

SHUKONG JICHUANG GUZHANG ZHENDUAN YU WEIXIU

故障诊断与维修

故障诊断与维修

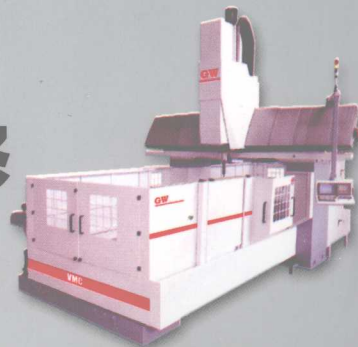
数控机床

数控机床

SHUKONG JICHUANG GUZHANG ZHENDUAN YU WEIXIU

# 数控机床故障诊断与维修

主编 / 罗永新 申晓龙



湖南科学技术出版社

《数控机床故障诊断与维修》  
SHUKONG JICHUANG GUZHANG ZHENDUAN YU WEIXIU

# 数控

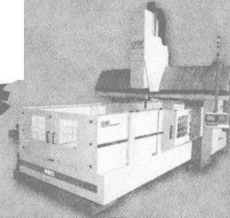
主编  
主审  
主稿  
参

# 机床

SHUKONG JICHUANG GUZHANG  
ZHENDUAN

数控机床故障诊断与维修

主编 / 罗永新 申晓龙



湖南科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

数控机床故障诊断与维修 / 罗永新 申晓龙主编. —长沙: 湖南科学技术出版社, 2008. 6

ISBN 978-7-5357-5333-5

I. 数… II. ①罗…②申…III. ①数控机床—故障诊断—高等学校: 技术学校—教材②数控机床—维修—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 098567 号

### 数控机床故障诊断与维修

主 编: 罗永新 申晓龙

责任编辑: 赵 龙

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-4375808

印 刷: 衡阳博艺印务有限责任公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 衡阳市黄茶岭光明路 21 号

邮 编: 421008

出版日期: 2008 年 7 月第 1 版第 1 次

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 12.75

字 数: 310000

书 号: ISBN 978-7-5357-5333-5

定 价: 26.00 元

(版权所有·翻印必究)

# 前 言

随着数控技术的发展,数控机床在机床中的比例逐年提高,数控机床得到了快速的应用与普及,数控机床已成为机械加工中常用的机床设备。通过近 10 年的培训与推广,数控机床的加工使用问题已得到了有效的解决,一个具有高中文化程度的人,经过 3~5 个月的培训,甚至更短的时间,便可以操作数控机床,经过 2 年左右的培养,可以掌握数控加工的基本理论与技能,数控加工进入了一个普及提高的阶段。然而,对于数控机床的维修,由于多方面的原因,比数控机床的使用发展慢得多,人才十分缺乏,已成为数控机床使用成本较高的主因。普及、提高数控机床的故障诊断与维修技术,是数控机床应用的当务之急。

本书系统地介绍了数控机床故障诊断与维修的一般方法和典型案例,由浅入深,步步提高,从故障诊断与维修的实际出发,分析数控加工机床的故障原因,提出故障诊断的思路,陈述故障排除的方法及主要工具的使用,有较强的实用性。本书陈述的实例多数从生产实际中来,有很强的实际操作实施性。该书重点面向高职、高专学生,可作为教材或培训资料,也可作为数控机床维修人员的参考书。

全书共分七章。第一章总述数控机床故障诊断与维修的基本内容;第二章介绍数控机床故障诊断与维修的常用工具;第三章介绍数控装置的故障诊断与维修;第四章介绍驱动系统的故障诊断与维修;第五章介绍数控机床机械故障诊断与维修;第六章介绍数控机床 PLC 的故障诊断与维修;第七章为高职学生提供了一个实验平台,介绍 SINUMERIK 802D 数控系统的组成、数控系统的数据保护、伺服驱动单元的配置与优化、主轴变频器的连接与参数设置、机床回参考点等内容。

本书由湖南工业职业技术学院的罗永新、申晓龙任主编,朱岱力、刘瑞已任主审。第一章由湖南工业职业技术学院的程利编写,第二章由宁朝阳编写,第三章、第六章由罗永新编写,第四章、第五章由申晓龙编写,第七章由陈波编写。参加编写的人员还有湖南生物机电工程学院的吴东阳、怀化职业技术学院的赵北辰、长沙环保职业技术学院的朱贇、湖南航天教育集团的魏朝晖、湖南工业职业技术学院的蔡素玲、王雪红、陈年华、唐琴、张云、廖龙。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 4 月

