

**第六编 数控机床
故障诊断
及维护维修**

第一章 数控机床维护及数控系统故障诊断

不同种类的数控机床虽然在结构和控制上有所区别,但在机床维护、故障处理及故障诊断等方面有它们的共性。熟悉和掌握维护和故障诊断的方法、所用工具和有关资料,对提高维护高质量和故障诊断效率是很有帮助的。

数控机床的电源配置较一般机床复杂,也是故障易发生的部位。熟悉数控机床电源配置的组成、电源供给对象、电源故障诊断及维护是保证数控机床正常运行的前提条件。

数控机床运行过程中另一个不可忽视的因素是干扰问题。了解干扰的因素及影响,加强抗干扰的措施,有助于数控机床稳定可靠地运行。

第一节 数控机床维护

对数控机床进行维护保养的目的就是要延长机械部件的磨损周期,延长元器件的使用寿命。保证机床长时间稳定可靠地运行。

一、点检

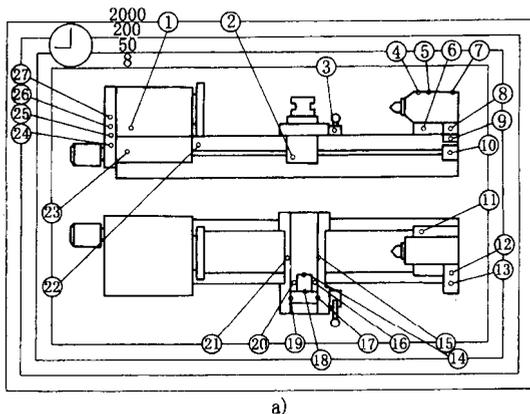
由于数控机床集机、电、液、气等技术为一体,所以对它的维护要有科学的管理,有计划、有目的地制定相应的规章制度。对维护过程中发现的故障隐患应及时加以清除,避免停机待修,从而延长平均无故障时间,增加机床的开动率。点检就是按有关维护文件的规定,对数控机床进行定点、定时的检查和维护。表 1-1 为某加工中心的维护点检表,图 1-1 为某数控车床的润滑示意图,表示了该车床需润滑的部位、润滑的时间间隔、润滑材料及润滑方式等。

图 1-1a 中,编号①~⑦为该车床需润滑的部位,左上角数据 8、50、200 及 2000 为润滑间隔时间(h),图 1-1b 所示的每个润滑部位的润油方法和材料。

从点检的要求和内容上看,点检可分为专职点检、日常点检和生产点检三个层次,图 1-2 为数控机床点检维修过程示意图。

1. 专职点检

负责对机床的关键部位和重要部位按周期进行重点点检和设备状态监测与故障诊断,制定点检计划,做好诊断记录,分析维修结果,提出改善设备维护管理的建议。



a)

润滑部位编号	①	②	③	④~②③	②④~②⑦
润滑方法					
润滑油牌号	N 46	N 46	N 46	N 46	油脂
过滤精度/ μm	65	15	5	65	—

b)

图 1-1 数控车床润滑示意图

a) 润滑部位及间隔时间 b) 润滑方法及材料

表 1-1 加工中心维护点检表

序号	检查周期	检查部位	检查要求
1	每天	导轨润滑油箱	检查油标、油量,及时添加润滑油,润滑泵能定时起打油及停止
2	每天	X、Y、Z 轴向导轨面	清除切屑及脏物,检查润滑油是否充分,导轨而无划伤损坏
3	每天	压缩空气气源压力	检查气动控制系统压力是否在正常范围
4	每天	气源自动分水滤气器和自动空气干燥器	及时清理分水器中滤出的水分,保证自动空气干燥器工作正常
5	每天	气液转换器和增压器油面	发现油面不够时及时补足油
6	每天	主轴润滑恒温油箱	工作正常,油量充足并调节温度范围
7	每天	机床液压系统	油箱、液压泵无异常噪声,压力表指示正常,管路及各接头无泄露,工作油面高度正常
8	每天	液压平衡系统	平衡压力指示正常,快速移动时平衡阀工作正常
9	每天	CNC 的输入/输出单元	如光电阅读机清洁,机械结构润滑良好
10	每天	各种电气柜散热通风装置	各电柜冷却风扇工作正常,风道过滤网无堵塞
11	每天	各种防护装置	导轨、机床防护罩等应无松动、泄漏
12	每半年	滚球丝杠	清洗丝杠上旧的润滑脂,涂上新油脂
13	每半年	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、滤油器,清洗油箱箱底,更换或过滤液压油

序	点 检 内 容																																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
4	检查液压泵起动后,主液压回路油压是否正常																																
5	检查机床润滑系统工作是否正常																																
6	检查冷却液回收过滤网是否有堵塞现象																																
7	轴间找正过程中,各轴向运动是否有异常																																
8	机构找正过程,主轴定位、换刀动作、轴孔吹屑、防护门动作是否有正常																																
9	主轴孔内、刀链刀套内有无铁屑																																
10	机床附件及罩壳和周围场地是否有异常和渗漏现象																																
备注																																	

二、数控系统日常维护

1. 机床电气柜的散热通风

通常安装于电柜门上的热交换器或轴流风扇,能对电控柜的内外进行空气循环,促进电控柜内的发热装置或元器件,如驱动装置等进行散热。应定期检查控制柜上的热交换器或轴流风扇的工作状况,风道是否堵塞,否则会引起柜内温度过高而使系统不能可靠运行,甚至引起过热报警。

2. 尽量少开电气控制柜门

加工车间飘浮的灰尘、油雾和金属粉末落在电气柜上容易造成元器件间绝缘电阻下降,从而出现故障。因此,除了定期维护和维修外,平时应尽量少开电气控制柜门。

3. 纸带阅读机的定期维护

纸带阅读机是数控系统信息输入的一个重要部件。CNC系统参数、零件程序等数据都可通过它输入到CNC系统的寄存器中。如果读带部分有污物,将会使读入的纸带信息出现错误。为此,要定期对光电头、纸带压板等部件进行清洁。纸带阅读机也是CNC系统内惟一的运动部件,为使其传动机构运行顺利,必须对主动轮滚轴、导向滚轴和压紧滚轴等定期清洁和加注润滑。

4. 支持电池的定期更换

数控系统存储参数用的存储器采用 CMOS 器件,其存储的内容在数控系统断电期间靠支持电池供电保持。在一般情况下,即使电池尚未消耗完,也应每年更换一次,以确保系统能正常工作。电池的更换应在 CNC 系统通电状态下进行。

5. 备用印制线路板的定期通电

对于已经购置的备用印制线路板,应定期装到 CNC 系统上通电运行。实践证明,印制线路板长期不用易出故障。

6. 数控系统长期不用时的保养

数控系统处于长期闲置的情况下,要经常给系统通电,在机床锁住不动的情况下,让系统空运行。系统通电可利用电器元件本身的发热来驱散电气柜内的潮气,保证电器元件性能的稳定可靠。实践证明,在空气湿度较大的地区,经常通电是降低故障的一个有效措施。

三、诊断用仪器仪表

1. 测量用仪表

(1) 交流电压表 用于测量交流电源电压,测量误差应在 $\pm 2\%$ 以内。

(2) 直流电压表 用于测量直流电源电压,电压表的最大量程分别为 10V 和 30V,误差应在 $\pm 2\%$ 以内,用数字式电压表更好。

(3) 相序表 在维修晶闸管直流驱动装置时,检查三相输入电源的相序。

(4) 示波器 频带宽度应在 5MHz 以上,双通道,便于波形的比较。

(5) 万用表 机械式和数字式,其中机械式应是必备的。

(6) 钳形电流表 在不断线的情况下,用于测量电动机的驱动电流。

(7) 机外编程器 用于监控 PLC 的 I/O 状态和梯形图。

(8) 振动检测仪 用于检测机床的振动情况,如电子听诊器及频谱分析仪等。

2. 工具

1) 十"字形螺钉旋具,大、中、小号各种规格。

2) 一"字形螺钉旋具,大、中、小号各种规格。

3) 使用仪器注意事项

万用表和示波器是维修时经常要用到的仪器,使用时要特别注意,因为印制线路板上元件的密度是很高的,元件间的间隙很小,一不小心会将表笔与其他元件相碰,可能引起短路,甚至造成元件损坏。在使用示波器时,要注意被测电路是否能与他相连,否则应将示波器作浮地处理,以免引起元器件不必要的损坏。

四、技术资料

从数控机床技术资料的完整性考虑,作为数控机床生产厂家,必须向用户提供与使用及维修有关的技术资料,主要有:

- 1) 数控机床电气使用说明书。
- 2) 数控机床电气原理图。
- 3) 数控机床电气互连图。
- 4) 数控机床结构简图。
- 5) 数控机床电气参数。
- 6) 数控机床 PLC 控制程序。
- 7) 数控系统操作手册。
- 8) 数控系统编程手册。
- 9) 数控系统安装及维修手册。
- 10) 伺服驱动系统使用说明书。

维修人员必须对这些资料认真仔细地阅读,对照机床本身,使实物与图纸资料联系起来,做到心中有数。当机床出现故障时,根据故障的性质,一方面找到机床故障发生的区域,另一方面翻阅相应的技术资料,作出正确的判断。

第二节 故障处理

数控机床的故障有软故障和硬故障之分,所谓软故障,就是故障并不是由硬件损坏引起的,而是由于操作、调整处理不当引起的。这类故障在设备使用初期发生的频率较高,这和操作和维护人员对设备不很熟悉有关。所谓硬故障,就是由外部硬件损坏引起的故障,包括检测开关、液压系统、气动系统、电气执行元件及机械装置等故障,这类故障是数控机床常见的故障。

数控机床发生故障时,除非出现影响设备或人身安全的紧急情况,不要立即关断电源。要充分调查故障现场,从系统的外观、CRT 显示的内容、状态报警指示及有无烧灼痕迹等方面进行检查,在确认系统通电无危险的情况下,可按系统复位(RESET)键,观察系统是否有异常,报警是否消失,如能消失,则故障多为随机性,或是操作错误造成的。CNC 系统发生故障,往往是同一现象、同一报警号可以有多种起因,有的故障根源在机床上,但现象却反映有系统上,所以,无论是 CNC 系统、机床电器,还是机械、液压及气动装置等,只要有可能引起该故障的原因,都要尽可能全面地列出来,进行综合判断,确定最有可能的原因,再通过必要的试验,达到确诊和排除故障的目的。为此,当故障发生后,要对故障的现象作详细的记录,这些记录往往为分析故障原因、查找故障源提供重要依据。当机床

出现故障时,往往从以下方面进行调查:

一、检查机床的运行状态

- 1) 机床故障时的运行方式。
- 2) MDI/CRT 显示的内容。
- 3) 各报警状态指示的信息。
- 4) 故障时轴的定位误差。
- 5) 刀具轨迹是否正常。
- 6) 辅助机能运行状态。
- 7) CRT 显示有无报警及相应的报警号。

二、检查加工程序及操作情况

- 1) 是否为新编制的程序。
- 2) 故障是否发生在子程序部分。
- 3) 检查程序单和 CNC 内存中的程序。
- 4) 程序中是否有增量运动指令。
- 5) 程序段跳步功能是否正确使用。
- 6) 刀具补偿量及补偿指令是否正确。
- 7) 故障是否与换刀有关。
- 8) 故障是否与进给速度有关。
- 9) 故障是否和螺纹切削有关。
- 10) 操作者的训练情况。

三、检查故障的出现率和重要性

- 1) 故障发生的时间和次数。
- 2) 加工同类工件故障出现的概率。
- 3) 将引起故障的程序段重复执行多次,观察故障的重要性。

四、检查系统的输入电压

- 1) 输入电压是否有波动,电压值是否在正常范围内。
- 2) 系统附件是否有使用大电流的装置。

五、检查环境状况

- 1) CNC 系统周围温度。
- 2) 电气控制柜的空过滤器的状况。
- 3) 系统周围是否有振动源引起系统的振动。

六、外部因素

- 1) 故障前是否修理或调整过机床。
- 2) 故障前是否修理或调整过 CNC 系统。
- 3) 机床附近有无干扰源。
- 4) 使用者是否调整过 CNC 系统的参数。
- 5) CNC 系统以前是否发生过同样故障。

七、检查运行情况

- 1) 在运行过程中是否改变工作方式。
- 2) 系统是否处于急停状态。
- 3) 熔丝是否熔断。
- 4) 机床是否作好运行准备。
- 5) 系统是否处于报警状态。
- 6) 方式选择开关设定是否正确。
- 7) 速度倍率开关是否设定为零。
- 8) 机床是否处于锁住状态。
- 9) 进给保持按钮是否按下。

八、检查机床状况

- 1) 机床是否调整好。
- 2) 运行过程中是否有振动产生。
- 3) 刀具状况是否正常。
- 4) 间隙补偿是否合适。
- 5) 工件测量是否正确。
- 6) 电缆是否有破裂和损伤。
- 7) 信号线和电源线是否分开走线。

九、检查接口情况

- 1) 电源线和 CNC 系统内部电缆是否分开安装。
- 2) 屏蔽线接线是否正确。
- 3) 继电器、接触器的线圈和电动机等处是否加装有噪声抑制器。

第三节 数控系统故障诊断的方法

数控系统的故障诊断有故障检测、故障判断及隔离和故障定位三个阶段。第一阶段的故障检测就是对数控系统进行测试,判断是否存在故障;第二阶段是判定故障性质,并分离出故障的部件或模块;第三阶段是将故障定位到可以更换的模块或印制线路板,以缩短修理时间。为了及时发现系统出现的故障,快速确定故障所以部位并能及时排除,要求 ①故障检测应简便,不需要复杂的操作和指示。②故障诊断所需的仪器设备应尽可能少且简单实用。③故障诊断所需的时间应尽可能短。为此,可以采用以下的诊断方法:

一、直观法

利用感觉器官,注意发生故障时的各种现象,如故障时有无火花、亮光产生,有无异常响声、何处异常发热及有焦糊味等。仔细观察可能发生故障的每块印制线路板的表面状况,有无烧毁和损伤痕迹,以进一步缩小检查范围,这是一种最基本、最常用的方法。

二、CNC 系统的自诊断功能

依靠 CNC 系统快速处理数据的能力,对出错部位进行多路、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,以确定系统是否存在故障,及时对故障进行定位。

现代数控系统自诊断功能可分为两类:一类为“开机自诊断”,它是指从每次通电开始至进入正常的运行准备状态为止,系统内部的诊断程序自动执行对 CPR、存储器、总线和 I/O 单元等模块、印制线路板、CRT 单元、阅读机及软盘驱动器等外围设备进行运行前的功能测试,确认系统的主要硬件是否可以正常工作。

例 1-1 配置 FANUC 10TE 数控系统的机床,开机后 CRT 显示:

```
FS10TE 1399B
```

```
RON TEST :END
```

```
RAM TEST
```

CRT 显示表明 ROM 测试通过, RAM 测试未通过。这要从 RAM 本身参数是否丢

失、外部电池失效或接触不良等方面进行检查。

另一类是故障信息提示。当机床运行中发生故障时,在 CRT 上会显示编号和内容。根据提示,查阅有关维修手册,确认引起故障的原因及排除方法。但要注意的是,有些故障根据故障内容提示和查阅手册可直接确认故障原因,而有些故障的真正原因与故障内容提示不相符,或一个故障显示有多个故障原因,这就要求维修人员必须找出它们之间的内在联系,间接地确认故障原因。

一般来说,数控机床诊断功能提示的故障信息越丰富,越能给故障诊断带来方便。

三、数控和状态检查

CNC 系统的自诊断不但能在 CRT 上显示故障报警信息,而且能以多页的“诊断地址”和“诊断数据”的形式提供机床参数和状态信息,常见的有在下几个方面:

1. 接口检查

数控系统与机床之间的输入/输出接口信号包括 CNC 与 PLC,PLC 与机床之间接口输入/输出信号。数控系统的输入/输出接口诊断能将所有开关量信号的状态显示在 CRT 上,用“1”或“0”表示信号的有无,利用状态显示可以检查数控系统是否已将信号输出到机床侧,机床侧的开关量等信号是否已输入到数控系统,从而可将故障定位在机床侧,或是在数控系统侧。

2. 参数检查

数控机床的机床数据是经过一系列试验和调整而获得的重要参数,是机床正常运行的保证。这些数据包括增益、加速度、轮廓监控允差、反向间隙补偿值和丝杠螺距补偿值等。当受到外部干扰时,会使数据丢失或发生混乱,机床不能正常工作。

四、报警指示灯显示故障

现代数控机床的数控系统内部,除了上述的自诊断功能和状态显示等“软件”报警外,还有许多“硬件”报警指示灯,它们分布在电源、伺服驱动和输入/输出等装置上,根据这些报警灯的指示可判断故障的原因。

五、备板置换法

利用备用的电路板来替换有故障疑点的模板,是一种快速而简便的判断故障原因的方法,常用于 CNC 系统的功能模块,如 CRT 模块、存储器模块等。

例 1-2 有一数控系统开机后 CRT 无显示,采用如图 1-3 所示的故障检查步骤,即可判断 CRT 模块是否有故障。

需要注意的是,备板置换前,应检查有关电路,以免由于短路而造成好板损坏,同时,

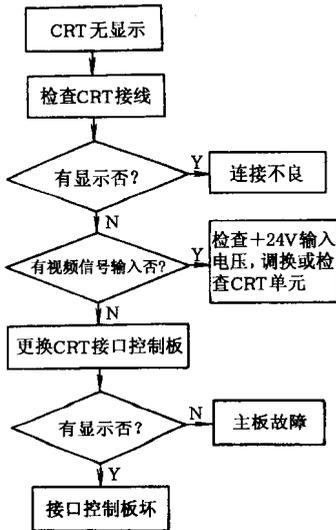


图 1-3 CRT 故障备板
置换诊断流程图

还应检查试验板上的选择开关和跨接线是否与原模板一致,有些模板还要注意板上电位器的调整。置换存储器板后,应根据系统的要求,对存储器进行初始化操作,否则系统仍不能正常工作。

六、交换法

在数控机床中,常有功能相同的模块或单元,将相同模块或单元互相交换,观察故障转移的情况,就能快速确定故障的部位。这种方法常用于伺服进给驱动装置的故障检查,也可用于两台相同数控系统间相同模块的互换。

七、敲击法

数控系统由各种电路板组成,每块电路板上会有很多焊点,任何虚焊或接触不良都可能出现故障。若用绝缘物轻轻敲打不良疑点的电路板、接插件或元器件时,若故障出现,则故障很可能就在敲击的部位。

八、测量比较法

为检测方便,模块或单元上设有检测端子,利用万有表、示波器等仪器仪表,通过这些端子检测到的电平或波形,将正常值与故障时的值相比较,可以分析出故障的原因及故障的所在位置。

对上述故障诊断方法有时要几种方法同时应用,对故障综合分析,快速诊断出故障的部位,从而排除故障。

第四节 电源维护及故障诊断

数控机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。通过电源配置提供给数控机床各种电源,以满足不同负载的要求。电网的电压波动,负载对地短路均会影响到电源的正常供给。

一、电源配置

数控机床从供电线路上取得电源后,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。图 1-4 为三菱 MELDAS 50 系列 CNC 系统及伺服驱动电源配置。

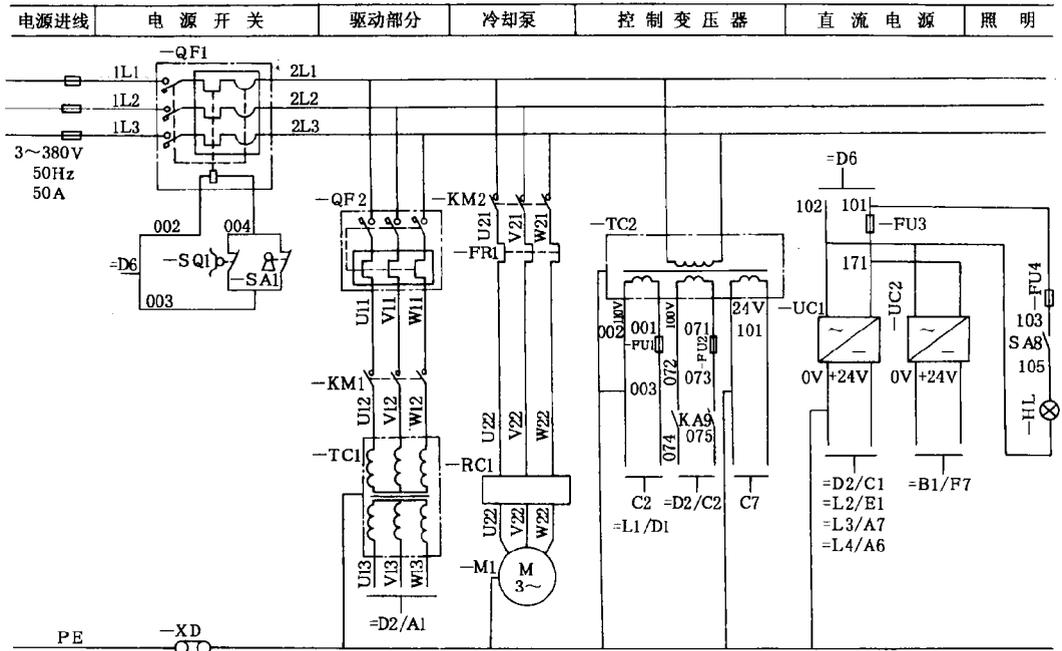


图 1-4 MELDAS 50 系统及伺服驱动电源配置

动力电网的三相交流 380V, 50Hz 电源经断路器 QF1 引入,分别转换成驱动部分电源、冷却泵电源、控制变压器电源、直流电源和照明电源。由于三菱伺服驱动(包括主轴和进给)的驱动电压为三相交流 200V,经断路器 QF2 和变压器 TC1 将三相交流 380V 变换为

三相交流 200V。变压器 TC2 一是将单相 200V 电源交换为单相 110V 电源,用于交流接触器的线圈电压;二是变换为单相 100V 电源,用于 CNC 系统 CRT 显示器的电源;三是变换为交流 24V 电源,经整流器 UC1 和 UC2 输出直流 +24V,分别用于机床操作面板上带灯显示按钮的电源和数控系统的 I/O 单元电源。I/O 单元电源一方面用于中间继电器的线圈电压,另一方面用于接近开关电源和各类按钮及行程开关的对地电压。由于各个负载共用一个 +24V 电源,因此一外负载对地短路而引起另一负载的短路是电源最容易发生的故障。

另外要注意的是电源配置中的接地线(黄绿线),接地的好坏直接影响到机床的正常运行和安全性,要检查接地排上接地端子连接是否紧闭,接触是否良好。

当机床出现电源故障时,首先要查看熔断器、断路器等保护装置是否熔断或跳闸,找出故障的原因,如短路、过载等。断路器相当于刀开关、熔断器、热继电器和欠电压继电器的组合,是一种既有手动开关作用又能自动进行欠电压、失电压、过载和短路保护的电器。在机床线路中,常用塑壳式断路器作为电源开关及控制和保护电动机频繁起动、停止的开关,其操用方式多为手动操作,主要有扳动式和按钮式两种。每经过一段时间,如定期检修时,应清除断路器上的灰尘,以保证良好的绝缘,定期检查电流整定值和延时设定,以保证动作可靠。

熔断器在配电线路中作为短路保护之用,当通过熔断器的电流大于规定值时,以它本身产生的热量使熔体熔化而自动分断电路,在数控机床的配电线路中常用螺旋式熔断器和扳动式熔断器。螺旋式熔断器有熔体熔断的信号指示装置,熔体熔断后,带色标的指示器弹出,便于发现更换。板矾式熔断器中有熔丝可应用万用表来检验其是否熔断。在更换熔丝时,要注意熔断器的电流等级,以避免线路的误动作或过电流。

二、通过电气原理图诊断故障

当机床运行中停电或无法起动,从电源方面来看,故障原因多为电源指标没有达到而进行的自我保护。

例 1-3 配备 FANUC 7 系统的数控机床,在运行过程中产生丢电故障。图 1-5 为该系统直流稳压电源的监控原理图。

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,整机电动供电。接触器 KM11、KM12 通电的条件是:电源盘上的继电器 KA31 通电,使并接在 XP2、XP2 端子上的常开触点 KA31 闭合后,才能使主触点 KM10 吸合自保。从图中看出,开关电源进电端 XQ1、XQ2 是通过主接触器 KM10 常开触点闭合后,接以交流 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,就要查找引起直流电压不正常的原因:①输出端 A15S 的 +15V、X_x 的 -15V、X_y 的 +15V、X_y

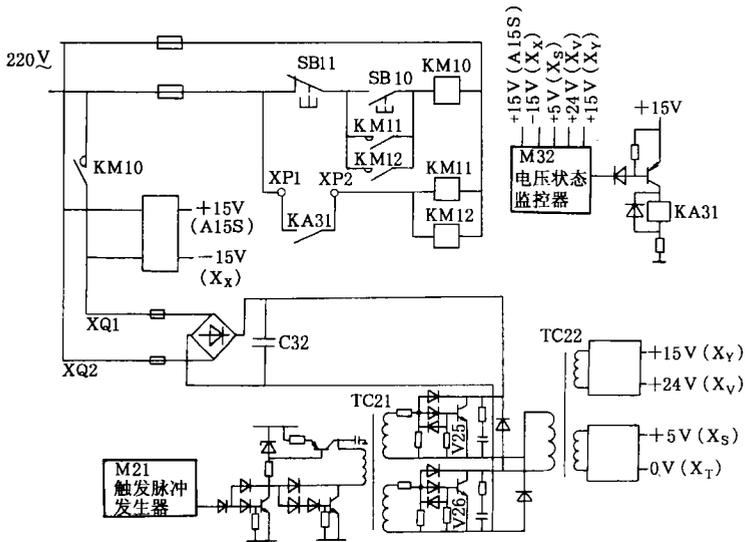


图 1-5 FANUC7 系统直流电源监控

的 +24V 及 X_s 的 +5V 直流电压是否正常。②电容器 C32 两端电压是否为 310V, 以说明供电电源是否正常。③用示波器检查脉冲发生器 M21 是否有 20kHz 触发脉冲输出。④在变压器 T21 一次线圈上能否测到波形。⑤开关管 V25、V26 能否正常工作。

三、负载对地短路的故障诊断

当一个电源同时供几个负载使用时,若其中一个负载发生短路,就可能引起其他负载的失电故障。

例 1-4 一台配备 SINUMERIK810 系统的数控机床,当按下 CNC 启动按钮时,系统开始自检,在显示器上出现基本画面时,数控系统马上失电,这种现象与 CNC 系统 +24V 直流电压有关,当 +24V 直流电压下降到一定数值时,CNC 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 CNC 系统外,还作为限位开关的外部电源、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,因此它们中的任何一个短路,均可使其他元件失电。

在不通电的情况下,经测量确认 CNC 系统的电源模块、中间继电器线圈无短路、漏电现象。逐个断开 X、Y 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,确认没有对地短路现象。为进一步确认故障,将 6 个开关逐个接到电源上,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 2 个限位开关接到电源后,出现:①主轴箱没有到达 +Z 和 -Z 限位位置时,CNC 系统就供不上电。②当主轴箱到达 +Z 或 -Z 方向的限位位置并压上其中一个限位开关时,系统就能供上电。本例机床 Z 轴伺服电动机配有电磁制动器,如图 1-6 所示,电磁制动器具有得

电松开,失电制动的特性。

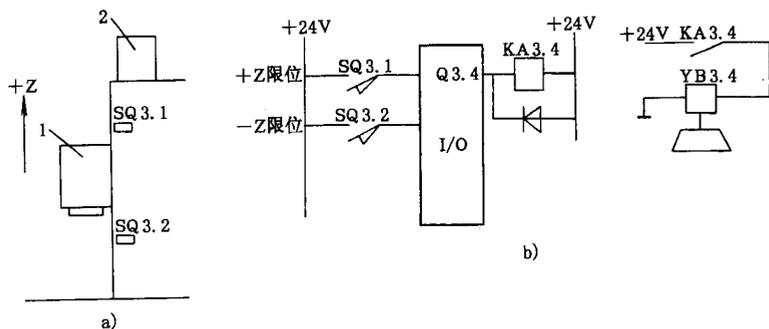


图 1-6 Z 轴伺服电动机电磁制动器的控制

a) Z 轴限位开关位置 b) 电磁制动器控制

1—主轴箱 2—带电磁制动器的 Z 轴伺服电动机

分析 Z 轴的伺服条件,在正常运行的情况下,+Z 或 -Z 限位开关均未压上,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,抱闸松开,Z 轴伺服电动机驱动。当碰到 +Z 或 -Z 其中一个限位开关时,Q3.4 为“0”,KA3.4 线圈失电,KA3.4 触点释放,电磁制动器 YB3.4 线圈失电,Z 轴伺服电动机制动。现 Z 轴两个限位开关未压上,YB3.4 线圈应得电,但 CNC 失电,而其中一个限位开关压上时,YB3.4 线圈应失电,但 CNC 上电正常,分析和故障现象相吻合。很显然,电磁制动器 YB3.4 线圈 +24V 短路,从而引起 CNC 系统的失电,经测量 YB3.4 线圈对地电阻后,证实判断的正确性。

第五节 数控机床的抗干扰

干扰是影响数控机床正常运行的一个重要因素,常见的干扰有电磁波干扰、供电线路干扰和信号传输干扰等。

一、电磁波干扰

工厂中电火花高频电源等都会产生强烈的电磁波,这种高频辐射能量通过空间的传播,被附近的数控系统所接收,如果能量足够,就会干扰数控机床的正常工作。

二、供电线路干扰

数控系统对输入电压的允许范围都有要求,如果过电压或欠电压都会引起电源电压监控报警,从而停机。如果线路受到干扰,就会产生谐波失真,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,在电网中形成的高峰尖脉冲,它的产生是随机的,其波形如图 1-7 所示,由于这种电感负载产生的干扰脉冲频域宽,特别是高频窄脉冲,峰值高,能量大,干扰严重但变化迅速,不会引起电源监控的反应,如果通过供电线路窜入数控系统,引起的错误信息会导致 CPU 停止运行,系统数据丢失。

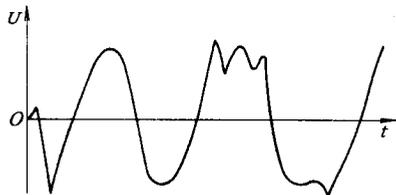


图 1-7 电网干扰电压

三、信号传输干扰

数控机床电气控制的信号在传递过程中若受到外界干扰,常会产生常模干扰(又称差模干扰、串模干扰)和共模干扰。如图 1-8 为串模干扰的等效电路及电压波形。从图中可以看出,串模干扰电压 U_{NI} 叠加在有用信号上,从而对信号传输产生干扰。

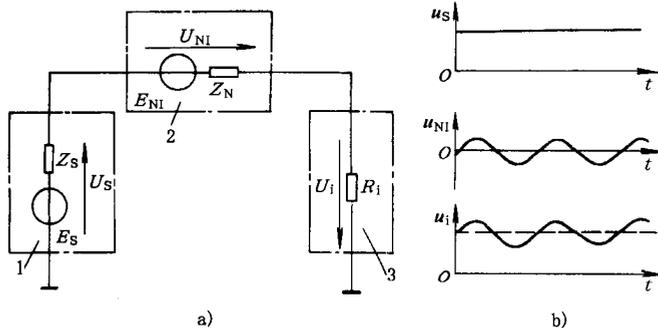


图 1-8 串模干扰

a) 等效电路 b) 输入端的电压波形

1—有用信号源 2—串模干扰源 3—测量装置

串模干扰的表现形式有：

1. 通过泄漏电阻的干扰

最常见的现象是元件支架、检测元件、接线柱、印制线路以及电容绝缘不良,使噪声源得以通过这些漏电阻作用于有关电路而造成干扰。

2. 通过共阻抗耦合的干扰

最常见的例子是通过接地线阻抗的共阻抗耦合干扰。

3. 经电源配电回路引入的干扰

如前所述的供电线路干扰。

图 1-9 为共模干扰等效电路。

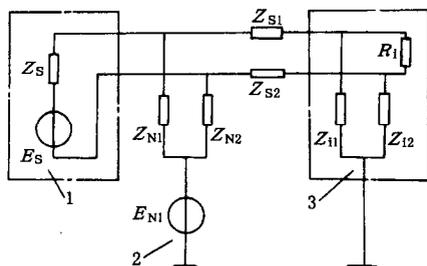


图 1-9 共模干扰等效电路

1—有用信号源 2—共模
干扰源 3—检测装置

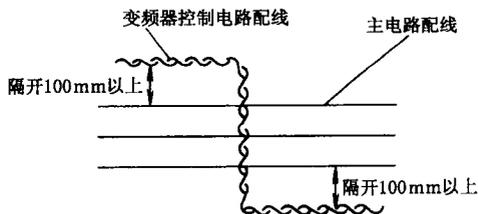


图 1-10 变频器控制电路与主电路的配线

当干扰电压对两根信号线的干扰大小相等、相等相同时属于共模干扰,由于接收装置的共模抑制比一般均较高,所以 UPI 对系统的影响不大。但当接收装置的两个输入端出现很难避免的不平衡时,共模电压的一部分将转换为串模扰电压。

四、抗干扰的措施

1. 减少供电线路干扰

数控机床的安置要远离中频、高频的电气设备,要避免大功率启动、停止频繁的设备 and 电火花设备同数控机床位于同一供电干线上,而要采用独立的动力线供电。在电网电压变化较大地区,供电电网与数控机床之间应加自动调压器或电子稳压器,以减小电网电压的波动。动力线与信号线要分离,信号线采用绞合张,以减少和防止磁场耦合和电场耦合的干扰。如变频器中的控制电路接线要距离电源线至少 100mm 以上,两者绝对不可放在同一个导线槽内。另外,控制电路配线与主电路配线相交时要成直角相交,如图 1-10 所示,控制电路的配线应采用屏蔽双绞线。

2. 减少机床控制中的干扰

(1) 压敏电阻保护 图 1-11 为数控机床伺服驱动装置电源引入部分压敏电阻的保护电路。

在电路中加入压敏电阻,又称浪涌吸收器,可对线路中的瞬变、尖峰等噪声起一定的保护作用。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,而放电能力异常大,可通过数千安培电流,且能重复使用。

(2) 阻容保护 图 1-12 是数控机床电气控制中交流负载的阻容保护电路。

交流接触器和交流电动机频繁起停时,其电磁感应现象会在机床的电路中产生浪涌或尖峰等噪声,干扰数控系统和伺服系统的正常工作。在这些电器上加入阻容吸收回路,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、停时

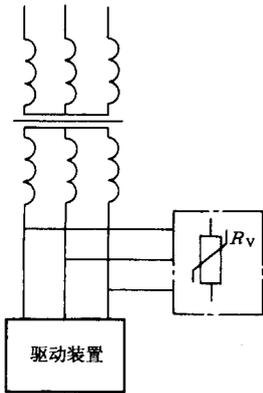


图 1-11 压敏电阻保护

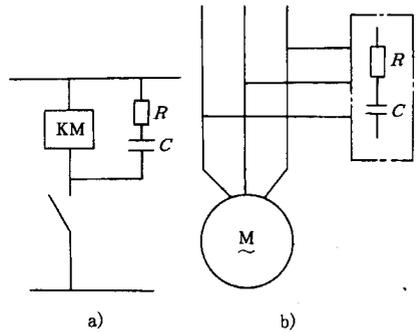


图 1-12 交流负载的阻容保护

a) 交流接触器线圈 b) 驱动电路

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,其电阻一般为 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,电阻一般为 300Ω ,电容一般为 $0.47\mu\text{F}/380\text{V}$ 。

目前,有些交流接触器配备有标准的阻容吸收器件,如 TE 公司的 D2 系列接触器,其交流接触器中的 LA4 线圈抑制模块,如图 1-13a 所示,可直接插入接触器规定的部位,安装方便。图 1-13b 所示的三相灭弧器用于三相负载的阻容吸收。

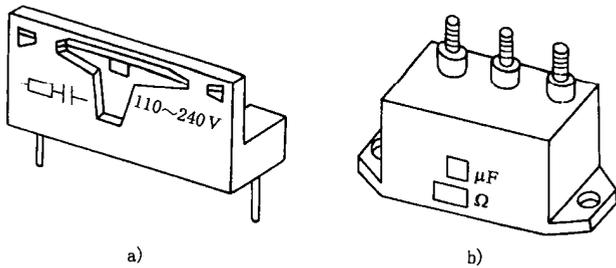


图 1-13 阻容保护器件

a) 线圈抑制模块 b) 三相灭弧器

(3) 续流二极管保护 图 1-14 是数控机床电气控制中直流继电器、直流电磁阀续流二极管保护的电路。

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噪声。目前,有些直流继电器已将续流二极管做成一体,如 FUJI 中间继电器 DC24VHH53P-FL 在其线圈二端并有二极管,给使用安装带来了方便。

3. 屏蔽技术

利用金属材料制成容器,将需要防护的电路或线路包在其中,可以防止电场或磁场的耦合干扰,此方法称为屏蔽。屏蔽可以分为静电屏蔽、电磁屏蔽和纸频磁屏蔽等几种。通

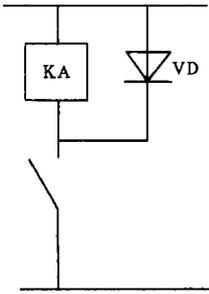


图 1-14 续流二极管保护电路

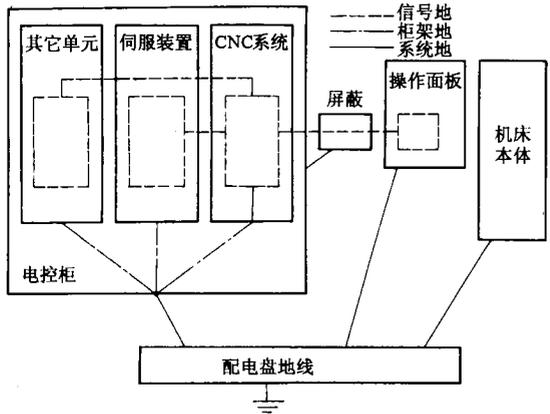


图 1-15 数控机床的地线系统

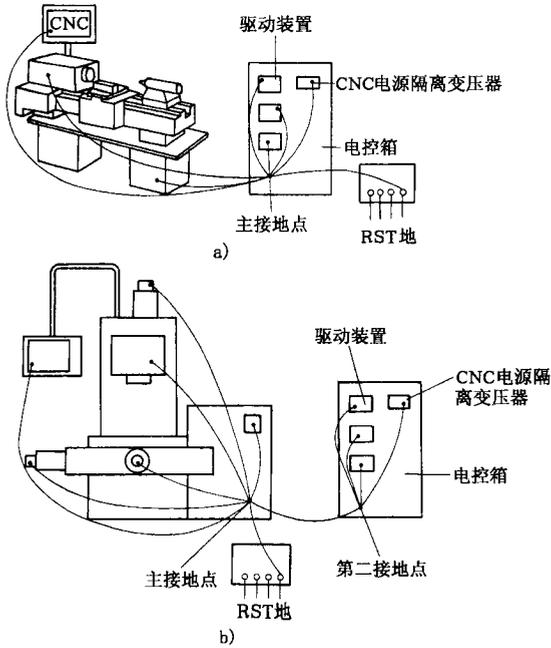


图 1-16 数控机床接地系统示意图

a)一点接地 b)二点接地

常使用的铜质网状屏蔽电缆能同时起到电磁屏蔽和静电屏蔽的作用;将屏蔽线穿在铁质蛇皮管或普通铁管内,达到电磁屏蔽和低频磁屏蔽的目的;仪器的铁皮外壳接地能同时起到静电屏蔽和电磁屏蔽的作用。

4. 保证“接地”良好

“接地”是数控机床安装中一项关键的抗干扰技术措施。电网的许多干扰都是通过“接地”这条途径对机床起作用的。数控机床的地线系统有这样三种：

(1)信号地 用来提供电信号的基准备电位(0V)。

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

(3)系统地 是将框架地与大地相连接。

图 1-15 所示为数控机床的地线系统。

系统接地电阻应低于 100Ω ,连接的电缆必须具有足够的截面积,一般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量,能安全地将短路电流传输到系统地线中。图 1-16 为数控机床实际接地的方法。

图 1-16a 的接地是将所有金属部件统一连在一点上,图 1-16b 设置两个接地点,在这种情况下,要把主接地点和第二接地点用截面积足够大的电缆连接起来。

第二章 数控机床精度及性能检验

数控机床的高精度最终是要靠机床本身的精度来保证,数控机床精度包括几何精度和切削精度。另一方面,数控机床各项性能的好坏及数控功能能否正常发挥将直接影响到机床的正常使用。因此,数控机床精度和性能检验对初始使用的数控机床及维修调整后机床的技术指标恢复是很重要的。

第一节 精度检验

一台数控机床的检测验收工作,是一项工作最大而复杂,试验和检测技术要求高的工作。它要用各种检测仪器和手段对机床的机、电、液、气各部分及整机进行综合性能及单项性能的检测,最后得出对该数控机床的综合评论。这项工作为数控机床今后稳定可靠地运行打下一定的基础,可以将某些隐患消除在考机和验收阶段中,因此,这项工作必须认真、仔细,并将符合要求的技术数据整理归档,作为今后设备维护、故障诊断及维修中恢复技术指标的依据。

一、几何精度检验

几何精度检验,又称静态精度检验,是综合反映机床关键零部件经组装后的综合几何形状误差。数控机床的几何精度的检验工具和检验方法类似于普通机床,但检验要求更高。

几何精度检测必须在地基完全稳定、地脚螺栓处于压紧状态下进行。考虑到地基可能随时间而变化,一般要求机床使用半年后,再复校一次几何精度。在几何精度检测时应注意测量方法及测量工具应用不当所引起的误差。在检测时,应按国家标准规定,即机床接通电源后,在预热状态下,机床各坐标轴往复运动几次,主轴按中等的转速运转十多分钟后进行。

常用的检测工具有精密水平仪、精密方箱、直角尺、平尺、平行光管、千分表、测微仪及高精度主轴心棒等。检测工具的精度必须比所测的几何精度高一个等级。

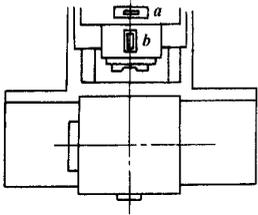
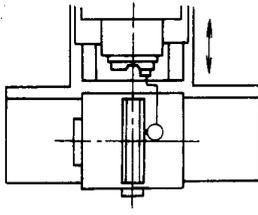
(一) 卧式加工中心几何精度检验

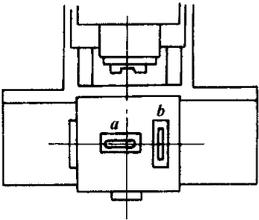
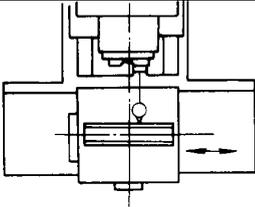
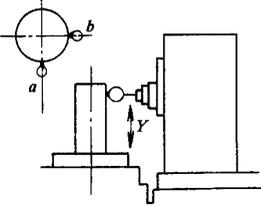
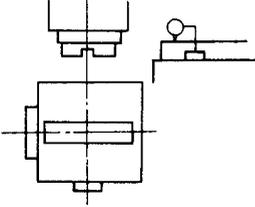
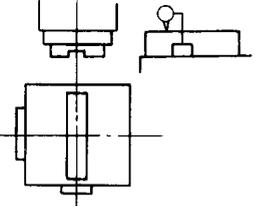
1) X、Y、Z 坐标轴的相互垂直度。

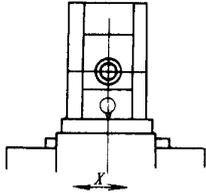
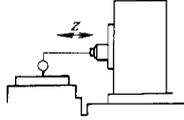
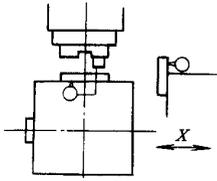
- 2) 工作台面的平行度。
- 3) X 、 Y 轴移动时工作台面的平行度。
- 4) 主轴回转轴线对工作台面的平行度。
- 5) 主轴在 Z 轴方向移动的直线度。
- 6) X 轴移动时工作台边界与定位基准面的平行度。
- 7) 主轴轴向及孔径跳动。
- 8) 回转工作台精度。

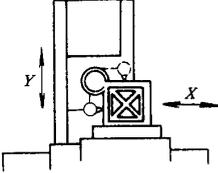
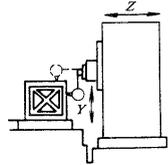
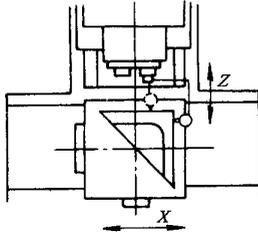
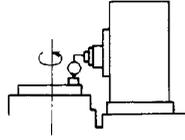
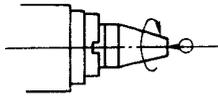
具体的检测项目及方法见表 2-1。

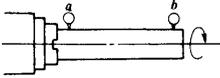
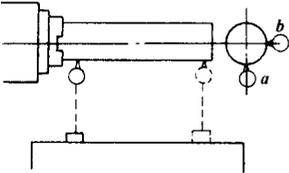
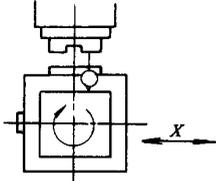
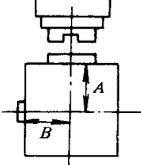
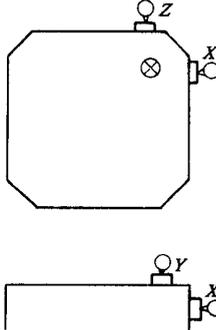
表 2-1 卧式加工中心几何精度检验

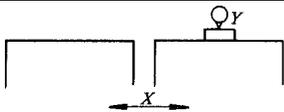
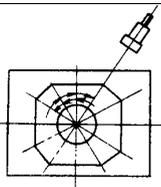
序号	检测内容		检测方法	允许误差	实测误差
				mm	
1	主轴箱沿 Z 轴方向移动的直线度	a Z 轴方向		0.04/ 1000	
		b X 轴方向			
		c $Z-X$ 面内 Z 轴方向		0.01/ 500	

序号	检测内容		检测方法	允许误差	实测误差
				mm	
2	工作台沿 X 轴方向移动的直线度	a X 轴方向		0.04/ 1000	
		b Z 轴方向			
		c Z-X 面内 Z 轴方向		0.01/ 500	
3	主轴箱沿 Y 轴方向移动的直线度	a X-Y 平面		0.01/500	
		b Y-Z 平面			
4	工作面表面的直线度	X 方向		0.015/ 500	
		Z 方向		0.015/ 500	

序号	检测内容	检测方法	允许误差	实测误差
			mm	
5	X轴移动工作台面的平行度		0.02/500	
6	Z轴移动工作台面的平行度		0.02/500	
7	X轴移动时工作台边界与定位器基准面的平行度		0.015/ 300	

序号	检测内容		检测方法	允许误差	实测误差
				mm	
8	各坐标轴之间的垂直度			0.015/ 300	
				0.015/ 300	
				0.015/ 300	
9	回转工作台表面的振动			0.02/500	
10	主轴轴向跳动			0.005	

序号	检测内容		检测方法	允许误差	实测误差
				mm	
11	主轴孔径向跳动	a 靠主轴端		0.01	
		b 离主轴端 300mm		0.02	
12	主轴中心线对工作台面的平行度	a Y-Z 平面内		0.015/ 300	
		b X-Z 平面内			
13	回转工作台回转 90° 的垂直度			0.01	
14	回转工作台中心线到边界定位器基准面之间的距离精度	工作台 A		± 0.02	
		工作台 B			
15	交换工作台的重复交换定位精度	X 轴方向		0.01	
		Y 轴方向			
		Z 轴方向			

序号	检测内容	检测方法	允许误差	实测误差
			mm	
16	各交换工作台的等高度		0.02	
17	分度回转工作台的分度精度		10''	

(二) 卧式数控车床几何精度检验

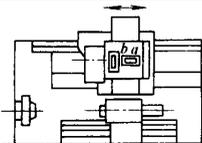
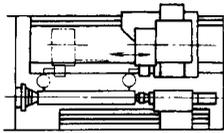
斜床身、带转盘刀架的卧式数控车床,其几何精度检验见表 2-2。

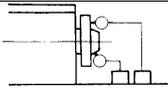
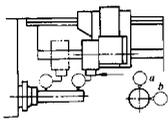
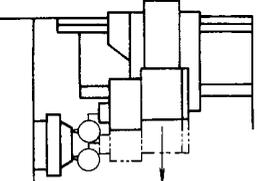
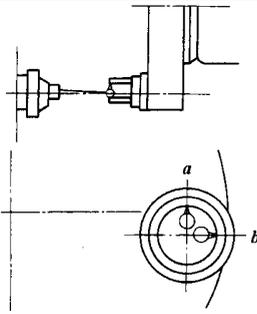
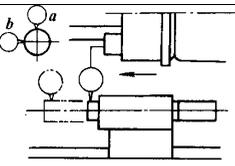
二、定位精度的检验

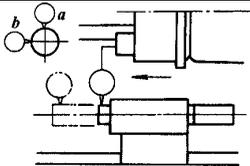
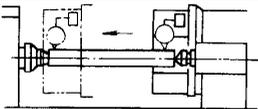
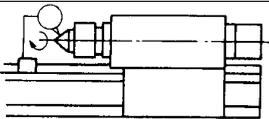
数控机床的定位精度是测量机床各坐标轴在数控系统控制下所能达到的位置精度。根据实测的定位精度数值,可判断零件加工后能达到的精度。

1. 直线运动定位精度

表 2-2 卧式数控车床几何精度检验

序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
1	往复式 Z 轴方向运动的直线度	a Z 轴方向垂直平面内		0.0/1000	
		b X 轴方向垂直平面内		0.05/1000	
		c X 轴方向水平平面内		全长 0.01	

序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
2	主轴端面跳动			0.02	
3	主轴径向跳动			0.02	
4	主轴中心线与往复台 Z 轴方向运动的平行度	a 垂直平面内		0.02/300	
		b 水平平面内		0.02/300	
5	主轴中心线与 X 轴的垂直度			0.02/200	
6	主轴中心线与刀具中心线的偏离程度	a 垂直平面内		0.05	
		b 水平平面内		0.05	
7	床身导轨面平行度	a 山形外侧		0.02	
		b 山形内侧			

序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
8	往复台 Z 轴 方向运动与尾 座中心线平行 度	a 垂直平面内		0.02/100	
		b 水平平面内		0.01/100	
9	主轴与尾座中心线之间高度 偏差			0.03	
10	尾座回转径向跳动			0.02	

这项检测一般在空载条件下进行,对所测的每个坐标轴在全行程内,视机床规格,分每 20mm、50mm 或 100mm 间距正向和反向快速移动定位,在每个位置上测出实际移动距离和理论移动距离之差。先进行检测仪器有双频激光干涉仪,用它快速进行五次以上的测量,由处理装置进行计算打印,绘出带 $\pm 3\delta$ 的误差曲线。在该曲线上得出正、反向定位时的平均位置偏差 \bar{X}_j 、标准偏差 S_j 则位置偏差 $A = (\bar{X}_j + 3S_j)_{\max} - (\bar{X}_j - 3S_j)_{\min}$ 。

2. 直线运动重复定位精度

重复定位精度是反映轴运动稳定性的一个基本指标。机床运动精度的稳定性决定着加工零件质量的稳定性和误差的一致性。直线运动重复定位精度的测量可选择行程的中间和两端任意三个点作为目标位置,从正向和反向进行五次定位,测量出实际位置与目标位置之差。如各测量点标准偏差最大值为 $S_{j\max}$,则直线运动重复定位精度为 $R = 6S_{j\max}$ 。

3. 直线运动的原点复归精度

数控机床每个坐标轴都要有精确的定位起点,此点即为坐标轴的原点或参考点。为提高原点返回精度,各种数控机床对坐标轴原点复归采取了一系列措施,如降速、参考点偏移量补偿等。同时,每次关机之后,重新开机的原点位置精度要求一致。因此,坐标原点的位置精度必然比行程中其他定位点精度要高。对每个直线运动轴,从七个不同位置进行原点复归,测量出其停止位置的数值,以测定值与理论值的最大差值为原点复归精度。

4. 直线运动失动量

坐标轴直线运动的失动量,又称直线运动反向差,是该轴进给传动链上的驱动元件反向死区,以及各机械传动副的反向间隙和弹性变形等误差的综合反映,测量方法与直线运

动重复定位精度的测量方法相似。如正向平均位置偏差为 $\bar{X}_j \uparrow$,反向平均位置偏差为 $X_j \downarrow$,则反向偏差 $B = |\bar{X}_j \uparrow - X_j \downarrow|_{\max}$ 。这个误差越大,定位精度和重复定位精度就越低。一般情况下,失动量是由于进给传动链刚性不足,滚珠丝杠预紧力不够,导轨副过紧或松动等原因造成的。要根本解决这个问题,只有修理和调整有关元部件。数控系统都有失动量补偿的功能(一般称反向间隙补偿),最大能补偿 $0.02 \sim 0.30\text{mm}$ 的失动量,但这种补偿要在全行程区域内失动量均匀的情况下,才能取得较好效果。就一台数控机床的各个坐标轴而言,软件补偿值越大,表明该坐标轴上影响定位误差的随机因素越多,则该机床的综合定位精度不会太高。

5. 回转工作台的定位精度

以工作台某一角度为基准,然后向同一方向快速转动工作台,每隔 30° 锁紧定位,选用标准转台、角度多面体、圆光栅及平行光管等测量工具进行测量,正向转动和反向转动各测量一周。各定位位置的实际转角与理论值(指令值)之差的最大值即为分度误差。如工作台为数控回转工作台,则应以每 30° 为一个目标位置,再对每个目标位置正、反转进行快速定位五次。如平均位置偏差为 \bar{Q}_j ,标准偏差 S_j ,则数控回转工作台的定位精度误差为:

$$A = (\bar{Q}_j + 3S_j)_{\max} + (\bar{Q}_j - 3S_j)_{\min}$$

6. 回转工作台的重复分度精度

测量方法是在回转工作台的一周内任选三个位置正、反转重复定位三次,实测值与理论值之差的最大值为重复分度精度。对数控回转工作台,以每 30° 取一个测量点作为目标位置正、反转进行五次快速定位。如各测量点标准偏差最大值为 $S_{j\max}$,则重复定位精度为 $R = 6S_{j\max}$ 。

7. 数控回转工作台的失动量

数控回转工作台的失动量,又称数控回转工作台的反向差,测量方法与回转工作台的定位精度测量方法一样。如正向位置平均偏差为 $\bar{Q}_j \uparrow$,反向位置平均偏差为 $\bar{Q}_j \downarrow$,则反向偏差 $B = |(\bar{Q}_j \uparrow - \bar{Q}_j \downarrow)|_{\max}$ 。

8. 回转工作台的原点复归精度

回转工作台原点复归的作用同直线运动原点复归的作用一样。复归时,从七个任意位置分别进行一次原点复归,测定其停止位置的数值,以测定值与理论值的最大差值为原点复归精度。

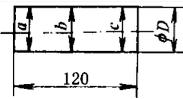
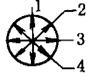
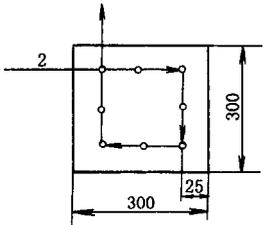
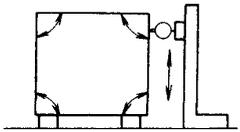
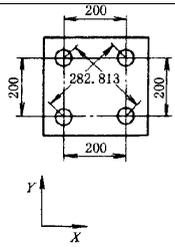
三、切削精度检验

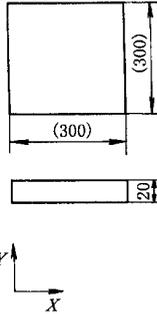
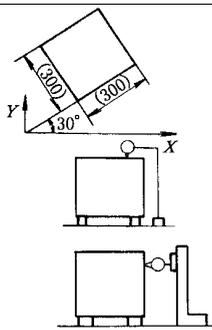
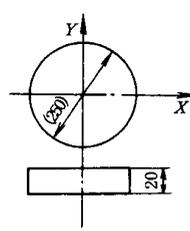
数控机床切削精度检验,又称动态精度检验,是在切削加工条件下,对机床几何精度和定位精度和一项综合考核。切削精度检验可分单项加工精度检验和加工一个标准的综合性试件精度检验两种。

(一) 加工中心切削精度

表 2-3 为加工中心切削精度检验内容。

表 2-3 加工中心切削度精检验

序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
1	镗孔精度	圆度		0.01	
		圆柱度		0.01/100	
2	端铣刀铣平面精度	平面度		0.01	
		阶梯差		0.01	
3	端铣刀铣侧面精度	垂直		0.02/300	
		平行度		0.02/300	
4	镗孔孔距精度	X 轴方向		0.02	
		Y 轴方向			
		对角线方向		0.03	
		孔径偏差		0.01	

序号	检测内容	检测方法	允许误差/mm	实测误差
5	立铣刀铣削四周面精度		0.01/300	
			0.02/300	
			0.03	
			0.02/300	
6	两轴联动铣削直线精度		0.015/300	
			0.03/300	
			0.03/300	
7	立铣刀铣削圆弧精度		0.02	

1. 镗孔精度

试件上的孔先粗镗一次,然后按单边余量小于0.2mm进行一次精镗,检测孔全长上各截面的圆度、圆柱度和表面粗糙度。这项指示主要用来考核机床主轴的运动精度及低速走刀时的平稳性。

2. 镗孔的同轴度

利用转台180°分度,在对边各镗一个孔,检验两孔的同轴度,这项指标主要用来考核转台的分度精度及主轴对加工平面的垂直度。

3. 镗孔的孔距精度和孔径分散度

孔距精度反映了机床的定位精度及失动量在工件上的影响。孔径分散度直接受到精镗刀头材质的影响,为此,精镗刀头必须保证在加工 100 个孔以后的磨损量小于 0.01mm,用这样的刀头加工,其切削数据才能真实反映出机床的加工精度。

4. 直线铣削精度

使 X 轴和 Y 轴分别进给,用立铣刀侧刃精铣工件周边。该精度主要考核机床 X 向和 Y 向导轨运动几何精度。

5. 斜线铣削精度

用 G01 控制 X 和 Y 轴联动,用立铣刀侧刃精铣工件周边。该项精度主要考核机床的 X、Y 轴直线插补的运动品质,当两轴的直线插补功能或两轴伺服特性不一致时,便会使直线度、对边平行度等精度超差,有时即使几项精度不超差,但在加工面上出现很有规律的条纹,这种条纹在两直角边上呈现一边密,一边稀的状态,这是由于两轴联动时,其中某一轴进给速度不均匀造成的。

6. 圆弧铣削精度

用立铣刀侧刃精铣外圆表面,要求铣刀从外圆切向进刀,切向出刀,铣圆过程连续不间断,测量圆试件时,常发现图 2-1a 所示的两半圆错位的图形,这种情况一般都是由一坐标方向或两坐标方向的反向失动量引起的;出现斜椭圆,如图 2-1b 所示,是由于两坐标的实际系统增益不一致造成的,尽管在控制系统上两坐标系统增益设置成完全一样,但由于机械部分结构、装配质量和负载情况等不同,也会造成实际系统增益的差异;出现圆周上锯齿形条纹,如图 2-1c 所示,其原因与铣斜四方时出现条纹的原因类似。

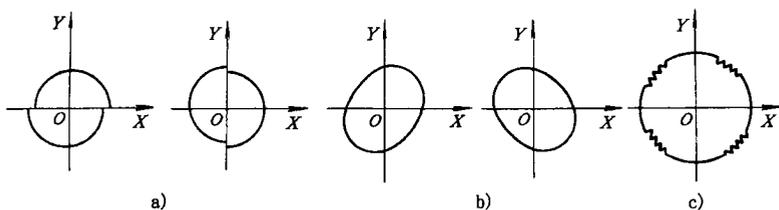


图 2-1 圆弧铣削精度

a) 两半圆错位 b) 斜椭圆 c) 锯齿形条纹

7. 过载重切削

在切削负荷大于主轴功率 120% ~ 150% 的情况下,机床应不变形,主轴运转正常。

要保证切削精度,就必须要求机床的定位精度和几何精度的实际误差要比允差要小。例如一台中小型加工中心的直线运动定位允差为 $\pm 0.01/300\text{mm}$ 、重复定位允差 $\pm 0.007\text{mm}$ 、失动量允差 0.015mm ,但镗孔的孔距精度要求为 $0.02/200\text{mm}$ 。不考虑加工误差,在该坐标定位时,若在满足定位允差的条件下,只算失动量允差加重重复定位允差($0.015\text{mm} + 0.014\text{mm} = 0.029\text{mm}$),即已大于孔距允差 0.02mm 。所以,机床的几何精度和定位精度合格,切削精度不一定合格。只有定位精度和重复定位精度的实际误差大大小于允差,才能保证切削精度合格。

(二) 数控卧式车床的车削精度

对于数控卧式车床, 单项加工精度有: 外圆车削、端面车削和螺纹切削。

1. 外圆车削

外圆车削试件如图 2-2 所示。

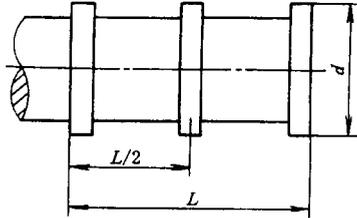


图 2-2 外圆车削试件

试件材料为 45 钢, 切削速度 $100 \sim 150 \text{ m/min}$, 背吃刀量 $0.1 \sim 0.15 \text{ mm}$, 进给量小于或等于 0.1 mm/r , 刀片材料 YW3 涂层刀具。试件长度取床身上量大车削直径的 $1/2$, 或量大车削长度的 $1/3$, 最长为 500 mm , 直径大于或等于长度的 $1/4$ 。精车后圆度小于 0.007 mm , 直径的一致性在 200 mm 测量长度上小于 0.03 mm (机床加工直径小于或等于 800 mm 时)。

2. 端面车削

精车端面的试件如图 2-3 所示。

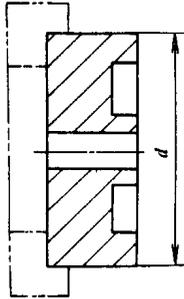


图 2-3 端面车削试件

试件材料为灰铸铁, 切削速度 100 m/min , 背吃刀量 $0.1 \sim 0.15 \text{ mm}$, 进给量小于或等于 0.1 mm/r , 刀片材料为 YW3 涂层刀具, 试件外圆直径最小为最大加工直径的 $1/2$ 。精车后检验其平面度, 300 mm 直径上为 0.02 mm , 只允许凹。

3. 螺纹切削

精车螺纹试验的试件如图 2-4 所示。

螺纹长度要大于或等于 2 倍工件直径, 但不得小于 75 mm , 一般取 80 mm 。螺纹直径接近 Z 轴丝杠的直径, 螺距不超过 Z 轴丝杠螺距之半, 可以使用顶尖。精车 60° 螺纹后, 在任意 60 mm 测量长度上螺距累积误差的允差为 0.02 mm 。

4. 综合试件切削

综合车削试件如图 2-5 所示。材料为 45 钢, 有轴类和盘类零件, 加工对象为台阶、

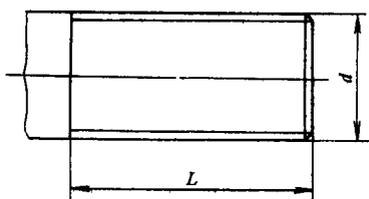


图 2-4 螺纹切削试件

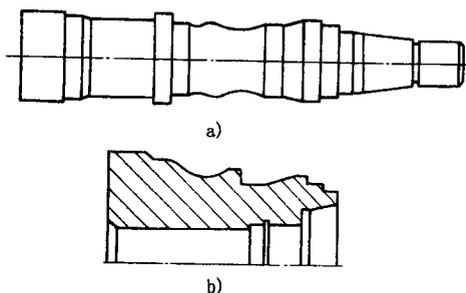


图 2-5 综合车削试件

a)轴类零件 b)盘类零件

圆锥、凸球、凹球、倒角及割槽等内容,检验项目有圆度、直径尺寸精度及长度尺寸精度等。

第二节 机床性能及数控功能检验

数控机床性能和数控功能直接反映了数控机床各个性能指标,它们的好坏将影响到机床运行的可靠性和正确性,对此方面的检验要全面、细致。

一、机床性能

(一) 主轴性能

1. 手动操作

选择高、中、低三档转速,主轴连续进行五次正转和反转的起动、停止,检验其动作的灵活性和可靠性。同时,观察负载表上的功率显示是否符合要求。

2. 手动数据输入方式(MDI)

使主轴由低速到最高速旋转,测量各级转速值,转速允差为设定值的 $\pm 10\%$ 。进行此项检查的同时,观察机床的振动情况。主轴在2h高速运转后允许温升 15°C 。

3. 主轴准停

连续操作五次以上,检验其动作的灵活性和可靠性。有齿轮挂档的主轴箱,应多次试验自动挂档,其动作应准确可靠。

(二) 进给性能

1. 手动操作

分别对X、Y、Z直线坐标轴(回转坐标A、B、C)进行手动操作,检验正、反向的低、中、高速进给和快速移动的起动、停止、点动等动作的平稳性和可靠性。在增量方式(INC或STEP)下,单次进给误差不得大于最小设定当量的 100% ,累积进给误差不得大于最小设定当量的 200% 。在手轮方式(HANDLE)下,手轮每格进给和累积进给误差同增量方

式。

2. 用手动数据输入方式 (MDI)

通过 G00 和 G01F 指令功能,测定快速移动及各进给速度,其允差为 $\pm 5\%$ 。

3. 软硬限位

通过上述两种方法,检验各伺服轴在进给时软硬限位的可靠性。数控机床的硬限位是通过行程开关来确定的,一般在各伺服轴的极限位置,因此,行程开关的可靠性就决定了硬限位的可靠性。软限位是通过设置机床参数来确定的,限位范围是可变的。软限位是否有效可观察伺服轴在到达设定位置时,伺服轴是否停止来确定。

4. 回原点

用回原点方式 (REF) 检验各伺服轴回原点的可靠性。

(三) 自动换刀 (ATC) 性能

1. 手动和自动操作

刀库在装满刀柄的满负载条件下,通过手动操作运行和 M06 T 指令自动运行,检验刀具自动交换的可靠性和灵活性、机械手抓取最大长度和直径刀柄的可靠性、刀库内刀号选择的准确性以及换刀过程的平稳性。

2. 刀具交换时间

根据技术指标,测定交换刀具的时间。

(四) 机床噪声

数控机床噪声包括主轴箱和齿轮噪声,主轴电动机的冷却风扇噪声、液压系统油泵噪声等。机床空运转时,噪声不得超过标准规定的 85dB。

(五) 润滑装置

检验定时定量润滑装置的可靠性,润滑油路有无泄漏,油温是否过高,以及润滑油路到润滑点的油量分配状况等。

(六) 气、液装置

检查压缩空气和液压油路的密封,气液系统的调压功能及液压油箱的工作情况等。

(七) 附属装置

检查冷却装置能否正常工作,排屑器的工作状况,冷却防护罩有无泄漏,带负载的交换托盘 (APC) 能否自动交换并准确定位,接触式测量头能否正常工作。

二、数控功能

1. 运动指令功能

检验快速移动指令和直线及圆弧插补指令的正确性。

2. 准备指令功能

检验坐标系选择、平面选择、暂停、刀具长度和半径补偿、镜像功能、极坐标功能、自动加减速、固定循环及和用户宏程序等指令的准确性。

3. 操作功能

检验回原点、单段程序、程序段跳读、主轴和进给倍率调整、进给保持、紧急停止、主轴和却液的起动和停止等功能的准确性。

4. CRT 显示功能

检验位置显示、程序显示、各种菜单显示以及编辑修改等功能的准确性。

三、连续空载运行

让数控机床长时间连续运行,是综合检验整台数控机床各种自动运行功能可靠性最好的方法。数控机床出厂前,一般都要经过 96h 的自动连续运行,用户在调整验收时,只要做 8~16h 的自动连续运行就可以的。一般来说,机床 8h 连续运行不出故障,表明其可靠性已达到一定水平。

第三节 数控系统的验收

完整的数控系统应包括各功能模块、CRT、系统操作面板、机床操作面板、电气控制柜(强电柜)、主轴驱动装置和主轴电动机、进给驱动装置和进给伺服电动机、位置检测装置及各种连接电缆等。

一、数控系统外观检查

检查系统操作面板、机床操作面板、CRT、位置检测装置、电源、伺服驱动装置等部件是否有破损,电缆捆扎处是否有破损现象,特别是对安装有脉冲编码器的伺服电动机,要检查自动机外壳的相应部分有无磕碰的痕迹。

二、控制柜内元器件的紧固检查

控制柜内元器件的线路连续有三种形式:一是针型插座,二是接线端子,三是航空插头。特别是接线端子,适用于各种按钮、变压器、接地板、伺服装置、接线排端子、继电器、接触器及熔断器等元器件的接线,应检查它们的接线端子的紧固螺钉是否都已拧紧。在电气设备中,一些电器元件上可能会存在一些空余的接线端子,常见的有交流接触器的辅助触头和中间继电器多余触头的接线端子等,对这些端子上的压线垫圈及螺钉若处置不当,在运行中遇到振动会使其脱落,就可能造成电器元件的机件卡死或电气短路等故障。

因此,对于空余端子上的螺钉,一定要将其紧固,在没有备用必要时,只要不影响其他功能,也可干脆将其拆除。紧固检查虽然麻烦,但一定要认真仔细,由此引起的故障,往往很难判别,为此要做好这项基础性的工作,防患于未然。

三、输入电源电压、相序的确认

数控系统对电压要求较高,所以要检查电压波动范围是否在数控系统所要求的范围内。如 FANUC 数控系统所用电源是 200V 50Hz,电压波动范围应在 +10% ~ -15% 以内。对晶闸管控制线路用的电源,一定要检查相序。相序错误会烧毁驱动装置上的保险。相序测量有两种方法,一是用相序表测量,相序接法正确时,相序表按顺时针方向旋转;二是用双线示波器观察 R-S 和 T-S 间的波形,测量方法及波形如图 2-6 所示。

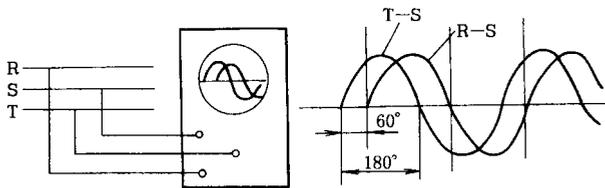


图 2-6 相序测量及其波形

四、检查直流电流输出

数控系统中的 I/O 单元、电气控制中的中间继电器和电磁制动器线圈等均靠直流 +24V 供电。用万用表测量稳压装置的输出的 +24V 电压是否在允许范围内及对地短路。

五、确认数控系统与机床侧的接口

现代数控系统均具备自诊断功能,在 CRT 上可显示数控系统与机床接口之间的状态。如 SIEMENS 数控系统通过自诊断画面(DIAGNOSIS),就可确认接口信号 IB、QB 的状态。FANUC 数控系统通过 DGN 和数据号可显示状态信息,如图 2-7 所示。

诊断号	位 7	6	5	4	3	2	1	0
0700		CSCT	CITL	COVZ	CINP	CDWL	CMTN	CFIN

图 2-7 FANUC 系统接口状态信息

其中,CFIN 为“1”表示正在执行 M、S、T 功能;CMTN 为“1”表示正在执行自动运行指令;CDWL 为“1”表示正在执行暂停;CINP 为“1”表示正在进行到位检测;COVZ“1”表示倍率为 0%;CITL 为“1”表示互锁信号接通;CSCT 为“1”表示等待主轴速度到达信号接通。

六、确认数控系统各参数的设定

设定系统参数的目的是使机床具有最佳的工作性能。随机附带的参数表是机床重要的技术资料,对故障诊断和维修有很大帮助。如 FANUC 系统通过操作 MDI/CRT 单元上的“PARAM”键和“PAGE”键可显示已存入系统内存的参数,显示的参数内容应与参数表一致。

七、接通电源检查机床状态

系统工作正常时,应无任何报警。通过多次接通、断开电源或按下急停按钮的操作来确认系统是否正常。

八、用手轮进给检查各轴运转情况

用手轮进给操作,使机床各坐标轴连续运动,通过 CRT 显示的坐标值来检查机床移动部件的方向和距离是否正确;另外,用手轮进给低速移动机床各坐标轴,并使移动的轴碰到限位开关,用以检查超程限位是否有效、机床是否准确停止、数控系统是否在超程时发生报警;用点动或手动快速移动机床各坐标轴,观察在最大进给速度时,是否发生误差过大报警。

九、用准停功能来检查主轴的定位情况

加工中心主轴准停功能的好坏,关系到能否正确换刀及精镗孔的退刀问题,用准停指令(M19)来确认主轴的定位性能是否良好。

第三章 数控机床机械结构故障诊断及维护

由于电气驱动替代了机械传动,使得数控机床的机械结构较传统机床的机械结构简单,但机床组件的精度提高了,对维护提出了更高要求。同时,数控机床机械维护的面更广,除了主轴、导轨和丝杠外,还有刀库及换刀装置、液压和气动系统等。

数控机床的机电一体化在机械故障诊断时同样表现出机电之间的内在联系,因此,熟悉机械故障的特征,掌握数控机床机械故障诊断的方法和手段,对确认故障的原因是有一定帮助的。

第一节 数控机床机械故障诊断的方法

机床在运行过程中,机械零部件受到力、热、摩擦以及磨损等多种因素的作用,运行状态不断变化,一旦发生故障,往往会导致不良后果。因此,必须在机床运行过程中,对机床的运行状态及时作出判断并采取相应的措施。运行状态异常时,必须停机检修或停止使用,这样就大大提高了机床运行的可靠性,进一步提高了机床的利用率。数控机床机械故障诊断特征参数,如振动、噪声和温度等进行测定,将测定值与规定的正常值进行比较,以判断机械装置的工作状态是否正常,若对机械装置进行定期或连续监测,便可获得机械装置状态变化的趋势性规律,从而对机械装置的运行状态进行预测和预报。在诊断技术上,既有传统的“实用诊断方法”,又有利用先进测试手段的“现代诊断方法”。表3-1所示为数控机床机械故障诊断的方法。

一、实用诊断技术的应用

由维修人员的感觉器官对机床进行问、看、听、触、嗅等的诊断,称为“实用诊断技术”。

1. 问

就是询问机床故障发生的经过,弄清故障是突发的,还是渐发的。一般操作者熟知机床性能,故障发生时又在现场耳闻目睹,所提供的情况对故障的分析是很有帮助的。通常应询问下列情况

- 1) 机床开动时有哪些异常现象。
- 2) 对比故障前后工件的精度和表面粗糙度,以便分析故障产生的原因。

- 3) 传动系统是否正常,出力是否均匀,背吃刀量和走刀量是否减小等。
- 4) 润滑油品牌号是否符合规定,用量是否适当。
- 5) 机床何时进行过保养检修等。

2. 看

(1) 看转速 观察主传动速度的变化,如带传动的线速度变慢,可能是传动带过松或负荷太大,对主传动系统中的齿轮,主要看它是否跳动、摆动,对传动轴主要看它是否弯曲或晃动。

表 3-1 数控机床机械故障诊断方法

	机械设备诊断方法	原理及特征信息
实用 诊断 技术	听、摸、看、问	通过形貌、声音、温度、颜色和气味的变化来诊断
	查阅技术档案资料	找规律、查原因、作判别
现代 诊断 技术	油液光谱分析	通过使用原子吸收光谱仪,对进入润滑油或液压油中磨损的各种金属颗粒和外来砂粒、尘埃进行化学成份和浓度分析,从而进行状态监测
	振动监测	通过安装在机床某些特征点上的传感器,利用振动计巡回检测,测量机床上某些特定测量处的总振级大小,如位移、速度、加速度和幅频特征等,从而对故障进行预测和监测
	噪声谱分析	通过声波计对齿轮噪声信号频谱中的啮合谐波幅值变化规律进行深入分析,识别和判断齿轮磨损失效故障状态,可做到非接触式测量,但要减少环境噪声的干扰
	故障诊断专家系统	将诊断所必需的知识、经验和规则等信息编成计算机可以利用的知识库,建立具有一定智能的专家系统。这样系统能对机器状态作常规诊断,解决常见的各种问题,并可自行修正和扩充已有的知识库,不断提高诊断水平
	温度监测	利用各种测温热电偶探头,测量轴承、轴瓦、电动机和齿轮箱等装置的表面温度,具有快速、正确、方便的特点
	非破坏性监测	根据探伤仪观察内部机体的缺陷,如裂纹等

(2) 看颜色 如果机床转动部位,特别是主轴和轴承运转不正常,就会发热。长时间升温会使机床外表颜色发生变化,大多呈黄色。油箱里的油也会因温升过高而变稀,颜色变样,有时也会因久不换油、杂质过多或油变质而变成深墨色。

(3) 看伤痕 机床零部件碰伤损坏部位很容易发现,若发现裂纹时,应作一记号,隔一段时间后再比较它的变化情况,以便进行综合分析。

(4)看工件 从工件来判别机床的好坏。若车削后的工件表面粗糙度 R_a 数值大,这主要是由于主轴与轴承之间的间隙过大,溜板、刀架等压板楔铁有松动以及滚珠丝杠预紧松动等原因所致。若是磨削后的表面粗糙度 R_a 数值大,这主要是由于主轴或砂轮动平衡差,机床出现共振以及工作台爬行等原因所引起的。若工件表面出现波纹,则看波纹数是否与机床主轴传动齿轮的齿数相等,如果相等,则表明主轴齿轮啮合不良是故障的主要原因。

(5)看变形 主要观察机床的传动轴、滚珠丝杠是否变形,直径大的带轮和齿轮的端面是否跳动。

(6)看油箱与冷动箱 主要观察油或冷动液是否变质,确定其能否继续使用。

3. 听

用以判别机床运转是否正常。一般运行正常的机床,其声响具有一定的音律和节奏,并保持持续的稳定。机械运动发出的正常声响大致可归纳为以下几种:

1)一般作旋转运动的机件,在运转区间较小或处于封闭系统时,多发出平静的“嚶嚶”声;若处于非封闭系统或运行区较大时,多发出较大的蜂鸣声;各处大型机床则产生低沉而振动声浪很大的轰隆声。

2)正常运行的齿轮副,一般在低速下无明显的声响,链轮和齿条传动副一般发出平稳的“唧唧”声;直线往复运动的机件,一般发出周期性的“咯噔”声;常见的凸轮顶杆机构、曲柄连杆机构和摆动摇杆机构等,通常都发出周期性的“嘀咯”声;多数轴承副一般无明显的声响,借助传感器(通常用金属杆或螺钉旋具)可听到较为清晰的“嚶嚶”声。

3)各种介质的传输设备产生的输送声,一般均随传输介质的特性而异。如气体介质多为“呼呼”声,流体介质为“哗哗”声,固体介质发出“沙沙”声或“呵罗呵罗”声响。

掌握正常声响及其变化,并与故障时的声音相对比,是“听觉诊断”的关键。下面介绍几种一般容易出现的异声。

(1)摩擦声 声音尖锐而短促,常常是两个接触面相对运动的研磨。如带打滑或主轴轴承及动丝杠副之间缺少润滑油,均会产生这种异声。

(2)泄漏声 声小而长,连续不断,如漏风、漏气和漏液等。

(3)冲击声 音低而沉闷,如气缸内的间断冲击声,一般是由于螺栓松动或内部有其他异物碰击。

(4)对比声 用手锤轻轻敲击来鉴别零件是否缺损。有裂纹的零件敲击后发出的声音就不那么清脆。

4. 触

用手感来判别机床的故障,通常有以下几方面:

(1)温升 人的手指触觉是很灵敏的,能相当可靠地判断各种异常的温升,其误差可准确到 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。根据经验,当机床温度在 0°C 左右时,手指感觉冰凉,长时间触摸会产生刺骨的痛感; 10°C 左右时,手感较凉,但可忍受; 20°C 左右时,手感到稍凉,随着接触时间延长,手感潮湿; 30°C 左右时,手感微温有舒适感; 40°C 左右时,手感如触摸高烧病人; 50°C 以

上时,手感较烫,如常心扣的时间较长可有汗感;60℃左右时,手感很烫,但可忍受10s左右;70℃左右时,手有灼痛感,且手的接触部位很快出现红色;80℃以上时,瞬时接触手感“麻辣火烧”,时间过长,可出现烫伤。为了防止手指烫伤,应注意的手的触摸方法,一般先用右手并拢的食指、中指和无名指指背中节部位轻轻触及机件表面,断定对皮肤无损害后,才可用手指肚或手掌触摸。

(2)振动 轻微振动可用手感鉴别,至于振动的大小可找一个固定基点,用一只手去同时触摸便可以比较出振动的大小。

(3)伤痕和波纹 肉眼看不清的伤痕和波纹,若用手指去摸则可很容易地感觉出来。摸的方法是:对圆形零件要沿切向和轴向分别去摸;对平面则要左右、前后均匀去摸。摸时不能用力太大,只轻轻把手指放在被检查面上接触便可。

(4)爬研 用手摸可直观的感觉出来,造成爬行的原因很多,常见的是润滑油不足或选择不当,活塞密封过紧或磨损造成的机械摩擦阻力加大,液压系统进入空气或压力不足等。

(5)松或紧 用手转动主轴或摇动手轮,即要感到接触部位的松紧是否均匀适当,从而可判断出这些部位是否完好可用。

5. 嗅

由于剧烈摩擦或电器元件绝缘破损短路,使附着的油脂或其他可燃物质发生氧化蒸发或燃烧产生油烟气、焦糊气等异味,应用嗅觉诊断的方法收到较好的效果。

上述实用诊断技术的主要诊断方法,实用简便,相当有效。

二、机床异响的诊断

机床在运动中发出均匀、连续而轻微的声音,一般认为是正常的。如果声音过大或夹有金属的敲击声、摩擦声等,则表明机床运转的声音不正常,称作噪声或异响。

异响主要是由于机件的磨损、变形、断裂、松动和腐蚀等原因,致使在运行中发生碰撞、摩擦、冲击或振动所引起的。有些异响,表明机床中某一零件产生了故障;还有些异响,则是机床可能发生更大事故性损伤的预兆。因此,对机床异响的诊断是不可忽视的。

1. 确定应诊的异响

诊断机床异响,应考虑新旧机床的不同特点。新机床由于技术状况比较好,运转过程中一般无杂乱的声响,一旦由某种原因引起异响时,便会清晰而单纯地暴露出来,因而便于分析诊断;对于旧机床而言,由于自然磨损,技术状况渐趋恶化,各运动件之间的间隙加大,致使运行期间声音杂乱,所以应当首先判明,哪些异响是必须予以诊断并排除的。

2. 确诊异响部位

机床是由很多零部件连接为一个整体的,运转中一个零件所产生异响,就会传异给其他零部件,这就容易混淆故障的真实部位。这时,可根据机床的运行状态,确定异响部位。例如,机床变速箱产生异响,可根据不同排挡的声响程度来判断异响发生的部位。

3. 确认异响零件

机床的异响,常因产生异响零件的形状、大小、材质、工作状态和振动频率不同而声响各异。在实践中如能用心分析所接触的各种异响,即可掌握其规律。

4. 根据异响与其他故障的关系进一步确诊或验证异响零件

同样的声响,如同样是冲击声,其高低、大小、尖锐、沉重及脆哑等不一定相同,而且每个人的听觉也有差异,所以仅凭声响特征确诊机床异响的零件,有时还不够确切,这时,可根据异响与其他故障征象的关系,对异响零件进一步确诊与验证。

(1)异响与振动 机床有异响存在时,其异响零件就会产生振动,而且振动频率与异响的声频将是一致的。据此便可进一步确诊和验证异响零件。如对于动不平衡引起的冲击声,其声响次数与振动频率相同,根据两者间的关系,来查找和确诊由于动不平衡而发出冲击声的零件,比较方便有效。

(2)异响与爬行 在液压传动机构中,若液压系统内有异响,且执行机构伴有爬行,则可证明液压系统混有空气。这时,如果在液压泵中心线以下还有“吱喻、吱喻”的噪声,就可进一步确诊是液压泵吸空导致液压系统混入空气。

(3)异响与发热 有些零件产生故障后,不仅有异响,而且发热,滚动轴承就是最典型的例子。如果某一轴上有两个轴承,其中有一个轴承产生故障,运行中发出“隆隆”声,这时只要用手一摸,就可确诊,发热的轴承即为损坏了的轴承。

例 3-1 运用频率分析法诊断加工中心主轴箱异响。

1. 主轴传动系统结构

机床直流主轴电动机采用晶闸管无级调速,并通过主轴箱的滑移齿轮变速,在主轴上可得到 58 级转速。其中 160~630r/min 的 13 种转速既可在低速区得到,也可在高速区得到,图 3-1 为主轴传动简图。

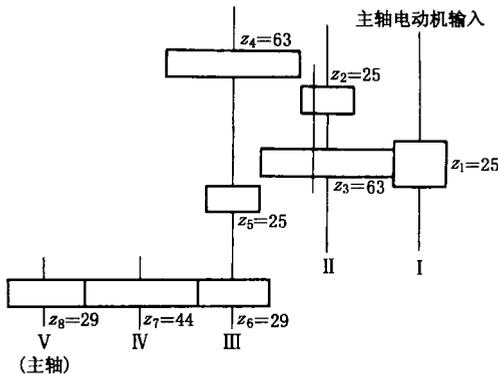


图 3-1 主轴传动简图

2. 故障分析和诊断方法

导致主轴箱发出异响的原因有：①由于直流主轴电动机输入电压不稳定导致电动机轴（I 轴）转速不平稳,使齿轮在啮合间隙上存在振动,产生异响。②由于齿轮、轴承或其

他某个传动零件失效而产生异响。③上面两种因素同时存在而产生异响。虽然这三种情况都能引发主轴箱异响,但异响的频率特性是互不相同的。一般来说,第一种情况引发的振动,在每根轴上都会发生,所以其频率特性表现为几种频率成分的混杂;第二种情况引发的振动,其激振频率与失效零件所在轴的旋转频率(转速)密切相关,且主要频率成分中以轴的旋转频率及 $1/2$ 、 $1/3$ 等各次谐波成分为主;第三种情况下所引起的异响,其频谱则表现为上述两种频谱的叠加。所以,分析异响的频率特性便可推断出是哪一部分发生了故障。

3. 数据采集、处理与验证

因为转速太低时,异响很小,听不清楚;转速过高时,异响频率太高,难以计数,所以在 $80 \sim 250 \text{ r/min}$ 之间选择几种转速,用秒表数出每分钟的异响次数(频率),再通过主轴传动简图计算出各轴的旋转速度。由表3-2中的数值可看出异响频率均与Ⅳ轴的转速值非常接近。

表3-2 各轴转速与异响频率的比较

转速 代码	主轴转速 $n_V /$ ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	Ⅳ轴转速 n_{IV} ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$) $n_{IV} = \frac{29}{44} n$	Ⅲ轴转速 n ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	Ⅱ轴转速 n_{II} ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)		Ⅰ轴转速 n_I ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)		异响频率 ($\text{次} \cdot$ min^{-1})
				高速区 $n_{II} = \frac{25}{63} n_V$	低速区 $n_{II} = \frac{63}{25} n_V$	高速区 $n_I = n_V$	低速区 $n_I = (\frac{63}{25}) n_V$	
低速区	S21	80	52.7	80	201.6		508	52
	S23	100	65.9	100	252		635	64
	S25	125	82.4	125	315		793.8	85
	S27	160	105.5	160	403.2		1016	101
	S29	200	131.8	200	504		1270.1	129
	S31	250	164.8	250	630		1587.6	158
高速区	S51	160	105.5	160	63.5		160	103
	S53	200	131.8	200	79.4		200	127
	S55	250	164.8	250	99.2		250	160

另外,选择S27和S51、S29和S53、S31和S55进行测量,由表3-2可看出,虽然在每组转速中,Ⅰ轴和Ⅱ轴的转速各不相同,但异响的频率却是一致的,且均接近于Ⅳ轴的转速,这说明异响与Ⅰ轴和Ⅱ轴无关。由于异响频谱表现为单一频率成分,而且与Ⅳ轴的旋转频率极为接近,所以基本上可以排除由于直流主轴电动机运转不稳引发响声的可能,并可作出结论:传动轴Ⅳ轴上某传动零件的失效是最有可能的故障因素。

根据以上诊断结果,检查发现Ⅳ轴轴承的滚道已严重烧伤。更换轴承后异响消失,机床投入正常运转。

三、现代诊断技术的应用

现代诊断技术是利用诊断仪器和数据处理对机械装置的故障原因、部位和故障的严重程度进行定性和定量的分析。机床运转时发生的振动一般用加速度、速度和位移表示，而且它们的频谱也具有特征形状，这种频谱即振动幅值—频率谱，通常称为机床的振动特征。由于机床在运行过程中所产生的振动往往是由多个频率成分所组成，其时域振动波形是由多个谐振波形合成的，如图 3-2 所示。

图 3-2a 是频率为 f_1 的时域振动波形， A_1 为振动幅值；图 3-2b 是 f_2 的时域振动波形， A_2 为振动幅值。图 3-2c 是上述两个谐振合成的时域振动波形。若将图 3-2c 所示的时域振动波形进行快速傅里叶变换 (FFT)，可得图 3-2d 所示的波形，这是合成振动的时域波形所对应的频域波形，是合成振动的频谱。在频谱图 3-2d 中，频率 f_1 和 f_2 处分别出现振动幅值 A_1 和 A_2 。

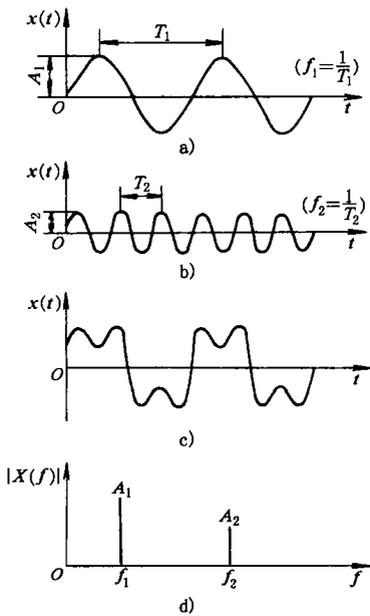


图 3-2 振动的时域波形和频域波形
 a) f_1 的时域振动波形
 b) f_2 的时域振动波形
 c) f_1 和 f_2 的合成波形
 d) 频域波形

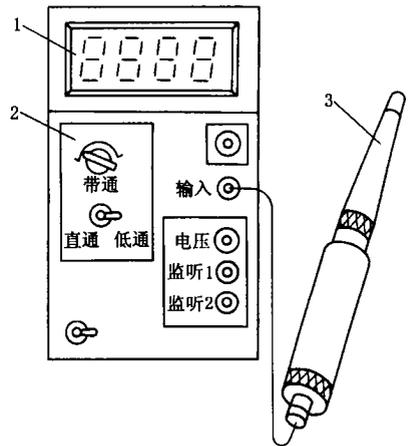


图 3-3 振动测试仪
 1—电压表显示
 2—频率选择 3—传感器

处于正常状态的机床具有典型的频谱，但当机床磨损、基础下沉和部件变形时，机床原有的振动特征将发生变化，并通过机床振动能量的增加反映出来。通过监测和分析机床的振动信号，就可以判断出机床发生故障的部位和严重程度。其中，振动测试仪适用于

现场检修人员对机器运行状态的在岗监测,并为诊断和趋势分析提供数据,是最基本的现代测度工具。图 3-3 所示为振动测试仪外观图。

振动测试仪的输入端是一个压电晶体振动加速度传感器。通过探针接触机器,将机器振动的加速度转换成电荷量,再由电荷放大器将电荷量转化成电压量,电压量值和振动加速度量值成正比。两个耳机输出可供两人同时监听,一个电压输出可与示波器、磁带机、电平记录仪和信号分析仪等联机使用,以作进一步的故障分析。这是把定性、定量、单人与多人、振幅测试与振动测试相结合的便携式仪器。各种仪器的连接方法如图 3-4 所示。

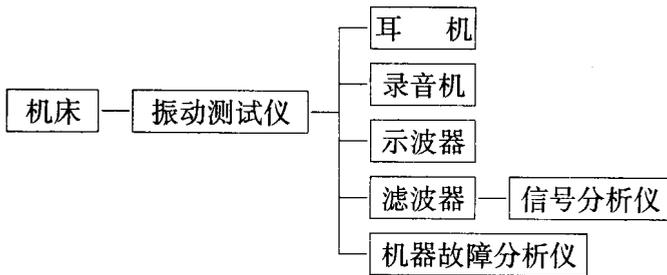


图 3-4 振动测试仪与各种仪器的连接

1. 振动测试仪的特点

(1) 抗干扰性好 当测量机床某点时,该测点的振动无衰减地传至该仪器,测点外的振动因机械阻尼作用将得到衰减,周围环境的杂音因仪器中的振动加速度传感器对声波不敏感,被阻隔在外,故所测信号只是被测点的振动与冲击量,抗干扰性优于用传声传感器(如驻极体话筒)做成的类似于传声放大器和测试仪器。

(2) 分辨能力强 大多数现代化机床运行速度较高,许多起报警作用的振动信号出现在高频带,而且很微弱,只能借助于仪器来分辨。振动测试仪的安装频率大于等于 15kHz,其电路频响大于 20kHz,完全满足了机械振动规定的 10kHz 要求。

(3) 灵敏度高 振动测试仪可将输入放大数千倍,这对早期故障检测和分析判断是十分有用的。

2. 使用与诊断方法

振动测试仪的使用十分简便,只需将探针拧上传感器,打开音量开关,接上耳机就可测听。由于完好机器的振动特征和有故障机器的振动特征不同,反映在仪器耳机中的声音也不同,故根据声音的差异可初步判断出是否有故障。例如,当耳机里传出清脆尖细的声音时(振动频率较高),一般表明较小的构件有较小的裂纹,或强度相对较高的金属部件产生了局部缺陷;当耳机传出低沉混浊的噪声时(振动频率较低),一般表明由强度较低的材料制成的较大、较长的构件存在较大的裂纹或缺陷;当耳机里传出的噪声比平时增强时,表明机器故障正在扩展,声音愈大,故障愈严重;如果耳机里传出的噪声不再按有规律的间歇出现,而是随机地出现,这表明某个部件已经松动,随时会产生意外事故。

使用振动测试仪时,可用录音机将正常运行的机器各测点的信号记录下来,作为机器动态数据存档,与以后测得的信号作对比。对于较复杂的信号,也可送入信号分析仪进行频谱分析,振动测试仪还可接示波器观察信号的时域波形。

例 3-2 用振动测试仪检测轴承的运行情况。

用振动测试仪将轴承的振动信号拾取,再输出接低通滤波器和信号分析仪作振幅-频率谱分析。采样频率取 1kHz,低通滤波器截止频率取 300Hz。分别对一个完好轴承和一个内环损坏的轴承作分析,结果如图 3-5 所示。

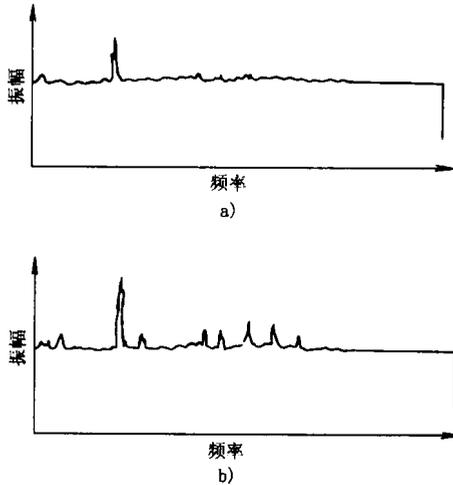


图 3-5 轴承频谱分析

a)好的轴承 b)坏的轴承

从图中可以看出,好轴承和坏轴承具有不同的振动特征频率,坏的轴承除转速频率未变外,在转速频率的高低端都分别增加了新的振幅频率分量。这表明不仅频率分量的级值增加给出了早期故障信息,而且新增加的谱线指出机器的各部件在磨损。对每个监测点来说,如存在不平衡、轴线不对中、轴承腐蚀和齿轮损坏等,经频率分析均可揭示其特征频率。

现在,有一种专用的轴承故障检测仪,可在不分解轴承,不停止轴承运转的情况下使用,可检测各类滚动和滑动轴承的润滑和运行状态,预测轴承是否失效。通过这种在线点检的方法,保证轴承的可靠运转,并掌握恰当的润滑油理敏时间,减轻检修的劳动强度,避免因轴承损坏引起的经济损失,以提高设备的完好率。

3. 测量注意事项

(1) 正确使用探针 为了尽可能准确地拾取振动量,一般要求传感器和被测部位要紧密固定,以减少振动高频分量的损失。振动测试仪配有长短两根探针,由于材料和长度不同,其谐振频率也不同,硬而短的探针谐振频率较高,长的探针谐振频率较低。所以,在测量高速运行的机械时,应优先采用短探针,并将探针顶紧被测点,以减少振动高频信息的损失。

(2)选择探测点 由于探测是在不停机、不解体的运动状态下进行的,故必须将测点选在机器的外壳上。选择合适的探测点是很重要的,它决定着测量的准确程度。通常应选择振动响应最显著的敏感点和易损坏的关键点作为固定检测点。选择时应注意以下几点 ①探测点和被测部件(如轴承、齿轮等)之间最好只有一层间隔(如外壳),以减少其他振动干扰。②探测点和被测部件的距离愈短、愈直接,其效果愈好,可减少振动信息的传递损失。③探测点应尽量选在负重部分,如轴承应选择轴承底座面而不宜选择上盖。④探针的顶部尽可能与探测点垂直接触,以减少干扰误差。

第二节 主轴部件

一、维护特点

数控机床主轴部件是影响机床加工精度的主要部件,它的回转精度影响工件的加工精度,它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订的规格、精度采用不同的主轴轴承。一般中、小规格的数控机床的主轴部件多采用成组高精度滚动轴承,重型数控机床采用液体静压轴承,高精度数控机床采用气体静压轴承,转速达 $20000\text{r}/\text{min}$ 的主轴采用磁力轴承或氮化硅材料的陶瓷滚珠轴承。

1. 主轴润滑

为了保证主轴有良好的润滑,减少摩擦发热,同时又能把主轴组件的热量带走,通常采用循式润滑系统。用液压泵供油强力润滑,在油箱中使用油温控制器控制油液温度。近年来有些数控机床的主轴轴承采用高级油脂封放方式润滑,每加一次油可以使用7-10年,简化了结构,降低了成本且维护保养简单,但需防止润滑油和油脂混合,通常采用迷宫式密封方式。为了适应主轴转速向更高速化发展的需要,新的润滑冷却方式相继开发出来。这些新型润滑冷却方式不单要减少轴承温升,还要减少轴承内外圈的温差,以保证主轴热变形小。

(1)油气润滑方式 这种润滑方式近似于油雾润滑方式,所不同的是,油气润滑是定时定量地把油雾送进轴承空隙中,这样既实现了油雾润滑,又不致于油雾太多而污染周围空气,后者则是连续供给油雾。

(2)喷注润滑方式 它用较大流量的恒温油(每个轴承 $3\sim 4\text{L}/\text{min}$)喷注到主轴轴承,以达到润滑、冷却的目的。这里要特别指出的是,较大流量喷注的油,不是自然回流,而是

用排油泵强制排油,同时,采用专用高精度大容量恒温油箱,油温变动控制在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

2. 防泄漏

在密封件中,被密封的介质往往是以穿漏、渗透或扩散的形式越界泄漏到密封连接处的彼侧。造成泄漏的基本原因是流体从密封面上的间隙中溢出,或是由于密封部件内外两侧密封介质的压力差或浓度差,致使流体向压力或浓度低的一侧流动。图3-6为卧式加工中心主轴前支承的密封结构。

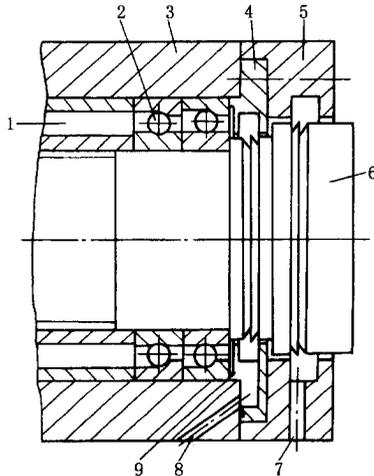


图3-6 主轴前支承的密封结构

1—进油口 2—轴承 3—套筒 4、5—法兰盘 6—主轴
7—泄漏孔 8—回油斜孔 9—泄油孔

卧式加工中心主轴前支承处采用的双层小间隙密封装置。主轴前端车出两组锯齿形护油槽,在法兰盘4和5上开沟槽及泄漏孔,当喷入轴承2内的油液流出后被法兰盘4内壁挡住,并经其下部的泄油孔9和套筒3上的回油斜孔8流回油箱,少量油液沿主轴6流出时,主轴护油槽在离心力的作用下被甩至法兰盘4的沟槽内,经回油斜孔8重新流回油箱,达到了防止润滑介质泄漏的目的。

当外部切削液、切屑及灰尘等沿主轴6与法兰盘5之间的间隙进入时,经法兰盘5的沟槽由泄漏孔7排出,少量的切削液、切屑及灰尘进入主轴前锯齿沟槽,在主轴6高速旋转的离心力作用下仍被甩至法兰盘5的沟槽内由泄漏孔7排出,达到了主轴端部密封的目的。

要使间隙密封结构能在一定的压力和温度范围内具有良好的密封防漏性能,必须保证法兰盘4和5与主轴及轴承端面的配合间隙。

1) 法兰盘4与主轴6的配合间隙应控制在 $0.1 \sim 0.2\text{mm}$ (单边)范围内。如果间隙偏大,则泄漏量将按间隙的3次方扩大;若间隙过小,由于加工及安装误差,容易与主轴局部接触使主轴局部升温并产生噪声。

2) 法兰盘4内端面与轴承端面的间隙应控制在 $0.15 \sim 0.3\text{mm}$ 之间。小间隙可使压力

油直接被挡住并沿法兰盘 4 内端面下部的泄油孔 9 经回油斜孔 8 流回油箱。

3) 法兰盘 5 与主轴的配合间隙应控制在 $0.15 \sim 0.25\text{mm}$ (单边) 范围内。间隙太大, 进入主轴 6 内的切削液及杂物会显著增多, 间隙太小, 则易与主轴接触。法兰盘 5 沟槽深度应大于 10mm (单边), 泄漏孔 7 应大于 $\Phi 6\text{mm}$, 并位于主轴下端靠近沟槽内壁处。

4) 法兰盘 4 的沟槽深度大于 12mm (单边), 主轴上的锯齿尖而深, 一般在 $5 \sim 8\text{mm}$ 范围内, 以确保具有足够的甩油空间。法兰盘 4 处的主轴锯齿向后倾斜, 法兰盘 5 处的主轴锯齿向前倾斜。

5) 法兰盘 4 上的沟槽与主轴 6 上的护油槽对齐, 以保证被主轴甩至法兰盘沟槽内腔的油液能可靠地流回油箱。

6) 套筒前端的回油斜孔 8 及法兰盘 4 的泄油孔 9 流量为进油孔 1 的 $2 \sim 3$ 倍, 以保证压力油能顺利地流回油箱。

这种主轴前端密封结构也适合于普通卧式车床的主轴前端密封。在油脂润滑状态下使用该密封结构时, 取消了法兰盘泄油孔及回油斜孔, 并且有关配合间隙适当放大, 经正确加工及装配后同样可达到较为理想的密封效果。

3. 刀具夹紧

在自动换刀机床的刀具自动夹紧装置中, 刀具自动夹紧装置的刀杆采用 $7:24$ 的大锥度锥柄, 既利于定心, 也为松刀带来方便。用碟形弹簧通过拉杆及夹头拉住刀柄的尾部, 使刀具锥柄和主轴锥孔紧密配合, 夹紧力达 10000N 以上。松刀时, 通过液压缸活塞推动拉杆来压缩碟形弹簧, 使夹头涨开, 夹头与刀柄上的拉钉脱离, 刀具即可拔出进行新、旧刀具的交换, 新刀装入后, 液压缸活塞后移, 新刀具又被碟形弹簧拉紧。在活塞推动拉杆松开刀柄的过程中, 压缩空气由喷气头经过活塞中心孔和拉杆中的孔吹出, 将锥孔清理干净, 防止主轴锥孔中掉入切屑和灰尘, 把主轴锥孔表面和刀杆的锥柄划伤, 同时保证刀具的正确位置。主轴锥孔的清洁十分重要。

二、主传动链的维护

- 1) 熟悉数控机床主传动链的结构、性能参数, 严禁超性能使用。
- 2) 主传动链出现不正常现象时, 应立即停机排除故障。
- 3) 操作者应注意观察主轴箱温度, 检查主轴润滑恒浊油箱, 调节温度范围, 使油量充足。
- 4) 使用带传动的主轴系统, 需定期观察调整主轴驱动皮带的松紧程度, 防止因皮带打滑造成的丢转现象。
- 5) 由液压系统平衡主轴箱重量的平衡系统, 需定期观察液压系统的压力表, 当油压低于要求值时, 要进行补油。
- 6) 使用液压拨叉变速的主传动系统, 必须在主轴停车后变速。
- 7) 使用啮合式电磁离合器变速的主传动系统, 离合器必须在低于 $1 \sim 2r/\text{min}$ 的转速

上变速。

- 8) 注意保持主轴与刀柄连接部位及刀柄的清洁,防止对主轴的机械碰击。
- 9) 每年对主轴润滑恒温油箱中的润滑油更换一次,并清洗过滤器。
- 10) 每年清理润滑油池底一次,并更换液压泵滤油器。
- 11) 每天检查主轴润滑恒温油箱,使其油量充足,工作正常。
- 12) 防止各种杂质进入润滑油箱,保持油液清洁。
- 13) 经常检查轴端及各处密封,防止润滑油液的泄漏。
- 14) 刀具夹紧装置长时间使用后,会使活塞杆和拉杆间的间隙加大,造成拉杆位移量减少,使碟形弹簧张闭伸缩量不够,影响刀具的夹紧,故需及时调整液压缸活塞的位移量。
- 15) 经常检查压缩空气气压,并调整到标准要求值。足够的气压才能使主轴锥孔中的切屑和灰尘清理彻底。

三、主传动链的故障诊断

表 3-3 为主传动链故障诊断的方法。

表 3-3 主传动链的故障诊断

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	主轴发热	主轴前后轴承损伤或轴承不清洁	更换坏轴承,清除脏物
		主轴前端盖与主轴箱体压盖研伤	修磨主前端盖使其压紧主轴前轴承,轴承与后盖有 0.02 ~ 0.05mm 间隙
		轴承润滑油脂耗尽或润滑油脂涂抹过多	涂抹润滑油脂,每个轴承 3mL
2	主 轴 在 强 力 切 削 时 停 转	电动机与主轴连接的皮带过松	移动电动机座,张紧皮带,然后将电动机座重新锁紧
		皮带表面有油	用汽油清洗后擦干净,再装上
		皮带使用过久而失效	更换新皮带
		摩擦离合器调整过松或磨损	调整摩擦离合器,修磨或更换摩擦片
3	主轴噪声	缺少润滑	涂抹润滑脂保证每个轴承涂抹润滑脂量不得超过 3mL
		小带轮与大带轮传动平衡情况不佳	带轮上的动平衡块脱落,重新进行动平衡
		主轴与电动机连接的皮带过紧	移动电动机座,皮带松紧度合适
		齿轮啮合间隙不均匀或齿轮损坏	调整啮合间隙或更换新齿轮
		传动轴承损坏或传动轴弯曲	修复或更换轴承,校直传动轴

序号	故障现象	故障原因	排除方法
4	主 轴 没 有 润 滑 油 循 环 或 润 滑 不 足	油泵转向不正确 或间隙太大	改变油泵转向或修理油泵
		吸油管没有插入油箱的油面以下	将吸油管插入油面以下 2/3 处
		油管或滤油器堵塞	清除堵塞物
		润滑油压力不足	调整供油压力
5	润 滑 油 泄 漏	润滑油量过多	调整供油量
		检查各处密封件是否有损坏	更换密封件
		管件损坏	更换管件
6	刀 具 不 能 夹 紧	碟形弹簧位移量较小	调整碟形弹簧行程长度
		检查刀具松夹弹簧上的螺母是否松动	顺时针旋转松夹刀弹簧上的螺母使其最大工作载荷不得超过 13kN
7	刀 具 夹 紧 后 不 能 松 开	松刀弹簧压合过紧	逆时针旋转松夹刀弹簧上的螺母使其最大工作载荷不得超过 13kN
		液压缸压力和行程不够	调整液压力和活塞行程开关位置

第三节 滚珠丝杠螺母副

一、滚珠丝杠螺母副的维护

1. 轴向间隙的调整

为了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是,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旋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,预紧力过大会使空载力矩增加,从而降低传动效率,缩短使用寿命。此外还要消除丝杠安装部分和驱动部分的间隙。常用的双螺母丝杠消除间隙的方法有:①垫片调隙式。②螺纹调隙式。③齿差调隙式。

2. 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有松动以及支承轴承是否损坏等。如有以上问题 要及时紧固松动部位并更换支承轴承。

3. 滚珠丝杠副的润滑

润滑剂可提高耐磨性及传动效率。润滑剂可分为润滑油和润滑脂两大类。润滑油一般为全损耗系统用油 润滑脂可采用锂基润滑脂。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。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。

4. 滚珠丝杠的防护

滚珠丝杠副和其他滚动摩擦的传动元件一样 应避免硬质灰尘或屑污物进入 因此 必须有防护装置。如滚珠丝杠副在机床上外露 应采用封闭的防护罩 如采用螺旋弹簧钢带套管、伸缩套管以及折叠式套管等。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。如果处于隐蔽的位置 则可采用密封圈防护 密封圈装在螺母的两端。接触式的弹性密封圈系用耐油橡胶或尼龙制成 其内孔做成与丝杠螺纹滚道相配的形状 接触式密封圈的防尘效果好 但因有接触压力 使摩擦力矩略有增加。非接触式密封圈又称迷宫式密封圈 它用硬质塑料制成 其内孔与丝杠螺纹滚道的形状相反 并稍有间隙 这样可避免摩擦阻力矩 但防尘效果差。工作中应避免碰击防护装置 防护装置一有损坏要及时更换。

二、滚珠丝杠副的故障诊断

表 3-4 为滚珠丝杠副故障诊断的方法。

表 3-4 滚珠丝杠副的故障诊断

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	滚珠丝杠副噪声	丝杠支承轴承的压盖压合情况不好	调整轴承压盖 使其压紧轴承端面
		丝杠支承轴承可能破损	如轴承破损更换新轴承
		电动机与丝杠联轴器松动	拧紧联轴器锁紧螺钉
		丝杠润滑不良	改善润滑条件使润滑油量充足
		滚珠丝杠副滚珠有破损	更换新滚珠

序号	故障现象	故障原因	排除方法
2	滚珠丝杠运动不灵活	轴向预加载荷太大	调整轴向间隙和预加载荷
		丝杠与导轨不平行	调整丝杠支座位置,使丝杠与导轨平行
		螺母轴线与导轨不平行	调整螺母座的位置
		丝杠弯曲变形	校直丝杠
3	滚珠丝杠副润滑状况不良	检查各滚珠丝杠副润滑	用润滑脂润滑的丝杠需移动工作台取下罩套,涂上润滑脂

第四节 导 轨 副

一、导轨副的维护

1. 间隙调整

导轨副维护很重要的一项工作是保证导轨面之间具有合理的间隙。间隙过小,则摩擦阻力大,导轨磨损加剧;间隙过大,则运动失去准确性的平稳性,失去导向精度。间隙调整的方法有:

(1) 压板调整间隙 图 3-7 所示为矩形导轨上常用的几种压板装置。

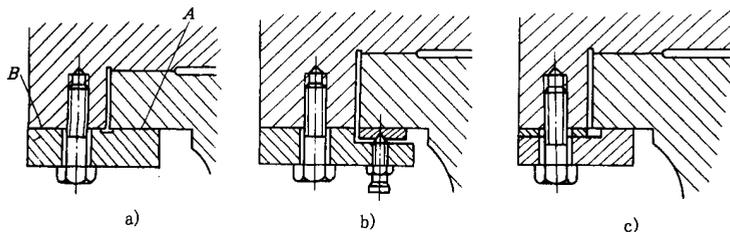


图 3-7 压板调整间隙

a) 修复刮研式 b) 镶条式 c) 垫片式

压板用螺钉固定在动导轨上,常用钳工配合刮研及选用调整垫片、平镶条等机构,使导轨面与支承面之间的间隙均匀,达到规定的接触点数。对图 3-7a 所示的压板结构,如间隙过大,应修磨成刮研 B 面;间隙过小或压板与导轨压得太紧,则可刮研或修磨 A 面。

(2) 镶条调整间隙 图 3-8a 是一种全长厚度相等、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,以其横向位移来调整间隙。由于收紧力不均匀,故在螺钉的着力点有挠曲。图 3-8b 是一种全长厚度变化的斜镶条及三种用于斜镶条的调节螺钉,以其斜镶条的纵向位移来调整间隙。斜镶条在全长上支承,其斜度为 1:40 或 1:100,由于楔形的增压作用会产生过大的横向压力,因此调整时应细心。

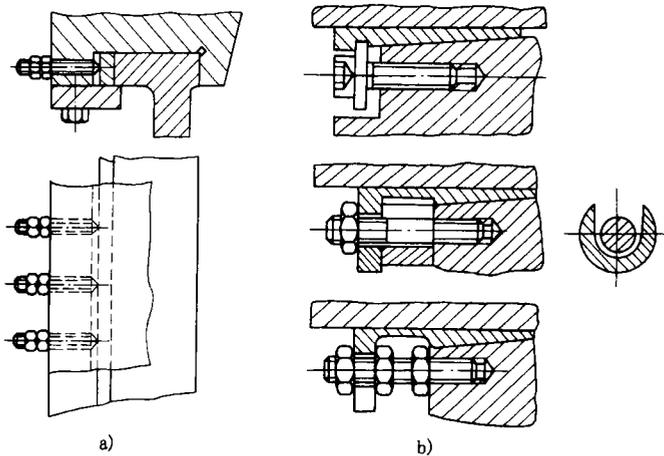


图 3-8 镶条调整间隙

a) 等厚度镶条 b) 斜镶条

(3) 压板镶条调整间隙 如图 3-9 所示, T 形压板用螺钉固定在运动部件上,运动部件内侧和 T 形压板之间放置斜镶条,镶条不是在纵向有斜度,而是在高度方面做成倾斜。调整时,借助压板上几个推拉螺钉,使镶条上下移动,从而调整间隙。

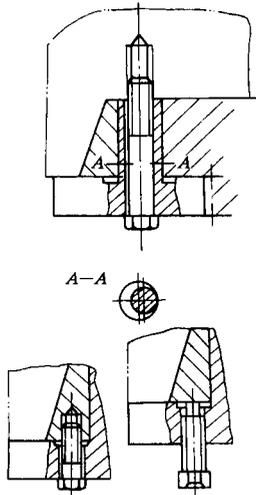


图 3-9 压板镶条调整间隙

三角形导轨的上滑动面能自动补偿,下滑动面的间隙调整和矩形导轨的下压板调整底面间隙的方法相同。圆形导轨的间隙不能调整。

2. 滚动导轨的预紧

为了提高滚动导轨的刚度,对滚动导轨应预紧。预紧可提高接触刚度和消除间隙,在立式滚动导轨上,预紧可防止滚动体脱落和歪斜。常见的预紧方法有两种:

(1)采用过盈配合 预加载荷大于外载荷,预紧力产生过盈量为 $2 \sim 3 \mu\text{m}$,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,可不施预加载荷。

(2)调整法 利用螺钉、斜块或偏心轮调整来进行预紧。

图3-10为滚动导轨的预紧方法。

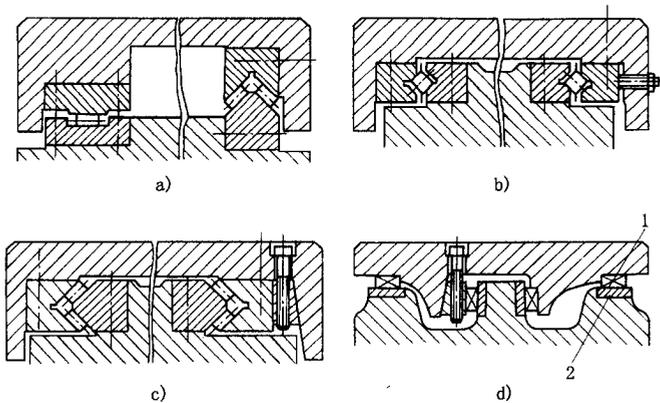


图3-10 滚动导轨的预紧

- a) 滚柱或滚针导轨自由支承 b) 滚柱或滚针导轨预加载
c) 交叉式滚柱导轨 d) 循环式滚动导轨块
1—循环式直线滚动块 2—淬火钢导轨

3. 导轨的润滑

导轨面上进行润滑后,可降低摩擦系数,减少磨损,并且可防止导轨面锈蚀。导轨常用的润滑剂有润滑油和润滑脂,前者用于滑动导轨,而滚动导轨两种都用。

(1)润滑方法 导轨最简单的润滑方式是人工定期加油或用油杯供油。这种方法简单、成本低,但不可靠,一般用于调节辅助导轨及运动速度低、工作不频繁的滚动导轨。

对运动速度较高的导轨大都采用润滑泵,以压力油强制润滑。这样不但可连续或间歇供油给导轨进行润滑,而且可利用油的流动冲洗和冷却导轨表面。为实现强制润滑,必须备有专门的供油系统。图3-11为某加工中心导轨的润滑系统。

(2)对润滑油的要求 在工作温度变化时,润滑油粘度变化要小,要有良好的润滑性能和足够的油膜刚度,油中杂质尽量少且不侵蚀机件。常用的全损耗系统用油有L-AN10、15、32、42、68 精密机床导轨油 L-HG68,汽轮机油 L-TSA32、46等。

4. 导轨的防护

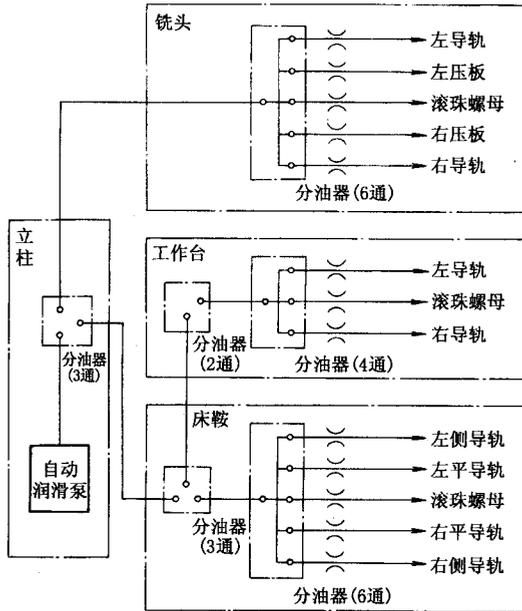


图 3-11 导轨润滑系统

为了防止切屑、磨粒或冷却液散落在导轨面上而引起磨损、擦伤和锈蚀,导轨面上应用可靠的防护装置。常用的刮板式、卷帘式和叠层式防护罩,大多用于长导轨上。在机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机油清理移动接缝,以避免碰壳现象的产生。

二、导轨的故障诊断

表 3-5 为导轨故障诊断的方法。

表 3-5 导轨故障诊断

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	导轨研伤	机床经长期使用,地基与床身水平有变化,使导轨局部单位面积负荷过大	定期进行床身导轨的水平调整,或修复导轨精度
		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	注意合理分布短工件的安装位置避免负荷过分集中
		导轨润滑不良	调整导轨润滑油量,保证润滑油压力
		导轨润滑不佳	采用电镀加热自冷淬火对导轨进行处理,导轨上增加锌铝铜合金板,以改善摩擦情况
		刮研质量不符合要求	提高刮研修复的质量
		机床维护不良,导轨里落入脏物	加强机床保养,保护好导轨防护装置

序号	故障现象	故障原因	排除方法
2	导轨上移动部件运动不良或不能移动	导轨面研伤	用 180# 砂布修磨机床导轨面上的研伤
		导轨压板研伤	卸下压板调整压板与导轨间隙
		导轨镶条与导轨间隙太小,调得太紧	松开镶条止退螺钉,调整镶条螺栓,使运动部件运动灵活,保证 0.03mm 塞尺不得塞入,然后锁紧止退螺钉
3	加工面在接刀处不平	导轨直线度超差	调整或修刮导轨,允差 0.015/500mm
		工作台塞铁松动或塞铁弯曲度太大	调整塞铁间隙,塞铁弯曲度在自然状态下小于 0.05mm/全长
		机床水平度差,使导轨发生弯曲	调整机床安装水平保证平行度、垂直度在 0.02/1000mm 之内

第五节 刀库及换刀装置

加工中心刀库及换刀装置的故障表现在:刀库运动故障、定位误差过大、机械手夹持刀柄不稳定和机械手运动误差过大等。这些故障最后都造成换刀动作卡位,整机停止工作,机械维修人员对此要有足够的重视。

一、刀库与换刀机械手的维护要点

1) 严禁把超重、超长的刀具装入刀库,防止在机械手换刀时掉刀或刀具与工件、夹具等发生碰撞。

2) 顺序选刀方式必须注意刀具放置在刀库上的顺序要正确。其他选刀方式也要注意所换刀具号是否与所需刀具一致,防止换错刀具导致事故发生。

3) 用手动方式往刀库上装刀时,要确保装到位、装牢靠。检查刀座上的锁紧是否可靠。

4) 经常检查刀库的回零位置是否正确,检查机床主轴回换刀点位置是否到位,并及时调整,否则不能完成换刀动作。

5) 要注意保持刀具刀柄和刀套的清洁。

6) 开机时,应先使刀库和机械手空运行,检查各部分工作是否正常,特别是各行程开关和电磁阀能否正常动作。检查机械手液压系统的压力是否正常,刀具在机械手上锁紧是否可靠,发现不正常及时处理。

二、刀库与换刀机械手的故障诊断

表 3-6 为刀库与换刀机械手故障诊断的方法。

表 3-6 刀库与换刀机械手的故障诊断

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	刀库中的刀套不能卡紧刀具	检查刀套上的调整螺母	顺时针旋转刀套两边的调整螺母压紧弹簧,顶紧卡紧销
2	刀库不能旋转	联接电动机轴与蜗杆轴的联轴器松动	紧固联轴器上的螺钉
3	刀具从机械手中脱落	检查刀具重量	刀具重量不得超过规定值
		机械手卡紧销损坏或没有弹出来	更换卡紧销或弹簧
4	刀具交换时掉刀	换刀时主轴箱没有回到换刀点或换刀点飘移	重新操作主轴箱运动,使其回到换刀点位置,重新设定换刀点
		机械手抓刀时没有到位,就开始拔刀	调整机械手臂使手臂爪抓紧刀柄再拔刀
5	机械手换刀速度过快或过慢	以气动机械手为例,气压太高或太低和换刀气阀节流开口太大或太小	调整气压大小和节流阀开口

第六节 液压与气压传动系统

一、液压传动系统

1. 驱动对象

数控机床上的液压系统的主要驱动对象有液压卡盘、静压导轨、液压拨叉变速液压缸、主轴箱的液压平衡、液压驱动机构手和主轴上的松刀液压缸等。液压系统的维护及其工作正常与否对数控机床的正常工作十分重要。

2. 液压系统的维护要点

1) 控制油液污染,保持油液清洁,是确保液压系统正常工作的重要措施。据统计,液压系统的故障有 80% 是由于油液污染引发的,油液污染还加速液压元件的磨损。

2) 控制液压系统中油液的温升是减少能源消耗、提高系统效率的一个重要环节。一台机床的液压系统,若油温变化范围大,其后果是:①影响液压泵的吸油能力及容积效率。②系统工作不正常,压力、速度不稳定,动作不可靠。③液压元件内外泄漏增加。④加速油液的氧化变质。

3) 控制液压系统泄漏极为重要,因为泄漏和吸空是液压系统常见的故障。要控制泄

漏,首先是提高液压元件零部件的加工精度和元件的装配质量以及管道系统的安装质量。其次是提高密封件的质量,注意密封件的安装使用与定期更换,最后是加强日常维护。

液压系统中管接头漏油是经常发生的。一般的 B 型薄壁管扩口式管接头的结构如图 3-12 所示。

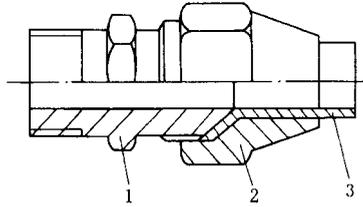


图 3-12 B 型薄壁管扩口式管接头

1-接头体 2-螺母 3-管子

该管接头由具有 74° 外锥面的接头体 1、带有 66° 内锥孔的螺母 2、扩过口的冷拉纯铜管 3 等组成,具有结构简单、尺寸紧凑、重量轻、使用简便等优点,适用于机床行业的中低压(3.5-16MPa)液压系统管路。使用时,将扩过口的管子置于接头体 74° 外锥面和螺母 66° 内锥孔之间,旋紧螺母,使管子的喇叭口受压并挤贴于接头体外锥面和螺母内锥孔的间隙中实现密封。在维修液压设备过程中,经常发现因管子喇叭口被磨损使接头处漏油或渗油,这往往是由于扩口质量不好或旋紧用力不当引起的。

4)防止液压系统振动与噪声。振动影响液压件的性能,使螺钉松动、管接头松脱,从而引起漏油。因此要防止和排除振动现象。

5)严格执行日常点检制度。液压系统故障存在着隐蔽性、可变性和难于判断性。因此应对液压系统的工作状态进行点检,把可能产生的故障现象记录在日检维修卡上,并将故障排除在萌芽状态,减少故障的发生。

6)严格执行定期紧固、清洗、过滤和更换制度。液压设备在工作过程中,由于冲击振动、磨损和污染等因素,使管件松动,金属件和密封件磨损,因此必须对液压件及油箱等,实行定期清洗和维修,对油液、密封件执行定期更换制度。

3. 液压系统的点检

- 1)各液压阀、液压缸及管子接头处是否有外漏。
- 2)液压泵或液压马达运转时是否有异常噪声等现象。
- 3)液压缸移动时工作是否正确平稳。
- 4)液压系统的各测压点压力是否在规定的范围内,压力是否稳定。
- 5)油液的温度是否在允许的范围内。
- 6)液压系统工作时有无高频振动。
- 7)电气控制或撞块(凸轮)控制的换向阀工作是否灵敏可靠。
- 8)油箱内油量是否在油标刻线范围内。
- 9)行程开关或限位挡块的位置是否有变动。

- 10) 液压系统手动或自动工作循环时是否有异常现象。
- 11) 定期对油箱内的油液进行取样化验, 检查油液质量, 定期过滤或更换油液。
- 12) 定期检查蓄能器工作性能。
- 13) 定期检查冷却器和加热器的工作性能。
- 14) 定期检查和紧固重要部位的螺钉、螺母、接头和法兰螺钉。
- 15) 定期检查更换密封件。
- 16) 定期检查清洗或更换液压件。
- 17) 定期检查清洗或更换滤芯。
- 18) 定期检查清洗油箱和管道。

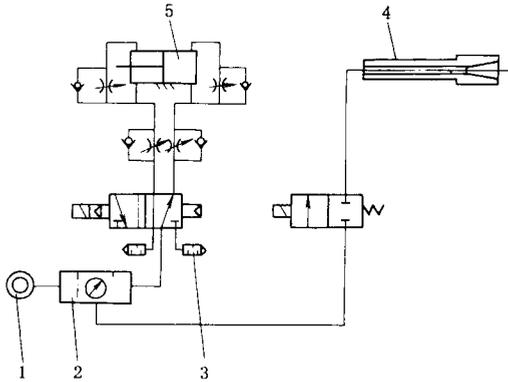


图 3-13 加工中心气动原理图

1 - 气源 2 - 压缩空气调理装置 3 - 消音器 4 - 主轴
5 - 防护门气缸

二、气动系统

1. 驱动对象

数控机床上的气动系统用于主轴锥孔吹气和开关防护门。有些加工中心依靠气液转换装置实现机械手的动作和主轴松刀。图 3-13 为加工中心的气动控制原理图, 图 3-14 为压缩空气调理装置。

2. 气动系统维护的要点

(1) 保证供给洁净的压缩空气 压缩空气中通常都含有水分、油分和粉尘等杂质。水分会使管道、阀和气缸腐蚀; 油分会使橡胶、塑料和密封材料变质; 粉尘造成阀体动作失灵。选用合适的过滤器, 可以清除压缩空气中的杂质, 使用过滤器时应及时排除积存的液体, 否则, 当积存液体接近挡水板时, 气流仍可将积存物卷起。

(2) 保证空气中含有适量的润滑油 大多数气动执行元件和控制元件都要求适度的润滑。如果润滑不良将会发生以下故障: ①由于摩擦阻力增大则造成气缸推力不足, 阀芯动

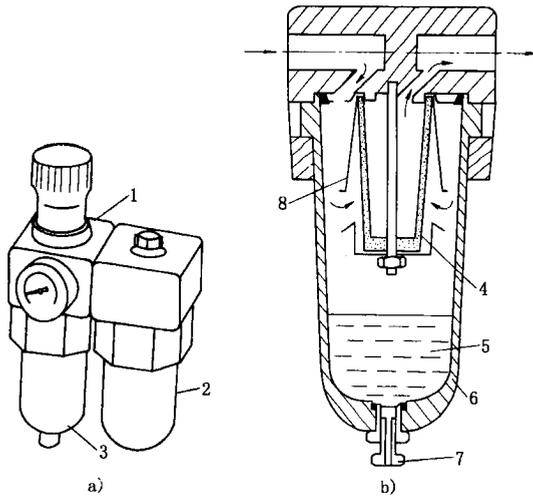


图 3-14 压缩空气调理装置

a) 外形图 b) 空气过滤器结构简图 1-调压器 2-油雾器 3-空气过滤器

4-过滤器芯 5-冷凝物 6-滤杯 7-排放螺栓 8-挡板

作失灵。②由于密封材料的磨损而造成空气泄漏。③由于生锈造成元件的损伤及动作失灵。润滑的方法一般采用油雾器进行喷雾润滑,油雾器一般安装在过滤器和减压阀之后。油雾器的供油量一般不宜过多,通常每 10m^3 的自由空气供 1mL 的油量(即 40 到 50 滴油)。检查润滑是否良好的一个方法是找一张清洁的白纸放在换向阀的排气口附近,如果阀在工作三到四个循环后,白纸上只有很轻的斑点时,表明润滑是良好的。

(3)保持气动系统的密封性 漏气不仅增加了能量的消耗,也会导致供气压力的下降,甚至造成气动元件工作失常。严重的漏气在气动系统停止运行时,由漏气引起的响声很容易发现,轻微的漏气则应用利仪表,或用涂抹肥皂水的办法进行检查。

(4)保证气动元件中运动零件的灵敏性 从空气压缩机排出的压缩空气,包含有粒度为 $0.01\text{--}0.8\mu\text{m}$ 的压缩机油微粒,在排气温度为 $120\text{--}220^\circ\text{C}$ 的高温下,这些油粒会迅速氧化,氧化后油粒颜色变深,粘性增大,并逐步由液态固化成油泥。这种 μm 级以下的颗粒,一般过滤器无法滤除。当它们进入到换向阀后便附着在阀芯上,使阀的灵敏度逐步降低,甚至出现动作失灵。为了清除油泥,保证灵敏度,可在气动系统的过滤器之后,安装油雾分离器,将油泥分离出来。此外,定期清洗阀也可以保证阀的灵敏度。

(5)保证气动装置具有合适的工作压力和运动速度 调节工作压力时,压力表应当工作可靠,读精准确。减压阀与节流阀调节好后,必须紧固调压盖或锁紧螺母,防止松动。

3. 气动系统的点检与定检

(1)管路系统点检 主要内容是对冷凝水和润滑油的管理。冷凝水的排放,一般应当在气动装置运行之前进行。但是当夜间温度低于 0°C 时,为防止冷凝水冻结,气动装置运行结束后,就应开启放水阀门将冷凝水排出。补充润滑油时,要检查油雾器中油的质量和

滴油量是否符合要求。此外,点检还应包括检查供气压力是否正常,有无漏气现象等。

(2)气动元件的定检 主要内容是彻底处理系统的漏气现象。例如更换密封元件,处理管接头或联接螺钉松动等,定期检验测量仪表、安全阀和压力继电器等。气动元件的定检如表3-7所示。

表3-7 气动元件的点检

元件名称	点检内容
气缸	<ol style="list-style-type: none"> 1. 活塞杆与端盖之间是否漏气 2. 活塞杆是否划伤、变形 3. 管接头、配管是否松动、损伤 4. 气缸动作时有无异常声音 5. 缓冲效果是否合乎要求
电磁阀	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电磁阀外壳温度是否过高 2. 电磁阀动作时,阀芯工作是否正常 3. 气缸行程到末端时,通过检查阀的排气口是否有漏气来确诊电磁阀是否漏气 4. 紧固螺栓及管接头是否松动 5. 电压是否正常,电线是否损伤 6. 通过检查排气口是否被油润湿,或排气是否会在白纸上留下油雾斑点来判断润滑是否正常
油雾器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油杯内油量是否足够,润滑油是否变色、混浊,油杯底部是否沉积有灰尘和水 2. 滴油量是否适当
减压阀	<ol style="list-style-type: none"> 1. 压力表读数是否在规定范围内 2. 调压阀盖或锁紧螺母是否锁紧 3. 有无漏气
过滤器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 贮水杯中是否积存冷凝水 2. 滤芯是否应该清洗或更换 3. 冷凝水排放阀动作是否可靠
安全阀及压力继电器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在调定压力下动作是否可靠 2. 校验合格后,是否有铅封或锁紧 3. 电线是否损伤,绝缘是否合格

第四章 数控系统操作功能

数控机床有系统操作面板和机床操作面板,上面的功能开关和按键等均有特定的含义,熟悉这些开关和按键的功能对故障诊断是很有帮助的。虽然数控系统种类很多,但相互间的功能基本上是相同的,只不过表示的方法不同罢了。另外,同一数控系统,虽有很多系列,但根据人们的习惯,各功能开关和按键都具有连续性和认同性。

第一节 SIEMENS 数控系统操作面板

一、系统操作面板

以 SIEMENS 公司的 SINUMERIK850 数控系统来说明,如图 4-1 所示。

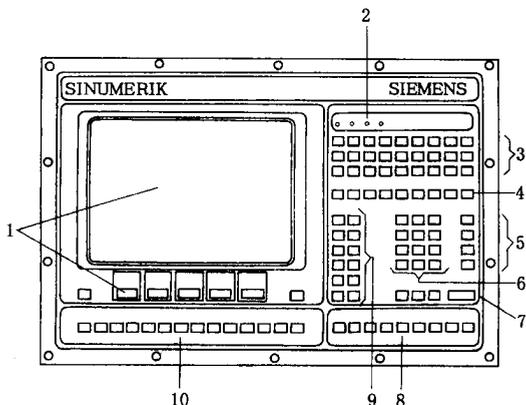


图 4-1 SINUMERIK850 系统面板

- 1-带 5 个软键的 CRT 显示器 2-带 4 个 LED 的显示面板
 3-地址键 4-符号键 5-运算符键
 6-数字键 7-编辑和输入键 8-操作方式组选择键
 9-控制键 10-用户自定义键

不同系列的系统操作面板,其上的操作键数目因功能多少而有所变化,如 SINUMERIK810 系统就没有用户自定义键和操作方式组选择键,同时,将数字和符号合并在一

个键上,通过上档键(Shift)来切换。

(一) LED 面板

LED 面板如图 4-2 所示。

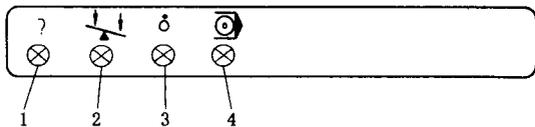


图 4-2 LED 面板

- 1-“监控应答及报警”指示灯(红色)
- 2-“位置未到达”指示灯(绿色)
- 3-“进给保持”指示灯(红色)
- 4-“程序运行”指示灯(绿色)

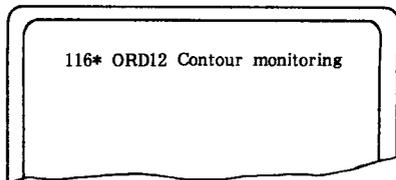


图 4-3 CRT 报警显示

LED 面板上的状态指示灯是 CNC 系统与操作者之间最直接的交流媒介,CNC 系统的工作状态可通过 LED 直接反映出来,是判断 CNC 系统正常运行和是否有故障最直接的手段。

1. 监控应答及报警

CNC 在运行过程中,如有故障,经过监控程序的诊断,该指示灯点亮,这时 CRT 会显示相应的报警号及报警文本信息,如图 4-3 所示。

图中,116* 为报警号,* 为轴的代号,如 * 为“0”则为第 1 轴;“1”为第 2 轴;“2”为第 3 轴;“3”为第 4 轴。ORD12 为出现报警的顺序,这里说明 116* 报警为第 12 个报警。“Contour monitoring”为报警的故障内容。

一般情况下,按系统面板上的  (应答键)或  (复位键),可使该指示灯熄灭。如不灭,说明故障未排除。只有当故障消除后,该灯才会自行熄灭。

2. 位置未到达

机床进给轴在运动时,该指示灯亮当进给轴到达设定的位置后,该指示灯熄灭。如果进给轴的零飘过大的话,虽然进给轴没有运动,但该指示灯仍点亮,这里应注意对零飘的重新调整。

3. 进给保持

当进给中断或程序停止时,该指示灯点亮。

4. 程序运行

机床执行程序加工零件或程序空运行时,该指示灯点亮。如果执行到程序中的 M00、M01、M02 和 M30 指令时,该指示灯熄灭。

(二) 机床操作面板

SIEMENS 数控系统的机床操作面板已模块化,如 J85 等。图 4-4 为数控车床的机床

操作面板示意图。

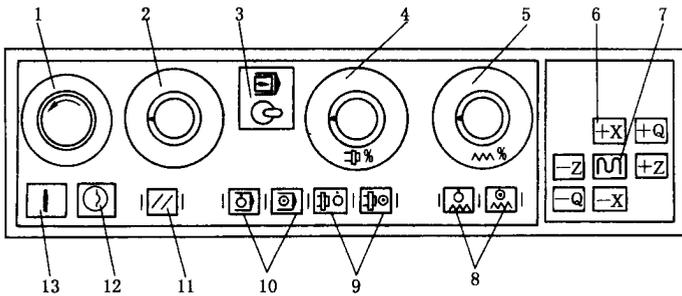


图 4-4 机床操作面板

- 1-急停按钮 2-工作方式选择开关 3-单段程序选择开关
4-主轴转速倍率开关 5-进给速度倍率开关 6-方向进给键
7-快速进给键 8-进给保持/启动键 9-主轴启动/停止键 10-程序执行/
停止键 11-复位键 12-钥匙开关 13-系统启动按键

另外,通过用户机床操作面板可进一步扩展机床的操作功能,如数控系统的开和关,主轴的正、反转启动和停止,冷却液的开和关,手轮(手摇脉冲发生器)进给,程序试运行等操作功能,以及主轴负载和转速显示等。

(三) 工作方式选择

工作方式选择是数控机床操作很重要的功能,它决定了数控机床的工作状态。图 4-5 为 SIEMENS 数控系统机床操作面板上工作方式选择开关的示意图。

SIEMENS 数控系统共有七种工作方式,如图 4-5 所示,从左到右分别为设定实际值方式、手动数据输入/自动加工方式、连续点动方式、增量进给方式、重定位方式、自动加工方式和返回参考点方式。方式选择除了用拨段开关来选择外,也有一个方式用一个按键来选择的。

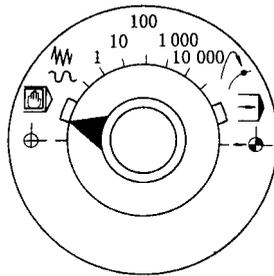


图 4-5 工作方式选择开关

1. 设定实际值方式 PRESET(Prest Setpoint)

在设定实际值方式下,确定当前坐标点相对于机床坐标系的位置值,即零点偏置。同时还要设定刀具偏置号,以用于刀具各种补偿的计算。

2. 手动数据输入/自动加工方式 MDI/AUTOMATIC(Manual Data Input/Automatic)

在手动数据输入/自动加工方式下,机床能在 CNC 控制下运行单程序段。操作人员通过系统面板可以输入少于 256 个字符的程序段,输入的程序段存入数控系统的缓冲存储器中。按下程序运行按键后,机床执行该程序段,运行结束后在缓冲存储器中消除,以准备输入新的程序段。

3. 手动连续运动方式 JOG (Jogging)

在手动连续运动方式下,机床为手动操作方式。选择好要移动的坐标轴,按下方向进给键,该轴就正方向或反方向连续运动,释放方向进给键,轴运动就停止。若同时按快速进给键,轴就快速运动,运动速度可通过调整进给速度倍率开关来设定。JOG 方式可用于对刀、工件安装找正及工件测量等场合。

4. 增量点动方式 ING FEED (Incremental Feed)

增量点动方式有五种增量设定方式,即 1、10、100、1000 和 10000 μm 。在增量点动方式下,选择好要移动的坐标轴及增量值,按一下方向进给键,轴就正方向或反方向移动所设定的增量。增量点动方式用于精确对刀的场合。当机床配备手轮(手摇脉冲发生器)时,选择要移动的轴及增量值,顺时针或逆时针转动手轮,则轴以设定的增量值正、反向连续运动。

5. 重定位方式 PEPOS (Reposition)

在加工中,当发生刀具断裂的情况后,在刀具断裂处中断程序,同时主轴停止。操作人员将刀具移出更换新刀后,设定重定位方式,CRT 显示刀具实际位置与中断点之间的距离。用手动方式回到中断点,当偏置量为零时,方向进给键不再起作用,说明刀具已到达中断点。重新起动程序继续加工,这样就保证了接刀点处的连续光滑。

6. 自动加工方式 AUTOMATIC (Automatic)

在自动加工方式下,数控系统根据零件程序控制机床对零件进行加工。通过程序启动/停止键使程序运行和中断,在执行运行时,LED 面板上绿色的程序运行灯点亮,通过进给保持/进给起动键使程序暂停和继续运行,在进给保持时,LED 面板上红色的进给保持灯点亮。另外,在程序运行过程中,还可以对其他程序进行编辑修改、程序段搜索、显示当前程序段和程序以及图形仿真等。

7. 返回参考点方式 REFPOINT (Reference Point)

数控系统电源接通后,在返回参考点方式下,按方向进给键及快速进给键,轴移动返回至参考点,建立起机床坐标系,同时在 CRT 上显示参考点坐标值。

(四) 软键功能

利用软键(Softkey)可以扩展数控系统的功能,简化操作,不同的工作方式有不同的软键菜单功能。图 4-6 为在自动工作方式下的部分软键菜单。

对故障诊断来说,诊断软键(DIAGNOS/S)很重要,通过数控系统的自诊断功能,可方便地查阅有关机床的参数和数据位。图 4-7 为诊断软键下的部分菜单。

(五) 机床数据

机床数据有两种表示形式,一是参数的形式,有序号、数值和单位;二是数据位的形式

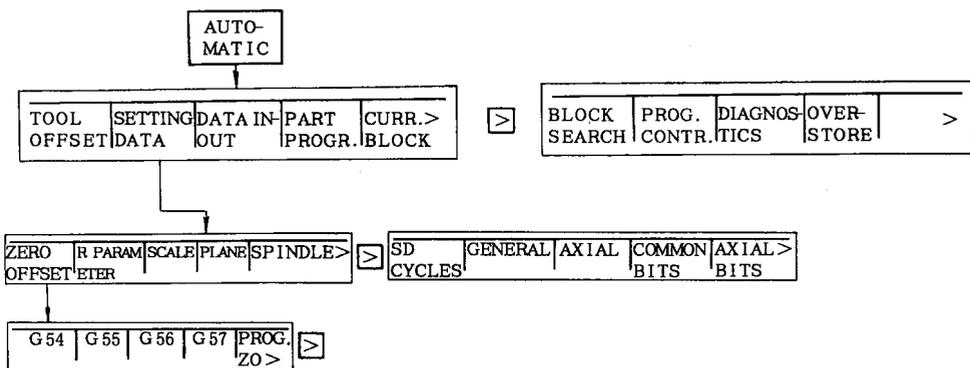


图 54-6 “自动工作方式”下的部分软键菜单

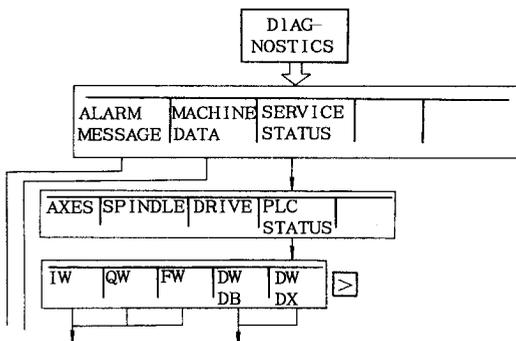


图 4-7 诊断软键下的部分菜单

用二进制数“1”和“0”表示,每一个位均表示特定的含义。故障诊断查看机床数据的目的就是核对参数是否在正常范围内,数据位是否发生了改变。例如,当“监控应答及报警”指示灯亮,说明数控机床有故障,同时 CRT 显示报警号及信息“116 * ORD12 Contour monitoring”,查阅维修手册,具体内容如表 4-1 所示。

表 4-1 116 * 报警及信息

116 *	轮廓监控
观察	在自动方式下,对轮廓监控的处理不包括下列情况: <ol style="list-style-type: none"> 1. 升速阶段 2. 降速阶段 3. 以小于 MD336 * 的速度运行
结果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 禁止 NC 起动 2. 指令值为 0 3. 伺服使能经过 MD156 * 设定的时间后被取消

116 *	轮廓监控
解释	1. 以大于 MD336 * 中设定的速度运动 ,超过了 MD332 * 中设定的允差带 2. 在升速或制动阶段 ,在由伺服增益系数指定的时间内 ,轴没有达到规定的速度
消除	1. 增加 MD332 * 中设定的允差带 2. 检查伺服增益系数 3. 调整速度调节器至最优状态 4. 检查驱动传动机构

其中 ,MD156 *、MD332 * 及 MD336 * 皆为机床数据 ;“ * ”为坐标轴编号。MD156 * 参数为伺服使能的延迟释放时间 ,单位为 ms ;MD332 * 为轮廓监控公差范围 ,单位为 μm ; MD336 * 参数为轮廓监控最低速度 ,单位为 mm/min。根据手册提示 ,对有关参数和传动机构进行调整 ,就可消除故障报警。

对机床数据位“ 1 ”和“ 0 ”的观察 ,可了解机床当前的工作状态。例如 SINUMERIK850 系统“ 主轴专用数据位(DB31)” ,如表 4-2 所示。

表 4-2 主轴专用数据位(DB31)

		15	14	13	12	11	10	9	8
位		7	6	5	4	3	2	1	0
来自主轴的信号	DL K	实际顺时针旋转	编程转速过高	转速在设定范围内	主轴位置到达	主轴停止	主轴同步	主轴定位生效	主轴超限
	DR K								
送至主轴的信号	DL K + 1		伺服使能	设定值为 0	零				
	DR K + 1			M0.3/M04 倒置					
	DL K + 2								
	DR K + 2	顺时针旋转设定	蠕动速度	转速设定	主轴定位	主轴同步	M19		PLC 主轴控制
	DL K + 3	n + 7	n + 6	n + 5	n + 4	n + 3	n + 2	n + 1	n + 0
DR K + 3	n + 15	n + 14	n + 13	n + 12	n + 11	n + 10	n + 9	n + 8	

其中 DL K 的第 2 位 ,为主轴同步信号 ,当该位由“ 1 ”变为“ 0 ”时 ,即可判定主轴编码器

的好坏,同理 DL K+1 的第 6 位,为主轴伺服使能信号,当主轴不能启动时,查看一下该位是否为“1”,即可判定是系统内部问题还是电机或驱动问题,如为“1”,说明系统已将驱动信号传送至驱动装置,主轴不能启动,说明驱动装置或电动机有问题。

机床数据根据数控系统功能的强弱,其覆盖的面也不一样。SIEMENS 数控系统的机床数据如表 4-3 所示。

表 4-3 SIEMENS 数据系统机床数据

MD 类型	SINUMERIK 810/820	SINUMERIK SYSTEM3/8	SINUMERIK 850/880
通用机床数据	1-56	100-399	0-999
专用机床数据			1000-1999
坐标轴专用机床数据	2000-3969		2000-3999
主轴专用机床数据	4000-4599		4000-4999
通用机床数据位	5000-5050	400-455	5000-5199
主轴专用数据位	5200-5210		5200-5399
通道专用数据位	5400-5589		5400-5599
坐标轴专用数据位	5600-5769		5000-5969
丝杠螺距误差补偿指针	6000-6249	500-755	6000-6999
坐标值专用数据		800-915	18000-19999
坐标值专用数据位			10000-17999

第二节 FANUC0 数控系统操作面板

一、系统面板

图 4-8a、b 分别为 FANUC0 数据系统操作面板和功能键示意图。

1. POS 键

现在位置显示,在 CRT 上显示当前坐标值。

2. PRGRM 键

在编辑(EDIT)方式时,进行存储器的编辑、显示;在手动数输入(MDI)方式时,进行 MDI 数据输入、显示;在自动(AUTO)方式时,进行程序和指令值的显示。

3. MENU/OFSSET 键

坐标系、补偿量及变量的设定与显示,包括 G54、G55 等工件坐标系、刀具补偿量和 R 变量的设定等。

4. DGNOS/PARAM 键

参数设定及诊断资料的显示。

5. OPR/ALARM 键

CRT 操作面板显示和报警显示。在 OPR 软键功能下,通过 CRT 上 ON 和 OFF 的选择,进行机床操作面板的软操作,包括:机床锁定(M/CLOCK)直接输入模式(DNC MODE)记忆保护(MEMO KEY)辅助功能锁定(AUX LOCK)程序再起动(PRO RESET)和手动绝对值(MAN ABS)。

6. AUX/GRAPH 键画面功能。

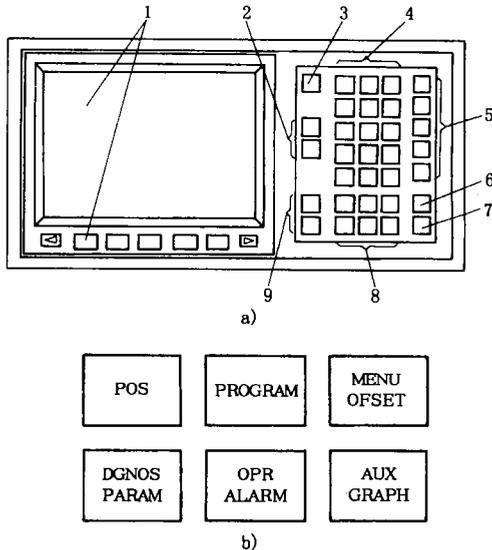


图 4-8 FANUC0 数控操作面板

a) CRT/MDI b) 功能键 1-带软键的 CRT 显示器 2-光标移动键

(CURSOR) 3-复位键(RESET) 4-地址/数字键 5-编辑键 6-输入键(INPUT)

7-起动键(START) 8-功能键 9-翻页键(PAGE)

当机床运行中出现报警时,按功能键 OPR/ALARM 和 ALARM 软键,CRT 即显示报警信息,如图 4-9 所示。

图中 529 为报警代码;“OVER TRAVEL :+Z”为报警信息。根据有关维修手册,诊断出故障的原因及排除方法。

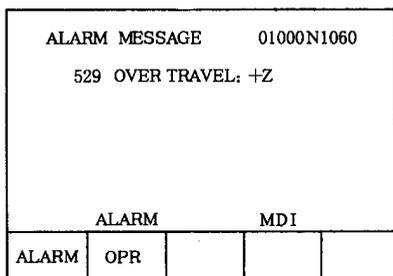


图 4-9 CRT 报警页面

二、机床操作面板

不同用途的数控机床,其机床操作面板上的功能及开关的排序也不尽相同。图 4-10 为某数控铣床的操作面板。

(一) 工作方式选择

1. 编辑方式(EDIT)

