

现代工程训练与工程应用



数控机床安装调试与维修

武桂香 主编



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

现代工程训练与工程应用

数控机床安装调试与维修

武桂香 主 编
赵亚楠 孙赫雄 副主编

哈尔滨工业大学出版社

内容简介

本书以数控机床故障诊断维修机理为基础,介绍了数控机床安装调试及验收,重点介绍了以 FANUC 和 SIEMENS 系统为实例的数控机床故障诊断方法。本书共 8 章,第 1 章为数控机床概述;第 2—4 章分别讲述了数控机床安装调试与验收、维护与维修管理、故障诊断与维修基础等内容;第 5 章讲述了数控机床的机械故障诊断;第 6—8 章分别讲述了数控机床的数控系统、伺服系统以及 PLC 的故障诊断等内容。其中第 1、8 章由赵亚楠编写,第 2、7 章由孙赫雄编写,第 3—6 章由武桂香编写。本书结合大量故障诊断实例,介绍了数控机床故障诊断与维修的新知识、新技术、新工艺和新方法。

本书可作为数控机床维修与调试技师的培训教材,也可供高职高专机电一体化专业、数控机床维修专业的学生和从事数控机床维修的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床安装调试与维修/武桂香主编.—哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2008.3

ISBN 978 - 7 - 5603 - 2659 - 7

I.数… II.武… III.①数控机床-安装②数控机床-调试③数控机床-维修 IV.TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 016906 号

责任编辑 孙杰

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传真 0451 - 86414749

网址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 11 字数 254 千字

版次 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978 - 7 - 5603 - 2659 - 7

印数 1~3 000 册

定价 19.80 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

《现代工程训练与工程应用》编委会

主 任 邢忠文(哈尔滨工业大学)

副主任 张学仁(哈尔滨工业大学)

张 庆(燕山大学)

任正义(哈尔滨工程大学)

徐国义(哈尔滨理工大学)

委 员 杜丽娟 韩秀琴 陈洪勋 崔云起

王 军 高殿荣 王 冬 崔 海

舒 庆 徐小村 吴砚聪

前 言

我国机电类专业的课程设置近几年虽有所改进,但教学内容仍较陈旧。高校学生所学到的知识技能与企业的要求尚存在差距。因此,各高校都加大了对工程训练中心的投入,扩大了培训范围,希望通过对学生应用技能的前期培训,缩短其走向工作岗位的适应期,并减少企业的培训费用。

目前设立工程训练中心的高校有清华大学、北京大学、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、哈尔滨理工大学、燕山大学、山东大学、西安交通大学、北京航空航天大学、北京理工大学等近百所高校。为此哈尔滨工业大学出版社与哈尔滨工业大学工程训练中心、燕山大学机械工程学院共同探讨,联合哈尔滨工程大学、哈尔滨理工大学等几所高校出版这套面向广大学生实习、技师培训、人才培养的《现代工程训练与工程应用》系列图书。

随着科学技术飞速发展和经济竞争的日趋激烈,机械产品的更新速度越来越快,复杂形状的零件越来越多,精度要求也越来越高,产品研制周期越来越短,传统的加工设备和制造方法难以适应这种变化。因此,数控加工技术得到越来越广泛的应用,并成为体现国家综合国力水平,衡量国家制造业现代化程度的核心标志之一。我国是一个制造业大国,对数控加工领域的人才需求量更是不断增加,培养高素质的数控加工技术领域的人才迫在眉睫。

本书以数控机床故障诊断维修机理为基础,介绍了数控机床安装调试及验收,重点介绍了以 FANUC 和 SIEMENS 系统为实例的数控机床故障诊断方法。本书共 8 章,第 1 章为数控机床概述;第 2—4 章分别讲述了数控机床安装调试与验收、维护与维修管理、故障诊断与维修基础等内容;第 5 章讲述了数控机床的机械故障诊断;第 6—8 章分别讲述了数控机床的数控系统、伺服系统以及 PLC 的故障诊断等内容。其中第 1、8 章由赵亚楠编写,第 2、7 章由孙赫雄编写,第 3—6 章由武桂香编写。本书结合大量故障诊断实例,介绍了数控机床故障诊断与维修的新知识、新技术、新工艺和新方法。

