

新版

21世纪

高职高专系列教材

数控机床故障 诊断与维修技术

◎刘永久 主编



提供电子教案的增值服务

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高职高专系列教材

数控机床故障诊断与维修技术

刘永久 主编



机械工业出版社

本书以应用最广泛的日本 FANUC 数控系统为例,从数控系统、主轴驱动装置、进给驱动装置及系统可编程控制器(PMC)的组成、功能连接和控制原理分析入手,深入浅出地阐明了数控机床故障诊断的理论依据;全面系统地叙述了故障诊断与维修的基本方法和步骤;书中实例都是从生产一线的数控机床的 PMC 控制及各类典型故障实例中精选出来的。书中详细地介绍了故障产生的原因、诊断方法及处理过程,突出了内容的先进性、实用性与技术的综合性。

全书共分 7 章,内容包括伺服典型数控系统及系统报警维修技术、数控机床主轴驱动系统及维修技术、数控机床进给伺服系统及维修技术、数控机床 PMC 控制及应用举例、数控机床维修实例分析、数控机床传输软件,以及综合实训。

本书可作为高职高专机电一体化专业、数控编程与操作专业、数控机床维修专业的教材;也可作为各类数控培训班的培训资料;还可作为数控专业的技术员、维修与调整工、数控机床维修人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断与维修技术/刘永久主编. —北京:机械工业出版社, 2006.1

(21 世纪高职高专系列教材)

ISBN 7-111-17906-4

I. 数... II. 刘... 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(2005)第 134852 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:胡毓坚 责任编辑:董欣、戴琳 版式设计:张世琴

责任校对:张媛 封面设计:雷明顿 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm¹/₁₆ · 16.5 印张 · 409 千字

0 001—5 000 册

定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专机电专业系列教材 编委会成员名单

主 任 吴家礼

副 主 任 朱家健 任建伟 戎 磊 梁 栋 张 华
帕尔哈提 朱建风

委 员 (按姓氏笔画排序)

王也仿 丛晓霞 吕 汀 朱旭平 刘桂荣
刘靖华 刘靖岩 陈永专 张 伟 陈志刚
何彦廷 陈剑鹤 杨新友 陶若冰 韩满林

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 郝秀凯

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位，促进学生技能的培养，以及教材内容要紧密结合生产实际，并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神，机械工业出版社组织全国40余所院校的骨干教师，对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了修订。

在几年的教学实践中，本系列教材获得了较高的评价。因此，在修订过程中，各编委会保持了第1版教材“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。同时，针对教育部提出的高等职业教育的学制将由三年逐步过渡为两年，以及强调以能力培养为主的精神，制定出了本次教材修订的原则：跟上我国信息产业飞速发展的节拍，适应信息行业相关岗位群对第一线技术应用型操作人员能力的要求，针对两年制兼顾三年制，理论以“必须、够用”为原则，增加实训的比重，并且制作了内容丰富而且实用的电子教案，实现了教材的立体化。

针对课程的不同性质，修订过程中采取了不同的处理办法。核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时，增加实训和习题；实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合；涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。此外，在修订过程中，还进行了将几门课程整合在一起的尝试。所有这些都充分地体现了修订版教材求真务实、循序渐进和勇于创新的精神。在修订现有教材的同时，为了顺应高职高专教学改革的不断深入，以及新技术新工艺的不断涌现和发展，机械工业出版社及教材编委会在对高职高专院校的专业设置和课程设置进行了深入的研究后，还准备出版一批适应社会发展的急需教材。

信息技术以前所未有的速度飞快地向前发展，信息技术已经成为经济发展的关键手段，作为与之相关的教材要抓住发展的机遇，找准自身的定位，形成鲜明的特色，夯实人才培养的基础。为此，担任本系列教材修订任务的教师，将努力把最新的教学实践经验融于教材的编写之中，并以可贵的探索精神推进本系列教材的更新。由于高职高专教育正在不断的发展中，加之我们的水平和经验有限，在教材的编审中难免出现问题和错误，恳请使用这套教材的师生提出宝贵的意见和建议，以利我们今后不断改进，为我国的高职高专教育事业作出积极的贡献。

机械工业出版社

前 言

数控机床的推广应用,促进了我国机械制造业的发展。但由于数控机床具有先进性、复杂性和智能化高的特点,特别是近几年数控系统不断更新换代,维修理论、技术和手段都发生了巨大变化,使机械制造行业对数控机床维修及应用人才的需求越来越突出,特别是急需具备数控机床编程、操作及维修一体化的高技能人才。为了适应我国工业发展和高等职业技术教育发展的需要,我们编写了本书。

本书由长春汽车工业高等专科学校刘永久编写。作者在多年的高职高专学历教学和高技能人才培训中积累了丰富的教学经验,并经常参与工厂数控机床的维修和改造,积累了大量实践经验。作者还是北京 FANUC 公司“一汽 FANUC 数控系统应用中心”的骨干培训教师,负责一汽集团公司的 FANUC 系统技术培训,掌握 FANUC 系统的最新控制技术。

本书以 FANUC 公司的 FANUC - OC/OD、FANUC - OiA/OiB/OiC、FANUC - 16/16i/18/18i/21/21i 系统为例,介绍了数控系统的组成、功能连接、系统报警及维修技术。为了使读者掌握系统的具体操作,还详尽介绍了典型系统的界面操作方法。

在数控系统故障维修方面,从系统的检测机理分析了故障产生的原因、故障的诊断方法及维修技巧,可提高读者对系统故障的综合分析能力和故障排除能力。

在可编程控制器(PMC)应用方面,不仅详细介绍了 PMC 功能指令(以 PMC - SA1/SA3/SB7 为例),而且较全面地介绍了数控机床 PMC 控制的具体应用实例,便于读者理解数控机床的控制及机床故障产生的原因。

