

数控系统故障 诊断与维修手册

沈 兵 厉承兆 主编

● 详尽汇集数控系统故障资料
● 全面总结百余位专家维修经验



数控系统故障诊断 与维修手册

沈 兵 厉承兆 主编

机械工业出版社

本手册汇集了100多位机床数控系统专职维修工程师多年积累的维修经验,对国内各类进口和国产数控系统的故障排除方法进行了全面、系统的总结,并精选了近500个故障排除实例,是一本实用的机床数控系统维修大全。

全书分3篇22章,内容包括数控系统维修基础、10大类数控系统的维修技术、6类数控机床故障排除实例,选材全面、典型、实用,图文并茂。

本手册既可供数控机床使用和制造企业的工程技术人员参考,也可作为各大专院校有关专业、各类数控机床维修培训班的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控系统故障诊断与维修手册/沈兵,厉承兆主编. —北京:机械工业出版社,2009.3

ISBN 978-7-111-26234-3

I. 数… II. ①沈…②厉… III. 数控机床—故障诊断—手册 IV. TG659-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第017474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:黄丽梅 责任编辑:赵晓峰 版式设计:霍永明

责任校对:李秋荣 封面设计:姚毅 责任印制:邓博

北京机工印刷厂印刷(北京蓝海印刷有限公司装订)

2009年4月第1版第1次印刷

184mm×260mm·55.5印张·3插页·1390千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-26234-3

定价:118.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379782

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国制造技术的进步与提高,数控设备在自动化加工领域所占比例逐年增加。目前,我国各类机械制造企业中所用数控设备的数量和规模都在不断扩大,数控设备的先进性、技术复杂程度也在不断提高。在数控设备的使用过程中,因受到设备所用数控系统水平、设备型号、设备所处环境、电网,以及各企业对设备的使用、操作、维护水平等因素的影响,设备发生故障的概率逐年增多,影响了企业的正常生产。

在生产实践中,要确保数控设备正常运转、减少故障、提高使用率,首先要掌握数控设备所用系统的工作特性、编程要求、故障信息等各方面内容,特别是掌握系统提示故障信息的分析方法,从各个方面掌握系统的特性。

本手册以提高操作及维修人员对机床数控系统故障的诊断和维修能力为目的,从基本方法入手,通过全面系统地对机床数控系统故障分析的技术方法、手段与过程介绍,希望能够成为维修工程技术人员排除数控系统故障时的得力助手,提高读者对数控系统故障的分析判断与解决能力。手册中丰富的维修实例,不仅可作为教学参考,而且对数控机床的机电设计与调试也有一定的借鉴作用。

本手册分为3部分,即数控系统的维修方法、典型数控系统的维修技术和机床数控系统维修实例,汇集了多种常用的国内外数控系统,以总结故障现象、原因分析、排除方法与经验为编写思路,详细介绍了不同数控系统的特性、故障信息及处理方法,并在维修实例中以设备类型为基础,系统地介绍了大量的实际中遇到的机床数控系统故障案例及分析方法、解决方案。

本手册由百余位技术人员对国内最常用、最新的各种数控机床和数控系统的维修经验进行总结、提高而成,共有维修实例近500例。相信本手册所介绍的内容,将可帮助数控机床用户自行排除大部分常见故障。各章编写人员如下:

第1章至第5章由沈兵、张水生、颜代书、马受恩、张仁生、厉承兆、仇扣宝、王森、张玉万、戴明仁、肖勇、杨宗正、高务本编写;第6章由厉承兆、张国杰、王宝平、王新、苑初明、王其勋、李青山、张水生、黄万长、黄国安编写;第7章由景维维、沈兵、厉伟、刘京昌、李泓、庄彪、黄磊明、吴铮、张嘉域、陈季川、刘立彬、陈禹明、王威、张泰华、邵振宇、芮东升、李志荣编写;第8章由厉承兆、杜春本编写;第9章由郑张龙、王红玉编写;第10章由周小峰编写;第11、13、15章由厉承兆、李正敏编写;第12章由史源、汤季安、陈忠编写;第14章由李惠编写;第16章由卢九湘、厉承兆编写;第17章至第22章由沈兵、张水生、颜代书、仇扣宝、张玉万、杨宗正、高务本、王其勋、李青山、黄万长、李麒、傅广忠、贺天怀、郭艳萍、吴斌、牛志斌、于奎光、肖海波、王祖渝、赵建平、孙国政、毛楠、罗勇、赵利生、冯军、宋国斌、张铸、周宗潞、同西定、毛文彦、唐绍环、谢永强、陈忠庆、郑世新、郭昌荣、徐文源、邱勇、陶福斌、周德明、董耘天、聂玉璞、韩宽让、郭福祥、纪庆忠、郭宝生、左文刚、赵尔忠、金岭、钱伯良、肖波、李海峰、蒋贵林、翟俊铎、刘民生、张智静、杨晓山、潘勇、高振海、李光益、周恩岐、万国祥、陆伟明、姜

