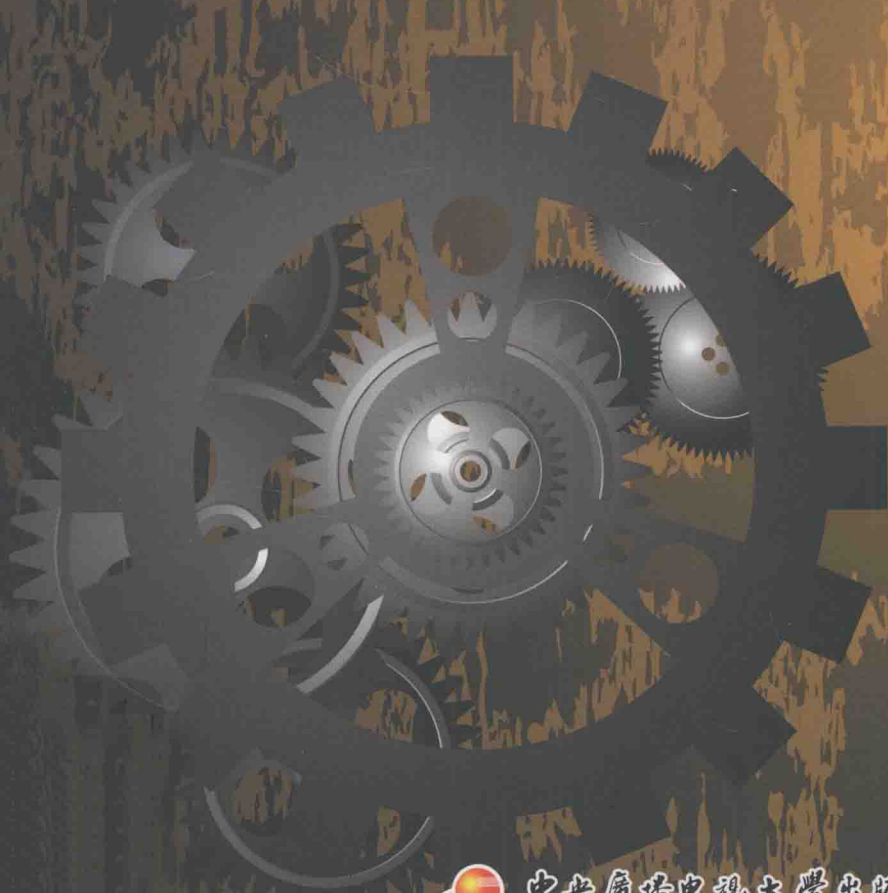


全国高等职业教育规划教材

数控机床诊断与维修

李黄芬 陈蔚红 © 主 编

SHUKONG JICHUANG ZHENDUAN YU WEIXIU



 中央广播电视大学出版社

全国高等职业教育规划教材

数控机床诊断与维修

李黄芬 陈蔚红 主编

中央广播电视大学出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床诊断与维修 / 李黄芬, 陈蔚红主编. —北京:
中央广播电视大学出版社, 2011.10
全国高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-304-05248-5

I. ①数… II. ①李… ②陈… III. ①数控机床—故障
诊断—高等教育—教材 ②数控机床—故障修复—高
等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 197973 号

版权所有, 翻印必究。

全国高等职业教育规划教材

数控机床诊断与维修

李黄芬 陈蔚红 主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 营销中心: 010-58840200 总编室: 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 苏 醒

印刷: 北京雷杰印刷有限公司

版本: 2011 年 11 月第 1 版

开本: 787×1092 1/16

责任编辑: 冯 欢

印数: 0001~3000

2011 年 11 月第 1 次印刷

印张: 11.5 字数: 175 千字

书号: ISBN 978-7-304-05248-5

定价: 23.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

编写人员

主 编：李黄芬 陈蔚红

编 委：（以姓氏笔画为序）

王继红 王林志 方 彬 刘 钊

吴 言 李冬梅 李妹燕 肖学华

陈韦华 张建军 罗建航 段 勇

侯庆愉 郭 颖 高 凯 唐连三

曹建军 梁 强 焦春华 舒德凯

前 言

随着科学技术的高速发展，数控技术也在快速发展，目前，数控设备已经遍布全世界各个国家和地区。

自改革开放以来，我国引进了不少先进的数控设备，这些设备是以大规模集成电路为主，具有功能强、生产效率高等特点，但同时，它的内部结构也十分复杂，涉及机械、电器、液压、气动、光学与计算机技术等多种领域，在故障诊断、状态检测方面，数字测试技术与计算机网络技术更是多有涉及。

