



SHUKONG CHECHUANG DIANQI WEIXIU JISHU



数控车床

电气维修技术



林 岩 主编



化学工业出版社



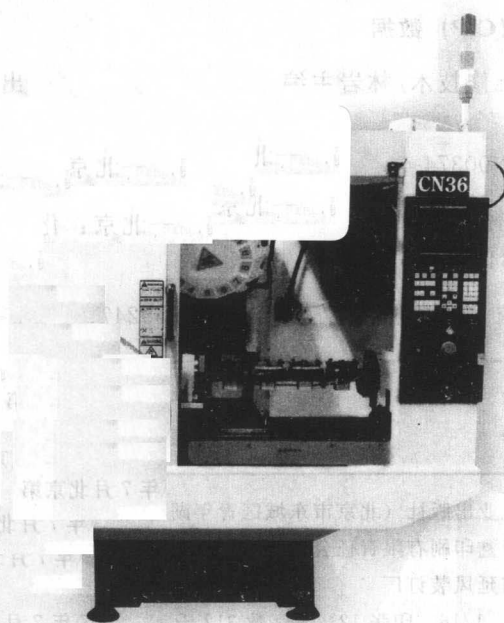
SHUKONG CHECHUANG DIANQI WEIXIU JISHU



数控车床 电气维修技术



林 岩 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：18.00元

3

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车床电气维修技术/林岩主编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 5

ISBN 978-7-122-00374-4

I. 数… II. 林… III. 数控机床: 车床-电气设备-维修
IV. TG519.102.34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 059247 号

责任编辑: 卢小林

文字编辑: 项 澈

责任校对: 周梦华

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$ 字数 312 千字 2007 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着我国机械加工行业的快速发展,数控车床广泛应用于制造企业。高度机电一体化的数控车床成为企业中关键产品关键工序的关键设备,一旦故障停机,其影响和损失往往很大。由于数控车床日常出现的多为电气故障,所以电气维修就显得尤为重要。

本书以数控车床的电气故障诊断与维修为主题,以最为常见的 FANUC 0 系统的工作原理和维修作为介绍重点,从数控车床常见故障诊断与维修的角度出发,介绍了数控车床的维修基础知识、数控系统、进给伺服驱动系统、主轴驱动系统、检测系统、数控车床可编程控制器、数控车床接口,数控车床电气的故障诊断与维修等内容。深入浅出地阐明了数控车床电气故障诊断的理论依据,系统地叙述了故障诊断与维修的基本方法和步骤,通过实例具体详细地介绍了故障的分析与处理过程。

本书在编写中力求突出实用性、针对性,注重理论与实践相结合,注意强化提高学习者动手能力和解决实际问题能力。列出的维修实例翔实可靠,便于读者快速理解和掌握。

本书可作为维修电工、制造企业基层技术人员、中高级技术工人的学习参考用书,也可作为机电类大中专学生及各类数控培训班的教学用书。

本书由林岩任主编,谢婉茹任副主编,第 1、7 章由林岩编写,第 2、5、8 章由谢婉茹编写,第 3、4 章和附录由李武编写,第 6 章由林屹编写。全书由林岩统稿。本书编写过程中得到了李铁等专家的帮助,在此表示衷心感谢!

限于编者的水平和经验,书中难免会有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者
2007 年 1 月

目 录

1 数控车床电气维修基础	1
1.1 数控车床的组成和工作原理	1
1.1.1 数控车床的组成	1
1.1.2 数控车床的工作原理	2
1.2 数控车床电气控制系统简介	2
1.2.1 数控车床电气控制系统的组成	2
1.2.2 数控车床电气控制系统的发展状况	3
1.3 数控车床维修的基本要求	6
1.3.1 人员素质的要求	6
1.3.2 技术资料的要求	7
1.3.3 工具及备件的要求	8
1.4 数控车床电气故障维修的一般方法	9
1.4.1 数控车床电气故障诊断的内容	9
1.4.2 数控车床故障诊断及维修的一般方法	10
1.5 数控车床的维护	11
思考题	13
2 数控系统故障诊断与维修	14
2.1 数控系统的构成与工作原理	14
2.1.1 CNC装置的软、硬件结构	14
2.1.2 CNC系统的特点	15
2.2 典型数控系统实例	16
2.2.1 FANUC Oi系列数控系统	16
2.2.2 FANUC Oi系列控制单元更换方法	18
2.2.3 FANUC 0TC系统	21
2.3 典型数控系统的基本操作	27
2.3.1 手动操作	27
2.3.2 MDI运行操作方式	29
2.3.3 安全操作	30
2.3.4 报警信息的查看方法	30
2.4 数控系统常见故障及处理	32
2.4.1 数控系统断电死机故障的维修	32
2.4.2 利用数控系统报警信息维修数控车床故障	36
2.4.3 数控车床的抗干扰	38
2.4.4 数控车床CNC系统软、硬件故障诊断与维修	41
思考题	48

