

21世纪高等教育  
规划教材

# 数控机床故障 诊断技术

主编 徐衡



西南交通大学出版社  
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

总顾问:张晋峰

21 世纪高等教育规划教材

# 数控机床故障诊断技术

主 编 徐 衡

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

## 内 容 提 要

本书主要介绍了国内最常用的数控机床典型系统——FANUC 0i 系统的故障诊断、维护与维修技术,并简单介绍了 SINUMERIK 802S/802C 数控系统机床的故障诊断与维修。

本书是高等职业院校本、专科数控专业与机电一体化专业教材,也可以作为数控技术人员技术参考书。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断技术 / 徐衡主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2006. 8

(21 世纪高等教育规划教材)

ISBN 7-81104-402-1

I. 数... II. 徐... III. 数控机床—故障诊断—高等学校:技术学校:—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 081549 号

---

21 世纪高等教育规划教材

## 数 控 机 床 故 障 诊 断 技 术

Shukong Jichuang Guzhang zhengduan Jishu

徐 衡 主 编

\*

责任编辑 张华敏 李晓辉

封面设计 水木时代

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

安徽蚌埠广达印务有限公司印刷

\*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 16

字数: 438 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

**ISBN 7-81104-402-1**

定价: 25.00 元

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 编审说明

正确地维护、保养和维修数控机床,是确保机床完好率,充分发挥数控机床经济效益的前提条件。随着机械制造设备的数控化,企业急需大量掌握数控设备维修技术的中、高级技术人员。本书从数控机床维修工作实际需要出发,全面系统地介绍了维修工作中所需要的数控机床操作方法,数控机床的工作原理、设定参数、调整方法、诊断步骤及维修措施,并通过精选来自一线的典型故障实例,详细介绍了故障分析与处理的过程,阐述了数控系统的硬件、参数、可编程逻辑控制器(PLC)、伺服系统以及机床机械结构的维护与维修,深入探讨了数控系统故障诊断、报警的处理方法,以及机床硬件的安装测试及维修。

目前,我国使用的数控机床、数控系统种类繁多,但是数控系统维修技术本质上是相同的,对不同类型数控机床的维修在思路上是大致相同的。掌握了一种数控机床的维修技术,其他类型数控机床维修可采用类比的方法处理同类的故障。本书基于这样的想法,主要针对数控机床最常用的典型系统——FANUC 0i 系统阐述维修技术,并简要介绍了 SINUMERIK 802S/802C 数控系统机床的维修。学生在实际工作中维修的可能并非本书介绍的数控系统,但只要采用类比的方法,就不难诊断其他类型数控机床故障,并作出相应的维修和处理。

经审定,本书可用作本、专科层次高等院校数控专业、机电一体化专业教材。全书实用性强,可操作性强,突出了专业技能特色。并从加强对学生的能力与素质培养出发,精选了数控机床维修的典型实例,便于学生把握学习要点,提高解决生产实际问题的能力。

此外,本书还大量介绍了数控机床维修所需的技术资料,由于数控设备的维修多是在无图样与资料的情况下进行的,故本书还可用作企业从事数控机床维修、设计、调试、使用的各类工程技术人员业务技术资料。

