

高职高专机电类专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN JIDIANLEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



数控机床 故障诊断与维修

■ 姚道如 主 编 汪功明 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

高职高专机电类专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN JIDIANLEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



数控机床 故障诊断与维修

主 编 姚道如
副主编 汪功明
编 写 谢 暴 张书诚 刘艳华
主 审 邵 刚

江苏工业学院图书馆
藏书章



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为高职高专机电类专业规划教材。

全书从数控机床各部件的结构特点、工作原理出发,介绍了数控机床故障诊断与维修的基本方法,主要包括数控机床的安装调试与维修管理,数控机床的机械故障,电气故障,数控系统、伺服系统、PLC 故障诊断与维修,数控机床参数故障的维护,数控机床的改造几部分内容。本书按任务驱动进行编写,根据数控机床故障诊断及维修必需的知识和技能来叙述。内容上取材新颖,强调实用性、先进性。

本书可作为高职高专院校机电类专业教学用书,也可供其他专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断与维修/姚道如主编. —北京:中国电力出版社,2008

高职高专机电类专业规划教材

ISBN 978-7-5083-7343-0

I. 数… II. 姚… III. ①数控机床—故障诊断—高等学校:技术学校—教材 ②数控机床—维修—高等学校:技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 104619 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 7 月第一版 2008 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 9 印张 212 千字

定价 15.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

数控机床是一种装有程序控制系统的自动化机床。它能够根据已编好的程序,使机床动作并加工零件,综合了机械、自动化、计算机、测量、微电子等最新技术。

因其具有高精度、高速度、高效率的特点,在制造业技术设备更新中,数控机床正迅速地发展、普及。但数控机床使用人才相对较少,数控机床维修人员尤为缺乏。具有一支高素质和技术能力的数控机床维修队伍是数控机床合理使用、高效运行的保证。如果数控机床出现故障得不到及时修复,将会给企业造成很大损失。因此,掌握数控机床故障诊断维修显得尤其重要。

本书从职业教育出发,将学生认知规律和数控机床维修特点结合起来,力求简明、实用。全书共分九个模块,包括数控机床故障诊断与维修的基础、数控机床的安装调试与维修管理、数控机床机械故障的诊断与维修、数控机床电气故障的诊断与维修、数控系统的故障诊断与维修、数控伺服系统的故障诊断、数控机床的可编程控制器故障诊断、数控机床参数故障的维护、数控机床的改造。

本书模块一、二由安徽职业技术学院张书诚编写,模块三、六由安徽职业技术学院汪功明编写,模块四由安徽职业技术学院谢暴编写,模块七由安徽职业技术学院姚道如编写,模块五、八、九由安徽职业技术学院刘艳华编写。本书由姚道如主编,汪功明副主编。

本书由合肥通用职业技术学院邵刚主审,并提出了很多宝贵的建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,对于书中不当之处或错误,恳请读者批评指正。

编 者

2008年5月

目 录

前言

模块一 数控机床故障诊断与维修的基础	1
课题一 数控机床的组成、分类和特点	1
课题二 数控机床的技术指标	6
课题三 数控机床故障诊断及维修的基本要求与一般方法	9
课题四 常见故障分类及故障常规处理方法	16
思考与练习	20
模块二 数控机床的安装调试与维修管理	21
课题一 数控机床的安装、调试与验收	21
课题二 数控机床的精度检测	26
课题三 数控机床的维护和管理	30
思考与练习	34
模块三 数控机床机械故障的诊断与维修	35
课题一 数控机床机械系统的结构特点及故障诊断方法	35
课题二 数控机床主传动系统故障的维修	37
课题三 数控机床进给运动系统故障的维修	41
课题四 换刀装置维护与故障诊断	45
课题五 其他辅助装置故障的维修	47
课题六 数控机床的启、停运动故障	52
思考与练习	55
模块四 数控机床电气故障的诊断与维修	56
课题一 电控系统故障的维修	56
课题二 数控机床的抗干扰	59
思考与练习	63
模块五 数控系统的故障诊断与维修	64
课题一 数控系统维修基础	64
课题二 常用数控系统配置	68
课题三 数控系统的常见故障诊断与维修	74
思考与练习	81
模块六 数控伺服系统的故障诊断	82
课题一 伺服系统的结构和工作原理	82
课题二 主轴伺服系统故障诊断概述	84
课题三 直流主轴驱动故障诊断	86

课题四 交流主轴驱动的故障诊断	90
课题五 常见进给伺服系统	92
课题六 进给驱动的故障诊断	96
课题七 位置检测装置的故障诊断	102
思考与练习	106
模块七 数控机床的可编程控制器故障诊断	107
课题一 可编程控制器概述	107
课题二 数控机床中的可编程控制器	112
思考与练习	119
模块八 数控机床参数故障的维护	120
课题一 数控机床参数设置	120
课题二 数控机床参数故障的维修	124
思考与练习	128
模块九 数控机床的改造	129
课题一 概述	129
课题二 数控机床改造实例	131
思考与练习	134
参考文献	135

