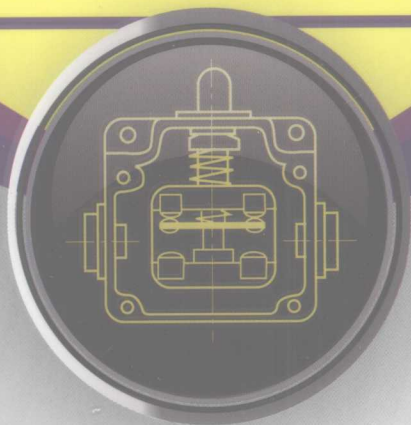
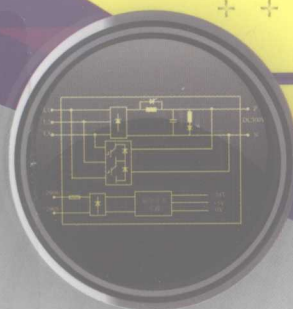
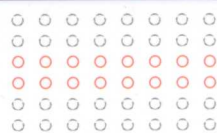


白斌 编著

FANUC数控系统

故障诊断与 典型案例分析



化学工业出版社

白斌 编著

FANUC数控系统

故障诊断与 典型案例分析——



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

FANUC 数控系统故障诊断与典型案例分析/白斌编著.
北京: 化学工业出版社, 2009.9
ISBN 978-7-122-06129-4

I. F… II. 白… III. ①数控机床-故障诊断②数控机床-程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 105893 号

责任编辑: 王 烨
责任校对: 李 林

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

720mm×1000mm 1/16 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 178 千字 2009 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

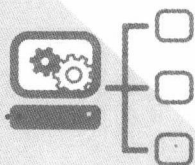
网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

前言



目前,随着国内数控机床用量的剧增,以及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的变化,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为突出。

目前市场上配置 FANUC 数控系统的数控机床约占国内数控机床总量的 20%,这部分数控机床的使用、维护已经成为众多机床用户关注的焦点。

本书正是针对配置 FANUC 0、0i 系统的数控机床故障诊断和维修而编写,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,深入浅出地阐述了数控机床故障诊断的理论依据,详细介绍了故障产生的原因、诊断方法及处理过程。全书分为九章。第 1 章简单阐述了现代数控机床的维修特点及编者总结的数控机床常用维修方法。第 2 章至第 4 章详细介绍 FANUC 系统、伺服、主轴故障报警产生的原因和典型案例分析。第 5 章对系统的诊断功能进行了详细说明。第 6 章至第 8 章对数控机床常见故障作详细讲解,使读者加深理解。在最后一章,把维修人员必备的实用操作以图文并茂的形式介绍给读者,希望能够对读者的日常维修工作有所帮助。本书内容大多是从编者多年的实际维修经验总结中选取的,书中实例也都是从生产一线的数控机床 PMC 控制及各类典型故障实例中精选而来,力求达到实用性、通俗性、先进性三者的有机结合。

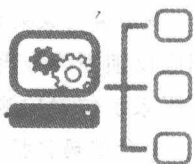
本书可供研究单位和企业从事数控机床维修、设计、调试、使用的各类工程技术人员参考,也可作为高职、中职院校数控技术应用专业学生的参考书。

本书由白斌编著,李诚人教授、刘安利教授、张铸高工、田间高工、田志豪和陈宏琼工程师为本书编写提供了资料和帮助,在此一并表示感谢。

限于编者水平,书中疏漏、不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

目 录



第 1 章 现代数控机床故障诊断与维修技术	1
1.1 FANUC 0i 系列数控系统的特点	1
1.2 现代数控维修对用户的要求	3
1.3 常用数控机床故障诊断和排除方法	4
1.3.1 数控机床故障的排除思路	4
1.3.2 数控机床故障排除方法	5
第 2 章 FANUC 系统报警处理及案例分析	12
2.1 900 号报警 (ROM 奇偶校验错误)	12
2.2 910~911 号和 912 和 913 号报警 (SRAM/DRAM 奇偶 校验错误)	14
2.3 914 号报警 (SERVO RAM PARITY)	16
2.4 920 号报警 (系统监控报警)	17
2.5 926 号报警 (FSSB 报警)	18
2.6 930 号报警 (CPU 异常中断)	20
2.7 935 号报警 (SRAM ECC 错误)	21
2.8 950 号报警 (FANUC 0 系列系统+24E F14 保险熔断报警)	22
第 3 章 FANUC 进给伺服系统故障诊断与案例分析	24
3.1 伺服模块 LED 报警代码内容分析	24
3.1.1 交流 $\alpha/\alpha i$ 系列 SVM 伺服单元故障与解决方法	27
3.1.2 交流 β 系列伺服单元 (I/O LINK 型) 故障处理方法	29
3.2 伺服过热报警分析 (400 号)	33
3.3 伺服电机过流报警分析	35
3.4 伺服单元异常电流报警	37
3.5 伺服不能准备好故障分析 (#401)	38

