

中等职业学校

技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控技术应用专业

数控机床维修

主编 蒋红平



高等教育出版社

内容简介

本书是数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材之一，是根据中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案中核心教学与训练项目基本要求和劳动与社会保障部制定的有关国家职业标准及相关的职业技能鉴定规范编写的。主要介绍了数控机床维修涉及的一些基本概念，数控机床的安装、调试及验收，以及数控系统、伺服系统、可编程控制器（PLC）模块和机械部件的维修。

编者根据多年从事数控技术应用专业教学和数控机床维修方面的经验，充分考虑数控技术应用专业教学的特点，从选材到实例分析都作了精心的安排，力求做到内容浅显易懂，教学层次分明，重视实践技能的培养；力求通过大量的维修实例阐述数控机床维修的基本方法。

本书可作为数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训教材，也可作为职业院校机械类专业教材及机械工人岗位培训和自学用书。

图书在版编目（CIP）数据

数控机床维修/蒋红平主编. —北京：高等教育出版社，2004. 7
ISBN 7-04-014942-7

I. 数… II. 蒋… III. 数控机床-维修-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 046868 号

策划编辑 王瑞丽 责任编辑 陈大力 封面设计 于 涛
责任绘图 朱 静 版式设计 张 岚 责任校对 康晓燕 责任印制 杨 明

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京机工印刷厂		
开 本	787×1092 1/16	版 次	2004 年 7 月第 1 版
印 张	8	印 次	2004 年 7 月第 1 次印刷
字 数	190 000	定 价	10.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

为实现党的十六大提出的全面建设小康社会的奋斗目标,落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,促进职业教育更好地适应社会主义现代化建设对生产、服务一线技能型人才的需要,缓解劳动力市场制造业和现代服务业技能型人才紧缺状况,教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合印发了《教育部等六部门关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》。根据《通知》的要求,教育部办公厅、国防科工委办公厅、中国机械工业联合会组织制定了《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》(以下简称《指导方案》)。

《指导方案》要求本专业领域技能型紧缺人才的培养培训要以综合素质为基础,以能力为本位,把提高学生的职业能力放在突出的位置,加强实践性教学环节,使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者;职业教育要以企业需求为基本依据,办成以就业为导向的教育,既要增强针对性,又要兼顾适应性;课程设置和教学内容要适应企业技术发展,体现本专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法,具有一定的先进性和前瞻性;教学组织要以学生为主体,提供选择和创新的空間,构建开放的课程体系,适应学生个性化发展的需要。

为了配合实施数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训工程,我社组织了由制定《指导方案》的专家组牵头,承担培养培训任务的职业院校及合作企业的一线“双师型”教师与工程技术人员参与的编者队伍,开发编写了数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材。本系列教材以《指导方案》为依据,以就业为导向,以能力为本位,定位准确,精心打造;借鉴了国内外职业教育先进教学模式,从内容到形式都有所创新;理论基础知识教材,有机地整合了多门传统的专业基础课程,知识点以必需、够用为度,体现了大综合化;理论实践一体化教材,倡导情境教学法,强化了知识性和实践性的统一;操作训练和实训指导教材,成系列按课题展开,考评标准具体明确,实用、可操作性强。本系列教材既注重了内在的相互衔接,又强化了相互支持,并将根据教学需要不断增添新内容。

数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材适用于中等职业学校教学,亦可供企业进行岗前和在职培训时选用。

查阅本系列教材的相关信息,请登录高等教育出版社“中等职业教育资源网”(网址:<http://sv.hep.com.cn>)。

高等教育出版社

2004年5月

前 言

本书是数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材之一。

数控机床是高度机电一体化的产品。在我国的装备制造业中，数控机床的占有率不断提高，在生产中发挥的作用越来越明显。随着数控机床的日益普及，制造单位对数控机床维修技术人才的需求也越来越大。

编者根据多年从事数控技术应用专业教学和数控机床维修方面的经验，充分考虑数控技术应用专业教学的特点，从选材到实例分析都作了精心的安排，力求做到内容浅显易懂，教学层次分明，重视实践技能的培养；力求通过大量的维修实例阐述数控机床维修的基本方法。

全书共分7章，包括数控机床维修的基本概念；数控机床的安装、调试及验收；数控系统、伺服系统、可编程控制器（PLC）模块、机械部件的维修以及26个数控机床维修实例。

本书既可作为职业技术教育院校数控技术应用专业、机电一体化专业的教学用书，也可作为企业培训数控机床维修人员的培训教材及从事数控机床维修工作的工程技术人员的参考用书。

本书由蒋红平主编。参加编写的有蒋红平（第一、三、五、六章）、邵泽强（第四、七章）、朱林林（第二章）。无锡机电高等职业技术学校胡海清也参加了部分书稿的编写工作，在编写过程中，得到了无锡机电高等职业技术学校领导的大力支持。本书由北京理工大学任玉田教授审稿，编者在此一并表示谢意。

