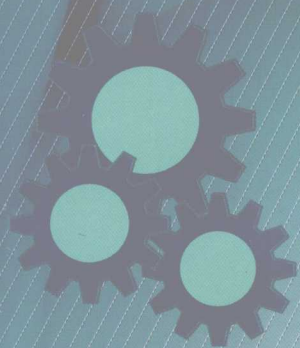
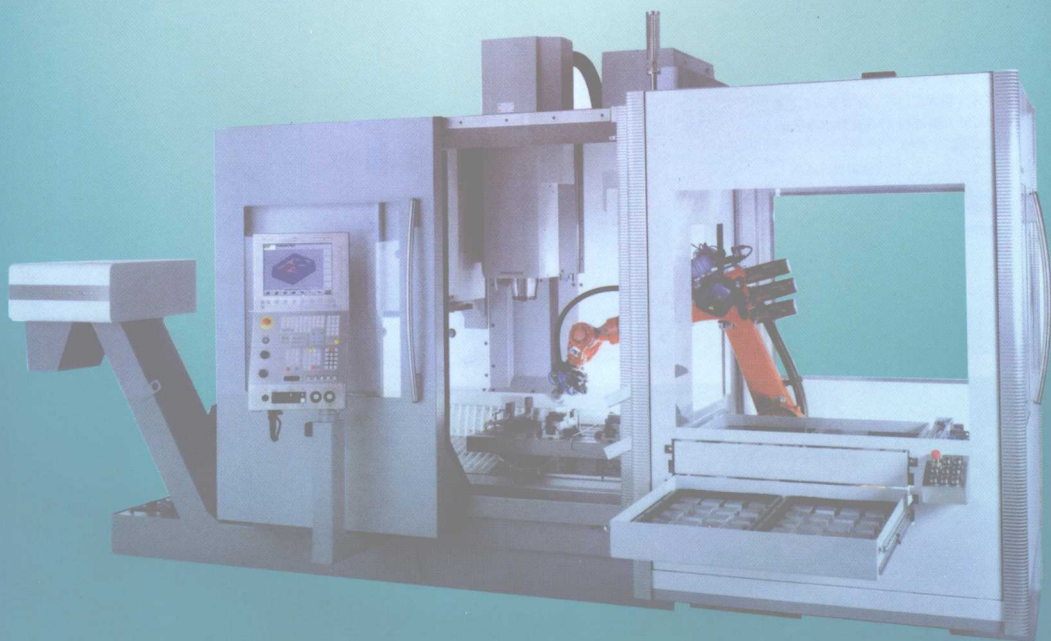




数控机床 维修与实训

主 编 曹 健

副主编 周开俊 杨林娟



国防工业出版社

National Defense Industry Press

数控机床维修与实训

主 编 曹 健

副主编 周开俊 杨林娟

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共分3篇15章。第1篇,主要讲述了数控机床维修必备的基础知识;第2篇,从数控机床维修的角度,阐述了数控机床维修的内容、特点及方法,重点讲述了数控机床各功能部件常见故障及其处理方法和步骤,并附有大量的维修实例;第3篇,根据数控机床调试、维修的过程,通过对FANUC Oi和西门子 SINUMERIK 802CBL典型系统的分析和综合实训,使读者对数控机床维修的内容和方法有一个较为全面的认识,其内容包括数控机床的精度检测、调整、数据备份与恢复、外围故障的诊断等。

本书可作为高等职业技术学院数控技术应用专业、机电一体化专业和机械制造专业或相关专业进行工程教学和工程训练的指导教材,也可供工厂数控机床专业维修人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床维修与实训 / 曹健主编. —北京: 国防工业出版社, 2008.6

ISBN 978-7-118-05626-6

I. 数... II. 曹... III. 数控机床-维修 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 033504 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 100044)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 字数 345 千字

2008 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

随着科学技术的不断进步,企业创造能力迅速提高,企业的数控机床拥有量大幅度增加。有效的数控机床故障诊断与维修,可以保持数控机床良好的技术状况,充分发挥数控机床的经济效益。

本书由编者在参考大量文献的基础上,依据其在数控机床设计、维修、改造、教学等方面的实际经验编写而成。全书以数控机床故障诊断和维修所需的知识为主线,着重介绍数控系统的工作过程、数控机床动作逻辑关系、数控机床维护和维修要点,通过讲授典型故障的排除过程,将所涉及的知识结合在一起。