在数控机床故障维修实例分析中,本书结合实际数控机床控制,全面介绍了机床的控制原理、PMC 程序控制过程、故障产生的原因分析及维修方法,可提高读者排除数控机床实际故障的能力。

在数控机床传输软件的使用方面,本书比较全面地介绍了串行通信软件及梯形图编程软件的功能、信号的连接、相关参数的设定及具体操作方法,且以图解的方式介绍,便于读者理解和掌握。

在本书的编写过程中,第一汽车集团一汽伊顿变速箱有限公司的杨志辉、关辉工程师提供了数控机床的控制资料及实际维修经验,杨志辉工程师还参与了数控机床换刀装置控制及故障分析这部分内容的编写。另外,北京 FANUC 长春分公司为教材编写提供了丰富资料,作者在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,加之数控技术发展迅速,本书难免有不足之处,诚请广大读者批评、指正。

为配合本书的教学,机械工业出版社免费提供电子教案,读者可到 <http://www.cmpbook.com> 网站下载。

作 者

目 录

出版说明	
前言	
绪论	1
第 1 章 典型数控系统及系统报警的 维修技术	10
1.1 FANUC 数控系统的组成及 特点	10
1.1.1 FANUC-OC/OD 系统的组成及 特点	10
1.1.2 FANUC-16/18/21/OiA 系统的组成 及特点	15
1.1.3 FANUC-16i/18i/21i/OiB/OiC 系统 的组成及特点	19
1.1.4 FANUC-Oi Mate B/Oi Mate C 系统 的组成及特点	24
1.1.5 开放式数控系统 FANUC-16Oi/ 16Ois、18Oi/18Ois、21Oi/21Ois	28
1.2 典型数控系统报警故障产生的 原因及处理方法	29
1.2.1 FANUC-OC/OD 系统报警	29
1.2.2 FANUC-16/18/OiA 系统报警	31
1.2.3 FANUC-16i/18i/21i/OiB/OiC 系统 报警	34
1.3 典型数控系统面板操作	38
1.3.1 FANUC-OC/OD 系统面板操作	38
1.3.2 FANUC-16/18/OiA 系统面板操作	40
1.3.3 FANUC-16i/18i/21i 系统面板操作	45
1.4 习题	48
第 2 章 数控机床主轴驱动系统及维 修技术	49
2.1 模拟量控制的主轴驱动装置及 维修技术	49
2.1.1 通用变频器的组成及端子功能	49
2.1.2 数控机床 CNC 系统与变频器的 信号流程	52
2.1.3 变频器功能参数的设定及操作	53
2.1.4 变频器报警代码及维修技术	57
2.2 串行数字控制的主轴驱动装置 及维修技术	58
2.2.1 电源模块及维修技术	58
2.2.2 串行数字控制的主轴装置及 连接	60
2.2.3 串行数字控制的主轴装置报警代 码及故障原因分析	62
2.2.4 串行数字控制的主轴系统参数的 设定及初始化操作	64
2.2.5 串行数字控制的主轴系统报警号 及故障的诊断方法	67
2.3 数控机床主轴的位置和速度控 制装置及故障分析	70
2.3.1 串行数字控制的主轴电动机速度 检测装置	70
2.3.2 数控机床主轴独立编码器的作用 及信号连接	71
2.3.3 数控主轴位置检测装置常见故障 及维修技术	72
2.4 习题	74
第 3 章 数控机床进给伺服系统及维修 技术	75
3.1 数字伺服控制基本原理	75
3.2 伺服单元 (SVU) 驱动装置及维 修技术	77
3.2.1 伺服单元端子功能及连接	77
3.2.2 伺服单元的报警代码及故障原因 分析	81
3.3 伺服模块 (SVM) 驱动装置及 维修技术	82
3.3.1 伺服模块端子功能	82
3.3.2 伺服模块的连接	84
3.3.3 伺服模块的报警代码及故障原因 分析	86
3.4 进给伺服系统位置检测装置及	