当选择编辑方式时,将工作方式选择开关置于 EDIT 位置,通过系统操作面板上的编辑键,对程序进行输入及编辑修改。

2. 自动运行方式(AUTO)

当选择自动运行方式时,将工作方式选择开关置于 AUTO 位置,按循环起动按钮,则程序自动运行,当运行到 M00、M01、M02 和 M30 时,自动运行停止。在程序自动运行时,若按进给保持按钮,则运行暂时停止,再按循环起动按钮,则程序继续运行。由于自动运行是处理存储器中的加工程序,因此,在有些机床操作面板上,自动运行方式用 MEM 来表示。

3. 手动数据输入方式(MDI)

当选择手动数据输入方式时,将工作方式选择开关置于 MDI 位置,通过系统面板上的键盘输入一个程序段,按 START 键或循环起动按钮,则机床执行该程序段。运行结束后,该程序段在缓冲寄存器中消除。

4. 手轮进给方式(HANDLE)

当选择手轮进给时,将工作方式选择开关置于 HANDLE 位置,同时通过轴选择开关选择手轮要移动的轴,通过步进及手轮进给量倍率开关选择移动的量,顺时针或逆时针转动手轮,则坐标轴以设定的步进量正、反方向连续移动。

5. 步进方式(STEP)

步进方式相当于增量进给方式。当选择步进进给时,将工作方式选择开关置于 STEP 位置,通过轴选择开关选择好要移动的轴,按一次方向进给按钮,则坐标轴正方向或反方向移动一个步进量,步进量的数值可通过步进及手轮进给量倍率开关来调整,1、100、1000

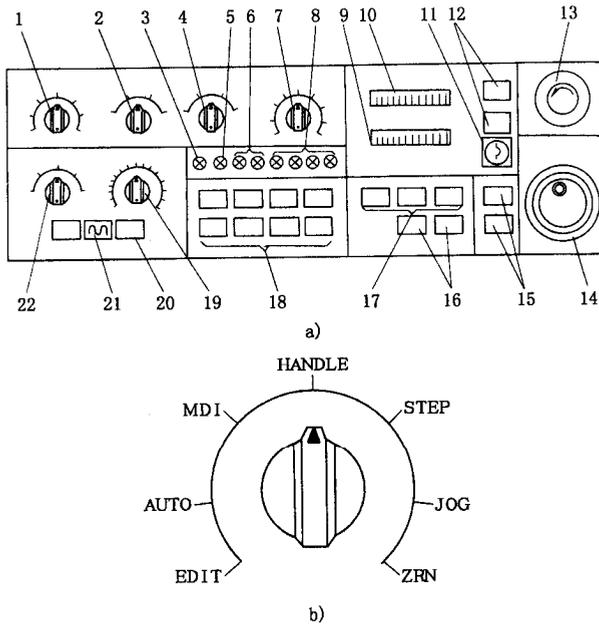


图 4-10 数控铣床操作面板

a) 面板组成 b) 工作方式选择开关

- 1 - 工作方式选择开关 2 - 坐标轴选择开关 3 - 电源指示灯 4 - 步进及手轮进给量选择开关
 5 - 报警指示灯 6 - 机床状态指示灯 7 - 主轴转速倍率开关 8 - 回参考点指示灯 9 - 主轴负载表
 10 - 主轴转速表 11 - 程序保护钥匙开关 12 - CNC 启动/停止按钮 13 - 急停按钮
 14 - 手轮(手摇脉冲发生器) 15 - 循环启动/进给保持按钮 16 - 冷却液开/关按钮
 17 - 主轴正、反转/停止按钮 18 - 功能开关 19 - 进给速度倍率开关 20 - 方向进给按钮
 21 - 快速进给按钮 22 - 快速进给速度倍率开关

和 10000 的步进量分别为 0.001mm、0.01mm、0.1mm 和 1mm。

6. 手动连续进给方式(JOG)

当选择手动连续进给时,将工作方式选择开关置于 JOG 位置,通过轴选择开关选择好要移动的轴,按方向进给键,轴便正、反方向连续移动,移动的速度通过进给速度倍率开关来调整,若按方向进给键的同时,按快速进给按钮,则轴快速移动,移动的速度通过快速进给速度倍率开关来调整。在有些机床操作面板上,进给速度倍率和快速进给速度倍率可合用一个倍率开关。

7. 回参考点方式(ZRN)

当选择回参考点方式时,将工作方式选择开关置于 ZRN 位置。选择要回参考点的坐标轴,按正方向进给按钮(通常情况下,坐标轴均向正方向回参考点),轴便向参考点方向移动。到达参考点后,对应轴的回参考点结束灯点亮,同时 CRT 显示参考点的坐标值。当每个轴的回参考点操作完成后,机床坐标系建立。将工作方式选择开关置于 JOG 位置,选择好坐标轴,按反方向进给按钮,使轴脱离参考点,机床进入正常工作状态。

(二) 机床功能开关

1. Z 轴锁定(Z AXIS LOCK)

选择该功能后,在执行含有 Z 坐标的程序时,机床 Z 轴不移动,但 CRT 显示 Z 轴坐标值。该功能常用于轮廓加工前,模拟 X-Y 平面轮廓。

2. 程序试运行(DRY RUN)

选择该功能后,程序运行时机床坐标轴不移动,进给指令 F 和快速进给无效。该功能常用于新编程序的样验。

3. 单步执行(SINGLE BLOCK)

选择该功能后,每按一次循环起动(CYCLE START)按钮,即执行一个程序段。该功能常用于零件的试加工。

4. 程序段跳步(BLOCK SKIP)

选择该功能后,当程序执行到有“/”符号的程序段时(“/”符号在程序段前)跳过该程序段而执行下一程序段。该功能可使相似零件合用一个程序,使加工程序具有通用性。

5. 选择性停止(OPTION STOP)

选择该功能后,当程序执行到 M01 指令时,程序停止。该功能可在加工途中对零件进行检验。

此外,还有刀库回转、主轴准停、主轴松刀和紧刀、切屑排除及操作照明等功能开关。

例 4-1 某配备 FANUC 系统的数控机床,发生执行 JOG 功能的故障。

通过调用机床数据位(按 DGNOS 键、N 键、诊断地址及 INPUT 键)检查:1) DGN 107.7 位,机床是否锁住。

2) DGN 105.2 位, JOG 方式信号是否输入。

3) DGN 096.2 位、DGN 097.2、DGN 098.2 及 DGN 099.2 轴方向进给是否输入。

4) DNG 102.7 位,系统是否处于外部复位状态。

5) DGN 101.7 位,系统是否处于回参考点方式。

6) 系统处于报警状态,不能进行 JOG 操作。

第三节 三菱 MELDAS50 数控系统诊断页面

三菱 MELDAS 50 系列数控系统与其他数控系统一样,具有 CRT 显示器、功能键、字母键、数字键、符号键、编辑键及菜单键(软键)等,系统操作面板如图 4-11 所示。另外,该系统的机床操作面板同 FANUC 系统的机床操作面板类似,可参阅图 4-10。

一、诊断功能

1. 菜单构成

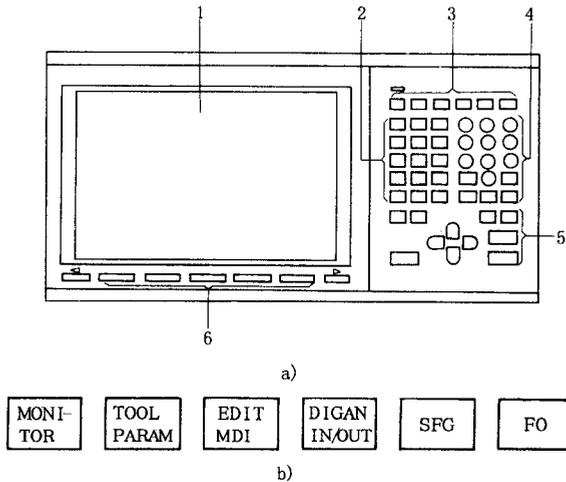


图 4-11 MELDAS 50 系列系统操作面板

a)外观 b)功能键

1 - CRT 2 - 字母键 3 - 功能键 4 - 数字、
符号键 5 - 编辑键 6 - 菜单键(软键)

由于 MELDAS 50 系列数控系统与伺服系统及主轴驱动采用总线控制的形式,因此,当按下功能键“DIAGN IN/OUT”后,CRT 显示的诊断菜单如图 4-12 所示。

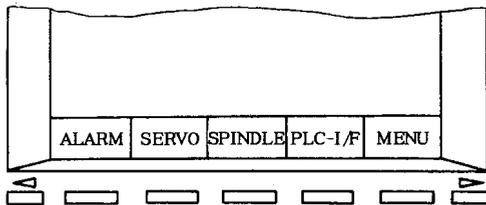


图 4-12 诊断菜单

其中 ALARM 菜单用于报警信息;SERVO 菜单用于伺服监控及伺服诊断等;SPINDLE 菜单用于主轴监控;PLC-I/F 用于 PLC 的输入/输出及信号的显示和设定。

2. ALARM 报警显示

当机床运行出现故障时,机床操作面板上的报警灯亮,同时 CRT 所有画面均显示报警信息。通过 ALARM 软键在 CRT 上显示如图 4-13 所示的报警页面。

(1)系统报警(ALARM) 显示有关操作报警、程序错误、驱动报警及系统错误的报警码、报警号和报警信息。如图 4-13 中,MO1 是有关操作错误的代码,指示在操作期间由于不正确的操作及机械故障所引起的报警。0102 为报警号,通过查阅手册,获知该报警指示为倍率为零(OVERRIDE ZERO)原因是机床操作面板上的进给倍率开关设定为零。解决方法:①将倍率开关设定不为零以解除故障。②如果倍率开关已设定不为零,则检查有关输入/输出的接口信号。

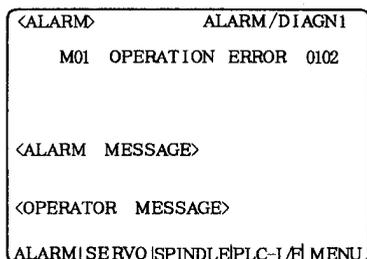


图 4-13 ALARM 软键下的报警页面

(2) 停止码 (STOP CODE) 在自动工作方式下,用代码和报警来表示自动操作处于禁止或停止状态。包括 T01 CAN'T CYCLE START(不能循环起动)、T02 FEED HOLD(进给保持)、T03 BLOCK STOP(单段停止)和 T10 Waiting for completion(等待完成)。

(3) 报警信息 (ALARM MESSAGE) 通过用户 PLC 来显示报警信息。

(4) 操作者信息 (OPERATOR MESSAGE) 通过用户 PLC 来显示操作者信息。

有关伺服监控页面及伺服监控参数含义可参阅第五章图 5-16 和表 5-3。

二、其他功能

1. 监控功能 (MONITOR)

在监控功能状态下,通过菜单键切换,系统能完成现在位置值、坐标值、指令值、搜寻及 PLC 开关、公共变量和局部变量的显示和操作。

2. 刀具参数功能 (TOOL PARAM)

在刀具参数功能状态下,通过菜单键的切换,系统能完成刀具长度、半径及磨损量和补偿设定、刀具在刀库中的登记、刀具寿命管理及工件坐标、加工参数、输入/输出参数等显示和操作。

3. 编辑和手动数据输入功能 (EDIT/MDI)

在编辑和手动数据输入功能状态下,通过菜单键的切换,系统能完成手动数据输入、程序的编辑、搜寻和文件管理的显示和操作。

4. 图形功能 (SFG)

在图形功能状态下,通过菜单键的切换,在 CRT 上模拟所编程序的加工轨迹,监控在加工过程中刀具的运动轨迹。

5. 梯形图监控功能 (FO)

在梯形图监控功能状态下,通过 CRT 监控 PLC 的各数据位,同时该功能还可用于 PLC 程序的开发。

第四节 数控机床回参考点的故障诊断

数控机床在接触电源后要做回零的操作,这是因为在机床断电后就失去了对各坐标位置的记忆。所以在接通电源后,必须让各坐标轴回到机床一固定点上,这一固定点就是机床坐标系的原点或零点,也称机床参考点。使机床回到这一固定点的操作称回参考点或回零操作。

图 4-14 为一卧式加工中心机床参考点相对工作台中心位置的示意图。

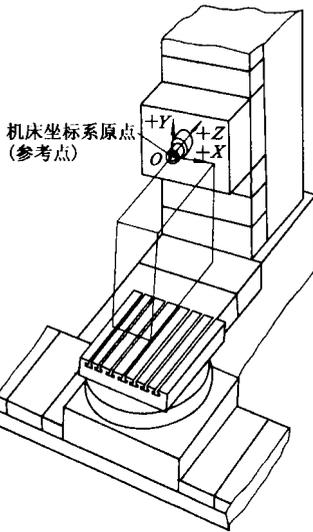


图 4-14 卧式加工中心参考点

回参考点是数控机床的重要功能之一,能否正确地返回参考点,将会影响到零件的加工质量。同时,由于数控机床是多刀作业,每一把刀具的刀位点安装位置不可能调整到同一坐标点上,因此就需要用刀具补偿来校正,如加工中心刀具的长度补偿和数控车床车刀刀尖的位置补偿,这种刀具偏置的补偿量也是通过刀位点的实际位置与由参考点确立的基本坐标系比较后补偿得到的。

一、回参考点的方式

回参考点的方式因数控系统类型和机床生产厂家而异,目前,采用脉冲编码器或光栅尺作为位置检测的数控机床多采用栅格法来确定机床的参考点。脉冲编码器或光栅尺均会产生零标志信号,脉冲编码器的零标志信号又称一转信号。每产生一个零标志信号相

对于坐标轴移动一个距离,将该距离按一定等分数分割得到的数据即为栅格间距,其大小由参数确定。当伺服电动机(带脉冲编码器)与滚珠丝杠采用 1:1 直联时,一般设定栅格间距为丝杠螺距,光栅尺的栅格间距为光栅尺上两个零标志之间的距离。采用这种增量式检测装置的数控机床一般有以下四种回参考点的方式。

1. 方式一(见图 4-15)

回参考点前,先用手动方式以速度 v_1 快速将轴移到参考点附近,然后起动回参考点操作,轴便以速度 v_2 慢速向参考点移动。碰到参考点开关后,数控系统即开始寻找位置检测装置上的零标志。当到达零标志时,发出与零标志脉冲相对应的栅格信号,轴即在此信号作用下速度制动到为零,然后再前移参考点偏移量而停止,所停位置即为参考点。偏移量的大小通过测量由参数设定。

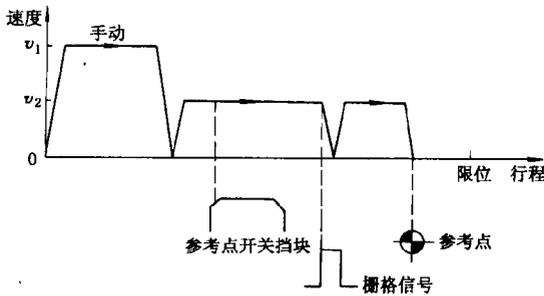


图 4-15 回参考点(方式一)

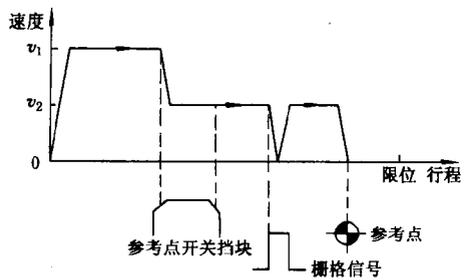


图 4-16 回参考点(方式二)

2. 方式二(见图 4-16)回参考点时,轴先以速度 v_1 向参考点快速移动,碰到参考点开关后,在减速信号的控制下,减速到速度 v_2 并继续前移,脱开挡块后,再找零标志。当轴到达测量系统零标志发出栅格信号时,轴即制动到速度为零,然后再以 v_2 速度前移参考点偏移量而停止于参考点。

3. 方式三(见图 4-17)

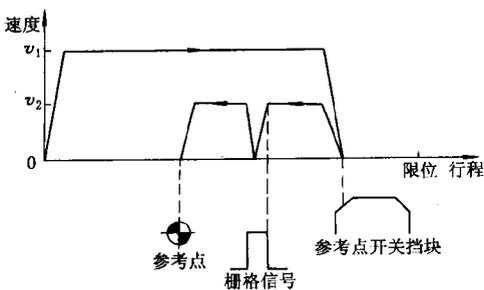


图 4-17 回参考点(方式三)

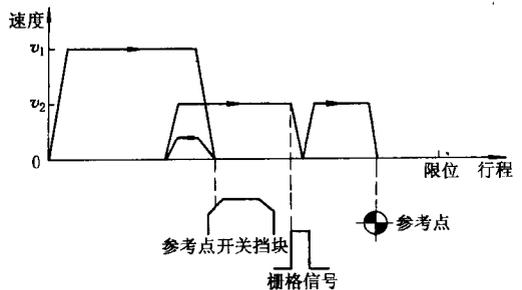


图 4-18 回参考点(方式四)

回参考点时,轴先以速度 v_1 快速向参考点移动,碰到参考点开关后速度制动到零,然后反向以速度 v_2 慢速移动,到达测量系统零标志产生栅格信号时,轴即制动到速度为零,再前移参考点偏移量而停止于参考点。

4. 方式四(见图 4-18)

回参考点时,轴先以速度 v_1 向参考点快速移动,碰到参考点开关后制动到速度为零,再反向微动直至脱离参考点开关,然后又沿原方向微动撞上参考点开关,并且以速 v_2 慢速前移,到达测量系统零标志产生栅格信号时,轴即制动到速度为零,再前移参考点偏移量而停止于参考点。

二、回参考点的故障诊断

回参考点的故障一般可分为找不到参考点和找不准(偏离)参考点两类。前一类故障主要是回参考点减速开关产生的信号或零标志脉冲信号失效(包括信号未产生或在传输处理中丢失)所致。排除故障时先要搞清机床回参考点的方式,再对照故障现象来分析,可采用先“外”后“内”和信号跟踪法查找故障部位。这里的“外”是指安装在机床外部的挡块和参考点开关,可以用 CNC 系统 PLC 接口 I/O 状态指示直接观察信号的有无;“内”是指脉冲编码器中的零标志位或光栅尺上的零标志位,可以用示波器检测零标志脉冲信号。

后一类故障往往是参考点开关挡块位置设置不当引起的,只要重新调整即可。

例 4-2 一数控铣床采用方式一回参考点。故障现象:Y 轴回参考点操作完成后,所停位置比参考点位置超前约一个丝杠螺距。

根据故障现象,回参考点的动作过程是正常的,判断参考点开关挡块距参考点太近,使得轴碰上该挡块时,脉冲编码器上的零标志刚错过,只能等待脉冲编码器再转过近一周后,测量系统才能找到零标志。故障排除只需调整挡块位置即可。调整步骤为:①用手动方式回参考点,记录下停在参考点时的位置显示值。②以低速反向移动轴,直到碰上挡块并记下此时的位置显示值。③求出上述两个位置显示值之差。④调整挡块位置使该差值约为半个丝杠螺距。在三菱数控系统中,可通过设定栅格屏蔽量(Grid Mask)而不需要调整挡块位置,该格屏蔽量相当于将挡块延长。

例 4-3 一数控铣床采用方式二回参考点,故障现象:X 轴能进行返回参考点操作,并以回参考点速度向参考点接近,但找不到参考点,而是一直以这一速度向前移动,直到碰到行程限位开关紧急停止。

从故障现象看,X 轴能正常进行返回参考点操作且运动情况正常,说明 CNC 系统找参考点指令正常,伺服系统和测量系统也无问题,对照返回参考点的方式,由于 X 轴始终以一个速度运动,可以判定参考点开关信号有问题,通过 I/O 接口指示观察,最后诊断参考点开关失效。参考点开关有机械式的行程开关和电子式的接近开关,详见第六章第三节。

例 4-4 一数控铣床采用方式三回参考点。故障现象:X 轴先正方向快速运动,碰到参考点开关后,能以慢速反向运动,但找不到参考点,而且一直反向运动,直到碰到限位开关而紧急停止。

根据故障现象和返回参考点的方式,可以判断减速信号正常,位置测量装置的零标志

脉冲信号不正常。通过 CNC 系统 PLC 接口指示观察,确定参考点开关信号正常,用示波器检测零标志信号,如果有零标志脉冲信号输出,可诊断 CNC 系统测量组件有关零标志脉冲信号通道有问题。进一步确诊可用互换法,即将有关电路板,如 X 轴和 Y 轴的电子脉冲整形插值倍频电路板(详见第五章第二节)互换,如发现同样故障转移到 Y 轴,而 X 轴工作正常,则该电路板有问题。

例 4-5 一数控铣床采用方式四回参考点。故障现象:Y 轴回参考点时先快速移动,再反向微动,然后再次反向慢速移动,直到触及限位开关而停止。

由于 Y 轴的反向和减速均正常,说明 CNC 系统及参考点开关正常。用示波器检查 Y 轴测量系统的零标志信号,若无此信号输出,即可诊断故障是由于零标志脉冲丢失所致。

三、数控车床参考点的设定

带转盘刀架,配备 FANUC 系统的数控车床,其参考点一般设定在刀架刀盘的前端面与镗孔刀座轴线的交点。如图 4-19a 为转盘刀架示意图,图 4-19b 为参考点和机床坐标系的关系。

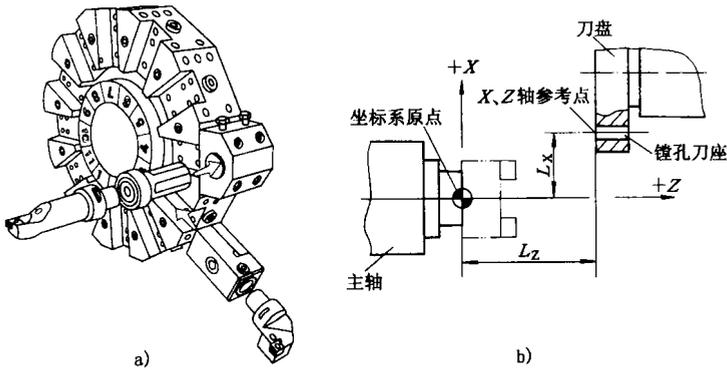


图 4-19 数控车床参考点
a) 转盘刀架 b) 参考点和机床坐标系

这样做的好处是,对工件进行钻、扩、铰及打中心孔时,只要指出刀架 X 轴终点坐标为 G00 X0,刀具中心即与主轴中心重合,可简化操作。

(一) 回参考点原理

栅格法回参考点的方法如图 4-20 所示。

- 1) 设置回参考点工作方式。
- 2) 选择返回参考点的轴并操作该轴返回参考点,该轴以 G00 快速向参考点运动。
- 3) 当随滑板一起运动的撞块压下参考点开关触头,使其由断(ON)转通(OFF)状态后,机床滑板会减速并按参数设定的速度继续移动。减速可减少运动部件的运动惯量,便于正确停留在参考点位置。

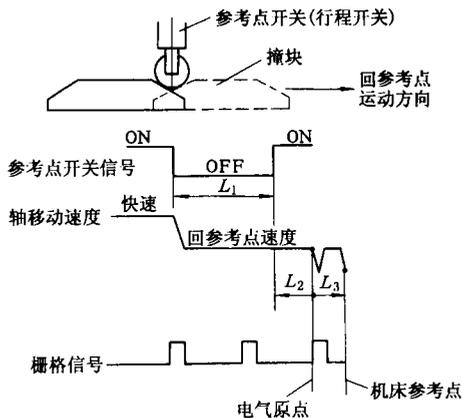


图 4-20 栅格法回参考点

4)当参考点撞块释放开关触头,使其由通(OFF)转断(ON)后,CNC系统将等待栅格信号的出现,该信号一出现,滑板运动就立即停止。此时,滑板到达的位置是电气原点,数控系统记忆该点的坐标值。由于调整时做不到电气原点与机床上规定的参考点位置完全重合,存在误差,故通过测量这一误差值,采用对参考点补偿的方法来校正,即参考点偏移补偿。

(二)使刀架位于参考点上

由于机床修理的需要,编码器、联轴器、同步齿形带及伺服电动机需拆卸,这样就改变了它们与丝杠间的相对位置,使参考点位置发生了变化,因此必须重新设定参考点。

1. 使刀架位于 X 轴参考点上

图 4-21 为 X 轴刀架参考点示意图。

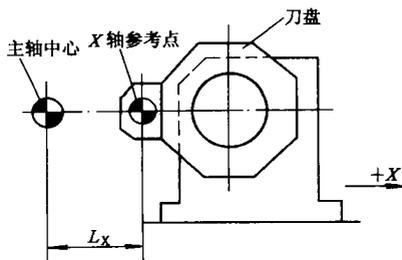


图 4-21 X 轴参考点

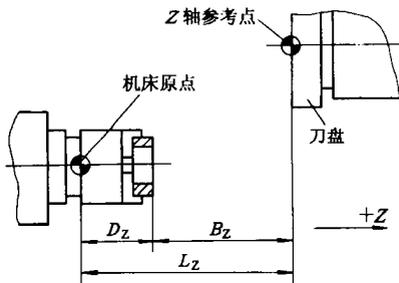


图 4-22 Z 轴参考点

- 1)在刀架刀盘上仔细安装好一个镗孔刀座。
- 2)把杠杆式百分表吸附在主轴前端面上,使表头触及刀座内孔表面。
- 3)用手轻转主轴并通过手摇脉冲发生器移动 X 轴,观察百分表读数使主轴与刀座孔在 X 轴上同轴,此时,刀架已位于机床坐标系 X 轴的零点了。
- 4)用手摇脉冲发生器使刀架 +X 方向移动,观察 CRT 上位置数值的变化,到达 L_x 位

置时,刀架就移到 X 轴参考点上了。

2. 使刀架位于 Z 轴参考点上。

图 4-22 为 Z 轴刀架参考点示意图。

1) 在卡盘上夹持盘形试料,对其端面精密车削,精确测量尺寸。

2) 卸掉车刀,用手摇脉冲发生器使刀盘端面靠上试料端面。

3) 使刀架向右移动 B_Z 距离,刀架即位于 $L_Z = D_Z + B_Z$ 的 Z 轴参考点上。

(三) 参考点的设定

此项工作要完成的是,当回参考点操作后,如何使移动部件停在前面所述的尺寸位置上。当编码器与丝杠保持 1:1 直联式关系时,参考点的设置如下步骤:

1. X 轴参考点的设定

图 4-23 为 X 轴参考点设定示意图。

1) 把百分表吸附在机床合适部分,移动刀架至 X 轴参考点,使表头触及 X 向滑板,表头对零并注意压缩圈数。

2) 把 CRT 上 X 轴位置数值清零,用手摇脉冲发生器使刀架向 $-X$ 方向移动一个略大于 X 轴丝杠螺距 2 倍的数(例如螺距 $t = 6\text{mm}$,则移动距离为 $(6 \times 2 + 1)\text{mm} = 13\text{mm}$),此值在 CRT 上显示。

3) 调整 X 轴减速撞块,通过 CRT 画面,观察参考点开关的 I/O 状态,使撞块停留在开关由断(OFF)转通(ON)的点上,如图 4-20 所示。此时,开关信号由断转通的点在距 X 轴参考点大约一个丝杠螺距处。

4) 固定好撞块。

5) 按下急停按钮后再释放,目的是断一次电消除位置环内可能出现的误差。刀架向 $-X$ 方向移动约 100mm 后进行回参考点操作,此时,刀架应停留在电气原点上。

6) 把 CRT 上 X 轴的位置值清零。

7) 手动使刀架向 $-X$ 方向移动约 $1/3 \sim 1$ 该轴丝杠螺距数。

8) 重复序号 3) 的工作。此时减速开关由断转通的那个点被确定在距电气原点约 $1/6 \sim 1/2$ 丝杠螺距的地方,如图 4-20 中的 L_2 处。

9) 重新固定撞块。

10) 重复进行序号 5) 的工作。

11) 向 $+X$ 方向慢慢移动刀架,直至百分表指针指向零,注意表的压缩圈数与前述相同。读出 CRT 上显示的移动值,即图 4-20 中的 L_3 值。

12) 把 L_3 作为 X 轴的栅格偏置量,即参考点补偿量,通过 MDI 键输入到参数 GRDS X 的对应地址内。

13) 按下急停按钮并释放后,重做一次回参考点的操作,检查百分表读数,若为零则工作结束,不为零则应更改栅格偏置量并重做序号 12) 和 13) 项内容的工作。

2. Z 轴参考点的设定

图 4-24 为 Z 轴参考点设定示意图。

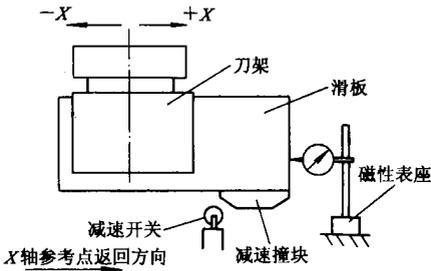


图 4-23 X 轴参考点的设定

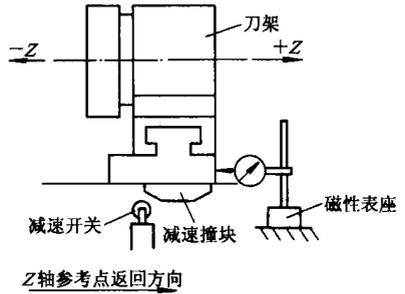


图 4-24 Z 轴参考点的设定

Z 轴参考点的调整方法 ,顺序同 X 轴设定方法 ,不同之处是 :

1) Z 向移动刀架时 ,CRT 上的显示值与实际移动值一致 ,因此 Z 向在做相当于 X 轴参考点设定序号 2) 内容时 ,刀架的 - Z 向移动一个略大于 Z 轴丝杠螺距的数(例如 $t = 10\text{mm}$,则移动距离为 11mm)。

2) Z 向在做相当于 X 轴参考点设定序号 7) 内容时 ,应使刀架向 - Z 向移动约 $1/6 \sim 1/2$ 该轴丝杠螺距数值。

3) Z 轴参考点栅格偏置量应输入到参数 GRDSZ 的对应地址内。

要注意的是 ,在调整过程中 ,要避免参考点开关通 (ON) 的时候 ,栅格信号就出现的情况 ,因为此时栅格信号处在临界点上 ,这样由于参考点开关“通”、“断”信号出现的重复精度及机械部分的各种变形 ,都会使回参考点出现不稳定的故障。

以上是 FANUC 系统数控车床参考点的设定方法 ,其调整过程同样适用于其他系统和机床。

第五章 伺服系统故障诊断

数控机床中的伺服系统取代了传统机床的机械运动,这是数控机床重要特征之一。由于伺服系统包含了众多的电子电力器件,并应用反馈控制原理将它们有机地组织起来,因此在一定意义上,伺服系统的高性能和高可靠性决定了整台数控机床的性能和可靠性。

驱动系统与 CNC 位置控制部分构成位置伺服系统。伺服系统如果离开了高精度的位置检测装置,就满足不了数控机床的要求。数控机床的驱动系统主要有两种:进给驱动系统和主轴驱动系统。从作用看,前者是控制机床各坐标的进给运动,后者是控制机床主轴旋转运动。驱动系统的性能,在较大程度上决定了现代数控机床的性能。数控机床的最大移动速度、定位精度等指标主要取决于驱动系统及 CNC 位置控制部分的动态和静态性能。另外,对某些加工中心而言,刀库驱动也可认为是数控机床的某一伺服轴,用以控制刀库中刀具的定位。

不论是进给驱动系统还是主轴驱动系统,从电气控制原理来分都可分为直流和交流驱动。直流驱动系统在 70 年代初至 80 年代中期在数控机床上占据主导地位,这是由于直流电动机具有良好的调速性能,输出力矩大,过载能力强,精度高,控制原理简单,易于调整。随着微电子技术的迅速发展,加之交流伺服电动机材料、结构及控制理论有了突破性的进展,80 年代初期推出了交流驱动系统,标志着新一代驱动系统的开始。由于交流驱动系统保持了直流驱动系统的优越性,而且交流电动机无需维护,便于制造,不受恶劣环境影响,所以目前直流驱动系统已逐步被交流驱动系统所取代。从 90 年代开始,交流伺服驱动系统已走向数字化,驱动系统中的电流环、速度环的反馈控制已全部数字化,系统的控制模型和动态补偿均由高速微处理器实时处理,增强了系统自诊断能力,提高了系统的快速性和精度。

第一节 主轴驱动系统

数控机床对主轴要求在很宽范围内转速连续可调,恒功率范围宽。当要求机床有螺纹加工功能、准停功能和恒线速加工等功能时,就要对主轴提出相应的进给控制和位置控制要求。此时,主轴驱动系统也可称为主轴伺服系统,相应的主轴电动机装配有编码器作为主轴位置检测;另一种方法就是在主轴上直接安装外置式的编码器,这在机床改造和经济型数控车床中用得较多。

主轴驱动变速目前主要有两种形式：一是主轴电动机带齿轮换档，目的在于降低主轴转速，增大传动比，放大主轴功率以适应切削的需要；二是主轴电动机通过同步齿形带或皮带驱动主轴，该类主轴电动机又称宽域电机或强切削电动机，具有恒功率宽的特点。由于无需机械变速，主轴箱内省却了齿轮和离合器，主轴箱实际上成为主轴支架，简化了主传动系统，从而提高了传动链的可靠性。

一、常用主轴驱动系统介绍

1. FANUC 公司主轴驱动系统

从 80 年代开始，该公司已使用了交流主轴驱动系统，直流驱动系统已被交流驱动系统所取代。目前三个系列交流主轴电动机为：S 系列电动机，额定输出功率范围 1.5 ~ 37kW；H 系列电动机，额定输出功率范围 2.5 ~ 22KW；P 系统电动机，额定输出功率范围 3.7 ~ 37kW。该公司交流主轴驱动系统的特点为：①采用微处理器控制技术，进行矢量计算，从而实现最佳控制。②主回路采用晶体管 PWM 逆变器，使电动机电流非常接近正弦波形。③具有主轴定向控制、数字和模拟输入接口等功能。

2. SIEMENS 公司主轴驱动系统

SIEMENS 公司生产的直流主轴电动机有 1GG5、1GF5、1GL5 和 1GH5 四个系列，与上述四个系列电动机配套的 6RA24、6RA27 系列驱动装置采用晶闸控制。

80 年代初期，该公司又推出了 1PH5 和 1PH6 两个系统的交流主轴电动机，功率范围为 3 ~ 100kW。驱动装置为 6SC650 系列交流主轴驱动装置或 6SC611A (SIMODRIVE 611A) 主轴驱动模块，主回路采用晶体管 SPWM 变频控制的方式，具有能量再生制动功能。另外，采用微处理器 80168 可进行闭环转速、转矩控制及磁场计算，从而完成矢量控制。通过选件实现 C 轴进给控制，在不需要 CNC 的帮助下，实现主轴的定位控制。

二、主轴伺服系统的故障形式及诊断方法

当主轴伺服系统发生故障时，通常有三种表现形式：一是在 CRT 或操作面板上显示报警内容或报警信息；二是在主轴驱动装置上用报警灯或数码管显示主轴驱动装置的故障；三是主轴工作不正常，但无任何报警信息。主轴伺服系统常见故障有：

1. 外界干扰

由于受电磁干扰，屏蔽和接地措施不良，主轴转速指令信号或反馈信号受到干扰，使主轴驱动出现随机和无规律性的波动。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，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. 主轴这是位抖动

主轴准停用于刀具交换、精镗退刀及齿轮换档等场合,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 图 5-1 所示为机床主轴采用磁性传感器准停的装置。

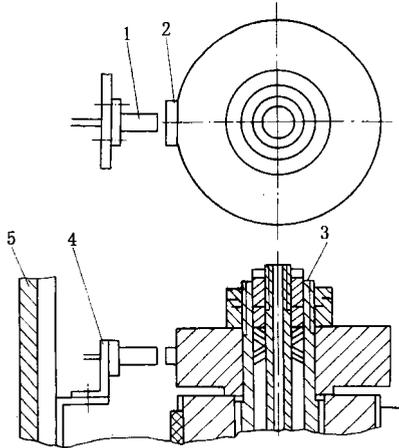


图 5-1 磁性传感器主轴准停装置

1—磁传感器 2—发磁体 3—主轴
4—支架 5—主轴箱

发磁体安装在主轴后端,磁传感器安装在主轴箱上,其安装位置决定了主轴的准停点,发磁体和磁传感器之间的间隙为 $(1.5 \sim 0.5) \text{ mm}$ 。

(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,如减速或增益等参数设置不当,均可引起定位抖动。另外,准定方式(1)中定位液压缸活塞移动的限位开关失灵,准定方式(2)中发磁体和磁传感器之间的间隙发生变化或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

当时行螺纹切削或用每转进给指令切削时,会出现停止进给、主轴仍继续运转和故障。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,一般情况下为主轴编码器有问题。可用以下方法来确定:①CRT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:①电动机过载。②CNC系统输出的主轴转速模拟量(通常为 $0 \sim \pm 10\text{V}$)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,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别,如存在,则主轴机械部分有问题。③检查振动周期是否与转速有关。如无关,一般是主轴驱动装置未调整好,如有关,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。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),以确定主轴的启动条件,如润滑、冷却等是否满足。③主轴驱动装置故障。④主轴电动机故障。

三、直流主轴驱动的故障诊断

由于直流调速性能的优越性,直流主轴电动机在数控机床的主轴驱动中得到广泛应用,主轴电动机驱动多采用晶闸管调速度的方式。

1. 控制电路

控制回路采用电流反馈和速度反馈的双闭环调速系统,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联接关系,由另一路直流电源供电。图 5-2 为 FANUC 直流主轴电动机驱动控制示意图。

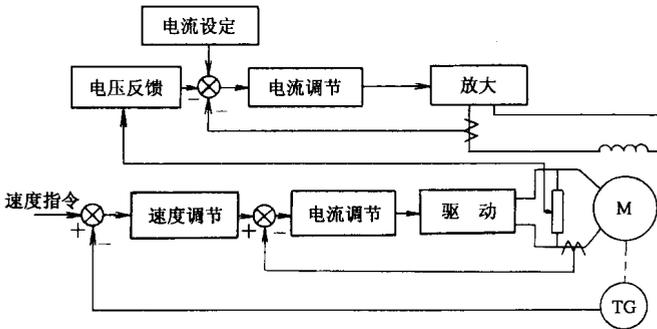


图 5-2 FANUC 直流主轴电动机驱动控制

双闭环调速系统的特点是,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反馈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,以便尽快地使电动机的转速达到给定值;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入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,开始减速。当电动机的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主轴的快速起停,保持稳定运行等功能是很重要的。

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工作。

2. 主电路

数控机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,故驱动装置往往采用三相桥式反并联逻辑无环流可逆调速系统,这样在制动时,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 5-3 为三相桥式反并联逻辑无环流可逆调速系统的主电路,图 5-4 为该系统的四象限运行示意图。

逻辑无环流可逆系统是利用逻辑电路,使一组晶闸管在工作时,另一组晶闸管的触发脉冲被封锁,从而切断正、反两组晶闸管之间流通的电流(简称环流)。

在图 5-4 中,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,即电动机由正转到反转过程中,正组晶闸管进入有源逆变状态,将电感储能逆变回送电网。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,电动机作惯性动转。在一个安全周期后,反组晶闸管 VT2 拉通,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,其整流电压与电动机电动势串联,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。

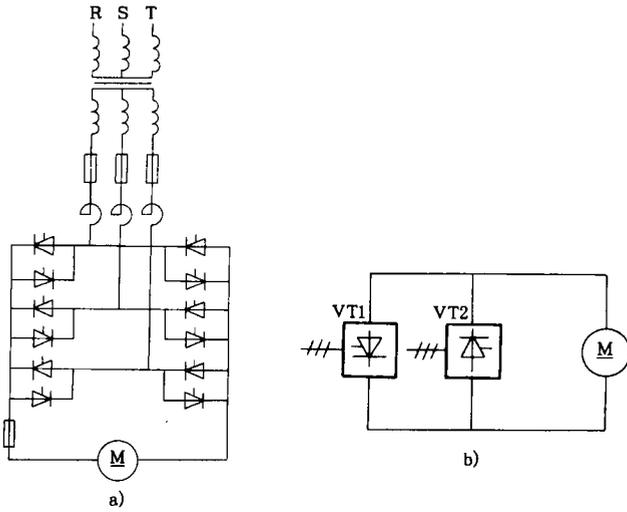


图 5-3 三相桥式反并联逻辑无环流可逆调速系统主电路
a) 主轴路 b) 主电路简图

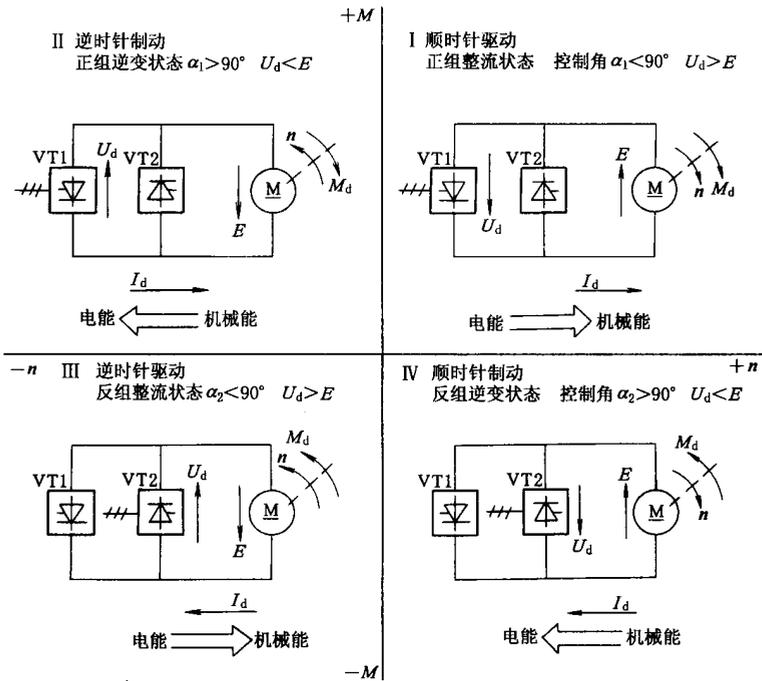


图 5-4 四象限运行

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,运行情况同转,因此可四象限运行。

命令级电路的作用是防止正、反向两组晶闸管同时导通,它要检测电枢电路的电流是

否到达零值,判别旋转方向命令,向逻辑电路提供正组或反组晶闸管允许开通信号,这两个信号是互斥的,由逻辑电路保证不同时出现。

逻辑电路必须保证系统满足下述条件:①只允许向一组晶闸管提供触发脉冲。②只有当工作的那一组晶闸管断流后才能撤消其触发脉冲,以防止晶闸管处于逆变状态时,未断流就撤消触发脉冲,以致出现逆变颠覆现象,造成故障。③只有当原先工作的那一组晶闸管完全关断后,才能向另一组晶闸管提供触发脉冲,以防止出现过大的电流。④任何一组晶闸管导通时,要防止晶闸管输出电压与电动机电动势方向一致,导致电压相加,使瞬时电流过大。

逻辑无环流可逆调速系统除了用在数控机床直流主轴电动机的驱动外,还可用在功率较大的直流进给伺服电动机上。

例 5-1 某加工中心采用直流主轴电动机、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,随即交流回路的保险丝熔断。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。

该机床的主轴电动机有两种制动方式:①电阻能耗制动,只用于急停。②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,启动过程中的整流状态,若漏发触发脉冲,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,造成电机启动时的冲击,因此,本故障是由晶闸管的触发电路故障引起的。

例 5-2 某加工中心主轴在运转时抖动,主轴箱噪声增大,影响加工质量。经检查,主轴箱和直流主轴电动机正常,为此把检查转移到主轴电动机的控制系统上来。

经测试,速度指令信号正常,而速度反馈信号出现不应有的脉冲信号,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。经检查,测速发电机碳刷完好,但换向器因碳粉堵塞,而造成一线组断路,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,使驱动系统输入出的电流忽大忽小,从而造成电动机轴的抖动。用酒精清洗换向器,彻底消除碳粉,即可排除故障。

四、主轴交流驱动故障诊断

随着交流调速技术的发展,目前数控机床的主轴驱动多采用交流主轴电动机配变频器控制的方式。变频器的控制方式从最初的电压空间矢量控制(磁通转述法)到矢量控制(磁场定向控制),发展至今为直接转矩控制,从而能方便地实现无速度传感器化;脉宽调制(PWM)技术从正弦 PWM 发展至优化 PWM 技术和随机 PWM 技术,以实现电流谐波畸变小、电压利用率最高、效率最优、转矩脉冲最小及噪声强度大幅度削弱的目标;功率器件由 GTO、GTR、IGBT 发展到智能模块 IPM,使开关速度快、驱动电流小、控制驱动简单、故障率降低、干扰得到有效控制及保护功能进一步完善。

(一) 6SC650 系列交流主轴驱动装置

1. 驱动装置的组成

图 5-5 为西门子 6SC650 系列交流主轴驱动装置原理图。

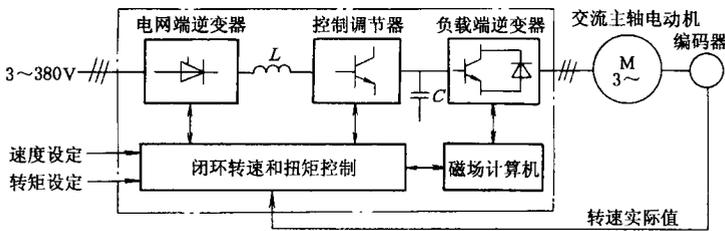


图 5-5 6SC650 系列交流主轴驱动装置原理图

6SC650 系列交流主轴驱动装置为晶体管脉宽调制变频器,与 1PH5、1PH6 系列交流主轴电动机组成数控机床的主轴驱动系统,可实现主轴的自动变速、主轴定位控制和主轴 C 轴进给。

从图 5-5 可知,电网端逆变器由六只晶闸管组成的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,也可工作于逆变方式,完成能量反馈电网的任务。

控制调节器将整流电压从 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六只功率晶体管组成。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 $0 \sim 430V$,频率控制范围为 $0 \sim 300Hz$ 。在回馈制动时,电动机能量通过变流器的六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,就通过控制调节器和电网端变流器把电容器 C 上的电能经过逆变器回馈给电网。六只功率晶体管有六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。闭环转速和扭矩控制以及磁场计算机是由两片 16 位分数处理器(80168)所组成的控制组件完成的。图 5-6 所示为 6SC650 系列主轴驱动系统组成。

6SC65 系列交流主轴驱动变频器主要组件基本相同。对于较小功率的 6SC6502/3 变频器(输出电流 20/30A) ,其功率部件是指安装在印制线路板 A1 上的 ,如图 5-6b 所示 ,对于大功率的 6SC6504 ~ 6SC6520 变频器(输出电流 40/200A) ,其功率部件是安装在散热器上的。

(1) 控制模块(N1)包括两片 80186 ,五片 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 调制。

(2) I/O 模块(U1)通过 U/f 变换器为 N1 组件处理各种 I/O 模拟信号。

(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。

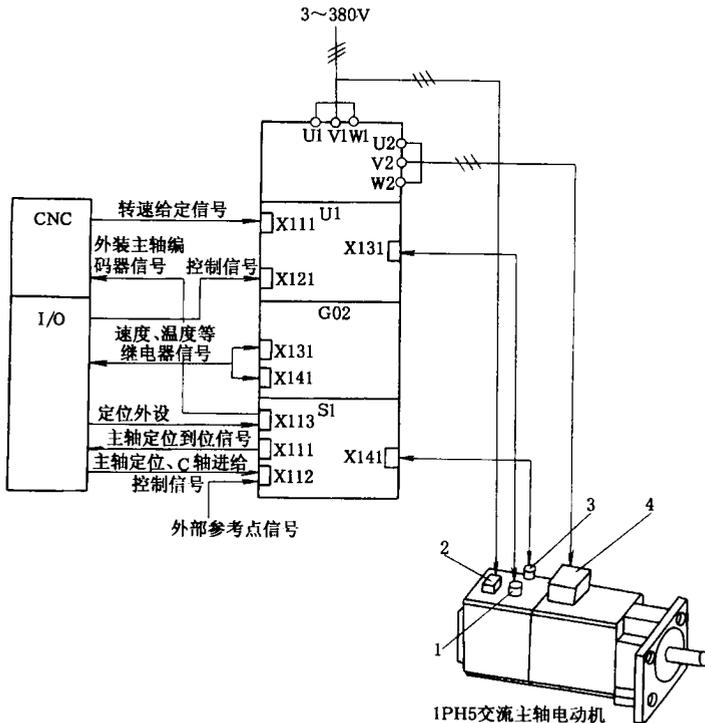
(4) 选件(S10)配置主轴定位电路板或 C 轴进给控制电路板。通过内装轴端编码器(18000 脉冲/r)或外装轴端编码器(1024 脉冲/r 或 9000 脉冲/r)对主轴进行定位或 C 轴控制。

2. 故障诊断

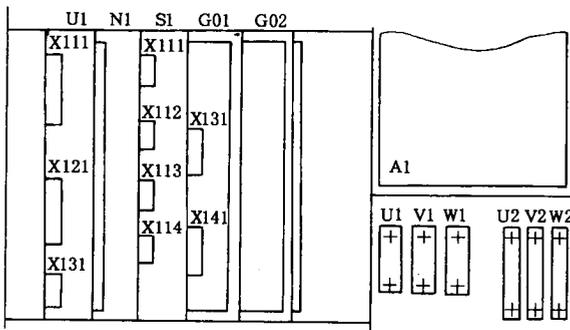
(1) 故障代码 当 6SC650 系列交流主轴驱动变频器在运行中发生故障 ,变频器面板上的数码管就会以代码的形式提示故障的类型。表 5-1 为 6SC650 系列变频器部分故障代码表。

(2) 辅助诊断 除了以代码形式表示故障信息外 ,在控制模块(N1)和(I/O)模块(U1)上还有测试插座 ,作为辅助诊断的手段。如图 5-7 为 I/O 模块上的测试插座。

该测试插座用于电流的调试。其中 I_R 、 I_S 和 I_T 用于测量电动机的 R、S、T 相电流 , I_D 用于测量直流回路电流 , I_{WR} 用于测量电动机总电流 ,M 为参考电位。通过测试 ,可进一步判断变频器是否缺相、过电流等故障。



a)



b)

图 5-6 6SC650 系列主轴驱动系统组成

a) 接线图 b) 组件

- 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

表 5-1 6SC650 系列变频器部分代码表

故障代码	故障名称	故障原因
F11	转速控制开环， 无实际转速值	<ol style="list-style-type: none"> 1. 编码器电缆未接好 2. 编码器接线中断 3. 编码器有故障 4. 电动机缺相工作 5. 电动机处于机械制动状态 6. U1 模块有故障 7. 触发电路有故障 8. 驱动电路模块电源故障 9. 中间电路熔丝故障
F12	过电流	<ol style="list-style-type: none"> 1. 变频器上存在短路或故障 2. U1 模块故障 3. N1 模块故障 4. 功率晶体管故障 5. 转矩设定值过高 6. 电流检测用互感器故障
F14	电动机过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电动机过载 2. 电动机电流过大 3. 电动机上的 NTC 热敏电阻有故障 4. U1 模块有故障 5. 电动机绕组匝间短路

(二) 主轴通用变频器

随着数字控制的 SPWM 变频调速系统的发展,数控机床主轴驱动采用通用变频器控制也越来越多。所谓“通用”包含着两方面的含义:一是可以和通用的笼型异步电动机配套应用;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 5-8 为三菱 FR-A500 系列变频器的配置及接线端子。

该变频器既可以通过 2、5 端,用 CNC 系统输出的模拟信号来控制电动机的转速,也可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。图 5-9 为数字控制的变频调速框图。

这是一个速度开环控制系统,为提高速度控制精度,有些变频器可通过电动机上的编码器来实现速度的闭环控制。同时,通过附加的定位模块来实现主轴的定位控制或 C 轴进给控制。

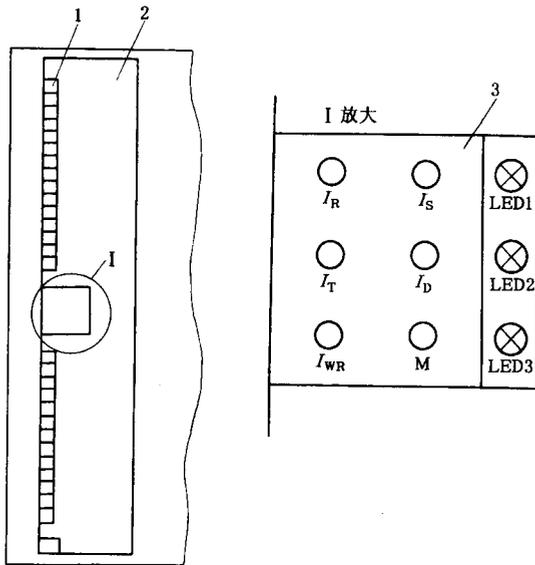


图 5-7 I/O 模块上的测试插座

1—接线端子 2—I/O 模块 3—电流测试插孔

在图 5-8a 中,电源侧交流电抗器的目的是减小输入电流的高次谐波,直流电抗器是用于功率因素校正,有时为了减小电动机的振动和噪声,在变频器和电动机之间加入降低噪声用的电抗器。为防止变频器对周围控制设备的干扰,必要时在电源侧选用无线电干扰(RFI)抑制电抗器。在图 5-9 中, R_0 的作用是限制起动时的大电流,合上电源后,延时触点 KA 闭合或晶闸管 VT 导通(图中虚线部分),将 R_0 短路。 R_b 为能耗制动电阻,制动时,异步电动机进入发电状态,通过逆变器的续流二极管向电容 C 充电,当中间直流回路电压(通称泵升电压)升高到一定限制值时,通过泵升限制电路使开关器件 V_b 导通,将电动机释放的动能消耗在制动电阻 R_b 上,为了便于散热,制动电阻器常作为附件单独装在变频器外。定子电流或直流回路电流检测是为了补偿定子电压。

1. 变频器的电源显示

变频器的电源显示也称充电显示,它除了表明是否已经接上电源外,还显示了直流高压部分滤波电容器上的充、放电状况。这一点之所以十分重要,是因为在切断电源后,高压滤波器的放电速度较慢,由于电压较高,故对人体有危险。所以,在调试和维修时,每次关机后,必须等电源显示完全熄灭后,方可触摸接线部分。

2. 变频器的故障显示

各种变频器对故障原因的显示有以下三种方式:

(1) 发光二极管显示 不同的故障原因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 灭,说明欠电压、过电压及贯通性过电流;LED2 灭,说明过热;LED3 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。如三肯(SANKEN)SVF 系列变

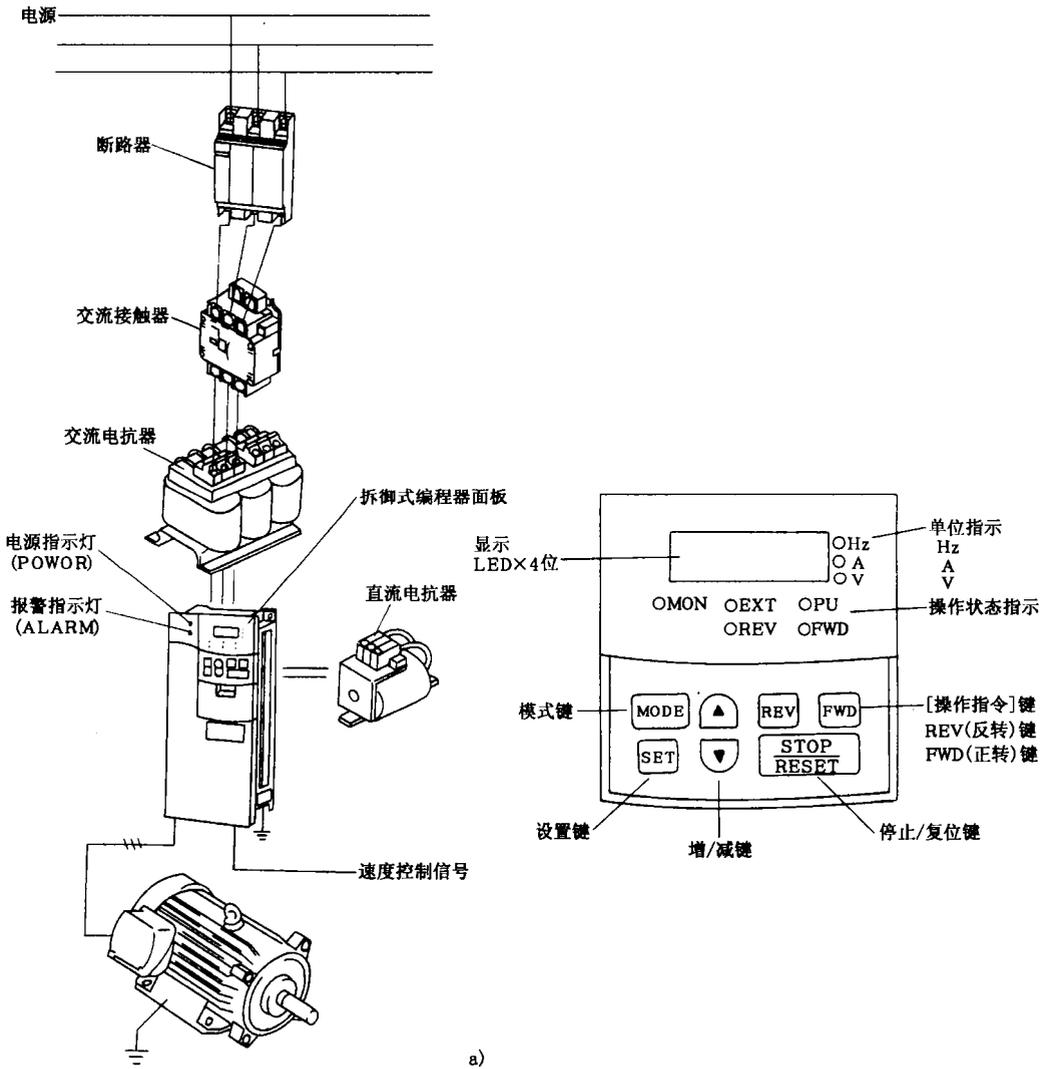


图 5-8 R-A500 变频器

a) 变频器配置

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 针对各种原因,用缩写的英文字符来显示。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。如三菱 FR-A500 系列变频器,E.OCl 表示加速时过电流报警,E.OV3 表示减速时再生过电压报警。

3. 变频器的预置设定

变频器和主轴电动机配用时,需要据主轴加工的特性和要求,预先进行一系列的设定,如如减速时间等。设定的方法是通过编程器上的键盘和数码管显示将参数输入或修

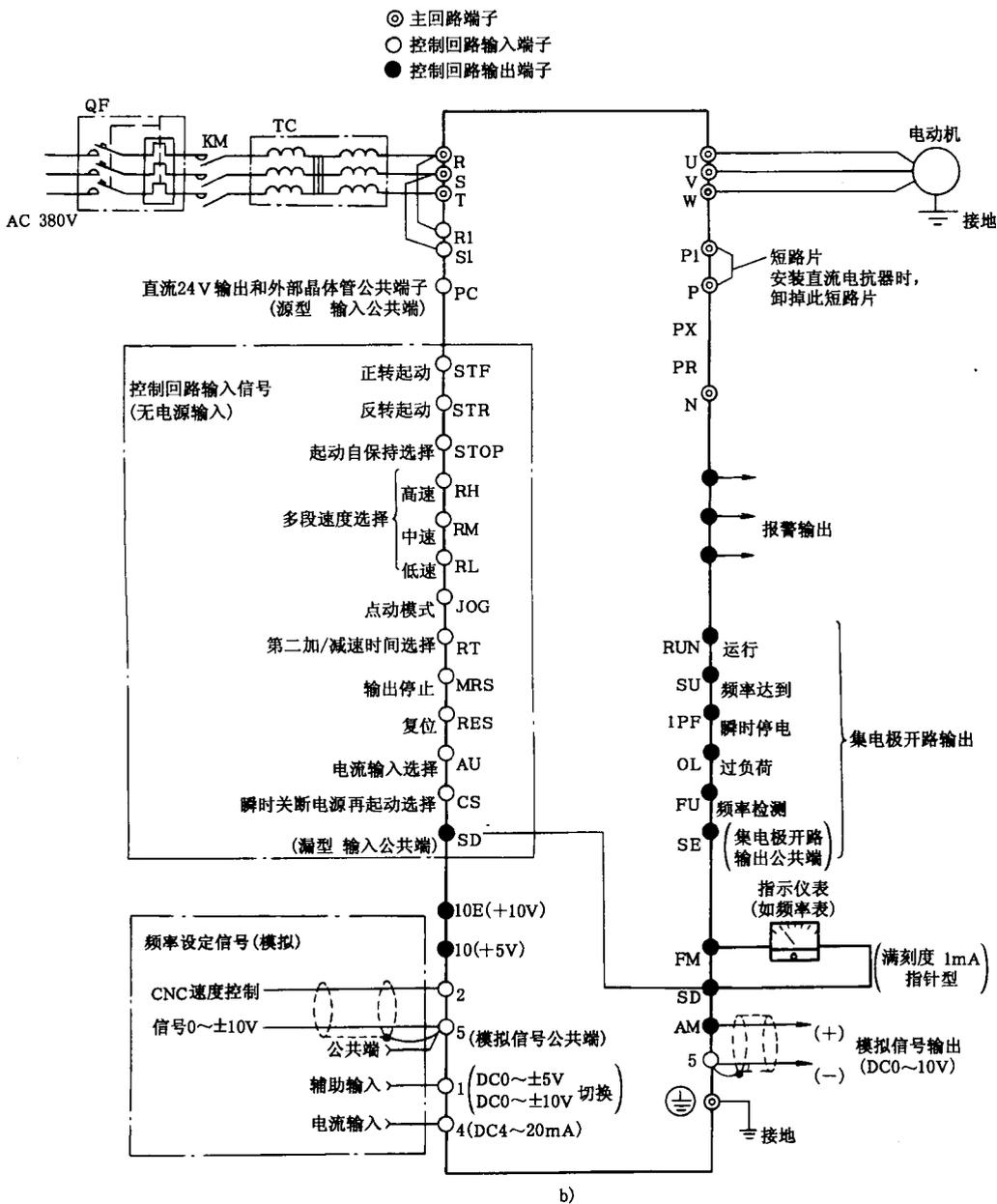


图 5-8 R-A500 变频器(续)

b)接线端子

改。

- 1) 首先按下模式转换开关,使变频器进入编程模式。
- 2) 按数字键或数字增减键(△键和键▽),选择需进行预置的功能码。
- 3) 按读出键或设定键,读出该功能的原设定数据(或数据码)。

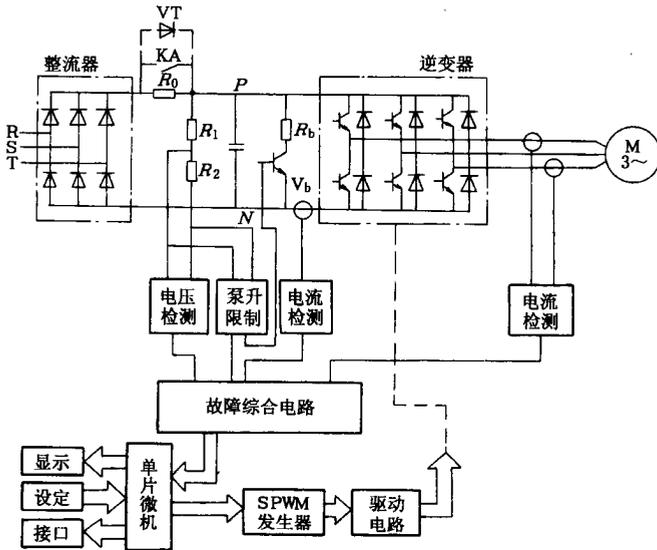


图 5-9 变频调速框图

- 4) 如需修改,则通过数字键或数字增减键来修改设定数据。
- 5) 按写入键或设定键,将修改后的数据写入。
- 6) 如预置尚未结束,则转入第二步,对其他功能进行设定。如预置已经完了,则按模式选择键,使变频器进入运行模式,电动机就可以启动了。

4. 变频控制的故障诊断

(1) 过电压 主要有两种情况:①电源电压过高。变频器一般允许电源电压向上波动的范围是 +10%,超过此范围时,就进行保护。②降速过快。如果将减速时间设定得太短,在再生制动过程中制动电阻来不及将能量放掉,致使直流回路电压过高,形成高电压。

(2) 欠电压

- 1) 电源方面:①电源电压低于额定值电压的 10%。②电源缺相。
- 2) 主电路方面:①整流器件损坏。如图 5-6 所示,如果六个整流二极管中有部分损坏,整流后的电压将下降。②限流电阻 R_0 未“切出”电路。图 5-6 中,如果延时触点 KA 未动作、触点接触不良或晶闸管 VT 未导通,使电阻 R_0 长时接入电路,将导致直流侧欠电压。

(3) 过电流

- 1) 非短路性过电流:①电动机严重过载。②电动机加速过快。
- 2) 短路性过电流:①负载侧短路。②负载侧接地。③变频器逆变桥同一桥臂的上下两晶体管同时导通,形成“直通”。因为变频器在运行时,同一桥臂的上下两晶体管总是处于交替导通状态,在交替导通的过程中,必须保证只有在一个晶体管完全截止后,另一个晶体管才开始导通。如果由于某种原因,如环境温度过高等,使之器件参数发生漂移,就可能造成直通。

5. 变频器的测量

(1) 测绝缘 将接至电源和电机的连线断开,然后将所有的输入端和输出端都连接起来,如图 5-10 所示,再用兆欧表测量绝缘电阻。

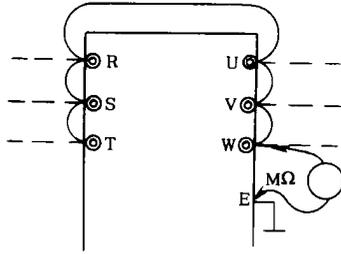


图 5-10 变频器绝缘测量

(2) 测电流 变频器的输入和输出电流都含有各种高次谐波,应选用电磁式仪表,因为电磁式仪表所指示的是电流的有效值。

(3) 测电压 变频器输入侧的电压是电网的正弦波电压,可用任意类型的仪表测量。输出侧的电压是方波脉冲序列,含有许多高次谐波成分,由于电动机的转矩主要和电压的基波有关,故应选用整流式仪表进行测量。有些数字式万用表、钳形表的交流电压档内含滤波环节,如 DM-6015、DM-815 型可直接用于测量。

(4) 测波形 用示波器测主电路的电压和电流波形时,必须使用高压探头。如使用低压探头,需用互感器或其他隔离器件进行隔离。

(5) 整流器和逆变器的故障判断 参阅图 5-9,变频器的主要接线端子有 8 个:进线端的 R、S、T;出线端的 U、V、W;直流正端 P 和直流负端 N,用万用表进行判断的方法如表 5-2 所示。

表 5-2 整流器和逆变器的故障判断

整流元件	VD1		VD2		VD3		VD4		VD5		VD6	
黑笔位置	R	P	N	R	S	P	N	S	T	P	N	T
红笔位置	P	R	R	N	P	S	S	N	P	T	T	N
正常状态	通	不通										
逆变组件	V1		V2		V3		V4		V5		V6	
黑笔位置	U	P	N	U	V	P	N	V	W	P	N	W
红笔位置	P	U	U	N	P	V	V	N	P	W	W	N
正常状态	通	不通										

在表 5-2 中,黑笔和红笔是指普通指针式万用表的表笔,黑笔为电源“+”,红笔为电源“-”。

值得注意的是,变频器的冷却方式都采用风扇强迫冷却。如果通风不良,器件的温度将会升高,有时即使变频器并没有跳闸,但器件的使用寿命已经下降。所以,应注意冷却风扇的运转状况是否正常,经常清试滤网和散热器的风道,以保证变频器的正常运行。

例 5-3 AC200S 交流主轴驱动电动机不转和帮障诊断。

AC200S 是矢量控制晶体管正弦波 PWM 的主轴驱动装置,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。当出现主轴电动机不转的故障时,可采用如图 5-11 所示的流程图来检查。

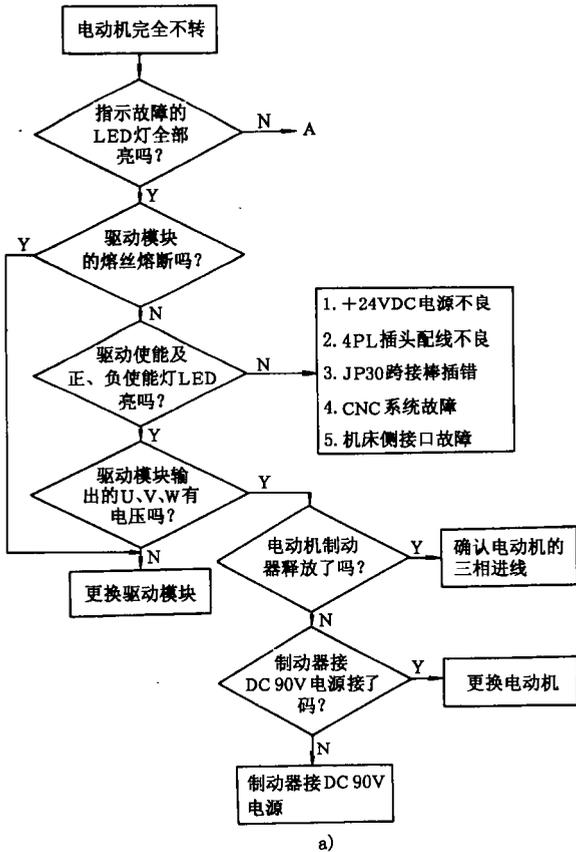


图 5-11 AC200S 电动机不转故障诊断流程图

其中,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 和 26 脚为速度指令信号;1PL 为驱动模块和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。

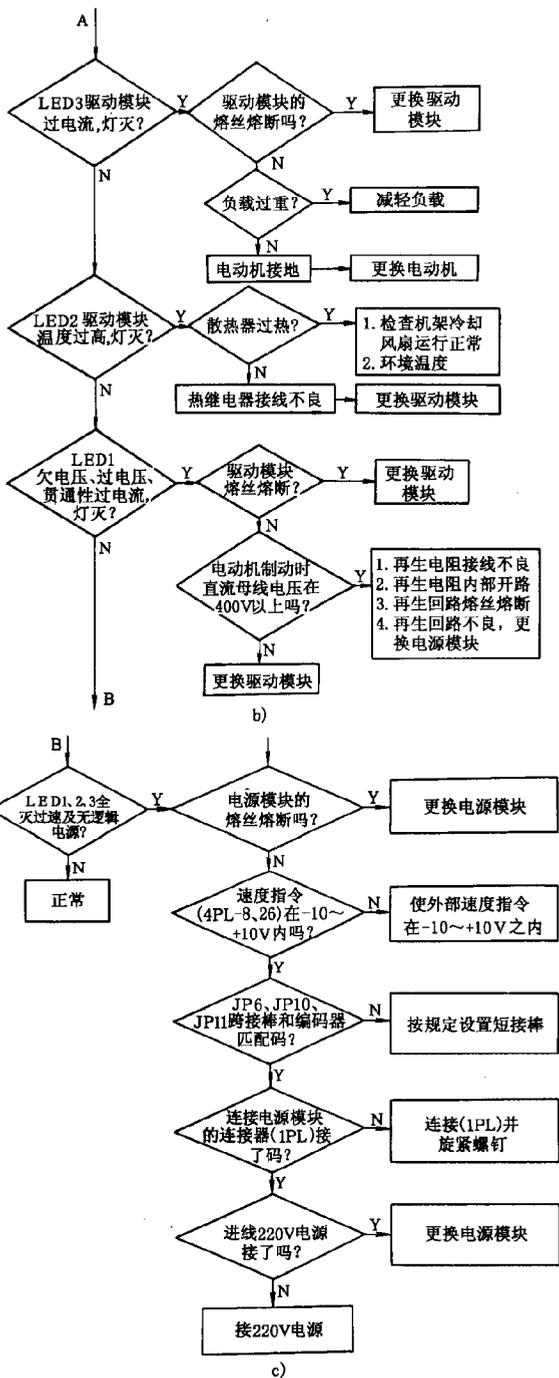


图 5-11 AC200S 电动机不转故障诊断流程图

第二节 进给伺服系统

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及数据,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将落实到位置歪和速度环上。组成这两个环的具体装置有:用于位置检测的光栅、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驱动装置及直流和交流伺服电动机组成。

一、常见进给驱动系统介绍

(一) 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 系列和大惯量 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,如超速、过电流、过电压和过载等。

2. SIEMENS 公司直流进给驱动系统

SIEMENS 公司在 70 年代中期推出了 1HU 系列永磁式直流伺服电动机,规格有 1HU504、1HU305、1HU307、1HU310 和 1HU313。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。驱动系统除了各种保护功能外,另具有 I^2t 热效应监控等功能。

3. MITSUBISHI 公司直流时给驱动系统

MITSUBISHI 公司的 HD 系列永磁式直流伺服电动机,规格有 HD21、HD41、HD81、HD101、HD201 和 HD301 等。配套的 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、过电压和超速保护,带有电流监控等功能。

(二) 交流进给驱动系统

1. FANUC 公司交流进给驱动系统

FANUC 公司在 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

1983 年以来,SIEMENS 公司推出了交流驱动系统,由 6SC610 系列进给驱动置和 6SC611A(SIMODRIVE611A)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 控制技术,带有 I^2t 热监控等功能。另外,SIEMENS 公司还有用于数字伺服系统的 SIMODRIVE 6110 系列进给驱动模块。

3. MITSUBISHI 公司交流进给驱动系统

MITSUBISHI 公司的交流驱动单元有通用型的 MR-J2 系列,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-BF 系列。另外,MIT-SUBISHI 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

A-B 公司的交流驱动系统有 1391 系统交流驱动单元和 1326 型交流伺服电动机。另外,还有 1391-DES 系列数字式交流驱动单元,相应的伺服电动机有 1391-DES15、1391-DES22 和 1391-DES45 三种规格。

(三) 步进驱动系统

在步进电动机驱动的开环控制系统中,典型的产品有 KT400 数控系统及 KT300 步进驱动装置,SINUMERIK 802S 数控系统配 STEPDRIVE 步进驱动置及 IMP5 五相步进电动机等。

二、伺服系统结构形式

伺服系统不同的结构形式,主要体现在检测信号的反馈形式上,以带编码器的伺服电动机为例:

1. 方式一(见图 5-12)

转速反馈信号与位置反馈信号处理分离,驱动装置与数控系统配接有通用性。图 5-12b 为 SINUMERIK800 系列数控系统与 SIMODRIVE611A 进给驱动模块和 1FT5 伺服电机构成的进给伺服系统。

数控系统位置控制模块上 X141 端口的 25 针插座为伺服输入出口,输出 0~10V 的模拟信号及使能信号至进给驱动模块上 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 伺服电动机上的光电脉冲编码器(ROD320)检测获得;速度反馈信号由 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。

2. 方式二(见图 5-13)

伺服电动机上的编码器既作为转速检测,又作为位置检测,位置处理和速度处理均在数控系统中完成。图 5-13b 为 FANUC 数控系统与用于车床进给控制的 α 系列 2 轴交流

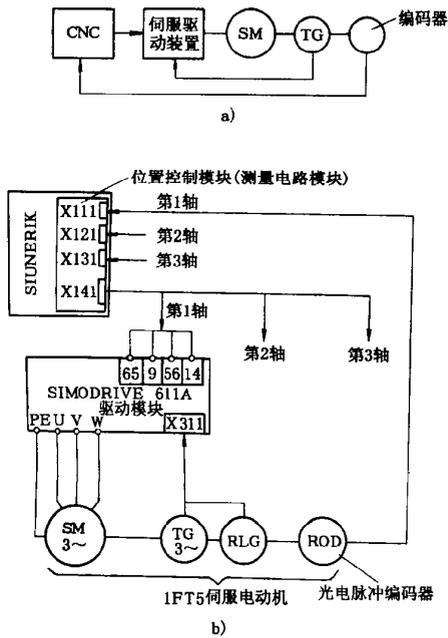


图 5-12 伺服系统(方式一)

a)框图 b)SIEMENS 伺服进给系统

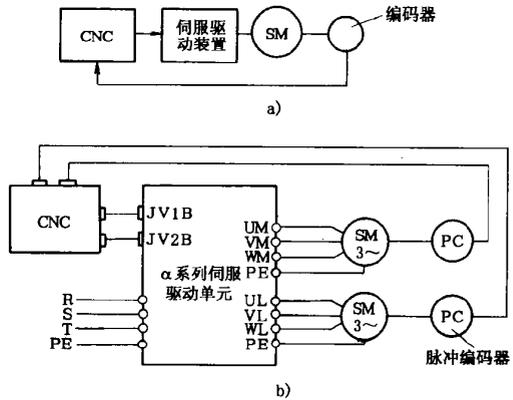


图 5-13 伺服系统(方式二)

a)框图 b)FANUC 伺服进给系统

驱动单元的伺服系统,伺服电动机上的脉冲编码器将检测信号直接反馈于数控系统,经位置处理和速度处理,输出速度控制信号、速度反馈信号及使能信号至驱动单元 J1B 和 J2B 端口中。

3. 方式三(见图 5-14)

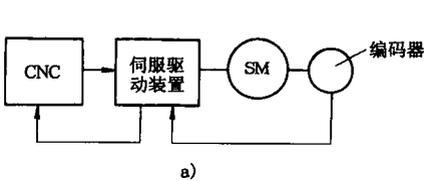
伺服电动机上的编码器同样作为速度和位置检测,检测信号经伺服驱动单元一方面作为速度控制,另一方面输出至数控系统进行位置控制,驱动装置具有通用性。如图 5-14b 为由 MR-J2 伺服驱动单元和伺服电动机组成的伺服系统。数控系统输出速度控制模拟信号(0~+10V)和使能信号至驱动单元 CN1B 插座中的 1、2 针脚和 5、8 针脚,伺服电动机上的编码器将检测信号反馈至 CN2 插座中,一方面用于速度控制,另一方面再通过 CN1A 插座输出至数控系统中的位置检测输入口,在数控系统中完成位置控制。

该类型控制同样适用于由 SANYODENKIP 系列交流伺服驱动单元和 P6、P8 伺服电动机组成的伺服系统。

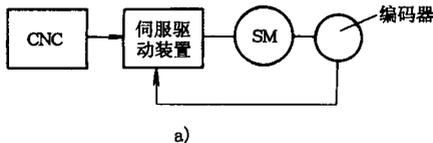
在上述三种控制方式中,共同的特点是位置控制均在数控系统中进行,且速度控制信号均为模拟信号。

4. 方式四(见图 5-15)

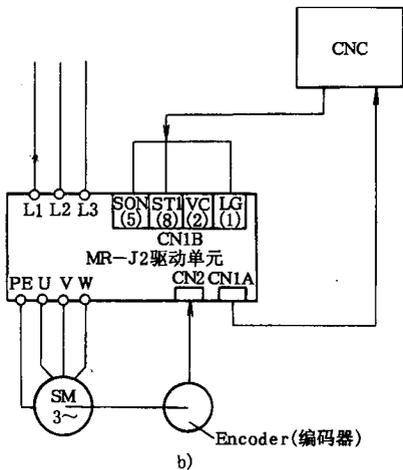
图 5-15a 所示为数字式伺服系统。在数字式伺服系统中,数控系统将位置控制指令以数字量的形式输出至数字伺服系统,数字伺服驱动单元本身具有位置反馈和位置控制功能,能独立完成位置控制。数控系统和数字伺服驱动单元采用串行通行的方式,可极大



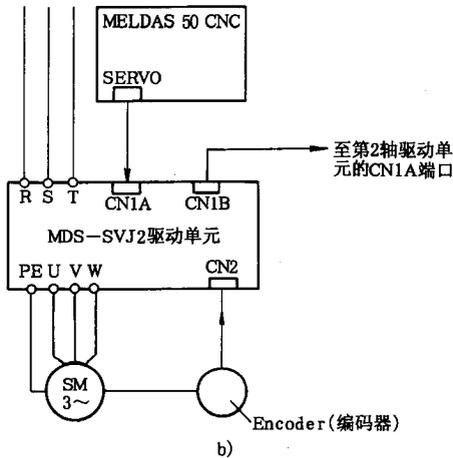
a)



a)



b)



b)

图 5-14 伺服系统 (方式三)

a)框图 b)MR-J2 伺服进给系统

图 5-15 伺服系统 (方式三)

a)框图 b)MR-J2 伺服进给系统

地减少连接电缆,便于机床安装和维护,提高了系统的可靠性。由于数字伺服系统读取指令的周期必须与数控系统的插补周期严格保持同步,因此决定了数控系统与伺服系统之间必须有特定的通信协议。就数字式伺服系统而言,CNC系统与伺服系统之间传递的信息有:①位置指令和实际位置。②速度指令和实际速度。③扭矩指令和实际扭矩。④伺服驱动及伺服电动机参数。⑤伺服状态和报警。⑥控制方式命令。图5-15b为三菱MELDAS50系列数控系统和MDS-SVJ2伺服驱动单元构成的数字式伺服系统。数控系统伺服输出(ERVO)与驱动单元上的CN1A端口实行串行通信,通信信息经CN1B端口再输出至第二轴驱动单元上的CN1A端口,伺服电动机上的编码器将检测信号直接反馈至驱动单元上的CN2端口中,在驱动单元中完成位置控制和速度控制。

能实现数字伺服控制的数控系统还有FANUCOD、SINUMERIK 810D和840D等。

三、进给伺服系统的故障形式及诊断方法

(一)故障形式

当进给伺服系统出现故障时,通常有三种表现方式:一是在CRT或操作面板上显示报警内容或报警信息;二是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;三是进给运动不正常,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位时,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: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向反向运动的瞬间,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

发生在起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处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。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若与进给速度无关,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。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(或流程图),以确定进给轴的起动的条件,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进给驱动单元故障。⑤伺服电动机故障。

7. 位置误差

当伺服轴运动超过位置允差范围时,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。主要原因:①系统设定的允差范围过小。②伺服系统增益设置不当。③位置检测装置有污染。④进给传动链累积误差过大。⑤主轴箱垂直运动进平衡装置(如平衡油缸等)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。通过漂移补偿和驱动单元上的零速调整来消除。

9. 回参考点故障

详见第四章第四节。

在全数字式的数控系统中,由于数控系统与伺服系统的通信联系,伺服系统的状态可通过数控系统的 CRT 来监控。图 5-16 所示为 MELDAS 50 系列数控系统 CRT 的伺服监控页面,表 5-3 为伺服控制页面中各参数的含义。

[SERVO MONITOR]		ALARM/DIAGN 2.1/5			
	<X>	<Y>	<Z>	<C>	
GAIN (1/sec)	0	0	0	0	
DROOP (i)	0	0	0	0	
SPEED (rpm)	0	0	0	0	
CURRENT (%)	2	2	2	0	
MAX CUR1 (%)	52	37	29	14	
MAX CUR2 (%)	2	2	3	0	
OVER LOAD (%)	0	0	0	0	
OVER REG (%)	0	0	0	0	
AMP DISP	D1	D2	D3	D4	
ALARM					
ALARM SERVO SPINDLE PLC-I/F MENU					

图 5-16 伺服监控页面

表 5-3 伺服监控参数含义

名称	含义
增益(GAIN)	位置环增益
偏移量(DROOP)	实际位置与指令位置的误差
转速(SPEED)	伺服电动机实际转速
电流(CURRENT)	伺服电动机暂停期间的连续电流
最大电流 I(MAX CUR1)	用百分比表示伺服电动机的驱动电流与电流极限值
最大电流 α (MAX CUR2)	伺服电动机驱动电流峰值的最大值
过负载(OVER LOAD)	实际负载与额定负载的比值
再生回路(OVER REG)	用于监控再生电阻的负载状态
驱动装置显示(AMP DISP)	显示驱动装置上 7 段发光二极管的状态
报警(ALARM)	显示驱动装置以外的报警

例 5-4 某卧式加工中心 Y 轴运动进产生爬行,图 5-17 为其诊断流程图。

(二)故障定位

由于伺服系统是由位置环和速度环组成的,当伺服系统出现故障时,为了快速定位故

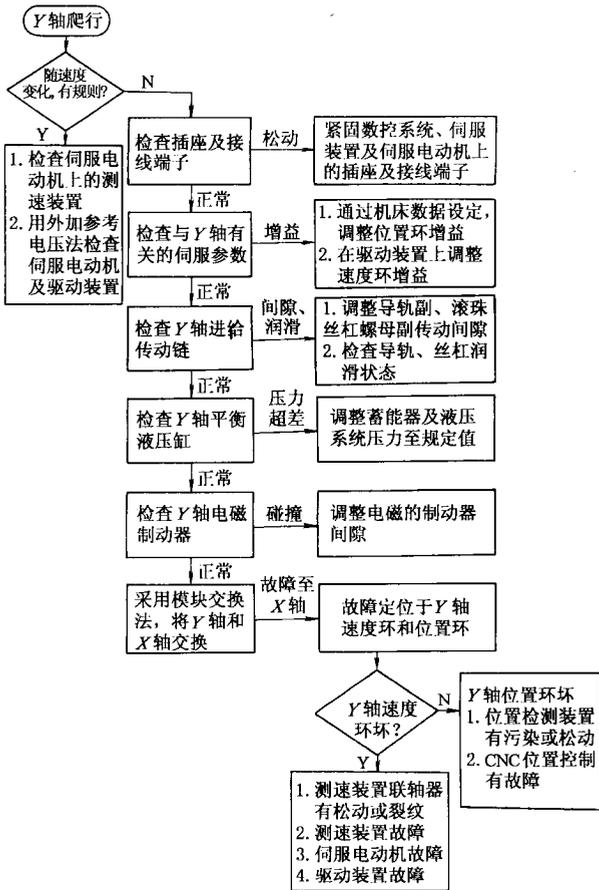


图 5-17 Y轴故障诊断流程图

障的部位,可以采用如下两种方法:

1. 模块交换法

数控机床有些进给轴的驱动单元具有相同的当量,如立式加工中心, X轴和Y轴的驱动单元往往是一致的,当其中的某一轴发生故障时,可以用另一轴来替代,观察故障的转移情况,快速确定故障的部位,图5-18为采用模块交换法故障诊断的方法。

其中 X和 Y 针型插座为 CNC 系统位置控制模块至 X轴和 Y轴驱动模块的控制信号,包括速度控制信号和伺服使能信号等; XM和 YM为伺服电动机动力线端子; SF和 YF针插为伺服电动机测速装置的反馈信号。

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,可以断开位置环,检查速度环。如图5-19为SIMODRIVE611A进给驱动模块接线图。

首先断开闭环控制模块上 X331-56速度给定输入正端和 X331-14速度给定值输入负端两接点,外加由9V干电池和电位器组成的直流回路;再短接该模块上 X331-9使能电压+24V和 X331-65使能信号两接点。接通机床电源,起动数控系统,再短接电源和

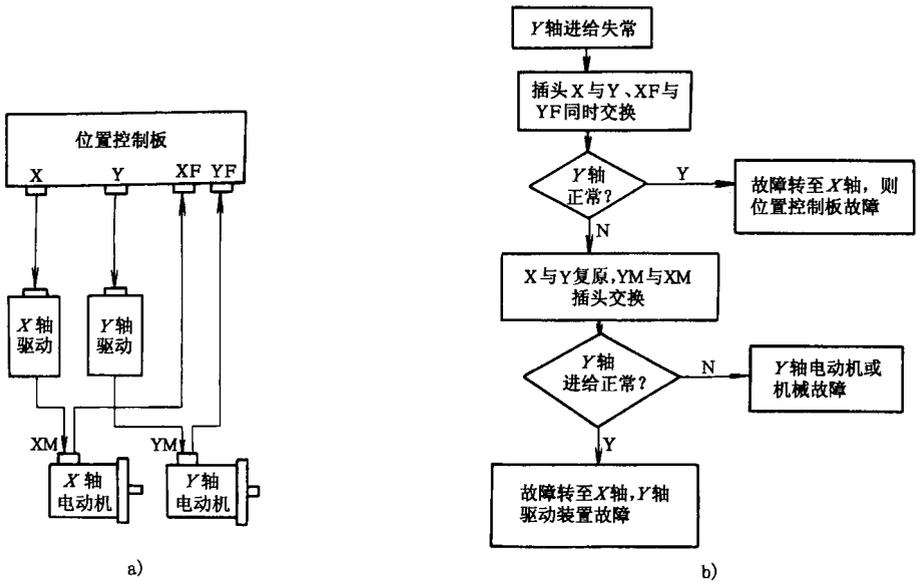


图 5-18 模块交换法故障诊断

a)系统简图 b)诊断流程图

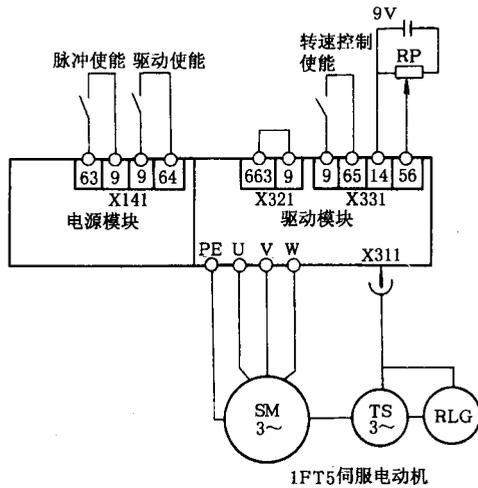


图 5-19 外接参考电压法故障诊断

监控模块上 X141-63 脉冲使能和 X141-9 使能电压 +24V 两接点, X141-64 驱动使能和 X141-9 使能电压 +24V。使能信号时序如图 5-20 所示。

从图 5-20 可知,只有当三个使能信号都有效时,电动机才能工作。当使能端子 63 无效时,驱动装置立即禁止所有进轴运行,伺服电动机无制动地自然停止;当使能端子 64 无效时,驱动装置立即置所有进给轴的速度定值为零,伺服电动机进入制动状态,200ms 后电动机停转;当使能端子 65 无效时,对应轴的速度给定值立即零,伺服电动机进入制动

状态 200ms 后电动机停转。正常情况下,伺服电动机就在外加的参考电压控制下转动,调节电位器可控制电动机的转速,参考电压的正、负则决定电动机的旋转方向。这时可判断驱动装置和伺服电动机是正常,以判断故障是在位置还是在速度环。

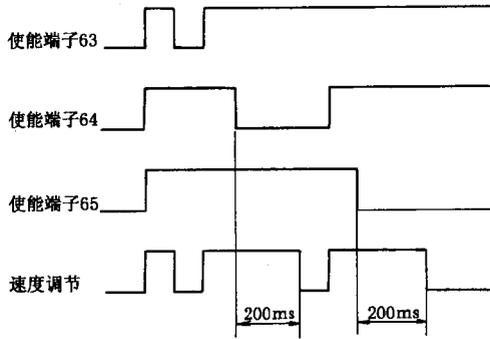


图 5-20 使能信号时序图

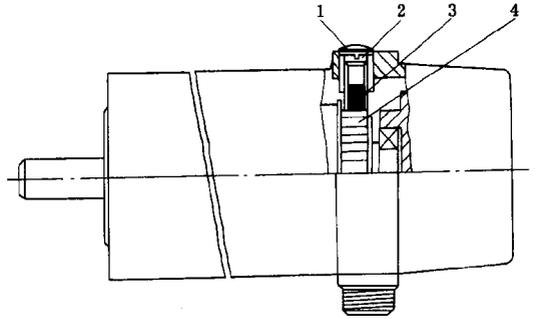


图 5-21 直流伺服电动机电刷安装部位

1—橡胶刷帽 2—刷盖 2—电刷 4—换向器

四、伺服电动机的维护

(一) 直流伺服电动机的维护

直流伺服电动机带有数对电刷,电动机旋转时,电刷与换向器摩擦而逐渐磨损。电刷那里常或过度磨损,会影响电动机工作性能,所以对直流伺服电动机进行定期检查和维修是相当必要的。图 5-21 直流伺服电动机电刷安装部位示意图。

数控车床、铣床和加工中心中的直注伺服电动机应每年检查一次,频繁加、减速的机床(如冲床等)中的直流伺服电动机应每两个月检查一次,检查步骤如下:

- 1) 在数控系统处于断电状态且电动机已经完全冷却的情况下进行检查。
- 2) 取下橡胶刷帽,用螺钉旋具刀拧下盖取出电刷。
- 3) 测量电刷长度,如 FANUC 直流伺服电动机的电刷由 10mm 磨损到小于 5mm 时,必须更换同型号的新电刷。
- 4) 仔细检查电刷的弧形接触面是否有深沟或裂痕,以及电刷弹簧上有没有打火痕迹。如有上述现象,则要考虑电动机的工作条是否过分恶劣或电动机本身是否有问题。
- 5) 用不含金属粉末及水分的压缩空气导入装电刷的刷握孔,吹净粘在刷孔壁上的电刷粉末。如果难以吹净,可用螺钉旋具尖轻轻清理,直至孔壁全部干净为止,但要注意不要碰到换向器表面。
- 6) 重新装上电刷,拧紧刷盖。如果更换了新电刷,应使电动机空运行路合一段时间,以使电刷表面和换向器表面相吻合。

(二) 交流伺服电动机的维护

交流伺服电动机与直流伺服电动机相比,最大的优点是不存在电刷维护的问题。应

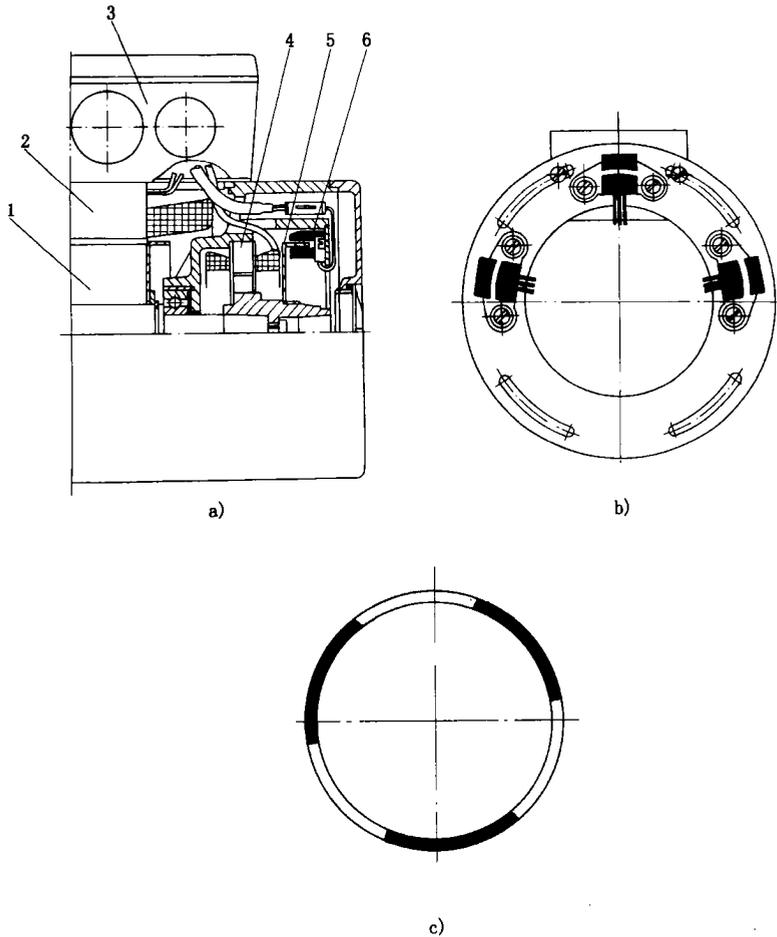


图 5-22 1FT5 系列交流伺服电动机的结构简图

a) 结构简图 b) 霍尔开关组件 c) 带磁条的感应盘

1—转子 2—定子 3—接线盒 4—测速发电机

5—带磁条的感应盘 6—霍尔开关组件

用于进给驱动的交流伺服电动机多采用交流永磁同步电动机,其特点是磁极是转子,定子是电枢绕组与三相交流电动机电枢绕组一样,但它由三相逆变器供电,通过电动机转子位置检测器产生的信号支控制定子绕组的开关器件,使其有序轮流导通,实现换流作用,从而使转子连续不断地旋转。转子位置检测器与电动机转子同轴安装,用于转子的位置检测,检测装置一般为霍尔开关或具有相位检测的光电冲编码器。交流伺服电动机常见的故障有:

(1) 接线故障 由于接线不当,在使用一段时间后就可能出现一些故障,主要为插座脱焊,端子接线松开引起接触不良。

(2) 转子位置检测装置故障 当霍尔开关或光电脉冲编码器发生故障时,会引起电动

机失控,进给有振动。

(3)电磁制动故障 带电磁制动的伺服电动机,当电磁制动器出现故障时,会出现得电不松开,失电不制动的现象。

交流伺服电动机故障判断的方法有:

1)用万用表或电桥测量电枢绕组的直流电阻,检查是否断路,并用兆欧表查绝缘是否良好。

2)将电动机与机械装置分离,用手转动电动机转子,正常情况下感觉有阻力,转一个角度后手放开,转子有返回现象,如果用手转动转子时能连续转几圈并自由停下,该电动机已损坏,如果用手转不动或转动后无返回,电动机机械部分可能有故障。

由交流伺服电动机故障引起的机床故障,主要表现为机床振动和紧急制动等。

例5-5 配备西六门子1FT5系列交流伺服电动机的数控机床,当机床坐标轴快速移动时,有紧急制动现象,并伴有很大的响声。1FT5系列交流伺服电动机采用霍尔开关组个和磁性感应盘进行转子位置检测,如图5-22所示为1FT5系列交流伺服电动机的结构简图。

在排除机床机械装置可能产生的故障因素后,将电动机拆开进行检查,发现固定感应盘的螺钉有松动,这样使触发信号不正常,引起电动机换向失灵,造成电动机故障。

例5-6 配备三菱HA系列交流伺服电动机的数控机床,工作时出现振动,并伴有伺服报警。该电动机采用光电脉冲编码器作为位置检测装置。在排除机床机械装置可能产生的故障因素后,拆开电动机检查光码盘,发现光码盘上粘有尘粒,从而造成脉冲丢失引起机床报警。

在检查交流伺服电动机时,对采用编码器控制换向的,如原联接部分无定位标记的,编码器不能随便拆离,不然会使相位错位;对采用霍尔元件换向的应注意开关的出线顺序。平时,不应敲击电动机上安装位置检测装置的部分。另外,伺服电动机一般在定子中埋设热敏电阻,当出现过热报警时,应检查热敏电阻是否正常。

五、进给驱动故障诊断

进给驱动的任务是:驱动装置接受数控系统的速度控制等信号,拖动伺服电动机带动滚珠丝杠实现工作台、刀架或主轴箱的直线位移。驱动装置在结构上有:①模块式。如图5-23为SIMODRIVE611A驱动装置简图,整个装置由电源模块、功率模块式和闭环控制模块等组成。②单元式。如图5-24为三菱MR-J2驱动装置简图,整具装置集电源、控制和功率驱动为一体,组成一个单元。

在驱动方式上有:①直流PWM和晶闸管驱动方式。②交流同步电动机变频控制方式。③步进电动机驱动方式。由于进给驱动装置在伺服系统中进行的是速度环控制,故进给驱动装置也称速度控制单元。

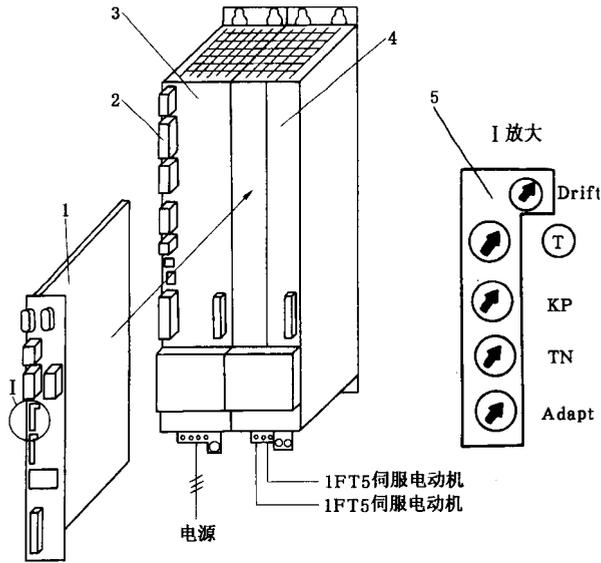


图 5-23 模块式结构的驱动装置

1—二轴型标准闭环控制块 2—接线端子 3—电源模块
 4—功率模块 5—电位器参数调节

(一) 直流进给驱动

PWM 调速是利用脉宽调制器对大功率晶体管的开关时间进行控制。将速度控制信号转换成一定频率的方波电压,加到直流伺服电动机的电枢两端,通过对方波宽度的空制,改变电枢两端的平均电压,从而达到控制电枢电流,进而控制伺服电动机转速的目的。晶闸管调速则是利用速度调节器对晶闸管的导通角进行控制,通过改变导通角的大小来改变电枢两端的电压,从而达到调速的目的。图 5-25 为 FANUC 系统采用 PWM 进给驱动的控制简图。

图 5-25 中,位置和转速检测采用脉冲编码器。该系统也可采用旋转变压器或感应同步器和测速发电机作为位置和转速检测元件。

数控系统中的 CPU 发出的信号经过 DDA 插补器输出一系列均匀脉冲,这些脉冲经过指令倍率器 CMR 后,与位置反馈脉冲比较所得的差值,送到误差寄存器,然后与位置增益和偏移量补偿运算后送到脉宽调制大 PWM 进行脉宽调制,随后经 D/A 变换成模拟电压,作为速度控制信号 VCMD 送到速度控制单元。伺服电动机旋转时,脉冲编码器发出的脉冲经断线检查器确认无信号断线后,送到鉴相器,对两组脉冲 PA、PB 进行鉴相,以确定电机的旋转方向。从鉴相器分二路输出,一路经 F/V 变换器,将脉冲变换电压,作为速度反馈信号 TSA 送速度控制单元,并与 VCMD 进行比较,从而完成速度环控制;另一种输出经检测倍率器 DMR,再送到位置比较器完成位置控制。参考点计数器及一转信号 PC 用于栅格法回参考点的操作。设置 CMR 和 DMR 的目的是为适应各种丝杠螺距的场合,使指令的每个脉冲移动量和实际的每个脉冲移动量一致。

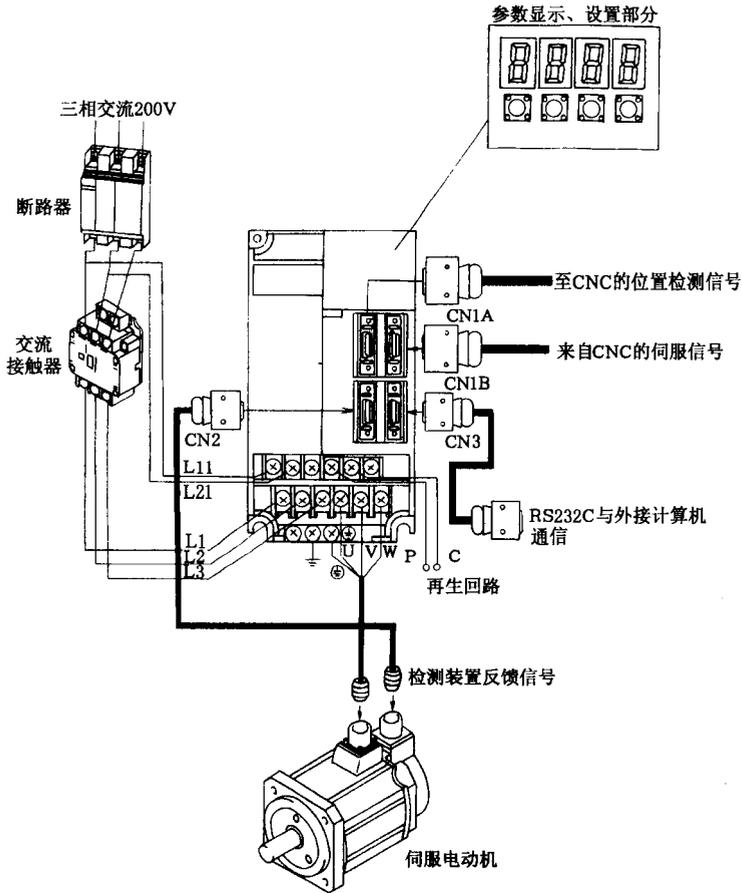


图 5-24 单元式结构的驱动装置

驱动电路采用 PWM 控制方式,由 V1 ~ V4 功率开关晶体管组成 H 型驱动电路。其中,CDR 用于检测电枢电流,作为电流反馈,其压降由 CD1 和 CD2 端输出;MOL 热继电器,串联于电枢电路,用于电动机的过载保护;DBR 为能耗制动电阻,并联于电枢,当主回路简图。

图 5-25 中,RP2、RP9 为零飘调整,RP3 为速度给定调整,RP4 为速度反馈系数调整,RP5 为速度增益调整,RP6 为电流反馈系数调数,RP8 为电流给定调整。场效应晶体管 V 处于开关工作状态。动机正常工作时,复位信号 RST 为低电平,场效应晶体管处于关断状态,PI 调节器正常工作;当停机或出现故障时,RST 为高电平,场效应晶体管处于饱和导通状态,将 PI 调节器的 RC 网络短接,而只能工作在比例状态。场效应晶体管的饱和内阻很小,故比例放大倍数很小,输出电压很低,使 PWM 的脉宽减小,电枢电压大大降低。

CNC 系统与速度控制单元的连接信号有:

1) VCMD 信号为 CNC 至速度控制单元用来控制伺服电动机转速的模拟电压控制信号。

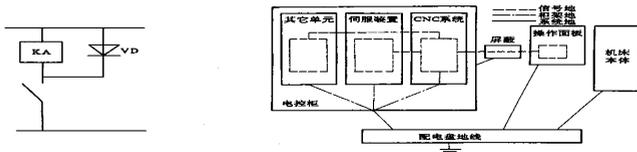


图 5-25 FANUC 系统 PWM 进给驱动

- 2) TSA、TSB 信号为 CNC 至速度控制单元的伺服电动机转速的反馈信号。
- 3) PRDY1、PRDY2 信号为位置准备好控制信号。当 PRDY1 和 PRDY2 短接时,速度控制单元主回路接通。
- 4) ENBL1、ENBL2 信号为能使控制信号。当 ENBL1 和 ENBL2 短接时,速度控制单元开始正常工作,并接受 VCMD 信号的控制。
- 5) VRDY1、VRDY2 信号为速度控制单元通知 CNC 其正常工作的触点信号。当速度控制单元出现报警时,VRDY1 和 VRDY2 立即断开,系统封闭。
- 6) OVL1、OVL2 信号为过载信号,当速度控制单元中的过载继电器 MOL 或变压器内的热控开关 TOH 动作时,通知 CNC 产生过热报警。

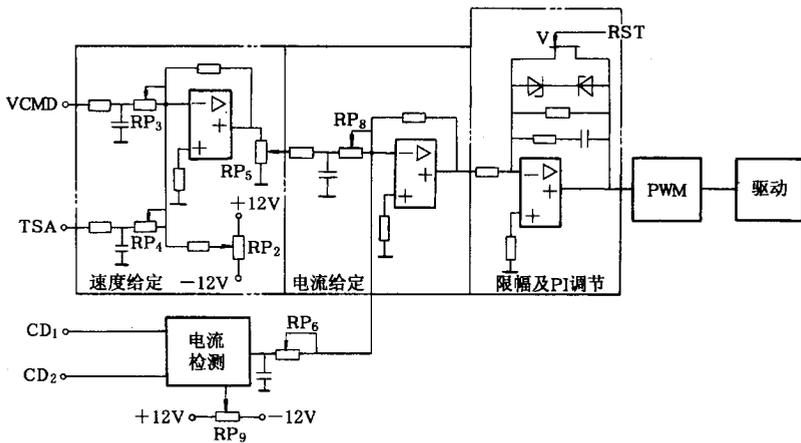


图 5-26 PWM 驱动控制线路简图

图 5-27 为信号时序图及信号失效原因。



图 5-27 信号时序图及信号失效原因

FANUC 系统进给驱动故障有如下表示方式：

1. CRT 有报警显示的故障

对于 FANUC 系统 ,CRT 显示的伺服警为 400 ~ 457 号伺服系统错误报警和 702 ~ 704 号过热报警。引起过热报警的原因有 :①机床切削条件苛刻及机床摩擦力矩增大 ,引起主回路中的过载继电器动作。②切削进伺服电动机电流太大或变压器本身故障 ,引起伺服变压器热控开磁动作。③伺服电动机电枢内部短路或绝缘不良、电动机永久磁钢去磁或脱落及电动机制动器不良 ,引起电动机内的热控开关动作。

2. 报警指示灯指示的报警

速度控制单元中的印制线路板上有 7 个报警灯 ,其功能如下 :

(1)BRK 报警 无熔丝断路器切断报警。故障原因及排除方法 :①如果断路器已跳起 ,则先关断电源 ,再将断路器按钮按下使其复位 ,待 10min 后再合上电源。②如合上电源后断路器又跳起 ,应检查整流二极管模块或线路板上的其他元件是否已损坏。③检查机械负载是否过大 ,以确认电动机负载电流是否超过额定值。

(2)HVAL 报警 高电压报警。①输入的交流电源电压过高。②伺服电动机的电枢和机壳间的绝缘电阻下降 ,可通过清结电动机电刷和换向器来排除。③印制线路板不良。

(3)HCAL 报警 大电流报警。如同时伴有 401 号报警 ,则多为速度控制单元上的功率晶体管损坏。用万用表测量 V1 ~ V4 晶体管的集电极、发射集之间的电阻 ,如果阻值小于或等于 10Ω ,则表明该晶体管已损坏。

(4)OVC 报警 过载报警。①确认机械负载是否正常。②如果在 OVC 报警的同时 ,CRT 上显示 401 或 702 等报警 ,则有可能是伺服电动机的故障。

(5)LVAL 报警 电源电压下跌报警。①交流电源电压太低 ,如低于正常值的 15%。②伺服变压器与速度控制单元的连接不良。

(6)IGLS 报警 速度反馈信号断线报警。①印制线路板设定错误 ,如将测速发电机设定为脉冲编码器 ,就会产生断线报警。②确认是否有速度反馈电压或反馈信号线断线。

(7)DCAL 报警 放电报警。①如果系统一接通电源 ,立即出现 DCAL 报警 ,则多为续流二极管损坏。②印制线路板设定错误 ,如速度控制单元处接再生放电单元 ,应重新设定有关的短路棒。③伺服系统的加减速频率太高 ,通常情况下 ,快速移动定位次数每秒不应超过 1 ~ 2 次。

3. 无报警显示的故障

(1)机床失控 速度反馈信号为正反馈信号 ,多发生在维修调试过程中 ,通常是电缆信号线连接错误所致。

(2)机床振动

1)与位置控制有关的系统参数设定错误 ,如指令倍率 CRM 和检测倍率 DMR 的设定错误等。

2)检查机床振动周期 ,如机床振动周期随进给速度变化 ,特别是快速移动时 ,伴有大的冲击 ,多为测速装置有故障 ,如伺服电动机上的测速发电机电刷接触不良 ,如机床振周期不随进给速度变化 ,调节增益电位器 ,使增益降低 ,观察振动是否减弱 ,如减弱 ,且振动

周期是几十赫到几百赫,也即机床的固有振动频率,则可通过印制线路板上的有关设定来解决,如振动不减弱,则是印制线路板有故障。

(3)定位精度低 除机床进给传动链误差大外,还与伺服系统增益太低有关,调节增益电位器,增大增益,以确认能否消除故障。

(4)电动机运行时噪声过大

- 1)伺服电动机换向器的表面粗糙度不好或有损伤。
- 2)油液、灰尘等侵入电刷或换向器。
- 3)电动机轴向存在窜动。

(5)伺服电动机不转

- 1)电动机永久磁钢脱落。
- 2)带电磁制动器的伺服电动机,制动器失灵,通电后未能脱开。

例5-7 配备FANUC数控系统的数控机床,进给驱动为直流伺服电动机和晶闸管逻辑无环流可逆调速装置。故障现象为:Y轴正向进给正常,反向进给时有时移动,有时停止,采用手摇脉冲发生器进给时也是如此。通过用交换法诊断,将故障定位在Y轴的驱动位置上。图5-28a为FANUC系统晶闸管逻辑无环流可逆调速装置控制线路简图。

用手摇脉冲发生器让Y轴正、反向进给,将示波器测试棒接CH19和CH20两测试端,观察电动机电流波形,如图5-28b所示。从图中看出,反向波形有时为一条直线,偶尔闪出几个负向波形,可见电动机负向供电不正常。用万用表测量速度调节器输出端CH8点电压,其极性随正、反向进给而改变,无断续现象。测方向控制电路5脚电压,正向进给时为0V,反向进给时为6.6V,方向控制输入电压正常。再测该电路输出脚9和10端电压,正向进给时SGA为低电平,SGB为高低平;反向进给时SGA为高电平,SGB为低电平,但有时会出现SGA和SGB皆为高电平的异常现象,这时反向就停止。

如前所述,对逻辑无环流可逆控制系统,不允许正、反两组晶闸管同时导通,在该逻辑切换电路中,切换过程是电源向电容C20充电产生延时而获得的。可见故障是由于M7电路板外围电容C20不良引起的,从而产生SGA和SGB同时为高电平的异常现象。

(二)交流进给驱动

由于交流伺服电动机通常采用交流永磁式同步电动机,因此,交流进给驱动装置从本质说是一个电子换向的直流电动机驱动装置。虽然电路形式同变频器电路相似,但在控制上不产生旋转磁场的内部节拍,各种调节是建立在直流电压特性上的。图5-29所示为西门子6SC610交流进给驱动装置和1FT5系列三相交流永磁式同步伺服电机组成的交流进给驱动系统。

图5-29a中TG为1FT5伺服电动机上的三相交流测速发电机,RLG为霍尔式转子位置检测器。图5-29b中,测试孔X为转速实际值,R为转速给定值,W为电流实际值,T为电流给定值,M15为 $\pm 24V$ 和 $\pm 15V$ 的参考地,NZ为转速辅助给定值。发光二极管LED1不用,LED2为速度调节器,200ms监控有效时亮,LED3为 I^2t 监控有效时亮,LED4为电动机过热监控有效时亮。在有些交流伺服电动机中,也有采用光电编码器作为转速和

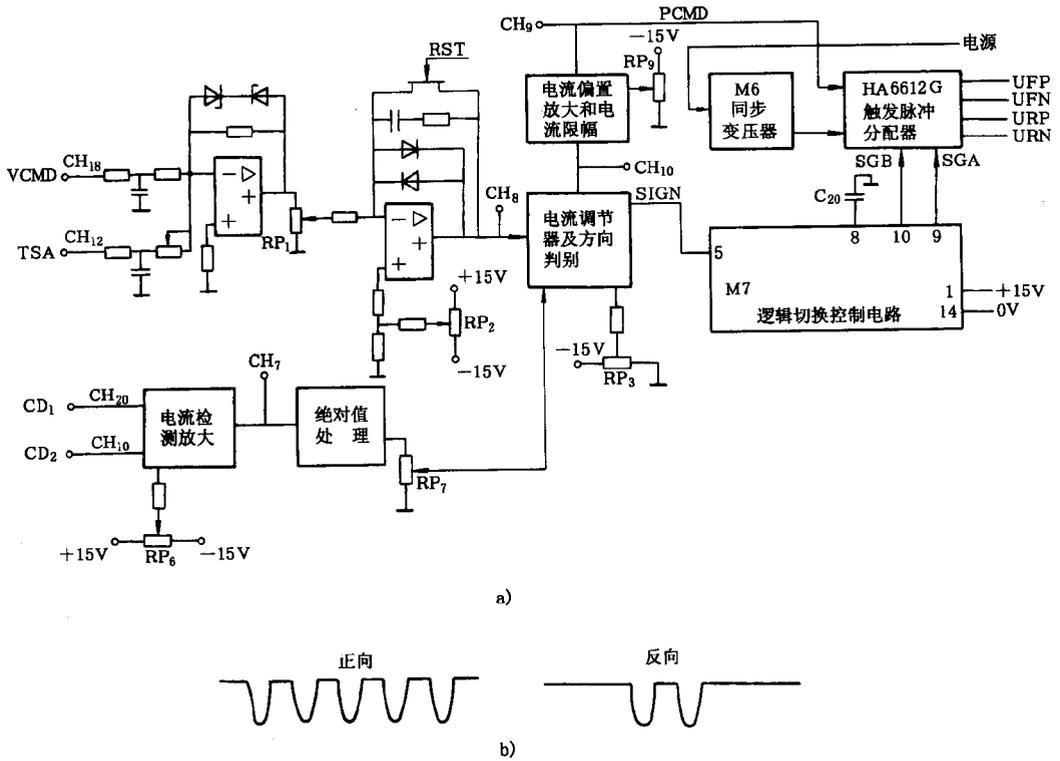


图 5-28 FANUC 晶闸管逻辑无环流可逆调装置

a) 控制线路简图 b) 电动机电流波形

转子位置检测器的。综合各类交流进给驱动装置的常见故障,如表 5-4 所示。

表 5-4 交流进给驱动常见故障

故障	检查
伺服使能	<ol style="list-style-type: none"> 1. 查阅机床 I/O 接口信息, 确认使能条件是否满足 2. +24V 是否加到使能端
伺服电动机低速时速度不稳定, 负载惯量大及伺服电动机振动	检查驱动装置增益设定情况
欠电压	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压太低 2. 电源容量不够 3. 整流器件损坏

故 障	检 查
过电压	1. 电源电压过高 整流器直流母线电压超过了规定值 2. 内装或外接的再生制动电阻接线断开或破损 3. 加减速时间过小,在降速过程中引起过电压
过电流	1. 驱动装置出 U、V、W 之间短路 2. 伺服电动机过载 3. 功率开关晶体管损坏 4. 加速过快
伺服电动机过热	1. 伺服电动机环境温度超过了规定值 2. 伺服电动机过载 3. 编码器内的热保护器故障
过载	1. 负载过大 2. 加减速时间设定过小 3. 负载有冲击现象 4. 编码器故障,编码器反馈脉冲与电动机转角不成比例变化,有跳跃
编码器错误	编码器电缆破损或短路,引起编码器与驱动装置之间的通信错误

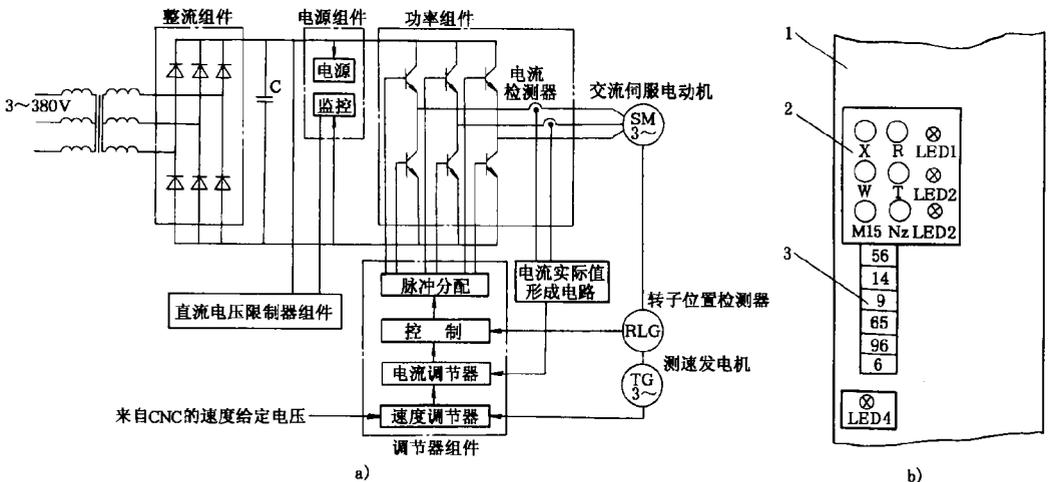


图 5-29 6SC610 交流进给驱动系统

a) 系统框图 b) 调节器组件上的测试孔及 LED

1—调节器组件 2—测试孔及 LED 3—接线端子

(三) 步进电动机驱动

如图 5-30 为 KT400T 数控系统与 KT300 步进驱动器及步进电动机的连接图。

图 5-30 中 ,A1 和 A3 是 KT400-T 数控系统上分别用于 X 轴和 Z 轴步进电动机脉冲输出连接插座 ,CW 和 CW 为正转和正转非信号 ,DIR 和 DIR 为方向和方向非信号 ,

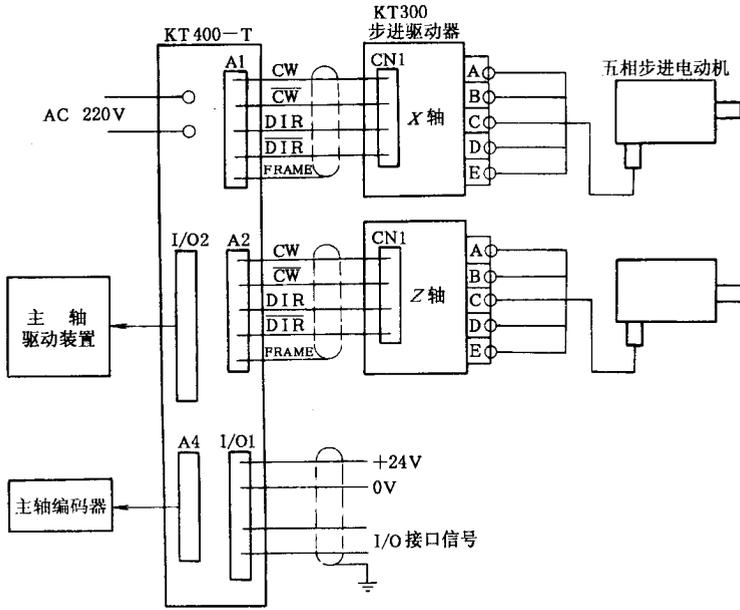


图 5-30 KT400T 与 KT300 及步进电动机连接

FRAME 为屏蔽接地。CN1 为 KT300 步进驱动器脉冲输入连接插座。步进电动机驱动常见的故障如表 5-5 所示。

表 5-5 步进电动机驱动常见故障

项目	故障现象	故障原因	排除方法
驱动器故障	电动机尖叫后不转	输入脉冲频率太高引起堵转	调整输入脉冲频率
		输入脉冲的突跳频率太高	降低输入脉冲突跳频率
		输入脉冲的升速曲线不够理想引起堵转	降低输入脉冲的升速曲线
	电动机旋转时噪声特大	电动机低频旋转时有进二退一现象,电动机高速上不去	检查相序
数控系统故障	步进电机失步	升降频曲线设置不合适,或速度设置过高	修改升降频曲线降低速度
	显示时有时无或抖动	通常是由于干扰造成,检查系统接地是否良好,是否采用屏蔽线	正确接地

例 5-8 某立式加工中心,备配 FANUCO 系统及 α 系列伺服驱动单元。故障时,CRT 显示 414 号报警。同时伺服驱动单元报警显示号码“9”。查阅机床技术资料可知,414 号报警为“X 轴的伺服系统有错误,当错误的信息输入出至 DGN NO720 时,伺服系统报警。”根据报警显示内容,用机床自我诊断功能检查机床参数 DGN NO720 上的信息,发现第 4 位为“1”。正常情况下,该位应为“0”,现该位由“0”变“1”,则为异常电流报警,同时 α 系列伺服驱动单元报警显示号码“9”表示伺服轴过电流报警。检查伺服驱动单元晶体管模块,用万用表测得电源输入端阴抗只有 6Ω ,远低于正常值的 10Ω ,因而诊断伺服驱动单元晶体管模块损坏。

例 5-9 一台配有 FANUC FS-11M 系统的加工中心,产生 SV023 和 SV009 报警。SV023 报警表示伺服电动机过载,产生的原因是:①电动机负载太大。②速度控制单元的热继电器设定错误,如热继电器设定值小于电动机额定电流。③伺服变压器热敏开关不良,如变压器表面温度低于 60°C 时,热敏开关动作,说明此开关不良。④再生反馈能量过大,如电动机的加减速频率过高或垂直轴平衡调整不良。⑤速度控制单元印制线路板上设定错误。

SV009 报警表示移动时误差过大,产生的原因是:①数控系统位置偏差量设定错误。②伺服系统超调。③电源电压太低。④位置控制部分或速度控制单元不良。⑤电机输出功率太小或负载太大等。

综合上述两种报警产生的原因,电动机负载过大的可能性最大。测定机床空运行时的电动机电流,结果超过电动机的额定电流。将该伺服电动机拆下,在电动机不通电的情况下,用手转动电动机输出轴,结果转动很费劲,这表明电动机的磁钢有部分脱落,造成了电动机超载。

第三节 位置检测装置

数控机床伺服系统最终是以位置控制为目的,对于闭环控制的伺服系统,位置检测元件的精度将直接影响到机床的痊愈精度。目前,用于闭环控制的位置检测元件多用光栅尺;用于半闭环控制的位置检测元件多用光电编码器。

一、故障形式

当位置控制出现故障时,往往在 CRT 上显示报警号及报警信息。大多数情况下,若正在运动着的轴实际位置超过机床参数所设定的允差值,则产生轮廓误差监视报警;若机床坐标轴定位时的实际位置与给定位置之差超过机床参数设定的允差值,则产生静态误差监视报警;若位置测量硬件有故障,则产生测量装置监控报警等。表 5-6 为西门子数控系统有关位置控制报警对照表。

表 5-6 位置控制报警

报 警 号		内 容
SINUMERIK3/8	SINUMERIK 810/820/850/880	
1 * 1	112 *	超出夹紧允差(Claming monitoring)
1 * 2	156 *	速度实际指令值太大(Set speed too high)
1 * 3	116 *	超出轮廓监控允差 Contour monitoring
1 * 4	128 *、* 130、136 *	位置测量硬件故障(Measuring circuit)
1 * 5	160 *	漂移太大(Drift too high)

二、位置检测元件的维护

1. 光栅

光栅有两种形式,一是透射光栅,即在一条透明玻璃片上刻有一系列等间隔密集线纹;二是反射光栅,即在长条形金属镜面上制成全反射或漫反射间隔相等的密集线纹。光栅输出信号有:两个相位信号输出,用于辨向;一个零标志信号,用于机床回参考点的控制。对光栅尺的维护要注意:

(1)防污 光栅尺由于直接安装于工作台和机床床身上,因此,极易受到冷却液的污染,从而造成信号丢失,影响位置控制精度。

1)冷却液在使用过程中会产生轻微结晶,这种结晶在扫描头上开成一层薄膜且透光性差,不易清除,故在选用冷却液时要慎重。

2)加工过程中,冷却液的压力不要太大,流最不要过大,以免形成大量的水雾进入光栅。

3)光栅最好通入低压压缩空气(10^5 Pa左右),以免扫描头运动进形成的负压把污物吸入光栅。压缩空气必须净化,滤芯应保持清洁并定期更换。

4)光栅上的污物可以用脱脂棉蘸无水酒精轻轻擦除。

(2)防振 光栅拆装时要用静力,不能用硬物敲击,以免引起光学元件的损坏。

2. 光电脉冲编码器

光电脉冲编码器是在一个圆盘的边缘上开有间距相等的缝隙,在其两边分别装有光源和光敏元件。当圆盘转动时,光线的明暗变化,经光敏元件变成电信号的强弱,从而得到脉冲信号。编码器的输出信号有:两个相位信号输出,用于辨向;一个零标志信号(又称一转信号),用于机床回参考点的控制。另外还有+5V电源和接地端。编码器的维护主要注意两个问题:

(1)防振和防污 由于编码器是精密测量元件,使用环境或拆装时要与光栅一样注

意防振和防污问题。污染容易造成信号丢失,振动容易命名编码器内的紧固件松动脱落,造成内部电源短路。

(2) 联接松动 脉冲编码器用于位置检测时有两种安装形式,一种是与伺服电动机同轴安装,称为内装式编码器,如西门子 1FT5、1FT6 伺服电动机上的 ROD320 编码器,另一种是编码器安装于传动链末端,称为外装式编码器,当传动链较长时,这种安装方式可以减小传动链累积误差对位置检测精度的影响。不管是哪种安装方式,都需要注意编码器联接松动的问题。由于联接松动,往往会影响到位置控制精度。另外,在有些交流伺服电动机中,内装式编码器除了位置检测外,同时还具有测速和交流伺服电动机转子位置检测的作用,如三菱 HA 系列交流伺服电动机中的编码器(ROTARY ENCODER OSE253S)。因此,编码器联接松动还会引起进给运动的不稳定,影响交流伺服电动机的换向控制,从而引起机床的振动。

例 5-10 一数控机床出现进给轴飞车失控的故障。该机床伺服系统为西门子 6SC610 驱动装置和 1FT5 交流伺服电动机带 ROD320 编码器,在排除数控系统、驱动装置及速茺反馈等故障因素后,将故障定位于位置检测控制。经检查,编码器输出电缆及联接器均正常,拆开 ROD320 编码器,发现一紧固螺钉脱落并置于 +5V 与接地端之间,造成电源短路,编码器无信号输出,数控系统处于位置环开环状态,从而引起飞车失控的故障。

3. 感应同步器

感应同步器是一种电磁感应式的高精度位移检测元件,它由定尺和滑尺两部分组成且相对平行安装,定尺和滑尺上的线组均匀矩形绕组,其中定尺绕组是连续的,滑尺上分布着两个励磁绕组,即 \sin 绕组和 \cos 绕组,分别接入交流电。对感应同步器的维护应注意:①安装时,必须保持定尺和滑尺相对平行,且定尺固定螺栓不得超过尺面,调整间隙在 $0.09 \sim 0.15\text{mm}$ 为宜。②不要损坏定尺表面耐切削液涂层和滑尺表面一层带绝缘层的铝箔,否则会腐蚀厚度较小的电解铜箔。③接线时要分清滑尺的 \sin 绕组和 \cos 绕组,其阻值基本相同,这两个线组必须分别接入励磁电压。

4. 旋转变压器

旋转变压器输出电压与转子的角位移有固定的函数关系,可用作角度检测元件,一般用于精度要求不高或大型机床的粗测及中测系统。对旋转变压器的维护应注意:①接线时,定子上有相等匝数的励磁绕组和补偿绕组,转子上也有相等匝数的 \sin 绕组和 \cos 绕组,但转子和定子的绕组阻值却不同,一般定子电阻阻值稍大,有时补偿绕组自行短接或接入一个阻抗。②由于结构上与绕线转子异步电动机相似,因此,碳刷磨损到一定程度后要更换。

5. 磁栅尺

磁栅是由磁性标尺、磁头和检测电路三部分组成。磁性标尺是在非导磁材料,如玻璃、不锈钢等材料的基体上,覆盖上一层 $10 \sim 20\mu\text{m}$ 厚的磁性材料,形成一层均匀有规则的磁性膜。对磁栅尺的维护应注意:①不能将磁性膜刮坏,防止铁屑和油污落在磁性标尺和磁头上,要用脱脂棉蘸酒精轻轻地擦其表面。②不能用力拆装和撞击磁性标尺和磁头,否

则会使磁性减弱或使磁场紊乱。③接线时要分清磁头上激磁绕组和输出绕组,前者绕在磁路截而尺寸较小的横臂上,后者绕在磁路截面尺寸较大的竖杆上。

三、位置检测的故障诊断

1. 输出信号

如图 5-31 为 SIEMENS 数控系统位控模块与位置检测装置的连接关系。

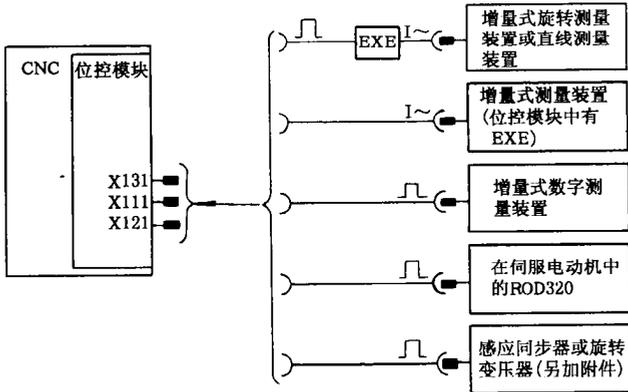


图 5-31 位控模块与位置检测装置的连接

图 5-31 中,增量式旋转测量装置或直线测量装置的输出信号有两种形式:一是电压或电流正弦信号,其中 EXE 为脉冲整形插值器;二是 TTL 电平信号。以 HEIDENHAH 公司的正弦电流输出型的光栅尺为例,该光栅尺由光栅尺、脉冲整形插值器(EXE)、电缆及接插件等部件组成,如图 5-32 所示。

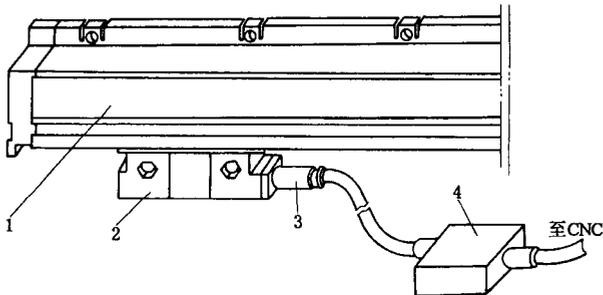


图 5-32 光栅尺组成

1—光栅尺 2—扫描头 3—连接电缆 4—EXE

机床在运动过程中,从扫描单元输出三组信号:两组增量信号由 4 个光电池产生,把两个相差 180° 的光电池接在一起,它们的推挽就形成了相位差 90° 、幅值为 $11\mu\text{A}$ 左右的 I_{e1} 和 I_{e2} 两组近似正弦波,一组基准信号也由两个相差 180° 的光电池接成推挽形式,输出为一尖峰信号 I_{e0} ,其有效分量约 $5.5\mu\text{A}$,此信号只有经过基准标志时才产生。所谓基准标

志,是在光栅尺身外壳上装有一块磁铁,在扫描单元上装有一只干簧管,在接近磁铁时,干簧管接通,基准信号才能输出。

两组增量信号 I_{e1} 、 I_{e2} 经传输电缆和插接件进入 EXE,经放大、整形后,输出两路相位差 90° 的方波号 U_{a1} 、 U_{a2} 及参信号 U_{a0} ,这些信号经适当组合处理,即可在一个信号周期内产生 5 个脉冲,即 5 倍频处理,经连接器送至 CNC 位控模块,如图 5-33 所示。

2. EXE 信号处理

脉冲整形插值器(EXE 的作用是将光栅尺或编码器输出的增量信号 I_{e1} 、 I_{e2} 、 I_{e0} 进行放大、整形、倍频和报警处理,输出至 CNC 进行位置控制。EXE 由基本电路和细分电路组成,如图 5-34 所示。)基本电路印制线路板内含通道放大器、整形电路、驱动和报警电路等,细分电路作为一种任选功能单独制成一块线路板,两板之间通过 J3 连接器连接。

(1)通道放大器 当光栅检测产生正弦波电流信号 I_{e1} 、 I_{e2} 和 I_{e0} 后,经通道放大器,输入出一定幅值的正弦电流电压。

(2)整形电路 在对 I_{e1} 、 I_{e2} 和 I_{e0} 放大的基础上,经整形电路转换成与之相对应的三路方波信号 I_{e1} 、 I_{e2} 和 I_{e0} ,其 TTL 高电平大于等于 2.5V,低电平小于等于 0.5V。

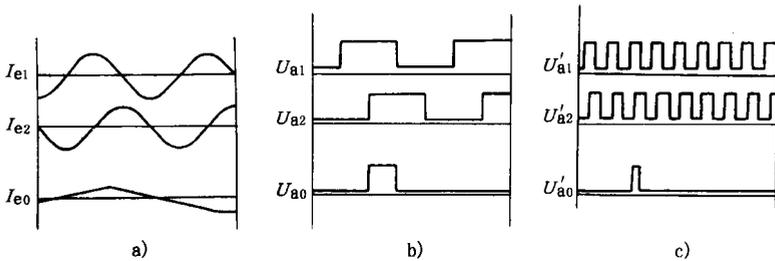


图 5-33 EXE 信号处理

a) 正弦测量信号 b) 数字化后的测量信号 c) 5 倍频后的测量信号

(3)报警电路 当光栅由于输入电缆断裂、光栅污染或灯泡损坏等原因,造成通道放大器输出信号为零,这时报警信号经驱动电中驱动后,由连接器 J2 输出至 CNC 系统。

(4)细分电路 在某些精度很高的数控机床,如数控磨床的位置控制中,要求位置测量有较高的分辨率,如仅靠光栅尺本身的精度不能满足,为此必须采用细分电路来提高分辨率,以适应高精度机床的需求。基本电路通道放大器的输出信号经连接器 J3 接入细分电路,经细分电路处理后,又通过连拉器 J3 输出在一个周期内两路相位差 90° 、占空比为 1:1 的五细分方波信号。这两路方波信号经基本电路中的驱动电路驱动后,即为对应的 U_{a1} 和 U_{a2} 通道信号,由连接器 J2 输出至 CNC 系统。

另外,同步电路的目的是为了获得与 U_{a1} 和 U_{a2} 两路方波信号前、后沿精确对应的方波参考脉冲。

3. 故障诊断

当出现位置环开环报警时,将 J2 连接器脱开,在 CNC 系统的一侧,把 J2 连接器上的 +5V 线同报警线 ALM 连在一起,合上数控系统电源,根据报警是否再现,便可迅速判断

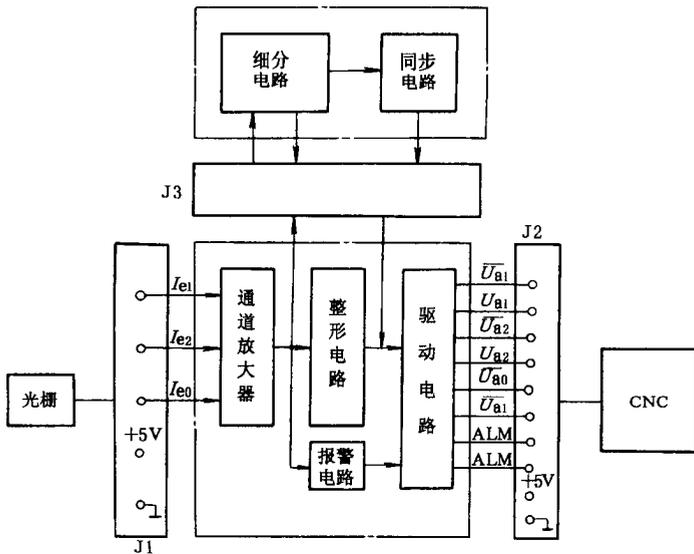


图 5-34 EXE 电路组成

出故障的部位是在测量装置还是在 CNC 系统的接口板上。若问题出现在测量装置,则可测 J1 连接器上是否有信号输入,这样便可将故障定位在光栅尺或 EXE 脉冲整形电路。

例 5-11 一卧式加工中心,采用 INUMERIK8 系统,带 EXE 光栅测量装置。支行中出现 114 号报警,同时伴有 113 号报警。

从报警产生的原因看(参阅表 5-6),由于 114 号的报警,引起 113 号报警,故障部位定位在位置测量装置。114 号报警有两种可能:一是电缆断线或接地;二是信号丢失,前者可通过外观检查和测量来诊断,对后者主要是信号漏读,如查由于某种原因,使光栅尺输出的正弦信号幅度降低,在信号处理过程中,影响到被处理信号过零的位置,严重时会使输出脉冲挤在一起,造成丢失。因为光电池产生的信号与光照强度成正比,信号幅度下降无非是因为光源亮度下降或光学系统脏污所致。从尺身中抽出扫描单元,分解后看到,灯泡下的透镜表面呈毛玻璃状,指示光栅表面也有一层雾状物,灯泡和光电池上也有这种污物,这些污物导致了光源发光率下降和输出信号降低,通过对光栅的清洗可消除故障。

例 5-12 某数控立铣,备配 FANUC 3MA 数控系统,位置检测装置为与伺服电机同轴联接的编码器。在运行过程中 Z 轴产生 31 号报警。查维修手册,31 号报警为误差寄存器的内容大于规定值。根据 31 号报警提示,把误差设定值放大,将 31 号报警对庆的机床参数由 2000 改为 5000,然后用手摇脉冲发生器驱动 Z 轴,31 号报警消除,但又产生了 32 号报警。32 号报警表示为 Z 轴误差寄存器的内容超过 ± 32767 ,或数模转换的命令值超出了 $-8192 \sim +8191$ 的范围。为此将设定的机床参数由 5000 再改为 3000,32 号报警消除,但 31 号报警又出现,反复修改机床参数,均不能排除故障。

误差寄存器是用来存放指令值与位置反馈值之差的,当位置检测装置或位置控制单元故障时,就会引起误差寄存器的超差,为此,将故障定位在位置控制上。位置控制信号

可以用诊断号 800(X 轴)、801(Y 轴)和 802(Z 轴)来诊断。将三个诊断号调出,发现 800 号 X 轴的位置偏差在 -1 与 -2 间变化,801 号 Y 轴的位置偏差在 $+1$ 与 -1 间变化,而 802 号的 Z 轴位置偏差为 9,无任何变化,说明 Z 轴位置控制有故障。为进一步定位故障是在 Z 轴控制单元还是在编码器上,采用交换法。将 Z 轴和 Y 轴驱动装置和反馈信号同时互换,Z 轴和 Y 轴伺服电动机不动,此时,诊断号 801 号数值变为 0,802 号数值有了变化,这说明 Z 轴位置控制单元没有问题,故障出在与 Z 轴伺服电动机同轴联接的编码器上。

第四节 伺服系统参数

由于伺服系统由位置环和速度环组成,两个环的参数调整是否恰当,相互之间是否匹配将直接影响到伺服系统的性能。

一、速度环调整

速度环的参数调整有两种形式:一是通过驱动装置上的电位器进行模拟调节,如图 5-23 所示 SIMODRIVE611A 的电位器调节;二是数字式调节,如图 5-24 所示三菱 MR-J2 驱动装置上的数字式设定。在全数字式数控系统中,由于数控系统与驱动装置的通信联系,驱动装置中的参数可通过数控系统直接进行行设定。速度环调整的主要参数有:

1. 速度环增益调整

用以改善进给传动的特性,避免振荡。调整时,先将速度环增益调大使进给产生振荡,再将增益调小至振荡消失。通过驱动装置上的电流测试端子,用示波器观察电流波形的变化情况。

2. 零飘调整

又称零速平稀调整。零飘调整就是要克服由于驱动装置电气参数的漂移或不对称,造成无给定信号时有转速输出的现象。调整时,在轴使能信号有效及速度给定信号为零的条件下,通过零飘调整,用万用表经测试端子采样得到的实际电流应为零。

3. 测速反馈深度调整

用于改善速度环控制的机械特性。

4. 滞后时间常数调整

该参数反映了驱动装置对速度给定信号的响应时间,它的大小将影响速度环的稳定性,必须与速度环增益调整及测速反馈深度调整同时进行。

二、位置环调整

位置环参数常以机床数据的形式数控系统中通过软件运行来实现。掌握和熟悉机

床数据的含义及调整方法,就可使数控机床保持良好的加工精度和正常的工作性能,克服因机床长时间运行造成机电参数不匹配的问题。由于数控系统类形不同,机床数据的设置也不尽相同,表5-7为SIEMENS数控系统“坐标轴专用”机床数据对照表。

表5-7 “坐标轴专用”机床数据

机 床 数 据		含 义
SINUMERIK8/3	810/820/850/880	
10 *	208 *	准停允差(Exact stop limit fine)
11 *	212 *	夹紧允差(Clamping tolerance)
12 *	276 *	加速度(Acceleration)
13 *	280 *	最大速度(加速极限) Maximal speed)
14 *	268 *	指令值极限 Maximal set speed
15 *	252 *	K_v 系数(Servo gain factor)
16 *	224 *、232 *	正向软件限位(Software limit switch P. D.)
17 *	228 *、236 *	负向软件极限(Software limit switch N. D.)
18 *	240 *	基准点坐标(Reference point value)
21 *、276、275	244 *	栅格位移量(Reference point shift)
22 *、274、277	260 *	复合增益(Malt gain)
23 *、278、279	272 *	漂移补偿(Drift compensation)

本节以 SINUMERIK810/820 系统为例,介绍一此位置控制机床数据的设置和调整。

1. K_v 系数

K_v 系数是位置环增益系数,是数控机床伺服系统的重要参数。 K_v 系数越大,响应越快,位置控制精度越高,但也容易使位置环产生振荡。 K_v 与进给速度和跟随误差有关,图5-35反映了进给速度与跟随误差的关系。

图5-35中,曲线1是直线插补时,坐标轴的理论位移,即 $x(t) = v \cdot t$,其中 v 是该坐标轴的恒定进给速度,曲线2是坐标轴的实际位移。坐标轴的理论位移与实际位移有一定恒定的进滞后,存在着跟随误差 E ,即

$$E = v/K_v$$

式中 v —进给速度;

K_v —位置环增益。

在插补进给期间,跟随误差 E 不会为零,在 t_e 时刻,插补完成,程序段运算已到终点

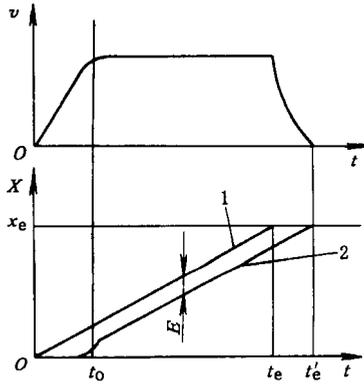


图 5-35 进给速度与跟随误差

1—命令位置 2—实际位置

位置 X_e 跟随误差 E 越小,但位置环的稳定性越差。

若每个进给轴的位置环增益不一样时,则会产生轮廓误差,如图 5-36 所示。

图 5-36a 表示了 X 轴和 Y 轴联动加工直线轮廓时产生的轮廓误差 ϵ ,即

$$\epsilon = \frac{v \sin 2\theta}{2} \frac{K_V X - K_V Y}{K_{VX} K_{VY}}$$

式中 v —直线加工的进给速度;

θ —直线与 X 轴的夹角;

K_{VX} 、 K_{VY} —X 轴、Y 轴的位置环增益。

图 5-36b 表示了 X 轴和 Y 轴联动加工圆弧轮廓时产生的轮廓差 ΔR ,即

$$\Delta R = \frac{v}{2 K_{VX} K_{VY} R}$$

式中 v —圆弧加工的进给速度;

R —圆弧半径;

由式(5-2)得,在直线加工时,当 $K_{VX} = K_{VY}$ 时,直线轮廓误差为零。由式(5-3)得,在圆弧加工时,始终存在圆度误差,特别是当 $K_{VX} \neq K_{VY}$ 时,零件轮廓将是长轴沿 45° 或 135° 方向的椭圆,如第二章的图 2-1 所示。由此,一起联动的各个坐标轴必须有相同的位置环增益 K_V ,以保证轮廓的加工精度。

K_V 系数在机床数据 MD252 * 中设定。以 X 轴为例,设 K_V 系数为 1,对应的机床数据 MD2520 设定值为 1666,复合增益系数在 MD2600 中的设定值为 2700,输入分辨率和位控分辨率在 MD5002 中分别设定为 10^{-3} mm 和 0.5×10^{-3} mm,进给最大速度在 MD2800 中设定为 10000mm/min。当 X 轴以 JOG 方式 1m/min 运动时,理论上跟随误差应为 1mm,从 CRT 诊断方式上观察 X 轴跟随误差,如果显示的跟随误差与理论跟随误差有较大的偏差,则应调整复合增益系数和驱动装置上的测速补偿,使显示的跟随误差和理论值相接近。调整后,当 X 轴以最大进给速度运动时,驱动装置的给定电压应约为 9V。

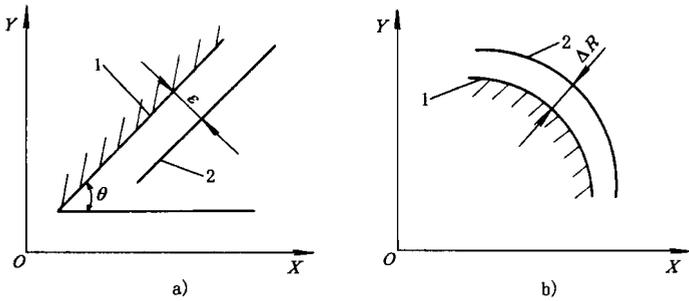


图 5-36 轮廓误差

a) 直线轮廓 b) 圆弧轮廓

1—理论轮廓 2—实际轮廓

K_{VX} 、 K_{VY} —X 轴、Y 轴的位置环增益。

2. 复合增益系统

设置复合增益的目的是,使位置环和速度环的增商相匹配,并使各坐标轴有不同的最大速度和最大速度给定电压。复合增益系统在机床数据 MD260 * 中设定。

$$\text{复合增益系数} = \frac{3 \times 10^7}{v_{\max}} \frac{U_{\max}}{10}$$

式中 U_{\max} —最大速度给定电压；

v_{\max} —坐标轴最大进给速度。

如设最大速度给定电压为 9V,坐标轴的最大时给速度为 10000mm/min,则根据式(5-4),复合增益系数为 2700。

3. 加速度

位置环的加速度调整影响到驱动装置速度给定电压的超调和稳定,从而影响到伺服系统的加减速特性。如图 5-37 所示,用示波器观察驱动装置上的速度给定电压,将合适的加速度值在机床数据 MD276 * 中设定。

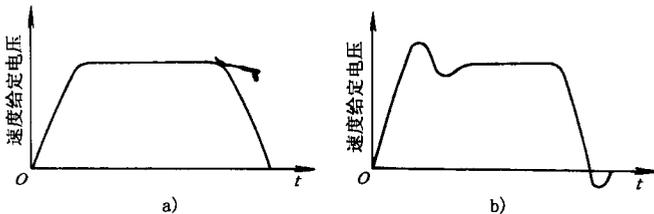


图 5-37 速度给定电压波形

a) 合适的加速度 b) 不合适的加速度

4. 精停和粗停允差

当轴运动到达指令值位置一定的偏差范围内时,轴运动结束,该偏差即为精停误差,在机床数据 MD208 * 中设定。为了使零件加工程序段连续执行,设定比精停误差数值大的粗停允差,数控系统就可以在本程序段执行结束前转换到下一个加工程序段的运算,粗

停允差在机床数据 MD204 * 中设定。当精停允差和粗停允差设定为一样的数值时,程序段执行就会出现停顿。

5. 夹紧允差

夹紧允差用于监控坐标轴的停止位置。由于跟随误差的存在,如坐标轴停止时的位置与指令值位置偏差大于夹紧允差所规定的范围,则发生 112 * 报警,夹紧允差参数在机床数据 MD212 * 中设定。如图 5-38 所示为精停允差、粗停允差和夹紧允差的关系。

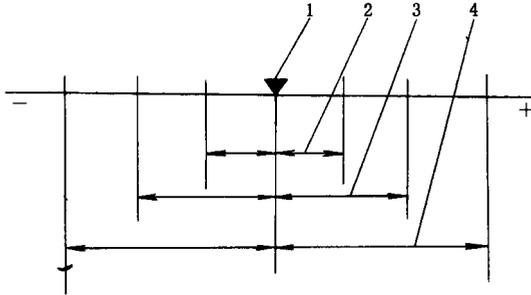


图 5-38 精停允差、粗停允差和夹紧允差的关系

1—指令位置 2—精停允差 3—粗停允差 4—夹紧允差

6. 零速监控延时

零速监控延时与夹紧允差有紧密的联系,当坐标轴运动到达指令位置后,经过零速监控延时,夹紧允差起作用,在所设定的延时时间里消除跟随误差,否则同样产生 112 * 报警。零速监控延时在机床数据 MD372 * 中设定。

