

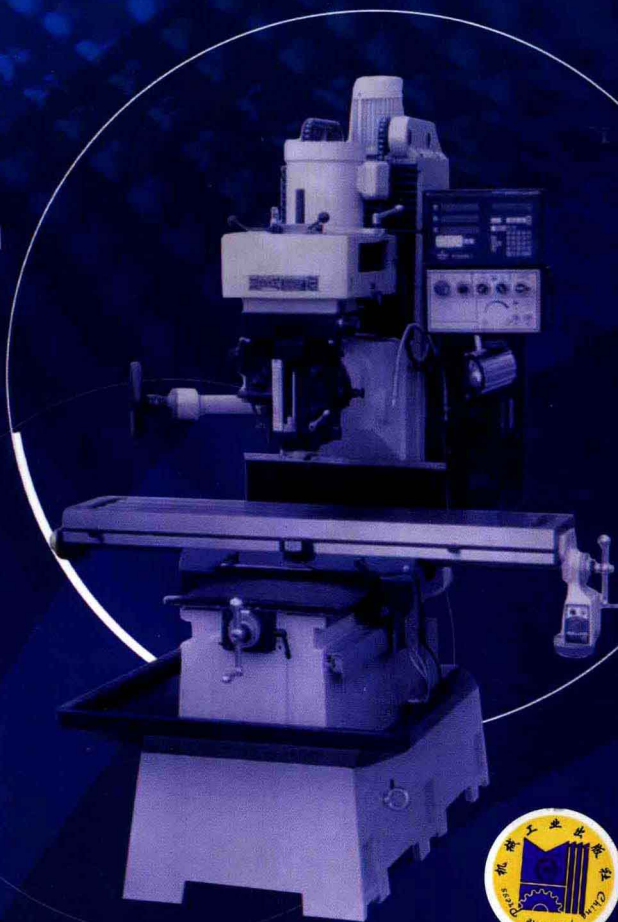
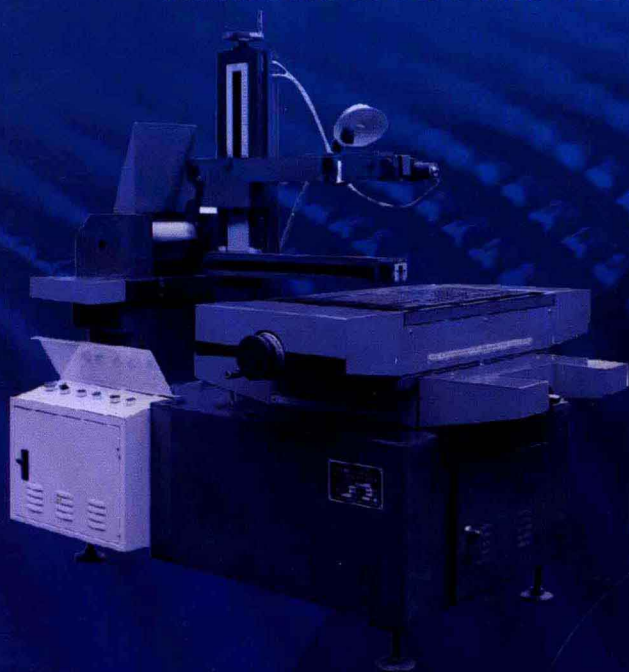


职业院校重点专业规划教材
数控技术应用专业教学用书

数控机床故障 诊断与维护

SHUKONG JICHUANG GUZHANG ZHENDUAN YU WEIHU

徐衡 关颖 主编



职业教育院校重点专业规划教材
数控技术应用专业教学用书

数控机床故障诊断与维护

主 编 徐 衡 关 颖
副主编 田春霞
参 编 孙红雨



机械工业出版社

本书分为九章,分别是数控机床维修与维护工作基础、数控机床的基本操作、数控机床硬件故障的诊断、数控机床软件故障的诊断、数控机床 PLC 故障的诊断、数控机床进给伺服系统的维护与维修、数控机床主轴驱动系统的维修、数控机床机械结构故障的诊断与维护,以及数控系统故障诊断与报警处理。

本书介绍了数控机床维修岗位的技能要求,实用性、可操作性强,有利于提高读者的动手能力和解决生产实际问题的能力。本书适合职业院校数控技术应用专业使用,还可以作为数控加工操作人员和维修人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断与维护/徐衡,关颖主编. —北京:机械工业出版社,2011

职业教育院校重点专业规划教材·数控技术应用专业教学用书

ISBN 978-7-111-33295-4

I. ①数… II. ①徐… ②关… III. ①数控机床—故障诊断—职业教育—教材②数控机床—维护—职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 017639 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:汪光灿 王海霞

版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:陈 沛 责任印制:李 妍

北京富生印刷厂印刷

2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.5 印张·454 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-33295-4

定价:34.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着数控机床的广泛应用,企业急需掌握数控机床故障诊断与维护技术的技术人员,数控机床的操作者也需要了解数控机床故障诊断与维护的知识。本书从数控机床维修工作的岗位技能要求出发,介绍了数控机床维修中需要掌握的数控机床的基本操作、系统参数的设定、程序数据的传输等内容,围绕数控机床的故障诊断,详细地介绍了故障的分析与处理过程,阐述了数控机床硬件故障、软件故障、PLC故障的诊断,进给伺服系统的维护与维修,主轴驱动系统的维修,机械结构故障的诊断与维护,以及数控系统故障诊断与报警处理,深入探讨了数控系统故障报警及其处理措施。

实际应用中的数控机床、数控系统种类繁多,但是数控机床维修技术在本质上是相同的,不同数控机床的故障诊断在思路上是相同的。掌握了一种数控系统的故障诊断技术,就可以采用类比的方法,处理其他类型数控系统的同类故障。本书基于这样的想法,主要针对数控机床最常用的典型系统——FANUC Oi系统阐述故障诊断与维护技术。学生在实际工作中维修的可能不是本书介绍的数控系统,但只要采用类比的方法,举一反三,就可以诊断其他类型数控机床的故障,并进行相应的维修。