维修技术	87	4.4 数控机床 PMC 控制应用举例 ...	131
3.4.1 串行编码器报警代码及维修 技术	87	4.4.1 数控机床工作状态开关 PMC 控制	131
3.4.2 绝对编码器报警代码及维修 技术	88	4.4.2 数控机床加工程序功能开关 PMC 控制	134
3.5 数控机床伺服系统参数的设定 及初始化操作	90	4.4.3 数控机床倍率开关 PMC 控制	137
3.5.1 数控系统伺服参数的设定	90	4.4.4 数控机床润滑系统 PMC 控制	138
3.5.2 数控系统伺服参数的初始化	92	4.4.5 数控车床自动换刀 PMC 控制	140
3.6 数控机床进给伺服系统报警及 维修技术	93	4.4.6 数控机床辅助功能代码 (M 代码) PMC 控制	143
3.6.1 伺服过热报警和伺服不能就绪 报警	93	4.5 数控机床系统 PMC 画面及具体 操作	146
3.6.2 伺服移动误差过大报警和伺服 停止误差过大报警	95	4.6 习题	151
3.6.3 伺服综合报警	96	第 5 章 数控机床维修实例分析	153
3.6.4 伺服反馈断线报警和伺服参数 设定错误报警	97	5.1 数控机床返回参考点控制及 常见故障分析	153
3.7 习题	102	5.1.1 数控机床返回参考点的必要性 ...	153
第 4 章 数控机床 PMC 控制及应用 举例	104	5.1.2 数控机床返回参考点控制原理	154
4.1 FANUC-OC/OD 系统 PMC	104	5.1.3 数控机床返回参考点的调整	155
4.1.1 PMC 的性能及规格	104	5.1.4 数控机床返回参考点的常见 故障分析	156
4.1.2 PMC 的地址分配	105	5.2 数控车床自动换刀装置控制 及常见故障分析	158
4.2 FANUC-Oi 系统 PMC	108	5.3 加工中心自动换刀装置控制 及常见故障分析	164
4.2.1 PMC 的性能及规格	108	5.4 数控机床操作中常见故障及 诊断方法	169
4.2.2 内装 I/O 卡和 I/O Link 地址 分配	110	5.4.1 机床手动和自动操作均无法执 行	169
4.3 FANUC 系统 PMC 的功能指令 ...	113	5.4.2 机床手动 (JOG) 或手摇脉冲 (MPG) 不执行而自动正常	170
4.3.1 顺序程序结束指令	113	5.4.3 自动操作无效而手动操作正常 ...	171
4.3.2 定时器指令	114	5.5 数控机床超程故障及处理方 法	172
4.3.3 计数器指令	116	5.6 数控机床全闭环振荡的消除 方法	174
4.3.4 译码指令	117	5.7 数控机床传动间隙误差的调 整及补偿方法	176
4.3.5 比较指令	119	5.8 系统电源单元的工作原理及 常见故障分析	178
4.3.6 常数定义指令	120		
4.3.7 判别一致指令和逻辑与后传输 指令	121		
4.3.8 旋转指令	122		
4.3.9 数据检索指令	124		
4.3.10 变地址传输指令	126		
4.3.11 代码转换指令	128		
4.3.12 信息显示指令	130		

5.9 习题	183	与连接	207
第6章 数控机床的传输软件	184	7.2 FANUC-OiMA 数控系统的安装 与连接	210
6.1 数控机床传输软件的功能及 异步串行通信	184	7.3 模拟量驱动主轴控制装置的连 接与调试	214
6.2 数控机床传输软件的使用 方法	187	7.4 串行数字控制主轴驱动装置的 连接与调试	218
6.3 数控机床数据的输入/输出 操作	192	7.5 FANUC 系统 α 系列伺服单元的 连接与调试	223
6.3.1 FANUC-OC/OD 系统数据的输入 /输出操作	192	7.6 FANUC 系统伺服模块的连接与 调试	226
6.3.2 FANUC-16/18/21/OiA 系统数据 输入/输出操作	193	附录	230
6.3.3 系统数据传输过程中常见故障 分析	195	附录 A FANUC-Oi 系统和 FANUC- OC/OD 系统常用信号表	230
6.4 数控机床 PMC 程序的传输 软件	195	附录 B FANUC-OC/OD 系统参数 表	232
6.4.1 FANUC-LADDER 传输软件的 功能及使用方法	195	附录 C FANUC-16/18/21/Oi/Oi Mate 系统参数表	238
6.4.2 FANUC-16/18/21/OiA 系统的 PMC 程序传输操作	199	附录 D FANUC 系统程序错误报警 表	244
6.4.3 FANUC-16i/18i/21i/OiB/OiC 系 统的 PMC 程序传输操作	202	附录 E FANUC-Oi 系统程序错误报 警表	254
6.5 习题	206	参考文献	256
第7章 综合实训	207		
7.1 FANUC-OTD 数控系统的安装			

绪 论

数控机床维修技术不仅可保障数控机床正常运行，对数控机床控制技术的发展和完善也起到了巨大的推动作用。下面从现代数控系统的基本组成入手，探讨数控机床故障诊断的原则与方法，并对数控机床控制功能和常用术语进行解释。

