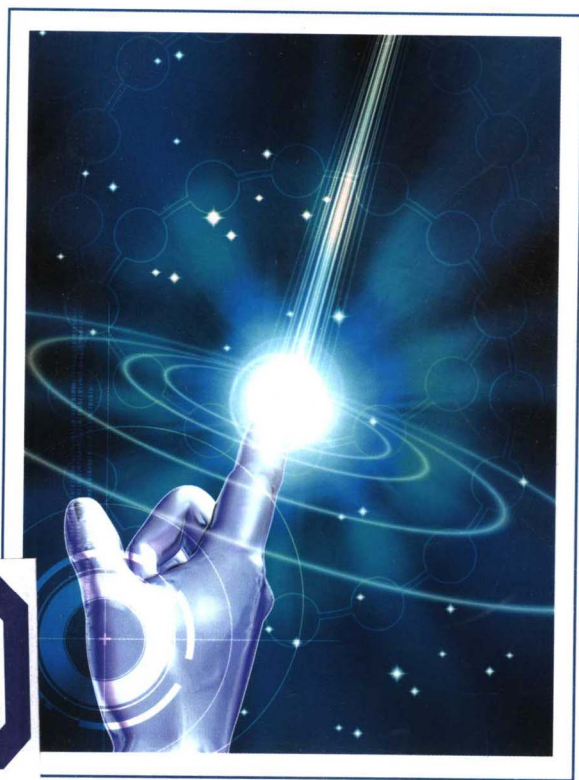


高级蓝领实用技术丛书

数控机床故障诊断 及维修实例

王忠峰 郝继光 主编



- 技术先进 实例典型
- 难点分析 开拓思维
- 实战指导 提升技能
- 深入浅出 便于自学
- 可操作性、实用性、针对性强



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高级蓝领实用技术丛书

数控机床故障诊断



维修实例

王忠峰 郝继光 主编

国防工业出版社

·北京·



图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断及维修实例 / 王忠峰, 郝继光主编.
北京: 国防工业出版社, 2006.1
(高级蓝领实用技术丛书)
ISBN 7-118-04142-4

I. 数... II. ①王...②郝... III. ①数控机床-故障诊断②数控机床-维修 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 104377 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 21 377 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 35.00 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

序

近年来,随着高新技术在生产领域的迅速普及和广泛应用,许多地方暴露出了对“高级蓝领”人才的需求矛盾。一些地方制定优惠政策和高薪条件吸引和留住高级技术工人,出现了花高薪聘请高级技术工人比找研究生还难的局面。这主要是社会上一度忽视技术工人在社会中的地位和作用造成的。

高级技术工人一般指高级工、技师和高级技师,而其中的技师和高级技师被称为“高级蓝领”。我作为工厂里的一名高级技师,亲身体会到了高级技术工人的重要作用。在工作中,往往工程师解决不了的技术难题却被“高级蓝领”轻而易举地解决了。这种例子在生产实践中屡见不鲜。随着高新技术在生产领域的迅速普及和广泛应用,掌握高级技能的“高级蓝领”发挥的作用越来越大。

据有关资料显示,目前全国高级技术工人占技术工人的比例为3.5%,与工业发达国家相比相差近10倍。其中,“高级蓝领”的需求矛盾极为突出。要大力发展高新技术产业,使我国成为国际化的加工中心,就必须要有大批“高级蓝领”作为人力资源的基础。当前,国家对高技能型人才——“高级蓝领”的培养极为重视,大力提倡人才向高技能方向发展。有不少地方的劳动部门正在酝酿出台向一线高级技术工人倾斜的政策,提高他们的待遇,以激励他们更好地钻研技术,真正体现他们的社会价值。

高级蓝领
实用技术丛书

我欣喜地看到,为加快我国“高级蓝领”人才的培养,国防工业出版社紧跟时代步伐,抓住社会需求,组织各领域中的众多高级技术人员及相关专业的科研人员,编写了《高级蓝领实用技术丛书》。本套丛书以介绍高级技术人员急需的实用技术为主,特点是内容新,实用性和可操作性强,适合生产一线的技师、高级技师和工程技术人员自学,对于那些想寻求工作中解决实际问题的技术人员无疑是一个良师益友,同时也可作为相关领域的培训教材和参考书。相信此套丛书的出版对推动我国高技能人才的培养将起到积极的推动作用。

