

四步到位法快除自动化生产线偶发故障

■ 中国重汽集团济南桥箱有限公司 （山东 250022） 刘胜勇

摘要：针对自动化生产线偶发的3例故障，运用四步到位法迅速排查出故障原因并制定和实施整改措施，进而提高了维修效率，缩短了生产线停机时间。

自动化生产线（Automated Production Line）是有机结合了机械技术、微电子技术、电工电子技术、传感测试技术、接口技术及网络通信技术等多种技术在内的一种可以自动流水作业的机械电气一体化系统，简称为自动线（以下同）。它在规定程序或指令的控制下，既能使线体上的数控机床等加工装备自动地完成预定的工序路线与工艺过程，也能使输送机构等附加装置自动地实施产品传送、测量、分拣与包装等辅助控制或操作，还可为其加工装备自动地进行工件装卸、定位夹紧与废料（如切屑）排出等任务，最终连续、稳定地生产出符合技术要求的特定产品。

目前，随着我国各产业现代化进程的稳步推进、自动化技术的快速发展与广泛应用及用户对节约劳动成本提升竞争力的迫切需求，自动线正被大量应用于工业、农业、军事、医疗及服务等领域在产品加工链中。这些自动线常在参数设定、元器件品质、操作失误、维护不当及工作环境等因素的影响下，会出现偶发性故障，造成控制动作失灵、数据

通信中断、机械部件碰撞、液压或气体压力扰动及自动循环中断等。由于此类故障发生的时间不确定，发生的过程瞬间即逝，事后检查时自动线又正常运转，故维修人员无法对其进行有效地诊断分析。在此，介绍一种快速处理偶发性故障的维修方法——四步到位法，以求简化故障分析过程、提高维修效率及缩短停机时间。

1. 偶发性故障

偶发性故障是按故障发生的

性质进行分类，并区别于确定性故障的一种具有随机性和可恢复性特点的自动线故障。它在同一工作条件下，随自动线运转会偶然出现1~2次，待断电重启后运转又正常，但运行中可能又发生相同故障。自动线偶发性故障的可能原因如附表所示。

2. 四步到位法

四步到位法维修是维修者在了解自动线宏观组成结构——设计制造过程中系列化和标准化零部件基础上，遵照“故障记录到

自动线偶发性故障的原因分析

序号	可能原因	详细内容
1	参数设定	线体上数控机床的参数设定不当，如参考点返回方式、电动机温度报警极限值（MD1602）、电动机停机温度极限值（MD1607）及刀具寿命监控等
		主控计算机侧参数设定不当，如附加装置的传送速度、与加工装备的交互协议、工序路线或工艺过程的给定及各控制软件相关参数的设定等
2	接触不良	电路存在虚接、虚焊，接插件、开关及电位器元器件内部接触不良等
3	元器件性能下降	元器件老化或其他原因使其参数变化或性能下降至临界点附近，而处于不稳定状态。平常工作尚可，一旦外部条件（如电压、温度、液压及气体压力等）发生某种扰动或变化，即使扰动在许可范围内，也可能会使其瞬间超过临界点而工作异常；待扰动消失后返回临界点
4	操作失误	输入的数据超过允许长度，多以报警呈现 机床原点或工件原点设定错误，程序执行中因误操作而停止（如按MDI上RESET键复位后立即循环起动），刀具补偿值设定错误，夹具未松开便强行卸料、机器人装卸料未考虑机床门状态等。此类操作失误常会造成机床/工装与刀具碰撞
5	维护不当	清扫不及时致切屑积聚、散热不良等，防护失效致切削液浸入污染、老鼠钻入啃噬等，紧固松动致信号失稳、振幅产生等，磁盘垃圾过多致内存运行空间不足等
6	外部干扰	工作环境温度过高或过低、湿度过大、电源波动、机械振动及有害粉尘或气体污染等

位→诊断分析到位→故障维修到位→维修记录到位”4个步骤，快速处理自动线偶发性故障的一种具有综合性特点的维修方法。

(1) 故障记录到位。自动线故障时，操作者先停线保护现场（一般不要切断电源），再详细记录故障细节，并及时通知维修人员。记录内容主要有：什么时间、什么操作、什么报警及其他情况等。