3 数控车床进给伺服系统故障诊断与维修	49
3.1 概述	49
3.1.1 伺服系统的组成	49
3.1.2 伺服系统的分类	50
3.2 直流进给伺服驱动系统	52
3.2.1 SCR 速度控制系统	52
3.2.2 PWM 速度控制系统	53
3.3 交流伺服驱动系统	55
3.3.1 交流伺服驱动系统的特点	55
3.3.2 模拟式交流伺服控制系统	56
3.3.3 数字式交流伺服系统	57
3.4 进给伺服驱动系统常见故障及处理	58
3.4.1 FANUC 直流伺服系统的故障诊断与维修	58
3.4.2 FANUC 交流伺服系统的故障诊断与维修	68
3.4.3 故障维修实例	78
思考题	86
4 数控车床主轴伺服驱动系统故障诊断与维修	87
4.1 概述	87
4.1.1 FANUC 系列主轴驱动系统应用	87
4.1.2 主轴伺服系统的故障形式及诊断方法	87
4.2 直流主轴伺服驱动系统	90
4.2.1 直流主轴控制系统的构成特点	90
4.2.2 FANUC 直流主轴驱动系统使用注意事项	91
4.2.3 FANUC 直流主轴驱动系统的调整与测试	92
4.3 交流主轴伺服驱动系统	94
4.3.1 交流主轴伺服驱动系统的特点	94
4.3.2 交流 (AC) 主轴伺服系统工作原理	94
4.3.3 FANUC S 系列数字式交流主轴驱动系统的调整与测试	95
4.4 主轴伺服驱动系统常见故障诊断与排除	98
4.4.1 FANUC 直流主轴伺服系统的故障诊断	98
4.4.2 FANUC S 系列数字式主轴驱动系统的故障诊断	100
4.4.3 FANUC S 系列数字式主轴驱动器的参数初始化与设定	102
4.4.4 故障维修实例	103
思考题	105
5 数控车床的检测系统故障诊断与维修	107
5.1 伺服系统对检测装置的要求	107
5.1.1 伺服系统对位置检测元器件的要求	107
5.1.2 位置检测传感器的分类和特点	107
5.2 常用的位置检测元件及其维护	108

5.2.1	光栅	108
5.2.2	光电脉冲编码器	109
5.2.3	感应同步器	110
5.2.4	旋转变压器	110
5.2.5	测速发电机	111
5.2.6	磁栅尺	111
5.3	检测装置的常见故障及处理	111
5.3.1	故障形式	112
5.3.2	位置检测的故障诊断	112
5.3.3	故障维修实例	114
思考题		116
6	数控车床的可编程序控制器 (PLC)	117
6.1	可编程序控制器 (PLC) 概念	117
6.1.1	可编程序控制器 (PLC) 的定义	117
6.1.2	可编程序控制器的基本功能	117
6.2	PLC 的构成	119
6.3	PLC 的工作原理	120
6.4	PLC 的程序编制	120
6.4.1	基本指令	121
6.4.2	功能指令	125
6.5	数控车床用 PLC	132
6.5.1	数控车床用 PLC 的功能	132
6.5.2	PLC 的硬件结构及其输入和输出信号	132
6.5.3	PLC 的软件结构与自诊断	134
6.6	数控车床 PLC 控制的故障分析	136
6.6.1	数控车床 PLC 故障的表现形式	136
6.6.2	数控车床 PLC 故障诊断的方法	137
6.6.3	数控车床 PLC 故障维修实例	139
思考题		142
7	数控车床接口及故障诊断	143
7.1	数控车床接口概述	143
7.1.1	数控车床接口的功能	143
7.1.2	数控车床接口的分类	143
7.1.3	CNC 系统常采用的接口方式	144
7.2	数控车床常用接口电路器件和电路	146
7.2.1	常用的接口电路器	146
7.2.2	数控系统接口电路的任务	146
7.2.3	数控车床接口标准与规范总线	148
7.3	数控系统 I/O 接口故障的诊断	149

7.3.1 数控系统 I/O 接口故障的诊断步骤	149
7.3.2 I/O 信号状态检查	150
思考题	153
8 数控车床强电故障分析	154
8.1 数控车床电器类别及其作用	154
8.1.1 配电电器	154
8.1.2 控制电器	154
8.1.3 执行电器	154
8.2 数控车床常用电器与故障分析	154
8.2.1 熔断器熔断机理与故障分析	154
8.2.2 开关失效与实例分析	155
8.2.3 空气断路器故障分析	156
8.2.4 继电器、接触器、执行电器常见故障分析	158
8.2.5 车床电器故障分析小结	165
8.3 车床电气原理图简介	167
8.3.1 电气控制线路图中的图形符号和文字符号	167
8.3.2 电气原理图	167
8.3.3 电气元器件布置图	169
8.3.4 电气安装接线图	169
8.4 数控车床电器故障维修实例	170
思考题	173
附录	174
附录 1 数控车床维修的安全操作规程	174
附录 2 FANUC Oi 系统报警一览表	175
参考文献	194

