



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材



数控技术应用专业

# 数控机床故障诊断 与维修 (第3版)

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 蒋建强 | 徐汇音 | 主 编 |
| 朱安莉 | 鲍 卫 | 副主编 |
|     | 芮延年 | 主 审 |

010101001  
010101001010010101010010100101010  
01010100101001010101  
0101010010100101010100101001010100101001  
01010100101  
010101001010010101010010100  
010101001010010101010010100101010  
01010100101001010101  
01010100101001010101001010010101001  
01010100101  
010101001010010101010010100  
010101001  
010101001010010101010010100101010  
01010100101001010101  
0101010010100101010100101001010100101001  
01010100101  
010101001010010101010010100

较第2版改动如下:

突出了数控维修中FANUC系统、SINUMERIK系统需具备的专业知识;  
补充了一定数量的实用性强的新知识、新技术和新工艺;  
重点培养学生的数控机床安装、调试和维修能力。

在信教育资源网上提供电子教案

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材·数控技术应用专业

# 数控机床故障诊断与维修

(第3版)

蒋建强 主 编  
徐汇音

朱安莉 副主编  
鲍 卫

芮延年 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书重点介绍了日本 FANUC、德国西门子、国产南京 SKY 系统、华中数控和广州 GSK 系统数控机床的结构特点和工作原理,通过对常见故障特点和发生原因的分析,在理论知识与实践相结合的情况下使读者能用数控机床中常用的检测技术与方法去分析故障和排除故障。

本书按数控系统来进行分类,内容主要包括国产南京 SKY 系统、国产广州 GSK 系统、国产华中数控系统、日本 FANUC 系统、德国 SINUMERIK 系统的故障诊断与维修技术。

本书可作为高等职业技术学院机电一体化、数控技术、机械设计与制造、模具设计与制造、汽车制造与装配技术、数控设备应用与维护专业的专业课教材,也可供工厂数控机床专业维修人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断与维修/蒋建强主编. —3 版. —北京:电子工业出版社,2012.8

新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材·数控技术应用专业

ISBN 978-7-121-17669-2

I. ①数… II. ①蒋… 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(2012)第 161869 号

策 划:陈晓明

责任编辑:赵云峰 特约编辑:张晓雪

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司  
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18.75 字数:480 千字

印 次:2012 年 8 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:34.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

# 前 言

中国经济的发展加快了新兴工业化的发展速度。制造业已成为国民经济的支柱产业，中国制造业的飞速发展，使得沿海发达地区成为了世界制造工厂。高级技工，尤其是数控机床高级技术人才严重短缺的现象已经引起了社会的广泛关注，在世界经济全球化的今天，一个机械制造企业，如果不用数控机床完成自己的关键制造过程，将不会有竞争力。随着数控机床的大量使用和高性能的数控系统的开发，对数控机床维修人员的素质要求越来越高，也对数控机床的可利用率要求越来越高。当机床出现故障后，要求尽快排除，但由于数控技术是一门新兴技术，很多维修人员对这项技术还很陌生。

本书是根据教育部数控技术专业指导委员会制定的《数控机床故障诊断与维修》教学大纲组织编写的。《数控机床故障诊断与维修》是数控技术、机电一体化、机械设计与制造、模具设计与制造、汽车制造与装配技术、数控设备应用与维护专业的一门实践性极强的课程，它以培养现代化企业需要的高素质中、高级数控机床维修人才为目标，重点突出了对数控机床维修人员基本技能的培养和训练。

为了充分发挥数控机床的使用效率，首先必须对数控机床进行正确的日常维护，保证它的开动率，这就对数控机床提出了稳定性和可靠性的要求。本书体系以职业能力导向，改变传统的学科教材的编写模式，知识结构和内容按数控系统来讲述，进行循序渐进式的排列，以培养学生能力为主线，实用性强。

本书按数控系统进行分类，内容主要包括国产南京 SKY 系统、国产广州 GSK 系统、国产华中数控系统、日本 FANUC 系统、德国 SINUMERIK 系统的故障诊断与维修技术。

书中举有丰富的范例，具有可读性。本书可作为高职高专数控技术、机电一体化、机械设计与制造、模具设计与制造、汽车制造与装配技术、数控设备应用与维护及相关专业的教材及数控机床维修短期培训班的培训教材。全书语言通俗易懂，技术资料规范符合国家标准。

