



高等职业教育数控技术专业“十二五”规划教材

数控机床维修技术

主 编 于吉鲲
副主编 徐晓峰 顾海 孟政

CDIO教育理念

· 任务驱动
· 项目导向
· 能力培养
· 面向就业



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等职业教育数控技术专业“十二五”规划教材

数控机床维修技术

主 编 于吉鲲

副主编 徐晓峰 顾 海 孟 政



NLIC2970819636

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书根据项目教学和基于工作过程的要求编写,教材设计以“任务引领,项目教学;任务分解,注重实效;注重细节,养成习惯”为指导,坚持以核心技能培养为主旨,强调精心设计典型工作任务,以任务导学为特色,让学生在“做中教,做中学,做中悟”,最终实现学生对相关知识和技能的建构迁移。全书系统地介绍了数控机床维修技术的相关内容、手段和方法,注重操作技能的培养和操作习惯的养成。全书内容主要涉及数控机床故障诊断与维修基础知识,数控机床的故障诊断技术与方法,数控机床的安装、调试及验收的基本知识,数控机床典型机械结构,常用控制电器及电气控制原理,数控系统硬件及硬件故障诊断,数控系统软件故障维修技术,以及数控机床维护与保养等方面,涵盖面广,可操作性强。

本书可作为高职高专院校数控、机械制造、模具、机电一体化等专业的教材,对于面向企业的数控机床维修培训和从事数控机床维修的工作人员也具有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床维修技术/于吉鲲主编. —北京:国防工业出版社, 2012. 8

高等职业教育数控技术专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-07982-1

I. ①数... II. ①于... III. ①数控机床—维修—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 124863 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 26 字数 604 千字

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 49.80 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

数控机床基于计算机控制技术平台,综合了电气自动化技术、现代机械制造技术以及精密测量技术诸方面的最新成就,具有较高的科技含量和先进的工艺水平,在现代制造领域中以高精度、高速度、高效率的特点,创造着高产值。随着数控机床在制造业中的广泛应用,为保证数控机床合理使用、高效运行,精心维护和及时修理是极其重要的一环。近年来,相关专业学校培养了大批数控机床操作和使用领域的人才,缓解了企业对数控加工技术人才的需求。然而数控机床装调、维护和维修人才始终不能满足要求。目前,数控机床维护维修技术人才的缺乏,已经成为制约正确使用数控机床和发挥数控机床作用的关键因素之一。

本书配合技能紧缺人才培养工程项目,针对职业教育的特点,在内容上力求简明、实际、实用。本书改变了传统教材编写体系,以“任务导学,知识链接”的方式,将数控机床维修技术的核心内容重组,实用性强,可操作性强,突出高职高专教学特色。书中列举了丰富的维修范例和典型的工作任务,有利于学生掌握专业知识,养成操作习惯。

全书内容系统、涵盖面广,主要涉及数控机床故障诊断与维修基础知识,数控机床的故障诊断技术与方法,数控机床的安装、调试及验收的基本知识,数控机床典型机械结构,常用控制电器及电气控制原理,数控系统硬件及硬件故障诊断,数控系统软件故障维修技术,以及数控机床维护与保养等方面的内容,实用性强,可操作性强。

本书于吉鲲鹏任主编,徐晓峰、顾海、孟政任副主编。具体编写任务分工如下:项目一、项目四、项目六由大连海洋大学职业技术学院于吉鲲鹏编写,项目二、项目六(任务二)、附录一由大连海洋大学职业技术学院孟政编写,项目三由紫琅职业技术学院顾海编写,项目五、项目七由威海职业技术学院徐晓峰编写。全书由于吉鲲鹏统稿和定稿。

因编者水平有限,书中不妥之处难免,敬请读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

项目一 数控机床故障诊断与维修概述	1
任务一 数控机床故障诊断与维修基础	1
任务二 数控机床的故障诊断技术与方法	9
项目二 数控机床的安装、调试及验收	16
任务一 数控机床安装调试	16
任务二 数控机床的验收	20
任务三 数控机床的检测	28
项目三 数控机床机械结构	47
任务一 机械结构概述	47
任务二 主传动系统及主轴部件	53
任务三 进给传动部件	60
任务四 回转工作台和工作台自动交换装置	65
任务五 自动换刀装置	71
任务六 其他辅助装置	81
项目四 常用控制电器及电气控制原理	92
任务一 数控机床常用控制电器和保护电器	92
任务二 电气控制原理图	115
任务三 数控机床电气系统的连接与调试	125
项目五 数控系统硬件及硬件故障诊断	136
任务一 常见数控产品	136
任务二 FANUC 0i-B 系统硬件	160
任务三 伺服单元结构及工作原理	173
任务四 NC 系统硬件故障检查及实例	186
任务五 伺服系统的故障诊断与诊断实例	205
任务六 检测装置的故障诊断与诊断实例	217
项目六 数控系统软件故障维修技术	228
任务一 FANUC-0i 数控机床操作面板及操作简介	228
任务二 FANUC-0i 系统参数的基本设定	236
子任务 1 CNC 基本参数简介	236
子任务 2 CNC 基本参数的设定	250

