

图解·一学就会系列

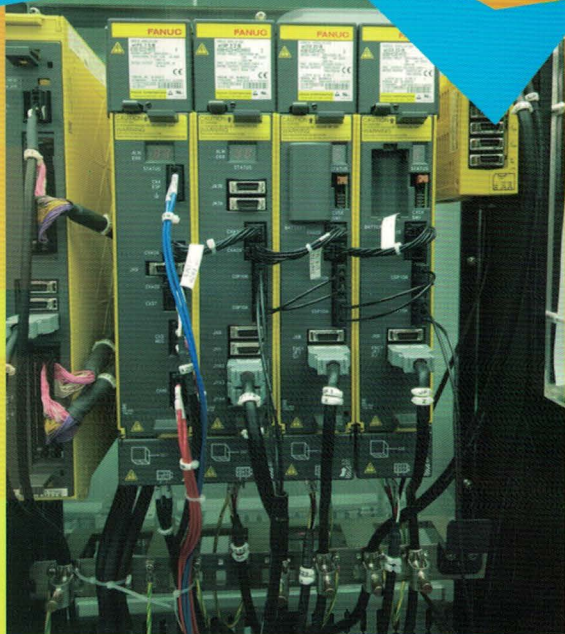
FANUC数控系统维修

与调试难点 及技巧图解

耿春波 编著

一线数控系统维修与调试专家
讲解全新难点和技巧

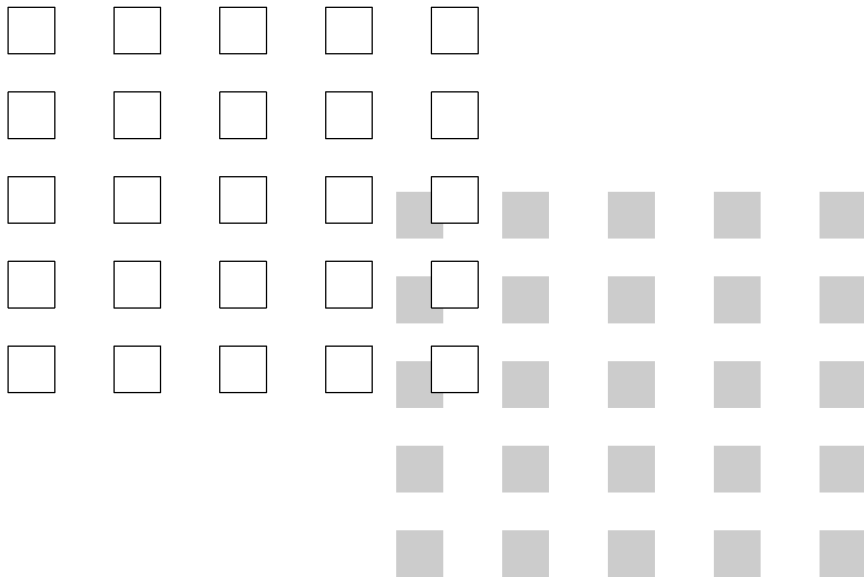
图解方式助您轻松领悟维修与
调试精髓



图解·一学就会系列

FANUC数控系统维修与调试 难点及技巧图解

耿春波 编著



机械工业出版社

本书共分7章,通过图解的方式讲解了FANUC数控系统维修和调试的难点和技巧,主要内容包括故障的快速处理技巧、伺服参数的手动一键设定、SERVO GUIDE软件的安装和使用方法、主板和驱动器的硬件电路解析、PMC关于I/O Link轴刀库等难点程序的编制,以及FANUC最新系统0i-F的调试技巧等。通过对这些内容的学习,可帮助读者提高FANUC数控系统的维修和调试水平。

本书适合在企业中从事数控设备维修和调试的工程技术人员,职业院校数控设备维修调试、机电一体化、电气自动化及其他相关专业的老师和毕业生使用。

图书在版编目(CIP)数据

FANUC 数控系统维修与调试难点及技巧图解/耿春波编著. —北京:机械工业出版社, 2018. 7

(图解·一学就会系列)

ISBN 978-7-111-60184-5

I. ①F… II. ①耿… III. ①数控机床-数字控制系统-图解
IV. ①TG659-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第126509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 张丹丹

责任校对:张薇 封面设计:路恩中

责任印制:李昂

河北鹏盛贤印刷有限公司印刷

2018年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·12.5印张·306千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-60184-5

