



“工学结合、校企合作” 课程改革成果系列教材

数控机床

故障诊断与维修

SHUKONG JICHUANG

GUZHANG ZHENDUAN YU WEIXIU

◎ 付 强 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“工学结合、校企合作”课程改革成果系列教材

数控机床故障诊断与维修

主 编 付 强

副主编 王晓林

参 编 姜清德 赵明明 连序燕



机械工业出版社

本书针对数控机床故障诊断与维修的基本技能,采用循序渐进的方式,列举了丰富的企业实用案例,涉及 FANUC 系统、SINUMERIK 系统和广州数控系统等多个主流系统的典型故障诊断与维修。本书以培养现代企业需求的中、高级数控机床维修人才为目标,重点突出了对学生动手能力的培养和训练。

全书结合项目教学法,融专业理论与技能训练为一体,一共分为 5 个项目,包括数控机床故障诊断与维修认知、数控系统的故障诊断与维修、数控机床机械结构故障诊断及维修、伺服系统的故障与维修和机床电气与 PLC 的故障诊断及维修。

本书主要作为职业教育数控相关专业教材,也可作为相关工种培训用书,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

数控机床故障诊断与维修/付强主编. —北京:机械工业出版社,2016.5
“工学结合、校企合作”课程改革成果系列教材
ISBN 978-7-111-53497-6

I. ①数… II. ①付… III. ①数控机床—故障诊断—高等职业教育—教材②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(2016)第 073245 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:齐志刚 责任编辑:齐志刚 张亚捷 张利萍

责任校对:张玉琴 封面设计:张 静

责任印制:常天培

北京中兴印刷有限公司印刷

2016 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12.75 印张·344 千字

0 001—1 500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-53497-6

定价:33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

随着先进精密制造技术和互联网+信息技术的应用,中国经济的快速发展加快了新兴工业化发展的速度。装备制造业成为国民经济的支柱产业,也是体现综合国力的重要指标。高技能人才尤其是数控机床高技术人才严重短缺的现象已引起社会的关注。随着数控机床的大量使用和高档数控系统的开发应用,对数控机床维修人员的素质要求越来越高。当数控机床出现故障后,要求尽快排除故障、恢复生产,但是由于数控维修技术是一门新兴技术,其涵盖了机、电、气、光、液压等技术,很多维修人员还对该项技术比较陌生。

本书的任务是使学生掌握数控机床故障诊断、维修与保养所必需的专业知识、方法和技能,以满足现代企业用人需求,为学生从事本专业工作,适应职业岗位变化以及后续学习打下基础。本书主要特点如下:

1. 围绕国家颁布的最新职业标准(中级),按照“学中做,做中学”的原则,理论与实践紧密联系,强调由浅入深,循序渐进,使理论与实践教学融为一体。
2. 涉及现代职业教育教学的主流系统,具有很好的示范性和适用性。
3. 书中列举了丰富的企业实用案例,旨在培养学生的职业理念、安全意识以及合作、交流、协调能力。
4. 每个实例按照“故障设备—现象描述—原因分析—故障排除—小结”的主线展开,便于学生理解和动手操作。

本书由付强任主编并统稿,王晓林任副主编,参加本书编写的还有姜清德、赵明明和连序燕。

在本书编写过程中,得到了于雪梅、刘猛两位老师提供的相关资料,同时参考了一些相关教材和数控机床厂家的资料,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请使用本书的广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

项目一 数控机床故障诊断与维修

认知 1

任务一 数控机床故障诊断基本知识 2

任务二 数控机床维修基本知识 7

项目二 数控系统的故障诊断与维修 16

任务一 机床数控系统的组成 17

任务二 数控系统故障概述 20

任务三 数控系统的软件故障 22

任务四 数控系统的硬件故障 26

任务五 数控系统故障与维修综述 29

任务六 加工程序问题引起的故障 33

任务七 操作面板问题引起的故障 47

任务八 系统死机的故障检修 52

任务九 显示器故障的检修 57

任务十 系统自动掉电关机故障的检修 64

任务十一 数控系统存储器故障和检修 68

项目三 数控机床机械结构故障诊断及

维修 73

任务一 进给机械传动机构故障诊断与维修 73

任务二 换刀装置故障诊断与维修 85

任务三 液压系统故障诊断与维修 112

任务四 气动系统故障诊断与维修 127

任务五 润滑系统故障诊断与维修 134

项目四 伺服系统的故障与维修 140

任务一 伺服系统故障诊断与维修 140

任务二 伺服系统故障与检修实例 151

项目五 机床电气与 PLC 的故障诊断

及维修 173

任务一 机床电气 173

任务二 数控系统中的 PLC 180

任务三 通过 PLC 进行故障诊断实例 188

参考文献 198

项目一 数控机床故障诊断与维修认知

【项目导入】

数控机床是一种自动化程度较高、结构较复杂、典型的机电一体化产品，它能实现机械加工的高速度、高精度和高自动化，在企业生产中往往处于关键部位。

数控机床是一个复杂的系统，它由数控系统、可编程序控制、伺服系统、测量与检测组成的反馈系统、机床机械、网络通信等部分组成，涉及光、电、机、液、计算机等方面。大型数控机床往往包含成千上万的机械零件和电气部件，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，将直接影响企业的生产率和产品质量，甚至造成停产，给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，及时排除故障将直接关系到企业生产的经济利益，是非常重要的。数控车床如图 1-1 所示。