本书由苏州经贸职业技术学院教授、高级工程师蒋建强，苏州大学机电学院副院长、副教授徐汇音为主编，苏州工业园区工业技术学校副教授、高级技师朱安莉，苏州大学副研究员鲍卫为副主编，苏州大学教授芮延年为主审，其中第 1、2 章由蒋建强编写，第 3、4 章由徐汇音编写，第 5 章由朱安莉编写，第 6、7 章由鲍卫编写。在编写过程中参阅了国内外同行的教材、资料与文献，参加部分章节编写工作的还有何建秋、万昌烨、蔡梦寥、杜玉湘、胡明清、曹承栋、吴子安、魏娜、王利锋、马立、董虎胜等，同时感谢他们的大力协助和支持。由于编者水平有限，书中难免有错误和不当之处，殷切希望读者予以批评指正。

编 者  
2012 年 2 月

# 目 录

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| <b>第 1 章 数控机床故障诊断与维修概述</b> ..... | (1)  |
| 1.1 数控机床故障诊断与维修的意义 .....         | (1)  |
| 1.1.1 数控机床故障诊断与维修的必要性 .....      | (1)  |
| 1.1.2 数控机床维修的技术指标 .....          | (1)  |
| 1.2 数控机床故障诊断与维修的基本要求 .....       | (2)  |
| 1.2.1 故障诊断与维修的基本条件 .....         | (2)  |
| 1.2.2 预防性维护 .....                | (3)  |
| 1.2.3 数控设备的管理 .....              | (5)  |
| 1.3 数控机床故障诊断的类型与特点 .....         | (6)  |
| 1.3.1 数控机床故障诊断的特点 .....          | (6)  |
| 1.3.2 数控机床常见电气故障类型与特点 .....      | (8)  |
| 1.3.3 数控机床常见机械故障类型与特点 .....      | (9)  |
| 1.3.4 数控系统的故障规律 .....            | (11) |
| 1.3.5 其他故障 .....                 | (12) |
| 1.4 数控机床故障诊断与维修方法 .....          | (12) |
| 1.4.1 诊断流程 .....                 | (12) |
| 1.4.2 数控机床故障诊断与维修的常规方法 .....     | (13) |
| 1.5 数控机床的安装调试 .....              | (15) |
| 1.5.1 安装的环境要求 .....              | (15) |
| 1.5.2 数控车床的安装 .....              | (15) |
| 1.5.3 数控铣床的安装 .....              | (16) |
| 1.5.4 加工中心的安装 .....              | (16) |
| 1.5.5 数控机床的调试 .....              | (17) |
| 1.5.6 通电试车前的检查和调整 .....          | (20) |
| 1.6 数控机床精度要求、检测方法和验收 .....       | (21) |
| 1.6.1 数控机床检测的新标准 .....           | (21) |
| 1.6.2 数控机床常见精度要求及传统检测方法 .....    | (21) |
| 1.6.3 数控机床的精度要求及先进的检测方法 .....    | (22) |
| 1.6.4 数控车床验收 .....               | (24) |
| 1.6.5 数控铣床的验收 .....              | (25) |
| 1.6.6 加工中心的验收 .....              | (25) |

|            |                                      |      |
|------------|--------------------------------------|------|
| 1.6.7      | 机床精度的验收 .....                        | (26) |
| 习题1        | .....                                | (28) |
| <b>第2章</b> | <b>国产 SKY 系统数控机床的故障诊断与维修</b> .....   | (29) |
| 2.1        | 国产 SKY2003 数控系统概述 .....              | (29) |
| 2.2        | SKY2003 数控系统的故障诊断与维修 .....           | (30) |
| 2.2.1      | SKY2003 数控系统概述 .....                 | (30) |
| 2.2.2      | 硬件故障 .....                           | (31) |
| 2.2.3      | 软件故障 .....                           | (36) |
| 2.2.4      | 外部故障 .....                           | (37) |
| 2.3        | SKY2003 系统数控车床的维护与保养 .....           | (37) |
| 2.4        | 南京 SKY2003 系统数控机床机械故障诊断与维修 .....     | (39) |
| 2.4.1      | 主轴部件故障诊断与维修 .....                    | (39) |
| 2.4.2      | 进给系统的结构及维修 .....                     | (41) |
| 2.4.3      | 导轨副的结构及维修 .....                      | (44) |
| 2.5        | 计算机硬件故障排除的基本方法 .....                 | (49) |
| 习题2        | .....                                | (50) |
| <b>第3章</b> | <b>国产广州 GSK 系统数控机床的故障诊断与维修</b> ..... | (51) |
| 3.1        | 广州 GSK 系统数控机床概述 .....                | (51) |
| 3.1.1      | GSK 980T 数控车床概述 .....                | (51) |
| 3.1.2      | GSK990M 数控铣床概述 .....                 | (53) |
| 3.1.3      | GSK 990Mi 加工中心概述 .....               | (54) |
| 3.2        | 广州 GSK 980T 数控系统连接 .....             | (55) |
| 3.2.1      | GSK 980T 数控系统连接框图 .....              | (55) |
| 3.2.2      | 各部件的连接 .....                         | (56) |
| 3.3        | 机床调试 .....                           | (58) |
| 3.4        | GSK 980T 数控系统诊断表 .....               | (60) |
| 3.4.1      | DI/DO 诊断信息 .....                     | (60) |
| 3.4.2      | 系统信号 .....                           | (62) |
| 3.5        | GSK 980T 数控系统报警表 .....               | (64) |
| 3.6        | GSK 990Mi 数控系统宏指令编程的故障诊断 .....       | (66) |
| 3.7        | 广州 GSK 系统数控机床的故障诊断与维修 .....          | (74) |
| 3.7.1      | 刀架类故障诊断与维修 .....                     | (74) |
| 3.7.2      | 主轴类故障诊断维修 .....                      | (76) |
| 3.7.3      | 系统显示类故障诊断维修 .....                    | (79) |
| 3.7.4      | 螺纹加工类故障诊断维修 .....                    | (80) |
| 3.7.5      | 系统类故障诊断维修 .....                      | (82) |
| 3.7.6      | 驱动类故障诊断维修 .....                      | (82) |

