

# FANUC机器人进水绝缘故障维修标准化技术研究

樊佳云 付琳琳

一拖(洛阳)柴油机有限公司 河南 洛阳 471004

**摘要:** 本文通过故障现象摸排、分层绝缘检测、进水根源溯源,完成机器人重载连接器、电机密封结构拆解修复与结构优化改造;解决机器人频发SRVO-018制动器异常、SRVO-156 IPM伺服模块故障停机问题;同步梳理FANUC机器人AOA/ASC/IMG三类标准备份恢复流程,形成一套可复制、可追溯的伺服线路进水绝缘故障标准化维修作业模板。经现场验证,整改后设备连续稳定运行8小时无重复报警,彻底消除短路停机隐患;同时建立季度预防性检查机制,大幅缩短同类故障维修周期,可为车间同类型湿式加工机器人故障处置提供标准化技术参考。

**关键词:** FANUC机器人; 伺服报警; 绝缘故障; 标准化维修; 设备预防性保养

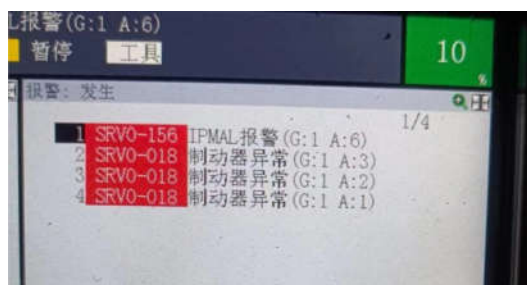
## 引言

工业机器人在现代制造业中起到了至关重要的作用。它们不仅提高了生产效率,还提高了生产流程的可控性和精度。然而,随着这些复杂设备在工业中的广泛应用,相关的故障和维护问题也日益凸显。公司缸盖去毛刺机器人作为发动机缸盖产线核心自动化设备,承担缸盖机加工后毛刺自动化清理工序,设备长期处于喷淋清洗液工况,环境潮湿多水汽,电机、接线盒密封结构易出现磨损渗水。车间自动化机器人保有量逐年增加,湿式工况下线路进水短路类故障频发,原有维修无统一流程,故障处置主要依赖维修人员个人经验。

## 1 设备故障概况

### 1.1 故障现状

公司缸盖去毛刺机器人是发动机缸盖产线的核心设备,负责缸盖加工后毛刺的自动化清理。设备长期处于喷淋清洗液工况,环境潮湿多水汽,电机、接线盒密封结构易出现磨损渗水。设备持续弹出两类伺服故障报警:(1)SRVO-018:1~6轴制动器异常,制动器供电回路、抱闸反馈线路绝缘不良短路触发;(2)SRVO-156:伺服驱动器IPM功率模块故障,线路对地过流、绝缘击穿引发硬件保护停机。



故障发生后机器人整机锁死无法运行,单次故障维修周期长达7天,长时间中断产线节拍,造成大量产能

损失。车间缺乏标准化故障排查、修复、预防流程,亟需梳理成套维修规范,降低故障处置时长、减少停机损耗<sup>[1]</sup>。

## 1.2 研究目标

(1)精准定位机器人进水短路故障点,完成连接器、电机密封结构修复与防水优化改造,彻底根除故障根源;(2)形成发那科机器人整机数据标准备份、恢复作业流程,规避维修过程程序、参数丢失风险;(3)输出《机器人进水绝缘故障标准化维修作业指导书》,实现故障分层排查、分步修复、长效预防全流程标准化;(4)建立季度预防性点检项目,提前排查密封、线路隐患,从源头减少突发停机故障。

## 2 故障分层排查与根源分析

### 2.1 外围工况初步排查

(1)现场观察机器人运行空间,无工件撞击、机械卡滞、过载负载,排除机械冲击类故障诱因;(2)断电拆解机器人控制柜,伺服驱动器、主控电路板无烧蚀、鼓包、焦糊痕迹;逐路核查1~6轴抱闸控制回路保险、空开,无断路损坏。

### 2.2 线路绝缘故障精准定位

拆解机器人本体进线接线盒,盒内存大量机床清洗液,初步判定水汽侵入重载连接器造成线路绝缘失效。采用500V兆欧表开展分段绝缘测试:(1)机器人本体侧Han 42D重载连接器:1/2/3轴抱闸公用12号公共线,控制引脚11、23、33对地绝缘电阻 $<0.1\text{M}\Omega$ ,近似短路;4/5/6轴抱闸控制引脚44、45、46对地绝缘阻值仅 $0.1\text{M}\Omega$ ,绝缘性能严重失效;(2)控制柜侧断开进线插头复测线束,线路对地绝缘值恢复至 $20\text{M}\Omega$ ,判定故障核心点位为机器人本体Han 42D重载连接器长期浸泡清洗液,端子锈蚀、绝缘层受潮击穿<sup>[2]</sup>。