(2) 诊断分析到位。维修人员要立足于以往维修经验的积累，综合运用电信号演绎法、机械动作耦合法及工作介质流向法等，对故障诊断分析，以快速判断故障的可能原因和部位。

(3) 故障维修到位。对磨损或损坏的机械零部件测绘、更换并检测精度，对电气元件、电路板进行简单维修或整体更换，对参数或程序进行修改等。最后确认各环节无误后，自动线空运转并试切工件。

(4) 维修记录到位。自动线复转后，维修人员需将维修过程写入《设备档案》存档，以便日后查阅。

3. 柔性制造线中机械手撞击机床门的故障分析

某公司现用的1条价值2 330万元的被动锥齿轮柔性制造线（见图1，下称FML），包含4台FANUC OiTD系统的立式数控车床、2台FANUC OiMD系统的立式加工中心、2台SINUMERIK 840D power line系统的Oerlikon-C50切齿机（下称C50）、1套带Delta-HMI的机械手输送机构和2套SIMATIC-300PLC的环线送料

动锥齿轮。

(1) 故障现象。FML在运行过程中，多次发生“机械手输送机构的机械手撞击机床MC1~MC6操作门”的事故（下称：事故）。曾经在1年内断续发生6次事故，MC1、MC2各发生2次，MC6发生2次（见图2）。事故不仅导致被加工齿轮摔废，还使机床操作门被撞坏；不仅造成维修时间浪费，还迫使FML生产停滞；不仅存在重大安全隐患，还存在较大质量风险。

(2) 诊断分析。基于四步到位法维修要求，采用电信号演绎法对事故原因展开排查。

基于FML的控制策略，分析FML中悬臂双爪机械手RT1/RT2/

RT3与对应机床MCn的动作关系（以MC2为例）。MC2就绪无报警的常通状态经线圈Y1.7送至主控计算机侧（下称：主控PLC）→回参考点完毕且操作门已打开到位（X7.1=1）的MC2在MDI方式下执行指令M28，以请求RT2上料→RT2接收MC2传送的上料请求命令Y1.6→点击HMI侧[自动模式]键（M392=1）与[自动启动]键（M132=1）后，机械手输送机构开始循环→S2置位后RT2抓取工件动作循环启动→S93置位后RT2左卡爪自安全高度处下降至左取料位抓料→抓料后RT2升至安全高度并行至MC2门前等待位→S83置位后RT2抓件行至MC2的放料位→RT2左卡

