

S IEMENS

系统数控铣床 编程与维护

胡育辉 编著

● 实践指导 操作性强
● 实例典型 提升技能
● 步入蓝领 成就梦想



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

典型数控系统实用技术培训教程

SIEMENS 系统数控铣床 编程与维护

胡育辉 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书在内容组织和编排上,选用了技术先进、占市场份额较大的西门子系统作为典型数控系统进行剖析,详细介绍了数控铣床的编程、操作与维护,并简要介绍了 Pro/E 软件自动生成西门子程序的企业加工实例。

本书突出实用的特点,搜集了大量的实例,除了我院(沈阳职业技术学院)实训基地加工的零件和机床日常故障维修以外,大多来源于企业当前加工的零件和一线维修的实例,便于读者借鉴。本书还大量地使用了照片和图例来说明数控铣床的操作过程,易于理解。

本书可作为数控铣床操作人员的培训教材,也可作为高职或本科数控专业及机械类专业的学生以及从事数控加工技术人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

SIEMENS 系统数控铣床编程与维护 / 胡育辉编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.6

(典型数控系统实用技术培训教程)

ISBN 978-7-121-06694-8

I. S… II. 胡… III. ①数控机床: 铣床—程序设计—技术培训—教材②数控机床: 铣床—维护—技术培训—教材 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 069850 号

责任编辑: 张 帆

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 12.75 字数: 326.4 千字

印 次: 2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

数控技术人才需求量的大小和人才需求的类型、层次、质量等取决于国民经济和制造业的发展程度、水平,也取决于用人单位自身的管理要求、发展趋势等。据统计,制造业较发达的德国、美国、日本等国家的数控机床占生产设备的 70%以上,我国制造业与国际先进工业国家相比存在着很大的差距,据机械协会统计,目前我国制造业数控机床拥有量不足总量的 2%,对于目前我国现有的有限数量的数控机床也未能充分利用。虽然原因是多方面的,但数控人才的匮乏无疑是主要原因之一。

本书以突出操作技能为主导,立足于应用,在内容组织和编排上,选用了技术先进、占市场份额较大的德国西门子系统作为典型数控系统进行剖析,介绍数控铣床的编程、操作与维护。从近期企业调研来看,西门子系统的数控机床,从编程、操作及维护角度上都比其他数控系统难度要稍大一些,尤其是用 Pro/E 等自动生成程序的软件与西门子系统机床结合使用,很少有人熟悉,企业即使用高薪招聘,也很难请到精通此技术的人员。所以在本书的内容安排上,我们力求解决企业中疑难的问题,并通过多年的研究与实践,编写这本书。全书的系统性、实用性强,需求性大。

本书可作为数控铣床、加工中心操作人员的培训教材,也可作为高职或本科数控专业及机械类专业的学生以及从事数控加工技术人员的参考用书。

本书在素材的组织上,突出实用的特点,收集了大量的实例,除了是我院实训基地加工的零件外,大多是来源于企业当前加工的零件和一线维修的实例,便于读者借鉴。

本书在编写过程中参考了在数控技术方面的诸多论述、书籍以及西门子系统编程与操作说明书。本书第 4 章由沈阳理工大学袁志华编写,6.1 由赵慧编写,6.2、6.3 由李超编写,其余由胡育辉编写。本书在编写过程中,沈阳鼓风机厂兰阳、沈阳机床厂谢林、沈阳融腾科工贸易公司张万隆提供了许多例题和技术资料,并得到沈阳职业技术学院领导和机械系老师的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