子任务 3 参考点的设定	263
子任务 4 反向间隙与螺距误差补偿的设定	268
子任务 5 进给轴电路分析与伺服参数设置	276
子任务 6 模拟主轴控制的硬件连接与变频器的参数设置	283
子任务 7 数据存储与恢复	290
任务三 FANUC-0i 系统的 PLC	305
子任务 1 可编程控制器 PMC 概述	305
子任务 2 PMC 设定与 PMC 程序编辑	324
项目七 数控机床维护与保养	334
任务一 数控机床的维护基础	334
任务二 日常维护方法	346
任务三 数控机床故障预防性保养及实例	354
附录一 FANUC 数控系统 PMC 的常用功能指令	364
附录二 数控铣床网孔板布局说明	374
附录三 THWMZT-1B 型数控铣床装调维修实训系统电路图	376
参考文献	408

项目一 数控机床故障诊断与维修概述

X 项目描述

本项目分两个任务，即数控机床故障诊断与维修基础和数控机床的故障诊断技术与方法。通过对这两个任务的学习，让学生对数控机床故障诊断与维修这门学科有个总体上的认识和了解。

Z 知识目标

- (1) 了解数控机床的组成及各部分的作用。
- (2) 掌握数控机床故障的分类、维修工作的特点、可靠性指标和精度指标。
- (3) 掌握数控机床故障诊断方法与一般步骤，以及故障维修原则和方法。

J 技能目标

- (1) 了解数控机床维护维修的常用工具和仪表。
- (2) 掌握分析问题和解决问题的技巧和方法。

任务一 数控机床故障诊断与维修基础

【任务描述】

通过对本任务的学习，主要解决以下几个方面的问题：

- (1) 为什么要学习数控机床故障诊断与维修这门学科？学习这门课有什么意义？
- (2) 数控机床的组成及各部分的作用是什么？
- (3) 数控机床有哪些故障分类方法？
- (4) 数控机床维修工作的特点是什么？
- (5) 数控机床的可靠性指标和精度指标有哪些？

【知识链接】

一、数控机床故障诊断与维修的意义

随着我国机械制造技术的迅速发展，机械产品的更新换代也越来越频繁，这就对制造装备在性能、精度、自动化及柔性方面提出了更高的要求。通用机床设备自动化程度不高，难以加工轮廓及形状复杂的零件；自动化专用机床和生产线，虽然效率高，自动化程度高，但产品改型困难，而且开发周期长。数控技术及采用该技术的数控机床正好满足了

这些要求。

数控机床的技术先进，造价高，使用成本也高，但广泛使用数控机床的主要目的是为了高产出、上质量。在正常情况下数控机床能创造高产值，但无论是设备自身原因造成的意外停机，还是人为原因造成的事故停机，都会导致不同程度的浪费或损失。如何为这些数控装备形成维修保障能力，已成为当前亟待研究和解决的一个重要课题。

为使数控机床合理使用、高效运行，精心维护和及时维修是极为重要的，为此具有高素质和技术能力的数控维修、管理人员已被列入技能型紧缺人才培养对象之一。而对于这些人员的培养目标是要达到不仅具有扎实的数控知识基础，而且要有较强的实践技能，上岗工作后能尽快熟练地掌握数控机床故障诊断与维修技术，并能得心应手地驾驭所管辖的机床，当好数控设备的“医生”，从而降低故障维修时间，真正体现数控机床的生产高效率。因此，学习数控机床的故障与维修这项技术，有着极其重要的意义，具体体现在以下几方面。

1. 技术发展的需要

现在数控机床的新技术发展得很快，数控设备得到大量运用，不同的数控设备之间具有一定共性，通过对其共性进行总结、归纳，再结合对某一典型的数控系统进行系统的培训学习，就可以形成数控机床故障诊断与维修的思路。