本书可作为数控机床维修与调试技师的培训教材,也可供高职高专机电一体化专业、数控机床维修专业的学生和从事数控机床维修的工程技术人员参考。

本书在编写过程中参考了一些国内外的同类书籍,在此特向有关作者表示感谢。由于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,不当之处敬请读者批评指正。

编 者
2008 年 1 月

目 录

第 1 章 数控机床概述	(1)
1.1 数控机床的加工原理及组成	(1)
1.2 数控机床的分类	(4)
1.3 数控机床的发展趋势	(7)
思考题	(10)
第 2 章 数控机床的安装调试与验收	(11)
2.1 数控机床的安装与调试	(11)
2.2 数控机床的验收	(16)
思考题	(20)
第 3 章 数控机床的维护与维修管理	(21)
3.1 数控机床的维护	(21)
3.2 数控机床的维修管理	(30)
思考题	(33)
第 4 章 数控机床的故障诊断与维修基础	(34)
4.1 数控机床故障诊断的基本要求	(34)
4.2 数控机床故障诊断的分类	(39)
4.3 数控机床故障诊断的基本原则和维修的基本步骤	(41)
4.4 数控机床故障诊断的基本方法	(45)
思考题	(48)
第 5 章 数控机床的机械故障诊断	(49)
5.1 数控机床的机械故障诊断方法	(49)
5.2 常用机械部件的维护与诊断	(52)
5.3 数控机床的机械故障诊断实例	(70)
思考题	(78)
第 6 章 数控系统的故障诊断	(79)
6.1 常用数控系统简介	(79)
6.2 数控系统的软件故障	(84)
6.3 数控系统的硬件故障	(91)
6.4 数控系统的故障诊断实例	(100)
思考题	(106)

第 7 章 数控机床的伺服系统故障诊断	(107)
7.1 主轴伺服驱动系统故障诊断	(107)
7.2 进给伺服系统故障诊断	(117)
7.3 数控机床的伺服系统故障诊断实例	(131)
思考题	(138)
第 8 章 数控机床的 PLC 故障诊断	(139)
8.1 PLC 在数控机床中的应用	(139)
8.2 数控机床系统 PLC 画面及具体操作	(144)
8.3 PLC 故障的表现形式及诊断	(149)
8.4 数控机床的 PLC 故障诊断实例	(151)
思考题	(162)
附 录	(163)
附录 A FANUC - 0i 系统程序错误报警表	(163)
附录 B PLC 指令集	(165)
参考文献	(170)

第 1 章 数控机床概述

1.1 数控机床的加工原理及组成

数控技术简称数控,即数字控制(Numerical Control,简称 NC),是利用数字化的信息对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法。由于现代数控技术采用以计算机为核心的数控系统对机械运动及加工过程进行控制,因此,称其为软件数控,即计算机数控(Computerized Numerical Control,简称为 CNC)。

为了对机床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。用来实现数控化信息控制的硬件和软件称为数控系统(Numerical Controller 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。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。

数控机床种类很多,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控制的机床统称为数控机床。

带有自动换刀装置(Automatic Tool Changer,简称 ATC)的数控机床(具有回转刀架的数控车床除外)称为加工中心(Machine Center,简称 MC)。加工中心通过刀具的自动交换,工件经一次装夹后便可完成多工序的加工,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。同时,它减少了工件安装、定位次数,从而提高了机床的加工精度。加工中心是目前应用最广泛的数控机床。

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,简称 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,简称 FMC)。它不仅实现了工序的集中和工艺的复合,而且因工作台(托盘)的自动交换和较完善的自动监测、监控功能而使其可以在一定时间内实现无人化加工,从而进一步提高了设备的加工效率。它既是柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,简称 FMS)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。

在柔性加工单元和加工中心的基础上,通过增加物流系统、工业机器人以及其他相关设备,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(FMS)。柔性制造系统不仅可以实现较长时间的无人化加工,而且可以实现多品种零件的加工和部件装配,实现车间制造过程的自动化。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,简称 CIMS)。它将一个周期更长的生产、经营活动进行了有机的集成,实现了高效益、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。在计算机集成制造系统中,不仅是生产设备的集成,更主要的是以信息为特征的技术集成和功能集成。计算机是集成的工具,以计算机为核心的自动化单元技术是集成的基础,信息和数据的交换及共享是集成的桥梁,最终形成的产品可以看成是信息和数据的物质体现。

