

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

数 控 机 床 故障分析与维修

(第二版)

潘海丽 编著

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 摘 要

本书总论从数控特殊性出发,介绍故障类型与主要故障、分析的基本原则与基本步骤。第1章强调数控机床“维护中应该特别关注的器件”。第2章从CNC系统特点出发介绍其主要故障及内、外成因。第3章结合实例介绍故障分析常用方法、步骤及其应用场合。第4~9章,从不同故障类型与故障部位全面详细地分析故障。大量实例分析充分体现了“以数控机床工作原理与故障机理为基础,注重确立正确的分析思路和分析的基本原则与步骤”的特点。

本书可作为数控类与机电一体化专业的专科或高等职业技术教育的“数控机床故障分析与维修”教材,也可作为大学本科相关课程的教材及相应专业技术人员的入门参考书。

★本书配有电子教案,有需要的老师可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障分析与维修 / 潘海丽编著. —2版.

—西安:西安电子科技大学出版社,2008.4

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5606-1611-7

I. 数… II. 潘… 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(2008)第027008号

策 划 马晓娟

责任编辑 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2008年4月第2版 2008年4月第3次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 17.25

字 数 400千字

印 数 6001~10000册

定 价 25.00元

ISBN 978-7-5606-1611-7/TH·0050

XDUP 1903012-3

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

总 序

数控机床由于能提高生产效率和加工精度，适应多品种、小批量生产，现已成为现代化制造生产技术的主要手段之一。更由于它兼容了计算机技术、自动控制技术与精度测量技术，从而体现了它也是一个高新技术产品。然而任何设备都离不开维修，因此，数控机床维修既是重要而必需的，也是一门具有一定难度的学科。

我国自从 20 世纪 60 年代开始引进国外的数控机床以来，由于经验不足、选型论证不充分，对数控系统的维修缺乏长远考虑，致使数控系统种类繁多、生产厂家过于分散，从而给日常维修带来了极大的困难。到了 20 世纪 80 年代，随着全国数控机床拥有量的大幅度增加，认识虽有提高、工作虽有改善，但一些根本性问题，如备件供应、操作水平、人才培养和自主知识产权等问题依旧存在。当前，FANUC 和 SIEMENS 系统仍为主流。数控装置的维修实际处于“换板子”的状况。直到 20 世纪 90 年代后，由于经济的发展，才促使行业部门加强了重视，逐步建立了维修总站、数控集团、故障诊断研究室等。并开展了“数控机床维修协作研讨会”、“数控技术培训班”等项活动。研究出了如华中-I、II 型国产名牌，正达和汇能等电路维修测试仪，使我国在赶超世界水平上前进了一步。但是，面对世界经济一体化和入世以来对我国产品的更高要求，我们仍然存在不小的差距。为此，今后我们在数控机床的技术应用上，除应继续努力、不断创新外，还必须加强数控维修的领导和人才培训工作。其中，编著出版一些可供培训使用的优质教材就显得十分重要。

上海第二工业大学是国内开展机床诊断教学与科研较早的大学之一。20 世纪 80 年代初，安邦健、潘海丽与严晓满等老师就开始积极研究机床的故障机理，立足于精度诊断方向、学习误差分离相关技术，探索机床诊断的实践问题。先后开发了 FS-I 型车床在线故障诊断系统、JGZY-IB 型机械故障综合诊断仪；总结了双特征法等有效诊断方法；整理出 1064 种国内机床常用滚动轴承的特征频率，从而为机床的诊断创立了可以实用的技术手段。他们既有力地支持了 1987 年机械工程学会设备维修分会在上海召开的“机床诊断现场应用研讨会”，还多次在大连、青岛、石家庄、北京、上海等地举办技术培训班及讲座，在国内推广机床诊断工作上始终起到了支柱作用，具有不可磨灭的丰功伟绩。

今日由潘海丽老师继承了二工大在金属切削机床多年来的教学科研经验，并努力在数控机床的诊断与维修上更进一步，以完成安邦健老师未能实现的遗愿，执笔编写“数控机床故障分析与维修”的专著，实是设备诊断界的一件好事。该书以理论与实践相结合的原则，详细介绍了十余种常用的诊断手段与方法，总结了数控机床诊断的基本原则与步骤，并在多年生产实践的基础上，以大量实例对比分析。因而此书对培养数控诊断与维修工程师具有良好的前景。祝愿此书能把该项工作继续推向新的更高阶段。

中国机械工程学会设备与维修工程分会

黄昭毅

二〇〇四年十一月

第一版前言

学习本书内容之前，需要先修一些课，如传感器与工程测试技术、数控机床的构成与工作原理、CNC 装置的软件结构与硬件结构、系统中的各种误差概念、机床电器工作原理、电工学与自动控制理论等。