本书贯穿了理论、实践应用于一体的思想,重点突出了理论与实践相结合,并且穿插大量的实际案例,实用性和可操作性强,每章后面还附有一定的思考题以供读者参考。

本书共分3篇15章。第1篇,主要讲述了数控机床维修必备的基础知识;第2篇,从数控机床维修的角度,阐述了数控机床维修的内容、特点及方法,重点讲述了数控机床各功能部件常见故障及其处理方法和步骤,并附有大量的维修实例;第3篇,根据数控机床调试、维修的过程,通过对FANUC Oi和西门子SINUMERIK 802CBL典型系统的分析和综合实践,使读者对数控机床维修的内容和方法有一个较为全面的认识,其内容包括数控机床的精度检测、调整、数据备份与恢复、外围故障的诊断等。

本书由徐呈艺(第1章)、曹健(第2章、第3章、第6章~第9章、第11章~第15章)、周开俊(第4章、第5章)、杨林娟(第10章)编写,书稿的编辑由杨林娟完成。曹健担任本书的主编,并对全书进行统稿;周开俊、杨林娟任副主编。

在编写本书过程中,得到了南通职业大学机械系李业农教授的热情帮助和指正,彭淑华高级工程师也给本书的编写提供了材料和帮助,编者在此一并致谢。

全书的编写过程中,参考了近年来数控技术方面的诸多论著和教材,本书编者对参考文献中的各位作者深表谢意。

本书可作为高等职业技术学院数控技术应用专业、机电一体化专业和机械制造专业或相关专业进行工程教学和工程训练的指导教材,也可供工厂数控机床专业维修人员参考。

由于编者水平所限,不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2008-1-30

目 录

第1篇 基础知识

第1章 数控机床相关知识	1
1.1 数控技术与数控机床	1
1.2 数控机床的工作原理	2
1.3 数控机床的主要组成及常用的辅助装置	2
1.4 数控机床常用术语	4
1.5 数控技术的发展趋势	6
思考题	8
第2章 数控机床电气控制	9
2.1 数控机床电气控制概述	9
2.2 数控机床的 PLC 功能	14
2.3 数控机床的安全互锁	17
2.4 数控机床的典型控制环节	20
思考题	30
第3章 典型数控系统	32
3.1 FANUC 系统简介	32
3.2 西门子系统简介	47
思考题	57

第2篇 故障诊断与维修

第4章 数控机床的维护与管理	58
4.1 数控机床安全工作的条件	58
4.2 设备资料的收集与管理	60
4.3 数控机床的日常维护与保养(预防性维护)	61
思考题	64
第5章 数控机床故障诊断与维修的基本知识	65
5.1 故障诊断与维修的基本条件	65
5.2 故障诊断与维修基本原则	66
5.3 故障诊断与维修基本方法	67
5.4 数控机床常见故障分类	71
5.5 诊断维修的阶段划分与具体内容	73

5.6	故障发生时的处理	74
5.7	故障诊断的步骤和要求	75
5.8	获取维修帮助的途径	76
	思考题	76
第6章	数控系统故障诊断	77
6.1	数控系统的故障诊断技术	77
6.2	CNC 系统故障的特点及分类	80
6.3	系统硬件故障的诊断与检修	81
6.4	CNC 系统软件故障诊断及排除方法	83
6.5	系统外部干扰引起的故障的诊断	85
6.6	其他常见故障诊断办法	86
	思考题	93
第7章	伺服系统故障诊断	94
7.1	伺服系统的工作原理及结构形式	94
7.2	伺服系统的自诊断	95
7.3	主轴伺服故障的维修	96
7.4	进给伺服故障的维修	98
7.5	伺服电动机维护及故障诊断	105
7.6	位置检测系统的故障分析与维修	106
	思考题	111
第8章	数控机床外围故障的诊断与维修	112
8.1	外围故障诊断与检测的一般方法	112
8.2	电源装置的维护与故障诊断	114
8.3	数控机床 PLC 相关故障诊断	120
	思考题	128
第9章	机械部件的故障诊断	129
9.1	机械故障的类型和特点	129
9.2	机械故障的诊断方法	129
9.3	主传动系统故障诊断与维修	132
9.4	主轴部件及常见故障诊断与维修	136
9.5	滚珠丝杠螺母副	140
9.6	导轨的调整与故障维修	143
9.7	液压、气动系统故障诊断及维修	148
9.8	刀库及自动换刀装置故障分析与排除	152
	思考题	154