1. 数控机床的加工原理

用数控机床加工零件时,首先应编制零件的加工程序作为数控机床的操作指令。将加工程序送到数控装置,由数控装置控制机床主动动的变速、起停,进给运动的方向、速度和位移量,以及其他(如刀具选择交换、工件的夹紧与松开、冷却和润滑的开关等)动作,使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数有条不紊地工作,从而加工出符合要求的零件。

①程序编制。程序编制是将零件的加工工艺、工艺参数、刀具位移量及位移方向和有关辅助操作,按指令代码及程序格式编制加工程序单。然后,将加工程序单以代码形式记录在信息载体上。程序编制可以是手工编制,也可以是自动编制。对于自动编程,目前已较多地采用了计算机 CAD/CAM 图形交互式自动编程,通过计算机有关处理后,自动生成的数控程序,可通过接口直接输入数控系统内。

②数控代码与译码。数控代码是用来表示数控系统中的符号、字母和数字的专用代码,并组成数控指令。对数控代码进行识别,并翻译成数控系统,能用于运算控制的信号形式称为译码。在计算机数控中,译码之前,先将零件程序存放在缓冲器里。译码时,译码程序依次将一个字符和相应的数码与缓冲器中零件程序进行比较。若两者相等,说明输入了该字符。译码程序是串行工作的,它有较强的译码速度。

③刀具轨迹计算。刀具轨迹计算是根据输入译码后的数据段参数,进行刀具补偿计算、绝对值与相对值的换算等,把零件程序提供的工件轮廓信息转换为系统认定的轨迹。

④插补运算。插补运算是根据刀具中心点沿各坐标轴移动的指令信息,以适当的函数关系进行各坐标轴脉冲分配的计算。只有通过插补运算,使两个或两个以上坐标轴协调的工作,才能合成所需要的目标位置的几何轨迹,或加工出需要的零件形状。

2. 数控机床的基本组成

为了了解数控机床的基本组成,首先分析数控机床的加工过程。在数控机床上,为了进行零件加工,可通过如下步骤进行。

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;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。

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,则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。

④将输入或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,完成零件加工过程。

由此可知,数控机床的基本组成应包括输入/输出装置、数控装置、伺服驱动装置、位置检测及反馈装置、辅助控制装置及机床本体等。其组成框图见图 1.1。

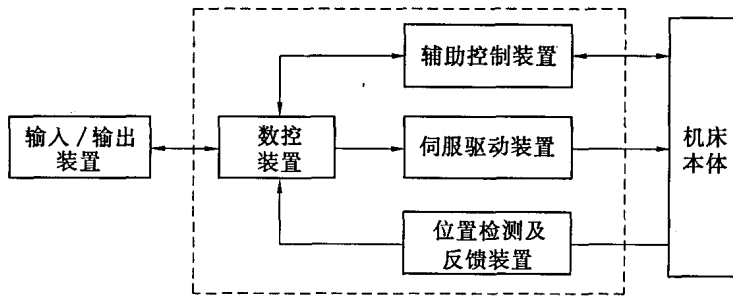


图 1.1 数控机床的组成框图

数控机床最基本组成部分的作用如下。

①输入/输出装置。输入/输出装置的作用是将数控加工或运动控制程序、加工与控制数据、机床参数、刀补值、间补值以及坐标轴位置、检测开关的状态等数据输入到机床数控装置。数控机床的输入设备主要有键盘、光电阅读器、磁盘及磁带接口、通信接口等。输出设备主要是将工件加工过程和机床运行状态等打印或显示输出,以便于工作人员操作。一般的数控机床输出设备主要有 CRT 显示器、LED 显示器、LCD 显示器以及各种信号指示灯、报警蜂鸣器等。RS-232 接口是一种标准串行的输入、输出接口。可实现工件加工程序的打印、数控机床之间或机床与计算机之间的数控通信等。