全国铁路劳动模范
北京市劳动模范
北京市十大能工巧匠

郑文虎

2005年4月于北京

前言

中国经济正加快新兴工业化的发展速度,制造业已成为国民经济的支柱产业。特别是我国加入WTO之后,国外大型企业的进入带进了大量的数控机床,随着国内企业生产水平的提升和产品的升级换代,也购置和改造了大量的数控加工设备。数控技术的广泛使用,迅速提高了生产效率和产品质量,同时也大幅度降低了生产成本。但是由于我国原有的经济基础和生产力水平的制约,使得社会的认知度和职业技术教育的准备明显不足,从而导致数控应用型人才严重短缺。

数控机床是机电一体化设备,数控机床故障诊断及维修是数控机床调试和使用过程中很重要的组成部分,是目前制约数控机床发挥正常作用的因素之一。数控技术的复杂性和综合性加大了其维修的难度,对数控机床维修人员的素质要求也越来越高。

正是从数控机床的实用性故障诊断与维修技术角度出发,本书从典型数控系统、伺服系统以及常见机械结构、功能部件的原理分析入手,深入浅出地阐明了数控机床维修的内容、特点及维修技术的发展,全面系统地叙述了数控系统的工作原理、故障诊断与维修的基本方法和步骤,数控系统常用故障诊断仪器、数控设备维修技术等内容。

根据编者的实践和教学经验,本书系统地介绍了数控机床故障诊断及维修的方法和手段,内容涵盖了数控机床的各个组成部分,通过一系列的实例介绍,突出解决实际问题的具体方法,强调了实际应用。从选材到内容结构的安排上力求做到简明、实用。理论内容以应用为目的,强调针对性和实用性,同时用较大的篇幅介绍了从事数控机床维修工作的工程技术人员成功的维修实例,突出解决实际问题的具体办法,强调学以致用。

本书可作为高等职业教育、大中专数控技术应用专业、数控维修机电一体化等专业的教学参考书,也可作为从事数控机床工作的工程技术人员的参考书。

限于编者的水平和经验,书中难免会有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 8 月

内 容 简 介

本书从典型数控系统、伺服系统以及常见机械结构、功能部件的原理分析入手,深入浅出地阐明了数控机床维修的内容、特点及维修技术的发展,全面系统地叙述了数控系统的工作原理、故障诊断与维修的基本方法和步骤,详细地讲述了维修常用的诊断仪器。附录中详细地列举了典型故障的分析与处理过程。

本书选材全面、典型、实用,结构层次分明,理论与实践相结合。

本书既可供科研单位、生产企业从事数控机床设计、维修、调试、使用的各类工程技术人员参考,又可作为成人教育、职业教育的培训教材及各类高等学校相关专业师生的参考书。

目 录

第一章 绪论	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 数控机床定义	1
1.1.2 数控机床组成	2
1.1.3 数控机床特点及适用范围	3
1.2 数控机床类型	5
1.2.1 按控制运动方式分	5
1.2.2 按工艺用途分	6
1.2.3 按伺服系统类型分	6
1.2.4 按功能水平分	8
1.3 数控机床坐标系	8
1.3.1 坐标确定原则(JB3052—82)	9
1.3.2 坐标的确定	9
1.3.3 数控机床的坐标简图举例	10
1.3.4 机床坐标系和工件坐标系	10
1.4 数控机床发展趋势	11
1.4.1 数控机床产生及现状	11
1.4.2 数控机床的发展趋势	11
1.4.3 我国数控机床发展现状及方向	13
第二章 数控系统组成及工作原理	15
2.1 常见数控系统介绍	16
2.1.1 华中 I 型数控系统介绍	16
2.1.2 BEIJING—FANUC 0 系统介绍	18
2.1.3 FANUC 数控系统介绍	21
2.1.4 SIEMENS 数控系统介绍	28
2.2 伺服系统结构及工作原理	35
2.2.1 概述	35
2.2.2 伺服电机	41
2.2.3 步进电机	50
2.2.4 直线电机	52

