

图解·一学就会系列

图解数控机床 维修必备技能 与实战速成

刘胜勇 编著



成就职业技能规划
赢得更好工作机会

分享维修基本技能操作要点

详解机电部件拆装实操技巧

荟萃市场主推系统维修实例精华

新颖的数控机床维修进阶实例剖析

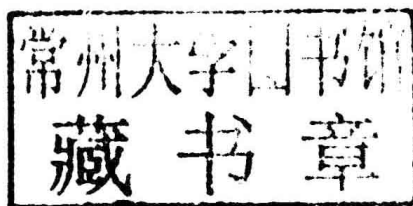


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

图解·一学就会系列

图解数控机床维修必备 技能与实战速成

刘胜勇 编著



机械工业出版社

本书基于模块化维修三大方法——电信号演绎法、工作介质流向法和机械动作耦合法,以图解形式讲述现代数控机床典型故障案例和机电综合应用实例,使读者掌握维修基本技能和操作要点,简化机床故障的分析过程,快速排除数控系统、主轴驱动、伺服驱动和辅助装置(液压、润滑、降温、冷却、排屑、换刀)等环节的电气故障及主轴部件、进给部件和辅助装置等环节的机械故障,从而提高维修效率和缩短停机时间,并迅速成长为智能制造大环境下数控机床的维修高手。入门者学理论、用经验,中学者借案例、用方法,全面者实施改造和设计,实现“理论武装→实战锤炼→创新提升”的循序渐进式自学成长。为便于读者学习,随书赠送学习视频。

本书可供数控机床维修人员,工科院校机电类、数控维修专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

图解数控机床维修必备技能与实战速成/刘胜勇编著. —北京:机械工业出版社, 2018. 1

(图解·一学就会系列)

ISBN 978-7-111-58951-8

I. ①图… II. ①刘… III. ①数控机床—维修—图解 IV. ①TG659-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第008254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:周国萍 责任编辑:周国萍 责任校对:樊钟英

封面设计:路恩中 责任印制:孙 炜

北京玥实印刷有限公司印刷

2018年4月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20.75印张·507千字

0001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-58951-8

ISBN 978-7-89386-161-1(光盘)

定价:89.00元(含2DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

前言

伴随我国各产业现代化进程的稳步推进,包括立/卧式车床、车削中心、内/外圆磨床、立/卧式加工中心、花键铣床、直齿/弧齿滚齿机、研齿机、磨齿机等数控装备在内的现代机床正被大量应用于工业、农业、军事、医疗和服务等领域的产品加工链中。

现代机床有的使用了 FANUC、SINUMERIK 或 MITSUBISHI 等不同类型的数控系统,有的还在此基础上内嵌了切齿、磨刀、研齿或配对等特定软件;有的使用了基于 Windows 平台的 Evoc、NORCO、Advantech、ADLINK 等不同品牌的工控机,有的还在此基础上装有齿轮检测或尺寸形位检测等专用软件;有的使用了 Proface (普洛菲斯)、HITECH (海泰克)、BEIJER (北尔)、MITSUBISHI、SIEMENS、Delta 等不同公司的人机界面 (简写 HMI),有的还配置了 Panasonic (松下)、Omron、AB、MITSUBISHI、SIMATIC、Delta 等不同系列的可编程序逻辑控制器 (简写 PLC);有的使用了伺服放大器、伺服电动机和滚珠丝杠副或蜗轮蜗杆副等部件组成的伺服驱动环节,有的使用了由 ABB、SIEMENS、Vacon (伟肯)、Inovance (汇川)、Delta、MITSUBISHI 等不同规格变频器和主轴电动机等部件组成的主轴驱动环节,还有的配置了液压系统、润滑系统、气动系统、冷却装置和排屑装置等辅助环节。因此,对它们准确地进行故障诊断与快速维修也越来越重要,有时甚至会成为制约企业生产环节的“瓶颈”。

本书基于模块化维修三大方法——电信号演绎法、工作介质流向法和机械动作耦合法,以图解形式讲述现代数控机床典型故障案例和机电综合应用实例,使读者掌握维修基本技能和操作要点,简化机床故障的分析过程,快速排除数控系统、主轴驱动、伺服驱动和辅助装置 (液压、润滑、降温、冷却、排屑、换刀) 等环节的电气故障及主轴部件、进给部件和辅助装置等环节的机械故障,从而提高维修效率和缩短停机时间,并迅速成长为智能制造大环境下数控机床的维修高手。入门者学理论、用经验,中学者借案例、用方法,全面者实施改造和设计,实现“理论武装→实战锤炼→创新提升”的循序渐近式自学成长。

本书融入了编著者 15 年来机床维修实战精髓,具有图例丰富、理论到位、实战典型和创新明晰的显著特点,既可作为生产制造业中数控机床维修人员与培训人员的指导教材,也可作为工科院校机电类、数控维修专业的参考教材,还可作为机床制造业中安装调试人员的学习资料。为便于读者学习,随书赠送学习视频。

本书共分 6 章,第 1 章为数控机床安全作业与维修操作要点,第 2 章为数控维修的工卡量具操作实战,第 3 章为数控维修的仪器仪表操作实战,第 4 章为数控机床机电部件拆装实战,第 5 章为数控机床维修典型案例精析,第 6 章为维修工程师进阶机电综合应用详解。

