



21世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

数控机床诊断与维修

shukongjichuangzhenduanyuweixiu

■ 主 编 曾绍平 余汾芬
■ 副主编 张学胜 董跃平 宋宪臣



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

数控机床诊断与维修

主 编 曾绍平 余汾芬
副主编 张学胜 董跃平 宋宪臣
参 编 王 慧



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书系统地介绍了数控机床故障诊断及维护的技术和方法,内容涉及数控机床的各个组成部分。在参阅了大量技术资料的基础上,结合编者多年来的实践与教学经验,对本书的总体结构和内容进行了合理的编排,突出了各种故障诊断及维护方法的实用性。

本书由5章与1个实验实训附录,共6部分构成,以当今国内主流数控系统为基础,分别从数控机床基本知识、数控机床整体故障诊断及维护技术和方法、数控机床的安装调试、数控机床机械结构以及数控系统、伺服系统、PLC控制系统等的故障现象进行阐述,围绕当前各院校数控实训基地建设和设备情况,以项目化教学方法进行编排,以提高教师教学实施性、学生学习兴趣性,为学生获得解决实际问题的能力提供一个平台。

本书适合于高等院校数控技术应用专业、机电一体化专业、机械制造及自动化专业及其他相关专业使用。也可供从事数控机床维修工作的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控机床诊断与维修/曾绍平,余汾芬主编. —北京:北京理工大学出版社, 2010. 2

ISBN 978-7-5640-3014-8

I. ①数… II. ①曾… ②余… III. ①数控机床—故障诊断—高等学校—教材 ②数控机床—维修—高等学校—教材
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 015561 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市南阳印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 9.25

字 数 / 171 千字

版 次 / 2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1500 册

定 价 / 22.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

近十多年来,我国机电行业、制造行业随着技术的进步和市场的需要,得到了迅猛的发展。而数控机床作为机电行业、制造行业的典型设备,代表着该行业发展的水平和高度。随着数控机床的应用领域不断扩大和深化,从事数控机床操作、维护的人员也大量增加。为适应数控机床日益普及的趋势,近年来,各高等院校都开设了数控机床的相关专业和课程,为现代制造业培养了大量的数控机床各级专门人才。

但是,由于数控机床是一种新型的自动化机床设备,它采用了许多电子检测、自动控制、计算机及驱动等新技术,是真正意义上的机电一体化产品,存在组成结构复杂、控制技术先进的特点。所以,比普通设备更容易出现故障,并且很多故障的诊断、排除,其难度都比较大。随着数控机床在生产中应用的深度和广度不断扩大,比例不断提高,现实对数控机床提出的要求也越来越高。主要表现在两个方面:一是要求数控机床的可靠性必须提高;二是对数控机床出现故障后要求尽快排除。所以,数控机床的操作及维修人员不但要有理论知识,而且要有快速发现问题、解决问题的能力,并能由此积累丰富的实践经验。

本书是作者在自己多年数控机床调试及维修的实践基础上,结合这几年具体的教学要求、学生接受的程度情况,总结出一些普遍性的问题,并运用有关基本理论和书本知识予以诠释和阐述,具有一定的理论性和鲜明的实践性。同时,还着重介绍了对一般数控机床故障的诊断与维修的方法和技巧,可作为工作实践和教学中的参考。本书还围绕当前各院校数控实训基地的建设和设备情况,融入了学生实验及实训的具体内容,可给教师和学生提供参照。

本书分类介绍了数控机床各个部分故障的维修方法、技巧,浅显易懂,内容翔实。以当今国内主流数控系统为典型,分别从数控机床基本知识、数控机床整体故障诊断及维护技术和方法、数控机床的安装调试、数控机床机械结构、数控系统、伺服系统、PLC控制系统等容易产生的故障现象进行阐述,能够对数控机床故障的诊断和维修起到指导作用。

