

电气仪表计量检定过程中的风险识别与防控

郭伟 姜新军 魏铁龙

河南金数智能科技有限公司 河南 安阳 455004

摘要：电气仪表计量检定关乎仪表测量精度与工业生产数据可靠性，但易受人员、设备、环境等因素影响，产生风险，影响检定结果与作业安全。本文概述电气仪表分类、检定流程及关键环节，用专业方法识别出人员、设备、环境、管理四类核心风险；通过科学评估划分等级、构建模型量化影响；从技术、管理、人员维度提出防控举措，还配有应急预案与持续改进机制，为企业建立完善风险防控体系提供方案，保障检定质量与安全。

关键词：电气仪表；计量检定；风险识别；风险防控

引言：在工业生产领域，电气仪表计量检定是保障测量精度、确保数据可靠的关键环节，对生产流程的精准运行意义重大。检定过程受人员技能、设备状态、环境条件及管理措施等多因素影响，潜藏着各类风险，可能影响检定结果准确性，甚至危及作业安全。基于此，本文深入剖析电气仪表计量检定中的风险，构建评估模型，提出防控策略，为企业完善风险防控体系提供参考。

1 电气仪表计量检定过程概述

1.1 电气仪表的分类与特点

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，核心是采集电参数，精度要求高（0.1-1.0级），响应快，能实时捕捉参数变化。控制仪表如PLC控制器，接收测量信号输出控制指令，有逻辑运算与联动控制能力，稳定性影响生产流程。显示仪表如数字显示屏，将信号直观呈现，界面简洁、操作便捷，要保证显示数据与实际一致。结构上，现代电气仪表向集成化、智能化发展，部分内置传感器与通信模块，可自动传输数据，但增加了计量检定复杂度，需兼顾传统参数校准与智能功能验证。

1.2 计量检定的基本流程

电气仪表计量检定遵循“准备-检定-数据处理-结果判定-记录归档”流程。准备时明确检定依据（如JJG规程），准备标准设备，检查待检仪表状态，确保环境符合要求（如温度 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、湿度45%-65%）。检定阶段按规程测试，如电压表在不同量程和输入电压下测示值误差，记录数据。数据处理时计算示值误差等，判断是否符合精度要求。结果判定将仪表分合格、不合格、准用三类，不合格的出具整改建议。记录归档整理报告和数

1.3 检定过程中的关键环节

电气仪表计量检定关键环节有标准设备校准、检定

操作规范性、数据处理准确性、结果判定合理性，关乎检定质量。标准设备校准是基础，需定期送法定机构检定（如每年1次），确保量值溯源至国家基准，否则会导致检定结果偏差。检定操作规范性是核心，操作人员要严格按照规程操作，如电流表示值检定先断电再接线，否则影响数据准确性，还可能引发故障或事故。数据处理准确性要求用规范方法计算，复杂仪表可借助软件。结果判定合理性要严格依据规程，不随意调整标准，确保结果公平可靠。

2 电气仪表计量检定风险识别

2.1 风险识别方法与工具

电气仪表计量检定风险识别需结合多种方法与工具，确保风险无遗漏。常用方法包括故障树分析法（FTA）、头脑风暴法、现场观察法、历史数据分析法。故障树分析法通过构建“检定结果不合格”“安全事故”等顶事件，逐层分析导致顶事件的中间事件与基本事件，如“检定结果不合格”可分解为“标准设备失准”“操作错误”“环境干扰”等，清晰梳理风险因果关系。头脑风暴法组织检定人员、技术专家、管理人员开展讨论，结合实践经验列举潜在风险，如操作人员提出“接线错误导致设备损坏”，专家指出“电磁干扰影响数据精度”。现场观察法通过实地查看检定过程，记录操作不规范、设备异常、环境不符合要求等情况，如发现“检定台面上杂物堆积影响操作”“温湿度计未校准”。历史数据分析法统计过往检定工作中的故障记录、事故报告，总结高频风险，如从近3年数据中发现“标准设备超期未检定”“数据记录遗漏”等常见风险。工具方面，采用风险清单表记录识别的风险，明确风险名称、发生环节、影响后果；使用流程图标注风险点，直观呈现检定流程中的风险分布，为后续评估与防控提供基础。

2.2 主要风险类型

2.2.1 人员风险

人员风险主要因检定人员技能欠缺、操作不规范、责任意识差引发。技能不足体现在不熟悉新型智能仪表检定规程,如不会操作带通信功能的变送器检定软件,导致漏检或操作错误;复杂计算方法掌握不熟,影响数据处理。操作不规范有接线、参数设置错误,未等仪表稳定就测量,易损坏仪表或使数据失真。责任意识薄弱表现为数据记录不认真、未及时发现设备异常、检定后未整理设备,增加后续检定风险隐患^[2]。

