

高职高专“十二五”规划教材

配套电子课件



数控机床

故障诊断与维护(第二版)

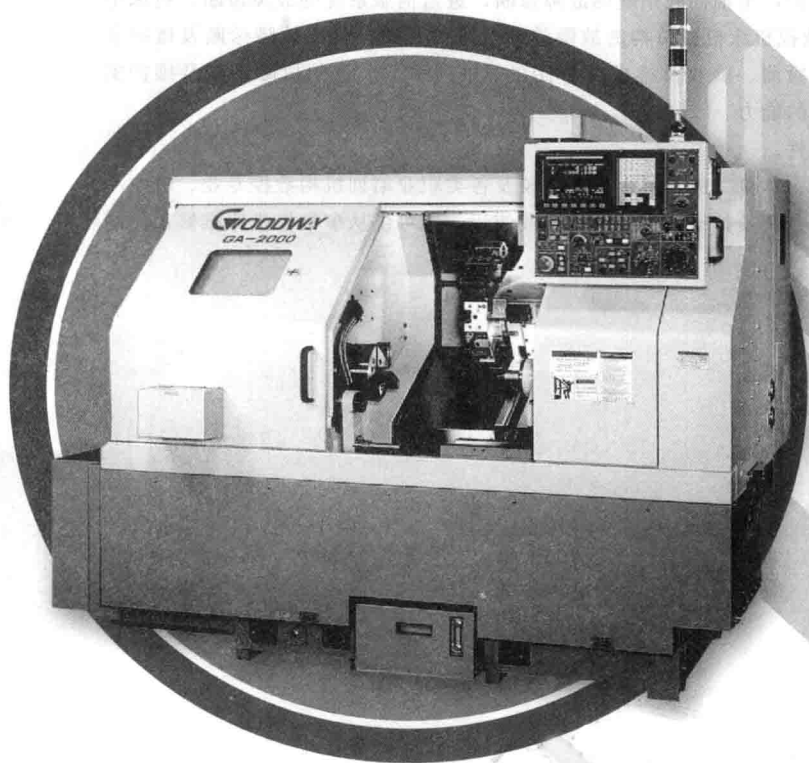
刘瑞已 主编 李群松 主审



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

配套电子课件



数控机床 故障诊断与维护(第二版)

刘瑞已 主编 马玉敏 唐 琴 李 科 副主编 李群松 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统地介绍了数控机床故障诊断与维护的技术和方法,内容涉及数控机床的各个组成部分。在参阅了大量技术资料的基础上,结合编者多年来的实践经验,对本书的总体结构和内容进行了合理的编排,突出了各种故障诊断及维护方法的实用性。书中内容按照教育部对高职高专数控机床故障诊断与维护教学的要求编写,全书共分8章。内容包括数控机床故障诊断及维护的基础,数控系统的故障诊断及维护,主轴伺服系统的故障诊断,进给伺服系统的故障诊断,机床电气与PLC控制的故障诊断,数控机床机械结构的故障诊断及维护,数控机床故障诊断及维护实例,数控机床的安装、调试、检测、验收及维护。并且在书中列举了大量的故障诊断及维护实例,以提高读者解决实际问题的能力。

为方便教学,配套电子课件。

本书适合于高职高专院校、本科二级学院、成人高校及各类职业培训机构数控专业、机电一体化专业、机械制造及自动化专业及其他相关机械类专业使用,也可供从事数控机床维修工作的工程技术人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断与维护/刘瑞已主编.—2版.—北京:
化学工业出版社,2013.12
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-18648-5

I. ①数… II. ①刘… III. ①数控机床-故障诊断-
高等职业教育-教材②数控机床-维修-高等职业教育-教材
IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第241550号

责任编辑:韩庆利
责任校对:蒋宇

装帧设计:张辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印装:三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张14½ 字数358千字 2014年1月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00元

版权所有 违者必究

前 言

由于数控机床综合了机械、电子、液压、气压、计算机、自适应等多门技术于一身，致使数控机床的维护、维修有一定的难度，再加上有时候机床报机械故障但却是电气原因，有时候报电气故障又有机械故障，这样更使数控机床的维护、维修复杂化并加大了难度。在教学中，假如我们选用了一本合适的教材将会使这件事情的难易程度大大降低。为此，编者在2007年出的第一版的基础上，结合自己这些年的教学经验，对书中的内容做了详细修改与知识的更新，使书中的内容更加与工作实际联系起来，更加满足教学的需要。具体来讲，主要做了如下修改：

第1章：考虑到，书中的内容已经涉及数控机床故障诊断及维护的基本要求，所以去掉了1.2数控机床故障诊断及维护的基本要求一节，增加了1.9提高维修数控机床技术水平的方法。第2章：整个2.5典型数控系统的故障诊断全部做了更新，使FANUC系统和SIEMENS系统的故障诊断更加全面而实用。第3章：直流、交流主轴伺服系统可能出现的故障及其排除所需知识进行了更新和增添；增加了3.3.5直流主轴驱动装置的保护、3.4主轴的准停及其故障诊断。第4章：4.5直流进给伺服系统、4.6交流进给伺服系统、4.7进给伺服驱动系统常见故障及排除三节内容全部进行了彻底更换，使用了最新知识，使内容更全、更新，方便老师讲解。第6章：6.2.1机械故障的类型进行重新归类；增添了6.3.4数控机床主轴维修实例；6.5.4导轨副维修实例以及数控车床刀架故障实例。第7章：对于所有实例进行了筛选和替换，使实例更加方便讲解、实用。第8章：8.2数控机床的调试、8.3.1检验与验收的工具、8.3.3数控机床几何精度的检验的所有内容彻底进行了更换，使内容更加丰富而实用，尤其是8.3.3数控机床几何精度的检验一节，按照国家标准用示图的形式详细地讲解了数控车床、铣床的几何精度检验内容和方法，能使学生完全掌握数控车、铣床的几何精度检验内容。

