

■ 实用数控机床维修技巧丛书

数控铣床故障诊断 与维修技巧

第2版

陈宇晓 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



实用数控机床维修技巧丛书

数控铣床故障诊断 与维修技巧

第2版

陈宇晓 编著



机械工业出版社

本书以数控加工设备中最具有代表性的数控铣床为例,从故障诊断与维修的基础与方法入手,详细论述了数控铣床硬件与软件故障的维修实例与技巧。在硬件方面重点论述了机械故障和数控系统、伺服系统及电源故障的诊断与排除,在软件方面重点论述了编程故障与参数故障的诊断与排除。

本书结构层次分明、内容紧凑,附有大量的实例,突出了实用性。

本书适于制造业基层技术人员、中高级技术工人及机电类大中专学生使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣床故障诊断与维修技巧/陈宇晓编著. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2013. 3

(实用数控机床维修技巧丛书)

ISBN 978 - 7 - 111 - 41110 - 9

I. ①数… II. ①陈… III. ①数控机床-铣床-故障诊断
②数控机床-铣床-维修 IV. ①TG547. 027

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 008915 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 李建秀

版式设计: 霍永明 责任校对: 刘 岚

封面设计: 陈 沛 责任印制: 乔 宇

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2013 年 3 月第 2 版第 1 次印刷

148mm × 210mm · 9.75 印张 · 259 千字

0 001— 3 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 41110 - 9

定价: 30.00 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

社服 务 中 心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

第2版前言

本书自2005年第1版出版后，受到了广大读者的欢迎。近几年数控技术发展很快，编著者根据数控铣床的最新发展情况，并结合一些读者的意见进行了修订。本书从故障诊断与维修的基础与方法着手，从硬件与软件两方面详细论述了故障诊断与维修的实例与技巧。

具体的修订工作有以下特点：

1) 保持原书结构层次分明、内容紧凑的特点，大的框架与体例不变。

2) 增加了故障分类、气动故障、安装验收与机械故障的关系，操作与软件故障的关系等内容，同时补充了一些故障维修案例及技巧，使本书更具实用性。

本书可作为制造业基层技术人员及中高级技术工人的参考用书，也可作为机电类大中专学生的教学用书。

本书由宁波职业技术学院陈宇晓副教授编著。

由于编著者水平所限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编著者

第1版前言

我国加入世界贸易组织后，为了增强竞争能力，制造企业开始广泛使用数控技术，从而导致对数控机床的操作、编程及维修人员的大量需求。随着数控机床的更新换代，只会单纯操作的“蓝领层”人才已不能很好地适应生产的发展，企业对既会操作又会编程及维修的人才需求大增。本书针对目前数控机床维修类书籍中基础内容论述过多、同操作编程类书籍重复过多的现状，以数控设备中最典型的数控铣床为例，从故障诊断与维修方法入手，试图建立全新的数控铣床维修图书的层次结构。

本书可作为制造企业基层技术人员、中高级技术工人的参考用书，也可作为机电类大中专学生的教学用书。

本书由宁波职业技术学院陈宇晓副教授编著。书中的电路图根据相应产品的电路图绘制。不足之处，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

第2版前言

第1版前言

第1章 数控铣床的故障诊断与维修基础	1
1.1 数控加工原理	1
1.2 数控铣床的特点	2
1.3 数控铣床的结构	3
1.3.1 机械部分	3
1.3.2 电气部分	5
1.3.3 数控部分	7
1.4 数控铣床常用的数控系统简介	8
1.4.1 日本 FANUC 系统	10
1.4.2 德国 SINUMERIK 系统	11
1.4.3 法国 NUM 系统	11
1.4.4 美国 A-B 系统 (Allen-Brodley 系统)	12
1.4.5 日本 MITSUBISHI 系统 (三菱系统)	12
1.4.6 西班牙 FAGOR 系统	12
1.4.7 广州系统	13
1.4.8 华中系统	13
1.4.9 其他系统	13
第2章 数控铣床的故障诊断与维修方法	14
2.1 数控铣床的故障分类	14
2.1.1 按故障的发生部位分类	14
2.1.2 按故障的性质分类	14
2.1.3 按故障的显示方式分类	15



2.1.4 按故障的来源分类	15
2.2 数控铣床的故障诊断方法	15
2.2.1 直观法	15
2.2.2 资料分析法	16
2.2.3 故障征兆分析法	17
2.2.4 专家系统法	18
2.2.5 自诊断法	19
2.2.6 备板置换法	20
2.2.7 敲击法	21
2.2.8 仪器测量比较法	21
2.3 数控铣床的维修方法	33
2.3.1 参数恢复法	33
2.3.2 换件法	34
2.3.3 修复法	36
第3章 数控铣床硬件故障的维修实例及技巧	39
3.1 机械故障的维修实例及技巧	39
3.1.1 数控铣床主轴故障的维修实例	39
3.1.2 数控铣床主轴故障的维修技巧	51
3.1.3 数控铣床滚珠丝杠副故障的维修实例	53
3.1.4 数控铣床滚珠丝杠副故障的维修技巧	56
3.1.5 数控铣床导轨故障的维修实例	57
3.1.6 数控铣床导轨故障的维修技巧	59
3.1.7 数控铣床的气动故障	61
3.1.8 数控铣床的正确装调	62
3.2 电控故障的维修实例及技巧	65
3.2.1 数控系统故障的维修实例	65
3.2.2 FANUC 数控系统的维修	77
3.2.3 SIEMENS 数控系统的维修	102
3.2.4 日本三菱公司数控系统的维修	120
3.2.5 西班牙 FAGOR 数控系统的维修	128

3.2.6 法国 NUM 数控系统的维修	131
3.2.7 美国 ACRAMATIC 数控系统的维修	139
3.2.8 数控系统故障的维修技巧	154
3.2.9 电源故障的维修实例	159
3.2.10 FANUC 系统电源模块的维修	165
3.2.11 SIEMENS 系统电源模块的维修	175
3.2.12 电源故障的维修技巧	178
3.2.13 伺服系统故障的维修实例	182
3.2.14 FANUC 伺服系统的维修	198
3.2.15 SIEMENS 伺服系统的维修	207
3.2.16 伺服系统故障的维修技巧	214
第4章 数控铣床软件故障的维修实例及技巧	223
4.1 编程故障的维修实例及技巧	223
4.1.1 编程故障的维修实例	223
4.1.2 编程故障的维修技巧	230
4.1.3 刀补故障的维修实例	241
4.1.4 刀补故障的维修技巧	247
4.2 参数故障的维修实例及技巧	254
4.2.1 参数故障的维修实例	254
4.2.2 参数故障的维修技巧	258
附录 英汉对照常用数控铣床维修词汇	285
参考文献	303

第1章

数控铣床的故障诊断与维修基础

1.1 数控加工原理

在数控机床上，工件加工的全过程是由数字指令控制的，在加工前要用指定的数字代码按照工件图样编制出程序，制成控制介质，输入到数控机床中，使之按指令自动工作。尽管零件的形状千变万化，但大多数由直线和圆弧组成，而各种复杂的曲线，也可以由直线或圆弧近似替代。数控机床的加工方法就是利用逼近轮廓的方法，即插补法来加工工件的。它既可加工出直线和圆弧，也可加工出各种复杂的曲面。加工工件空间轮廓线时，可由数控机床上的溜板沿 X 、 Y 、 Z 三个坐标方向上运动的合成完成。数控机床工作时，数控装置每发出一个进给脉冲，工作台就移动一个相应的距离，这个距离称为脉冲当量。其值一般为 $0.01\text{mm}/\text{脉冲}$ ，精度要求高的机床为 $0.001\text{mm}/\text{脉冲}$ 。根据数控加工的原理，可知数控机床的构成框图，如图 1-1 所示。



图 1-1 数控机床的构成框图

图中数控系统通常由一台专用微型计计算机构成，它接受输入的控制信号代码，经过输入、缓存、译码、寄存、运算和存储等过程，转变成控制指令实现直接控制；或通过可编程序逻辑控制器（PLC）对伺服驱动系统进行控制。伺服机构包括驱动和执行两大部分。它接受

数控系统插补生成的进给脉冲信号，经过放大的伺服驱动装置，实现机床运动。伺服驱动装置包括主轴驱动单元（主要控制主轴的速度）、进给驱动单元（主要控制进给速度和位置）、主轴电动机及进给电动机等。电动机中，目前主要有直流伺服电动机和交流伺服电动机，且交流伺服电动机正逐步取代直流伺服电动机。数控机床的本体则采用了高性能的主轴、滚珠丝杠副及直线滚动导轨等高效传动部件，同时其结构具有较高的刚度、阻尼精度及耐磨性，且热变形较小。

1.2 数控铣床的特点

数控铣床是一种用途十分广泛的机床，主要用于各种较复杂的平面、曲面和壳体类零件的加工，如各类凸轮、模具、连杆、叶片、螺旋桨和箱体等零件的铣削加工，同时还可以进行钻、扩、铰、铰、攻螺纹、镗孔等加工。对于加工箱体、型腔、模具等零件，同规格的数控铣床和加工中心均能满足基本加工要求，但两种机床的价格相差近一半（不包括气源、刀库等配套费用）。所以在上述零件的加工中，只有需要非常频繁地更换刀具的工艺才选用加工中心，固定一把刀具长时间铣削的，应选用数控铣床。目前很多加工中心都在作数控铣床使用。另外，数控车床能加工的零件普通车床往往也能加工，但数控铣床能加工的零件普通铣床大多不能加工，故在既有轴类零件又有箱体、型腔类零件的综合机加工企业中，应优先选用数控铣床。

为了要把工件上各种复杂的形状轮廓连续加工出来，必须控制刀具沿设定的直线、圆弧或空间的直线、圆弧轨迹运动，这就要求数控铣床的伺服驱动系统能在多坐标轴方向同时协调动作，并保持预定的相互关系，也就是要求机床应能实现多坐标轴联动。数控铣床要控制的坐标轴数起码是三坐标轴中的任意两坐标轴联动；要实现连续加工直线变斜角工件，起码要实现四坐标轴联动；而若要加工曲线变斜角工件，则要求实现五坐标轴联动。因此，数控铣床所配置的数控系统

在档次上一般都比其他数控机床相应更高一些。

常见的数控铣床如图 1-2 所示。



图 1-2 常见的数控铣床

1.3 数控铣床的结构

典型的数控铣床一般由三大部分组成,即机械部分、电气部分及数控部分。现以典型的数控铣床 XK5032C 为例,对这三部分分别进行介绍。

1.3.1 机械部分

机械部分又分为六大部分,即床身、铣头、工作台、横向进给部分、升降台以及冷却、润滑部分。

1. 床身

床身内部加强肋布置合理,具有良好的刚性,底座上设有四个调节螺栓,便于机床调整水平,切削液储液池设在床身内部。

2. 铣头部分

铣头部分由有级变速箱和铣头两个部件组成。铣头主轴支承在高精度轴承上,保证主轴具有高回转精度和良好的刚性。主轴装有快速换刀螺母,前端锥孔采用 ISO30[#] 锥度。主轴采用机械无级变速,调

节范围宽、传动平稳、操作方便。制动机构能使主轴迅速制动，节省辅助时间。制动时通过制动手柄，撑开止动环使主轴立即制动。起动主电动机时，应注意松开主轴制动手柄。铣头部件还装有伺服电动机、内齿带轮、滚珠丝杠副及主轴套筒，它们形成垂向（ Z 向）进给传动链，使主轴作垂直方向直线运动。

3. 工作台

工作台与床鞍支承在升降台较宽的水平导轨上，工作台的纵向进给是由安装在工作台右端的伺服电动机驱动的，通过内齿带轮带动精密滚珠丝杠副，从而使工作台获得纵向进给。工作台左端装上手轮和刻度盘，以便手动操作进给。床鞍的导轨面均采用了 TURCITE-B 贴塑面，提高了导轨的耐磨性、运动的平稳性和精度的保持性，消除了低速爬行现象。

4. 横向进给部分

在升降台前方装有交流伺服电动机，驱动床鞍作横向进给运动，其工作原理与工作台纵向进给相同。另外，在横向滚珠丝杠前端还装有进给手轮，可实现手动进给。

5. 升降台

在其左侧装有锁紧手柄，它的前端装有长手柄可带动锥齿轮及升降台丝杠旋转，从而获得升降台的升降运动。

6. 冷却、润滑部分

冷却部分由切削液泵、出液管、回液管、开关及喷嘴等组成。切削液泵安装在机床底座的内腔里，将切削液从底座内储液池泵至出液管，再经喷嘴喷出，对切削区进行冷却。润滑部分采用机动润滑方式，用润滑泵通过分油器对主轴套筒、导轨及滚珠丝杠进行润滑，以提高机床的使用寿命。

数控铣床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已经发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同数控铣床的要求和充分发挥数控铣床的特点。数控铣床的主轴最

高转速可达 10000r/min ，具有间隙自补偿功能，提高了定位精度。主轴可采用气动松刀，蝶簧拉紧自动拉刀装置；整体式主轴结构配置 P4 级高精密度轴承，主轴定位及刀柄自动夹紧准确可靠。三轴导轨采用淬硬表面加耐磨滑动导轨副，切削抗振性好。螺杆采用加大直径高精密滚珠螺杆，它与进给伺服电动机直接连接可置于轴向中心以接近切削点。数控铣床采用激光干涉仪做精度校正，在交货前均经精密测试，定位和重复定位精度高、承载能力强、切削抗振性好。

1.3.2 电气部分

电气部分分为强电与弱电。强电控制主轴、泵、润滑系统。弱电控制伺服单元，进而控制伺服电动机编码器。数控铣床的电气控制如图 1-3 所示。它采用三相 380V 交流电源供电，由空气开关控制机床总电源的通断。空气开关还同时受钥匙开关和开门断电开关的保护控制，使机床只有在钥匙打开和电气箱关闭的情况下才能通电。数控铣床用变频器控制主轴电动机，主轴的转速由两部分控制组合而成，一部分由变频器对转速进行无级调速，另一部分由机械手柄和带轮进行有级调速。强电电路由主电路、控制电路、交流回路等三部分组成。主电路为下列部件供电：伺服单元主回路，伺服单元控制回路，主轴电动机，切削液泵电动机。控制电路使用的电源分别由两个电源变压器提供。一个电源变压器为控制器电源模块提供单相 200V 交流电源，另一个电源变压器输出三组单相交流电源。110V 组为自动润滑、轴流风扇、电磁阀供电，并为交流控制回路提供 100V 电源。28V 组为 24V 直流稳压电源提供交流输入电源。24V 组为机床工作灯照明电源。

数控铣床的电气部分具有以下基本特点：首先具有较高的可靠性，数控铣床是长时间连续运转的设备，在电气系统的设计和选用上普遍应用了可靠性技术、容错技术，部件的选用一般比较成熟；其次，具有较好的先进性，广泛使用新型组合功能电器元件及电力电子

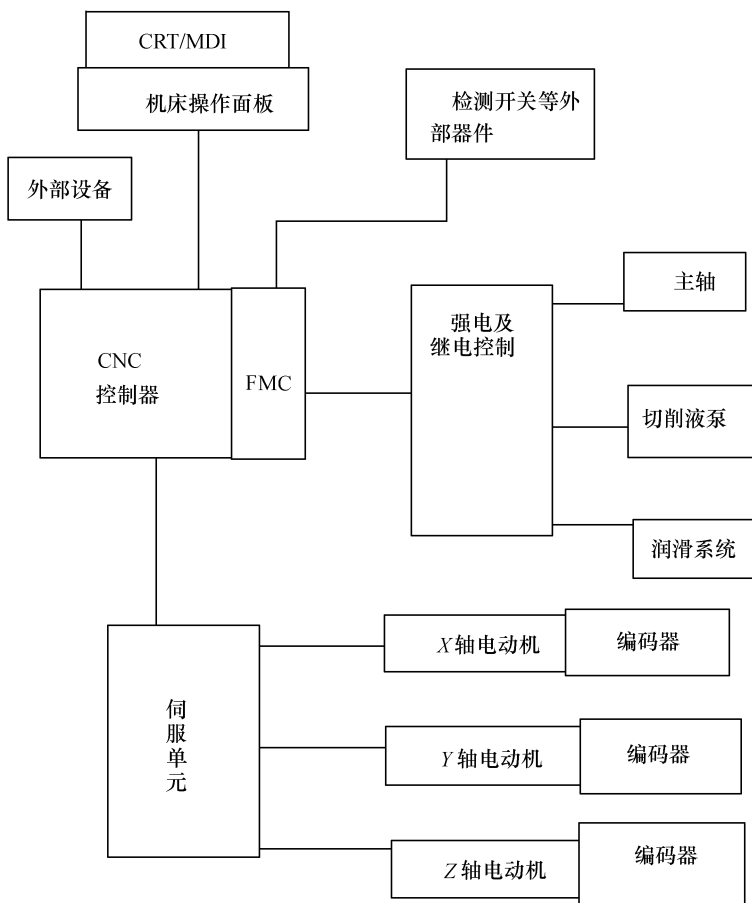
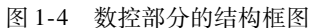


图 1-3 数控铣床的电气控制

1.3.3 数控部分

该部分在控制电路中采用了 32 位高速微处理器及大规模集成电路和半导体存储器, 实现了高速度、高可靠性的目标。CNC 主印制电路板、电源板、输入/输出接口板全部安装在一块基板上, 使之与机床的强电箱易于组合。系统内还配有强力 PMC, 实现了机械加工的高速化及机床强电电路的简化。该系统在 CRT 画面上可编辑和显示梯形图, 便于故障监视和维修。本部分还设有 RS232 通信口与外设计算机进行联机, 在联机时要注意外设计算机与数控系统要有同一接地点, 并保证可靠接地。通信电缆两端须装有光电隔离部件, 以分别保护数控系统和外设计算机。数控部分的结构框图如图 1-4 所示。

数控部分是数控铣床的核心。它从内部存储器中取出或接受输入装置送来的一段或几段数控加工程序, 经过逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后, 输出各种控制信息和指令, 控制数控铣床各部分的工作, 使其进行规定的有序运动和动作。零件的轮廓图形往往由直线、圆弧或其他非圆弧曲线组成, 在加工过程中, 刀具必须按零件形状和尺寸的要求进行运动, 即按图形轨迹进行连续移动。但输入的零件加工程序只能是各线段轨迹的起点和终点坐标值等离散数据, 不能满足要求, 因此数控部分要进行轨迹插补, 也就是在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”, 求出一系列中间点的坐标值, 并向相应坐标输出脉冲信号, 控制各坐标轴(即进给运动的各执行元件)的进给速度、进给方向和进给位移量等。



目前世界上的各种数控系统大致可分为以下四种类型：传统数控系统、PC 嵌入 NC 结构的开放式数控系统、NC 嵌入 PC 结构的开放

式数控系统、SOFT 型开放式数控系统。

传统数控系统的硬件由生产厂家自行开发，具有很强的专用性，质量性能稳定可靠，目前还占领着绝大部分市场；但用户的应用、维修以及操作人员培训完全依赖于生产厂，系统维护费较高；系统功能的扩充以及更新完全依赖公司的技术水平，周期比较长，升级慢；大量市售廉价通用软、硬件在专用数控系统上无法使用，功能比较单一。传统数控系统的代表产品有 FANUC 0i 系列、MITSUBISHI M50 系列、SINUMERIK 801 系列、广州数控（GSK）、凯恩帝（KND）、成都广泰、大连大森等。

PC 嵌入 NC 结构开放式数控系统与传统数控系统相比，PC 仅作为人机界面的运行平台，结构上具备一些开放性，功能比较强大。但系统软、硬件结构十分复杂，系统价格昂贵，一般的中小型数控机床生产厂家没有经济能力去购买。同时 PLC 模块与 NC 模块以及 HMI 模块之间的通信随着控制轴数的增多而成为影响速度和精度的瓶颈。该类系统只能开放有限的人机界面及部分接口，无法实现运动控制核心模块的接口开放，无法满足用户的工艺性再开发。该类系统的代表产品有 FANUC18i、16i，SINUMERIK840D，FAGOR8055 等。

NC 嵌入 PC 结构开放式数控系统的主要特征就是运动控制卡 + 计算机。其硬件部分由开放式体系结构的运动控制卡与 PC 构成。运动控制卡通常选用高速 DSP 作为 CPU，具有很强的运动控制和 PLC 控制能力。该类系统开放性能较好，且易于对功能进行改进，控制功能主要由运动控制卡来实现，机床硬件发生改变时，只需修改相应部分的控制软件即可。但该类系统只能开放有限的人机界面部分接口，无法完全满足用户的工艺性需求开发。该类系统的代表产品有美国 Delta Tau 用 PMAC 多轴运动控制卡构造的 PMAC-NC、MAZAK 的 MAZATROL 640 CNC，中国的华中数控、蓝天数控、台湾宝元、台湾新代等。

SOFT 型开放式数控系统的主要特征就是全软件。该类系统的软、

硬件和总线规范都是以 PC 为基础。所有的数控功能（包括插补、位置控制等）都是由计算机软件来实现的，促进了数控系统多档次、多品种的开发和广泛应用。NC 运动控制与 PLC 逻辑控制模块全部共用一个工业主板、一个高速 CPU，所有模块由实时调度系统统一调度，运算速度快，精度高。人机界面采用 Windows 界面，使用方便。但该类系统价格昂贵，目前的稳定性也较差。该类系统的代表产品有美国 MDSI 的 Open CNC、德国 PA 的 PA8000 系列、法国 NUM 的 NUM1020 等。

数控铣床上应用的数控系统种类和规格极其繁多。进口系统主要有日本 FANUC、MITSUBISHI，德国 SINUMERIK，法国 NUM，美国 A-B，西班牙 FAGOR，意大利 FIDIA 等。国产系统主要有广州系统、华中系统、航天系统、辽宁蓝天系统、南京大方系统、北方凯奇系统、清华系统、KND 系统等。每家公司都有一系列各种规格的产品。选择数控系统的基本原则是性能价格比高，使用维修方便，系统的市场寿命长，因此不能片面追求高水平、新系统，而应该以满足主机性能为主，对系统性能和价格等作综合分析来选用合适的系统。应逐渐减少对传统封闭体系结构的数控系统或 PC 嵌入 NC 结构的数控系统的选用，因为这类系统的功能扩展、改变和维修都必须借助于系统供应商。应尽可能选用 NC 嵌入 PC 结构或 SOFT 结构的开放式数控系统，这类系统的 CNC 软件全部装在计算机中，而硬件部分仅是计算机与伺服驱动和外部 I/O 之间的标准化通用接口。就像计算机上可以安装各种品牌的声卡、显卡和对应的驱动程序一样，用户可以在 Windows NT 平台上，利用开放的 CNC 软、硬件环境开发所需的功能，构成各种类型的数控系统。以上介绍了数控铣床上采用的数控系统概况，现具体介绍几种常用的数控系统。

1.4.1 日本 FANUC 系统

FANUC 系统是目前最成功的 CNC 系统之一，具有高可靠性及完

整的质量控制体系，故障率低，操作简便，易于对故障进行诊断和维修，且性能价格比高，产品应用范围广。系统采用面板式装配内装式 PLC，有适用于多种用途的外部设备及各种语言显示。目前，FANUC 系统在我国市场上的占有率是最高的，现有 OD 系列、OC 系列、Power Mate 系列、Oi 系列及 F10-18 系列等。FANUC 公司正在积极推进 CNC 装置向用户开放的功能。

当前国内数控机床上用的 FANUC 系统主要是北京发那科机电有限公司生产的北京 FANUC 系统。北京发那科机电有限公司是北京机床研究所与日本 FANUC 公司于 1992 年共同组建的合资公司，专门从事机床数控装置的生产、销售与维修。

1.4.2 德国 SINUMERIK 系统

SIEMENS 公司是欧洲生产数控系统的主要厂家，目前推出的控制系统主要有 SINUMERIK 880D、850D、840D、810D、840C、802S、802C 及 802D 等系列。SINUMERIK 系统采用多层印制电路板的模块化结构，用户可选择不同模块组合来满足各自机床的要求。系统在硬件上配有多种软件，具有与上一级计算机通信的功能，易于进入柔性制造系统。系统具有人机对话功能及强大的远程诊断功能，同时还具有很强的扩展性。

1.4.3 法国 NUM 系统

法国 NUM 系统主要有 1020、1040、1050 及 1060 系列。考虑到数控系统和外部的联系方便，NUM 系统把与外界联系的所有功能模块做成可插接的小模块，便于用户将来的维护，具体分为轴模块、光纤处理模块、内存模块和电源模块等。NUM 系统的轴模块与其他数控系统不同，它的轴模块连接此轴的所有信息（如编码器、速度信号、回零开关），通过地址译码来区分每个轴。如果机床的轴有问题，可以通过直接把轴模块上的插头对换，就能很快地查出问题的所

在（系统内部或外部问题）。NUM 系统具有丰富的 PLC 和 CNC 交换信息量。它具有非常大的交换空间和非常多的相互信息，通过 PLC 可以读取和修改 CNC 的几乎所有信息，是所有系统中交换信息最多的数控系统。

1.4.4 美国 A-B 系统（Allen-Brodley 系统）

美国 A-B 系统主要有 8200、8400 系列。系统采用模块结构，可扩展性好，备有 AMP（可调整机床参数）的特殊服务软件，使 CNC 装置更加灵活，更便于操作使用。它对每个轴建立定标表，便于调整机床精度。该系统带有内装的 PLC，同时具有良好的柔性，便于进入 FMS 及 CIMS。

1.4.5 日本 MITSUBISHI 系统（三菱系统）

日本 MITSUBISHI 系统内置 64 位 RISC CPU，配合数字化交流伺服及主轴驱动装置，具有平滑高增益（SHG）控制功能。多轴（6 个伺服轴、4 个辅助轴、2 个主轴）、双系统控制，无需增加 NC 硬件。该系统具有强大的自诊断功能，能对加工程序格式错误进行显示，能对操作错误进行报警，能显示急停及自动运转停止的原因。

1.4.6 西班牙 FAGOR 系统

西班牙 FAGOR 系统稳定可靠，具有微机自动编程系统，Windows 窗口操作，全参数编程，界面友好易懂，有强大的预先处理能力。该系统还有高档傻瓜式 CNC 功能，这种 CNC 无需任何编程知识，交互式的图形界面，使编程直观、容易。FAGOR 系统的数显表及其光栅尺、编码器质量较好，作为世界第二大数显表及光栅尺制造商，这些元件为数控系统的可靠性提供了保障。高档的 FAGOR 系统具有三维立体图、连续数字化仿形、刀具寿命管理、用户页面自定义和逻辑分析仪等标准功能。

1.4.7 广州系统

广州系统为目前应用最广的国产系统，采用高速微处理器、超大规模可编程门阵列芯片、液晶画面、中文显示、高速切削螺纹倒角退尾，具有电子齿轮功能，控制精度高。该系统性能价格比较高，在中、低档机床中具有优势。目前在长江三角洲、珠江三角洲地区应用较广。

1.4.8 华中系统

华中系统具有以通用工控机为核心的开放式体系结构，可充分利用 PC 的软、硬件资源，二次开发容易，系统易于维护和更新换代。目前数控铣床上采用的华中系统为 HNC-21M 世纪星系统，该系统是华中 I 型数控系统的改进型，它结构紧凑、集成度高，已被指定为近三届全国数控技能大赛的推荐系统。

1.4.9 其他系统

目前国内所用的进口系统还有日本的大隈系统、大森系统，美国的 ACRAMATIC 系统等。国产系统还有 KND（凯恩帝）系统、航天系统、辽宁蓝天系统、南京大方系统（JWK）、北京凯奇系统、清华系统、上海开通系统（KT）、浙江凯达系统（KENT）、辽宁精机系统（LJ）以及常州电机厂系统等。

2.1 数控铣床的故障分类

数控铣床的故障可按如下方法分类。

2.1.1 按故障的发生部位分类

数控铣床的故障按故障发生的部位可分为机械故障及电控故障。机械故障通常是因为机械安装、调试及操作使用不当引起主轴及滚珠丝杠的传动故障；或发生导轨摩擦过大的故障，如传动噪声大、加工精度差、铣床运行阻力大等。电控故障有弱、强电之分。弱电故障一般指数控系统、PLC 控制器、CRT 显示器、伺服单元、输入/输出装置等故障，包括集成电路芯片、分立元件、接插件、外部连接组件等故障。加工程序出错，系统程序和参数的改变、丢失等软件故障一般也算弱电故障。强电故障一般是指电源故障，包括继电器、接触器、开关、熔断器、电源变压器、电动机、行程开关等各类电器元器件的故障。

2.1.2 按故障的性质分类

数控铣床的故障按故障性质可分为系统性故障和随机性故障。系统性故障是指只要满足一定的条件或者超过某一设定的限度，数控机床必然会发生的故障，又称硬故障。如润滑油位过低报警而停机的故障，加工时因切削量过大超过某一限度发生过载或超温报警的故障等。随机性故障是指数控铣床偶然发生的故障，又称软故障。该类故障通常是由于机械结构局部松动错位，印制电路板上元器件松动变形或焊点的

虚脱,继电器触点、开关触头由于腐蚀污染而接触不良等原因引起。

2.1.3 按故障的显示方式分类

数控铣床的故障按故障的显示方式可分为有报警显示故障和无报警显示故障。

有报警显示故障又有硬件和软件之分,硬件报警是指各单元装置上的报警灯亮。数控铣床控制操作面板、伺服控制单元、主轴单元、电源单元上都有这种报警灯。软件报警是指 CRT 显示器上出现的报警号 (ALARM) 和报警信息。这些信息来自数控系统及 PLC 的自诊断。主要有程序出错报警、伺服系统报警、进给轴超程报警、存储器报警、主轴报警、过载报警等。以程序出错报警最为常见。无报警显示的故障要根据故障发生前后,数控铣床的变化状态进行分析判断。

2.1.4 按故障的来源分类

数控铣床的故障按故障的来源可分为自身故障与外部故障。由数控铣床自身原因引起的为自身故障,也是最常见的故障。由机床的工作环境引起的故障,如外围干扰、电源电压波动以及操作不当引起的故障均为外部故障。

2.2 数控铣床的故障诊断方法

2.2.1 直观法

直观法是通过形貌、声音、颜色、气味等的变化来诊断故障的方法。它有以下几种方法。

1. 看

用肉眼仔细检查有无熔丝烧断、器件烧坏以及断路等问题,观察机械部分传动轴是否弯曲、晃动等。

2. 听

听数控机床因故障而产生的各种异常声响，如电气部分中的电源变压器、阻抗器和电抗器等，因为铁心松动、锈蚀等原因引起铁片振动的吱吱声；继电器、接触器等因磁回路间隙过大等原因引起的嗡嗡声；机械的摩擦声、振动声和撞击声等。

3. 触摸

触摸温升，人类手指的触觉是很灵敏的，能相当可靠地判断各种异常的温升；轻微振动也可用手感鉴别；肉眼看不清的伤痕和波纹，若用手指去触摸可以很容易感觉出来。另外，CNC 系统的虚焊或接触不良，可通过用绝缘物轻轻敲打可疑部位再配合触摸法来诊断。

4. 嗅

嗅因剧烈摩擦或电气元件绝缘破损短路而产生的烟味、焦糊味等，可较好地判断故障。

2.2.2 资料分析法

资料分析法是通过查阅技术档案资料找规律、查原因，从而判定故障所在的方法。所查阅的资料主要有：

1. 数控系统资料

通过数控系统资料了解数控系统的特点、报警及排除方法；NC、PLC 机床参数设定的含义；数控编程的方法；面板上各键的作用及操作方法；主轴和进给电动机的性能和驱动器的特征等。重点掌握数控系统的结构框图，了解方框中各印制电路板的功能、接口的去向、LED 发光二极管灯的含义等。

2. 电气图样

通过电气图样重点看接触器、继电器及 PLC 的输入/输出部件等电气元件。每个国家的电气符号不同，应了解清楚、注意区别。

3. 机械、液压、气动部分图样

对于数控铣床的机械、液压、气动部分图样，要搞清楚其中各个元件的作用，并在图上一一标出。对机电关系比较密切的部分要重点了解。

4. 外文资料

在可能的条件下, 尽量看进口机床的原版外文资料, 以避免翻译不准确造成的误导。

2.2.3 故障征兆分析法

1. 振动法

由于工业现场测试条件及分析技术所限, 有些故障征兆的提取与分析不易实现, 有些故障征兆反映的故障状态不敏感。相对来讲, 数控铣床的振动是目前公认的机械部分最佳故障征兆提取量, 它对运行状态的反应迅速、真实而且全面, 能很好地反映出大部分数控铣床机械故障的性质与范围, 并有许多先进有效的方法可供选用, 所以振动法是数控铣床故障征兆分析法中最常用的方法。振动法分时域诊断与频域诊断两大类, 而频域诊断又可分为振动频域直接分析法与振动频域二次分析法。

(1) 振动时域分析法 该法将各种故障状态的振动时域信号与正常状态的振动时域信号相比较, 从而识别数控铣床的故障状况。时域分析法主要分时域统计分析法、时域相关分析法、时域同步分析法等。时域统计分析法通过求出振动信号的各种统计参数, 对数控铣床的故障状况进行分析。时域相关分析法主要采用自相关与互相关分析, 对数控铣床的故障状况进行分析。时域同步分析法是一种在混有噪声干扰的数控铣床信号中, 提取周期性分量的有效方法, 也称相干检波法。

(2) 振动频域直接分析法 该法是数控铣床故障诊断上最常用的方法。它把以时间为横坐标的时域信号通过傅里叶变换分解为以频率为横坐标的频域信号, 得出频谱图, 求得关于原时域信号频率成分的幅值和相位信息, 从而得出故障诊断结果。

(3) 振动频域二次分析法 该法通过对频谱图提供的信息进行进一步处理, 以提高故障诊断的准确性。它需要把测得的频谱图传输给微机, 用专用软件进行分析。二次分析法主要有功率谱分析法、倒

频谱分析法、频率细化分析法和小波分析法等。

2. 噪声谱分析法

该法在近声场测量时，引入的干扰较小，其分析结果与振动测量很接近。如数控铣床的齿轮磨损后，由于渐开线齿廓畸变而使齿轮运转噪声声压级明显升高，一般比正常齿轮噪声级差大十几分贝。噪声的频率一般较高，但对应的振动振幅可能并不大。如果振源零部件为运动部件，不易设置传感器，可考虑采用噪声谱分析法。噪声测量具有携带信息丰富、测试方便和非接触的特点，但应设法解决环境噪声的干扰问题。

3. 油液分析法

该法通过监测润滑油液中磨屑的分布情况及润滑油的污染程度，来诊断数控铣床的磨损故障。其具体采用的方法有：

(1) 磁塞检查法 在数控铣床的油路系统中插入磁性探头（磁塞），以搜集油液中的铁磁性磨粒，并定期进行观察以判断数控铣床的磨损状态。

(2) 颗粒计数器法 利用光电技术对油样内的颗粒粒度进行自动计数和分析。

(3) 油样光谱分析法 根据油样中各种金属磨粒，在离子状态下受到激发时所发射的特定波长的光谱，来检测油样中的金属类型和含量，从而对故障进行诊断。

(4) 油样铁谱分析法 它是一种在高梯度强磁场的作用下，将数控铣床摩擦副产生的磨粒从油样中分离出来，按其粒度大小依次排列沉淀到一块透明玻璃基片上，然后用各种手段观察或测量，以获得磨损过程的各种信息，从而分析磨损机理和判断设备磨损状态的一种分析方法。

2.2.4 专家系统法

专家系统一般应包括以下几个部分：知识库、推理机、对话部

分、知识获取部分和解释帮助部分，其中最重要的部分是知识库。建立知识库的方法有很多，目前针对数控铣床较常用的有故障树法。数控铣床的故障现象按其发生部位可分为机械部分、进给驱动部分、CNC 部分和主轴伺服控制部分。每一部分还可根据故障复杂程度，划分为更细的子系统，如 CNC 部分可分为电源控制部分和显示器部分等。每个子系统可用故障树表示其故障。首先分析得出的系统故障事件称为顶事件。顶事件实际上就是一些故障现象，如“手摇脉冲发生器不起作用”、“进给方向同标记相反”等。将导致该项事件发生的直接原因，包括硬件故障、人为因素及环境因素等列出，用适当的逻辑门把它与故障事件连接起来，称为中间事件。逐级展开故障事件发生的原因，即产生这些现象的根源，如触发器损坏、主印制电路板接触不良等，称之为故障节点。依照此方法可建立各子系统的故障树。建立了大量的故障树之后，可将其转换成机器基本数据模型，从而建立数据库。目前常见的专家系统还有基于神经网络的数控铣床故障诊断专家系统，它利用神经网络所具有的高度并行处理、自适应性、容错性等特点，较好地构筑了故障诊断的专家系统。

2.2.5 自诊断法

自诊断法主要用于电气部件及数控系统的故障诊断。它依靠 CNC 系统快速处理数据的能力，对出错部件进行多路、快速的信号采集和处理，然后由诊断程序进行逻辑分析判断，从而判定故障所在。数控铣床的 CNC 系统一般都有故障自诊断系统，可以由各种开关、传感器等，把油位、油压、电流、速度等状态信息，设置成许多报警提示，以诊断故障的部位和地点。自诊断包括启动诊断、在线诊断和离线诊断。

1. 启动诊断

启动诊断主要的诊断内容有 CPU、ROM、RAM、EPROM、I/O 接口单元、CRT/MDI 单元等装置和外设的自诊断。只有等全部启动

诊断项目确认无误后，整个系统才能进入正常运行准备状态。即 CRT 进入正常运行的基本画面。如果启动诊断发现问题，则数控铣床不再转入正常运行，而是在 CRT 上或通过发光二极管等显示报警。

2. 在线诊断

在线诊断是指在数控系统处于正常运行状态时，对数控系统及与其相连的各个进给伺服单元、伺服电动机、主轴伺服单元、主轴电动机及外部设备进行自动诊断检查。在线诊断主要指数控系统内部设置的自诊断功能，有些用户还设计了对加工过程状态的监察与诊断系统。只要系统不停电，在线诊断就一直进行不停止。一旦监视的信号超限，诊断系统就通过显示器或指示灯发出报警信号，同时提供报警号并配以简短的注释显示在屏幕上。自诊断系统功能的强弱是评价一个数控系统性能高低的重要指标。不同的数控系统，其自诊断功能报警编号不尽相同。以数控铣床最常用的 FANUC 系统为例，与程序有关的报警编号为 000 ~ 101；与绝对脉冲编码器有关的报警编号为 3n0 ~ 3n9，其中 n 为控制轴号；伺服报警编号为 400 ~ 4n7；超程报警编号为 5n0 ~ 5n5；PMC 的报警编号为 600 ~ 605；过热报警编号为 700；系统报警编号为 910 ~ 941。

3. 离线诊断

离线诊断是把专用的诊断程序读入 CNC 中运行，从而检查出故障，属高层次诊断。该功能不是数控系统自带的，属附加功能。具体做法是：由诊断计算机向诊断区发送测试码，然后观察被诊断对象的响应情况，并与标准比较，以判断有无故障并进行故障定位。

2.2.6 备板置换法

现代数控系统大都采用模块化设计，将相同功能的印制电路板、模块、集成电路和其他零部件互相交换，观察故障转移情况，是一种快速找出故障的方法，有时若无备板，也可借用同型号系统上的印制

电路板来试验。备板置换前,应检查有关部分电路,以避免由于短路造成好板反被损坏的后果,同时还应检查备板上的选择开关和跨接线是否与原板一致。低压电器的替换应注意电压、电流和其他有关的技术参数,并尽量采用相同规格进行置换。电子元件的置换,如无完全相同的元件,应采用技术参数相近且主要参数最好能超过原来的元件。拆卸时应对各部分做好记录,特别是接线较多的地方,要注意信号的极性,要防止反馈错误引起的人为故障。该法常用于 CNC 功能模块、CRT 模块、存储器模块等。

2.2.7 敲击法

数控系统由各种印制电路板和连接插座组成,每块印制电路板上有很多焊点,任何虚焊或接触不良都能引起故障。用绝缘物轻轻敲打有接触不良疑点的印制电路板、插件或元器件时,若机器出现故障,则故障可能就在敲击的部位。

2.2.8 仪器测量比较法

当系统发生故障后,可通过万用表、示波器等仪器,按照系统电路图及机床电路图,对故障部分的电压、电源、脉冲信号等进行实测,在各电路仪表的测试端子上进行电压值及波形的测试,并把该值与正常值和正常波形进行比较。若无原始记录,也可与对应无故障区的相同印制电路板比较,从而确诊故障。如果电源的输入电压超限,应对电源监控,以排除其他原因;如果发生位置控制环故障,可用示波器检查测量回路的信号状态,或用示波器观察其信号输出是否缺相,有无干扰;甚至可在正常印制电路板上人为制造一些故障,如断开连线或短路、拔出接插件等,看其是否和相同部分产生的故障现象相似,以判断故障原因。在仪器测量比较法中常用的仪器有以下几种:

1. 万用表

最好配指针式和数字式各一个。指针式万用表测量强电电路,判断二极管、晶体管、晶闸管、电解电容等元器件的好坏,测量集成电路引脚的静态电阻值。数字式万用表可用来正确测量电压、电流、电阻值,还可测量晶体管的放大倍数和电容值。它还有一个蜂鸣器挡,可测量电路的通断,判断印制电路的走向。

2. 示波器

最好选用频带宽度为 $10 \sim 100\text{MHz}$ 范围内的双通道示波器,它不仅可以测量电平、脉冲上下沿、脉宽、周期、频率等参数,还可以进行两信号的相位和电平幅度的比较。常用来观察主电源的振荡波形,大电流电源的输出波形,伺服系统的超调、振荡波形;检查 CRT 电路的垂直水平振荡和扫描波形,视放电路的视频信号等。

(1) 示波器的选择

1) 通道数。测试信号内容、目的、要求等不同,需要的示波器通道数也不相同。如果只是观测某一种脉冲信号的波形、参数,可以使用具有单通道的单踪示波器。但如果要同时观测比较两种信号的相位关系、周期和电平幅值,就需要采用双通道的双踪示波器。

2) Y 通道频域和时域响应。这个特征参数在很大程度上决定了脉冲示波器可以观测的最高信号频率(对周期性的连续波形)或脉冲的最小宽度。要不失真地重现脉冲波形,其基本条件之一是 Y 通道必须有足够的宽度。

3) 扫描速度。该指标表征示波器展宽被测波形的能力。示波器的扫描速度越高,表明它能够展宽高频信号波形或窄脉冲的能力越强。当观测频率高于 100MHz 的信号波形时,可考虑选用取样示波器。当观察变化十分缓慢的过程时,最好采用慢扫描超低频示波器。

(2) 示波器的使用

1) 分辨率的调整。选定示波器后,尽量减小光点的直径是提高分辨率的主要途径。荧光屏上光点的粗细与电子密度有关。密度越小,聚焦越差,光点越粗。在使用示波器时,应尽量将亮度调暗一

些,再调节聚焦旋钮,使光点成为一个直径不大于1mm的小圆点,配合调节辅助调焦旋钮,使图像清晰、亮度适宜。

2) 探头的选用。在观测电平幅度和脉冲的相位、频率等参数及波形时,必须根据测试的要求选用探头,这样可以减小示波器输入阻抗对被测电路的影响。

3) 电流夹子的使用。电流夹子和示波器配合使用是扩展脉冲示波器功能的一种方法。当观测某电路脉冲电流时,将粘有磁环绕组的金属夹子张开,夹住欲测电路,并将电流夹子与示波器连接,然后调节示波器,就可在荧光屏上观察到被测电路的脉冲电流波形及其幅度等参数。电流夹子在制作中磁环可能会有一些破损,导致一定的观测误差。因此在使用前应测定其实际误差,并在使用中按其误差值对观测结果予以修正。

4) 避免波形失真。由于示波器的偏转灵敏度有一定的限制,在使用过程中荧光屏上双颤幅度不得大于8cm,以免波形失真。为此,在使用前应将“Y轴衰减”置为最大,然后视显示的波形和观测需要,适当调节衰减挡。如果信号由后插孔直接输入,应在后插孔前加隔离电容。

5) 调节触发挡。在测量信号时,“X选择”置于“内触发”挡,扫描触发信号取Y通道的被测信号。这时应按被测信号的极性,将“触发选择”置于“内+”或“内-”挡。若采用外触发信号,“X选择”应置于“外触发”挡,并将外触发信号由“触发输入端”输入。视外触发信号的正、负极性,将“触发选择”置于“外+”或“外-”挡。当被测信号与电源频率有关时(如测直流电源中含有的纹波电压),可使用“电源触发”。

3. 逻辑测试笔

逻辑测试笔一般采用TTL和CMOS逻辑电平通用型,可以测试电路是处于高电平、低电平还是不高不低的浮空电平;判断脉冲的极性是正脉冲还是负脉冲,输出的脉冲是连续的还是单个的;还可以大

概估计脉冲的占空比和频率范围。

(1) 逻辑测试笔的选择

1) 频带要宽。逻辑测试笔和示波器一样,对测试信号是自动采样检测的。例如有些数控铣床开机时的 Power Good 信号只有一个负脉冲,逻辑测试笔应能予以显示,其指示灯不能不闪烁或闪烁不明显。对于频率较高的脉冲信号,指示灯能够连续闪烁,而不是红白两灯均亮。检查一个逻辑测试笔频带是否较宽,可以预先用它测试一下 CPU 的开机复位信号,此时逻辑笔应有一个非常明显的脉冲信号显示(红灯明显闪烁一下),再测量 4.77MHz 和 14.32MHz 脉冲信息(一般微机上均有上述信号),此时逻辑测试笔的脉冲指示灯应有明显的脉冲显示,并且两脉冲闪烁频率的不同应该用眼睛能够分辨出。

2) 耐压要高。在使用逻辑测试笔时,要借助微机的 +5V 电源和地线(GND)为其提供工作电压。另外,逻辑测试笔一般只测试逻辑电平(0V ~ +5V)信号,而不允许测试 +12V 或 -12V 等非逻辑电平信号。但在实际工作中,有时会因为匆忙或测量时疏忽而将逻辑测试笔与系统电源和 GND 接反,或将其探头接到 +12V 或 -12V 非逻辑信号线上,遇到这种情况,一个耐压高的逻辑测试笔显示灯会异常明亮。这时如果马上关机,逻辑测试笔一般还不会损坏,但若逻辑测试笔耐压不够高,一次误操作就会使其损坏,所以在选择逻辑测试笔时耐压一定要高。

(2) 逻辑测试笔的使用方法

1) 逻辑指针。把指针置于被测点上,就可以检测逻辑电路的信号。

2) 红色指示灯。在检验电平及脉冲极性时,用做高电平及正脉冲指示。

3) 绿色指示灯。在检验电平及脉冲极性时,作为低电平及正脉冲指示。

4) 检验按钮。用于测试被测点是处于高电平、低电平还是假

电平。

5) 复位按钮。按下该按钮时, 不论拨动开关是处于“电平”还是“脉冲”位置, 红、绿指示灯均熄灭。在拨动开关置于“电平”位置时, 记忆电路复位。

6) 拨动开关。当该开关处于“电平”位置时, 检测电平, 此时被测点的电平直接控制指示灯而不经记忆电路; 当该开关处于“脉冲”位置时, 检测脉冲, 此时被测点用记忆电路输出控制指示。除非记忆电路复位, 否则只要有一个脉冲通过, 红灯或绿灯之一就会亮。

4. PLC 编程器

PLC 编程器可对数控系统的 PLC 程序进行编辑和修改, 监视输入和输出状态及定时器、移位寄存器的变化值, 在运行状态下修改定时器和计数器的设置值。带有图形功能的编程器还可以显示 PLC 梯形图。PLC 编程器的操作系统有 S5-DOS 和 S5-DOS/SMATIC、STEP5 编程软件包等。PLC 编程器通过 RS232 接口和 CNC 通信, 进行数据发送和接收。PLC 编程器主要型号有 SIEMENS 公司的 PG685、PG710 和 PG750; OMRON 公司的 GPC01 ~ GPC04, PRO13 ~ PRO27; FANUC 公司的 P-E、P-G 等。

5. 脉冲信号笔

脉冲信号笔可发出单脉冲或连续脉冲信号、正脉冲或负脉冲信号, 它和逻辑测试笔配合使用, 能对数控铣床电路输入和输出的逻辑关系进行测试。

6. 集成电路测试仪

集成电路测试仪又称为 IC 测试仪, 分离线 IC 测试仪和在线 IC 测试仪两种。这两种测试仪都可快速测试数控系统中集成电路的好坏, 但离线 IC 测试仪使用时, 必须把被测元件从数控系统的印制电路板上拆下来进行测试; 而在线 IC 测试仪则能够对焊接在数控印制电路板上的芯片直接进行功能、状态和外特性的测试, 确认其逻辑功

能是否失效。在线 IC 测试仪针对的是每个器件的型号，以及该型号器件应具备的全部逻辑功能，而不管这个器件应用在何种电路中，所以在线 IC 测试仪可以检查各种数控印制电路板而无需图样。

(1) 离线 IC 测试仪 可分为专用离线测试仪和通用离线测试仪两种，其性能介绍如下：

1) 专用离线测试仪。该测试仪分为数字集成电路测试仪、模拟集成电路测试仪以及其他专用的数控芯片测试仪。这种仪器专用功能强，但不具备通用性，主要用于数控系统生产厂家对集成电路元件的检测和筛选。

2) 通用离线测试仪。该仪器可以用来测试数控机床上的通用数字集成电路和模拟集成电路等。它体积小、价格适中，适用于一般用户检修数控机床印制电路板 IC 元件。

(2) 在线 IC 测试仪 可分为普及型和高档型两种，其性能介绍如下：

1) 普及型在线 IC 测试仪。该测试仪由核心机、显示装置、电源和测试夹等组成。这种仪器在设计上考虑了电路板对 IC 元件的影响因素，允许在线直接测试 IC 元件。仪器提供所有测试信号，用户借助测试夹以欠电压和限流的安全方式（即电压、电流可随意调节），对焊接在数控印制电路板上的数字集成电路逐一检查。该种仪器具有多达 24 路的双阈值三状态电平检测电路，能方便地同时观察集成电路各脚的逻辑状态，分析它们之间的逻辑关系，快速查出开路、短路和电平变坏的集成电路的脚，并通过仪器操作面板上的七段数码管直观地读出。普及型测试仪的特点首先是电压范围宽，保护功能强，不易因误操作而损坏；其次是体积小、价格适中。其缺点是操作和显示部件多，而且，由于测试激励属非智能型，一般需要自绘 IC 逻辑卡，操作繁琐。

2) 高档型在线 IC 测试仪。它是由微机控制，用于维修及测试电子线路的专门仪器，主要应用于在线测试和自动分析线路结构功能。

它无需图样,测试系统提供详细的测试资料,测试结果直接由计算机屏幕显示。仪器测试系统由两部分组成,包括完成被测试器件状态驱动和状态采集工作的硬件和完成控制、分析与判断显示测试结果的软件。系统的硬件主要由两部分组成,一部分完成数字集成电路芯片逻辑状态的驱动与采集;另一部分完成电路节点电压电流的驱动与采集。系统的软件部分主要包括测试程序和测试代码库(即所能测试的器件库),其作用是控制硬件采集与驱动电路,分析判断被测器件的好坏;通过对被测器件状态和参数的分析,判断被测器件的类型。

7. 短路追踪仪

短路追踪仪是专门测试印制电路板上或元器件内部短路故障的仪器。它可以快速地查找印制电路板上的任何短路,如多层板短路、总线短路、电源对地短路、芯片内部短路、元器件管脚短路、电解电容内部短路以及非完全短路等故障。该类仪器寻找短路点的方法有三种:微电阻法、微电压测试法和电流流向追踪法。这三种方法可以单独使用,也可以联合使用。

(1) 微电阻法 它相当于灵敏性很高的绝缘电阻表,可以测量阻值低到 $0.1\text{m}\Omega$ 的电阻,因此主要回路的阻值稍有变化,仪器“LCD”显示灯就会显示,并发出声响。在实际测试中,短路点的接触电阻一般都大于相邻连线的电阻,因此可据此判断出短路点。

(2) 微电压测试法 该法用仪器向短路回路输出一个直流电压信号,测量芯片各端对地的电压,而短路点电压一定比其他点电压低,由此可以找出短路点。

(3) 电流流向追踪法 该法利用电磁感应原理,由仪器向因短路而形成的回路发出一个方波信号,用磁棒沿此回路追踪。由于短路电流大,所以当磁棒找到此短路点时,接收到的感应信号值和发生的声频信号都会增大,从而找出短路点。

8. 逻辑分析仪

这是一种专门用于测量和显示多路数字信号的测试仪器,通常分

为 8、16、64 通道，即可同时显示 8 个、16 个或 64 个逻辑方波信号。不同于显示连续波形的通用示波器，逻辑分析仪显示各被测点的逻辑电平、二进制编码或存储器的内容。逻辑分析仪和一般的示波器及其他测试仪器相比具有以下特点：

1) 有足够的输入通道。能同时观测多路数据流信息或控制流信息，并以某种方式捕捉窄脉冲干扰。

2) 有延迟能力。能够捕捉所需观察点前后的波形，具有多种捕捉数字信息的功能。

3) 有记忆能力。能看到偶然的出错信息，并可从记忆的状态中寻找故障源。

4) 有直接而灵活的显示方式。能进行信息的交换，能以二进制、八进制、十六进制或 ASCII 码显示信息，方便程序的修改和调试。

5) 有多种触发方式。可以在很长的数据流中，对观察分析部分的信息做出准确定位，从而捕获对分析有用的信息。对于软件分析，可以利用触发功能跟踪运行中的程序；对于硬件分析，触发功能可以解决检测与显示微机系统中存在的干扰和毛刺。

6) 有限定能力。即对所获得的数据进行鉴别挑选的能力，可以解决对单方向数据传输情况的观察以及多用总线的分析问题。由于限定能力可以删除与分析无关的数据，从而可有效提高逻辑分析仪内存的利用率。

7) 有驱动时域仪的能力。数据流状态值发生的错误，有时来源于时域的某些失常。引起失常的原因往往是毛刺、噪声干扰或时序的差错。逻辑分析仪能对数据错误进行定位，找到窄脉冲出现的时刻，同时输出一个同步信号去触发示波器，从而能在示波器上观察到失常信号的真空波形。逻辑分析仪驱动时域仪的能力，弥补了它在进行电性能分析方面的某些缺陷。

8) 有可靠的毛刺检测能力。由于数字电路的竞争现象、信号间

串扰、外界干扰和通过电源耦合等原因，常常使信号中夹杂着不规则的毛刺，这是引起电路运行出错的重要原因。逻辑分析仪能够通过特殊的毛刺检测技术捕捉并显示毛刺。

9. 特征代码分析仪

特征代码分析仪通过数据压缩技术，对电路节点的串行状态流进行检测，从而诊断数控系统的故障。如同电压表逐点测量电压，示波器逐点检测信号波形，特征代码分析仪把电路各节点的串行数据流压缩成四位十六进制的特征码加以显示，然后与对应的正确特征码进行比较，逐点追踪，找出故障。特征代码分析仪的具体用法如下：

1) 把代码加入系统。把一个已知测试码加入到欲测试的正常微机系统，记录生成的特征代码并建立故障诊断树。

2) 检测。将特征代码分析仪接到被测微机系统的有关电路节点上进行检测。

3) 故障诊断。当测试中发现特征代码与其正常值不一致时，不稳定灯亮，再利用存储的特征代码字典和故障诊断树具体追踪、定位故障。这时，用特征代码分析仪的探针在微机电路上进行迅速检测，直到找出故障特征代码，即可确定故障部位。

10. 存储器测试仪

存储器测试仪适用于各种不同容量和型号的半导体存储器的静态和动态测试。存储器测试仪把事先生成的测试图案和测试程序存入磁盘中，使用时直接与数控系统计算机的存储器相连，并通过操作面板启动，即可对存储器进行测试。测试图案发生器是存储器测试仪的核心设备，用以产生测试图案和标准信息。目前，产生测试图案的方法主要有以下几种：

1) 系统生成。由专门的图案生成系统产生，存入测试仪存储器内，然后输入到被测存储器作为测试码。

2) 测试仪生成。由测试仪随机产生测试图案，并自动控制测试数据的循环。

3) 软件生成。由测试仪软件自动产生测试图案,并控制对存储器进行测试。

测试图案发生器由测试台内的专用小型计算机(或微型计算机)构成。它将产生的测试图案存入自己的存储器内,然后由控制处理器控制循环使用。接口电路包括将输入图案变为输入波形的“波形选择器”,以及为实现输入、输出信息电平转换的驱动器及其连接线路。定时装置用以产生各种输入波形的时序信号脉冲。

11. 激光干涉仪

激光干涉仪主要用于机架、导轨部件的故障诊断,可测定线形位置精度、重复定位精度、角度、直线度、垂直度、平行度和平面度等。激光干涉仪的主要功能如下:

1) 自动螺距误差补偿。该仪器不仅能自动测量机器的位置精度,而且还能通过 RS232 接口使计算机和数控系统实现通信,对误差进行自动补偿。它比通常的手工补偿方法节省了大量时间,同时可最大限度地选择补偿点数,使机床达到最佳精度。

2) 回转坐标分度精度标定。回转坐标分度精度标定可对数控转台在任意角度位置,以任意测量间隔进行全自动测量及补偿,其精度可达 $\pm 1 \text{ rad} \cdot \text{s}$ 。

3) 机床动态测试与评估。利用动态特性测量与评估软件,可用激光干涉仪进行数控机床振动测试与频谱分析、滚珠丝杠的动态特性分析、伺服驱动系统的响应特性分析、导轨的动态特性(如低速爬行等)分析等,从而帮助用户对机器故障源进行分析。

4) 触发脉冲输入/输出功能。利用触发脉冲输入,可实现外部控制激光干涉仪记录数据,从而可实现类似于激光丝杠动态精度检查仪的功能或机床传动链精度检查功能。利用触发脉冲输出,可用激光干涉仪定时或定距发出脉冲,从而实现类似于激光光刻机的功能。

5) 双轴同步校准。在大型数控龙门铣床中,某一轴线的运动由双驱动和双反馈系统控制。激光干涉仪所配的双轴校准软件可在一台

计算机上连接并控制两个接口卡,从双轴上采集的数据同时显示在PC上并根据要求存储起来,然后分别加以分析或进行双轴误差自动补偿。

6) 可选 AB 正交信号输出。AB 正交信号是标准光栅信号,一般激光干涉仪能输出该信号,因而可将该类激光干涉仪作为长度基准用于其他场合,如动态光刻等。

12. 测振仪

测振仪是数控铣床振动检测中最常用、最基本的仪器,它将测振传感器输出的微弱信号放大、变换、积分、检波后,在仪器仪表或显示屏上直接显示被测设备的振动值大小。为了适应现场测试的要求,测振仪一般都做成便携式与笔式。测振仪主要用来测量数控铣床主轴的运行情况、电动机的运行情况,甚至整机的运行情况。可根据所需测定的参数、振动频率和动态范围、传感器的安装条件、机床的轴承形式(滚动轴承或滑动轴承)等因素,分别选用不同类型的传感器。常用的传感器有涡流式位移传感器、磁电式速度传感器和压电加速度传感器。目前,常用的测振仪有美国本特利公司的 TK-81、德国申克公司的 VIBROMETER-20、日本 RI-ON 公司的 VM-63,以及国产的振通测振仪等。对于测振判断的标准,一般情况下在现场最便于使用的是绝对判断标准,它是针对各种典型对象制定的,例如国际通用标准 ISO2372 和 ISO3945。相对判断标准适用于同台设备。当振动值的变化达到 4dB 时,即可认为设备状态已经发生变化。所以,对于低频振动,通常实测值达到原始值的 1.5~2 倍时为注意区,约 4 倍时为异常区;对于高频振动,将原始值的 3 倍定为注意区,约 6 倍时为异常区。实践表明,评价机器状态比较准确可靠的办法是用相对标准。

13. 红外测温仪

红外测温是利用红外辐射原理,将对物体表面温度的测量转换成对其辐射功率的测量,采用红外探测器和相应的光学系统接收被测物不可见的红外辐射能量,并将其变成便于检测的其他能量形式予以显

示和记录。该仪器主要用于检测数控铣床容易发热的部件，如功率模块、导线接点、主轴轴承等。红外测温仪可选用中国昆明物理研究所的 HCW 系列，中国西北光学仪器厂的 HCW-1、HCW-2，深圳江洋光公司的 IR 系列，美国 LAND 公司的 CYCLOPS、SOLD 型等。

14. 百分表

百分表主要用于测量零件相互之间的平行度、轴线与导轨的平行度、导轨的直线度、工作台台面平面度，以及主轴的轴向圆跳动、径向圆跳动和轴向窜动。其中，杠杆百分表主要用于受空间限制的维修场合，如测量内孔跳动、键槽等。使用时应注意使测量运动方向与测头中心垂直，以免产生测量误差。如测量要求较高，则可用千分表及杠杆千分表。

15. 机械比较仪

机械比较仪可分为扭簧比较仪与杠杆齿轮比较仪两种。其中，扭簧比较仪特别适用于精度要求较高的跳动量的测量。

16. 水平仪

水平仪主要用于测量导轨在垂直面内的直线度、工作台台面的平面度，以及零件相互之间的垂直度、平行度等。水平仪按其工作原理可分为水准式水平仪和电子水平仪。水准式水平仪有条式水平仪、框式水平仪和合像水平仪三种结构形式。若要求较高，则可采用光学平直仪，它常用来检查床身导轨在水平面内和垂直面内的直线度、检验用平板的平面度，是当前导轨直线度测量方法中较先进的仪器之一。

17. 经纬仪

经纬仪是机床精度检查和维修中常用的高精度的仪器之一，常用于数控铣床、加工中心的水平转台和万能转台的分度精度的精确测量，通常与平行光管组成光学系统来使用。

18. 转速表

转速表常用于测量伺服电动机的转速，是检查伺服调速系统的重要依据之一，常用的转速表有离心式转速表和数字式转速表。

2.3 数控铣床的维修方法

目前在各种资料上,关于数控铣床故障诊断方法的论述有很多,但系统性地介绍维修方法的资料几乎没有。本书根据故障的特点,总结出以下几种数控铣床主要的维修方法进行分别论述。

2.3.1 参数恢复法

通过恢复参数或改正程序来排除故障,该方法主要针对数控铣床的软件故障。软件故障主要有程序编制错误造成的软件故障和参数设置不正确造成的软件故障两种。编程故障的改正问题不大,而参数的修改一定要慎重,一定要搞清楚参数的含义方可改动,否则顾此失彼,会带来很大的麻烦。数控机床在出厂前,已对所采用的数控系统设置了许多初始参数来配合,适应相配套的每台数控机床,部分参数还要通过调试来确定。在机床交付时,具体的参数应由机床生产厂家交给用户。在数控机床维修时,有时要利用某些参数来调整机床,有些参数要根据机床的运行状态进行必要的修正,故维修人员一定要熟悉机床参数。数控铣床中最常用的 FANUC 系统设定了以下参数:定时器参数、与控制器有关的参数、坐标系参数、进给速度参数、加(减)速参数、控制参数、伺服参数、数据输入/输出参数、CRT/MDI 参数、逻辑参数、程序参数、I/O 接口参数、行程极限参数、螺距误差补偿参数、倾斜角补偿参数、平直度补偿参数、主轴控制参数、刀具偏移参数、固定循环参数、缩放及旋转参数、自动拐角倍率参数、单方向定位参数、用户宏程序参数、跳步信号输入参数、刀偏(补)参数以及维修参数等。用户应将此参数复制两份,一份维修时用,一份存档。根据参数的表示形式,我们可以把数控铣床的参数分为如下三类:

(1) 状态型参数 每项参数的八位二进制数中,每一位数都表示了一种独立的状态或者某种功能的有无。

(2) 比率型参数 该类参数设置的某几位所表示的都是某种参量的比例关系。

(3) 真实值型参数 这类参数直接表示系统某个参数的真实性。

根据参数本身的重要性,可以把参数分为普通级和秘密级两大类。普通级参数在数控系统制造厂家提供的资料上有详细的介绍,用户按资料上的说明弄清含义,能够正确、灵活地运用即可;秘密级参数在数控系统的制造厂家提供的资料上没有说明,只是给设置好了而已。一旦这类参数出了问题,机床并不报警,但机床的功能会产生很大的变化,甚至不能正常工作。这部分参数在机床开箱时要想办法核查并记录下来妥善保管。

2.3.2 换件法

换件法是通过更换零部件来修复故障,主要用于电控部件的维修。换件法分换板维修(更换电路板)与换片维修(更换元件)两种。如有备用印制电路板,换板维修能较快地排除故障,使数控机床在较短的时间内恢复正常生产。但是数控系统的印制电路板价格昂贵,动辄几千元,如无备板,有时还需引进、停机等,损失很大。而实际上损坏的大多是印制电路板上的集成电路芯片或其他元件,更换后即可使印制电路板恢复正常。但更换元件困难也较大,首先是无电路图,其次是印制电路板集成度高、线路复杂,广泛应用片状结构的集成电路,出脚距离很小,测量非常困难,为此在更换元件时要非常注意。

1. 更换元件时的注意事项

1) 取板注意。从系统上取下印制电路板时,应立即记录下对应的位置和连接的电缆号。对于固定安装的印制电路板,取下压接部件和螺钉后要放入专用盒内。

2) 测试时的注意点。印制电路板上大多刷有“阻焊膜”。测试焊点时,刮去焊点的绝缘层,但不能伤及他处。测量电路阻值时先切断电源,每测一次均应以红、黑笔对调测一次,以阻值大者为参考值。

3) 引脚的处理。对新元件的引脚要做好精细处理,焊接时不要用酸性焊油。防止对同一焊盘进行长时间加热。查清印制电路板的电源配置及种类,根据需要,采取局部供电或全部供电。对高压电源或板内有高压发生器时,要适当绝缘,操作要非常谨慎。

2. 元件替代的注意事项

如果在维修中已确实判断出某一元件损坏必须更换,但又无同样的元件,而需用其他相近元件替代时,需注意如下几点:

(1) 电容器的替代 一般来说,电容的介质材料并不重要,可以仅关心其标称容量及耐压。在振荡、定时、带通滤波等电容中,对容量的要求较高,应使用相同容量的电容替代。在其余电路中,对容量的要求不高,可用相近容量的电容替代。电解电容应注意耐压及正负极性。

(2) 电阻器的替代 在数字电路中,除振荡、定时、分压等电路外,对阻值的要求范围往往较宽,多采用金属膜电阻,只要满足额定功率即可。在线性电路中,多用精密电阻,替代时应使用相应精度、阻值的电阻。

(3) 半导体器件的替代 最好采用同一厂家、同一型号的产品,至少应满足下列条件:材料相同,即锗—锗替代、硅—硅替代;极性相同,即 PNP—PNP、NPN—NPN 替代;种类相同,即晶体管—晶体管、场效应管—场效应管替代;主要特性相同,即替代品的最大直流耗散功率、最大允许直流电流、最高耐压和频率特性等都应大于或等于原器件。

(4) 集成电路(集成块)的替代 该类替代分为数字电路替代和模拟电路替代两种。数字集成电路已形成标准化,只要系列、序号相同,可以不考虑制造厂家而直接替代。在 TTL 电路中,当工作电压为 +5V 时,各系列可以互换。但考虑到速度问题,应以高代低。在 CMOS 电路中,互换除考虑到速度外,还应考虑使用的工作电压。CMOS 电路中的 74HCT 系列可直接替代 LS-TTL 电路。对于模拟集成电路,最好用同一厂家、同一型号的元件替代。

2.3.3 修复法

对数控铣床的故障,可用修复法进行恢复性修复、调整,例如行程开关复位,脱焊、断线修复及机械故障修复等。

1. 日常维护性修复

(1) 润滑方面 对导轨润滑油箱,每天应检查油位。润滑泵应定时起动打油,润滑泵故障需立即修复。

(2) 通风方面 数控电气柜散热通风系统的冷却风扇必须每天检查,如果风扇有故障需立即修复,而且每十天左右要对风道过滤网进行清理或清洗。

(3) 电刷方面 直流伺服电动机的电刷一般每三个月检查一次,并用工业酒精对电刷表面进行清洗。

2. 常用修复方法

(1) 金属扣合法 它借助于高强度合金材料扣合连接件(波形键),在扣合键槽内产生塑性变形来完成扣合作用,以使裂纹或断裂部位重新连接成一个整体。该法适合于不易焊补的钢件和不允许有较大变形的铸件,主要用于数控铣床的机架修复中。

(2) 镶补法 该法在零件磨损或断裂处补以加强板或镶装套等,使其恢复功能。对数控铣床中的齿轮损坏或断裂,可先将坏齿轮切割掉,然后在原处用机加工或钳工的方法加工出燕尾槽,并镶配新的齿轮,端面用紧定螺钉或点焊固定。若齿轮损坏较多,可将损坏的齿圈退火后车削下去,再配以新的齿圈,可用键联接或过盈配合。新齿圈可预先加工,也可装配后再加工。对损坏的圆孔、圆锥孔,可采取扩孔镶套的方法,即将损坏的孔镗大后镶入修复套。套与孔可采用过盈配合,所镗孔的尺寸应保证套有足够的刚度。套内径可预先按配合要求加工好,也可镶入孔后再加工。对损坏的螺纹孔,也可采用该法修复,即将损坏的螺纹孔扩大后,镶入螺塞,然后在螺塞上加工出螺纹孔。

(3) 焊接法 该法的适用性广,接合强度高,不受零件尺寸的

限制,灵活性大。该法可分为以下几种:

1) 一般搭焊。用于数控铣床机械连接件的断裂修复。

2) 堆焊。利用焊接的方法在零件表面熔敷一层金属,以使零件表面获得耐磨、耐蚀等性能,或使零件尺寸得到恢复。该法可用于数控铣床轴类零件的修复,例如花键轴键齿磨损的修复。

3) 钎焊。用比焊件熔点低的金属材料作钎料(填充材料),将焊件和钎料共同加热到高于钎料熔点而低于焊件熔点的温度,钎料熔化润湿焊件的钎焊面,并靠毛细作用填充接头缝隙,经钎料与焊件之间的扩散而形成钎焊接头。该法可用于数控铣床导轨面划伤等故障的修复。

4) 锡焊。用于数控铣床电气元件的焊接,该法又可分为:

① 带锡焊接法。先在烙铁刀口上挂上适量的焊锡,然后将烙铁刀口准确接触焊点,时间在3s以内,焊点形成后迅速移走电烙铁。

② 点锡焊接法。焊接时右手握着电烙铁,左手捏着焊锡丝,焊接时两手相互配合、协调一致。

(4) 粘接法 该法利用热熔、溶剂或胶粘剂等粘接方法将材料连接起来,从而完成对断裂件、磨损件等的修复。热熔、溶剂法主要用于塑料,而胶粘剂粘接法可以粘接各种材料,如金属与金属粘接、金属与非金属粘接,以及非金属与非金属粘接等。胶粘剂可分为有机胶粘剂和无机胶粘剂,有机胶粘剂又可分为天然胶粘剂和合成胶粘剂。目前合成胶粘剂约占整个胶粘剂产量的80%。选用胶粘剂应注意以下几个方面内容:

1) 了解粘接件的种类、性质、需要粘接的面积、线胀系数及表面状态等基本情况。

2) 了解胶粘剂的粘度、粘接强度、使用温度、收缩率、线胀系数、耐蚀性和耐老化性等性能。

3) 确定粘接的目的及用途。若目的是连接,则选用粘接强度高的胶粘剂;若目的是密封,则选用密封胶;如需导电,则选用导电胶。

4) 考虑粘接件的受力情况。受力较大的粘接,选用结构胶粘

剂；受力不大的场合，选用通用胶粘剂。长期受力的粘接件，选用热固性胶粘剂，以防蠕变破坏。作用力频率小或静载荷场合，可选用刚性胶粘剂，如环氧胶等；作用力频率高或冲击载荷场合，选用韧性胶粘剂，如酚醛-丁腈胶、改性环氧胶等。受力比较复杂的粘接件，选用由综合强度及性能好的弹性体和热固性树脂组成的胶粘剂，如环氧-丁腈胶等。