②数控装置,即 CNC 系统。数控装置是所有数控设备的核心,它的主要控制对象是坐标轴的位移(包括移动速度、方向、位置等)、角度、速度等机械量以及温度、压力、流量等物理量。其控制信息主要来自于数控加工或运动控制程序。它主要由监视器、主控制系统、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。

数控装置的控制方式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,它协调机床加工过程中各个动作要求,对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伺服驱动装置。它是数控系统和机床本体之间的电气联系环节,主要由伺服电动机、驱动控制系统等组成。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。数控装置发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令,再经过驱动控制系统的功率放大后,驱动电动机运转,通过机械传动装置拖动工作台或刀架运动。

④位置检测及反馈装置。在数控机床中,检测装置的作用主要是对机床的转速及进给实际位置进行检测并反馈回数控装置,进行补偿处理。反馈装置是闭环(半闭环)数控机床的检测环节,其作用是将检测到的数控机床坐标轴的实际位置和移动速度反馈到数控装置或伺服驱动中,构成闭环调节系统。运动部分通过传感器,将角位移或直线位移转换成电信号输送给数控装置,与给定位置进行比较,并由数控装置通过计算,继续向伺服

机构发出运动指令,对产生的误差进行补偿,使工作台精确地移动到要求的位置。检测装置的安装、检测信号反馈的位置,决定于数控装置的结构形式,伺服电动机内装式脉冲编码器、测速机以及直线光栅都是 NC 机床常用的检测器件。

⑤辅助控制装置。辅助装置的主要作用是根据数控装置输出主轴的转速、转向和启停指令;刀具的选择和交换指令;冷却、润滑装置的启停指令;工件和机床部件的松开、夹紧工作台转位等辅助指令所提供的信号,以及机床上检测开关的状态等信号,经过必要的编译和逻辑运算,以放大后驱动相应的执行元件,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。它通常由 PLC 和强电控制回路构成,PLC 在结构上可以与 CNC 一体化(内置式的 PLC),也可以相对独立(外置式的 PLC)。

⑥机床本体。类似于普通机床的机械部件,包括主运动部件、进给运动执行部件(如工作台、拖板及其传动部件)以及床身立柱等支撑部件。此外,还有冷却、润滑、转位和夹紧等辅助装置、液压与气压传动装置。对于加工中心类的数控机床,还包括刀库、交换刀具的机械手等部件。但其相对普通机床具有更高的精度、刚度、抗振性能,其传动与变速系统更便于自动化控制。

随着数控技术的发展和机床性能水平的提高,用户对数控装置功能的要求也在不断提高,为了满足不同机床的多种控制要求,保证数控装置的完整性和统一性,并方便用户使用,常用较先进的数控装置,一般都带有内部可编程控制器作为机床的辅助控制装置。此外,在金属切削机床上,主轴驱动装置也可以成为数控装置的一个部分;在闭环数控机床上测量、检测装置也是数控装置必不可少的。先进的数控装置采用了计算机作为数控装置的人机界面和数据的管理、输入/输出设备,从而使数控装置的功能更强、性能更完善。

1.2 数控机床的分类

数控机床经过几十年的发展,其种类越来越多,结构和功能也各具特色。数千种数控机床如何分类,目前还无统一规定。我们从应用角度出发,可以分为以下类别。

1. 按加工方式和工艺用途分类

与普通机床分类方法相似,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,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、等离子弧切割、火焰切割、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。

2. 按加工路线分类

数控机床按其刀具相对于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。

①点位控制。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。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。

②直线控制。直线控制方式就是刀具与工件相对运动时,除控制从起点到终点的准确定位外,还要保证平行坐标轴的直线切削运动。刀具在移动过程中进行切削。由于只作平行坐标轴的直线进给运动,因此不能加工复杂的工件轮廓。这种控制方式用于简易数控车床、数控铣床、数控磨床。