2.2.2 设备风险

设备风险涵盖标准、待检及辅助设备异常。标准设备超期未检、精度衰减、故障损坏,会使检定结果失准致误判。待检仪表外观损坏、元件老化、通电无响应,直接检定可能引发事故或无法进行。辅助设备如温湿度计失准、电源稳压器故障、接线端子氧化,会间接影响检定稳定性与数据准确性。

2.2.3 环境风险

环境风险指检定环境不符要求对过程和结果的影响。温湿度异常,过高或过低会影响标准电阻阻值、仪表内部元件及机械结构仪表转动性能。电磁干扰来自附近设备,会干扰信号传输致显示跳数、输出失真。粉尘污染会使接线端子接触不良、加速元件老化。振动干扰影响指针式仪表指针稳定,导致无法准确读数。

2.2.4 管理风险

管理风险源于管理制度不完善与执行不到位。制度不完善表现为缺乏明确检定流程规范、未建风险防控预案、人员培训计划不合理,工作无章可循。执行不到位有检定计划未落实、质量监督缺失、档案管理混乱,难以及时发现管控风险。此外,资源配置不足,如标准设备少、缺专用防护设备,会降低检定效率,增加操作失误概率。

3 电气仪表计量检定风险评估

3.1 风险评估方法

电气仪表计量检定风险评估采用定性与定量相结合的方法,确保评估结果科学准确。定性评估法通过专家打分确定风险发生的可能性与影响程度,邀请计量检定专家、技术管理人员组成评估小组,根据风险识别结果,对每类风险的发生概率(如“很可能发生”“可能发生”“不太可能发生”)与影响后果(如“严重”“较严重”“轻微”)进行打分,结合经验判断风险等级。定量评估法通过数据计算量化风险值,常用方法包括风险矩阵法与故障模式影响分析法(FMEA)。风

险矩阵法构建“发生概率-影响程度”矩阵,将发生概率分为5个等级(1-5分,分数越高概率越大),影响程度分为5个等级(1-5分,分数越高后果越严重), $\text{风险值} = \text{发生概率得分} \times \text{影响程度得分}$,根据风险值大小划分风险等级。FMEA法则通过计算风险优先数(RPN)评估风险, $\text{RPN} = \text{发生概率}(O) \times \text{严重度}(S) \times \text{探测度}(D)$,其中探测度是指风险被发现的难易程度(分数越高越难发现),RPN值越高,风险越需要优先防控,该方法适用于复杂风险的量化评估。

3.2 风险等级划分

基于风险评估结果,将电气仪表计量检定风险划分为高、中、低三个等级,明确不同等级的管控优先级。高等级风险(RPN值 ≥ 80 或风险值 ≥ 15)是指发生概率高、影响后果严重且难以探测的风险,如“标准设备超期未检定导致检定结果全部失效”“接线错误引发触电事故”,这类风险需立即采取防控措施,制定专项整改计划,明确责任人与完成时限,每周跟踪整改进度,确保风险彻底消除。中等级风险(RPN值40-79或风险值8-14)如“温湿度轻微超标影响部分仪表精度”“人员操作不规范导致数据偏差”,需在1个月内制定防控措施,如加装温湿度调节设备、开展操作培训,定期(每两周)检查措施落实情况,降低风险至低等级。低等级风险(RPN值 < 40 或风险值 < 8)如“辅助设备轻微损坏但不影响检定”“环境粉尘少量堆积”,可通过日常维护(如定期清洁、设备检修)进行管控,每月排查一次风险变化情况,防止风险升级^[3]。同时,建立风险等级动态调整机制,根据防控效果与新出现的风险,及时更新风险等级,确保管控措施与风险等级匹配。

3.3 评估模型构建

电气仪表计量检定风险评估模型以“风险识别-指标量化-权重分配-综合评估”为逻辑,结合层次分析法(AHP)与模糊综合评价法构建。首先,确定评估指标体系,将人员、设备、环境、管理四类风险作为一级指标,每类风险下的具体风险点作为二级指标(如人员风险下的“技能不足”“操作不规范”)。其次,通过AHP确定指标权重,邀请专家对各级指标的重要性进行两两比较,构建判断矩阵,计算权重值,如设备风险(标准设备精度是核心)权重可能高于环境风险,确保重要风险得到重点关注。然后,采用模糊综合评价法对指标进行量化评分,建立模糊评价矩阵,将专家对各二级指标的“发生概率”“影响程度”评分转化为模糊向量。最后,通过权重矩阵与模糊评价矩阵相乘,得到综合风险评估结果,输出整体风险等级与各类风险的具体