1 数控车床电气维修基础

1.1 数控车床的组成和工作原理

1.1.1 数控车床的组成

传统观点认为数控车床是由程序载体、输入输出设备、数控系统、伺服系统、车床本体等组成。但现代数控车床的数控系统都采用模块化结构，伺服系统中的伺服单元和驱动装置为数控系统中的一个子系统，输入输出装置也为数控系统中的一个功能模块，所以现在的观点认为数控车床主要由计算机数控系统和车床本体组成，如图 1-1 所示，其中每一部分的功能如下。

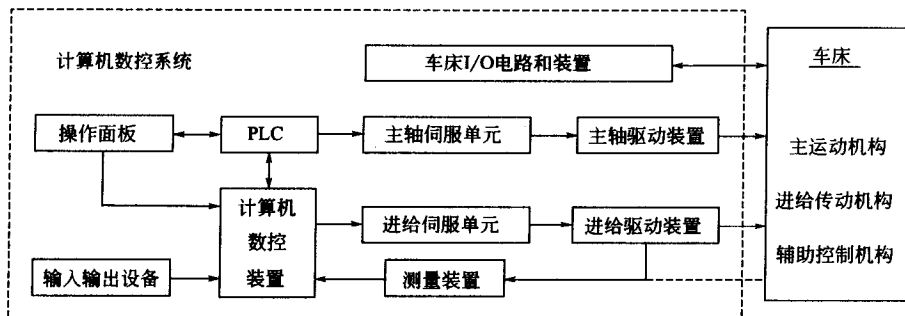


图 1-1 数控车床的组成

1.1.1.1 输入装置

数控车床是按照编程人员编制的工件加工程序运行的。在工件加工程序中，包括车床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数（走刀量、主轴转速等）和辅助运动等。通常编程人员将工件加工程序以一定的格式和代码存储在载体上，如录音磁带、软磁盘或硬盘等，通过数控车床的输入装置，将程序信息输入到数控装置内。

输入装置的作用是将程序载体内有关加工的信息读入数控装置。根据程序载体的不同，输入装置可以是录音机或软盘驱动器等。

数控车床还可以不用任何程序载体，通过数控车床操作面板上的键盘，用手工将工件加工程序输入数控装置；或者将存储在计算机硬盘上的工件加工程序传送到数控装置。

1.1.1.2 计算机数控装置

数控装置是数控车床的核心，它根据输入的数据，完成数值计算、逻辑判断、输入输出控制等。数控装置一般由专用（或通用）计算机、输入输出接口板及可编程序控制器（PLC）等组成。可编程序控制器主要用于对数控车床辅助功能、主轴转速功能和刀具功能的控制。

1.1.1.3 伺服系统

伺服系统包括主轴伺服单元、进给伺服单元、车床控制线路、功率放大线路及驱动装

置，它接受数控装置发来的各种动作命令，驱动数控车床传动系统的运动。它的伺服精度和动态响应是影响数控车床的加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。

1.1.1.4 测量装置

测量装置的作用是通过位置传感器将伺服电动机的角位移或数控车床执行机构的直线位移转换成电信号，输送给数控装置使之与指令信号进行比较，并由数控装置发出指令，纠正所产生的误差，使数控车床按工件加工程序要求的进给位置和速度完成加工。

1.1.1.5 车床本体

车床本体包括：主传动系统、进给系统以及辅助装置等，对于数控加工中心，还有存放刀具的刀库、自动换刀装置（ATC）和自动托盘交换装置等。与传统的车床相比，数控车床的结构强度、刚度和抗振性、传动系统和刀具系统的部件结构、操作机构等方面都发生了很大的变化，其目的是为了满足不同数控技术的要求和充分发挥数控车床的效能。

1.1.2 数控车床的工作原理

数控车床工作原理如图 1-2 所示。

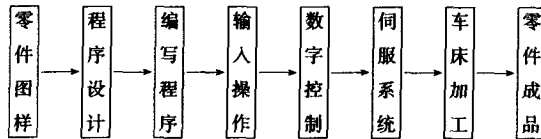


图 1-2 数控车床工作原理

根据零件图样进行工艺分析，确定工艺方案，依据数控系统的规定指令编制零件的加工程序。视零件结构的复杂程度，可以采用手工或计算机编程，程序较小时，可以直接在车床操作面板的输入区域内操作；程序较大时，也可在装有编程软件的普通计算机上进行。编程软件国内一般采用模拟软件和专业软件，经过相应的后置处理，生成加工程序，再通过车床控制系统上的通信接口或其他存储介质（软盘、光盘等），把生成的加工程序输入到车床的控制系统中。进入数控装置的信息，经过一系列处理和运算转变成脉冲信号，有的信号输送到车床的伺服系统，通过伺服机构处理，再传送到驱动装置（主轴电动机、步进或交、直流伺服电动机），使刀具和工件严格执行零件加工程序规定的运动；有的信号送到可编程序控制器，用以控制车床的其他辅助运动，如主轴和进给运动的变速、液压或气动装夹工件、冷却液开关等。