峰、陈振立、王玉明、张运杰、李伟彪、候华利、张明良、林长君、宋玉斌、隋晓红、杨爱萍、安毅、黄志坚、范丽杰、刘忠祥、许健、孙家平、孙旭昶、李彦红、姚世清、田秋红、朱宝林、刘朝辉、王福志、张子欣、缪才华编写。

在本书的编写过程中引用了一些数控系统生产厂家的数控系统资料，如日本 FANUC 公司、德国西门子公司、日本三菱电机公司，以及武汉华中数控股份有限公司、广州数控设备有限公司、北京凯恩帝数控技术有限公司，对他们的帮助在此一并表示感谢。

由于时间仓促，书中不当之处，恳请各位读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第 1 篇 数控系统的 维修方法

第 1 章 故障分析处理和维修的

基本要求 2

- 1 故障分类 2
- 2 故障的常规处理方法 5
- 3 维修的基本要求 7

第 2 章 预防性维护方法 14

- 1 预防性维护的重要性 14
- 2 预防性维护工作的主要内容 14

第 3 章 常用的故障自诊断技术 17

- 1 开机自诊断 17
- 2 运行自诊断 19
- 3 脱机诊断 22

第 4 章 常用的故障检查方法 24

- 1 功能程序测试法 24
- 2 参数检查法 25
- 3 交换法 25
- 4 备板置换法 26
- 5 隔离法 27
- 6 直观法 28
- 7 升降温法 29
- 8 敲击法 29
- 9 对比法 30
- 10 原理分析法 30

第 5 章 常用的片级维修方法 32

- 1 外观法 32
- 2 电源检查法 33
- 3 静态测量法 34
- 4 动态测量法 36
- 5 在线测试法 37
- 6 汇编语言测试法 42
- 7 模拟台测试法 46

第 2 篇 典型数控系统的 维修技术

第 6 章 日本 FANUC 公司数控系统 48

- 1 日本 FANUC 公司数控装置概述 48
- 2 有关维护的一般概念 60
- 3 FANUC 数控系统故障诊断技术 64
- 4 数控系统的故障分析 75
- 5 故障诊断实例 103
- 6 FANUC 公司系统出错代码速查 114
- 7 直流进给伺服系统维修技术 172
- 8 交流进给伺服系统维修技术 186
- 9 直流主轴伺服系统维修技术 209
- 10 交流主轴伺服系统维修技术 216

第 7 章 西门子数控系统 237

- 1 西门子 3 系统的维修 238
- 2 西门子 8 系统的维修 244
- 3 西门子 810/820 故障分析及排除 255
- 4 西门子 850/880 系统的维修 263
- 5 西门子 805 系统的维修 269
- 6 西门子 840C 系统的维修 271
- 7 西门子 840D 系统的维修 281
- 8 西门子交流伺服驱动系统维修技术 285
- 9 西门子可编程序控制器的维修经验 335
- 10 数控系统报警信息 337

第 8 章 日本三菱电机公司数控系统 444

- 1 日本三菱电机公司数控装置性能 444
- 2 系统的故障分析和更换技术 450
- 3 故障诊断实例 457
- 4 典型的合作系统——MAZATROL CAM-2
系统 459
- 5 日本三菱公司进给伺服系统的维修 463
- 6 日本三菱公司主轴伺服系统的维修 487