2.3 设备进水源头溯源排查

逐层拆解机器人外部管线、电机室盖板，锁定三处渗水隐患点：（1）机器人外置闲置Han 15D-F航空插头密封胶圈老化，密封失效，喷淋水汽沿插头缝隙渗入机身；（2）电机室盖板边角长期与水管持续摩擦，金属盖板磨损破损，形成渗水通道，清洗液直接流入电机腔体、接线盒；（3）设备喷淋水路为独立外置管线，无内部管路破损渗漏，排除水路本体漏水问题。

3 故障修复与结构优化实施工艺

3.1 重载连接器绝缘恢复处理

（1）完全拆解Han 42D连接器端子、壳体，整体浸入无水酒精，配合脱脂棉、纱布清除端子锈蚀、水渍杂质；（2）热风枪恒温持续烘干连接器1小时，烘干完成后兆欧表复测，线路对地绝缘恢复至100MΩ，满足设备电气绝缘标准；（3）同步拆解2、3轴电机防护腔体，吸水布彻底清理内部积水，热风枪烘干电机插头，工业风机持续对电机腔体吹风干燥30分钟。

3.2 密封结构加固改造

（1）采用铲胶刀清理电机盖板、防护罩原有老化密封胶，清理干净后重新均匀打胶，保证密封面平整无间

隙，提升防水密封性；（2）对磨损渗水的电机盖板进行不锈钢补焊加固，加装规格10cm×6cm不锈钢直角板覆盖磨损区域，隔绝摩擦破损；（3）水管固定点位加装5cm隔离垫块，将管线与电机盖板完全分离，消除长期摩擦损耗；水管加装耐磨滚动护套，变滑动摩擦为滚动摩擦，延长管线、盖板使用寿命<sup>[3]</sup>。

3.3 外部闲置插头防水升级

更换Han 15D-F闲置航空插头老化密封垫圈，插头壳体接缝重新打密封胶封闭，阻断水汽从外接插头渗入机身内部。

4 发那科机器人标准化数据备份与恢复体系

维修作业前必须完成整机数据备份，避免维修、改造过程中程序、参数丢失，形成三类标准化备份流程：

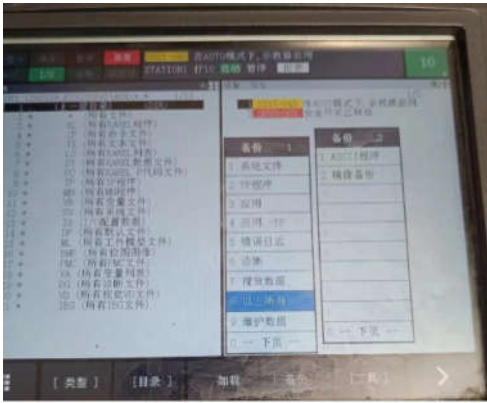
4.1 AOA整机全量备份（整机参数、程序、系统配置）

（1）示教器切换手动模式，点击MENU→1【实用工具】→2【声明】，输入登录密码（默认123）；（2）MENU→7【文件】，按下F5【工具】→1【切换设备】，选择TP手持USB（UT1）；（3）F5【工具】→4【创建目录】，大写命名规则：日期+设备序列号（示例：260128-E23230592）；（4）进入新建目录，F4【备份】→8【以上所有】，确认等待整机备份完成<sup>[4]</sup>。备份过程中示教器屏幕会显示进度条，切勿中途拔除USB存储或切换模式；备份完成后建议通过文件列表核对生成文件数量（通常包含SYSPARAM.SV、FRAME.SV、IO.SV、PMAC.SV等后缀文件及全部LS程序），确认文件大小与设备配置规模匹配，避免因USB存储空间不足导致文件写入不完整。



4.2 ASC程序文本备份（可单独编辑加工程序）

新建ASCII子目录，F4【备份】，方向键选择1【ASCII程序】，F3【所有】完成程序备份，文件格式为LS，支持离线编辑修改。该备份方式不包含系统参数，



因此适用于程序标准化管理场景，例如将产线同型号机器人加工程序统一版本、批量导入新设备时，可结合文本对比工具快速识别程序差异。需注意，LS文件在离线编辑时须严格遵循FANUC KAREL语言语法规则，修改后

必须通过示教器校验无误方可加载, 避免因格式错误导致程序无法编译。

4.3 IMG系统镜像备份(整机系统镜像, 故障整机一键恢复)

新建 IMG 子目录, F4【备份】, 方向键选择2【镜像备份】, 确认后等待镜像生成, 系统提示重启即完成整机镜像备份。该操作耗时较长(通常15~30分钟), 且USB存储设备需具备足够的读写速度与剩余容量(建议 $\geq 8\text{GB}$ 并格式化为FAT32)。镜像备份文件为压缩的二进制映像, 恢复时可绕过操作系统层直接写入控制柜硬盘, 特别适用于因软件异常导致系统无法启动的紧急抢修场景。建议每季度或重大参数调整后重新生成镜像, 确保备份数据与设备当前状态一致。