限于编者的水平以及数控技术的迅猛发展,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编 著 者

目 录

第 1 章 数控机床概述	(1)	3.2.1 数控铣床主传动系统的特点	(29)
1.1 数控机床的产生及发展趋势	(1)	3.2.2 数控铣床的传动方式	(30)
1.1.1 数控机床的产生	(1)	3.2.3 数控铣床的主轴组件的要求	(31)
1.1.2 数控系统发展趋势	(2)	3.2.4 主轴驱动装置的工作原理	(32)
1.1.3 数控机床的发展趋势	(2)	3.2.5 主轴准停控制方法	(35)
1.2 数控加工过程及数控机床的组成和功能	(4)	3.3 数控铣床的进给机构	(37)
1.2.1 数控加工过程	(4)	3.3.1 进给系统概述	(37)
1.2.2 数控机床的组成及其功能	(4)	3.3.2 滚珠丝杠螺母副	(38)
1.3 数控系统简介	(6)	3.3.3 传动齿轮间隙的消除	(43)
1.3.1 常用数控系统	(6)	3.3.4 联轴器	(47)
1.3.2 西门子典型数控系统	(6)	3.3.5 数控铣床常用导轨	(49)
1.4 数控机床的主要性能指标	(7)	第 4 章 西门子 840D 数控铣床的编程	(53)
1.4.1 数控机床的精度指标	(7)	4.1 数控铣床编程基础	(53)
1.4.2 数控机床的运动性能指标	(8)	4.1.1 数控系统的功能	(53)
1.4.3 数控机床的可控轴数与联动轴数	(9)	4.1.2 坐标系	(56)
第 2 章 数控机床的伺服系统	(10)	4.2 西门子 840D 数控系统的编程方法	(60)
2.1 伺服系统概述	(10)	4.2.1 基本编程指令	(60)
2.2 伺服系统的分类	(11)	4.2.2 固定循环	(66)
2.2.1 步进伺服系统	(11)	4.2.3 子程序	(73)
2.2.2 直流伺服系统	(12)	4.3 西门子系统数控铣床加工中心编程实例	(74)
2.2.3 交流伺服系统	(13)	4.3.1 外轮廓零件编程实例	(74)
2.2.4 直线伺服系统	(14)	4.3.2 内外轮廓零件编程实例	(75)
2.3 检测装置	(14)	第 5 章 数控铣床加工中心的操作	(77)
2.3.1 光栅	(15)	5.1 西门子 840D 系统加工中心的操作	(77)
2.3.2 旋转变压器	(16)	5.1.1 西门子 840D 数控系统简介	(77)
2.3.3 脉冲编码器	(18)	5.1.2 操作面板	(78)
第 3 章 数控铣床的结构	(21)	5.1.3 参数设置	(85)
3.1 数控铣床的类型及常用刀具	(21)	5.1.4 程序管理操作	(88)
3.1.1 数控铣床的类型	(21)		
3.1.2 数控铣床常用刀具	(22)		
3.2 数控铣床的主轴部件	(29)		

5.1.5 图形模拟加工	(90)	第 7 章 西门子数控系统的维修	(145)
5.1.6 JOG 模式	(90)	7.1 数控铣床安全操作规程与	
5.1.7 MDA 操作	(92)	日常维护	(145)
5.1.8 自动加工操作	(92)	7.1.1 安全操作技术	(145)
5.1.9 DNC 自动加工	(94)	7.1.2 数控铣床操作规程	(145)
5.1.10 通过 RS232 接口进行		7.1.3 数控系统的日常维护	(146)
数据输出	(95)	7.1.4 数控铣床的日常保养	(148)
5.2 固定循环的调用	(96)	7.2 数控机床的诊断技术	(149)
5.3 子程序的调用	(98)	7.2.1 数控系统自诊断	(149)
5.4 槽类零件加工实例	(100)	7.2.2 在线诊断和离线诊断	(150)
5.4.1 球面环槽加工实例	(100)	7.2.3 远程诊断	(150)
5.4.2 管座斜长槽的		7.3 数控机床的故障及其分类	(151)
加工实例	(102)	7.3.1 按数控机床发生的故障	
5.4.3 开口槽和通槽的		性质分类	(151)
加工实例	(103)	7.3.2 按故障类型分类	(152)
5.4.4 凹槽轮廓的加工实例	(106)	7.3.3 按故障产生后有无报警	
5.5 孔加工实例	(107)	显示分类	(152)
5.5.1 钻孔、镗孔加工实例	(107)	7.3.4 按故障发生的部位分类	(153)
5.5.2 镗轴承座孔加工实例	(110)	7.3.5 按故障发生时破坏	
5.5.3 孔系零件加工实例	(112)	程度分类	(154)
5.5.4 排孔零件加工实例	(115)	7.4 西门子各系统数控铣床加工中心	
5.6 型腔类零件加工实例	(117)	的维修实例	(154)
第 6 章 Pro/E 自动生成西门子程序实例	(120)	7.4.1 西门子 3 系统的维修	(154)
6.1 Pro/E 自动编程软件简介	(120)	7.4.2 西门子 8 系统维修实例	(160)
6.1.1 Pro/E 软件造型简介	(120)	7.4.3 西门子 810/820 故障	
6.1.2 Pro/E 软件铣削加工		分析及排除	(166)
简介	(125)	7.4.4 西门子 850/880 系统	
6.2 制作适合西门子系统铣床的后		的维修	(177)
处理选配文件	(134)	7.4.5 西门子 805 系统	
6.2.1 创建选配文件	(134)	的维修	(183)
6.2.2 选配文件项目和参数		7.4.6 西门子 840C 系统维修	(185)
设置	(135)	7.4.7 西门子 840D 系统	
6.2.3 生成西门子系统 G		的组成	(189)
代码	(138)	参考文献	(197)
6.3 Pro/E 加工实例	(141)		
6.3.1 叶轮的加工实例	(141)		
6.3.2 平面铣削加工实例	(142)		
6.3.3 曲面铣削加工实例	(143)		

