



教育部高职高专规划教材

# 数控设备故障诊断 与维修技术

● 武友德 主编



化学工业出版社  
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

# 数控设备故障诊断与维修技术

武友德 主编

化学工业出版社  
教材出版中心  
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

数控设备故障诊断与维修技术/武友德主编. —北京:  
化学工业出版社, 2003.7  
教育部高职高专规划教材  
ISBN 7-5025-4056-3

I. 数… II. 武… 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. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 039655 号

---

教育部高职高专规划教材  
数控设备故障诊断与维修技术

武友德 主编  
责任编辑: 高 钰  
文字编辑: 丁建华  
责任校对: 李 林  
封面设计: 郑小红

\*

化学工业出版社 出版发行  
教材出版中心  
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)  
发行电话: (010) 64982530  
<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销  
北京管庄永胜印刷厂印刷  
三河市延风装订厂装订  
开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 10<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 字数 262 千字  
2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月北京第 1 次印刷  
ISBN 7-5025-4056-3/G·1168  
定 价: 18.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

# 前 言

数控加工是机械制造中的先进加工技术，它的广泛使用给机械制造业的生产方式、产品结构、产业结构带来了深刻的变化，是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础。为适应这种趋势，全国高职高专专门课开发指导委员会组织全国高职高专院校，于2001～2002年先后召开多次会议，成立了各专业专门课开发小组，确定了各专业的教材体系和课程结构框架。本书是根据专门课开发指导委员会确定的《数控设备故障诊断与维修技术》课程基本要求，从该课程的高职高专教育目标及知识、能力和素质结构要求出发，按照该课程的教材编写大纲而编写的。

为了充分发挥数控设备的使用效率，首先必须对数控设备进行正确的日常维护，保证它的开动率，这就对数控设备提出了稳定性和可靠性的要求。本书正是从数控设备的实用性故障诊断与维修技术角度出发，介绍了数控设备安装、调试及验收，数控设备的维护，数控设备机械故障诊断，数控系统常用故障诊断仪器及故障诊断，数控设备维修技术等内容。

本书紧紧围绕高职教育的特点，内容重点突出，强调理论与实践相结合；文字简练，图文并茂。

本书由武友德任主编，李登万副教授主审。第一章、第四章、第五章第一节由武友德编写，第二章、第三章由白风光编写，第五章第二、三、四节由李近东编写，第六章由廖慧勇编写。

限于编者的水平和经验，书中难免有疏漏或错误之处恳请广大读者批评指正。

编 者  
2002年3月

## 内 容 提 要

本书主要介绍：数控设备安装、调试及验收，数控设备的维护，数控设备机械故障诊断，数控系统常用故障诊断仪器及故障诊断，数控设备维修技术等。

本书的特点为：在讲述数控设备机械故障诊断时，利用了较多的篇幅介绍现代诊断方法和技术，使读者通过本书的学习对现代诊断技术有一个比较全面的了解；在讲述数控设备的安装时，详细的介绍了数控设备安装对地基的要求；在讲述数控设备维修技术时，引用了大量的现场维修实例、介绍了数控设备的现代维修方法和作者本人的一些体会。