1. 数控系统组成及各部分的功能

下面以日本 FANUC 公司 OiMA 系统为例介绍数控机床数控系统的组成及其功能，如图 1 所示。

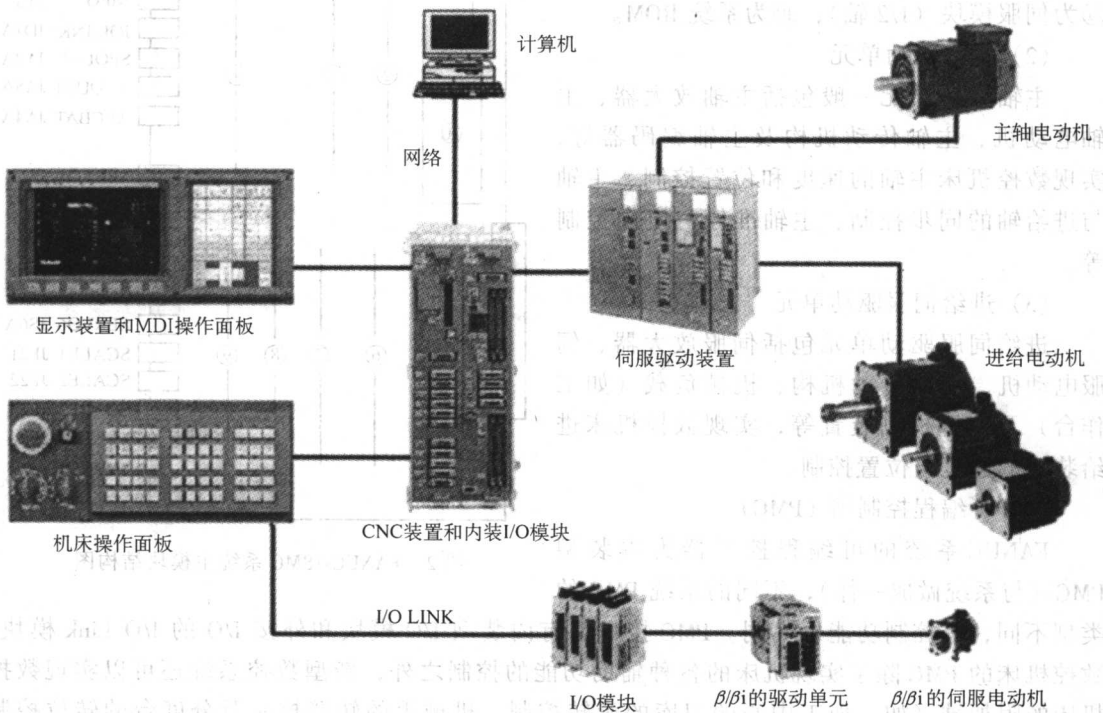


图 1 FANUC 数控系统组成框图

(1) CNC 装置

CNC 装置是数控系统的核心部分。现代数控机床的 CNC 装置主要由主 CPU、各种存储器、主轴控制模块、伺服控制模块、PLC 控制模块及显示卡控制模块等组成。主 CPU 通过总线 (BUS) 实现数据的算术运算和逻辑运算及指令的操作控制。存储器用来存储系统程序 (CNC 控制软件、数字伺服控制软件、PLC 控制软件和梯形图、宏程序执行软件等) 和用户程序 (CNC 参数、PLC 参数、加工程序、刀具补偿量及用户宏变量等)。主轴控制模块通过子 CPU 实现对主轴的位置、转速及功能指令的控制。伺服控制模块由子 CPU (FANUC 系统

的 1 个子 CPU 控制 2 个轴) 通过 BUS 总线与数字伺服装置通信, 实现对数控机床进给轴的位置、速度及电动机电流的控制。PLC 控制模块是由 PLC 控制的 CPU、存储器、PLC 管理软件及控制电路等组成, FANUC 数控系统的 PLC 均采用内装型 PLC (又称 PMC), 通过 PMC 可实现数控机床的辅助控制及 PMC 轴的控制。显示卡控制模块为数控机床的显示装置 (CRT/LCD) 提供视频信号, 新型数控系统把图形显示功能芯片及 MDI 信号信息功能芯片和显示卡做成一体, 通过 FSSB 总线与 CNC 装置进行通信控制。下面以 FANUC-18MC 系统主模块为例, 介绍 CNC 装置的具体构成, 如图 2 所示。

图 2 中①为动态存储器 DRAM 模块; ②为扩展静态存储器 SRAM; ③为 FROM/SRAM 模块; ④为主轴控制模块 (模拟量主轴和串行主轴控制); ⑤为 PMC 控制模块; ⑥为 HSSB/CRT 模块 (显示卡控制模块); ⑦为伺服模块 (5/6 轴); ⑧为伺服模块 (3/4 轴); ⑨为伺服模块 (1/2 轴); ⑩为系统 ROM。

(2) 主轴驱动单元

主轴驱动单元一般包括主轴放大器、主轴电动机、主轴传动机构及主轴编码器等, 实现数控机床主轴的速度和位置控制、主轴与进给轴的同步控制、主轴准停与定向控制等。

(3) 进给伺服驱动单元

进给伺服驱动单元包括伺服放大器、伺服电动机、进给传动机构、机械负载 (如工作台) 及位置检测装置等, 实现数控机床进给装置的速度与位置控制。

(4) 可编程控制器 (PMC)

FANUC 系统的可编程控制器为内装型 PMC (与系统做成一体), 不同的系统 PMC 的类型不同, 其控制功能也不同。PMC 接口又有内装型 I/O 模块和外接 I/O 的 I/O Link 模块。数控机床的 PMC 除了实现机床的各种辅助功能的控制之外, 新型数控系统还可以实现数控机床的附加轴 (如: 加工中心的刀库的旋转控制、机械手的转臂控制及分度台的转位控制等) 的 PMC 控制。

(5) 系统显示装置和操作面板

显示装置是用来显示各种信息及图形画面的, 数控机床常用的系统显示装置有 9in 单色 CRT、10.4in 彩色 CRT、7.2in 黑白液晶 LCD、8.4in 和 10.4in 彩色液晶 LCD。操作面板的功能是实现操作者与 CNC 装置及机床的人机对话, 包括系统操作面板和机床操作面板。系统操作面板又包括系统 MDI 键盘操作面板和系统软键操作面板。机床操作面板有符合国际标准化设计的系统厂家操作面板和机床厂家按机床的功能设计的机床厂家的操作面板两种。

(6) 辅助控制装置

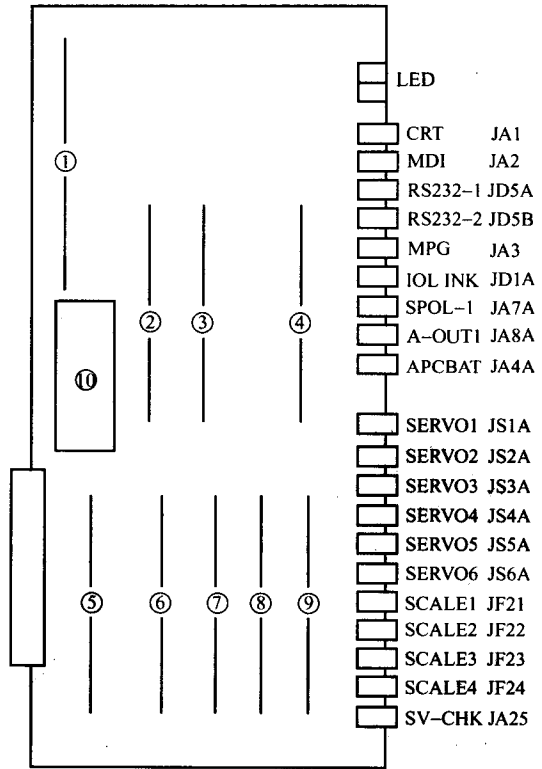


图 2 FANUC-18MC 系统主模块结构图

数控机床辅助控制装置有数控机床的液压系统或气动系统、机床的润滑系统、机床的排屑系统、机床自动换刀系统及数控机床自动交换台控制系统等。这些辅助控制装置是用来实现数控机床的辅助功能的。