定价:49.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

随着数控技术应用的普及，对技术人员调试和维修的水平要求越来越高，因此他们迫切需要学习更为高深的内容，本书就是为此目的而编写的。

在生产实践中通常要求不能停产，本书在第 1 章中介绍了快速处理故障的一些方法。FANUC 系统有很强大的诊断和调整功能，本书在第 1 章和第 3 章详细介绍了 FANUC 伺服调整界面的作用，通过伺服调整界面可以进行数控系统的伺服诊断和手动调整，使伺服系统更好地工作。

FANUC SERVO GUIDE 软件可以对伺服轴和主轴进行调整，本书在第 4 章中详细介绍了 SERVO GUIDE 软件的连接、设置及伺服轴和主轴的调整方法。

本书在第 5 章中介绍了 FANUC 的硬件部分，详细介绍了主板的构成及驱动器、IPM 智能功率模块、光耦等的作用和检测方法，以期读者对数控系统有更深入的了解。

FANUC PMC 主要完成机床侧的辅助功能，本书第 6 章讲解了 PMC 的难点部分，如 M 辅助功能的实现、刚性攻丝（即攻螺纹）、刀库 I/O Link 轴的控制方法、PMC 的窗口功能、机床报警功能的实现等。

目前 FANUC 最新推出了 Oi-F 系统，本书在第 7 章中讲解了其基本参数、新版伺服参数界面、主轴参数和原点的设置，同时介绍了 I/O Link 的升级版 I/O Link i 的设置方法。

本书在编写过程中，参考了 FANUC 公司的说明书、简明调试手册和北京 FANUC 机电有限公司的技术文献，由于篇幅所限，不能一一列举，在此表示感谢。感谢齐风娟、耿琦菲的大力协助，特别感谢韩玉兵先生的无私帮助。

为便于一线读者学习使用，书中一些名词术语按行业使用习惯呈现，未全按国家标准术语统一，敬请谅解。

由于作者水平有限，书中难免有错误和不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

前言

第 1 章 快速维修技巧	1
1.1 单轴伺服放大器的屏蔽	1
1.2 多轴伺服放大器单轴的屏蔽	2
1.3 光栅尺的屏蔽	3
1.4 风扇的替换	4
1.5 保险的替换	5
1.6 主控接触器的工作过程	6
1.7 PMC 保持继电器 K 信号的使用	7
1.8 伺服电动机热敏电阻的检测和替换	8
1.9 信号的强制处理	8
1.10 超程的控制和解除	11
1.11 轴互锁信号的解除	12
第 2 章 伺服调整界面详解	14
2.1 速度增益的设定和作用	14
2.2 位置环增益的设定和位置误差的计算	15
2.3 滤波的使用方法	16
2.4 功能位、积分增益、比例增益的作用	17
2.5 位置环增益的监视	18
2.6 位置误差的监视	18
2.7 电流 (%) 和电流 (A) 的用途	18
2.8 报警的含义和作用	20
2.9 速度的含义	22
2.10 功能位的含义	22
第 3 章 伺服参数的一键设定详解	24
3.1 伺服参数的一键设定	24
3.2 伺服增益调整的一键设定	26
3.3 AICC 调整的一键设定	27
第 4 章 SERVO GUIDE 软件调试精要	30
4.1 SERVO GUIDE 软件的连接	30
4.2 频率响应曲线的测试	36
4.2.1 测试步骤	36
4.2.2 频率响应的要求	37
4.2.3 频率响应曲线测试要点	38
4.3 频率响应曲线和振动的消除	39
4.3.1 TCMD 滤波器	39