本书介绍了数控机床维修职业岗位的技能,实用性、可操作性强。从加强读者的实际操作能力和素质培养出发,精选了数控机床故障诊断与维护的典型实例,方便读者把握学习要点,有利于提高读者的动手能力与解决生产实际问题的能力。

本书适合于职业院校数控技术应用专业使用。书中介绍了数控机床维修所需的技术资料。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,本书提供的维修技术资料可供从事数控机床维修、操作的技术人员在工作中使用,是数控加工操作工和数控机床维修工人的参考书。

本书由徐衡、关颖主编。具体编写分工如下:徐衡编写第一至五章,关颖编写实训部分及第六章、第七章,田春霞编写第八章,孙红雨编写第九章。本书在编写过程中得到了沈阳职业技术学院李超等老师的帮助与支持,并参考了数控技术方面的诸多论文、教材和数控机床维修手册,在此一并向各位老师和编者表示衷心的感谢。

对于本书的疏漏及错误之处,恳请读者指正。

编 者

目 录

前言	
第一章 数控机床维修与维护工作基础	1
第一节 数控机床概述	1
第二节 数控机床的故障	4
第三节 数控机床的日常维修与保养	8
第四节 数控机床故障诊断与维护的常用仪器	14
第二章 数控机床的基本操作	19
第一节 FANUC Oi 系统数控机床的操作界面	19
第二节 FANUC Oi 系统数控机床的基本操作	26
第三节 手动进给操作	32
实训一 Oi/Oi Mate TC 实训系统外围电路的电气控制原理	35
实训二 数控机床(实训台)的开机与手动操作	43
第三章 数控机床硬件故障的诊断	45
第一节 数控系统硬件配置	45
第二节 数控系统硬件的更换方法	58
第三节 数控系统的抗干扰	65
第四节 数控系统硬件故障的诊断方法	68
实训三 FANUC Oi-C/Oi mate-C 数控系统的基本连接	82
第四章 数控机床软件故障的诊断	89
第一节 数控系统软件的组成	89
第二节 CNC 参数的设定	90
第三节 维修 FANUC Oi 系统时数据的备份与恢复	93
第四节 数控系统软件故障的诊断方法	103
实训四 设置机床参数	105
实训五 FANUC 数控系统与计算机的通信(数据的备份与恢复)	107
实训六 设定丝杠螺距误差补偿量	110
第五章 数控机床 PLC 故障的诊断	114
第一节 PMC 基础	114
第二节 可编程控制器(PMC)的操作	120
第三节 FANUC 数控系统 PMC 故障的诊断	133
实训七 PLC 编程练习	137
第六章 数控机床进给伺服系统的维护与维修	140
第一节 伺服系统概述	140
第二节 步进电动机伺服系统	143
第三节 直流进给伺服系统	153
第四节 交流进给伺服系统	163
第五节 返回参考点位置的调整	176
第六节 交流伺服系统的维护与调整	180
第七节 位置检测装置的故障及诊断	185
实训八 伺服驱动单元的调试和故障诊断	192
实训九 机床返回参考点的操作	196
实训十 全闭环控制系统的操作	199
第七章 数控机床主轴驱动系统的维修	202
第一节 数控机床主轴驱动系统概述	202
第二节 交流主轴伺服系统简介	205
第三节 交流主轴伺服系统故障的诊断与排除	215
实训十一 主轴变频单元的调试与故障诊断	220
实训十二 机床主轴及主轴编码器的安装与故障诊断	227
第八章 数控机床机械结构故障的诊断与维护	230
第一节 机床精度的检验	230
第二节 主传动机械结构的维护与维修	234

第三节 进给系统机械传动结构的维修 ...	239	第四节 机床不能自动运行故障	268
第四节 换刀装置的维护与故障诊断	247	第五节 阅读机/穿孔机接口故障 (85~87号报警)	275
第五节 其他辅助装置故障	250	第六节 机床返回参考点相关故障(90、 300号报警)	279
实训十三 外围机床故障模拟与诊断	256	第七节 绝对编码器相关故障(301~308、 350、351号报警)	282
实训十四 刀架控制原理及调试	257	第八节 奇偶检验相关故障(900、910~913、 920号报警)	284
第九章 数控系统故障诊断与报警		第九节 其他报警故障	286
处理	260	参考文献	288
第一节 报警信号	260		
第二节 通电后屏幕不显示故障	261		
第三节 手动进给故障	262		

第一章 数控机床维修与维护工作基础

学习目标

1. 熟悉数控机床各组成部分的结构与工作原理。
2. 了解数控机床故障的种类，以及故障的处理步骤及注意事项。
3. 了解数控机床的常规保养与维护项目。
4. 掌握常用测试仪器的使用方法。

第一节 数控机床概述

一、数控机床的概念

数控机床是指采用了数字控制技术的机床，它用数字信号控制机床的运动及加工过程，此处所说的“数字信号”即数控程序。具体地说，是将刀具运动轨迹等加工工艺信息编成数控程序，然后将数控程序输入数控系统，经过数控系统译码、运算，发出指令，自动控制数控机床上刀具与工件之间的相对运动，从而加工出质量符合要求的零件。

数控机床装备的数控（Numerical Control，简称 NC）系统现在都以计算机作为控制核心，所以也称为计算机数控（Computerized Numerical Control，简称 CNC）。