7. 漂移补偿

数控系统和驱动装置中元器件的温度漂移,会使坐标轴运动产生相对理论位置的偏差。通过 CRT 诊断显示,观察指令值与绝对实际位置的偏差,这个偏差可以用漂移补偿来调整。调整时,在轴行程范围内进行多次定位,以选取适当的补偿值在机床数据 MD272 * 中设定。当漂移产生的位置偏差太大,不能用漂移补偿来解决时,产生 160 * 报警,这时要检查驱动装置上的漂移调节和机械传动链的调整情况。

8. 轮廓监控允差带

当刀具以一定的进给速度加工零件轮廓时,根据式(5-1),跟随误差正比于进给速度,所以,在稳速运动过程中,跟随误差不应该发生波动,否则将造成轮廓误差,产生 116 * 报警。但在实际轮廓控制过程中,允许跟随误差有一定的变化范围,由此产生的轮廓监控允差带由下式决定

$$\text{允差带} = \frac{\text{MD332} * \times 125 \mu\text{m}}{K_V \times 1000}$$

式中 MD332 * —轮廓监控允差带参数;

K_V —位置环增益。

若设 $K_V = 1$, MD332 * = 1000 时,根所式(5-5),允差带为 $125 \mu\text{m}$ 。

9. 反向间隙补偿

当坐标轴采用半闭环位置控制时,由于进给传动链存在间隙,坐标轴运动方向改变时,就会产生反向间隙误差,从而影响轴的重复定位精度。用激光干涉仪测量,让轴在某一位置向一个方向运动一定的位移量,然后再返回到该位置,观察记录位置偏差量,在行程范围内多次多点地测量并记录,选取合适的补偿值,在机床数据 MD220 * 中设定。如果反向间隙比罗大,则必须作机械调整,然后再重复上述的测量过程。

10. 丝杠螺距误差补偿

机床长期运行后,由于机械磨损,使丝杠螺距误差增大,加工精度得不到保证,因此,每隔一定的时间必须进行一次丝杠螺距误差补偿的调整,测量丝杠螺作误差必须使用高精度的激光干涉仪来进行。图 5-39 为某数控机床 X 轴补偿前后的位置误差曲线,表 5-8 为补偿前后误差值及补偿数据。

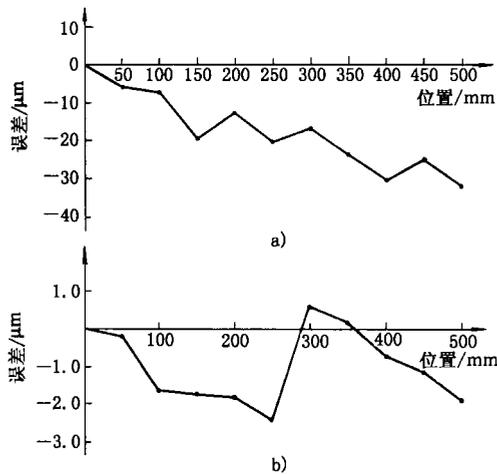


图 5-39 位置误差曲线

a) 补偿前 b) 补偿后

表 5-8 补偿前后误差值及补偿数据

实际测得的定位误差		补偿后的定位误差		补偿数据		
位置/mm	误差/ μm	位置/mm	误差/ μm	名称	数据号	数据
50.0	-6.2	50.0	-0.2	参考点位置	3160	17
100.0	-7.6	100.0	-1.6	补偿点距离	3240	25000
150.0	-19.7	150.	-1.7P	补偿值	3280	6

实际测得的定位误差		补偿后的定位误差		补 偿 数 据	
200.0	- 13.6	200.0	- 1.8	6017	00001000
250.0	- 20.2	250.0	- 2.4	6018	11001010
300.0	- 17.2	300.0	+ 0.6	6019	00001000
350.0	- 23.6	350.0	+ 0.2	6020	10001000
400.0	- 30.5	400.0	- 0.7	6021	10001100
450.0	- 24.9	450.0	- 1.1	6022	00000000
500	- 31.7	500.0	- 1.9		

表 5-8 中, MD3240 = 25000 表示 X 轴丝杠螺距误差补偿的 2 个补偿点间隔 25mm, MD3280 = 6 表示 X 轴丝杠螺距误差补偿的补偿值为 $6\mu\text{m}$, MD3160 = 17 表示 X 轴参考点在所有补偿点中的位置。810/820 系统共有补偿点 1 ~ 1000 个, 对应的机床数据为 MD6000 ~ MD6249, 每 4 个补偿点组成一个机床数据, 所以 $\text{MD316} * = (\text{补偿点} - 1) / 4$, 现 MD3160 = 17, 则补偿点为 69, 说明 X 轴参考点为 1 ~ 1000 补偿点中第 69 补偿点, 对应的机床数据为 MD6017, 参考点不需要补偿。MD6017 ~ MD6022 为补偿数据, 由 8 位二进制表示, 每二位为一个补偿点, 如表 5-9 所示。

表 5-9 补偿数据

MD 序号	位 7 6	5 4	3 2	1 0
6000	补偿点 4	补偿点 3	补偿点 2	补偿点 1
6001	补偿点 8	补偿点 7	补偿点 6	补偿点 5
6017	补偿点 72	补偿点 71	补偿点 70	补偿点 69
6249	补偿点 1000	补偿点 999	补偿点 998	补偿点 997

表中, 1、3、5 和 7 位用 '1' 或 '0' 表示是否要补偿, 0、2、4 和 6 位用 '1' 或 '0' 表示该补偿是正补偿还是负补偿。如 MD6017 = 00001000 表示第 69 补偿点(参考点)不补偿, 参考点后 25mm(第 70 补偿点)处进行负补偿, 参考点后 50mm 和 75mm(第 71、72 补偿点)处不进行补偿。

补偿数据输入到 CNC 系统后, 必须使轴回到参考点处, 补偿数据才能起作用。丝杠螺距补偿后, 再测量定位误差, 然后分析定位误差、重复定位误差和位置离散度等精度指标。

若超过标准,则必须继续修氦补偿数据,使精度达到要求。

三、调试和诊断显示

为了把伺服系统调整到最佳状态和进行故障诊断,可通过 CRT 显示有关轴运动的一些数据。按“DLAGNOSIS”诊断软键,选择“SERVICE AXIS”或“SERVICE SPINDLE”软键,通过“Page”键来切换显示所需诊断的轴。图 5-40 所示为伺服轴 CRT 显示页面。

JOG	-CH1
AXIS SERVICE DATA 1	
Following error	2000
Absolute actual value	200000
Set value	20200
Set speed(VELO)	8192
Return value	20
Segment value	24
Contour deviation	2
Status absolute submodul	0
OFL	0

图 5-40 伺服轴 CRT 显示页面

(一)有关坐标轴的数据

1. 跟随误差(Following error)

指令值与实际值之间的差值,以位置控制分辨力为单位。如显示值为 2000,给定位置控制分辨力为 $0.5\mu\text{m}$,则跟随误差为 1mm。

2. 绝对位置值(Absolute actual value)

显示坐标轴在机床坐标系中的实际位置,以位置控制分辨力为单位。如显示值为 200000,给定位置控制分辨力为 $0.5\mu\text{m}$,则该轴实际位置为相对机床零点 10mm 处。

3. 指令位置值(Set Value)

根据程序所指定的目标位置,以位置控制分辨力为单位。在正常情况下,指令位置值与绝对实际位置值应一致,若有差异可用漂移补偿来消除。如显示值为 202000,给定位置控制分辨力为 $0.5\mu\text{m}$,则指令位置值为 101mm。

4. 指令速度(Set speed)

CNC 系统根据位置偏差得到指令速度,在位控模块中转换成模拟电压,并通过 25 芯插座输出到驱动装置。指令速度单位为 Velo , $1\text{Velo} = 1.22\text{mV}$ 。如显示值为 8192,则速度指令电压为 10V。

5. 指令增量(Return value)

插补器每插补周期(20ms)输出到位置控制器的脉冲数,单位为位置控制分辨力。如显示值为 20,位置控制分辨力为 $0.5\mu\text{m}$,则每 20ms 的指令增量为 $10\mu\text{m}$ 。

6. 实际增量(Segment value)

在每个采样周期(5ms) ,把从测量装置 ,如光栅或脉冲编码器中来的脉冲经倍频后转换成实际位置增量 ,与指令增量进行比较 ,单位为位置控制分辨力。如显示值为 24 ,位置控制分辨力为 $0.5\mu\text{m}$,经 4 倍频 ,则每 5ms 的实际增量为 $12\mu\text{m}$ 。

7. 轮廓偏差(Contour deviation)

由于跟随误差的变化引起实际加工时轮廓偏差。显示单位为位置控制分辨力。如果示值为 2 ,位置控制分辨力为 $0.5\mu\text{m}$,则轮廓偏差为 $1\mu\text{m}$ 。

(二) 有关主轴的数据

1. 指令速度(Set speed)

由 CNC 输出到主轴的指令速度 ,单位为 r/min 。

2. 实际速度(Actual speed)

由测速装置测量所得的主轴实际速度 ,单位为 r/min 。

3. 实际位置(Act. position)

当主轴具备 C 轴功能后 ,主轴实际位置值 ,范围为 $0.1^\circ \sim 359.9^\circ$ 。

4. 指令速度电压值(Set speed VELO)

CNC 输出的主轴转速模拟电压 ,单位为 Velo 。

例 5-13 一卧式数控铣镗床 ,出现主轴箱沿 Y 轴快速进给时运动平稳 ,而低速进给时运动不平稳的故障现象。经分析将故障定位于 Y 轴速度控制环 ,检查速度给定信号 ,测速反馈信号及联接电缆均正常 ,调整驱动装置上的速度反馈电位器 ,故障现象消失。故障原因是驱动装置内的元件老化 ,使参数发生变化 ,速度反馈变深所致。

例 5-14 一数控铣床在 X-Y 平面内加工整圆 ,其轮廓的圆度超差 ,并有明显的尖角 ,如图 5-41 所示。

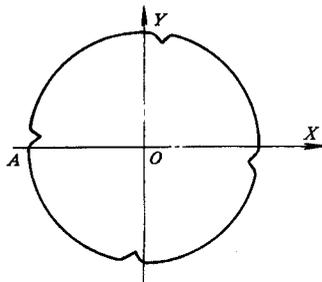


图 5-41 圆度超差示意图

从机械传动方面分析 ,由图 5-41 可见 ,所加工零件圆度在尖角处误差最大 ,尖角在圆周上共有 4 点 ,且都产生在过象限附近 ,可以认为尖角是由进给传动链的间隙引起的。当刀具沿顺时针方向加工到 A 点过象限时 ,Y 轴仍沿正向运动 ,而 X 轴则经过由负到正的换向过程 ,X 轴因换向死区停止进给 ,则在 A 点加工轨迹处产生一小段直线。当 X 轴越过了死区继续运行时 ,数控系统将使刀具回到正确的轨迹上 ,由此 ,在圆弧 A 点产生了

尖角。

从伺服系统方面分析,给 X 轴驱动装置的速度调节器加上 $\pm 5V$ 的阶跃信号,用示波器观察速度调节器输出的过度过程,如图 5-42a 所示。

从图 5-42b 中看到,过渡过程在 A 处有明显的跳跃,这是因为在 T_1 内,由于存在传动间隙,电动机空转,加速度很高,过渡过程波形上升很陡;当克服了传动间隙,电动机开始带载,速度突然跌落,故在 A 点形成明显的跳跃。另外,驱动装置的加减速时间 T 太长,造成伺服系统死区过大,灵敏度降低。

根据以上分析,要消除圆度尖角误差,必须从二方面着手:①减小传动间隙。当间隙不很大时,可重新调整反向间隙补偿;当间隙超过补偿范围时,必须通过机械调整来减少间隙。②减少驱动装置的加减速时间,以获到较合适的过渡过程,如图 5-42c 所示,这样提高了系统的响应速度,消除了由于传动间隙造成的过度过程死区,但要注意避免伺服系统产生超调甚至振荡。

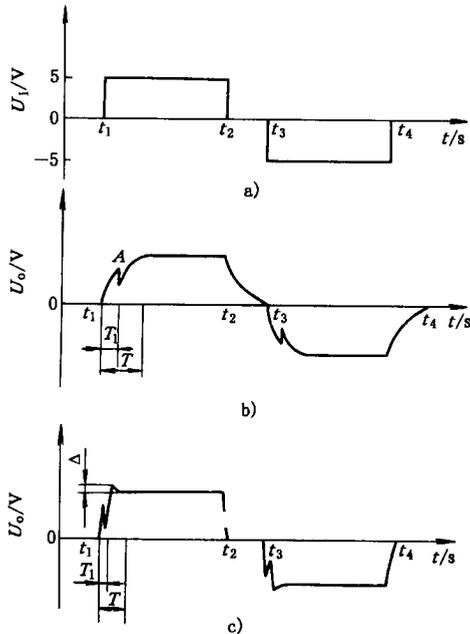


图 5-42 伺服系统过渡过程

a)速度调节器阶跃信号输入 b)调整前的速度调节器输出 c)调整后速度调节器输出

例 5-15 由 A-B 公司 8400 数控系统控制的某数控铣床,在执行有关 Z 坐标轴的程序段后,出现进给停止的故障,且无任何报警。停止时,操作面板上的“循环起动”指示灯亮(正常情况下应熄灭),按“进给保护”按钮;“进给保护”指示灯亮,但“循环起动”指示灯仍亮;再按“循环起动”按钮时,“进给保持”指示灯灭,但“循环起动”指示灯仍亮。

根据“循环起动”指示灯一直都亮,说明 CNC 在等待信息,经检查系统参数发现,G00 的到位偏差设定为 X0.255、Y0.255 和 Z0.002,该参数为 G00 运动到达终点所在的偏差范围。从 CRT 上观查跟随误差值,进给停止后,X 和 Y 轴均在 $\pm 0.001\text{mm}$ 之间变化,而 Z 轴在 $0.004 \sim 0.005\text{mm}$ 之间变化,显然 Z 轴运动停止在偏差范围之外,故发生了上述故障。造成超差的原因:①机械阻力偏大。②伺服驱动装置上的平衡电位器没调整好,使零飘得不到正确补偿。③位置增益 K_V 设置不当。通过机械检修、增益调整和平衡补偿,使 Z 轴的跟随着在 $\pm 0.001\text{mm}$ 之间变化,故障排除。

第六章 数控机床输入/输出(I/O)控制的故障诊断

输入/输出(I/O)故障是数控机床运行过程中最常见的故障,这是因为组成输入/输出的各类开关元件长期暴露在外,受到机械磨损、油气侵蚀等因素的影响,造成开关可靠性下降以至失灵,引起机床动作障碍。数控机床的输入/输出由 PLC 控制完成,因此熟悉数控机床中的输入/输出开关元件,明确数控机床 PLC 控制的对象及状态信号的表示,有助于输入/输出故障的诊断。

第一节 数控机床 PLC 的功能

在数控机床中,除了对各坐标轴的位置进行连续控制外,还需要对诸如主轴正、反转起动和停止、刀库及换刀机械手控制、工件夹紧松开、工作台交换、气液压、冷却和润滑等辅助动作进行顺序控制。顺序控制的信息主要是 I/O 控制,如控制开关、行程开关、压力开关和温度开关等输入元件,继电器、接触器和电磁阀等输出元件;同时还包括主轴驱动和进给伺服驱动的使能控制和机床报警处理等。现代数控机床均采用可编程逻辑控制器(PLC)来完成上述功能,数控机床 PLC 的形式有两种:一是采用单独的 CPU 完成 PLC 功能,即配有专门的 PLC,PLC 在 CNC 外部,称为外装型 PLC;二是采用数控系统与 PLC 合用一个 CPU 的方法,PLC 在 CNC 内部,称为内装型 PLC。

一、PLC 与外部信息的交换

PLC、CNC 和机床三者之间的信息交换包括如下四部分:

1. 机床至 PLC

机床侧的开关量信号通过 I/O 单元接口输入至 PLC 中,除极少数信号外,绝大多数信号的含义及所占用的 PLC 的地址均可由 PLC 程序设计得自行定义,如在 SINUMERIK 810 数控系统中,机床侧的某一开关信号通过 I/O 端子板输入至 I/O 模块中,参阅图 0-1 所示。设该开关信号用 I10.2 来定义,在软键功能 DIAGNOSIS 的 PLC STATUS 状态下,通过观察 IB10 的第 2 位“0”或“1”来获知该开关信号是否有效。

2. PLC 至机床

PLC 控制机床的信号通过 PLC 的开关量输出接口送到机床侧,所有开关量输出信号

的含义及所占用的 PLC 的地址均可由 PLC 程序设计者自行定义。如在 SINUMERIK 810 数控系统中,机床侧某电磁阀的动作由 PLC 的输出信号来控制,设该信号用 Q1.4 来定义。该信号通过 I/O 模块和 I/O 端子板输出至中间继电器线圈,继电器的触点又使电磁阀的线圈得电,从而控制电磁阀的动作。同样,Q1.4 信号可在 PLC STATUS 状态下,通过观察 QB1 的第 4 位“0”或“1”来获知该输出信号是否有效。

3. CNC 至 PLC

CNC 送至 PLC 的信息可由 CNC 直接送入 PLC 的寄存器中,所有 CNC 送至 PLC 的信号含义和地址(开关量地址或寄存器地址)均由 CNC 厂家确定,PLC 编程者只可使用,不可改变和增删。如数控指令的 M、S、T 功能,通过 CNC 译码后直接送入 PLC 相应的寄存器中。如在 SINUMERIK810 数控系统中,M03 指令经译码后,送入 FY27.3 寄存器中。

4. PLC 至 CNC

PLC 送至 CNC 的信息也由开关量信号或寄存器完成,所有 PLC 送至 CNC 的信号地址与含义由 CNC 厂家确定,PLC 编程者只可使用,不可改变和增删。如 XINUMERIK810 数控系统中,Q108.5 为 PLC 至 CNC 的进给使能信号。

图 6-1 为内装式 PLC 输入/输出信息示意图。

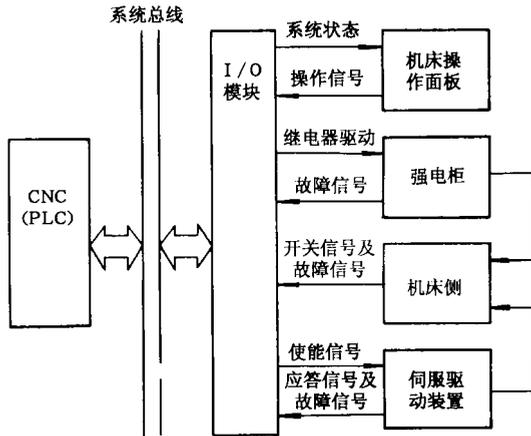


图 6-1 内装式 PLC 输入/输出信息

二、数控机床 PLC 的功能

1. 机床操作面板控制

将机床操作面板上的控制信号直接送入 PLC,以控制数控系统的运行。机床操作面板上各类控制开关的功能详见第四章的第一节和第二节。

2. 机床外部开关输入信号控制

将机床侧的开关信号送入 PLC,经逻辑运算后,输出给控制对象。这些控制开关包括各类控制开关、行程开关、接近开关、压力开关和温控开关等。

3. 输出信号控制

PLC 输出的信号经强电柜中的继电器、接触器,通过机床侧的液压或气动电磁阀,对刀库、机械手和回转工作台等装置进行控制,另外还对冷却泵电动机、润滑泵电动机及电磁制动器等进行控制。

4. 伺服控制

控制主轴和伺服进给驱动装置的使能信号,以满足伺服驱动的条件,通过驱动装置,驱动主轴电动机、伺服进给电动机和刀库电动机等。

5. 报警处理控制

PLC 收集强电柜、机床侧和伺服驱动装置的故障信号,将报警标志中的相应报警标志位置位,数控系统便显示报警号及报警文本以方便故障诊断。

6. 软盘驱动装置控制

有些数控机床用计算机软盘取代了传统的光电阅读机。通过控制软盘驱动装置,实现与数控系统进行零件程序、机床参数、零点偏置和刀具补偿等数据的传输。

7. 转换控制

有些加工中心的主轴可以立/卧转换,当进行立/卧转换时,PLC 完成下述工作:①切换主轴控制接触器。②通过 PLC 的内部功能,在线自动修改有关机床数据位。③切换伺服系统进给模块,并切换用于坐标轴控制的各种开关、按键等。

第二节 PLC 输入/输出元件

图 6-2 所示为内装式 PLC 输入/输出元件及连接方式。

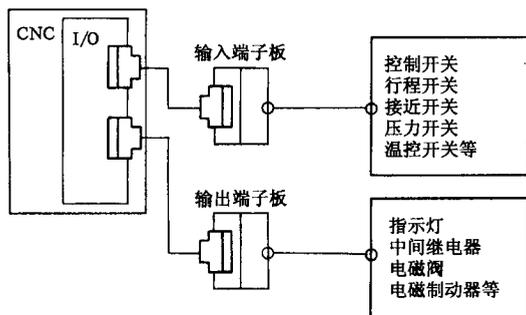


图 6-2 内装式 PLC 输入/输出元件连接方式

输入端子板的作用是将机床外部开关的端子连接转换成 I/O 模块的针型插座连接,从而使外部控制信号输入至 PLC 中;同样,输出端子板的作用是将 PLC 的输出信号经针型插座转换成外部执行元件的端子连接。每个接线端子的编号与针型插座的针脚编号相对应,从而使每个输入/输出信号在 PLC 中均有规定的地址。

一、输入元件

1. 控制开关

在数控机床的操作面板上,常见的控制开关有 ①用于主轴、冷却、润滑及换刀等控制的按钮,这些按钮往往内装有信号灯,一般绿色用于起动,红色用于停止。②用于程序保护,钥匙插入方可旋转操作的旋钮式可锁开关。③用于紧急停止,装有突出蘑菇形钮帽的红色紧急停止开关。④用于坐标轴选择、工作方式选择和倍率选择等,手动旋转操作的转换开关。⑤在数控车床中,用于控制卡盘夹紧、放松,尾架顶法前进、后退的脚踏开关等。图 6-3a 为按钮结构示意图,图 6-3b 为控制开关图形符号。

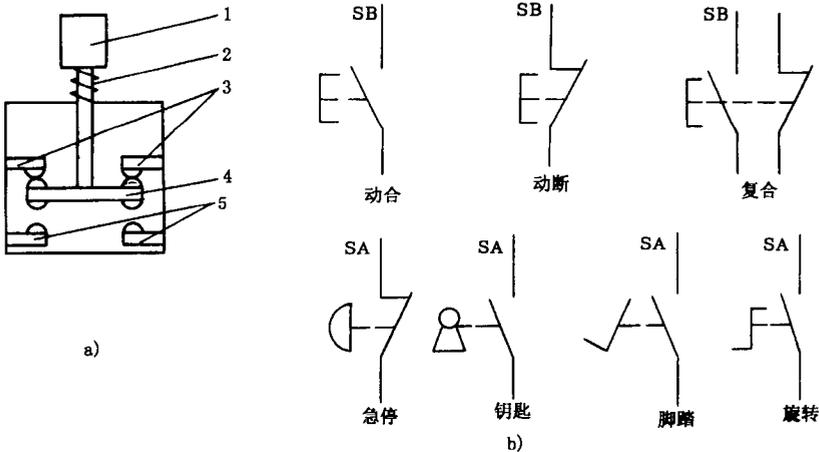


图 6-3 控制开关

a) 控制按钮结构示意图 b) 控制开关图形符号

1-按钮帽 2-复位弹簧 3-动断触点 4-动触点 5-动合触点

在图 6-3a 中,常态(未受外力)时,在复位弹簧 2 作用下,静触点 3 与桥式动触点 4 闭合,习惯上称为常闭(动断)触点,静触点 5 与桥式动触点 4 分断,称之为常开(动合)触点。当按下按钮帽 1 时,动触点 4 先和静触点 3 分断,然后再和静触点 5 闭合。

2. 行程开关

行程开关又称限位开关,它将机械位移转变为电信号,以控制机械运动。按结构可分为直动式、滚轮式和微动式。

(1)直动式行程开关 如图 6-4a 为直动式行程开关结构简图,其动作过程与控制按钮类似,只是用运动部件上的撞块来碰撞行程开关的推杆,触点的分合速度取决于撞块移动的速度。这类行程开关在机床上主要用于坐标轴的限位、减速或执行机构如液压缸、气缸活塞的行程控制。图 6-4b 为直动式行程开关推杆的形式,图 6-4c 为柱塞式行程开关外形图。

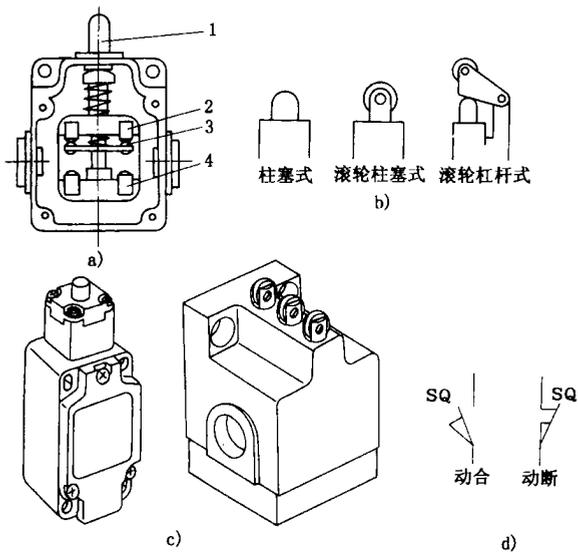


图 6-4 直动式行程开关

a) 结构示意图 b) 推杆形式 c) 外形图 d) 行程开关图形符号
 1- 推杆 2- 动断触点 3- 动触点 4- 动合触点

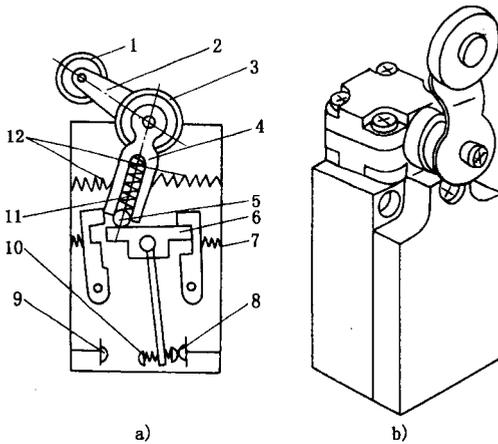


图 6-5 滚动式行程开关

a) 结构示意图 b) 外形图

1- 滚轮 2- 上转臂 3- 盘形弹簧 4- 推杆 5- 滚轮
 6- 擒纵件 7- 弹簧(1) 8- 动断触点 9- 动合触点
 10- 动触点 11- 压缩弹簧 12- 弹簧(2)

(2) 滚动式行程开关 如图 6-5a 为滚动式行程开关结构示意图,图 6-5b 为外形图。

在图 6-5a 中,当滚轮 1 受到向左的外力作用时,上转臂向左下方转动,推杆 4 向右

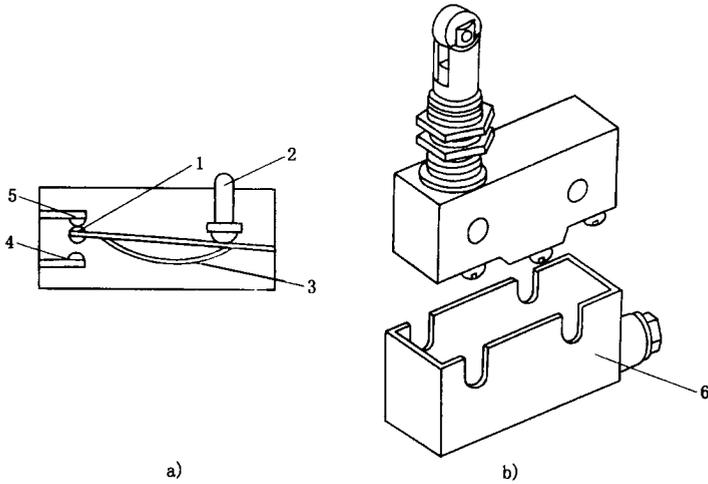


图 6-6 微动开关

a) 结构示意图 b) 外形图

1-动触点 2-推杆 3-弓簧片 4-动合触点 5-动断触点 6-外盒

转动,并压缩右边弹簧 12,同时下面的小滚轮 5 也很快沿着擒纵件 6 向右转动,小滚轮滚动又压缩弹簧 11,当滚轮 5 走过擒纵件 6 的中点时,盘形弹簧 3 和弹簧 7 都使擒纵件 6 迅速转动,因而使动触点 10 迅速地与右边的静触点 8 分开,并与左边的静触点 9 闭合。这类行程开关在机床上常用于各类防护门的限位控制。

(3) 微动式行程开关 图 6-6a 为采用弯片状弹簧的微动开关结构示意图,图 6-6b 为微动开关外形图。

当推杆 2 被压下时,弓簧片 3 产生变形,当到达预定的临界点时,弹簧片连同动触点 1 产生瞬时跳跃,使动断触点 5 断开,动合触点 4 闭合,从而导致电路的接通、分断或转换。微动开关的体积小,动作灵敏,在数控机床上常用于回转工作台和托盘交换等装置的位置控制。

从以上各开关的结构及动作过程来看,失效的形式一是弹簧或弹簧片卡死,造成触点不能闭合或断开;二是触点接触不良。诊断方法为:用万用表测量接线端,在动合、动断状态下观察是否断路或短路。另外要注意的是,与行程开关相接触的撞块,如图 6-7 所示,如果撞块设定的位置由于松动而发生偏移,就可能使行程开关的触点无动作或误动作,因此撞块的检查和调整是行程开关维护很重要的一个方面。

3. 接近开关

这是一种在一定的距离(几毫米至十几毫米)内检测物体有无的传感器。它给出的是高电平或低电平的开关信号,有的还具有较大的负载能力,可直接驱动继电器工作。具有灵敏度高、频率响应快、重复定位精度高、工作稳定可靠及使用寿命长等优点。许多接近开关将检测头与测量转换电路及信号处理电路做在一个壳体内,壳体上多带有螺纹,以便安装和调整距离,同时在外壳有指示灯,以指示传感器的通断状态。常用的接近开关有电

感式、电容式、磁感式、光电式及霍尔式等。

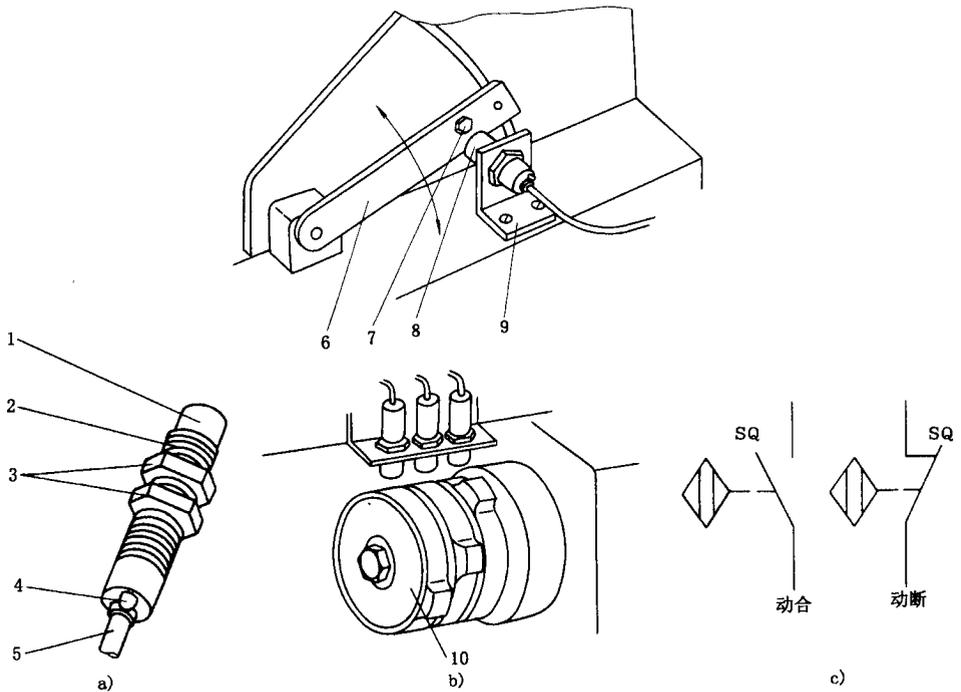


图 6-7 行程开关撞块

1-行程开关 2-槽板 3-撞块

(1) 电感式接近开关 如图 6-8a 为电感式接近开关的外形图,图 6-8b 为电感式接近开关位置检测示意图,图 6-9c 为接近开关图形符号。

电感式接近开关内部大多由一个高频振荡器和一个整形放大器组成。振荡器振荡后,在开关的感应面上产生交变磁场,当金属物体接近感应面时,金属体产生涡流,吸收了振荡器的能量,使振荡减弱以致停振。振荡和停振两种不同的状态,由整形放大器转换成开关信号,从而达到检测位置的目的。在数控机床中,电感式接近开关常用于刀库、机械手及工作台的位置检测。判断电感式接近开关好坏最简单的方法,就是用一块金属片去接近该开关,如果开关无输出,就可判断:①该开关已坏。②外部电源短路。在实际位置控制中,如果感应面和开关之间的间隙变大后,就会使接近开关的灵敏度下降甚至无信号输出,因此间隙的调整和检查在日常维护中是很重要的。

(2) 电容式接近开关 电容式接近开关的外形与电感式接近开关类似,除了对金属材料无接触式检测外,还可以对非导电性材料进行无接触式检测。

(3) 磁感式接近开关 磁感式接近开关又称磁敏开关,主要对气缸内活塞位置进行非接触式检测。图 6-9 为磁感式接近开关安装结构图。

固定在活塞上的永久磁铁由于其磁场的作用,使传感器内振荡线圈的电流发生变化,

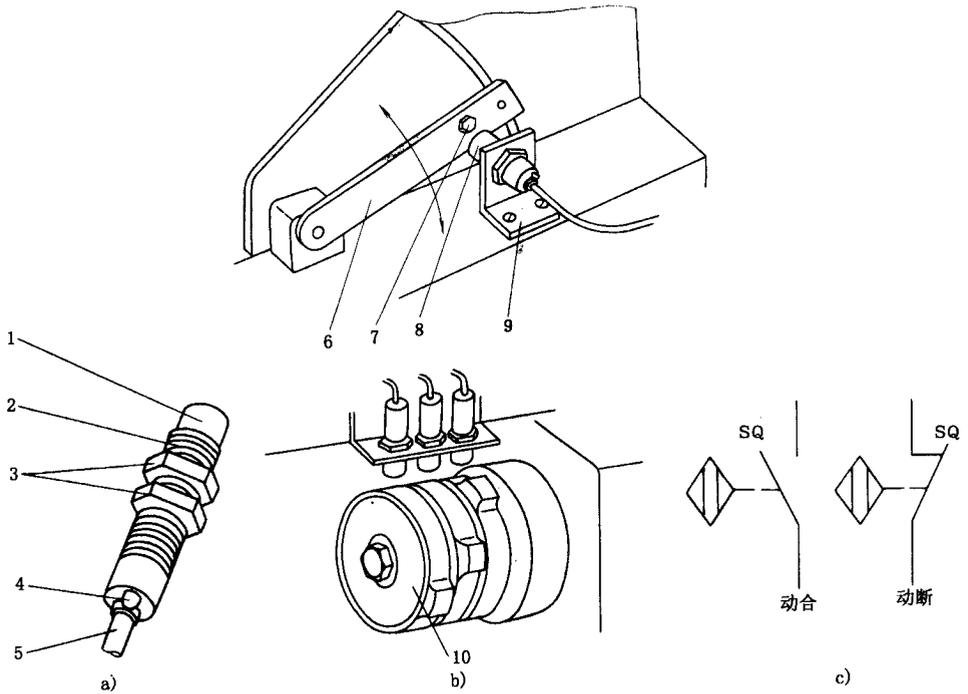


图 6-8 电感式接近开关

a) 外形图 b) 位置检测示意图 c) 接近开关图形符号

- 1- 检测头 2- 螺纹 3- 螺母 4- 指示灯 5- 信号输出及电源电缆
- 6- 运动部件 7- 感应快 8- 电感式接近开关 9- 安装支架 10- 轮轴感应盘

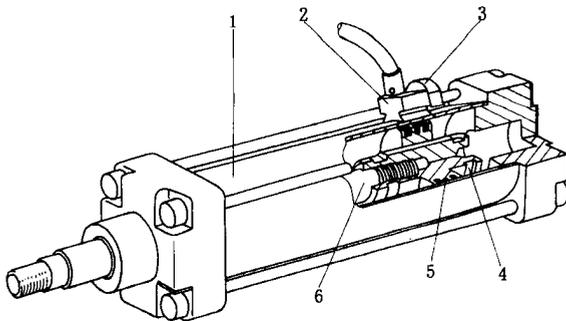


图 6-9 磁感应式接近开关

- 1—气缸 2—磁感应式接近开关 3—安装支架
- 4—活塞 5—磁性环 6—活塞杆

内部放大器将电流转换成输出开关信号。根据气缸形式的不同,磁感应式接近开关有绑带式安装和支架式安装等类型。

(4)光电式接近开关 图 6-10a 所示的光电式接近开关是一种遮断型的光电开关,

又称光电断续器。当被测物 4 从发射器 1 和接收器 3 中间槽通过时, 红外光束 2 被遮断, 接收器接收不到红外线, 而产生一个电脉冲信号。有些遮断型的光电式接近开关, 其发射器和接收器做成二个独立的器件, 如图 6-10b 所示。这种开关除了方形外观外, 还有圆柱形的螺纹安装形式。

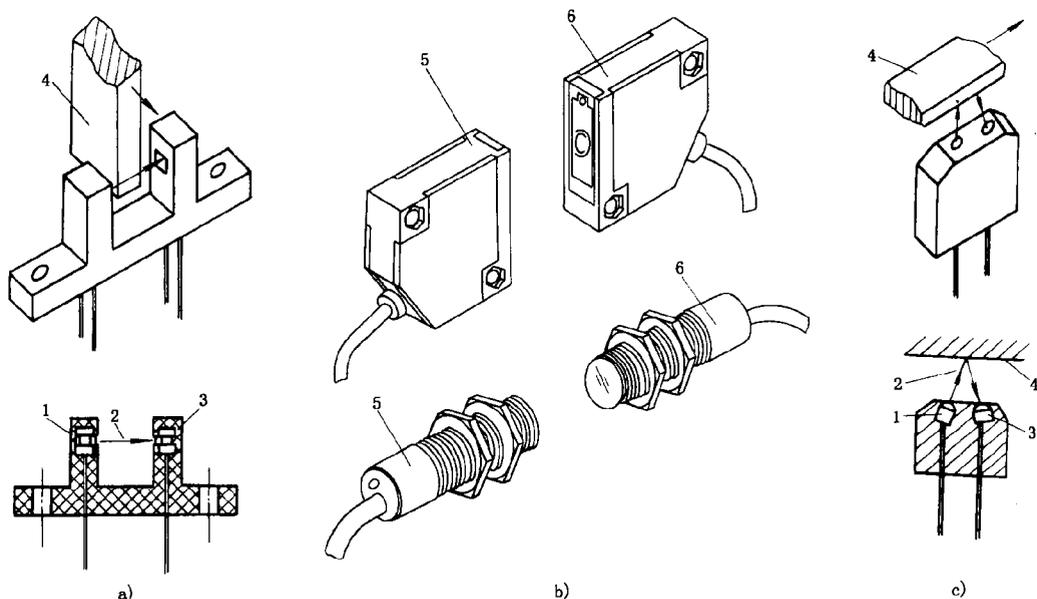


图 6-10 光电式接近开关

a) 光电断续器外形及结构 b) 遮断型光电开关外形 c) 反射型光电开关外形及结构
1-发光二极管 2-红外光 3-光敏元件 4-被测物 5-发射器 6-接收器

图 6-10c 为反射型光电开关。当被测物 4 通过光电开关时, 发射器 1 发射的红外光 2 通过被测物上的黑白标记反射到接收器 3, 从而产生一个电脉冲信号。

在数控机床中, 光电式接近开关常用于刀架的刀位检测和柔性制造系统中物料传送的位置控制等。

(5) 霍尔式接近开关

霍尔式接近开关是将霍尔元件、稳压电路、放大器、施密特触发器和 OC 门等电路做在同一个芯片上的集成电路, 因此, 有时称霍尔式接近开关为霍尔集成电路。典型的有 UGM3020 等。

当外加磁场强度超过规定的工作点时, OC 门由高电阻态变为导通状态, 输出低电平, 当外加磁场强度低于释放点时, OC 门重新变为高阻态, 输出高电平。图 6-12 为霍尔式接近开关在 LD4 系列电动刀架中应用的示意图。

该刀架在数控车床中得到广泛的应用。动作过程为: 换刀信号→电动机正转→刀台转位→刀位信号→电动机反转→初定位→精定位夹紧→电动机过电流停转→换刀结束应答。其中刀位信号是靠霍尔式接近开关和磁铁的检测获得的, 刀架定轴上端装有 4 个霍

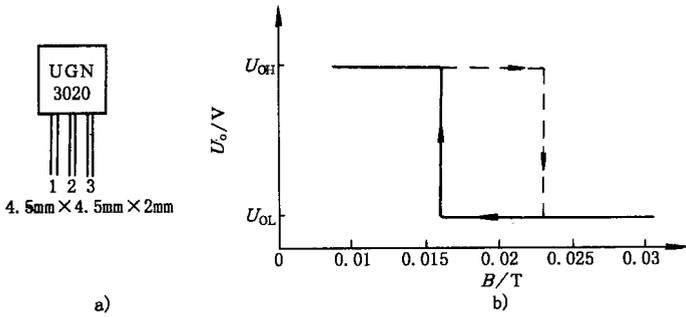


图 6-11 霍尔式接近开关

a)外形图 b)特性曲线

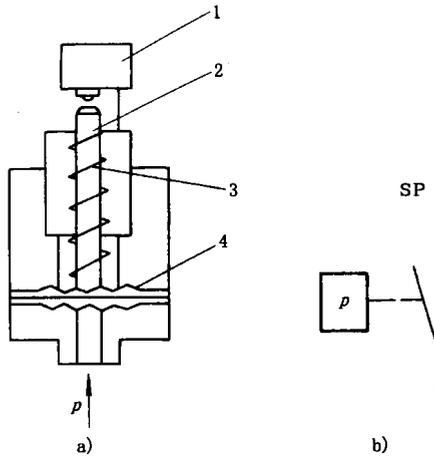


图 6-12 LD4 系列电动刀架

a)结构示意图 b)图形符号

1—微动开关 2—顶杆 3—压缩弹簧 4—橡皮膜

尔接近开关,分别为 4 个刀位的位置,当刀台旋转时,带动磁铁一起旋转,到达规定刀位时,通过霍尔接近开关输出到位信号。如果某个刀位上的霍尔接近开关断路或损坏,就会造成刀台定位时不到位或地冲太大的现象。

在有些型号的电动刀架中,也有采用光电开关来进行刀位检测的,其控制方式类似于霍尔式接近开关,只不过用光电断续器代替霍尔式接近开关,用遮光片代替磁铁而已。

以上所列的接近开关,外接电源一般为直流 +24V,输出信号有 NPN 和 PNP 型,这是在更换元件时应注意的一个问题。

4. 压力开关

压力开关是利用被控介质,如液压油在波纹管或橡皮膜上产生的压力与弹簧的反力相平衡的原理所制成的一种开关。图 6-13 为压力开关的结构示意图。

在图 6-14 中,当被控介质中的压力升高时,波纹管或橡皮膜 4 压迫压缩弹簧 3 而使顶杆 2 移动,拨动微动开关 1 使触点状态改变,以反应介质中压力达到了相应的数值。

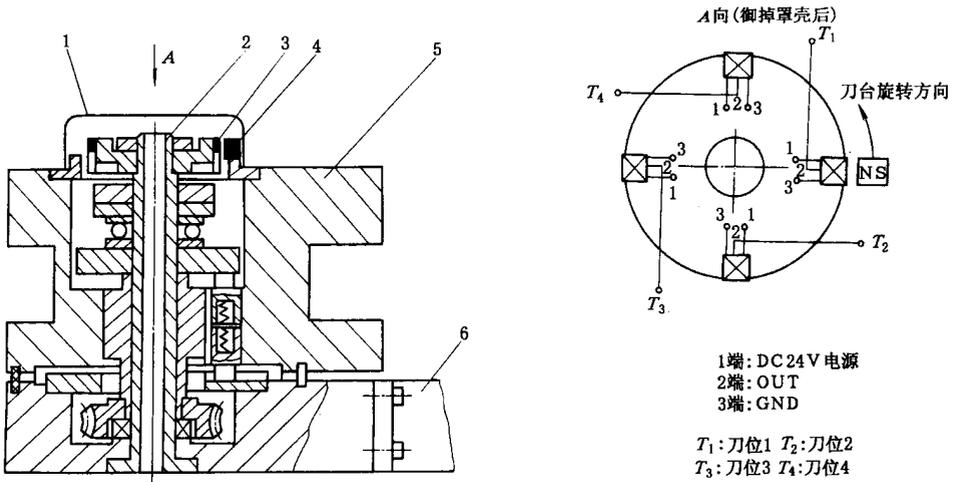


图 6-13 压力开关结构

1-罩壳 2-定轴 3-霍尔集成电路 4-磁钢 5-刀台 6-刀架座

5. 温控开关

这是一种利用温度敏感元件,如热敏电阻值随被测温度变化而改变的原理所制成的开关。

热敏电阻经电子线路比较放大后,驱动小型继电器动作,从而迅速而准确地反映被测点的温度。热敏电阻有负温度系数热敏电阻(NTC),正温度系数热敏电阻(PTC)两大类,两者均有线性型和突变型,前者用于温度测量,后者用于温度控制。在伺服电动机中,将突变型热敏电阻埋设在电动机定子中,并与继电器串联,当电动机温度升到某一定数值时,电路中的电流可以由十分之几毫安突变为几十毫安,使继电器动作,从而实现温度控制和过热保护。

二、输出元件

1. 接触器

在数控机床的电气控制中,接触器用来控制如油泵电动机、冷却泵电动机、润滑油泵等电动机的频繁起停及驱动装置的电源接通和切断等。它由触点、电磁机构、弹簧、灭弧装置和支架底座等组成,通常分为交流接触和直流接触器两类。

在图 6-14 中,当电磁线圈 5 通电后,电磁系统即把电能转变为机械能,所产生的电磁力克服缓冲弹簧 4 与触点弹簧 7 的反作用力,使铁心 6 和衔铁 3 吸合,并带动动触桥 1 与静触点 2 闭合,从而完成接通主电路的操作。当电磁线圈断电或电压显著下降时,由于电磁力消失或过小,衔铁与动触桥则在弹簧反作用力作用下跳开,触点打开时产生的电弧在炒弧室 8 内冷却游离熄灭,最后分断主电路。

对于单相交流电磁机构,一般在铁心端面安装一个铜制的短路环,以抑制衔铁产生的

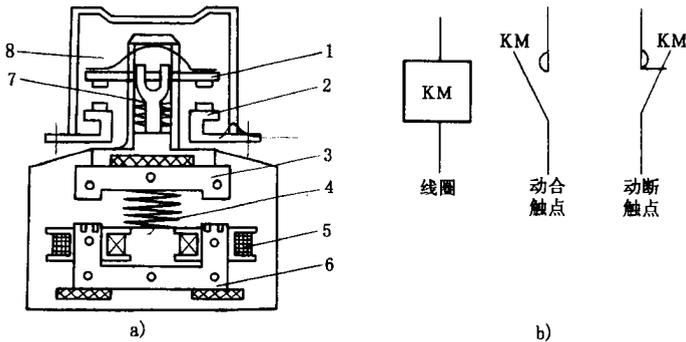


图 6-14 交流接触器

a)结构示意图 b)图形符号

- 1- 动触桥 2- 静触点 3- 衔铁 4- 缓冲弹簧 5- 电磁线圈
6- 铁心 7- 触点弹簧 8- 灭弧室

振动和噪声。对接触器的维护要求是：

1) 定期检查交流接触器的零件,要求可动部位灵活,紧固件无松动。

2) 保持触点表面的清洁,不允许粘有油污。当触点表面因电弧烧蚀而附有金属小珠粒时,应及时去掉。触点若已磨损,应及时调整,以消除过大的超程。若触点厚度只剩下 $1/3$ 时,应及时更换。银和银合金触点表面因电弧作用而生成的黑色氧化膜不必锉去,因为这种氧化膜的接触电阻很低,不会造成接触不良,锉掉反而会缩短触点寿命。

3) 接触器不允许在去掉灭弧罩的情况下使用,因为这样很可能发生短路事故。

4) 若接触器已不能修复,应予更换。更换前应检查接触器的铭牌和线圈标牌上标出的参数。换上去的接触器其有关数据应符合技术要求;有些接触器还需要检查和调整触点的开距、超程、压力等,使各个触点的动作同步。

接触器常见的故障有：

1) 线圈过热或烧损。这是由于线圈电压过高或过低或操作频率过高等因素所致。

2) 噪声大。这是由于线圈电压低,触点弹簧压力过大或零件卡住等因素所致。

3) 触点吸不上。这往往和电压过低、触点接触不良及触点弹簧压力过大等因素有关。

4) 触点不释放。这和触点弹簧压力过小、触点熔焊及零件卡住等因素有关。

2. 继电器

继电器是一种根据外界输入的信号来控制电路中电流“通”与“断”的自动切换电器。它主要用来反映各种控制信号,其触点通常接在控制电路中。继电器和接触器在结构和动作原理上大致相同,但前者在结构上体积小,动作灵敏,没有灭弧装置,触点的种类和数量也较多。

中间继电器实质上是一种电压继电器,主要在电路中起信号传递与转换作用。由于中间继电器触头多,可实现多路控制,将小功率的控制信号转换为各方的触点动作,以扩充其他电器的控制作用,在数控机床中常采用线圈电压为直流+24V的中间继电器。图6

- 15a 为中间继电器结构示意图。

在数控机床中,还有各类指示灯、液压和气动系统中的电磁阀、伺服电动机的电磁制动器等 PLC 输出开关量的控制。

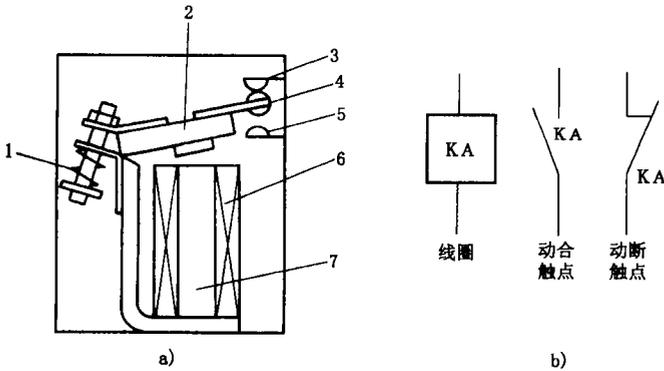


图 6-15 中间继电器

a)结构示意图 b)图形符号

- 1- 弹簧 2- 衔铁 3- 动断触点 4- 动触点
5- 动合触点 6- 线圈 7- 铁心

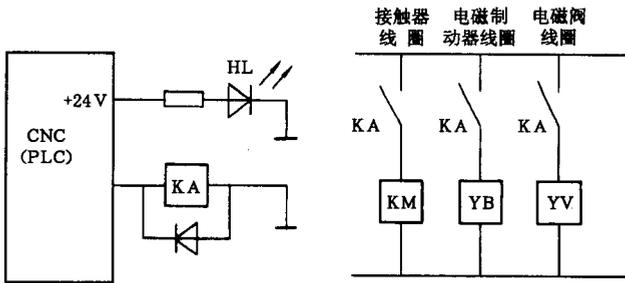


图 6-16 内装式 PLC 的输出控制

需要指出的是,内装式 PLC 的输入/输出采用直流 + 24V 电源,由于受到输出容量的限制,直流开关输出量信号一般用于机床强电箱中的中间继电器线圈和指示灯等,每个 + 24V 中间继电器的典型驱动电流为数十毫安。在开关量输出电路中,当被控制的对象是电磁阀、电磁离合器等交流负载,或虽是直流负载,工作电压或电流超过 PIC 输出信号的最大允许值时,应首先驱动 + 24V 中间继电器,然后用其触点控制强电线路中的接触器。同时应注意,中间继电器线圈上要并联续流二极管,以便当线圈断电时,为电流提供放电回路,否则极易损坏驱动电路。图 6-16 所示为内装式 PLC 的输出控制。

有些外装式的 PLC 由于本身具有电源模块,输出容量较大,可以是交流 220V,也可以最大容量的直流 + 24V,因此,可直接带动接触器或电磁阀线圈,如西门子的 SIMATIC S5115U 等。

在电气控制柜中,各电气元件及与元器件端子相连接的导线均有编号,编号的名称与

线路图上的标注相对应。因此,作为维修人员:①要熟悉电气线路图。②熟悉各元器件在控制柜中的位置及连线的走线等。这样,当出现输入/输出元件故障时,就能有的放矢,提高故障诊断的正确性的效率。

第三节 数控机床 PLC 控制的故障诊断

一、PLC 故障的表现形式

当数控机床出现有关 PLC 方面的故障时,一般有三种表现形式:①故障可通过 CNC 报警直接找到故障的原因。②故障虽有 CNC 故障显示,但不能反映故障的真正原因。③故障没有任何提示。对于后两种情况,可以利用数控系统的自诊断功能,根据 PLC 的梯形图和输入/输出状态信息来分析和判断故障的原因,这种方法是解决数控机床外围故障的基本方法。

如某配备 SIEMENS 数控系统的机床显示某号报警,其内容是进给禁止。引起报警的各种因素以输入信号 I 和标志信号 F 出现在 PLC 程序中。若报警号标志为 F 130.1、伺服准备好标志为 F 122.7、进给起动为 I 5.2、润滑准备好标志为 F 122.0,则逻辑关系有下面三种形式,如表 6-1 所示。

表 6-1 输入/输出及标志逻辑关系

语句表 (STL)	梯形图 (LAD)	流程图 (CSF)
<pre> :A F122.7 :A I5.2 :A F122.0 S F130.1 </pre>		

通过操作面板上的 DIAGNOSIS 软键功能,如图 6-17 所示,在 CRT 上 PLC STATUS 菜单中观察 IB、FB 输入及标志字状态位,发现只有 F122.0 不为“1”,这说明由于润滑没有准备好而导致进给禁止。

设润滑准备好的条件有:①润滑起动。②润滑油箱和油位监控。③润滑油的油压监控。根据上面的方法就可以继续查出这三个信号的状态,再根据电路图纸,采取起动润滑、加注润滑油和调节润滑系统的调节阀等措施以消除报警。

SIEMENS 数控系统也有可以通过机外编程器,如 PG685、PG710、PG750 及装有专用软

JOG		-CH1	
PLC	STATUS		
	76543210	FB106	00000000
	76543210	FB107	00000000
FB106	00000000	FB108	00110001
FB108	00110001	FB109	01001000
FB110	11001000	FB111	00000111
FB112	00000001	FB113	00000001
FB114	11111000	FB115	11111110
FB116	00001001	FB117	00100001
FB118	11111110	FB119	11111001
FB120	00000010	FB121	10010001
FB122	11000000	FB123	00111000
FB124	10100001	FB125	00000010
KM	KH	KF	

图 6-17 “PLC STATUS”CRT 显示

件的通用微机来实时观察 PLC 梯形图或流程图,通过 RS232C 和 CNC 通信,进行数据发送和接收,如图 6-18a 所示。图 6-18b 为编程器页面显示。

机外编程器的操作系统有 S5-DOS 和 S5-DOS/SMATIC、STEP5 编程软件包。

对 FANUC 系统而言,可以直接利用 CNC 系统上的 DGNOS PARAM 功能跟踪梯形图的运行。同时,FANUC 系统可用 P-E 或 P-G 编程器装置和 FAPTLD 编程语言进行 PLC 编程,对 10、11、12 和 15 系统也可以通过数控系统的 MDI/CRT 直接进行 PLC 编程和梯形图跟踪。

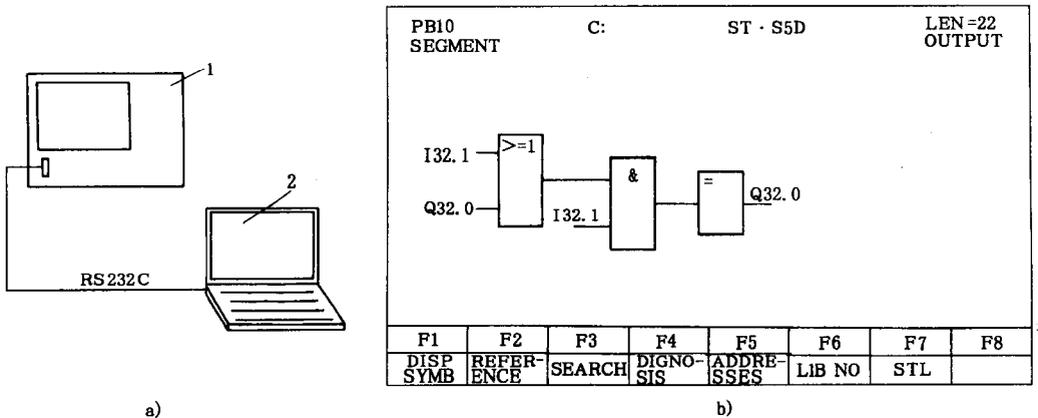


图 6-18 机外编程器

a) 与 CNC 的连接 b) 页面显示

1 - CNC 2 - 机外编程部

同样,对三菱 MELDAS50 系列数控系统,也可通过 MDI/CRT 进行梯形图跟踪及 PLC 梯形图设计,编程方法同三菱 FX 系列 PLC 控制器。

二、数控机床 PLC 故障诊断的方法

(一) 根据报警号诊断故障

现代数控系统具有丰富的自诊断功能,能在 CRT 上显示故障报警信息,为用户提供各种机床状态信息,充分利用 CNC 系统提供的这些状态信息,就能迅速准确地查明和排除故障。

例 6-1 配备 SINUMERIK 820 数控系统的某加工中心,产生 7035 号报警,查阅报警信息为工作台分度盘不回落。

在 SINUMERIK 810/820S 数控系统中,7 字头报警为 PLC 操作信息或机床厂设定的报警,指示 CNC 系统外的机床侧状态不正常。处理方法是,针对故障的信息,调出 PLC 输入/输出状态与拷贝清单对照。

工作台分度盘的回落是由工作台下方的接近开关 SQ25、SQ28 来检测的,其中 SQ28 检测工作台分度盘旋转到位,对应 PLC 输入接口 I10.6, SQ25 检测工作台分度盘回落到位,对应 PLC 输入接口 I10.0。工作台分度盘的回落是由输出接口 Q4.7 通过继电器 KA32 驱动电磁阀 YV06 动作来完成。

从 PLC STATUS 中观察, I10.6 为“1”,表明工作台分度盘旋转到位, I10.0 为“0”,表明工作台分度盘未回落,再观察 Q4.7 为“0”,KA32 继电器不得电, YV06 电磁阀不动作,因而工作台分度盘不回落产生报警。

处理方法:手动 YV06 电磁阀,观察工作台分度盘是否回落,以区别故障在输出回路还是在 PLC 内部。

例 6-2 某数控机床的换刀系统在执行换刀指令时不动作,机械臂停在行程中间位置上, CRT 显示报警号,查手册得知该报警号表示:换刀系统机械臂位置检测开关信号为“0”及“刀库换刀位置错误”。

根据报警内容,可诊断故障发生在换刀装置和刀库两部分,由于相应的位置检测开关无信号送至 PLC 的输入接口,从而导致机床中断换刀。造成开关无信号输出的原因有两个:一是由于液压或机械上的原因造成动作不到位而使开关得不到感应;二是电感式接近开关失灵。

首先检查刀库中的接近开关,用一薄铁片去感应开关,以排除刀库部分接近开关失灵的可能性,接着检查换刀装置机械臂中的两个接近开关,一个是“臂移出”开关 SQ21,另一个是“臂缩回”开关 SQ22。由于机械臂停在行程中间位置上,这两个开关输出信号均为“0”,经测试,两个开关均正常。

机械装置检查:“臂缩回”的动作是由电磁阀 YV21 控制的,手动电磁阀 YV21,把机械臂退回至“臂缩回”位置,机床恢复正常,这说明手控电磁阀能使换刀装置定位,从而排除了液压或机械上阻滞造成换刀系统不到位的可能性。

由以上分析可知,PLC 的输入信号正常,输出动作执行无误,问题在 PLC 内部或操作

不当。经操作观察,两次换刀时间的间隔小于 PLC 所规定的要求,从而造成 PLC 程序执行错误引起故障。

对于只有报警号而无报警信息的报警,必须检查数据位,并与正常情况下的数据相比较,明确该数据位所表示的含义,以采取相应的措施。

例 6-3 配备 FANUC7 数控系统的某数控机床,产生 99 号报警,该报警无任何说明。利用机床信息诊断,发现数据 T6 的第 7 位数据由“1”变“0”,该数据位为数控柜过热信息,正常时为“1”,过热时为“0”。处理方法:①检查数控柜中的热控开关。②检查数控柜的通风是否良好。③检查数控柜的稳压装置是否损坏。

(二) 根据动作顺序诊断故障

数控机床上刀具及托盘等装置的自动交换动作都是按照一定的顺序来完成的,因此,观察机械装置的运动过程,比较正常和故障时的情况,就可发现疑点,诊断出故障的原因。

例 6-4 图 6-19 为某立式加工中心自动换刀控制示意图。

故障现象 换刀臂平移至 C 时,无拔刀动作。

ATC 动作的起始状态是:①主轴保持要交换的旧刀具。②换刀臂在 B 位置。③换刀臂在上部位置。④刀库已将要交换的新刀具定位。

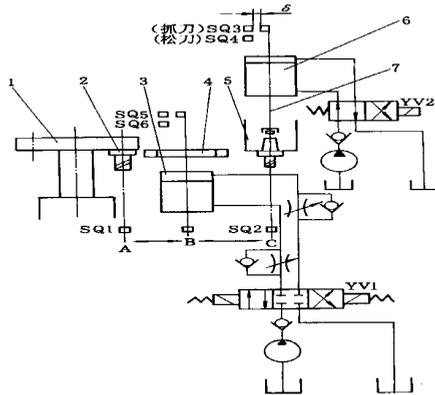


图 6-19 自动换刀控制示意图

1-刀库 2-刀具 3-换刀臂升降油缸 4-换刀臂 5-主轴 6-主轴油缸 7-拉杆

自动换刀的顺序为:换刀臂左移(B→A)→换刀臂下降(从刀库拔刀)→换刀臂右移(A→B)→换刀臂上升→换刀臂右移(B→C),抓住主轴中刀具)→主轴液压缸下降(松刀)→换刀臂下降(从主轴拔刀)→换刀臂旋转 180°(两刀具交换位置)→换刀臂上升(装刀)→主轴液压缸上升(抓刀)→换刀臂左移(C→B)→刀库转动(找出旧刀具位置)→换刀臂左移(B→A,返回旧刀具给刀库)→换刀臂右移(A→B)→刀库转动(找下把刀具)。

换刀臂平移至 C 位置时,无拔刀动作,分析原因,有几种可能:

- 1) SQ2 无信号,使松刀电磁阀 YV2 未激磁,主轴仍处抓刀状态,换刀臂不能下移。
- 2) 松刀接近开关 SQ4 无信号,则换刀臂升降电磁阀 YV1 状态不变,换刀臂不下降。
- 3) 电磁阀有故障,给予信号也不能动作。

逐步检查,发现 SQ4 未发信号,进一步对 SQ4 检查,发现感应间隙过大,导致接近开关无信号输出,产生动作障碍。

(三) 根据控制对象的工作原理诊断故障

数控机床的 PLC 程序是按照控制对象的工作原理来设计的,通过对控制对象工作原理的分析,结合 PLC 的 I/O 状态是故障诊断很有效的方法。

例 6-5 配备 FANUC 0T 系统的某数控车床,其尾座套筒的 PLC 输入开关如图 6-20 所示。

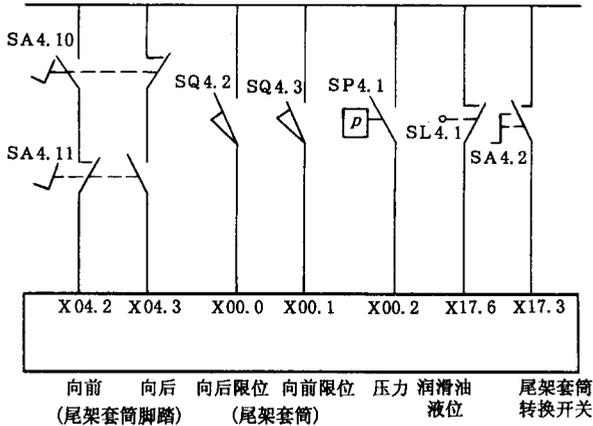


图 6-20 尾座套筒的 PLC 输入开关

故障现象 当脚踏尾座开关使套筒顶紧工件时,系统产生报警。

在系统诊断状态下,调出 PLC 输入信号,发现脚踏向前开关输入 X04.2 为“1”,尾座套筒转换开关输入 X17.3 为“1”,润滑油供给正常使液位开关输入 X17.6 为“1”。调出 PLC 输出信号,当脚踏向前开关时,输出 Y49.0 为“1”,同时,电磁阀 YV4.1 也得电,这说明系统 PLC 输入/输出状态均正常,分析尾座套筒液压系统如图 6-21 所示。

当电磁阀 YV4.1 通电后,液压油经溢流阀、流量控制阀和单向阀进入尾座套筒液压缸,使其向前顶紧工作。松开脚踏开关后,电磁换向阀处于中间位置,油路停止供油,由于单向阀作用,尾座套向前时的油压得到保持,该油压使压力继电器常开触点接通,在系统 PLC 输入信号中 X00.2 为“1”。但检查系统 PLC 输入信号 X00.2 则为“0”,说明压力继电器有问题,其触点开关损坏。

故障原因 因压力继电器 SP4.1 触点开关损坏,油压信号无法接通,从而造成 PLC 输入信号为“0”,故系统认为尾座套筒未顶紧而产生报警。

解决方法 更换新的压力继电器,调整触点压力,使其在向前脚踏开关动作后接通并保持到压力取消,故障排除。

例 6-6 配备 FANUC 0T 系统的数控车床,产生刀架奇偶报警,奇数位刀能定位,而偶数位刀不能定位。图 6-22 所示为刀架 PLC 控制信号。

许多故障都会在 PLC 的 I/O 接口这个通道上反映出来。数控机床的这种特点为故障诊断提供了方便,只要不是数控系统硬件故障,可以不必查看梯形图和有关电路图,直接通过查询 PLC 的 I/O 接口状态,找出故障原因。这里的关键是要熟悉有关控制对象的 PLC 的 I/O 接口的通常状态和故障状态。

例 6-7 某数控机床出现防护门关不上,自动加工不能进行的故障,而且无故障显示。该防护门是由气缸来完成开关的,关闭防护门是由 PLC 输出 Q2.0 控制电磁阀 YV2.0 来实现。检查 Q2.0 的状态,其状态为“1”,但电磁阀 YV2.0 却没有得电,由于 PLC 输出 Q2.0 是通过中间继电器 KA2.0 来控制电磁阀 YV2.0 的,检查发现,中间继电器损坏引起故障,更换继电器,故障被排除。

另外一种简单实用的方法,就是将数控机床的输入/输出状态列表,通过比较通常状态和故障状态,就能迅速诊断出故障的部位。表 6-2 为某数控机床 PLC 输入/输出状态表。

表 6-2 PLC 输入/输出状态表

接 口		本项状态	通常状态	本项状态内容
输 入	10.0	0	1	急停,急停常闭触点断
	⋮	⋮	⋮	⋮
	13.1	1	0	主轴冷却油压过高,压力继电器 SP92 闭合
	⋮	⋮	⋮	⋮
	115.7	0	1	分度工作台限位开关 SQ12 断
输 出	Q00	1	1	夜压开,继电器 KA11 吸
	⋮	⋮	⋮	⋮
	Q0.4	1	0	分度台无制动,抱闸线圈 YB15 得电
	⋮	⋮	⋮	⋮
	Q0.7	1	0	分度台旋转,继电器 KA43 吸
	⋮	⋮	⋮	⋮
	Q5.5	1	0	机械手向下,电磁阀 YV24 得电
	⋮	⋮	⋮	⋮
	Q11.7	1	0	刀库旋转,继电器 KA35 吸

例 6-8 故障现象为机床不能启动,但无报警信号。这种情况大多由于机床侧的准备工作没有完成,如润滑准备、冷却液准备等。根据表 6-2,查阅 PLC 有关的输入/输出接口,发现 13.1 为“1”,其余均正常,从接口表看,正常状态是 13.1 为“0”。检查压力开关

SP92 找到故障原因是滤油阀脏堵造成油压增高。

例 6-9 机床同上。故障现象为分度台旋转不停,但无报警号。查阅输出接口,发现输出 Q0.4 为“1”,Q0.07 为“1”,从接口表看,Q0.4 为“1”表明分度台无制动,Q0.7 为“1”表明分度台处于旋转状态。再检查输入接口,发现 I15.7 为“0”,其余正常,其原因是限位开关 SQ12 损坏。更换后,PLC 输入/输出均恢复正常,故障排除。

(五) 通过 PLC 梯形图诊断故障

根据 PLC 的梯形图来分析和诊断故障是解决数控机床外围故障的基本方法。用这种方法诊断机床故障首先应该搞清机床的工作原理、动作顺序和联锁关系,然后利用 CNC 系统的自动诊断功能或通过机外编程器,根据 PLC 梯形图查看相关的输入/输出及标志位的状态,从而确认故障的原因。

例 6-10 配备 SINUMERIK 810 数控系统的加工中心,出现分度工作台不分度的故障且无故障报警。根据工作原理,分度时首先将分度的齿条与齿轮啮合,这个动作是靠液压装置来完成的,由 PLC 输入 Q1.4 控制电磁阀 YV14 来执行,PLC 梯形图如图 6-23 所示。

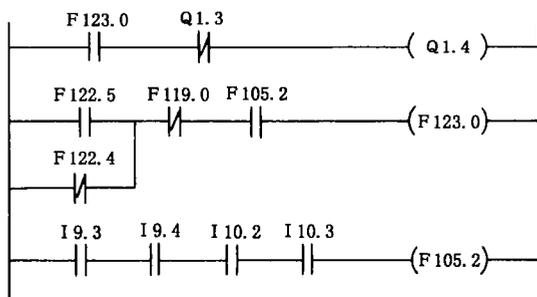


图 6-23 分度工作台 PLC 梯形图

通过数控系统的 DLGNOSIS 自诊断功能中的“STATUS PLC”软键,实时查看 Q1.4 的状态,发现其状态为“0”,由 PLC 梯形图查看 F123.0 也为“0”,按梯形图逐个检查,发现 F105.2 为“0”导致 F123.0 也为“0”,根据梯形图,查看 STATUS PLC 中的输入信号,发现 I110.2 为“0”,从而导致 F105.2 为“0”。I9.3、I9.4、I110.2 和 I110.3 为四个接近开关的检测信号,以检测齿条和齿轮是否啮合。分度时,这四个接近开关都应有信号,即 I9.3、I9.4、I110.2 和 I110.3 应闭合,现 I110.2 未闭合,处理方法:①检查机械传动部分。②检查接近开关是否损坏。

上述方法是在已知 PLC 梯形图的情况下,通过 CNC 的自诊断功能中的 PLC STATUS 来查看输入/输出及标志字,以此来诊断故障。对 SIEMENS 数控系统,也可通过机外编程器实时观察 PLC 的运行情况。

例 6-11 某卧式加工中心出现回转工作台不旋转的故障。根据故障对象,用机外编程器调出有关回转工作台的梯形图,如图 6-24 所示。

根据回转工作台的工作原理,旋转时首先将工作台气动浮起,然后才能旋转,气动电

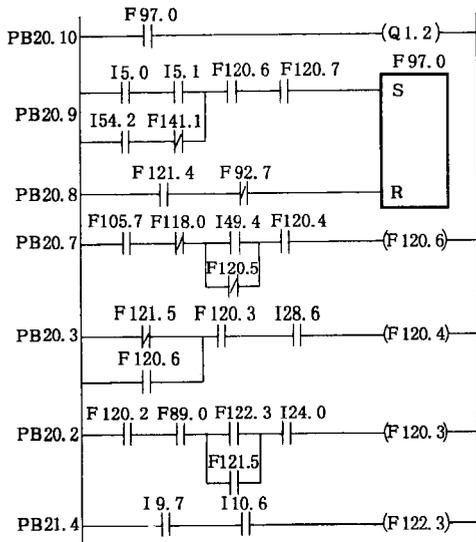


图 6-24 回转工作台 PLC 梯形图

电磁阀 YV12 受 PLC 输出 Q1.2 的控制。因加工工艺要求,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 是分度头到位标志位。

从 PLC 的 PB20.10 中观察,由于 F97.0 未闭合,导致 Q1.2 无输出,电磁阀 YV12 不得电。继续观察 PB20.9,发现 F120.6 未闭合导致 F97.0 低电平。向下检查 PB20.7, F120.4 未闭合引起 F120.6 未闭合。继续跟踪 PB20.3, F120.3 未闭合引起 F120.4 未闭合。向下检查 PB20.2,由于 F122.3 没满足,导致 F120.3 未闭合。观察 PB21.4,发现 I9.7、I10.6 状态总是相反,故 F122.3 总是“0”。

故障诊断结论是,两个工位分度头不同步。处理方法:①检查两个工位分度头的机械装置是否错位。②检查检测开关 I9.7、I10.6 是否发生偏移。

(六) 动态跟踪梯形图诊断故障

有些 PLC 发生故障时,查看输入/输出及标志状态均为正常,此时必须通过 PLC 动态跟踪,实时观察输入/输出及标志状态的瞬间变化,根据 PLC 的动作原理作出诊断。

例 6-12 配备 SINUMERIK 810 数控系统的双工位、双主轴数控机床,如图 6-25 所示。

故障现象 机床在 AUTOMATIC 方式下运行,工件在一工位加工完,一工位主轴还没有退到位且旋转工作台正要旋转时,二工位主轴停转,自动循环中断,并出现报警且报警内容表示二工位主轴速度不正常。

两个主轴分别由 B1、B2 两个传感器来检测转速,通过对主轴传动系统的检查,没发现问题。用机外编程观察梯形图的状态,如图 6-26 所示。

图 6-26 中, F112.0 为二工位主轴起动标志位, F111.7 为二工位主轴起动条件, Q32.

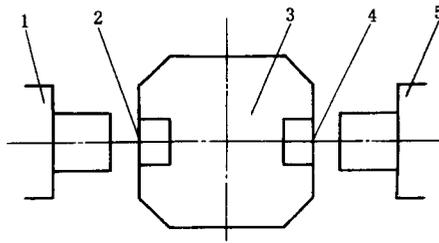


图 6-25 双工位、双主轴示意图

1-主轴 2-工位 I

3-回转工作台 4-工位 II 5-主轴 III

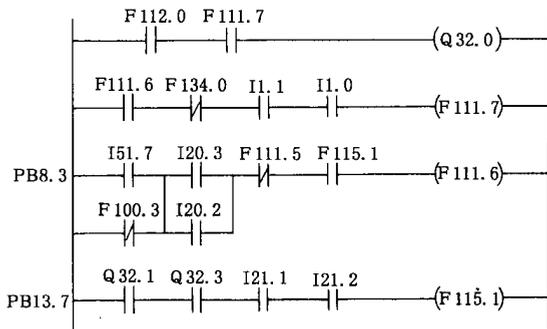


图 6-26 双工位、双主轴 PLC 梯形图

Q32.0 为二工位主轴起动输出, I21.1 为二工位主轴刀具卡紧检测输入, F115.1 为二工位刀具卡紧标志位。

在编程器上观察梯形图的状态,出现故障时, F112.0 和 Q32.0 状态都为“0”,因此主轴停转,而 F112.0 为“0”是由于 B1、B2 检测主轴速度不正常所致。动态观察 Q32.0 的变化,发现故障没有出现时, F112.0 和 F111.7 都闭合,而当出现故障时, F111.7 瞬间断开,之后又马上闭合, Q32.0 随 F111.7 瞬间断开其状态变为“0”,在 F111.7 闭合的同时, F112.0 的状态也变成了“0”,这样 Q32.0 的状态保持为“0”,主轴停转。B1、B2 由于 Q32.0 随 F111.7 瞬间断开测得速度不正常而使 F112.0 状态变为“0”。主轴起动的条件 F111.7 受多方面因素的制约,从梯形图上观察,发现 F111.6 的瞬间变“0”引起 F111.7 的变化,向下检查梯形图 PB8.3,发现刀具卡紧标志 F115.1 瞬间变“0”,促使 F111.6 发生变化,继续跟踪梯形图 PB13.7,观察发现,在出故障时, I21.1 瞬间断开,使 F115.1 瞬间为“0”,最后使主轴停转。I21.1 是刀具液压卡紧压力检测开关信号,它的断开指示刀具卡紧力不够。由此诊断故障的根本原因是刀具液压卡紧力波动,调整液压使之正常,故障排除。

综上所述, PLC 故障诊断的关键是: ①要了解数控机床各组成部分检测开关的安装位置,如加工中心的刀库、机械手和回转工作台,数控车床的旋转刀架和尾架,机床的气、液压系统中的限位开关、接近开关和压力开关等,弄清检测开关作为 PLC 输入信号的标志。②了解执行机构的动作顺序,如液压缸、气缸的电磁换向阀等,弄清对应的 PLC 输出信号

标志。③了解各种条件标志,如起动、停止、限位、夹紧和放松等标志信号。④借助必要的诊断功能,必要时用编程器跟踪梯形图的动态变化,搞清故障的原因,根据机床的工作原理作出诊断。

因此,作为用户来讲,要注意资料的保存,作好故障现象及诊断的记录,为以后的故障诊断提供数据,搞高故障诊断的效率。当然,故障诊断的方法不是单一的,有时要用几种方法综合诊断,以得到正确的诊断结果。

第七章 维修的基本要求和故障常规处理方法

第一节 维修的基本要求

一、对维修人员的素质要求

数控设备是技术密集型和知识密集型机电一体化产品,其技术先进、结构复杂、价格昂贵,在生产上往往起着关键作用,因此对维修人员有较高的要求。维修工作做得好坏,首先取决于维修人员的素质,他们必须具备以下条件:

①专业知识面广。具有中专以上文化程度,掌握或了解计算机原理、电子技术、电工原理、自动控制与电力拖动、检测技术、机械传动及机加工工艺方面的基础知识。既要懂电、又要懂机。电包括强电和弱电,机包括机械、液压和气动技术。维修人员还必须经过数控技术方面的专门学习和培训,掌握数字控制、伺服驱动及 PLC 的工作原理,懂得 NC 和 PLC 编程。

②具有专业英语阅读能力。数控系统的操作面板、CRT 显示屏以及随机技术手册大都用英文表示,不懂英文就无法阅读这些重要的技术资料,无法通过人机对话,操作数控系统,甚至不识报警提示的含义。对照英文翻字典翻译资料,虽可解决一些问题,但会增加宝贵的停机修理时间。所以,一个称职的数控维修人员必须努力培养自己的英语阅读能力。

③勤于学习,善于分析。数控维修人员应该是一个勤于学习的人,他们不仅要有较广的知识面,而且需要对数控系统有深入的了解。要读懂厚厚几大本数控系统技术资料并不是一件轻而易举的事,必须刻苦钻研,反复阅读,边干边学,才能真正掌握。数控系统型号多、更新快,不同制造厂,不同型号的系统往往差别很大。一个能熟练维修 FANUC 数控系统的人不见得会熟练排除 SIEMENS 系统所发生的故障,其原因就在于此。当前数控技术正随着计算机技术的迅速发展而发展,通用计算机上使用的硬件、软件如软盘、硬盘,人机对话系统越来越广泛地应用于新的数控系统,与传统的数控系统的差别日益增大,即使对于经验丰富的老维修人员来说,也有不断学习的要求。

数控维修人员需要有一个善于分析的头脑。数控系统故障现象千奇百怪,各不相同,其起因往往不是显而易见的,它涉及电、机、液、气各种技术。就数控系统而言,机内成千上万只元器件都有损坏的可能,要在这样众多的元器件中找到损坏的那一只,要有由表及里、去伪存真的本领,在这里对众多的故障原因和现象作出正确的分析判断是至关重要的。

④有较强的动手能力和实验技能。数控系统的修理离不开实际操作,维修人员应会动手对数控系统进行操作,查看报警信息,检查、修改参数,调用自诊断功能,进行 PLC 接口检查;应会编制简单的典型加工程序,对机床进行手动和试运行操作;应会使用维修所必需的工具、仪表和仪器。

对数控维修人员来说,胆大心细,既敢于动手,又细心有条理是非常重要的。只有敢于动手,才能深入理解系统原理、故障机理,才能一步步缩小故障范围、找到故障原因。所谓“心细”,就是在动手检修时,要先熟悉情况、后动手,不盲目蛮干;在动手过程中要稳、要准。

二、必要的维修用器具

1. 测量仪器、仪表

(1)万用表 数控设置的维修涉及弱电和强电领域,最好配备指针式和数字式万用表各一个。指针式万用表除用于测量强电回路之外,还用于判断二极管、三极管、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,还可测量三极管的放大倍数和电容值。它还有一个蜂鸣器档,可测量电路的通断,判断印制电路的走向。

(2)逻辑测试笔和脉冲信号笔 这两种笔形仪器体积小,价格低,对以数字电路为主体的数控系统的现场故障检查,十分适用、方便。一般使用 TTL 和 CMOS 逻辑电子通用型。

逻辑测试笔可测试电路是处于高电平还是低电平,或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脉冲,还可大概估计脉冲的占空比和频率范围。

脉冲发生笔则可出发单脉冲或连续脉冲、发正脉冲或负脉冲,它和逻辑测试笔配合使用,就能对电路的输入和输出的逻辑关系进行测试。

(3)示波器 数控系统修理通常选用频带宽度为 10~100MHz 范围内的双通道示波器。它不仅测量电平、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。常用来观察主开关电源的振荡波形,直流电源或测速发电机输出的纹波,伺服系统的超调、振荡波形。用来检查、调整纸带阅读机的光电放大器的输出波形,还可检查 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。

(4)PLC 编程器、不少数控系统的 PLC 控制器必须使用专用的编程器才能对其进行编

程、调试、监控和检查。这类编程器型号不少,如 SIEMENS 的 PG710、PG750、PG685,OMRON 的 GPC01 ~ GPC04、PRO - 13 ~ PRO - 27 等。这些编程器可以对 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,可强制内部输出,对定时器、计数器和移位寄存器进行置位和复位等。带有图形功能的编程器还可显示 PLC 梯形图。

(5) IC 测试仪 这类测试仪可离线快速测试集成电路的好坏,在数控系统进行片级维修时是必要的仪器。它按测试的常用中、小规模数字芯片,大规模数字芯片和模拟芯片分类。国内常用的有台湾河洛公司生产的 PRUFER—20 型手持式常用数字芯片测试仪,可测试 TTL74、CMOS40、CMOS45、DRAM41、DRAM44 等系列、引脚在 20 个以内的数字芯片。

英国 ABI 电子公司的 PT3000 型手持式 40 脚数字芯片测试仪,除可测试上述常用系列芯片外,还可测试 PROM、EPROM、DRAM、SRAM 多种存储器芯片,以及测试 TTL75、ULNZ、8Z、DS88、Z80、8T、MC68、86/82 等系列外围接口和微处理器芯片。

PT3200 型模拟芯片测试仪是 ABI 公司的另一种产品,可测试各种运放、比较器、光电耦合器模拟多路开关、转换阵列、D/A、A/D 转换器、基准源、电压调节器以及一些特殊电路。

上述两种 PT 型 IC 测试仪,体积和一般数字式万用表差不多,还可使用机内电池,使用十分方便,可测试数控系统修理中所遇到的大多数集成电路,对维修人员十分有用,但价格比较昂贵。

台湾河洛公司的 ALL - 03 或 07 型通用编程器也是国内维修人员常用的测试、编程仪器,它需和计算机连接,可对各种 EPROM、E²PROM 以及 GAL 等可编程逻辑芯片烧制程序。也可测试 TTL、CMOS 等通用系列芯片。

(6) IC 在线测试仪 这是一种使用通用微型计算机技术的新型数字集成电路在线测试仪器。它的主要特点是能够对焊接在电路板上的芯片直接进行功能、状态和外特性测试,确认其逻辑功能是否失效。它所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。因此,它可以检查各种电路板,而且无需图样资料或了解其工作原理,为缺乏图样而使维修工作无从下手的数控维修人员提供了一种有效的手段,目前它在国内的应用日益广泛。

维修常用的在线测试仪原理有两种:一种是使用反驱动原理,在被测集成电路的输入脚上强行瞬时注入强大的电流,使被测集成电路处于规定的工作状态,采集集成电路输出电平,与存储于电脑测试程序中的正常电子相比较,从而确定被测集成电路的性能是否正常。采用这一原理的在线测试仪有:美国 SHLUMBERGER 公司生产的 S635 型,国产超能 TL4040 型等。反驱动作用的时间较短,一般限制在 25ms 以内,故不会对器件产生不利的影响。S635 型有智能驱动功能,可以根据被测集成电路的性能,自动控制反驱动电流强度,在电脑中存有三千多种集成电路的测试程序,是一种功能较强的通用在线测试仪。另一种是使用符合比较的原理,用电子开关切换、比较被测集成电路和标准集成电路的输出状态,用符合逻辑判断被测集成电路的好坏。标准集成电路实质就是与被测集成电路同

型号的好的集成电路,通过专用测试装置与被测集成电路处于并联状态。用这一原理的在线测试仪有美国 FLUKE 公司的 900 在线测试仪等。另外还有用针床法和探针法的在线测试仪,它们都必须要有线路图,并预知各测试点的波形,预先做大量工作,编好专用的测试诊断程序,故只适用于批量生产的场合。

目前国内使用较多的 IC 在线测试仪,进口的有新加坡的创能 BW4040EX,国产的有北京天龙电子工程公司的超能 TL4040,两者性能接近,都具有以下主要测试功能:

1) 中小规模数字芯片的在线功能测试 也称 JCFIT 测试,可测 TTL74/75、CMOS4000、DRAM/SRAM 等芯片,是其在在线测试的主要功能。

2) 芯片出脚状态及连接情况测试 可自动测出地线脚、 V_{cc} 、浮空脚及相连脚,并可存盘记录。当芯片损坏后,相应管脚状态往往会发生变化,如击穿造成信号脚与电源短路而使引脚连线关系发生变化,因此只要和原先正常时所存的记录相比较,就会发现故障所在。当在线功能测试隔离失效时,这种测试可进一步提高查找故障的命中率。

3) VI 特性测试 由测试仪产生一个扫描电压,加到被测的芯片出脚(或电路焊接点)上,同时记录其电流变化,从而获得被测点的动态响应阻抗曲线。通常芯片的损坏 90% 都是端口损坏,端口一旦损坏必然改变它的 VI 曲线,因此只要和正常时所存的 VI 特性记录相比较,就可找出故障。这种测试对任何芯片及分离元件都是有效的,特别是对模拟器件来说,损坏后往往造成端口特性阻抗发生明显变化,因此更容易判别器件的好坏。

4) LSI 分析测试 它测的是 40 脚以下、双列直插式封装的大规模集成电路,如 8255、8031、Z80 等芯片的分析测试。由于 LSI 芯片功能十分复杂,又有多种使用方式,因此采用专用语言来描述其功能,并分成许多子测试,每个子测试只测一项功能。在测试前必须先一块好的电路板事先对 LSI 进行学习测试。

目前,上述在线测试系统还不能保证被测电路在任何情况下都与相连的电路隔离成功,如 74373、244、245 等总线芯片,由于其输出挂在总线上,存在着总线竞争。还有板上振荡电路影响、异步连接等,造成在线测试的测量结果不是 100% 正确。通常,经在线测试通过的 IC 一定是好的,测试通不过的不一定是坏的。经验表明,采用在线功能测试确定坏的中小规模芯片的准确率约为 70%。对一些在线测试失败的芯片,还需要做进一步检查,确定其是否真坏。如将该集成电路从印制电路板上拆下,再用在线测试仪离线测试,最终确定其好坏。

以上介绍的几种数字集成芯片离线或在线测试仪器,由于仅检测芯片的功能是否失效,不进行一些电参数(比如频响、延迟、扇出系数、温漂等)的测试,所以这些参数变化引起的故障也无法检测出来。

(7) 短路追踪仪 短路是电气维修中经常碰到的故障现象,如果使用万用表寻找短路点往往很费劲。如遇到电路中某个元器件击穿短路,由于在两条连线之间可能并接有多个元器件,用万用表测量出哪一个元器件短路比较困难。再如对于变压器绕组局部轻微短路的故障,一般万用表测量也无能为力,而采用短路故障追踪仪可以快速地找出印制电路板上的任何短路点,如焊锡短路、总线短路、电源短路、多层线路板短路、芯片及电解电

容内部短路、非完全短路等。

创能 CB-2000 型短路追踪仪是比较常见的一种仪器。它采用微电阻测量、微电压测量和电流流向追踪三种方式寻找短路点。三种方式可单独使用,也可以互相验证,共同确定一个短路点。

(8)逻辑分析仪 它是专门用于测量和显示多路数字信号的测试仪器,通常分 8、16、64 个通道,即可同时显示 8 个、16 个或 64 个逻辑方波信号。和显示连续波形的通用示波器不同,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,通过仿真头它可仿真多种常用的如 INTEL80 系列 CPU 系统,进行数据、地址、状态值的预置或跟踪检查。

在维修时,逻辑分析仪可检查数字电路的逻辑关系是否正常,时序电路的各点信号的时序关系是否正确,信号传输中是否有竞争、毛刺和干扰。通过测试软件的支持,对电路板输入给定的数据,同时跟踪测试它的输出信息,显示和记录瞬间产生的错误信号,找到故障所在。

逻辑分析仪有多种型号,常见的有 BA-1610、BA-1605、CA 川型等,一般可采用 16 个通道,频率范围 50MHz 或 100MHz 的型号。

以上介绍的 8 种测量仪表、仪器,有些是常用的,是数控系统维修人员必备的,有些则是维修单位在板级维修的基础上提高到片级维修所要配备的。由于数控系统印制电路板价格昂贵,向国外购置或送修又十分不便,一些大的维修单位常配置这类仪器进行元器件级的修理。在本书的以后章节中,我们将总结这方面的经验。

2. 维修工兵

维修数控设备除了必要的测量仪表、仪器之外,一些维修工具是不可缺少的,主要有以下几种:

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烙铁头,使用恒温式更好。电烙铁使用时接地线非常重要,一旦烙铁漏电可能会击穿多个芯片。

2)吸锡器。将多个引出脚的 IC 芯片从电路板上焊下来,常用的方法是采用吸锡器,目前有手动和电动两种。手动的吸锡器价格便宜,但在一些场合吸锡效果不好,如拆多层电路板上芯片的接地和电源引脚时,因散热快,难以吸净焊锡。电动吸锡器带电热丝和吸气泵,使用时对准焊点,待锡熔化后按动(手动或脚踩)吸气泵将锡抽净。

3)旋具。常用的是大中小尺寸的一字槽和十字槽旋具的各一套。在拆卸某些数控零部件时需要专用旋具,如拆下 SIEMENS 伺服模块需用头部为六角形的旋具。

4)钳类工具。常用的是平头钳、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳;

5)扳手。大小活络扳手、各种尺寸的内六角扳手;

6)其他。剪刀、镊子、刷子、吹尘器、清洗盘、带鳄鱼钳的连接线等。

3. 化学用品

松香、纯酒精、清洁触点用喷剂、润滑油等。

三、必要的技术资料和技术准备

维修人员应在平时要认真整理和阅读有关数控系统的重要技术资料。维修工作做得好坏,排除故障的速度快慢,主要决定于维修人员对系统的熟悉程度和运用技术资料的熟练程度。下面分几方面谈谈进行数控维修所必需的技术资料和技术准备。

1. 数控装置部分

应有数控装置安装、使用(包括编程)、操作和维修方面的技术说明书,其中包括数控装置操作面板布置及其操作,装置内各电路板的技术要点及其外部连接图,系统参数的意义及其设定方法,装置的自诊断功能和报警清单,装置接口的分配及其含义等。通过上述资料,维修人员应掌握 CNC 原理框图、结构布置、各电路板的作用,板上各发光管指示的意义,通过面板对系统进行各种操作,进行自诊断检测,检查和修改参数并能作出备份。能熟练地通过报警信息确定故障范围,对系统供维修的检测点进行测试,会使用随机的系统诊断纸带对其进行诊断测试。

2. PLC 装置部分

应有 PLC 装置及其编程器的连接、编程、操作方面的技术说明书,还应包括 PLC 用户程序清单或梯形图、I/O 地址及意义清单,报警文本以及 PLC 的外部连接图。维修人员应熟悉 PLC 编程语言,能看懂用户程序或梯形图,会操作 PLC 编程器,通过编程器或 CNC 操作面板(对内装式 PLC)对 PLC 进行监控,有时还需对 PLC 程序进行某些修改。还应熟练地通过 PLC 报警号检查 PLC 有关的程序和 I/O 连接电路、确定故障的原因。

4. 伺服单元

应有进给和主轴伺服单元原理、连接、调整和维修方面的技术说明书,其中包括伺服单元的电气原理框图和接线图,主要故障的报警显示,重要的调整点和测试点,伺服单元参数的意义和设置。维修人员应掌握伺服单元的原理,熟悉其连接,能从单元板上故障指示发光管的状态和显示屏显示的报警号及时确定故障范围,能测试关键点的波形和状态,并作出比较,能检查和调整伺服参数,对伺服系统进行优化。

4. 机床部分

应有机床安装、使用、操作和维修方面的技术说明书,其中包括机床的操作面板布置及其操作,机床电气原理图、布置图以及接线图。对电气维修人员来说,还需要机床的液压回路图和气动回路图。维修人员应了解机床的结构和动作,熟悉机床上电气元器件的作用和位置,会手动操作机床,编简单的加工程序并进行试运行。

5. 其他

有关元器件方面的技术资料,如数控设备所用的元器件清单,备件清单以及各种通用的元器件手册。维修人员应熟悉各种常用的元器件,一旦需要,能较快地查阅有关元器件的功能、参数及代用型号。对一些专用器件可查出其订货编号。

做好数据和程序的备份十分重要。以前多用纸带形式存放,目前多存放在软盘上。

除前面所述的系统参数、PLC 程序、PLC 报警文本外,还有机床必须使用的宏指令程序、典型的零件程序、系统的功能检查程序。对于一些装有硬盘驱动器的数控系统,应有硬盘文件的备份。维修人员应了解这些备份的内容,能对数控系统进行输入和输出的操作。

有些维修所必需的电路图往往通过对实物的测绘才能得到,如光栅尺测量头的原理图,主开关电源的原理图。这要求维修人员具有测绘能力,平时做好维修所必需的重要技术资料的准备工作。

故障维修记录是一份十分有用的技术资料。维修人员在完成故障排除之后,应认真作好记录,将故障现象、诊断、分析、排除方法一一加以记录。在排除新的故障之前应考虑这种故障以前发生过没有?当时是如何解决的?这常常给修理带来方便。

四、必要的备件

对于数控系统的维修,备品备件是一个必不可少的物质条件。如无备件可调换,则“巧媳妇难为无米之炊”。而且如果维修人员手头上备有一些电路板的话,将给排除故障带来许多方便,采用换板法常可快速判断出一些疑难故障发生在哪块电路板上。

数控系统备件的配制要根据实际情况,通常一些易损的电气元器件如各种规格的熔断器、熔体、开关、电刷,还有易出故障的大功率模块和印制电路板等,均是应当配备的。

数控系统中所采用的半导体分立元件和集成电路芯片大多数是国际通用型号,这类元器件一般都可国内买到或找到代用品,一时购不到的通用品可通过国外一些专为维修和科研服务的器件商在国内所设的代理机构,单件或少量的引进。如英国 RS. Components 公司的代办处可为国内用户提供 74 类 40000 余种电子配件。

在数控备件问题上,加强同类数控设备用户之间的联系和合作,在备件上相互支持,是一种花钱少,能够办到的方法。例如:一台 FANUC—6M 系统出现 CPU 和存储器板上的 021、022 号 EPROM 损坏,可在市上购两片 2716 芯片,通过 ALL—03 编程器,借用同类设备上的相应 EPROM 进行复制,便可将故障顺利地排除。

第二节 常见故障分类

数控机床是一种技术复杂的机电一体化设备,其故障发生的原因一般都比较复杂,这给故障诊断和排除带来不少困难。为了便于故障分析和处理,本节按故障部件、故障性质及故障原因等对常见故障作如下分类。

一、按数控机床发生故障的部件分类

1. 主机故障

数控机床的主机部分,主要包括机械、润滑、冷却、排屑、液压、气动与防护等装置。常见的主机故障有:因机械安装、调试及操作使用不当等原因引起的机械传动故障与导轨运动摩擦过大故障。故障表现为传动噪声大,加工精度差,运行阻力大。例如:轴向传动链的挠性联轴器松动,齿轮、丝杠与轴承缺油,导轨塞铁调整不当,导轨润滑不良以及系统参数设置不当等原因均可造成以上故障。尤其应引起重视的是,机床各部位标明的注油点(注油孔)须定时、定量加注润滑油(剂),这是机床各传动链正常运行的保证。另外,液压、润滑与气动系统的故障主要是管路阻塞和密封不良,因此,数控机床更应加强污染控制和根除三漏现象发生。

2. 电气故障

电气故障分弱电故障与强电故障。弱电部分主要指 CNC 装置、PLC 控制器、CRT 显示器以及伺服单元、输入、输出装置等电子电路,这部分又有硬件故障与软件故障之分。硬件故障主要是指上述各装置的印制电路板上的集成电路芯片、分立元件、接插件以及外部连接组件等发生的故障。常见的软件故障有:加工程序出错,系统程序和参数的改变或丢失、计算机的运算出错等。强电部分是指继电器、接触器、开关、熔断器、电源变压器、电动机、电磁铁、行程开关等电气元器件及其所组成的电路。这部分的故障十分常见,必须引起足够的重视。

二、按数控机床发生的故障性质分类

1. 系统性故障

系统性故障,通常是指只要满足一定的条件或超过某一设定的限度,工作中的数控机床必然会发生的故障。这一类故障现象极为常见。例如:液压系统的压力值随着液压回路过滤器的阻塞而降到某一设定参数时,必然会发生液压系统故障报警使系统断电停机;又如:润滑、冷却或液压等系统由于管路泄漏引起油标下降到使用限值,必然会发生液位报警使机床停机;再如:机床加工中因切削量过大达到某一限值时必然会发生过载或超温报警,致使系统迅速停机。因此,正确的使用与精心维护是杜绝或避免这类系统性故障发生的切实保障。

2. 随机性故障

随机性故障,通常是指数控机床在同样的条件下工作时只偶然发生一次或两次的故障。有的文献上称此为“软故障”。由于此类故障在各种条件相同的状态下只偶然发生一两次,因此,随机性故障的原因分析与故障诊断较其它故障困难得多。一般而言,这类故障的发生往往与安装质量、组件排列、参数设定、元器件品质、操作失误与维护不当,以及工作环境影响等诸因素有关。例如:接插件与连接组件因疏忽未加锁定,印制电路板上的元器件松动变形或焊点虚脱,继电器触点、各类开关触头因污染锈蚀以及直流电动机电刷不良等所造成的接触不可靠等。另外,工作环境温度过高或过低、湿度过大、电源波动与机械振动、有害粉尘与气体污染等原因均可引发此类偶然性故障。因此,加强数控系统的

维护检查,确保电气箱门的密封,严防工业粉尘及有害气体的侵袭等,均可避免此类故障的发生。

三、按故障发生后有无报警显示分类

1. 有报警显示的故障

这类故障又可分为硬件报警显示与软件报警显示两种。

(1) 硬件报警显示的故障 硬件报警显示通常是指各单元装置上的警示灯(一般由 LED 发光管或小型指示灯组成)的指示。在数控系统中有许多用以指示故障部位的警示灯,如控制操作面板、位置控制印制线路板、伺服控制单元、主轴单元、电源单元等部位以及光电阅读机、穿孔机等外装置上常设有这类警示灯。一旦数控系统的这些警示灯指示故障状态后,借助相应部位上的警示灯均可大致分析判断出故障发生的部位与性质,这无疑给故障分析诊断带来极大方便。因此,维修人员日常维护和排除故障时应认真检查这些警示灯的状态是否正常。

(2) 软件报警显示故障 软件报警显示通常是指 CRT 显示器上显示出来的报警号和报警信息。由于数控系统具有自诊断功能,一旦检测到故障,即按故障的级别进行处理,同时在 CRT 上以报警号形式显示该故障信息。这类报警显示常见的有:存储器警示、过热警示、伺服系统警示、轴超程警示、程序出错警示、主轴警示、过载警示以及断线警示等,通常,少则几十种,多则上千种,这无疑为故障判断和排除提供极大的帮助。

上述软件报警有来自 NC 的报警和来自 PLC 的报警,前者为数控部分的故障报警,可通过所显示的报警号,对照维修手册中有关 NC 故障报警及原因方面内容,来确定可能产生该故障的原因。后者 PLC 报警显示由 PLC 的报警信息文本所提供,大多数属于机床侧的故障报警,可通过所显示的报警号,对照维修手册中有关 PLC 故障报警信息、PLC 接口说明以及 PLC 程序等内容,检查 PLC 有关接口和内部继电器状态,确定该故障所产生的原因。通常,PLC 报警发生的可能性要比 NC 报警高得多。

2. 无报警显示的故障

这类故障发生时无任何硬件或软件的报警显示,因此分析诊断难度较大。例如:机床通电后,在手动方式或自动方式运行 X 轴时出现爬行现象,无任何报警显示。又如机床在自动方式运行时突然停止,而 CRT 显示器上无任何报警显示。还有在运行机床某轴时发生异常声响,一般也无故障报警显示等。一些早期的数控系统由于自诊断功能不强,尚未采用 PLC 控制器,无 PLC 报警信息文本,出现无报警显示的故障情况会更多一些。

对于无报警显示故障,通常要具体情况具体分析,要根据故障发生的前后变化状态进行分析判断。例如:上述 X 轴在运行时出现爬行现象,可首先判断是数控部分故障还是伺服部分故障。具体做法是:在手摇脉冲进给方式中,可均匀地旋转手摇脉冲发生器,同时分别观察比较 CRT 显示器上 Y 轴、Z 轴与 X 轴进给数字的变化速率。通常,如数控部分正常,三个轴的上述变化速率应基本相同,从而可确定爬行故障是 X 轴的伺服部分还

是机械传动所造成。有关伺服系统进一步检查可参阅本篇第4章的“交换法”和“隔离法”。

四、按故障发生的原因分类

1. 数控机床自身故障

这类故障的发生是由于数控机床自身的原因引起的,与外部使用环境条件无关。数控机床所发生的极大多数故障均属此类故障,但应区别有些故障并非机床本身而是外部原因所造成的。

2. 数控机床外部故障

这类故障是由于外部原因造成的。例如:数控机床的供电电压过低,波动过大,相序不对或三相电压不平衡;周围的环境温度过高,有害气体、潮气、粉尘侵入;外来振动和干扰,如电焊机所产生的电火花干扰等均有可能使数控机床发生故障。还有人为因素所造成的故障,如操作不当,手动进给过快造成超程报警,自动切削进给过快造成过载报警。又如操作人员不按时按量给机床机械传动系统加注润滑油,易造成传动噪声或导轨摩擦系数过大,而使工作台进给电动机超载。据有关资料统计,首次采用数控机床或由不熟练工人来操作,在使用第一年内,由于操作不当所造成的外部故障要占三分之一以上。

除上述常见故障分类外,还可按故障发生时有无破坏性来分,可分为破坏性故障和非破坏性故障;按故障发生的部位分,可分为数控装置故障、进给伺服系统故障、主轴系统故障、刀架、刀库、工作台故障等。本书第三篇各类数控机床故障排除实例部分就是按上述故障发生的部位分类的。

第三节 故障的常规处理方法

数控系统型号颇多,所产生的故障原因往往比较复杂,这里介绍故障处理的一般方法和步骤。一旦故障发生,通常按以下步骤进行。

一、调查故障现场,充分掌握故障信息

数控系统出现故障后,不要急于动手盲目处理,首先要查看故障记录,向操作人员询问故障出现的全过程。在确认通电对系统无危险的情况下,再通电亲自观察,特别要注意确定以下主要故障信息:

①故障发生时报警号和报警提示是什么?那些指示灯和发光管指示了什么报警?

②如无报警,系统处于何种工作状态?系统的工作方式诊断结果(如FANUC—OT系统的700、701、712号诊断内容)是什么?

- ③故障发生在哪个程序段?执行何种指令?故障发生前进行了何种操作?
- ④故障发生在何种速度下?轴处于什么位置?与指令值的误差量有多大?
- ⑤以前是否发生过类似故障?现场有无异常现象?故障是否重复发生?

二、分析故障原因,确定检查的方法和步骤

在调查故障现象,掌握第一手材料的基础上分析故障的起因。故障分析可采用归纳法和演绎法。归纳法是从故障原因出发摸索其功能联系,调查原因对结果的影响,即根据可能产生该种故障的原因分析,看其最后是否与故障现象相符来确定故障点。演绎法是从所发生的故障现象出发,对故障原因进行分割式的分析方法。即从故障现象开始,根据故障机理,列出多种可能产生该故障的原因,然后,对这些原因逐点进行分析,排除不正确的原因,最后确定故障点。

分析故障原因时应注意以下几点:

- ①要在充分调查现场掌握第一手材料的基础上,把故障问题正确地列出来。俗话说,能够把问题说清楚,就已经解决了问题的一半;
- ②要思路开阔,无论是数控系统、强电部分、还是机、液、气等,都要将有可能引起故障的原因以及每一种可能解决的方法全部列出来,进行综合、判断和筛选;
- ③在对故障进行深入分析的基础上,预测故障原因并拟定检查的内容、步骤和方法。

三、故障的检测和排除

在检测故障过程中,应充分利用数控系统的自诊断功能,如系统的开机诊断、运行诊断、PLC的监控功能。根据需要随时检测有关部分的工作状态和接口信息。同时还应灵活应用数控系统故障检查的一些行之有效的方法,如交换法、隔离法等。在本书以后的章节中将介绍这些方法。

另外,在检测排除故障中还应掌握以下若干原则:

- ①先外部后内部。数控机床是机械、液压、电气一体化的机床,故其故障的发生必然要从机械、液压、电气这三者综合反映出来。数控机床的检修要求维修人员掌握先外部后内部的原则。即当数控机床发生故障后,维修人员应先采用望、闻、听、问等方法,由外向内逐一进行检查。比如数控机床中,外部的行程开关、按钮开关、液压气动元件以及印制线路板插头座、边缘接插件与外部或相互之间的连接部位、电控柜插座或端子排这些机电设备之间的连接部位,因其接触不良造成信号传递失灵,是产生数控机床故障的重要因素。此外,由于工业环境中,温度、湿度变化较大,油污或粉尘对元件及线路板的污染,机械的振动等,对于信号传送通道的接插件都将产生严重影响。在检修中重视这些因素,首先检查这些部位就可以迅速排除较多的故障。另外,尽量避免随意地启封、拆卸,不适当的大拆大卸,往往会扩大故障,使机床大伤元气,丧失精度,降低性能。

②先机械后电气。由于数控机床是一种自动化程度高、技术复杂的先进机械加工设备。一般来讲,机械故障较易察觉,而数控系统故障的诊断则难度要大些。先机械后电气就是在数控机床的检修中,首先检查机械部分是否正常,行程开关是否灵活,气动、液压部分是否正常等。从我们的经验来看,数控机床的故障中有很大部分是由机械动作失灵引起的。所以,在故障检修之前,首先注意排除机械性的故障,往往可以达到事半功倍的效果。

③先静后动。维修人员本身要做到先静后动,不可盲目动手,应先询问机床操作人员故障发生的过程及状态,阅读机床说明书、图样资料后,方可动手查找和处理故障。其次,对有故障的机床也要本着先静后动的原则,先在机床断电的静止状态,通过观察测试、分析,确认为非恶性循环性故障,或非破坏性故障后,方可给机床通电,在运行工况下,进行动态的观察、检验和测试,查找故障。然而对恶性的破坏性故障,必须先排除危险后,方可通电,在运行工况下进行动态诊断。

④先公用后专用。公用性的问题往往影响全局,而专用性的问题只影响局部。如机床的几个进给轴都不能运动,这时应先检查和排除各轴公用的CNC、PLC、电源、液压等公用部分的故障,然后再设法排除某轴的局部问题。又如电网或主电源故障是全局性的,因此一般应首先检查电源部分,看看熔丝是否正常,直流电压输出是否正常。总之,只有先解决影响一大片的主要矛盾,局部的、次要的矛盾才有可能迎刃而解。

⑤先简单后复杂。当出现多种故障互相交织掩盖、一时无从下手时,应先解决容易的问题,后解决难度较大的问题。常常在解决简单故障的过程中,难度大的问题也可能变得容易,或者在排除简易故障时受到启发,对复杂故障的认识更为清晰,从而也有了解决办法。

⑥先一般后特殊。在排除某一故障时,要先考虑最常见的可能原因,然后再分析很少发生的特殊原因。例如:一台FANUC-OT数控车床Z轴回零不准,常常是由于降速挡块位置走动所造成。一旦出现这一故障,应先检查该挡块位置,在排除这一常见的可能性之后,再检查脉冲编码器、位置控制等环节。

第八章 预防性维护方法

第一节 预防性维护的重要性

每台机床数控系统在运行一定时间之后,某些元器件或机械部件难免出现一些损坏或故障现象。对于这种高精度、高效益且又昂贵的设备,如何延长元器件的寿命和零部件的磨损周期,预防各种故障,特别是将恶性事故消灭在萌芽状态,从而提高系统的平均无故障工作时间和使用寿命,一个重要方面是要做好预防性维护。

数控机床通常是一个企业的关键设备,有时在运行中出现了一些不正常现象,如级别较低的报警,虽然不影响一时运行,但如果怕停机影响生产,不及时进行维护和排除,而让其长时间“带病”工作,必然会造成“小病不治,大病吃苦”的后果。例如:有些地区电网质量差,电压波动大,常造成数控系统跳闸。有些使用者对此现象并不重视,让系统继续在恶劣的供电环境中运行,最后造成主要模块烧坏的严重后果。

总之,做好预防性维护工作是使用好数控机床的一个重要环节,数控维修人员、操作人员及管理人员应共同做好这项工作。

第二节 预防性维护工作的主要内容

数控系统的维护保养的具体内容,在随机的使用和维修手册中通常都作了规定,现就共同性的问题作如下介绍:

①严格遵循操作规程。数控系统编程、操作和维修人员必须经过专门的技术培训,熟悉所用数控机床的机械、数控系统、强电设备、液压、气源等部分及使用环境、加工条件等;能按机床和系统使用说明书的要求正确、合理地使用。应尽量避免因操作不当引起的故障。通常,首次采用数控机床或由不熟练工人来操作,在使用的第一年内,有三分之一以上的系统故障是由于操作不当引起的。

应按操作规程要求进行日常维护工作。有些地方需要天天清理,有些部件需要定时加油和定期更换。

②对纸带阅读机或磁盘阅读机的定期维护。纸带阅读机或磁盘阅读机是数控系统输

入的重要装置。数控系统参数、用户宏程序和零件程序都要通过它输入到 CNC 内部。纸带阅读机读带部分有污物会使读入的纸带信息出现错误。所以操作者每天应对阅读头、纸带压板、纸带通道表面进行检查,用纱布蘸酒精擦净污物。对纸带阅读机的运动部分,如主动轮滚轴、导向滚轴、压紧滚轴等每周应定时清理,对导向滚轴、张紧臂滚轴等每半年一次加注润滑油。对于磁盘阅读机中磁盘驱动器内的磁头应用专用清洗盘定期进行清洗。

③防止数控装置过热。定期清理数控装置的散热通风系统。应经常检查数控装置上各冷却风扇工作是否正常。应视车间环境状况,每半年或一个季度检查清扫一次,具体方法如下:a)拧下螺钉,拆下空气过滤器;b)在轻轻振动过滤器的同时,用压缩空气由里向外吹掉空气过滤器内的灰尘;c)过滤器太脏时,可用中性清洁剂(清洁剂和水的配方为 5:95)冲洗(但不可揉擦),然后置于阴凉处晾干即可;

由于环境温度过高,造成数控装置内温度达到 55℃ 以上时,应及时加装空调装置。这在我国南方常会发生这种情况,安装空调装置之后,数控系统的可靠性有比较明显的提高。

④经常监视数控系统的电网电压。通常,数控系统允许的电网电压范围在额定值的 85% ~ 110%,如果超出此范围,轻则使数控系统不能稳定工作,重则会造成重要电子部件损坏。因此,要经常注意电网电压的波动。对于电网质量比较恶劣的地区,应及时配置数控系统专用的交流稳压电源装置,这将使故障率有明显的降低。

⑤定期检查和更换直流电动机电刷。目前一些老的数控机床上使用的大部分是直流电动机。这种电动机电刷的过度磨损会影响其性能甚至损坏。所以,必须定期检查电刷。数控车床、数控铣床、加工中心等,应每年检查一次,频繁加速机床(如冲床等),应每两个月检查一次,检查步骤如下:

a)要在数控系统处于断电状态、且电动机已经完全冷却的情况下进行检查。b)取下橡胶刷帽,用旋具拧下刷盖取出电刷。c)测量电刷长度。如磨损到原长的一半左右时必须更换同型号的新电刷。d)仔细检查电刷的弧形接触面是否有深沟或裂缝,以及电刷弹簧上有无打火痕迹。如有上述现象必须用新电刷交换,并在一个月后再次检查。如还发生上述现象,则应考虑电动机的工作条件是否过分恶劣或电动机本身是否有问题。e)用不含金属粉末及水份的压缩空气导入电刷孔,吹净粘在刷握孔壁上的电刷粉末。如果难以吹净,可用旋具尖轻轻清理,直至孔壁全部干净为止。但要注意不要碰到换向器表面。重新装上电刷,拧紧刷盖。如果更换了电刷,要使电动机空运行跑合一段时间,以使电刷表面与换向器表面吻合良好。

⑥防止尘埃进入数控装置内。除了进行检修外,应尽量少开电气柜门。因为车间内空气中飘浮的灰尘和金属粉末落在印制电路板和电气接插件上,容易造成元件间绝缘电阻下降,从而出现故障甚至使元件损坏。有些数控机床的主轴控制系统安置在强电柜中,强电门关得不严,是使电器元件损坏、主轴控制失灵的一个原因。有些使用者当夏天气温过高时干脆打开数控柜门,用电风扇往数控柜内吹风,以降低机内温度,使机床勉强工作。

这种办法最终会导致系统加速损坏。电火花加工数控设备和火焰切割数控设备,周围金属粉尘大,更应注意防止外部尘埃进入数控柜内部。

一些已受外部尘埃、油雾污染的电路板和接插件可采用专用电子清洁剂喷洗。在清洁接插件时可对插孔喷射足够的液雾后,将原插头或插脚插入,再拔出,即可将脏物带出,可反复进行,直至内部清洁为止。接插部位插好后,多余的喷液会自然滴出,将其擦干即可。经过一段时间之后自然干燥的喷液会在非接触表面形成绝缘层,使其绝缘良好。在清洗受污染的电路板时,可用清洁剂对电路板进行喷洗,喷完后,将电路板竖放,使尘污随多余的液体一起流出,待晾干之后即可使用。

⑦存储器用电池定期检查和更换。通常,数控系统中部分 CMOS 存储器中的存储内容在断电时靠电池供电保持。一般采用锂电池或可充电的镍镉电池。当电池电压下降至一定值就会造成参数丢失。因此,要定期检查电池电压,当该电压下降至限定值或出现电池电压报警,应及时更换电池。更换电池时一般要在数控系统通电状态下进行,这样才不会造成存储参数丢失。一旦参数丢失,在调换新电池后,可重新将参数输入。

⑧数控系统长期不用时的维护。当数控机床长期闲置不用时,也应定期对数控系统进行维护保养。首先,应经常给数控系统通电,在机床锁住不动的情况下,让其空运行。在空气湿度较大的梅雨季节应该天天通电,利用电器元件本身发热驱走数控柜内的潮气,以保证电子部件的性能稳定可靠。实践证明,经常停置不用的机床,过了梅雨天后,一开机往往容易发生各种故障。

如果数控机床闲置半年以上不用,应将直流伺服电动机的电刷取出来,以免由于化学腐蚀作用,使换向器表面腐蚀,换向性能变坏,甚至损坏整台电动机。

第九章 常用的片级维修方法

目前数控系统的维修,对大多数用户来说还是采用板级维修,即更换电路插板的方法。这种方法如有备用电路板,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,由于数控系统的电路板价格昂贵,通常在几百至1万美元之间,因此用户要承担昂贵的费用,而且如手头上无备用板可换,再要从国外引进,停机等备板的损失也十分可观。实际上损坏的电路板大多数是因为板上的一、两片集成电路芯片损坏而已,这些芯片如果是通用型的,不但市场易购到,而且价格也十分便宜。为此,越来越多的数控机床用户都希望能进行片级(即元件级)维修。

然而,数控系统集成电路插件板的修理,是一个公认的难题,主要有以下难点:①电路板无电气原理图。几乎所有的数控设备制造商拒绝提供具体线路图及其原理说明书,因此,用户无法了解故障板的工作原理、无法按图索骥。②电路板集成度高,线路复杂。板上采用中规模、大规模、甚至超大规模集成电路,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。通常,监测一个简单的微处理器至少需要24个测试通道,一个完整的以微处理器为主的数字电路,需同时监测的通道数已超过100条。③电路板上所采用的专用集成电路芯片比例高。数控系统的印制电路板上使用为数不少由数控系统制造商定制的专用集成电路、厚膜电路、PAL和GAL电路,有些CPU芯片、PAL和GAL芯片采用保密措施,难以复制。专用芯片也难以测试、难以购到备件。④实际可测性差。电路板上越来越广泛的应用片状结构的集成电路,其出脚间距通常为1.25mm,一般测量工具难以稳固地接触到被测点。由于上述原因使得电路板的片级维修难上加难。

通用集成电路在线测试仪在国内的推广应用,使得数控系统用户真正有可能利用自己的力量进行电路板的片级维修,在线测试技术是当前维修人员进行电路板修理的主要手段。然而,在线测试还需要进一步探索和完善,还需其它修理方法和仪器设备配合应用。由于数控系统的片级维修可以节省大量的资金和宝贵的时间,因此值得重视,下面以在线测试为主,介绍常用的片级维修方法。

第一节 外观法

所谓外观法是指不借助仪器仪表,仅凭维修人员的目测去发现故障的一种方法。目测是维修开始的第一步。首先应当将待修的电路板作反复仔细的外观查看,特别要注意

观察元、器件及线路是否有烧伤、裂痕、腐蚀迹象,如电阻爆裂、集成电路外壳变形、晶体管裂开、电解电容器漏液、熔丝烧断等,这些现象尤其在功率电路板上更为多见。还有应注意板上有否短路、断路、插头座倒置或歪斜、插座、插槽的簧片损坏,芯片接触不良,元、器件管脚折断或脱焊等现象。对于他人已经维修过的不良板,更要注意有无缺件、错件及断线等情况。这类明显的故障点用眼睛或借助放大镜可很快发现。

在找出故障点后,还应仔细分析、查找引发故障的原因,在大多数情况下,引发的原因是肉眼看不到的,如晶体管、二极管击穿、电容器击穿或漏电等。如印制板局部发黑碳化,则需将碳化部分仔细刮除,并修补好已损坏的印制导线,否则,碳化的基板会引起漏电。

经验证明,用外观检查方法找出上述故障所花费的时间,要比用仪器加电测试少得多,在不少情况下,可以起到事半功倍的效果。外观法不仅在维修开始时是必要的,就是在维修过程中往往也有效。一般在遇到疑难故障时,可仔细、反复查看电路板,并从原理角度分析,进一步查找故障原因。

第二节 电源检查法

电源是电路板的能源供应部分,电源不正常,电路板的工作必然异常。而且,电源部分故障率较高,修理时应足够重视,在外观法检查后,可先对电源部分进行检查。

电路板的工作电源,有的是由外部电源系统供给的,有的是由板上的稳压电路产生的。这种稳压电路一般用集成稳压器。常用的集成稳压器有 78 系列和 79 系列。78 系列用于产生正电压,管脚排列如图 9-1a,常用的型号为 7805(+5V)、7812(+12V)、7815(+15V)等。79 系列用于产生负电压,管脚排列如图 9-1b,常用的型号为 7905、7912、7915 等。另外还有可调式集成稳压器,如 W723、LM117、LM217、TL783 等型号,改变稳压器采样电阻的采样分压比,可以得到 3V~35V 的正或负直流输出电压,其管脚排列如图 9-1c。

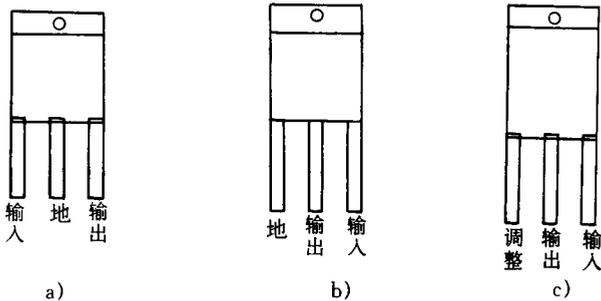


图 9-1 常用集成稳压器引脚图

数控系统常用的通用集成电路为 TTL74 系列和 COMS4000 系列。74LS、74S、74F、74HC 等型都属 74 系列,其电源电压为 +5V。4000 系列、41 系列 COMS 系列常用电压为 +5V 或 +12V、+15V。上述集成电路的接地脚和电源脚大多数为下排最右脚和上排最左

脚。

运算放大器、比较器,有些用单电源供电,有些用双电源供电,用双电源的运放,要求正负供电对称,其差值一般不能大于 $0.2V$ (具有调零功能的运放除外)。

电源检查包括输出电压稳定性检查和输出纹波检查。输出纹波过大,会引起系统不稳定,用示波器交流输入档可检查纹波幅值,纹波大一般是由集成稳压器损坏或滤波电容器不良引起的。

数控系统中对各电路板供电的系统电源大多数采用开关型稳压电源。这类电源种类繁多,故障率也较高,但大部分都是分立元件,用万用表、示波器即可进行检查,但常需对电源的电路进行测绘,只有把电路原理图看懂了,才能分析故障。

数控系统开关稳压电源主要有二种:一种为单管自激式脉宽调制或调频电源,另一种为双管他激半桥式脉宽调制电源。图9-2是一个典型的NC开关电源电路框图。虽然各种数控系统开关电源的具体线路不同,但图中各功能方框却是每个开关电源都应该有的。

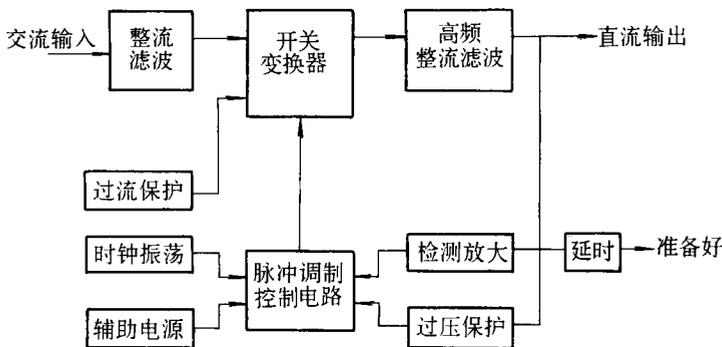


图9-2 开关电源框图

修理开关电源时,最好在电源输入端接一只 $1:1$ 的隔离变压器,以防触电。另外,为了防止在修理过程中可能导致好的元件损坏,或引发新的故障发生,最好按图9-3的接线方法,使输入电压从 $0V$ 开始逐渐增大,在输入和输出回路中都有电流、电压检测,一旦发现有过压或过流现象,可立即关掉电源。

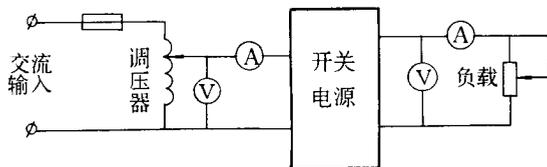


图9-3 修理开关电源接线图

开关电源常见的故障有以下几种:

①熔丝熔断。如熔丝管发黑有亮斑,这是严重短路所造成的,一般容易修复。它往往是由于高压滤波电容击穿、整流管击穿等明显故障原因引起的,如熔断的熔丝管不黑、属

慢慢熔断。这种故障反而不好查找,可进行静态测量。常见的有半桥中一个开关管击穿或不良等。

②熔丝不断,输出无电压。这种情况可先检查有无 300V 直流电压。如果没有,故障发生在逆变之前。如果有 300V 高压而无输出,这时可用示波器检查开关管集电极有无 20kHz 波形。如开关管被击穿或没有起振,高频变压器开路均可造成逆变停止。另外,逆变电路正常,但被后级的过流或过压电路动作所保护,使输出无电压。如 +5V 档主输出电源输出空载,就会引起过压保护而使输出无电压。

③电源输出电压不准。通常,数控系统各档稳压直流电压的容许电压范围为额定值的 $\pm 5\%$ 之内,如果超出此范围,一般可调整电压调节电位器,将主输出电压档调至标准值。如果无法调至标准值,可能是电位器坏或稳压管坏。如果只有某一档电压偏离较大,则很可能是该档整流二极管损坏,要尽可能调换同型号的带有肖特基特性的二极管。有时开关电源的负载能力差,也会使输出电压降低过大,这可能因参数变化使电路工作点偏离线性区域,如放大环节增益降低,检测电路处于非线性状态等。

④开关电源发出重复的“滴嗒”响声。这通常是工作频率过低所造成。可用示波器检测脉冲宽度调制器,正常工作时将近 20kHz 左右。如定时回路的电容器容量变大,会引起定时振荡频率变低,使电源产生重复性的滴嗒声,使开关电源不能正常工作。

第三节 静态测量法

当把故障压缩到一定范围后,可通过万用表对有疑点的部件、模块或元器件进行静态测量。测量分两种,即测量静态电阻值和测量静态工作电压,前者在断电的情况下进行。对于明显短路、断路的故障,测量其电阻值就可判断出来。对于尚未短路或断路,但与正常阻值偏差较大的测量点,可进一步测量其在通电情况下的静态电压。当电路板上的电源线对地的正反向电阻值过小或短路时,说明板上可能有被击穿的芯片或电容器、晶体管等分立元件。当怀疑某个集成电路芯片时,可测其输入、输出脚对地的正反向电阻值,其正向电阻在几十欧姆到 100 Ω 左右,反向电阻在几百欧姆到 1000 欧姆左右。如正向电阻值接近于 0 或反向电阻值为无穷大时,则此管脚已短路或开路。还有二极管、晶体管及大功率模块等都能用电阻测量法判断其是否损坏。

【例 1】配 TOSNUC - 600M 系统的 MPA - 45120 型数控龙门铣床在运行中突然紧急停止,CRT 屏幕上出现 NC8—018 报警号,指示伺服马达电流过大。检查 X、Y、Z、W 伺服单元,发现 X 轴伺服驱动电路板上的 LED 指示故障信号。断电后对该驱动箱进行检查,通常,该主回路中功率驱动晶体管模块 GTR 击穿可能性较大。用静态电阻测量法逐一检查各 GTR 模块,发现 GTR2 模块中的一个功率晶体管已被击穿。该模块型号为 MG200H2CK1,内部电路图如图 9-4 所示。当用 MF64 型万用表 X100 Ω 档测量时, $B_1 - C_1$ 结正向电阻 1k Ω ,反向电阻 ∞ , $B_1 - E_1$ 结正反向都为 0.4k Ω , $B_2 - C_2$ 结与 $B_2 - E_2$ 结正反向

电阻值皆为 0 ,可见该晶体管已击穿。调换 GTR2 模块后 ,伺服驱动系统恢复正常。

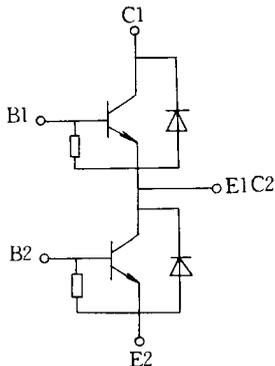


图 9-4 GTR 内部电路图

在静态电压测量时 ,可单独接上相应的工作电源 ,检查有疑点的元器件的静态工作点或逻辑功能。如测硅晶体管的基极和发射极之间的导通电压 U_{be} 为 0.6V 左右 ,振荡电路中的晶体管在起振时其基极对地有一负电压存在等。对于逻辑电路 ,可根据型号查有关手册上的真值表 ,检查是否有违反真值表的状态存在。如遇到逻辑功能复杂或无真值表可查的芯片 ,如 PLA、GAL 电路时 ,可与好板子上的同一芯片的逻辑电平进行比较 ,如果差得太多就说明这个芯片可能有问题。

【例 2】配 FANUC-9M 系统的 KASUGR 立式数控仿形铣床 ,在启动纸带阅读机输入加工程序时 ,纸带不会走动 ,程序输不进 ,CRT 上显示“ NOLoad ”。用换板法发现 A20B-0008-089 输入板有故障。修板时采用静态测量法比较好板与坏板有关纸带输入功能 IC 电路的引脚对地电阻值。测量中发现其中 7408 电路第 10 脚两板电阻值相差甚大 ,好板电阻值 $> 200k$,坏板仅 1.5Ω 。检查与该输出脚相连的芯片有 74LS00 和 7438 ,如图 9-5 所示。将两板通入 +5V 电源后比较该连接点逻辑电子 ,好板为高电子 ,坏板为低电子。为了判断 3 个出脚中哪一个损坏 ,将连接线断开后测量 ,发现 74LS00 的第 8 输出脚已与地短路。调换该芯片之后将原板插回系统框架 ,开机进行纸带输入时 ,故障消除。

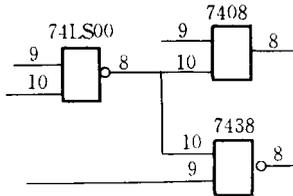


图 9-5 坏脚连接情况

在进行静态电阻测量时 ,一般使用指针式万用表 ,但这类表高阻档电压较高 ,容易造成低电压的集成电路损坏 ,测量时应注意不要使用高阻档。另外 ,在维修印制电路板时 ,也会遇到这样的情况 :电路板上所有的电子元件都已检查过 ,可确认都是好的 ,但板子上机试验还是不好。这时需要应用静态测量法 ,用万用表对印制路及金属化孔进行检查 ,因

为高集成度的印制线较细,间隔甚小,容易氧化断裂,过热变形或焊锡短路,且表面涂有保护层,用外观法较难发现,因此需要用万用表仔细检查,有时甚至将所有金属化孔用电烙铁全部烫一遍,往往会解决问题。

【例3】某系统输入控制器板,用备板置换法已确定该板有故障,对该板进行片级修理。先用外观法,未发现有异常现象。用万用表测量电源和地线有无短路情况。对板上所有可拨集成电路,如DS8T26AN、N8T38N等用英国ABI公司的PT3000型测试仪测试,全部正常。再用超能TL4040型在线测试仪对板上6块74LS系列集成电路进行在线测试,也全部通过。经上述检查可确定板上所有集成电路都是好的,但是将板子插到机器上试用,故障仍存在。于是用万用表逐个测量电路板上的金属化对穿孔,发现其中有一孔连接电阻大,另一孔不通。将这两孔重焊,使其连接良好后,该板故障排除,可上机使用。

第四节 动态测量法

动态测量法就是利用示波器等仪器观察和测量有关各点的电压、电流、脉冲波形以及相互的时间关系等。这是因为许多故障只有在连续工作这种动态情况下才出现。为了更好地利用动态测量法观察波形,最好调用简易的测试小程序或专用功能模块诊断测试程序,让机器循环地运转起来,再用示波器对有关部件波形进行测量。如测量伺服系统波形,可使机床反复执行轴移动循环程序;观察纸带阅读机电路板波形,可使纸带阅读头循环读入全孔纸带。这种方法还可用于检查CPU的命令信号,内存储器的控制信号、选通脉冲、接口电路中的回答信号等脉冲信号部分的故障。

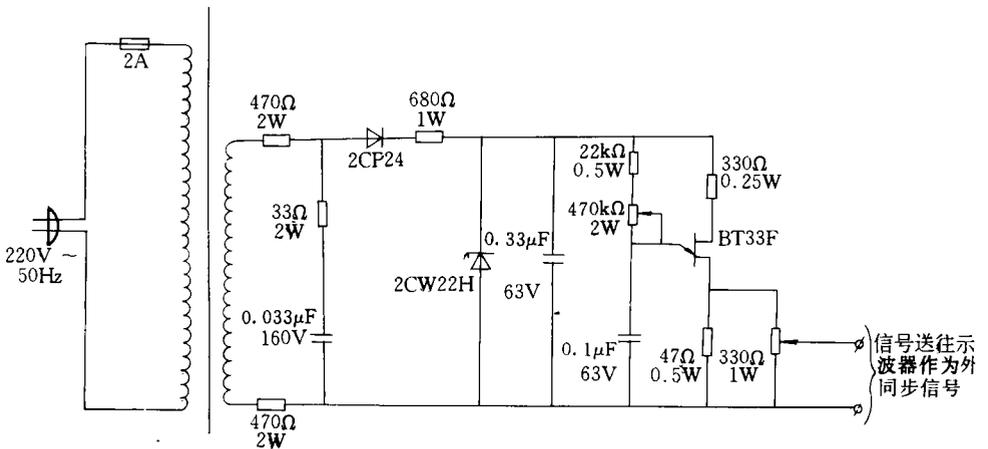


图9-6 示波器外触发脉冲电路

有时为了在示波器上能观察到稳定、清晰的波形信号,还可配用一些附加的测试电路。图9-6为观察伺服驱动电路波形信号时所用的外触发脉冲电路。图中输入电源经

BK-50型 380V/36V 控制变压器降压,由 2CP24 二极管半流整流,再由稳压管 2CW22H 削波,供电给单结晶体管 BT33F 组成的振荡电路。它所产生的脉冲信号与交流电网电压同步,可作为示波器所需的外同步信号。电路中变压器次级的阻容吸收电路,用以吸收电压波形的毛刺,使电路产生的脉冲不受电网电压中干扰成分的影响,此外,此电路若将电源插头反插或将相线交换,可改变触发脉冲相位,使伺服驱动电路中不同相位的波形在荧光屏上的位置适中。上述电路在检测由 FANUC3MA 系统控制的 XK5040-1 数控铣床的伺服驱动电路时,示波器置外同步档,所显示的波形清晰、稳定,取得了较好的效果。

第五节 在线测试法

在线测试法就是通过计算机和集成电路在线测试仪对印制电路板进行片级维修。关于在线测试仪,本篇第 1 章中已作过介绍。这种仪器的具体使用方法,一般在随机使用手册中都有详细的说明,读者可参考有关使用手册熟悉仪器的使用方法。这里,我们将结合维修实例谈谈在线测试仪的使用技巧。目前,在数控机床用户中,利用在线测试仪修理电路板,对大多数维修人员并不陌生,其中有不少人已开始应用,但使用效果,如修复率和修复速度却相差甚大,这里主要是由于使用测试仪维修的方法和经验造成的。下面结合片级维修实例着重介绍这方面内容。

(1) 测试前准备 在对一块电路板进行测试前,首先要对该电路板的有关情况作一些了解和观察。比如,了解电路板的种类和来源,在数控系统中的功能和引起的故障现象。其次观察电路板上集成电路的种类,如哪些是数字电路?哪些是模拟电路?哪些是振荡电路和连接到公共总线的三态器件?还有电路的电源是否由同一个 +5V 电源供电?板上的各部分电路是否有相同或对称的地方?如果对电路板的工作原理有大概的了解,就能确定可能的故障位置,有效地减少测试的盲目性,提高修复的速度。

电路板测试前还应采取措施,停止板上的振荡器工作。因为电路板上大部分触发器都与时钟信号相连,如果板上有时钟信号,用测试仪测试时,会对测试造成较大干扰,常表现为在线测试的记录出现状态不稳定现象或出现“虚波”。对于晶振组成的振荡电路,可将晶振焊下、短路、傍路等方法使其停止工作,对于用集成电路的振荡器,可破坏其起振条件,如断开反馈回路。还可用示波器检测板上是否存在干扰测试的时钟脉冲。

(2) 先测板上哪些元件 如果电路板不太复杂、板上集成电路不多,而且大多数为 ICFT 在线功能可测的通用数字芯片,可采用逐个在线测试的办法,即使全部测一遍,也不需要花很多时间。如果所修的电路板复杂,集成电路甚多,而且包括模拟电路,特殊功能电路或大规模集成电路等,首先,应选择以下几类最有可能引起故障的电路进行测试:

1) 对已确定故障区域的电路进行局部测试,如数控系统的 PLC 输出、输入通道板,通常从机器上调下前就可确定哪几个通道损坏,修理时可直接测试已损坏的通道电路。

【例 4】配 SIEMENS SINUMERIK 3T 系统的数控车床,其 PLC 部分的 6ES5441-4UAB

型输出接口板的两个输出接口,用超能 TL4040 在线测试仪 V-I 特性测试功能检查上述双口电路,并将所测 V-I 曲线与板上其它正常输出接口的相应点曲线进行比较,很快测出有两个 D2355 型分立元件和一个 3BS15 型贴片元件损坏。调换后,该板恢复正常。

2)对高温芯片进行测试 如发现电路板上有较为明显的高温芯片,应当首先采用 ICFT 功能测试和 V-I 特性测试两种手段进行检查。一方面检查芯片功能是否正常,另一方面也检查芯片端口的物理特性是否变坏,因为一些器件的物理特性变坏,会出现异常升温现象。

【例 5】配 MGI2SE10 数控系统的德国 MESSER 公司数控火焰切割机,采用本篇第 3 章所述脱机诊断法,通过诊断纸带查出该系统中的 CPUI 板有故障。使用 LF9032EX 集成电路在线测试仪对该板进行修理。将 CPUI 板 +5V 端和地端与测试仪外电源端相连,并测量其静态工作电流达 2.5A,要比一般值大 0.7A 左右。用手触摸板上元件,发现有三块 TTL 芯片烫手,其中一片为 7400,两片为 N8T95N。该板上共有中、小规模 TTL 芯片近百块,若逐个测试要花不少时间。先对上述三片进行在线功能测试,但 N8T95N 是测试库中没有的型号,于是应用仪器自动芯片查号功能,对板上的另外数片 N8T95N 芯片进行查型号检测,查得 74365 与其逻辑功能相同,可代用。然后用 74365 型号对上述发热的 N8T95N 进行功能检查,结果两片皆通不过测试,且两个芯片快速测试和分步测试的情况完全相同。再对 7400 进行功能检查,结果显示片中 4 个模块都有故障。经断电后静态测量分析,发现 7400 与两片 N8T95N 存在着连接关系,估计 7400 损坏可能性较大。于是拆下 7400,并作离线测试,表明该芯片已损坏。调换新片后再通电,静态工作电流降至 1.89A 正常值范围,三芯片烫手现象也消除。将该板调入数控系统试用,机器恢复正常。

3)对接口电路进行测试 电路板上的接口电路通常与板的端口相连,如板子带电插拔,板外电路或负载短路,极易造成接口电路损坏。接口电路又与 CPU 相连,用于联络通信,工作频繁,常是一些高功耗器件。而且许多接口部分电路是根据具体要求现行设计、组合而成,与通用微处理器电路相比,其技术上的成熟程度是不及的。调试和运行的实际情况也表明接口电路的故障率较高。因此,板子修理时对这类芯片的测试显得尤为重要。常用的这类芯片有 74244、74245、74373、74374、74273、8251、8255 等。对这些芯片测试时,可采用在线功能测试和 V-I 特性测试两种手段,如果有好板的话,也可采用在线状态比较来进一步判断。另外,应注意这类芯片大多数为三态器件,当它们连接到公共总线上时,可能由于总线竞争而使测试失败。

(3)对在线功能测试失败的芯片的分析诊断 对 ICFT 快速测试时,在一般情况下,通过测试的可以认为是好片子,没有通过的不一定是坏芯片,而且这种好的芯片通不过功能测试的并非个别现象,这常使测试者感到头疼。如果将所有测试失败的芯片从板上拆卸下来,用离线测试的办法找出真正的坏片,这在片数少或拆卸工具优良(例如:电动吸锡泵)的情况下是可行的。由于数控系统的电路板工艺复杂,大多数采用多层印制电路,极易因拆卸经验不足而引起新的故障。因此,一般不要轻易拆卸,而是认真分析测试失败的原因,这是在线测试仪使用中的关键之一。

下面我们将结合实例,谈谈测试失败的诸方面原因:

1)测试时被测 IC 的某输出端不会变化,总是高电平或低电平,自然该芯片通不过测试除了该芯片本身已损坏之外,常为该输出端外部负载过重或对地、对电源短路所致,如该输出端所驱动的下级 IC 输入端性能变坏或短路,输出印刷线漏电或短路,都会造成这种情况。有时由于该输出端接有电容负载,使输出电平过一段时间才能变高,测试工作频率较高的测试仪误测为低电平,而使测试通不过。

【例 6】日本 TOSNUC—600 数控系统 ZPUI 板,采用超能 TL4040 型测试仪进行检查,发现其中有一块 SN74LS04N 测试通不过。从诊断测试提供的波形图看出,无论输入脚 1 高低电平变化,输出脚 2 总是低电平,有时为三态。分析该脚的输出电路,发现并联 3 一只电容器,将该电容器断开再测,测试通过。用万用表测量该电容,有漏电现象,调换新电容之后,该片测试通过。板上另一片 74LS00N,测试也通不过,发现输出脚 3 总是高电平。测其连线状态,发现该脚已和 V_{cc} 相连,拆下该芯片离线测试却正常。用万用表测量该脚多层印制板金属化焊脚孔,发现已和电源层短路。将该脚孔割去不用,另接线输出。上述两处故障排除后,该板恢复正常。

2)被测 IC 的输入电平出错 由于器件的故障、输入回路电路板短路、输入脚并接较大电容器,或电路设计的某种需要,将输入脚拉到 V_{cc} 或 GND 等原因,有可能使测试失败。如同超能 SW4040 线测试仪对使能脚(1脚)常接高电平的 74LS245 双向总线传输界芯片进行 ICFT 测试时,由于无法驱动 1 脚到低电平,2~9 脚不能处于输入状态,故给出“输入电平出”错”,器件不能通过测试。又如用力孚 LF9032EX 在线测试仪对如图 9-7 所示的 7402 芯片进行 ICFT 测试时,显示为“第 2、3、4 模块有故障”。将这 3 个模块输入脚并接的电阻断开后再测,测试通过,显示“芯片逻辑功能正常”。

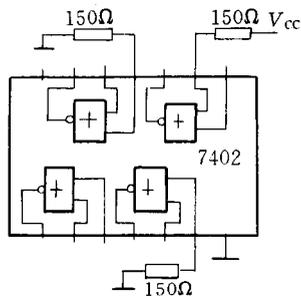


图 9-7 测试通不过的 7402 输入脚

3)对集电极开路输出芯片的测试时,由于集电极开路的输出需要上拉电阻或连接在 V_{cc} 与输出之间的负载才能正常工作,否则集电极开路输出脚总是低电平,而无法通过测试。在这种情况下,可用 $1k\Omega$ 电阻连接在 V_{cc} 与开路输出脚之间,再进行测试,作进一步确认。有些在线测试仪(如 SW4040)的 ICFT 测试软件可以任意设置连接一个内部的 $1k\Omega$ 电阻。上拉电阻到芯片的任何管脚,这就无需外接电阻。如用 AL4040 型在线测试仪对一块接口板上的一片 7438 芯片进行 ICFT 测试时,从显示的时序图中发现该芯片 3 脚总是低

电平,这正是属于集电极开路输出而无上拉电阻的情况。仪器提示 3 脚未作测试,因此,需要和 V_{CC} 连接 $1k\Omega$ 电阻再测,测试通不过。将该片焊下来离线测试时,发现 3 脚已经击穿。

在集电极开路输出芯片的测试中,另外一种情况是被测芯片的输出与另外芯片的集电极开路输出端相连(如图 9-8)。图中两只输出晶体管中的任何一只饱和导通都会使输出处于低电平状态,而不能变为高电平。如测试 A 芯片时,B 芯片的输出管处于导通状态,输出端被拉到低电平,A 芯片就无法通过 ICFT 测试。在这种情况下,如果要完成测试,只有将 B 芯片的输入端注入适当的逻辑电平,使输出管截止或将其集电极输出端断开。

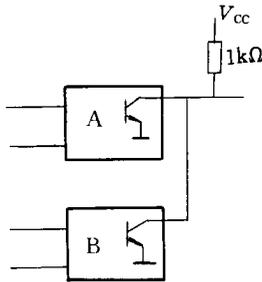


图 5-8 两芯片集电极开路输出端相连

4)对连接到公共总线的三态芯片,如 74373、74374、74244、74245 等进行测试时,应注意由于总线竞争而使测试失败。如图 9-9 所示,一个 74373 和一个 74244 连接到同一根公共总线时的测试情况。如果 74244 的 1 脚使能端为低电平,该芯片处于使能状态,因而可能在对 74373 进行 ICFT 测试期间干扰了总线,使测试失败。在这种情况下,要使测试成功,就必须将所有连接在同一公共总线上其它三态器件处于非使能状态,具体做法是临时用一只 27Ω 电阻连接到使能脚与 V_{CC} 之间。

5)在对触发器,计数器等进行在线测试时,如果它们具有在某种状态下使器件置位或复位的异步连接,则会使测试失败,如图 9-10 所示的 7474D 型触发器电路中,Q 端输出被连接到触发器的置位端 PR。当数据输入端 D 为 0 时,在时钟信号 CLK 作用下,Q 端先变 0,并立即通过 PR 端置 1 触发器,使 Q 变回 1,这就出现异步动作状态。目前水平的在线测试仪尚不能捕捉这种情况,故测试失败。

上述芯片出脚自身连接的情况,可通过在线测试的连线测试功能(即 ICST 检测)被查出来,但不能检测出通过门电路或二极管互连的脚,这种间接异步连接也会形成异步置位或复位,导致测试失败。要通过在线测试,只能设法将引起异步动作的连接失去作用。

以上列举了数种在线功能测试失败的典型原因,在许多情况下可对好的 IC 为什么不通过 ICFT 测试作出解释。因此对于各类组合逻辑电路,几乎可达到百分之百的判断和测试。然而在测试时序逻辑电路时情况较为复杂,有时尽管排除了上述几种原因,误测仍然发生。如在一次测试一块接口电路板时,发现两片 74LS174 均未通过测试,观察输出波形

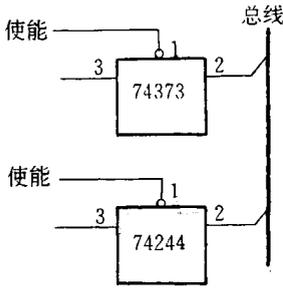


图 9-9 总线竞争的测试情况

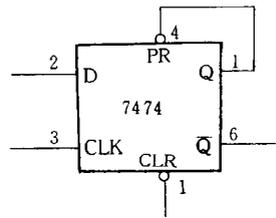


图 9-10 异步连接电路图

也不尽相同。进一步分析也没有发现存在着造成误测的特殊情况，故怀疑芯片有故障，拆下后离线复测，结果却是好的。许多在线测试的实际经验表明：在对一般触发器、寄存器等时序电路进行在线测试时，只要其输出端的波形有随着输入控制脚（如时钟）的变化作相应的变化，即使测试通不过，也可以判定是好的，其损坏可能性很小，而对输出波形应变化的出脚总是高电平或低电平，则该芯片损坏可能性极大。另外，可测其 $V-I$ 特性曲线作进一步确认。

(4)对板上大规模集成电路、模拟电路和特殊功能电路的在线测试 对一些测试库中没有的芯片可用在线测试仪的 $V-I$ 特性曲线测试来分析诊断。通常，如果有相同电路板或板上有相同部分电路时，可比较同一芯片的同功能引脚的 $V-I$ 特性曲线，通过直接对曲线的分析比较得出结论。如果在板子未损坏前，对板上上述各类芯片一一建立 $V-I$ 曲线库的话，则可通过和库中正常曲线比较的办法来判断。如果具有 $V-I$ 特性测试的足够经验，则可直接通过对曲线的分析作出判断。

电路板上每一个连接点的 $V-I$ 特性曲线反映的是该节点上所有连接元件的特性，通过它不但可以检查芯片本身端口的物理特性，同时也可以检查和其它元件的连接状况。在测试仪使用说明书中，通常都列出 TTL、COMS 类芯片的输入脚、输出脚、 V_{cc} 脚和 GND 脚在离线状态下的典型 $V-I$ 特性曲线，当芯片与其它电路元件相连时，这些曲线就发生了变化。如图 9-11 所示实线部分为未连接的 TTL 芯片输入脚的 $V-I$ 特性曲线，当和外电阻相连时就变为虚线部分的曲线。从实际电路中检测到的 $V-I$ 特性曲线是多种多样的，而且不同公司的同型集成块，甚至同一公司不同批的产品，其 $V-I$ 曲线也不完全一样。通常，如果仅仅出现 $V-I$ 曲线位移或倾斜度略有差异，而形状基本不变，在大多数情况下并非存在故障。如 $V-I$ 曲线出现较大变形，甚至与正常曲线大相径庭，可能就是故障所在。【例 7】配美国 AB 系统的加工中心在开机通电后，CRT 显示器上出现黑白相间横条，无字符显示。调换 CTPT 图形处理板后故障消除。对调下的坏板用超能 TL4040 测试仪进行修理。在测试板上的一块 40 个出脚的 D8255AC-5 型接口芯片各脚的 $V-I$ 特性曲线时，其中 14 脚的曲线形状有异（如图 9-12a），而正常情况下的 $V-I$ 特性曲线如图 b 所示。图 a 通常为带有旁路电容器的电源脚曲线，14 脚并未和 V_{cc} 及其它元件相连，直接输出至板的端口，由此说明该脚与电源 V_{cc} 短路，再用万用表测量也证实此点。将该芯片拆下，再

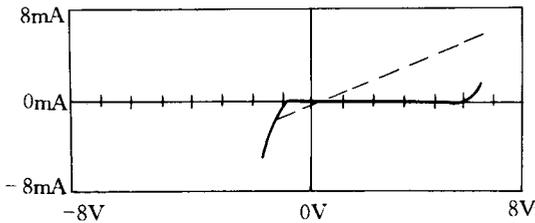


图 9-11 TTL 芯片的输入脚曲线

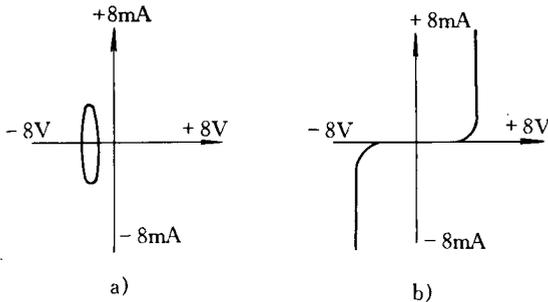


图 9-12 输出口 V-I 曲线比较

a) 故障曲线 b) 正常曲线

离线测试其逻辑功能,证实该芯片确已坏,调换新片后该板在 AB 系统上试用,表明故障已排除。

【例 8】配 FANUC—6MB 系统的 F90 型数控导轨钻床,系由日本改造的数控设备。该机床辅助导轨上装有数米长的磁尺,由数显表显示横臂在该导轨上的位置。该表主电路板出现故障后,采用 TL4040 测试仪进行检查。板上的数字芯片用 ICFT 功能测试,未发现问题。对模拟芯片,测其引脚的 V-I 特性曲线。其中有 4 片同型号运放,在比较 2 输入脚的曲线时,发现这 4 片曲线斜率都有些不同,但有 3 片其曲线拐点的位置完全一样,唯有 1 片拐点位置不同,故怀疑该芯片有故障,用好的同型电路调换后,故障排除。