第3篇 综合实训

第10章	数控机床精度的检测和调整	155
-------------	---------------------	------------

10.1	机床精度概念	155
10.2	常用精度检测仪器的使用	156
10.3	数控机床精度的检测	161
	思考题	173
第 11 章	数控系统的硬件连接	174
11.1	FANUC Oi - Mate C 系统的硬件连接	174
11.2	西门子 SINUMERIK 802CBL 数控系统连接	180
11.3	控制系统的调试	185
	思考题	188
第 12 章	系统参数的设置和调整	189
12.1	FANUC 系统参数的设置和调整	189
12.2	西门子 802CBL 系统参数的设置和调整	194
	思考题	199
第 13 章	数控机床机械部件的调整	201
13.1	反向间隙的检测和补偿	201
13.2	加工中心自动换刀位置的调整	203
	思考题	205
第 14 章	数控系统的数据备份与恢复	206
14.1	FANUC i 系列系统数据备份与恢复	206
14.2	西门子系统数据备份与传输	213
	思考题	219
第 15 章	外围机床故障诊断	220
15.1	电气线路故障检查方法	220
15.2	查找机床电气回路的方法	222
15.3	FANUC PMC 诊断功能的利用	226
15.4	“紧急停止”故障诊断	229
	思考题	232
	参考文献	233

第1篇 基础知识

第1章 数控机床相关知识

【主要内容】

1. 简略讲述数控机床的产生;
2. 简略讲述数控机床的工作原理及基本组成;
3. 介绍数控机床中常用术语的含义;
4. 简略讲述数控技术的发展趋势。

【学习目标】

1. 了解数控机床的基本组成及作用;
2. 了解常用术语的含义及其英文缩写;
3. 了解数控技术的发展趋势。

1.1 数控技术与数控机床

数控技术,简称数控(Numerical Control, NC),是利用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法。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)。

了对机械运动及加工过程进行数字化信息控制,控制系统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),数控系统的核心是数控装置(Numerical Controller)。

采用数控技术进行控制的机床,称为数控机床(NC 机床)。它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。

数控机床种类繁多,有钻铣镗床类、车削类、磨削类、电加工类、锻压类、激光加工类和其他特殊用途的专用数控机床等,凡是采用了数控技术进行控制的机床统称 NC 机床。

带有自动刀具交换装置(Automatic Tool Changer, ATC)的数控机床(带有回转刀架的数控车床除外)称为加工中心(Machine Center, MC)。它通过刀具的自动交换,只需一次装夹即可以完成多工序的加工,实现了工序的集中和工艺的复合,从而缩短了辅助加工时

间,提高了机床的效率;减少了零件安装、定位次数,提高了加工精度。目前加工中心是数控机床中产量最大、应用最广的数控机床。

在加工中心的基础上,通过增加多工作台(托盘)自动交换装置(Auto Pallet Changer, APC)以及其他相关装置,组成的加工单元称为柔性加工单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)。FMC 不仅实现了工序的集中和工艺的复合,而且通过工作台(托盘)的自动交换和较完善的自动检测、监控功能,可以进行一定时间的无人化加工,从而进一步提高了设备的加工效率。FMC 既是柔性制造系统的基础,又可以作为独立的自动化加工设备使用,因此其发展速度较快。

在 FMC 和加工中心的基础上,通过增加物流系统、工业机器人以及相关设备,并由中央控制系统进行集中、统一控制和管理,这样的制造系统称为柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)。FMS 不仅可以进行长时间的无人化加工,而且可以实现多品种零件的全部加工或部件装配,实现了车间制造过程的自动化,它是一种高度自动化的先进制造系统。

随着科学技术的发展,为了适应市场需求多变的形势,对现代制造业来说,不仅需要发展车间制造过程的自动化,而且要实现从市场预测、生产决策、产品设计、产品制造直到产品销售的全面自动化。将这些要求综合,构成的完整的生产制造系统,称为计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)。CIMS 将一个工厂的生产、经营活动进行了有机的集成,实现了更高效益、更高柔性的智能化生产,是当今自动化制造技术发展的最高阶段。

1.2 数控机床的工作原理

数控机床的数字控制功能是由数控系统完成的。数控装置接受零件图纸加工要求的信息,进行插补运算,实时地向各坐标轴发出速度控制指令。伺服驱动装置快速响应数控装置发出的指令,驱动机床各坐标轴运动,同时提供足够的功率和扭矩。检测装置将坐标轴的实际位置检测出来,反馈给数控装置中的比较器,然后与指令位置进行比较,实现偏差控制。可编程控制器 PLC,在数控机床中一般用来对一些逻辑开关量进行控制,如主轴的启停、刀具更换、冷却液开关等。