# 目 录

第一章 数控机床故障诊断与维修的基本内容	(1)
§ 1.1 数控机床故障诊断与维修的意义及基本要求	(1)
§ 1.2 数控机床故障的类型与特点	(2)
§ 1.3 数控机床故障诊断与维修的一般方法	(3)
§ 1.4 数控机床的故障预防与维护	(8)
§ 1.5 数控机床的安装与调试	(11)
§ 1.6 数控机床的验收	(13)
第二章 数控机床故障诊断与维修的常用工具	(16)
§ 2.1 万用表及其使用	(16)
§ 2.1.1 模拟式万用表	(16)
§ 2.1.2 数字式万用表	(17)
§ 2.2 兆欧表	(20)
§ 2.3 示波器	(21)
§ 2.3.1 示波器概述	(21)
§ 2.3.2 示波器的工作原理	(22)
§ 2.3.3 示波器的使用	(25)
§ 2.4 逻辑测试笔	(25)
§ 2.5 逻辑分析仪	(27)
§ 2.6 集成电路测试仪	(32)
§ 2.7 特征代码分析仪	(35)
§ 2.8 存储器测试仪	(36)
§ 2.9 短路故障追踪仪	(36)
§ 2.10 激光干涉仪	(37)
§ 2.11 球杆仪	(38)
§ 2.12 数控机床维修的工具与技术资料	(40)
第三章 数控装置的故障诊断与维修	(43)
§ 3.1 FANUC 系统的故障诊断	(43)
§ 3.1.1 FANUC 典型系统的结构	(43)
§ 3.1.2 FANUC 典型系统的常见故障	(49)
§ 3.1.3 FANUC 系统 CNC 模块故障诊断	(59)
§ 3.2 FANUC 系统的故障排除实例	(65)
§ 3.3 SIEMENS 系统的故障诊断	(75)
§ 3.3.1 SIEMENS 系统概述	(75)
§ 3.3.2 SIEMENS 系统的故障诊断	(78)
§ 3.3.3 SIEMENS 系统的自诊断	(83)

§ 3.4	SIEMENS 系统的故障排除实例	(85)
<b>第四章</b>	<b>驱动系统的故障诊断与维修</b>	<b>(88)</b>
§ 4.1	概述	(88)
§ 4.2	主轴驱动伺服系统的组成形式与常见故障	(90)
4.2.1	主轴驱动伺服系统的组成形式	(90)
(1) 4.2.2	主轴驱动伺服系统的功能	(91)
(1) 4.2.3	主轴伺服系统常见故障形式及诊断方法	(93)
(2) § 4.3	开环驱动伺服系统的故障分析与排除	(95)
(8) 4.3.1	开环伺服驱动系统工作原理	(95)
(8) 4.3.2	开环伺服步进电机的驱动控制线路	(96)
(11) 4.3.3	开环驱动伺服系统的故障分析与排除	(96)
(81) § 4.4	闭环驱动伺服系统的故障分析与排除	(99)
(101) 4.4.1	闭环伺服系统结构形式	(99)
(81) 4.4.2	闭环伺服驱动系统的执行元件	(101)
(101) 4.4.3	闭环驱动伺服系统的故障分析与排除	(104)
(71) § 4.5	检测反馈装置的故障分析与排除	(110)
(109) 4.5.1	常用检测反馈元件	(110)
(12) 4.5.2	速度反馈故障分析与排除	(111)
(13) 4.5.3	位置反馈故障分析与排除	(112)
<b>第五章</b>	<b>数控机床机械故障诊断与维修</b>	<b>(117)</b>
(28) § 5.1	数控机床机械故障诊断方法	(117)
(29) 5.1.1	数控机床机械故障的诊断方法	(117)
(32) 5.1.2	数控机床异响的诊断	(118)
(38) 5.1.3	数控机床各典型部件可能出现的主要故障	(120)
(27) § 5.2	主轴部件的故障诊断与维修	(120)
(38) 5.2.1	数控机床主轴部件的结构	(121)
(39) 5.2.2	主轴部件的常见故障及其诊断维修	(121)
(78) 5.2.3	主轴部件的维护	(123)
(88) § 5.3	进给传动机构的常见故障与维修	(124)
(104) 5.3.1	滚珠丝杠螺母副	(124)
(31) 5.3.2	导轨副	(125)
(14) § 5.4	液压与气动系统的故障诊断与维修	(128)
(81) 5.4.1	液压传动系统	(128)
(19) 5.4.2	气动系统	(130)
(10) § 5.5	刀库及自动换刀装置的常见故障与维修	(132)
(29) 5.5.1	数控机床常见自动换刀方式	(132)
(27) 5.5.2	加工中心刀库及换刀装置的维护	(135)
(17) 5.5.3	换刀装置常见故障诊断与维修	(135)
<b>第六章</b>	<b>PLC 与 PLC 控制的故障诊断</b>	<b>(140)</b>
(28) § 6.1	概述	(140)

6.1.1	PLC 的硬件结构与软件系统 .....	(140)
6.1.2	PLC 工作原理 .....	(142)
6.1.3	数控机床的 PLC 的类型及特点 .....	(143)
6.1.4	数控机床 PLC 的功能 .....	(144)
6.1.5	数控机床 PLC 与其他装置的信息交换 .....	(145)
§ 6.2	PLC 故障类型及其特点 .....	(145)
§ 6.3	PLC 的故障诊断与维修实例 .....	(147)
<b>第七章</b>	<b>数控系统实验方法</b> .....	<b>(155)</b>
§ 7.1	SINUMERIK 802D 基本连接的实验 .....	(155)
§ 7.2	SINUMERIK 802D 数控系统的数据保护实验 .....	(161)
§ 7.3	SIMODRIVE 611U 伺服驱动的配置及优化 .....	(173)
§ 7.4	变频主轴单元的调试 .....	(181)
§ 7.5	机床回参考点实验 .....	(186)
	思考与练习题 .....	(192)
	<b>参考文献</b> .....	<b>(194)</b>