③轮廓控制。轮廓控制也称连续控制。它的特点是刀具与工件相对运动时,能对两个或两个以上坐标轴的运动同时进行严格的连续控制,不仅要控制每个坐标的行程位置,还要控制每个坐标的运动速度,这样形成所需的斜线、曲线、曲面,即所谓的“插补运算”。轮廓控制既要保证尺寸的位置,还要保证形状的精度。它可以加工平面曲线轮廓或空间曲面轮廓。采用这类控制方式的数控机床有数控车床、数控铣床、数控磨床、加工中心等。

3. 按可控制联动的坐标轴分类

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,但在加工中能实现坐标平面的变换,用于加工零件沟槽。

②三坐标联动数控机床能同时控制三个坐标轴联动,可用于加工曲面零件。

③两轴半坐标联动数控机床本身有三个坐标能作两个方向的运动,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。数控装置在 XOZ 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多坐标联动能同时控制四个以上坐标轴联动。主要用于加工形状复杂零件。该类机床结构复杂、精度要求高、程序编制复杂。

4. 按伺服系统有无检测装置分类

根据伺服系统有无检测装置可分为开环控制和闭环控制系统。在闭环控制系统中,根据其位置不同又可分为全闭环和半闭环系统两种。

①开环控制数控机床。开环工作过程是从输入介质输入的信息进入数控装置的解码器,然后编辑成计算机能识别的机器码存入存储器,需要时送指令给电机驱动单元,使伺服电机动作,控制工作台移动。在开环控制中,机床没有检测和反馈装置,数控装置发出的信号是单向的。最典型的系统就是采用步进电动机的伺服系统。开环系统由于不能纠正伺服系统的差错,所以这类机床的加工精度不高,多采用功率步进电机。但是这类机床反应迅速、调试方便、性能稳定、维修简单。进给伺服开环控制系统框图如图1.2所示。

②全闭环控制数控机床。全闭环系统中增加了比较电路和反馈装置。当数控装置发出位移指令脉冲,经伺服电动机和机械传动装置使机床工作台移动时,安装在工作台上的检测装置和反馈装置检测机床工作台的位移量并转换为电信号,送入比较电路,使之与正

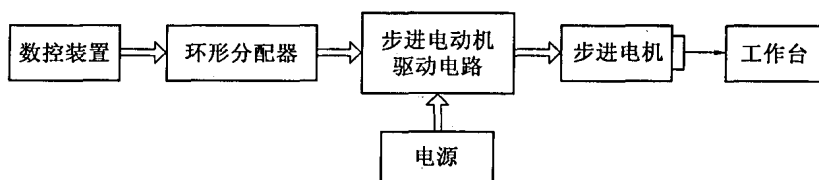


图 1.2 进给伺服开环控制系统框图

确的位置比较。如果出现误差，则发出指令减少误差至零；如果误差较大，数控装置可暂停执行程序中的下一条指令，直到误差被纠正。这类伺服系统因为把机床工作台纳入了位置控制环，故称为全闭环控制系统。这种全闭环控制可以消除包括工作台传动链在内的伺服机构中出现的误差，从而提高机构精度。但由于这类系统受进给丝杠的拉压刚度、扭转刚度、摩擦阻尼特性和间隙等非线性因素的影响，给调试和维修带来很大困难，而且系统复杂、成本高，稳定性是其主要问题。进给伺服全闭环控制系统框图如图 1.3 所示。