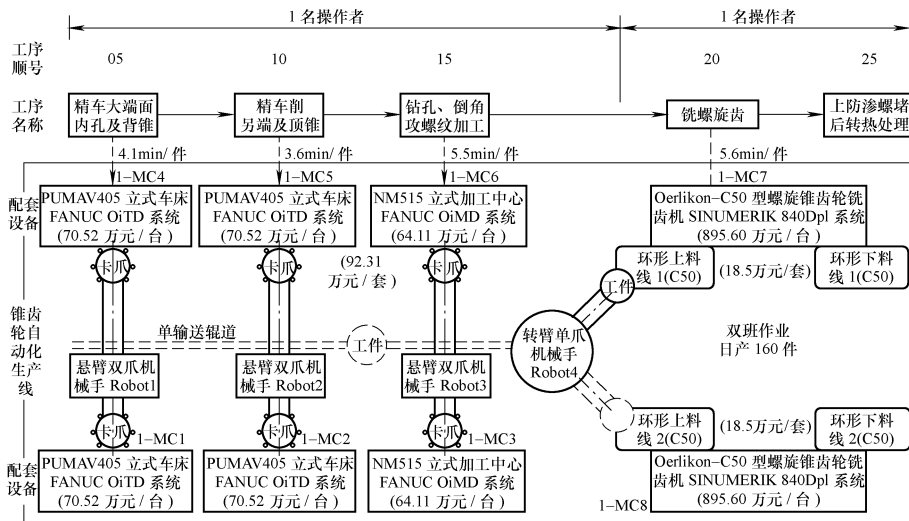


图1 曼商用车被动锥齿轮机加工流程及其柔性制造线

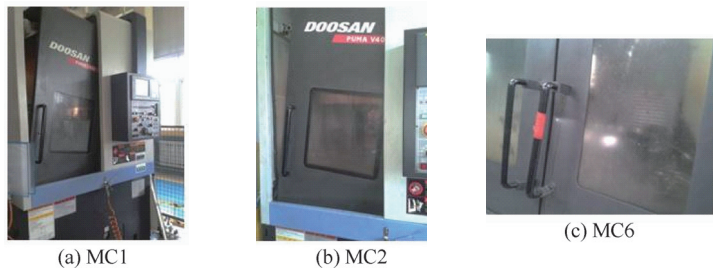


图2 被上料中机械手撞击后的MCn操作门

爪松件于MC2夹具后退至门前等待位→RT2经线圈Y101向MC2传送上料完成信号X8.7=1→MC2经内部线圈R622.2控制工件夹紧(Y0.3=1)和操作门关闭(Y1.5=1)→工件夹紧到位R568.6=1且操作门关闭到位X8.5=1后,自动运行起动信号G7.2接通→MC2自动执行加工程序,以切削工件→切削中执行指令M21(Y0.5=1)使RT2提前移至门前等待位→切削完执行程序结束指令M30或M02→工件松开且操作门打开(X7.1=1)的MC2经线圈Y0.6向主控PLC传送下料请求信号→X102=1使S87置位→处于门前等待位且在安全高度的RT2水平移至MC2放料位→RT2吹气清屑后垂直下降至加工点,并松开左卡爪以抓取成品件→抓成品件的RT2经安全高度退至MC2门前等待位→RT2退至左取料位后松开左卡爪,以将成品件放于输送辊道上→MC2经X8.6接收主控PLC传送给的上料完成信号Y100→MC2经线圈Y1.5和Y0.7分别控制操作门关闭及夹具吹气除屑→MC2经线圈G70.6执行主轴定向准停→MC2吹气结束后经线圈Y1.4控制操作门打开→MC2再经线圈Y1.6向主控PLC发送上料请求命令→开始下一工作循环。

采用电信号演绎法,分析MC2吹气结束后操作门未打开,便成为RT2上料的故事真因(见图3)。RT2左卡爪上料主控PLC收到MC2侧上料请求信号Y1.6=1←无任何报警的MC2已执行程序结束指令M02/M30使R545.1=1←主轴定向准停完成F45.7=1←MC2已收到RT2传送给的下料完

成并吹气命令X8.6=1←MC2夹具已在RT2控制下关门吹气结束R624.1=1←MC2操作门打开确认检知X7.1=1。撞门故障发生时,操作门仍为关闭状态X8.5=1,并且门打开确认开关未点亮。据此,判定X7.1受干扰后误动作。

(3) 解决措施及维修效果。据诊断分析结果,在输出线圈Y1.6支路中添入操作门关闭到位,检知X8.5的常闭触点信号(见图3的虚线框),做到门开检知与门闭检知的互锁控制。也就是操作门打开,使X7.1=1且X8.5=0时,MC2方可向RT2发送上料请求信号,否则Y1.6=0。修改后的PMC梯形图务必要在PMC的I/O画面下,选择“装置=Flash ROM,功能=写”并点击[执行]软键,以写入FANUC的Flash

ROM中。其他5台机床也按此法处理。

改进后的FML运行一年时间,再也没有发生“机械手撞击机床门”的事故。

4. 柔性制造线自动循环异常跳出的故障分析

(1) 故障现象。图1所示FML在自动运行过程中,不间断地出现“自动循环异常跳出”故障,HMI上[自动启动]键由绿色接通状态变为灰色断开状态,FML的自动流水作业停止。每次停机时,操作者只需点击[自动启动]键便可使FML的自动循环重新恢复,但是机床MC3和MC6会怠工0.5个节拍,操作者在各设备间的跑动次数会增加4次。如此,既制约了被动锥齿轮的产量,又浪费了生产工时。