4.3.2	HRV 滤波器	39
4.4	全闭环振动的抑制	41
4.4.1	读数头的安装	42
4.4.2	读数头的清洗	42
4.4.3	光栅尺安装要保证平行	43
4.4.4	双位置反馈功能法全闭环抑制振动	43
4.4.5	机械速度反馈功能抑制全闭环振动	44
4.4.6	振动抑制参数抑制全闭环振动	46
4.5	停止时出现振动的抑制方法	47
4.5.1	加速度反馈抑制振动	47
4.5.2	停止时比例增益可变功能抑制振动	48
4.5.3	N 脉冲抑制功能抑制振动	50
4.6	TCMD 曲线的测试	51
4.6.1	SERVO GUIDE 软件中图形菜单的设定	52
4.6.2	SERVO GUIDE 软件中 TCMD 曲线的检测	55
4.6.3	TCMD 曲线调整	57
4.7	圆弧曲线的测试	60
4.7.1	SERVO GUIDE 软件中图形显示模式的设置	60
4.7.2	SERVO GUIDE 软件中圆弧曲线的检测	63
4.7.3	圆曲线调整	65
4.8	方带 1/4 圆弧曲线的测试	80
4.8.1	SERVO GUIDE 软件中图形的设置	80
4.8.2	SERVO GUIDE 软件中方带 1/4 圆弧曲线的检测	83
4.8.3	方带 1/4 圆弧调整	85
4.9	方形尖角精度的测试	88
4.9.1	SERVO GUIDE 软件中图形的设置	88
4.9.2	SERVO GUIDE 软件中方形尖角曲线的检测	90
4.9.3	方形尖角调整	93
4.10	刚性攻丝精度的测试	96
4.10.1	SERVO GUIDE 软件中图形的设置	96
4.10.2	SERVO GUIDE 软件中刚性攻丝曲线的检测	98
4.10.3	刚性攻丝调整	101
第 5 章	硬件电路解析	103
5.1	FANUC Oi - D/Oi - F 系统主板的组成	103
5.1.1	FANUC 主板	103
5.1.2	轴卡	105
5.1.3	FROM/SRAM 存储卡	105
5.1.4	系统电源	109
5.1.5	逆变器板	110
5.1.6	灯管	110
5.1.7	电池和电容	110
5.2	IPM 智能功率模块的工作过程	111
5.3	IPM 智能功率模块控制电路的分析	114

5.3.1	上桥臂控制回路	115
5.3.2	下桥臂控制回路	116
5.3.3	制动控制回路	116
5.3.4	报警控制回路(图 5-32)	116
5.3.5	光电耦合器输入端的发光二极管控制电路	117
5.4	IPM 实际控制电路分析	117
5.4.1	IPM 光电耦合器控制回路	118
5.4.2	IPM 光电耦合器报警回路	118
5.5	IPM 智能功率模块的检测方法	119
5.6	IPM 驱动光电耦合器的检测方法	121
5.7	电动机电流检测控制电路分析	124
5.8	电动机电流检测电路的检测方法	125
5.9	开关电源的控制电路分析	127
5.10	开关管的检测	128
5.11	伺服驱动器的组成和检测	129
5.12	伺服电动机的组成和检测	133
5.13	主轴驱动器的组成和检测	135
5.14	401 报警详解	140
第 6 章	PMC 难点程序的编制方法	143
6.1	M 辅助功能的实现	143
6.2	刚性攻丝的 M 功能实现	145
6.3	I/O Link 轴刀库控制功能的实现	149
6.3.1	硬件连接	149
6.3.2	I/O Link 轴的地址分配	151
6.3.3	接口信号说明	154
6.3.4	参数设定	155
6.3.5	梯形图编制	159
6.4	PMC 窗口功能的实现	162
6.4.1	读参数功能应用(功能代码 17)	165
6.4.2	写参数功能应用(功能代码 18)	168
6.4.3	在程序检查界面输入数据(功能代码 150)	169
6.5	PMC 程序与用户宏程序控制功能的实现	172
6.6	PMC 外部报警功能的实现	174
第 7 章	FANUC 0i-F 系统调试	177
7.1	基本参数的设定	177
7.2	FSSB(FANUC 串行伺服总线)和 PS 轴的设定	180
7.3	伺服初始化设定	182
7.4	主轴初始化设定	183
7.5	主轴速度设定	184
7.6	主轴位置控制参数设定	185
7.7	参考点建立的参数设定	187
7.8	I/O Link i 的地址分配设定	189

第1章



快速维修技巧

在实际工作中，由于生产任务紧，需要快速处理故障，以下提供了一些案例供读者参考。

1.1 单轴伺服放大器的屏蔽

单轴是指一个放大器驱动一个电动机，如图 1-1 所示。



图 1-1

屏蔽放大器的方法：如果一个驱动器有故障或不使用，可以将其 FSSB 光缆拔下，参数 1023 的值改为 -128，其余轴参数前移（参数 1023 可设定各轴的轴号），如图 1-2 所示。

