

数控机床故障诊断 500 与维修 例

龚仲华 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



数控机床 故障诊断与维修 500 例

主 编 龚仲华

副主编 史建成 孙 毅

参 编 孟英才 贺建国 吴芝华

孟 凯 薛引慧



机械工业出版社

本书从典型数控系统、伺服驱动、主轴驱动以及常见的机械结构、功能部件的原理分析入手,深入浅出地阐明了数控机床故障诊断的理论根据;全面系统地叙述了故障诊断与维修的基本方法和步骤;并通过精选来自一线的各类典型故障 500 例,具体详细地介绍了故障的分析与处理过程;突出了内容的先进性、实用性与技术的综合性。

全书共分 10 章,内容包括维修基础、FANUC 系统的故障诊断与维修、SIEMENS 系统的故障诊断与维修、伺服进给系统的故障诊断与维修、主轴驱动系统的故障诊断与维修、机械部件的维修与调整、辅助控制装置的维修等各个方面;并精选来自一线的各类典型故障 500 例,选材全面、典型、实用。

本书既可以供研究单位、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,又可以作各类高等学校相关专业的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断与维修 500 例 / 龚仲华主编. —北京:机械工业出版社, 2004.6

ISBN 7-111-14756-1

I. 数... II. 龚... 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(2004)第 059395 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:于宁

责任印制:李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16 • 28.25 印张 • 699 千字

定价:42.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着科学技术的迅速发展,数控机床以其高效、高精度以及加工灵活可变的特点,在各行各业取得了越来越广泛的应用,在许多场合,它已成为企业保证产品质量、提高生产效率和管理水平的关键设备之一。

通过科学的方法、行之有效的措施,迅速判别故障发生的原因,随时解决出现的问题,既是保证数控机床安全、可靠运行,提高设备使用率的关键所在,也是当前数控机床使用过程中亟待解决的问题之一。

本书从典型数控系统、伺服驱动、主轴驱动以及常见的机械结构、功能部件的原理分析入手,深入浅出地阐明了数控机床故障诊断的理论根据;全面系统地叙述了故障诊断与维修的基本方法和步骤;并通过精选来自一线的各类典型故障 500 例,具体详细地介绍了故障的分析与处理过程;突出了内容的先进性、实用性与技术的综合性,旨在提高数控机床维修工作的快速性与针对性,克服盲目性与片面性,以期达到多、快、好、省的维修效果。

为了提高本书的实用性与参考价值,全书对工程实际中最为常见的 FANUC、SIEMENS 数控系统及驱动的故障诊断与维修作了全面、系统的阐述;并将其他常见系统的介绍与故障诊断维修的基本方法穿插于实例中,书中涉及的各种数控系统与驱动数十种;全部实例均来自编者的亲身经历或生产一线,选材全面、典型、实用。为便于读者参考使用,书中除原理介绍部分采用国家标准规定外,其他测绘、引用的全部图中所采用的图形符号、元器件标记均与实际系统完全对应。

全书共分 10 章,第 1 章为维修基础;第 2 章为 FANUC 系统的故障诊断与维修;第 3 章为 SIEMENS 系统的诊断与维修;第 4 章为各类数控系统故障维修 200 例;第 5 章为伺服进给系统的故障诊断与维修;第 6 章为各类伺服驱动系统故障维修 100 例;第 7 章为主轴系统故障诊断与维修以及各类主轴驱动系统故障维修 50 例;第 8 章为机械部件的维修与调整以及维修 36 例;第 9 章为辅助控制装置的维修以及维修 14 例;第 10 章为其他故障维修 100 例。

本书既可以供研究单位、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,又可以作为各类高等学校相关专业的参考教材。

全书由龚仲华教授主编。第 1、2、4、6 章以及第 5 章 5.2、5.3 节、第 7 章 7.2~7.4 节由龚仲华编写;第 3 章、附录、第 5 章 5.1 节、第 7 章 7.1 节以及例 406、例 413、例 417~例 421、例 425、例 443~例 452、例 475、例 482~例 483、例 485~例 500 由史建成、孙毅编写;第 8 章、第 9 章由孟英才、孟凯编写;例 401~例 405、例 407~例 412、例 422~例 429、例 453~例 454、例 484 由吴芝华提供;例 476、例 477 由薛引慧提供;例 414~例 416、例 430~例 442、例 455~例 474、例 478~例 481 由贺建国提供;全书由龚仲华统稿。编写过程中还得到了黄佩玲同志的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不少缺点与错误,殷切期望广大读者提出批评、指正,以进一步提高本书的质量。

编 者

目 录

前言

第 1 章 维修基础.....1

- 1.1 数控机床的基本概念.....1
 - 1.1.1 数控技术与数控机床.....1
 - 1.1.2 数控系统及其组成.....2
 - 1.1.3 数控机床的组成与加工原理.....3
- 1.2 数控机床维修的基本要求.....5
 - 1.2.1 人员素质的要求.....5
 - 1.2.2 技术资料的要求.....7
 - 1.2.3 工具及备件的要求.....8
- 1.3 故障分析的方法.....10
 - 1.3.1 常见故障及其分类.....10
 - 1.3.2 故障分析的基本方法.....11
 - 1.3.3 CNC 的故障自诊断.....12
- 1.4 维修的基本步骤.....14
 - 1.4.1 故障记录.....14
 - 1.4.2 维修前的检查.....15
 - 1.4.3 故障诊断的基本方法.....17
 - 1.4.4 干扰及其预防.....18