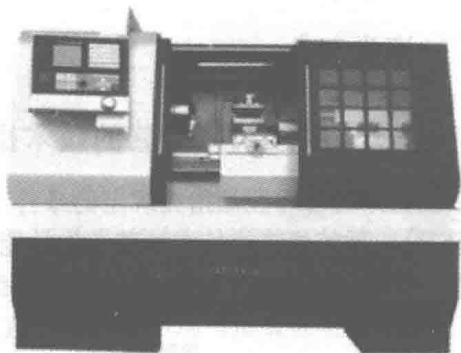


图 1-1 数控车床

【教学目标】

1. 知识目标

- 了解数控机床可靠性指标
- 了解数控机床常见故障特点分类
- 熟悉数控系统故障诊断的方法
- 熟悉数控机床维修的基本要求、基本方法和维修基本原则

2. 能力目标

- 能阐述数控机床维修的基本原则
- 能根据维修现场情况辨析机床故障的类型

3. 素质目标

- 具有团队协作能力、交流沟通能力
- 具有自学能力及独立工作能力
- 具有工作责任感
- 具有文献检索能力

【项目进阶】

任务一 数控机床故障诊断基本知识

任务二 数控机床维修基本知识

任务一 数控机床故障诊断基本知识

【学习目标】

- 了解数控机床的可靠性及可靠性指标。
- 熟悉数控机床常见故障特点分类及故障诊断方法。
- 掌握数控机床故障基本特点。
- 掌握数控机床故障的目测法、通电法、仪器测量法、接口信号检查法、备件替换法等常规方法，熟悉数控机床故障诊断的先进方法。

【知识学习】

任务实施1 数控机床维修的技术指标

数控机床的可靠性是指在规定的条件下（如环境温度和湿度、使用条件及使用方法等在正常情况下），数控机床维持无故障工作的能力。对数控机床的可靠性进行研究表明，数控机床的可靠性符合图 1-2 所示的故障率曲线。

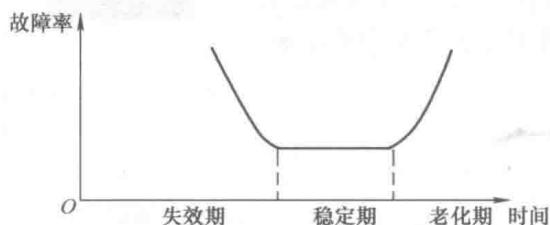


图 1-2 数控机床故障率曲线

从图 1-2 所示数控机床故障率曲线上可以看出，数控机床的故障率在失效期和老化期比较高，而在稳定期比较低。数控机床失效期一般在设备投入使用的前 18 个月左右，这一时期故障率较高，但它同时处于厂家保修期，因此应该尽量使处于这一时期的设备满负荷工作；而过了保修期后，数控机床进入 6~8 年的稳定期，机床的工作性能比较稳定；此后，数控机床进入老化期，为保持机床的有效使用率，应该考虑对机床进行数控系统改造、大修或更新。

通常通过以下三个可靠性指标衡量数控机床的可靠性。

1. 平均无故障时间 (MTBF)

平均无故障时间是指数控机床在两次故障之间能正常工作的时间的平均值，也就是数控机床在寿命范围内总工作时间与总故障次数之比，即

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

2. 平均修复时间 (MTTR)

平均修复时间是指数控机床在寿命范围内，每次从出现故障开始维修，直至能正常工作所用的平均时间，也就是数控机床在寿命范围内，总的故障时间与总的故障次数之比，即

$$MTTR = \frac{\text{总故障时间}}{\text{总故障次数}}$$

显然,这个时间越短越好。为减少这个时间,除必要的物资条件外,维修人员的水平在这里起主导作用,因此提高维修人员的水平是非常重要的。

3. 平均有效度(A)

平均有效度是考核数控机床可靠性和可维修性的指标,是对数控机床的正常工作概率进行综合评价的尺度,是指一台可维修的数控机床在一段时间内维持其性能的概率。平均有效度定义为平均无故障时间与平均修复时间和平均无故障时间之和的比,即