经过对工矿企业、国内外数控公司人才需求的调研，以及多届毕业生反馈信息的汇总，发现数控行业最需要的是现场工程师，他们的主要工作是现场诊断与排除故障。为此，本书要突出的特点是：强调确立正确的诊断分析思路；强调数控机床的特殊性与主要的故障类型；强调以数控机床的工作原理与故障机理作为诊断分析的基础。本书详细介绍了数控机床故障分析常用的诊断手段与方法及其相应的应用场合，并归纳总结了数控机床诊断的基本原则与基本步骤。在数控机床常见故障实例分析中，突出这些基本原则与步骤。本书的特色是注重故障定位，定位到模板或大的器件，而不是板子上或大器件内具体电子元器件的修理。大量实例的对比分析证明：正确的思路与步骤，是提高维修效率与效能的关键。

本书是在上海第二工业大学校内自编教材的基础上，结合作者多年故障诊断教学、科研与现场工作实践经验修编而成的。本书参考与分析了典型的国内外数控机床维修手册以及近年来的各种相关教材，从中选用了一些典型故障案例。而与原著不同的是，对于相同的故障现象，作者采用了不同的分析思路与诊断步骤。在此，谨向参考文献原著的专家与学者表示敬意与谢忱。

本书由北京科技大学陈克兴教授主审，在此谨表谢忱！

谨以本书第 9 章“机械故障诊断”纪念我们的合作伙伴，诊断仪器系统创新者与机械故障诊断大师——安邦健先生！

编者

2004 年 10 月

前 言

本书第一版出版以来，得到了使用者的普遍好评，有的读者还特意打电话给作者求教和探讨。之后，本书又成功获选为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

诚如第一版前言中所言，此书是在上海第二工业大学校内自编教材的基础上，结合作者多年故障诊断方面的教学、科研与现场工作实践经验修编而成的，内容已基本完善，因此，第二版主要对版式做了调整与改进。

在 20 世纪 90 年代访美几年的科研工作中，作者翻阅了大量国外杂志、教材与书籍，对它们新颖的、人性化的编排方式留下了深刻的印象，回国后将之借鉴于任教的几门课程的电化教学与模拟实验中。多年来，作者反复推敲：能否借鉴国外科技书籍的排版新意，来改变一下科技类图书版式千篇一律和教条化的模式。例如，以加下划线的形式，使教材与指导书融为一体；以加黑线条和加大字体的形式，使重点图和一般图得以区分；以加框的形式，将一些重点、难点单列，以便加深印象；以箭头的形式，使得诊断步骤清楚了……因此，第二版中采用了变换字体、采用箭头以及线条加框等方法，以期达到重点明确，思路清晰，归纳简洁与图文合一，不仅便于读者记忆，而且宜于逐渐滋长或培养读者科学的分析思路。希望借此次修订，能增加读者的阅读兴趣，使读者阅读时觉得赏心悦目，达到一目了然、印象深刻的目的。

编 者

2008.01.31

目 录

第 0 章 总论	1
0.1 数控设备的特殊性	4
0.1.1 数控机床的主要组成	4
0.1.2 数控机床的工作原理	6
0.1.3 数控系统中信号的特殊性	6
0.1.4 数控机床的特殊性	7
0.2 数控机床的故障类型与主要故障	7
0.2.1 故障诊断的三个环节	7
0.2.2 数控机床的故障类型	8
0.2.3 数控机床的主要故障	10
0.3 数控机床的故障诊断与维修应遵守的原则	10
第 1 章 数控机床的维护与管理	12
1.1 数控机床的维护与管理——一项系统工程	12
1.2 数控机床的使用条件	13
1.3 数控机床的管理与维修	14
1.3.1 数控机床的维修工作	15
1.3.2 数控机床的日常维护	15
1.3.3 CNC 系统的日常维护	17
1.3.4 维护中应该特别关注的器件	19
1.3.5 对数控维修人员的基本要求	19
1.4 诊断维修工作三个阶段的内容与步骤	20
1.4.1 诊断与维修前的准备工作	20
1.4.2 现场工作	23
1.4.3 修后档案工作	26
第 2 章 数控系统的故障成因分析与自诊断技术	27
2.1 CNC 系统的特点	27
2.2 CNC 系统的主要故障	29
2.2.1 内因与外因	29
2.2.2 CNC 系统的主要故障	29
2.2.3 CNC 系统软件故障现象及其成因	30
2.2.4 CNC 系统硬件故障现象及其成因	31
2.3 CNC 系统的自诊断	33