第 2 章 FANUC 系统的故障诊断与维修.....20

- 2.1 FANUC 典型系统的结构.....20
 - 2.1.1 FANUC 6 系统.....20
 - 2.1.2 FANUC 11 系统.....20
 - 2.1.3 FANUC 0 系统.....22
 - 2.1.4 FANUC 15/16/18 系统.....26
- 2.2 FANUC 系统的故障诊断.....27
 - 2.2.1 电源不能接通的故障诊断.....27
 - 2.2.2 系统无显示的故障诊断.....29
 - 2.2.3 不能进行手动的故障诊断.....30
 - 2.2.4 不能回参考点的故障诊断.....31
 - 2.2.5 不能进行自动运行的故障诊断.....33
 - 2.2.6 系统 I/O 接口故障的诊断.....33
- 2.3 FANUC 系统的基本检查与测试.....34
 - 2.3.1 系统常规检查.....34

- 2.3.2 I/O 信号状态检查.....36

- 2.3.3 NC 的工作状态诊断.....39

2.4 CNC 模块的状态显示与故障诊断.....45

- 2.4.1 FANUC 6 系统主板的状态显示与故障诊断.....45
- 2.4.2 FANUC 11 系统主板的状态显示与故障诊断.....46
- 2.4.3 FANUC 0 系统主板的状态显示与故障诊断.....48
- 2.4.4 FANUC15/150 系统模块的状态显示与故障诊断.....48
- 2.4.5 FANUC16/18/160/180 系统的状态显示与故障诊断.....52

第 3 章 SIEMENS 系统的故障诊断与维修.....55

- 3.1 SIEMENS 典型系统的结构.....55
 - 3.1.1 SIEMENS 810/820 系统.....55
 - 3.1.2 SIEMENS 802 系列系统.....55
 - 3.1.3 SIEMENS 810D/840D 系统.....58
- 3.2 SIEMENS 系统的故障诊断与维修.....61
 - 3.2.1 硬件故障的诊断.....61
 - 3.2.2 软件维修.....63
 - 3.2.3 参数调整.....64
- 3.3 SIEMENS 系统的基本检查与信号诊断.....65
 - 3.3.1 I/O 信号的构成.....65
 - 3.3.2 I/O 信号状态的显示与输出模拟.....67
 - 3.3.3 系统自诊断.....68

第 4 章 CNC 故障维修 200 例.....71

- 4.1 电源故障维修 50 例.....71
 - 4.1.1 电源不能接通故障维修 30 例.....71
 - 4.1.2 电源模块(单元)故障维修 20 例.....88
- 4.2 系统显示故障维修 25 例.....99
- 4.3 CNC 单元故障维修 40 例.....107
 - 4.3.1 系统软件故障维修 10 例.....107
 - 4.3.2 系统硬件故障维修 10 例.....111

4.3.3 系统外部干扰引起的故障 维修 10 例	113
4.3.4 系统参数设定、调整错误 故障维修 3 例	118
4.3.5 其他系统故障诊断与维修 7 例	119
4.4 急停报警故障维修 10 例	129
4.5 手动操作类故障维修 15 例	132
4.6 参考点报警类故障维修 20 例	137
4.6.1 回参考点位置调整不当 引起的故障维修 10 例	137
4.6.2 “零脉冲”不良故障维修 5 例	142
4.6.3 参数设定错误的故障维修 5 例	144
4.7 自动运行的故障维修 40 例	146
第 5 章 伺服进给系统的故障诊断 与维修	158
5.1 伺服进给系统概述	158
5.1.1 数控机床伺服进给系统的 基本形式	158
5.1.2 直流伺服驱动系统	160
5.1.3 交流伺服驱动系统	164
5.2 FANUC 伺服系统的故障诊断与维修	166
5.2.1 FANUC 直流伺服系统的故障 诊断与维修	167
5.2.2 FANUC 交流伺服系统的常见 故障与维修	179
5.2.3 FANUC 伺服系统的状态诊断	191
5.2.4 FANUC 伺服系统的动作确认	196
5.2.5 FANUC 直流/模拟式交流伺服 系统的调整	198
5.2.6 FANUC 数字伺服系统的调整	201
5.3 SIEMENS 伺服系统的故障 诊断与维修	205
5.3.1 6RA26 系列直流伺服系统的 故障诊断与维修	206
5.3.2 6SC610 系列模拟交流伺服 系统的故障诊断与维修	209
5.3.3 611A 系列模拟交流伺服驱动 系统的故障诊断与维修	212
5.3.4 611U/Ue 系列数字式交流伺服	

驱动系统的故障诊断与维修	214
第 6 章 伺服驱动系统故障 维修 100 例	219
6.1 FANUC 伺服驱动系统故障维修 60 例	219
6.1.1 FANUC 直流伺服驱动系统 故障维修 30 例	219
6.1.2 FANUC 交流伺服驱动系统 故障维修 30 例	229
6.2 SIEMENS 伺服驱动系统故障 维修 25 例	244
6.2.1 SIEMENS 直流伺服驱动系统 故障维修 10 例	244
6.2.2 SIEMENS 交流伺服驱动系统 故障维修 15 例	247
6.3 HEIDENHAIN 光栅故障维修 3 例	253
6.3.1 光栅测量系统的工作原理	253
6.3.2 EXE 的功能及原理	254
6.4 其他伺服驱动系统故障维修 12 例	259
第 7 章 主轴驱动系统的故障 诊断与维修	263
7.1 主轴驱动系统概述	263
7.1.1 直流主轴驱动系统	263
7.1.2 交流主轴驱动系统	265
7.2 FANUC 主轴驱动系统的故障诊断 与维修	266
7.2.1 FANUC 直流主轴驱动系统的 故障诊断与维修	267
7.2.2 FANUC 模拟式交流主轴驱动 系统的故障诊断与维修	271
7.2.3 FANUC S 系列数字式交流主轴 驱动系统的故障诊断与维修	275
7.2.4 FANUC $\alpha/\alpha i$ 系列交流主轴驱动 单元的故障诊断与维修	281
7.3 SIEMENS 主轴驱动系统的故障 诊断与维修	289
7.3.1 6SC650 系列交流主轴驱动 系统的故障诊断与维修	289
7.3.2 611A 系列交流主轴驱动 系统的故障诊断与维修	297