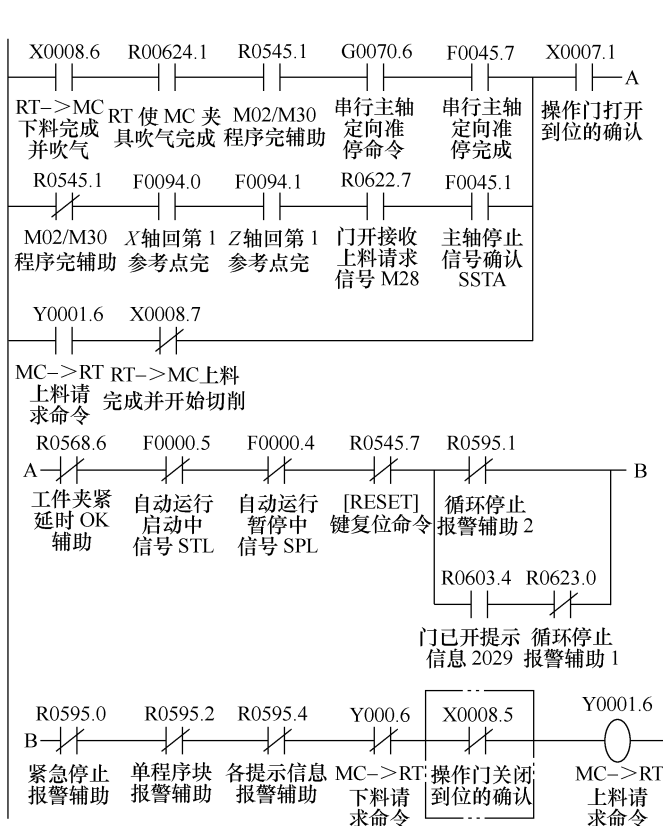


图3 立式车床MC2吹气结束后请求上料的梯形图(FANUC PMC)

(2) 诊断分析。基于四步到位法维修要求,采用电信号演绎法对故障原因展开排查(见图4)。

FML自动循环异常跳出←在自动模式下经[自动启动]键M132激活的自动循环M133被复位←16位定时器T15的常开触点闭合←线圈T15通电并到达指定的定时值←用PC机和交叉TP电缆经台达PLC软件现场联机,以在线跟踪T15状态←正常运行时不受电的T15在FML瞬间停机时未能捕捉到受电状态←鉴于线圈T15支路并联有上百个光电开关检知信号,并且工作状态未见异常←怀疑FML的线路存在虚接点引起T15瞬时动作。

(3) 解决措施及维修效果。因故障偶发且线路众多无法查找,故本着“简单、实用、快捷、稳定”的原则,将定时器T15的设置值由2s改为20s,并编译回装至主控PLC。改进后的FML运行数月,再也没有发生“自动循环异常跳出”故障。

5. 柔性制造线机器人卸料偶然叠加的故障分析

某公司现用的1条价值2151万元的主动锥齿轮柔性制造线(见图5,下称:FML-2),包含2台FANUC 0iTD系统的WIA L280型数控卧式车床、2台SINUMERIK 802D solution line系统的YKX3132M型数控滚齿机、2台SINUMERIK 840D power line系统的Oerlikon-C50切齿机、1台KAWASAKI BX200L型六自由度关节机器人和2套SIMATIC-300PMC的环线送料机,主要用

于切削曼商用车的主动锥齿轮。

(1) 故障现象。FML-2在运行过程中,机器人将10序工件放置于环形上料线时,偶发工件叠加故障(见图7),造成FML-2的自动流水作业停止,机器人卸料点位置偏移等。

(2) 诊断分析。基于四步到位法维修要求,采用电信号演绎法,对工件叠加故障的原因展开排查。环形上料线工件叠加故障的梯形图如图7所示。工件叠加←环线请求了机器人RT进行上料←环线侧线圈Q0.2得电并输出