2.4 伺服系统的自诊断.....	44
第3章 数控机床故障分析的一般方法.....	46
3.1 “孤立法”与独立单元分析法.....	46
3.1.1 独立单元分析法.....	47
3.1.2 各类框图表示法.....	49
3.2 观察检查法.....	53
3.3 自诊断功能法.....	58
3.4 接口信号分析法与信号追踪法.....	64
3.5 PLC 程序法.....	68
3.6 NC 与 PLC 间信号交换检查法.....	72
3.7 参数检查法.....	74
3.8 更改状态识别法.....	79
3.9 功能程序测试法.....	82
3.10 测量比较法与信号强制输入法.....	83
3.11 试探交换法(替代法、交换法).....	87
3.12 其它方法与名称.....	89
第4章 数控系统软件故障与硬件故障的诊断与分析.....	90
4.1 干扰及其排除.....	90
4.1.1 干扰类型、成因与传递方式.....	90
4.1.2 干扰作用的内、外成因.....	91
4.1.3 电源故障与电网干扰.....	93
4.1.4 屏蔽与接地.....	102
4.1.5 强电干扰及其抗干扰措施与实例分析.....	105
4.1.6 辐射干扰及其抗干扰措施.....	109
4.2 数控系统软件故障诊断与分析.....	111
4.2.1 CNC 系统的“软故障”与“先软后硬”诊断原则.....	111
4.2.2 CNC 系统软性故障的排除方法.....	112
4.2.3 CNC 系统的软件报警与消除.....	113
4.3 数控系统硬件故障诊断与分析.....	114
第5章 数控机床的电气故障分析.....	118
5.1 数控机床电器类别及其作用.....	118
5.2 熔断器熔断机理与故障分析.....	119
5.3 开关失效与实例分析.....	121
5.4 空气断路器故障现象及其成因.....	123
5.5 接触器常见故障及其成因.....	126
5.6 继电器常见故障及其成因.....	127
5.7 执行电器(电磁抱闸制动、电磁阀与电磁离合器)故障、成因与实例分析.....	132

5.8 机床电器的主要故障及其成因.....	136
第 6 章 PLC 控制故障分析.....	138
6.1 PLC 的硬件结构及其输入与输出信号.....	138
6.2 PLC 的软件结构与 PLC 自诊断.....	140
6.3 PLC 的常见故障及其处理方法.....	141
6.4 PLC 常见故障的维修实例.....	142
第 7 章 进给伺服系统的故障分析.....	150
7.1 进给伺服系统的类型特点.....	150
7.2 伺服系统故障分析的一般思路.....	160
7.3 伺服系统软件报警故障成因与分析处理.....	162
7.3.1 伺服控制系统软件报警的处理与实例分析.....	163
7.3.2 检测系统报警的处理与实例分析.....	174
7.3.3 过热类报警的处理与实例分析.....	176
7.4 伺服系统硬件报警的分析.....	184
7.4.1 警示灯点亮时故障的实例分析.....	184
7.4.2 观察指示灯点亮次序来判定故障.....	189
7.4.3 数字伺服接口的实时状态诊断.....	191
7.5 伺服系统无报警故障的实例分析.....	191
7.5.1 伺服轴不能启动的各类故障与实例分析.....	191
7.5.2 飞车(runaway)现象的实例分析.....	196
7.5.3 与位置环有关的失控现象与实例分析.....	198
7.5.4 中断运行(程序中断、中途停止)无报警.....	200
7.5.5 轴动作不稳定的各种现象与实例分析.....	201
7.6 刀架与刀库故障的实例分析.....	204
7.7 与 CRT 显示相关的故障现象与实例分析.....	207
7.7.1 CRT 显示器的输入——电压输入与控制信号链路.....	207
7.7.2 显示系统故障表现及其成因.....	207
7.7.3 主板系统故障表现及其成因.....	208
7.7.4 CRT 无显示故障与实例分析.....	208
7.7.5 CRT 显示不正常故障及其成因.....	210
第 8 章 主轴控制系统故障分析.....	211
8.1 直流主轴控制系统与常见故障.....	211
8.1.1 直流主轴控制系统的构成特点.....	211
8.1.2 直流主轴控制系统的常见故障.....	213
8.2 交流主轴控制系统与常见故障.....	217
8.2.1 交流主轴控制系统的构成特点.....	217
8.2.2 交流主轴控制系统的常见故障.....	218