全书由徐衡主编,参加编写人员有:徐衡(第1、2、3章),赵世友(第8、9章),张元军(第4、5章),段晓旭(第6章),张勇(第7章)。

本书在编写过程中,得到作者所在单位领导和同仁的大力支持与关心,并提供了许多指导性意见和具体的建议与帮助,在此致以衷心的感谢。

本书在编写过程中,作者参考了数控技术方面的诸多论述、教材和数控机床维修手册,谨对参考文献中的各位作者表示谢意。

限于作者水平及时间仓促,书中疏漏、错误之处,恳请广大读者不吝批评、指正,以便不断修订完善。

21 世纪高等教育规划教材编审指导委员会

2006 年 8 月

# 目 录

<b>第 1 章 数控机床故障诊断概述</b> .....	(1)
1.1 数控机床的组成 .....	(1)
1.2 数控机床的故障 .....	(5)
1.3 数控机床的维修与保养 .....	(9)
1.4 数控机床故障诊断与维修中常用的仪器.....	(16)
<b>第 2 章 数控机床的基本操作</b> .....	(22)
2.1 FANUC Oi 数控系统机床的操作界面 .....	(22)
2.2 FANUC Oi 数控系统机床的基本操作 .....	(29)
2.3 维修 FANUC Oi 系统时的数据备份与数据恢复 .....	(38)
<b>第 3 章 数控系统硬件故障的诊断</b> .....	(51)
3.1 数控系统的硬件配置.....	(51)
3.2 数控系统硬件的常规检查.....	(59)
3.3 数控系统的自诊断.....	(61)
3.4 敲击法查找故障.....	(67)
3.5 局部升温法查找故障.....	(67)
3.6 交换硬件法查找故障.....	(68)
3.7 面板与模块指示灯(LED)显示分析法查找故障.....	(69)
3.8 系统原理分析法查找故障.....	(71)
3.9 测量比较法查找故障.....	(73)
3.10 系统硬件的更换方法 .....	(75)
3.11 数控系统的抗干扰措施 .....	(81)
<b>第 4 章 数控系统软件故障的诊断</b> .....	(88)
4.1 数控系统的软件组成.....	(88)
4.2 参数(机床数据)检查法.....	(89)
4.3 利用自诊断确定软件故障.....	(95)
4.4 单步执行程序确定故障点.....	(95)
4.5 功能程序测试确定故障.....	(95)
<b>第 5 章 数控系统 PLC 故障的诊断</b> .....	(97)
5.1 数控机床 PLC 的功能 .....	(97)
5.2 可编程机床控制器(PMC)的操作方法 .....	(104)
5.3 FANUC 数控系统的 PMC 故障诊断 .....	(116)
5.4 SINUMERIK 802S/802C 系统的 PLC 故障诊断 .....	(119)
<b>第 6 章 进给伺服系统的维护与维修</b> .....	(121)
6.1 伺服系统概述 .....	(121)
6.2 步进电动机伺服驱动系统的维护与维修 .....	(123)

6.3	直流进给伺服系统的故障诊断 .....	(135)
6.4	FANUC 系统的交流进给伺服系统 .....	(146)
6.5	交流伺服系统的维护与调整 .....	(155)
6.6	位置检测装置的维护与维修 .....	(161)
<b>第 7 章</b>	<b>数控机床主轴驱动系统的维修</b> .....	<b>(169)</b>
7.1	概 述 .....	(169)
7.2	交流主轴伺服系统 .....	(172)
7.3	交流主轴伺服系统的故障诊断与排除 .....	(182)
<b>第 8 章</b>	<b>数控机床机械结构的故障诊断及维护</b> .....	<b>(188)</b>
8.1	机床精度的检验 .....	(188)
8.2	主传动机械结构的维护与维修 .....	(193)
8.3	进给系统机械传动结构的维修 .....	(198)
8.4	换刀装置的维护与故障诊断 .....	(207)
8.5	其他辅助装置的故障诊断及维护 .....	(209)
<b>第 9 章</b>	<b>数控系统的故障诊断与报警处理</b> .....	<b>(217)</b>
9.1	通电后屏幕不显示 .....	(217)
9.2	手动进给故障的处理 .....	(218)
9.3	机床不能自动运行的故障处理 .....	(225)
9.4	阅读机/穿孔机接口的故障(85~87 号报警) .....	(234)
9.5	机床返回参考点出现的故障(90、300 号报警) .....	(237)
9.6	绝对编码器的相关故障(301~308、350、351 号报警) .....	(241)
9.7	与奇偶检验错误相关的故障(900、910~913、920 号报警) .....	(243)
9.8	其他报警故障 .....	(246)
	<b>参考文献</b> .....	<b>(248)</b>

# 第 1 章 数控机床故障诊断概述

**【本章要点】** 本章介绍了数控机床维修工作的基础知识。主要内容有：

① 数控机床的概念。数控机床由输入/输出设备、数控装置(CNC)、伺服单元、驱动装置、可编程逻辑控制器(PLC)及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置等部分组成,数控机床故障诊断工作实际上是针对这些组成部分进行的。我国应用较多的数控系统有 FANUC 数控系统、SI-NUMERIK(西门子)数控系统等。

② 数控机床故障分为机械故障与电气故障、系统性故障和随机性故障、报警显示故障和无报警显示故障,硬件故障、软件故障和干扰故障,机床品质下降引起的故障等。生产中数控机床发生故障时的处理规范。

③ 数控机床的日常维护工作,如数控机床本体的维护、数控机床电气控制系统的日常维护等。数控机床维修工作的安全规范。

④ 数控机床维修常用仪器有万用表、示波器、PLC 编程器、逻辑测试笔和脉冲信号笔、集成电路测试仪、短路跟踪仪、逻辑分析仪等,介绍它们的使用方法与功能。

## 1.1 数控机床的组成

### 1.1.1 数控机床的概念

数控机床是指采用了数控技术的机床,它是用数字信号控制机床运动及其加工过程,此处所说的“数字信号”即数控程序。具体地说,是将刀具运动轨迹等加工中的工艺信息编成数控程序,然后将数控程序输入数控系统,经过数控系统译码、运算,发出指令以自动控制数控机床上的刀具与工件之间的相对运动,从而加工出质量符合要求的零件。