(5)对内部带有软件的芯片 EPROM、E²PROM、CPU 及 PLD 的测试和复制这些芯片如 27256、2816、89C51、89C2051、GAL20V8 等,在修理电路板时会经常碰到。由于内部带有软件,有些还加了密,故不是随便购一个同型号芯片调上就能解决问题的(一些 E²PROM,可通过系统的初始化程序或手动设置使其恢复内容)。

在线测试仪通常都具有对多种 EPROM 的阅读功能,可在离线或在线的情况下读出所存的内容,并记录其校验总和,因此可与好板或原存的记录相比较,若校验总和不相等,则表明两者内容有异或已损坏。应注意的是,对在线状态的 EPROM 应反复阅读其内容,具有一致的校验总和值才是正确的。

对于加了密的 CPU 和 GAL 芯片,一般的测试仪或编程器无法阅读其内容,常用测它们端口的 V-I 特性曲线的方法来判断好坏。如 GAL 或 PALCE 器件端口在离线状态下,正常时应呈高阻态,若测试时有些引脚出现低阻,可判定该芯片已损坏。对于芯片的解

密,有些在线测试仪,如 TL4080 可带有解密附件。有些维修人员手头上已有 ALL03A、ALL07 等编程器,只要另配专门的解密软件,可对一部分常用的 GAL 和 PAL 进行解密和复制。另外 RF—1600 是一种功能较强的解密器,可对多种 PLD 和 CPU 器件进行解密。如可直接阅读加密的 GAL 和 JED 文件,并可进行复制,也可通过文件转换,列出逻辑方程。又如对 89C51、89C2051 等 CPU 芯片,通过解密操作使加密位清除,从而可直接读出其内部程序,用于复制或另通过反汇编,转为汇编语言后还可对其进行修改。

【例 8】 配用 SINUMERIK 880M 系统的德国 WALDRICHCOBURG 数控龙门铣,开机通电后,CRT 显示不亮,无任何显示。检查装 CRT 显示器的悬吊箱,当调换编号为 30595、570、511 9102.01 的电路板后,该故障消除,说明该板有故障。用 LF9032EX 型在线测试仪对坏板进行检查。首先,对电路板上的数十片 TTL74 系列芯片进行 ICFT 在线功能测试,由于全部为片状元件,需配用 5514 型片状器件测试夹。经测试,发现一片 74LS164 和一片 74LS244 有故障。于是将它焊下后进行离线测试,结果表明前者已坏,后者是好的。调换好片,重新焊上后,将板子插到 880 系统中去试用,仍然不好用。该板上还有 2 片装插座的芯片 27C256Q 和 D7220AD。另外,有 9 片 GAL16V8B 和 2 片 PAL20L8B。将 27C256Q、D7220AD 拔下调入好板,未发现有故障。再用测试仪测 GAL 和 PAL 芯片端口的 V-I 特性曲线,并与好板相比较,发现有一片 GAL16V8B 的引脚曲线相差甚大,呈低阻状态。将该片拆下后离线测试该引脚,发现已损坏。于是用 RF1600 将好板上对应 GAL 的内容读出再写入一块新购的 GAL 芯片内,再将复制成的芯片安装在电路板上,经 880M 系统试用,表明该板已恢复正常。

第六节 汇编语言测试法

数控系统中,带 CPU 的主电路板一般由 4 部分组成:一是存储器区,用于存放系统程序、零件加工程序、机床参数及工作期间的临时数据;二是总线控制的时序电路,包括 CPU、总线控制器、数字协处理器等;三是专用功能部分,包括定时器、并行串行接口、中断控制器、键盘及显示接口;四是逻辑电路,包括数据总线、地址译码、硬件断点、看门狗电路等。电路板上一般只有 CPU、EPROM 使用插座,其余均焊死。上述前三项,如果使用在线测试仪进行测试检查,效果往往不太理想,用逻辑分析仪分析大规模可编程芯片也不太现实,由于这些芯片往往管脚很多,又采用多层电路板,因此用烫下板上可疑芯片,一片一片离线测试的方法也不可取。正是这些原因,使 CPU 类电路板的故障最难排除。目前,对这类电路板修理的一种比较有效的方法是用汇编语言进行故障诊断,即根据其 CPU 指令编写自检汇编程序替代系统原监控程序或通过仿真系统对电路板各部分进行自动诊断。这种方法不但可以诊断电路板上的 RAM、EPROM、定时器、中断控制器等,还可诊断多种接口电路。下面举一实例介绍汇编语言测试法在修理 CPU 主电路板时的应用。

【例 9】 SINUMERIK8T 数控系统在一次电源故障中受到冲击,已完全判定其主 CPU

板 MS100 损坏,现象为:无论对系统作何种清除、系统建立均表现为 M、I/C、S、PC 监控灯全亮,屏幕上无任何信息。其 CPU 为 INTEL8086,手上有此套系统全部硬件图样。分析处理:系统无任何信息显示,可能是 CPU 或总线控制器 8288,地址总线 74LS244,地址锁存 74LS373,数据总线 74LS245 故障,将 96 脚总线插头 X101 完全悬空,直接加上 +5V 直流电压(此时复位有效,系统时钟对 CPU 无效),用“创能”维修测试仪在线测试功能,发现一片 74LS373 损坏,更换后屏幕只有版本号显示,监控灯依旧亮,但说明上述部分已正常。

问题可能出在 RAM、EEPROM 或其他部分,通过硬件分析可以得到每一个硬件端口地址,(在系统维修手册上也有),因没有 8086 仿真器,决定采用如下办法:将自己编写的系统自检程序来替代系统监控程序完成系统诊断。

用 ALL03 编程器将板上的 74S288(EPROM,其地址为 8086,复位地址:FFFF 0)中的内容读出,分析其指令为:JMP0:78H;

在此我们仅以检查 RAM 为例编写自检程序。在本系统中,正好有一个非屏蔽中断按钮和 4 个监控灯,所以我们可以利用非屏蔽按钮控制程序的运行,用监控灯显示信息。对于别的系统可以自己接线来实现。所检测的 RAM 区由 24 片 5514(1024 × 4)组成(所有的立即数均为 16 进制)。

```

2000 0—3FFF 与 0 0—3FFF 数据区相重叠。定义非屏蔽中断 INT3 中断向量
2000 0    DB 0001 0020 0001 0020
          0001 0020 0004 0020
2000 78  JMP808 跳转到主程序
2000 100  IRET 对中断 0,1,2 处理
          监控灯 PC,I/C,S 亮一下,再灭 I/C 灯,表示正常。
2000 200
          MOVAH 21
          MOV[6839],AH
          ;1800~6839 为监控灯地址 0;亮灯 1;灭灯;第 1 位对应 S,第 2 位对应 I/C,第 3 位对
应 PC
          PUSH.CX
          MOVCX 8000
          N1:LOOPN1 等待延时一下
          MOVAH 04
          MOV[6839],AH ;灭掉 I/C 灯
          POPCX
          RET
          监控灯 PC,I/C,S 灭一下,再亮 I/C 灯,表示故障
2000 300
          MOVAH 0F

```

MOV[6839],AH

PUSHCX

MOVCX ,8000

N2 :LOOP N2

MOVAH ,0B

MOV[6839],AH

POPCX

RET

;非屏蔽中断处理

2000 400

MOVDL ,01

1RET

;主程序

2000 800

MOVAX ,1800

MOVDS ,AX

MOVES ,AX

MOVAX ,1DDE

MOVSS ,AX

MOVSP ,190

CLI

MOVDL ,0

MOVAH ,21

MOV[6839],AH

N3 :MOVAH ,0F

MOV[6839],AH

CMPDI ,01

JNZN3

;监控灯全灭,等待非屏蔽中断

MOVBX ,FFFF

;1800 0—1800 2FFF 为 RAM 区

;分别对其进行 FFFF 和 0000 的读写检查来判断 RAM 的好坏

N4 :MOVDI ,0

MOVAX ,BX

MOVCX ,1800

CLD

```
REPZ
STOSW
MOVCX ,1800
```

```
N5 ,DEC DI
DEC DI
ES :
AND AX [ DI ]
CMP AX ,BX
JNZ ERROR
LOOP N5
CALL 200
HLT
CMP BX ,FFFF
JNZ OK
MOVBX 0
JMP N4
```

报告 RAM 区正常

```
OK :CALL 200
```

```
HLT
;错误处理
```

```
ERROR ;
```

非屏蔽中断一次 ,从 PC 灯显示出错数据位位置信息

```
CALL 300
HLT
PUSH AX
XOR AX ,BX
CMP AX ,F
JLN N6
MOVAH 2
JMP N9
```

```
N6 :CMP AX ,FF
```

```
JLN N7
MOVAH 4
JMP N9
```

```
N7 :CMP AX ,FFF
```

```
JLN 8
```

```

MOV AH,6
JMP N9
N8 :MOV AH,8
N9 :MOV[6839],AH
      ,错误处理,每非屏蔽中断一次,从 PC, I/C, S 灯显示一位出错地址,从低到高
HLT
CALL 300
MOV CX,16
MOVBX,1
N10 :HLT
PUSH BX
ANDBX,DI
JZN11
MOVDH,0
MOV[6839],DH
POP BX
SHL BX,1
LOOP N10
N11 :MOVDH,EO
      MOV[6839],DH
      POP BX
SHL BX,1
LOOP N10
HLT

```

将上述程序汇编成机器码后,用 DOS 下的 DEBUG 程序编写完后存盘,并将其分为奇偶单元,将奇单元写入奇 EPROM 芯片,偶单元写入偶 EPROM 芯片,然后和 MS810 板(西门子 SINUMERIK8 系统监控程序板)上的对应 2000:0 地址的 E-PROM 芯片调换,再将 MS100 板上的 X101 插头中 A14 接地(RESET 无效),加上 +5V,通过按动非屏蔽中断按钮,可以观察到我们需要的信息。在实际维修过程中,我们还编写了定时器、EEPROM、中断控制器、硬件断点寄存器、软中断等监控自检程序,最后检查出一片 EEPROM. ER3400、三片 RAM5514 损坏,将其更换后,再用自编的程序自检获得通过,上机床也一次通过。

这种用自己编写自检程序替代系统监控程序进行自动诊断的方法我们还处理过多起带 CPU 的大板故障,证明完全有效。

第七节 模拟台测试法

数控系统的电路板复杂、功能多,其中大部分电路板由软件控制,因此,这类电路板不但查找故障较难,就是查到和排除了某个故障,如果不将板子拿到机床上去试用,也很难确定这块板子是否完全修复。因此,一些具备条件的单位利用备用电路板,搭成与机床数控系统相对应的模拟台,用模拟台来判断电路板故障性质和大致区域,用模拟台来验证电路板是否完全修好。在使用在线测量法修理电路板时,只要排除了一个故障点,就可将板子用模拟台来测试,如果通过,无需再对电路板进行全面测试,这将大大节省在线测试所花的时间。对于一块单独电路板,采用动态测量法,往往难以对其进行检查。若将板子插在模拟台上,并用接长板接出框架外,就可以仔细地测量电路各点动态下的波形和参量。在使用汇编语言诊断电路板故障时,则要求被测电路组成一个基本的微处理机系统来执行自检程序。当模拟台上连接着接口电路板时,还可通过自检程序对这些接口板进行自动诊断。如果通过外接仿真器,可使系统诊断更为方便、有效。

第十章 数控机床开机调试

数控机床是一种技术含量很高的集机、电、液为一体的机床。用户买到一台数控机床后能否正确、安全地开机、调试,是很关键的一步,它在很大程度上决定了这台数控机床能否发挥正常的效能及其使用寿命,对数控机床生产厂和用户都是重大的课题。本章是总结了多年来在数控机床的设计和具体开机调试过程中所遇到的各类问题,将其归纳、整理而编写的“数控机床开机调试 28 步”,作为开机调试过程中的参考。

“数控机床开机调试 28 步”的宗旨是安全、快速。目的是为了节省开机调试的时间,少走弯路,减少故障,防止发生意外事故。

“数控机床开机调试 28 步”的具体步骤如下:

第一节 通电前的外观检查

第 1 步 机床电器检查

打开机床电器箱,检查继电器、接触器、熔断器有无异常,伺服电动机速度控制单元插座、主轴电动机速度控制单元插座等有无松动,如有松动应恢复正常状态。有锁紧机构的接插件一定要锁紧;有转接盒的机床一定要检查转接盒上的插座、接线有无松动;有锁紧机构的一定要锁紧。

第 2 步 CNC 电器箱检查

打开 CNC 电器箱,检查各类插座,包括各类接口插座、伺服电动机反馈线插座、主轴脉冲发生器插座、手摇脉冲发生器插座、CRT 插座等,如有松动应重新插好,有锁紧机构的一定要锁紧。

按照说明书检查各个印制电路板上短路端子的设置情况,一定要符合机床生产厂所设定的状态。确实有误的要重新设置,一般情况下无需重新设置,但用户一定要对短路端子的设置状态做好原始记录。

第 3 步 接线质量检查

检查所有接线端子,包括机床生产厂在强、弱电部分装配时自行接线的端子及各电动机电源线的接线端子。每个端子都要用工具紧固一次,直到旋不动为止(弹簧垫圈要压平)。各电动机接线插座也要拧紧。

第 4 步 电磁阀检查

所有电磁阀均用手推数次,以防长时间不通电造成动作不良。如发现异常,应做好记录,以便修理或更换。

第 5 步 限位开关检查

检查所有限位开关动作的灵活性及固定是否牢固,如发现动作不良或固定不牢应立即处理。

第 6 步 操作面板上按钮及开关检查

检查操作面板上所有按钮、开关、指示灯的接线,发现脱落、脱焊应立即处理。检查 CRT 单元上的插座及接线。

第 7 步地线检查

数控机床要求有良好的接地,机床地线和 CNC 装置的线的接地电阻不得大于 1Ω 。

第 8 步 电源相序检查

用相序表检查输入电源的相序,确认输入电源相序与机床各处标定的电源相序是否一致。有二次接线的设备,如电源变压器等,必须确认二次接线相序的一致性。此后应测量电源电压,做好记录。

第二节 机床总电源接通后的检查

第 9 步 接通机床总电源

检查主轴电动机和机床电器箱等的冷却风扇的转向是否正确,润滑、液压站等处油标、压力表的指示及机床照明等是否正常,各熔断器有无损坏,如有异常立即停电检修。

第 10 步 测量强电各部分电压

测量强电各部分电压,特别是供 CNC 及伺服单元、主电动机驱动单元用电源变压器的一、二级电源电压,并做好记录。

第 11 步 液压系统检查

观察有无漏油,特别是供转塔转位、夹紧,主轴变速以及卡盘夹紧等处的液压缸和电磁阀有无漏油。如有漏油应立即停电修理或更换。

第三节 CNC 电器箱通电检查

第 12 步 CNC 电器箱通电检查

接通 CNC 电源,观查 CRT 显示,直到光屏出现正常显示画面为止。如出现报警显示,应寻找故障并排除,然后重新通电检查。

第 13 步 CNC 电器箱内各级电压测量

打开 CNC 电器箱门,根据有关资料给出的测量端子的位置测量各种电压值。有偏差

的应调整到给定值,并做好记录。

第 14 步 认真核对参数

将状态选择开关放在适当位置(如日本 FAMUC 系统应放在手动数据输入 MDI 状态)选择参数页面,逐条逐位地核对参数,应与随机携带参数 1 表的给定值相符。如发现不一致的参数应搞清各参数的意义后再决定是否修改。参数表必须存档,以备维修时使用。

第 15 步 超程保护试验

将状态选择开关置于点动(JOC)位置,点动速度放在最低挡,分别进行各坐标的正、反方向点动操作,同时人为地按下与点动方向相对应的超程保护开关,验证其可靠性。然后再进行慢速超程试验,验证超程撞块安装的正确性。

第 16 步 导轨润滑、滚珠丝杠润滑试验

进行手动或自动导轨润滑、滚珠丝杠润滑试验,检查润滑是否良好。

第 17 步 返回参考点试验

将状态开关置于返回参考点(ZRN)位置,完成返回参考点操作。无特殊说明,返回参考点的方向一般为坐标正方向。动作完成后,将状态选择开关放在点动位置,各坐标向相反方向点动一段距离后再向参考点方向点动,直至产生软件超程报警,观察软件超程保护的可靠性。

第 18 步 点动试验

在点动状态下随意点动各坐标轴,并逐渐变化快移超调开关和进给倍率开关,观察运动速度变化的正确性和运动的稳定性。

第 19 步 手动主轴变速试验

将状态选择开关置于点动(JOG)位置,进行主轴手动变速试验。尔后,将主轴调速开关放在最低位置,进行主轴正、反转试验,观察主轴调速运转情况和速度显示的正确性。再逐渐开至最高转速,观察主轴转动稳定性。

第四节 手动数据输入(MDI)试验

第 20 步 主轴变速试验

将机床锁位开关(MACHINELOCK)放在接通位置,锁住机床。手动数据输入指令进行主轴任意变速试验。测量主轴实际转速,并观察显示值,将误差调整在 $\pm 5\%$ 之内(此时对主轴调速系统也应作相应的调整)。

第 21 步 转塔或刀库选刀试验

现在的机床转塔或刀库都有沿最短途径选刀的功能,故在进行转塔或刀库选刀试验时应输入如下指令:

```
T0100      INPUT      START
```

I00200 INPUT START

T0900 INPUT START

目的是验证转塔或刀库正、反转和定位精度正确性。

第 22 步功能试验

用手动数据输入方式输入指令 G01、G02、G03 并指令适当的移动尺寸、F 码、主轴转速等,同时调整进给倍率开关(FEEDOVERRIDE),观察指令执行情况 and 进给倍率的变化情况。

第 23 步 车螺纹试验

运行车螺纹指令 G32,但不给出主轴转动指令,观察其执行情况。如不能执行,则是正确的。因为车螺纹要靠主轴脉冲发生器的同步脉冲,然后再给出主轴转动指令(此项只适用于车床)。

第 24 步循环功能试验

因机床型号不同所具备循环功能也不相同,因此,用户可根据机床具备的循环功能进行试验。为安全起见,用先将机床锁住后再进行试验,先确认程序无误后,再放开机床进行试验。

第五节 编辑(EDIT)功能试验

第 25 步程序编制试验

将状态选择开关置于编辑(EDIT)位置,自行编制一简单程序。该程序应尽可能包括各种功能指令和辅助功能指令,移动指令以机床最大行程为限,同时进行程序增加、删除和修改的操作。

第六节 自动状态(AUTO)试验

第 26 步 循环工作试验

将机床锁住,用第 25 步编制的程序作空运行试验,验证程序的正确性。放开机床,在程序运行的同时,变化进给倍率开关、快移超调开关和主轴速度超调开关,观察其执行情况。在机床充分运行后,将各开关置于 100% 处,使机床多次循环工作,观察整机运行情况。

第七节 外围设备试验

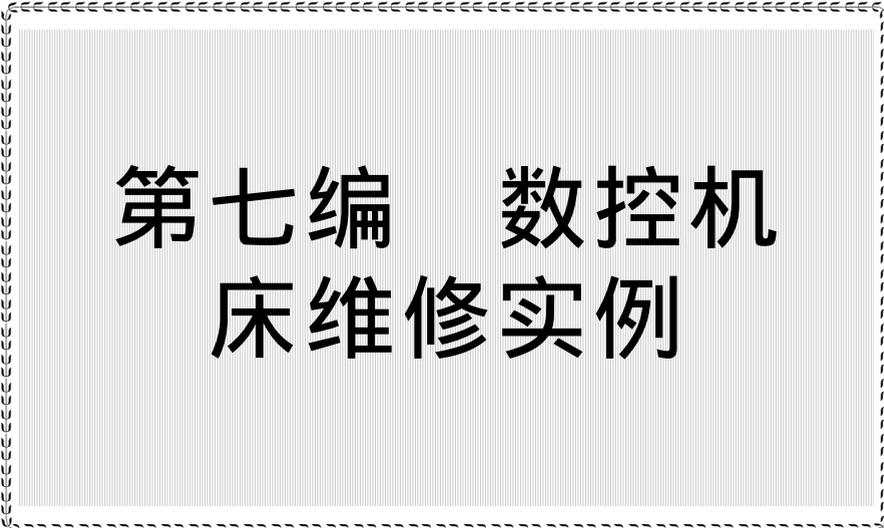
第 27 步程序输出试验

连接打印机 ,将程序和参数打印出来 ,验证辅助接口的正确性。参数表保存以备用。

第 28 步 程序输入试验

将计算机与 CNC 相连 ,将程序输入 CNC ,确认程序并执行一次 ,验证输入接口正确性。

到此为止 ,一台数控机床开机调试完毕。当然 ,由于数控机床型号不同 ,开机调试步骤也略有区别 ,上述步骤仅供参考。



**第七编 数控机床
床维修实例**

第一章 数控车床维修实例

第一节 概述

数控车床是普通车床与计算机控制系统相结合的机电一体化设备。因此,它不仅具有普通机械产品的特点,而且还具有电子产品的特点。

数控车床除了能完成普通车床能完成的车削内、外圆;车削内、外锥面;车削螺纹、球面、端面、切槽、倒角等切削功能外,它还具有控制进给速度、进给方向、加工长度、刀架自动转位、刀位偏移补偿和间隙自动补偿等功能。由于数控车床有上述加工功能,且具有加工精度高、生产效率高和自动化程度高等特点,故目前已广泛的应用于现代机械加工行业。

对于数控车床而言,因有自身的特点,所以,其故障一般可以分为5大类:①CNC装置故障;②伺服系统故障;③主轴系统故障;④刀架系统故障;⑤其它部位故障。

从本章收集到的维修实例来看,在这5大类故障中,CNC装置故障、伺服系统故障和刀架系统故障占整个数控车床故障的85%。其中:CNC装置故障占31%;伺服系统故障占25%;刀架系统故障占28%。而主轴系统故障和其它部位故障仅分别占3%和12%。

以上就是数控车床故障发生的规律和特点。掌握了这些规律和特点,对于数控车床的维修是有很大帮助的。

第二节 CNC系统故障实例与诊断

【例1】 FANUC10T系统 OT001 - OT003 软超程报警。

故障现象: 由于编程时操作失误而发生 OT001 - OT003 等软超程报警,机床停止运行。

故障检查与分析: 该机床为日本西铁城公司的 F12 数控车床,其数控系统为 FANUC10T 系统。

此故障有时以超程方向的反方向运动而解除报警,若此办法无效时,可按如下方法解除。

①同时按 F 和 键并起动电源；

②CRT 上显示 IPL 方式及如下内容：

1 CUMPMEMORY；

2 —

3 CLEAR FILE

4 SETTING

5 —

6 END IPL

③键入 、 去选择“4 SETTING”

④键入 回之后，显示“CHECKSOFTATPOWERON？”

⑤第②项的内容再次显示出之后键入 、，则改变了 IPL 方式且报警自然消除。

【例 2】西门子 5T 系统自动工作时主轴故障的处理。

故障现象：用 MDI 方式不能将有关 M 指令输入到计算机中去；自动走程序时主轴时转时不转，冷却液时有时无。

故障检查与分析：PPNE480L 数控车床是德国 VDF. BOEHRINGER 公司的产品，它采用西门子公司 SYSTEM5T 做为它的控制系统。操作面板上有 OI(超程)、SV(测量回路超差及伺服系统故障)、TH(奇偶错)、TV(句法错)、P/S(程序错)等 5 个基本故障报警指示灯。制造厂有它专用的检测仪器及诊断纸带对计算机系统的故障进行诊断。但有些故障，特别是接口及外设部分的故障则必须靠我们的分析判断以及必要的测量方法去诊断排除。

从上述故障现象可看出是有关 M 指令变换信号或相关电路有问题。我们从最末级开始逐级前推以查出问题之所在。以 M40、M04 指令为例，其诊断方法可按图 1-1 所示流程图进行。

故障处理：根据流程图检查，机床的故障为微型继电器

RLY1.2 的 01.08-04 触点间接触不良从而使 M 变换信号(MF)时有时无所致。更换该元件后，故障排除。

【例 3】西门子 5T 系统操作面板 SV 故障报警的排除。

故障现象：机床操作面板上 SV 故障报警指示灯亮，机床停止正常工作。

故障检查与分析：PPNE480L 数控车床是德国 VDF. BOEHRINGER 公司的产品，它采用西门子 SYSTEM 5T 为其控制系统。

当 5T 柜面板上 ALARM 灯亮时，用 NUMBER 键寻址，当 SV 位置显示为“1”时，则表示测量回路及伺服系统有故障。该故障产生的原因比较复杂而且涉及面也比较广，因此应按如下步骤检查：

①首先应检查直流伺服电动机及变压器是否过热，如果过热则表示超载，应立即停电查找故障原因进行排除。

②外观检查接口箱 CRU 板上 D208、D107、D528、D320、D210、D211 等发光二极管的显

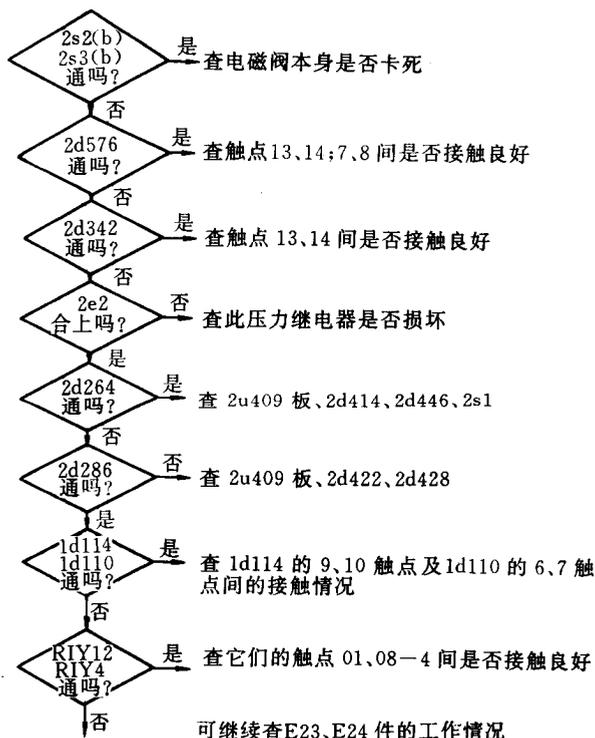


图 1-1 诊断方法流程图

示是否正常。正常情况应该是 D208 亮,它表示电源接通。如不亮则表示 CPI 电流板有问题。D107 不亮,如亮则表示电流超过限制值。D528 在电动机不转时亮,电动机转时则不亮,否则则表示该环节有问题。D320 应该亮,否则则表示有关信号没准备好。D210、D211 表示电动机正反转的桥路选择,正常运转时,只能其中之一亮,否则则表示该环节有问题。实践证明 X、Z 轴的 CRU 板、ASU 板、CPI 板、晶闸管板均可对应互换,由此可证明某一轴的相关板是否有故障。

③若前两项检查无问题,应进一步区分是位移脉冲编码盘有问题,还是 5T 柜内有问题。为此,以 X 轴为例应做如下检查:

a) 解开 X 轴进给驱动板 CRU 的 5、8 号线,将接线端子短接(避免由于外界的干扰信号而使机床运行),在 5、8 号线上接入一直流电压表,进给率旋钮置于 200% 或操作“快速进给”,若 5T 柜内 PCB.A 板上的 ALARM 灯不亮,则电压表应有 5V 左右的指示,若亮则表示 PCB.A 板上的位置测量回路有问题;

b) 若 5T 柜无问题,可取下位移脉冲编码盘来回转动其轴,则电压表应有所指示,其值在 0V 左右来回摆动。若无指示则表示位移脉冲编码盘有问题或有关电缆有断线情况(注意:在重新装入编码盘时,一定要按要求调整好机床参考点,以保证加工精度。

④若 5T 柜内 PCB.A 板的位置检测环节有问题,可作如下检查:

a) 检查 +5、+5D、+6R、+5R、+15、+12、+24、-6R、-15、-5 等各点电压值是否正常。

b) 若以上各点电压值正常,则应接上 5、8 号线。测量 TSAL、VCMDL 的电压值应为 0V,其允许漂移不大于 10mV。若漂移值超过允许范围,应调节有关电器器。

c) 如果前两项无问题,则断开 5、8 号线,对图纸 AE2 页的位置测量环节进行检查(如图 1-2)。

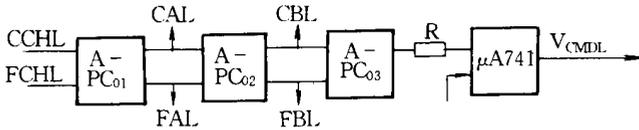


图 1-2 位置测量环节

图中 A-PC01 为 D/A 转换开关, A-PC02 为 D/A 转换器, A-PC03 为放大器, $\mu A741C$ 为运算放大器。根据我们的几次测量结果, 正常情况应该是 CAL 最大有效值为 2.7V 左右的矩形波, FAL 最大有效值为 3.7V 左右的矩形波。FBL 最大有效值 10V 左右的正弦波。CBL 最大有效值为 1.5V 左右的正弦波。故障时测 CBL 仅为 0.37V 左右, 由此可判断 A-PC02 有问题, 它输出低而导致 VCMDL 输出低, 即反应滞后量过大而产生测量部分超差。更换该元件后, 则故障排除;

d) 若上述测量无问题, 可比较测量 MB 870X (在电气图册的 AE1 页) 的输出情况。更进一步地检查, 建议去西门子北京维修中心或法那克北京维修中心做有关的试验。

【例 4】西门子 5T 系统 READY 指示灯不亮故障的处理。

故障现象: 机床合上主开关起动数控系统时, 在示显面板上除 READY(准备好)灯不亮外, 其余所有各指示灯全亮。

故障检查与分析: PNE480L 数控车床是德国 VDF. BOEHRINGER 公司产品, 数控系统为西门子 SYSTEM 5T 系统。因为故障发生于开机的瞬间, 因此应检查开机清零信号 RESET 是否异常。又因为主板上的 DP6 灯亮, 而且它又是监视有关直流电源的, 因此也需要对驱动 DP6 的相关电路, 以及有关直流电源进行必要的检查, 其步骤如下:

① 因为 DP6 灯亮属报警显示, 首先对 DP6 的相关电路进行检查, 经检查确认是驱动 DP6 的双稳态触发器 LA10 逻辑状态不对已损坏。用新件更换后, 虽然 DP6 指示灯不亮了, 但故障现象仍然存在, 数控箱还是不能起动。

② 对 RESET 信号及数控箱内各连接器的连接情况进行检查, 连接状况良好, 但 RESET 信号不正常, 发现与其相关的 A38 位置上的 LA01 与非门电路逻辑关系不正确。但我们没有轻易更换此件, 而对各直流电流进行了检查。

③ 检查 $\pm 15V$ 、 $\pm 5V$ 、+5R、+6R、+12V、+24V, 发现 -5V 电压值不正常, 实测为 -4.2V 已超出 $\pm 5\%$ 的误差要求。进一步检查发现该电路整流桥后有一滤波用大电容 C19 (10000 $\mu f/25V$) 焊脚处印制电路板铜箔断裂。将其焊好后, 则电压正常, LA01 电路逻辑关系及 RESET 信号正确, 故障排除, 数控箱能正常起动。

【例 5】 西门子 5T 系统显示值与实际值不符故障的解决。

故障现象 面板显示值与机床实际进给值不符,显示值总是比实际进给值少 1~2mm。
故障分析 此故障多与位置检测元件有关。

故障处理 经检查确定为光电脉冲编码器有问题,快速进给时丢脉冲所致。购买一只同本产脉冲编码器替换,它与德国产编码器对应关系如表 1-1。

表 1-1

信号含义	插座脚号	颜色标记	
		西 德	日 本
A	1	棕(细线)	黑
\bar{A}	2	绿	黑白条
B	3	灰	蓝
\bar{B}	4	粉	蓝白条
+5V	5	蓝	红、红白条
Z	6	红	绿
\bar{Z}	7	黑(细线)	绿白条
+5V	9	棕(粗线)	
0V	10	白(细线)	灰、灰白条
屏蔽	11	黑(粗线)	黑(粗线)
0V	12	白(粗线)	

说明①如果在某段程序上反应出显示值与实际值的不符,且值在 0.5mm 以内,应考虑在程序上前把刀的刀补在本程序段没有清除。

②如果机床送电后在没有指令的情况下就开始运行,应考虑脉冲编码器的光源灯泡是否坏了,或者有关测速发电机的电刷是否没接触好。

【例 6】 FANUC 3T-A 系统“NOTREADY”故障的处理。

故障现象 在加工一产品零件时,机床发出报警信号,CRT 显示“NOTREADY”,机床不能工作。

故障检查与分析 CK7815/1 型数控车床采用日本国 FANUC 公司的 3T-A 闭环 CNC 控制系统。进给伺服机构采用 FANUC-BESK 直流伺服电动机(FB-15 型)。主轴驱动采用 FANUCBESK 直流主轴电动机,可在宽范围内实现无级调速和恒速切削。机床顺序控制由 3T-A 系统内装的可编程序控制器(PC-D)来实现。

出现上述故障时,调故障自诊断程序。按 F ALARM 键,CRT 上没有显示报警内容,这说明控制单元或伺服系统其中有一个没有准备好。检查机床系统的梯形图(如图 1-

3) 发现没有机床准备好信号输出, 由此可以针对信号 CK24CK100 MRDY.M 进行检测。调 PLC 的输入输出接口表(如图 1-4)检查输出地址号 00.7 无信号, 即系统没有检测到 AC 100V 电压信号, 故伺服系统不工作产生“NOTREADY”报警。检查提供交流 100V 电源(如图 1-5)在 300 和 301, 300 和 302, 300 和 303 两端用万用表测得 100V 交流电压再检查 PLC 板上端子 M18 的 36P 测出直流 24V 电压至此, 机床 AC100V 信号已进入 PLC 板的输入接口, 可是在地址 00.7 却没有信号, 说明这一路 [RV] 损坏, 解决办法有三种: ①更换 PLC 板, 这样最简单, 但是不经济; ②更换损坏这路 [RV] 所在的集成元件;

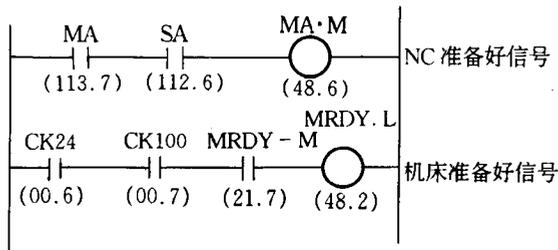


图 1-3 机床 PLC 梯形图(部分)

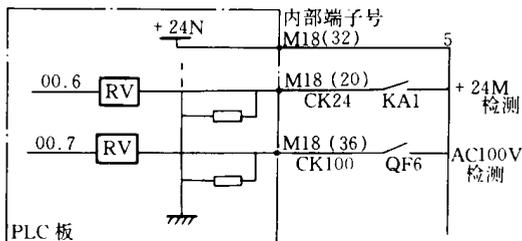


图 1-4 机床 PLC 输入输出接口表(部分)

③更改检测 AC100V 信号的地址。

【例 7】FANUC 3T-A 系统 CRT 无显示故障。

故障现象: 在调试一零件程序当中, 将机床锁住进行空运行时, 按下起动按钮显示器无任何显示, 也无光栅。

故障检查与分析: CK7815/1 型数控车床采用日本国 FANUC 公司的 3T-A 闭环 CNC 控制系统。进给伺服机构采用 FANUC-BESK 直流伺服电动机(FB-15 型)。主轴驱动采用 FANUC-BESK 直流主轴电动机, 可在宽范围内实现无级调速和恒速切削。机床顺序控制由 3T-A 系统内装的可编程序控制器(PC-D)来实现。

检查 NC 柜中电源板无 24V 直流电压输出, 关掉机床电源, 将 P.C.B 主板上与直流 24V 电源相连的接插件 PC3 拔下, 然后给机床上电, 电源板有直流 24V 电压, 此时 CRT 有光栅, 这说明在 P.C.B 主板或与其相连的插口及印制线路板中有短路的地方。关掉电源, 试将与 P.C.B 连接的输入输出接口 M_1 、 M_2 和 M_{18} 拔下, 把 PC₃ 插口恢复, 通电试车, CRT 显示正常。关掉电源, 逐一连接 M_1 、 M_2 和 M_{18} 查出输入接口 M_1 和与 PLC 板连接的

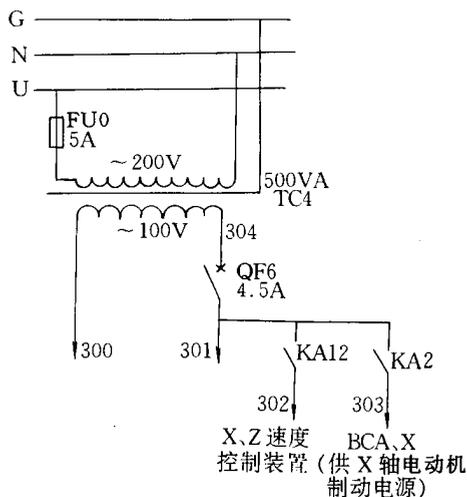


图 1-5 交流电源电路

M_{18} 中均有短路地方,至此,排除了 P.C.B 主板和 PLC 板,说明故障出现在机床侧。检查 M_1 和 M_{18} 中的 32P 均与地短路,查 32P 所接线,都是 5 号(即系统直流 24V 电源),通过分线盒与强电柜中的 5 号端子相连,将 5 号端子上的信号线逐一用万用表测量,有一条线与地短路,顺此线查明,故障发生在刀盘接线盒内的刀位开关上,重新调整刀位开关和接线,故障排除了,机床恢复正常工作。

【例 8】FANUC-7CT 系统“死机”故障。

故障现象:死机故障初期,起动 NC 柜时不是很容易。一般要起停 2~3 次才能成功。这样一直持续了 2~3 月时间。后来,无论如何也不能进入监控状态,处于“死机”状态。无任何报警信息。

故障检查与分析:CF5225 立车,1989 年用(四轴车床用)FANUC-7CT 数控系统对其左刀架进行数控改造。构成 FANUC-7CT 有 7 个主要单元板:①CPU 板;②MEM 板;③I/O 板;④MDI/DPL 板;⑤电源单元;⑥位置控制板;⑦附加位置控制板;⑧造成死机故障一般由时钟和 CPU 部分(含监控程序)等几部分电路故障引起。这几部分都在 CPU 板上。监控程序 EPROM 封固完好,一般不会坏。我们先对 CPU 的时钟电路进行分析和测试。其结果是,CPU 在起机时四片 2901 有时钟,经 2s 左右又消失,但时钟电路正常。造成这种时钟消失的原因是 CPU 部分工作不正常。由硬逻辑封锁时钟。所以,CPU 部分有故障。

FANUC-7CT 数控系统采用的是位片式结构:主 CPU 是用四片 2901 构成的 16 位 CPU,主 CPU 指令系统又是由微程序走序器支持。微程序定序器由两片 2911 构成。其原理框图为(如图 1-6)

对于这种位片式 CPU 结构:CPU 故障包括:①位片式微处理器 2901(四片);②微程序定序器 2911(2 片);③微处理器监控程序;④微程序定序器监控程序。分析至此,以防万

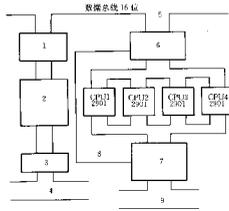


图 1-6 微程序定序器原理框图

- 1 - 指令寄存器及 O.E 映射 2 - 微程序定序器 2911 及其监控程序
 3 - 1 中断处理 4 - 控制总线 5 - 数据总线 16 位 6 - 数据总线
 接口寄存器 7 - 地址锁存接口寄存器 8 - 主 CPU 侧
 9 - 地址总线 16 位

一。我们又在线测试仪上测试了四部分以外的元器件,都正常。对于这 4 部分,我们的分析是:构成 CPU 的 4 大部分,很难确定是哪一部分出故障。对于 3、4 两种监控程序分别固化在 17 片和 9 片 1 位 E-PROM 芯片上(有一位是 P/V 校验),一般很难丢失。至于主 CPU,它采用的是双极性位片式微处理器,发热量大,容易出现热损坏。所以我们决定另购四片 2901。

故障处理:更换 2901 后重新送电启动 NC 柜正常。对 FANUC-7CT 的常用操作功能 AUTO、EDIT、MDI、JOG、HANDWHEEL 进行检验,一切正常。

【例 9】南京大方 JWK 系统进步电动机失步故障的处理。

故障现象:步进电动机失步。

故障检查与分析:该数控系统为南京大方股份有限公司生产的 JWK 经济型数控系统。

在日常维修中,我们发现有些系统容易失步,且伴有功放管特别容易烧坏现象修复后在试验台上运行完全正常,装上机床后,在运行时却出现失步现象,检查计算机输出信号正常,可见问题出在功放部份,而功放板元器件均未发现损坏,且在试验室运行正常。为查出故障原因,我们用示波器在机床运行时实测各点波形,结果发现 C 点波形是不正常的,失步由此引起。根据 C 点波形分析,5VT14 没有可靠截止,C 点电位下降,导致 5VT16、17 不能可靠饱和而处在放大状态,限制了输出电流,步进电动机力矩变小,带载能力下降,所以机床出现失步现象。功放管 5VT16、17 由饱和变为放大状态后,管压降增大,管子功耗增加,所以功放管容易烧坏。综上所述,C 点波形失常会引起失步故障,同时伴有功放管极易烧坏现象。

是什么原因导致 C 点波形异常?经分析,是由于 5VT11 光耦管性能差和设计上欠妥引起。5VT11 正常该管导通时,A 点电位值很低,接近零位;B 电位约 0.7V,5VT14 能可靠截止。当 5VT11 性能异常,该管导通时,A 点电位值偏高,B 电位随之升高,使 5VT14 导通,集电极电位下降,而使 5VT16、17 由饱和转向放大状态,从而引起上述的故障。如图 1-7 所示。

故障处理:①选用性能好的元器件;②对线路稍作改动,即在三极管 5VT14 基极增加

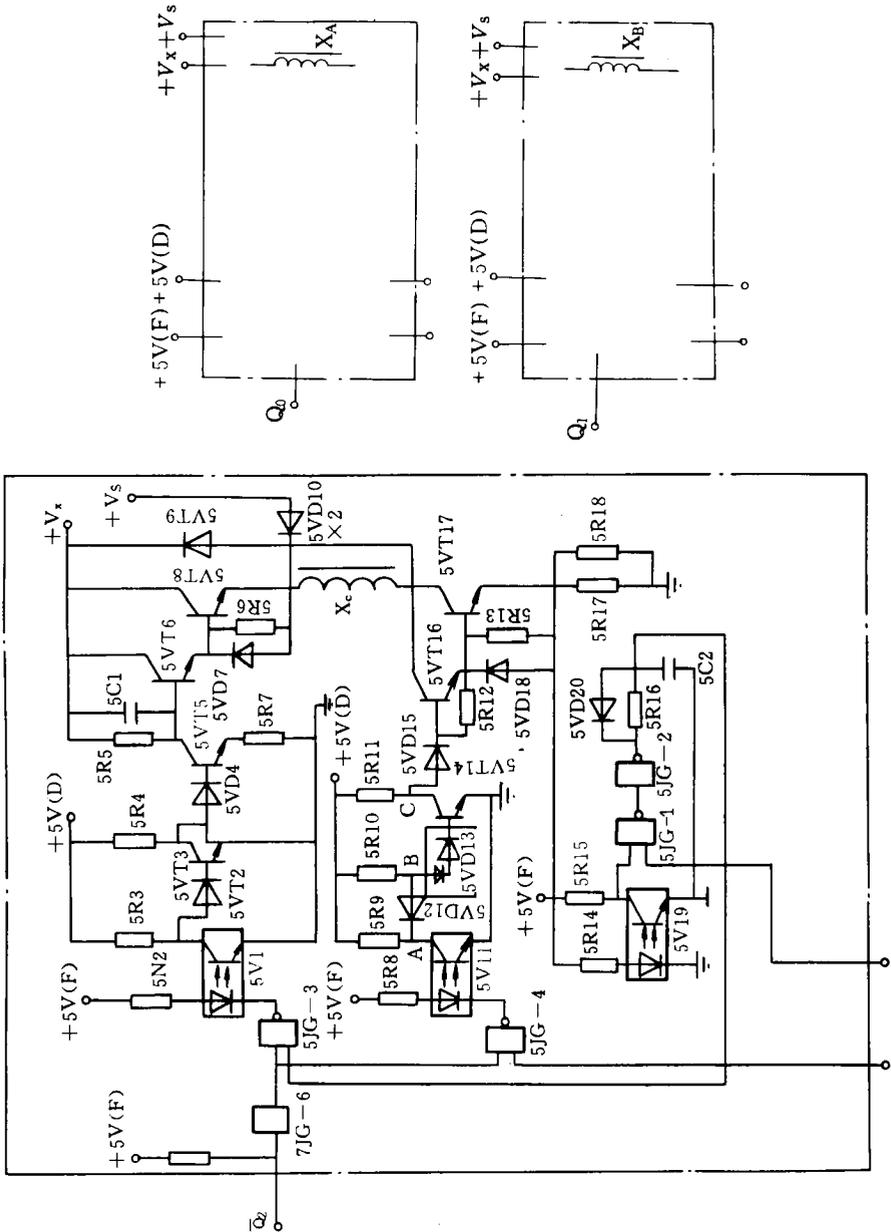


图 1-7 JWK-5/3 型驱动原理图(X 向驱动)

一个二极管(与 5VT13 相串图中虚线部分)当 B 点电位偏高时,使 5VT14 管不受影响,保持可靠截止;③改用该系统改进型线路,如 JWK-5/3T 光耦管后接与非门,工作更可靠。

笔者采用方法②排除故障,机床运行良好,效果颇佳,再测各点波形均正常。

【例 10】德国 PITTLER 公司西门子 810T 系统自动关机故障。

故障现象 :自动加工时 ,右工位的数控系统经常出现自动关机的故障 ,重新启动后 ,系统仍可工作 ,而且每次出现故障时 ,NC 系统执行的语句也不尽相同。

故障检查与分析 :该机床为德国 PITTLER 公司的双工位专用数控车床 ,其数控系统采用德国西门子公司公司的 SINUMERIK 810/T ,每工位各用一套数控系统。伺服系统也是采用西门子的产品 ,型号为 6SC6101 - 4A。

西门子 810 系统采用 24V 直流电源供电 ,当这个电压幅值下降到一定数值时 ,NC 系统就会采取保护措施 ,迫使 NC 系统自动切断电源关机。该机床出现这个故障时 ,这台机床的左工位的 NC 系统并没有关机 ,还在工作。而且通过图纸进行分析 ,两台 NC 系统公用一个直流整流电源。因此 ,如果是由于电源的原因引起这个故障 ,那么肯定是这台出故障的 NC 系统保护措施比较灵敏 ,电源电压下降 ,该系统就关机。如果电压没有下降或下降不多 ,系统就自动关机 ,那么不是 NC 系统有问题 ,就是必须调整保护部分的设定值。

这个故障的一个重要原因为系统工作不稳定。但由于这台机床的这个故障是在自动加工时出现的 ,在不进行加工时 ,并不出现这个故障。所以确定是否为 NC 系统的问题较困难。为此我们首先对供电电源进行检查。测量所有的 24V 负载 ,但没有发现对地短路或漏电现象。在线检测直流电压的变化 ,发现这个电压幅值较低 ,只有 21V 左右。长期观察 ,发现在出现故障的瞬间 ,这个电压向下波动 ,而右工位 NC 系统自动关机后 ,这个电压马上回升到 22V 左右。故障一般都发生在主轴吃刀或刀塔运动的时候。据此我们认为 24V 整流电源有问题 ,容量不够 ,可能是变压器匝间短路 ,使整流电压偏低 ,当电网电压波动时 ,影响了 NC 系统的正常工作。为了进一步确定我们的判断 ,用交流稳压电源将交流 380V 供电电压提高到 400V ,这个故障就再也没有出现。

故障处理 :为彻底消除故障 ,更换一个新的整流变压器 ,使机床稳定工作。

【例 11】 FANUC - OTD 系统 Z 轴误差的排除。

故障现象 :机床运转正常 ,CRT 显示参考点位置值没变(X :194.837 Z :600.000)但每次按程序加工时 ,Z 轴方向总相差 5mm 左右。

故障检查与分析 :该机床为沈阳第三机床厂生产的 S₃ - 241 数控车床 ,数控系统原为美国 DYNAPATN 系统后改造为日本 FANUC - OTD 系统。故障产生这 5mm 误差显然不能由刀具补偿所能解决 ,肯定有不正常因素。经调查了解到 ,前一天加工时 ,因 Z 轴护挡板坏了 ,中间翘起 ,迫使 Z 轴走不到位(Z 轴丝杠转不动)而停机。修好护挡板 ,开机时就出现这故障。我们检查 Z 轴的减速开关 ,挡铁都未松动 ,实际参考点位置与 CRT 显示值也相差 5mm 左右 ,而丝杠的螺距是 8mm ,因此正好差半圈左右。NC 发令 Z 轴电动机运转而 Z 轴丝杠因挡板卡住而转不动 ,很可能造成连轴节打滑。打滑后机床返回参考点时 ,减速开关释放后 ,找编码器栅格“ 转 ”信号 PC。原来转小半圈就找到了“ 1 转 ”信号 ,而现在估计要转大半圈才找到“ 1 转 ”PC 信号(如图 1 - 8)。这样参考点尺寸位置就相差半个螺距了。

故障处理 :为此决定松开 Z 轴连轴节 ,转动 Z 轴电动机轴半圈(丝杠轴不动)。再试返回参考点 ,发现有时小于 5mm ,有时也大于 5mm 的现象。我们估计“ 1 转 ”信号处于临界位

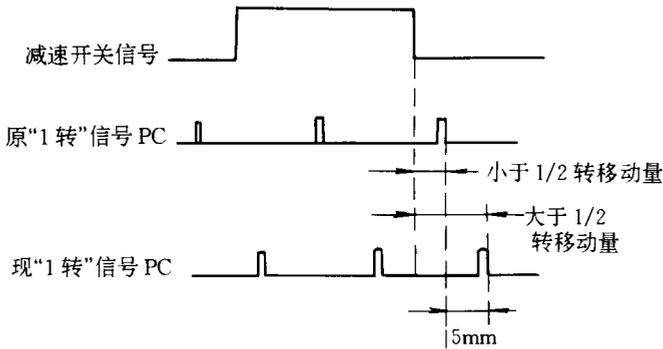


图 1-8 编码器“1 转”信号与丝杠螺距关系图

置,再松开连轴节,再转 $1/4$ 圈,再试返回参考点和各程序动作,位置尺寸正常,实践与分析一致!故障排除。

说明 这类故障有它的普遍性,后在长城机床厂生产的 CK7815 数控车床因 Z 轴方向撞刀后也出现过类似故障。

【例 12】匈牙利 EEN-400 数控车 Z 轴回零不准故障。

故障现象 机床的 Z 轴回零不准,产生误差。误差在 0.37mm 左右,无定值,无规律。无任何系统报警。无驱动单元故障指示。

故障检查与分析 EEN-400 匈牙利数控车床(380×1250)是由匈牙利西姆(SEIN)公司生产的,数控系统型号 HUNORPNC 721,由匈牙利电子测量设备厂(ENGT)生产,选用四象限操作脉宽调制晶体管伺服放大器作伺服驱动单元。型号 CVT48R2/A1 由奥地利的 STROMAG 厂生产,伺服电动机由匈牙利的 EVIG 厂生产并带有位置编码器,构成半闭环伺服控制系统。

①误差是随机的,开始是偶发的,消除后重走,一切恢复正常,以后故障明显,达到每次运动均有误差产生。表现形式:当给定 Z 轴 $+100\text{mm}$,会出现运行显示到 $+99.654\text{mm}$,系统就停止了。如果从这个值开始再给定 -100mm ,则会在运行到 -0.021mm 停止。②用替换法将系统的坐标分配板 1MUX 与 1MUZ 互换,故障无变化。③检查所有 Z 坐标的连接电缆,插头插座,信号线,均无异常。④检查 Z 轴位置编码器也正常。⑤与另一台同型号数控车交换伺服系统 XE1 板,故障转移。进一步交换此板中的集成电路块逐一测试,找出了损坏的集成块。

故障处理 更换损坏的集成电路,故障排除。

说明 根据故障现象,按常规分析,似乎系统坐标分配板或位置编码器有故障的可能性较大,但为什么故障却发生在伺服单元内呢?分析后认为,位置编码器是绝对式位置量测元件,常被用来做主轴准停装置而替代传统的机械定向装置的,在 EEN-400 数控车上用它来作为伺服系统的位置反馈元件,形成半闭环控制系统。当 MPU(计数单元)向伺服单元发出了指令后,如果收不到编码器反馈的准确到达的信息,那计数无法停止,而要使编码器有正确的反馈,则丝杠必须转动给定的圈数和角度,所以伺服单元的运动该是没有

问题了。那么就应怀疑是显示电路的问题了。从脉冲宽度跟踪细分原理图里可以看到,显示电路是有控制电路来输出的,控制电路的一路输出及显示电路的故障均会造成显示器的显示值发生错误,而实际上却是正确的故障现象。

【例 13】匈牙利 EEN-400 数控车床主轴 AC、ERR 缺相报警

故障现象 操作者在半夜 12 点以后开机操作,运行不到 10min 突然一切运行停止,同时出现 AC、ERR 缺相报警。

故障检查与分析 EEN-400 匈牙利数控车床(380×1250)是由匈牙利西姆(SEIN)公司生产的,配置的数控系统型号为 HUNORPNC721 由匈牙利电子测量设备厂(ENGJ)生产,主驱动单元 EFG380-105 也由 ENG 厂生产。

通过调查得知 晚上因电站故障停电。当晚恢复送电以后,整个厂区基本无负荷,估计电压在 440V 左右。此系统对电网电压波动的要求是 380V + 10% ~ - 15% 范围内。电压低于 15% 尚有欠压保护,对过电压无任何保护措施。根据 AC、ERR 报警查 EFG 主电动机驱动单元报警指示灯 LD12 亮,指示熔断丝断。

故障处理 ①更换电路的快速熔断器,故障未消除;②又查 EFG 主驱动单元内部控制保险熔断,更换后故障仍不能排除;③再查,场效应管损坏二个,用国产管替代,在电平的转换上稍作处理。故障排除。

说明 我厂供电质量差,电网电压波动大。数控机床对电网电压要求相对其它机床要严,它的安全运行范围为 + 10% , - 15%。对 ± 24V 要求小于 ± 10% , ± 15V 小于 ± 10% , + 5V 小于 ± 5%。当电网电压波动超过规定范围后,必定影响电子元器件的寿命。购买了适合数控机床使用的 SKWY3-30kVA 三相交流净化稳压电源,无故障率大大降低,基本再无元器件烧坏的恶性事故发生。

【例 14】匈牙利 EEN-400 数控车床 EPROM 报警的处理。

故障现象 在调试中出现 EPROM 报警,此报警无法用删除按钮消除,出现这个报警以后机床的一切动作均无法执行,包括用零压按钮接通控制。

故障检查与分析 EEN-400 匈牙利数控车床(380×1250)是由匈牙利西姆(SEIN)公司生产的。配置的数控系统型号为 HUNORPNC721,由匈牙利电子测量设备厂(ENGJ)生产。

故障是在合闸检查主驱动板 LD14 相序指示是否正确时,发现主驱动板上 LD10 速度正反馈报警灯亮,紧急关断电气柜主电源开关后引起的。机床操作程序上有明文规定,合闸程序:先接通主电源开关,再旋转急停按钮使其释放,后启动零压;关机时应先压下急停(带自锁)按钮,当时是因为发现了速度反馈接错怕出现飞车事故而急于拉闸,引起了对 EPROM 内接口程序的干扰,冲乱了系统软件程序,故障原因是操作不当引起干扰。

故障处理 故障出现后,由于没有随机软件程序(机床参数和接口程序)的录音磁带,也不知文件号及操作方法,无法自行解决。通过大连机床厂销售服务处与匈牙利西欧公司联系,派专家携程序前来处理,重新输入接口程序,EPROM 报警解除。

交换主驱动单元上 XT18、9 测速发电机反馈信号线,使错误的正反馈为正确的负反

馈。

说明 :①这台机床是我厂同时购进的 4 台匈牙利原装数控车床中第一台接通电源的机床。在没有外国专家及引进厂(大连机床厂)技术人员在场的情况下,独立调试,对数控机床在操作上的特殊性没有引起足够重视,以一般机床开合电源的习惯操作数控机床而引起故障,需接受教训。②通过这个故障的出现,在制定操作规程时第 1 条就是开机、关机顺序。以红字抄出,贴在机床电气柜醒目处,提请使用者注意。③通过故障处理,从专家那儿学到了许多在培训学习班上没有的内容,得到了许多在随机资料及培训资料上没有的最新资料及调试记录,也学会了这类故障的操作方法并复制了程序磁带,为今后的维修打下了基础。附:HUNORPNC721 送接口程序方法。

将录音机与机床录音机插口妥善连接,电平可以提高,放入程序磁带。

注意:用录音机的手动方式录音和放音(用自动录的程序,放的时候也用自动;用手动录的程序,放的时候也用手动)。

a)接口程序的输入: $\boxed{\text{EDIT}} \xrightarrow{\text{L25LABL}} \boxed{8000} \rightarrow \boxed{\rightarrow} \rightarrow \boxed{1} \xrightarrow{\text{REA}} \boxed{\uparrow} \rightarrow \boxed{\text{PLAY}}$ 显示器出现 GAP→REC。输入结束后,一会儿显示接口程序 E00003A。8000 是接口程序文件号。

b)检查输入的程序。在以上程序输入后(显示出接口程序号时)按 N.7 $\boxed{\rightarrow}$ O. $\boxed{\rightarrow}$, 显示出现 E6300(首地址).....400-721/Q(末地址)说明正确,已送到 RAM 中,如不好,可关电则清掉,如好,则按键 $\boxed{\rightarrow}$ 可固化。

【例 15】匈牙利 EEN-400 数控车床 RECOST 报警的排除。

故障现象:系统开机后出现 RECOST 报警。

故障检查与分析:EEN-400 匈牙利数控车床(380×1250)是由匈牙利西姆(SEIN)公司生产的,数控系统型号 HUNORPNC721,由匈牙利电子测量设备厂(ENGJ)生产。

①查操作手册,RECOST 报警内容是新语句被禁止。原因是中央集中润滑系统中液压油压不足;②经机械检查,润滑系统没发现什么问题;③查接口显示,润滑输出高电平,正常;④查接口显示,润滑压力经电器反馈输入信号不稳定。

故障处理:清洗润滑系统,检查调整压力继电器,报警消除,机床恢复正常运行。

说明:此故障是在投入运行后不久发生的,润滑油箱内有原来带来的润滑油,也有本厂添加的润滑油,两种油质稍有差别,遇气温突然下降油液变稠,两种油混合后产生的脏物使油路不畅,故而引起压力继电器反馈输入信号不稳定。

【例 16】DO15 数控车床加工程序偶失原因的处理方法。

故障现象:加工程序输入 RAM 后,启动主轴时,程序不能被执行,TP801 单板机出现“P”显示。同时 RAM 内的加工程序、刀补均丢失。

故障检查与分析:DO15 经济型数控车床选用的控制系统是西安微电动机研究所生产的 JWK-2-3A 型数控装置,主要用于被动齿轮的精车。

这种现象是偶发的,给操作者带来很大不便。由于是偶发生故障,判断、检查非常困

难 根据培训资料 :TP801 单板机在程序执行中突然出现“ P ”,是由于干扰引起的。也提示了几条干扰源。但通过对这些干扰源的检查,不能发现什么问题。根据预防干扰的措施,决定采用重复、加强接地、接零的方法。

故障处理 :从电源引线管的接地螺栓上再加接一根到数控柜接地点的接地线。(D015 车床床身上的接地点已经与电源引线管接地螺栓有良好的连结)作重复接地、接零后,故障排除。

说明 :①为预防加工程序的丢失,在重复接地后,又解决了操作程序的输入问题,逐步为其主要零件程序,固化了 ROM 块。至此故障排除。②通过接地线故障的分析、处理、提示,数控机床由于它的特殊性,对干扰信号的敏感性,使一些对普通机床不产生什么影响的问题在这儿成了头痛的问题。数控机床必须在抗干扰上采取特殊措施,有条件的,安装三相交流稳压净化隔离电源,没条件的,最少要把好接地及信号线的屏蔽关。对数控柜直接重复接地、接零是一个可采用的办法。

【例 17】 南京 JN 系列数控系统 02 号 - 0080 报警的解决。

故障现象 :在输入新程序时,发生 02 号 - 0080 报警。

故障检查与分析 :该机床系我们采用南京江南机床数控工程公司的 JN 系列机床数控系统而改造的经济型数控车床。

故障发生后,查阅其编程说明书,从出错表中知,02 号报警为编辑方式中错误报警。表中列出了 02 号报警所包含的 14 种出错分号的内容及处理意见,但却无 0080 出错分号的内容。因此,该故障无帮助信息可供参考。

考虑到故障发生在输入新程序的过程中,故怀疑是编程出错。着重从程序方面进行检查。首先,检查新程序无故障,调用其它程序来检查也无故障。其次,检查系统的程序输入情况,发现存入数控系统的零件加工程序已达 6 个之多。考虑到 JN 系列机床数控系统为经济型数控系统,虽然可存储若干个零件加工程序,但其掉电保护内存只有 8kB。如果输入的零件加工程序过多,将导致发生溢出报警。为此,确定故障的原因为:存入数控系统的零件加工程序过多。

故障处理 :将暂时不用的程序删除后,重新输入新的加工程序,故障排除。

说明 :该例故障的产生主要是操作者对系统的原理及使用不熟悉而为,对于经济型数控系统而言,因其 RAM 为 16 位芯片,存储容量较小,装入过多的加工程序将产生溢出报警。希望使用经济型数控系统的操作人员和维修人员对此引起重视。

【例 18】 南京 JN 系列数控系统零件加工程序不能选择故障的处理。

故障现象 :调用零件加工程序时,不能进行选择。系统只给出第一个零件加工程序的内容。

故障检查与分析 :该机床为我们采用南京江南机床数控工程公司的 JN 系列机床数控系统而改造的经济型数控车床。根据故障报警的内容,检查数控系统内零件加工程序全部均存在,引导程序也存在。执行系统给出的那个零件加工程序时,也能够进行正常的加工,这说明整个数控系统没有问题。

为什么会出现上述奇怪的故障现象呢?查阅系统使用说明书知:程序的调用必须要在 N 的序号后输入程序号才能进行。检查操作者调用加工程序的过程,发现其并未输入 N 及其序号,而是直接输入程序号进行调用,故生产了上述故障现象。

故障处理:纠正操作者的操作方法后,故障排除。

说明:该故障产生的主要原因是操作者对机床的操作方法不熟悉。这种操作不当造成的故障在维修的过程中常常都会遇到。这说明提高数控机床的操作者和维修人员的素质,已经成为当务之急。

【例 19】南京 JN 系列数控系统 02 号 - 20 报警的排除。

故障现象:加工过程中,出现 02 号 - 20 报警。

故障检查与分析:该机床为我们采用南京江南机床数控工程公司的 JN 系列机床数控系统而改造的经济型数控车床。根据故障报警号,查阅编程说明书知:02 号为编辑方式中错误报警,其 20 出错分号的内容为:62256RAM 中程序段内数据格式紊乱。复位后仍不正常,删掉该则程序重输入,仍有问题,监控可能有问题或 62256 有问题。

根据上述的处理意见,我们将系统重新复位后,故障不能排除。将全部加工程序清零后,故障依然存在。因此,判断是 62256RAM 集成电路损坏。

故障处理:更换一只新的 62256 集成电路块后,故障排除。

【例 20】南京 JN 系列数控系统机床不能工作故障的处理。

故障现象:手动调整时,X、Z 轴均不能移动,电动刀架也不能转动,但机床无任何报警。

故障检查与分析:该机床为我们采用南京江南机床数控工程公司的 JN 系列机床数控系统而改造的经济型数控车床。检查故障情况,发现电动刀架在手动和自动时均不能转动。但在自动加工过程中,X、Z 轴能正常工作。考虑到故障是发生在手动调整时,而 X、Z 轴在自动、空运转状态下均能正常执行程序,因此可以判断 CPU 中央处理器无故障;编程无故障;X、Z 轴驱动系统无故障;电源电压无故障。

由故障现象分析,此故障应是属于系统输入信号有问题。根据这个思路,检查控制面板上各选择开关无故障,所有的控制连线也无故障。故判断是系统输入控制板出现了硬件故障。

故障处理:更换一新系统输入控制板后,故障排除。

【例 21】南京东方 CORINCO800 系统自动加工中复位问题的解决。

故障现象:用“自动加工”功能进行自动加工,在执行换刀指令过程中,控制系统时常出现自动复位现象。CRT 显示屏回到初始画面,自动加工中断,使自动加工无法正常运行。

故障检查与分析:本简易数控车用 C1616 车床改造。控制系统选用南京东方数控公司产“CORINCO800”。驱动系统为“CORINCO600”。四工位刀架,混合步进电动机。CRT 显示。具有人机对话功能。

由于问题出现在“自动加工”换刀过程中,因此,对以下两方面做了认真、必要的检查:

①在检查外围线路均正常的情况下,更换控制系统控制板。用来排除控制系统内是否存在有错误信息或干扰信号所造成的误动作。结果问题依然存在。②对刀架控制盒内电路做了认真检查。发现用来控制刀架电动机正、反转的中间继电器 KA_1 、 KA_2 线圈两端未加续流二极管。因刀架控制盒电流来自控制系统。这样,在换刀过程中 KA_1 、 KA_2 所产生的反电动势,造成了控制系统的误动作——复位。

故障处理:打开刀架控制盒,在中间继电器 KA_1 、 KA_2 线圈两端加设续流二极管 D_1 、 D_2 。这样,就消除了换刀时,由 KA_1 、 KA_2 线圈所产生的反电动势。使问题得到了彻底的解决。

【例 22】瑞士 SOHAUBLIN110 数控车床 510 号报警的排除方法。

故障现象:开动机床回参考点时 CRT 显示 510 号报警。

故障检查与分析:SOHAUBLIN 110CNC 数控车床是瑞士 SCHAUBLIN 公司的系列产品,系统为 FANUCOTC 系统。

首先把检查的重点放在与 X 坐标有关的 3 个位置传感器上。通过最简单的方法,即在手动运行机床的状态下,由电箱中的 PLC 显示来直接观察 3 个位置传感器的工作状态。观察中发现:当机床向 -X 方向运行时,在 -X 极限位置处, X3073.1(RefX)闪烁一下又常亮(表明 SB150 到位并有一负脉冲输出从而证明其工作正常),继续沿该方向向前运行一小段距离后, X3073.6(-X)闪烁一下又常亮(表明 SB145 到位并有一负脉冲输出从而证明其工作正常)。此后机床将自动停机并显示 1012 号报警(提示内容为可能碰撞)。

重新启动机床并向反方向(即向 +X 方向)运行,直至超过 +X 方向的极限位置而且出现 510 号报警(+X 超程)并且停机时, X3073.1(RefX)和 X3073.7(+X)均一直常亮并未闪烁过。为了进一步确认该两传感器(SB150 和 SBA148)工作状态的好坏(实际上,前面的一个检测步骤已经证实了 SB150 的工作是正常的)。可以将该两只传感器由工作位置上拆下来,用靠近铁质物体的方法来检查,证明两只传感器的工作都是正常的。这样一来,就出现了这样一种情况,即虽然出现了 510 号报警,但 3 只传感器的工作却都是正常的。

这样的现象,粗看似乎不容易发现,但只要仔细分析前面提到的前、后两种试测过程就不难发现,后面一个测试中,两传感器(SB150 和 SB148)虽一直常亮未闪烁,而机床则出现了 510 号报警,并且已经知道两只传感器工作是正常的。那么就只存在着一种可能来解释这种现象,那就是表面上虽然超过了极限位置而且出现了超程报警,而实际上是两只传感器均未到达极限位置。而出现这种情况看来只有一种可能,即机床硬件所限定的极限位置与机床软件所设定的极限位置间产生了误差从而导致出现了 510 号报警(如果为 -X 方向超程将出现 511 号报警)。

上述的设想与分析,我们可以用图 1-9 所描述的示意图来予以说明。由图 1-9 的描述可以看出,这种故障实际上是机床硬件所限定的 X 行程(由 SB145、SB148 和 SB150 所决定)与机床软件所设定的 X 行程(+X 的位置由参数 700 决定,-X 的位置由参数 704 决定)间偏移了一个误差带而产生的。因此,解决的方法可以有二种,即软件的方法和硬件的方法。软件的方法是修改机床的软件参数(参数 700 和 704),将软件所设定的 X 行程

区间向 +X 方向移动一个误差带,使之与机床硬件所限定的 X 行程区间相对应。硬件的方法是将机床硬件所限定的 X 行程区间向 -X 方向移动一个误差带,使之与机床软件所设定的 X 行程区间相对应。这两种方法的前提都是保证机床原有的 X 行程不变。

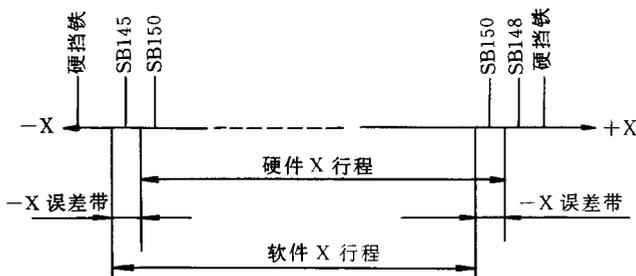


图 1-9 机床软、硬件行程偏差示意图

比较两种方法,软件方法简单易行、实施方便,而硬件的方法实施较为麻烦。但是由于是在维修场合,我们必须考虑机床原有的工作状态,即引起机床故障的根本原因。经仔细向操作者了解方得知在一次运行机床至 +X 极限超程位置并死机后,操作者曾自己用手工的方法将 X 坐标的滚珠丝杠向 +X 方向调整了一段距离使之退出超程位置。

这样一来问题就十分清楚了,故障是由人为因素的错误调整而造成的。在这种情况下,如采用上面所介绍的软件方法来改变机床参数虽简单易行,但却容易造成机床参数的混乱而带来不必要的麻烦,而采用硬件的方法虽然调整过程稍显繁琐,但却可使机床真正恢复到原有的正确状态。因此应考虑采用硬件的方法即调整 X 坐标丝杠使之恢复到原有的位置。

故障处理 ①按照机床机械维修手册中的介绍,拆下 X 坐标滑枕最下方的端盖。②用一内六角扳手插入端面外露的丝杠端面的内六角孔中,旋转丝杠,可使台面上下移动。③打开机床开关,并按下 E—STOP 键。仔细观察电柜中的 PLC 显示。④旋转丝杠,使台面(滑枕)向上(即 +X 方向)运动一段距离(每次调整量以 10mm 左右为宜)。⑤松开 E—STOP 键,并用手动方式使机床向 +X 方向运行并走至极限位置且出现 510 号报警。此时应特别留意观察 PLC 中 X3073.1 是否闪烁过一下(原为常亮)。⑥如出现 510 号报警而 X3073.1 常亮不闪烁时,应使机床向 -X 方向运行退回。并再次旋转丝杠使台面向 +X 方向移动一段后再重复上述操作并注意观察。⑦反复调整丝杠使台面移动,使机床在手动运行状态下达到:

- a) 在 +X 方向上: X3073.1 闪烁一下,而 X3073.7 常亮不闪;
- b) 在 -X 方向上: X3073.1 闪烁一下,而 X3073.6 常亮不闪为止。

如果在 +X 方向上出现: X3073.1 闪烁一下后 X3073.7 也闪烁一下时,则为丝杠调整过头,应使台面向反方向(-X 方向)调整。

如果在 -X 方向上出现: X3073.1 闪烁一下后 X3073.6 也闪烁一下时,则为丝杠调整不足,应继续向 +X 方向调整台面。

至此,调整操作即告完成。

重新起动机床 510 号报警消除,机床恢复正常运行。

第三节 伺服系统故障实例与诊断

【例 23】 济南 MJ-50 型数控车床 401 号报警的处理。

故障现象 X 轴伺服板 PRDY(位置准备)绿灯不亮,OV(过载),TG(电动机暴走)两报警红灯亮,CRT 显示 401 号报警。通过自诊断 DGNOS 功能检查诊断数据 DGN23.7 为“1”状态,无“VRDY(速度准备)信号”,DGN56.0 为“0”状态,无“PRDY”信号。X 轴伺服不走。断电后,NC 重新送电 DGN23.7 为“0”,DGN56.0 为“1”,恢复正常,CRT 上无报警。按 X 轴正、负方向点动,能走动,但走后约 2~3s,CRT 又出现 401 号报警。

故障检查与分析 济南第一机床厂生产的 MJ-50 型数控车床,其数控系统采用日本 FANUC-OTE-A2 系统,轴进给为交流伺服。

因每次送电时,CRT 不报警,说明 NC 系统主板不会有问题。怀疑故障在伺服系统。决定先更换伺服电路板,即 X 轴与 Z 轴伺服板对换。(注意:短路棒 S 的位置)交换后,X 轴可走,但不久出现 400 号报警。而 Z 轴不报警,说明故障出在 X 轴上。继续更换驱动部份(MCC)后,X 轴正、负方向走动正常并还能加工零件,但加工第 2 个零件时,又出现 400 号报警。

查 X 轴机械负载,卸传动带,查丝杠润滑,用手可盘动刀架上下运动,确认机械负载正常。查伺服电动机,绝缘正常。电动机电缆,插接头绝缘正常。用钳形电流表测量 X 轴伺服电动机电流,电流值在 6~11A 范围内变动。查说明书,X 轴伺服电动机为 A06B-0512-B205 为 05 型,额定电流为 6.8A,而现空载电流已大于 6A,可机械负载正常,则只能怀疑是刹车抱闸未松开,电动机带抱闸转动。用万用表检查,果然刹车电源 90V 没有,查保险管又未熔断,再查是因保险座锁紧螺母松动,板后保险管座的引线脱落,造成无刹车电源。将上述部位处理后,故障排除。

说明:由于 X 轴电动机抱闸还能转动,易误认为抱闸已松开,可实际是过载。因伺服电动机电流过大,造成电流环报警,引起 NC 系统出现 PRDY(位置准备)信号没有,接触器 MCC 不吸,又使“VRDY(速度准备)信号没有,从而出现 401 号报警及 OV 和 TG 红灯亮。当电流大到一定程度就会出现 400 号报警。因此我们不能单纯按照维修说明书检查步骤表去查,而应从原理上思考分析后,去伪存真,抓住本质,积累经验,以免走弯路。

【例 24】 常州 CCS-8 型数控系统 X 轴故障的解决。

故障现象 步进速度高时 X 轴乱走,步进速度低时 X 轴停在某处振荡。

故障检查与分析 CKJ6136A 经济型数控车床采用常州电动机电器总厂研制的 CCS-8 型数控系统,伺服系统为步进电动机驱动。该系统采用 8031 单片机作为控制器;驱动电源采用高压恒流斩波的驱动方式;系统最高运行频率不低于 12.5kHz;供存放零件加工

程序的存储容量为 6kB。

首先检查 X 轴的步进电动机及连接电缆确定无问题。然后检查系统。开机后在系统后盖部分的 CCS-8-4A 印刷板上测量 300V“+”、“-”两端子,测得直流电压 300V;在方波处测量,得频率为 1000kHz、幅度为 12V、占空比为 1:1 的方波;在后盖 CCS-8-4B 印刷板上测量光电隔离用电源 12V“+”、“-”之间直流电压,测得直流电压为 11.6V;在 CH6-3 插孔 1、2、3 脚分别对 4 脚测量光电隔离板输出到功放板的方波信号 X_A 、 X_B 、 X_C 。测出 X_A 方波的幅度只有 0.5V,而 X_B 、 X_C 方波的幅度为 1.0V。关机拆下 X 轴的功放板,再开机在 CH6-3 插孔测量 X_A 方波(如图 1-10d), X_A 方波的幅度为 1.0V。用万用表测量拆下的功放板的输入端 X_A 、 X_B 、 X_C 对地电阻, X_A 端对地电阻为 $50k\Omega$, X_B 、 X_C 对地电阻均为 $80k\Omega$ 。从以上测量可得出结论:

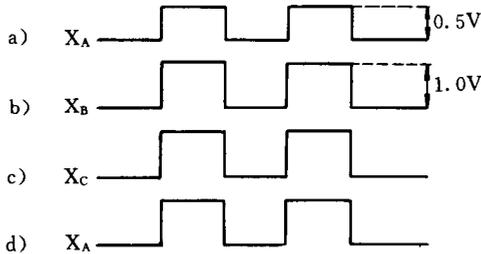


图 1-10 光电隔离板输出信号

直流电压 300V、12V 为正常;光电隔离板输出到功放板幅度为 1.0V 的 X_A 、 X_B 、 X_C 方波为正常; X 轴步进电动机乱走是由于功放板上 X_A 信号的通道不正常造成。 X 轴 A 相功放原理图(如图 1-11),它采用的是高压恒流斩波的方式,前级放大采用低功耗失调电压四比较器 LM339。LM339 集成电路的内部方框图见图 1-12,功率晶体管 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 ,作为未级放大。当 X_A 有步进信号输入时, T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 导通工作,加在步进电动机绕组 L 上的电源使绕组中的电流上升,当绕组中的电流升到额定值以上时,从恒流采样电阻 R_L 上取一电压输入到比较器 1 的 2 脚,比较器 1 的 1 脚输出低电平,比较器 2 的 13 脚输出低电平,使晶体管 T_2 、 T_3 截止,也就关闭了加在步进电动机绕组的电源。这样在绕组 L 中产生反电势。由于 T_5 仍导通,故这时的反电势可通过 T_5 、 R_L 、 D_2 等元件进行泄放,当电流降到额定值以下时,在恒流采样电阻 R_L 取一电压使 T_2 、 T_3 导通,电源又加在绕组 L 上,使其电流上升。根据以上对 A 相功放电路原理的分析,开机对比较器各脚状态进行测量,发现比较器 2 的 13 脚状态异常,不

管 X_A 是否有步进方波输入,比较器 2 的 13 脚始终为低电平,故判断集成电路 LM339 内部短路。关机将集成电路 LM339 从功放板上拆下,用万用表测量 LM339 的 13 脚对地的阻值。用万用表的红表棒接地,黑表棒接 13 脚,13 脚对地阻值为 0Ω ;再用黑表棒接地;红表棒接 13 脚,13 脚对地阻值也为 0Ω 。而好的 LM339,第一项的 13 脚对地阻值为 $6.5k\Omega$,第二项的 13 脚对地阻值应为无穷大。根据以上测量结果,可断定是由于集成电路 LM339 的 13 脚对地短路造成 X 轴 A 相功放输出异常,致使 X 轴步进电动机乱走。

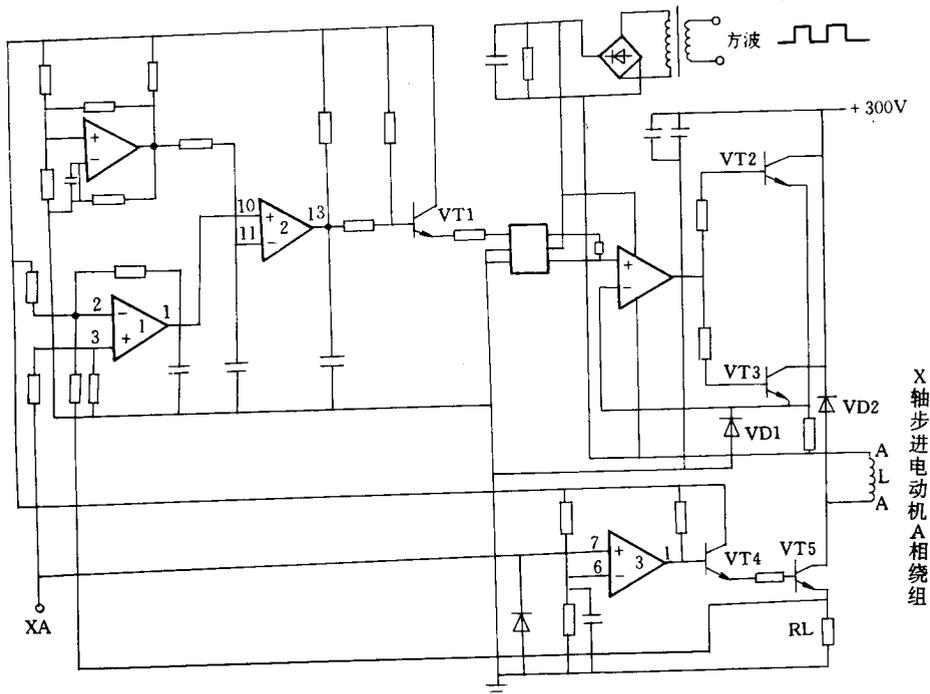


图 1-11 X 轴 A 相功放原理图

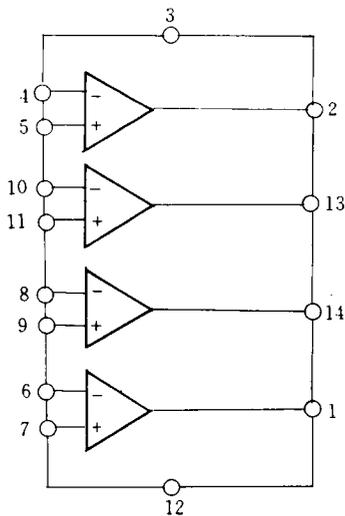


图 1-12 LM339 内部方框图

故障处理 更换低功耗低失调电压四比较器 LM339, 开机测量比较器 2 的 13 脚, 状态恢复正常。X 轴步进电动机乱走故障排除。

【例 25】德国 PNE710L 数控车床失控故障的处理。

故障现象 :在正常加工过程中 ,突然出现拖板高速移动 ,曾发生撞坏工件和卡盘、刀架的严重事故。这种故障是随机的 ,从早期的几个月一次 ,发展到每天几次。出现故障时必须按急停按钮才能停止 ,造成操作者精神高度紧张。

故障检查与分析 :该机床是从德国 VDF .BOE - HRINGER 公司购进的 PNE710L 数控车床。其数控系统为西门子 5T 系统。

①因为机床已经过较长时间使用 ,并且是自动运行的 ,因此故障不是出自编程和操作者 ;②数控柜根据内部程序发出的 X、Z 坐标移动指令 ,是由 A 板输出接到机床侧驱动板的 5 号、8 号输入端子 ,如能测量这一点的电压情况 ,便可判断故障所在。但由于故障的偶然性 ,测量很困难 ;③根据随机故障现象 ,极有可能是机床驱动板接触不良引起。驱动板在机床侧以底板为基础 ,上有两块插件板(如图 1-13) ,一块为 CRU ,一块为 ASU ,其中 CRU 板完成驱动器的速度调节、电流限制、停车监视、测速反馈及三相同步等功能。同步信号部分接触不良引起失控的可能性最大。该板的三相同步电源是由底板三相电源变压器通过两组插头引至该板的 ,是引起接触不良的关键点。为此把数控柜发出模拟量移动指令的输出线 ,在驱动板的一侧断开 5 号、8 号线 ,用绝缘物体在机床正常送电的情况下 ,敲击驱动板的插头部位 ,此时会出现拖板高速移动故障 ,可断定根源就在此处。

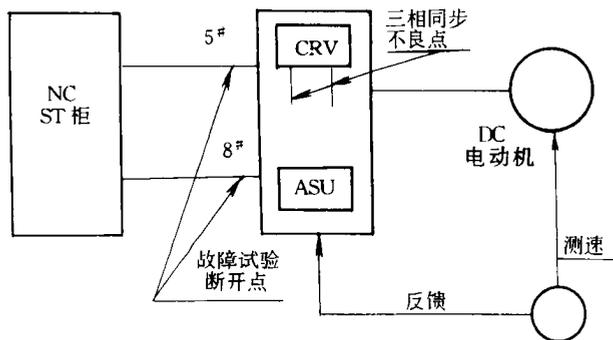


图 17-13 系统结构框图

故障处理 :驱动板的型号为 :contravesTYPVARD - YNcompactADB · 190 · 60MAPP/VOR。为了便于维修和更换 ,把线路板设计成插接式 ,其中 CRU 板有两组多芯插头与底板 CPI 相连。实践证明 ,进口机床的电子元件本身损坏率极低 ,只要重新用连线焊接的方法 ,替代原插头连接式 ,问题便得到解决。经过焊接后的线路板 ,再振动也不会发生失控故障 ,运行两年多一直正常。

说明 :①敲击再现故障时 ,要把工件、刀具卸下 ,拖板移至中间位置 ,使之留有失控时安全移动距离及人为紧急停车时间 ;②失控时的移动速度极高 ,出现烧掉 80A 驱动板保险的情况 ,因此不宜多试 ;③本故障多发生在夏季 ,其插头的可靠性与环境温度、湿度有关。

【例 26】西安 BKC 数控车床 Z 轴熔断器熔断的处理。

故障现象 :Z 轴移动时 Z 轴步进电动机功放柜 A 相熔体迅速熔断。

故障检查与分析 :C630 经济型数控车床是陕西省咸阳陕西机械研究所改造的。选用的是西安微电动机研究所生产的 BKCC 总线机 数控系统控制器 ,X 轴、Z 轴均采用 5 相 10 拍供电的功率步进电动机 ,功放柜及步进电动机均由西微所生产。经了解 ,此机床主导轨磨损较为厉害 ,虽经刮研 ,但机械阻力仍较大。但从熔芯熔断的速度和状态看 ,不象过载而是短路。

车间电维修已多次更换熔芯 ,并换过损坏的功放管 ,但故障未能排除。

检查 X 轴步进电动机 ,单脉冲运行不稳定 ,丝杠、手柄带电时有时无。

查伺服驱动高低压电源正常 ,X 轴、Z 轴步进电动机绕组正常。故障应在功放柜的前置放大板及功率放大板上。

故障处理 ①首先将 X 轴步进电动机与负荷脱离。脱离后发现步进电动机轴头上联结齿轮定位销脱落。电动机与齿轮的联结是松动的。②去掉齿轮 ,单独运行步进电动机 ,发现电动机因缺相产生抖动。查功放输出 5 相输出缺 A、D 二相 ,故而电动机来回抖动 ,测前置放大板脉冲变压器侧 ,对应二相无输出 ,更换 A、D 二相 CC4069 反相器及 CD4098BE 单稳后 ,前置输出正常。③前置正常后 ,功率板还是没有输出。查得前置输出插接件虚接。分析认为这就是损坏集成块的原因。经处理后 ,X 轴步进电动机恢复正常运行。记录了各测试点参数。④以 Z 轴前置板插入 X 前置板部位 ,先不带电动机 ,以同法检查 Z 前置输出 ,更换集成元件不能解决问题。使用对比法也未找出异常处 ,只得对前置三极管拆掉焊脚进行测量 ,终于发现了损坏的三极管 ,更换之 ,Z 轴前置完好。⑤用对比测量法对 Z 轴功放板进行检查 ,发现换过的功率管由于故障没有排除前通电试过车 ,所以又重新损坏了。再次更换。⑥以修复的 Z 前置与 Z 功放组合起来 ,先带 X 步进电动机 ,正常后 ,复查 Z 步进电动机绕组及连线 ,确认无问题 ,又试 Z 轴机械阻力 ,尚可 ,决定三者连接 ,对 Z 轴通电试车 ,一次成功。⑦装上 X 步进电动机连接齿轮、锥销 ,并使其与齿轮副啮合良好。两轴驱动均恢复正常 ,经过试运行 ,证明故障确实排除 ,机床恢复正常运行 ,交付使用。

说明 :①因为没有备件板 ,更没有试验台 ,对于这种多故障点的检查分析相对单一故障更需要谨慎一些 ,要逐一检查 ,逐一排除 ,冷静对待 ,避免故障扩大。②机床的保养应加强 ,对于任务紧的机床 ,应抓紧生产的间隙 ,提前做好准备工作 ,见缝插针进行检修保养。这比出现故障后加班抢修 ,效果要好得多。当上千件工件在机床旁等着加工时给维修人员带来的压力会致使他们判断检查出现误差。带来额外损失 ,造成故障复杂化。③检修保养是在宽松的气氛中进行的。抢修是在高度紧张有压力的情况下进行的 ,我们应选择前者。

【例 27】 NH-1 型数控螺杆车床进给失控故障的解决。

故障现象 ,在进行螺杆铣削加工时 ,发生进给失控的故障。Z 轴进给速率呈现无规律状态 ,经过一段时间后或者停机后重新开机 ,恢复正常工作状态。

故障检查与分析 :该机床为 NH-1 型数控螺杆车床 ,数控系统采用 FANUC6T-B。

机床在进行螺纹切削加工时 ,伺服轴的进给量与主轴速度存在一定的关系 ,进给速率

采用每转毫米数为单位。主轴位置由主轴脉冲编码器进行测量,进给轴位置由进给轴位置检测装置进行测量,同时输入主板进行位置控制。为了比较直观地分析故障时主轴位置与Z轴位置之间的关系,我们利用拓印出加工件表面刀具轨迹拓印图的方法,从拓印图上直观地分析主轴与Z轴之间的位置关系(如图1-14)。

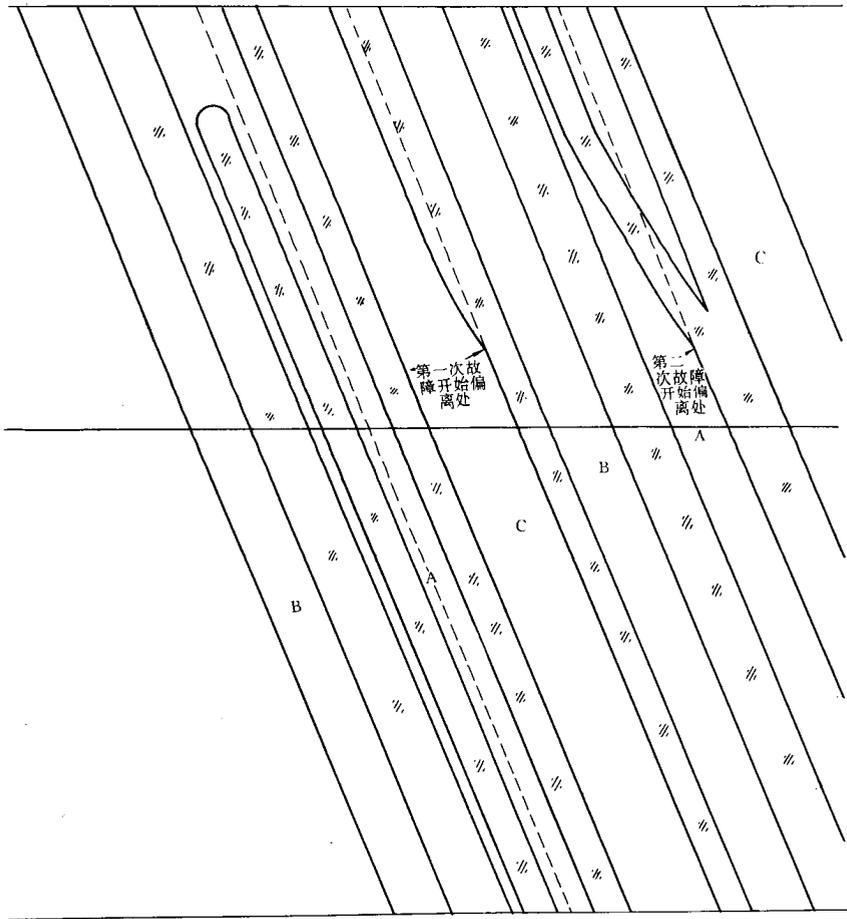


图 1-14 故障表面轨迹拓印图

发生故障时机床的切削条件也是必须考虑的因素之一。当时的切削条件为:主轴转速为 $0.12r/min$, Z轴进给速率 $F=140mm/r$, 程序号为 00046, 螺纹头数为 3。故障发生后我们重新核对了加工程序,与原输入程序完全相符。该程序已为加工实践证明正确无误,且故障发生在一个程序段执行过程之中,所以程序方面的原因可以排除。

从分析拓印图刀具轨迹可以看出,两次故障开始发生时的主轴位置相同。第一次故障从开始到恢复正常,主轴转动约 80.8° ;历时约 $1.87min$;螺纹在 Z轴方向向前偏移 $17mm$ 。第二次故障从开始到恢复正常,主轴转动约 38.86° ;历时约 $0.90min$;螺纹在 Z轴方向向前偏移 $6.5mm$ 。从刀具轨迹还可以看出故障期间刀具在 Z轴方向的运动与主轴位

置之间呈无规律状态。

从两次故障开始发生时主轴位置相同 Z 轴进给速率 F 值增大(螺纹在 Z 轴方向向前偏移) 这两点 我们认为故障的原因是丢失了主轴脉冲所致。导致主轴脉冲编码器丢失脉冲 可能的原因是由于主轴转速太低(主轴转速 $0.12\text{r}/\text{min}$) , 主轴脉冲编码器每转脉冲数为 1024 , 在这样低的主轴转速下 , 主轴脉冲编码器每秒钟发出的脉冲数为 2.05 , 在这样低的频率下比较容易由于某种原因使脉冲波形(幅度和脉冲比) 产生变化而造成脉冲丢失 , 引起上述故障 , 一直到主轴脉冲波形恢复正常为止 故障自动消失。

故障处理 : 基于对于上述对该故障产生原因的推论 , 我们采取的对策是 : 在加工工艺允许的条件下 , 尽量提高主轴的转速 , 以提高主轴脉冲的频率来提高其抗干扰性。在我们以往的加工过程中 , 出现这类故障都是发生主轴处于最低转速档进行铣削加工。在进行车削加工和较高主轴转速的铣削加工 , 均未出现过上述故障。

【例 28】 南京大方 JWK 系统机床不能工作故障。

故障现象 : 机床无显示 , 两坐标有命令无动作。

故障检查与分析 : JWK 经济型数控系统是南京大方股份有限公司所生产。两坐标均无动作 , 不可能两驱动电路均有故障点 , 怀疑故障应在两驱动单元的公共部分——电源。因开关电源故障较多 , 用三用表测量开关电源输出 +5V、+24V 均无(如图 1-15)。

【例 29】 南京大方 JWK 系统 Z 轴电动机声音异常。

故障现象 : Z 轴电动机声音异常。

故障检查与分析 : JWK 经济型数控系统是南京大方股份有限公司所生产。电动机声音异常可能有以下原因 : ①电动机驱动电源问题 : a) 插头不牢 , 接触不好。 b) 电动机缺相。 ②电动机故障 , 有减速箱时是否减速异常。检查排除顺序 : a) 电源插头 ; b) 互换 X、Z 轴电动机以判断电动机故障(当然要先确信减速箱正常) ; c) 查电源、查脉冲 Z_A 、 Z_B 、 Z_C 是否正常 , 比较法量测各阻容等元件的好坏。尤其是高、低压管的好坏。

【例 30】 南京大方 JWK 数控系统步进电动机单步不能工作故障。

故障现象 : 两轴电动机走不动 , 连续走正常。

故障检查与分析 : 该机床为南京大方股份有限公司生产的 JWK 系列数控系统。用单步(手动 I) 走时 , 高压管不通 , 绕组工作电源为低压电压 , 而连续高速运行时 , 有高压引入 , 故低压电源可能是故障之原因所在。检查发现低压电源 V_s 确实有问题。

故障处理 : 更换电源后故障排除。

【例 31】 南京大方 JWK 数控系统 X 轴电动机锁死故障。

故障现象 : 机床刚通电而功放开关未合上时 , X 轴电动机已锁死。

故障检查与分析 : 该机床为南京大方股份有限公司生产的 JWK 系列数控系统。功放单元有开关管 c-e 结击穿现象 , 采用比较法用万用表测出 4V17 管的 c-e 结被击穿 AV8 的 c/e 结也被击穿。更换后正常。

结论 : 由于高压管(见图 1-16 的达灵顿开关管) 质量原因造成被击穿。而高压管被击穿后 , 若电动机静态锁定时刚好锁定到该相 , 则有一高压就加到低压管上 , 造成低压管

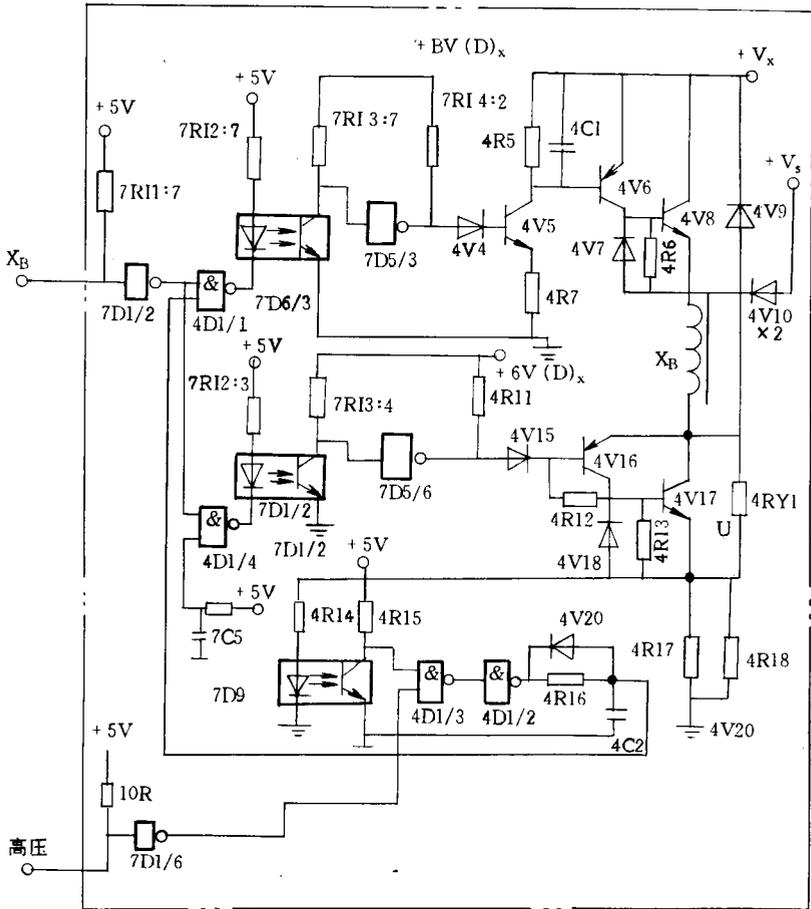


图 1-15 步进电动机驱动电路(X电动机B相)

被击穿。因此维修中切不可盲目换件，一定要查出原因。

【例 32】南京大方 JWK 数控系统 Z 轴高速上不去故障的处理。

故障现象 Z 轴高速上不去。

故障检查与分析 该机床为南京大方股份有限公司生产的 JWK 系列数控系统。

步进电动机转速 $n \propto f$, f 为通电脉冲频率, 显然步进电动机高速时, 其控制脉冲频率也高, 而步进电动机绕组的感性特性致使绕组电流上升缓慢, 因而高频下出力减少, 当传动链太重时带不动。

经检查发现 Z 轴传动链太死, 调整后正常。

【例 33】数控车床 Y 向偏差的修正。

故障现象 数控车床 Y 向偏差。

故障检查与分析 图 1-17 示出以笛卡尔右手法则规定的数控卧式和立式车床的坐标系。只有 X 和 Z 两运动方向的数控卧车的立车因刀尖在偏离 X 轴和 Z 轴所在平面的 Y

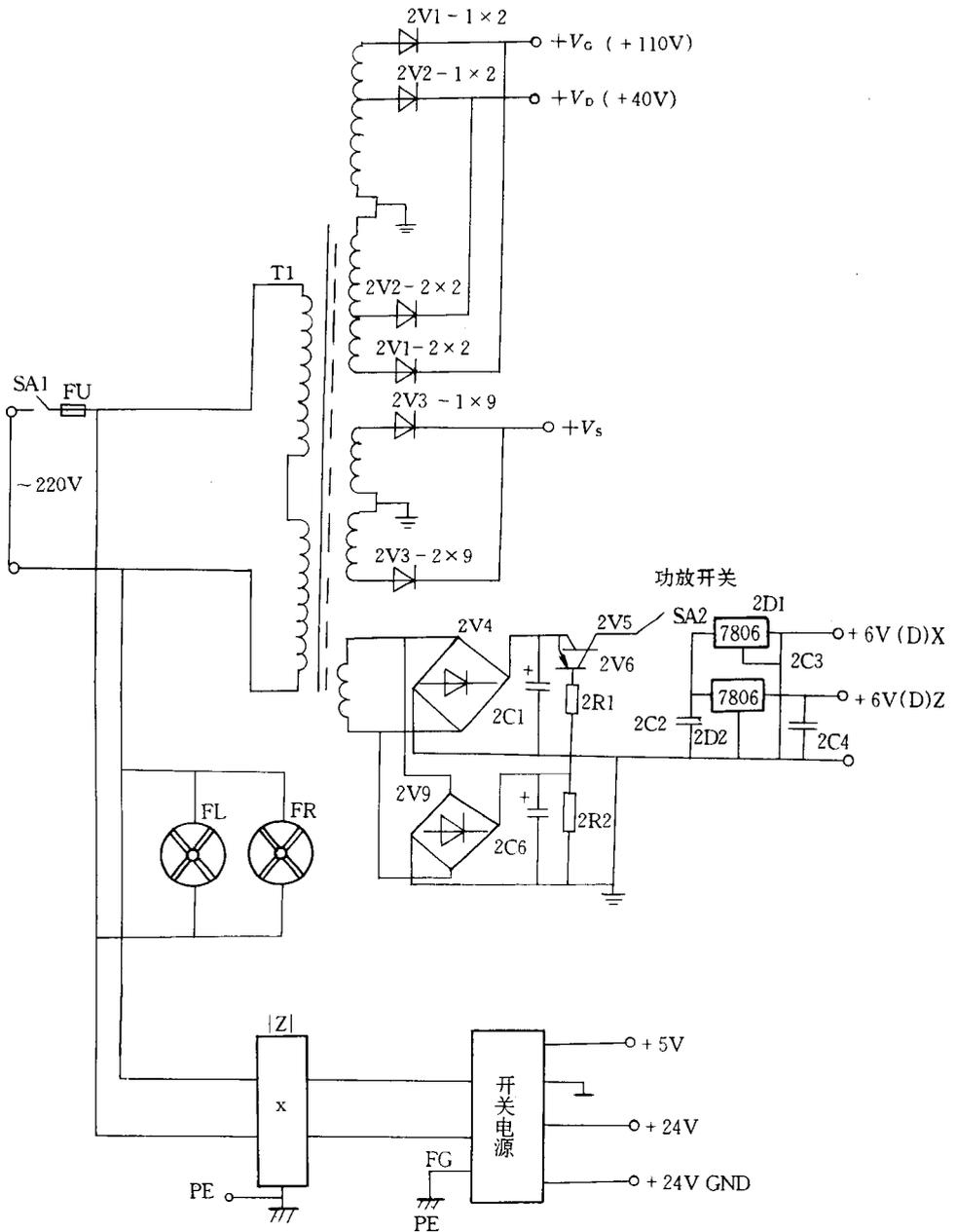


图 1-16 电源回路

向上(有Y向刀偏量)而产生加工偏差。我们把称之为Y向偏差(用 δ 表示)。对Y向偏差无法象解决X、Z两坐标存在的刀偏量一样可以用刀偏补偿的办法加以解决。而在只有两运动坐标的数控车床的说明中都不涉及这一实际存在又必须解决的问题。撰写本文的目的就在于弥补这一不足,通过对Y向偏差的分析研究采取相应的对策加以解决。

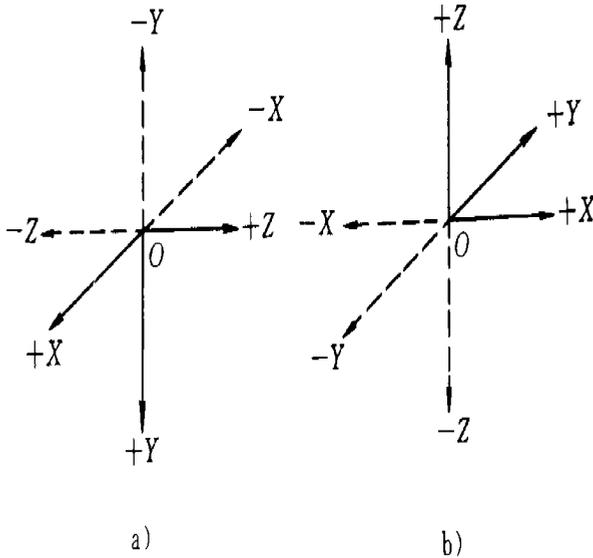


图 1-17

a) 数控卧车坐标系 b) 数控立车坐标系

首先通过实例明确一下 Y 向偏差的概念。

用数控卧车加工图 1-18 所示零件的外圆 $\phi 60$ 。 $\phi 30$ 为对刀用的基准圆。刀尖在 -Y 向偏离 X 轴 5mm。图 1-19 为从刀架往工件方向看的视图。它示出车 $\phi 60$ 的几何关系。图中 $OA = OA' = 15\text{mm}$ 为 $\phi 30$ 半径； $OB = 30\text{mm}$ 为 $\phi 60$ 半径； $A'B' = CD = AB = 15\text{mm}$ 为 $\phi 60$ 与 $\phi 30$ 的半径差； $A'C = B'D = 5\text{mm}$ ，为刀具的 Y 向刀偏 Δ 。由于刀尖存在 5mm Y 向刀偏，车出的外圆半径不是 OB 而是 OB' 其值计算如下：

$$OC = \sqrt{OA'^2 - A'C^2} = \sqrt{15^2 - 5^2} = 14.142\text{mm}$$

$$OD = OC + CD = 14.142 + 15 = 29.142\text{mm}$$

$$OB' = \sqrt{OD'^2 + B'D^2} = \sqrt{29.142^2 + 5^2} = 29.568\text{mm}$$

OB' 比 R_{30} 小 0.432mm 所直径量（即 Y 向 s 偏差 δ ）测小 0.864mm。

在多刀加工中通常选择一把刀作为基准刀，其 X 和 Z 向的刀偏量均设定为零，其他刀具的刀偏量都是相对于基准刀的刀偏量，按此设定刀具补偿。本文研究的是此种刀补方式下的 Y 向偏差。

图 1-20 示出了用无 Y 向刀偏和有 Y 向刀偏的刀具分别车小于和大于对刀用的基准圆的情况。图中 $OA = OA' = R_{\text{基}}$ 为对刀用的基准圆半径； OB 、 OC 分别为无 Y 向刀偏的刀具车出的小圆半径 $R_{\text{小}}$ 和大圆半径 $R_{\text{大}}$ ； OB' 、 OC' 分别为有 Y 向刀偏的刀具车出的小圆半径 $R'_{\text{小}}$ 和大圆半径 $R'_{\text{大}}$ 。

$$AB' = A'B' = DD' = R_{\text{基}} - R_{\text{小}}$$

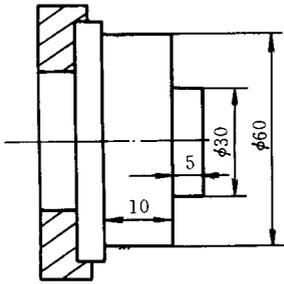


图 1-18

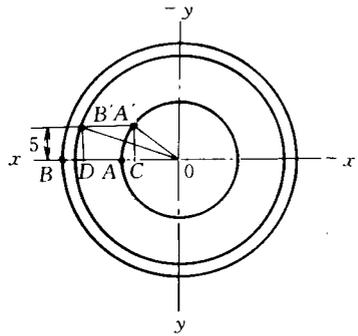


图 1-19

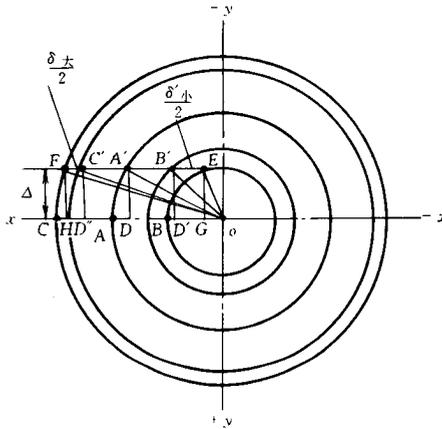


图 1-20

$$AC' = A'C' = DD'' = R_{大} - R_{基}$$

$A'D = B'D' = C'D'' = \Delta$ 为 Y 向刀偏。

无 Y 向刀偏的刀具的 $R_{小}$ 和 $R_{大}$ 符合图纸要求,有 Y 向刀偏的刀具车出的 $R'_{小}$ 和 $R'_{大}$,可按图中的几何关系导出:

$$OD = \sqrt{OA'^2 - A'D^2} = \sqrt{R_{基}^2 - \Delta^2}$$

$$OD' = OD - DD' = \sqrt{R_{基}^2 - \Delta^2} - (R_{基} - R_{小})$$

$$OB'(R'_{小}) = \sqrt{OR'^2 + B'D'^2} = \sqrt{[\sqrt{R_{基}^2 - \Delta^2} - (R_{基} - R_{小})]^2 + \Delta^2} \quad (1)$$

$$\text{同样可得 } OC' = (R'_{大}) = \sqrt{[\sqrt{R_{基}^2 - \Delta^2} + (R_{大} - R_{基})]^2 + \Delta^2} \quad (2)$$

车出的小圆和大圆的 Y 向偏差

$$\delta_{小} = \sphericalangle R'_{小} - R_{小} \sphericalangle \text{正值} \quad (3)$$

$$\delta_{小} = \sphericalangle R'_{大} - R_{大} \sphericalangle \text{负值} \quad (4)$$

为了消除这一偏差可通过改变 X 坐标的进刀量予以修正(或补偿)。修正值 $\delta_{小}$ 和

δ' 的大小也可由图 1-20 导出：

$$\delta'_{小} = X \sqrt{R'_{小}{}^2 - \Delta^2} - \sqrt{R_{小}{}^2 - \Delta^2} \quad (\text{正值}) \quad (5)$$

$$\delta'_{大} = X \sqrt{R'_{大}{}^2 - \Delta^2} - \sqrt{R_{大}{}^2 - \Delta^2} \quad (\text{负值}) \quad (6)$$

分别给 $R_{基}$ 、 $R_{小}$ 、 $R_{大}$ 、 Δ 赋值算出 $R_{小}$ 、 $R'_{大}$ 的值列于表 1-2 从中可归纳出如下规律：

- ①加工比基准圆 $R_{基}$ 小的圆 $R_{小}$ 时车出的 $R'_{小}$ 比 $R_{小}$ 大。 $R_{基}$ 相同时 Y 向偏差随 $R_{小}$ 的增大而减小， $R_{小}$ 一定时随 Δ 的增大而增大；
- ②加工比 $R_{基}$ 大的圆 $R_{大}$ 时车出的 $R'_{大}$ 比 $R_{大}$ 小。 $R_{基}$ 相同时 Y 向偏差随 $R_{大}$ 的增大而负向增大， $R_{大}$ 相同时随 Δ 的增大亦负向增大；
- ③相同的 $R_{小}$ ， $R_{基}$ 越大，Y 向偏差越大；相同的 $R_{大}$ ， $R_{基}$ 越大，Y 向偏差越小。

表 1-2 $R'_{小}$ 、 $R'_{大}$

(mm)

$R'_{基}$		60			100		
		$R'_{小}$	$R'_{大}$	Δ	1	5	9
$R_{小}$	10	10.042	10.994	12.957	10.045	11.069	13.155
	30	30.008	30.208	30.671	30.012	30.290	30.932
	50	50.002	50.042	50.136	50.005	50.125	50.404
$R_{大}$	120	119.996	119.896	119.660	119.999	119.979	119.932
	160	159.995	159.870	159.575	159.998	159.953	159.848
	200	199.994	199.854	199.524	199.997	199.937	199.797

故障处理：为保证工件加工精度应消除每把刀的 Y 向刀偏 Δ 以消除 Y 向偏差 δ 。首先应当设法消除精车刀的 Y 向刀偏。对卧车讲把 Y 向刀偏调整在 1mm 之内是不难做到的。由表 1-2 可知当 $\Delta \leq 1\text{mm}$ 时造成的 Y 向偏差是很小的。

当刀具（特别是精车刀）的 Y 向刀偏难以消除时可采取如下办法：

①只用一把刀干精车可分两种情况：a) 只车一个精车圆时宜把此圆定为对刀用的基准圆 $R_{基}$ 。 $R_{基}$ 可在对刀时得到，也可从已车好的工件中得到；b) 车两个以上精车圆时其中之一车基准圆，其余的可据调刀试切时车出的圆的大小先用式(1)或式(2)算出 Y 向刀偏 Δ 的值，再用式(5)或式(6)算出 X 坐标的修正值 $\delta'_{小}$ 或 $\delta'_{大}$ ，通过修改程序予以补偿。现举例说明：

精车外圆 $\phi 100$ 、 $\phi 50$ 。偏差要求分别是 $-0.02_{-0.01}^{+0.03}\text{mm}$ 、 $0.03_{-0.01}^{+0.04}\text{mm}$ ， $\phi 100$ 是基准圆。实际车出的 $\phi 99.990$ 合格， $\phi 50.500$ 超差。把相关数据代入式(1)

$$25.250 = \sqrt{[\sqrt{49.995^2 - \Delta^2}] - (49.995 - 25)]^2 + \Delta^2}$$

得 $\Delta = 7.031\text{mm}$

据式(5)得 $\delta'_{\text{小}} = \alpha(\sqrt{25.250^2 - 7.031^2} - \sqrt{25^2 - 7.031^2}) = 0.520\text{mm}$

若 $\phi 50$ 的偏差选 $-40\mu\text{m}$ 则在 $-X$ 向的修正值应为 $0.520 + 0.040 = 0.560\text{mm}$ 。也就是说应在精车 $\phi 50$ 的程序段内向 $-X$ 多进刀 0.560mm (直径量)。图 1-21 示出此例的几何关系。

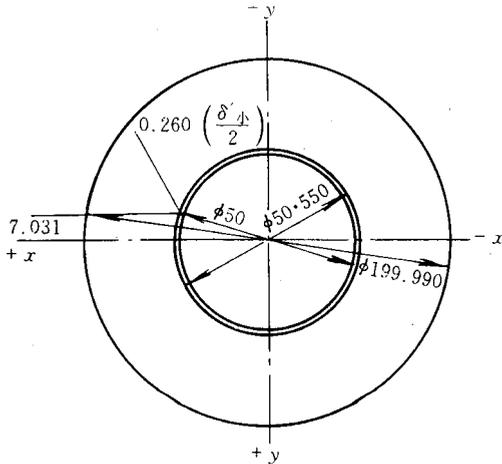


图 1-21

②用两把以上的刀干精车也分两种情况：

a) 每把刀只车一个精车圆时受第①条 a) 的启发可采取多基准, 各对各自的刀的特殊方法, 即不依基准刀定刀偏量, 而是把各自精车的圆做为自己的对刀圆。同第①条 a) 一样, 这些圆可以从车好的工件中得到; b) 当每把刀车两个以上精车圆时可按第①条 b) 的方法办。

从以上分析中可以知道存在 Y 向刀偏 Δ 的同一把刀车不同直径的圆时造成的 Y 向偏差 δ 是不一样的。直径差越大, δ 的差也越大。因此当车精度要求高、上下底面直径差较大的锥体和球体时应把所用刀具的 Y 向刀偏调到最小。

【例 34】南京 JN 系列数控系统 Z 轴出错故障

故障现象 Z 轴出错, 致使刀具损坏。

故障检查与分析: 该机床为我们采用南京江南机床数控工程公司的 JN 系列机床数控系统而改造的经济型数控车床。根据故障现象, 首先检查 Z 轴, 在手动状态下, Z 轴只有正向移动, 而无负向移动。仔细观察步进电动机的情况, 在 Z 轴的正、负状态下步进电动机均工作正常, 说明 Z 轴步进电动机及其驱动系统无故障。而滚珠丝杆在正方向时能转动, 负方向时不转动。检查发现丝杆与电动机的联结销脱落, 因而导致 Z 轴只有正向移动, 而无负向移动。又由于 Z 轴丝杆只有正向移动, 故电动刀架只能前进不能后退, 以致

使加工尺寸出错,将刀具损坏。

故障处理:将脱落的销子重新联结后,故障排除。

【例 35】南京 JN 系列数控系统 X 轴定位不准故障。

故障现象:X 轴定位不准。

故障检查与分析:该机床为我们采用南京江南机床数控工程公司的 JN 系列机床数控系统而改造的经济型数控车床。该故障发生后,重点检查 X 轴的复位定位精度。驱动 X 轴正、负方向进行重复定位,每次的误差均在 10 多微米以上,且连续重复几次后,误差便积累到了 1mm 左右。

为判断是 X 轴驱动单元故障,还是数控系统主板故障。采用替换法,将 X 轴驱动板与 Z 轴驱动板互换。即用 X 轴控制信号去控制 Z 轴驱动板,而用 Z 轴控制信号去控制 X 轴驱动板。结果,故障便转移到了 Z 轴,而 X 轴定位恢复正常。根据经济型数控机床的原理框图,说明故障源在 X 轴驱动板上,而不在数控系统主板上。

故障处理:更换一块新的驱动板后,故障排除。

说明:由于目前经济型数控系统已经普遍采用模块化结构,因此,对于数控系统方面的故障,可采用替换法进行处理,这样可以迅速准确地判明故障,从而将其排除。本例故障的检查思路是这样。因 Z 轴驱动板肯定是好的,用它去替换 X 轴驱动板,如果故障仍然反应在 X 轴,说明故障源不在 X 轴驱动板上,如果故障反应在 Z 轴去了,说明换到 Z 轴去的 X 轴驱动板是坏的。

【例 36】美国 A/B 公司数控系统 X 轴来回摆动故障的处理。

故障现象:开机后 X 轴就来回摆动。

故障检查与分析:A/BBandit 数控系统是美国 A/B 公司的经济型数控系统。故障发生后检查位置控制和推动板无问题。检查电动机发现电动机有润滑油浸出,打开电动机用布擦干后摆动减小,但故障仍未排除,故怀疑是电动机有故障。

故障处理:更换电动机的同时把对油垫圈和可能向电动机涌油的各种机械部件进行处理后,故障排除。

【例 37】美国 A/B 公司数控系统 X 轴只能单向运行故障。

故障现象:X 轴只能单向运行。

故障检查与分析:该机床为美国 A/B 公司的经济型数控车床。故障发生后检查 X 轴伺服系统的功率推动板,发现桥式推动 4 个功率管中有一只断路。

故障处理:更换一块功率推动板后,故障排除。

【例 38】GFNDM25/100 全功能数控车床 X 轴自动抖动故障的排除。

故障现象:X 轴无进给命令自动上下抖动。

故障检查与分析:该机床为 GFNDM25/100 全功能数控车床 CNC 系统采用 FANUC - 6TB 系统。伺服系统采用全闭环,伺服控制方式。其进给系统如图 1-22。根据系统的组成全闭环伺服控制系统框图如图 1-23。

由系统和框图可以看出,该系统具有位置和速度两个控制环节。根据其故障现象,由

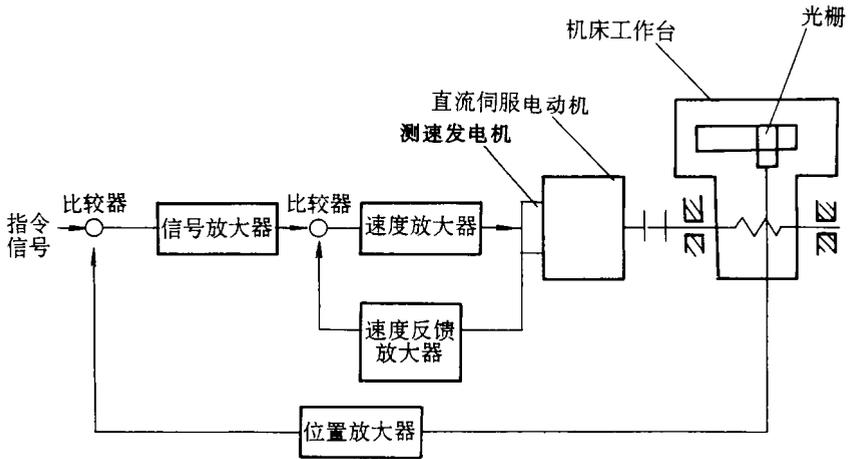


图 1-22 全闭环伺服控制方式进给系统图

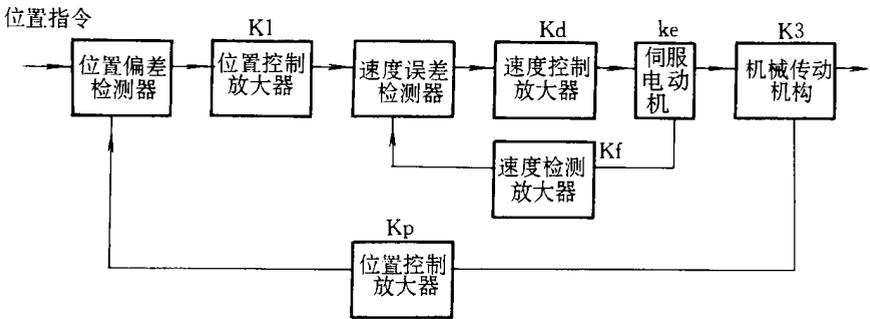


图 1-23 全闭环伺服控制系统框图

系统稳定性判据条件定性分析,查知光栅、速度放大、测速发电机、位置放大环节均正常。观察机床工作状态,在伺服准备好状况下 X 轴无进给命令自动上下抖动,有进给命令时偶尔发生 410 跟随误差报警,故而断定,问题出在机械传动部分。

故障处理 经查 X 坐标轴向定位松动,机械处理后,故障排除。

【例 39】GFNDM25/100 多功能数控车床 X 轴无规律振动故障。

故障现象 X 轴无规律振动。

故障检查与分析 该机床为 GFNDM25/100 多功能数控车床,CNC 系统采用 FANUC-6TB 系统。该故障在低速时触摸有振动感觉,快速时感觉不明显。加工工件尺寸正常。但在车削圆锥面时即 X 轴有插补进给时工件表面有沟痕出现,且无任何报警。根据上例的系统和框图,应用稳定性的判定原理分析,故障不在位置环,而应在速度环,检查速度环发现测速发电机个别电刷已全部磨损。

故障处理 更换新电刷后故障排除。

说明 通过对全闭环直流伺服系统的理论与实践处理,可认为理论对实践的指导作用是不可忽视的。在此条件下,可以减少盲目性,提高准确性,缩短维修时间。可以说,这种

理论与实践的结合对于维修工程师是行之有效的方法。

主轴系统故障实例与诊断

【例 40】日本西铁城 F12 数控车床主轴分度控制装置错误故障的排除。

故障现象:在加工过程中,主轴不能按指令要求进行正常的分度,主轴分度控制装置上的 ERROR(错误)灯亮,主轴慢慢旋转不能完成分度。除非关断电源,否则主轴总是旋转而不停止。

故障检查与分析:F12 数控车床是由日本西铁城公司引进的。该机床的最大加工直径为 $\phi 12\text{mm}$,其数控部分采用的是 FANUC 10T 系统。它带有棒料自动进给装置,主轴最高转速为 $10000\text{r}/\text{min}$,因为有主轴分度装置,且刀台上有工具主轴,故可进行二次加工。

此故障多与检测主轴分度原点用的接近式开关,以及与分度相关的限位开关等有关电气部件以及机械上的传动及执行元件有关。

我们首先依照维修说明书关于该故障的排故流程图依次做了如下检查:a)梯形图中 $y000.2 = 1$ b)与分度相关的除液压缸动作良好;c)与分度相关的滑移齿轮啮合良好;d)通过诊断功能检查 LSCSEL 的开关状态。

DGNX1.6 = 0

以上均为正常状态,按流程图要求应该与制造商联系。但我们为慎重起见,又做了如下工作:①检查主轴分度原点用接近开关,确认该开关与感应挡铁的间隙在 0.7mm 左右,符合说明书所说的其间隙在 1mm 以内即可的要求故障仍然存在;②由于故障未排除,我们又进一步的更换主轴分度控制装置 IDX—10A,以及分度用步进电动机,编码器,数控箱内的 DI/DO3A16B—1210—0322A 板等,并检查有关的电气连线,仍未解决问题。

正当感到无从下手之时,曾随意地将一垫铁挨在接近开关的感应端面上,则机床突然地完成了主轴分度动作,由此可判断是该接近开关的灵敏度降低了。

故障处理:将该接近开关与感应挡铁的间隙调整在 0.1mm 左右,则机床恢复正常,故障排除了。

说明:工作中要尽量想的全面、周到、仔细、认真些,本着先简后繁、先易后难、逐步深入的原则,避免经验主义的错误,以免走弯路,枉做许多无用功。

【例 41】CSK3163P 数控车床主轴驱动故障的维修。

故障现象:该机床在接通电源后,在手动、手动数据输入和自动状态时起动主轴,出现主轴过流报警。

故障检查与分析:CSK3163P 数控车床是我国沈阳第三机床厂的产品,它所用主轴驱动系统为湖北襄樊机床电气传动设备厂产 KBS—Ⅲ—300A 晶闸管调速系统。它的主要部分是由 KB 系列装置典型控制单元组合而成,系一逻辑无环流双环控制系统。用于将直流供给他激式直流电动机的电枢和磁场,从而实现四象限运行的控制。KB 系列装置采用抽屉式结构,便于装配维修。

据操作者反映,该机床在工作中突然发现主轴电动机打火,同时主轴驱动柜的报警灯点亮,主回路电源跳闸。主轴报警的原因很多,诸如熔断器熔断、磁场没有电流、电流反馈

回路断线、空气开关跳闸、主轴电动机有问题、继电器动作不对、主轴驱动有问题等,都能导致主轴报警。

从主轴过流报警分析,产生过流的原因一般有电动机过流、短路外,还有晶闸管反向击穿。逆变失败、触发电路被封锁等。对以上产生过流报警的内容,采取从比较直观的部分入手,到比较复杂的部分。对所有的熔断器、强电电路及该床子的 NC 系统(FANUC 5T 系统)进行检查,一切正常。测量电动机电枢绕组正常,拆下电动机电刷并进行处理,将电动机整流子用纯酒精清理干净。检查机械传动部分正常。将电动机装好,试车故障依旧。对 BS-III 300A 晶闸管调速系统进行检查。拆下晶闸管后面的连接线,将装有晶闸管整流器同散热器、脉冲传输装置、阻容吸收装置的抽屉拔出,检查每个晶闸管元件无反向击穿现象。又对其分立元件进行检查,没有发现损坏现象。检查电流反馈回路连线正常。通过以上的检查,此故障可能出在触发器以前的电路中,封锁了触发脉冲,使得系统出现主轴过流报警。

主轴驱动结构图如图 1-24 所示。

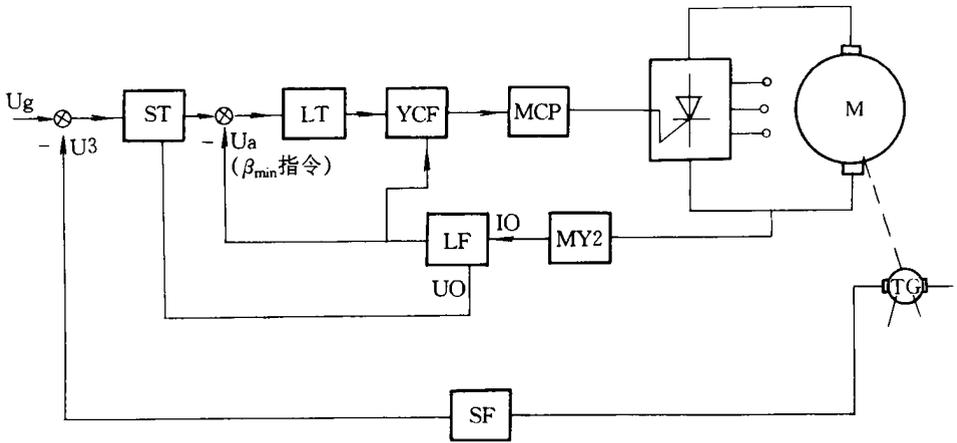


图 1-24 主轴驱动结构图

ST-速度调节器 LT-电流调节器 YCF-移相触发器 MCP-脉冲分配器 LF-电流反馈
SF-速度反馈 TG-测速发电机 MY2-电流检测整流桥

以结构图为依据进行故障分析。主轴过流时, I_0 增大, U_a 增大,加于电流调节器 LT 输入部分,以封锁主回路控制通道。这时电流调节器 LT 输出负向限幅值,并封锁触发脉冲。同时使保护继电器 JJ 动作,接通能耗制动,使主回路电源跳闸,并将过流信号送到自饱和电路,点亮主轴过流报警灯。根据以上分析,初步判定电流反馈电路有问题。电流反馈电路是由切换逻辑开关 LK I (电压极性鉴别器)和逻辑开关 LK II (电流极性鉴别器)组成,它的作用是在无环流控制可逆线路中切换正、反组晶闸管桥,其输入信号(见结构图)有两个:①极性输入信号 U_0 ,它取自速度调节器的 3 脚,并输入到 LK I 插脚 2;②零电流输入信号 I_0 ,它取自 MY2 单元电流检测整流桥输出电路的二极管 VD18 两端,输入到 LK II 的插脚 19。

切换逻辑就是根据这两个信号控制正、反组晶闸管的通断,而实现可逆运转和再生制动的。切换逻辑的输出有3个(见结构图):①正组触发脉冲通断电子开关(LK II 中的BG19);②反组触发脉冲通断电子开关(LK II 中的BG17);③ β_{\min} 指令A,即主回路控制通道封锁信号 U_a ,此信号由LKI的端子19输出。

LK I 还附有软换向装置,以减少电动机在起制动时带来的机械冲击,软换向对减小电动机打火有一定作用。软换向指令信号,由LK I 4脚输出,软换向电流波形的高度由4W调节,其宽度由2W、3W调节,并且2W、3W、4W均位于LK I 抽屉的面板上。

故障处理 通过以上分析,借助于示波器观察其移相触发器的波形,试调4W,试车,观察到电动机打火明显减少。我们又对4W、3W、2W进行重新调整,使移相触发器YCF的波形达到图1-25所示波形,再试车,故障排除。

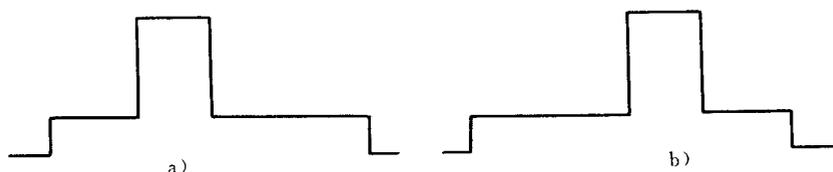


图1-25 移相触发器YCF的波形

a) 给定电压未加时 b) 给定电压加上时

说明:对于任何设备,合理的维护和检修是保证长期可靠运行基本因素之一,晶闸管调速装置也不例外,CSK3163P在我厂已使用多年,尽管制造厂采取了过滤等措施,但少量灰尘的逐日积累,由少到多,日子长久,积沉下来的灰尘还是相当可观的。这种故障就是因为环境灰尘多,机床工作时间长,温度较高,使得主轴驱动线路板上的某些元件参数漂移所致。这说明,设备的定期清扫是完全必要的。

【例42】匈牙利EEN-400数控车床解除主传动禁止的方法探讨和消除。

故障现象:启动主轴驱动,无论是正转,还是反转,都不转。LED显示S·READY?