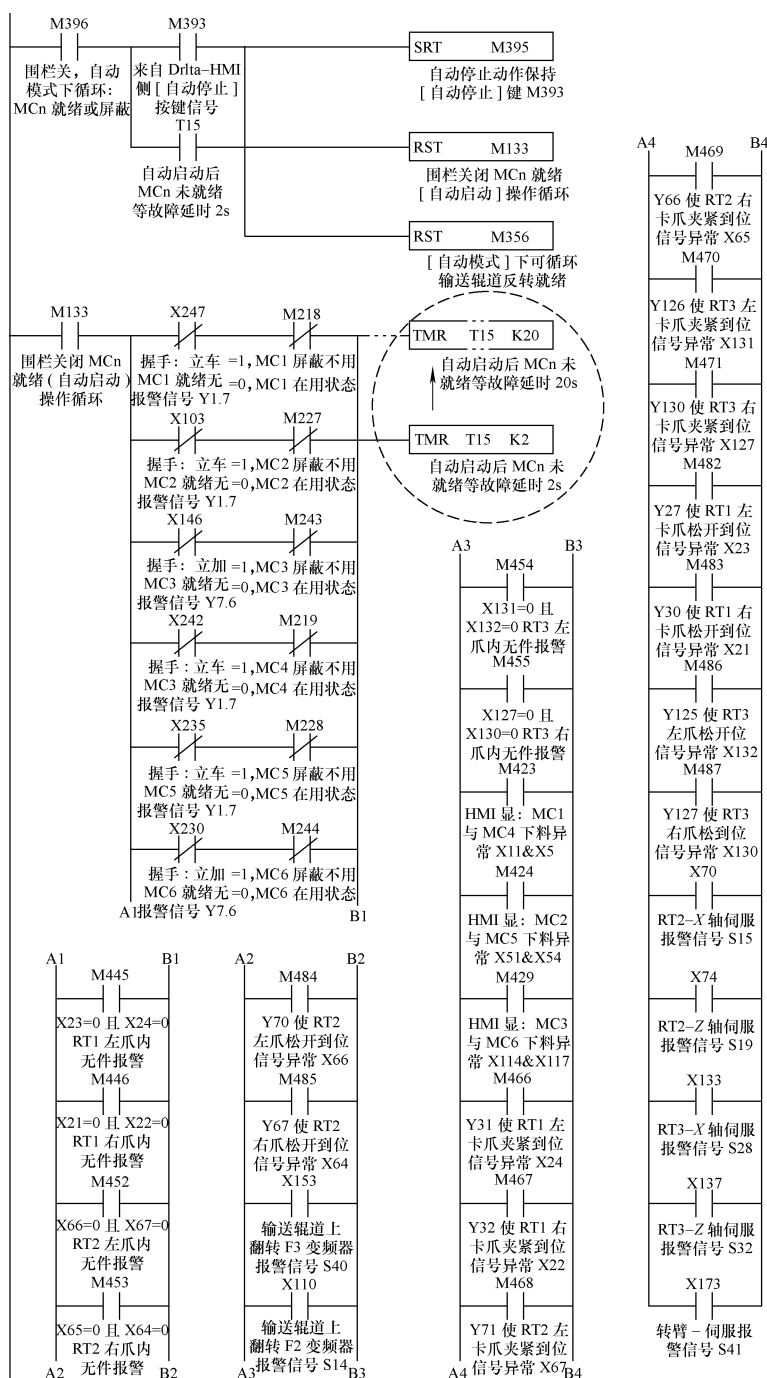


图4 主控计算机侧自动循环复位的梯形图(Delta-PLC)