7.4 主轴驱动系统故障维修 50 例	300	8.4.4 刀库及换刀机械手的常见故障 和维护	351
7.4.1 FANUC 主轴驱动系统故障 维修 22 例	300	8.4.5 自动换刀装置故障维修 10 例	352
7.4.2 SIEMENS 主轴驱动系统故障 维修 16 例	309	8.5 回转工作台的机构原理与维修	356
7.4.3 其他主轴驱动系统故障 维修 12 例	315	8.5.1 数控回转工作台	356
第 8 章 机械部件的维修与调整	319	8.5.2 分度工作台	357
8.1 数控机床主传动系统的结构 原理与维修	319	8.5.3 回转工作台常见故障及排除方法	358
8.1.1 主传动系统	319	8.5.4 回转工作台故障维修 6 例	359
8.1.2 主轴部件	320	第 9 章 辅助控制装置的维修	361
8.1.3 主传动系统的常见故障及 排除方法	323	9.1 液压系统的故障及维修	361
8.1.4 主传动系统故障维修 7 例	323	9.1.1 液压系统常见故障的特征	361
8.2 进给系统的机构原理和维修	327	9.1.2 液压元件常见故障及排除	361
8.2.1 伺服进给系统的组成及特点	327	9.1.3 常用液压回路故障维修 5 例	363
8.2.2 滚珠丝杠副	327	9.2 气动系统的故障及维修	366
8.2.3 静压蜗杆—蜗母条传动	330	9.2.1 气动系统常见故障及排除	367
8.2.4 预加载荷双齿轮齿条传动	330	9.2.2 气动系统故障维修 3 例	368
8.2.5 直线电动机传动	331	9.3 润滑系统的故障及维修	369
8.2.6 进给伺服系统的常见故障及 诊断方法	332	9.3.1 机床润滑系统的特点和分类	369
8.2.7 滚珠丝杠副的常见故障及 排除方法	333	9.3.2 单线阻尼式润滑系统	369
8.2.8 进行系统故障维修 8 例	333	9.3.3 递进式润滑系统	369
8.3 导轨副的机构原理与维修	341	9.3.4 容积式润滑系统	369
8.3.1 导轨副的结构	341	9.3.5 润滑系统故障维修 4 例	370
8.3.2 导轨副的常见故障及排除方法	344	9.4 自动排屑装置故障维修 2 例	371
8.3.3 导轨副故障维修 5 例	344	第 10 章 其他故障维修 100 例	373
8.4 自动换刀装置的结构原理与维修	346	10.1 CNC 的故障维修 21 例	373
8.4.1 自动换刀装置的形式	346	10.2 伺服进给系统故障维修 31 例	377
8.4.2 刀库	348	10.3 主轴驱动系统故障维修 9 例	384
8.4.3 刀具交换装置	350	10.4 自动换刀装置故障维修 13 例	387
		10.5 辅助装置故障维修 12 例	390
		10.6 操作、编程故障维修 14 例	394
		附录	398
		附录 A FANUC 系统报警一览表	398
		附录 B FANUC 电源模块原理图	435
		参考文献	444

第1章 维修基础

1.1 数控机床的基本概念

1.1.1 数控技术与数控机床

数控技术,简称数控(Numerical Control—NC),是利用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法。由于现代数控都采用了计算机进行控制,因此,也可以称为计算机数控(Computerized Numerical Control—CNC)。

为了对机械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。用来实现数字化信息控制的硬件和软件的整体称为数控系统(Numerical Control 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)。它是一种综合应用了计算机技术、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。机床控制也是数控技术应用最早、最广泛的领域,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。

数控机床种类繁多,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等,凡是采用了数控技术进行控制的机床统称NC机床。

带有自动刀具交换装置(Automatic Tool Changer—ATC)的数控机床(带有回转刀架的数控车床除外)称为加工中心(Machine Center—MC)。它通过刀具的自动交换,可以一次装、夹完成多工序的加工,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;减少了零件安装、定位次数,提高了加工精度。加工中心是目前数控机床中产量最大、应用最广的数控机床。

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—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—FMC)。FMC不仅实现了工序的集中和工艺的复合,而且通过工作台(托盘)的自动交换和较完善的自动检测、监控功能,可以进行一定时间的无人化加工,从而进一步提高了设备的加工效率。FMC既是柔性制造系统的基础,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FMC和加工中心的基础上,通过增加物流系统、工业机器人以及相关设备,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(Flexible Manufacturing System—FMS)。FMS不仅可以进行长时间的无人化加工,而且可以实现多品种零件的全部加工或部件装配,实现了车间制造过程的自动化,它是一种高度自动化的先进制造系统。

随着科学技术的发展,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。将这些要求综合,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—CIMS)。CIMS 将一个工厂的生产、经营活动进行了有机的集成, 实现了更高效益、更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。

1.1.2 数控系统及其组成

1. 数控系统的基本组成

数控系统是所有数控设备的核心。数控系统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), 其控制信息主要来源于数控加工或运动控制程序。因此, 作为数控系统的最基本组成应包括: 程序的输入/输出装置、数控装置、伺服驱动这三部分。

(1) 输入/输出装置 输入/输出装置的作用是进行数控加工或运动控制程序、加工与控制数据、机床参数以及坐标轴位置、检测开关的状态等数据的输入、输出。键盘和显示器是任何数控设备都必备的最基本的输入/输出装置。此外, 根据数控系统的不同, 还可以配光电阅读机, 磁带机或软盘驱动器等。作为外围设备, 计算机是目前常用的输入/输出装置之一。