# 第一章 数控机床故障诊断与维修的基本内容

## § 1.1 数控机床故障诊断与维修的意义及基本要求

数控机床 (Numerical Control Machine Tool) 是机电一体化在机械加工领域中的典型产品, 它是将微电子技术、自动化控制技术、电机技术、自动检测技术、计算机控制技术、传感器技术、机床、液压及气压传动技术和加工工艺等集中于一体的自动化设备, 设备具有高精度, 加工生产效率高和高适应性的特点, 在现代机械制造中, 适于多品种、中小批量、复杂零件的加工。数控机床作为实现柔性制造系统 (Flexible Manufactory System, 简称 FMS)、计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufactory System, 简称 CIMS) 和未来工厂自动化 (Factory Automation, 简称 FA) 的基础, 已成为现代制造技术中主要的设备。在我国, 数控设备已从大量引进和推广应用, 过渡到国产化, 使我国的数控机床拥有量和生产不断上升, 据统计, 到 2007 年上半年, 机床产量数控化率达到了 19.05%, 成为世界最主要数控机床生产和消费国。

数控机床是一个复杂的大系统, 它涉及光、电、机、液、计算机等方面, 包括数控系统 (Computer Numerical Control, 简称 CNC)、可编程序控制 (Programmable Logical Controller, 简称 PLC)、伺服系统、测量与检测组成的反馈系统、机床机械、网络通信等部分。数控机床内部各部分联系非常紧密, 自动化程度高, 运行速度快。大型数控机床往往有成千上万的机械零件和电器部件, 无论哪一部分发生故障, 都会使数控机床工作失效或部分失效, 给生产造成损失, 甚至造成停产。机械锈蚀、机械磨损、机械失效, 电子元器件老化、插件接触不良、电流电压波动、温度变化、干扰、噪声, 软件丢失或本身有隐患、灰尘, 操作失误等都可导致数控机床出现故障, 甚至是整个设备的停机。在许多行业中, 数控机床均处在关键工作岗位的关键工序上, 若出现故障后不能及时修复, 将直接影响企业的生产率和产品质量, 会对生产单位带来巨大的损失。所以熟悉和掌握数控机床的故障诊断与维修技术, 及时排除故障是非常重要的。

数控机床故障诊断与维修的基本目的就是提高数控设备的可靠性。数控设备的可靠性是指在规定的时间内、规定的工作条件下维持无故障工作的能力。衡量数控设备可靠性的重要指标是平均无故障时间 (Mean Time Between Failures, 简称 MTBF)、平均修复时间 (Mean Time To Repair, 简称 MTTR) 和平均有效度 A。

平均无故障时间是指数控机床在使用中两次故障间隔的平均时间, 即:

$$MTBF = \frac{\text{总的工作时间}}{\text{总故障次数}}$$

目前较好的数控机床的平均无故障时间可以达到几万小时, 显然平均无故障时间越长越好。

平均修复时间是指数控机床从开始出现故障直至排除故障、恢复正常使用的平均时间。



显然这段时间越短越好。

平均有效度是对数控设备正常工作概率进行综合评价的指标，它是指一台可维修数控机床在某一时间内维持其性能的概率，即：

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

显然，数控设备故障诊断与维护的目的就是要做好两个方面：一是做好数控设备的维护工作，尽量延长平均无故障时间（MTBF）；二是提高数控设备的维修效率，尽快恢复使用，以尽量缩短平均修复时间（MTTR）。也就是说从两个方面来保证数控设备有较高的有效度A，提高数控设备的开动率。

提高数控机床的可靠性，延长平均无故障时间，是保证数控机床正常使用的重要方面，但是数控机床不可能是一次或几次消耗品，为了提高数控机床的有效率，降低机床使用成本，缩短平均修复时间是至关重要的。在过去，很多企业（特别是内地一些中小国有企业）把数控机床作为一种“摆设”，供人参观，除了缺少数控机床的操作人员这个因素外，很多是由于维修成本高，机床修复时间长，维修困难等原因造成的。造就一支精干的维修队伍，提高机床操作人员的机床故障诊断和维修保养能力，是我国现阶段数控技术进一步发展的一个重大问题。

## § 1.2 数控机床故障的类型与特点

数控机床的故障类型是多种多样的，可以从不同的角度进行分类。无论如何分类，都是为了故障诊断的方便，有利于数控机床的故障诊断与维修。然而，有些故障很难说清是哪一类，因为它可能是由于多种原因造成的。所以，在故障诊断与维修的过程中，对数控机床进行全面的、综合的了解，掌握操作人员的操作习惯，是对维修人员的一个基本素质要求。