因数控机床维修领域广、覆盖面宽及编著者水平有限,加之智能制造技术发展迅速,书中难免有不足之处,恳请广大读者批评、指正。

刘胜勇

目录

前言

第1章 数控机床安全作业与维修操作

要点 1

- 1.1 维修钳工安全作业要点 1
- 1.2 维修电工安全作业要点 4
- 1.3 四步到位法维修操作要点 4
- 1.4 诊断分析方法实施要点 5
- 1.5 现场触电急救操作要点 13

第2章 数控维修的工卡量具操作

实战 18

- 2.1 钢直尺、内外卡钳及塞尺测量实操
详解 18
 - 2.1.1 图解钢直尺长度测量的正确使用 18
 - 2.1.2 内外卡钳调节与测量的常见错误 18
 - 2.1.3 塞尺实测机床接合面间隙技巧 20
- 2.2 游标读数量具测量实操详解 21
 - 2.2.1 五种游标卡尺的读数与测量技巧 21
 - 2.2.2 游标高度卡尺的测量与划线要点 26
 - 2.2.3 游标深度卡尺实测台阶深度技巧 27
 - 2.2.4 齿厚游标卡尺实测零件齿厚技巧 28
- 2.3 千分尺测量实操详解 29
 - 2.3.1 外径千分尺的读数与测量技巧 29
 - 2.3.2 杠杆千分尺的测量操作要点 32
 - 2.3.3 两点内径千分尺孔径测量技巧 34
 - 2.3.4 三种内测千分尺内尺寸实测技巧 34
 - 2.3.5 三爪内径千分尺的正确测量技巧 35

- 2.3.6 公法线千分尺实测公法线长精析 35
- 2.3.7 奇数沟千分尺检测丝锥中径精析 38
- 2.3.8 电子数显深度千分尺的使用技巧 40
- 2.4 量块及其附件测量实操详解 41
 - 2.4.1 (长度)量块结构与操作要点 41
 - 2.4.2 成套量块及其附件选用技巧 42
- 2.5 指示式量具测量实操详解 43
 - 2.5.1 指示表正确测量技巧精析 43
 - 2.5.2 杠杆指示表测量技巧精析 47
 - 2.5.3 内径指示表测量与维护技巧 50
- 2.6 角度量具测量实操详解 52
 - 2.6.1 万能角度尺读数与测量技巧 52
 - 2.6.2 中心规的作用 55
- 2.7 水平仪角度测量实操详解 56
 - 2.7.1 条式水平仪实测水平度要点 57
 - 2.7.2 框式水平仪的读数与测量技巧 57
 - 2.7.3 合像水平仪正确使用要点 60
 - 2.7.4 电子水平仪实测技巧精析 61

第3章 数控维修的仪器仪表操作

实战 63

- 3.1 两种万用表测量实操详解 63
 - 3.1.1 指针式万用表的测量技巧 63
 - 3.1.2 数字式万用表的测量技巧 67
- 3.2 钳形电流表测量交/直流电流技巧 69
- 3.3 两种绝缘电阻表的选择与使用技巧 71
- 3.4 三种接地电阻表的测量操作技巧 76
- 3.5 示波器及探头测量实操详解 82
 - 3.5.1 示波器探头的选用技巧 82
 - 3.5.2 示波器的测量实操详解 87
 - 3.5.3 示波器的选择与维护技巧 92



第4章 数控机床机电部件拆装实战 ... 96

4.1 主轴部分的拆解与组装	96
4.1.1 主轴部分的拆解要点	96
4.1.2 主轴部分的组装技巧	98
4.2 丝杠副轴向窜动量和反向间隙获知 ...	104
4.2.1 丝杠副轴向窜动量的测量与 调整	104
4.2.2 丝杠副反向间隙的测量与调整 ...	104
4.3 维修时零部件测绘要点及图样	106
4.4 FANUC 数控系统硬件拆装精析	109
4.4.1 部件更换和数据 Ghost 要点	109
4.4.2 轴控制卡更换技巧	112
4.4.3 存储卡更换技巧	113
4.4.4 系统主板更换技巧	114
4.4.5 系统电池更换技巧	115
4.4.6 系统风扇更换技巧	115
4.5 SINUMERIK 数控系统硬件拆装 精析	117
4.5.1 840D 系统 NCU 模块更换技巧 ...	117
4.5.2 840D 系统 PCU 组件更换技巧	120
4.5.3 机床面板旋钮开关更换技巧	123
4.6 LGMazak 数控系统硬件拆装精析	124
4.6.1 主板更换及数据 Ghost 详解	124
4.6.2 NC 冷却风扇更换技巧	130
4.6.3 液晶显示屏更换技巧	130
4.7 Mazak 编码器更换详解	131
4.8 VTC 机型第4轴安装详解	133
4.9 Mazak 刀塔/库原点设定详解	137
4.10 整机单元现场装调详解	141

第5章 数控机床维修典型案例

精析

5.1 FANUC 系列机床维修案例精析	145
5.1.1 FANUC Oi-TB 卧式车床无规律 扎刀致工件报废	145
5.1.2 FANUC Oi-TD 立式车床液位开关 坏 2050 报警	147
5.1.3 FANUC Oi-TD 卧式车床液压尾 座夹紧不松件	147
5.1.4 FANUC Oi 立车主轴准停解决落料 干涉问题	154
5.1.5 FANUC 卧式车床上外螺纹车削 问题及其处理	158