本书可作为高职高专院校工科机械类专业学生教材，也可作为工程技术人员的参考用书。

# 目 录

|                                 |    |                                     |    |
|---------------------------------|----|-------------------------------------|----|
| <b>第一章 绪 论</b> .....            | 1  | 一、概述 .....                          | 31 |
| 一、数控设备故障诊断与维修的目的 .....          | 1  | 二、实用诊断技术 .....                      | 32 |
| 二、数控设备故障诊断与维修研究的对象 .....        | 1  | <b>第二节 数控设备机械故障现代诊断技术</b> .....     | 33 |
| 三、数控设备故障诊断技术的发展 .....           | 3  | 一、故障探测传感器 .....                     | 33 |
| 思考题与习题 .....                    | 4  | 二、故障信号处理技术简介 .....                  | 40 |
| <b>第二章 数控设备安装、调试及验收</b> .....   | 5  | 三、振动监测技术 .....                      | 46 |
| <b>第一节 数控设备安装</b> .....         | 5  | 四、噪声监测技术 .....                      | 50 |
| 一、数控设备的初始就位 .....               | 5  | 五、润滑油磨粒检测技术 .....                   | 56 |
| 二、机床各部件组装连接 .....               | 5  | <b>第三节 数控设备主要机械部件的故障诊断及维护</b> ..... | 61 |
| 三、数控系统的连接和调试 .....              | 5  | 一、主轴部件 .....                        | 61 |
| 四、数控设备安装对地基的要求 .....            | 7  | 二、滚珠丝杠螺母副 .....                     | 64 |
| <b>第二节 数控设备调试</b> .....         | 7  | 三、导轨副 .....                         | 65 |
| 一、通电试车 .....                    | 7  | 四、刀库及换刀装置 .....                     | 68 |
| 二、机床精度和功能的调试 .....              | 8  | 五、液压与气压传动系统 .....                   | 69 |
| 三、设备试运行 .....                   | 9  | 思考题与习题 .....                        | 71 |
| <b>第三节 数控设备的检测与验收</b> .....     | 9  | <b>第五章 数控系统常用故障检测仪器及故障诊断</b> .....  | 73 |
| 一、设备外观的检查 .....                 | 9  | <b>第一节 常用故障诊断仪器</b> .....           | 73 |
| 二、机床几何精度的检测 .....               | 10 | 一、BW 4040 系列电路维修测试仪 .....           | 73 |
| 三、机床定位精度的检测 .....               | 11 | 二、TH 系列电路在线维修测试仪 .....              | 76 |
| 四、机床切削精度的检测 .....               | 13 | 三、其他几种测试仪 .....                     | 81 |
| 五、设备性能验收 .....                  | 15 | <b>第二节 故障诊断方法</b> .....             | 83 |
| 思考题与习题 .....                    | 18 | 一、数控系统故障诊断的一般方法 .....               | 83 |
| <b>第三章 数控设备的维护</b> .....        | 19 | 二、数控设备故障诊断的一般步骤 .....               | 84 |
| <b>第一节 数控设备的维护管理</b> .....      | 19 | <b>第三节 数控系统故障诊断</b> .....           | 85 |
| 一、维护管理内容 .....                  | 19 | 一、数控系统的组成与工作过程 .....                | 85 |
| 二、常用工具 .....                    | 20 | 二、数控系统故障 .....                      | 88 |
| 三、点检管理 .....                    | 24 | <b>第四节 伺服系统故障诊断</b> .....           | 88 |
| <b>第二节 数控设备的维护及保养</b> .....     | 24 | 一、伺服系统的组成 .....                     | 89 |
| 一、数控设备使用注意事项 .....              | 24 | 二、进给伺服系统故障 .....                    | 90 |
| 二、维护必备的基本知识 .....               | 25 | 三、主轴控制单元故障 .....                    | 91 |
| 三、设备的日常维护与常见故障的排除方法 .....       | 25 | 思考题与习题 .....                        | 91 |
| 四、CNC 系统的日常维护和故障处理 .....        | 28 | <b>第六章 数控设备维修技术</b> .....           | 92 |
| 思考题与习题 .....                    | 30 | <b>第一节 常用的故障自诊断技术</b> .....         | 92 |
| <b>第四章 数控设备机械故障诊断</b> .....     | 31 | 一、开机自诊断 .....                       | 92 |
| <b>第一节 数控设备机械故障实用诊断技术</b> ..... | 31 | 二、运行自诊断 .....                       | 94 |
|                                 |    | 三、脱机诊断 .....                        | 97 |

|                         |     |                               |     |
|-------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 四、SINUMERIK 远程诊断 .....  | 98  | 二、刀塔 .....                    | 141 |
| 第二节 数控系统板级维修技术 .....    | 101 | 三、润滑油压力不足 .....               | 142 |
| 一、功能程序测试法 .....         | 101 | 四、自动门 .....                   | 143 |
| 二、参数检查法 .....           | 102 | 五、主轴定位 .....                  | 143 |
| 三、交换法 .....             | 102 | 六、切削液系统故障 .....               | 143 |
| 四、备板置换法 .....           | 103 | 第六节 数控铣床维修实例 .....            | 144 |
| 五、隔离法 .....             | 104 | 第七节 加工中心维修实例 .....            | 145 |
| 六、直观法 .....             | 104 | 一、换刀问题 .....                  | 145 |
| 七、升降温法 .....            | 105 | 二、主轴问题 .....                  | 147 |
| 八、敲击法 .....             | 105 | 三、IC 不良问题 .....               | 148 |
| 九、对比法 .....             | 106 | 四、无法开机问题 .....                | 148 |
| 十、原理分析法 .....           | 106 | 五、冷却系统问题 .....                | 149 |
| 第三节 数控系统片级维修技术 .....    | 107 | 六、设定问题 .....                  | 149 |
| 一、外观法 .....             | 107 | 七、风扇问题 .....                  | 149 |
| 二、电源检查法 .....           | 107 | 八、轴向问题 .....                  | 150 |
| 三、静态测量法 .....           | 109 | 九、联机问题 .....                  | 150 |
| 四、动态测量法 .....           | 110 | 十、加工中心回参考点及其故障诊断 .....        | 150 |
| 五、在线测试法 .....           | 111 | 十一、数控设备检测元件的故障及<br>维修实例 ..... | 153 |
| 六、汇编语言测试法 .....         | 114 | 十二、国产 JCS-018 加工中心故障维修 .....  | 157 |
| 七、模拟台测试法 .....          | 114 | 第八节 数控机床外部故障 .....            | 161 |
| 第四节 数控系统维修实例 .....      | 115 | 一、非硬件损坏故障 .....               | 161 |
| 一、故障诊断实例 .....          | 115 | 二、由外部硬件损坏引起的故障 .....          | 162 |
| 二、日本 FANUC 系统维修实例 ..... | 122 | 参考书目 .....                    | 164 |
| 第五节 数控车床维修实例 .....      | 134 |                               |     |
| 一、电气问题 .....            | 134 |                               |     |