数控机床故障诊断与维修的基础

课题一 数控机床的组成、分类和特点

教学目的和要求：

- 了解数控机床的分类；
- 熟悉数控机床的组成；
- 掌握数控机床的特点和应用。

知识点：

- 数控机床的组成；
- 数控机床的分类；
- 数控机床的特点；
- 数控机床的应用。

一、问题引入

数控机床由哪几部分组成？数控机床的种类有哪些？数控机床的工作特点是什么？

二、问题的分析

1. 数控机床的组成

数控机床主要由计算机数控装置、伺服系统、控制面板、程序输入输出设备、机床 I/O (输入/输出) 电路和装置、控制面板、机床本体等部分组成。

(1) 计算机数控装置 (CNC 装置)。计算机数控装置是计算机数控系统的核心，其主要作用是根据输入的零件加工程序或操作命令进行相应的处理，然后输出控制命令到相应的执行部件 (伺服单元、驱动装置、PLC 等)，完成零件加工程序或操作者所要求的工作。所有这些都是在 CNC 装置协调控制、合理组织下，使整个系统有条不紊地工作。计算机数控装置主要由计算机系统、位置控制板、PLC 接口板、通信接口板、扩展功能模块、相应的控制软件等模块组成。

(2) 伺服单元、驱动装置和测量装置。伺服单元和驱动装置包括主轴伺服驱动装置、主轴电动机、进给伺服驱动装置及进给电动机。测量装置是指位置和速度测量装置，它是实现主轴、进给速度闭环控制和进给位置闭环控制的必要装置。主轴伺服系统的主要作用是实现零件加工的切削运动，其控制量为速度。进给伺服系统的主要作用是实现零件加工的成形运动，其控制量为速度和位置，特点是能够灵敏、准确地实现 CNC 装置的位置和速度指令。

(3) 控制面板。控制面板又称操作面板，是操作人员与数控机床 (系统) 进行信息交互的工具。操作人员可以通过它对数控机床 (系统) 进行操作、编程或对机床参数进行设定和修改，也可以通过它了解、查询数控机床 (系统) 的运行状态。控制面板是数控机床的一个输入输出部件，主要由按钮站、状态灯、按键阵列 (功能与计算机键盘一样)、显示器等部分组成。

(4) 控制介质与程序输入输出设备。控制介质是记录零件加工程序的媒介，是人与机床建立联系的介质。程序输入输出设备是 CNC 系统与外部设备进行信息交互的装置，其作用是将记录在控制介质上的零件加工程序输入机床。常用的控制介质和程序输入输出设备包括磁盘、磁盘驱动器等。

此外，现代数控系统一般可利用通信方式进行信息交换。这种方式是实现 CAD/CAM（计算机辅助设计/计算机辅助制造）的集成、FMS（柔性制造系统）和 CIMS（计算机集成制造系统）的基本技术。目前，在数控机床上常用的通信方式包括：

- ① 串行通信；
- ② 自动控制专用接口；
- ③ 网络技术。

(5) PLC、机床 I/O（输入/输出）电路和装置。PLC 是用于进行与逻辑运算、顺序动作有关的 I/O 控制，它由硬件和软件组成。机床 I/O 电路和装置是用于实现 I/O 控制的执行部件，是由继电器、电磁阀、行程开关、接触器等组成的逻辑电路。它们共同完成以下任务：

① 接受 CNC 的 M、S、T 指令，进行译码并转换成对应的控制信号，控制辅助装置完成机床相应的开关动作；

② 接受操作面板和机床侧的 I/O 信号，送给 CNC 装置，经其处理后，输出指令控制 CNC 系统的工作状态和机床的动作。

(6) 机床本体。机床本体是数控系统的控制对象，是实现加工零件的执行部件。它主要由主运动部件（主轴、主运动传动机构）、进给运动部件（工作台、拖板及相应的传动机构）、支承件（立柱、床身等）以及特殊装置、自动工件交换（APC）系统、自动刀具交换（ATC）系统和辅助装置（如冷却、润滑、排屑、转位、夹紧装置等）组成。

2. 数控机床的分类

数控机床的种类很多，从不同角度对其进行考查，就有不同的分类方法，通常有以下几种分类方法。

(1) 按控制功能分类。按控制功能可分为点位控制数控机床、直线控制数控机床和轮廓控制数控机床。

1) 点位控制数控机床。这类数控机床仅能控制两个坐标轴带动刀具或工作台，从一个点（坐标位置）准确地快速移动到下一个点（坐标位置），然后控制第三个坐标轴进行钻、镗等切削加工。它具有较高的位置定位精度，在移动过程中不进行切削加工，因此对运动轨迹没有要求。点位控制的数控机床主要用于加工平面内的孔系，主要有数控钻床、数控镗床、数控冲床、三坐标测量机等。

