技术工人维修技能速成丛书

零点起步

邱立功 方光辉 主编

数控机床维修速成图解



凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

零点起步——技术工人维修技能速成丛书

数控机床维修速成图解

邱立功　方光辉　主编

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控机床维修速成图解/邱立功,方光辉主编.—南京:江苏科学技术出版社,2009.1

(零点起步:技术工人维修技能速成丛书)

ISBN 978-7-5345-6218-1

Ⅰ.数… Ⅱ.①邱…②徐… Ⅲ.数控机床—维修—图解 Ⅳ.TG659-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 151226 号

数控机床维修速成图解

主　　编	邱立功　方光辉
责任编辑	汪立亮
特约编辑	赵海娟
责任校对	冯　青
责任监制	曹叶平
出版发行	江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号,邮编:210009)
网　　址	http://www.pspress.cn
集团地址	凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号,邮编:210009)
集团网址	凤凰出版传媒网 http://www.ppm.cn
经　　销	江苏省新华发行集团有限公司
照　　排	南京展望文化发展有限公司
印　　刷	通州市印刷总厂有限公司
开　　本	787mm×1092mm　1/32
印　　张	9.375
字　　数	205 000
版　　次	2009 年 1 月第 1 版
印　　次	2009 年 1 月第 1 次印刷
标准书号	ISBN 978-7-5345-6218-1
定　　价	20.00 元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

内 容 提 要

本书系统地介绍了数控机床的结构特点、安装调试、维护保养、故障诊断及维修技术，详细介绍了数控机床数控系统、伺服系统、机械系统的结构原理及其维修技术，并结合实例讲解了典型数控机床的维修实例及技巧，突出了应用性、实用性、综合性和先进性，体系新颖，内容翔实。

本书可作为职业技能培训机构及企业内部培训的配套教材，也可作为职业院校学生的实践教学和有关工厂技术人员的参考书。

Foreword 前 言

纵观改革开放20年，我国机床消费额大致和国民经济GDP增长值同步，10年翻了一番。20世纪80年代初，我国机床消费额为10亿美元，90年代初达20亿美元，2000年为37.88亿美元。2000年世界机床最大消费国美国，消费额为68亿美元，原预计2010年中国将成为世界最大机床消费市场，令人意想不到的是，2003年美国发表的一项调查统计报告称：全世界机床产值2002年约310亿美元，比上年减少14.2%，但中国比上年增加20%，达56.96亿美元。我国首次成为世界第一机床消费大国和全球第一机床进口大国。

无论从数控机床数量的增长速度，还是从进口数量的膨胀，无论从数控化率的国际比较，还是从技术程度的等级水平，我们都能发现一个显而易见的事实：数控机床的广泛应用，急需大量的数控技术人才，急需在短期内培养出一大批高技能型人才。

随着WTO的日益深入，我国制造企业已开始广泛使用先进的数控技术，而掌握数控技术的机电复合人才奇缺。2003年，国家数控系统工程技术研究中心的一项调研结果显示，仅数控机床的操作工就短缺60多万人。

数控机床的故障诊断与维修是数控机床使用过程中重要的组成部分，也是目前制约数控机床发挥作用的因素之一，因此学习数控机床故障诊断与维修的技术和方法有重要的意义。数控机床的生产厂商加强数控机床的故障

需要全本请访问 www.ertongbook.com

诊断与维修的力量，可以提高数控机床的质量，有利于数控机床的推广和使用。数控机床的使用单位培养掌握数控机床的故障诊断与维修的技术人员，有利于提高数控机床的使用率。随着数控机床的推广和使用，培养更多掌握数控机床故障诊断与维修的高素质人才的任务也越来越迫切。

本书系统地介绍了数控机床的结构特点、安装调试、维护保养、故障诊断及维修技术，详细介绍了数控机床数控系统、伺服系统、机械系统的结构原理及其维修技术，并结合实例讲解了典型数控机床的维修实例及技巧，突出了应用性、实用性、综合性和先进性，体系新颖，内容翔实。本书可作为职业技能培训机构及企业内部培训的配套教材，也可作为职业院校学生的实践教学和有关工厂技术人员的参考书。