2. 企业效益的需要

数控设备对于企业来说，其意义在于最大化地为企业服务，但在使用过程中，各种因素（如误操作、设备元器件老化、元器件质量差等）都可能造成设备的故障甚至停机，这将直接影响企业生产的顺利进行，所以企业拥有掌握这项技术的人才，将大大降低企业的维修成本。

3. 市场的需要

市场的需要直接推动了数控维修技术学习的展开。现在的制造业由于数控设备的大量使用，需要一大批具备数控维修技术的人员为企业进行技术服务工作，因此从市场需求上看，这类人才也供不应求。

二、数控机床的组成

数控机床是典型的机电一体化高技术产品，它集合了机械制造、计算机技术、伺服驱动及检测技术、可编程控制技术、气动液压等技术。从数控机床的构成上看，它主要由数控装置、可编程控制器、伺服驱动单元、检测装置、机床本体等几部分组成，如图 1-1 所示。

1. 输入输出装置

输入装置可将数控加工程序和其他各种控制信息输入数控装置；输出装置可显示输入的内容和数控系统的工作状态等。典型的输入输出装置有键盘、机床面板、CRT（或 LCD）显示器、磁盘驱动器、RS-232C 串行通信和存储卡等。

2. 数控装置

数控装置是数控系统的核心，它通过接口与其他功能部件连接，并进行相应的数据交换。

数控装置由硬件和软件两部分组成。数控装置硬件结构类型的分类方式很多，按数控

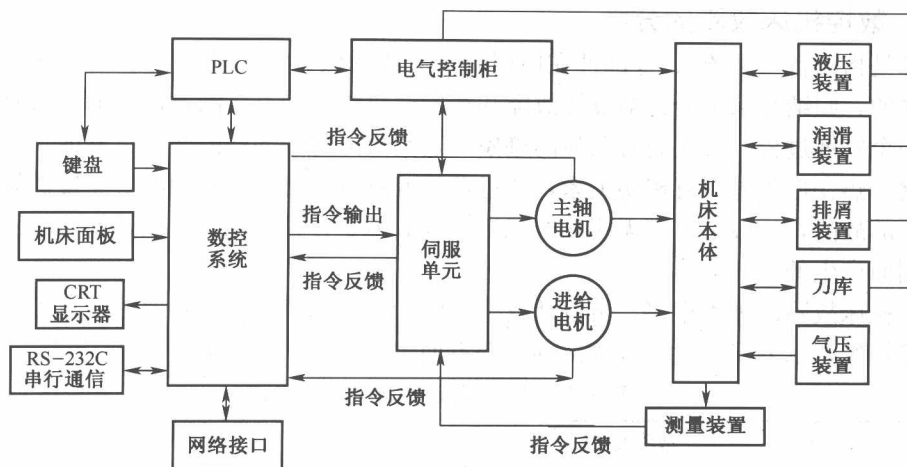


图 1-1 数控机床的组成

装置中印制电路板的插接方式可分为大板式结构和功能模板式结构；按数控装置中微处理器的个数可以分为单微处理器结构和多微处理器结构等。

数控装置与通用计算机一样，是由中央处理器（CPU）及存储数据与程序的存储器组成的。存储器分为系统控制软件程序存储器（ROM）、加工程序存储器（RAM）及工作区存储器（RAM）。ROM中的系统控制软件是由数控系统生产厂家写入的，用来完成CNC系统的各项功能。数控机床操作人员将各自的加工程序存储在RAM中，供数控系统用于控制机床加工零件。工作区存储器是系统程序执行过程的活动场所，用于堆栈、参数保存、中间运算结果保存等。中央处理器（CPU）执行系统程序、读取加工程序，经过加工程序段译码、预处理计算，然后根据加工程序段指令进行插补，并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号比较，从而控制机床的各坐标轴的位移。同时，将辅助动作指令通过可编程控制器（PLC）传送给机床，并接收通过PLC返回的机床各部分信息。

3. 伺服驱动控制装置

伺服驱动控制装置是数控装置与主机之间的连接环节，它是接收数控装置插补生成的进给脉冲信号，经过信号放大后，驱动机床的执行机构实现机床的主运动和进给运动。伺服驱动/进给装置主要包括主轴驱动单元、主轴伺服电机、进给驱动单元、进给伺服电机。

4. 数控机床逻辑控制装置

数控机床逻辑控制装置主要是接收数控装置发出的数控辅助功能控制的命令，进行机床操作面板及各种机床电气控制和监测的逻辑处理，并为数控系统提供机床状态和有关应答信号等。数控机床中逻辑控制主要依靠可编程控制器（PLC）和继电器逻辑电路（RLC）来实现。