|              |                                 |              |
|--------------|---------------------------------|--------------|
| 3.7.7        | 指令控制类故障                         | (86)         |
| 3.7.8        | 其他类故障                           | (87)         |
| 3.8          | 广州 GSK990M 系统数控机床报警故障诊断         | (88)         |
|              | 习题 3                            | (92)         |
| <b>第 4 章</b> | <b>华中系统数控机床的故障诊断与维修</b>         | <b>(93)</b>  |
| 4.1          | 华中系统数控机床概述                      | (93)         |
| 4.1.1        | 华中世纪星 HNC-21/22 数控系统            | (93)         |
| 4.1.2        | 华中世纪星 HNC-18i/19i 数控系统          | (94)         |
| 4.1.3        | 华中世纪星全数字交流伺服驱动单元                | (95)         |
| 4.2          | 华中系统数控机床的故障分类                   | (97)         |
| 4.2.1        | 常见故障及其分类                        | (97)         |
| 4.2.2        | 故障分析的基本方法                       | (98)         |
| 4.3          | 华中系统数控机床的维修步骤                   | (99)         |
| 4.3.1        | 故障记录                            | (99)         |
| 4.3.2        | 维修前的检查                          | (101)        |
| 4.3.3        | 故障诊断的基本方法                       | (102)        |
| 4.4          | 华中数控系统的维修                       | (102)        |
| 4.4.1        | 加工运行故障                          | (102)        |
| 4.4.2        | 加工运行中故障分析                       | (103)        |
| 4.4.3        | 华中数控系统的在线故障诊断系统                 | (104)        |
| 4.4.4        | 软件环境设置故障                        | (105)        |
| 4.5          | 华中数控系统的其他故障诊断与维修                | (108)        |
| 4.6          | 华中数控系统数控机床软件补偿原理                | (112)        |
| 4.6.1        | 步距规测量定位精度的方法                    | (113)        |
| 4.6.2        | 补偿实例                            | (114)        |
|              | 习题 4                            | (120)        |
| <b>第 5 章</b> | <b>FANUC 数控系统的故障诊断与维修</b>       | <b>(121)</b> |
| 5.1          | FANUC 数控系统简介                    | (121)        |
| 5.1.1        | FANUC 系统的数控装置                   | (121)        |
| 5.2          | FANUC 数控系统常见故障分析                | (122)        |
| 5.3          | FANUC 数控系统故障诊断                  | (124)        |
| 5.3.1        | FANUC 系统共性故障分析及维修               | (124)        |
| 5.3.2        | FANUC 0 系统故障分析及维修               | (137)        |
| 5.3.3        | FANUC 3、6、10、11、12、15 系统故障分析及维修 | (147)        |
| 5.4          | FANUC 系统的数控机床机械故障诊断与维修          | (170)        |
| 5.5          | FANUC 系统数控机床主传动系统的故障诊断与维修       | (183)        |
|              | 习题 5                            | (184)        |

