

电气仪表维修成本控制与效率提升研究

魏铁龙 郭伟 姜新军

河南金数智能科技股份有限公司 河南 安阳 455004

摘要: 本文聚焦电气仪表维修成本控制与效率提升展开研究,剖析了维修成本构成,涵盖直接与间接成本,识别设备、人员、管理等因素对成本的驱动,阐述成本与效率的耦合关系。接着分析效率影响因素,构建评价指标体系,指出制约因素与典型效率损失场景。随后提出成本控制策略,包括全生命周期成本管理、备件库存优化等。最后从智能诊断技术应用、维修流程再造等方面提出效率提升技术路径。旨在为电气仪表维修提供成本与效率协同优化的参考。

关键词: 电气仪表; 维修成本; 维修效率; 预防性维护

1 电气仪表维修成本构成与影响因素分析

1.1 维修成本分类与核算

电气仪表维修成本是包含直接与间接成本的复合体系。直接成本有人工、备件和工具耗材成本。人工成本涵盖维修人员薪酬、津贴及加班费,高精度仪表维修因需专业人员,此成本占比更高;备件成本含新备件采购与旧备件修复费用,部分进口仪表备件价高且采购周期长,推高成本;工具耗材成本包括检测仪器折旧、专用工具损耗及清洁剂等耗材费用。间接成本主要是停机损失,如仪表故障致生产中断产生的产量损失、订单延误违约金和设备闲置成本等。核算采用“分项归集+动态跟踪”模式,建立成本台账,按维修项目、设备类型记录支出,结合生产日志核算间接损失,保证数据完整准确,为成本分析与控制提供依据。

1.2 成本驱动因素识别

电气仪表维修成本波动受设备、人员、管理三大维度因素驱动。设备方面,老化程度是关键,超设计寿命的仪表部件磨损加剧,故障和维修次数增多,备件更换量上升,推高成本;技术复杂度也影响成本,智能化、集成化仪表故障诊断难,需专用备件和技术,维修成本高于传统仪表。人员维度,维修人员技能水平影响成本,技能不足会使故障诊断时间延长、维修质量下降,增加人工和额外成本;人员流动性大增加培训成本,新员工操作不熟练降低维修效率。管理维度,维修计划不合理会造成“过度维修”或“维修不足”,浪费资源或增加风险;库存管理不善,备件库存过多占用资金、增加仓储成本,库存不足延长停机时间、增加损失^[1]。

1.3 成本与效率的耦合关系

电气仪表维修成本与效率相互影响、相互制约,有“正向促进”与“反向制约”两种态势。正向促进上,

合理提升维修效率可降低成本,如优化流程、采用智能诊断技术,缩短诊断和维修时间,减少人工成本和停机损失,形成良性循环;效率提升保障维修质量,降低故障复发率,避免重复维修成本。反向制约方面,盲目控制成本会导致效率下降,如减少关键备件库存会使维修等待备件时间延长;压缩人工成本会致人员技能不足,降低维修效率,增加处理时间和间接损失。此外,过度追求效率可能推高成本,如用高价临时备件或增加加班费。因此,要在成本与效率间找平衡,实现协同优化。

2 电气仪表维修效率影响因素与瓶颈分析

2.1 效率评价指标体系

构建科学的电气仪表维修效率评价指标体系,对衡量维修成效、发现效率短板至关重要。该体系涵盖时间、质量、资源三大维度,多指标协同评价。时间维度上,“平均修复时间(MTTR)”和“设备可用率”是核心指标。MTTR反映从故障报修到恢复运行的平均时长,体现维修响应与处理速度;设备可用率是正常运行时间与总时间的比值,反映维修对设备运行的保障能力。质量维度,“故障复发率”和“维修合格率”是主要指标。前者指维修后同一故障短期内再次出现的概率,后者指维修后仪表性能达标的比例,二者反映维修质量,质量差会导致重复维修,影响整体效率。资源维度,“人均维修设备数量”和“备件利用率”是关键指标,分别体现人员工作效率和备件资源使用程度,资源利用不充分会造成效率浪费。定期监测分析这些指标,可全面掌握维修效率现状,为优化提供方向。

2.2 效率制约因素

电气仪表维修效率提升受技术、资源、管理多重因素制约。技术方面,故障诊断技术落后是核心问题。传统人工经验诊断对复杂智能仪表隐性故障难以快速定

位,且部分企业未建立完善故障数据库,维修人员需重复探索,降低诊断效率。资源方面,备件供应与工具配置是主要瓶颈。备件供应“响应滞后”,特殊型号或进口备件采购周期长,维修人员需等待备件;维修工具更新不及时,缺乏智能检测仪器等先进工具,导致维修操作耗时费力。管理方面,流程繁琐与信息不畅通突出。维修流程环节多,部分审批冗余,延长响应时间;设备档案、维修记录等信息分散,未数字化共享,维修人员查找历史数据耗时,影响维修决策效率。