由于编者水平有限，经验不足，书中定有错误与不当之处，恳请读者批评指正。

编者

2003年12月

目 录

第一章 数控机床维修的		
基本概念	1	
第一节 数控机床	1	
第二节 数控机床的可靠性	3	
第三节 数控机床的故障	4	
第四节 数控机床的修理	11	
第五节 数控机床的维护	18	
第二章 数控机床的安装、		
调试及验收	20	
第一节 数控机床的安装和调试	20	
第二节 数控机床的验收	27	
第三章 数控系统的维修	44	
第一节 概述	44	
第二节 SINUMERIK 810/820		
数控系统的维修	46	
第四章 伺服系统的维修	56	
第一节 伺服系统的概念、工作原理、		
组成、作用及分类	56	
第二节 伺服系统的维护	57	
第三节 伺服系统的常见故障形式	59	
第四节 伺服系统的故障诊断	62	
第五章 可编程控制器 (PLC)		
模块的维修	74	
第一节 PLC 的概念、特点、分类及		
主要功能	74	
第二节 PLC 的组成和工作原理	76	
第三节 PLC 的软件	79	
第四节 数控机床 PLC 与外部信息的		
交换及控制范围	84	
第五节 数控机床 PLC 模块的		
维修	86	
第六章 数控机床机械部件的		
维修	98	
第一节 数控机床主运动系统的		
维修	98	
第二节 数控机床进给运动系统的		
维修	102	
第三节 数控机床机械部件辅助		
装置的维修	105	
第七章 数控机床维修实例	112	
第一节 数控系统及伺服系统方面的		
维修实例	112	
第二节 机械部件及其辅助装置		
方面的维修实例	117	
第三节 电源系统及干扰方面的		
维修实例	119	
参考资料	121	

第一章

数控机床维修的基本概念

第一节 数 控 机 床

一、数控机床的定义

数控机床是一种典型的机电一体化产品，能实现机械加工的高速度、高精度和高度自动化，代表了机床发展的方向。

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。该系统能够逻辑地处理具有使用号码，或其它符号编码指令规定的程序。这里所说的程序控制系统，通常称作计算机数控系统，简称 CNC 系统或数控系统。

二、数控机床的工作原理

数控机床在加工零件时，根据所输入的数控程序，由数控系统控制机床执行机构的各种动作（包括机床主运动的变速、启停，进给运动的方向、速度和位移大小以及其它如刀具选择交换、工件夹紧松开和冷却润滑的启停等），使刀具与工件及其它辅助装置严格地按照数控程序规定的顺序、路径和参数进行工作，从而加工出满足给定技术要求的零件。

三、数控机床的组成

数控机床通常由以下几部分组成，其组成框图如图 1-1 所示。

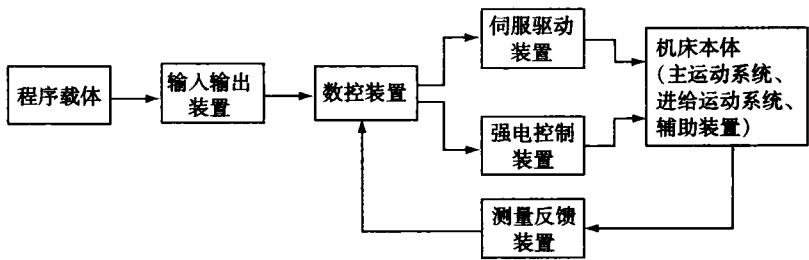


图 1-1 数控机床的组成

1. 程序载体

数控机床是按照输入的零件加工程序运行的。零件加工程序中包括的信息有工件在机床坐标系内的相对位置、刀具与工件相对运动的坐标参数、工件加工的工艺路线和顺序、主运动和

2 ■ 第一章 数控机床维修的基本概念

进给运动的工艺参数以及各种辅助操作等。零件加工程序以一定的格式和代码存储在一种载体上,如穿孔纸带、磁带或软磁盘等,通过数控机床的输入装置输入到数控装置内。

2. 输入输出装置

输入输出装置的主要作用是零件加工程序的编制、存储、打印和显示等。输入形式目前主要有键盘输入、磁盘输入和连接上级计算机的 DNC (直接数控) 输入,但仍有不少系统还保留光电阅读机的纸带输入。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心。它根据输入的程序和数据,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,输出各种信号和指令。

4. 伺服驱动装置

伺服驱动装置接收来自数控装置的位置控制信息,将其转换成相应坐标轴的进给运动和精确定位运动。由于伺服驱动装置是数控机床的最后控制环节,它的伺服精度和动态响应特性将直接影响数控机床的生产率、加工精度和表面加工质量。

