



全国本科院校机械类 **创新型** 应用人才培养规划教材

# 现代数控机床调试及维护

主 编 邓三鹏 刘朝华 石秀敏



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

# 现代数控机床调试及维护

主 编 邓三鹏 刘朝华 石秀敏

参 编 杨雪翠 祁宇明 张香玲 张 瑜

谢 雷 张中景 马金茹

主 审 王金敏 刘贵杰



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

本书在编写中力求做到“理论先进，内容实用、操作性强，学以致用”，共分8章内容：第1章数控机床调试与维护概述，第2章典型数控系统的操作，第3章数控系统的调试与维护，第4章伺服系统的故障诊断与维护，第5章数控机床机械结构的故障诊断与维护，第6章数控机床电气与可编程控制器的故障诊断与维护，第7章数控机床故障分析、维护与调试实例，第8章实验。本书内容全面，并辅以大量的故障诊断分析实例，以帮助读者迅速完成理论到实践的过渡，掌握数控机床的故障诊断与维护技术。同时，每章都附有一定量的思考题供读者选做。

本书是机械类本科专业用教材，也可作为机械类和近机类专业高等自学考试、高职高专教学和技能考核培训教学用书，还可作为工厂操作、编程、设计与维修等工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代数控机床调试及维护/邓三鹏，刘朝华，石秀敏主编。—北京：北京大学出版社，2011.1

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-18033-4

I. ①现… II. ①邓…②刘…③石… III. ①数控机床—调试—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 215824 号

书 名：现代数控机床调试及维护

著作责任者：邓三鹏 刘朝华 石秀敏 主编

责任编辑：郭德娟

标准书号：ISBN 978-7-301-18033-4/TH·0222

出版者：北京大学出版社

地 址：北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址：<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话：邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱：[pup\\_6@163.com](mailto:pup_6@163.com)

印刷者：

发 行 者：北京大学出版社

经 销 者：新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.75 印张 390 千字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价：32.00 元

---

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

举报电话：010-62752024

电子邮箱：[fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# 前 言

2009年,我国连续第八年成为世界机床第一消费国和进口国,机床出口居世界第六,机床产值跃居世界第一。我国已成为机床消费和制造大国,机床行业产品门类齐全,为国民经济建设和国防建设提供了大量基础工艺装备,为我国企业装备现代化作出了重要贡献。在国民经济平稳快速增长的大背景下,我国机床行业将持续快速发展。如何才能充分发挥数控机床的加工优势,达到数控机床的技术性能,确保数控机床能够正常工作,是摆在众多用户面前的现实问题。数控机床是集机、电、液、气、光于一体的现代机电设备,具有技术密集和知识密集的特点,及时准确地进行诊断与维修是一件很复杂的工作。

本书编者在数控机床调试与维护高级应用人才的培养上进行了有益的探索,天津职业技术师范大学于2003年在国内首先建立“机械维修与检测技术教育”本科专业,并确定其培养方向为数控机床故障诊断与维修。该校老师秉承“动手动脑、全面发展”的办学理念,坚持机电融合,进行了多项教学改革,建成多功能实验、实训基地,并开展了对外培训和数控机床装调维修工的鉴定工作。该专业是国家级高等学校特色专业建设点(TS11878)、天津市品牌专业,教学成果“创建机械维修与检测技术教育专业,培养高层次数控机床故障诊断与维修人才”获2009年天津市教学成果二等奖。本书以FANUC 0i Mate C和SIEMENS 802D数控系统为例,坚持少而精、通俗易懂、循序渐进的原则进行编写。本书建议课时为64学时,其中实验课时为12学时。本书具有如下特点:

(1) 体系结构全面系统:在编写的过程中查阅了大量的资料,内容上覆盖了数控机床的机电结构、国内应用的大部分数控系统和常见故障的处理,论述翔实。

(2) 内容实用、操作性强:精选内容,先剖析基本原理,后针对具体实例进行分析,使读者达到触类旁通、举一反三的效果。

(3) 理论实践紧密结合:结合教学中的经验,本书始终保持理论实践紧密结合的特点,每章都分析具体实例,并在本书最后一章设置了8个实验。通过理论讲解→实例分析→实验的过程,读者可以较好地掌握数控机床故障诊断及维修技术。

本书由邓三鹏、刘朝华、石秀敏担任主编。参与本书编写工作的有天津职业技术师范大学的邓三鹏、刘朝华、石秀敏、杨雪翠、祁宇明、谢雷、张瑜,天津机电工艺学院的张香玲,宁波市鄞州职业教育中心学校的张中景,北京电子科技职业学校的马金茹。在编写过程中编者参阅了西门子、FANUC公司大量的文献,以及其他学者的教材、著作,得到了天津职业技术师范大学的数控机床故障诊断与维修教研室、工程实训中心(国家级实验教学

示范中心)和天津市高速切削与精密加工重点实验室的大力支持和帮助,在此深表谢意!