为了能让人们更好地了解数控技术，满足社会对数控专业技术人才的大量需求，本丛书编委会针对数控机床的诊断与维修，特编写了此书。

本书共分6章，分别从数控机床的故障诊断与维修基础、数控机床的安装调试与维修管理、数控机床机械故障的诊断与维修、数控系统的故障诊断与维修、数控伺服系统的故障诊断与维修和数控机床电器故障的诊断与维修等几个部分来讲述。本书的最后，还有大量的实验与实例以供参考。

本书内容全面综合，体现了理论知识“必需、够用”的特点，突出了应用能力和创新素质的培养，从理论到实践，再从实践到理论，充分全面地讲述了数控机床故障诊断和维修知识。读者认真学习了本书知识，便可以快速地诊断和排除故障，从而使数控机床的停机时间大大缩短，延长其平均无故障工作时间，充分发挥其应有的效益。

本书是高等职业院校规划教材，可作为数控技术类、机械制造类、模具类、机电一体化类专业的使用教材，也可作为各类数控技术人才的培训教材，还可作为从事数控机床操作、编程、设计和维修等工程技术人员的参考用书。

由于所涉及内容较为广泛，收集的资料有限，时间仓促，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 数控机床的故障诊断与维修基础

1.1 数控机床的基本知识	1
1.1.1 数控机床的组成、分类和特点	1
1.1.2 数控机床维修的必要性及其技术指标	5
1.2 数控机床故障诊断及维修的基本要求	7
1.2.1 数控机床故障诊断的方法	7
1.2.2 数控机床故障维修的基本要求	10
1.3 常见故障的分类及故障常规处理方法	16
1.3.1 常见故障的分类	16
1.3.2 故障的常规处理方法	18

第 2 章 数控机床的安装调试与维修管理

2.1 数控机床的选用与购置	21
2.2.1 选用原则	21
2.1.2 选用要素	22
2.1.3 选用步骤	23
2.2 数控机床的安装、调试与验收	24
2.2.1 安装的环境要求	24
2.2.2 数控机床的安装	24
2.2.3 数控机床的调试	25
2.2.4 数控机床的验收	28
2.3 数控机床的精度检测与维护管理	30
2.3.1 数控机床的精度检测	30
2.3.2 数控机床的维修与管理	34

第 3 章 数控机床机械故障的诊断与维修

3.1 数控机床机械装置概述	39
3.1.1 数控机床机械结构的组成	39
3.1.2 数控机床机械结构的特点	40
3.2 数控机床机械故障的分类与诊断方法	42
3.2.1 数控机床机械故障及其分类	42
3.2.2 数控机床机械故障诊断	43
3.3 数控机床主传动系统故障诊断与维修	48

3.3.1	主传动的机械结构	48
3.3.2	主传动部件的日常维护	50
3.3.3	常见的主传动故障诊断与维修	51
3.4	数控机床进给运动系统故障诊断与维修	52
3.4.1	滚珠丝杠螺母副的维护	52
3.4.2	滚珠丝杠螺母副的故障诊断	53
3.4.3	传动齿轮间隙的调整	53
3.4.4	导轨副的调整与维护	54
3.5	数控机床刀库与自动换刀装置故障诊断与维修	57
3.5.1	刀库及换刀机械手的维护要求	57
3.5.2	刀具和换刀机械手的故障诊断	58
3.6	数控机床液压与气动系统装置故障诊断与维修	59
3.6.1	液压系统故障诊断与维修	59
3.6.2	气动系统故障诊断与维修	61
3.6.3	其他辅助装置的维护	63
3.7	数控机床的启动与停止运动故障诊断与维修	63
3.7.1	机床启动与停止运动故障的诊断	63
3.7.2	机床不能动作, 出现“死机”现象的原因	64
3.7.3	机床返回基准点故障的诊断与处理	64