本书由曾绍平、余汾芬任主编;张学胜、董跃平、宋宪臣任副主编;王慧参与了本教材的部分编写工作。全书由曾绍平统稿。

因编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有缺点和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪 言	1
项目一 数控机床的基本知识	1
项目二 数控机床故障诊断与维修的目的与要求	5
项目三 数控机床的故障处理	7
项目四 数控机床故障诊断的方法	10
第二章 数控机床的安装、调试与验收	15
项目一 数控机床的安装调试	15
项目二 数控机床的验收	18
子项目一 数控机床精度检验	18
子项目二 数控机床性能检验	22
子项目三 数控机床系统功能检验	23
第三章 数控机床机械结构的故障诊断与维修	25
项目一 数控机床的机械知识概述	25
项目二 数控机床机械故障诊断方法	29
项目三 主传动系统的诊断与维修	36
项目四 进给传动系统故障的诊断及维修	42
项目五 导轨副故障的诊断与维修	48
项目六 液压与气动系统故障诊断及维修	51
项目七 刀库及自动换刀装置故障诊断及维修	56
第四章 数控装置的故障诊断与维修	59
项目一 FANUC-0i 数控装置	59
项目二 SINUMERIC 840C 数控装置	65
项目三 华中 HNC-21 数控装置	70
项目四 数控系统的故障诊断方法与日常维护	75
项目五 电源维护及故障诊断	81
项目六 主轴伺服系统的故障诊断与维修	86
项目七 进给伺服系统的故障诊断与维修	90
项目八 位置检测装置的故障诊断与维修	100

第五章 数控机床 PLC 的故障诊断与维修 104

 项目一 数控机床 PLC 的基本知识 104

 项目二 数控机床 PLC 控制的故障诊断与维修 109

附录 华中数控 HED-21S 数控系统综合实验台实验实训 112

 项目一 华中数控综合实验台认识 120

 项目二 数控系统实验台数控系统原理及组成 122

 项目三 数控系统实验台基本操作 123

 项目四 数控代码编程 129

 项目五 数控实验台机械部件拆装 130

 项目六 数控系统的连接与调试 133

 项目七 数控系统参数设置与调整 139

参考文献 141

第一章 绪 言

项目一 数控机床的基本知识

一、数控机床的发展过程

1. 国外数控系统的发展

从 1952 年美国麻省理工学院研制出第一台三坐标数控铣床到现在, 经历了以下六个发展阶段:

第一阶段 (1952 年) 电子管阶段;

第二阶段 (1960 年) 晶体管和印刷电路板阶段;

第三阶段 (1965 年) 小规模集成电路阶段;

第四阶段 (1970 年) 小型计算机阶段;

第五阶段 (1974 年) 微处理器或微型计算机阶段;

第六阶段 (20 世纪 90 年代后) 基于 PC-NC 的智能数控系统阶段。

其中前三阶段的数控系统是属于采用专用控制计算机的硬逻辑 (硬线) 数控系统, 简称 NC (Numerical Control), 目前已被淘汰。后三个阶段的数控系统由于以计算机为核心, 即计算机数控系统, 简称 CNC (Computer Numerical Control)。

2. 我国数控机床的发展现状

我国 1958 年开始研制数控机床, 也经历了上述六个发展阶段, 取得很大的发展, 国产数控系统现有武汉华中数控系统、北京航天机床数控集团航天数控系统、中科院沈阳计算机所蓝天数控系统、中国珠峰数控公司中华数控系统等。

二、数控机床的发展趋势

到 20 世纪 80 年代, 总体发展趋势是: 数控装置由 NC 向 CNC 发展; 广泛采用 32 位 CPU 组成多微处理器系统; 提高系统的集成度, 缩小体积, 采用模块化结构, 便于裁剪、扩展和功能升级, 满足不同类型数控机床的需要; 驱动装置向交流、数字化方向发展; CNC 装置向人工智能化方向发展; 采用新型的自动编程系统; 增强通信功能; 数控系统可靠性不断提高。总之, 数控机床技术不断发展, 功能越来越完善, 使用越来越方便, 可靠性越来越高, 性能价格比也越来越高。

(一) 数控系统技术发展的发展趋势

1. 新一代数控系统采用开放式体系结构

进入 20 世纪 90 年代以来, 由于计算机技术的飞速发展, 推动数控机床技术

更快的更新换代。世界上许多数控系统生产厂家利用 PC 机丰富的软硬件资源开发开放式体系结构的新一代数控系统。开放式体系结构使数控系统有更好的通用性、柔性、适应性、扩展性，并向智能化、网络化方向大大发展。