该书第二版由湖南工业职业技术学院刘瑞己主编并统稿，由中国水电八局高级技工学校马玉敏、湖南工业职业技术学院唐琴、邯郸职业技术学院李科任副主编，参加本书编写的还有湖南工业职业技术学院申晓龙、李平化和张云。由湖南化工职业技术学院李群松主审。

本书有配套电子课件，可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师，如有需要，可发邮件到 hqlbook@126.com 索取。

尽管编者查阅了大量的参考书籍，但肯定还有一些不足之处，敬请读者谅解和批评指正！

编者

第一版前言

数控机床是现代机械制造业的重要技术装备，也是先进制造技术的基础技术装备。数控机床随着微电子技术、计算机技术、自动控制技术的发展而得到飞跃发展。目前，几乎所有传统机床都有了数控机床品种。数控技术极大地推动了计算机辅助设计、计算机辅助制造、柔性制造系统、计算机集成制造系统、虚拟制造系统和敏捷制造的发展，并为实现绿色加工打下了基础。

数控技术是提高产品质量、提高劳动生产率必不可少的物质手段，它的广泛使用给机械制造业生产方式、产业结构、管理方式带来深刻的变化，它的关联效益和辐射能力更是难以估计。数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础，离开了数控技术，先进制造技术就成了无本之木。数控技术是国际技术和商业贸易的重要构成，工业发达国家把数控机床视为具有高技术附加值、高利润的重要出口产品，世界贸易额逐年增加。而采用数控技术的典型产品——数控机床是机电工业的重要基础装备，是汽车、石化、电子等支柱产业及重矿产业生产现代化的最主要手段，也是世界第三次产业革命的一个重要内容。因此，数控技术及数控装备是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业，其水平高低是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志，实现加工机床及生产过程数控化，已经成为当今制造业的发展方向。数控机床也正逐渐成为机械工业技术改造的首选设备。尽管数控系统的性能和品质已有了极大的提高，从而保证了数控机床的稳定性和可靠性。但是，数控机床是机电一体化的高度复杂的设备，在使用过程中难免出现故障，而一些用户对故障又不能及时作出正确的判断和排除，严重制约了数控机床的使用率，影响企业的生产。因此培养掌握数控机床故障诊断与维修的技术人员成为当务之急。本书正是为满足这种需要而编写的。

本书介绍了数控机床各部件常见的故障，并深入地分析和阐述了故障的排除方法。书中列举了大量的实例，力求使读者通过学习，切实掌握故障诊断技术及其排除方法。

全书由刘瑞已担任主编并统稿和定稿，由周华祥教授担任主审，参加编写的还有湖南工业职业技术学院任东、申晓龙、李平化、龙华、李强。本书在编写过程中还得到湖南工业职业技术学院数控中心老师的大力支持和帮助，并在编书过程中提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2007年8月

目 录

第 1 章 数控机床故障诊断及维护

的基础 1

- 1.1 数控机床故障诊断及维护的意义和
要求 1
 - 1.1.1 数控机床故障诊断及维护的目的 1
 - 1.1.2 数控机床故障诊断及维护的内容 1
- 1.2 数控机床故障的特点 2
- 1.3 数控机床常见故障分类 3
- 1.4 数控机床故障诊断原则 5
- 1.5 数控机床故障诊断步骤 6
- 1.6 常见故障检查方法 7
- 1.7 数控机床故障诊断技术的发展 9
- 1.8 维修中的注意事项 11
- 1.9 提高维修数控机床技术水平的方法 12
- 思考与练习题 16

第 2 章 数控系统的故障诊断及维护 17

- 2.1 数控系统的特点 17
- 2.2 数控系统的自诊断 18
- 2.3 数控系统的主要故障 22
 - 2.3.1 数控系统的软件故障诊断 22
 - 2.3.2 数控系统的硬件故障诊断 25
- 2.4 利用机床参数来诊断数控系统 29
 - 2.4.1 数控机床参数概述 29
 - 2.4.2 数控机床参数的分类 30
 - 2.4.3 数控机床参数的故障及其诊断 32
- 2.5 典型数控系统的故障诊断 33
 - 2.5.1 FANUC 系统的故障诊断 33
 - 2.5.2 SIEMENS 系统的故障诊断 41
- 思考与练习题 47

第 3 章 主轴伺服系统的故障诊断 48

- 3.1 伺服系统概述 48
- 3.2 伺服系统的组成及工作原理 48
- 3.3 主轴伺服系统的故障诊断及维护 50
 - 3.3.1 常用主轴驱动系统介绍 50
 - 3.3.2 主轴通用变频器 51
 - 3.3.3 主轴伺服系统的故障形式及诊断
方法 55
 - 3.3.4 直流伺服主轴驱动系统的维护与
故障诊断 56
 - 3.3.5 直流主轴驱动装置的保护 62

- 3.3.6 交流伺服主轴驱动系统的维护
与故障诊断 63

- 3.4 主轴的准停 68
 - 3.4.1 主轴准停装置的分类 69
 - 3.4.2 主轴准停装置的故障诊断与
维护 71
- 思考与练习题 73

第 4 章 进给伺服系统的故障诊断 74

- 4.1 进给伺服系统概述 74
- 4.2 常用进给驱动系统介绍 75
- 4.3 进给伺服系统的结构形式 77
- 4.4 步进驱动系统常见故障诊断与维修 79
 - 4.4.1 概述 79
 - 4.4.2 步进驱动系统常见故障及排除 79
- 4.5 直流进给伺服系统 81
 - 4.5.1 晶闸管调速与晶体管脉宽调制
调速 81
 - 4.5.2 直流伺服电机的检查与维护 83
- 4.6 交流进给伺服系统 84
 - 4.6.1 交流进给伺服系统的组成 84
 - 4.6.2 交流伺服电动机简介 85
- 4.7 进给伺服驱动系统常见故障及排除 88
 - 4.7.1 软件报警 (CRT 显示) 故障
及处理 88
 - 4.7.2 常见的故障及处理 94
- 4.8 位置检测反馈系统的故障分析与
排除 102
 - 4.8.1 常用检测反馈元件及维护 103
 - 4.8.2 位置检测系统的故障诊断 105
- 思考与练习题 106