第4章 数控系统的故障诊断与维修

4.1	数控系统概述	66
4.1.1	数控系统的构成、工作过程及其维修的基本要求	66
4.1.2	数控系统的故障诊断方法	69
4.2	典型数控系统简介	72
4.2.1	FANUC 数控系统	72
4.2.2	SIEMENS 数控系统	74
4.3	数控系统的日常维护与保养	76
4.3.1	数控系统的使用检查	76
4.3.2	数控系统的日常维护与保养	77
4.4	数控系统的软件故障诊断与维修	79
4.4.1	数控系统的软件配置	79
4.4.2	软件故障形成的原因	80
4.4.3	软件故障排除方法	80
4.5	数控系统的硬件故障诊断与维修	81
4.5.1	数控系统的硬件组成	81
4.5.2	硬件故障的检查与分析	82

第 5 章 数控伺服系统的故障诊断与维修

5.1 数控伺服系统简介	85
5.1.1 数控机床对进给伺服系统的要求	85
5.1.2 伺服系统的结构及分类	86
5.2 主轴伺服系统的故障诊断与维修	88
5.2.1 主轴伺服系统的故障形式与诊断方法	89
5.2.2 直流主轴驱动的故障诊断	90
5.2.3 交流主轴驱动的故障诊断	95
5.2.4 主轴通用变频器的故障诊断与维修	97
5.3 进给伺服系统的故障诊断与维修	100
5.3.1 步进电机伺服驱动系统	100
5.3.2 直流进给伺服系统故障诊断	102
5.3.3 交流进给伺服系统故障诊断	108
5.3.4 进给伺服系统的故障形式及定位	110
5.4 位置检测装置的故障诊断与维修	111
5.4.1 位置控制故障与检测元件维护	111
5.4.2 位置检测装置的故障诊断	113

第 6 章 数控机床电气故障的诊断与维修

6.1 数控机床常用控制电器的概述	116
6.1.1 接触器的选择与维修	116
6.1.2 继电器的分类与使用	117
6.1.3 低压断路器的选用原则与维护	119
6.1.4 熔断器的选择与维护	120
6.1.5 主令电器的种类与常用型号	121
6.2 数控机床 PLC 控制的故障诊断与维修	122
6.2.1 数控机床 PLC 的功能与分类	122
6.2.2 PLC 故障表现形式	123
6.2.3 PLC 故障诊断方法	124
6.3 数控机床电气系统的故障诊断与维修	125
6.3.1 电气控制电路的主要故障类型	125
6.3.2 线路故障和元器件故障的查找	125
6.3.3 数控机床电源故障诊断及维护	127
6.4 数控机床的抗干扰	127
6.4.1 常见干扰类型	127
6.4.2 抗干扰措施	127
6.5 数控机床回参考点的故障诊断与维修	129
6.5.1 数控机床回参考点方式	129

6.5.2 回参考点常见故障诊断	131
------------------------	-----

附录 I 实 验

一、数控机床几何精度的检测实验	132
二、机床主轴及主轴编码器的安装与故障诊断实验	138
三、伺服驱动单元的调试和故障诊断实验	140
四、可编程控制器（PLC）编程练习实验	144

附录 II 数控机床故障诊断与维修实例

一、数控机床机械故障的诊断与维修实例	147
二、数控系统的故障诊断与维修实例	155
三、数控伺服系统的故障诊断与维修实例	162
四、数控机床电气故障的诊断与维修实例	172

参考文献	176
------------	-----

第1章 数控机床的故障诊断与维修基础

学习目标

- 了解数控机床的组成、分类、特点及应用。
- 理解和掌握数控机床的规格、性能及可靠性指标。
- 熟悉数控机床故障诊断与维修的方法和常用技术。
- 熟悉数控机床故障维修的基本要求。
- 了解数控机床故障分类的方法。
- 理解和掌握故障的常规处理方法。