2.3 典型效率损失场景

电气仪表维修实践中,存在多种导致效率损失的典型场景。场景一:复杂故障诊断延误。当仪表出现多部件联动或隐性故障时,维修人员缺乏智能诊断工具,只能逐一拆解检测排查故障点。如某化工企业压力变送器故障,维修人员花费8小时才定位问题,导致生产线停机8小时,造成巨大产量损失。场景二:备件等待延误。部分企业未建立科学备件库存模型,对易损件库存预估不足。如某汽车零部件厂温度仪表热敏元件损坏,仓库无备货,采购周期5天,导致生产线停机5天。场景三:维修后调试耗时。部分维修人员技能不达标,对调试流程不熟悉。如某电力企业电流仪表维修后,调试反复3次才达标,耗时3小时,造成效率浪费。场景四:跨部门协作不畅。维修需多部门配合,但部分企业部门间沟通机制不完善,导致维修计划搁置,延长故障处理时间^[2]。

3 电气仪表维修成本控制策略

3.1 全生命周期成本(LCC)管理

全生命周期成本(LCC)管理聚焦电气仪表从采购至报废的全流程,旨在统筹各阶段成本以实现整体最优。采购环节,摒弃单纯“低价优先”思维,需综合考量购置、运行及维修成本。例如两款液位仪表,虽一款购置成本低,但年维修成本高;另一款购置成本高,却维修频率低、使用寿命长。经LCC测算,若后者全生命周期成本更低,则应优先选择。运行阶段,要制定科学的维护计划,依据使用环境与工况定期清洁、校准,防止故障发生;同时实时监测运行状态,记录能耗、维修次数等数据,为成本分析提供依据。报废阶段,需评估残值回收与环保处理成本,对可利用部件进行拆解回收,确保环保处理符合规定。通过实施LCC管理,可打破各阶段成本割裂局面,使电气仪表年均总成本有效降低,实现全生命周期成本的可控与优化。

3.2 备件库存优化

备件库存优化旨在平衡保障维修需求与降低库存成本,通过科学策略减少资金占用和仓储成本。首先,建

立备件分类模型,依据重要性、采购周期、消耗频率将备件分为关键、常用与偶用三类。关键备件采购周期长且对生产影响大,需保持安全库存;常用备件消耗频率高,可采用“定量订货法”;偶用备件使用频率低,采取“零库存”策略,与供应商签订应急供货协议。其次,引入信息化库存管理系统,实时跟踪库存情况,利用大数据分析预测消耗趋势,避免库存过量或缺;还可建立企业间备件共享机制,在紧急情况下相互借用^[3]。此外,优化采购策略,通过集中采购、与供应商建立长期合作关系降低成本,对部分备件实施“修复再利用”,进一步节约成本。

3.3 维修模式选择

电气仪表维修模式应根据仪表重要性、故障特征与成本效益,从“事后维修”“预防性维护”“预测性维护”中合理选择。对于非关键仪表,若故障对生产影响较小且维修成本低,可采用事后维修模式,避免过度维护造成成本浪费。关键且故障具有规律性的仪表,适合采用预防性维护模式,依据使用年限、运行周期制定定期维护计划,提前排查潜在故障,降低故障发生率。而高价值、故障随机性强的仪表,则应采用预测性维护模式,通过物联网传感器实时监测运行参数,结合大数据分析预测故障风险,提前采取措施。不同维修模式针对不同类型仪表,能在保障生产的同时,有效控制维修成本,提高维修效率。

3.4 外包与自修平衡

外包与自修平衡需结合企业维修能力、成本以及仪表重要性制定差异化策略。对于企业维修能力不足的复杂项目,如进口智能仪表核心部件维修,可采用外包模式,选择资质过硬的服务商,确保维修质量,减少设备闲置和人员培训成本。技术难度低、维修频率高的常规项目,如仪表接线端子更换、简单校准,适合采用自修模式,培训内部人员完成维修,避免沟通与等待成本,提升内部技能水平。介于两者之间的项目,如仪表主板维修,可采用“自修+外包”混合模式,充分利用内部资源,保障维修需求。同时,建立外包服务商评价体系,优化选择。通过合理平衡外包与自修,可有效降低年均维修成本,缩短维修响应时间。

4 电气仪表维修效率提升技术路径

4.1 智能诊断技术应用

智能诊断技术融合物联网、大数据、人工智能等技术,实现电气仪表故障“快速定位、精准诊断、提前预警”,提升维修效率。数据采集上,在仪表关键部位安装传感器,实时采集运行参数,经5G或工业以太网传至