2) 直线控制数控机床。这类数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度，从一个点以一条直线准确地移动到下一个点，移动过程中能进行切削加工，进给速度根据切削条件可在一定范围内调节。现代组合机床采用数控进给伺服系统，驱动动力头带着多轴箱轴向进给进行钻、镗等切削加工，可以将其视为直线控制的数控机床。

3) 轮廓控制数控机床。这类数控机床具有控制几个坐标轴同时协调运动，即多坐标轴联动的能力，使刀具相对于工件按程序规定的轨迹和速度运动，能在运动过程中进行连续切削加工。这类数控机床有用于加工曲线和曲面形状零件的数控车床、数控铣床、加工中心

等。现代的数控机床基本上都是这种类型。若根据其联动轴数还可细分为2轴（X、Z轴联动或X、Y联动）、2.5轴（任意2轴联动、第3轴周期进给）、3轴（X、Y、Z3轴联动）、4轴（X、Y、Z和A或B4轴联动）、5轴（X、Y、Z和A、C或X、Y、Z和B、C或X、Y、Z和A、B5轴联动）联动机床。联动坐标轴数越多，加工程序的编制越难，通常3轴以上联动的零件加工程序只能采用自动编程系统编制。

（2）按进给伺服系统类型分类。按数控系统的进给伺服子系统有无位置测量反馈装置，可分为开环数控机床和闭环数控机床。在闭环数控系统中，根据位置测量装置安装的位置又可分为全闭环和半闭环两种。

1) 开环数控机床。开环数控机床采用开环进给伺服系统。开环进给伺服系统没有位置测量反馈装置，信号流是单向的（数控装置到进给系统），故系统稳定性好。但由于无位置反馈，精度（相对闭环系统）不高，其精度主要取决于伺服驱动系统和机械传动机构的性能及精度。该系统一般以步进电动机作为伺服驱动元件，它具有结构简单、工作稳定、调试方便、维修简单、价格低廉等优点，在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到广泛应用。

2) 半闭环数控机床。半闭环数控机床进给伺服系统的位置检测点是从驱动电动机（常用交、直流伺服电动机）或丝杠端引出，通过检测电动机和丝杠旋转角度间接检测工作台的位移量，而不是直接检测工作台的实际位置。由于在半闭环环路内不包括或只包括少量机械传动环节，可获得较稳定的控制性能，其系统稳定性虽不如开环系统，但比闭环要好。另外，在位置环内各组成环节的误差可得到某种程度的纠正，位置环外不能直接消除的，如丝杠螺距误差、齿轮间隙引起的运动误差等，可通过软件来补偿这类误差以提高运动精度。因此，半闭环数控机床在现代CNC机床中得到了广泛应用。

3) 闭环数控机床。闭环进给伺服系统的位置检测点直接对工作台的实际位置进行检测。理论上讲，可以消除整个驱动和传动环节的摩擦特性、刚性和间隙都是非线性的，很容易造成系统不稳定。因此闭环系统的设计、安装和调试都有相当的难度，对其组成环节的精度、刚性和动态特性等都有较高的要求，价格昂贵。这类系统主要用于精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精磨床、较大型的数控机床等。

（3）按工艺用途分类。按工艺用途可分为切削加工类、成形加工类、特种加工类及其他类型。

1) 切削加工类。切削加工类是指具有切削加工功能的数控机床。在常用的车床、铣床、刨床、磨床、钻床、镗床、插床、拉床、切断机床、齿轮加工机床等金属切削机床中，国内外都开发了数控机床，而且品种分得越来越细。例如，在数控磨床中不仅有数控外圆磨床、数控内圆磨床、集可磨外圆、内圆于一机的数控万能磨床、数控平面磨床、数控坐标磨床、数控工具磨床、数控无心磨床、数控齿轮磨床，还有专用或专门化的数控轴承磨床、数控外螺纹磨床、数控内螺纹磨床、数控双端面磨床、数控凸轮轴磨床、数控曲轴磨床、能自动换砂轮的数控导轨磨床（又称导轨磨削中心）等；还有工艺范围更宽的车削中心、加工中心、柔性制造单元（FMC）等。图1-1~图1-3所示分别为数控车床、数控铣床和数控加工中心。