3.6 伺服移动误差过大和伺服停止误差过大报警	39
3.6.1 伺服移动误差过大报警（#411报警）	39
3.6.2 伺服停止误差过大报警（#410报警）	42
3.7 伺服反馈断线报警	43
3.8 伺服系统位置检测装置维修技术	46
3.8.1 串行编码器报警代码分析	46
3.8.2 绝对脉冲编码器（APC）的报警	48
3.9 数字伺服参数的初始化设定	51
3.10 FSSB 基本参数设定	55
3.11 电源模块 LED 报警代码内容与案例分析	57
第 4 章 FANUC 主轴驱动系统故障诊断与案例分析	61
4.1 主轴通用变频器	62
4.1.1 主轴通用变频器常见报警及故障处理	62
4.1.2 主轴变频系统常见故障及处理方法	62
4.1.3 变频器故障维修实例	64
4.2 交流伺服主轴驱动系统	67
4.3 串行主轴模块 LED 报警代码内容分析	68
4.4 数控机床主轴的位置和速度控制装置及故障分析	73
4.4.1 主轴独立编码器作用	75
4.4.2 常见故障原因分析	76
4.4.3 主轴位置和速度控制装置典型案例分折	76
4.5 串行主轴标准参数的自动设定	80
第 5 章 FANUC 系统基本诊断功能	83
5.1 PMC 诊断画面	83
5.1.1 PMC 画面显示	83
5.1.2 系统梯形图显示画面（PMCLAD）	83
5.1.3 PMC 接口诊断画面	84
5.1.4 PMC 参数画面（PMCPRM）	88
5.2 PMC 诊断功能在维修中的典型应用	90
5.3 伺服设定和调整画面	92
5.3.1 伺服设定画面	92
5.3.2 伺服调整画面	93

5.4	串行数字主轴伺服画面	95
5.5	NC 诊断画面在维修中的应用	97
5.5.1	NC 诊断画面 000~015 的含义	97
5.5.2	CNC 诊断 000~015 的含义	98
5.5.3	CNC 诊断在维修中的应用实例分析	99
第 6 章	FANUC 系统回参考点常见故障诊断与案例分析	102
6.1	返回机床参考点控制原理 (有挡块)	102
6.2	回参考点 (有挡块) 相关参数设置	103
6.3	不能正常返回参考点 (增量方式) 故障分析	104
6.4	返回参考点时, 出现偏差故障分析	105
6.5	绝对参考点丢失故障处理	107
第 7 章	FANUC 系统超程故障处理与典型案例分析	110
7.1	控制电路断路或限位开关损坏	110
7.1.1	典型案例分析	110
7.1.2	维修人员必须掌握的知识	110
7.2	操作不规范、误动作或机床失控	112
7.3	回参考点过程失败, 引起限位报警	112
7.3.1	典型案例分析	112
7.3.2	维修人员必须掌握的知识	113
7.4	机床参数受外界干扰发生改变或丢失出现软超程报警	114
7.5	当机床开机后返回参考点出现超行程报警	115
7.6	坐标系和数控程序的影响	115
第 8 章	伺服参数调整和提高加工精度方法	117
8.1	伺服参数初始化设定	117
8.2	伺服调整画面	118
8.3	N 脉冲抑制	120
8.4	有关 250 μ m 加速反馈的说明	120
8.5	防止过冲的调整	121
8.6	防止累计进给 (爬行) 的调整	122
8.7	重力轴防落调整	123
8.8	全闭环伺服参数调整	123