5) 要综合分析粘接的工艺性和经济性。

3. 常用修复工具

(1) 电烙铁 它是最常用的焊接工具，焊 IC 芯片用 30W 左右的即可，常采用尖头的长寿命电烙铁头，最好使用恒温式的。电烙铁使用时要注意接地，一旦烙铁漏电可能会击穿多个芯片。

(2) 吸锡器 该工具可将多个引出脚的 IC 芯片从印制电路板上焊下来，目前有手动和电动两种。手动的吸锡器价格便宜，但在一般场合吸锡效果不好，如拆多层印制电路板上芯片的接地和电源引脚时，会因散热快难以吸尽焊锡。电动吸锡器带电热丝和吸气泵，使用时对准焊点，待焊锡熔化后按动（手动或脚踩）吸气泵将锡抽净。

(3) 螺钉旋具 常用的有大、中、小尺寸的一字和十字螺钉旋具各一套。在拆卸某些数控零部件时，需要专用螺钉旋具，如拆 SIEMENS 数控系统的伺服模块时，需头部为六角形的螺钉旋具。

(4) 各种钳类工具 常用的是平头钳、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳等。

(5) 扳手 主要是大小活络扳手、各种尺寸的内六角扳手等。

(6) 各种测量仪表 主要有百分表、千分表、水平仪、光学平直仪、经纬仪、转速表等。

(7) 其他工具 主要有剪刀、镊子、刷子、吹尘器、清洗盘和带鳄鱼钳的连接线等。

数控铣床硬件故障的维修实例及技巧

3.1 机械故障的维修实例及技巧

数控铣床的机械故障主要有主轴故障、滚珠丝杠副故障和导轨故障。

3.1.1 数控铣床主轴故障的维修实例

数控铣床的主轴是影响机床加工精度的主要部件，它的回转精度是影响工件加工精度的重要因素。主轴的功率大小与回转速度影响加工效率。它的自动变速、准停和换刀等影响机床的自动化程度。因此，要求主轴部件具有与本机床工作性能相适应的高回转精度、刚度、抗振性、耐磨性和低的温升。在结构上，必须很好地解决刀具和工件的装夹、轴承的配置、轴承间隙调整和润滑密封等问题。主轴的结构根据数控机床的规格、精度采用不同的主轴轴承。一般中、小规格数控铣床的主轴部件多采用成组高精度滚动轴承。典型数控铣床的主轴结构如图 3-1 所示。主轴部件的主要故障现象有主轴噪声及发热、润滑油泄漏、刀具夹紧机构故障等。下面就几个实例进行分析。

1. 主轴发热

一台 XK5032 型数控铣床，其主轴结构同图 3-1 类似。在使用中出现了主轴故障，主轴箱上端发热，并伴有很响的噪声。经拆卸检查发现，支承轴承由于长期受传动带力的作用已损坏，且有脏物在里面。清洗轴承发现轴承滚道有烧伤变色及磨损痕迹。维修方法为更换轴承，把上述损坏的轴承 6010RS 更换后，故障消失。

2. 主轴滴油

一台 XK5025 数控铣床的主轴在运转时,发生滴油泄漏。经拆卸检查,发现主轴油封损坏,更换油封后,故障消失。

3. 主轴卸刀机构故障

某数控铣床的主轴刀具卸刀机构失灵,刀具不能夹紧。经检查发现波形弹簧压得不够紧,顺时针旋转压紧螺母,使其最大工作载荷达到说明书要求后,故障消除。

4. 主轴变速齿轮挂挡故障

有些数控铣床通过齿轮换挡变速结合变频调速获得宽的调速范围,以适应不同加工的需求。某数控铣床主轴齿轮换挡是通过液压缸活塞带动拨叉来完成的。当收到主轴变速信号时,滑移齿轮不能正确地与相应的齿轮啮合,从而出现了挂不上挡的故障。根据分析,主轴变速齿轮的挂挡是与主轴的定向位置有直接关系的。主轴只有在接受齿轮挂挡信号后准确定向,挂挡方可顺利完成,新的转速指令 S 才能被执行。主轴定向控制如图 3-2 所示。

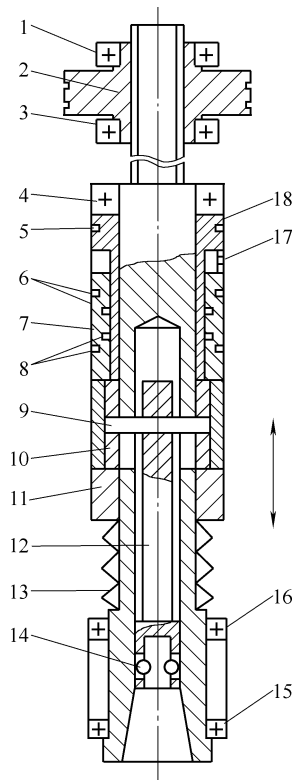


图 3-1 数控铣床的主轴结构示意图

- 1、3、4、15、16—轴承 2—带轮
5、6、8—密封圈 7—活塞 9—圆锥销
10—推力套 11—轴套
12—推力杆 13—波形弹簧
14—钢球 17—进气孔
18—定位套

从主轴停到新的 S 指令执行,全部是由 CNC 系统控制,根据应答信号按顺序完成的。当发出齿轮挂挡指令后,定向液压缸上的撞块由 I 位置到 II 位置,开关 SQ38 释放,主轴停,主轴蠕动开关 SQ37

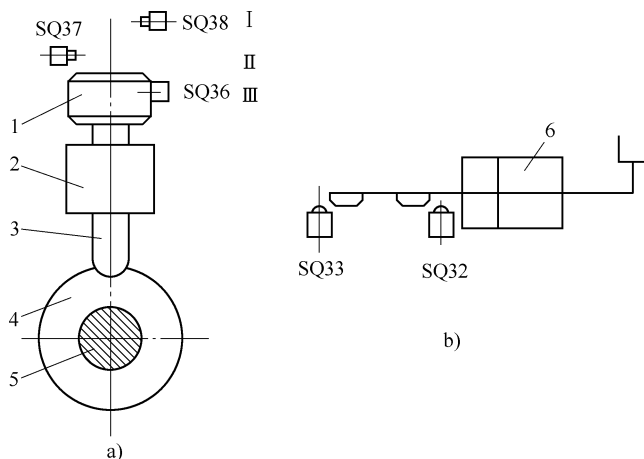


图 3-2 主轴定向控制

a) 主轴定向机构 b) 换挡控制

1—撞块 2—定向液压缸 3—定向活塞 4—定位盘

5—主轴 6—换挡液缸

接通后，主轴开始蠕动直至到位后，撞块由Ⅱ位置到Ⅲ位置，液压缸活塞下端的定向销插入主轴定向机构的缺口内，主轴锁定开关 SQ36 向数控系统发出定向完成的信号，主轴变速齿轮开始挂挡。完成挂挡后，撞块由Ⅲ位置返回至Ⅰ位置，主轴开始执行新的转速。主轴变速的执行机构通过液压系统实现，其变速时序图如图 3-3 所示。

由图 3-3 可知，在收到主轴变速信号 3.5s 后，新的 S 指令才开始执行。从表面上看，故障出现在主轴定向完成后，齿轮变速液压缸的活塞本应经过 1s 后在新的齿轮挡位上，也就是换挡活塞从行程开关 SQ33 脱开到行程开关 SQ32 压上 1s 后，挂挡结束。但是实际上活塞从开关 SQ33 脱开 0.6s 左右就突然停止，活塞距 SQ32 开关尚有 0.4s 左右的移动距离。造成该状况的原因是主轴定向位置与齿轮挂挡位置出现了偏差。因此在定向位置不改变的情况下，会出现变速齿轮相互干涉或顶齿现象，造成挂不上挡的故障。为进一步分析故障原因，有必要对变速齿轮进行传动分析，主轴变速齿轮传动原理如

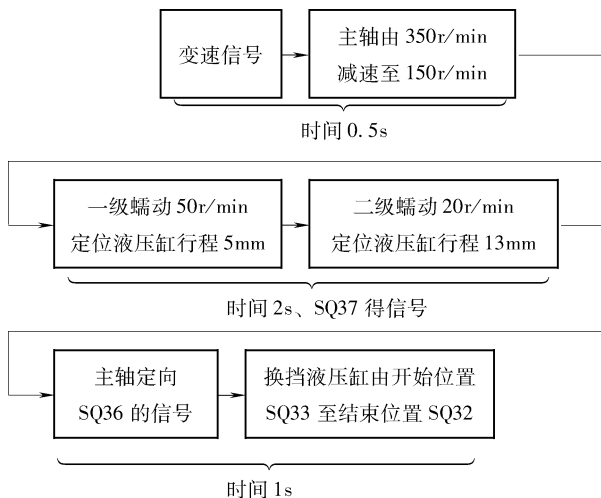


图 3-3 主轴变速时序图

图 3-4 所示。主轴定向后，滑动齿轮在挂挡过程中不会产生空挡位置。当 z_3 或 z_8 脱离 z_4 或 z_7 、由 z_5 或 z_{10} 往 z_6 或 z_9 上挂挡时， z_3 或 z_8 还没有完全脱离 z_4 或 z_7 ， z_5 或 z_{10} 就已经挂上了 z_6 或 z_9 ，这就是齿轮挂挡的“搭桥”现象。挂挡齿轮在主轴定向后的径向角度位置要正确，否则挂挡时就会出现“顶齿”故障。正是由于该铣床的变速齿轮在主轴定向后径向角度出现了位置偏差，因而造成不挂挡。主轴变速系统共有 5 对传动齿轮，其中有 4 对是滑动变速齿轮，组成 4 个挡位的传动速度，其传动比分别为

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} \times \frac{z_7}{z_8} = \frac{33}{66} \times \frac{40}{40} \times \frac{54}{27} = 1$$

$$i_2 = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_5}{z_6} \times \frac{z_7}{z_8} = \frac{33}{66} \times \frac{28}{70} \times \frac{54}{27} = \frac{2}{5}$$

$$i_3 = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} \times \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{33}{66} \times \frac{40}{40} \times \frac{20}{60} = \frac{1}{6}$$

$$i_4 = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_5}{z_6} \times \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{33}{66} \times \frac{28}{70} \times \frac{20}{60} = \frac{1}{15}$$

6. 垂直铣削时表面有明显波纹

出现该故障的主要原因是主轴存在如下问题:

- 1) 主轴轴向窜动过大(公差为 0.02mm)。
- 2) 垂直主轴上端的螺母松动,引起主轴松落,使轴向窜动间隙增大。
- 3) 垂直主轴径向间隙过大(公差为 0.015mm)。
- 4) 垂直主轴下部轴承磨损。

要解决上述问题,有必要先了解一下故障铣床的主轴结构。该主轴的结构如图 3-5 所示,立铣头内运动自轴 V 经一对齿数为 29 的锥齿轮 z_1 和 z_2 传至轴 VI,再经过一对齿数为 55 的齿轮 z_3 和 z_4 带动轴套,靠轴套内孔与主轴 VII 的双键联接带动主轴旋转。轴套与主轴之间用花键联接,主轴可在轴套内作轴向移动。主轴的下半部分安装在主轴套筒内,可随主轴套筒一起作轴向移动。

根据主轴的结构,维修方法如下(参照图 3-5):

1) 解决轴向窜动过大的问题。旋转手柄 15,通过锥齿轮传动螺杆 5,使螺杆 5 与支架 4 脱开。拆卸支架 4,连同主轴套筒 9 一起拆下主轴部件,松开螺钉 3,退出螺母 2,按需要修磨垫圈 10(内外圈),以消除一对角接触球轴承的间隙。调整后,重新装配。如果轴承严重磨损失去精度,则更换轴承。

2) 解决垂直主轴上端螺母松动的问题。拆下主轴部件后,松开螺钉 3,适当旋紧螺母 2,使轴向窜动在 0.02mm 以内,再拧紧螺钉 3,将零件清洗干净后装上主轴部件。

3) 解决垂直主轴径向间隙过大的问题。拆下主轴部件,松开螺母 2,取下半圆垫圈 8,根据需要适当磨薄后再装上,旋紧螺母 2,测量误差在 0.015mm 以内即可,将螺钉 3 顶紧,再装上前盖。

4) 解决垂直主轴下部轴承磨损的问题。按上述要求拆卸部件,调整螺母 2,如果下轴承磨损严重达不到精度要求,则需更换轴承。

7. 主轴的噪声故障

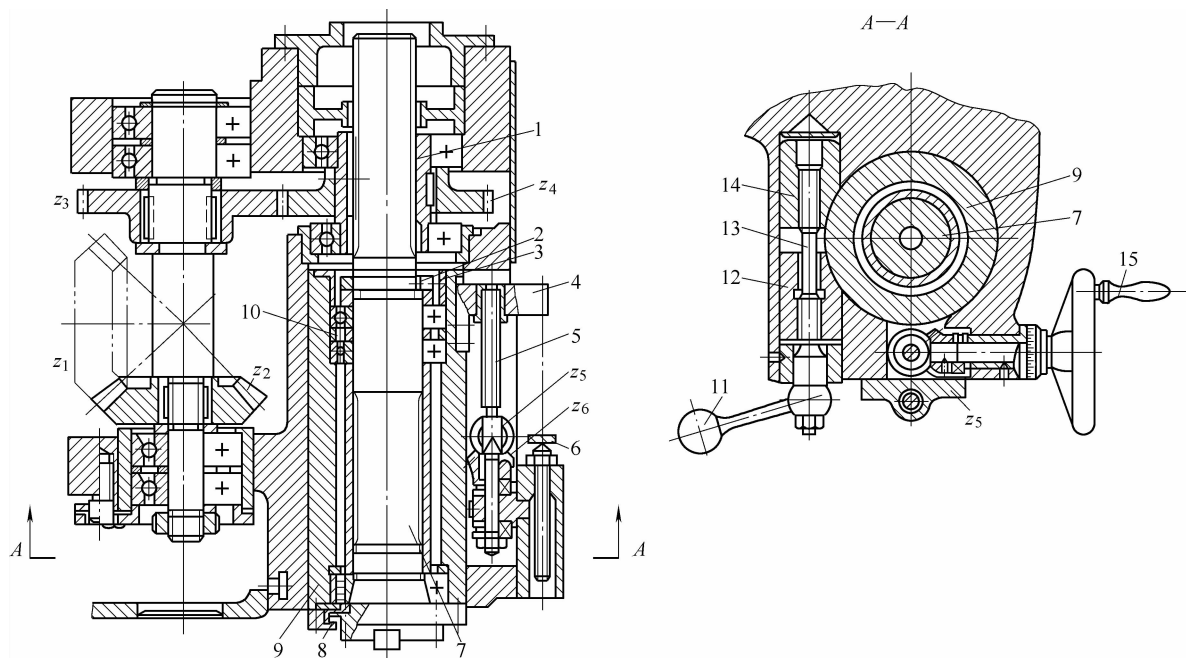


图3-5 XK5032型铣床立铣头结构简图

- 1—轴套 2—螺母 3—螺钉 4—支架 5、13—螺杆 6—定程螺钉 7—主轴
8—半圆垫圈 9—主轴套筒 10—垫圈 11—夹紧手柄
12、14—滑块 15—套筒旋转手柄

在很多数控铣床中,由于主轴的变速系统仍采用若干传动轴、齿轮和轴承,因此在工作中不可避免地要产生振动噪声、摩擦噪声和冲击噪声。而数控铣床主传动系统的变速是在机床不停止工作的状态下,由计算机控制完成的,因此它比普通机床产生的噪声更为连续,更具有代表性。某数控铣床,在初次使用时噪声就较大,并且噪声声源主要来自主传动系统,随着使用时间的增多噪声越来越大,用声级计在主轴 2000r/min 的转速下,测得噪声为 85.2dB。下面对该故障进行详细分析。

(1) 故障检查与分析 机械系统受到外界任何的激振力,该系统就会因对此激振力产生响应而出现振动。这个振动能量在整个系统中传播,当传播到辐射表面,这个能量就转换成压力波经空气再传出去,即声辐射。因此,激发响应、系统内部传递及声辐射的三个步骤就是振动噪声、摩擦噪声和冲击噪声的形成过程。数控铣床的主传动系统在工作时正是由于齿轮、轴承等零部件经过激发响应,并在系统内部传递和辐射出现了噪声,而这些部件又由于出现了异常情况,使激振力加大从而使噪声增大。

1) 齿轮的噪声分析。数控铣床的主传动系统主要是靠齿轮来完成变速和传动的。因此,齿轮的啮合传动是主要噪声源之一。一对齿轮的啮合情况如图 3-6 所示。

图 3-6 中 AC 为啮合区间。齿轮副通过传动至渐近线啮合区 A 点到 B 点时,接合点是沿啮合线移动的,此时各点的相对滑动速度逐渐减小。在 B 点处,相对滑动速度在方向上发生了变化,造成了激振力。如果齿轮的各种误差加大、外界负荷的波动及受其他零部件影响,传动系统会产生共振。若润滑条件不好,也会加剧激振力的产生。在渐远啮合区 B 点到 C 点时,齿面相对速度正比于齿轮的回转速度,并随着齿轮接触点到 B 点距离的增加而增大。由此可知,机床主传动系统中齿轮在运转中产生的噪声主要有下面几种:

① 齿轮在啮合中,使齿与齿之间出现连续冲击而使齿轮在啮合

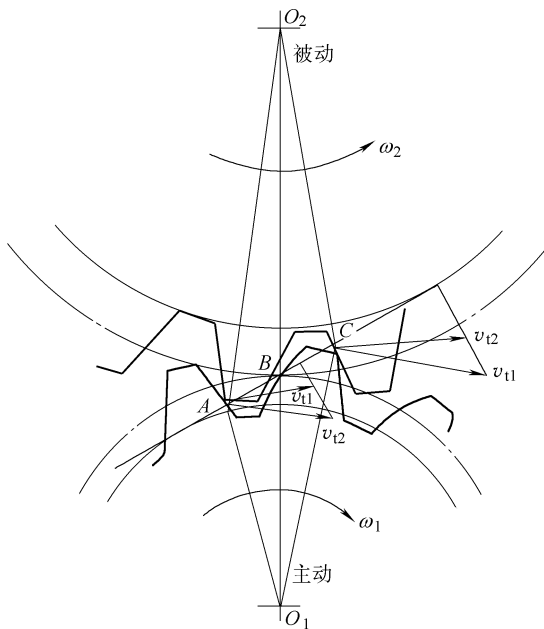


图 3-6 一对齿轮的啮合图

频率下产生受迫振动并带来冲击噪声。

② 因齿轮受到外界激振力的作用而产生齿轮固有频率的瞬态自由振动并带来噪声。

③ 因齿轮与传动轴及轴承的装配出现偏心引起的旋转不平衡惯性力，由此产生了与转速相一致的低频振动。随着轴的旋转，每转一次发出一次共鸣噪声。

④ 因齿与齿之间的摩擦导致齿轮产生的自激振动并带来摩擦噪声。如果齿面凹凸不平，会引起快速周期性的冲击噪声。

该机床出现的齿轮噪声可用图 3-7 表示。从图 3-7 可见，该机床齿轮的噪声级差大体呈周期性分布，声压级的冲击峰值相当明显。

2) 轴承的噪声分析。该故障数控铣床的主轴变速系统共有滚动轴承 38 个，最大的轴承外径为 200mm。轴承与轴颈及支承孔的装

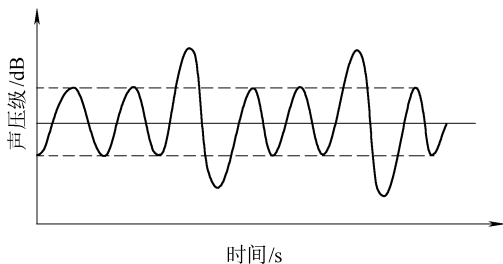


图 3-7 齿轮噪声波形图

配、预紧力、同心度、润滑条件，以及作用在轴承上负荷的大小、径向间隙等都对噪声有很大影响。而且轴承本身的制造偏差，在很大程度上决定了轴承的噪声。滚动轴承最易产生变形的部位就是其内外环。内外环在外部因素和自身精度的影响下，有可能产生摇摆振动、轴向振动、径向振动、轴承环本身的径向振动和轴向弯曲振动。由转动不平衡引起的回转基频为

$$f_r = \frac{n}{60}$$

式中 n ——环的转速 (r/min)；

f_r ——相当于齿轮的转动频率 f_c (Hz)。

与齿轮同理，轴承的转速越高，回转基频就越大，噪声也就随之增大。在该故障数控铣床的主传动系统中，观察到有些轴承的滚动体上或内外环上有碰伤的凹陷点，如果滚动体上或内外环上有一个凹陷点时，每转一转中，凹陷点分别与滚动体或内外环各接触一次，这时引起的噪声频率为 $f_b = 2f_s$ 。轴承滚动体内外环各自的精度如果不高，则将成为影响轴承噪声的主要因素。

$$f_s = \frac{E}{2d} f_r \left[1 - \left(\frac{d}{E} \right)^2 \cos^2 \beta \right]$$

式中 E ——轴承节径 (mm)；

d ——滚动体直径 (mm)；

β ——接触角 ($^\circ$)。

滚动体或轴承的内外环上凹陷点很多,在频谱上表现出这些频率的高次谐波,引起的噪声也就越高。

(2) 故障处理

1) 齿轮的噪声控制。由于齿轮噪声的产生是多因素引起的,其中有些因素是齿轮的设计参数所决定的。针对故障数控铣床出现的主轴运动系统的齿轮噪声的特点,在不改变原设计的基础上,在原有齿轮上进行修理和改进,以减少噪声。

① 齿顶修缘。由于齿形误差和齿距的影响,在轮齿承载产生了弹性变形后,使齿轮啮合时造成瞬时顶撞和冲击。因此,为了减少齿轮在啮合时由于齿顶凹出而造成的啮合冲击,可进行齿顶修缘。齿顶修缘的目的是校正齿的弯曲变形和补偿齿轮误差,从而降低齿轮噪声。修缘量取决于齿距误差和承载后齿轮的弯曲变形量,以及弯曲方向等。修缘时主要针对该机床啮合频率最高的那几对齿轮和这些齿轮在模数为3mm、4mm、5mm时所采取的不同修缘量。在修缘时,一定要注意修缘量的控制,并采取重复试验的方法,以免修缘量过大而破坏有效的工作齿廓,或修缘量过小起不到修缘的作用。齿形修缘时,可根据这几对齿轮的具体情况只修齿顶或只修齿根,只有在单独修齿顶或修齿根达不到良好效果时,齿顶和齿根才共同修。修缘量的径向和轴向值可分配给一个齿轮,也可根据情况分配给两个齿轮。

② 控制齿形误差。齿形误差是由多种因素造成的,观察该故障数控铣床传动系统中的齿轮,发现齿形误差主要是在加工过程中出现的,其次是因长期运行条件不好所致。齿形误差在齿轮啮合时出现的噪声比较常见。一般情况下,齿形误差越大,出现的噪声也就越大。对于中凹齿形,轮齿在一次啮合中受到两次冲击,噪声很大,并且齿形越凹噪声就越大。因此将齿轮轮齿修形,使之适当呈中凸形,以达到降低噪声的目的。

③ 控制啮合齿轮中心距的改变。啮合齿轮实际中心距的变化将引起压力角的改变,如果啮合齿轮的中心距出现周期性变化,那么也

将使压力角发生周期性变化,噪声也会周期性地增大。对啮合中心距的分析表明,当中心距偏大时,噪声影响并不明显;而中心距偏小时,噪声就明显增大。在控制啮合齿轮的中心距时,对齿轮的外径、传动轴的变形、传动轴与齿轮和轴承的配合都应控制在理想状态。这样可尽可能消除由于啮合中心距的改变而出现的噪声。

④ 注意润滑油对控制噪声的作用。润滑油在润滑和冷却的同时,还起一定的阻尼作用,噪声随油量和粘度的增加而变小。若能在齿面上维持一定的油膜厚度,就能防止啮合齿面直接接触,衰减振动能量,从而降低噪声。油膜厚度 h_0 与齿面上油的粘度 η_0 之间的关系为 $h_0 \propto \eta_0^{0.7}$, 所以用粘度大的油对减少噪声有利。该故障数控铣床的主传动系统采用的是飞溅润滑,而飞溅润滑会增加油的扰动噪声。实际上齿轮润滑需油量很少,其主要目的是为了形成压力油膜,以利于润滑。实验证明,齿轮润滑以啮入侧给油最佳。这样,既起到了冷却作用,又在进入啮合区前,在齿面上形成了油膜。如果能控制溅起的油少量进入啮合区,降噪效果更佳。据此,将各个油管重新布置,使润滑油按理想状态溅入每对齿轮,以控制由于润滑不利而产生的噪声。

2) 轴承的噪声控制。

① 控制内外环质量。故障数控铣床的主传动系统中,所有轴承都是内环转动,外环固定。这时内环如出现径向偏摆就会引起旋转时的不平衡,从而出现振动噪声。如果轴承的外环、配合孔几何公差都不好时,外环就会出现径向摆动,这样就破坏了轴承部件的同心度。如果内环与外环端面的侧向出现较大跳动,还会导致轴承内环相对于外环发生歪斜。轴承的精度越高,上述的偏摆量就越小,出现的噪声也就越小。除控制轴承内外环几何形状偏差外,还应控制内外环滚道的波纹度,降低表面粗糙度,严格控制在装配过程中滚道的表面磕伤和划伤,否则不可能降低轴承的振动噪声。经观察发现,滚道的波纹度为密波或疏波时,滚动体在滚动时的接触点显然不同,由此引起的

振动频率相差很大。

② 控制轴承与孔和轴的配合精度。该故障数控铣床的主传动系统中, 轴承与轴和孔的配合, 应保证轴承有必要的径向间隙。径向间隙的最佳数值, 是由内环在轴上和外环在孔中的配合, 以及在运动状态下内环和外环所产生的温差决定的。因此, 轴承中初始间隙的选择对控制轴承的噪声具有重要意义。过大的径向间隙会导致低频部分的噪声增加, 而较小的径向间隙又会引起高频部分的噪声增加。一般间隙控制在 0.01mm 时最佳。外环在孔中的配合形式会影响固体噪声的传播。较紧的配合会提高传声性, 从而使噪声加大。过紧的配合, 会迫使滚道变形, 从而加大轴承滚道的形状误差, 使径向间隙减小, 也导致噪声的增加; 轴承外环过松的配合同样会引起较大噪声。只有松紧适当的配合可使轴颈与孔接触处的油膜对外环振动产生阻尼, 从而降低噪声。另外, 配合部位的几何公差和表面粗糙度, 应符合所选轴承精度等级的要求。如果轴承很紧地安装在加工不准确的轴上, 那么轴的误差就会传递给轴承内环滚道上, 并以较高的波纹度形式表现出来, 噪声也就会随之增大。

3.1.2 数控铣床主轴故障的维修技巧

主轴故障的诊断方法一般采用直观法和振动法。在诊断前应仔细分析其机械结构, 同时还应把各因素综合考虑。在维修技巧方面应注意以下几点:

1. 注意零件的拆装顺序

主轴维修必须打开主轴箱, 拆卸主轴部件。因为数控铣床的主轴结构复杂、零部件较多, 拆下的零部件应按顺序编号, 然后再逐件进行清洗、检测, 更换失效零件。安装复原时, 要遵循拆卸的反顺序。

2. 拆卸用专用拔销器

主轴箱顶盖的拆卸要用拔销器。顶盖上面有两个定位销。定位销上端有拔销用的 M5 螺纹孔, 一般用户没有专用拔销器, 可自制一个

如图 3-8 所示的专用工具，在钢板上钻三个孔，中间一个为 $\phi 6\text{mm}$ 的光孔，两边各有一个 M6 的螺纹孔。拔销时， $\phi 6\text{mm}$ 光孔对准定位销上的 M5 螺纹孔，旋上一个 M5 的螺钉，使螺钉压紧钢板。然后在钢板的两侧螺纹孔中分别旋入 M6 螺钉，均匀下旋把钢板抬起，钢板带动 M5 螺钉，从而把定位销拔出。

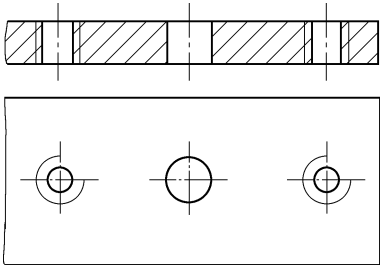


图 3-8 专用拔销器

3. 波形弹簧组装

主轴部件组装时，波形弹簧必须先恢复到拆卸前的压缩状态。这时用拉马压缩可能有困难，可制作专用工具完成压缩。

4. 数控铣床主轴部件常见的故障与排除方法

数控铣床主轴的回转精度直接影响到工件的加工精度。主轴部件发生故障的主要形式是主轴发热、主轴运转时有噪声、主轴振动大或夹不住刀具等。产生以上故障的主要原因有主轴长期工作产生磨损、主轴切削负荷过大、主轴维护与润滑不良。数控铣床主轴部件常见的故障与排除方法见表 3-1。

表 3-1 数控铣床主轴部件常见的故障与排除方法

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	主 轴 旋 转 时 发 热	主轴轴承预紧力过大	重新调整预紧力大小
		轴承磨损或损坏	更换新轴承
		润滑脂过少或润滑脂变脏	更换润滑脂
2	主 轴 工 作 时 噪 声 大	轴承损坏或齿轮磨损	更换新轴承或齿轮
		主轴组件动平衡不良	重做主轴组件动平衡
		传动带松弛或磨损	调整或更换传动带
3	主 轴 强 力 切 削 时 停 转	传动带过松	张紧传动带
		传动带使用过久失效	更换传动带

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
4	刀具不能夹紧	碟形弹簧位移量太小	调整碟形弹簧行程长度
		弹簧夹头损坏	更换新弹簧夹头
		碟形弹簧失效	更换碟形弹簧
5	刀具夹紧后不能松开	打刀缸压力或行程不够	调整打刀缸压力或行程开关位置
		碟形弹簧压合过紧	调整碟形弹簧压紧螺母, 减小压合量
6	主轴定向不准	主轴定向磁铁位置松动	重新紧定或调整主轴定向磁铁位置

3.1.3 数控铣床滚珠丝杠副故障的维修实例

在数控铣床中, 滚珠丝杠是进给传动的主要部件, 它可将伺服电动机的旋转运动转变为直线运动, 用较小的转矩可以获得很大的推力。滚珠丝杠副的基本结构如图 3-9 所示。滚珠丝杠副的主要故障现象有噪声、运动不灵活及润滑不良等。

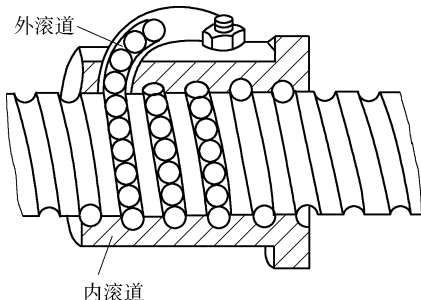


图 3-9 滚珠丝杠副的基本结构

1. 滚珠丝杠副的噪声故障

某数控铣床的滚珠丝杠在工作时噪声很大, 拆卸检查后发现, 丝杠支承轴承跑内圈, 同时有两个滚珠破损, 更换轴承后故障消除。滚珠丝杠副噪声大的故障原因及排除方法有以下几种:

- 1) 丝杠支承轴承的压盖压合情况不良。排除方法为调整轴承压盖, 使其压紧轴承端面。
- 2) 丝杠支承轴承可能破损。排除方法为更换破损轴承。
- 3) 电动机与丝杠联轴器松动。排除方法为拧紧联轴器锁紧

螺钉。

4) 丝杠润滑不良。排除方法为改善润滑条件,使润滑油量充足。

5) 滚珠丝杠副滚珠有破损。排除方法为更换新滚珠。

2. 滚珠丝杠转动不灵活故障

某数控铣床的滚珠丝杠转动不灵活,工作时有爬行现象。经检查发现丝杠螺母轴线与导轨不平行。调节螺母的支座位置使之平行,则故障排除。滚珠丝杠转动不灵活的故障原因及排除方法有以下几种:

1) 轴向预加载荷太大。排除方法为调整轴向间隙和预加载荷。

2) 丝杠与导轨不平行。排除方法为调整丝杠支座位置,使丝杠与导轨平行。

3) 螺母轴线与导轨不平行。排除方法为调整螺母座的位置,使螺母轴线与导轨平行。

4) 丝杠弯曲变形。排除方法为校直丝杠。

3. 滚珠丝杠引起的工作台故障

某数控铣床,以自动或手动方式运行时,发现工作台 Y 轴方向位移过程中产生明显的机械抖动故障,故障发生时系统不报警,故障分析如下:

1) 因故障发生时系统不报警,同时观察 CRT 显示出来的 Y 轴位移脉冲数字量的变化速率均匀,故可排除系统软件参数与硬件控制电路的故障影响。

2) 因故障发生在 Y 轴方向,故可采用交换法判断故障部位,即利用数据伺服系统中那些电路参数及功能基本相同的控制 PCB (印制电路板)、功能模块、集成电路芯片、功率驱动板、电动机或其他零部件,按诊断维修要求,进行有序的相互交换、对比等方法,观察与测量数控机床工作台轴向运行情况的变化,尤其是故障的轴向转移变化情况,从而达到快速分析、判断与确定故障部位的方法。经交换法检查判断,故障部位在 Y 轴直流伺服电动机与丝杠传动链路一侧。

3) 为区分机电故障,可拆开电动机与滚珠丝杠间的挠性联轴器,单独对电动机进行通电检查判断,这种通电检查要在手动方式下进行。检查结果表明,电动机运转时无振动现象,显然故障部位在机械传动链路内。

4) 脱开挠性联轴器后,可采用扳手转动滚珠丝杠进行手感检查。通过手感检查,可感觉到这种抖动故障的存在,且丝杠的全行程范围均有这种异常现象,故怀疑滚珠丝杠副及有关支承有问题。

5) 将滚珠丝杠拆开检查,发现丝杠 + Y 方向的平面轴承(8208)有问题,在其轨道表面上呈现明显的压印痕迹。将损伤的轴承更换后,故障排除。

故障分析认为:Y轴方向上平面轴承出现的压印痕迹,只有在受到丝杠的轴向冲击力时才有可能产生,对拆卸结果进行分析,故障只有在 + Y 轴方向发生超程时才可能产生。为防止上述故障再次发生,须仔细检查 + Y 轴方向上的减速、限位行程开关是否存在机械松动或电气失灵故障。

另有一例,某数控铣床在手动方式运行时,发现工作台 Y 轴方向运行时也存在明显的振动现象,同样 CRT 没有报警信号显示。因故障发生时,虽然 CRT 没有报警信号显示,但伺服轴向故障明显,故可采用交换法判断故障部位(同上例)。经检查,不难确定故障部位在 Y 轴伺服电动机与该轴向的机械传动链路内。为区分机、电故障,按上例的方法,拆开 Y 轴电动机与滚珠丝杠间的挠性联轴器,单独通电试电动机。经检查,伺服速度控制单元及 Y 轴伺服电动机正常,显然振动的根源在机械传动链路一侧。Y 轴的机械传动链路内只有滚珠丝杠螺母副及其支承,故将工作台拆下,按滚珠丝杠副的修理工艺仔细检查,发现滚珠丝杠螺母中两滚道内的钢球直径不一致。估计维修人员在丝杠副的保养过程中,不慎将两螺母中的滚珠弄乱,以致螺母在丝杠副上转动不畅,时有卡死现象,故而引起振动。故障处理方法为参照滚珠丝杠副的修理工艺,将滚珠逐粒测量选配后再重

新装配,调整预加载荷即可消除故障。

3.1.4 数控铣床滚珠丝杠副故障的维修技巧

该类故障的诊断采用直观法与振动法结合。

1. 轴向间隙的消除

滚珠丝杠副拆装后,为保证反向传动精度和轴向刚度,必须消除轴向间隙。双螺母滚珠丝杠副消除间隙的方法为,利用两个螺母的相对轴向位移,使两个滚珠螺母中的滚珠分别贴紧在螺纹滚道的两个相反的侧面上。用这种方法预紧消除轴向间隙时,应注意预紧力不宜过大,否则会使空载力矩增加,从而降低传动效率。

2. 丝杠轴向压力的计算

在进行铣削加工时,必须考虑丝杠工作时的轴向压力。铣削插补平面时的内合力 F_r 为

$$F_r = (F_H^2 + F_V^2)^{1/2}$$

式中 F_H ——切削时的纵向分力 (N);

F_V ——切削时的垂直分力 (N)。

铣削一周的平均铣削力一般取为 $2F_r/3$, 此时轴向压力为

$$F = 2\beta F_r/3 + \mu(mg + F_0)$$

式中 μ ——导轨的当量摩擦因数;

m ——移动部件的质量 (kg);

F_0 ——横向分力 (N);

β ——考虑颠覆力矩的影响系数,一般取 $\beta = 1.1$ 。

3. 支承轴承的定期检查

应定期检查丝杠支承与床身的连接是否松动,支承轴承是否损坏。如有问题应及时紧固松动部位并更换支承轴承。

4. 注意滚珠丝杠副的润滑

滚珠丝杠副可用润滑脂和润滑油润滑。润滑脂一般加在螺纹滚道和安装螺母的壳体空间内,而润滑油则经过壳体上的油孔注入螺母的

空间内。应每半年对滚珠丝杠上的润滑脂更换一次，清洗丝杠上的旧润滑脂，涂上新的润滑脂。用润滑油润滑的滚珠丝杠副，可在每次机床工作前加油一次。

5. 注意滚珠丝杠副的防护

应避免灰尘或切屑、污物等进入滚珠丝杠副。如果滚珠丝杠副在机床上外露，应采用防护罩封闭，如采用螺旋弹簧钢带套管、伸缩套管或折叠式套管等。安装时，将防护罩的一端连接在滚珠螺母的端面，另一端固定在滚珠丝杠的支承座上。如果滚珠丝杠处于隐蔽的位置，则可采用密封圈防护，将密封圈装在螺母的两端。接触式密封圈防尘效果好，但因有接触压力，使摩擦力矩略有增加。非接触密封可避免摩擦力矩，但防尘效果稍差。工作时要避免碰击防护装置，防护装置有损坏要及时更换。

6. 滚珠丝杠螺母副常见的故障与排除方法（见表3-2）

表 3-2 滚珠丝杠螺母副常见的故障与排除方法

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	滚珠丝杠螺母副运转时有噪声	滚珠丝杠支承轴承磨损	更换新轴承
		滚珠丝杠和伺服电动机连接松动	拧紧联轴器锁紧螺钉
		滚珠丝杠润滑不良	改善润滑条件
		滚珠丝杠滚珠有磨损	更换滚珠丝杠
2	滚珠丝杠螺母副螺距误差过大或反向间隙过大	滚珠丝杠螺母副磨损	更换滚珠丝杠和进行螺距误差补偿
3	滚珠丝杠转动不灵活	轴向预加载荷太大	调整轴向预加载荷

3.1.5 数控铣床导轨故障的维修实例

在数控铣床中，导轨副是重要的执行部件，主要有滚动导轨、贴塑导轨、静压导轨等。导轨副的主要故障现象有导轨上移动部件运动

不良或不能运动、导轨研伤等。

1. 导轨不能运动

某数控铣床的工作台在 X 、 Y 向不能移动。经检查后发现，导轨面有明显刮痕，同时发现导轨镶条与导轨之间几乎没有间隙。维修方法为，先用 180[#] 砂布修磨有刮痕的导轨，再松开镶条止退螺钉，调整镶条与导轨间隙，但最大间隙不能超过 0.03mm（可用塞尺检查），最后锁紧止退螺钉。

2. 导轨工作台抖动

某数控铣床的导轨工作台在手动方式运行时，发现工作台在 Y 轴方向存在着明显的抖动现象，而 CRT 没有报警。经拆卸发现，滚珠丝杠两滚道的滚珠直径不一致，将滚珠丝杠滚珠逐粒测量、选配后，故障消除。

3. 导轨研伤故障

该故障也是导轨的常见故障。其故障原因与排除方法有以下几种：

1) 机床经长期使用，地基与床身水平度有变化，使导轨局部单位面积负荷过大。排除方法为定期进行床身导轨的水平度调整，或修复导轨精度。

2) 长期加工短工件或承受过分集中的负荷，使导轨局部磨损严重。排除方法为注意合理分布短工件的安装位置，避免负荷过分集中。

3) 导轨润滑不良。排除方法为调整导轨润滑油量，保证润滑油压力。

4) 导轨材质不佳。排除方法为采用电加热自然冷却淬火对导轨进行处理，或导轨上增加锌铝铜合金板，以改善摩擦情况。

5) 刮研质量不符合要求。排除方法为提高刮研质量，或用 180[#] 砂布修磨导轨面上的研伤。

6) 机床维护不良，导轨里落入脏物。排除方法为加强机床保

养,保护好导轨防护装置。

4. 加工面在接刀处不平

出现该故障的主要原因为导轨有如下问题:

1) 导轨直线度超差。解决办法:调整或修刮导轨,使其直线度误差在 $0.015\text{mm}/500\text{mm}$ 以内。

2) 导轨与工作台塞铁松动或塞铁弯度太大。解决办法:调整塞铁间隙或使塞铁弯度在自然状态下小于 $0.05\text{mm}/\text{全长}$ 。

3) 机床水平度差,使导轨发生弯曲。解决办法:调整机床安装水平度,保证平行度,垂直度在 $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$ 之内。

3.1.6 数控铣床导轨故障的维修技巧

导轨故障的发生除导轨本身的原因外,还同滚珠丝杠、机床地基及主轴伺服电动机有关。

1. 注意导轨的润滑

数控铣床的导轨大都采用润滑泵,以压力强制润滑,这样不但可连续或间隙供油给导轨进行润滑,而且还可以利用油的流动冲洗和冷却导轨表面。导轨的润滑系统如图 3-10 所示。在润滑时,要注意严格按照说明书要求选择润滑油,一般宜采用粘度变化小、有良好润滑性能和足够油膜刚度的精密机床导轨油。

2. 注意间隙调整

导轨的间隙一般采用镶条调整。图 3-11 为镶条调整间隙示意图。图 3-11a 所示为一种全长范围内厚度相等、横截面为平行四边形(用于燕尾形导轨)或矩形的平镶条,通过侧面的螺钉调节和螺母锁紧,以横向位移来调整间隙。因收紧力不匀,故在螺钉的着力点有挠曲现象。图 3-11b 为一种全长范围内厚度变化的斜镶条及三种用于该类镶条的调节螺钉。导轨间隙以斜镶条的纵向位移来调整。斜镶条在全长上支承,其斜度一般为 $1:40$,由于楔形增压作用明显,故调整时要小心,一般调到摇动工作台时使手感受到受力均匀而又无爬行现象

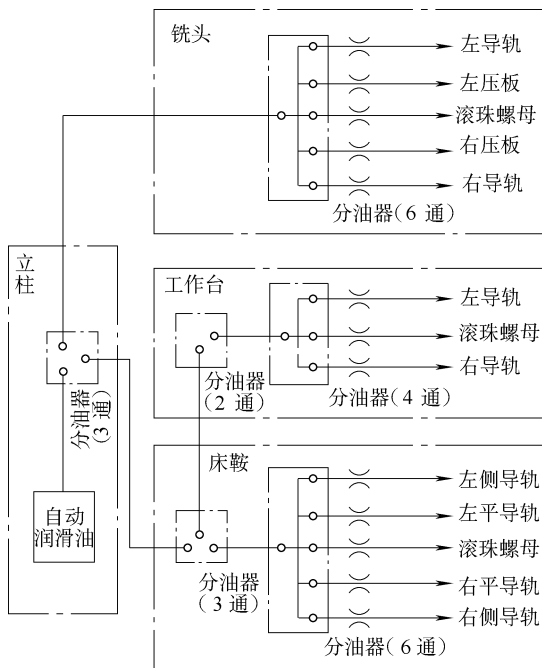


图 3-10 数控铣床导轨的润滑系统

为止。

3. 注意滚动导轨的预紧

数控铣床上有时采用滚动导轨。预紧可提高滚动导轨的接触刚度并消除间隙。常见的预紧方法有以下两种：

1) 过盈配合法。预加载荷大于外载荷，预紧力产生的过盈量一般为 $2 \sim 3 \mu\text{m}$ ，过大会使牵引力增加。若运动部件较重，其重力可起预加载荷作用；若刚度满足要求，可不施加预加载荷。

2) 调整法。利用螺钉、斜块或偏心轮的调整来进行预紧。

4. 注意导轨的可靠防护

为防止切屑、磨粒或切削液散落在导轨面上而引起磨损、擦伤和锈蚀，导轨面上应有可靠的防护装置。常用的有刮板式、卷帘式和叠

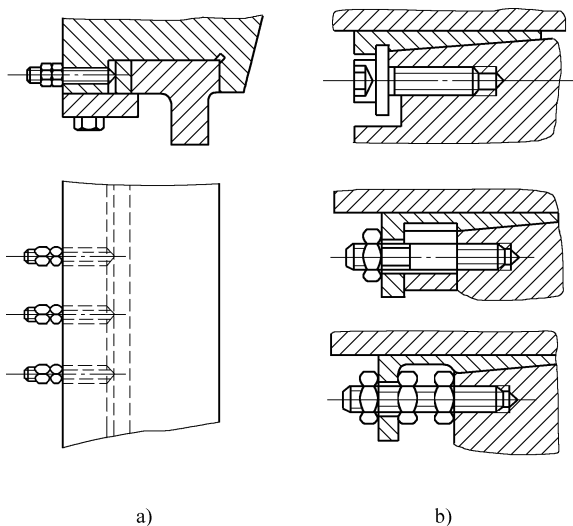


图 3-11 镶条调整间隙示意图

a) 等厚度镶条 b) 斜镶条

层式防护罩，它们大多用于长导轨上。在数控铣床使用过程中应防止损坏防护罩，对叠层式防护罩应经常用刷子蘸润滑油清理移动接缝，以避免碰壳现象的产生。

3.1.7 数控铣床的气动故障

有些数控铣床采用气动换刀与夹紧。气动系统一般由气源、减压阀、油雾器和气动换向阀组成。气动系统的主要故障一般是没有完成要求的动作或漏气。产生这些故障的主要原因是气动元件的密封圈老化，气管老化爆裂，气路中积水没有及时排除，或是空气过滤装置堵塞造成压力下降。另外，PMC 控制回路的继电器故障也会造成气动系统产生一定的故障。数控铣床气动系统的常见故障与排除方法见表 3-3。

表 3-3 数控铣床气动系统的常见故障与排除方法

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	气缸不能动作	气缸工作压力没有达到规定值	调整气缸工作压力到要求值
		气缸负载比预定数值大	减少气缸工作负载
2	气缸工作速度达不到要求	气缸活塞动作阻力大	检查气缸是否有划伤或变形
		活塞密封件损坏	更换活塞密封件
			活塞缸联接处螺母松动
		缸盖密封件损坏	更换缸盖密封件
3	气缸损坏	缸体内混入异物，拉出伤痕	更换气缸
4	减压阀调整失灵	调压弹簧失效，阀芯卡住	更换调压弹簧
5	调压时升压缓慢	分水滤气器堵塞	更换分水滤气器滤芯
6	输出压力调不高	调压弹簧断裂	更换调压弹簧

3.1.8 数控铣床的正确装调

数控铣床的正确装调对保证其机械精度有很大的关系。数控铣床是机电一体化产品，从制造厂发货给用户，都是整机装运，不需解体包装。用户收到机床后，需注意以下几个方面：

1. 开箱

开箱前，检查包装箱外观是否完好，是否有明显的修补，目的是要检查机床在运输过程中是否有碰撞和严重振动。开箱后，首先根据包装标志找到随机技术文件，按技术文件中的装箱清单清点附件、工具、备件等。如箱内实物与装箱单不符，应及时与制造厂联系。观察机床油箱是否有机油流出，床身表面是否有碰撞痕迹。检查确认没有问题后在送货单上签字。

2. 吊运

按照说明书中的吊装图，在适当的位置垫上木块或厚布，防止钢丝绳碰伤涂料和加工面。在吊运过程中，应尽量降低机床的重心。

3. 安装与调试

1) 将铣床床身与包装底座间的连接螺钉旋开, 把吊车的钢绳挂在铣床的吊装环上, 将机床吊离包装底座, 并移向机床的就位位置。

2) 将可调地脚对准铣床地脚孔, 缓慢落下, 并将可调螺钉调到最小。

3) 将铣床初步放平。

4) 检查每个地脚螺栓的松紧情况, 将松地脚螺栓旋紧。

5) 将机床周围清理干净。

6) 将三相 380V 电源接到机床电器控制框里, 但不要给机床送电。

7) 准备安装用具, 一般需 20L 润滑油、60L 切削液及 2L 煤油、杠杆百分表、千分表、表架及磁力表座、水平仪、300mm 标准验棒、试切刀具、夹具、试切材料等。

8) 用棉布蘸煤油将数控铣床的工作台、主轴、导轨面及防护板面的防锈油彻底擦干净。

9) 机床床身水平的调试。

① 粗调。把精度为 $0.02:1000\text{mm}$ 的框式水平仪放在工作台上, 长边与 X 轴平行, 观察气泡的位置, 调整机床可调地脚的螺钉, 使气泡处于刻度的中间, X 轴调好后将水平仪长边与 Y 轴平行, 用同样的方法调整工作台 Y 方向的水平。此时的调整误差要控制在框式水平仪的 3 小格内。

② 精调。检查每个地脚螺栓是否都已着力, 如有松动的要使其着力。在重复粗调的过程中进行精调。再需注意的是地脚螺栓着力要尽量均匀, 并控制框式水平仪的调整误差在 1 小格以内。

10) 机床注润滑油及切削液。在数控铣床自动润滑系统油箱注入润滑油, 向切削液箱内注入切削液, 并将切削液管及水泵电源与机床可靠连接。

11) 机床通电并调整正反相。机床通电前要检查接电位置是否

正确可靠,接地是否良好,如没有问题方可送电。

① 打开机床总电源,给数控系统送电,过几分钟再操作机床,使润滑系统充分工作。

② 将主轴低速旋转,检查主轴电动机的正反相,如反相及时调整。

③ 检查手轮的正反相。

④ 检查水泵电动机的正反相。

12) 检查操作面板各按键是否完好灵敏,数据传输接口是否完好。

13) 调试计算机与机床之间的数据传输功能。可使用 PCIN 等软件来进行数据的在线传输,使用前注意机床与计算机之间的波特率要相同,使用的 COM 接口要和软件设置的相同。

14) 检查机床的回零点及超行程限位。检查回零点和限位的目的是确定数控铣床在出厂时各轴限位块是否准确和牢固,行程开关是否灵敏,各轴的行程是否能达到技术要求。

15) 移动各轴并变换速度,检查各轴移动时的噪声是否正常。

4. 验收

数控铣床的验收主要根据国家标准和行业标准进行。出厂前已在制造厂内按 JB/T 8329—2008《数控床身铣床 技术条件》及 GB/T 20958.2—2007《数控床身铣床检验条件 精度检验》检验合格,由质检部门签发产品合格证书,用户可按照合格证书中的项目,根据本单位实际具备的检测手段,抽检或全部复检各项精度,如有不合格项目,可向制造厂提出交涉。如果复检数据符合出厂合格证书的要求,则可记录入设备档案,供以后维修时参考。复检前机床要进行主轴试车运转,主要检查主轴的温升。主轴转速为 2000r/min,运转 30min 左右,温度应没有明显改变。在主轴运转停机后可复检以下精度:

(1) 几何精度

1) 主轴锥孔的径向圆跳动。在主轴根部及距主轴根部 300mm 处

分别检测主轴的跳动量。

2) 主轴旋转轴线对工作台面的垂直度,测量距离 300mm。在铣床的横向(Y轴方向)垂直平面内及纵向(X轴方向)垂直平面内分别测量。

3) 主轴箱垂向移动的直线度,测量长度为 300mm。将千分表表架吸在主轴箱上,表头触在工作台已装好的测量直角板上,上下移动主轴,分别测出 Y 轴和 X 轴两个方向的值。

4) 工作台面对工作台移动的平行度。在任意 300mm 长度上测量。

(2) 位置精度

1) 直线运动轴线的定位精度。在任意 300mm 测量范围内,分别检测 X、Y、Z 三个轴。

2) 直线运动轴线的重复定位精度。

(3) 工作精度

1) 使用直径为 80mm 的面铣刀铣削平面尺寸为 100mm × 200mm 的 45 钢板,分两刀加工,铣完后测量已加工表面的直线度。

2) 以上次加工的表面为基准加工方板的四周,检测四周与基准面及相邻两边的垂直度。

3) 检验 X、Y 方向的孔距,对角线方向的孔距。

4) 圆度检验。

3.2 电控故障的维修实例及技巧

数控铣床电控部分的故障主要有数控系统故障、电源故障及伺服系统故障。

3.2.1 数控系统故障的维修实例

数控系统是数控铣床的关键部件,它的硬件包括中央处理器(CPU)、总线(BUS)、存储器(RAM、EPROM)、输入/输出接口

(I/O)、手动输入/显示器 (MDI/CRT)、位置控制单元与速度控制单元以及可编程序控制器 (PLC) 等。数控系统都有很完善的自诊断能力, 其故障种类繁多, 下面分析一下具体实例。

1. 回零不正确

某数控铣床回零不正确, 回零点有偏移。为解决这个问题, 有必要分析一下数控铣床的回零原理。图 3-12 为数控铣床的回零操作过程。当操作者选用了回零模式, 然后选择了回零的轴, 按下正向运动键后, 轴就以较高的速率 (一般 2000mm/min 左右) 向参考点限位模块移动, 当限位开关常闭触点因滚轮碰到撞块斜面而脱开的一瞬间 (t_1), 低脉冲使该轴减速至参数规定的 FL 低速率 (一般在 200mm/min 左右) 继续向前运动。当滚轮从撞块的另一斜面滑下时, 脱开的常闭触头在某瞬间 (t_2) 又闭合, 这个正脉冲被数控系统收到后命令驱动暂停, 轴制动, 然后减速, 仍以 FL 速率向前运动到最近的一个栅格点位置时停止运动 (t_3), 这个栅格点位置就是零点。同时数控系统输出“零点到达”信号, 指示灯亮, 屏幕上显示机械的坐标值为零。所谓栅格点, 是在使用闭环系统、采用感应同步器的情况下,

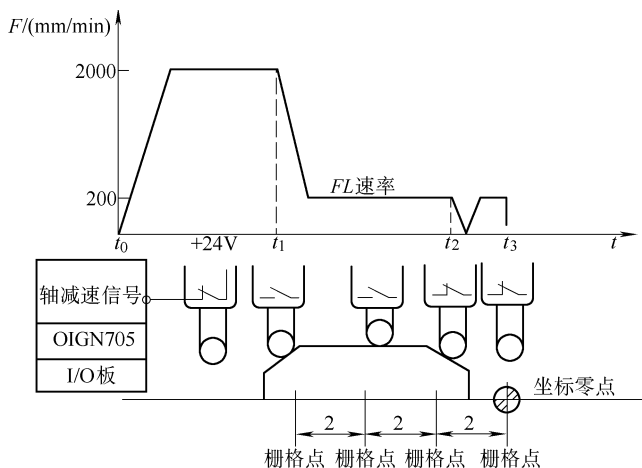


图 3-12 数控铣床的回零操作过程

感应同步器周期的零点，其周期一般为 2mm。在使用半闭环系统、采用旋转变压器的情况下，是每转 2000 个脉冲的零点脉冲。分析了上述回零过程，我们就可以对回零撞块、限位开关等进行仔细的检查。经检查发现由于撞块的右边斜面粘了一片切屑，因此限位开关的滚轮只能平移一段距离后再闭合，这样建立的零点栅格点也有所移动，从而造成回零点偏差。

还有一个故障，某轴回零操作后一直正向运动，没有减速过程，直至运动到压上限位开关，产生超限位报警。最后经检查是零点开关的电源线断了，使 PLC 得不到零点的变化信号而没有产生减速信号。对零点开关重新接线后故障排除。

2. 数控系统无显示

某数控铣床，开机后数控系统电源指示灯不亮，且数控系统显示器无显示。该类故障涉及面较广，在排除故障前，必须要对数控系统的硬件结构非常熟悉。在数控铣床中最常用的系统是日本 FANUC 系统和德国 SIEMENS 公司的 SINUMERIK 系统。这两个系统可靠性好、操作简便，在我国数控系统市场上的占有率分居前两名。FANUC 系统的数控单元结构示意图如图 3-13 所示，各部分的功能如下：

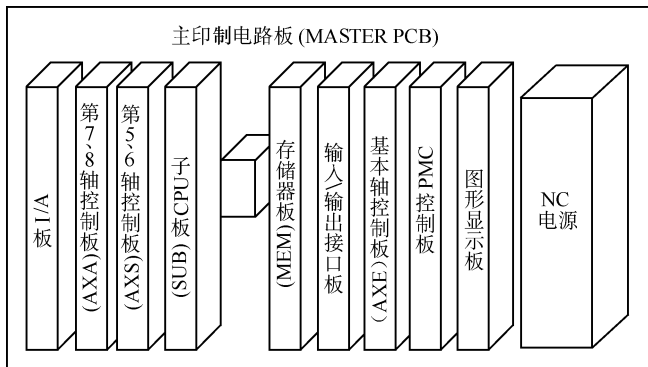


图 3-13 FANUC 系统的数控单元结构示意图

(1) 主印制电路板(MASTER PCB) 主 CPU 在该板上, 它主要用于系统主控。该板还连接其他各功能板, 并有故障报警功能。

(2) 数控单元(NC) 电源 主要提供 +5V、+15V、-15V、+24V、-24V 直流电源, 用于各板的供电及单元内继电器控制。

(3) 图形显示板 提供图形显示功能及第 2 轴、第 3 轴手摇脉冲发生器接口等。

(4) PMC 控制板 为可编程机床控制器提供扩展的输入/输出板接口。

(5) 基本轴控制板(AXE) 提供 X、Y、Z 轴和第 4 轴的进给指令, 接收从 X、Y、Z 轴和第 4 轴位置编码器反馈的位置信号。

(6) 输入/输出接口板 通过各个特定的插座, 为 PMC 提供输入/输出信号。

(7) 存储器板(MEM) 接收系统操作面板的键盘输入信号, 提供串行数据传送接口、纸带读入接口、手摇脉冲发生器接口、主轴模拟量和位置编码器接口。同时存储系统参数、刀具参数和零件加工程序等。

(8) 子 CPU 板(SUB) 管理 5~8 轴的数据分配, 提供 RS232 和 RS422 的串行数据接口等。

(9) 第 5、第 6 轴控制板(AXS) 提供第 5、第 6 两个扩展轴的进给指令, 接收从以上两个轴位置编码器反馈的位置信号。

(10) 第 7、第 8 轴控制板(AXA) 提供第 7、第 8 两个扩展轴的进给指令, 接收从以上两个轴位置编码器反馈的位置信号。

(11) I/A 板 该板为 PMC 提供扩展的输入/输出信号, 同时提供通信接口。

最常用的 FAUNC 系统数控单元内部电缆连线如图 3-14 所示。

了解了上述数控系统的硬件结构后, 可进一步对前述故障进行分析。电源接通后, 数控系统显示器无任何显示的故障可从以下几方面进行考虑:

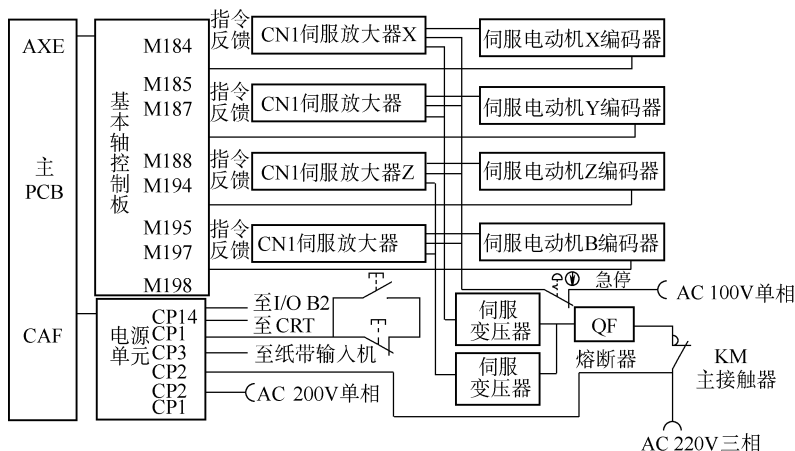


图 3-14 FAUNC 系统数控单元内部电缆连线示意图

1) 亮度检查。检查显示器的亮度及对比度调节旋钮位置是否正常。

2) 电缆连接检查。检查与显示器有关的视频信号电缆连接是否正常，检查信号电缆及接插件的连接情况。

3) 电压检查。检查显示器输入单元电压是否正常。一般单色CRT多为+24V直流电压，而彩色CRT多为220V交流电压，不同厂家的产品会有较大的差别。如确认输入电压正常，则应检测电网电压是否正常，如果电网电压波动超差或经常发生停电现象，就有可能损坏数控系统。

4) 确定故障位置。显示器无显示，但机床却能正常执行手动或自动操作，说明系统控制部分能正常进行插补运算及伺服控制，故障仅存在于显示部分或CRT控制部分。

5) 检查视频输入信号。用示波器检查视频输入信号（VIDEO），根据信号是否异常或消失，可以判断故障出在主控制印制电路板上的视频接口电路部分或出在显示器系统。

6) 主控系统检查。如果显示器无显示，而且机床不能动作，则

故障很可能发生在数控系统的主控系统，如 CPU 模块、RAM 或 ROM。因故障的起因多数不在显示器本身，可根据主控制器上报警信息的指示进行分析处理。

7) 显示器检查。显示器由显示单元、视频调节器等部分组成，其中任一部分工作失常都会造成显示器无辉度或有辉度而无图像。确定故障是否发生在显示器本身，可通过观察开关机瞬间显示器上是否有亮点或光带等方法判断故障部位并进一步进行检查。

根据上述步骤，一步一步下来，最终检查结果为主控部分的 CPU 模块发生了故障损坏，使显示器无显示、机床不能动，更换 CPU 故障模块后故障排除。

3. 数控系统能显示但无动作及报警

某数控铣床采用 FANUC 系统，CRT 有显示但机床不能动作，且无报警。首先要判断故障是发生在机械部分还是 CNC 部分，可利用自诊断功能检查 PLC 和 CNC 之间的接口信号。经检查发现机床锁住信号已经送到 CNC，从而造成机床不能运动，但实际上又没有机床锁住信号输入，而且经检查数控系统框内的连接单元也是好的。最后判断是由于外部干扰引起磁泡存储器混乱而造成的。为此，对磁泡存储器进行初始化，重新送入数控系统参数后，机床恢复正常。

4. 进给速度报警

某数控铣床采用 SIEMENS 系统，检测系统采用直线光栅编码器。当 Y 轴快速进给速度小于等于 5m/min 时工作正常，大于 5m/min 时报警。报警内容是 Y 轴测量环节电缆损坏、短路，以及没有接到信号。经检查，该故障是由光栅编码器接收信号弱引起的。在进给速度较快时，信号幅值明显减小，不易接收。造成信号弱的可能原因是光电池的接收光线弱，而造成光线弱的主要原因有：遮光螺钉松脱；微型灯定位位置变化；硅光电池表面脏；控制光源的集成电路集成块损坏。维修时，应先从光栅编码器一端轻轻抽出测量头，然后按下述步骤进行维修：

- 1) 检查洁净度。检查玻璃表面和光电池表面是否洁净,如果有污物,可用无水酒精擦干净。
- 2) 测量微型灯两端电压。该电压应符合额定值。
- 3) 接入5V电源。用示波器测量正弦、余弦的信号幅值。调节至高电位遮断光路,用示波器测量幅值应为低电位。
- 4) 调整遮光螺钉。先退后进,调整时应注意观察波形幅值变化,使其最大。
- 5) 调整微型灯定位位置。先左右再前后,要注意微型灯定位位置的调整和遮光螺钉的调整会互相影响,必须反复调整,才能达到最佳状态。

本例中,玻璃表面和光电池表面有污物,同时微型灯两端电压不足,故产生了故障。最后经过拆修光栅编码器,按重新安装的要求来调整它与移动轴的平行度,并修改了机床参考点设定参数,以便不影响定位精度。通过上述工作,故障排除。

5. PLC 故障

某数控铣床,采用FANUC系统,在工作中出现回转工作台不旋转的故障。根据故障对象,可初步确定该故障为PLC故障。利用数控系统上的DGNOS PARAM功能跟踪梯形图的运行,调出回转工作台的PLC梯形图,如图3-15所示。

根据回转工作台的工作原理,旋转时首先要将工作台气动浮起,然后才能旋转。气动电磁阀受PLC输出Q1.2的控制。根据加工工艺要求,只有当两个工位的分度头都在起始位置,回转工作台才能满足旋转的条件。I9.7、I10.6检测信号反映两个工位的分度头是否在起始位置,正常情况下两者应该同步。F122.3是分度头到位标志,从PLC图的PB20.10中观察,由于F97.0未闭合,导致Q1.2无输出,电磁阀不得电。继续观察PB20.9,发现F120.6未闭合导致F97.0低电平。再向下检查PB20.7,F120.4未闭合引起F120.6未闭合。跟踪PB20.3,F120.3未闭合引起F120.4未闭合。跟踪PB20.2,由于

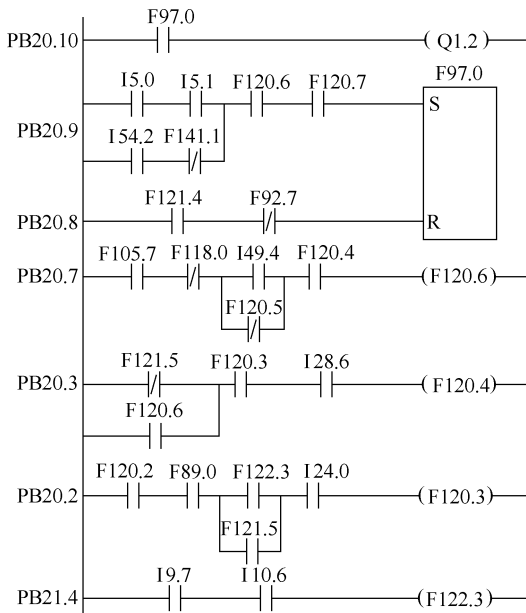


图 3-15 数控铣床回转工作台的 PLC 梯形图

F122.3 未闭合导致 F120.3 未闭合。最后观察 PB21.4，发现 I9.7 及 I10.6 状态总是相反，故 F122.3 总是“0”，从而可得故障结论为：检测开关发生偏移，导致两个工位分度头不同步，调整检测开关使之同步，同时排除两个工位分度头机械装置的错位现象，故障即排除。

6. 数控系统的过载故障

以数控铣床常用的 FANUC 0 MD 系统为例，出现该类故障一般为 400 号报警，它表示伺服放大器或伺服电动机过热，故障的具体分析过程如下：

1) 切断电源，从伺服放大器上拆下产生过热报警（OH 报警）的轴的反馈电缆，确认电缆侧的连接器引脚之间的导通状态。如果导通，说明热控开关动作，其原因多是板卡不良引起；如果不导通，则观察电源接通时是否立即发生报警。如不报警，则测试伺服放大器测试端子的负载电流，然后再作决定；如报警，则检查反馈电缆。

2) 检查伺服放大器的 OH 报警是否点亮, 如不亮, 则检查伺服放大器电源; 如亮, 则首先确认伺服放大器与短路棒的设置是否正确。当使用外部热控开关时设定为 L, 否则为 H。若设置正确, 则检查伺服放大器、伺服变压器和再生放电单元中是否有热的元件。如果有热的元件, 则测试伺服放大器测试端子的负载电流, 然后再作决定; 如果没有热的元件, 则需确认伺服放大器、伺服变压器、再生放电单元间的 OH 电缆是否断线或接错。假如上述检查都没问题, 则其原因在于伺服放大器、伺服变压器和再生放电单元的热控开关故障。

3) 用伺服放大器的测试端子 IR、IS 测量负载电流, 确认是否超过了额定电流值。如超过, 则检查电动机负载情况; 如没超过, 则检查电动机及风扇周围的环境, 防止通风不良。

4) 确认反馈电缆是否断线或接线, 如有问题立即纠正。

5) 检查电动机负载是否大于允许值, 如果大于允许值, 则必须检查机床侧的情况, 例如机床装配不良等。另外还可以考虑重新选择电动机或放大器, 重新确定机床切削条件。如果负载未大于允许值, 则应检查加速、减速是否太频繁。如果以上问题都排除, 则可能是电动机和伺服放大器本身的故障。

7. 数控系统显示页面不能转换故障

某数控铣床采用 SINUMERIK 810M 系统, 开机后 CRT 停留在位置显示页面, 无法进入其他任何显示页面。经检查发现, 系统除显示页面不能改变外, 其他部分均正常, 且在这种情况下, 系统完全可以正常工作, 由此可判定系统显示均无故障, 故障原因应在页面选择与页面转换上。进一步仔细检查发现, 系统的位置显示软功能键(软键)被卡住未能复位, 重新拉出后系统页面可以正常转换。从此类维修实例可以总结出几点:

1) 若 FANUC 系统无显示, 硬件方面的原因, 除公共电源单元的故障外, 一般都是由于连接不良引起的。显示回路、显示板元件损坏的故障情况非常少, 因此维修时重点应检查系统与显示器的连接

电缆。

2) 在 SIEMENS 系统中, 无显示的故障偶有发生。硬件方面, 由于该系统一般把显示器与系统做成一体, 故基本上可以排除连接方面的故障原因。显示回路、显示板元件损坏的故障情况偶然存在, 因此维修时重点应检查显示器本身。

3) 数控系统的显示器驱动电路与电视机原理相同, 故障多属于显示的行、场输出电路故障, 维修可以参照电视机的维修方法。

4) 对于一般的显示不良故障, 如亮度、辉度、同步、幅度等问题, 通过对显示器的调节即可以解决, 调节方法与电视机的调整相同。

8. 数控系统的传输故障

某数控铣床采用 FANUC 6M 系统, 当数控系统与计算机通过 RS232 接口通信时, 发生“传送异常或 I/O 设备异常”的 ALM086 号报警和“读入数据的位数不对或波特率不对”的 ALM085 号报警, 同时传送的程序段发生程序段丢失现象, 且无规律性。根据 085、086 号报警信息, 首先检查了计算机和数控设备的通信配置, 但未发现问题。然后检查了计算机和数控设备的输入、输出接口, 发现接口亦正常, 从而排除了设备故障的可能。检查通信软件, 它在其他机床上工作正常, 也不应存在问题。因此初步认为故障应在连接电缆上。通过检查通信电缆, 发现电缆存在短路现象, 打开 RS232 通信插头, 检查发现插头连接不良有断线现象, 重新焊好后故障消除。

9. 磁泡存储器故障

某数控铣床采用 FANUC 6M 数控系统, 在工作过程中, 系统出现 ALM901 磁泡存储器报警, 多次开机故障还不能排除。在 FANUC 6M 系统中除 ALM901 号报警外, ALM905 号、ALM906 号报警也说明磁泡存储器发生了故障。这时必须先对磁泡存储器进行初始化操作。磁泡存储器的初始化操作步骤如下:

1) 从系统上取下磁泡存储器板, 通过存储器板读取不良环信

息,如 012、024、042 等。这些信息被记录在磁泡存储器板的标签上。不良环的数量与信息内容,根据存储器板的不同而有所区别。

2) 在系统断电的情况下,重新安装上磁泡存储器板。

3) 按住“-”与“.”键,同时接通系统电源,CRT 上出现以下画面:

IL—MODE

1 TAPE

2 MEMORY

3 ENPANE

4 BUBBLE

5 PC—LOAD

6 RAM TEST

4) 按 MDI 面板上的数字键 4,选择磁泡存储器初始化模式,CRT 显示以下画面:

BUBBLE INITIALIZE

1 WRITE BY TAPE

2 WRITE BY MANUAL

3 DISPLAY LOOP DATA

4 ORIGIN RETURN TO IL—MODE

5) 按 MDI 面板上的数字键 2,选择手动写入模式,CRT 显示如下画面:

BUBBLE INITIALIZE

MAKE BMU—SWITCH ON

6) 将主板上的 BMU FREE MODE 开关打到 ON 的位置,CRT 显示如下画面:

BUBBLE INITIALIZE

STEP1

INPUT =

INPUT; INPUT LOOP DATA

DELET; CLEAR ALL DATA

START; WRITE BUBBLE

7) 用数字键键入不良环信息,并按 INPUT 键输入,当输入错误时,可利用 DELET、CAN 键清除后重新输入,当不良环信息超过 1 个时,需要多次输入,直到全部不良环信息输入完成。

8) 按 START 键,进行不良环信息的写入,CRT 显示以下画面:

BUBBLE INITIALIZE

DEVICE1 012 024 042

DEVICE2 039 052 068

9) 将主板上的 BMU FREE MODE 开关打到 OFF 位置。

10) 断开系统电源后,再次接通系统。

11) 重新输入系统参数。

该故障数控铣床经过上述初始化处理后,报警仍然存在,因此可以排除参数方面的原因,故障可能是由于磁泡存储器本身不良引起的,为此更换了系统的磁泡存储器板。换上新的磁泡存储器板后,再次进行初始化处理系统恢复正常。

10. 数控系统 I/O 模块故障

某数控铣床配 SINUMERIK 802D 系统,开机时出现报警:ALM380500、400015、400000、025201、026102、025202,驱动器显示 ALM599 号报警。经检查,该机床 I/O 单元(PP72/48)指示灯“POWER”不亮,表明 I/O 单元无 DC 24V 电源,测量外部供电 DC24V 正常,I/O 单元内部全部熔断器正常,由此初步断定故障原因在 DC24V 的输入回路或外部 DC24V 与 I/O 单位的连接上。检查 I/O 单元与外部 24V 电源的连接,发现 I/O 单元印制电路板上的电源连接端子上有 DC24V,但在经过了熔断器 F7 后,24V 电压消失。因单独测量熔断器 F7 正常,由此判定故障原因是熔断器 F7 接触不良。进一步检查发现,印制电路板上的 F7 熔断器虚焊,重新焊接后,I/O

单元的“POWER READY”指示灯亮，系统报警消失，机床恢复正常工作。

3.2.2 FANUC 数控系统的维修

日本 FANUC 公司是世界上从事数控系统开发和制造最有影响的公司之一。现将其主要系列的结构及故障情况介绍如下。

1. FANUC 0 系统介绍

FANUC 0 系统简称 FS 0，是 FANUC 公司的代表性产品之一，FS 0 系列共有 FS 0-MA、FS 0-TA、FS 0-MC、FS 0-MD、FS 0-TD、PM 0、FS 0i 等多种规格，其基本结构相近，功能与使用场合有所不同。FS 0 的硬件结构采用了传统的结构方式，即在主板上插有存储器板、I/O 板、轴控制模块以及电源单元等。它的主板较其他系列的主板小得多，因此，在结构上显得体积小、较紧凑。FS 0 系列采用了高速 32 位微处理器的高性能 CNC。控制电路中采用了高速微处理器、专用大规模集成电路和半导体存储器等器件，提高了系统的可靠性与系统的性价比。FS 0 系列可配套使用高速数字式交流伺服驱动系统，主要有 FANUC S 系列、 α 系列、 α C 系列和 β 系列等伺服驱动系统，它们无漂移影响，可实现高速、高精度的控制。FS 0 系列采用了高性能的固定软件与菜单操作的软功能面板，可以进行简单的人机对话式编程；可显示从 CNC 输出或向 CNC 输入的开关量信号；通过 CRT，还可利用独立的页面显示系统的快进速度、加/减速时间常数等各种参数的设定值。通过 MDI 方式（手动数据输入方式），还可以对机床的开关量输入、输出信号进行模拟。FS 0 系统的代表产品 FS 0-MC 的结构框图如图 3-16 所示。

PM 0、FS 0i 系统的特点是采用了总线技术，增加了网络功能，并采用了“闪存”（FLASH ROM）。该系统可以通过 Remote Buffer 接口与个人计算机相连，同时 PMC 程序的写入不需要 EPROM 写入器，用户可以方便地修改、调整。FS 0i 系统的结构框图如图 3-17 所示。

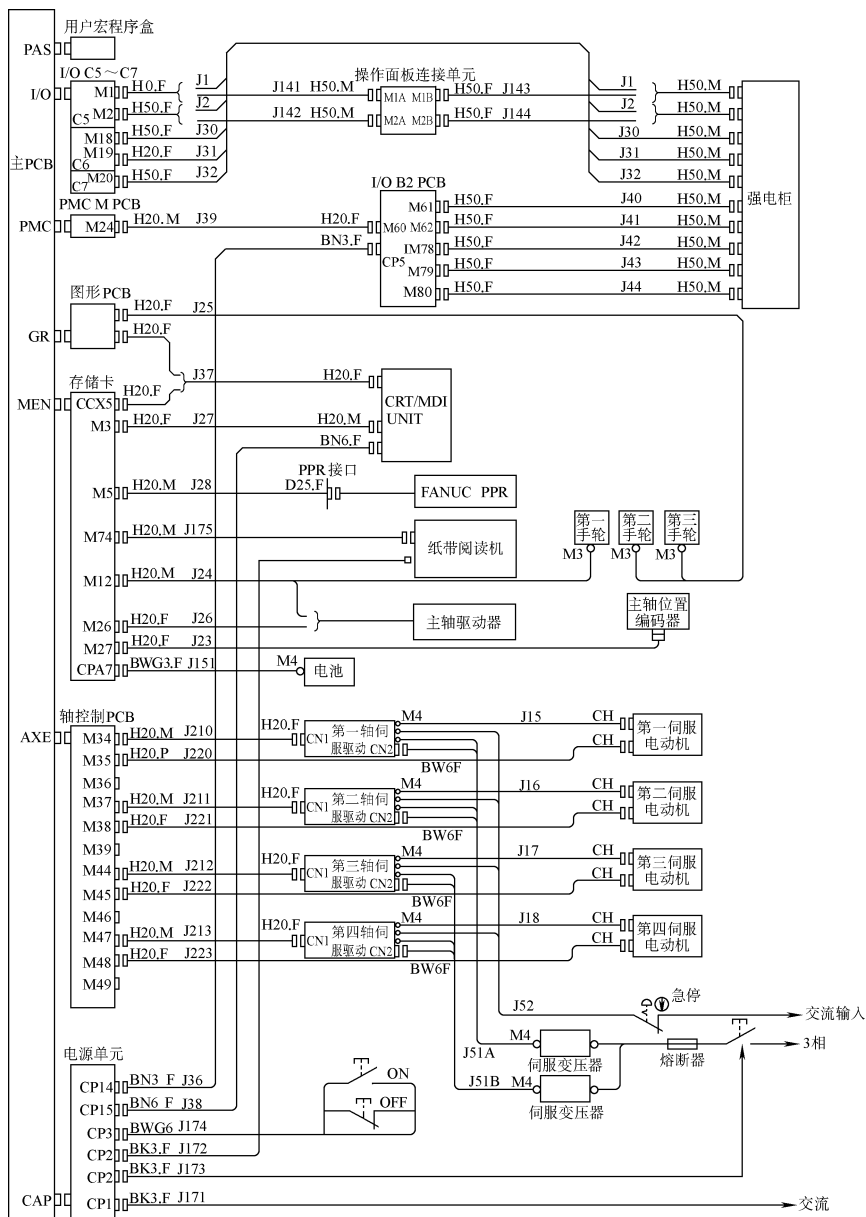


图 3-16 FS 0-MC 的结构框图

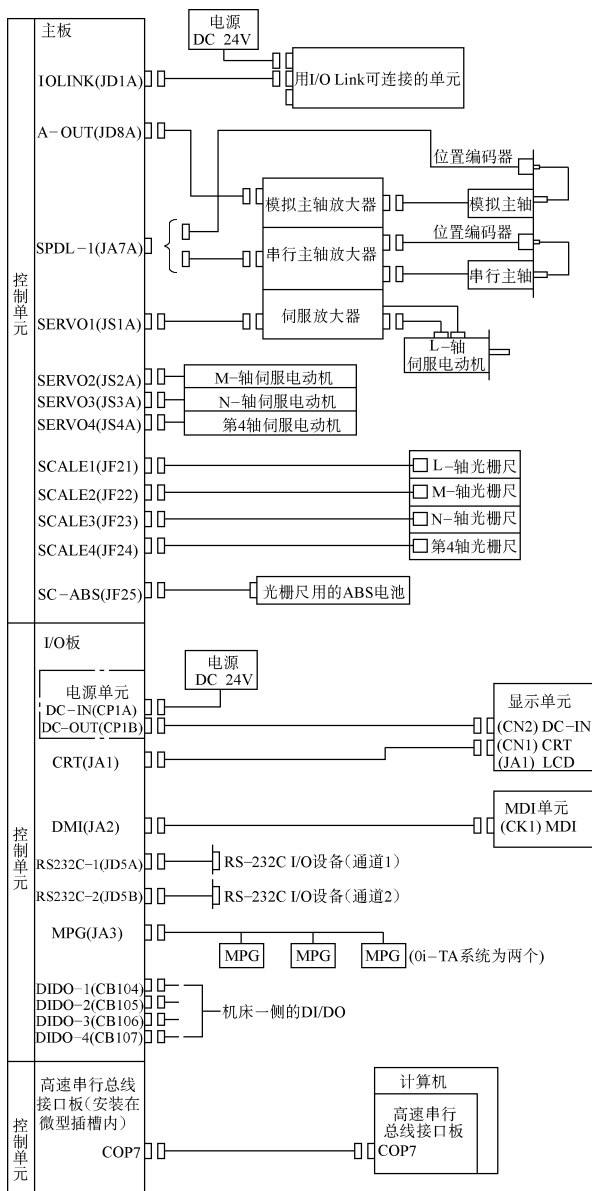


图 3-17 FS 0i 系统的结构框图

2. FANUC 15/16/18 系统介绍

该系统有 FS-15/16/18、FS 15i/16i/18i、FS-150/160/180 及 FS 160i/180i 等型号。该系列是专门为工厂自动化设计的数控系统，它是目前国际上性能最先进、功能最强大的数控系统之一，具有以下特点：

1) 系统硬件与微电子技术发展同步，采用超大规模集成芯片，CPU 是 80486 或 Pentium 系列处理器，带 64 位 RISC 芯片等。FANUC 公司还开发了较多的专用超大规模逻辑电路芯片，如地址译码和锁存、位置反馈信号的处理、精细插补，位置误差的比较与误差的脉宽调制、串行数值信号的处理与数据传送和电子手轮信号的处理等。该系统的处理速度快、精度高、可靠性好，位置分辨率可达 $0.01\mu\text{m}$ ，可实现微小程序段的连续和高速加工。

2) 系统元器件采用了立体化、高密度的安装方式，此为 FANUC 公司的专利技术。除主板外，印制电路板均按物理功能分为小模块，可根据用户的要求和系统的规模，分别插在主板上，系统扩展容易，维修方便而且体积小。

3) 系统采用 213.36mm (8.4in) 或 241.3mm (9.5in) 的彩色液晶显示器，可以同时显示 4096 色，色彩丰富，清晰度高。系统还可以集成通用微机，使用 MS-DOS 和 Windows 操作系统，共享 IBM 微机的应用软件。在此基础上，FANUC 公司还开发了专用的 MMC 人机会话功能，可以使用菜单编程、图形会话编程 (Super CAP)、符号图形编程 (Symbolic CAP) 与示教编程等多种在线编程方法，大大提高了系统的操作性能。

4) 系统软件丰富、功能强大，具有渐开线、抛物线、指数函数曲线、圆弧螺纹、多头螺纹、变螺距螺纹，锥螺纹、端面螺纹、柱面体型槽与极坐标插补等，多种特殊曲线的插补功能与多种固定加工循环。系统还具有操作历史和报警历史的记忆与显示、伺服波形图的显示功能与“帮助 (Help) 功能，当出现报警和故障时，它可以提示操作和维修人员进行处理。

5) 系统可配套 $\alpha/\alpha i$ 系列高精度、智能型数字式交流伺服系统, 伺服电动机体积小、转矩/惯量大、加速快、运行平稳, 即使在极低的转速下仍能满负荷运行。伺服控制采用了独立的 32 位数字信号处理器, 并按现代控制理论, 设计成具有预测控制、前馈控制、控制观察器、电子式电流最佳控制 (HRV 控制) 的闭环系统, 位置脉冲编码器可用增量或绝对式位置编码器, 反馈脉冲可达到每转 20000000 脉冲, 还可实现双重位置环反馈与控制。主轴控制也可采用 $\alpha/\alpha i$ 系列的主轴驱动系统, 用 32 位高速信号处理器进行控制, 并通过高速串行接口与 CNC 进行数据交换, 构成闭环控制系统。除可以调节主轴转速外, 还可以实现任意位置定位、C 轴控制及双主轴的精确同步等功能。此外, 主轴驱动器还可以带有非正常负载检测功能, 可检测出刀具折断, 磨损和加工中的负载故障。

6) 该系统带有高速 PMC, 基本指令的执行时间为每步 $0.1\mu s$, 梯形图最大可达 24000 步。PMC 由独立的 32 位微处理器控制, 既可直接在系统的操作面板上编制 PMC 程序, 也可用通用 PC 编制 PMC 程序, PMC 程序可直接存入存储器中。

7) 该系列的系统既可单机运行, 也可通过 Remote Buffer 接口与个人计算机相连, 由计算机控制加工, 实现信息传递。通过串行口还可连接多种外围设备, 如机器人、运动控制器、强电设备等, 以组成柔性生产线。另外, 经 DNC1 或 DNC2 接口, 可与 Cell Controller 或以太网连接, 由上位机进行控制, 实现车间生产的自动化。该系列还提供了与 IBM PC 兼容的开放接口, 便于用户开发具有个性化的功能。FS 16/18 系统的总体结构如图 3-18 所示。

3. FANUC 系统的故障诊断

因 FANUC 各系统的基本设计思想相同, 因此故障诊断的方法十分相近, 根据不同的故障情况, 该系统的故障诊断方法如下:

(1) 电源不能接通的故障 这些故障可分为如下几种情况:

1) 电源指示灯 PIL 不亮, 其原因主要有以下几点:

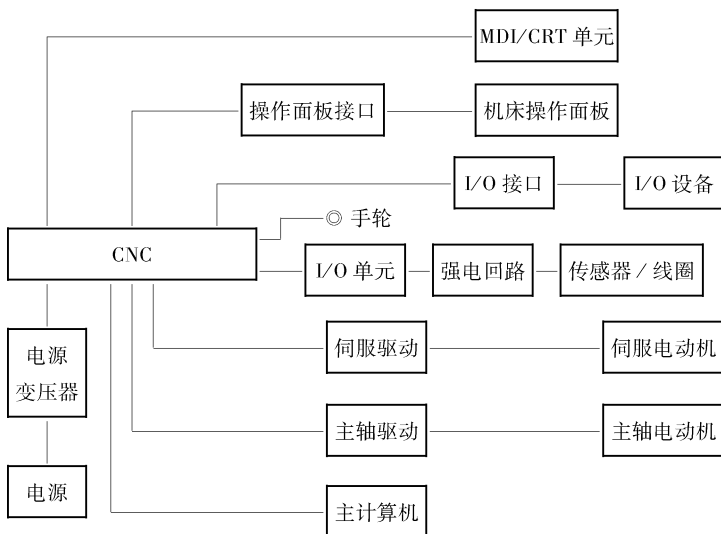


图 3-18 FS 16/18 系统的总体结构

① CNC 电源没有加入，端子 TP1 上无电源。此时，应根据机床生产厂家的电气原理图，检查机床中与 CNC 电源输入有关的电路。

② 若端子 TP1 上有电源，应检查电源输入熔丝 F1、F2 是否熔断。

③ 若熔丝和电源电压均正常，应检查输入单元的辅助电源控制回路的熔丝 F3 是否熔断，辅助电源控制回路是否存在故障。

2) 电源指示灯亮，报警指示灯不亮，而系统不能上电，可能的原因有以下几点：

① 接通电源的条件未满足，具体有电气柜门“互锁”（Door1/Door2）触点闭合。

② 外部电源切断 E-OFF（在 TP2 的 EOF 与 COM 之间）闭合。

③ MDI/CRT 单元上的电源切断，OFF 按钮触点闭合。

④ MDI/CRT 单元上的电源接通，ON 按钮触点短时闭合。

⑤ 输入单元元器件损坏。

3) 电源指示灯 PIL 与报警指示灯同时亮。报警指示灯亮,表明系统的控制电源回路或外部存在报警,可能的原因主要有以下几点。

① 电源模块的 +24V/±15V/+5V 电源故障。

② CP1-5/6 的连接错误。

(2) 系统无显示的故障诊断 接通电源后,若系统无显示,通常可以按图 3-19 所示的步骤对系统进行检查,诊断出无显示的原因,该图中的插头编号与 FS 0 相对应,对于 FANUC 其他系列的系统,可根据实际编号对照进行检查。

(3) 不能进行手动操作的故障诊断 不能进行手动操作时,可以按图 3-20 所示的步骤进行检查。不同系列的系统,各检测信号及参数的地址有所不同,具体可参照该图进行检查。

(4) 不能回参考点的故障诊断 数控铣床回参考点操作是建立机床坐标系的前提,回参考点动作不正常,包括回参考点动作不能进行和参考点位置不正确两种情况,FANUC 对该类故障有其特有的诊断方法。

1) 回参考点动作不能进行的故障,指机床不执行回参考点动作、动作错误,或回参考点过程中系统出现报警。这时可按图 3-21 所示的步骤检查。

2) 回参考点位置不正确的故障。指机床可以执行回参考点动作,但是参考点定位位置出现错误,这时,根据具体情况可以按图 3-22 的步骤对系统进行检查,以诊断故障原因。

(5) I/O 接口故障 它是指在系统与外部设备进行数据传输时,出现系统报警或数据不能进行正常传输的故障。该类故障可用图 3-23 所示的步骤诊断。

4. FANUC 系统的检查与测试

(1) 系统常规检查 维修数控系统,通常应先进行系统的常规检查,它包括两个方面:

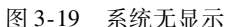
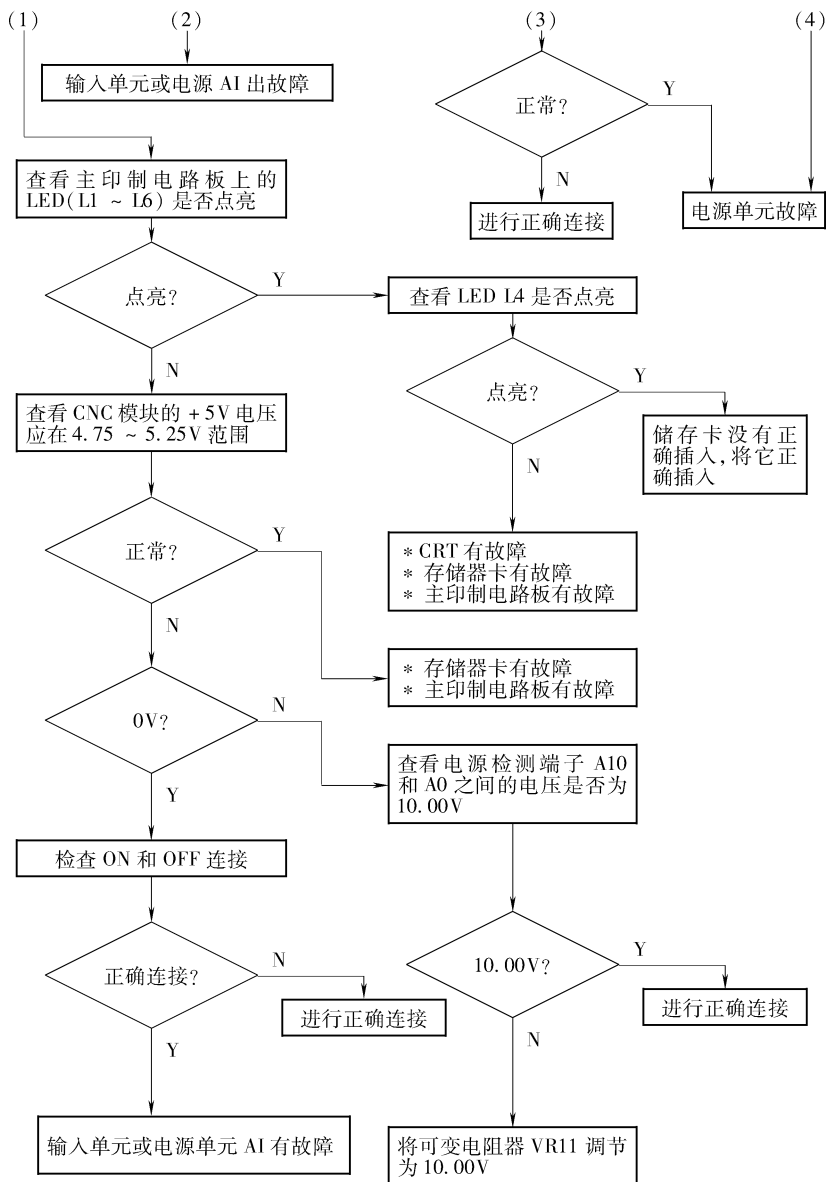


图 3-19 系统无显示



b)

的故障诊断步骤

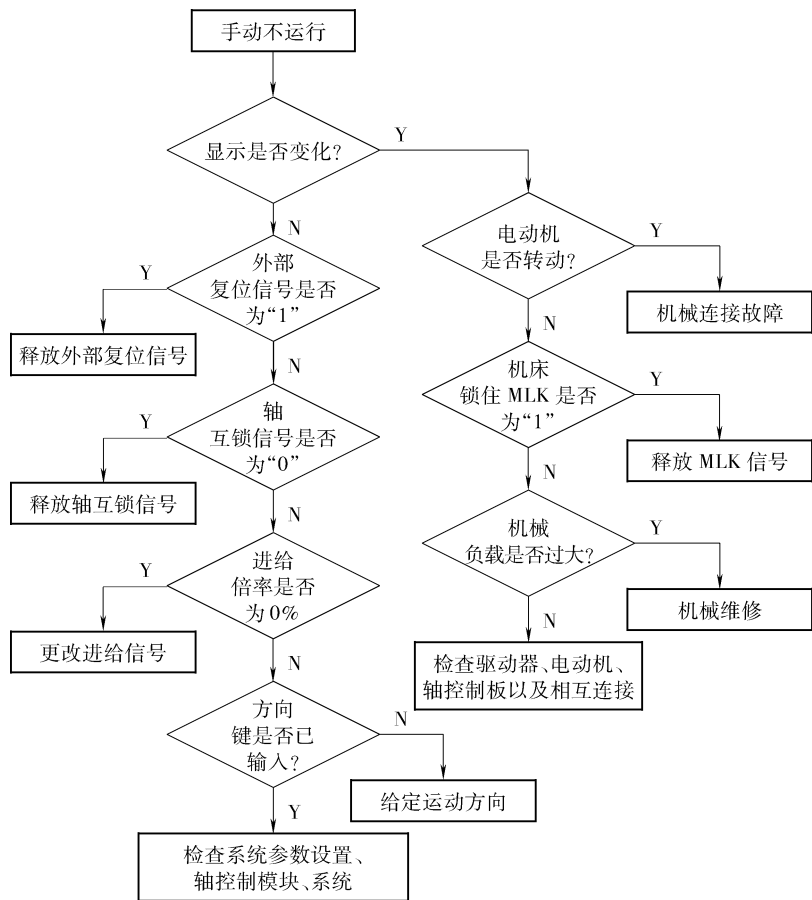


图 3-20 不能进行手动操作的故障诊断步骤

1) 系统的外观检查。主要检查 MDI/CRT 单元、机床操作面板单元的元器件外观有无破损；检查控制单元、伺服驱动器、电源单元、I/O 单元、PLC、电动机及编码器等单元的元器件是否损坏；检查各连接电缆是否破损，绝缘是否损坏，电缆插头是否可靠固定，各 I/O 单元、控制单元、伺服驱动器和 PLC 等单元是否安装牢固，模块是否松动、脱落。

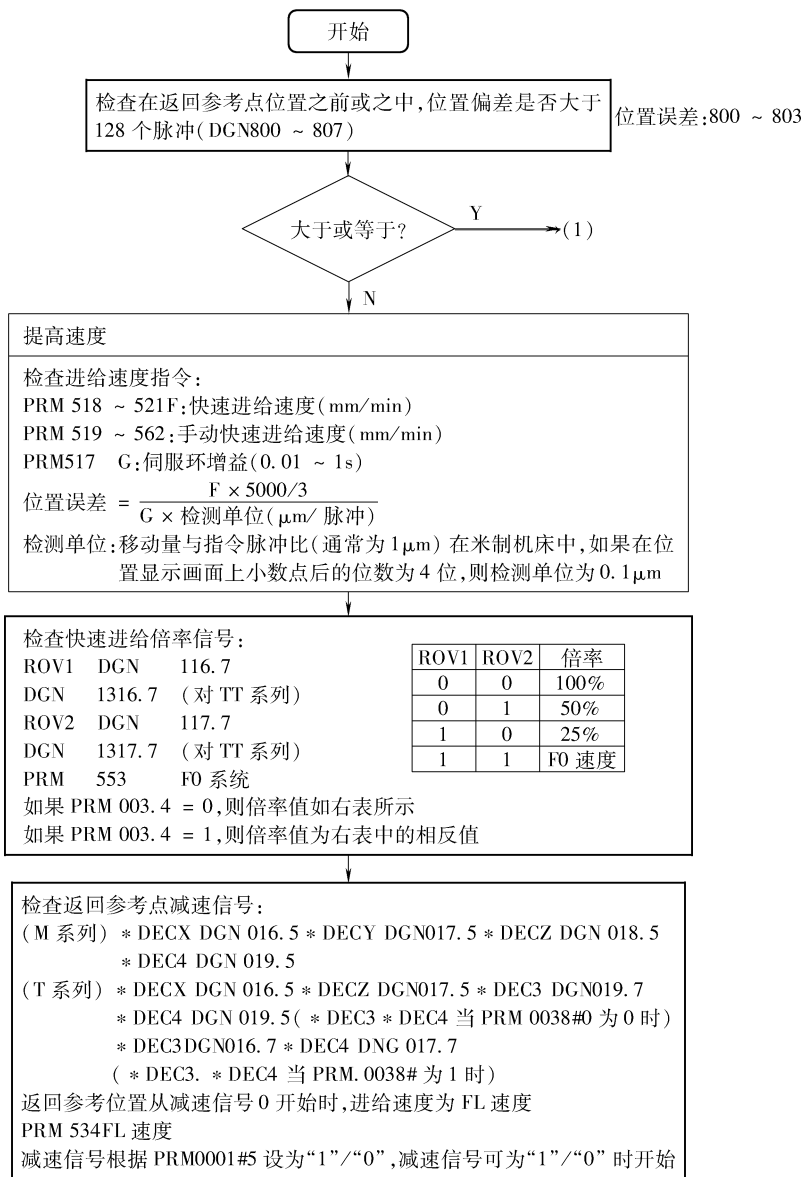
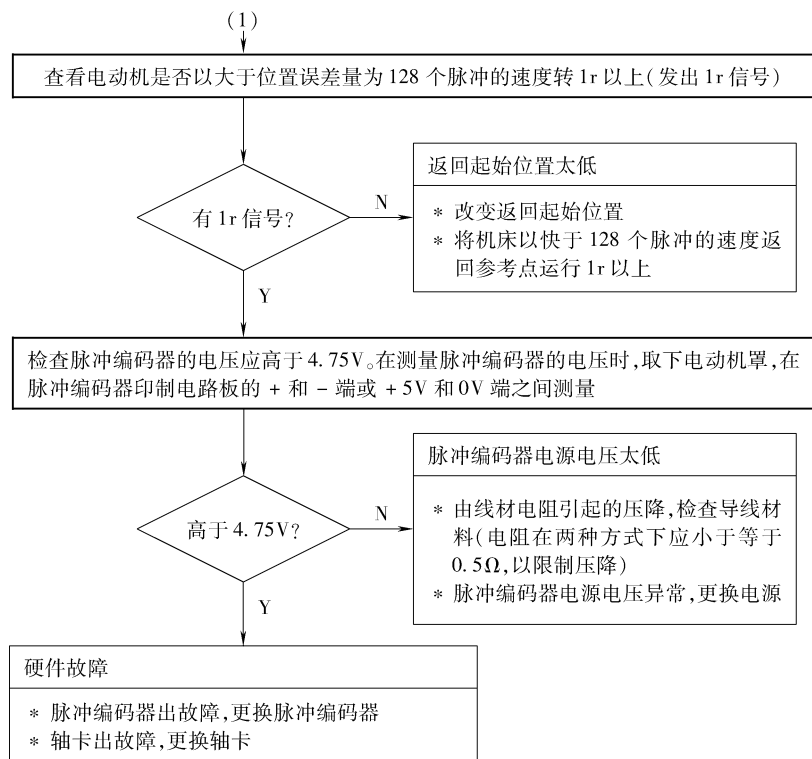


图 3-21 回参考点不能进行的故障诊断步骤



b)

图 3-21 回参考点不能进行的故障诊断步骤(续)

2) 电源电压的确认。一般来说,系统对于输入电压的基本要求有以下几点:

① 系统主回路 AC380V 输入。电压值: $380 (1 \pm \frac{10\%}{15\%}) V$, 频率: $(50 \pm 1) Hz$ 。

② 其他各单元的交流输入电压。控制单元电源: AC200 $(1 \pm \frac{10\%}{15\%}) V$, 频率: $(50 \pm 1) Hz$; 或控制单元电源: AC220 $(1 \pm \frac{10\%}{15\%}) V$, 频率: $(60 \pm 1) Hz$ 。

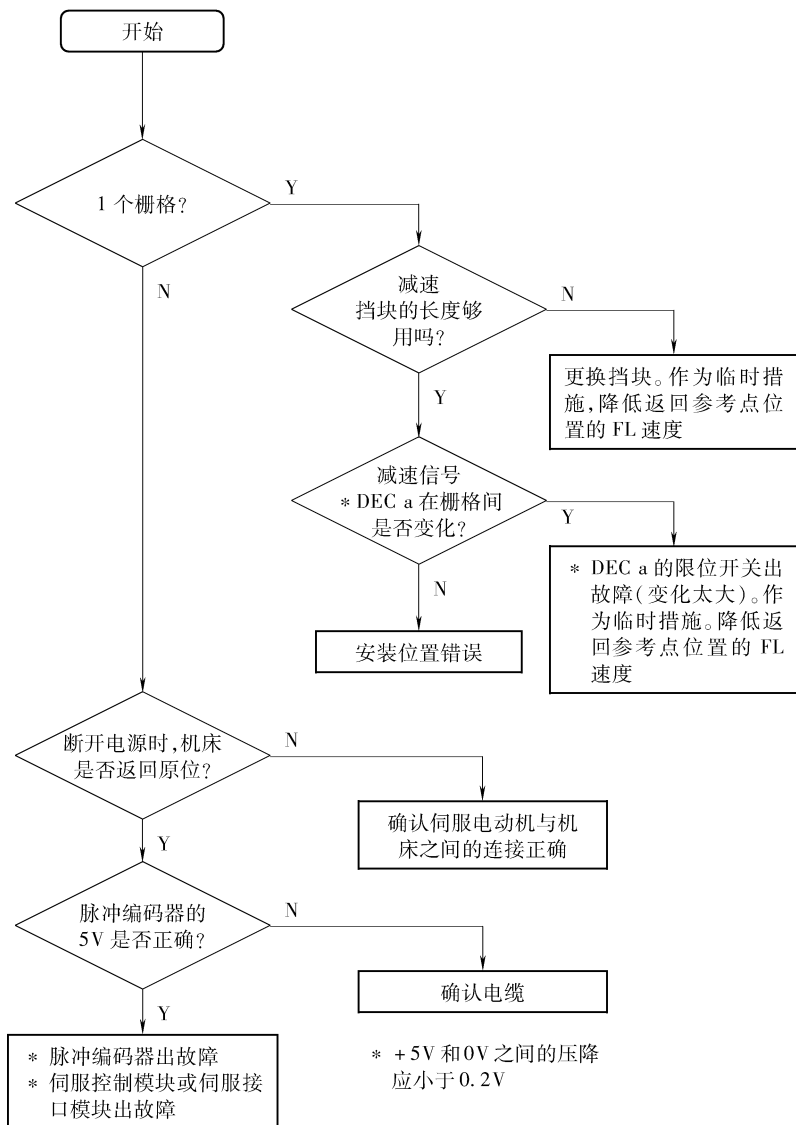


图 3-22 回参考点位置不正确的故障诊断步骤

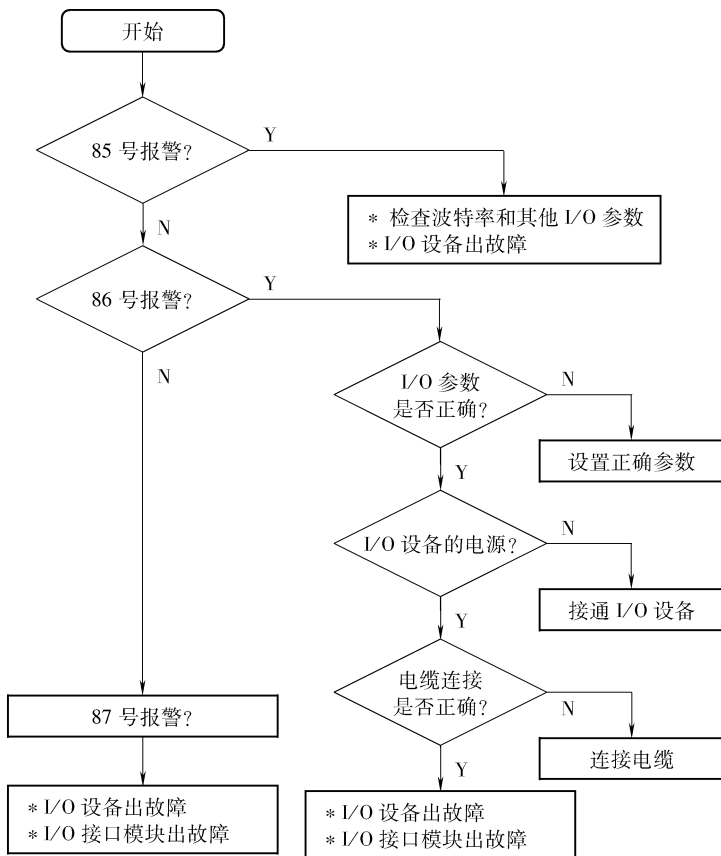


图 3-23 系统 I/O 接口故障的诊断步骤

③ 当使用 FANUC 标准电源变压器时，可以使用的输入电压为 AC200V、220V、230V、240V、380V、415V、440V、450V、480V 和 550V（误差不超过 $-15\% \sim +10\%$ ）。系统的输入电压应按照上述要求进行连接。

④ 直流输入电压 DC24V。输入电压值： $24(1 \pm 10\%)V$ ，并经过符合要求的滤波处理。若系统内部采用了开关稳压电源，则允许 DC24V 的允差为 $24(1 \pm 15\%)V$ ，同样要经过符合要求的滤波处理。

⑤ 系统模块间电压。该电压主要指供给系统内部各单元使用的各类电压,主要有:系统逻辑电路用5V电压: $+5(1 \pm 5\%)V$; 系统输入、输出信号用24V电压: $+24(1 \pm 10\%)V$; 系统位置控制电路用+15V电压: $+15(1 \pm 5\%)V$; 系统位置控制电路用-15V电压: $-15(1 \pm 5\%)V$; 系统电源模块基准10V电压: $+10(1 \pm 0.5\%)V$ 。

(2) I/O 信号状态检查 对于数字I/O信号,诊断参数的每一字节的内容与对应的输入/输出状态一一对应,“1”代表信号接通,“0”表示信号断开。通过检查诊断参数,可以获得大量维修时所需要的信息。

1) I/O 信号的构成。通过I/O信号的状态诊断,确定故障部位和分析故障原因是维修时用得最多的方法之一。I/O信号的数量与构成,在不同的系统中有所不同。对于FANUC系列数控系统,根据系统的功能与结构,可以分为不带内部PMC与带内部PMC(PLC)两种形式。

不带内部PMC的数控系统,其I/O信号的特点是:不论系统功能、I/O单元如何,各输入、输出信号的作用和地址总是固定不变的。如对于FS 0系统,输入X016.5总是X轴参考点减速信号;输出Y048.0总是X轴参考点到达信号等。此外,在不带内部PMC的系统中,没有CNC与PMC间的信号转换过程,对应的输入、输出信号与CNC侧的内部信号一一对应。如从操作面板到系统的输入信号X016.2(+X方向键)的状态与CNC内部信号G116.2的状态完全相同;输出到操作面板上的X轴参考点到达信号Y048.0与CNC内部信号F148.0的状态完全相同。以FS 0C数控系统为例,不带内部PMC的系统,I/O接口信号的构成如图3-24所示。图中X016.0~X022.7是从操作面板到系统的输入信号,Y048.0~Y053.7是从系统到操作面板的输出信号。它们与系统诊断数据DGN016.0~DGN022.7、DGN048.0~DGN053.7一一对应,并且与DGN116.0~

DGN122.7、DGN148.0 ~ DGN153.7 的状态完全相同。

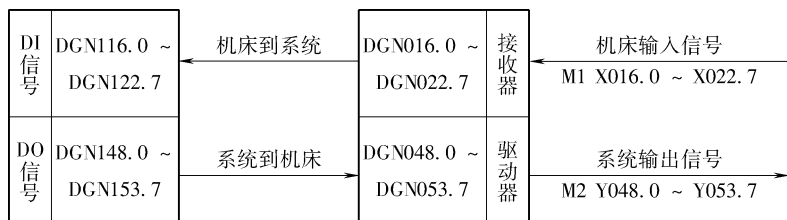


图 3-24 不带 PMC 的 I/O 接口信号构成

带内部 PMC 的数据系统，I/O 接口状态与信号构成如图 3-25 所示。

图 3-25 中 X016.0 ~ X022.7、X000.0 ~ X008.7、X010.0 ~ X014.7 是从操作面板到系统的输入信号；Y048.0 ~ Y053.7、Y080.0 ~ Y082.7、Y084.0 ~ Y086.7 是从系统到操作面板的输出信号。它们与系统诊断数据 DGN016.0 ~ DGN022.7、DGN000.0 ~ DGN008.7、DGN010.0 ~ DGN014.7、DGN048.0 ~ DGN053.7、DGN080.0 ~ DGN082.7、DGN084.0 ~ DGN086.7 一一对应。同时 PMC 的内部输出、输入信号分别与系统诊断数据 DGN100.0 ~ DGN131.7、DGN148.0 ~ DGN178.7 一一对应。

2) FANUC 系统 I/O 信号状态的显示与输出模拟。不同 FANUC 系统，操作不同。

① FS 11 系统输入/输出信号的状态诊断方法。在系统显示“机能选择”页面时，按下系统 MDI/CRT 软功能键的 SERVICE 键、CHAPTER 键，使显示器出现软功能键 DGNOS 键，按 DGNOS 键，显示诊断页面。按 PAGE 键或 CURSOR 键可以逐页显示诊断信号的状态。另外，若在面板上用地址与数字键，输入诊断地址后，按 EXEC 键，可以直接搜索所需要的诊断参数。

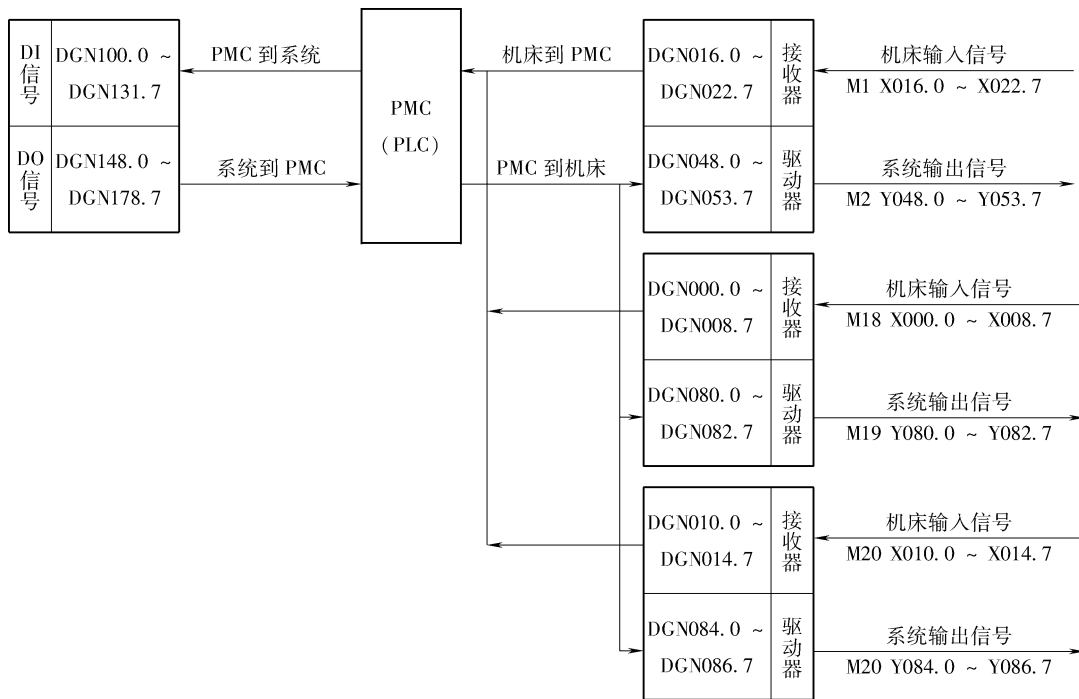


图 3-25 带 PMC 的 I/O 接口信号构成

② FS 15 系统输入/输出信号的状态诊断方法。按 MDI/CRT 面板上的 CNC/PMC 键，按面板上的 PCDGN 键，用 MDI 面板的地址与数字键输入诊断地址（如 X100）后，按 SEARCH 键，直接显示所需要的诊断参数。按 PAGE 键，可逐页显示诊断信号。

③ FS 0i/PM 0/16/18 系统输入/输出信号的状态诊断方法。按 SYSTEM 键，显示系统页面；按 DGNOS/PARAM 键，显示诊断页面；用 MDI 面板的地址与数字键输入诊断地址后，按 NO 键，直接搜索所需要的诊断参数。按 PAGE 键或 CURSOR 键，可逐页、逐条显示诊断参数。

④ 输出信号的模拟发送。在部分 FANUC 系统中，当 PLC 停止程序运行时，还可以通过修改输入、输出缓冲存储器的内容，对外部信号进行模拟输出。

以 FS 0 系统为例说明其操作步骤。选择 MDI 操作方式；打开系统的“程序保护”开关；按 OFFSET/SETTING 键，系统显示偏置/设定页面；按 SETTING 键，选择设定页面；按操作面板上的数字键，输入参数 PWE = 1，使参数写入“使能”；按 DGNOS 键，显示诊断页面；按 PAGE 键，显示输出诊断信号所在的页面；按 CURSOR 键或输入诊断地址后按 INPUT 键，将光标移到需要的输出信号下：按 MDI 面板上的数字键，输入诊断数据；按 START 键，系统向输出端发送外部模拟输出信号。

（3）NC 的工作状态诊断 通过系统的显示面板，除可以检查、诊断 I/O 接口信号的状态外，还可以检查系统的实际工作状态。这些工作状态在 FANUC 系统中包括以下几个方面：

1) 自动运行停止的状态诊断。机床在自动工作方式下系统无报警，“循环起动”指示灯亮，但机床却没有动作（即出现死机）。不同的 FANUC 系统，死机的诊断参数号有所不同。对 FS 0/6 系统，其自动运行停止诊断参数号为 DGN700、DGN701；对于 FS 15/150 系统，其自动运行停止诊断参数号为 DGN1000、DGN1001；对于 FS 0i/

PM 0/16/18 系统, 其自动运行停止诊断参数号为 DGN000 ~ DGN016, 诊断显示页面如图 3-26 所示。

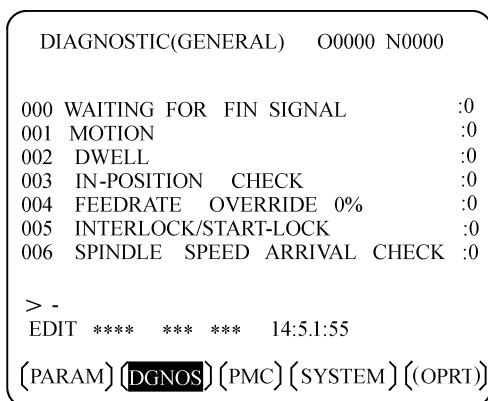


图 3-26 FANUC 0i/PM 0 系统自动运行诊断显示

2) 不能自动运行的状态诊断。机床在自动工作方式下系统无报警, “循环起动”指示灯不亮, 机床不能执行自动加工程序。不同的 FANUC 系统, 诊断参数号有所不同。对于 FS 0/6 系统, 其诊断参数为 DGN712; 对于 FS 11 系统, 其诊断参数为 DGN1010; 对于 FS 15 系统, 其诊断参数为 DGN1005 ~ DGN1010; 对于 FS 0i/PM 0/16/18 系统, 其诊断参数为 DGN020 ~ DGN025。通过诊断数据的状态组合, 可以分析、确定系统实际所处的状态, 这些状态的含义如图 3-27 所示。

3) 坐标轴的位置跟随误差检测。坐标轴的位置跟随误差是坐标轴指令位置与实际位置间的差值, 在数控机床上也反映了系统的动态跟随精度与静态定位精度。在不同的 FANUC 系统中, 各坐标轴跟随误差的诊断参数号有所不同。对 FS 016 系统, DGN800 参数表示 X 轴位置跟随误差, DGN801 表示 Y 轴位置跟随误差, DGN802 参数表示 Z 轴位置跟随误差, DGN803 表示第 4 轴位置跟随误差; 对于 FS 11/FS 15 系统, DGN3000 参数与轴选择相对应, 分别表示 X 轴、Y

轴、Z 轴、第 4 和第 5 轴的位置跟随误差；对于 FS 0i/PM 0/16/18 系统，DGN300 参数与轴选择相对应，分别表示 X 轴、Y 轴、Z 轴、第 4 和第 5 轴的位置跟随误差。

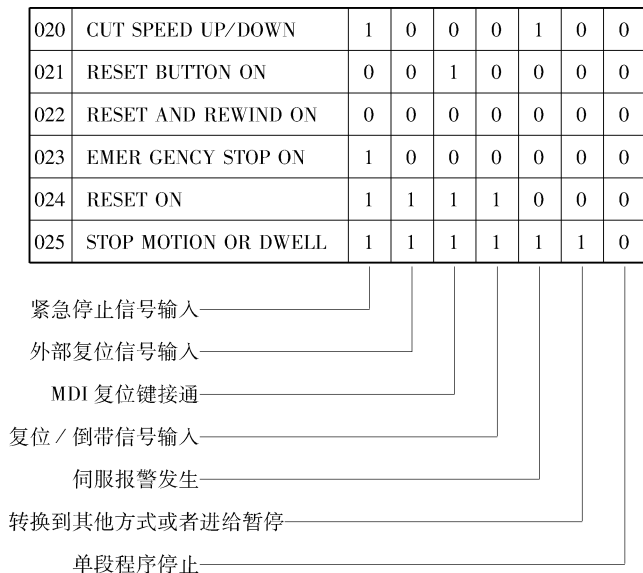


图 3-27 诊断数据的状态组合

5. CNC 模块的状态显示与故障诊断

当 FANUC 数控系统发生报警时，通常可以在系统显示器上显示报警号与报警内容，但如果与显示功能有关的部分发生故障时，显示就无法进行，这时必须依靠系统主板或其他部分的指示灯（LED）的状态，进行故障分析、诊断与维修。在不同的系统中，系统主板的状态指示有不同的含义，维修时应根据不同的系统区别对待。

（1）FANUC 6 系统主板的状态显示与故障诊断 在 FANUC 6 系统主板上 有 5 个 LED 作为系统错误状态指示。

1) WDALM。当系统主板上的 WDALM 指示灯亮时，表示系统监

控报警。原因一般为系统 RAM 出错，或者是系统功能参数设定错误。

2) 0~3 号 LED。这 4 个指示灯的亮、不亮或闪烁，可以显示系统连接单元、主板、MDI/CRT 等连接不良或 0~10 号的 RAM 出错。

3) 在 FANUC 6 系统中，还可以通过 RAM 测试操作，检测故障的 RAM 号。RAM 测试的操作步骤为：确认系统故障为 RAM 故障后，同时按住“-”与“.”，再同时启动系统，此时 CRT 显示画面如下：

IL—MODE

- | | |
|----------|-----------|
| 1 TAPE | 4 BUBBLE |
| 2 MEMORY | 5 PCLOAD |
| 3 ENPANE | 6 RAMTEST |

按数字键 6，进入 RAM 测试状态，按 START 键进行 RAM0 测试，再次按 START 键，进行 RAM1 测试。同理，重复按 START 键，完成对全部（RAM0~RAM10）的测试。

(2) FANUC 11 系统的主板状态显示与故障诊断 该系统的报警可以通过主板或 CRT 进行显示，从而诊断故障原因。

1) 主印制电路板报警。在 FANUC 11 系统中，主板上安装有 7 段显示 LED，其指示信息分别为：显示 A 时，表示 MDI/CRT 连接不良，重新检查 MDI/CRT 单元的光缆及连接器连接，或更换主板等部件；显示为 C 时，表示 MDI/CRT 单元 ID 号设定错误，应重新设定 ID 号，确认软件版本或 MDI/CRT 种类；显示为 F 时，表示连接单元的 D₁、D₃ 连接不良，这时应检查 D₁、D₃ 或光缆的连接，必要时更换主板及光缆；显示为 H 时，表示 ID 号出错，此时应确认系统各单元的种类及软件版本，或检查连接单元及连接电缆。

2) CRT 显示系统报警。它分为电源接通时的系统报警及工作过程中出现的系统报警两种。电源接通时的系统报警主要有 ROM 奇偶校验错误、RAM 测试错误、没有选择必需的 RAM 和设定的控制轴数

不正确等错误报警。工作过程中的系统报警主要有系统软件出错、地址出错、总线出错、指令出错、系统监视器报警和 PMC 报警等。

(3) FANUC 0 系统主板的状态显示与故障诊断 该系统共有 6 个系统报警状态指示灯,其含义为:L1 (绿):系统无报警;L2 (红):系统存在报警,在发生任何报警时,此灯均亮;L3 (红):系统存储器板不良;L4 (红):系统监控报警;L5 (红):未使用;L6 (红):未使用。可根据以上指示灯判断故障。

(4) FANUC 15/150 系统模块的状态显示与故障诊断 系统根据系列号的不同,组成模块有较大的区别,以 FS 15/150B 为例进行分析。它由主板 (CPU Board)、PMC 板 (PMC Board)、RISC 板 (RISC Board)、附加轴控制板 (ADAX Board)、图形显示/DNC 接口板 (Option/Board) 等模板组成,当这些模板出错时,它上面的指示灯状态就会变化,可以指示引起报警的大致原因,以帮助维修诊断。

1) 主板的状态显示与故障诊断。该系统的主板 (CPU Board) 上主要装有 SRAM 模块、伺服控制模块、伺服接口模块、DRAM 模块、FLASH ROM 模块、主轴控制模块、CRT 控制模块和接口模块等,主板上设有 4 个状态显示灯 (STATUS) 和 3 个报警指示灯 (ALARM),用于指示主板的状况,不同指示灯的亮、灭或闪烁都有不同的含义。例如,4 个 STATUS 指示灯都灭表示电源未接通;4 个 STATUS 指示灯都亮表示电源接通后的初始化状态;3 个 STATUS 指示灯亮,1 个 STATUS 指示灯灭表示 RAM 总清完成;3 个 STATUS 指示灯闪烁,1 个 STATUS 指示灯灭表示堆栈溢出等。

2) PMC 板的状态显示与故障诊断。FS 15/150B 系统的 PMC 板主要安装有 PMC CPU 模块、DRAM 模块、SRAM 模块、ROM 模块和 PMC 引导程序模块等。板上设有 4 个状态指示灯 (STATUS) 与 3 个报警指示灯 (ALARM),用于指示 PMC 板的状况。不同指示灯的亮、灭或闪烁都有不同的含义。例如,4 个 STATUS 指示灯灭表示电源未接通;2 个 STATUS 指示灯亮、2 个 STATUS 指示灯灭表示电源接通

后的初始化状态；1个STATUS指示灯灭、1个STATUS指示灯亮表示PMC初始化测试；2个STATUS指示灯闪烁、2个STATUS指示灯灭表示其他PC板出错；2个STATUS指示灯闪烁表示PMC ROM无效或总线出错等。

3) RISC板的状态显示与故障诊断。FS 15/150B系统的RISC板上安装有SRAM、ROM及RISC CPU等模块，该板上设有4个状态指示灯（STATUS）与3个报警指示灯（ALARM），用于指示RISC板的状态。例如，4个STATUS指示灯灭表示电源未接通；4个STATUS指示灯亮表示RISC板电源接通初始化；2个ALARM指示灯灭、1个ALARM指示灯亮，表示SRAM奇偶校验出错或DRAM奇偶校验出错等。

4) 附加轴控制板状态显示与故障诊断。FS 15/150B系统附加轴控制板，用于控制第5~第8轴与第2主轴，板上安装有第5~第8轴的伺服控制模块、第5~第8轴的伺服接口模块以及第2主轴控制模块、模拟量I/O及串行通信RS232-C、RS422接口等。该板上有4个状态指示灯（STATUS）与3个报警指示灯（ALARM），其中状态指示灯在附加轴板上总是不亮，报警指示灯有不同的状态表示不同的含义。如报警指示灯2个亮、1个灭表示伺服报警或奇偶校验错误。

5) 图形显示/DNC接口板状态显示与故障诊断。FS 15/150B系统图形显示/DNC接口板上安装有图形CPU、图形引导程序模块、CRT控制模块和通信接口模块等。上面设有4个状态指示灯（STATUS）与3个报警指示灯（ALARM），该板上的STATUS灯和ALARM灯需配合使用，表示不同的故障状态。例如，使用图形显示功能时，STATUS指示灯全亮，ALARM指示灯1个亮、2个灭，表示电源接通时的初始化状态；STATUS指示灯1闪1灭、ALARM指示灯1亮2灭表示总线出错或运算出错或中断出错等。当使用DNC功能时，STATUS指示灯1闪1灭、ALARM指示灯2灭表示RAM奇偶校验出错或RAM测试出错；STATUS指示灯2闪、ALARM指示灯2灭表示远程

缓冲器出错等。

(5) FANUC 16/18/160/180 系统的状态显示与故障诊断 FANUC 16/18/160/180 系列的系统根据系统配置及规格的不同,其组成模块有较大的区别,其中 FS 16/18/160/180B 与 FS 15/150B 类似;FS 180C 的组成与 FS 15/150B 有所区别,它通常由主板 (CPU Board)、DNC 接口板 (Option 1Board)、PMC 板 (Option 3Board)、输入控制板 (Loader Control Board)、I/O 板 (I/O Card) 等组成。在该系统的控制板上均安装有 4 个状态指示灯 (STATUS) 及 3 个报警指示灯 (ALARM),用于指示各控制板的工作状态。

1) 主板的状态显示与故障诊断。FS 16/18/160/180C 的主板上主要安装有主 CPU 模块、DRAM 模块、SRAM 模块、FROM/SRAM 模块、主轴控制模块、PMC 控制模块、CRT 文本显示控制模块和 6 轴伺服控制模块等组件。主板上的 STATUS 指示灯和 ALARM 指示灯配合使用,可以表示不同的故障状态。例如,STATUS 灯 1 亮 3 灭、ALARM 灯 1 亮 2 灭,表示 RAM 奇偶校验出错或伺服驱动器监控报警;若 STATUS 灯 2 亮 2 灭、ALARM 灯全灭,表示基本 SRAM 出错等。

2) 输入控制板的状态显示与故障诊断。FS 16/18/160/180C 的输入控制板上安装有输入控制 FLASH ROM 模块、DRAM 模块、PMC 控制模块和 4 轴伺服控制模块等组件。该板上也设有 4 个 STATUS 灯和 3 个 ALARM 灯,用以指示输入控制板的工作状态。例如,STATUS 灯 4 个全灭表示电源未接通;STATUS 灯 4 个全亮表示 CPU 未运行;STATUS 灯 1 亮 3 灭,同时 ALARM 灯 1 亮 2 灭,表示输入控制板奇偶报警或伺服报警;STATUS 灯 1 亮 3 灭,同时 ALARM 灯全灭,表示其他板上有奇偶报警或伺服报警。

3) DNC 接口板的状态显示与故障诊断。FS 16/18/160/180C 的 DNC 接口板上装有 DNC CPU、通信 ROM 模块、RS232-3 及 RS422 两个串行接口等组件。接口板上有 4 个状态指示灯 (STATUS) 与 3 个

报警指示灯 (ALARM), 两种指示灯配合使用可以表示不同的故障状态。例如, STATUS 灯全亮、ALARM 灯 1 亮 2 灭, 表示电源接通后的初始化状态, CPU 未运行; STATUS 灯 1 亮 1 灭, 同时 ALARM 灯全灭, 表示远程缓冲 CPU 初始化; STATUS 灯 2 闪, 同时 ALARM 灯全灭, 表示通信出错等。

4) PMC 板的状态显示与故障诊断。FS 16/18/160/180C 的 PMC 板上安装有 CAP-II 控制 ROM 模块、PMC DRAM 模块和 PMC 控制模块等组件, 用于 PMC 控制, 用 4 个 STATUS 灯与 3 个 ALARM 灯指示 PMC 板的工作状态, 两种指示灯配合使用可以表示不同的故障状态。例如, STATUS 指示灯 1 闪 1 灭、ALARM 指示灯全灭表示总线出错; STATUS 指示灯 1 闪 1 亮、ALARM 指示灯全灭, 表示 I/O Link 通信出错; STATUS 指示灯 1 闪 1 灭、ALARM 指示灯 1 亮 2 灭, 表示 PMC 程序梯形图出现奇偶报警等。

5) 后台编辑与图形显示板的状态显示与故障诊断。FS 16/18/160/180C 后台编辑与图形显示板上安装有后台编辑与图形显示用 FROM、SRAM 和 DRAM 模块, 上有 4 个 STATUS 灯和 3 个 ALARM 灯, 两种指示灯配合使用, 可以表示不同的故障状态。例如, STATUS 指示灯 1 亮 3 灭、ALARM 指示灯 1 亮 2 灭, 表示 RAM 奇偶校验出错; STATUS 指示灯全亮, ALARM 指示灯 1 亮 2 灭, 表示 SRAM 奇偶校验出错; STATUS 指示灯 2 亮 2 灭、ALARM 指示灯 1 亮 2 灭, 表示 DRAM 奇偶校验出错等。

6) 64 位 RISC 板的状态显示与故障诊断, FS 16/18/160/180C 的 64 位 RISC 板上安装有 RISC CPU、SRAM、ROM 等模块, 上有 4 个 STATUS 灯与 3 个 ALARM 灯, 其含义各有不同。如 STATUS 灯 1 闪 3 灭表示复位; STATUS 灯 1 亮 3 灭表示 DRAM、SRAM 或 ROM 测试错误; STATUS 指示灯 2 亮 2 灭表示主 CPU 同步出错; STATUS 指示灯 3 亮 1 灭表示系统出错; ALARM 指示灯 1 亮 2 灭表示 RISC CPU 未启动或 SRAM 及 DRAM 奇偶校验出错等。

3.2.3 SIEMENS 数控系统的维修

SIEMENS 数控系统也是国际上有名的数控系统，现将其系统情况及故障诊断与维修方法介绍如下。

1. SIEMENS 典型系统结构简介

(1) SINUMERIK 810/820 系统 该系统结构简单，适用于普通经济型数控铣床。810 与 820 的区别仅在于显示器，810 为 9in 单色显示，系统电源为 DC24V；820 为 12in 单色或彩色显示，系统电源为 AC220V，其余硬件、软件部分完全一致。810/820 系统最大可控制 6 个轴（其中允许有 2 个作为主轴控制），以及 3 轴联动。系统由电源、显示器、CPU 板、存储器（MEM/EPROM/RAM）板、I/O 板、接口板、显示控制板、位控板和机箱等硬件组成。硬件采用了较多的大规模集成电路和专用集成电路，系统的模块少，整体结构简单，通常无需进行硬件调整和设定。系统软件上，增加了蓝图编程、固定循环、极坐标编程、CL800 语言编程等功能。PLC 采用 STEP5 语言编程，指令丰富，通过 OB、PB、SB 以及 FB 等功能块为结构化编程提供了良好的环境。810/820 系统还具有“通道”控制功能，可以两个“通道同时工作，为机床设计人员提供了便利。

(2) SINUMERIK 802 系统 该系统有 802S/SE/Sbase Line, 802C/CE/Cbase Line 和 802D 等型号，该系列的系统结构简单、体积小、可靠性高，适用于普及型数控铣床。802S/SE/Sbase Line 系列采用步进电动机驱动；802C/CE/Cbase Line 系列采用数字式交流伺服驱动系统。802S 和 802C 系列的 CNC 结构完全相同，可以进行 3 轴控制/3 轴联动；系统带有 $\pm 10V$ 的主轴模拟量输出接口，可以配具有模拟量输入功能的主轴驱动系统（如变频器）。802S、802C 系列还可以配 OP020 独立操作面板和 MCP 机床操作面板，显示器为 7in 或 5.7in 单色液晶显示。集成内置式 PLC 最大可以控制 64 点输入与输出，PLC 的 I/O 模块与 ECU 间通过总线连接，系统体积小、结构紧

凑、性能价格比高。802D 与 802S、802C 有较大的不同,在功能上有所改进与提高,系统采用 SIEMENS PCU210 模块,控制轴数为 4 轴/4 轴联动,可以通过 611U 伺服驱动器携带 10V 主轴模拟量输出,以驱动带模拟量输入的主轴驱动系统。该系统可以配 OP020 独立 NC 键盘、MCP 机床操作面板、10.4in 彩色液晶显示器。它与驱动、I/O 模块间利用 PROFIBUS 总线进行连接,I/O 模块采用了独立的输入、输出单元(PP72/48 I/O 单元),每一系统最大可以配备两个 PP72/48 I/O 单元,点数比 802S/C 系统大大增加,最大可以到 144/96。802D 系统的伺服驱动与 802C 相同,通常采用 SIEMENS611 数字式交流伺服驱动系统,驱动器的测试可以直接利用 SIMOCOMU 软件完成,调整十分方便。在软件上,802D 除保留了 SIEMENS 传统的编程功能外,主要在以下两方面进行了改进:一是增加了 PLC 程序“梯形图”显示功能,方便了维修;二是可以使用非 SIEMENS 代码指令进行编程,系统的开放性更强。802S/SE、802C/CE 的系统结构如图 3-28、图 3-29 所示。

(3) SINUMERIK 810D/840D 系统 这两种系统结构相似,但在性能上有较大的差别。810D 采用 SIEMENS CCU (Compact Control Unit) 模块,最大控制轴数为 6 轴,1 通道工作;840D 采用 SIEMENS NCU (Numerical Control Unit) 模块,处理器为 Pentium (NCU573) 或 AMDK6-2 (NCU 572) 或 486 (NCU 571) 系列,当采用 NCU572 或 NCU573 时,CNC 的存储器容量为 1GB,最大控制的轴数可达 31 轴,10 通道同时工作。采用 NCU571 时,控制轴数为 6 轴,2 通道同时工作。810D/840D 系统可以在 Windows 环境下运行,系统功能强大、开放性好,软件十分丰富。系统除具有数字化仿形功能、NURBS 插补、样条插补、多项式插补和 3D 刀补等先进功能外,还可以配套 Shopmill (铣床、加工中心) 或 Shopturn 及 Autoturn (车床) 图形对话式操作编程软件,直接进行人机对话式编程。系统还可以进行 2D 动态模拟显示与 3D 立体图形模拟显示。此外通过配套的 EASYMASK 软件,用

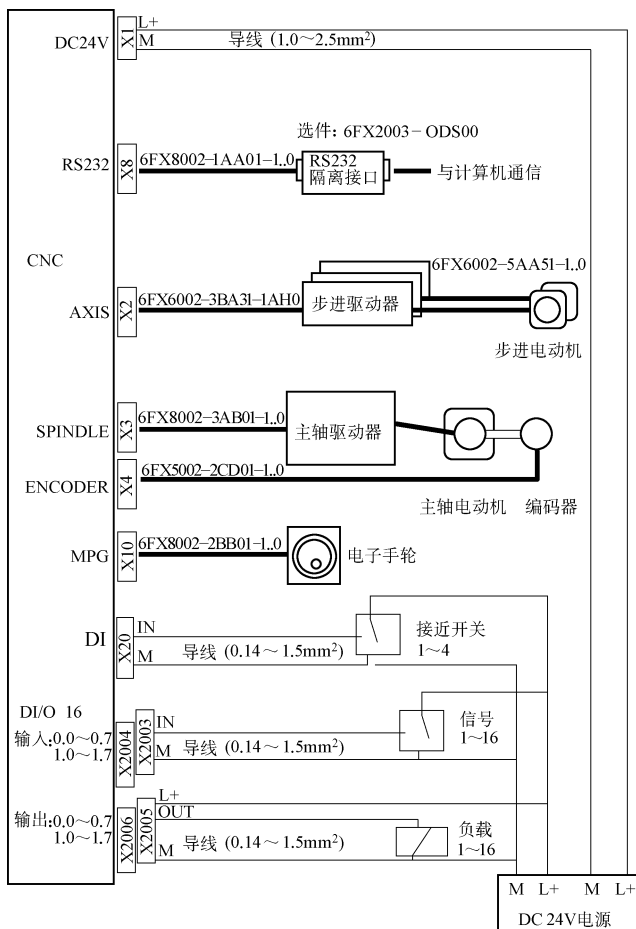


图 3-28 SINUMERIK 802S/SE 结构图

ASCII 编辑器进行用户屏幕设计，开放性更强。该系统的 PLC 编程可以采用 S7-Hi Graph 点阵图形辅助编程工具，进行 PLC 程序设计。该系列的 NC 还具有神经网络功能，通过自学习、自优化系统，自动完成伺服系统的优化调整，使系统的调整时间大大缩短。由于丰富的软件替代了一部分硬件功能，因此 810D/840D 的硬件特点是模块少、结构简单、故障率低。该系列系统的总体结构如图 3-30 及图 3-31

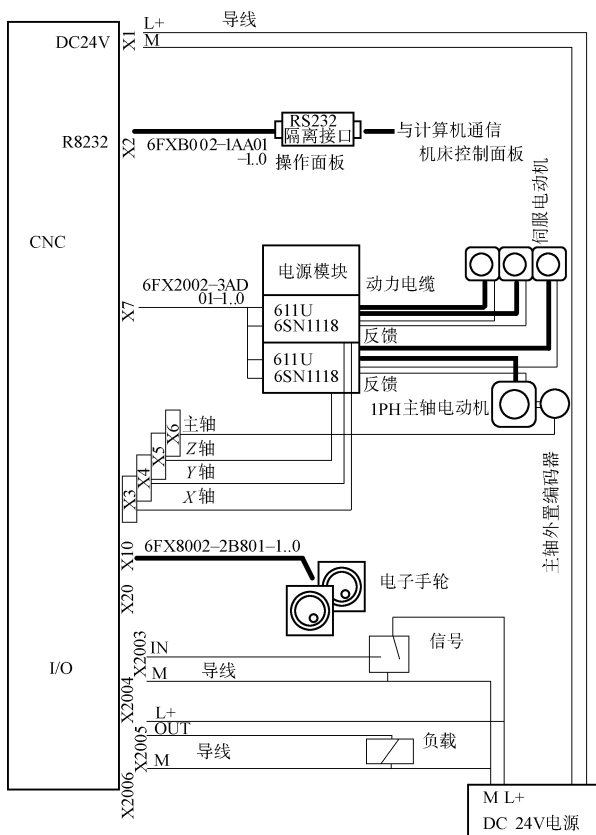


图 3-29 SINUMERIK 802C/CE 结构图

所示。

图 3-30、图 3-31 中，CCU (NCU)、MMC 和 PLC 三部分组成了数控装置。CCU 或 NCU 与 611 数字伺服驱动安装在—起，通过设备总线相连。CCU (NCU) 是系统的核心，它包括 CNC 与 PLC 的硬件与软件、MPI 接口、PROFIBUS 总线接口、RS232 接口、手轮接口以及测量接口等部分。MMC (人机界面)、操作面板 OP (包括 10.4inTFT 显示器与 NC 键盘)、机床操作面板 MCP 一般安装在操纵台上，它们与 CCU (NCU) 间通过 PROFIBUS 总线连接。MMC 实际