|   |       |
|---|-------|
| <b>第 6 章 SINUMERIK 数控系统的故障诊断与维修</b> .....   | (185) |
| 6.1 SINUMERIK 数控系统的数控装置简介 .....             | (185) |
| 6.2 SINUMERIK 810T/M 的维修 .....              | (188) |
| 6.2.1 SINUMERIK 810T/M 的结构 .....            | (188) |
| 6.2.2 SINUMERIK 810T/M 常见故障及排除方法 .....      | (190) |
| 6.3 SINUMERIK 系统的故障诊断与维修 .....              | (194) |
| 6.3.1 SINUMERIK 系统的硬件故障诊断 .....             | (194) |
| 6.3.2 SINUMERIK 系统的软件维修 .....               | (197) |
| 6.3.3 参数调试 .....                            | (198) |
| 6.4 SINUMERIK 系统的基本检查与信号诊断 .....            | (199) |
| 6.4.1 SINUMERIK 系统的 I/O 信号的构成 .....         | (199) |
| 6.4.2 SINUMERIK 系统 I/O 信号状态的显示与输出模拟 .....   | (201) |
| 6.4.3 系统自诊断 .....                           | (203) |
| 6.5 SINUMERIK 850 数控系统的故障诊断与维修 .....        | (205) |
| 6.6 SINUMERIK 系统输入/输出 (I/O)、PLC 的故障诊断 ..... | (209) |
| 6.6.1 利用 PLC 进行数控机床的故障检测 .....              | (209) |
| 6.6.2 数控机床输入/输出 (I/O) 控制的故障诊断 .....         | (212) |
| 6.6.3 数控机床 PLC 故障诊断 .....                   | (215) |
| 6.7 SINUMERIK 数控机床的故障分析 .....               | (220) |
| 6.7.1 SINUMERIK 的 NC 系统故障 .....             | (220) |
| 6.7.2 SINUMERIK 伺服系统故障 .....                | (222) |
| 6.7.3 SINUMERIK 外部故障 .....                  | (222) |
| 6.7.4 数控机床机械故障的诊断与维修 .....                  | (224) |
| 6.7.5 SINUMERIK 802S/802C 系统的故障诊断与维修 .....  | (226) |
| 习题 6 .....                                  | (228) |
| <b>第 7 章 数控电火花线切割机床的故障诊断与维修</b> .....       | (229) |
| 7.1 数控电火花线切割机床概述 .....                      | (229) |
| 7.2 数控电火花线切割机床的故障诊断原则和电源使用方法 .....          | (232) |
| 7.2.1 数控电火花线切割机床的故障诊断原则 .....               | (232) |
| 7.2.2 数控电火花线切割机床的交流稳压电源使用方法 .....           | (233) |
| 7.3 数控电火花线切割机床常见故障的排除方法 .....               | (234) |
| 7.3.1 数控电火花线切割机床断丝的原因及排除方法 .....            | (234) |
| 7.4 导轮工作精度对线切割加工精度的影响 .....                 | (237) |
| 7.4.1 导轮工作精度对线切割加工精度的影响 .....               | (237) |
| 7.4.2 导轮径向圆跳动对加工尺寸的影响 .....                 | (237) |
| 7.4.3 导轮轴向窜动对加工尺寸的影响 .....                  | (237) |
| 7.4.4 提高导轮运动精度的途径 .....                     | (238) |



|       |                                     |              |
|-------|-------------------------------------|--------------|
| 7.5   | 数控电火花线切割机床的疑难故障及其原因分析 .....         | (239)        |
| 7.6   | 数控电火花线切割机床数控系统故障诊断与维修 .....         | (240)        |
| 7.6.1 | CNC 系统故障实例与诊断 .....                 | (240)        |
| 7.6.2 | 脉冲电源系统故障实例与诊断 .....                 | (245)        |
| 7.6.3 | 其他机电故障实例与诊断 .....                   | (247)        |
| 7.7   | 数控电火花线切割机床常见的电气故障 .....             | (249)        |
| 7.8   | DK77 系列数控电火花线切割机床的故障诊断与维修 .....     | (253)        |
|       | 习题 7 .....                          | (255)        |
|       | <b>附录 1 FANUC 其他系统故障分析及维修 .....</b> | <b>(256)</b> |
|       | <b>附录 2 广州 GSK 数控系统参数一览表 .....</b>  | <b>(279)</b> |
|       | <b>参考文献 .....</b>                   | <b>(288)</b> |

# 第 1 章 数控机床故障诊断与维修概述

## 内容提要与学习要求

本章主要讲述了数控机床故障诊断与维修的技术指标、基本要求、类型和特点；故障诊断与维修的常规方法和先进方法；数控机床的安装调试、精度要求、检测方法和验收标准。

主要技能训练目标：

- (1) 了解数控机床的日常维护、保养方法，熟悉提高机床使用寿命的措施。
- (2) 掌握数控机床故障诊断的目测法、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。
- (3) 熟悉数控机床安装调试的性能指标和检测精度指标。
- (4) 掌握数控机床维修工技术等级标准。

