统本身及与其相连的各种设备进行诊断、检查。一旦出现故障,立即采用停机等措施,并通过 CRT 进行故障报警,提示发生故障部位、原因等,并利用“冗余”技术,自动使故障模块脱块,而接通备用模块,以确保无人化工作环境的要求。

(4) 多功能

① 复合加工机床

近几年,产生了一种“复合加工机床”,以车铣加工中心为代表,该加工中心将车、铣加工工艺有机地融为一体,零件一次装夹,可进行车削和铣削、钻孔、攻螺纹等项加工,即使是具有复杂表面形状的回转体零件,也可一次加工完成。这种车铣加工中心业已成为航天、军工行业中不可缺少的工作用机。

② 多坐标轴控制

对曲线、曲面及特殊面的加工,要求现代数控机床数控系统的控制轴数在不断增加,有的控制轴多达 32 轴,其同时联动的轴数可达 36 轴。

③ 人机会话功能

借助显示屏,利用键盘可以实现程序的输入与编辑。用 CRT 进行动态图形模拟显示其所编程序的加工轨迹,以此来进行零件程序的调试与修改,充分提高其工作效率和机床利用率。此外,还具有在线编程功能,机床在加工一个零件的同时,可进行另一个零件的程序编制,节约了大量的辅助时间。

④ 具有很强的通讯功能

为进一步满足联网要求,一般的数控系统都具有 RS-232 和 RS-422 高速远距离串行的接口,高档的数控系统应具有 DNC 接口,可以实现几台数控机床的数据通信,也可以直接对几台数控机床进行控制,为自动化技术发展创造了条件。

(5) 向自动化生产系统发展

在现代生产中,为了满足多品种、小批量产品更新换代周期的要求,原来以单功能组成机床为主体的生产线,已不能适应机械制造业日益提高的要求,因而具有多功能和一定柔性的设备和生产系统相继出现,促使数控技术向更高层次发展。现在生产系统主要有柔性制造单元 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 柔性制造单元(FMC)

柔性制造单元是在制造单元的基础上发展起来的,又具有一定的柔性。所谓柔性,是指能够较容易地适应多品种、小批量的生产功能。FMC 有一台或几台设备组成,具有独立自动加工的功能,同时有部分具有自动传递和监控管理功能,可实现某些种类工件的多品种、小批量生产。其投资少,容易实现,深受用户欢迎。

FMC 可以作为 FMS 中的基本单元,若干个 FMC 可以发展组成 FMS,因而 FMC 可看作企业发展过程中的一个阶段。FMC 有两大类,一类是数控机床配上机器人(如图 1 所示),另一类是加工中心配上托盘交换系统(如图 2 所示)。

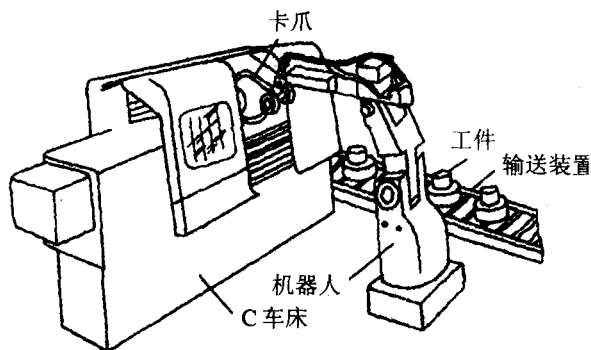


图1 带有机器人的FMC

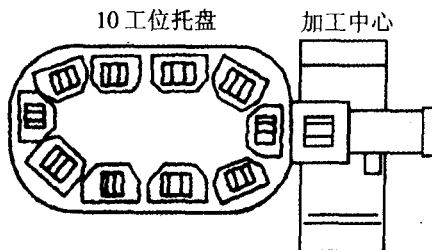


图2 带有托盘交换系统的FMC

② 柔性制造系统 (FMS)

柔性制造系统是有两台以上（通常是5~10）数控机床和加工中心，及其他加工设备和一套能自动装卸工件的系统等组成，在一台中央计算机的控制下进行自动化生产的系统。它是一种把自动加工设备，物流自动化处理和信息流自动化处理融为一体的智能化加工系统。它根据人物和生产环境的变化迅速进行调整，适用于多品种、中小批量的生产，其特点是高效率、高柔性和高度自动化等。如图3所示是一个FMS的组成实例。