5. 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、刀架等）、支承部件（导轨、立柱等）。此外，还有冷却、润滑和夹紧等辅助装置，以及换刀装置等。

三、数控机床故障的分类

故障是指设备（系统）、零部件在使用中丧失或降低其固定功能的事件或现象，其表现是多样的，归纳起来可分为渐发性故障和突发性故障两大类。渐发性故障是指故障的出现要有一个发展过程，预先会有明显的迹象，这类故障与零部件的磨损、腐蚀、疲劳、蠕变及老化、热变形等过程有密切关系，通过监控或测试是可以预测到的。突发性故障是指偶然发生的故障，一般是事先无明显征兆，这种故障是各种不利因素以及偶然的外界影响共同作用而产生的。

数控机床故障的种类很多，可以从发生故障的部件、故障发生的原因、故障产生的部位、故障报警显示方式、发生故障的性质等方面进行分类，详见表 1-1。

表 1-1 数控机床故障的分类

序号	划分方式	故障类别		说明
1	按发生故障的部件分类	主机故障	指机床本体与机械系统故障，主要包括机械、润滑、冷却、排屑、液压、气动与防护等	因机械安装、调试、操作使用不当等引起的机械传动故障及导轨运动摩擦过大的故障。故障表现为传动噪声大，加工精度变差，运行阻力增大，或失去某项功能，一般为随机故障
		电气故障	弱电故障	主要指 CNC 装置、PLC 控制器、CRT 显示器以及伺服单元、输入输出装置等电路故障，具体是上述各装置的印制电路板上的集成电路、分离元件、接插件以及外部连接组件等发生的故障
			强电故障	指继电器、接触器、开关、熔断器、电源变压器、电动机、电磁阀、行程开关等电气元件以及所组成电路的故障。这部分的故障比较常见
2	按故障发生的原因分类	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，与外部使用环境及条件无关，数控机床所发生的故障大多属于此类故障
		外部故障		这类故障是由外部原因造成的，如供电电压过低，波动过大，相序不对或三相电压不平衡，周围环境温度过高，有害气体、潮气、粉尘侵入，外来振动和干扰，人为的操作不当（如进给过快造成的超行程、过载等），以及操作人员不按时、按量给机床机械传动系统加注润滑油，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过载等
3	按故障产生的部位分类	软件故障	系统软件故障	由于设计原因引起，表现为故障的固有性
			应用软件故障	主要由人为操作输入错误而造成，带有一定偶然性和随机性
		硬件故障	永久性故障	表现为固定而不能恢复的特征，又称为硬故障
			间发性故障	带有一定随机性，可转化为硬故障
			边缘性故障	元器件老化而使边界值发生变化，可逐步转化为永久性故障

(续)

序号	划分方式	故障类别		说明
4	按故障报警显示方式分类	有报警显示的故障	硬件报警显示故障	数控系统的控制操作面板、位置控制印制电路板、伺服控制单元、主轴单元、电源单元等部位的警示灯（一般为 LED 发光二极管）所指示的明确故障
			软件报警显示故障	具有自诊断功能的数控系统，一旦检测到故障，即按故障的级别进行处理，同时在 CRT 上显示出报警号和报警信息
		无报警显示的故障	故障发生时无任何软件和硬件的报警显示，因此分析诊断难度较大。如机床通电后，在手动方式或自动方式运行时某轴出现爬行，某轴时而发出异常声响，一般无故障报警显示	
5	按发生故障的性质分类	规律性故障		通常只要满足一定条件或超过某一设定的限度时，数控机床必然会发生的故障。这类故障常见的有液压系统的压力值随着液压回路过滤器的阻塞而降到某一设定参数值时，必然会发生液压系统故障报警使系统断电停机；机床加工中因切削量过大达到某一限制时必然会发生超载或超温报警，导致系统迅速停机
		偶然性故障		此类故障在各种条件相同的状态下，只偶然发生一两次，因此偶然性故障的原因分析和故障诊断比较困难。这类故障的发生往往与安装质量、组件排列、参数设定元器件的质量、操作失误、维护不当以及工作环境影响因素有关
6	按伺服故障分类	控制部分故障		主要是由于过载或散热不良引起的故障
		驱动电动机故障		由于设备工作环境较差，驱动电动机被污染、腐蚀、磨损或烧毁等，这类故障是常见故障，应多加注意。此外，与驱动电机相连的检测系统也容易受污染和腐蚀，出现故障频率也较高
7	按干扰故障分类	内部干扰故障		由于系统工艺、结构、线路设计、电源及地线处理不当或元器件性能变化引起内部互相干扰，表现为很强的偶发性和随机性
		外部干扰故障		有极强的偶发性和随机性，往往因工作现场和工作环境有大型用电设备，如附近有电焊机工作产生电弧干扰而发生的故障