现代数控机床装备的数控系统(Numerical Control,简称 NC)都是以计算机作为控制核心,所以也称为计算机数控(Computerized Numerical Control,简称 CNC)。

### 1.1.2 数控机床的组成

如图 1-1 所示,数控机床一般由输入/输出设备、数控装置(CNC)、伺服单元、驱动装置(或称执

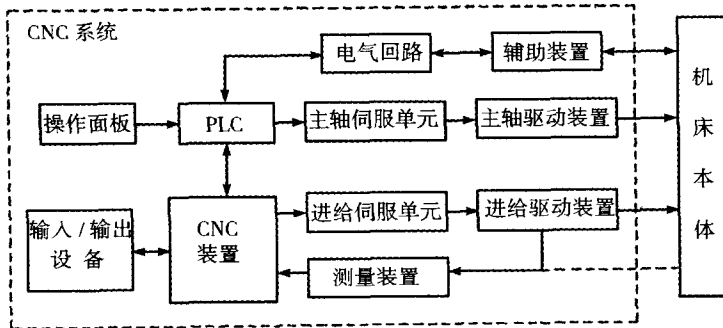


图 1-1 数控机床的组成

行机构)、可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller,简称 PLC)及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成。

### 1. 输入/输出设备

输入/输出设备是机床数控系统和操作人员进行信息交流、实现人机对话的交互设备。

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电脉冲信号,传送并存入数控装置内。目前,数控机床的输入装置有键盘、磁盘驱动器、光电阅读机等,其相应的程序载体为磁盘、穿孔纸带。输出装置有 CRT 显示器和彩色液晶显示器两种。输出装置的作用是:数控系统通过显示器为操作人员提供必要的信息。显示的信息可以是正在编辑的程序、坐标值以及报警信号等。

### 2. 数控装置(CNC 装置)

数控装置是计算机数控系统的核心,由硬件和软件两部分组成。它接受输入装置送来的脉冲信号,信号经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信号,控制机床的各个部分,使其进行规定的、有序的动作。这些控制信号中最基本的信号是各坐标轴(即做进给运动的各执行部件)的进给速度、进给方向和位移量指令(送到伺服驱动系统驱动执行部件做进给运动)。

数控装置主要包括微处理器(CPU)、存储器、局部总线、外围逻辑电路以及与 CNC 系统其他组成部分联系的接口等。

### 3. 可编程逻辑控制器(PLC)

数控机床通过 CNC 和 PLC 共同完成控制功能,其中 CNC 主要完成与数字运算和管理等有关的功能,如零件程序的编辑、插补运算、译码、刀具运动的位置伺服控制等。而 PLC 主要完成与逻辑运算有关的一些动作,它接收 CNC 的控制代码 M(辅助功能)、S(主轴转速)、T(选刀、换刀)等开关量动作信息,对开关量动作信息进行译码,转换成对应的控制信号去控制辅助装置完成机床相应的开关动作,如工件的装夹、刀具的更换、冷却液的开关等一些辅助动作;它还接收机床操作面板的指令,一方面直接控制机床的动作(如手动操作机床),另一方面将一部分指令送往数控装置用于加工过程的控制。

在 FANUC 系统中,专门用于控制机床的 PLC 记做 PMC,称为可编程机床控制器。本书中论及 FANUC 系统的 PLC 时,也记为 PMC。

### 4. 伺服单元

数控装置发出的速度和位移信号,仅是具有 TTL 电平的数字信号,需经伺服单元变换和放大后,通过驱动装置转变成机床进给运动的速度、方向和位移。因此,伺服单元是数控装置与机床本体的联系环节,它把来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率电流,用来驱动电动机等驱动装置。伺服单元可分为主轴单元和进给单元,就其系统而言又可分为开环系统、半闭环系统和闭环系统。

半闭环系统和闭环系统装备有位置测量控制模块,它是数控系统对机床的进给轴和主轴实现位置反馈闭环控制的接口,它将数控系统对各轴的控制指令模拟量( $0\sim\pm 10\text{ V}$ ,  $2\text{ mA}$ )及相应轴的调节释放信号送到相应的伺服单元,同时对每个控制轴的位置反馈信号进行拾取、监控、计数和缓冲,通过总线送到 CPU 模块的实际值寄存器。系统要求的位置反馈元件是数字式的增量位移传