第 9 章 西班牙 FAGOR 数控系统 506

- 1 FAGOR 数控系统概述 506
- 2 FAGOR 数控系统的维修 510

3 FAGOR 数控系统故障实例分析	518
第 10 章 法国 NUM 数控系统	523
1 NUM 公司产品简介	523
2 NUM 1020/1040/1060 CNC 的体系结构	523
3 NUM 1020/1040/1060 CNC 的特点	524
4 故障诊断	524
5 故障信息说明	524
第 11 章 GSK 系列数控系统	531
1 GSK 系列数控系统的特点	531
2 报警信息	532
3 故障诊断实例	542
第 12 章 上海开通数控系统	545
1 MTC 系列数控系统的基本性能	545
2 MTC 数控系统的结构	545
3 MTC 系列数控系统与其驱动装置的 常见故障与维修	547
4 配置 MTC 系列数控系统机床的常见 故障与维修	551
5 KT400 系列经济型数控系统的基本性能	554
6 KT400 系列经济型数控系统的常 见故障与维修	555
7 KT590 系列数控系统概述	556
8 KT590 系列数控系统的常见故障分 析及排除	559
9 配置 KT590 系列数控系统机床的 常见故障与维修	560
10 KT270 系列全数字交流伺服驱动 系统概述	564
11 KT270 系列全数字交流伺服驱动 系统常见故障的分析及排除	564
12 一些有关信息	566
第 13 章 世纪星系列数控系统	570
1 世纪星数控系统的特点	570
2 系统报警信息	572
3 故障分析	573
第 14 章 JWK 系列经济型数控系统的 常见故障分析	579
1 概述	579
2 常见故障及维护	581
第 15 章 KND 系列数控系统	585
1 KND 系列数控系统特点	585
2 系统报警信息	586

3 系统的故障分析	595
第 16 章 海德汉位置检测系统	598
1 概述	598
2 光栅测量系统	599
3 在隔离 CNC 位置环故障方面的应用	609

第 3 篇 机床数控系统 维修实例

第 17 章 数控车床	612
1 CNC 系统的故障实例与诊断	612
2 伺服系统的故障实例与诊断	630
3 主轴系统的故障实例与诊断	643
4 刀架系统的故障实例与诊断	647
5 其他部位的故障实例与诊断	657
第 18 章 数控铣床	663
1 CNC 系统的故障实例与诊断	663
2 伺服系统的故障实例与诊断	682
3 主轴系统的故障实例与诊断	706
4 工作台的故障实例与诊断	717
5 液压、气动系统的故障实例与诊断	721
6 其他类型的故障实例与诊断	723
第 19 章 加工中心	746
1 CNC 系统的故障实例与诊断	746
2 伺服系统的故障实例与诊断	758
3 刀库、机械手部分的故障实例与诊断	772
4 工作台部分的故障实例与诊断	794
5 主轴系统的故障实例与诊断	810
第 20 章 数控镗铣床	827
1 伺服系统的故障实例与诊断	827
2 主轴系统的故障实例与诊断	837
3 其他部分的故障实例与诊断	843
第 21 章 数控电加工机床	850
1 概述	850
2 CNC 系统的故障实例与诊断	850
3 脉冲电源系统的故障实例与诊断	855
4 其他机电故障实例与诊断	856
第 22 章 其他数控加工设备	861
1 数控磨床的故障实例与诊断	861
2 其他数控加工设备的故障实例与 诊断	870

第 1 篇

数控系统的维修方法

第1章 故障分析处理和维修的基本要求

数控机床所用的数控系统,按我国的习惯可以分为三大类:第一类是简易数控系统,它一般是指开环控制的数控系统,具有结构简单,造价低,维修调试方便,运行维护费用低等优点;第二类为高性能数控系统,这一般是指闭环控制的数控系统,它具有多通道(两个或两个以上)、5轴或5轴以上插补联动的功能、圆弧和线性螺距补偿功能、刀具半径补偿和温度补偿,采用高分辨率编码器、前馈控制、加减速控制和进给率控制,在安全设计方面能完全防止外部影响及操作人员被触电的危险,可靠性(MTBF) ≥ 1 万h,而且是融合了网络通信等功能的数控系统;第三类是普及型数控系统,这是介于简易数控系统和高性能数控系统之间的其他数控系统。

但无论采用哪一类数控系统的数控机床,在其运行过程中都有可能丧失产品标准规定的任一项功能,此即为该数控机床发生了故障。

1 故障分类

数控机床是一种技术复杂的机电一体化设备,其故障发生的原因一般都比较复杂,这给故障诊断和排除带来不少困难。但即使这样,还必须对故障进行分析。从个别的、甚至是偶然发生的故障中,找出发生故障的原因,提出排除故障的方法,并采取防止故障再次发生的措施,从而减少由于机床的事故造成人身伤亡及各种经济损失。为了便于故障分析和处理,本节将按故障的关联性、故障部件、故障性质及故障原因等对常见故障作如下分类。