开放式体系结构可以大量采用通用微机的先进技术，如多媒体技术，实现声控自动编程、图形扫描自动编程等。数控系统继续向高集成度方向发展，每个芯片上可以集成更多个晶体管，使系统体积更小，更加小型化、微型化。可靠性大大提高。利用多 CPU 的优势，实现故障自动排除；增强通信功能，提高进线、联网能力。开放式体系结构的新一代数控系统，其硬件、软件和总线规范都是对外开放的，由于有充足的软、硬件资源可供利用，不仅使数控系统制造商和用户进行的系统集成得到有力的支持，而且也为用户的二次开发带来极大方便，促进了数控系统多档次、多品种的开发和广泛应用，既可通过升档或剪裁构成各种档次的数控系统，又可通过扩展构成不同类型数控机床的数控系统，开发生产周期大大缩短。这种数控系统可随 CPU 升级而升级，结构上不必变动。

2. 新一代数控系统控制性能大大提高

数控系统在控制性能上向智能化发展。随着人工智能在计算机领域的渗透和发展，数控系统引入了自适应控制、模糊系统和神经网络的控制机理，不但具有自动编程、前馈控制、模糊控制、学习控制、自适应控制、工艺参数自动生成、三维刀具补偿、运动参数动态补偿等功能，而且人机界面极为友好，并具有故障诊断专家系统使自诊断和故障监控功能更趋完善。伺服系统智能化的主轴交流驱动和智能化进给伺服装置，能自动识别负载并自动优化调整参数。直线电机驱动系统已实用化。

总之，新一代数控系统技术水平大大提高，促进了数控机床性能向高精度、高速度、高柔性化方向发展，使柔性自动化加工技术水平不断提高。

(二) 数控机床发展趋势

为了满足市场和科学技术发展的需要，为了达到现代制造技术，对数控技术提出的更高的要求。当前，世界数控技术及其装备发展趋势主要体现在以下几个方面。

1. 高速化

机床向高速化方向发展，可充分发挥现代刀具材料的性能，不但可大幅度提高加工效率、降低加工成本，而且还可提高零件的表面加工质量和精度。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低成本生产有广泛的适用性。

新一代数控机床（含加工中心）只有通过高速化大幅度缩短切削工时才可能进一步提高其生产率。超高速加工特别是超高速铣削与新一代高速数控机床特别是高速加工中心的开发应用紧密相关。20 世纪 90 年代以来，欧洲各国及美、日争相开发应用新一代高速数控机床，加快机床高速化发展步伐。高速主轴单元（电主轴，转速 15 000 ~ 100 000 r/min）、高速且高加/减速度的进给运动部件

(快移速度 $60 \sim 120 \text{ m/min}$, 切削进给速度高达 60 m/min)、高性能数控和伺服系统以及数控工具系统都出现了新的突破, 达到了新的技术水平。随着超高速切削机理、超硬耐磨长寿命刀具材料和磨料磨具、大功率高速电主轴、高加/减速度直线电机驱动进给部件以及高性能控制系统(含监控系统)和防护装置等一系列技术领域关键技术的解决, 应不失时机地开发应用新一代高速数控机床。

依靠快速、准确的数字量传递技术对高性能的机床执行部件进行高精密度、高响应速度的实时处理, 由于采用了新型刀具, 车削和铣削的切削速度已达到 $5\,000 \sim 8\,000 \text{ m/min}$ 以上; 主轴转数在 $30\,000 \text{ r/min}$ (有的高达 10 万 r/min) 以上; 工作台的移动速度(进给速度)在分辨率为 $1 \mu\text{m}$ 时, 在 100 m/min (有的到 200 m/min) 以上, 在分辨率为 $0.1 \mu\text{m}$ 时, 在 24 m/min 以上; 自动换刀速度在 1 s 以内; 小线段插补进给速度达到 12 m/min 。根据高效率、大批量生产需求和电子驱动技术的飞速发展, 高速直线电机的推广应用, 开发出一批高速、高效的高速响应的数控机床以满足汽车、农机等行业的需求。还由于新产品更新换代周期加快, 模具、航空、军事等工业的加工零件不但复杂而且品种增多。

2. 高精度

从精密加工发展到超精密加工(特高精度加工), 是世界各工业强国致力发展的方向。其精度从微米级到亚微米级, 乃至纳米级($<10 \text{ nm}$), 其应用范围日趋广泛。超精密加工主要包括超精密切削(车、铣)、超精密磨削、超精密研磨抛光以及超精密特种加工(三束加工及微细电火花加工、微细电解加工和各种复合加工等)。随着现代科学技术的发展, 对超精密加工技术不断提出了新的要求。新材料及新零件的出现, 更高精度要求的提出等都需要超精密加工工艺, 发展新型超精密加工机床, 完善现代超精密加工技术, 以适应现代科技的发展。