(7) 通信装置

CNC 系统通过通信接口与计算机进行各种数据的交换, 实现加工程序的在线编辑与在线加工及各种数据的备份与恢复。新型数控系统还具有以太网通信功能, 可以通过计算机实现 CNC 的网络控制。

2. 数控机床故障诊断原则和方法

数控系统是高技术密集型产品, 要想迅速而正确地查明原因并确定其故障的部位, 除了传统的故障诊断方法外, 还要借助于系统诊断技术。随着微处理器的不断发展, 系统诊断技术也由简单的诊断朝着多功能的高级诊断和智能化方向发展。诊断能力的强弱也是评价 CNC 数控系统性能的一项重要指标。

(1) 数控机床故障诊断原则

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, 故其故障的发生也由这三者综合反映出来。维修人员应先由外向内逐一进行排查。尽量避免随意地启封、拆卸, 否则会扩大故障, 使机床丧失精度, 降低性能。

2) 先机械后电气。一般来说, 机械故障较易发觉, 而数控系统故障的诊断难度较大。在故障检修之前, 首先排除机械性的故障, 往往可达到事半功倍的效果。

3) 先静后动。先在机床断电的静止状态下, 通过了解、观察测试、分析确认为非破坏性故障后, 方可给机床通电。在运行状态下, 进行动态的观察、检验和测试, 查找故障。而对破坏性故障, 必须先排除危险后, 方可通电。

4) 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, 应先解决容易的问题, 后解决难度较大的问题。往往简单问题解决后, 难度大的问题也可能变得容易了。

(2) 数控机床的故障诊断方法

由于数控机床的故障比较复杂, 同时, 数控系统自诊断能力还不能对系统的所有部件进行测试, 往往是一个报警号指示出众多的故障原因, 使人难以下手。下面介绍维修人员在生产实践中常用的故障诊断方法。

1) 系统报警号及系统诊断号故障诊断方法, 指通过 CNC 系统的内装程序, 在系统处于正常运行状态时对 CNC 系统本身及与 CNC 装置相连的各个伺服装置、伺服电动机、主轴伺服装置和主轴电动机以及外部设备等进行自动诊断、检查。只要系统本身及伺服系统出现故障, 系统显示装置就会显示系统报警代码及报警信息。当数控机床出现故障时, 首先, 利用系统报警号及信息提示判定故障产生的原因, 然后通过系统诊断号判定产生故障的具体部位。

如 FANUC 系统出现伺服部位过热故障时, 显示装置出现 400 号伺服报警 (SERVO ALARM: n AXIS OVERLOAD), 故障产生的原因可能是伺服电动机过热故障或伺服装置过热故障或是系统检测电路及伺服软件不良。利用系统伺服故障诊断号 ALM2 # 7 (FS-OC/OD 系统的诊断号为 730, FS-Oi 系统的诊断号为 201) 进行判断, 当系统出现 400 号伺服报警时, 该诊断位为“1”说明是伺服电动机过热故障, 若该位为“0”则判定伺服放大器过热故障。

2) 动态梯形图诊断法。目前 FANUC 系统都有动态梯形图显示画面, 通过梯形图信号的

明暗或颜色的变化来判定数控机床故障的具体部位，取代了用万用表进行测量的传统方法，是目前普遍采用的有效诊断故障的方法之一。这种方法对数控机床厂家编制的报警号的故障诊断特别有效，但要求维修者必须理解并掌握数控机床 PMC 具体控制原理。新型数控系统的 PMC 还具有 PMC 信号追迹功能和分析功能及信号的强制功能，根据此功能可以诊断故障出现的前后系统输入/输出信号状态的变化情况及信号无效是由系统内部还是由系统外部信号导致的，从而更加完善了这种诊断方法。

3) 初始化复位法。一般情况下，由于瞬时故障引起的系统报警，可用硬件复位或用开关系统电源的方法来清除故障。若系统工作存储区由于掉电，系统软件不良或电池欠压造成混乱，则必须对系统进行初始化清除，清除前应注意作好数据复制记录，若初始化后故障仍无法排除，则需进行硬件诊断。初始化处理方法有系统初始化（系统管理软件、系统参数、加工程序、PMC 参数及顺序程序等）、主轴伺服参数初始化和进给伺服参数初始化。比如 FANUC-Oi 系统主轴出现错误信息报警，故障原因可能是系统主轴伺服软件故障或系统硬件故障，通过系统主轴伺服参数初始化（恢复系统出厂的标准设定值），根据机床厂家提供的主轴参数进行手动输入，局部修调后，机床正常运行，则故障确定为系统主轴参数不良，否则为系统主轴控制模块或主轴放大器故障。