2) 成形加工类。此类是指具有通过物理方法改变工件形状功能的数控机床，如数控折弯机、数控冲床、数控弯管机、数控旋压机。

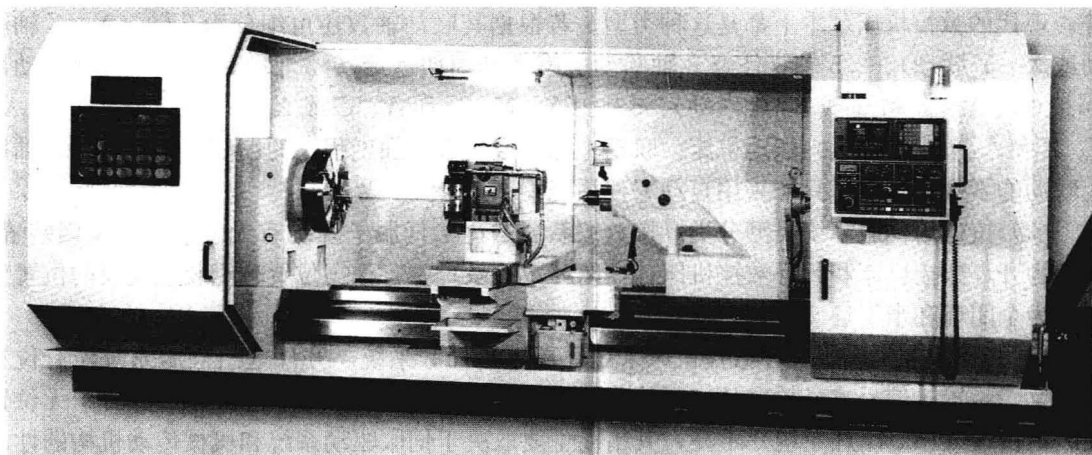


图 1-1 数控车床

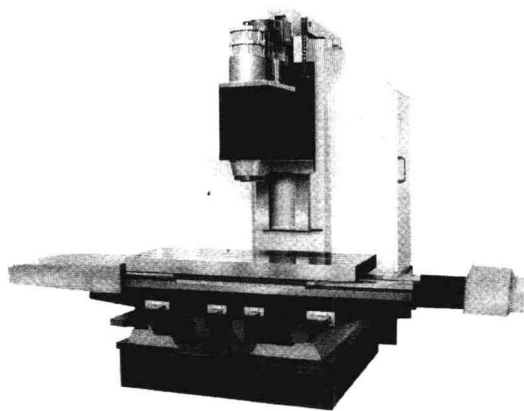


图 1-2 数控铣床

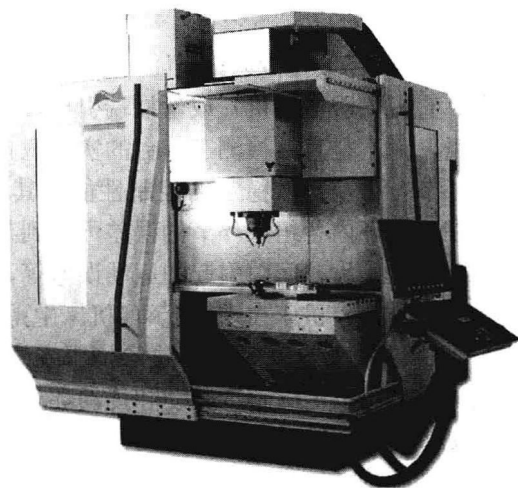


图 1-3 数控加工中心

3) 特种加工类。此类是指具有特种加工功能的数控机床,如数控电火花切割机床、数控电火花成形机床、带有自动换电极功能的“电加工中心”、数控激光切割机床、数控激光热处理机床、数控激光板料成形机床、数控等离子切割机等。

4) 其他类型。其他类型是指一些广义上的数控设备,如数控装配机、数控测量机、机器人等。

3. 数控机床的特点

(1) 数控机床的优点主要有以下几点。

1) 对加工对象改型的适应性强。这为单件、小批零件加工及试制新产品提供了极大的便利。

2) 加工精度高。数控机床的自动加工方式避免了生产者的人为操作误差,同一批加工零件的尺寸一致性好,产品合格率高,加工质量稳定。

3) 加工生产率高。数控机床通常不需要专用的工夹具,因此,可以省去夹具的设计及

制造时间。与普通机床相比,生产率可提高 2~3 倍。

4) 减轻了操作者的劳动强度。操作者不需要进行繁重的重复性手工操作。

5) 能加工复杂型面。数控机床可以加工普通机床难以加工的复杂型面零件。

6) 有利于生产管理的现代化。用数控机床加工零件,能精确地估算零件的加工工时,有助于精确编制生产进度表,有利于生产管理的现代化。

7) 可向更高级的制造系统发展。数控机床是计算机辅助制造(CAM)的初级阶段,也是 CAM 发展的基础。

(2) 数控机床的不足之处。

1) 提高了起始阶段的投资;

2) 增加了电子设备的维护;

3) 对操作人员的技术水平要求较高。

(3) 适合数控机床加工的零件。

1) 多品种小批量零件;

2) 几何形状复杂的零件;

3) 需要频繁改型的零件;

4) 贵重的、不允许报废的关键零件;

5) 必须严格控制公差的零件。

(4) 不适合数控机床加工的零件。

1) 需要通过较长时间占机调整的加工内容;

2) 不能在一次安装中加工完成的其他零星部位,采用数控加工很麻烦,效果不明显,可安排通用机床补加工;

3) 按某些特定制造依据(如样板等)加工的型面轮廓。

三、知识链接

数控机床是在什么背景下产生并发展起来的?