#### 4.4 备份恢复操作规范

示教器文件界面选中USB存储的备份文件, 按下F3【加载】, 选择对应备份包, 即可完成机器人参数、程序、系统镜像完整恢复。恢复操作前务必确认机器人型号、伺服软件版本与备份文件来源一致, 跨型号恢复可能造成轴软限位异常或负载惯量参数失配; 恢复过程中示教器严禁断电或切换模式, 否则可能损坏控制柜存储器。针对ASC程序加载, 若目标设备已有同名程序, 系统会提示覆盖, 须提前做好旧程序归档; 对于IMG镜像恢复, 则建议在控制柜断电状态下更换硬盘后再执行, 避免原硬盘坏道影响写入成功率。备份完成后应在设备履历表中登记备份日期、操作人员及文件校验码, 形成可追溯的备份台账<sup>[5]</sup>。

### 5 实施效果与创效价值分析

#### 5.1 技术管理价值

(1) 形成标准化故障分层排查流程: 依托SRVO系列伺服报警代码精准定位线路、机械、密封故障点, 消除维修经验依赖, 大幅缩短故障判断时间; (2) 输出《湿式机器人进水绝缘故障标准化维修作业模板》, 覆盖故障诊断、拆解修复、结构改造、数据备份全流程, 操作有规可依, 适配车间精益生产管理体系; (3) 新增季度预防性保养专项: 将机器人连接器密封性、电机盖板磨损、管线防水状态纳入季度点检清单, 提前排查渗水隐患, 杜绝突发停机故障。加强对 FANUC 机器人的日常维护和保养, 能有效降低 FANUC 机器人故障的发生概率。根据 FANUC 机器人的用途以及运行环境, 制订完善的维护保养计划。定期更换机器人本体上的电池, 避免因为电池电压不够而导致数据的缺失或者机器人停机。根据机器人性能不同, 定期更换不同部位的润滑油, 保证润滑油的品质, 避免因缺油而增加磨损或者其他故障的发生。

#### 5.2 生产运行价值

故障修复优化后, 设备连续稳定运行超8小时无重复伺服报警, 缸盖去毛刺工序产能100%恢复, 彻底解决线路进水短路导致的产线停机问题。经生产统计, 整改前单次故障平均停机时长约7天(含故障判断、备件采购、拆装维修及调试验证), 整改后同类故障的维修处置周期压缩至1.5个工作日内, 单次停机时长缩短约78%。以缸盖产线日均产能200件计算, 单次故障可避免约1400件缸盖的产能损失, 按单件加工利润核算, 单次停机挽回经济损失约12万元。同时, 由于精准定位了进水根源并完成密封改造, 维修过程无需更换伺服驱动器、重载连接器等高价备件, 单次故障备件成本下降约2.3万元。

长期长效收益: 标准化点检机制降低故障发生率, 减少后续产线停线损耗, 降低设备运维人力、备件成本。季度预防性点检实施后, 预计可将该设备全年突发停机次数由年均6次降至1次以内, 全年综合节约停机损失及维修成本约60万元。此外, 标准化维修模板的推广使得维修人员培训周期由原有的3个月缩短至1个月, 新员工参照指导书即可独立完成故障排查与恢复, 显著降低了技术依赖性和人工工时消耗, 为车间设备全生命周期管理提供了可量化的经济依据。

#### 结束语

本次针对缸盖机器人伺服绝缘故障开展系统性维修与结构优化, 通过分段绝缘检测精准定位进水故障点, 完成连接器干燥修复、电机密封结构加固改造, 同步建立机器人标准化数据备份体系, 形成完整可复制的湿式机器人防水维修标准化流程。该维修方案可同步推广至车间其余同工况喷淋加工机器人, 统一故障排查、修复、预防性保养标准, 降低设备运维难度, 稳定自动化生产线运行节拍, 为机加车间自动化设备提质增效提供可靠技术支撑。后续将持续完善设备季度点检规范, 常态化落实密封、线路隐患排查, 从源头规避同类进水短路故障。

#### 参考文献

- [1]刘浩,陈俊峰.FANUC工业机器人伺服电机进水绝缘故障机理与维修技术[J].机械设计与制造,2024(08):289-292.
- [2]赵阳,李明凯.工业机器人电气系统受潮进水故障标准化检修工艺研究[J].制造业自动化,2023,45(11):156-159.
- [3]王振东,张磊.潮湿工况下FANUC机器人绝缘劣化检测与预防性维修策略[J].机床与液压,2025,53(06):132-136.
- [4]周凯,吴杰.工业机器人进水故障精准排查与规范化修复技术[J].电工技术,2024(12):189-192.
- [5]陈晓峰.工业机器人伺服系统绝缘故障成因及标准化运维体系构建[J].机械工程与自动化,2023(04):190-192.