本书承蒙天津职业技术师范大学的王金敏教授和中国海洋大学的刘贵杰教授细心审阅,提出许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

由于编者学术水平所限,改革探索经验不足,书中难免存在不妥之处,恳请同行专家和读者们不吝赐教,多加批评和指正。

编 者  
2010年6月

# 目 录

<b>第 1 章 数控机床调试与维护概述</b> .....1	
1.1 数控机床故障诊断与维护的意义 .....2	
1.1.1 数控机床维护的意义 .....2	
1.1.2 数控机床故障诊断与维护的 基本要求 .....2	
1.2 数控机床基本结构、故障的类型与 特点 .....3	
1.2.1 数控机床基本结构 .....3	
1.2.2 故障的类型与特点 .....4	
1.3 数控机床故障诊断与维护的 基本方法 .....5	
1.3.1 数控机床故障诊断 .....5	
1.3.2 数控机床维护的基本方法 .....7	
1.4 数控机床的安装调试、验收和维护.....9	
小结 .....12	
思考题 .....13	
<b>第 2 章 典型数控系统的操作</b> .....14	
2.1 FANUC 0i Mate C 数控系统的操作 ....15	
2.1.1 FANUC 0i Mate C 数控 系统的操作面板 .....15	
2.1.2 FANUC 系统工作方式 .....17	
2.1.3 手动移动机床 .....19	
2.1.4 自动运行 .....19	
2.1.5 加工程的编制 .....20	
2.1.6 数据的设定和显示 .....23	
2.1.7 机床操作的有关功能 .....24	
2.1.8 数据的输入与输出 .....24	
2.2 SIEMENS 802D 数控系统的操作 .....24	
2.2.1 SIEMENS 802D 数控系统的 操作面板 .....24	
2.2.2 SIEMENS 802D 数控系统的 屏幕划分 .....26	
2.2.3 开机和回参考点 .....28	
2.2.4 参数设定 .....28	
2.2.5 JOG 控制运行 .....30	
2.2.6 手轮方式控制运行 .....30	
2.2.7 MDA 运行方式 .....31	
2.2.8 自动运行方式 .....31	
2.2.9 零件编程 .....33	
2.2.10 模拟功能 .....35	
小结 .....36	
思考题 .....36	
<b>第 3 章 数控系统的调试与维护</b> .....37	
3.1 FANUC 数控系统调试与维护 .....37	
3.1.1 数控系统的结构 .....38	
3.1.2 PMC 应用程序的调试 .....40	
3.1.3 数控系统参数调试 .....44	
3.1.4 系统数据恢复与备份 .....49	
3.1.5 报警、故障分析、处理 .....56	
3.2 SIEMENS 802D 数控系统 .....58	
3.2.1 SIEMENS 802D 数控系统的 结构 .....58	
3.2.2 SIEMENS 802D 数控系统 PLC 调试 .....64	
3.2.3 SIEMENS 802D 数控系统 驱动器的调试 .....65	
3.2.4 SIEMENS 802D 数控系统 参数及调试 .....66	
3.2.5 数控系统的数据备份与恢复 .....72	
3.2.6 数控系统的报警 .....73	
3.3 数控系统的维护与保养 .....73	
3.3.1 数控系统的使用检查 .....73	
3.3.2 数控装置的日常维护与保养 .....74	
小结 .....76	
思考题 .....76	

<b>第 4 章 伺服系统的故障诊断与维护</b> .....78	5.1.2 数控机床机械结构的 主要特点.....125
4.1 伺服系统概述.....78	5.2 数控机床机械故障诊断方法.....126
4.2 主轴驱动系统的故障分析与维护.....81	5.2.1 机械故障及其分类.....126
4.2.1 数控机床对主轴驱动系统的 要求.....81	5.2.2 数控机床机械故障诊断 方法.....126
4.2.2 主轴驱动装置的特点.....82	5.3 主传动系统与主轴部件的诊断与 维修.....130
4.2.3 主轴伺服系统故障诊断.....83	5.3.1 主轴部件.....130
4.2.4 FANUC 系统模拟量主轴 驱动装置与维护.....85	5.3.2 主传动系统的特点、一般 调试方法.....134
4.3 进给伺服系统的故障分析与维护.....95	5.4 进给传动机构故障的诊断与维修.....138
4.3.1 进给伺服驱动系统简介.....95	5.4.1 滚珠丝杠副.....138
4.3.2 FANUC 进给伺服系统.....97	5.4.2 静压蜗杆—蜗轮齿条传动.....141
4.3.3 FANUC 伺服系统参数的 设定及初始化.....99	5.4.3 预加载荷双齿轮齿条.....142
4.3.4 FANUC 进给伺服系统的 常见故障分析.....102	5.4.4 直线电动机传动.....143
4.4 SIEMENS 802D 伺服驱动系统.....105	5.4.5 滚珠丝杠的常见故障、 故障原因及维修方法.....144
4.4.1 驱动器的连接.....105	5.5 导轨副故障的诊断与维修.....145
4.4.2 611UE 数字式交流伺服 驱动器参数的优化.....107	5.5.1 导轨副.....145
4.4.3 伺服电动机.....108	5.5.2 导轨的常见故障、故障 原因及维修方法.....148
4.4.4 驱动器状态显示.....108	5.6 液压、气动系统故障诊断与维修.....149
4.4.5 驱动器故障维修实例.....109	5.6.1 数控机床液压回路常见 故障及维修.....149
4.5 位置检测系统的故障分析与维护.....110	5.6.2 数控机床气压回路常见 故障及维修.....151
4.5.1 数控机床对检测元件及 位置检测装置的要求.....110	5.7 刀库及自动换刀装置故障分析与 排除.....153
4.5.2 位置检测装置的分类.....111	5.7.1 刀库的形式.....153
4.6 常用位置检测元件.....113	5.7.2 刀库的故障.....156
4.7 检测器件的常见故障及维修.....118	5.7.3 换刀机械手故障.....156
4.8 检测器件常见故障维修实例分析.....119	小结.....157
4.9 检测器件日常维护保养.....121	思考题.....157
小结.....121	
思考题.....122	
<b>第 5 章 数控机床机械结构的故障 诊断与维护</b> .....123	<b>第 6 章 数控机床电气与可编程 控制器的故障诊断与维护</b> .....159
5.1 数控机床机械结构概述.....124	6.1 数控机床可编程控制器简介.....159
5.1.1 数控机床机械结构的 主要组成.....124	6.1.1 数控机床用可编程控制器.....159
	6.1.2 PLC 的工作过程.....162