数控机床是机电一体化的高技术产品。它的产生是 20 世纪中期计算机技术、微电子技术和自动化技术高速发展的结果,是在机械制造业要求产品高精度、高质量、高生产率、低消耗和中、小批量、多品种产品生产实现自动化生产的结果。

机械制造业是国民经济的支柱产业之一,但在实现多品种、小批量产品自动化生产方面曾遇到困难。对于大批量生产,实现自动流水作业比较容易,但对于多品种小批量生产的自动化经历了漫长的道路。因为机械制造业属于离散型生产,它与化工生产、电力生产等连续型生产截然不同。在机械加工中,产品是经过一道道工序、多次换刀与一系列动作逐步累加而成型的。通过成组技术将产品分类,力求将中小批量产品转换成大批大量生产的形式,组成流水生产作业,在一定程度上可以使机械加工生产由离散型转化为连续型。但要将这种连续型生产实现柔性自动化,只有在数控机床诞生以后,将计算机技术引入金属切削机床之中,才从根本上解决了“柔性制造”(Flexible Manufacturing)、自动化生产的实际问题。因此,毫不夸张地说,数控机床的产生是机械制造业领域中的一场重大的技术革新。

经过半个世纪的不断改进、开拓与发展,数控机床已形成品种齐全、种类繁多、性能完善与外观造型完美的自动化生产装备。而且正在迈向更高的层次——无人化工厂。

课题二 数控机床的技术指标

教学目的和要求：

- 了解数控机床故障诊断与维修的必要性；
- 掌握数控机床的规格、性能和可靠性指标。

知识点：

- 数控机床故障诊断与维修的意义；
- 数控机床的规格指标；
- 数控机床的性能指标；
- 数控机床的可靠性指标。

一、问题引入

数控机床故障诊断和维修的意义是什么？数控机床的规格、性能和可靠性指标分别有哪些？

二、问题的分析

随着电子技术和自动化技术的发展，数控技术的应用越来越广泛。以微处理器为基础，以大规模集成电路为标志的数控设备，已在我国批量生产、大量引进和推广应用，它们给机械制造业的发展创造了条件，并带来很大的效益。但由于它们的先进性、复杂性和智能化高的特点，在维修理论、技术和手段上都发生了飞跃的变化。

1. 数控机床故障诊断与维修的必要性

数控维修技术不仅是保障数控机床正常运行的前提，对数控技术的发展和完善也起到了巨大的推动作用。目前，数控维修技术已经成为一门专门的学科。

另外，任何一台数控设备都是一种过程控制设备，这就要求它在实时控制的每一时刻都准确无误地工作。任何部分的故障与失效，都会使机床停机，从而造成生产停顿。因此，对数控系统这样原理复杂、结构精密的装置进行维修就显得十分必要了。在许多行业中，花费了几十万到上千万美元引进数控机床，这些设备均处于关键的工作岗位。若在出现故障后不及时维修、排除故障，就会造成较大的经济损失。

我们现有的维修状况和水平，与国外进口设备的设计与制造技术水平还存在很大的差距。造成差距的原因在于：人员素质较差，缺乏数字测试分析手段，数控机床故障诊断与维修的综合判断能力和测试分析技术有待提高等。

2. 数控机床的技术指标

(1) 规格指标。规格指标是指数控机床的基本能力指标，主要有以下几个方面。

1) 行程范围和摆角范围。行程范围是指坐标轴可控的运动区间，它反映机床允许的加工空间。一般情况下，工件轮廓尺寸应在加工空间的范围之内。摆角范围是指摆角坐标轴可控的摆角区间，也反映机床加工空间。

2) 工作台面尺寸。它反映机床安装工件的最大范围，通常应选择比最大加工工件稍大一点的面积，这是因为要预留夹具所需的空間。

3) 承载能力。它反映机床能加工零件的最大重量。

4) 主轴功率和进给轴扭矩。它反映机床的加工能力，同时也可间接反映机床的刚度及强度。

5) 控制轴数和联动轴数。数控机床的控制轴数通常是指机床数控装置能够控制的进给轴数。数控机床控制轴数与数控装置的运算处理能力、运算速度、内存容量等有关。联动轴数是指数控机床同时控制多个进给轴,使它们按规定的路线和进给速度所确定的规律运动进给轴的数目。联动轴数反映数控机床的曲面加工能力。

6) 刀库容量。刀库容量是指刀库能存放加工所需刀具的数量,它反映机床加工工序内容的多少。目前,常见的中小型加工中心多为16~60把,大型加工中心达100把以上。

(2) 性能指标。数控机床的性能指标包括分辨率与脉冲当量、最高主轴转速和最大加速度、最高快移速度和最高进给速度。

1) 分辨率与脉冲当量。分辨率是指两个相邻的分散细节之间可以分辨的最小分隔。对测量系统而言,分辨率是可以测量的最小增量;对控制系统而言,分辨率是可以控制的最小位移增量。数控装置每发出一个脉冲信号,反映到机床移动部件上的移动量,通常称为脉冲当量。脉冲当量是设计数控机床的原始数据之一,其数值的大小决定数控机床的加工精度和表面质量。脉冲当量越小,数控机床的加工精度和加工表面质量越高。简易数控机床的脉冲当量为 $0.1\mu\text{m}$,最精密的数控系统的分辨率已达 $0.001\mu\text{m}$ 。