8.2.3	三菱交流主轴系统的故障现象与成因	220
8.2.3.1	三菱 CRT 上有关交流主轴控制系统的警示信息	220
8.2.3.2	三菱 FR-SE 主轴控制器的故障报警	222
8.2.3.3	三菱主轴系统的无报警故障	224
8.2.4	FANUC 交流主轴控制系统故障报警	225
8.3	实例分析	226
第 9 章	机械故障诊断	235
9.1	数控机床常见的机械故障现象	235
9.2	机床中常见的故障信号类型与图貌特征	236
9.2.1	一般测试系统的组成	236
9.2.2	机械设备中的周期信号种类与特征	237
9.3	机械故障诊断常用的信号分析方法	240
9.4	常见机械零件的故障、故障信号特征及其特征频率	243
9.5	常见液压系统故障及诊断方法简介	247
9.5.1	油温过高	247
9.5.2	渗漏	248
9.5.3	噪声与振动	248
9.5.4	爬行	250
9.5.5	液压冲击	250
9.5.6	压力建立不起或提不高	250
9.5.7	负载下达不到工作速度或不运动	251
9.5.8	运动部件达不到工作速度或不运动	251
9.5.9	工作循环不能正确实现	251
附录	252
附录 1	数控机床的开箱、安装与验收	252
附录 2	故障检查与记录	258
附录 3	数控机床的安全操作	260
附录 4	故障调查与诊断记录表	262
参考文献	263

第 0 章 总 论

重 点

数控设备及其信号的特殊性

数控设备维修内容

故障分析的基本思路

故障分析应遵守的原则

大多数制造工业生产是属于“离散型”的，生产的零件多、工序多且伴随的随机因素多，这就需要通过实现生产的自动化，保证高稳定的产品质量与提高经济效益。应运而生的数控技术应用了计算机技术与信息技术。数控技术不仅将复杂的脑力劳动自动化，生产过程高柔性化与高自动化，而且它结合共享、交换相关数据信息的技术，使企业在设计、计划、管理等方面可作出最优化的各种决策。所以，数控设备就是集合了计算机与信息技术，传感器与检测技术，电子电力与自动化控制技术，电机、液压与气动等动力拖动技术，机床及加工工艺技术等等的机电一体化设备。

近年来，中国已迅速发展成为制造业大国，居世界第四位。中国制造业正努力提高集成能力和创新能力，将成为世界上重要的制造与供应基地，中国将从制造业大国走向制造业强国。数控技术给制造业的发展创造了条件。我国制造产品占世界市场比例的迅速递增，而制造业的迅速发展又促进了数控设备业的发展。

从2002年开始，我国就成为世界第一机床消费大国。随着电子技术、自动化技术的不断发展，数控技术的应用也愈来愈广泛，我国机床的数控化率也正在逐年提高。数控机床推广应用逐步由经济型为主向普及型为主转变。2005年，我国机床的数控化率为9.5%~10.36%，据预测分析，到2010年将达到16.5%~19.27%。在2001~2010年，经济型所占比重继续减少，普及型所占比重继续增长，高级型的需求也将缓慢增长。

我国数控设备在种类、技术水平、质量和产量各方面都取得了很大的发展。目前，我国数控机床的可供品种规格已超过1400种，并且正以每年增加100种左右的速度增长，产量也有很大的提高。近年来，我国数控机床需求快速增长，其产量也高速增长。预计未来5年，我国数控机床的年均增速在30%以上，国产数控机床在国内市场的占有率，按产量计达到50%以上。国产数控机床在产品技术水平和产品质量上也发展很快，为重点工程和国防建设提供了一大批高水平的数控装备和成套设备。随着市场经济发展步伐的加快，大量民营、乡镇制造业、企业也正在为数控设备提供广阔的市场。

然而，高档数控机床仍需大量进口。从2001年开始，我国就成为世界上最大的数控机床进口国。同时，我国又是一个中低档数控机床的出口大国。我国以数控车床、数控磨床、数控特种加工机床、数控剪板机、数控成形折弯机、数控压铸机等为主的出口额近年来不

断翻番。

值得注意的是：迅速发展的数控设备国内、外市场，也开拓了数控人才市场。预计未来十年将需要 60 万数控设备的专业人才。尤其是对数控设备的诊断与维修的现场工程师的需求，正引起教育界的重视。

然而，数控设备的先进性与高智能化给企业带来巨大效益的同时，它的复杂性也给设备的诊断与维修工作带来了难度。数控设备的品种繁多，要求维修技术人员具有更高的综合分析能力。数控设备的维修与诊断的难度，往往又造成维修费用很高。如何提高诊断与维修效率，减少停机时间，又直接与企业效益相关。所以，维修人员的素质与能力，直接关系到企业的效益。

关于设备的可靠性与稳定性，国际上通用的指标为平均有效度(A)，由下式来定义：

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

式中：MTBF——两次故障间隔的时间，也即平均无故障时间；

MTTR——排除故障的修复时间。

显然，完善的设备管理与维护，可减少停机时间，即增大了 MTBF；高效地诊断故障与修复设备则是减小了 MTTR。于是设备的平均有效度 A 越大，表明设备利用率越高，企业的效益就增大。

