# 浪涌电压导致PLC模块失效实例分析

神龙汽车公司襄阳工厂 （湖北 441004） 王 宁 尹吉春 成 刚 李曙光

**摘要：**对一批因感性负载浪涌电压引起失效的PLC数字量模块进行了失效分析，描述了故障电路板的损伤和腐蚀情况，通过实例展示了感性负载浪涌电压的危害。分析了浪涌电压传导路径，表明开关器件两端反向并接齐纳二极管的方法，仍然可能引入幅值不高但频率很高的干扰，并对电路造成显著破坏，使可靠性和寿命大幅度降低。

## 1. 故障表现

PLC数字量输入输出模块是可靠性比较高的电路模块，正常使用通常故障率很低，尤其是数字量输入模块故障更少。某线加工中心，设备才使用3年左右，DI、DO模块故障率远远超出同类设备水平。统计数据如附表所列。

统计数据表

| 型号 | 8DO | 32DO | 32DI |
|---|---|---|---|
| 装机量/台 | 72 | 36 | 60 |
| 故障数量/次 | 10 | 4 | 2 |

注：统计时间段为2013.01～2013.12。

以上模块通过IM361连接到840D数控系统，失效的输出模块都直接驱动电磁阀（无附加续流装置）。

故障早期表现为PLC 突然报警停机，但复位之后可以继续运行。模块的主要故障模式是无法正常通信，输出点短路2例、开路2例。鉴于产品自身特性，S7-300上述机架模块不具有智能诊断功能，CPU无法定位故障模块，只有等故障发展到无法复位的时候，我们才能比较方便、准确地判断故障模块的位置。因此，早期故障排除比较困难，其后果是造成加工过程中异常停机频繁发生，很可能出现刀具损坏或者增加不良品。

## 2. 电路板腐蚀情况

（1）铜箔腐蚀。输出模块上的光电隔离与放大电路连线细小铜箔腐蚀，有的模块微处理器周围、输出指示灯连线处也有铜箔腐蚀现象，有绿色铜锈。但一般都没有发生断线，即铜箔腐蚀并没有直接造成模块功能丧失（见图 1 ）。

（2）电源正极针脚腐蚀（负极接地）。如图2所示，露在插座外面的针脚根部腐蚀更严重，而且没有灼烧痕迹，显然不是因为接插件接触不良所致。针脚表面有深灰/棕灰色斑点或者表面覆盖物，应为锡氧化物（针脚材料一般为镀锡铜）。故障模块的接插件并未断路，即便对其进行打磨修理也不能排除故障。因此，针脚的腐蚀也没有直接造成模块功能丧失。

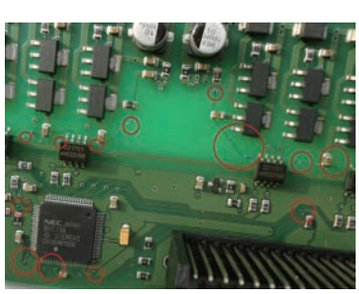


图1 铜箔腐蚀

（3）接地片腐蚀。与机架卡接的接地片也有一定程度腐蚀，但并非污染，图 3 所示为清洗后的情形。图3中接地片表面局部腐蚀，棕灰色；未受伤处依然保留着金属光泽及光滑表面。