2) 最高主轴转速和最大加速度。最高主轴转速是指主轴所能达到的最高转速,它是影响零件表面加工质量、生产效率以及刀具寿命的主要因素之一。最大加速度是反映主轴提速能力的性能指标,也是加工效率的重要指标。

3) 最高快移速度和最高进给速度。最高快移速度是指进给轴在非加工状态下的最高移动速度,最高进给速度是指进给轴在加工状态下的最高移动速度,它们也是影响零件加工质量、生产效率以及刀具寿命的主要因素。这两个性能指标受数控装置的运算速度、机床动态特性、工艺系统刚度等因素的限制。

另外,还有换刀速度和工作台交换速度也是影响生产效率的性能指标。

(3) 可靠性指标。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的要求。衡量可靠性的主要指标包括以下几个方面。

1) 平均无故障工作时间 MTBF (Mean Time Between Failure)。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,两次故障间隔的平均时间,即

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

显然,平均无故障工作时间越长越好。

2) 平均修复时间 MTTR (Mean Time To Repair)。当数控设备发生了故障,需要及时排除,从开始出现故障到数控设备又能正常使用所用的平均时间称为平均修复时间,反映了数控设备的可维修性。我们希望,出现故障时修复的时间越短越好。

3) 平均有效度 A 。如果将 MTBF 看作设备正常工作的时间,将 MTTR 看作设备不能工作的时间,那么正常工作时间与总时间之比称为设备的平均有效度 A ,即

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

平均有效度是指可维修的设备在某一段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。

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具有重要的意义。对于数控机床的生产厂商,加强数控机床的故障诊断与维修的力量,可以提高数控机床

的质量,有利于数控机床的推广和使用。对于数控机床的使用单位,培养掌握数控机床的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。

三、知识链接

(1) 世界上第一台数控机床产生于何时何地?它的性能如何?

世界上第一台数控机床产生于1952年,诞生地点是美国麻省理工学院(MIT)。20世纪40年代初,美国帕森斯(Parsons Co.)公司,在密执安州的一个小型飞机工业制造厂对直升飞机的变截面螺旋桨桨叶曲面的检测样板生产,采用了数字加工技术,获得了 $\pm 0.0015\text{in}$ 的加工精度。1952年,帕森斯公司与MIT合作研制成功三坐标数控铣床,其数控系统是“数字脉冲乘法器”装置,实质上仍属于一个试验性的数控加工系统。

1954年,在Parsons专利基础上,由美国本迪克斯公司(Bendix Co.)生产的数控机床才是世界上第一台工业实用性的数控机床。

由MIT与Parsons公司研制成功的世界上第一台数控机床是大约由2000个电子管组成的数控系统,占地面积约 60m^2 。插补装置采用脉冲乘法器,伺服机构是一台可控的小型马达,通过改变液压马达斜盘角度来改变液力发动机的速度。在当时来看,这台数控系统与1946年美国宾夕法尼亚大学研制的第一台电子计算机(ENIAC)相比要小的多。因为ENIAC使用了约18000个电子管,占地面积达 170m^2 、重量达130t、耗电约 $140\text{kW}\cdot\text{h}$ 。同时,还配置了一台30t重的散热器。

数控系统实际上从1958年才摆脱了电子管装置而采用晶体管,之后进入了小规模集成电路。20世纪70年代才采用了小型计算机数控系统,由NC装置改称为CNC装置。目前的数控系统,都已成为微机数控系统。它由大规模与超大规模集成电路构成,体积已大为减小,因而可以进入机床内部,形成机电一体化的高技术产品。

此外,以PC(个人计算机)为基础的标准、开放型数控系统目前也正在开发与完善中。它将使机床的数控系统更加柔性化、使之适合于不同用途与不同类型的数控机床,为数控机床的迅猛发展打下基础。

(2) 目前国内外数控机床的发展现状。

从数控机床产生至今已经过了半个世纪。在这50年中,数控机床的产量不断增长,品种不断完善,数控系统的功能不断增加,可靠性不断提高以及数控驱动系统的性能不断改进与提高,可以说数控机床已远非当初诞生时的情况了。

目前,许多企业已大大地提高了数控机床的品种与数量,使其在全部拥有的主要生产设备中的比例越来越高。同时,许多数控机床均处于关键生产部门与工序上。通常,在一个企业产品质量保证体系的硬指标中,数控机床的拥有量是十分关键的。

50多年前所诞生的三坐标数控铣床,现在已发展为数控车床、数控镗床、数控钻床、数控磨床、数控线切割机床、数控冲床、数控齿轮加工机床等上百个品种的数控加工设备。

我国数控机床的现状可以从应用和生产两个方面来看,在“七五”与“八五”两个五年计划期间,数控机床的水平与产量均有令人瞩目的提高。“九五”及“十五”期间更有明显增长。图1-4所示为我国第一台数控机床。