二、数控机床的组成

数控机床由数控系统、伺服系统和机床本体三个基本部分组成，如图 1-1 所示。

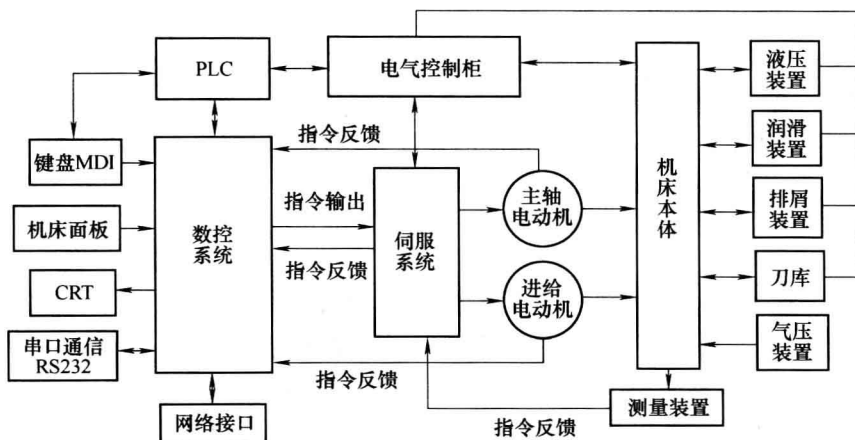


图 1-1 数控机床的组成

1. 数控系统

数控系统是数控机床的核心，它是一个专用的计算机系统，由硬件和软件两部分组成。数控系统的硬件包括总线、CPU、电源、存储器、操作面板和显示屏、位控单元、可编程程序

控制器逻辑控制单元与数据输入/输出接口等组成的外围逻辑电路,以及与 CNC 系统其他组成部分联系的接口等。最新一代的数控系统还包括一个通信单元,它可以完成 CNC、PLC 内部数据的通信和外部高次网络的联接。

数控系统接受从机床输入装置输入的控制信号代码,经过输入、缓存、译码、寄存、运算、存储等步骤转变成控制指令,实现直接或通过可编程序控制器(PLC)对伺服系统的控制。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,包括键盘、磁盘驱动器、纸带阅读机、RS232 口或网口、控制面板、LCD 显示器等。

可编程序控制器(PLC)用来控制数控机床的辅助控制装置。数控机床通过数控系统和 PLC 共同完成控制功能,其中数控系统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、刀具运动位置的伺服控制等;而 PLC 主要的作用是接受数控系统输出的开关量指令信号,如程序代码中的 M(辅助功能)、S(主轴转速)、T(选刀、换刀)等,对开关量动作信息进行译码,将其转换成对应的控制信号,进而控制机床相应的开关动作,如工件的装夹、刀具的更换、切削液的开关等。

FANUC 系统中专门用于控制机床的 PLC,记作 PMC,称为可编程序机床控制器。本书中论及 FANUC 系统的 PLC 时,也记为 PMC。

2. 伺服系统

伺服系统是机床工作的动力装置,它接受数控系统发出的进给脉冲信号,经过放大后,驱动机床主机实现机床的进给运动。伺服系统由伺服单元、执行元件以及位置检测装置组成。伺服驱动系统主要包括伺服驱动装置和电动机。

伺服单元是数控系统与机床本体的联系环节,它把来自数控系统的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。伺服单元分为主轴驱动单元和进给驱动单元等。

执行元件的作用是把经过伺服单元放大的指令信号变为机械运动,常用的执行元件有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机,而交流伺服电动机已经取代直流伺服电动机,成为驱动装置的主流产品。

多数数控机床还具有位置检测装置。位置检测元件包括脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅、磁尺和激光等,常用的是长光栅或圆光栅的增量式位移编码器。检测元件将执行元件(如电动机、刀架或工作台等)的速度和位移量检测出来,经过相应的电路将所测得信号反馈回伺服驱动装置或数控系统,构成半闭环或全闭环系统,补偿进给电动机的速度或执行机构的运动误差,以达到提高运动机构精度的目的。

3. 机床本体

机床本体是加工运动的机械部件,包括主运动部件、进给运动部件(工作台、刀架)和支承部件(床身、立柱)等。有些数控机床还配备了特殊部件,如回转工作台、刀库、自动换刀装置和托盘自动交换装置等。数控机床本体结构与传统机床相比,发生了很大变化,由于普遍采用滚珠丝杠和滚动导轨,其传动效率更高,传动系统更为简单。

此外,为保证数控机床功能的充分发挥,还设有一些辅助系统,如冷却、润滑、液压(或气动)、排屑、防护系统等。

三、数控机床的工作过程

数控机床在加工零件时首先要准备好加工程序,由程序控制来完成加工过程。数控机床的基本加工过程如图 1-2 所示,即从零件图到加工好零件的整个过程,它包括以下阶段:

- 1) 接通电源后, 数控装置和可编程序控制器将对数控系统各组成部分的工作状态进行检查和诊断, 并设置初态。
- 2) 根据零件图样编写数控加工程序。
- 3) 输入数控加工程序, 数控加工程序经过数控装置处理后, 变成伺服系统能够接受的控制电信号。
- 4) 伺服系统 (由伺服电路和伺服驱动元件组成) 把控制电信号转换为机械运动物理量。
- 5) 驱动机床, 完成工件的加工。

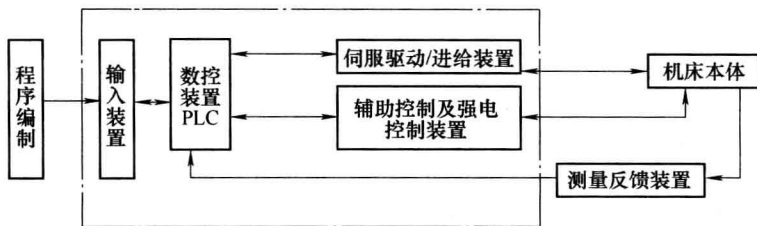


图 1-2 数控机床的工作过程

四、常用数控系统

1. FANUC 数控系统

FANUC 公司生产的较有代表性的数控系统是 F6 和 F11。FANUC 数控系统中的 F 0/ F 00/ F 0i Mate 系列和 FANUC 0i 系列是目前中国市场上应用较广泛的系统。FANUC 0i Mate 系列最大控制轴数为 3 轴, FANUC 0i-C 数控系统最大控制轴数是 4 轴。F 0i 系统采用总线技术, 增加了网络功能, 并采用了“闪存”(FLASH ROM)。系统可以通过 Remote buffer 接口与 PC 相连, 由 PC 控制加工, 实现信息传递, 系统间也可以通过 I/O Link 总线相连。F 0 Mate 是 F 0 系列的派生产品, 与 F 0 相比是结构更为紧凑的经济型数控装置。

