

# 电气仪表常见故障的诊断方法与维修技术研究

魏铁龙 姜新军 郭伟

河南金数智能科技有限公司 河南 安阳 455004

**摘要:** 在工业生产运行中,电气仪表作为关键监测与控制设备,其故障会直接影响生产精度、效率及安全,因此深入研究其故障诊断方法与维修技术具有重要现实意义。本文系统梳理电气仪表的分类与工作原理,分析典型故障类型及故障传播、耦合效应;构建涵盖传统方法、信号分析技术、智能诊断技术及多技术融合框架的诊断方法体系;从维修技术分类、工具创新、流程优化及预防性维护角度提出优化策略;同时识别维修安全风险,明确安全规范与应急处理预案。研究旨在为企业提供科学、高效的电气仪表故障诊断与维修方案,减少故障停机时间,降低维修成本,保障工业生产稳定安全运行。

**关键词:** 电气仪表;故障诊断;维修技术

引言:在工业生产领域,电气仪表作为监测与控制的核⼼设备,其稳定运行对生产精度、效率及安全意义重大。然而,受多种因素影响,电气仪表故障频发,给企业带来诸多困扰。因此,深入研究电气仪表常见故障的诊断方法与维修技术迫在眉睫。本文将系统梳理电气仪表故障类型,构建诊断方法体系,提出维修优化策略,并明确安全规范,为企业提⼾科学指导。

## 1 电气仪表常见故障类型与机理分析

### 1.1 电气仪表分类与工作原理

电气仪表按功能分为测量、控制、显示三大类。测量仪表如电压表等,借助传感器把被测物理量转成电信号,经信号调理电路放大、滤波,再由转换电路以指针偏转或数字显示呈现结果。控制仪表像PLC控制器,依据测量仪表反馈信号,按预设逻辑或算法输出控制指令,调节执行机构。显示仪表如数字显示屏,接收测量或控制信号直观呈现数据,便于工作人员监控。多数电气仪表遵循“信号采集-信号处理-信号输出/显示”流程,传感器、信号调理电路、核心芯片是关键部件。任一环节出问题都可能致仪表故障,如传感器老化致信号采集偏差,核心芯片损坏会使仪表无法工作。

### 1.2 典型故障类型

电气仪表典型故障按表现与发生部位划分。从表现看,常见显示异常、测量误差超标、无信号输出、控制失灵四类。显示异常有黑屏、数值跳动不稳、显示偏差大等情况;测量误差超标指测量结果超精度范围;无信号输出是仪表无法向后续设备传信号;控制失灵为仪表不能按预设逻辑发指令。从部位看,故障集中在传感器、电路系统、核心部件。传感器故障如热敏电阻损坏;电路系统故障有线路短路、接触不良等;核心部件

故障如PLC控制器CPU故障、液晶屏损坏。

### 1.3 故障传播与耦合效应

电气仪表故障传播有方向性与关联性,耦合效应会加剧影响范围。故障通常从初始部件向关联部件扩散,如传感器信号采集偏差,会致信号调理电路信号失真,核心芯片接收错误数据,引发显示或控制问题;电路系统电容漏电,会影响所在模块及其他关联仪表。故障耦合效应分内部与外部。内部耦合是仪表内部不同故障相互作用,如传感器故障与电路接触不良耦合,使排查难度大增,原本单一故障处理方式改变。外部耦合是仪表故障与外部环境、其他设备故障相互影响,如潮湿致仪表电路短路,引发相邻设备跳闸,电压波动又损坏仪表,形成恶性循环,扩大故障影响与损失<sup>[1]</sup>。

## 2 电气仪表故障诊断方法体系

### 2.1 传统诊断方法

传统诊断方法以人工经验为主,操作简便、成本低,适合简单故障和小型企业。主要有直观检查法、替换法、分段排查法。直观检查法靠“看、听、摸、闻”判断,看外观和线路,听异常声响,摸部件温度,闻烧焦味,能快速定位明显故障,如外壳破损、线路短路。替换法是用正常部件换疑似故障部件,观察是否恢复正常,像怀疑温度传感器故障时进行替换,但依赖备件。分段排查法按仪表工作流程,将系统分为信号采集、处理、输出三段,逐一检测,如依次检测传感器、信号调理电路、核心芯片输出,缩小故障范围,适用于电路系统故障排查。不过,它依赖维修人员经验,对复杂、隐性故障诊断效率低,易误判。

### 2.2 基于信号分析的诊断技术

该技术通过采集仪表运行中的电、振动等信号,用数

学方法分析特征来识别故障,适用于中复杂故障诊断。常用时域、频域、小波分析。时域分析提取信号均值、方差等时域特征判断故障,如电流信号均值突然增大可能是电路短路。频域分析将时域信号转频域,通过频谱图识别异常频率,对周期性故障识别效果好,如电机轴承磨损会出现额外频率峰值。小波分析兼具时、频域优势,能处理非平稳信号,捕捉信号突变点定位故障,如压力仪表信号尖峰经分析可判断为传感器瞬间过载。