4) 备件置换法。当故障分析结果集中于某一印制电路板上时，由于电路集成度的不断扩大，要把故障落实于其上某一区域乃至某一元件是十分困难的，为了缩短停机时间，在有相同备件的情况下可以先将备件换上，然后再去检查、修复故障板。备件板的更换要注意以下问题：①更换任何备件都必须在断电的情况下进行，而且不能使事故扩大（如短路故障又烧坏备件板），否则不能采用此方法。②许多印制电路板上都有一些开关或短路棒的设定以匹配实际需要，因此在更换备件板上一定要记录下原来的开关位置和设定状态，并将备件板作好同样的设定，否则会产生报警而不能工作。③某些印制电路板还需在更换后进行某些特定操作以完成其中软件与参数的建立。这一点需要仔细阅读相应电路板的使用说明。④有些印制电路板是不能轻易拔出的，例如系统存储器的板，它会丢失有用的参数或者程序，更换时必须先进行系统参数备份。

5) 同类对调法。当发现故障板或者不能确定是否是故障板而又没有备件的情况下，可以将系统中相同的两个板或电缆对调检查，通过观察故障是否发生转移来判定故障的具体部位。采用这种对调法应特别注意，不仅硬件接线要正确交换，还要将一系列相应的参数交换，否则不仅达不到目的，反而会产生新的故障，一定要事先考虑周全，设计好软、硬件交换方案，确认准确无误后再进行交换检查。例如某一数控车床（采用 FANUC-OTD 系统）X 轴返回参考点时出现超程报警（返回参考点动作正常），而 Z 轴能正确返回参考点操作，根据故障现象推断产生故障原因可能是 X 轴电动机的内装编码器一转信号故障或系统轴板故障。通过把 X 轴和 Z 轴电缆对调并修改相关伺服参数，通电试车，发现 X 轴能正确返回参考点而 Z 轴返回参考点异常，则故障一定在电动机内装编码器上，最后仔细检查发现是编码器内部太脏，清洗编码器后机床恢复正常。

6) 功能参数封锁法。随着数字伺服控制的普及应用，数控机床某些控制功能由系统参数设定，通过参数维修数控机床是一种高效快捷的方法。所谓参数封锁法就是通过修改系统参数来判定故障是系统内部故障还是外部故障。如某一数控机床进给采用全闭环（位置检测采用光栅尺）控制，加工中出现了位置反馈信号断线报警，故障原因可能是光栅尺本身断线

或系统内部检测电路故障。通过重新设定系统控制功能参数（FANUC-Oi 系统为 1815 # 1 设为“0”）及伺服设定参数，使系统由原来的全闭环控制改为半闭环控制（通过参数封锁了光栅尺），数控机床可以正常运行，则故障为光栅尺本身故障。最后仔细检测发现光栅尺内部有油污导致反馈信号不良。

7) 使能信号的短接法。数控系统的某种就绪状态都与系统信号（硬件信号或状态参数）一一对应，通过硬件使能信号的短接或系统状态使能参数的确定，就可以快速判定故障的具体部位。如 FANUC-OC/OD 系统就绪时，系统向伺服放大器发出 PRADY 信号，伺服放大器就绪后要向系统发出 DRADY 信号，系统得到来自伺服放大器的 DRADY 信号后，才能进入正常状态，否则系统出现 401 号报警。产生 401 号（伺服未就绪）报警的故障原因可能是系统轴板故障或伺服放大器本身故障，通过短接系统轴板的 DRADY 使能信号后，若系统报警号解除，则故障为伺服放大器有问题，否则故障在系统轴板。

8) 系统故障诊断引导法。在 CNC 存储器中，存储着查明系统故障原因及处理方法的技术资料。利用这些资料很容易找到故障原因及故障部位，并进行处理。操作者通过 CNC 的 CRT (LCD) /MDI 单元提供的故障原因信息，找到问题的答案，不用维修专家也可以诊断数控机床的故障，所以这种方法又称为专家自诊断方法。

9) 远程诊断法，也称通信诊断方法。CNC 上装有调制解调器，通过电话线可以给维修中心发送维修信息，即利用电话通信线可以读/写 CNC 系统的硬件构成及系统软件的配置、CNC 系统的内部状态、加工程序、报警信息等数据，然后由计算机向 CNC 系统发送诊断程序，并将测试数据输回到计算机进行分析并得出结论，随后将诊断结论和处理办法通知用户，并可以通过网线恢复系统由于软件不良导致的故障。

通信诊断系统还可为用户作定期的预防性诊断，维修人员不必亲临现场，只需按预定的时间对机床作一系列运行检查，在维修中心分析诊断数据，可发现存在的故障隐患，以便及早采取措施。当然，这类 CNC 系统必须具备远程诊断接口及联网功能。

3. 数控机床控制功能的常用术语

(1) 系统控制轴数 (Controlled Axis)

是指 CNC 控制的进给伺服轴（进给）的轴数。加工时可通程序对该轴的速度、位置、方向实施控制，各轴可单独运动，也可同时协调运动。系统确定后，CNC 最多控制进给轴数也就确定了。如 FANUC-OiM 系统最多控制轴数为 4。

(2) 系统联动控制轴数 (Simultaneously Controlled Axis)

是指每一轨迹同时插补的进给伺服轴数。联动轴一定是 CNC 轴，但 CNC 轴不一定是联动轴。比如，FANUC-16 系统中，CNC 控制轴数最多为 8 轴，而联动轴数最多为 6 轴。

(3) PMC 控制轴 (Axis Control by PMC)

由 PMC（可编程机床控制器）控制的进给伺服轴。控制指令编在 PMC 的程序（梯形图）中，因此不能通过加工程序对该轴的速度、位移及方向实施控制，故这种方法通常只用于移动量固定的进给轴控制，如刀库的旋转、机械手的转臂的控制等。