1.1 数控机床的基本知识

国际信息处理联盟（IFIP）第五技术委员会对数控机床的定义是：数控机床是一个装有程序控制系统的机床。

从数控机床技术水平看，高精度、高速度、高柔性、多功能和高自动化是数控机床的重要发展趋势。下面就对数控机床的组成、分类、特点等一一加以讲述。

1.1.1 数控机床的组成、分类和特点

1. 数控机床的组成

数控机床主要由计算机数控装置、伺服系统、控制面板、程序输入/输出设备、机床 I/O（输入 / 输出）电路和装置、控制面板、机床本体等部分组成。

（1）计算机数控装置（CNC 装置）

计算机数控装置是计算机数控系统的核心，其主要作用是根据输入的零件加工程序或操作命令进行相应的处理，然后输出控制命令到相应的执行部件（伺服单元、驱动装置、PLC 等），完成零件加工程序或操作者所要求的工作。所有这些都是在 CNC 装置协调控制、合理组织下，使整个系统有条不紊地工作的。计算机数控装置主要由计算机系统、位置控制板、PLC 接口板、通信接口板、扩展功能模块、相应的控制软件等模块组成。

（2）伺服单元、驱动装置和测量装置

伺服单元和驱动装置包括主轴伺服驱动装置、主轴电动机、进给伺服驱动装置及进给电动机。测量装置是指位置和速度测量装置，它是实现主轴、进给速度闭环控制和进给位置闭环控制的必要装置。主轴伺服系统的主要作用是实现零件加工的切削运动，其控制量

为速度。进给伺服系统的主要作用是实现零件加工的成形运动，其控制量为速度和位置，特点是能够灵敏、准确地实现 CNC 装置的位置和速度指令。

(3) 控制面板

控制面板又称操作面板，是操作人员与数控机床（系统）进行信息交互的工具。操作人员可以通过它对数控机床（系统）进行操作、编程或对机床参数进行设定和修改，也可以通过它了解、查询数控机床（系统）的运行状态。控制面板是数控机床的一个输入/输出部件，主要由按钮站、状态灯、按键阵列（功能与计算机键盘一样）、显示器等部分组成。

(4) 控制介质与程序输入/输出设备

控制介质是记录零件加工程序的媒介，是人与机床建立联系的介质。程序输入/输出设备是 CNC 系统与外部设备进行信息交互的装置，其作用是将记录在控制介质上的零件加工程序输入机床。常用的控制介质和程序输入/输出设备包括磁盘、磁盘驱动器等。

此外，现代数控系统一般可利用通信方式进行信息交换。这种方式是实现 CAD/CAM（计算机辅助设计 / 计算机辅助制造）的集成、FMS（柔性制造系统）和 CIMS（计算机集成制造系统）的基本技术。目前，在数控机床上常用的通信方式包括：

- ① 串行通信。
- ② 自动控制专用接口。
- ③ 网络技术。

(5) PLC、机床 I/O（输入 / 输出）电路和装置

PLC 是用于进行与逻辑运算、顺序动作有关的 I/O 控制，它由硬件和软件组成。机床 I/O 电路和装置是用于实现 I/O 控制的执行部件，是由继电器、电磁阀、行程开关、接触器等组成的逻辑电路。它们共同完成以下任务：

- ① 接受 CNC 的 M、S、T 指令，进行译码并转换成对应的控制信号，控制辅助装置完成机床相应的开关动作。
- ② 接受操作面板和机床侧的 I/O 信号，输送给 CNC 装置，经其处理后，输出指令控制 CNC 系统的工作状态和机床的动作。

(6) 机床本体

机床本体是数控系统的控制对象，是实现加工零件的执行部件。它主要由主运动部件（主轴、主运动传动机构）、进给运动部件（工作台、拖板及相应的传动机构）、支承件（立柱、床身等）以及特殊装置、自动工件交换（APC）系统、自动刀具交换（ATC）系统和辅助装置（如冷却、润滑、排屑、转位、夹紧装置等）组成。

2. 数控机床的分类

数控机床的种类很多，从不同角度对其进行考查，就有不同的分类方法，通常有以下几种分类方法。

(1) 按控制功能分类

按控制功能可分为点位控制数控机床、直线控制数控机床和轮廓控制数控机床。

- ① 点位控制数控机床。这类数控机床仅能控制两个坐标轴带动刀具或工作台，从一个点（坐标位置）准确地快速移动到下一个点（坐标位置），然后控制第三个坐标轴进行钻、

镗等切削加工。它具有较高的位置定位精度,在移动过程中不进行切削加工,因此对运动轨迹没有要求。点位控制数控机床主要用于加工平面内的孔系,主要有数控钻床、数控镗床、数控冲床、三坐标测量机等。

