

F-E-04-01：24V 电源故障或电压不稳

典型现象

- PLC 或传感器供电电压低于 22V 或波动超过 $\pm 5\%$ 。
- 电控柜内设备间歇性重启、误动作。
- 电源指示灯闪烁或不亮，发热严重，有异味。
- 测量输出端电压，空载正常，接负载后跌落。

可能原因

- 电源容量不足**：多个大电流设备（电磁阀、继电器）同时动作，瞬时过载。
- 电源老化或损坏**：电解电容容量下降、整流桥损坏，带载能力变差。
- 线路压降过大**：供电电缆过长、线径过细，或端子接触电阻大。
- 电网输入异常**：输入 AC 220V 电压过低 ($<190V$) 或谐波严重。

排查思路

- 测量空载与带载电压**：断开负载，测量 24V 输出（应为 $24V \pm 5\%$ ）。逐渐接回负载，观察电压变化。若跌落明显 ($>2V$)，可能是容量不足或电源老化。
- 计算总负载电流**：将所有使用 24V 的设备的额定电流相加，与电源标称电流对比。若超过 80%，需更换更大功率电源。
- 检查线路压降**：在电源端和设备端分别测量电压。若设备端低 1V 以上，检查线径、线长（建议 $\leq 20m$ ， $2.5mm^2$ ），或加粗电缆。
- 测试输入电压**：测量电源的 L、N 端子上的 AC 电压，应在 $220V \pm 10\%$ 内。若偏低，检查上级空开和变压器。
- 用备用电源替换**：接入相同规格的备用电源，故障消失则原电源损坏。

保养提示

- 每季度测量并记录 24V 输出电压，与初始值比较趋势。
- 为电源配置输入浪涌保护器和输出保险，预留 30% 容量余量。
- 在高温灰尘环境，选用工业级宽温电源（如 $-20\sim 70^{\circ}C$ ）。

F-E-04-02：电控柜跳闸或漏电保护动作

典型现象

- 合闸后立即跳闸，或运行一段时间后跳闸。
- 漏电保护器（RCD）按下复位按钮后重复跳闸。
- 跳闸时伴有一点火花或烧焦味。
- 部分回路跳闸，其他回路正常。

可能原因

- 短路故障**：相线之间或相线与零线直接短路。
- 过载**：回路总电流超过断路器额定电流（如 20A 断路器长时间通过 25A）。
- 漏电**：绝缘破损导致至设备外壳带电，漏电流超过 RCD 阈值（如 30mA）。
- 断路器老化或损坏**：机械机构卡滞、热双金属片失效。

排查思路

- 判断跳闸类型**：
 - 瞬时跳闸（合闸即跳）→ 短路。
 - 延时跳闸（运行一段时间）→ 过载或漏电。
 - 漏电保护器跳闸 → 漏电。
- 查找短路/过载点**：断开所有负载，合闸成功则逐个接入设备，观察接入哪个时跳闸。
- 测量绝缘电阻**：使用 500V 兆欧表断开电源后测量相间、相地之间的绝缘电阻，应 $> 1M\Omega$ 。若 $< 0.5M\Omega$ ，查找绝缘薄弱点。
- 检查漏电**：断开所有分支，合上总漏电保护器。逐个恢复分支，观察哪个分支导致跳闸。再细查该分支上的设备，常见故障：电机线圈受潮、电缆破皮。
- 测量实际电流**：用钳形表卡住回路中单根相线，运行设备后读取电流，应小于断路器额定值的80%。若超标，减少负载或更换更大断路器。
- 测试断路器本身**：更换同规格备用断路器，若不跳闸则原断路器损坏。

保养提示

- 每月按一次漏电保护器的“试验”按钮，确认其能正常跳闸。
- 每半年用热成像仪扫描电控柜，发现异常发热点（ $> 70^{\circ}C$ ）及时紧固或更换端子。
- 潮湿环境下使用密封电控柜并加装除湿器，防止绝缘下降。

F-E-04-03：接地不良导致干扰

典型现象

- 模拟量信号跳动、通讯偶发错误（如 Profinet 丢帧）。
- 变频器运行时干扰加剧，停机时正常。
- 触摸屏表面有静电麻手感。
- 示波器测量地线有几十毫伏高频噪声。

可能原因

- 接地电阻过大**：接地体锈蚀、土壤干燥，接地电阻 $> 4\Omega$ 。
- 多点接地形成地环路**：控制柜与设备之间屏蔽层两端接地，导致电流噪声。
- 与动力设备共用接地线**：变频器、大电机的地线直接接在控制柜的接地排上。
- 接地线断线或虚接**：接地端子松动、线缆被拉断。

排查思路

- 测量接地电阻**：使用接地电阻测试仪，应在 4Ω 以下（一般工业场所要求 $\leq 4\Omega$, 计算机房 $\leq 1\Omega$ ）。若超标，增加接地极或浇灌降阻剂。
- 检查单点接地**：确认信号屏蔽层仅在控制柜侧接地（单端），设备侧不接地。用万用表测量屏蔽层与机壳电阻，应为无穷大（设备侧悬空）。
- 分开接地汇流排**：将控制柜内的接地分为“工作地”（信号地）和“保护地”（机壳地），两者在一点连接。变频器地线应单独接入保护地。
- 测试干扰源**：临时断开变频器供电，观察干扰是否消失。若是，增加输入输出电抗器或加装 EMI 滤波器。
- 检查接地线连续性**：用万用表蜂鸣档测量电控柜接地排与设备机壳之间的电阻，应 $< 0.5\Omega$ 。

保养提示

- 每年雨季前检查接地系统，测量接地电阻。
- 所有接地线采用黄绿双色专用线，线径不小于动力线的一半。
- 使用质量好的接地铜排，并与基础钢筋可靠电气连接。