1.2 数控车床电气控制系统简介

1.2.1 数控车床电气控制系统的组成

数控车床按其结构和原理可分为机械系统（包括液压、气动）和电气控制系统两大部分。机械部分指车床机械结构本体及其辅助装置。车床机械结构本体（MT）主要由主传动机构、进给传动机构、工作台、床身以及立柱等组成；辅助装置包括回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液控制装置、排屑、自动换刀装置及自动交换工作台装置等。

数控车床电气控制系统由电气操纵部分（I/O）、数控系统（CNC）、伺服系统（SERVO）、车床强电控制系统〔可编程序控制器（PLC）和继电器接触器控制系统〕等组成，如图 1-3 所示。

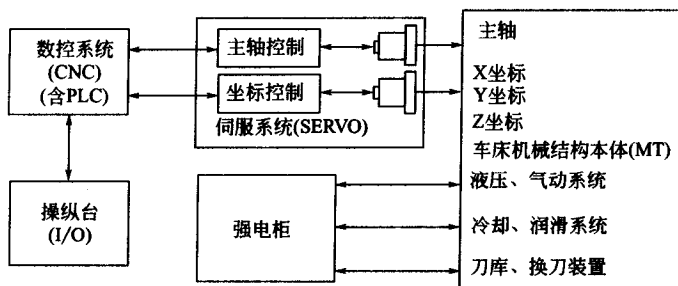


图 1-3 数控车床电气控制系统组成

数控系统(CNC)是数控车床的核心,是数控电气控制系统的控制中心。它能自动处理输入的数控加工程序,并将数控加工程序的信息按两类控制分别输出。一类是坐标轴运动的位置控制,是由CNC控制的连续数字信息,送往伺服系统;另一类是数控车床运行过程的顺序控制,是由PLC实现的逻辑离散(开关量)信息,送往车床强电控制系统,最终实现M(辅助)功能、S(主轴转速)功能、T(刀具)功能并对车床操作面板及各种开关进行控制,从而协调控制车床各部分运动,实现数控车床的加工过程,如图1-4所示。

伺服系统(SERVO)由伺服电动机(含检测装置)和伺服装置(或称伺服放大器)组成,分为进给伺服系统和主轴伺服系统。进给伺服系统驱动车床各坐标轴的切削进给,提供切削过程中所需要的转矩和运行速度;主轴伺服系统实现主轴的转速调节和控制,还可提供主轴定向等功能。

车床强电控制系统除了对车床辅助功能进行控制外,还对操作面板上所有元器件(包括各种按钮、操作指示灯、波段开关等)、保护开关、各种行程限位开关进行检测和控制。其中,PLC在润滑、冷却、气动、液压和主轴换刀等系统的逻辑控制中起着重要作用。

1.2.2 数控车床电气控制系统的发展状况

数控车床电气控制系统的发展与数控系统、伺服系统、可编程序控制器的发展密切相关。

1.2.2.1 数控系统的发展状况

随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展,数控系统的功能不断增多,柔性不断增强,性能价格比不断提高。当前数控系统正朝着以下几个方向发展。

(1) 高速度、高精度、高可靠性 随着微处理器位数和运算速度的提高,数控系统的处理能力和处理速度也在大幅度提高,使伺服电动机能够高速、准确地运转。另外,主轴转

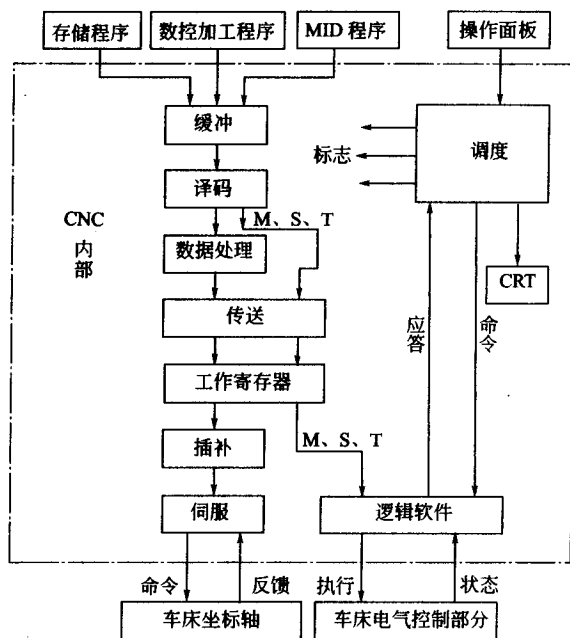


图 1-4 数控装置的信息流

速、刀具交换、工作台交换的高速度化,使整个生产系统也实现高速度化。

当前国外数控装置的平均无故障时间 MTBF 值已达 6000h 以上,驱动装置达 30000h 以上。

(2) 智能化 数控系统应用了许多智能化技术,使数控车床的使用更宜人化、智能化。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。

(3) 网络化 数控系统的网络化,主要指数控系统与其他控制系统或上位计算机进行网络连接和网络控制。数控系统一般首先面向生产现场和企业内部的局域网,然后再经由因特网通向企业外部(即 Internet/Intranet 技术)。