② 直线控制数控机床。这类数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度,从一个点以一条直线准确地移动到下一个点,移动过程中能进行切削加工,进给速度根据切削条件可在一定范围内调节。现代组合机床采用数控进给伺服系统,驱动动力头带着多轴箱轴向进给进行钻、镗等切削加工,可以将其视为直线控制数控机床。

③ 轮廓控制数控机床。这类数控机床具有控制几个坐标轴同时协调运动,即多坐标轴联动的能力,使刀具相对于工件按程序规定的轨迹和速度运动,能在运动过程中进行连续切削加工。这类数控机床应用于加工曲线和曲面形状零件的数控车床、数控铣床、加工中心等。现代的数控机床基本上都是这种类型。若根据其联动轴数还可细分为 2 轴(X、Z 轴联动或 X、Y 联动)、2.5 轴(任意 2 轴联动、第 3 轴周期进给)、3 轴(X、Y、Z 轴联动)、4 轴(X、Y、Z 和 A 或 B 轴联动)、5 轴(X、Y、Z 和 A、C 或 X、Y、Z 和 B、C 或 X、Y、Z 和 A、B 轴联动)联动机床。联动坐标轴数越多,加工程序的编制越难,通常 3 轴以上联动数控机床的加工程序只能采用自动编程系统编制。

(2) 按进给伺服系统类型分类

按数控系统的进给伺服系统有无位置测量反馈装置,可分为开环数控机床和闭环数控机床。在闭环数控系统中,根据位置测量装置安装的位置又可分为全闭环和半闭环两种。

① 开环数控机床。开环数控机床采用开环进给伺服系统。开环进给伺服系统没有位置测量反馈装置,信号流是单向的(数控装置到进给系统),故系统稳定性好。但由于无位置反馈,精度(相对闭环系统)不高,其精度主要取决于伺服驱动系统和机械传动机构的性能及精度。该系统一般以步进电动机作为伺服驱动元件,它具有结构简单、工作稳定、调试方便、维修简单、价格低廉等优点,在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到了广泛应用。

② 半闭环数控机床。半闭环数控机床进给伺服系统的位置检测点是从驱动电动机(常用交、直流伺服电动机)或丝杠端引出,通过检测电动机和丝杠旋转角度间接检测工作台的位移量,而不是直接检测工作台的实际位置。由于在半闭环环路内不包括或只包括少量机械传动环节,所以可获得较稳定的控制性能,其系统稳定性虽不如开环系统,但比闭环要好。另外,在位置环内各组成环节的误差可得到某种程度的纠正,位置环外不能直接消除的,如丝杠螺距误差、齿轮间隙引起的运动误差等,可通过软件来补偿这类误差以提高运动精度。因此,半闭环数控机床在现代 CNC 机床中得到了广泛应用。

③ 闭环数控机床。闭环进给伺服系统的位置检测点直接对工作台的实际位置进行检测。理论上讲,可以消除整个驱动和传动环节的误差,精度很高。但由于位置环中存在的摩擦特性、刚性和间隙都是非线性的,很容易造成系统不稳定。因此闭环系统的设计、安装和调试都有相当的难度,对其组成环节的精度、刚性和动态特性等都有较高的要求,价格昂贵。这类系统主要用于精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精磨床、较大型的数控机床等。

(3) 按工艺用途分类

按工艺用途可分为切削加工类、成形加工类、特种加工类及其他类型。

① 切削加工类。切削加工类是指具有切削加工功能的数控机床。在常用的车床、铣床、刨床、磨床、钻床、镗床、插床、拉床、切断机床、齿轮加工机床等金属切削机床中，国内外都开发了数控机床，而且品种分得越来越细。例如，在数控磨床中不仅有数控外圆磨床、数控内圆磨床和集可磨外圆、内圆于一机的数控万能磨床，以及数控平面磨床、数控坐标磨床、数控工具磨床、数控无心磨床、数控齿轮磨床，还有专用或专门化的数控轴承磨床、数控外螺纹磨床、数控内螺纹磨床、数控双端面磨床、数控凸轮轴磨床、数控曲轴磨床、能自动换砂轮的数控导轨磨床（又称导轨磨削中心）等；除此之外，还有工艺范围更宽的车削中心、加工中心、柔性制造单元（FMC）等。