1.1 按故障的关联性分类

按此分类的方法,可分为关联性故障和非关联性故障。

所谓关联性故障,是指由数控系统本身条件引起的故障。如必须更换系统的元器件、机械结构或附属设备才能排除的故障,再如需要对接插件、电缆、印制电路板等进行修整,以消除断路、短路和接触不良,方可排除的故障等均属于关联性故障。

而非关联性故障则又可分为从属性故障,误用性故障及诱发性故障等。从属性故障,是指由于外部设备故障而直接引起的数控系统的故障,或者由于外界条件变化已超出规定的范围而造成的故障。误用性故障,是由于操作人员的过失而造成的故障。诱发性故障,是在维修期间确因维修人员的过失而造成的故障。

1.2 按数控机床发生故障的部件分类

1.2.1 主机故障

数控机床的主机部分,主要包括机械、润滑、冷却、排屑、液压、气动与防护等装置。

常见的主机故障有：因机械安装、调试及操作使用不当等原因引起的机械传动故障与导轨运动摩擦过大故障。故障表现为传动噪声大，加工精度差，运行阻力大。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以上故障。尤其应引起重视的是，机床各部位标明的注油点（注油孔）必须定时、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管路阻塞和密封不良，因此，数控机床更应加强污染控制和根除三漏现象发生。

1.2.2 电气故障

电气故障分弱电故障与强电故障。弱电部分主要指 CNC 装置、PLC 控制器、CRT 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、计算机的运算出错等。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，必须引起足够的重视。

1.3 按数控机床发生的故障性质分类

1.3.1 系统性故障

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至某一设定参数时，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，正确的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。

1.3.2 随机性故障

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。有的文献上称此为“软故障”。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困难得多。一般而言，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。另外，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。

1.4 按故障发生后有无报警显示分类

1.4.1 有报警显示的故障

这类故障又可分为硬件报警显示与软件报警显示两种。

(1) 硬件报警显示的故障 硬件报警显示通常是指各单元装置上的警示灯(一般由 LED 发光管或小型指示灯组成)的指示。在数控系统中有许多用以指示故障部位的警示灯,如控制操作面板、位置控制印制线路板、伺服控制单元、主轴单元、电源单元等部位以及光电阅读机、穿孔机等外设装置上常设有这类警示灯。一旦数控系统的这些警示灯指示故障状态后,借助相应部位上的警示灯均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极大方便。因此,维修人员日常维护和排除故障时应认真检查这些警示灯的状态是否正常。

(2) 软件报警显示故障 软件报警显示通常是指 CRT 显示器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,即按故障的级别进行处理,同时在 CRT 上以报警号形式显示该故障信息。这类报警显示常见的有:存储器警示、过热警示、伺服系统警示、轴超程警示、程序出错警示、主轴警示、过载警示以及断线警示等,通常,少则几十种,多则上千种,这无疑为故障判断和排除提供极大的帮助。

上述软件报警有来自 NC 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,对照维修手册中有关 NC 故障报警及原因方面内容,来确定可能产生该故障的原因。后者 PLC 报警显示由 PLC 的报警信息文本所提供,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状态,确定该故障所产生的原因。通常,PLC 报警发生的可能性要比 NC 报警高得多。

1.4.2 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,在手动方式或自动方式运行 X 轴时出现爬行现象,无任何报警显示。又如机床在自动方式运行时突然停止,而 CRT 显示器上无任何报警显示。还有在运行机床某轴时发生异常声响,一般也无故障报警显示等。一些早期的数控系统由于自诊断功能不强;尚未采用 PLC 控制器,无 PLC 报警信息文本,出现无报警显示的故障情况会更多一些。

对于无报警显示故障,通常要具体情况具体分析,要根据故障发生的前后变化状态进行分析判断。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中,可均匀地旋转手摇脉冲发生器,同时分别观察比较 CRT 显示器上 Y 轴、Z 轴与 X 轴进给数字的变化速率。通常,如数控部分正常,三个轴的上述变化速率应基本相同,从而可确定爬行故障是 X 轴的伺服部分还是机械传动所造成。有关伺服系统进一步检查可参阅本篇第 4 章的“交换法”和“隔离法”。

1.5 按故障发生的原因分类

1.5.1 数控机床自身故障

这类故障的发生是由于数控机床自身的原因引起的,与外部使用环境条件无关。数控机床所发生的极大多数故障均属此类故障,但应区别有些故障并非机床本身而是外部原因所造成的。