1.3 数控机床的主要组成及常用的辅助装置

了解数控机床及数控系统的构成对日后机床地使用和维修来说是非常必要地。就好比一名赛车手需要了解赛车的停止、刹车系统以及内燃机系统是如何工作的,以便能熟练驾驶。

下面简明扼要地介绍数控机床的几个主要组成部分。通常机床结构以及附件图在随机资料中均有提供,读者如果需要对各个部分作进一步的了解,可参阅相关的书籍。

一般来说,数控机床由下列几个部分组成:主机、输入装置、数控系统、伺服系统和位置检测装置、常用辅助装置组成。

1. 主机部分

主机部分是数控机床的主体,功能是完成切削加工的主要任务。对加工中心而言,它包括床身、立柱、主轴、进给机构等机械部件。而对车削中心,则由床身、主轴箱和主轴、进给机构、尾架、刀架等机械部件组成。图 1-1 为床身型数控铣削类机床主机的示意图,图 1-2 为斜床身型数控车床的主机结构图。

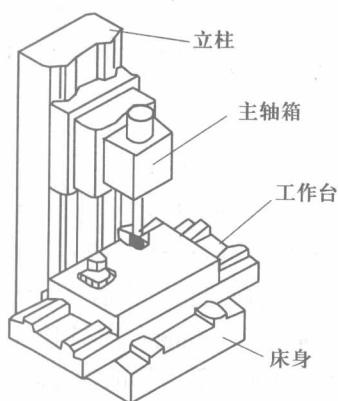


图 1-1 床身型数控铣削类机床主机

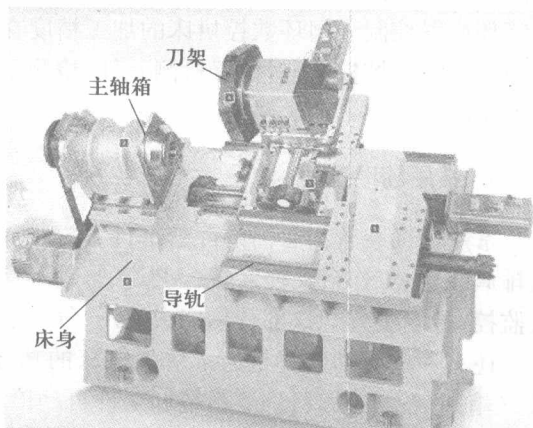


图 1-2 数控车床主机

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体(信息载体)上的数控代码传递并存入数控系统内。输入装置最早使用光电阅读机对穿孔带进行阅读,以后大量使用磁记录原理的磁带机和软盘驱动器。还有通过数控装置操作面板上的输入键,按工件的程序清单用手工方式直接输入内存储器(MDI 方式)方式直接输入数控系统;对于带 PCMCIA 卡的 CNC 系统,可利用该存储卡传递加工程序(一张卡为 5M ~ 8M);数控加工程序还可由编程计算机用 RS232C 或采用网络通信方式传送到数控系统中。

3. 数控系统

数控系统是机床实现自动加工的核心,是整个数控机床的灵魂所在。它主要由监视器、主控制单元、可编程控制器、各类输入/输出接口等组成。主控制单元主要由 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。

4. 伺服系统和位置检测装置

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,然后通过机械传动装置带动工作台或刀架运动。

位置检测装置是数控机床闭环进给伺服系统的重要组成部分。它的作用是在线实时检测执行部件的直线位移或角位移,并经反馈系统将位移反馈信号发送给数控装置,以构成闭环位置控制。闭环数控机床的加工精度在很大程度上由位置检测系统的精度决定。不同类型的数控机床,对位置检测元件、检测系统的精度要求和被测部件的最高移动速度各不相同。

5. 常用辅助装置

常用辅助装置指必需的配套部件,如液压或启动装置、自动换刀装置(刀架、ATC)、自动排屑装置、工作台交换装置(APC)、自动上下料装置、数控转台及分度头等,还包括刀具及监控、检测装置。这部分能完成液压、气动、换刀、工作台交换、转位、排屑、分度等功能。

还有一些辅助装置是为了增强机床的功能,如测头系统(Probing)、刀具长度自动测量、车削中心上的棒料进给系统和工件自动检测系统等。目前由于市场的细化,这些辅助装置都有了专业的制造厂家,机床制造商可以成套的从这些生产厂家订购,然后与自己的机床配套。