5.1.6 FANUC Oi 系列机床参考点无规律 漂移处理	161
5.1.7 FANUC Oi-TC 磨床上电后 ER32 和 ER97 等报警	167
5.1.8 FANUC Oi-MC 加工中心切削液 自动供应异常	169
5.1.9 FANUC Oi Mate TD 剃齿机 CNC 系统重启并报警	172
5.1.10 FANUC Oi Mate MD 滚齿机回 参考点失效导致碰撞	175
5.1.11 FANUC Oi-MD 滚齿机 SV0411 和 SV0436 报警	177
5.1.12 FANUC 交流伺服电动机的结构 及故障处理	180
5.1.13 FANUC 智能机器人码垛报警及 零点复位	184
5.1.14 B 型车轴磨削“S”纹的消除及 优化控制	186
5.1.15 CNC 机床手摇脉冲发生器故障及 其快速诊断	189
5.2 西门子系列机床维修案例精析	199
5.2.1 SINUMERIK 802D 镗铣床液压油 温升高导致 Y 轴抖动	199
5.2.2 SINUMERIK 802Dsl 滚齿机回 参考点 X 轴不移动	201
5.2.3 SINUMERIK 840D 磨床 X 轴抖动 严重导致产品皱纹	202
5.2.4 SINUMERIK 840D 等系统轮廓 监控 25050 报警	205
5.2.5 Oerlikon 切齿机 SINUMERIK 840Dpl 系统加载失败	207
5.2.6 Oerlikon B27 磨削中心刀条夹紧 单元异常报警	210
5.2.7 Oerlikon 切齿机 Rittal 循环降温 装置冷媒泄漏	211
5.2.8 SIMODRIVE 611D 电源模块诊断 及故障排除	214
5.2.9 SIMODRIVE 611D 功率模块监控 及故障检测	217
5.2.10 SINAMICS S120 驱动器优化及 故障排除	218
5.3 柔性制造线维修案例精析	226
5.3.1 Step7PLC 变量表修改悬臂机械手	



定位位置	226
5.3.2 柔性制造线中悬臂机械手频繁 撞坏机床门	229
5.3.3 柔性制造线自动运行循环不间断 异常跳出	232
5.3.4 柔性制造线 FANUC Oi-TD 立车 运行频繁停转	232
5.3.5 柔性制造线中智能机器人卸料偶然 叠加	234
5.4 LGMazak QT 系列车床电动油脂泵低压 报警	238
5.5 OmronPLC 压床短路导致液压泵启动 停转	244
5.6 主轴滚动轴承的失效分析与纠正 措施	247
5.7 单机排屑装置工作异常的分析与 处理	259
5.8 直线光栅尺检测装置的常见故障及其 处理措施	264
5.9 多线接近开关与二线接近开关的 切换	267

第 6 章 维修工程师进阶机电综合应用

详解	271
6.1 数控机床加工尺寸不稳定故障排除 ..	271
6.2 直线光栅尺的屏蔽与激活	274
6.3 进口成形数控磨床修整机构改造	277
6.4 锥齿轮用钻攻夹具的设计	282
6.5 FANUC 系统中宏程序保护密码 操作	287
6.5.1 CNC 参数设定程序保护密码	287
6.5.2 Macrohelper 获知保护密码	288
6.5.3 窗口功能编梯形图获知保护 密码	290
6.6 开放式 FANUC 系统中硬盘数据 Ghost	295
6.7 FANUC Oi-TD 卧式车床的机器人 智能拓展	300
6.8 SINUMERIK 802Dsl 滚齿机的机器人 智能拓展	309
6.9 Mazak 机床硬盘数据备份与还原	317
附录 缩略符	321
参考文献	325

第 1 章

数控机床安全作业与维修操作要点

机床维修作业过程中，存在着诸多不安全因素，如不及时防范与排除，就有发生伤亡事故的可能，如机械绞伤、电击、高空坠落、物体打击等。维修人员在维修作业过程中，只有严格执行安全、技术操作规范和相关作业标准，才能确保人身和设备的安全。安全作业重要性示意如图 1-1 所示。



图 1-1 安全作业重要性示意

1.1 维修钳工安全作业要点

1. 检修安全工作要求

1) 检修人员必须穿戴好劳保用品，高空作业时要系安全带，危险作业场所要有标志（见图 1-2）。

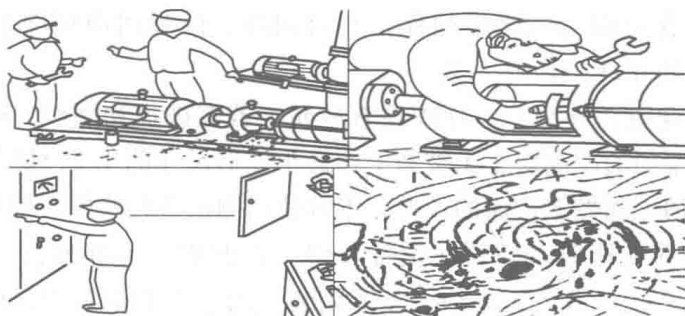


图 1-2 检修安全作业示意

- ① 受限空间作业，只有在经过该装置负责人及安全人员的书面许可后，才能进行。
- ② 经过空气通风后，在进入容器、塔罐等空间内作业前，应进行有害气体检测。
- ③ 具备一定压力的容器和设备的安全阀要定期检测并挂牌。
- ④ 在地沟、槽内等暗处作业，要使用 AC 36V 以下的手持灯具照明。
- ⑤ 检修设备停、送电应由专人负责，严禁擅自接用电源线，所检修设备的电源应全部切断，并挂有断电标识。