1.5.2 数控机床外部故障

这类故障是由于外部原因造成的。例如:数控机床的供电电压过低,波动过大,相序不对或三相电压不平衡;周围的环境温度过高,有害气体、潮气、粉尘侵入;外来振动和干扰,如电焊机所产生的电火花干扰等均有可能使数控机床发生故障。还有人为因素所造成的故障,如操作不当,手动进给过快造成超程报警,自动切削进给过快造成过载报警。又如操作人员不按时按量给机床机械传动系统加注润滑油,易造成传动噪声或导轨摩擦因数过大,而使工作台进给电动机超载。据有关资料统计,首次采用数控机床或由不熟练工人来操作,在使用第一年内,由于操作不当所造成的外部故障要占1/3以上。

除上述常见故障分类外,还可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。本书第3篇各类数控机床故障排除实例部分就是按上述故障发生的部位分类的。

2 故障的常规处理方法

数控系统的型号较多,故障所产生的原因往往比较复杂,这里介绍故障处理的一般方法和步骤。一旦故障发生,通常按以下步骤进行。

2.1 调查故障现场,充分掌握故障信息

数控系统出现故障后,不要急于动手盲目处理,首先要查看故障记录,向操作人员询问故障出现的全过程。在确认通电对系统无危险的情况下,再通电亲自观察,特别要注意确定以下主要故障信息:

- ① 故障发生时报警号和报警提示是什么?那些指示灯和发光管指示了什么报警?
- ② 如无报警,系统处于何种工作状态?系统的工作方式诊断结果(如FANUC公司的FS 0-T系统的700、701、712号诊断内容)是什么?
- ③ 故障发生在哪个程序段?执行何种指令?故障发生前进行了何种操作?
- ④ 故障发生在何种速度下?轴处于什么位置?与指令值的误差量有多大?
- ⑤ 以前是否发生过类似故障?现场有无异常现象?故障是否重复发生?

2.2 分析故障原因,确定检查的方法和步骤

在调查故障现象,掌握第一手材料的基础上分析故障的起因。故障分析可采用归纳法和

演绎法。归纳法是从故障原因出发摸索其功能联系,调查原因对结果的影响,即根据可能产生该种故障的原因分析,看其最后是否与故障现象相符来确定故障点。演绎法是从所发生的故障现象出发,对故障原因进行分割式的分析方法,即从故障现象开始,根据故障机理,列出多种可能产生该故障的原因,然后对这些原因逐点进行分析,排除不正确的原因,最后确定故障点。

分析故障原因时应注意以下几点:

- ① 要在充分调查现场掌握第一手材料的基础上,把故障问题正确地列出来。俗话说,能够把问题说清楚,就已经解决了问题的一半。
- ② 要思路开阔,无论是数控系统、强电部分,还是机、液、气等,都要将有可能引起故障的原因以及每一种可能解决的方法全部列出来,进行综合、判断和筛选;
- ③ 在对故障进行深入分析的基础上,预测故障原因并拟定检查的内容、步骤和方法。

2.3 故障的检测和排除

在检测故障过程中,应充分利用数控系统的自诊断功能,如系统的开机诊断、运行诊断、PLC的监控功能,根据需要随时检测有关部分的工作状态和接口信息。同时,还应灵活应用数控系统故障检查的一些行之有效的方法,如交换法、隔离法等。在本书以后的章节中将介绍这些方法。

另外,在检测排除故障中还应掌握以下原则:

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。数控机床的检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、闻、听、问等方法,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线路板插头座、边缘接插件与外部或相互之间的连接部位、电控柜插座或端子排这些机电设备之间的连接部位,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线路板的污染,机械的振动等,对于信号传送通道的接插件都将产生严重影响。在检修中重视这些因素,首先检查这些部位就可以迅速排除较多的故障。另外,尽量避免随意地启封、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。

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要大些。先机械后电气就是在数控机床的检修中,首先检查机械部分是否正常,行程开关是否灵活,气动、液压部分是否正常等。从经验来看,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,方可动手查找和处理故障。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,确认为非恶性循环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,必须先排除危险后方可通电,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，只有先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的过程中，难度大的问题也可能变得容易，或者在排除简易故障时受到启发，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-OT 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之后，再检查脉冲编码器、位置控制等环节。