6.2 FANUC PMC .....	163	7.2.2 主轴系统故障维修实例.....	213
6.2.1 PMC 简介.....	163	7.2.3 进给伺服系统故障维修	
6.2.2 PMC 的程序执行顺序.....	164	实例 .....	214
6.2.3 I/O LINK .....	167	7.2.4 跟随误差报警的故障维修	
6.2.4 PMC 指令系统.....	174	实例 .....	215
6.3 SIEMENS 802D 可编程控制器		7.2.5 机械故障维修实例.....	216
简介 .....	187	7.3 加工中心故障分析实例 .....	217
6.3.1 S7-200 软元件类型及功能 .....	188	7.3.1 换刀故障维修实例.....	217
6.3.2 S7-200 中的数据类型 .....	189	7.3.2 主轴系统故障维修实例.....	219
6.3.3 S7-200 的编址与寻址方式 .....	190	7.3.3 进给伺服系统故障维修	
6.3.4 S7-200 指令系统和程序		实例 .....	221
结构.....	191	7.3.4 液压和气动系统故障维修	
6.3.5 SIEMENS 802D 可编程		实例 .....	222
控制器的编程软件 .....	191	7.3.5 PLC 故障维修实例 .....	225
6.4 数控机床可编程控制器的		7.3.6 分度工作台故障维修实例.....	226
故障诊断 .....	193	7.3.7 润滑系统故障维修实例.....	227
6.4.1 PMC 故障诊断.....	193	7.3.8 排屑系统故障维修实例.....	228
6.4.2 PMC 在数控系统故障诊断		小结 .....	228
中的应用举例 .....	196	思考题 .....	228
6.5 机床电气维护及故障诊断 .....	198	<b>第 8 章 实验 .....</b>	<b>230</b>
6.5.1 数控机床维修的要求 .....	198	实验一 数控系统主要部件认知.....	230
6.5.2 维修与排除故障技术 .....	199	实验二 FANUC 0i C/0i Mate C 数控	
小结.....	204	系统的基本连接 .....	231
思考题.....	205	实验三 机床参数的设置 .....	236
<b>第 7 章 数控机床故障分析、维护与</b>		实验四 数控机床主轴与主轴编码器的	
<b>调试实例 .....</b>	<b>206</b>	安装及故障诊断.....	239
7.1 数控车床故障分析实例 .....	206	实验五 伺服电动机驱动故障分析.....	241
7.1.1 电动刀架故障维修实例 .....	206	实验六 数控系统 PLC 参数设置、故障	
7.1.2 主轴系统故障维修实例 .....	207	分析实验.....	245
7.1.3 进给伺服系统故障维修		实验七 丝杠螺距误差补偿 .....	247
实例 .....	208	实验八 电动刀架控制原理及调试.....	249
7.1.4 回参考点故障维修实例 .....	209	<b>附录 日立 SJ100 变频器参数说明 .....</b>	<b>253</b>
7.1.5 机械部件故障维修实例 .....	211	<b>参考文献 .....</b>	<b>260</b>
7.2 数控铣床故障分析实例 .....	212		
7.2.1 主轴准停故障维修实例 .....	212		

# 第 1 章 数控机床调试与维护概述

## 教学提示

本章主要介绍了数控机床故障诊断与维护的意义，数控机床基本结构、故障的类型与特点，数控机床故障诊断及维护的基本方法，数控机床的安装调试、验收和维护，让读者对数控机床故障诊断及维护有个全面的基本认识。