本书由邱立功、方光辉同志主编，参加编写的有徐峰、李树军、张能武、周斌兴、黄芸、刘述芳、楚宜民、马建民、陈忠民、王云龙、满维龙等同志。本书在编写过程中得到上海模具协会、江南大学、常州职业技术学院、韩国机床设备销售服务中心、上海现代模具技术培训中心的大力支持和帮助，并得到众多专家的指导和鼎力相助；同时参考了大量的企业内部培训资料和图书出版资料，谨此表示衷心的感谢和崇高敬意！

因编者水平有限，加上时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编　者

目　　录

第一章　数控机床维修基础知识 …… 1
第一节　数控机床维修概述 …… 1
一、数控机床的发展与应用 …… 1
二、数控机床的结构组成与工作过程 …… 6
三、数控机床的故障特点及分类 …… 15
四、数控机床维修基本要求 …… 20
五、数控机床常用典型故障分析仪器 …… 24
第二节　数控机床的维护与保养 …… 36
一、数控机床操作规程 …… 36
二、数控机床的保养级别 …… 38
三、数控机床的日常维护 …… 39
四、数控机床的定期维护 …… 40
第三节　数控机床故障诊断与维修技术 …… 41
一、数控机床的一般诊断方法 …… 41
二、数控机床的基本操作 …… 48
三、数控机床常见故障分类 …… 52
第四节　数控机床的安装、调试及验收 …… 57
一、数控机床的安装与调试 …… 57
二、数控机床的验收 …… 64

第二章　数控系统的维修 …… 76
第一节　数控系统概述 …… 76
一、数控系统及其功能 …… 76
二、数控系统的组成 …… 79

三、数控装置的硬件与软件结构 …… 83
四、常用数控系统简介 …… 99
第二节 数控系统故障的维修 …… 120
一、数控系统软件故障的维修 …… 121
二、数控系统硬件故障的维修 …… 123
三、利用参数设置进行数控系统的维修 …… 130
四、利用 PLC 进行数控系统的维修 …… 149

第三章 伺服系统的维修 …… 164
第一节 伺服系统的概述 …… 164
一、伺服系统的结构组成 …… 164
二、步进电机伺服系统 …… 171
三、交/直流电机伺服系统 …… 175
四、位置检测装置 …… 178
第二节 伺服系统故障的维修 …… 183
一、主轴伺服系统的故障维修 …… 184
二、进给伺服系统的故障维修 …… 198
三、位置检测装置的故障维修 …… 209

第四章 机械系统的维修 …… 217
第一节 机械系统概述 …… 217
一、主传动的机械结构 …… 217
二、主轴调速方法 …… 224
三、进给传动机械结构 …… 227
四、辅助装置 …… 236
第二节 机械系统故障的维修 …… 247
一、机械系统故障诊断方法 …… 247
二、主轴部件故障的维修 …… 249
三、进给传动部件故障的维修 …… 254
四、机械部件辅助装置故障的维修 …… 259

第五章　数控机床 PLC 的维修 …… 268
第一节　PLC 概述 …… 268
一、PLC 的基本结构 …… 269
二、PLC 的工作过程 …… 271
三、数控机床用 PLC …… 273
第二节　数控机床 PLC 故障的维修 …… 276
一、PLC 故障的表现形式 …… 276
二、数控机床 PLC 故障诊断的方法 …… 276
三、数控机床 PLC 故障检修实例 …… 282

参考文献 …… 292

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第一章

数控机床维修基础知识

第一节　数控机床维修概述

一、数控机床的发展与应用

1948年美国帕森斯(Parsons)公司在研制加工直升机叶片轮廓检验样板的机床时,首先提出了利用电子计算机控制机床加工复杂曲线样板的新概念,设想的方案是:把坐标点的代码打在穿孔卡上,然后输入到机床的控制系统中,使一台改进过的铣床按照微小增量的步距移动得到需要的轨迹。1952年帕森斯公司与麻省理工学院(MIT)伺服机构研究所合作研制成功世界上第一台三坐标数控铣床,其数控系统采用脉冲乘法器原理,全部由电子管元件组成,虽然体积庞大,功能简单,但却意义重大,它标志第一代数控系统——电子管数控系统的诞生。