2. SINUMERIK 数控系统

西门子公司生产的数控系统包括 SINUMERIK 810 系统、820 系统、850 系统、880 系统、805 系统、8400 系统及全数字化的 840D 系统, 另外还在中国市场推出了 802 系列数控系统。

SINUMERIK 840Di 数控系统是一个基于 PC 计算机的、全 PC 集成的控制系统, 基于工业 PC 型计算机的现代控制系统正越来越多地被用于数控机床中。配以 Windows XP 操作系统的控制系统具有开放和灵活的软、硬件平台, 方便用户的使用与二次开发。该系统的应用领域包括制作木制品、制作玻璃、制陶、包装、贴片机、冲压机、弯曲机, 以及各种机床和类似机床的机械。除了高度的软、硬件开放性, SINUMERIK 840Di 系统的显著特点是 CNC 控制功能与 MDI 功能都在 PC 处理器上运行, 这样可以省略传统控制系统中所需的 NC 处理单元。这种控制系统大量采用标准化印制电路板和电气部件。

3. 其他数控系统

常见数控系统的型号还有德国的 HEIDENHAIN、法国的 NUM、美国的 AB、西班牙的 FAGOR 等。

国产自主开发的数控系统有华中理工大学的华中 I 型系统、华中 II 型系统, 中国科学院沈阳计算机所的蓝天 I 型系统, 北京航天机床数控系统集团公司的航天 I 型系统, 中国珠峰

数控公司的中华 I 型系统等。

虽然数控系统的种类繁多,数控机床也各不相同,但数控系统的基本原理都是相同的。为避免空洞叙述维修技术,本书将以我国使用较为广泛的 FANUC 数控系统为主,兼顾其他系统,有针对性地讲述数控机床的维修技术。

第二节 数控机床的故障

目前世界上的数控系统种类繁多、形式各异,结构上都有各自的特点,这些结构特点来源于系统初始设计的基本要求和工程设计的思路。例如,T系统和M系统有很大的区别,前者适用于回转体零件的加工,后者适用于异形非回转体零件的加工。对于不同的生产厂家来说,基于历史发展因素以及各自因地而异的复杂因素的影响,在设计思想上也可能各有千秋。例如,美国 Dynapath 系统采用小板结构,便于板子的更换和结合;而日本 FANUC 系统则趋向大板结构,使之有利于系统工作的可靠性,促使系统的平均无故障率不断提高。然而无论哪种系统,它们的基本原理和结构是相似的,数控系统一般由三大部分组成,即控制系统、伺服系统和位置测量系统。控制系统按加工工件程序进行插补运算,发出控制指令到伺服系统;伺服系统将控制指令放大,由伺服电动机驱动机械按要求运动;测量系统检测机械的运动位置和速度,并反馈到控制系统,来修正控制指令。这三部分有机结合,组成完整的闭环控制的数控系统。

一、数控机床故障的特点

按照发生故障频率的高低,数控机床的使用寿命期大致可分为三个阶段,即初始使用期、相对稳定运行期以及寿命终了期。

1. 初始使用期

从整机安装调试后,到运行半年至一年期间,故障频率较高,一般无规律可寻。从机械角度看,在机床使用初期经过试生产磨合,机床的零、部件可能产生较大的磨合磨损,使机床的相对运动部件之间产生过大间隙。另外,新的混凝土地基的内应力还未平衡和稳定,也会使机床产生某些精度偏差。从电气角度看,数控机床控制系统及执行部件使用了大量的电子元、器件,在实际运行时,由于交变负荷及电路开关的瞬时“浪涌”电流和反电动势等的冲击,某些元、器件会因电流或电压击穿而失效,致使整个设备出现故障。一般来说,这个时期电气、液压和气动系统的故障发生率较高,为此,要加强对机床的监测,定期对机床进行机电调整,以保证设备各种运行参数处于技术规范之内。

2. 相对稳定运行期

设备在经历了初始使用期阶段各种电气元、器件的老化,机械零件的磨合和调整后,开始进入相对稳定的正常运行期。此时,各类元、器件器质性的故障较为少见,但不排除偶发性故障的发生,所以,在这个时期内要坚持做好设备运行记录,以备排除故障时参考。另外,要坚持每隔6个月对设备作一次机电综合检测和校核。这个时期内,机电故障率小,且大多数可以排除。相对稳定运行期时间较长,一般定为7~10年。

3. 寿命终了期

机床进入寿命终了期后,各类元、器件开始加速磨损和老化,故障率开始逐年递增,故障性质属于渐发性和器质性。如橡胶件的老化,轴衬和液压缸的磨损,限位开关接触灵敏度

以及某些电子元、器件品质因素的下降等。大多数渐发性故障具有规律性且可以排除。在这个时期内,同样要坚持做好设备运行记录。

二、数控机床故障的种类

1. 机械故障与电气故障

(1) 机械故障 机械故障是数控机床的机床本体部分发生的故障,主要包括机械、润滑、冷却、排屑、液压、气动与防护等装置的故障。常见的机械故障有:因机械安装、调试及操作不当等原因引起的机械传动故障,以及导轨运动摩擦过大故障,故障表现为传动噪声大,加工精度降低,运行阻力大等。例如:轴向传动链的挠性联轴器松动,齿轮、丝杠与轴承缺油,导轨塞铁调整不当,导轨润滑不良,以及系统参数设置不当等原因均可造成机械故障。尤其应该重视的是,机床各部位标明的注油点(注油孔)须定时、定量加注润滑油(剂),这是机床各传动链正常运行的保证。另外,液压、润滑与气动系统的故障主要是由管路阻塞和密封不良引起的,因此,数控机床更应加强污染控制和根除漏油现象的发生。