第 5 章 机床电气与 PLC 控制的故障

诊断 107

- 5.1 电源维护及故障诊断 107
 - 5.1.1 电源配置 107
 - 5.1.2 交流电源的检查 108
 - 5.1.3 直流稳压电源的常见故障的诊断
与处理 109
 - 5.1.4 通过电气原理图诊断电源故障 110
 - 5.1.5 电源检查中的安全注意事项 111
- 5.2 数控机床的干扰及其排除 112

5.2.1 干扰类型、成因与传递方式	112
5.2.2 数控机床抗干扰常用措施	113
5.3 机床可编程控制器(PLC)的功能	115
5.3.1 PLC与外部信息的交换	115
5.3.2 数控机床可编程控制器的功能	117
5.4 PLC的输入、输出元件	119
5.4.1 输入元件	119
5.4.2 输出元件	121
5.5 数控机床PLC控制的故障诊断	124
5.5.1 可编程控制器的维护	124
5.5.2 PLC的常见故障及其处理 方法	125
5.5.3 PLC的故障检测与诊断	126
思考与练习题	134
第6章 数控机床机械结构的故障诊断 及维护	135
6.1 数控机床机械结构的基本组成 及特点	135
6.1.1 数控机床机械结构的基本组成	135
6.1.2 数控机床机械结构的主要特点	136
6.2 机械故障类型及其诊断方法	137
6.2.1 机械故障的类型	137
6.2.2 机械故障诊断的方法	137
6.3 主传动系统与主轴部件的故障诊断 及维护	138
6.3.1 主传动系统	138
6.3.2 主轴部件的维护	139
6.3.3 主轴部件的常见故障及其排除 方法	142
6.3.4 数控机床主轴维修实例	143
6.4 进给传动系统的故障诊断及维护	143
6.4.1 滚珠丝杠螺母副的结构	144
6.4.2 齿轮传动副	145
6.4.3 同步齿形带传动副	146
6.5 导轨副的故障诊断及维护	147
6.5.1 塑料滑动导轨	147
6.5.2 滚动导轨	148
6.5.3 静压导轨	150
6.5.4 导轨副维修实例	151
6.6 自动换刀装置(ATC)的故障诊断	151
6.7 其他辅助装置的故障诊断及维护	154
6.7.1 液压系统与气动系统的故障诊断 与维护	154
6.7.2 数控机床润滑系统的故障诊断	160
思考与练习题	162

第7章 数控机床故障诊断及维护

实例	163
7.1 开机故障分析及排除	163
7.2 开关失效与实例分析	164
7.3 爬行和振动的分析	166
7.3.1 爬行和振动的分析	166
7.3.2 爬行和振动的故障诊断实例	167
7.4 数控车床故障诊断	168
7.4.1 CNC系统故障诊断实例	168
7.4.2 伺服系统故障诊断实例	172
7.4.3 主轴系统故障诊断实例	176
7.4.4 刀架系统故障诊断实例	177
7.5 数控铣床故障诊断	179
7.5.1 CNC系统故障诊断实例	179
7.5.2 伺服系统故障诊断实例	181
7.5.3 主轴系统故障诊断实例	183
7.5.4 工作台故障诊断实例	185
7.6 加工中心故障诊断	186
7.6.1 数控铣削加工中心故障诊断	187
7.6.2 数控车削加工中心故障诊断	193
7.7 设备检测元件的故障诊断实例	195
7.8 润滑系统故障诊断实例	196
7.9 排屑装置故障诊断实例	197

第8章 数控机床的安装、调试、检验、 验收及维护

8.1 数控机床的安装	198
8.1.1 数控机床的基础处理和初就位	198
8.1.2 数控机床部件的组装连接	198
8.1.3 数控系统的连接和调整	198
8.2 数控机床的调试	200
8.2.1 数控机床水平调整	200
8.2.2 通电试车	200
8.3 数控机床的检验与验收	202
8.3.1 检验与验收的工具	202
8.3.2 数控机床噪声温升及外观的检查	202
8.3.3 数控机床几何精度的检验	203
8.3.4 数控机床定位精度的检验	213
8.3.5 切削精度的检验	215
8.3.6 数控机床性能与功能的验收	217
8.4 数控机床的日常维护	219
8.4.1 点检	220
8.4.2 数控机床的日常维护	221
思考与练习题	223
参考文献	224

第 1 章 数控机床故障诊断及维护的基础

数控机床的故障诊断及维护在内容、手段和方法上与传统机床的故障诊断及维护有很大的区别。学习和掌握数控机床故障诊断及维护的技术,已越来越引起相关企业和工程技术人员关注。数控机床故障诊断及维护已成为正确使用数控机床的关键因素之一。

1.1 数控机床故障诊断及维护的意义和要求

数控机床是一种高投入的高效自动化机床。由于其投资比普通机床高得多,因此降低数控机床故障率,缩短故障修复时间,提高机床利用率是十分重要的工作。

任何一台数控机床都是一种过程控制设备,它要求实时控制每一时刻都能准确无误地工作。任何部分的故障和失效,都会使机床停机,从而造成生产的停顿。因而掌握和熟悉数控机床的工作原理、组成结构是做好维护、维修工作的基础。此外,数控机床在企业中一般处于关键工作岗位的关键工序上,若在出现故障后不能及时得到修复,将会给生产单位造成很大的损失。

虽然现代数控系统的可靠性不断提高,但在运行过程中因操作失误、外部环境的变化等因素影响仍免不了出现故障。为此,数控机床应具有自诊断能力,能采取良好的故障显示、检测方法,及时发现并能很快确定故障部位和原因,令操作人员或维修人员及时排除故障,尽快恢复工作。