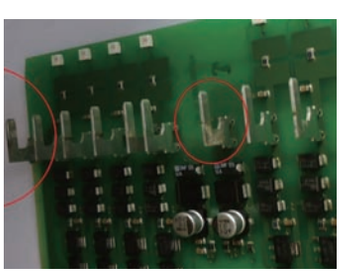


图2 电源正极针脚

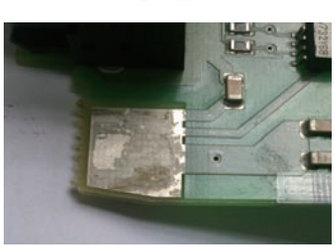


图3 接地片

## 3. 失效原因分析

以8DO输出模块为例，其方框如图4所示。模块通过背板接

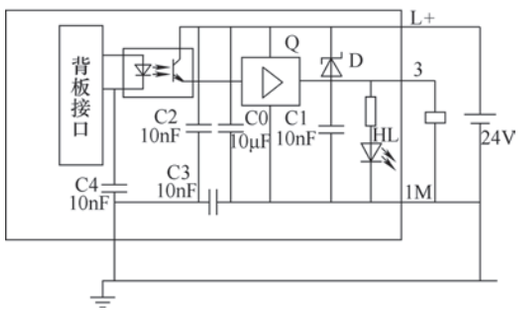



图4　输出模块方框图

口与总线连接，而背板电路通过光电耦合与控制电路隔离，但背板电路的地线和控制电路地线通过10nF电容连在一起，与机床共同接地。模块具有过电压抑制功能，主要通过稳压二极管D发挥作用。在功率器件两端反向并接二极管或稳压二极管是一种常见的驱动保护电路，尤其稳压二极管，它不仅响应快，而且能将两端电压限定在设计范围内（本例为48V），能保护与之并联的其他电子器件。但是，感性负载断开时，输出端电压会仍然发生跳变，依然会给电路板引入干扰。

当输出由“1”到“0”跳变时，从功率器件Q关断到稳压二极管D反向击穿还有一个过程，这时Q、D都处于“截止”状态，等效于电容（其电容值比C1要小很多）。流过负载的电流在这个过程中保持相对稳定，负载续流通路主要有三条：一是通过Q、D到正极电源线；二是通过C1、Q、HL到负极电源线；三是从电源正负极通过C0、C2、C3以及负载自身分布电容到地线。由于地线阻抗最小，因此电源线动态电流被旁路，地线电流最大。由于接通状态下，负载电流必须流过正极电源线，因此，在Q关断到D击穿之前，正极电源线和地线电流会产生较大跳变（负极电源线主要为电路板本身提供电流，变化不太大）。稳压二极管反向击穿瞬间，其电流快速上升，使电源正极电流、地电流又产生一个反向跳变。同样，稳压二极管从击穿状态恢复截止时，也会发生类似的电流跳变，引起衰减振荡。需要指出的是，上述扰动并不是设计不当或者接地所致。比如不接地，负载关断将会给电路板引入更加不确定的感应电位；如果没有C1等滤波电容，输出端的电压变化率会上升（当然同时提高输出响应速度），这些都会使问题更加严重。

导线及接地总会存在一定阻抗，尤其距离较长、频率较高时会更加显著，电流跳变就引起明显的线路电压扰动，电压突变会进一步引起一些杂散电流（比如电极对塑料外壳放电）。它一方面引起相关电极和铜箔腐蚀加快，如图1～图3所示；另外一方面，通过接地电容C4将电压波动耦合到背板接口电路，引起更加脆弱的集成电路损坏。另外，接地点电压的波动会传导至背板总线，将干扰传导扩散至其他相邻模块；也就是说，附表中输入模块失效的原因是输出模块负载扰动间接导致的。

显然，负载电流越大、电感/电阻比值越大，关断时引起的电流扰动就越大，破坏性越强。厂家提供的技术说明，以8DO模块为例，允许的切换频率和功率大小都与负载功率因素有关，电阻性负载最高切换频率100Hz，最大功率48W；灯负载的最高切换频率10Hz，最大功率10W；感性负载最高切换频率0.5Hz，最大功率没有明确数据，与负载电感有关，应小于10W，且电感越大允许的输出功率越低。

在上述案例中，检查了在用电路模块腐蚀状态，情况如下：在80s开启/关断一次的情况下，24VDC/2.4W电磁阀对电路板造成轻微影响，24VDC/6W电磁阀腐蚀作用非常显著，而24VDC/0.9W以下的中间继电器影响不太明显；在2～5s开/启关断一次的情况下，24VDC/2.4W以下电磁阀对电路板也能造成明显影响。