分。在 PC 上安装 NC 软件系统, 此种方式的系统维护方便, 易于实现网络制造。

1.1.2 数控系统的组成

第 1 章 数控机床概述

本章主要介绍数控机床的产生与发展, 数控机床的组成, 数控机床的主要性能指标, 并对西门子数控系统做简要介绍。

1.1 数控机床的产生及发展趋势

1.1.1 数控机床的产生

数控机床 (Numerical Control Machine Tools) 是用数字代码形式的信息 (程序指令) 控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹进行自动加工的机床。

数控机床是在机械制造技术和数字控制技术的基础上发展起来的, 其过程大致如下。

1948 年, 美国帕森斯公司接受美国空军委托, 研制直升飞机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于样板形状复杂多样, 精度要求高, 一般加工设备难以适应, 于是提出采用数字脉冲控制机床的设想。

1949 年, 帕森斯公司与美国麻省理工学院 (MIT) 开始共同研究, 并于 1952 年试制成功第一台三坐标数控铣床, 当时的数控装置采用电子管元件。

1959 年, 数控装置采用了晶体管元件和印制电路板, 出现带自动换刀装置的数控机床, 称为加工中心 (MC, Machining Center), 使数控装置进入了第二代。

1965 年, 出现了第三代的集成电路数控装置, 不仅体积小, 功率消耗少, 且可靠性提高, 价格进一步下降, 促进了数控机床品种和产量的发展。

60 年代末, 先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统 (简称 DNC), 又称群控系统; 采用小型计算机控制的计算机数控系统 (简称 CNC), 使数控装置进入了以小型计算机化为特征的第四代。

1974 年, 研制成功使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置 (简称 MNC), 这是第五代数控系统。

20 世纪 80 年代初, 随着计算机软、硬件技术的发展, 出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置; 数控装置愈趋小型化, 可以直接安装在机床上; 数控机床的自动化程度进一步提高, 具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。

20 世纪 90 年代后期, 出现了 PC+CNC 智能数控系统, 即以 PC 机为控制系统的硬件部

分, 在 PC 上安装 NC 软件系统, 此种方式的系统维护方便, 易于实现网络化制造。

1.1.2 数控系统发展趋势

从 1952 年美国麻省理工学院研制出第一台试验性数控系统, 到现在已走过了 52 年历程。数控系统由当初的电子管起步, 经历了晶体管、小规模集成电路、大规模集成电路、小型计算机、超大规模集成电路、微机式的数控系统。到 1990 年, 全世界数控系统专业生产厂家年产数控系统约 13 万台/套。数控系统技术发展的总体趋势如下。

1. 采用开放式体系结构

进入 20 世纪 90 年代以来, 世界上许多数控系统生产厂家利用 PC 丰富的软、硬件资源开发开放式体系结构的新一代数控系统。开放式体系结构使数控系统有更好的通用性、柔性、适应性、扩展性, 并向智能化、网络化方向发展。近几年许多国家纷纷研究开发这种系统, 如欧共体的“自动化系统中开放式体系结构” OSACA、日本的 OSEC 计划等。开发研究成果已得到应用。开放式体系结构可以大量采用通用微机的先进技术, 如多媒体技术, 实现声控自动编程、图形扫描自动编程等。利用多 CPU 的优势, 实现故障自动排除; 增强通信功能, 提高联网能力。这种数控系统可随 CPU 升级而升级, 结构上不必变动。