四、数控机床维修工作的特点

1. 涉及技术门类多

数控机床维修涉及机械、电工、电子、计算机、自控、数控、工业驱动、测量、光电等多门技术，几乎涵盖着所有机电方面的新技术和新成就。因此，要求维修工作人员的专业知识面要广，专业实践工作能力要强。

2. 电控系统与机械系统紧密联系

数控机床的“电”与“机”是密不可分、互相牵连的。因此，要求维修人员不仅要熟

知电控系统的方方面面，而且要熟知机械系统的方方面面，单纯侧重一方不利于问题的解决。

3. 硬件技术与软件技术交融

数控系统的硬件技术与软件技术是相辅相成的，许多故障是由于软件问题造成的，即所谓软件故障，因此要求维修工作人员对数控软件知识也要有所了解，同时具备一定的编程能力。

4. 传统维修方式难以排除故障

数控机床采用了新的维修技术和维修方式，数控系统实现了故障自检，可维修性得到明显改善。但技术复杂、排除故障难，从而对维修保障提出了更高的要求。靠简单的耳听、手摸、鼻闻等传统维修方式是难以诊断故障的。因此，要借助专门的仪器进行检测修理，这对使用、维修人员的技术素质和科学管理水平要求较高。

5. 新技术广泛应用

数控机床在设计制造中广泛采用了新技术、新材料、新工艺，形成了以机电液一体化、电路模块化、控制计算机化、器件集成化为特点，以全数字型交流伺服控制成为主流，使得机床的功能更加齐全，性能更加优越，自动化程度更高。因此，要求维修人员不断努力，以跟上技术的发展。

6. 数控系统的硬件更新较快

数控系统广泛应用如表面贴装器件、TFT 液晶显示器、新型电力电子器件等硬件，这些硬件都在趋于微型化，且更新较快，因而一旦出现问题，维修是比较困难的，需要较高的技术能力。

7. 数控机床的备件筹集困难

数控机床的部件生产几年就已经换代，而这些部件在机床上还要使用，当经过一定时间而出现故障时，往往很难买到直接更换的部件。另外，企业的数控维修人员不可能像数控生产厂家那样，掌握详尽的系统硬件和软件以及拥有充足的备件，这也给维修带来一定困难。

8. 数控系统种类多

数控机床系统五花八门，不同国家、不同牌号的系统各有区别，一般不能直接替换。有的数控系统生产厂商还为保护自身的产权利益，故意使原件标识不详，甚至将关键器件的型号处理掉，给维修工作带来新的麻烦。

9. 数控机床品种多

企业都是根据生产工艺的需要配置数控机床，不可能采购同一型号、同一系统、同一厂家的机床，有的企业甚至还出现“机床博览会”的局面，有些数控机床仅一台。因此给实施保养、维修工作增加了许多特殊工作量。

10. 资料、图样不齐全

数控机床随机资料、图样不齐全，厂商一般不提供数控系统的原理图。尽管数控系统电路有其共性的地方，通过对系统的仔细分析，或根据经验进行判断能解决一定问题，但没有详细资料、图样仍然是维修工作的一大困难。

11. 现场维修条件不具备

数控机床出现故障时，需要现场进行故障诊断与维修，但现场维修仪器、工具不一定齐全，往往需要临场应急处理，这也是对维修人员技术能力的考验。

综上所述，强调困难并不是畏缩不前，而是要寻求更好的解决办法。知己知彼，百战不殆，只要用好相关专业知识，有针对目标地不断学习，勇于研究、探索与实践，化不利因素为有利因素，积极做好日常维护工作和巡检，将故障控制在萌芽状态，充分掌握主动，就能胜任数控机床故障诊断与维修岗位的工作。

五、数控机床的可靠性指标

数控机床的可靠性是在规定的工作条件下，维持无故障工作的能力。它是数控机床的内在特性，是衡量机床品质的重要指标。一般情况下衡量数控机床可靠性的指标有以下几个。

1. 平均无故障时间 MTBF

MTBF (Mean Time Between Failures) 是指数控机床在使用中两次故障间隔的平均时间，即数控机床在寿命范围内，总工作时间之和与总故障次数之比，即 $MTBF = \text{总的工作时间} / \text{总故障次数}$ 。目前较好的数控机床 MTBF 能达到几万小时。