当前, 机械加工高精度的要求如下: 普通的加工精度提高了一倍, 达到 $5 \mu\text{m}$; 精密加工精度提高了两个数量级, 超精密加工精度进入纳米级($0.001 \mu\text{m}$), 主轴回转精度要求达到 $0.01 \sim 0.05 \mu\text{m}$, 加工圆度为 $0.1 \mu\text{m}$, 加工表面粗糙度 $Ra = 0.003 \mu\text{m}$ 等。

精密化是为了适应高新技术发展的需要, 也是为了提高普通机电产品的性能、质量和可靠性, 减少其装配时的工作量从而提高装配效率的需要。随着高新技术的发展和对机电产品性能与质量要求的提高, 机床用户对机床加工精度的要求也越来越高。为了满足用户的需要, 近 10 多年来, 普通级数控机床的加工精度已由 $\pm 10 \mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5 \mu\text{m}$, 精密级加工中心的加工精度则从 $\pm (3 \sim 5) \mu\text{m}$, 提高到 $\pm (1 \sim 1.5) \mu\text{m}$ 。

3. 高可靠性

数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性在一个数量级以上, 但也不是可靠性越高越好, 仍然是适度可靠, 因为是商品, 受性能价格比的约束。对于每天工作两班的无人工厂而言, 如果要求在 16 小时内连续正常工作, 无故障

率 $P(t) = 99\%$ 以上的话, 则数控机床的平均无故障运行时间 MTBF 就必须大于 3 000 小时。MTBF 大于 3 000 小时, 对于由不同数量的数控机床构成的无人化工厂差别就大多了。我们只对一台数控机床而言, 如主机与数控系统的失效率之比为 10:1 的话 (数控的可靠比主机高一个数量级)。此时数控系统的 MTBF 就要大于 33 333.3 小时, 而其中的数控装置、主轴及驱动等的 MTBF 就必须大于 10 万小时。

当前国外数控装置的 MTBF 值已达 6 000 小时以上, 驱动装置达 30 000 小时以上。

4. 模块化

机床结构模块化, 数控功能专门化, 机床性能价格比显著提高并加快优化。为了适应数控机床多品种、小批量的特点, 机床结构模块化, 数控功能专门化, 机床性能价格比显著提高并加快优化。个性化是近几年来特别明显的发展趋势。

5. 智能化

智能化的内容包括在数控系统中的各个方面: 为追求加工效率和加工质量方面的智能化, 如自适应控制, 工艺参数自动生成; 为提高驱动性能及使用连接方便方面的智能化, 如前馈控制、电机参数的自适应运算、自动识别负载自动选定模型、自整定等; 简化编程、简化操作方面的智能化, 如智能化的自动编程, 智能化的人机界面等; 智能诊断、智能监控方面的内容, 方便系统的诊断及维修等。

6. 柔性化和集成化

数控机床向柔性自动化系统发展的趋势是: 从点 (数控单机、加工中心和数控复合加工机床)、线 (FMC、FMS、FTL、FML) 向面 (工段车间独立制造岛、FA)、体 (CIMS、分布式网络集成制造系统) 的方向发展, 另一方面向注重应用性和经济性方向发展。柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段, 是各国制造业发展的主流趋势, 是先进制造领域的基础技术。其重点是以提高系统的可靠性、实用化为前提, 以易于联网和集成为目标; 注重加强单元技术的开拓、完善; CNC 单机向高精度、高速度和高柔性方向发展; 数控机床及其构成柔性制造系统能方便地与 CAD、CAM、CAPP、MTS 联结, 向信息集成方向发展; 网络系统向开放、集成和智能化方向发展。

三、数控机床技术的优点

数控机床集机械制造、计算机、气动、传感检测、液压、光机电技术等一体, 其优点主要有下面几点:

- (1) 能够进行复杂型面零件的加工, 解决工艺难题。
- (2) 提高生产率。
- (3) 具有柔性。
- (4) 减轻工人的劳动强度。

项目二 数控机床故障诊断与维修的目的与要求

一、数控机床故障诊断与维修的目的

数控机床综合应用了计算机、自动控制、精密测量、现代机械制造和数据通信等多种技术,是机械加工领域中典型的机电一体化设备,适于多品种、中小批量的复杂零件的加工。数控机床作为实现柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)和未来工厂自动化(FA)的基础已成为现代制造技术中不可缺少的设备,因此得到了巨大的发展。