在数控机床的发展历程中,计算机硬件和软件的发展水平起到了很大的推动作用。1959年,晶体管元件的研制成功使电子装置的体积大大减小,在数控系统中应用了晶体管和印刷电路板后,数控系统进入了第二代。同年出现了带自动换刀装置的数控机床加工中心。1965年,出现了小规模集成电路,由于其体积小,功耗低,使数控系统的可靠性进一步提高,小规模集成电路在数控系统中的应用成为第三代数控的标志。

以上三代数控系统的逻辑运算和控制采用硬件电路完成,我们称之为硬件数控系统(NC)。

随着微电子技术的发展,小型计算机逐渐取代数控系统中的专用计

算机，使许多控制功能可以依靠编制专用程序来完成，而不必依靠硬件电路，实现软件控制，大大提高了数控系统控制的灵活性和数控设备的可靠性。1970 年，美国芝加哥国际机床展览会上第一次展出了配备第四代数控系统——计算机数控系统(CNC)的数控机床。

中、大规模集成电路技术所取得的成就，促使价格低廉、体积更小、集成度更高、工作可靠的微处理器芯片问世，并逐步应用于数控机床，进一步简化了 CNC 系统的硬件结构，降低了 CNC 机床的成本。1974 年，产生了以微处理器为 CND 系统核心的第五代数控系统，即采用微型电子计算机控制的数控系统(MNC)。

我国数控产业的发展始于 1958 年，1966 年研制成功晶体管数控系统，1972 年研制成功集成电路数控系统。经过多年来不断的调整、优化、重组、开拓，中国数控产业通过自行研究、引进合作、独立开发、推进产业化进程，国产数控系统已经取得重大突破。当前，我国数控机床正处在由研究开发阶段向推广应用阶段过渡的关键时期，也是由封闭型系统向开放型系统过渡的时期，我国数控机床在技术上已趋于成熟，在重大关键技术(包括核心技术)上，已达到国外先进水平，目前，已新开发出数控系统 80 种。自“七五”以来，国家一直把数控系统的发展作为重中之重来支持，现已开发出具有自主知识产权的数控系统，掌握了国外一直对我国封锁的一些关键技术。例如，0.1 μm 当量的超精密数控系统、数控仿形系统、非圆齿轮加工系统、高速进给数控系统、实时多任务操作系统都已研制成功。尤其是基于 PC 的开放式智能化数控系统，可实施多轴控制，具备联网进线等功能，既可作为独立产品，又是一种开放式的开发平台，为机床厂及软件开发商二次开发创造了条件。

推广应用数控机床的最大问题是初始投资较大，技术复杂，对使用维护的要求高。但是数控机床具有普通机床不可比拟的诸多优势，数控技术向各工业领域的渗透在加速，应用范围在不断扩大。随着计算机技术与数控技术的相互协调发展，数控机床的功能在加强，价格在下降。数控机床不仅在加工多品种小批量零件、结构形状复杂的零件、需要频繁改形的零件、价值昂贵不允许报废的零件及需要最短生产周期的急需零件方面发挥着越来越重要的作用，而且在加工大批量以及结构形状不太复杂的零件方面也取得了很好的效益。

进入 21 世纪，数控机床的发展以高速度、高精度、智能化为显著特点。大规模和超大规模集成电路的进一步发展，使微处理器的性能不断提高，软件功能日益增强，CNC 系统随着外围电路和接口配置的不断完善，以及软件技术在交互式人机对话和图形显示技术方面所取得的成就而得到发展，同时具有不同软硬件模块、不同编程语言和非标准化接口的封闭式专用系统给现代数字化制造系统所带来的局限性越来越显现。因此基于 PC－NC 的第六代数控系统的诞生使数控系统可充分利用 PC 的软硬件资源，组成开放式的数控技术平台，为组建数字化制造系统提供了基础部件。