### 2.3 智能诊断技术

智能诊断技术融合人工智能、大数据、物联网,实现故障自动识别、定位与预测,是发展方向。包括专家系统、人工神经网络、机器学习。专家系统将专家知识与经验转化为规则库,通过推理机模拟专家思维判断故障,可积累复用知识,但规则库更新难。人工神经网络模拟人体神经网络,用大量故障数据训练模型识别故障,对非线性故障诊断效果好<sup>[2]</sup>。机器学习通过算法从海量运行数据挖掘故障特征实现预测,如用决策树等算法分析运行参数预测故障,提前提醒维护。

### 2.4 多技术融合诊断框架

多技术融合诊断框架整合多种技术优势,构建“分层诊断、互补协同”体系,适用于复杂、多故障耦合场景。框架分四层,数据采集层通过传感器等采集运行数据和外观信息。初步诊断层用传统方法和简单信号分析技术,快速排查明显故障,筛选简单故障。深度诊断层针对复杂故障,融合频域、小波分析与智能诊断技术,如用频域分析提取异常频率,再用人工神经网络识别故障类型,结合专家系统验证,解决单一技术盲区。决策输出层根据深度诊断结果生成报告,明确故障点、原因及维修建议,并反馈数据更新智能诊断模型训练数据。

## 3 电气仪表维修技术与优化策略

### 3.1 维修技术分类与适用场景

电气仪表维修技术按深度与复杂度分基础、进阶、深度三类,适用场景不同。基础维修涵盖清洁、紧固、换简单部件,适用于轻微及易损件故障。如仪表表面脏污致显示模糊,用酒精擦拭即可;线路接头松动,重新紧固解决;换损坏保险丝、指示灯等。操作简单,普通技术人员可完成,成本低、耗时短。进阶维修涉及电路维修、传感器校准,针对电路及测量精度偏差故障。如修复短路线路、换漏电电容,用标准设备校准传感器精度。需专业工具与电路知识,有基础维修团队的企业适用,可解决多数非核心部件故障。深度维修针对核心部件与复杂系统故障,如修复PLC控制器芯片、维修变频器功率模块。需专业检测设备与高水平技能,由厂家或专

业机构实施,适用于高价值仪表核心故障,虽成本高,但可避免换整台仪表的更大支出。

### 3.2 维修工具与设备创新

维修工具与设备创新是提升电气仪表维修效率与质量的关键,聚焦智能化、便携化、精准化。检测工具上,智能检测仪器成主流。手持式多功能信号发生器可模拟多种信号,快速判断仪表信号接收与输出情况,操作简便,支持触屏与数据存储;智能万用表能自动切换量程、无线传输数据至手机APP,避免人工记录误差。维修操作工具方面,自动化工具效率大增。小型智能焊接机器人可精准焊接细小元件,精度达0.01mm,效率提升3倍;电动螺丝刀套装能调节扭矩,防止螺丝问题。辅助设备中,仿真测试平台可模拟不同工况下仪表运行状态,维修人员能在平台上测试维修后仪表性能,确保维修质量,避免二次故障<sup>[3]</sup>。

### 3.3 维修流程优化

电气仪表维修流程优化以“减少冗余、提升协同、实现闭环”为目标构建标准化流程,含故障报修、诊断、实施、检验、归档五个环节。故障报修采用数字化系统,生产人员通过手机APP报修,注明仪表信息,系统自动推送,减少信息误差,响应时间缩至10分钟内。故障诊断明确优先级,分紧急、一般、轻微三类,紧急优先;建立诊断知识库,提升诊断效率。维修实施制定标准化手册,明确步骤、工具规范与安全事项,设进度跟踪机制。质量检验采用“自检+抽检”模式,确保维修质量。数据归档将信息录入数据库,形成维修档案,为后续故障分析与预防性维护提供数据支持。

### 3.4 预防性维护策略

预防性维护策略可减少电气仪表突发故障、降低维修成本,核心是“提前预测、定期维护、按需保养”。建立基于设备状态的预测性维护机制,在关键部件装传感器,实时监测参数,结合大数据预测故障风险,提前安排更换。制定差异化定期维护计划,依仪表类型、使用频率、工况环境确定周期与内容,避免资源浪费。开展预防性保养,关注易老化、损耗部件,如清洁散热孔防过热,定期换电容、电池等。建立维护效果评估机制,定期分析故障发生率、平均无故障工作时间,调整维护计划。