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

平均有效度A是一个小于1的数,越接近1越好,这就要求MTTR要尽可能的小,MTBF要尽可能的大。

任务实施2 数控机床常见故障特点分类

数控机床发生故障的原因很复杂,为方便分析和处理故障,按故障性质及故障原因等对常见故障大致分为以下5类。

1. 机械故障与电气故障

数控机床常见的机械故障主要有机械传动故障和导轨运动摩擦过大这两种,故障表现为传动噪声大、加工精度差、运行阻力大。例如,轴向传动链挠动联轴器松动,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。尤其是机床各部位标明的注油点(注油孔)需定时、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阻塞和密封不良。

2. 系统性故障和随机性故障

系统性故障通常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故障。这一类故障现象极为常见。例如,液压系统的压力值因液压回路过滤器的阻塞而降至某一设定参数时,必然会发生液压系统故障报警使系统断电停机;又如,润滑、冷却或液压等系统由于管路泄漏引起油标降到使用下限值,必然会发生液位报警使机床停机;再如,机床加工中因切削量过大,达到某一限值时必然会发生超载或超温报警,致使系统迅速停机。因此,正确使用与精心维护是杜绝或避免这类系统性故障发生的切实保障。

随机性故障通常指数控机床在同样条件下工作时,偶然发生一次或两次的故障。因此,随机性故障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因素有关。例如,接插件与连接组件因疏忽未加锁定,印刷电路板上的元器件松动变形或焊点虚脱,继电器触点、各类开关触头因污染锈蚀以及直流电动机电刷不良等所造成的接触不可靠等。另外,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随机性故障。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. 报警显示的故障和无报警显示的故障

报警显示的故障又可分为硬件报警显示的故障与软件报警显示的故障两种。硬件报警显示通常指系统各单元装置上由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、穿孔机等外设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,

这给故障分析诊断带来极大的方便。因此,维修人员日常维护和排除故障时应认真检查这些警示的状态是否正常。

软件报警显示通常指 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 显示器上以报警号显示该故障信息。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、过载报警及断线报警等。查阅相关的报警说明书,为故障的判断和排除提供极大的帮助。

上述软件报警有来自 CNC 报警和来自 PMC 报警之分。CNC 报警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。而 PMC 报警显示由 PMC 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 PMC 故障报警信息、PLC 接口说明以及 PMC 程序等内容,检查 PMC 有关接口和内部继电器状态,确定该故障所产生的原因。通常,PMC 报警发生的概率要比 CNC 报警多。

无报警显示的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 轴发生爬行现象,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;再如,在运行时机床某一轴发生异常声响,一般也无故障报警显示等。对于无报警显示的故障,通常要具体情况具体分析,要根据故障发生的前后状态进行分析判断。例如,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下,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,倘若数控部分正常,3 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由于 X 轴的伺服部分还是机械传动所造成的。

4. 机床品质下降的故障

机床可以正常运行,但表现出的现象与以前不同,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、机床启停有振荡等。此时加工零件往往不合格,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

硬件故障指数控装置的印刷电路板上的集成电路芯片、分立元件、接插件及外部连接组件等发生的故障。比较常见的是 I/O 接口损坏、功放元件损坏等。

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,一定要搞清参数的含义以及与其相关的其他参数后方可修改,否则顾此失彼还会产生新的故障,甚至发生机床动作失控。

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、电源地线配置不良、接地不良、工作环境恶劣等引发的故障。

任务实施 3 数控系统的故障诊断方法

FANUC Oi 数控装置如图 1-3 所示。

1. 直观检查法

直观检查法是维修人员最先使用的方法。在故障诊断时,首先要向故障现场人员仔细询问故障产生的过程、故障表象及故障后果,并且在整个分析、判断过程中可能要多次询问;其次是仔

细检查,根据故障诊断原则由外向内逐一进行观察,总体查看机床各部分工作状态是否处于正常状态(如各坐标轴位置、主轴状态、刀库、机械手位置等),各电控装置(如数控系统、温控装置、润滑装置等)有无报警指示,局部特别要注意观察电路板的元器件及线路是否有烧伤、裂痕等现象,电路板上是否有短路、断路以及芯片接触不良等现象,对于已维修过的电路板,更要注意有无缺件、错件及断线等情况;再次是触摸,在整机断电条件下可以通过触摸各主要电路板的安装状况、各插座的插接状况、各功率及信号导线(如伺服与电动机接触器接线)的连接状况等来发现可能出现故障的原因。