1.4 数控机床常用术语

NC(CNC)、SV、PLC(PC、PMC)与 DNC 是数控设备中最为常用的英文缩写,在实际使用中,在不同的场合具有不同的含义。

1. NC(CNC)

NC 与 CNC 分别是数控(Numerical Control)与计算机数控(Computerized Numerical Control)的常用英文缩写。由于现代数控都采用了计算机控制,因此,可以认为 NC 和 CNC 的含义完全等同。在工程应用上,根据使用场合的不同,NC(CNC)通常有三种不同的含义:在广义上代表一种控制技术——数控技术;在狭义上代表一种控制系统的实体——数控系统;此外,还可以代表一种具体的控制装置——数控装置。

2. SV

SV 是伺服驱动(Servo Drive,简称伺服)的常用英文缩写。按日本 JIS 标准规定的术语,它是“以物体的位置、方向、状态等作为控制量,追踪目标值的任意变化的控制机构”。简言之,它是一种能够自动跟随目标位置等物理量的控制装置。在数控机床上,伺服驱动的作用主要有两个方面:①使坐标轴按照数控装置给定的速度运行;②使坐标轴按照数控装置给定的位置定位。

伺服驱动的控制对象通常是机床坐标轴的位移和速度;执行机构是伺服电动机或步进电动机;对输入指令信号进行控制和功率放大的部分常称为伺服放大器(亦称驱动器、

放大器、伺服单元等),它是伺服驱动的核心。

伺服驱动不仅可以和数控装置配套使用,而且还可以单独作为一个位置(速度)随动系统使用,故也常称为伺服系统。在早期的数控系统上,位置控制部分一般与 CNC 制成一体,伺服驱动只进行速度控制,因此,伺服驱动又常被称为速度控制单元。

3. PLC 与 PMC

PC 是可编程序控制器(Programmable Controller)的英文缩写。随着个人计算机的日益普及,为了避免和个人计算机(亦称 PC)混淆,现在一般都将可编程序控制器称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)或可编程序机床控制器(Programmable Machine Controller, PMC)。因此,在数控机床上,PC、PLC、PMC 具有完全相同的含义。

PLC 具有响应快、性能可靠、使用方便、编程和调试容易等特点,并可直接驱动部分机床电器,因此被广泛用来作为数控设备的辅助控制装置。目前,大多数数控系统都带有内部 PLC,用于处理数控机床的辅助指令,从而大大简化了机床的辅助控制装置。此外,在很多场合,通过 PLC 的轴控制模块、定位模块等特殊功能模块,还可以直接利用 PLC,实现点位控制、直线控制以及简单的轮廓控制,组成数控专用机床或数控生产线。

4. DNC

DNC 是 Direct Numerical Control 或 Distributed Numerical Control 的缩写,意为直接数字控制或分布数字控制。DNC 最早的含义是直接数字控制,指的是将若干台数控设备直接连接在一台中央计算机上,由中央计算机负责 NC 程序的管理和传送。后来随着科学技术的进步,数控系统由 NC 发展为 CNC,每一台数控机床由一台计算机(CNC 系统)来控制,所以过去的 DNC 概念已失去意义。

现在的 CNC 系统功能已非常完善,一般都支持 RS-232C 通信功能,即通过 RS-232 口接收或发送加工程序,有很多 CNC 系统可实现一边接收 NC 程序一边进行切削加工,这就是所谓的 DNC(Direct Numerical Control),但不是所有的 CNC 系统都支持这一功能,有一些系统只是先将接收的加工程序存储在系统内存(Memory)里,而不能同时进行切削加工,这种传输形式一般叫块(Block)传输。

随着数控机床(CNC)技术的不断发展,数控系统的存储容量和计算速度都大为提高,DNC 的含义由简单的直接数字控制发展到分布式数字控制。它不但具有直接数字控制的所有功能,而且具有系统信息收集、系统状态监视以及系统控制等功能。

1994 年颁布的 ISO 2806 对 DNC 定义为“Distributed Numerical Control(分布式数控)”,其含义为在生产管理计算机和多个数控系统之间分配数据的分级系统。

20 世纪 80 年代以后,随着计算机技术、通信技术和 CIMS 技术的发展,DNC 的内涵和功能不断扩大,与以前 DNC 相比已有很大区别,它开始着眼于车间的信息集成,针对车间的生产计划,技术准备,加工操作等基本作业进行集中监控与分散控制,把生产任务通过局域网分配给各个加工单元,并使之信息相互交换。