(4) Cf 轴控制 (Cf Axis Control)

主轴的回转位置（转角）控制和其他进给轴一样由进给伺服电动机实现。该轴与其他进给轴联动进行插补，可以加工任意曲线，一般在多轴加工数控机床中采用。

(5) Cs 轮廓控制 (Cs Contouring Control)

主轴的回转位置（转角）控制不是由进给伺服电动机而由主轴电动机实现。主轴的位置（角度）由装于主轴（不是主轴电动机）上的高分辨率编码器检测，此时主轴是作为进给伺服轴工作，运动速度的单位为： rad/min ，并可与其他进给轴一起插补，加工出轮廓曲线。

(6) 回转轴控制 (Rotary Axis Control)

将进给轴设定为回转轴作角度位置控制。回转的角度可用加工程序控制。通常只有基本轴以外的进给轴才能设为回转轴。回转轴是 CNC 轴，但不一定是联动轴。

(7) 双驱动控制 (Tandem Control)

对于大工作台，一个电动机的转矩不足以驱动时，可以用两台电动机，这就是本功能的含义。两个轴中一个是主动轴，另一个为从动轴。主动轴接收 CNC 的控制指令，从动轴增加驱动转矩。

(8) 简易同步控制 (Simple Synchronous Control)

两个进给轴一个是主动轴，另一个是从动轴，主动轴接收 CNC 的运动指令，从动轴跟随主动轴运动，从而实现两个轴的同步移动。CNC 随时监视两个轴的移动位置，但是并不对两者的误差进行补偿，如果两轴的移动位置超过参数的设定值，CNC 即发出报警，同时停止各轴的运动。该功能用于大工作台的双轴驱动。

(9) 主轴串行输出/主轴模拟输出 (Spindle Serial Output/Spindle Analog Output)

主轴控制有两种接口：一种是按串行方式传送数据（CNC 给主轴电动机的指令）的接口，称为串行输出；另一种是输出模拟电压量作为主轴电动机指令的接口。前一种必须使用 FANUC 系统的主轴驱动单元和电动机，后一种使用模拟量控制的主轴驱动单元（如变频器）和普通三相异步电动机。

(10) 主轴定向控制 (Orientation Control)

为了执行主轴定位或者换刀，必须将机床主轴定位在某一转角上，作为动作的基准点。CNC 的这一功能就称为主轴定向。FANUC 系统提供了以下 3 种方法：用位置编码器定向，用磁性传感器定向，用外部一转信号（如接近开关）定向。主轴定向控制是通过系统 PMC 实现的，即此时主轴的速度、方向及位置（转角）是由 PMC 控制而不是 CNC 控制。

(11) 刚性攻丝 (Rigid Tapping)

攻丝操作不使用浮动卡头，而是由主轴的回转与攻丝进给轴的同步运行实现。主轴转一转，攻丝轴的进给量等于丝锥的螺距，这样可提高精度和效率。欲实现刚性攻丝，主轴上必须装有位置编码器（通常是 1024 脉冲/转），并要求编制相应的梯形图，设定有关的系统参数。铣床、车床（车削中心）都可实现刚性攻丝。但车床不能像铣床一样实现反攻丝。

(12) 双位置反馈控制功能 (Dual Position Feedback Control)

在半闭环系统中，用电动机内装的脉冲编码器进行速度、位置反馈控制，系统的稳定性高，但位置控制精度不是很高。在全闭环系统中，用电动机内装脉冲编码器进行速度控制，用光栅尺等分离型位置检测器进行位置控制，位置控制精度得到大大提高，但系统在加减速过程中，电动机与机械之间发生扭转变形，会产生速度差而很难稳定控制。双位置反馈控制功能是指全闭环和半闭环共用，进行稳定控制，系统加速/减速过程中，用半闭环进行稳定控制；系统移动指令停止时，采用全闭环控制来保证位置的精度要求。系统双位置反馈控制功能是由系统参数设定，并通过参数进行调整。

(13) 机械速度反馈控制功能 (Machine Velocity Feedback Control)

在全闭环控制系统中，当电动机与机械之间的扭转变形和间隙等比较大时，机床速度与电动机速度在加减速时将会出现很大的差异，这样将很难确保高的位置增益。机械速度反馈控制功能是通过在全闭环系统中将机床自身的速度加入速度控制中以补偿转矩指令，从而稳定整个位置环功能。

(14) 前馈控制功能 (Feed Forward Control)

由于伺服系统反应的滞后会产生形状误差，所以圆弧切削时的半径值和速度大小是加大形状误差的主要因素。因此，圆弧切削时的实际位置和速度与程序指令中的位置和速度存在差异。前馈控制功能是对伺服系统运算滞后的一种补偿功能，前馈控制功能包括位置前馈和速度前馈功能。位置前馈是将 CNC 送出的位置指令变换成速度指令，进行速度指令补偿，以减小位置偏差和形状误差；速度前馈是将速度指令的变化率（加速度）变换成转矩指令补偿，以提高速度环的响应性。

(15) 提前前馈控制功能 (Look-ahead Feed Forward Control)

本功能是前馈控制功能的一部分，是实现高速高精度加工的控制方式。前馈控制为了消除每个分配数据的插补周期产生的速度误差，要进行滤波，但是，滤波会使前馈数据补偿发生滞后。在提前前馈控制中，通过使用提前分配的数据，生成没有滞后的前馈数据，从而进一步提高控制特性。

(16) 反向间隙加速功能 (Backlash Acceleration Control)