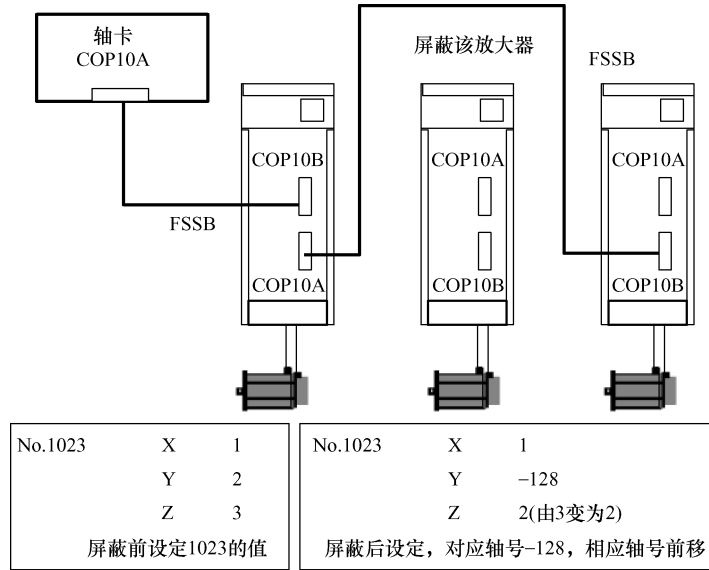


图 1-2

1.2 多轴伺服放大器单轴的屏蔽

多轴是指一个放大器驱动两个或两个以上伺服电动机的情况。

屏蔽其中一个放大器的方法：图 1-3 中屏蔽 Y 轴放大器，Z 轴保留使用。FSSB 光缆不

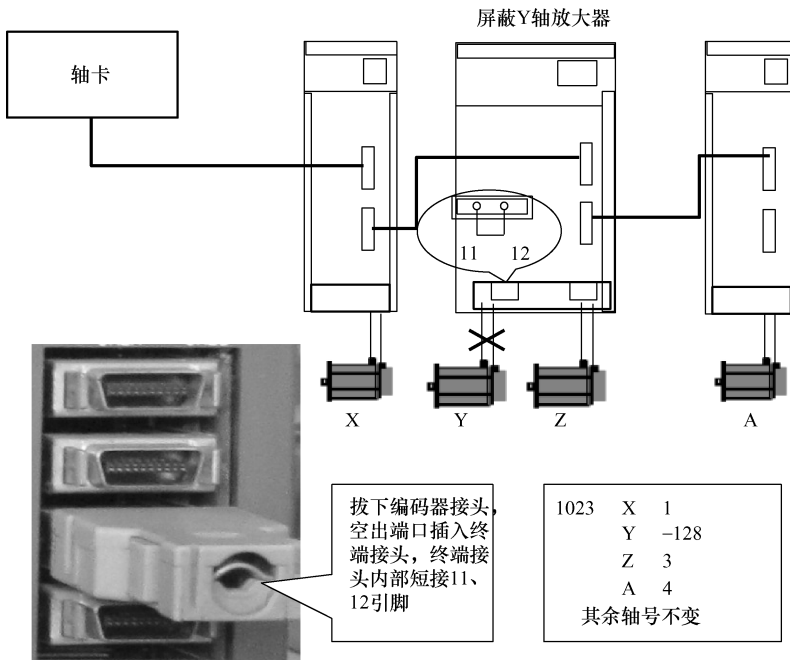


图 1-3

动，将 Y 轴参数 1023 的值设为 -128，拔下 Y 轴电动机编码器反馈电缆，空出的放大器的反馈线接口 JF_x 插入终端接头，接头内部需要将 11、12 引脚短接，因为系统需要反馈信号。