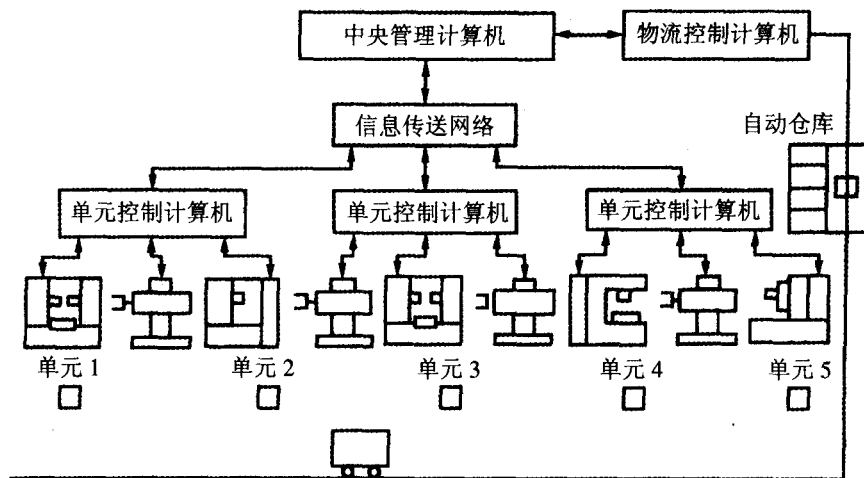


图3 FMS 的组成实例

③ 计算机集成制造系统 (CIMS)

计算机集成制造系统是在信息技术、自动化技术、计算机技术及制造技术的基础上，通过计算机及其软件，将制造工厂生产、经营的全部活动与整个生产过程有关的物料与信息流实现计算机系统化的管理，把各种分散的自动化系统有机地集成起来，构成一个优化的完整生产系统，提高产品的质量，提高生产率，提高企业的应变能力，以赢得竞争。