感器,通常为脉冲编码器或者光栅尺。

## 5. 驱动装置

驱动装置把伺服单元发出的功率电流变为机械运动,通过机械连接部件驱动机床工作台,使工作台精确定位或按规定的轨迹做严格的相对运动,加工出形状、尺寸与精度符合要求的零件。常用的驱动装置有直流伺服电动机和交流伺服电动机,目前交流伺服电动机已基本上取代了直流伺服电动机。

伺服单元和驱动装置合称为伺服驱动系统,它是机床工作的动力装置,计算机数控装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施,伺服驱动装置包括主轴驱动单元(主要控制主轴的速度)和进给驱动单元(主要控制进给系统的速度和位置)。伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分,从某种意义上说,数控机床的功能主要取决于数控装置,而数控机床的性能主要取决于伺服驱动系统。

## 6. 机床本体

机床本体即数控机床的机械部件,包括主运动部件、进给运动执行部件(工作台、拖板及其传动部件)和支承部件(床身、立柱等),还包括具有冷却、润滑、转位和夹紧等功能的辅助装置。加工中心类的数控机床还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件,数控机床机械部件的组成与普通机床相似,由于数控机床的高速度、高精度、大切削用量和连续加工的要求,其机械部件在精度、刚度、抗震性等方面要求更高。

此外,为保证数控机床功能的充分发挥,还有一些辅助系统,如冷却、润滑、液压(或气动)、排屑、防护系统等。

### 1.1.3 常用数控系统

目前,数控系统种类繁多,国内外很多公司都生产数控系统,下面介绍国内应用较广泛的几种数控系统。

#### 1. FANUC 数控系统

FANUC 公司是从事生产数控装置的主要厂家,该公司生产的较有代表性的数控系统是 F6 和 F11。FANUC 数控系统中的 F0/F00/F0-Mate 系列是目前在中国市场上销售量最大的一种系统。其中 F0-MD 和 F0-TD 是在 F0-MA 及 F0-TA 的基础上简化而成的,所以也称之为简易型数控系统,由于其价格较低,因此被大量用于数控车床及数控铣床。目前新推出的型号是 FANUC 0i 系列,它是一种采用高速 32 位微处理器的高性能 CNC。F0 系列数控系统具有下述特点:

①本系统是一种小型高精度、高性能的软件固定型 CNC。这种特点不仅提高了系统的可靠性,还提高了系统的性能价格比。

②为了便于系统的维修,其内部具备多种自诊断功能,并能分类显示 CNC 的内部状态。一旦发生故障,报警指示灯立即点亮,CNC 停止工作,同时在 CRT 上可分类显示出故障的详细内容。在 CRT 显示器上,可显示出从 CNC 输出或向 CNC 输入的接通、关断信号,通过 MDI(手动数据输入),能以“位”为单位接通、关断从 CNC 输出的接通、关断信号。

③可用 CRT 显示检查数控系统的快速进给速度、加/减速时间常数等各种参数设定值。

④由于采用了数字式交流伺服系统,无漂移影响,实现了高速、高精度的控制。

## 2. SINUMERIK 数控系统简介

德国西门子公司自 20 世纪 80 年代以来相继推出了 SINUMERIK 3 系统(SINUMERIK 3T 主要用于车床及车削中心, SINUMERIK 3M 主要用于铣床或加工中心, SINUMERIK G 主要用于磨床, SINUMERIK 3T 为双 CPU 的车床系统, 该系统可同时控制双工位加工或两台机床)和 SINUMERIK 810 系统、820 系统、850 系统、880 系统、805 系统、8400 系统及全数字化的 840D 系统; 另外还在中国市场推出了 802 系列数控系统。各种系统的性价比如图 1-2 所示。