注意：

1) 因为还要使用 Z 轴驱动器，所以光缆保持连接，需要将 Y 轴电动机反馈线拆掉，将放大器反馈口 JF 插入终端接头，接头内部需要将 11、12 引脚短接。

2) 如果不插终端接头，同一放大器的另一轴会产生报警 401。

3) 如果出现 404 报警，将参数 1800#1（第一位）设为 1。

1.3 光栅尺的屏蔽

图 1-4 中光栅尺出现故障或机床出现振动时，为判断原因，需要将其屏蔽。

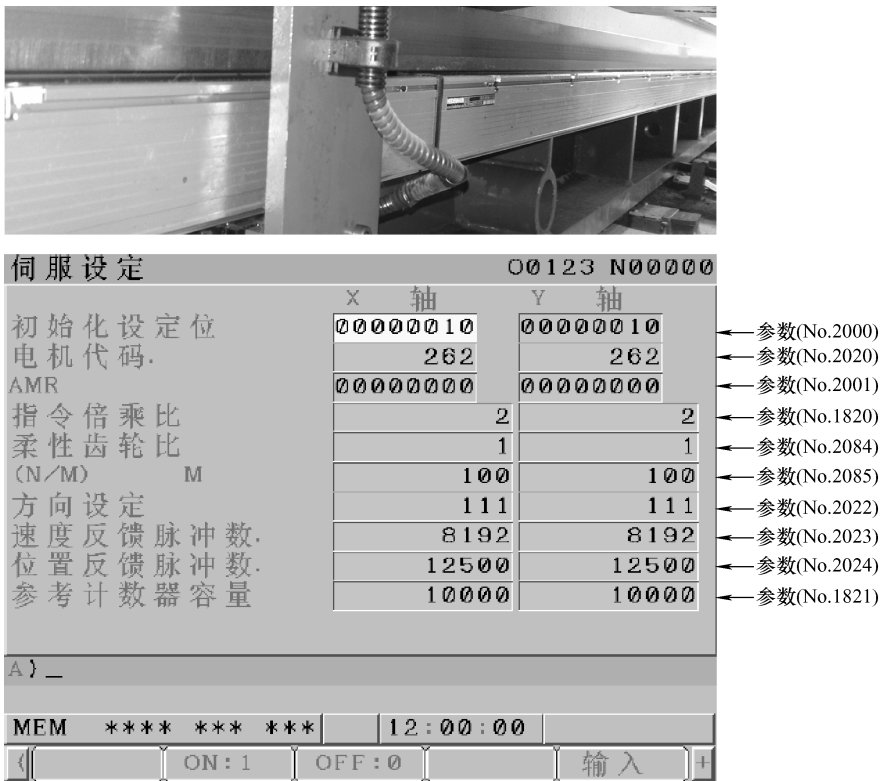


图 1-4

屏蔽步骤如下：

1) 将对应轴的参数 1815#1（第一位）由 1 改为 0，全闭环改为半闭环。

2) 按照半闭环设定柔性齿轮比 N/M 对应参数 2084 (N) 和 2085 (M)。

$$\frac{N}{M} = \frac{\text{电动机一转机械移动所反馈的脉冲数}}{10^6}$$

例 1-1 丝杠与电动机直联，螺距为 10mm，换算成脉冲数为 $10 \times 1000 = 10000$ ， $10000 \div 1000000 = 1 : 100$ ，设定 N/M 为 $1/100$ ；或者 $2084 = 1$ ， $2085 = 100$ 。

注意：FANUC 0.001mm，即 $1\mu\text{m}$ 为一个脉冲。

例 1-2 丝杠与电动机之间有变速箱，减速比为 1 : 2，螺距为 10mm，换算成脉冲数 $10 \div 2 \times 1000 = 5000$ 。

$5000 \div 1000000 = 1 : 200$ ，设定 N/M 为 1/200；或者 2084 = 1，2085 = 200。

例 1-3 回转工作台通过伺服电动机 1 : 50，变速箱相连，换算成脉冲数 $360 \div 50 \times 1000 = 7200$ 。

$7200 \div 1000000 = 9/1250$ ，设定 N/M 为 9/1250；或者 2084 = 9，2085 = 1250。

3) 设定位置反馈脉冲数，对应参数 2024，设定值 12500。

4) 设定参考计数器容量，对应参数 1821，电动机旋转一周所需的位置脉冲数。

例 1-1 中丝杠螺距为 10mm，换算成脉冲数 $10 \times 1000 = 10000$ ，设定 1821 = 10000。

1.4 风扇的替换

FANUC 风扇有三根线，红线提供 24V 电压，黑线提供 0V 电压，黄线或白线为报警线。FANUC 系统中风扇卡死后，报警线（黄线或白线）和黑线之间会输出 5V 左右的电压，产生报警，风扇卡死，电压显示 4.145V，如图 1-5 所示。