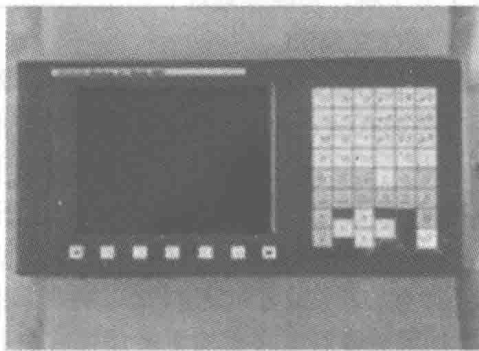


图 1-3 FANUC Oi 数控装置

2. 仪器检查法

使用常规电工仪表,对各组交、直流电源电压,对相关直流及脉冲信号等进行测量,从中找寻可能的故障。例如,用万用表检查各电源情况,以及对某些电路板上设置的相关信号状态测量点进行测量,用示波器观察相关脉动信号的幅值、相位,用 PLC 编程器查找 PLC 程序中的故障部位及原因等。

3. 功能程序测试法

功能程序测试法是将数控系统的 G、M、S、T、F 功能用编程法编成一个功能试验程序,并存储在相应的介质上。在故障诊断时运行这个程序,可快速判定故障发生的可能起因。功能程序测试法常应用于以下场合。

- 1) 机床加工造成废品而一时无法确定是编程操作不当还是由于数控系统故障引起的。
- 2) 数控系统出现随机性故障,一时难以区别是外来干扰还是系统稳定性差时。
- 3) 闲置时间较长的数控机床在投入使用前或对数控机床进行定期检修时。

4. 信号与报警指示分析法

硬件报警指示是指包括伺服系统、数控系统在内的各电子、电气装置上的各种状态和故障指示灯,结合指示灯状态和相应的功能说明便可获知指示内容及故障原因与排除方法。

软件报警指示是指如前所述的系统软件、PLC 程序与加工程序中的故障通常都设有报警显示,依据显示的报警号对照相应的诊断说明手册便可获知可能的故障原因及故障排除方法。

5. 接口状态检查法

现代数控系统多将 PLC 集成于其中,而 CNC 与 PLC 之间则以一系列接口信号形式相互通信连接。有些故障是与接口信号错误或丢失相关的,这些接口信号有的可以在相应的接口板和输入/输出板上有指示灯显示,有的可以通过简单操作在 CRT 显示器屏幕上显示,而所有的接口信号都可以用 PLC 编程器调出。这种检查方法要求维修人员既要熟悉本机床的接口信号,又要熟悉 PLC 编程器的应用。

6. 参数检查法

数控系统、PLC 及伺服系统都设置许多可修改的参数以适应不同机床、不同工作状态的要求。这些参数不仅能使各电气系统与具体机床相匹配,而且更是使机床各项功能达到最佳化所必需的。因此,任何参数的变化(尤其是模拟量参数)甚至丢失都是不允许的;而随机床的长期运行所引起的机械或电气性能的变化会打破最初的匹配状态和最佳化状态。此类故障需要重新调整相关的一个或多个参数方可排除。这种方法对维修人员的要求很高,不仅要对本系统的主要

参数十分了解，知晓其地址、熟悉其作用，而且要有较丰富的电气调试经验。

7. 试探交换法

即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刷电路板、集成电路芯片或元器件替换有疑点的部分，从而把故障范围缩小到印制电路板或芯片一级。采用此法之前应注意以下几点。

1) 更换任何备件都必须在断电情况下进行。

2) 许多印制电路板上都有一些开关或短路棒的设定以匹配实际需要，因此在更换备件时一定要记录下原有的开关位置和设定状态，并将新板做好同样的设定，否则会产生报警而不能工作。

3) 某些印制电路板的更换还需在更换后进行某些特定操作，以完成其中软件与参数的建立。这一点需要仔细阅读相应电路板的使用说明。

4) 有些印制电路板是不能轻易拔出的，如含有工作存储器的印制电路板或备用电池板，它会丢失有用的参数或程序。更换时也必须遵照有关说明操作。

鉴于以上条件，在拔出旧板更换新板之前一定要先仔细阅读相关资料，弄清要求和操作步骤之后再动手，以免造成更大的故障。

8. 测量比较法

CNC 系统生产厂在设计印制电路板时，为了调整和维修方便，在印制电路板上设计了一些检测端子。维修人员通过测量这些检测端子的电压或波形，可检查有关电路的工作状态是否正常。但利用检测端子进行测量之前，应先熟悉这些检测端子的作用及有关部分的电路或逻辑关系。

9. 特殊处理法

当今的数控系统已进入 PC 级、开放化的发展阶段，其中软件含量越来越丰富，有系统软件、机床制造软件，甚至还有使用自己的软件，由于软件逻辑的设计中不可避免的一些问题，会使得有些故障状态无从分析，如死机现象。对于这种故障现象则可以采取特殊手段来处理，如整机断电，稍作停顿后再开机，有可能将故障消除。维修人员可以在自己的长期实践中摸索其规律。