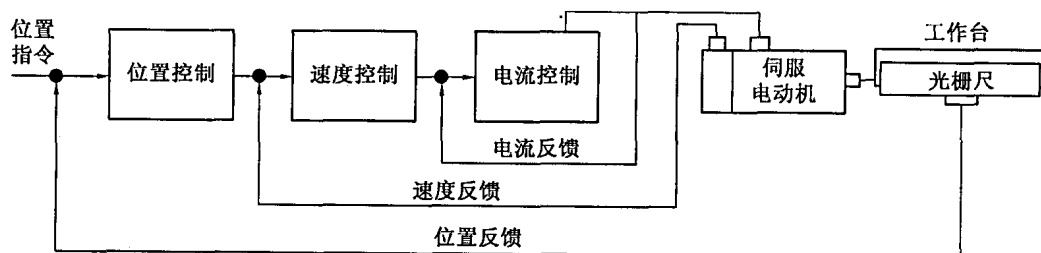


图 1.3 进给伺服全闭环控制系统框图

③半闭环控制数控机床。半闭环控制方式对工作台的实际位置不进行检查，而是通过与伺服电机相关联的测量元件(如测速发电机和光电编码盘等)间接测出伺服电机的转角，推算出运动部件的实际位移量，用此值与指令值进行比较，用差值实现控制。运动部件没有完全包括在控制回路内，因此称为半闭环控制系统。因为这种系统未将丝杠螺母副、齿轮传动副等传动机构包含在闭环反馈系统中，所以半闭环系统不能补偿由丝杠等传动装置带来的误差。半闭环系统的控制精度没有全闭环系统高，调试却相对方便，因此在标准型数控机床得到广泛应用。进给伺服半闭环控制系统框图如图 1.4 所示。

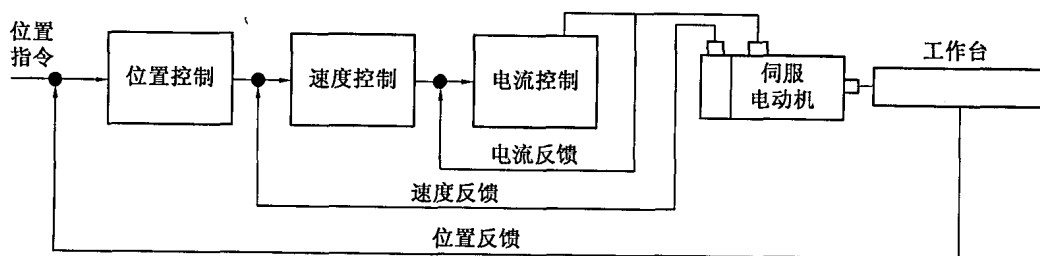


图 1.4 进给伺服半闭环控制系统框图

1.3 数控机床的发展趋势

目前,世界各工业发达国家都把机械加工设备的数控化率作为衡量一个国家工业化水平的重要标志,因此,竞相发展数控技术。许多国家通过制定特殊的产业政策,从产业组织结构、设备折旧制度、技术攻关和人才培养等方面引导数控技术的发展。近年来,数控机床的发展特点表现在以下几方面。

1. 数控系统的新发展

数控系统是数控机床的核心装置,是区别于传统机床的标志。数控系统采用位数和频率更高的微处理器,如用 64 位的 CPU,以提高系统的基本运算速度。为适应现代制造业的发展要求,人们提出了新一代数控系统——开放式 CNC 系统。开放式 CNC 系统就是要求能够在普及型个人计算机的操作系统上轻松地使用系统所配置的软件模块和硬件运行控制插件卡。机床制造商和用户能够方便地进行软件开发,能够追加功能和实现功能的个性化。从使用角度看,新型的数控系统应能运用各种计算机软硬件平台,并提供统一风格的用户交互环境,以便于用户的操作、维护和更新换代。

①开发更具通用性、适应性和可扩展性的 SOFT 型开放式数控系统。开放式数控系统就是开发的数控系统基于统一的运行平台,面向机床厂家和最终用户。通过改变、增加或剪裁结构对象(数控功能),形成系列化,并方便地将用户的特殊应用和技术诀窍集成到控制系统中,快速实现不同品种、不同档次的开放式数控系统,形成具有鲜明个性的名牌产品。

这种开放体系结构的数控系统能提供给用户最大的选择和灵活性,它的 CNC 软件全部装在计算机中,而硬件部分仅是计算机与伺服驱动和外部 I/O 之间的标准化通用接口。就像计算机中可以安装各种品牌的声卡和相应的驱动程序一样。用户可以在 Windows NT 平台上,利用开放的 CNC 内核,开发所需的各种功能。

国内外在这方面作了大量的研究,如美国的 NGC(The Next Generation Work - Station/Machine Control)、欧共体的 OSACA(Open System Architecture for Control within Automation Systems)、中国的 ONC(Open Numerical Control System)等。典型产品有美国 MDSI 公司的 Open CNC、德国 Power Automation 公司的 PA8000 NT 等。近年来,我国相继开发出了如华中 I 型、航天 I 型、中华 I 型和蓝天 I 型等数控系统。华中 I 型是以通用工业微机为硬件平台的模块化开放式体系结构,达到了国际先进水平。开放式数控系统软硬件平台已在 DOS、Linux 操作系统平台开发成功,开发出了车床、铣床、加工中心、仿形、轧辊磨、镗床、激光加工、玻璃机械、纺织机械和医疗机械等 30 多个数控系统应用品种。