(2) 数控装置 数控装置是数控系统的核心。它由输入/输出接口线路、控制器、运算器和存储器等部分组成。数控装置的作用是将输入装置输入的数据, 通过内部的逻辑电路或控制软件进行编译、运算和处理, 并输出各种信息和指令, 以控制机床的各部分进行规定的动作。

在这些控制信息和指令中, 最基本的是坐标轴的进给速度、进给方向和进给位移量指令。它经插补运算后生成, 提供给伺服驱动, 经驱动器放大, 最终控制坐标轴的位移。它直接决定了刀具或坐标轴的移动轨迹。

此外, 根据系统和设备的不同, 如: 在数控机床上, 还可能有主轴的转速、转向和起、停指令; 刀具的选择和交换指令; 冷却、润滑装置的起、停指令; 工件的松开、夹紧指令; 工作台的分度等辅助指令。在基本的数控系统中, 它们是通过接口, 以信号的形式提供给外部辅助控制装置, 由辅助控制装置对以上信号进行必要的编译和逻辑运算, 放大后驱动相应的执行器件, 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。

(3) 伺服驱动 伺服驱动通常由伺服放大器 (亦称驱动器、伺服单元) 和执行机构等部分组成。在数控机床上, 目前一般都采用交流伺服电动机作为执行机构; 在先进的高速加工机床上, 已经开始使用直线电动机。另外, 在 20 世纪 80 年代以前生产的数控机床上, 也有采用直流伺服电动机的情况; 对于简易数控机床, 步进电动机也可以作为执行器件。伺服放大器的形式决定于执行器件, 它必须与驱动电动机配套使用。

以上是数控系统最基本的组成部分。随着数控技术的发展和机床性能水平的提高, 对系统的功能要求也日益增强, 为了满足不同机床的控制要求, 保证数控系统的完整性和统一性, 并方便用户使用, 常用、较为先进的数控系统, 一般都带有内部可编程序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系统的一个部分; 在闭环数控机床上, 测量检测装置也是数控系统必不可少的。对于先进的数控系统, 有时甚至采用计算机作为系统的人机界面和数据的管理、输入/输出设备, 从而使数控系统的功能更强、性能更完善。

总之, 数控系统的组成决定于控制系统的性能和设备的具体控制要求, 其配置和组成具有很大的区别, 除加工程序的输入/输出装置、数控装置、伺服驱动这三个最基本的组成部分外, 还可能有更多的控制装置。

2. NC、CNC、SV 与 PLC 的概念

NC (CNC)、SV 与 PLC (PC、PMC) 是数控设备中最为常用的英文缩写, 在实际使用中, 在不同的场合具有不同的含义。

(1) NC(CNC) NC 与 CNC 分别是数控(Numerical Control)与计算机数控(Computerized Numerical Control)的常用英文缩写。由于现代数控都采用了计算机控制, 因此, 可以认为 NC 和 CNC 的含义完全等同。在工程应用上, 根据使用场合的不同, NC (CNC) 通常有三种不同的含义: 在广义上代表一种控制技术——数控技术; 在狭义上代表一种控制系统的实体——数控系统; 此外, 还可以代表一种具体的控制装置——数控装置。

(2) SV SV 是伺服驱动 (Servo Drive, 简称伺服) 的常用英文缩写。按日本 JIS 标准规定的术语, 它是“以物体的位置、方向、状态等作为控制量, 追踪目标值的任意变化的控制机构”。简言之, 它是一种能够自动跟随目标位置等物理量的控制装置。

在数控机床上, 伺服驱动的作用主要有两个方面: 一是使坐标轴按照数控装置给定的速度运行; 二是使坐标轴按照数控装置给定的位置定位。

伺服驱动的控制对象通常是机床坐标轴的位移和速度; 执行机构是伺服电动机或步进电动机; 对输入指令信号进行控制和功率放大的部分常称为伺服放大器 (亦称驱动器、放大器、伺服单元等), 它是伺服驱动的核心。

伺服驱动不仅可以和数控装置配套使用, 而且还可以单独作为一个位置 (速度) 随动系统使用, 故也常称为伺服系统。在早期的数控系统上, 位置控制部分一般与 CNC 制成一体, 伺服驱动只进行速度控制, 因此, 伺服驱动又常被称为速度控制单元。

(3) PLC PC 是可编程序控制器 (Programmable Controller) 的英文缩写。随着个人计算机的日益普及, 为了避免和个人计算机 (亦称 PC) 混淆, 现在一般都将可编程序控制器称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller—PLC) 或可编程序机床控制器 (Programmable Machine Controller—PMC)。因此, 在数控机床上, PC、PLC、PMC 具有完全相同的含义。

PLC 具有响应快、性能可靠、使用方便、编程和调试容易等特点, 并可直接驱动部分机床电器, 因此, 被广泛用来作为数控设备的辅助控制装置。目前, 大多数数控系统都带有内部 PLC, 用于处理数控机床的辅助指令, 从而大大简化了机床的辅助控制装置。此外, 在很多场合, 通过 PLC 的轴控制模块、定位模块等特殊功能模块, 还可以直接利用 PLC, 实现点位控制、直线控制以及简单的轮廓控制, 组成数控专用机床或数控生产线。

1.1.3 数控机床的组成与加工原理

1. 数控机床的基本组成

数控机床是最典型的数控设备。为了了解数控机床的基本组成, 首先需要分析数控机床加工零件的工作过程。在数控机床上, 为了进行零件的加工, 可以通过如下步骤进行:

1) 根据被加工零件的图样与工艺方案, 用规定的代码和程序格式, 将刀具的移动轨迹、加工工艺过程、工艺参数、切削用量等编写成数控系统能够识别的指令形式, 即编写加工程序。

2) 将所编写的加工程序输入数控装置。

3) 数控装置对输入的程序 (代码) 进行译码、运算处理, 并向各坐标轴的伺服驱动装置和辅助机能控制装置发出相应的控制信号, 以控制机床的各部件的运动。

4) 在运动过程中, 数控系统需要随时检测机床的坐标轴位置、行程开关的状态等, 并与程序的要求相比较, 以决定下一步动作, 直到加工出合格的零件。

5) 操作者可以随时对机床的加工情况、工作状态进行观察、检查, 必要时还需要对机床动作和加工程序进行调整, 以保证机床安全、可靠地运行。

由此可知, 作为数控机床的基本组成, 它应包括: 输入/输出装置、数控装置、伺服驱动和反馈装置、辅助控制装置以及机床本体等部分 (图 1-1 所示)。

图中, 输入/输出装置、数控装置、伺服驱动和反馈装置构成了机床数控系统, 作用如前所述。

反馈装置是闭环 (半闭环) 数控机床的检测环节, 其作用是检测数控机床坐标轴的实际位置和移动速度, 并反馈到数控装置或伺服驱动中, 构成闭环调节系统。检测装置的安装、检测信号反馈的位置, 决定于数控系统的结构型式, 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。

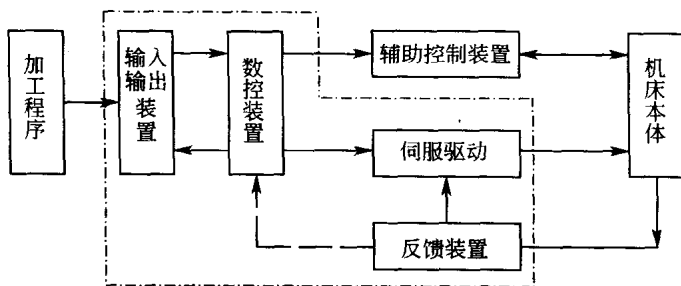


图 1-1 数控机床的组成

由于先进的伺服都采用了数字式伺服驱动技术 (称为数字伺服), 伺服驱动和数控装置间一般都采用总线进行连接; 反馈信号在大多数场合都是与伺服驱动进行连接, 并通过总线传送到数控装置。只有在少数场合或采用模拟量控制的伺服驱动 (称为模拟伺服) 时, 反馈装置才需要直接和数控装置进行连接。

辅助控制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, 经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), 也可以是相对独立 (外置式的 PLC)。

机床本体与传统的机床基本相同, 它也是由主传动系统、进给传动系统、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等部分组成。但为了满足数控的要求, 充分发挥机床性能, 它在总体布局、外观造型、传动系统结构、刀具系统以及操作性能方面都已发生了很大的变化。

2. 数控加工原理

在传统的金属切削机床上, 加工零件时需要操作者根据图样的要求, 通过不断改变刀具的运动轨迹和运动速度等参数, 使刀具对工件进行切削加工, 最终加工出合格零件。

数控机床的加工,其实质是应用了“微分”原理。其工作原理与过程可以简要描述如下(见图1-2):

1) 数控装置根据加工程序要求的刀具轨迹,将轨迹按机床对应的坐标轴,以最小移动量(脉冲当量)进行微分(图1-2中的 ΔX 、 ΔY),并计算出各坐标轴需要移动的脉冲数。

2) 通过数控装置的“插补”软件或“插补”运算器,把要求的轨迹用以“最小移动单位”为单位的等效折线进行拟合,并找出最接近理论轨迹的拟合折线。

3) 数控装置根据拟合折线的轨迹,给相应的坐标轴连续不断地分配进给脉冲,并通过伺服驱动使机床坐标轴按分配的脉冲运动。

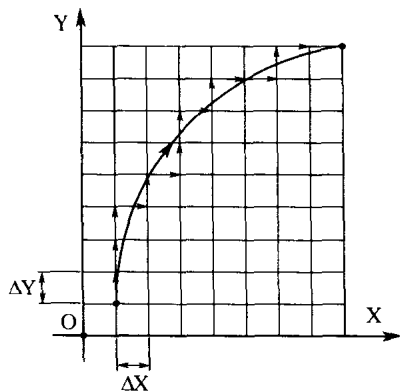


图1-2 数控加工原理

由上可见:第一,只要数控机床的最小移动量(脉冲当量)足够小,所用的拟合折线就可以等效代替理论曲线。第二,只要改变坐标轴的脉冲分配方式,即可以改变拟合折线的形状,从而达到改变加工轨迹的目的。第三,只要改变分配脉冲的频率,即可改变坐标轴(刀具)的运动速度。这样就实现了数控机床控制刀具移动轨迹的根本目的。

以上根据给定的数学函数,在理想轨迹(轮廓)的已知点之间,通过数据点的密化,确定一些中间点的方法,称为插补。能同时参与插补的坐标轴数,称为联动轴数。显然,当数控机床的联动轴数越多,机床加工轮廓的性能就越强。因此,联动轴的数量是衡量数控机床性能的重要技术指标之一。

1.2 数控机床维修的基本要求

数控机床是一种综合应用了计算机技术、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,其控制系统复杂、价格昂贵,因此它对维修人员素质、维修资料的准备、维修仪器的使用等方面提出了比普通机床更高的要求,这些要求主要包括以下几个方面。

1.2.1 人员素质的要求

维修人员的素质直接决定了维修效率和效果,为了迅速、准确判断故障原因,并进行及时、有效的处理,恢复机床的动作、功能和精度,作为数控机床的维修人员应具备以下方面的基本条件:

(1) 具有较广的知识面 由于数控机床通常是集机械、电气、液压、气动等于一体的加工设备,组成机床的各部分之间具有密切的联系,其中任何一部分发生故障均会影响其他部分的正常工作。数控机床维修的第一步是要根据故障现象,尽快判别故障的真正原因与故障部位,这一点既是维修人员必须具备的素质,但同时又对维修人员提出了很高的要求。它要求数控机床维修人员不仅仅要掌握机械、电气两个专业的基础知识和基础理论,而且还应该熟悉机床的结构与设计思想,熟悉数控系统的性能,只有这样,才能迅速找出故障原因,判断故障所在。此外,维修时为了对某些电路与零件进行现场测绘,作为维修人员还应当具备一定的工程制图能力。

(2) 善于思考 数控机床的结构复杂,各部分之间的联系紧密,故障涉及面广,而且在

有些场合,故障所反映出的现象不一定是产生故障的根本原因。作为维修人员必须从机床的故障现象,通过分析故障产生的过程,针对各种可能产生的原因,由表及里,透过现象看本质,迅速找出发生故障的根本原因并予以排除。

通俗地讲,数控机床的维修人员从某种意义上说应“多动脑,慎动手”,切忌草率下结论,盲目更换元器件,特别是数控系统的模块以及印刷电路板。

(3) 重视总结积累 数控机床的维修速度在很大程度上要依靠平时经验的积累,维修人员遇到过的问题、解决过的故障越多,其维修经验也就越丰富。数控机床虽然种类繁多,系统各异,但其基本的工作过程与原理却是相同的。因此,维修人员在解决了某一故障以后,应对维修过程及处理方法进行及时总结、归纳,形成书面记录,以供今后同类故障维修参考。特别是对于自己一时难以解决,最终由同行技术人员或专家维修解决的问题,尤其应该细心观察,认真记录,以便于提高。如此日积月累,以达到提高自身水平与素质的目的。

(4) 善于学习 作为数控机床维修人员不仅要注重分析与积累,还应当勤于学习,善于学习。数控机床,尤其是数控系统,其说明书内容通常都较多,有操作、编程、连接、安装调试、维修手册、功能说明、PLC 编程等。这些手册、资料少则数十万字,多到上千万字,要全面掌握系统的全部内容,绝非一日之功;而且在实际维修时,通常也不可能有太多的时间对说明书进行全面、系统的学习。

因此,作为维修人员要像了解机床、系统的结构那样全面了解系统说明书的结构、内容、范围,并根据实际需要,精读某些与维修有关的重点章节,理清思路、把握重点、详略得当,切忌大海捞针、无从下手。

(5) 具备外语基础与专业外语基础 虽然目前国内生产数控机床的厂家已经日益增多,但数控机床的关键部分——数控系统还主要依靠进口,其配套的说明书、资料往往使用原文资料,数控系统的报警文本显示亦以外文居多。为了能迅速根据系统的提示与机床说明书中所提供信息,确认故障原因,加快维修进程,作为一个维修人员,最好能具备专业外语的阅读能力,提高外语水平,以便分析、处理问题。

(6) 能熟练操作机床和使用维修仪器 数控机床的维修离不开实际操作,特别是在维修过程中,维修人员通常要进入一般操作者无法进行的特殊操作方式,如:进行机床参数的设定与调整,通过计算机以及软件联机调试,利用 PLC 编程器监控等。此外,为了分析判断故障原因,维修过程中往往还需要编制相应的加工程序,对机床进行必要的运行试验与工件的试切削。因此,从某种意义上说,一个高水平的维修人员,其操作机床的水平应比操作人员更高,运用编程指令的能力应比编程人员更强。

(7) 具有较强的动手能力 动手是维修人员必须具备的素质。但是,对于维修数控机床这样的精密、关键设备,动手必须有明确的目的、完整的思路、细致的操作。动手前应仔细思考、观察,找准入手点,动手过程中更要做好记录,尤其是对于电气元件的安装位置、导线号、机床参数、调整值等都必须做好明显的标记,以便恢复。维修完成后,应做好“收尾”工作,如:将机床、系统的罩壳、紧固件安装到位;将电线、电缆整理整齐等。

在系统维修时应特别注意:数控系统中的某些模块是需要电池保持参数的,对于这些板子和模块切忌随便插拔;更不可以不了解元器件作用的情况下,随意调换数控系统、伺服驱动等部件中的器件、设定端子;任意调整电位器位置,任意改变设置参数;以避免产生更

严重的后果。

1.2.2 技术资料的要求

技术资料是维修的指南，它在维修工作中起着至关重要的作用，借助于技术资料可以大大提高维修工作的效率与维修的准确性。一般来说，对于重大的数控机床故障维修，在理想状态下，应具备以下技术资料：

(1) 数控机床使用说明书 它是由机床生产厂家编制并随机床提供的随机资料。机床使用说明书通常包括以下与维修有关的内容：

- 1) 机床的操作过程和步骤。
- 2) 机床主要机械传动系统及主要部件的结构原理示意图。
- 3) 机床的液压、气动、润滑系统图。
- 4) 机床安装和调整的方法与步骤。
- 5) 机床电气控制原理图。
- 6) 机床使用的特殊功能及其说明等。

(2) 数控系统的操作、编程说明书（或使用手册） 它是由数控系统生产厂家编制的数控系统使用手册，通常包括以下内容：

- 1) 数控系统的面板说明。
- 2) 数控系统的具体操作步骤（包括手动、自动、试运行等方式的操作步骤，以及程序、参数等的输入、编辑、设置和显示方法）。
- 3) 加工程序以及输入格式，程序的编制方法，各指令的基本格式以及所代表的意义等。