从我国引进国外先进设备较多、较集中的行业来看,贯彻用好、管好、推广好这些贵重设备,许多企业在人员培训、开发新技术及应用推广方面,都不遗余力。目前,我国制造行

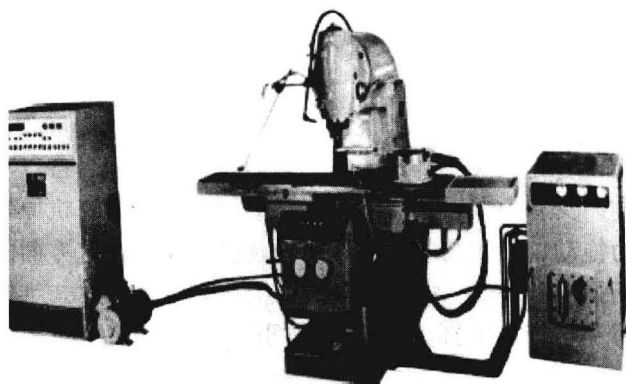


图 1-4 我国第一台数控机床

业已经在三个层次上拥有相当数量的数控机床。在最高层次方面,除少量的国产高档数控系统外,主要是以从世界上 17 个国家、地区进口的全功能高档数控装备为主体。在中低档层次上,主要是两方面并举,既有国外引进的,也有国产的。在低层次方面,则以国内单板机、单片机或 STD 总线机加步进电机构成的普及型数控系统为主体,加上少量由本单位或少量协作单位研制、开发的一些简易数控系统来改造普通机床或将其配置在线切割机床上。

国外数控机床的现状有三个特点:第一是拥有数量较多,通常占主要生产设备的 20% 以上;第二是大型数控机床,如落地式镗铣床、大型龙门镗铣床、三坐标测量机等较多;第三是更新换代较快。许多新开发的数控机床已陆续装备在生产线上。

目前,国内外不少机械制造厂拥有自己具有代表性的柔性制造系统(FMS)及计算机集成制造系统(CIMS)。国外在无人化工厂方面更具特色,如日本 FANUC 公司的无人化工厂(FA)已在实际生产中应用多年并取得较好的经济效益。

课题三 数控机床故障诊断及维修的基本要求与一般方法

教学目的和要求:

- 了解对维修人员的素质要求;
- 熟悉数控机床维修器具的使用及维修的一般方法;
- 掌握数控机床维修必要的技术资料和技术准备。

知识点:

- 对维修人员的素质要求;
- 数控机床维修必要的器具;
- 数控机床维修必要的技术资料和技术准备;
- 数控机床维修必要的备件;
- 数控机床故障诊断及维修的一般方法。

一、问题引入

数控设备是技术密集型的机电一体化产品,其技术先进、结构复杂、价格昂贵,在生产

上往往起着关键作用。因此,对维修人员、维修仪器仪表、维修技术资料等方面都提出了较高的要求。

二、问题的分析

1. 对维修人员的素质要求

维修工作做得好坏,首先取决于维修人员的素质,他们必须具备以下条件。

(1) 专业知识面广。具有中专以上文化程度,掌握或了解计算机原理、电子技术、电工原理、自动控制与电力拖动、检测技术、机械传动及机械加工工艺方面的基础知识。既要懂电、又要懂机。电包括强电和弱电;机包括机械、液压和气动技术。维修人员还必须经过数控技术方面的专门学习和培训,掌握数字控制、伺服驱动及 PLC 的工作原理,懂得 NC 和 PLC 编程。

(2) 具有专业英语阅读能力。数控系统的操作面板、CRT 显示屏以及随机技术手册大都用英文表示,不懂英文就无法阅读这些重要的技术资料,无法通过人机对话,操作数控系统,甚至不能识别报警提示的含义。对照英文查字典翻译资料,虽可解决一些问题,但会延长宝贵的停机修理时间。所以,一个称职的数控维修人员必须努力培养自己的英语阅读能力。

(3) 勤于学习,善于分析。数控维修人员应该是一个勤于学习的人,他们不仅要有较广的知识面,而且需要对数控系统有深入的了解。要读懂厚厚几大本数控系统技术资料并不是一件轻而易举的事,必须刻苦钻研、反复阅读、边干边学,才能真正掌握。数控系统型号多、更新快,不同制造厂、不同型号的系统往往差别很大。一个能够熟练维修 FANUC 数控系统的人未必能熟练排除 SIEMENS 系统所发生的故障,其原因就在于此。当前数控技术正随着计算机技术的迅速发展而发展,通用计算机上使用的硬件、软件,如软盘、硬盘,人机对话系统越来越广泛地应用于新的数控系统,与传统数控系统的差别日益增大,即使对于经验丰富的老维修人员来说,也有不断学习的要求。数控维修人员需要有一个善于分析的头脑。数控系统故障现象千奇百怪,各不相同,其起因往往不是简而易见的,它涉及电、机、液、气各种技术。就数控系统而言,机内成千上万只元器件都有损坏的可能,要在这样众多的元器件中找到损坏的那一只,要有由表及里、去伪存真的本领,在这里对众多的故障原因和现象做出正确的分析判断是至关重要的。