CIMS是通过计算机信息技术模块，把工程设计、经营管理和加工制造三大自动化系统集成起来了的系统（如图4所示）。

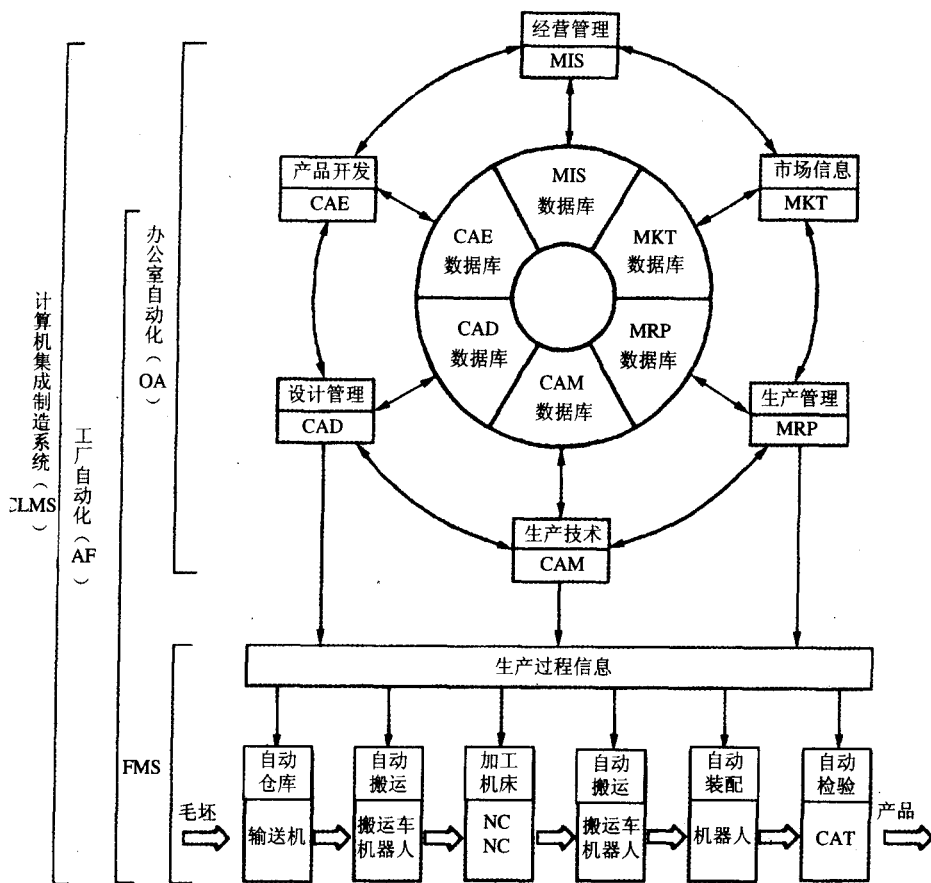


图4 CIMS的组成示意图

二、数控机床的组成及工作原理

1. 数控机床的组成

数控机床主要是由机床本体和计算机数控系统两大部分组成，如图5所示。

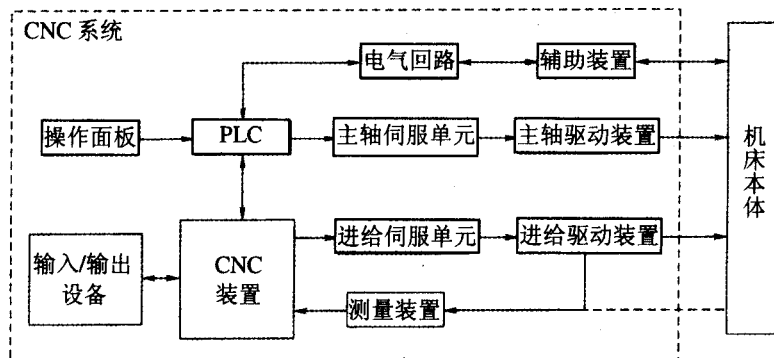


图5 数控机床的硬件构成

(1) 机床本体

机床本体是数控机床的主体,由基础件(如床身、底座)和运动件(如工作台、主轴箱等)组成。它不仅要实现由数控装置控制的各种运动,而且还要承受包括切削力在内的各种力,因此,机床本体必须保证具有良好的几何精度、足够的刚度、小的热变形、低的摩擦阻力,才能有效地保证数控机床的加工精度。

数控机床本体与普通机床相比,具有以下特点:

- ① 采用了高性能主轴部件及传动系统,机械传动机构简化,传动链较短。
- ② 机械结构具有较高刚度和耐磨性,热变形小。
- ③ 更多地采用高效传动部件,如滚珠丝杠、静压导轨、滚动导轨等。

(2) 数控系统

为了对机械运动及加工过程进行数字化信息控制,必须具备相应的硬件和软件。用来实现数字化信息控制的硬件和软件的整体称为数控系统(Numerical Control System)。

数控系统是数控机床的核心,由输入输出设备、数控装置(CNC)、伺服单元、驱动装置(或执行机构)、可编程控制器(PLC)及电气控制装置、辅助装置、测量装置等组成。

① 输入输出设备

输入输出装置是机床数控系统和操作人员进行信息交流、实现人机对话的交互设备。

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电脉冲信号,传送并存入数控装置内。根据控制介质的不同,相应有不同的输入装置。如对应穿孔纸带,有光电阅读机;对应磁带,有录放机;对应磁盘,有磁盘驱动器等。

现代数控机床,可以通过键盘,用手动方式(MDI方式)直接输入数控系统,也可以由计算机编程后,用通信方式传送到数控系统中。

输出装置是显示器,有CRT显示器或彩色液晶显示器两种。输出装置的作用是:数控系统通过显示器为操作人员提供必要的信息。显示的信息可以是正在编辑的程序、坐标值以及报警信号等。

② 数控装置(CNC装置)

数控装置是数控系统的核心,由硬件和软件两部分组成。它接受的是输入装置送来的脉冲信号,信号经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编辑、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令,控制机床的各个部分,使其进行规定的、有序的动作。这些控制中最基本的信号是各坐标轴的进给速度、进给方向和位移量指令,还有主轴的变速、换向和启停信号,选择和交换刀具的刀具指令信号,控制切削液、润滑油汽艇、工件和机床部件松开、夹紧、分度工作和转位的辅助指令信号等。

③ 伺服单元

伺服单元接受来自数控装置的速度和位移指令。这些指令经伺服单元交换和功率放大后,通过驱动装置转变成机床进给运动的速度、方向和位移。因此,伺服单元是数控装置与机床本体的联系环节,它把来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。伺服单元分为主轴单元和进给单元等,伺服单元就其系统而言又有开环系统、半闭环系统和闭环系统之分。

④ 驱动装置

驱动装置是把经过伺服单元放大的指令信号变为机械运动,通过机械连接部件驱动机床

工作台，使工作台精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动，加工出形状、尺寸与精度符合要求的零件。目前常用的驱动装置有直流伺服电动机和交流伺服电动机。