云端数据库,避免人工巡检滞后。故障诊断时,利用AI算法分析采集数据,建立故障诊断模型,将实时数据与历史数据对比,快速识别故障类型与点,如基于深度学习的模型,可精准识别温度仪表多种故障,诊断准确率高,时间大幅缩短。预警方面,通过大数据分析预测故障风险,根据参数变化趋势,提前推送预警信息给维修人员,使维修从“被动响应”转“主动预防”。此外,部分企业引入远程诊断技术,通过云端平台对异地仪表故障诊断,适用于偏远或高危环境维修,进一步提升效率。

4.2 维修流程再造

维修流程再造以“精简环节、提升协同、数字化赋能”为核心,优化流程设计,减少时间浪费。精简审批环节,建立“分级审批”机制,紧急故障采用“绿色通道”,维修人员先维修后补手续,非紧急故障简化审批层级,避免多层级流转延误。建立“跨部门协同机制”,明确生产、仓储、维修部门职责与配合流程,生产部门发现故障立即提交报修申请并做好停机准备,仓储部门快速完成备件出库,维修部门及时抵达现场,避免沟通不畅致效率损失。引入数字化维修管理平台,实现维修流程“全线上化”,维修人员通过手机APP操作,管理人员实时监控与统计。建立“维修流程优化反馈机制”,定期收集意见,持续改进流程痛点,确保高效^[4]。

4.3 维修工具创新

维修工具创新是推动电气仪表维修迈向高效、精准的关键力量。当下,引入先进智能化、自动化工具来替代传统手动工具已成为必然趋势,这不仅极大地降低了维修人员的劳动强度,更在效率与精度上实现了质的飞跃。在故障检测工具领域,便携式智能检测仪器正发挥着重要作用。像手持式多功能仪表检测仪,它具备同时检测多种参数的能力,能够自动生成详细且准确的检测报告,大大缩短了检测时间,还避免了人工读数可能产生的误差。而红外热成像仪更是故障检测的“利器”,它能快速检测出温度异常情况,精准定位故障点,让维修人员少走弯路,减少不必要的维修步骤;维修操作工具方面,自动化维修设备展现出强大优势。小型机器人维修臂可灵活深入狭窄空间,完成部件的拆装工作,其效率远超人工操作,且能有效避免人为失误。激光焊接设备用于电路板维修时,焊接精度极高、速度极快,显著降低了因焊接问题导致的故障率;远程维修工具也带

来了全新的维修模式。借助远程控制与可视化工具,如AR技术,维修人员能实时接收远程专家的精准指导。远程控制平台则可对联网的智能仪表进行远程调试与修复,尤其适用于危险环境的维修工作,为维修人员提供了安全保障。

4.4 人员技能提升

人员技能是电气仪表维修效率核心因素,需通过“系统化培训、实战化演练、常态化激励”提升专业能力。系统化培训上,构建分层分类培训体系,新入职人员开展基础培训,涵盖仪表原理等内容;资深维修人员开展进阶培训,聚焦智能仪表诊断技术等前沿内容。培训采用“理论+实操”结合模式,模拟故障场景让人员实操。实战化演练方面,定期开展故障应急演练,模拟复杂故障场景,要求维修人员限时完成诊断与修复,演练后复盘分析问题。建立“师徒结对”机制,由技术骨干带教新员工,加速成长。常态化激励方面,建立技能评价与奖励机制,定期考核人员技能水平,考核结果与薪酬、晋升挂钩;举办技能竞赛,激发人员提升技能的积极性。

结束语

电气仪表维修的成本控制与效率提升是一个复杂且系统的工程,涉及成本构成分析、效率影响因素挖掘以及多种策略和路径的实施。通过全生命周期成本管理、备件库存优化、合理选择维修模式与平衡外包自修等策略,能有效控制维修成本。而智能诊断技术应用、维修流程再造、维修工具创新和人员技能提升等路径,可显著提高维修效率。企业需结合自身实际情况,综合运用这些方法,实现电气仪表维修成本与效率的最优平衡,保障生产的稳定运行。

参考文献

- [1]乔一.电气仪表自动化设备故障与维修技术探究[J].通信电源技术,2023,40(10):220-222.
- [2]金杰孝.试析电气自动化仪表的管理与维护策略[J].石化技术,2024,31(12):284-286.
- [3]强辉.化工装置中电气仪表的管理与检修研究[J].当代化工研究,2023(4):154-156.
- [4]闫彬.电气仪表安装及施工过程中的问题探讨[J].全面腐蚀控制,2020,34(8):115-117.