## 第一章 绪 论

数控设备的故障诊断与维修技术在内容、手段和方法上与传统机床的故障诊断与维修有很大的区别。数控设备的正确保养和维护在数控设备的使用中占有举足轻重的作用,数控设备的维修应以状态监测为基础的预防维修为主。学习和掌握数控设备故障诊断、维修技术,已越来越引起相关企业和工程技术人员关注。数控设备故障诊断与维修已成为正确使用数控设备的关键因素之一。

### 一、数控设备故障诊断与维修的目的

数控设备是机电一体化在机械加工领域中的典型产品,它是将电子电力技术、自动化控制技术、电机技术、自动检测技术、计算机控制技术、传感器技术、机床、液压及气压传动技术和加工工艺等集中于一体的自动化设备,具有高精度、高效率和高适应性的特点。随着经济和社会的发展,对机械产品加工的精度要求越来越高,特别是多品种小批量生产,数控加工是非常好的手段。要发挥数控设备的高效益,就要保证它的开动率,这就对数控设备提出了稳定性和可靠性的要求,衡量该要求的指标是平均无故障时间(MTBF),即为两次故障间隔的时间;同时,当设备出了故障后,要求排除故障的修理时间(MTTR)越短越好,所以衡量上述要求的另一个指标是平均有效度A:

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

为了提高MTBF,降低MTTR,一方面要加强日常维护,延长无故障的时间;另一方面当出现故障后,要尽快诊断出故障的原因并加以修复。

### 二、数控设备故障诊断与维修研究的对象

#### 1. 数控机床本体(包括液压、气动和润滑装置等)

对于机床本体而言,由于机械部件处于运动摩擦过程中,因此,对它的维护就显得特别重要,如主轴箱的冷却和润滑,导轨副和丝杠螺母副的间隙调整、润滑及支承的预紧,液压和气动装置的压力和流量调整等。

#### 2. 电气控制系统

电气控制系统由数控系统、伺服系统、机床电器柜(也称强电柜)及操作面板等组成。图1-1所示为某数控机床的组成。

数控系统与机床及机床电器设备之间的接口有4个部分。

(1) 驱动电路 主要指与坐标轴进给驱动和主轴驱动的连接电路。

(2) 位置反馈电路 指数控系统的位置检测装置之间的连接电路。

(3) 电源及保护电路 电源及保护电路由数控机床强电线路中的电源控制电路构成。强电线路由电源变压器、控制变压器、各种断路器、保护开关、接触器、熔断器等连接而成,以便为交流电动机、电磁铁、离合器和电磁阀等功率执行元件供电。

(4) 开/关信号连接电路 开/关信号是数控系统与机床之间的输入/输出控制信号。输入/输出信号在数控系统和机床之间的传送通过I/O接口进行。数控系统中各种信号均可用