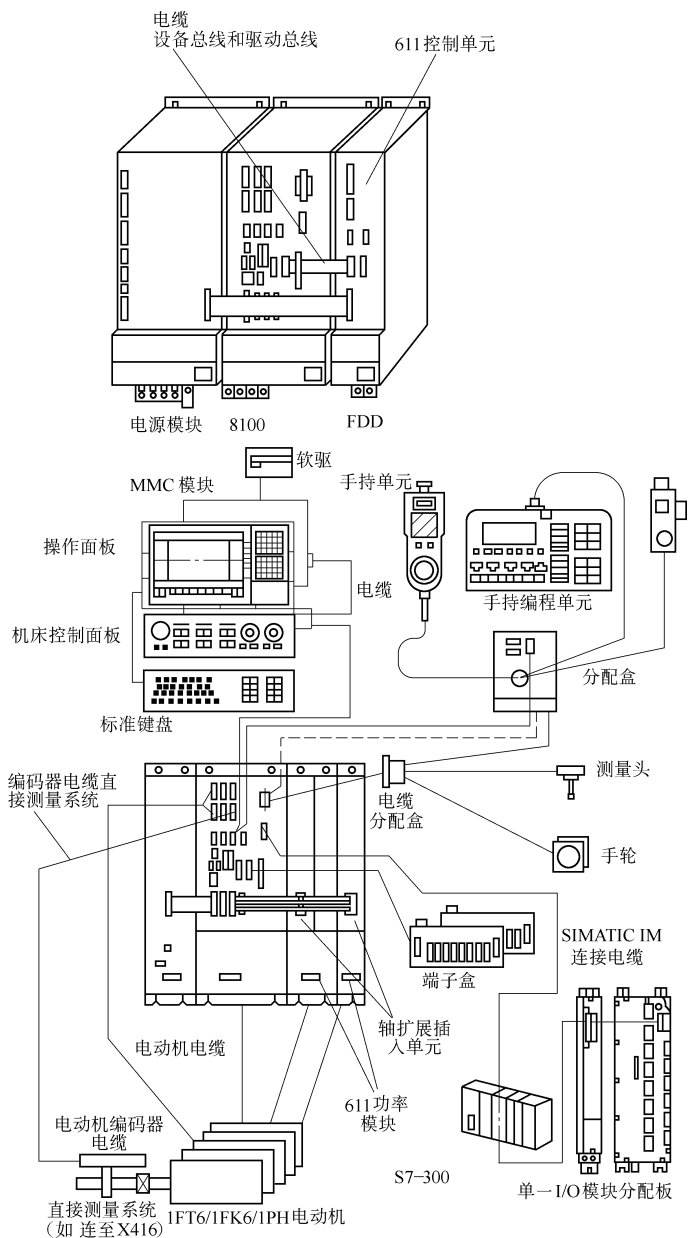


图 3-30 SINUMERIK 810D 总体结构图

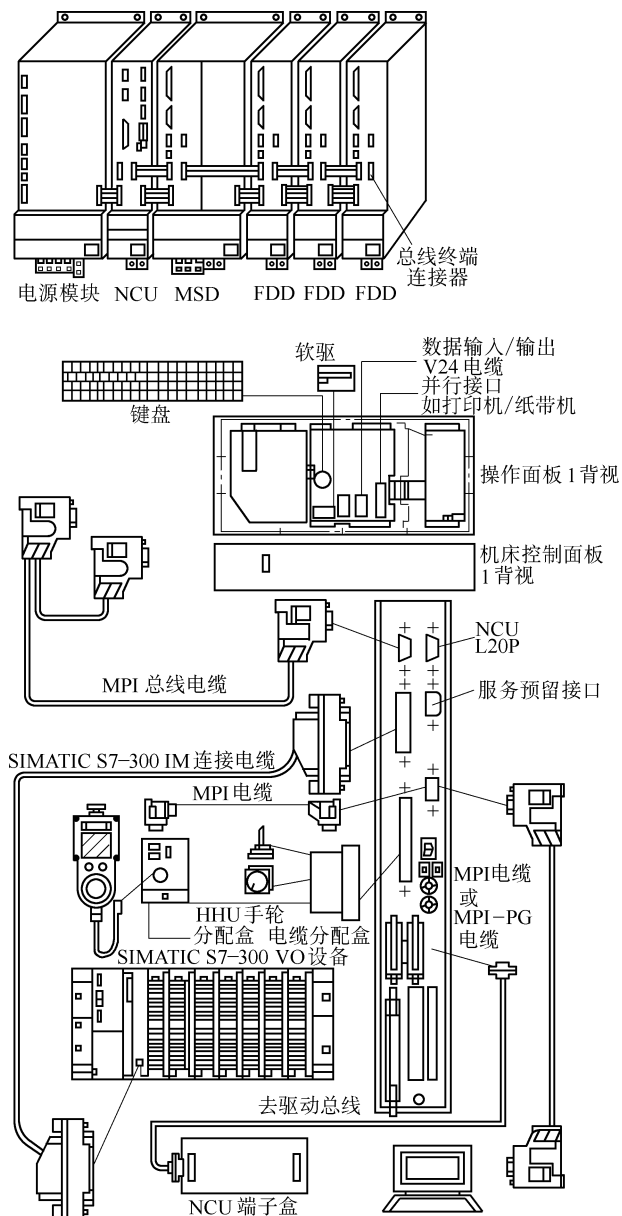


图 3-31 SINUMERIK 840D 总体结构图

上是一台独立的计算机，它有独立的 Pentium CPU、硬盘、软驱、TFT 显示器与 NC 键盘等，可以在 Windows 环境下运行，因此它既是 CNC 的人机界面，又可以安装独立的软件（HMI）。MCP 作为机床操作面板，是总线上的一个节点。根据机床的不同，可以选择不同的操作面板。与 S7-300 兼容的 PLC 使用与 S7-300 相同的软件与硬件，PLC 的电源模块、接口模块、I/O 模块单独安装，它们与系统间通过 S7 总线与 CCU 或 NCU 连接。通过 CNC 与 611D、S7 等可编程序控制器的组合，可以构成满足不同要求的全数字控制系统。

除以上介绍的典型系统外，SIEMENS 数控系统在用的还有早期生产的 SINUMERIK 6 系统，该系统是与 FANUC 公司合作生产的；SINUMERIK 3 系统，该系统是 20 世纪 80 年代欧洲所用的典型系统；还有在进口机床上用得较多的 SINUMERIK 8 系统、SINUMERIK 840C 系统、SINUMERIK 850/880 系统。其中，SINUMERIK 840C 的功能与 SINUMERIK 840D 基本相同，而 SINUMERIK 850/880 系统的功能较强。

2. SIEMENS 数控系统的故障诊断与维修

（1）硬件故障的诊断 SIEMENS 系统的硬件特点是模块少、整体结构简单，用户一般无需调整，硬件的可靠性较高。系统硬件发生故障时，通常情况下，需要对模块进行检测与维修，且应具备一定的测试条件、工装和相应的维修器件。因此，现场维修时，一般只要求根据模块的功能结合故障现象，判断、查找出发生故障的模块，进行备件替换。当 CPU 或存储器等模块更换后，还需要重新进行数据的输入和系统的初始化调整，使系统恢复正常工作。现以 SINUMERIK 810/820 系统为例，说明其故障诊断与维修的方法。

1) 电源模块的故障诊断。SINUMERIK 810 与 820 系统电源模块的区别仅在于输入电压不同，而模块的输出电压及外部接口一致。810 系统采用的是 DC24V 输入，显示器电源为 DC15V；820 系统采用 AC220V 输入，显示器为 AC220V。电源模块的输出电压有 DC

+5V、-5V、+12V、-12V 和 +15V 等，具有过电流、短路等保护功能。测量、控制端有 +5V 电压测量孔、电源正常（Power Supply OK）信号输出端子、系统启动（NC-on）信号输入端子及复位按钮（RESET）等。电源模块的故障，通常可以通过对 +5V 测量孔的电压测量进行判断，若接通 NC-on 信号后，+5V 测量孔有 +5V 电压输出，则表明电源模块工作正常；若无 +5V 电压输出，则表明电源模块可能损坏。维修时可取下电源模块，检查各电子元器件的外观，检查电源输入熔丝是否熔断，在此基础上再根据原理图逐一检查各元器件。

当系统出现开机时有 +5V 电压输出，但几秒钟后 +5V 电压又消失的故障时，一般情况下，电源模块本身无损坏，故障是由于系统内部电源过载引起的。维修时可以将电源模块拔出，使其与负载断开，再接通 NC-on 正常上电，若这种情况下 +5V 电压输出正常且电源正常信号输出触点闭合，则证明电源模块本身工作正常，故障原因属于系统内部电源过载。这时可逐一取下系统各组成模块，进一步检查判断故障范围。若电源模块取下后，无 +5V 输出或仍然只有几秒的 +5V 电压输出，可能是电源模块本身存在过载或内部元器件损坏，可根据原理图进行进一步的检查。

2) 显示系统的故障诊断。SINUMERIK 810/820 系统显示控制主要由 CRT、视频板等部件组成。CRT 的作用是将视频信号转换为图像进行显示；视频板的作用是将字符及图像点阵转换为视频信号进行输出。CRT 故障时一般有以下现象：屏幕无任何显示，系统无法启动；当按住系统面板上的诊断键（带有“眼睛”标记的键）接通系统电源启动时，面板上方的 4 个指示灯闪烁；屏幕显示为一条水平或垂直的亮线；屏幕左右图像变形；屏幕上下线性不一致，或被压缩或被扩展；屏幕图像发生倾斜或抖动。以上故障一般为显示驱动线路的不良引起的，维修时应重点针对显示驱动线路进行检查。视频板故障时一般有以下现象：屏幕无任何显示；系统无法启动；当按住系统面

板上的诊断键接通系统电源启动时,面板上方的4个指示灯闪烁;屏幕图像不完整;显示器有光栅,但屏幕无图像。

3) CPU板的故障诊断。CPU板是整个系统的核心,它包括PLC、CNC的控制、处理线路。CPU板上主要安装有80186处理器、插补器、RAM、EPROM、通信接口和总线等部件。系统软件固化在EPROM中。PLC程序、机床数据可通过两个V.24接口,用编程器或计算机进行编辑、传输,同时NC程序及机床数据也可通过V.24接口进行输入/输出操作。在系统内部,CPU板通过系统总线与存储板、接口板、视频板、位置控制板等进行数据传输,实现对这些部件的控制。CPU板发生故障一般有如下现象:屏幕无任何显示,系统无法启动,CPU板上的报警指示红灯亮;系统不能通过自检,屏幕上有图像显示,但不能进入CNC正常画面;屏幕有图像显示,能进入CNC画面,但不响应键盘的任何按键;通信不能进行。当CPU板发生故障时,维修很困难,一般情况下只能更换新的CPU备件板。

4) 接口板的故障诊断。SINUMERIK 810/820接口板上主要安装有系统软件子程序模块、两个数字测头的信号输入端、PLC输入/输出模块的接口部件等。接口板故障时,一般有如下现象出现:系统死机,无法启动;接口板上的系统软件与CPU板上的系统软件不匹配,导致系统死机或报警;PLC输入/输出无效;电子手轮无法正常工作。当接口板发生故障时,维修很困难,一般情况下只能更换新的接口板。

5) 存储器板的故障诊断。SINUMERIK 810/820存储器板上安装有UMS用户存储子模块、系统存储器子模块等,其中UMS可以是固化用户WS800A开发软件的用户程序子模块、西门子公司提供的固定循环子模块,或是RAM子模块。存储器板故障时,一般有以下现象:系统死机,无法开启;存储器上的软件与CPU板上的系统软件不匹配,导致系统死机或报警。存储器板发生故障时,若通过更换软

件仍然不能排除故障，则应换上备用的存储器板。

6) 位置控制板的故障诊断。位置控制板是 CNC 的重要组成部分，它由位置控制、编码器接口、光栅尺的前置放大 (EXE) 等部件组成。位置控制板的故障一般有如下现象：CNC 不能执行回参考点动作，或每次回参考点位置不一致；坐标轴、主轴的运动速度不稳定或不可调；加工尺寸不稳定；出现测量系统接口电路硬件故障报警；在驱动器正常的情况下，坐标轴不运动或定位不正确。位置控制板发生故障时，一般应先检查测量系统的接口电路，包括编码器输入信号的接口电路、位置给定输出的 D/A 转换器回路等。在现场不能修理时，应换上一块新的备板。

(2) 软件故障的维修 SIEMENS 系统的软件设计较复杂，功能也较强，通常都要用编程器、计算机进行安装与调试。包括 PLC 程序在内的大量数据都是存储在电池供电的 RAM 之中，这些数据一旦丢失，必须对机床进行重新调整，甚至需要重新编制 PLC 程序，因此应重视对系统软件及数据的保护。以 SINUMERIK 810/820 系统为例，系统软件的数据组成分为三类：第一类为 SIEMENS 公司编制的程序数据，包括启动芯片程序、基本系统程序、加工循环程序和测量循环程序；第二类为机床生产厂编制的程序数据，包括 NC 数据、PLC 数据、PLC 程序、报警文本数据和加工区域范围（主轴限速）等设定数据；第三类为现场操作/程序员编制的程序数据，包括加工主程序、加工子程序、刀补参数和零点偏置参数等。

(3) 参数调整 机床参数的调整是使系统与机床的电气控制部分、伺服驱动部分（驱动单元与位置反馈回路）、机床机械部分以及外部设备连接、匹配的前提条件。设置和优化有关的参数，是机床调试的重要工作之一。虽然机床交付用户时已经过出厂调整和现场的安装、调整，但由于加工要求或者控制要求的改变，还可能对机床提出一些新的要求，需要在维修中加以解决。因此，维修人员应对系统生产厂家编制的软件和设定的数据有相当的了解，才能进行深入的维

修。以 SINUMERIK 810/820 系统为例, 该系统的机床参数包括:

1) NC 数据。它是使系统与具体机床相匹配所设置的有关数据, 包括: 通用数据 (一般不作调整); 进给轴专用数据, 在该类参数中, 坐标轴的漂移补偿、传动间隙补偿、复合增益、位置环增益、速度/加速度、夹紧允差以及与轮廓监控有关的数据, 在维修中都有可能进行调整; 主轴专用数据, 该数据是对主轴在不同的变速挡下的特性加以调整, 在维修时可调; 通用位参数, 是设置系统操作和功能的参数, 在维修时可以根据需要作某些改变; 主轴专用位参数, 它对主轴的控制功能进行选择, 在维修时可以根据需要调整; 通道专用位参数, 在机床交付使用后, 一般不作调整; 进给轴专用参数, 它对主轴控制功能进行选择, 在维修时可以改变; 螺距误差补偿数据, 这些数据用来进行螺距补偿, 通常需要用激光干涉仪测出丝杠螺距误差曲线后才能进行调整, 该类数据在机床精度恢复时, 应作调整。

2) PLC 数据。SIEMENS 系统 PLC 用户数据, 一般包括 PLC 机床参数、PLC 用户程序和 PLC 报警文本这三部分。PLC 机床参数和 PLC 报警文本都是根据 PLC 用户程序的要求进行设定和编写的, 机床交付使用后, 一般不再需要对它们进行修改。但是维修人员应当掌握机床的 PLC 用户程序, 并可以通过接口信号来检查机床电气控制部分的故障。维修时, 通过操作选择诊断 (DIAGNOS) 键, 可以实时检查 PLC 的全部输入位 (IW)、输出位 (QW)、标志位 (FW)、计时器 (T) 和计数器 (C) 的状态, 用来进行接口信号的诊断。借助于西门子编程器或编程软件, 还可以编辑 PLC 程序, 对 PLC 进行在线诊断和状态控制, 读出中断堆栈、信号状态, 进行变量控制以及启动、停止 PLC 等操作。

3. SIEMENS 系统的基本检查与信号诊断

(1) I/O 信号的构成 根据系统型号的不同, 各 SIEMENS 系统的 I/O 信号的构成有所区别。对于常用的系统, 一般有用使用 I/O 模块与直接使用 SIEMENS 标准 PLC 的软、硬件两种结构形式。前者一般

用于功能较简单、控制轴数较少的数控系统,如 SINUMERIK 810/820/802 等系统;后者一般用于功能较强、控制轴数较多的数控系统,如 SINUMERIK 840D 等。SINUMERIK 810/820M/802D 是使用 I/O 模块的结构形式。在 SINUMERIK 810M/820M 系统中,I/O 信号是通过 I/O 子模块直接与系统的 I/O 总线连接的。根据机床的不同要求,I/O 模块的数量可以增减,最大为 4 个 I/O,每一子模块的 I/O 点为 64/32 点,如图 3-32 所示。在 SINUMERIK 802D 系统中,I/O 信号子模块直接作为系统 PROFIBUS 总线的外设,因此称之为 PP (PROFIBUS Peripheral)。根据机床的不同要求,PP 模块的数量为 1 个或 2 个,每一子模块的 I/O 点为 72/48 点,如图 3-33 所示。

SINUMERIK 810D/840D 系统是直接使用 SIEMENS 标准 PLC 的软、硬件的结构形式。系统中的 I/O 信号子模块直接使用 SIMATIC S7-300 的软件与硬件,PLC 的 CPU 集成在系统的 NCU (或 CCU) 中,I/O 模块与系统间通过 SIMATIC S7-300IM 连接电缆与系统的 I/O 总线相连接。在 840D 中最大可以连接 3 个 SIMATIC S7-300 扩展模块框架,每个扩展模块框架最大可以安装 8 个 I/O 子模块。SIMATIC S7-300 I/O 子模块的 I/O 点数与输入/输出规格要求,可以根据机床的不同要求选配,每个 SIMATIC S7-300 I/O 子模块最多可以有 16 点输入或 16 点输出。

(2) I/O 信号状态的显示与输出模拟 不同系统的 I/O 信号,诊断操作步骤有所不同,下面就 I/O 信号的状态诊断与模拟分系统分别进行说明。

1) SINUMERIK 810/820 系统的状态诊断。根据系统 CRT 上的提示,按 DIAGNOSE 键,此时系统显示诊断页面;按菜单 PLC-STATUS 键,系统显示 PLC 状态诊断页面;根据需要,通过菜单键 IW、QW、FW、T、C 选择输入、输出、内部继电器、定时器、计数器或数据字的状态显示;通过 PAGE 键、CURSOR 键,逐页显示诊断信号的状态。

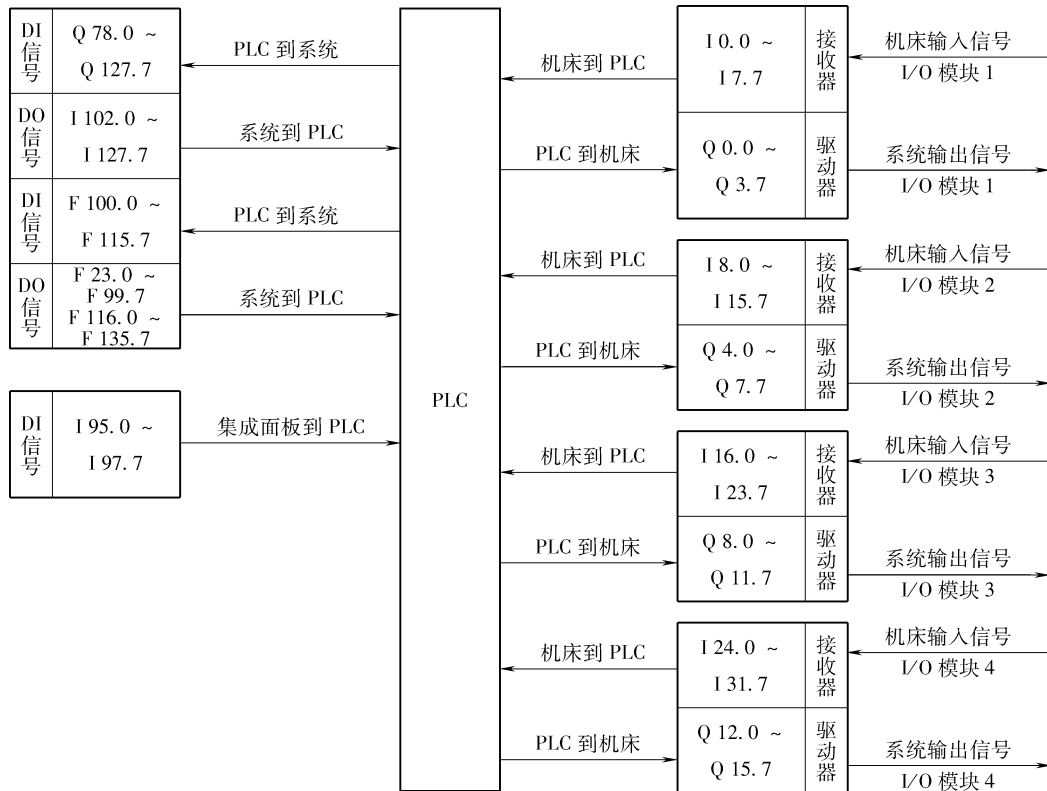


图 3-32 SINUMERIK 810M/820M 的 I/O 接口信号构成

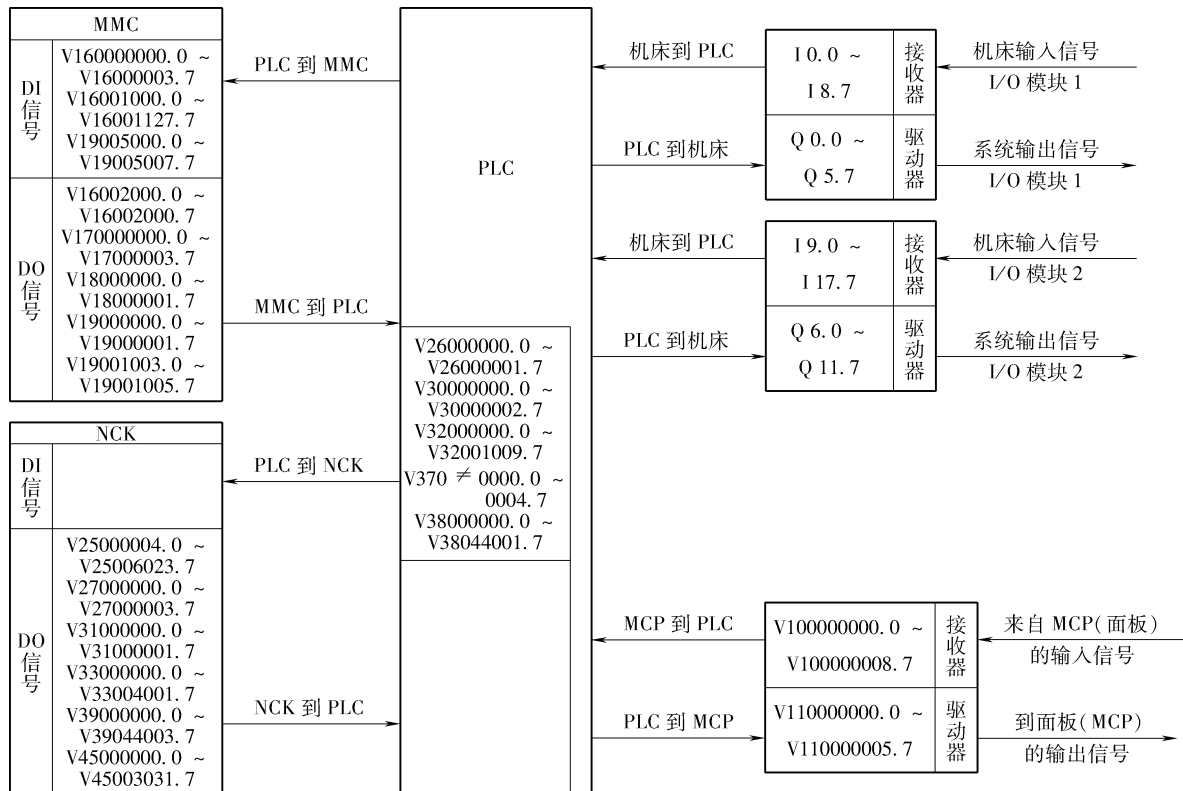


图 3-33 SINUMERIK 802S/802D/802C 的 I/O 接口信号构成

2) SINUMERIK 802S 系统的状态诊断。按 DIAGNOSE 键, 进入诊断页面, 当无 DIAGNOSE 功能键显示时, 可以通过操作面板的区域转换键, 使 DIAGNOSE 功能键在显示器上显示; 按诊断页面的 [调试] 键, 进入调试页面; 按 PLC-STATUS 键, 显示 PLC 状态页面, 当页面上无 PLC-STATUS 功能键显示时, 可以通过菜单扩展键, 使它在页面上显示。输入需要检测的 I/O 信号地址字节, 如需检测 I1.0、Q1.0、VB38000000 时, 应输入信号地址字节 IB1、QB1、VB38000000 等; 按 MDI 面板上的 INPUT 键, 系统显示对应字节上的 8 位信号的状态。

3) SINUMERIK 802D 系统的状态诊断。同时按系统操作面板上的 SHIFT 键与 SYSTEM 键进入系统页面; 按 PLC 键, 进入 PLC 页面; 按 PLC-STATUS 键, 进入 PLC 状态页面, 当页面无 PLC-STATUS 键显示时, 可以通过菜单扩展键, 使它在页面上显示。输入需要检测的 I/O 信号地址字节; 按 MDI 面板上的 INPUT 键, 系统显示对应字节上 8 位信号的状态。

4) SINUMERIK 810D/840D 系统的状态诊断。根据 CRT 上的提示, 按 DIAGNOSE 键, 系统显示诊断页面; 按菜单上 PLC-STATUS 键, 系统显示 PLC 状态诊断页面; 根据需要, 选择 I、Q、F、T、C 或 DB, 以选择输入、输出、内部继电器、定时器、计数器或数据字的状态显示; 通过 PAGE 键, 逐页显示诊断信号的状态。

5) SINUMERIK 802S/C 系统的 I/O 信号模拟。按 I/O 信号状态诊断步骤显示相应的信号; 调节光标到信号状态显示区域; 按功能键 CHANGE 输入所需要的模拟值; 按功能键 RECEIVE, 输入的数据被传送到 PLC 中。

6) SINUMERIK 802D 系统的 I/O 信号模拟。按 I/O 信号状态诊断步骤显示相应的信号; 调节光标到信号状态显示区域; 按功能键 [编辑], 输入所需要的模拟值; 按功能键 [确认], 输入的数据被传送到 PLC 中。

7) SINUMERIK 810D/840D 系统的 I/O 信号模拟。根据系统 CRT 上的提示,按 DIAGNOSE 键,系统显示诊断页面;按 PLC-STATUS 键,系统显示 PLC 状态诊断页面;根据需要,选择 I、Q、F、TC 或 DB,以选择输入、输出、内部继电器、定时器、计数器或数据字的状态显示;按 CHANGE 键进入修改状态;按菜单键 OPERRAND + 键及 OPERRAND - 键,可以变换地址;按菜单键 DEFAULT FORMAT 键可以选择数据格式: B—二进制, H—十六进制, D—十进制;输入需要模拟输出的值,按菜单键 ACCEPT 键,输入值生效。

(3) 系统自诊断 SIEMENS 系统设有较强的自诊断功能,能及时识别 NC、PLC 和机床中的故障,从而避免发生事故。监控范围包括程序读入、程序格式、系统处理器、串行接口、控制电压、温度、驱动、位置反馈回路及位置传感器、NC 与 PLC 之间的数据传送、加工的轮廓、系统存储器 and 主轴等多个方面。以 SINUMERIK 810/820 系统为例,系统监控主要有以下内容:

1) CPU 监控。SINUMERIK 810/820 系统的 CPU 监控通过 CPU 模块上的红色发光二极管(LED)指示。正常情况下,接通系统后在 6~7s 内 LED 闪烁然后熄灭,系统启动完成,进入正常工作状态。如果 LED 一直发光无闪烁,则系统不能正常启动,CRT 通常无显示,维修时可以从以下几个方面查找故障原因: CPU 模块中有硬件故障; CPU 模块中短接设定错误; EPROM 存储器故障;系统总线板损坏;机床参数设定错误;启动芯片安装错误或损坏; CPU 循环出错。

2) EPROM 自诊断。SINUMERIK 810/820 的基本系统软件存储于 EPROM 存储器中,它是系统正常工作的前提。每次启动系统,系统都要自动对存储器的内容进行检查,一旦发现错误,系统可以显示文字报警,并指出出错的芯片号。在维修过程中,EPROM 存储器损坏的情况并不多见,引起此类故障的原因一般有:存储器模块或 EPROM 芯片插接不良、安装位置错;不同版本、不同型号以及不同种类的软件混用。对于以上情况,维修时只要进行纠正并重新启动系

统,故障即可排除。

3) 报警的处理。系统监控的结果大部分是以报警显示的方式进行指示。对于大多数故障,系统有固定的报警号和文字显示给予提示。同时,根据故障的情况,系统可以自动撤消“NC 准备好”信号,或者进入“进给保持”状态。现将引起报警故障的可能原因及处理方法列举如下:

① ALM1 ~ 15 报警。它是系统本身故障引起的报警。ALM1 提示系统存储器的电池即将用完,应尽快更换电池,更换电池必须在系统通电的情况下进行,否则存储内容丢失。ALM6 提示数据存储器子模块电池用尽,替换时应先以新的子模块替换。更换必须在系统断电的情况下进行,否则会引起系统故障。子模块调换后,需重新对存储内容进行加载。ALM3 报警提示 PLC 处于停止状态,此时系统的 I/O 接口信号被封锁,机床不能工作,对于本报警一般应使用 PLC 的编程器读出中断堆栈的内容,才能查明故障原因。对于偶然出现的故障,当维修现场无编程器时,可以通过系统初始化的方法,重新启动 PLC 使机床恢复工作。

② ALM16 ~ 48 报警。它是 RS232C 接口报警, SINUMERIK 810/820 系统有两个 RS232C 接口,可以通过设定数据 SD5010 ~ SD5028,使它与不同的外部设备进行数据传输。数据传输与电缆连接、系统及传输设备的状态、数据格式、传输识别符以及传输波特率等有关,ALM16 ~ 48 号报警就是对数据传输过程进行监控。ALM22 号报警为“时间监控生效”报警,表示系统在 60s 内没有输出或收到传输字符,它一般与外部设备的状态或设定、电缆连接等因素有关。ALM28 号报警为“环形存储器溢出”报警,表明系统不能及时处理读入的字符,可能的原因是传输速度太快,应降低系统与外设的传输波特率等。该类报警在排除后,用数据输入/输出操作中的 STOP 功能键即可以清除报警,无需进行关机操作。

③ ALM100 ~ 196 号报警。此为进给轴专用报警,它反映机床的

位置控制闭环中的某个环节存在故障,是维修中较容易出现报警。ALM104 号报警表明坐标轴指令值到达了数模转换极限,表示对应轴要求处理的指令值已高于机床数据 268[#]中规定的数/模转换极限值,系统无法对这样的数字指令值实现数/模转换,应通过降低速度、检查位置反馈传感器、检查 MD268[#]设定、检查伺服驱动单元等措施加以解决。ALM116 号报警表明轮廓监控出错,它表示轴运行速度高于机床数据 MD366[#]规定的轮廓监控速度,且超过了 MD332[#]规定的允差;也有可能是制动时轴不能在规定时间内达到要求的速度引起的。产生以上故障的原因一般是系统的 K_v 参数设置不当引起的,维修时应检查 MD332[#]数据、 K_v 值(MD252[#]数据)的设定;检查伺服系统转速调节器的响应特性;或重新对伺服系统进行优化处理等。ALM132 号报警表示位置反馈回路硬件故障,它说明系统检测到位置反馈信号的错误。维修时应检查测量回路的电缆是否断路、脱落,必要时可以通过插上测量回路短路插头,判断位置控制模块是否有故障,通过示波器,可以测量位置反馈信号的波形,进而判断电缆与位置传感器是否存在故障。ALM168 号报警,表示来自 PLC 用户程序“进给使能”信号被撤消。应根据 PLC 程序检查 PLC 程序的逻辑关系以及有关接口信号的状态,查明故障原因。以上各个报警在查明原因后,可以用机床控制面板上的复位键消除。

④ ALM2000 ~ 2999 号报警。此为程序报警,该类报警一般在运行程序时出现,主要是指出程序编制中的错误,报警不但指明了故障类型,而且还可以指出出错的程序段。该类报警在查明原因后,用机床控制面板上的复位键消除。

⑤ ALM3000 ~ 3050 号报警。此为程序模拟报警,报警指示方式和内容与程序报警相似,但此类报警发生在程序模拟时。在查明原因后,用“报警应答”键消除。

⑥ ALM6000 ~ 6031 号报警。此为机床报警,该类报警是机床设计人员在编制 PLC 程序时,结合机床的具体要求设计的故障信息。

报警显示的文字内容由报警文本输入。维修时,应根据 PLC 用户程序进行分析,查找故障原因。

⑦ ALM6032 ~ 6039 号报警。它是系统为 PLC 设置的报警,主要是给 PLC 设计者的提示,在机床使用中一般不会出现。

SIEMENS 系统在出厂资料中一般有专门的诊断手册,用于分析、诊断故障原因。该手册内容丰富、描述具体,维修时,可以根据系统的实际情况参照进行。

3.2.4 日本三菱公司数控系统的维修

日本三菱电机株式会社是一个综合性电器电机制造公司,从 1956 年开始研制 CNC,至今已有近 50 年的历史。该公司在 1981 年推出了具有对话和图形显示功能的 MAZATROL-TJ 系列控制器,1986 年推出了 32 位 CNC MELDAS-300 系列,1992 年推出了模块化结构的 MELDAS-500 系列,1995 年推出小型化结构的 MELDAS-50 系列,同年推出以 PC 为基础的 PC-NC MELDAS-MAGIC-50 系列,1996 年又推出 64 位的 PC-NC MELDAS-MAGIC-64 系列。三菱公司数控系统的商标为“MELDAS”,它是由英文 MITSUBISHI Electric Digital Automation System 的词首组成。下面对该系列的结构及故障维修特点做一介绍。

1. 三菱公司数控系统的结构特点

(1) MELDAS-M3 系列数控系统 该系列数控系统具有下列特点:采用高速 32 位机的多 CPU 系统;在 NC 和 PLC 之间采用了直接数据总线 (DDB) 进行高速数据连接;NC 与伺服、主轴间也采用总线连接,提高了可靠性;采用高速进给率控制;内藏式 PLC 高速化;直线进给移动指令 G01 具有插补前加/减速功能;采用主动的前馈式伺服控制、向量精插补;系统体积大为缩小,具有强大的自诊断功能,能对加工程序格式错误进行显示;能对操作错误进行报警;能显示自动运转停止的原因;能显示急停发生的原因;能对 PLC 的出错原因进行显示;一次最多可显示 4 条出错信息,每条信息最长 32 个

字符；具有伺服监视显示功能；具有适合各种目的的开放功能及用户软件开发环境。该系统的框图如图 3-34 所示。MELDAS-M3 系统的控制单元中各个模块的位置布置如图 3-35 所示。

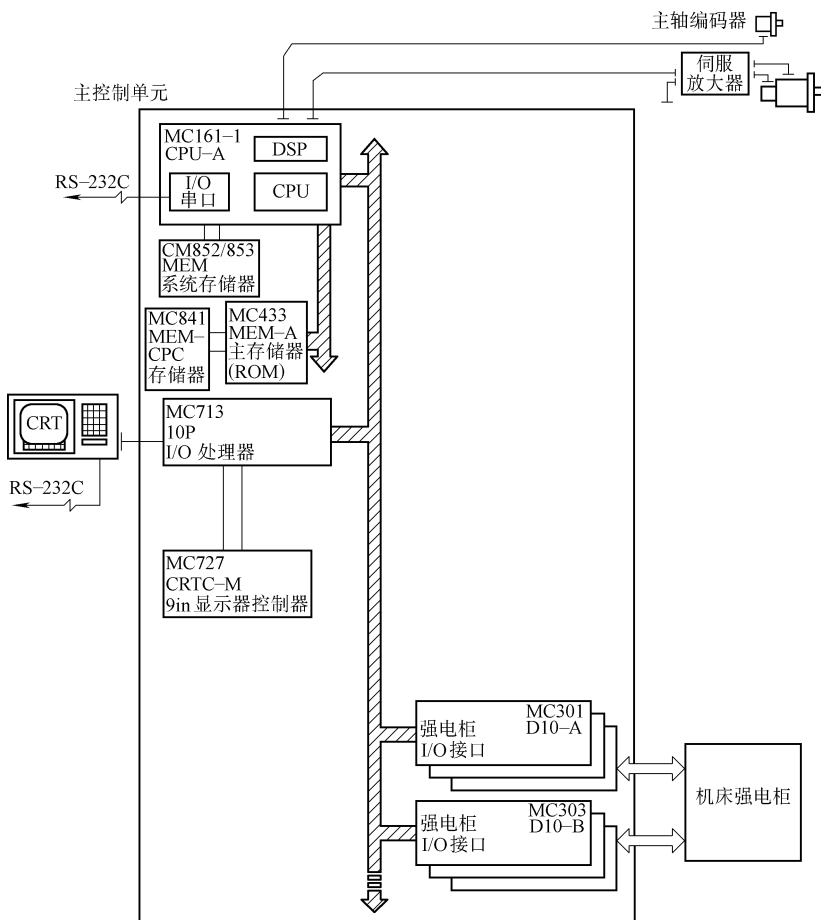


图 3-34 MELDAS-M3 系统框图

图 3-35 中，MC301 是用于三个轴的手轮接口；MC303 是提供模拟输入/输出和接点输入/输出的设备；MC161 是一个主控制模块，由用于控制整个 CNC 系统的主处理器（CPU）和用于提供伺服系统

接口的数字信号处理器（DSP）组成；MC852 或 MC853 是追加到 MC161 上的系统存储器用 RAM 卡；MC433 是一个包含有控制系统程序的存储器；MC841 是一个包含有控制机床程序的存储器，它附加在 MC433 上；MC713 是专门用于输入/输出控制的处理器；MC727 仅仅用于单色 CRT 的控制。主控制模块 MC161 的框图如图 3-36 所示。

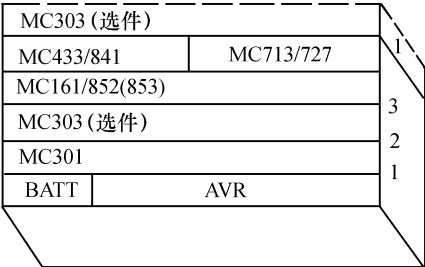


图 3-35 控制单元各模块的布置图

图 3-36 中，CPU 为 32 位高速处理器；DSP 为数字信号处理器；EEPROM 用于存储机床或数控系统的参数。

（2）MELDAS-520A 系列数控系统 该系列数控系统具有如下特点：采用高密度电子部件同时主回路线上使用大电流汇流条，从而实现了高度集成化；采用转换器和其他新技术，使 NC 控制和驱动装置实现一体化；采用了超薄彩色液晶显示器，使显示器厚度比原系列减少 3/4，质量也只有原系列的 1/6；由于采用了小型化的检测器，缩短了伺服电动机的长度；使用视窗功能，显示器可同时观看多个信息画面；不仅可利用个人计算机、工作站来开发大型的软件和梯形图，而且可用 C 语言进行 PLC 的开发；采用平滑高增益（SHG）伺服系统，从而有优良的位置环响应来满足复杂、高速、高精度的要求；在速度环中加入了自适应衰减控制，自动抑制机械共振，提高增益；具有高速主轴直接定位功能，减少了定位时间；具有快速移动时的瞬时定位功能，降低了加工时间。

（3）MELDAS-50 系列数控系统 该系列数控系统的特点为：根据积木式原理，将硬件模块化、体积小型化，NC 及伺服、主轴模块高度均为 168mm，并可方便地增减伺服轴数、输入/输出接口数及追加通信装置等；通过高速的串行连接，实现 I/O 装置与 NC 的分离配

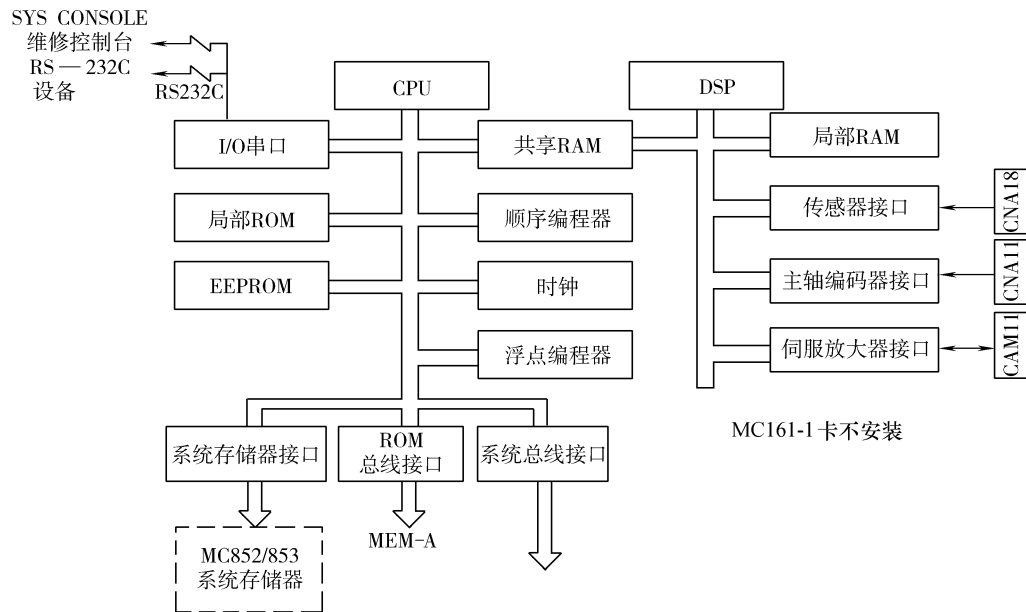


图3-36 主控制模块MC161的框图

置,从而最大限度地利用空间;不需要专用开发工具,通过与计算机的通信,在计算机上就能实现程序及参数的录入和梯形图的开发;在伺服驱动系统中采用低损耗的智能动力部件,采用旨在简化配线的小型高速分离 I/O,从而进一步降低了发热,减少了部件个数,使系统可靠性提高;在位置环上采用平滑高增益控制;平稳的加减速特性减少了机械振动,即使在紧急停机或停电时,也可以进行平稳的减速控制;利用高速定位功能缩短了循环时间;利用上述功能,可以实现高速进刀、高速定位和高速加工。

2. 三菱公司典型数控系统的故障分析

(1) MELDAS-M3 系统的故障分析 该系统发生的故障主要有:无 NC 电源、不能建立“READY”状态、键盘不能操作、键盘灯不亮、CRT 显示故障和各种指示灯报警等。

1) 无 NC 电源。发生该故障的原因有:电源开关处于关闭状态;AC200V 电源没有输入;开关电源 PD19 AVR 有故障;PD19 上的熔断器烧断;电缆连接不好。

2) 不能建立“READY”状态。发生该故障的可能原因有:在 CRT 设定和显示单元上有报警灯亮;未输入参数;MC161 卡设定不对;MC161 卡故障;系统处于急停状态。

3) 键盘不能操作。该故障原因有:键盘电缆连接故障;系统出错,发生“Watchdog”报警;MC433 卡上的 ROM 故障;MC161 或 MC713 卡故障;MC201、MC202、MC211 或 MC213 卡故障。

4) 键盘灯不亮。该故障有两类:一是只有“READY”灯不亮,其他灯亮,原因可能有:指示灯烧坏,键盘电缆连接故障,MC713、MC161、MC201、MC202、MC211 或 MC213 卡故障;二是所有灯都不亮,原因可能有: +5V、+12V 电源未接上,键盘灯的 IC 驱动器故障,MC713、MC161、MC201 或 MC211 卡中的一个卡发生故障,波特率参数设置不当。

5) CRT 显示故障。如果 CRT 上无图形显示,最大可能是 MC713

或 MC211 卡上的 VR 设置不正确或 MC713、MC211 卡本身故障。另外,如果无 AC100V 电源输入,CRT 电缆连接不好或 CRT 本身有故障也会造成 CRT 无图形显示。如果 CRT 上图形滚动,则往往是 CRT 中的 CNB31、CNB32 或 CCN81 的电缆连接不好。如果图形有干扰,则多是 MC713 或 MC211 卡故障引起的。如果图形有颤动或畸变,则多是因为在 CRT 附近有产生强磁场的设备,如电风扇、永磁体、大电流等,或 CRT 外壳被磁化。

6) 各种指示灯报警。在 MC161 的 CPU 卡上一共有 6 个指示灯,其中 LED2、LED3 是绿灯,其他是红灯。LED1 ~ LED3 灯的不同组合表示各种出错报警。LED1 和 LED2 灯亮,表示奇偶出错,此时需重新输入 CPU 卡上的 RAM 数据,如还不能排除故障,则需更换新卡;写监视出错,表示系统软件等故障,此时需与维修中心联系。LED1 与 LED3 灯亮,表示总线出错,此时需与维修中心联系。LED1、LED2 和 LED3 灯全亮,表示系统出错,此时需与维修中心联系。只有 LED1 灯亮,表示无操作,此时需检查参数和加工数据。另外 3 个指示灯,分别表示 WDOG、D. AL、D. WD 报警。WDOG 灯亮,表示 CPU 卡上的 Watchdog 报警,此时 CPU 的 7D8000 地址第 7 位为 1,其可能的原因有:设定不正确,参数丢失,存储器用电池故障,CPU 卡或存储器卡有故障;D. AL 灯亮,表示 DSP 报警;D. WD 灯亮,表示 DSP 的 Watchdog 报警。以上灯亮,首先应检查 CAM11 连接器及电缆的连接,如灯仍亮,需更换新卡。

在 MC713 卡上有一个绿色的 RUN 灯,它表示系统已准备好。在 MC301 上有一个绿色 LEDG 灯,在 MC303 上有一个绿色 LED1 灯,当它们熄灭时,表示系统软件不运行,如这种状态继续,则要更换 MC161 卡。在 MC201、MC202 卡上有三个绿灯分别是 RD、SD、MON, RD 灯表示接收信号(当与 NC 没有连接好时灯灭);SD 灯表示发送信号(当与 NC 没有连接好时灯灭);MON 灯表示系统监视。当 MON 灯闪亮,而 RD 或 SD 灯灭时需更换 MC713 卡,如故障依然

存在,则需更换 MC201 和 MC202 卡。如果 MON 灯不闪烁而是灯亮或灯灭状态,则需更换 MC201 或 MC202 卡。在 MC211 和 MC213 卡上有 3 个指示灯 LED1、LED2 和 LED3,其中 LED1 为系统监视灯,正常时闪烁,如灯亮或灯灭均表示不正常,需更换 MC211 或 MC213 卡;LED2 和 LED3 灯分别表示发送和接收信号,在正常情况下灯灭或闪烁,如灯亮则表示不正常。如果 LED1 灯闪烁,而 LED2 和 LED3 灯亮,表示要更换 CPU 卡,如果还不行,则需要更换 MC211 或 MC213 卡。

(2) MELDAS-520A 系统的故障分析 MELDAS-520A 系列的主控制器由控制电源模块 (QX084)、主 CPU 模块 (QX611-1)、CRTC 模块 (QX522/QX524) 及 DIO 模块 (QX531 ~ QX539) 等组成。一旦 MELDAS-520A 系统发生故障,有两种方式来提示故障,一是利用各个模块的指示灯;二是在 CRT 上显示出各种报警信息。

1) 各个模块上的 LED 指示灯,共有以下五种情况:

① 在控制电源模块上有 3 个指示灯,其中 LED1 为绿色指示灯,表示电源接通,如灯灭,则表示电源异常;LED2 为红色指示灯,当灯亮时,表示交流输入电压不正常(过电压或欠电压),以及无 DC24V 电压输出;LED3 为红色指示灯,当灯亮时,表示电池电压低于 2.6V 报警。

② 在主 CPU 模块 QX611-1 上有两个指示灯。其中,LED1 在正常情况下为闪烁的绿色指示灯,当变成红色指示灯时,表示 Watch-dog 报警,说明需要更换 QX611-1 模块;LED2 在正常情况下也为闪烁的绿色指示灯,当变成红色指示灯时,表示存储器故障,说明 QX42 不良或 QX611-1 内部的 SRAM 不良。

③ QX524 上有 4 个指示灯。其中,SD 和 RD 指示灯在正常情况下为绿色指示灯,当灯灭时,表示操作面板的传输故障,电缆连接不良或印制电路板故障;FBAL1 和 FBAL2 均为红色指示灯,当灯亮时,表示主轴编码器无信号报警,说明主轴编码器不良或电缆断线。

④ QX522 模块上有 3 个指示灯。其中,RUN 为绿色指示灯,正

常情况下灯闪烁,当灯灭时表示 IOP 部的 CPU 动作,说明印制电路板不良或电缆连接有问题;而 FBAL1 和 FBAL2 两个指示灯均为红色指示灯,当灯亮时,表示发生主轴编码器无信号报警,说明主轴编码器有故障或连接电缆不良。

⑤ QY201、QY221 模块上有 3 个指示灯,分别是 RD、SD 和 MON 指示灯。其中,RD 和 SD 指示灯均为绿色指示灯,正常情况下灯亮,如果灯灭,表示数据接收或发送有故障。此时,如果 MON 灯闪烁、RD 灯灭而 SD 灯亮,则故障多是由于电缆断线引起的;如果 RD、SD 灯都灭,则肯定是印制电路板故障;MON 为绿色指示灯,正常时闪亮,灯亮或灯灭均为不正常,表示印制电路板不良;如果 RD、SD 和 MON 灯全灭,表示 DC24V 电源故障。

2) CRT 报警提示故障,共有以下几种情况:

① Parity Error 报警。表示 QX611-1 模块的 DRAM 或 QX42 内的 SRAM 异常,其可能的原因是:电池电压不够;QX084 板不良或存储器卡不良。

② Bus Error 报警。引起本报警的原因有:印制电路板故障,如 CPU、CRTC、DIO 模块内部各个印制电路板不良;电源连接电缆处受噪声干扰,引起误动作;由误操作引起;S/W 版本不对而引起不正确的地址和存取。

③ Zero Divide 报警。表示除式中除数为零,此时需确认 S/W 清单。

④ Watchdog Error 报警。表示系统动作停止。引起本报警的原因有:CPU 模块不良;电源模块不良;直流输出异常;噪声干扰;S/W 变更。

⑤ Illegal Exception 报警。表示发生非法故障,其起因同 Watchdog Error 报警。

⑥ Z07 CRT 单元报警。表示 QX81 上的 ROM 报警。其原因可能为:QX81 不良;ROM 不良或内容不对;QX084 的 5V 输出异常。

⑦ Z11 RAM 异常报警。它常常是由于 QX611-1 或 QX084 不良造成的。

⑧ Z51 E2ROM 异常报警。其原因可能为：QX611-1 中的 E2ROM 不良；QX611-1 或 QX084 本身不良。

⑨ Z52 电池电压不足报警。当电池电压不足 2.6V 时发生本报警，其原因为：电池寿命已到；电源模块不良；QX42、QX611-1、QX522、QX524 或 QX571 不良也可能引起本报警。

⑩ Z53 过热报警。当 NC 控制单元温度达到 $(70 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 或操作面板温度达到 $(70 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 时即产生本报警，引起报警的原因有环境过热、风扇故障。

⑪ Z55 D10 模块的 24V 异常报警。引起本报警的原因有：没有 24V 电源；机械侧 24V 负载短路；机械侧输入/输出接口卡不良。

⑫ Z10 QX42 模块的 SRAM 异常报警。它表示加工程序存储器模块 QX42 异常，原因有电池报警、QX42 模块不良。

3.2.5 西班牙 FAGOR 数控系统的维修

1. FAGOR 数控系统结构简介

(1) FAGOR 8025 系列数控系统 这种数控系统是 FAGOR 在我国销量最大的数控系统，是 FAGOR 的中档数控系统。数控铣床上所用的系统分为 8025MA、8025MB、8025M、8025MG 和 8025MS5 种型号，其中 8025MA 为 2 轴 CNC 系统；8025MB 为 3 轴 CNC 系统；8025M 和 8025MG 均为 4 轴数控系统，8025M 不具备动态图形模拟功能，而 8025MG 具有动态图形模拟功能，8025MS 为 5 轴 CNC 系统，并具有数字化仿形功能。8025 所有系列的硬件基本相同，所不同的是针对不同类型的机床配不同的系统软件。8025 数控系统的硬件组成如图 3-37 所示。

图 3-37 中，面板为触摸式面板；接口板安装在面板后面，电阻和稳压二极管构成键盘矩阵；CRT 及 CRT 驱动板中，CRT 为西班牙

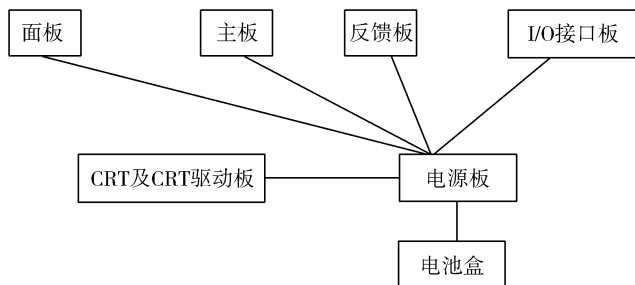


图 3-37 8025 数控系统的硬件组成

生产，CRT 驱动板由 FAGOR 公司开发，主要完成产生高压及实现亮度、对比度、同步控制等功能；主板是整个系统的核心，除电源板以外其他各板的信息均由它来处理和控制，主要负责译码、插补、图形显示等，包括 CPU、有断电保护的 RAM、EPROM 和 EEPROM（用来存储 PLC 程序）等；反馈板的主要功能是对位置采样、计数，串行通信（RS232、RS422）接口和网络（RS485）接口，它主要由 FAGOR 的专用计数芯片、D/A 电路、串行通信电路、编码器及光栅尺信号接收电路等组成；I/O 接口板有两种类型，分别用于带内置 PLC 的 8025 数控系统及不带内置 PLC 的 8025 数控系统。当 8025 数控系统的类型后面有“I”字母时，表明使用的是带内置 PLC 的 8025 数控系统，例如 8025MI 表示铣床型 8025 数控系统，带内置的 PLC。在外观上，两种类型的接口板也有较大的区别，如图 3-38 所示。I/O 接口板主要由光电隔离器及电流放大电路组成，输出由此板送出，并且向伺服系统输出 $\pm 10V$ 的模拟电压（指令电压），带动各轴的运动。电池盒提供电源，驱动电板向各单元板供电。

（2）FAGOR 800 系列数控系统 800 系列数控系统分为车床、铣床（加工中心）两大类，分别为 800T 系列和 800M 系列。这类数控系统的特点是操作简单，又称为傻瓜式数控系统。它不采用 ISO 代码编程，而是采用人机对话、图形图示外加参数填入式编程。这种方式大大简化了使用者的操作及编程工作量，降低了使用者的编程难

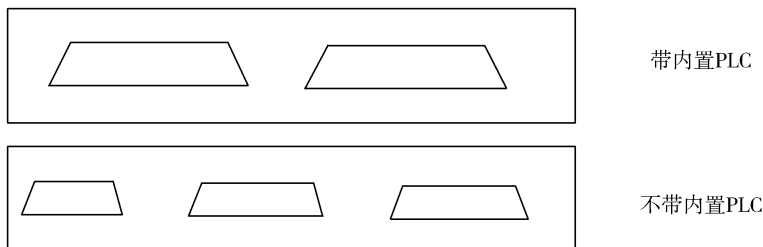


图 3-38 两种类型的 I/O 接口板

度，提高了数控机床的工作效率，代表了数控系统发展的潮流。该产品使 FAGOR 产品的销量提高很快。它的 CNC 硬件功能与 8025 类似，具有很好的可靠性及性价比。

(3) FAGOR 8050 系列数控系统 它是 FAGOR 的高档系统，可实现 6 轴 5 联动，分为车床、铣床（加工中心）、高档傻瓜式数控系统三大类。与 FAGOR 以前的数控系统不同，8050 系列为功能模块式控制系统，各功能模块可自由组合，安装及维修极为方便。它还具有三维立体图、连续数字化仿形、刀具寿命管理、DNC、C 轴、轮廓编程等高级功能，并具有高级语言编程、用户页面自定义和逻辑分析等标准功能。另外，高档傻瓜式 CNC 无需任何编程知识，具有交互式图形界面，使编程直观、简单。

2. FAGOR 数控系统的维修

下面以常见的 8025 系统为例分析其故障现象，8025 系统的主要故障有以下几种：

(1) 跟随误差报警(Following Error) 该报警是常见的一种报警，其原因可分别从 I/O 板、反馈板和伺服系统的角度来分析。

1) I/O 板。它负责将由 CNC 输出的用于控制伺服系统的 $\pm 10V$ 指令电压送出，当发现有跟随误差报警时，应首先检查该部分的输出。方法是进入手动方式，按对应轴的 JOG 运动键（+X 等），并用万用表测量其对应的指令电压输出点是否有相应的模拟输出，如果没

有输出或电压没有变化都说明该部分存在问题。

2) 反馈板。如果 I/O 板没有问题, 下一个应当检查的是反馈板。检查的方法是用示波器检查编码器和光栅尺反馈回来的信号是否存在或是否正确。

3) 伺服系统。如果上述两部分都没有发生问题, 则应怀疑伺服系统。通常情况有: 电动机抱闸没有打开或出现故障; 伺服单元或电动机出现故障, 其中电动机出现故障的情况较少见; 位置反馈元件有故障; 动力电缆或信号电缆有问题。

(2) CNC 始终处于运动状态但各轴并不运动 这种现象通常在机床运行了很长的一段时间后发生, 原因是由于机械的磨损影响到各轴的定位情况, 即原来设置的到位宽度已经不太合适。解决办法是将 8025 数控系统中的 P118、P218、P318 参数适当放大。

(3) 屏幕没有显示或只显示出一条线 该故障通常是由于 CRT 驱动板出现问题, 更换该板即可解决。

(4) 屏幕中出现亮块或屏幕没有显示且伴有断续的蜂鸣声 这种故障基本上是 8025 数控系统的主板已损坏。

(5) 面板故障 主要故障有: 个别键不起作用; 出现持续的蜂鸣。这时应先检查面板后附着的接口板上的二极管, 如查不出问题则说明面板内部有问题。

(6) 电源板故障 该故障的诊断方法是, 观察开机后位于 8025 数控系统后面的 5 个红灯 (电源电压正常指示灯) 是否正常发亮。个别灯闪烁或熄灭都是不正常的, 伴有的故障通常是屏幕没有显示。

(7) 程序或参数丢失 发生此类故障时, 一般可先检查电池盒电压, 正常的电压应为 3.7V 左右, 若低于 3.2V, 则说明电池盒可能有故障。程序的丢失有时也可由主板的故障造成。

3.2.6 法国 NUM 数控系统的维修

1. NUM 数控系统简介

NUM 公司是法国施耐德集团属下一家专门从事数控领域产品开发生产的高科技公司，其主流产品为 1020/1040/1060 系列数控系统，它们在系统的结构上具有一致性。

(1) NUM 1020/1040/1060 的 CNC 结构体系 该系列数控系统的硬件配置区别主要在轴数的配置上，1020/1040 最多 6 个轴（含主轴），CNC、PLC 和图形处理合用一个 CPU；1060 II 型最多 3 个轴组 8 个轴，CNC 和图形处理共用一个 CPU；1060 I 型最多 8 个轴组 32 个轴，用 3 个 CPU。该系列系统的结构体系如图 3-39 所示。

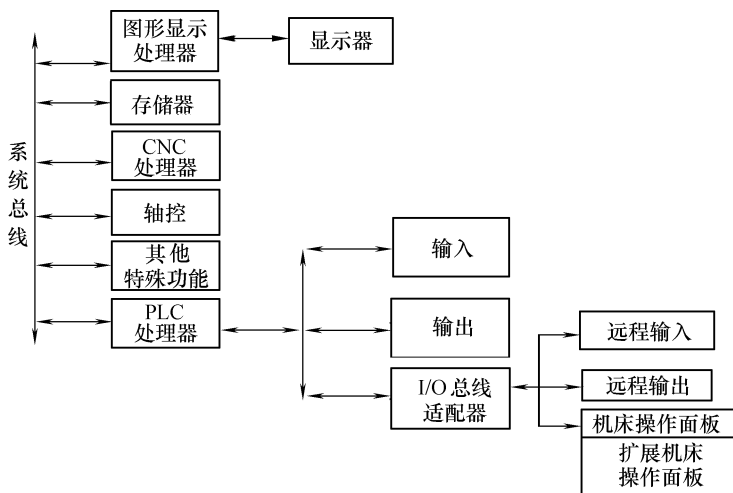


图 3-39 NUM 系统的结构体系

(2) NUM 1020/1040/1060 CNC 的特点

1) 系统的一致性。这个系列的数控系统在操作界面、参数设置、系统诊断和 PLC 功能等有完全兼容的特点，包括资料及工具软件也完全一致。

2) PLC 的功能强大。可以用 C 语言、汇编语言及梯形图进行编程，PLC 可以编制用户自己的用户界面及其他特殊功能处理。除了本地 I/O 外，可通过光缆直接扩展远程 I/O 机床操作面板等，网络功能

亦可在 PLC 内实现。采取功能模块设计,在数控画面上直接观察系统运行情况,梯形图可直接显示在 CRT 画面上。

3) 与驱动系统的连接。可以与模拟接口的各种类型的驱动系统直接相连,1060 系列还可直接通过系统与 NUM 的数字轴相连,方便安装与调试。

4) 具有强大的功能软件。这些功能软件均在一般的 PC 上使用,任何一个串行接口均可实现对 PLC、数控系统及传动系统的设置、调试和传输。其中:Setting Tool 功能软件用于机床参数设置、传动的动态调试等,调试结构直接保留在数控系统及 PC 上;PLC Tool 用于对 PLC 的编程、调试和诊断,使之在数控系统和 PC 上保持一致的备份;MMI Tool 用于用户对画面的特殊要求;帮助用户直接生成各类画面减少工作量。

(3) NUM 1020/1040/1060 CNC 的故障诊断 用户可通过多种方式对系统的故障进行诊断,其类型主要有以下几种:

1) 系统诊断。指数控系统在启动中对硬件配置及接插口进行诊断,在系统启动完毕后可对系统的配置情况及插件板的好坏进行诊断。

2) NC 报警。主要对加工程序、轴的运行情况及 PLC 系统发出不同类型的报警信息,供用户分析用。

3) PLC 诊断。主要对用户所编制的外部设备的报警进行提示,也可显示不同的操作信息。

4) 传动的诊断。对于含数字轴的系统,传动的有关报警均可在 CRT 画面上直接显示,如过热、过电流、短路、编码器故障等。

2. NUM 数控系统的故障维修

NUM 系统的主要故障现象有下面几种:

1) 开机后显示“FDHLD”,进给轴不能运动。其故障排除方法如图 3-40 所示。

2) 手动方式下轴不动作,其故障排除方法如图 3-41 所示。

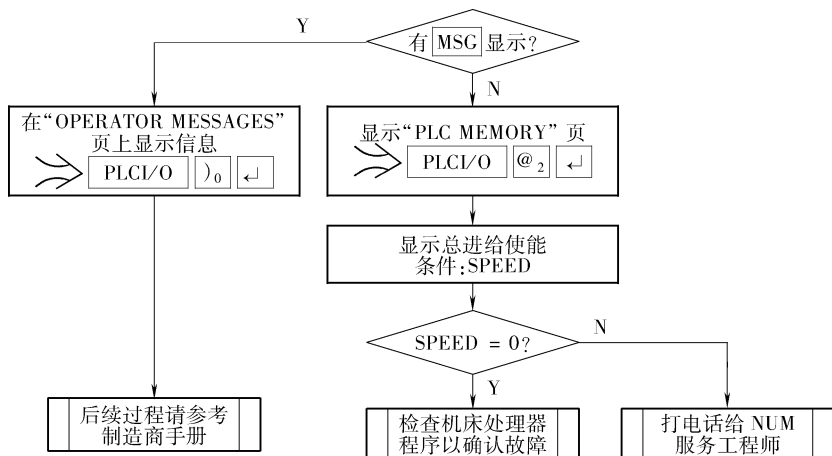


图 3-40 进给禁止故障排除流程图

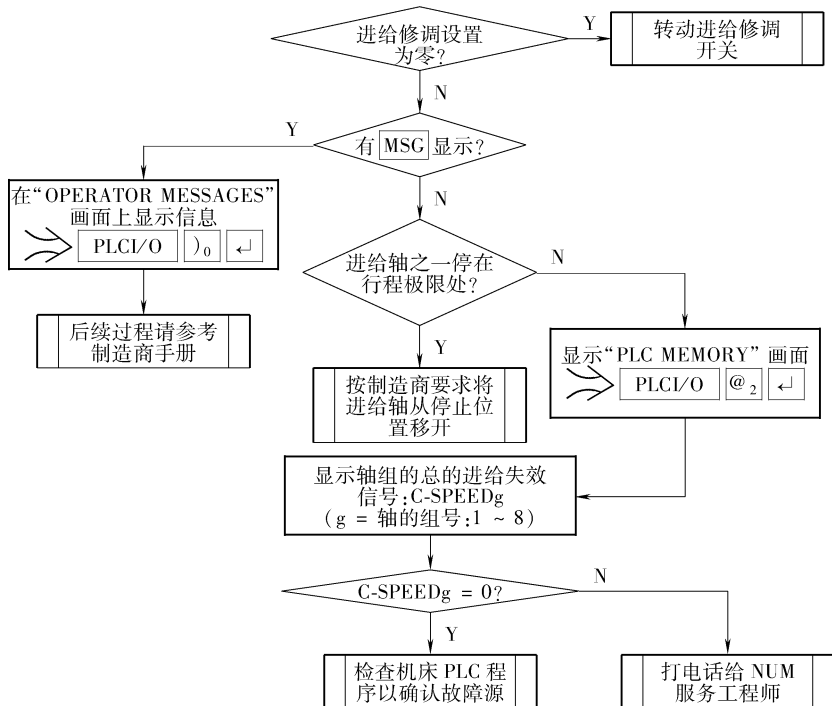


图 3-41 手动方式下排除轴不动作故障的流程图

3) 自动方式下没有动作, 即不能执行加工模式。其故障排除方法如图 3-42 所示。

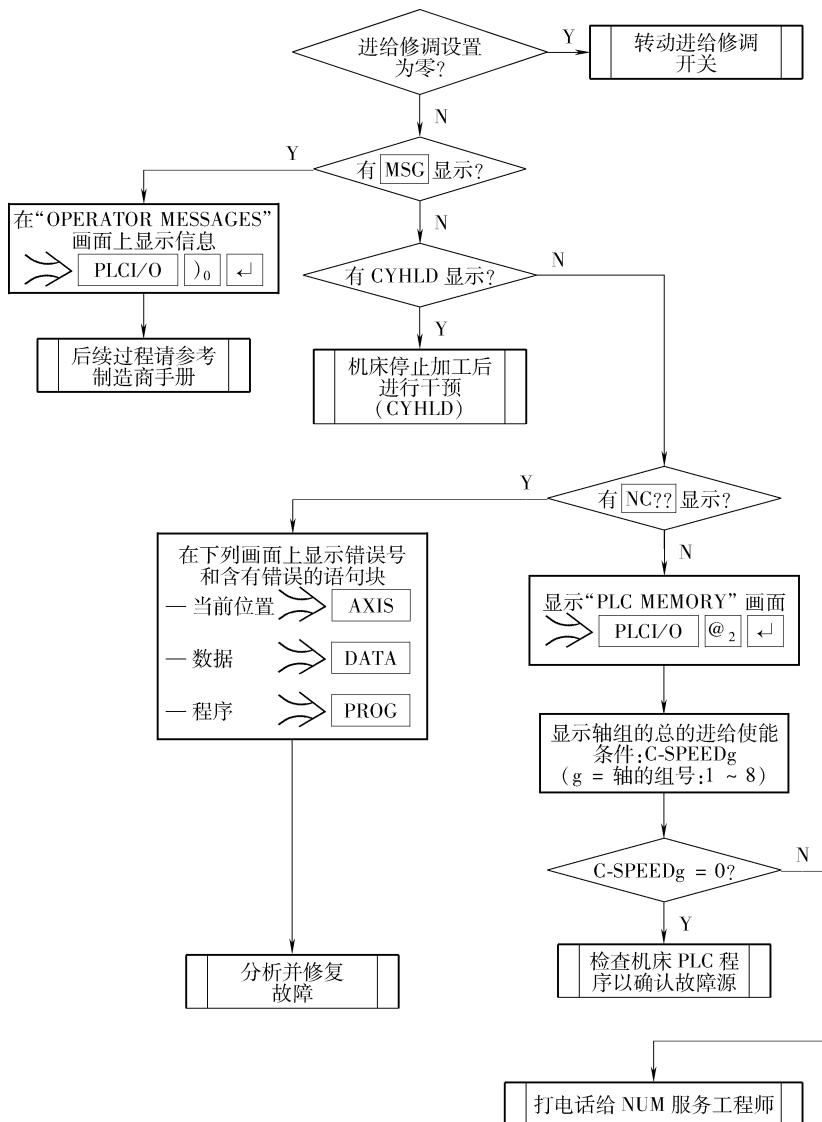


图 3-42 自动方式下没有动作故障排除的流程图

4) 循环不能启动。选择了任意的加工模式, 按机床面板上的 CYCLE 键时, 循环没有动作。其故障排除方法如图 3-43 所示。

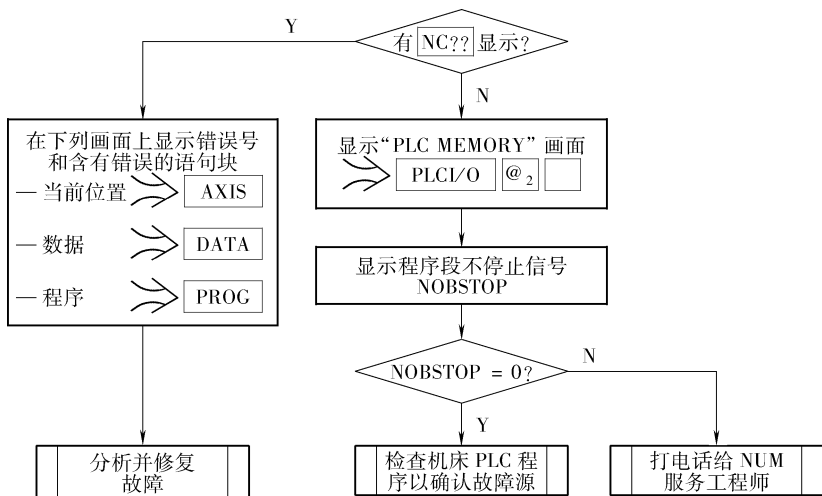


图 3-43 排除循环不启动故障排除的流程图

5) 块不能连续执行。该故障分为两种情况, 第一种情况是块不能连续执行, 但显示 “INCYC”, 此时故障排除流程图如图 3-44 所示。故障现象为, 选择了自动运行模式, 程序完成后没有动作, 状态窗口里显示 “INCYC”; 第二种是块不连续执行, 且不显示 “INCYC”, 即选择了自动或空运行模式, 在程序结尾处动作停止, 状态窗口没有显示 “INCYC”。其故障排除方法如图 3-45 所示。

6) 系统检测故障。当系统检测出故障时, 会在状态窗口中显示故障指示 “NC??”, 同时可能会有下列信息: ERROR NO、XXX-BLOCK、NYYY 等, 此时应考虑 NUM 提供的系统报警表进行处理。

7) 数据修改故障。某些机床数据可能会被操作人员手工修改, 做过这样的修改之后, 加工可能超出设定范围而引起错误, 故障处理办法为在执行新零件加工程序之前重新调整设置。

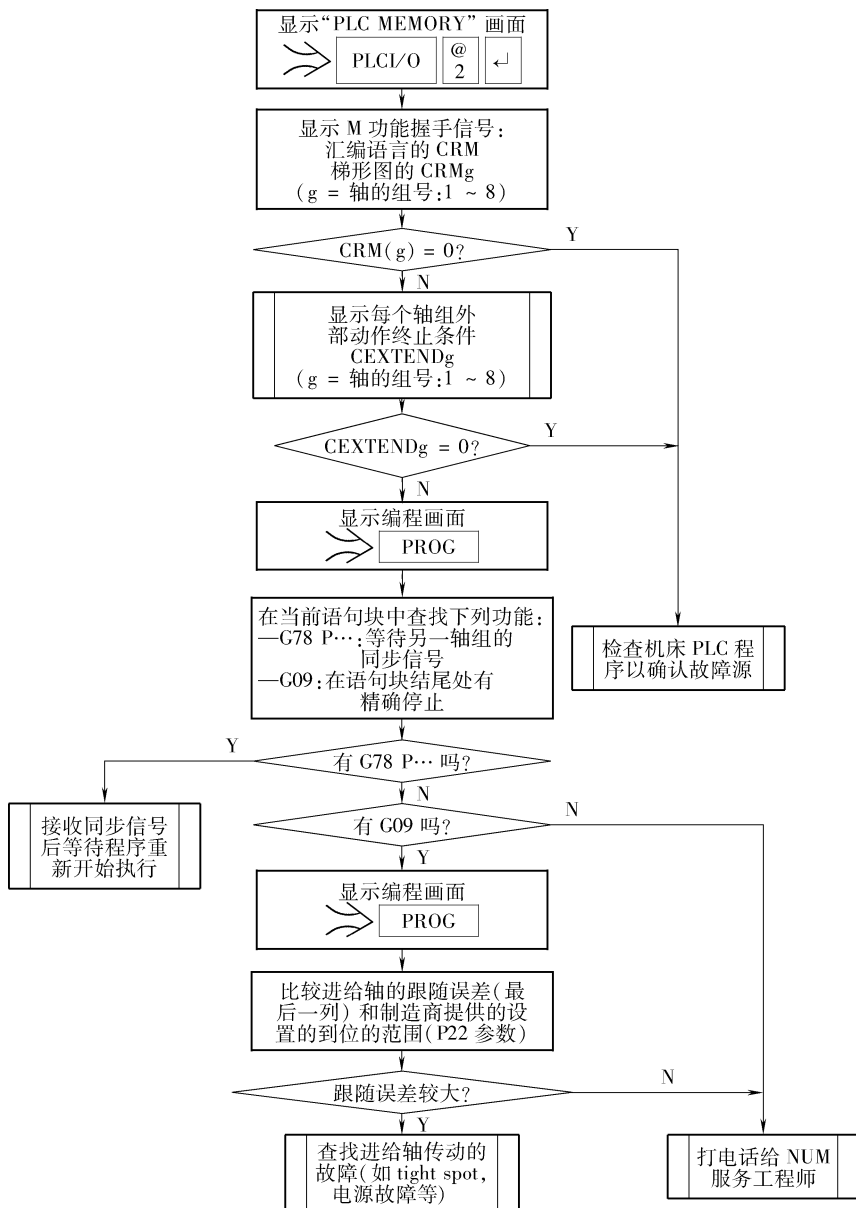


图 3-44 块不能连续执行(有 INCYC 显示)故障排除的流程图

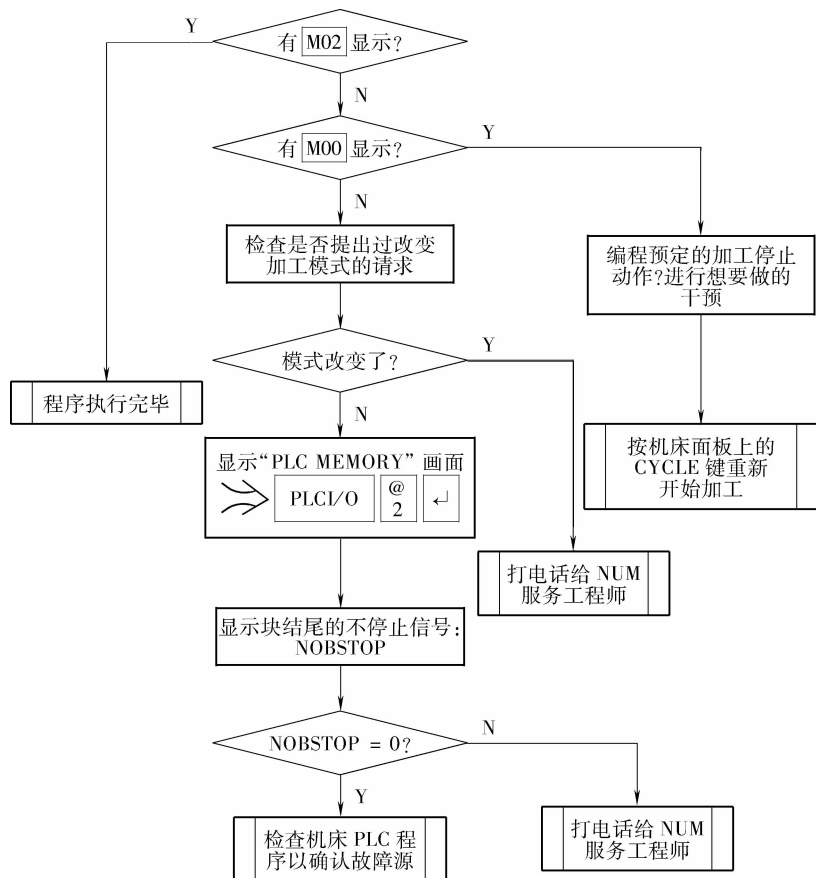


图 3-45 块不能连续执行（没有 INCYC 显示）故障排除的流程图

8) 系统启动报警故障。数控系统在启动时可以检测到的故障信息如下:

① 硬件故障。故障显示信息为

PARAMETER TABLE CHECK SUM ERROR CONTINUE (Y/N)?