1.5 数控技术的发展趋势

1. 机床的高速化(High Speed Machining)

随着汽车、航空航天等工业轻合金材料的广泛应用,高速加工已成为制造技术的重要发展趋势。高速加工具有缩短加工时间、提高加工精度和表面质量等优点,在模具制造等领域的应用也日益广泛。机床的高速化需要新的数控系统、高速电主轴和高速伺服进给驱动,以及机床结构的优化和轻量化。高速加工不仅是设备本身,而是机床、刀具、刀柄、夹具和数控编程技术,以及人员素质的集成。高速化的最终目的是高效化,机床仅是实现高效的关键之一。

2. 机床的精密化(High Precision Machining)

按照加工精度,机床可分为普通机床、精密机床和超精机床,加工精度大约每 8 年提高一倍。数控机床的定位精度即将告别微米时代而进入亚微米时代,超精密数控机床正在向纳米进军。在未来 10 年,精密化与高速化、智能化和微型化汇合而成新一代机床。机床的精密化不仅是汽车、电子、医疗器械等工业的迫切需求,还直接关系到航空航天、导弹卫星、新型武器等国防工业的现代化。

3. 从工序复合到完整加工(Multi-operation and Complete Machining)

20 世纪 70 年代出现的加工中心开多工序集成之先河,现已发展到“完整加工”,即在一台机床上完成复杂零件的全部加工工序。完整加工通过工艺过程集成,一次装卡就把一个零件加工过程全部完成。由于减少装卡次数,提高了加工精度,易于保证过程的高可靠性和实现零缺陷生产。此外,完整加工缩短了加工过程链和辅助时间,减少了机床台数,简化了物料流,提高了生产设备的柔性,生产总占地面积小,使投资更加有效。

4. 机床的信息化(e-Tower for Autonomous Management)

机床信息化的典型案例是 Mazak 410H,如图 1-3 所示,该机床配备有信息塔,实现了工作地的自主管理。信息塔具有语音、文本和视像等通信功能。与生产计划调度系统联网,下载工作指令和加工程序。工件试切时,可在屏幕上观察加工过程。信息塔实时反映机床工作状态和加工进度,并可以通过手机查询。信息塔同时进行工作地数据统计分析和刀具寿命管理,以及故障报警显示、在线帮助排除。机床操作权限需经指纹确认。

5. 机床的智能化—测量、监控和补偿(Online Measurement, Monitoring and Compensation)

机床智能化包括在线测量、监控和补偿。数控机床的位置检测及其闭环控制就是简单的应用案例。为了进一步提高加工精度,机床的圆周运动精度和刀头点的空间位置,可以通过球杆仪和激光测量后,输入数控系统加以补偿。未来的数控机床将会配备各种微型传感器,以监控切削力、振动、热变形等所产生的误差,并自动加以补偿或调整机床工作

状态,以提高机床的工作精度和稳定性。

6. 机床的微型化(Micro-machine and Micro-factory)

随着纳米技术和微机电系统的迅速进展,开发加工微型零件的机床已经提到日程上来了。微型机床同时具有高速和精密的特点,最小的微型机床可以放在掌心之中,一个微型工厂可以放在手提箱中。操作者通过手柄和监视屏幕控制整个工厂的运作。

7. 新的并联机构原理(Parallel Kinematics Machine)

传统机床是按笛卡儿坐标将沿3个坐标轴线的移动 X 、 Y 、 Z 和绕3个坐标轴线转动 A 、 B 、 C 依次串联叠加,形成所需的刀具运动轨迹。如图1-4所示,并联运动机床是采用各种类型的杆机构在空间移转主轴部件,形成所需的刀具运动轨迹。并联运动机床具有结构简单紧凑、刚度高、动态性能好等一系列优点,应用前景广阔。

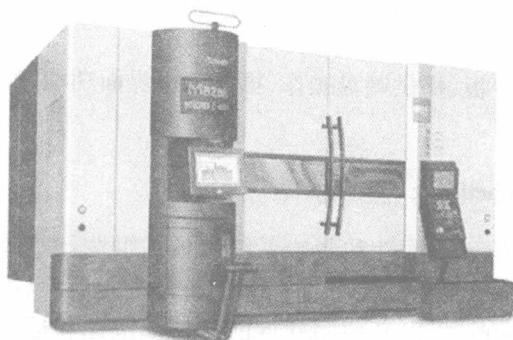


图1-3 日本马扎克公司的 Mazak 410H

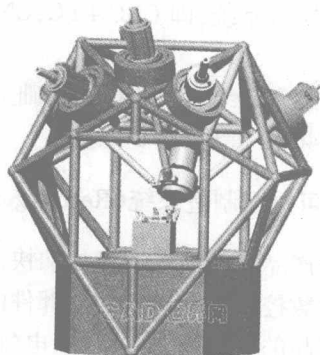


图1-4 并联机床结构图

8. 新的工艺过程(New Fabrication Processes)