2. 平均排除故障时间 MTTR

MTTR (Mean Time To Repair) 是指数控机床从出现故障开始，直至排除故障，恢复正常使用的平均时间。显然要求这段时间越小越好。

3. 有效度 A

有效度是从可靠度和可修度两个方面，对数控机床的正常工作概率进行综合评价的尺度，即在某特定的时间内，数控机床维持其功能的概率。即 $A = MTBF / (MTTR + MTBF)$ 。

可见，有效度是小于 1 的值，显然越接近 1 越好。从提高数控机床有效度角度来看，维修应包含两方面意义：一是做好预防性维修，包含日常维护，这是为了延长 MTBF 时间；二是提高故障维修效率，尽快恢复使用，以缩短 MTTR 时间。也就是说，要从两个方面来保证系统有较高的有效度，提高机床的开动率。

六、数控机床的精度

精度是指实际值接近给定值（或理论值）的程度。工程中使用的数值是表示实际值与给定值之间的偏差，即“不精确度”。因此，通常使用“偏差”、“公差”、“误差”等术语评价机床的精度。例如，在讨论机床的定位精度时，实际所给出的是定位最大偏差 0.03mm（公差带宽度表示法）和定位偏差 0.015mm（测量偏差表示法）。

数控机床维修前、维修后总要涉及精度的测定，为了保证数控机床能达到一定的精度指标，不仅要取决于机床的静态特征（即机床几何精度和刚度），而且更多的要取决于机床的动态特性，即运动的精度（包括运动的直线性、稳定性和回转精度）和抗振性（加工过程的稳定性）。在实际工作中，常常引用的精度术语和概念有以下方面。

1. 测量精度

测量精度是指数控机床测量系统的精度。它包括测量基准的误差、测量系统的误差以及读数误差等。

2. 控制系统定位精度

控制系统定位精度是指伺服驱动系统和测量系统配合工作时，沿坐标轴方向某一点相对另一点进行定位的精度（以最大偏差衡量）。它除了包括测量精度外，还表示伺服系统准确执行定位指令的能力。伺服系统元件开关时间的动作，起停（包括正、反、换向）时间的波动，都会引起控制系统实际定位点的分散，进而影响定位精度。

3. 重复定位精度（或重复精度）

重复定位精度是指在数控机床上，反复运行同一程序代码，所得到的实际位置精度的一致程度。重复定位精度主要由伺服系统和机床进给系统的性能所决定，如伺服元件开关特性，进给部件的间隙、刚性和摩擦特性等。一般情况下，重复定位精度是呈正态分布的偶然性误差，即在相同条件下，需在某一点定位时，预计离散程度为重复定位精度。

4. 机床滑板定位精度

机床滑板定位精度是指测量系统、伺服系统和机床进给系统综合作用而达到的定位精度。实际上它是测量精度和重复定位精度的综合，或者说是控制系统定位精度再加上机床进给系统的间隙和弹性变形造成的误差的影响。

5. 机床的几何精度

机床的几何精度是指机床各部件工作表面的几何形状，以及相互位置接近正确几何基准的程度。对于多坐标数控机床而言，各导轨的直线度和平行度将引起各个坐标的相应角度变化，即颠摆、摇摆和滚摆等，这些都会影响到机床的几何精度。

6. 机床定位精度

机床定位精度是指机床在规定的加工空间范围内，进行定位的精度，以可能出现的最大定位偏差表示。换句话说，机床定位精度是指按照允许输入的位移指令进行定位时，可能产生的最大偏差。机床定位精度受到位置检测测量系统、伺服系统、滑板进给系统以及机床各部件相互几何关系的影响。

7. 机床定位稳定性

机床定位稳定性亦称机床定位再现性，它是指在相当长的时间内，保持机床定位精度的能力。机床定位精度受到环境温度、机床温度、外加负荷和机床磨损等因素变化的影响。

8. 机床精度

机床精度是指机床在规定的条件（主要是温度条件）工作时，所能达到的机床定位精度。

9. 轮廓跟随精度

轮廓跟随精度是指实际运动轨迹接近于程序给定轨迹的程度。它影响着轮廓的加工精度，它受到伺服系统的速度放大系数、驱动时间常数、运动速度、轮廓切线方向变化率等因素的影响。