在机械系统中，反向间隙的存在是影响换向轮廓精度的最主要因素。反向间隙加速功能是通过电动机反向时加速量和时间的控制来实现转矩指令的调整，从而改善进给过象限凸起的现象。FANUC 系统有三种反向间隙加速控制形式：

1) 常规反向间隙加速功能：速度变化时，间隙加速量是一定的，易产生过量或不足引起的过切或象限突起改善不良。

2) 新型反向间隙加速功能：速度变化时，间隙加速量是按指数函数变化的，因此，没有过量和不足，是按需要量进行加速。

3) 二级反向间隙加速功能：机械移动方向反向时，要考虑两个滞后因素，即电动机本身反转时的摩擦引起的反向滞后及机床的摩擦引起的反向滞后。该功能可以区分来自电动机或机械上的反向间隙带来的延迟，分别予以加速处理。

(17) 静摩擦补偿功能 (Static Friction Compensation)

数控机床由停止状态起动时，由于静摩擦大，所以速度上升有滞后而产生机床爬行现象。除了在机械结构上采取措施降低摩擦外，新型的伺服系统具有自动补偿机械系统静摩擦非线性的控制功能，即在电动机同方向由停止状态起动时，在速度指令上增加补偿数据，以减小起动时的延迟。

(18) 插补后加减速/插补前加减速控制功能 (Cutting Feed Acceleration/Deceleration Before Interpolation/After Interpolation)

插补后加减速就是在已插补的移动指令之后加上加减速控制，加减速具有直线形、指数函数形及 S 形三种，可根据快速进给和切削进给的种类进行选择。对切削进给指令来说可以实现插补前进行加减速控制，这样可以消除由加减速的延迟引起的形状误差。一般情况下，只在插补前进行加减速会对机械产生冲击，所以通常采用插补前加减速和插补后加减速混合控制。

(19) 高精度轮廓控制 HPCC (High-Precision Contour Control)

有些加工误差是由 CNC 引起的, 其中包括插补后的加减速造成的误差。为了减小这些误差, 系统中使用了辅助处理器 RISC, 增加了高速、高精度加工功能, 这些功能包括:

1) 多段预读的插补前直线加减速。该功能减小了由于加减速引起的加工误差。

2) 多段预读的速度自动控制功能。该功能考虑了工件的形状、机床允许的速度和加速度的变化, 使执行机构平滑地进行加/减速。

(20) AI 轮廓控制/AI 纳米轮廓控制功能 (AI Contour Control/AI Nano Contour Control)

这两个功能用于高速、高精度、小程序段、多坐标联动的加工, 可减小由于加减速引起的位置滞后和由于伺服的延时引起的随着进给速度增加而增加的位置滞后, 从而减小轮廓加工误差。这两种控制中有多段预读功能, 并进行插补前的直线加减速或钟型加减速处理, 从而保证加工中平滑地加减速, 并可减小加工误差。在纳米轮廓控制中, 输入的指令值为微米, 但内部有纳米插补器。经纳米插补器后, 给伺服的指令是纳米, 这样, 工作台移动非常平滑, 加工精度和表面质量能大大改善。

(21) 极坐标插补 (Polar Coordinate Interpolation)

极坐标编程就是把两个直线轴的笛卡儿坐标系变为横轴为直线轴, 纵轴为回转轴的坐标系, 用该坐标系编制非圆形轮廓的加工程序。通常用于车削直线槽, 或在磨床上磨削凸轮。

(22) 圆柱插补 (Cylindrical Interpolation)

在圆柱体的外表面上进行加工操作时 (如加工滑块槽), 为了编程简单, 将两个直线轴的笛卡儿坐标系变为横轴为回转轴, 纵轴为直线轴的坐标系, 基于该坐标系编制外表面上的加工轮廓。

(23) 虚拟轴插补 (Hypothetical Interpolation)

在圆弧插补时将其中的一个轴定为虚拟插补轴, 即插补运算仍然按正常的圆弧插补, 但插补出的虚拟轴的移动量并不输出, 因此虚拟轴也就无任何运动。这样使得另一轴的运动呈正弦函数规律, 可用于正弦曲线运动控制。

(24) 刀具补偿存储器 A, B, C (Tool Compensation Memory A, B, C)

刀具补偿存储器可用参数设为 A 型、B 型或 C 型的任意一种。A 型不区分刀具的几何形状补偿量和磨损补偿量。B 型是把几何形状补偿与磨损补偿分开。通常, 几何补偿量是测量刀具尺寸的差值; 磨损补偿量是测量加工工件尺寸的差值。C 型不但将几何形状补偿与磨损补偿分开, 将刀具长度补偿代码与半径补偿代码也分开。长度补偿代码为 H, 半径补偿代码为 D。

(25) 刀具寿命管理 (Tool Life Management)

使用多把刀具时, 将刀具按其寿命分组, 并在 CNC 的刀具管理表上预先设定好刀具的使用顺序。加工中使用的刀具到达寿命值时可自动或人工更换上同一组的下一把刀具, 同一组的刀具用完后就使用下一组刀具。刀具的更换无论是自动还是人工, 都必须编制梯形图。刀具寿命的单位可用参数设定为“分”或“使用次数”。

(26) 自动刀具长度测量 (Automatic Tool Length Measurement)

在机床上安装接触式传感器, 和加工程序一样编制刀具长度的测量程序 (用 G36, G37), 在程序中要指定刀具使用的偏置号。在自动方式下执行该程序, 使刀具与传感器接触, 从而测出其与基准刀具的长度差值, 并自动将该值填入程序指定的偏置号中。