本教材旨在培养与提高数控设备维修现场工程师的故障诊断与分析能力。因此，首先必须明确学习中应该注意培养哪些能力，哪些是关键内容与重要环节，以及有关的基本概念与基本工作。

学习的关键

在学习中，应注意以下四个关键点，这将有利于六种能力的培养。

➤ 了解数控机床的工作原理、结构组成与特殊性。

要求培养识图能力与勾画系统框图的能力。这也是对信息的感知与表达能力。

➤ 了解常见故障的机理。

上述两方面，是故障诊断分析中必须掌握的理论依据。也是后面讲到的“据理析象”的“理”。

➤ 确立正确的分析思路。

基本分析思路：由故障现象/信息➡故障特征➡判出故障类型➡找出最可能的故障成因。

//“在实际的工作中最重要的是要有一个明确的故障判断的思路，它是能尽快使机床开动的前提所在，是一把走向成功的金钥匙。”这是数控维修毕业生工作后的体会。正确的思路，不仅有利于提高维修效率，也有利于培养对复杂情况下的应变能力。//

➤ 归纳共性 注重个性——快速阅读技术资料，找出设备的特殊性与一般特性。

在设备品种繁多的情况下，不断地归纳不同设备相同类型故障的共性，又注意它们的个性特点，将有利于提高维修效率。这也有利于积累经验，有利于培养预判判断能力、创造能力与再学习能力。

对于这门学科，可以分成应知应会的四个教学环节：

- ✧ 故障分析的理论依据。
- ✧ 故障分析的基本思路。
- ✧ 不同故障类型的常用诊断方法与手段。
- ✧ 遵照诊断的基本原则，确定诊断的基本步骤；利用合理方法对常见故障定位并找出故障成因；排除故障，恢复设备。

基本点

在学习本教材之前，必须了解维修工作的一些基本概念、基本任务与基本工作。

- **维修内容**：包括日常维护(Preserve & Safeguard)、诊断(Diagnoses)与修复(Repair)。
- **故障(Faults/Failure)**：设备丧失了规定的性能状态，则可认为设备出现或存在故障。故障通常包括：设备行为超差/异常、动作失控/失常、功能失效/丧失、性能下降/劣化、工件/产品缺陷或加工质量下降等。

注意：在数控机床中，无论是全部或部分性能或功能丧失都归结为故障。

- **故障分析与诊断的任务**：找出故障源(故障定位)，判出真正的故障成因；排除故障源，恢复设备性能。
- **数控设备故障诊断与维修的基本工作**：可以用 40 个字来归纳数控设备故障诊断与维修的基本工作内容：

- 掌握信息 寻找特征
 - 据理析象 判断类型
 - 罗列成因 确定步骤
 - 合理测试 故障定位
 - 排除故障 恢复设备

掌握信息 寻找特征——进行充分的维修档案与技术资料查询和现场调查，以掌握数控设备的特点、故障现象及其发生条件与状态等信息，寻找故障特征。

// 现场工程师就像门诊医生一样，在诊断病情前，先查阅病历卡有无病史记录、询问病情发生时间与当时以及此前病人在做什么；察看病人状态，以了解与病情可能相关的发生条件、先天性、重复性或突发性、病人表现状态(脸色、体温、心跳与血压、是否昏厥等等)，来归纳出病人的主要病理特征来。//

据理析象 判断类型——根据设备或系统工作原理与故障机理，来分析故障现象，判断出故障类型。

罗列成因 确定步骤——罗列所有可能的故障成因，判出故障类型，然后，确定正确的诊断步骤与方法。

合理测试 故障定位——选用合理的测试手段与方法，进行故障定位，找出真正的故障源。

排除故障 恢复设备——找出并排除(或移去)故障源，恢复设备性能。

注意：维修不能只是简单的“测故换件”。故障定位后必须进行成因分析，以便找出真正的故障源以进行根除，这样才能确实恢复设备规定的性能。

0.1 数控设备的特殊性

任何一台数控设备都是一种实时过程控制设备。“数控”，就是以数字形式来实现控制。“数控技术”，即是一门以数字形式来实现控制的技术。

目前，存在两种数控方式：

NC——硬件数控(老式数控设备中)——由逻辑组件与记忆组件组成逻辑电路。

CNC——软件数控——存储程序或计算机数控。现代数控设备多为 CNC 设备。

0.1.1 数控机床的主要组成

数控机床的组成如图 0.1.1 所示。数控机床是由两大系统组成：机床本体机械系统与电控系统。

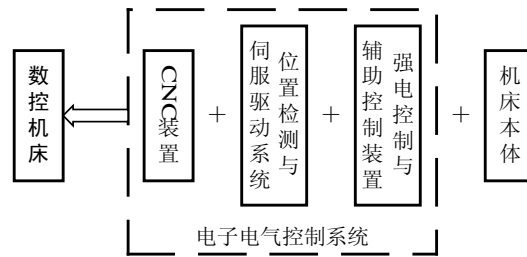


图 0.1.1 数控机床的组成框图(表示法 1)