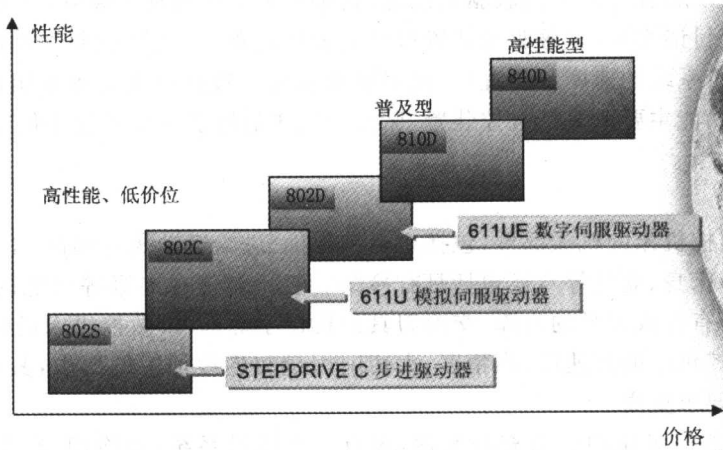


图 1-2 西门子数控系统的性价比

SINUMERIK 840Di 数控系统是一个基于 PC 计算机的、全 PC 集成的控制系统(目前, 基于工业 PC 计算机的现代控制系统正越来越多地应用于数控机床中), 配以 Windows XP 操作系统的控制系统具有开放和灵活的软、硬件平台, 方便用户的使用与二次开发, 该系统的应用领域包括木制品、玻璃、制陶、包装、贴片机、冲压机、弯曲机, 以及各种机床和类似机床的机械。除了高度的软、硬件开放性, SINUMERIK 840Di 系统的显著特点是: CNC 控制功能与 MDI 功能一起都在 PC 计算机上运行, 也就是说, 可以省略传统控制系统中所需的 NC 处理单元。这种控制系统大量采用标准化印制电路板和电气部件。

SINUMERIK 840Di 系统与 SINUMERIK 840D 系统, 两者在 CNC 功能、PLC 功能、操作者功能和机床数据上是兼容的, 相应的 CNC 程序和 PLC 程序在这两个系统上都可运行; 而且由于系统高度开放, 其他类型的数控软件可同样适用于这两个系统。

## 3. 其他数控系统

另外还有很多其他系列的数控系统, 诸如我国生产的华中系列数控系统、法国 NUM 公司(也是著名的数控系统生产厂家)生产的 1Q20/1040/1050/1060 系列数控系统、德国海得汉公司(以生产编码器和光栅尺而著名)生产的 CNC 系列数控系统等。

数控系统虽然种类繁多, 数控机床也各不相同, 但数控系统的基本原理都是相同的。为避免空泛叙述维修技术, 本书将以在我国使用较为广泛的 FANUC 和 SINUMERIK 数控系统为主, 兼顾其他系统, 有针对性地讲述数控机床维修技术。

## 1.2 数控机床的故障

### 1.2.1 数控机床的故障特点

按照数控机床发生故障频率的高低,数控机床的整个使用寿命期大致可分为三个阶段,即初始使用期、相对稳定运行期以及寿命终了期。

#### 1. 初始使用期

从整机安装调试开始,运行半年至一年期间内,如故障频率较高,则一般无规律可循。从机械角度看,在这段时期里,主机虽然经过了试生产磨合,但由于零件的加工表面还存在着微观和宏观的几何形状偏差,在完全磨合前,表面还比较粗糙,部件在装配中还存在着形位误差,在机床使用初期可能引起较大的磨合磨损,使机床相对运动部件之间产生过大间隙;另外,新的混凝土地基的内应力还未平衡和稳定,使机床产生某些精度偏差。从电气角度看,数控机床控制系统及执行部件使用大量的电子器件,这些元件和装置在制造厂虽然经过严格筛选和整机考机等处理,但在实际运行时,由于交变负荷及电路开、关的瞬时“浪涌”电流和反电动势等的冲击,使某些元器件经受不起初期冲击,因电流或电压击穿而失效,致使整台设备出现故障。一般来说,在这个时期,电气、液压和气动系统故障发生率较高,为此,要加强对机床的监测,并定期对机床进行机电调整,以保证设备的各种运行参数处于技术规范之内。

#### 2. 相对稳定运行期

设备在经历了初期各种电气元件的老化、机械零件的磨合和调整,开始进入相对稳定的正常运行期,此时各类元器件器质性的故障较为少见,但也不排除偶发性故障的产生,所以,在这个时期内要坚持作好设备运行记录,以备排除故障时参考。另外,要坚持每隔6个月对设备作一次机电综合检测和校核,这个时期内,机电故障率小,且大多数可以排除。相对稳定运行期较长,一般定为7~10年。

#### 3. 寿命终了期

机床进入寿命终了期后,各类元器件开始加速磨损和老化,故障率开始逐年递增,故障性质属于渐发性和器质性的。例如,橡胶件的老化,轴衬和液压缸的磨损,限位开关接触灵敏度以及某些电子元器件品质因素开始下降等。大多数渐发性故障具有规律性,在这个时期内,同样要坚持作好设备运行记录,所发生的故障大多数是可以排除的。