## 1.1 数控机床故障诊断与维修的意义

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。但同时，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。

### 1.1.1 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，因此，目前它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。因而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的数控机床，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和排除故障，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等有待提高等等。

### 1.1.2 数控机床维修的技术指标

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的要求。衡量可靠性的主要指标是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如下式所示。

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

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 MTTR (Mean Time To Repair)，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  $A$ ，其计算方法如下式所示。

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

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，所以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。数控机床的生产企业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；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。

## 1.2 数控机床故障诊断与维修的基本要求

数控机床的身价从几十万元到上千万元，一般都是企业中关键产品和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。但是，人们对这样的设备往往更多地是看重其效能，不仅对合理地使用不够重视，更对其保养及维修工作关注太少，日常不重视保养与维修工作，对保养与维修工作条件的创造和投入不够，故障出现临时抱佛脚的现象很是普遍。因此，为了充分发挥数控机床的效益，一定要重视维修工作，创造出良好的维修条件。

### 1.2.1 故障诊断与维修的基本条件

数控机床故障诊断与维修工作的快速性、优质性关键取决于维修人员的素质条件、物质条件、工作环境和维修前的准备工作。

#### 1. 人员条件

(1) 首先是有高度的责任心和良好的职业道德。

(2) 知识面要广。要学习并基本掌握有关数控机床机械结构和电气控制的各学科知识，如计算机技术、模拟与数字电路技术、自动控制与拖动理论、控制技术、数控加工工艺和机械传动技术。

(3) 应经过良好的技术培训。数控技术基础理论的学习，尤其是针对具体数控机床的技术培训，首先是参加相关的培训班和机床安装现场的实际培训，然后向有经验的维修人员学习，而更重要的是自学。

(4) 勇于实践。要积极投入数控机床的维修与操作的工作中去，在不断的实践中提高分析能力和动手能力。

(5) 掌握科学的方法。要做好维修工作光有热情是不够的，还必须在长期的学习和实践中总结提高，从中提炼出分析问题、解决问题科学的方法。

(6) 学习并掌握各种电气维修中常用的仪器、仪表和工具。

(7) 掌握一门外语，特别是英语，起码应做到能看懂技术资料。

(8) 掌握各种常用（尤其是现场）的测试仪器、仪表和各种工具。

## 2. 物质条件

(1) 准备好常用备品、配件。

(2) 随时可以得到微电子器件的实际支援或供应。

(3) 必要的维修工具、仪器、仪表、接线、微机，最好配有笔记本电脑并装有必要的维修软件，用以支援设备调试。

(4) 完整的资料、手册、线路图、维修说明书（包括 CNC 操作说明书）、接口的调整与诊断说明书、驱动说明书、PLC 说明书（包括 PLC 用户程序单）和元器件表格等。

## 3. 工作环境

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。

(1) 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，但是环境温度过高会引起故障率的增加。

(2) 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  $40^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$  以下，室温达到  $35^{\circ}\text{C}$  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  $40^{\circ}\text{C}$  左右，其内部的元器件很可能不能正常工作。

(3) 数控机床的工作车间要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的绝缘电阻下降或短路，造成元器件损坏。

(4) 潮湿的环境会使印制电路板、元器件、接插件、床身、电气柜、机床防护罩锈蚀，造成接触不良、控制失灵和机床的机械精度降低。

(5) 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。

(6) 为了安全和减少干扰，数控机床要有接地线；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  $7\Omega$ 。

(7) 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，强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。

## 4. 维修前的准备

尽快地获取现场信息、现场情况和故障信息。如数控机床的进给与主轴驱动型号、报警指示或故障现象、现场有无备件等。据此预先分析可能出现的故障原因与部位，而后在出发到现场之前，准备好有关的技术资料、维修服务工具和仪器备件等，做到心中有数。

### 1.2.2 预防性维护

顾名思义，所谓预防性维修，就是要注意把有可能造成设备故障和出了故障后难以解决

的因素排除在故障发生之前，预防性维护的目的是为了降低故障率，其工作内容主要包括下列几方面的工作。

### 1. 从维修角度看数控设备的选型

在设备的选型调研中，除了设备的可用性参数外，其可维修性参数应包含：设备的先进性、可靠性和可维修性技术指标。先进性是指设备必须具备时代发展水平的技术含量；可靠性是指设备的平均无故障时间、平均故障率，尤其是控制系统是否通过国家权威机构的质检考核等；可维修性是指其是否便于维修，是否有较好的备件市场购买空间，各种维修的技术资料是否齐全，是否有良好的售后服务、维修技术能力是否具备和设备性能价格比是否合理等。这里特别要注意图纸资料的完整性、备份系统盘、PLC 程序软件、系统传输软件、传送手段和操作口令等，缺一不可。对使用单位的技术培训不能走过场，这些都必须在定货合同中加以注明和认真实施，否则将对以后的工作带来后患。另外，如果不是特殊情况，尽量选用同一家的同一系列的数控系统，这样，对备件、图纸、资料、编程和操作都有好处，同时也有利于设备的管理和维修。