数控机床的机床本体，类似于普通机床所具有的机械部件，包括：主运动部件、进给运动执行部件(如工作台、拖板及其传动部件)以及床身立柱等支撑部件。此外，还有冷却、润滑、转位和夹紧等辅助装置、液压与气压传动装置。对于加工中心类的数控机床，还包括了刀库、交换刀具的机械手等部件。但是，对比普通机床，数控机床的传动结构更为简单，在精度、刚度、抗振性等方面要求更高，而且传动与变速系统更便于自动化控制的实现。

数控机床的电控系统(电子电气控制系统)，包括数控装置系统(CNC 装置系统)、位置检测与伺服驱动系统、强电控制与辅助控制装置系统。

与普通机床不同，数控机床是一种以微处理器为基础的、以大规模数字集成电路为标志的、应用了计算机技术与信息技术的设备。因此，通常还可以图 0.1.2 方法来表示数控机床的组成。与前一表示法不同之处，在于将 CNC 装置与伺服检测系统都归为 CNC 系统内。这种方法体现了数控机床的电气控制系统涉及了强电系统与弱电系统。弱电系统，即 CNC 系统。其强电系统，包括了所有的供电系统与低压电

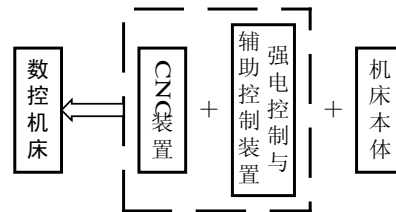


图 0.1.2 数控机床的组成框图(表示法 2)

器控制与功率放大系统。这里，将执行器件的电机、液压、气动和机械部件归到了机床本体中。为了表示数控机床设备与普通机床在组成上的

明显区别,甚至可将强电系统也归在 CNC 系统的控制中——在这样的处理方式下,数控机床又可以看作是由:机床本体(机械部分)与 CNC 系统两大部分组成。那么,数控机床的故障诊断工作也就分成:机械故障与 CNC 系统故障诊断。于是,数控机床与普通机床故障诊断的不同之处,就在于 CNC 系统的故障诊断。因此,数控机床故障分析的特殊性就在于数控系统故障分析。

数控系统(CNC 系统)的组成如图 0.1.3 所示。它包括了 CNC 装置、PLC 装置、总线 I/O 装置、伺服驱动系统与位置检测系统。CNC 系统具体的划分范畴,是取决于 CNC 装置功能的管理范围。愈高级的 CNC 装置可控制与管理的范围愈广,而普通的也许不包括伺服驱动系统,就可以用图 0.1.1 来表示组成框图。有的,甚至连 PLC 装置也是外置式的。

上述可见,数控机床的组成框图可以有不同的表示法。数控设备在维修与故障诊断前,首先要查询技术资料等,在了解其 CNC 功能与特性之后,才能根据需要勾画出合理的相关组成框图,以利于分析。

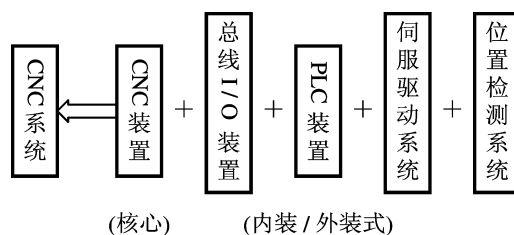


图 0.1.3 CNC 系统的组成框图

数控系统中除了强电控制系统外,CNC 装置(包括微处理器、各类存储器等构成的控制器,PLC 可编程控制器,以及 I/O 总线装置,伺服控制系统与检测系统等)弱电系统的电路是由大规模数字集成电路组成的。它是数控机床故障诊断的难点。