可能原因为硬件故障。

② 选件失效故障。故障显示信息为

OPTION NO VALID CONTINUE (Y/N)?

其故障的原因为非法修改软件选项。

③ 系统未设置完整故障。故障显示信息为

ALL S/W OPTIONS VALID THIS SYSTEM IS NOT WARRANTY
CONTINUE (Y/N)?

其故障原因为系统没有被用户化或设置不正确。

④ 系统设置超出原来配置。故障显示信息为

TOO MANY AXES OR SPINDLES OR TOO FEW PLC AXES CON-
TINUE (Y/N)?

可能的故障原因为用户参数设置的轴数或参数超出最大配置。

⑤ 取样周期太短故障。故障显示信息为

SAMPLING PERIOD TOO SMALL! IT MUST BE AT LEAST EPUAL
TO MILLISECONDS FOR THE NUMBER OF AXIS/SPINDLES SPECIFIED
IN MACNINE SETUP DATA DO YOU WANT TO CONTINUE (Y)?

故障可能原因为参数 P50 设置的时间太短, 来不及处理设定的轴数和主轴数。

⑥ 参数表与软件版本不配故障。故障显示信息为

PARAMETER TABLE INDEX ERROR REINIT TABLE (Y/N)?

故障可能原因为软件版本更换。

3.2.7 美国 ACRAMATIC 数控系统的维修

1. ACRAMATIC 数控系统简介

ACRAMATIC 数控系统是由美国 CINCINNATI MILACRON 公司开发的, 该公司与美国麻省理工学院合作开发了世界上最早的数控机床和数控系统。目前在我国引进较多、应用较好的有 ACRAMATIC 900 CNC 系统 (简称 A900) 及 ACRAMATIC 950 CNC 系统 (简称 A950)。

(1) A900 数控装置简介 A900 控制系统有 3 个单独的微处理器 (不含任选装置的微处理器), 它们分别是 CIP/3440 主微处理器、SRP 串行处理器和 DBP 双总线处理器。在 A900 系统中, CIP/3440

是中央处理单元，它作为输入数据准备与插补运算部件并管理机床相连轴运动和相连机构的全部数据。SRP（串行 I/O 处理器）控制外围设备，包括 CRT、键盘、纸带阅读机、MTB（触摸键）按钮板和可能使用的串行穿孔机。SRP 的输出是由 CIP/3440（PRC）管理的，DBP 双总线处理器控制各轴电动机，控制伺服处理逻辑装载，它接收并计算伺服轴控制测量系统和反馈信息，计算主轴速度和管理软件插补速度。A900 控制系统的硬件由 10 个基本组件构成，分别是空气调节器模块（ACM）、支持电池模块（BATM）、计算机插件框架（CIPM）、CRT 显示器模块（CRTM）、机床控制接口（MCIM）、I/O 框架（MMM）、按钮板（PBM）、电源分配板（PDM）、纸带阅读机（PDRM）和电源监控单元（VMU），其硬件框图如图 3-46 所示。

根据图 3-46 所示，整个控制器可分为 4 个系统。

1) 主处理器系统。它由主处理板 PRC（Processor）、存储器板 MEM（Memory）、存储器管理板 MMU（Memory Management Unit）等组成，这些板通过存储器总线进行数据操作。

2) 操作者通信系统。它由以下部分组成：

① I/O 接口板。用于联接主处理器系统与外围设备的输入接口。

② 串行处理器板，即 SRP（Serial Processor）板。SRP 板同 PRC 板之间的对话是沿着另一条总线 CIP I/O 总线进行访问的。

③ 外围设备。主要有显示器（CRT）、键盘、机器触摸按钮板、ACRARED 1000DLS 型纸带阅读机以及串行插座。

3) 机器控制系统。它由 IOI 板及 CCC 板组成。IOI 板即 I/O 接口板；CCC 板即 Contact Card Cage 的缩写，称为联系插件框架接口板，它是机床与 IOI 板之间的接口。

4) 轴伺服控制系统。它由以下部分组成：

① 双总线处理器板 DBP（Dual Bus Processor）。它是 PRC 与伺服驱动及电动机之间的接口插件板。它通过两条独立的总线与 PRC 和伺服系统对话，这两条总线分别为 CIP I/O 总线及伺服总线，CIP

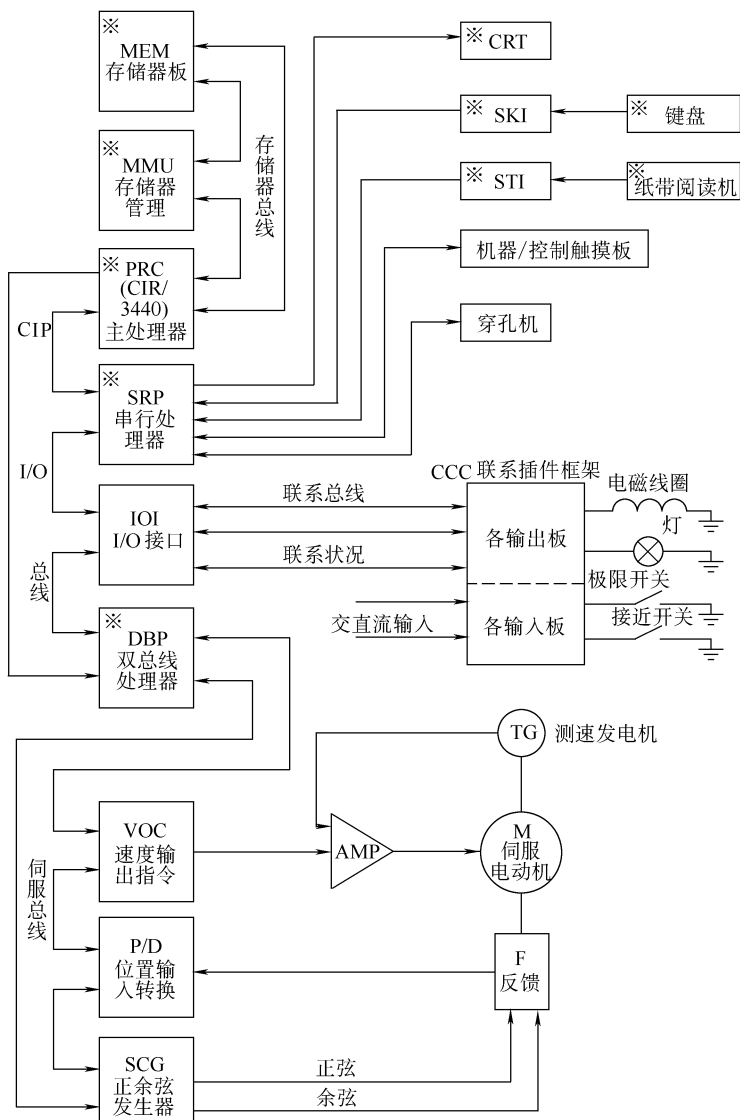


图 3-46 A900 硬件框图

注：有※者为硬件诊断所涉及的部件。

I/O 总线用于 DBP 向 PRC 对话，伺服总线用于 DBP 向 VOC 对话。

② 速度输出控制板 VOC。它接受 DBP 数据转换成模拟电压输出，VOC 输出的模拟电压经过放大器（AMP）放大输出，驱动伺服电动机运转，电动机的测速信号返回放大器进行速度校正。

③ 位置输入数字转换器 PID。它接收反馈部件（旋转变压器）返回的位置信号，进行位置校正，此信号经过 PID 转换成数字信号，通过伺服总线返回 VOC 板，进行位置校正。

④ 正弦、余弦信号发生器 SCG。它供给位置反馈单元（旋转变压器）两个相应的相位激励信号，即正弦、余弦信号。

（2）A950 数控装置简介 A950 数控系统采用了多微处理器结构，使用了多媒体技术，控制系统配有硬盘和软驱，采用了模块化的设计，以上这些特点使 A950 数控系统的使用与维修极其方便。

1) A950 系统的总体结构。A950 系统由处理器控制部件（PCA）、操作站部件（OSA）、机床接口部件（MTA）和机床操作站部件（MSA）等 4 部分组成，其结构如图 3-47 所示。

A950 控制系统中包含有如下一些标准线路板：A950 母板（M950）、

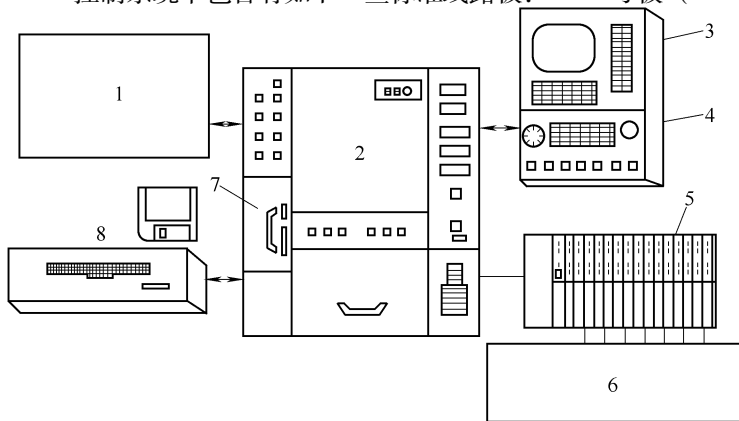


图 3-47 A950 控制系统框图

- 1—驱动电动机和位置反馈装置 2—处理器控制部件 3—操作站部件
4—机床操作站 5—机床接口部件 6—机床机械结构
7—2 次存储器 8—软盘装置

总线上层板 (BOH)、中规模 CPU (MCPU)、小规模 CPU (SCPU)、通用存储器 (GRAM)、硬/软盘控制器 (WFI)、彩色文本处理器 (CGP)、机床控制接口 (APCI)、4 通道控制器 (FCC)、伺服上层板 (SOH) 与通道伺服控制器 (DV2 或 SV2) 等, 在操作站部件中还含有“触屏/键盘”接口板 (TSKI)。图 3-48 为 A950 处理器卡箱的原理图。

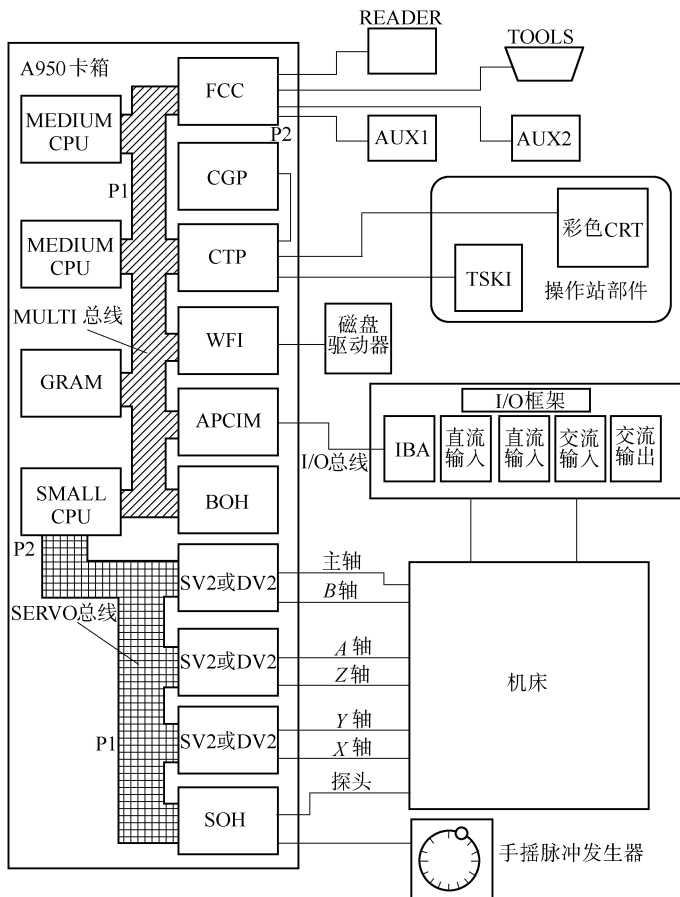


图 3-48 A950 处理器卡箱原理图

① A950 母板。它按 MULTI 总线设计, 在每个插槽位置上均有上、下两个连接器, 其结构如图 3-49 所示。

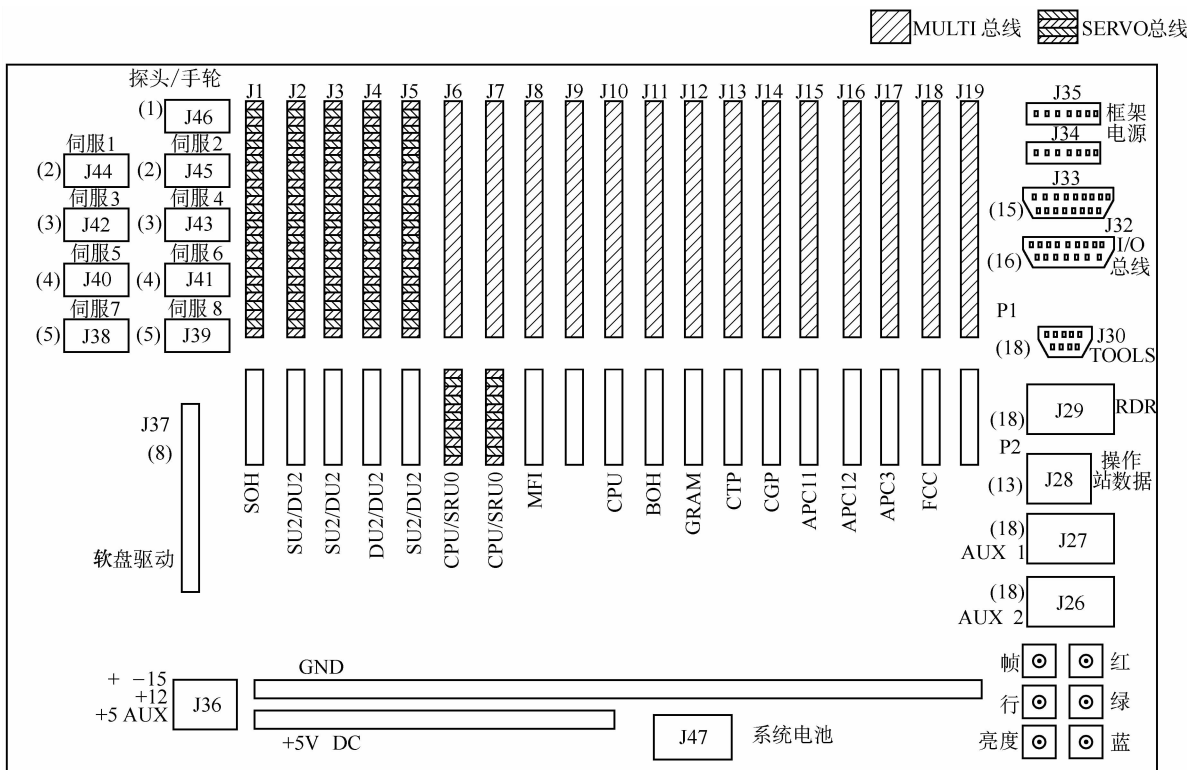


图3-49 A950系统主板结构

② 总线上层板 (BOH)。它提供了 A950 的几个上位特性。最原始的功能就是监控 A950 母线上的电压是否在允许的误差范围内。任何电压故障, 将导致电源故障中断发出, 并点亮相应的发光二极管。在 BOH 板上, 每种电压都有测试点和绿色 LED 指示器, 当电压正常时对应的 LED 点亮。图 3-50 为总线上层板示意图。

③ 中规模 CPU 板 (含 8087)。这是一个“数据管理处理器”, 可进行程序管理、程序段处理和零件程序执行期间的数据准备功能、编辑功能及其他操作者接口功能。其上安装有 80186MPU、8287 数据协处理器和 512K 局部 RAM。该板通常放在 10 槽, 作为通用部件时可用于任何一个槽。中规模 CPU 是就它的配置大小而言的, 最根本的一点是看其配置的局部 RAM 的多少, 通常是 512K, 相对仅配置了 32K 局部 RAM 的 CPU 就称之为小规模 CPU。

④ 小规模 CPU (SCPU)。该处理器是伺服管理处理器, 主要完成轴的插补运算, 该模块上装有 80186 和 32K 局部 RAM, 通常安装在第 6 槽。

⑤ 硬/软盘控制器 (WFI)。该模块的功能就是接口 A950 系统配

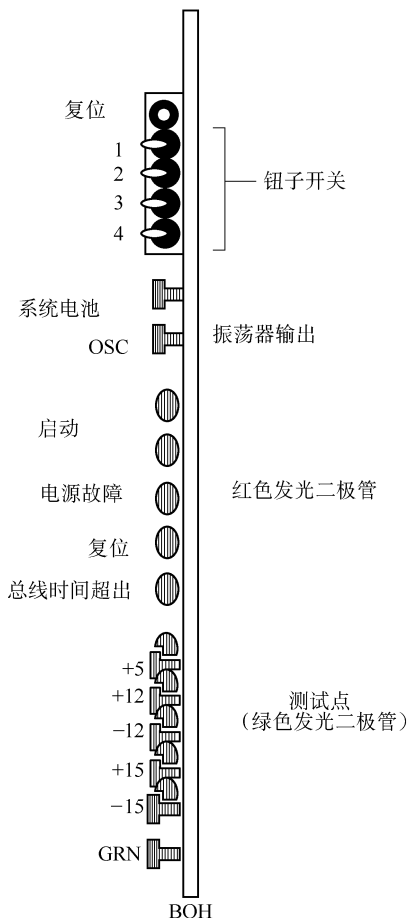


图 3-50 总线上层板示意图

置的软驱和硬盘，以达到 CPU 和 2 次存储器之间交换数据的目的，该板上也配有 80186MPU 和 1 ~ 2 个软盘驱动器，该模块必须插在第 8 槽。

⑥ 通用 RAM 存储器 (GRAM)。该存储器不同于局部 RAM，它是为整个 A950 控制器配置用于共同目的的随机存储器，容量为 512K。该板通常插在 12 槽，也可放于其他通用的槽中。

⑦ 彩色文本处理器 (CTP)，该板管理所有的屏幕显示并接口操作站触摸屏与键盘。该板上配有 80186MPU、8287 数字协处理器和 82730 文本处理器，板上还设有一个串行端口与安装在操作站上的触屏/键盘接口板 (TSKI) 进行通信。从这个模块上输出的红、绿、蓝和亮度信号及行、场同步信号，用同轴电缆送往操作站完成对彩色 CRT 的控制。该板通常位于 13 槽。

⑧ 彩色图形处理器 (CGP)。该板用于快速处理高分辨率的图像。其上装有 63484 图像处理器，还包含 512K 图像存储器和 64×4 点阵存储器。CGP 板必须与彩色文本处理器 (CTP) 相邻放置，即只能在 13 或 14 槽，通常位于 14 槽。

⑨ 4 通道控制器 (FCC)，该板上设有 4 个串行通道，阅读机通道可驳接一个串行穿孔的纸带阅读机 (RS-232C) 到 A950 控制器。辅助通道 1 和 2 可连接串行穿孔机、串行打印机或串行连接的主计算机等。该板只能插在 18 槽。

⑩ 触屏/键盘接口板 (TSKI)，该板位于操作站里面，主要完成触摸屏扫描、ASC II 键盘扫描、机床控制面板扫描、机床控制面板 LED 的显示控制、操作站蜂鸣器控制、至彩色 CRT 的信号缓冲等工作。

2) A950 系统机床控制接口 (APCI) 框架的扩充。APCI 接口框架可以进行扩充，其扩充示意图如图 3-51 所示。

在该扩充框架中包含有各类直流输入/输出接口板或交流输入/输出接口板。通过输入接口板将机械部分的各种极限开关、接近开关、

按钮等输入信息送入 APCI 板, 经过适当的逻辑运算后, 又通过输出接口板控制机床侧的电磁阀、继电器、指示灯等, 从而实现必要的机械动作。I/O 框架上的实际设置是由机床制造商根据具体的应用来确定的, 但在每一个 I/O 框架的最左侧插槽中, 均需有一个接口总线适配器板 (IBA), 以便和 APCI 控制的独立 I/O 总线相配接。在 IBA 板上有一个蝶形开关, 可以设定该板所在 I/O 框架的地址。板上还安装了几个用于故障查询的 LED 指示灯。

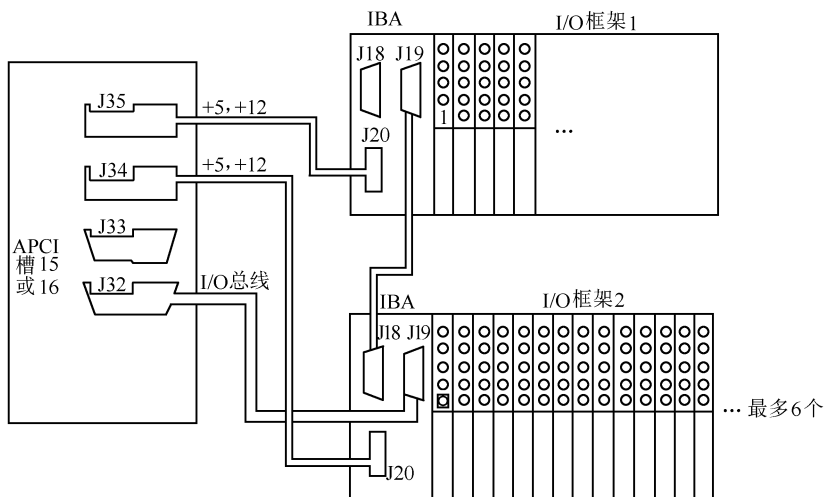


图 3-51 A950 系统接口框架扩充示意图

2. ACRAMATIC 数控系统的维修

(1) A900 数控系统的维修 该系统出现故障, 可能由硬件引起也可能由软件故障引起。由硬件引起的故障种类较多, 可由计算机系统引起也可能由外部设备引起。硬件引起的故障是永久性故障, 这一类故障排除较困难。如果软件故障持续存在系统将不能正常工作, 甚至会从软故障引起、发展成为硬故障或永久性故障。A900 系统发生故障时, 一般在 CRT 上会显示报警代码和报警信息。具体有以下

几种:

1) 电池电压低造成存储丢失。当系统存储丢失时,在显示屏上出现“LOW BATTERY MEMORY LOST”。其原因主要是支持存储器的备用电池,由于主电源断开时间较长或长时间停电,已使支持电池放电到不能保持存储器内容的地步。此时应在控制电源接通的情况下,在电压监测板(VMU)上检查 BVLED 发光二极管。

2) CIP 系统故障。当 CRT 上出现“SYSTEM FAIL 01-SYSTEM FAIL 0B”报警时,说明在 PRC 处理器系统中的错误被检测出来,这个错误动作应该立即纠正。系统故障的修复方法有以下几种:

① SYSTEM FAIL 01 报警。表示存储器的奇偶错误,在主存储器中检测出是奇偶问题,此时应执行全部 CIP 基本固件诊断,包括破坏性存储器诊断。

② SYSTEM FAIL 03 报警。表示堆栈下溢,表明 PRC 的后进先出堆栈已经下溢,此时应执行全部 CIP 基本固件和软件诊断。

③ SYSTEM FAIL 04 报警。表示段表长度错误,表明 MMU 已测出一个来自 PRC 存储器的寻址错误。这可能是 CPU、MMU 或 MEM 的故障,应执行全部 CIP 的基本固件诊断。

④ SYSTEM FAIL 05 报警。表示写保护障碍,说明写保护存储器有故障,此时应执行全部 CIP 基本固件诊断。

⑤ SYSTEM FAIL 06 报警。表示不明组件中断故障,说明 PRC 已经被测试出一个来自不支持 I/O 控制器地址的中断,此时应执行 CIP 基本软件诊断。

⑥ SYSTEM FAIL 07 报警。表示非法指令故障,它说明 PRC 已经测试出一个非法的指令,此时应执行全部 CIP 基本固件诊断,包括破坏性存储器测试。

⑦ SYSTEM FAIL 08 报警。表示段表不存在故障,它说明 PRC 已测试到一个非法的存储器段表,此时应执行全部的 CIP 基本固件诊断,包括破坏性的存储器测试。

⑧ SYSTEM FAIL 09 报警。表示严重错误故障，它说明主存储器中有奇偶错误，此时应执行全部 CIP 基本固件诊断，包括破坏性存储器测试。

⑨ SYSTEM FAIL 0A 报警。表明定时器过负荷，它说明 CNC 系统时间定时器常规超负荷，此时应执行全部 CIP 基本固件诊断，包括破坏性存储器测试。

⑩ SYSTEM FAIL 0B 报警。表明数字转换溢出，该错误通报了 CNC 系统数字转换时产生一个溢出，此时应执行全部 CIP 基本固件诊断，包括破坏性存储器测试。

3) 双总线 (DBP) 驱动器系统故障。它表示 PRC 软件的轴控制部分不正常，是由 PRC 软件检测并通报的。该系统在 CRT 显示器上报警时，可能在 CRT 左上角多次出现“TRAP”信息，同时在 CRT 上显示 SYSTEM FAIL 30 报警，表示有无效的功能请求。处理方法为：运行全部 CIP 基本固件诊断和全部软件诊断。在完成故障检修返回系统运行之前，应重新装入全部系统软件。

4) 伺服处理器系统故障。这些故障都是由于 DBP、VOC、PID、P2V 或 SCG 板工作不正常造成的，这些故障都是靠 DBP 双总线处理器板检测和通报的。当系统故障在 CRT 上显示时，可能多次出现“TRAP”信息，该故障可通过重新安装系统软件来排除。

5) 正弦余弦发生器故障。该故障的排除方法为：切断电源，对所有各轴均断开机床控制接口组件 (MCIM)，接通控制电源，启动 PID 诊断。因断开了接口组件，会出现故障代码 3 和 4，但若故障代码 6 出现，则应尽力调节 SCG 板上的相位。如果相位已校准，故障可能是某轴反馈系统或电气连接有问题；如果相位不能校准，则故障可能是 SCG 板引起，可先更换 SCG 板后再试验。

6) 超差、伺服和开路故障。当发生此类故障时，在 CRT 上将出现 0300 ~ 0324 号报警，其寻错步骤为以下几步：

① 在接通控制电源之前，设法不闭合强电柜的铁门（使关门联

锁不起作用,但要绝对注意安全),以便接通主电源控制电源时,观察有关伺服轴的接触器工作是否正常,伺服放大器的各发光二极管是否都点亮了。

② 通电观察强电柜内没有发现问题时,可断开控制电源和主电源,断开强电柜的电源,进一步检查强电柜中有关伺服轴供电和放大器的熔丝是否完好,电器连接线路是否松脱。

③ 检查机床/控制接口(MCIM)连接器是否有脱开的连接。

④ 以上如都没有发现故障,应正确执行软件诊断,并注意在存储器测试完成后,必须重新装入系统软件;同时还必须进行微处理器的测试、位置输入数字转换器的测试(PID),速度输出指令板的测试(VOC)以及位置输入数字转换器/速度输出指令的测试(P2V)等。

7) 输入/输出(I/O)驱动器系统故障。这类故障大都发生在输入输出接口板(IOI)及接触插件框架(CCC)上,是由PRC板测试并通报的。故障情况为以下几类:

① SYSTEM FAIL 20 报警。表示未知的触点中断,它是由PRC通报的,此时应运行全部固件诊断和软件诊断。

② SYSTEM FAIL 21 报警。该报警表示无效的状态,表明PRC板已经接收来自IOI板的一个中断,但从IOI表明状态字节没有数据存在的可能,此时应运行全部固件诊断和软件诊断。

③ SYSTEM FAIL 22 报警。该报警表示发光二极管(LED)运行不正常,此时应先检查机床配电板线路,如查不出原因,则运行全部固件诊断和软件诊断。

(2) A950 数控系统的维修 A950 数控系统在设计之初就已将系统的维修考虑在内,它提供了起动诊断及软件、替换维修初始程序的装入等检修手段,同时A950系统的调整也有其特殊要求。

1) 起动诊断。起动诊断软件确定系统配置的硬件是否可操作和有效,它在每次控制电源接通或在BOH上的RESET键压下时起动。

起动诊断装在 PROM 和硬盘（二次存储设备）上，所有模块的测试不需要操作者干涉；而非常驻诊断的软件则放在硬盘上，由智能控制器或处理器模块装入 RAM，并进一步在这些设备上测试非智能硬件和任何与 A950 相关的硬件。起动诊断将检测硬件故障和系统加载故障，它提供四个方面的内容：Ⅰ类常驻诊断软件、Ⅱ类常驻诊断软件，测试“外部板”功能常驻诊断软件以及与 A950 产品相关的和非智能的硬件非常驻诊断软件。Ⅰ类常驻诊断软件，常驻在所有处理器和智能控制器模块上，这些诊断仅测试保证起动过程的模块功能；Ⅱ类诊断软件也常驻在所有处理器和智能控制器模块上，该软件允许进行在Ⅰ类诊断软件运行期间受限制而不能运行的辅助诊断；测试“外部板”功能常驻诊断软件，常驻在所有处理器模块上，这些诊断测试“外部板”资源，如使用硬盘前需检测通用存储器板 GRAM 等。

A950 产品附属硬件和非智能硬件诊断软件常驻在硬盘上，在常驻诊断软件执行完成后，IPL 主处理器从硬盘上读取非常驻诊断软件，接着将这些诊断软件装入指定的处理器或智能控制器模块。非常驻诊断软件测试非智能硬件，例如两轴伺服模块 DV2，并在处理器或智能控制器上进行更多的扩充测试。在每一个处理器和智能控制器上的四个红色 LED，用来指示起动期间处理器或智能控制器的状态，在起动软件测试完成后，如果有一个或更多的 LED 亮，则说明有故障。

2) 替换维修初始程序的装入。A950 系统提供了一个替换维修初始程序装入（ASIPL）的功能，初始程序分别装入系统，并提供维修服务。该功能不在正常的 A950 操作系统上。ASIPL 有三种用途：更新设备、资源状态表显示和手动诊断。

① 更新设备。分软盘更新和工具通道更新。简单地按 UPDATE FACILITIES 触屏目标或在键盘上按键“1”，即可使用更新设备功能。这时屏幕上显示两个触屏目标，一个用来选择软盘，一个用来选择工具通道。按 ESCAPE 键可返回 ASIPL 显示状态。软盘更新可在现场直

接完成,同时允许一台 IBM-PC 兼容机连接到“工具接口连接器”进行 A950 系统的更新。IBM-PC 兼容机用于运行“软盘维护应用”(DMU)软件,它必须带有足够可用存储空间的硬盘。

② 资源状态表显示。用于显示 PCA 上所有模块及 OSA 上安装的 TSKI 模块的状态。在 A950 系统查寻故障时,资源状态表为维修人员提供原有的资源状态信息。资源状态表位于共享 GRAM 的第 1 页,它包含起动期间每个硬件模块收集的数据。信号板上每一槽的状态作为一行显示内容,附加 OSA 上 TSKI 模块的一行显示(总在最后一行)。每一行包含下列内容:通过/故障/丢失状态;板类型;CPU 类型;存储空间;数字处理器芯片状态;伺服总线进入状态;ROM 的版本号等。从 ASIPL 状态进入资源状态表的步骤为:按 DISPLY RESOURCE STATUS 目标或“2”键,如按 ESCAPE 键则返回到 ASIPL 显示。在资源状态表的内部有一个可用的扩充显示,使维修人员能够评价一个模块的诊断状态是好还是坏。进入扩充显示的方法为:先用位置键选择一个要检查的模块,按 EXPAND DISPLAY 目标或“1”键。

③ 手动诊断。分为两部分,其一为触屏校准测试,用来校准触点与蓝色背景触摸区域的重合性;其二为真实时钟,为操作者提供日期和时间。报警历史、事件及起动经历表也利用真实时钟,以记录它们发生的时间。真实时钟诊断的目的是为初始化和设定真实时钟提供一种方法。在手动诊断方式下按 REAL TIME CLOCK 触摸目标或 C 键即进入该方式。

3) A950 系统的调整。A950 系统的调整分为三大部分,即 CRT、电源和伺服系统。

① CRT 调整。CRT 是操作站装置 OSA 的一个部件,它是一个带有触摸屏功能的 14in 彩色 CRT,其触摸的最佳性能和可靠性在系统出厂时已经调节好,但用户可对 CRT 触摸区域进行调整。

② 电源调整。电源包含 3 个部分,它们是开关电源、模拟电源、

编码器电源及系统电源。开关电源模块为处理器系统提供 +5V 和 +12V 电源，它位于 PCA 卡箱下部、电源抽屉的前半部分。模拟电源模块提供 $\pm 15\text{V}$ DC 电压给伺服模块使用，位于电源抽屉的左边拐角处。图 3-52 为其调整元件位置图。

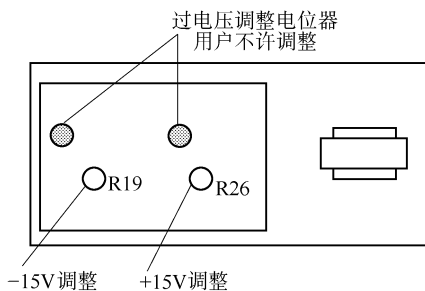


图 3-52 中 R19 是 -15V

调节电位器，R26 是 +15V 调节电位器，另两个电位器是用来调整过电压阈值的，用户不可调节。调整时必须用 BOH 模块上用数字电压表监测 $\pm 15\text{V}$ 电压值。编码器电源给各轴位置反馈包括手轮提供 +15V DC 电源。该电源模块位于电源抽屉的右边拐角处，其调整元件位置示意图如图 3-53 所示。

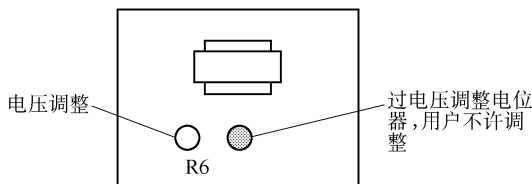


图 3-53 轴编码器电源调整示意图

图 3-53 中 R6 电位器用来调节上述电压，另一个是过电压阈值调整电位器，用户不可调整。当 +5V DC 编码器电源需要调整时，必须用数字电压表在第 1 槽的 SOH 板上监测该电压值，测点示意图如图 3-54 所示。

系统电源是一种带引线的全封闭酸性电池，在系统电源丢失期间，这个电池为所有的 APCI 模块上的 RAM 存储器提供后备电源，以保持上面的数据。在正常的系统操作期间，电池电压的检查在“启动诊断”期间完成，另外“在线诊断”也对其实施监控。系统电

池允许的电压范围为 +3 ~ +4V。当系统电池电压过低时，就必须更换电池，其步骤为：将硬盘磁头停放在安全部位，参考手动诊断部分；切断控制器电源，并等待 30s；拆除硬盘模块；在硬盘部件下面可见系统电池模块；拆除系统电池模块并脱开连接导线；按与上述拆除过程相反的顺序安装新的电池模块。

③ 伺服系统调整。在伺服模块上没有可调整的电位器，所有轴的增益和平衡调整均在操作站上进行。在 MACHINE SETUP 或 MDI 方式下按 SRVO SET 目标即进入伺服调整画面，在此之前还必须键入正确的口令。

3.2.8 数控系统故障的维修技巧

1. 数控系统的板级维修

当有备用印制电路板时，可采用板级维修方法，即采用更换电路插板的方法，能较快地排除故障，使数控机床在较短的时间内恢复生产。但印制电路板价格昂贵，且板卡报废的损失也十分可观，故该法仅适用于应急维修。

2. 数控系统的片级维修

数控系统的印制电路板故障大多数是因为板上的一、二片集成块损坏，这些集成块如果是通用型的，可市购且价格便宜。故采用片级维修非常必要。但采用片级维修应注意以下几点：

1) 对被测信号总体分析。一般数控设备制造商不会提供印制电路板的线路图及原理说明书，因此，用户无法了解故障板的工作原



图 3-54 SOH 板上编码器电源检测点示意图

理,无法按图修理。用示波器、万用表等逐点观察信号,尽管可测的波形很丰富,但要注意对所测信号进行总体分析。

2) 测试必须非常小心。数控系统印制电路板集成度高、线路复杂,板上采用中规模、大规模、超大规模集成电路,多数采用多层印制电路板,所组成的微机电路由软件控制,监测十分复杂。监测一个简单的微处理机通常至少需要24条测试通道,一个完整的以微处理器为主的数字电路,同时监测所需的通道数已超过100条。另外,印制电路板上广泛利用片状结构的集成电路,其出脚间距通常为1.25mm,一般的测量工具难以稳固地接触到被测点。综上所述,印制电路板测试时一定要非常注意以免损坏,同时保证检测准确度。

3) 事先准备一些专用芯片。数控系统印制电路板上所采用的专用集成电路芯片比例高,它们主要是由数控系统制造商定制的厚膜电路、PAL(逐行倒相)和GAL电路等。这些芯片大多采用保密措施,难以复制也难以测试。故要做好片级维修,手头一定要准备一些专用芯片,这些芯片可在机床主机订货时向制造商订购,此时订购价格可便宜些。

3. 数控系统维修中的一些具体注意事项

(1) 装配不能缺件 从数控系统上取出某块印制电路板时,应注意记录其相应的位置和连接的电缆号。对于固定安装的印制电路板,还应按前后顺序取下相应的压接部件及螺钉并做好记录。拆卸下来的压接件及螺钉应放在专门的盆内,以免丢失与影响装配完整。

(2) 焊接注意事项

1) 电烙铁应放在顺手的位置并远离待修的印制电路板。烙铁头应作适当的修整,以适应集成电路的焊接,并避免焊接时碰伤其他元器件。

2) 拆卸元件时应使用吸锡器及吸锡绳,切忌硬取。更换新的器件,其引脚应作适当的处理。焊接中不应使用酸性焊油。

3) 不应随意切断印制电路。数控系统上的印制电路板大多是双面金属孔板或多层孔化板,印制电路细而密一旦切断不易焊接,且切

断时易切断相邻的电路。

(3) 测量注意事项

1) 测量电路间阻值时, 应断开电源, 还应把红黑表笔互换测量两次, 以阻值大的为参考值。

2) 测点的选择。印制电路板上大多刷有阻焊膜, 因此测量时应找到相应的焊点作为测试点, 而不要铲除阻焊膜。有的印制电路板包括焊点全部刷有绝缘层, 则只能在焊点处用刀片刮开绝缘层, 作为测点。

(4) 注意维修供电方式 在维修前, 应查清印制电路板的电源配置及种类, 根据检修需要分别供电或全部供电。

4. 充分利用资料

(1) 利用数控系统的 PLC 状态显示功能 许多数控系统都有 PLC 状态显示功能, 如 SNUMERIK 3 系统 PC 菜单下的 PC STATUS, SINUMERIK 810 系统 DIAGNOSIS 菜单下的 PLC STATUS 功能, 以及 FANUC 系统 DGNOS PARAM 功能的 PMC 状态显示功能等, 利用这些功能可显示 PLC 的输入、输出、定时器、计数器等即时状态和内容。根据数控铣床的工作原理和厂家提供的电气原理图, 通过监视相应的状态, 就可确诊一些数控系统故障。

(2) 利用机床厂家提供的 PLC 梯形图 数控系统出现的大部分故障都是通过 PLC 装置检查出来的, PLC 检测故障的机理就是通过运行机床厂家为特定机床编制的 PLC 梯形图 (即程序), 根据各种输入、输出状态进行逻辑判断, 如果发现问题, 产生报警并在显示器上产生报警信息。所以对一些 PLC 产生报警的故障, 或一些没有报警的故障, 可以通过分析 PLC 的梯形图对故障进行诊断。利用数控系统的梯形图显示功能或者机外编程器在线跟踪梯形图的运行, 可提高诊断故障的速度和准确性。

5. 检查接口状态

数控系统多将 PLC 集成于其中, 而 CNC 与 PLC 之间则以一系列

接口信号形式相互通信联接。有些故障是与接口信号错误或丢失相关的,这些接口信号有的在相应的接口板和输入/输出板上有指示灯显示,有的可以通过简单操作在 CRT 屏幕上显示,而所有的接口信号都可以用 PLC 编程器调出。采用这种方法的前提是维修人员既要熟悉本设备的接口信号,又要熟悉 PLC 编程器的应用。

6. 注意数控系统位置环故障

大多数情况下,若正在运动的轴实际位置误差超过机床参数所设定的允许值,则产生轮廓误差监控报警;若机床坐标轴定位使得实际位置与给定的位置之差超过机床参数设定的允许值,则产生静态误差监控报警;若测量装置有故障,则产生测量装置监控报警。位置环报警一般是由于位置测量元件,如光栅尺、编码器被污染或被损坏引起的,也有的是由于电缆破损或接头接触不良所致。坐标轴在没有指令的情况下产生运动,可能是漂移过大,位置或速度环接成正反馈,反馈回路开路,编码器安装不当引起的。

7. 注意通信故障造成的数控系统故障

某数控铣床运行中突然出现各伺服轴皆停,且不能用手动和手轮移动,CRT 上显示“Z70、Z71、Z72 x y z 三轴跟随出错”。CNC 还产生急停输出信号,并回到初始化状态。检查发现,CNC 系统用 DC 5V 电源 3A 熔断器烧断。经测该 5V 电源的负载电阻较正常。换一个 3A 熔断器后,开机自检正常。脱离外接计算机试验铣床各功能正常。但连接计算机后铣床却不能正常工作。此时 CNC 能向计算机传输数据,但不能反向传输数据。分析故障原因认为,有可能是 CNC 侧或计算机侧 RS232C 接口问题,或通信电缆问题,或通信软件问题,或 CNC 侧与计算机侧设置的通信参数不一致。经检查更换软件后,通信仍不正常。为进一步确定故障所在,换一台同样使用 RS232C 接口进行通信的计算机与铣床联机,通信故障依旧。如此反反复复,最后怀疑与系统连接的部分电路有问题,经查对图样发现,I/O 1#输出各轴端及急停输出的继电器线圈两端各需反向并联一只二极管以保护

CNC 接口,但实际未接,可能使 I/O 卡损坏,拆下检查证实卡已损坏。换上备板,并在 I/O 1#接口的负载继电器线圈两端各反向并联一只二极管,恢复电路后开机,各项功能完全恢复正常。

该故障的最初原因是由于未接保护二极管,致使 I/O 卡损坏。开始表现为软故障,后因通信故障需频繁开关机床试验,I/O 卡故障也越来越严重,从而导致 CNC 电源 3A 熔断器易爆。在维修过程中,由于用于通信的计算机和机床相距较远,在没有完全确定机床或计算机停电的状态下插拔通信电缆,造成通信接口损坏。

8. 注意数控系统数据的备份与恢复

(1) 系统数据备份 以 FANUC 数控系统为例,系统中的参数、螺距误差补偿、宏程序、PMC 程序等是依靠控制单元上的电池进行保存的。由于机床拆装或电池长时间不使用,有可能发生失效或其他意外,将会导致这些数据的丢失。因此,有必要做好重要数据的备份工作,一旦发生数据丢失,可以通过恢复这些数据,保证铣床能恢复正常运行。常见的 FANUC 数控系统数据备份的方法有两种:一是使用存储卡,引导系统画面进行数据备份和恢复;二是通过 RS232 接口使用 PC 进行数据备份和恢复。数控系统的启动和计算机的启动一样,会有一个引导过程。通常情况下,使用者看不到这个引导系统。但是使用存储卡进行备份时,必须要在引导系统画面进行操作。因此使用这种方法进行数据备份时,必须准备一张符合 FANUC 系统要求的存储卡(工作电压为 5V),将存储卡插入数控系统存储卡接口上,进入引导系统画面(按下显示器下端最右面两个键),在系统引导画面选择所要的操作项第 4 项,进入系统数据备份画面,在系统数据备份画面选择所要备份的数据项,按下 YES 键,数据就会备份到存储卡中。按下 SELECT 键,退出备份过程。

(2) 系统数据恢复 如果要进行数据的恢复,按照相同的步骤进入系统引导画面。在系统引导画面选择第 1 项 SYSTEM DATA LOADING,选择存储卡上所要恢复的文件,按下 YES 键,所选择的

数据回到系统中。按下 SELECT 键退出恢复过程。

3.2.9 电源故障的维修实例

数控铣床的电源装置通常由电源变压器，机床控制变压器、断路器、熔断器和开关电源等组成。通过电源配置给数控铣床提供各种电源，以满足不同负载的要求。图 3-55 为某数控铣床的供电原理图。

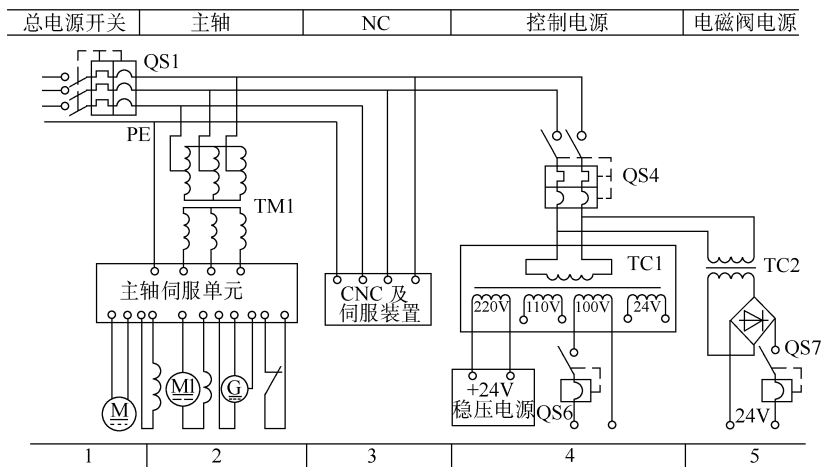


图 3-55 数控铣床供电原理图

数控铣床从供电线路上获得电源后，在电气控制柜中进行再分配，根据不同的负载性质和要求，提供不同容量的交、直流电压。从图 3-55 中可以看出，此数控铣床的 CNC 及伺服装置直接由三相动力线供电，主轴伺服单元由主轴变压器 TM1 降压后供电。变压器 TC1 的次级为 24V 的直流稳压电源提供交流 220V 的输入电压，而 24V 的直流稳压电源又作为继电器电路和 PLC 的输出驱动电源。此外，变压器 TC1 的次级足够为有关的控制装置提供 24V、100V 及 110V 的交流电源。变压器 TC2 降压后再整流得到 24V 直流电压，用于驱动控制电路中的电磁换向阀。下面以具体实例分析数控系统的电源故障。

1. 丢电故障

某数控铣床采用 FANUC 系统。在运行时会突然失电现象，即产生所谓的丢电故障。为排除该故障，可调出该系统的直流稳压电源的监控原理图，如图 3-56 所示。

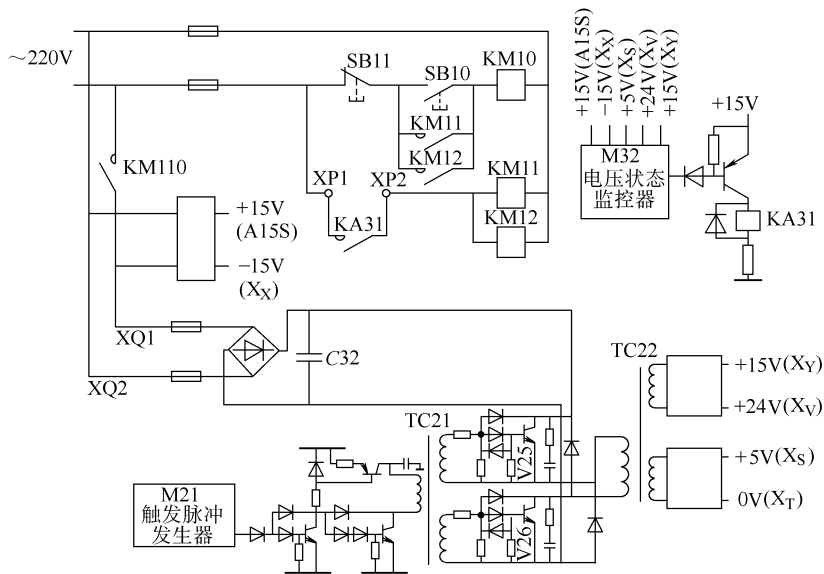


图 3-56 铣床数控系统直流电源的监控原理图

从图 3-56 中可以看出，按电源起动按钮 SB10，交流接触器 KM10 吸合后，常开触点 KM11、KM12 闭合自保，整机起动供电。接触器 KM11、KM12 的通电条件是：电源盘上的继电器 KA31 通电，使并接在 XP1、XP2 端子上的常开触点 KA31 闭合后，才能使主触点 KM10 吸合自保。从图 3-56 中看出，开关电源进电端 XQ1、XQ2 是通过 KM10 常开主触点闭合后接到交流 220V 电源上的。继电器 KA31 受电压状态监控器 M32 控制，当电源板上输出的直流电压 +15V、-15V、+5V 及 +24V 均正常时，KA31 继电器吸合正常，一旦有任何一项电压不正常时，KA31 继电器即释放，使主接触器 KM10 丢电。

释放,从而引起丢电故障。要消除该故障,就需要查找引起直流电压不正常的原因。主要需检查以下几点:

- 1) 输出端电压是否正常。输出端 A15S 的 +15V、 X_x 的 -15V、 X_y 的 +15V、 X_v 的 +24V 及 X_s 的 +5V 直流电压是否正常。
- 2) 电容器两端电压是否正常。电容器 C32 两端电压是否为 31V。
- 3) 检查脉冲发生器。用示波器检查脉冲发生器 M21,看它是否有 20kHz 的触发脉冲输出。
- 4) 检测波形。在变压器 TC21 一次线圈上能否测到波形。
- 5) 检查开关管。检查开关管 V25、V26 能否正常工作。

2. 出现基本画面后数控系统失电

某数控铣床采用西门子系统,当按下 CNC 起动按钮时,系统开始自检,在显示器出现基本画面时,数控系统马上失电。经分析该故障与数控系统的 +24V 直流电压有关。当 +24V 直流电压下降到一定数值时,数控系统采取保护措施自动切断系统电源。由稳压电源输出的 +24V 直流电压除了供应数控系统外,还作为限位开关的外部电源,以及中间继电器线圈及伺服电动机中电磁制动器线圈的驱动电源。因此,它们中任何一个短路,均可使其他元件失电。在不通电的情况下经测量确认,数控系统的电源模块及中间继电器线圈无短路、漏电现象;逐个断开 X 轴、Y 轴和 Z 轴各两个限位开关共同的电源线时,CNC 系统供电正常;测量限位开关,确认没有对电短路现象。为进一步确认故障,将 6 个开关逐个接到电源上,使之处于工作状态。其中 X 轴和 Y 轴的限位开关接上电源后,CNC 上电正常,但 Z 轴的两个限位开关接通电源后,却出现了下列现象:

- 1) 主轴没限位却供不上电。即主轴箱没有到达 +Z 和 -Z 方向的限位位置时,数控系统就已经供不上电了。
- 2) 主轴压限位反而供上电。即当主轴箱到达 +Z 或 -Z 的限位位置并压上其中一个限位开关时,系统反而能供上电。

本例中铣床 Z 轴伺服电动机配有电磁制动器,它具有得电松开、失

电制动的特点。 Z 轴伺服电动机电磁制动器的控制电路如图 3-57 所示。

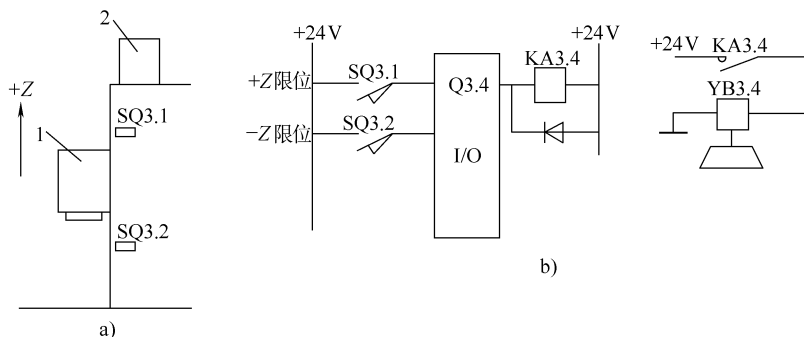


图 3-57 Z 轴伺服电动机电磁制动器的控制电路

a) Z 轴限位开关位置 b) 电磁制动器控制电路

1—主轴箱 2—带电磁制动器的 Z 轴伺服电动机

从图 3-57 中可以看出， $+Z$ 及 $-Z$ 限位开关均未压上时，PLC 的 I/O 模块输出 Q3.4 为“1”，中间继电器 KA3.4 线圈得电，KA3.4 触点闭合，电磁制动器 YB3.4 线圈得电， Z 轴伺服电动机不制动。现 Z 轴两个限位开关未压上，YB3.4 线圈应得电，但 CNC 却失电；而当其中一个限位开关压上时，YB3.4 线圈应失电，但 CNC 却上电正常。以上分析和故障现象吻合。很显然，电磁制动器 YB3.4 线圈 +24V 短路，从而引起 CNC 系统失电。经测量 YB3.4 线圈对地电阻后情况属实。排除短路现象后故障修复。

3. 数控系统不能启动故障

某采用 FANUC 系统的数控铣床，出现了数控系统不能启动的故障，即接通后数控系统无反应。为分析该故障原因，有必要对数控系统电源输入单元的电气原理图进行分析。原理图如图 3-58 所示。

输入单元的主要作用就是启动 CNC 电源和检测电源。在图 3-58 中，ZB1 等组成 +24V 稳压源，它作为控制电路的电源。P1（绿色）指示灯为电源供给指示灯，P2（红色）指示灯为故障报警灯。COM、EON 和 EOF 为外接启动、停止按钮的端子点。CP2 的 1 点、2 点为



输出电源供给 CNC 电源单元的端子，CP2 的 5 点、6 点为 CNC 电源单元反馈触点信号的端子。当 CNC 电源单元的各路输出电压都正常时，CNC 电源单元的触发信号为高电平，PA、PB 触点闭合；当输出电压异常时，触发信号就变为低电平，PA、PB 触点断开。按启动接通按钮 SB1 启动 CNC 系统时，继电器 RY1 得电自保，并使 LC1、LC2 同时吸合，输入单元开始向 CNC 电源单元供电。当 CNC 电源单元输出电压正常时，PA、PB 触点闭合使 PAB 得电，同时通过 TU1 的作用，延时约 0.5s 后，使 RS1、RS3 相继得电来维持 RY1 的吸合；当 CNC 电源单元输出异常时，PA、PB 触点断开，AL 吸合，使 PY1、LC1 和 LC2 相继释放，它们切断 CNC 电源单元的供给输入电源，同时报警灯 P2 亮。同理，当按下停止按钮 SB2，就能使 RY1、LC1 和 LC2 释放，同样切断了 CNC 电源单元的供电。

现在回头来看数控系统不能启动的故障。欲排除该故障，首先观察一下输入单元板上的电源指示灯 P1（绿色）是否亮，若不亮，则应检查外部供电电路，在确认外部供电正常后，重点检查输入单元板上的 +24V 稳压电路。不能启动故障，通常情况下是晶体管击穿，使熔断器 F3 熔断所致。如果 P1 绿灯亮，这时应按系统启动按钮 SB1，再观察输入单元板上的 P2 红色报警灯是否点亮。若按 SB1 后无任何反应，则一般情况下是启动和停止按钮损坏或连线脱落；如果按压 SB1 时，红色报警灯亮，这时应先断开总电源，然后拔掉输入单元与 CNC 电源单元连线的插头 CP2，并短接 CP2 上的 5、6 两点，再通电后重新启动 SB1，这时若红色报警灯不亮，则要测量 CP2 上的 1、2 两点是否有 200V 交流电压输出，若无输出电压，通常是 RY1、LC1 及 LC2 继电器损坏；若有输出电压，表明故障点在 CNC 电源单元上。当 CNC 电源单元在输出电压 +5V、±15V、+24V 时，只要有一路输出不正常，都会使 PA、PB 触点断开，产生报警。在 CNC 电源单元输出电压不正常的各种情形中，由于外部线路短路造成 +24V 熔丝熔断的情形最常见。

3.2.10 FANUC 系统电源模块的维修

1. FANUC 系统电源输入单元的原理

图 3-59 为 FANUC 输入单元的主回路原理图。

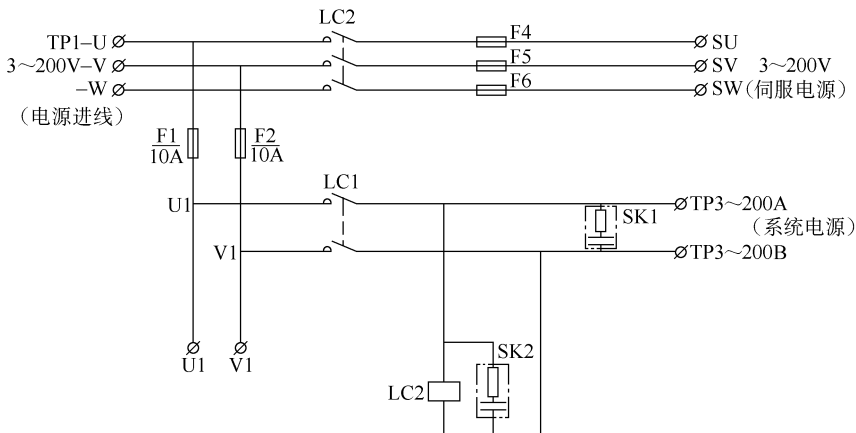


图 3-59 FANUC 输入单元的主回路原理图

从图 3-59 中可知，外部电源经输入端子 TP1 的 U、V、W 端加入，其中的一路经接触器 LC2、熔断器 F4、F5 和 F6 输出，作为伺服驱动器的电源。另一路经熔断器 F1、F2、接触器 LC1 从端子 TP3 的 200A、200B 输出，作为数控系统的输入电源，输入单元本身的控制电源 U1、V1 也来自熔断器 F1、F2 的输出端。接触器 LC2 的线圈直接连接于接触器 LC1 的主触点，因此，伺服驱动器的电源必须在系统输入电源已经接通（接触器 LC1 吸合）的情况下，才能正常接通。图 3-59 中的 SK1、SK2 为 RC ($0.1\mu\text{F}/200\Omega$) 吸收器，在电路中作为过电压保护与抗干扰器件。图 3-60 为 FANUC 输入单元辅助控制电源回路。

图 3-60 中 U1、V1 经变压器降压、DS1 全波整流以及 Q1、ZD1 组成的稳压环节，为输入单元本身提供 DC24V 的辅助电源。当

DC24V 电源正常后，发光二极管 PIL 正常发光。

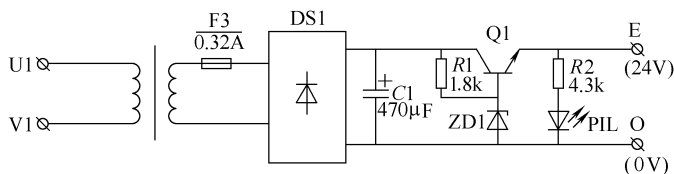


图 3-60 FANUC 输入单元辅助控制电源回路

图 3-61 所示为 FANUC 输入单元 ON/OFF 控制电源，由中间继电器 RY1、AL、接触器 LC1 等组成。电路中综合考虑了电柜门互锁、MDI/CRT 单元上的电源 ON/OFF 控制、外部电源通断（E-ON/E-OFF）控制和系统电源模块的报警（P. ALM）等多种条件，为用户使用提供了方便。

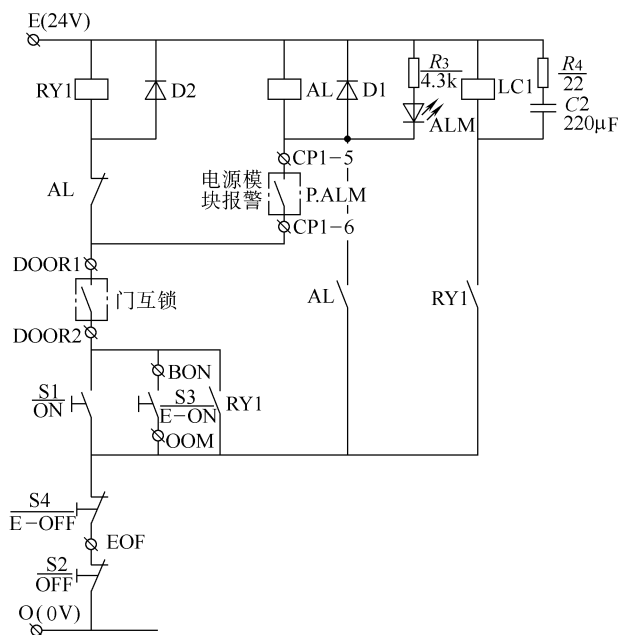


图 3-61 FANUC 输入单元 ON/OFF 控制电源回路

从图 3-61 可见输出单元电源通断控制过程如下:

1) 通过系统 MDI/CRT 单元上的系统 ON 按钮 S1 或外部电源接通 (E-ON) 按钮 S3, 使 RY1 得电。

2) RY1 的常开触点使 LC1 得电, 同时主回路系统电源 (200A/200B) 加入。

3) 通过 LC1 得电, 200A/200B 使 LC2 得电, 同时主回路中的伺服驱动主回路电源 (SU、SV、SW) 加入。

另外图 3-61 中输入单元电源接通的条件如下:

1) 电柜门互锁 (DOOR1/DOOR2) 触点闭合。

2) 外部电源切断 (E-OFF) 触点 S4 闭合。

3) MDI/CRT 单元上的电源切断 (OFF) 按钮 S2 闭合。

4) 系统电源模块的报警 (P. ALM) 触点闭合。

2. FANUC 系统电源故障实例

1) 外部 200V 短路引起的故障。某数控铣床配 FANUC 数控系统长期停用后再次开机, 出现电源无法接通的故障, 对照主回路原理图 (见图 3-59), 测量电源输入单元 TP1, 输入 U/V/W 为 200V 正常, 但检查 U1、V1 端无 AC200V。从图 3-59 可知其故障原因应为 F1、F2 熔断, 经测量确认 F1、F2 已经熔断。进一步检查发现, 输入单元的 TP3 上 200A/200B 间存在短路。为了查明故障部位, 取下 TP3 上的 200A、200B 连线, 再次进行测量, 确认故障在输入单元的外部。检查线路发现 200A、200B 电缆绝缘破损, 更换电缆及熔断器 F1、F2 后故障排除。

2) RC 吸收器短路引起的故障。某 FANUC 系统数控铣床在加工过程中突然停电, 再次开机后, 系统电源无法正常接通。对照上述原理图, 检查机床电源输入单元, 发现发光二极管 PIL 不亮, 检查熔断器 F1、F2 已经熔断。通过测量, 确认该铣床的 200A/200B 间存在短路。更换 F1、F2 后, 断开端子 TP3 的 200A/200B 的连接, 再次测量, 发现短路现象依然存在, 因此判断断点故障存在于输入单元内部。对照主

回路原理图（见图 3-59），首先测量 F1、F2 的输出端 U1、V1，确认无短路，故障范围被缩小到 SK1、SK2、LC2 上。逐一检查以上各元器件，最终确认故障是由于 RC 吸收器中的 SK1 短路引起的。取下 SK1，更换同规格（ $0.1\mu\text{F}/200\Omega$ ）的 RC 吸收器后，故障排除。

3) ON/OFF 信号不良引起的故障。某 FANUC 系统数控铣床，开机时系统电源无法正常接通，根据 ON/OFF 控制电源回路图（见图 3-61），测量发现，MDI/CRT 单元上的电源切断（OFF）按钮的 S2 触点断开，进一步检查发现按钮的连接脱落，重新接线后机床恢复正常工作。

4) “电源断开”信号引起的故障。某 FANUC 系统数控铣床，在进行日常维护后系统电源无法接通。根据输入单元辅助控制电源回路图（见图 3-60），检查该铣床电源输入单元的熔断器 F1 ~ F6 均正常，输入电源正确，发光二极管 PIL 正常发光，图中 E/O 端 DC24V 正常，但按下 S1 按钮，LC1/LC2 均不吸合。对照图 3-61 进行线路测量、检查，发现电柜门互锁开关（触点 DOOR1/DOOR2）开路，进一步检查发现，电柜门开关中有一个开关损坏，经更换后机床恢复正常。

5) 电源模块故障引起的工作不正常。某 FANUC 系统数控铣床，开机后发现系统电源无法正常接通。经检查，输入单元 PIL 灯与 ALM 灯均亮，由输入单元 ON/OFF 控制电源回路图（见图 3-61）可知，引起故障的原因可能是来自 CP1-5/6 的 $+24\text{V}/\pm 15\text{V}/+5\text{V}$ 电源模块报警。当 CP1-5/6 接通后，由于中间继电器 AL 的吸合，使 RY1 互锁无法吸合。为了确认，维修时暂时断开 CP1-5/6 间的连接后再次进行试验，ALM 灯灭，CNC 可以启动（CRT 上显示报警），证实了故障原因。通过更换电源单元故障排除。

6) 偶然性过电流引起的故障。某 FANUC 数控铣床，开机时发现系统电源无法正常接通。经检查，该铣床输入单元的发光二极管 PIL 不亮，内部无 DC24V 电压，对照输入单元辅助控制电源回路图（见图 3-60）可知，可能的原因是 Q1、DS1、C1 与 F3 等元器件性能不良。逐一检查以上元器件，发现输入单元的 F3 已经熔断，其他元

器件均无故障。更换 F3 后开机试验，机床恢复正常，说明该故障是由偶然性的过电流引起的。

7) 电源缺相引起的故障。某 FANUC 数控铣床，在快速运动过程中发生碰撞，引起机床突然停机。再次开机后系统显示 ALM401 报警，伺服驱动器主回路无法接通。ALM401 报警的含义是伺服驱动器的“VRDY”信号断开，即驱动器未准备好，检查 3 轴驱动器的主回路电源输入，发现只有 V 相电压输入，逐级测量主回路电源，最终发现输入单元的伺服主回路熔断器 F4、F6 熔断，在确认驱动器无损坏的前提下更换 F4、F6，铣床即恢复正常工作。

8) FANUC AI 电源模块的故障。

AI 电源模块是 FANUC 公司生产的将输入单元与电源等成为一体的电源控制单元，既具有普通 FANUC 系统电源单元的功能，又具有前述的 FANUC 输入单元的系统电源通/断控制功能。这种模块体积小、使用方便、可靠性好。FANUC AI 电源单元的输入/输出连接如下：

① CP1：AC200V（220V/230V/240V）电源输入。

② CP2：与系统电源 ON/OFF 同步的 AC200V（220V/230V/240V）电源输出。

③ CP3：电源单元的控制信号输入，包括系统电源 ON/OFF 开关触点输入（ON、OFF、COM）、外部报警信号触点输入（AL、OFF）和电源单元报警输出（FA、FB）。

④ CP12：向主板提供 +5V、+15V、-15V、+24V 电源输出。

⑤ CP15：向 CRT 提供 +24V 电源输出。电源单元 A1 外观及连接如图 3-62 所示。

在图 3-62 中可见，模块正面有 PIL（绿）与 ALM（红）两只指示灯。指示灯状态的含义为：PIL（绿）为电源指示灯，当外部 AC 电源加入且内部输入单元的 DC24V 辅助控制电源电压正常时，PIL 指示灯亮；ALM（红）为报警指示灯，灯亮时表明电源单元内部存在故障或外部报警信号（AL、OFF）触点闭合。

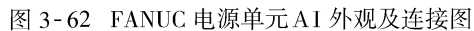


图 3-62 FANUC 电源单元 AI 外观及连接图

图 3-63 为 AI 电源模块主回路原理图。

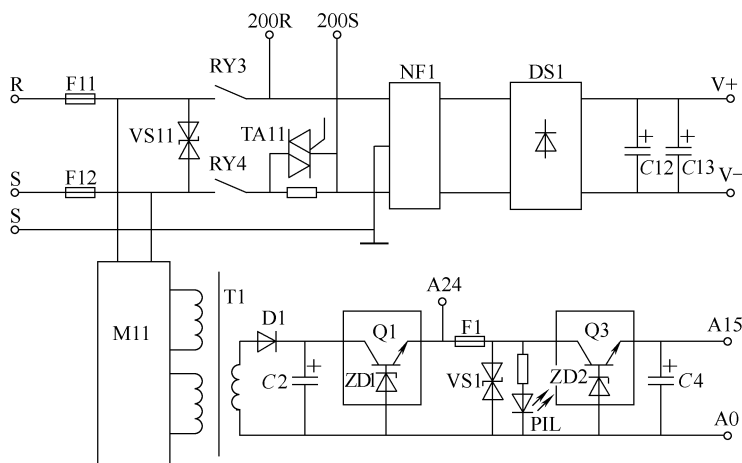


图 3-63 AI 电源模块主回路原理图

从图 3-63 可见，外部电源经输入端子 CP1 的 R、S 端加入，经熔断器 F11、F12（7.5A），浪涌电压吸收器 VS11、继电器触点 RY3、RY4，控制 AC200V。该 AC200V 电压，经 CP2 上的 200R、200S 端输出到模块外部，使外部获得与电源单元同步接通/断开的 200V 控制电压。通常情况下 CP2 上的 AC200V 输出电压，用来接通伺服驱动的主接触器 MCC，从而实现伺服驱动器和系统的同步通/断控制。在电源单元内部，200V（200R、200S）控制电压又经电源滤波器 NF1、二极管整流桥 DS1、滤波电容 C12、C13 产生开关电源的直流母线电压。输入单元内部的 DC24V 辅助控制电压、开关主电源的 DC15V 控制电压，由单独的集成开关电源控制模块 M11 进行控制。M11 的开关信号经变压器 T1 输出，通过 D1 整流、C2 滤波以及 ZD1、Q1 组成稳压环节，在 A24 上获得 DC24V 的输入单元辅助控制电压。当 DC24V 电源正常后，发光二极管 PIL 正常发光。同时，24V 辅助控制电压又经过熔断器 F1（0.3A）、浪涌电压吸收器 VS1 以及 ZD2、Q3、C4 组成的稳压、滤波环节产生用于开关主电源的 DC15V 控制电压。