### 1.2.2 数控机床故障的分类

#### 1. 机械故障和电气故障

##### (1) 机械故障

机械故障指数控机床的机床本体部分发生的故障,主要包括机械、润滑、冷却、排屑、液压、气动与防护等装置。常见的机械故障有: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、加工精度低、运行阻力大等。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堵塞和密封不良,因此,数控机床更应加强污染控制和根除漏油现象发生。

## (2) 电气故障

电气故障分为弱电故障与强电故障。弱电部分主要涉及 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。

## 2. 系统性故障和随机性故障

### (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的故障。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堵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;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;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,正确使用数控机床及精心维护才可以避免这类系统性故障发生。

### (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。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。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多因素有关。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,继电器触点和各类开、关触头因污染锈蚀以及直流电动机电刷不良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。

## 3. 有报警显示故障和无报警显示故障

### (1) 有报警显示故障

有报警显示故障又可分为硬件报警显示故障与软件报警显示故障两种。

① 硬件报警显示故障。硬件报警显示通常是指系统各单元装置上的由 LED 发光管或小型指示灯组成的显示指示。在数控系统中,如控制操作面板、位置控制印制电路板、伺服控制单元、主轴单元、电源单元等部位以及光电阅读机、穿孔机等外装置上常设有这类指示灯。一旦数控系统的这些部位发生故障,这些指示灯会发光指示故障状态,参考相应产品说明书中对指示灯的说明,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的方便。因此,维修人员在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,系统就会按故障的类型进行处理,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:存储器报警、过热报警、伺服系统报警、进给超程报警、程序出错报警、主轴报警、过载报警以及断线报警等。本书第 9 章对各种报警进行了分析,可供现场维修时参考。

上述软件报警有来自 CNC 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,查阅维修手册中有关 CNC 故障报警出错代码及原因,分析产生该故障的原因。后者 PLC 的报警显示由 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,确定该故障产生的原因。通常,PLC 报警发生的频率要比 CNC 报警发生得多。

#### (2) 无报警显示故障

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时,X 轴出现爬行现象,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。对于无报警显示故障,通常要具体分析,根据故障发生的前后状态进行判断。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,从而可区分出爬行故障是 X 轴的伺服部分还是数控部分所造成的。

### 4. 机床品质下降引起的故障

如果机床可以正常运行,但表现出的现象与以前不同,比如噪声变大、振动较强、定位精度超差、反向死区过大、圆弧加工不合格、机床起停有振荡,等等,说明加工零件不合格,这类故障无任何报警信号显示,只能通过检测仪器来检测和发现。

### 5. 硬件故障、软件故障和干扰故障

#### (1) 硬件故障

硬件故障是指数控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,只有更换已损坏的器件才能排除,这类故障也称“死故障”。比较常见的是输入/输出接口损坏,功放元件损坏等。

#### (2) 软件故障

软件故障指数控系统加工程序错误,系统程序和参数的设定不正确或丢失、计算机的运算出错等。通过认真检查程序和修改参数可以解决这类故障。但是,参数的修改要慎重,一定要弄清楚参数的含义以及与其相关的其他参数方可修改,否则顾此失彼还会产生新的故障,甚至发生机床动作失控。

#### (3) 干扰故障

干扰故障指由于内部和外部干扰引发的故障。例如,由于系统线路分布不合理,电源地线配置不当,接地不良,工作环境恶劣等引发的故障。

### 1.2.3 数控机床发生故障时的处理

数控机床发生故障时,如果机床操作人员不能及时排除故障,应及时通知维修人员到场维修。维修人员应对故障发生的时间、故障发生时机床的操作方式、故障的内容进行追踪调查和分析。故障的追踪调查有利于快速锁定故障范围和故障类型,从中找出故障点,排除故障。需要调查的有以下内容。

#### 1. 调查在什么情况下发生了故障

发生故障时维修人员要认真调查故障现场,调查故障出现的时间、故障出现的频率(出现了多少次故障),进行了哪一种操作时出现何种故障。

(1)记录产生故障的时间与背景

①记录故障产生的日期和时间。

②记录故障出现的背景。是电源接通时出现的故障,还是运行中出现的故障;如果是运行中,那么机床运行多长时间后,才发生的故障;如果是机床工作一定时间后出现的故障,则有可能是温度因素的影响(例如机体的受热变形或电气元件因温度升高所致特性的改变等),否则可以排除温度的影响。记录中还应包括控制单元的环境温度是多少(运行时应为 $0\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),控制单元上是否有较大振动,是否发生过机械碰撞。