【考核评价】

评价内容	评价方式		权重
	自评与互评	教师评价	
基本知识			
技能水平			
工作态度（职业规范、对质量的追求、创造性、团队合作、安全文明生产等）			

【技能评判】

设备编号		总得分		指导教师		
项目与权重	序号	技术要求	配分	评分标准	检查记录	得分
	1					
	2					
	3					
	4					

备注：“项目与权重”包括故障判断、故障排除质量、设备操作、文明生产等方面（可以根据具体任务有所变化）。

【收获与反思】

1. 工作计划表

序号	工作内容	计划完成时间	实际完成情况	收获
1				
2				
3				
4				

2. 实施记录与改善意见

【拓展练习】

1. 数控机床出现故障后的一般处理过程是什么？
2. 如果机床部件损坏，一般采取什么方法判断？详细描述之。
3. 测量比较法的使用前提和作用是什么？

任务二 数控机床维修基本知识

【学习目标】

了解数控机床维修的内容、基本要求、基本方法、工艺过程、基本原则以及数控机床维修前的现场调查。

【知识学习】

任务实施1 数控机床维修概述

1. 维修的主要内容

维修的主要内容就是针对数控设备的各个组成部分进行维修，按照数控机床组成可分成图1-4所示的几个部分。

各组成部分的详细说明如下。

(1) 数控系统 数控系统是数字控制系统的简称，根据存储器中存储的控制程序，执行数值控制功能，并配有接口电路和伺服驱动装置的专用计算机系统。通过利用数字、文字和符号组成的数字指令来实现机床设备的动作控制，它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量和开关量。

(2) 伺服系统 即伺服驱动（系统），又称伺服控制器，由伺服放大器（伺服单元）和执行机构等部分组成。伺服控制器和伺服电动机如图1-5所示。一般采用交流伺服电动机作为执行机构。伺服系统是数控机床的主要组成部分，伺服系统接受数控装置发出的位移、速度指令，经变换、放大和调整，由电动机和机械传动机构驱动机床的坐标轴主轴等，带动工作台和刀架通过

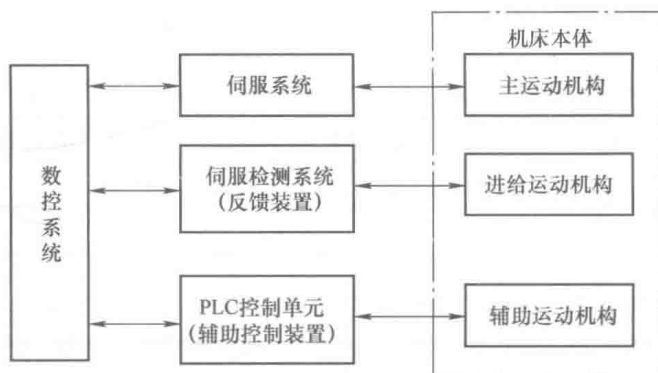


图 1-4 数控机床的组成

轴的联动，使刀具相对工件产生各种复杂机械运动。

数控机床伺服系统由于和机械部分连接，其故障占机床总故障的比率较高。由于其涉及的环节较多，加上种类繁多、技术原理各具特色，给维修和诊断带来困难。根据伺服系统的控制原理和系统接口的特性，对系统进行分解判断，已成为行之有效的办法。

(3) 位置检测系统 位置检测系统的作用是检测数控机床坐标的实际位置和移动速度，检测信号被反馈输入到机床的数控装置或伺服驱动中，数控装置或伺服驱动对反馈的实际位置和速度与给定值进行比较，并向机床发出新的位移、速度指令。检测装置的安装、检测信号反馈的位置，决定于数控系统的结构形式。由于先进的伺服系统都采用了数字化伺服驱动技术（称为数字伺服），伺服驱动和数控装置间一般都采用总线进行

连接，反馈信号在大多数场合都是与伺服驱动进行连接，并通过总线传送到数控装置的。只有在少数场合采用模拟量控制的伺服驱动（称为模拟伺服）时，反馈装置才需要直接和数控装置进行连接。

(4) PLC 控制单元（辅助控制装置） PLC 控制单元的主要作用：根据数控装置输出主轴的转速、转向和启停指令，刀具的选择和交换指令，冷却、润滑装置的启停指令，工件和机床部件的松开、夹紧工作台转位等辅助指令所提供的信号，以及机床上检测开关的状态等信号，经过必要的编译和逻辑运算，经放大后驱动相应的执行元件，带动机床机械部件、液压、气动等辅助装置完成指令规定的动作。

(5) 机床本体 机床本体与传统的机床基本相同，它也是由主传动系统，进给传动驱动系统，床身、工作台及辅助运动装置，液压气动系统，润滑系统，冷却装置等部分组成的。但为了满足数控的要求，充分发挥机床性能，它在总体布局、外观造型、传动系统结构、刀具系统及操作性能方面都已发生了很大的变化。图 1-6 所示为数控车削中心。