### 一、按故障的起因分类

从故障的起因上看，数控机床故障分为关联性故障和非关联性故障。关联性故障是指由于数控系统的设计、结构或性能等缺陷造成的故障。关联性故障又分为固有性故障和随机性故障。固有性故障是指一旦满足某种条件，如温度、振动等条件，就出现的故障。随机性故障是指在完全相同的条件下，故障可能发生也可能不发生。一般情况下，随机性故障往往与机械结构的局部松动、错位、数控系统中部分元件工作特性漂移、机床电器元件可靠性下降等因素有关。随机性故障由于存在着较大的偶然性，给故障的诊断和排除带来了很大的困难。

非关联性故障是指与数控机床本身的结构和制造无关的故障。故障的发生是由于运输、安装、使用等外部因素人为造成的。非关联性故障主要是由于机床使用人员违反操作规程造成的，是要力求避免的。

### 二、按故障的发生过程分类

从故障发生的过程来看，数控系统故障又分为突然故障和渐变故障。突然故障是指数控机床在正常使用的过程中，事先并无任何故障征兆，而突然出现的故障。如：因机器使用不当或出现超负荷而引起的机械零件折断；因设备各项参数达到极限而引起的元件损坏等。渐变故障是指数控机床在发生故障前的某一时期内，已经出现故障的征兆，但此时（或在消除系统报警后），数控机床还能够使用，对产品的质量及生产没有发生质的破坏。渐变故障与机器材料的磨损、腐蚀、疲劳及蠕变等过程有密切关系。

### 三、按故障的影响程度分类

从故障的影响程度来看,数控机床分为完全失效和部分失效故障。完全失效是指数控机床出现故障后,不能再进行正常加工生产,只有等到故障排除后,才能够恢复正常的情况;部分失效是指数控机床丧失了某种或部分系统功能,而数控机床在不使用该部分功能的情况下,仍然能够加工工件,这种故障就是部分失效故障。

### 四、按故障的严重程度分类

从故障出现的严重程度上看,数控机床故障又分为危险性故障和安全性故障。危险性故障是指数控机床发生故障时,机床安全保护系统在需要动作时因故障失去保护作用,可能造成机床破坏或人身伤亡。这是数控机床操作过程中不允许出现的故障,但多数又是因操作失误造成的破坏性故障产生的,如飞车、超程运动、部件碰撞等。如有某单位买了一台数控转塔车床,为了试车而编制一个只车外圆的小程序,结果造成刀具与卡盘碰撞,事故原因是操作人员对刀错误造成的。危险性故障产生之后,维修人员在进行故障诊断时,是不允许通过重现故障来诊断的,只能根据现场人员的介绍和仪器检测来分析,进而排除故障。

安全性故障是指机床安全保护系统在不需要动作时发生动作,引起机床不能正常工作的故障。

### 五、按故障的性质分类

从故障发生的性质上看,数控机床故障可分为软件故障、硬件故障和干扰故障3种。

软件故障是指数控机床软件程序出现的故障报警等。软件故障多数是由程序编制错误、机床操作失误、参数设定不正确等引起的故障。软件故障可通过认真消化和理解机床性能、掌握正确的操作方法和编程方法,加以避免和消除。

硬件故障是指由机床的CNC系统、伺服系统、测量反馈装置、机床本体等硬件因素造成的故障。本书将主要就硬件故障的分类方式,介绍数控机床的故障诊断及维修。硬件故障只有更换已损坏的器件才能排除故障,所以这类故障也称“死故障”。比较常见的硬件故障是输入/输出接口损坏,功放元件得不到指令信号而丧失功能等。

干扰故障则表现为内部干扰和外部干扰,是由于系统工艺、线路设计、电网电源、电源地线配置不当以及工作环境的恶劣变化等而产生的。

## § 1.3 数控机床故障诊断与维修的一般方法

### 一、常规方法

#### 1. 直观法

这是一种最基本的方法。维修人员通过对故障发生时的各种光、声、味等异常现象的观察,以及认真察看系统的每一处,将故障范围缩小到一个模块或一块印制电路板。这要求维修人员具有丰富的实践经验、多学科的综合判断的能力。直观法通过以下五法来实现:

- (1) 问——向现场人员了解机床的故障现场、故障现象等。
- (2) 看——多数数控机床有CRT信息报警、指示灯报警功能。通过看CRT报警信息、报警指示灯、熔丝断否、元器件烟熏烧焦、电容器膨胀变形、开裂、保护器脱扣、触头火花等,找到故障点。
- (3) 听——试机运行,听是否有异常声响,来判断故障原因,找到故障点。
- (4) 闻——闻电气元件焦糊味及其他异味,来判断故障原因,找到故障点。

(5) 摸——摸机床相关部位，看是否有发热，振动、接触不良等现象，来判断故障原因，找到故障点。

## 2. 自诊断功能法

现代数控系统虽然尚未达到智能化很高的程度，但已经具备了较强的自诊断功能，能随时监视数控系统的硬件和软件的工作状况，一旦发现数控系统异常，立即在 CRT 上显示报警信息或用发光二极管指示出故障。利用自诊断功能，也能检测出系统与主机之间接口信号的状态，从而判断出故障发生在机械部分还是数控系统部分，并指示出故障的大致部位。自诊断功能法是当前维修时最有效的一种方法。