从图 3-64 可知, AI 内部输入单元电源通/断控制过程如下: 通过系统 MDI/CRT 单元上的系统 ON 按钮使 RY2 ~ RY4 得电; RY3、RY4 的常开触点闭合, AC200V 电源 (200R、200S) 接通, 开关电源主回路开始工作, 产生系统所需要的 DC5V、DC24V、DC

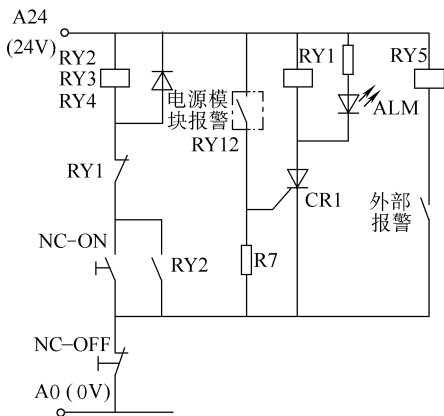


图 3-64 AI 模块内部电源通/断控制回路

CP2 上的 200R、200S 输出，可以同时接通外部的接触器 MCC 和伺服驱动电源。输入单元的电源接通条件如下：MDI/CRT 单元上的电源切断 OFF 按钮触点闭合；外部报警触点断开，系统内部开关主电源 DC5V、DC24V、DC $\pm 15V$ 无故障。

分析了 FANUC AI 电源模块的结构后,下面分析其常见故障:

① 浪涌吸收器不良引起的故障。经检查并结合 AI 电源模块主回路原理图（见图 3-63），发现熔断器 F11、F12 已熔断。再经进一步测量发现，熔断器 F11、F12 间发生短路，原因是浪涌电压吸收器 VS11 短路。在无备件时，为了保证机床的正常生产，维修时暂时取下浪涌电压吸收器 VS11，更换 F11、F12 后，机床故障排除。

② 主接触器短路引起的故障。某 FANUC 数控铣床在加工过程中突然断电, 再开机时系统电源无法正常接通。结合 AI 电源模块主回路原理图(见图 3-63), 检查发现熔断器 F11、F12 已熔断。通过测

量, R、S 间无短路, 证明浪涌电压吸收器 VS11 以及辅助电源控制模块 M11 无故障, 但 200R、200S 间存在短路现象, 表明故障是由于 NF1、DS1 或外部 200R、200S 间短路引起的。为了判别短路部位是在电源单元内部还是外部, 拨下插头 CP2, 断开 200R、200S 与外部的连接, 通过检查发现短路消失。确认 AC200V 短路是由于外部 200R、200S 短路引起的。进一步检查 200R、200S 上的各元器件, 最终找到故障原因是由伺服主接触器发生短路引起的, 更换熔断器 F11、F12 后, 机床故障排除。

③ 整流桥不良引起的故障。某 FANUC 系统数控铣床, 在加工过程中车间突然停电, 恢复供电后开机, 系统电源无法正常接通。根据主回路原理图 (见图 3-63), 检查结果是熔断器 F11、F12 已熔断, 通过测量 R、S 间无短路, 证明浪涌电压吸收器 VS11 及辅助电源控制模块 M11 无故障。拨下电源模块的插头 CP2 测量, 在本例中短路现象未消失, 则确认 AC200V 短路原因在电源单元内部。进一步检查发现, 二极管整流桥 DS 短路, 更换 DS1 并更换 F11、F12 后, 机床故障排除。

④ 控制模块 M11 不良引起的故障。某 FANUC 系统数控铣床在加工过程中突然断电, 重新开机后系统电源无法正常接通。经检查 F11、F12 已熔断, 更换熔断器 F11、F12 后, 再次测量电源进线 R、S, 发现线路中存在短路, 但浪涌电压吸收器 VS11 正常, 测量开关电源次级回路无故障。显然, 短路原因在内部输入单元的集成开关电源控制模块 M11 上, 直接更换模块后故障排除。

⑤ FANUC 电源单元 AI 的维修体会。FANUC 电源单元 AI 由于体积小、可靠性高, 在 0 系列系统中使用较广, 在该单元的电源不能接通的故障维修中, 通过测绘内部输入单元的电气原理图, 再对照原理图进行维修是最可靠、最有效的方法。由于电源单元 AI 体积小, 控制电压种类较多, 在进行测量维修处理特别是更换元器件时, 必须十分谨慎, 以防损坏其他控制器件。

9) 其他故障。除上面的故障外, 电源单元 AI 的故障还有以下几种:

① F11、F12 熔断。其原因有: 系统开关电源主回路的开关管损坏; 系统开关电源主回路的开关管续流二极管损坏; 整流回路的滤波电容器 C12、C13 损坏; 电源模块内部直流主回路的短路; 辅助控制电源一次侧短路等。

② F1 熔断。其原因有: 系统输入单元辅助电源回路的稳压、滤波器件 Q3、ZD2、C4 损坏; 浪涌电压吸收器 VS1 损坏; 控制信号 ON/OFF、外部报警信号、AC 电源等接线的错误; 电源模块内部 15V 电源短路; 电源模块内部 15V 电源滤波电容 C4 损坏等。

10) 行程开关不能复位引起的急停报警故障

一台数控铣床配备的是 FANUC Oi mate 系统, 运行中突然出现急停报警。按强电复位键不能复位, 机床锁住。该故障电路图如图 3-65 所示。根据该图, 分析原因可能为: QF3、QF4 空气开关脱扣; 行程开关 SQ2、SQ3、SQ4、SQ5 故障; 接触器 KM1、继电器 KA1 及复位按钮故障, 造成 PLC 急停信号不能复位。

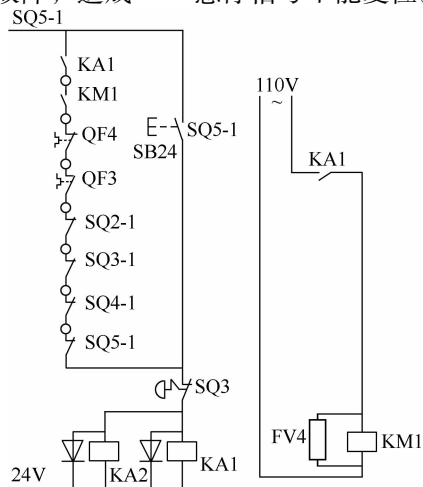


图 3-65 行程开关故障电路图

检查 QF3、QF4 空气开关未脱扣，工作正常。若一直按住复位按钮不松手，接触器 KM1、继电器 KA1 能正常吸合，工作台可正常工作。因此，可排除 KM1、KA1 及复位按钮故障。造成 PLC 急停信号不能复位的问题，判断可能是行程开关接触不良。检查各行程开关，按几下 SQ3 后再按复位按钮，急停报警消失。因此怀疑是此行程开关不能正常复位，拆下行程开关发现触点间有污垢，接触不良，清洗后问题解决。

3.2.11 SIEMENS 系统电源模块的维修

SIEMENS 系统电源使用的大多是 DC24V 电源，以 SINUMERIK 810M 系统为例，其电源控制原理如图 3-66 所示。

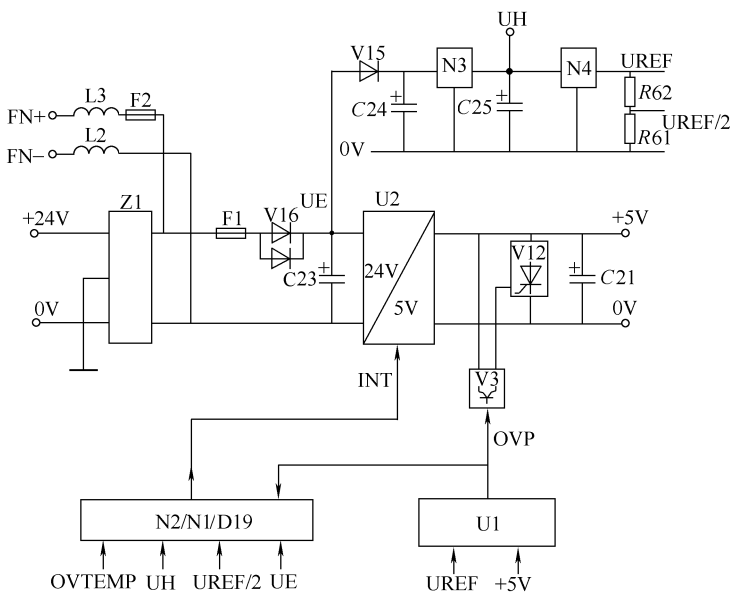


图 3-66 SINUMERIK 810M 电源控制原理图

图 3-66 中各主要元器件的作用如下。

F1：系统电源输入熔断器，为电源主回路短路保护元件。

F2: 风机电源输入熔断器, 为风机短路保护元件。

L2、L3: 风机电源滤波电感。

Z1: 输入滤波器, 对输入 DC24V 电源进行滤波。

V16: 保护二极管。

C23: 直流输入滤波电容。

U2: 带封锁输入的 DC24V/DC5V 转换集成电路模块。

根据图 3-66, 结合实际的维修情况, 总结出 SIEMENS 电源模块的主要故障情况有以下几类:

1) 熔断器熔断引起的故障。某 SIEMENS 810M 数控铣床, 在加工过程中突遇停电, 再次开机后, 系统无显示, 机床无法重新启动。SIEMENS 810M 系统的外部电源控制要求十分简单, 只要 CNC 的 +24V 电源输入正常, 短接 CNC 电源模块上 NC-ON 端, 即可启动系统。经检查, 该铣床系统的强电启动回路正常, 系统的电源输入 DC24V 正常, 且通过短接系统输入的 NC-ON 触点, 系统仍然无法正常工作, 因此可判断故障的原因在系统上。测量系统的 +5V 电源, 发现无电压输出, 但系统的风机正常转动, 由此可初步判定故障原因在系统的电源控制回路。根据电源控制原理图 3-66 检查发现, 系统中的熔断器 F1 熔断, 且 UE 与 OV 间无短路, 更换熔断器后系统恢复正常。

2) 滤波电容不良引起的故障。某 SIEMENS 810M 系统数控铣床, 在加工过程突然断电, 再次开机后系统无显示, 机床无法重新启动。检查外部电源输入 DC24V 正常, 且通过短接 NC-ON 触点, 系统依然无法正常启动, 说明故障发生在系统的电源模块上。经检查发现, 系统电源模块中的 C23 不良, 更换后系统恢复正常。

3) 集成稳压电路不良引起的故障。某 SIEMENS 810M 数控铣床开机后系统无显示, 检查系统的电源输入 DC24V 正常, 通过短接 NC-ON 触点, 系统仍然无法正常工作, 测量系统的 +5V 电源, 发现无电压输出, 但系统的风机正常转动。根据原理图 3-66, 逐一检查电源模块各部分的控制电路, 发现系统中的 F1 熔断, UE 与 OV 间存

在短路。进一步检查发现，集成稳压器 N3（LM340）损坏，更换后系统恢复正常。

4) 系统内部 5V 过载引起的故障。某 SIEMENS 810M 系统数控铣床，开机调试时发现系统电源无法正常接通。该铣床 DC24V 输入正常，通过短接 NC-ON 触点系统仍然无法正常启动。测量系统的 +5V 电源，发现电压在开机的短时间内有输出，但几秒钟后即断开。根据 810M 系统电压的特点，初步确定故障是由 +5V 电源过载引起的。为了确认故障部位，维修时需逐一取下系统各组成模块，并对系统进行接通试验。经试验发现在取下系统位置控制板后，CNC 即能正常启动，由此确认故障是由于位置控制板存在过载引起的。为了进一步确认，维修时通过逐一取下位置控制板上的各插头进行试验，最终发现当 X 轴编码器反馈插头插上后，CNC 即发生故障，从而确认了故障是由于 X 轴位置反馈系统引起的。检查 X 轴测量反馈线的连接，发现编码器的 +5V 连接错误，重新连接后，系统可以正常启动。同类型的故障还有是由于主轴编码器引起的，由于主轴编码器电缆固定不正确而被拉断，会引起 +5V 的局部短路，重新更换主轴编码器电缆后，机床恢复工作。

SIEMENS 系统电源模块的维修要点：

1) SIEMENS 810M 系统由于使用的是 DC24V 电源，因此电源回路相对比较简单，故障原因多数是内部熔断器、保护二极管等元器件损坏。

2) 判定 SIEMENS 810M 系统电源是否存在故障的方法比较简单，可以在系统加入 DC24V 电源后，通过直接短接系统的 NC-ON 触点进行检测。短接后若系统正常启动、显示器工作，则证明系统电源单元无故障，否则应对系统电源单元进行维修。

3) 由于 810M 系统风机与系统在内部采用了独立的供电回路，因此，即使风机正常工作，也只能代表外部 DC24V 供电正常，而不能代表系统内部的电源工作正常。

4) SIEMENS 其他型号的数控系统(如 SIEMENS 850、SIEMENS 880 等),其电源控制方式与 SIEMENS 810M 基本相同,维修时可参照进行。

3.2.12 电源故障的维修技巧

1. 注意电源的抗干扰

数控装置对输入电压的允许范围都有要求,过电压或欠电压,都会引起电源电压监控报警,从而导致停机。动力电网的一种干扰为线路干扰,如果线路受到干扰,就会产生谐波失真,即频率与相位漂移;动力电网的另一种干扰是由大电感负载所引起的,大电感在断电时要把存储的能量释放出来,在电网中形成高峰尖脉冲,它的产生是随机的,其波形如图 3-67 所示。

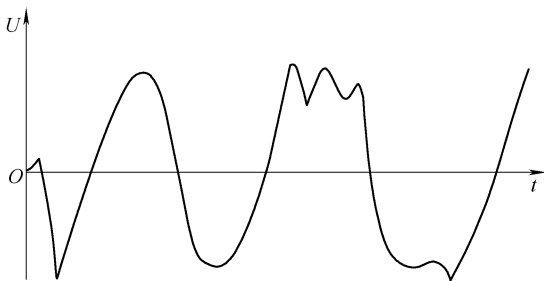


图 3-67 电网干扰电压波形

以上所述的电感负载产生的干扰脉冲频域宽,特别是高频窄脉冲,由于峰值高、能量大,干扰严重但变化迅速,因此引不起电源监控器的反应。减少电源干扰主要有下面几项措施:

1) 减少供电线路干扰。数控铣床要远离中频、高频的电气设备;要避免与大功率启动、停止频繁的设备和电火花加工设备处于同一供电干线上;要采用独立的动力线供电。在电网电压变化较大的地区,供电电网与数控机床之间应加装自动控压器或电子稳压器,以减

少电网电压的波动。动力线和信号线要分离，信号线要采用绞合线，以减少和防止磁场耦合和电场耦合的干扰。变频器中控制电路接线要距离电源线至少 100mm 以上，两者绝对不能放在同一个导线槽内。控制电路配线与主电路配线相交时要成直角相交，控制电路的配线应该用屏蔽双绞线。配线示意图如图 3-68 所示。

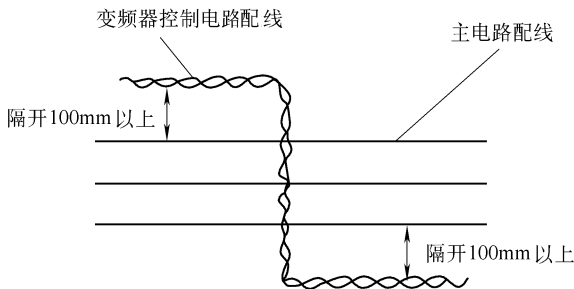


图 3-68 变频器控制电路与主电路的配线

2) 控制电源的抗干扰措施。控制电源的抗干扰措施主要有压敏电阻保护、阻容保护、续流二极管保护等。

① 压敏电阻保护。压敏电阻又称浪涌吸收器，可对电路中的瞬变、尖峰等干扰起一定的保护作用。压敏电阻是一种非线性过电压保护元件，抑制过电压能力强、反应速度快，平时漏电流很小，而放电能力很大，可通过数千安培电流且能重复使用。数控铣床伺服驱动装置采用的压敏电阻保护示意图如图 3-69 所示。

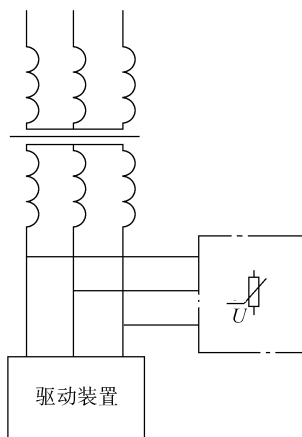


图 3-69 压敏电阻保护示意图

② 阻容保护。交流接触器和交流电动机频繁起动时，其电磁感应现象会在数控铣床的电路中产生浪涌或尖峰等干扰，干扰数控系统和伺服系

统的正常工作。在这些电路中加入阻容吸收回路，会改变电感元件的线路阻抗，使交流接触器线圈两端和交流电动机各相的电压在起动、停止时平稳，抑制了电器产生的干扰噪声。交流接触器的阻容吸收回路的电阻一般为 220Ω ，电容一般为 $0.2\mu\text{F}/380\text{V}$ 。交流电动机各相之间的阻容吸收回路，其电阻一般为 300Ω ，电容一般为 $0.47\mu\text{F}/380\text{V}$ 。交流负载的阻容保护如图 3-70 所示。

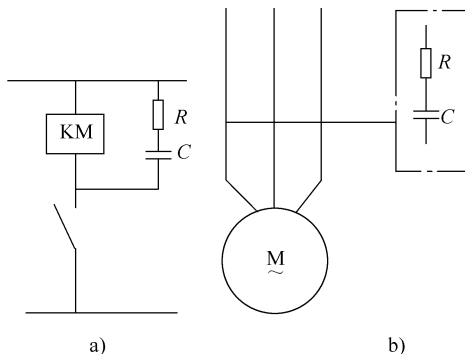


图 3-70 交流负载的阻容保护
a) 交流接触器线圈 b) 驱动电路

③ 续流二极管保护。直流电感元件在断电时线圈中将产生较大的感应电动势，在电感元件两端反向并联一个续流二极管，释放线圈断电时产生的感应电动势，可减小线圈感应电动势对控制电路的干扰。图 3-71 是数控铣床电气控制中直流继电器、直流电磁阀续流二极管保护电路。

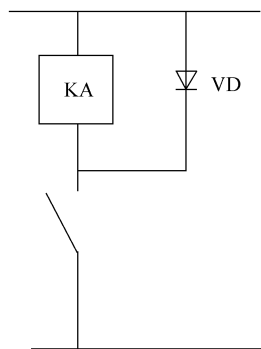


图 3-71 续流二极管保护电路

2. 保证电源“接地”良好

“接地”是数控铣床电源中一项关键的抗干扰措施。电网的许多干扰都是通过“接地”这条途径被减少的。数控铣床的接地系统有如下三种：

- (1) 信号地 信号地用来提供电信号的基准电位（0V）。

(2) 框架地 它是以安全性及防止外来噪声为目的的地线系统,它是装置面板、单元外壳、操作盘及各装置间接口的屏蔽线。

(3) 系统地 系统地将框架地与大地相连接。图 3-72 为数控铣床的地线系统。

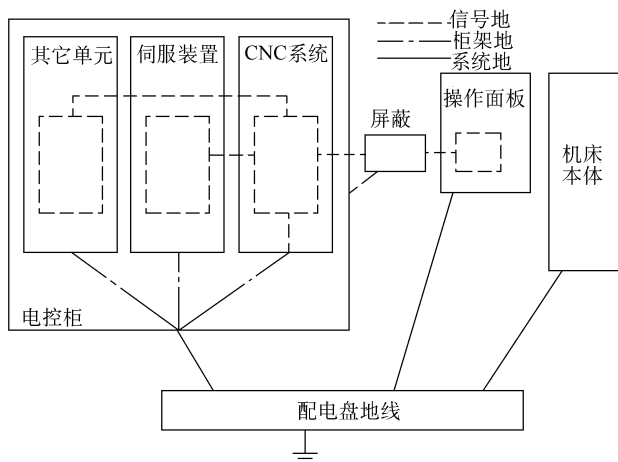


图 3-72 数控铣床的地线系统

系统的接地电阻应低于 100Ω ，连接的电缆必须有足够的截面积，一般该面积应等于或大于电源电缆的截面积，以保证在发生短路等事故时，能安全地将短路电流传输到系统地线中。

3. 注意电源相序的检查

用相序表检查输入电源的相序，确认输入电源的相序与机床上各处标定的电源相序绝对一致。有二次接线的数控铣床，如有电源变压器等，必须确认二次接线相序的一致性，以保证各处相序的绝对正确。同时还应测量电源电压，作好记录。

4. 注意拉线质量检查

检查所有的接线端子，包括在装配时数控铣床生产厂自行接线的强弱电端子及各电动机电源线的接线端子。每个端子都要用旋具紧固

一次，直到旋具拧不动为止。各电动机插座一定要插紧。

5. 电源故障的常见情形

1) 无电源电压或电源电压低。数控系统常采用 $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 12\text{V}$ 、 $\pm 15\text{V}$ 、 $\pm 24\text{V}$ ，少数采用 $\pm 3.3\text{V}$ 。电源电压的不正常即会引起系统工作异常。

2) 用万用表电压挡检测电源电压正常，但用示波器检测发现电压波形较大。通常是电源滤波电容开路，整流二极管接触不良或虚焊造成的，有时是某元件击穿损坏造成电源负载过重。

3) 系统刚开机时正常，工作一段时间后电源电压下降。这通常是稳压电路或大功率晶体管不良，在温度升高后引起电源电压下降。也可能是某一元件虚焊，温度升高后出现接触不良。无电源电压或电源电压严重降低时，会引起系统中断或停止工作，这种故障易检测和发现。而电源带负载能力下降或滤波电路失效时，却是难以判断的。它会使系统突然停止工作，引起设备的突发事件，造成设备的损坏。

4) 电网波动过大导致 PLC 不工作，表现为 PLC 无输出。

3.2.13 伺服系统故障的维修实例

伺服系统是以数控铣床移动部件的位置和速度，作为控制量的自动控制系统。数控系统相当于数控铣床的“大脑”，而伺服系统就是数控铣床的“四肢”。数控铣床的伺服系统一般分为主轴伺服系统及进给伺服系统。

1. 直流主轴伺服系统的故障实例

直流主轴驱动多采用晶闸管调速的方式。它主要由主电路和控制电路组成。

(1) 主电路 数控铣床直流主轴电动机由于功率较大，且要求正反转及停止迅速，故驱动装置采用图 3-73 所示的三相桥式反并联逻辑无环流可逆调速系统。

采用图 3-73 所示的电路,在制动时,除了缩短制动时间外,还能将主轴旋转的机械能转换成电能送回电网。图 3-74 为该系统的四象限运行示意图。

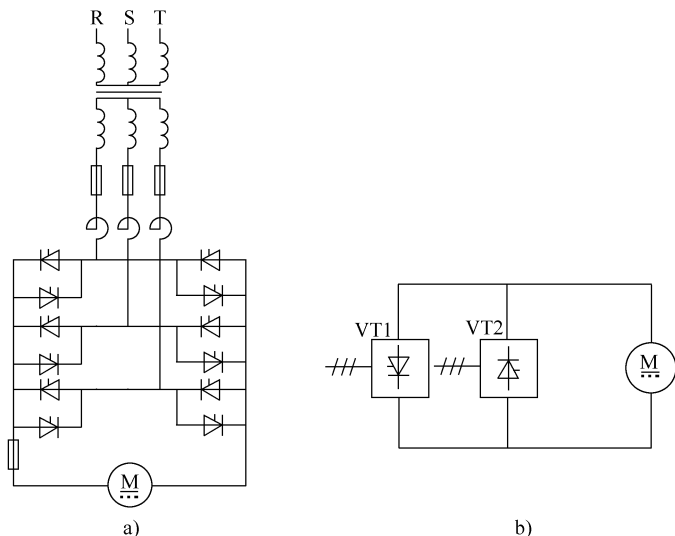


图 3-73 三相桥式反并联逻辑无环流可逆调速系统

a) 主回路 b) 主电路简图

晶闸管分正负两组,正组晶闸管 VT1 提供电动机顺时针驱动(正转)的电枢电流 I_d ,若速度指令由正变负,即电动机处于由正转到反转的过程中时,正组晶闸管进入有源逆变状态,将电感储能逆送电网。由于此时逆变是发生在原来工作着的桥路,故称为本桥逆变,此时仍处于电动机运行状态,因而电枢电流迅速衰减。当 I_d 回到零时,命令级电路使正组晶闸管 VT1 完全封锁,此时正、反组晶闸管均被封锁,电动机作惯性运转。在一个安全周期后,反组晶闸管 VT2 接通,进入有源逆变状态,电动势 E 大于电枢电压 U_d ,通过反组晶闸管 VT2,机械能由电动机送回电网,电动机运行在发电制动状态,转速很快下降至零。由于此时逆变发生在原来封锁的桥路,因而称为他桥逆变。如果反组在开放时处于整流状态,其整流电压与电动

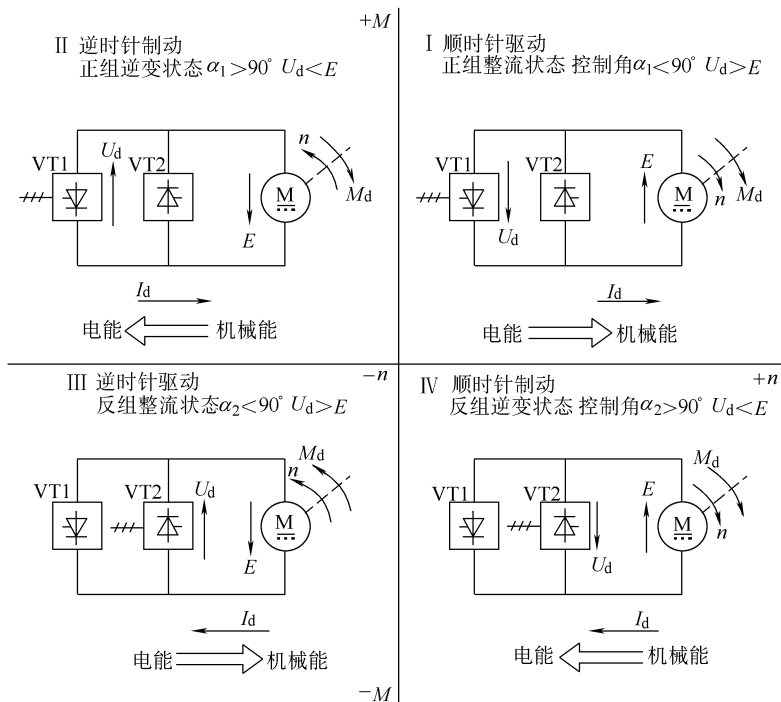


图 3-74 主电路四象限运行示意图

机电势串联，形成电动机的电源反接制动，电流冲击很大，为此在反组开放前，在电流调节器的输入端加上一个从逻辑电路来的电压，习惯上称为推 β 环节。加入推 β 环节后，反组一开始就是发电制动，从而避免了反接制动造成的电流冲击，保证电动机从正转到反转过程中，电枢电流正向平稳下降至零再反向平稳上升。当逆时针驱动（反转）时，晶闸管 VT2 作为整流器，晶闸管 VT1 作为逆变器，运行情况同正转，因此也可四象限运行。

（2）控制电路 控制电路采用电流反馈和速度反馈的双闭环调整系统，其中内环是电流环，外环是速度环。主轴电动机为他励式直流电动机，励磁绕组与电枢绕组无连接关系，由另一路直流电源供电。图 3-75 为主轴直流伺服驱动控制示意图。

双闭环调速系统的特点是由速度调节器的输出作为电流调节器的给定信号，来控制电动机的电流和转矩。其优点在于：可以根据速度指令的模拟电压信号与实际转速电压的差值，及时控制电动机的转矩。在速度差值大时，电动机转矩大、速度变化快，以尽快使电动机转速达到给定值；而当转速接近给定值时，又能使电动机的转矩自动地减小，这样可以避免过大的超调，使转速很快达到给定值，保证转速稳态无静差。电流环的作用是当系统受到外来干扰时，能迅速地作出抑制干扰的响应，保证系统具有最佳的加速和制动的特性。另外，双闭环调速系统以速度调节器的输出作为电流调节器的输入给定值，速度调节器的输出限幅值就限定了电流环中的电流。在电动机起动或制动过程中，电动机转矩和电枢电流急剧增加，电枢电流达到限定值，使电动机以最大转矩加速，转速直线上升。当电动机的转速达到甚至超过了给定值时，速度反馈电压大于速度给定电压，速度调节器的输出从限幅值降下来，它作为电流调节器的输入给定值将使电枢电流下降，随之电动机的转矩也将下降，即开始减速；当电动机转矩小于负载转矩时，电动机又会加速直到重新回到速度给定值。因此双闭环直流调速系统对保证主轴的快速起停、稳定运行等功能是很重要的。

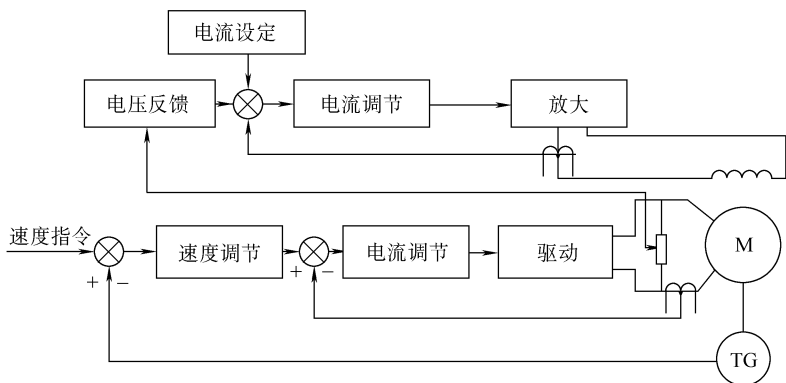


图 3-75 主轴直流伺服驱动控制示意图

磁场控制回路由励磁电流设定回路、电枢电压反馈回路及励磁电流反馈回路组成，二者的输出信号经比较后控制励磁电流。以 FANUC 直流主轴电动机为例，当电枢电压低于 210V，电枢反馈电压低于 6.2V 时，磁场控制回路中电枢电压反馈相当于开路不起作用，只有励磁电流反馈作用，维持励磁电流不变，实现调压调速；当电枢电压高于 210V，电枢反馈电压高于 6.2V 时，此时励磁电流反馈相当于开路不起作用，而引入电枢反馈电压。随着电枢电压的稍许提高，调节器即对磁场电流进行弱磁升速，使转速上升。这样通过速度指令，电动机转速从最小值到额定值，对应电动机电枢的调压调速，实现恒转矩控制；从额定值到最大值，对应电动机励磁电流减小的调磁调速，实现恒功率控制。直流主轴驱动装置一般还具有速度到达、零速检测等辅助信号输出，同时还具有速度反馈消失、速度偏差过大、过载及失磁等多项报警保护措施，以确保系统安全可靠地工作。

(3) 故障实例

1) 某数控铣床采用直流主轴电动机及逻辑无环流可逆调速系统，当用 M03 指令启动时有“咔、咔”的冲击声，电动机换向片上有轻微的火花，启动后无明显的异常现象；用 M05 指令使主轴停止运转时，换向片上出现强烈的火花，同时伴有“叭、叭”的放电声，随即交流回路的熔丝熔断。火花的强烈程度与电动机的转速有关，转速越高火花越大，启动时的冲击声也越明显。用急停方式停止主轴，换向片上没有任何火花。该铣床的主轴电动机有两种制动方式：电阻能耗制动，用于急停；回馈制动，用于正常停机（M05）。主轴直流电动机驱动系统是一个逻辑无环流可逆控制系统，任何时候都不允许正、反两组晶闸管同时工作，制动过程为“本桥逆变—电流为零—他桥逆变制动”。根据故障特点，急停时无火花，而用 M05 时有火花，说明故障与逆变电路有关。他桥逆变时，电动机运行在发电机状态，导通的晶闸管始终承受着正向电压，这时晶闸管触发控制电路必须在适当时刻使导通的晶闸管受到反压而被迫关断。若是漏发或延迟

了触发脉冲,已导通的晶闸管就会因得不到反压而继续导通,并逐渐进入整流状态,其输出电压与电动势成顺极性串联,造成短路,引起换向片上出现火花、熔丝熔断的故障。同理,起动过程中的整流状态,若漏触发脉冲,已导通的晶闸管会在经过自然换向点后自行关断,这将导致晶闸管输出断续,造成电动机起动时的冲击。因此本例故障是由晶闸管的触发电流故障引起的。

2) 某数控铣床的主轴在运转时抖动,主轴箱噪声大,影响加工质量。经检查,主轴箱和直流主轴电动机均无故障,为此要把检查方向转移到主轴电动机的控制系统上来。经测试,速度指令正常而速度反馈信号出现不应有的脉冲信号,故问题出在速度检测元件即测速发电机上。当主轴电动机运转时,带动测速发电机转子一起运转,这样测速发电机输出正比于主轴电动机转速的直流反馈电压。检查测速发电机的电刷完好,但换向器因炭粉堵塞,而造成一绕组断路,使得测速反馈信号出现规律性的脉冲,导致速度调节系统调节不平稳,使驱动系统输出的电流忽大忽小,从而造成电动机轴抖动。消除故障的处理方法为:用酒精清洗换向器,彻底消除炭粉。

2. 交流主轴伺服系统的故障实例

随着交流调速技术的发展,目前数控铣床采用交流主轴伺服系统的情况迅速增多。这种方式采用交流主轴电动机配变频器控制。变频器的控制方式已发展到直接转矩控制。脉宽调制技术从正弦 PWM 发展到优化及随机的 PWM 技术,从而使调速功能得到很大的改善。交流主轴伺服系统主要由交流主轴驱动装置和主轴通用变频器组成。

(1) 交流主轴驱动装置 装置的控制原理如图 3-76 所示,给出了数控铣床上常用的西门子 6SC650 系列交流主轴伺服驱动装置的控制原理。从图 3-76 可知,电网端逆变器由 6 只晶闸管组成三相桥式全控整流电路。通过对晶闸管导通角的控制,既可工作在整流方式,向中间电路直接供电,也可用于逆变方式,完成能量反馈电网的任务。控制调节器将整流电压 535V 上调到 $575V + 575V \times 2\%$,并在变

流器逆变工作方式时,完成电容器 C 对整流电路的极性变换。负载端逆变器是由带反并联续流二极管的 6 只功率晶体管组成。通过磁场计算机的控制,负载端逆变器输出三相正弦脉宽调制 (SPWM) 电压,使电动机获得所需的转矩电流和励磁电流。输出的三相 SPWM 电压幅值控制范围为 $0 \sim 430\text{V}$,频率控制范围为 $0 \sim 300\text{Hz}$ 。在回馈制动时,电动机能量通过变流器的 6 只续流二极管向电容器 C 充电,当电容器 C 上的电压超过 600V 时,就通过检测调节器和电网端逆变器把电容器 C 上的电能经过逆变器回馈给电网。6 只功率晶体管有 6 个互相独立的驱动级,通过对各功率晶体管 U_{ce} 和 U_{be} 的监控,可以防止电动机超载以及对电动机绕组匝间短路进行保护。电动机的实际转速是通过装在电动机轴上的编码器进行测量的。闭环转速和转矩控制以及磁场计算机是由两片 16 位微处理器 (80186) 所组成的控制组件完成的。图 3-77 为交流主轴伺服驱动装置的组成。

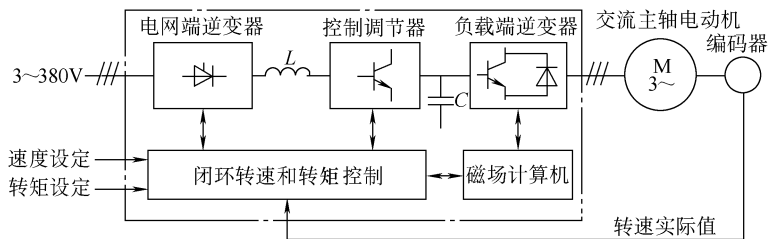


图 3-76 6SC650 系列交流伺服驱动装置的控制原理图

伺服驱动装置由控制模块 (N1)、I/O 模块 (V1)、电源模块 (G01)、中央控制模块 (G02)、选件 (S10) 等组成。

1) 控制模块 (N1)。包括 2 片 80186、5 片 EPROM, 完成电网端逆变器的触发脉冲控制、矢量变换计算以及对变频器进行 PWM 调整。

2) I/O 模块 (V1)。通过 U/f 变换器为 N1 组件处理各种 I/O 模拟信号。

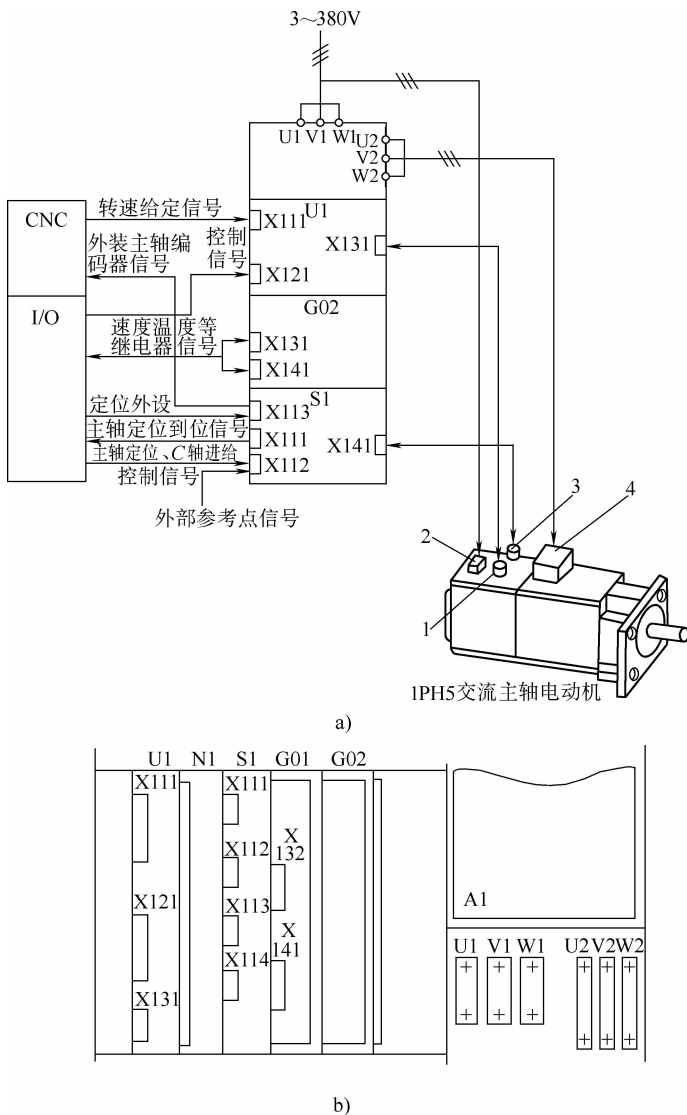


图 3-77 6SC650 系列交流主轴伺服驱动装置的组成

a) 装置接线图 b) 组件模块图

- 1—用于测速的轴端编码器（1024 脉冲/r）及电动机温度传感器插座
 2—主轴电动机冷却风扇接线盒 3—用于主轴定位及 C 轴进给的轴端编码器（18000 脉冲/r） 4—主轴电动机三相电源接线盒

3) 电源模块 (G01) 和中央控制模块 (G02)。除供给控制电路所需的各种电源外, 在 G02 上还输出各种继电器信号至数控系统进行控制。

4) 选件 (S10)。配置主轴定位印制电路板或 C 轴进给控制印制电路板。通过内装轴端编码器 (18000 脉冲/r) 或外装轴端编码器 (1024 脉冲/r 或 9000 脉冲/r) 对主轴进行定位或 C 轴控制。

(2) 主轴通用变频器 随着数字控制的 SPWM 变频调速系统的发展, 交流主轴伺服系统采用通用变频器控制的方式已越来越多。图 3-78 为数控铣床上常用的三菱 FR-A500 系列通用变频器的配置图。

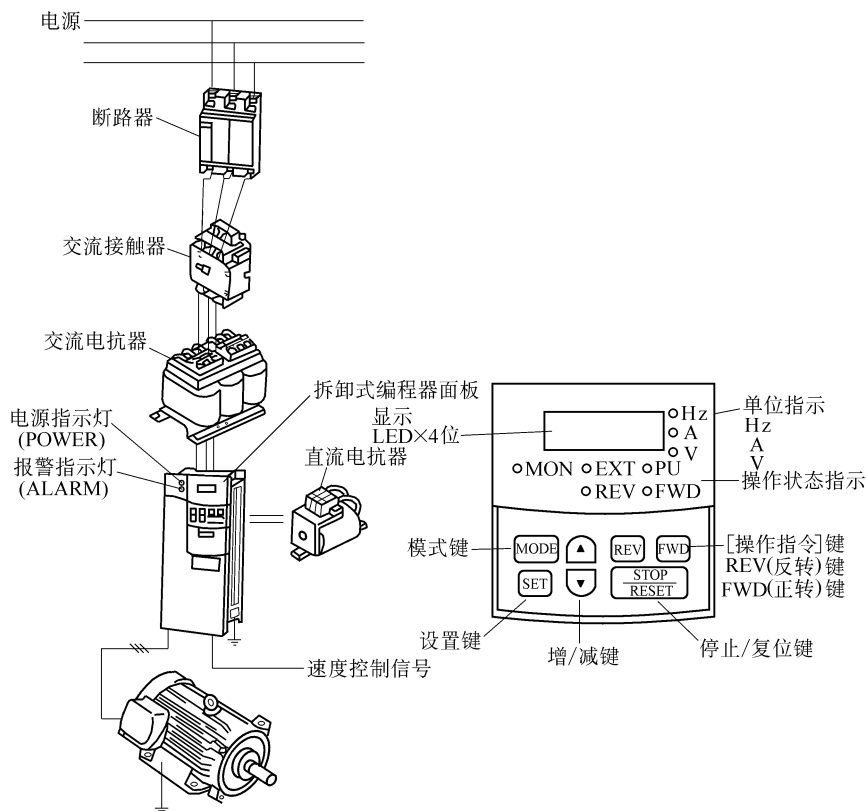


图 3-78 三菱 FR-A500 系列通用变频器的配置图

所谓通用有两方面的含义：一是可以和通用的笼型异步电动机配套使用；二是具有多种可供选择的功能，可应用于各种不同性质的负载。

图 3-79 为 FR-A500 系列通用变频器的接线端子图。

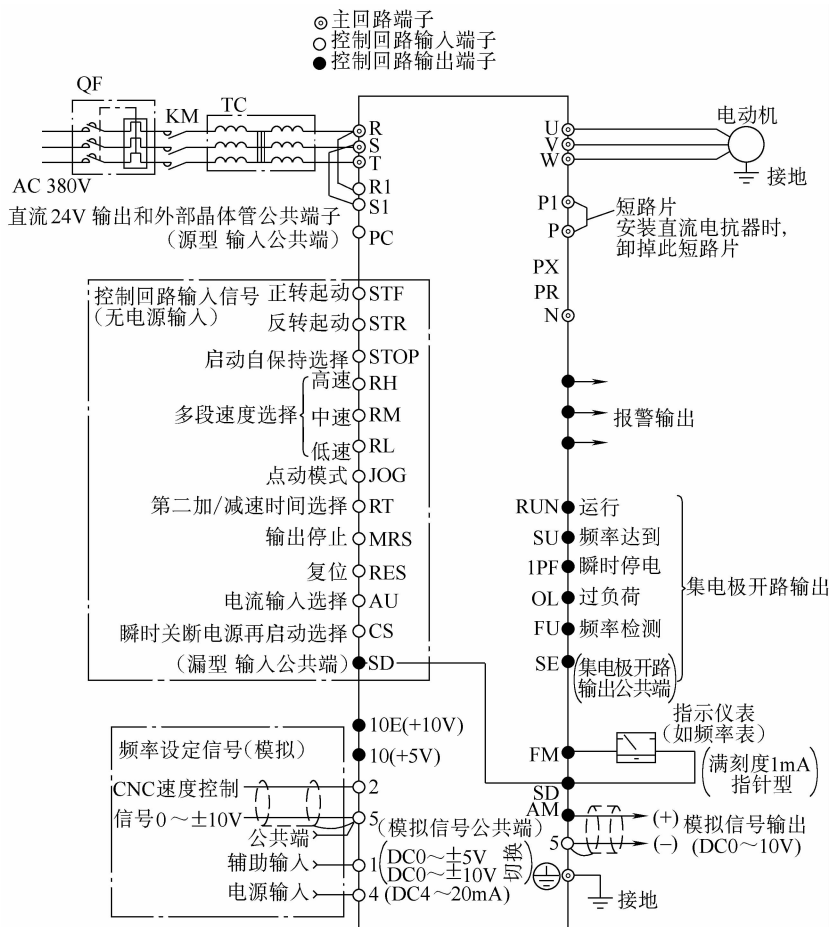


图 3-79 FR-A500 系列通用变频器的接线端子图

从图 3-79 可知，该变频器既可以用 CNC 系统输出的模拟信号来

控制电动机的转速，也可以通过拨码开关的编码输出或 CNC 系统的数字信号输出至 RH、RM 和 RL 端，通过变频器的参数设置，实现从最低速到最高速的变速。

(3) 故障实例 某数控铣床采用 AC200S 交流主轴驱动装置，即矢量控制晶体管正弦波 PWM 的主轴驱动装置。它由带冷却风扇和电容器的机架、主轴驱动装置、电源和再生电路及装配有编码器的主轴电动机组成。故障现象为开机后主轴电动机不转。排除该故障采用流程图法。诊断流程图如图 3-80 所示。

图 3-80 中，LED1、LED2 和 LED3 为驱动模块面板上的报警指示灯；4PL 为数控系统与驱动模块连接用的 37 芯插座，其中 8 脚和 26 脚为速度指令信号；1PL 为驱动模块与电源模块连接用插座；JP6、JP10 和 JP11 是不同规格编码器设置的跨接棒；JP30 为是否带辅助功能模块的跨接棒。

3. 进给伺服系统的维修实例

进给伺服系统由各坐标轴的进给驱动装置、位置检测装置及机床进给传动链等组成。进给伺服系统的任务就是要完成各坐标轴的位置控制。数控系统根据输入的程序指令和数据，经插补运算后得到位置控制指令，同时，位置检测装置将实际位置检测信号反馈于数控系统，构成全闭环或半闭环的位置控制。经位置比较后，数控系统输出速度控制指令至各坐标轴的驱动装置，经速度控制单元驱动伺服电动机带动滚珠丝杠传动进行进给运动。伺服电动机上的测速装置将电动机转速信号与速度控制指令比较，构成速度环控制。因此，进给伺服系统实际上是以外环为位置环，内环为速度环的控制系统。对进给伺服系统的维护及故障诊断，要落实到位置环和速度环上。组成这两个环的具体装置有：用于检测的光栅、光电编码器、感应同步器、旋转变压器和磁栅等；用于转速检测的测速发电机或光电编码器等。进给驱动系统由直流或交流及步进驱动装置和伺服电动机组成。

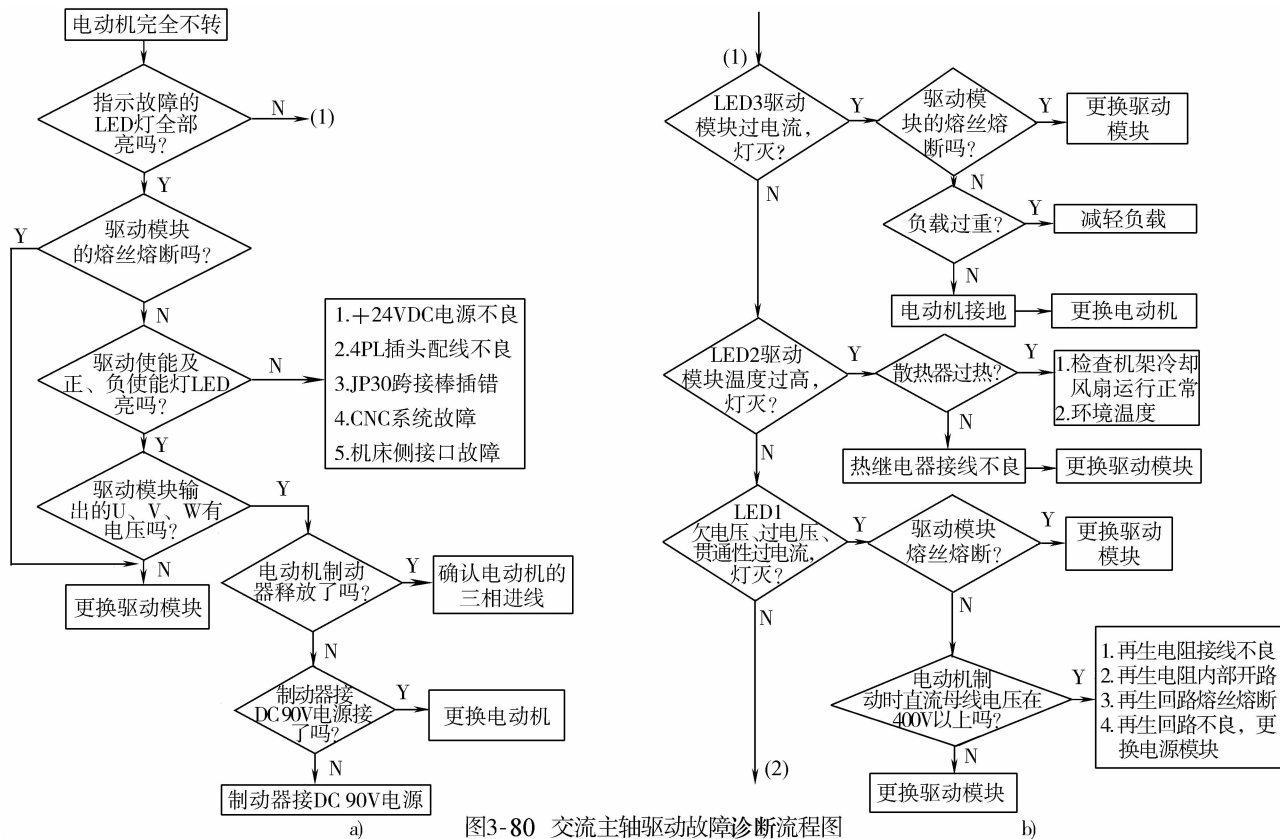


图3-80 交流主轴驱动故障诊断流程图

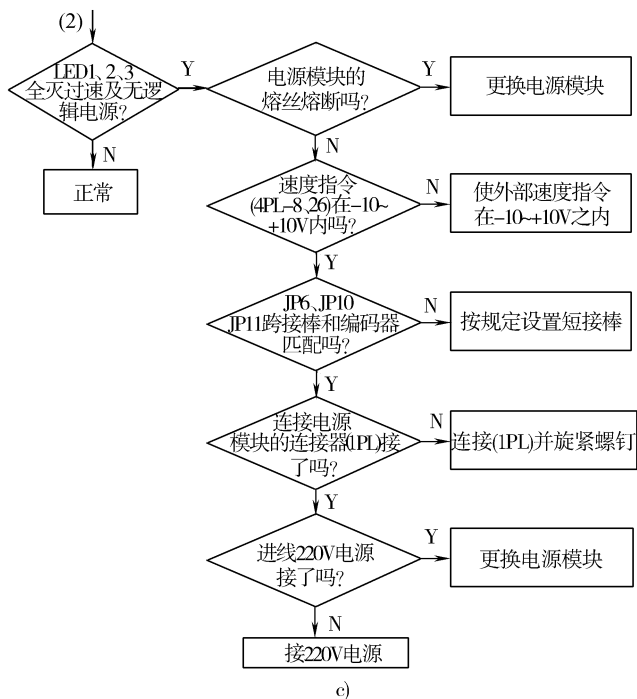


图 3-80 交流主轴驱动故障诊断流程图 (续)

(1) 常用的进给驱动系统

1) 直流进给驱动系统

① FANUC 公司直流进给驱动系统。从 1980 年开始, FANUC 公司陆续推出了小惯量 L 系列, 中惯量 M 系列、大惯量 H 系列的直流伺服电动机。中、小惯量伺服电动机采用 PWM 速度控制单元, 大惯量伺服电动机采用晶闸管速度控制单元。驱动装置具有多种保护功能, 如过速、过电流、过电压和过载保护等。

② SIEMENS 公司直流进给驱动系统。该公司从 20 世纪 70 年代中期就推出了 1HU 系列永磁式直流伺服电动机, 规格有 1HU504、1HU305、1HU307、1HU310、1HU313 等多种。与伺服电动机配套的速度控制单元有 6RA20 和 6RA26 两个系列, 前者采用晶体管 PWM

控制,后者采用晶闸管控制。驱动系统除了有各种保护功能外,还具有 I^2t 热效应监控功能。

③ MITSUBISHI 公司直流进给驱动系统。该公司主要产品为 HD 系列永磁式直流伺服电动机,规格有 HD21、HD41、HD81、HD101、HD201、HD301 等多种。配套的有 6R 系列伺服驱动单元,采用晶体管 PWM 控制技术,具有过载、过电流、过电压及过速保护,并带有电流监控功能。

2) 交流进给驱动系统

① FANUC 公司交流进给驱动系统。该公司在 20 世纪 80 年代中期推出了晶体管 PWM 控制的交流驱动单元和永磁式三相交流同步电动机,电动机有 S 系列、L 系列、SP 系列和 T 系列,驱动装置有 α 系列交流驱动单元等。

② SIEMENS 公司交流进给驱动系统。该公司 1983 年以后推出了交流驱动系统,该系统由 6SC610 系列进给驱动装置和 6SC611A 系列进给驱动模块、1FT5 和 1FT6 系列永磁式交流同步电动机组成。驱动采用晶体管 PWM 技术,带有 I^2t 热监控功能。另外,该公司还有用于数字伺服系统的 SIMODRIVE611D 系列进给驱动模块。

③ MITSUBISHI 公司交流进给驱动系统。该公司的交流驱动单元有通用型的 MR-J2 系列,它采用 PWM 控制技术。交流伺服电动机有 HC-MF 系列、HA-FF 系列、HC-SF 系列和 HC-RF 系列。另外,该公司还有用于数字伺服系统的 MDS-SVJ2 系列交流驱动单元。

④ A-B 公司交流进给驱动系统。该公司的交流驱动系列有 1391 系列交流驱动单元和 1326 系列交流伺服电动机。另外,该公司还有用于数字伺服系统的 1391-DES 系列交流驱动单元,相应的伺服电动机有 1391-DES15、1391-DES22 和 1391-DES45 三种规格。

3) 步进进给驱动系统。在步进电动机驱动的开环控制系统中,典型的产品有 KT400 数控系统对应的 KT300 步进进给驱动装置。SI-NUMERIK 802S 数控系统对应的 STEPDRIVE 步进进给驱动装置。

(2) 进给伺服系统的结构形式 数控铣床上常用转速反馈信号与位置反馈信号相分离的形式, 驱动装置与数控系统的配接具有通用的结构形式。图 3-81 为采用该形式的 SIEMENS 进给伺服系统, 数控系统位置控制模块 X141 端口的 25 针插座为伺服输出口, 输出 $0 \sim \pm 10\text{V}$ 的模拟信号及使能信号, 至进给驱动模块上的 56、14 速度控制信号接线端子和 65、9 使能信号接线端子。位控模块上的 X111、X121 和 X131 端口的 15 针插座为位置检测信号输入口, 由 1FT5 伺服电动机上的三相交流测速发电机检测反馈至驱动模块 X311 插座中。

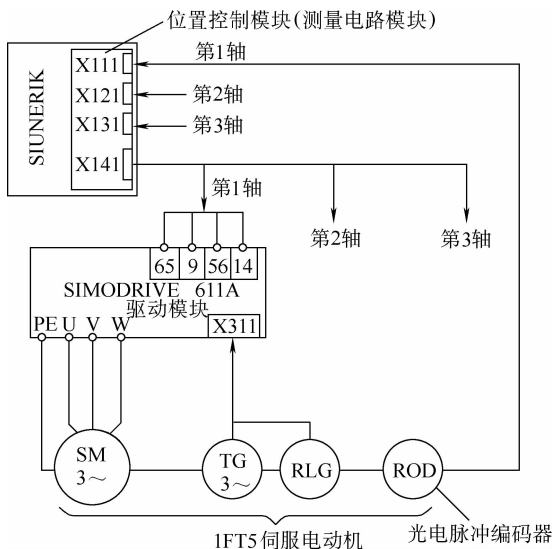


图 3-81 SIEMENS 进给伺服系统的结构形式

(3) 故障实例

1) 某数控铣床 Y 轴运动时, 产生进给运动忽快忽慢的爬行现象。排除该故障采用流程图法, 如图 3-82 所示。当某轴进给发生故障时, 为了确定是否为驱动单元和伺服电动机故障, 可以脱开位置环检查速度环, 也可用模块交换法。

2) 某数控铣床 X 轴作正向进给时发生振动。分析原因, 除机械

因素外,电气方面的原因最可能在电动机或检测部件上,或是增益的设定和调整不当。因此,应该先从这部分着手进行检查。结果发现,该故障是由于X轴电动机上的旋转变压器工作不正常所引起,更换旋转变压器后,故障消除。

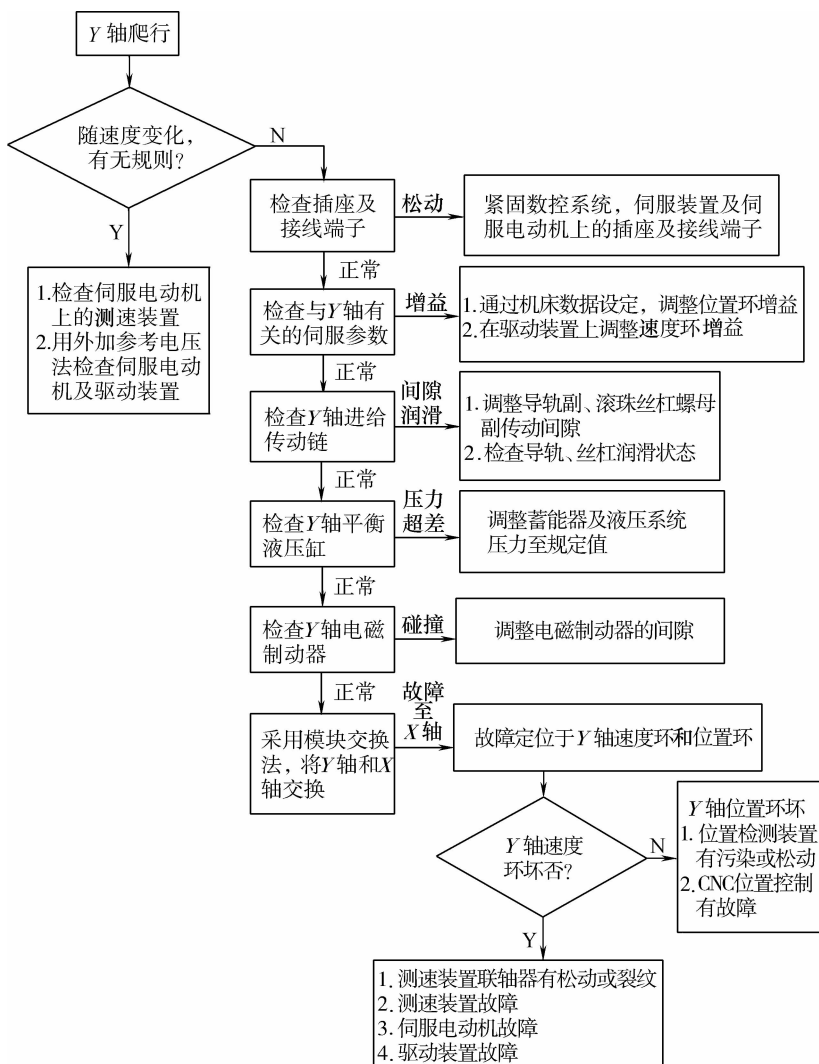


图 3-82 Y 轴进给伺服爬行故障维修流程图

3.2.14 FANUC 伺服系统的维修

FANUC 伺服驱动与 FANUC 数控系统一样,是数控机床中使用最广泛的伺服驱动系统。从总体上说,FANUC 伺服驱动系统可分为直流驱动与交流驱动两大类。直流驱动又有 SCR 速度控制单元与 PWM 速度控制单元两种形式。交流驱动分模拟式交流速度控制单元与数字式交流速度控制单元两种形式。早期的数控铣床上一般配直流伺服驱动,其配套的控制系統有 FANUC 系统中的 FS5、FS6、FS7 等系统,随后生产的数控铣床,一般采用交流伺服驱动,其配套的控制系統有 FANUC 系统中的 FS0、FS11、FS15/16 等。

1. FANUC 直流伺服系统的故障诊断与维修

(1) SCR 速度控制单元的常见故障与维修

1) 速度控制单元熔断器熔断。造成该故障的原因主要有以下几种:

① 机械故障造成负载过大。如滑动面摩擦系数太大;齿轮啮合不良;工件干涉、碰撞;机械锁紧等,这些故障可通过测量电动机电流来判断确认。

② 切削条件不合适。如机床切削量过大;连续重切削等。

③ 控制单元故障。如控制单元的元器件损坏;控制板上设定端设定错误;电位器调整不当等。

④ 电速度控制单元与电动机间的连接错误。如速度负反馈被接成正反馈,使电动机超速或使系统振荡。

⑤ 电动机选用不合适或电动机不良。如因为直流电动机的退磁,造成需要过大的励磁电流,从而引起速度控制单元熔断器熔断。直流电动机去磁的测量如图 3-83 所示。

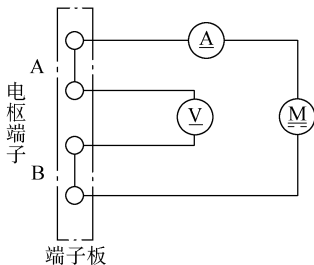


图 3-83 直流电动机去磁的测量

通过测量图 3-83 中的电压和电流,并按下式计算,可以判别电

动机反电势常数 K_e 是否正常, 从而确定电动机是否退磁, 即

$$U - I \times R_m \approx K_e \times \frac{n}{1000}$$

式中 U ——测量的电压值 (V);

I ——测量的电流值 (A);

R_m ——电枢电阻 (Ω);

n ——电动机转速 (r/min);

K_e ——电动机反电动势系数 (V) (1000r/min)。

若上式成立, 则说明电动机未退磁。

⑥ 相序不正确。SCR 速度控制单元由于存在晶闸管触发脉冲与主电路的同步问题, 因此对电源的输入有相序的要求。若相序不正确, 则接通电源后将造成速度控制单元输入熔断器的熔断。相序检查可以通过用相序表或示波器进行, 其测量示意图如图 3-84 所示。

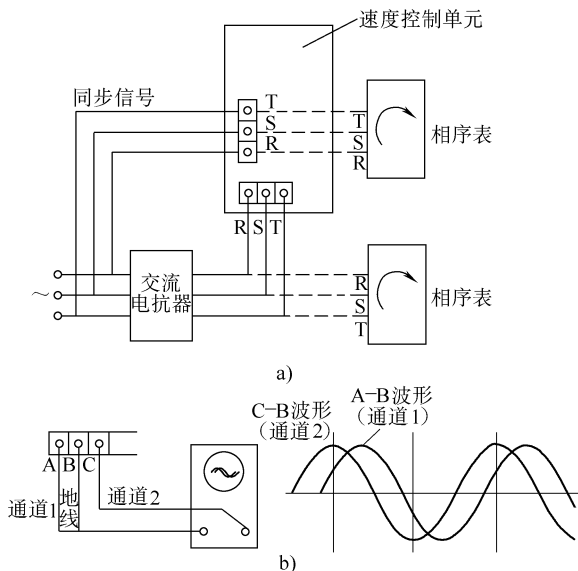


图 3-84 相序测量示意图

a) 相序表法 b) 示波器法

用相序表测量时,在主回路与同步电源 R、S、T 连接一一对应的前提下,测量 R、S、T 的相序,当相序正确时,相序表应按顺时针方向旋转。用示波器测量时,在主回路与同步电源 R、S、T 连接一一对应的前提下,双线示波器按图 3-84 连接,当 U_{AB} 、 U_{CB} 的波形如图 3-83 所示(两个波形在相位上相差 120°),则表明相序正确。

2) 状态指示灯显示的报警。FANUC 系统的 SCR 速度控制单元,在控制印制电路板上带有 3 个状态指示灯,它们分别为 PRDY、TGLS 和 OVC 指示灯,其含义分别为:PRDY 为绿色指示灯,指示灯亮表示速度控制单元工作正常;TGLS 为红色指示灯,指示灯亮表示与速度控制单元连接的测速发电机报警;OVC 为红色指示灯,指示灯亮表示速度控制单元发生过电流报警。

3) 超过速度范围的故障。速度控制单元的超速原因有下述几种:

① 测速反馈连接错误,如被接成正反馈或断线。

② 在全闭环系统中,联轴器、电动机与工作台的连接不良,造成速度检测信号不正确或无速度检测信号。

③ 位置控制板发生故障,使来自 F/V 的速度反馈信号未输入到速度控制单元。

④ 速度控制单元设定不当。

4) 机床振动故障。若坐标轴在数控机床停止时或移动过程中出现振动、爬行,除系统本身设定、调整不当外,在驱动器上主要有下列原因引起机床振动:

① 机械系统连接不良,如联轴器损坏等。

② 脉冲编码器或测速发电机不良。对于这种情况,可按下述方法进行测量检查:首先将位置环、速度环断开,手动电动机旋转,观察速度控制单元印制电路板上 F/V 转换器的电压,如果出现突然下跌的电压波形,则说明反馈部件不良。

③ 电动机电枢线圈不良。如内部短路等,这种情况可以通过测

量电动机的空载电流进行确认,若空载电流随转速成正比增加,则说明电动机内部有短路现象。出现这种故障一般应首先清理换向器、检查电刷等,再进行测量确认。如果故障现象依然存在,则可能是线圈匝间有短路现象,应对电动机进行维修处理。

④ 速度控制单元不良。应首先检查速度控制单元的调整与设定,若调整与设定正确,可通过更换速度控制单元的印制电路板或进行维修处理。

⑤ 外部干扰。对于固定不变的干扰,可检查 F/V 转换器端子、电流检测端子以及同步端的波形,检查是否存在干扰并采取相应的措施。对于偶然性干扰,可以通过有效的屏蔽、可靠的接地等措施,尽可能予以避免。

⑥ 系统振荡。此时应观察电动机电流的波形是否有振荡,引起振荡的原因可能是 RV1 调整不当、测速机不良,或是丝杠的间隙太大等原因。

5) 超调故障。当速度控制单元本身无故障时,下列原因会造成系统超调:

① 伺服系统速度环增益太低或位置环增益太高。可以通过调整速度控制单元电位器 RV1,提高速度环增益,或通过改变系统的机床参数,降低位置环增益进行优化。此外,还可以通过改变速度控制单元的 S6、S7、S9 设定等措施予以解决。

② 提高伺服进给系统和机械进给系统的刚性。

6) 单脉冲进给精度差的故障。产生该故障的原因主要有以下两种:

① 机械传动系统的间隙、死区或精度不足。此时,应重新调整机械传动系统,消除间隙、减少摩擦力,提高机械传动系统的灵敏度。

② 伺服系统速度环或位置环增益太低。这时可通过调整速度控制单元的电位器 RV1 解决。

7) 低速爬行故障。在伺服进给系统元器件本身无故障时,造成低速爬行的原因有以下几种:

① 系统不稳定产生低速振荡。

② 机械传动系统惯量过大,对于这种情况,有时可以通过改变印制电路板上速度控制单元的 S8 设定(使其断开),以及重新调整 RV1 解决。

8) 圆弧切削时切削面出现条纹。解决这种问题的途径可以有以下几种:

① 伺服系统增益设定不当,可以通过降低位置增益,提高速度环增益解决。

② 检查、确认速度控制单元端子上的电流波形,确认电流是否连续。

③ 检查机械传动系统是否有连接松动、间隙等。

(2) PWM 速度控制单元的常见故障与维修

1) CRT 上无报警显示的故障。FANUC PWM 速度控制单元发生故障时,通常情况下系统显示器上可以显示出报警号,维修时可以根据报警提示进行。但是部分故障在 CRT 上无报警显示,这些故障主要有:机床失控、移动和停止时机床振动、定位精度和加工精度差等。

机床失控指的是机床在开机或工作过程中突然改变速度、改变位置的情况,如伺服启动时突然冲击,工作台停止时突然向某一方向快速运动,正常加工过程中突然加速等。故障原因有:位置检测或速度检测信号不良;电动机或位置编码器故障;主板、速度控制单元故障等。处理方法为检查连线、印制电路板、位置及速度反馈,必要时更换元器件。

机床振动指的是机床在移动或停止时的振荡、运动时的爬行、正常加工过程中的运动不稳等。其故障的原因主要为插补精度差;检测增益设定太高;机床和速度单元的匹配不良。故障排除方法为调整或

检测增益, 改变设定、更换或重新调整伺服单元。

定位精度和加工精度差, 可以分为定位超调、单脉冲的进给精度差、定位点精度不好、圆弧插补加工的圆度差等情况。其故障的主要原因为伺服系统的增益不足或位置环增益设定不良。故障排除方法为提高位置环、速度环增益或调整位置环增益, 以消除各轴间的增益差。当圆弧插补出现 45° 方向上的椭圆时, 可以通过调整伺服进给轴的位置增益进行调整。坐标轴的位置增益由下式计算:

$$K_v = \frac{16.67v}{e_{ss}}$$

式中 v ——进给速度 (mm/min);

e_{ss} ——位置跟随误差 (mm), $e_{ss} = 0.001\text{mm}$;

K_v ——位置增益 (1/s)。

2) CRT 上有报警的故障。当伺服驱动器发生该类故障时, CNC 上将显示相应的报警号, 常见的报警号及含义如下:

① 过载报警。CRT 上显示过载报警的原因主要有: 速度控制单元上热继电器动作; 伺服变压器过热; 再生放电单元过热。

② 速度控制单元的 VRDY 断开报警。

③ 速度控制单元的 VRDY 错误接通报警。

3) 速度控制单元指示灯报警显示的故障。在 FANUC PWM 速度控制单元的控制板上, 右下部有 7 个报警指示灯, 它们分别是 BRK、HVAL、HCAL、OVC、LVAL、TGLS、DCAL, 在它们的下方还有 PRDY (位置控制已准备好信号) 和 VRDY (速度控制单元已准备好信号) 2 个状态指示灯。在正常情况下一旦电源接通, PRDY 灯先亮, 然后是 VRDY 灯亮, 如果不是这种情况, 则说明速度控制单元存在故障。出现故障时, 指示灯有以下报警:

① BRK 报警。BRK 为主回路熔断器跳闸指示, 当指示灯亮时, 代表速度控制单元的主回路熔断器 NFB1、NFB2 跳闸。

② HVAL 报警。HVAL 为速度控制单元过电压报警, 当指示灯亮

时,代表输入交流电压过高或直流母线过电压。

③ HCAL 报警。HCAL 为速度控制单元过电流报警,指示灯亮时,表示速度控制单元存在过电流。

④ OVC 报警。OVC 为速度控制单元过载报警,指示灯亮时,表示速度控制单元发生了过载。

⑤ LVAL 报警。LVAL 为速度控制单元电压过低报警,指示灯亮时,表示速度控制单元的各种控制电压过低。

⑥ TGLS 报警。TGLS 为速度控制单元测速发电机断线报警,指示灯亮时,表示速度控制单元发生了测速发电机断线。

⑦ DCAL 报警。DCAL 为直流母线过电压报警,指示灯亮表示直流母线的斩波管 Q1、制动电阻 DCR 以及外部制动电阻不良。

2. FANUC 交流伺服系统的故障诊断与维修

(1) 模拟式交流速度控制单元的常见故障与维修 FANUC 模拟式交流速度控制单元的故障形式与直流 PWM 速度控制单元的故障形式相似,也分为三类即 CRT 上无报警显示的故障、CRT 上有报警的故障和指示灯报警显示的故障。CRT 上无报警显示的故障种类和原因与直流 PWM 速度控制单元一致。下面重点论述其他两类故障:

1) CRT 上有报警的故障。以与 FANUC 0 系统配套的模拟式交流伺服系统为例,说明其报警号的意义如下:

① 4N0 报警。报警号中的 N 代表轴号,如 1 代表 X 轴,2 代表 Y 轴等。报警的含义是表示 n 轴在停止时的位置误差超过了设定值。

② 4N1 报警。表示 n 轴在运动时,位置跟随误差超过了允许的范围。

③ 4N3 报警。表示 n 轴误差寄存器超过了最大允许值 (± 32767),或 D/A 转换器达到了输出极限。

④ 4N4 报警。表示 n 轴速度给定太大。

⑤ 4N6 报警。表示 n 轴位置测量系统不良。

⑥ 940 报警。表示系统主板或速度控制单元印制电路板故障。

2) 指示灯报警显示的故障。在正常情况下一旦电源接通, PRDY 灯先亮, 然后是 VRDY 灯亮, 如果不是这种情况, 则说明速度控制单元存在故障。出现故障时, 根据指示灯的提示可进行对应的处理。

① VRDY 灯不亮。速度控制单元的 VRDY 灯不亮, 表明速度控制单元未准备好, 速度控制单元的主回路断路器跳闸。

② HV 灯报警。该报警为速度控制单元过电压报警, 当指示灯亮时表示输入交流电压过高或直流母线过电压。

③ HC 灯报警。该报警为速度控制单元过电流报警, 当指示灯亮时表示速度控制单元过电流。

④ OVC 灯报警。该报警为速度控制单元过载报警, 指示灯亮表示速度控制单元发生了过载。

⑤ LV 灯报警。该报警为速度控制单元电压过低报警, 指示灯亮表示速度控制单元的各种控制电压过低。

⑥ TG 灯报警。该报警为速度控制单元断线报警, 指示灯亮表示伺服电动机或脉冲编码器断线、连接不良, 或速度控制单元设定错误。

⑦ DC 灯报警。该报警为直流母线过电压报警, 表明直流母线的斩波管 Q1、制动电阻 RM2、二极管以及外部制动电阻不良。

(2) 数字式交流伺服驱动单元的故障诊断与维修 该类故障共分三种, 即驱动器上的状态指示灯报警显示的故障、驱动器上的 7 段数码管报警显示的故障和系统 CRT 上显示的故障。

1) 驱动器上状态指示灯报警显示的故障。数字式交流伺服驱动器, 设有 11 个状态及报警指示灯, 在这些状态指示灯中, HC、HV、OVC、TG、DC 和 LV 的含义与模拟式交流速度控制单元相同, 而 OH、OFAL 和 FBAL 为数字式交流伺服驱动单元增添的报警指示灯, 其含义如下:

① OH 灯报警。该报警为速度控制单元过热报警, 可能由伺服单

元过热、再生放电单元过热、电源变压器过热或电柜散热器的过热开关动作等原因引起。

② OFAL 灯报警。该报警为数字伺服参数设定错误报警，出现该报警时，需改变数字伺服的有关参数的设定。

③ FBAL 灯报警。该报警为脉冲编码器连接出错报警，出现报警的原因主要为编码器电缆连接不良或外部位置检测器信号出错。

2) 驱动器上 7 段数码管报警显示的故障。数字式交流伺服驱动单元的故障，还可以通过驱动器上的 7 段数码管进行显示，根据 7 段数码管的不同状态显示，可以指示驱动器报警的原因。如数码管显示 0 表示速度控制单元准备好；数码管显示 1 表示速度控制单元过电压报警；数码管显示 2 表示速度控制单元欠电压报警；数码管显示 3 表示直流母线欠电压报警；数码管显示 4 表示再生制动回路报警；数码管显示 5 表示直流母线过电压报警；数码管显示 6 表示动力制动回路报警等。

3) 系统 CRT 上显示的故障。当 FANUC 数字伺服系统出现故障时，通常情况下系统 CRT 上可以显示相应的报警号，对于大部分报警，其含义与模拟伺服相同，少数报警有所区别，这些报警主要有以下几种：

① 4N4 报警。报警号中的 N 代表轴号（如 1 代表 X 轴；2 代表 Y 轴等），报警的含义是表示数字伺服系统出现故障。

② 4N6 报警。表示位置检测连接故障。

③ 4N7 报警。表示伺服参数设定不正确。

④ ALM405 报警。为回参考点报警。

⑤ ALM409 报警。为驱动器检测到异常负载报警。

⑥ ALM410 报警。表示坐标轴停止时，位置跟随误差超过了设定值。

⑦ ALM411 报警。表示坐标轴运动时，位置跟随误差超过了设定值。

- ⑧ ALM413 报警。表示数字伺服计数器溢出报警。
- ⑨ ALM416 报警。表示编码器连接出错报警。
- ⑩ ALM420 报警。表示同步控制出错报警。

3.2.15 SIEMENS 伺服系统的维修

在数控铣床上,常用的伺服驱动系统除 FANUC 公司的产品外,另一主要的产品是 SIEMENS 公司的伺服驱动系统。从总体上说,SIEMENS 伺服驱动系统也可以分为直流驱动与交流驱动两大类,直流驱动一般都是采用 SCR 速度控制单元,交流驱动可以分为模拟式交流速度控制单元与数字式交流速度控制单元两种形式。SIEMENS 直流伺服系统主要有 6RA26 系列,常用的交流模拟式伺服系统主要有 6SC611A 系列,常用的交流数字式伺服系统主要有 611U 系列。

1. SIEMENS 6RA26 系列直流伺服系统的故障诊断与维修

6RA26 系列直流伺服驱动器主回路采用晶闸管三相全控反并联桥式整流电路,逻辑无环流双闭环调速,电流环为内环,速度环为外环。系统速度环与电流环均采用 P、I 独立可调的比例-积分 (PI) 调节器,改变比例系数 P 不会影响积分常数 I,反之亦然,为系统的调整提供了方便。SIEMENS 6RA26 系列的故障有两种形式,一种是有故障状态指示灯的故障,另一种是没有故障状态指示灯的故障。

(1) 有故障状态指示灯的故障

1) 故障状态指示灯 V79。该指示灯安装于电源与触发控制板 A3 上,当指示灯亮时表示驱动器存在故障,其可能的原因有三个:

- ① 电源相序接反。
- ② 电源缺相或相位不正确。
- ③ 电源电压低于额定值的 80%。

2) 200ms 延时封锁指示灯 V78。该指示灯安装于电源与触发控制板 A3 上,当指示灯亮时代表驱动器处于“停止”状态,可能的原因有五个:

- ① 电枢回路或励磁回路断线。
- ② 速度反馈信号继线。
- ③ 测速发电机不良。
- ④ 励磁电流太小。
- ⑤ 驱动器的控制端未加入使能信号。

3) 调节器释放状态指示灯 V103。该指示灯安装于电源与触发控制板 A3 上,当指示灯亮时代表驱动器处于“封锁”状态,可能的原因是驱动器的控制端未加入使能信号。

4) 正组工作状态指示灯 V56。该指示灯安装于调节器板 A2 上,当指示灯亮时代表驱动器主回路 SCR 的正组处于工作状态。坐标轴静止时,由于闭环调节作用,正组工作状态指示灯与下述的反组工作状态指示灯 V55 交替闪烁。

5) 反组工作状态指示灯 V55。该指示灯安装于调节器板 A2 上,当指示灯亮时代表驱动器 SCR 的反组处于工作状态。与上述正组工作状态指示灯 V56 一样,坐标轴静止时,与正组工作状态指示灯 V56 交替闪烁。

(2) 没有故障状态指示灯显示的故障 对于指示灯未指示的故障,常见的故障内容及产生原因如下所列:

1) 电动机转速过高。

- ① 电动机电枢极性接反,使速度环变成了正反馈。
- ② 测速发电机极性接反,使速度环变成了正反馈。
- ③ 他励伺服电动机的励磁回路的输入电压过低,如励磁控制回路的电压调节过低或励磁回路断线。

④ 速度给定输入电压过高。

2) 电动机转速不稳,速度时快时慢。

- ① 伺服单元参数调整不当,调节器未达到最佳工作状态。
- ② 由于干扰、连接不良引起的速度反馈信号不稳定。
- ③ 测速发电机安装不良,或测速发电机与电动机轴的连接不良。

- ④ 伺服电动机的电刷磨损。
- ⑤ 电枢绕组局部短路或对地短路。
- ⑥ 速度给定输入电压受到干扰或连接不良。
- 3) 电动机起动时间太长或达不到额定转速。
 - ① 伺服单元的给定滤波器参数调整不当,励磁电流过低。
 - ② 伺服单元的励磁回路参数调整不当,电流极限调节过低。
- 4) 输出转矩达不到额定值。
 - ① 伺服单元的电流极限调节过低。
 - ② 速度调节器的输出限幅值调整不当。
 - ③ 伺服单元的励磁回路参数调整不当。
 - ④ 伺服电动机制动器未完全松开。
 - ⑤ 电枢线连接不良,接触电阻太大。
- 5) 伺服电动机发热。
 - ① 伺服单元的电流极限调节过高。
 - ② 伺服单元的励磁回路参数调整不当,励磁电流过高。
 - ③ 伺服电动机制动器未完全松开。
 - ④ 绕组局部短路或对地短路。

2. SIEMENS 6SC 611A 系列交流模拟式伺服驱动系统的故障诊断与维修

(1) 611A 系列交流模拟式伺服驱动系统 主要由如下组件组成:

1) 电源模块。该模块有非受控电源(UE)模块与可控电源(I/R)模块两种基本结构形式,用来提供伺服驱动的 DC600V/625V 直流母线电压。非受控电源模块(UE),主回路采用二极管整流,通过制动电阻释放因电动机制动、电源波动产生的能量,保持直流母线电压的基本不变,因此一般用于小功率,特别是制动能量较小的场合。可控电源模块(I/R),主回路采用晶体管整流、PWM 闭环控制,它可以通过再生制动方式,将直流母线上的能量回馈电网,用于大功

率、制动频繁、回馈能量大的场合。电源模块由整流电抗器、整流模块、预充电控制回路、制动电阻以及相应的接触器、检测和监控电路组成。驱动器与运行有关的重要参数，如直流母线电压、辅助控制电源 $\pm 15\text{V}$ 电压、 $+5\text{V}$ 电压以及电源电压过低与缺相，都在电源模块中进行监控，并作为“驱动器准备好”的先决条件。电源模块带有预充电控制与浪涌电流限制环节，预充电完成后自动闭合主回路接触器，提供 $\text{DC}600\text{V}/625\text{V}$ 直流母线电压。

2) 进给驱动模块。该模块主要由逆变主电路、速度调节器、电流调节器、使能控制电路和轴监控电路等部分组成。在结构上，进给驱动模块可以分为控制模块与功率模块两大部分，以及单轴与双轴模块两种类型。进给驱动模块逆变主回路的电源及辅助控制电源由电源模块提供，采用速度、电流双闭环模拟量控制。速度调节器采用自适应 PI 调节器，低速时能通过改变积分时间与比例增益使控制性能达到最佳。速度给定为 $\pm 10\text{V}$ 模拟量差动输入，速度反馈信号来自伺服电动机内置式 IFU 测速发电机，额定转速时的测速发电机输出电压为 40V 。速度调节器的比例增益 (KP)、积分时间 (TN)、速度漂移，以及测速反馈电压均可以通过独立的电位器进行调整与设定。电流调节器也采用 PI 调节器，但调节器参数，如电流极限、比例增益等，不能通过电位器调节，它必须通过模块上的设定开关使之与控制电动机相匹配。通过设定开关的设定或外部控制信号，驱动器还可以使进给轴进入电流（转矩）控制方式下运行。

3) 主轴驱动模块。该模块可以与 SIEMENS IPH6、IPH4、IPH2 主轴电动机配套，构成交流主轴驱动系统。

(2) 电源模块的故障状态显示 611A 系列伺服驱动器电源模块 (UE 或 I/R)，设有 6 个状态指示灯 (LED)，其含义如下：

- ① SPP 红色指示灯 V1。为辅助控制电源 $\pm 15\text{V}$ 故障指示灯。
- ② 5V 红色指示灯 V2。为辅助控制电源 $+5\text{V}$ 故障指示灯。
- ③ EXT 绿色指示灯 V3。为电源模块未加“使能”指示灯。

④ UNIT 黄色指示灯 V4。为电源模块准备好指示灯。

⑤ 红色的电源模块电源输入故障指示灯 V5。

⑥ UZK 红色指示灯，为直流母线过电压指示灯。

当电源模块直流母线预充电完成，监控模块无故障时，电源模块准备好（UNIT）灯亮，其余指示灯灭，同时“准备好”继电器吸合，并输出触点信号。V4 指示灯不亮的原因主要有：直流母线电压过高；+5V 电压太低；输入电源过低或缺相；与电源模块相连接的轴驱动模块存在故障。

（3）标准进给驱动模块的故障状态显示 标准进给模块设有轴故障（H1）与电动机/电缆连接故障（H2）两个红色状态指示灯，其含义如下：

1) H1（轴故障）指示灯亮表明驱动器出现故障，可能的原因有以下几种：

- ① 速度调节器到达输出极限。
- ② 驱动模块超过了允许的温升。
- ③ 伺服电动机超过了允许的温升。
- ④ 电动机与驱动器电缆连接不良。

2) H2（电动机/电缆连接故障）指示灯亮，表明监控电路检测到来自伺服电动机的故障，其可能的原因有下列三点：

- ① 测速反馈电缆连接不良。
- ② 伺服电动机内装式测速发电机故障。
- ③ 伺服电动机内装式转子位置检测故障。

3. SIEMENS 611U 系列交流数字式伺服驱动系统的故障诊断与维修

1) 611U 系列交流数字式伺服驱动系统的基本组成。SIEMENS 611U 的基本结构与 611A 系列相似，采用模块化安装方式，主轴与各伺服驱动单元共用电源。用于进给驱动的伺服驱动模块有单轴与双轴两种结构形式，带有 PROFIBUS DP 总线接口。驱动器内部带有

FEPROM (Non-Volatile Data Memory 非易失可擦写存储器), 用于存储系统软件与用户数据, 驱动器的调整、动态优化可以在 Windows 环境下, 通过 Simo Comu 软件自动进行, 安装、调整十分方便。驱动器由整流电抗器 (或伺服变压器)、电源模块 (NE Module)、功率模块 (Power Module) 和 611 控制模块等组成。电源模块自成单元, 功率模块、611 控制模块和 PROFIBUS DP 总线接口模块组成轴驱动单元。各驱动单元间共用 611 直流母线与控制总线, 并通过 PROFIBUS DP 总线, 与 SIEMENS 802D/810D/840D 系统相连接, 组成数控机床的伺服驱动系统。电源模块与进给模块的示意图如图 3-85 所示。

在电源模块和标准进给驱动模块上, 各有 6 个状态指示灯及 6 只数码管显示。电源模块上的 6 个状态指示灯含义为: V1 表示 DC15V 控制电源故障; V2 表示 DC5V 控制电源故障; V3 表示电源模块未“使能”; V4 表示电源模块已“使能”, 直流母线已充电; V5 表示进线电源故障; V6 表示直流母线电压过高。而 6 只数码管中最左边的 1 号显示“E”表示驱动器报警; 1 号右边的 2 号显示“—”表示驱动器有一个报警, 显示“三”表示驱动器有多个报警, 通过按键 P 可显示其余报警号。其余号码含义详见电源模块说明书。

2) 数码管无报警提示的故障。部分报警不能通过数码管进行显示, 这些报警主要有:

① 6 只数码管无任何显示。可能的原因为: 电源两相以上缺相; 两相以上电源熔断器熔断; 电源模块的辅助电源故障; 电源模块与轴控制单元间的设备总线未连接; 轴控制板不良。

② 6 只数码管上均显示“—”。其可能的原因为: 驱动器系统软件未安装; 存储器模块中未带驱动器系统软件。

③ 驱动器“使能”后电动机立即开始高速旋转。其可能的原因为: 编码器脉冲数设定错误; 选择了开环转矩控制方式; 编码器不良; 轴控制模块故障。

④ 驱动器“使能”后电动机即开始缓慢旋转。可能的故障原因

为：驱动器参数设定错误；数控系统参数设定错误。

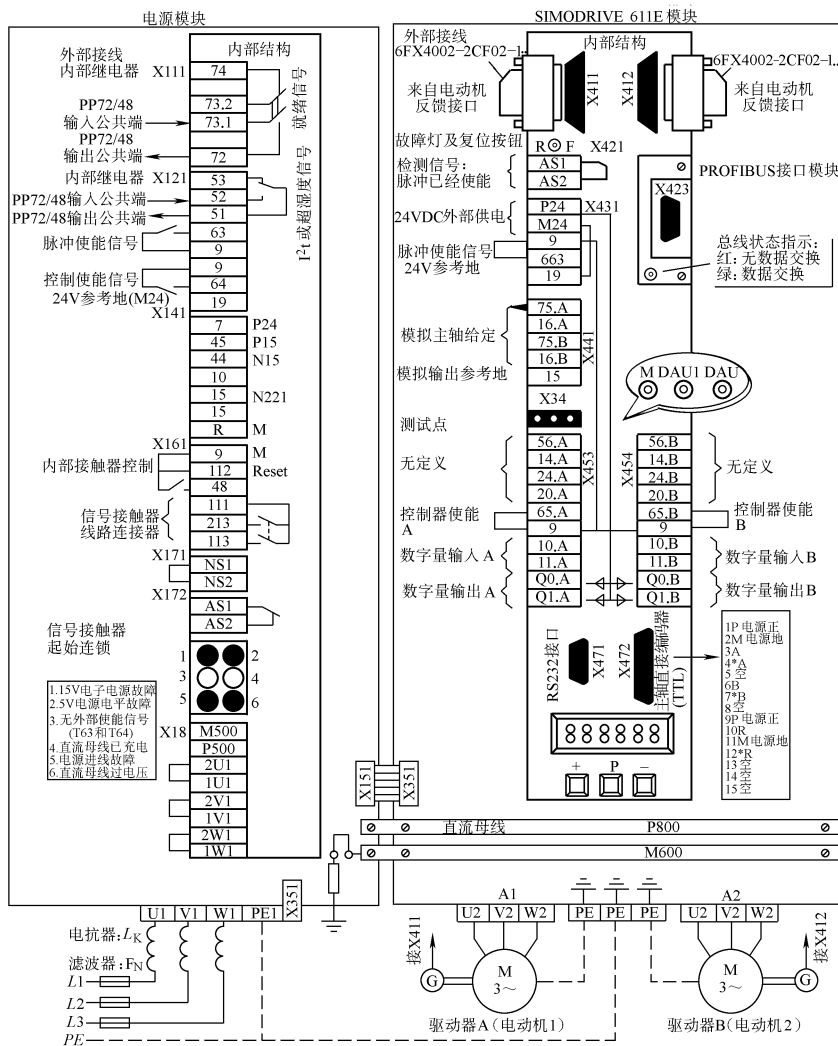


图 3-85 611U 电源模块与进给模块的示意图

⑤ 电动机转速太低 (小于 50r/min)。可能的故障原因为：编码
器脉冲数设定错误；电动机相序错误；轴控制模块故障。

⑥ 驱动器“使能”后电动机出现短时旋转。可能的故障原因为：电源模块不良；电动机编码器连接错误；编码器不良。

3) 611U 交流数字式伺服驱动器的初始化调整与设定。该驱动器的调整与设定，不需要通过硬件进行，可以直接使用 Simo ComU 软件进行设定与优化，该软件设定要用到 RS232 通信电缆连接。要特别注意 RS232 通信电缆不可以进行带电插、拔，以免损坏通信接口。

3.2.16 伺服系统故障的维修技巧

1. 主轴伺服系统的故障形式

(1) 外界干扰 由于受电磁干扰，屏蔽和接地措施不良，主轴转速指令或反馈信号受到干扰，使主轴驱动出现随机波动。判别有无干扰的方法是：当主轴转速指令为零时，主轴仍往复转动，调整零速平衡和漂移补偿也不能消除故障。

(2) 过载 切削用量过大，或频繁正、反转等均可引起过载报警。具体表现为主轴电动机过热、主轴驱动装置显示过电流报警等。

(3) 主轴定位抖动 主轴准停用于刀具交换、精镗退刀及齿轮换挡等场合，它有三种实现方式：

1) 机械准停控制。由带 V 形槽的定位盘和定位用的液压缸配合动作。

2) 磁性传感器的电气准停控制。它由磁性传感器的磁传感器和发磁体相互作用实现准停。

3) 编码器型的准停控制。通过主轴电动机内置安装或在机床主轴上直接安装一个光电编码器来实现准停控制，准停角度可任意设定。

上述准停均要经过减速的过程，如果减速或增益等参数设置不当，均可引起定位抖动。另外，机械准停控制中定位液压缸活塞移动的限位开关失灵；磁性传感器准停控制中发磁体和磁性传感器之间的间隙发生变化；磁传感器失灵，均可引起定位抖动。

(4) 主轴转速与进给不匹配 当进行螺纹切削或用每转进给指令切削时, 会出现停止进给而主轴仍继续运转的故障。要执行每转进给的指令, 主轴必须有每转一个脉冲的反馈信号。以上故障一般情况下为主轴编码器有问题, 它可用以下方法来确定:

1) CRT 画面有报警显示。

2) 通过 CRT 调用机床数据或 I/O 状态, 观察编码器的信号状态。

3) 用每分钟进给指令代替每转进给指令来执行程序, 观察故障是否消失。

(5) 转速偏离指令值 当主轴转速超过技术要求所规定的范围时, 要考虑以下因素:

1) 电动机过载。

2) CNC 系统输出的主轴转速模拟量 (通常为 $0 \sim \pm 10V$), 没有达到与转速指令对应的值。

3) 测速装置有故障或速度反馈信号断线。

4) 主轴驱动装置故障。

(6) 主轴异常噪声及振动 首先要区别异常噪声及振动发生在主轴机械部分还是在电气驱动部分。

1) 在减速过程中发生一般是由驱动装置造成的, 例如交流驱动中的再生回路故障。

2) 在恒转速时产生, 可通过观察主轴电动机自由停车过程中是否有噪声和振动来区分, 如果存在, 则主轴机械部分有问题。

3) 检查振动周期是否与转速有关。如果无关, 一般是主轴驱动装置未调整好; 如果有关, 应检查主轴机械部分是否良好, 测速装置是否不良。

(7) 主轴电动机不转 CNC 系统至主轴驱动装置除了转速模拟量控制信号外, 还有使能控制信号, 一般为 DC + 24V 继电器线圈电压。可进行如下检查:

1) 检查 CNC 系统是否有速度控制信号输出。

2) 检查使能信号是否接通。通过 CRT 观察 I/O 状态, 分析机床 PLC 梯形图 (或流程图), 以确定主轴的起动条件, 例如润滑、冷却等条件是否满足。

3) 主轴驱动装置故障。

4) 主轴电动机故障。

2. 进给伺服系统的故障形式

进给伺服系统的故障形式通常有: 在 CRT 或操作面板上显示报警内容或报警信息; 在进给伺服驱动单元上用报警灯或数码管显示驱动单元的故障; 进给运动不正常, 但无任何报警信息。进给伺服系统常见的故障形式有:

(1) 超程 当进给运动超过由软件设定的软限位或由限位开关决定的硬限时, 就会发生超程报警, 一般会在 CRT 上显示报警内容, 根据数控系统说明书, 即可排除故障、解除报警。

(2) 过载 当进给运动的负载过大、频繁正反向运动以及进给传动链润滑状态不良时, 均会引起过载报警。一般会在 CRT 上显示伺服电动机过载、过热或过流等报警信息。同时, 在强电柜中的进给驱动单元上, 用指示灯或数码管提示驱动单元过载、过电流等信息。

(3) 窜动 在进给时出现窜动现象常有下列原因:

1) 测速信号不稳定, 如测速装置故障、测速反馈信号干扰等。

2) 速度控制信号不稳定或受到干扰。

3) 接线端子接触不良。如螺钉松动等。

当窜动发生在由正向运动转向反向运动的瞬间时, 一般是由于进给传动链的反向间隙或伺服系统增益过大所致。

(4) 爬行 发生在启动加速段或低速进给时, 一般是由于进给传动链的润滑状态不良、伺服系统增益过低及外加负载过大等因素所致。尤其要注意的是, 伺服电动机和滚珠丝杠连接用的联轴器, 由于连接松动或联轴器本身的缺陷, 如裂纹等, 造成滚珠丝杠转动和伺服

电动机的转动不同步,从而使进给运动忽快忽慢,产生爬行现象。

(5) 振动 分析机床振动周期是否与进给速度有关,可从以下几个方面考虑:

1) 如与进给速度有关,振动一般与该轴的速度环增益太高或速度反馈故障有关。

2) 如与进给速度无关,振动一般与位置环增益太高或位置反馈故障有关。

3) 如果振动在加减速过程中产生,往往是系统加减速时间设定过小造成的。

(6) 伺服电动机不转 数控系统至进给驱动单元除了速度控制信号外,还有使能控制信号,一般为 DC + 24V 继电器线圈电压。可从以下几个方面诊断伺服电动机不转的故障:

1) 检查数控系统是否有速度控制信号输出。

2) 检查使能信号是否接通。通过 CRT 观察 I/O 状态,分析机床 PLC 梯形图,以确定进给轴的起动条件,如润滑、冷却等是否满足。

3) 对带电磁制动的伺服电动机,应检查电磁制动是否释放。

4) 进给驱动单元是否有故障。

5) 伺服电动机是否有故障。

(7) 位置误差 当伺服轴运动超过位置允许误差范围时,数控系统就会产生位置误差过大的报警,包括跟随误差、轮廓误差和定位误差等。其主要原因有:系统设定的允差范围过小;伺服系统增益设置不当;位置检测装置有污染;进给传动链累积误差过大;主轴箱垂直运动时平衡装置不稳。

(8) 漂移 当指令值为零时,坐标轴仍移动,从而造成位置误差。该故障可通过漂移补偿和驱动单元上的零速调整来消除。

3. 变频器的电源显示及故障显示

(1) 变频器的电源显示 变频器的电源显示也称为充电显示,它除了表明是否已经接上电源外,还显示直流高压部分滤波电容器上

的充、放电情况。这个显示十分重要,因为切断电源后高压滤波器的放电速度较慢、电压较高,故对人体存在危险。所以在调试和维修时,每次关机后,必须要等电源显示完全熄灭后,才能触摸接线部分。

(2) 变频器的故障显示 各种变频器通过以下方式来显示故障原因:

1) 发光二极管显示。不同的故障原因可以由各自的发光二极管来显示。如 AC200S 交流主轴驱动装置上的 LED1 灯灭,说明欠电压、过电压及贯通性过电流;LED2 灯灭,说明过热;LED3 灯灭,说明过电流等。

2) 代码表示。不同的故障原因由不同的代码来显示。如 5VF 系列变频器中,代码 5 表示过电压报警;代码 3 表示过载过电流;代码 4 表示冲击过电流等。

3) 字符显示。针对各种故障,用缩写的英文字母(符)来显示。例如,过电流为 OC (Over Current);过电压为 OV (Over Voltage);欠电压为 LV (Low Voltage);过载为 OL (Over Load);过热为 OH (Over Heat) 等。

4. 伺服单元熔断器熔断或断路器切断故障

此类故障可能是由于以下几个方面的原因所造成:

1) 机械负载过大导轨摩擦阻力过大、齿轮啮合过紧、工件与床身相碰、工作台夹紧装置没有松开等原因,会引起机械负载过大。检查时,可在机床的全行程测量电动机电流值,并检测丝杠每转一圈时电动机电流是否有较大的波动。

2) 切削条件恶劣。切削深度过深或连续进行超过电动机电流额定值的重切削。

3) 位置控制环节的故障,如偏移的调整量过大等。

4) 接线错误,如将负反馈信号错接为正反馈而产生振荡(这种情况多发生在维修操作之后)。

5) 电动机故障。主要为因速度和位置检测元件引起的振荡故障,以及电动机去磁引起的过大的励磁电流等。

6) 伺服单元参数设定不当,如速度控制单元的环路增益设定过高等。

7) 控制部分电压不正常,因位置控制和速度控制部分的电压过低或过高而引发振荡。

8) 外部噪声导致的振荡,可用示波器测量测速发电机输入端、电流检测输入端以及晶闸管伺服单元的同步输入端波形是否异常。

9) 流经扼流圈的电流延迟时间过长。如果伺服系统速度控制单元加速或减速频率太高,扼流圈的电流延迟就可能造成电动机绕组相间短路,从而烧断熔丝,此时需适当降低工作频率。

5. 进给伺服系统进给轴动态跟踪误差类故障

此类故障可从以下几方面检查:

1) 检查伺服电动机的额定转速是否过高。

2) 检查相应轴的模拟量输出锁存器是否正常。

3) 检查位置反馈电缆线接插件是否接触不良。

4) 检查模拟量输出增益电位器是否良好。

5) 检查脉冲编码器工作是否正常,伺服驱动模块工作是否正常。

6. 伺服系统过热故障的处理

伺服系统出现过热时引起热动开关动作,在数控系统上就会显示出过热报警,但一般不具体显示报警的部位,此时应首先区分是何种保护开关动作,然后根据不同情况采取相应的措施予以解决,具体有以下几点:

1) 伺服单元的热继电器动作。此时应先检查热保护继电器的设定是否有误,然后检查机床工作时的切削条件是否接近极限,或者机床的摩擦力矩是否过大。

2) 变压器热动开关动作。若此时变压器不热,则是热动开关失

灵；若变压器温升较高，仅能用手触摸几秒钟，则要检查电动机负载是否过大。可以在减少切削负载的条件下检查热动开关是否动作，如果仍发生动作，则应在空载低速进给条件下进一步测量电动机绕组的工作电流值，如果已接近电流额定值，则需重新调整机床。产生上述故障的另一个主要原因是变压器内部短路，需要对变压器进行修理。

3) 伺服电动机内热动开关动作。故障出在电动机部分，造成电动机过热的原因很多，可先用万用表或兆欧表测量电动机绕组与壳体之间的绝缘电阻，其值应为无穷大或 $1\text{M}\Omega$ 以上，否则应用干燥的压缩空气清洁伺服电动机的换向器，将电刷粉末等杂物吹净。经上述处理后，如果仍不能提高绝缘电阻，就需要通过电动机的空载电流来检查电动机绕组内部是否短路。若空载时电动机电流随转速成正比增加，可以判断为内部短路，电动机在正常情况下，空载电流应不随转速变化。这种故障多是由于电动机换向器表面附着油污而引起的，经清洁换向器即可排除。还有一种引起伺服电动机热动开关动作的原因是因为电动机的永久磁体已被去磁，检查电动机是否去磁，可通过其转速和电流的相互关系来确定。其他如伺服电动机永磁体粘接不良，或受环境影响使磁体局部与电动机转子相蹭，也会造成伺服电动机热动开关动作。

4) 有些电动机内部带有制动器，当制动器工作失灵时也可引起伺服电动机的过热报警。

7. 进给伺服系统高电压报警

进给伺服系统高电压报警的原因主要有：输入的交流电源超过允许的电压范围，此时可通过调整变压器抽头予以解决；伺服电动机的电枢绕组和机壳间的绝缘电阻下降；伺服单元速度控制印制电路板故障或接触不良。

8. 进给伺服系统大电流报警

进给伺服系统产生大电流报警，多是因为伺服速度控制单元的功

率驱动元件晶闸管模块或晶体管模块损坏。检查方法是在切断电源后,用万用表测量模块的集电极和发射极之间的阻值,如小于或等于 10Ω ,则表明该模块已损坏。此外,伺服速度控制单元的印制电路板发生故障或电动机绕组内部短路,也可引起这种报警。

9. 进给伺服系统过载报警

产生这类报警的原因主要有:伺服单元有关电动机电流的限定值设定错误,主要是上限值设定得过低;机械负载异常,可用示波器或电流表通过监测电动机电流进行判断;伺服电动机的永久磁铁脱落,对于不带制动器的电动机,空载时用手转不动轴或转动轴时很费劲,即说明永磁体已脱落;伺服单元印制电路板接触不良。

10. 进给伺服系统电压过低报警

进给伺服系统电压过低的原因有:输入的交流电源低于允许的电压范围,此时需调整变压器抽头予以解决;伺服变压器的副边与伺服单元之间连接不良;伺服单元印制电路板接触故障。

11. 伺服系统速度反馈断线报警

速度反馈断线报警的产生原因有:伺服单元与电动机间的动力电源线连接不良;伺服单元有关检测元件的参数或型号设定错误;无加速度反馈电压,或反馈信号电缆与连接器接触不良造成断线故障。

12. 进给伺服系统的超程或过冲

(1) 超程 超程会产生过行程报警,它分软限位报警和硬限位报警两种。

1) 软限位报警。超过某进给轴的存储行程限位而产生的报警为软限位报警,此时循环操作进入变位状态,操作被停止。在显示屏上闪烁出现“软件报警”字样,并显示报警号。此时可动手轮消除报警,方法为在手轮方式下,反向摇动手轮至报警标志消除,并按 RESET 键复位。

2) 硬限位报警。超过某进给轴行程开关限位的报警为硬限位报警,此时循环操作进入复位状态,操作被停止。在显示屏上闪烁出现

“过行程”字样，并显示报警号。消除报警方法为：在手轮方式下，按住行程开关脱开键（一般是同时按住主轴和冷却液停止键）不放，再反向摇动手轮，至报警标志消除，并按 RESET 键复位。

（2）过冲 进给过冲主要是因为伺服系统的速度环增益设定太低，或数控系统快速移动的时间常数设定太小。另外，电动机和进给丝杠间的刚性太差、间隙过大或传动带引长调整不好等原因也会造成过冲故障。

13. 伺服运动的失控故障

这类故障如果出现在安装调整机床或机床大修之后，其原因多数是由于伺服电动机内位置检测元件或速度检测元件的信号异常，如反馈信号线断线或接反，使检测信号成为正反馈信号。如果在机床运动时突然出现失控，则多数是因为信号反馈线因机床的移动被拉断，或是数控系统的主控制板以及进给伺服系统速度单元发生故障。另外电动机和位置检测器之间的连接故障（如两者间的机械连接松动等）也会产生机床失控。

4.1 编程故障的维修实例及技巧

4.1.1 编程故障的维修实例

1. 数控铣床的编程指令特点

(1) 坐标系和编程零点

1) 机床坐标系。数控铣床可以用来加工工件的平面、内外轮廓、孔、攻螺纹等，还可以通过两轴联动加工零件的平面轮廓，通过两轴半控制、三轴或多轴联动来加工空间曲面零件。为了在零件加工过程中确定工件在机床中的位置，必须建立机床坐标系。数控铣床坐标系为右手笛卡尔坐标系，三个坐标轴互相垂直，以机床主轴轴线方向为 Z 轴，刀具远离工件的方向为 Z 轴正方向， X 轴位于与工件安装面相平行的水平面内。对于卧式铣床，操作者面对机床主轴，左侧方向为 X 轴正方向；对于立式铣床，操作者面对机床主轴，右侧方向为 X 轴正方向。 Y 轴方向根据 X 、 Z 轴方向，按右手笛卡尔直角坐标系来确定。机床坐标系是机床本身固有的，该坐标系的原点称为机床零点，它是一个固定的点，由生产厂家在设计机床时确定。

2) 工件坐标系。它是为确定工件几何形体上各要素的位置而设置的坐标系，工件坐标系的原点即为工件零点。工件零点的位置是任意的，它是由编程人员在编制程序时根据零件的特点选定的。在选择工件零点时要注意以下几点：

① 工件零点应选在零件图尺寸的基准上，这样便于坐标值的计

算,以减少错误。

② 工件零点应尽量选在精度较高的工件表面,以提高被加工零件的加工精度。

③ 对于对称的零件,工件零点应设在对称中心上。

④ 对于一般零件,工件零点设在工件外轮廓的某一角上。

⑤ Z轴方向上的零点,一般设在工件表面。

3) 编程零点。一般情况下,编程零点即编程人员在计算坐标值时的起点。编程人员在编制程序时不考虑工件在机床上的安装位置,主要是根据零点的特点及尺寸来确定编程零点。对于一般零件,工件零点即为编程零点。

(2) 被加工零件的工艺分析 在编写程序以前,首先要考虑工艺的编制问题。在普通铣床上加工零件时,零件的加工工艺,实际上只是一个加工工艺卡,在零件的加工过程中,切削用量等一些参数都可以由操作者根据经验自己决定。而数控铣床是按照程序来工作的,因此对零件加工中的所有要求,如加工顺序、加工路线、切削用量、加工余量,刀具的尺寸、是否需要切削液等,都要体现在程序中,都要确定好并编到程序中去。

1) 加工工序的划分。不同类型数控铣床的加工对象不同。立式数控铣床一般适用于加工平面凸轮、样板、形状复杂的平面或立体平面,以及模具的内外型腔等。卧式数控铣床适用于加工箱体、泵体、壳体等零件。在数控铣床上加工零件,工序比较集中,一般只需一次装夹即可完成全部工序的加工。根据数控铣床的特点,以及从延长数控铣床寿命、保持数控铣床的精度、降低零件的加工成本等方面考虑,通常把零件的粗加工,以及零件基准面、定位面的加工在普通机床上完成。加工工序的划分通常有以下几种方法:

① 刀具集中分序法。该法按所用刀具来划分工序,用同一把刀具加工完成所有可以加工的部位,然后再换刀。这种方法可以减少换刀次数,缩短辅助时间,减少不必要的定位误差。

② 粗、精加工分序法。根据零件的形状、尺寸精度等因素,按粗、精加工分开的原则,先粗加工再半精加工,最后精加工。

③ 加工部位分序法。即先加工平面、定位面,再加工孔;先加工形状简单的几何形状,再加工复杂的几何形状;先加工精度比较低的部位,再加工精度比较高的部位。

2) 加工路线的确定。对于数控铣床,加工路线是指刀具中心运动的轨迹和方向。确定加工路线应考虑以下几个方面:

① 尽量减少进、退刀时间和其他辅助时间。

② 铣削零件轮廓时,尽量采用顺铣方式,以提高表面精度。

③ 进、退刀位置应选在不太重要的位置,并且使刀具沿零件的切线方向进刀和退刀,以免产生刀痕。

④ 先加工外轮廓再加工内轮廓。

(3) 切削用量的选择 铣床加工的切削用量主要有主轴转速 n , 进给速度 F 及切削深度 t 。根据合理的切削速度 v (单位为 m/min) 和选用的刀具直径 D (单位为 mm), 可计算出主轴转速 n (单位为 r/min), $n = 1000v/\pi D$ 。主轴转速确定后, 根据每转进给量 S_0 (单位为 mm/r), 可求得进给速度 F (单位为 mm/min), $F = S_0 n$ 。切削速度 v 根据材料的硬度可查表得到。每转进给量 S_0 (单位为 mm/r) 根据每齿进给量 S_z 乘以立铣刀的刃数得到, 而每齿进给量可查表得到。切削深度的确定同粗、精加工有关, 粗铣时切削深度可取 3mm 左右, 精铣时切削深度取 1mm 以下。

(4) 常用的辅助指令 常用的辅助指令主要有下面几种:

1) M00——程序停止。执行含有该指令的程序段后, 主轴的转动和进给停止, 切削液关闭, 以便进行某一手动操作, 如换刀、工件倒头、测量工件的尺寸等。重新启动后, 继续执行后面的程序。

2) M01——选择停止。M01 和 M00 的功能基本相似, 不同的是, 只有在按下“选择停止”键后, M01 才有效, 否则机床继续执行后面的程序段。该指令一般用于抽查关键尺寸等情况。检查完毕

后，按“启动”键，继续执行后面的程序。

3) M02——程序结束。该指令编在最后一条程序中，表示执行完程序内所有指令后，主轴停止、进给停止、切削液关闭，机床处于复位状态。

4) M30——也表示程序结束。该指令除表示 M02 的内容外，还会返回到程序的首句，准备进行下一个零件的加工。

5) M03——主轴正转。开动主轴时，按右旋螺纹进入工件的方向旋转。

6) M04——主轴反转。开动主轴时，按右旋螺纹离开工件的方向旋转。

7) M07、M08——1[#]、2[#]切削液开。

8) M09——切削液关。

9) M99——子程序结束指令。

(5) 常用的准备指令

1) 绝对尺寸指令 G90。它表示程序段中的尺寸字为绝对坐标值。

2) 增量尺寸指令 G91。它表示程序段中的尺寸字为增量坐标值。

3) 坐标系设定指令 G92。当用绝对尺寸编程时，必须先建立坐标系，用来确定绝对坐标原点（又称编程原点）。G92 就是用来确定刀具起始点在工件坐标系中的坐标值，从而确定工件坐标系的原点。执行 G92 指令时，机床不动作，即 X、Y、Z 轴均不移动，但 CRT 显示器上的绝对坐标值发生了变化。

4) 坐标系设定指令 G54。该指令设定工件坐标系的原点，即编程原点与机床坐标系的原点（机床零点）之间的关系。

5) 坐标平面指令 G17、G18 和 G19。G17 表示在 XY 平面内加工，G18 表示在 XZ 平面内加工，G19 表示在 YZ 平面内加工。

6) 快速点定位指令 G00。该指令命令刀具以点位控制方式，从刀具所在点以最快的速度移动到目标点。

7) 直线插补指令 G01。该指令的作用是指令两个坐标（或三个

坐标)以联动的方式,按指定的进给速度 F ,插补加工出任意斜率的平面(或空间)直线。

8) 圆弧插补指令 G02、G03。G02 表示顺圆插补, G03 表示逆圆插补。程序格式为

G17 (G18、G19) G02 (G03) X_Y_I_J_F_

其中 X 、 Y 为圆弧终点坐标值, I 、 J 表示圆心相对于起点的坐标值。圆弧插补也可用圆弧半径 R 代表 I 、 J 指令,程序格式为

G17 (G18、G19) G02 (G03) X_Y_R_F_

当圆弧所对应的圆心角 $\leq 180^\circ$ 时用 $+R$, $> 180^\circ$ 时用 $-R$ 。

9) 暂停指令 G04。该指令可使刀具作无进给光整加工,一般用于镗平面、镗孔等,其程序格式为 G04_X(P)。地址码 X 或 P 为暂停时间,其中 X 后面可用带小数点的数,单位为 s ,如 G04 X5 表示暂停 $5s$ 后再执行下一段程序;地址 P 后面不允许用小数点,单位为 ms ,如 G04 P1000 表示暂停 $1000ms$ (即 $1s$)。

2. 程序名指令故障实例

以 FANUC 系统为例,每个程序都必须要有个以字母开头的程序名。后跟不超过 9999 的数字,且不能有相同的程序名。程序名故障都有报警,典型的程序名故障有以下几种:

(1) 未取名 有两种情况,一种为在某个外部程序号搜索中,没有找到指定的程序号,即程序未取名;另一种情况是某个指定用于搜索的程序正被后台处理器加以编辑。其报警显示为 PROGRAM NUMBER NOT FOUND。处理方法为检查程序号和外部信号,或终止后台编辑。

(2) 未找到程序名或程序号 指定的程序顺序号在顺序号搜索中未找到。数控铣床在执行镜像加工及转移加工等功能时要用到顺序号搜索。其报警显示为 SEQUENCE NUMBER NOT FOUND。处理方法为检查并修改顺序号。

(3) 程序存储量不够 存储量不够即不能输入新的程序号。其

报警显示为 NO PROGRAM SPACE IN MEMORY。处理方法为删除各种不必要的程序，然后重试。

(4) 程序号溢出

1) 程序名后的程序号为 1 ~ 9999 以外的数字，报警显示为 ILLEGAL PROGRAM NUMBER。处理方法为修改程序号。

2) 系统中存储的程序号数量超过了规定值，如 FANUC 系统只能存储 125 条程序号（即只能存 125 个程序），超过此值报警显示为 TOO MANY PROGRAMS。处理方法为删除各种不必要的程序，并再执行一次程序登录。

(5) 指定的程序号已经被使用 报警显示为 PROGRAM NUMBER ALREADY IN USE。处理方法为更改程序号或删除不必要的程序。

3. 程序结束指令故障实例

一个主程序名，必须用 M02 或 M30 语句结束。M30 语句执行后返回程序首句，故一般使用 M30 语句。同理，必须用 M99 语句结束子程序。程序结束指令故障的报警显示为 ILLEGAL USE OF PROGRAM END。处理方法为修改程序。

4. 数据输入指令故障实例

1) 小数点及负号输入错误。此处特指在某个不能用小数点及负号的地址后输入了该类符号，或者输入了两个或两个以上的小数点及负号。报警显示为 ILLEGAL USE OF DECIMAL POINT。处理方法为修正程序。

2) 进给速度指令错误。在执行直线插补或圆弧插补 G01、G02、G03 指令时，必须指定足够的进给速度 F ；但在执行点定位 G00 指令时，不必指定进给速度 F 。该故障报警显示为 NO FEEDRATE COMMANDED。处理方法为修改程序，加上适当的 F 。

3) 移动轴数错误。指定的移动坐标轴数超出了联动轴数。报警显示为 TOO MANY AXES COMMANDED。处理方法为修改程序。

4) 在指令倒角或拐角的程序段中指定了不适当的移动或移动量。报警显示为 MISSING MOVE AFTER CHF/CNR。处理方法为修改程序。

5) 指定了一个零除数（包括正切 90° ）。该故障的报警显示为 DIVIDED BY ZERO。处理方法为修改程序。

5. 无用 G 代码故障实例

该故障实例以数控铣床常用的 FANUC OMD 系统为例。该系统共指定了 51 个 G 代码，与我国机械行业制定的数控铣床代码标准有些区别，主要是 FANUC OMD 系统取消了 G06 抛物线插补指令、G08 加速指令、G09 减速指令、G45 ~ G48 刀偏位置增减指令等。在编程时不能指定一个不能用的 G 代码，或针对某一个没有提供的功能而指定某个 G 代码，否则将出现报警 IMPROPER G-CODE。处理方法为修改程序。

6. 圆弧插补超差故障实例

在圆弧插补 G02 或 G03 中，圆弧起始点和圆弧中心之间的距离与圆弧终点和圆弧中心之间的距离之差超出了误差值。对 FANUC OMD 系统来说，该误差值为 876 号参数设定的值。其报警显示为 OVER TOLERANCE OF RADIUS。处理方法为重新计算圆弧插补的坐标。

7. 指令过渡故障实例

指令倒角或拐角半径的程序段的下一程序段没有采用指令 G01，且移动距离小于倒角或拐角的半径值，若下一程序段是圆弧插补指令，则会产生干涉过切现象。报警显示为 CODE IS NOT G01 AFTER CHF/CNR AND MISSING MOVE VALUE IN CHF/CNR。处理方法为修改程序。

8. 子程序或宏指令故障实例

该类故障主要有以下几种：

(1) 子程序指令故障 M98、G65 或 G66 指令的程序段中，没有

指定地址 P (程序号), 报警显示为 ADDRESS P NOT DEFINED。处理方法为修改程序。

(2) 程序指令故障

1) NC 指令和用户宏程序指令同时存在。报警显示为 NC MACRO STATEMENT IN SAME BLOCK。处理方法为修改程序。

2) 在宏程序的自变量定义中使用了一个不允许使用的地址。报警显示为 ILLEGAL ARGUMENT ADDRESS。处理方法为修改宏程序。

3) 宏程序括号的嵌套超出上限 (五重)。报警显示为 PARENTHESIS NESTING ERROR。处理方法为修改宏程序。

4.1.2 编程故障的维修技巧

1. 注意数控铣床特有的编程特点

(1) 点位控制功能 利用这一功能, 数控铣床可以进行只需要点位控制的钻孔、扩孔、铰孔、铰孔和镗孔等的加工。

(2) 连续轮廓控制功能 数控铣床通过直线与圆弧插补, 可以实现对刀具运动轨迹的连续轮廓控制, 加工出由直线和圆弧两种几何要素构成的平面轮廓工件。对非圆曲线 (椭圆、抛物线、双曲线等二次曲线及对数螺旋线、阿基米德螺旋线和列表曲线等) 构成的平面轮廓, 在经过直线或圆弧逼近后也可以加工。除此之外, 还可以加工一些空间曲面。

(3) 镜像加工功能 该功能又称为轴对称加工。对于一个轴对称形状的工件来说, 利用这一功能, 只要编出一半形状的加工程序就可完成全部加工了。

(4) 固定循环功能 利用数控铣床对孔进行钻、扩、铰、铰和铰加工时, 加工的基本动作是: 刀具无切削快速到达孔位→慢速切削进给→快速退回。对于这种典型化动作, 可以专门设计一段程序 (子程序) 在需要的时候进行调用来实现上述加工循环。特别是在加工许多相同的孔时, 应用固定循环功能可以大大简化程序, 利用数控

铣床的连续轮廓控制功能时,也常常遇到一些典型化的动作,如铣整圆、方槽等,也可以实现循环加工。对于大小不等的同类几何形状(圆、矩形、三角形、平行四边形等),也可以用参数方式编制出加工各种几何形状的子程序,在加工时按需要调用,并对子程序中设定的参数随时赋值,就可以加工出大小不同或形状不同的工件轮廓及孔径、孔深不同的孔。目前,已有不少数控铣床的数控系统附带有各种已编好的子程序库,并可以进行多重嵌套,用户可以直接加以调用,编程更为方便。

(5) 特殊功能 有些数控铣床在增加了计算机仿形加工装置后,可以在数控和靠模两种控制方式中任选一种来进行加工,从而扩大了机床使用范围。具备自适应功能的数控铣床可以在加工过程中把感受到的切削状况(如切削力、温度等)的变化,通过适应性控制系统及时控制铣床改变切削用量,使铣床及刀具始终保持最佳状态,从而可获得较高的切削效率和加工质量,延长刀具使用寿命。数控铣床在配置了数据采集系统后,就具备了数据采集功能。数据采集系统可以通过传感器(通常为电磁感应式、红外线或激光扫描式)对工件或实物依据(样板、模型等)进行测量和采集所需要的数据。而且,目前已出现既能对实物扫描采集数据,又能对采集到的数据进行自动处理并生成数控加工程序的系统;该系统简称录返系统。这种功能为那些必须按实物依据生产的工件实现数控加工带来了很大的方便,大大减少了对实物的依赖,为仿制与逆向进行制造一体化工作提供了有效的途径。

2. 注意圆弧参数计算误差对编程的影响

在按零件图样尺寸计算圆弧参数(如圆弧切点、终点坐标、所在圆的圆心坐标)时,误差的产生是不可避免的,特别是在两个或两个以上的圆弧连续相切或相交时,产生的误差累积使得圆弧起点相对于圆心的增量值 I 、 J 的误差增大,如图4-1所示。因此,在计算之后一定要注意复验 I 、 J 的误差,一般应保证下式成立:

$|\sqrt{I^2 + J^2} - R| \leq 2\delta_a/3$ ，式中 δ_a 为控制系统允许的最大圆弧插补误差。

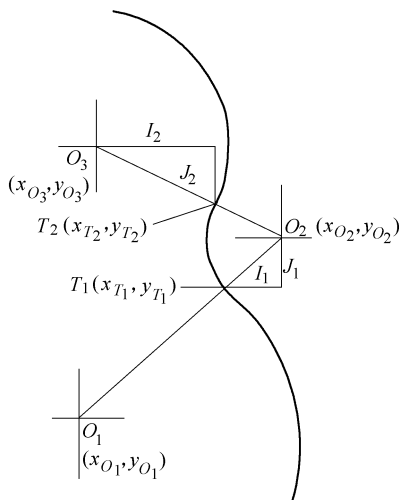


图 4-1 圆心累积误差

3. 注意零件尺寸公差对编程的影响

如图 4-2 所示，由于零件轮廓各尺寸公差带不同，如果用同一把铣刀、同一刀具半径补偿值编程加工，将难以保证各处尺寸在公差范围之内。

解决这一问题的方法是，兼顾各尺寸公差，在编程计算时，改变轮廓尺寸并移动公差带，采用同一把铣刀、同一个刀具半径补偿值加工。图 4-2 中的括号内尺寸，其公差带均作了相应改变，计算与编程时用括号内尺寸来进行。另一种方法是，仍以图样中的名义尺寸计算和编程，用同一把刀加工，在不同加工部位编入不同的刀具号，加工时赋予不同的刀具补偿值，但实际操作时不易实现。

此外，还有一些封闭尺寸必须通过尺寸链的计算进行编程，否则会出现超差，如图 4-3 所示。

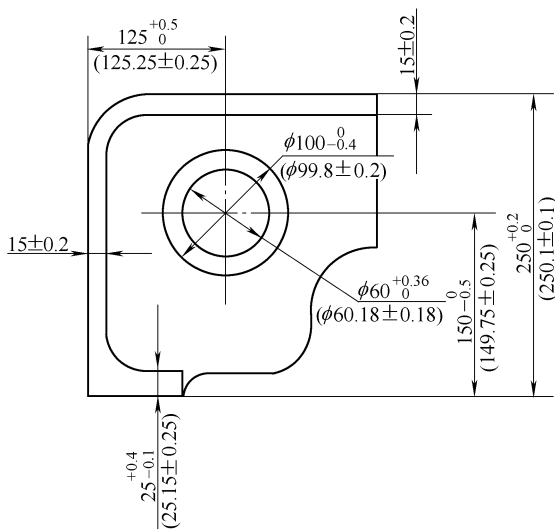


图 4-2 零件尺寸公差对编程的影响

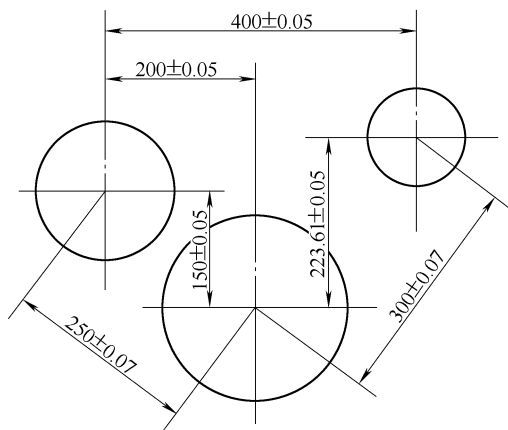


图 4-3 零件的封闭尺寸对编程的影响

4. 注意转接凹圆弧对编程的影响

对于与圆弧相切或相交的转接凹圆弧,如图 4-4 所示, $\phi 60\text{mm}$ 与 $R10\text{mm}$ 之间的转接凹圆弧,由于这种转接凹圆弧直径都比较小,

选择铣刀直径时，最好的办法就是在编程计算时，把图样中最小的转接凹圆弧半径放大一些（在其加工允许范围内），例如图 4-4 中的 $R10\text{mm}$ 放大为 $R10.5\text{mm}$ 或 $R11\text{mm}$ 来进行计算，以扩大刀具半径补偿范围。当其半径较小时（如 $R5\text{mm}$ ），则可先按大圆弧半径来编程，再安排补加工（换小铣刀来完成）。

5. 注意转接尖角

用折线逼近曲线时如果没有注意到其尖角是凸还是凹，尤其是在曲线拐点附近不容易分辨的情况下，在尖角处采用过渡圆弧编程很容易产生过切现象，如图 4-5a 所示。此外，因凸型尖角附近有轮廓限制，若所选用的铣刀直径过大，尖角处采用过渡圆弧编程也会产生过切现象，如图 4-5b 所示。遇到上述情况，应放弃对此尖角处的过渡圆弧编程。

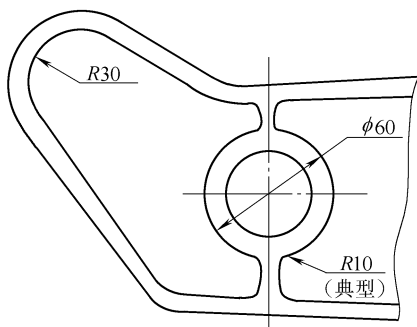


图 4-4 转接凹圆弧对编程的影响

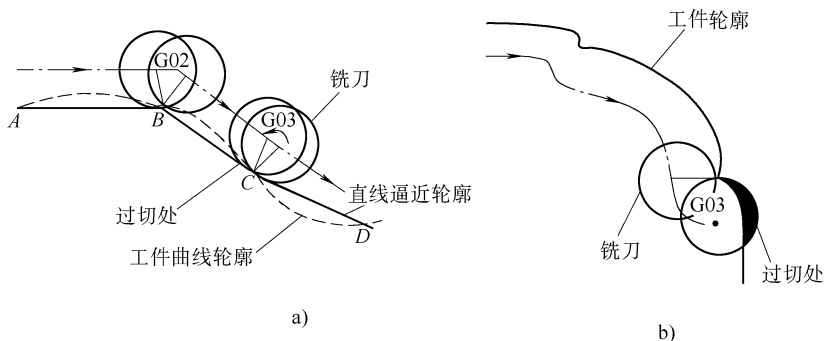


图 4-5 两种尖角过切现象
a) 尖角处过切 b) 大直径铣刀过切

6. 编程故障的排除方法

一般情况下，该类故障的排除方法为根据编程规则修改程序，并

按 RESET 键复位, 在修改程序时一定要同特定数控系统的编程说明书结合起来, 使结果更合理。

以 FANUC 系统为例, 为尽量避免编程故障, 必须非常熟悉数控系统面板中各键盘的功能。FANUC 数控系统面板示例如图 4-6 所示。

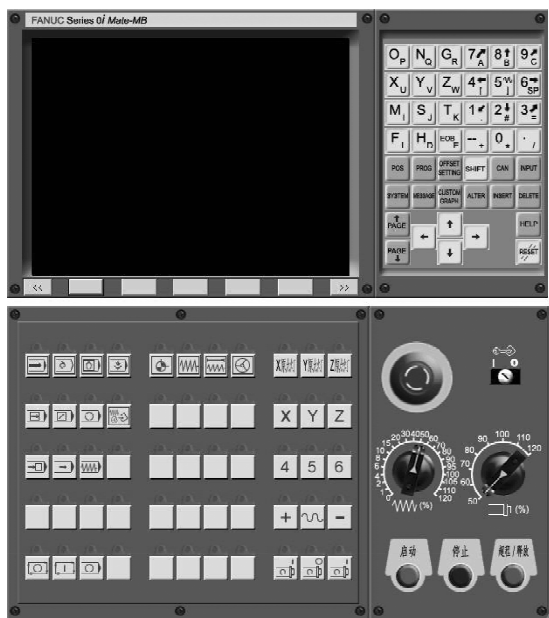


图 4-6 FANUC 数控系统面板示例

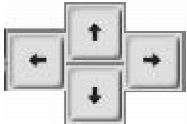
数控系统面板上各键盘的含义为

名 称	功 能 说 明
复位键 	按下这个键可以使 CNC 复位或者取消报警等
帮助键 	当对 MDI 键的操作不明白时, 按下这个键可以获得帮助

(续)

名 称	功 能 说 明
软键	根据不同的画面，软键有不同的功能。软键功能显示在屏幕的底端
地址和数字键 	按下这些键可以输入字母、数字或者其他字符
切换键 	在键盘上的某些键具有两个功能。按下 < SHIFT > 键可以在这两个功能之间进行切换
输入键 	当按下下一个字母键或者数字键时，再按该键数据被输入到缓冲区，并且显示在屏幕上。要将输入缓冲区的数据复制到偏置寄存器中等，请按下该键。这个键与软键中的 [INPUT] 键是等效的
取消键 	取消键，用于删除最后一个进入输入缓存区的字符或符号
程序功能键 	 : 替换键  : 插入键  : 删除键
功能键 	按下这些键，切换不同功能的显示屏幕  : 按下该键以显示位置屏幕  : 按下该键以显示程序屏幕  : 按下该键以显示偏置/设置 (SETTING) 屏幕  : 按下该键以显示系统屏幕  : 按下该键以显示信息屏幕  : 按下该键以显示用户宏屏

(续)

名 称	功 能 说 明
光标移动键 	有四种不同的光标移动键  用于将光标向右或者向前移动  用于将光标向左或者往回移动  用于将光标向下或者向前移动  用于将光标向上或者往回移动
翻页键 	有两个翻页键  用于将屏幕显示的页面往前翻页  用于将屏幕显示的页面往后翻页

要显示一个更详细的屏幕，可以在按下功能键后按软键。最左侧带有向左箭头的软键为菜单返回键，最右侧带有向右箭头的软键为菜单继续键。在 FANUC 数控系统的数控铣床上创建和编辑程序的正确方法为

(1) 新建程序

- 1) 按下机床面板上的编辑键 ，系统处于编辑运行方式。
- 2) 按下系统面板上的程序键 ，显示程序屏幕。
- 3) 使用字母和数字键，输入程序号。例如，输入程序号 00006。
- 4) 按下系统面板上的插入键 。

5) 这时程序屏幕上显示新建立的程序名，接下来可以输入程序内容，如图 4-7 所示。

6) 在输入到一行程序的结尾时，先按 EOB 键生成“;”，然后再按插入键。这样程序会自动换行，光标出现在下一行的开头。



图 4-7 新建程序名窗口

(2) 从外部导入程序

1) 点击菜单栏“数控加工” -> “加工代码” -> “代码传送”，弹出 Windows 打开文件对话框。

2) 从计算机中选择代码存放的文件夹，选中代码，按“打开”键。

3) 按程序键 ，显示屏上显示该程序。同时该程序名会自动加入到 DRCTRY MEMORY 程序名列表中。

(3) 打开目录中的文件

1) 在编辑方式下，按程序键 。

2) 按系统显示屏下方与 DIR 对应的软键。

3) 显示 DRCTRY MEMORY 程序名列表，如图 4-8 所示。

4) 使用字母和数字键，输入程序名。在输入程序名的同时，系统显示屏下方出现“O 检索”软键，如图 4-9 所示。

5) 输完程序名后，按“O 检索”软键。

6) 显示屏上显示 00100 这个程序的程序内容，如图 4-10 所示。

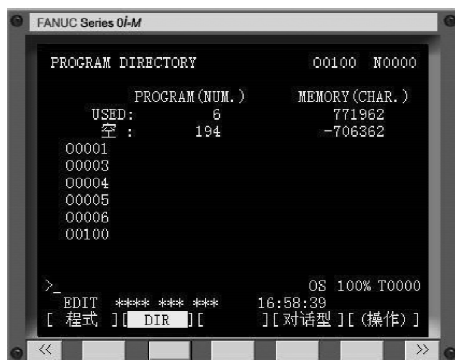


图 4-8 DRCTRY MEMORY 程序名列表

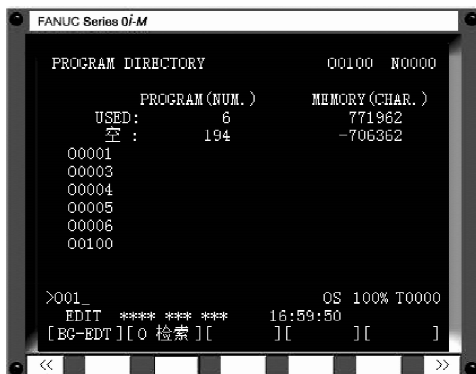


图 4-9 输入程序窗口

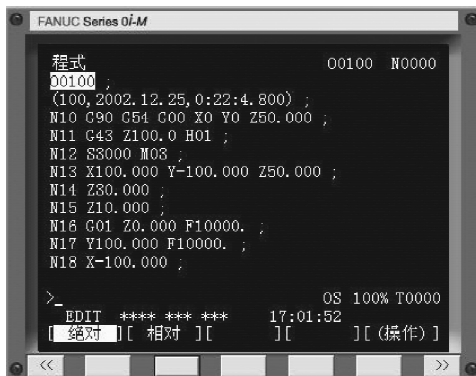


图 4-10 程序内容显示窗口

(4) 编辑程序 下列各项操作均是在编辑状态下、程序被打开的情况下进行的。

1) 字的检索。按“操作”软键，，按最右侧带有向右箭头的菜单继续键，直到软键中出现“检索”软键，输入要检索的字。例如，要检索 M03，则输入 M03，按检索键。带向下箭头的检索键为从光标所在位置开始向程序后面检索，带向上箭头的检索键为从光标所在位置开始向程序前面进行检索，可以根据需要选择一个检索键。光标找到目标字后，定位在该字上，如图 4-11 所示。

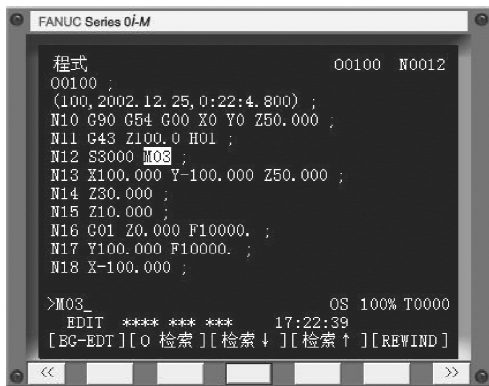


图 4-11 字的检索

2) 跳到程序头。当光标处于程序中间，而需要将其快速返回程序头，按下复位键，光标即可返回程序头。

3) 字的插入。使用光标移动键，将光标移到需要插入的后一位字符上。键入要插入的字和数据（如 X20），按下插入键。这时光标所在的字符之前出现新插入的数据，同时光标移到该数据上。

4) 字的替换。使用光标移动键，将光标移到需要替换的字符

上,键入要替换的字和数据,按下替换键  ,这时光标所在的字符被替换,同时光标移到下一个字符上。

5) 字的删除。使用光标移动键,将光标移到需要删除的字符上,按下删除键  ,这时光标所在的字符被删除,同时光标移到被删除字符的下一个字符上。

6) 输入过程中的删除。在输入过程中,即字母或数字还在输入缓存区、没有按插入键  时,可以使用取消键来进行删除。每按一下  ,则删除一个字母或数字。

(5) 删除目录中的文件

1) 在编辑方式下,按程序键  。

2) 按 DIR 软键。

3) 显示 DRCTRY MEMORY 程序名列表。

4) 使用字母和数字键,输入欲删除的程序名。

5) 按系统面板上的删除键  ,该程序将从程序名列表中删除。需要注意的是,如果删除的是从计算机中导入的程序,那么这种删除只是将其从当前系统的程序列表中删除,并没有将其从计算机中删除,以后仍然可以通过从外部导入程序的方法再次将其打开和加入列表。

4.1.3 刀补故障的维修实例

1. 数控铣床的刀补特点

数控铣床在切削过程中不可避免地存在刀具磨损问题,如钻头长度变短,铣刀半径变小等,这时加工出的工件尺寸会随之变化。如果系统具有刀具尺寸补偿功能,可在操作面板上输入相应的修正值,使

加工出的工件尺寸仍然符合图样要求，否则就得重新编写数控加工程序。有了刀具补偿功能后，使数控编程大为简便，在编程时可以完全不考虑刀具中心轨迹计算，直接按零件轮廓编程。启动机床加工前，只需输入使用刀具的参数，数控系统会自动计算出刀具中心的运动轨迹坐标，减轻了编程人员的劳动强度。刀具尺寸补偿通常有两种，即刀具长度补偿和刀具半径补偿。

(1) 刀具长度补偿 刀具长度补偿是用来补偿刀具长度差值的。一般用于刀具轴向（ Z 方向）的补偿，它使刀具在 Z 方向上的实际位移量比程序给定值增加或减少一个偏置量，当实际刀具长度与编程的标准刀具长度不一致时，可以通过刀具长度补偿功能实现对刀具长度差值的补偿。只要把实际刀具长度与编程标准刀具长度之差作为偏置值存入刀具参数存储器里，即可在不改变程序的情况下，加工出所需要的零件尺寸，如图 4-12 所示。

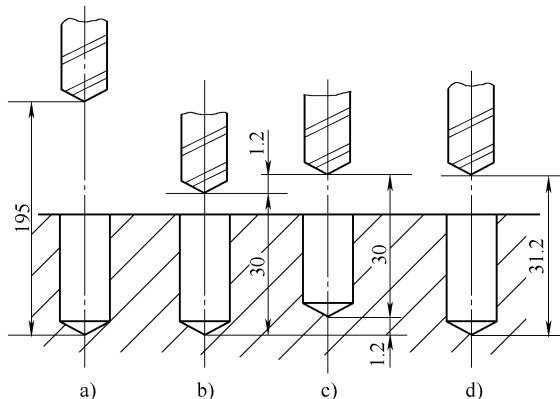


图 4-12 刀具长度补偿

- a) 钻头开始运动位置 b) 钻头工作进给起始位置
c) 刃磨后钻头工作进给起始位置 d) 长度补偿后钻头工作进给的起始位置

当刀具实际尺寸比编程标准刀具短 1.2mm 时，如果还按原加工程序加工，孔深将比要求深度短 1.2mm。这时，可以利用刀具长度补偿功能，将刀具长度差值 1.2mm 作为偏置值存入刀具参数存储器，

而无需重新编程。图 4-12a 表示钻头开始运动位置，图 4-12b 表示钻头正常工作进给的起始位置和钻孔深度，这些参数都在程序中以规定，图 4-12c 所示钻头经刃磨后长度方向上尺寸减少了 1.2mm，如果按原程序运行，钻头工作进给的起始位置将成为图 4-12c 所示位置，而钻进深度也随之减少 1.2mm。要改变这一状况，靠改变程序是非常麻烦的，用长度补偿解决了这一问题。图 4-12d 表示用长度补偿后，钻头工作进给的起始位置和钻孔深度。在程序运行中，让刀具实际的位移量比程序给定值多运行一个偏置量（1.2mm），不用修改程序即可加工出程序中规定的孔深。

刀具长度补偿的格式为 G43(G44) Z _ H _。G43 为刀具长度正补偿，G44 为刀具长度负补偿。Z 为目标点坐标，H 为刀具长度补偿值的存储地址，补偿量存入由 H 代码指定的存储器中。使用 G43、G44 时，不管用绝对尺寸还是用增量尺寸指令编程，程序中指定的 Z 轴移动指令的终点坐标值，都要与 H 代码指令的存储器中的偏移量进行运算，G43 时相加，G44 时相减。然后把运算结果作为终点坐标值进行加工。G43、G44 均为模态代码。

G49 为刀具长度补偿撤销指令，指令刀具只运行到编程终点坐标。

(2) 刀具半径补偿 数控铣床一般都具有刀具半径补偿功能。使用该功能时，可直接按零件轮廓尺寸进行编程，当刀具发生磨损、重磨及更换新刀而导致刀具尺寸变化时，只要改变刀具半径的输入数值，仍可用原来的程序进行加工。图 4-13 为刀具半径补偿加工示意图。

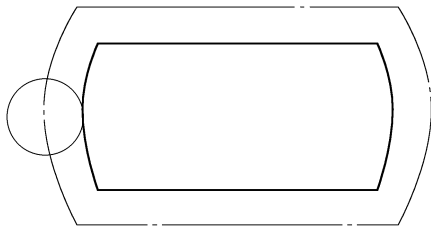


图 4-13 刀具半径自动补偿

图 4-13 中的实线为零件的轮廓轨迹，计算机根据刀具半径值经自动计算后，控制刀具中心向外移动一个刀具半径后沿图

中点划线走刀。

刀具半径补偿的过程分为三步：

1) 刀补的建立。刀补的建立就是在刀具从起点接近工件时，刀具中心从与编程轨迹重合过渡到与编程轨迹偏离一个刀具半径值的过程。图 4-14 为加工直线与圆弧建立刀补的示意图，图中 AB 段为建立刀补段， A 点为刀具起点。若不采用刀补，由 $A \rightarrow B$ 时，刀具中心在 B 点，刀具中心与工件轮廓轨迹重合；若采用刀补，由 $A \rightarrow B$ 时，刀具让出了一个刀具半径 r ，使刀具中心移到 C 点。在图 4-14 中， A 为起点， AC 是建立刀补后的刀具中心运动轨迹，用 $G01$ 编程， BC 为刀具半径 r 。