3 维修的基本要求

3.1 对维修人员的素质要求

数控设备是技术密集型和知识密集型机电一体化产品，其技术先进、结构复杂、价格昂贵，在生产上往往起着关键作用，因此对维修人员有较高的要求。维修工作做得好坏，首先取决于维修人员的素质，他们必须具备以下条件：

① 专业知识面广。具有中专以上文化程度，掌握或了解计算机原理、电子技术、电工原理、自动控制与电力拖动、检测技术、机械传动及机加工工艺方面的基础知识。既要懂电、又要懂机。电包括强电和弱电；机包括机械、液压和气动技术。维修人员还必须经过数控技术方面的专门学习和培训，掌握数字控制、伺服驱动及 PLC 的工作原理，懂得 NC 和 PLC 编程。

② 具有专业英语阅读能力。数控系统的操作面板、CRT 显示屏以及随机技术手册大都用英文表示，不懂英文就无法阅读这些重要的技术资料，无法通过人机对话，操作数控系统，甚至不识报警提示的含义。对照英文翻字典翻译资料，虽可解决一些问题，但会增加停机修理时间。所以，一个称职的数控维修人员必须努力培养自己的英语阅读能力。

③ 勤于学习，善于分析。数控维修人员应该是一个勤于学习的人，他们不仅要有较广的知识面，而且需要对数控系统有深入的了解。要读懂厚厚几大本数控系统技术资料并不是一件轻而易举的事，必须刻苦钻研，反复阅读，边干边学，才能真正掌握。数控系统型号多、更新快，不同制造厂、不同型号的系统往往差别很大。一个能熟练维修 FANUC 数控系统的人不见得会熟练排除 SIEMENS 系统所发生的故障，其原因就在于此。当前数控技术正随着计算机技术的迅速发展而发展，通用计算机上使用的硬件、软件（如软盘、硬盘、人机对话系统）越来越广泛地应用于新的数控系统，与传统的数控系统的差别日益增大，即使对于经验丰富的老维修人员来说，也有不断学习的要求。

数控维修人员需要有一个善于分析的头脑。数控系统故障现象千奇百怪，各不相同，其起因往往不是显而易见的，它涉及电、机、液、气各种技术。就数控系统而言，机内成千上

万只元器件都有损坏的可能,要在这样众多的元器件中找到损坏的那一只,要有由表及里、去伪存真的本领,在这里对众多的故障原因和现象作出正确的分析判断是至关重要的。

④ 有较强的动手能力和实验技能。数控系统的修理离不开实际操作,维修人员应会动手对数控系统进行操作,查看报警信息,检查、修改参数,调用自诊断功能,进行 PLC 接口检查;应会编制简单的典型加工程序;对机床进行手动和试运行操作;应会使用维修所必需的工具、仪表和仪器。

对数控维修人员来说,胆大心细,既敢于动手又细心有条理是非常重要的。只有敢于动手,才能深入理解系统原理、故障机理,才能一步步缩小故障范围、找到故障原因。所谓“心细”,就是在动手检修时,要先熟悉情况、后动手,不盲目蛮干;在动手过程中要稳、要准。

3.2 必要的维修用器具

3.2.1 测量仪器、仪表

(1) 万用表 数控设备的维修涉及弱电和强电领域,最好配备指针式和数字式万用表各一个。指针式万用表除用于测量强电回路之外,还用于判断二极管、晶体管、晶闸管、电解电容等元器件的好坏,测量集成电路引脚的静态电阻值。数字式万用表可用来正确测量电压、电流、电阻值,还可测量晶体管的放大倍数和电容值。它还有一个蜂鸣器挡,可测量电路的通断,判断印制电路的走向。

(2) 逻辑测试笔和脉冲信号笔 这两种笔形仪器体积小,价格低,对以数字电路为主体的数控系统的现场故障检查,十分适用、方便。一般使用 TTL 和 CMOS 逻辑电平通用型。

逻辑测试笔可测试电路是处于高电平还是低电平,或是不高不低的浮空电平,判断脉冲的极性是正脉冲还是负脉冲,输出的脉冲是连续的还是单个脉冲,还可大概估计脉冲的占空比和频率范围。