(4) 有较强的动手能力和实验技能。数控系统的维修离不开实际操作,维修人员应能够对数控系统进行操作,查看报警信息,检查、修改参数,调用自诊断功能,进行 PLC 接口检查;应会编制简单的典型加工程序,对机床进行手动和试运行操作;应会使用维修所必需的工具、仪表和仪器。对数控维修人员来说,胆大心细,既敢于动手,又细心有条理是非常重要的。只有敢于动手,才能深入理解系统原理、故障机理,才能一步步缩小故障范围,找到故障原因。所谓“心细”,就是在动手检修时,要先熟悉情况,后动手,不蛮干;在动手过程中要稳、要准。

2. 必要的维修用器具

(1) 测量仪器、仪表。测量仪器、仪表包括万用表、逻辑测试笔和脉冲信号笔、示波器、PLC 编程器、IC 测试仪、IC 在线测试仪、短路追踪仪及逻辑分析仪。

1) 万用表。数控设备的维修涉及弱电和强电领域,最好配备指针式和数字式万用表各一个。指针式万用表除用于测量强电回路之外,还可用于判断二极管、三极管、晶闸管、电解电容等元器件的好坏,测量集成电路引脚的静态电阻值。数字式万用表可用来正确测量电

压、电流、电阻值，还可测量三极管的放大倍数和电容值。它还有一个蜂鸣器档，可测量电路的通断，判断印制电路的走向。

2) 逻辑测试笔和脉冲信号笔。这两种笔形仪器体积小、价格低，对以数字电路为主体的数控系统的现场故障检查，十分适用、方便。一般使用 TTL 和 CMOS 逻辑电平通用型。逻辑测试笔可测试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，输出的脉冲是连续的还是单个脉冲，还可大概估计脉冲的占空比和频率范围。脉冲信号笔则可发出单脉冲或连续脉冲、正脉冲或负脉冲，它和逻辑测试笔配合使用，就能对电路的输入和输出的逻辑关系进行测试。

3) 示波器。数控系统的维修通常选用频带宽度为 $10\sim 1000\text{MHz}$ 范围内的双通道示波器。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，直流电源或测速发电机输出的纹波，伺服系统的超调、振荡波形。用来检查、调整纸带阅读机的光电放大器的输出波形，还可检查 CRT 电路的垂直、水平振荡和扫描波形、视放电路的视频信号等。

4) PLC 编程器。很多数控系统的 PLC 控制器必须使用专用的编程器才能对其进行编程、调试、监控和检查。这类编程器型号有很多种，如 SIEMENS 的 PG710、PG750、PG685，OMRON 的 GPC01—GPC04 等。这些编程器可以对 PLC 程序进行编辑和修改，监视输入和输出状态及定时器、移位寄存器的变化值。在运行状态下修改定时器和计数器的设置值，可控制内部输出，对定时器、计数器、移位寄存器进行置位、复位等。带有图形功能的编程器还可显示 PLC 梯形图。

5) IC 测试仪。这类测试仪可离线快速测试集成电路的好坏，是数控系统进行片级维修的必要仪器。它按测试的常用中小规模数字芯片，大规模数字芯片和模拟芯片进行分类。国内常用的有台湾河洛公司生产的 PRUFER—20 型手持式常用数字芯片测试仪，可测试 TTL74、CMOS40、CMOS45、DRAM41、DRAM44 等系列，引脚在 20 个以内的数字芯片。

英国 ABI 电子公司的 PT3000 型手持式 40 脚数字芯片测试仪，除可测试上述常用系列芯片外，还可测试 PROM、EPROM、DRAM、SRAM 多种存储器芯片，以及测试 TTL75、ULNZ、8Z、DS88、Z80、8T、MC68、86/82 等系列外围接口和微处理器芯片。

PT3200 型模拟芯片测试仪是 ABI 公司的另一种产品，可测试各种运放、比较器、光电耦合器模拟多路开关、转换阵列、D/A、A/D 转换器、基准源、电压调节器以及一些特殊电路。

上述两种 PT 型 IC 测试仪，体积和一般数字式万用表差不多，可以使用机内电池，十分方便。还可测试数控系统修理中所遇到的大多数集成电路，对维修人员十分有用，但价格比较昂贵。

台湾河洛公司的 ALL—03 或 07 型通用编程器也是国内维修人员常用的测试、编程仪器，它需和计算机连接，可对各种 EPROM、GAL 等可编程逻辑芯片烧制程序。也可测试 TTL、CMOS 等通用系列芯片。

6) IC 在线测试仪。这是一种使用通用微型计算机技术的新型数字集成电路在线测试仪器。它的主要特点是能够对焊接在电路板上的芯片直接进行功能、状态及外特性测试，确认其逻辑功能是否失效。IC 在线测试仪针对的是每个器件的型号以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于何种电路。因此，它可以检查各种电路板，而且无需图