随着网络技术的成熟和发展,越来越多的国内用户在进口数控车床时要求具有远程通信服务等功能,即数字制造(又称“e-制造”),它是机械制造企业现代化的标志之一,是当今国际先进车床制造商的一种标准配置的供货方式。

数控系统的网络化进一步促进了柔性自动化制造技术的发展,现代柔性制造系统从“点”(数控单机、加工中心和数控复合加工车床)、“线”(柔性制造单元 FMC、柔性制造系统 FMS、柔性自动线 FTL、柔性加工线 FML),向“面”(自动化工厂 FA)、“体”(计算机辅助制造 CIMS、分布式网络集成制造系统)的方向发展。

(4) 标准化、通用化和模块化 现代数控系统的性能越来越完善,功能越来越多样,促使数控系统的硬件和软件结构实现标准化、通用化和模块化。选择不同的标准化模块可组成各种不同的数控车床的控制系统,能方便地移植计算机行业或自动化领域的成果,也便于现有数控系统的进一步扩展及升级。

一般的数控系统都具有 RS-232C 和 RS-442 高速远距离串行口,可以按照用户级的格式要求同上位计算机进行数据交换。

(5) 复合化 柔性制造范畴的车床复合加工概念是指将工件一次装夹后,车床便能按照数控加工程序,自动进行同一类工艺方法或不同类工艺方法的多工序加工,以完成一个复杂形状零件的主要乃至全部车、铣、钻、镗、磨、攻螺纹、铰孔和扩孔等多种加工工序。

复合化的要求促使数控系统功能的整合。目前,主流的数控系统开发商都能提供高性能的复合车床数控系统。

(6) 开放性 基于 PC 的开放式数控系统已成为数控技术发展的重要方向。其硬件、软件和总线规范都是对外开放的,数控系统制造商和用户可以根据这些开放的资源进行系统集成。它也为用户根据实际需要灵活配置数控系统带来极大方便,促进了数控系统多档次、多品种的开发和广泛应用,开发生产周期大大缩短。同时,这种数控系统可随 CPU 升级而升级,而结构可以保持不变。

(7) 多轴联动化 各大系统开发商正不遗余力地开发 5 轴、6 轴联动数控系统,随着 5 轴联动数控系统和编程软件的成熟和日益普及,5 轴联动控制的加工中心和数控铣床已经成为当前的一个开发热点。最近,国外主要的系统开发商在 6 轴联动控制系统的研究上已经取得很大进展,在 6 轴联动加工中心上可以使用非旋转刀具加工任意形状的三维曲面,且切深可以很小,但加工效率太低,一时尚难实用化。

1.2.2.2 伺服系统的发展状况

伺服系统是数控系统的重要组成部分, 伺服系统的静态和动态性能直接影响数控车床的定位精度、加工精度和位移速度。当前, 伺服系统正朝着以下几个方向发展。

(1) 全数字伺服控制系统 早期的数控车床多采用晶闸管直流驱动系统, 由于受机械换向的影响和限制, 使系统适应性差, 维护困难, 调速范围小。20 世纪 80 年代以后, 随着交流调速理论、微电子技术和大功率半导体技术的发展, 交流数字伺服系统已经基本取代了直流驱动系统。

传统的位置控制是将位置控制信号反馈至 CNC, 与位置指令比较后输出速度控制模拟信号到伺服驱动装置; 而全数字式交流伺服系统的位置比较是在伺服驱动装置中完成的, CNC 仅输出位置指令信号 (数字信号)。其位置环、速度环和电流环等参数均实现了数字化, 实现了几乎不受负载变化影响的高速响应伺服系统。

(2) 高分辨率的位置检测系统 现代数控车床的位置检测大多采用高分辨率的光栅和光电编码器, 加上采用细分电路, 使数控车床的分辨率进一步提高。

(3) 多种补偿功能 数控车床通过参数设置对伺服系统进行多种补偿, 如位置环增益、轴向运动误差补偿、反向间隙补偿及丝杠螺距累积误差补偿等, 提高了数控车床的精度。此外, 新型的伺服系统还具有自动补偿机械系统静、动摩擦非线性的控制功能。

(4) 前馈控制 传统的伺服系统是将指令位置和实际位置的偏差乘以位置环增益作为速度指令, 经伺服驱动装置拖动伺服电动机。这种方式总是存在着位置跟踪滞后误差, 使得在加工拐角及圆弧时加工情况恶化。通过前馈控制使跟踪滞后误差大为减小, 提高了位置控制精度。

1.2.2.3 可编程序控制器的发展状况

1960 年, 美国出现第一台可编程序逻辑控制器 (programmable logic controller, PLC)。经过多年的发展, PLC 已成为一种可靠性高、应用场合最多的重要工业控制微型计算机, 应用于从继电器控制系统到监控计算机之间的许多过程控制领域。可编程序控制器已与数控技术、工业机器人并列成为工业自动化的三大支柱。