## 引例

只有坚持做好数控机床的日常维护保养工作，才可以延长元器件的使用寿命，延长机械部件的磨损周期，防止意外恶性事故的发生，争取数控机床长时间稳定工作；也才能充分发挥数控机床的加工优势，达到数控机床的技术性能，确保数控机床能够正常工作。因此，无论是对数控机床的操作人员，还是对数控机床的维修人员来说，数控机床的维护与保养就显得非常重要，必须高度重视。下面例图所示为数控车床和加工中心，是机械加工中用的最多的两种数控机床。数控机床日常维护的重点是导轨机构、液压或气动系统及通风、润滑装置。



(a) 数控车床



(b) 加工中心

(1) 导轨机构的维护：每天检查油标、润滑泵，使用前手动打油润滑导轨，使用后清理切屑及脏物，检查滑动导轨有无划痕、滚动导轨润滑情况；半年清洗丝杠上的旧润滑脂，换新润滑脂，按说明书要求调整各轴导轨上镶条，压紧滚轮的松紧状态。

(2) 液压或气动系统的维护：每天检查油量、油质、温度、有无泄漏，及时清理分水器中过滤出的水，检查压力；坚持每周清洗空气过滤器一次，保持无尘，通畅，发现损坏及时更换；半年清洗各类阀、过滤器，清洗油箱底，换油。

(3) 通风、润滑装置的维护：每天检查电器箱散热、通风装置的冷却风扇工作是否正常，过滤器有无堵塞，清洗过滤器，润滑装置的油量、油质、温度；每周清除各电气柜过滤网上粘附的尘土；一年清洗冷却油池，更换过滤器。

## 1.1 数控机床故障诊断与维护的意义

### 1.1.1 数控机床维护的意义

我国自改革开放以来引进了不少先进的设备，这些设备对我国的技术人员来说是耳目一新的，其特点是以大规模集成电路为主的数字控制设备，其功能强、生产效率高，但是构造及控制复杂，尤其是电控部分。因此，在维修的理论、方法、手段上都应有很大的飞跃。

数控机床是集机、电、液、气、光一体化的现代技术装备，它与传统的机械装备相比，内容上虽然也包括机械、电气、液压与气动方面的故障，但就其维修来说，则是侧重于电子、机械、气动乃至光学等方面的交叉点上。由于数控系统的种类繁多、结构各异、形式多变，给测试和监控带来了许多困难。

数控系统完全或部分丧失了系统规定的功能就称为故障。所谓系统故障诊断技术，就是在系统运行中或基本不拆卸的情况下，即可掌握系统先行状态的信息，查明产生故障的部位和原因，或预知系统的异常和故障的动向，从而采取必要的措施和对策的技术。故障诊断的目的就是要确定故障的部位和原因，以便维修人员或操作人员尽快地进行故障的修复。

与普通机床相比较，数控机床不仅具有零件加工精度高、生产效率高、产品质量稳定、自动化程度高的特点，而且它还可以完成普通机床难以完成或根本不能加工的复杂曲面的零件加工，因而数控机床在机械制造业中的地位显得愈来愈重要。在机械制造业中，数控机床的档次和拥有量，是反映一个企业制造能力的重要标志。

应当认识到：在企业生产中，数控机床能否达到加工精度高、产品质量稳定、提高生产效率的目标，这不仅取决于机床本身的精度和性能，而且在很大程度上与操作人员在生产中正确地对数控机床进行使用和维护保养密切相关。

还应当注意到：数控机床维修的概念，不能单纯地理解成数控系统或者数控机床的机械部分和其他部分在发生故障时，仅依靠维修人员排除故障和及时修复，使数控机床能够尽早地投入使用就可以，这还应包括正确使用和日常保养等工作。

### 1.1.2 数控机床故障诊断与维护的基本要求

在学习了数控机床的维护与保养的目的和意义后，还必须明确其基本要求，主要包括：

#### 1. 要从思想上高度重视数控机床的维护与保养工作

在思想上要高度重视数控机床的维护与保养工作，尤其是对数控机床的操作机床的操作人员更应如此，不能只管操作，而忽视对数控机床的日常维护与保养。

#### 2. 提高操作人员的综合素质

数控机床的使用比普通机床的使用难度要大。首先，数控机床是典型的机电一体化产品，它牵涉的知识面较宽，即操作人员应具有机、电、液、气等宽广的专业知识。其次，由于其电气控制系统中的 CNC 系统升级、更新换代比较快，如果不定期参加专业理论培训学习，则不能熟练掌握新的 CNC 系统应用，对操作人员的素质要求是很高的。为此，必须对数控操作人员进行培训，使其对机床原理、性能、润滑部位及其方式进行较系统的学习，

为更好地使用数控机床奠定基础。同时，在数控机床的使用与管理方面，制定一系列切合实际、行之有效的措施。

### 3. 要为数控机床创造一个良好的使用环境

数控机床中含有大量的电子元件，阳光直接照射、潮湿、粉尘和振动等，都可使电子元件腐蚀或造成元件间的短路，引起机床运行不正常。因此，对于数控机床的使用环境应做到清洁、干燥、恒温和无振动；对于电源应保持稳压，一般只允许正负 10%波动。