伺服单元和驱动装置合称为伺服驱动系统，它是机床工作的动力装置，计算机数控装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施，伺服驱动装置包括主轴驱动单元、进给驱动单元。伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说，数控机床的功能主要取决于数控装置，而数控机床的性能主要取决于伺服驱动系统。

⑤ 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的主运动换向、变速、启停，刀具的选择和变换，以及其他辅助控制装置等指令信息，经过必要的编译、逻辑判别和运算，经过功率放大后直接驱动相应的电器，带动机床机械部件、液压气动等辅助装置完成指令规定的动作。

⑥ 可编程控制器（PLC）

数控机床通过 CNC 和 PLC 共同完成控制功能，其中 CNC 主要完成与数字运算和管理等有关的功能，如零件程序的编辑、插补运算、译码、刀具运动的位置伺服控制等；而 PLC 主要完成与逻辑运算无关的一些动作，它接收 CNC 的控制代码 M（辅助功能）、S（主轴转速）、T（选刀、换刀）等开关量动作信息，对开关量动作信息进行译码，转换成对应的控制信号，控制辅助装置完成相应的开关动作，如工件的装夹、刀具的更换、切削液的开关等相关辅助动作。它还接收机床操作面板的指令，一方面直接控制机床的动作（如手动操作机床）；另一方面将一部分指令送往数控装置用于加工过程的控制。

⑦ 测量反馈装置

测量反馈装置的作用是将数控机床各坐标轴的位移指令检测值反馈到机床的数控装置中，数控装置对反馈回来的实际位移值进行比较后，向伺服系统发出指令，纠正所产生的误差。

2. 数控机床的工作原理

数控机床与普通机床相比，其工作原理的不同之处在于数控机床是按数字形式给出的指令进行加工的。通常需要以下几个步骤：

（1）根据零件图上的图样和技术条件，编写出工件的加工程序，并记录在控制介质即载体上；

（2）把程序载体上的程序通过输入装置输入到计算机数控装置中去；

（3）计算机数控装置将输入的程序经过运算处理后，由输出装置向各个坐标的伺服系统、辅助控制装置发出指令信号；

（4）伺服系统把接收的指令信号放大，驱动机床的移动部件运动，辅助控制装置根据指令信号控制主轴电机等运转；

（5）通过机床的机械部件带动刀具及工件作相对运动，加工出符合图样要求的工件；

（6）位置检测反馈系统检测机床的运动，并将信号反馈给数控装置，以减少加工误差。

当然，对于开环机床来说，没有检测、反馈系统。

三、数控机床的特点及分类

1. 数控机床的特点

（1）适应性强

由于数控机床是按照被加工零件的数控程序进行自动加工的，当在数控机床上改变加工

零件时,只需要重新编制程序,更换新的控制介质或者手动输入程序就能实现对零件的加工,它不同于传统的机床,不必制作更换许多夹具、模具样板等专用工艺装备,更不需要重新调整机床,就可迅速地实现新零件的加工了。因此,它不仅缩短了生产准备周期,而且节省了大量的工艺装备费用,有利于机械产品的更新换代。

(2) 加工精度高,加工质量稳定

数控机床是按以数字形式给出的指令进行加工的,由于目前数控装置的脉冲当量普遍达到了 0.001mm ,而且进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿,因此,数控机床能达到比较高的加工精度。对于中、小型数控机床,定位精度普遍可达到 0.03mm ,重复定位精度为 0.01mm 。数控机床的传动系统与机床结构都具有很高的刚度和热稳定性,而且提高了它的制造精度,特别是数控机床的自动加工方式避免了生产者的人为操作误差,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。

(3) 生产效率高

工件加工所需的时间主要包括机动时间和辅助时间两部分。数控机床能有效地减少这两部分时间。数控机床主轴的转速和进给量的变化范围比普通机床大,机床刚性好,可以采用较大的切削用量进行强力切削,有效地节省了加工时间。数控机床移动部件的快速移动和定位均采用了加速与减速措施,因而选用了很高的空行程运动速度,消耗在快进、快退和定位的时间要比一般机床少很多。

数控机床在更换被加工零件时几乎不需要重新调整机床,而零件又都安装在简单的定位夹紧装置中,可以节省用于停机进行零件安装调整的时间。数控机床的加工精度比较稳定,在控制介质校验以及刀具完好的情况下,一般只做首件检验或工序间的关键尺寸的抽样检验,因而可以减少停机检验的时间。因此,数控机床的利用系数比一般机床高得多。