除了金属切削和锻压成形外,新的加工工艺方法和过程层出不穷,机床的概念正在变化。激光加工领域日益扩大,除激光切割、激光焊接外,激光孔加工、激光三维加工、激光热处理、激光直接金属制造等应用日益广泛。电加工、超声波加工、叠层铣削、快速成型技术、三维打印技术各显神通。

9. 新结构和新材料(New Contractions and Materials)

机床高速化和精密化要求机床的结构简化和轻量化,以减少机床部件运动惯量对加工精度的负面影响,大幅度提高机床的动态性能。例如,借助有限元分析对机床构件进行拓扑优化,设计“箱中箱”结构,以及采用空心焊接结构,铝合金材料已经开始从实验室走向实用。

10. 新的设计方法和手段(New Design Methodology)

机床设计和开发手段已经从二维CAD转向三维CAD。三维建模和仿真是现代设计的基础,是企业技术优势的源泉。在此三维设计基础上进行CAD/CAM/CAE/PDM的集成,可以加快新产品的开发速度,保证新产品的顺利投产,并逐步实现产品生命周期管理。

11. 直接驱动技术(Direct Drive Technology)

数控机床中,电动机和机床部件是借助耦合元件,如皮带、齿轮和联轴节等加以连接,实现部件所需的移动或旋转,“机”和“电”是分家的。直接驱动技术是将电动机与机械部件集成于一体,成为机电一体化的功能部件,如直线电动机、电主轴、电滚珠丝杆和力矩电动机等。直接驱动技术简化了机床结构,提高了机床的刚度和动态性能,运动速度和加工精度。

12. 开放式数控系统(Open CNC Controller)

数控系统的开放是大势所趋。目前开放式数控系统有三种形式:

(1) 全开放系统,即基于微机的数控系统,以微机作为平台,采用实时操作系统,开发数控系统的各种功能,通过伺服卡传送数据,控制坐标轴电动机的运动。

(2) 嵌入系统,即 CNC + PC, CNC 控制坐标轴电动机的运动, PC 作为人机界面和网络通信。

(3) 融合系统,在 CNC 的基础上增加 PC 主板,提供键盘操作,提高人机界面功能,如 Siemens 840Di 和 Fanuc 210i。

13. 可重组制造系统(Reconfigurable Manufacturing System)

随着产品更新换代速度的加快,专用机床的可重构性和制造系统的可重组性日益重要。通过数控加工单元和功能部件的模块化,可以对制造系统进行快速重组和配置,以适应变型产品的生产需要。机械、电气和电子、液和气、以及控制软件的接口规范化和标准化是实现可重组性的关键。

14. 虚拟机床和虚拟制造(Virtual Machine Tool and Virtual Manufacturing)

为了加快新机床的开发速度和质量,在设计阶段借助虚拟现实技术,可以在机床还没有制造出来以前,就能够评价机床设计的正确性和使用性能,在早期发现设计过程的各种失误,减少损失,提高新机床开发的质量。

思考题

1. 简述数控机床的组成结构及各部分的作用。
2. 说明 NC、SV、PLC、DNC 的含义。

第2章 数控机床电气控制

【主要内容】

1. 介绍数控机床电气控制系统整体结构；
2. 阐述了数控机床 NC 控制部分,位置环、速度环、电流环的构成及相互关系；
3. 介绍了伺服系统中位置增益的概念；
4. 介绍系统参数、PLC 在数控机床中的作用；
5. 阐述数控电气控制的安全互锁环节和基本控制环节。

【学习目标】

1. 掌握数控坐标轴的控制原理；
2. 熟悉常见的安全互锁环节；
3. 掌握常见控制环节的工作原理及流程；
4. 掌握回参考点的方法以及对应的控制信号。

2.1 数控机床电气控制概述

1. 数控机床的控制任务

数控机床有三大控制任务：

(1) 坐标轴运动的控制。坐标轴运动的控制,就是对机床的进给控制。这是数控机床区别于普通机床最根本的地方,即用电气驱动替代了机械驱动,数控机床的进给运动是由进给伺服系统完成的。