在部分系统中，它还可能包括系统调试、维修用的大量信息，如：“机床参数”的说明、报警的显示及处理方法、以及系统的连接图等。它是维修数控系统与操作机床中必须参考的技术资料之一。

(3) PLC 程序清单 它是机床厂根据机床的具体控制要求设计、编制的机床控制软件。PLC 程序中包含了机床动作的执行过程，以及执行动作所需的条件，它表明了指令信号、检测元件与执行元件之间的全部逻辑关系。借助 PLC 程序，维修人员可以迅速找到故障原因，它是数控机床维修过程中使用最多、最重要的资料。

在某些系统（如 FANUC 系统、SIEMENS802D 等）中，利用数控系统的显示器可以直接对 PLC 程序进行动态检测和观察，它为维修提供了极大的便利，因此，在维修中一定要熟练掌握这方面的操作和使用技能。

(4) 机床参数清单 它是由机床生产厂根据机床的实际情况，对数控系统进行的设置与调整。机床参数是系统与机床之间的“桥梁”，它不仅直接决定了系统的配置和功能，而且也关系到机床的动、静态性能和精度，因此也是维修机床的重要依据与参考。在维修时，应随时参考系统“机床参数”的设置情况来调整、维修机床；特别是在更换数控系统模块时，一定要记录机床的原始设置参数，以便机床功能的恢复。

(5) 数控系统的连接说明、功能说明 该资料由数控系统生产厂家编制，通常只提供给机床生产厂家作为设计资料。维修人员可以从机床生产厂家或系统生产、销售部门获得。

系统的连接说明、功能说明书不仅包含了比电气原理图更为详细的系统各部分之间连接要求与说明，而且还包括了原理图中未反映的信号功能描述，是维修数控系统、尤其是检查电气接线的重要参考资料。

(6) 伺服驱动系统、主轴驱动系统的使用说明书 它是伺服系统及主轴驱动系统的原理与连接说明书, 主要包括伺服、主轴的状态显示与报警显示、驱动器的调试、设定要点, 信号、电压、电流的测试点, 驱动器设置的参数及意义等方面的内容, 可供伺服驱动系统、主轴驱动系统维修参考。

(7) PLC 使用与编程说明 它是机床中所使用的外置或内置式 PLC 的使用、编程说明书。通过 PLC 的说明书, 维修人员可以通过 PLC 的功能与指令说明, 分析、理解 PLC 程序, 并由此详细了解、分析机床的动作过程、动作条件、动作顺序以及各信号之间的逻辑关系, 必要时还可以对 PLC 程序进行部分修改。

(8) 机床主要配套功能部件的说明书与资料 在数控机床上往往会使用较多功能部件, 如: 数控转台、自动换刀装置、润滑与冷却系统、排屑器等。这些功能部件, 其生产厂家一般都提供了较完整的使用说明书, 机床生产厂家应将其提供给用户, 以便功能部件发生故障时进行参考。

以上都是在理想情况下应具备的技术资料, 但是实际维修时往往难以做到这一点。因此在必要时, 维修人员应通过现场测绘、平时积累等方法完善、整理有关技术资料。

(9) 维修记录 这是维修人员对机床维修过程的记录与维修的总结。最理想的情况是: 维修人员应对自己所进行的每一步维修都进行详细的记录, 不管当时的判断是否正确, 这样不仅有助于今后进一步维修, 而且也有助于维修人员的经验总结与水平提高。

1.2.3 工具及备件的要求

合格的维修工具是进行数控机床维修的必备条件, 数控机床是精密设备, 它对各方面的要求较普通机床高, 不同的故障, 所需要的维修工具亦不尽相同。作为常用的工具, 主要有以下几类。

1. 常用仪表类

(1) 数字万用表 数字万用表可用于大部分电气参数的准确测量, 判别电气元件的性能好坏。

数控机床维修对数字万用表的基本测量范围以及精度要求一般如下:

- ① 交流电压: 200mV~700V, 200mV 档的分辨率应不低于 100 μ V。
- ② 直流电压: 200mV~1000V, 200mV 档的分辨率应不低于 100 μ V。
- ③ 交流电流: 200 μ A~20A, 200 μ A 档的分辨率应不低于 0.1 μ A。
- ④ 直流电流: 20 μ A~20A, 20 μ A 档的分辨率应不低于 0.01 μ A。
- ⑤ 电阻: 200 Ω ~200M Ω , 200 Ω 档的分辨率应不低于 0.1 Ω 。
- ⑥ 电容: 2nF~20 μ F, 2nF 档的分辨率一般应不低于 1PF。
- ⑦ 晶体管: h_{fe} : 0~1000。
- ⑧ 具有二极管测试与蜂鸣器功能。

(2) 数字转速表 转速表用于测量与调整主轴的转速, 通过测量主轴实际转速, 以及调整系统及驱动器的参数, 可以使编程的主轴转速理论值与实际主轴转速值相符, 它是主轴维修与调整的测量工具之一。

(3) 示波器 示波器用于检测信号的动态波形, 如: 脉冲编码器、测速机、光栅的输出波形, 伺服驱动、主轴驱动单元的各级输入、输出波形等; 其次还可以用于检测开关电源、显示器的垂直、水平振荡与扫描电路的波形等。

数控机床维修用的示波器通常选用频带宽为 10~100MHz 的双通道示波器。

(4) 相序表 相序表主要用于测量三相电源的相序,它是直流伺服驱动、主轴驱动维修的必要测量工具之一。

(5) 常用的长度测量工具 长度测量工具(如:千分表、百分表等)用于测量机床移动距离、反向间隙值等。通过测量,可以大致判断机床的定位精度、重复定位精度、加工精度等。根据测量值可以调整数控系统的电子齿轮比、反向间隙等主要参数,以恢复机床精度。它是机械部件维修测量的主要检测工具之一。