(2) 电气故障 电气故障分弱电故障和强电故障。弱电部分主要涉及 CNC 装置, PLC 可编程序控制器, LCD 显示器以及伺服单元,输入、输出装置等电子电路。这部分又有硬件故障与软件故障之分。硬件故障主要是指上述各装置的印制电路板上的集成电路芯片、分立元件、接插件以及外部连接组件等发生的故障。常见的软件故障有加工程序出错、系统程序和参数的改变或丢失、计算机运算出错等。强电部分是指继电器、接触器、开关、熔断器、电源变压器、电动机、电磁铁、行程开关等电气元、器件及其所组成的电路。这部分的故障十分常见,必须给予足够的重视。

2. 系统性故障和随机故障

系统性故障通常是指只要满足一定的条件或超过某一设定的限度,工作中的数控机床必然会发生的故障,这一类故障现象极为常见。例如,当液压系统的压力值随着液压回路过滤器的阻塞而降落到某一设定参数时,必然会因为液压系统发生故障报警而使系统断电停机。又如,当润滑、冷却或液压等系统由于管路泄漏使油标下降到使用限值时,必然会因为液位报警而使机床停机;再如,当机床加工过程中切削量达到某一限值时,必然会发生过载或超温报警,致使系统迅速停机。因此,应正确使用和精心维护数控机床,尽量避免这类系统性故障的发生。

随机性故障通常是指当数控机床在同样条件下工作时,只偶然发生一次或两次的故障。由于此类故障在各种条件相同的状态下只偶然发生,因此,随机性故障的原因分析与故障诊断较其他故障困难得多。这类故障的发生往往与安装质量,组件排列,参数设定,元、器件品质,操作失误与维护不当,以及工作环境影响等因素有关。例如,接插件与连接组件因疏忽未锁定,印制电路板上的元、器件松动变形或焊点松脱,继电器触点、各类开关触头因污染而锈蚀,以及直流电动机电刷不良等。工作环境的温度过高或过低、湿度过大、电源波动与机械振动、有害粉尘与气体污染等原因均可引发此类随机性故障。因此,应加强数控系统的维护检查,确保电气箱门的密封,严防工业粉尘及有害气体的侵袭等,以避免此类故障的发生。

3. 有报警显示故障和无报警显示故障

(1) 有报警显示故障 有报警显示故障又可分为硬件报警显示故障与软件报警显示故障两种。

1) 硬件报警显示故障。硬件报警显示通常是指系统各单元装置上由 LED 发光管或小型报警灯组成的显示指示。在数控系统中, 控制操作面板、位置控制印制电路板、伺服控制单元、主轴单元、电源单元等部位以及光电阅读机、穿孔机等外装置上常设有这类报警灯。一旦这些部位发生故障, 指示灯就会发光指示故障状态, 参考相应产品说明书中对指示灯的说明, 可大致分析判断出故障发生的部位与性质, 这无疑给故障分析诊断带来了极大的方便。因此, 维修人员在日常维护和排除故障时, 应认真检查这些报警灯的状态是否正常。

2) 软件报警显示故障。软件报警显示通常是指显示屏上显示出来的报警号和报警信息。由于数控系统具有自诊断功能, 一旦检测到故障, 系统就会按故障的类型进行处理, 同时在显示屏上以报警号的形式显示该故障信息。这类报警显示常见的有存储器报警、过热报警、伺服系统报警、进给超程报警、程序出错报警、主轴报警、过载报警以及断线报警等。本书附录部分关于报警的内容, 可供现场维修参考。

上述软件报警有来自 CNC 的报警和来自 PLC 的报警, 前者为数控部分的故障报警, 可通过所显示的报警号, 查阅维修手册中有关 CNC 故障报警出错代码及原因, 分析产生该故障的原因。后者由 PLC 的报警信息文本提供, 大多数属于机床侧的故障报警, 可通过所显示的报警号, 对照维修手册中有关 PLC 故障报警信息、PLC 接口说明以及 PLC 程序等内容, 检查 PLC 有关接口和内部继电器的状态, 确定故障产生的原因。

(2) 无报警显示的故障 这类故障发生时无任何硬件或软件的报警显示, 因此分析诊断难度较大。例如, 机床通电后, 以手动方式或自动方式运行时, X 轴出现爬行现象, 无任何报警显示; 又如, 机床在自动方式运行时突然停止, 而显示器上无任何报警显示; 再如, 在运行时机床某轴发生异常声响, 一般也无故障报警显示等。对于无报警显示故障, 通常要具体分析, 根据故障发生的前后状态进行判断。例如, 上述 X 轴在运行时出现爬行现象, 可首先判断是数控部分故障还是伺服部分故障。具体做法是: 在手摇脉冲进给方式下, 可均匀地旋转手摇脉冲发生器, 同时分别视察、比较 LCD 显示器上 Y 轴、 Z 轴与 X 轴进给数字的变化速率, 通常, 如果数控部分正常, 三个轴的上述变化速率应基本相同, 从而可区分出爬行故障是由 X 轴的伺服部分还是机械传动部分所造成的。

4. 机床品质下降引起的故障

机床可以正常运行, 但表现出的现象与以前不同, 如噪声变大、振动较强、定位精度超差、反向死区过大、圆弧加工不合格、机床起停有振动等, 此时, 加工出的零件往往不合格。这类故障无任何报警信号显示, 只能通过检测仪器来检测和发现。