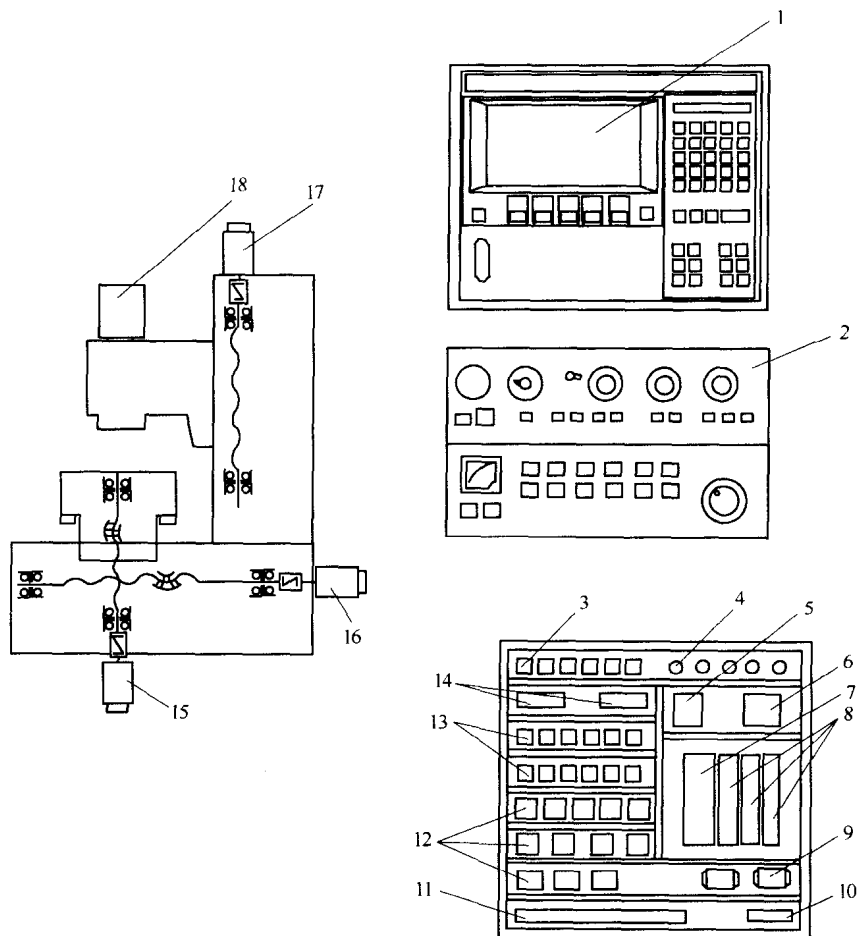


图 1-1 数控机床组成

1—数控系统及面板；2—机床操作面板；3—断路器 QF；4—熔断器 FU；5—电源开关；  
6—稳压器；7—主轴驱动装置；8—X、Y、Z 轴进给驱动装置；9—变压器；10—接地板；  
11—接线端子板 XT；12—接触器 KM；13—中间继电器 KA；14—I/O 输入输出端子板 XT；  
15—带编码器的 X 轴伺服电动机；16—带编码器的 Y 轴伺服电动机；17—带编码器及电磁  
制动器的 Z 轴伺服电动机；18—主轴电动机

机床数据位“1”或“0”来表示。数控系统通过对输入开关量的处理，向 I/O 接口输出各种控制命令，控制强电线路的动作。

数控设备从电气角度看，最明显的特征就是用电气驱动替代了普通机床的机械传动，相应的主运动和进给运动由主轴电动机和伺服电动机执行完成，而电动机的驱动必须有相应的驱动装置及电源配置。

可编程控制器替代普通机床强电柜中大部分的机床电器，从而实现对主轴、进给、换刀、润滑、冷却、液压及气压传动等系统的逻辑控制。特别要注意的是机床上各部位的按钮，行程开关，接近开关及继电器、电磁阀等机床电器开关，开关的可靠性直接影响到机床能否正确执行动作，这类故障是数控设备最常见的故障。

数控设备最终以位置控制为目的，所以，位置检测装置维护的好坏将直接影响到机床的运动精度和定位精度。

因此,电气系统的故障诊断及维护,是维护和故障诊断的重点部分。

就数控系统来说,数控系统类似计算机产品,将电子元器件焊(贴)到印制电路板上成为板、卡级产品,由多块板、卡通过插件等连接,再连接外设就成为系统级最终产品。当其关键过程如元件筛选、印制电路板、焊接和贴附、生产过程及最终产品的检验等都得到可靠控制,才能极大地提高数控系统的可靠性。有资料表明:数控设备操作、保养和调整不当占整个故障的 57%,伺服系统、电源及电气控制部分的故障占整个故障的 37.5%,而数控系统的故障只占 5.5%。

### 三、数控设备故障诊断技术的发展

#### 1. 数控设备故障诊断与维修的特点

按照数控设备故障频率的高低,整个使用寿命期大致可分为 3 个阶段,如图 1-2 所示。

(1) 初始使用阶段 从整机安装调试后,开始运行半年至一年期间,故障频率较高,一般无规律可寻。在这个时期,电气、液压和气动系统故障频率约占整个初始使用期故障的 90%,为此,要加强对机床的监控,作好记录,定期对机床进行机电调整,以保证设备各种运行参数处于技术规范之内。

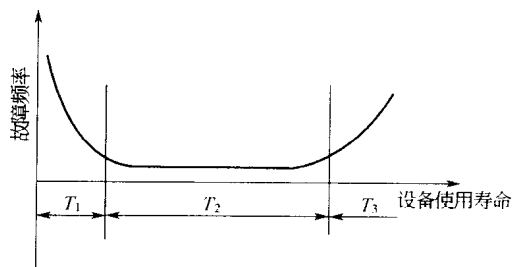


图 1-2 设备使用寿命-故障频率曲线

$T_1$ —初期使用阶段;  $T_2$ —相对稳定阶段;  $T_3$ —寿命终了阶段

(2) 相对稳定运行阶段 设备在经历了初期的各种老化、磨合和调整,开始进入相对稳定的正常运行期,此时各类元器件器质性的故障较为少见,但不排除偶发性故障的产生,所以,在这个时期内要坚持做好设备运行记录,以备排除故障时参考;另外,要坚持每隔 6 个月对设备作一次机电综合检测和复校,这个时期内,机、电故障发生的概率近乎相等,且大多数可以排除。相对稳定运行期较长,一般定为 7~10 年。