2.2.5	驱动控制系统	57
2.2.6	测量反馈系统	59
2.3	数控机床机械结构	61
2.3.1	概述	61
2.3.2	主传动系统	64
2.3.3	进给传动系统	69
2.3.4	自动换刀系统	76
2.3.5	回转工作台	83
2.4	数控机床中 PLC 应用	85
2.4.1	概述	85
2.4.2	PLC 结构及工作原理	89
2.4.3	PLC 在数控机床中的应用	94
第三章	数控装置结构及工作原理	97
3.1	概述	97
3.1.1	NC 和 CNC 的概念及区别	97
3.1.2	数控装置的组成和工作原理	98
3.1.3	数控装置的功能和性能	102
3.2	微处理器及计算机系统	106
3.2.1	80386 微处理器内部结构及引脚信号	106
3.2.2	80486 系列微处理器	110
3.2.3	Pentium 系列微处理器	111
3.3	单片机结构及原理	113
3.3.1	概述	113
3.3.2	单片机结构和工作原理	117
3.3.3	单片机指令系统	124
3.3.4	单片机时序	129
3.3.5	单片机中几种关键控制器	131
3.4	数控装置体系结构	151
3.4.1	硬件结构	151
3.4.2	软件结构	155
3.5	插补原理和方法	161
3.5.1	概述	161
3.5.2	典型插补方法	163
3.6	刀具补偿	174
3.6.1	刀具半径补偿	174

3.6.2	刀具长度补偿	175
3.6.3	夹具补偿	177
第四章	数控机床故障诊断及维修方法	178
4.1	概述	178
4.1.1	故障的概念	178
4.1.2	故障的分类	178
4.1.3	数控系统的可靠性	179
4.1.4	数控机床维修的重要性	180
4.2	常用诊断方法和维修过程	180
4.2.1	常用故障诊断方法	180
4.2.2	维修过程	182
4.3	数控装置故障诊断及维修方法	188
4.3.1	概述	188
4.3.2	数控装置故障诊断与维修	191
4.3.3	软件故障	195
4.3.4	硬件故障	198
4.4	PLC故障诊断及维修方法	201
4.4.1	PLC故障的表现形式	201
4.4.2	PLC故障诊断方法	202
4.5	伺服系统故障诊断及维修方法	207
4.5.1	概述	207
4.5.2	主轴伺服系统的故障形式及诊断方法	208
4.5.3	进给伺服系统故障	216
4.5.4	位置检测装置故障	224
4.6	床体故障诊断及维修方法	230
4.6.1	故障诊断	230
4.6.2	主轴部件故障	233
4.6.3	滚珠丝杠螺母副故障	234
4.6.4	导轨副故障	235
4.6.5	刀库及换刀装置故障	238
4.6.6	液压与气压传动系统故障	238
第五章	常用诊断仪器	242
5.1	示波器	242
5.1.1	示波器概述	242
5.1.2	示波器的工作原理	244

5.1.3 示波器的使用	247
5.2 逻辑测试笔	248
5.2.1 逻辑测试笔的功能	248
5.2.2 逻辑测试笔的使用	248
5.3 逻辑分析仪	249
5.3.1 逻辑分析仪的概述	249
5.3.2 逻辑分析仪的选择	250
5.3.3 逻辑分析仪的工作原理	252
5.3.4 逻辑分析仪的使用	253
5.4 集成电路测试仪	254
5.4.1 概述	254
5.4.2 集成电路测试仪的分类	255
5.4.3 集成电路测试仪的工作原理	257
5.4.4 集成电路测试仪的功能	257
5.5 特征代码分析仪	258
5.6 存储器测试仪	259
5.7 短路故障追踪仪	260
5.8 激光干涉仪	261
5.9 球杆仪	262
5.9.1 球杆仪的工作原理	262
5.9.2 球杆仪的应用	263
附录 常见数控机床故障维修实例	265
附录一 德国西门子数控系统维修实例	265
附录二 日本法那科(FANUC)数控系统维修实例	308
参考文献	325