② 成形加工类。此类是指可以通过物理方法改变工件形状功能的数控机床，如数控折弯机、数控冲床、数控弯管机、数控旋压机。

③ 特种加工类。此类是指具有特种加工功能的数控机床，如数控电火花切割机床、数控电火花成形机床、带有自动换电极功能的电加工中心、数控激光切割机床、数控激光热处理机床、数控激光板料成形机床、数控等离子切割机等。

④ 其他类型。其他类型是指一些广义上的数控设备，如数控装配机、数控测量机、机器人等。

3. 数控机床的特点

（1）数控机床的优点

数控机床的优点主要有以下几点：

① 对加工对象改型的适应性强。这为单件、小批零件加工及试制新产品提供了极大的便利。

② 加工精度高。数控机床的自动加工方式避免了生产者的人为操作误差，同一批加工零件的尺寸一致性好，产品合格率高，加工质量稳定。

③ 加工生产率高。数控机床通常不需要专用的工夹具，因此，可以省去夹具的设计及制造时间。与普通机床相比，生产率可提高2~3倍。

④ 减轻了操作者的劳动强度。操作者不需要进行繁重的重复性手工操作。

⑤ 能加工复杂型面。数控机床可以加工普通机床难以加工的复杂型面零件。

⑥ 有利于生产管理的现代化。用数控机床加工零件，能精确地估算零件的加工工时，有助于精确编制生产进度表，有利于生产管理的现代化。

⑦ 可向更高级的制造系统发展。数控机床是计算机辅助制造（CAM）的初级阶段，也是CAM发展的基础。

（2）数控机床的不足

数控机床的不足主要有以下几点：

① 提高了起始阶段的投资。

② 增加了电子设备的维护。

③ 此外，数控机床对操作人员的技术水平要求较高。

（3）适合数控机床加工的零件

- ① 多品种小批量零件。
- ② 几何形状复杂的零件。
- ③ 需要频繁改型的零件。
- ④ 贵重的、不允许报废的关键零件。
- ⑤ 必须严格控制公差的零件。

(4) 不适合数控机床加工的零件

- ① 需要通过较长时间占机调整的加工内容。
- ② 不能在一次安装中加工完成的其他零星部位, 采用数控加工很麻烦, 效果不明显, 可安排通用机床补加工。
- ③ 按某些特定制造依据(如样板等)加工的型面轮廓。

1.1.2 数控机床维修的必要性及其技术指标

随着电子技术和自动化技术的发展, 数控技术的应用越来越广泛。以微处理器为基础, 以大规模集成电路为标志的数控设备, 已在我国开始批量生产、大量引进和推广应用, 它们给机械制造业的发展创造了条件, 并带来很大的效益。但由于它们的先进性、复杂性和智能化高的特点, 在维修理论、技术和手段上都发生了飞跃的变化。

1. 数控机床故障诊断与维修的必要性

数控维修技术不仅是保障数控机床正常运行的前提, 对数控技术的发展和完善也起到了巨大的推动作用。目前, 数控维修技术已经成为一门专门的学科。

另外, 任何一台数控设备都是一种过程控制设备, 这就要求它在实时控制的每一时刻都准确无误地工作。任何部分的故障与失效, 都会使机床停机, 从而造成生产停顿。因此, 对数控系统这样原理复杂、结构精密的装置进行维修就显得十分必要了。在许多行业中, 花费了几十万到上千万美元引进数控机床, 这些设备均处于关键的工作岗位, 若在出现故障后不及时维修、排除故障, 就会造成较大的经济损失。

我国现有的维修状况和水平, 与国外进口设备的设计与制造技术水平还存在很大的差距。造成差距的原因在于: 人员素质较差, 缺乏数字测试分析手段, 数控机床故障诊断与维修的综合判断能力和测试分析技术有待提高等。

2. 数控机床的技术指标

(1) 规格指标

规格指标是指数控机床的基本能力指标, 主要有以下几个方面:

① 行程范围和摆角范围。行程范围是指坐标轴可控的运动区间, 它反映机床允许的加工空间。一般情况下, 工件轮廓尺寸应在加工空间的范围之内。摆角范围是指摆角坐标轴可控的摆角区间, 也反映了机床加工空间。