目前,常用的伺服驱动元件有功率步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。由于交流伺服电动机具有良好的性能价格比,正成为首选的伺服驱动元件。除了三大类的电动机以外,伺服驱动装置还必须包括相应的驱动电路。

5. 测量反馈装置

测量反馈装置是通过现代化的测量元件,如脉冲编码器、感应同步器、光栅尺、磁尺等,将执行元件(如电动机、刀架等)或工作台等的速度和位移检测出来,经过相应的电路将所测得信号反馈回数控装置,构成半闭环或闭环系统,补偿执行机构的运动误差,以达到提高运动精度的目的。

6. 强电控制装置

强电控制装置接收可编程控制器(PLC)输出的主轴变速、换向、启动或停止,刀具的选择和更换,分度工作台的转换和锁紧,工件的夹紧或松开,切削液的开或关等辅助操作的信号,经过功率放大直接驱动相应的执行元件,例如接触器、电磁阀等,从而实现数控机床在加工过程中的自动化。

7. 机床本体

机床本体就是数控机床的机械结构件,它包括床身、箱体、立柱、导轨、工作台、主轴、进给机构和刀具交换机构等。

8. 辅助装置

辅助装置作为数控机床的配套部件,是保证充分发挥数控机床功能所必需的配套装置。常用的辅助装置包括:气动、液压装置,排屑装置,冷却、润滑装置,回转工作台和数控分度头,防护、照明装置等。

四、我国数控机床的发展情况

我国从 1958 年开始研究数控技术,到 20 世纪 60 年代中期一直处于研制、开发时期。

1965 年,国内开始研制晶体管数控系统。20 世纪 60 年代至 70 年代初研制成功 X53K-1G 立式数控铣床、CJK-18 数控系统和数控非圆齿轮插齿机。

从 20 世纪 70 年代开始,数控技术在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工、电加工等领域全面展开,数控加工中心在上海、北京研制成功。但由于电子元器件的质量和制造工艺水平差,致使数控系统的可靠性、稳定性未得到解决,因此未能广泛推广。在这一时期,数控线切割机床由于结构简单、使用方便、价格低廉,在模具加工中得到了推广。20 世纪 80 年代,我国从日本 FANUC 公司引进了 5、7、3 等系列的数控系统和直流伺服电动机、直流主轴电动机技术,从美国、联邦德国等国家引进了一些新技术,并进行了商品化生产。这些系统可靠性高,功能齐全,推动了我国数控机床在生产中的应用,使我国的数控机床在性能和质量上产生了一个质的飞跃。

1995 年,我国数控机床的品种有了新的发展。数控机床品种不断增多,规格齐全。许多技术复杂的大型数控机床、重型数控机床都相继研制出来。为了跟踪国外技术的发展,北京机床研究所研制出了 JCS-FM-1.2 型的柔性制造单元。这个时期,我国在引进、消化国外技术的基础上,进行了大量的开发工作。一些较高档次的数控系统(五轴联动)、分辨率为 $0.000\ 02\text{ mm}$ 的高精度数控系统、数字仿真型数控系统,为柔性单元配套的数控系统都开发出来,并造出了样机。

现在,我国已经建立了以中、低档数控机床为应用主体的产业体系。

第二节 数控机床的可靠性

一、可靠性的定义

可靠性是系统的内在特性,是衡量质量的重要指标。系统的可靠性是指在规定的条件下,系统维持无故障工作的能力。所谓规定的工作条件,是指设计时提出的该数控机床的使用温度、使用方法及使用条件等。

二、可靠性的衡量指标

可靠性的衡量指标有平均无故障工作时间(MTBF)、平均修复时间(MTTR)和有效度(A)。

平均无故障工作时间定义为可修复产品的相邻两次故障间的系统能正常工作时间的平均值。它是衡量系统可靠性的主要指标。平均修复时间定义为可修复设备在规定条件下和规定时间之内能够完成修复的概率。它反映系统的可修复性,其实是指排除故障的平均时间。有效度也可称为可利用率。

如果把平均无故障工作时间看作系统的能工作时间,把平均修复时间看作系统的不能工作时间,那么有效度就是能工作时间与总时间之比,即有效度 $A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$ 。

目前,根据机械加工的特点及具体要求,对于一般用途的数控系统,其可靠性的指标至少应达到 $\text{MTBF} \geq 300\text{ h}$, $A \geq 0.95$ 。事实上,现在有的数控机床整机的 MTBF 已达到 800 h 以上,数控系统的 MTBF 已达到 125 个月以上。

三、可靠性的影响因素

数控机床在出厂之前,制造厂家在可靠性方面已有多方面的考虑,也采取了大量的措施。

用户买来之后,为了保证数控机床的正常使用还应注意以下几个问题。

1. 电网质量

供数控机床使用的电源电压应在规定的额定电压的误差范围($-15\% \sim +10\%$)之内,频率为 $50\text{ Hz} \pm 1\text{ Hz}$,三相应力求平衡。数控机床所在地的接地电阻要符合接地标准。