第一章 绪 论

1.1 基 本 概 念

1.1.1 数控机床定义

国际信息处理联盟(International Federation of Information Processing, IFIP)第五技术委员会,对数控机床作了如下定义:数控机床是一种装有程序控制系统的机床。该系统能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。

其实通俗地讲,数控机床就是采用数字控制的机床,也就是在普通机床的基础上加了一套特殊的控制系统。即所谓数字控制(Numerical Control, NC),是用数字信息对运动和工作过程进行控制的技术,就是用数字量化了的控制。

采用数字控制的目的是为了自动化,因为计算机只能识别数字信号。所以,机床中的所有信息必须通过特定装置全部转化成数字信号才能输入到数控系统,由数控系统统一管理。这就要用到检测元件、传感器和各种反馈电路。然后数控系统的数字信息还必须还原成机床的特定运动才能实现最终加工目的,又要用到伺服驱动系统,其中包括各种驱动和逻辑控制电路等。由此可见,数控机床是集成了各种技术的一种产品,包括机械、工艺、计算机、控制、电子、光学和液压气动等多种学科。但数控机床加工的基本原理与普通机床基本一致。只是数控机床添加了一个控制系统,它代替了普通机床中人工操作的一部分。并且还加了一些为配合控制系统实现控制功能的辅助系统,即能接受控制信号的伺服系统和能提供控制系统信息的检测系统。图 1.1 能直观地体现数控机床的含义。虚线框内所加的这部分就是数控系统,根据这部分的不同又把数控机床分成好多类。

我们经常用到的计算机数字控制(Computer Numerical Control, CNC)和 NC 的概念就是根据数控系统来分的。采用 CNC 系统的机床就叫计算机数控机床,简称 CNC 机床。由于习惯原因计算机数控机床在我国一般都笼统称作数控机床。顾名思义,它就是用计算机实现数控功能的数控机床。

数控机床是一种典型的交叉技术,数控机床故障也涉及各个领域,所以,尽管基本原理与普通机床差不多,但数控机床出现的故障要复杂得多,因此,必须有专业的、扎实的、综合的各相关领域的知识才能应对。

1.1.2 数控机床组成

数控机床一般有以下部分组成:数控装置,伺服驱动装置,测量反馈装置,机床床体,程序输入输出设备和可编程逻辑控制器(PLC)。也可以笼统地分为两部分:数控系统和机床床体,如图 1.1 所示。这种分法更符合我们对数控机床的直观理解。也可以把 PLC 模块和程序输入输出装置归入数控装置,因为它们共同实现的是数控装置的功能,只是它们各自的功能比较独立,特别是 PLC 更是一个独立的模块,有自己的功能特点,所以数控机床故障维修中一般把 PLC 单独作为一部分来研究。测量反馈设备本身也是比较独立的一部分,只是在空间位置上属于伺服系统,功能上也类似于伺服系统的功能:联系机床和数控装置的桥梁,所以一般把测量反馈系统归入伺服系统范畴,这并不会引起任何误解。无论哪种分法其本质是一样的,只是每个人看问题的方式不同。

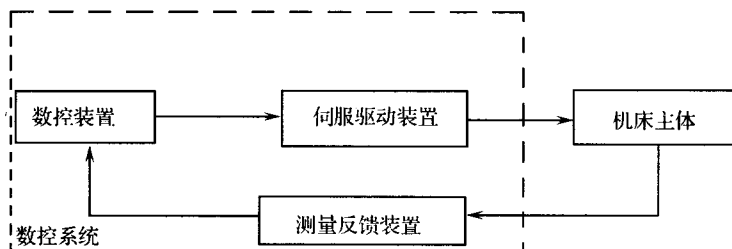


图 1.1 数控机床组成

数控机床各部分功能如下。

1. 数控装置

数控机床的灵魂是数控装置,所有的指令都是从这里发出。它完成人机交互、NC 程序的接收、将 NC 程序翻译为机器码、插补运算、将机器码分解为电脉冲信号并发送到相应的执行器件等功能。系统进行数控加工程序译码时,将其区分成几何数据、工艺数据和开关功能。几何数据是刀具相对于工件运动路径的数据,利用这些数据可加工出要求的工件几何形状;工艺数据是主轴转速 s 和进给速度 F 等功能的数据;开关功能是对机床电器的开关命令,如主轴启/停、刀具选择和交换、切削液和润滑液的开/关。数控装置的插补器根据曲线段已知的几何数据以及相应工艺数据中的速度信息曲线段起点、终点之间的一系列中间点,分别向机床各个坐标轴发出速度和位移信号,通过各轴运动的合成,形成符合数控加工程序要求的工件轮廓的刀具运动轨迹。