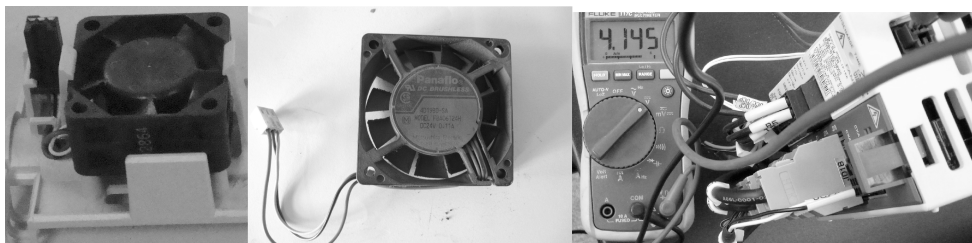


图 1-5

FANUC 风扇安装在主板和驱动器两个地方，应急处理方法如下：

1) 主板风扇，故障后出现

701 报警（过热，风扇报警）。

应急处理方法一：参数 8901#0 设为 1，屏蔽风扇报警。

应急处理方法二：切断报警黄线或白线，将送往系统的一端接到黑线，另一端悬空，让系统接收 0V 信号，屏蔽报警。

2) 驱动器风扇，故障后出现报警。处理方法：将报警线切断，返回系统低电平，如图 1-6 所示。

风扇相关报警见表 1-1。

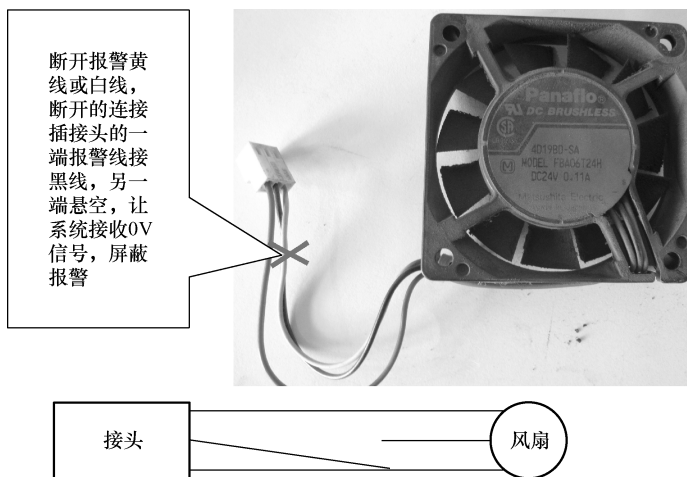


图 1-6

表 1-1

报警号	LED	报警内容
ALM443	2	电源单元内部冷却风扇停止
ALM606	A	电源单元外部冷却风扇停止
ALM444	1	伺服放大器内部冷却风扇停止
ALM601	F	伺服放大器外部冷却风扇停止
ALM9056	56	主轴放大器内部风扇停止
ALM9088	88	主轴放大器外部风扇停止

β i 系列放大器功率小，可以通过将参数 1807#2 设为 1 屏蔽风扇报警。

注意：以上方法特别适合用户手中的冷却风扇没有报警线的情况，可临时应急处理，强烈建议使用标配的风扇。

1.5 保险[⊖]的替换

FANUC 主板、驱动器和 I/O 模块中都安装有保险，起保护作用，如图 1-7 所示。由于



图 1-7

⊖ 保险的专业名词术语为熔丝。

保险的位置拆装不方便且其价格不菲，排除故障时可以采用代换的方法。需要说明的是，故障处理后一定要恢复使用原规格的保险。

快速处理：如果 FANUC 系统专用保险熔断，可采用同规格或稍小的熔断电流保险管临时代替，不可使用超过原来熔断电流的保险管。

1.6 主控接触器的工作过程

1. 工作原理

系统上电后，各驱动器自检无故障后，同时要求 CX4 的 2、3 引脚接通，一切就绪后，MCC 内部触点 1、3 会自动闭合，MCC 主控接触器线圈得电，MCC 主接触器触点立即闭合，三相动力电源输入 L1、L2、L3，电源模块整流，输出直流 300V 电压到 P、N 端，P 为 300V 正，N 为 0V。

2. 应急处理

如果驱动器没有故障，但是主接触器线圈一直不吸合，可能是内部继电器触点没有闭合。原因可能是内部继电器线圈损坏或触点接触不良，此时可以直接短接 1、3 引脚让 MCC 线圈得电，提供动力电源，使电源模块工作。特别强调，一定要及时更换或维修电源模块，以免产生严重后果。