8.9 高速高精加工参数的调整方法	126
8.9.1 控制系统方面的调整	127
8.9.2 驱动方面的设置	128
第 9 章 维修人员必须掌握的技能	130
9.1 使用 M-CARD 备份机床参数和 PMC 梯形图	130
9.2 PMC 程序格式转换	132
9.2.1 存储卡格式 PMC 的转换	132
9.2.2 不同类型的 PMC 文件之间的转换	134
9.3 CF 卡备份数据方法	136
9.3.1 数据的分区	136
9.3.2 数据的分类	137
9.3.3 数据的备份和保存	138
9.4 数据输入输出接口 (RS232) 不能正常工作的处理方法	142
参考文献	144

第1章 现代数控机床故障诊断与维修技术

数控系统是数控机床的核心，数控机床根据功能和性能的要求配置不同的数控系统。目前，我国数控机床行业占主导地位的数控系统有日本 FANUC、德国 SIEMENS 等公司的数控系统及相关产品。本书以 FANUC 系列为例，介绍数控机床故障诊断与维修方法，使读者掌握现代数控机床维修技术。

1.1 FANUC 0i 系列数控系统的特点

FANUC 数控系统以其高质量、低成本、高性能等特点适用于各种机床，其中以 FANUC 公司中档产品 0i 系列为主要代表。i 代表产品的硬件集成度高，通信功能强，并采用高速矢量控制（HRV 控制），最快的响应时间是 $62.5\mu\text{s}$ ，特别适应加工模具。现代 FANUC 系统的部分产品系列如图 1-1 所示。

0i 系列用于中小型加工中心、铣床和车床，车床和铣床的许多有用的 CNC 功能包含在一个标准包中提供给用户。0iC 系列数控系统的基本配置如下。

- 最大控制轴数：4 轴
- 最大控制主轴电机数：2 个
- 可连接的伺服电机： α iS 伺服电机
- 可连接的主轴电机： α i 主轴电机
- 伺服接口：FANUC 串行伺服总线（FSSB）
- 显示单元：7.2"单色 LCD
8.4"/10.4"彩色 LCD