2. 常用工具类

(1) 电烙铁 它是最常用的焊接工具,一般应采用 30W 左右的尖头、带接地保护线的内铁式电烙铁,最好使用恒温式电烙铁。

(2) 吸锡器 常用的是便携式手动吸锡器,也可采用电动吸锡器。

(3) 旋具类 规格齐全的一字与十字旋具各一套,旋具以采用树脂或塑料手柄为宜。为了进行伺服驱动器的调整与装卸,还应配备无感螺旋刀与梅花形六角旋具各一套。

(4) 钳类工具 各种规格的斜口钳、尖嘴钳、剥线钳、镊子、压线钳等。

(5) 扳手类 各种规格的米制、英制内、外六角扳手各一套等。

(6) 其他 剪刀、吹尘器、卷尺、焊锡丝、松香、酒精、刷子等。

3. 常用的备件

数控机床的维修所涉及的元器件、零件众多,备用的元器件不可能全部准备充分、齐全,但是,若维修人员能准备一些最为常见的易损元器件,可以给维修带来很大的方便,有助于迅速处理解决问题,这些元器件包括:

1) 常用的二极管类,如:IN4007、IN1004、IN4148、IS953 等。

2) 各种规格的电阻(规格应齐全),常用的电位器(1k Ω 、2k Ω 、10k Ω 、47k Ω 等)。

3) 常用的晶体三极管类,如:2S719、2SC1983、2SA6395、2SC1152、BCY59 等。

4) 常用的集成电路,主要有:

① 运放类,如:LM319、LM339、LM311、LM348、LM301、LM308、LM158、LM324、LM393、RC455、RC747、 μ A747、LF353、4858、1458、NE5514、NE5512、TLC374 等。

② 集成稳压源类,如:7805、7812、7815、7915、LM317、LM337、14315、17815 等。

③ 光耦器件类,如:TLP521、TLP500、TLP512、SFH6001、SFH610、4N26、4N37、PC601、PC401 等。

④ 线驱动放大器/接收器类,如:75113、75115、75116、55114、54125、74125、74425、54265、MC3487 等。

⑤ D/A 转换器类,如:AD767、HA17008、DAC0800、DAC707、DAC767、DAC1020 等。

⑥ 输出驱动类,如:ULN2803、ULN2003、ULN2002、FT5461、DIA050000 等。

⑦ 模拟开关类,如:DG200、DG201、DG211 等。

由于以上元器件与系统的外部输入/输出电路、电源等易损部件有关,在连接不当、外部短路等情况下,比较容易引起损坏。对于专业维修人员一般均应准备一部分,以便随时进行更换。

5) 常用规格的熔断器及熔芯。

1.3 故障分析的方法

1.3.1 常见故障及其分类

1. 按故障发生的部位分类

(1) 主机故障 数控机床的主机通常指组成数控机床的机械、润滑、冷却、排屑、液压、气动与防护等部分。主机常见的故障主要有:

- 1) 因机械部件安装、调试、操作使用不当等原因引起的机械传动故障。
- 2) 因导轨、主轴等运动部件的干涉、摩擦过大等原因引起的故障。
- 3) 因机械零件的损坏、联结不良等原因引起的故障, 等等。

主机故障主要表现为传动噪声大、加工精度差、运行阻力大、机械部件动作不进行、机械部件损坏等等。润滑不良、液压、气动系统的管路堵塞和密封不良, 是主机发生故障的常见原因。数控机床的定期维护、保养, 控制和根除“三漏”现象发生是减少主机部分故障的重要措施。

(2) 电气控制系统故障 从所使用的元器件类型上, 根据通常习惯, 电气控制系统故障通常分为“弱电”故障和“强电”故障两大类。

“弱电”部分是指控制系统中以电子元器件、集成电路为主的控制部分。数控机床的弱电部分包括 CNC、PLC、MDI/CRT 以及伺服驱动单元、输入/输出单元等。

“弱电”故障又有硬件故障与软件故障之分。硬件故障是指上述各部分的集成电路芯片、分立电子元件、接插件以及外部连接组件等发生的故障。软件故障是指在硬件正常情况下所出现的动作出错、数据丢失等故障, 常见的有: 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”部分是指控制系统中的主回路或高压、大功率回路中的继电器、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控制电路。这部分的故障虽然维修、诊断较为方便, 但由于它处于高压、大电流工作状态, 发生故障的几率要高于“弱电”部分, 必须引起维修人员的足够的重视。

2. 按故障的性质分类

(1) 确定性故障 确定性故障是指控制系统主机中的硬件损坏或只要满足一定的条件, 数控机床必然会发生的故障。这一类故障现象在数控机床上最为常见, 但由于它具有一定的规律, 因此也给维修带来了方便。

确定性故障具有不可恢复性, 故障一旦发生, 如不对其进行维修处理, 机床不会自动恢复正常, 但只要找出发生故障的根本原因, 维修完成后机床立即可以恢复正常。正确的使用与精心维护是杜绝或避免故障发生的重要措施。

(2) 随机性故障 随机性故障是指数控机床在工作过程中偶然发生的故障。此类故障的发生原因较隐蔽, 很难找出其规律性, 故常称之为“软故障”。随机性故障的原因分析与故障诊断比较困难, 一般而言, 故障的发生往往与部件的安装质量、参数的设定、元器件的品质、软件设计不完善、工作环境的影响等诸多因素有关。

随机性故障有可恢复性, 故障发生后, 通过重新开机等措施, 机床通常可恢复正常, 但在运行过程中, 又可能发生同样的故障。

加强数控系统的维护检查, 确保电气箱的密封, 可靠的安装、连接, 正确的接地和屏蔽,