2. 控制性能大大提高

数控系统在控制性能上向智能化发展。随着人工智能在计算机领域的渗透和发展, 数控系统引入了自适应控制、模糊系统和神经网络的控制机理, 不但具有自动编程、模糊控制、学习控制、自适应控制、工艺参数自动生成、三维刀具补偿、运动参数动态补偿等功能, 而且人机界面极为友好, 并具有故障诊断专家系统使自诊断和故障监控功能更趋完善。伺服系统智能化的主轴交流驱动和智能化进给伺服装置能自动识别负载并自动优化调整参数。直线电动机驱动系统已实用化。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, 使柔性自动化加工技术水平不断提高。

1.1.3 数控机床的发展趋势

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要求, 当前, 世界数控技术及其装备的发展趋势主要体现在以下几个方面。

1. 高速、高精度、高可靠性

20 世纪 90 年代以来, 欧、美、日各国争相开发应用新一代高速数控机床, 加快机床高速化发展步伐。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, 由于采用了新型刀具, 车削和铣削的切削速度已达到 $5000 \sim 8000 \text{ m/min}$ 以上; 主轴转速可高达 100000 r/min ; 工作台的移动速度 (进给速度) 在分辨率为 $1 \mu\text{m}$ 时, 达到 200 m/min , 在分辨率为 $0.1 \mu\text{m}$ 时, 达到 24 m/min 以上; 自动换刀速度在 1 s 以内; 小线段插补进给速度达到 12 m/min 。由于新产品更新换代周期加快, 模具、航空、军事

等工业的加工零件复杂且品种不断更新。

从精密加工发展到超精密加工,是各工业强国致力发展的方向。当前,普通的加工精度提高了一倍,达到 $5\mu\text{m}$;精密加工精度提高了两个数量级,超精密加工精度进入纳米级,主轴回转精度达到 $0.01\sim 0.05\mu\text{m}$,加工圆度为 $0.1\mu\text{m}$,加工表面粗糙度 $Ra=0.003\mu\text{m}$ 等。

数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性一个数量级以上。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 3000 小时。此时数控系统的 MTBF 就要大于 33333.3 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。当前国外数控装置的 MTBF 值已达 6000 小时以上,驱动装置达 30000 小时以上。

2. 模块化、智能化、柔性化

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。个性化是近几年来特别明显的发展趋势。

为追求加工效率和加工质量方面的智能化,数控机床采用自适应控制,工艺参数可自动生成;为提高驱动性能及使用连接方面的智能化,引进电动机参数的自适应运算、自动识别负载自动选定模型等;为实现编程、操作方面的智能化,数控系统采用智能化的自动编程,智能化的人机界面等。

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。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。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。

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,广泛地应用机器人、物流系统、FMC、FMS Web-based 制造及无图纸制造技术;围绕数控技术、制造过程技术在快速成型机床、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现实用化。这种虚拟轴数控机床用软件的复杂性代替传统机床机构的复杂性,开拓了数控机床发展的新领域;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。对机械加工中大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应用。由于采用了神经网络控制技术、模糊控制技术、数字化网络技术,使得机械加工开始向虚拟制造的方向发展。