2. 维修的基本要求

数控机床采用了先进的控制技术，是机、电、液、气相结合的产物，技术比较复杂，涉及的知识面也比较广，因此要求维修人员要有一定的素质，具体要求如下。

(1) 要具有一定的理论基础 电气维修人员除了需要掌握必要的计算机技术、自控技术、

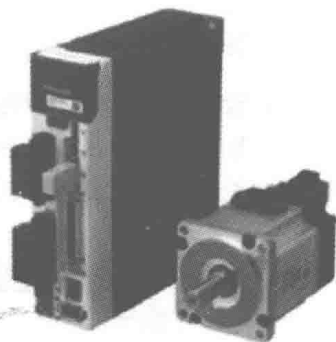


图 1-5 伺服控制器和伺服电动机

PLC 技术、电动机拖动原理外,还要掌握一些液压技术、气动技术、机械原理、机械加工工艺等,另外还要熟悉数控机床的编程语言并能熟练使用计算机。机械维修人员除了掌握机械原理、机械加工工艺、液压技术、气动技术外,还要熟悉 PLC 技术,能够看懂 PLC 梯形图,也要了解数控机床的编程。所以作为数控机床的维修人员要不断学习,刻苦钻研,扩展知识面,提高理论水平。

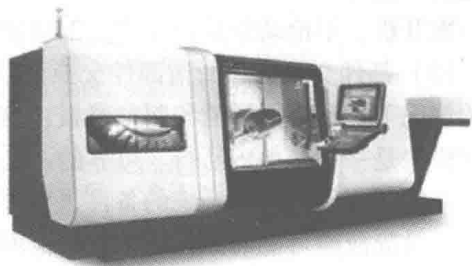


图 1-6 数控车削中心

(2) 要具有一定的英文基础,以便阅读原文技术资料 因为进口数控机床的操作面板、屏幕显示、报警信息、图样、技术手册等大多都是英文的,而许多国产的数控机床也采用进口数控系统,屏幕显示、报警信息也都是英文的,系统手册很多也都是英文的,所以具有良好的科技英语阅读能力,也是维修数控机床的基本条件之一。

(3) 要具有较强的逻辑分析能力 维修人员要细心、善于观察并善于总结经验,这是快速发现问题的基本条件。因为数控机床的故障千奇百怪、各不相同,只有细心观察、认真分析,才能找到问题的根本原因,而且还要不断总结经验,做好故障档案记录,这样技术水平才会不断提高。

(4) 要具有较强解决问题的能力,思路要开阔 应该了解数控机床及数控系统的操作,熟悉机床和数控系统的功能,能够充分利用数控系统的资源。当数控机床出现故障时,能够使用数控系统查看报警信息,检查、修改机床数据和参数,调用系统诊断功能,对 PLC 的输入、输出、标志位等信息进行检查等;还要善于解决问题,发现问题后,要尽快排除,提高解决问题的效率。

3. 维修的基本方法

对于数控机床发生的大多数故障,总体上说可采用下述几种方法来进行故障判断。

(1) 直观法 这是一种最基本、最简单的方法。维修人员通过对故障发生时产生的各种光、声、味等异常现象的观察、检查,可将故障缩小到某个模块,甚至一块印制电路板。但是,它要求维修人员具有丰富的实践经验及综合判断能力。

(2) 系统自诊断法 充分利用数控系统的自诊断功能,根据 CRT 显示器上显示的报警信息及各模块上的发光二极管等器件的指示,可判断出故障的大致起因。进一步利用系统的自诊断功能,还能显示系统与各部分之间的接口信号状态,找出故障的大致部位。它是故障诊断过程中最常用、最有效的方法之一。

(3) 参数检查法 数控系统的机床参数是保证机床正常运行的前提条件,它们直接影响着数控机床的性能。

参数通常存放在系统存储器中,一旦电池不足或受到外界的干扰,可能导致部分参数的丢失或变化,使机床无法正常工作。通过核对、调整参数,有时可以迅速排除故障,特别是对于机床长期不用的情况,参数丢失的现象经常发生,因此,检查和恢复机床参数是维修中行之有效的办法之一。另外,数控机床经过长期运行之后,由于机械运动部件磨损,电气元器件性能变化等原因,也需对有关参数进行重新调整。

(4) 功能测试法 所谓功能测试法是通过功能测试程序,检查机床的实际动作,判别故障的一种方法。功能测试可以将系统的功能(如直线定位、圆弧插补、螺纹切削、固定循环、用户宏程序等),用手工编程方法,编创一个功能测试程序,并通过运行测试程序,来检查机床执

行这些功能的准确性和可靠性,进而判断出故障发生的原因。对于长期不用的数控机床或是机床第一次开机,不论动作是否正常,都应使用本方法进行一次检查以判断机床的工作状况。