主控接触器的工作过程如图 1-8 ~ 图 1-10 所示。

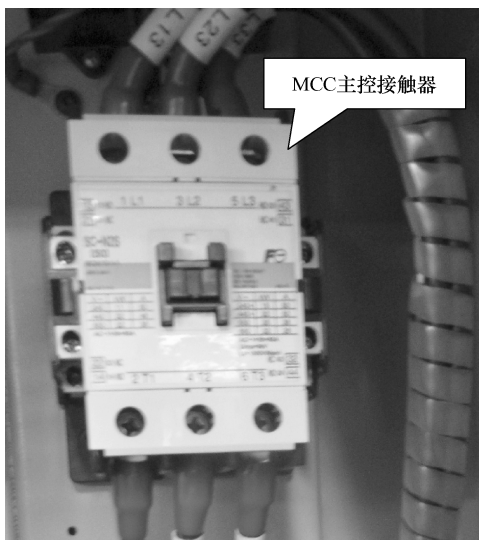


图 1-8

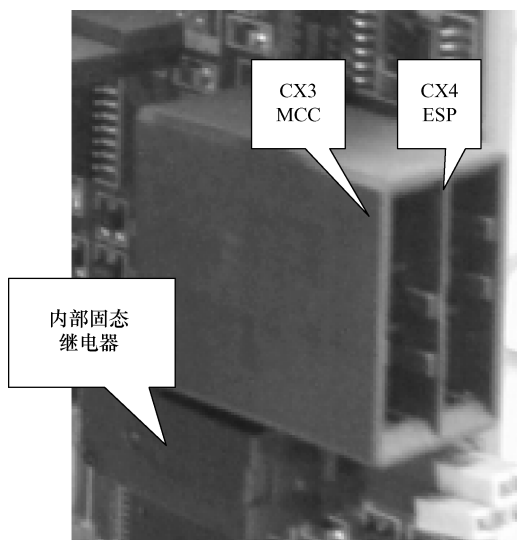


图 1-9

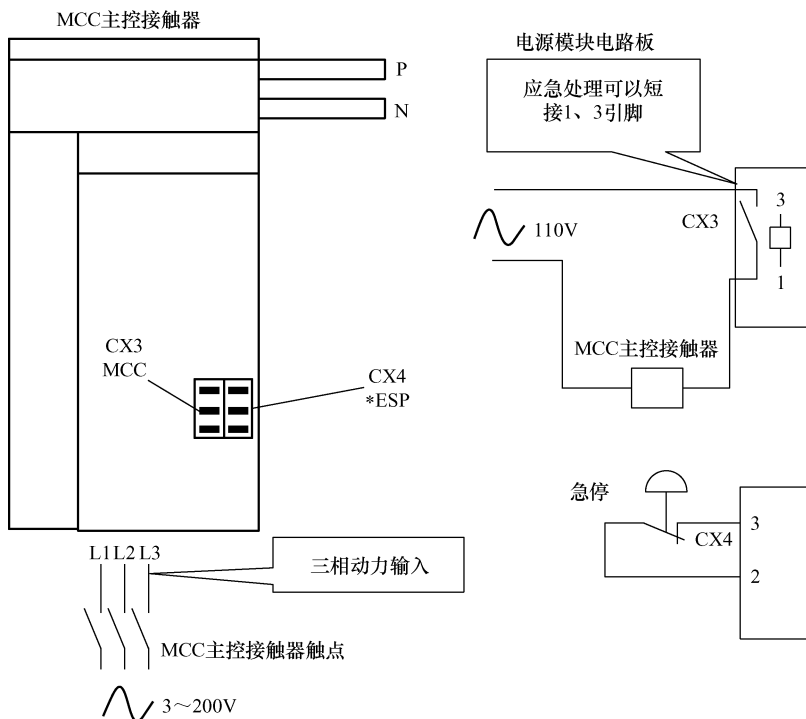


图 1-10

1.7 PMC 保持继电器 K 信号的使用

FANUC 保持继电器 Keep Relay，又称为 K 参数。FANUC 0i - A 系统保持继电器地址是 K0 ~ K19，其中 K16 ~ K19 为 FANUC 系统专用继电器，K0 ~ K15 为用户使用。FANUC 0i - B/0i - C/0i - D/0i - F 中 K900 ~ K919 为系统专用，K0 ~ K99 为用户使用，如图 1-11 所示。

实例讲解：保持继电器的每一位对应 PMC 梯形图中的触点，如果将保持继电器的某一位设为 1，对应的梯形图触点导通。图 1-12 中，如果 X1.5 的信号没有导通或者故障，可以在此触点上并联一个梯形图程序中没有使用过的用户保持继电器。如图 1-12 所示，并联了 K0.0 保持继电器，将保持继电器对应位设为 1，同时短路 X1.5 信号。