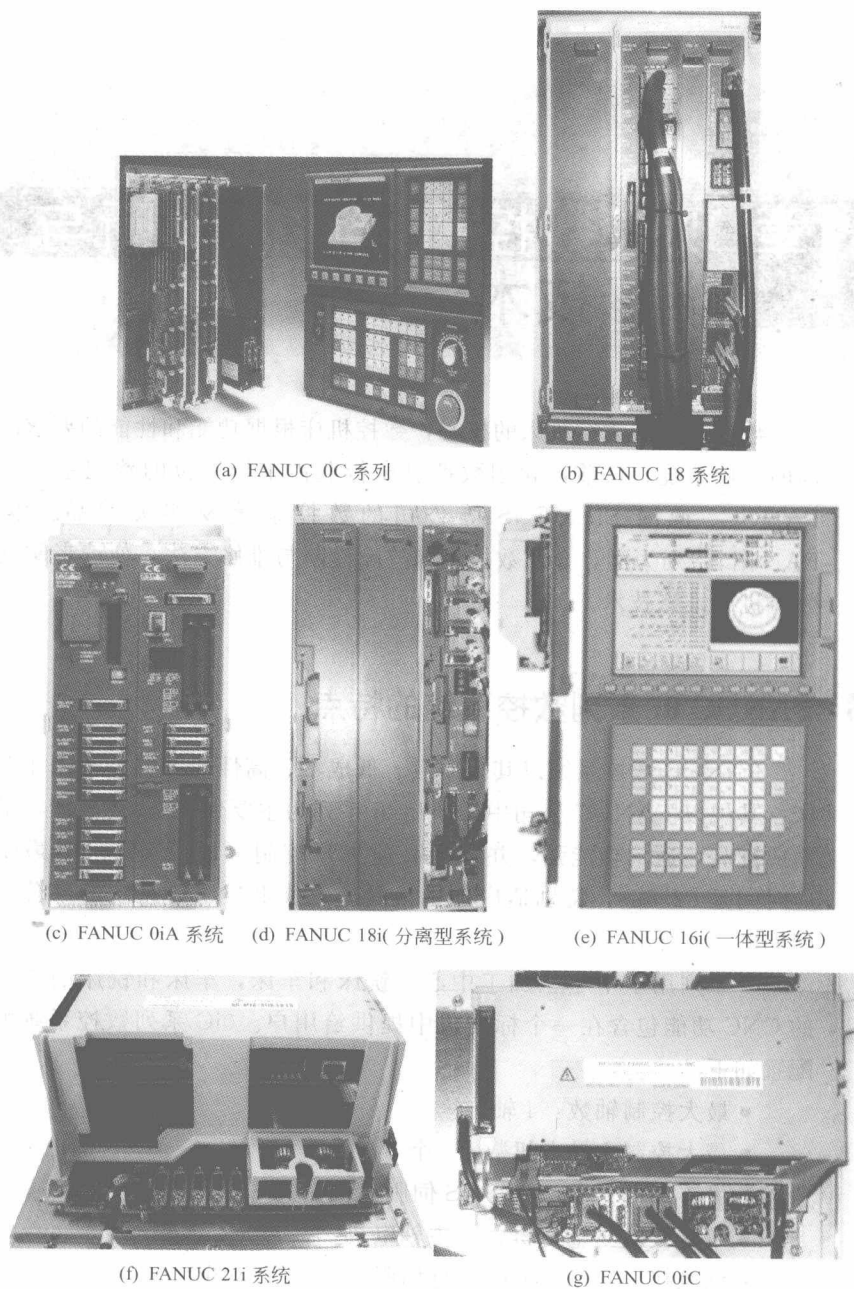


图 1-1 现代 FANUC 系统部分产品系列

- 简单的操作编程支持工具：MANUAL GUIDE 0i
- 针对磨床的独特控制功能
- 以太网功能
- 数据服务器功能

FANUC-16i/18i/21i 系列是具有网络接口的超小型 CNC，CNC 控制单元装在 LCD 显示器后面，主要功能和特点如下。

① 通过使用高速 RISC 处理器，可以在进行纳米插补的同时，以适合于机床性能的最佳进给速度进给加工。

② 超高速伺服串行通信（FSSB）。利用光导纤维将 CNC 控制单元和多个伺服放大器连接起来的高速串行总线，可以实现高速度的数据通信并减少连接电缆。

③ 丰富的网络功能。FANUC-16i/18i/21i 系统具有内嵌式以太网控制板（21i 为选购件），可以与多台电脑同时进行高速数据传输，适用于构建在加工线和工厂主机之间进行交换的生产系统，并配以集中管理软件包，以一台电脑控制多台机床，便于进行监控、运转作业和 NC 程序传送的管理。

④ 进给伺服系统采用高响应向量 HRV 控制的高增益伺服系统。借助纳米 CNC 的稳定指令和高响应 HRV 控制的高增益伺服系统，以及高分辨率的脉冲编码器实现高速、高精度加工。

⑤ 主轴控制采用高速 DSP 控制。

⑥ 使用专用 PMC 处理器的高性能 PMC 高速处理大规模的顺序控制。

⑦ 实现远程诊断。通过因特网对数控系统进行远程诊断，将维护信息发送到服务中心。

⑧ 纳米插补。以毫微米为单位计算发送到数字伺服控制器的位置指令，极为稳定，在与高速、高精度伺服控制部分配合下能够实现高精度加工。通过使用高速 RISC 处理器，可以在进行纳米插补的同时，以适合于机床性能的最佳进给速度进行加工。

1.2 现代数控维修对用户的要求

目前数控系统采用专用的总线结构、专用的 LSI、专用的伺服驱动，所以它不像通用 PC 总线那样，具有标准通用、备件易采购、有互换性、代码开放、参考文献渠道多等特点。数控系统备件供应渠道单一，图纸、程序协议不对用户开放，专用 LSI 不对用户开放，所以线路板维修非常

困难,一般数控制造商不建议用户维修印刷电路板。

机械部件目前广泛采用模块化、专业化制造。如滚珠丝杠、直线导轨、机械主轴、数控刀塔、数控转台等均由各专业制造商来制造。目前,国内常见的中高档数控机床厂已从传统的零部件设计、生产、组装的生产方式,转变为机电一体化集成式生产。所以作为数控机床的维修人员,修复上述这些专业化生产的机械部件非常困难,例如滚珠丝杠、直线导轨磨损后,用户是无法修复。现场维修人员的主要工作不是“修复”的概念,而是及时准确地判断出故障点,确定维修方案。