2) 检修时，要将工具及拆下来的零部件有序地摆放在指定位置，避免零件丢失或损坏；重型/长型工件和工具不能靠墙或靠设备而立。
杂乱无章作业示意如图 1-3 所示。

3) 交叉作业时，不准从高处向低处任意抛扔物件，避免伤人或打坏设备。

4) 动土作业前，一定要先搞清地下情况，确定无电缆和地下管线，方可开挖。

5) 严禁使用汽油、柴油、煤油擦洗零部件、衣物及拖地。不得不使用汽油清洗部件时，必须禁止明火，并做好防火措施。

汽油有一个重要的物理特性，就是非常容易汽化、挥发。环境温度越高，挥发速度越快。温度达到沸点时，汽油会迅速汽化。汽油的闪点低且爆炸下限也很低，故极易发生燃烧和爆炸。用汽油擦机器、洗零件发生的烧人、烧设备的事故，过去屡见不鲜。

6) 起重机吊起重物的上面不准带人，起重臂的下面不得有人走动（见图 1-4）。钢丝绳应绑牢且绑于工件的重心处，严禁斜拉、偏吊和超负荷使用起重机。

7) 使用电动葫芦吊装作业时，吊装口要有专人看守，禁止行人通过。

8) 使用手动葫芦吊装作业时，起重链条要求垂直悬挂重物，链条各个链环间不得有错扭。拉动手链时，不可斜拉。拉动时必须用力平稳，以免跳链。当发现拉动困难时，要及时检查原因，不得硬拉，更不许增人加力，以免拉断链条或销子。起重高度不得超过标准值，以防链条拉断链子，造成事故。

9) 不易装卸的零部件，不准硬来（见图 1-5），应用千斤顶、爪子、加热、油浸等方式，用火加热时要距离易燃物 5m 以外。使用千斤顶时，要按操作规程垫平、垫稳。

10) 使用三脚架作业时，三脚必须保持相对间距，两脚间应用绳索联系，当联系绳索置于地面时，要注意防止绊倒作业人员。

11) 使用砂轮作业时，开动前应仔细检查砂轮，若有破损和裂纹，则严禁使用。使用过程中，砂轮与工件托架间的距离应小于被磨工作最小外形尺寸的 $1/2$ ，最大不准超过 3mm，调整后必须紧固。用圆周表面做工作面的砂轮，不宜使用侧面进行磨削，以免砂轮破碎。

12) 进入设备内部作业时，必须在设备外留一人监护，不准独自一人进入。新来的实习生、学徒工以及外来代培人员，必须由熟悉该装置的老工人带领才允许进入。

13) 厂区内消防设施未经领导批准不得随便动用；消防通道要严加保护，不得随意堆放杂物。



图 1-3 杂乱无章作业示意



图 1-4 起吊重物下违章站人示意



图 1-5 尖铲剔除违章作业示意

2. 维修安全注意事项

- 1) 严禁在运行中松动或紧固带压部分的螺栓和其他附件。
- 2) 设备运行过程中，不得擦抹或检修其转动部分。
- 3) 设备运转过程中，操作者应经常检查运转状况，发现异常立即停机。
- 4) 切断电源并挂上“禁止合闸”标志后，方可维修设备。
- 5) 维修设备时，应严格遵守钳工安全操作规程。
- 6) 零部件的拆卸和组装按顺序进行，尽量使用专用工具。
- 7) 零部件的拆卸和组装应避免硬性敲击（见图 1-6），以免损伤配合面。



图 1-6 硬性敲击违章作业示意

8) 试机安全注意事项如下：

- ① 开机、停机应由该机床的操作人员进行操作。
- ② 试机中发现异常情况，应立即停机，处理后再试机。

3. 检修动火注意事项

- 1) 要动火的管线和设备必须加好盲板，切断与其相通的管线和设备。清理干净物料粉尘，检查合格后，方可动火。
- 2) 根据需要，用火单位应根据实际情况按等级填写动火票申请动火（见图 1-7），报安全部门批准。
- 3) 经安全人员现场查看并签字批准后，用火单位监护人要负责各项安全措施的实施，并按动火票要求工作。