2. 伺服驱动装置

伺服驱动装置包括伺服电机及检测装置。数控机床的进给运动,是由数控装置经伺服系统控制的,数控机床的进给传动属伺服进给传动。所谓伺服,是指有关

的传动或运动参数,均严格依照数控装置的控制指令实现的。数控机床的伺服系统,按其控制方式,可分为开环、半闭环和闭环三类。其中,开环最为简单。但如果负荷突变(如切深突增),或者脉冲频率突变(如加速、减速),则数控运动部件将可能发生“失步”现象,即丢失一定数目的进给指令脉冲,从而造成进给运动的速度和行程误差。故该类控制方式,仅限于精度不高的经济型、中、小型数控机床的进给传动。半闭环和闭环系统都有用于检查位置和速度指令执行结果的检测(含反馈)装置。半闭环的检测装置,安装在伺服电机或传动丝杠上,闭环则将其装在运动部件上。由于丝杠螺距误差,以及受载后丝杠、轴承变形等影响,半闭环对检测结果的校正并不完全,控制精度比闭环要低一些。但从自动控制原理上看,控制运动部件是一个质量元件,传动机构因有变形,可视为弹性元件,两者构成一个振荡环节。显然,半闭环不包含这些环节,因而一般不会引起进给振荡。而闭环如果系统参数选取不合适,则有可能产生进给振荡,即运动不稳定。目前,一般数控机床的进给系统多为半闭环控制,闭环则用于精度要求较高的机床,如高精度镗铣加工中心。

3. 测量反馈装置

测量反馈装置是通过现代化的脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅尺、磁栅尺和激光等测量元件,将执行元件(如电机、刀架等)或工作台的速度和位移检测出来,经过相应的电路将所得到的信号反馈回数控装置,构成半闭环或闭环系统,补偿执行机构的误差,以达到提高运动精度的目的。

4. 机床主体

机床主体指与普通机床相同或相似的部分,如机床外壳、工作台等。

目前,绝大多数数控机床采用半闭环控制系统。不论数控机床与普通机床在整体布局上有多少相似之处,对任何一种数控机床都必须具备普通机床不可能有的两大部分:一是数控机床的“指挥系统”——数控系统;二是使数控机床执行运动的“驱动系统”——伺服系统。

需要注意的是,某些机床上安装了数控装置,以数字屏幕显示各坐标轴的进给状态,从外观上与数控机床有相似之处,应加以区别。

1.1.3 数控机床特点及适用范围

1. 数控机床特点

与普通机床相比,数控机床有以下特点:

- (1) 零件加工精度高,产品质量稳定。
- (2) 能完成普通机床难以或不能完成的复杂零件的加工。例如,采用二轴联动或二轴以上联动的数控机床,可以加工母线为曲线的旋转体曲面零件、凸轮零件和各种复杂空间曲面类零件。
- (3) 生产效率高。与普通机床相比,采用数控机床可以提高生产效率2倍~3

倍,尤其对某些复杂零件的加工,如果采用带自动换刀装置的数控加工中心,可以实现一次装夹下进行多工序连续加工,生产效率可以提高十几倍甚至几十倍。

(4) 对于产品改型设计的适应性强。当被加工零件改型设计后,在数控机床上只须重新编写零件加工程序,更换一条新的穿孔纸带,或者用手动输入新的零件加工程序,就能实现对改型后零件的加工。因此,数控机床可以很快地从加工一种零件转换为加工另一种改型后的零件,这就为单件、小批量新试制产品的加工,为产品结构的频繁更新提供了极大方便。