1.1.1 数控机床故障诊断及维护的目的

数控机床是一种高效的自动化机床,它是将电子电力、自动化控制、电机、检测、计算机、机床、液压、气动和加工工艺等技术集中于一身,具有高精度、高效率和高适应性的特点。要发挥数控机床的高效益,就要保证它的开动率,这就对数控机床提出了稳定性和可靠性的要求,衡量该要求的指标是平均无故障时间 $MTBF$,即为两次故障间隔的时间;同时,当设备出了故障后,要求排除故障的修理时间 $MTTR$ 越短越好,所以衡量上述要求的另一个指标是平均有效度 A :

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

为了提高 $MTBF$,降低 $MTTR$,一方面要加强日常维护,延长无故障的时间;另一方面当出现故障后,要尽快诊断出故障的原因并加以修复。如果用人来比喻的话,就是平时要注意保养,避免生病;生病后,要及时就医,诊断出病因,对症下药,尽快康复。

现代化的设备需要现代化和科学化的管理,数控机床的综合性和复杂性决定了数控机床的故障诊断及维护有自身的方法和特点,掌握好这些方法,可以保证数控机床稳定可靠地运行。特别是对柔性制造系统(FMS),任何一台数控机床出故障都会影响到整条生产线的运行,其经济损失是相当大的,因此快速诊断出故障原因和加强日常维护就显得很重要了。

1.1.2 数控机床故障诊断及维护的内容

数控机床由机械和电气两大部分组成,每个部分都有可能发生故障。从电气角度来看,

数控机床与普通机床不同的是,前者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,都可能使伺服性能、电气参数发生变化或电气元件失效而引起故障。另外,数控机床用可编程控制器(PLC)替代了普通机床强电柜中大部分的机床电器,从而实现对主轴、进给、换刀、润滑、冷却、液压和气动等系统的逻辑控制。数控机床使用过程中,特别要注意的是机床上各部位的按钮、行程开关、接近开关及继电器、电磁阀等机床电器开关,因为这些开关信号作为可编程控制器的输入和输出控制,其可靠性将直接影响到机床能否正确执行动作,这类故障是数控机床最常见的故障。

数控机床最终是以位置控制为目的的,所以,位置检测装置维护的好坏将直接影响到机床的运动精度和定位精度。

因此,电气系统的故障诊断及维护,内容多,涉及面广,是维护和故障诊断的重点部分。就其故障诊断的难易程度而言,电气部分也显得稍难一些,故电气部分的诊断在机床使用中显得也稍重要一些。其机械部分的故障诊断及维护的主要内容有:主轴箱的冷却和润滑,导轨副和丝杠螺母副的间隙调整、润滑及支承的预紧,液压和气动装置的压力和流量调整等。而电气部分的故障诊断及维护的主要内容有以下几个方面。

(1) 驱动电路 主要指与坐标轴进给驱动和主轴驱动的连接电路。

(2) 位置反馈电路 指数控系统与位置检测装置之间的连接电路。

(3) 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、离合器和电磁阀等功率执行元件供电。

(4) 开/关信号连接电路 开/关信号是数控系统与机床之间的输入/输出控制信号。输入/输出信号在数控系统和机床之间的传送通过 I/O 接口进行。数控系统中各种信号均可用机床数据位“1”或“0”来表示。数控系统通过对输入开关量的处理,向 I/O 接口输出各种控制命令,控制强电线路的动作。

就数控系统来说,20 世纪 80 年代中期以前,由于当时 CPU 的性能低,采用硬件要比软件快得多,所以硬件品质的高低,就决定了当时数控系统品质的高低。由于微电子技术的迅猛发展和微机进入数控系统,在数控系统性能水平方面,已由硬件竞争转到软件竞争。数控系统类似计算机产品,将外购的电子元器件焊(贴)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。其关键技术如元器件筛选、印制电路板、焊接和贴附、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:数控机床操作、保养和调整不当占整个故障的 57%,伺服系统、电源及电气控制部分的故障占整个故障的 37.5%,而数控系统的故障只占 5.5%。

1.2 数控机床故障的特点

数控机床故障是指数控机床失去了规定的功能。数控机床故障发生率随机床使用时间不同而不相同,其关系如图 1-1 所示。从图 1-1 可以看出,在机床的使用期间大致可以分为三个阶段,即磨合期、稳定工作期和衰退期。

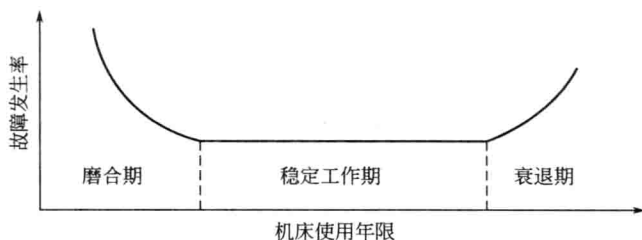


图 1-1 故障发生率随机床使用年限变化的曲线

1. 磨合期

新机床在安装调试后，半年到一年左右的时间内，由于机械零部件的加工表面还存在几何形状偏差，比较粗糙，电气元件受到交变负荷等冲击，故障频率较高，一般没有规律。其中，电气、液压和气动系统故障频率大约为 90%。

2. 稳定工作期

机床在经历了初期磨合后，进入了稳定的工作期。这时故障发生率较低，但由于使用条件和人为的因素，偶发故障在所难免，所以在稳定期内故障诊断非常重要。在此期间，机电故障发生的概率差不多，并且大多数可以排除，这个时期大约 6~10 年。

3. 衰退期

机床零部件在正常寿命之后，开始迅速磨损和老化，故障发生率逐渐增多。此时期的故障大多数具有规律性，属于渐变性和器质性的，并且大部分可以排除。

数控机床本身的复杂性使其故障诊断具有复杂性和特殊性。引起数控机床故障的因素是多方面的，有些故障的现象是机械方面的，但是引起故障的原因却是电气方面的；有些故障的现象是电气方面的，然而引起故障的原因是机械方面的；有些故障是由电气方面和机械方面共同引起的。因而，对同一个现象，既可能是机械的问题，也可能是电气的原因，或许两者兼而有之，非常复杂。这就要求必须根据实际情况进行综合考虑，才能做出正确的判断。