用消除键能除去。

故障检查与分析:EEN-400匈牙利数控车床(380×1250)是由匈牙利西姆(SELN)公司生产的。配置的数控系统型号为HUNORPNC721,由匈牙利电子测量设备厂(ENGJ)生产,主驱动单元EFG380-105也由ENG厂生产。

查操作手册,对此报警无提示。又查培训笔记,揭示S·READY?-主传动不能被作用,可能是电源异常或失调;在连接线上相序错误,相序滞后或电压失效;主传动击穿破坏等。检查上述部位一切都正常,找不到故障点,同时伺服驱动也不响应。

根据以往调试进口设备的经验,进口精密机床总是会在调试的第一步,第二步上设置某些人为的硬件故障,以防调试人员在没有全部掌握本机床之前盲目开动。现在提示的既然是主轴准备好了没有,那么原因还应在主轴上。检查主轴转速系统给定的主轴转速为40r/min,这是主轴的最低速,但在实际切削中尤买用价值。应该把它设置到加工切削

时的正常速度。

故障处理 鉴于以上的分析,考虑在找不到更好的处理方法时,可用改变主轴转速的设定来试一试,改设转速 120r/min,此时正转、反转、停均能达到预期效果,报警信号消除,故障排除,同时伺服驱动也正常。

说明:①当再度设主轴 40r/min,驱动能正常执行,也即第一次修改转速以后,一切都恢复正常。在其余二台数控车调试中也出现同样情况。都是通过改变一次主轴转速的设定启才能实现主驱动及伺服运动。②这次故障的排除有它的偶然性,也有它的必然性,偶然性是在我们并不了解报警的内涵,也不掌握处理方法,故障的排除只是碰巧。它的必然性是总结了以往调试进口机床的经验,以及对金属切削加工规律的了解,判断出既然能为精密的机床设置人为的硬件故障,那么也完全可以为 CNC 系统机床设置软件故障。③系统在为主驱动编制的程序中,很可能设置了一个计数器,必须在第二次接到 40r/min 的指令后才能执行 40r/min 或是必须接到主轴转速修改指令后才能执行主驱动,否则就显示 S·READY 并禁止主驱动。如果系统已被打开并实现过主驱动的,只需在出厂装箱前重新输入一遍程序,则禁令又可被执行。这也是一种保护程序及保护机床的方法。只有在禁令被解除后,CNC 系统才向主驱动单元输出准备好信号,主驱动板上的 LDI 灯亮,主电动机才能被启动。

第四节 刀架系统的故障实例与诊断

【例 43】 西门子 810T 系统刀架转动不到位故障修理。

故障现象:刀架转动不到位。

在最初发生这个故障时,是在机床工作了 2~3h 之后,在自动加工换刀时,刀架转动不到位,这时手动找刀,也不到位。后来在开机确定零号刀时,就出现故障,找不到零号刀,确定不了刀号。

故障检查与分析:该机床为德国 PITTLER 公司的双工位专用数控车床其数控系统采用西门子 SINUMERIK810/T。

刀架计数检测开关,卡紧检测开关,定位检测开关出现问题都可引起这个故障,但检查这些开关。并没有发现问题,调整这些开关的位置也没能消除故障。刀架控制器出现问题也会引起这个故障,但更换刀架控制器并没有排除故障,这个可能也被排除了。仔细观察发生故障的过程,发现在出现故障时,NC 系统产生 6016 号报警“SLIDEPOWERPACKNOOPERATION”。该报警指示伺服电源没有准备好。分析刀架的工作原理,刀架的转动是由伺服电动机驱动的,而刀架转动不到位就停止,并显示 6016 伺服电源不能工作的报警,显然是伺服系统出现了问题。西门子 810 系统的 6016 号报警为 PLC 报警,通过分析 PLC 的梯形图,利用 NC 系统 DIAGNOSIS 功能,发现 PLC 输入 E3.6 为 0,使 F102.0 变 1,从而产生了 6016 号报警(如图 1-26)。PLC 的输入 E3.6 接的是伺服系统 GO 板的“READY

FOR OPERA - TION"信号,即伺服系统准备操作信号,该输入信号变为 0,表示伺服系统有问题,不能工作。检查伺服系统,在出现故障时,N2 板上 [Imax] 报警灯亮,指示过载。引起伺服系统过载第一种可能为机械装置出现问题,但检查机械部分并没有发现问题;第二种可能为伺服功率板出现问题,但更换伺服功率板,也并未能消除故障,这种可能也被排除了;第三种可能为伺服电动机出现问题,对伺服电动机进行测量并没有发现明显问题,但与另一工位刀架的伺服电动机交换,这个工位的刀架故障消除,故障转移到另一工位上。为此确认伺服电动机的问题是导致刀架不到位的根本原因。

故障处理:用备用电动机更换,使机床恢复正常使用。

【例 44】沈阳 SK630 数控车床刀架故障的维修。

故障现象:换刀时,刀架转几周后才能换到所需的刀号位置。加工时刀架一边换刀,一边按程序编的轨迹运动。

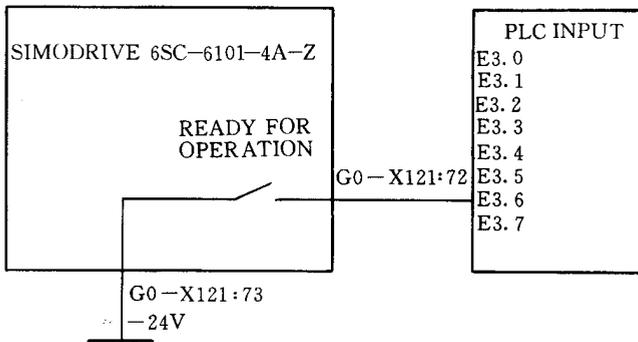


图 1-26 6016 号报警局部梯形图

故障检查与分析:沈阳第三机床厂生产的 SK630 型数控车床,系两坐标连续控制万能型 CNC 车床,其控制系统为 FANUC-5T 系统,刀架采用继电器逻辑控制,电动换刀和行程开关编码。由于继电器逻辑控制方式可靠性差,易出故障,我们用日本产 OMRONC20P 型可编程控制器 PC 对其进行了电气改造。改造后,提高了机床的工作效率,增强了机床的可靠性。

由刀架机械原理图 1-27 及刀架换刀流程图 1-28。可知,该刀架的转刀、定位、夹紧是通过阶梯键和“不倒翁”钢珠机构来完成。其运动由电动机经过蜗轮副降速传到中心轴,中心轴通过阶梯键与前压紧套结合,后压紧套通过方键与中心轴、回转头相结合。在前压紧套刚开始转动时,中心轴不转动,因而前后压紧套之间发生相对转动,致使“不倒翁”钢珠机构由 a 点移到 b 点,此时回转头在抬起弹簧作用下抬起,使平面齿盘与脱开。中心轴再继续转动时,前、后压紧套两者均随同中心轴转动,当刀架转到预选工位时通过开关 KX1、KX2、KX3 命令小电动机停止并反转,前压紧套开始反转,此时在单向预定位销 14 作用下,后压紧套和回转头不随同前压紧套反转,这时前压紧套便使分布在同一平面上的 3 个“不倒翁”钢珠机构上部由 b 点移到 a 点,后压紧套被压下,平面齿盘啮合并夹紧。就完成了回转、定位、夹紧的过程。

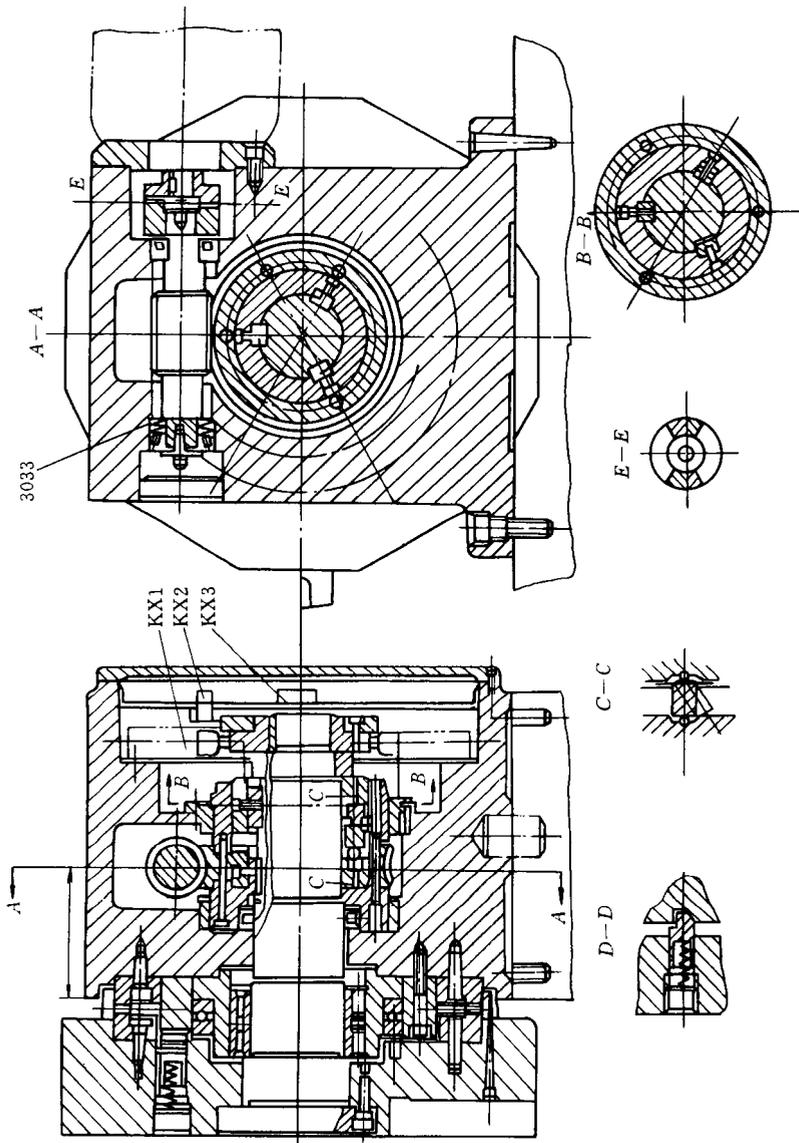


图 1-27 刀架机械原理图

由数控柜发出的信号经由 PLC 来控制刀架电动机,因此,引起刀架失控的原因可能有以下几方面:①CNC 通过 PLC 发出误动作信号,CNC 来的信号通过 PLC 内部运算后,由输出端输出控制中间继电器,再由中间继电器 J 控制接触器 C 来控制刀架电动机,用 PC 编程机观察可编程控制器 PLC 的输入/输出点均正常说明 CNC 并没有发出误信号。②PLC 程序有误。用同①的检查方法,对照 PLC 的梯形图,反复观察 PLC 的输入/输出信号均为正常,说明 PLC 的程序无误。③用万用表测量刀架电动机在执行换刀程序时,PLC 的输出电压,发现此时电压值属正常,但换刀电压保持时间过长,使刀架不停地旋转。这可

能是中间继电器 J 有问题, 换上备用 J 后, 试车发现故障仍然存在。④打开刀架体后盖, 反复观察刀架的运动, 发现 KX1 由于冷却水透进, 有生锈现象。用万用表测量发现常开触点时断时闭, 换上备用 KX1 后第一故障排除, 第二故障仍旧。⑤观察刀架的夹紧动作, 发现刀架在反转夹紧过程中, 将 KX2 压得过紧, 经测量发现开关弹簧已压坏, 其常开触点成为常闭触点。在此情况下, 无论刀架是转位还是夹紧, 其都给 PLC 输入一个刀架夹紧符合信号(FIN), 使得机床在运行程序时出现边走直线运动、边转刀的危险现象, 这里是要特别注意的。换上新 KX2, 并将其位置调整适中, 第二故障排除。

【例 45】台湾大冈 TNC - 20N 数控车床刀架乱刀故障处理。

故障现象: 该机床发生碰撞事故后, 刀架在垂直导轨方向上偏差 0.9mm, 刀架在原方向上旋转 90°后, 用另一组定位销定位刀架后, 偏位故障排除, 但刀塔转了 90°。刀具号在原刀号上增加了“3”。即选择一号刀时实际到位刀是四号刀, 这使操作工极易产生误操作。

故障检查与分析: 台湾大冈工业公司 TNC - 20N 数控车床, 系统型号为 FANUCO - T。该刀架的换刀过程如下述: ①选择刀号发出换刀指令; ②NC 选择刀架旋转方向; ③刀架旋转; ④编码器输出刀码; ⑤要换刀具到位, PLC 指令刀架定位销插入; ⑥刀架夹紧。

最终选择的刀具是由编码器输出刀码决定的。重新安装刀架时转 90°后定位。而编码器并没有旋转, 还停在原来的刀码位置, 这是造成乱刀的原因。

故障处理: 由于编码器输出 4 位开关信号, PLC 以二进制码对刀具绝对编码, 改 PLC 程序可以调整刀码, 但要请机床生产厂家来完成。花费大, 维修周期长, 此法不考虑。

除此之外采用以下两种方法均可使刀号调整正常: ①让刀架固定在某刀具号 A 上, 脱开编码器与刀架驱动电动机之间的齿轮连接。旋转编码器使其编码与刀架固定的刀号 A 一致, 再将编码器与刀架连接即可; ②固定编码器输出某个刀具编码 A, 脱开编码器与刀架驱动电动机之间的齿轮连接, 拔出刀架定位销。用手盘动刀架使指定刀号与编码号一致。采用上述第一种方法时, 由于编码器在约 15 度范围内转动时, 输出码不变化, 均与指定刀码一致。所以往往要多次调整其位置才能使刀架准确定位。采用第二种方法时, 刀架是靠定拉销插入定位槽来定位, 每个指定刀位对应一个定位槽, 一次即可完成定位。

用上述两种方法时, 系统启动, 但急停开关一定要按下, 以防发生事故。

【例 46】济南 MJ - 50 数控车床刀架故障及排除。

故障现象: 在机床调试过程中, 无论手动、MDI 或自动循环, 刀架有时转位正常, 有时出现转位故障, 刀架不锁紧, 同时“进给保持”灯亮, 刀架停止运动。

故障检查与分析: 济南第一机床厂的 MJ - 50 数控车床所配系统为 FANUCOTE。该转位刀架是济南第一机床厂的专利产品, 是由液压夹紧、松开, 由液压马达驱动转位的。因此, 要认为是刀架机械问题是无根据的。

应确认转位刀架 PLC 控制程序有问题, 尤其是刀架控制程序中延时继电器的时间设定不当, 有可能出现这种故障。因为刀架装上刀具以后, 各刀位回转的时间就不一样了, 有可能延时时间满足了回转较快的刀位, 而满足不了回转较慢的刀位, 出现转位故障, 不

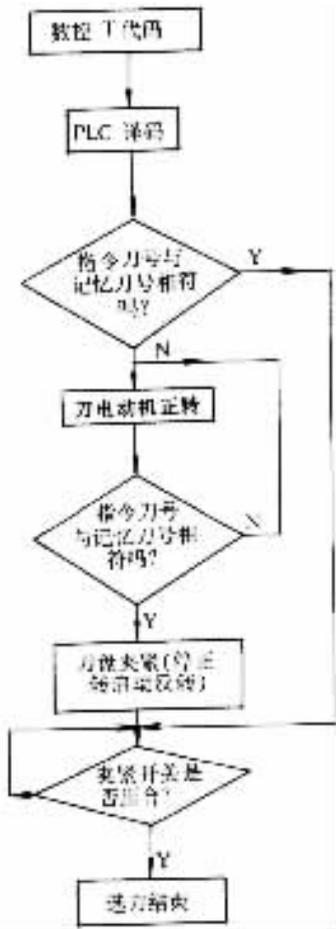


图 1-28 刀架换刀流程图

过,这种故障是有规律可循的,而我们这台机床转位刀架故障找不到这种规律。

根据每次转位刀架出现故障时“进给保持”灯亮这一点,我们从 PLC 梯形图上分析,反推故障点,但查不到原因。机床厂两年前提供的 PLC 梯形图上“进给保持”灯与转位刀架故障信号无关。显然,机床厂提供的这份 PLC 程序梯形图与机床实际控制程序不符。

由于程序与梯形图不符,无法分析,只能完全依靠 I/O 诊断画面来分析故障原因。在反复手动刀架转位中,我们逐渐找到了规律。那就是奇数刀位很少出故障,故障大多发生在偶数刀位且无规律可循,为此,重点调看刀架奇偶校验开关信号 X14.3,发现在偶数刀位时,奇偶校验开关信号 X14.3 时有时无,于是断定找到了故障原因。因为本刀架设计为偶数奇偶校验,在偶数刀位时,如果奇偶校验开关 X14.3 有信号,奇偶校验通过,刀架结束转位动作并夹紧。如果 X14.3 无信号,则奇偶校验出错,发出报警信号“进给保持”灯亮,刀架不能结束转位动作,保持松开状态。而在奇数刀位不受奇偶校验影响,因而转位正

常。

故障处理 拆开转位刀架后罩,检查奇偶校验开关及接线均正常,接着检查由开关到数控系统 I/O 板的线路,发现电箱内接线端子板上 X14.3 导线与端子压接不良,导线在端子内是松动的,重新压好端子,故障排除,刀架位正常。

【例 47】德国德马吉 MD51T 车削中心刀架故障一例。

故障现象 :一号刀架出现了偶而找不到刀的故障。刀架处在自由转动状态,有时输入换刀指令时,出现刀架没有动,而且发生刀架锁死现象,CRT 显示刀号编码错误信息;刀架锁死后,更换任何刀都没动作。不管断电还是带电,都无法转动刀架。只有在拆除刀架到位信号线后,再送电才能转动刀架。

故障检查与分析 德国德马吉公司生产的 MD51T 车削中心。

从上述现象看,可能由两种情况所致,一种是编码器接线接触不良;另一种是编码器损坏。通过检查编码器连线,未发现接线松动现象,接线良好。排除接触不良因素,再结合刀架卡死现象分析:由于刀架夹紧之后,编码器出现故障,发出了错误的二进制编码,即计算机不能识别的代码。所以,计算机处在等待换刀指令状态,而且刀架到位信号一直有效,刀架被锁死,到此,可以认为是编码器损坏。

故障处理 在刀架卡锁死的情况下,必须把刀架到位信号线断开(注:在机床断电以后)。然后机床再通电,任意选一刀号,输入换刀指令,让刀架松开,此时刀架处在自由转动状态。断电,拆下原来的编码器,按原来的接法把新编码器与机床的连线接好,刀架与编码器轴联接好,不要固定编码器。然后机床送电,一边观察 CRT 显示的编码器编码,即 PLC 的输入刀号信息,一边用手转动刀架,需要说明一下,此机床上有两个刀架,每个刀架有 12 个刀位。对应的编码由四位二进制组成,有一个 8 位 PLC 输入口组成。如下图所示:

7	6	5	4	3	2	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

第 7 位:刀架旋转准备好信号;第 6 位:刀架锁位信号;第 5 位:在位信号;第 3、2、1、0 四位:为 12 个刀号编码;1 号编码为 0001,2 号编码为 0010,以此类推。

在转动刀架时,手握住编码器,只让刀架带动编码器轴转动,使 1 号刀对准工作位置。然后用手旋转编码器直到 CRT 显示刀号编码为 0001,按同样方式再转动刀架,让 2 号刀对准工作位置,使 CRT 显示编码为 0010;至此,其余十把刀与其编码一一对应,最后固定编码器,更换编码器工作结束。试车,故障排除。

【例 48】德州 SAG210/2NC 数控车床刀架转动不停故障修理。

故障现象:系统发出换刀指令后,上刀体连续运转不停或在某规定刀位不能定位。

故障检查与分析:该机床为德州机床厂生产的 CKD6140 及 SAG210/2NC 数控车床与之配套的刀架为 LD4-I 四工位电动刀架。

分析故障产生的原因:①发信盘接地线断路或电源线断路;②霍尔元件断路或短路;③磁钢磁极反相;④磁钢与霍尔元件无信号。

根据上述原因,去掉上罩壳,检查发信装置及线路,发现是霍尔元件损坏。

故障处理:更换霍尔元件后,故障排除。

【例 49】德州 SAG210/2NC 数控车床刀架不动作故障的处理。

故障现象:刀架电动机起不动,刀架不能动作。

故障检查与分析:该机床为德州机床厂生产的 CKD6140 及 SAG210/2NC 数控车床,与之配套的刀架为 LD4-I 四工位电动刀架。

分析该故障产生的原因:可能是电动机相位接反或电源电压偏低,但调整电动机相位线及电源电压,故障不能排除。说明故障为机械原因所致。将电动机罩卸下,旋转电动机风叶,发现阻力过大。拿开电动机进一步检查发现,蜗杆轴承损坏,电动机轴与蜗杆离合器质量差,使电动机出现阻力。

故障处理:更换轴承,修复离合器,故障排除。

【例 50】德州 SAG210/2NC 数控车床刀架不转故障。

故障现象:上刀体抬起但不转动。

故障检查与分析:该机床为德州机床厂生产的 CKD6140 及 SAG210/2NC 数控车床,与之配套的刀架为 LD4-I 四工位电动刀架。根据电动刀架的机械原理分析,上刀体不能转动可能是粗定位销在锥孔中卡死或断裂。根据分析,拆开电动刀架更换新的定位销后,上刀体仍然不能旋转。在重新拆卸时发现在装配上刀体时,应与下刀体的四边对齐,牙齿盘须啮合,按上述要求装配后,故障排除。

【例 51】匈牙利 EEN-400 数控车床刀架定位不准的解决。

故障现象:刀架定位不准。

故障检查与分析:EEN-400 匈牙利数控车(380×1250)是由匈牙利西姆(SEIN)公司生产的,数控系统型号 HUNORPNC 721。由匈牙利电子测量设备厂(ENGJ)生产,所配的刀架是由保加利亚生产的,可装 6 把刀。

经查定位不准的主要原因是刀架部分的机械磨损较严重,已不能通过常规的调整、刀补间隙补偿等手段来解决,需考虑进行整体更换。

例如:购同型号的原生产厂家的刀架。需外汇且价格昂贵,定货、购件手续多,时间长。影响生产。

经了解,国内的数控刀架生产厂家已能生产相同性能的卧式 6 刀位刀架,作适当的处理,就可以替代进口备件。备件国产化应是方向。

故障处理:以陕西省机械研究院生产的 JYY 牌,型号 WD75×6 150W 卧式数控电动刀架更换了原刀架,恢复了定位精度,经使用一年多来,一直正常。

说明:进口设备备件国产化已提到议事日程上来,国内的一些数控机床生产厂家及配套件生产厂家已经在这方面做了大量细致的工作,为我们数控机床用户提供了方便。只是信息的沟通方面尚需加强,才能使生产厂家产品有销路,使用单位有地方购买。

【例 52】DO15 经济型数控车床换刀命令不执行的处理方法。

故障现象:机床在自动加工过程中,当运行到换刀程序段时,TP801 单板机显示 T2、

T3、或 T4 ,但刀架不换刀 ,经过一段时间后 ,刀架能继续执行换刀程序以后安排的运动指令 ,直至最后 ,并能再次启动。

故障检查与分析 :D015 经济型数控车床选用的是西微所生产的 JWK - 2 - 3A 型数控装置。采用陕西省机械研究所生产的 WZD4 - II C 型自动回转刀架。

此机床原刀架是陕西省机械研究所生产的 WZD4 - II A、B 型。控制按钮站上设有刀架运动方式选择开关 ,有绝对、手动、延时三种方式 ,选择在手动方式时 ,可用刀位选择开关选择刀位。自动时 ,需把它旋到绝对位置 ,延时方式没有接。所以当单板机发生 2 号刀位的指令后 ,必须在接到 2 号刀位到位的信号后 ,才能进行下一程序段的运行。新换的 C 型刀架是该所在自动刀架全国联合设计后推出的改型换代新机种。此刀架控制箱电源开关的右端有一扳把开关 ,扳向下方 ,即“相对”位置。手动、延时将此开关扳向下方。此机在出现上述故障时 ,手动换刀仍可进行。那么就是机械研究所用刀架控制小箱的开关来改变了回答信号。根据新刀架提供的接线图 ,将绝对换刀信号改成了延时换刀信号。

当单板机发生换刀指令后 ,不管刀架是否已按指令旋转 ,只要刀位延时回答接口在预定的时间后 ,能检测到刀位信号。则不管它是那号刀的刀位到位信号 ,都以收到回答信号来处理。由于刀架没有旋转 ,刀位到位点是闭合的 ,所以程序继续向下执行。刀架顶部的到位“发信号盘”在延时控制方式中起的是另一个作用 ,当刀架抬起作水平旋转时按钮可以松开 ,刀架自己继续向前滑动直至碰到的第一个 90°位置 ,即到位开关闭合后就能反转 ,下落锁紧。如果要旋转 180° ,则需按住按钮不放 ,等它转过 90° ,越过到位开关后才能松开按钮 ,或分二次旋转。通过对刀架运动及单板机处理换刀程序方式的分析。此故障现象是单板机发生的换刀信号 ,刀架控制箱没有收到。

故障处理 :查换刀信号 ,在微机柜的航空插头处找到了脱焊的点 ,重新焊接后 ,故障排除。

说明 :①固原刀架控制箱装在刀架大拖板下方的进给齿轮箱留下的空档内。随机床一起运动。所以微机柜给刀架控制箱的换刀信号及回答信号必须随其他控制信号一起先到机床配线插接处 ,再由机床配线处到按钮站 ,由按钮站经过手动、绝对的转换后再到控制箱。这二根信号线 ,连接环节特别多 ,是故障多发部位。再加控制箱在大拖板上随刀架的移动及切削力的振动与中拖板润滑油的下滴 ,一直是以往故障的多发处。现重换的 C 型刀架 ,把刀架控制箱 ,从床身上分出来了。可直接放在机床床头前单做的支架上 ,也可放在总线机的微机箱上面 ,避免了振动、移动和油污。但是对这两根信号线没有做更好的处理。可以把这两根信号线直接从刀架控制箱连到微机柜。②此机床的刀架到位回答信号由发讯盘到刀架控制箱后 ,还需进行电平的转换 ,刀架背箱后有一扳把开关 ,分别接通高电平与低电平。西微所采用的是高电平 ,常州柜用的是低电平。如果这个开关位置放错了 ,则单板机会因收不到回答信号而等待 ,并出现 08 报警。

【例 53】 D015 经济型数控车床换刀后运行停止的处理方法。

故障现象 :机床在自动加工中 ,有时在换刀前 ,有时在换刀后 ,TP801 单板机出现“P”显示。当换刀动作完成后 ,机床不再进给 ,停止在换刀位。

故障检查与分析 :D015 经济型数控车床选用的控制系统是西安微电动机研究所生产的 JWK-2-3A 型数控装置。刀架使用咸阳陕西省机械研究所生产的 WZD4-II C 型自动回转刀架。

根据以前此机床曾出现过“P”显示的经验。重点检查接地线：

①查得机床接地线被人为拆走,重新接上,故障未能排除。查接地线的其他环节,从母线槽地线引线点开始,由于欠保养,各处都或多或少地发现一些问题,同时也发现了当年单纯通过机床接地给数控柜引接地线而在主轴启动时产生干扰的真正原因。并在故障检查、分析的同时对数控柜进行了清扫保养、检修,但仍不能解决问题。

②通过仔细观察,发现故障总是发生在换刀运动中,特别是刀台落下,随着“咔”的一声单板机显示“P”。决定对刀架部分进行彻底的检查,并回绕换刀信号的屏蔽进行跟踪。刀架信号电缆线与刀架三相交流电动机线同穿一根蛇形管,刀架信号电缆线有屏蔽层。此屏蔽网在连着刀架控制箱的一端没接地,那接地端应该在刀架侧,屏蔽线的接地电阻经测良好,是否会虚接呢?只有拆开刀架,找到接地点,才能用探触法作彻底检查。

③拆下刀架。刀架信号电缆在此没有接线端或插头座那样的连接处,刀架信号电缆的屏蔽网在此在露出部分,露出部分很短,与穿线蛇形管及刀架有接触,但没有固定手段,它的接地是虚的,再加这段蛇形管与刀架连结的一段已被拉开,刀架一运动,屏蔽接地就有可能脱开,三相感性负载的干扰就会窜入单板机,造成了“P”的出现。

故障处理 把刀架一端的屏蔽接地彻底去除,将刀架信号电缆的屏蔽层的另一端接在刀架控制箱上,此箱的接地有专线与数控柜接地线相连。经此处理后,“P”信号不再出现,故障排除。

说明:感性负载在接通或断开时产生的反电势,前沿很陡,属于迅速变化的强脉冲。触点通断时产生的电火花,属于一种高频振荡信号。频带很宽,幅值又大。它们或以辐射的形式直接干扰敏感电路,或通过布线间的分布电容耦合到被干扰电路上,或通过传输导线间的电磁耦合,干扰敏感电路。除了对干扰源采取抑制措施外,对被干扰线路要用屏蔽层保护。此刀架信号电缆屏蔽层接地虚设,所以使干扰信号窜入了单板机,造成了程序的中断及丢失。由此,可以得出:屏蔽与接地一样重要,不可忽略。屏蔽线的接地端与地线的接触必须保证良好。应采用焊接或单独压接端子。

【例 54】经济型数控车床自动刀架不动故障的排除。

故障现象:刀架不动。

故障检查与分析 造成刀架不动的原因及排除方法分列如下:①电源无电或控制箱开关位置不对,应检查电动机有无旋转现象;②电动机相序反,应检查电动机是否反转;③夹紧力过大。可用 6mm 六角扳手插入蜗杆端部,顺时针旋转,如用力可转动但下次夹紧后仍不能起动,则可将电动机夹紧电流稍调小(要按说明书调整,不可乱调);④当用 6mm 六角扳手插入蜗杆端部,顺时针转不动时,当属机械卡死,应对症下药:a)观察夹紧位置,要检查反靠定位销是否在反靠棘轮槽内,如定位销在反靠棘轮槽内,将反靠棘轮与蜗杆联接销孔回转一个角度重新打孔联接;b)检查主轴螺母是否锁死,如螺母锁死应重新调整;c)

检查润滑情况,如因润滑不良造成旋转零件研死,应拆开处理。

【例 55】经济型数控车床刀架旋转不停故障的处理。

故障现象:刀架旋转不停。

故障检查与分析:刀架刀位信号未发出。应检查发讯盘弹性片触头是否磨坏;发讯盘地线是否断路。

故障处理:按上述相关问题解决。

【例 56】经济型数控车床刀架越位故障的处理。

故障现象:刀架越位。

故障检查与分析:反靠装置不起作用。应检查反靠定位销是否灵活,弹簧是否疲劳;反靠棘轮与螺杆连接销是否折断,使用的刀具是否太长。

故障处理:针对检查的具体原因予以解决。

【例 57】经济型数控车床刀架转不到位故障的处理。

故障现象:刀架转不到位。

故障检查与分析:发讯盘触点与弹簧片触点错位。应检查发讯盘夹紧螺母是否松动。

故障处理:重新调整发讯盘与弹簧片触点位置,锁紧螺母。

【例 58】南京 JN 系列数控系统加工中刀具损坏故障的维修。

故障现象:加工过程中,刀具损坏。

故障检查与分析:该机床为我们采用南京江南机床数控工程公司的 JN 系列机床数控系统而改造的经济型数控车床。其刀架为常州市武进机床数控设备厂为 JN 系列数控系统配套生产的 LD4-I 型电动刀架。

由故障现象,检查机床数控系统,X、Y 轴均工作正常。检查电动刀架,发现当选择 3 号刀时,电动刀架便旋转不停,而电动刀架在 1、2、4 号刀位置均选择正常。采用替换法,将 1、2、4 号刀的控制信号任意去控制 3 号刀,3 号刀位均不能定位。而 3 号刀的控制信号却能控制任意刀号。故判断是 3 号刀失控。由于 3 号刀失控,导致在加工的过程中刀具损坏。

根据电动刀架驱动器电气原理检查+24V 电压正常,1、2、4 号刀所对应的霍尔元件正常,而 3 号刀所对应的那一只霍尔元件不正常。

故障处理:更换一只霍尔元件后,故障排除。

说明:在电动刀架中,霍尔元件是一个关键的定位检测元件,它的好坏对于电动刀架准确地选择刀号,完成零件的加工有十分重要的作用。因此,对于电动刀架的定位故障,首先应考虑检查霍尔元件。

【例 59】南京 JN 系列数控系统刀架定位不准故障的处理。

故障现象:电动刀架定位不准。

故障检查与分析:该机床为我们采用南京江南机床数控工程公司的 JN 系列机床数控系统而改造的经济型数控车床。其刀架为常州市武进机床数控设备厂为 JN 系列数控系统配套生产的 LD4-I 型电动刀架。

其故障发生后,检查电动刀架的情况如下:电动刀架旋转后不能正常定位,且选择刀号出错。根据上述检查判断,怀疑是电动刀架的定位检测元件—霍尔开关损坏。拆开电动刀架的端盖检查霍尔元件开关时,发现该元件的电路板是松动的。由电动刀架的结构原理知:该电路板应由刀架轴上的锁紧螺母锁紧,在刀架旋转的过程中才能准确定位。

故障处理:重新将松动的电路板按刀号调整好,即将4个霍尔元件开关与感应元件逐一对应,然后锁紧螺母,故障排除。

【例60】南京JN系列数控系统加工尺寸不能控制故障的排除。

故障现象:加工尺寸不能控制。

故障检查与分析:该机床为我们采用南京江南机床数控工程公司的JN系列机床数控系统而改造的经济型数控车床。其刀架为常州市武进机床数控设备厂为JN系列数控系统配套生产的LD4-I型电动刀架。

该机床在产品加工的过程中,发生其加工尺寸不能控制的现象,操作者每次在系统中修改参数后,数码显示器显示的尺寸与实际加工出来的尺寸相差很大,且尺寸的变化无规律可寻。即使不修改系统的加工参数,加工出来的产品尺寸也在不停地变化。因该机床主要是进行内孔加工,因此,尺寸的变化主要反应在X轴上。为了确定故障部位,采用替换法,将X轴的驱动信号与Z轴的驱动信号进行交换。即用Z轴控制信号去驱动X轴,而用X轴控制信号去驱动Z轴。替换后故障依然存在,这说明X轴的驱动信号无故障。同时也说明故障源应在X轴步进电动机及其传动机构、滚珠丝杆等硬件上。

检查上述传动机构、滚珠丝杆等硬件均无故障,进一步检查X轴轴向重复定位精度也在其技术指标之内。是何原因产生X轴加工尺寸不能控制呢?思考检查分析故障的思路,发现在分析检查中忽略了一个重要的部件—电动刀架。

检查电动刀架的每一个刀号的重复定位精度,故障源出现了即电动刀架定位不准。分析电动刀架定位不准的原因,若是电动刀架自身的机械定位不准,故障应该是固定不变的,不应该出现加工尺寸不能控制的现象,定有其它的原因造成该故障现象。检查电动刀架的转动情况,发现电动刀架在抬起时,有一铁屑卡在里面。铁屑使定位不准,这就是故障源。

故障处理:拆开电动刀架,用压缩空气将电动刀架定位齿盘上的铁屑吹干净,重新装配好电动刀架。故障排除。

说明:在经济型数控机床中,电动刀架定位齿盘内常会进入一些细小的铁屑,这些铁屑在定位齿盘内是随电动刀架的转动而移动不定的。因此,在故障现象的反应上就表现为加工尺寸变化不定。对此故障的预防,就是要定期对电动刀架进行清洁处理,包括拆开电动刀架对定位齿盘进行清扫,才能保证机床正常工作。

【例61】南京机床厂FANUCOT系统刀架奇偶报警的排除。

故障现象:刀架奇偶报警。

故障检查与分析:该机床为南京机床厂生产的数控车床,其控制系统采用FANUCOT系统。机床在使用过程中发生刀架奇偶报警,奇数刀能定位,而偶数刀不能定位之故障,

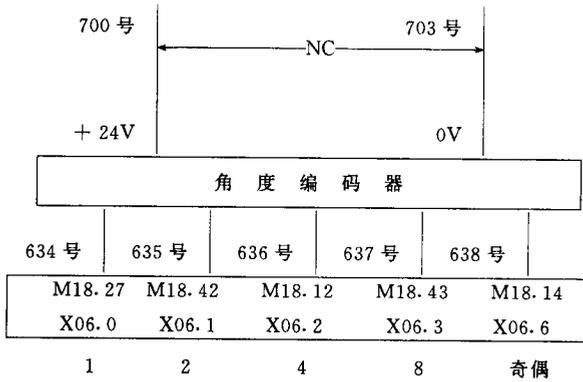


图 1-29 回转刀架二进制码

此时 机床能正常工作。从宏观上分析 ,FANUCOT 系统无故障。从机床电气线路图上看 : 从机床侧输入 PLC 信号中 ,角度编码器有 5 根信号丝(如图 1-29)。

这是一个 8421 编码 ,它们分别对应 PLC 的输入信号 X06.0、X06.1、X06.2、X06.3、X06.6。在刀架的转换过程中 ,该 4 位根据刀架的变化而进行不同的组合 ,从而输出刀架的奇偶信号。根据故障现象 ,若当角度编码器最低位 634 号线信号恒为“1”时 ,则刀架信号将恒为奇数 ,而无偶数信号 ,故产生报警。根据上述分析 ,将 CRT 上 PLC 输入参数调出观察 ,该信号果然恒为“1”。而其余 4 根线的信号 ,则根据刀架的变化情况而或“0”或“1”。检查 NC 输入电压正常 ,证实了角度编码器发生故障。

拆开角度编码器 ,绘制出其电气原理图(部分)如图 1-30 所示。

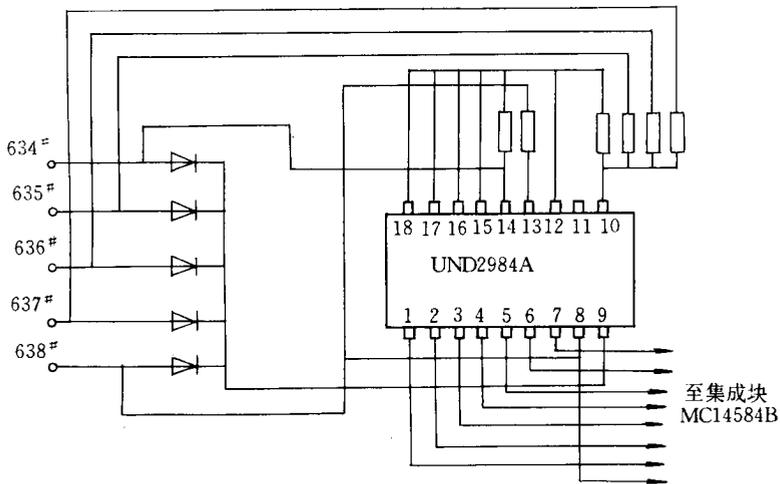


图 1-30 角度编码器电原理图(部分)

根据电路图可以看出来 ,634 号线与集成电路块 UND2984A 的 14 脚直接相连 ,检查该集成电路块 ,14 脚信号输出恒为“1” ,说明集成电路损坏。

故障原因 集成电路块 UND2984A 损坏 ,使其 14 脚输出信号不管刀架怎样变化均恒

为“1”,从而造成上述故障。

故障处理:更换一新的集成电路块后,故障排除。

【例 62】 瑞士 SCHAUBLIN 数控车床刀架旋转失控故障

故障现象:加工中突然出现转塔刀架旋转失控现象。发生故障时转塔刀架可能旋转多圈而不能停止到位,且故障时有时无没有规律,发生故障时,有时会显示 444 号(提示内容为第四轴伺服系统故障)或 410 号(提示内容为第四轴停止位置偏差大于程序设定值)报警。

故障检查与分析:SCHAUBLIN110 数控车床是瑞士 SCHAUBLIN 公司的系列产品,数控系统为 FANUCOTC 系统经现场检查故障现象确如操作者反映,时有时无。且在手动状态下运行时,每点动一下,转塔刀架往往连续运转多步而不停,且不论正、反向均如此。并且随着时间的增加,故障的机率增加很快,只是偶然能正常工作。

根据有时出现的 444 号报警与 410 号报警提示,可确定为转塔刀架运动系统故障无疑。

经在现场仔细观察,发现转塔刀架正常工作的一个全过程为:①接收到转位信号;②转塔刀架弹起;③转过一个刀位(仍在弹起状态);④转塔刀架落下复位(准备执行下一个转位动作)。

而故障状态下的运行过程为:①接收到转位信号;②转塔刀架弹起;③转过多个刀位一直不落下。

根据故障现象分析,不论有无故障发生,其转塔刀架转位信号的接收都是正常的,且与转塔刀架旋转方向无关。同时观察到在走参考点时,PLC 中 X3073.0 显示正常,因此可以排除参考点传感器 SB141、转塔刀架旋转方向动作控制(旋转方向控制仅在手动状态下有效)和转塔刀架转位信号的传输故障。应把重点放在与转位动作有关的几个元件上。

首先,仍采用传统的方法,即观察 PLC 中各元件动作的信号显示来帮助确定故障部位。由于该故障时有时无,正好有可能为我们提供正常和异常二种情况下的信号状态。

表 1-3 列出了转塔刀架各转位元件在上述二种情况下的信号状态。

表 17-3 转塔刀架各转位元件的信号状态(PLC 显示)

工作状态 \ 转塔动作	转塔弹起	旋转(弹起状态)	吸进复位
正 常	X3073.4 = 1	X3073.4 = 1	Y3073.4 = 0
	X3073.5 = 0	X3073.5 = 0	Y3073.5 = 1
	X3206.1 = 1	X3206.1 = 1	Y3206.1 = 0
异 常	X3073.4 = 1	X3073.4 = 1	Y3073.4 = 0
	X3073.5 = 0	X3073.5 = 0	Y3073.5 = 1
	X3206.1 = 1	X3206.1 = 1	Y3206.1 = 0

从表 1-3 中可以看到,在转塔刀架弹起和转塔旋转(弹起状态)二个动作中、正常和异常的信号状态区别在于 X3073.5(SB143)和 Y3206.1(YV243)二个元件状态均处于异常情况。而 YV243(电磁阀)是一个输出执行元件,它的动作受输入元件(SB143)的状态控制。所以问题的关键是进一步确认 SB143(转塔刀架锁定传感器)的工作状态是否正常。拆下转塔刀架端子板 X81 的上盖板上的 4 只螺钉、卸下盖板、可见到转塔刀架 3 个位置传感器 SB141、SB142、SB143 和接线端子 X81。

首先在手动状态下点动转塔刀架,可观察到 3 只位置传感器根部的 LED 显示,判断出其工作基本正常(只是 SB143 在输出高电平时 LED 显示较亮,而输出低电平时 LED 显示有时较暗一些。为了进一步确定其工作状态,用万用表测量接线端子 X81 上的 2、5 两端电子,发现当 SB143 上 LED 显示较暗时其 5 端输出仍为高电平(正常状态低电平输出时 LED 应不发光而不是较暗)。至此,转塔刀架锁定传感器 SB143 工作异常。拆下 SB143 检查,证实其确已损坏。

由此可见,本例故障的关键是由于转塔刀架锁定传感器 SB143 工作异常不稳定。当其失效时,输出不受机床动作的控制而一直输出高电平,这就迫使电磁阀 YV243(位于机床左侧上部的阀门组件板上)长期通电不能释放,最终导致转塔刀架不能落下复位。

故障处理:更换 SB143 后故障排除。

第五节 其它部位故障实例与诊断

【例 63】德州机床厂 CKD6140 数控车床尾座行程不到位故障。

故障现象:尾座移动时,尾座芯轴出现抖动且行程不到位。

故障检查与分析:该机床为德州机床厂生产的 CKD6140 及 SAG210/2NC 数控车床,配套的电动刀架为 LD4-I 型,检查发现液压系统压力不稳,芯轴与尾座壳体内孔配合间隙过小,行程开关调整不当。

故障处理:调整系统压力及行程开关位置,检查芯轴与尾座壳体孔的间隙并修复至要求。

【例 64】德州机床厂 CKD6140 数控车床卡盘失压故障。

故障现象:液压卡盘夹紧力不足,卡盘失压,监视不报警。

故障检查与分析:该机床为德州机床厂生产的 CKD6140SAG210/2NC 数控车床,配套的电动刀架为 LD4-I 型。卡盘夹紧力不足,可能是系统压力不足、执行件内泄、控制回路动作不稳定及卡盘移动受阻造成。

故障处理:调整系统压力至要求,检修液压缸的内泄及控制回路动作情况,检查卡盘各摩擦副的滑动情况,卡盘仍然夹紧力不足,经过分析后,调整液压缸与卡盘间联接拉杆的调整螺母,故障排除。

【例 65】南京机床厂 FANUCOT 系统数控车床尾座套筒报警的处理。

故障现象 :尾座套筒报警。

故障检查与分析 :该机床为南京机床厂生产的数控车床 ,其控制系统采用 FANUCOT 系统。

查阅机床电气线路图知 :尾座套筒的伸缩由 FANUCOT 系统中的 PLC 控制。其尾座套筒 PLC 控制原理图如图 1-31 所示。

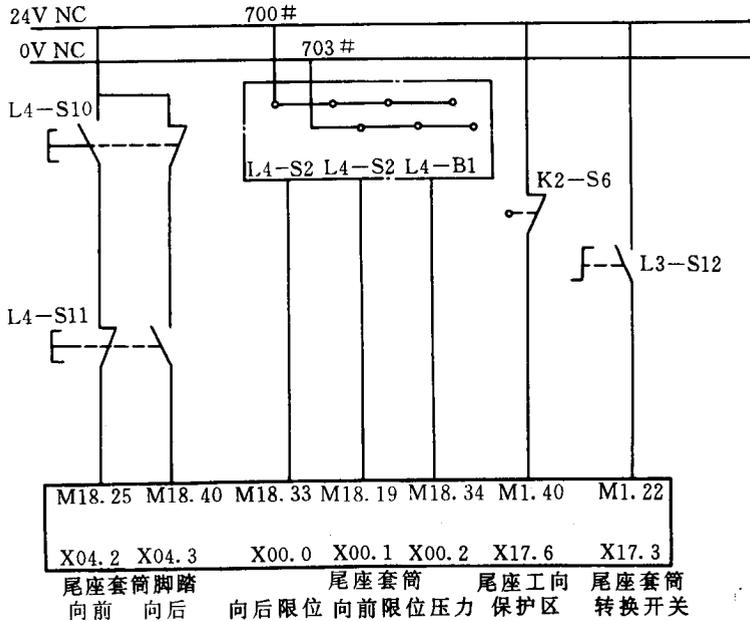


图 1-31 尾座套筒 PLC 控制图

检查尾座套筒的工作状态 ,当脚踏尾座开关顶紧时 ,系统产生报警。在系统诊断状态下 ,调出 PLC 输入参数 ,在 X04.2 上看到 ,当脚踏向前开关时 ,PLC 状态为 1 ;X17.3 尾座套筒转换开关信号为“ 1 ”;尾座工向保护区信号为“ 1 ”,输入信号正常。在 PLC 输出参数 Y49.0 上 ,当脚踏向前开关时 ,Y49.0 为“ 1 ”,同时 ,电磁换向阀 L4-Y1 也导通 ,这说明系统 PLC 输入/输出状态均正常。

分析尾座套筒液压系统图(如图 1-32)。当电磁换向阀 L4-Y1 导通后 ,液压油经溢流阀、流量控制阀、单向阀进入尾座套筒油缸 ,使其向前顶紧工件。松开脚踏开关后 ,此时电磁换向阀 L4-Y1 处于中间位置 ,油路停止供油 ,由于单向阀的作用 ,尾座套筒向前时的油压得到保持 ,该油压使压力继电器常开触点接通 ,在系统 PLC 输入信号中 X00.2 为“ 1 ”。然而 ,检查系统 PLC 输入信号 X00.2 为“ 0 ”。说明压力继电器触点信号不正常。

故障原因 :检查压力继电器 ,其触点开关损坏。从而造成 PLC 输入信号为“ 0 ”,系统认为尾座套筒未顶紧而产生报警。

故障处理 :更换一新的压力继电器 ,故障排除。

【例 66】 瑞士 SCHAUBLIN 110 数控车床 510 号报警的消除。

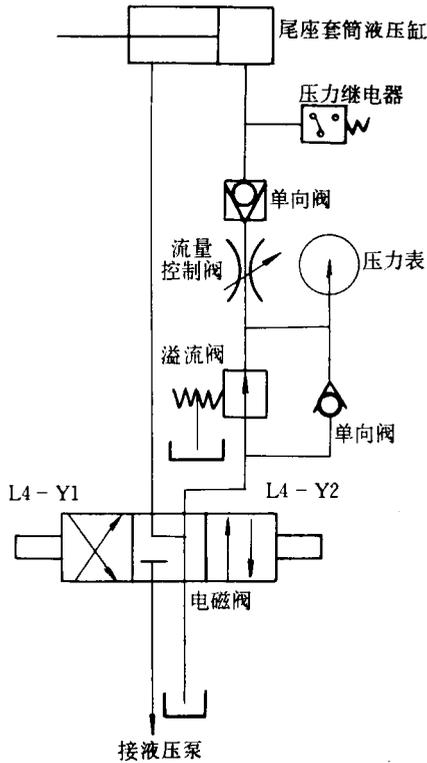


图 1-32 尾座液压系统图

故障现象: 开动机床走参考点时, 出现 510 号报警。

故障检查与分析 SCHAUBLIN 110CNC 数控车床是瑞士 SCHAUBLIN 公司的系列产品。该机床的主要控制单元均采用日本 FANUC 公司的产品, 其中包括 OTC - CNC 系统, 交流主轴驱动和坐标轴交流伺服单元以及 PLC 可编程控制器。而主要电器元器件均为德国和欧洲国家产品。

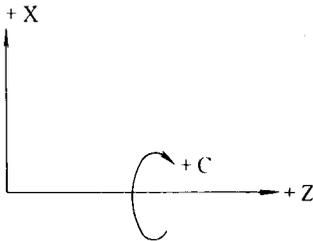


图 1-33 机床主要坐标定义简图

经现场检查, 当机床开机走参考点时, 经常发生刀架向 +X 方向运动时(该机床的主要坐标方向定义如图 1-33 所示), 尚未到达极限位置(CRT 显示尚有 12mm 左右距离)系统就出现 510 号报警, 而向 -X 方向运动时, 则未出现过此类报警。

根据经验分析,出现这类报警,一般均与该坐标的位置传感器有关。而故障报警提示为+X方向超程,因此应把检查的重点放在+X极限和X参考点两上位置传感器的工作状态上。

首先打开机床后部的电气控制箱,找到PLC中编号为A132的部件,然后运行机床,观察PLC观察到:当向+X方向运行时,X3073.7为常亮,到达+X极限位置附近时,X3073.7闪烁一下后又常亮,而向-X方向运行机床时,X3073.6的情况与X3073.7的相类似,即一直常亮,在-X极限位置附近时闪烁一下后又常亮;而X参考点传感器SB150(X3073.1)在向X两个方向运行时则始终不亮,仅偶然出现过无规则闪烁。故由此初步判断出SB150工作可能异常。

为了进一步确定故障,我们将位于机床正面工作仓中溜板滑枕上的下端盖板打开(有关各位置传感器在机床中的位置可参见图1-34所示)。

传感器工作电压为DC24V正常。而在机床运动状态下分别测量X95.3和X95.4及X95.5三个端子相对于X95.2的电压。结果发现X95.3和X95.4平时输出均为高电平,当运行至+X极限位置附近时,X95.4变为低电平后又回复到高电平,而运行至-X极限位置附近时,X95.3输出一低电平后又回复到高电平。但测量X95.5时则一直为低电平(偶然无规则出现过高电平)。

由此可进一步判定X参考点传感器SB150工作异常。

故障处理:更换了故障传感器SB150后,机床一切工作正常。

【例67】C6140数控车床系统外壳接地不良的故障。

故障现象:Z轴不能工作。

故障检查与分析:沈阳三机床生产的C6140经济型数控车床采用南京大方公司生产的JWK15T经济型数控装置,四工位电动刀架。经检查发现Z轴功放板保险烧毁,进一步查找发现有4个功放管被击穿。根据操作者反映在损坏前一个月来,在操作时触换系统外壳有触电现象。据比判断可能情况如下:①机械负载过重,使步进电动机电流过大将功放管烧毁;②步进电动机本身绝缘损坏;③电路板、功放板及机床供电系统本身问题。

故障排除:首先检查车床Z轴机械。用手盘绕电动机后端螺钉,没有感到力量过大、不均匀现象,排除机械故障。用万用表和摇表检查Z轴步进电动机绕组和绝缘情况都很好,排除步进电动机本身问题。将Z轴步进电动机连到X轴功放板上进行控制一切正常,说明除功放板损坏外无其它元件损坏。仔细检查输入电源发现系统外壳对地有150V交流电压,仔细检查连线发现系统外壳对地电阻很大,500V的MΩ表在0.5MΩ左右。这就是故障原因。因为系统接地不好,造成系统在高低压变化时或断电停车瞬间反向电动势升高,超过功放管的反向击穿电压,将功放管烧毁。将系统接地重新处理,故障排除,更换新功放板,机床恢复正常工作。

【例68】一起断线故障的判断和分析。

故障现象:在机床完成一段加工工序退回准备换刀时,中断加工程序,有时中断控制回路电压。当机床中断瞬间,CRT面板上出现XOVL报警一闪,很快就消失了。

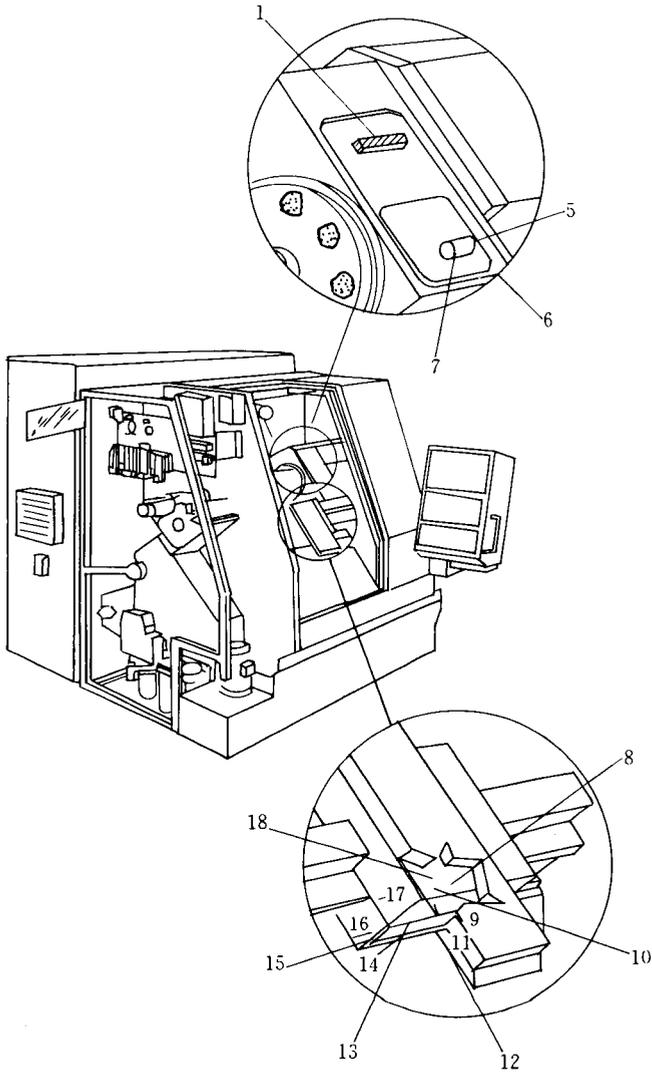


图 1-34 各位置传感器在机床中的位置示意图

- 1 - 端子板 81 2 - 转塔刀架释放传感器固定螺钉 3 - 转塔刀架锁定传感器固定螺钉
 4 - 转塔刀架参考点传感器固定螺钉 5 - 转塔刀架参考点传感器 SB141 6 - 转塔刀架锁定传感器 SB143
 7 - 转塔刀架释放传感器 SB142 8 - X 极限传感器 SB145 9 - X 极限传感器固定螺钉
 10 - X 坐标参考点传感器 SB150 11 - X 坐标参考点传感器固定螺钉 12 - 端子板 X95
 13 - Z 坐标参考点传感器 SB153 14 - z 坐标参考点传感器固定螺钉 15 - +Z 极限传感器 SB151
 16 - +Z 极限传感器固定螺钉 17 - +X 极限传感器固定螺钉 18 - +X 极限传感器 SB148

注 2~4 图中未标。

故障检查与分析 :该机床为沈阳三机厂生产的 CK3225 数控车床 ,采用 FANUC - OTE 系统。

根据故障现象,首先排除加工程序的问题。从机床中断瞬间,出现 X 轴超程报警显示,问题应该和超程有关,查 PLC 梯形图,超程报警关系如图 1-35 所示。

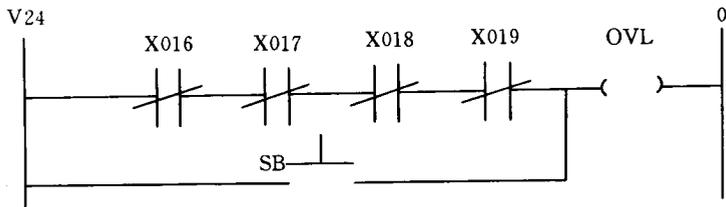


图 1-35 X 超程报警局部梯形图

4 个行程开关‘与’后再‘或’上一个手动按钮输出到 PLC 内部超程继电器 OVL。由此图我们知道 OVL 超程状态是 0 状态有效,4 个行程开关的输入点是使用的常闭点,正常时 OVL 的状态为 1。只有行程开关在 +X、-X、+Z、-Z 任一方向撞上挡铁,OVL 状态由 1 变为 0,机床超程报警,停止工作。按下 SB 按钮,同时按下手动方向键就可将机床反方向拉回正常工作范围,消除超程报警。基于上述分析,查 PLC 梯型图观察 X016、X017、X018、X019 四点工作状态,发现在机床自动加工循环中断瞬间 X017 由 1 变 0 但马上又回到状态 1,X017 为 X 轴正向超程开关输入点,由此可判断 X 轴正向超程开关或连线有问题。

故障处理:因机床中断 X 轴处于正常行程范围内,检查 X 轴超程开关至 PLC 输入点间连线正常,最后在 PLC 输入端将 X 轴正向超程短接后故障排除,从 X017 在中断瞬间由 1 变 0 又回到 1,我们确定为 X 轴正向超程开关至 PLC 输入点间的连线在随走刀架运动中中断后随即又接通,即连线断点处于断与不断的不定状态,更换此线后,故障得到了彻底的解决。

【例 69】FANUC11T 数控车丝机 SV001 故障的处理。

故障现象 SV011 报警。

故障检查与分析:该机床为美国 PMC 公司的数控车丝机。系统采用 FANUC11T 系统。SV011 (X/Z)LS1OVERFLOW 报警在使用中出现的次数最多,同时在伺服控制器的电源板或控制板上也有报警。FANUC 资料指出:‘位置偏差超过 ± 32767 或 D/A 转换器的速度指令值超出 $-8192 \sim +8192$ 的范围,这个错误通常是由于不适当的参数设定所引起的。’但是修改参数设定不能解决问题。归纳起来主要有伺服电源板过热,伺服柜内温度高,伺服电动机与丝杠联轴器松动,丝杠托动的机械传动部分阻力过大,润滑不良,光栅尺的反馈信号失控等原因。因 SV011 报警时把伺服控制板、光栅尺、EXE 放大器、CNC 主板都换了也没解决问题,最后确认是伺服电源板下面的风扇不工作,电源板内吸浮的灰土油污较多,不能良好的散热造成。

故障处理:清理排气扇电动机后,报警消失。

【例 70】FANUC11T 数控车丝机 Z 轴进给不稳定故障的排除。

故障现象 Z 轴进给不稳定。

故障检查与分析 该机床为美国 PMC 公司的数控车丝机,系统采用 FANUC11T。Z 轴在加工中进给速度不稳定,严重时产生主轴系统报警。而不稳定因素又是随机的,所以与系统的调整无关。在 PMC 公司电传的指导下,换伺服电源、伺服控制器,重新调光栅尺,换全套位置检测装置和主轴编码器的反馈装置,可以说与伺服有关的元件都换了也没解决问题。我们又把所有的接线端子全部紧一遍还是不行,然后对照原理图重点检查 CNC 到伺服系统的电缆插头及过渡的连线及端子,发现 51A24 号指令线虚接,端子拧紧后不到位,更换端子试车正常。此信号线是 CNC 发出的进给指令到伺服系统控制电动机进给,如果虚接外界稍有振动造成进给指令瞬间变化。导致机床抖动,若此时正好在切削状态即产生打刀损坏工件的现象。

故障处理 将故障部位 51A24 号线接好,故障排除。

第二章 数控铣床维修实例

第一节 概述

数控铣床的故障诊断维修技术随着数控技术的发展而不断完善,诊断维修方法也发生了很大变化。发现故障原因是排故的第一步,并且是最重要的一步。第一篇文章中列举的诊断维修方法各有特点,有时一个故障的发生往往需要采用几种方法交替使用才能查出故障的原因。因此,实际维修中不能单一的、片面的应用这些方法,而应该根据故障特点抓住实质灵活运用好这些方法。下面就是以数控铣床故障部位分类,采用列举实例的方法具体介绍数控铣床常见故障的分析与诊断。

第二节 CNC 系统故障实例与诊断

【例 71】 XK715F 数控铣床系统系数丢失原因及对策。

故障现象 机床在正常加工过程中,系统经常因故同时发生 05、07、20、21、22 及 24 号故障报警。

故障检查与分析 :XK715F 型数控立式铣床系上海第四机床 20 世纪 70 年代末在新设计的 500 系列工作台不升降立式铣床的基础上,再配上北京机床厂所生产的 FANUC—BESK7CM 数控系统,设计制造出来的具有较高水平的国产化数控机床。

故障检查与分析 :经查 FANUC - BESK7CM 直流伺服单元维修说明书可知 :05 号 ALARM 系紧急停止信号发生作用(一旦故障排除,此警示自行消失),07 号 ALARM 系伺服速度控制单元未准备好(出现异常报警),20 号、21 号、22 号及 23 号 ALARM 系 X 轴、Y 轴、Z 轴及附加轴(B 轴)等位置控制误差过大报警。

经分析 :发生上述一系列 ALARM 的根本原因,常和数控系统 TE 参数丢失或异常变化,以及存储器内文件内的分配失调有关。这时由于 FANUC - BESK7CM 系统在软件中断请求上按控制功能的要求共分 6 个优先权等级(详见表 2-1 所示),由表 2-1 可知,第六级软件中断请求(4ms 实时时钟请求)具有高于其它等级中断请求的优先权,常用于伺服系统位置控制的处理。显然,当机床数控系统一旦发生 TE 数据丢失或异常时,必然首先

反映或显示那些与伺服系统位置控制异常有关的故障诊断号。

事实上这是一类常见的故障报警。由于 7CM 系统内存容量较小,约 4k 字(8192 个字符)约 20M 纸带,平时存储器内文件区的分配较为紧凑,故容易受到内部或外部的干扰影响,一旦存储器文件区的数据分配发生失调或紊乱,必然会引起系统 TE 参数的丢失或部分丢失,造成系统无法工作。

表 2-1 7CM 系统软件中断功能表

级 别	主 要 功 能	中 断 源
1	数控指令译码处理,刀具中心轨迹计算,显示器控制	软件,16ms 定时
2	NC 键盘监控,I/O 信号处理,穿孔机控制	软件,16ms 定时
3	外部操作面板和电传机处理	硬件,8ms 软件定时
4	插补运算,终点判别及转段处理	软件,8ms 定时
5	纸带阅读机阅读纸带处理	硬件或软件(需要时)
6	伺服系统位置控制的处理	4ms 时钟

在实际维修中,若发生上述 ALARM 时,可直接检查 TE 数据是否丢失,存储器内文件区的主程序(MP)、子程序(SP)以及校正程序(PC)等数据的分配是否适当。通常制造厂为兼顾各种程序数据量的需要,出厂前已将存储器文件区的数据作了适当安排,详见表 2-2 所示。如检查中发现 CRT 显示数据与表 2-2 分配不符,则应首先给予处理。否则,系统参数纸带数据难以输入或修改。

表 2-2

MP(02)	SP(03)	PC(04)
4000	4000	0192

具体操作方法如下:

1)数据检查方法 依次按压设定键[SE]→地址键[F]→程序号递增键[N+1]则 CRT 会显示表 2-2 格式与数据。若发现显示出的数据与表 2-2 不符,则必须首先予以修改。

2)数据修改方法 如通用显示器(DPL)此时显示 02 字符,则可对 02 区(MP)输入表 2-1 数据,即依次按压数字键[4][0][0][0]→输入键则刚才输入的数据会在 CRT 上显示表 2 格式的 02 区里,如发现 02 区无法输入数据(CRT 显示没有反映),则可按程序号递增键[N+1],使 DPL 显示 03 字符。此时再从 03 区输入 4000 数据,方法同上,然后再输入 04 区 0192 数据,最后再输入 02 区 4000 数据。上述操作必须在操作方式开关(1FK)处于“程

序输入“位置”且程序锁定开关处于解锁状态下进行才能有效。上述操作完成以后,即可将 TE 数据参数纸带通过阅读机输入,然后修正必要的机床参数,程序锁定后,整个操作便告结束。

事实表明,TE 数据丢失的主要原因,一般不外乎是存储器数据保持电池接触不良或失效(发现 0 号报警时应及时更换电池)机床内部(如触点火花干扰、接触故障等)或外部干扰影响尤其是高频干扰影响、电网供电幅值波动过大、瞬间跳闸断电、限位失灵以及操作失误引起的异常故障报警等,例如:快速进给或手动操作过程中,某个伺服电动机轴向速率选择过大引起的速度异常或超程故障报警等,均较易引发 TE 数据丢失,因此,必须予以避免。

3) 预防措施 应针对故障原因,采取必要的防患措施予以避免。我公司在以下几方面作了一些尝试,取得了一些实际效果:①加强设备电气的日常维修保养,防止触点故障,及其它原因引起的干扰影响,杜绝限位失灵与失效隐患;②为确保存储器数据保持电池的接触可靠,杜绝失效故障,采用了双电源供电措施;③为防止外界干扰,尤其是高频脉冲及雷电干扰影响,在电源回路上串以 LC 滤波网络,以及在设备外壳与机内接地点上采取了重复接地等项技术措施;④为防止电网电压波动影响,在机床的进线电源上采取了专线电缆供电,经稳压装置后供电等项措施;⑤加强对数控机床操作人员的岗位操作技能培训,不合格人员不准上岗操作,并制定了严格的设备操作规程,严防误操作给设备造成的危害。

故障处理 按操作步骤对存储器内文件区的程序数据进行了必要的分配(按表 2-2 格式数据分配),然后将系统 TE 参数数据纸带按要求重新输入,调整必要的机床数据,如反向间隙补偿值、螺距误差补偿量、轴向漂移补偿值及 KV 系数等。

重新通电启机,故障排除。

【例 72】 FANUC - BESK7CM 系统 6 号参数与 X 轴电动机发热

故障现象 机床工作台工作时发现 X 轴电动机严重发热,无法正常使用。经测试:电动机枢电流工作时约为额定电流的 60%,但不工作时其电流也有 40%左右。

故障检查与分析 该机床的数控系统是北京机床研究所引进日本 FANUC 公司技术制造的 FANUC - BESK7CM 系统。由于采用了各种先进技术,故具有很高的可靠性。电动机虽然发热严重,但由于电动机温升指标高,电流也没有超过额定电流,因此数控系统并不发出任何报警信号。

对于这样一种现象算不算故障,各个机电维修人员意见是相当分歧的。经过争论,大家有了一个初步的意见: X 轴电动机的负载比 Y 轴电动机(驱动横向拖板的直流伺服电动机)的负载要小的多,但 Y 轴电动机并不发热,由此可以认为 X 轴电动机发热应该算是一种故障现象,至少是不正常的。

电气常识告诉我们:直流电动机电流过大,很可能是机械方面的阻力较大,造成电动机负载转矩过大而引起的。问题是:为什么工作台不运动时,电动机里也会流过那么大的电流呢?这是一个机械维修人员提出的问题,根据这一现象他断定故障源在电气部分。

为了解决这个谜,我们在逻辑上提出了一系列问题。首先是,在电动机中有较大电流的时候,机床工作台真的没有丝毫的运动吗?经用百分表检验,证明确实没有任何位移。其次是,在电动机中有较大电流的时候,电动机真的也没有丝毫的转动吗?经拆卸电动机罩盖后立即可以看到工作台不运动时,电动机轴上的旋转变压器传动齿轮在来回转动(更确切地说是在来回晃动一个可以用肉眼明显观察到的角度),而其他电动机却不能观察到这一明显的晃动。接下来我们就要查明:究竟是 NC 系统有指令要 X 轴电动机转动呢,还是电动机自己在晃动?

FANUC 系统数控装置可以在 CRT 显示装置上显示系统的各个参数,当查验表征伺服电动机状态的 23 号参数时,发现各轴 23 号参数值其个位数字都在迅速闪动变化,即使机床不运动时也如此。由于 23 号参数是速度指令值,所以就容易得出二点结论:第一,在我们错认为“机床不运动,电动机也不运动”的时候,电动机其实始终没停止过运动;第二,电动机是在作微小的来回晃动。

直流电动机伺服系统是一个闭环系统,电动机没有绝对平衡的状态(除非切断电源),电动机总是要朝着消除偏差的方向运动,运动过头了,它又得返回,直至位置误差等于零或近似为零为止(TM 系统用软件规定运动定位位置与指令位置之差值必须小于 0.01mm)。直流伺服电动机在不断的运动中达到跟踪误差为零的相对平衡状态,这种特性在参数检查时就表现为:机床无位移指令时,速度命令值仍不会为零,末位有闪动。但始终在某一个很小的范围内变化。

到此为止,问题就清楚了:纵向工作台即使不处于运动状态时,电动机仍在作微小的转动,但电流如此大,很可能是负载转矩太大的缘故,这应该仍服从一般直流电动机的规律。问题是,纵向工作台既然未做切削加工,又无位移量,X 轴电动机的负载转矩从何而来?仔细查阅了机床的机械传动机构,并分析了 NC 系统中设定的各个跟 X 轴运动有关的参数。6 号参数引起了我们的注意。在 7M 系统中,这是个反向间隙补偿量。设定值 X 轴为 0.28mm ,Y 轴为 0.22mm ,Z 轴为 0.03mm ,回转台为 0.008mm 。从机械传动机构来分析,X 轴是直线轴中最简单的,电动机通过柔性联轴器跟滚珠丝杆直连,然后通过滚珠丝杆螺母副使纵向工作台移动,它不像别的直线轴那样要经过齿轮副等传动机构。然而,X 轴的反向间隙补偿量却比传动机构比它复杂的多的 Z 轴大 9 倍,比负载转矩大得多的 Y 轴还大。

显而易见,这个反向间隙设定值是在极不正常的条件下测定后设置的。顺便提一笔,7M 系统中的 6 号参数,即反向间隙补偿量,应理解为齿轮间隙传动链中其他间隙、丝杆与螺母间隙、工作台负荷、工作台所处的位置等各种因素的综合结果。有些从事数控机床工作的人员把工作台负荷、工作台所处的位置这二个重要因素跟反向间隙的设定根本没联系起来,设想当你在工作台上压上一个极重的工件时,你要让工作台移动 0.01mm ,电动机将转过比相对于 0.01mm 更大的角度。滚珠丝杆也相应地要作更大的扭转去推动螺母带动工作台运动。在这个重负载条件下测定反向间隙,所测得的数值必定会比轻负载时大。这是因为滚珠丝杆在重负载下产生了弹性扭转变形的缘故。假使丝杆螺距是 6mm ,那么,

每发生 1° 的扭转形变 就少了相当于 0.017mm 的直线位移量。这种现象叫失动,而少走的距离就叫做失动量。电动机选型正确,机械调整良好的机床,失动量会小到可以忽略的程度。机械调整不良的机床,即使刚性良好的传动机构也会发生一定的形变而造成失动。

根据这一原理,从机械传动图上立即分析出 X 轴电动机的较大负载转矩只能来自纵向工作台导轨上的压板或者是导轨侧面的塞铁(假设轴承是好的)。

为了避免判断错误使机械上做太大的调整,同时也为了证实上面的设想,做了两个试验。一是在上班后,机床只通电源,但不做回零操作,因此,由于没有建立起绝对坐标,6号参数就不起作用。在这种情况下,通电 $2\sim 3\text{h}$,机床不作任何运动,观察 X 轴电动机是否发热。第二个试验是上班后,机床通电,机床做回零操作,让 6号参数起作用,但只留下 Y、Z 和第四轴的反向间隙补偿值,而人为地把 X 轴的值设定为零,仍让机床通电 $2\sim 3\text{h}$,机床不作运动,观察 X 轴电动机是否发热。

试验的结果是一样的: X 轴电动机与其他电动机一样,温度始终正常。

经过这二个试验,证明调整机械的工作是相当重要了。在调整了纵向工作台的压板螺钉和塞铁的紧松之后, X 轴电动机的电流立即降低了,解决的办法竟如此简单!

现在我们可以将 X 轴电动机发热的原因给予更深入一步的解释了。数控机床制造厂家在出厂之前进行调试时,机械调试人员为了确保机械运动精度不超差,特别是纵向工作台在运动到行程极限位置时仍能保持工作台面和主轴中心线的垂直度,所以他们倾向于将工作台压板螺丝旋得紧一点,将塞铁也旋得紧一点。这样,纵向工作台在极限位置时不至于下垂太多而超差。但是,这么一来就给下一步的反向间隙测量和设定留下了反常的测量条件,即由于压板和塞铁的正压力乘上摩擦系数所得的摩擦力太大,人为地制造了一个多余的阻转矩,所以测得的反向间隙比正常情况下的数值要大。由于这种电动机发热现象并不报警,所以极易被忽视而让机床出厂,到了用户手里就成了百思不得其解的难题。机床一旦通电,做过回零操作后,绝对坐标就建立了,6号参数也就开始有效。这意味着电动机只要开始反转,它就必定要多转一个相当于 6号参数值的角度作为反向间隙补偿。在 X 轴的传动环节中,由于压板和塞铁太紧,又由于 X 轴滚珠丝杆特别长,弹性扭曲变形更易产生,所以,错误条件下设定的 6号参数间隙值要比 X 轴的丝杆螺母之间的实际间隙大得多。一般滚珠丝杆螺母副的间隙在经过预加载荷处理后最多只 $0.01\sim 0.02\text{mm}$ 罢了,而 X 轴的 6号参数竟有 0.28mm ,这就意味着,伺服电动机虽未得到运动指令,仅在原位左右作来回晃动时,每一次产生反转动作都必定会使滚珠丝杆螺纹面跟螺母副的螺纹面强烈地贴合摩擦,由于压板、塞铁太紧,电动机的电流必定很大。这种情况只需维持 $2\sim 3\text{h}$,那怕工作台不运动,大电流产生的热量足以使电动机发烫。

故障处理:懂得以上这些道理后,我们就做了以下二项工作。

①正确设置 6号参数。FANUC7CM 系统中的 6号参数,反向间隙补偿值既然是传动链间隙工作台负荷、工作台位置等诸因素的综合结果,所以在设定 6号参数时,不应该机械地测量正反运动之间的间隙,然后将间隙补偿到“零对零”,即将间隙补偿到极限值。我们的做法是,除非有加工圆弧变换象限时要保证型面光滑的要求或者是其他精度上的高

要求,一般情况下,我们都设置到欠补偿的状态。各轴的6号参数值全部按该原则重新调整。②正确调整各轴压板、塞铁等部件的紧松。各个轴,除了回转轴外,均有由于压板和塞铁等机械零件产生的摩擦力而加到电动机上的负载转矩。压板、塞铁紧松调整的依据是什么?我们认为既不能太紧,太紧了造成电动机负荷太大;也不能太松,太松了机床运动精度不能保证,产品质量也受影响。经过长期摸索,我们采用一边叫钳工调整压板、塞铁的紧松,与此同时由电气人员在伺服板的检测端子上测量电动机电流的方法进行机电参数匹配的调整。每个轴在以101号参数(手动快速进给率参数)为标准速度运动时,相应的伺服电动机中流过的电流都应根据电动机的负载转矩大小定出一个数据,然后依据这一数据调整压板和塞铁的紧松。这种调整应该成为数控铣床二级保养中的重要项目之一。

在做了上述工作后,这台数控铣床各个轴的电动机再也没有发生过异常的发热现象。对运动最频繁的X、Y轴电动机进行过多次抽查检验,在切削叶轮零件最大负荷时刻或在快速行程时,电枢电流也不过是额定电流的三分之一左右。我们认为以上的工作对机床维护保养是极为有益的。

【例73】 FANUC - BESK7CM 系统 23 号参数与 Z 轴电动机振荡。

故障现象:主轴箱下降到位停止后,Z轴电机就会发出电磁噪声和齿轮撞击声。

故障检查与分析:故障得到顺利解决的关键首先在于如何判断故障来自机械系统还是电气系统,对数控机床的机电参数的深刻理解在划清机电故障界线时具有重要意义。

下面的例子,阐明对23号参数的分析如何帮助我去解决又一个棘手的故障——Z轴噪声。与【例72】稍有不同的地方是,故障根源虽然同在机械系统,但经过分析后,却用调整电气参数的方法解决了。

Z轴噪声问题【例72】所述的那台数控铣床,在调试运行初期,每当铣头主轴箱下降到位停止后,Z轴电动机就产生令人讨厌的电磁噪声和齿轮撞击声,断断续续,久久不能消除。虽然Z轴定位精度仍相当精确,机床也无任何报警信号出现,但近乎80dB的噪声确实令人十分烦恼。维修人员当时还没认识到这是电动机振荡,而称之为Z轴噪声。

我们打开Z轴电动机后罩盖以及有关齿轮箱罩盖,发现Z轴电动机上的旋转变压器齿轮确实在来回晃动,而跟Z轴电动机相连的齿轮也在来回晃动,晃动速度高,幅度也大。噪声就是从这里发出的。

根据【例72】故障的经验,我又去查看了Z轴的23号参数状态。这一次我发现该参数在大幅度范围内迅速变化。绝对值竟达20之多!变化的频率看上去也跟噪声频率一致。由于23号参数是速度命令值,那么,是NC系统命令Z轴转动,还是由于别的什么原因呢?

有一种论点:既然Z轴电动机运动到任何位置,主轴箱定位精度都是正确的,那么NC系统是不应该再发出任何速度命令值了,可见Z轴电动机的振荡是别的原因引起的。

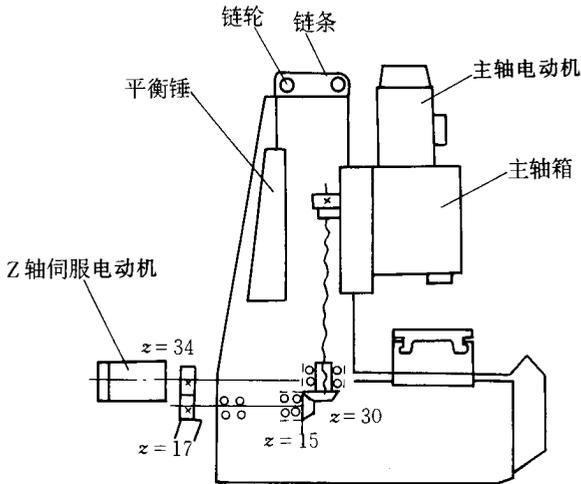
现在让我们来看一下Z轴部分的机械传动系统图,并进行初步的分析。见图2-1。

我们从实物大小上首先有一个感觉:平衡锤比铣头主轴箱轻得多。这样,由于滚珠丝杆传动副没有自锁作用,因而Z轴电动机不论停止在哪个位置,它都有因主轴箱下降重力

而被拖动的趋势；一旦被拖动的距离超出软件规定的伺服系统定位公差，电动机又得反方向旋转一定角度，接着电动机又被主轴箱下降重力所拖动，再反转，如此反复，形成了电动机振荡和噪声。

如果这种分析是正确的，那么就要求从机械部分进行修理，但如果是电气系统出了毛病，使电动机来回振荡，以致使齿轮撞击发出噪声，那么我们的初步分析就是倒因为果了。

在一个复杂的机电故障面前，无论是动机械还是动电气，其工作量都是令人望而生畏的。看来，第一步还是要划清机电故障的界线，然后才能确定动手的方向。这又要回到 23 号参数上来了。要是 23 号参数值是零，Z 轴不就没运动了吗？但是 23 号参数跟位移量究竟在数量上有什么关系呢？我们可以任意改变 23 号参数值吗？



2-1 Z轴机械传动系统图

FANUC7CM 系统说明书上对 23 号参数的解释是令人困惑的，甚至对于它的单位 $VeLo$ 是什么也没有任何解释。因此，为了探索解决 Z 轴噪声问题的方法，首先要搞清楚 23 号参数究竟是什么？

现将有关概念和对 23 号参数的认识叙述如下：

$$V_{CMD} = \Delta D \cdot K_D + \Delta S \quad (VeLo) \quad (1)$$

式中 V_{CMD} ——速度指令值，即 7CM 系统中的 23 号参数 ($VeLo$)。 $VeLo$ 实际上是无量纲的单位，在数/模转换时，为了给 NC 系统输出的速度指令值（数字量）一个名称，就取英文“速度” $VeLoCity$ 的缩写作为该数字量的单位。

ΔD ——位置偏移量，也即实际位置与目标位置的差值，7CM 系统中用 27 号参数表征 (mm)。

K_D ——增益常数，是控制系统灵敏度的参量。 K_D 越大，系统的动态位置精度就越高，但太大了稳定性变差 ($VeLo/mm$)。

ΔS ——零点偏移补偿量，7CM 系统中用 21 号参数表征。其含义是若 NC 系统在给定

的速度指令值为零时,速度控制装置输出电压不为零,使电动机仍有少量的转动,为了补偿这种零点偏移。在速度指令值中必须附加这一参量。单位是 V_{eLo} 。不考虑零点偏移时,就是最基本的公式:

$$V_{CMD} = \Delta D \cdot K_D \quad (1)$$

即速度指令值等于位置偏差量乘以增益常数。

$$K_L = \frac{f}{\Delta D} (1/\text{min}) \quad (2)$$

式中 K_L ——(伺服环)环路增益,7CM 系统中 92 号参数即 K_L 。它反映了每单位位置偏移量,系统将产生多大的进给速度去弥补跟随这误差(1/min)。

f ——坐标轴进给速度(mm/min)。

ΔD 含义、单位如前所述;

$$L = \frac{1}{n} (\text{mm}) \quad (3)$$

式中 L ——伺服电动机每转机床坐标轴的位移量(mm);

l ——伺服电动机 n 转时坐标位移量(mm);

n ——伺服电动机的转数。

$$M = \frac{n/t}{V_p} (1/\text{min} \cdot V) \quad (4)$$

式中 M ——每伏速度指令电压下直流伺服电动机的转速,单位如上。

n/t ——直流伺服电动机转速(1/min)。

V_p ——输出到速度控制单元的速度指令电压,也是 V_{CMD} 经数/模变换后的产物。

$$K_M = \frac{V_p}{f} (V \cdot \text{min}/\text{mm}) \quad (5)$$

式中 K_M ——闭环增益系数,7CM 系统中的 9 号参数即 K_M ,它反映了速度指令电压与机床坐标轴进给率之间的关系。这是由于

$$\frac{1}{L \cdot M} = \frac{1}{\frac{l}{n} \cdot \frac{n/t}{V_p}} = \frac{V_p}{l/t} = \frac{V_p}{f}$$

$$K_M = \frac{1}{L \cdot M}$$

所以

根据 L 、 M 的含义,可以明白 K_M 反映了速度指令电压、电动机和机床传动比的特性。伺服系统中 K_M 确定后,每单位量的进给速率必须有多大的速度指令电压也就确定了。

由于电动机上的测速发电机测试电压 V_{TG} 近似等于 V_p ,所以上式 K_M 的具体数值就可以确定了;

$$K_M = \frac{V_p}{f} \approx \frac{V_{TG}}{f} = \frac{V_{TG}}{l/t} = \frac{V_{TG} \cdot t/n}{l/n} = \frac{E}{L} (V \cdot \text{min}/\text{mm}) \quad (6)$$

式中, E 是测速发电机 1000r/min 时的测速电压。7CM 系统中 15 型、25 型电动机上的测速发电机在 1000r/min 转速时发出的测速电压为 7V。所以对于 15 型、25 型电动机、

$$E = \frac{7}{1000} (\text{V} \cdot \text{min})$$

由于电动机通过柔性联轴器跟滚珠丝杠直接, 所以 L 的值就是滚珠丝杠的螺纹导程 6mm。

$$K_P \frac{K_P}{V_{CMD}} \quad (\text{V}/\text{VeLo}) \quad (7)$$

式中 K_P ——速度指令电压和速度指令值的比值, 它反映了电路的数/模变换特性。7CM 系统中由软件规定, 当 V_{CMD} 数字量为 8191(即 $2^{13} - 1$) 时, 速度指令电压为 10V,

故

$$K_P = \frac{10V}{2^{13} \text{VeLo}} \approx 1.2207 \times 10^{-3} \text{V}/\text{VeLo}$$

$$K_D = \frac{K_L \cdot K_M}{K_P} (\text{VeLo}/\text{mm}) \quad (8)$$

这是增益常数值值的计算公式

$$\text{证明: } \frac{K_L \cdot K_M}{K_P} = \frac{f/\Delta D \cdot V_P/f}{V_P = V_{CMD}} = \frac{V_{CMD}}{\Delta D} K_D$$

7CM 系统中的环路增益, 即 92 号参数, 为了远远避开机床谐振频率, 取值 $20(1/s)$ 。因为实际单位是 $1/s$, 则前面的 K_L 应以 K'_L 表示, 即

$$K'_L = \frac{K_L}{60} \quad (1/s) = 20(1/s) \quad (9)$$

为提高计算精度, 将闭环增益系数 K 再扩大 $2^{11} \times 10^3$ 倍, 于是

$K'_M = K_M \times 2^{11} \times 10^3$, 代入式(6)得:

$$K'_M = \frac{E}{L} \times 2^{11} \times 10^3 = \frac{7}{1000 \times 6} \times 2048 \times 10^3 = 2389 \quad (\text{V} \cdot \text{min}/\text{mm}) \quad (10)$$

K'_M 值就是 7CM 系统中 9 号参数设定值。

至此, 根据式(8), 代入 K'_L 、 K'_M 和 K_P 的数值, 就可以计算出 K_D 的实际数值了。

$$K_D = \frac{K_L \cdot K_M}{K_P} = \frac{60 K'_L \cdot K'_M}{2^{11} \times 10^3 \times 1.2207 \times 10^3} \quad (\text{VeLo}/\text{mm})$$

$$= \frac{60 K'_L \cdot K'_M}{2^{11} \times 1.2207 \times 10^{-3}} \quad (\text{VeLo}/\mu\text{m})$$

$$= \frac{K'_L \cdot K'_M}{41667} \quad (\text{VeLo}/\mu\text{m})$$

$$= \frac{20 \times 2389}{41667} \quad (\text{VeLo}/\mu\text{m})$$

$$\approx 1.15 \quad (\text{VeLo}/\mu\text{m})$$

回到式(1),代入有关数字和参量,我们得到一个极重要的公式,即 23 号参数值 = 27 号参数值 $\times 1.15 + 21$ 号参数值

由于 21 号参数是零点偏移补偿,数值很小,可以忽略不计,所以从实用角度出发,可取近似公式:

$$23 \text{ 号参数值} = \text{位置偏移量 } 27 \text{ 号参数} \times 1.15$$

这个简单的公式启发我们,将 Z 轴来回晃动的角度理解成位置偏移量,折算成直线位移量,再乘以 1.15,如计算值能跟 CRT 显示器上显示的 23 号参数吻合,那么就足以证明:此刻 23 号参数的大幅度变化其根源是在机械部分,而不在 NC 系统。

根据 Z 轴电动机上齿轮的齿数、模数,计算出节圆直径和节圆周长,将百分表表头置于节圆处的齿侧面,测出晃动的弧长,折算出电机转角度值,马上可以求出相应的直线位置偏差。

实验结果是齿轮晃动约 1° 相当于直线位置偏移 $16.6\mu\text{m}$,乘以 $1.15V_{eLo}/\mu\text{m}$ 后,相应的 23 号参数值应为 $19V_{eLo}$,而 CRT 上 23 号参数变化的绝对值(这样我们就排除了 21 号参数的误差)在 20 左右,可似说是惊人的吻合!

现在我们已有充分证据认为我们开头的分析是正确的,故障源在机械部分。但如何解决?

故障处理 我们发现从机械上去解决是极为困难的:平衡锤加多重后才够了?即便知道了这个数值,拆卸、装配、加重的工程量也是很大的。还有,配重增加后还有可能缩短 Z 轴的行程。这些困难促使我们考虑通过其他途径解决 Z 轴振荡。

显然,23 号参数是不能人为地使它为零的;但是在目前这个特殊情况下,NC 系统产生 V_{CMD} ,目的是要维持电动机的平衡,反抗较重的主轴箱对它的倒拖作用。 V_{CMD} 不过是个数字量罢了,当它变为模拟量 V_p ,并再进一步转变为电枢电压时,还要经过许多中间环节。我们可以在中间环节上做些什么“文章”吗?

我们从伺服控制原理图上可以看到:从速度指令值 V_{CMD} 到速度指令电压 V_p 要经过速度指令寄存器、脉冲宽度调制器、D/A 变换器和滤波放大器这几个环节,这统统由大规模集成电路 MB8720 芯片包括了,所以我们是不能从这些环节着手的。而从速度指令电压 V_p 转变为电动机电枢上的电压所经过的环节就多了,全部在速度控制单元的板子上。让我们来看一看它的框图(如图 2-2)。

看了这个框图,使我们感到“柳暗花明又一村”。在速度控制单元上原来有许多正、负反馈环节。电动机由于受到主轴箱下降重力的影响,因此,当 NC 系统没有位移指令时,速度环和位置环的反馈量的可以使电动机有输出,如果我们把这些反馈量加以调节,使总的正反馈量比原来小些,负反馈量大些,目的是使得输出到电动机上的电压和电流量正好能让电动机克服主轴箱的下降力,得到相对平衡,那么问题就可以解决了。

余下的事情就是分清哪些是正反馈量,哪些是负反馈量,将几只电位器仔细加以调节。这样,我们几乎没有动过电烙铁,可以说是“兵不血刃”地解决了这个长期使我们困惑的故障。

以叶片过切也不是由工件中心偏离旋转中心而引起。③前一天切削的 17 个叶片等分是否正确呢？用手摇脉冲发生器每次使回转台转 360° 的 $1/17$ ，结果也正确。④用单段开关检验 走子程序，切削流道的起始点，检验坐标是否正确，结果也证明数控按程序进行的切削轨迹是完全正确的。⑤叶轮四周有压板 4 个，压力足够，且有定位，不论是 X、Y 轴向的位移都是不可能的，连圆周位移都令人难以置信。

结论：工件圆心虽然与回转台旋转中心一致，但工件已经相对于前一天的位置发生了圆周位移，所以发生了过切。问题是这个圆周位移是怎样造成的？如果压板压得足够紧，工件不可能相对于回转台移位一个角度的话，那么原因只能是：数控回转台回零没有回正确，因而造成圆周流道基准点相对前一天的基准点偏移了一定距离。经过多次重复做回零操作，证实当天的回零是正确的，所以最后的结论是：前一天的回零操作有问题。问题出在什么地方呢？尽管操作者说他的操作是绝对正确的，但是很可能是一片小小的切屑给他开了个小小的玩笑。数控回转台周围大量小片状的切屑给了我们启示：这些小小切屑完全有可能被切削油粘附在回转台外圆的回零限位撞块上，从而使机械原点偏离一个栅格的距离。原来的 17 个叶片和 5 个流道是在一个错误的“基准零点”上加工出来的。“今天”的回零倒是正确的，只是要弄清原因，然后将过切补偿回来。

现在让我们来分析一下 FANUC7M 系统回零的机制，弄清它是如何建立坐标原点的。

首先，当操作者选用了回零模式，选择了回零的轴，按了正向运动键后，轴就以较高的速率（ $2000\text{mm}/\text{min}$ ）向参考点限位撞块移动，当限位开关常闭触头因滚轮碰到撞块斜面而脱开的一瞬间（ t_1 ），该低脉冲使该轴立即减速至 104 号参数规定的 FL 低速率（ $200\text{mm}/\text{min}$ ）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参考点，与此同时数控输出“参考点到达”信号，指示灯亮，屏幕显示的轴坐标值显示全 0。机床上各轴的参考点就是这样建立起来的。所谓栅格点，在使用闭环系统中感应同步器的情况下，是感应同步器的周期（ 2mm ）的零点；在半闭环系统旋转变压器的情况下，是每转 2000 个脉冲的零点脉冲（如图 2-3）。

现在，设想在撞块的右边斜面上粘上了一片切屑，限位开关的滚轮原本可以在 A 点使常闭触头再度闭合的，现在就只能平移一段距离在 B 点闭合了，于是原本可以在最近一个栅格点 MZ 处建立的参考点不得不在 B 点之后的栅格点 MZ' 处建立，MZ 和 MZ' 的距离就是一个栅格的距离，也就是故障当天回零建立的参考点与前一天回零建立的参考点之间的圆周偏差（如图 2-4）。

现在我们来计算这个偏差，对于数控回转台来说，究竟偏移了多少？以期在程序上作修改补偿。

回转台蜗杆蜗轮传动速比是 1:120，伺服电动机反馈系数是 3:1（即电动机转一圈，旋转变压器转三圈），回转台的转角当量是每个脉冲 1.8s 。如此，每当旋转变压器转一整圈，

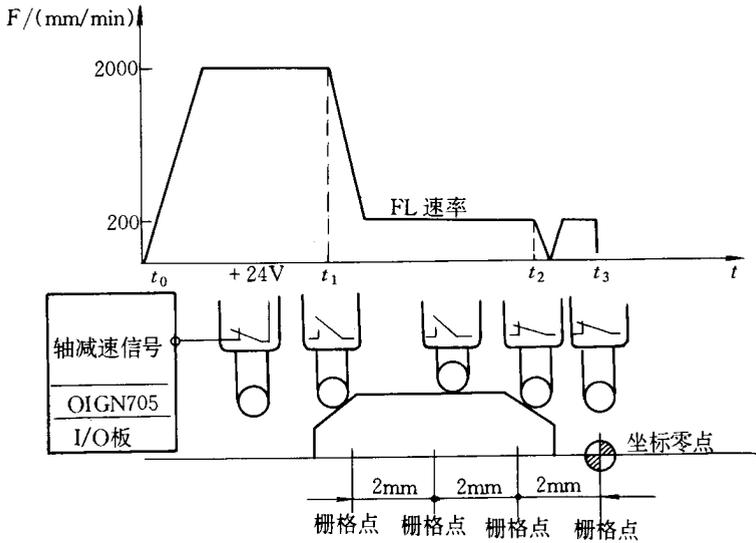


图 2-3 机床回零操作的过程

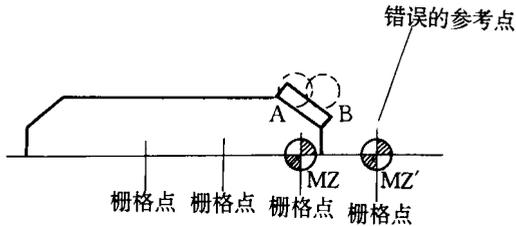


图 2-4 当撞块或者滚轮粘有异物时的回零情况

发出 2000 个脉冲的同时,电动机转了 $1/3$ 转,回转台转了 $360^\circ \times \frac{1}{120} \times \frac{1}{3} = 1^\circ$ 。也就是说旋转变压器在一个栅格的检测周期中发出 2000 个脉冲($\frac{1^\circ}{1.8''} = 2000$)相当于回转台转 1° 。这正是该机床第 13 号参数(每个栅格的长度,单元 $1\mu\text{m}$ 或 0.001°)中给回转轴所规定的数值 :100(即 1000 个 0.001°)。

故障处理 经过计算我们可以满有把握地说:如果由于这一类原因造成回零偏差,那么偏差值必定是 1° 的整数位(或 2mm 的整数倍)。事实上,由于切屑较薄,这次故障只造成了 1° 的偏移,我们仅改变了 G54 工作零点中回转轴 C 的零点偏置值,使之增加 1° 就解决了问题,继续加工完了所有的流道。

说明 现在我们再回过头来分析这种回零方式的优缺点。其所以要在减速过程中电平由低到高的瞬间暂停驱动,又继续前进到最近的一个栅格点才建立参考点,是因为这样才能避免以下的弊病:限位开关由于弹簧的弹性变形造成电平变化的瞬间不在同一位置,从而不能精确建立参考点。不论在什么斜面位置,电平由低变高后总可以低速向一个固定的位置趋近并精确定位,而不足之处也是可以想见的。设想如果不了解建立参考点的

机制,装配机床时将限位撞块的位置装得不太正确,或者说机床使用久了,撞块稍有松动,从而使撞块斜面的位置正好使限位触头由脱开转到闭合的瞬间处于栅格点位置,或者距栅格点相当近,那么就可能造成二次回零操作建立不同的参考点,其偏差值往往就是一个栅格距离!

要检查参考点限位撞块装配得究竟正确与否也很简单。对于 FANUC7M 系统,诊断参数 TE22T 平时显示为“0”,当滚轮以快速压上斜面时,常闭触头脱开,该参数相应位数字由“0”变“1”,而滚轮以低速前进,滑向另一斜面,触头重新闭合时,该参数相应位又变为“0”,而当栅格零点到达,参考点建立时,参数 TE4T 相应位由“0”变“1”。所以,只要观察 TE22T 相应位由“1”变“0”的瞬间与 TE4T 相应位由“0”变“1”的瞬间之间的坐标位置变化量就知道撞块位置安装得是否正确了。最佳的数值是“栅格距离 \times 0.6”。

以上介绍的是 FANUC7M 系统的回零机制。美国 A—B 公司 8400 系统使用编码器与伺服电动机同轴安装,回零方式与前者基本相同。回零时,限位开关滚轮向撞块快速(实际上也不快,仅 50mm/min)运动,碰到斜面,从而使常闭触头脱开,驱动立即停止并以更低的速度(5mm/min)反向离开斜面运动,直至接收到编码器所产生的第一个零位脉冲为止,驱动立即停止,这个位置就是坐标基准点。由于低速趋近,重复定位精度更高;其次是每次回零结束时,轴位置总是在限位撞块范围以内,可以重复做回零动作,不像前一种方式回零后,轴位置已越出参考点限位之外。但这种方式如遇有撞块安装欠妥,滚轮撞块外表粘有脏物时照样会产生前述的故障。

最后我们来介绍另一类机床的回零机制。这类机床配置了西门子公司 SINU—MERIK880 数控系统以及海登海因光栅尺(例如:LB326 型尺),整个位置反馈系统是全闭环的。

在 LB326 光栅尺中,尺壳体内壁上安装有一个用于产生参考点信号的磁档片,当读数头随机床轴运动越过这个参考点磁档片之后,读数头就向数控系统送出一个参考点脉冲,用于建立参考点。LB326 光栅尺中的参考点磁档片可以根据需要而平移至尺的其他位置,其位移的距离是 50mm 的整数倍。这样,参考点限位撞块的位置就可以根据机床行程和需要任意选定,只需移动参考点磁档片就可以了。

880 系统配合 LB326 采用了一种相当精密的回零操作机制(如图 2-5)。在 a 点启动方向键,机床轴就以 MD296* 参数规定的速率向规定方向运动,即向参考点运动。在 b 点限位开关碰到参考点限时,因为“减速信号”而使轴驱动制动到零速。在 c 点,用 MD284 参数规定的低速反向运动,直至遇到光栅尺读数头送出的参考点脉冲信号,轴制动。为避免在回零过程中可能产生的机床间隙,在 d 点轴又继续运动到参考点。该参考点与参考点脉冲上升沿的距离是 2000 个位置分辨率单位,即 2mm。

由于产生参考点脉冲的磁档片是安装在光栅尺内部的,且参考点限位撞块可以安装在离光栅尺上参考点磁档片较远的位置,所以有效地避免了前二种方式的缺陷。回零的精确几乎到了万无一失的地步。

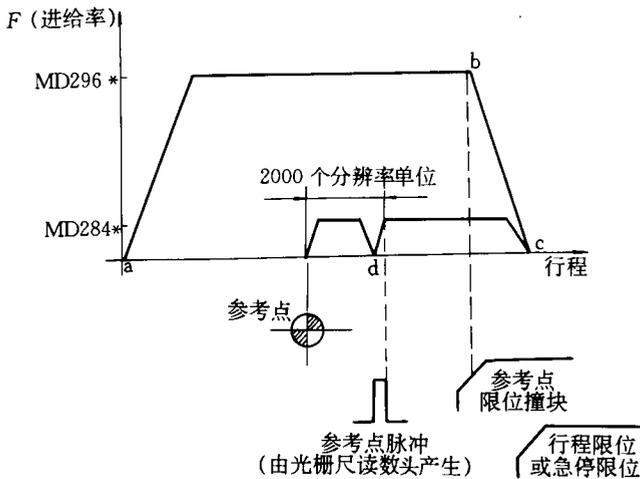


图 2-5 西门子 880 系统的回零方式

第三节 伺服系统故障实例与诊断

【例 76】交换法在 FANUC - BESK7CM 伺服系统故障诊断中的应用所谓“交换法”，实际上是利用数控伺服系统中那些电路参数及功能基本相同的控制 PCB 板(印制电路板)功能模块、集成电路芯片、功率驱动板、电动机或其它零部件，按诊断维修要求，进行有序地相互交换，对比等办法，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。因此，“交换法”是一种简便、实用且常用的维修诊断方法。本文拟就 XK715F 数控铣床配置的 FANUC—BESK7CM 系统，谈谈其具体应用方法。

FANUC - BESK7CM 数控系统，是一种带固定软件的高精度、高性能的计算机数控系统(CNC)，因此，具有优异的“自动升降速”与“段间速度转接”功能，较强的“编辑”功能，较完整的刀具补偿功能、联机自诊断与显示等功能。为了提高轴向伺服速度控制单元的通用化率，方便维修与调试，故在该系统中各个轴向伺服速度控制单元的电路板、接插件、电缆接线及直流电动机等，均采用了相同功能的模块化结构设计，这无疑为维修或调试这类系统带来了极大方便。

从图 2-6 直流伺服系统连接图 2-6 中可知，位置控制 PCB 板(01GN710)的控制功能是三轴合用的，即负责 X 轴、Y 轴与 Z 轴 3 个轴向的速度控制与测速、位置环等反馈信号的处理，其内部的 3 个轴向的功能控制电路(例如：速度指令值寄存器、脉冲宽度调制电路、D/A 数模变换器、平滑滤波放大电路等速度控制指令系统以及现在值计数器、正弦、余弦发生器、励磁放大器、F/V 变换器及符号检测电路等信号反馈电路。)是基本相同的。而该板输出控制的 3 个轴向的速度控制单元电路，其功能控制也基本上是相同的。必须注

意两个问题 ①速度控制单元是由速度控制 PCB 板与功率驱动 PCB 板组成,两者采用定位插件连接,拆装极为方便。由于 X 轴速度控制 PCB 板是带有电源电路的。而 Y 轴与 Z 轴则是不带电源电路的,因此,这两种控制板在交换时不可混用。当然,若通过一些电路改接还是可以间接交换的。②机床设计时考虑到主轴箱升降过程中的配重失调而造成撞刀,打坏工件或损伤丝杆等机械事故,故 Z 轴伺服电动机在其内部专门设置了制动装置,故 Z 轴伺服电动机的结构与其它轴的电动机有所不同,在交换中应予注意。所以系统一旦发生 07 号 ALARM 及其它与伺服速度控制单元电路有关的报警号显示时(注:与伺服速度控制有关的报警号详见表 2-3 所示)即可采用交换法进行有序地替换,以达到快速判断,分析与确定故障部位的目的。下面谈谈交换法的具体操作步骤。

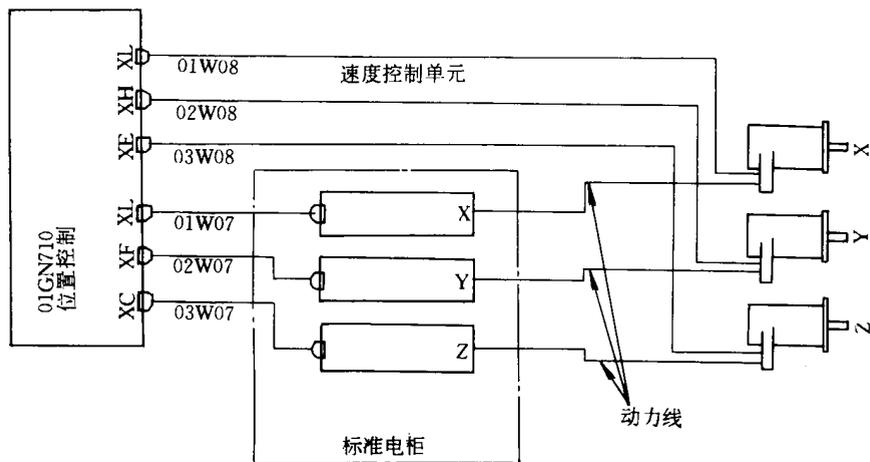


图 2-6 直流伺服系统连接图

①位置控制 PCB 板(01GN710)故障判断方法;一旦发现伺服速度控制单元某个轴向有故障时(可通过外部检查 CRT 故障报警显示,速度控制单元板的“OVC”与“TGLS”。报警显示及其它轴向保险电路、过流检测与过热检测等电路判别。)为快速判断位控板好坏与否,可采用同时交换位控板至轴向速度控制单元插件与轴向电动机信号电缆插件的方法判断。例如:Y 轴发生故障时,将位控板的 XI 端(01W07)和 XF 端(02W07)插件相互交换,同时将位控板的 XL 端(01W08)和 XH 端(02W08)插件相互交换,然后通电试机,观察机床工作台轴向伺服系统的故障转移情况。如此时发现轴向故障仍在 Y 轴,没有发生转移,则可基本判断位控板正常,故障部位在 Y 轴速度控制单元板或 Y 轴伺服电动机一侧,如发现交换后轴向故障发生转移,则位控板有患。

表 2-3 7CM 系统与伺服故障有关的报警号及其内容一览表

分 类	报警号码	报 警 内 容
SV	05	系统紧急停机信号接通
	06	伺服电机过热报警
	07	速度控制单元报警
OT	08	X 轴正向超程
	09	Y 轴正向超程
	10	Z 轴正向超程
	11	附加轴正向超程
	12	X 轴负向超程
	13	Y 轴负向超程
	14	X 轴负向超程
	15	附加轴正向超程
SV	16	在 X 轴移动过程中, 进给伺服机构松开信号关断
	17	在 Y 轴移动过程中, 进给伺服机构松开信号关断
	18	在 Z 轴移动过程中, 进给伺服机构松开信号关断
	19	在附加轴移动过程中, 进给伺服机构松开信号关断
	20	X 轴位置控制误差过大(速度过高, 特别高)
	21	Y 轴位置控制误差过大(速度过高, 特别高)
	22	Z 轴位置控制误差过大(速度过高, 特别高)
	23	附加轴位置控制误差过大(速度过高, 特别高)
	24	X 轴停止过程中误差量超过了允许值
	25	Y 轴停止过程中误差量超过了允许值
	26	Z 轴停止过程中误差量超过了允许值
	27	附加轴停止过程中误差量超过了允许值
	28	X 轴找不到合适的相移量
	29	Y 轴找不到合适的相移量
	30	Z 轴找不到合适的相移量
	31	附加轴找不到合适的相移量
36	X 轴位置控制漂移量过大	
37	Y 轴位置控制漂移量过大	
38	Z 轴位置控制漂移量过大	
39	附加轴位置控制漂移量过大	

②伺服直流电动机与速度控制单元故障判断方法 ;为判断故障部位在伺服直流电动机一侧 ,还是在速度控制单元一侧 ,可继续采用交换法进行判断。如 Y 轴发生故障时 ,可将速度控制单元的 X 轴输出电力电缆接插件与 Y 轴输出电力电缆插件相互交换 ,同时将位控板的 XL 端 (01W08)和 XH 端 (02W08)插件相互交换(为方便操作 ,实际上在 X 轴与 Y 轴两台电动机处即可进行 ,即相应的航空插头交换一下即可)然后通电试机 ,观察机床工作台的轴向故障转移情况。如此时发现轴向故障仍在 Y 轴 ,没有发生转移 ,则可判断故障部位在 Y 轴伺服电动机一侧 ,若发现轴向交换后故障转移至 X 轴上时 ,则可判断故障部位在速度控制单元电路。

③速度控制 PCB 板与功率驱动 PCB 板的故障判断方法。由上可知 ,速度控制单元主要由速度控制 PCB 板与功率驱动 PCB 板组成。为判断故障部位具体在哪一块 PCB 板上 ,可继续采用交换法进行判断。如故障部位在 Y 轴速度控制单元电路时 ,可将 Y 轴与 X 轴的功率驱动板相互交换 ,然后通电试机 ,手动方式试车 ,观察 Y 轴运行情况。如发现 Y 轴运行正常 ,故障转移到 X 轴上时 ,则可判断故障部位在 Y 轴功率驱动 PCB 板上 ,反之亦然。

事实表明 ,位置控制板(01GN710)发生的故障率极低 ,速度控制 PCB 板的故障率也远低于功率驱动 PCB 板及伺服直流电动机。因此 ,一旦发生轴向伺服系统的故障时 ,应首先检查那些故障率高的部件是十分必要的 ,这样可以达到快速诊断的目的。下面谈谈“交换法”在具体应用中的故障诊断实例。

故障现象 :手动方式工作中 ,当轴向选择 Y 轴运行操作时 ,手摇脉冲发生器(与倍率选择开关档位及手摇速度无关)系统即发生 07 号、25 号故障报警 ,同时可明显地观察到工作台 Y 轴运行速度特别高 ,机床无法工作。

故障检查与分析 :07 号、25 号 ALARM 提示 Y 轴停止过程中误差量超过了允许值(Y 轴停止时误差过大) ,故而引起速度控制单元发生异常。由于故障轴向明显 ,故可直接采用交换法以快速判断故障部位。此例故障可先采用交换法的第二项检查内容 ,即“伺服直流电动机与速度控制单元故障判断方法”进行检查。经检查后可知 ,故障部位在 Y 轴伺服电动机一侧上。经拆卸解体检查 ,测速发电机线组、旋转变压器线阻、内部线路连接、电动机转子线阻、炭刷接触情况及外部航空插件等均无明显故障 ,故重新装配后空载试车(将电动机与滚珠丝杆的挠性联轴节脱开)故障仍旧存在。由于此故障部位仅局限在 Y 轴电动机上 ,故重新拆机检查。经分析 ,故障现象是 Y 轴停止速度误差超限 ,肯定与速度环或位置环有关 ,反映在电动机内部即与测速发电机旋转变压器有关。为了快速判断故障部位 ,可继续采用交换法进行检查 ,即分别将 X 轴伺服电动机的旋转变压器、测速发电机与 Y 轴电动机的交换。当拆开 X 轴电动机的罩壳 ,准备拆卸测速发电机时 ,意外发现此电机测速发电机的炭刷架位置与 Y 轴的不同 ,正好相差一个 90° 的角度。因 X 轴电动机正常 ,故将 Y 轴电机测速发电机的电刷架按 X 轴电动机的位置重新安装调整好 ,经通电试车(只能在手动方式下试车) ,Y 轴运行正常。

故障处理 :将 Y 轴电动机装于机床上 ,安装调好挠性联轴节 ,通电试车 ,故障排除。

据了解,发生此类故障的原因,系维修人员在电机维护保养时,不慎将此位置弄错。事实上这一类问题在维护保养过程中是极易发生的错误。应采用外部刻线标记加以避免。

【例 77】 SH1600B 数控铣床交流进给伺服单元故障分析。

故障现象 据操作工人反映:在加工零件时,切削量稍大时,机床向 +Y1 方向间歇窜动,并显示 1041 报警(内容为:Y1DACLimit),但可用 RESET 键清除。后来只要系统开机就报警,各坐标不能移动。

故障分析判断 SH1600B 型数控铣床是法国 FORSET 公司于 1972 年生产的大型机床,具有立卧两主轴,机床有效行程为:12.5X1.6X0.5 米,该机床原配数控系统为 AB 公司的 BR3300 系统,坐标进给由液压驱动,经过全面技术改造后,数控系统采用德国西门子公司的 820M 系统,坐标进给采用西门子 611A 交流伺服系统。

①因为机床新近改造,并且是在自动运行状态,故首先排除编程或操作失误的可能性;②因 Y1 方向窜动,应先查看 Y1 坐标的伺服驱动系统;③打开伺服柜,发现伺服坐标 Y1 的 A 灯报警,初步判断是伺服故障;④究竟是伺服系统内部故障还是伺服系统的外部故障,用以下方法来判断:将 Y1 的伺服驱动与 Z1 的伺服驱动按以下步骤进行调换(如图 2-7)。

a)将伺服电机 MY1 的测速反馈电缆插在伺服电动机 MZ1 的测速反馈 X311 插座上; b)将伺服电机 MZ1 的测速反馈电缆插在伺服电动机 MY1 的测速反馈 X311 插座上;c)将伺服电动机 MY1 的位置反馈电缆插在伺服电动机 MZ1 的位置反馈 MCI X121 插座上;d)将伺服电动机 MZ1 的位置反馈电缆插在伺服电动机 MY1 的位置反馈 MCI X111 插座上。

然后送电,重新起动机床,这时观察伺服驱动系统,发现伺服坐标 Y1 的 A 灯报警消失了,而伺服坐标 Z1 的 A 灯报警。由此可以判断,此伺服故障属于外部故障。

故障处理 打开 Y1 的电动机防护罩检查,发现与 Y1 伺服电动机相连接的位置反馈电缆插头松动。将松动插头扭紧,并将伺服驱动系统恢复原接线,然后重新送电起动机床,伺服坐标 Y1 的 A 灯报警消失,机床恢复正常运转。

【例 78】 数控立式铣床 05、07 号故障报警的处理。

故障现象:自动方式运行中,系统因电网瞬间跳闸而中断,恢复供电后,NC 重新通电开机时,当伺服单元主接触器 MCC 刚一吸合,即发生 05、07 号报警,经复位操作,系统无法正常(此类故障以前也时有发生,不同的是,经复位操作后能使系统恢复正常)。

故障检查与分析:该机床为上海第四机床厂生产的 XK715F 型数控立式铣床,数控系统采用了日本 FANUC7CM 系统。

05、07 号 ALARM 系数控机床伺服系统发生了异常,其故障原因很多,在外观检查中发现 Z 轴逆变交流回路熔断器(30A)与控制熔断器(1.3A)同时断两相的故障现象,显然 Z 轴伺服控制电路内存在严重的短路性故障。采用分割法与电阻法检测时发现,有一块大功率逆变可控晶闸管模块(A50L-5000-0017,50A/400V)击穿短路。经分析,引起逆变模块烧损的原因,不外乎是电源电压瞬间过压,模块的触发电路异常,负载过重或短路以及组件质量欠佳。由于有些问题一时难下结论,例如:逆变组件的;质量、电源瞬间过压

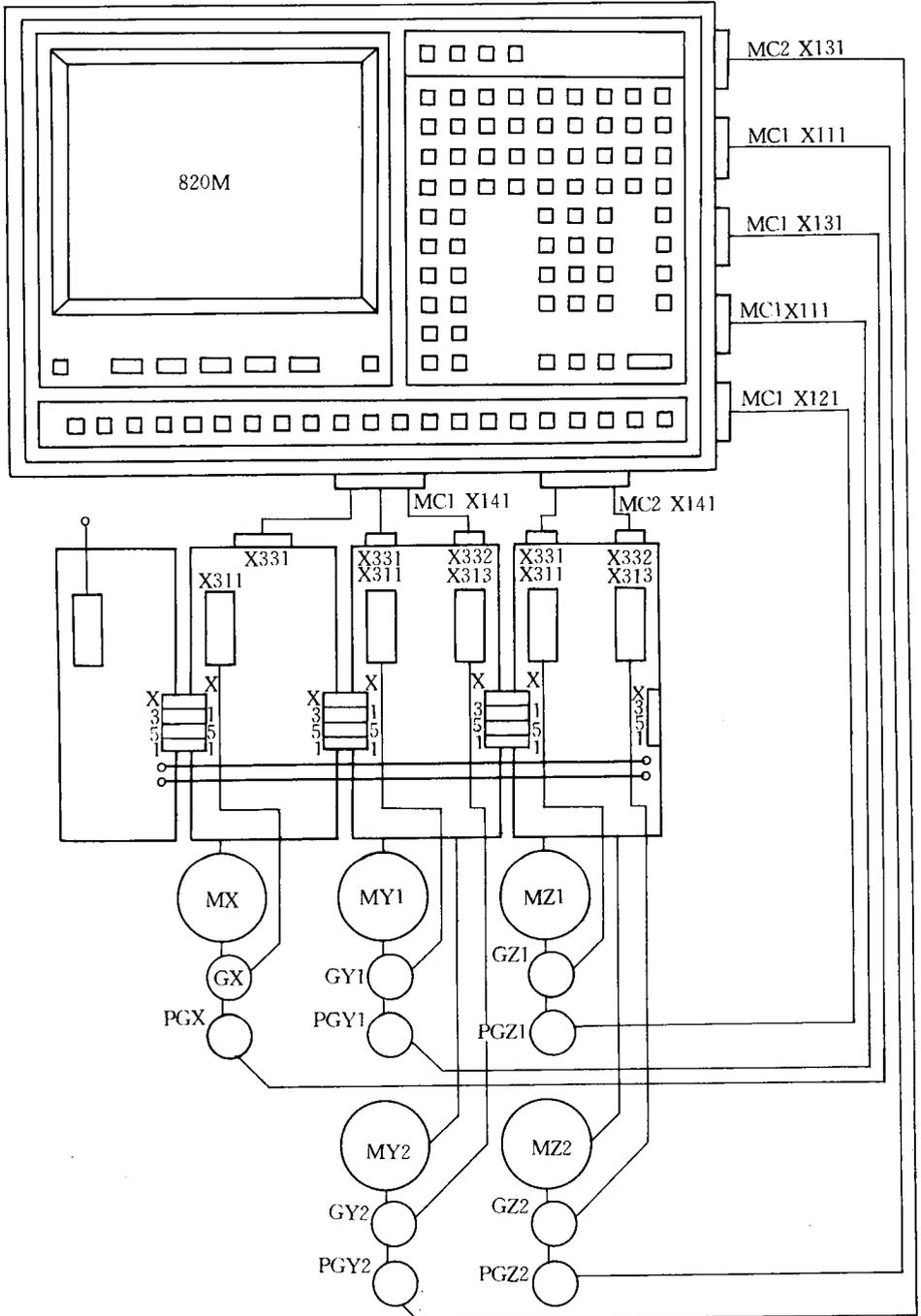


图 2-7 伺服系统接线图

等,又不能轻易更换价格昂贵的逆变模块,以免造成不必要的损失。经分析,该模块使用

多年无异常,器件质量欠佳暂可排除,电网因故瞬间跳闸问题,以前也时有发生,估计还有其它原因。经详查,果然发现 MCC 接触器的放电常闭触点存在严重的烧蚀现象。估计此触点在断电瞬间因粘连不易脱开,从而引发负载电路的短路性故障的可能性极大。实际上启动接触器 MCC 触点的烧蚀有一个劣化过程,当其不太严重时,虽然也会导致系统中断,引发 05、07 号 ALARM,但还不致于烧损模块。这就是上述故障现象中提示的,故障时有发生且能恢复的原因,当然,久而久之必然导致上述恶果。因此,检修中对 MCC 触点的检查,应是个不容忽视的环节。

故障处理 更换逆变模块的同时,将接触器 MCC 也同时更换,故障排除。

说明 事实表明,在维修中对于那些一时难以确定的疑难故障,为避免器件受损,应提倡采用原理分析法,势必找出“病症”的根源,这对于防范故障扩大,避免不必要的损失尤为重要。

另外,对于 PCB 板上损坏的元器件的更换问题,建议切勿盲目采用烙开焊点拆除原器件的更换方法。这是由于数控系统上广泛采用的 PCB 板,大多采用多层敷铜板,而板上器件的安装是在制造厂经特殊工艺(如压接成形、波峰焊接等)完成的,其内部电路走向及元器件的内部连接关系极为复杂,弄不好极易造成故障的扩大。为确保更换板上元器件的可靠进行,可采用下述介绍的经实践证明确实可行的方法。

对于多引脚的集成电路块,可在原损坏的集成电路引脚根部,用锋利的小刀或薄锯片来回划几下,一般即可轻易地将其引脚折断(事实表明,对于一般的集成电路的引脚看似粗大,实际上其根部与塑封处的连接极为薄弱)。然后将新器件的引脚采用无感电烙铁(或普通电烙铁断电后使用)上好焊锡,再按电路要求分别焊在原折断的引脚上,检查一遍无虚焊或短路相碰后,全部更换工作便告完成,而对于其它分立器件的更换(如阻容、电感、变压器、半导体器件等)就更简便了。因为一般分立元器件的开距都较大,故只需剪断原损坏器件的引脚,然后将新器件的引脚分别对齐原剪断的引脚焊好就行了。

【例 79】 XK5040-1 数控立铣 Z 轴滚珠丝杠副卡死的修理。

故障现象 Z 轴电动机转不动,一开动 Z 轴电动机就报警,工作台在最低位置不能上升。

故障检查与分析 北京产 XK5040—1 数控立铣,因修理拆卸 Z 轴电动机机尾部的测速电动机,对结构性能不了解,工作台底部到地面未采取任何措施,工作台快速降到底部极限位置产生严重故障。

①因为机床在此故障前工作台能升降,机床立柱与升降工作台燕尾,银条接触面间隙正常,润滑正常,因此在该处卡死可能性小;②拆卸 Z 轴电动机 Z 轴滚珠丝杠副底座紧固螺钉,用两个同规格液压千斤顶在工作台底部将工作台往上顶,连底座将滚珠丝杠副取出。该丝杠副滚珠处滚道被挤扁是丝杠对螺母不能转动的原因。

故障处理 拆卸间隙调整压板,取出 U 型外滚道钢管,就能轻松的旋出滚珠丝杠或螺母,修整 U 型外滚道管。U 型外滚道管是由壁厚 0.5mm 铬钢管制成,直径 $\phi 5$ 、内径 $\phi 4$,要求 $\phi 4$ 钢球装进去能从另一头倒出来。U 形管压扁压伤变形后, $\phi 4$ 钢球通不过管道内孔,

造成丝杠不能转动,从U形管变形处近的一端装入4钢球,管口向上,用 $\phi 4^{-0.1}$ 的淬火钢棒放进管口冲 $\phi 4$ 钢球,下去一段后取出钢棒,又加入钢球冲,如此反复,直到另一管口不断出钢球。且冲力逐渐减小,还是达不到一口装入钢球能从另一口例出的程度,但钢球在管内紧的部分越来越少了。用工具钢车制 $\phi - 4.1$ 的钢球,火焰淬火后放在管口冲下去,再放入标准 $\phi 4$ 钢球冲压,直到车制的 $\phi 4.1$ 钢球从另一管口出来后,U形外滚道管内孔也就能完全通过4标准钢珠了。用薄片油石除各部分毛刺,清洁煤油清洗好全部钢球、U形管、滚珠螺母、丝杠后,再检查一次4标准钢珠是否能在全部U形管内畅通。完毕进行装配调整滚珠丝杠副,调整间隙压板到支承好螺母,丝杠副垂直位置,丝杠靠自重力自动向下转动时,间隙压板再稍稍紧固下就行了。把各部件及Z轴电动机全部组装完毕,撤去千斤顶试车,机床升降运行正常,故障排除。现已正常使用3年后,未见异常。

说明:①该机床工作台升降系统没有自锁机构,自锁力是靠Z轴电动机内锁,电动机连接的齿轮与滚珠丝杠上端面处齿轮啮合,电动机正反向旋转带动齿轮使丝杠副正反向旋转,达到工作台升降运动,电动机失电时电动机内制动动作,工作台升降停止。②该电动机尾部的测速电机实际上是检测升降位置距离的,拆离位置后电动机制动失去作用,造成事故。③修理数控机床时,机电人员应密切配合,电气人员要了解机床结构特性,机械修理人员要了解数控原理,方能在数控机床修理中减少失误和杜绝失误,顺利地作好维修工作。

【例80】 XK715F 数控铣床速度控制单元故障分析及对策。

故障现象 机床自动工作中,系统因瞬间跳闸而停机,恢复供电后,重新通电开机,系统即发生05,07号故障报警。

故障检查与分析:05号报警系急停信号起作用,故障排除,即可恢复正常。07号ALARM系速度控制单元异常故障报警。按步骤检查,发现Z轴逆变交流输入回路熔断器(30A)控制信号熔断器(1.3A)同时断两相的严重故障。一般主回路(30A)熔断器熔断,该相上的控制信号熔断器(1.3A)也会同时断,这一点请予注意。按理保护回路应存在严重的相间短路或相对地短路故障,但经实际检测,没有发现此类短路故障,故更换上述管芯,重新通电启机。当伺服速度控制单元启动接触器(MCC)刚一吸合(无法保持),CRT显示07号ALARM(但不断保险),系统无法投入运行。

参照“FANUC-BESKTCM 维修手册”07号ALARM处理方法逐项检查,把怀疑重点放在了“速度控制单元以及控制印制电路板的故障”这一栏中。在不断电报警状态下,打开NC柜门,检查速度控制单元时,发现Z轴速度控制单元PCB板上的“OVC”警示LED发光,提示该单元板有异常。经查7CM直流伺服单元维修说明书得知:“OVC”报警其故障原因如下:①异常负载检测报警(RV12设定);②直流电动机负载过重;③电动机的运动有振动倾向或发生移动与晃动;④负载惯性过大,位置环增益过高;⑤交流输入电压过低。

经分析,由于伺服速度控制单元启动接触器(MCC)此时尚未吸合,Z轴直流电动机尚未得电转动,故上述直流电动机负载过重,电动机运动中有振动或晃动及负载惯性过大等原因引起的故障报警不复存在,同时检测交流输入电压也属正常,故第⑤项故障原因也不

成立,因此,继续检查的重点自然放在了第①项(异常负载检测报警)故障原因上。

首先检查伺服速度控制单元 PCB 板上的异常负载检测设定报警电位器 RV12 及其相关电路无异常,并根据速度控制单元电路原理及调整方法,反复调节 RV12 进行报警设定,无法排除报警。

然后根据 Z 轴与 Y 轴同是不带电源速度控制单元(PCB 板)电路这一原理,采用轴向交换法。(参照‘交换法在 7CM 伺服系统故障诊断中的作用【例 76】即可判定故障部位在 Z 轴速度控制单元的功率驱动板上。功率驱动板主要由两块三相大功率晶闸管模块(型号为 :A50L-5000-0017-50A/400V)组成,其主回路电路原理详见下图 2-8 所示。为进一步确诊故障部位,检查速度控制单元及其它电路是否正常。可采用暂时拆除保险电路管芯,通电试验以判断“OVC”报警是否消除的方法。试验结果表明,NC 通电启机后, MCC 吸合;“OVC”报警解除,进一步说明此故障部位仅局限在两块模块上。

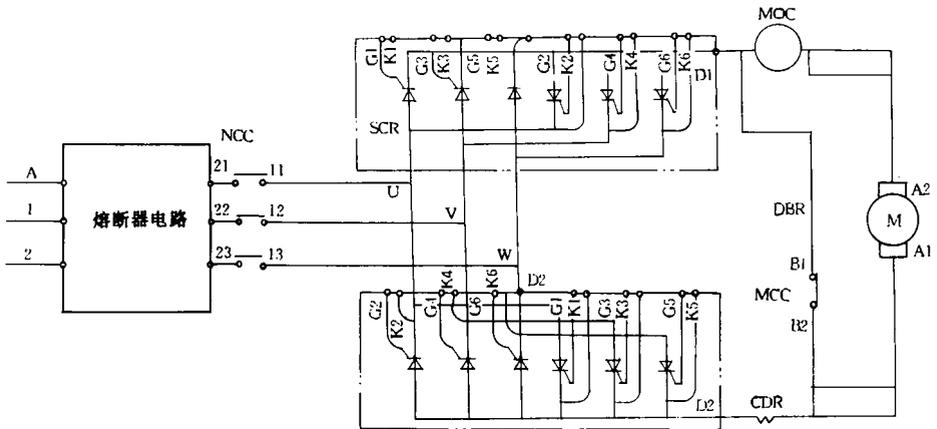


图 2-8 速度控制单元图

拆卸功率驱动板,用 500 型万用表“RXIK”电阻档检测晶闸管模块时,发现一块模块的 W 相对 D2 或 D1 端子正反向均被击穿,至此,此故障的原因才算真相大白,通过原理分析可知,当速度控制单元启动接触器(MCC)刚一吸合时,从伺服电源变压器某相来的交流电将通过模块 W 相击穿点直接加到 Z 轴直流电动机上而产生异常负载检测报警。

故障处理:经更换新的晶闸管模块后,“OVC”报警消除,系统恢复正常。

说明:引起此类大功率模块烧损的原因,一般不外乎是供电电源瞬间过压,模块触发电路异常,散热不良或过负荷使用,输出负载短路及模块质量欠佳等。由于电源过压是瞬间即逝,不易测量,可采用适当规格的扼流圈串在三相交流电源输入端予以改进,能有效地抑制瞬间过压造成的危害,具有实用效果。其它各项原因可通过观察、测量与实际考机等维修方法检查后加以改进,故此类故障一般均可避免,当然也有例外,下面介绍的情况就是个很值得重视的问题。

从速度控制单元主回路连接图中可知,并接在直流电动机两端的启动接触器(MCC)的常闭触点,是为直流电动机断电后,通过续流电阻(DBR)使该电动机形成放电回路而专

门设计的,具有电源瞬间断电时,防止直流电动机反电势脉波对晶闸管模块的冲击影响。在维修中一旦发现晶闸管功率模块击穿烧损时,需首先检测此(MCC)常闭触点动作是否灵活,触点表面是否存在烧蚀粘连现象。(即使是平时维护也应作为检查重点)。这是因为,此触点一旦发生烧蚀或粘连故障时,哪怕是轻度烧蚀粘连,或触点动作反应迟钝,都有可能速度控制单元瞬间断电后再次开机时,功率模块通过此触点而短路或瞬时短路,这是很危险的,极易引起功率模块击穿烧损。因此,必须引起足够重视,以避免不必要的损失。

【例 81】 数控铣床伺服电动机声响异常故障实例分析及处理。

故障现象:自动或手动方式运行时,发现机床工作台 Z 轴运行振动异响现象,尤其是回零点快速运行时更为明显。故障特点是,有一个明显的劣化过程,即此故障是逐渐恶化的。故障发生时,系统不报警。

故障检查与分析:该机床为上海第四机床厂生产的 XK715F 型工作台不升降数控立式铣床,数控系统采用了 FANUC - BESK7CM 数控系统。

①由于系统不报警,且 CRT 及现行位置显示器显示出的 Z 轴运行脉冲数字的变化速度还是很均匀的,故可推断系统软件参数及硬件控制电路是正常的;②由于振动异响发生在机床工作台 Z 轴向(主轴上下运动方向),故可采用交换法进行故障部位的判断。(可参照【例 76】交换法在 BESK7CM 伺服系统故障诊断中的应用一文介绍的方法进行检查);③经交换法检查,可确定故障部位在 Z 轴直流伺服电动机与滚珠丝杆传动链一侧;④为区别机、电故障部位,可拆除 Z 轴电动机与滚珠丝杆间的挠性联轴器,单独通电试测 Z 轴电动机(只能在手动方式操作状态进行)检查结果表明,振动异响故障部位在 Z 轴直流伺服电动机内部,进行此项检查时,须将主轴部分定位,以防止平衡锤失调造成主轴箱下滑运动);⑤经拆机检查发现,电动机内部的电枢电刷与测速发电机转轴炭刷磨损严重(换向器表面被电刷粉末严重污染)。

故障处理:将磨损电刷更换,并清除炭粉污染影响。通电试机,故障消除。

【例 82】 XKT15F 数控铣床 Y 轴电动机故障的处理。

故障现象:机床按程序加工切削运行时发现,工作台 Y 轴位移过程中,存在正方向运行正常,而反方向声响异常的故障现象,系统不报警。

故障检查与分析:XK715F 型工作台不升降数控铣床,系上海第四机床厂 1986 年生产的产品,数控系统配置 FAUNC - BESK7CM 系统。该机床伺服电动机全部采用 FANUC 公司的大惯量无环流直流伺服电动机。①由于系统不报警,且 CRT 显示出来的 Y 轴正、反向位移脉冲的数字变化速率是均匀的,故可排除系统软件参数及硬件控制电路的故障;②检测加工件尺寸基本符合图样要求,只是粗糙度大点,故又可排除伺服速度控制单元电路故障;③在外部检查中,发现 Y 轴直流伺服电动机温升较高。测其负载电流又远低于额定设定值参数(反向电流略高于正向运转电流)故可排除电机负载过重的故障;④经分析,电动机在正常工作电流状态产生过热故障现象,那只有—种解释,即电动机转动时产生了不正常的机械摩擦;⑤为区别机、电故障部位,拆开电动机与滚珠丝杆间的

挠性联轴器,单独通电试 Y 轴电动机。试验结果表明,故障部位在电动机一侧;⑥用手盘动电动机转子时,也能明显地感觉到正转时手感轻松,而反转时手感较重,且有一种阻滞的感觉;⑦将电动机拆卸解体检查,果然发现定子永久磁钢有一块松动脱落,且转动了一定角度,该磁体与转子有摩擦痕迹。由此,故障的根本原因已很清楚;⑧经查,电动机定子的永久磁钢是采用强力胶贴接的,故使用中应严禁撞击或振动,尤其是拆装检修过程中更应注意,以防发生此类故障。

故障处理:采用环氧树脂胶或其它强力胶,将脱落的磁体贴牢在原位置上,重新装机试车,故障消除。

【例 83】 XK715F 数控铣床伺服故障报警分析与处理。

故障现象:机床无论处于自动方式或手动方式工作时,一旦连续使用数十分钟,系统极易发生 07 号故障报警(经观察,正常连续使用时间与环境温度有关,一般外界环境温度高,则连续使用周期短,反之亦然),而断电停机一段时间后(约 10~15min)机床又能重新启机使用,然后不定时又会重现上述故障,机床无法投入正常使用。

故障检查与分析: XKT15F 工作台不升降数控铣床,系上海第四机床厂 1986 年制造出厂的产品。07 号 ALARM(故障报警)系伺服速度控制单元异常故障报警,其故障原因很多,参照 FANUC-BESK7CM 系统维修手册有关内容,一般此类报警与以下故障原因有关:

①伺服电动机过载(即工作台轴向传动链路负载过重)其故障原因为:a)机床工艺加工中因切削用量或进给量等项工艺参数选择过大;b)伺服电动机制动线圈,控制电路,传动支承存在故障以及电动机定子永久磁钢脱落等电动机故障;c)机床导轨塞铁调整不当;滚珠丝杆螺母付预加载荷调整不当;导轨缺油或异物引起的研伤,致使导轨摩擦阻力过大,滚珠丝杆支承调整不当或失效等机械故障。

②过载检测用热继电器(MOL)脱扣,其故障原因为:a)过载检测用热继电器(MOL)参数设定错误;b)伺服电动机过负载运行;c)线路电缆及控制元器件存在故障等。

③速度控制用电源变压器的热动开关(TOH)脱扣,其故障原因为:a)伺服控制柜散热通风不良或外界环境温度过高;b)速度控制单元存在漏电或低过载故障(伺服电动机过载);c)电源变压器负载过重或存在质量欠佳。

另外,速度控制单元 PCB(集成电路印制线路板)板的调整或设定错误,速度控制单元的电源保险、控制保险及输入交流保险等因故熔断;线路电缆与接插件存在接触不良;启动接触器(MCC)因故无法吸合等均可引发此类报警。

故障发生后,检修伺服速度控制单元的一般步骤,应该是根据故障报警显示号内容,本着“先外后内”的检修原则进行,即首先通过外部的观察与检测,确定故障的伺服轴向。(可通过外部检查 CRT 故障报警号、位控板(O1GN710)报警、速度控制 PCB 板的“OVC”与“TGLS”报警显示及轴向保险电路、过流保护与过热保护等电路判别。)然后采用轴向“交换法”(详见【例 76】详述)确定故障部位。由于此类故障的特殊性,采用上述方法检修时没有发现明显的轴向故障,例如,检查外部连接电缆与接插件无异常,位置控制板无警示,

各伺服轴的速度控制单元及其熔断保护、热元件(MOL)保护等均属正常,甚至通电启机后,测量各伺服轴的电压波形,输入输出电压及电机空载电流,有载电流等也属正常,因此,一时难以确定故障的伺服轴向,更难判断故障部位了。为此,只能依据以上所述的故障原因,采用逐项检查的方法进行诊断。

按上述所列故障原因进行逐项检查中,果然发现X轴与Y轴共用的速度控制单元的电源变压器的温升异常,用手触摸变压器线包表面温度很高,显然,此故障的原因系电源变压器过热引起内部温度检测热动开关(TOH)脱扣所致。经分析,上述故障报警的原因,是由于使用中电源变压器的温升因故超限,故而引起热动开关脱扣所致,而故障停机后冷却一段时间,热动开关复位,故又能启机使用。

由上可知,引起电源变压器温升超限,致使热动开关脱扣的原因,不外乎是伺服控制柜散热不良或外界环境温度过高,电源变压器负载过重,端子板出线连接错误或内在质量欠佳等。经查,柜内散热条件良好,环境温度不高,单独检查变压器内在质量也无异常,故把检测重点放在变压器输出负载电路上。经详查,由于X轴与Y轴速度控制单元的各项参数及其动作均很正常,线路电缆也不存在短路或漏电,后经变压器及输出负载的容量计算,才发现电源变压器的容量太小,显然不可能同时带动两个轴向单元连续工作。为判别上述故障推论是否正确,将X轴与Y轴速度控制单元的电源自线分开,Y轴控制仍接原处,X轴与附加轴(B轴)共用(因B轴是圆工作台,平时很少使用)。经线路改接后,此故障彻底消除。

故障处理:因此类故障涉及设备制造质量问题,经与厂家联系,另补发一只伺服控制电源变压器。经安装调试后,投入使用近10年,故障彻底排除。

【例84】XK5040-1数控铣床伺服电动机异常杂音故障处理。

故障现象:Z轴电动机一运转就会发出“哒哒哒”的连续响声,不报警。

故障检查与分析:该机为北京第一机床厂生产,数控系统为:FANUC-BESK3MA,机床使用FANUC-BESK系列直流伺服电动机。

一次,操作人员反应机床在进行零件加工时,Z轴一动作就有“哒哒哒”的连续响声,将“快速倍率开关”调至25%,声音的间隔就稍微长一些,X轴、Y轴单独运动,两轴联动都没有这种声音,而且Z轴的声响也不大,机床仍能继续进行零件加工,CRT显示器无任何报警信息显示。经查看,发现声音来自伺服电动机部分,用电子手轮(手摇脉冲发生器)使Z轴运动时非常明显。将增量进给开关调至1mm,声音间隔很短,将增量进给开关调至0.001mm,声音间隔很长。分析可能为电机内部问题或为其机械连接部分问题。因为伺服电动机内部检修比较麻烦,故首先检查机械连接部分。经检查,发现Z轴丝杠的传动齿轮和过渡齿轮的配合间隙过大,将其调小后,检查各处轴承和机械连接没有问题,开车试验响声仍然出现,这时可以断定为FB25伺服电动机的内部故障了。

借助传声器仔细测听,发现声音在伺服电动机中间部位,电动机(如图2-9)的中部是电动机定子(磁钢8)和转子电枢9。此电动机的激磁方式为永磁式,定子为固定磁极(材料为铁氧体),电枢9由矽钢片叠成。

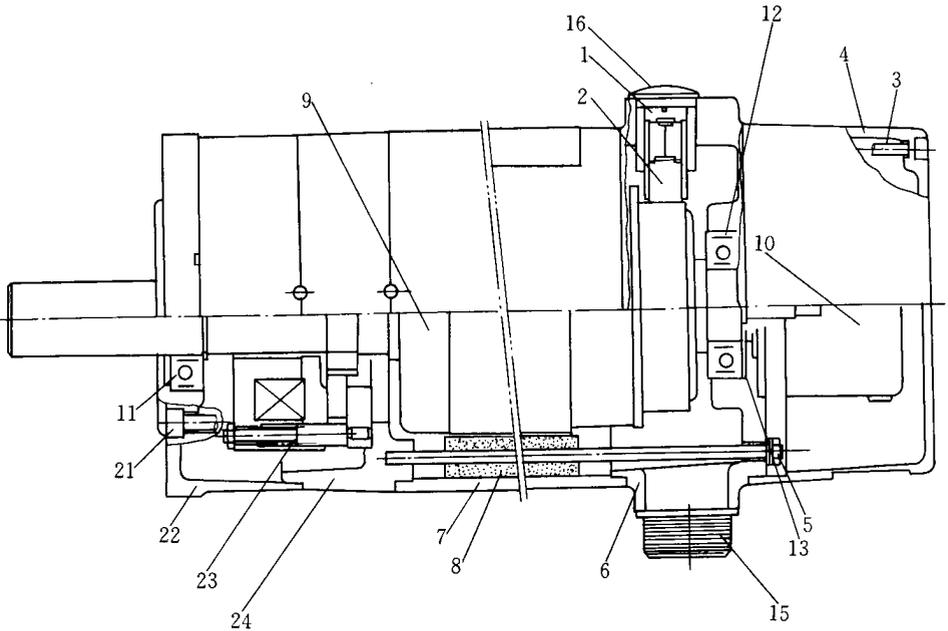


图 2-9 带制动器的 15 型和 25 型电动机结构图

- 1-刷盖 2-电刷 3-螺钉 4-后罩 5-螺母 6-刷架 7-机壳 8-磁钢
 9-电枢 10-脉冲编码器 11、12-轴承 13-O 形圈 15-航空插头
 16-橡胶盖 21-螺钉 22-法兰盖 23-制动器装配 24-制动器架

分析故障有以下几种可能：①电动机永磁体粘接不良，使磁体局部与电动机转子相蹭；②某些磁钢因质量问题破裂了一小块；③由于某些不确定因素，而使电动机轴产生弯曲变形使电枢蹭着永磁体；④电动机轴两端的轴承（11、12）有问题，因轴承滚道或钢珠有剥落的地方，使电动机在运转时发生声响；⑤某一块永磁体因粘接不良而脱落，但因 FB25 伺服电动机轴向方向有两块永磁体（因电动机磁极很长，故每一磁极由两段磁钢组成），一块磁体脱落，将使电动机磁场减弱一些，但电动机短时间还能工作，也无电动机过载报警。

因 Z 轴电动机带有断电制动器，故先用枕木垫起工作台后拆下电动机，阅读北京数控设备厂提供的电动机使用维修说明后按技术要求仔细进行拆卸，首先打开电刷盖 1，并把电刷全部取出，然后在电刷架 6 和电动机壳 7 之间作一记号，以便安装时能正确地装回原位（如果电刷架和机壳之间的相对位置不正确，将会引起换向不良，对此类拆卸应特别注意做好记号），拆下电动机后罩 4，将脉冲编码器拆下，拆卸时切忌用力敲打编码器，以免造成损伤，松掉固定刷和机壳的螺母 5 后，拆卸刷架 6，拆卸时，不得用力敲击，而使刷架歪斜，以免碰伤换向器表面，使电动机运行时产生噪声或换向失常；拆下机壳 7，因磁体与电枢之间存在强吸力，要用力才能将其拔出。

仔细检查定子磁极，发现后端磁体有一块脱落，这就是“异常杂音”的故障根源。按电动机使用说明，磁体脱落，必需送原厂维修，但因生产上的需要，我们决定自己进行粘接。要进行粘接首先必要确定用何种粘胶剂，确定粘胶剂后，进行待粘表面的处理清洗、除油、

机械处理、化学处理。粘接时必需控制涂胶量,保证胶层厚为 0.07~0.10mm,粘接后必需加温固化,以增加胶粘效果,固化时应施加一恒定压力。

故障处理 第一次使用 XH 甲乙双组份粘胶剂进行胶粘试验,粘好后将电动机装好试车,试了几分钟,电动机就不正常了,将电动机再次拆开,发现相邻两块磁体端部破损,胶粘的磁钢脱落,后来采用了一种三组分的有机粘接剂将磁体和机壳粘好,装好后试车电动机振动很大。将电动机换到另一台铣床试验,振动很小。将两机床 Z 轴速度控制单元交换,也没有振动发生,判断为外部连接问题。将连接器重新紧固一遍,再开机,故障消除。电动机运行 2 个月没有问题,证明了电动机粘接修复的成功。一个多月后,电动机的磁极又掉了一块,再次粘接后,电动机工作又正常了。我们经过分析认为粘接磁钢应使用有机类粘剂——环氧类三组分成品胶粘剂,牌号为 ET,主要成分为环氧、丁腈、咪唑,固化条件:压力 50~100kPa,179°C,2h。磁钢粘接时应注意相接两块的等高及两块之间的接缝,还应注意磁钢在圆周等高,以免造成电枢铁心对定子的气隙不同,甚至造成电枢和磁钢局部相蹭,影响电动机的使用。

最后,值得强调的是,对直流永磁伺服电动机,需拆卸时要避免对电动机重力敲打,以防力量传向磁钢使其受冲击振动而产生“退磁”(磁力衰减),需将转子抽出时,应用铁磁材料使永磁磁极短路,以防永磁体“退磁”,而使电动机传动力矩降低。

【例 85】 XK715K(B) 数控铣床一例报警的故障分析。

故障现象:启动机床数控系统后,CRT 上显示 05、07 号报警。

故障检查与分析:该机床采用的是 FANUC - BESK7CM 系统。

①首先查 X、Y、Z 三个坐标速度控制单元板上的熔断器,发现 X 坐标控制回路熔断器断,换新后,重新起动数控系统,CRT 上仍然显示 05、07 号故障报警。②查系统内部 PGN710 位置控制板上 X、Y、Z 三个坐标测试点 TP 上的伺服准备信号 DC24V 正常。③查系统内部 X、Y、Z 三个坐标速度控制单元 MCC 主回路接触器不吸合,显示速度控制单元正常的绿色发光二极管指示灯不亮,系统不能完成初始化过程。④无应答信号。⑤查接口诊断信号 005T_RD2 为“1”表示数控机床伺服准备好,而 RD1 为“0”,正常情况它应该为“1”表示数控机床控制电器准备好。这说明机床控制电路里的继电器、开关、连线等有接触不良,脱焊或断线等情况。⑥我们的思路转向查可能引起 05 号故障报警的原因。主要是查急停控制电路,粗略看继电器的动作关系是对的,用万用表仔细测量 KA39 继电器的两组常开触点,在 KA39 吸合时测其中一组触点应将 +24V 电源通过电缆插头 XC19 送入系统 GN705 输入输出板,作为该板的逻辑电路的工作电压之一,检查结果发现该组触点无电压输出。

故障处理:我们将触点修整后,+24V 电源能正常送入 GN705 板。再一次起动数控系统,CRT 显示器上 05、07 号故障报警消失,机床恢复正常。

【例 86】 LJ - 10AM 系统伺服单元故障诊断。

故障现象:X、Y、Z 轴均不能移动。

故障检查与分析:LJ - 10AM 系统是辽宁精密仪器厂数控中心所开发的用于铣削机床

的数控系统。该系统为自贡长征机床厂 RAM8 数控立式升降台铣床配套所用,它带有一个可编程控制器(PLC111)。整个系统采用模块化结构,电源及所有的模块和接口连接插座均集中在系统模块框架整装结构上。

该系统除具有一般数控系统的自诊断功能、运转诊断功能、补偿功能以及随机换刀功能外,还具有一个较为显著的特点。就是该系统利用矩阵原理,将 CNC 操作程序与 PLO 扫描信号进行组合,即 CNC 操作程序利用开关矩阵直接询问专用的循环功能,PLC 用行列扫描信号对指定开关进行扫描。行列矩阵如图 2-10 所示。在机床维修中,利用这个开关矩阵就可以给系统故障的检修带来很大的方便。

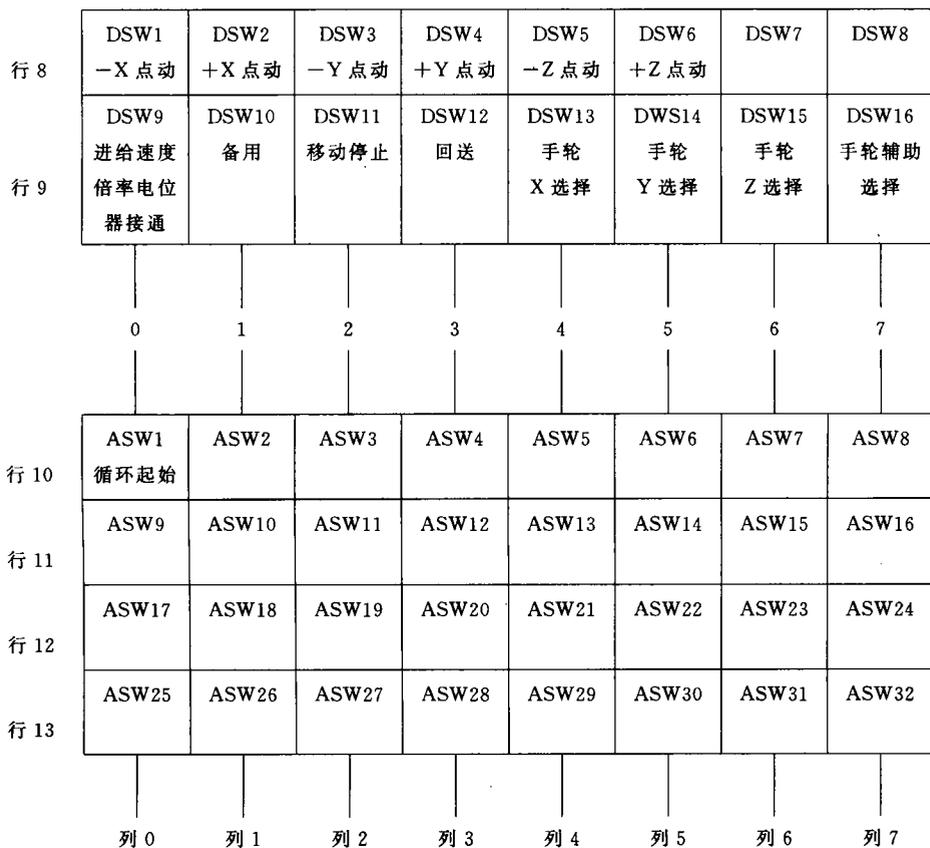


图 2-10 机床操作面板开关的行列矩阵图

该故障发生后,X、Y、Z 坐标均不能移动,CRT 上也无任何报警显示。观察数控系统内各模块上也无任何显示报警。

查 LJ-10AM 系统使用说明书电气部分知:在系统操作面板后面的连接插座 J11-1 至 J3-1 之间有一短接线。从 LJ-10AM 系统手册上了解到:CNC 操作程序进行的开关扫描主要是针对连接插座 J10 和 J11,而 PLC111 进行的开关扫描主要是针对连接插座 J12 至 J15。这一短接线就是 CNC 与 PLC 信号的组合部(即循环启动信号)。

根据开关矩阵的原理,我们怀疑是连接插座 J11-1 和 J3-1 之间的短接线开路。经检查,这两插座之间的连线完好无损。于是我们又根据该原理,从使用手册电气部分知:点动 X 的负方向信号是由插座 J10-1 和 J2-1 组成,该系统行列矩阵的第 0 列控制点动 X 负方向信号和循环启动信号。因此,我们从 CRT 上将 PLC111 开关接口调到屏幕上,观察点动 X 负方向的变化情况,发现 X 点动负方向信号在开关接通和导开时均表现为零。在确认开关完好的基础上,这现象说明行列矩阵的第 0 列无信号,从而导致 X 点动负方向和循环启动无信号输入,因而这就应是故障源之所在。

故障处理:为了检查行列矩阵的第 0 列是何原因无信号,我们将操作面板后面的连接插座 J1 拔下检查其与 MTB 面板的连线时,发现第 0 列线在插座 J1 附近处折断。将该线焊接好后,再检查 X 点动负方向,在 PLC 真值表上显示为接通为 1,断开为 0。这说明行列矩阵的第 0 列线已经接通,根据行列矩阵的原理,循环启动信号也应接通。开机试车,果然 X、Y、Z 轴均恢复正常。至此,故障排除。

【例 87】 RAM8 数控铣床 Z 轴伺服单元故障处理。

故障现象: Z 轴伺服准备接触器不能吸合 OVC 报警。

故障检查与分析: LJ-10AM 系统所用直流伺服单元为 FANUC-BESK 单元(5 系统用)。根据故障现象,查 FANUC-BESK 直流伺服单元维修说明书知:OVC 报警可分为如下内容:①异常负载检测报警(由 RV12 设定);②电动机的负载过重;③电动机的运行有振动倾向;④交流输入电压过低。

对上述报警内容进行分析:②、③项因伺服准备好接触器 MCC 未吸合,故不存在电动机负载过重和电动机运行有振动倾向的问题。对于④项用万用表检查交流电压正常,也予以排除,故将检查重点放在①项上。

根据 FANUC-BESK 直流伺服单元电路原理,我们首先对 RV12 进行了重新调整,不能排除故障。其次,将 Z 轴伺服单元的熔断器撤除,通电后 OVC 报警消失, MCC 吸合。

通过上述检查,将故障压缩在晶闸管主回路及其直流电动机等部位。用万用表测电动机电枢和励磁均正常,且电动机转动灵活,不存在堵转现象。这样,就将故障点压缩到了晶闸管主回路上。检查晶闸管模块,发现其 V 相对 D1 点已经击穿。晶闸管模块结构如图 2-11 所示。

故障处理:更换一新模块后, OVC 报警消除,直流电动机恢复正常工作。

【例 88】 FANUC3M 系统数控铣床轴向伺服故障处理。

故障现象:机床在加工或快速移动时, X 轴与 Y 轴电动机声音异常, Z 轴出现不规则的抖动,并且当主轴启动后,此现象更为明显。

故障检查与分析:当机床在加工或快速移动时, Z 轴, Y 轴电动机声音异常, Z 轴出现不规则的抖动,而且,在加工时主轴启动,此现象更为明显,从表面看,此故障属干扰所致。我们分别对各个接地点和机床所带的浪涌吸收器件作了检查,并做了相应处理。启动机床并没有好转,之后我们又检查了各个轴的伺服电动机和反馈部件,均未发现异常。又检查了各个轴和 CNC 系统的工作电压,都满足要求。我们只好用示波器查看各个点的波

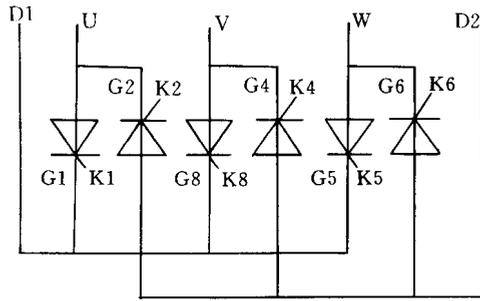


图 2-11 晶闸管模块线路图

形,发现伺服板上整流块的交流输入电压波形不对,往前循迹,发现一输入匹配电阻有问题,焊下后测量,阻值变大,换一相应电阻后,机床正常。同样的问题我们还曾碰见过,只是这次两个匹配电阻都坏了。

【例 89】 BTM-4000 数控仿形铣床 X 轴漂移故障处理。

故障现象 静态几何精度变化引起 X 轴运行不稳定,具体表现为 X 轴按指令停在某一位置时,始终停不下来。

故障检查与分析 BTM-4000 系意大利进口的数控仿形铣床,系统采用意大利 FEDI-ACNC10 系统,伺服采用了西门子公司产品。

机床在使用了一段时间后,X 轴的位置锁定发生了漂移,表现为 Z 轴停在某一位置时,运动不停止,出现大约 ± 0.0007 振幅偏差。而这种振动的频率又较低,直观地可以看到丝杠在来回旋动。鉴于这种情况,初步断定这不是控制回路的自激振荡,有可能是定尺(磁尺)和动尺(读数头)之间有误差所致。经调整定尺和动尺的配合间隙,情况大有好转,后又配合调整了机床的静态几何精度,此故障消除。以上例子告知我们,遇到问题先要仔细地分析,若盲目地去调整增益或反馈信号或修改参数,也许会导致故障的扩大。

第四节 主轴系统故障实例与诊断

【例 90】 XK736 型数控铣床主传动系统的噪声分析与控制。

故障现象 在相当数量的数控机床中,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。而数控机床的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。XK-736 数控铣床是国内 20 世纪 70 年代的产品,机床初使用时,噪声就较大,并且噪声声源主要来自主传动系统。经使用了多年后,噪声越来越大。用声级计在主轴 2000r/min 的最高转速下,测得噪声为 85.2dB。

故障检查与分析 我们知道,机械系统受到任何激发力,该系统就会对此激发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播出去,即声辐射。因此,这个激发响应、系统内部传递及辐射三步骤就是振动噪声、摩擦噪声和冲击噪声的形成过程(如图 2-12)。

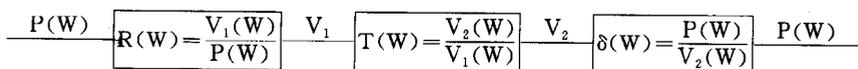


图 2-12 主轴噪声形成过程图

图中 $R(W)$ 为激发力经机械系统响应 $R(W)$, 系统被激起振动速度 $V_1(W)$ 。该动能在机械系统中传递, 传递函数为 $T(W)$ 。传递到与空气接触的辐射表面, 产生振动速度 $V_2(W)$ 。此表面所接触的空气受到扰动而转换成压力波。这时辐射效率 $\delta(W)$ 表示振动能转换成声能, 产生声压 $P(W)$ 。

$R(W)$ 一方面取决于结构本身刚度、阻尼和质量, 另一方面又决定于激振力的大小、频率和作用点。 $T(W)$ 则取决于传播途径中零件材料、形状及各零件间的组合情况。 $\delta(W)$ 则取决于辐射表面的材料、面积、形状、厚度及支承条件等参数。

XK-736 数控机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, 使激发力加大, 从而使噪声增大。

1) 齿轮的噪声分析 XK-736 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。

首先看一对齿轮的啮合情况(如图 2-13)。图中 AC 为啮合区间。

根据齿轮的啮合原理, 任意瞬时 t 两齿轮齿间的相对滑对速度为

$$v_s = v_{t1} - v_{t2}$$

$$v_s = \rho_{t1}\omega_1 - \rho_{t2}\omega_2 = \omega_1(\rho_{t1}i - \rho_{t2}\omega_2t)$$

式中 v_{t1} 、 v_{t2} ——两齿轮啮合点的线速度在该点齿面切线方向的分速度;

ρ_{t1} 、 ρ_{t2} ——两齿轮在任意瞬时 t 接触点处的曲率半径;

ω_1 、 ω_2 ——两齿轮的角速度;

i ——齿轮副传动比。

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 节点处, 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和外界负荷的波动及其他零部件的影响, 传动系统的共振, 润滑条件的不好, 就会加剧激振力的产生。在渐远啮合区 B 点到 C 点时, 齿面相对滑动速度正比于齿轮的回转速度, 并随着齿轮接触到 B 点距离的增加而增大。

由此, 该机床主传动系统中齿轮在运转时产生的噪声主要有: 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的惯性力, 因此产生了与转速相一致的低频振动。随着轴的旋转, 每转发出一次共鸣噪声。④ 因齿与齿之间的摩擦导致齿轮产生

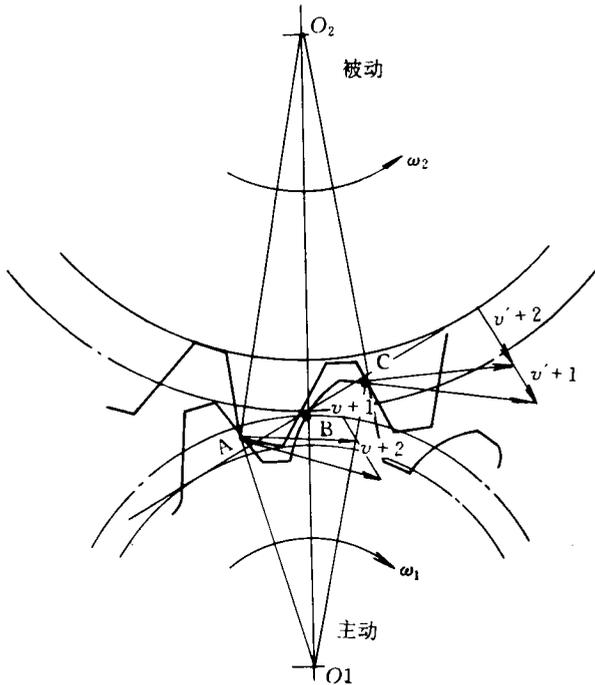


图 2-13 齿轮啮合图

的自激振动并带来摩擦噪声。如果齿面凸凹不平,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 2-14 表示。

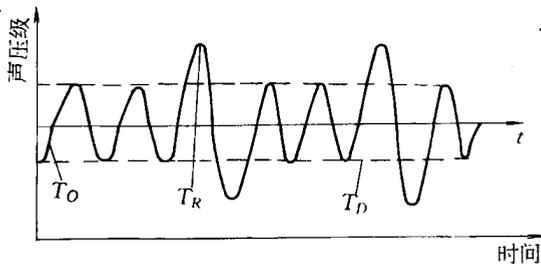


图 2-14 齿轮噪声波形图

T_0 —压力波开始的时间 T_R —声压达峰值的时间

T_D —压力波形的包络线在峰值以下所需的时间

为了较准确地从该机床的主传动系统中的若干传动齿轮中找出噪声较大的齿轮副,有必要分析一下各齿轮的啮合频率。

齿轮啮合频率为

$$f_n = \frac{zn}{60} \omega_c$$

式中 z ——轮齿数;

n ——齿轮转速；

f_c ——轴的传动频率。

当齿轮的转速越高时,啮合频率也随之变高,噪声是随啮合频率正上比升的。

因为主轴在 2000r/min 时噪声最大,并且 5 个传动轴的转速均为最高,其传动路线为

$$1450 \times \frac{40}{40} \times \frac{36}{33} \times \frac{49}{31} \times \frac{45}{56}$$

在该转速下各传动轴的齿轮啮合频率列于表 2-4。

表 2-4 各传动轴的齿轮啮合频率表

轴 号	轴 转 速	轴转动频率/Hz	齿 数 比	啮合频率/Hz
I	1450	24.2		
II	1450	24.2	40/40	968.0
III	1582	26.4	36/33	950.4
IV	2500	41.7	49/31	2043.3
V	2000	33.3	45/56(斜)	1498.5

又对其他 17 级转速的各传动轴的啮合频率换算后与表 2-4 比较,发现尽管齿数有所变化,但啮合频率最高的还是集中在主轴最高转速所接通的各传动轴的齿轮上,因为这些齿轮在变速后与其他齿轮啮合时,它的啮合频率是不变的,故齿轮的主要噪声就产生在这几对齿轮上。

2) 轴承的噪声分析 XK-736 数控铣床的主轴变速系统中共有滚动轴承 38 个,最大的轴承外径为 200mm。轴承与轴径及支承孔的装配、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。另外,一个重要原因是国家标准对滚动轴承零件都有相应的公差范围。因此,轴承本身的制造偏差,在很大程度上就决定了轴承的噪声。

可以说滚动轴承的噪声是该机床主轴变速系统的另一个主要噪声源,特别在高转速下表现更为强烈。如第 IV 传动轴中的 46113 滚动轴承,当该传动轴的转速为 1500r/min 时振动频谱如图 2-15 所示。

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 ——环的转动速度。

f_r 相当于齿轮的转动频率 f_c 。与齿轮同理,轴承的转速越高,回转基频就越大,噪声

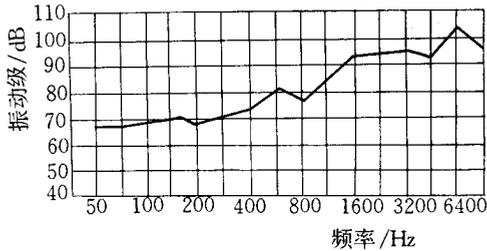


图 2-15 传动轴振动频谱图

也就随之增大。

在该机床的主传动系统中,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精度如果不高,那将是直接加大轴承噪声的主要因素。滚动体的自动频率为

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

式中 E ——轴承节径;

d ——滚动体直径;

β ——接触角。

滚动体或轴承的内外环上凹陷点很多,则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。

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。针对该机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整和改进的一些做法。

① 齿顶修缘。由于齿形误差和法向周节的影响,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,为了减小齿轮在啮合时由于齿顶凸出而造成的啮合冲击,可进行齿顶修缘。齿顶修缘的目的就是校正齿的弯曲变形和补偿齿轮误差,从而降低齿轮噪声。修缘量取决于法向周节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 3、4、5 时所采取不同的修缘量。(如图 2-16)。

最佳修缘量 C_a 和 C_b 值就按图 2-16 进行。经试验获得了良好的效果。这说明齿顶的这些修缘量可以基本达到补偿齿轮的弯曲变形量和法向周节误差。在修缘时一定要注意修缘量,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。

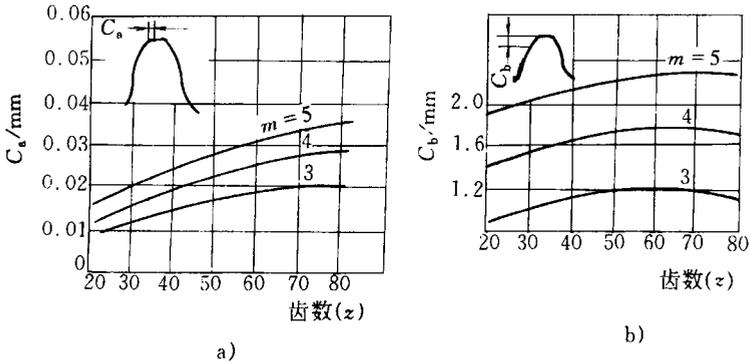


图 2-16 齿轮修缘量图

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,只有在修齿顶或修齿根达不到良好效果时,才将齿顶和齿根一块修。修缘量 C_a 和 C_b 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,观察该机床主传动系统中齿轮的齿形误差主要是加工过程中出现的,以及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在该机床中是比较明显的。

一般情况下,齿形误差越大,出现的噪声也就越大。有人在转速为 1000r/min 实验时,出现的齿形误差从 0.017mm 降为 0.005mm 时,一对齿轮的噪声可降低 8dB 左右(如图 2-17),对于该机床主传动系统的具体情况,对齿形误差的确定作了大量的工作,并找出了齿形误差较大的几对齿轮进行了合理修研。

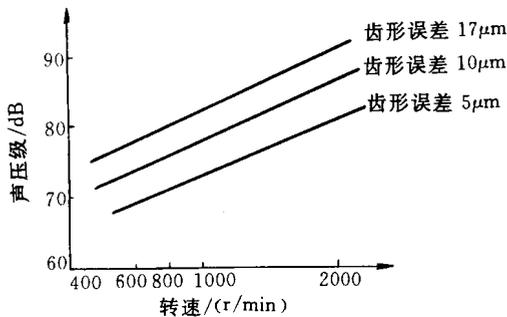


图 2-17

齿形误差和噪声不能简单地看成是正比关系。在有些情况下,噪声的大小,不仅决定于齿形误差的大小,同时也决定于齿形形状。

图 2-18 是齿形误差相等而齿形形状不同的 3 种齿轮与标准齿轮啮合时产生的噪声对比。

从图中可以看出,对于中凹齿形,轮齿在一次啮合中受到两次冲击,噪声最大,并且越

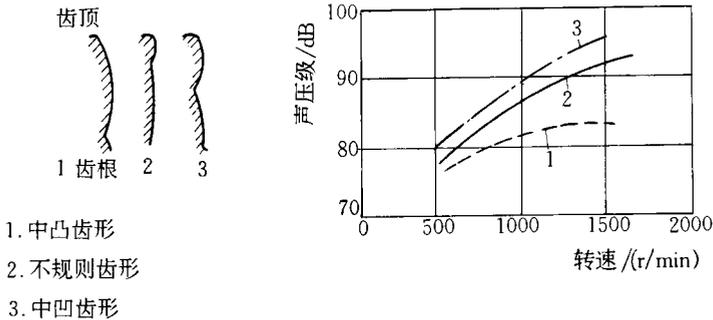


图 2-18 齿形误差相等而形状不同的噪声对比图

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控制啮合齿轮的中心距。啮合齿轮的实际中心距的变化将引起压力角的变化, 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, 传动轴的弯曲变形及传动轴与齿轮、轴承的配合都控制在理想状态。这样可尽量消除由于啮合中心距的改变而出现的噪声。

④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, 噪声随油的数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, 就能衰减振动能量, 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小噪声有利。

该机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, 而大量给油是为了冷却作用。实验证明, 齿轮润滑以啮出侧给油最佳。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。XK-736 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。如果轴承的外环与配合孔形状公差和位置公差都不好时, 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。如果轴承的精度越高, 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使滚道表面磕伤、划伤, 否则不可能降低轴承的振动噪声。经

观察和实验发现,滚道的波纹度为密波或疏波时,滚珠在滚动时,接触点显然不同,由此引起振动频率差别很大。

②控制轴承与孔和轴的配合精度。在该机床的主传动系统中,轴承与轴和孔配合时,应保证轴承有必要的径向间隙。径向工作间隙的最佳数值,是由内环在轴上和外环在孔中的配合以及在运行状态下内环和外环所产生的温差所决定的。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。图 2-19 所示为 204 号轴承的噪声与径向间隙数值之间的关系。由图可知,为了减小该轴承的噪声,间隙控制在 0.01mm 时最佳。

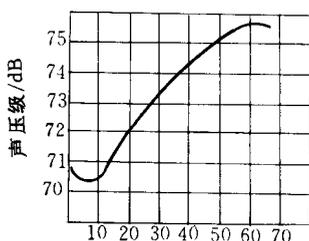


图 2-19 噪声与径向间隙关系图

外环在孔中的配合形式会影响固体噪声的传播。较紧的配合能提高传声性,会使噪声加大。配合过紧,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,但轴承外环过松的配合还是会引起较大噪声。只有松紧适当的配合才有利,这样可使轴承与孔接触处的油膜对外环振动产生阻尼,从而降低噪声。

配合部位的形位公差和表面加工的粗糙度,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精确的轴上,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,噪声也就随之增大。

通过上述对 XK-736 数控铣床主传动系统的噪声分析和控制后,取得了可喜的效果。在同样条件下,用声级计对修复后的机床噪声又进行了测试,得知主传动系统经过噪声控制以后为 74dB,降低了 11.2dB。经过几年来的使用,该机床的噪声一直稳定在这个水平上。

【例 91】RAM8 数控铣床主轴故障分析及处理

故障现象:低速启动时,主轴抖动很大,高速时却正常。

故障检查与分析:1J-10AM 系统使用的主轴系统为台湾生产的交流调速器。在检查确认机械传动无故障的情况下,我们将检查重点放在交流调速器上。

先采用分割法,将交流调速器装置的输出端与主轴电动机分离。在机床主轴低速启动信号控制下,用万用表检查交流调速装置的三相输出电压,测得三相输出端电压参数分别为 U 相 50V, V 相 50V, W 相 220V。旋转调速电位器, U、V 两相电压值能随调速电位器的旋转而变化, W 相则不能被改变仍为 220V。这说明交流调速器的输出电压不平衡(主

第五节 工作台系统故障实例与诊断

【例 93】 XK715F 数控铣床工作台动作异常故障分析与处理。

故障现象 :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 :XK715F 型工作台不升降数控立式铣床 ,规格 :500mm×2000mm ,所配数控系统为 FANUC - BESK7CM 系统。该机床已使用近 10 年 ,现经常发生一些工作台轴向动作异常的故障 ,其中与机械有关的故障也不乏其例。

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(通过观察 X 轴与 Z 轴位移脉冲数字量的变化速率比较后得出) ,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(可参照“交换法在 FANUC - BESK7CM 伺服系统故障诊断中的应用【例 76】文方法进行) 。③经交换法检查判断 ,故障部位在 Y 轴直流伺服电动机与丝杆传动链路一侧。④为区别机电故障 ,可拆卸电动机与滚珠丝杆间的挠性联轴器 ,单独通电试电动机检查判断(在手动方式状态下进行试验检查) 。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。⑤脱开挠性联轴器后 ,可采用扳手转动滚珠丝杆进行手感检查。通过手感检查 ,也可感觉到这种抖动故障的存在 ,且丝杆的全行程范围均有这种异常现象。故怀疑滚珠丝杆副及有关支承有问题。⑥将滚珠丝杆拆卸检查 ,果然发现丝杆 + 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。⑦将此损伤的轴承替换后 ,故障排除。⑧经分析 ,Y 轴方向上的平面轴承出现的压印痕迹 ,只有在受到丝杆的轴向冲击力时才有可能产生 ,反映在现场的表现上 ,即只有在 + Y 轴方向发生超程时才可能产生。据了解 ,此机床在运行过程中确实发生过超程报警。⑨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。