1.2 数控加工过程及数控机床的组成和功能

1.2.1 数控加工过程

利用数控机床完成零件数控加工的过程如图 1.1 所示, 主要内容如下。

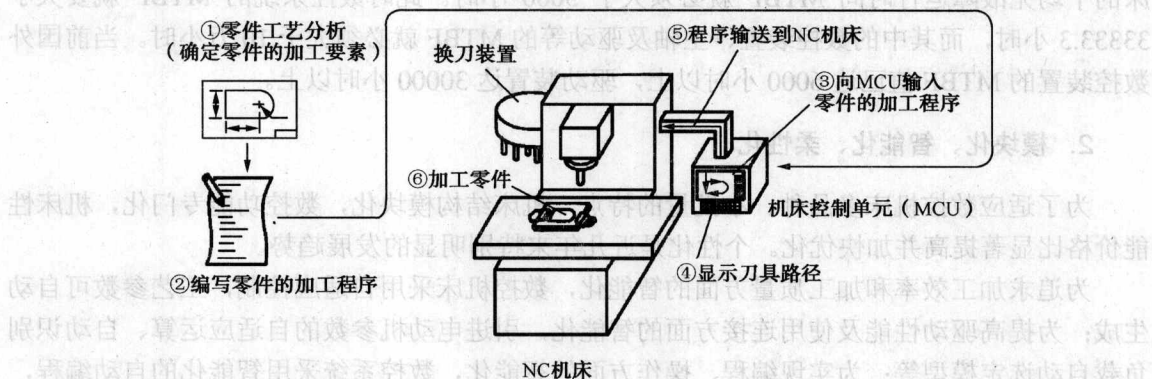


图 1.1 数控加工过程示意图

- ① 根据零件加工图样进行工艺分析, 确定加工方案、工艺参数和位移数据。
- ② 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单, 或用自动编程软件进行 CAD/CAM 工作, 直接生成零件的加工程序文件。
- ③ 程序的输入或传输。由手工编写的程序, 可以通过数控机床的操作面板输入, 由编程软件生成的程序, 通过计算机的串行通信接口直接传输到数控机床的数控单元 (MCU)。
- ④ 将输入/传输到数控单元的加工程序进行试运行、刀具路径模拟等。
- ⑤ 通过对机床的正确操作, 运行程序, 完成零件的加工。

1.2.2 数控机床的组成及其功能

数控机床一般由数控系统、包含伺服电动机和检测反馈装置的伺服系统、强电控制柜、机床本体和各类辅助装置组成, 如图 1.2 所示。

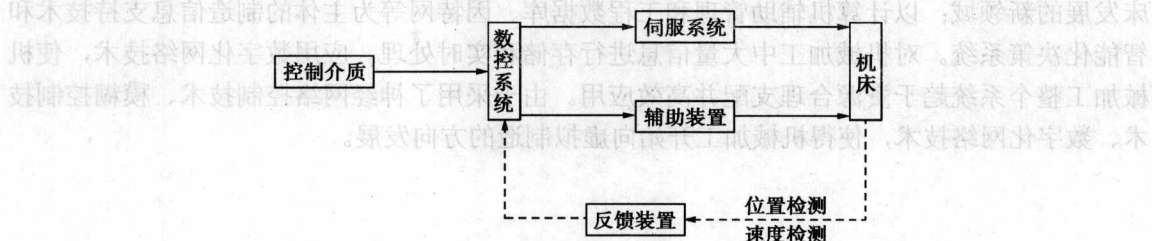


图 1.2 数控机床的组成框图

1. 控制介质

要对数控机床进行控制,就必须在人与机床之间建立某种联系,这种联系的媒介即称为控制介质。在控制介质上保存着加工零件所必需的全部操作和刀具移动、工件移动信息。控制介质这一概念随着数控技术和计算机技术的发展,赋予了它不同的内涵。控制介质可以是穿孔纸带、磁带和磁盘,从更广的意义上理解,计算机直接控制(DNC)也可属于控制介质之类。

2. 数控装置

数控装置是机床实现自动加工的核心,是整个数控机床的灵魂所在。主要由输入装置、监视器、主控制系统、可编程控制器、各类输入/输出接口等组成。主控制系统主要由CPU、存储器、控制器等组成。数控系统的主要控制对象是位置、角度、速度等机械量,以及温度、压力、流量等物理量,其控制方式又可分为数据运算处理控制和时序逻辑控制两大类。其中主控制器内的插补模块就是根据所读入的零件程序,通过译码、编译等处理后,进行相应的刀具轨迹插补运算,并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号的比较,从而控制机床各坐标轴的位移。而时序逻辑控制通常由可编程控制器PLC来完成,它根据机床加工过程中各个动作要求进行协调,按各检测信号进行逻辑判别,从而控制机床各个部件有条不紊地按顺序工作。

3. 伺服系统

伺服系统是数控系统和机床本体之间的电传动联系环节。主要由伺服电动机、驱动控制系统和位置检测与反馈装置等组成。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. 辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀装置ATC(Automatic Tool Changer)、自动交换工作台机构APC(Automatic Pallet Changer)、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液装置、排屑装置、过载和保护装置等。

5. 机床本体

数控机床的本体指其机械结构实体。它与传统的普通机床相比较,同样由主传动系统、进给传动机构、工作台、床身以及立柱等部分组成,但由于数控机床具有加工精度高、加工效率高等特点,因此对机床床身的刚度和抗震性也提出了更高的要求,其设计要求比普通机床更严格,制造要求更精密。