当今数控设备是技术密集型和知识密集型机电一体化产品,技术先进、结构复杂、价格昂贵,在生产上往往起着关键作用,因此对维修人员有较高的要求。具体要求如下。

① 专业知识面广。

a. 掌握或了解计算机原理、电子技术、电工原理、自动控制与电机拖动、检测技术、机械传动及机加工工艺方面的基础知识。

b. 既要懂电、又要懂机。电包括强电和弱电;机包括机、液、气。维修人员还必须经过数控技术方面的专门学习和培训,掌握数字控制、伺服驱动及 PLC 的工作原理,懂得 NC 和 PLC 编程。

② 具有专业英语阅读能力。

③ 勤于学习,善于分析。

④ 有较强的动手能力和实验技能。

a. 应会使用维修所必需的工具、仪表和仪器。

b. 胆大心细。

1.3 常用数控机床故障诊断和排除方法

1.3.1 数控机床故障的排除思路

(1) 确认故障现象,调查故障现场,充分掌握故障信息

当数控机床发生故障时,维护维修人员进行故障的确认是很有必要的,特别是操作使用人员不熟悉机床的情况下,尤其重要。不该也不能让非专业人员随意开动机床,特别是出现故障后的机床,以免故障的进一步扩大。

(2) 根据所掌握故障信息,明确故障的复杂程度并列出发障部位的全部疑点

在充分调查现场掌握第一手材料的基础上,把故障问题正确地列出

来。俗话说,能够把问题说清楚,就已经解决了问题的一半。

(3) 分析故障原因,制定排除故障的方案

分析故障时,维修人员不应局限于数控系统控制部分,而是要对机床强电、机械、液压、气动等方面都作详细的检查,并进行综合判断,制定出故障排除的方案,达到快速确诊和高效率排除故障的目的。

分析故障原因时应注意以下几点。

① 思路一定要开阔,无论是数控系统、强电部分,还是机、液、气等,都要将有可能引起故障的原因以及每一种可能解决的方法全部列出来,进行综合、判断和筛选。

② 在对故障进行深入分析的基础上,预测故障原因并拟定检查的内容、步骤和方法,制定故障排除方案。

③ 在分析故障过程中,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、PLC 的监控功能。根据需要随时检测有关部分的工作状态和接口信息。同时还应灵活应用数控系统故障检查的一些行之有效的方法,如交换法、隔离法等。

1.3.2 数控机床故障排除方法

由于数控机床发生故障的原因一般较复杂,而且数控机床本身以及其加工产品的成本较高,所以,当发生故障,要有条不紊地排除故障,确保能迅速、有效的解决故障,提高机床无故障工作时间,最大限度地提高机床利用率,从而获得高的经济效益。下面介绍故障维修实践中常用的故障诊断方法。

(1) CNC 故障自诊断及故障报警号

故障自诊断技术是当今数控系统一项十分重要的技术,它的强弱是评价系统性能的一项重要指标。目前 CNC 控制装置都配有故障诊断系统,只要系统本身及伺服系统出现故障,系统的显示装置就会显示系统报警代码和报警信息。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断故障产生的原因,然后通过系统诊断号判定产生故障的具体部位。

如 FANUC 系统出现伺服故障时,CRT 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者伺服装置过热或是系统检测电路不良,这时利用伺服故障诊断号 200 和 201 进行判断。

	# 7	# 6	# 5	# 4	# 3	# 2	# 1	# 0
报警 1	OV L	LV	OVC	HCA	HVA	DCA	FBA	OFA

诊断 (200)

7 (OVL) 过载报警

过载报警	0	—	—	—	放大器过热			
	1	—	—	—	电机过热			
断线报警	1	—	—	0	内装脉冲编码器断线(硬件)			
	1	—	—	1	分离型脉冲编码器断线(硬件)			
	0	—	—	0	脉冲编码器断线(软件)			

6(LV) 低电压报警

5(OVC) 过电流报警

4(HCA) 异常电流报警

3(HVA) 过电压报警

2(DCA) 放电电路报警

1(FBA) 断线报警

0(OFA) 溢出

	# 7	# 6	# 5	# 4	# 3	# 2	# 1	# 0
报警 2	ALD			EXP				

诊断 (201)