1.3 数控机床常见故障分类

数控机床故障的种类很多，一般可以按起因、性质、发生部位、自诊断、软（硬）件故障等来分类。

1. 数控机床的非关联性和关联性故障

故障按起因的相关性可分为非关联性和关联性故障。所谓非关联性故障是由于运输、安装、工作等原因造成的故障。关联性故障可分为系统性故障和随机性故障。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故障。这一类故障现象极为常见。例如：液压系统的压力值随着液压回路过滤器的阻塞而降到某一设定参数时，必然会发生液压系统故障报警使系统断电停机。又如：润滑、冷却或液压等系统由于管路泄漏引起油标下降到使用限值，必然会发生液位报警使机床停机。再如：机床加工中因切削量过大，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。因此正确使用与精心维护是杜绝或避免这类系统性故障发生的切实保障。随机性故障通常是指数控机床在同样的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一两次，因此，随机性故障的原因分析与故障诊断较其他故障因

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诸因素有关。例如：接插件与连接组件因疏忽未加锁定，印制电路板上的元器件松动变形或焊点虚脱，继电器触点、各类开关触头因污染锈蚀以及直流电动机电刷不良等所造成的接触不可靠等。工作环境温度过高或过低、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偶然性故障。因此，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，均可避免此类故障的发生。

2. 数控机床的有报警显示故障和无报警显示故障

数控机床故障按有无报警显示分为有报警显示故障和无报警显示故障。有报警显示故障一般与控制部分有关，故障发生后可以根据故障报警信号判别故障的原因。无报警显示故障往往表现为工作台停留在某一位置不能运动，依靠手动操作也无法使工作台动作，这类故障的排除相对于有报警显示故障的排除难度要大。

3. 数控机床的破坏性故障和非破坏性故障

数控机床故障按性质可分为破坏性故障和非破坏性故障。对于短路、因伺服系统失控造成“飞车”等故障称为破坏性故障，在维修和排除这种故障时不允许故障重复出现，因此维修时有一定的难度；对于非破坏性故障，可以经过多次试验、重演故障来分析故障原因，故障的排除相对容易些。

4. 数控机床的电气故障和机械故障

数控机床故障按发生部位可分为电气故障和机械故障。电气故障一般发生在系统装置、伺服驱动单元和机床电气等控制部位。电气故障一般是由于电气元器件的品质因素下降、元器件焊接松动、接插件接触不良或损坏等因素引起，这些故障表现为时有时无。例如某电子元器件的漏电流较大，工作一段时间后，其漏电流随着环境温度的升高而增大，导致元器件工作不正常，影响了相应电路的正常工作。当环境温度降低了以后，故障又消失了。这类故障靠目测是很难查找的，一般要借助测量工具检查工作电压、电流或测量波形进行分析。

机械故障一般发生在机械运动部位。机械故障可以分为功能型故障、动作型故障、结构型故障和使用型故障。功能型故障主要是指工件加工精度方面的故障，这些故障是可以发现的，例如加工精度不稳定、误差大等。动作型故障是指机床的各种动作故障，可以表现为主轴不转、工件夹不紧、刀架定位精度低、液压变速不灵活等。结构型故障可以表现为主轴发热、主轴箱噪声大、机械传动有异常响声、产生切削振动等。使用型故障主要是指使用和操作不当引起的故障，例如过载引起的机件损坏等。机械故障一般可以通过维护保养和精心调整来预防。

5. 自诊断故障

数控系统有自诊断故障报警系统，它随时监测数控系统的硬件、软件和伺服系统等的工作情况。当这些部分出现异常时，一般会在监视器上显示报警信息或指示灯报警或数码管显示故障号，这些故障可以称为自诊断故障。自诊断故障系统可以协助维修人员查找故障，是故障检查和维修工作中十分重要的依据。对报警信息要进行仔细分析，因为可能会有多种故障因素引起同一种报警信息。

6. 人为故障和软（硬）故障

人为故障是指操作人员、维护人员对数控机床还不熟悉或者没有按照使用手册要求，在

操作或调整时处理不当而造成的故障。

硬故障是指数控机床的硬件损坏造成的故障。软故障一般是指由于数控加工程序中出现语法错误、逻辑错误或非法数据；数控机床的参数设定或调整出现错误；保持RAM芯片的电池电路断路、短路、接触不良，RAM芯片得不到保持数据的电压，使得参数、加工程序丢失或出错；电气干扰窜入总线，引起时序错误等原因造成的数控机床故障。

除了上述分类外，故障按时间可以分为早期故障、偶然故障和耗损故障；按使用角度可分为使用故障和本质故障；按严重程度可分为灾难性、致命性、严重性和轻度性故障；按发生故障的过程可分为突发性故障和渐变性故障。

1.4 数控机床故障诊断原则

在诊断故障时应掌握以下原则。

1. 先外部后内部

数控机床是机械、液压、电气一体化的机床，故其故障的发生必然要从机械、液压、电气这三者综合反映出来。数控机床的维修要求维修人员掌握“先外部后内部”的原则，即当数控机床发生故障后，维修人员应先采用望、听、嗅、问、摸等方法，由外向内逐一进行检查。比如：数控机床中，外部的行程开关、按钮开关、液压气动元件以及印制电路间的连接部位，因其接触不良造成信号传递失灵，是产生数控机床故障的重要因素。此外，由于工业环境中，温度、湿度变化较大，油污或粉尘对元件及电路板的污染，机械的振动等，对于信号传送通道和接插件都将产生严重影响。在维修中重视这些因素，首先检查这些部位就可以迅速排除较多的故障。另外，随意地启封、拆卸、不适当的大拆大卸，往往会扩大故障，使机床大伤元气，丧失精度，降低性能，要尽量避免。