### 2. 人员安排

为每台数控机床分配专门的操作人员、工艺人员和维修人员，所有人员都要不断地努力提高自己的业务技术水平。

### 3. 正确地使用设备

针对每台机床的具体性能和加工对象制定操作规程，建立工作档案和维修档案，管理者要经常检查、总结和改进。

数控设备的正确使用是减少设备故障、延长使用寿命的关键，它在预防性维修中占有重要的地位，据统计，有三分之一的故障是人为造成的，而且一般性维护（如注油、清洗和检查等）是由操作者进行的，解决的方法是：强调设备管理、使用和维护意识，加强技术培训，提高操作人员素质，使他们尽快掌握机床性能，严格执行设备操作规程和维护保养规程，保证设备运行在合理的工作状态之中。

### 4. 坚持设备运行中的巡回检查

根据数控设备的先进性、复杂性和智能化高的特点，使得它的维护、保养工作比普通设备复杂且要求高的多，维修人员应通过经常性的巡回检查，如 CNC 系统的排风扇运行情况，机柜、电机是否发热，是否有异常声音或有异味，压力表指示是否正常，各管路及接头有无泄漏、润滑状况是否良好等，积极做好故障和事故预防，若发现异常应及时解决，只有这样才有可能把故障消灭在萌芽状态之中，从而可以减少或避免损失。

### 5. 日常保养

对每台数控机床都应建立日常维护保养计划，包括保养内容（如坐标轴传动系统的润滑、磨损情况、主轴润滑、油路、水气路、各项温度控制、平衡系统、冷却系统、传动带的松紧、继电器、接触器触头清洁、各插头、接线端是否松动和电气柜通风状况等等）及各

功能部件和元器件的保养周期（每日、每月、半年或不定期）。

## 6. 提高利用率

数控机床如果较长时间闲置不用，当需要使用时，机床的各运动环节会由于油脂凝固、灰尘甚至生锈而影响其静、动态传动性能，降低机床精度，油路系统的堵塞更是麻烦；从电气方面来看，由于一台数控机床的整个电气控制系统硬件是由数以万计的电子元器件组成的，它们的性能和寿命具有很大离散性，从宏观来看分三个阶段：在第一年基本上处于“磨合”阶段，在该阶段故障率呈下降趋势，如果在这期间不断开动机床则会较快完成“磨合”任务，而且也可充分利用第一年的维修期；第二阶段为有效寿命阶段，也就是充分发挥效能的阶段，在合理使用和良好的日常维护保养条件下，机床正常运转至少可在五年以上；第三阶段为系统寿命衰老阶段，电气硬件故障会逐渐增多，数控系统的使用寿命平均在8~10年左右。

因此，在没有加工任务的一段时间内，最好在较低速度下空运行机床，至少也要经常给数控系统通电，甚至每天都应通电。

### 1.2.3 数控设备的管理

#### 1. 数控设备的管理模式

数控设备的使用情况直接影响着企业的生产效率和经济效益，而管理方式又直接决定着数控设备的使用，可见数控设备的管理是十分重要的，在数控设备少，类型单一时，要形成数控设备管理、使用和维修三位一体的封闭形管理模式。随着生产的发展，越来越多的设备使用了数控技术，因此，上述的管理模式就难以适用了，所以，可采用数控设备使用及数控工艺归车间负责，管理和维修归机动部门负责的现代化管理模式。

#### 2. 数控设备的基础管理和技术管理

对于企业来说，数控机床的拥有是企业现代化的标志，最大限度地利用数控设备，对企业效益是十分有益的，企业不能只注意设备的利用率和最佳功能，还必须重视设备的保养与维修，它是企业生产的“先行官”，直接影响数控设备能否长期正常运转的关键，为保持数控设备处于完好的技术状态，使其充分发挥效用，应重视设备基础管理和技术管理工作。

(1) 健全维修机构。设立数控设备维修室，承担全部数控设备的管理和维修工作，由具有丰富经验的老技师和具有很强专业知识、责任心的机械、电气工程师组成，由数控设备维修员，专门负责数控设备日常维护工作。