## 3. 功能程序测试法

所谓功能程序测试法就是将数控系统的常用功能和特殊功能，如直线定位、圆弧插补、螺纹切削、固定循环、用户宏程序等用手工编程或自动编程方法，编制成一个功能程序，送入数控系统中，然后启动数控系统，使之进行运行加工，藉以检查机床执行这些功能的准确性和可靠性，进而判断出故障发生的可能起因。这种方法用于长期闲置的数控机床第一次开机时的检查，在机床加工造成废品但又无报警的情况下，一时难以确定是编程错误还是操作错误或是机床故障时，也是一种较好的方法。

## 4. 交换法

这是一种简单易行的方法，也是现场判断时最常用的方法之一，主要用于机床电子、电气部分的故障诊断。所谓交换法就是在分析出故障大致起因的情况下，维修人员可以利用备用的印制电路板、模板，集成电路芯片或元器件替换有疑问的部分，从而把故障范围缩小到印制电路板或芯片一级。它实际上也是在验证诊断分析的正确性。在备板交换之前，应仔细检查备板是否完好，并应检查备板的状态应与原板状态完全一致。这包括检查板上的选择开关、短路棒的设定位置以及电位器的位置。在置换 CNC 装置的存储器板时，往往还需要对系统作存储器的初始化操作（如日本 FANUC 公司的 FS-6 系统用的磁泡存储器就需要进行这项工作），重新设定各种数控数据，否则系统仍将不能正常地工作。又如更换 FANUC 公司的 FS-7 系统的存储器板之后，需重新输入参数，并对存储器区进行分配操作。缺少了后一步，一旦零件程序输入，将产生 60 号报警（存储器容量不够）。有的 CNC 系统在更换了主板之后，还需进行一些特定的操作。如 FANUC 公司的 FS-10 系统，必须按一定的操作步骤，先输入 9000~9031 号选择参数，然后才能输入 0000~8010 号的系统参数和 PC 参数。总之，一定要严格按照有关系统的操作、维修说明书的要求进行操作。

## 5. 转移法

所谓转移法就是将 CNC 系统中具有相同功能的两块印制电路板、模块、集成电路芯片或元器件互相交换，观察故障现象是否随之转移。藉此，可迅速确定系统的故障部位。这个方法实际上就是交换法的一种。因此，有关注意事项同交换法所述。

## 6. 参数检查法

众所周知，数控系统参数能直接影响数控机床的功能。参数通常是存放在磁泡存储器或存放在需由电池供电保持的 CMOS RAM 中，一旦电池不足或由于外界的某种干扰等因素，会使个别参数丢失或变化，发生混乱，使机床无法正常工作。此时，通过核对、修正参数，就能将故障排除。当机床长期闲置，工作时无缘无故地出现不正常现象或有故障无报警时，就应根据故障特征，检查和校对有关参数。

另外，经过长期运行的数控机床，由于其机械传动部件磨损、电气元件性能变化等原

因，也需对其有关参数进行调整。有些机床的故障往往就是由于未及时修正某些不适应的参数所致。当然这些故障都是属于软件故障的范畴。

#### 7. 测量比较法

CNC系统生产厂在设计印制电路板时，为了调整、维修的便利，在印制电路板上设计了多个检测用端子。故障诊断维修时，可利用这些端子比较测量正常的印制电路板和有故障的印制电路板之间的差异。通过检测这些测量端子的电压或波形，分析故障的起因及故障的所在位置。为了进行对比实验，甚至有时还可对正常的印制电路人为地制造“故障”，如断开连线或短路，拔去组件等，以判断真实故障的起因。为此，维修人员应在平时积累印制电路板上关键部位、或易出故障部位在正常时的正确波形和电压值等资料，以防在相关资料缺失，或因CNC系统生产厂未提供有关资料时而无法比较。

#### 8. 敲击法

当机床出现的故障表现为若有若无时，往往可用敲击法检查出故障的部位所在。造成这种现象的原因多数是系统电路虚焊或接触不良引起的。由于机床CNC系统是由多块印制电路板组成，每块板上又有许多焊点，板间或模块间又通过插接件及电缆相连，因此，任何虚焊或接触不良都可能引起故障。当用绝缘物轻轻敲打有虚焊及接触不良的疑点处时，故障肯定会重复再现。

#### 9. 局部升温法

CNC系统经过长期运行后元器件均会老化，性能会变坏。当它们尚未完全损坏时，故障会时有时无，机床工作不稳定，这时可用热吹风机或电烙铁等烘烤被怀疑的元器件，加速其老化，以便彻底暴露故障部件。当然，采用此法时，一定要注意元器件的温度参数等，不要将原本是好的元器件烤坏。

#### 10. 原理分析法

根据CNC机床的组成原理，可从逻辑上分析各点的逻辑电平和特征参数（如电压值或波形），然后用万用表、逻辑笔、示波器或逻辑分析仪进行测量、分析和比较，实现对故障定位。运用这种方法，要求维修人员必须对整个系统或每个电路的原理有清楚的、较深刻的了解。