## 4 电气仪表维修的风险管理与安全规范

### 4.1 维修安全风险识别

电气仪表维修存在多种安全风险,需从人员、设备、环境三方面全面识别。人员安全风险方面,触电风险源于维修时未断电或residual voltage未释放,如维修变

频器未断电或放电会致触电；机械伤害多因部件未固定好，如拆卸外壳时部件滑落砸手或误触运转部件；烫伤风险来自仪表高温部件，如维修刚停机的电机控制器功率模块易烫伤；化学伤害是因维修使用的清洁剂、助焊剂等化学物质接触皮肤或吸入气体引发不适。设备安全风险中，二次损坏指维修操作不当致新故障，如焊接温度过高烧元件；功能失效是维修后仪表未恢复功能甚至影响关联设备。环境安全风险主要是维修废弃物污染，如废旧电池、电容随意丢弃会污染土壤水源；焊锡烟雾未及时排出会污染室内空气。

#### 4.2 安全规范与操作要求

为规避维修安全风险，需制定严格的安全规范与操作要求，覆盖维修前、维修中、维修后全流程。维修前规范包括断电验电、环境准备、个人防护。断电验电要求维修前断开仪表电源，使用验电器检测确认无电，对有电容的仪表，需进行放电处理；环境准备需清理维修现场杂物，确保操作空间充足，通风良好，若维修涉及化学物质，需准备应急冲洗设备；个人防护要求维修人员穿戴绝缘手套、绝缘鞋、护目镜，接触化学物质时佩戴防毒口罩、防化手套。维修中操作要求包括按章操作、实时监控、禁止违规行为。按章操作需严格遵循维修操作手册，如拆卸仪表时按顺序拆卸螺丝，避免暴力拆解；焊接时使用符合安全标准的电烙铁，远离易燃物品；实时监控维修过程中仪表与人员状态，如发现异常气味、冒烟，立即停止操作；禁止违规行为包括维修时不得擅自离开岗位，不得用手直接接触带电部件，不得随意更改仪表线路或程序<sup>[4]</sup>。维修后安全要求包括设备测试、现场清理、安全交底，维修后先在无负载状态下测试仪表性能，确认无故障后再装机运行；清理维修现场的工具、零件、废弃物，将危险废弃物分类存放；向生产人员交底维修情况，明确仪表使用注意事项，避免因操作不当导致故障复发。

#### 4.3 应急处理预案

电气仪表维修应急处理预案需针对可能发生的突发安全事件，明确应急响应流程、责任分工、处置措施，确保快速、有效应对。预案首先明确应急组织架构，设立应急指挥组、现场处置组、医疗救援组，指挥组负责统筹应急工作，现场处置组由维修人员组成，负责现场

应急处置，医疗救援组负责人员受伤后的初步救治。针对不同突发事件，制定专项处置措施：触电事故处置，立即切断电源或用绝缘工具使伤者脱离电源，检查伤者意识与呼吸，若无意识无呼吸，立即进行心肺复苏，同时拨打120，严禁直接用手拉扯伤者；机械伤害处置，若为轻微划伤，用碘伏消毒、包扎，若伤口较深或骨折，立即用干净纱布压迫止血、用夹板固定受伤部位，避免随意移动，随后送医治疗；化学伤害处置，若清洁剂、助焊剂接触皮肤，立即用大量清水冲洗至少15分钟，若吸入有害气体，迅速将伤者转移至通风处，保持呼吸道通畅，严重时及时就医；设备故障应急处置，若维修中突发仪表短路起火，立即使用干粉灭火器灭火，严禁用水灭火，同时切断周边设备电源，防止火势蔓延；环境风险处置，若维修废弃物泄漏污染地面，用专用吸附材料清理，避免污染物扩散。另外，预案需明确应急物资储备要求，如配备绝缘手套、急救箱、灭火器、吸附棉等物资，并定期组织应急演练，确保维修人员熟练掌握应急处置流程，提升突发事件应对能力。

#### 结束语

电气仪表在工业生产里作用关键，其故障诊断与维修至关重要。本文系统研究故障类型、诊断方法、维修技术及风险管理，为企业提供全面方案。但工业环境复杂多变，电气仪表技术也在持续更新。未来，需不断探索新技术、新方法，完善诊断与维修体系，加强人员培训，以更好地应对各种故障挑战，确保工业生产始终在安全、稳定、高效的轨道上运行，为工业发展提供坚实保障。

#### 参考文献

- [1]王宁.电气自动化仪表的管理与维护途径分析[J].中国设备工程, 2021(16): 35-36.
- [2]杨建中.基于大型电气工程设备故障自动诊断系统设计探讨[J].电子元器件与信息技术, 2020, 4(1):150-151+160.
- [3]王亚利,杨彦辉.电气自动化仪表常见故障及解决措施研究[J].房地产导刊,2020(14):195.
- [4]张松.电气自动化矿用仪器仪表的选型安装及故障分析[J].世界有色金属, 2021(17):177-178.