(3) 寿命终了阶段 机床进入寿命终了期后,各类元器件开始加速磨损和老化,故障频率开始逐年递增,故障性质属于渐发性和器质性的。例如橡胶件的老化,轴衬和液压缸的磨损,限位开关接触灵敏度以及某些电子元器件品质开始下降等,大多数渐发性故障具有规律性,在这个时期内,同样要坚持做好设备运行记录,所发生的故障大多数是可以排除的。

由于数控机床属于技术密集型和知识密集型的设备,因此,对它的维护和故障诊断,既有常规的方法和手段,又有专门的技术和检测手段。故障诊断时不能单纯地从机械方面或电气方面来考虑,而必须综合地、全方位地加以考虑。

#### 2. 数控设备故障诊断技术的发展

(1) 通信诊断 通信诊断也称远距离诊断。用户只需把 CNC(计算机数字控制)系统中的专用“通信接口”连接到普通电话线上,维修中心的专用通信诊断计算机的“数据电话”也连接到电话线路上。由通信诊断计算机向各用户 CNC 系统发送诊断程序,并将测试数据送回诊断计算机进行分析,并得出结论,最后又将诊断结论和处理方法通知用户。SIEMENS 公司生产的数控系统就具有这种诊断功能。通信诊断不仅用于故障发生之后对数控系统进行诊断,而且还可用作用户的定期预防性诊断,只需按预定的时间对机床作一系列试运行检查,将检查数据通过电话线送入维修中心的计算机进行分析处理,维修人员不必亲

临现场，就可发现系统可能出现的故障隐患。

(2) 自修复系统 自修复系统就是在系统内设置备用模块，在数控系统的软件中装有自修复程序。当软件在运行时一旦发现某一个模块有故障时，系统一方面将故障信息显示在CRT（字符显示单元显示器）上，同时自动寻找是否有备用模块，若有备用模块，系统能自动使故障模块脱机而接通备用模块，从而使系统较快地进入正常工作状态。

(3) 人工智能（AI）专家故障诊断系统 专家系统是一个或一组能在某些特定领域内，应用大量的专家知识和推理方法求解复杂问题的一种人工智能计算机程序。人工智能专家故障诊断系统如图 1-3 所示。

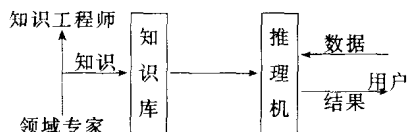


图 1-3 人工智能专家故障诊断系统

人工智能专家故障诊断系统主要包括两大部分，即知识库和推理机。其中知识库中存放着求解问题所需的知识，推理机负责使用知识库中的知识去解决实际问题。知识库的建造需要知识工程师和领域专家相互合作把领域专家的知识 and 经验整理出来，并用系统的知识方法存放在知识库中。当解决问题时，用户为系统提供一些已知数据，就可从系统处获得专家水平的结论。从数控设备故障诊断的内容看，故障诊断专家系统用于故障监测、故障分析和决策处理 3 个方面。

(4) 人工神经网络诊断 人工神经网络，简称神经网络，是人们在对人脑思维研究的基础上，用数学方法将其抽象并模拟，能反映人脑基本功能特性的一种并行分布处理连接网络模型。由于神经网络具有联想、容错、记忆、自适应、自学习和处理复杂多模式故障的优点，是数控设备故障诊断新的发展方向。将神经网络和专家系统结合起来，发挥两者各自的优点，更有助于设备故障的诊断。

### 思考题与习题

1. 简述数控设备故障诊断与维修的目的。
2. 简述数控设备故障诊断技术的发展趋势。

## 第二章 数控设备安装、调试及验收

数控设备的安装调试是指设备从生产厂家托运到用户后，安装到生产车间直到能正常使用所需完成的工作。对于小型设备这项工作比较简单，而对于大、中型设备，由于托运的需要，生产厂家常把设备分解成几部分分别包装，因此，用户收货后需重新组装和调试，且工作较为复杂。下面就介绍一下数控设备的安装调试过程。

### 第一节 数控设备安装

#### 一、数控设备的初始就位

在数控设备到达前，用户就应该按照生产厂家提供的机床基础图，事先作好机床的地基，在要安装地脚螺栓的部位作好预留孔，对已作好整体地基的车间，则在整体地基上打出安装地脚螺栓的预留孔。拆开机床包装箱后，首先找到随机的文件资料，找出机床的装箱单，按照装箱单逐样清点各包装箱内零部件、电缆、附件、备件及各种随机工具等，看是否齐全。然后，按照机床说明书规定把组成机床的各大部件分别在地基上就位。同时，垫铁、调整垫板和地脚螺栓等也相应对号入座。至此，数控设备的初始就位已基本完成。