2. 先机械后电气

由于数控机床是一种自动化程度高、技术复杂的先进机械加工设备，一般来讲，机械故障较易察觉，而数控系统故障的诊断则难度较大些。先机械后电气就是在数控机床的维修中，首先检查机械部分是否正常，行程开关是否灵活，气动、液压部分是否存在阻塞现象等等。从实际的经验来看，数控机床的故障中有很大部分是由机械动作失灵引起的。所以，在故障检修之前，首先注意排除机械性的故障，往往可以达到事半功倍的效果。

3. 先静后动

维修人员本身要做到先静后动，不可盲目动手，应先询问机床操作人员故障发生的过程及状态，阅读机床说明书、图样资料后，方可动手查找处理故障。其次，对有故障的机床也要本着先静后动的原则，先在机床断电的静止状态，通过观察测试、分析，确认为非恶性故障，或非破坏性故障后，方可给机床通电，在运行工况下，进行动态的观察、检验和测试，查找故障。然而对恶性的破坏性故障，必须先行排除危险后，方可进行通电，在运行工况下进行动态诊断。

4. 先公用后专用

公用性的问题往往影响全局，而专用性的问题只影响局部。如机床的几个进给轴都不能运动，这时应先检查和排除各轴公用的CNC、PLC、电源、液压等公用部分的故障，然后

再设法排除某轴的局部问题。又如电网或主电源故障是全局性的,因此一般应首先检查电源部分看看熔丝是否正常,直流电压输出是否正常。总之,只有解决影响一大片的主要矛盾,局部的、次要的矛盾才有可能迎刃而解。

5. 先简单后复杂

当出现多种故障互相交织掩盖、一时无从下手时,应先解决容易的问题,后解决难度较大的问题。常常在解决简单故障过程中,难度大的问题也可能变得容易,或者在排除简单故障过程中受到启发,对复杂故障的认识更为清晰,从而也有了解决办法。

6. 先一般后特殊

在排除某一故障时,要先考虑最常见的可能原因,然后再分析很少发生的特殊原因。例如:一台 FANUC 0T 数控车床 Z 轴回零不准,常常是由于降速挡块位置走动所造成。一旦出现这一故障,应先检查该挡块位置,在排除这一常见的可能性故障之后,再检查脉冲编码器、位置控制等环节。

1.5 数控机床故障诊断步骤

无论是处于哪一个故障期,数控机床故障诊断的一般步骤都是相同的。当数控机床发生故障时,除非出现危及数控机床或人身安全的紧急情况,一般不要关断电源,要尽可能地保持数控机床原来的状态不变,并且对出现的一些信号和现象做好记录,这主要包括:

- (1) 故障现象的详细记录;
- (2) 故障发生的操作方式及内容;
- (3) 报警号及故障指示灯的显示内容;
- (4) 故障发生时数控机床各部分的状态与位置;
- (5) 有无其他偶然因素,如突然停电、外线电压波动较大、某部位进水等。

数控机床一旦发生故障,首先要沉着冷静,根据故障情况进行全面的综合分析,确定查找故障的方法和手段,然后有计划、有目的地一步步仔细检查,切不可急于动手,仅凭看到的部分现象和主观臆断乱查一通。这样做具有很大的盲目性,即使查到故障也是碰巧,很可能越查越乱,走很多弯路,甚至造成严重的后果。因此故障诊断一般按下列步骤进行。

1. 详细了解故障情况

在接到机床现场出现故障要求排除的信息时,要做到以下几个方面。

(1) 首先应要求操作者尽量保持现场故障状态,不做任何处理,这样有利于迅速精确地分析故障原因。同时仔细询问故障指示情况、故障现象及故障产生的背景情况,依此做出初步判断,以便确定现场排除故障所应携带的工具、仪表、图纸资料、备件等,减少往返时间。

(2) 到达现场后,要验证操作者提供的各种情况的准确性、完整性,从而核实初步判断的准确度。由于操作者的水平,对故障状况描述不清甚至完全不准确的情况不乏其例,因此到现场后仍然不要急于动手处理,重新仔细调查各种情况,以免破坏了现场,增加排除故障的难度。

(3) 根据已知的故障状况按上述故障分析方法分析故障类型,从而确定排除故障的原则。由于大多数故障是有指示的,所以一般情况下,对照机床配套的数控系统诊断手册和使

用说明书,可以列出产生该故障的多种可能的原因。

(4) 对多种可能的原因进行排查从中找出本次故障的真正原因,这时对维修人员是一种对该机床熟悉程度、知识水平、实践经验和分析判断能力的综合考验。

(5) 有的故障排除方法可能很简单,有些则往往较复杂,需要做一系列的准备工作,如工具仪表的准备、局部的拆卸、零部件的修理、元器件的采购甚至排除故障计划步骤的制定等等。例如,当数控机床发生颠振、震动或超调现象时,要弄清楚是发生在全部轴还是某一轴;如果是某一轴,是全程还是某一位置;是一运动就发生还是仅在快速、进给状态下某一速度、加速或减速的某个状态下发生。为了进一步了解故障情况,要对数控机床进行初步检查,并着重检查 CRT 上的显示内容、控制柜中的故障指示灯、状态指示灯或作报警用的数码管。当故障情况允许时,最好开机实验,详细观察故障情况。

2. 确定故障源查找的方向和手段

对故障现象进行全面了解后,下一步可根据故障现象分析故障可能存在的位置,即哪一部分出现故障可能导致如此现象。有些故障与其他部分联系较少,容易确定查找的方向,而有些故障原因很多,难以用简单的方法确定出故障源查找方向,这就要仔细查阅有关的数控机床资料,弄清楚与故障有关的各种因素,确定若干个查找方向,并逐一查找。

3. 由表及里进行故障源查找

故障查找一般是从易到难,从外部到内部逐步进行。所谓难易,包括技术上的复杂程度和拆卸装配方面的难易程度。技术上的复杂程度是指判断其是否有故障存在的难易程度。在故障诊断的过程中,首先应该检查可直接接近或经过简单的拆卸即可进行检查的那些部位,然后检查需要大量的拆卸工作之后才能接近和进行检查的那些部位。