① 施工人按批准措施逐项落实后，监护人在场方可动火。

② 动火过程中，发现异常应立即停止用火。监护人不在场或有人强行指令动火，动火人有权拒绝。

③ 焊接过程中，地面有积水，电焊线必须悬挂离开水面。

④ 高空用火应避免火花飞溅，下方须设警戒



图 1-7 动火申请示意



线。五级风以上，不得进行高空用火。

⑤ 维修完或下班前，施工人要进行详细检查，不得留有余火，杜绝复燃（见图 1-8）。



图 1-8 余火复燃示意

1.2 维修电工安全作业要点

1) 电工在操作高压设备时，必须使用辅助绝缘安全用具（绝缘手套、绝缘鞋、绝缘垫及绝缘台）。使用前须用清洁的干布擦拭干净，保证干燥清洁。

2) 设备检修后，在送电前要清点人员、工具、测试仪器和更换的材料、配件是否齐全。

3) 检修作业完毕，必须对作业场所进行清扫，搞好设备和场所的环境卫生。

4) 检修后的设备状况要由检修负责人向操作人员交代清楚，由检修、管理、使用三方共同检查验收后，方可移交正常使用。

5) 大型设备的接地线必须为多股软铜线，其截面不得小于 25mm^2 ，接地线要经专用线夹固定在导体上，严禁缠绕。

6) 认真填写检修记录，将检修内容、处理结果及遗留问题与操作者交代清楚，双方签字。

7) 高压、低压供电系统停电作业前，应悬挂“停电作业”牌，并进行验电、放电、接临时地线等安全措施。

8) 电气线路、电气设备未验明确实无电前，一律视为有电。未做好安全措施前，不准用手摸带电体。

9) 两个或两个以上工种联合作业时，必须指定专人统一指挥。严禁在他人停电作业的线路或设备上擅自工作，需要时应另行办理手续。

10) 试验采用新技术、新工艺、新设备和新材料时，应制定相应的安全措施，报领导批准。

1.3 四步到位法维修操作要点

四步到位法维修是维修人员在了解设备宏观组成结构——设计制造过程中系列化和标准化的零部件基础上，遵照“故障记录到位→诊断分析到位→故障维修到位→维修记录到位”四个步骤，快速处理设备故障的一种具有综合性特点的维修方法。

1) 故障记录到位。设备发生故障时，操作者先停机保护现场（一般不切断电源），再详细记录故障细节并及时通知维修人员。故障记录内容主要有什么时间、什么操作、什么报警、其他情况等。

2) 诊断分析到位（见图 1-9）。维修人员要立足于以往维修经验的积累，综合运用现代

机床模块化维修方法——原理分析法、报警信息分析法、数据/状态检查法、在线监控法、隔离法、强迫闭合法、程序测试法等，对故障进行诊断分析，以快速判断故障的可能原因和产生部位。

3) 故障维修到位。对磨损或损坏的机械零部件进行测绘、更换并检测精度，对电气元件、印制电路板进行简单维修或整体更换，对机床参数或加工程序进行修改等，最后确认各环节无误后，机床空运转并试切工件。

4) 维修记录到位。机床复转后，维修人员须将维修过程写入设备档案存档，以便日后查阅。



图 1-9 诊断分析到位示意

1.4 诊断分析方法实施要点

故障的诊断分析是机床维修的关键一步。通常，采取一定的方法或组合几种方法来进行故障的诊断分析，以迅速查明故障原因并排除；也可制定针对性措施，预防故障的再发生。一般来说，现代设备故障的诊断分析方法有原理分析法、状态指示灯和报警信息分析法、数据/状态检查法、系统自诊断法（含在线监控法）、直观检查法（望闻问切）、备板置换（替代）法、交换（同类对调）法、敲击法、升温法、程序测试法、隔离法、测量比较法、强迫闭合法（用于液压元件或接触器）等。其中，用于设备电气故障分析的原理分析法、报警信息分析法、数据/状态检查法、在线监控法、测量比较法、强迫闭合法及程序测试法等合称为电信号演绎法；用于设备辅助装置上非电气故障分析的原理分析法、直观检查法、测量比较法及隔离法等合称为工作介质流向法；用于设备机械故障分析的原理分析法、直观检查法、测量比较法、敲击法、隔离法等合称为机械动作耦合法。

1. 原理分析法

原理分析法是现代设备故障诊断的一种基础性方法，它既可按电信号的流向梳理电气元件的工作过程，也可按工作介质的流动梳理辅助装置的工作过程，还可按机械构件的结构梳理零部件的耦合过程。维修人员正确应用原理分析法并适时选用测量比较法、直观检查法和系统自诊断法等，既能够明晰设备的宏观组成结构，又能够简化设备故障的分析过程，还能够提高维修效率与缩短停机时间。原理分析法的日常应用示例如下：

1) 原理分析法可将当前品种繁多的绝大多数数控机床的工作原理高度概括为：均是利用数字化的逻辑电信号控制机床的运动过程，以获得所需的轮廓轨迹和相应的控制功能。该过程包括工件的夹紧/松开、刀具的选择、刀具与工件的相对位置、切削液开/关、主轴运行、伺服驱动、各机械耦合部件的润滑及相应部位的冷却降温等方面。简而言之，数控机床就像人的一只手，工作时它抓着刀具或工件，按照预定轨迹控制刀具或工件沿运动方向进给，最终加工出用户要求的零件形状或实现应有的用途。其刀具可以是割炬（如火焰、等离子、激光束、水射流和电极丝等）、焊枪（如单丝焊枪和双丝焊枪等）、喷枪、车刀、钻头、铣刀、砂轮、铣齿刀/插齿刀及刻针等。

2) 原理分析法可用于分析设备电气线路的短路故障——不同电位的导电部分之间被导电体短接或其间的绝缘被击穿，以解决直流/交流形式的电源供应异常、元器件烧毁或控制

动作失灵等问题。

3) 原理分析法可用于分析机床上液压系统、气动系统、冷却液单元与降温单元等辅助装置的故障——液压油、压缩空气、冷却液及冷媒等工作介质供应不畅或停止供给，以解决机床辅助装置动作异常、机床磨损加剧、刀具寿命下降及电气元件降温失效等问题。

4) 原理分析法可用于分析机床上主轴、伺服进给等机械环节的故障——主轴换档、齿轮传动、带传动、导轨副、滚珠丝杠副等机械系统已偏离其状态而丧失部分或全部功能，以解决零件的断裂、变形、配合件间隙增大或过盈丧失、固定/紧固装置的松动和失效等问题。