初期 PLC 只是用逻辑控制替代继电器控制系统。随着微电子技术的发展, PLC 以微处理器为核心, 适用于开关量、模拟量和数字量的控制, 并进入过程控制和位置控制等领域。目前, 可编程序控制器既保留了原来可编程序逻辑控制器的所有优点, 又吸收和发展了其他控制装置的优点, 使其在数控技术领域的应用越来越强大。今后的 PLC 将朝着以下几个方向发展。

(1) 小型化、高性能、低成本、方便灵活 近年来, 小型 PLC 的应用十分普遍, 超小型 PLC 的需求日趋增多。为满足工业生产的不同需要, 小型机的功能也不断增加, 如模拟量处理、与上位机联网通信等。在结构上, 还采用了一些框架式结构, 用户可根据需要方便灵活地选择所需的模块。

(2) 大型化、网络化、多功能 许多大型企业的生产自动控制需要功能更强的大型 PLC。目前世界各 PLC 生产厂家正不断研制、开发大型的网络化 PLC 系统, 可以通过工业以太网、MAP 网和工业现场总线构成一个多级分布式 PLC。

(3) 与其他系统的兼容, 实现软、硬件的标准化 目前, 生产 PLC 的厂家很多, 但各厂家的 PLC 几乎无法通信。1978 年起国际电工委员会 (IEC) 已制定和公布了 5 种国际标准, 用以规范 PLC 产品。另外, PLC 生产厂家除了研究 PLC 与 PLC 的兼容性外, 还研究

了 PLC 与计算机的兼容性。今后的 PLC 将采用速度更快、功能更强的 CPU，容量更大的存储器，并将更充分地利用计算机的软件资源。

(4) 与 CNC 配合完成车床数字控制，数控车床中的 I/O 状态都是由 PLC 进行控制的。其输入/输出点数和容量的增加，满足了直接数字控制系统 (DNC) 和柔性制造单元 (FMC) 的控制要求。

1.3 数控车床维修的基本要求

数控车床是一种综合应用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和车床设计等先进技术的典型机电一体化产品，其控制系统复杂、价格昂贵，因此它对维修人员的素质、维修资料的准备、维修仪器的使用等方面提出了比普通车床更高的要求，这些要求主要包括以下几个方面。

1.3.1 人员素质的要求

维修人员的素质直接决定了维修效率和效果，为了迅速、准确判断故障原因，并进行及时、有效的处理，恢复车床的动作、功能和精度，作为数控车床的维修人员应具备以下几方面的基本条件：

① 具有较广的知识面。由于数控车床通常是集机械、电气、液压、气动等于一体的加工设备，组成车床的各部分之间具有密切的联系，其中任何一部分发生故障均会影响其他部分的正常工作。数控车床维修的第一步是要根据故障现象尽快判断故障的真正原因与故障部位，这一点既是维修人员必需具备的素质，但同时又对维修人员提出了很高的要求。它要求数控车床维修人员不仅仅要掌握机械、电气两个专业的基础知识和基础理论，而且还应该熟悉车床的结构与设计思想，熟悉数控系统的性能，只有这样，才能迅速找出故障原因，判断故障所在。此外，维修时为了对某些电路与零件进行现场测绘，作为维修人员还应当具备一定的工程图制图能力。

② 善于思考。数控车床的结构复杂，各部分之间的联系紧密，故障涉及面广，而且在有些场合，故障所反映出的现象不一定是产生故障的根本原因。作为维修人员必须从车床的故障现象，通过分析故障产生的过程，针对各种可能产生的原因，由表及里，透过现象看本质，迅速找出发生故障的根本原因并予以排除。

通俗地讲，数控车床的维修人员从某种意义上说应遵循“多动脑，慎动手”的原则，切忌草率下结论，盲目更换元器件，特别是数控系统的模块以及印制线路板。

③ 重视总结积累。数控车床的维修速度在很大程度上要依靠平时的经验积累，维修人员遇到过的问题、解决过的故障越多，其维修经验也就越丰富。数控车床虽然种类繁多，系统各异，但其基本的工作过程与原理却是相同的。因此，维修人员在解决了某一故障以后，应对维修过程及处理方法进行及时总结、归纳，形成书面记录，以供今后同类故障维修参考。特别是对于自己一时难以解决，最终由同行技术人员或专家维修解决的问题，尤其应该细心观察，认真记录，以便于提高。如此日积月累，以达到提高自身水平与素质的目的。

④ 善于学习。作为数控车床维修人员不仅要注重分析与积累，还应当勤于学习、善于学习。数控车床，尤其是数控系统，其说明书内容通常都较多，有操作、编程、连接、安装调试、维修手册、功能说明、PLC 编程等。这些手册、资料少则数十万字，多到上千万字，要全面掌握系统的全部内容，绝非一日之功；而且在实际维修时，通常也不可能有太多的时