当系统出现 400 号伺服报警时, 诊断 (200) 号的第 # 7 位为 “1”, 再看诊断 (201) 号的 # 7 位诊断位。# 7 位是 “1” 说明是伺服电动机过热故障, 若该位是 “0” 则可判断伺服放大器过热故障。

FANUC 系统本身也有丰富的自诊断功能, 通过按 SYSTEM 键→诊断软键就可以进入系统诊断界面。如图 1-2 所示。

诊断号 000~015 是与自动运行有关的信号, 当 000~015 中任何一位为 “1” 时, 均会影响程序的自动运行。例如 000 号为 1, 表示程序在自动运行中中断, 等待辅助功能完成信号。

(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, 可以观察梯形图信号明暗或颜色的变化来判断数控机床故障的具体部位。要求维修人员必须理解并掌握数控机床 PMC 具体控制原理。目前新型数控系统的 PMC 还具有 PMC 信号追踪功能和信号强制功能。信号追踪功能相当于一个 “接口示波器”, 可以实时采样, 根据维修人员选择的信号地址记录一个采样周

号	信息	显示
a. 000	WAITING FOR FIN SIGNAL	:1 ←(例)
b. 001	MOTION	:0
c. 002	DWELL	:0
d. 003	IN-POSITION CHECK	:0
e. 004	FEEDRATE OVERRIDE 0%	:0
f. 005	INTERLOCK / START LOCK	:0
g. 006	SPINDLE SPEED ARRIVAL CHECK	:0
010	PUNCHING	:0
011	READING	:0
012	WAITING FOR (UN)CLAMP	:0
h. 013	JOG FEEDRATE OVERRIDE 0%	:0
i. 014	WAITING FOR RESET,ESP,RRW OFF	:0
015	EXTERNAL PROGRAM NUMBER SEARCH	:0

图 1-2 系统诊断界面

期内信号的变化和时序。这一功能在维修人员观察一组信号时特别有用,跟踪的信号可以是输出信号,也可以是输入信号,可以是 PMC 与机床之间的信号,也可以是 CNC 与 PMC 之间的信号,所以它可以跟踪 X、Y、F、G、K、R 等地址信号的实时状态。

(3) 功能参数封锁法

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断故障是系统内部故障还是外部故障。

当数控机床某一伺服轴发生故障,可以通过更改控制参数屏蔽故障轴,具体方法如下。

封轴:一个伺服放大器带一个电机,将 1023 设为 -1 即可(1023 伺服轴号)。

如果一个伺服放大器带两个电机,还想让一个电机运动,将相应轴:参数 2009#0 设为 1{系统和编码器不通信},参数 2165 设为 0(放大器最大电流为 0),并且把反馈电缆 JFX11 12 接线短接,使编码器就绪(虚拟反馈)。

(4) 初始化复位法

一般情况下,由于瞬时故障引起的系统故障,可用硬件复位或用开关电源总电源的方法来清除故障。若系统工作存储区由于掉电或电池电压低造成数据混乱,则必须对系统进行初始化清除。清除前应注意做好数据备份工作。初始化处理方法有系统初始化、主轴伺服参数初始化和进给伺服参数初始化。系统初始化方法是上电时,同时按 MDI 面板上 RESET+

DEL 两按键，表示把系统的内存全部清除。主轴伺服参数初始化目的是恢复系统出厂的标准设定值，FANUC 0i 系列具体方法是：在 4133 # 参数中输入电机代码，把 4019 #7 设定为 1 进行自动初始化。

(5) 原理分析法

根据 CNC 组成原理，从逻辑上分析各点的逻辑电平和特征参数，从系统各部件的工作原理着手进行分析和判断，确定故障部位的维修方法。这种方法的运用，要求维修人员对整个系统或每个部件的工作原理都有清楚的、较深入的了解，才可能对故障部位进行定位。例如一台配置 FANUC 0i 系统的数控铣床一直处于急停状态，不能复位。整个电气回路的接线图如图 1-3 所示，从图上可以清晰地看出可能引起急停回路不闭合的原因有：①急停回路断路；②限位开关损坏；③急停按钮损坏。