(2) 制定和健全规章制度。针对数控机床的特点，逐步制定相应的管理制度，例如数控设备管理制度、数控设备的安全操作规程、数控设备的操作使用规程、数控设备的维修制度、数控设备的技术管理办法、数控设备的维修保养规程、数控设备的电气和机械维修技术人员的职责范围、数控设备电气和机械维修工人的职责范围等，只有这样，才能使设备管理更加规范化和系统化。

(3) 建立完善的维修档案。建立数控设备维护档案及交接班记录，将数控设备的运行情况及故障情况详细记录，特别是对设备发生故障的时间、部位、原因、解决方法和解决过程

予以详细的记录和存档，以便在今后的操作及维修工作中参考和借鉴。

(4) 建立基础管理信息库。建立数控设备信息库，详细描述数控设备基本特征，提供设备能力的基础数据，以作为今后数控设备的管理、应用、产品加工、设备调整和维修的参考依据。

(5) 加强数控设备的验收。为确保新设备的质量，应加强设备安装调试和验收工作，尤其是设备验收这一环节，要制定严格的把关措施，对照合同、技术协议、国际和国内有关标准和验收大纲规定的项目逐项检查。验收内容包括：出厂时的预收（在制造厂组装质量抽检）、设备开箱前包装检查、开箱后零部件外观、数量的检查，对配套的各种资料、使用手册、维修手册、附件说明书、系统软件和说明书等仔细核对妥善保管，特别对系统软件要予以备份，这样，对今后设备附加功能的开发和机床的保养维修带来方便。

## 1.3 数控机床故障诊断的类型与特点

没有理论指导的实践是盲目的实践，没有实践的理论是空洞的理论。

我国从事数控机床电气设计、应用与维修技术工作的工程技术人员数以万计，然而由于此项技术的复杂性、多样性和多变性以及一些客观环境因素的制约，在数控机床的机械维修技术和电气维修技术方面还没有形成一套成熟的、完整的理论体系。当今控制理论与自动化技术的高速发展，尤其是微电子技术和计算机技术的日新月异，使得数控技术也在同步飞速发展，数控系统结构形式上的开放化和性能上的多样化、复杂化和高智能化，不仅对其应用从观念到实践带来了巨大变化，也对其维修理论、技术和手段上带来了很大的变化。

### 1.3.1 数控机床故障诊断的特点

传统的机床，从电气设备来看，不过是一些触点控制、继电器接触器电路，从控制上来看，多数是时间、行程、电流等控制方法，我国从20世纪50年代起，维修人员比较熟悉了对这些设备的维修，其维修手段多半是螺丝刀、扳手、钳子，最多再加上一块万用表，就已经足够了。

#### 1. 数控设备维修的特点

数控设备的修理则大不相同，首先要懂得计算机如何修理，PLC如何查找故障，如何利用NC和PLC的诊断系统来查找故障，也就是如何充分利用NC和PLC提供的故障信息来查找故障，主要是如何去查找这些信息，了解面板如何操作，只能通过反复研读操作说明书，弄清如何操作（虽然各个数控系统的工作大致相同，但在操作细节上还有很多不同），去体会操作的含义，查到故障信息。

出现了故障，如何查出故障的原因，这是困难的，见到过很多维修人员就是“瞎换板”，为什么说是“瞎换板”呢？就是还没搞清楚问题是怎么回事，也没分析清楚故障原因，就认为是硬件故障。举一个例子，某厂的一台数控车床，加工时出现刀痕，技术人员进行维修、换板、甚至整个控制箱全换了也没修好，实际上是主轴轴承坏了，这个问题的查找只用一个小时就完成了。

## 2. 数控系统的维修

数控系统的核心是计算机，计算机的修理问题主要是判断集成电路板的好坏，要有专门的测量仪器，但在实际工作中，遇到的大量问题是通过简单电压、电阻的测量就可以判断它是好还是坏，这就要求维修人员对集成电路板的特性全面掌握。当然，也可用一些简单的小仪器来协助查找故障，例如，逻辑测试笔、活动 I/O 接口等，特别要了解有关集成电路板的知识，因为数控系统就是电路与模拟电路搭配起来的一个系统，它要求熟练掌握这两种电路检测与维修。例如，碰上手头没这种板子，可以运用各方面的知识，想办法组成一个电路来代替弄不到的板子，在数控及微电子电路维修中常常出现这种情况，用这种板子代替后，再慢慢地想办法解决，这样就不会影响生产。

## 3. 接口电路

接口电路是经常容易出现问题的部分，从主板来的信号经过接口电路，去控制 24V 的信号，主要的问题是 24V 的控制信号电路产生短路，引起主板烧坏，这部分问题比较多。