1.6 常见故障检查方法

1. 直观法

直观法主要是利用人的手、眼、耳、鼻等器官对故障发生时的各种光、声、味等异常现象的观察以及认真查看系统的每一处,遵循“先外后内”的原则,诊断故障采用望、听、嗅、问、摸等方法,由外向内逐一检查,往往可将故障范围缩小到一个模块或一块印刷线路板。这要求维修人员具有丰富的实际经验,要有多学科的较宽的综合判断的能力。比如,数控机床加工过程中突然出现停机。打开数控柜检查发现 Y 轴电机主电路保险烧坏,经检查是与 Y 轴有关的部件,最后发现 Y 轴电机动力线有几处磨破,搭在床身上造成短路。更换动力线后故障消除,机床恢复正常。

2. 自诊断功能法

自诊断功能法简言之就是利用数控系统自身的硬件和软件对数控机床的故障进行自我检查、自我诊断的方法。详细内容请见 2.2 数控系统的自诊断。

3. 数据和状态检查法

CNC 系统的自诊断不但能在 CRT 上显示故障报警信息,而且能以多页的“诊断地址”和“诊断数据”的形式提供机床参数和状态信息,常见的有以下几个方面。

(1) 接口检查 数控系统与机床之间的输入/输出接口信号包括 CNC 与 PLC, PLC 与

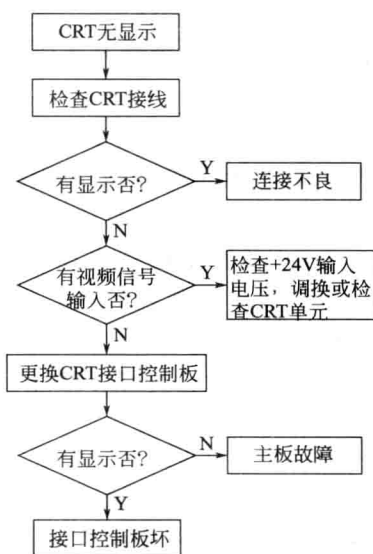


图 1-2 CRT 故障备板置换
诊断流程图

机床之间接口输入/输出信号。数控系统的输入/输出接口诊断能将所有开关量信号的状态显示在 CRT 上。用“1”或“0”表示信号的有无，利用状态显示可以检查数控系统是否已将信号输出到机床侧，机床侧的开关量等信号是否已输入到数控系统，从而可将故障定位在机床侧，或是在数控系统侧。

(2) 参数检查 数控机床的机床数据是经过一系列试验和调整而获得的重要参数，是机床正常运行的保证。这些数据包括增益、加速度、轮廓监控允差、反向间隙补偿值和丝杠螺距补偿值等。当受到外部干扰时，会使数据丢失或发生混乱，机床不能正常工作。

4. 报警指示灯显示故障

现代数控机床的数控系统内部，除了上述的自诊断功能和状态显示等“软件”报警外，还有许多“硬件”报警指示灯，它们分布在电源、伺服驱动和输入输出等装置上，根据这些报警灯的指示可判断故障的原因。

5. 备板置换法

利用备用的电路板来替换有故障疑点的模板，是一种快速而简便的判断故障原因的方法，常用于 CNC 系统的功能模块，如 CRT 模块、存储器模块等。

例如：有一数控系统开机后 CRT 无显示，采用如图 1-2 所示的故障检查步骤，即可判断 CRT 模块是否有故障。

需要注意的是，备板置换前，应检查有关电路，以免由于短路而造成好板损坏，同时，还应检查试验板上的选择开关和跨接线是否与原模板一致，有些模板还要注意板上电位器的调整。置换存储器板后，应根据系统的要求，对存储器进行初始化操作，否则系统仍不能正常工作。

6. 功能程序测试法

所谓功能程序测试法就是将数控系统的常用功能和特殊功能，如直线定位、圆弧插补、螺旋切削、固定循环、用户宏程序等用手工编程或自动编程方法，编制成一个功能程序，输入数控系统中，然后启动数控系统使之运行，借以检查机床执行这些功能的准确性和可靠性，进而判断出故障发生的可能起因。本方法对于长期闲置的数控机床第一次开机时的检查以及机床加工造成废品但又无报警的情况下，一时难以确定是编程错误或是操作错误，还是机床故障的原因是一个较好的判断方法。

7. 交换法

在数控机床中，常有功能相同的模块或单元，将相同模块或单元互相交换，观察故障转移的情况，就能快速确定故障的部位。这种方法常用于伺服进给驱动装置的故障检查，也可用于两台相同数控系统间相同模块的互换。

8. 测量比较法

CNC 系统生产厂在设计印刷线路板时，为了调整、维修的便利，在印刷线路板上设计了多个检测端子。用户也可利用这些端子比较测量正常的印刷线路板和有故障的印刷线路板之间的差异。可以检测这些测量端子的电压和波形，分析故障的起因和故障的所在位置。甚

至,有时还可对正常的印刷线路板人为地制造“故障”,如断开连线或短路、拔去组件等,以判断真实故障的起因。为此,维修人员应在平时积累印刷线路板上关键部位或易出故障部位在正常时的正确波形和电压值。因为CNC系统生产厂往往不提供有关这方面的资料。

9. 敲击法

当CNC系统出现的故障表现为若有若无时,往往可用敲击法检查出故障的部位所在。这是由于CNC系统是由多块印刷线路板组成,每块板上有许多焊点,板间或模块间又通过插接件及电线相连。因此,任何虚焊或接触不良,都可能引起故障。当用绝缘物轻轻敲打有虚焊及接触不良的疑点处,故障肯定会重复再现。

10. 局部升温法

CNC系统经过长期运行后元器件均要老化,性能会变坏。当它们尚未完全损坏时,出现的故障会变得时有时无。这时可用热吹风机或电烙铁等来局部升温被怀疑的元器件,加速其老化,以便彻底暴露故障部件。当然,采用此法时,一定要注意元器件的温度参数,不要将原来是好的器件烤坏。