1. 高速高精度

速度和精度是数控机床的两个重要技术指标，关系到加工生产率和产品质量。单纯提高速度必会降低精度，现代数控机床必须在保持或提高精度的同时提高速度，这就对数控机床的机械结构和数控系统提出更高的要求。目前高性能的数控系统和伺服系统，其位移分辨率和进给速度已达到 1 μm（100～240 m/min）、0.1 μm（24 m/min）、0.01 μm（400～800 mm/min）。

高速度主要取决于数控系统在读入加工指令数据后的数据处理速度，采用高位数和高速 CPU 是提高数控系统速度的最有效手段。目前数控系统已普遍采用 32 位 CPU，并向 64 位 CPU 发展，频率已提高到 20～33 MHz。有的系统采用多微处理器结构，减轻主 CPU 的负担，提高控制速度，采用专用插补器芯片以硬件插补方式提高插补速度。

采用数字式交流伺服系统及直线电动机直接驱动机床工作台的“零传动”直线伺服进给方式，提高了进给速度和动态响应特性。应用内装式电动机主轴（简称电主轴），主轴电机和主轴连成一个整体，使主轴驱动不必经过变速齿轮，主轴转速可提高到 40 000～50 000 r/min。采用高分辨率的位置检测装置和多种补偿功能，可提高系统控制精度和补偿机械系统的误差。配置高速、强功能、具有专用 CPU 的内装式可编程控制器（PLC），利用 PLC 的高速处理功能，使 CNC 和 PLC 之间有机结合起来，满足数控机床运行中的各种实时控制要求。

2. 高可靠性

数控机床因其自动化特性而长时间在无人操作状态下运行，所以其

可靠性是用户最关心的主要指标。提高可靠性，降低故障率，是数控技术的发展和研究方向之一。

采用大规模和超大规模集成电路、专用芯片及混合式集成电路，提高线路集成度，减少元器件数量，精简外部连线，降低功耗，可提高系统工作稳定性和可靠性。数控机床硬件结构采用模块化、标准化和通用化，设计生产过程由质量保证体系监控，严格筛选元器件，全面考核系统可靠性，保证产品质量。

数控机床由于硬件、软件及操作等原因，出现故障在所难免，增强故障自诊断、自恢复和保护功能，对提高数控机床可靠性至关重要。通过自动运行启动诊断、在线诊断和离线诊断等多种自诊断程序，实现对系统软硬件及外部设备进行故障诊断和报警，自动显示故障部位和类型，以便及时排除；利用容错技术，对重要部件采用“冗余”设计，以实现故障自恢复；采用刀具破损检测、行程范围保护和断电保护等功能，保证系统稳定可靠工作。由于采取了各种有效的可靠性措施，现代数控系统的平均无故障时间 MTBF（Mean Time Between Failures）可达到 10 000～36 000 h。

3. 多功能小型化

数控加工中心（MC）配有一机多能的数控系统和自动换刀系统（机械手和刀具库，刀具库可容纳 16～100 把刀具），工件装夹后，数控系统能控制机床自动更换刀具，连续对工件各个加工面进行多工序加工，这样多种工序甚至不同工艺加工过程集中到一台设备上完成，可避免工件多次装夹所造成的定位误差，确保零件的形位公差要求，减少设备台数，减少装夹辅助时间，节省占地面积。此外，多主轴、多面体加工及多轴联动数控机床在提高数控加工工效方面起了很大的作用，如五面体加工中心等，数控机床的控制轴数已多达 15 轴，同时联动的轴数已达 6 轴。

4. 智能化

计算机软件技术的飞速发展使数控系统可充分利用软件技术，与人工智能技术相结合，使系统智能化。

在数控机床中引入自适应控制技术（AC），其目的是面对加工过程中客观存在的各式各样的不确定性，例如毛坯余量不匀、材料硬度不一致、刀具磨损、工件和机床变形等，提供了一个适应反馈环，它不是测量直接