10. 机床加工精度（或称加工精度）

机床加工精度是指数控机床加工工件时所能达到的精度。它不仅取决于上述各种机床精度指标，而且还与夹具、刀具和工件本身的误差有关。影响数控机床加工精度的因素有内部因素和外部因素两种。内部因素有切削力及力矩、摩擦力、振动、加工工艺系统元件

的发热和本身负荷,以及工艺系统中各零部件的几何精度和刚度等;外部因素有周围环境的温度、设备的振动、空气湿度与污染及操作的干扰等。

上述十项精度指标中,前八项指标是静态指标(即在运动停止后进行测定的),这对各种数控机床都适用;后两项指标是动态指标,反映在加工运动过程中。在精度指标中使用最多的是加工精度、定位精度、重复定位精度以及轮廓控制精度,熟悉和掌握这些精度指标,对数控机床的维护维修有着重要意义。

【案例分析与讨论】

在知识链接中,对数控机床故障诊断与维修意义,数控机床的组成及各部分的作用,数控机床故障分类,数控机床维修工作的特点,以及数控机床的可靠性指标和精度指标6个问题都做了详细的阐述,这里不再重复讨论。

【任务小结】

本任务主要讲了数控机床故障诊断与维修意义,数控机床的组成及各部分的作用,数控机床故障分类,数控机床维修工作的特点,数控机床的可靠性指标和精度指标6个方面的基础知识。通过对本任务的学习,让学生对这门学科有个概括性了解,正确、全面地认识这门学科,是学好这门课程的前提。

【思考与练习】

- (1) 数控机床的组成及各部分的作用是什么?
- (2) 数控机床有哪些常见的故障分类方法?
- (3) 数控机床维修工作的特点是什么?
- (4) 数控机床的可靠性指标和精度指标有哪些?

任务二 数控机床的故障诊断技术与方法

【任务描述】

通过本任务的学习,主要解决以下几个方面的问题:

- (1) 什么是故障诊断技术?主要有哪些基本技术?
- (2) 数控机床故障诊断方法与一般步骤是什么?
- (3) 数控机床故障维修原则有哪些?
- (4) 数控机床常用维修的方法是什么?

【知识链接】

数控机床在运行中产生各种故障是不可避免的,关键的问题是如何迅速进行诊断,尽快确定故障部位,及时排除解决,以保证正常使用,提高生产率。

一、故障诊断技术

故障诊断技术是当前国内外发展迅速、用途广泛、效果良好的一项重要的设备工程新技术。所谓的设备故障诊断技术,就是在设备运行中或基本不拆卸全部设备的情况下,掌握设备的运行状态,判定产生故障的部位和原因,并预测、预报未来状态的技术。因此,它是防止事故的有效措施,也是设备维修的重要依据。

推广设备故障诊断技术的积极意义,有利于实行现代设备管理,进行维修体制改革,克服“维修不足”及“维修过剩”,从而达到设备寿命周期费用最经济和设备综合效率最高的目标。

用于设备故障诊断的技术有很多,但主要是以下基本技术:

(1) 检测技术,是根据不同的诊断目的,选择适用的测量技术手段,以最方便的方式对诊断对象的状态信号进行检测采集的一项基本技术。

(2) 信号处理技术,是从伴有环境噪声和其他干扰的综合信号中,把能反映设备状态特征的信号提取出来的一项基本技术。

(3) 模式识别技术,是对经过处理的状态信号的特征进行识别和判断,对是否存在故障,以及故障部位、原因和严重程度予以确定的一项基本技术。

(4) 预测技术,是对未发生或目前还不够明确的设备状态进行预估和推测,以判断故障可能的发展过程,以及何时将进入危险范围的一项基本技术。

(5) 故障机理研究,是弄清故障的形成与发展过程,了解故障的形态特征,进一步掌握故障信号,提取故障特征和建立故障档案的基础。

(6) 控制和矫正技术,是对容易产生故障的过程,以及已经存在的异常,所采取的一系列有效措施。

(7) 计算机应用技术,设备诊断的大部分工作都可以依靠计算机的信息存储和逻辑运算功能去实现,特别是精密诊断和专家系统,没有计算机技术的支持是难以完成的。

(8) 网络应用技术,是借助互联网实现足不出户的远程诊断,使专家技术资源得到共享。

数控机床故障诊断技术正向以下几个方向发展:

(1) 远程诊断技术。随着计算机技术及网络技术的发展,数控设备、网络连接设施、计算机终端之间建立起了通信联系,通过相应的软件及网络设定,计算机可以调用到数控设备的参数和状态信息。当机床发生故障时,通过计算机对数控系统进行诊断,并将监测数据送回到计算机进行分析后得出结论,进而将诊断结果和处理方法通知用户。

(2) 自修复系统。在系统内安装备用模块,并将数控系统的软件中装有自修复程序,当软件运行时一旦某一个模块发生故障,系统一方面将信息显示出来,另一方面自动寻找是否有备用模块,如果存在备用模块,系统将使故障模块脱机而接通备用模块。

(3) 专家系统。该技术是建立在专家数据库的基础之上,当数控机床出现故障时,维修人员通过调用该专家数据库系统,经过推理机构的推理获得所需的结论,进而完成对故障的诊断。

(4) 状态检测技术。机械设备的诊断过程可分为诊断信息的获取、故障特征的提取、状态识别和故障诊断4个步骤。机械设备在运行过程中的多发故障,如裂纹、断裂、剥落、摩擦、松动、爬行、冲击、失速、振动等都可导致非平稳现象的出现,这些非平稳现象的出现可表明存在某些故障。通过检测仪器在设备运行中进行监测,当出现非平稳状态时,要进行故障的诊断及识别,及时维修,防止故障扩大。

二、数控机床故障诊断方法与一般步骤

数控机床采用了先进的控制技术,是机、电、液相结合的产物,技术先进、结构

复杂,出现故障后,诊断也比较困难。下面介绍一些行之有效的数控机床故障诊断方法。

1. 故障诊断方法

1) 了解故障发生的过程,观察故障的现象

当数控机床出现故障时,首先要搞清故障现象,要向操作人员询问故障是在什么情况下发生的,怎样发生的,以及发生的过程。如果故障可以再现,应该观察故障发生的过程,搞清故障现象,然后根据机床和数控系统的工作原理,就可以很快地确定故障点并排除故障。

2) 直观观察法

直观观察法是利用人的手、眼、耳、鼻等感觉器官来寻找故障原因。这种方法在维修中最常用。

(1) 目测。目测故障板,仔细检查有无熔丝熔断、元器件烧焦、烟熏、开裂、异物短路现象,以此可判断板内有无过电流、过电压、短路等问题。

(2) 手摸。用手摸并轻摇元器件,尤其是电阻、电容、半导体器件有无松动之感,以此可以查出一些断脚、虚焊等问题。

(3) 通电。首先用万用表检查各种电源之间有无短路,如果没有,可接入相应电源,目测有无冒烟、打火等现象,手摸元器件有无异常发热,以此可发现一些较为明显的故障,从而缩小检修范围。

3) 根据报警信息诊断故障

随着数控系统的自诊断技术能力越来越强,数控机床的大部分故障数控系统都能诊断出来,并采取相应的措施,如停机等,一般都产生报警显示。当数控机床出现故障时,有时在 CRT 上显示报警信息,有时在数控装置、伺服模块、变频器上产生报警提示(LED 发光管指示等)。要对报警信息进行分析和研究,有些故障根据报警信息可以判断出故障的原因;而有些故障的报警信息不能反映故障的根本原因,而是反映出故障的结果或者由此引起的其他问题,这时要经过仔细的分析和检查才能确定故障原因。

4) 利用 PLC 的状态信息诊断故障

很多数控系统都具有 PLC 输入输出状态显示功能,如 FANUC 0 系统中“DGNOS PARAM”软键菜单下的 PMC 状态显示功能,利用这些功能,可以直接在线观察 PLC 的输入和输出的瞬时状态,这些状态的监视对诊断数控设备的很多故障是非常有用的。数控机床有些故障可以直接根据状态现象和机床电气原理图,确定故障点。

5) 利用 PLC 梯形图跟踪法确诊故障

数控机床出现的绝大部分故障都是通过 PLC 程序检查出来的。PLC 检测故障的机理就是通过运行机床厂家为特定机床编制的 PLC 程序梯形图(即用户程序),根据各种输入和输出状态进行逻辑判断,如果发现问题,产生报警并在显示器上显示报警信息。有些故障可在屏幕上直接显示出报警原因;有些虽然在屏幕上有报警信息,但并没有直接反映报警的原因;还有些故障不产生报警信息,只是有些动作不执行。若遇到后两种情况,跟踪梯形图的运行状态是确认故障的有效办法。如 FANUC 0 系统本身就有梯形图显示功能,可直接监视梯形图的运行。