### 4. 严格遵循正确的操作规程

无论是什么类型的数控机床，都有一套自己的操作规程，这既是保证操作人员人身安全的重要措施之一，也是保证设备安全、保证产品质量的重要措施。因此，使用者必须按照操作规程正确操作。如果机床在第一次使用或长期停用后再使用时，应先使其空转几分钟，并要特别注意使用中开机、关机的顺序和注意事项。

### 5. 尽可能提高数控机床的开动率

要尽可能提高数控机床的开动率，对于新购置的数控机床应尽快投入使用，设备在使用初期故障相对来说往往大一些，用户应在保修期内充分利用机床，使其薄弱环节尽早暴露出来，在保修期内得以解决。如果在缺少生产任务时，也不能空闲不用，要定期通电，每次空运行 1h 左右，利用机床运行时的发热量来去除或降低机床内的湿度。

### 6. 要冷静对待机床故障，不可盲目处理

机床在使用中不可避免地会出现一些故障，此时，操作人员要冷静对待，不可盲目处理，防止产生更为严重的后果。要注意保留现场，待维修人员来后如实说明故障前后的情况，并共同参与分析问题，尽早排除故障。若故障属于操作原因，那么操作人员要及时吸取经验教训，避免下次犯同样的错误。

### 7. 制定并且严格执行数控机床管理的规章制度

除了对数控机床的日常维护外，还必须制定并且严格执行数控机床管理的规章制度。这些规章制度主要包括：定人、定岗和定责任的“三定”制度，定期检查制度，规范的交接班制度等。这也是数控机床管理、维护与保养的主要内容。

## 1.2 数控机床基本结构、故障的类型与特点

### 1.2.1 数控机床基本结构

数控机床基本结构如下：

(1) 主机。主机是数控机床的本体，主要由各种机械部件组成，包括底座、床身、主轴箱、进给机构等。

(2) 数控装置。数控装置是数控机床的控制核心，一般由一台专用计算机构成。

(3) 驱动装置。驱动装置是数控机床执行机构的驱动部件，包括主轴电动机、进给伺服电动机等。

(4) 辅助装置。辅助装置是数控机床的一些配套部件，如自动排屑部件、自动对刀部件、工作台、安全防护装置、自动检测装置等。

### 1.2.2 故障的类型与特点

数控机床的故障是多种多样的，可以从不同角度对其进行分类：

#### 1. 从故障的起因分类

从故障的起因来看，数控系统故障分为关联性和非关联性故障。非关联性故障是指与数控系统本身的结构和制造无关的故障。这种故障的发生是由诸如运输、安装、撞击等外部因素人为造成的。关联性故障是指由于数控系统设计、结构或性能等缺陷造成的故障。关联性故障又分为固有性故障和随机性故障。固有性故障是指一旦满足某种条件，如温度、振动等条件，就出现的故障。随机性故障是指在完全相同的外界条件下，故障有时发生或不发生的情况。一般由于随机性故障存在着较大的偶然性，因此，给故障的诊断和排除带来了较大的困难。

#### 2. 从故障的时间分类

从故障出现的时间上看，数控系统故障分为随机故障和有规则故障。随机故障是指故障的发生时间是随机的；有规则故障是指故障的发生有一定的规律性。

#### 3. 从故障的发生状态分类

从故障发生的状态来看，数控系统故障分为突然故障和渐变故障。突然故障是指数控系统在正常使用过程中，事先并无任何故障征兆出现，而突然出现的故障。突然故障的例子有：因机器使用不当或出现超荷载而引起的零件折断；因设备各项参数达到极限而引起的零件变形和断裂等。渐变故障是指数控系统在发生故障前的某一时期内，已经出现故障的征兆，但此时(或在消除系统报警后)数控机床还能够正常使用，并不影响加工出的产品质量。渐变故障与材料的磨损、腐蚀、疲劳及蠕变等过程有密切的关系。

#### 4. 按故障的影响程度分类

从故障的影响程度来看，数控系统故障分为完全失效故障和部分失效故障。完全失效故障是指数控机床出现故障后，不能进行工件正常加工，只有等到故障排除后，数控机床才能恢复正常工作。部分失效故障是指数控机床丧失了某种或部分系统功能，而数控机床在不使用该部分功能的情况下，仍然能够正常加工工件。

#### 5. 按故障的严重程度分类

从故障出现的严重程度上来看，数控系统故障分为危险性故障和安全性故障。危险性故障是指数控系统发生故障时，机床安全保护系统在需要动作时因故障失去保护作用，造成了人身伤亡或机床故障。安全性故障是指机床安全保护系统在不需要动作时发生动作，引起机床不能启动。

#### 6. 按故障的性质分类

从故障发生的性质上看，数控系统故障分为软件故障、硬件故障和干扰故障。其中，

软件故障是指由程序编制错误、机床操作失误、参数设定不正确等引起的故障。软件故障可通过认真消化、理解随机资料,掌握正确的操作方法和编程方法,就可避免和消除。硬件故障是指由 CNC(Computer Numerical Control)电子元器件、润滑系统、换刀系统、限位机构、机床本体等硬件因素造成的故障。干扰故障则表现为内部干扰和外部干扰,是指由于系统工艺、线路设计,电源地线配置不当等,以及工作环境的恶劣变化而产生的。