PMC PRM (KEEP RELAY) #001	
ADDRESS	DATA
K00	00000001
K01	00000000
K02	00000000
K03	00000000
K04	00000000
K05	00000000
K06	00000000
K07	00000000
K08	00000000
K09	00000000
K10	00000011
K11	11110110
K12	00001111
K13	00000000
K14	00000000

图 1-11

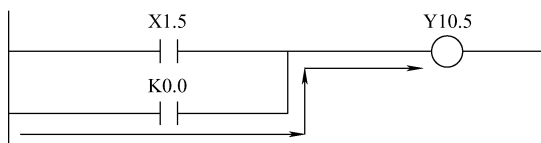


图 1-12

1.8 伺服电动机热敏电阻的检测和替换

FANUC 伺服电动机内安装有热敏电阻，过热时保护电动机。图 1-13 中从电动机内部输出的两根线，其阻值为常温下 $60 \sim 80\text{k}\Omega$ ，负温度系数。



图 1-13

FANUC 提供有诊断号 308：伺服电动机的绕组温度大于 140°C ，电动机过热报警。

FANUC 伺服报警号 SV430：伺服电动机过热。

快速处理：FANUC 系统报警 SV430 电动机温度高，如果测量电动机实际温度并不高，可能是热敏电阻损坏，此时可用一个 $100\text{k}\Omega$ 的电位器替代热敏电阻，调整电位器的值，同时查看诊断号 308 的值，使其显示在 60°C 左右即可。同样可以处理主轴电动机中的热敏电阻。

1.9 信号的强制处理





FANUC PMC 可以对信号进行强制，分为强制（普通强制）和自锁强制两种方法。自锁强制比强制在功能上更强，但自锁强制只能强制 X 、 Y 信号，有的系统不支持自锁强制功能。强制和自锁强制的功能对比见表 1-2。

表 1-2

功 能	强制 (FORCE)	自锁强制 [OVERRIDE (倍率) 使能有效]
强制能力	可强制信号导通 (ON) 或关断 (OFF)，但 PMC 程序如果使用此信号，即恢复为信号实际工作状态，确切地说，受 PMC 程序控制	可强制信号导通 (ON) 或关断 (OFF)，即使 PMC 使用此信号，也可以维持强制状态，确切地说，信号强制后，不受 PMC 程序控制，仍维持强制后的状态，直到取消自锁强制为止
适用范围	适用于所有信号 (F 信号除外)	只适用于 X 、 Y 信号
备注	内置编程器有效时可以使用	编程器有效和倍率有效时可以使用，只有 FANUC Oi - D、FANUC 31i、FANUC Oi - F type1 等系统有自锁强制功能

下面介绍强制和自锁强制的操作步骤。

1. 强制操作







1) 执行  →  →  → ，进入 PMC 设定界面。设定“RAM 可写入 = 是”或“编程器功能有效 = 是”，如图 1-14 和图 1-15 所示。

PMC 构成		执行***	
PMC 设定 (总)		(1 / 2)	
跟踪启动	= 手动 / 自动		
编辑许可	= 不 / 是	*	
编辑后保存	= 不 / 是		
RAM 可写入	= 不 / 是	*	
数据表控制画面	= 是 / 不		
PMC 参数隐藏	= 不 / 是	*	
禁止 PMC 参数修改	= 不 / 是	*	
PMC 程序隐藏	= 不 / 是	*	

图 1-14

PMC 程序启动	= 自动 / 手动		
PMC 停止许可	= 不 / 是	*	
编程器功能有效	= 不 / 是	*	
8 级保护功能设定无效			
A) ^			
MDI **** * * * * *		12:55:49	
◀ 标头		设定 PMCST.	▶ (操作) +

图 1-15


2) 执行  →  →  →  →  → ，按下 ON 信号强制导通，按下 OFF 信号强制关断，如图 1-16 和图 1-17 所示。

2. 自锁强制操作

自锁强制需要设定倍率有效，系统重新启动后即生效。

1) 设定“倍率有效 = 是”，操作步骤如图 1-18 所示，系统断电后重新启动。



2) 系统重启后自锁强制生效，按下 ，进入图 1-19 所示界面。

3) 按下  强制自锁生效，按下  信号导通，按下  信号关断。