(5) 部件交换法 所谓部件交换法,就是在故障范围大致确认,并在确认外部条件完全正确的情况下,利用同样的印制电路板、模块、集成电路芯片或元器件替换有疑点部分的方法。部件交换法是一种简单、易行、可靠的方法,也是维修过程中最常用的故障判别方法之一。

交换的部件可以是系统的备件,也可以用机床上现有的同类型部件替换。通过部件交换就可以逐一排除故障可能的原因,把故障范围缩小到相应的部件上。

必须注意的是,在备件交换之前应仔细检查、确认部件的外部工作正常。在线路中存在短路、过电压等情况时,切不可轻易更换备件。此外,备件(或交换板)应完好,且与原板的各种设定状态一致。

在交换 CNC 装置的存储器板或 CPU 板时,通常还要对系统进行某些特定的操作,如存储器的初始化操作等,并重新设定各种参数,否则系统不能正常工作。这些操作步骤应严格按照系统的操作说明书、维修说明书进行。

(6) 测量比较法 数控系统的印制电路板制造时,为了调整和维修的便利,通常都设置检测用的测量端子。维修人员利用这些检测端子,可以测量、比较正常的印制电路板和有故障的印制电路板之间的电压或波形的差异,进而分析、判断故障原因及故障所在位置。

通过测量比较法,有时还可以纠正他人在印制电路板上的调整、设定不当而造成的“故障”。

测量比较法使用的前提:维修人员应了解或实际测量正确的印制电路板关键部位、易出故障部位的正常电压值、正确的波形,才能进行比较分析,而且这些数据应随时做好记录并作为资料积累。

(7) 原理分析法 原理分析法是根据数控系统的组成及工作原理,从原理上分析各点的电平和参数,并利用万用表、示波器或逻辑分析仪等仪器对其进行测量、分析和比较,进而对故障进行系统检查的一种方法。运用这种方法要求维修人员有较高的水平,对整个系统或各部分电路有清楚、深入地了解才能进行。对于具体的故障,也可以通过测绘部分控制线路的方法,通过绘制原理图进行维修。在本书中,提供了部分测绘的原理图,可供维修时参考。

(8) 其他方法 其他方法包括插拔法、电压拉偏法、敲击法、局部升温法等,这些检查方法各有特点,维修人员可以根据不同的故障现象加以灵活应用,以便对故障进行综合分析,逐步缩小故障范围,排除故障。

4. 维修的工艺过程

数控系统型号颇多,所产生的故障原因往往比较复杂,掌握正确的维修工艺过程,有助于更快、更准确地诊断和维修机床故障。数控机床检测工艺流程如图 1-7 所示。

5. 维修的基本原则

数控机床故障分析,需要在遵循一定原则的基础上,对机床强电、机械、液压、气动等方面都做详细的检查,并综合判断,达到确诊和最终排除故障的目的。数控机床维修的基本原则如下。

(1) 先安检后通电 确定方案后,对有故障的机床仍要秉承先静后动的原则,先在机床断电的静止状态,通过观察测试、分析,确认为非恶性循环性故障或非破坏性故障后,方可给机床通电,在运行工况下,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,在运行工况下进行动态诊断。