## 1.3 数控机床故障诊断与维护的基本方法

### 1.3.1 数控机床故障诊断

数控设备的故障诊断与维修的过程基本上分为故障原因的调查和分析、故障的排除、维修总结三个阶段。

#### 1. 故障原因的调查与分析

故障原因的调查与分析是排除故障的第一阶段,是非常关键的阶段。

数控机床出现故障后,不要急于动手处理,首先要摸清楚故障发生的过程,分析产生故障的原因。为此要做好下面几项工作:

(1) 询问调查。在接到机床现场出现故障要求排除的信息时,首先应要求操作人员尽量保持现场故障状态,不做任何处理,这样有利于迅速精确地分析故障原因。同时仔细询问故障指示情况、故障表象及故障产生的背景情况,依此做出初步判断,以便确定现场排除故障所应携带的工具、仪表、图样资料、备件等,减少往返时间。

(2) 现场检查。到达现场后,首先要验证操作人员提供的各种情况的准确性、完整性,从而核实初步判断的准确度。其次,由于操作人员的水平,会出现对故障状况描述不清甚至完全不准确的情况,因此到现场后仍然不要急于动手处理,应重新仔细检查各种情况,以免破坏现场,增加排除故障的难度。

(3) 故障分析。根据已知的故障状况,按故障分类办法分析故障类型,从而确定排故原则。因为大多数故障是有指示的,所以一般情况下,对照机床配套的数控系统诊断手册和使用说明书,可以列出产生该故障的多种可能的原因。

(4) 确定原因。对多种可能的原因进行排查,从中找出本次故障的真正原因。对于维修人员来说这是一种对该机床熟悉程度、知识水平、实践经验和分析判断能力的综合考验。当前的 CNC 系统智能化程度都比较低,系统尚不能自动诊断出发生故障的确切原因,往往是同一报警信号可以有多种原因,不可能将故障缩小到具体的某一部件。因此,在分析故障的起因时,一定要思路开阔。有时候,自诊断出系统的某一部分有故障,但究其起源,却不在数控系统,而是在机械部分。也就是说,无论是 CNC 系统、机床强电,还是机械、液压、气路等,只要有可能引起该故障,都要尽可能全面地列出来,进行综合判断和筛选,然后通过必要的试验,达到确诊和最终排除故障的目的。

(5) 排故准备。有些故障的排除方法可能很简单,有些故障则比较复杂,需要做一系列的准备工作,例如工具仪表的准备、局部的拆卸、零部件的修理,元器件的采购,甚至排故计划步骤的制订等。

数控机床电气系统故障的调查、分析与诊断的过程也就是故障的排除过程,一旦查明

了原因,故障也就几乎等于排除了,因此故障分析诊断的方法也就变得十分重要了。

一般情况下,在故障检测过程中,应充分利用数控系统的自诊断功能,如系统的开机诊断、运行诊断、可编程控制器(PLC)的监控功能。同时在检测故障过程中还应掌握以下原则:

(1) 先外部后内部。数控机床是集机械、液压、电气为一体的机床,故其故障的发生必然要从这三个方面反映出来,数控机床的检修要求维修人员掌握先外部后内部的原则,即当数控机床发生故障后,维修人员应先用望、听、闻等方法,由外向内逐一进行检测,如数控机床外部的行程开关、按钮开关、液压气动元件以及印制电路板的连接部位,这些部位接触不良造成信号传递的失灵,是产生数控机床故障的重要因素。此外,由于工业环境中,温度、湿度变化比较大,油污或者粉尘对印制电路板的污染、机械的振动、信号传递通道的接触插件等都将产生严重的影响,检测中要重视这些因素,首先检测这些部位。另外应尽量减少随意的启封、拆卸及不适当的大拆大卸。

(2) 先机械后电气。由于数控机床是一种自动化程度高、技术复杂的先进机械加工设备,一般来说,机械故障较易发觉,而数控系统故障的诊断则难度较大。先机械后电气就是在数控机床中,首先检查机械部分是否正常,行程开关是否灵活,气动液压部分是否正常等。数控机床的故障中有很很大一部分是机械动作失灵引起的,所以在故障检修之前,注意排除机械性的故障,往往可达到事半功倍的效果。

(3) 先静后动。维修人员本身应做到先静后动,不可盲目动手,首先应询问机床操作人员故障发生的过程及状态,阅读机床使用说明书、图样资料,进行分析后,才可查找和处理故障。其次,对有故障的机床也要本着先静后动的原则,先在机床断电静止的状态下,通过了解、观察测试、分析确认为非恶性循环性故障或非破坏性故障后,方可给机床通电,在运行工况下,进行动态的观察、检验和测试,查找故障。而对恶性破坏性故障,必须先排除危险后,方可通电,在运行工况下进行动态诊断。