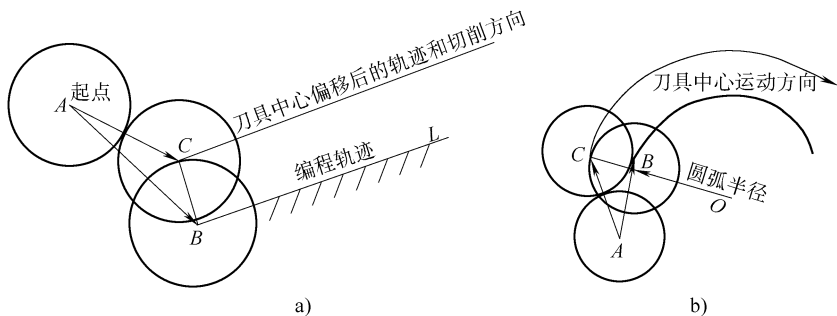


图 4-14 刀补的建立

a) 加工直线时刀补的建立 b) 加工圆弧时刀补的建立

2) 刀补建立后的编程

① 左边刀具半径补偿指令 $G41$ 。程序格式为 $G41 G01 X_Y_F_D_$ 。左刀补示意图如图 4-15 所示。假设工件不动，沿刀具进给方向，当刀具中心在工件轮廓左侧时，用左边刀具半径补偿。 $G41$ 发生前，刀具参数必须预先设定，即刀补值 D 必须预先设定。 $G41$ 程序段，必须有 $G01$ 功能及对应的坐标参数才有效。 $G41$ 与取消刀补指令 $G40$ 之间不得出现任何转移加工，如镜像、子程序跳转等。

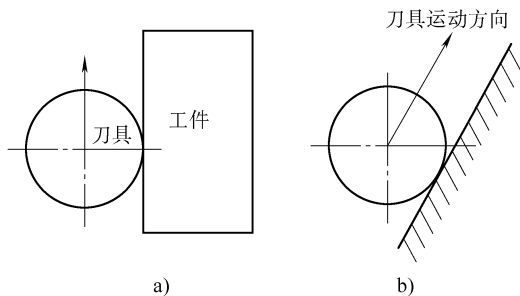


图 4-15 刀具左刀补 G41

a) 左刀补示意图 b) 左刀补时刀具运动方向

② 右边刀具半径补偿指令 G42。程序格式为 G42 G01 X _ Y _ F _ D _。右刀补示意图如图 4-16 所示，同样假设工件不动，沿刀具进给方向看，当刀具中心在工件轮廓右侧时，用右边刀具半径补偿指令 G42，其他的字母含义与 G41 相同。

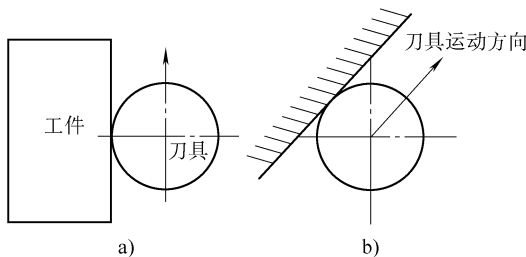


图 4-16 刀具右刀补 G42

a) 右刀补示意图 b) 右刀补时刀具运动方向

3) 刀补的取消指令 G40。最后一段刀补轨迹加工完成后，刀具离开工件应有一段直线使刀具中心轨迹过渡到与编程轨迹重合，这与建立刀补方式类似。刀补终点应选择在工件以外，否则会碰刀。现以图 4-17 为例进行说明。

若在 B 点撤消刀补，刀具中心由 A 点移动到 B 点，则容易碰刀，造成工件报废。可以选择在 C 点撤消刀补，以 G01 方式使刀具移到 C

点,此时刀具中心移动的轨迹为 AC 。若不在 B 点撤消刀补,则加工到 B 点时,刀具中心在 A 点,在不撤消刀补的情况下加工到 C 点,则刀具中心在 D 点,刀具中心轨迹为 AD 。程序的格式为: $G40\ G01\ X_Y_F_D_$ 。

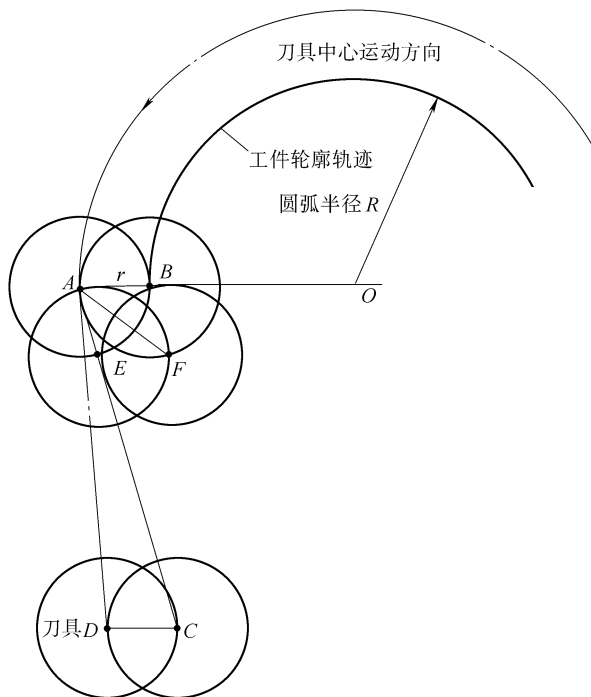


图 4-17 刀补的撤消

值得注意的是, $G40$ 必须与 $G41$ 或 $G42$ 成对使用。编入 $G40$ 的程序段为撤消刀具半径补偿的程序段,必须用直线插补 $G01$ 指令和数值编入撤消刀补的轨迹。

2. 长度刀补故障的维修实例

在 $G43$ 和 $G44$ 程序段中没有对刀具长度补偿指定坐标轴,或长度补偿未取消,又对另一个坐标轴进行刀具长度补偿。其报警显示为

NO AXES COMMANDED IN G43/G44。处理故障的方法为修改程序。另外,由H代码指定的长度补偿值太大,也会产生报警。其报警显示为ILLEGAL OFFSET VALUE。其处理方法也为对程序进行修改。

3. 半径刀补故障的维修实例

半径刀补的故障主要有以下几种情况:

1) 对刀尖半径补偿不能确定交叉点。其报警显示为NO SOLUTION AT CRC。解决故障的办法为修改程序。

2) 刀补建立和取消采用G02或G03指令。刀补建立和取消必须在直线运动G01状态,否则将产生报警NO CIRC ALLOWED IN SETUP/EXT BLK。解决办法为修改程序。

3) 刀补平面故障。刀具半径补偿指令必须在确定的补偿平面内进行,对FANUC OMD系统而言,G17表示XY平面补偿,G18表示XZ平面补偿,G19表示YZ平面补偿。补偿平面的切换必须在取消刀具补偿指令G40执行后才可以进行,否则将出现报警CAN NOT CHANGE PLANE IN CRC。处理方式为修改程序。

4) 重复补偿。刀具半径补偿的同时指定了刀具偏置G45~G48,这时会出现报警G45/G48 NOT ALLOWED IN CRC。处理方法为修改程序。

5) 刀补过切故障。由于起始点或终点与圆弧中心重合而出现过切,这时出现报警INTERFERENCE IN CIRCULAR BLOCK。在刀具半径补偿下,连续指定了两个或两个以上的程序段,在其中没有移动指令,只执行辅助功能和暂停功能。这时出现报警INTERFERENCE IN CRC。以上报警均可用修改程序来消除。

4.1.4 刀补故障的维修技巧

1. 可以利用刀补进行粗、精加工

用同一程序、同一尺寸的刀具,利用刀补值可进行粗、精加工,这点在维修时要引起注意。如图4-18所示,刀具半径为 r ,精加工余

量为 δ 。粗加工时,输入刀具直径 $D=2(r+\delta)$,则加工出点画线所示轮廓;精加工时,用同一程序,同一把刀具,但输入刀具直径 $D=2r$,则加工出实际轮廓。

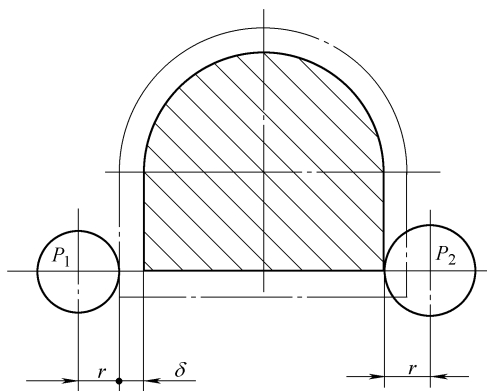


图 4-18 利用刀补值进行粗、精加工

P_1 —粗加工刀具圆心位置 P_2 —精加工刀具圆心位置

2. 避免计算刀具圆心轨迹

若计算刀心轨迹,因交叉点计算复杂,反而会引起计算误差出现报警,应直接用零件轮廓尺寸编程。

3. 注意刀补与刀具磨损

刀具因磨损、重磨、换刀而引起直径改变后,不必修改程序,只需在刀具参数设置状态输入刀具半径改变的数值,如图 4-19 所示,只需将刀具参数库中的刀具半径 r_1 改为 r_2 ,即可用同一程序继续加工。

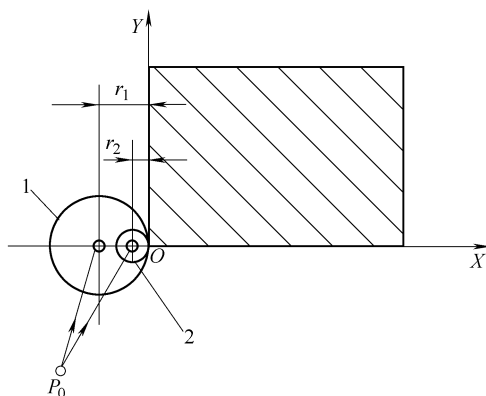


图 4-19 刀补与刀具磨损

1—未磨损刀具 2—磨损后刀具

4. 利用刀补值控制轮廓尺寸精度

因为刀具直径的输入值具有小数点后2~4位的精度，故可控制轮廓尺寸精度。如图4-20所示，单面加工，若测得尺寸 L 偏大了 δ （实线轮廓），则将原来的刀补值 $D=2r$ 改为 $D=2(r-\delta)$ ，即可获得尺寸 L （点画线轮廓）。

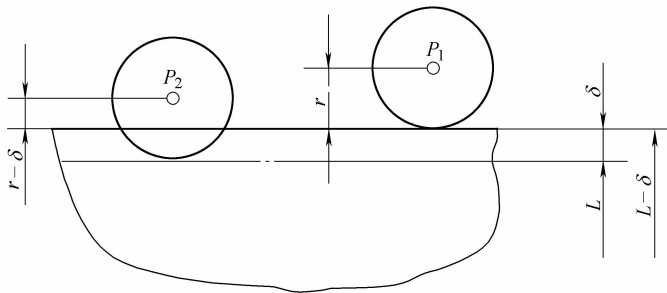


图4-20 利用刀补值控制尺寸精度

5. 利用刀补加工内外型面

利用刀具补偿功能，可用同一个程序，加工同一公称尺寸的内、外两个型面。图4-21a中粗实线为零件的轮廓线。在编程时，当偏置量设为 $+D$ 时，刀具中心将沿轨迹 A 在工件轮廓外侧切削，当偏置量设为 $-D$ 时，刀具中心将沿轨迹 B 在工件轮廓内侧切削。这种功能大多用于模具加工。如图4-21b所示，按轨迹 A 加工模具的阳模，按轨迹 B 加工模具的阴模。

6. 注意加工小于刀具半径的圆弧内侧的情形

指令的圆弧半径小于刀具半径时，若进行内侧刀补偏置会产生过切。这种情况下，在其最前面的程序段开始之后会产生报警并停止运行。但是，由于最前面的程序段单段停止时，已经移动到了其程序段的终点，因此过切已经产生。这种情形如图4-22所示。

7. 注意加工宽度小于刀具半径的沟的情形

这种情形下，刀具半径补偿后的刀具中心轨迹与编程的方向相反

时,会产生过切,在其最前面的程序段开始之后会产生报警并停止运行。此种情形如图 4-23 所示。

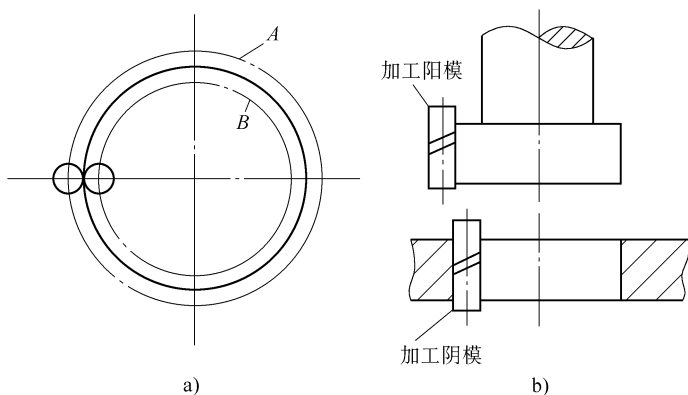


图 4-21 利用刀补加工内外型面

a) 利用刀补加工内外型面 b) 利用刀补加工阴阳模具

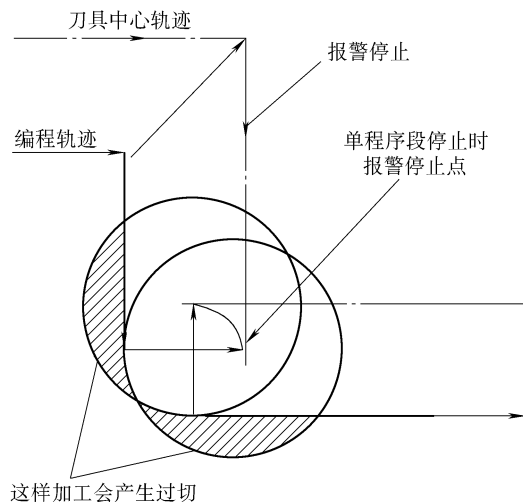


图 4-22 加工小于半径圆弧的刀补偏置

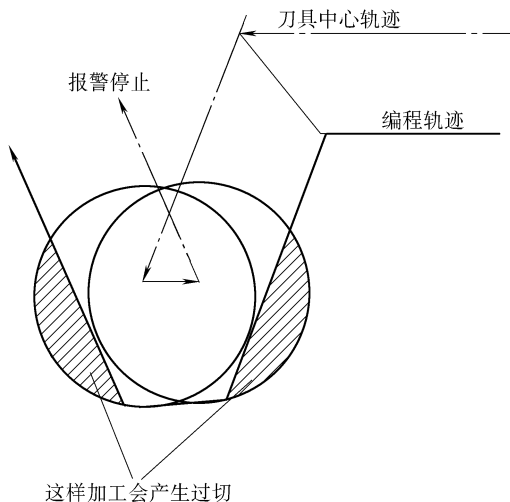


图 4-23 加工宽度小于刀具半径的沟的刀补偏置

8. 正确设置刀补值及正确的对刀方法可减少刀补故障

(1) 设置刀具补偿值 以 FANUC 数控系统为例。

1) 按下编辑键，进入编辑运行方式。

2) 按下偏置/设置键 .

3) 显示刀具补偿界面。如果显示屏幕上没有显示该界面，可以按“补正”软键打开该界面，如图 4-24 所示。

4) 例如，要设定 009 号刀的补正值为 -1.000（高度方向），可以使用翻页键和光标键将光标移到需要设定刀补的地方。

5) 使用数字键输入数值“-1.”。在输入数字键的同时，软键中出现输入键。

6) 按输入键 ，或者按软键中的“输入”键，这时该值显示为新输入的数值，如图 4-25 所示。

7) 如果要修改输入的值，可以直接输入新值，然后按输入键

INPUT

或者“输入”软键。



图 4-24 刀具补偿界面



图 4-25 设定刀具补偿示例

(2) 正确的对刀方法 以 FANUC 数控系统为例。
所谓对刀就是显示和设置工件原点偏移值，其方法为

1) 按下偏置/设置键 .

2) 按下“坐标系”软键 .

3) 屏幕上显示工件坐标系设定界面,如图4-26所示。该屏幕包含两页,可使用翻页键翻到所需要的页面。



图4-26 工件坐标系设定界面

4) 使用光标键将光标移动到想要改变的工件原点偏移值上。例如,要设定 G54 X20. Y50. Z30., 首先将光标移到 G54 的 X 值上。使用数字键输入数值“20.”, 然后按下输入键 , 如图4-27所示。



图4-27 设定X向工件原点偏移值

5) 如果要修改输入的值,可以直接输入新值,然后按输入键 。

6) 重复第4步,改变Y向及Z向另两个偏移值。

4.2 参数故障的维修实例及技巧

4.2.1 参数故障的维修实例

1. CNC 系统的失控与参数调整

这种故障的表现形式为系统通电后能进入准备状态,无任何报警产生,光屏显示正常,各种操作开关、按钮可以起作用,但是,各种功能均处于不正常状态。比如,可以点动快移,但快移修调开关不起作用;循环启动按钮有效,但进给率都不正常等,这种情况称为失控现象。故障的排除方法就是进行全机清零,然后输入正确的参数,系统就会进入正常状态。其原因是参数中有些是相互关联的,如果出现不匹配的设定或者设置错误,就会出现这种现象。典型的实例有以下两例:

(1) 机床只能向坐标的负方向运动 某数控铣床的控制系统为FANUC OM,具体故障现象为:在进行回零操作(返回参考点)时,机床在正方向移动很小一段距离就产生正向超程报警,按复位按钮不能消除。停电后再送电,机床准备正常,但进行回零操作还是报警。从现象上来看好像是通电后机床所处的位置就是机床零点,再向正向移动就产生软件超程保护,所以只能向负方向运动。这样导致铣头越来越靠近工作台,最后机床将不能再使用。此故障的排除方法为:机床通电后首先修改参数,对FANUC OM系统而言,将参数LT1X1 LT1Z1,也就是第143与第144号参数的设置量改为+99999999,然后进行正确的回零操作,回零完毕后,将上述参数改为原设定量即可。对于其他的数控系统,只要找到对应的参数,用上述方法修改

即可。

(2) 机床不能完成参考点返回 机床通电后进行返回参考点操作就撞超程保护开关,产生超程报警,机床不能完成返回参考点的操作。这实际上是处于不报警的“报警”状态,是不宜进行其他操作的。对于 FANUC OM 系统而言,该故障的排除方法是检查参数第 000 项的第 7 位,此项参数的正确设置为 1,如果为 0 则改为 1 即可。故障的产生原因是由于受某种干扰造成的。干扰使参数改变的现象时有发生,特别对于状态型参数这种现象更为明显。

2. 手摇脉冲发生器损坏与参数调整

手摇脉冲发生器的电路板、插接件、接口故障都会导致手摇脉冲发生器不能使用,这样对刀具就不能进行微调,不能进行对刀。此时只有更换或修复脉冲发生器,但这需要一定的时间。为使机床不停止工作,可以将参数 001 项的第六位设置为 0,用点动按钮来进行单脉冲操作,这样也可以完成刀具的微调工作,待手摇脉冲发生器修好后再将该参数设置为 1。该方法针对 FANUC OM 数控系统,对其他型号的数控系统,只要找到对应的参数,用上述方法修改即可。

3. X、Y、Z 三轴误差补偿参数丢失故障

某数控铣床采用美国 CINCINATI 公司的 A850 型数控系统,在自检过程中出现误操作,致使机床出现下列故障:

1) 系统自检能通过但不能加载,机床面板显示 MACHINE INITIALIZATION PERMISSION 其意为允许机床初始化。

2) 机床的 X、Y、Z 轴误差补偿表参数全部丢失,其输入参数的菜单 MIB COMM 和 ERR COMP 都没有显示在面板上。

经检查发现该系统的 P3 随机存储器板损坏,存储器内数据丢失。将一块与原随机存储板同型号的板插入系统,启动后故障照旧。经分析可知这是因为新的存储板上没有数据。A850 数控系统采用 4 块大容量随机存储器板,每个 RAM 存储器都由 1 个大电容和 1 个电池保存数据。若将 1 块好的存储器模块拔下来进行复制,则数据将会丢

失。因此，新的存储器板上数据的输入只能采用在线输入。经反复检查发现，A850 数控系统中第 102 号系统参数是专门控制该种机床初始化用的，新的随机存储器板插入系统以后，必须先进行初始化才能输入数据。具体的做法如下：

1) 将新的存储器板插入系统，先将系统参数 102 号设定为 0，这时面板上即可显示输入数据的菜单 MIB COMM 和 ERR COMP。

2) 输入正确数据。

3) 将 102 号参数设定为 1 状态。

4) 关机。

经过以上步骤后，重新启动机床，系统自检通过、加载正常，机床故障修复。

4. 伺服轴定位误差故障

定位精度是数控机床位置精度中的一项重要指标。在精密加工中，机床的定位误差占到加工精度的一半以上。减少定位误差，提高定位精度是提高机床加工精度的一项重要工作。对于闭环控制系统，定位误差主要是由位置检测元件的精度造成的。该项误差属于系统误差，对于由数控系统控制的机床，该项误差可通过数控系统的补偿功能来减少。要消除定位误差故障，可通过对与数控系统的补偿功能有关的机床数据进行计算和设置，实现对机床所有伺服轴定位误差进行补偿，将该项误差限制在机床允许的误差范围内。以 SINUMERIK 840C 系统为例说明补偿参数的设置步骤如下：

(1) 找出 840C 数控系统有参数补偿的机床数据

1) NC MD316 及 NC MD320。这两个数据分别表示正向移动补偿参考点位置标示（参考点 + 偏置）及反向移动补偿参考点位置标示（参考点 - 偏置），设定范围为 0 ~ 249，表示了需要补偿的伺服轴的参考点在补偿中的位置。当伺服轴在正向和反向移动，其误差曲线变化的趋势相一致时，这两个数据的设置可以相同，此时在伺服轴正向和反向移动时的补偿点是同一点。即当对某伺服轴中的某一点进行补

偿时,其补偿量同时影响正向移动和反向移动。当其误差曲线变化的趋势不一致时,这两个数据的设置不能相同,并使正向和反向移动的有效坐标值范围不重叠,以保证在正向移动时的补偿值不影响反向移动的定位精度,反向移动时的补偿值不影响正向移动的定位精度。否则正反向移动将相互影响,有可能使定位误差增大。

2) NC MD324。表示两个补偿点之间的距离,设定值范围为 $0 \sim 32000$ ($1/1000\text{mm}$)。确定该值时应考虑到,所有需补偿伺服轴的补偿点总数量应不超过 1000 个,并根据各伺服轴的误差曲线进行合理设定。

3) NC MD328。该补偿值的设定范围为 $0 \sim 100$ ($1/1000\text{mm}$),为在补偿点对误差的修正量,应根据机床精度要求来设定。例如,机床要求定位精度为 0.005mm ,则该补偿值的设定应小于 0.005mm 。

4) NC MD6000 ~ MD6249。该值为误差补偿点, SINUMERIK 840C 将所有的补偿点定位在机床数据 MD6000 ~ MD6249 之间,共 250KB。每个字节有 8 位,每两位为一个补偿点,即 0、2、4、6 位为补偿设置。该位若为 1 则是正补偿,若为 0 则是负补偿。1、3、5、7 位为补偿设置,该位若为 1 则补偿有效,该位若为 0 则补偿无效。该数控系统共有补偿点总数为 $250 \times 4 = 1000$ 个,所以要求所需补偿伺服轴的补偿点数量总数不大于 1000 个。

(2) 计算各机床数据的参数值 由于各机床的控制轴数量、各轴的移动范围等均不相同,因此对上述各机床数据的参数值必须进行计算确定,主要的计算参数有以下几个:

1) 计算所有需补偿的伺服轴的有效行程。一般数控铣床的伺服轴共有 4 个: 3 个线性轴及 1 个旋转轴。线性轴记为 X 、 Y 、 Z 轴,旋转轴记为 B 轴,一般仅对线性轴进行补偿。

2) 补偿方式。一般来说 X 轴正向移动和反向移动采用分别补偿, Y 、 Z 轴正向移动和反向移动采用同时补偿。

3) 确定两个补偿点之间的距离。该距离越小补偿效果越好。

- 4) 确定各轴的补偿点在机床数据中的分布。
- 5) 计算各轴的参考点在补偿点中的位置。

从以上的计算参数可知,消除伺服轴定位误差须先确定误差补偿所需的机床数据,再在机床上对相应的机床数据进行修正,然后利用检测仪器对各伺服轴定位精度进行测量,根据测量结果对相应的补偿点进行修正,使机床的定位误差控制在机床的允许误差范围内。另外还应注意,该数控系统对相应的机床数据(补偿点)的修正是在通电 NC POWER ON 时生效的,因此在对相应的机床数据(补偿点)的修正后,应将 NC 停电再送电,对修正的结果进行校验。

4.2.2 参数故障的维修技巧

1. 产生参数故障的原因

数控机床在使用过程中,在许多情况下都会产生参数故障,产生故障的主要原因有下面几种:

1) 数控系统后备电池失效。后备电池失效将导致全部参数丢失,因此在机床正常工作时,应注意 CRT 上是否有电池电压低的报警显示。如发现该报警,应在一周内更换符合系统生产厂要求的电池。更换电池的操作步骤应严格按系统生产厂的要求进行,如果机床长期停用,最容易出现后备电池失效的现象。应定期为机床通电,使机床空运行一段时间。这样不但有利于后备电池使用寿命的延长和及时发现后备电池是否失效,而且对机床数控系统、机械系统等整个系统使用寿命的延长有很大的益处。

2) 操作者的误操作。误操作在初次接触数控机床的操作者中是经常出现的问题。由于误操作,有时将全部参数消除,有时将个别参数改变。为避免出现这类情况,应对操作者加强岗前、岗中的技术培训,制定可行的操作规程并严格执行。

3) 机床在 DNC 状态下加工工件,或进行数据通信过程中电网瞬间停电会导致参数丢失。

由上述原因可以看出,数控机床参数改变或丢失的原因,有些是可以通过采取措施减少或杜绝的,有些则是无法避免的。当参数改变或机床异常时,首先要进行的工作是数控机床参数的检查和恢复。

2. 参数的恢复方法

由于数控机床所配的数控系统种类繁多,参数恢复的方法也因系统而异,即使是对同一厂家的产品,也因系列不同而有所差别。此处以数控铣床使用较多的 FANUC 0 系统为例介绍参数恢复的方法。FANUC 0 系统参数主要有在参数栏目下的数控参数及在诊断栏目下的 PMC 参数两大部分。当参数出现问题时,可采用以下三种方法中的一种来恢复:

1) 对照随机资料参数表的硬复制,逐个检查机床的参数。当发现有不一致的参数,就复制该参数来恢复机床参数。这种方式不需要外部设备,但要检查并恢复一万多个参数,费时、费神、效率低且容易出错。

2) 利用 FANUC 公司专用的输入输出设备。如读带机、FANUC 卡带及 FANUC PPR (包括打孔机、打印机及读带机的一体化输入输出装置)。因 FANUC 外部输入输出设备功能单一、利用率低,随着计算机的普及,购买数控机床时选购 FANUC 输入输出设备的厂家已越来越少。

3) 利用计算机和数控机床的 DNC 功能,通过 DNC 软件进行参数输入。这种方式因其效率高、操作简单,输入参数的出错率非常低而受到用户的欢迎。采用这种方法对一台数控机床参数的全面恢复时间,从工作准备到工作结束时间一般不足 10min,比采用其他方式要快得多。

3. 用 DNC 法恢复参数的具体过程

我们已知道,用 DNC 法恢复参数是上述三种方法中最好的一种,现介绍其参数恢复的详细过程。数控系统采用 FANUC 0 系统。当数控铣床出现参数丢失或异常后,首先将 CRT 上显示的报警号

记录下来, 确认是参数丢失问题后, 按照关机顺序将机床总电源关闭。将用于进行 DNC 通信的计算机电源关闭后, 将串行通信电缆分别连接到计算机和数控机床的 RS-232C 串行通信接口上。操作计算机进入 DNC 通信软件主画面, 设置通信协议参数, 如所用计算机通信口、数据位、数据停止位、波特率、奇偶校验位等。通信协议参数的设置应与机床数控系统通信参数的设置绝对一致, 否则不能正常通信。进入通信软件的数据输出功能菜单, 将以前读出备份的数控机床参数文件作为待输出的文件调入, 按回车键后等待机床侧数据输入操作。数控机床侧的详细操作步骤如下:

- 1) 打开机床总电源开关。
- 2) 不要释放急停按钮。
- 3) 打开程序保护锁。
- 4) 将模式开关置于 EDIT 状态。

5) 按功能键 DGNOS/PARAM 出现参数设定画面, 将 PWE 设定为 1 并设定下列通信参数: ISO = 1, I/O = 0, No. 2.0 = 1, No. 2.7 = 0, No. 552 = 10, No. 553 = 10, No. 250 = 10, No. 251 = 10。

6) 手工输入 No. 900 及其后的特殊参数。输入 No. 900 参数后, CRT 出现 000 P/S 报警, 此时不用去管它, 接着输入 No. 901 参数后, 出现下列信息:

WARNING:

YOU SET No. 901 #01, THIS PARAMETER DESTROY NEXT FILE IN MEMORY FROM FILE 0001 TO 0015, NOW NECESSARY TO CLEAR THESE FILE, WHICH DO YOU WANT?

“DELE”: CLEAR THESE FILE;

“CAN”: CANCEL

PLEASE KEY-IN “DELT” OR “CAN”

按 CRT 下方对应的 DELE 按键, 重新显示参数画面, 依次键入其后的特殊参数后, 关闭数控电源 5min 后重新开机。

7) 按 CRT 下方的 PARAM 按键。

8) 按 INPUT 键, 这时 NC 参数输入开始, 几分钟后 NC 参数输入结束。

9) 再输入 PMC 参数, 操作步骤同上。只是在计算机侧要将原先备份的 PMC 参数文件调到输出文件中, 在机床侧操作的第 7 步, 按 DGNOS 软键。

10) 上述步骤完成后, 将 PWE 设为 0, 关闭数控电源 5min 后开机, 机床参数恢复完毕。

4. FANUCOMD 系统的系列参数说明

FANUCOMD 在数控铣床中应用较广, 现将其主要参数给予说明, 以利于参数故障的维修。

(1) 0001 号参数 系数结构为:

	RDRN	DECI	IOF	RS43	DCS	PROD	SCW
7	6	5	4	3	2	1	0

RDRN 1: 空运转对快速进给指令有效。

0: 空运转对快速进给指令无效。

DECI 1: 返回参考点的减速信号为 1 时, 开始减速。

0: 返回参考点的减速信号为 0 时, 开始减速。

IOF 1: 补偿量按绝对值输入。

0: 补偿量按增量值输入。

RS43 1: 复位后, G43、G44 的偏置矢量仍保留。

0: 复位后, G43、G44 的偏置矢量被清除。

DCS 1: MDI 方式操作面板的 START 按钮, 不经过机床仅在 NC 侧便可直接启动。(仅在 MDI 方式时有效)

0: MDI 方式操作面板的 START 按钮被送往机床侧, 再根据来自机床侧的启动信号启动。

PROD 1: 在显示相对坐标值中, 显示编程的位置。

0: 在显示相对坐标值中, 显示补偿后的实际位置。

SCW 1: 最小指令增量的输入为英制。

0: 最小指令增量的输入为米制 (设定此参数时, 请暂时切断电源)。

(2) 0002 号参数 参数结构为:

NFED		PMXY2	PMXY1			PPD	STP2
7	6	5	4	3	2	1	0

NFED 1: 使用阅读机/穿孔机接口输出程序时, 在纸带前后不输出同步孔 (使用 FANUC 专用盒时设定为 1)。

0: 使用阅读机/穿孔机接口输出程序时, 在纸带前后输出同步孔 (设定参数 I/O 为零时有效)。

PMXY2 与 PMXY1 固定循环 G76 或 G87 中, 选择刀具退出方向。根据所选平面, 为如下关系:

PMXY2	PMXY1	G17	G18	G19
0	0	+X	+Z	+Y
0	1	-X	-Z	-Y
1	0	+Y	+X	+Z
1	1	-Y	-X	-Z

PPD 1: 根据坐标系的设定, 相对坐标系也应预先设定。

0: 在设定坐标系中, 不预先设定相对坐标系。

STP2 1: 在阅读机/穿孔机接口中, 停止位为 2 位。

0: 在阅读机/穿孔机接口中, 停止位为 1 位 (设定参数 I/O 为零时有效)。

(3) 0003 号参数 参数结构为:

	TLCP		OVRI	ZMX	ZMZ	ZMY	ZM4
7	6	5	4	3	2	1	0

TLCP 1: 刀具长度补偿加在与指定平面 (G17、G18、G19) 相垂直的轴方向上 (刀具长度补偿 *B*)。

0: 刀具长度补偿与指定平面无关, 只加在 *Z* 轴方向上 (刀具长度补偿 *A*)。

OVRI 1: 倍率信号 (*OV1 ~ *OV8, ROV1, ROV2) 的极性为 1, 速度增加。

0: 倍率信号 (*OV1 ~ *OV8, ROV1, ROV2) 的极性为 0, 速度增加。

ZMX, ZMY, ZMZ, ZM4 设定 *X* 轴、*Y* 轴、*Z* 轴和第 4 轴返回参考点的方向以及接通电源时的间隙初始方向。1: 正方向, 0: 负方向。注意, 接通电源后, 所进行的移动与参数设定方向相反时, 应在最初移动时加上间隙补偿。

(4) 0004 号参数 参数结构为:

	DMRX				GRDX			
7	6	5	4	3	2	1	0	

DMRX 表示 *X* 轴的检测倍率比。当设定代码 6、5、4 为不同的值时, 表示不同的检测倍率比。如设定代码 6、5、4 为 0、0、0 时, 检测倍率比为 1/2, 当设定代码 6、5、4 为 0、0、1 时, 检测倍率比为 1, 具体可参阅相关手册。

GRDX 表示 *X* 轴的参考计数器容量。当设定代码 3、2、1、0 为不同的值时, 表示不同的参考计数器容量。当设定代码 3、2、1、0 为 0、0、0、0 时, 表示参考计数器容量为 1000; 当设定代码 3、2、1、0 为 0、0、0、1 时, 表示参考计数器容量为 2000。具体可参阅相关手册。

(5) 0005 号、0006 号、0007 号参数 结构与 0004 号参数完全相同, 只是 DMRX 变为 DMRY、DMRZ、DMR4, CRDX 变为 GRDY、GRDZ、GRD4。不同设定代码所表示的含义可参考有关手册。

(6) 0008 号参数 参数结构为:

EILK	OTZN	ROVE					
7	6	5	4	3	2	1	0

EILK 1: 各轴单独进行互锁。

0: 对全轴或 Z 轴进行互锁。

OTZN 1: 不进行存储行程检测。

0: 进行存储行程检测。

ROVE 1: 快速进给倍率信号 ROV2 有效 (100%、F0)

0: 快速进给倍率信号 ROV 无效 (100%、50%、25% F0)。

(7) 0009 号参数 参数结构为:

TMF				TFIN			
7	6	5	4	3	2	1	0

TMF 表示从送出 M、S、T 代码到送出 MF、SF、TF 的时间为 16 ~ 256ms (每 16ms 为一单位)。

TFIN 表示接收 FIN 信号的时间为 16 ~ 256ms (每 16ms 为一单位)。
不同的设定值表示不同的时间。

(8) 0010 号参数 参数结构为:

			PRG9		OFFVY	EBCL	ISOT
7	6	5	4	3	2	1	0

PRG9 1: 对程序号为 9000 ~ 9999 的子程序进行保护, 它们的以下编辑功能无效:

1) 程序的删除。即使全部程序被删除, 9000 ~ 9999 号的程序也

不被删除。

2) 程序的穿孔。即使全部程序被穿孔, 9000 ~ 9999 号的程序也不穿孔输出。

3) 程序号检索。

4) 编辑存储后的程序。

5) 程序的存储, 由 MDI 及纸带存储。

6) 程序的核对。

0: 程序号为 9000 ~ 9999 的子程序也可以编辑。

OFFVY 1: 输出 PRDY 之前, VRDY 即使接通, 伺服也不报警。

0: 输出 PRDY 之前, VRDY 接通, 伺服报警。

EBCL 1: 显示存储器内存储的程序时, 用 “*” 显示 EOB 代码。

0: 显示存储器内存储的程序时, 用 “;” 显示 EOB 代码。

ISOT 1: 接通电源后, 即使不返回参考点, 手动快速进给也有效。

0: 接通电源后, 在返回参考点之前, 手动快速进给无效。

(9) 0011 号参数 参数结构为:

MCINP	G01		MOF			PML2	PML1
-------	-----	--	-----	--	--	------	------

MCINP 1: 输入程序时, 由外部起动信号 (MCINP) 将程序存入存储器。

0: 输入程序时, 不用外部起动信号 (MCINP) 将程序存入存储器。

G01 1: 接通电源时, 为 G01 方式。

0: 接通电源时, 为 G00 方式。

MOF 1: G81 定位结束后, 输出外部动作信号 EF (随 Z 轴移动, 执行固定循环)。

0: G81 定位结束后, 不输出外部动作信号 EF (随 Z 轴移动, 执行固定循环)。

PML1、PML2 表示螺距误差补偿倍率, 乘上该倍率即为螺距误差的输

出值。如 PML1 为 0, PML2 为 0 时, 倍率为 1; PML1 为 1, PML2 为 0 时, 倍率为 2; PML1 为 0, PML2 为 1 时, 倍率为 4; PML1 为 1, PML2 为 1 时, 倍率为 8。

(10) 0012 号参数 参数结构为:

NFED		FXCO	FXCS			ZILK	STP2
7	6	5	4	3	2	1	0

NFED 1: 用阅读机/穿孔接口输出程序时, 纸带前后不输出同步孔 (使用 FANUC 专用盒时为 1)。

0: 用阅读机/穿孔接口输出程序时, 纸带前后输出同步孔 (设定参数 I/O 为 1 时有效)。

FXCO 1: 在固定循环 G76、G87 中, 不输出 M05 进行主轴准停。

0: 在固定循环 G76、G87 中, 输出 M05 进行主轴准停。

FXCS 1: 在固定循环 G76、G84 中, 不输出 M05 进行主轴反转、正转。

0: 在固定循环 G76、G84 中, 输出 M05 后进行主轴正转、反转。

ZILK 1: 互锁仅对 Z 轴有效。

0: 互锁对全轴有效。

STP2 1: 阅读机/穿孔机接口中, 停止位为 2 位。

0: 阅读机/穿孔机接口中, 停止位为 1 位 (设定参数 I/O 为 1 时有效)。

(11) 0013 号参数 参数结构为:

							JHD
7	6	5	4	3	2	1	0

JHD 1: 在 JOG 方式中, 手摇脉冲发生器有效。

0: 在 JOG 方式中, 手摇脉冲发生器无效。

(12) 0015 号参数 参数结构为:

CPRD	REP	PRWD	LM2		RILK		CBLNK
7	6	5	4	3	2	1	0

CPRD 1: 在使用小数点的地址中, 省略小数点时, 以 ms 为单位。

0: 在使用小数点的地址中, 省略小数点时为最小设定单位。

REP 1: 由阅读机/穿孔机接口存储程序, 而存储器内已有相同程序号时, 不报警进行置换。

0: 由阅读机/穿孔机接口存储程序, 而存储器内已有相同程序号时, 显示报警。

PRWD 1: 使用便携式纸带阅读机时, 输出倒带信号。

0: 使用便携式纸带阅读机时, 不输出倒带信号。

LM2 1: 行程限位 2 的开关信号有效。

0: 行程限位 2 的开关信号无效。

PILK 1: 进行高速互锁处理。

0: 进行一般的互锁处理。

CBLNK 1: 光标不闪烁。

0: 光标闪烁。

(13) 0016 号参数 参数结构为:

				NPRD	SUPM		
7	6	5	4	3	2	1	0

NPRD 1: 小数点输入及显示无效。

0: 小数点输入及显示有效。

SUPM 1: 刀具半径补偿 C 中, 起动为 B 型。

0: 刀具半径补偿 C 中, 起动为 A 型。

刀具半径补偿 C 中的 C 表示按圆弧移动。

A、B 型表示起刀时加工钝角外侧的两种不同的走刀形式。

(14) 0018 号参数 参数结构为:

EDITB	TVC	PROAD			NZMP2	NYMP2	NXMP2
7	6	5	4	3	2	1	0

EDITB 1: 标准键盘的编辑为编辑操作 B。对编辑操作 B, FANUC 公司有特殊约定。

0: 编辑操作为标准规格。

TVC 1: 对注释部分进行 TV 检测。

0: 对注释部分不进行 TV 检测。

PROAD 1: 在绝对坐标值的显示中, 显示编程位置。

0: 在绝对坐标值的显示中, 显示偏置后的实际位置。

NXMP2、NYMP2、NZMP2 分别表示 X、Y、Z 轴的进给倍率有效性。

1: 分别使 X、Y、Z 轴的手轮进给倍率 ($\times 100$) 无效。

0: 分别使 X、Y、Z 轴的手轮进给倍率 ($\times 100$) 有效。对于倍率 $\times 100$ 无效的轴, 其倍率根据 MPI 信号 $\times 1$ 或 $\times 10$ 。

MPI = 1, $\times 10$; MPI = 0, $\times 1$ 。

(15) 0019 号参数 参数结构为:

DBCD	NEOP	M02NR		TLCD			
7	6	5	4	3	2	1	0

DBCD 1: 诊断显示中, 用十进制显示定时计数器的数据。

0: 用二进制进行诊断显示。

NEOP 1: 向纸带存储时, M02、M30、M99 不作为存储结束。

0: 向纸带存储时, M02、M30、M99 作为存储结束。

M02NR 1: 执行 M02 之后, 不返回到程序的开头。

0: 执行 M02 之后, 返回到程序的开头。

TLCD 1: 刀具长度补偿为 C 型。刀具长度补偿 C 表示根据 G43、G44 指令, 可以把任意轴移动指令的终点移到偏置存储器中设定值的正侧或负侧。

0: 为通常的长度补偿类型。注意: 本参数设为 1 时, 务必使 OFRD (PRMNO. 36 BIT6) 设为 1。

(16) 0020 号参数 参数结构为:

		NCIPS					
7	6	5	4	3	2	1	0

NCIPS 1: 减速时, 直到指令速度减到零时, 再执行下一个程序段。此时, 无需确认机械是否到位 (不进行到位检测)。

0: 减速时, 直到指令速度减到零时, 确认机械位置到达指令位置之后, 再执行下一个程序段 (进行到位检测)。

(17) 0021 号参数 参数结构为:

				APC4	APCZ	APCY	APCX
7	6	5	4	3	2	1	0

APCX、APCY、APCZ、APC4 分别表示是否使用绝对脉冲编码器。

1: 使用绝对脉冲编码器。

0: 不使用绝对脉冲编码器。

注意: 设定本参数后, 必须关断一次电源。

(18) 0022 号参数 参数结构为:

				ABS4	ABSZ	ABSY	ABSX
--	--	--	--	------	------	------	------

ABSX、ABSY、ABSZ、ABS4 分别表示是否确定绝对脉冲编码器的参考位置。

1: 确定编码器的参考位置。

0: 不确定编码器的参考位置。

注意: 若进行手动返回参考点操作, 该参数自动变为 1。以后只要不改变检测器。设定就不能变更。第一次调试以及交换检测器时, 应设为 0。0022 号参数设定后, 需关断一次电源。

(19) 0023 号参数 参数结构为:

				DCHI			DJPN
7	6	5	4	3	2	1	0

DCHI 设定为 1 时, 表示 CRT 画面为汉语显示。

DJPN 设定为 1 时, 表示 CRT 画面为日语显示。

以上参数设定为 0 时, CRT 画面为英语显示。

(20) 0024 号参数 参数结构为:

	CLCL	UWKZ			SCTO		IGNPMC
7	6	5	4	3	2	1	0

CLCL 1: 手动返回参考点, 局部坐标系被取消。

0: 手动返回参考点后, 局部坐标系不被取消。

UWKZ 1: 变更工件零点偏移值后, 立即更新绝对坐标值。

0: 变更零点偏移值后, 只在进行最初的预处理时, 才变更绝对坐标值。

SCTO 1: 检测主轴速度到达信号。

0: 不检测主轴速度到达信号。

IGNPMC 1: PMC 控制无效 (相当于无 PMC)。

0: PMC 控制有效。

(21) 0028 号参数 参数结构为:

					DACTF		PRCPOS
--	--	--	--	--	-------	--	--------

7 6 5 4 3 2 1 0

DACTF 1: 在现在位置显示画面和程序检测画面上, 显示实际速度。

0: 表示不显示上述内容。

PRCPOS 1: 在程序检测画面上, 显示绝对坐标值。

0: 不显示上述内容。

(22) 0029 号参数 参数结构为:

					G60Z	G60Y	G60X
--	--	--	--	--	------	------	------

7 6 5 4 3 2 1 0

G60X、G60Y、G60Z 分别表示 X 轴、Y 轴、Z 轴单方向定位时, 所指定的趋近方向。

1: 负方向。

0: 正方向。

(23) 0030 号参数 参数结构为:

G91							
-----	--	--	--	--	--	--	--

7 6 5 4 3 2 1 0

G91 1: 开机时, 为 G91 方式。

0: 开机时, 为 G90 方式。

(24) 0035 号参数 参数结构为:

ACMR				NDSP4	NDSPZ	NDSPY	NDSPX
------	--	--	--	-------	-------	-------	-------

7 6 5 4 3 2 1 0

ACMR 1: 使用任意 CMR。

0: 不使用任意 CMR。

NDSPX、NDSPY、NDSPZ、NDSP4 分别表示关于 X、Y、Z 轴和第 4 轴的现在位置是否显示。

1: 不显示现在位置。

0: 显示现在位置。

(25) 0036 号参数 参数结构为:

	OFRD	TLCOOK					
7	6	5	4	3	2	1	0

OFRD 1: 用 H 代码指令刀具长度补偿, D 代码指令刀具半径补偿。

0: 刀具长度补偿和半径补偿都用 H 代码指令。

TLCOOK 1: 刀具长度补偿 C 中, 即使指定两轴以上的偏置值也不报警。

0: 刀具长度补偿 C 中, 指定两轴以上的偏置值时报警。

(26) 0037 号参数 参数结构为:

				SPTP4	SPTPZ	SPTPY	SPTPX
7	6	5	4	3	2	1	0

SPTPX、SPTPY、SPTPZ、SPTP4 分别表示 X 轴、Y 轴、Z 轴、第 4 轴的位置检测器种类。

1: 位置检测器为分离型脉冲编码器。

0: 位置检测器为非分离型脉冲编码器。

(27) 0038 号参数 参数结构为:

RSCMD1	DEVFL1						
7	6	5	4	3	2	1	0

RSCMD1 与 DEVFL1 表示设定阅读机/穿孔机接口通道 1 的 I/O 装置类型, 当 RSCMD1 为 0, DEVFL1 为 0 时,

使用的 I/O 设备为手持文件盒。当 RSCMD1 为 1, DEVFL1 为 0 时, 使用的 I/O 设备为 RS232 (微机)。

(28) 0040 号参数 参数结构为:

			SORT				NAMPR
7	6	5	4	3	2	1	0

SORT 1: 显示程序库时, 从小号依次排列显示。

0: 显示程序库时, 按一般规格显示。

NAMPR 1: 在程序显示一览中, 显示程序名称。

0: 在程序显示一览中, 不显示程序名称。

(29) 0045 号参数 参数结构为:

HSIF	CLER	NUABS			RWDOUT	RAL	
------	------	-------	--	--	--------	-----	--

HSIF 1: M/S/T/B 代码, 用高速接口处理。

0: M/S/T/B 代码, 用普通接口处理。

CLER 1: 复位按钮, 外部复位信号、紧急停止有效时, 变为清零状态。

0: 复位按钮, 外部复位信号、紧急停止有效时, 变为复位状态。

NUABS 1: 机床互锁断开时, 返回到坐标系接通时的状态 (禁止使用)。

0: 机床互锁断开时, 不返回到坐标系接通时的状态。

RWDOUT 表示倒带中信号 (RWD)。

1: 在倒带中, 不输出倒带信号。

0: 在倒带中, 输出倒带信号。

RAL 1: 在阅读机/穿孔机接口中, 仅读入存储的一个程序。

0: 在阅读机/穿孔机接口中, 读入所存储的全部程序。

(30) 0048 号参数 参数结构为:

SFFDSP							
7	6	5	4	3	2	1	0

SFFDSP 1: 显示软键。

0: 不显示软键。

(31) 0049 号参数 参数结构为:

FML10			S3JOG			RDLK	DILK
7	6	5	4	3	2	1	0

FML10 1: 快速进给及切削进给的上限速度参数设定单位为 10mm/min 或 1in/min。

0: 按常规方式设定。

S3JOG 1: 手动运转的联动轴数最大为 3 轴。

0: 手动运转的联动轴数为 1 轴。

RDLK 1: 各轴互锁信号无效时, 高速互锁信号无效。

0: 高速互锁信号通常均为有效。

DILK 1: 仅手动操作时各轴互锁信号有效。

0: 各轴互锁信号无效。

(32) 0057 号参数 参数结构为:

	FXY	HOT3		MIC			
7	6	5	4	3	2	1	0

FXY 1: 固定循环的钻孔轴, 由程序指定。

0: 固定循环的钻孔轴, 通常为 Z 轴。

HOT3 1: 硬件 OT 信号有效。

0: 硬件 OT 信号无效。

MIC 1: 小数点省略时, 为最小设定单位的 10 倍。

0: 小数点省略时, 不是最小设定单位的 10 倍。

(33) 0060 号参数 参数结构为:

					LDDSPG	PCLDG	DADRD
7	6	5	4	3	2	1	0

LDDSPG 表示 Ladder 的动态显示。

1: 进行动态显示。

0: 不进行动态显示。

PCLDG 表示传送 Ladder 时的波特率。

1: 波特率为 9600。

0: 波特率为 4800。

DADRD 表示在诊断画面中, 地址 (X、Y、G、F、R、D) 的显示。

1: 进行显示。

0: 不进行显示。

注意: 本参数设定后, 必须先关断一次电源。

(34) 0064 号参数 参数结构为:

							SETREL
7	6	5	4	3	2	1	0

SETREL 1: 在相对位置显示中, 每个轴可以进行预置。

0: 按一般的方法预置。

(35) 0065 号参数 参数结构为:

		TAPERN		POST			
7	6	5	4	3	2	1	0

TAPERN 表示攻螺纹循环 (G74、G84) 时, 在攻螺纹中的空运行状态。

1: 无效。

0: 有效。

POST 表示从开机到返回参考点前, 存储型行程限位检测状况。

1: 不进行检测。

0: 进行检测。

(36) 0070 号参数 参数结构为:

ICR							
7	6	5	4	3	2	1	0

ICR 表示使用 ISO 代码时, 输出 EOB 代码的状态。

1: 只能用 LF 输出。

0: 可用 LF 和 CR 输出。

(37) 0074 号参数 参数结构为:

					CRFZ	CRFY	CRFX
7	6	5	4	3	2	1	0

CRFX、CRFY、CRFZ 表示电源接通后, 在一次也没有返回过参考点的状态下, 却在自动运行状态下指令了除 G28 以外的移动指令, 此时用该参数设定报警状态。

1: 产生报警。

0: 不产生报警。

(38) 0100、0101、0102、0103 号参数 参数结构为:

0100:	CMRX
0101:	CMRY

0102:

CMRZ

0103:

CMR4

7 6 5 4 3 2 1 0

CMRX、CMRY、CMRZ 和 CMR4

分别表示 X 轴、Y 轴、Z 轴和第 4 轴的指令倍率比。当 CMRX (CMRY、CMRZ 或 CMR4) 为 1、2、4、10、20 时, 指令倍率比分别为 0.5、1、2、5、10。

(39) 0389 号参数 参数结构为:

							SRVET
7	6	5	4	3	2	1	0

SRVET 表示伺服设定画面的显示。

1: 不显示画面。

0: 显示画面。

(40) 0393 号参数 参数结构为:

DGNWEB	RADCHK	STOVO	M3RQNG				
7	6	5	4	3	2	1	0

DGNWEB 表示在设定参数 PWE=0 时, 由 MDI 键输入 PMC 参数的状态。

1: 不禁止 PMC 参数输入 (与平时一样)。

0: 禁止 PMC 参数输入。

RADCHK 表示在圆弧插补指令中, 是否对始点半径值与终点半径值之差进行检测。

1: 进行检测。

0: 不进行检测。

STOVO 表示快速进给及切削进给速度倍率为 0% 时，主轴的运动状态。

1：停止运动。

0：不停止运动。

M3RQNG 表示 M3 位指令。

1：无效。

0：有效。

(41) 0394 号参数 参数结构为：

CAKEY	WKZRST						
7	6	5	4	3	2	1	0

CAKEY 表示在参数/诊断/偏置画面上，由 CAN 键删除 1 个文字的有效性。

1：有效（可进行）。

0：无效（不进行）。

WKZRST 表示工件坐标系设定中，由 NC 复位的状态。

1：返回 G54。

0：不返回 G54。

(42) 0396 号参数 参数结构为：

EDRRE							
7	6	5	4	3	2	1	0

EDRRE 表示无程序结束指令而读入 EOB 时的报警状态。

1：到复位状态（不产生报警）。

0：产生报警。

(43) 0452、0453、0454 号参数 参数结构为：

0452:	ABSXS
-------	-------

0453:

ABSYS

0454:

ABSZS

7 6 5 4 3 2 1 0

ABSXS、ABSYS、ABSZS 表示各轴使用绝对值脉冲编码器时, 返回参考点位置时的计数器值。

(44) 0500、0501、0502、0503 号参数 参数结构为:

0500:

INPX

0501:

INPY

0502:

INPZ

0503:

INP4

7 6 5 4 3 2 1 0

INPX、INPY、INPZ 和 INP4

依次表示 X 轴、Y 轴、Z 轴及第 4 轴的到位宽度。设定值为 0 ~ 32767 个检测单位。标准设定 20 个检测单位。到位检测在进给方式从快速进给到切削进给, 或从切削进给到快速进给时进行。

(45) 0512、0513、0514、0515 号参数 参数结构为:

0512:

PLPGMX

0513:

PLPGMY

0514:

PLPGMZ

0515:

PLPGM4

7 6 5 4 3 2 1 0

PLPGMX、PLPGMY、PLPGMZ 和 PLPGM4

分别表示每轴位置控制中的伺服环增益。数据范围 1 ~ 9999，数据单位为 0.01/s。该参数设置必须注意以下两点：

- 1) 仅参数 No. 517(每轴通用位置控制中的伺服环增益)等于 0 时有效。
- 2) 设定本参数后，必须关断一次电源。

(46) 0517 号参数 参数结构为：

LPGIN

7 6 5 4 3 2 1 0

LPGIN 表示设定位置控制中的伺服环增益，设定范围为 1 ~ 9999，单位为 0.01/s，通常设定为 3000。

(47) 0518、0519、0520、0521 号参数 参数结构为：

0518:

RPDFX

0519:

RPDFY

0520:

RPDFZ

0521:

RPDF4

7 6 5 4 3 2 1 0

RPDFX、RPDFY、RPDFZ、RPDF4

分别表示 X 轴、Y 轴、Z 轴及第 4 轴的快速进给速度。设定值为 30 ~ 24000，单位为 mm/min，或 30 ~ 9600，单位为 in/min。若在上述的设定范围以外，请使用参数 No. 49 使 FMLI0 = 1。

(48) 0522、0523、0524、0525 号参数 参数结构为：

0522:

LINTX

0523:

LINTY

0524:

LINTZ

0525:

LINT4

7 6 5 4 3 2 1 0

LINTX、LINTY、LINTZ 和 LINT4

分别表示 X 轴、Y 轴、Z 轴及第 4 轴的直线形加减速的时间常数（用于快速进给）。设定值为 8 ~ 4000，单位为 ms。

(49) 0527 号参数 参数结构为：

FEDMX

7 6 5 4 3 2 1 0

FEDMX 表示 X 轴、Y 轴和 Z 轴有效切削进给的上限速度。设定范围为 6 ~ 15000mm/min，若在上述的设定范围外，请设定参

数 No. 49 中的 FML10 为 1。

(50) 0559、0560、0561、0562 号参数 参数结构为：

0559:	RPDJX
0560:	RPDJY
0561:	RPDJZ
0562:	RPDJ4
	7 6 5 4 3 2 1 0

RPDJX、RPDJY、RPDJZ 和 RPDJ4

分别表示 X 轴、Y 轴、Z 轴及第 4 轴 JOG 状态的快速进给速度。设定值为 30 ~ 24000mm/min。若在上述的设定范围外，请把参数 No. 49 中的 FML10 设定为 1。

(51) 0570、0571、0572、0573 号参数 参数结构为：

0570:	PREFCX
0571:	PREFCY
0572:	PREFCZ
0573:	PREFC4
	7 6 5 4 3 2 1 0

PREFCX、PREFCY、PREFCZ、PREFC4

分别表示每轴参考计数器的容量。设定值为 0 ~ 32767。

注意：当设定值为零时，使用 No. 0004 ~ No. 0007 参数。设定本参数后，必须关断电源一次。

(52) 0601、0602、0603、0604 号参数 参数结构为:

0601:	PXPJX
0602:	PXPJY
0603:	PXPJZ
0604:	PXPJ4
	7 6 5 4 3 2 1 0

PXPJX、PXPJY、PXPJZ、PXPJ4

分别表示 X 轴、Y 轴、Z 轴及第 4 轴手动进给时的指数加减速的时间常数。设定值为 0 ~ 4000, 单位为 ms。

(53) 0700、0704 号参数 参数结构为:

0700:	LT1X1
0704:	LT1X2
	7 6 5 4 3 2 1 0

LT1X1、LT1X2 分别表示 X 轴行程限位的对角线性。

通常在机床最大行程处用参数设定界限外侧为禁止范围, 一旦进入禁止范围, 就会发生超程报警。上述参数的设定范围为 0 ~ ±99999999, 单位为 0.001mm 或 0.0001in, 用离开参考点的距离设定。同理可用 0701、0705 号参数设定 Y 轴行程限位的对角线值, 用 0702、0706 号参数设定 Z 轴行程限位的对角线值, 用 0703、0707 号参数设定第 4 轴行程限位的对角线值。

(54) 0876 号参数 参数结构为:

RADLMT

RADLMT 表示在圆弧插补 (G02、G03) 中, 设定始点半径值与终

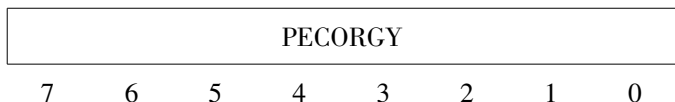
点半径值之差的允许极限值。当半径值之差超过极限值时，此时若进行圆弧插补，将发生 P/S020 号报警。该参数的数据单位为最小设定单位，数据范围为 1 ~ 99999999。

(55) 1000 号参数 参数结构为：



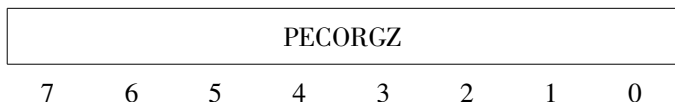
PECORGX 表示 X 轴的螺距误差补偿原点，设定值为 0 ~ 127。1001 号及 1128 号参数表示 X 轴的螺距误差补偿量，设定值为 $0 \sim \pm 7$ 。

(56) 2000 号参数 参数结构为：



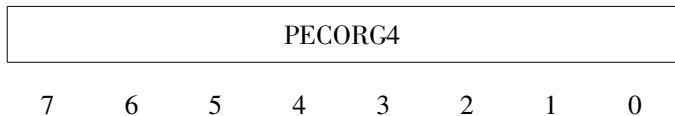
PECORGY 表示 Y 轴的螺距误差补偿原点，设定值为 0 ~ 127。2001 及 2128 号参数表示 Y 轴的螺距误差补偿量，设定值为 $0 \sim \pm 7$ 。

(57) 3000 号参数 参数结构为：



PECORGZ 表示 Z 轴的螺距误差补偿原点，设定值为 0 ~ 127。3001 及 3128 号参数表示 Z 轴的螺距误差补偿量，设定值为 $0 \sim \pm 7$ 。

(58) 4000 号参数 参数结构为：



PECORG4 表示第 4 轴的螺距误差补偿原点，设定值为 0 ~ 127。4001 及 4128 号参数表示第 4 轴的螺距误差补偿量，设定值为 $0 \sim \pm 7$ 。

附录 英汉对照常用数控铣床维修词汇

A

A-B	美国 Allen-Brodley 数控系统
absolute address	绝对地址
AC	交流
acceleration	加速
accessories	附件
accept	接收
Acrumatic	美国 Acrumatic 数控系统
adapter	适配器
A-D converter	模-数转换器
adjust	调节
air	压缩空气
ALM	报警
alphanumeric code	字母数字代码
ambient temperature	环境温度
AMD	可调整机床参数
amplifier	放大器
analog signal	模拟信号
AND gate	与门
approach	接近
APC	自动托盘交换
armature	电枢

army

assembly

ATC

attenuator

AUTO

auxiliary function

axial feed

AXE

axis

机械臂

组装

自动换刀

衰减器

自动加工方式

辅助功能

轴向进给

基本轴控制板

轴

B

backlash

backlash compensation

backup

ball screw

batch processing

battery

baud

BCD

bearing

bed

binary

bipolar

block

block diagram

BMU

board

boring machine

反向间隙

反向间隙补偿

备份

滚珠丝杠

批处理

电池

波特

二十进制码

轴承

床身

二进制

双极

块

框图

磁泡存储单元

控制板

镗床

BOS	基本操作系统
branch	分支
breaker	断路器
broken	断路的
brushless	无刷
bubble	磁泡存储器
buffer	缓冲器
bus	总线
button	按钮
byte	字节

C

cabinet	机箱
cable	电缆
CAD	计算机辅助设计
CAF	单元电源控制板
calculator	计算器
call	调用
CAM	计算机辅助制造
CAN	取消
capacity	容量
card	电路板
CCW	逆时针
cell	单元
chain	传送链
chamfer	倒角
change	修改
channel	通道

character	字符
check	校验
check bit	校验位
chip	芯片
circuit	电路
clamp	夹具
clock pulse	时钟脉冲
close loop control	闭环控制
CNC	计算机数控
coaxial cable	同轴电缆
code	码
command	命令
communication	通信
comparator	比较器
compatibility	兼容性
connection	连接
console	控制台
contactor	接触器
constant	常数
contour	轮廓
control panel	控制面板
control unit	控制单元
controller	控制器
converter	变频器
cooling system	冷却系统
coordinate	坐标
correction	修正
counter	计数器

coupling	联轴器
CPU	中央处理单元
CRT	显示器
current	电流
cursor	光标
custom marco	用户宏编程
CW	顺时针
cycle	循环
cylinder	气缸

D

D-A converter	数-模转换器
damage	损坏
damping	阻尼
data	数据
data bus	数据总线
data entry	数据输入
date	日期
DC	直流
decimal	十进制
decoder	解码器
default format	缺省格式
delay	延迟
detector	检测器
device	装置
diagnosis	诊断
diagram	图表
diameter	直径

digital	数字
dimension	尺寸
diode	二极管
disk	盘
display	显示
DMT	轴驱动用直流伺服电动机
document	文件
drift	漂移
DV	输出 24V 电压信号
dwell	暂停
dynamic	动态
dynamic error	动态误差

E

earth	接地
edit	编辑
electrical cabinet	电气柜
element	元件
emergency button	急停按钮
enable	使能
encode	编码
entry	输入
environment	环境
EPROM	紫外线可擦式只读存储器
equipment	设备
erase	擦除
error	误差
expansion unit	扩展单元

external

外部

F

FAGOR

西班牙法格数控系统

fan

风扇

FANUC

日本发那科数控系统

fault

故障

feed hold

进给保持

feedrate override

进给速度倍率

fictitious

虚拟

FIDIA

意大利 FIDIA 数控系统

file

文件

flag

标志

flash rom

闪存

flexibility

柔性

flip flop

触发器

flowchart

流程图

FMC

柔性制造单元

FMS

柔性制造系统

follow error

跟随误差

format

格式

frequency

频率

function block

功能块

fuse

熔断器

G

gain

增益

gasket

密封圈

G-code	G 代码
gear	齿轮
generator	发生器
GND	接地
graphic	图形的
grease	磨削
grinding machine	磨床
guarantee	保修期
guide	导向
guideways	导轨

H

handbook	手册
handwheel	手轮
hard disc	硬盘
hardware	硬件
hold	保持
horizontal	水平
hydraulic	液压

I

IC	集成电路
icon	图标
identifier	标识符
illegal	非法
inch	英寸
incremental coordinates	增量坐标
incremental dimension	增量尺寸

index	分度
inductor	感应器
information	信息
initialization	初始化
input	输入
insert	插入
installation	安装
instruction	说明
interface	接口
interference	干涉
interlock	连锁
interpolation	插补
inverter	变频器
ISO	国际标准化组织

J

jog	手动
jumper	跨接线

K

keyboard	键盘
key switch	钥匙开关

L

ladder diagram	梯形图
lathe	车床
lead screw	丝杠
LED	发光二极管

level	液位
limit	限位
linear	线性
linear interpolation	直线插补
load	加载
logic	逻辑
loop	环
LSI	大规模集成电路
lubrication	润滑

M

machine data	机床数据
machine center	加工中心
macro	宏编程
main program	主程序
maintenance	维护
manual	手动
MDI	手动数据输入
measure	测量
memory	存储器
menu	菜单
MICC	电机控制中心
microprocessor	微处理器
milling machine	铣床
miscellaneous function	辅助功能
MITSUBISHI	日本三菱数控系统
mode	模式
module	模块

monitor

监视器

motor

电动机

N

NC

数控

NC milling machine

数控铣床

negative feedback

负反馈

nest

嵌套

noise

噪声

normally closed contract

常闭触点

normally open contract

常开触点

NOT gate

非门

NUM

法国 NUM 数控系统

O

offline

离线

offset

补偿

online

在线

open loop system

开环系统

operation

操作

option

选件

order

命令

OR gate

或门

orient

定向

origin

原点

output

输出

overflow

溢出

overheat

过热

overload	过载
override	倍率
overshoot	超调
overspeed	超速
over stroke	超行程
over temperature	超温

P

package	软件包
panel	面板
parameter	参数
parameter setting	参数设定
parity bit	奇偶位
part	工件
password	密码
path	刀路
plane	平面
PCB	主印制电路板
period	周期
PLC	可编程序控制器
PMC	可编程序机床控制器
position	定位
position accuracy	定位精度
position error	位置误差
position feedback	位置反馈
precision	精度
preset	预调
process	过程

processor	处理器
program	程序
programmer	编程器
protection	保护
proximity switch	接近开关
pulse	脉冲
push button	按钮
PWM	脉宽调制器

Q

QF	熔断器
quadrant	象限
quantity	数量
quotation	报价

R

radius	半径
radius compensation	半径补偿
RAM	随机存储器
range	范围
rapid feed	快速进给
ratio	比率
reader	阅读器
rectangular	矩形
rectifier	整流器
referenec point	参考点
refresh	刷新
register	寄存器

regulator	调节器
reliability	可靠性
relationship	关系
relay	继电器
remote control	遥控
repeatability	重复精度
reset	复位
resistance	电阻
resolution	分辨率
response	响应
restart	重新启动
ring	密封圈
rod	杆
ROM	只读存储器
runtime	运行时间
rotary	旋转的
rotation	旋转
RV	接收 24V 电压信号

S

safety gate	安全门
sampling period	取样周期
save	存储
scan	扫描
screen	屏幕
search	搜索
selector	选择开关
self-repair	自修复

sensitivity	灵敏度
sensor	传感器
sequence	顺序
serial interface	串行接口
servo	伺服
servo control	伺服控制
servomotor	伺服电动机
set	设定
shaft	轴
shield	屏蔽
short circuit	短路
SIEMENS	德国西门子
signal contactor	信号接触器
simulation	模拟
single block	单步
softkey	软键
soft	开放式数控系统
software	软件
solenoid valve	电磁阀
solution	解决
spare parts	备件
specification	规格
spindle	主轴
spring	弹簧
stack	堆栈
start-up	启动
static	静态
station	工位

status	状态
storage	存储器
stroke	行程
structure	结构
sub-program	子程序
supply power	电源
SRV	主轴反转命令

T

table	工作台
tape	磁带
tele-diagnostic	远程诊断
terminal	端子
T-function	刀具功能
thermistor	热敏电阻
thread	螺纹
timer	定时器
tolerance	允差
tool life	刀具寿命
tool magazine	刀具库
tool nose radius compensation	刀尖半径补偿
tool radius compensation	刀具半径补偿
torque	力矩
transformer	变压器
trigger	触发器
trip	跳闸

U

UMS	用户存储子模块
unit	单位
unload	卸载
user macro	用户宏程序
user program	用户程序

V

value	值
valve	阀
variable	变量
velocity	速度
vertical	垂直
vertical machining center	立式加工中心
vibration	振动
video	视频输入信号
virtual axis	虚拟轴
voltage	电压

W

warm restart	热启动
warn	警告
watchdog	电脑监察口
wear	磨损
winding	绕组
word address	字地址
workplace	车间

X

X-axis

X 轴

Y

Y-axis

Y 轴

yield

产生

Z

Z-axis

Z 轴

zero drift

零点漂移

zero offset

零点补偿

zero point

参考点

zone

范围

参 考 文 献

- [1] 任建平. 现代数控机床诊断及维修 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [2] 孙汉卿. 数控机床维修技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [3] 武友德. 数控设备故障诊断与维修技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [4] 芮静康. 机床电气维修技术问答 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.
- [5] 李世琮. 机床现代诊断技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [6] 张魁林. 数控机床故障诊断 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [7] 王侃夫. 数控机床故障诊断与维护 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [8] 刘希金. 数控机床故障检测与维修问答 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [9] 沈兵. 数控机床数控系统维修技术与实例 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [10] 龚仲华. 数控机床故障诊断与维修 500 例 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [11] 牛志斌. 数控磨床故障诊断与维修技巧 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

机械工业出版社数控维修类书目(部分)

书号	书 名	作 者	定 价
26655	图解NC数控系统——FANUC 0i系统维修技巧 第2版	叶 晖	32.00
14553	图解数控机床——西门子典型系统维修技巧 第2版	牛志斌	32.00
29583	数控机床安装调试与维护保养技术	严 峻	42.00
29603	西门子系统现场故障检修速查手册	牛志斌 潘 波	43.00
30573	FANUC系统现场故障检修速查手册	牛志斌	46.00
33055	数控磨床故障诊断与维修技巧 第2版	牛志斌	28.00
34773	数控车床故障诊断与维修技巧 第2版	牛志斌 潘 波	30.00
39403	数控机床FANUC系统模块化维修	刘胜勇	89.00
33822	数控机床故障诊断与维修实例	严 峻	49.00
33164	数控机床维修工必备手册	李樊峰	88.00
41110	数控铣床故障诊断与维修技巧 第2版	陈宇晓	30.00

地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

电话服务

社服务中心:010-88361066

销售一部:010-68326294

销售二部:010-88379649

读者购书热线:010-88379203

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工微博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术 / 机械工程 / 数控维修

ISBN 978-7-111-41110-9

策划编辑◎周国萍 / 封面设计◎陈沛

ISBN 978-7-111-41110-9



9 787111 411109 >

定价: 30.00元