要发挥数控机床的效率,就要求机床开动率高,这对数控机床提出了可靠性要求。衡量可靠性的主要指标是平均无故障工作时间(Mean Time Between Failures, MTBF):

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

平均无故障工作时间是指设备在一个比较长的使用过程中,两次故障时间的平均时间。当数控设备发生了故障,需要及时排除。从开始排除故障直到数控设备能正常使用所需要的时间称为平均修复时间(Mean Time To Repair, MTTR),反映了数控设备的可维修性。

衡量数控机床的可靠性和可维修性的指标是平均有效度 A:

$$A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

平均有效度是指可操纵的设备在某一时间内维持其性能的概率,这是一个小于1的正数。数控机床故障的平均修复时间越短,则A就越接近1,那么数控机床的使用性能就越好。

近几年全世界每年要生产几千台不同类型与规格的数控机床,我国每年也有近千台数控机床的产量。由于一些用户对数控机床的故障还不能及时作出正确的判断和排除,并且机床生产单位因交通、通信、资金、技术人员的水平等因素不能及时派出维修人员到现场服务,目前国内各行业中的数控机床开支率平均达到20%~30%。

数控机床的故障诊断与维修是数控机床使用过程中重要的组成部分,也是目前制约数控机床发挥作用的因素之一,因此学习数控机床故障诊断与维修的技术和方法有重要的意义。数控机床的生产厂商加强数控机床的故障与维修的力量,可以提高数控机床的质量,有利于数控机床的推广和使用。数控机床的使用单位培养掌握数控机床故障诊断与维修的技术人员,有利于提高数控机床的使用率。随着数控机床的推广和使用,培养更多的掌握数控机床故障诊断与维修的高素质人才的任务也越来越迫切。

二、数控机床故障诊断与维修的要求

数控机床故障诊断与维修的基本要求是指导数控机床的工作环境、日常保养与维护及对数控机床操作员、维修人员的要求。

1. 工作环境要求

良好的工作环境是提高数控机床可靠性的必要条件。数控机床的环境要求是综合性的。数控机床需要有稳定的机床基础,否则数控机床的精度无法保证。精密数控机床有恒温要求,普通数控机床没有恒温要求,但环境温度过高会引起故障率的增加。这是由于数控机床本身所使用的电子元器件有工作温度的限制。电子元器件的工作温度一般要求在 $40 \sim 45^{\circ}\text{C}$ 以下,室温达 35°C 时,使用中的数控机床计算机数控(CNC)装置内和电气柜内的温度可以达到 40°C 左右,其内部的元器件很可能不能正常工作。数控机床的工作车间保持空气流通和干净。灰尘、油雾和金属粉末会使得元器件之间绝缘电阻下降或短路,造成元器件损坏。潮湿的环境会使印刷电路板、元器件、接插件、床身、电气柜、机床防护罩锈蚀,造成接触不良、控制失灵,机床的机械精度降低。电网供电要满足数控机床正常运行所需总容量的要求,电压波动不能超过 $\pm 10\%$,否则要损坏电子元器件。为了安全和减少干扰,数控机床要求接地线。接地点要可靠,应该与车间接地网相连或者单独制作接地装置,接地电阻要小于 $4 \sim 7\ \Omega$ 。数控机床的 CNC 装置、伺服驱动系统的抗干扰能力是有限度的,电磁干扰会导致数控系统失控,所以数控机床要远离焊机、大型吊车和产生强电磁干扰的设备放置。

2. 日常保养和维护的要求

数控机床的维修包括了日常保养和维护。数控机床的日常保养和维护可以减少机械传动部件的磨损,延长电子元器件的使用寿命,从而可能增加数控机床的可靠性和稳定性。数控机床的维护和保养有明确的规定,对此应该严格遵守。

要经常监测 CNC 装置使用的电网电压,如果电压超出波动范围,要使用稳压器。每天检查 CNC 装置和电气柜内各个轴流风扇工作是否正常,视工作环境的情况,每隔一定的天数定期检查风道过滤装置是否有堵塞现象,并及时清理。除了定期的日常保养和维修外,要尽量少打开 CNC 装置和电气柜,防止灰尘、油雾、金属粉末和铁屑进入 CNC 装置和电气柜内。