(4) 先公用后专用。公用问题往往会影响到全局,而专用问题只影响到局部。如机床的几个进给轴都不能运动,这时首先应检查和排除各轴 CNC、PLC、电源、液压等公用部分的故障,然后设法排除某个轴的局部问题。如电网或主电源是全局性的,因此一般首先检查电源部分,检查熔丝是否正常,直流电压是否正常。总之,只有先解决影响面大的主要矛盾,局部的、次要的矛盾才可迎刃而解。

(5) 先简单后复杂。当出现多种故障互相交织掩盖,一时无从下手时,首先解决容易的问题,然后解决难度较大的问题。往往简单问题解决后,难度大的问题才可能变得容易;或者在排除简易故障时受到启发,对复杂故障的认识更为清晰,从而也有了解决的办法。

(6) 先一般后特殊。在排除某个故障时,首先要考虑最常见、最可能的原因,然后再分析很少发生的特殊原因。如一台 FANUC-0T 数控车床 Z 轴回零不准,常常是由减速挡块位置走动造成的,一旦出现这种故障,应先检查该挡块位置,在排除这一常见的可能性后,再检查脉冲编码器、位置控制环节。

## 2. 故障的排除

故障的排除是排除故障的第二阶段,是实施阶段。如上所述,完成了故障分析,也就基本上完成了故障的排除,剩下的工作就是按照相关操作规程具体实施。

### 3. 维修排故后的总结提高工作

对数控机床电气故障进行分析和维修排除后的总结与提高工作是排除故障的第三阶段，也是十分重要的阶段，应引起足够重视。

总结提高工作的主要内容包括：

(1) 详细记录从故障的发生、分析判断到排除全过程中出现的各种问题，采取的各种措施，涉及的相关电路图、相关参数和相关软件，其间错误分析和排除故障方法也应记录，并记录其无效的原因。除填入维修档案外，内容较多者还要另文详细书写。

(2) 有条件的维修人员应该从较典型的故障排除实践中找出带有普遍意义的内容作为研究课题，进行理论性探讨，写出论文，从而达到提高的目的。特别是在有些故障的排除中并未认真系统地分析判断，而是带有一定偶然性地排除了故障，这种情况下的事后总结研究就更加必要了。

(3) 总结故障排除过程中所需要的各类图样、文字资料，若有不足应事后想办法补齐，而且在以后的日子里研读，以备将来之需。

(4) 从排除故障过程中发现自己欠缺的知识，制订学习计划，力争尽快补课。

(5) 找出工具、仪表、备件的不足，条件允许时补齐。

总结提高工作的好处是：

(1) 迅速提高维修人员的理论水平和维修能力；

(2) 提高重复性故障的维修速度；

(3) 利于分析设备的故障率及可维修性，改进操作规程，提高机床寿命和利用率；

(4) 可改进原机床电气设计的不足；

(5) 资源共享，总结资料可作为其他维修人员的参考资料、学习培训教材。

### 1.3.2 数控机床维护的基本方法

由于数控机床集机、电、液、气等技术为一体，因此对数控机床的维护要有科学的管理，有目的地制定出相应的规章制度。对维护过程中发现的故障隐患应及时清除，避免停机待修，延长设备平均无故障时间，增加机床的利用率。开展点检是数控机床维护的有效办法。

以点检为基础的设备维修，是在日本引进美国的预防维修制度的基础上发展起来的一种点检管理制度。点检就是按有关维护文件的规定，对设备进行定点、定时的检查和维护。其优点是可以把出现的故障和性能的劣化消灭在萌芽状态，防止过修或欠修；缺点是定期点检工作量大。这种在设备运行阶段以点检为核心的现代维修管理体系，能达到降低故障率和维修费用，提高维修效率的目的。

我国自20世纪80年代初引进日本的设备点检定修制后，把设备操作人员、维修人员和技术人员有机地组织起来，按照规定的检查标准和技术要求，对设备可能出现问题的部位，进行定点、定时、定人、定期、定法、定量的检查，维修和管理，保证了设备持续、稳定的运行，促进了生产发展和经营效益的提高。

数控机床的点检是开展状态监测和故障诊断工作的基础，主要包括下列内容：

(1) 定点。首先要确定一台数控机床有多少个维护点，科学地分析这台设备，找准可

能发生故障的部位。只要把这些维护点“看住”，有了故障就会及时发现。

(2) 定标。对每个维护点要逐个制定标准，例如间隙、温度、压力、流量、松紧度等，都要有明确的数量标准，只要不超过规定标准就不算故障。

(3) 定期。多长时间检查一次，要定出检查周期。有些点可能每班要检查几次，有些点可能一个月或者几个月检查一次，要根据具体情况确定。

(4) 定项。每个维护点检查哪些项目也要有明确规定。每个点可能要检查一项，也可能检查几项。

(5) 定人。由谁进行检查，是操作人员、维修人员还是技术人员，应根据检查的部位和技术精度要求，落实到人。

(6) 定法。怎样检查也要有规定，是人工观察还是用仪器测量，是采用普通仪器还是精密仪器。

(7) 检查。检查的环境、步骤要有规定，如是在生产运行中检查还是停机检查，是解体检查还是不解体检查。

(8) 记录。检查要详细做记录并按规定格式填写清楚。要填写检查数据及其与规定标准的差值、判定印象、处理意见，检查者签名并注明检查时间。

(9) 处理。检查中能处理和调整的要及时处理和调整，并将处理结果进行记录。没有能力或者没有条件处理的，要及时报告有关人员安排处理，但任何人、任何时间处理都要填写处理记录。