2. 安装环境

数控机床 CNC 系统对环境是有一定要求的,安装时应远离振动源、污染源,不应直接有强日光照射,通风要良好,温差不应过大。一般数控机床都标定使用温度和保存温度,应该按照规定执行。

3. 操作者水平

人为的因素也是造成故障产生的原因,数控机床的操作者应该经过专门的培训,取得职业资格证书方可上机操作,否则可能造成机床的损坏直至危及人身安全,这样的教训已经不少。

4. 日常维护

日常维护可保持数控机床在良好的状态下运行,延长机床的寿命。同时还可及时发现隐患并排除,以免造成重大损失。

5. 设备的动态保存

如果一台数控机床由于某种原因导致不能连续工作,在停机期间最好不要切断电源。如停机时间较长应定时(一周或两周)通电空运行,使机床各部件不会出现不良现象,延长机床寿命。

第三节 数控机床的故障

一、故障的定义

数控机床的故障是指数控机床丧失了规定的功能,它包括机械系统、数控系统和伺服系统等方面的故障。

数控机床是高度机电一体化的设备,它与传统的机械设备相比,虽然也包括机械、电气、液压与气动方面的故障,但数控机床的故障诊断和维修侧重于电子系统、机械、气动乃至光学等方面装置的交节点上。由于数控系统种类繁多,结构各异、形式多变,给测试和监控带来了许多困难。

二、故障的分类

数控设备的故障是多种多样的,可以从不同角度对其进行分类。

1. 按起因分

从故障起因的相关性来看,数控机床的故障可分为关联性和非关联性故障。非关联性故障是指与数控系统本身的结构和制造无关的故障。故障的发生是由运输、安装、撞击等外部因素人为造成的。关联性故障是指由于数控系统设计、结构或性能等缺陷造成的故障。关联性故障又可分为系统性故障和随机性故障。系统性故障是指系统一旦满足某种条件,如温度、振动等条件,就出现故障。随机性故障是指系统在完全相同的外界条件下,故障有时发生或不发生的

情况。一般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较大的困难。

2. 按发生状态分

从故障发生的过程来看，数控机床的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零件折断；因设备各项参数达到极限而引起的零件变形和断裂等。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），数控机床还能够正常使用，并不影响加工出的产品质量。渐变故障与机器构件材料的磨损、腐蚀、疲劳及蠕变等过程有密切的关系。

3. 按影响程度分

从故障的影响程序来看，数控机床的故障分为完全失效故障和部分失效故障。完全失效故障是指数控机床出现故障后，不能再正常加工工件，只有等到故障排除后，才能让数控机床恢复正常工作的故障。部分失效故障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，仍然能够正常加工工件的故障。

4. 按性质分

从故障出现的严重程度来看，数控机床的故障可分为危险性故障和安全性故障。危险性故障是指数控系统发生故障时，机床安全保护系统在需要动作时因故障而失去保护作用，造成了人身伤亡或机床故障。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，引起机床不能起动。

5. 按软硬件不同分

从故障发生的软硬件来看，数控机床的故障可分为软件故障、硬件故障两种。其中，软件故障是指由程序编制错误、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随机资料、掌握正确的操作方法和编程方法，就可避免和消除。硬件故障是指由 CNC 系统电子元器件、润滑系统、换刀系统、限位机构和机床本体等硬件因素造成的故障。

6. 按诊断方式分

按诊断方式分，数控机床的故障有诊断显示故障和无诊断显示故障两种。现代数控系统大多都有较丰富的自诊断功能，如日本的 FANUC 数控系统、德国的 SIEMENS 数控系统等，报警号有数百条，所配置可编程控制装置报警参数也有数十条乃至上百条，当出现故障时自动显示出报警号。维修人员利用这些报警号，较易找到故障所在。而在无诊断显示时，机床在某一个位置不动，循环进行不下去，甚至用手动强行操作也无济于事。由于没有报警显示，维修人员只能根据故障出现前后的现象来判断，因此故障排除难度较大。

三、故障产生的原因

数控机床是个复杂的系统，一台数控机床既有机械装置、液压系统，又有电气控制部分和软件程序等。组成数控机床的这些部分，由于种种原因，不可避免地会发生不同程度，不同类型的故障，导致数控机床不能工作。这些原因大致包括：