目前开放式数控系统的体系结构规范、通信规范、配置规范、运行平台、数控系统功能库及数控系统功能软件开发工具等是当前研究的核心。

②数控系统的智能化、网络化发展趋势。21 世纪的数控装备将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便的智能化,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

编程和操作方面的智能化,如智能化的自动编程、智能化的人机界面等;还有智能诊断、智能监控方面的内容、方便的系统诊断及维修等。

数控机床的通信功能的增强促进了数控设备的网络化发展。现代数控机床很多都具备串口 RS232 接口通信、RS485 并口或者 DNC 数控接口等,丰富的接口功能促进了机床的网络化发展也使得信息资源共享,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。国内外的著名数控机床和数控系统制造公司都在近两年推出了相关的新概念和样机,如日本山崎马扎克(Mazak)公司展出的 Cyber Production Center(智能生产控制中心,简称 CPC)、德国西门子(Siemens)公司展出的 Open Manufacturing Environment(开放制造环境,简称 OME)等,反映了数控机床加工向网络化方向发展的趋势。

数控系统的网络化也进一步促进了柔性自动化制造技术的发展,现代柔性制造系统从点(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。柔性自动化技术以易于联网和集成为目标,同时注重加强单元技术的开拓、完善,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,实现中央集中控制的群控加工。

③数控系统向高速度、高精度、复合化方向发展。数控机床是综合了计算机、微电子、传感器检测、液压、模糊控制和神经网络等多学科技术的机电液一体化的设备。速度与精度是其两个重要的技术指标,它们直接关系到产品的加工效率和质量问题。高速度化首先是要求计算机数控系统在读入加工指令数据后,能高速度处理并计算出伺服电动机的位移量,并要求伺服电机作出快速反应,这就要求提高数控系统的主 CPU 的运行速度及其他的微处理器的性能。电子技术的发展无疑也促进了数控系统的迅速发展。

此外,要实现生产系统的高速度化,还必须谋求主轴、进给、刀具交换等各种关键部位实现高速化。现代数控机床主轴转速在 12000 r/min 以上的已较为普及,高速加工中心的主轴转速高达 100000 r/min;快速进给速度,一般机床都在每分钟几十米以上,有的机床高达 120 m/min。加工高精度比加工速度更为重要,微米级精度的数控设备正在普及,一些高精度机床的加工精度部达 $0.1 \mu\text{m}$ 。

④提高数控系统的可靠性和可维修性。数控机床系统功能的增加,使系统也变得更加复杂,因此可能影响或降低系统的可靠性。为此许多厂家采取了各种措施以保证数控系统的平均无故障率进一步提高。如 FANUC 16 系统采取了 RISC 指令集运算芯片,避免了在插补运算高速运行中的多 CPU 结构,SIEMENS 808 系统采用了专用集成芯片的可靠性检测和特殊工艺。

提高系统的可靠性,就要提高其硬件质量,如选用高质量的集成电路芯片、印制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;现代数控系统的硬件、软件结构设计越来越趋向于模块化、标准化和通用化,以便数控系统进一步扩展和升级,促进数控技术向深度和广度方面发展;增强故障自诊断、自恢复和保护功能。

为了提高系统的自动化监控及维修性能,许多系统在开发中,都设计有良好效果的刀具监控系统、主轴监控系统,在传感器应用和开发方面下了很大功夫。图 1.5 表示的是当

代加工中心和高水平数控机床应该具备的测量 - 监控系统。此外,在数控系统中,无论在硬件配置和插件板的装卸以及软件中建立的自诊断,都构成了专家系统中心必需的数据库,以降低维修系统的周期和费用,使数控机床更加智能化。