例如:某西门子系统的机床工作40min后出现CRT变暗现象。关机数小时后再开机,恢复正常,但40min后又旧病复发,故障发生时机床其他部分均正常,可初步断定是CRT箱内元件与温度的变化有关。于是人为地使CRT箱内风扇停转,几分钟后故障重现。可见箱内电路板热稳定性差,调换后故障消失。

11. 原理分析法

根据CNC系统的组成原理,可从逻辑上分析各点的逻辑电平和特征参数(如电压值或波形),然后用万用表、逻辑笔、示波器或逻辑分析仪进行测量、分析和比较,从而对故障定位。运用这种方法,要求维修人员必须对整个系统或每个电路的原理有清楚的、较深的了解。

例如:PNE710数控车床出现Y轴进给失控,无论是点动或是程序进给,导轨一旦移动起来就不能停下来,直到按下紧急停止为止。根据数控系统位置控制的基本原理,可以确定故障出在Y轴的位置环上,并很可能是位置反馈信号丢失,这样,一旦数控装置给出进给的指令位置,反馈的实际位置始终为零,位置误差始终不能消除,导致机床进给的失控,拆下位置测量装置脉冲编码器进行检查,发现编码器里灯丝已断,导致无反馈输入信号,更换Y轴编码器后,故障排除。

除了以上常用的故障检查测试方法外,还有拔板法、电压拉偏法、开环检测法等等。包括上面提到的诊断方法在内,所有这些检查方法各有特点,按照不同的故障现象,可以同时选择几种方法灵活应用,对故障进行综合分析,才能逐步缩小故障范围,较快地排除故障。

1.7 数控机床故障诊断技术的发展

在科学技术飞速发展的今天,任何一项新技术的产生和发展都不是孤立的,而是互相渗透的结果。随着集成电路和计算机性能/价格比的提高,近年来,国外已将一些新的概念和方法引入到诊断领域,使诊断技术上升到一个新的更高的阶段,这些新的诊断技术主要有:通信诊断、自修复系统、人工智能专家故障诊断系统、人工神经网络诊断和多传感器信息融合技术等。

1. 通信诊断

通信诊断也称远距离诊断或“海外诊断”。用户只需把 CNC 系统中的专用“通信接口”连接到普通电话线上,维修中心的专用通信诊断计算机的“数据电话”也连接到电话线路上。由通信诊断计算机向各用户 CNC 系统发送诊断程序,并将测试数据送回诊断计算机进行分析并得出结论,最后又将诊断结论和处理方法通知用户。SIEMENS 公司生产的数控系统就具有这种诊断功能。通信诊断不仅用于故障发生之后对数控系统进行诊断,而且还可用作用户的定期预防性诊断,只需按预定的时间对机床作一系列试运行检查,将检查数据通过电话线送入维修中心的计算机进行分析处理,维修人员不必亲临现场,就可发现系统可能出现的故障隐患。

2. 自修复系统

自修复系统就是在系统内安装了备用模块,并在 CNC 系统的软件中装有自修复程序。当该软件在运行时一旦发现某个模块有故障时,系统一方面将故障信息显示在 CRT 上,另一方面自动寻找是否有备用模块。如果存在备用模块,系统将使故障模块脱机而接通备用模块,从而使系统较快地恢复到正常工作状态。美国的 Cincinnati Milacron 公司生产的 950CNC 系统就已经采用了这种自修复技术。在 950CNC 系统的机箱内安装有一块备用的 CPU 板,一旦系统中所用的 4 块 CPU 板中的任何一块出现故障时,均能立即启用备用板替代故障板。

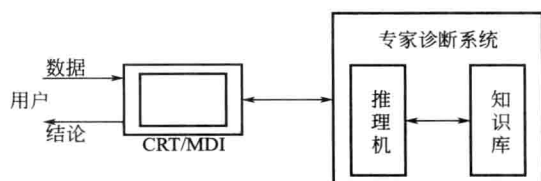


图 1-3 专家诊断系统

代故障板。

但自修复技术需要将备用板插入到机箱中的备用槽中。这无疑增加了成本,所以只适用于总线结构的 CNC 系统。

3. 人工智能专家故障诊断系统

专家诊断系统又称智能诊断系统。它将专业技术人员、专家的知识 and 维修技术人员的经验整理出来,运用推理的方法编制成计算机故障诊断程序库。专家诊断系统主要包括知识库和推理机两部分,如图 1-3 所示。知识库中以各种规则形式存放着分析和判断故障的实际经验和知识,推理机对知识库中的规则进行解释,运行推理程序,寻求故障原因和排除故障的方法。操作人员通过 CRT/MDI 用人机对话的方式使用专家诊断系统。操作人员输入数据或选择故障状态,从专家诊断系统处获得故障诊断的结论。FANUC15 系统中引入了专家诊断功能。

4. 人工神经网络(ANN)诊断

神经网络理论是在现代神经科学研究成果的基础上发展起来的,神经网络由许多并行的功能单元组成,这些单元类似生物神经系统的单元。神经网络反映了人脑功能的若干特性,是一种抽象的数学模型。这种方法将被诊断的系统的症状作为网络的输入,将所要求得到的故障原因作为网络的输出,并且神经网络将经过学习所得到的知识以分布的方式隐式地存储在网络上,每个输出神经元对应着一个故障原因。目前常用的几种算法有:误差反向传播(BP)算法、双向联想记忆(BAM)模型和模糊认识映射(FCM)等。神经网络的特点是信息的分布式存储和并行协同处理,它有很强的容错性和自适应性,善于联想、综合和推广。将神经网络用于数控机床故障诊断,使它作为某些难以用传统方法处理的故障诊断的手段和方法,这是数控机床故障诊断与维修技术的发展方向。

5. 多传感器信息融合技术

要保证数控机床长期无故障运行及在故障情况下快速诊断和排除故障,需要监测系统进