2. 状态指示灯和报警信息分析法

在数控机床发生故障时，维修人员不仅要通过分布在电源模块、主轴模块、伺服模块和 I/O 单元上的状态指示灯（FANUC 31i-MA 一体型系统的状态指示灯如图 1-10 所示）来判断故障发生的部位和原因，还要借助 LCD 屏幕显示的报警号及报警信息来分析故障的部位和原因。如 FANUC 系统中报警号#1000~#1999 为机床系统故障报警，#2000~#2999 为机床操作故障报警，这两种报警号均是机床制造厂家在 PMC 程序中预先编写的报警信息 [NB-800A 立式加工中心（FANUC 0i-MC 系统）部分报警文本见表 1-1]；除此之外，机床厂家通过计算机语言编写#3000~#3999 报警，如 CNC 画面显示的宏程序报警。

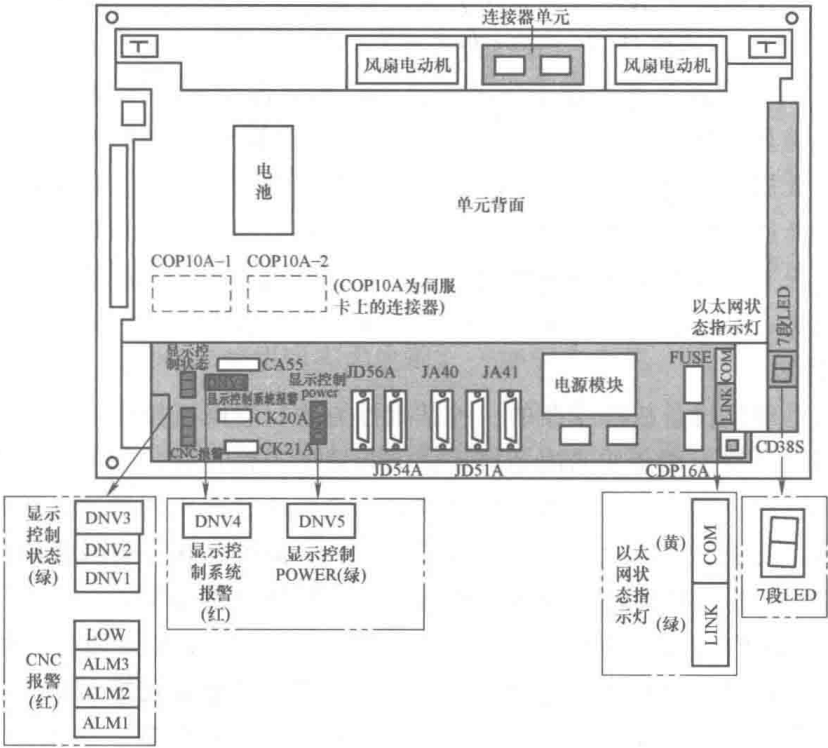


图 1-10 FANUC 31i-MA 一体型系统的状态指示灯

表 1-1 NB-800A 立式加工中心（FANUC 0i-MC 系统）部分报警文本

序号	地址	报警信息	中文内容
1	A0.0	1010 EMERGENCY STOP/ OVERTRAVEL	1010:紧急停止/超程
2	A0.1	1020 SPINDLE COOLER ALARM	1020:主轴冷却单元报警
3	A0.2	Spare	备用

(续)

序号	地址	报警信息	中文内容
4	A0.3	1040 NOT IN COOLANT AUTO MODE	1040:切削液未旋至“自动方式”
5	A0.4	1050 ATC ALARM	1050:自动换刀装置报警
6	A0.5	1060 TOOL BROKEN	1060:刀具破损
7	A0.6	1070 X、Y、Z. AXES HOME REQUIRED	1070:X、Y、Z 轴需要返回第 1 参考点
8	A0.7	1080 X. Y. Z. 4 AXES HOME REQUIRED	1080:X、Y、Z 及第 4 轴需要返回第 1 参考点
9	A9.0	2010 SPINDLE TOOL NOT UNCLAMP	2010:主轴刀具未松开
10	A9.1	2011 SPINDLE TOOL NOT CLAMP	2011:主轴刀具未夹紧
11	A9.2	2030 ARM ADJUSTMENT	2030:换刀臂调整
12	A10.0	2000 MAINTENANCE MODE	2000:维修方式
13	A10.1	2020 ARM TROUBLESHOOTING	2020:进入换刀臂故障排除状态
14	A10.3	2050 AIR LOW	2050:气压低
15	A10.4	2060 LUBE ALARM	2060:润滑报警
16	A10.5	2080 CTS FILTER ALARM	2080:主轴中心出水(M48)时过滤罐压力过高

3. 数据/状态检查法

CNC 在线监控机床故障时，不仅在屏幕上显示故障报警，还以多页诊断地址和诊断数据的形式提供状态信息和机床参数的检查。

(1) 接口检查 在屏幕上显示 I/O 信号（CNC、PMC 与机床 MT）的通断状态 [FANUC 系统的 STATUS（状态监控）画面如图 1-11 所示]，如此可查 Y 信号是否输出到 MT 侧，MT 侧的 X 信号是否输入到 PMC 或 CNC 中，从而确定故障位于 MT 侧还是 PMC 或 CNC 侧。

画面中，0 表示信号未激活（常开触点未接通，常闭触点未释放），1 表示信号已被激活（常开触点已接通，常闭触点已释放）。注释符号前面的 * 号，表示该地址为非信号，即常闭触点。