- (1) 机械零部件锈蚀、磨损和失效。
- (2) 电气元器件老化、损坏和失效。
- (3) 电气元器件接触不良。

(4) 环境变化, 如电流或电压波动、温度变化, 液压压力和流量的波动以及油污等。

(5) 随机干扰和噪声, 软件程序丢失或破坏。

此外, 错误的操作也会引起数控机床不能正常工作。数控机床一旦发生故障, 必须及时予以维修, 将故障排除。数控机床维修的关键是故障的诊断, 即故障源的查找和故障定位。一般来说, 随着故障类型的不同, 采用的故障诊断方法也就不同。

四、故障产生的规律

与一般设备相同, 数控机床的故障率随时间变化的规律可用图 1-2 所示的浴盆曲线 (也称失效率曲线) 表示。在整个使用寿命期, 根据数控机床的故障频率大致分为三个阶段, 即早期故障期、偶发故障期和耗损故障期。

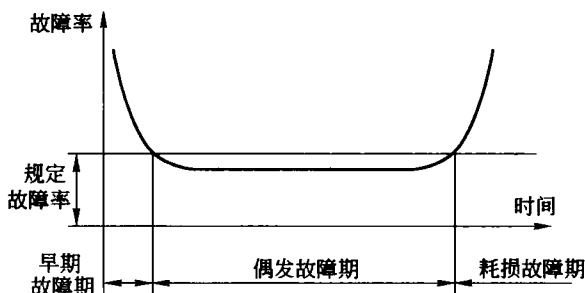


图 1-2 数控机床故障规律浴盆曲线

1. 早期故障期

早期故障期的特点是故障发生的频率高, 但随着使用时间的增加迅速下降。使用初期之所以故障频繁, 原因大致如下:

(1) 机械部分 机床虽然在出厂前进行过磨合, 但时间较短, 而且主要是对主轴和导轨进行磨合。由于零件的加工表面存在着微观的和宏观的几何形状偏差, 部件的装配可能存在误差, 因而, 在机床使用初期会产生较大的磨合磨损, 使设备相对运动部件之间产生较大的间隙, 导致故障的发生。

(2) 电气部分 数控机床的控制系统使用了大量的电子元器件, 这些元器件虽然在制造厂经过了严格的筛选和整机考机处理, 但在实际运行时, 由于电路的发热, 交变负荷、浪涌电流及反电势的冲击, 性能较差的某些元器件经不住考验, 因电流冲击或电压击穿而失效, 或特性曲线发生变化, 从而导致整个系统不能正常工作。

(3) 液压部分 由于出厂后运输及安装阶段时间较长, 使得液压系统中某些部位长时间无油、气缸中润滑油干涸, 而油雾润滑又不可能立即起作用, 造成油缸或气缸可能产生锈蚀。此外, 新安装的空气管道若清洗不干净, 一些杂物和水分也可能进入系统, 造成液压气动部分的初期故障。

2. 偶发故障期

数控机床在经历了初期的各种老化、磨合和调整, 开始进入相对稳定的正常运行期。在这个阶段, 故障率低而且相对稳定, 近似常数。偶发故障是由于偶然因素引起的。

3. 耗损故障期

耗损故障期出现在数控机床使用的后期，其特点是故障率随着运行时间的增加而升高。出现这种现象的基本原因是由于数控机床的零部件及电气元器件经过长时间的运行，由于疲劳、磨损、老化等原因，寿命已接近衰竭，从而处于频发故障状态。

五、故障的常规处理

当数控机床发生故障时，操作人员应采取紧急措施，停止运行，保护现场。如果操作人员不能及时排除故障，除应及时通告维修人员之外，还应对故障做如下详细记录。

1. 故障的种类

(1) 机床处于何种运行方式（纸带方式、手动数据输入方式、存储器方式、点动操作方式、编辑方式和手轮操作方式等）？

(2) 数控系统状态显示的内容是什么？

(3) 定位误差超差情况如何？

(4) 刀具运动轨迹误差状态以及出现误差时的速度是否正常？

(5) 显示器上有报警吗？报警号是什么？

2. 故障出现情况

(1) 故障何时发生，一共发生了几次？此时旁边其它机床工作正常吗？

(2) 加工同类工件时，出现的概率如何？

(3) 故障是否与进给速度、换刀方式或与螺纹切削有关？

(4) 故障出现在哪段程序上？

(5) 如果故障为非破坏性的，则将引起故障的程序段重复执行多次，观察故障的重复性。

(6) 将程序段的编程值与系统内的实际数值进行比较，看两者是否有差异，是否是程序输入错误？

(7) 重复出现的故障是否与外界因素有关？

3. 机床操作及运转情况

(1) 经过什么操作之后才发生故障？操作是否有误？

(2) 机床的操作方式正确吗？

(3) 机床调整状况如何？间隙补偿是否合适？

(4) 机床在运转过程中是否发生振动？

(5) 所用刀具的切削刃是否正常？

(6) 换刀时是否设置了偏移量？

4. 环境状况

(1) 周围环境温度如何？是否有强烈的振源？系统是否受到阳光的直射？

(2) 切削液、润滑油是否飞溅到了系统柜里？

(3) 电源电压是否有波动？电压值是多少？

(4) 近处是否存在干扰源？

(5) 系统是否处于报警状态？

(6) 机床操作面板上的倍率开关是否设定为“0”？

8 ■ 第一章 数控机床维修的基本概念

- (7) 机床是否处于锁住状态?
- (8) 系统是否处于急停状态?
- (9) 熔丝是否烧断?
- (10) 方式选择开关设定是否正确? 进给保持按钮是否按下去了?