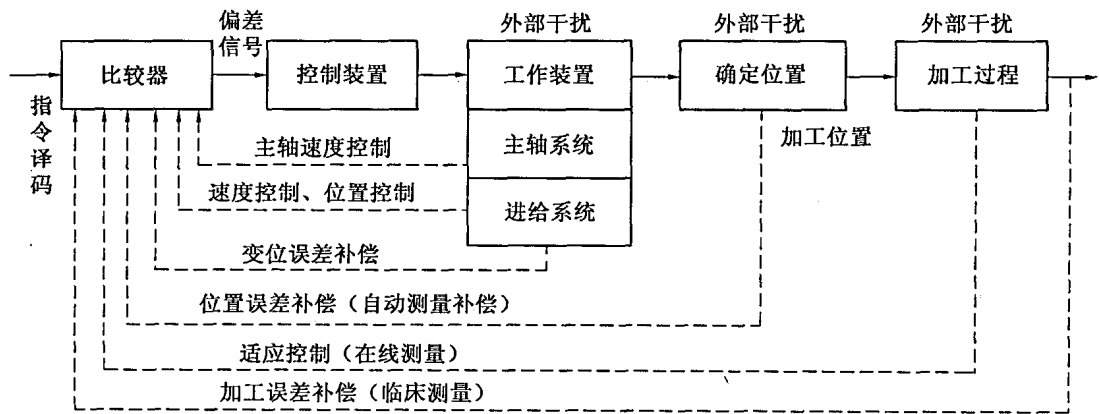


图 1.5 某加工中心的测量 - 监控系统框图

2. 检测装置的新进展

精密测试技术——视觉测试技术被广泛应用于数控机床中。非接触测试技术很多,特别值得一提的是视觉测试技术。现代视觉论和技术的发展,不仅在于模拟人眼所完成的功能,更重要的是它能完成人眼所不能胜任的工作。所以,在电子、光学和计算机等技术不断成熟和完善的基础上,视觉测试技术得到了突飞猛进的发展。在 1999 年 10 月的北京国际机床博览会上,已见到国外利用视觉测试技术研制成功的仪器。

3. 伺服驱动装置大量采用新技术

新一代伺服驱动装置采用的新技术主要有智能化交流伺服驱动装置、无刷直流伺服电机及驱动系统,以及双励磁绕组同步电机及其控制装置。第三种双励磁绕组同步电机的矢量控制调速系统比交流电机的调速系统简单得多,其静、动态特性也优于交流调速系统。

4. 设计与生产的绿色制造化

数控机床的出现体现了现代社会绿色制造的发展要求。绿色制造,又称环境意识制造(Environmentally Conscious Manufacturing)、面向环境的制造(Manufacturing for Environment)等。它是一个综合考虑环境影响和资源效率的现代制造模式,其目标是使产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的整个产品生命周期中,对环境的影响(副作用)最小,资源利用率最高,并使企业经济效益和社会效益协调优化。

数控机床主要从三方面考虑。

①结构设计采用模块化设计,在可能情况下用软件技术代替硬件达到同样的功能。

②实施绿色工艺规划。即通过对工艺路线、工艺方法、工艺装备(机床、刀具、夹具、量具、刀具等)、切削液、切削用量、工艺方案等进行优化决策和规划,从而改善工艺过程及其各个环节的环境友好性,达到对资源的合理利用、降低成本、改善环境的目标。干式加工技术也是绿色工艺的重要内容。干式加工即加工过程中不需要切削液,西欧国家已有半

数采用了这种技术。

③采用工艺模拟技术和虚拟制造技术。过去必须做大量的实验才能初步控制和保证质量的工件,采用工艺模拟技术将数值模拟、物理模拟和专家系统相结合,确定最佳工艺参数,优化工艺方案,即可有效地一次性保证工件质量,并最大限度地控制污染物的产生。应用虚拟制造技术,以产品生产的数字模型代替传统的试制生产,并进行实验和试验,既实现了对市场的快速响应,又节约了能源和原材料,降低了成本,减少了对环境的污染。

思 考 题

1. 什么叫数控技术?
2. 数控装置一般由哪几部分组成?
3. 数控系统按被控对象轨迹分为哪几类? 各有什么特点?
4. 目前数控系统的发展趋势有几个特点?