故障处理 :采用同型号规格的轴承替换后 ,故障排除。

说明 :由于上述故障是常见易发故障 ,此故障一旦发生还容易造成滚珠丝杆、支承的损伤 ,故必须加强日常维护检查 ,避免轴向超程的故障危害。

【例 94】 XK715F 数控立式铣床 07 号故障分析及维修。

故障现象 :机床自动或手动操作运行中 ,系统经常因故发生 07 号故障报警。

故障检查与分析 :该机床系上海第四机床厂制造的工作台不升降数控立式铣床 ,数控部分采用 FANUC—7CM 系统。机床工作台行程为 :X 轴向行程(纵向行程)为 1400mm ,Y 轴向行程(横向行程)为 500mm ,Z 轴向行程(垂直行程)为 600mm。

①07 号 ALARM 系伺服系统未准备好(异常故障报警) ,其故障原因很多(详见“XK715F 数铣床伺服故障报警分析与处理”一文所述)事实上 ,这是 FANUC—BESK7CM 系

统一一类极为常见的故障报警。

②经上述方法检查,发现 Z 轴直流伺服电动机的过流保护热继电器(MOL)脱扣,同时发现 Z 轴电机壳体表面温升很高。经检测,电动机运转电流较大,超过 MOL 的整定刻度。显然,此故障属 Z 轴电动机过载引起。

③维修实践可知 Z 轴直流伺服电动机过负荷运行,其原因是:a)Z 轴伺服电动机制动电路失控,使其始终处于制动刹车状态;b)主轴箱平衡锤配重失调,使其电动机一个方向运动时因负载偏重引起的过电流故障;c)导轨面缺油或研伤,以及导轨两端的塞铁调整不当等原因,使其工作台运动过程中的阻力增大;d)传动链路内的齿轮啮合不好,滚珠丝杆付与螺母的预加载荷调整超差及螺母滚动弹子与轨道研伤滑动不畅,以及丝杆支承调整不当或损坏等原因,均可引起电动机过载故障。Z 轴直流伺服电机转动过程中存在机械摩擦或支承损坏等原因,也会引起过载故障。

④为区别机、电故障,可采用 Z 轴电动机与丝杆传动齿轮脱开进行试机的方法。(具体实施时,为防止主轴箱配重失调造成的自重下滑运动,须将主轴装置定位后,才允许脱开进行检查,这一点须引起注意)。经过 Z 轴电动机单独通电试机检查表明,电动机的空运转各项指标(转速、声响、空载电流、温升等)均属正常。显然,故障部位在机械传动链路内;

⑤参照随机技术文件有关传动结构图,按机修工艺逐项检查,发现此例故障原因属导轨楔铁单侧调整不当以及导轨面部分研伤所致。

故障处理:按机修工艺要求重新铲刮导轨,调整导轨塞铁,装上 Z 轴电动机,拆除定位棒,同时将过流保护热继电器(MOL)复位,通电试机,故障排除。

说明:机床使用多年,为提高整机性能,消除故障隐患,对机床应进行二级保养。

【例 95】XK715F 型数控铣床工作台 X 轴轴向抖动故障分析及处理。

故障现象:手动方式操作过程中,发现工作台 X 轴轴向进给运动中呈振动位移(抖动幅度较大)。类似于液压系统的爬行运动。CRT 无报警显示。

故障分析:该机床系上海第四机床厂制造,数控部分采用了 FANUC - BESK7CM 系统。

故障发生时,虽然 CRT 没有报警信号显示,但故障的轴向非常明显,故可直接采用交换法判断故障部位(可参照书本【例 76】交换法在 BESK7CM 伺服系统故障诊断中的应用一文进行检查)。经检查,不难发现故障部位在 X 轴伺服电动机及其机械传动链路内。为区别机电故障,经拆开伺服电动机与滚珠丝杆间的挠性联轴器,单独通电试电动机。结果表明,故障部位在电动机一侧。为修复此电动机,特将 X 轴伺服电动机拆卸解体检查,不难发现旋转变压器引出插头端子的一束软线有明显的压伤痕迹。经采用电阻法检查,发现位置环的旋转变压器定子一侧的 \sin 绕组与 \cos 绕组存在断线故障。经分析,因伺服系统位置环开路,旋转变压器无法接受位控板正、余弦发生器的信号,引起位控系统 E/V 变换器、符号检测电路及伺服位置偏差量失控,故而造成工作台 Z 轴向伺服电动机转动时的抖动现象。在进一步检查中发现,引起旋转变压器定子引线束压伤的原因,是由于维修人员或制造厂装配电动机罩壳时不小心引起的,因此,在装配这类电动机时应引起重

视。

故障处理 :由于断线故障点在旋转变压器的定子外部 ,故可采用外部断线连接工艺处理。将电机重新装配后 ,经试机一切正常 ,故障消除。

【例 96】 XK715F 型数控铣床工作台 Y 轴轴向抖动故障分析及处理。

故障现象 :手动方式运行时 ,发现工作台 Y 轴方向运行时存在明显的抖动(振动)现象 ,CRT 没有报警信号显示。

故障分析 :该机床系上海第四机床厂生产的工作台不升降数控立式铣床 ,数控部分采用了 FANUC - BESK7CM 系统

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。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。为区别机电故障 ,按上例方法 ,拆开 Y 轴电动机与滚珠丝杆间的挠性联轴节 ,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 ,显然此抖动根源在机械传动链路一侧。参照随机技术文件中的“ 机床传动系统图 ”可知 ,Y 轴的机械传动链路内只有滚珠丝杆螺母付及其支承 ,故将工作台拆下 ,按滚珠丝杆付的修理工艺(关于滚珠丝杆副的修理工艺方法 ,可参阅《制造技术与机床》1994 年 N04 期刊载的西北机器厂牛涛所著“ 滚珠丝杆副的使用与保养 ”一文所述方法进行)。仔细检查 ,发现滚珠丝杆螺母中两滚道的钢球直径不一致 (因该滚珠丝杆副刚维护保养不久)估计维修人员在拆卸、保养清洗及装配过程中 ,不慎将两螺母中的滚动弹子弄乱(实际上两螺母滚道中的滚珠在制造厂是进行过严格选配的 ,这一点须特别引起重视)。以致造成螺母在丝杆副上转动不畅 ,时有卡死现象 ,故而引起机械传动过程中的振动或抖动现象。

故障处理 :此类故障原因虽经查明 ,但修复还须格外仔细。参照上述介绍的滚珠丝杆副的修理工艺 ,先将滚动弹子逐粒测量选配后 ,再按工艺步骤重新装配 ,调整预加载荷。经装机调试后 ,故障消除。

【例 97】 XK715F 数控立式铣床联动时工作台 X 轴向抖动故障分析及处理。

故障现象 :机床在 X 轴、Y 轴及 Z 轴分别回机床系统原点后 ,再三轴同时联动快速回圆心(即机床机械零点)过程中 ,工作台 X 轴向时有振动或抖动现象。CRT 没有报警信号显示。

故障分析 :该机床系上海第四机床厂生产的 500 系列工作台不升降数控立式铣床 ,系统选用了 FANUC - BESK7CM。

由于工作台 X 轴、Y 轴及 Z 轴等 3 个轴向在单独快速回机床系统原点时不产生机械振动或抖动现象 ,基本可以排除伺服系统及机械传动链路的故障。显然 ,此故障与三轴联动有关。为判别故障部位 ,在多次进行工作台三轴联动快速回圆心运行的过程中发现 ,无论 X 轴向出现振动或抖动现象与否 ,CRT 或现行位置显示器上显示的 X 轴运动脉冲数字的变化速度与其它两个轴向的变化速度基本相同 ,这又说明系统控制正常 ,问题很可能还是出在伺服速度控制单元电路及其伺服电动机上。参照上述介绍的交换法详见本篇【例 76】。进行逐项检查判断中 ,当进行第二项检查时(即“ 伺服直流电动机与速度控制单

元故障判断方法”) ,意外发现故障自行消除 ,经多次试验三轴联动同时快速回圆心动作 ,故障均没有再次发生(进行此项试车时 ,应将 X 轴向与 Y 轴向的限位减速行程开关组同时更换 ,否则会引发事故 ,须格外注意) 。而恢复 X 轴与 Y 轴电动机的外部航空插头后 ,此故障又时有发生 ,因此 ,怀疑两轴尤其是 X 轴的航空插头是否有接触不良或断线隐患。在手动方式试车时 ,当工作台 X 轴向运行时 ,有意用手轻轻摇动电动机引线电缆与航空插头 ,果然发现此故障在单轴运行时也时有发生 ,其它 Y 轴与 Z 轴均没有发生此类故障。由此 ,不难推断 ,故障点就在 X 轴电动机的航空插头或引线电缆上。经查 ,果然在航空插头内发现了此断头。由于插头内的软引线经外卡固定成束 ,故此断头受其影响会经常发生时断时通现象。又因 X 轴伺服电动机是固定在 Y 轴的床鞍上 ,一旦 Y 轴电动机运行 ,势必带动 X 轴电动机的引线电缆来回摆动 ,因此 ,三轴联动或 X 轴与 Y 轴两轴联动时必然会引起 X 轴电动机的断头产生时断时通现象 ,故而造成联动时工作台 X 轴向时有抖动故障。

故障处理 :将断头焊好 ,故障排除。为克服 Y 轴运行时拖动 X 轴电动机引线电缆来回摆动引发的断线故障隐患 ,可以参照现代加工中心机床采用活动链带架固定引线电缆的办法进行。

【例 98】 XK5040—1 型数控铣床防相序接反措施及故障处理。

故障现象 机床一通电启机 ,工作台就立即发生强烈的振动。

故障分析 :XKS040—1 型数控铣床的数控部分采用了 FANUC—3MA 系统。发生上述故障时 ,根据维修经验 ,一般只需把机床三相供电电源动力线任意两根对调一下 ,使相序反过来 ,此故障就能自行消除。

这样做虽然排除了故障 ,但工作台巨大的振动毕竟对机床的精度不利 ,所以应当避免以后再出现这种故障。为此 ,就要把正常的相序测量和记忆下来 ,当维修或调整了供电部分 ,例如 :本数控铣床搬迁或增添及修理了稳压器时 ,与正常的相序比较 ,使其与正常情况下的相序正反一致。

测量交流供电的相序可用示波器 ,这就需要用交流供电来使示波器同步 ,而工业现场中交流供电电压常含有较强的干扰成分 ,使示波器同步不良 ,妨碍观测。为此 ,本人设计制做了一个小电路 ,由 220V50Hz 交流供电 ,输出的脉冲信号接到示波器的“外触发” ,这样 ,示波器就能稳定地同步 ,使观测容易进行。这小电路如图 2—21。

在上图中 ,电源变压器初级电压 220V ,次级电压 21V。如果有初级电压为 380V 次级电压为 36V 的 BK—50 型控制变压器 ,可直接用 ,使用时初级实际供电电压为 220V。图中的固定电阻器每只额定功率是 1W ,每只电位器的额定功率是 0.25W ,固定电容器用耐压 63V 的 ,熔断器用 1A 的。调试这个小电路时 ,先把 330 电位器与示波器的“外触发”断开 ,旋转 470k 电位器 ,使本小电路在交流供电每个周期里输出的第一个脉冲尽量强 ,而同一周期里输出的第二个脉冲尽量弱。330 电位器在小电路真正投入应用时用于调节输送给示波器的同步脉冲幅度 ,以满足示波器的需要。

用示波器观测交流电的相序比较直观 ,能具体比较电路里各处电压彼此间的位相关

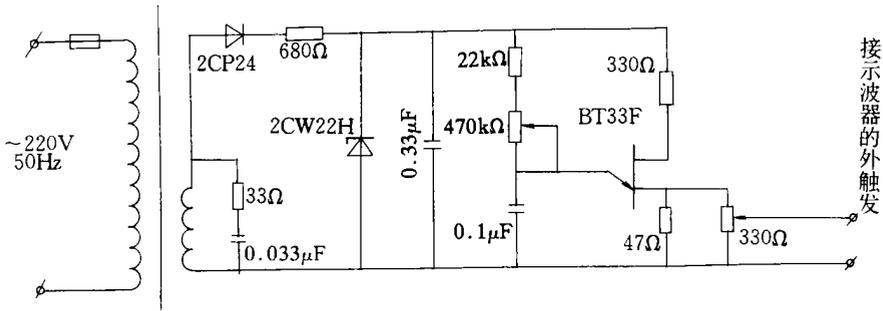


图 2-21 稳定示波器同步信号的附加电路图

系。可是,如上所述,得把同步解决好,其抗干扰性、电气耐用性、价格和搬动起来的方便程度(重量、大小)都不如下述的方法。当然,下述方法也有其局限的一面,就是只能测三相交流供电相序的正反,尽管这样,它仍然有一定的实用性,本人设计并且多次使用它,见电路图 2-22。

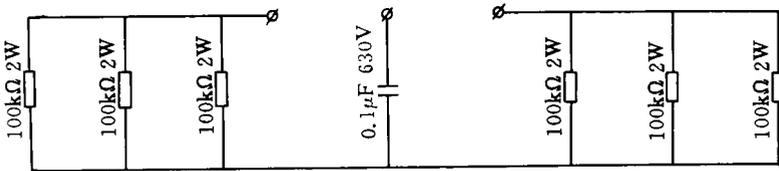


图 2-22 相序测量用电路图

图中画的是一个电阻器电容器组成的中点悬空的星形电路。制做时,宜把 6 只固定电阻器合理搭配,恰当地分成两组,使一组 3 只并联总欧姆数与另一组 3 只并联总欧姆数尽量相等。固定电容器用涤纶或金属化纸介或纸介或油浸纸介的。图中的 3 个端子分别接三相 380V50Hz 交流电压的 3 根火线。典型的电压数据(交流有效值)是线电压:380V;相电压:220V;一组电阻器两端电压:330V;另一组电阻器两端电压:88V;电容器两端电压:295V;阻容衔接点对供电网零线的电压:139V。

改变给本小电路供电的三相交流电相序的正反时,图中两边电阻器上的电压数据彼此交换。把数控铣床正常供电情况下,此小电路 3 个端子分别接在何处以及其中哪个电阻器上的电压数据具体是多少伏都记录下来,就相当于记住了相序的正反。

第六节 液压、气动系统故障实例与诊断

【例 99】XK5040 数控铣床液压转矩放大器失灵原因及处理。

故障现象 Z 轴液压转矩放大器随动阀经拆卸检查再装上后控制失灵。不是直接给油快速运动,就是打不开油路,没有进给。

故障检查与分析: XK5040 数控铣床是北京第一机床厂 20 世纪 70 年代的产品。1988

年由西安庆安公司用 MNCZ—80 改造了原数字控制柜,保留了功放部分及步进液压转矩放大器。

①此步进液压转矩放大器经过近 20 年的使用,特别是 Z 轴,负载最大,出现了随动超差及带不动现象,交由机修车间进行机械项修。当机修车间机大修人员拆下随动阀进行了清洗、检查装机试车时,即出现了上述现象。当把随动阀杆装在前端接通油路时,液动机在一启动液压电动机后,就直接带动丝杠快速前进。拆下重装,将随动阀杆装在关闭油路的位置后再装上,液动机又不能开启了,步进电动机的旋转打不开随动阀口;

②机修人员要求电修人员帮助解释这样一个问题:既然阀口的开启、开启时间、开启量由步进电动机控制,那么丝杠控制的随动阀的关闭运动是否也应由步进电动机的反转来关闭?电修人员从电的知识认为:步进电动机只在需要正转的时候发正转脉冲序列,需要反转的时候发反转脉冲序列,不发脉冲的时候就停住。不存在停止运动时关闭阀口的反向运动。

③从机械装配图上也很难看清这种关系。XK5040 数控铣的 Y 轴、X 轴是与 Z 轴同样结构的步进液压转矩放大器,可以通过观察处在正常状态的液压随动阀杆来找到问题的答案。这次特别小心,记住了原始位置,做好了必要的记号,拆下 X 轴随动阀后首先发现随动阀杆既不在前端,也不在后端,而是在中间位置。再用烟一吹油路进口,发现它现在与哪一个孔都不通,但只要轻轻的一旋阀杆,向前,接通的是正向油路;向后,接通的是反向油路。灵敏度极高。但是关闭靠什么?在确定了程序中不会有关闭脉冲后,仔细观察随动阀杆与液动机的连接,发现二者之间是靠十字头相接的。那么当步进电动机一旦停止运动,液动机内油的反压力就能通过十字头给随动阀杆一个反转矩。由于步进电动机的不动,使随动阀杆产生一个反运动,加上随动阀的高灵敏度,马上就关闭了这开启的阀口。正常运动的时候,步进电动机产生的转矩就一直在克服油的这个反压力,使阀口保持开启。当步进电动机速度高时,就能使阀口开启得大些,丝杠运动就快些。反之,则小,则慢,步进电动机运动时间就是油路通断时间,只是存在一定的随动误差。

故障处理:在仔细观察 X 轴随动阀,并掌握了调整方法以后,对 Z 轴随动阀也进行了仔细的调整。使它在关闭向上、向下两个阀口的中间位置状态下装入十字头,使之良好连接,注意不影响刚调好的阀杆状态。并更换损坏了的油封后,装上 Z 轴步进电动机。恢复 X 轴的步进——液压转矩放大器,试车。经过清洗、更换油封的 Z 轴随动误差达到要求范围,失灵现象消除,故障排除。

【例 100】数控铣床自动加工循环自行中断故障的处理。

故障现象:机床在自动循环加工过程中,工件已加工完,工作台正要旋转,主轴还没退到位,这时第二工位主轴停转,自动循环中斯。还经常伴有故障报警 F97 号“SPINDLE1 SPEED NOT OK STATION2”和 F98 号“SPINDLE2 SPEED NOT OK STATION2”。

故障检查与分析:该机床是从德国 EX-CELL-0 公司进口的专用数控铣床,具有三工位双主轴,其中有两工位是加工工位,另一工位是上、下活工位,可实现工件批量加工。每个加工工位都有两个主轴,可同时加工两个工件,以提高机床的工作效率。数控系统采

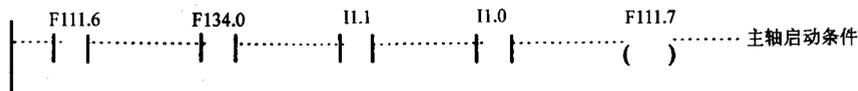


图 2-24 主轴启动条件的局部梯形图

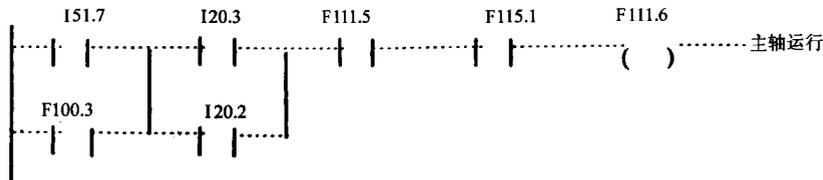


图 2-25 主轴运行信号局部梯形图

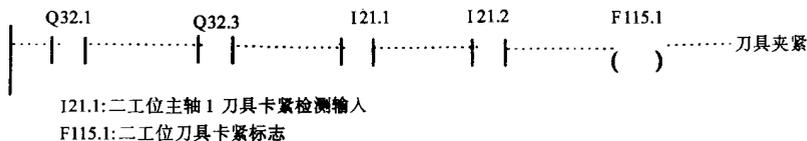


图 2-26 刀具夹紧局部梯形图

故障处理 :调整液压系统 ,使液压压力保持稳定 ,机床正常使用 ,故障被排除。

说明 :①这个故障如果分析不准确或没有编程器的动态观测 ,是很难进行诊断的。②这类故障属非数控系统故障 ,是外部故障。这类故障相对来说出现的几率较大 ,一般由检测元件 ,执行元件的损坏 ,或液压、气动系统出现问题 ,引起这类故障。③发现问题是解决问题的第一步 ,而且是最重要的一步。特别是数控机床出现的外部故障 ,有时诊断过程比较困难、复杂 ,一旦发现问题所在 ,解决起来比较轻松。对外部故障的诊断 ,我们总结出两点经验 ,首先应熟练掌握机床的工作原理和动作顺序 ,出现故障时 ,要搞清故障现象。其次要熟练运用厂方提供的 PLC 梯形图 ,充分利用 NC 系统的状态显示功能 ,如西门子 SYSTEM3 的 PC 菜单的 STATUSPLC 功能和 SINUMERIK810 的 DIAGNOSIS 功能 ,来观察 PLC 一些状态信息 ,在故障比较复杂时 ,最好采用机外编程器 ,在线监测 PLC 梯形图运行的状态。而 FANUC-0 系统可直接通过 NC 系统 .DGNOSPARAM 功能直接在线观测梯图的变化。只要做到以上两点 ,一般数控机床的外部故障都会迎刃而解。

第七节 其它类型故障实例与诊断

【例 101】 WOTAN 数控转子铣床 PLC 控制器停止运行故障的剖析。

故障现象 :数控转子铣床分度操作台(如图 2-27)发生打火现象后 ,分度无显示 ,PLC 停止运行(红灯亮)MCC 数控系统监测 PLC 的故障灯有指示 ,PLC 扩展板故障灯亮。

故障检查与分析 :数控转子铣床是一种综合性的重型铣床 ,它除具有普通的镗铣功能

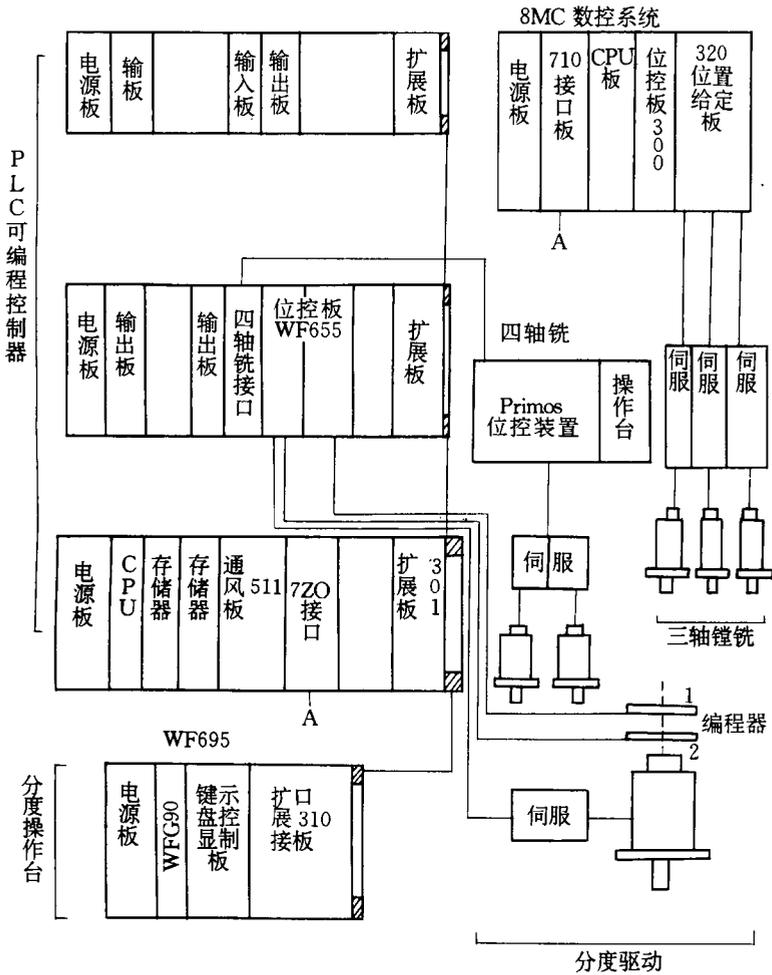


图 2-27 控制系统框图

外(三轴联动)还具有四轴铣及转子分度功能。它是符合大电动机制造厂转子加工工艺的专用机床,其控制系统框图如图 2-27 所示:由图可见数控系统采用的是西门子的 8MC 数控系统,可编程控制器是采用西门子 S5-150S,它的四轴铣位控单元采用的是西门子的 Primos 位控单元并且联接于 PLC,分度单元的控制是选用了 S5-150SWF655 位控板并且所设分度操作台的控制箱是以 S5-150S 控制器的远程扩展单元为核心的。

PLC 扩展板(301 板)故障灯亮,检查以 PLC 远程扩展单元为核心的分度操作台,经检查发现扩展单元中的电源板、键盘显示控制板、扩展接口板都有大面积的器件损坏,其中最严重的是电源板的损坏。它不仅包括电源板本身的器件,还包括电源板印刷线路板大面积烧毁,修复已不可能了,只有换板,但订板的周期很长。另一方面最担心的是 PLC 的主机是否有故障,我们采用了系统分隔法对 S5-150SPLC 进行单独测试。其 S5-150SPLC 控制器的结构如图 2-28 所示,我们利用 PG675 编程器编制了,包括所有输入输出在内的

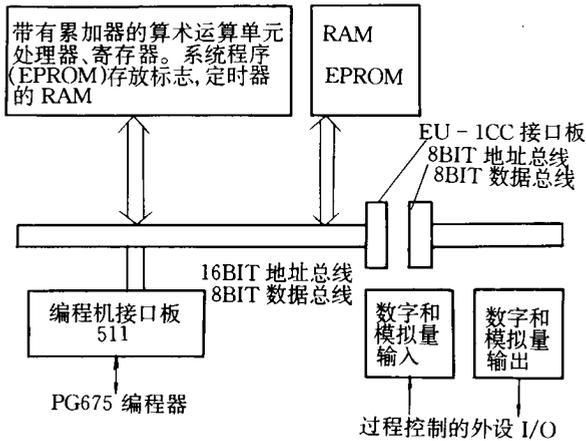


图 2-28 PLC 控制器结构图

简单控制程序对 PLC 测试。对 PLC 的测试结果表明, PLC 的中央控制器扩展单元及 I/O 扩展单元均无故障, 下一步全面检查了机床电器均无异常, 恢复 PLC 系统, 甩掉 PLC 远程扩展单元, 上电测试故障现象不变, 机床的其它部分仍然无法工作。那么远程扩展单元是怎样烧坏的呢? 经过询问是维修电工把远程扩展单元中电源的直流供给接成交流供给上电后造成 PLC 远程扩展单元的损坏。由于备板的订货周期长, 工厂的任务繁重机床长期不能运行这是坚决不行的, 这样就提出了一个新的问题: 甩掉自动分度, 改手动分度, 恢复系统运行, 保证机床正常生产。这个问题的关键所在是即使甩掉自动分度, PLC 仍处于停止状态, 故障现象仍同往常一样, 这是为什么呢? 我们从前面对 PLC 硬件的自身测试得知 PLC 并无硬件方面的故障, 那么从理性分析只有 PLC 在控制程序方面有些外设指令执行时不能满足条件造成 PLC 处于中断状态。其控制程序结构如图 2-29 所示, 如此众多的程序模块究竟中断点在哪里呢? 从整个机床 PLC 控制程序来看, 并没有设置中断处理程序, 现在唯一的办法是利用 PG675 编程器对 PLC 进行在线探测。因为可编程控制器提供了两种栈: 其一是“块栈”(BSTACK)即模块堆栈: 存储单元可通过栈指针寄存器(STACKPoint register 寻址。栈由一些存储器组成。按顺序存入一些特殊的信息(称为压入 PUSH)。这样存入的信息随后也能按下述方法从栈出检索到(称为弹出 POP); 即最后压入的信息最先弹出。栈指针(附加的存储器单元)为处理机提供了一种方法, 用以识别哪个存储单元的信息是最后压入的。S5-150S 的模块栈按顺序寄存着所有模块的调用情况, 每次调用都记录着两种信息。①在调用前所应用数据块的起始地址。②在被调用模块处理完毕后要返回调用模块内的存储器地址。当系统发现出错而引起循环处理的中断后, 就不可能返回到最后一个模块调用所在的模块中去了。存放在模块栈中的信息只能由 PG675 在 S5-150S 处于停机状态下进行检验。除了中断栈(IS-TACK)内提供的信息外。模块栈还包括一个序列。其中从 OB43(即系统程序)到 OBI(系统用户接口), 甚至已处理过的出错识别。本模块显示的第一行记录着识别出错误前所处理的最后一个模块。

相对模块地址(PEL - ADR)显示正在调用模块相对于调用返回地址。该地址相当于紧接着产生调用(动作)之后的存储单元。其中所有信息都按字节地址 ,16 进制显示 ;最后一个压栈的显示在栈顶。

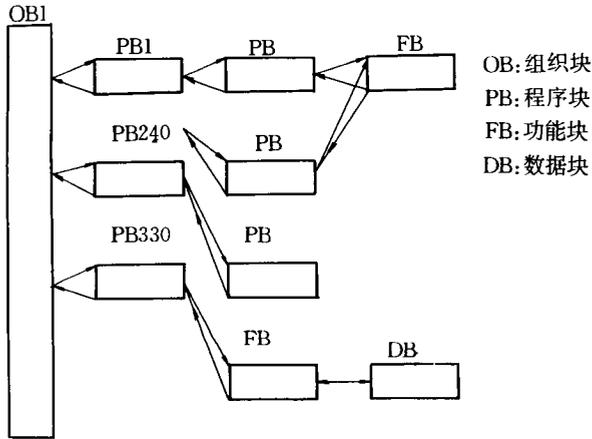


图 2 - 29 PLCSTEP5 控制程序结构图

其二是中断栈(ISTACK) : 中断栈是存储器中的一个栈寄存器。如果发生循环操作的中断 , 系统程序就将某些特殊信息送入这个栈寄存器。所以需要这些信息是为了能在中断过后返回循环操作。可以确保一次再启动。送入中断栈的信息也有助于确定造成中断的原因 , 其中断栈的内容可通过 PG675 显示如图 2 - 30 所示。①是系统数据字 SD5 和 SD6 中的控制位 ; 是为操作系统保留的内部指示器(标志) ; ②系统数据字 SD7 中的控制位 ; 这些指示器提供了有关中断原因的附加信息 ; ③中断点的详细情况 ; ④算术运算单元的状态 ; ⑤中断原因(在中断栈中) 这一行向用户提供了造成循环处理中断的原因的初步信息。在确定下一步故障诊断步骤时所显示的原因是常有决定性因素。其中 STOP : 中央模板上的方式开关置于停机位置。TF : 接上测试装置 , 并允许工作。其中 SUF : 替代错误。STUEB 块堆栈溢出。STUEU : 中断栈溢出。NAU : 主电源电压故障。QVZ : 应答延迟。ADF 编址错误。ZYK : 周期时间超过。T1 在处理运行中的定时器时出现停机状态。BAU : 用以支持所有 RAM 存储器的后备电池有毛病。其 PLC 故障检测流程如图 2 - 31 所示。根据上述两种栈的理性分析。利用 PG675 编程器将两栈的内容加以显示如图 2 - 30 和如图 2 - 32 所示 , 通过图 2 - 32 的显示得知 , 中断的程序块在 PB240 , 这块程序块经过分析正是控制分度的控制程序 ; 通过图 2 - 30 的显示 , 得知其中断的原因是 QVZ 即应答延迟——也就是说 : 当 S5-150SPLC 处理机提出要求输入或输出后 , 在事先规定的时间内未收到“准备好”READY 响应时就产生了应答延迟 , 由于本故障的起因在 , 于 PLC 远程扩展单元的损坏 , 所以处理机在提出申请后 , 没有在规定的时间内收到 READY 信号造成应答延迟迫使 PLC 中断停机。

INTERRUPT ISTACK(ISTACK)

处理方法 : 根据上述提出的新问题 ; 由自动分度改为手动分度 , 其解决的办法是在电

控制位	B
①	ENDSCH PBSSCH BSTSCH SHTAE ADRBAU SPABBR NAUAS OUTTT NB*) NSTPAN NB NB NB NB NB NB*) NB=NOT USED X ST07US STOANZ NEUSTA WIEDAN BATPUF DATEIN RARR RARREND X X X X NB UAFEHL MAFEHL EOVB WANAU ABFS OBWIED OBNAU X X
②	TESBST QVZNIO KOPFNI PROFND WECKPE PADRFE ASPLUE RAMADFE KLEONAS SYNFEU NINEU NIWIED RURBST QVZNIN SUME URLAD
中断线	
③	DEPTIE 01 INS REG: 7210 SAC: D4EC BD-ADD: 0000 BLK-STP: EB13 PB-NO: 251 DB-NO REL-SAC: 000C
④	ACCU1: 00FF ACCU2: 0020 RESULTBITS: FLG1 FLG0 OVFL CARRY OR STATUS RLO F. OP X X X
⑤	中断原因 STOPS STUEB NAU QVZZYK BAU SUF STUEU ADF TIIF X

图 2-30

器上接临时线进行手动分度,将 PB240 程序块通过 PG675 编程器从组织块 OBI 中删除即 JUPB240,并存入磁盘中,再将改写后的 OBI 写入 PLC 存储器 E-PROM 程序包中,这样做后再上电启动系统恢复正常,故障现象消除,机床得以正常工作,保证了生产任务顺利按期完成,两个月后备板到货(远程扩展单元),将扩展单元重新装入,并将原有的 PLC 控制程序重新写入 EPROM 程序包中,上电再启动,系统完全恢复正常。

【例 102】XK715F 数控铣床输出接口电路故障分析及对策

故障现象:系统通电开机后,机床按零件纸带程序进行切削加工过程中,经常出现无故停机或主轴转速不稳及主轴换档失灵等故障现象,出现动作异常时常伴有继电器吸合不稳吱吱响声。此故障一般在用电高峰期间极易发生,而供电正常时,继电器吸合动作过程偶而才会出现吱吱响声,且常响较为短暂。

故障检查与分析:由于故障涉及的部位较多,且在供电正常时故障又不易出现,故检查选择在用电高峰期间供电幅值较低时进行。调出接口诊断画面观察信号状态,发现引起机床主轴转速异常的那些输入或输出接口信号也会。出现相应的变化。考虑到故障发

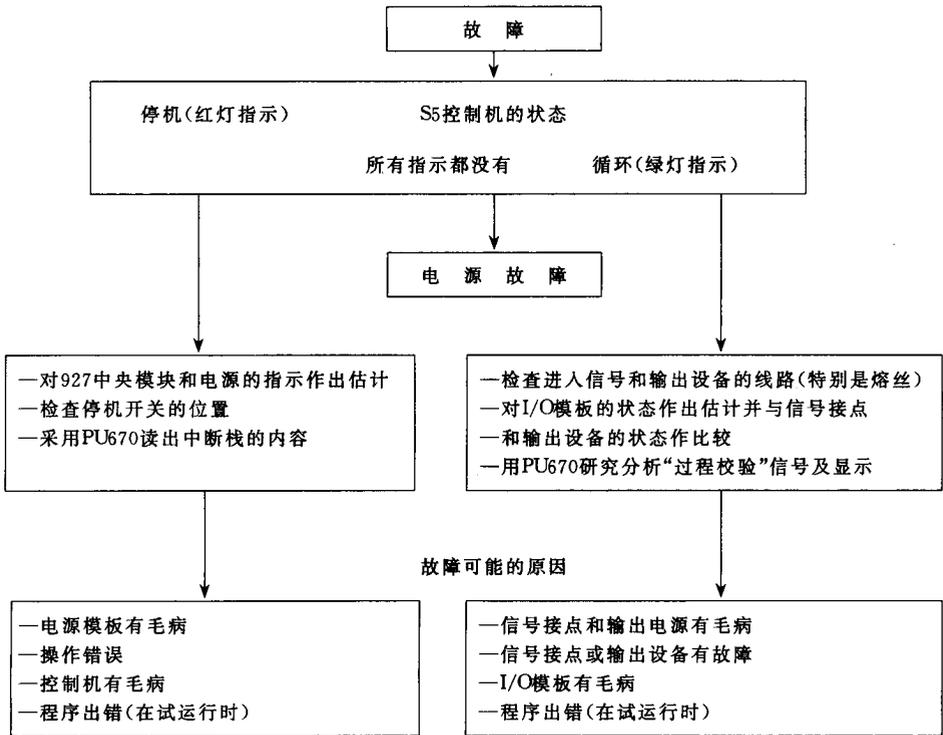


图 2-31 PLC 故障检测流程图

块堆栈	STACK				
块序号	块地址	R 返回地址	相对地址	DB 序号	DB 地址
PB240	CTA5	CTFO	004A	15	C9DZ
PB23	C8A6	C8FO	004A	12	C9EZ
PB21	C982	C9AO	002D	12	C9EE
OB1	C9AC	C902	0026		
OB43	1324	C92C	001A		
		095E			

图 2-32

生时常伴有继电器吸合不稳的异常声响,估计问题可能出在输出接口电路的执行电电器回路上。经仔细观测强电柜中继电器的吸合状况,发现有些小型继电器在吸合过程中,确实会发出吱吱地响声,透过罩壳可以明显地发现其触点接合处有火花亮点。测量线圈吸合电压仅有 13V,远低于正常值的 24V。顺迹查找,发现桥式整流回路有一断线,故输出半波整流电压,经修复后吸合电压可达 26V,约高于正常值。通电试机,再没有发现异常现象。检查接口诊断画面的信号状态,显示也基本正常,只是信号状态偶尔也会出现闪动不稳现象,但此时机床工作正常,似乎没有什么影响。

接口诊断显示闪动的信号状态,说明系统仍然存在接触不稳的潜在故障隐患,必须予以重视。经分析,估计问题还在接口电路内。如小型继电器触点不好,可能会引起此类现

象。经仔细观察,在外界可见度较低的情况下观察触点动作状况,可以发现,其动触点处仍有轻微的跳火现象。停机拆下检查,果然发现其触点颜色变黑,且接触电阻较大。事实表明,触点间形成的接触电阻,一般在强电(即高压大电流)电路中造成的影响不很大,估计触点表面的氧化物或碳化层形成的接触电阻容易被击穿,而在弱电(即低电压小电流)电路中就容易造成接触不良故障,影响系统的正常工作。上述因触点接触电阻引起 CRT 显示接口诊断信号状态不稳即是一例。至此,不禁有人会问,为何在接口信号显示不稳的状态下,机床仍能运行正常呢?其原因可能是由于动作时差造成的。CPU 每隔 16ms 便会定时地对所有按钮、开关及数据扫描一遍,其运行速度极快,远大于机械动作速度,虽然系统显示状态存在轻微不稳,但因机械动作速度太慢,故而来不及反映而已。当然此类故障隐患,若不及时消除,此后必成后患。

故障处理 经停机拆下全部继电器检查,均普遍存在触点烧黑及烧蚀现象。经用酒精擦洗(对烧蚀严重的触点可采用细砂纸打磨后清洗处理),故障彻底排除。建议维修人员应定期检查,形成制度,这对于消除故障隐患极为有利。

综上所述,接口诊断显示信号不仅能方便、可靠、迅速地帮助判断查找故障原因,有时还能反映一些实际存在的故障隐患。

【例 103】XK715F 数控铣床光电阅读机故障排除。

故障现象 :NC 通电开机后,光电阅读机即发生异常报警,即:自动卷盘(AUTO)故障报警(ALARM)、正绕(FORWARD)、停止(STOP)、反绕(REWIND)等指示同时发光,制带电磁铁常吸,故压带盒无法正常打开,但维持通电状态一段时间,然后采用复位操作机器有时能恢复正常。

故障检查与分析 :该机床系上海第四机床厂制造,数控系统选用 FANUC - BESK7CM。因无电路图分析,故采用电阻法检测光电阅读机相关的连接电路,保护环节及接插件无异常,怀疑控制板(A20B - 0006 - 0060/07A)有问题,因无备板更换,故采用外观检查及在线电压法、电阻法测试电路与在板元器件是否正常,检查中发现该板电源电压异常,且发现稳压源滤波电容(470 μ f/200V)外壳出现较明显的膨胀变形。估计电压异常与滤波电容容量减退有关。为判断分析正确与否,可采用升温法或替换法检查,因一时找不到电容替换,经给该电容局部升温后(由试验可知,电解电容器的容量在一定的范围内随温度上升而增加)机器能恢复正常。由此推断,该故障确系滤波电容容量减退所致。经更换后故障消除。

事实表明,在维修中对于那些状态变化的疑难故障现象,采用升温法,实际上就是人为地升高某些器件的局部温度,加速改变其参量,促使“病症”的发生,从而达到诊断故障的目的,这也是一种使用广泛且简便的维修方法。

【例 104】LJ - 10AM 系统 CRT 无显示故障处理

故障现象 :CRT 无显示

故障检查与分析 :LT-10AM 系统是辽宁精密仪器厂数控中心所开发的数控系统

根据 CRT 的工作原理,CRT 无显示一般有 3 种原因:①电源电路存在故障;②射频电

路存在故障 ③CRT 电路存在故障。

根据上述 3 种情况逐一进行检查。首先检查电源电路,用表测得在 CRT 工作时,电压只有 5V,而在空载时为 +12V。在 CRT 开机状态下检查电源电路发现三端稳压电源 AN7812 输入端电压正常,而输出端电压不正常,空载下再检查三端稳压管 AN7812 输出端又趋于正常。为此,判断为 AN7812 损坏。将其更换后,CRT 电源恢复了正常。

其次检查射频电路,将射频信号引入一台完好的 CRT 显示器(即临近的一台数控机床的显示器内)。通过替换,上述故障仍不能排除。这说明故障来自系统,为系统的复合视频信号不正常。

从 LJ-10AM 系统安装手册知:系统的复合视频信号来自系统模块 MTB 面板。于是我们将该模块取下检查其复合视频信号电路(用万用表进行在线粗测),检查到该电路中 C1X(437P)电容严重漏电。将其更换一新电容后,该显示器恢复了正常,这说明系统的射频电路已无故障。但 CRT 只有光栅,没有图像。这说明 CRT 电路仍有故障存在。根据 CRT 电路原理图 2-33 所示。用示波器检查 5 号线上的射频输入信号,首先将 5 号线断开,检查到 5 号线上有射频输入信号,这说明射频电路正常,而 CRT 同步分离电路存在短路故障。在检查同步分离电路的过程中,先将电容器 C9 断开 5 号线接上。用示波器检查 5 号线,该线上仍未有射频信号,这说明故障不在 C9 及其后续电路中,然后将电容 C9 接通,电阻 R1 断开,用示波器检查射频信号,在 C9、BG105、BG104 以及 6 号、9 号同步分离输出端均能观察到射频信号。于是判断是电阻 R1 以后的电路存在短路故障。

对这部分电路采用分割法,将对地部分电路逐一断开分别用示波器检查其射频信号。当将电阻 R2 断开后,在 R1、BG101、BG102、BG103 输出端均观察到了该射频信号。故判断是电阻 R2 对地短路。将其更换后,CRT 仍无图像显示,但在 8 号线端已能观察到射频信号。根据电路图继续用示波器跟踪寻找,在电容 C306 处发现信号消失(即在 R301 处,已无射频信号,而 W311 处该信号仍存在),从电路上分析应为电容 C306 开路,将其更换后,CRT 恢复正常工作,故障彻底排除。

【例 105】XK5040-1 型数控铣床 CRT 不显示故障修理。

故障现象 机床通电开机后,CRT 无显示。

检查与故障分析 该机床为北京第一机床厂生产的 XK5040-1 型数控立铣,其数控系统为 FANUC3T 系统。从数控系统结构看,CRT 显示电路除视放以外,均安装于机床按钮站的吊柜中。同时,CRT 显示电路与普通黑白电视机显示电路相差无几。根据维修手册,首先检查 CRT 高压电路、行输出电路、场输出电路以及 I/O 接口,以上部位均无异常现象。并且,整个数控机床除 CRT 不显示外,各种加工程序和动作均正常。

从以上检查情况分析,该故障可能发生在数控系统内部。使用仪器检查,发现 PC-I 模块上 CRT 视放电路无输出电压。故怀疑是 PC-I 模块内部故障。采用替换法用相同功能模块 PC-II 替换怀疑有故障的 PC-I 模块,故障排除,CRT 恢复显示。

【例 106】XK5040 型数控立式铣床电源单元故障修理。

故障现象 系统不能启动(或启动后瞬间便掉电),CRT 无任何显示,同时也无报警信

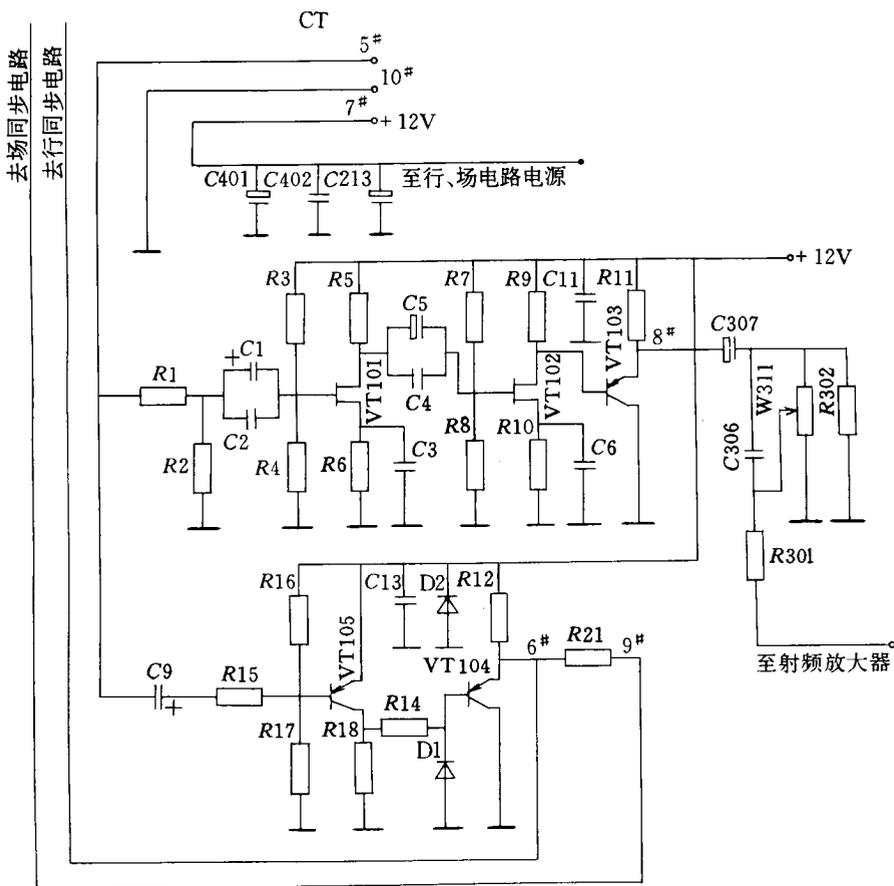


图 2-33 CRT 电路原理图(部分)

号。

故障检查与分析:该机系北京第一机床厂生产 CNC 系统采用 FANUC - BESK3M - A 从故障现象分析,这是一例电源故障。因系统无电源就不能启动,同时 CRT 以及 NC 也就无法报警、显示。打开机床数控柜检查,发现系统电源单元输出端 PB 无信号输出,致使交流接触器 MCC 不能吸合。从而,使机床侧强电电路无法自锁,造成上述故障。系统启、停电路见示意图 2-34。

查 FANUC - BESK 系统 3M - A 维修说明书知:PB 为电源单元输入保持信号。当系统内 ENABLE 信号为低电平时,则 PB 无信号输出。而 ENABLE 信号是一个 TTL 电平信号,它指示所有的直流输出被正常传送,当任何电路中有输出故障时,ENABLE 就为低电平。

在该系统电源单元中,有一电压监控电路。该电路总是监控输出电压和辅助电源电压,检测其故障。若上述电压出现故障,电压监控电路就切断 ENABLE 信号,并且切断电源。

现 ENABLE 信号为低电平,说明输出电压或辅助电源电压发生了故障。根据上述分

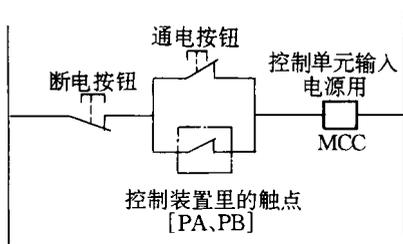


图 2-34 系统启、停电路示意图

析 我们检查了电源单元的全部输出直流电压和辅助电源电压。其结果如下： $+5\text{V}$ 、 -15V 和 $A15\text{V}$ 电压正常，而 $+24\text{V}$ 和 $+15\text{V}$ 电压异常，只有 5V 、 6V 左右，故判断为 $+24\text{V}$ 、 $+15\text{V}$ 电源电压的故障。

根据系统电源单元框图（如图 2-35），我们应用分割法，首先检查 T31 变压器 $+24\text{V}$ 绕组上是否有交流输出，以期从此处将该电源单元一分为二，把故障薄范围缩小，进而定点。在阻抗器 MA 与变压器 T31 端测得交流输出为正常值，而在 MA 与 DS22 之间测得为异常值，再检查阻抗器 MA 无异常。这样，我们就将故障分割到了 DS22、 $+24\text{V}$ 控制电路及其后续电路上。继续应用分割法，检测出 $+24\text{V}$ 基本正常，只是略有偏高从而把故障又进一步缩小到了 $+24\text{V}$ 控制电路中。对 $+24\text{V}$ 控制电路中的元件逐一进行在线检测，检查到一只 $330\mu\text{f}/25\text{V}$ 的电解电容器呈开路状态，其余元件均无异常。因此，判断故障源即为该电解电容器。

故障处理：用一只同型号的新电解电容器将其更换后， $+24\text{V}$ 、 $+15\text{V}$ 输出正常，系统恢复。从上例可以看出 FANUC—BESK 系统的故障维修并非困难，关键是要熟读系统的维修手册，并根据现场的情况，仔细地分析故障现象，熟练地运用电路理论知识和故障维修的方法就能迅速、准确的判断故障，并将其排除。

【例 107】故障现象如下：①台面（X 轴）在正常运行时，油泵突然关闭，使台面运行中断；②荧光屏上显示报警：1040 DAC LIMIT REACHED；③按出键（复位键）清除该故障后，再重新起动 X 轴，但 X 轴仍不运行。持续起动约十几秒后，液压泵又自动关闭，荧光屏上显示同样的报警信息。

在分析上述现象后发现，该故障的故障点范围相当大，用常规的查电路图法根本无法下手。因此，如何缩小故障点范围将是解决这一问题的关键。为此，我们经过一段时间的学习和摸索，提出了一条新的维修思路，即“接口信号法”（INTER—FACE SIGNAL）。

简单地说，“接口信号法”就是利用机床各控制部分的输入/输出（I/O）接口信号来分析和诊断故障的一种方法。我们知道，数控机床采用闭环控制方式，其控制链路中的每一环都代表一个控制部分，而它们之间又是通过输入/输出接口来互为控制的，因而，根据这一控制特点，我们可以从分析各控制部分 I/O 接口信号的逻辑状态入手，掌握各接口信号的传输环节，从而迅速排除非故障区域，以达到缩小故障点诊断范围的目的。

下面试以数控龙门铣的故障实例来进一步阐述“接口信号法”在 SINU—MERIK850 系

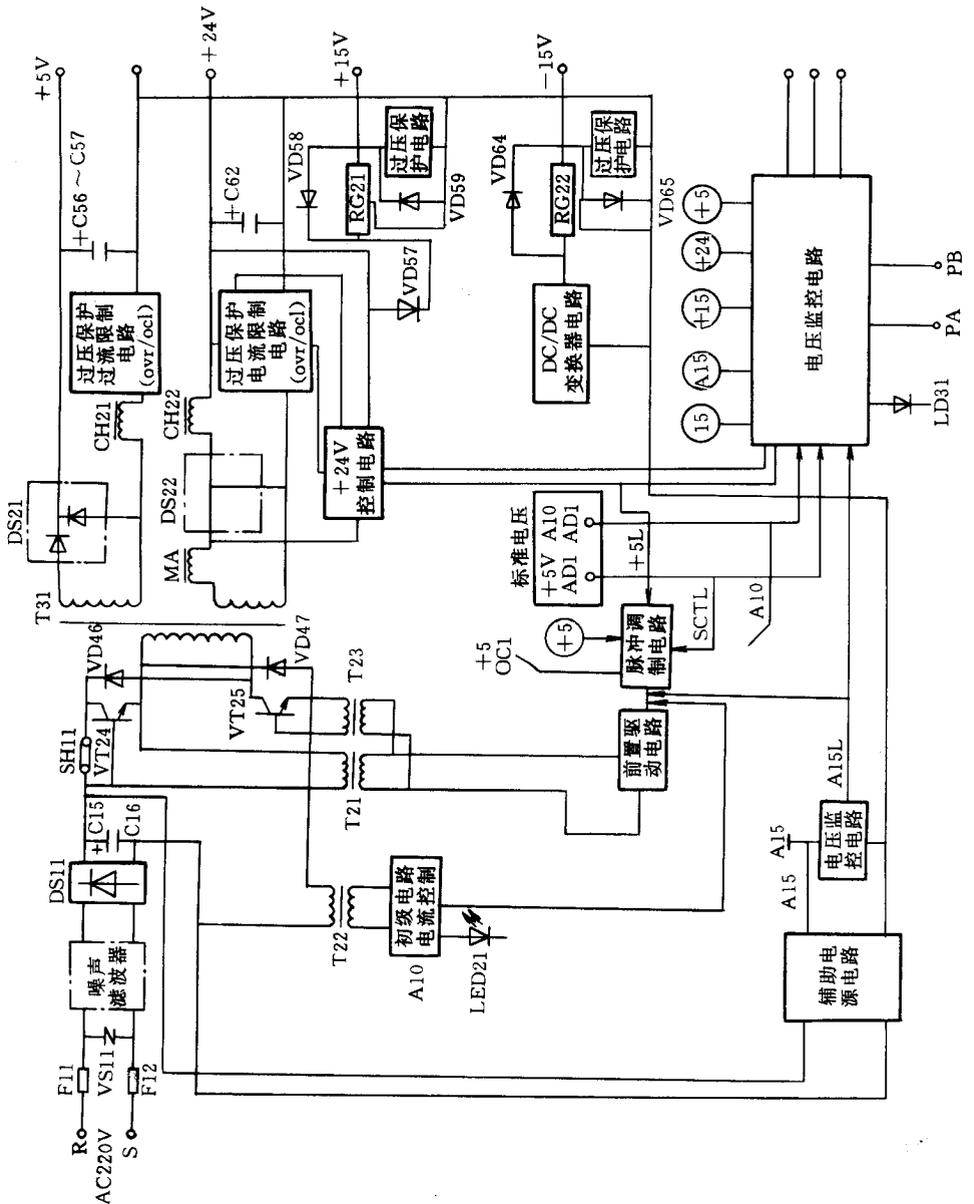


图 2-35 系统电源单元框图

统数控维修中的应用。

故障现象：同上述。

故障现象分析：我们首先来看荧光屏上显示的报警信号：1040 DAC LIM - ITREACHED，该报警信号的含义为：达到数—模转换极限。我们知道，NC 驱动调节器输出的最大模拟量为 10(V)，不得超过该极限值，否则将会出现 104 号报警：104* 号 DAC LIM-

IT REACHED (详见表 2-5 中说明)。

表 2-5

序号	坐标轴	报警号 104*	报警信息
0	X 轴	1040	DAC LIMIT REACHED
1	Y 轴	1041	(达到数—模转换极限)
2	Z 轴	1042	
3	W 轴	1043	
4	A 轴	1044	

由表 2-5 可知,1040 报警显示了 NC 驱动调节器输出的 X 轴调节模拟量超过了 10 (V) 极限值。根据 SIMENS 报警说明,可以确定在整个 NC 驱动调节回路中出现了断路,从而引起了 X 轴闭环控制的中断。

再从故障现象③着手分析。若要 X 轴正常运行,其控制回路必须是闭合的(如图 2-36):

图 2-36

由图 2-36 可知,X 轴中断运行和 K 轴起动而不能运行,这两种现象都说明了 X 轴闭环链的中断,即正是由于这种开环现象,使 X 轴未能接受到 NC 的运行指令或者 X 轴未能将测量信号反馈至 NC,从而引起 X 轴停运。

确定故障范围(大范围):由上述分析,都得出了一个同样的结论,即:该故障是由于闭环控制中断而引起的 X 轴停运。因此,可以确定该故障范围为:关于 X 轴的进给控制。

选择接口信号法 ①选择坐标轴专用数据块 DB32。选择存储有坐标轴专用接口数据的数据块 DB32;②选择控制链接口信号(SIGNALSTOAXIS)选择由控制部件发出至坐标轴的接口信号;③选择适用的接口数据:

a)选择“坐标轴禁止进给”的接口数据(表 2-6);

表 2-6

进给禁止位 (FEED IN - HIBIT BIT)	DLk + 3								DRk + 3							
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DWk + 3	n + 7	n + 6	n + 5	n + 4	n + 3	n + 2	n + 1	n + 0	n + 15	n + 14	n + 13	n + 12	n + 11	n + 10	n + 9	n + 8

b)选择“晶闸管伺服启动”的接口数据(表 18-7);

表 2-7

DWk + 1 *	DLk + I						DRk + I									
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
						伺服启动 (DERVOEN ABLE)										

c) 选择适用的接口数据。

表 2-8

序 号	坐标轴名	地址 K	报警单地址 n	用于该处理的 PLC - 机床参数	
				PLCI I	PLC II
1	X	0	8200	6016.0 = 0	6116.0 = 1
2	Y	4	8220	6016.1 = 0	6116.1 = 1
3	Z	8	8240	6016.2 = 0	6116.2 = 1
4	W	12	8260	6016.3 = 0	6116.3 = 1
5	A	16	8280	6016.4 = 0	6116.4 = 1

从表 2-8 中选择轴 X 的接口数据, 即 K = 0, n = 8200, 并代人表 2-9、10 中, 得表 2-11、表 2-12 所示:

表 2-9

进给禁止位 (FEED IN - HIB - IT BIT)	DL3								DR3							
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DW3	8207	8206	8205	8204	8203	8202	8201	8200	8215	8214	8213	8212	8211	8210	8209	8208

表 2-10

DWW1	DLI						DR1									
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
						伺服启动 (SERVOENABLE)										

查阅荧光屏中的有关菜单, 可显示“禁止进给报警单 n”, 如下图 2-37 所示。

由荧屏显示的报警单, 得到本机床 X 轴的接口数据(用“0”表示未使用位), 见表 2-11 和表 2-12。

8200	FEED INHIBIT		表示为	禁止进给	
	NO MOTION COMMAND	X	→8200	NC 无运行指令	X
8201	NO CONTROLLER ENABLE	X	→8201	PLC 控制器未启动	X
8202	BRAKE NOT OFF	X	→8202	刹车未释放	X
8204	NO "FEED ENABLE 2"	X	→8204	进给⊙键未启动	X

图 2-37

表 2-11

DW3	DL3							DR3								
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
				进给⊙ 键 未启动	0	刹车 未释放	PLC 控制器 未启动	NC 无 运行指令	0	0	0	0	0	0	0	0

未用位 占用位 12 未用位 占用位 10 占用位 9 占用位 8 未用位

占用位说明：

占用位 8：逻辑状态‘1’表示 NC 无运行指令 占用位 9：逻辑状态‘1’表示 PLC 控制器未启动
逻辑状态‘0’表示 NC 发出运行指令 逻辑状态‘0’表示 PLC 控制器启动

占用位 10：逻辑状态‘1’表示刹车未释放 占用位 12：逻辑状态‘1’表示进给⊙键启动
逻辑状态‘0’表示刹车释放 逻辑状态‘0’表示进给⊙键未启动

表 2-12

DW1	DL1						DR1									
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
		0	0	0	0	伺服启动 (SERVOEN ABLE)	0	0	0	0	0	0	C	C	0	0

未用位 占用位 未用位

占用位说明：

占用位 10 逻辑状态‘1’表示伺服启动
逻辑状态‘0’表示伺服未启动

接口信号的逻辑分析 ;①接口信号的标准状态分析 :当 X 轴启动时 ,接口信号状态变化流程如图 2-38。由图 2-38 分析知 ,X 轴静止和正常运行时 ,荧光屏标准接口数据显示如图 2-39。②接口信号的故障状态分析。当 X 轴处于故障停运时 ,荧光屏中可能的故障接口数据显示如图 2-40。

确定故障点(小范围)根据图 18 A0 荧光屏所示 ,可将 X 轴在故障停运时 ,可能出现

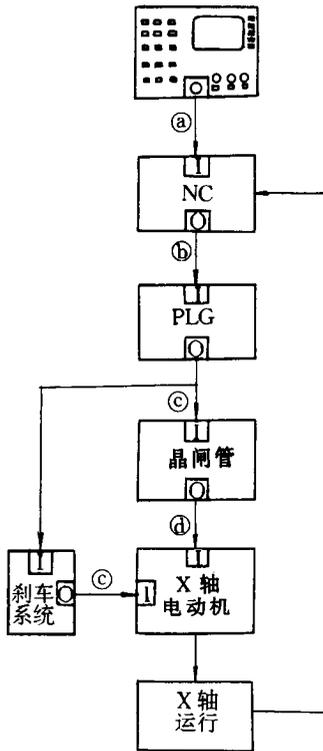


图 2-38 接口信号状态变化流程图

I—INPUT 输入接口,O—OUTPUT 输出接口,a—控制面

板上进给 ⊙键启动 相应的接口数据 DW3/Bit12 “0”→“1”表示 a过程实现 b—NC 向 PLC 发出运行指令 (NC 启动) 相应的接口数据 DW3/Bit8 “1”→“0”表示 b—过程 (NC→PLC) 实现 c—PLC 向晶闸管发指令 (PLC 启动) 相应的接口数据 DW3/Bit9 “1”→“0”表示 c过程 (PLC—晶闸管) 实现 d—晶闸管伺服启动 相应的接口数据 DW1/Bit10。“0”→“1”表示 d过程晶闸管伺服启动 实现 e—刹车系统释放 相应的接口数据 DW3/Bit10 “1”→“0”表示 e过程实现

的故障点列表 18-13。

排除故障:根据表 2-13 所示的 5 种可能故障点,我们开始进行故障测试。启动 X 轴,使故障再次产生。在保持该故障的瞬间,观察各接口信号状态的动态变化,结果发现 DW3/Bit8、Bit9、Bit10 依次由状态“1”跳变为“0”,且 DW3/Bit12 也由状态“0”跳变为“1”而 DW1/Bit10 仍维持为“0”状态,故可确定故障点是 d 情况:晶闸管伺服系统故障。检查后,发现晶闸管控制部分有输入信号,但无输出信号,判断系由输出接线端子松动引起。拧紧输出端子后,再启动机床 X 轴恢复正常运行,检查数据字 DW3/Bit8、Bit9、Bit10、Bit12 和 DW1/Bit10 都已变成相应的正常状态。

“接口信号法”是我们在 SINUMERIK850 系统数控维修中提出的一种维修方法,该方法找出了一条数控维修的新思路,即故障诊断基本流程图(见图 2-41)。

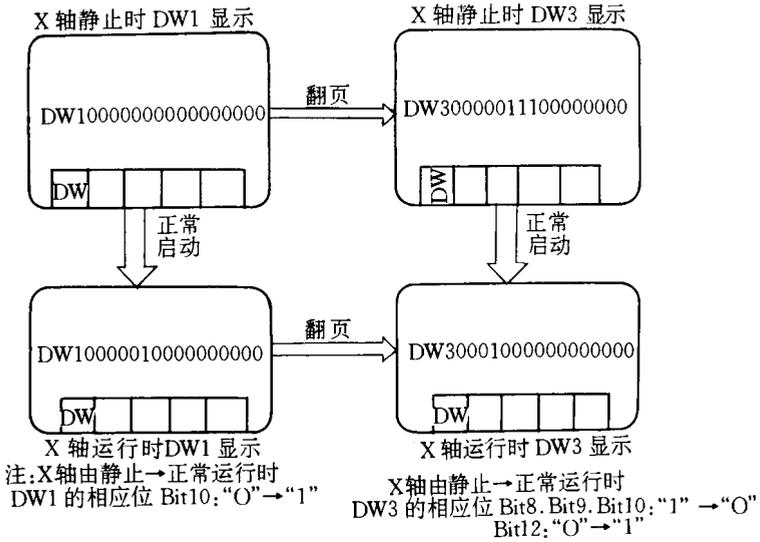


图 2-39 荧光屏标准接口数据显示图

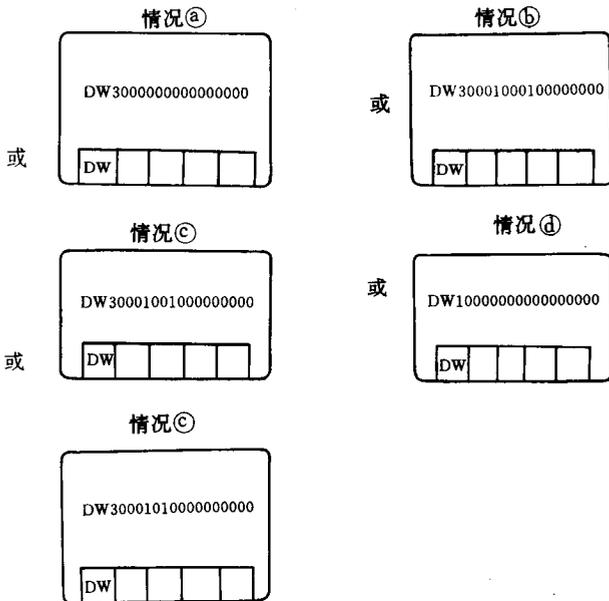


图 2-40

注 情况①、②、③、④、⑤是对应于图 18-38 所示相应过程的故障情况

表 2-13

数据字/位		故障位状态	可能的故障情况	故障点
DW3	Bit12	0	①	控制面板○键
	Bit8	1	②	NG→PLC
	Bit9	1	③	PLC—晶闸管
	Bit10	1	④	刹车系统
DW1	Bit10	0	⑤	晶闸管伺服系统

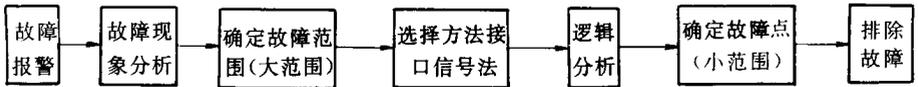


图 2-41

由此我们看到，“接口信号法”可以帮助我们较快地、并且准确地将故障搜索范围缩小到尽可能小的区域，从而大大缩短了排除故障的时间。同时，由于数控机床大多承担工厂产品的关键零件加工，因此，运用“接口信号法”来进行维修所带来的经济效益也是不可估量的。而且，这种方法也是符合机床的设计、调试原理、且简单易学。所以，“接口信号法”无疑是提高数控维修时效性和准确性的一条好途径。

第三章 加工中心维修实例

第一节 CNC 系统故障实例与诊断

【例 108】FANUC—BESK 7CM 系统 9999 号报警。

故障现象：系统“死机”9999 号报警。

故障检查与分析：查机床操作手册，JCS-018 立式加工中心的 9999 号报警是一种指示存储器的奇偶校验的专门报警。当该报警产生后，数控系统不能正常执行工作。数控系统停止了全部功能，也不能从手动数控输入/显示灯面板进行控制，即整个系统“死机”。

从机床技术资料知：对于 9999 号报警，一般可分为两种情况：第一种是 ROM 发生硬件故障。此时可从通用数据显示器上显示出错的 ROM 在印刷板上的安装位置编号。第二种是 ROM 内部参数出错。

第一种情况的处理：当系统发生 9999 号报警后，按下“数码增大键”NO+1，通用数据显示器就将顺次显示 C、N、R、T 诊断信息，左边第三位起显示地址参数和数据参数（如图 3-1）。

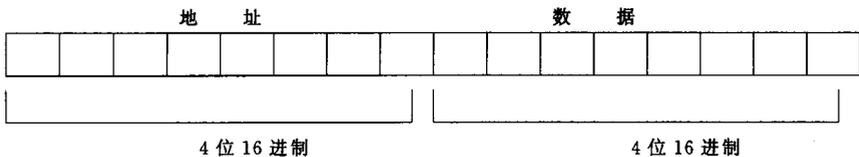


图 3-1

C 表示中央处理器和存储器印制电路板 01GN700 上的 C—MOS 存储器发生故障。

N 表示中央处理器和存储器印制电路板 01GN700 上 N—MOS 存储器发生故障。

R 表示中央处理器和存储器印制电路板 01GN700 或字符显示接口印制电路板 01GN820 上只读存储器发生故障。此时，通用数据显示器数据位的后三位数字，指示出有故障的只读存储器在印制电路板上的编号。

T 表示纸带存储器印制电路板 01GN715 的存储器发生故障。

对于 C、N、T 地址指示器而言，在通用数据显示器的地址部分，显示出来的 4 位 16 进制数，给出的是出错的存储器地址，而通用数据显示器的数据部分，显示出来的 4 位 16 进

制数指示出读入存储器的写入数据的结果。

在 7CM 系统中,诊断地址指示器时用三种写入数据:即 0000X、FFFFX 和 1234X 将上述写入数据与读出的结果进行比较。若写入数据和读出的结果一致时,故障出在奇偶位(第 P 位),若写入数据和读出结果不一致,不一致那位就是存储器出错的位。根据通用数据显示器显示出的地址和比较出来的出错的位,就可以从维修手册上找到有关的存储器。将其更换后,重新输入机床参数即可将故障排除。

当 9999 号报警发生后,按 NO+1 键,通用数据显示器上若并不是显示上述字符与数字,而是一些无规律的字符或数字。一般而言,当属第二种情况,应按如下方法处理:①当检查不是存储器硬件故障后,首先关机,然后在起动机床的同时,按 R、S 两键,即三键同时按下。这种操作为 7CM 系统的附加操作,在此操作下,将清除系统内存中 0-3FF 单元 CMOS 及 RAM 的全部数据和纸带缓冲器、纸带存储器内的全部数据。执行此操作后,系统“死机”状况将排除,而 9999 号报警也将消除,同时将产生 00 号系统报警,从 CRT 上可显示出“07 伺服未准备好”以及其它一些报警号。这是由于存储器被清零后,伺服驱动单元的接触器(MCC)未吸合的原故。②用纸带输入机将机床参数重新输入,此时,上述系统报警将消除。③将纸带存储器中的零件程序主程序 MP,子程序 SP 和校正程序 PC 按要求重新分配。④输入零件加工程序,重新设置参考点。

至此,机床就可恢复正常运行。

根据上述情况,在 9999 号报警发生后,我们察看通用数据显示器上显示信息,指示是 ROM 硬件 223 号芯片损坏,属第一种故障报警。但据我们的经验,该类故障另有一个主要原因是由于芯片经长期使用后产生氧化膜,从而导致接触不良,系统也认为是存储器硬件故障,产生 9999 号报警。

处理方法:根据通用数据显示器上的信息,在系统柜中找到该 ROM 芯片,将其取下用酒精或细砂纸清洗打磨干净,重新装上。此时,因 ROM 已经掉电,机床参数将出现错误报警,成为第二种故障,须按第二种故障的方法处理,才能使机床恢复正常。

【例 109】电池异常,显示 9999 号报警。

故障现象:机床开机,显示 9999 号报警。

故障检查与分析:JCS—013 卧式加工中心,采用 FANUC BESK 7CM 系统。9999 号报警为存储器奇偶报警,显然存储器中的参数等有丢失现象,查为电池坏,换过电池后对存储区进行全部清除操作,重新输入参数,发现有下列不正常情况:①手摇 Z 轴不动作;②手摇 Y 轴时,不正常高速动作。

因该故障是换电池后重新输入参数才发生的,因此,首先怀疑参数原因。重新核对参数表发现下面两参数值设定不正确。①TE4X 中 Z 设为零(原记录值为 8000);②TE13X 中 Y 设为 20000(原记录值为 2000)。

故障处理:修改成原记录值再试机床正常。

说明:①TE 4X 参数中设定值为各轴速度上限值,显然设为零时,轴不动;②TE13X 中设定伺服机构位置检测器 1 波长,设定的目的是保证机床位移与位置检测器的一个周期

相一致。调整该参数表明 :该参数值的变化不仅影响相应轴的移动速度 ,而且还影响该轴的实际移动距离。

【例 110】CRT 无显示排故一例。

故障现象 :NC 启动就断电 ,CRT 无显示。

故障检查与分析 :PC50 卧式加工中心 ,英国 CINDD ,JNGS&LEWS 公司制造 ,采用该公司自己研制的 CNC800 数控系统。

初步分析机床可能某处接地不良 ,经过对各个接地点的认真处理 ,故障依旧。之后我们检查了 CNC 各个板的电压、用示波器测量发现数字接口板(DIGIZING IN - TERFACE)上集成电路的工作电压在 NC 启动时有较强纹波 ,经查电源低频滤波电容正常。我们在电源二端并接一小容量滤波电容 ,启动机床正常 ,本故障属 CNC 系统电源设计抗干扰能力不强所致。

【例 111】FANUC11M 系统 PC 板更换方法 ,PC 板型号为 MICON - 16 II(简称 M16 II)。

PC 主板的更换方法

HC400 型卧式加工中心是日本日立精机株式会社制造的数控机床 ,它的数控部分采用 FANUC11M 系统 ,而 PC 部分则是由日立精机自行配置的。其型号为 MI - CON—16 II (简称 M16 II)。

当设备发生故障并通过自诊断系统检查 ,确认为 PC 主板不良时 ,则需更换主板加以解决。

为使设备原有参数不致丢失 ,更换 PC 主板时须有一台 DR - 1 型磁带计数器 ,并按一定的顺序操作。磁带计数器外型及各部分名称见图 3 - 2。

1) 假如机器正常 更换 M16I 主板的顺序 ①接通 NC(数控)电源 ②进行各个轴的回零操作(最后进行 B 轴的回零操作);③刀库设置为手动模式 ,1 号刀处于待机位置 ;④将磁带机插到控制箱内的电源插座上(电源电压为 AC 100V);⑤把磁带机的连接线接到主电路板 RS232C 的插孔上 ;⑥把磁带装入盒带仓 ,并转到能够记录的部分上 ,然后按红色记录按钮 ;⑦操作 PC 键盘 ,使之处于 CASSETTE(磁带机)模式 [由于 PC 屏幕当时所处的模式不同 ,操作方法也就不同 ,请参照树枝(TREE)图操作]⑧按 **F2** 钮(WRITE—写);⑨输入文件名称 **2685B02E** ;⑩按 **ENTER**(输入)按钮 ;⑪再按 **ENTER** 按钮 ,这时 ,磁带机便开始录制了 ,此时屏幕上应显示 PROGRAM WRITE START(程序写入开始) ;⑫结束之后显示 WRITE END(写入终了) ;⑬按下磁带机的 **RS** 键 ,一直到倒带停止为止 ;⑭按键盘的 **F3**(VERIFY 核对)按钮 ;⑮把 **2685B02E** 输入到文件名称(FILENAME)中去 ;⑯按 **ENTER**(输入按钮) ,再次按 **ENTER** 按钮 ;⑰这时开始 VERIFY(核对) ,在屏幕上显示出 PROGRAM VERIFYSTART(程序核对开始) ;⑱结束之后显示出 VERIFY END(核对结束) [当不能核对(VERIFY)时 ,要移动记录数字的磁带位置 ,得重新从第六项开始操作] ,按 **F6**(END—结束)按钮 ;⑲切断主断路器 ;⑳拆下 M16 II 主电路板 ;㉑从拆下的主电路板上卸下报警信息只读存储器(ROM) ;㉒把拆下的 ROM 装到待装主电路板的 K5 位置上 ;㉓将

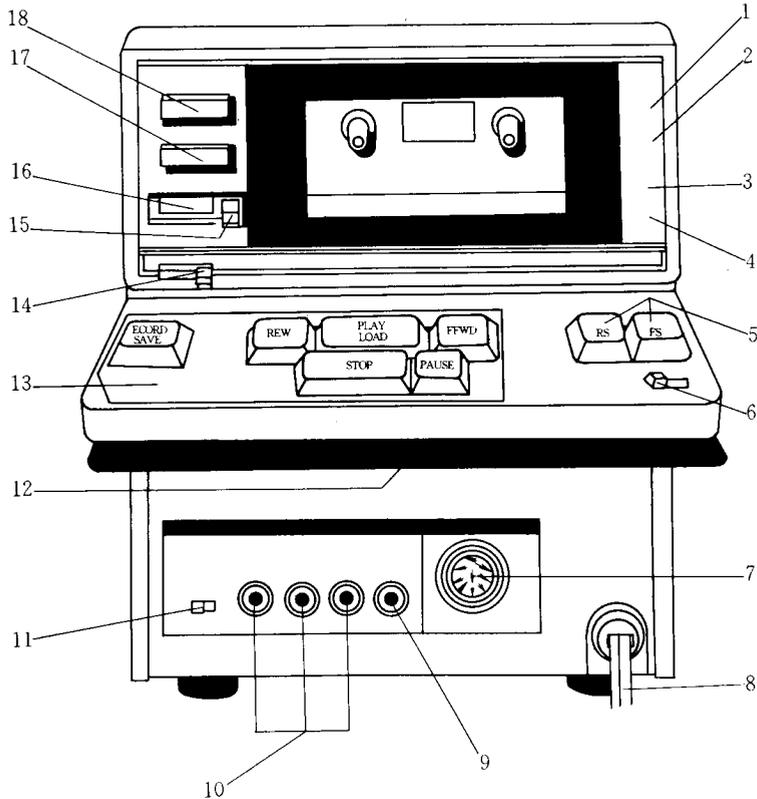


图 3-2 DR-1 磁带机外形图

1—电源指示器 2—存储指示器—执行专用计算机的指令时点亮 并根据信号而闪烁。灯亮或闪烁时请不要按磁带盒操作键 3—RS—232C 指示器 在 RS—232C 方式时点亮 4—CMT 指示器 在 CMT 方式时点亮 5—文件检索键 在找文件头部时按下去 6—相位开关 通常是放在“NORMAT”位置上,当出现加载误差时,试把它放在“SHIFT”位置观察 7—RS—232C 端子 加载时要连接附属的 RS232C 专用线 8—电源线(AC—100V) 9—辅助输出端子 在加载时可以用低的输出电平来取出和加载端子(OUT)相同的信号 10—CMT 端子[输入(红) 遥控(黑)输出(白)] 11—通道转换开关 加载时选择右或左面通道 12—监视器扬声器(底面) 13—磁带盒操作键 14—音量旋钮 监视器音量调节 15—磁带计数器复位按钮 16—磁带计数器 17—放出按钮 18—电源开关

新的主电路板装到控制箱内(须认真检查连接口的安装螺钉是否有松动等情况);②把 M16 II 主电路板上的写入启动开关接通(扳至 ON),然后接通 NC(数控)电源;③操作 PC 键盘使之成为 CASSETTE(磁带机)模式[参照树枝(TREE)图];④按下磁带机的 **[RS]** 键,进行找头的操作;⑤按 **[F1]**(LOAD 加载)按钮;⑥输入 **2685B02E** 文件名称;⑦按 **[ENTER]**(输入)按钮,再按 **[ENTER]**;⑧重放开始,在屏幕上显示出 PROGRAMLOAD START(程序加载开始);⑨结束之后,在屏幕上显示 LOAD END(加载终了);⑩按 **[F6]**(END—终了)按钮,把 WRITE ENABLE SWITCH(写入使能开关)扳到 OFF(断开)位置上;⑪切断 NC(数控)

电源。然后,用手同时按住主轴停止按钮和程序停止按钮,再接通 NC(断按期)电源;⑳如果这时有报警显示,就要按[F4](RESER—复位)按钮,然后依次按[R][S][ENTER]按钮;㉑按[F6](END—終了)按钮,变成[F2](DATA SET—数据设定)方式;㉒按[F3](AB PHASE)按钮,把 WRITE ENABLE SWITCH(写入使能开关)扳到开(ON)位置上,输入[A](SHF + F1),按[ENTER]通过以上操作步骤,将内存全部清除;㉓在环形计数器(RINGCOUNTER)上按照[3][6][0][ENTER]⇒[3][6][0][ENTER]⇒[1][ENTER]⇒[0][ENTER]的顺序按按钮;㉔按顺序按[⇒][5][0][ENTER]⇒[1][ENTER]⇒[3][ENTER]⇒[0][ENTER]按钮,设定数据;㉕按[F6](END—終了)按钮,把 WRITE ENABLE SWITCH(写入使能开关)断开(OFF);㉖操作完毕。

2) 当 M16 II 电路板(PC)不能工作 更换的方法。

①切断主断路程,拆下 M16 II 主电路板的连接器等,再拆下印制板电路板;②在拆下来的主电路板上卸下报警信息用的 ROM(位置 K5);③将 ROM 装到待装主电路板上;④把主电路板装到控制箱内(这时要充分注意连接口的螺钉等不能松动);⑤把 M6 II 主电路板的写入使能开关(WRITE ENABLE SWITCH)扳到 ON 上,然后接通 NC(数控)电源;⑥操作 PC 键盘,使之成为 CASSETTE(磁带机)方式[参照树枝(TREE)图];⑦连接 DR—1 型磁带机,并装上磁带,按[RS]或[FS]键,进行找头的工作;⑧按[F1](LOAD—加载)按钮,输入文件名[2][6][8][5][B][0][2][B];⑨按[ENTER]按钮,再次按[ENTER]按钮;⑩加载结束之后按[F6][END]按钮,把 WRITE ENABLE SWITCH(写入使能开关)断开(OFF);⑪切断 NC 电源,一边按主轴停止按钮和程序停止按钮,同时接通 NC 电源;⑫如果这时有报警信息显示,就要按[F4](RESET—复位)按钮,并按顺序按[R][S][ENTER]按钮;⑬按下[F6][ENT]按钮,变成[F2](DATA SET—数据设定)方式;⑭按[F3](AB PHASE)按钮,并把写入使能开关(WRITE ENABLE SWITCH)扳到 ON(接通)上;⑮在第一相(1 PHASE)的环形计数器(RING COUNTER)上按[3][6][0][ENTER]⇒,在现行计数器(CUORRENT COUNTER)上按[3][6][0][ENTER]按钮,按[⇒],然后在多路(MULTI)上按[1][ENTER]⇒,在状态(STATUS)上按[0][ENTER]按钮,再按[⇒];⑯在第二相(2 PHASE)的环形计数器上按[0][5][0][ENTER],按[⇒],在再现行计数器(CURT COUNTER)上按[1][ENTER],按[⇒][3][ENTER]⇒,[0][ENTER];⑰按[F4]TEBLB,按[SFT] + [↓], [SFT] + [↓],进行字母表(WORDTABL)的全部清除,按[A](SFT + F1),按[ENTER]按钮,按[⇒],按[1][5][ENTER](这是为了能在 9 上设定 15);⑱按[F6](END—終了),把写入使能开关(WRITE ENABLESWITCH)断开(OFF);⑲按运行准备开关,进行 X、Y、Z 轴的回零工作,然后进行 B 轴的回零工作(台面角度错位时请参照 23 项);⑳在主轴上带有刀具时,要用手拿下,然后变成 MDI 模式,输入 G30,G91,X0,Y0,Z0;㉑当等待位置上有刀具时,可设定 MDI 模式,执行 MO6 代码,把刀具调到主轴侧,再以手动方式将刀具拆下;㉒以手动操作模式,把刀库的位置调到 1;㉓在 19 项的 B 轴回零过程中,如有角度错位,应用 MDI 方式使 B 轴回到零位,再用千分表测量原位置,使它变成 0°;㉔作台回到 0°后,就可设

置成数据设定(DATA SET)模式[参照树枝图(TREE)]；⑲按[F3](ABPHASE—AB相)钮，把写入使能开关(WRITEENABLESWICHT)扳到接通(ON)位置；⑳在一相(1PHASE)的现行计数器(CURRENTCOUNTER)上设定“360”；㉑在二相的现行计数器上设定“1”；㉒按[F6](END)，把写入启动开关断开(OFF)；㉓把刀具用手装入刀柄中；㉔核实设备的各项功能，若无差错，则更换M16Ⅱ电路板的操作完毕。

【例112】重装RAM存贮器内存，解决立卧转换中断故障的方法。

故障现象：执行M53指令、立卧转换动作中断。出现报警E116“TOOLCHANGPOSZN-CORR.ATMAG.RUN(刀库运行时换刀位置不正确)。

故障检查与分析：MH800G镗铣加工中心，德国MAHO公司生产，菲力普公司CNC5000数据系统。正常情况是当CNC执行M53指令时，完成X、Y、Z回零到位、换刀机械手臂移出、夹手张开、立铣头摆动等，直到机床各动作的初始复位，立卧转换过程完毕。现由于故障而使动作不能连续完成。中途停止。原因认为有二点，一是反馈信号中断，二是RAM随机存取存储器程序丢失。测量反馈信号均正常后我们“重装了”RAM存储器。方法如下：逐项把RAM存贮器中的内容传出暂存在微机中，拆掉CNC存储器后备电池连线，更换电池，再接好电池连线，把程序重新装入存储器，则机床恢复立卧转换功能。

同时还用手动推压液压阀芯，用每一机械动作完成到位的方法检查了每一机械动作的分解过程，从而进一步证明问题不在机械故障方面。

【例113】FANUC-7系统NC电源无输出。

故障现象：TH6350卧式加工中心在工作中多次发生掉电故障，有时甚至无法启动。

故障检查与分析：经检查发现故障在NC柜电源单元上(如图3-3)。按电源启动按钮ON，交流接触器KM吸合后，并联在ON上的常开触点KA₁、KA₂闭合自保使整机启动供电。继电器KA₁…、KA₂吸合条件是：电源盘上的继电器RY31吸合，其并接在输出端子XP2、XP3上的常开触点闭合后才能使主接触器KM吸合自保，从图3-3中看出，开关电源进电端XQ1、XQ2是通过主接触器KM常开触点闭合后，接到交流220V电源上的。继电器RY31受电压状态监控器M32控制，当电源板上输出直流电压±15V、+5V及+24V均正常时，RY31继电器也吸合正常，一旦有任何一项电压不正常时，RY31继电器即释放，使主接触器失电释放。拆下电源板单板试验，在XQ1、XQ2及XQ、XP端子上直接接入220V交流电压在输出端测得+15V、A15s端子和-15V(X)均正常，而-X的V15V和Xv的+24V及Xs的+5V端电压均为0。从图3-3上往前检查。在电容器C32两端量得电压约为310V，说明供电电源部分正常；再用示波器检查M21提供的20KC触发脉冲，在触发器D27输入端及推动变压器T21一次CP3上均能测到波形，但开关管VT25、VT26不工作，若用一改锥触碰T21二次V₁端时，能够激励工作一段时间，可见故障原因是开关电路不工作。拆下VT25、VT26检查发现两只管子的hFE大小不一致(一只30，一只40)，由于在市场上未买到原型号2SC2245A管，故改用特性相似的2SC3306代替。因外形不一样故在安装时做了一些改动。至此故障排除，运行两年来电源板没再发生此类故障。

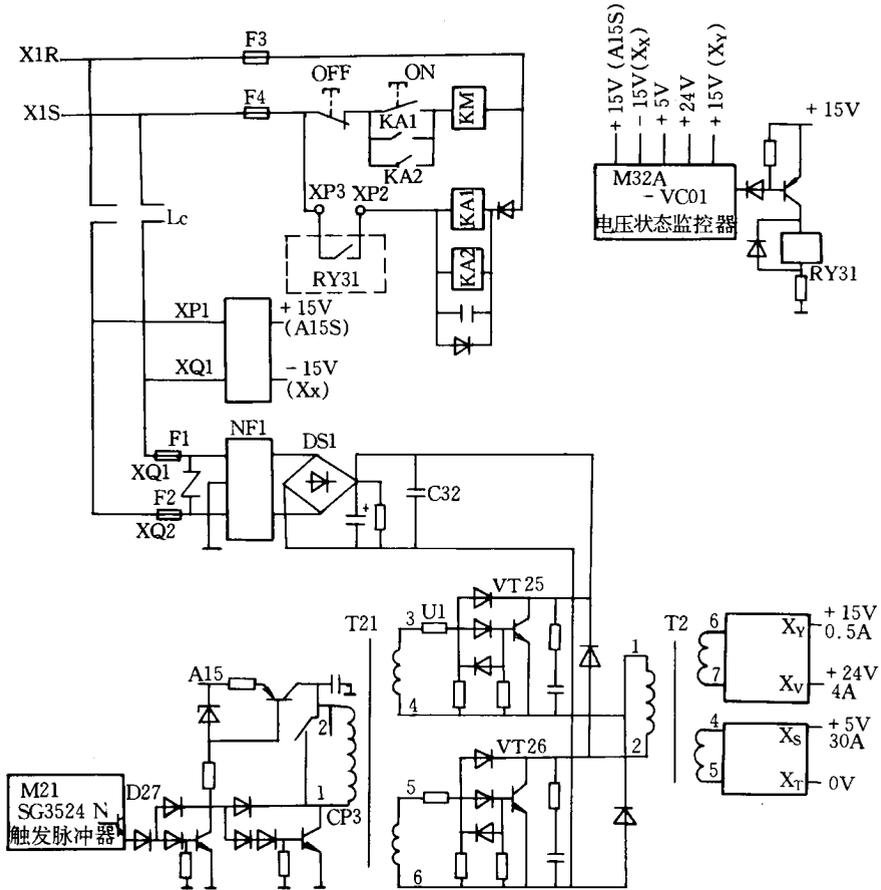


图 3-3 NC 电源原理图

【例 114】美国 A/B8400 系统 CNC 电源无输出。

故障现象 机床送电，CRT 无显示，查 NC 电源 +24V、+15V、-15V、+5V 均无输出。

故障检查与分析：XH754 加工中心，系青海一机床制造。由于没有图样资料，只能接电路板上的元件、印制线路，边测量、边绘制原理图的方法逐步从电源的输入端开始查，当查到保险后的电噪声滤波器时发现性能不良，后面的整流、振荡电路均正常，拆开噪声滤波器外壳发现里面烧焦，我们测量了数据重新复制一个，装上后使用正常。故障排除。

如用户遇到无法修复的电源时，可采用市面出售的开关电源，电压等级、容量一定要符合要求的情况下将 -5V 的电源引到 CNC 就能保证运行。

第二节 伺服系统故障实例与诊断

【例 115】VQC15/40 加工中心 X 轴不执行回参考点动作的原因及排除。

故障现象 :当机床通电后,各轴需首先都回到参考点处机床才以正常工作。所有各轴均能回到参考点,只有 X 轴不执行回参考点动作。

故障检查与分析 :该机床采用日本 MAZATROL CAM-2 系统。若排除 X 轴伺服驱动模块的自身原因外,根据梯形图的分析,很多情况与回零相关的其它一些因素有关。应重点检查如下各项内容:

①因为 X 轴的回参考点动作和活动工作台有关,因此我们首先要检查活动工作台操作盘上的各指示灯状态是否正确,各转换开关的位置是否正确,各转换开关及各指示灯座处是否有断线及接触不良等情况;②检查活动工作台的夹紧、松开动作是否正常,若不正常,请检查有关检测夹紧到位的接近开关 PRS-98(L/O 接口信号检查中的 H02-6),松开到位的接近开关 PRS-99(H02-7),以及夹紧用电磁阀 SOL-22A,松开用电磁阀 SOL-22B 的工作状况是否正常;③正常情况应该是活动工作台装入到位时,接近开关 PRS-83(H02-2)上的发光二极管亮,当活动工作台卸出到位时,接近开关 PRS-84(H02-3)上的发光二极管亮,若不正常,请调整有关的接近开关,直到正常为止。若活动工作台仍无动作,则需进一步检查装入用电磁阀 SOL-82A(H41-5)及卸出用电磁阀 SOL-82B(H41-6);④X 轴运行超过限位也是 X 轴不执行回参考点动作的多发原因之一。

【例 116】回零定位不准确的故障维修。

故障现象 :有两台加工中心,一台是 JCS-013 加工中心 Y 轴回零时定位不准,每次误差为 2mm;另一台是 JCS-018 加工中心 X 轴回零定位不准,无固定数值,且数值不大,常为 0.01~0.05mm。

故障检查与分析 :根据现象分析,判定 JCS-013 机床为 Y 轴电动机旋转变压器齿轮松动;JCS-018 机床为 X 轴撞块(或开关)松动。

见图 3-4 机床回零时,以快速进给速度 FH 快速正向进给,当开关撞到撞块时,发出减速信号 B·DECY,NC 控制机床自动减速,以 FL 速度趋近机床零点,当机床脱离撞块时,B·DECY 信号变为 1,控制机床停在所检测到的旋转变压器的第一个波距零点上(既机床零点),至此,发出零点到位信号,完成机床自动回零工作。

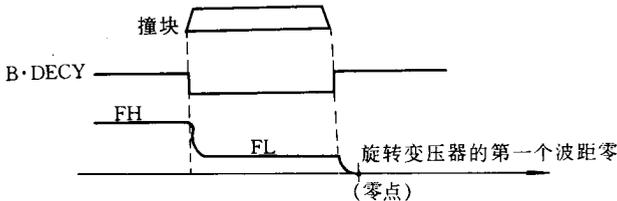


图 3-4 机床回零有关信号示意图

在图 3-5 中,机床(此两种机床所用 CNC 系统及伺服电动机及反馈装置,丝杠螺距均相同)的丝杠螺距是 10mm,旋转变压器的齿轮比是 1:5,既旋转变压器相差一个波距(每转发出 1 个脉冲)机床相差 2mm。由于 013 机床回零时,误差恰好为 2mm,显然是由于齿轮松动所造成,而 018 机床每次回零误差为 0.01~0.05mm,可见是由于撞块或开关

松动所造成。

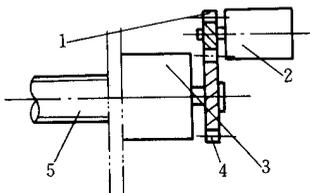


图 3-5 轴进给机械传动示意图

1—小齿轮 2—旋转变压器(齿轮比为 1:5) 3—测速发电机 4—大齿轮 5—丝杠(螺距 10mm)

【例 117】测速发电机接正反馈,飞车。

故障现象 机床(NC)送电 X 轴电动机即工作,造成冲击震荡。

故障检查与分析 因 X 轴电动机刚修过,考虑以前有过类似的维修经验,调换测速发电机二输出线、送电再试、正常。

结论 接线错误造成正反馈。

【例 118】测速发电机异常,轴进给时振动。

故障现象 X 轴在静止时不振动,在运动中出现较强振动,伴有振动噪声。另一特点是振动频率与运动速度有关,运动速度快振动频率高,运动速度慢则振动频率低。

故障检查与分析 MC1210 卧式加工中心,日本牧野公司制造,FANUC-6ME 系统。

由于振动和位移速度直接相关,所以故障与反馈环节或执行环节有关,可能来自如下 3 个方面:①测速发电机;②脉冲编码器;③直流伺服电动机。

首先检查 X 轴伺服电动机,发现换向器表面面积有较多的碳粉,我们使用干燥后的压缩空气进行清理,故障并未消除。其次检查了同轴安装的测速发电机,其换向器表面也有很多碳粉,清理后故障依旧。第三步,用数字万用表欧姆档测量测速发电机相对换向片之间的电阻值,发现有一对极片间的电阻值比其它各对极片间的电阻值大很多,说明测速发电机绕组内部有缺陷。

故障处理 从 FANUC 购买了一个新的测速发电机转子,换上后恢复正常。

【例 119】测速发电机连接松动,轴进给时速度不稳。

故障现象 该机 X 坐标轴在运动时速度不稳,当停止的指令发出后,在由运动到停止的过程中,在指令停止位置左右出现较大幅度的振荡位移。有时振动几次后可稳定下来,有时干脆就停不下来,必须关机才行。振荡频率较低,没有异常声音出现。

故障检查与分析 TH5632-4 立式加工中心,大河机床厂制造,FANUC 6ME 系统。从现象上看故障当属伺服环路的增益过高所致,结合振荡频率很低、X 轴拖板可见明显的振荡位移来分析,问题极有可能出在时间常数较大的位置环或速度环增益方面。首先检查位置环增益设置正常,其次人为将 X 轴伺服放大器上的速度环增益电位器调至最低位置。故障依然存在,而且没有丝毫改善。既然伺服环路的增益没有问题,故障就可能来自伺服执行部件及反馈元件上。拆开伺服电动机,对测速发电机和电动机换向器用压缩空

气进行清理 故障没有消除。再用数字表准备检查测速发电机绕组情况时,发现测速发电机转子部件与电动机轴之间的连接松动(测速机转子铁心与伺服电动机轴之间的连接是用胶粘接在一起的)。由于制造上存在缺陷,在频繁的正反向运动和加、减速冲击下,粘接部分脱开,使测速发电机转子和电动机转动轴之间出现相对运动,这就是导致 X 轴故障的根源。

故障处理:认真清洁粘接表面后,用 101 组胶重新粘接,故障消除。

【例 120】I/O 继电器异常、X 轴假超程。

故障现象:X 轴超程。

故障分析:XH754 卧式加工中心,美国 A. B8400 系统青海第一机床厂制造。

按一般故障处理方法只要将 X 轴用手轮向超程的反方向摇回超程点,故障就能解除。但这次不同,它是 I/O 地址故障造成的超程。正常时 X 轴正向 R049,负向 R050,均应是高电平信号。当 R049 继电器该点有故障时 R049 就变成低电平信号,CNC 就认为它超程。排除故障的方法是用地址空余的继电器换一下就解决了。

【例 121】电网电压异常,烧主回路保险。

故障现象:X 轴主回路烧保险,且伴有机床突然掉电现象。

故障检查与分析:ECOCUT1.6 卧式加工中心,德国制造西门子 8MC 数控系统。

机床的进给是采用直流伺服电动机,检查电动机和晶闸管驱动装置,未发现任何元件损坏和短路现象。检查机械部分正常。更换保险后运行正常。分析烧保险和突然掉电的原因,有可能与供电质量有关。由于供电方式原因。有时电压随着大型设备的启动等原因,造成电压下降超出了允许的范围,使正在进给的伺服单元,工作在负荷较大的时候,突然电流上升,烧坏了主回路速熔保险。

突然掉电是系统在电源超出供电范围时的一种保护措施,使 CNC 停止工作。改变供电方式提高供电质量,是解决问题的根本方法;

【例 122】X 轴反馈信号断线故障。

故障现象:当 X 轴运动到某一点时,液压自动释放,且出现报警:Y 轴测量环故障。此故障给人的第一感觉是不可理解的。X 轴运动为何 Y 轴报警?且 X 轴每次都运动到一个固定点附近出现此故障,个别情况 X 轴可通过此点。断电再通电也正常,但来回运动 X 轴几次后均出现此故障。

故障检查与分析:该机床为 ECOCUT1.6 卧式加工中心,西门子 8MC 数控系统,德国制造。①此故障是第一次出现,因此考虑是否系统有误,可能是 X 轴测量环故障。当拔下 X 轴测量反馈回路的信号电缆时,屏幕出现 X 轴测量环故障,因此排除了系统有误的可能;②该故障为 X 轴运动到某一点时出现,检查此点位置及附近位置对 Y 轴测量装置均无影响,其它外部信号一切正常;③检查 Y 轴电缆插头,读数头固定情况和光栅尺状况,未发现异常现象;④因该设备属大型加工中心,电缆较多,配电柜与机床之间的电缆长度大约在 15m 左右,所有电缆固定在电缆架上,随机床来回移动,机床移动的不同位置,电缆弯曲的部位不同。根据上述分析,电缆断线的可能性最大;⑤在 X 轴运动则出现故障点位

置时,测量 Y 轴反馈测量信号线的通断情况。结果发现其中一根信号线开路。

故障处理:因电缆很长,更换工作量大,查电气线路图发现电缆内有备用线,用其替代断线后,机床恢复正常。

【例 123】X 轴驱动模块损坏的故障分析。

故障现象:414 号报警、同时伺服单元报警显示“9”。

故障检查与分析:该机床为北京机床研究所生产的 KT400V 加工中心,采用 FANUC - OM 数控系统。

从 CRT 上显示的信息和伺服驱动单元的警示,可以看出该故障应为伺服驱动单元的故障。查阅机床技术资料知:414 号报警的内容为“X 轴的数字伺服系统有错误,当错误的细节被输出给 DGNOSNO 720 时,数字伺服系统报警。”根据报警显示内容,用机床自诊断功能 DGN 检查 NO 720 上的错误细节,发现第 4 位为“1”,即第 4 位发生了报警。查阅有关技术资料得到如下信息:

DGNNO 720 ~ 723 伺服系统警示内容

7	6	5	4	3	2	1	0
OVL	LV	OVC	HCAL	HVAL	DCAL	FBAL	OFAL

其中:NO720:X 轴;NO721:Y 轴;NO722:Z 轴;NO723:第 4 轴。

0 OFAL 溢出警示信号发生;

1 FBAL 断线警示信号发生;

2 DCAL 再生放电电路警示信号发生;

3 HVAL 过电压警示信号发生;

4 HCAL 异常电流警示信号发生;

5 OVC 过电流警示信号发生;

6 LV 电压不足警示信号发生;

7 OVL 过载警示信号发生;

从上述资料可以看出:DGNOSNO 720 第 4 位报警为异常电流警示信号发生。其 HCAL 报警的故障原因为:①X 轴伺服驱动电动机电源线接错;②伺服驱动单元晶体管模块损坏;③X 轴伺服驱动电动机线圈内部短路;④伺服驱动单元板 PCB 损坏。

对于原因①因从未有人任意动过 X 轴伺服驱动电动机电源线,故不可能存在。对于原因③,检查 X 轴伺服驱动电动机线圈内部无短路,也可排除。对于原因②,检查伺服驱动单元晶体管模块,用万用表测得电源输入端阻抗只有 6Ω,远低于正常值 10Ω。因而可判定为伺服驱动单元晶体管模块损坏。检查 U、V、W 三相,确认为 U 相短路。

故障原因:因工厂电源电压不稳定,而该机床又没有配备稳压电源,致使伺服驱动单元晶体管模块损坏,造成异常电流报警,DGNLOSNO 720 第 4 位输出报警信息细节,从而产生 414 号报警。

故障处理:更换一晶体管模块后,故障排除。

【例 124】随机性出现“速度准备好信号断开”故障 报警号为 SV013。

故障检查与分析 :台湾高明精机生产的型号 KMC—300SD 龙门式加工中心配有日本 FANUC 公司的 15MA 数控系统。3 个坐标轴的驱动受 FANUC 的交流伺服系统。FANUC 数控系统与伺服单元之间的应答关系如图 3-6。

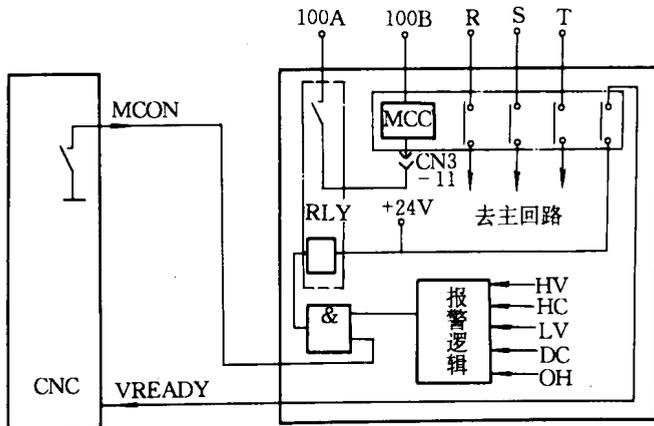


图 3-6 CNC 与伺服应答关系图

故障现象 :正常加工过程中 ,CRT 画面上突然出现 SVO13 报警 ,具体内容如下 :

Y AXIS IMPROPER V-READY OFF

观察伺服单元 ,发现 Y 轴伺服板上的 VRDY 发光二极管熄灭 ,也说是说 Y 轴伺服单元上的“速度准备好”信号断开。该故障随机出现 ,频度逐渐增高。

故障检查与分析 :FANUC 数控系统与伺服单元之间的应答关系如图 3-6。CNC 上电并启动完成后 ,首先发出位置环准备好信号 MCON 到伺服单元 ,伺服单元收到该信号后使其自身的接触器 MCC 吸合 ,主触点给伺服单元主回路加电。如伺服单元工作正常(指没有过流、过压、过热、测速反馈断开等故障) ,MCC 就保持吸合 ,其上的一个辅助触点闭合送回 CNC。对伺服单元而言 ,这就是“伺服单元准备好”信号 VRDY ;对 CNC 而言是“速度环准备好”信号 V-READY。CNC 收到这个回答信号后 ,整个系统的准备过程完成 ,进入可操作状态。

上述故障的实质就是指 MCC 的辅助触点出了意外断开 ,原因可能产生于 :①伺服单元自身故障 ②伺服电动机或驱动模块故障导致主回路过电流报警使 MCC 脱开 ;③CNC 与伺服单元之间的连接不良。

仔细观察 Y 轴伺服控制板 ,除 VRDY 发光二极管熄灭 ,没有其它的报警 LED 点亮。可排除原因②。在检查完 CNC 和伺服板之间的连接电缆没有发现问题后 ,我们交换了 Y 轴和 Z 轴伺服放大器最上层的控制板 ,故障依旧。接着又交换了下层的主回路板 ,该线路板上含有 MCC 接触器 ,交换后故障从 Y 轴移至 Z 轴 ,说明故障在此板。

故障处理 :该板上 MCC 接触器的线圈直接通过插接式连接器的一个脚 CN3-11 与上层控制板相连(如图 3-6)。我们直接通过 100B 和 CN3-11 这两个脚给线圈加 110V 交

流控制电压,过一段时间后就发现 MCC 有失电现象,说明线包有缺陷。重新绕制线圈后机床恢复正常。

【例 125】Y 轴速度异常,05 号、07 号和 37 号报警的处理。

故障现象:Y 轴速度异常,05 号、07 号和 37 号报警。

故障检查与分析:JCS-018 立式加工中心北京机床所制造。

查 FANUC-BESK 7M 系统维修手册,05 号系紧急停车信号接通,07 号系速度控制单元报警,37 号系 Y 轴位置控制偏移过大。从维修手册中看,05 号报警是由紧急停车造成,排除其报警并不困难,对于 07 号报警,维修手册指出:任意一轴的速度控制单元处于报警条件,或电动机电源线的接触器断路,产生该报警。可考虑下列原因:①电动机过载;②速度控制的电源变压器过热;③速度控制电源变压器的电源熔丝断;④在控制部分电源输入端子上,接线座 X1 的 EMGIN1 和 EMGIN2 之间的触点开路;⑤在控制部分电源输入支架上,交流 100V 熔丝(F5)断;⑥连接速度控制单元与控制部分之间的信号电缆断开或从触头中脱落;⑦由于某种原因其它伺服机构报警,电动机电源线上的接触器(MCC)断开。

我们经过对以上 7 项的分析,认为 07 号报警与 05 号报警均是由于 Y 轴速度异常之后,我们采用紧急停车手段所引起。因此,把检查的重点放在 37 号报警上。

从维修手册上看,37 号报警有两条原因:①伺服电动机电源线断线;②位置检测器和伺服电动机之间的连线松动。

分析原因①,伺服电动机有转速,说明电源线未断。与此同时,我们又将位置控制环内的偏移补偿量调到 CRT 显示器上,与正常值进行比较,也无异常。从而排除了 Y 轴位置偏移量过大的问题。对于②,我们根据“先外后内”的维修原则,用分段判定法对 NC 系统的 01GN710 位置控制器进行了详细的检查,具体步骤如下:①根据 X、Y、Z 3 个伺服驱动系统的结构和参数完全一致的特点,将 Y、Z 两个伺服驱动系统的 NC 中位置控制器的连线 X(Z 轴)和 X(Y 轴)以及测速反馈线 X(Z 轴)与 X(Y 轴)对调,即在机床控制中,用 Y 轴信号控制 Z 轴,用 Z 轴信号控制 Y 轴,以检查 NC 系统的好坏。调换后故障依然存在,说明 NC 系统无故障;②将标准电柜中 Y、Z 伺服驱动系统进行对调,即用 Z 轴控制信号去驱动 Y 轴,故障同样存在,又排除了伺服驱动系统的问题,将故障范围缩小到 Y 轴直流伺服电动机中。

拆开直流伺服电动机,发现测速发电机与伺服电动机之间的连接齿轮松动。由于在自动控制系统中测速发电机是一种产生加速或减速信号和对旋转机械作恒速控制的元件。故它与伺服电动机之间的连接松动便造成对恒速控制不准,甚至对 CNC 产生加速信号,从而造成 Y 轴速度异常。

故障处理:将其连接齿轮紧固,故障排除。

【例 126】Y 轴滚珠丝杠窜动故障的排除。

故障现象:启动液压后,手动运行 Y 轴时,液压自动中断,CRT 显示报警:驱动失败。其它各轴正常。

故障检查与分析:T30 加工中心采用美国辛辛那提·米拉克隆公司的 A950MC 控制系

统。此故障涉及电气、机械、液压等部分。任一环节有问题均可导致驱动失败,故障检查的顺序大致如下:



①检查驱动装置外部接线及内部元件的状态良好,电动机与测量系统正常;②拆下 Y 轴液压抱闸后情况同前,将电动机与丝杠间的同步传动带脱离,手摇 Y 轴丝杠很吃力;③检查 Y 轴液压平衡缸、调节阀等,一切正常。滚珠丝杠上轴承座也正常;④脱开 Y 轴螺母,手摇丝杠仍很紧;⑤拆开滚珠丝杠下轴承座后发现,轴向推力轴承的紧固螺母与闸瓦抱住,致使手摇丝杠吃力。正常状态下,左右转动丝杠力应大致均衡,且较省力。

由于紧固螺母松动,导致滚珠丝杠上下窜动,造成伺服电动机转动带动丝杠空转约一圈。在数控系统中,当 NC 指令发出后,测量系统应有反馈信号,若间隙的距离超出了数控系统所规定的范围,即电动机空走若干个脉冲后光栅尺无任何反馈信号,则数控系统必报警,导致驱动失败,机床不能运行。

故障处理:拧好紧固螺母,滚珠丝杠不再窜动,则故障排除。

【例 127】Y 轴伺服一进入准备状态就出现过电流报警(报警号 SV003)故障的处理。

故障现象:CNC 上电起动完成后,伺服系统一进入准备状态,立即出现 SV003 报警,内容如下:

```

YAXIS
EXCESS
CURRENT
IN
SERVO
  
```

打开控制电柜门,观察 X、Y、Z3 个伺服放大器的状态,发现 Y 轴伺服单元的控制板上的过电流报警灯 HC(红色)点亮。意思是 Y 轴伺服放大器的 DC(直流)回路出现过电流。

故障检查与分析:KMC—300SD 龙门式加工中心,配用日本 FANUC15MA 数控系统。3 个坐标轴的驱动是 FANUC 交流伺服系统,采用 SPWM 技术的交流伺服系统主回路结构见图 3-7。

左边一组三相整流桥 DS 将 R、S、T 三相电源整流成直流电,经电容 C 滤波后给逆变桥 TM 提供逆变电源,这部分就是 DC 回路。R1 电阻是直流回路的电流采样电阻, R_u 、 R_v 、 R_w 是交流回路采样电阻。

该故障比较明显,一定在 Y 轴驱动器本身或伺服电动机上。我们首先在伺服电动机端子上拆除 U、V、W 三根线。重新起动系统,故障依然出现,说明问题不在伺服电动机上,为进一步缩小故障范围,在恢复 Y 轴伺服电动机接线后,又交换了 Y 轴和 Z 轴的伺服控制板,HC 报警随之移到 Z 轴,至此故障定位到 Y 轴控制板上。

参看图 3-7 故障可能出现在如下几个环节:①线路板上与“直流回路电流采样电阻

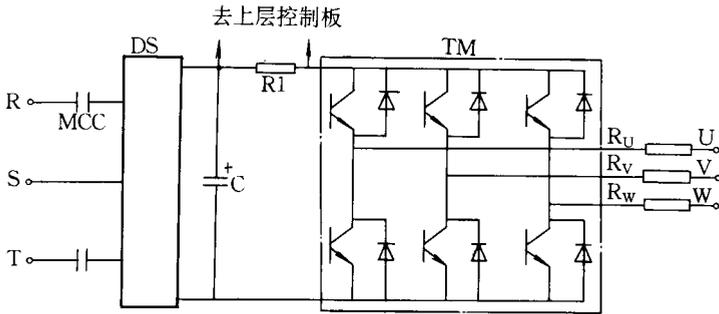


图 3-7 交流伺服主回路结构图

R1 相关”的电流检测、反馈部分损坏；②逆变桥大功率晶体管 GTR 的驱动回路损坏。上述两点的确认，使线路板的检修范围大大缩小从而提高检修效率。

我们使用 BW4040 在线测试仪的 VI 曲线分析功能，同时进行 Y 轴故障板和 Z 轴好板的相关节点比较，很快找到了故障原因。有两个驱动 GTR 的厚膜集成电路（型号 DV47HA6640）损坏。从图 3-7 可以看出，它使同一列中的两个 GTR 同时导通，造成直流回路短路。因而在 MCC 吸合给主回路加电时，在 DC 回路中产生过电流，伺服控制板检测到报警后，自身的报警逻辑即自动切断 MCC。

故障处理：更换两个损坏的厚膜集成电路 DV47HA6640 后，故障排除。

【例 128】CNC 启动完成，Y 轴就快速运动到极限位置。

故障现象：CNC 启动完成，伺服一进入准备状态，Y 轴即快速向负方向运动，直到撞上极限开关，快速移动过程伴有较强烈的振动。

故障检查与分析：从日本 MAZAK 公司引进的立式加工中心，型号 VQC20/50B，配备 MAZAK 自己研制开发的 MAZATROL M—2 数控系统。坐标驱动采用 PWM—D 技术的直流伺服系统，使用 SONY 磁尺（也可用旋转变压器）构成全闭环（或半闭环）系统。

这种故障有很大的破坏性，不允许做更进一步的观察试验。操作者为安全起见，没有压急停，而是迅速切断了整机电源。因而无法得知 CNC 是否提供了报警信息。从没给运动指令 Y 轴即产生运动来看，问题可能出在：①CNC 故障。上电后 CNC 送出了不正常的速度指令。②伺服放大器故障。从伴有较强烈的振动来看，伺服单元出问题的可能性最大。用新的备件驱动器直接替换了 Y 轴伺服驱动器。启动 CNC 系统，Y 轴恢复正常，说明判断是正确的。

为了进一步缩小检查的范围，我们将 Y 轴移至正方向靠近极限的位置，将已确定损坏的伺服放大器上的控制板换到新的伺服驱动器上。给 CNC 加电后，故障再次出现，问题被定位在控制板上。下面就伺服单元控制板作进一步的分析。1 涉及的原理 这个伺服放大器采用脉宽调制—直流电动机调速系统（PWM—D）。图 3-8 是主回路示意图，由 4 个 GTR 构成桥式可逆电路；4 个二极管除对 GTR 实行反压保护外，还用来形成再生制动通路，以满足电动机的四象限运行。

当 VT1 和 VT2 导通时，电枢加正向电压，实现正转，改变控制脉冲的宽度就可以改变

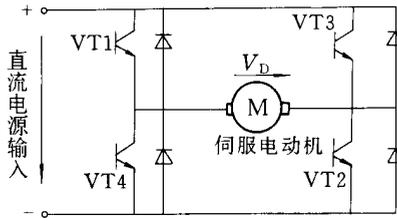


图 3-8 PWM—D 调速系统主回路

转速。VT3、VT4 导通时,电枢加反压,电动机反转。需注意一点,伺服系统工作时,包括电动机在静止状态 4 个 GTR 上同时都加有驱动脉冲(如图 3-9)。当 VT1、VT2 导通时间大于 VT3、VT4 导通时间,即占空比 $> 50\%$ 时,电枢两端平均电压为正,电动机正转。反之亦然。而当两组 GTR 导通时间各占 50% 时,电动机两端平均电压为零,电动机静止。

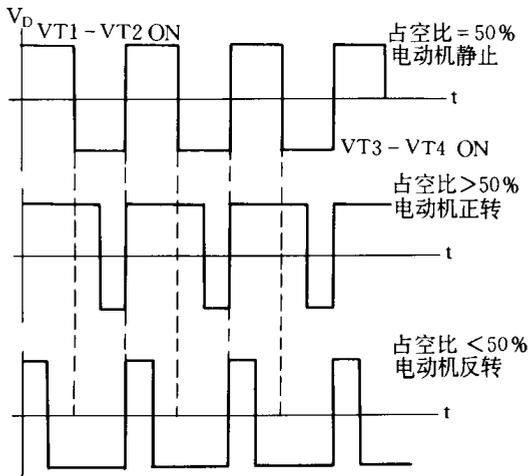


图 3-9 桥路工作时序图

2)故障部位分析 据上述工作原理,我们认为 4 个 GTR 的驱动回路出现损坏的可能性最大。假如在速度环或电流环出现故障,也就是说在指令电压为零时,电流环的输出不为零,它虽然也能使伺服电动机产生运动,但不应出现振动。

故障处理 使用 BW4040 在线测试仪,重点对板上与驱动模块有关的结点进行检查、比较,很快就发现有一个厚膜驱动块(型号:DK421B)损坏。更换之后,伺服放大器恢复正常。

【例 129】因 PC 参数变动引起 X 轴电动机强烈振动故障。

故障现象 在整机起动完成、进入可操作状态后,X 轴只要一运动(包括回零过程),无论是在运动中还是停下来之后,X 轴电动机即出现强烈振动,噪声很大,频率很高,没有任何报警。

故障检查与分析 :KMC-3000SD 龙门加工中心,FANUC-15MA 系统。

故障出现后,仔细观察 X 轴拖板,感觉不到有振荡位移。打开 X 轴伺服电动机后罩,

可看到转子以很小的幅度但极高的频率在振动,且振动的噪声就来自 X 轴伺服电动机。考虑到振动无论是在运动中还是静止时均发生,肯定与运动速度无关,基本上排除了测速发电机和位置反馈编码器损坏的可能性。极有可能是伺服环路的增益调整过高所致。而从振动频率很高这点来看,时间常数较小的电流环可能性最大。

故障处理 FANUC 15MA 数控系统已将速度环,电流环的 PID 运算数字化,有关的一些调整全是以参数形式存放在 CNC 中的。为此我们调出参数画面,并与原机配置的参数表对照,重点查伺服环路增益方面的参数。很快就发现 1852 号参数和 1825 号参数严重超出正常值,见下表:

参数号	正常值	当前值
1852	1000	3414
1825	2000	2770

将上述参数改正后,系统即恢复运行。

【例 130】Z 轴正方向超过换刀点后失控。

故障现象 Z 轴正方向超过换刀点后,不管你按 Zd+ 或 Z-,Z 轴都继续往上窜,甚至平衡缸上部的安全螺堵射出,重新关机再开机,情况依旧。

故障检查与分析:LFG1250 加工中心系西班牙扎伊尔公司生产,数控系统为 FAGOR8050M。

针对上述机床出现的故障分析如下:①机床 Z 轴超过了光栅尺的读数范围,Z 轴读不到反馈信号,机床不知道当前位置,所以不管你按 Zd+ 或 Z-,Z 轴只会按参考点的方式继续往上窜;②Z 轴往上窜,平衡缸上部的油压增加,当超过一定值后,安全螺堵被射出。

故障处理:针对以上分析的原因,具体解决办法如下:①把机床 Z 轴恢复到参考点以下,再重新开机,执行 G74 回参考点,详细步骤是:a)拆去 Z 轴护裙;b)打开电控柜,用一段导线使 AX2 的触点 202 和触点 291 接通,Z 轴电动机抱闸松开;c)打开平衡缸回流阀,注意流量不能过大,油压表的压力不能低于 4.5kg/cm,一旦油压表的压力低于 4.5kg/cm,关闭平衡缸回流阀;d)在打开平衡缸回流阀的同时,转动丝杠,使 Z 轴下降,注意 Z 轴电动机抱闸松开、打开平衡缸回流阀、转动丝杠动作要协调;e)油压表的压力低于 4.5kg/cm,关闭平衡缸回流阀;d)打开平衡缸进流阀,点动油泵使平衡缸的压力回复到原值,重复 b、c、d 操作,直至把机床 Z 轴恢复到参考点以下;f)关闭平衡缸回流阀,打开平衡缸进流阀,点动油泵使平衡缸的压力回复到原值;g)关机后,再重新开机,执行 G74 回参考点;②把安全螺堵装回;③用双频激光干涉仪校正 Z 轴的定位精度和重复定位精度。

经过以上措施,机床恢复正常。

【例 131】Z 轴运行不稳定。

故障现象 Z 轴运行时、半圈快、半圈慢、经测量伺服系统运行时,给定和反馈均不稳定。

故障检查与分析:PC50 卧式加工中心英国 GINDDINGS & LEWS 公司制造、系统配该公司 CNC800 数控系统。

交换伺服单元、电动机、测速发电机后,均没有好转。我们又查了 CNC 部分,用示波器对比正常轴检测控制板上的信号发现 Z 轴位置反馈用的感应同步尺上的激磁信号不正常,经对该板上进行信号循进,发现 Z 轴控制位置一集成电路 BE0790 管脚电压不正常、换之、机床正常。

【例 132】Z 轴伺服电动机运转一会儿接线盒处冒烟。

故障现象 Z 轴伺服电动机启动转一会,接线盒处冒烟、机床停止,并有故障显示。

故障检查与分析:PC50 卧式加工中心系英国 GINDDINGS & LEWS 公司制造,系统配该公司 CNC800 数控系统。

经对电动机换向器绝缘处理,机床正常。后来我们在查原因时发现电动机靠近油池,长期运行油雾进入电动机内,电动机运行时,换向器表面温度升高、油雾汽化、体积增大、加之电动机密封很严,故产生冒烟。

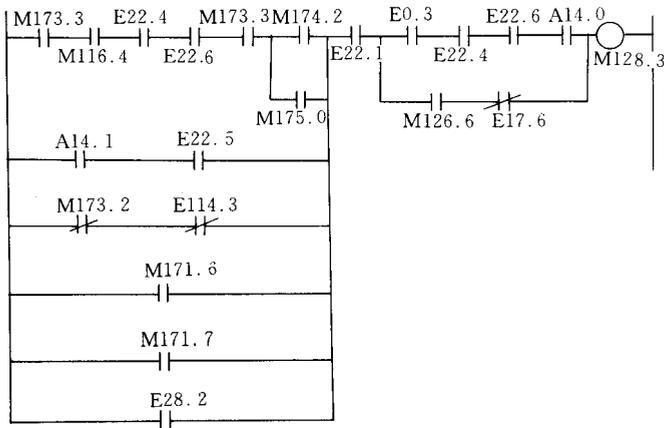


图 3-10 梯形图(Z 轴不运动相关信号)

【例 133】Z 轴不动,无报警显示。

故障现象:有一台加工中心上班通电后,显示一切正常,但 Z 轴不能运动,也没有任何报警显示。

故障检查与分析:该机床为 SWK500 加工中心,德国制造。

通常情况下,当机床出现故障时,都会有相应的报警号及相关的报警内容显示出来,以便于维修者查找故障。如果没有相应的报警显示,这就要靠查找相应的 PLC 程序,逐步分析以找出故障的原因。对于此例故障通过 PLC 接口信号的状态检查得知:能引起 Z 轴不能移动的原因只能是转台或者刀库的某一正确信号断开所致,只有通过分析 PLC 程序来查找故障原因。现将有关的 STEP5 语言表述的控制程序译成了直观、易于分析的梯形图 3-10 的形式,下面是其中的一小段例子:

NETZWERK2

0032 :U M173.3 WZW 0033 :U M116.4 VS :

34 :U E22.4 E70B01

```

35 :U E22.6 E70B15
36 :U C
37 :O M174.2 W2W :
38 :U A14.1 E70Y02
39 :U E22.5 E70B02
40 :O
41 :U
42 :UN M173.2 WZW :
43 :UN E114.3 27PC
44 :O M171.6 WZW :
45 :O M171.7 WZW :
46 :O E28.2 M02S02
47 :)
48 :U E22.1 E70B04
49 :U
50 :U E0.3 E70B09
51 :U E22.4 E70B01
52 :U E22.6 E70B15
53 :U A14.0 E70Y01
54 :O
55 :U M126.6 AM :
56 :UN E17.6 E71S01
57 :)
58 := M128.3 AM :

```

* * *

由于做了大量的分析(篇幅过长、略去)已得出 Z 轴不能移动的原因是由于 Z 轴进给释放信号 A116。0 没有发出,而此信号没有发出的原因是由于 M128.3 信号没有发出所致,所以就所示梯形图进行分析:

由于用状态调整信号 E28.2 进行检查时,有 E28.2 就有 M128.3 信号输出,可知其后面的通路是没有问题的,而通过接口检查也已知信号 E22.1 正常。那么分析前面的第一条通路,第一路中的 E22.4 信号为 90°在工作位置,这与机床的实际状态不符,可以排除此路影响。再看第三路,因为 M173.2 是刀具交换时的主轴运转状态信号,也可排除此路影响,而第四路和第五路是刀具交换时的 Z 轴位置信号,第六路是刀库调整状态信号,都可排除其此状态下对 Z 轴的影响,那么,原因只能来自第二路,而第二路中的 A14.1 是使能信号,只有 E22.5 才是 Z 轴运动所需要的。检测信号。分析至此,即使不去检查机床,也可知 Z 轴不能移动的原因是由于 90°为起始位置的检测开关未发出信号所至。

带着分析结论至现场检查后发现,90°液压缸行程不到位,使开关处于临界状态的外缘。发出信号,放出液压缸内存油,将液压缸推到位后,机床全部恢复正常。整个维修过程没有盲目地换板、换件、没有走弯路。

【例 134】Z 轴自动方式不执行。

故障现象 Z 轴自动方式时经常出现不执行等待状态

故障检查与分析:XH754 卧式加工中心 FANUC—6M 系统青海第一机床厂制造。由于故障随机出现,时有时无,天气冷时比较频繁,停机时无报警。只要用木榔头一敲 Z 轴滑鞍就能工作,几年下来 Z 轴滑鞍已形成一窝,查了很多地方也没解决问题,后来通过查参数、调增益解决了故障。有关伺服静态误差的调整:当 X、Y、Z 轴指令均为 0,电动机不动时,看 DGNOS 800 号、801 号、802 号、诊断号,它们分别显示三轴的伺服误差。因电动机不动,其显示均应是 0,如有数值,则可调整伺服单元板上 RV2 电位器(RV2 是运放调零电位器),同时配合调整一下 RV1 增益,使之速度响应正常,我们调整了 802 号,参数的数值,由—8 调至—3~—5 故障彻底解决。

【例 135】Z 轴镗孔时忽走忽停。

故障现象 Z 轴镗孔时,忽走忽停。

故障检查与分析:JCS-013 卧式加工中心, FANUC—BESK 7CM 系统, Z 轴停走可能由于以下原因:①电动机驱动电源不良;②电动机不良;③其它原因。

检查中发现通电试车空运行时 X、Y、Z 轴均有走走停停的情况,从而排除了①、②两种原因的可能性。

再查机械手手架向主轴信号 70.4=0 表明机械手手架未在主轴侧,而且开关 70.4 完好。查机械手手架向刀库开关信号 70.3:0 表明机械手手架未在刀库侧,而实际上机械手手架确实停在刀库侧。查开关 70.3 发现开关正常,检查开关线发现黑胶布包住的线接头接触不良。

由此故障我们推理如下:当机械手手架移向刀库时若开关坏、或压不上、断线时,X、Y、Z 轴均不能动,试验证实确是如此。

【例 136】启动机床 Z、Y 轴就快速移动。

故障现象:启动机床 Z、Y 轴就快速移动。

故障检查及分析:该机床所用数控系统为辽宁精密仪器厂数控分厂生产的 LJ-10M 系统。该故障发生后,我们从 CRT 上调用机床状态信息,在 CNC 至 PLC 信息表上发现 BO2-3 由“0”变为了“1”;同时 BO2-4、BO4-1、BO4-2 也由“0”变为了“1”,查阅机床资料知:BO2-4 为数控系统故障;BO2-3 为伺服系统故障;BO4-1 为 Y 轴伺服错误;BO4-2 为 Z 轴伺服错误。

检查伺服系统无故障,数控系统电源无故障。因而,判断是数控系统发生故障。

故障处理:将该系统发送辽宁精密仪器厂数控分厂维修,检查系数控系统总线接触不良,更换系统总线板后,故障排除。

第三节 刀库、机械手部分故障实例与诊断

【例 137】机械手无法从主轴和刀库中取出刀具。

故障现象 换刀过程中,动作中断,报警(ALARM)指示灯闪动,CRT 显示器报警显示:报警号为 2012,显示内容为 ARMEXPANDING TROUBLE(机械手伸出故障)。

机床操作面板上状态显示灯 TC 一直亮着,表示仍在换刀过程中。此灯只有当结束换刀程序时才熄灭。

很显然,根据“报警内容”,机床是因为无法执行刀程序第 4 步(从主轴和刀库中取出刀具)而使换刀过程中断并报警。

故障检查与分析:“北一机”生产的卧式加工中心 756/2,配用 FANUC6M-B 数控系统,自动换刀示意图见图 3-11,详细程序如下:①主轴箱回到换刀点(Z、Y 轴回零点),同时主轴定位;②机械手夹爪同时抓住主轴和刀库中的刀具;③液压系统把卡紧在主轴和刀库中的刀具松开;④机械手从主轴和刀库中取出刀具(机械手伸出);⑤机械手旋转 180°,交换新旧刀具;⑥将更换后的刀具插入主轴和刀库;⑦分别夹紧主轴和刀库中的刀具;⑧机械手松开主轴和刀库中的刀具。

当机械手夹爪松开刀具后,接近感应开关发出“换刀结束”信号,主轴自由,可以进行加工。程序第④步未动作,是因为第③步未完成,或执行第④步时,本身条件无法建立。

产生故障的原因有:

1) 松刀“感应开关失灵 在换刀过程中,各动作的完成信号,均由感应开关发出,只有上一动作完成后才能进行下一动作。第三步“刀库松刀”和“主轴松刀”,如果有一个感应开关未发信号,则机械手“拔刀”电磁阀就不会动作。检查两感应开关,信号正常。

2) 松刀“电磁阀失灵 刀库与主轴的“松刀”,是由电磁阀接通液压缸来完成的。如电磁阀失灵,则液压缸未进油,刀具就“松”不了。检查刀库和主轴的“松刀”电磁阀动作均正常。

3) 松刀“液压缸因液压系统压力不够或漏油而不动作,或行程不到位 检查刀库松刀液压缸,动作正常,行程到位,打开主轴箱(图 3-13 序号 3)后盖,检查主轴松刀液压缸,发现也已到达松刀位置,油压也正常,液压缸无漏油现象。

4) 机械手系统有问题,建立不起“拔刀”条件 其原因可能是:“拔刀”电磁阀失灵或“拔刀”液压缸有毛病。检查结论:“拔刀”电磁阀已激磁;“拔刀”液压缸系统正常。

5) 主轴系统有问题 主轴结构示意图见图 3-12。刀具 1 是靠碟簧 5 通过拉杆 6、锥套 4,压迫 6 个钢球 3 而将刀具柄尾端的拉钉 2 拉紧的;松刀时,液压缸 9 的活塞杆顶压顶杆 10,顶杆 10 通过空心螺钉 8 推动拉杆 6,一方面使钢球松开刀具 1 的拉钉 2,另一方面又顶动拉钉 2 使刀具 1 左移而在主轴锥孔中变“松”。

主轴系统不松刀的原因估计有四:①刀具尾部拉钉 2 的长度不够,致使液压缸虽已运

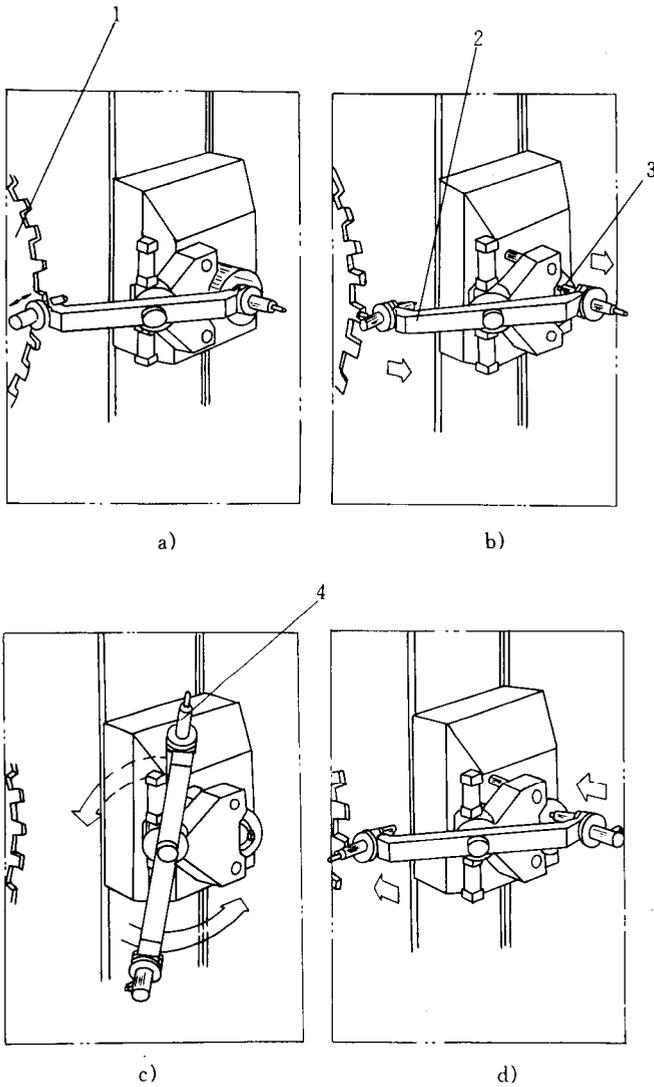


图 3-11 自动换刀程序示意图

1—刀库 2—机械手 3—立轴 4—刀具

动到位,而仍未将刀具顶“松”;②拉杆6尾部空心螺钉8位置起了变化,使液压缸行程满足不了“松刀”的要求;③顶杆10出了问题(据北一机维修人员云:曾出现过折断)而使刀具无法松开;④主轴装配调整时,刀具左移量(使刀具在锥孔中松开)调得太小,致使在使用过程中一些综合因素导致不能满足“松刀”条件。

由于结构设计上的缺陷,以上原因,无法简便地检查确定:刀具取不出来,空心螺钉8在主轴箱中,松刀液压缸不易拆卸。如果能方便地拆下液压缸,则修正液压缸端盖可增大液压缸行程,从而间接排除某些故障原因,可能一举解决“松刀”问题。

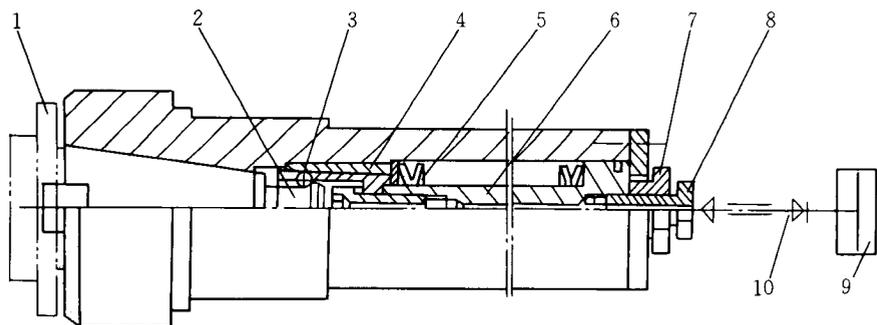


图 3-12 主轴结构示意图

(1) 主轴系统的拆检与调整

1) 拆卸(如图 3-13) 主轴箱装在立柱上, Y 坐标进给滚珠丝杠副与主轴箱联结, 因此, 要拆卸主轴系统, 就需“大动干戈”。

①放倒立柱。要吊出主轴箱, 首先得将立柱放平; a) 拆去液压管道和电气线路; b) 拆下 Y 坐标感应尺的滑尺和前置放大器。注意: 不要拆定尺, 以免影响 Y 坐标的位置精度; c) 松开立柱与底座的联接螺栓和定位锥销, 吊下立柱。注意: 定位锥销不要丢失, 因其锥度是与铰刀配磨一致的, 不能随意替换; d) 放平立柱将立柱平放到工作架上, 主轴向上。

②吊出主轴箱。a) 拆去 Y 坐标导轨护板; b) 拆去主轴箱的压板; c) 拆下液压平衡缸; d) 拆下 Y 坐标滚珠丝杠副。注意: 不可将丝杠与螺母拆开, 因这丝杠副用预加载荷消除了间隙, 由制造厂调整好的, 重调较为困难; e) 吊出主轴箱, 放到工作架上。

③拆下机械手, 分解主轴箱。a) 拆下主轴后部弯板; b) 卸下机械手部件; c) 拆开主轴头滑板, 与变速箱分离; d) 用工具顶开主轴的拉杆(图 3-12 序号 6)取出刀具。

2) 检查与调整(如图 3-12) ①检查刀具尾部拉钉 2, 尺寸正常; ②松开空心螺钉 8 的锁紧螺母 7, 调整空心螺钉 8 的“伸出量”。注意: 保证在主轴松刀液压缸作用下, 刀具柄在主轴锥孔中的压出量不大于 0.5mm, 以免松刀压力作用到机械手上。

检查证明: 这一故障系制造厂装配时, 空心螺钉 8 的“伸出量”调整得欠小, 故松刀油缸行程虽已到位, 而刀具在主轴锥孔中“压出”不够, 刀具无法取出。

(2) 滚珠丝杠副重装后的预拉调整 由于排除故障过程中将滚珠丝杠副拆下, 原先组装时为提高刚性而所加的预拉伸力已卸去, 故重装时还应调整预拉力。

Y 坐标丝杠的最大轴向载荷为 10000N, 预拉力应为此值的 1/3 左右, 约为 3000N; 丝杠长度为 1m 许, 预拉伸量约 0.015mm。①将 Y 坐标进给系统(如图 3-14)装入主轴箱—立柱内, 固定其上下轴承座 3 和 4; ②让丝杠上下轴承座内的锁紧母 1 和 2 均处于锁紧状态; ③松开下轴承座内的锁紧螺母 2; ④将百分表吸于下轴承座上, 表头触及丝杠下轴端, 调锁紧螺母 1, 使丝杠拉伸 0.015mm, 反复调整几次, 以保证预拉伸无误; ⑤最后将锁紧螺母 2 锁紧, 并将螺母 1 的紧固螺钉上紧。

(3) 其他部位的调整

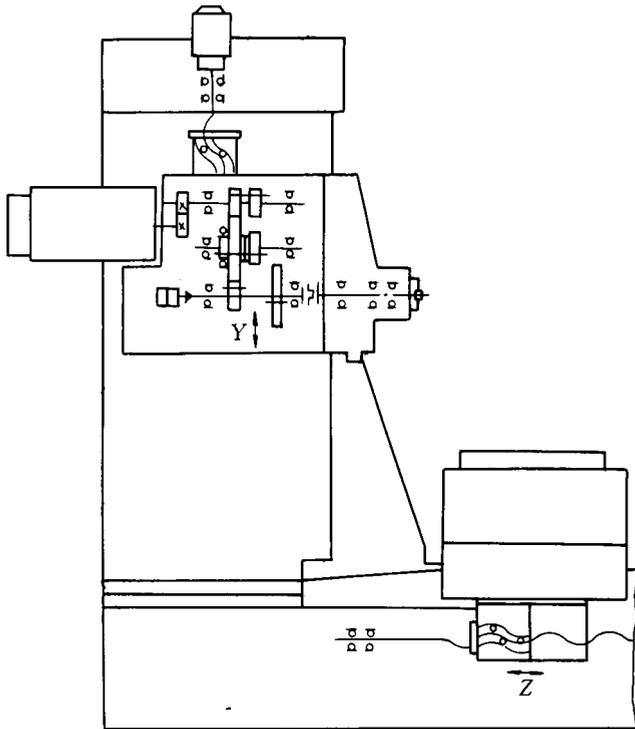


图 3-13 机床示意图

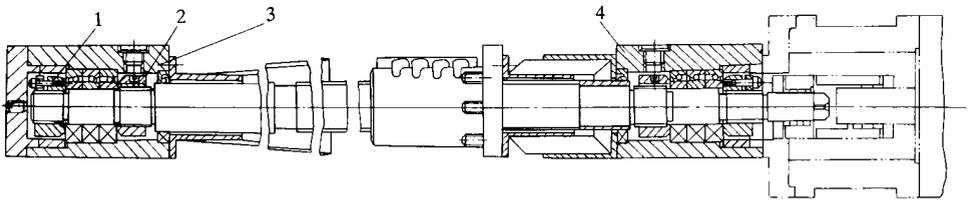


图 3-14 Y 坐标进给系统

①主轴箱运动直线度。将两个百分表吸在主轴箱上,表头分别触及立柱导轨的顶面与侧面,用工具使主轴箱来回运动,调整滚动体,确保在导轨全长上,主轴箱移动的直线性误差 $\leq 0.015\text{mm}$ 。②调整滚动体,使其过盈量达到 0.01mm 左右,以增加滚动导轨的刚度;③用塞尺检查压板,滚珠丝杠的开合螺母座和其上下轴承座等重点固定结合面的联接间隙, 0.03mm 的塞尺不得插入。

机床组装复位后先查电气,按下紧停按钮,系统通电。用系统自诊断功能来检查确认系统和机床之间的接口状态是否正确。确认正常后,再启动液压系统,压力调至正常压力的 75% ,检查是否有漏油或其他异常现象,最后调至正常压力空运行(包括自动润滑)半小时,使导轨充分润滑。

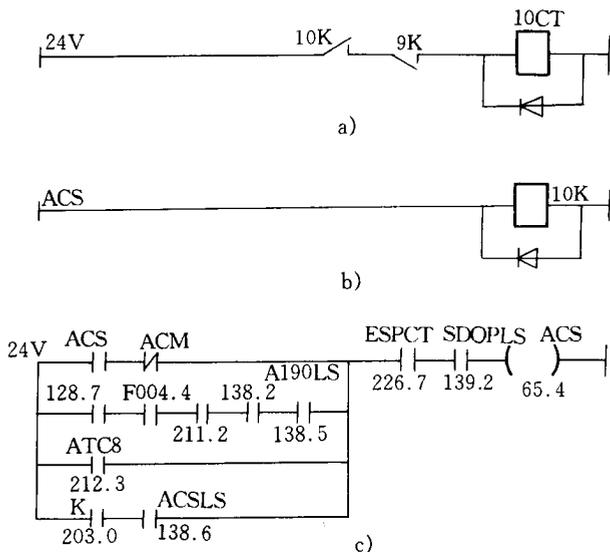


图 3-16 防护门控制原理图

a) 由电磁阀 10CT 控制手架转向主轴

b) 用 10J 继电器控制电磁阀 10CT

c) PLC 内 ACS 控制梯形图

VP₂ 指示继电器 J₀ 工作状态,而 24V 直流电源则直接取自刀库上接线盒内,加装该电路后再也未发生过机械手手架撞防护门故障。

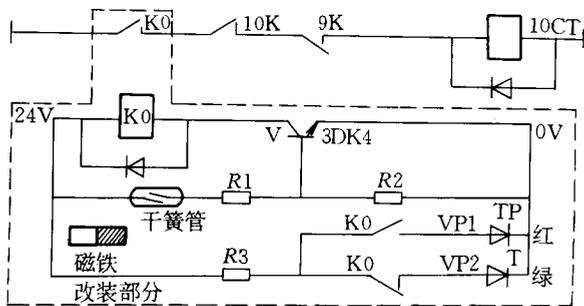


图 3-17 防护门改进部分电气原理图

【例 139】机械手手架冲撞防护门故障。

故障现象:主轴换刀过程中,在防护门未打开的情况下机械手手架依然转向主轴,结果机械手手架把防护门撞坏。

故障检查与分析:TH6350 卧式加工中心是北京机床研究所生产的。故障虽然是偶有发生,但操作者则有不安之感。为此我们检查了连线及相关元件如继电器、门开关、电磁阀均正常后,对其换刀动作按梯型图分步进行检查,见图 3-16 机械手手架转向主轴是由电磁阀 10CT 控制的,阀 10CT 由继电器 10K 来控制,10J 则由 PLC 内触头 ACS(地址 65.4)

来控制,ACS工作是由多个开关量。

【例 140】机械手回转动作迟缓,刀具不到位。

故障现象:该机床在使用中曾一度出现机械手回转动作迟缓,角速度明显降低,直接影响机械手抓刀、放刀的质量,有时还出现刀具不到位或掉刀现象。

故障检查与分析:VMC300 加工中心是瑞典 SAJO 公司的产品,刀库容纳 18 把刀。

机械手的回转机构及液压缸的工作原理如图 3-18 所示。当油压进入液压缸的一腔时,活塞开始以 v 速前进,并由齿条带动齿轮回转 180° ,使机械手由主轴位置旋转到刀库位置,或由刀库位置旋转到主轴位置,完成抓刀、放刀工作。这一动作的控制时间是很严格的,如果时间出现快或慢时,刀具就会不到位,下一个动作就无法进行,计算机将报警停机。因此它是机械手全套动作中不可分割的一部分。

从故障的表面现象上看,不管是顺时针还是逆时针回转 180° 时动作迟缓,即控制时间出现误差,当出现刀具不到位或掉刀现象后,整个机床立即停机,不能继续工作。

机械手的回转是由液压控制液压缸实现的,根据推力液压缸的工作原理可知,当该液压缸正常工作时活塞的速度为:

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

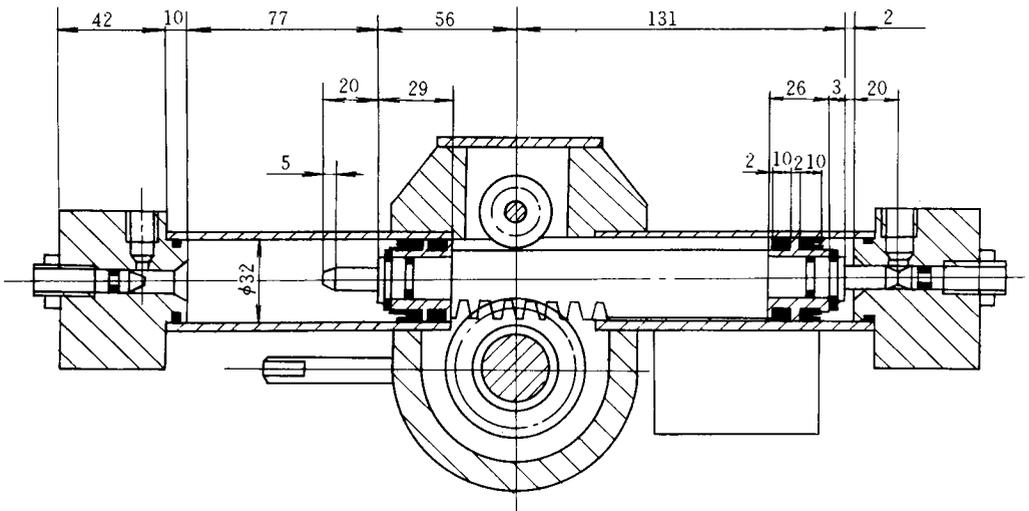


图 3-18 机械手回转机构及液压缸原理图

式中 v ——活塞移动的速度(m/min);

Q ——流量(L/min);

D ——液压缸内径(m)。

而齿轮输出轴的角速度为:

$$\omega = \frac{8Q}{\pi D^2 d_1}$$

式中 ω ——齿轮输出轴的角速度(r/min);
 Q ——流量(L/min);
 d_1 ——齿轮的分度圆直径(m);
 D ——液压缸内径(m)。

从式中可以看出 影响液压缸速度 v 及回转角速度 ω 的只能是流量 Q ,而工作时 Q 也是一定的 ,只有在活塞出现内泄漏时 ,流量 Q 出现了损失 ,从而造成了角速度 ω 的降低。

处于这种分析 ,对液压缸的两个活塞的密封装置进行检查和试验 发现造成内泄漏的原因是活塞的密封装置有磨损。然而从机械手的外部并看不出泄漏现象 ,因为从机械手的总体结构上分析 机械手的外部密封 特别是该回转液压缸的外部密封是良好的。也就是说 ,如果活塞出现内泄漏 ,当左端液压缸进入油压后 ,压力油将从两活塞的密封磨损处进入右端液压缸而流经回油管。同样 ,右端液压缸进入油压后 ,压力油又将从两活塞的密封磨损处进入左端液压缸而流经回油管。如果当密封元件磨损严重 ,液压缸的外部密封装置承受不住液压油的内部压力时 ,或液压缸的外部密封失效后 ,外泄漏才有可能出现。

故障点确定了 ,具体的就是要解决活塞的密封问题。

技术论证和故障的排除方法。该活塞的密封是采用一个以 Y 形橡胶圈为主和一个特殊硬塑料制成的密封环为辅进行密封的(如图 3-19)。但 Y 形密封圈和密封环的尺寸规格均属瑞典国家的标准系列 ,与我国的标准系列不符。因此 ,主要的问题就是要找到合适的密封元件来代替上述密封元件。然而 ,这对于该机械手的工作性质来说 ,这并不是一个简单的交换密封元件的问题 ,而必须从机械手的全部动作和数控机床的整体工作要求全面考虑时间匹配问题。这就要进行必要的技术论证 ,以满足机械手的角速度和精度 ,从而达到整个机械手动作的协调一致。

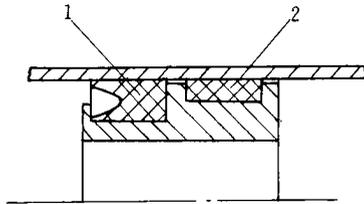


图 3-19 活塞密封结构图

1—Y 形密封圈 2—密封环

根据该机械手的具体要求 :①密封元件要密封好 ;②密封处的摩擦阻力要合适。密封的好坏是在液压缸体和活塞没出现问题的情况下由密封元件本身保证的 ,而密封元件的摩擦阻力就成了要解决问题的关键了。对于一般机床液压缸活塞的密封元件的摩擦阻力可以不必过多考虑 ,因为密封处的摩擦阻力与其它阻力相比是较小的 ,动作时间也没有严格要求 ,所以 往往与机械效率合并为一起考虑。而在此处就不同了 ,因为密封处的摩擦阻力的改变会影响机械手的回转角速度的质量 ,活塞动作的微量快或者慢 ,都不能正常工

作,都有可能相互造成时间差和时间累积误差,从而影响到整个机械手的协调动作。在试验当中就出现过机械手动作慢,使刀具不能及时归位,严重时还出现了掉刀现象。

我们知道,液压缸的推力是由工作液体的压力作用在液压缸有效作用面积上所产生的,用以克服负载来实现机械手的回转动作。这时活塞前进的推力为:

$$p = \frac{\pi}{4} D^2 p - \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p_0$$

式中 p —活塞前进时的推力(N);
 D —液压缸内径(cm);
 d —活塞杆直径(cm);
 p —液压油的工作压力(Pa);
 p_0 —回油背压(Pa)。

由于回油是直接到油箱的,所以回油背压可近似为零。液压缸活塞的推力不但要克服由于负载带来的阻力,同时还必须克服其它一些阻力,即:

$$p = p_{工} p_{惯} + p_{摩} p_{密}$$

式中 $p_{工}$ —活塞上的静工作阻力;
 $p_{惯}$ —液压缸在启动、制动或换向时的惯性力;
 $p_{摩}$ —液压缸以外运动部件的摩擦阻力;
 $p_{密}$ —液压缸活塞密封处的摩擦阻力。

这里 $p_{工}$ 、 $p_{惯}$ 、 $p_{摩}$ 是一定的,而现在改变的是 $p_{密}$,即原有的 Y 形密封圈和密封环要用合适的、国产的密封元件取而代之,那就要用上述分析的理论来对新、旧密封元件的 $p_{密}$ 进行计算和证明,并加以比较和修正,以保证机械手的摩擦阻力在合适的工作范围内,使之能够正常工作。

首先对原旧的液压缸活塞密封处的 Y 形橡胶密封圈的摩擦阻力计算如下:

$$\begin{aligned} p_{密} &= \mu K \pi D h_1 p \\ &= 0.01 \times 1 \times \pi \times 3.2 \times 0.64 \times 20 \\ &= 12.9(\text{N}) \end{aligned}$$