② 工作台面尺寸。它反映机床安装工件的最大范围, 通常应选择比最大加工工件稍大一点的面积, 这是因为要预留夹具所需的空間。

③ 承载能力。它反映机床能加工零件的最大重量。

④ 主轴功率和进给轴扭矩。它反映机床的加工能力，同时也可间接反映机床的刚度及强度。

⑤ 控制轴数和联动轴数。数控机床的控制轴数通常是指机床数控装置能够控制的进给轴数。数控机床控制轴数与数控装置的运算处理能力、运算速度、内存容量等有关。联动轴数是指数控机床同时控制多个进给轴，使其按规定的路线和进给速度所确定的规律运动进给轴的数目。联动轴数反映了数控机床的曲面加工能力。

⑥ 刀库容量。刀库容量是指刀库能存放加工所需刀具的数量，它反映了机床加工工序内容的多少。目前，常见的中小型加工中心多为 16~60 把刀具，大型加工中心达 100 把刀具以上。

(2) 性能指标

数控机床的性能指标包括分辨率与脉冲当量、最高主轴转速和最大加速度、最高快移速度和最高进给速度。

① 分辨率与脉冲当量。分辨率是指两个相邻的分散细节之间可以分辨的最小分隔。对测量系统而言，分辨率是可以测量的最小增量；对控制系统而言，分辨率是可以控制的最小位移增量。数控装置每发出一个脉冲信号，反映到机床移动部件上的移动量，通常称为脉冲当量。脉冲当量是设计数控机床的原始数据之一，其数值的大小决定数控机床的加工精度和表面质量。脉冲当量越小，数控机床的加工精度和加工表面质量越高。简易数控机床的脉冲当量为 $0.1\mu\text{m}/\text{脉冲}$ ，最精密的数控系统的脉冲当量已达 $0.001\mu\text{m}/\text{脉冲}$ 。

② 最高主轴转速和最大加速度。最高主轴转速是指主轴所能达到的最高转速，它是影响零件表面加工质量、生产效率以及刀具寿命的主要因素之一。最大加速度是反映主轴提速能力的性能指标，反映加工效率的重要指标。

③ 最高快移速度和最高进给速度。最高快移速度是指进给轴在非加工状态下的最高移动速度，最高进给速度是指进给轴在加工状态下的最高移动速度，它们也是影响零件加工质量、生产效率以及刀具寿命的主要因素。这两个性能指标受数控装置的运算速度、机床动态特性、工艺系统刚度等因素的限制。

另外，还有换刀速度和工作台交换速度也是影响生产效率的性能指标。

(3) 可靠性指标

发挥数控机床的效率，就要求机床开动率高，这对数控机床提出了可靠性的要求。衡量可靠性的主要指标包括以下几个方面：

① 平均无故障工作时间 MTBF。平均无故障工作时间是指设备在一个比较长的使用过程中，两次故障间隔的平均时间，即

$$\text{MTBF} = \text{总工作时间} / \text{总故障次数} \quad (1-1)$$

显然，平均无故障工作时间越长越好。

② 平均修复时间 MTTR。当数控设备发生了故障，需要及时排除，从开始出现故障到数控设备又能正常使用所用的平均时间称为平均修复时间，反映了数控设备的可维修性。这就希望，出现故障时修复的时间越短越好。

③ 平均有效度 A。如果将 MTBF 看作设备正常工作的时间，将 MTTR 看作设备不能

工作的时间,那么正常工作时间与总时间之比称为设备的平均有效度 A ,即

$$A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \quad (1-2)$$

平均有效度是指可维修的设备在某一段时间内维持其性能的概率,这是一个小于 1 的正数。数控机床故障的平均修复时间越短, A 就越接近 1,数控机床的使用性能就越好。

数控机床的故障诊断与维修是数控机床使用过程中重要的组成部分,也是目前制约数控机床发挥作用的因素之一。因此,学习数控机床故障诊断与维修的技术和方法具有重要的意义。对于数控机床的生产厂商,加强数控机床的故障诊断与维修的力量,可以提高数控机床的质量,有利于数控机床的推广和使用。对于数控机床的使用单位,培养掌握数控机床的故障诊断与维修的技术人员,有利于提高数控机床的使用率。随着数控机床的推广使用,培养更多的掌握数控机床故障诊断与维修的高素质高技能人才的任务也就越来越迫切。