除了以上常用的故障检查测试方法外，还有拔板法、电压拉偏法、开环检测法等多种诊断方法。这些检查方法各有特点，按照不同的故障现象，可以选择一种或同时选择几种方法，灵活应用，对故障进行综合分析，才能逐步缩小故障范围，较快地排除故障。

### 二、故障诊断和维修时应掌握的原则

#### 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。数控机床的故障诊断要求维修人员遵从先外部后内部的原则。即当数控机床发生故障后，维修人员应先采用看、闻、听、问、摸等方法，由外向内逐一进行检查。比如：在数控机床中，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、失真，是产生数控机床故障的重要原因。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，应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，首先要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。首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，即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、破坏性故障后，方可给机床通电，在运行状况下，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，在运行状况下进行动态诊断。

## 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故障，局部的、次要的故障才有可能迎刃而解。

## 5. 先简单后复杂。

当出现多种故障互相交织、相互掩盖，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，难度大的故障也可能变得简单，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。

## 三、数控机床故障诊断与维修的一般步骤

数控机床故障诊断与维修的基本过程为：故障起因的调查和分析，故障的排除，维修排故后的总结提高。

### 1. 故障起因的调查和分析

这是故障诊断与维修的第一阶段，是非常关键的阶段。数控机床出现故障后，不能急于动手处理，首先要摸清楚故障发生的过程，分析产生故障的原因。为此，要做好下面几项工作：

#### (1) 询问调查。

在接到机床现场出现故障，要求排除故障的信息后，首先应要求操作者尽量保持现场故障状态，不做任何处理，这样有利于迅速准确地分析故障原因。同时仔细察看故障指示报警、故障表象及故障产生的背景情况，依此做出初步判断，以便确定现场排故所应携带的工具、仪表、图样资料、备件等，减少往返时间。

#### (2) 现场检查。

到达现场后，首先要验证操作者（维修方）提供的各种情况，看故障描述是否准确、完整，进而核实初步判断的准确度。由于操作者的水平所限，对故障状况描述不清楚，甚至完全不准确的情况不乏其例，因此，到现场后仍然不要急于动手处理，重新仔细调查各种情况，以免破坏了现场，使排除故障增加难度。

(3) 故障分析。

根据已知的故障状况按上述故障分类办法分析故障类型，从而确定排故原则。由于大多数故障是有指示的，所以一般情况下，对照机床配套的数控系统诊断手册和使用说明书，可以列出产生该故障所有可能性的原因。

#### (4) 确定原因。

对所有可能性的原因进行排查，从中找出本次故障的真正原因，对于维修人员来说，这是一种对该机床熟悉程度、知识水平、实践经验和分析判断能力的综合考验。当前的 CNC 系统智能化程度都比较低，系统尚不能自动诊断出发生故障的确切原因，往往是同一报警信号可以有多种起因，不能将故障缩小到具体的某一部件。因此，在分析故障的起因时，一定要思路开阔。有这样的情况，自诊断得出系统的某一部分有故障，但究其起源，却不在数控系统，而是在机械部分。所以，无论是 CNC 系统、机床强电，还是机械、液压、气路等，只要有可能引起该故障的原因，都要尽可能全面地列出来，进行综合判断和筛选，然后通过必要的试验，达到确诊和最终排除故障的目的。

(5) 排故准备。

有的故障的排除方法可能很简单，有些故障则比较复杂，需要做一系列的准备工作，例如工具仪表的准备、局部的拆卸、零部件的修理、元器件的采购，甚至排故计划步骤的制定等。

## 2. 故障的排除

这是排故的第二阶段，是实施阶段。维修实施时，要遵循维修排故的一般原则，注意维修安全规范，以防在维修中“修”出新的故障来。

(1) 机械部分维修时，应在断电停机后进行，要遵守机床拆装规则，做好装配件之间的连接记号，便于修复后复原。切勿乱拆乱放，给维修增添混乱。

(2) 电气部分检修时，要注意高压伤人，在断电后，要认真检查高压部分是否还有感应电压，切勿随便碰触高压部分。更换电子器件时，至少要在关闭电源 20 分钟后，才能进行，特别是像放大器之类的电子器件，以免电击危险。

## 3. 维修排故后的总结提高

数控机床故障修复后，对故障诊断与维修作认真的总结，是数控机床操作的需要，也是提高排故能力的需要，是故障诊断与维修的第三阶段。维修排故后的总结提高工作的内容包括：

(1) 详细记录从故障的发生、故障分析判断、排除故障的全过程，以及其间出现的各种问题，采取的各种措施，涉及的相关电路图、相关参数和相关软件等。对其间错误分析和排故方法也应记录，并记录其无效的原因，记入维修档案，以便日后查询。

(2) 有条件的维修人员应该从较典型的故障排除实践中，找出带有普遍意义的内容作为研究课题，进行理论性探讨，写出论文，从而达到提高机床维修整体水平的目的。特别是在有些故障的排除中，无法系统地分析判断，而是经过一定偶然性地排除了故障，在这种情况下，事后总结研究就更加必要。