5. 机床和系统之间的接线情况

- (1) 电缆是否完整无损? 特别是在拐弯处是否有破裂、损伤?
- (2) 交流电源线和系统内部电缆是否分开安装?
- (3) 电源线、信号线是否分开走线?
- (4) 信号屏蔽线接地是否正确?
- (5) 继电器、电磁铁以及电动机等电磁部件是否装有噪声抑制器?

6. 有关穿孔纸带的检查

- (1) 纸带阅读机开关是否正确?
- (2) 有关纸带操作的设定是否正确? 纸带安装是否正确?
- (3) 纸带是否折、皱和存有污物? 孔有无破损?
- (4) 纸带的连接处是否完好?

7. 程序检查

- (1) 是新编程序吗? 检查程序的正误性。
- (2) 故障是否发生在某一特定的程序段?
- (3) 程序内是否包含增量指令? 刀具补偿是否设定正确?
- (4) 程序是否提前終了或中断?

8. 数控装置的外观检查

六、故障的诊断方法

1. 数控系统故障诊断的方法

(1) 直观检查法 直观检查法是维修人员充分利用自身的眼、耳、鼻、手等感觉器官查找故障的方法。通过仔细检查故障线路板, 看有无熔丝熔断、元器件烧坏、烟熏和开裂等现象, 从而可判断板内有无过流、过压、短路发生。用手摸并轻摇元器件(如电阻、电容、晶体管等)有无松动之感, 以检查是否有断脚、虚焊等问题。针对故障的有关部分, 用一些简单工具, 如万用表、蜂鸣器等, 检查各电源之间的连接线路有无断路现象。若无, 即可接入相应的电源, 并注意有无烟、尘、噪声、焦糊味和异常发热等现象, 以此发现一些较为明显的故障, 进一步缩小检查范围。

(2) 故障现象分析法 对于非破坏性故障, 必要时维修人员可让操作人员再现故障现象, 最好会同机械、电气、液压等技术人员一起会诊, 共同分析出现故障时的异常现象, 有助于尽快而准确地找到故障规律和线索。

(3) 报警显示分析法 数控机床上多配有面板显示器和指示灯。面板显示器可把大部分被监控的故障识别结果以报警的方式给出。对于各个具体的故障, 系统有固定的报警号和文字显示给予提示。出现故障后, 系统会根据故障情况、类型给予故障提示或者中断运行、停机等处理。指示灯可粗略地提示故障部位及类型等。程序运行中出现故障, 程序显示能指出故障出现

时程序中中断部位；坐标值显示能提示故障出现时运动部件坐标位置；状态显示能提示功能执行结果。维修人员应利用故障信号及有关信息分析故障原因。

(4) 换件诊断法 当系统出现故障后，维修人员把怀疑部分从大缩至小，逐步缩小故障范围，直到把故障定位于板级或部分线路、甚至元器件级。此时，可利用备用的印制电路板、集成电路芯片或元器件替换有疑点的部分，或将系统中具有相同功能的两块印制电路板、集成电路芯片或元器件进行交换，即可迅速找出故障所在。这是一种简便易行的方法。但换件时应该注意备件的型号、规格、各种标记、电位器调整位置、开关状态和线路更改是否与怀疑的部分相同，此外，还要考虑可能要重调新替换件的某些电位器，以保证新、旧两部分性能相近。任何细微的差异都可能导致失败或造成损失。

(5) 测量比较法 在设计生产数控系统印制电路板时，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。用户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。可以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，甚至有时还可对正常的印制电路板人为地制造“故障”，如断开连接或短路，拔去组件等，以判断真实故障的起因。

(6) 参数检查法 众所周知，数控参数能直接影响数控机床的性能。参数通常是存放在磁泡存储器或存放在需由电池保持的 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。当机床长期闲置后，工作时会有时无缘无故地出现不正常现象，就应根据特征，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、电气元器件性能变化等原因，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改某些不适应的参数所致。

(7) 敲击法 当数控系统出现的故障表现为时有时无，往往可用敲击法检查发生故障的部位。这是由于数控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。当用绝缘物轻轻地敲打有虚焊及接触不良的疑点，故障往往会重复出现。