#### 二、机床各部件组装连接

机床各部件组装就是把初始就位的各部件连接起来。连接前应首先去除安装连接面、导轨和各运动面的防锈涂料，作好各部件外表清洁工作。然后把机床各部件组装成整机，如按照装配图将立柱、数控柜、电气箱装在床身上，刀库、机械手等装在立柱上，在床身上安装上接长床身等。组装时要使用在厂里调试时的定位销、定位块等原来的定位元件，使机床装配后恢复到拆卸前的状态，以利于下一步调整。

部件组装完成后，进行电缆、油管、气管的连接，机床说明书中有电气、液压管路、气压管路等连接图，根据连接图把它们作好标记，逐件对号入座并连接好。连接时要特别注意保持清洁、可靠的接触及密封，并要随时检查有无松动与损坏。电缆插上后，一定要拧紧紧固螺钉保证接触可靠。在油管与气管的连接中，要注意防止异物从接口进入管路，造成液压或气压系统出现故障，以致机床不能正常工作。在连接管路时，每个接头都要拧紧，以免在试车时漏液、漏气。特别是在大的分油器上，一根管子渗漏，往往需要拆下一批管子返修，造成工作量加大。电缆和管道连接完毕后，要作好各管线的固定就位，然后装上防护罩壳，保证机床外观整齐。

#### 三、数控系统的连接和调试

##### 1. 数控系统的开箱检查

无论是单个购入的数控系统，还是与机床配套整机购入的数控系统，到货开箱后都要进行仔细检查。检查包括系统本体和与之配套的进给速度控制单元和伺服电机，主轴控制单元

和主轴电机。检查它们的包装是否完整无损,实物与订单是否相符。此外,还应检查数控柜内各插件有无松动,接触是否良好。

### 2. 外部电缆的连接

外部电缆连接是数控装置与外部 MDI/CRT(手动数据输入方式/字符显示单元显示器)单元、强电柜、机床操作面板、进给伺服电机动力线与反馈线、主轴电机动力线与反馈信号线的连接以及手摇脉冲发生器等连接,应使这些连接符合机床手册的规定,最后还应进行地线的连接。地线要采用一点接地型,即辐射式接地法,以防止窜扰,这种接地要求将连接数控柜中的信号接地,强电接地,机床接地等连接到公共的接地点上,而且数控柜与强电柜之间应有足够粗的保护接地电缆,如截面积为  $5.5 \sim 14 \text{ mm}^2$  接地电缆。而总的公共接地电阻要小于  $4 \sim 7 \Omega$ ,并且总接地点要十分可靠,应与车间接地网相接,或者做出单独接地装置。

### 3. 数控系统电源线的连接

应在切断数控柜电源开关的情况下连接数控柜电源变压器原边的输入电缆,检查电源变压器与伺服变压器的绕组抽头连接是否正确,尤其是进口的数控设备与数控机床更要注意这一点,因为国外的电源电压等级与国内不一样,在厂家调试时可能没有恢复成所需要电压。

### 4. 设定确认

数控系统内的印刷电路板上有许多用短路棒来短路的设定点,这项工作已由机床制造厂家完成,用户只需确认并记录一下。但对于单个购入的数控装置,用户则必须根据需要自行设定,因为数控装置出厂时,是按标准方式设定的,不一定满足每个用户的要求。设定确认的内容一般包括以下 3 方面内容。

(1) 确认控制部分印刷线路板上的设定 主要确认主板、ROM 板、连接单元、附加轴控制板以及旋转变压器或感应同步器控制板上的设定。这些设定与机床返回基点的方法、速度返回的检测元件、检测增益调节及分度精度调节等有关。

(2) 确认速度控制单元印刷电路板上的设定 直流速度控制单元和交流速度控制单元上都有许多的设定点,用于选择检测元件的种类、回路增益以及各种报警等。

(3) 确认主轴控制单元印刷电路板上的设定 无论是直流还是交流主轴控制单元上,均有一些用以选择主轴电动机电流极限和主轴转数的设定点。但数字式交流主轴控制单元上已用数字设定代替短路棒的设定,故只能在通电时才能进行设定与确认。

### 5. 输入电源电压,频率及相序的确认

(1) 检查确认变压器的容量 确认是否满足控制单元伺服系统的电能消耗。

(2) 检查电源电压波动范围 确认是否在控制系统允许的范围内。日本的数控系统一般允许电压额定值的  $85\% \sim 110\%$  范围内波动。而欧美的一些数控系统要求较高一些。否则要外加交流稳压器。

(3) 检查相序 对于采用晶闸管控制元件的速度和主轴控制单元的供电电源,一定要检查相序。在相序不正确情况下,接通电源,可能使速度控制单元的输入熔丝烧断,这是误导通造成的大电流引起的。

相序检查方法有两种:一种用相序表测量,当相序接法正确时(即与表上的端子标记的相序相同时),相序表按顺时针方向旋转。另一种方法可用示波器测量两相之间的波形,两相看一下,确定各相序。