CNC 装置的构成,正如计算机系统一样,具有硬件结构与软件结构。

CNC 装置的硬件结构如图 0.1.4 所示。数控装置是由一个或多个微处理器(CPU)及其总线、只读存储器(EPROM)与随机存储器(RAM)、手动数据输入接口(MDI)与显示器接口(CRT)、位置控制器、内置或外置式可编程控制器(PLC)、纸带阅读机接口或计算机通讯接口、输入/输出(I/O)接口等组成。CNC 装置的核心是 CPU。它具有对数据的数学与逻辑两种运算功能,以及将存储器内程序指令译码并按顺序发出工作指令,又在接受反馈信息后,与工作指令比较之后发出控制指令的功能。总线是由物理导线构成的,可以分为数据线、地址线与控制线三种。它一般由同一个 CPU 所控制(但是有的数控机床具有自带芯片的总线装置)。输入/输出(I/O)接口电路是 CNC 装置与机床之间信号的通道口。诸多的来自机床操作面板、机床各限位或接近开关、继电器与接触器等低压电器的开关量信号,来自软盘驱动器或纸带阅读器、检测回路的电脉冲信号(数字信号),以及输出的各种电平信号,都要经过 I/O 接口电路中的相应通道。组成 I/O 接口数字集成电路的规模之大、众多 I/O 接口造成的节点之多、I/O 口出入的信号种类之多要求具有多功能性接口电路,并随之带来 I/O 接口电路的复杂性。因此,多节点、多 I/O 口、复杂的、多功能的、大规模的 I/O 接口数字集成电路,又成为数控设备诊断与检测的难中之难。

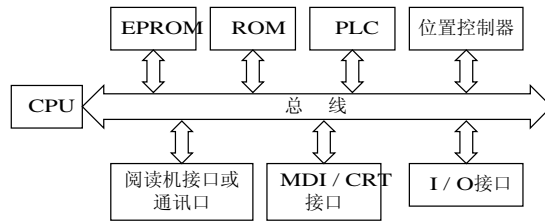


图 0.1.4 CNC 装置的硬件结构

CNC 装置的软件结构如图 0.1.5 所示。

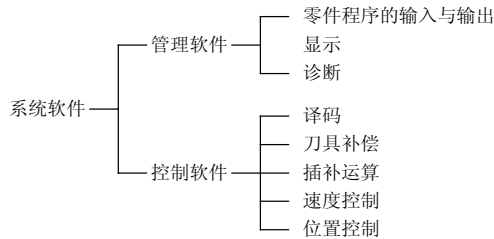


图 0.1.5 CNC 装置的软件结构

0.1.2 数控机床的工作原理

数控机床的一般工作原理如图 0.1.6 所示。在正确的控制指令下，运行正常的数控机床才能加工出合格的零件。否则，机床将中止运行并显示有关的错误信息或报警，或者加工的零件出现质量问题。而控制指令的正确则取决于正常的工作指令与反馈信号。工作指令的正常是由正确的编程与参数设置，以及 CNC 装置的正常工作决定的。反馈信号的正常又由检测系统的正常所保证。总之，机床的运行正常，是由强电控制及其辅助控制系统的正常状态，以及机械本体的可靠与稳定所保证。能否显示与报警，又与相关的器件、接口与电路有关。

因此，数控机床能否正常工作并加工出合格的产品，是由供电系统与机床电器、CNC 的软件与硬件、传感器及其检测回路、机械传动及其结构等综合因素所决定的。

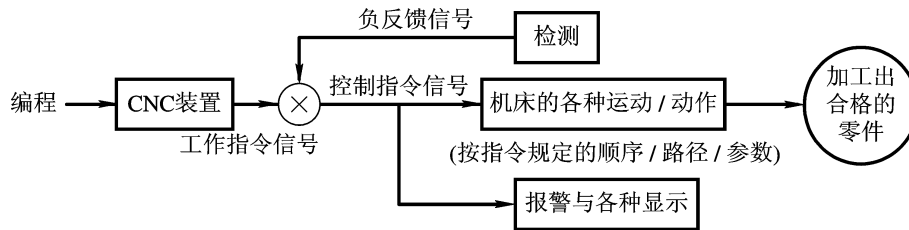


图 0.1.6 数控机床的工作原理示意图

0.1.3 数控系统中信号的特殊性

在图 0.1.6 中，简单地用“CNC 装置”来代替系统中所有的 CNC 控制器。CNC 装置

由大量数字集成电路模块组成。数字电路中传递的是数字信号。

//虽然有关控制器的内部结构与维修不是数控机床现场工程师的任务，但是，就像家用电器那样，必须了解它的输入与输出信号特点，才能合理安全地应用。//

“数控系统”，即 CNC 系统。在数控系统中传递的信号，无论是工作指令信号、反馈信号，还是控制指令信号，大多是数字信号。

数字信号是由二进制信息所组成的数字脉冲，以代码方式进行多线传递。由于“多线”传递特性，数字电路中的数字信号也称为“数字流”，它们是无法用常规仪器进行检测的。又因为数字信号的脉冲特性，所以：