式中 μ —密封圈与配合面的摩擦系数,这里取 $\mu = 0.01$;
 K —系数,这里取 $K = 1$;
 h_1 —密封的有效宽度(cm);
 D —液压缸内径(cm);
 P —液压油的工作压力(Pa)。

再对旧的液压缸活塞密封处的密封环的摩擦阻力计算如下:

$$\begin{aligned} p_{密} &= \mu \pi D H (Z p_1 + p) \\ &= 0.07 \times \pi \times 3.2 \times 1(1 \times 0.6 + 20) \\ &= 144.9(\text{N}) \end{aligned}$$

式中 μ ——摩擦系数,这里取 $\mu = 0.07$;
 D ——液压缸内径(cm);
 H ——活塞环宽度(cm);
 Z ——活塞环数量 ;
 p_1 ——活塞环在液压缸内壁上的压力, $p_1 = 6 \times 10^4$ (Pa);
 p ——液压油的工作压力(Pa)

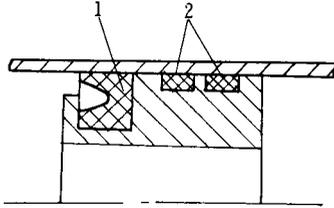


图 3-20 新式密封结构图

1—Y形密封圈 2—O形密封圈

对于选择新的密封元件,根据上述分析和论证。考虑了多种密封元件,又经反复算 $p_{\text{密}}$ 找出最合适的密封元件是以一个 Y 形密封圈为主,两个往复式 O 形密封圈为辅进行密封(如图 3-20)。它们的摩擦阻力分别计算如下:

新的 Y 形密封圈的摩擦阻力:

$$\begin{aligned} p_{\text{密}} &= \mu K \pi D h_1 p \\ &= 0.01 \times 1 \times \pi \times 3.2 \times 0.38 \times 20 \\ &= 7.6 \text{ (N)} \end{aligned}$$

式中各符号与旧的 Y 形橡胶密封圈的摩擦阻力的计算公式相同,各系数的取值也相同。

对于往复式 O 形密封圈的摩擦阻力:

$$\begin{aligned} p_{\text{密}} &= DA + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) B \\ &= \pi \times 3.2 \times 0.38 + \frac{\pi}{4} (3.2^2 - 2.62^2) \times 1 \\ &= 74.9 \text{ (N)} \end{aligned}$$

式中 D ——液压缸内径(cm);

A ——系数 取 $A = 4.8 \times 10^4$ (Pa);

d ——O 形密封圈沟槽内径(cm);

B ——系数 取 $B = 1 \times 10^5$ (Pa)

这样旧的密封元件摩擦阻力之和为 157.8N,新的密封元件摩擦阻力之和为 157.4N,相差甚微。再对液压缸两端活塞的结构分别进行相应的设计,并将这些密封元件在活塞上进行合理分布。装配后,经实测和现场实验,机械手各动作匹配可靠,时间控制准确,达到了理想的技术要求,正式投入使用后工作一直正常。

基于上述论证,分析和排故方法,对以后陆续出现的该机床机械手的其它几个液压缸

的密封元件的类似故障,用上述方法进行论证、计算和设计,使机械手上的全部4个液压缸活塞上的密封元件都用国产的密封原件进行了代替,实现了国产化,同时又将活塞的结构重新设计和制造,使这台加工中心的机械手的全部动作都达到所要求的技术指标,这些棘手的故障得到了合理解决,从而使这台设备在生产中继续发挥重大作用。

【例 141】机械手自动换刀时不换刀。

故障现象 机械手自动换刀时不换刀。

故障检查与分析 JCS-018 立式加工中心采用 FANUC-BESK 7CM 系统,北京机床研究所制造。

故障发生后检查机械手的情况,机械手在自动换刀时不能换刀,而在手动时又能换刀,且刀库也能转位。同时,机床除机械手在自动换刀时不换刀这一故障外,全部动作均正常,无任何报警。

检查机床控制电路无故障,机床参数无故障,硬件上也无任何警示。考虑到刀库电动机旋转及机械手动动作均由富士变频器所控制,故将检查点放在变频器上。观察机械手在手动时的状态,刀库旋转及换刀动作均无误。观察机械手在自动时的状态,刀库旋转时,变频器工作正常,而机械手换刀时,变频器不正常,其工作频率由 35 变为了 02。检查 NC 信号已经发出,且变频器上的交流接触器也吸合,测量输入接线端上 X1、X2 的电压在手动和自动时均相同,并且,机械手在手动时,其控制信号与变频无关。因此,考虑是变频器设定错误。

从变频器使用说明书上知,该变频器的输出频率有 3 种设定方式,即 01、02、03 等 3 种。对 X1、X2 输入端而言,01 方式为 X10NX20FF;02 方式为 X10FFX20N;03 方式 X1 0N X20N。

检查 01 方式下,其设定值为 0102,故在机械手动动作时输出频率只有 2Hz,液晶显示屏上也显示为 02。

故障原因 操作者误将变频器设定值修改,致使输出频率太低,而不能驱动机械手工作。

故障处理 将其按说明书重新设定为 0135 后,机械手动动作恢复正常。

【例 142】主轴定向后,机械手无换刀动作。

故障现象 主轴定向后,ATC 无定向指示,机械手无换刀动作。

故障检查与分析 JCS-018 立式加工中心, FANUC-BESK-7CM 系统北京机床所制造。

该故障发生后,机床无任何报警产生,除机械手不能正常工作外,机床各部分都工作正常。用人工换刀后机床也能进行正常工作。

根据故障现象分析,认为是主轴定向完成信号未送到 PLC,致使 PLC 中没有得到换刀指令。查机床连接图,在 CN1 插座 22 号、23 号上测到主轴定向完成信号,该信号是在主轴定向完成后送至刀库电动机的一个信号,信号电压为 +24V。这说明主轴定向信号已经送出。

在 PLC 梯形图上看到 ,ATC 指示灯亮的条件为 :①AIN(机械手原位)ON。②ATCP(换刀条件满足)ON。首先检查 ATCP 换刀条件是否满足。查 PLC 梯形图 ,换刀条件满足的条件为 :a)OREND(主轴定向完成)ON ;b)INPK(刀库伺服定位正常)ON。c)ZPZ(Z 轴零点)ON。

以上 3 个条件均已满足 ,说明 ATCP 已经 ON。

其次检查 AINI 条件是否满足。从 PLC 梯形图上看 ,AINI 满足的条件为 :a)A75RLS(机械手 75°回行程开关)ON ;b)INPK(刀库伺服定位正常)ON ;c)I80RLS(机械手 180°回行程开关)ON ;d)AUPLS(机械手向上行程开关)ON。

检查以上 3 个行程开关 ,发现 A75RLS 未压到位。

故障处理 :调整 A75RLS 行程开关档块 ,使之刚好将该行程开关压好。此时 ,ATC 指示灯亮 ,机械手恢复正常工作 ,故障排除。

【例 143】机械手撞击主轴事故的分析及维修。

故障现象 :出现了一次非常严重的换刀臂撞击主轴事故 ,使换刀机械手夹爪撞弯 ,换刀臂严重变形。

故障检查与分析 :台湾高明精机生产的 KMC—3000SD 加工中心 ,其数控系统为 FANUC15 - MA 控制器。

这次事故是在自动换刀出现“换刀臂下降不到位”故障维修中出现的。分析此事故的原因 ,必须先了解 KMC 机自动换刀系统的程序动作。图 3 - 21 是 KMC - 3000SD 的自动换刀系统示意图。起始状态是 :①主轴 - 抓刀 ;②换刀臂位置 - B ,换刀臂升降 - 上 ;③刀库 - 下支刀具已定位。

自动换刀主要程序如下 :①换刀臂左移(A←B) ;②换刀臂下降(从刀库中拔刀) ;③换刀臂右移(A→B) ;④换刀臂上升(ATC 指令) ,防水门打开 ;⑤换刀臂右移(B→C) ,主轴液压缸下降(松刀) ;⑥换刀臂下降(从主轴拔刀) ;⑦换刀臂旋转 180°CW(CCW)两刀具交换位置 ;⑧换刀臂上升(装刀) ,主轴液压缸上升(抓刀) ;⑨换刀臂左移(B→C) ,防水门关闭 ;⑩刀库转动(找出上支刀具位置) ;⑪换刀臂下降 ;⑫换刀臂左移(A→B) ;⑬换刀臂上升(返还上支刀具给刀库) ;⑭换刀臂右移(A→B) ;⑮刀库转动(找下支刀具)。

换刀臂在中间 B 点等待位置(机械手行程中位) ,可左移从刀库抓新刀(程序 1) ,或右移抓主轴上旧刀(程序 5)。事故发生在从主轴抓旧刀时 ,此时应从自动换刀程序 5 执行至 15 ,而程序一启动 ,换刀臂在中间位置(第 4 程序位置)突然旋转 180° ,换刀臂左端夹爪上的刀具旋转向右端 ,因而在执行第 5 程序时 ,换刀臂上的刀具与主轴相撞 ,发生了事故。操作说明书上专门警告 :当换刀臂在等待位置时 ,换刀臂右侧绝对不可有刀具 ,否则 ,将会干涉到自动门 ,并发生碰撞。

事故原因显然是换刀臂在执行第 5 程序前的突然旋转。开始分析 :事故原因为随机故障。因为换刀臂旋转时 ,前一个动作必须为换刀臂下移至最低位置(低位) ,但这次换刀臂旋转却在第 4 程序换刀臂处于高位时 ,故可能电气程序紊乱产生误动作。

但是 ,仔细分析自动换刀流程图 ,认为此故障不可能为电气问题。详细询问操作人和

维修人员,他们讲:第一次自动换刀时,换刀臂下降从主轴拔刀后就中断了自动换刀程序,只得用手动方式操作,使换刀臂移到中间等待位置(高位),但是换刀臂靠主轴侧夹爪上已夹有刀具,将会干涉自动换刀程序执行,故操作人员将换刀臂在其高位强行扳转 180° ,使刀具夹爪靠向刀库一侧,再令执行⑤~⑮自动换刀程序,结果出了问题。由此分析,事故原因就是机械手方向人为调换了。换刀臂的正反旋转是靠两个接近感应开关 PRS7、PRS8 控制的(如图 3-21),当上次自换刀为正转(CW)时,下次自动换刀就为反转(CCW),以此类推,如果第一次换刀时 PRS7 开关感应发出了正转到位信号,下一次电脑记忆就会反转,但在人为扳刀臂转后,原电脑原记忆无法消除,故程序启动后,换刀臂就自动复原,从而造成了事故。

后来,机床修好后,不带刀又做了试验,多次重复了事故的动作,证明了此分析完全正确。

表 3-1

PARAMETER(参数)	COORDINATE(坐标)	N00000
1240 REF POINT 1	X	0
	Y	0
	Z	0
	C	0
		0
1241 REF POINT # 2	X	0
	Y	235300
	Z	-12000
	C	0
		0

事故产生的精度损伤:①换刀臂升降油缸缸盖外圆表面出现了一道长 10mm、深 2mm 的槽,并使与其配合的外套筒内孔拉出 1.00mm 以上的一道长沟;②换刀臂水平破坏:靠主轴一侧机械手偏高 1.5mm。

精度损伤的维修与试验:①钳工修复缸盖和外套筒的拉伤(大致),重新组装换刀系统,在不带刀的情况下进行了 400 次自动换刀试验,无程序差错或中断,说明电气程序、升降液压缸、摆动液压缸工作正常;②在机械手上装上刀具,用“手动”换刀方式左右移动,对刀库和主轴进行插刀检查机械手与刀库、主轴的“同轴度”,发现偏差很大,用调整与换刀臂相连的刀库地脚螺钉,使换刀臂恢复水平,调节使换刀臂左右移动的组合液压缸这两个措施,无法纠正以上“同轴度”偏差。分析认为:换刀臂左右移动导轨可能撞弯,换刀系统

损伤严重,不易修复,需采用别的方法;③检查换刀臂夹爪中心与Y轴换刀参考点距离,误差达8mm之多,根据《维修手册》机械手组件拆卸后,换刀参考点必须调整。调出CRT显示坐标系相关参数(DataNO.1200~1260)如表3-1所示。表中#1,1240为机器坐标系中第1原点坐标值;#2,1241为第2原点坐标值,即换刀原点的参数,修改其Y、Z之值,即可改变换刀原点。④调歪换刀原点参数,经多次试调,Y值由“235300”改为“235900”,Z值由“-12000”改为“-9300”后;手动换刀正常,但在对换刀臂正反转进行观察时,又发现换刀臂并不在换刀臂转轴与主轴两轴线所决定的那个平面内,于是修磨和调整限制换刀臂摆动液压缸摆动幅度的两个限位块,从而使换刀臂夹爪与主轴的“同轴度”基本达到“换刀”要求。⑤进行自动换刀正规试验,并未发现别的问题,一切正常,于是,机器允许重新运行。

【例 144】换刀臂(5例)常见故障。

KMC-3000SD型加工中心,除例143所述出现一次严重事故外,平时工作中也曾出现过如下5例换刀臂常见故障。换刀系统原理图见例143中的图3-21。

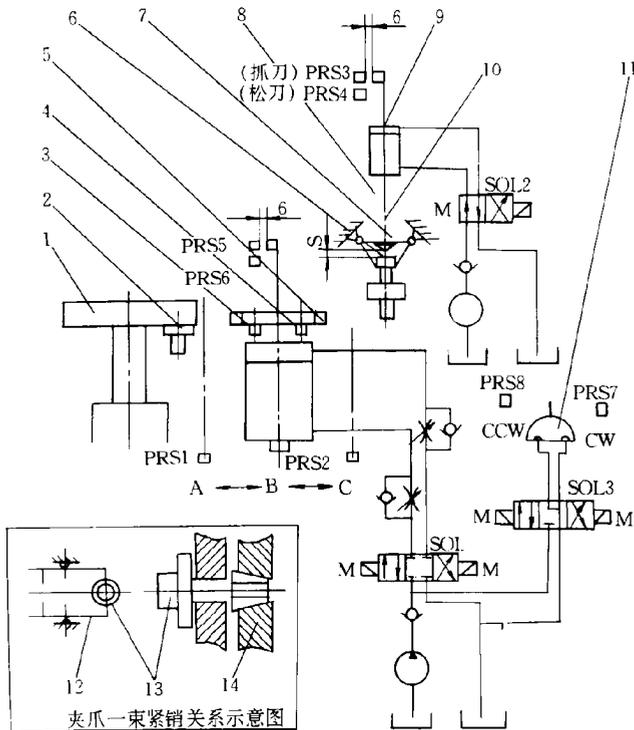


图 3-21 KMC-3000SD 自动换刀系统

- 1—刀库 2—刀具 3、13—束紧销 4—换刀臂 5、12、14—夹爪 6—刀具拉钉 7—抓爪
8—主轴 9—浮动松刀液压缸 10—拉杆 11—换刀臂摆动缸

1) 换刀臂平移至C时,无拔刀动作。

分析原因,有几种可能:①松刀电磁阀(SOL2)未激磁(有可能PRS2无信号),主轴仍处抓刀状态(其抓刀力可达3000kg),换刀臂下移不动。②松刀感应开关(PRS4)无信号,则换刀臂升降电磁阀(SOL1)状态不变,换刀臂不下降。③电磁阀有毛病,给予信号也不能动作。逐级检查,发现PRS4未发信号,进一步对PRS4检查,发现原因是感应间隙 δ 过大,将 δ 调至1mm,故障消除。过了一段时间,又出现不正常现象,且时好时坏,通过电器梯型图检查,发现PRS4时通时断。分析认为感应开关PRS4性能下降,将间隙 δ 调至0.4mm后,不再出现此种问题。但应注意 δ 不得过小, $\delta \leq 0.1\text{mm}$ 时,开关稍有松动,就易引起损坏。数月后,故障重现,检查梯型图,各开关感应正常,主轴液压缸已工作(下降),故分析认为是可能有两种原因:一是主轴液压系统压力偏低,活塞行程不足;二是拉杆顶部与刀具尾部(拉钉)之间的距离 S 过大,致使活塞行程到位时仍无法松刀。将系统油压调至6.5MPa(说明书要求为6.0MPa),仍无效。后用特殊工具压下主轴上的刀具,检查发现其尾部的拉钉比标准短1.2mm,即使 S 大了约1.2mm,换上标准的拉钉,故障排除。因此,操作人员必须对所用刀具尺寸作仔细检查,不合格刀具不能使用的拉钉,故障排除。因此,操作人员必须对所用刀具尺寸做仔细检查,不合格刀具不能使用。

2)自动换刀时,换刀臂掉刀 图3-21下方是换刀臂夹爪与束紧销的关系图。当换刀臂下降时,两束紧销顶到液压缸盖升起,其锥面使夹爪绕支点转动而将刀具夹紧。换刀臂交换刀具180°的回转动作是在其处于下降状态下进行的,此时夹爪应处于夹紧状态,但曾出现过掉刀现象。原因较直观:束紧销未将夹爪右端撑开,因而右端未夹紧。检查束紧销与夹爪,发现一是销与爪锥度不一致;二是销的锥部偏下。采取措施:修正锥度,并在锥与销螺纹联接处加了个厚度为1.5mm专用垫圈,故障消除。

3)换刀臂由B→C时与主轴刀具相撞。原因分析:①夹爪开端撑不开;②臂的水平度太差。检查发现是换刀臂的束紧销加工质量差,在换刀臂上升后不下掉,造成夹爪仍处于夹紧状态,右移时夹爪与主轴刀具相撞,夹爪撞弯。修理措施:更换夹爪,修去束紧销的毛刺,加润滑油,用水平仪调整换刀臂的水平度(偏差1-2格),从而使工作正常。

4)换刀臂下降后,换刀动作停止运行 分析原因,未发出下降到位信号,可能是:①感应开关PRS6有问题;②换刀臂液压缸下降不到位。检查感应开关无问题。看现象是液压缸不到位。分析可能毛病在节流阀,节流阀不畅通造成下腔背压过大,无法下降到位。卸下清洗节流阀后重装,故障消除。

5)换刀时主轴内部发现异常声音。这种异常响声只发生在主轴装刀时,而主轴旋转中却正常。估计是松刀浮动液压缸部分出了问题。检查发现是浮动油缸的导向柱锁紧螺母松了,上紧后异响消失。

【例145】JCS-018A立式加工中心机械手失灵。

故障现象:手臂旋转速度快慢不均,气液转换器失油频率加快,机械手旋转不到位,手臂升降不动作,或手臂复位不灵。调整SC-15节流阀配合手动调整,只能维持短时间正常运行,且排气声音逐渐浑浊,不象正常动作时清晰,最后到不能换刀。

故障检查与分析:JCS-018A立式加工中心北京精密机床厂生产。

①手臂旋转 75°抓主轴和刀套上的刀具,必须到位抓牢,才能下降脱刀。动作到位后旋转 180°换刀位置上升分别插刀,手臂再复位、刀套上。75°、180°旋转,其动力传递是压缩空气源推动气液转换器转换成液压油由电控程序指令控制,其旋转速度由 SC-15 节流阀调整。换向由 5ED-10N18F 电磁阀控制。一般情况下,这些元部件是寿命很长的,可以排除这类元件存在的问题。

②因刀套上下和手臂上下是独立的气源推动,排气也是独立的消声排气口,所以不受手臂旋转力传递的影响,但旋转不到位时,手臂升降是不可能的。根据这一原理,着重检查手臂旋转系统执行元件成为必要的工作;

③观察 75°、180°手臂旋转,或不旋转时油缸伸缩对应气液转换各油标升降、高低情况,发觉左右配对的气液转换器,左边呈上右边就呈下极限,反之亦然且公用的排气口有较大油液排出。分析气液转换气,尼龙管道均属密闭安装。所以此故障原因应分析在执引元件液压缸上。

故障处理 拆卸机械手液压缸,解体检查,发现活塞支承环 O 形圈均有直线性磨损,其状态能通压力油液。液压缸内壁粗糙。环状刀纹明显,粗糙度太差。更换上北京精密机床厂生产的 80 缸筒,支装调整试车正常运行直到现在已 7 年未再发生机械手换刀失灵故障。

【例 146】刀库门已打开,但中断换刀。

故障现象 机床在执行工作头立卧转换时,刀库门已打开,但换刀系统接下去的动作中断,CRT 显示 E100 报警“刀库门打开信号为 0”。

故障检查与分析:MH800C 加工中心德国马豪公司制造,计算机部分为菲利浦公司 CNC5000 系统。我们从 CRT 信息分析着手,从机械不到位、或检测开关失灵两方面来判断,刀库门打开信号送不出来的原因。首先使用控制机 IOB 菜单键在显示屏上“翻阅”PC 接口的输入信号,发现 1214 输入接口无信号。从电气原理图上查到相应开关为 21S12,使用三用表测量开关电源电压 +24V 正常,然后用铁片感应此开关无反应,判定是开关失灵,换上新开关故障排除。

【例 147】刀库换刀位置错误故障。

故障现象 换刀系统在执行某步换刀指令时不动作,CRT 显示 E98 报警“换刀系统机械臂位置检测开关信号为 0”和 E116 报警“刀库换刀位置错误”。

故障检查与分析:从德国马豪公司进口的 MH800C 加工中心,该机装配菲利浦公司 CNC5000 系列数控系统。从 CRT 提供的信息我们判定故障发生在换刀系统和刀库两部分相应的位置检测开关无信号送至 CNC 单元的输入接口,从而导至机床自我保护,中断换刀。造成开关无信号输出的原因有两个:①由于液压或机械上的原因造成动作不到位而使开关得不到感应;②开关失灵。根据机床结构的实际情况,我们决定先查开关。首先检查刀库,用一薄铁片去感应开关,先排除了刀库部分 3 个开关失灵的可能性,接着对结构紧凑的换刀系统机械臂进行了拆卸,检测装在其内部的两个开关,结果发现机械臂停在行程中间位置上。“臂移出”开关 21S1 和“臂缩回”开关 21S2 均得不到感应,造成输出信

号均为“臂移出”开关信号应为1,换刀系统才有动作)。

故障处理 我们先用旋具顶相应的21Y2电磁阀芯把机械臂缩回至“臂缩回”位置,使机床恢复正常,接着进一步分析产生故障的原因。考虑到机床在此之前换刀正常,手控电磁阀能使换刀系统回位从而先否定了液压或机械上阻滞造成换刀系统不到位的可能性。为此我们怀疑换刀动作与程序换刀指令不协调是造成故障的原因。《操作员手册》中要求“连续运行中,两次换刀间隔时间不得小于30s”经计时发现引发故障的程序段两次换刀时间间隔仅为21s。我们修改了相应的程序故障排除。

【例148】换刀故障23号报警。

故障现象 :自动换刀时发生故障,报警显示23号。

故障检查与分析 :该机床为北京机床研究所生产的JCS-018立式加工中心,其数控系统为FANUC 7M系统。查该机床操作说明书,得到与换刀有关的行程开关故障分类如下:23号报警为机械手75°回转的行程开关发生故障。

首先对机械手75°回转的两个行程开关进行检查,该行程开关完好无损,动作准确可靠。并且,用刀库开关上的极限开关SQ4、SQ5和操作板上的SA14选择开关控制也同样产生该号报警。这样,就排除了行程开关有故障的问题。然后,运用“先外部后内部,先机械后电气”的检修方法,对机械手75°回转的行程开关连线、接线柱以及I/O接口均进行了认真地检查,上述部位均无故障。从以上检查情况和机床数控系统原理分析,该故障可能出现在地检查,上述部位均无故障。从以上检查情况和机床数控系统原理分析,该故障可能出现在PLC内部,且为PLC模块硬件损坏造成。根据数控系统普遍采用积木式结构的特点,用替换法来进一步缩小故障范围。从数控系统电气原理图上看,75°转的两行程开关的插座CN3、CN10均与PLC-C模块相联,且CN3插座上的41号、42号线号分别为A75、A75R;CN10插座上的37号、38号线号分别为A75RLS;A75LS。故确定是PLC-C功能模块损坏,用一完好的PLC-C功能模块替换被怀疑有故障PLC-C模块后,23号报警消除,数控机床恢复正常运行。

【例149】利用梯形图和状态指示灯排除加工中心机械手故障。

故障现象 :有一次机床在加工叉车变速箱的过程中,当机床按程序自动加工时,机械手把刀拔出后,继而向上升起,然后进行顺时针方向180°旋转,此时发生报警。查报警内容得知机械手旋转不到位。

故障检查与分析 :MPA-H100A加工中心是日本三菱公司广岛工机工厂生产的高精度机床,所配CNC系统为FANUC 6M-MODELB,工作台为1000×1000。

检查NC系统、PLC指示的发光二极管,均很正常。用手强制电磁换向阀动作,机械手能够顺时针或逆时针方向180°或0°自由旋转,并且经手动换向阀后,一切动作又恢复正常,这时故障并没有排除,还处于隐蔽状态。当多次发生这种故障时,发现电磁阀上的发光二极管不亮,说明交流100V电压没有供给电磁阀或者发光管损坏。打开电磁阀测量检查,的确无交流100V电压,而接线并不松动,插头也完好,发光管也没损坏,其它各接线盒内端子板上的接线也均无松动,但PLC输出指示器上有表示机械手顺时针180°旋转指示。

测量的结果表明,从 PLC 的输出到电磁阀的连线是通路的,并无断线处。那么按照一般的 PLC 控制理论来讲,只要 PLC 的输出发光二极管燃亮,就说明 PLC 有输出,电磁阀就应该有电,相应的机械手动作就应该执行。另外 PLC 的输出发光二极管亮,则说明 NC 有信号到达 PLC,即是说输入信号是正确的,并且送不同的动作指令,PLC 均有相应的指示,这说明来自 NC 的信号是完全没有问题的,故障不会发生在 NC 部分。由于没有 PLC 各指示部分的电路图,给分析故障带来了一定的困难。由于该控制柜是板后接线,所有的控制插板均需拆下,再按照板上的元件和印制电路板上的印制电路,对照插座细细查找,这是很费时间的,也是很困难的。PLC 部分共有 6 块印制电路板,一块 CPC 板、一块 ROM 板、一块电源板、还有 3 块输出板,即 NP—44 板、NN—62 板、AC—3 板。根据故障的现象,可不考虑前 3 块板,问题只能出在其余的 3 块板上。而且接控制机械手旋转输出的是 AC—3 板,因此首先应查找这块电路板。日方提供给我们的资料中只有梯型图和电路的大致框图,而无其它图样,因此只好就事论事进行分析。根据说明书上提供的插头号,对照印制电路板上的插座号,再沿印制电路板上的印制电路,查到机械手旋转输出继电器 Y23.2,这时检查 PLC 输出指示器,发现表示 Y23.2 的发光二极管燃亮,而测试 Y23.2 其管角不通,即不能供出交流 100V 电压。因此判断问题出在 Y23.2 这个固体继电器上,以及与之相连接的元件上,或者这个继电器之前的电路上某个元件损坏所致。此时通过手动方式送机械手动作指令,PLC 输入指示器上有关的发光管燃亮,说明输入正常。通过 PLC 指示器检查与机械手旋转有关的内部继电器 C111.5 和 C111.4,当送机械手逆时针 0°旋转指令时,发现 C111.4 有电,而 C111.5 无电。梯形图中电路的接法正好是 C111.4 常开点与 C111.5 的常闭点串联,然后驱动输出继电器 Y23.3,这时 Y23.3 通电动作,说明电路工作正常。此时 PLC 输出指示器上表示 Y23.3 的指示灯燃亮,经测试 Y23.3 的负载端也确有交流 100V 电压输出,电磁阀动作,其上的指示灯燃亮,机械手完成逆时针 0°旋转。而当送机械手顺时针 180°旋转指令时,经检查 C111.5 有电,而 C111.4 无电,由于 C111.5 的常开点与 C111.4 的常闭点串联,说明电路是通路的,而由 C111.5 和 C111.4 驱动的输出继电器 Y23.2 就应该有电。检查 PLC 输出指示器,发现表示 Y23.2 的指示灯亮,而测试 Y23.2 继电器的输出端,并没有交流 100V 电压,其输出只在零点几伏。这说明该继电器已损坏,换上一个同型号的继电器,故障即排除。

【例 150】刀库运行时抖动。

故障现象:刀库运行时抖动。

故障检查与分析:XH754 加工中心 FANUC—6M 系统青海第一机床厂制造。

由于刀库与转台共用一套 PWM 单元、位置控制采用一块简易定位板、且转台正常,机修工误认为机械故障。在蜗轮、蜗杆反复查原因无结果。考虑机电一体化设备、有些机械故障可用电器弥补的方法,试调快慢速时,发现简易定位板刀库测速反馈部分稳压管击穿,选用 5V 稳压管换上后使用正常。分析原因:是当测速机反馈电压不稳定时,使输入信号与反馈信号间的关系出现错误,使之反馈峰值有变化、波形不稳,而造成本故障。

【例 151】VA—45 型立式加工中心刀库错位的修理。

故障现象 :一次 ,设备在正常运转时 ,操作工突然发现调出的刀具不对 ,经停机检查 ,发觉调出的刀具和实际刀号不符 ,而且始终是相差一位 ,即欲调 1 号刀具 ,而调出的是 2 号刀具。

故障检查与分析 :VA - 45 型立式加工中心系日本日立精机株式会社生产的数控机床 ,它的数控系统属 FANUC 10M 系列 ,刀库有 40 个刀位。

经重新设定参数或调整刀具刀位 ,均不能消除故障 ,且参数表所显示的刀号完全正确而调出的刀具总是不对。修理人员遍查所有资料仍无法消除故障 ,只好向日本询问。对方答复如下 :请再次确认微机—(PC) 的设定有否错误 :①将刀库 1 号刀位调至待机位置 ;②将微机 - 8 主线路板上的写入开关设至“ ON ” ;③键盘输入 $\boxed{3} \boxed{0} \boxed{\text{INP}} \boxed{3} \boxed{0} \boxed{\text{A}} \boxed{9} \boxed{\text{INP}} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{\text{INP}}$;④将写入开关设至“ OFF ”。

以上操作为刀库刀位号的清零作业。

然后 ,对照刀位号与刀具作全数输入 $\boxed{4} \boxed{0} \boxed{\text{INP}} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{1} \dots\dots$ (输入时为单独模式) 并请参照使用说明书。

经按此法操作 ,故障排除。

【例 152】机械手不能手动换刀。

故障现象 机床的机械手不能手动换刀。

故障检查与分析 :UFZ6 加工中心采用西门子 880 系统。

该机床刀库配有 120 把刀位 ,刀具的人工装卸是通过脚踏开关控制气阀的动作来夹紧和松开刀具。此故障发生时 ,气阀不动作 ,根据我们多年的维修经验知道 ,对于局部的可直接控制的动作利用 PLC 程序来判断故障是最有效的方法。由电路图我们知道气阀是由 N - K8 控制 ,N - K8 继电器由 A27.6 的输出来控制。根据机床制造厂家提供的机床 PLC 程序手册 ,查出 PB156 - 1 为控制输出 A27.6 的程序 ,内容如下 :

U M 123.3

U M 165.3

U E 26.0

U E 26.7

= A 27.6

注 程序中字母为德文。

由上述程序知道 ,M123.3 和 M165.3 为 PLC 内部的程序中间继电器 ,输入 E26.0 由脚踏开关 N - S06 控制。输入 E26.7 是一套由机械和电气联锁装置组成的刀库门控制信号 ,上述 4 部分内容组成一个与门电路关系 ,控制输出 A27.6。因此 ,从 PLC 输入状态检查 E26.0 和 E26.7 的状态。其中 E26.0 为 1 ,满足条件 ;E26.7 为 0 ,条件不满足 ,因此断定刀库门控制盒内部有问题。

故障处理 拆开刀库门控制盒后发现盒内连接刀库门的插杆滑动块错位 ,致使刀库门打开时 ,盒内联锁开关状态不变化 ,输出信号 E26.7 始终不变。将插杆滑块位置复原后 ,打开刀库门时 ,E26.7 为 1 ,输出 A27.6 也为 1 ,则气阀动作 ,手动换刀正常。

【例 153】机械手不能自动换刀。

故障现象 机械手进入刀座后自动中断 ,CRT 显示“读禁止”。

故障检查与分析 德国 SHW 公司生产的 UFZ6 加工中心 ,配置西门子 880 控制系统。

此机床较大 ,刀库与主轴相距较远(约 3m) ,机械手由液压驱动在导轨上滑动传送刀具。主轴位置分立式、卧式两种换刀方式 ,因此机械手可上、下翻转 ,满足主轴换刀位置的需要。机械手换刀共分 28 步 ,每一步均有相应的接近开关检测其位置 ,大多数接近开关都安装在机械手不同的部位 ,随机械手拖架来回运动 ,较易松动 ,且存在损坏的危险。此台机床是新购进设备 ,断线及电缆老化的可能性极小。各接近开关上指示灯正常 ,故供电电源也正常。因此只有从查各接近开关的位置入手。

此故障停止在步序 2 机械手进入刀座准备拔刀时 ,首先检查机械手是否到位。通过 PLC 接口显示 ,输入 E24.6 状态为 1 ,说明机械手到刀库的开关 S07 已动作 ,下一步应该夹刀 ,但未动作。经手动试验机械手各动作正常 ,因此查 PLC 梯形图检查各开关量的制约关系了解到 ,接近开关 S17 在机械手接近刀库约 300mm 范围内均应动作 ,否则换刀中断 ,查开关 S17 的 PLC 接口 E25.5 状态为 0 ,即此开关未动作 ,其它是此开关由于电缆移动造成松动 ,感应铁块与接近开关距离过大 ,感应不到信号。

故障处理 ,调整 S17 开关的位置后 ,自动换刀正常。

【例 154】刀链不执行校准回零。

故障现象 :开机 ,待自检通过后 ,启动液压 ,执行轴校准 ,其后在执行机械校准时出现以下两个报警 :

ASL40	ALERT	CODE	16154
CHAIN	NOT	ALIGNED	
ASL40	ALERT	CODE	17176
CHAIN	POSITION	ERROR	

因此机床不能正常工作。

故障检查与分析 美国辛辛那提·米拉克龙公司的 T40 卧式加工中心 ,其计算机部分采用该公司的 A950 系统。T40 刀链校准是在 NC 接到校准指令后 ,使电磁阀 3SOL 得电控制液压马达驱动刀链顺时针转动 ,同时 NC 等待接收刀链回归校准点(HOME POSITION)的接近开关 3PROX(常开)信号 ,收到该信号后电磁阀 3SOL 失电 ,并使电磁阀 1SOL 得电 ,刀链制动销插入 ,同时 NC 再接收封制动销插入限位开关 1LS(常开)信号 ,刀链校准才能完成。

据此分析故障范围在以下 3 方面 :①刀链因故未能转到校准位置(HOME POSITION)就停止 ;②刀链确已转到了校准位置 ,但由于接近开关 3PROX 故障 ,NC 没有接收到到位信号 ,刀链一直转动 ,直到 NC 在设定接收该信号的时间范围到时产生以上报警 ,刀链才停止校准 ;③刀链在转到校准位置时 ,NC 虽接到了到位信号 ,但由于 1SOL 故障 ,导致制动销不能插入 ,限位开关 1LS 信号没有 ,而且 3SOL 因惯性使刀链错开回归点 ,接近开关信号又没有。

故障处理 根据以上分析,首先检查接近开关 3PROX 正常。再通过该机在线诊断功能发现在机械校准操作时 ILS 信号 10033(LSAPIN __ ADV)和 3PROX 信号 10034(PR—CHNA __ HOME)状态一直都为 OFF,观察刀链在校准过程中确实没有到位就停止转动,而且发现每次校准时转过的刀套数目也没有规律,怀疑电磁阀 3SOL 或者液压马达有问题。进一步查得液压马达有漏油现象,拆下更换密封圈,漏油排除,但仍不能校准,最后更换电磁阀 3SOL 后故障排除。

说明 :由于用万用表测量电磁阀电压及阻值基本正常,而且每次校准时刀链也确实转动,因此在排除了其他原因后,最后才更换性能不良的电磁阀。

【例】 换刀与开门不合拍。

故障现象 机械手给主轴装入刀后逆时针 84° 不执行,死机。无报警信号。

故障检查与分析 :日本牧野公司 MC 1210 加工中心,计算机系统为 FANUC—15M。

由于该故障只是有时发生,怀疑是机械手转动不灵活或机械手被卡住。关掉液压用手搬动机械手,转动灵活,在手动模式下操作换刀时,故障不发生。反复多次手动操作,故障均不出现,只是在 MDI 及 AUTO 模式时,故障才发生。说明故障不在液压及机械转动方面。

在 MDI 模式下,操作换刀,观察换刀过程发现,该机床设计时为了节省换刀时间,在刀库还未完全打开时,机械手就顺时针转 84° 抓刀,开始换刀,在换刀还未结束,机械手 84° 反时针未回位前,门就已经开始关。故障每次发生时,机械手 84° 没有返回,门离完全关闭约 400mm,而此时门限位开关 LS135 刚脱开。

对此分析,按这种设计,为了不发生碰撞,在机械手换刀完成之前,门应保持在离完全关闭还有某一距离之外,即 LS135 不能在换刀完成前脱开,否则就出现故障。时序图如图 3-22 所示。

从图中分析,故障在 a 沿处发生即允许换刀门信号 LS135 脱开时。而此时换刀结束信号 LS70 上沿 b 还未到来。

造成这种故障有两种可能:①门关的太早了;②机械手动作慢了。观察机械手运行正常,不用调整。而调节关门限位 LS135 使关门动作晚一拍。故障果然排除。

说明 :由于换刀门是由液压缸推动的,液压压力大小及关门时的阻力大小影响开关门速度,如门关的快就会出现该故障,因此调整压力改变关门速度也可排除故障。但由于液压大小,及关门阻力每次都可能不同,所以要彻底解决该故障,调整 LS135 限位是最好办法。

【例 156】 JOG 方式时,送刀盒无法与主轴刀具相交换。

故障现象 机床在 JOG 状态下加工工件时送刀盒将刀具送往主轴侧,但不能与主轴上的刀具相交换,过一会机床出现报警。

故障检查与分析 :BX-110P 加工中心, FANUC-11 系统。

刀具不能正常交换说明相关信号不能满足,PLC 设定换刀动作时间无法得到保证,超过设定的时间,就发生报警,并锁定机床。按此思路,查看梯形图,发现刀库侧的 LS917,

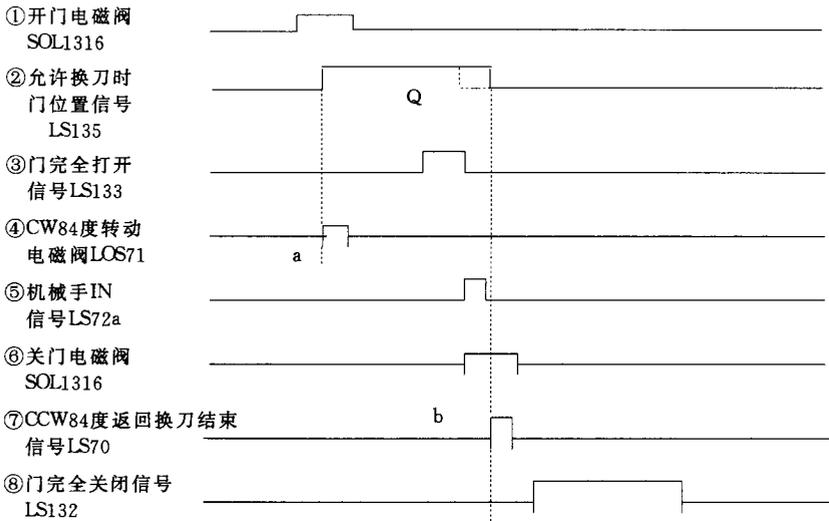


图 3-22 换刀动作时序图

LS918 两红外线光电感应开关上覆盖了一层油膜,影响了光电信号的接收,擦洗后,机床恢复正常。

【例 157】JOG 方式时,机械手在取送刀具时,不能缩爪。

故障现象:机床在 JOG 状态下加工 II 件时,机械手将刀具从主刀库中取出送入送刀盒中,不能缩爪,但却不报警,将方式选择到 ATC 状态,手动操作都正常。

故障检查与分析:BX-110P 加工中心, FANUC—11 系统由日本某公司制造。

经查看梯形图,原来是限位开关 LS916 没有压合,调整限位开关位置后,机床恢复正常。但过一段时间后,再次出现此故障,检查 LS916 并没松动,但却没有压合,由此怀疑机械手的油缸拉杆没伸到位,经查发现液压缸拉杆顶端锁紧螺母的顶丝松动,使液压缸伸缩的行程发生了变化,调整了锁紧螺母并拧紧顶丝后,此故障排除。

【例 158】自动换刀时刀链运转不到位。

故障现象:当进行到自动换刀程序时,刀库开始运转,但是所需要换的刀具没有传动到位,刀库就停止运转了。3min 后机床自动报警。

故障检查与分析:MPA-H100A 加工中心是日本三菱公司广岛工机工厂生产,所配 CNC 系统为 FANUC 6M-MODELB,工作台为 1000mm×1000mm,60 把刀具。由上述故障报警知道是换刀时间超出。此时在 MDI 方式中,无论用手动输入刀库顺时针旋转还是逆时针旋转动作指令,刀库均不动作。检查电气控制系统,没有发现什么异常,PLC 输出指示器上的发光二极管燃亮,表明 PLC 有输出,刀库顺时针和逆时针传动电磁阀上的逆时针一侧的发光二极管燃亮,表明电磁阀有电,此时刀库不动作,那么问题应该发生在液压系统或者其它方面。但是液压系统的压力正常,各油路均畅通并无堵塞现象,检查各个液压阀的液压元件也没有发现什么问题,估计故障可能出在液压马达上。为此,我们拆除了防护罩,卸下了液压马达,能拆卸检查的部位,我们都作了检查,也没有发现什么问题,

我们仍不放心,又把液压马达送到大连组合机床研究所去鉴定,最后经组合所液压测试台的测试,其结论是液压马达是完好的。经在场的同志们仔细分析研究后认为,问题只能有一个,那就是机械方面的故障,但刀库的各部位,各个零部件均无明显的损伤痕迹,因此机械损坏故障可排除在外,最后问题归结为一点,即刀库负载太重,或者有抗劲的部位,以至液压马达带不动所致。

故障处理 事实上的确如此。我们在加工 10t 叉车箱体时,由于工件较复杂,加工面较多,所用刀具多达 40 多把,而且大的刀具,长的刀具(最长的刀具达 550mm),重的刀具(最重的刀具达 25kg 以上)用量都很大,而且我们忽略了刀具在刀库上的分布情况,重而长的刀具在刀库上没有均匀分布,而是集中于一段,以至造成刀库的链带局部拉的太紧,变形较大,并且可能有抗劲现象,所以机床的液压马达带不动。最后我们把刀库链带的可调部分稍松了一些,结果一切都恢复正常,说明问题的确是出在机械上。但是刀库的链带又不能调的太松,有一次机械手在刀库侧抓刀时,当把刀具拔出,然后上升,再进行 180° 旋转时,突然把刀具甩出去,这是相当危险的。分析这起故障的原因,就是因为刀库链带太松的缘故。该机床机械手的两个卡爪是靠向下的推力而被刀柄的外径向外挤开,然后靠弹簧的张力来夹紧刀具的。当机械手向下抓刀时,由于链带太松,链带也随着机械手向下的推力而向下拱曲,结果机械手的卡爪只抓住刀柄的一多半,并没有完全抓靠、抓牢,当机械手旋转时,由于刀具很重,在离心力的作用下,刀具就沿切线方向甩出去。经把链带稍微紧了一下,就再也没有发生类似情况。

说明:刀库的驱动系统不外乎有两类,一类是机械传动,一类是液压传动。MPA—H100A 加工中心是 20 世纪 80 年代初的产品,采用液压传动方式,即采用液压马达、电磁阀、流量控制阀等来驱动刀库的运转。应该说采用液压传动较之采用变频调速电动机驱动的刀库来讲,就其电气控制系统而言,要简单的多,也比较直观,一般不容易出现故障。但矛盾也有它的特殊性,随着设备的使用环境、加工条件、工件的复杂程度、所用刀具的多少而有所变化,尤其是刀具的长度,刀具的重量以及刀具在刀库的分布情况也是一个很重要的因素。

【例 159】刀库伺服报警。

故障现象 机床在运行过程中突然出现刀库伺服系统有故障报警信号,且 X、Y、Z 伺服系统接触器不能吸合,致使全机床不能工作。

故障检查与分析 北京机床所生产的 JCS—018A 加工中心, FANUC—BESK 6M 系统。此故障经打开电气柜一查,发现刀库伺服板无任何指示灯亮(按正常,绿灯亮表示正常,红灯亮表示有故障),但简易位置控制板红灯亮,无法判断到底是伺服板坏,还是简易位置控制板坏。这一次就直接把刀库带电源伺服板和 Y 轴带电源伺服板作调换,试机后,故障转移,成了‘401’报警,简易位置控制板绿色指示灯亮,证明,刀库伺服板坏,处理办法,还是用好板和坏板进行逐点参数比较,测得两块厚膜电阻击穿(B8244),经更换后,上机调试,故障依旧,后继续对伺服板进行测试,又发现板上电源边上两 0.47Ω 的金属膜电阻呈无穷大,经更换后,故障排除。

【例 160】刀库回零无动作。

故障现象 :TH6263 开机后 ,刀库回零无动作。

故障检查与分析 :该机床为大连机床厂的 TH6263 加工中心。

利用梯形图和状态信息检查。δQ16.n(刀库定位插销)I39.0 为“0”,表明未在位,相应的 δQ15.n(刀库定位拔销)I38.7 也未在位。拔销继电器(PLC 内部)Y5.5 为“0”。输出信号 PINOUT 为“0”致使 KA11 继电器不吸合,电磁阀 7DT 无动作。人为地使 7DT 动作,刀库也不旋转,因 8Q15.不在位,从梯形图中得知延时无,转位信号 209.0 为“0”。

故障处理 :将 SQ15、SQ16 调整到正常位置则故障排除。

【例 161】刀库旋转不到位。

故障现象 :TH6263 加工中心正常运行过程中,出现刀库旋转不到位,插销与插销孔错半个孔,插销插不进。

故障检查与分析 :停机后,人为地旋转刀库,使插销插入孔中。然后重复开机试验,检查状态信息均正常,结果仍错位。我们认为,可能是电气零点和机械零点不一致造成。

故障处理 :卸下刀库回零开关,人为地控制它的回零,使机械、电气零点相符。故障消除。

【例 162】利用西门子 810/820CNC 系统菜单功能排除加工中心自动换刀机故障。

故障现象 :当换刀机某一信号不到位而发生故障,至使整机不能运行时(西门子 810/820 系统出现故障时,一般无面板恢复功能),采用常规修理方法需熟悉换刀机液动或气动控制原理,还要熟悉换刀机 PLC 控制信号,进而查到控制某一动作的阀。因为换刀机控制较复杂,在进行手动操纵换向阀时,危险性较大。但用菜单操作方法排除换刀机故障,操作非常简单,修理周期非常短。

以下详述西门子 810/820 系统如何使换刀装置恢复到起始位置(即单步动作)的 CRT 菜单功能。

①使设备(如加工中心)进入单独运动模式。(模式开关至 MDI - AUTOMATIC 状态);
②按诊断(识别键)V 或 A 至 PLC 状态(PLCstatus);
③选择 FW(按 FW 软键)出现 FB 菜单;
④光标移至 FB119,将 FB119 设定为 1;
⑤切换至 JOG(手动)状态,按 AI 或 MI 键至 TOOL - CMOTIONS 状态(单独换刀程序,见附图的 CRT 菜单),按选择键(CRT 下面的软件)完成所需的动作;
⑥将 FB119 调为 0;
⑦按诊断(识别键)回复至正常菜单;
⑧按下停止按钮,关断总电源以后打开启动机床检查机床是否处于正常状态;

注 :a)FB119 为换刀机手动,自动切换 PLC 参数;b)如 PLC 参数不能修改,可向制造厂索取修改码;c)操纵该菜单时,需合格的操作人员;操作时需细心,如换刀机一定要降下时,才能旋转等。

我厂利用该功能快速修复了加工中心刀具拉紧不到位,机械手机件损坏,刀具进刀库不到位等故障,受到事半功倍的效果。

CRT 换刀机手动操纵菜单如下:

CRT

第四节 工作台部分故障实例与诊断

【例 163】工作台不能回转到位,中途停止。

故障现象 输入指令要工作台转 180° 或回零时,工作台只能转约 114° 左右的角度就半途停下来,当停顿时用手用力推动,工作台也会继续转下去,直到目标为止,但再次启动分度动作时,仍出现同样故障。

故障检查与分析 :CW800 卧式加工中心,西门子系统,德国海克特公司制造,在 CRT 显示器上检查回转状态时,发现每次工作台在转动时,传感器 B57 总是“1”(它表示工作台已升到规定高度),但每次工作台半途停转或晃动工作台时,B57 不能保持“1”,显然,问题是出在传感器 B57 不能恒定维持为“1”之故。

拆开工作台发现传感器部位传动杆中心线偏离传感器中心线距离较大。我们稍作校正就解决了故障。但在拆装工作台时,曾反复了几次,由于机械与电气没有调整好,出现了一些故障现象,这也是机电一体化机床经常遇到的事情。

【例 164】V 轴(工作台)刻度盘不能对齐,落不下去。

故障现象 :工作台(旋转)位置不准无法落下,伺服出现 TG 报警。

故障检查与分析 :XH754 卧式加工中心,美国 A、B 公司 8400 系统(青海一机厂制造)。由于回零碰块偶尔发生错误,或调试安装过程中可能出现的类似故障。排除方法是将电动机与编码器脱开,手动打开电磁阀让工作台抬起,压下急停按钮之后,直接转动电动机联接器,使工作台向对齐的方向转动。当位置对齐时装上编码器,落下工作台,释放急停按钮,重新回零。如工作台刻度盘还没对齐,重复上述方法,直到对齐为止,故障就能排除。其目的是让 CNC 重新记住工作台位置,一般调整只能在 5° 之内时可以,过大的调整只能改变回零碰块位置解决。此方法适合配制美国 A、B8400 系统加工中心使用。

【例 165】V 轴(22 作台)抬起后不转动。

故障现象 输入 M85 指令转台抬起后无动作。

故障检查与分析 :XH754 卧式加工中心,美国 A、B8400 系统(青海第一机床厂制造)。

当输入 M85 时 I/O 固态继电器 RO21 地址灯点亮,电磁阀 XT05 动作,完成转台抬起动作。由于保护装置起作用使这一动作中断。当查到 R082 地址时发现有一速熔保险(CA)熔断,原因是电磁阀短路造成,更换后熔断器及电磁阀后一切正常。

【例 166】工作台伺服装置安装调试时烧保险。

故障现象 :有一台 TH6350 卧式加工中心,工作台旋转和刀库驱动两台电动机共用一套伺服驱动装置,安装调试时出现:不论是转换开关选择在工作台或是选择在刀库位置,在完成相应运动时,出现电动机“爆转”故障,烧坏该伺服板熔断器。

故障分析 :出现这种故障,说明伺服电动机回路电流特大。可能情况:①晶闸管击穿;②电动机有开焊或匝间短路;③线路有短路;④伺服单元调节失灵;⑤各种反馈环节出故

障等。

故障处理 根据上述分析,我们首先检查电机和相关线路,正常。其次,检查了伺服单元,并将该伺服单元用在 X 轴上,结果正常,说明伺服单元调节失灵不可能。再次,对晶闸管进行检查,结果正常。所以,故障范围应出现在反馈环节上。对于该系统由位置环、速度环、电流环构成的三环系统,电流环在内,属内环;位置环在最外层,属外环,该环出故障会出现定位不准,但一般不会出现“爆转”。问题的焦点应在速度环,速度环在电流环和位置环之间,属中环,如速度环接成正反馈或负反馈线断,则可出现“爆转”故障。

测速机和伺服板之间用一根 20 芯的电缆连接,检查该电缆连接正常。我们知道:在选择工作台旋转和刀库工作时有一切换关系,其切换结构如图 3-23 所示。

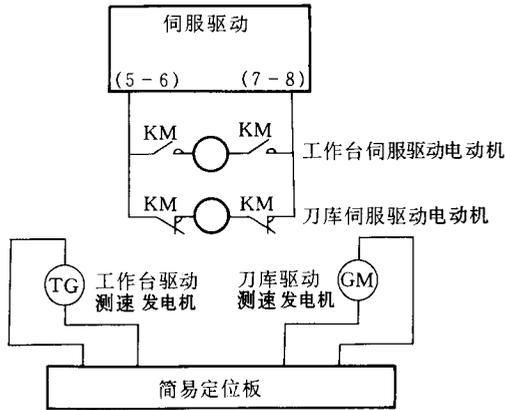


图 3-23 工作台刀库切换结构图

该加工中心的切换是在电枢回路中实现。两电动机的信号电缆并未参与切换,而是同时到简易电位板上。所以,电枢回路接线不对,是造成测速电机极性和电源极性不匹配的根本原因。我们倒换 5-6 和 7-8 的极性,更换新熔断器:首先,手动试刀库,刀库能动作,但出现过荷报警。调整伺服板电流限幅限位 RV12。消除之,重复手动试刀库,正常。在 MDI 方式下,试换刀分解动作正常,切换到转台,在 MDI 方式下,试转台分解动作正常。

不管是刀库的分解动作和工作台分解动作,还是程序控制换刀和程序分度都能正常工作。

【例 167】B 轴编码器反馈故障。

故障现象:在开机接通 NC 电源后,系统要进行 8 步自诊断,只有全部通过时屏幕才能出现操作显示画面,允许进入下一步操作。该机在开机运行时未能通过自诊断,屏幕显示内容为:NOTENOUGHGOODBOARDS。

故障检查与分析:美国辛辛那提·米拉克龙公司生产的 T40 卧式加工中心,计算机部分采用本公司 A950 系统。用该系统辅助诊断 TOOLBOX 功能测得下列控制板异常:

SLOT	PASS/FAIL	BOARDTYPE
2	FALLED	SV2

3	MISSING	SV2
4	FALLDE	SV2
7	FALLED	CPU

由于 SLOT7 和 SLOT10 插板型号、设定等完全相同 ,SLOT 10 显示正常 ,故断电交换两块位置 ,开机诊断 ,发现原 SLOT 7 上板在 SLOT 10 位置时工作正常 ,而原在 SLOT 10 位置上正常的 MCPU 板插到 SOLT7 位置时有故障。因此可以认为这两块 MCPU 没有问题 ,而是由其他问题导致 SLOT 7 中 MCPU 板没有正常工作。由于在 SLOT2、SLOT3 和 SLOT 4 三块 SV2 块中 ,SOLT 2 和 SLOT 4 未通过 ,SLOT 3 被认为没插上 ,但其确已装在 SLOT 3 位置 ,在只有一块备件的情况下 ,无法同时更换 ,考虑到 3 块同时坏的可能性很小 ,关机后拿下 SLOT2、SLOT3 和 SLOT4 板 ,重新启动 ,初诊断通过 ,屏幕出现准备工作画面 ,但随后即出现 SLOT2 伺服错误报警 ,此后在断电时插上、取下 SV2 板 ,依次装入 ,只要不在 SLOT 3 中装入 SV2 板 ,自诊断即能通过 ,而一旦在 SLOT 3 中有板 ,自诊断就无法通过 ,因此判断故障与 SLOT 3 有关。进一步查得与 SLOT 3 有关的插头为 J40 和 J43。关机 ,交换 J43 与 J45 插头 ,开机用 TOOLBOX 诊断结果变为 SLOT 2 MISSING ,而 SLOT 3 PASSED ,同理 ,交换 J40 与 J45 时故障如初。由此断定故障来自 J43 插头。

J43 是 B 轴旋转编码器的反馈信号经前置放大器整形、放大送到 NC 系统。

将 J43 插头中第 14 脚 ALARM 信号与 15 脚 + 5V 相接 ,使来自编码器的报警信号无法进入 NC ,拆下 Z 轴托板罩壳 ,露出 B 轴电动机 ,用套筒扳手转动 B 轴电动机 ,再用示波器监测 J43 处 A、B 两组波形 ,发现当 B 轴转到某些角度时波形正常 ,再转时又会不正常。因而认为前置放大器正常 ,问题在于编码器。

故障处理 :先拆开旋转工作台 ,再拆下旋转编码器检查 ,发现其密封有问题 ,光栅玻璃面上受油、气、水等污染 ,导致其无法正常工作 ,经用小注射器注入无水酒精小心冲洗 ,用镜头纸、脱脂棉等处理后 ,改进其原密封结构 ,确保其密封无误 ,再依拆卸时所做组装记号全部复位 ,机床故障排除。

【例 168】B 轴跟随误差超出。

故障现象 :在指令 B 轴回转分度时 ,无论是用手摇脉冲发生器或手动快速移动 ,只要指令 B 轴以较快速度运动时即出现 2005 号报警 ,具体内容如下 :B AXIS EXCESS ERROR

手册中提供了如下解释 :

THE BAXIS FOLLOWING ERROR EXCEED ITS EXCESS ERROR LIMIT

即 B 轴跟随误差超出极限。

涉及原理 :美国辛辛那提·米拉克龙公司的 T40 卧式加工中心 ,控制系统是该公司自行开发研制的 A950 系统 ,四轴的坐标驱动采用的是德国西门子伺服系统。并用德国海德海因公司光栅尺做为位置检测部件构成全闭环系统。

1) 跟随误差的概念 如图 3-24 所示 ,曲线 1 是直线插补时坐标轴的位置指令输入与时间的关系曲线 ,其斜率代表该坐标轴的恒定进给速度。曲线 2 是坐标轴实际运动的

位置—时间关系曲线,我们来看几个关键的点。

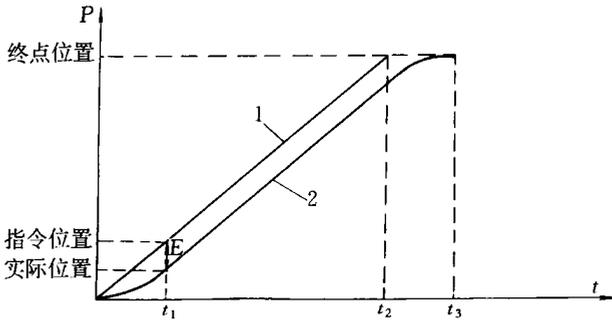


图 3-24 跟随误差示意图

t_1 时刻之间,指令位置首先发出,坐标轴的实际运动由于受机械惯性的影响有所滞后,也就是说指令位置和实际位置之间出现了差异 E ,这就是通常所说的跟随误差。 $t_1 - t_2$ 之间,电动机的转速已经达到指令速度,系统进入稳态,因而两条曲线斜率相同,跟随误差保持不变。 $t_2 - t_3$ 之间,这时指令位置已到终点,没有新的位置指令送出。实际的坐标位置在反馈作用下向着终点坐标位置继续运动,直到实际位置 = 指令位置,即跟随误差为 0 时为止。

2) 两个结论 ① 对一个具体的机床而言,位置环的惯量是确定的,环路增益也是固定的,跟随误差的大小就取决于指令的速度。指令进给速度越高,电动机从零转速到达指令转速所需的时间越长,即跟随误差越大,反之亦然。② 在 CNC 中跟随误差常放在一个“固定偏差计数器”中,指令位置脉冲不断使其累加,位置反馈脉冲不断从中减去,固定偏差计数器中的值就代表了跟随误差的大小。

故障分析:当一个机床的最大运行速度和结构确定以后,跟随误差的最大值也就随之而定,并用参数加以限定。如果固定偏差计数器中的值超过了参数限定的范围时,说明 CNC 的位置伺服出现故障,就会产生上述跟随误差报警。本例故障在低、中速范围内指令 B 轴运动时,运行正常,只有高速运行才出现这个报警,故障很可能是参数设置偏小所致。

故障处理:调出 B 轴的伺服跟随误差参数,适当加大一些之后,故障消失。

【例 169】转台快速时有振动。

故障现象:转台快速时有振动。

故障检查与分析:JCS-013 卧式加工中心, FANUC—BESK 7CM 系统。

转台在快速移动时,产生振动,而慢速时几乎正常,首先应怀疑测速发电机问题。检查时发现切削液进入电动机,油泥粘附在整流子的表面上,而且测速机内有油进入,致使电刷接触不良,处理修复。

注意:测速机拆下清理时,一定要在刷架和磁铁上做好标记,这样可使测速机输出的电压波纹减至最小。

【例 170】工作台回转中心偏差的调整。

在箱体类零件的加工中,工作台回转中心的位置精度,直接影响到加工零件的同轴度和孔距等精度,而且在实际使用中由于机床定位精度和重复定位精度的影响,工作台回转中心的位置精度发生偏差是经常出现的,常误认为是故障。所以在精密加工前,有必要进行调整和设置。本例所述是瑞士 MIKRONWF74VH 立卧加工中心,配 HEIDENHAI 数控系统。

调整步骤如下:①找正工作台回转中心(X轴、Y轴),工作台面的水平(A轴),工作台T型槽相对于X轴的平行(C轴);②记下此位置机床坐标系的坐标位置;③选MOD功能,输入密码95148,进入机床参数表;④查找参数MP950,并输入相应的测量值,各轴所对应的参数为MP950.1—X轴,MP950.2—Y轴,MP950.3—Z轴,MP950.4—C轴,MP950.5—Z轴。

【例 171】加工中心分度头过载报警。

故障现象:开机后报警,第四轴过载。

故障检查与分析:亚威 PC3060 加工中心,控制系统为 FANUCOMC。其数控分度头即第四轴过载多为电动机缺相,反馈信号与驱动信号不匹配或机械负载过大引起。就此故障做了如下检查:

①打开电气柜,先用万用表检查第四轴驱动单元控制板上的熔断器,断路器和电阻是否正常;②因X、Y、Z轴和第四轴的驱动控制单元均属同一规格型号的电路板,把第四轴的驱动单元和其它任一轴的驱动单元对换安上,开机,断开第四轴(关闭操作面板上的4NG按钮),测试与第四轴对换的那根轴运行是否正常,若正常证明第四轴的驱动控制单元是好的,否则证明第四轴的驱动控制单元是坏的,更换后再继续检查以下项目;③检查第四轴内部驱动电机是否缺相;④检查第四轴内的蜗轮,蜗杆传动是否灵活,是否有咬死现象;⑤检查第四轴与驱动单元的联接电缆是否完好。由于联接电缆长期浸泡在油中老化,以及随着机床来回运动折断,最后导致电路短路而造成开机后报警,第四轴过载。

故障处理:更换此电缆后故障排除。

【例 172】加工中心不能进行手动托盘转动。

故障现象:该机床在装夹工件时,不能进行手动托盘转动。

故障检查与分析:德国产 CWK500 型加工中心机床在装夹活时,可通过手动托盘松开按钮 E81S04 给 PLC 送入托盘释放信号,由 PLC 控制在托盘处于可松开状态时发出电动机抱闸松开和托盘锁紧销释放信号,控制机床使托盘可自如地进行手动转动。

其原理框图如图 3-25 所示。

当机床出现故障,托盘不能进行手动转动时,对照机床电气原理图逐步检查,发现电动机抱闸线圈电源的 6A 熔断器损坏,电动机抱闸线圈内部短路,阻值变小,电动机内部抱闸用整流电路板上的整流管损坏。重新绕制线圈并更换相应元件后,机床恢复正常。

但此故障不止一次出现,两台 CWK500 型机床均出现过此故障。这一现象引起了我的注意,仔细分析故障产生的原因后认为:由于机床操作者按下托盘松开按钮松开托盘之后常常夹紧活后也不卡紧托盘,常时间也不断电,使电动机抱闸线圈长期通电,造成内部

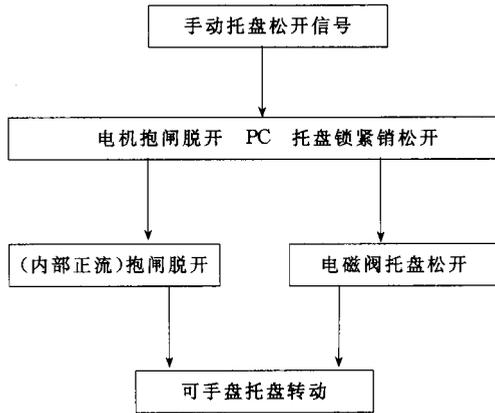


图 3-25 手动托盘转动原理框图

极度高温,使其短路损坏。此时,首先烧坏 6A 熔断器。若直接换上熔断器,通电再试,则会烧坏电动机内部的整流电路中的整流管,造成进一步损坏。

所以,我们规定:在操作者松开托盘,使托盘转至所需位置后,必须立即锁紧托盘,在需要转动托盘时再次松开。有此规定后,机床使用了一年多来,再未出现此故障。

假如,操作者违反规定,再次出现托盘松不开的现象时,则应首先检查电动机抱闸线圈,这样,可避免整流管的损坏。

当然,托盘松不开的原因也不仅是抱闸线圈所造成。最近又出现一次托盘松不开的故障,赴现场检查发现 6A 熔断器没有烧,则断定不是线圈短路原因。进一步检查锁紧销信号,发现信号已给出,但由于长时间机床未用,又被水淹,销有锈死现象,电磁阀带不动,经机械进行相关处理后,机床恢复正常。

【例 173】数控转台角位移故障的分析与处理。

故障现象:打开主电源后,液压及辅助功能正常工作,启动 NC 控制装置,伺服系统断开,出现 444 报警,机床不能工作。

故障检查与分析:TH6363 加工中心采用的是全闭环控制系统;主轴采用大惯量直流电动机,伺服控制电动机为直流永磁式电动机,位置检测采用直线和旋转式感应同步器(X、Y、Z 轴为直线式,转台 B 轴为圆式)。

查维修手册得知 444 报警是第四轴(即 B 轴)的旋转变压器/感应同步器位置检测系统故障。

设备正常工作时,通过 CRT 面板输入位置指令信号(即旋转角度),NC 装置将指令信号转换成指令脉冲,指令脉冲与检测到的实际位置信号进行比较,产生位置偏差量,此位置偏差量控制速度单元,按设定的转速旋转,使位置偏差量为零,达到要求的位置。以上故障现象的出现可以认为是位置检测有问题。造成位置检测不正确有以下 3 种因素:a. 位置控制板出现问题,不能给圆感应同步器定尺提供激磁信号;b. 位置反馈放大器出现故障,使反馈的位置信号不能进入位置控制板;c. 圆感应同步器本身问题,不能产生位置

反馈信号查找方法如下：

首先,将 X 轴的感应同步器连同反馈放大器,接到转台 B 轴的控制接口上,此时 X 轴感应同步器上的激磁信号为 B 轴控制板上的激磁信号,B 轴上的激磁信号为 X 轴上的激磁信号,结果 X 轴正常,B 轴不正常,可证明 B 轴控制板无问题,然后将两轴的反馈放大器互换,结果一样,可证明 B 轴反馈放大器也没有问题,问题可能在尺子本身。

圆感应同步器是应用电磁感应原理制成的高精度角度检测元件,它是由定尺和转尺两部分组成,为非接触式。定尺上有两组互相独立的线圈 A、B 和一组内部耦合变压器线圈 CA 组加正弦激磁信号,B 组加余弦激磁信号,内部耦合线圈 C 为感应输出。转尺上有一组与耦合变压器相对应的线圈,定尺与转尺相对运动时,转尺首先从定尺上感应到信号,再将感应到的信号通过耦合变压器感应到定尺的耦合线圈上。从定尺输出感应信号,其工作原理与直线式基本一致,只是圆感应同步器多了一组耦合变压器线圈。

依据上述工作原理,判断圆感应同步器的好坏,发现激磁信号正常,旋转转尺感应信号微弱但无变化,去掉转尺,此感应信号仍存在(很微弱),证明此信号为定尺本身感应出来的信号(因激磁信号和输出信号都在定尺上)而不是真正的输出信号,说明转尺有问题,于是将转尺外线圈割断,测量耦合变压器线圈,发现耦合变压器线圈断路,至此故障原因找到。

故障处理:圆感应同步器是安装在机床上的感应部件,由于使用环境较差,感应同步器要防水、防油,所有线头联接部分都固有环氧树脂,去掉环氧层后重新焊接,焊完后重新固化环氧树脂,修复工作结束。由于考虑到维修时所用导线与生产厂家使用导线直径不同,担心检测精度差,经广州机床研究所专用设备鉴定,精度为 ± 2.6 角秒,完全达到了设计性能指标,重新装上机床后,性能良好,机床正常工作。

【例 174】B 轴超差报警的检查与处理。

故障现象:一次加工主轴箱体过程中,B 轴(工作台)回转落位时出现超差报警,致使电控系统掉电关机。

故障检查与分析:XB408 加工中心,配用美国 DYNAPATH 10M 数控系统。

当时,我们认为可能是 B 轴参考点开关或脉冲编码器联轴节松动,致使工作台回转后上、下鼠牙盘无法对正,落位时超过机床参数界定的偏差值而报警。但经过我们认真检查,发现参考开关及撞块均正常,脉冲编码器也联接可靠,可以将其排除。于是我们又检查了机床参数。发现原设定值也没变化,但用千分表配合其它检测仪器测量工作台,与要求回转的角度比较,确实有了 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 的偏差。为进一步观察,我们重新修改了 B 轴单脉冲偏值参数 04E2 - 04E5 的设定值。调整好 B 轴回参考点的准确位置,又反复回转了几次,发现定位均很准确,故而安排操作者继续加工工件。但在加工工件过程中,B 轴却又出现了同样的报警现象。这次在 CRT 上观察 B 轴伺服调整坐标值,发现如仅回转 B 轴则一切正常,但如果移动 Z 轴,则意外的出现 B 轴工作台尽管在落下位置因其被锁紧而不能动,可 CRT 上的伺服调整坐标值却随之累加(X、Y 轴却例外)的情况。而这些累加的数值,则在工作台再次抬起回转时,却被优先执行了。这就是加工工件时工作台反复回转出现超

差报警的原因所在。

为何会出现这样的现象？我们一方面认为可能是 Z 轴与 B 轴电控系统有短接的地方，另一方面则还可能是干扰所致。经认真检查驱动单元和控制单元，我们排除了第一条。进一步用示波器观察 B 轴脉冲编码器的 A、B、Z 脉冲波形，开动 Z 轴时发现杂波，证实 Z 轴对 B 轴确实形成了干扰。但为何 X、Y 轴不能形成干扰？比较后我们看出，Z 轴运动、停止时振动较大，且 Z 轴又直接托载着 B 轴，而 X、Y 轴则运行较平稳，故而我们又先调整了 Z 轴的加减速常数 4AB、4A9，使之运行较平稳后，症状明显减轻，但仍不能完全排除干扰。

故障排除：最后我们认定脉冲编码器及信号检测回路抗干扰能力差。经检查信号电缆，发现既没有靠近强电干扰源，也无其它异常。再进一步检查编码器却发现编码器处的屏蔽线焊点断开。将其重新焊接牢固后，又查知，该编码器的 \bar{A} 、 \bar{B} 、 \bar{Z} 脉冲信号的原设计未能送入 DYNAPATH 10M 系统的位控板，而依据光电脉冲编码器的安装要求，我们认为这也是抗干扰能力差的原因所在。为此我们又在位控板上调整了短路棒，将编码器的 \bar{A} 、 \bar{B} 、 \bar{Z} 脉冲信号一同接入后，通电试车，一切转为正常。

通过此例说明，作为数控机床电气维修人员，理应对电控系统的屏蔽线引起足够的重视。同时，也不应迷信原机床设计一定合理，否则处理故障时就会多走不少弯路。

【例 175】工作台分度盘不回落故障。

故障现象：工作台分度盘不回落，7035 号报警。

故障检查及分析：该机床为匈牙利 MKC500 卧式加工中心，所用系统为 SIEMENS820 数控系统。查该机床技术资料，工作台分度盘不回落与工作台下面的 SQ25、SQ28 传感器有关。我们从 CRT 上调用机床状态信息观察到上述传感器工作状态 SQ28 即 E10.6 为“1”，表明工作台分度盘旋转到位信号已经发出；SQ25 即 E10.0 为“0”，说明工作台分度盘未回落，故输出接口 A4.7 就始终为“0”。因而 KM32 接触器未吸合，YS06 电磁阀不吸合，工作台分度盘就不能回落。检查液压系统工作正常，手动 YS06 电磁阀，工作台分度盘能回落，松开 YS06 电磁阀工作台分度盘又上升。通过上述检查说明故障发生在 PLC 内，用 PG650 编程器调出该工作梯形图，发现 A4.7 这一线路中 F173.5 未复位，致使该梯形图中的 RS 触发器不能翻转，造成上述故障报警。

故障处理：将该处强行复位，故障排除。

【例 176】工作台不能移动的故障处理。

故障现象：工作台不能移动，7020 号报警。

故障检查与分析：该机床为匈牙利 MKC500 卧式加工中心，所用系统为 SIEMENS 820 数控系统。

查机床使用说明书，7020 号报警为工作台交换门错误，检查工作台交换门行程开关未发现异常，在 CRT 上调用机床 PLC 输入/输出接口信息表可以看出 E10.6、E10.7 为“0”。在正常情况下 E10.6 应为“1”，而 E10.6 正是工作台交换门行程开关之一。对应机床 PLC 输入/输出接口信息表上 E10.6 进行检查，发现 SQ35 行程开关压得不很好，即接触

不良,以至造成上述故障报警。

故障处理:将SQ35行程开关修理后,故障排除。

【例 177】工作台回零不旋转故障。

故障现象:TH6263加工中心,开机后工作台回零不旋转且出现05号、07号报警。

故障检查及分析:利用梯形图和状态信息首先对工作台夹紧开关8Q6的状态进行检查,138.0为“1”正常。手动松开工作台时,138.0由“1”变为“0”,表明工作台能松开。回零时,工作台松开了,地址211.1TABSC由“0”变为“1”,211.2TABSC也由“0”变为“1”,二者均由“0”变为“1”。211.3TABSC₂也由“0”变为“1”,然而经2000ms延时后,由“1”变成了“0”,致使工作台旋转信号无。是电动机过载,还是工作台液压有问题?经过反复几次试验,发现工作台液压存在问题。正常工作压力为4.0~4.5MPa,在工作台松开抬起时,液压由4.0MPa下降到2.5MPa左右,泄压严重,致使工作台未完全抬起,松开延时后,无法旋转,产生过载。

故障处理:将液压泵检修后,保证正常的工作压力,故障消除。

【例 178】工作台回零不旋转故障。

故障现象:机床开机后工作台回零不旋转且出现05号、07号报警。

故障检查与分析:TH6263加工中心,大连机床厂生产。此故障完全按上例方法检查,检查状态信息,同上例一样,查液压也正常。故障显示告诉我们肯定是过载造成,是电动机问题还是工作台机械故障?首先,我们检查电动机,因为此项检查较为容易。将刀库电动机与工作台电动机交换(型号一致),故障仍未消除,结论肯定在机械方面。将工作台卸开发现鼠齿盘中的6组碟簧损坏不少。

故障处理:更换碟簧。更换之后,工作台仍不旋转。仍利用梯形图和状态信息检查,139.31NP.M信息由“1”变为了“0”,139.5SALM.M由“0”变为了“1”。即简易定位装置在位信号灯不亮,未在位,且报警。手动旋转电动机使之进入在位区“INP”为“1”,灯亮,故障消除。

第五节 主轴系统故障实例与诊断

【例 179】AC 主轴伺服单元屡烧 S3.2A 保险(熔断器)故障。

故障现象:AC 主轴伺服单元印制电路板上屡烧 S3.2A 保险。

故障检查与分析:XH754 卧式加工中心, FANUC—6M 系统(青海第一机床厂制造)。

由于准停传感器频繁上下运动,造成传感器5V短路,短路后造成板子集成电路烧坏,S3.2熔断器熔断。由于印制电路板比较大,加之多层板、测量、取芯片、焊接都要认真进行。用电阻法测量5V回路电阻时发现阻值较正常板电阻小。由于无原理图,只能一点一片进行测量,当测量到板位MB18位置时发现SN74148N片子烧坏。该片是8-3线八进位优先编码器,更换后故障排除。

【例 180】AC 主轴无法起动,不报警。

故障现象:手动、自动方式主轴均不起动且无报警,显示正常。当使用 MDI 方式时,SYCLE START 显示点亮。查 NC 参数正常,说明 NC 信号已发,但伺服不执行。

故障检查与分析:XH754 卧式加工中心, FANUC-6M 系统(青海一机厂制造)。

根据现象看,可能信号没满足,查 PC 图,观看参数变化,主轴起动条件已满足,最后将故障缩小在主轴伺服单元上。由于 NC 来的是数字信号,到伺服单元要转换成模拟信号,数模转换是一环节。将数模转换芯片拔下发现有一插脚蚀断,芯片型号 DAC80-0B1,由于 CMOS 集成块抗静电能力差,焊接时一定要在烙铁不带电的情况下焊接,修复插脚后,机床使用正常。

【例 181】AC 主轴 AL-02 号报警。

故障现象:当执行 M06 换刀时,主轴定向过程中发生报警,控制柜 ALARM 点亮,指示 SPINDLE 报警。当执行 M19 定向时,也发生同样故障。在这以前也偶尔发生加工过程中速度突然变慢,而后又恢复正常的现象。

故障检查与分析:BX110P 卧式加工中心, FANUC-11ME,从日本池贝公司引进。

根据报警现象,判断故障在主轴伺服单元上,经查主轴伺服单元印制板上显示 AL-02 报警,内容为速度偏差过大超过指令指值,伺服与电动机控制接线不良。为了观察主轴箱定向与运转情况,把主轴箱下降到最低点时,起动主轴又能转动起来,这说明故障是有位置的,当用手摇脉冲发生器到 Y 轴(主轴箱)时到某一位置时,又发生同样报警。

故障处理:根据报警内容分析伺服与电动机信号控制断线,接触不良的可能性非常大,拆开 HD₂ 接线头,轻轻拉一下接线头,有一线脱落,由于有其余线连着有时还接触,所以有时又通路,焊接修复后主轴正常。

【例 182】AC 主轴伺服过电流。

故障现象:运行中突然停止,所有功能不执行,主轴伺服过流报警。

故障检查与分析:该机床为东芝 BPN-13B 型加工中心。

经查伺服主回路,发现逆变达林顿管,再生装置、主回路保险烧坏,经更换后试机暂时正常。运行 2 天后再次出现同类故障。对故障的再次出现分析认为。有如下可能性:①主轴伺服印制电路板不良;②电动机严重超载,短路;③更换不良元件。

经验证明:上述 3 条不成立。在故障出现的时候进行测量观察时发现问题出在主轴起动的瞬间,推测原因是伺服对电动机的 di/df 最大电流 I_{\max} 起止控制不正确造成的。由于伺服单元电流调整我们无法做到,在逆变桥臂上加装一只限流电阻,使其在启动时起到限流作用。而工作时又不受影响。经计算,试验选择 $0.8\Omega/5\text{kW}$ 电阻,取得成功,详见附图 3-26。

【例 183】主轴超载,过流报警。

故障现象:由于操作者失误,在主轴旋转过程中使其撞到工作台上,从而致使主轴工作不正常。只要一开运行加工程序,主轴指令转速在 $150\text{r}/\text{min}$ 以上直接启动时,主轴控制器 FR-SE 内的断路器 CB1 就跳闸,其报警指示灯 AL8(LED13),AL4(LED14),AL2

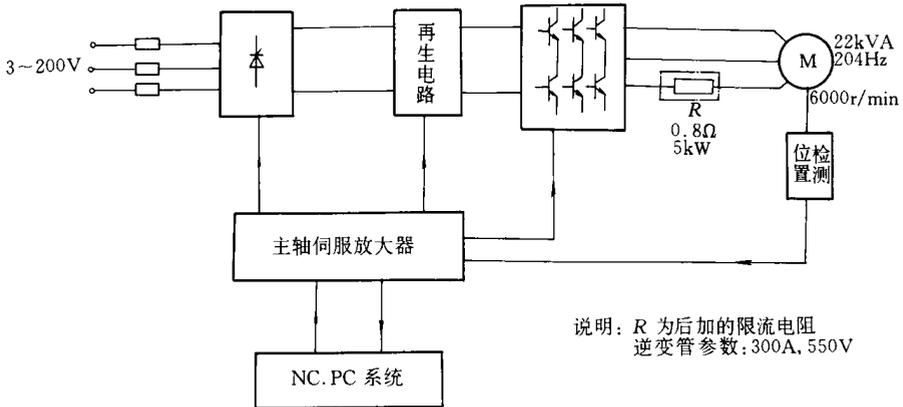


图 3-26 主轴伺服系统原理框图

(LED15), ALI(LED16) 的显示为 110(这里的 1 表示指示灯亮, 0 表示指示灯灭)。

故障检查与分析: VQC15/40 加工中心是由日本国 MAZAK 公司购进的, 该机床的数控系统是 MAZATROL CAM-2 系统。

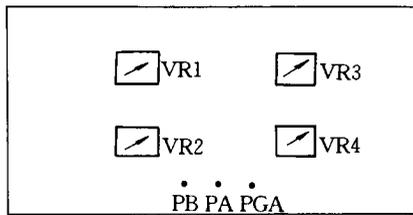


图 3-27 PLG PCB 板电位器位置图

VR1:A 相零点调整 VR2:A 相增益调整 VR3:B 相零点调整 VR4:B 相增益调整

根据上述报警指示灯的显示, 按说明书查知是主轴变频器的主回路逆变器部分检测到了过电流, 多半为大功率晶体管组件损坏, 建议买件更换。但是, 我们买了新件, 甚至是逐一进行简单替换之后, 故障并未排除。由此分析到大功率晶体管组件损坏是该故障现象的原因之一, 但不是唯一的原因。应做进一步的试验及测量, 以查出故障的真正原因。故障处理如下:

①首先断开接往主轴电动机的 3 根线, 做主轴旋转的试验。若报警指示仍然存在, 则说明电动机本身没问题, 故障在主轴控制装置上。之后将 3 根线接回原处进行手动操作, 看主轴在 0~6000r/min 内能否正常地进行正、反转。例如: 从 1r/min 起旋转并缓慢升至任意转速, 若主轴根本不能旋转, 则说明大功率晶体管组件损坏了。如果能进行正反转, 而且转速值也正确, 则说明大功率晶体管组件并没损坏。然后以 MDI 方式用指令输入 500r/min、1000r/min……逐一试验予以起动, 若主轴不能旋转, 断路器 CB1 跳开, 报警指示仍然存在, 则说明故障乃由其它原因所致, 仍需进一步查找。

②因为主轴转速检测用传感器及其前置放大器部分的参数, 波形调整得不合理将直接影响到主轴控制器的特性及功能, 为此应首先检查该前置放大器部分。若不正常, 须进

行调整。拆开主轴电动机端盖,可看见 PLG.PCB 板,其调整用电位器分布位置如图 3-27 所示。调整方法:a)电动机以 1800r/min 正转时(从主轴侧看为逆时针方向),通过 VR1-VR4 的调整,应得到如图 3-28 所示的波形;b)电动机以 1800r/min 反转时(从主轴侧看为顺时针方向),通过 VR1~VR4 的调整,应得到如图 3-29 所示的波形。

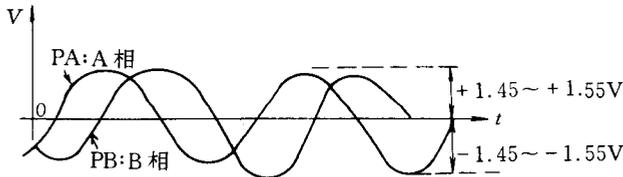


图 3-28 主轴正转波形图

③若按上述要求进行调整后故障仍未排除,则需对主回路部分带有霍尔元件的电流检测用互感器进行检查。可进行外观检查或与其它电流互感器进行对比性测量,我们机床的故障原因正在于此。由于撞车后主轴电动机严重超载,其瞬间冲击电流过大而烧毁了此电流互感器 RO-2。将该元件更换后则故障排除。

【例 184】换刀时撞击刀夹故障。

故障现象 主轴去进行换刀时,有撞击刀夹现象,有时会把刀夹撞碎。

故障检查与分析:VQC15/40 加工中心是日本国 MAZAK 公司产品。该机床的

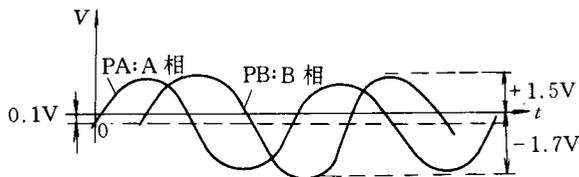


图 3-29 主轴逆转波形图

控制系统是 MAZATROL CAM-2 系统,其刀库容量为 30 把刀。

此故障多与主轴定向的位置及位置检测元件或刀库中刀夹的机械精度有关。根据故障的具体原因做不同的处理如下:

①根据以往的工作经验,我们首先检查并调整了主轴定向位置,通常,主轴定向位置调整好了,此故障即可排除。按要求主轴端面的驱动键与 Y 轴的平行度应在 0.05mm 范围内。如果大于该值就容易产生上述故障。鉴于主轴定向的精度是需要经常进行检查和调整的,所以我们将其调整方法详述如下。其主要的调整用电位器和开关的位置如图 3-30 所示。

具体调整步骤:a)用 MDI 方式执行 M19 指令,进行主轴定向动作。在定向停位置时,应使主轴端面的“0”型标记对向刀库侧;b)将定向环增益开关 SW3-3,4 拨向下面,设定主轴定向速度环增益调节开关 SW8 在刻度 4 的位置上,将定向设定常规/测试开关 SW6-1 拨向下面;c)用定向位置调整开关 SW15、SW14、SW13 等进行精调,若需要可进行中调、粗调;d)按压定向复位开关 ST1;e)按压带有 CRT 显示的操作面板上的 RESET 按钮;f)

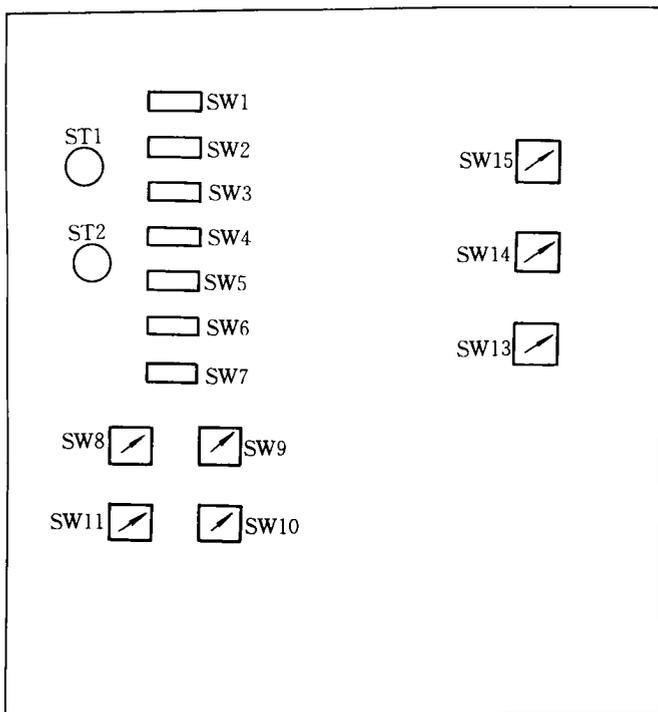


图 3-30 电位器及开关位置图

ST1 定向复位开关 ST2 定向测试开关 SW4-3、4 定向环路增益开关

SW6-1 定向环路的设定、常规/测试开关

SW8 定向速度控制环路增益开关(旋转式波段开关) SW15 精调开关(一个刻度:小于 50)

SW14 中调开关 SW13 粗调开关(一个刻度 20°~25°)

按压定向测试开关 ST2。

这样,主轴就停在所调整的定向位置上,之后进行驱动键与 Y 轴平行度的测量。若没有达到要求,可继续进行步骤 c)~f)的调整,直到符合要求为止。最后将 SW4—3 A、SW6—1、SW8 恢复原位。

②按以往的工作经验,进行上述调整并满足要求后,取刀时撞击刀夹的故障即可排除。如果刚刚调整好了之后进行几次定向试验,主轴定向停位置又改变了,总是不稳定,则应拆下主轴定向位置检测用脉冲编码器进行检查,通常是编码器转动轴上的键与键槽之间磨损严重造成间隙过大而使定向停位置不稳定。只需配制一个新键,重新对主轴定向停位置进行调整,则故障即可排除。如果问题仍然存在,也可检查编码器或采用替换法,以排除编码器自身的原因。

⑧如果进行上述两项检查后仍发现有个别撞击刀夹现象,应对各个刀夹的高度进行检查。以刀库中与主轴内刀具配合最好的刀夹为基准。刀库中其它各刀夹与此基准刀夹的高度差应在±0.2mm 范围内。

【例 185】主轴 12 号报警。

故障现象 : 主轴 12 号报警。

故障检查与分析 : 查 JCS—018 加工中心交流主轴系统说明书知 : 主轴 12 号报警为直流电路电流过大 , 故障原因有如下 3 种情况 : ① 输出端或电动机绕组短路 ; ② 功率晶体管不良 ; ③ 印制板故障。

在确认输出端或电动机绕组无短路的情况下 , 断开电源 , 检查晶体管组件。检查方法如下 : 打开印制板 , 拆去电动机动力线 , 用万用表 X1011 档检查晶体管组件的集电极(C1 C2)和发射极(E1 E2)之间 , 集电极(C1 C2y 和基极(B1B2)之间以及基极(B1 B2)和发射极(E1 E2)之间的电阻值。晶体管组件的正常数值如表 3-2 所示 :

表 3-2

测 示 端	万用表测笔	正 常 值
C - E	正端接 C	几百欧
	负端接 C	∞
C - B	正端接 C	几百欧
	负端接 C	∞
B - E	正端接 C	几百欧
	负端接 C	∞

晶体管组件损坏时 , C—E ; C—B 之间成短路状态。检查发现 C1—E1 之间短路 , 即晶体管组件已烧毁。

为确定故障源 , 又对印制板上晶体管回路进行了检查。检查情况如下 : ① 将直流耦合熔断器 F7 拆下 , 合上交流电源 , 输入正转指令 ; ② 测定 8 个晶体管(型号为 ET191) , U , V , W 相再生回路的基极—射极电压(CN6 , CN7 上测量)。

CN6 , CN7 插座如表 3-3 所示 :

表 3-3

CN6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5C	5B	5E	6C	6B	6E	7C	7B	7E	8C	8B	8E

CN7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1C	1B	1E	2C	2B	2E	3C	3B	3E	4C	4B	4E

以发射极为基准,测量 B—E 正常值一般在 2V 左右,有问题的回路与正常回路不同,发现了就可以判定。检查 1C~1B 之间为短路,即 C~B 极击穿。同时二极管 D27 也击穿。

在更换上述部件后,主轴报警变为 19 号报警。查阅有关资料知:AL—19 报警为 U 相电流检测电路偏置过流报警。

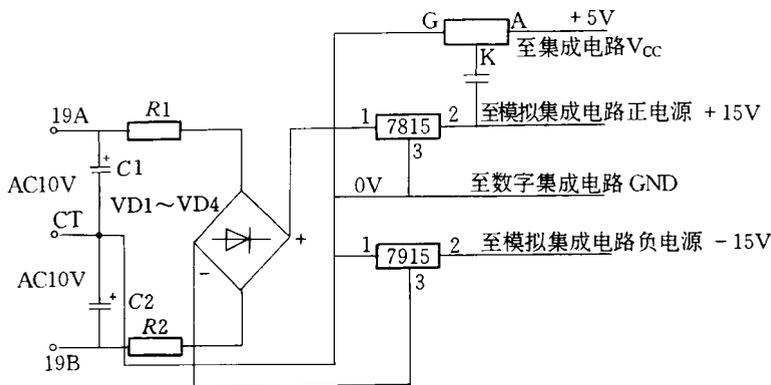


图 3-31 主轴 PCB 电源电路图

对控制回路的电源进行检查,根据印制电路板绘制出 PCB 电源电路如图 3—31 所示。检查印制电路板上电源测试端子 19A~CT 为 AC19V,19B~CT 为 AC19V,交流输入电源正常。直流输出 +24V、+15V、+5V 正常,而 -15V 电压为“0”。说明三端稳压管 7915 电源异常,检查 7915 三端稳压管已被击穿。

故障处理:更换 7915 后,-15V 输出电压正常,主轴 AL—19 报警消除。同时,主轴 AL—12 号报警也消除,机床恢复正常。

【例 186】主轴电动机过热,信号开路。

故障现象 2001 号、409 号报警。

故障检查与分析:该机为北京机床研究所生产的 KT1400V 立式加工中心,故障发生后,CRT 上显示 2001 # SPDLSERVO。AL/s409 # SERVO。ALARM (SERIACERR)报警信息。同时,主轴伺服单元 PCB 上显示:AL—01 报警。AL—01 为主轴电动机过热报警信号。

检查情况如下:上述报警能用清除键清除,清除后有时系统能够起动,也能执行各轴的参考点返回,但驱动 Z 轴向下移动时,便发生上述报警,而此时主轴电动机并没有动作,同时也不发热。

从机床技术资料上不能查阅到上述报警的有关信息。从 CRT 的提示信息上以及主轴伺服驱动单元的报警上分析,并考虑到主轴电动机是伴随着 Z 轴一起上下移动,因而怀疑故障范围应在主轴和 Z 轴这个部位。反复观察 Z 轴上下移动的情况:当 Z 轴向上移动时,无论移动多长的距离,均不发生报警。而向下移动时,每次到达主轴电动机电缆被拉直时,便发生报警。因此,说明该报警是主轴电动机电缆接触不良所致。打开主轴电动机接线盒,发现盒内接线插头上有一根接线因松动而脱落。

故障原因 主轴电动机电缆连线活动余地太小,当 Z 轴向下移动到一定距离后,电缆便被张力拉直而松动脱落,而该线刚好是主轴电动机热控开关的连线。热控开关的输入信号断开,模拟了电动机过热,从而产生主轴电动机过热故障报警。

故障处理 从电气控制柜中将主轴电动机电缆拉出一部分,使其达到 Z 轴向下移动时的最大距离。同时,将松动、脱落的连线焊好,故障排除。

【例 187】主轴无法定向负载超出。

故障现象 主轴不能定向,负载表指针达红区,08 号报警。

故障检查及分析 查机床维修手册,08 号报警为主轴定向故障。根据维修手册的要求,我们打开机床电源柜,在交流主轴控制器线路板上,找到了 7 个发光二极管(6 绿 1 红)。这 7 个指示灯(从左到右)分别表示 ①定向指令;②低速档;③磁道峰值检测;④减速指令;⑤精定向;⑥定向停完成(以上为绿色);⑦试验方式。

观察这 7 个指示灯的情况如下:1 号灯亮,3 号、5 号灯闪烁。这表明定向指令已经发出,磁道峰值已检测到,定向信号也检测到,但是系统不能完成定向,主轴仍在低速运行,故 3 号、5 号灯不断闪烁,调节主轴控制器上电位器 RV5、RV6、RV7,仍不能定向;

从以上情况分析,怀疑是主轴箱上的放大器有问题。打开主轴防护罩检查放大器时;发现主轴上的刀具夹紧液压缸软管盘绕成绞形,缠绕在主轴上。分析这个不正常的现象,我们判断就是该软管盘绕致使主轴定向偏移而不能准确定向,造成 08 号报警。

解决方法 将该软管卸下回直后装好,又将主轴控制器中的调节器 RV1(定向点偏移)进行了重新调节。故障排除,报警消失,机床恢复正常运行。

【例 188】机床剧烈抖动、主轴 AL 04 报警。

故障现象 机床出现剧烈抖动声。01 号报警。

故障检查与分析 从机床使用手册知 01 号报警为主轴伺服报警。从机床侧电控柜中,主轴驱动单元上观察到报警显示为 AL—0 睡。

查 JCS—018 立式加工中心交流主轴系统说明书 04 号故障为交流耦合电路中的 F1、F2、F3 熔断器熔断。故障原因有①交流电源阻抗过高;②功率晶体管烧毁;③二极管或可控硅组件烧坏;④浪涌吸收器和电容器损坏。

对上述故障原因逐一进行由简到繁的检查。首先检查交流电源,在交流主轴伺服装置的电源输入端测得 R 相电压为 220V;S 相电压为 220V;T 相电压为 120V。这表明三相电源不平衡。检查电源匹配变压器上的三相电源也不平衡,再检查机床侧总输入电源三相也不平衡。至此,已说明故障根源不在机床本身。检查开关柜上 JCS—018 机床的三相熔断器,发现有一相阻抗高达数百欧姆。将其拆开检查,发现该熔断片接线螺钉松动,从而造成三相电源不平衡。

故障处理 更换一新熔断器,且将熔断片接线螺钉拧紧后,故障排除。

【例 189】主轴定向无反馈信号。

故障现象 :

一台进口二手加工中心,在一次机床通电(主伺服也通电)时,没有键入 M、S 辅助机

能代码,主轴便按 M04(逆时针)方向以 100r/min 的转速自行旋转。此时如再键入 M03 或 M04 及 S 一(转速代码)后,系统不予执行,也不报警,即主轴通电后便处在失控状态。

故障检查与分析:由于该机床配用美国 DYNAPATH 系统,内含 PLC 可编程接口控制器。分析后我们认为,该现象应先从 PLC 梯形图查起。由梯形图初始化程序查知,主伺服通电后主轴应立即定向,以便更换刀具,而此时主轴旋转不停,且不予执行 M、S 代码,表面现象为主轴失控,而仔细分析后我们认为根源应在于主轴定向装置有问题。于是我们就从主轴定向查起,由 PLC 初始化程序分析得出:上电后 PLC 输出口的 W9—8 位置为“1”,再由该口控制外部继电器 KA15,KA15 的触点又做为控制主伺服定向的开关信号。经检查该信号为“1”,正常。KA15 也吸合且触点闭合良好,说明主轴定向控制部分正常。同时,主轴能旋转也能说明这一点。估计问题可能就出在定向检测回路。而该回路的检测元件为旋转变压器(分解器)。故我们又用示波器测试了旋转变压器的 3 个输入、输出信号波形。发现均无异常现象,且信号电缆也能正常的连接到主伺服 8 号印制板插脚,再仔细一检查,发现印制板插脚因年久失修,铜片氧化已相当严重,所以我们认为问题可能就在于此。经清洗插脚,插上 8 号板通电试车,却发现故障依旧存在,最后认定故障极大可能就在 8 号印制板,拔下后沿着旋转变压器信号插脚检查,发现处理这些信号的双运放集成块 CA747 烧坏,致使信号无法输出。更换一个后,通电试车一切正常。

【例 190】主轴低速指令不起作用。

故障现象:主轴低速指令不起作用。

故障检查与分析:JCS018 立式加工中心,北京精密机床厂生产,配用 FANUC—6 系统。经检查,从键盘键入转速指令 s 时,在地址 R01—R12 上能读到相应的二进制代码,主轴能够运转,只是在低于 120r/min 时 s 指令无效。当转速指令给定为 0 时,主轴竟然按 120r/min 转速运转,显然是有一额外的模拟指令电压在起作用。通过对主轴板上数模转换集成块 DAC80 的测量,发现其输出端 15#,18#,也即 CH2 对地有一 0.5V 的电压。对照附表 19—4 看出该电压基本符合 120r/min 时的模拟指令电压,显然该集成块已有故障,产生了这一额外电压,从而找到了故障的原因。为了应急,我们将图 3—32 中的短路棒 S 拆除,改为串入一只硅二极管,利用其管压降抑制住多余的 0.5V 电压。效果不错。主轴低速转速能够达到所需的 50r/min,使低速加工工序得以顺利完成。

表 19—4 指令、电压、转速对应表

二进制转速指令	模拟输出电压	电动机转速/(r/min)
0000 0000 0000	0 V	0
0000 0101 1011	0.222V	50
0000 1011 0110	0.444V	100
1111 1111 1111	9.9999	2250

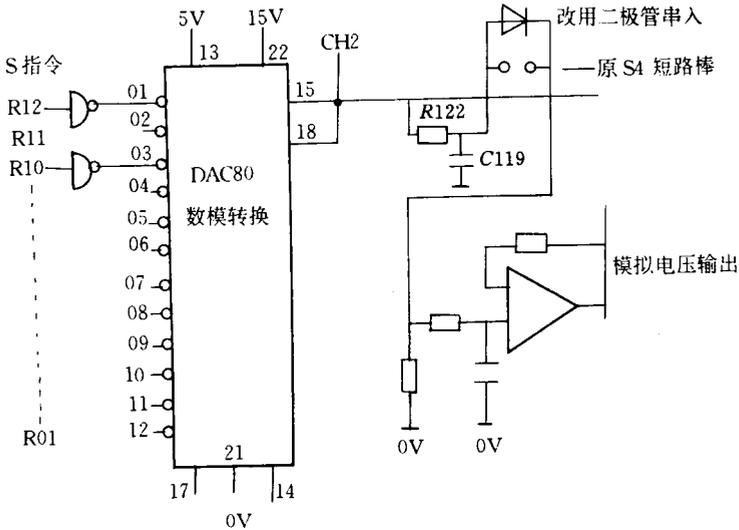


图 3-32 主轴数/模转换原理图

【例 191】FP5C 加工中心主传动系统原理分析及故障维修

FP5C 加工中心是德国 DECKEL 公司产品,采用 SIEMENS7ME 系统。曾出现过主传动系统不挂档变速的故障。本文将从主传动系统的原理分析入手来具体解决不挂档的故障。

(1)主传动系统的定向原理及故障分析 该机床主轴采用直流调速系统,机械传动上共有 4 档变速,每一档内又分别实现直流无级调速,根据具体要求,组合成了 36 级速度。这 4 个档位需要主传动系统中的齿轮变速来完成,它的整个工作顺序如图 3-33 所示。



图 3-33 主传动挂档顺序图

从图 3-33 中可以看出,主轴变速齿轮的齿轮挂档是与主轴的转角定向位置有直接关系的。主轴只有在接受齿轮挂档信号后准确定向。挂档工作方可顺利完成,新的 s 指令才能执行。主轴定向机构的原理如图 3-34 所示。

当发出主传动系统齿轮挂档指令后,定向液压缸上的凸轮由 1 位到 2 位,即主轴释放开关 SE38 锁定,而主轴蠕动开关 SE37 接通,主轴开始蠕动,蠕动到位后,凸轮由 2 位到 3 位,液压缸活塞下端的定向销插入主轴中定向机构的缺口内,主轴锁定,开关 SE36 向计算机发出定向完成的回答信号。此时主传动系统中的齿轮开始挂档变速。变速完成后,凸轮 3 位回到 1 位,主轴开始执行新的速度。

从主轴停转到新的 s 指令执行,完全是由 NC 系统控制,并根据应答信号按顺序完成的。它的执行机构是由液压系统实现的,这一套动作在时序和逻辑上的安排如图 3-35

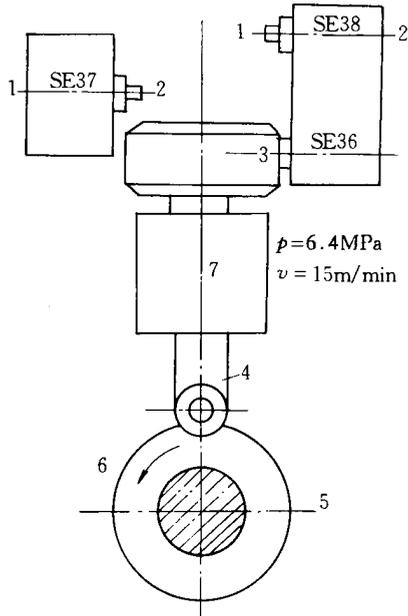


图 3-34 主轴定向机构原理图

- 1-主轴蠕 2-主轴释放 3-主轴定向
4-定向销 5-主轴 6-蠕动方向
7-定向液压缸

所示。

由图 3—35 可知,若主轴在齿轮变速前为 $u = 315\text{r}/\text{min}$,而新输入的主轴转速为 $v = 125\text{r}/\text{min}$,那么,在变速信号输入 0.5s 后,原转速保持 1s ,新的转速替代原转速,又经 1s 后定向完成。这期间一级蠕动,二级蠕动分别以 0.8s 和 1.2s 的时间完成。当定向完成后,齿轮变速液压缸的活塞又经过 1s 后到位,新的齿轮档位挂上。即在变速信号输入后经过 3.5s 的时间,新的 s 指令开始执行。

从表面上看,故障出现在主轴定向完成后,齿轮变速油缸的活塞本应经过 1s 后在新的齿轮档位上,也就是图 3—35 中换档活塞从行程开关 SE33 脱开 1s 后,活塞上的凸轮压上 SE32 开关(行程开关 SE30 到 SE31 该图不挂档)使挂档结束。但在实际上活塞从开关 SE33 脱开 0.6s 左右就突然停止。活塞距 SE32 开关尚有 0.4s 左右的移动距离,当人为脱开主轴定向后,发出齿轮挂档信号,主轴蠕动 $6'$ 左右后,换档活塞从行程开关 SE33 脱开经 1s 后活塞压上 SE32 行程开关,挂档结束。但由于主轴不在定向位置,机床处于故障状态,全部动作被封锁。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,造成挂不上档。

(2) 主轴变速齿轮传动原理分析及故障排除 根据上述分析,故障产生在主传动系统中是无疑的。通过分解,绘出主传动系统的传动原理如图 3-36 所示。

齿轮在主轴定向后挂档时,滑动齿轮在挂档过程中不会产生空档位置,即当 Z3 或 Z8

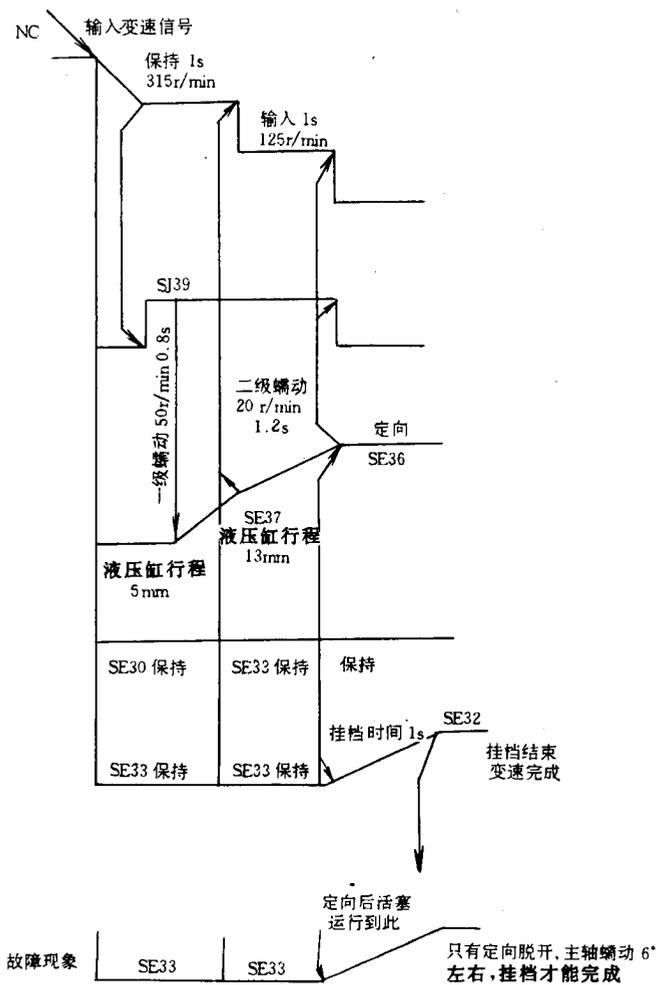


图 3-35 主轴挂档时序图

脱开 Z4 或 Z7 由 Z5 或 Z10 往 Z6 或 Z9 上挂档时 Z3 或 Z8 在没有完全脱开 Z4 或 Z7 时 Z5 或 Z10 就已经挂上了 Z6 或 Z10, 这就是齿轮挂档的“搭桥”现象。这需要各齿轮在主轴定向后的径向角度位置要正确, 否则挂档时就会出现“顶齿”故障。正是由于该机床的变速齿轮在主轴定向后径向角度位置出现了角度位置偏差, 因而造成不挂档。

主轴变速系统共有 5 对传动齿轮, 其中有 4 对是滑动变位齿轮, 组成 4 个档位的传动速度, 其传动比分别为:

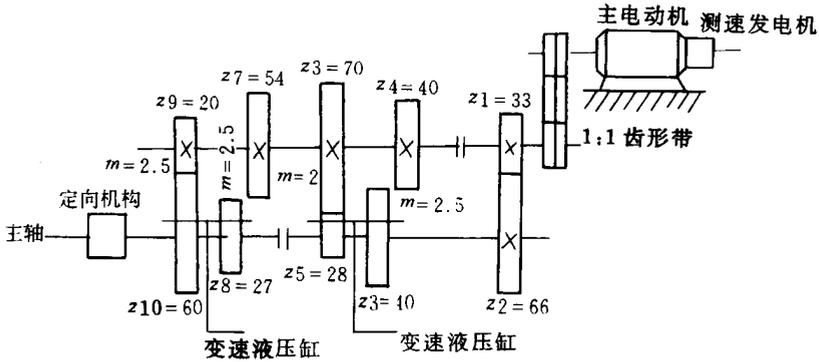


图 3-36 主轴传动系统原量图

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_3}{Z_4} \times \frac{Z_7}{Z_8} = \frac{33}{66} \times \frac{40}{40} \times \frac{54}{27} = 1;$$

$$i_2 = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_5}{Z_6} \times \frac{Z_7}{Z_8} = \frac{33}{66} \times \frac{70}{28} \times \frac{54}{27} = 2 \frac{1}{2};$$

$$i_3 = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_3}{Z_4} \times \frac{Z_9}{Z_{10}} = \frac{33}{66} \times \frac{40}{40} \times \frac{20}{60} = \frac{1}{6};$$

$$i_4 = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_5}{Z_6} \times \frac{Z_9}{Z_{10}} = \frac{33}{66} \times \frac{70}{28} \times \frac{20}{60} = \frac{5}{12};$$

改变速比的主要齿轮是 Z3 ~ Z10。速比为 i_1 时,由于 $Z_3/Z_4 = 1$,当 Z3 转一周时, Z8 转两周。速比为 i_2 时, Z5 转一周, Z6 转 144 Z8 转 288°。速比为 i_3 时, Z3 转一周, Z10 转 120°。速比为 i_4 时, Z5 转一周, Z10 转 48°。由于挂档必须是在主轴定向后才能进行。因此 Z3、Z5、Z8、Z10 在挂档时,必须与主轴定向的角度位置相互一致。

变速系统收到定向信号后,若 Z10 转过 120°后定好向,主动轮 Z9 需转过 360°,被动轮 Z6 也要转过 360°,那么主动轮 Z5 需转过 $900^\circ (2 \frac{1}{2})$ 周。齿轮只有在这样正确的位置上才能搭桥变速。同理,当定向信号到后,若 Z8 转过 120°后定好向,主动轮 Z7 只转 60°,被动轮 Z6 也要转 60°,主动轮 Z5 需转过 150°就能准确挂档不出现“顶齿”现象。其他两档变速也需严格遵守有关变速齿轮挂档应该转过的角度,否则就会出现“顶齿”故障。

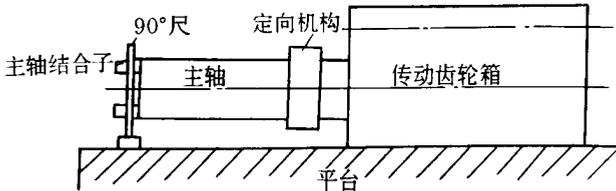


图 3-37 主传动系统摆放示意图

根据对主轴变速齿轮挂档原理的分析,出现不挂档的原因,是由于在此以前曾出现过主轴换挡定向控制电路产生故障。造成挂档信号发出后,主轴尚在蠕动时就发出了挂档

定向完成信号,由于主轴蠕动时的位置是任意的,因此很容易产生错误挂档;当控制电路故障排除后,原来错误的挂档位置与正确位置出现 36° 左右的角度偏差,致使原挂的齿轮档位脱不开,却又与需挂的齿轮发生“顶齿”,因而造成挂不上档。

从上述挂档中一系列的动作原理及引起故障的原因搞清楚以后就可以排除这一故障了。

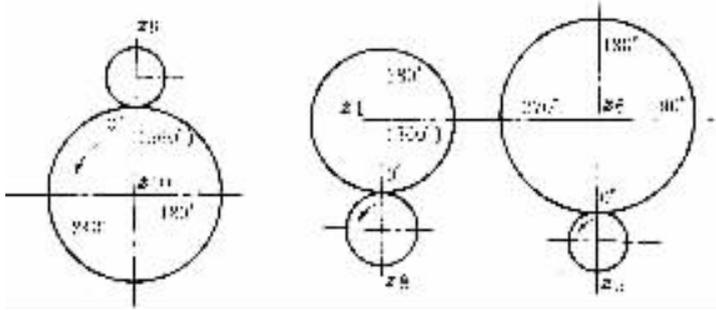


图 3-38 齿轮调整示意图

①首先将主轴变速系统装置取下放置在图 3-37 所示的平台上,用直角尺将主轴前部的结合子校正并与平台垂直,此时定向机构的定向缺口向上,缺口的弦线与平台平行;

②根据图 3-38,将齿轮 Z9、Z10 装好后调整齿轮 Z7、Z8。即 Z10 在转过 360° 后 Z7 转 1080° (三周)。若 Z8 与 Z7 啮合, Z8 的定向位置是 0° 到 360° 时, Z7 必须在 0° 和 180° 位置能与 Z8 正确啮合,此时可将 Z8 及 Z10 联接装配好。然后装上 Z5 和 Z6,先使 Z7 和 Z8 啮合,即 Z7 在 0° 和 180° 位置时, Z6 在 0° 和 180° 位置,而 Z5 在 0° 和 450° ($1\frac{1}{4}$ 周)时,必须与 Z6 正确啮合。这就是说, Z6 每转过 180° 时, Z5 将要转过 $1\frac{1}{4}$ 周。这样 4 个齿的位置对好后,再将 Z3 和 Z5 联接装配好。

按照这个方法将齿轮调整、装配好后,在齿轮挂档时就不会出现“顶齿”现象了。齿轮挂档液压缸即可在定向后行程 $1s$ 后正确到位,并给计算机发出齿轮挂档完成信号,新的 S 指令开始执行。

【例 192】西门子 6SC6508 交流变频调速系统停车时出现 F41 报警。

故障现象:该变频调速系统安装在 CWK800 卧式加工中心作主轴驱动用。在主轴停车时出现 F41 报警,报警内容为“中间电路过电压”,按复位后消除,加速时正常。试验几次后出现 F42 报警(内容为“中间电路过电流”)并伴有响声,断电后打开驱动单元检查,发现 A1 板(功率晶体管的驱动板)有一组驱动电路严重烧坏,对应的 V1 模块内的大功率晶体管基射极间电阻明显大于其他模块,而且并联在模块两端的大功率电阻 R100(3.91 Ω 、50W)烧断,电容 C100、C101(22P、1000V)短路,中间电路熔断器 F7(125A、660V)烧断。

故障检查与分析:通过查阅 6SC6508 调速系统主回路电路图,知道该系统为一个高性能的交流调速系统,采用交流 \rightarrow 直流 \rightarrow 交流变频的驱动形式,中间的直流回路电压为 600V,而制动则采用最先进、对元件要求最高的回馈制动形式。在制动时,以主轴电动机

为发电机,将能量回馈电网。而大功率晶体管模块 V1 和 V5 就在制动时导通,将中间直流回路的正负端逆转,实现能量的反向流动。因此该系统可实现转矩和转向的 4 个象限的工作状态,以及快速的起动和制动,该系统出厂时内部参数设置中加速时间和减速时间均为 0。估计故障发生的过程如下:由于 V1 内的大功率三极管基射极损坏而无法在制动时导通,制动时能量无法回馈电网,引起中间电路电容组上电压超过允许的最大值(700V)而出现 F41 报警,在作多次起停试验后,中间电路的高压使电容 C100、C101,VI 内的大功率三极管集射结击穿,导致中间电路短路,烧断熔断器 F7、电阻 R100,在主回路中流过的大电流通过 VI 中大功率三极管串入控制回路引起控制回路损坏。

故障处理 更换大功率模块 V1、V5,电容 C100、C101,电阻 100,熔断器 F7 及驱动板 A1 后,调速器恢复正常。为保险起见,把起动和制动时间(参数 P16、P17)均改为 4s,以减少对大功率器件的冲击电流,降低这一指标后对机床的性能并无影响。

说明 交流调速系统出现故障后一定要马上停机仔细检查,找出故障原因,切忌对大功率电路进行大的电流或电压冲击,以免造成进一步的损坏。

【例 193】 主轴不定向,变档未完成。

故障现象 机床自动工作时,突然停止。

故障检查与分析 JCS—013 卧式加工中心, FANUC—BESK7CM 系统。机床停止的下一步应该是机械手手架移向主轴,为此必须具备下列条件:①Y、Z 轴回零结束;②机械手手架升到最高点;③主轴定向。

查证 Y、Z 轴已回到零位,机械手手架升到最高点已完成,查诊断 139.5 = 0, 139.6 = 1, 表明主轴未定向。工作方式打手动,按手动主轴定向钮,主轴定向不执行,查诊断 141.3 = 0, 141.4 = 0,说明主轴档高、低档均未挂上。手动换档、按定向、正常。用 M41 令主轴换低档,发现换档完成信号即低档到位信号无。(141.3 = 0)。此时主轴不能定向,用 M40 令主轴换高档,发现换档完成信号即高档到位信号有(141.4 = 1)。此时主轴可定向;查开关,发现开关盒(141.3, 141.4 开关均在内)固定螺钉松动,处理后再试,一切正常。

结论 机械手手架不能移向主轴的原因是:变档未完成→主驱动轴定向。

【例 194】 主轴油冷却器故障,报警不能消除。

故障现象 开机后出现报警 EX026SPINDLECOOLANTDEFECT,即主轴冷却损坏。按 RESET 键,报警不能消除,机床各轴也无法运动。

故障检查与分析 台湾高明精机公司龙门式加工中心 KMC—3000SD,系统为 FANUC—15M。为了减小温度对加工精度的影响,该机床采用了主轴恒温控制。由冷却系统对主轴油进行冷却,将冷却后的主轴油送入主轴箱,从而达到对主轴的降温。冷却器自身带有自动控温装置。温度可在 +10℃到 -10℃之间调节,根据报警提示,查看冷却系统,听到压缩机间断工作正常,发现(pump)灯未亮,说明主轴液压泵未启动,按冷却控制器上 ON/OFF 按钮(pump)灯亮,听到了主轴液压泵启动声音,报警消除。运行机床,各种功能正常。关掉机床重新启动,报警再次发生。再次启动主轴液压泵,报警又可消除。

多次试验,现象依旧。由于用手动启动主轴液压泵后报警消除,机床运行正常,用

手动关掉主轴液压泵后故障又出现,这说明:①只要主轴液压泵启动此故障就消失;②手动操作主轴液压泵启动正常,冷却系统与主轴液压泵均正常;③控制系统启动,恢复 ESP 开关时,主轴液压泵没有启动。

由以上三点得出结论,故障可能是由于控制系统不能对主轴液压泵遥控启动造成。查控制柜与冷却系统之间的连线,发现只有三相 220V 交流电源连线、5V 直流电源线及报警线 AL,而无其它控制线连接(如图 3-39)。

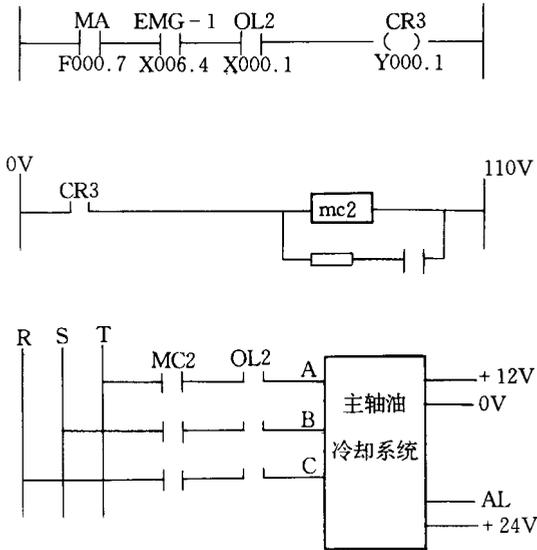


图 3-39 主轴油冷却系统电气原理图

当控制系统启动,EMG—1 接通后,CR3 及 MC2 随后接通,测冷却系统控制箱 A、B、C 三线电压正常,+5V 也正常,但油冷却器控制箱 CN11 接触器未接通。主轴液压泵不能启动。报警 AL 信号产生。

故障处理:这说明故障出在冷却器控制电路本身。拆下冷却器控制板,可以看到两组设定开关 SW1 和 SW2,在 SW1 上有一开关旁注有 REMOTE ON,经检查开关在 ON 位和 OFF 位时均断开。将 REMOTE 开关短接后机床恢复正常,故障排除。

说明:测绘出该部分简易图

如图 3-40 所示:

从图可以看出,REMOTE 开关是用来进行遥控和手动转换的,只要 REMOTE 断,AL 报警就一直有,而液压泵电动机也只能靠手动 ON/OFF 来启动。因机床启动后主轴油就必须一直有,CN11 也应一直接通,实际上手动功能在此无用,所以短路 REMOTE 就可以了,不用更换开关组 SW1。

【例 195】主轴不能变速故障

故障现象:当键入主轴高速 M42、M03、S300(220r/min 以上)指令时,机床作高速旋转动作正常;当键入主轴低速指令时,主轴不转但有细微蠕动,过一段时间后出现可编程控

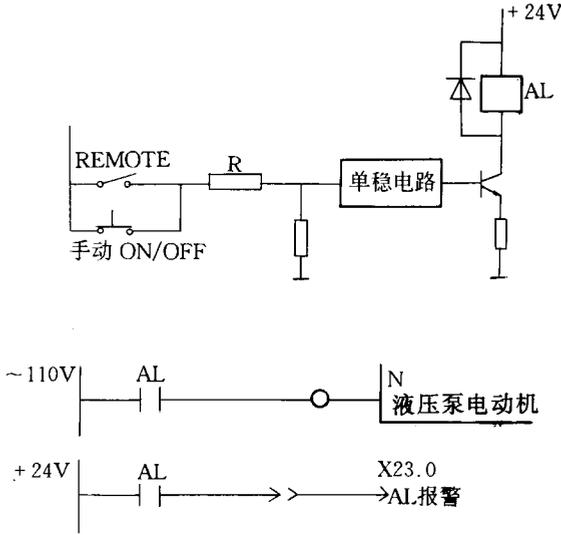


图 3-40 油冷却器控制电路图

制器 8 号报警 :置中间位置失败。

故障检查与分析 :英国 KEARNSRICHARDS 公司引进的 NCI30 型加工中心 ,数控系统为 SINUMERIK 8MCE 系统。针对上述故障做如下分析判断 :①当键入 M42、M03、S300 指令后 ,主轴能作 300r/min 的高速旋转 ,可以初步判定数控系统 NC 和可编程控制器 PLC 工作正常。②从主轴换档机械结构及原理分析 ,机床变速机构高、低、空档间的转换是由电磁阀组合控制 ,用液压来驱动两套分别独立的液压缸及液压缸活塞杆上相连的两个拨叉、拨叉带动两套不同的齿轮机构进行变档 ,估计故障出在机床变速机构或其液压系统上。为此做了如下检查。

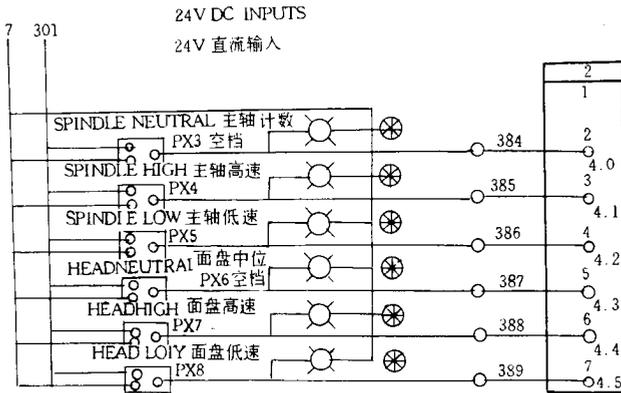


图 3-41 无触点开关的 PLC 输入信号

a)首先分析键入主轴或面盘的旋转指令后 ,系统是按怎样的程序工作的 ,与变档有关的如图 3-41 ~ 19-44 所示。

将编程器 PG685 与机床的 PLC 接口板连接,以观察 PLC 适时的输入、输出信号 E4.0—E4.5 及 Q5.4—Q6.3,分别键入主轴和面盘高、低速指令。有关的情况如表 19—5 所示:

表 3—5 键入不同指令机床的有关情况

机床情况 键入指令	PLC 输入	PLC 输出	中间继电器	电磁阀线圈	运动状况
主轴高速	E4.1 = 1	[1] Q5.4, Q5.6, Q6.0, Q6.2 瞬时 为高电平 “1”	[1] 54CRE, 56CRE, 60CRE, 62CRE 瞬时 吸合一下	[1] G1 - G4 的 SDLB 线圈瞬时 得电	
主轴高速	E4.3 = 1	[2] Q5.4 - Q6.3 全 为低电平 “0”	[2] 54 - 63CRE 全部 失电		
		[3] Q5.5, Q5.6 一直 为高电平 “1”	[3] 55CRE, 56CRE 一直 吸合	[3] G4 的 SD- LA 线圈, G3 的 SDLB 线圈一直 得电	主轴作高速旋转
主轴低速	同上	[1] 同上面的第 1 步			主轴不转,延迟数作 出现 PLC8 号报警
		同上面的第 2 步			
面盘高速	同上	同主轴高速的第 1 [2] [3] 步			面盘不转,主轴作高 速旋转
面盘低速	同上	同主轴低速时的第 1 [2] 步			面盘,主轴都不转,延 迟数秒出现 PLC8 号报 警

注:表中表示 1 [2] [3] 为键入指令后机床的动作顺序。

由此可以推断键入主轴或面盘运转指令后,阀 G1—G4 的 SOLB 线圈瞬时得电,液压系统将主轴和面盘先置中间位置的空档,接近开关感应到中位信号输入 PLC,由 PLC 执行程序输出信号控制两个中间继电器,其常开触点闭合控制两个电磁阀线圈得电,通过液压系统由液叉拨动相应齿轮组挂入相应的档位。

主轴置高档运转时,55、56CRE 吸合控制 G4 阀的 SOLA 线圈,从 G3 阀的 SOLB 线圈得电的情况看,可以推断主轴置低档,应是 PLCQ5.4、Q5.7 为“1”,使 54、57CRE 吸合控制 G4 的 SOLB 线圈,G3 阀的 SOLA 线圈得电,面盘的挂档应与此类似。

b)在图 3—40 中,液压缸、拨叉及接近开关的位置分布和机构的动作情况是确定故障的关键;分析机床结构,拆下机床外侧的防护板,看见了上、下两套结构完全一样如图 3—

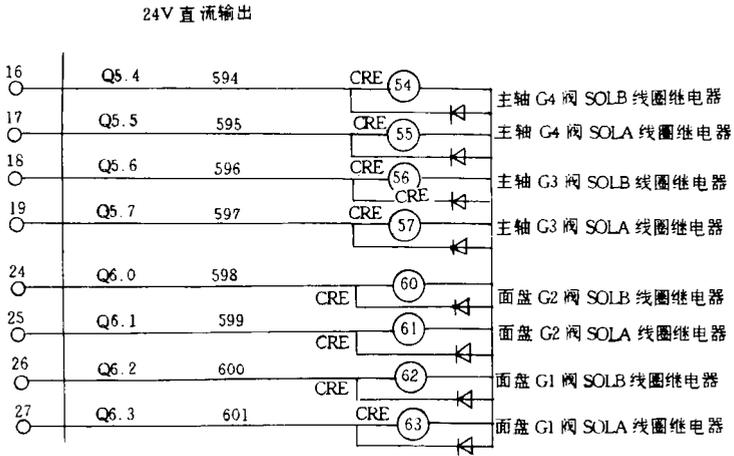


图 3-42 PLC 输出控制各阀的继电器信号

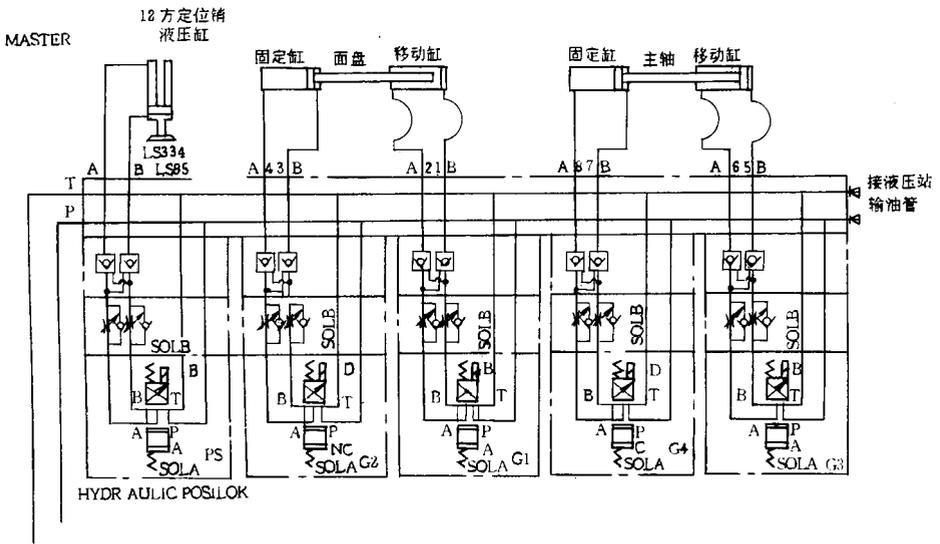


图 3-43 面盘与主轴换档液压原理图

41 所示的装置。

人为的用铁片来感应 6 个接近开关,从 PG685 中观察到 PLC 有输入信号且反应正常,用手分别按下 54—63CRE 继电器,使之常开触点闭合,8 个电磁阀线圈都可得电,同时按下 2 个中间继电器来观察电磁阀及拨叉的动作情况,列表 19—6 如下:

表 19-6 同时撩下两个中间继电器的情况

动作情况 继电器号	电磁阀线圈	拨叉	PLC 输入	档位情况
54CRE	G4 的 SDLB 得电	上,下拨叉都	E4.1 = 1	主轴在高档
57CRE	G3 的 SDLA 得电	不动	E4.3 = 1	面盘在中档
55CRE	G4 的 SDIA 得电	上,下拨叉都	E4.1 = 1	主轴在高档
56CRE	G3 的 SDIB 得电	不动	E4.3 = 1	面盘在中档
60CRE	G2 的 SDLB 得电	上拨叉向左移动	E4.1 = 1	主轴在高档
63CRE	G1 的 SDLA 得电	下拨叉不动	E4.5 = 1	面盘移向低档
61CRE	G1 的 SDLB 得电	上拨叉向左移动	E4.1 = 1	主轴在高档
62CRE	G2 的 SDLA 得电	下拨叉不动	E4.4 = 1	面盘移向高档

可以判定 故障就出在主轴挂档机构或它的液压系统上 ,它总是置在右边的高档位置不动而不能回中位空档位置 ,造成主轴及面盘其它三种动作失败 ;

c)将阀 G3、G4 的 4 根输出油管中的 3 根油管拆下 ,分别按 54—57CRE ,都可喷射出油且有足够的压力(500PSI) ,证明阀及阀以前的液压回路正常 ;再在机床侧将主轴固定缸及移动缸的 3 根输入油管拆下 ,按 54—57CRE ,可喷油 ,则可断定故障的根源就在油缸及活塞组件上 ,卡死导致动作失灵。

故障处理 :仔细将主轴挂档机构拆下 ,发现固定缸的活塞杆的定位销断裂 ,落下的铁屑使液压缸及活塞组件卡死导致动作失灵 ,经过自制修复 ,清洗装配后 ,键入主轴及面盘动作指令 4 个档位的变档动作正常。

【例 196】 加工中心立卧转换故障的调整。

故障现象 :当机床自动换刀时 ,机床主轴定位键不处于换刀位置 ,机床无法自动换刀。

故障检查与分析 瑞士 MIKRONWF745FH 立卧转换加工中心 ,其控制系统为 HEIDENHAI 系统。如何恢复主轴定位键原位 ? 其调整步骤如下。①关闭刀库 ;②使主轴处于卧轴状态 ;③选 MOD 功能 ,输入密码 2501 ,进入手动立卧转换操作 ;④.按 ENT 键后 ,机床处于卧轴状态 ,花键在前置位置 ,块功能打开 ,即 BLOCK :ON ,HEAD :UP ,COUPLING :BACK ;⑤关闭块功能 ,即按 X + 钮的同时 ,旋 C 轴开关向右 ,此时 BLOCK 为 OFF ;⑥拨动拉杆(在卧轴滑枕右侧)转动花键后 ,手动调整卧轴主轴定位键的位置 ;⑦手动卧轴为立轴 ,即按 Z—钮的同时 ,旋 C 轴开关向左 ,此时卧轴换为立轴 ,HEAD 为 BELOW ,若未归位 ,可再按 Z + 钮的同时 ,旋 C 轴开关向左 ,使立轴到位 ;⑧拨动拉杆 ,转动花键后 ,手动调整立轴主轴定位键的位置 ;⑨手动立轴为卧轴 ,即按 Z—钮的同时 ,旋 C 轴开关向右 ,此时立轴换为卧轴 ,HEAD 为 UP ,若未归位 ,可再按 Z + 钮的同时 ,旋 C 轴开关向左 ,使卧轴到位 ;⑩重复步

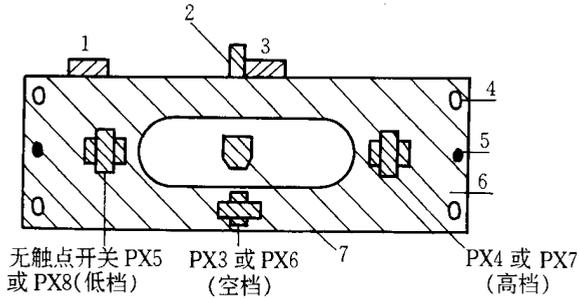


图 3-44 M/It 与主轴挂档机构正视图

1-固定缸 2-拨叉 3-移动缸 4-止动螺钉

5-止动销 6-固定铁 7-移动感应铁块

骤 f、g、h、i,直到机床立卧主轴定位键恢复原位。可用步骤 L 进行观察;⑪在调整过程中,可用 END 软键退出 MOD 功能,执行 M21 指令检测立卧主轴定位键的位置;⑫注意机床调整好后若处于立轴状态时,应使花键处于前置位置,即按 Y+ 钮的同时,旋 C 轴开关向右,此时 COUPLING 为 FRONT;⑬按 END 软键退出 MOD 功能。

第四章 数控镗铣床维修实例

数控镗铣床是数控机床中一个重要组成部分,加入自动换刀装置及活动工作台即可演变成加工中心。因此,具有良好的柔性和较高加工精度。

由于现代加工产品的不断变化,使数控镗铣床向高精度、大行程、强切削方向发展,但同时产生了一系列,诸如机床刚性下降,精度难以保证;连线加长,信号衰减量大,且易断线,接头增多、造成接触不良等,给设备的维护保养带来了一定程度的困难。根据我们多年维修的经验,数控镗铣床故障多发生在进给伺服驱动、主轴驱动装置和位置反馈环节等。因此,确保数控镗铣床的正确使用及加强日常维护保养工作对降低设备的故障率是大有益处的。

第一节 伺服系统故障实例与诊断

【例 197】 X 轴超越基准点故障。

故障现象 机床正常加工中在 M17 指令结束后 X 轴超过基准点,快速负向运行直至负向极限开关压合,CRT 显示 B3 报警,机床停止,此时液压夹具未放松,门不解锁,操作人员也无法工作。

故障检查与分析 :742MCNC 数控镗铣床由英国 EX-CELL-O 公司引进。就此故障检查、分析如下:①机床安装调试运转时,可能出现这种故障。但调试好光栅尺及各限位开关位置后,已经过较长时间正常使用,并且是自动按程序正常加工好几件工件,因此故障不出自程序和操作者。②人工解锁:按故障排除键,B3 消失,打开机床前右侧门,扳动 X 轴马达轴,使 X 轴向正向运行,状态选择开关置于手动移动位置,按 X—或 X—键,X 轴也能正常移动。状态选择开关置于基准点返回位置,按 X—键,X 轴向负向移动超过基准点不停止。X 轴超越报警 B3 又出现。图像上 INAX—IS 无 X 向不出现 X。根据这一故障现象,极可能是数控柜内部 CNC 系统接收不到 X 参考点 I。或 Uao 参考脉冲。③检查相关的 X 轴向限位开关及信号,按 PC 及 O 键,PC 状态图像显示后分别输入 E56.4、E56.5,按压 X 向限位开关,“0”和“尸”信号转换正常,说明是光栅尺内参考标记信号、参考脉冲传送错误或没建立。用示波器检查接收光栅尺信号处理放大的插补和数字化电路 EXE 部件输出波形,移动 X 轴到参考点处无峰值变化,则证明信号传递、参考点脉冲未形成。基本可以断定光栅尺内是产生此故障根源。

故障处理 拆卸 X 轴光栅尺检查、发现密封唇老化破损后有少量断片在尺框内。

该光栅尺是德国 HEIDENHAIN 生产的 LS 型、结构精致、紧凑。细心将光栅尺头拆开,取出安装座与读数头,清理光栅框内密封唇断片及油污,用白绸、无水乙醇擦洗聚光镜、内框及光栅。重新装卡参考标记,细心组装读数头滑板、连接器、连接板、安装座、尺头。按规范装好光栅尺、插上电缆总线,问题便得到解决。为了避免加工中油污及切屑进入光栅尺框内再发生故障。将原坏密封唇中形状未变的选一段切开,进行断面形状尺寸测绘、作图、制惟密封唇模具,用耐油橡胶作新的密封唇,安装好光栅尺,现已正常使用一年多未再次发生该故障。

注意事项 ①光栅尺内参考标记重新装卡后或光栅尺拆下重新安装,不可能在原有位置,所以加工程序的零点偏移需实测后作楷应改动,否则出废品或损坏切削刀具;②因光栅尺内读数头与光栅间隙有较高要求,安装光栅尺时要校正好与轴向移动的平行度;③压缩空气接头有保护作用,不能忘记安装;④该故障再次发生后、首先检查在 PC 状态镜像 X 轴向三个限位开关 E56.4、E56.5 的信号转换情况,如“1”不能转换成“0”,或“0”不能转换成“1”。则可能是限位开关坏或是过渡保护触头卡死不复原。该机第二次出现 X 轴丢失参考点故障就是这种原因。

【例 198】 刀具补偿失效的处理。

故障现象 在正常加工过程中,检查一次装卡加工下来的首件工件的孔和外圆,发现孔的尺寸偏小、外圆尺寸偏大,在不改变刀具尺寸和切削参数的情况下,在控制器加上补偿值,观察整机运动情况正常,并显示加进所需补偿值,当程序结束后取下工件测量,还是和首件一样的尺寸。当将镗头尾部装置加足油后,仍在补偿控制器上继续加补偿值,反复数次加工的工件尺寸一样,证实刀具补偿失效。

故障检查与分析 742MCNC 数控镗铣床,配有西门子数控系统。由英国 EX—CELL—O 公司引进。机床两边分别安装有 DB22、DB24 精密镗头各一个,其中 DB24 镗头装有英国 SASOMATC 公司的高精密的刀具让刀补偿装置。就上述故障检查分析如下:①根据现象观察,控制器显示和在程序运行中循环各让刀、加刀点进排气均为正常状态;分析控制器进排气分配控制系统均是正常的;②气液转换增压器压力从 4Pa 增至 182Pa 未见异常、油加足也不能完成补偿,说明气液增压转换器输出油路至镗头轴向补偿油缸范围内有漏油现象。是造成刀具补偿失效的主要原因。

故障处理 拆下刀盘、拆下镗头尾部气液增压转换器,拆卸补偿 Z 型中间刀盘连补偿液压缸及管路一并取出。检查油缸管路,高速旋转性密封接头。更换液压缸、进油管 O 形圈,增压气液转换器出口密封,装配还原试车。内孔全部加工偏大超差,外圆偏小超差,说明刀具补偿系统恢复功能,在控制器上减去刀补一定数值,工作加工达到稳定合格状态和优质品状态。

说明 该机床刀具让刀补偿系统在国家“九五”期间,仍属于国际先进水平,对于保证高精度孔、孔系和多台阶面工件有极高的精度保证和加工效率。我国专用精密镗床、加工中心实有推广采用这一先进技术的必要。

【例 199】 位置反馈回路接触不良故障。

故障现象 该机床多次出现 NC 报警 1322 ,内容为“ Z 轴控制环硬件故障 ”,重新通电后往往能恢复正常,该故障经常在使用过程中随机出现,用示波器观察各波形信号未发现异常,更换 Z 轴和 Y 轴的测量系统,发现报警变成 1321“ Y 轴控制环硬件故障 ”,证实故障不在 NC 的测量板上。

故障检查与分析 该设备为武汉重型机床厂生产的 XK2120A 数控龙门镗铣床,安装西门子公司 880M 系统,采用德国海登汉因(Heidenhain)公司的 LB326 直线式光栅尺及 EXE808 插补及数字化器。

由于该机床为较大型、附件多,系统各部分之间连线长、接插件也多,所以首先应检查这些部分。检查后发现从 EXE808 到 NC 间有一转接用连接器松动,致使测量回路接触不好。我们把电缆线直接焊在一起,并确保接触良好,屏蔽可靠,则故障排除。特做说明如下:

①数控机床的测量系统大量采用光栅尺,德国海登汉因公司生产的光栅尺及配套的插补及数字化器是较为流行的型号。LB326 型光栅尺采用新型的金属带反射式光栅,读数头设计精巧,能较灵活地适应各种不同的安装状态。要使光栅尺有比较好的测量精度应在安装时特别注意安装表面的平面度及安装表面与导轨的平行度应满足生产厂家说明书的要求,另外应正确调节读数头的支座使读数头与光栅尺保持平行。②还有一点很重要是应保持光栅尺的工作环境,避免灰尘和油雾进入光栅尺而引起故障,当系统工作环境较差或相对湿度大于 80% 时,可以考虑为光栅尺加装空气净化系统。方法如下:拆开光栅尺一端(垂直安装时应为上部)的专用螺丝,从该处通入干燥、洁净的压缩空气(压力约为 1Pa)。加装该系统后,能令光栅尺的工作环境大大改善,有效地减少故障。③海登汉因公司生产的光栅尺及配套的插补及数字化器是该公司光栅尺的配套产品,可以实现、对光栅信号作 25 倍细分后再发送到 NC,该装置虽然在信号输出端加入信号驱动电路,但仍对连接到 NC 的电缆长度有一定要求(如 EXE808 的连线不可长于 50m)。因此插补及数字化器到光栅尺以及到 NC 的连线均应尽量缩短,而且要避免中间的转接,防止由于接触不良引起线路阻抗增大,导致故障。同时应保证良好、合理的屏蔽及接地。④此外还可以通过示波器观察,调节 R140、R142、R144、R147 四只电位器,以改善输出的 Ue1、Ue2 两组信号,保证其相位相差 90°。⑤另外该公司生产的插补及数字化器有专门用于西门子系统的型号和专门用于法那克系统的型号,这一点在作设备改造时应特别注意。

【例 200】 测量回路报警原因及改进方法。

故障现象 机床在使用一段时间后,再次利用大角度铣头时,当 Y 轴停止时,故障 114 号报警,其内容是跟踪误差超差。由于报警出现使机床不能正常工作。

故障检查与分析 RAPID—6K/8MC 数控转子镗铣床由德国 WOTAN 公司引进,采用西门子 8M 控制系统。考虑是 Y 轴测量系统出现报警,应首先对 Y 轴从机械方面入手。

机床在使用大角度铣头时,由于工作转矩大,在机床设计中为防止振动和保证加工精度,油压夹紧系统将自动投入工作。

①因为机床使用大角度铣头后才产生这种现象,故障可能由油压夹紧装置工作不正常而引起的。所以决定对Y轴的油压夹紧装置进行拆卸清洗使其达到工作灵活可靠,但仍不能消除报警的产生;②对Y轴进行监测。将一千分表放在立柱导轨面上表头顶在主轴箱上。这时让Y轴油压夹紧系统进行夹紧、放松动作。发现当夹紧时主轴箱下沉0.05~0.15mm,再次放松时又恢复到原位,此时故障点已清楚。究其原因是:在不使用大角度铣头时,即使Y轴停止时,其电机仍处于控制状态不会产生主轴箱下沉情况。而一旦使用大角度铣头,由于铣头自重较大,在油压系统尚未完成夹紧工作之前,电动机停止工作而电动机抱闸还没有将电动机抱紧的瞬间,主轴箱立即下沉到位置允差以外促使数控系统发出跟踪误差超过允差故障报警。

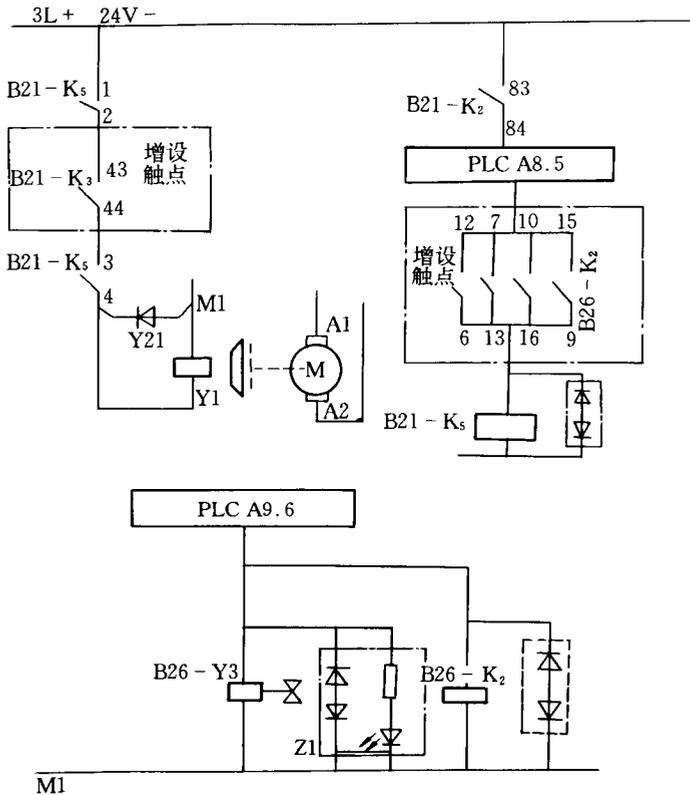


图 4-1 电动机快速抱闸改进图

故障处理 对于油压夹紧系统,已无法再加快它的动作速度,于是采取加速电动机抱闸的速度。具体采取两种措施:①在电路中增加一小型继电器 B26—K (如图 20—1 所示),当 Y 轴停止时,PLC 点 A9.6 输出为零 B26—K。立即断电,其触点瞬时断开 B21—Ks 加快电的抱闸速度;②在将原有的 B21—K 的触点 43、44,串在电动机抱闸线圈回路中,在系统不允许控制回路工作时,它将在 B21—K₀ 之前先一步切断电路,使电动机快速抱闸。

由图可以看出 B21—K 1、2、3、4 触点和 B21—K343、44 触点任何一个断开都可以使电

动机快速抱闸。实践证明,采用这两种措施以后,该故障得到彻底解决,机床运行多年来再也没有发生此类故障。

【例 201】 伺服系统主回路保险熔断故障的排除。

故障现象:当运行 X 轴负向时产生脉动,时常熔断熔丝。

故障检查与分析:BF130 数控镗铣床,选用德国海登汉因(Heidenhain)的 TNC145C 数控系统,通过可编程控制器 PC602,直流伺服系统 TUD6 来驱动电动机,控制坐标轴运行。

直流电动机伺服系统 TUD6 具有双通道——两个输入端和两个速度反馈端,因此一台 TUD6 可以控制两台直流电动机,直流电动机为恒磁直流电动机。TUD6 主要由稳压器/监测模板 STAB,控制调节板 PID,偏移/脉冲形成模板 ANST 和末级输出模板 SYN 四块模板组成,其中稳压/监测模板 STAB 为该系统提供士 13.5V 工作电压,同时监测 TUD6 系统工作是否正常,采用发光二极管作为状态显示。

TUD6 的 B 灯为准备信号,系统出故障时,B 灯灭,发出一个输入信号到 TNC145C 显示系统故障,该伺服系统有两组晶闸管三相整流桥,每一组晶闸管整流桥工作时对应的 S1 或 S2 灯亮,当系统给定为零时 S1 和 S2 都不亮,同时两组晶闸管整流桥还受到 PC 监测,对于 BF130 数控机床,X、Z、B 轴整流器联锁输出为 A445,联锁接点合上时整流桥才能工作。

X 轴低速运行时,用钳型电流表测三相电流,其中 $\times 1.2$, $\times 1.4$ 两相电流较平稳且对称, $\times 1.3$ 该相电流不平稳,忽高忽低,与前两相值比较相差较大。

根据原理图见图 4-2 分析如下:

当运行 X 轴正向时,由输出端 $\times 1.11$, $\times 1.10$ 这一组整流桥工作,运行 X 轴负向时,输出 $\times 1.10$, $\times 1.12$ 这一组整流桥工作,X 轴负向运行时产生脉动、电动机抖动严重,并伴有‘咔、咔’声响,测 X1.3 电流异常,怀疑负向晶闸管工作时,正向晶闸管有误导,使该相电流有波动,用万用表检测 1.5V、1.2V 晶闸管无异常,接入电路检测元件见图 4-3 也正常。

故障处理:将 1.5V、1.2V 逐一换掉,当 1.2V 用新的晶闸管替换后故障排除,说明 1.2V 晶闸管元件性能发生变化、产生误导、使 $\times 1.2$ 、 $\times 1.3$ 两相短路电流增大,2—F13 中间相熔丝熔断。该故障如果不及时处理将会使 1.5V、1.2V 击穿、电源短路,易烧坏其它元器件,造成不必要的损失。

【例 202】Y 轴热保护器故障的排除。

故障现象:出现故障号 F006 机床不能起动。

故障检查与分析:BFK130/1 数控镗铣床采用德国 CNC600-3 数控系统。F006 报警为 Y 轴热保护器断开,将 Y 轴热保护器 24K2 从机床上拆下后,发现其继电器的常闭接点粘上了,线圈带电后本能脱开,将其接点用水磨砂纸轻微打磨使其光滑,重新安到机床上试验,无效。为了进一步确认 24K2 是否损坏,由于没有配件,只好将别的机床上相同型号的热保护器拆下后更换,F006 消失,机床工作正常。

由于没有配件及 24K2 的资料,将原理图测绘出来如下,图 4-4 为热保护器电路原理

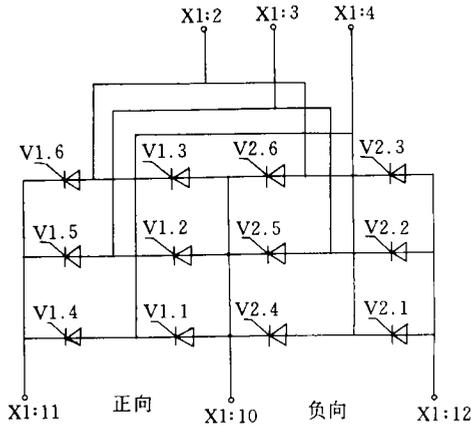


图 4-2 伺服系统主回路原理图

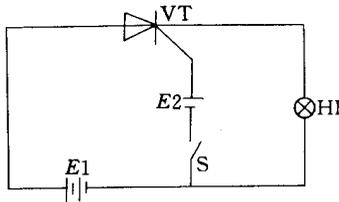


图 4-3 测量晶闸管的试验回路

图 4-5 为热保护器控制图。

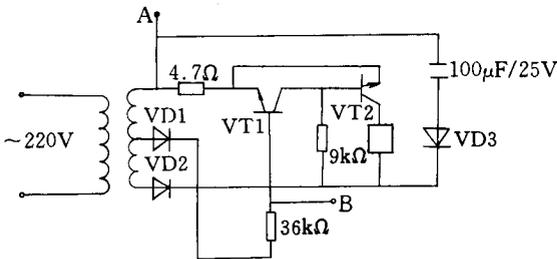


图 4-4 热保护器电路原理图

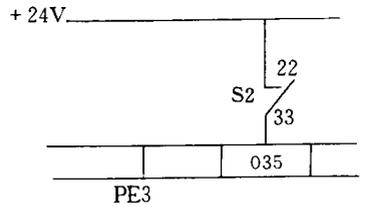


图 4-5 热保护器控制图

从原理上分析，A、B 两点接热敏电阻，继电器常闭点 32、33 接输入口 PE3，通过 E035 进行显示监控，常开接点 31、32 为空缺，在机床实际工作中不起作用。当机床正常工作时，由于热敏电阻属于负温度特性，A、B 间有约 250Ω 的阻值，这样 T₁ 截止，T₂ 导通，继电器线圈带电，继电器的常闭点脱开，常开点吸合，由于 32、33 断开，所以没有信号送入输入输出接口，机床仍正常工作，当机床过热时，A、B 两点间阻值很小，这时 T₁ 导通，T₂ 截止，继电器的线圈断电，继电器的常闭点吸合，常开点断开。这时，有信号送入输入口。E035 灯亮，通过输出口控制机床不工作。