### 6. 确认直流电源单元电压输出端

各种数控系统内部都有直流稳压电源单元,为系统提供  $+5 \text{ V}$ ,  $\pm 15 \text{ V}$ ,  $\pm 24 \text{ V}$  等直流

电压。因此，在系统通电前，应检查这些电源的负载，是否有对地短路现象。可用万用表来确认。

#### 7. 接通数控柜电源，检查各输出电压

在接通电源之前为了确保安全，可先将电动机动力线断开。这样，在系统工作时不会引起机床运动。但是，应根据维修说明书的介绍，对速度控制单元做一些必要的设定，不致因断开电动机动力线而造成报警。

接通电源之后，首先应检查数控柜内各风扇是否旋转，也借此确认电源是否接通。

检查各印刷电路板上的电压是否正常，各种直流电源是否在允许的范围内波动，一般来说，对 +5 V 电源的电压要求较高，波动范围在  $\pm 5\%$  范围内，因为它是供给逻辑电路的。

#### 8. 确认数控系统中各种参数的设定

设定系统参数（包括 PLC 参数）的目的，就是当数控装置与机床相连接时能使机床具有最佳的工作性能。即使是同一种数控系统，其参数设定也随机而异。随机附带的参数表是机床的重要技术资料，应妥善保管，不得丢失，否则将给机床的维修和恢复性能带来困难。

显示参数的方法，随各类数控机床而异，大多数厂家产品可通过按压 MDI/CRT 单元上的“PARAM”（参数）键来显示已存入系统存储器的参数。显示的参数内容应与机床安装调试完成后的参数表一致。

如果所用的进给和主轴控制是数字式的，那么它的参数设定也是用数字设定的，而不用短路棒。此时，须根据随机所带的说明书，一一予以确认。

#### 9. 确认数控系统与机床的接口

现代的数控系统一般都有自诊断功能，荧光屏 CRT 画面上可以显示出数控系统与机床接口以及数控系统内部的状态。在带有可编程序控制器（PLC）时，可以反映出从 PLC 到 NC（数控装置），从 PLC 到 MT（机床）以及 MT 到 PLC，从 PLC 到 NC 的各种信号状态。至于各个信号的含义及相互逻辑关系，随每个 PLC 的梯形图（即顺序程序）而异。用户可以根据机床厂家提供的梯形图说明书（内含诊断地址表），通过自诊断画面确认数控系统与机床之间的接口信号状态是否正确。

完成上述步骤，可以认为数控系统已经调试完毕。具备了与机床联机通电试车的条件。此时，可以切断数控系统电源，连接电动机的动力线，恢复报警的设定。

### 四、数控设备安装对地基的要求

对重型机床和精密机床，制造厂一般向用户提供机床基础地基图，用户事先作好机床基础，经过一段时间保养，等基础进入稳定阶段，然后再安装机床。重型机床、精密机床必须要有稳定的机床基础，否则，无法调整机床精度，即使调整后也会反复变化。而一些中小型数控机床，对地基则没有特殊要求。

## 第二节 数控设备调试

### 一、通电试车

机床调试前，按机床说明书要求，给机床润滑油油箱、各润滑点灌注规定的油液和油脂，用煤油清洗液压油箱及过滤器，灌入规定标号的液压油，接通外界输入气源。液压油事

先要经过过滤。

机床通电试车可以是一次各部件全面供电,或各部件分别供电,然后再做总供电试验。分别供电比较安全,但时间长。通电后,首先观察有无故障报警,然后用手动方式陆续启动各部件。检查安全装置是否起作用,能否正常工作,能否达到额定的工作指标。例如启动液压系统时,先判断液压泵电机转动是否正确,液压泵工作后液压管路中是否形成油压,各液压元件是否正常工作,有无噪声,各接头有无渗漏,液压系统的冷却装置能否正常工作等。总之,根据机床说明书资料粗略检查机床主要部件功能是否正常、齐全,使机床各环节都能操作起来。

然后,调整机床的床身水平,粗调机床的主要几何精度,再调整重新组装的主要运动部件与主机的相对位置,如机械手,刀库与主机换刀位置的调整与校正。这些工作完成后,就可以用快干水泥灌注主机与各附件的地脚螺钉,把各预留孔灌平,等水泥完全干涸以后,就可以进行下一步工作了。

在数控系统与机床联机通电试车时,虽然数控系统已经确认,工作正常无任何报警,但为了预防万一,应在接通电源的同时,作好按压急停按钮的准备,以便随时切断电源。例如,伺服系统电机的反馈信号线接反了或断线,均会出现机床“飞车”现象,这时均需立即切断电源,检查接线是否正确。在正常情况下,电动机首次通电试运行,可能会有微小的转动,但系统的自动漂移补偿功能会使电机轴立即返回。此后,电机再次通电运行,就不会出现这种现象。可以通过多次通断电源或按急停按钮的操作,来观察电动机是否会转动。从而也确认系统是否有自动漂移补偿功能。