在数字电路中传递的数字信号，是一种电脉冲信号，因此，它们易受电网或电磁场感应脉冲的干扰。

0.1.4 数控机床的特殊性

综上所述，数控机床区别于普通机床，具有很多特点。这些特点可以归结为如下几个方面：

- 具有特殊的电子电气控制系统(CNC 系统)。(包括了数控装置系统、位置检测与伺服驱动系统、强电控制与辅助控制装置系统。也可以说，包括了弱电系统与强电系统，以及大量的机床控制电器。)
- 数控装置系统由软件与硬件结构组成。
- 组成数控系统的大规模数字电路——成为检测的难点；多节点、多 I/O 口——要求同时快速测定；而复杂的多功能 I/O 电路——又成为检测的难中之难。
- 数字电路中多线传递的数控信号是一种电脉冲信号，易受干扰——要求用特殊的仪器设备或者特殊的分析方法(诸如 PLC 程序法与接口信号分析法)来确定故障。

0.2 数控机床的故障类型与主要故障

0.2.1 故障诊断的三个环节

一般来说，可将数控机床故障诊断分成三个环节，即故障类型判断、故障隔离与故障定位。

故障类型判断——这是数控机床故障诊断中的最重要的一环。故障类型判断的正确与否，直接关系到一次诊断工作的成败与效率问题。因为不同的故障类型，对应有其特殊的分析方法。判断出故障所属的类型后，即可采用该类型有效的分析方法进行具体分析。

故障隔离——当判出是硬件或器件故障时，将最怀疑的单元采用一定的方法进行隔离。例如采用短路销(或称短路棒)或断开该单元的对外连接等。以便于诊断判定此单元是否为故障单元。

故障定位——即通过故障点测试来判定故障源——真正的故障成因。后续的分析中将可以理解一个事实：一种故障现象，往往可对应不同的故障成因。下位故障的发生往往可

能是上位输入不正确造成的。所以，当发现某程序模块或器件/硬件存在故障现象时，并不能认为该部分就是产生故障的根源。对于硬件或器件问题，可以采用标准信号强制输入法或相同单元的交换法或替代法等，来判定该单元是否存在故障。对于软性故障，同样可以用状态对比予以鉴别。总之，只有做到精确的故障定位，才能合理地处理与消除故障源，恢复设备的正常运行。

0.2.2 数控机床的故障类型

数控机床出现故障现象，不一定就是由它自身的原因所造成的。

有关资料统计表明：首次使用的机床或由不熟练的工人操作的数控机床，在使用期的第一年，人为因素——操作不当造成的停机占故障率的 1/3。例如：未按时按量加注润滑油，造成传动噪声；导轨摩擦系数过大导致工作台进给电机过载报警；手动进给过快造成超程报警；自动切削进给过快造成的过载报警等等。

由于数控设备的数控系统的特殊性，要求稳定的电网，恒定的温度与湿度，干净的环境。诸如：电网电压波动过大、相序错误或三相不平衡等；外来振动与强电磁场干扰；环境温度过高；粉尘、潮气或有害气体等不良工作环境，都将导致一系列的故障。

人为因素与环境因素——这些是外部因素，却是数控机床常见的故障成因。因此，了解数控设备的工作环境与工作时期，是首要的工作，它将有利于确定是否设备本身有故障。也就是说，首先要排除故障可能的外部成因。

数控机床故障的分类方法有很多种。例如，按造成故障的内、外因素进行分类；按故障发生后有无报警进行分类；按故障产生的必然性与偶然性进行分类，或者称为按重演性故障与随机性故障进行分类；按故障发生部件进行分类等。

由前面数控机床区别于普通机床的特点，不难理解：按故障发生性质进行分类(如图 0.2.1 所示)，是一种比较实用的基本分类方法。

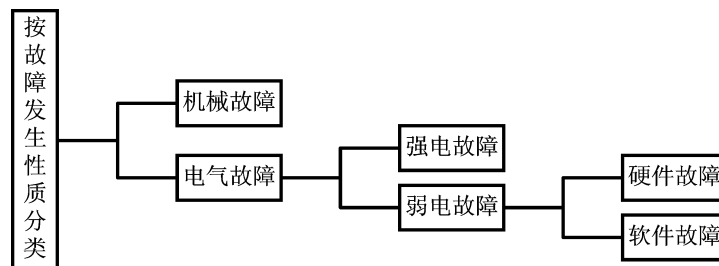


图 0.2.1 数控机床故障按发生性质分类

按故障发生性质，数控机床的故障可以分成主机故障与电气故障两大类。

主机故障(也称机械故障)，是指那些发生于机床本体部分的故障。(以后，我们将“发生于机床本体部分”简单地称作发生部位是“机床侧”。)主机部分主要包括机械、润滑、冷却、排屑、液压、气动与防护装置系统等。

常见的主机故障有：因机械安装、调试及操作使用不当等原因引起的机械传动故障与导轨运动摩擦过大等故障，也包括工艺故障等。故障现象表现为传动噪声大，或是运行阻力大、加工精度差等。例如：轴向传动链的挠性联轴器松动，齿轮、丝杠与轴承缺油，导