当数控机床处于闲置状况时,要经常给 CNC 装置和电气柜通电,让机床空运行。这可以使对随机读写存储器(RAM)芯片维持供电的电池保持良好的性能,电子元器件因通电发热可能减少 CNC 装置内和电气柜中的温度。定期更换存储器所使用的电池,备用模块和备用的印刷电路板要定期安装到 CNC 装置内通电,以防损坏。

3. 操作员和维修人员的要求

对数控机床和相关设备进行科学的管理,才能保证数控机床有正常开动率。

科学管理是一种综合的技术,其中包括了对操作员和维修人员的要求。

操作员要熟悉数控机床的功能和操作,应该严格遵照机床使用手册的规定操作机床。数控机床是精密机床,不可作为通用机床使用。操作员要做好数控机床的日常保养和维护工作,使机床保持良好性能。

数控机床有自诊断功能,为数控机床的故障诊断提供了有力的手段。但是数控机床的大部分故障表现为综合故障,这需要维修人员进行综合分析、判断故障发生的原因和部位,在较短的时间内给予排除。因此操作员和维修人员除了需要有一定的维修经验外,还要具有较宽的知识面,要了解计算机技术、电子技术、自动控制、传感与检测技术、电机控制、机床、加工工艺、液压气动等方面的知识。

维修人员要阅读数控机床的各种使用说明书:数控机床电气使用说明书、数控机床电气原理图、数控机床电气互连图、数控机床结构简图、数控机床电气参数、数控机床可编程控制器(PLC)控制程序、数控系统操作手册、数控系统编程手册、数控机床安装及维修手册、伺服驱动系统使用说明书。维修人员要熟悉数控编程和操作,对机床的结构、电气布局、电缆连接、PLC 程序等要做到心中有数。

在处理故障的过程中,维修人员要认真做好故障诊断和维修工作的文字记录,归类存档。

维修人员还应该能正确使用各种常规检测仪器,例如示波器、逻辑分析仪、频谱分析仪等仪器。要学会利用计算机进行电路仿真和故障检测,这是故障诊断不可缺少的辅助手段。

三、本课程的学习任务

- (1) 掌握数控机床安装、调试、验收的知识和验收机床精度的方法。
- (2) 熟悉数控机床的机械结构、调整方法。
- (3) 掌握典型数控系统的软、硬件知识,具有对典型数控系统故障进行初步诊断及判断的能力。
- (4) 熟悉数控机床维修的原则方法。

项目三 数控机床的故障处理

一、数控机床故障的发生规律

数控机床故障是指数控机床失去了规定的功能。按照数控机床故障频率的高低,机床的使用期可以分为三个阶段(如图 1-1 所示),即初始运行期(T_1)、相对稳定运行期(T_2)和衰老期(T_3)。

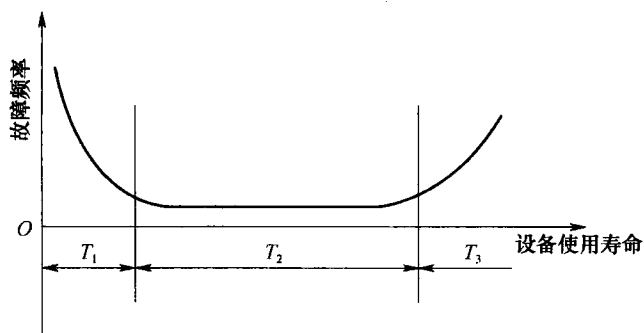


图 1-1

数控机床从整机安装调试后至运行一年左右的时间称为机床初始运行期。在这段时间内，机械处于磨合阶段，部分电子元器件在电气干扰中经受不了初期的考验而损坏，所以数控机床在这段时间内的故障相对较多。数控机床经过了初始运行期就进入了相对稳定期，机床在该期间仍然会产生故障，但是故障频率相对减少，数控机床的相对稳定期一般为 7~10 年。数控机床经过相对稳定期之后是数控机床的衰老期，由于机械的磨损、电子元器件的品质因数下降，数控机床的故障率又开始增大。