1.2 数控机床故障诊断方法及维修的基本要求

1.2.1 数控机床故障诊断的方法

1. 数控机床故障诊断及维修的方法

主流的数控机床都配置了具有故障自诊断功能的数控系统,当数控机床出现故障时,系统会给出报警信号及一定的故障范围,它是我们进行故障诊断及维修的重要依据。但由于数控系统所产生的故障千变万化,其原因往往比较复杂。目前所使用的数控系统,大多数故障自诊断能力还比较弱,智能化程度较低,不能对系统的所有部件进行测试,也不能将故障原因定位到具体的元器件上。通常,一个报警信号指示出众多故障的起因,使人难以下手。因此,要迅速诊断故障原因、及时排除故障,很有必要总结出一些行之有效的故障检查方法。

多年来,广大维修人员在大量的数控机床维修实践中摸索出不少可快速找出故障原因的检查方法。常用的故障检查方法包括如下几种:

(1) 常规检查法

常规检查法中最主要的是外观检查,外观检查是指依靠人的五官、手等感觉器官,并借助一些简单的仪器来寻找机床故障的原因。这种方法在维修中是最常用的,也是首先采用的。“先外后内”的维修原则要求维修人员在遇到故障时应先采取看、闻、听、摸等方法,由外向内逐一进行检查。有些故障采用这种方法可迅速找到故障原因,而采用其他方法要花费许多时间,甚至一时解决不了。

(2) 参数检查法

数控系统的参数是经过一系列试验、调整而获得的重要数据。参数通常是存放在由电池供电的存储器 RAM 中,一旦电池电压不足或系统长期不通电或外部干扰都会使参数丢失或混乱,从而使系统不能正常工作。当机床长期闲置或无故出现不正常现象或有故障而

无报警时,就应根据故障特征,检查和校对有关参数。

(3) 功能程序测试法

将所有维修数控系统 G、M、S、T、F 功能的全部使用指令编写成一个试验程序,并备份保存。在故障诊断时,运行这一程序,用以判定哪个功能不良或丧失。

(4) 升降温法

人为地将元器件的温度升高或降低,加速一些温度特性较差的元件产生“病症”或使“病症”消除来寻找故障原因。

(5) 敲击法

数控系统是由各种电路和连接插座所组成的,每块电路板上有很多焊点,任何虚焊或接触不良都可能出现故障。若用绝缘物轻轻敲打有接触不良疑点的电路板、插件或元器件时机床出现故障,则故障点很可能在所敲击的部位。

(6) 拉偏电源法

有些不定期出现的软故障与外界电网的波动无关。当机床出现此类故障时,可以将电源电压人为地调高或调低,模拟恶劣的条件让故障容易暴露。

(7) 交换法

在数控系统中常有型号完全相同的电路板、模块、集成电路和其他零部件,我们可将相同部分互相交换,观察故障转移情况,以快速确定故障部位。

(8) 备板置换法

利用备用电路板、模块、集成电路和其他元器件,替换有疑点的部件,观察故障现象是消失还是依旧存在来判断故障点。

(9) 隔离法

有些故障一时难以区分是数控部分、伺服系统部分还是机械部分造成的,可采用隔离法。就是将机电部分、数控部分、伺服系统部分分离,或将位置环分离作开环处理,从而达到缩小查找故障区域的目的。

(10) 系统更新重置法

当 CNC 或 PLC 装置由于电网干扰,或其他偶然因素发生异常情况或死机时,可将系统重新进行冷、热启动,并对 CNC 参数进行重新设置,便可排除故障。如一台配置了 SINUMERIK810D 数控系统的铣床,因外部干扰和误操作,造成机床数据混乱而死机。在确定了故障原因后,将系统进行“初始化”冷启动,并重新装入备份的机床数据,系统便恢复了正常。

(11) 对比法

本方法是利用印制电路板上预先设置的检查用端子,确定该部分电路工作是否正常,通过实测这些端子的电压值或波形与正常时的电压值及波形比较,来分析故障原因和部位。有时还可以在正常部分的线路板上人为地制造一些故障(如断开线路、拔去组件),以判断真正的故障原因。

(12) 原理分析法

此种方法是排除故障的最基本方法之一。当其他方法难以奏效时,可以从 CNC 系统原理出发,运用万用表、逻辑笔、示波器、逻辑分析仪等仪器,从前往后或从后往前检查相关