(5) 有利于制造技术向综合自动化方向发展。数控机床是机械加工自动化的基本设备,是新一代生产技术柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)的基本单元。以数控机床为基础建立起来的FMC、FMS、CIMS等综合自动化系统使机械制造的集成化、智能化和自动化得以实现。这是由于数控机床控制系统采用数字信息与标准化代码输入,并具有通信接口,容易实现数控机床之间的数据通信,最适宜计算机之间的连接,组成工业控制网络,实现自动化生产过程的计算、管理和控制。

(6) 数控机床的应用能减轻工人劳动强度,改善劳动条件。

2. 数控机床适用范围

现代化工业生产中已广泛采用刚性自动化装置,如汽车工业中大量采用的组合机床自动线。这类专用化的自动机床、自动生产线及自动车间等所谓的“刚性制造系统”,适用于大批量零件的生产。其生产效率高,经济效益好。但是,这种刚性制造系统很难改变已定的加工对象,适应产品变化的范围小。

数控机床是一种可编程的通用加工设备,但是,因为设备投资费用高,还不能用数控机床完全代替其他类型的设备,因此,数控机床的选用有其一定的适用范围。数控机床最适宜加工结构比较复杂、精度要求较高的零件,以及产品更新频繁、生产周期要求短的多品种小批量零件的生产。

图 1.2 可以粗略表示数控机床的适用范围。从图 1.2 可以看出,通用机床多适用于零件结构不太复杂、生产批量较小的情况,专用机床适用于生产批量很大

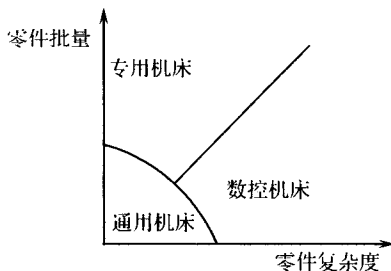


图 1.2 数控机床适用范围

的零件,数控机床对于复杂的零件尽管批量小也同样可以使用。随着数控机床的普及,数控机床的适用范围也愈来愈广,对一些形状不太复杂而重复工作量很大的零件,如印制电路板的钻孔加工等,由于数控机床生产效率高,也已大量使用。

由此可见,数控机床最适宜加工以下类型的零件:

- (1) 生产批量小的零件(100件以下)。
- (2) 需要进行多次改型设计的零件。
- (3) 加工精度要求高、结构形状复杂的零件。
- (4) 需要精确复制和尺寸一致性要求高的零件。
- (5) 价值昂贵的零件。这种零件虽生产量不大,但是如果加工中因出现差错而报废,将产生巨大经济损失。

1.2 数控机床类型

1.2.1 按控制运动方式分

数控系统按其控制运动方式划分有点位控制系统、直线控制系统、连续控制系统(轮廓控制系统)。

1. 点位控制

这类控制的特点是只考虑刀具相对于工件定位点的位置精度,不控制点与点之间的运动轨迹,在移动过程中不进行切削。在机械加工时,数控系统的点位控制一般用在孔加工机床上(例如,钻孔、铰孔、镗孔的数控机床),其特点是,机床移动部件能实现由一个位置到另一个位置的精确移动,即准确控制移动部件的终点位置,但并不考虑其运动轨迹,在移动过程中刀具不切削工件。如图 1.3 所示。

实现数控系统点位控制的通常方法可以有两种:一是采用全功能的数控装置,这种装置功能十分完善,但价格却很昂贵,而且许多功能对点位控制来说是多余的;二是采用单板机或单片机控制,这种方法除了要进行软件开发外,还要设计硬件电路、接口电路、驱动电路,特别是要考虑工业现场中的抗干扰问题。

2. 直线控制

这类控制的特点是除了控制起始点与终止点之间的准确位置外,而且要求刀具有一点到另一点之间的轨迹为一条直线,并能够控制位移的速度,因为这类数控机床的刀具在移动过程中要进行加工。采用这类控制的有平面铣削用的数控铣床,以及阶梯轴车削、磨削用的数控车床和数控磨床等。如图 1.4 所示。