(2) 主轴运动的控制。主轴运动主要完成切削任务,其动力约占整台机床动力的70%~80%。主轴运动的基本控制包括主轴的无级调速、正反转、停止和自动换挡变速；对加工中心和某些数控车床还包括定向控制和C轴控制。

(3) 辅助装置的控制。除了对进给运动的轨迹进行连续控制外,还要对机床的各种开关状态进行控制,这些状态包括主轴的正、反转和停止,主轴的变速控制,冷却和润滑装置的启动和停止,刀具自动更换,工件夹紧和松开及分度工作台转位等。该部分控制任务的多少体现机床自动化程度的高低。

2. 数控机床控制系统的组成

数控机床控制系统是指能完成上述三大任务的各控制子系统的总称,包括数据输入/输出装置、计算机数控(CNC)系统、进给伺服驱动系统以及检测装置、主轴伺服驱动系统、可编程逻辑控制器(PLC)、机床的电器硬件电路等,如图2-1所示。

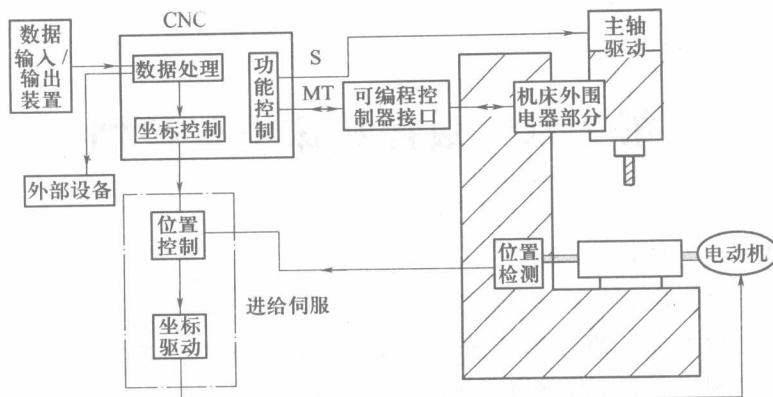


图 2-1 数控机床控制系统的组成示意图

1) 数据的输入/输出装置

数据输入装置是将指令信息和各种应用数据输入数控系统的装置。

早期常见的纸带阅读机/纸带穿孔机,目前已经很少使用。现代数控系统常用的数据输入/输出装置有:操作面板、软驱、Flash 卡、USB 接口以及通信装置。

2) 计算机数控系统

数控系统是数控机床的核心,好比人的大脑中枢。数控系统将从输入装置接收到的全部功能指令进行解码、运算,然后有序地发出各种运动指令和各种机床功能的控制指令,以控制相应的执行机构,直至运动和功能结束。

数控系统是以微处理器为核心,用总线连接有关部件,带有集成(或独立)的 PLC 装置,通过驱动、伺服位置检测等环节对机床实现加工过程的控制。

目前世界上的数控系统种类繁多,形式各异,组成结构各有特点。然而无论哪种系统,它们的基本原理和构成都十分相似。

3) 可编程逻辑控制器

可编程逻辑控制器是机床各项功能的逻辑控制中心。它将来自 CNC 的各种运动及功能指令进行逻辑排序,使它们能够准确地、协调有序安全地运行,同时将来自机床的各种信息及工作状态传送给 CNC,使 CNC 能及时准确地发出进一步的控制指令,如此实现对整个机床的控制。

当代 PLC 多集成于数控系统中,这主要是指控制软件的集成化,而 PLC 硬件则在规模较大的系统中往往采取分布式结构。PLC 与 CNC 的集成是采取软件接口实现的,一般系统都是将二者间各种通信信息分别指定其固定的存放地址,由系统对所有地址的信息状态进行实时监控,根据各接口信号的现时状态加以分析判断,据此做出进一步的控制命令,完成对运动或功能的控制。

不同厂商的 PLC 有不同的 PLC 语言和不同的语言表达形式,因此,熟悉某一机床 PLC 程序的前提是先熟悉该机床的 PLC 语言。

4) 主轴驱动系统

主轴驱动系统接受来自 CNC 的驱动指令,经调节速度与转矩(功率)输出信号驱动主电动机转动,同时接受电动机的速度反馈信号,实施对速度的闭环控制。它还通过 PLC