控制变量(位置和速度),而是测量过程变量,即对系统最终切削性能有影响的工作状态和系统参量变化的信息,如零件与刀具间隙、材料特性变化、刀具变形等,这些数据经自适应控制器的处理,用来调整系统的参数或改变加工特性,使系统始终保持所要求的工作能力。因此,一个自适应控制系统可以"适应"外界条件和系统参量的极度变化,使系统发挥最好的工作效能。

在数控机床中采用故障自诊断、自恢复技术,利用故障诊断程序进行在线诊断、离线诊断,甚至通过通信手段进行远程诊断。目前人工智能专家诊断系统也已应用到数控系统中,这种以知识库为基础的软件系统,通过人机控制器的交互作用,按一定的推理机制由计算机诊断出故障原因及排除方法。

数控系统与 CAD/CAPP/CAM 系统集成,利用 CAD 绘制零件图,从 CAPP 数据库中自动获取加工工艺参数,再经过刀具轨迹数据计算和后置处理自动生成数控加工程序,提高了编程效率,降低了对编程人员技术水平的要求。

引入模式识别技术,应用图像识别和声控技术,使机器自己辨认图样,按照自动语音命令进行加工。

5. 网络化

为了适应柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)以及进一步联网组成计算机集成制造系统(CIMS)的要求,数控机床要具有联网能力。现在数控机床都具有 RS-232C 和 RS-422 高速远距离串行接口,可以按照要求与上一级计算机进行多种数据交换。不同厂家不同类型数控机床,可以采用 MAP 工业控制网络,从工厂自动化上层(设计信息、生产计划信息)到下层(控制信息、生产管理信息)通过信息交流,建立能够有效利用系统全部信息资源的计算机网络。

6. 开放性

开放式数控的模块化。可重构、可扩充的特点可以解决过去封闭式系统的诸多问题,开放式数控系统具有标准的硬件平台和开放操作系统,可以兼容第三方软件,生产商和用户均可以通过开发专用模块实现特别功能,良好的通信和接口协议可以连接各功能模块和系统,实现系统联网。

二、数控机床的结构组成与工作过程

（一）数控机床的定义

国际信息处理联盟（IFIP）第五技术委员会对数控机床所作的定义是：数控机床（Numerical Control Machine）是一个装有程序控制系统的机床，该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。

定义中所指的程序控制系统即为数控系统，系统运用数字控制技术实现机床自动控制，即用几何信息控制刀具和工件间的相对运动（即运动轨迹行程量控制），以及机床完成加工运动所必需的辅助工艺信息控制（即机床运动开关量逻辑控制），如主轴转速、主轴转向、刀具选择和切削液开闭等。

（二）数控机床的结构组成

数控机床通常由信息载体、输入输出装置、数控系统、强电控制装置、伺服驱动系统、位置反馈系统、机床等部分组成，其基本结构框图如图 1－1 所示。

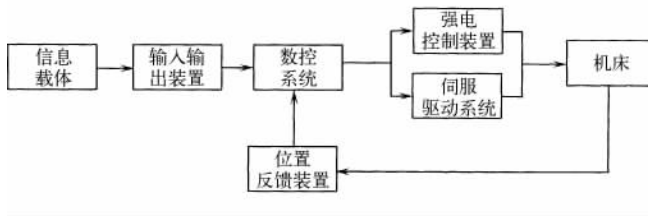


图 1－1　数控机床的结构组成

1. 信息载体

数控机床按照给定的零件加工程序运行，在零件加工程序中记录了加工该零件所必需的各种信息，包括零件加工的几何信息、工艺参数（进给量、主轴转速等）和辅助运动等，将零件加工程序用一定的格式和代码存储在信息载体上，通过输入装置将信息输入到数控系统中，常用的信息载体有穿孔带、磁带和磁盘等。数控机床也可以采用操作面板上的按钮和键盘将加工信息直接输入，或通过串行口将在计算机上编写的加工程序输入到数控系统中。高级的数控系统还可能包括一套自动编程机或