二、数控机床故障的类型

数控机床故障的种类很多，一般可以按起因、性质、发生部位、自诊断、软（硬）件故障等来分类。

1. 数控机床的非关联性和关联性故障

故障按起因的相关性可分为非关联性故障和关联性故障。所谓非关联性故障是由于运输、安装等原因造成的故障。关联性故障可以分为系统性故障和随机性故障，系统性故障是指数控机床在一定条件下必然出现的故障；随机性故障是指偶然出现的故障。一般随机性故障是由于机械结构的局部松动、系统控制软件不完善、硬件工作特性曲线下降、电子元器件品质因数降低等原因造成。

2. 数控机床的有诊断显示故障和无诊断显示故障

数控机床故障按有无诊断显示分为有诊断显示故障和无诊断显示故障。有诊断显示故障一般与控制部分有关，故障发生后可以根据故障报警信号判别故障的原因。无诊断显示故障往往表现为工作台停留在某一位置不能运动，依靠手动操作也无法使工人台动作，这类故障的排除相对于有诊断显示故障的排除难度要大。

3. 数控机床的破坏性故障和非破坏性故障

数控机床故障按性质可分为破坏性故障和非破坏性故障。对于短路、因伺服系统失控造成“飞车”等故障称为破坏性故障，在维修和排除这种故障时不允

许故障重复出现,因此维修时有一定的难度;对于非破坏性故障,可以经过多次试验、重演故障来析故障原因,故障的排除相对容易些。

4. 数控机床的电气故障和机械故障

数控机床故障按发生部位可分为电气故障和机械故障。电气故障一般发生在系统装置、伺服驱动单元和机床电气等控制部位。电气故障一般是由于电气元器件的品质因数下降、元器件焊接松动、接插件接触不良或损坏等因素引起,这些故障表现为时有时无。例如,某电子元器件漏电流较大,工作一段时间后,其漏电流随着环境温度的升高而增大,导致元器件工作不正常,影响了相应电路的正常工作。当环境温度降低了以后,故障又消失了。这类故障靠目测是很难查找的,一般要借助测量工具检查工作电压、电流或测量波形进行分析。

机械故障一般发生在机械运动部位。机械故障可以分为功能型故障、动作型故障、结构型故障和使用型故障。功能型故障主要是指工件加工精度方面的故障,这些故障是可以发现的,例如加工精度不稳定、误差大等。动作型故障是指机床的各种动作故障,表现为主轴不转、工作夹不紧、刀架定位精度低、液压变速不灵活等。结构型故障可以表现为主轴发热、主轴箱噪声大、机械传动有异常响声、产生切削振动等。使用型故障主要是指使用和操作不当引起的故障,例如过载引起的机件损坏等。机械故障一般可通过维护保养和精心调整来预防。

5. 自诊断故障

数控系统有自诊断故障报警系统,它随时监测数控系统的硬件、软件和伺服系统等的工作情况。当这些部分出现异常时,一般会在监视器上显示报警信息或指示灯报警或数码管显示故障号,这些故障可以称作自诊断故障。自诊断故障系统可以协助维修人员查找故障,是故障检查和维修工作中十分重要的依据。对报警信息要进行仔细分析,因为可能会有多种故障因素引起同一种报警信息。

6. 人为故障和软(硬)故障

人为故障是指操作员、维护人员对数控机床还不熟悉或者没有按照使用手册要求,在操作或调整时处理不当而造成的故障。

硬故障是指数控机床的硬件损坏造成的故障。软故障一般是指由于数控加工程序中出现语法错误、逻辑错误或非法数据;数控机床的参数设定或调整出现错误;保持 RAM 芯片的电池电路断路、短路、接触不良, RAM 芯片得不到保持数据的电压,使得参数、加工程序丢失或出错;电气干扰窜入总线,引起进序错误等原因造成的数控机床故障。

除了上述分类外,故障从时间上可以分为早期故障、偶然故障和耗损故障;故障从使用角度可分为使用故障和本质故障;故障从严重程度可以分为灾难性、致命性、严重性和轻度性故障;按发生故障的过程可以分为突发性故障和渐变性故障。

三、数控机床故障的特点

数控机床一般由 CNC 装置、输入/输出装置、伺服驱动系统、机床电器逻辑控制装置、机床等组成，数控机床各部分之间有着密切的联系。

CNC 装置将数控加工程序信息按两类控制量分别输出：一类是连续控制量，送往伺服驱动系统；另一类是离散的开关控制量，送往机床电器和逻辑控制装置。

伺服驱动系统位于 CNC 装置与机床之间，它一方面能通过电信号与 CNC 装置连接，另一方面伺服电机、检测元件与机床的传动部件连接。机床电气、逻辑控制装置的形式可以是继电器控制线路或者是可编程控制器控制线路，它接收 CNC 装置发出的开关命令，主要完成主轴启停、工件装夹、工作台交换、换刀、冷却、液压、气动和润滑系统及其他机床辅助功能的控制。另外要将主轴启停结束、工件夹紧、工作台交换结束、换刀到位等信号传送回 CNC 装置。