5. 硬件故障、软件故障和干扰故障

(1) 硬件故障 硬件故障是指数控装置印制电路板上的集成电路芯片、分立元件、接插件以及外部连接组件等发生的故障。只有更换已损坏的元、器件才能排除这类故障, 因此也称“死故障”, 比较常见的是输入/输出接口损坏, 功放元件损坏等。

(2) 软件故障 软件故障是指数控系统加工程序错误, 系统程序和参数的设定不正确或丢失, 计算机的运算出错等, 通过认真检查程序和修改参数可以解决这类故障。但是, 参数的修改要慎重, 一定要搞清参数的含义以及与其相关的其他参数后方可修改, 否则顾此失彼还会引发新的故障, 甚至造成机床动作失控。

(3) 干扰故障 是指由于内部和外部干扰引发的故障。如由于系统线路分布不合理, 电源地线配置不当, 接地不良, 工作环境恶劣等引发的故障。

此外,按故障发生时有无破坏性来分,可分为破坏性故障和非破坏性故障;按故障发生的部位来分,可分为数控装置故障,进给伺服系统故障,主轴系统故障,刀架、刀库、工作台故障等。

三、数控机床发生故障时的处理方法

当数控机床发生故障时,如果机床操作人员不能及时排除故障,应及时通知维修人员到现场进行维修。维修人员应对故障发生的时间,故障发生时机床的操作方式,故障的内容进行追踪调查和分析。故障的追踪调查有利于快速锁定故障的范围和类型,从而找出故障点,排除故障。调查内容如下:

1. 发生故障的场合

发生故障时,维修人员要认真调查故障现场,调查故障出现的时间,出现了多少次故障(故障出现的频率),进行哪一种操作时出现了何种故障。

(1) 发生故障的时间与背景 什么时候出现故障。首先记录故障发生的日期和时间,其次记录故障出现的背景,是电源接通时出现的故障,还是运行中出现的故障,如果是运行中出现的故障,机床运行多长时间后,才发生的故障。如果是工作一段时间后出现的故障,则有可能是热因素的影响(如机体的受热变形或电气元、器件因温度升高所引起特性的改变等),此时应记录控制单元周围环境的温度是多少(运行时应为 $0\sim 45^{\circ}\text{C}$),控制单元上是否有较大的振动,是否发生过机械碰撞等。

(2) 故障出现的频率 同一种故障出现了多少次。故障只出现一次还是多次,某种故障是否重复发生。对于多次出现的同一种故障,应确认其发生频率,即按每小时、每天、每月发生多少次,从中可以初步认定发生的故障是随机性的,还是系统性的。

2. 发生故障时的操作

(1) 发生故障时的操作方式 发生故障时数控系统处于哪一种操作方式,即手动方式、存储器操作方式、MDI方式、返回参考点方式等。锁定发生故障时的操作方式可以缩小故障点的范围。

(2) 发生故障时运行的指令 如果在程序运行中发生故障,故障在程序中的什么位置,即发生故障时的程序号和程序段顺序号。在产生故障的程序段中程序内容是什么,是什么指令下发生的故障,是否是在轴的移动中发生的故障;是否是在执行M、S或T代码时发生的故障;是否是在数据输入时发生的故障;进行同样的操作时是否发生同一故障,检查故障的重复性。

(3) 发生故障的部位 当进给轴或主轴发生故障时,对于与进给轴伺服系统有关的故障,需要分析故障是在低进给速度和高进给速度时均出现,还是只对某个轴发生该故障(在断开电缆情况下测试);对于与主轴相关的故障,应分析什么时候出现该故障(电压接通时、加速时、减速时还是通常运转时)。

3. 发生故障的类型

(1) 有报警显示故障 在发生有报警显示故障时,按动报警键,在LCD屏面上会显示报警信息,进一步启动自诊断功能,查阅相关诊断号,对照机床说明书中的报警说明,缩小故障范围,确定报警原因。例如,在FANUC Oi系统中对于300号、400号、500号报警,首先要查阅相应的诊断号,确认是哪个轴发生的报警,发生414报警时,应查阅诊断显示200、201、204的诊断号;发生350报警时,应查阅诊断202诊断号;发生351报警时,应

查阅诊断 203 的诊断号；发生 751、761 报警时，应确认主轴报警的内容。

(2) 加工尺寸超差 当加工尺寸出现错误时应按以下步骤操作：

- 1) 确认哪一位置尺寸出错。
- 2) 位置显示画面的尺寸是否有错。
- 3) 偏置量是否正确。

4. 数控装置附近的干扰

(1) 电源频率干扰 当故障发生频率低时，应考虑电源电压干扰因素的影响，确认在同一电源上是否还连接着其他机械设备及焊接机，如果连接了的话，应检查这些设备的运行与发生的故障间有无联系。

(2) 抗干扰措施检查 在机床方面，对干扰是否采取了对策。

(3) 输入电压检查 对于输入电压应确认以下几点：

- 1) 电压有无变动。
- 2) 有无相间电压差。
- 3) 是否为标准电压。
- 4) 故障现场是否出现雷击电源的现象。

第三节 数控机床的日常维修与保养

一、数控机床维修工作的内容

数控机床的维修工作主要包括机床机械部件（包括液压、气动和润滑装置等）、输入/输出装置、数控系统、伺服系统、机床电气柜（也称强电柜）及操作面板的维修等。

(1) 机械部件 包括主轴箱的冷却和润滑，齿轮副、导轨副和丝杠螺母副间隙的调整和润滑，轴承的预紧，液压和气动装置压力和流量的调整等。

(2) 伺服驱动电路 主要指与坐标轴进给驱动和主轴驱动连接的电路。从电气角度看，数控机床最明显的特征就是用电气驱动替代了普通机床的机械传动，相应的主运动和进给运动由主轴电动机和伺服电动机执行完成，而电动机的驱动必须有相应的伺服驱动装置及电源配置。由于受切削状态、温度及各种干扰因素的影响，会使伺服性能、电气参数发生变化，甚至导致电气元件失效，从而引起故障。