CAD/CAM 系统。

2. 输入输出装置

输入装置的作用是将信息载体中的数控加工信息读入数控系统的内存储器，根据信息载体的不同，输入装置也相应不同。早期使用光电阅读机对穿孔带进行阅读，后来大量使用磁带机和软盘驱动器。采用 MDI 方式，利用数控装置控制面板上的输入键直接将零件加工程序输入数控系统的内存储器，或采用直接通信方式将 CAD/CAM 系统生成的数控加工程序输入数控系统，或利用 DNC 系统输入接口远程输入数控加工程序。

输出装置的作用是为操作人员提供必要的信息，如程序代码、切削用量、刀具位置、各种故障信息和操作提示等。常用的输出装置有显示器和打印机等，可对输出信息进行显示或打印，高档数控系统还可以用图形方式直观地显示输出信息。

3. 数控系统

数控系统是数控机床实现自动加工的核心，由硬件和软件组成。现代数控系统普遍采用通用计算机作为其主要硬件部分，包括 CPU、存储器、系统总线和输入输出接口等；软件部分主要是主控制系统软件，其控制方式为数据运算处理控制（机床运动行程量控制）和时序逻辑控制（机床运动开关量控制）两大类。主控制器内的插补运算模块根据读入的零件加工程序，通过译码、编译等信息处理后，进行相应的轨迹插补运算，并通过与各坐标伺服系统位置、速度反馈信号比较，从而控制机床各个坐标轴的移动；而时序逻辑控制主要由可编程控制器 PLC 完成，它根据机床加工过程中的各个动作要求进行协调，按各检测信号进行逻辑判断，从而控制机床有条不紊地按序工作。

4. 强电控制装置

强电控制装置的主要功能是接受可编程控制器 PLC 输出的主轴变速、换向、启动或停止，刀具选择和更换，分度工作台的转位和锁紧，工件夹紧或松夹，以及切削液的开启或关闭等辅助操作信号，经功率放大直接驱动相应的执行元件，完成数控加工自动操作。

5. 伺服驱动系统

伺服驱动系统包括主轴伺服和进给伺服两个单元，主轴伺服单元接受来自 PLC 的转向和转速指令，经过功率放大后驱动主轴电动机转动；

进给伺服单元在每个插补周期内接受数控系统的位移指令，经过功率放大后驱动进给电动机转动，同时完成速度控制和反馈控制功能。伺服驱动系统的执行器件有功率步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。伺服驱动系统是数控系统与机床之间的电传动联系环节，它接受来自数控系统的位置控制信息，将其转换成相应坐标轴的进给运动和精确定位运动，是数控机床最后的控制环节，因此，其伺服精度和动态性能将直接影响数控机床的生产率、加工精度和表面加工质量。

6. 位置反馈系统

位置反馈系统通过传感器检测伺服电动机的转角位移或数控机床工作台的直线位移，并转换成信号传送到数控系统中，与指令位置进行比较后，由数控系统向伺服驱动系统发出指令，纠正所产生的误差。

7. 机床

机床指的是数控机床的机械结构。为了适应数控加工的特点，数控机床在整体布局、外观造型、主传动系统、进给传动系统、刀具系统及操作机构等方面都与普通机床有着很大的变化，其主要特点有：

① 采用高效、高性能传动部件，如滚动丝杠副、直线滚动导轨副等。传动链短，结构简单，传动精度高。

② 机床精度、静刚度、动刚度、热刚度高，能满足大余量切削和精密加工切削。

③ 有完善的刀具自动交换和管理系统，工件一次装夹后能完成多道加工工序。

④ 具有传动副传动间隙消除措施，保证了传动机构的传动精度和动态性能。

⑤ 采用移门结构的全封闭外罩壳，保证了加工操作的安全性。

（三）数控机床的工作过程

数控机床的主要任务是利用数控系统进行刀具和工件之间相对运动的控制，完成零件的数控加工。图 1－2 显示了数控机床的主要工作过程。

1. 工作前准备

数控机床接通电源后，数控系统将对各组成部分的工作状况进行检查和诊断，并设置为初始状态。

需要全本请访问 www.ertongbook.com