在使用带有刀库和自动换刀装置的数控加工中心机床时,在一台机床上实现了多道工序的连续加工,减少了半成品的周转时间,生产效率的提高就更为明显。

(4) 操作者劳动强度低

数控机床对零件的加工是按事先编写好的程序自动完成的,操作者除了安放控制介质或操作键盘,装卸零件,关键尺寸的中间测量,观察机床的运行之外,不需要进行繁重的重复性手工操作,劳动强度与紧张程度均可大为减轻。加上数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置,操作者的劳动条件也大为改善。

(5) 良好的经济效益

使用数控机床加工时,分摊在每个零件上的设备费用是较昂贵的。但在单件、小批量生产情况下,可以节省许多其他方面的费用。如在加工之前节省了划线工时,在零件安装到机床上之后可以减少调整、加工和检验时间,减少了直接生产费用;另一方面,由于数控机床加工零件不需要手工制作模型、凸轮、钻模板及其他工夹具,节省了工艺装备费用。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,因此能够获得良好的经济效益。

(6) 有利于生产管理的现代化

用数控机床加工零件,能准确地计算零件的加工工时,并有效地简化了检验和工夹具、半成品的管理工作。由于数控机床是使用数字信息,因此它易与计算机建立通信网络,便于与计算机辅助设计系统连接,形成计算机辅助设计与制造紧密结合的一体化系统。

(7) 价格较贵

数控机床是以数控系统为代表的新技术对传统制造产业渗透形成的机电一体化产品,它涉及了机械、信息处理、自动控制、伺服驱动、自动检测、软件技术等许多领域,尤其是采用了许多高、新、尖的先进技术,使得数控机床的整体价格较高。

(8) 对操作维修人员的技术水平要求较高

数控机床采用计算机控制,伺服系统技术复杂,机床精度要求很高。因此,要求操作、维修及管理人员具有较高的文化水平和技术素质。

鉴于数控机床的种种特点,在决定选用数控机床加工时,需要进行科学的技术经济分析,使数控机床能发挥其最好的经济效益。

2. 数控机床的分类

数控机床五花八门,种类繁多,据不完全统计,已有 400 多个品种。为了便于了解研究,我们通常按以下方法来分类。

(1) 按数控系统的控制方式分类

数控机床按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的机床。

① 点位控制数控机床

点位控制方式就是刀具与工件相对运动时,只控制从一点运动到另一点的准确性,而不考虑两点之间的运动路径和方向。即在刀具相对工件的移动过程中,不进行切削加工。这种控制方式多应用于数控钻床、数控冲床、数控坐标镗床和数控点焊机等。如图 6 所示是点位控制钻孔加工示意图。从图中可以看出,从第一个孔到第二个孔,刀具的 3 种不同的运动轨迹,都能满足钻孔要求。

② 直线控制数控机床

直线控制数控机床的特点是不但要控制从起点到终点的准确定位,还要控制两点之间的移动速度和轨迹。其轨迹是平行机床坐标轴的直线,或两轴同时移动形成的 45° 的斜线。直线控制数控机床虽然比点位控制数控机床的工艺范围广,但在实用中仍受到很大的限制。这类数控机床主要有经济型数控车床、数控镗铣床、加工中心等。如图 7 所示是直线控制切削加工示意图。

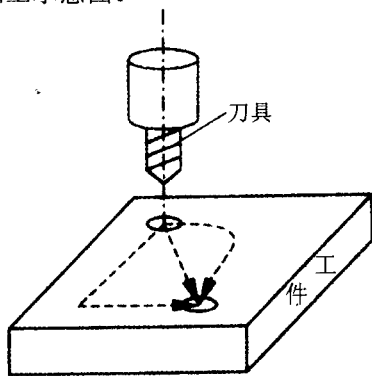


图 6 点位控制钻孔加工示意图

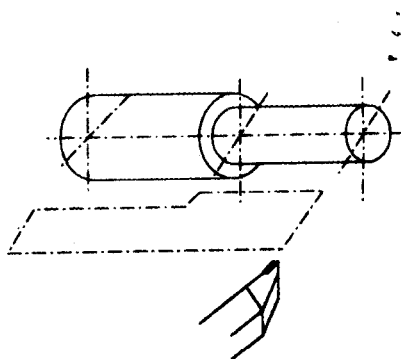


图 7 点位直线控制切削加工示意图

③ 轮廓控制数控机床

轮廓控制就是刀具相对运动时,能对两个或两个以上坐标轴的运动同时进行控制,因此