(2)记录故障出现的频率

故障出现的频率即同一种故障出现的次数。故障只出现一次还是多次出现,分析某种故障是否重复发生,对于多次重复出现的同一种故障,应确认其发生频率,即按每小时/每天/每月计算,发生多少次,从中可以初步认定发生的故障是随机性的,还是系统性的。

#### 2. 进行什么操作时出现了故障

(1)确定发生故障时的操作方式

出现故障时数控系统处于哪一种操作方式,即手动方式、存储器操作方式、MDI方式、返回参考点方式等。锁定发生故障时的操作方式可以缩小寻找故障点范围。

(2)确定机床出现故障时运行的指令

如果在程序运行中发生了故障,则需要分析故障在程序中的什么位置,即发生故障的程序号和程序段顺序号;在产生故障的程序段中程序内容是什么,是什么指令下出现故障,是否在轴的移动中出现了故障;是否在执行M、S或T代码时发生了故障;是否在数据输入时出现了故障;进行同样的操作时是否发生同一故障,检查故障的重复性。

(3)确定机床出现故障的部位

当进给轴或主轴方面发生故障时,对于与进给轴伺服有关的故障,需要分析故障是在低进给速度和高进给速度时均出现,还是只对某个轴发生该故障(在断开电缆情况下测试);对于发生了与主轴相关的故障,应分析什么时候出现该故障(电压接通时、加速时、减速时或通常运转时发生)。

#### 3. 发生了哪一种故障

(1)有报警显示故障

在发生了有报警显示故障时,按动报警键,在CRT界面上显示报警信息,并且进一步启动自

诊断功能,查阅相关诊断号,对照机床说明书中的报警说明,缩小故障范围,确定报警原因。例如在FANUC 0i系统中:对于300号、400号、500号报警,首先要查阅相应的诊断号,确认是哪个轴发生的报警;发生414号报警时,应查阅诊断显示的200,201,204的诊断号;对于350号报警,应查阅诊断显示的202的诊断号;对于351号报警,应查阅诊断显示的203的诊断号;对于751,761号报警时,应确认主轴报警的内容。

#### (2) 加工尺寸超差

当加工尺寸出现错误时应确认以下几点:

- ① 什么位置的尺寸出错。
- ② 位置显示画面的尺寸是否有错。
- ③ 偏置量是否正确。

### 4. 数控装置附近是否有干扰

#### (1) 干扰电源检查

发生频率低的故障时,应考虑电源电压的干扰因素影响,要确认在同一电源上是否还连接其他机械,如果连接了的话,应检查这些设备的运行与发生故障间有无联系。

#### (2) 抗干扰措施检查

在机床方面,主要检查对于干扰是否采取了对策。请参照本书3.11.2小节。

#### (3) 输入电压检查

对于输入电压应确认以下几点:

- ① 电压有无变动。
- ② 有无相间电压差。
- ③ 是否供给标准的电压。
- ④ 应注意故障现场是否出现雷击电源故障。

## 1.3 数控机床的维修与保养

与普通设备一样,数控机床的使用寿命和效率高低,不仅取决于机床本身的精度和性能,很大程度上也取决于它的正确使用及维护。正确的使用和精心的维护能防止设备非正常磨损,可使设备保持良好的技术状态,避免突发故障,延长机床使用寿命,防止恶性事故的发生,从而保障安全运行。也就是说,机床的正确使用与精心维护是贯彻“设备管理以预防为主”的重要环节。

### 1.3.1 数控机床的维修工作内容

数控机床的维护工作主要有六个部分,包括机床机械部件(包括液压、气动和润滑装置等)的维修,输入和输出装置、数控系统、伺服系统、机床电气柜(也称强电柜)及操作面板的维修等。

#### 1. 机床机械部件

如主轴箱的冷却和润滑,齿轮副、导轨副和丝杠螺母副的间隙调整和润滑,轴承的预紧,液压和气动装置的压力和流量的调整等。

## 2. 伺服驱动电路

主要指与坐标轴进给驱动和主轴驱动的连接电路。数控机床从电气角度看,最明显的特征就是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伺服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,使伺服性能、电气参数变化或电气元件失效,从而引起故障。

## 3. 位置反馈电路

位置反馈电路是指数控系统与位置检测装置之间的连接电路。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。