通过统计和上述分析，我们发现故障原因是在设备改造过程中新增了几个功率6W的电磁阀，直接接入PLC输出模块，既无隔离也无任何续流装置，超过了电路的承受能力。由于功率不算太大，采取的解决办法是这一部分电磁阀两端附加外部续流装置。整改之后，故障大幅度下降。

## 4. 结语

开关控制是最常见的自动控制方式，感性负载浪涌电压抑制也是最基本的电磁兼容问题之一，但工程实际中往往容易被忽视。随着自动化程度提高，浪涌电压的负面影响更复杂后果

# 重复定位精度的检测

■ 胜利油田胜动集团动力部件公司 （山东东营 257000） 刘建军

**摘要：**根据生产实践主要介绍了数控机床重复定位精度的简易检测方法。

在数控加工中，重复定位精度是工件加工尺寸稳定的重要因素之一，我们可以定期检查设备在自动运行程序时的重复定位精度，从而保证工件的尺寸精度。

重复定位精度的检测方法有很多，下面我们以检查*X*轴为例，简要阐述一下检测的方法。

（1）首先，我们先编一小段程序：

N10 G00 G90 X－300

（*X*－300位置要根据机床实际情况具体确定）

N20 G00 G90 X－200

（其他轴不动，*X*轴快速移动到*X*－200位置）

N30 G04 F04

（在*X*－200处暂停4s，在有的系统中用G04 X04编程，都表示暂停4s，注意如果不加F或G则单位将变成ms）

N40 @100 K10

（跳转回N10段继续执行程序，此处运用了宏指令中的程序跳转指令）

N50 M00

（程序结束）

（2）将编制好的程序存储并装载。在此说一点，程序的编制有很多种方法，并不拘泥于形式。比如我们可以编一个子程序L100，将该子程序执行10次，即L100 P10。

（3）用手动方式将进给轴*Z*轴远离夹具的移动方向，保证在移动*X*轴时不发生干涉。

（4）操作方式转换到自动模式，调用此程序运行。

（5）第一遍运行到N30段时，程序停止，用复位键将机床复位。

（6）安装磁力表座在床身的固定位置，将表头搭到随*X*轴移动的部件上，如刀体、工装及定位块等，压入表头，对零。我们最好选用千分表，可以更精确地测出误差。

（7）重新运行此程序，当运行到N30段时，观察表的指针变化。如果每次运动到这个位置指针始终在零处，说明该机床重复定位精度较高；如果发生了变化，就需要检查产生变化的原因。

（8）用同样的方法检测其他轴的重复定位精度。

**参考文献：**

[1] 牛志斌. 图解数控机床：西门子典型系统维修技巧[M]. 北京：机械工业出版社，2004.

[2] 展宝成，等. 西门子840D数控系统应用与维修实例详解[M]. 北京：机械工业出版社，2013.

MW（收稿日期：20150628）

---

更严重。在驱动控制电路上使用齐纳二极管等装置进行过电压抑制，仍然可能引入幅值不高但频率很高的干扰，可能会对电子控制装置的可靠性产生很大影响。因此，系统设计时应根据实际需要，在开关动态特性和干扰强度之间进行权衡取舍，采取隔离或者滤波等方式将负载感应电压的影响限制到最低。浪涌抑制不能依赖控制器的抗干扰能力，而是应遵守分级原则，优先从负载端采取措施，减小其对其他电路的干扰。

**参考文献：**

[1] 曹楚南. 腐蚀电化学原理[M]. 北京：化学工业出版社，2008.

[2] 吴淑忠, 赵德祥. 齐纳二极管在瞬态干扰抑制中的应用[J]. 电子测试，2008（10）.

MW（收稿日期：20150529）