1.3 数控系统简介

1.3.1 常用数控系统

在数控机床上常采用的数控系统有日本 FANUC 公司生产的 0M、15M、16M、18M, SIEMENS 公司生产的 3、8、802、810、840、850, 法国 NUM 公司生产的 NUM1020、1040、1060 等。国内的高档数控系统有华中理工大学的 HNC (华中 1 型)、珠峰数控公司的 CME988 (中华 1 型) 系列、北京航天数控集团的 CASNUC911MC (航天 I 型) 及中国科学院沈阳计算所的 LT8520/30 (蓝天 1 型) 等。

1.3.2 西门子典型数控系统

西门子数控系统是西门子集团旗下自动化与驱动集团的产品, 西门子数控系统 SINUMERIK 发展了很多代, 主要有 SINUMERIK3/8/810/820/850/880/805/802/840 系列。目前在广泛使用的有 802、810、840 等几种类型。

1. SINUMERIK 802D

具有免维护性能的 SINUMERIK802D, 其核心部件 PCU (面板控制单元) 将 CNC、PLC、人机界面和通信等功能集成于一体。可靠性高、易于安装。SINUMERIK802D 可控制 4 个进给轴和一个数字或模拟主轴。通过生产现场总线 PROFIBUS 将驱动器、输入/输出模块连接起来。模块化的驱动装置 SIMODRIVE611Ue 配套 1FK6 系列伺服电机, 为机床提供了全数字化的动力。通过视窗化的调试工具软件, 可以便捷地设置驱动参数, 并对驱动器的控制参数进行动态优化。SINUMERIK802D 集成了内置 PLC 系统, 对机床进行逻辑控制。采用标准的 PLC 的编程语言 Micro/WIN 进行控制逻辑设计。并且随机提供标准的 PLC 子程序库和实例程序, 简化了制造厂设计过程, 缩短了设计周期。

2. SINUMERIK 810D

在数字化控制的领域中, SINUMERIK 810D 第一次将 CNC 和驱动控制集成在一块板子上。快速的循环处理能力, 使其在模块加工中独显威力。SINUMERIK 810D NC 软件选件的一系列突出优势可以帮助你竞争中脱颖而出。例如提前预测功能, 可以在集成控制系统上实现快速控制。另一个例子是坐标变换功能。固定点停止可以用来卡紧工件或定义简单参考点。模拟量控制模拟信号输出; 刀具管理也是另一种功能强大的管理软件选件。样条插补功能 (A、B、C 样条) 用来产生平滑过渡; 压缩功能用来压缩 NC 记录; 多项式插补功能可以提高 810D/810DE 运行速度。温度补偿功能保证你的数控系统在这种高技术、高速度运行状态下保持正常温度。此外, 系统还为你提供钻、铣、车等加工循环。

3. SINUMERIK 840D

SINUMERIK 840D 数字 NC 系统用于各种复杂加工，它在复杂的系统平台上，通过系统设定而适于各种控制技术。840D 与 SINUMERIK_611 数字驱动系统和 SIMATIC7 可编程控制器一起构成全数字控制系统，它适于各种复杂加工任务的控制，具有优于其他系统的动态品质和控制精度。

1.4 数控机床的主要性能指标

1.4.1 数控机床的精度指标

1. 定位精度

定位精度是指数控机床工作台等移动部件在确定的终点所达到的实际位置的精度，因此移动实际位置与理想位置之间的误差称为定位误差。定位误差包括伺服系统、检测系统、进给系统等误差，还包括移动部件导轨的几何误差等。定位误差将直接影响零件加工的位置精度。

2. 重复定位精度

重复定位精度是指在同一台数控机床上，应用相同程序相同代码加工一批零件，所得到的连续结果的一致程度。重复定位精度受伺服系统特性、进给系统的间隙与刚性以及摩擦特性等因素的影响。一般情况下，重复定位精度是成正态分布的偶然性误差，它影响一批零件加工的一致性，是一项非常重要的性能指标。

3. 分度精度

分度精度是指分度工作台在分度时，理论要求回转的角度值和实际回转的角度值的差值。分度精度既影响零件加工部位在空间的角度位置，也影响孔系加工的同轴度等。表1.1 所示为几种数控机床的精度指标。