(2) 先软件后硬件 当发生故障的机床通电后,应先检查软件的工作是否仍正常。有些可

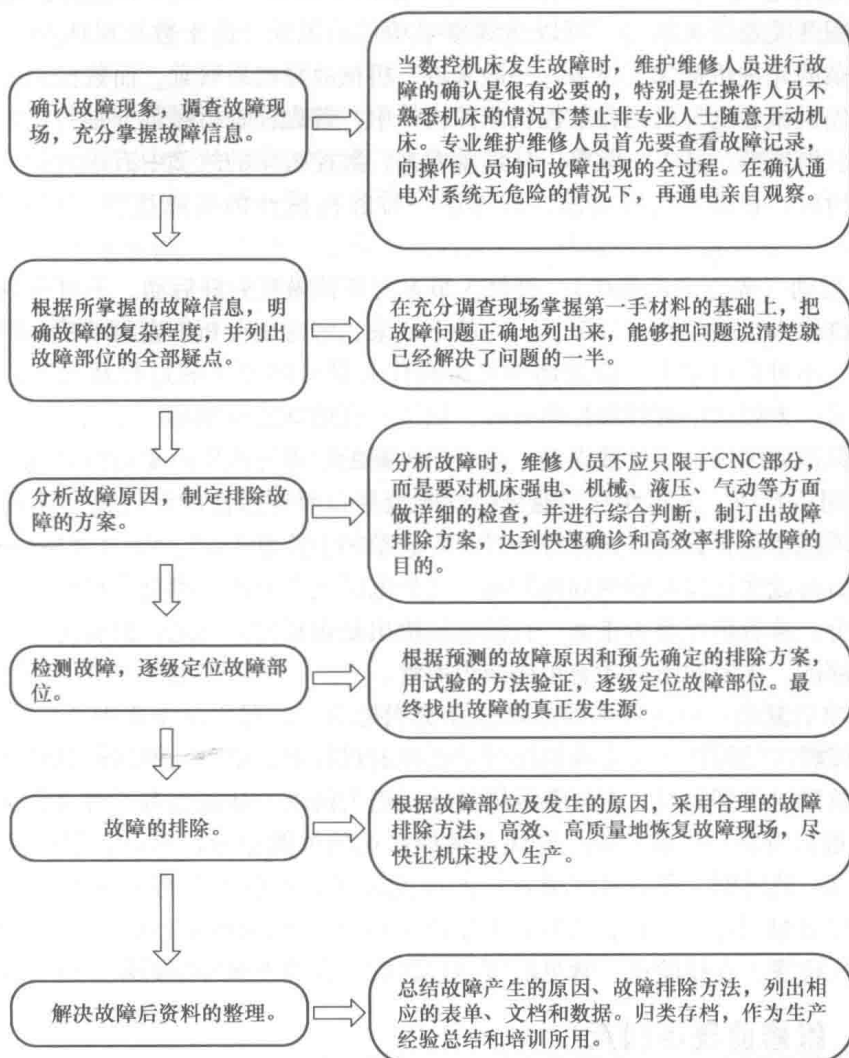


图 1-7 数控机床检测工艺流程

能是软件的参数丢失或者是操作人员使用方式、操作方法不对而造成的报警或故障。切忌一开始就大拆大卸，以致造成更严重的后果。

(3) 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。数控机床的检修要求维修人员掌握先外部后内部的原则。即当数控机床发生故障后，维修人员应先采用望、闻、听、问等方法，由外向内逐一进行检查。例如，数控机床中，外部的行程开关、按钮、液压气动元件以及印制电路板插头座、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等，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，是产生数控机床故障的重要因素。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，尽量避免随意地启封、拆卸。不适当地大拆大卸，往往会扩大故障，使机床大伤元气，丧失精度，降低性能。

(4) 先机械后电气 数控机床的故障大部分是由于机械动作失灵引起的, 先检查机械部分是否正常、行程开关是否灵敏等, 可以达到事半功倍的效果。由于数控机床是一种自动化程度高、技术较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, 首先检查机械部分是否正常, 行程开关是否灵敏, 气动、液压部分是否正常等。从经验看来, 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, 首先逐一排除机械性的故障往往可以达到事半功倍的效果。

(5) 先静后动 (先方案后操作) 维修人员本身应该做到先静后动, 不可盲目动手, 应先了解情况。维护维修人员碰到机床故障后, 先静下心来, 考虑出分析方案再动手。维修人员本身要做到先静后动, 不可盲目动手, 应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。如果一开始就碰这敲那、连此断彼, 徒劳的结果也许尚可容忍, 但造成现场破坏导致误判, 或者引入新的故障导致更严重的后果则后患无穷。

(6) 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, 如机床的几根进给轴都不能运动, 这时应先检查和排除各进给轴公用的 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矛盾, 局部的、次要的矛盾才有可能迎刃而解。

(7) 先简单后复杂 当出现多种故障相互交织掩盖、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, 难度大的问题也可能变得容易, 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。

(8) 先一般后特殊 出现故障, 应先考虑最常见的可能原因, 后分析很少发生故障的特殊原因。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, 当数控车床 Z 轴回零不准时, 常常是由于降速挡块位置移动所造成的。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。

任务实施 2 维修前现场调查

数控机床发生故障时, 为了进行故障诊断, 找出产生故障的根本原因, 维修人员应充分调查故障现场, 这是维修人员取得维修第一手材料的一个重要手段。调查故障现场的工作内容包括查看故障记录单, 同时应向操作者调查、询问出现故障的全过程, 以充分了解发生的故障现象及采取过的措施等。此外, 维修人员还应到现场做细致的检查, 观察系统的外观、内部各部分是否有异常之处, 在确认数控系统通电无危险的情况下方可通电, 通电后再观察系统有何异常、显示器显示的报警内容等。现场调查的具体内容如下。

1. 故障的种类

- 1) 发生故障时, 系统处于何种工作方式, 即 JOG 方式、MDI 方式还是 MEM 方式等。
- 2) 系统状态显示, 有时系统发生故障却没有报警, 此时需要通过诊断画面观察系统处于何种状态。例如是在执行 M、S、T 辅助功能还是在自动运转; 又如系统是处于暂停还是急停, 或者系统处于互锁状态还是倍率为 0% 状态等。
- 3) 定位误差超差情况。
- 4) 在显示器上有误报警出现, 何种报警型号。
- 5) 刀具轨迹出现误差, 此时的速度是否正常。