在检查机床各轴运动情况时,应在手动模式下连续进给移动各轴,通过 CRT 的显示值检查机床部件移动方向是否正确。如果方向相反,则应将电动机动力线及检测信号线反接才行,然后,检查各轴移动距离是否与指令中所给数值相符。如不符,应检查有关指令,反馈参数以及位置环增益等参数设定是否正确。

随后,再用手轮进给,以低速移动各轴,并使它们压下超程限位开关,用以检查超程限位是否有效以及系统在超程时是否发出报警。

最后,还应进行一次返回参考点的操作。参考点是机床坐标系的原点,也是以后执行程序进行加工的基准点。因此,必须检查机床有无返回参考点的功能,以及每一次返回参考点的位置是否完全一致。

## 二、机床精度和功能的调试

在已经固化的地基上用地脚螺栓和垫铁精调机床主床身的水平,找正水平后,移动床身的各运动部位(立柱,溜板和工作台等),观察各坐标全行程内机床水平的变化情况,并相应的调整机床几何精度,使之在允许范围内。使用的检测工具有精密水平仪、标准方尺、平尺、平行光管等。在调整时,主要以调整垫铁为主,必要时,可稍微改变导轨上的镶条和预紧滚轮等。一般来说,只要机床质量稳定,通过上述调整可将机床调整到出厂的精度。

让机床自动运动到刀具交换位置(可用 G28, Y0, Z0 或 G30, Y0, Z0 等程序),用手动方式调整装刀机械手和卸刀机械手相对主轴的位置。在调整中使用校对芯棒进行检测,有误差时可调整机械手的行程,移动机械手支座和刀库位置等,必要时还可修改换刀位置点的设定(改变数控系统内的参数设定)。调整完毕后紧固各调整螺钉及刀库地脚螺钉,然后装上几把接近规定允许重量的刀柄,进行多次从刀库到主轴的往复自动交换,要求动作准确无

误，不撞击，不掉刀。

带自动托盘交换（APC）工作台机床要把工作台运动到交换位置，调整托盘站与交换台面的相对位置，达到工作台自动变换时工作平稳、可靠、正确。然后在工作台面上装上70%~80%的允许负载，进行多次自动交换动作，达到正确无误后，紧固各有关螺钉。

仔细检查数控系统和PLC装置中参数设定值是否符合随机资料中规定数据，然后试验各主要操作动作、安全措施、常用指令执行情况等。例如，各种运行方式（手动、点动、MDI、自动方式等），主轴挂挡指令，各级转速等是否正确无误。

检查辅助功能及附件的正常工作。例如机床的照明灯、冷却液防护罩是否完整；向冷却液箱中加满冷却液，试验喷管是否能正常喷出冷却液；在用冷却防护罩的情况下冷却液是否外漏；排屑器能否正常工作；机床主轴的恒温油箱能否正常工作等。

### 三、设备试运行

数控机床安装完毕后，要求整机在一定负载条件下，经过一段较长的时间的自动运行，全面检查机床功能及工作可靠性。运行时间尚无统一规定，一般采用每天运行8 h连续运行2~3 d或24 h连续运行1~2 d。这个过程称作安装后的试运行。试运行中采用的程序叫做考机程序，可以直接采用机床厂调试时用的考机程序或自行编制一个程序。考机程序应包括：主要数控系统的功能使用，自动更换刀库中2/3的刀具，主轴的最高、最低及常用的转速，快速和常用的进给速度，工作台面的自动交换，主机M指令的使用等。试运行时，机床刀库上应插满刀柄，取用刀柄重量应接近规定重量，交换工作台面上也应加上负载。在试运行时间内，除操作失误引起的故障以外，不允许机床有故障出现，否则表明机床安装调试存在问题。

对于机电一体化设计的小型机床，它的整体刚性很好，对地基没有什么要求，而且机床到安装地之后，也不必再去组装或进行任何的连接，一般来说，只要接通电源，调整好床身的水平后，就可以投入使用。

## 第三节 数控设备的检测与验收

### 一、设备外观的检查

数控设备外观检查包括数控柜外观检查及床身外观检查。机床外观要求，可按照普通机床有关标准进行检查，一般应在机床拆开包装后马上进行检查，因为数控机床是价格较昂贵的机电一体化产品，属高技术设备，所以对外观的要求很高，对各种防护罩，油漆质量，机床照明，切屑处理，电线及气、油管走线的固定和防护等都应有进一步的要求。

在对数控机床床身进行验收以后，还应对数控柜的外观进行检查验收，验收内容应包括以下几个方面。

#### 1. 外表检查

用肉眼检查数控柜中MDI/CRT单元、位置显示单元、纸带阅读机、直流稳压单元、各印刷线路板（包括伺服单元）等是否有破损、污染，联结电缆捆绑处是否有破损，如果是屏蔽线还应检查屏蔽线是否有剥落现象。

#### 2. 数控柜内部紧固情况检查