(3) 位置反馈电路 数控系统与位置测量装置之间的连接电路。数控机床最终是以位置控制为目的的，所以位置测量装置维护的好坏将直接影响机床的运动精度和定位精度。

(4) 电源及保护电路 电源及保护电路由数控机床强电线路中的电源控制电路构成。强电线路由电源变压器、控制变压器、各种断路器、保护开关、接触器、熔断器等连接而成，以便为交流电动机（如液压泵电动机、冷却泵电动机及润滑泵电动机等）、电磁铁、离合器和电磁阀等执行元件供电。

(5) 开关量信号连接电路 开关量信号是数控系统与机床之间输入、输出的控制信号，用二进制数据位的“1”或“0”来表示。在数控系统中，由可编程序控制器（PLC）对开关量进行处理，所以通过对 PLC 的 I/O 接口状态的检测，就可初步判断发生故障的范围和原因。可编程序控制器替代了传统普通机床强电柜中大部分的机床电气，从而实现对主轴、进给、换刀、润滑、冷却、液压和气动等系统的开关量控制。特别要注意的是机床各部位上

的按钮、限位开关,以及继电器、电磁阀等机床电气开关,因为这些开关信号作为可编程序控制器的输入和输出量,其可靠性将直接影响机床能否正确执行动作,这类故障是数控机床的常见故障。

(6) 数控系统 数控系统属于计算机产品,其硬件结构是将电子元、器件焊(粘)到印制电路板上成为板、卡级产品,由多块板、卡通过接插件等连接,再连接外设就成为系统级最终产品。其关键技术的发展,如元件的筛选、印制电路板的焊接和粘附、生产过程及最终产品的检验和整机的考机等,都极大地提高了数控系统的可靠性。有资料表明:由操作、保养和调整不当引发的故障占数控机床整体故障的57%,伺服系统、电源及电气控制部分的故障占数控机床整体故障的37.5%,而数控系统的故障只占整体故障的5.5%。

机床机械部件的维修与电气控制系统的维修比较,电气系统故障诊断及维护的内容多,涉及面广,发生率高,是数控机床维护和故障诊断的重点,也是本书的重点内容。

二、数控机床本体的维护

对机床本体的维护主要指对机床机械部件的维护。由于机械部件长期处于运动摩擦过程中,因此,对它的维护和维修对保证机床精度是很重要的。数控机床因其功能、结构及系统的不同,维护保养的内容和规则也各有特色,具体应根据机床种类、型号及实际使用情况,并参照说明书的要求,制订和建立必要的定期、定级保养制度。

(1) 使机床保持良好的润滑状态 定期检查、清洗自动润滑系统,添加或更换润滑脂、润滑油,使丝杠、导轨等各运动部位始终保持良好的润滑状态,降低机械磨损速度。

(2) 定期检查液压、气压系统 定期对液压系统进行油质化验检查,更换液压油,并定期对各润滑、液压、气压系统的过滤器或过滤网进行清洗或更换,对气压系统还要注意及时对空气过滤器进行放水。

(3) 定期对机床的水平 and 机械精度进行检查并校正 机床机械精度的校正方法有软硬两种。所谓软方法,主要是指通过调整系统参数进行的补偿,如丝杠反向间隙补偿、各坐标定位精度定点补偿、机床回参考点位置校正等;而硬方法一般在机床大修时使用,如导轨的修刮、滚珠丝杠螺母副的预紧,反向间隙、齿轮副间隙的调整等。

(4) 适时对各坐标轴进行超程限位试验 对于硬件限位开关,由于切削液等原因会使其产生锈蚀,平时虽然主要靠软件限位开关起保护作用,但关键时刻如因硬件限位开关锈蚀不起作用将产生碰撞,甚至损坏滚珠丝杠,严重影响机床机械精度。试验时只要用手按一下限位开关,看是否出现超程警报,或检查相应 I/O 接口输入信号是否变化。

为了更具体地说明日常保养的周期、检查部位和要求,这里附上某数控机床日常保养一览表以供参考,见表 1-1。

表 1-1 数控机床日常保养一览表

序号	检查周期	检查部位	检查要求
1	每天	导轨润滑	检查润滑油的油面、油量,及时添加润滑油,润滑油泵能否定时起、动、泵油及停止。导轨各润滑点在泵油时是否有润滑油流出
2	每天	X、Y、Z 及回转轴的导轨	清除导轨面上的切屑、脏物、冷却水迹,检查导轨润滑油是否充分,导轨面上有无划伤损坏及锈斑,导轨防尘刮板上有无夹带铁屑。如果是安装滚动滑块的导轨,当导轨上出现划伤时应检查滚动滑块
3	每天	压缩空气气源	检查气源供气压力是否正常,含水量是否过大

(续)