间对说明书进行全面、系统的学习。

因此,作为维修人员要像了解车床、系统的结构那样全面了解系统说明书的结构、内容、范围,并根据实际需要,精读与维修有关的重点章节,理清思路、把握重点、详略得当。

⑤ 具备外语基础与专业外语基础。虽然目前国内生产数控车床的厂家已经日益增多,但数控车床的关键部分——数控系统还主要依靠进口,其配套的说明书、资料往往使用原文资料,数控系统的报警文本显示亦以外文居多。为了能迅速根据系统的提示与车床说明书中所提供的信息确认故障原因,加快维修进程,作为一个维修人员,最好能具备专业外语的阅读能力,以便分析、处理问题。

⑥ 能熟练操作车床和使用维修仪器。数控车床的维修离不开实际操作,特别是在维修过程中,维修人员通常要进行一般操作者无法进行的特殊操作,如:进行车床参数的设定与调整,通过计算机以及软件联机调试,利用 PLC 编程器监控等。此外,为了分析判断故障原因,维修过程中往往还需要编制相应的加工程序,对车床进行必要的运行试验与工件的试切削。因此,从某种意义上说,一个高水平的维修人员,其操作车床的水平应比操作人员更高,运用编程指令的能力应比编程人员更强。

⑦ 具有较强的动手能力。动手是维修人员必需具备的素质。但是,对于维修数控车床这样的精密、关键设备,动手必须有明确的目的、完整的思路、细致的操作。动手前应仔细思考、观察,找准入手点,动手过程中更要做好记录,尤其是对于电气元器件的安装位置、导线号、车床参数、调整值等都必须做好明显的标记,以便恢复。维修完成后,应做好“收尾”工作,如:将车床、系统的罩壳、紧固件安装到位;将电线、电缆整理整齐等。

在系统维修时应特别注意:数控系统中的某些模块是需要电池保持参数的,对于这些电路板和模块切忌随便插拔;更不可以在不了解元器件作用的情况下,随意调换数控系统、伺服驱动等部件中的器件、设定端子;不得任意调整电位器位置,任意改变设置参数,以避免产生更严重的后果。

⑧ 要具有较强的逻辑分析能力,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。因为数控车床的故障千奇百怪、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,这样维修技术水平才会不断得到提高。

⑨ 要具有较强的解决问题的能力,思路要开阔。应该了解数控车床及数控系统的操作,熟悉数控车床和数控系统的功能,能够充分利用数控系统的资源。当数控车床出现故障时,能够使用数控系统查看报警信息,检查、修改数控车床数据和参数,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。

1.3.2 技术资料的要求

为了使用好、维护好、维修好数控车床,必须有足够的资料。具体资料要求如下:

① 全套的电气图样、机械图样、气动液压图样及工装卡具图样。

② 尽可能全的说明书,包括车床说明书,数控系统操作说明书,编程说明书,维修说明书,车床数据、参数说明书,伺服系统说明书,PLC 系统说明书等。

③ PLC 用户程序清单(最好为梯形图方式),以及 PLC 输入输出的定义表及索引,定时器、计数器、保持继电器的定义及索引。

④ 应要求车床制造厂家提供车床的使用、维护、维修手册。

⑤ 应要求车床制造厂家提供易损件清单, 电子类和气动、液压备件需提供型号、品牌。机械类外购备件应提供型号、生产厂家及图样, 自制件应有零件图及组装图。

⑥ 应有数据备份, 包括车床数据、设定数据、PLC 程序、报警文本、加工主程序及子程序、R 参数、刀具补偿参数、零点补偿参数等。这些备份不但要求文字备份, 还要求磁盘备份, 以便于在车床数据丢失时用编程器或计算机尽快装入数控系统。

1.3.3 工具及备件的要求

合格的维修工具是进行数控车床维修的必备条件, 数控车床是精密设备, 它对各方面的要求较普通车床高, 不同的故障所需要的维修工具亦不尽相同。作为常用的工具, 主要有以下几类。

1.3.3.1 常用仪表类

(1) 万用表 数控车床的维修涉及弱电和强电领域, 最好配备指针式万用表和数字式万用表各 1 块。指针式万用表除了用于测量强电回路之外, 还用于判断二极管、晶体管、晶闸管、电容器等元器件的好坏, 测量集成电路引线端子的静态电阻值等。指针式万用表的最大好处是反应速度快, 可以很方便地用于监视电压和电流的瞬间变化及电容的充放电过程。数字式万用表可以准确测量电压、电流、电阻值, 还可以测量晶体管的放大倍数和电容值; 它的短路测量蜂鸣器可方便地测量电路通断; 也可以利用其精确的显示测量电动机三相绕组阻值的差异, 从而判断电动机的好坏。

(2) 示波器 数控系统修理通常使用频带为 $10\sim 100\text{MHz}$ 的双通道示波器, 它不仅可以测量电平、脉冲上下沿、脉宽、周期、频率等参数, 还可以进行两信号的相位和电平幅度的比较, 常用来观察主开关电源的振荡波形, 直流电源的波动, 测速发电机输出的波形, 伺服系统的超调、振荡波形, 编码器和光栅尺的脉冲等。