(10) 分析。检查记录和处理记录都要定期进行系统分析。找出薄弱“维护点”，即故障率高的点或损失大的环节，提出意见并提交设计人员进行改进设计。

从点检的要求和内容上看，点检可分为专职点检、日常点检和生产点检三个层次，数控机床点检维修过程如图 1.1 所示。数控车床维护与保养如表 1-1 所示。

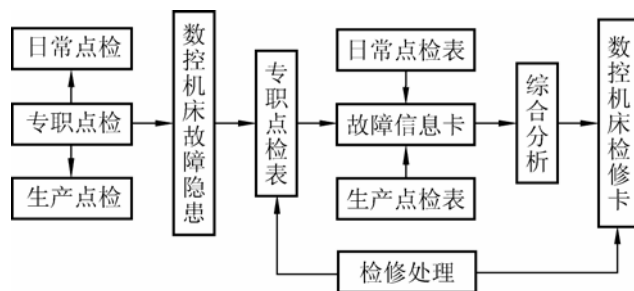


图 1.1 数控机床点检维修过程示意图

表 1-1 数控车床维护与保养

序号	检查周期	检查部位	检查内容
1	每天	导轨润滑机构	油标、润滑泵，每天使用前手动打油润滑导轨
2	每天	导轨	清理切屑及脏物，检查滑动导轨有无划痕，滚动导轨润滑情况
3	每天	液压系统	油箱泵有无异常噪声，工作油面高度是否合适，压力表指示是否正常，有无泄漏
4	每天	主轴润滑油箱	油量、油质、温度、有无泄漏

续表

序号	检查周期	检查部位	检查内容
5	每天	液压平衡系统	工作是否正常
6	每天	气源分水过滤器、干燥器	及时清理分水过滤器中过滤出的水, 检查压力
7	每天	电器箱散热、通风装置	冷却风扇工作是否正常, 过滤器有无堵塞, 清洗过滤器
8	每天	各种防护罩	有无松动、漏水, 特别是导轨防护装置
9	每天	机床液压系统	液压泵有无噪声, 压力表接头有无松动, 油面是否正常
10	每周	空气过滤器	坚持每周清洗一次, 保持无尘, 通畅, 发现损坏及时更换
11	每周	各电气柜过滤网	清除粘附的尘土
12	半年	滚珠丝杠	清洗丝杠上的旧润滑脂, 换新润滑脂
13	半年	液压油路	清洗各类阀、过滤器, 清洗油箱底, 换油
14	半年	主轴润滑箱	清洗过滤器, 油箱, 更换润滑油
15	半年	各轴导轨上镶条, 压紧滚轮	按说明书要求调整松紧状态
16	一年	检查和更换电动机电刷	检查换向器表面, 去除毛刺, 吹净碳粉, 磨损过多的电刷应及时更换
17	一年	冷却油泵过滤器	清洗冷却油池, 更换过滤器
18	不定期	主轴电动机冷却风扇	除尘, 清理异物
19	不定期	排屑器	清理切屑, 检查是否卡住
20	不定期	电源	供电网络大修, 停电后检查电源的相序、电压
21	不定期	电动机传动带	调整传动带松紧
22	不定期	刀库	刀库定位情况, 机械手相对主轴的位置
23	不定期	冷却液箱	随时检查液面高度, 及时添加冷却液, 太脏时应及时更换

(1) 专指点检。专指点检负责对机床的关键部位和重要部位按周期进行重点检查、设备状态监测与故障诊断、制订点检计划, 做好诊断记录, 分析维修结果, 提出改善设备维护管理的建议。它是由专职维修人员进行。

(2) 日常点检。日常点检负责对机床的一般部位进行点检, 处理和检查机床在运行过程中出现的故障。它是由操作人员进行。

(3) 生产点检。生产点检负责对生产运行中的数控机床进行点检, 并负责润滑、紧固等工作。

## 1.4 数控机床的安装调试、验收和维护

数控机床运到工厂后, 必须通过安装、调试和验收合格后, 才能投入正常的生产。故数控机床的安装、调试和验收是机床使用前期的一个重要环节。

数控机床在出厂前, 已经对机床进行了各项必要的检验, 检验合格后才能出厂。对于大、中型数控机床, 由于机床的体积较大, 运输不方便, 必须解体后分别运输, 运到用户处后需再重新组装和调试。对于小型机床, 在运输的过程中无须对机床进行解体, 故机床的安装、调试和验收工作相对来讲比较简单。数控机床运到用户处后, 进行简单的连线、机床水平调整和试切后, 就可正式投入使用, 所需的工具也比较简单。下面介绍小型数控机床的安装、调试和验收要求。