(3) 总结故障排除过程中所需要的各类图样、文字资料。若有不足，应事后想办法补齐，而且在随后的日子里研读，以备将来之需。

(4) 从排故过程中发现自己欠缺的知识, 制订学习计划, 力争尽快补课。

(5) 找出工具、仪表、备件之不足, 条件允许时补齐。

维修排故后的总结提高工作, 意义是多方面的: 可迅速提高维修者的理论水平和维修能力, 提高重复性故障的维修速度; 有利于分析设备的故障率及可维修性, 改进操作规程, 提高机床寿命和利用率, 改进机床原设计之不足; 总结资料可作为其他维修人员的参考资料、学习培训教材, 使维修资源共享。

## § 1.4 数控机床的故障预防与维护

### 一、故障预防的意义

每台数控机床在运行一定时间之后, 某些元器件或机械部件难免提前出现一些损坏或故障现象。对于数控机床这种高精度、高效益且又昂贵的设备, 如何延长元器件的寿命和零部件的磨损周期, 预防各种故障, 特别是将恶性事故消灭在萌芽状态, 从而提高机床的平均无故障工作时间和使用寿命, 一个重要措施是要做好预防性维护。

数控机床通常是一个企业的关键设备, 有时在运行中出现了一些不正常现象, 如级别较低的报警, 虽然不影响一时运行, 但如果怕停机影响生产, 不及时进行维护和排除, 而让其长时间“带病”工作, 必然会造成“小病不治, 大病吃苦”的后果。例如: 有些地区电网质量差, 电压波动大, 常造成数控系统跳闸。有些使用者对此现象并不重视, 让系统继续在恶劣的供电环境中运行, 最后造成主要模块烧坏的严重后果。

总之, 做好预防性维护工作是使用好数控机床的一个重要环节, 数控维修人员、机床操作人员及管理人员应共同做好这项工作。

### 二、故障预防与维护的主要内容

数控机床的故障预防与维护主要是数控系统的维护保养, 其具体内容在随机的使用和维修手册中通常都作了规定, 现就共同性的问题作如下讨论。

#### 1. 严格遵循操作规程。

数控系统编程、操作和维修人员必须经过专门的技术培训, 熟悉所用数控机床的机械、数控系统、强电设备、液压、气源等部分及其使用环境、加工条件等, 能按机床和系统使用说明书的要求正确、合理地使用, 应尽量避免因操作不当引起的故障。据经验来看, 首次使用数控机床的单位或由不熟练工人来操作机床, 在第一年内, 有 1/3 以上的系统故障是由于操作不当引起的。

要严格按操作规程要求进行日常维护工作。有些地方需要天天清理, 有些部件需要定时加油和定期更换。

#### 2. 防止数控装置过热。

定期清理数控装置的散热通风系统, 应经常检查数控装置上各冷却风扇工作是否正常, 视车间环境状况, 每半年或一个季度检查清扫一次。具体方法是: ①拧下螺钉, 拆下空气过滤器。②在轻轻振动过滤器的同时, 用压缩空气由里向外吹掉空气过滤器内的灰尘。③过滤器太脏时, 可用中性清洁剂(清洁剂和水的配方为 5:95)冲洗, 但不可揉擦, 然后置于阴凉处晾干即可。

由于环境温度过高, 造成数控装置内温度超过 55°C 以上时, 应及时采取降温措施, 必要时加装空调装置。温度降低后, 将有利于提高数控系统的可靠性。

### 3. 经常监视数控系统的电网电压。

通常，数控系统允许的电网电压范围在额定值的 85%~110%，如果超出此范围，轻则使数控系统不能稳定工作，重则会造成重要电子部件损坏。因此，要经常注意电网电压的波动。对于电网质量比较恶劣的地区，应及时配置数控系统专用的交流稳压电源装置，这将使故障率有比较明显的降低。

#### 4. 防止尘埃进入数控装置内。

除了进行检修外，应尽量少开电气柜门。因为车间内空气中飘浮的灰尘和金属粉末落在印制电路板和电气插接件上，容易造成元件间绝缘电阻下降，从而导致故障，甚至使元件损坏。有些数控机床的主轴控制系统安置在强电柜中，强电门关得不严，是使电器元件损坏、主轴控制失灵的一个原因。有些使用者当夏天气温过高时，干脆打开数控柜门，采用电风扇往数控柜内吹风，以降低机内温度，使机床勉强工作。这种办法最终会导致系统加速损坏。电火花加工数控设备和火焰切割数控设备，周围金属粉尘大，更应注意防止外部尘埃进入数控柜内部。一些已受外部尘埃、油雾污染的电路板和插接件可采用专用电子清洁剂喷洗。在清洗接插件时，可对插孔喷射足够的液雾后，将原插头或插脚插入，再拔出，即可将脏物带出，可如此反复进行，直至内部清洁为止。插接部位插好后，多余的喷液会自然滴出，将其擦干即可。经过一段时间之后自然干燥的喷液会在非接触表面形成绝缘层，使其绝缘性变得良好。在清洗受污染的电路板时，可用清洁剂对电路板进行喷洗，喷洗完后，将电路板竖放，使尘污随多余的液体一起流出，待晾干之后即可使用。