(8) 原理分析法 根据数控系统的工作原理，维修人员可从逻辑上分析可疑器件各点的电平和波形，然后用万用表、逻辑笔、示波器或逻辑分析仪进行测量、分析和对比，从而找出故障。这种方法对维修人员的要求较高，维修人员必须对整个系统乃至每个电路的原理有清楚的了解。但这也是检查疑难故障的最终方法。

(9) 接口信号法 由于数控机床的各个控制部分大都采用 I/O 接口来互为控制，利用机床各接口部分的 I/O 接口信号来分析，则可以找出故障出现的部位。利用接口信号法进行故障诊断的全过程可归纳为：故障报警—故障现象分析—确定故障范围（大范围）—采用接口信号法—逻辑分析—确定故障点—排除故障。

此方法符合系统的设计与调试原则，使用简单，容易掌握，能起到迅速准确排除故障的作用。

(10) 自诊断技术 所谓自诊断技术，是指依靠数控系统内部计算机的快速处理数据的能力，对出错系统进行多路、快速的信号采集和处理，然后由诊断程序进行逻辑分析判断，以确

定系统是否存在故障，以及对故障进行定位。

现代数控系统虽然未达到高智能化的程度，但已具备了较强的自诊断功能。自诊断大致可分为两类：一类为“启动诊断”，它是指从每次通电开始至进入正常的运行准备状态为止，系统的内部诊断程序自动执行诊断，它可以对 CPU、存储器、总线、I/O 单元等模块或印制电路板，以及 CRT 单元、阅读机、软盘驱动器等外围设备进行运行前的功能测试，确认系统的主要硬件是否可以正常工作。启动诊断的好处在于，使系统故障在没有造成危害之前就被发现，以便及时排除。另一类为“在线诊断”，它是指将诊断程序作为主程序的一部分，在系统的运行过程中不断对系统本身、与数控装置连接的各种外设、伺服系统等进行监控。只要系统不停电，在线诊断一直进行。一旦发现异常，立即报警，甚至可以对故障进行分类，并决定是否停机。一般数控系统有几十种报警号，有的甚至多达五六百种报警号，用户可以根据报警内容提示来寻找故障的根源。

2. 数控机床机械故障诊断的方法

机床在运行过程中，机械零部件受到冲击、磨损、高温、腐蚀等多种作用，运行状态不断变化，一旦发生故障，往往会导致不良后果。因此，必须在机床运行过程中或不拆卸全部设备的情况下，对机床的运行状态进行定量测定，判断机床的异常及故障的部位和原因，并预测机床未来的状态，从而大大提高机床运行的可靠性，进一步提高机床的利用率。

数控机床机械故障诊断的方法可以分为简易诊断法和精密诊断法两种。

(1) 简易诊断法 简易诊断法也称机械检测法。实际上，简易诊断法与数控系统故障诊断方法中的直观检查法原理相同，只不过在检测工具上有所不同。它由现场维修人员使用一般的检查工具或通过问、看、听、摸、嗅等对机床进行故障诊断。简易诊断法能快速测定故障部位，监测劣化趋势，以选择有疑难问题的故障进行精密诊断。

(2) 精密诊断法 精密诊断法是根据简易诊断法中选择出的疑难故障，由专职故障精密诊断人员利用先进测试手段进行精确的定量检测与分析，根据故障位置、原因和数据，确定应采取的最合适的修理方法和时间的诊断法。

一般情况都采用简易诊断法来诊断机床的现时状态，只有对那些在简易诊断中提出疑难问题的机床才进行精密诊断，这样使用两种诊断技术才最经济有效。

数控机床机械故障的诊断方法见表 1-1。

表 1-1 数控机床机械故障的诊断方法

类 型	诊断方法	原理及特征	应 用
简易诊断法	听、摸、看、问、嗅	借用简单工具、仪器如百分表、水准仪、光学仪等检测。通过人的感官，直接观察形貌、声音、温度、颜色和气味的变化，根据经验来诊断	需要有丰富的实践经验，目前，被广泛采用于现场诊断
精密诊断法	温度监测	接触型：采用温度计、热电偶、测量贴片、热敏涂料直接接触轴承、电动机、齿轮箱等装置的表面进行测量 非接触型：采用先进的红外测温仪、红外热像仪、红外扫描仪等遥测不宜接近的物体具有快速、正确、方便的特点	用于机床运行中发热异常的检测