得分,如评估结果显示“整体风险等级为中等,其中人员风险得分最高,需重点防控”。

4 电气仪表计量检定风险防控策略

4.1 技术防控措施

技术防控借助优化检定技术与设备配置,降低风险发生几率。对于标准设备风险,运用智能校准技术,给标准信号发生器加装自动校准模块,定期自动校准并记录,精度偏差时及时报警;采用冗余设计,为关键标准设备配备备用设备,如两台标准电阻,防止一台故障致检定中断。面对环境风险,安装智能环境监控系统,实时监测温湿度、电磁干扰强度、粉尘浓度,超标时自动启动调节设备并推送预警信息;在检定区域设隔离带,防止非检定设备靠近以减少电磁干扰。针对数据处理风险,开发专用检定数据处理软件,内置标准公式与不确定度评估模型,自动处理数据,避免人工计算出错;软件有数据校验功能,数据异常时自动提示,需人工确认;采用数字化检定记录系统,实现数据实时上传、不可篡改,保证记录真实可追溯。

4.2 管理防控措施

管理防控借完善制度与强化执行,构建全流程风险管控体系。制度建设上,制定《电气仪表计量检定规程》,清晰界定不同仪表的检定流程、操作规范与质量要求;建立《标准设备管理制度》,规范设备从采购到报废的全流程,设置检定周期提醒;出台《环境管理办法》,明确检定环境在温湿度、电磁干扰等方面的标准及日常监测维护要求。执行强化方面,成立质量监督小组,定期检查检定工作、抽查数据报告,对违规行为通报整改;实施检定计划管理,借助信息化系统制定年度、月度计划并跟踪进度,保障设备与仪表按时检定;加强档案管理,建立电子与纸质双重档案,完整留存各类记录,且保存期限合规。资源配置上,合理配备标准与辅助设备,投入资金升级检定环境,如加装屏蔽室等,为风险防控提供硬件支撑^[4]。

4.3 人员防控措施

人员防控旨在提升检定人员技能与责任意识,从源头降险。技能提升上,制定分层培训计划,新员工接受涵盖基础理论、操作规程和安全知识的岗前培训,考核合格才能上岗;老员工定期参加进阶培训,学习新型智

能仪表检定技术等内容,每年不少于40小时;还组织技术交流,邀请专家授课、开展内部分享,提升复杂问题处理能力。操作规范方面,编制《检定操作指导书》,细化操作流程;推行“双人检定”制度,关键项目两人配合,一人操作一人监督;安装监控设备,实时监督并纠正不规范行为。

4.4 应急预案与持续改进

应急预案与持续改进,可保障风险发生时快速应对,并优化防控体系。针对设备故障、触电事故、数据异常等常见风险场景,应急预案要制定处置流程,明确应急响应步骤、责任人员和物资储备。像设备故障,发现后立即停检,启用备用设备,联系维修并记录;触电事故则切断电源、急救伤者、拨打120、保护现场并分析整改。每半年至少组织1次应急演练,模拟场景检验预案可行性,提升人员应急能力;持续改进机制借助定期风险评审、收集反馈、跟踪防控效果实现。每季度开展风险评审会,分析新增风险与措施有效性;通过问卷、座谈会收集人员和客户反馈,了解防控问题;建立防控效果指标,每月统计分析,对比行业水平找差距并改进。

结束语

电气仪表计量检定风险防控,关乎检定质量与生产安全,影响工业数据可靠性和企业效益。本文系统识别人员、设备、环境、管理四类风险,用定性与定量结合法划分等级、构建模型,从技术、管理、人员角度提出防控措施,配套应急与持续改进机制,形成完整体系。工业智能化下,电气仪表更复杂,风险有新特点,企业要关注技术变革与标准更新,动态调整策略。落实方案,可降低风险,提升规范性与安全性,保障电气仪表精准运行,推动工业高质量发展。

参考文献

- [1]赵娜,汪继伟,卜俭青.电气仪表计量检定与自动化分析研究[J].中国标准化,2025(14):172-176.
- [2]郑勇彬.电气仪表计量检定及自动化分析研究[J].中国设备工程,2021(16):168-169.
- [3]张立振.电气仪表计量检定及自动化分析研究[J].建筑工程与设计,2025,4(3):53-54.
- [4]刘炫,宋波,荣克佳等.电气仪表工程安装及调试问题研究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(09):30-31.