表1.1 几种数控机床的精度指标

机床型号	定位精度 (mm/mm)	重复定位精度 (mm)	分度精度 (°)
CINCINNATI	±0.025/1000	±0.006	±3
JC-018	±0.012/300	±0.006	
XH754	±0.02/300	±0.01	±10
TH6350	±0.005/全行程	±0.002	

4. 分辨率和脉冲当量

分辨率是指两个相邻的分散细节之间可以分辨的最小间隔。对测量系统而言，分辨率是可以测量的最小增量；对控制系统而言，分辨率是可以控制的最小位移增量，即数控装置每发出一个脉冲信号，反映到机床移动部件上的移动量，一般称为脉冲当量。脉冲当量是设计数控机床的原始数据之一，其数值的大小决定数控机床的加工精度和表面质量。

目前普通数控机床的脉冲当量一般采用 0.001mm；简易数控机床的脉冲当量一般采用 0.01mm；精密或超精密数控机床的脉冲当量采用 0.0001mm。脉冲当量越小，数控机床的加工精度和加工表面质量越高。

1.4.2 数控机床的运动性能指标

数控机床的运动性能指标主要包括主轴转速、进给速度、坐标行程、摆角范围和刀库容量及换刀时间等。

1. 主轴转速

数控机床的主轴一般均采用直流或交流调速主轴电动机驱动，选用高速精密轴承支承，保证主轴具有较宽的调速范围和足够的回转精度、刚度及抗振性。目前，数控机床主轴转速已普遍达到 5000~10000r/min，甚至可以高达 100000r/min，这样对各种小孔加工及提高零件加工精度和表面质量都极为有利。

2. 进给速度

数控机床的进给速度是影响零件加工质量、生产效率以及刀具寿命的主要因素。它受数控装置的运算速度、机床动特性及工艺系统刚度等因素的限制。目前，数控机床的进给速度可达到 100m/min。

3. 行程

数控机床坐标轴 X、Y、Z 的行程大小，构成数控机床的空间加工范围，即加工零件的大小。行程是直接体现机床加工能力的指标参数。

4. 摆角范围

具有摆角坐标的数控机床，其转角大小也直接影响到加工零件空间部位的能力。但转角太大又造成机床的刚度下降，因此选购和设计机床时要综合考虑。

5. 刀库容量和换刀时间

刀库容量和换刀时间对数控机床的生产率有直接影响。刀库容量是指刀库能存放加工所需要的刀具数量。目前常见的中小型加工中心多为 16~60 把，大型加工中心达 100 把以上。换刀时间指带有自动交换刀具系统的数控机床，将主轴上使用的刀具与装在刀库上的下一工序需用的刀具进行交换所需要的时间。目前，高档数控机床自动换刀速度可以达到 1s 以内。

1.4.3 数控机床的可控轴数与联动轴数

数控机床可控轴数是指机床数控装置能够控制的坐标数目。数控机床可控轴数和数控装置的运算处理能力、运算速度及内存容量等有关。目前,德国西门子数控系统的可控轴数已达到 31 轴。

数控机床的联动轴数是指机床数控装置控制的坐标轴同时达到空间某一点的坐标数目。目前常见的有两轴联动、三轴联动和四轴联动。日本 FANUC0i 系统已实现六轴联动。三轴联动数控机床可以加工空间复杂曲面；四轴联动、五轴联动数控机床可以加工宇航叶轮、螺旋桨等零件。

第2章 数控机床的伺服系统

本章主要介绍伺服系统的组成、分类，及步进、直流、交流、直线伺服系统，并对光栅、旋转变压器、脉冲编码器等检测装置做一简要介绍。

2.1 伺服系统概述

伺服系统是以机械运动的驱动设备，电动机为控制对象，以控制器为核心，以电力电子功率变换装置为执行机构，在自动控制理论的指导下组成的电气传动自动控制系统。这类系统控制电动机的转矩、转速和转角，将电能转换为机械能，实现运动机械的运动要求。具体在数控机床中，伺服系统接收数控系统发出的位移、速度指令，经变换、放大与整调后，由电动机和机械传动机构驱动机床坐标轴、主轴等，带动工作台及刀架，通过轴的联动使刀具相对工件产生各种复杂的机械运动，从而加工出用户所要求的复杂形状的工作件。