序号	检查周期	检查部位	检查要求
4	每天	机床进气口的分水排水器和自动空气干燥器	及时清理分水排水器中滤出的水分，加入足够的润滑油，空气干燥器是否能自动切换工作，干燥剂是否饱和
5	每天	气液转换器和增压器	检查存油面的高度并及时补油
6	每天	主轴箱润滑恒温油箱	恒温油箱正常工作，由主轴箱上的油标确定是否有润滑油，调节油箱制冷温度能正常起动，制冷温度不要低于室温太多（相差2~5℃），否则主轴容易“出汗”（空气水分凝聚）
7	每天	机床液压系统	油箱、液压泵无异常噪声，压力计指示正常工作压力，油箱工作油面在允许范围内，回油路上背压不得过高，各管路接头无泄漏和明显振动
8	每天	主轴箱液压平衡系统	平衡油路无泄漏，平衡压力计指示正常，主轴箱在上下快速移动时压力计波动不大，油路补油机构动作正常
9	每天	数控系统的输入/输出	光电阅读机的清洁，机械结构润滑良好，外接快速穿孔机及程序盒连接正常
10	每天	各种电气装置及散热通风装置	数控柜、机床电气柜进排风扇工作正常，风道过滤网无堵塞，主轴电动机、伺服电动机、冷却风道正常，恒温油箱、液压箱的冷却散热片通风正常
11	每天	各种防护装置	导轨、机床防护罩动作灵活且无漏水现象，刀库防护栏杆、机床工作区防护栏检查门开关动作正常，机床四周各防护装置上的操作按钮、开关、急停按钮工作正常
12	每周		清洗各电柜进气过滤网
13	半年	滚珠丝杠螺母副	清洗丝杠上旧的润滑脂，涂上新润滑脂，清洗螺母两端的防尘圈
14	半年	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、过滤器、油箱池底，更换或过滤液压油，注意在向油箱加入新油时必须经过过滤和去水分
15	半年	主轴润滑恒温油箱	清洗过滤器，更换润滑油，检查主轴箱各润滑点是否正常供油
16	每年	对于使用直流电动机的数控机床，检查并更换直流伺服电动机电刷	从电刷窝内取出电刷，用酒精棉清除电刷窝内和换向器上的碳粉，当发现换向器表面被电弧烧伤时，抛光表面、去毛刺，检查电刷表面和弹簧有无失去弹性，更换长度过短的电刷，起动后才能正常使用
17	每年	润滑油泵、过滤器等	清理润滑油箱池底，清洗、更换过滤器
18	不定期	各导轨上的镶条，压紧滚轮，丝杠，主轴传动带	按机床说明书上的规定调整间隙或进行预紧
19	不定期	散热器	检查散热器液面高度，切削液各级过滤装置是否工作正常，切削液是否变质，经常清洗过滤器，疏通防护罩和床身上各回水通道，必要时更换并清理散热器底部
20	不定期	排屑器	检查有无卡位等现象
21	不定期	清理废油池	及时取走废油池中的废油以免外溢，当发现油池中油量突然增多时，应检查液压管路中是否有漏油点

三、数控机床电气控制系统的日常维护

电气控制系统包括输入/输出装置、数控系统、伺服系统、机床电气柜（也称强电柜）及操作面板等。电气控制系统的维护主要有以下几点：

1) 定期对直流电动机进行电刷和换向器的检查、清洗和更换。如果换向器表面脏，应

用白布蘸酒精予以清洗；若表面粗糙，应用细金相砂纸予以修整；若电刷长度为 10mm 以下，应予以更换。

2) 定期检查电气部件。检查各插头、插座、电缆、继电器的触点是否接触良好，检查各印制电路板是否干净，检查主电源变压器、各电动机的绝缘电阻是否在 $1\text{M}\Omega$ 以上。平时尽量少开电气柜门，以保持电气柜内的清洁，夏天用开门散热是不可取的。定期对电气柜和有关电气的冷却风扇进行清扫，更换其空气过滤网等。另外，如果纸带光电阅读机的受光部件太脏，可能导致读数错误，应及时进行清洗。电路板太脏或受湿，可能会引起短路现象，必要时应对各个电路板、电气元件采用吸尘法进行清扫等。

3) 数控机床长期不用时的维护。数控机床不宜长期封存不用，购买数控机床以后要充分地利利用起来，尽量提高利用率，尤其是投入使用的第一年，以使其容易出现故障的薄弱环节尽早暴露出来，使故障的隐患尽可能在保修期内得以排除。有了数控机床舍不得用，不是对设备的爱护，反而会由于受潮等原因加快电子元件的变质或损坏。如果数控机床长期不用时要定期通电，并进行机床功能试验程序的完整运行，要求每 1~3 周通电试运行一次；在环境湿度较大的雨节，应每周通电两次，每次空运行 1h 左右，利用机床本身的发热来降低机床内湿度，使电子元件不致受潮。同时，也能及时发现有无电池报警发生，以防系统软件、参数等的丢失。

4) 定期更换存储器用电池。一般数控系统内的 CMOS RAM 存储器器件设有可充电电池维持电路，以保证系统不通电期间能保持其存储器的信息。在一般情况下，即使电池尚未失效，也应每年更换一次，以确保系统能正常工作。电池的更换应在 CNC 装置通电状态下进行，以防更换时 RAM 内信息丢失。

5) 备用印制电路板的维护。印制电路板长期不用是很容易出现故障的。因此，备用的印制电路板应定期装到 CNC 装置上通电运行一段时间，以防损坏。

6) 经常监视 CNC 装置用的电网电压。CNC 装置通常允许电网电压在额定值的 $+10\% \sim -15\%$ 的范围内波动，如果超出此范围就会造成系统不能正常工作，甚至会引起 CNC 系统内电子元、器件的损坏。因此，要经常监视 CNC 装置用的电网电压。

四、数控机床维修所需的技术资料和技术准备

维修人员平时要认真整理和阅读机床附带的有关数控系统技术资料，维修工作的质量、排除故障速度的快慢，主要取决于维修人员对系统的熟悉程度和运用技术资料的熟练程度。

1. 数控装置

维修人员应有数控装置安装、使用（包括编程）和维修方面的技术说明书，包括数控机床操作面板的布置及其操作方法、数控装置内各电路板的技术要求及其外部连接图、数控系统各种参数的意义及其设定方法、数控装置自诊断功能和报警信息的清单、数控装置接口的分配及其含义等。通过上述资料，维修人员应掌握 CNC 原理框图、结构布置、各电路板的作用，电路板上各发光管指示的意义，能通过面板对系统进行各种操作，进行自诊断检测，检查和修改参数并能作出参数和系统程序的备份，能熟练地通过报警信息确定故障范围，对系统供维修的检测点进行测试，会使用随机的系统诊断纸带对数控系统进行诊断测试。

2. 可编程序控制器（PLC）

维修人员应有 PLC 装置编程、操作方面的技术说明书，还应有 PLC 用户程序清单或梯