(2) 参数检查 机床参数是经试验和调整而获得的重要参数，是机床正常运行的保证，一般包括增益、加速度、轮廓监控和各种补偿值等。参数通常存放在由电池供电保持的

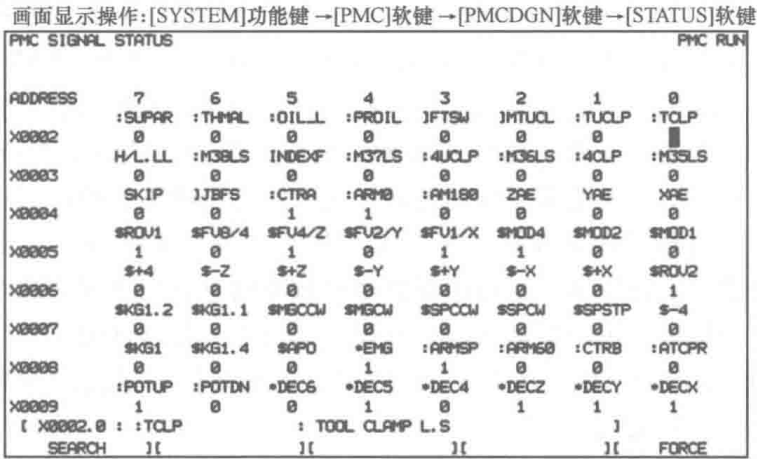


图 1-11 FANUC 系统的 STATUS（状态监控）画面

RAM 中，一旦电池电压不足、机床长期闲置不用或受到外部干扰，参数会丢失或混乱，机床将不能正常工作。所以，机床安装调试完毕或更改参数后，应通过存储卡在系统开机引导画面下（见图 1-12）进行 SRAM 和 FROM 数据的系列备份，以便机床参数丢失或发生混乱时，可进行数据的回装操作。

注意：回装数据前，应执行系统数据的初始化处理（如 FANUC 系统上电时，同时按下 MDI 面板上的 [RESET] 和 [DELETE] 按键进行数据全清）。

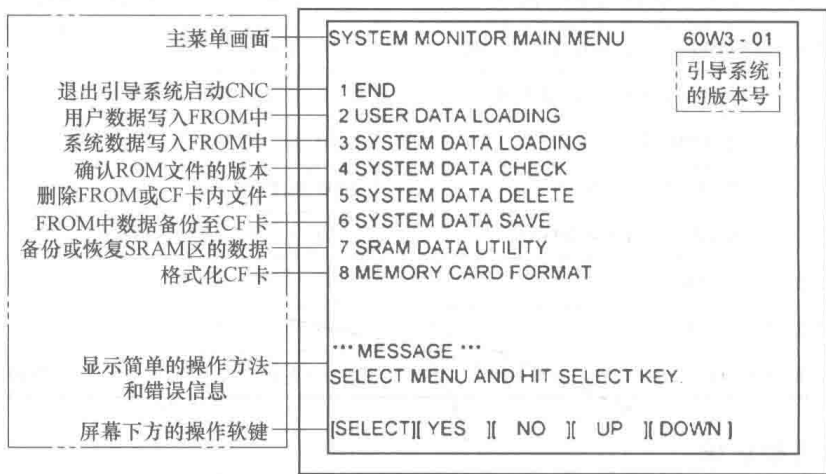


图 1-12 FANUC 0iD 系统的开机引导画面

4. 系统自诊断法

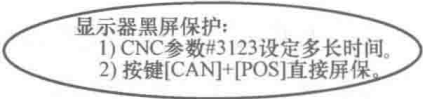
系统自诊断主要用于机床有报警显示故障的开机自检和在线监控，如存储器报警、设置错误报警、程序错误报警、误操作报警、过热报警、伺服系统报警、超程报警、连接错误报警和电源报警等报警显示的故障；此外，温度、压力或液位不正常，行程开关或接近开关状态不正常等 PMC 侧故障也有对应的报警号和相应的报警信息。

(1) 开机自检 开机自检是指 CNC 系统每次通电后，系统内部诊断程序对系统最关键的硬件（如 CPU、RAM、ROM 等芯片和电源模块、伺服模块等）和控制软件（监控软件和系统软件）逐一自动执行诊断，以确定其完好性并在屏幕上显示检测结果，类似于计算机的开机诊断。例如：FANUC 系统开机时，在系统引导文件的引导下，把系统文件从 FROM 装载至系统工作区 DRAM，并完成各项初始化处理。在执行过程中，FANUC 系统检测系统硬件和系统软件是否匹配，当所有的设定项目检测通过后，系统方可运行；若出现故障，则系统不再进行自检，并通过屏幕或硬件（发光二极管）发出相应的报警指示和相关报警信息。数控系统的开机自检一般是按系统制造商预先设定的步骤进行的（见图 1-13）。

(2) 在线监控 在线监控是通过各种开关和传感器等预先把油位、油压、温度、电流和速度等状态信息设为报警提示，运行中屏幕显示故障信息，间接表达故障部位。此类故障可根据报警号，借助机床自带的跟踪功能或外设计算机上工控软件的在线功能捕捉故障的连锁/互锁信号等，并辅以万用表测量来确定故障的原因和部位。目前，在线监控法是设备故障分析中最常用的维修方法之一。