(3) PLC 编程器 很多数控系统的 PLC 必须使用专用的机外编程器才能对其进行编程、调试、监控和动态状态监视, 如西门子 810 系统可以使用 PG685、PG710、PG750 等专用编程器, 也可以使用西门子专用编程软件利用通用计算机作为编程器。使用编程器可以对 PLC 程序进行编辑和修改, 可以跟踪梯形图的变化以及在线监视定时器、计数器的数值变化, 在运行状态下修改定时器和计数器的设置值, 可强制内部输出, 对定时器和计数器进行置位和复位等。西门子的编程器都可以显示 PLC 梯形图。

(4) 逻辑测试笔和脉冲信号笔 逻辑测试笔可测量电路是处于高电平还是低电平, 或是不高不低的浮空电平, 判断脉冲的极性是正脉冲还是负脉冲, 输出的脉冲是连续还是单个脉冲, 还可以大概估计脉冲的占空比和频率范围。

脉冲信号笔可发出单脉冲和连续脉冲, 可以发出正脉冲和负脉冲, 它和逻辑测试笔配合起来使用, 就能对电路的输入和输出的逻辑关系进行测试。

(5) 集成电路测试仪 这类测试仪可以离线快速测试集成电路的好坏, 在数控系统进行片级维修时是必要的仪器。

(6) 集成电路在线测试仪 这是一种使用计算机技术的新型集成电路在线测试仪器。它的主要特点是能够对焊接在印制线路板上的集成电路进行功能、状态和外特性测试, 确认其功能是否失效。它所针对的是每个器件的型号及该型号器件应具备的全部逻辑功能, 而不管这个器件应用在何种电路中, 因此它可以检查各种电路板, 而且无需图样资料或了解其工作原理, 为缺乏图样而使维修工作无从下手的数控车床维修人员提供了一种有效的手段, 目前

在国内应用日益广泛。

(7) 短路跟踪仪 短路是电气维修中经常遇到的问题,使用万用表寻找短路点往往费时费力。如果遇到电路中某个元器件击穿,由于在两条连线之间可能并接有多个元器件,用万用表测量出哪一个元器件短路是比较困难的。再如对于变压器绕组局部轻微短路的故障,用一般万用表测量也是无能为力的,而采用短路跟踪仪可以快速找出电路中任何短路点。

(8) 逻辑分析仪 它是专门用于测量和显示多路数字信号的测试仪器。它与测量连续波形的通用示波器不同,逻辑分析仪显示各被测试点的逻辑电平、二进制编码或存储器的内容。维修时,逻辑分析仪可检查数字电路的逻辑关系是否正常,时序电路的各点信号的时序关系是否正确,信号传输中是否有竞争、毛刺和干扰。通过测试软件的支持,对电路板输入的给定数据进行监测,同时跟踪测试它的输出信息,显示和记录瞬间产生的错误信号,找到故障所在。

1.3.3.2 维修工具类

维修数控车床除了需要一些常用的仪表、仪器外,一些维修工具也是必不可少的,主要有以下几种:

(1) 螺钉旋具 常用的是大、中、小一字口和十字口的螺钉旋具各1套,特别是维修进口车床需要一个刚性好、窄口的一字口螺钉旋具。拆装西门子的一些模块时,需要一套外六角形的专用螺钉旋具。

(2) 钳类工具 常用的有平口钳、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳等。

(3) 电烙铁 常用25~30W的内热式电烙铁。为了防止电烙铁漏电将集成电路击穿,电烙铁要良好地接地,最好在焊接时拔掉电源。

(4) 吸锡器 将集成电路从印制线路板上焊下时,常使用吸锡器。另外,现在还有一种热风吹锡器比较好用,高温风将焊锡吹化并且吹走,很容易使焊点脱开。

(5) 扳手 大小活扳手、内六方扳手1套。

(6) 其他 镊子、刷子、剪刀、带鳄鱼夹子的连线等。

1.3.3.3 对备件的要求

为了提高数控车床的故障维修速度,备件是必不可少的。一方面发现问题后,如果没有备件,就无法恢复车床的正常使用;另一方面在诊断故障时,如果有足够的备件也可以采用备件替换法尽快确诊故障。所以为保障数控车床的正常运行,存储一定量的备件是十分必要的。

1.4 数控车床电气故障维修的一般方法

1.4.1 数控车床电气故障诊断的内容

从所使用的元器件类型上,电气控制系统故障通常分为“弱电”故障和“强电”故障两大类。

“弱电”部分是指控制系统中以电子元器件、集成电路为主的控制部分。数控车床的弱电部分包括CNC、PLC、MDI/CRT以及伺服驱动单元、输入/输出单元等。

“弱电”故障又有硬件故障与软件故障之分。硬件故障是指上述各部分的集成电路芯片、分立电子元器件、接插件以及外部连接组件等发生的故障。软件故障是指在硬件正常情况下所出现的动作出错、数据丢失等故障,常见的有:加工程序出错,系统程序和参数的改变或