外围设备的维修也有许多问题，如同步系统、输入输出设备、CRT 和行程限位开关。同步系统中的永磁电动机的维修，看起来是一个强电的问题，但是，一般的电机修理厂还修不了这种电动机，这种永磁电动机有永磁部分，在拆卸时要采取相应措施，保证主要部件不受损坏。

## 4. 光电编码器

光电编码器是一个关键部件，但要真正达到了解它，熟悉它，甚至修理它，还要在实践中进一步摸索。发光器件、光点变换器都比较容易损坏，有时整形放大器也容易损坏，这就需要准备一些必需的备用件，以便及时能修好。光电编码器大多数是玻璃型的编码器，在拆卸、装配过程中，要小心，不要用力太大，否则由于会产生应力集中，就可能出现编码器的破损；装配时特别要注意安装位置，最好事先绘制一张测绘图，以备装配时用；同步系统的故障查找，也很困难，同步系统中有很多专用芯片，只能采用示波器来查出各点波形，进一步判断芯片的好坏。

## 5. CRT 显示器

CRT 显示器也是难处理的部件，这是因为很多人不熟悉电视电路，即使你了解电视电路，数控机床的 CRT 显示器又与电视信号不同，但 CRT 显示器具有与电视电路相同的光栅原理、同步原理，但也有本身的特点，如视频存储器、字符发生器等在电视电路中是没有的，因此，为了维修好 CRT 显示器，一方面要学习电视电路的知识，同时还要进一步学习数控机床的专用 CRT 显示器原理，特别是 CRT 显示器与数控系统的连接和通信软件知识。

总之，数控机床的维修与传统的维修不同，它是 NC、PLC、同步系统和输入输出设备等组成的，它是一台计算机，又具有强电控制的部分，所以又不是一台计算机，它要求维修人员既懂计算机知识，又要懂集成电路方面的知识，又要懂开关电源方面的知识，还有许多相关知识，如液压同步系统、液压气动系统、机床原理、电力半导体和变频技术等等。



### 1.3.2 数控机床常见电气故障类型与特点

数控机床的电气故障可按故障的性质、表象、原因和后果等分类。

#### 1. 故障发生的部位

以故障发生的部位，分为硬件故障和软件故障。硬件故障是指电子、电器、印制电路板、电线电缆和接插件等的不正常状态甚至损坏，需要修理甚至更换才可排除的故障。而软件故障一般是指 PLC 逻辑控制程序中产生的故障，需要输入或修改某些数据甚至修改 PLC 程序才能排除的故障，零件加工程序故障也属于软件故障，最严重的软件故障则是数控系统软件的缺损甚至丢失，这时只有与生产厂商或其服务机构联系解决了。

#### 2. 故障出现时有无指示

以故障出现时的形式，分为有诊断指示故障和无诊断指示故障。现代数控系统都有自诊断程序，实时监控整个系统的软、硬件性能，一旦发现故障则会立即报警和有简要的文字说明在屏幕上显示出来，结合系统配备的维修诊断手册，不仅可以找到故障发生的原因、部位，而且还有排除的方法提示。机床制造者也会针对具体机床设计相关的故障指示及诊断说明书，有诊断指示的故障加上各电气装置上的各类指示灯使得绝大多数电气故障的排除较为容易。无诊断指示的故障一部分是上述二种诊断程序的不完整性导致的（如开关不闭合、接插松动等），这类故障则要依靠对产生故障前的工作过程、故障现象和后果，并依靠维修人员对机床的熟悉程度和技术水平加以分析、排除。

#### 3. 故障出现时有无破坏性

以故障出现时有无破坏性，分为破坏性故障和非破坏性故障。对于破坏性故障，损坏工件甚至机床的故障，维修时不允许重演，这时只能根据产生故障时的现象进行相应的检查、分析来排除，技术难度较高且有一定风险。如果可能会损坏工件，则可卸下工件，试着重现故障过程，但应十分小心。

#### 4. 故障出现的偶然性

以故障出现的偶然性，分为系统性故障和随机性故障。系统性故障是指只要满足一定的条件则一定会产生的确定故障；而随机性故障是指在相同的条件下偶尔发生的故障，这类故障的分析较为困难，通常多与机床的机械结构局部松动错位、部分电气元件的可靠性降低、电气装置内部温度过高有关，此类故障的分析，需要反复试验、综合判断才能排除。

#### 5. 机床的运动品质特性

以机床的运动品质特性来衡量，就是机床运动特性下降方面的故障，在这种情况下，机床虽能正常运转却加工不出合格的工件。例如，机床定位精度超差、反向死区过大、坐标运行不平稳等，这类故障必须使用检测仪器确诊产生误差的机械、电气环节，然后通过对机械传动系统、数控系统和伺服系统的最优化调整来排除。