分析了 24K2 的工作原理，则有利于 24K2 的修复。对 24K2 做给电试验，继电器并不

动作 ,拆开小继电器其支撑节点的连接点的连接杆由于长期磨损已不能使其。触点良好接触。我们用硬塑材料做了一个小连接杆安上 ,手动实验 ,继电器功能正常。但给电实验 ,继电器仍不动作 ,这说明还有别的元器件损坏 ,经测试发现续流二极管 D 损坏 ,更换相同型号 D 后 ,实验 24K。工作正常。将其安装到机床上 ,机床工作正常。

【例 203】 X 轴伺服电动机过电流的原因和对策。

故障现象 :RAPID6K 转子铣出现 X 轴伺服电动机电流过大 ,造成伺服电动机的电刷和刷架的烧坏。

故障检查与分析 :RAPID6K 数控转子镗铣床由德国 WATAN 公司引进 ,采用西门子 8M 控制系统。

通过分析 ,我们归纳出伺服电动机的电刷和刷架烧坏的原因如图 4-6 所示。

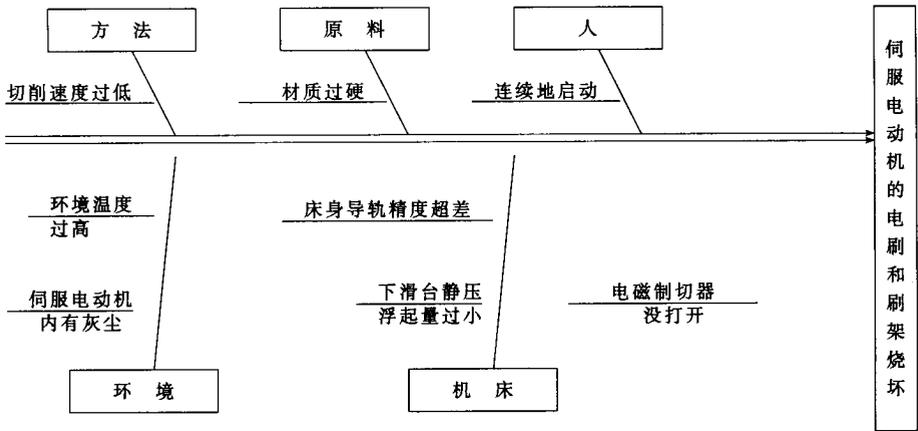


图 4-6 故障分析流程图

对于上述原因进行对比分析和实验 ,把伺服电动机过电流的主要原因集中到床身导轨精度超差和下滑台浮起量过小上。

①床身导轨精度的分析 :首先测量内导轨在垂直平面内的直线性 ,其结果为 0.183mm (允差 0.06mm) ,直线性的趋势如图 4-7 所示 ,然后测量在第三段导轨与第四段导轨之间接缝高度差为 0.03 ~ 0.04mm(允差 0.01mm)。

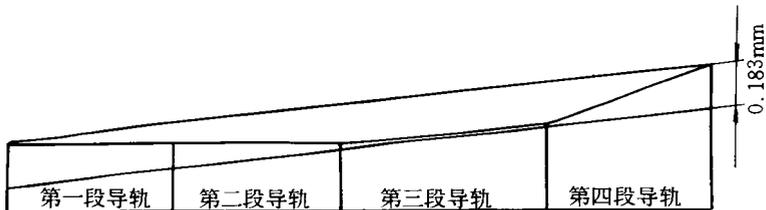


图 4-7 内导轨在垂直平面内的直线性

对于 X 轴伺服电动机的电流进行全程的测量 ,发现 :电流的最大值正处于第三段

导轨和第四段导轨连接处,电流的最大值与最小值相差 1 倍以上,同时电流在第一、二段导轨上较小,电流在第三、四段导轨上较大。测量结果充分说明直线性超差和接缝高度超差是导致伺服电动机电流过大的主要原因之一。

②下滑台浮起量的分析:本机床下滑台采用空气静压导轨,空气静压使得下滑台浮起,下滑台的浮起量直接地影响摩擦阻力,进而决定伺服电动机的电流。从这方面入手,测量了下滑台底面和侧面的浮起量如图 4-8 所示,表 4-1 所示。

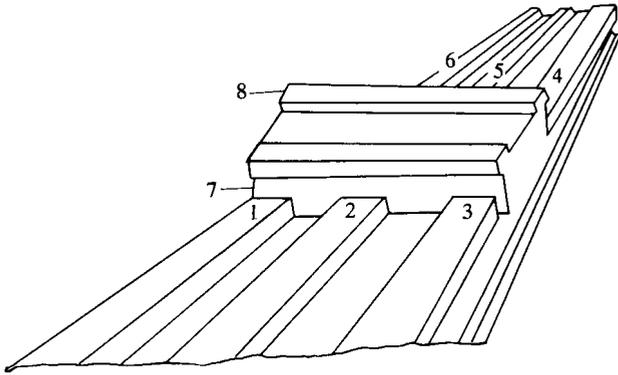


图 4-8 下滑台浮起量测量示意图(图中序号如下表所示)

表 20-1 下滑台底面和侧面的浮起量

mm

测点	1	2	3	4	5	6	7	8
实际值	0	0	0	0.004	0.003	0.004	0.005	0.004
规定值	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.01	0.01

把下滑台的实际浮起量与它的规定值相比较,不难看出:下滑台的空气静压远没能形成,下滑台和床身之间处于滑动摩擦状态,而滑动摩擦的阻力比静压状态的阻力大许多,这表明浮起量过小是伺服电动机电流过大的又一主要原因;为了解决问题,必须研究机床的浮起量。Rapid6k 转子铣采用小孔节流的空气静压。它的压缩空气通过小孔节流进入压力腔从而成压力气膜来支承下滑台。空气静压导轨的具体结构如图 4-9 所示。

通过理论分析,得到支承刚度(J):

$$J = K \frac{p_0 \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \times \frac{b_1 + b_2}{2} \right)}{h_0} = \frac{K p_0 A}{h_0}$$

其中: p_0 为供气压力, A 为有效承载面积, h_0 为在初始状态时下滑台导轨与床身导

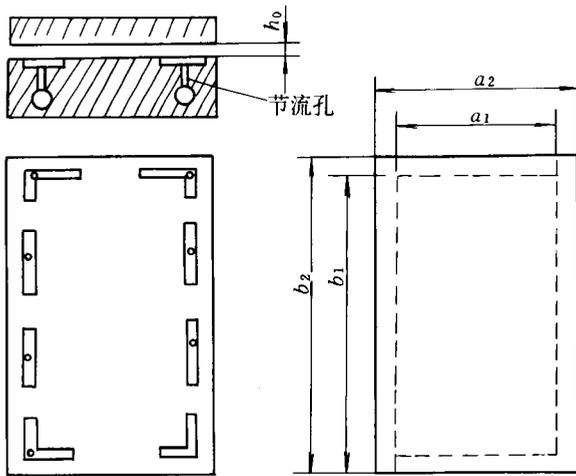


图 4-9 空气静压导轨结构示意图

轨之间间隙, K 为系数。

从公式中可以看出 p_0 、 A 将导致 J 。实际测量结果也充分证明之。所有这些说明, 静压系统的供气压力下降和静压控有效面积减小造成浮起量减小, 进而影响伺服电动机的电流。

故障处理: RAPID 6K 转子铣正加工关键产品, 不可能解体大修, 我们针对这种情况, 创造性地采取措施: 对于床身导轨, 把立柱等开到第一段导轨上, 调整床身导轨精度, 使其达到出厂精度; 对于空气静压系统, 更换带病运行的空气压缩机, 并且清理管路, 从而提高压缩空气的供气压力; 同时, 通过向压缩空气中加洗油的方法, 清洗压力腔, 提高有效面积。

通过采取上述措施, X 轴伺服电动机空载电流从 $150A(\max)$ 降至 $70A(\max)$, 从而解决严重困扰生产的难题。通过这一问题的研究, 我们感到: 数控机床是数控电气和机械有机结合的整体, 在其一方面出现故障时, 必须充分考虑其它方面的原因; 只有这样才能事半功倍。

【例 204】加工精度变低, 定位误差大的分析和处理。

故障现象: 该机床在加工中精度变低, 定位误差大。

故障检查与分析: 该机床是 BFT130 数控镗铣床, 采用德国 Heidenhain 数控系统 TNC145C, 并配有该公司高精度的反射式光栅尺 LB326 作位置检测。伺服驱动采用直流伺服系统 TUD6。

机床在加工中, 机床加工精度是保证加工的稳定性和一致性的关键, 其主要取决于位置控制的高定位精度及速度控制的高调速精度, 由于故障特点的定位误差大, 所以着重分析前者。

位置控制误差的确定, 主要从两方面考虑: ①测量装置的测量误差; ②位置控制的系统误差。前者由传感器的固有误差及调整、校正来决定。后者则由位置调节器自身设计

结构及有关参数的设定来改变的,按有关规程对测量系统进行了校正,然后重点分析了位置调节器的结构参数。

为明确分析位置调节器与定位精度的关系,从自动控制系统中引入稳态品质因数这个概念,以描述伺服系统跟踪目标的能力,包括:

速度品质因数:

$$K_v = \frac{Q_{sr}}{e_{sr}} \text{ 式中 } Q_{sr} \text{——系统传输的速度;}$$

e_{sr} ——速度的稳态误差。

加速度品质因数:

$$K_a = \frac{Q_{sa}}{e_{sa}} \text{ 式中 } Q_{sa} \text{——系统传输的加速度;}$$

e_{sa} ——加速度的稳态误差。

参阅 TNC145C 数控系统有关位置调节器的系统参数可知,位置调节器为一双积分函数,传递函数为:

$$W(s) = \frac{KM(s)}{s^2 D(s)} \quad (1)$$

式中 K 为闭环系统的开环增益。

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s [1 + W(s)] \quad (2)$$

$$K_a = \lim_{s \rightarrow 0} s^2 [1 + W(s)] \quad (2)$$

将式(1)代入式(2)(3)后可得:

$$K_v = \infty \quad K_a = K$$

故障处理 根据以上推导,按品质因素定义,要提高精度,增强目标跟踪能力就要减小稳态误差,提高品质因数。从上式看,加速度品质因数与开环增益有关。找到参数 K_d :

$$K_d = 1/K$$

试将 K_d 从原 0.2 减小即增大 K 值,从而增大品质因数 K_a ,提高定位精度。

实际调整是有效的,通过调整结构参数,提高了定位精度,符合了加工精度要求。

【例 205】17m 数控龙门镗铣床同步轴的调整。

故障现象 运行几年后,机床的 X 轴在回参考点等高速进给行走时出现 PLC0101, X 轴实际转矩大于预置转矩,NC101X 轴的测速反馈电压过低,静态容差等故障报警。

故障检查与分析 :17—10GM300/NC 数控龙门镗铣床采用 SIEMENS 8M 控制结构如图 4-10 所示:

(1)从机床结构分析,X 轴分为 X1 和 X2 同步轴(其中 X1 轴为主动轴、X2 轴为辅助轴),分别由两台相同型号的电动机作为运行动力,这两台电动机是由两台 SIEMENS V5 直流进给伺服单元驱动。两台电动机的测速反馈分别送回到 V5 伺服 A2 板的 55 号和 13 号端子,但 NC 的位置检测单元(光栅尺)安装在 X1 主动轴上,NC 发出 X 轴移动指令的同时送到 X1 和 X2 轴上(即 X1 主动直流伺服单元的 56 号、14 号端子和 X2 辅助直流伺服单元

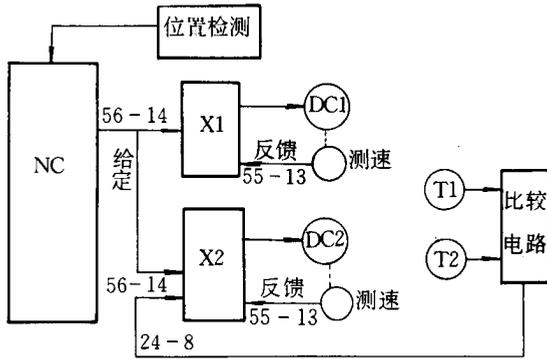


图 4-10 系统构成原理图

的 56 号、14 号端子得到同一个给定)。T1 和 T2 两个旋转变压器产生的 X1 和 X2 的位置差值 (即附加值) 通过一比较放大电路送到 X2 辅助直流伺服单元的 24 号和 8 号端子上, 使 X2 输出电压产生相应的变化与 X1 的输出电压平衡。这样对 X 轴来说就存在 3 个反馈环: a) 用于直流伺服单元调整的测速反馈; b) 用于同步调整的旋转变压器比较反馈; c) 用于 NC 调整的实际位置反馈;

(2) 由于 3 个反馈交织在一起, 因此给 X 轴的总体调试带来了很大的困难。单独调整任何一个反馈环, 其它运行环节都会产生报警信号, 并关闭整台机床。

故障处理 ① 首先将 DC1 和 DC2 两台直流电动机负载线断开, 再拆去由 NC 来的 56 号和 14 号端子线, 用导线将直流伺服单元上的 56 号和 14 号端子短接。反复调整 V5 直流伺服单元 A2 板上的 R31, 观察直流电动机转动情况, 直到电动机不转动为止。这样就消除了直流伺服单元自身的各种干扰。② 将电压表接入到附加给定值端子 57 号和 69 号上, 反复调整 V5 直流驱动器 A2 板上的 R28 电位器值, 使电压表上显示的电压值最小, 并且电压显示值在 X 轴运行时比较稳定, 消除 X 轴来回运动中产生的误差。③ 将 NC 数控系统的维修开关打到第 2 位, 观察机床数据 N820 的跟踪误差, 反复调整机床数据 N230 内的数据, 使 N820 显示的数据最小为止。经反复调整后故障排除。

说明 ① 调整过程适用于各类机床的各种同步轴。如龙门铣床的 W 轴; ② 调整步骤 a) 和步骤 c) 适用于各类机床的驱动轴; 一般直流伺服装置、测速发电机、位置测量系统经过重大的维修后都应作相应的调整。

第二节 主轴系统故障实例与诊断

【例 206】 主轴系统故障、报警代码 F10。

故障现象 机床主轴 DTO 驱动系统出现故障、报警显示代码 F10。

故障检查与分析 :BFT130 数控镗铣床数控系统为海登汉因公司 (HAIDEN—HAIN)

TNC145C 系统。主轴驱动为 DTO 系统。主轴 DTO 系统的工作原理是输入信号由输入给定值与实际反馈值进行比较,经速度调节器和电流调节器到移相触发电路。触发脉冲的输出用变压器隔离输出。

机床正常工作时,首先通过可编程控制器(PLC)自行诊断。检查机床各部分的准备情况,其中,主轴驱动系统 DTO 是一个很重要的组成部分。

在 DTO 系统中电源组件 SNC235A3 给 DTO 提供直流 $2 \pm 24\text{V}$, $\pm 13.25\text{V}$ 和 $\pm 9.5\text{V}$ 。作电压其中 $\pm 13.25\text{V}$ 受 PLC 系统的监测,出现该系统故障时,显示 F10 主驱动故障。在 DTO 的 IRS236A6 电流调节器上有一监测信号 VL201—系统操作信号指示,这是一个操作准备信号,操作准备没完成控制无法接通。控制接通原理如图 4-11。

图 4-11 中 24V 电源加到 KR101 继电器线圈,通过 VL201

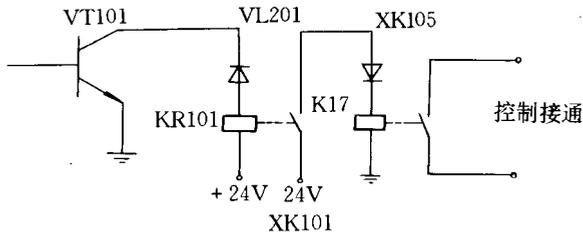


图 4-11 控制接通原理图

及 VT101 三极管 ce 到地构成回路, KR101 继电器接点 A6 的 XK101、XK105 闭合使 24V、电压加到辅助控制元件 13—A1 板的 K17 线圈上, K17 继电器线圈带的接点串在 NOT—AUS 保护回路中,该 K17 接点闭合,控制才能接通。

实测结果 K17 接点未合 ← K17 线圈无 24V ← A6XK101、XK105 未合 ← KR101 线圈无 24V ← VT101 未开通,测 VT101 的 c 集电极有电压,基极 b 无电压,基极没加电压开关管 VT101 无法导通,VT101 的基极电压是 A3 SNC235 电源板提供的 $+13.25\text{V}$ 电压经 AE50AE502 等一系列逻辑电路加上去的,测量 SNC235 的 A、D 测试口无 $\pm 13.25\text{V}$ 输出,说明故障出在 SNC235 电源组件上,根据 SNC235 电源组件原理分析 $\pm 13.25\text{V}$ 之间接 V1001 晶闸管作保护回路(如图 4-12)。

在 V1001 晶闸管保护回路中,由于 VD1801 二极管性能变化,使保护回路动作。因为正常情况下,二极管加反向电压时,反向电流很小,当管子的质量发生问题,反向电流增加就较大,在一定的环境温度和反向电压下,管子的质量越差、单向导电性能越差。

由于机床长时间工作,DTO 的元件要发热,周围的温度也升高,VD1801 性能的变化,单向导电性能差了,VD1801 的反向电流有所增加,VT1201 三极管的基极电压有所下降,VT1201 导通,导通电流经 R1001 在 C901 上产生一个电压降,实测 C901 上端有 1.4V 电压,将 V1001 的控制极断开,串入电流表有 22mA 电流,C901 上的 1.4V 电压加到晶闸管 V1001 的控制极,触发 V1001 导通,导通后的 V1001 将 $\pm 13.25\text{V}$ 电压短路消失,如果稳压源 8NC235 输出的 $+13.25\text{V}$ 过高也可以使 V1001 导通保护。

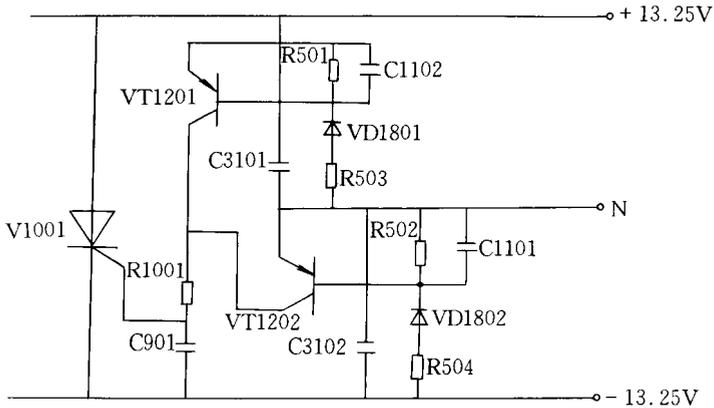


图 4-12 晶闸管保护电路原理图

故障处理 通过以上分析 ,DTC 产生故障是由于元件 VD1801 二极管老化 ,性能发生变化所致。用一与 VD1801 性能相近的国产二极管代换后 ,故障彻底排除。

【例 207】 主轴反转后停止时 ,无制动并断电故障的排除。

故障现象 主轴正向运转 ;制动均正常 ;反向运转正常 ,但停止时没有制动并断电 ,CRT 显示 F002 错误代码。

故障检查与分析 :BFKPI30/1 数控镗铣床采用德国 CNC600—3 数控系统 ,主轴驱动系统为 TDO 位置。

检查外部信号均正常 ,更换 IRS237 板故障消除。证明此板有故障。检查 IRS237 板 ,测试 B 点电位 ,正反转均有输出 ,但故障一端偏低。

① 检查电流极限值回路(AE115、AE116、AE501)

正常(7 ~ 10V) A1 A2 A

停止 + 12V - 12V + 13V

正转 + 12V + 12V - 13V

反转 + 12V + 12V - 13V

故障 + 12V + 3.1V + 10V

在此故障时检查所有元件均正常。通过调整转速 n ——匹配级 AE1004 零点电位器 ,可达正常逻辑值。故障板 XSI02/B13 输出不变 ,所以故障与此信号无关 ;② 限幅级(AE114、AE117)拆除 VD217、VD219 二极管试验 ,故障现象不变 ;③ 积分放大器复位级 AE118 ,AE119 拆除 VD301VD302 无制动故障仍存在 ;④ 检查积分调节器 AE105 ,测 A11 输出正负均有输出 ,但出故障时 ,即反转制动时测量值偏低 ;⑤ 故障部位只剩下积分器和 P12 放大级 ,板内设有 SH101 开关 ,可取消积分器试验 ,正/反转和停止制动均正常 ,但是运转方向相反 ,此试验证明故障部位在积分器回路 ;⑥ 积分器和积分调节器回路检查 ,加速启动脉冲检查 ,测 XSI02/A3 ,即 AE502/8。用示波器检查 AE104/6 的波形。正常时 ,如图 4-13 所示 ,故障状态波形如图 4-14 所示。

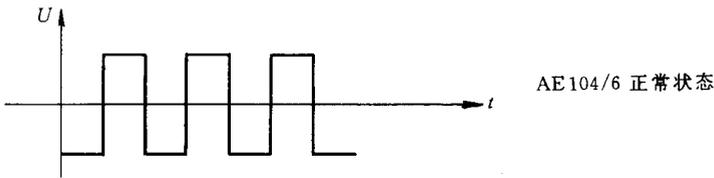


图 4-13 正常时启动脉冲波形图

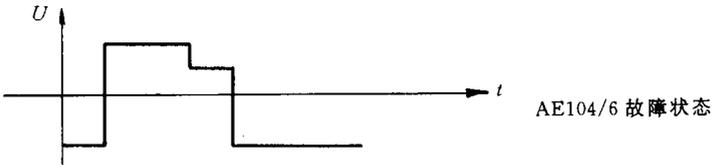


图 4-14 故障时启动脉冲波形图

此两项信号说明反转制动故障时加速启动脉冲丢失, AEI003/A13 输出反向, 启动电子太低为 0.3V 左右。检查 AEI04 理想值变化检波器, 元件均正常。停止时 AEI003/A13 输出为 0.1V 左右。据分析, AEI03 放大级正/反相幅值有一方向启动电压太低, 而且不对称。本级放大特性正常, 故运算放大器正常, 关键在限幅, AEI003 输出正限幅应检查 VDI601 稳压二极管, 检查发现 VDI601 短路。此管限幅电压 10V, 原型号 T3/10。用国产相应二极管换上, 试验工作正常, 此故障消除。

综上所述, 此板在制动时应有加速脉冲输出与零电位检测产生制动, 如果丢失即造成故障, 使保护电路工作自动断电。

【例 208】 主轴电动机过电流故障的解决。

故障现象 机床主轴在几年的运行中一直较稳定, 但在一次电网拉闸停电后, 主轴转动只能以手动方式 10r/min 的速度运行; 当启动主轴自动运行方式时, 转速一旦升高, 主轴伺服装置三相进线的 A、C 两相保险立即烧断。在主轴手动方式运转时转速很不稳定, 在 3r/min ~ 12r/min 分的范围内变化, 电枢电流也很大, 多次产生功率过高报警。经过两次维修后又重复出现类似的故障。

故障检查与分析 :17—10GM300/NC 数控龙门镗铣床由德国 WALRICHCOBURG 公司引进, 数控系统采用 SIEMENS8M; 主轴电动机为 55kW。就上述故障分析如下:

①机床主轴在高速运转时, 电网忽然停电, 在电机电枢两端产生一个很高的反电动势(大约是额定电压的 3~5 倍), 将晶闸管击穿; ②V5 伺服单元晶闸管上对偶发性浪涌过电压保护能力不够, 对较大能量过电压不能完全抑制; ③晶闸管工作时有正向阻断状态、开通过程、导通状态、阻断能力恢复过程、反向阻断状态 5 个过程。在开通过程和阻断能力恢复过程中, 当发生很大能量的过电压时, 晶闸管很容易损坏, 拉闸停电随机性很大, 而且伺服单元内部控制电路处于失控状态; ④晶闸管有时被高电压冲击后并没有完全损坏, 用数字式万用表测量时有 1.2M Ω 电阻值(正常情况不应在 10M Ω 以上), 所以还能在很低的电压值下运行; ⑤如图 4-15 所示;

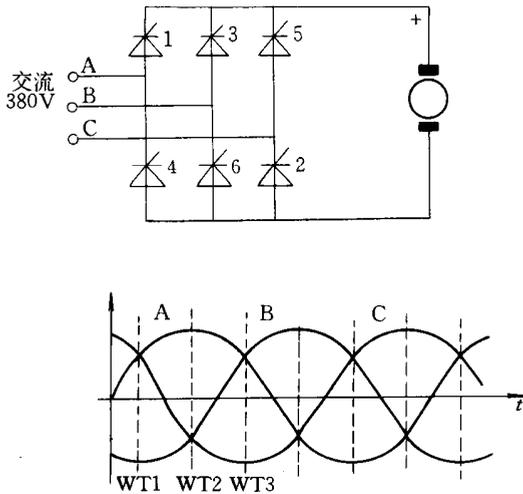


图 4-15 三桥全控整流原理及波形图

三相桥全控整流电路在 WT1—WT2 期间, A 相电压为正, B 相电压低于 C 相电压, 电流从 A 相流出经 T1、负载 D, T4 流回 B 相, 负载电压为 A、B 两相间的电位差; 在 WT2—WT3 期间, A 相电压仍为正, 但 C 相电压开始比 B 相更负, T6 导通, 并迫使 T4 承受反向电压关断, 电流从 A 相流出经 T1、负载 D、T6 流回 C 相, 负载电压为 A、C 两相间的电位差, 在 WT2 为 B、C 相换相点, 其它依此类推。停电时, 如果 T1 被击穿, T4 或 T6 将遭受很大的冲击, 可能使其达到临界状态, 也可能使它被击穿。

故障处理: ①一次更换两只相同型号的晶闸管; ②在 V5 直流伺服单元的晶闸管上安装 6 只压敏电阻。

在晶闸管的两端加上压敏电阻后, 运行 2 年一直没有出现故障(包括多次停电)。

【例 209】故障现象 机床主轴不动, CRT 故障显示 $n < n_x$ 。

故障检查与分析:

该 742MCNC 四孔精密镗床是我厂为引进美国威格士公司高压齿轮泵制造技术而配套的引进设备, 其数控系统为西门子 3T 系统, 镗头电机采用西门子直流伺服驱动系统。由西门子维修资料知: n 为给定值, n_x 为实际转速值。在机床主轴起动或停止的控制中, 根据预选的方向接触器 D2 或 D3 工作, 接通相应的主接触器, 启动信号使继电器 D01 接通, 并同时使 $n < n$ 最小的触头(119—117)接通, 此触头在调节器释放电路中。当启动信号消失后, D01 保持自锁, 调节器释放电路因为“ $n < n$ 最小”的触头而得以保持。“ $n < n$ 最小”的触头在机床停止时是打开的, 在约 20 ~ 30r/min 时闭合。在发出停止信号后, n 给定 0, D01 断开, 调节器释放电路先仍保持接通, 直到运转在 $n = n$ 最小时才断开。当转速调节器的输出极性改变时, 相应的接触器 D2 或 D3 打开或接通。

根据维修资料检查, 发现当系统启动信号发出后, 在系统的调节器线路中, 50 号、14 号线没有指令电压 ($\pm 10V$), 213 号没有 24V 工作电压。

从西门子 3T 系统原理知,机床主轴系统当指令电压和工作电压时,其调节封闭装置将起作用。使 104 号、105 号线接通,产生一个封闭信号,封锁主轴的起动,同时,在 CRT 上显示出主轴转速小于额定转速的故障报警。

检查分析该故障的原因,按钮开关无故障,各控制线路无故障。通过操作人员了解到,在该故障发生之前,曾因变电站事故造成该机床在加工过程中突然停电,致使快速熔断器熔断现象。因此,我们怀疑是因突然停电事故使 CNC 内部数据、参数'发生紊乱而造成上述报警。

故障处理 将机床 NC 数据清零后,重新输入无参数,故障排除,机床恢复正常。

【例 210】故障现象 Z 轴超程报警。

故障检查与分析 机床与数控系统同上,由 CNC 系统知,超程报警一般可分为两种情况。一种是程序错误(即产生软件错误);另一种为硬件错误。针对上述两种情况,根据“先易后难”的维修原则。首先对软件进行检查,软件无错误。其次对,其硬件进行检查,该机床的 Z 轴硬件为行程开关。打开机床防护罩检查,用手掀行程开关,Z 轴能停止移动而不超程。用机床上的挡铁压行程开关,则 Z 轴不能停止移动而产生超程。

从上述检查分析,估计是行程开关或挡铁松动,致使行程开关不能动修,造成 Z 轴超程报警。检查挡铁无松动,将组合行程开关拆开检查,发现 X 轴终点行程开关的紧固部件已断裂一角,这样当挡铁压行程开关时,便产生移位。这也是由于挡铁与行程开关的压合距离未调整好所致。

故障处理 更换一新的行程开关,重新调整好挡铁与行程开关的压合距离,至此故障再未发生。

第三节 其它部分故障实例与诊断

【例 211】XK2150 横梁调平系统的故障排除。

故障现象 横梁快速下降时,NC 没准备好,调平指示灯灭。

故障检查与分析 该机床是武汉重型机床厂与重庆大学共同开发研制的。

首先根据报警现象查看梯形图中调平系统与 NC 之间逻辑关系,确定故障部位。详见图 4—16。另根据线路图,伺服上电 MCC 是经数控系统 NC 的 100A、100B 送出的 100V 电压给线圈的,故发生其故障原因:

①调平限位开关压下,产生急停,使伺服 MCC 失电,同时调子指示灯 30V 灭;

②MCC 或 ZNC(调平系统计算机产生继电器报警)使调子指示灯灭和急停调平限位开关状态持续,通过 NC 面板诊断功能,查看 51.6、36.0、38.4 状态为 1,50、1,50.0 状态为 0 显然 MCC、ZNC 状态不对,为进一步确认分析 MCC 与急停有关,ZNC 独立供电,现通过面板按下 SB38 按钮,封锁横梁报警对急停影响,此时 ESPI02.4 为“1”,数控系统对伺服上电,MCC 的 50、1 状态立刻变为“1”说明 MCC 正常,P₂ 是由于 ZNC 调平系统报警而使伺服

停止。故基本确定是调平系统部分故障。

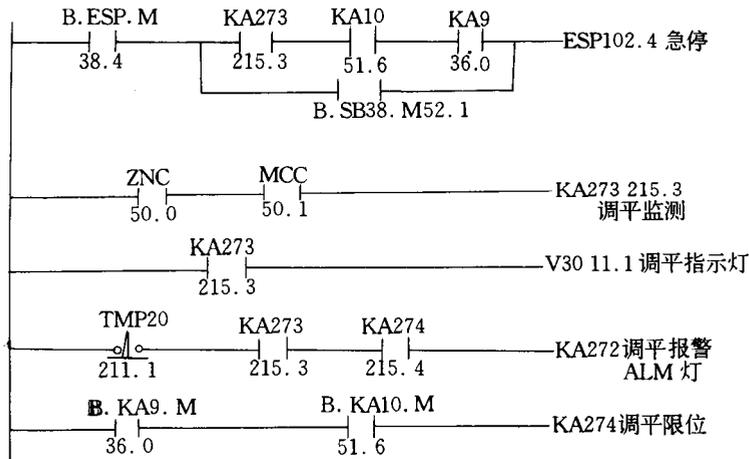


图 4-16 调平系统梯形图

现在分析一下调平系统的工作原理:根据计算横梁倾斜误差最大在 $661/\mu\text{m}$,先设定刀架在中间位置的参考点为 $500/\mu\text{m}$,感应同步器在一个节距内具有记录绝对位置的作用。首先感应同步器检测到丝杆下端的绝对位置,送数显表后 4 位转变为数字信号显示,然后通过 I/O 接口送计算机与参考点 $500\mu\text{m}$ 绝对位置相比较得到绝对误差信号送:①数显表前 3 位显示绝对值;②经 D/A 转换成模拟电压给伺服系统,驱动伺服电动机,经补偿机构使横梁上升或下降;③如 $\Delta d > 300\mu\text{m}$ 将 ZNC 复位产生报警信号送 NC,同时封锁 D/A 转换,使伺服给定电压为 0,直到 $\Delta d < 100\mu\text{m}$ 后才解除报警,释放 D/A 转换器。

看来 ZNC50.0 为 0 是调平系统误差太大而产生的报警复位,进控制室观察数显表一边显示的绝对位置为 $826\mu\text{m}$ 绝对误差值 $326\mu\text{m}$,已超过误差范围,此时机床精度难以保证,故产生 ZNC 复位。为使横梁重新恢复平衡,最直观的想法:

①封锁急停(按 FSB38 按钮),使伺服重新上电。然后用可调恒流恒压源输出一个反方向模拟电压,使横梁丝杆回到平衡位置 $100\mu\text{m}$ 以内,后使调平系统再恢复作用,但给定电压大小,方向及时间都不好掌握;

②机械盘车,将伺服电动机脱开,人工带动滚珠丝杆运转。但得上、下立柱麻烦,而且费力。

能否找到更简单方法呢?进一步分析解除报警的范围 $100\mu\text{m}$ 以内。如果能人为地将传送的误差缩小到 $100\mu\text{m}$ 以内,逐步调节就可使绝对位置恢复到参考点。根据示意图的各组成部分进行分析,发现数显表不但具有绝对位置显示(校对功能),而且也具有相对位置显示(置数功能)功能,而且数显表与计算之间只是 8421 码简单数据传送,完全对将传递给计算机数据变为 $100\mu\text{m}$ 以内。应根据以上分析,确定方案。

故障处理:①按 SB38 封锁调平报警,解除急停,使各伺服上电,将刀架移动横梁中央,使两边丝杆受力平衡;②在报警边的数显装置同方向 $100\mu\text{m}$ 以内的数,将 826 置成 550。此

时调平系统报警 ZNC 解除 ,调平功能恢复 ,伺服电动机带动楔形块使横梁下降 ,机械没有卡死 ,正常 ,数显表显示相对位置为 500。按校对功能 ,此时又显示绝对位置 776 ,在没有报警状态下 ,绝对误差 $< 300\mu\text{m}$ 。调平系统仍起作用 ,横梁两端丝杆恢复到参考点 500 最后故障排除。

【例 212】五轴联动数控叶片铣床空气静压单元故障处理。

故障现象 机床开机时出现空气静压压力不足故障报警而停机。查看空气静压单元压力表无压力显示。

故障检查与分析 :RAPID—6K 数控叶片铣床 ,德国 WOTAN 公司制造 ,采用 SIEMENS8 数控系统。

叶片铣采用空气静压导轨 ,其空气是由空气静压单元提供 ,工作原理如图 4—17 所示。经分析研究认为可能产生故障原因是 :①进口空气过滤器阻塞 ;②出口管路有泄漏 ;③安全阀失灵 ;④排气阀失灵 ;⑤进气阀没有打开 ;⑥压缩机失效。

按照故障原因的分析逐一查找故障点。首先查找压缩机出口外部元件。经检查管道及各插头无任何泄漏 ,安全阀也正常。

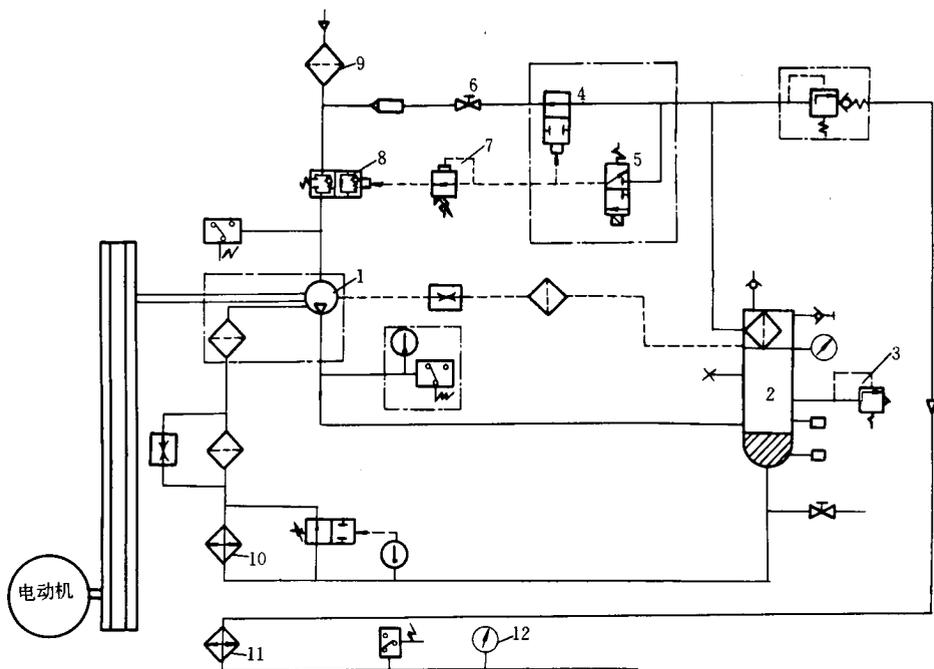


图 4-17 空气静压单元系统原理图

- 1-压缩机 2-油气分离器 3-安全阀 4-控制排气组合阀 5-控制-排气组合阀 6-球阀
7-局部调节阀 8-进气阀 9-过滤网 10-油冷却器 11-空气冷却器 12-压力表

其次查找控制进气——排气回路。从原理图中可以看出 ,如果压缩机在工作状态 ,排气阀动作失灵没有断开排气回路 ,就会造成空气直接排回进气口。所以检查该回路时 ,让

压缩机处于工作状态,将球阀关闭,这时压力表显示压力 6.5Pa ,证明空气在此回路跑失。但仍然达不到工作压力 10Pa 的要求。进而判断压缩机也存在进气阀工作不到位而造成吸气不足。由于排气阀和进气阀动作是由阀5控制,工作时阀5没有动作,那么进气阀和排气阀无法正常工作,故而导致该故障的出现。所以决定拆卸阀5发现其电磁铁线圈坏了。故障点已找到。

故障处理 :由于控制阀是组合阀,而且连同球阀等一起安装在油气分离器壁体上,进出口口并不都是管路连接,没有原样阀体根本无法替换。在修理过程中只好将原回路作微小改动。第一步,将控制阀的阀芯取出使其处于常通状态,并将排气小孔堵死。第二步,借助局部调节阀引出管路在其上接一排气阀(如图4—18)。利用它来解决当压缩机停机时的排气问题。同时把该阀电磁铁线圈接到原控制阀控制线路上。经过改动后空气静压单元已保证正常工作。

【例213】故障现象 流量控制阀缺水报警。

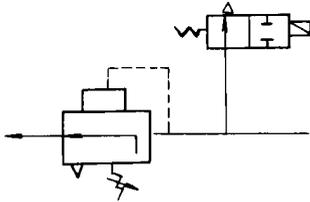


图 4-18 排气组合阀更改图

故障检查与分析 :机床与数控系统同上。流量控制阀开关为机电一体化产品,其工作原理如下:当电磁阀通电后,压力冷却水开始进入流量控制阀开关,在阀开关管道内有一永久性环形磁铁由弹簧压着,冷却水入口管道上有许多小孔。而管道外有一环形铁圈套于管道上,铁圈外径压着一行程开关(如图4-19)。当压力水克服弹簧阻力后,永久性环形磁铁就被水托起,当磁铁上升,铁环被磁力吸着上升,松开行程开关,给CNC一个指示信号,表示冷却水正常,机床可进行加工切削。否则,产生一个CNC缺水报警,机床停止自动加工循环。

根据该阀的工作原理,我们先判断是水压不足而引起该故障的产生。但检查电磁阀无卡紧阻塞现象,检查管道无阻塞现象。仔细观察该阀开关的动作全过程,发现在通水瞬间,铁环曾上升,脱离行程开关,但很快又掉下。因该机床冷却液无压力表不能正确反映水压。故反复调整水压也不能排除故障。是否是因水压过高,将磁铁很快托起,而铁环反应不迅速,使之吸力因距离越大而越弱以致不能维持铁环重量,终使铁环重新掉下呢?在多次试验提高水压不能解决问题的情况下,我们考虑降低水压。

故障处理 :反复调节压力阀将水压减小,进行试验。试验的结果,证实了我们的推测,使这例故障得以排除。

【例214】故障现象 纸带输入机不能读人机床加工程序。

故障检查与分析 :故障发生后,检查机床各部位均工作正常,也能在机床面板上用手

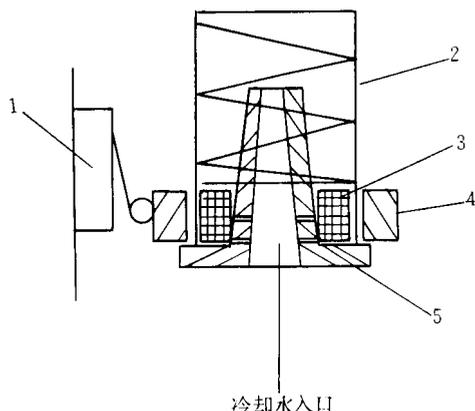


图 4-19 流量控制阀示意图

1 - 行程开关 2 - 流量控制阀

3 - 环形磁铁 4 - 环形铁圈 5 - 密封圈

动输入加工程序。但在用纸带输入机输入机床加工程序时,从操作面板上不能控制纸带输入机(即不能将加工程序读入)。查阅西门子 3T 系统技术资料知:纸带不能输入存在 3 种情况。①如果在输入工件程序程序时,而钥匙开关在关的位置,则纸带程序是不能被输入的;②在输入机床数据时,如果 03840 板上的数据保护开关没有在释放位置,则不能输入数据纸带;③如果输入的子程序悬 L80~L99 或 L900~L999,而此时 PLC 与 NC 的接口信号 Q64.3 为“1”(循环禁止)时,则也不可能输入。

检查上述情况都不存在,故根据该故障现象,我们判定为纸带输入机故障。在检查纸带输入机各连线无松动的情况下,观察到纸带输入机各动作均正常。因此,将检查重点放在光电读入器上。拆下纸带输入机观察光电读头,发现读头上有一斑点,原因为工业环境污染,使光电读头不能正确读程序,从而造成此故障。

故障处理:用酒精将其清洗干净后,故障排除。

【例 215】++60 卧式镗铣床常见故障的分析和排除。++60 卧式镗铣床的数控系统 SINUMERIK 810M 由 CPU 模块、位置控制模块、存储器模块、文字图形处理模块、CRT 显示器、接口模块、I/O 模块及操作面板等组成,它是一种通道式结构的 CNC 系统,通过 RS232C 接口进行数据传输。

1) 西门子 SINUMERIK 810M 系统常见故障的分析和排除 ①CPU 监控报警,如果此报警灯亮,则系统不能被启动,CNC 系统处于故障状态,这可以从以下几个方面查找故障原因:CPU 模块中的跨接端子接错;EPROM 存储器故障;总线板损坏;机床参数错误;启动芯片损坏。如果 CPU 监控报警发生在运行过程中,则多数是模块硬件故障或是 CPU 循环工作出错。②EPROM 存储器的自诊断报警。出现此报警时,EPROM 存储器真正损坏的情况并不多见,而多是由于存储器模块或 EPROM 芯片插接不良及插错位置引起的。③数据存储模块电池电压低报警,出现此报警时,必需在系统上电的情况下更换电池否则会引起机床数据和 PLC 控制程序丢失,为此在机床调整完毕后将机床数据和 PLC 控制程

序作备份,存储在软磁盘上,一旦发生机床数据和 PLC 控制程序丢失,利用传输软件将计算机与 SINUMERIK 810M 的串口联网传送。④轮廓监控报警。说明坐标轴的实际移动速度高于规定的轮廓监控门槛速度的允许值,或是在高速或制动时,相应坐标轴不能在规定时间内达到要求的速度。这多数是由于 KV 系数设定不当造成。或是位置反馈电缆及脉冲编码器不良。或由于机械间隙过大造成。⑤位置反馈回路硬件故障。表示检测到的位置反馈信号相位错误或接地短路或信号完全没有,可以检查测量回路电缆是否断路,检测判断位置控制模块是否有故障,用示波器测量位置反馈信号的相位,判断电缆与位置传感器是否有问题。

2) +60 卧式镗铣床上的故障 引起机床故障,如机床不能移动或加工精度差等的原因很多,既有数控系统引起的,也可能是机械或液压方面产生的,但本文只叙述 CNC 系统方面的原因:①机床失控(即飞车),这类故障在安装调整机床时出现,原因多数是位置或速度检测信号不正常,或是断线或是极性接反,变成正反馈。如果在机床运行时突然出现,则多数是信号反馈线因机床移动而被拉断,或是数控系统的控制板及进给伺服速度控制单元的故障造成。②机床振动,造成振动的原因,除了机械间隙大或液压润滑不良等之外,应检查位置控制和速度控制单元的设定是否正确,分析机床振动周期是否与进给速度有关,如与进给速度无关,多是由于该轴的速度环增益太高造成。若与进给速度有关,多数是因为位置检测增益太高引起的,此时需进行位置检测增益的调整。③零件加工精度差,加工复杂曲线零件时发现加工精度差,这主要是各轴之间的进给动态跟踪误差值对称度没有调到最佳状态,或是机床经一段时间使用后,机床各轴传动链有变化(如丝杠间隙,螺距误差变化),上述原因可通过重新调试及改变间隙补偿值等来解决。

3) 数控机床故障诊断的方法 ①充分利用数控系统的自诊断功能,+60 卧式镗铣床 PLC 控制程序针对机床设置一百多条报警处理信息,SINUMERIK 810M 设有数百条报警信息,根据报警内容的提示来寻找故障的根源。②原理分析方法。根据数控系统的组成原理,可从逻辑上分析各点的应有特征,并进行测量比较从而对故障定位。③等效代换法。利用现有的备板进行等效代换,再维修代换下的坏板。④分部隔离法。此方法的思想是将机床看作是由一块块“积木”搭成,各块“积木”既相独立又相联系,控制系统的组成也类似,去除一部分,观察所发生的现象,因为发生故障部位的信号没有或不正常,从改变的现象中,判断出故障点。⑤测量比较法。数控系统的印刷线路板一般设有用于检测的端子,测量端子的电压和波形,结合工作原理,分析故障原因及故障的所在位置。

总之,常见故障的分析和排除方法很多,应具体问题具体分析,对机床的机械、液压及数控与电器系统工作过程的熟练掌握,对数控机床的快速修复是大有益处的。

第五章 数控电加工机床维修实例

第一节 概述

数控电加工机床应包含两种机床:数控线切割机床和数控电腐蚀加工机床。其机床电气系统主要分为数控系统、高频脉冲电源和机床电器三大部分。在数控系统中又分为微处理机、接口电路、步进驱动电路等等。一般控制原理见图 5-1。图中介绍了一个数控线切割机的典型控制原理。

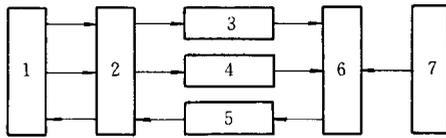


图 5-1

- 1 - 微处理机 2 - 接口电路 3 - 步进驱动电路
4 - 脉冲电源 5 - 变频电路 6 - 机床
7 - 机床电器

该控制系统由微机根据用户输入的加工程序进行运算,并发出相应的信号通过接口电路传送至步进驱动电路,经放大后驱动步进电动机使机床按程序设定的规迹进行运动。微机同时发出信号,通过接口电路打开脉冲电源,为工件和电极丝之间提供放电加工用的电源。另外变频电路将加工中检测到的间隙平均电压转换成频率信号,通过接口电路反馈给微型计算机,调节加工进给的速度。机床电器则是控制机床运丝、液压泵、上丝等电动机的工作。下面就几个较常见的故障进行分析讨论。

第二节 CNC 系统故障实例与诊断

【例 216】机床无自动,手动 Y 轴电动机振动,但不走的故障处理。

故障现象 机床无自动,手动 X 轴运行正常,手动 Y 轴电动机振动,但不走。

故障分析 该机床系上海第八机床厂生产的 DK7716A 电火花数控切割机床。手动时

X轴运转正常,而Y轴运转不正常,排除了公共部分有故障的可能。估计是Y轴驱动部分步进电动机及二者的连线、插头或插座有故障,对于机床有手动而无自动,怀疑高频取样电路有故障或者CNC装置有故障。

故障处理:首先检查Y轴步进电动机,步进电动机到电器柜的连线均未发现异常,第二步互换X轴与Y轴驱动板,接通电源试验手动Y轴运转正常,而X轴电动机有振动声,并不走,由此可知,故障随Y轴驱动板转移,从而确诊Y轴驱动板有故障,进一步检查Y轴驱动板,发现其功放管有一只损坏,更换功放管,机床手动时,X轴和Y轴运转正常。下一步检查高频取样电路,用示波器检查高频电源内插头32CZ的⑮脚对地,有脉冲信号。而自动时,用示波器测手动/自动的公共线,无脉冲信号,进一步检查连线时,发现在机床内部有一根线被压断,查此断线为信号的零线,将其接好,再通电,运行正常。

说明:通过故障分析,从检查到排除可看出,故障原因有两个,这就要分清主次,先解决那一个,后解决那一个。第二步是解剖、隔离法,分成若干小单元,如:电源部分、驱动部分、CNC装置等,然后根据故障现象,判断分析可能,可能发生在那一部分,从而重点检查,找出故障的真正原因。

【例217】步进电动机失步故障。

故障现象:步进电动机失步。

故障检查与分析:该机床是苏州沙迪克三光机电有限公司生产的三光牌产品之一。步进电动机的工作原理见图5—2。图中S1是进给开关,这里使用的是常闭开关,即关掉时接通,打开时断开。与非门的输入2的PA是微型计算机发出的控制步进电机的信号。当关掉进给开关时,与非门的输入1为低电平(0V),或者控制信号PA为低电平(0.8V以下)时,与非门的输出为高电平,光电耦合器V1的输入端中没有足以使发光二极管发光的电流,因此输出端的光敏三极管截止,+12V电源通过电阻R3、R4使三极管V2饱和导通,V2对2M的电位值:基极约为0.7V,集电极约为0.3V,这样驱动电路中的三极管V5、V6因得不到基极电流而截止。V5、V6各点的电位值:发射极约为0V,集电极约为8V以上(注:因+10V电源为整流滤波电源,空载时约为10V,负载时约为8V)。步进电动机绕组L因V6截止而无电流通过。以上是与非门输入端有低电平时的电路状态,如果打开进给开关且控制信号PA为高电平,即与非门的输入均为高电平(2V以上)时,输出为低电平(0.5V以下),这样V1饱和导通,使得V2的基极电位低于0.5V,V2截止,+12V电源通过R4、V3、R5为V5、V6提供了基极电流,使它们导通,步进电动机绕组中流过工作电流。R9和V4是一个过电流保护电路,当V6电流过大时,R9的两端电压升高,即V4的基极电位升高,流过V4的电流增大,这就使V5的基极电流减少,从而减小V6的输出电流。这时R9两端的电压又减小,V4中电流也随之减小,V5的基极电流加大,V6的输出电流也加大,如此周而复始,使得步进电动机绕组在导通时电流趋于稳定。

在步进电动机失步的故障中,最常见的是V6损坏,这可以根据前面讲述的电路原理测量V6各极的电位确定。V6的损坏有两种情况:①集电极与发射极之间击穿短路,这一般是由于V7和R8组成的续流电路失效引起,检修时应注意同时检查V7、R8回路。②集

电极与发射极之间开路:一般是由于 R9 和 V4 组成的保护电路故障造成,此时应同时检修该回路。如果失步故障不是 V6 损坏,则通过测量电路中元器件各点的电位很容易找出故障点,这里不再详述。

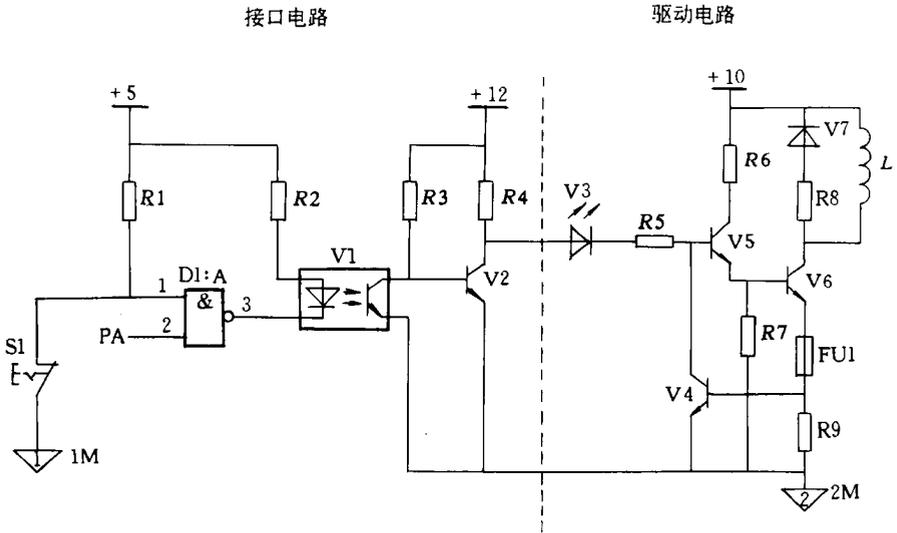


图 5-2 伺服驱动工作原理图

【例 218】X 轴工作时抖动,且伴有机械噪声故障。

故障现象 X 轴工作抖动,同时伴有机械噪声。

故障检查与分析:该机床为苏州三光电加工有限公司的 DK7725E 数控电火花线切割机床,系统采用 TP801 单板机进行控制。伺服驱动部分采用步进电动机。该故障发生后,我们怀疑是机械故障所引起,根据“先机械后电气”的原则,首先将 X 轴电动机与其机械部分脱离,故障仍然存在,这表明故障源在电气部分。

该机床电气部分大致可分为:①计算机主机电路,该电路为典型的单板机标准电路;②接口电路,计算机与控制的电路的信号传输电路;③步进驱动电路,机床的主要输出电路;④其它辅助电路,包括电源电路、变频电路等。

与该故障有关的电路为计算机主机电路、接口电路和步进驱动电路。首先检查步进驱动电路。应用“替换法”用 Y 轴驱动电路去驱动 X 轴电动机,则 X 轴故障消除;用 X 轴驱动电路去驱动 Y 轴电动机,故障发生在 Y 轴。由此,可判断是 X 轴驱动电路发生了故障。

根据该机床驱动电路原理图(如图 21-3)检查 X 轴驱动电路各晶体管元件,发现一只大功率晶体管 3DD101B 断路,从而造成步进电动机输入 A、B、C 三相缺相运行,进而造成故障发生。

故障处理:更换一只新管后,故障排除。

说明:在经济型数控机床中,步进驱动电路的大功率晶体管是故障率较高的部件,这

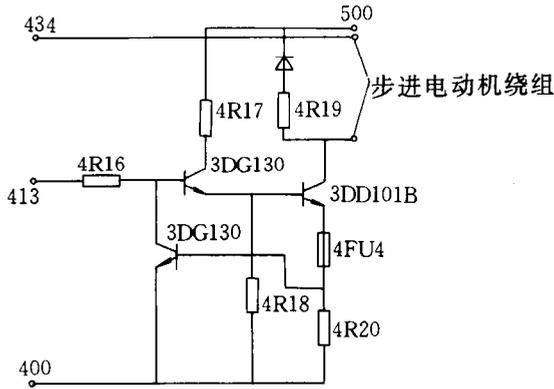


图 21-3 步进驱动电路原理图

是其系统为开环控制所致。当机床在加工的过程中,由于某种原因发生过载或过流,其开环系统无法检测到这种过载或过流信号,从而,控制步进驱动电路停止工作。而是按步就班的继续执行其控制指令,驱使大功率晶体管在过载或过流状态下工作,因此,必须会烧毁晶体管。这也是经济型数控系统的一个致命的弊病。

【例 219】X 轴加工中时常失步,有时甚至停止进给的故障。

故障现象:X 轴在加工过程中,时常发生失步,有时甚至停止进给。

故障检查与分析:该机床苏州三光电加工有限公司的 DK7725E 数控电火花线切割机床,系统采用 TP801 单板机进行控制;伺服驱动部分采用步进电动机。根据故障现象,检查 X 轴电动机的运行状况,发现其电动机在运行过程中抖动较大,故怀疑是机械部分的故障。然而,当将 X 轴电动机与其机械部分分离后,故障仍然存在,这说明机械部分无故障。再检查 X 轴驱动电路也无故障。根据例 211 的维修经验,判断是 X 轴驱动控制信号出现了故障,检查 X 轴驱动控制信号电路,发现其控制信号电路与驱动电路之间的连接插件 XPI 是松动的。因造成这两者之间接触不良,所以,导致了上述故障的产生。

故障处理:将该连接插件重新紧固后,故障排除。

说明:数控系统在加工的过程中,由于机床的振动,其连接插件、连接部位是故障的多发点。在机床的日常维护保养中,重视这些部位,就可减少故障的发生,从而,提高机床的利用率。

【例 220】Y 轴在快速加工中失步故障。

故障现象:Y 轴在快速加工中失步。

故障检查与分析:该机床为苏州三光电加工有限公司的 DK7725E 数控电火花线切割机床,系统采用 TP801 单板机进行控制。伺服驱动部分采用步进电动机。对于 TP801 单板机而言,步进电动机的失步,一般情况下有以下 4 个方面的故障:①PIO 信号故障;②单板机与步进驱动电路之间的接口电路故障;③串接于指示步进电动机每相导通和截止的发光二极管损坏;④步进驱动电路故障。

根据“先后内”、“先简后繁”的维修原则,首先检查发光二极管。因 Y 轴在加工过

程中 A、B、C 三相指示灯均在发光。说明二极管本身无故障,但有一相略显发光不足,这说明该相存在有故障。为了判断故障的准确部位,检查发光二极管的接步进驱动电路端的动态驱动信号,测得该端信号与另两端有明显的差异。这就排除了步进驱动电路,把故障范围压缩到了 PIO 信号和接口电路中。用一只完好的 PIO 芯片更换机床上的芯片,故障仍然存在。至此,根据该系统的工作原理,故障源应该定位在接口电路中了。其系统的 Y 轴接口电路如图 5-4 所示。

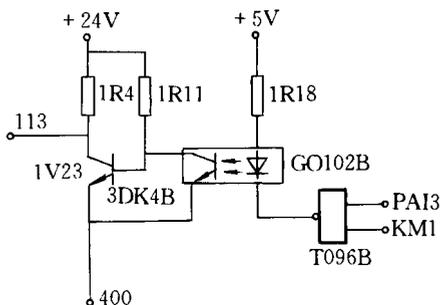


图 5-4 接口电路原理图

根据接口电路图,首先静态检查接口电路各元件无故障。其次,通电进行动态检查。用万用表测得 1V23 开关管 3DK4B 的输出信号与其余两相不同,而输入信号三相均平衡,故说明 1V23 开关管的性能变差。由于这一相输出信号不足,导致 A、B、C 三相电压不平衡,从而引起 Y 轴电动机工作不平衡,快速时失步。

故障处理:更换一只新开关管 3DK4B 后,检查 A、B、C 三相输出达到平衡,故障除。

说明:这种由于元器件性能变质所引起的故障现象,在分立元件的电子电路中是常有发生的。对于这种“软故障”的处理,必须要求维修人员熟悉其系统的工作原理以及电气原理。综合运用电子技术、计算机技术的理论分析、归纳故障现象,一步步地排除可疑的故障部位,从而准确地找到故障点,进而迅速地排除故障,保证机床的正常运行。

【例 221】C 轴伺服电机固定偏差超出,CRT 显示 74 号报警。

故障现象:给 C 轴指令时,报警:74 号。CRT 显示如下:“C—AXIS MOTOR-DROOPOVER”即 C 轴伺服电动机的固定偏差超出。

故障检查与分析:该机床是日本牧野公司生产的电火花加工机床,型号 EDNC—32,控制系统 MGB II 是由该公司自行开发的。

根据跟随误差的原理,我们知道这个固定偏差报警实质上就是指跟随误差超出了允许值。我们用手摇脉冲发生器给 C 轴送出单个进给脉冲,这时在 CRT 可观察到指令位置在变化,且每发出一个脉冲,指令位置就累加一次,可 C 轴的实际位置不动。当指令位置累积到一定数值后,即出现上述报警,由此说明问题一定出在包括伺服放大器和执行电动机的驱动回路中。

为了避免报警出现,仍使用手摇脉冲发生器发出 1—2 个进给脉冲,用万用表在伺服放大器的指令输入端测量,明显可见指令电压送出。进一步观察伺服放大器连接直流电

动机的输出端亦有电压输出,说明故障在伺服电动机上。打开 C 轴罩壳,露出直流伺服电动机后发现,固定 C 轴电动机缆线的卡子松动,当 Z 轴上下运动时,松脱的缆线挂在床体凸起的部位,导致电缆被拉断,并造成了这个故障。

故障处理 重新连好电缆线,紧固好电缆线卡子,设备恢复正常运行。

说明 我们知道,当“固定偏差计数器”中的值超过了参数规定的界限之后,才会出现报警,一旦报警出现机床就不能再进行任何操作了,包括我们要测量的一些信号也会随之消失。为了避免这种情况出现,使用手摇脉冲发生器是最好的方法,用它我们可以控制指令脉冲发出的数量,只要使它不超出参数的限定就不会出现报警。这时维修人员尽可放心的采集诊断所需的各种数据。手摇脉冲发生器在其它一些维修活动中也是很有用的。

【例 222】C 轴高速无报警显示故障。

故障现象 :C 轴时常发生高速运转,无报警信号;自启动达 C 轴高速也无报警信号

故障检查与分析 该机床是日本牧野公司生产的电火花加工机床,型号为 ED—NC—32 控制系统为 MGB II 是由该公司自行开发的。

根据失速时的 C 轴转速接近最高转速这个故障现象来分析,问题估计在如下三个方面 (1)速度指令 (VCMD)异常 (2)测速反馈回路异常 (3)伺服放大器异常。为此做如下检查 ①我们使用了 HP54602 数字记忆示波器在伺服放大器一侧观察 VCMD 信号,当故障出现时,示波器捕捉到的信号正常,说明 CNC 部分没有问题。②在准备观测测速机反馈信号时,我们发现 C 轴直流电动机没有带测速发电机,仅配有脉冲编码器,仔细研究后得知,它是把脉冲编码器的反馈信号经过一个“频率—电压(V/F)转换器”转换后形成速度反馈的比较电压,看图 5-5。为了提高抗干扰能力,在编码器输出和 CNC 间还加有一个隔离放大器,其上的所有信号采用光耦隔离,包括给脉冲编码器的供电,也使用了一个 DC—DC 变换器,将 CNC 一侧的 +5V 电源经隔离变换后送至编码器。③在搞清上述关系后,我们在隔离放大器一侧用示波器观测编码器的两路输出信号,在故障出现时,示波器上亦出现了异常的反馈信号,有时甚至没有输出,由此可以肯定,问题出在与编码器有关的回路中。④按常规先检查编码器供电电源,发现 +5V 电压不稳,在故障出现时甚至可下落到 3V 左右。⑤在隔离放大器靠近 CNC 一侧测量 CNC 提供给放大器的 +5V 电源,结果非常稳定,可见问题出在隔离放大器上的 DC—DC 变换器上。

故障处理 我们购买了一块国产的 +5VDC—DC 变换器,采用板外连线的方法替换了原来损坏的变换器之后,机床恢复正常。

说明 正确使用数字存储示波器,捕捉与故障相关的一些信号,对诊断这类随机性故障,有着极大的帮助。

第三节 脉冲电源系统故障实例与诊断

【例 223】脉冲电源输出故障。

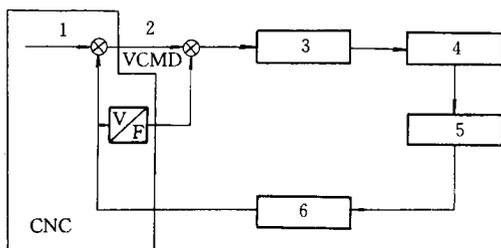


图 5-5 测速反馈框图

- 1-位置指令 2-整速指令 3-伺服放大器
4-伺服电动机 5-脉冲编码器
6-隔离放大器

故障现象 脉冲电源输出故障。

故障检查与分析 该机床系苏州三光机电有限公司生产的三光牌系列产品之一的线切割机床。

脉冲电源电路见图 5-6,由多谐振荡器产生相应的脉冲宽度和间隔,经过三极管 V1 倒相放大,当控制机发出开脉冲电源信号时,继电器 K2 吸合,使脉冲波形信号通过射极输出器 V2 传送至功放电路,经放大后供机床放电加工。S1 是调试开关,在控制机无开脉冲信号时,可按下 S1 强制输出脉冲电源。当运丝电机换向时,继电器 K1 吸合,使三极管 V3 导通而关掉脉冲电源信号。

脉冲电源输出的常见故障有以下 91 类:①输出电流过大,一般是因为功放管 V5 被击穿。正常脉冲电源的短路电流为每一功放管 0.6~0.8A,如果被击穿则大于 3A。造成 V5 击穿的原因多数是 V6 失牧;②打开控制机上的脉冲电源开关,并且按了切割键以后,脉冲电源无输出,这多为 V1 的集电极与 V2 的基极未接通引起的。此时可测量继电器 K2 线圈两端是否有 6V 电压,有 6V 电压,说明是继电器损坏,若无 6V 电压则说明控制机未发出开脉冲的信号,应检查控制机的接口电路。因为该电路与前面所述的步进伺服驱动电路图 5-2 中的接口部分类似,所以这里不再重复;③运丝电动机换向时不切断脉冲电源输出,这种现象一般是由于继电器 K1 发生故障引起的,这时应更换继电器。

【例 224】放电异常、短路烧丝故障。

故障现象 切割时发出“叭叭”的放电异常声有短路烧丝现象,无报警。

故障检查与分析 该机床是苏州电加工研究所生产的数控电加工机床,配置 FANUC6M 控制系统。根据现象首先排除主控板及 X、Y、U、V 各轴控制电路部分。把故障隔离定位在高频脉冲加工电源及其控制部分。如图为脉冲电源部分的测绘框图 5-7。

加工不稳定、烧丝,主要是由于直流电源窜入加工电源中引起短路所致。从上述现象和简图分析该故障可能是功放管 C、E 极间开通没有振荡使 200V 直流窜至加工侧所致。C、E 极间成通路有两种可能,一是 C、E 间击穿,二是基极信号错误使 C、E 饱和导通所致。通过测量各功放管没有 C、E 击穿现象,因此就基极信号进行测量,其信号不是脉冲振荡信号而是一幅度为 7V 的直流信号,因为功放及前级放大有四组,每组的基极信号均不正

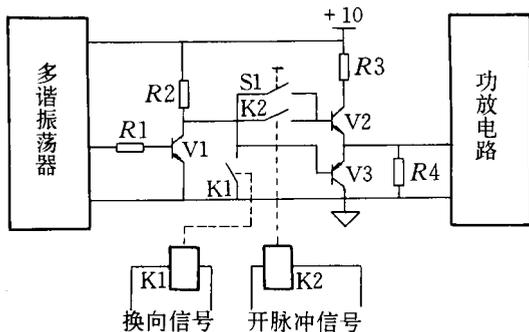


图 5-6 脉冲电源电路

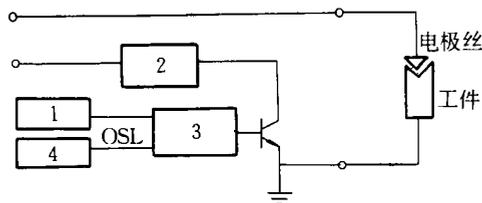


图 5-7 脉冲电源框图

1- 加工控制 2- 电阻箱 3- 前极
驱动放大 4- 振荡源

常,因此可以初步判断是在四组功放电路共用的电路振荡电路有问题,经用示波器看 OSL 振荡波形发现,波形不是脉冲振荡波形,这样故障就局限在振荡板上。仔细检查该块电路查出一电容击穿,更换后开机 196V 电压不出现但加工仍不平稳,观察加工波形可以发现有的锯齿脉冲有断续毛刺如图 5-8a),正常时应为图 5-8b)波形。这说明:①锯齿波有断续毛刺;②正常锯齿波;③整流波形有断点;④正常整流波形。在断续点机床还在进给但是无加工电流,等到下一个脉冲时,钼丝与工件短路,因而使加工不稳。检查整流输出波形如图 5-8c)所示有断点,调节移相电位器使波形为图 5-8d),再开机进行加工,各部分恢复正常,加工电流平稳出现“滋滋”的平稳连续加工声,机床故障排除。

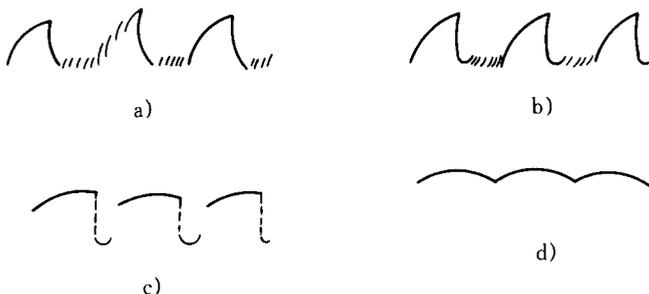


图 5-8 振荡电路波形图

【例 225】高频脉冲电源工作不正常故障。

故障现象:高频脉冲电源工作不正常,在加工走丝过程中,切削火花时大时小,短路时即不回退也不停机,造成断丝。简略框图如图 5-9 所示。

故障检查与分析:该机床系 DK7732 数控钼丝切割机床。切削火花时大时小疑是脉冲电源工作不正常,检查发现电压指示正常,切削电流指示不正常,短路时,短路处仍有火花产生,且间隙电压也不为零,检查脉冲电源各部分的波形及电位也都正常,可确定脉冲电源输出正常。

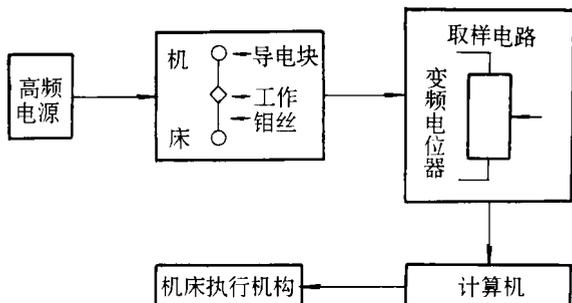


图 5-9 系统框图

短路时不回退不停机是计算机控制回路不正常,检查时发现,调节变频电位器时有时正常,疑是电位器内部不良,更换一个后故障现象依旧,继续再查高频电源输出部分以及计算机信号馈给部分,发现线架上导电块已严重磨损,钼丝与之接触不良,将导电块修磨后,重新调整机床,机床正常。

第四节 其它机电故障实例与诊断

【例 226】运丝不正常故障。

故障现象:运丝电动机运行不正常。

故障检查与分析:该机床是苏州沙迪克三光机电有限公司生产的三光牌产品之一。

运丝电动机电路见图 5-10。启动运丝电动机时,接触器 K1 的常开触点接通,X1、Y1、Z1 得电,由于继电器 K2 的常闭触点接通,换向电路中的晶闸管 V2 和 V4 导通,X1 和 Z1 分别通过 V2、V4 对电动机的 X2 和 Z2 供电,Y1 与 Y2 为直通,电动机正转,当运丝拖板运行到限位块压上换向开关 S1 时,继电器 K2 得电动作,其常开触点闭合而常闭触点断开,这样换向电路中的 V2、V4 关断,V1 和 V3 导通,运丝电动机的供电也就变为 X1 对 Z2,而 Z1 对 X2,也就是交换了三相供电中两相的相位,所以电动机反转。当拖板反向运行到限位块压上换向开关 S2 时,继电器 K2 失电释放,晶闸管又恢复到 V2、V4 导通,再使电动机正转,运丝电动机就这样周而复始的工作。

由于晶闸管 V2 导通后,当交流电源未过零是不会自动关断的,而继电器 K2 动作后又使 V1 导通,这样有可能使 V1 和 V2 同时导通,同理 V3 和 V4 也有可能同时导通,造成

X1 与 Z1 之间短路,电路中的 R9、R10、R11 这时就起限流作用。在运丝电动机工作的同时,由于接触器 K1 的常闭触点断开,通过二极管 V5 对电容 C5 进行充电,一旦接触器的常开触点断开停止运丝电动机工作,此时 K1 的常闭触点接通,电容 C5 则迅速放电,起到制动的作用。

运丝电动机电路常见故障的处理方法:①电动机不运转,一般是晶闸管开路引起的,应更换不通的晶闸管;②X1、Z1 相线中的限流电阻 R9 和 R11 烧焦,这是由于晶

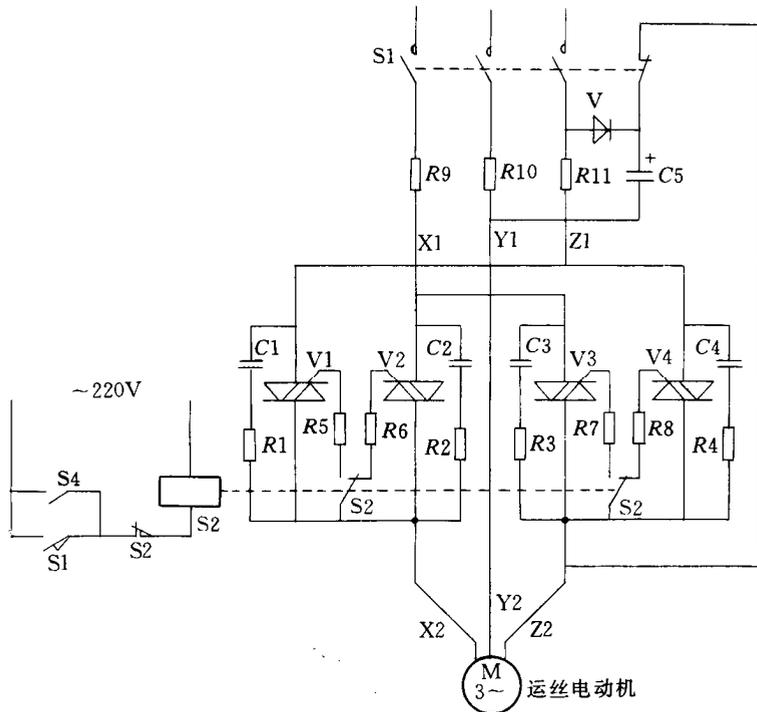


图 5-10 运丝电动机控制电路

闸管的阴极和阳极之间有漏电现象,应更换漏电的晶闸管;③Y1、Z1 相线中的限流电阻 R10 和 R11 烧焦,主要是充电二极管 V5 击穿短路,应更换该二极管;④停机时制动失效,这是因为充电二极管 V5 开路损坏或者电容 C5 失效引起的,应检查更换二极管或电容。

【例 227】U 轴坐标不动,机床报警号为 430、431 故障。

故障现象:按 U 轴坐标移动按钮,坐标不动,机床报警 430、431 号。

故障诊断:该机床是 HC—6 型数控线切割机床,配 FANUC—6M 数控系统。

430 号报警为 U 轴在停止时,位置偏差量大于设定值,431 报警为 U 轴在移动中,位置偏差量的值大于设定值,查《维修手册》431 报警的原因有:①允许误差设定有误;②增益过调;③伺服变压器电压设定有误;④线路连接故障;⑤主印制板上位置控制部分以及速度控制印制板故障。

针对故障,对上述五项分别进行检查和分析,结果如下:①允许误差的设定是由参数 76、80、88 设置,76 参数为停止时的位置偏差极限值,80 参数为移动中的位置偏差极限值;88 参数为伺服环路增益倍数。检查上述 3 个参数其值与 NC 所附参数表的值相同,因此,不怀疑允许误差设定有问题;②增益调整是通过 RVI 电位器调整的,调整 RVI 电位器故障无变化;③对 U 轴速度控制装置上的电源测试点 CH9、CH10、CH11、CH12 分别进行测量,各点电压均正常,说明伺服用变压器电压设定正确;④检查伺服电动机、测速发电机、旋转变压器之间的连线,未发现异常;⑤根据 U、V 两个伺服系统的结构参数完全一致的特点,将 U、V 两个坐标的控制信号插座,反馈信号插座进行对调,即用 V 轴的控制信号和伺服驱动系统去驱动 U 轴,故障仍然存在,这样也排除了位置控制部分和速度控制部分的故障。

通过以上分析《维修手册》上所提供的疑点均被排除,问题可能出在机械部分和电动机部分。为确定故障,我们打开 U 轴防护罩,许多地方发现锈斑,用手拧丝杠,感觉移动时阻力很大,有时感觉到有一种向回拉的力,因为 U 轴电动机功率很小,连续额定转矩只有 $0.0715\text{N}\cdot\text{m}$,这么大的负载,电动机很难带动,因此初步确定故障在机械部分、机械有卡死现象。

分析该机床 U 轴的机械结构,造成卡死的部件有三部分:①丝杠。丝杠被锈蚀或铁屑卡人。②齿轮。直流电动机、测速发电机、旋转变压器和丝杠是靠齿轮连接的,如果齿轮之间的啮合不好或过紧。③导轨。导轨中有脏物或被锈蚀。通过仔细检查丝杠和齿轮,没有发现异常,疑点集中在导轨中,首先给导轨中注入润滑油、移动导轨,发现从导轨中滴出的油带有许多铁锈,将导轨拆开,看见整个导轨锈蚀的非常严重,清除导轨锈斑,重新安装调整 U 轴工作正常,由此看来,此故障是因为防护罩密封不严,电解液渗入防护罩内,机床又很久未用,使导轨锈蚀,造成电动机负载太重、无法运转。即控制系统有指令发出、导轨不动,无位置反馈值给系统。使自诊断系统诊断为位置偏差值大于设定值的故障报警。

【例 228】U 轴坐标不动,机床报警号为 430、431 故障。

故障现象 按 U 轴移动按钮,又出现坐标轴不动,机床报警号为 430、431。

故障检查与分析 该机床是 HC—6 型线数控线切割机床,配 FANUC—6M 数控系统。

由于与前例的故障现象完全相同,采用同样的方法检查,没有发现异常,说明 U 轴电动机部分有问题,仔细检查电动机,发现直流伺服电机电刷架上的弹簧全部锈断,此弹簧无处购买,万般无奈的情况下,用锁里面的弹子弹簧代替装入电动机,装入后坐标能运行但出现抖动,怀疑弹子弹簧弹性差,炭刷接触不良,采用替换法,将 U、V 两轴的直流电动机调换,故障没有转移,U 轴仍然抖动,由此可以说明造成机床抖动的原因不是直流电动机,修理后的 U 轴直流电动机能正常运转。

为查找抖动的原因,将齿轮与丝杠脱开,即只加速度环,不加位置环,开机后,发现电动机运行时,在某一点有一减速现象,初步判断速度反馈有问题。为进一步确定将 U、V 两轴的测速发电机对调,故障发生了转移,V 轴出现抖动,由此证明测速发电机有问题,造成机床抖动的原因是速度反馈不正常。

要修理该测速发电机,首先要搞清其结构,该电动机共有 13 个绕组,采用波绕法,各绕组之间相连,若某一绕组有断线,就会造成速度反馈不正常。

图 5-11 是测速发电机绕组支路图

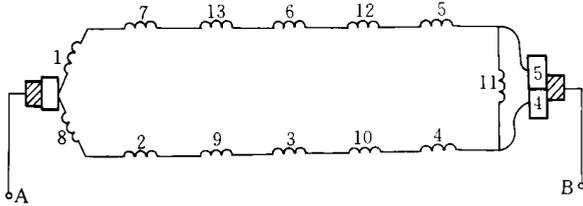


图 5-11 测速发电机绕组支路图

测速发电机感应电动势与转速的关系如下：

$$E = \frac{pN}{60a}n$$

式中 P ——磁极数；

N ——电枢总导体数；

a ——并联支路数；

n ——转速。

若绕组 11 断线,当电刷没有接触 4、5 换向片时,由 A—B 的支路数只有一条,另一条断路,那么电枢总导体数 N 减小,根据公式可以看出,反馈电势减小。当电刷接触 4、5 换向片时,将断线短接,由 A—B 的支路数有两条,那么电枢总导体数增加,反馈电势增加,这样周期运转,引起抖动。

我们将测速发电机拆开,用 50 倍放大镜仔细观察,发现有一断线处。由于漆包线的线径很小只有 $5c0.12mm$,焊接十分困难,稍有不慎就会折断,我们用 $560.15mm$ 的漆包线在 50 倍放大镜下仔细将断线连接、刷漆、烘干,安装使用后坐标运行正常,并保证了原有的精度。

说明 通过以上两例故障的排除,可以看出,同一故障现象,故障源却不相同,做为一名数控机床维修人员,不但要具有自动控制、电子技术、计算机技术等基础知识,同时要有丰富的实践经验,不但能处理电气、数控部分的故障,同时能分析机械方面存在的故障,配合机械技术人员解决问题,提高数控机床的利用率。

【例 229】丝筒电动机不反向,撞终点开关才停止故障。

故障现象 丝筒电动机不反向,撞终点开关而停止。

故障检查与分析 北京线切割机厂生产的 DK77328D 线切割机床丝筒是用三相交流电动机传动的,其行程是靠接近开关控制接触器来实现正反转的,达到循环工作。从电器方面分析,可能是换向的接近开关有问题或接触器铁心有粘连的现象。

故障处理 通用电铁块检查接近开关,接触器动作正常,开动丝筒电动机观察发现在换向时电动机已减速,但丝筒仍向前滑行,而终点限位与换向限位又较近,马上压终点限

位而停止丝筒电动机,从电器方面来分析没有,发现问题,检查电动机轴与丝筒的连接,发现电动机轴与丝筒不同步转,有打滑的现象,将丝筒与电动机轴的锥度连接部分拆开,发现内部的10个自动调节弹簧全部未装,用合适的弹簧配上后,开丝筒电动机,运转正常。

【例230】数控装置不正常,程序不能输入,CRT乱显示故障。

故障现象:开机就发现数控装置不能正常运行,程序不能输入,CRT显示乱字符。

故障检查与分析:该机床为DK7740数控线切割机床,采用上海长江电子计算机厂生产的DJS—051B型数控装置。①这是一台抽屉式总线结构的计算机数控装置;②经查各部分连线,屏蔽信号线,切割机床身等外围没发现什么问题;③查主机板、电源板、坐标轴板、接口板均发现有不同程度的插接松动;④又查各集成元件块,发现好些集成元件的插接有松动现象,根据手感,判断这些插接件里有虚接点。

故障处理:逐一按压所有插接式的集成电路块,并按压各功能板与总线的插接、坐标功放电源板与其插座的连接。经此按压后试车,数控装置又能正常运行了。故障排除。

说明:①这台设备每逢气温突变、骤冷、骤热都会出现这种故障。处理的办法就是把各插接部件都按压一下,大部分时候故障都能排除,系统恢复正常。②因这台数控柜下面是功放电源,总线式插座在最下面,印制板竖放,插接式连结,左、右两台轴流风机作冷却用,上面抽屉式数控装置各功能板也是竖插连接,方位同下面的一样,也有一个轴流风机作冷却,上面虽有压合的条,但由于压合不紧,等于虚设。上下两排印制电路板,在风扇的扇动下,作同一方向摆动,再加之模具车间离锻工车间很近,每当锻锤开起来,这一片地面的振动都很大。热胀冷缩、风吹、振动,这就造成了这些插接件经常松动的根源。③为了解决这个问题,1994年已对DJS—051B进行了改造,更换了新系统,彻底解决了这一故障。

第六章 其它数控加工设备维修实例

第一节 数控磨床故障实例与诊断

【例 231】B401S750 数控轴颈端面磨床主轴电动机不能启动。

故障现象 合上电源后 ,按机床启动按钮主轴电动机不能启动。

故障检查与分析 :B401S750 是德国绍特公司生产的高精度 CNC 轴颈端面磨床 ,采用西门子 3M 控制系统 ;磨头主轴电动机采用西门子直流驱动装置 ,逻辑控制系统采用西门子 S5 可编程控制器。

打开电控柜检查 ,发现电控柜内空气开关跳闸 ,将空气开关合上后 ,机床仍不能启动。查机床启动按钮 8—S10 ,从电气原理图上可以看出 ,该按钮和中间继电器 K105、K106、K107、K108、K114、KA13 的逻辑关系为“与”状态。检查上述电器 ,发现 K106 未吸合 ,这说明 K106 线圈回路存在故障。检查 K106 线圈回路 ,该回路又与开关 Q11、Q20、Q22、Q30、Q40、Q41、Q80、Q90、Q12 以及热保护继电器 F01 组成“与”逻辑关系。再检查上述电器 ,发现 F01 没有吸合。西门子 3UN8 热保护继电器(F01)电原理图如图 6-1 所示。

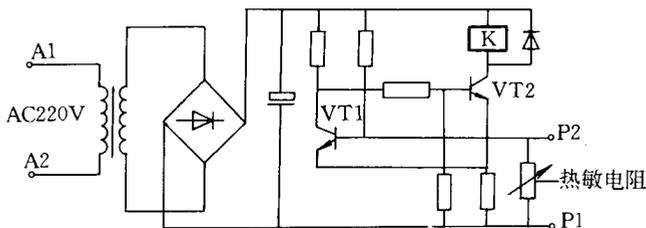


图 6-1 3UN8 热继电器电原理图

检查 F01 ,当电源开关合上后 ,A1、A2 两端即有 220V50HZ 交流电压存在 ,在整流桥输出端得到 DC24V 直流电压。在正常工作情况下 ,由于输出端 P1、P2 接磨头主轴电动机绕组中的热敏电阻阻值较大 ,故使晶体管 T1 截止 ,晶体管 T2 导通 ,于是继电器 J 吸合。现检查情况是晶体管 T1 导通 ,晶体管 T2 截止 ,故继电器 J 未吸合 ,热保护继电器 F01 的常开触点 13 号、14 号未导通 ,因此交流接触器 K106 不能吸合。用万用表 R×1 档检查磨头主轴电动机中的热敏电阻没有阻值 ,说明热敏电阻已经损坏。

故障处理 :为了达到既保证机床能正常工作 ,又保护磨头主轴电动机的目的 ,将一新热敏电阻嵌入电机内 ,将其引线接至 F01 的 P1、P2 端 ,开机故障排除。

【例 232】 B401S750 数控轴颈端面磨床磨头主轴自动时不能复位。

故障现象 :磨头主轴自动时不能复位。

故障检查与分析 :B401S750 是德国绍特公司生产的高精度 CNC 轴颈端面磨床 ,采用西门子 3M 控制系统。从操作者处了解到 ,故障发生后 ,每次磨削完成后其主轴均不能自动复位 ,但用手动方式可以复位。

根据上述情况 ,可以判断主轴电动机无故障 ;伺服驱动无故障。

从该机床电气原理图分析 :当手动方式时 ,由控制面板上的按钮直接控制交流接触器 ,从而控制主轴电动机正、反转。而自动方式时 ,则通过 NC 进行控制。NC 的输出信号控制磨头主轴控制器 N01 工作 ,再由磨头主轴控制器 N01 控制磨头主轴电动机运行。(磨头主轴电动机控制原理图如图 6—2 所示)。进一步了解到 ,主轴加工完成后能自动后退 ,这说明 NC 信号已经发出。于是 ,将检查重点放在自动控制回路上。打开电气控制柜 ,检查自动控制回路 ,发现磨头主轴控制器 N01 的电源输入端 L01 上一只快速熔断器熔断 ,从而导致磨头主轴控制器 N01 无输入电压 ,因此 ,造成该故障。

故障处理 :更换一只新熔断器后 ,故障排除。

【例 233】 B401S750 数控轴颈端面磨床磨头主轴测速电动机启动即烧熔断器。

故障现象 :磨头主轴测速电动机启动即烧保险。

故障检查与分析 :B401S750 是从德国绍特公司生产的高精度 CNC 轴颈端面磨床采用西门子 3M 控制系统。磨头主轴电动机能够启动 ,但启动其测速电动机即烧保险 ,所烧熔断器号为 F2。检查其测速电动机控制电路。

从电气原理图知 :磨头主轴测速电动机 M1 由电动机控制器 N71 控制 (N71 控制器电路原理图如图 6—2 所示)其控制回路的电源经 F2 的两只快速熔断器输入 ,输出信号由熔断器 F3 以及电流表送入 M1 电动机。

检查熔断器 F3 完好 ,说明 M1 电动机无故障。熔断器 F2 熔断 ,说明故障在 N71 电动机控制器中。拆开 N71 进行检查 ,发现跨接于 L1 与可控硅之间的二极管被击穿。故当其电动机启动时 ,晶闸管导通后 ,输入电源 L1、L2 产生短路 ,将熔断器熔断。

故障处理 :更换该二极管 ,故障排除。

【例 234】B401S750 数控轴颈端面磨床磨头主轴电动机不动 ,计数器不计数报警。

故障现象 :磨头主轴电机不动 ,计数器不计数报警。

故障现象与分析 :B401S750 是从德国绍特公司生产的高精度 CNC 轴颈端面磨床采用西门子 3M 控制系统。该磨头主轴电机为直流电动机 ,其控制系统为晶闸管直流调速系统。根据直流电动机的工作原理 ,检查其电枢电压正常(57V) ;检查励磁电压无。检查其励磁电路 ,发现其输入电路中 F12、F13 熔断器烧毁。更换熔断器后 ,用数字万用表检查励磁电压 ,发现其电压值在 220V 与 0V 之间跳动 ,因此 ,怀疑是其整流电路出现故障。

从半可控整流电路原理知 :励磁电压从主轴控制器 N01 中 33 号、34 号接线端输出 ,

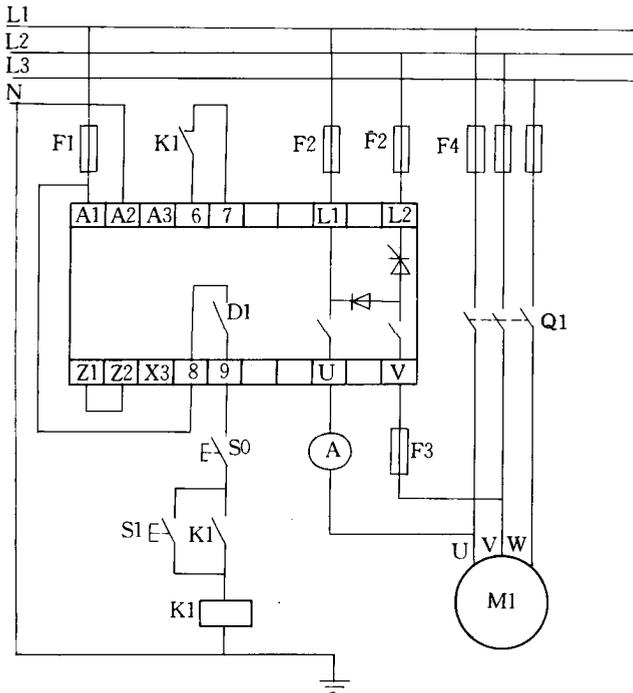


图 6-2 磨头主轴电动机控制原理图

经半可控整流电路整流后送入电动机励磁线圈。如图 6—3 所示。断开电动机励磁线圈，检查晶闸管正常，二极管正常，其整流输出电压为 DC310V 也正常。从而，说明其整流电路无故障。进一步检查发现，热继电器热保护触点 FR 跳开。

故障处理 将其复位后，检查输出到励磁线圈的接线端上电压也正常。将励磁线圈接上后，故障排除。

【例 235】数控磨床 NC 系统 113 号报警。

故障现象 这台数控磨床，当 Y 轴正向运动时，工作正常，而反向运动时却出现 113 号报警“Contour Monitoring”和 222 号报警“Position Control Loop NotReady”。并停止进给。

故障检查与分析 该机床从德国 EX—CELL—O 公司引进的，采用西门子 3M 系统。根据操作手册对 113 号和 222 号报警进行分析，确认 222 号报警是由于出现 113 号报警引起的。伺服系统其它故障也可引发这个报警。根据操作手册说明，113 号报警是由于速度环没有达到最优化，速度环增益 K_V 系数对特定机床来说太高。对这个解释进行分析，认为导致这种故障有 3 种可能：①速度环参数设定不合理，但这台机床已运行多年，从未发生这种现象，为慎重起见，对有关的机床参数进行核对，没有发现任何异常，这种可能被排除了。②当加速或减速时，在规定时间内没有达到设定的速度，也会出现这个故障，这个时间是由 K_V 系数决定的。为此对 NC 系统相关的线路进行了检查，且更换了数控系统的伺服控制板和伺服单元，均未能排除此故障。③伺服反馈系统出现问题也会引起这一故障。为此更换 NC 系统伺服反馈板，但没能解决问题。对作为位置反馈的旋转编码器

进行分析,如果它丢转或脉冲丢失都会引起这一故障。为此检查编码器是否损坏,当把编码器从伺服电动机上拆下时,发现联轴节在径向上有一斜裂纹。原来是联轴器出现问题使得编码器丢转。

故障处理:更换了新的联轴器故障随之排除。

说明:由于编码器联轴器有一斜裂纹,当电动机正向旋转时,联轴节上的裂纹不受力,编码器不丢转,机床正常运行不出故障。而电动机反向旋转时,裂纹受力张开,致使编码器丢转,导致了系统出现 113 号报警。

【例 236】数控磨床 Z 轴找不到参考点,系统出现超极限报警。

故障现象:机床在回参考点时,Z 轴找不到参考点,一直运动直至压到极限开关,系统出现超极限报警。

故障检查与分析:该机系从德国 EX—CELL—O 公司引进的,采用西门子 3M 系统。正常情况下,Z 轴回参考点,首先向负方向运动,当压到零点开关时,马上反向减速向正方向运动,当 NC 系统接收到零点开关后编码器的第一个零点脉冲时,零点被确认,Z 轴停止运动。旋转编码器除了能间接反馈轴向运动数值外,还是确认机床零点的重要元件,其输出信号如图 6—4 所示, U_a 与 U 、脉冲系列和 \bar{U}_{a1} 、 \bar{U}_{a2} 反相脉冲系列为记数脉冲。编码器每转一圈,可发出若干个这样的脉冲,目前用的一些编码器,每圈发 2400 个脉冲。NC 系统对这些脉冲进行记数,并换算成轴向运动的直线位移。 U_{a0} 与 \bar{U}_{a0} 为零点脉冲,编码器每转一圈,可发出一个零点脉冲。用来确定机床参考点。

这台机床回参考点的过程是比较典型的,许多机床都采用这种方式。机床找不到参考点有如下几种可能:①零点开关有问题:仔细观察 Z 轴回参考点的过程,发现 Z 轴运动压到零点开关后,能减速并反向运动但不停止,直到压到极限开关。说明回参考点过程正常,零点开关没有问题,经对零点开关进行检查,也验证了这一判断。②零点脉冲丢失。零点开关没有问题,那么最大的可能就是零点脉冲出现问题,NC 系统没有接收到这个信号。该机床其它两个轴可以正常回参考点,说明 NC 系统没有问题。更换 NC 系统伺服反馈板,问题也没有解决。那么肯定是编码器出了问题,用示波器测试,没有发现零点脉冲。

故障处理:因编码器无备件可更换,定货周期又长,不能解燃眉之急。为此我们对编码器进行了检查,当将编码器拆开,发现内部有许多油,原因是编码器密封不好,机床冷却油的油雾进入编码器,时间长了沉淀下来,将编码器刻盘遮挡,致使零点脉冲发不出来,将编码器中的油清除,并清洗后,重新密封安装后,故障消除了。

说明:由于编码器与机床的零点密切相关,编码器动了之后,机床零点也相应变化。因此,机床恢复正常之后,还必须重新调整零点。如果机床零点调整不好,有时会出现其它问题或影响加工精度。因此故障不是特别明显时,不要轻易拆卸编码器。

【例 237】G18—CNC—1000 数控磨床 U 轴失控故障的修复。

故障现象:机床一开机各部分功能均正常运转,但是运行大约 1h 左右电箱温度升到 32℃时(说明书规定在 0~45℃间均能正常运行),进给轴 U 轴出现失控现象。具体表现

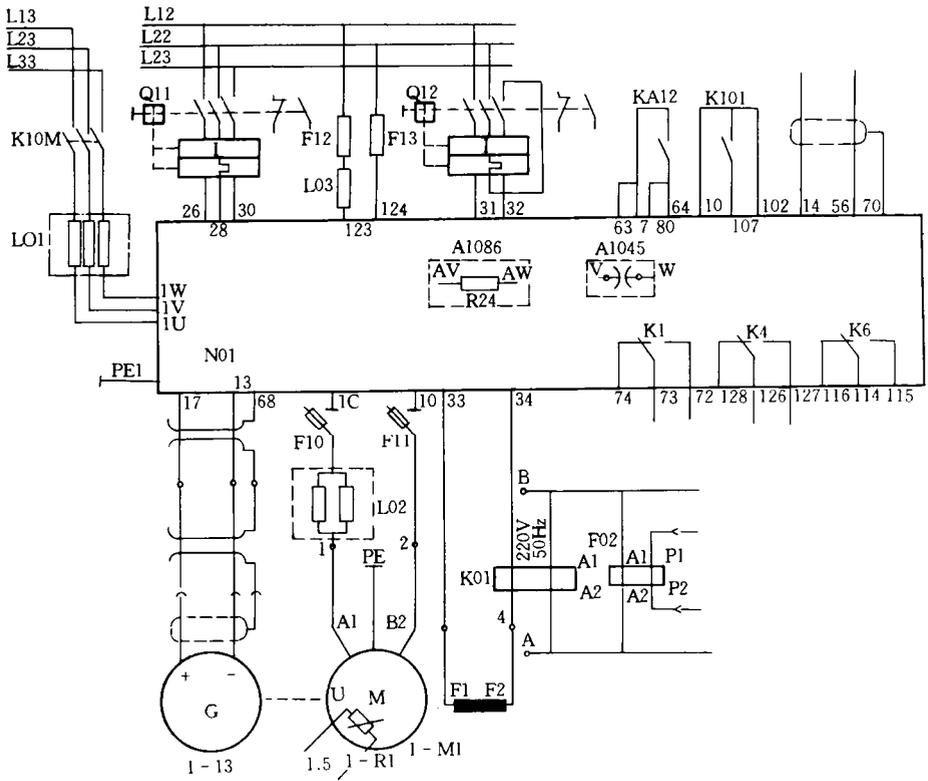


图 6-3

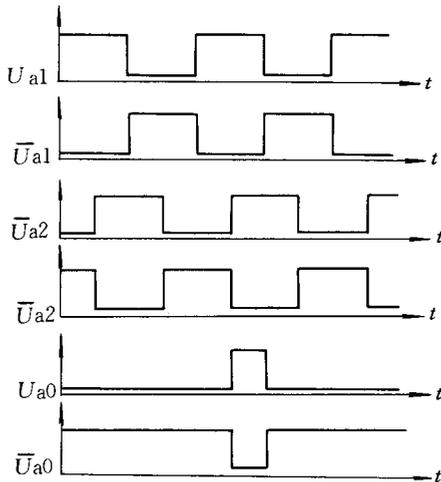


图 6-4 编码器输出波形图

在按下进给或归零按键能听到‘咔嗒、咔嗒’断续的进给伺服电动机转动声音，但不能正常进给或归零，操作其他功能正常，只是不能进行吃刀加工。

故障检查与分析 :G18—CNC—1000 磨床为美国 MOORE 公司生产 ,配 G3472 数控系统。因为该机床 U 轴独立控制 ,并且能从现象上明确判断非机械故障 ,因此把故障隔离仅局限在 U 轴控制各部位。U 轴控制原理框图如图 6-5 所示。

U 轴工作过程 ,一开机自动复位归零。按下进给键。逻辑板接收到该命令后发出

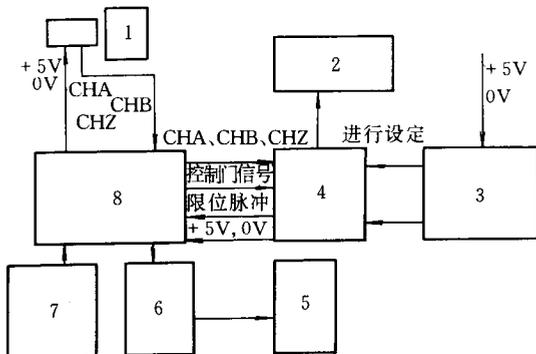


图 6-5 U 轴控制原理图

- 1- 编码器 2- 显示 3- 轮形设定开关板 4- 显示
驱动比较电路控制板 5- 伺服电机 6- 前级驱动
7- 按钮控制站 8- 逻辑控制板

信号启动伺服电动机 ,同时打开光栅测量计的通道送到显示及比较电路板 ,进行计数显示。并且给出一门控信号使显示比较电路提取设定数据进行比较 ,当达到预定值时 ,给出限位脉冲 ,通过逻辑控制伺服电动机停止进给。归零工作过程基本相似。在分析清楚工作过程与故障现象对应起来进行分析 ,因该故障不能正确显示又不能正常运转 ,因此故障应在与显示和运转都有关联的部位——编码器、逻辑控制板和显示比较控制板部分。再者故障在电箱升温后才出现 ,因而有足够的时间进行信号对比测量检查。

故障处理 通过分析后 ,对怀疑部位进行由浅入深的排除法诊断 ,通过比较编码器输出的 CHA、CHB、CHZ 信号 ,故障前后无不同现象 ,故可初步排除此部位 ,进一步对逻辑控制板处理后的 CHA、CHB、CHZ 进行对比检查发现其测量结果不一样。因而 ,该板为初步怀疑对象 ,从出现故障的情况看 ,温升是一个很重要的影响因素。因此为证实初步判断 ,我们用电风扇对着逻辑板吹 ,进行冷却 ,结果能延长正常运转时间 ,至此可以肯定该板上元件有问题。因为没有详细线路图。要做到片级修理比较困难 ,但是电箱温度范围在 0 ~ 45℃ ,现只到 32℃ 就出现故障。因此 ,我们用触摸比较温升来确定不良元件。通过触摸发现有两块同一型号的芯片温度相差很大。我们给温升高的一块表面搽涂酒精进行降温 ,果然能延长正常开机时间 ,后查为 pPB82878 总线发送器 ,更换该芯片 ,故障排除。

【例 238】HNC35 数控螺纹及螺杆磨床运行过载故障的维修。

故障现象 开机后正常运行两小时左右会出现停机报警。报警内容为过载。关机后重新启动 ,报警消失 ,运转正常。再过一段时间后 ,重复故障现象 ,并有时使强电电路熔丝熔断。

故障检查与分析 这是从德国克林贝格公司订购的设备,控制系统为 BOSCH—T 系统电动机强电线路如图 6-6 所示。

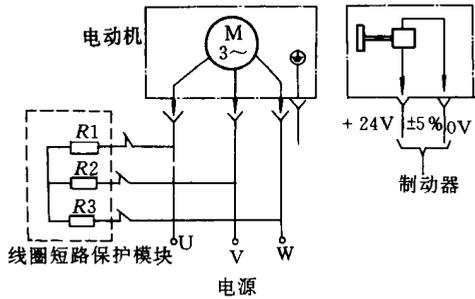


图 6-6 电动机强电控制图

根据运行状况和操作者介绍,我们首先认为不可能是磨削过量引起的故障。检测其线圈短路制动保护模块,一切正常。推测故障的原因很可能是制动器动作失调引起的。进一步观测发现,停机的时间越长,正常运行的时间也就越长,所以我們认为是电器元件热态失控造成的。

根据以往的经验,强电电路元件承受大电流,大电压温升快,不会运行长时间后才出现故障,故我们认为问题主要在弱电控制上。根据报警提示内容,认为负载系统中有错误信息,参照系统内参数内容,以及操作者运行情况介绍,怀疑 PLC 输入输出插件有问题。BOSCH—T 系统的 PLC 输入输出模块,没有指示灯,判断比较麻烦。根据机床动作,判断相应继电器动作。推导出其 PLC 输出模块 MDA204 板故障。

故障处理:更换 MDA204 板后故障排除。

【例 239】FSK32.3CNC 凸轮磨床加工精度差的原因判断。

故障现象:加工出来的凸轮严重超差。机床正常时,加工出的凸轮轮廓误差完全可以控制在 $\pm 0.01\text{mm}$ 以内。故障时普遍超差 0.04mm ,有些地方甚至达 0.1mm 。

故障检查与分析:该机是从德国 SCHIESS/KOPP 公司引进的凸轮铣、磨床,型号 FSK32.3CNC,配用瑞士 ATEK 公司生产的 AG.5200 数控系统。

影响加工精度的故障往往较难一次判断正确,首先应从大类上区分出故障部位,例如是电气方面故障还是机械方面问题。

认真分析凸轮精度检测报告,发现误差最大的地方出在凸轮由升程转入降程或降程转入升程的过渡部分,也就是说在对应坐标轴反向的地方,这就提醒我们问题可能与反向间隙有关。

1) 反向间隙检查 在 CNC 一侧使用单脉冲按键,产生每次 0.01mm 的位移指令,在 U 轴拖板和床身之间夹持一个百分表,观察拖板的实际位移,结果发现 CNC 给出 0.01mm 位移指令时,拖板的实际位移在 $0.04 \sim 0.06\text{mm}$ 不等,而在坐标轴反向时甚至可达 0.14mm 。

值得特别注意的是,坐标的实际位移距离比指令给出的位移偏多而不是偏少,由此判断出问题是在电气方面而非机械故障。

2)进一步分析 从实际位移多于指令位移值看,问题极大可能出在 U 轴的位置反馈环节上,也就是说,当 CNC 的运动指令发出后,机床实际位移已达到 0.01mm 时,CNC 却并没有收到相应的反馈脉冲,直到超过指令位置后,反馈脉冲才进入到 CNC 中,由此可以肯定反馈环路并没有断,只是反馈环路中某些部分性能不良所致。

3)故障检查与隔离 ①先交换了 U 轴与 V 轴的光栅前置前大器,问题没有解决;②更换了 CNC 位置反馈接口板,故障依旧;③按图 6—7 进行 U 轴和 V 轴位置环互换。即用 U 轴指令使 V 轴移动,而 V 轴指令使 U 轴移动。结果前一种情况正常;后一种情况不正常。说明问题出在 U 轴的光栅尺上;④拆下光栅尺检查,发现静尺的保护铝壳以被动尺尺座严重拉伤,刮下的铝屑掉入尺内,使动、静尺之间的相对运动受阻,很明显这就是故障根源。

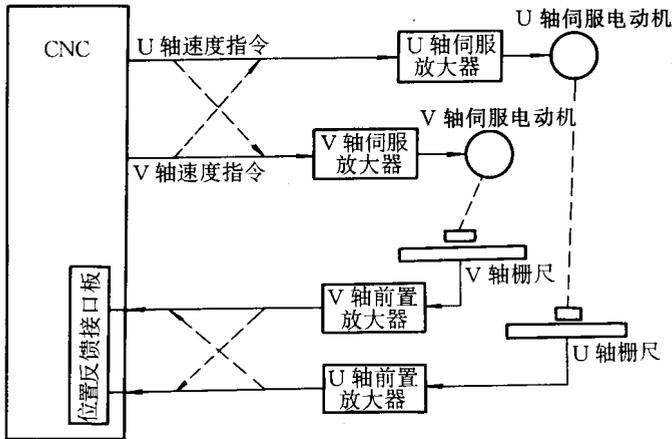


图 6-7 系统结构原理图

故障处理 ①使用油石、金相砂纸,将受损的保护铝壳滑道修复光滑;②用分析纯酒精冲洗栅尺,将修复工作产生的铝屑全部冲出。特别注意,栅尺内有铝屑时,严禁使用任何东西擦光栅,一旦铝屑将光栅拉伤,整个尺子就报废了;③待干燥后,用鹿皮轻擦一遍栅尺表面;④重新校正栅尺安装精度,并把修复的光栅装好。试切削证明设备精度恢复正常。

【例 240】美国 BRYANT 公司的数控外圆磨床 E 轴修整器失控故障的处理。

故障现象 这台机床在自动加工循环时,当工件加工完毕,E 轴修整器进行修整砂轮,修整器摆动速度极快,超出摆动范围,而砂轮照常进给,结果砂轮把修整器根部磨掉一块。操作人及时按急停按钮,使机床停止了工作,防止了事故的进一步扩大。

故障检查与分析:美国 BRYANT 公司的数控外圆磨床,采用该公司自己的 TEACH-ABLE III 控制系统。为了对故障进行分析,首先应该搞清故障现象。考虑安全因素将砂轮拆下,对故障进行仔细观察,发现在自动循环加工修整砂轮时,修整器没有按设定速度摆动修整,而是摆动速度相当快,并且运动范围超出设定的数值,直到压到极限开关,如果砂轮不拆,必将撞到修整器。这台磨床的修整器是靠 E 轴伺服电机带动的,用编码器做位

置反馈元件,测量修整器摆动的角度。在正常的情况下,修整器由 Z 轴带动到修整位置, E 轴伺服电动机带动修整器从 30° 摆动到 120° ,对砂轮进行修整。我们多次观察发生故障的过程,在 E 轴即将压极限开关时,NC 系统显示 E 轴的坐标值只有 60° 左右,而实际位置应该在 180° 左右。显示数值小于实际坐标值,因此我们认为可能是位置反馈出现问题。图 6—8 为进给控制的框图,根据框图分析,有如下几种可能导致位置反馈出现问题:① NC 系统的问题,但其它两个轴并没有出现故障,因此不可能是由于这个原因引起的故障;② NC 系统伺服反馈板的问题,但我们更换了伺服反馈板,问题仍然存在,这种可能也被排除了;③ 旋转编码器的问题,编码器丢失脉冲也会引起这个故障,但我们更换了编码器,问题没有得到解决。这个问题也被排除了。

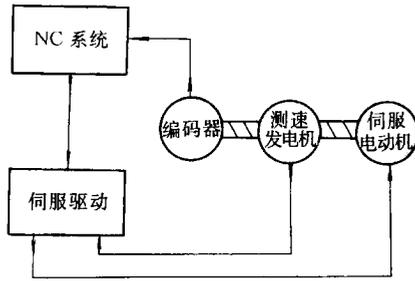


图 6-8 系统进给控制的框图

我们通过反复试验和观察,发现 E 轴修整器在 Z 轴的边缘时,走参考点和半自动摆动从不发生故障,但当把修整器移动到 Z 轴的中间时,半自动摆动就出现故障,根据这个现象断定,可能是由于 E 轴电动机随修整器经常往复运动,而使固定在 E 轴伺服电动机上的旋转编码器的信号电缆中的某些导线折断,导致了某些信号线接触不良。基于这种判断,我们开始校线,在校编码器反馈电缆时,发现有几根线接触不良。证实了我们的判断,并找到了故障的根本原因,由于编码器的信号线接触不良,使脉冲丢失。

故障处理 找到断线部位后,对断线进行焊接并采取防折措施,开机试验,故障消除,机床恢复正常。

说明 对于运行部件失控故障的诊断,为了观察故障现象,必须采取一些防范措施,将有可能造成其它部件损坏的部件或可能被损坏的部件拆下,以防出现意外。

【例 241】美国 BRYANT 公司的数控外圆磨床 X 轴振动故障的处理。

故障现象 这台机床使用 3 年以后, X 轴运动产生的振动越来越大,而且运动的速度越快,产生的振动越大,影响了机床的加工精度。

故障检查与分析 美国 BRYANT 公司的数控外圆磨床采用该公司自己的 TEACHABLE III 控制系统。

①如果 X 轴导轨或滚珠丝杠出现问题,会引起这个故障。对机械装置进行检查,没有发现问题,并且导轨润滑也很正常。机械问题被排除了。②速度环出现问题也是引起振动的主要原因。为此我们首先更换了伺服系统的补偿板和放大板,都没能解决问题。

然后检查了速度环的增益,如果增益过大,会造成系统振荡,从而使轴向运动产生振动。但测量的增益值与原始设定值并无区别,降低增益设定值,也未能消除振动。③这台机床伺服控制装置采用的直流控制系统,是美国 KOLLMORGEN、INDUS—TRIALDRIVES 公司的产品,为 SBD/X 系列 P.W.M 直流伺服电动机控制系统,直流伺服电动机也是采用这个公司的产品。如果直流测速电机电刷接触不良,测速机输出电压不稳定,引起速度环反馈电压不稳,也会造成速度环振荡。为此我们测量了测速电机绕组电阻,阻值较大,达数百欧姆,比标准值高出几倍,标准值为一百欧姆。并且随着转动角度不同,阻值也不相同。肯定测速电机电刷出现了问题。将电机拆开检查,发现测速电机电刷已被腐蚀,原来这台电机通有压缩空气,因为冬季含水量超标,致使电刷损坏。

故障处理:将测速电机的电刷更换后,机床的故障被排除,机床恢复了正常使用。为了避免类似问题的再次发生,将压缩空气管路增加过滤干燥装置,清洁压缩空气,减少水分和其它杂质,使问题得到了彻底的解决。

【例 242】磨头主轴电动机不运转故障。

故障现象:磨头主轴电动机不运转。

故障检查与分析:该机床为德国绍特公司生产的高精度轴颈端面磨床,数控系统采用西门子 3M 系统。其主轴砂轮电动机为直流电动机,从电动机铭牌上看,电动机励磁电压为 DC310V,电枢电压 DC56V。检查上述两电压均不存在,说明是电源电压发生故障。检查电源电路,F12、F13 熔断器烧毁。励磁电路为半可控全波整流电路,检查晶闸管烧毁。更换晶闸管后,励磁电压正常,电枢仍无电压。检查电枢电路,三相可控整流电路正常,但无触发电压,即可控触发电路有故障。采用替换法,更换一新触发电路板后,电枢电压恢复正常,故障排除。

【例 243】7021 号报警的处理。

故障现象:7021 号报警。

故障检查与分析:该机床为意大利公司生产的轴颈端面磨床,其数控系统为 SINUMERIK810M 系统。根据其报警信息,7021 号为 PLC 操作信息报警。系统的 CRT 上显示:“7021 号 ALLARMEPOSITIONAR”。

查阅机床 PLC 语句表,输入点 E7.5 和状态标志字 M170.3 为“或”关系,当其中之一为“1”时,状态标志字 M110.5 就为“1”。于是,7021 号报警就产生。

利用机床状态信息进行检查,在 CRT 上调出 PLC 输入/输出状态参数,发现 E7.5 为“1”,M110.5 为“1”。因而有 7021 号报警产生。

根据机床电气原理图,在其连接插座 A1 上查阅到 E7.5 为砂轮平衡仪的限位开关,指示砂轮平衡仪超出范围。检查该表果然表针在极限位置。

故障处理:将该仪表修复后,故障排除。

利用机床状态信息检修数控机床,关键是要掌握机床状态信息在正常工作下的状态,这些状态准确地反映了机床在工作过程中各部位的信息。一旦机床出现故障,这些状态信息就要发生变化。通过这些变化,我们就能较为准确地定位故障,从而减少数控机床的

故障停机时间,提高数控机床的利用率。

【例 244】故障现象 2039 号报警。机床不能进入正常加工状态。

故障检查与分析:

该机床为德国 MIKROSA 公司生产的无心磨床,控制系统为西门子 820G 系统,查阅机床技术资料,2039 号报警为“未返回参考点”。

故障检查情况如下:在选择开关处于“自动”方式下,起动机床后就产生 2039 号报警,系统即进入加工画面,而未按正常情况进入自动返回参考点画面。因而机床不能进行正常工作。但按八键(即上位键)可进入该画面,也能进行自动返回参考点操作,此后,机床能进行正常操作。但重新起动机床后又会产生 2039 号报警。重复上述故障。

根据以上检查,我们认为该报警的产生可能是系统参数配置错误。于是,在“自动”方式下,首先进入加工画面,选择软键 OPERATMODE 进入系统设置菜单画面,发现“CYCIEWITHOUTWORKPIECES”项参数由“0”变为了“1”。使系统每次起动后都在工作区外循环,从而造成 2039 号报警。

故意产生原因:经了解在该故障发生前,曾因车间电工安装新机床电源时,造成全车间电源短路跳闸。从而影响了正在工作的该机床,致使其系统参数改变。

处理办法:将该参数由“1”改为“0”后,重新起动机床,报警消除。

【例 245】故障现象:7010 号报警。电机不能启动。

故障检查与分析:

机床与系统同上。在西门子 SINUMERIK820 系统中,7 字头报警为 PLC 操作信息报警,指示机床外部状态不正常。查阅技术资料,西门子用户手册上也无该条报警及其说明。为了准确地判断故障,我们利用机床状态信息进行检查。首先从 CRT 上将 PLC 输入、输出状态调出,与硬拷贝清单对照。发现输入 E35.2 的状态由“1”变为了“0”。从机床技术资料知,E35.2 为“PROTECTIVEHOODCLOSED”指示砂轮电动机保护罩的关闭状态。表明该位为“0”时砂轮电动机保护罩未关闭。

查机床电路图,该信号由 5S12 行程开关控制。检查电动机保护罩已关闭,检查 5S12 开关也被压上,但 CRT 上显示仍为“0”,这说明该开关存在接触不良现象。

故障处理:将 5S12 开关修理后,E35.2 状态为“1”,故障排除。

第二节 其它数控加工设备的故障实例与诊断

【例 246】梅萨数控气割机纸带阅读机报警故障的处理。

故障现象:阅读纸带时出现水平奇偶错报警(TH)。

故障检查与分析:德国梅萨数控气割机性能稳定、功能齐全。但不足的是该机在使用中纸带阅读故障发生比较频繁。此故障一般由如下两方面原因造成。

1) 纸带原因 如果穿孔机使用的时间较久,这种故障大部分是由于穿孔针头磨损所

至。表现为穿孔纸带有未透码孔或码孔有毛边。穿孔机冲针及冲模有一定的使用寿命,一般每平均穿孔一百盘纸带就要更换磨损部件,所以在引进设备时要注意多订几套冲针冲模备件。

有时这种故障也可能是由于穿孔机电磁线圈铁心和动作衔铁之间的位置发生了变化而引起动作力度减弱造成穿孔不透。这一般通过调整就可以解决。调整的原则是衔铁动作时,齿轮形电磁铁心的位置要和齿轮形动作衔铁位置完全重合,而衔铁在不动作时,二者之间要错开半个齿的角度。如果嫌分解电磁线圈较麻烦,还有一种简单的调整方法:事先做好位置记号,再松开调整螺钉上面的固紧螺母(注意不要松的过多,以能转得动调整螺钉即可)。然后边微调边试冲,调到动作力度干脆有力时,即可紧固封漆。

2) 阅读机自身原因 以梅萨 MG—16 数控气割机为例,查找故障点最简捷的方法是用示波器观察测光电放大板各信息通道的波形,方法是准备一小段未穿孔的光板纸带,在纸带阅读头处做插入拔出动作。也即相当于模拟光敏管受光及被遮光二种状态。与此同时用示波器测量 J_3 插座各脚波形是否正常。见测光电放大板图 6-9 所示。

如果发现某一信息通道波形没有随纸带插入及拔出动作而做相应的变化,则有两种可能,一种是红外发光源部分出现问题,如 24V 供电电源, Q_6 三极管或发光管不正常。阅读头发光部分是由 9 个红外发光管串接供电的,通过调整 R_{32} 可调电阻,可使各发光管工作电流在 15~20mA 之间,各发光管管压降压 1.2V~1.4V 之间。第二种可能是光敏管支路有问题,如光敏管损坏, IC 或 IC₆ 反相器输入端有损坏, J_3 插头电缆有断线, R_{15} // R_{23} 可调电阻阻值发生变化等。 J_6 各通道管脚对地电压要调整在低电平状态为 0~0.8V 之间,高电平在 3~3.8V_i 之间。调整前题是保证发光管工作电流正常及光敏管玻璃盖没有油污灰尘。一般不允许超过 3.8V,否则易使光敏管损坏。

在维修实践中发现梅萨气割机 TH 报警有 70% 是由于 IC₇ 和 IC₁₀。六反相器输出端损坏而引起的。这是由于厂家所选的 74L04 芯片质量不良造成的。表现为 74L04 某一输出端始终为一低电平直线波形。因为 74L04 反相器输出端和 7486 异或门输入端在电路上相连,为了区分是哪一级的问题在判断上可用二种方法,一是把它们之间的布线割断,如果 74L04 输出端电平仍不发生变化即可断定是此路反相器输出端烧穿接地,否则为 7486 输入端问题。另一种方法是手头如有电流查障器(CURRENTTRACER)则不用割电路板线就能很快把故障点分清。电流查障器的功能是能测出印制电路的低阻抗故障。也就是能测出用逻辑脉冲器激发出的电流脉冲所产生的磁场。像类似上述的门电路与门电路间的故障用查障器来查既方便又确切。

具体步骤是先调整电流查障器的灵敏度,将脉冲发生器放在两个门之间的联线上,使查障器的顶尖放在脉冲器的针尖上,然后向线路输入脉冲,调整灵敏度钮使指示器灯亮起来。如图 6—10 所示。

然后将查障器顶尖靠近 A 门,脉冲发生器靠近 B 门,向电路不断输入脉冲,这时观察查障器指示灯,若查障器只在 A 门处亮,则 A 门坏,若查障器在脉冲器和 A 门间不亮,则故障点不在 A 门,而在脉冲器与 B 门之间(如图 6-11)。

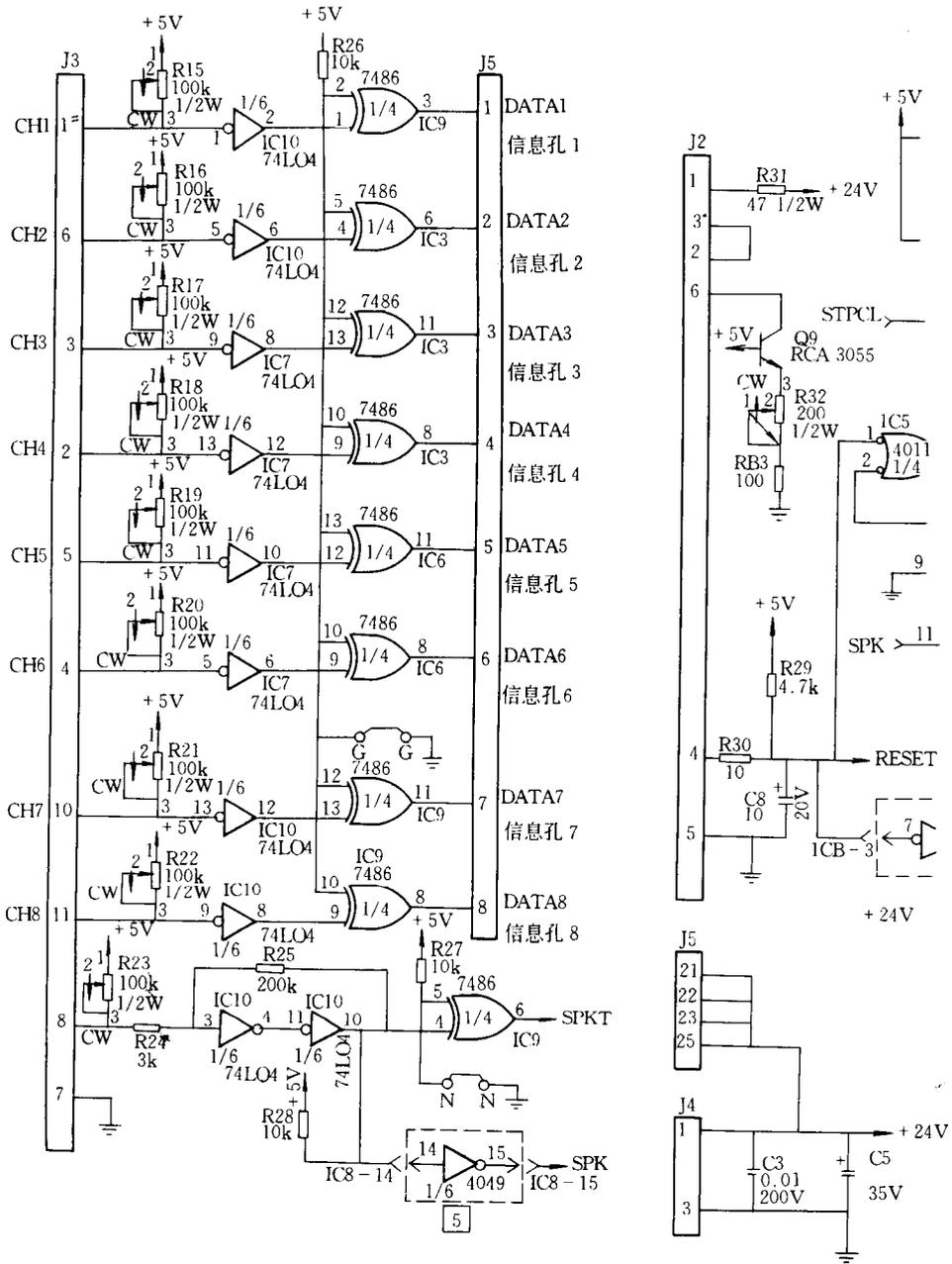


图 6-9 测光电放大板电路图

故障处理 更换损坏元器件,调整穿孔机电磁线圈铁芯和动作衔铁之间的位置,保证纸带质量。

【例 247】ROMAT 76AW 焊接机器人焊缝跟踪失常原因和对策。

故障现象 1号机器人从工件焊缝起点起弧后,不跟踪焊缝,逐渐偏离焊缝,向右移

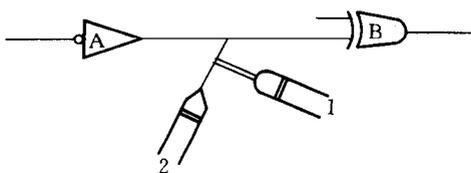


图 6-10 电流查障器调整示意图

1 - 电流查障器 2 - 逻辑脉冲发生器

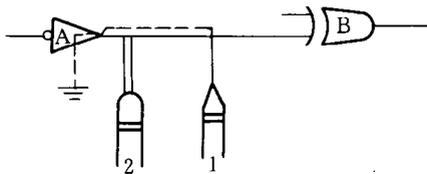


图 6-11 电流查障器使用范例图

1 - 逻辑脉冲发生器 2 - 电流查障器

动。

故障检查与分析 这台德国 CLOOS 公司生产的 ROMAT 76AW 焊接机器人工作站是 1993 年购进的。主要由在 $11.5\text{m}(L) \times 3\text{m}(H)$ 门架上悬挂安装的两台 RO—MAT 76AW 焊接机器人、一台 WPG—DP—50000N 工件变位器、两台 GLC603PA—TSRoboAMG 焊接电源、两台 ROTROL 机器人控制柜和一台中央电柜组成。工作站的最大工作范围为 $10\text{m} \times 4\text{m} \times 4\text{m}$ 的立方体。ROMAT 76AW 焊接机器人有 6 个关节型运动轴，称内轴，全部为交流伺服驱动。机器人在门架 LVEH100 导轨的移动和工件变位器的旋转。称外轴，采用直流伺服驱动。整个工作站有 15 个运动轴，分别由两台内装多 CPU 分布式控制系统的 ROTROL 控制柜控制。ROMAT 76AW 焊接机器人的工作方式示教——再现方式。对相同工位的焊接，只需对一个工件进行焊缝轨迹点、焊枪姿态和焊接参数的示教便可不断再现，重复作业。ROTROL 控制柜可以控制 12 个运动轴，并具有自动寻找焊缝起点，和自动跟踪焊缝的初级智能，可以保证焊接不受工件因加工、装卡误差及焊接热变形而造成实际焊缝位置偏离示教轨迹的影响。

焊缝跟踪的功能如图 6—12 所示。在焊接过程中，机器人带动焊枪在焊缝上方摆动，焊接电源（welding machine）将检测到的、焊丝在焊缝坡口两侧的电弧电源及内部产生的同步信号，送到电弧传感器模板（arcsensormodule）。经过电弧传感器模板进行侧向分析（Analysis for side direction）和高度分析（Analysis for heightdirection）后，产生左（left）、右（right）、上（up）、下（down）四个信号。通过适配器模板（Adaptor module）由 SMP—M—BUS 送到计算机，经相应的算法处理后，控制机器人轴的移动。

根据图 6-12 中的信号流向可以知道，引起焊缝跟踪失常的电路原因可能有：①电弧传感器模板有故障；②焊接电源的输出信号不正确；③适配器模板的信号输出或信号输入不正确；④模拟输出模板（AnalogneOutputmodule）故障等。引起焊缝跟踪失常的其它原因则有：①机器人轴传动部件的反向间隙；②系统参数中 TCF（工具中心点）值和 TOV（工具定位矢量）值错误或丢失；③用于焊缝跟踪的焊接参数选择不当等。

在分析查找故障时，为了既能在众多因素中准确、快速地确定故障部位，又能尽量少试焊工件，避免工件损坏，选择了以下方法：

①在 T1（试验 1）方式中，将机器人移动到规定的“checkpoint（检查点），其定位准确。因此，故障与机器人轴的反向间隙无关。②在 T1 方式中检查存储的 TCP 和 TOV 值，没有

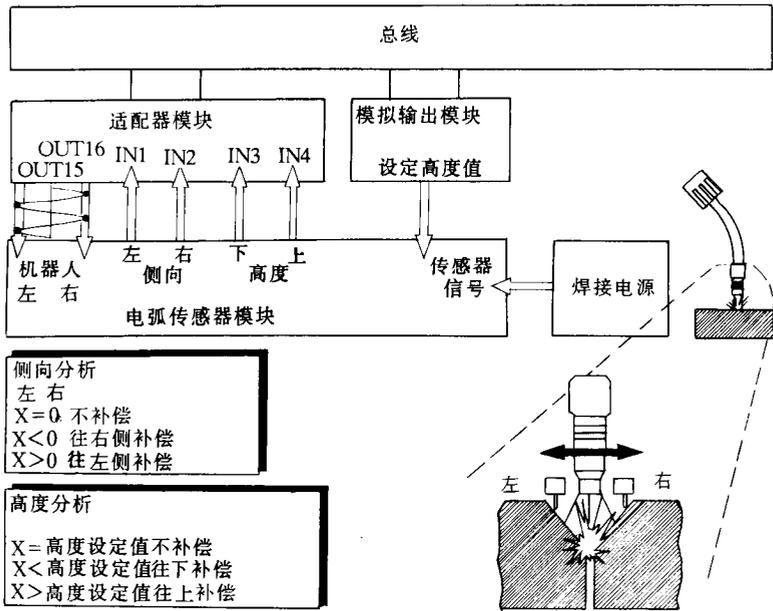


图 6-12 焊缝跟踪功能图

发现错误,并且在故障发生前,操作员已用校正规校正过焊枪。因此,TCP和TOV的存储值与实际值基本一致,不会影响跟踪。③由于焊接程序已经两年运行考验,因此焊接参数没有问题。④因为跟踪故障表现为侧向偏离,不是在高度方向,所以模拟输出板正常。⑤在排除以上因素后,对工件试焊以观察电弧传感器模板上LED指示灯显示。在焊接时,板上黄色LED指示灯始终亮,其他4个LED指示灯时亮时灭。可以判断该板的供电电源G₊及电弧电流信号正常。⑧检查焊接电源GLC603PA—TS的同步信号。用废板材作试件。在不带脉冲焊接时,在插头XGI07A/C。与XGI07A/C'间量得有+5V电压;在带脉冲焊接时,量得XGI07A/C。与XGI07A/C'间有+6~+7V电压。再用示波器测这两点,看到有 $U_{\text{。}}=15\text{V}$, $U_{\text{血。}}=0$ 的方波,因此同步信号正常;⑦检查适配器模板的output5及output6。在T1方式中用set、Rest命令,交替改变output5和output6的状态,在:XGI07A/C17与XGI07A/C14

(output5)及XGI07A/C18与XGI07A/C14

(output6)间可以测量到输出状态也随之变化,幅值为15V,说明输出正常;⑧检查适配器模板的输入IN1~IN4。从计算帆框架中拔出电弧传感器模板,编一段检查焊缝跟踪的试验程序(程序介绍略),在程序运行时分别短接:

XGI07A/C15与XGI07A/C27(右移)

XGI07A/C15与XGI07A/C26(左移)

XGI07A/C15与XGI07A/C29(上移)

XGI07A/C15与XGI07A/C28(下移)

这时,机器人均跟随信号的变化,相应地改变移动方向。说明信号输入正常。

至此,可以肯定造成焊缝跟踪失常的原因,是电弧传感器模板有故障。

故障处理:更换电弧传感器模板,再对工件进行试焊,故障消除,焊缝跟踪恢复了正常。

【例 248】 数控淬火机床 NC 系统加不上电。

故障现象:当按下 NC 启动按钮时,系统开始自检;但当显示器刚出现基本画面时,数控系统马上掉电自动关机。再按 NC 启动按钮,故障现象重复。

故障检查与分析:这是德国 AEG 公司双工位数控淬火机床。数控系统采用德国西门子的 SINUMERIK810 系统。机床的两个工位由 NC 系统两个通道分别控制。每个工位用一个进给轴,都是垂直轴。一工位用 X 轴,二工位用 Z 轴。感应器固定在进给轴上,NC 系统对感应器的运动进行数字控制。圆形工件装卡在主轴上,感应器由进给轴带动穿过工件,对旋转的工件进行表面淬火。NC 系统根据编制的加工程序对工位的不同部分进行分段淬火,并控制每一段的淬火能量、时间和每一段的长度,以达到对不同形状的工件的不同部位达到不同的淬火硬度和厚度的要求。这台机床的两个工位共用一套中频发生器,所以同一时间只能对一个工位的工件进行淬火,另一工位进行上、下活准备。而当这个工位的中频电源工作完毕,进行喷淬火液或其它操作时,可启动另一工位工作。中频发生器部分有独立控制系统,调试时可不受 NC 系统控制,单独工作。正常工作时,受 PLC 的开、关控制和 NC 的淬火能量控制。PLC 主要控制中频电源的开、关和接受中频部分对控制信息的反馈、故障报警信息的反馈等。它们之间的联络都是开关信号,而 NC 输出的模拟电压信号对淬火能量进行无级调节。生产厂家自定义很多 M 指令,对淬火过程进行可编程控制。

中频部分主电路采用可控硅中频发生器,先将 50Hz 交流电通过晶闸管整流桥变成直流电,通过调整晶闸管的导通角,达到调节淬火能量的目的。然后通过晶闸管逆变桥又将直流电,转换成频率为 7kHz 到 10kHz 可变的中频电。频率跟随负载回路谐振频率的变化,负载回路采用的是并联谐振电路。中频部分的主电路的工作受控制电路的控制和监测。控制部分由多块集成电路板组成,控制中频部分主电路的电压调节,逆变回路的起振,跟踪负载回路的振荡频率。并监视主电路的工作,当过压、过流、逆变器两对角线电流不一致,逆变器不振荡或冷却水、工作环境温度过高等任一状况发生时,它将发出信号使主电路停止工作,并在控制部分产生故障指示,还将故障信息反馈给 PLC,通过 NC 系统产生故障报警指示。中频发生器是 AEG 自己研制开发的。

这台数控淬火机床的主要作用就是对复杂形状的工件完成多段不同淬火硬度和厚度的表面淬火。

这个故障可能是 810 系统 24V 供电电源的问题或 NC 系统的问题造成的。

①为确定是否为 NC 系统的问题,做如下试验。因为 24V 直流电源除供给 NC 系统外,还为 PLC 的输入、输出和其它部分供电,为此我们首先切断了 PLC 输入、输出所用的电源,这时启动 NC 系统,NC 系统可正常上电,不出现上述故障,证明 NC 系统并无故障;

②另一重要原因为电源问题,当 24V 直流电源电压幅值下降到一定数值时,NC 系统

采取保护措施,自动切断系统电源。根据故障现象判断,可能由于负载漏电,使直流电源幅值下降。在不通电时,测量负载电路并无短路、漏电问题。为此我们不得不根据图纸,逐段抬高 24V 供电电源线,以确定故障点。当抬高两个伺服轴的四个限位开关共用的电源线时,NC 系统上电正常。但测量这几个开关,并没有对地漏电现象,为进一步确认故障,将四个开关的电源线逐个接到电源上,当将最后一根线,X 轴的正极限开关 S60 的电源线接上时,NC 系统就加不上电了。因为这几个开关直接接到 PLC 的输入口上,所以我们首先怀疑可能是 PLC 的输入口出现问题,用机外编程器将 PLC 程序中有关 S60 的输入(PLC 的输入点为 E6.0)全部改为备用输入点 E7.0,并将 S60 接到 PLC 的 E7.0 上。重新开机试验,但系统仍供不上电,PLC 输入点的问题被排除了。重新试验表明,当 X 轴两个极限开关都接到电源上时,NC 系统就供不上电,而其中有一个不接时,系统就能供上电。据、此我们认为可能与伺服系统有关,因为两个限位开关都接上电源,并没被压上,这时伺服系统就应准备工作。但检查图样,伺服系统与 24V 电源并没有关系,因这台机床两个伺服轴都是垂直轴,所以两个伺服电动机都配有电磁抱闸,而伺服电动机的抱闸由 24V 电源供电,如图 6-13 所示,当 X 轴伺服条件满足后,包括两个限位开关没被压上,PLC 输出 A3.4 为 1,输出高电平 24V,这时 KA3.4 触点闭合,抱闸线圈接通 24V 电源动作。可能是抱闸线圈有问题,导致这个故障。测量抱闸线圈,果然与地短接。由于 NC 系统保护灵敏,伺服系统准备好后,抱闸通电,24V 接地,NC 系统马上断电,KA3.4 触点及时断开,没使自动开关及保险动作。

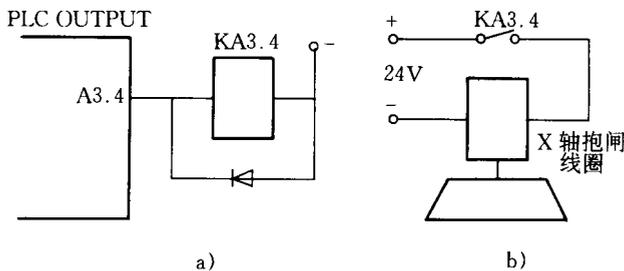


图 6-13 伺服电动机抱闸原理图

故障处理 因伺服电动机与抱闸一体,更换新的伺服电机后故障消除。

【例 249】数控淬火机床 NC 系统加工程序不执行。

故障现象 这台机床在执行加工程序时,只执行两条就不往下执行了,并且无故障显示。

故障检查与分析 我们仔细观察发生故障的过程,发现每次都是 NC 零件加工程序执行到 M72 时,程序停止的。M72 是启动中频的指令,这时中频部分没有工作,NC 系统和 中频控制部分都没有指示故障报警。我们详细分析了故障现象,机床工作原理、PLC 梯型图,认为有 3 种可能可导致这个故障:①由于 NC 系统的问题,中频启动命令根本没有发出来。但我们检查了 PLC 的输出状态中频启动命令 A1.6 为 1,使继电器 2—K248N2 得

电,常开触点闭合,说明 NC 系统没有问题,已发出中频启动命令;②中频部分接收到启动命令后,中频部分出现故障不能工作,而反馈通道出现问题,没有把故障信息反馈给 NC 系统,为此我们检查了中频控制部分,并没有发现问题;③虽然 NC 系统已发出中频启动命令,但中频部分没有收到或收到后没有执行。因前两种可能已被排除,我们重点对这一部分进行分析、检查,根据中频部分的电气图样对中频启动回路进行分步测试,当加工程序执行到 M72 时,PLC 输出信号 A1.6 变为 1,中频控制部分接收到这个信号后,A7 板上 K3 微型继电器应首先得电,其常开触点闭合,控制中频电路工作,当检查到这部分时,发现继电器线圈两端虽然有电压,但触点却没闭合,显然是继电器出现了问题。

故障处理 许多故障,只要查到原因,处理起来比较容易。因是微型继电器出现问题,更换新的继电器后,故障消除,机床恢复工作。

【例 250】3600ATC 板材加工中心数控系统参数的重新建立和修正。

故障现象 机床正处于自动加工过程中,当加工程序进行到等离子切割时,机床自动点火一瞬间,显示器屏幕上出现一片混乱,原有一切显示的格式全部被覆盖,机器自动停止,操作键盘上显示灯部分亮着,无法消除。关机后,重新启动,显示器显示的指令格式和数据已经被改变成几种相同的格式和数据,机器无法工作。

故障检查与分析 3600ATC 板材加工中心,美国 W. A. WHITNEY 公司制造,采用 CE—FANUC 系列 00—P 控制系统。由于等离子切割时,造成如此故障,可能是等离子切割自动点火瞬间,产生高频脉冲,窜行到主系统中,引起系统参数混乱。系统参数必须重新建立,才有可能恢复,此 CNC 系统 GEFANUCOO—P 中,存在一个只读存储器,机器的系统参数都保存在其芯片中,只有把只读存储器(E—PROM)中的系统参数重新调用到 CNC 操作系统,这样才有了机床所需的最基本的参数。在此条件下,重新修正主轴的参数、参考点的确定,才可使机器恢复正常。

故障处理 ①用 in-line A 电缆替换 M74/M05 电缆,插座号是 M74;②在参数页,手动修改如下二进位参数 a)PWE “ b)参数页 :P2 = 00110110 ;P5 = 00000001 ;P44 :1 ;P302 = 01000001 ;P303 :00010001 ;P311 = 00011001 ;P340 = 2。③a)关机,再启动(指总电源开关), (注意 :Emergency 应出现在屏幕上),有出错信号出现,同时,保护开关应开着;b)转换开关关于 MMC 一边,在 I> 提示符下键入 :I> LOADPRM,再按 INPUT 键,转换到 MMC 屏幕,选择参数页(PARAMETERPAGE),键入 P—9999,再按 READ 键,转换到 MMC 一边,准备好,按 INPUT 键,见 READ 键在闪烁,直到参数重新建立;④手动修改诊断参数(Diagnostic):D600 :00010001 ;D601 :00010001 ;D602 :10000101 ;D325 :00010100 ;D330 = 00010100 ;⑤切断电源,再启动机器,清除屏幕显示的错误信号。⑥确定参数 P318 :00100000 ;⑦每一种机床都使用一组用户宏指令程序(9000 系列),只有把只读存储器中的宏指令调用到 CNC 的零件程序存储器中,机器才能工作。a)修改 PWE 二 1,改变参数 P318 二 00000000,保护键打开;b)重复修改参数 :P44 = 1 P340 二 2D602 的第三位为 1,再修改 PWE = 0。关掉电源,再启动,拉出紧急开关。(此时应注意:当有出错信号,应予消除,如果无法消除,应重新以上动作。)然后转换到 MMC 一边,在提示符 I> 处,键入 :I> LOADMAC,按 INPUT 键;c)在

CNC 一边的编辑状态,键入 > 0—9999,再按 READ 键,转换到 MMC 一边,按 INPUT 键,再回到 CNC 一边,直到宏指令程序出现;b)修改 PWE = 1,重新确定如下参数;P318 = 10100000(保护程序);P44 = 0;D602 第三位为 0,修改完以后,确定 PWE 0;c)关电源,再启动。⑧检查坐标轴参数的设定(以下参数适合 3600ATC):P82(“X”AXIS) = 1985;P83(“Y”AXIS) = 2750;P84(“Z”AXIS) = 1095;P7508(“Z”AXIS) = 0;P7509(PIRIPAXIS) = 0。⑨检查确定的刀具号,检查工件夹设定参数,如有不同,必须根据实际情况修改。

通过以上步骤,如果仍无法建立系统参数,就必须重新清除系统参数和宏指令程序(当接通电源时,同时按下 RESET、DELETE 和 CANCEL 键),然后重复以上步骤,直到建立系统参数。

【例 251】NNS3—16 冲槽机进给驱动故障的处理。

故障现象:工作台 X 轴方向运动时,正向工作正常,负方向有连续响声,其声音类似油压波动引起冲击造成的,且有时工作台处于停止状态有轴向抖动现象,而移动时没有抖动现象。

故障检查与分析:NNS3—16 冲槽机是由德国 MULLERWEZNGARTEN 工厂生产的,采用西门子 S5—110 数控系统。该机床 X 轴采用 SFM 转矩放大机构作为驱动装置(如图 6-14)。其工作原理是先导电动机转动丝杠作轴向移动,丝杠带动阀芯运动开启液压油通道让液压油进入液压马达。液压马达旋转反馈丝杠,开口螺母保证阀芯的开口恒定、轴向移动量由弹性联轴器张开和压扁来得到。用原理图表表示(如图 6-15)。

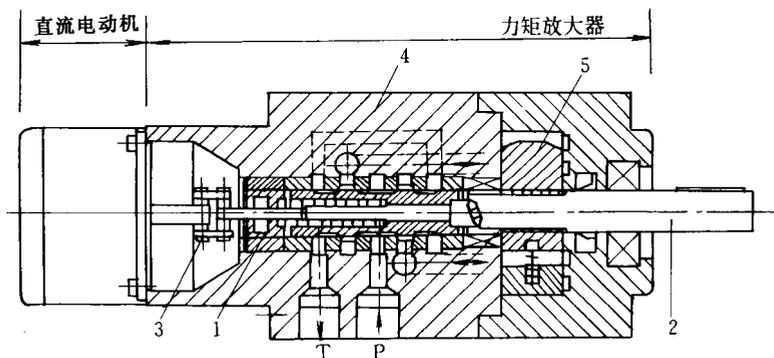


图 6-14 转矩放大机构原理图

1—丝杠 2—开口螺母—输出轴 3—弹性联轴器 4—伺服阀 5—液压马达

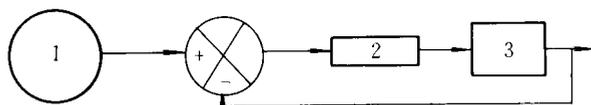


图 6-15 液压工作原理图

1—先导电动机 2—伺服阀 3—液压马达

对故障现象及该机构分析认为造成故障原因有 3 个方向:①由于负载过大造成的响

声 ;②液压油压力波动产生的冲击 ;⑧伺服系统工作不稳定造成液压冲击。

深入对 X 轴整个控制系统(如图 6-16)进行分析,认为故障应发生在下面 5 个

①工作台传动滚珠丝杠与双螺母和滑动导轨 ;②液压系统 ;③先导电动机同力矩放大机构的弹性联轴器 ;④先导电动机工作不正常 ;⑤控制系统及测量反馈系统。

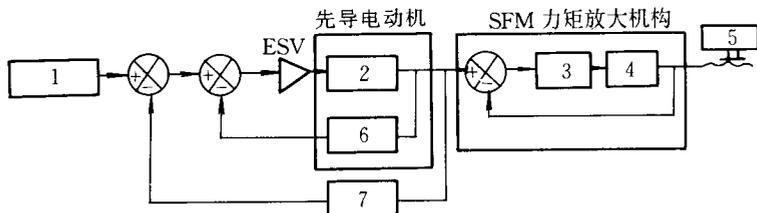


图 6-16 X 轴控制系统原理图

1-控制系统 2-DC 电动机 3-伺服阀 4-液压马达

5-工作台 6-测速发电机 7-编码器

按照分析的几个部位逐一进行诊断检查。考虑拆卸滚珠丝杠一开口螺母及导轨比较困难,且其精度较高,拆卸后不易恢复精度。所以查找过程中遵照先易后难原则,首先检查液压系统,检查油质、油量、油温、油的供应压力,均正常。液压系统没有波动。其次对弹性联轴节进行调整仍然不能改变故障现象。

至此,剩下的部位属于不易拆卸和诊断的部位。故采用分段分步方法来准确确定故障区域。在机床处于工作状态下,将先导电动机同液压伺服阀脱开,用手旋转伺 m 阀丝杠来控制进出油路,发现正负两方向运动均无响声,工作台移动平稳正常。由此判定其故障产生在先导电动机部分。将电动机卸下进行专门测试,发现转动时一个方向正常,另一方向有轻微不均匀现象,故障原因是电动机旋转不均匀使伺服阀进出油口频繁变化而产生液压冲击造成响声。

故障处理:对电动机进行清理,更换电刷,调整换向器,经测试后达到技术要求,重新换上后,该轴运动响声问题解决了。但是工作台抖动现象仍有时出现。故决定在工作台发生抖动时,同样将电动机同伺服阀在联轴器处脱开,发现电动机轴在抖动。分析原因可能由于编码器上有污物而引起的。将编码器拆卸后进行擦拭,重新安装后,机床正常工作,故障全部解决。

【例 252】3700ATC 板材冲剪中心传感器故障的处理。

故障现象:在更换模具时,实际上冲模已换下来,但报警显示却说“冲模该换”。

故障检查与分析:3700ATC 板材冲剪中心采用 GE—FANUCOO—P 数控系统。美国 W. A. WHITNEY 公司制造。

根据实际现象判断为传感器信息有误。顺着线路检查,直到检测件上,线路无问题。又查传感器件,此处用一光电传感器件检测冲模。右边有发光——受光器件,左边有一反射镜片。用柔软的纱布擦拭干净发光——受光器件和反射镜片。经分析检查可以认为器件没有受到碰撞等损害。故不可能造成损坏,只是由于脏污造成信号不可靠而报警。经过这样处理后,而试换模具,故障消除了。

由于这种设备的工件性质。工件环境和加工工艺等条件因素影响,对这个部件应定期维护保养、清洁工件表面,以免发生报警或引起故障,造成较大的事故。

【例 253】3700ATC 板材冲剪中心机械手循环运动超出允许时间。

故障现象 起因是改动参数 D485 后,休息两天,上班后再开机,执行 $T_{x}M06$ 时(换模具)发生了报警。提示为:“RobotCycleExceedAllowableTimeSeeMaohineDiagnostic”即:机械手循环运动超出允许时间见机床诊断部分;此后又依次修改参数为 800、700、500 结果相同。都是在机械手取下冲压位的模具缩回后,Z 轴没有上升动作,等待约 5~10s 针后,停车报警,内容同上。把参数改为 300、400、450 时,报警提示改为:“Robot Arms Not hPositionMotionTime Period Exceed”即:机器人不在位,运行时间周期超过范围。此时机械手取下冲压位的模具缩回后,马上停车报警。

故障检查与分析 3700ATC 板材冲剪中心,采用 GE—FANUC00—P 数控系统。通过查询 PLC 的梯型图,发现 D485 是一个定时器的参数,未给出其取值范围。而把机械手转到空位,伸出无问题,缩回后则发生报警。检查维护 SQ36,冲模检测信号,也无效果。由于梯型图注释不详,查找 Z 轴运动支路较困难,按动作顺序应该 Z 轴上升了。采取动态观察法,运动时观察梯型图。不过,还未看清动作状态变化,则已换成了报警画面。未有结果。

最后仔细检查发现手动装模具时和以前比较感觉不一样。拆开盖板,发现模后面还有一个接近开关 SQ26。SQ26 传感器常亮,经分析判断属不正常。仔细检查原来接近开关的撞块卡死了。这是由于等离子切割时,翻水导致生锈,撞块弹不起来了。经查梯型图和电路图核实,SQ26 输入信号为 X6.6,而导致 Z 轴上升支路接不上,发生超时报警。

故障处理 经处理故障部位后,X6.6 信号正常、机床故障彻底消除了。

说明 此处为一故障易发生点,在日常维护中要经常清理一下,确保信号的可靠,以保证机床正常工作。

另外,此故障与 D485 参数无任何关系,纯属先入为主,而误入歧途,走了一个大弯路,应引以为戒。