续表

类 型	诊断方法	原理及特征	应 用
精密诊断法	振动测试	通过安装在机床某些特征点上的传感器，利用振动计巡回检测，测量机床上特定测量处的总振级大小，如位移、速度、加速度和幅频特征等，对故障进行预测和监测	振动和噪声是应用最多的诊断信息。首先是强度测定，确认有异常时，再做定量分析
	噪声监测	用噪声测量计、声波计对机床齿轮、轴承在运行中的噪声进行测试，深入分析信号频谱的变化规律，识别和判断齿轮、轴承磨损失效故障状态	
	油液分析	可以通过原子吸收光谱仪，对进入润滑油或液压油中磨损的各种金属微粒和外来杂质等残余物形状、大小、成分、浓度进行分析，判断磨损状态、机理和严重程度，有效掌握零件磨损情况	用于测量零件磨损
	裂纹监测	通过磁性探伤法、超声波法、电阻法、声发射法等观察零件内部机体的裂纹缺陷	疲劳裂缝可导致重大事故，测量不同性质材料的裂纹应采用不同的方法

由于这些诊断方法与其它机械设备的诊断方法有共同之处，各种诊断方法的原理、特征及应用在其它相关教材中都有专门的论述，在此不作进一步的介绍。

第四节 数控机床的修理

一、维修的定义

维修的概念包含两个方面：一是正确使用、日常维护，即预防性维护，以有效地延长平均无故障工作时间（MTBF）；二是故障修理，尽快修复，以缩短平均修复时间（MTTR）。

二、数控机床维修的意义

根据国家机械工业局的统计资料，截至 1998 年底我国拥有各类数控机床 13 万台。这些数控机床在加工现场发挥了强大的技术优势，是企业生产经营的关键设备。由于数控机床是机电一体化的高技术产品，停机损失比普通机床要高得多。如果因为操作不当、维护不周而发生故障，修理又跟不上，造成停机，其损失有时会达到令人难以置信的地步。例如，生产无法进行下去可能使整个合同无法履行，这种经济损失是无法弥补的，同时也可能影响到企业的信誉，甚至可能影响到企业客户的信誉，因为企业不能供货，造成客户的产品延期。

因此，数控机床的维修工作不仅创造了实际价值，更重要的是也创造了社会价值，并且具有广泛的社会效益。

三、数控机床维修的内容及特点

1. 数控机床维修的内容

数控机床是机电一体化的高技术设备。它的维修内容比普通机床要多。如前所述,数控机床由程序载体、数控装置、伺服驱动装置、强电控制装置、测量反馈装置和机床本体等几部分组成。对于机床本体、维修的内容有主轴部件、滚珠丝杠副、导轨副、刀库及换刀装置和液压与气动装置的维护和修理。由于机械部件处于运动摩擦过程中,因此对它的维护显得更重要,如主轴部件的冷却和润滑,滚珠丝杠副和导轨副的间隙调整、预紧、润滑及防护,液压和气动装置的压力和流量调整、密封等。对于数控装置、伺服驱动装置、强电控制装置,维修的内容有变压器、机床电器开关、驱动电动机、板卡、接口电路和电子元器件等的维护和修理,以及替代。

2. 数控机床维修的特点

(1) 早期故障期 从整机安装调试后,开始运行半年至一年期间,由于机械磨合、电子元器件击穿等原因,故障频率较高,一般无规律可循。在这个时期,电气、液压和气动部分故障频率约占该时期故障的90%,为此,要加强对机床的监测,勤记录,定期对机床进行机电调整,以保证设备各种运行参数处于技术规范之内。

(2) 偶发故障期 设备在经历了初期的各种老化、磨合和调整,开始进入相对稳定的正常运行期,即偶发故障期。此时元器件方面的故障比较少见,但不排除偶发性故障的发生。所以在这个时期内要坚持做好设备运行记录,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复校。这个时期内,机电故障发生的概率近乎相等,且大多数可以排除。偶发故障期较长,一般定为7~10年。

(3) 耗损故障期 机床进入耗损故障期后,各类元器件开始加速磨损和老化,故障频率开始逐年递增,但大多数故障具有规律性。在这个时期内,同样要做好设备运行记录,所发生的故障大多数是可以排除的。

四、数控机床维修的技术资料

技术资料是分析故障的依据,是解决问题的前提条件。因此,一定要重视数控机床技术资料的收集及日常管理工作。

由于数控机床所涉及的技术领域较多,因此资料涉及的面也广,主要有以下几类:

1. 设备的安装和调试资料

主要有安装基础图、搬运吊装图、检验精度表、合格证、装箱单和购买合同中技术协议所规定的功能表等。

2. 设备的使用操作资料

如设备制造厂编制的使用说明书、设备所配数控系统的编程手册和操作手册等。

3. 维修资料

维修资料主要包括以下几种:

(1) 设备厂商编制的维修手册。

(2) 数控系统生产厂提供的有关资料 主要有数控系统维修手册、诊断手册、参数手册、固定循环手册、伺服放大器及伺服电动机的参数手册和维护调整手册,以及一些特殊功能的说明书、数控系统的安装使用手册等。

(3) 设备的电气图纸资料 如设备的电气原理图、电气接线图、电气元器件位置图,可编