5. 直观检查法（望、闻、问、切）

设备出现故障时，维修人员按“先外后内”的要求，通过望（看）、闻/听、问、切



(摸) 对故障展开诊断分析。

1) 导轨副、滚珠丝杠副、传动轴/齿轮或夹具等工作状况是否正常。

3) 由于触点闭合/断开或导线接头松动导致设备开机时出现火花: 当电动机控制接触器的主触点中的一相接触不良或该相断路时, 将导致其他两相有火花而该相无火花; 当电动机相间短路或接地时, 将导致电动机控制接触器的主触点三相中的两相火花比正常大而另一相比正常小; 当电动机过载或机械部分卡死时, 将导致电动机控制接触器的主触点三相火花都比正常大。

4) 辅助电路中接触器的线圈通电后衔铁不吸时,要区分电路断路还是接触器的机械部分卡死:此时可按下起动按钮,若按钮常开触点由闭合到断开时有火花,则电路通路,故障位于接触器的机械部分;若触点间无火花,则电路断路。

5) 逐步接入法查电路短路和接地故障: 换上新的熔断器将各支路逐条地接入电源, 重新试验; 当接到某条支路时熔断器又熔断, 故障就在刚接入的这条电路及所包含的电气元件上。为了反复进行无后果式短路故障的重演并减少熔断器的大量消耗, 维修人员可加装断路器来代替熔断器。

1) 当电气元件被击穿或烧毁时,在密闭空间内产生焦糊味等异常气味,这是维修人员处理电气故障时应着重关注的。

2) 电源变压器、阻抗器与电抗器等, 因铁心松动或锈蚀等, 引起铁片振动, 发出“吱



吱”声。

3) 继电器和接触器等磁回路的间隙过大, 短路环断裂、动静铁心或衔铁轴线偏差及线圈欠压运行等引起电磁“嗡嗡”声; 触点接触不好, 出现“呃呃”声; 元器件因过电流或过电压运行而引起击穿爆裂声。

4) 轴承损坏、液压泵阻力大或滚珠丝杠无润滑运行时, 发出异常声响。

(3) 问操作者故障全过程 按照先动口再动手的要求, 询问操作者故障的全过程, 了解故障现象及采取的措施等。

(4) 切(摸)过电流、过载或超温引起的发热或振动等 如气动、液压或冷却系统的管路阻塞, 泵卡死及其他机械故障而引起的过载超温, 严重时线圈烧损并伴有焦糊味; 还有设备运行中因元件漏电、过电流或机械过载等引起的异常温升和气味。

6. 备板置换(替代)法

通过系统的自诊断将故障定位至电路板级时, 可用相同或同型号数控系统的备用板、模块或集成电路芯片替换。为进一步确认故障板、缩小故障范围, 在备板置换前, 检查有关电路, 防止烧毁备用板; 检查备用板上的选择开关和跳线是否与原板一致, 并做好程序和参数的备份, 以免数据丢失。例如: HS630 卧式加工中心(FANUC Oi-MB 系统)开机时出现死机故障, 查看系统主模块状态指示灯, 发现开机时系统主 CPU 未启动, 故障原因可能是系统主 CPU 卡故障或者主板故障; 为进一步排查故障原因, 用同型号的主 CPU 卡进行替换, 系统开机正常, 此时说明系统主板状态完好且故障是由于主 CPU 卡不良造成的。

7. 交换(同类对调)法

在发现控制板出现故障或不能确定该控制板存在故障而又无备件的情况下, 可将系统中两块相同的控制板或电缆对调, 以观察故障是否发生转移来判定故障的具体部位。采用交换法排查故障时, 不仅硬件接线要正确交换, 还要将一系列的相应参数交换; 否则不仅达不到排查故障的目的, 反而会产生新的故障。例如: TMV1600A 立式加工中心(FANUC Oi-MC 系统)在 X 伺服轴返回参考点时, 出现超程报警(返回参考点的动作正常), 而 Y、Z 轴能正确返回参考点。根据故障现象推断, 可能是系统未得到 X 轴电动机的一转信号, 其原因可能是 X 轴电动机、伺服放大器或系统轴控制卡故障。为了进一步确定故障部位, 将 X 轴和 Y 轴电缆(包括动力电缆和编码器反馈电缆)对调并修改相关伺服参数, 通电试车后发现 X 轴仍不能正确返回参考点而 Y 轴返回参考点正常。如此, 说明系统轴控制卡和伺服放大器正常, 并且故障存在于 X 轴电动机的内装编码器上。遂拆卸 X 轴编码器, 发现其内部太脏, 清洗后回装, 试机正常。

8. 敲击法

数控系统由各种电路板、连接插座组成, 每块电路板上含有很多焊点, 虚焊或接插件接口槽接触不良都可能会引起故障。一般可用绝缘物轻轻敲打疑点处或模块外表等, 若出现故障, 则敲击处可能就是故障部位。例如: NB-800A 立式加工中心(FANUC Oi-MC 系统)的主轴有时无法进行定向准停, 由于机床的主轴准停采取主轴电动机内装不带一转信号的传感器和外接一转接近开关的控制方式, 故先排除是一转接近开关松动导致获取一转信号偶尔失效, 检查发现接近开关固定牢固, 此时借助绝缘物敲击坦克链, 发现一转接近开关的 LED 灯时亮时灭, 说明坦克链中与一转旋转信号相关的电缆存在断线。更换电缆后, 试机正常。