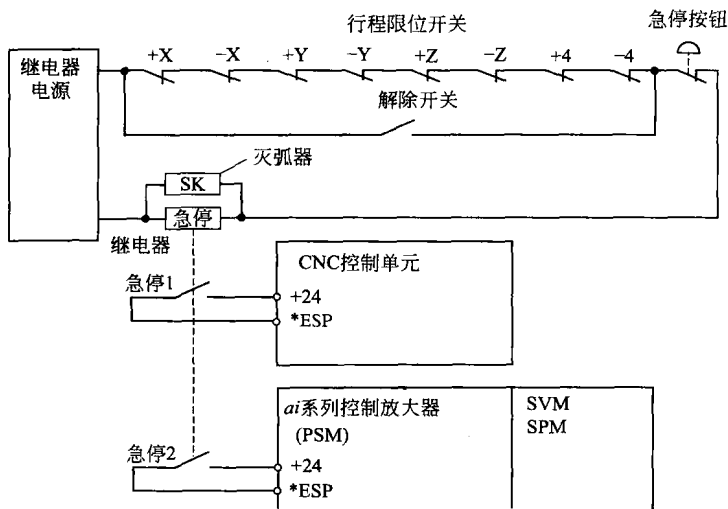


图 1-3 FANUC 0i 系统急停电路原理图

(6) 备件置换法

当故障分析结果集中在某一印刷电路板时，由于目前电路集成化程度很高，要把故障落实到元器件级是十分困难的，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，而且不能把故障扩大。
- ② 许多电路板上都有一些开关或短路棒的设置，因此在更换备件板上一定要记录下原来的开关位置和设置状态，并将备件板做好同样的设定，否则会产生报警而不能工作。

③ 某些印刷电路板还需在更换后进行某些特定操作。

④ 有些印刷电路板是不能轻易拔出的,例如系统存储器板,它会丢失有用的参数或者程序,更换时必须先进行参数备份。

(7) 同类对换法

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,通过观察故障是否转移来判断故障的具体部位。采用这种对调法应特别注意,不仅硬件连接要正确交换,还需要调整一些参数,否则不但达不到目的,而且会产生新的故障。

【应用案例】 一台工业型数控车床,配置 FANUC 0iC 系统,故障现象为 X 轴在加工过程中突然不动且无报警,此后不论在手动、自动或是 MDI 方式下 X 轴均无动作,但 Z 轴工作正常。

先确定机械部分无故障后把故障定位在电气部分。由于 X 轴与 Z 轴的伺服驱动器一样,因此采用同类交换法,将 X 轴伺服驱动器与确认无故障的 Z 轴伺服驱动器互换,发现 X 轴故障消失,Z 轴不动。此时可断定原 X 轴驱动器损坏。更换新的驱动器故障消除,机床恢复正常。

“对换”方法的使用范围是在电气修理中,采用“对换”方法来检查判断故障应注意应用场合。对一些比较简单的电器,如接触器、继电器、开关、保护电器及其他各种单一电器,在对由电子元件组成的各种电路板、控制器、功率放大器及所接的负载,替换时应小心谨慎,如果无现成的备件替换,需从相同的其他设备上拆卸时更应谨慎,以避免故障没找到,替换上的新部件又损坏,造成新的故障。

“替换”中的注意点是在低压电器的替换中应注意电压、电流和其他有关的技术参数,并尽量采用相同规格的替换。电子元件的替换,如果没有相同的,应采用技术参数相近的,而且主要参数最好能胜过原来的。拆卸时应对各部分做好记录,特别是接线较多的地方,可防止反馈错误引起的人为故障。在有反馈环节的线路中,更换时要注意信号的极性,以防反馈错误引起其他的故障。

(8) 使能信号短接法

数控系统的某种就绪状态都与系统信号一一对应,通过硬件使能信号的短接,就可以快速判断故障的具体部位。例如 FANUC 0 系统开机自检后,如果没有急停和报警,则发出 MCON 信号给所有轴伺服单元,伺服单元接收到该信号后,接通主继电器,送回 DRDY 信号,如果系统在规定时间内没有接收到来自伺服放大器的 DRDY 信号,系统发出 401 号报警(见图 1-4)。产生 401 号(伺服未就绪)报警的故障原因可能是系统轴