#### 5. 定期检查和更换存储器用电池。

在数控系统部分 CMOS 存储器中的所存储内容，在断电时由电池供电保持，一般采用锂电池或可充的镍镉电池。这种电池使用一定时间后，电池电压会逐渐下降，当电池电压下降至一定值时，就会造成参数丢失，因此，要定期检查电池电压，当电池电压下降至限定值或出现电池电压报警时，应及时更换电池。更换电池时，一般要在数控系统通电状态下进行，这样才不会造成存储参数丢失。一旦参数丢失，在调换新电池后，要及时重新将参数输入。

#### 6. 数控系统长期不用时的维护。

当数控机床长期闲置不用时，也应定期对数控系统进行维护保养。首先，应经常给数控系统通电，在机床锁住不动的情况下，让其空运行，在空气湿度较大的梅雨季节应该天天通电，利用电器元件本身发热驱走数控柜内的潮气，以保证电子部件的性能稳定可靠。实践证明，经常停置不用的机床，过了梅雨天后，一开机，往往容易出现故障现象。

如果数控机床闲置半年以上不用，应将直流伺服电动机的电刷取出来，以免由于化学腐蚀作用，使换向器表面腐蚀，换向性能变坏，甚至损坏整台电动机。

#### 7. 尽量提高数控机床的利用效率。

由于数控机床价格昂贵，结构复杂，出现故障时用户又难以排除，因此有些用户从“保护”设备出发，经常闲置机床，只有万不得已时才使用，设备利用率极低。其实，这种“保护”方法是不可取的，尤其对于数控系统更是如此。因为数控系统由成千上万个电子器件组成，它们的性能和寿命具有很高的离散性，虽然经严格筛选，但在使用过程中难免会有某些元件出现故障。初始运行时系统的故障率呈负指数函数曲线，故障率较高。一般来说，数控系统要经过半年左右的运行时间，才能进入有效寿命区。因此，用户安装数控机床后，要长期连续运行，充分利用一年保修的有利条件，使初期运行区在保修期内结束，使数控机床过渡到有效寿命区，达到降低维修费用。



为了延长各元器件的寿命, 延长机械磨损周期, 防止意外恶性事故的发生, 争取机床能在较长时间内正常工作, 必须对数控机床进行日常保养。日常维护分为每天检查、每周检查、每半年检查、一年检查和不定期检查等。表 1-1 中列举了数控机床的主要日常维护项目。

表 1-1 数控机床的主要日常维护项目

序号	检查周期	检查部位	检查要求
1	每天	导轨润滑油箱	检查油标、油量, 及时添加润滑油, 润滑泵能定时启动打油
2	每天	X、Y、Z 轴向导轨面	清除切屑及脏物, 检查润滑油是否充分, 导轨面有无划伤损伤
3	每天	压缩空气气源压力	检查气动控制系统压力是否在正常范围内
4	每天	气源自动分水滤气器、自动空气干燥器	及时清理分水器中滤出的水分, 保证自动空气干燥器正常工作
5	每天	气液转换器和增压器油面	发现油面不够时及时补充油
6	每天	主轴润滑恒温油箱	工作正常, 油液充足, 在调节温度范围内
7	每天	机床液压系统	油箱、油泵无异常噪声, 压力表指示正常, 管路及各接头无泄漏, 工作油面高度正常
8	每天	液压平衡系统	平衡压力指示正常, 快速移动时平衡阀工作正常
9	每天	电气柜各散热通风装置	各冷却风扇工作正常, 风道过滤网无堵塞, CNC 装置 $< 60^{\circ}\text{C}$
10	每天	各种防护网、罩	导轨、工作台等处的防护罩应无松动, 不漏水
11	每周	清洗电柜过滤网	
12	每半年	滚珠丝杠	清洗丝杠上的旧润滑脂, 涂上新润滑油脂。
13	每半年	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、滤油器, 清洗油箱箱底, 更换或过滤减压油
14	每半年	主轴润滑恒温油箱	清洗过滤器, 更换润滑油
15	每年	检查并更换直流伺服电动机电刷	检查换向器表面, 吹净炭粉, 去除毛刺, 更换长度过短的电刷, 并磨合后使用
16	每年	润滑油泵、滤油器清洗	清理润滑油池底, 更换滤油器
17	不定期	检查进给各轴导轨上的镶条, 压紧滚轮的松紧状态	按机床说明书调整
18	不定期	冷却水箱	检查液面高度, 及时更换并清理冷却液、水箱、过滤器
19	不定期	排屑器	经常清理切屑, 检查有无卡住等
20	不定期	清理废油池	及时取走废油, 以免外溢
21	不定期	调整主轴驱动带的松紧	按机床说明书调整
22	每天	刀库送刀及定位状况, 机械手工作状况	按实际情况处理
23	每年	CMOS RAM 充电电池	在 CNC 装置通电状态下更换新电池