脉冲发生笔则可发出单脉冲或连续脉冲、发正脉冲或负脉冲,它和逻辑测试笔配合使用,就能对电路的输入和输出的逻辑关系进行测试。

(3) 示波器 数控系统修理通常选用频带宽度为 10 ~ 100MHz 范围内的双通道示波器。它不仅可测量电平、脉冲上下沿、脉宽、周期、频率等参数,还可以进行两信号的相位和电平幅度的比较。常用来观察主开关电源的振荡波形,直流电源或测速发电机输出的纹波,伺服系统的超调、振荡波形,用来检查、调整纸带阅读机的光电放大器的输出波形,还可检查 CRT 电路的垂直、水平振荡和扫描波形、视放电路的视频信号等。

(4) PLC 编程器 不少数控系统的 PLC 控制器必须使用专用的编程器才能对其进行编程、调试、监控和检查。这类编程器型号不少,如 SIEMENS 的 PG710、PG750、PG685,OMRON 的 GPC01 ~ GPC04、PRO-13 ~ PRO-27 等。这些编程器可以对 PLC 程序进行编辑和修改,监视输入和输出状态及定时器、移位寄存器的变化值。在运行状态下修改定时器和计数器的设置值,可强制内部输出,对定时器、计数器和移位寄存器进行置位和复位等。带有图形功能的编程器还可显示 PLC 梯形图。

(5) IC 测试仪 这类测试仪可离线快速测试集成电路的好坏,在数控系统进行片级维修时是必要的仪器。它按测试的常用中、小规模数字芯片,大规模数字芯片和模拟芯片分

类。国内常用的有台湾河洛公司生产的 PRUFER-20 型手持式常用数字芯片测试仪,可测试 TTL74、CMOS40、CMOS45、DRAM41、DRAM44 等系列、引脚在 20 个以内的数字芯片。

英国 ABI 电子公司的 PT3000 型手持式 40 脚数字芯片测试仪,除可测试上述常用系列芯片外,还可测试 PROM、EPROM、DRAM、SRAM 多种存储器芯片,以及测试 TTL75、ULNZ、8Z、DS88、Z80、8T、MC68、86/82 等系列外围接口和微处理器芯片。

PT3200 型模拟芯片测试仪是 ABI 公司的另一种产品,可测试各种运放、比较器、光电耦合器模拟多路开关、转换阵列、D/A、A/D 转换器、基准源、电压调节器以及一些特殊电路。

上述两种 PT 型 IC 测试仪,体积和一般数字式万用表差不多,还可使用机内电池,使用十分方便,可测试数控系统修理中所遇到的大多数集成电路,对维修人员十分有用,但价格比较昂贵。

台湾河洛公司的 ALL-03 或 07 型通用编程器也是国内维修人员常用的测试、编程仪器。它需和计算机连接,可对各种 EPROM、E²PROM 以及 GAL 等可编程逻辑芯片烧制程序,也可测试 TTL、CMOS 等通用系列芯片。

(6) IC 在线测试仪 这是一种使用通用微型计算机技术的新型数字集成电路在线测试仪器。它的主要特点是能够对焊接在电路板上的芯片直接进行功能、状态和外特性测试,确认其逻辑功能是否失效。它所针对的是每个器件的型号以及该型号器件应具备的全部逻辑功能,而不管这个器件应用在何种电路中。因此,它可以检查各种电路板,而且无需图样资料或了解其工作原理,为缺乏图样而使维修工作无从下手的数控维修人员提供了一种有效的手段,目前它在国内的应用日益广泛。

维修常用的在线测试仪原理有两种:一种是使用反驱动原理,在被测集成电路的输入脚上强行瞬时注入强大的电流,使被测集成电路处于规定的工作状态,采集集成电路输出电平,与存储于电脑测试程序中的正常电平相比较,从而确定被测集成电路的性能是否正常。采用这一原理的在线测试仪有:美国 SHLUMBERGER 公司生产的 S635 型、国产超能 TL4040 型等。反驱动作用的时间较短,一般限制在 25ms 以内,故不会对器件产生不利的影响。S635 型有智能驱动功能,可以根据被测集成电路的性能,自动控制反驱动电流强度,在电脑中存有三千多种集成电路的测试程序,是一种功能较强的通用在线测试仪。另一种是使用符合比较的原理,用电子开关切换、比较被测集成电路和标准集成电路的输出状态,用符合逻辑判断被测集成电路的好坏。标准集成电路实质就是与被测集成电路同型号的好的集成电路,通过专用测试装置与被测集成电路处于并联状态。用这一原理的在线测试仪有美国 FLUKE 公司的 900 在线测试仪等。另外,还有用针床法和探针法的在线测试仪,它们都必须要有线路图,并预知各测试点的波形,预先做大量工作,编好专用的测试诊断程序,故只适用于批量生产的场合。