作为数控机床的执行机构，伺服系统将电力电子器件、控制、驱动及保护等集为一体，并随着数字脉宽调制技术、特种电机材料技术、微电子技术及现代控制技术的进步，经历了从步进到直流，进而到交流的发展历程。数控机床中的伺服系统种类繁多，本章通过分析其结构及简单归类，对其技术现状做简要的介绍。

从基本结构来看，伺服系统主要由四部分组成：控制器、功率驱动装置、反馈装置和电动机，如图 2.1 所示。控制器按照数控系统的给定值和通过反馈装置检测的实际运行值的差值调节控制量；功率驱动装置作为系统的主回路，一方面按控制量的大小将电网中的电能作用到电动机之上，调节电动机转矩的大小，另一方面按电动机的要求把恒压恒频的电网供电转换为电动机所需的交流电或直流电；电动机则按供电大小拖动机械运转。

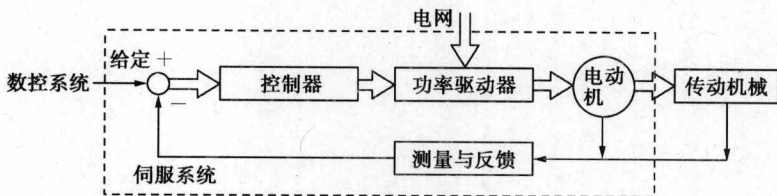


图 2.1 伺服系统的结构

图 2.1 中的主要成分变化多样，其中任何部分的变化都可构成不同种类的伺服系统。如根据驱动电动机的类型，可将其分为直流伺服和交流伺服；根据控制器实现方法的不同，可将其

分为模拟伺服和数字伺服；根据控制器中闭环的多少，可将其分为开环控制系统、单环控制系统、双环控制系统和多环控制系统。

2.2 伺服系统的分类

进给伺服系统以数控机床的各坐标为控制对象，产生机床的切削进给运动。为此，要求进给伺服能快速调节坐标轴的运动速度，并能精确地进行位置控制。具体要求其调速范围宽、位移精度高、稳定性好、动态响应快。根据系统使用的电动机，进给伺服系统可细分为步进伺服系统、直流伺服系统、交流伺服系统和直线伺服系统。

2.2.1 步进伺服系统

步进伺服系统是一种用脉冲信号进行控制，并将脉冲信号转换成相应的角位移的控制系统。其角位移与脉冲数成正比，转速与脉冲频率成正比，通过改变脉冲频率可调节电动机的转速。如果停机后某些绕组仍保持通电状态，则系统还具有自锁能力。步进电动机每转一周都有固定的步数，如 500 步、1000 步、50000 步，等等，从理论上讲其步距误差不会累计，图 2.2 为步进伺服电动机的外观图。

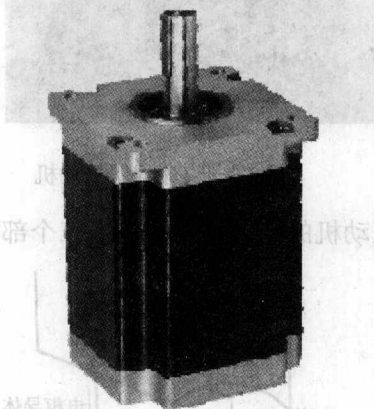


图 2.2 步进伺服电动机

步进伺服系统结构简单，符合系统数字化发展需要，但精度差、能耗高、速度低，且其功率越大移动速度越低。特别是步进伺服易失步，使其主要用于速度与精度要求不高的经济型数控机床及旧设备改造。但近年发展起来的恒斩波驱动、PWM 驱动、微步驱动、超微步驱动和混合伺服技术，使得步进电动机的高、低频特性得到了很大的提高，特别是随着智能超微步驱动技术的发展，将把步进伺服系统的性能提高到一个新的水平。

选择步进电动机时，首先，必须保证步进电动机的输出转矩大于负载转矩，使电动机的矩频特性有一定裕量，以保证运行可靠，即在实际工作中时，各种频率下负载转矩必须在矩频特性范围内。其次，应考虑系统的精度和速度的要求。为了提高精度，希望脉冲当量小，但脉冲当量越小，系统的运行速度越低，故应兼顾精度与速度来选定系统的脉冲当量。当脉