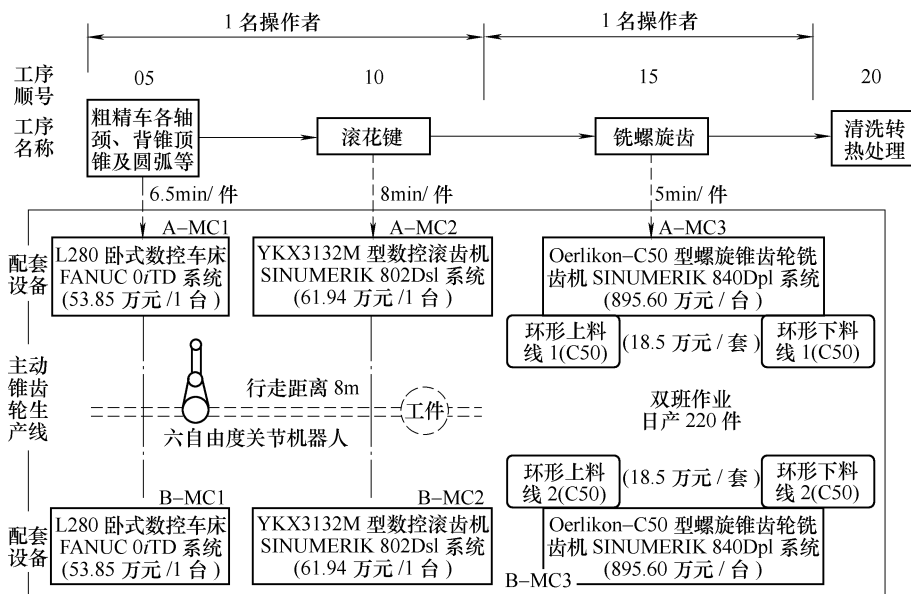


图5 曼商用车主动锥齿轮机加工流程及其柔性制造线



图6 环线上料时工件叠加示意

←环线托盘在联机方式下已行至C50上料位I0.7=1, 并且RT卸料至环线托盘检知I0.5=0←RT卸料位在正常状态下有工件, 并被检知 (I0.5=1) 后会向RT反馈上料, 完成信号Q0.4←一旦RT卸料位有件但不被检知 (I0.5=0), 便引起工件叠加故障。

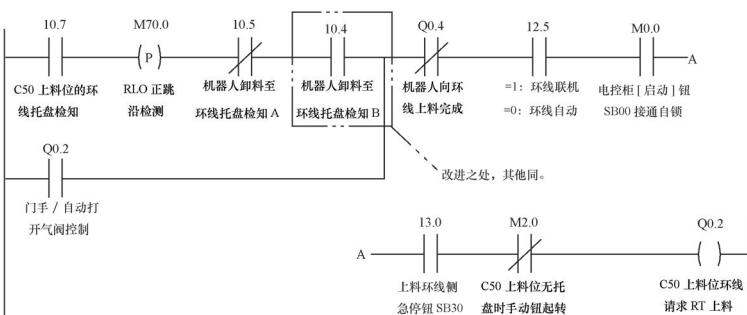
(3) 解决措施及维修效果。为彻底根除机器人卸料的工件叠加故障, 特在环线上料侧的卸料位增加1个工件检知开关I0.4, 与先前的I0.5组成检知锁, 即卸料位托盘有料时I0.5=1, 且I0.4=

0, 无料时I0.5=0, 且I0.4=1。对于S7-300PLC梯形图的修改, 需借助外设PC上的标准工具Step7与CP5512、MPI电缆实现。改进后的FML-2运行数月, 再也没有发生“机器人卸料时工件叠加”故障。

6. 结语

作为一名优秀的维修人员, 应养成良好的维修习惯, 即严格按照“四步到位法”进行维修, 督促和指导操作者正确保养自动线, 带领年轻维修人员合理运用诊断分析方法, 快速排除自动线

程序段4: 联机方式下, 环线托盘行至C50上料位且RT卸料位无料时, 环线向RT发送上料请求Q0.2。



程序段6: 联机方式下, 环线托盘行至C50上料位且RT卸料位无料时, 环线向RT发送上料请求Q0.2。



图7 环形上料线工件叠加故障的梯形图 (S7-300PLC)

偶发性故障, 并在保持自动线传输稳定性和加工精确性的前提下, 迅速恢复自动线的运转, 同时细致总结维修心得, 促使维修水平实现飞跃, 做到理论与实践的有机结合。

参考文献:

- [1] 刘胜勇. 现代自动化生产线亟待百花争妍[J]. 金属加工 (冷加工), 2015, 739 (14): 21-27.
- [2] 刘胜勇, 等. 推行数控机床模块

化维修根除企业生产环节之瓶颈[J]. 制造技术与机床, 2015, 632 (2): 144-149.

- [3] 刘胜勇. 电信号演绎法快除机床短路故障 (下) [J]. 金属加工 (冷加工), 2015, 746 (21): 73-76.

- [4] 刘胜勇. 曼商用车锥齿轮自动线的优化及改进[J]. 汽车工艺与材料, 2015, 314 (2): 68-72.

MW (收稿日期: 20160421)