## 4. 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油泵电动机等)、电磁铁、离合器和电磁阀等执行元件供电。

## 5. 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,数控系统中开关量信号用二进制数据位的“1”或“0”来表示。数控系统中由可编程逻辑控制器(PLC)对开关量处理,所以通过对 PLC 的 I/O 接口状态的检测,就可初步判断发生故障的范围和原因。可编程逻辑控制器替代了传统普通机床强电柜中大部分的机床电气元件,从而实现对手轴、进给、换刀、润滑、冷却、液压和气动等系统的开关量控制。特别要注意的是机床上各部位的按钮、限位开关及继电器、电磁阀等机床电气开关,因为这些开关信号作为可编程逻辑控制器的输入和输出量。开关的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的常见故障。

## 6. 数控系统

数控系统属于计算机产品,其硬件结构是将电子元器件焊(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。其关键技术发展,如元器件的筛选、印制电路板的焊接和贴附、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,由操作、保养和调整不当产生的故障占数控机床整个故障的 57%,伺服系统、电源及电气控制部分的故障占数控机床整个故障的 37.5%,而数控系统的故障只占整个故障的 5.5%。

机床机械部件的维修与电气控制系统的维修相比较,电气控制系统的故障诊断及维护,内容多、涉及面广、发生率高,是数控机床维护和故障诊断的重点,也是本书的重点内容。

### 1.3.2 数控机床本体的维护

数控机床本体的维护主要是指机床机械部件的维护。由于机械部件常常处于运动摩擦过程中,因此,对它的维护和维修对保证机床精度是很重要的,如主轴箱的冷却和润滑,齿轮副、导轨副和丝杠螺母副的间隙调整和润滑,轴承的预紧,液压和气动装置的压力和流量的调整等。数控机床因其功能、结构及系统的不同,其维护保养的内容和规则也各有特色,具体应根据其机床种类、型号



及实际使用情况,并参照该机床说明书要求,制定和建立必要定期、定级保养制度。

### 1. 使机床保持良好的润滑状态

要定期检查、清洗自动润滑系统,添加或更换油脂油液,使丝杠、导轨等各运动部位始终保持良好的润滑状态,降低机械磨损速度。

### 2. 定期检查液压、气压系统

对液压系统定期进行油质化验、检查,更换液压油,并定期对各润滑、液压、气压系统的过滤器或过滤网进行清洗或更换,对气压系统还要注意及时对分水滤气器放水。

### 3. 定期进行机床水平和机械精度检查并校正

机床机械精度的校正方法有软硬两种。所谓软方法主要是通过系统参数补偿,如丝杠反向间隙补偿、各坐标定位精度定点补偿、机床回参考点位置校正等。而硬方法一般在机床大修时进行,如进行导轨修刮、滚珠丝杠螺母副预紧,调整其反向间隙、齿轮副的间隙等。

### 4. 适时对各坐标轴进行超程限位试验

首先应检查硬件限位开关是否良好。由于切削液等原因容易使硬件限位开关产生锈蚀,机床平时主要靠软件限位起保护作用,但关键时刻如果硬件限位开关锈蚀不起作用,将会使机床内部发生碰撞,甚至损坏滚珠丝杠,严重影响机床的机械精度。检查硬件限位开关,只需用手按一下限位开关看是否出现了超程警报,或检查相应 I/O 接口输入信号是否有变化即可。

### 5. 数控机床的日常保养

为了更具体地说明日常保养的周期、检查部位和要求,下面例举某数控机床日常保养一览表(见表 1-1),以供参考。

表 1-1 数控机床定期保养表

序号	检查周期	检查部位	检查要求
1	每天	导轨润滑	检查润滑油的油面、油量,及时添加油,润滑油泵能否定时启动、泵油及停止。导轨各润滑点在泵油时是否有润滑油流出
2	每天	X、Y、Z 及回转轴的导轨	清除导轨面上的切屑、脏物、冷却水剂,检查导轨润滑油是否充分,导轨面上有无划伤损坏及锈斑,导轨防尘刮板上有无夹带铁屑,如果是安装滚动滑块的导轨,当导轨上出现划伤时应检查滚动滑块
3	每天	压缩空气气源	检查气源供气压力是否正常,含水量是否过大
4	每天	机床进气口的油水自动分离器和空气干燥器	及时清理分水器中滤出的水分,加入足够润滑油,空气干燥器是否能自动切换工作,干燥剂是否饱和
5	每天	气液转换器和增压器	检查存油面高度并及时补油
6	每天	主轴箱润滑恒温油箱	恒温油箱正常工作,由主轴箱上油标确定是否有油润滑,调节油箱制冷温度能正常启动,制冷温度不要低于室温太多[相差 2~5℃,否则主轴容易“出汗”(空气水分凝聚)]