数控机床本身的复杂性使其具有复杂性和特殊性。引起数控机床故障的因素是多方面的，有些故障的现象是机械方面的，但是引起故障的原因却是电气方面的；有些故障的现象是电气方面的，然而引起故障的原因是机械方面的；有些故障是由电气方面和机械方面共同引起的。在进行数控机床故障的诊断时，要重视机床各部分的交接点。

项目四 数控机床故障诊断的方法

数控机床故障诊断一般包括三个步骤：故障检测、故障判断、故障定位。第一个步骤是故障检测。这是对数控机床进行测试，检查是否存在故障。第二个步骤是故障信息收集、分析、判定及隔离。第三个步骤是故障定位，将故障定位后对产生故障的模块或元器件，及时排除故障或更换元件。

一、数控机床故障诊断原则与要求

1. 故障诊断原则

- (1) 先外部后内部。
- (2) 先机械后电气。
- (3) 先静后动。
- (4) 先公用后专用。
- (5) 先简单后复杂。
- (6) 先一般后特殊。

2. 故障诊断方法选用的要求

- (1) 故障检测方法简便有效。

- (2) 使用的诊断仪器少而实用。
- (3) 故障诊断的所需的时间尽可能短。

二、数控机床故障诊断与维修的常用方法

1. 追踪法

追踪法是指在故障诊断和维修之前, 维修人员先要对故障发生的时间、机床的运行状态和故障类型进行详细了解, 然后寻找产生故障的各种迹象。大致步骤如下:

(1) 故障发生的时间: ①故障发生的时间和次数; ②故障的重复性; ③故障是否在电源接通时出现; ④环境温度如何; ⑤有否雷击, 机床附近有无振动源或电磁干扰源。

(2) 机床的运行状态: ①故障发生时机床的运行方式; ②故障发生时进给坐标轴的速度情况; ③故障发生时主轴的速度情况; ④刀具轨迹是否正常; ⑤工作台、刀库运行是否正常; ⑥辅助设备运行是否正常; ⑦机床是否运行新编程序; ⑧故障是否发生在子程序; ⑨故障是否出现在执行 M、S、T 代码; ⑩故障是否与螺纹加工有关; ⑪机床在运行过程中是否改变了工作方式; ⑫方式选择开关设定是否正确; ⑬速度倍率开关是否设置为 0; ⑭机床是否处于锁定状态。

(3) 故障类型: ①监视器画面是否正常; ②监视器是否显示报警及相应的报警号; ③故障发生之前是否出现过同样的故障; ④故障发生之前是否维修或调整过机床; ⑤是否调整过系统参数。

接下来可以进行停电检查, 利用视觉、听觉和触觉寻找产生故障的各种迹象。例如, 仔细观察加工零件表面的情况, 机械有无碰撞的伤痕, 电气柜是否打开, 有无切屑进入电气柜, 元器件有无烧焦, 印刷电路板阻焊层有无因元器件过流而烧黄或烧黑, 元器件有无松动, 电气柜和器件有无焦糊味, 部件或元器件是否发热, 熔丝是否熔断, 电缆有否破裂和损伤, 气动系统或液压系统的管路与接头有无泄漏, 操作面板上方式开关设定是否正确, 电源线和信号线是否分开安装或分开走线, 屏蔽线接线是否正确等。

停电检查之后可以进行通电检查, 检查系统参数和刀具补偿是否正确, 加工程序编制是否有误、机械传动部分有无异常响声, 系统的输入电压是否在正常范围, 电气柜内的轴流风扇是否正常、电气装置内有否打火等。如果出现了打火现象, 应该立即关断电源, 以免扩大故障范围。

追踪法检查是一种基本的检查故障的方法, 发现故障后查找引起故障的根源, 采取合理的方法给予排除。在整个过程中, 要做好故障诊断与排除的详细的文字记录。

2. 自诊断功能

自诊断功能是数控系统的自诊断报警系统功能, 它可以帮助维修人员查找故