目前国内使用较多的 IC 在线测试仪,进口的有新加坡的创能 BW4040EX,国产的有北京天龙电子工程公司的超能 TL4040。两者性能接近,都具有以下主要测试功能:

1) 中小规模数字芯片的在线功能测试。也称 ICFT 测试;可测 TTL74/75、CMOS4000、DRAM/SRAM 等芯片,是其在线测试的主要功能。

2) 芯片出脚状态及连接情况测试。可自动测出地线脚、V_{cc}、浮空脚及相连脚,并可存盘记录。当芯片损坏后,相应管脚状态往往会发生变化,如击穿造成信号脚与电源短路而使

引脚连线关系发生变化,因此只要和原先正常时所存的记录相比较,就会发现故障所在。当在线功能测试隔离失效时,这种测试可进一步提高查找故障的命中率。

3) VI 特性测试。由测试仪产生一个扫描电压,加到被测的芯片出脚(或电路焊接点)上,同时记录其电流变化,从而获得被测点的动态响应阻抗曲线。通常芯片的损坏 90% 都是端口损坏,端口一旦损坏必然改变它的 VI 曲线,因此只要和正常时所存的 VI 特性记录相比较,就可找出故障。这种测试对任何芯片及分离元件都是有效的,特别是对模拟器件来说,损坏后往往造成端口特性阻抗发生明显变化,因此更容易判别器件的好坏。

4) LSI 分析测试。它指的是 40 脚以下、双列直插式封装的大规模集成电路,如 8255、8031、Z80 等芯片的分析测试。由于 LSI 芯片功能十分复杂,又有多种使用方式,因此采用专用语言来描述其功能,并分成许多子测试,每个子测试只测一项功能。在测试前必须先用一块好的电路板事先对 LSI 进行学习测试。

目前,上述在线测试系统还不能保证被测电路在任何情况下都与相连的电路隔离成功,如 74373、244、245 等总线芯片,由于其输出挂在总线上,存在着总线竞争。还有板上振荡电路影响、异步连接等,造成在线测试的测量结果不是 100% 正确。通常,经在线测试通过的 IC 一定是好的,测试通不过的不一定是坏的。经验表明,采用在线功能测试确定坏的中小规模芯片的准确率约为 70%。对一些在线测试失败的芯片,还需要做进一步检查,确定其是否真坏。如将该集成电路从印制电路板上拆下,再用在线测试仪离线测试,最终确定其好坏。

以上介绍的几种数字集成芯片离线或在线测试仪器,由于仅检测芯片的功能是否失效,不进行一些电参数(如频响、延迟、扇出系数、温度漂移等)的测试,所以这些参数变化引起的故障也无法检测出来。

(7) 短路追踪仪 短路是电气维修中经常碰到的故障现象,如果使用万用表寻找短路点往往很费劲。如遇到电路中某个元器件击穿短路,由于在两条连线之间可能并接有多个元器件,用万用表测量出哪一个元器件短路比较困难。再如对于变压器绕组局部轻微短路的故障,一般万用表测量也无能为力,而采用短路故障追踪仪可以快速地找出印制电路板上的任何短路点,如焊锡短路、总线短路、电源短路、多层线路板短路、芯片及电解电容内部短路、非完全短路等。

创能 CB-2000 型短路追踪仪是比较常见的一种仪器。它采用微电阻测量、微电压测量和电流流向追踪三种方式寻找短路点。三种方式可单独使用,也可以互相验证,共同确定一个短路点。

(8) 逻辑分析仪 它是专门用于测量和显示多路数字信号的测试仪器,通常分 8、16、64 个通道,即可同时显示 8 个、16 个或 64 个逻辑方波信号。和显示连续波形的通用示波器不同,逻辑分析仪显示各被测点的逻辑电平,二进制编码或存储器的内容。它通过仿真头可仿真多种常用的如 INTEL80 系列 CPU 系统,进行数据、地址、状态值的预置或跟踪检查。

在维修时,逻辑分析仪可检查数字电路的逻辑关系是否正常,时序电路的各点信号的时序关系是否正确,信号传输中是否有竞争、毛刺和干扰。通过测试软件的支持,对电路板输入给定的数据,同时跟踪测试它的输出信息,显示和记录瞬间产生的错误信号,找到故障所在。