

# 电气仪表自动化测试及校准在油气储运中的应用探讨

付正印 盖鹏举 于波 豆江海 (东营市海科瑞林化工有限公司, 山东 东营 257000)

**摘要:** 本研究探讨了自动化测试与校准技术在油气储运中的应用分析了电气仪表测试与校准的基本原理、常用技术与方法。结合油气储运系统的特点提出了自动化测试与校准过程中的关键技术难点并给出相应的解决方案。研究表明采用自动化测试与校准技术能够有效提升仪表的精度和可靠性, 减少人为操作失误确保油气储运过程的安全性和效率。技术的优化与创新为油气储运系统的运行提供了保障对提升行业技术水平具有积极意义。

**关键词:** 电气仪表; 自动化测试; 校准; 油气储运; 技术应用

随着油气储运规模的不断扩大传统的人工测试与校准方法面临着精度不高、效率低下等问题, 亟需引入自动化技术进行优化。自动化测试与校准能够提高仪表的精准度和可靠性和降低人为操作带来的风险保障储运过程的稳定运行, 探索电气仪表自动化测试在油气储运中的具体应用, 旨在提升整个行业的技术水平和安全保障能力。

## 1. 电气仪表自动化测试原理与技术

### 1.1 电气仪表自动化测试的基本原理

电气仪表自动化测试过程通常借助控制器发出测试信号激发仪表响应采集装置记录仪表的输出信号随后将其与预设标准进行对比分析。自动化测试可以有效地排除人为干扰保证测试的高精度与高效率。测试过程中常涉及到不同的电气参数如电压、电流、频率、阻抗等借助数据采集与分析系统获取实时测试数据。具体的电气测试公式可以表示为:

$$U_{\text{test}} = f(V_{\text{in}}, I_{\text{in}}, Z_{\text{load}})$$

其中,  $U_{\text{test}}$  为测试输出电压,  $V_{\text{in}}$  为输入电压,  $I_{\text{in}}$  为输入电流,  $Z_{\text{load}}$  为负载阻抗。根据对输出电压与标准电压值的对比能够评估仪表的准确性。电气仪表的测试精度与稳定性对于油气储运系统的安全运行至关重要因此自动化测试可以在多种工作状态下进行多次测试, 减少因操作不当引起的误差。

### 1.2 常见的测试方法和技术手段

电气仪表自动化测试技术手段多种多样, 数字信号处理技术一般应用于高频信号的采集与分析能对测试信号进行快速采样利用快速傅里叶变换 (FFT) 等算法对信号进行频域分析, 评估仪表输出的频率特性及幅度响应。基于频谱分析的测试方法借助分析信号的频谱分布来检测仪表的非线性失真和频率响应特性适用于高精度的频率测试。现场总线技术借助建立传

感器网络将多个测试点与主控系统连接实现集中的数据采集与监控。

常见的自动化测试系统还包括数据采集卡、虚拟仪器平台 (LabVIEW 等) 以及自动化控制平台。这些技术利用将传统仪器仪表和现代计算机技术结合使测试过程更加精准与高效。数据采集卡能够实时采集来自仪表的电气信号根据内置的软件对数据进行处理与分析自动生成测试报告。虚拟仪器平台能模拟各种测试场景借助软件编程实现不同的测试方案满足复杂环境下的自动化测试需求。总线系统可以实现远程控制与数据交换有效地将各类仪表的测试数据传输至中央控制系统便于进行集中管理与监控。

### 1.3 自动化测试系统的构建与应用

在电气仪表自动化测试系统设计过程中需要综合考虑测试精度、实时性、自动化程度、操作简便性等多个因素, 主要流程是: 设计过程→测试设备→控制平台→数据采集→数据分析→实际应用。自动化测试系统一般由测试设备、控制平台、数据采集与分析系统、通讯模块等组成。在测试设备方面选择合适的仪表与传感器以适应油气储运中高温、高压等苛刻环境条件至关重要。控制平台一般由工业计算机或可编程逻辑控制器 (PLC) 组成负责协调各个测试模块的工作实施自动化的测试与校准任务。数据采集与分析系统需要配备高精度的采集卡与信号处理单元, 能够实现多通道的实时数据采集保证测试的准确性。要确保测试过程的稳定性系统需具有实时监控和异常报警功能, 能够及时发现仪表工作状态中的异常变化减少系统故障风险。测试数据需要经过处理后生成标准报告这一过程中数据分析软件能根据不同的测试任务进行数据拟合与误差分析评估仪表的工作状态。在油气储运的实际应用中自动化测试系统广泛应用于储油罐、管道运输、气体储存等环节中。在石油管道的压力监

控系统中借助安装自动化测试系统，可以实时检测管道中的压力、流量、电压等信号控制系统对信号进行校准确保仪表输出的精度。

## 2 电气仪表校准技术

### 2.1 校准的基本理论与方法

电气仪表校准的基本理论基于误差分析与控制原理。电气仪表的误差可以分为系统误差与随机误差。系统误差指的是仪表在长期使用过程中因内部元器件的老化或环境变化而产生的偏差需要借助调整仪表的工作参数或更换元件来修正。随机误差是由外部环境因素引起的不稳定且难以完全消除需要根据加密测试与数据处理方法进行分析与控制。

在校准过程中采用标准信号源与校准设备进行比对测试。标准信号源是指精度极高的仪器一般由国家计量部门或专业机构提供作为标定的基准。在比对过程中将标准信号源输入被校准仪表记录其输出信号并与标准信号进行比较分析其误差并进行调整。对于不同类型的电气仪表校准方法有所不同。电压、电流等直流信号可以通过直接比对法进行校准而频率、阻抗等交流信号的校准则需要采用频谱分析法、网络分析法等更为复杂的技术手段。在多通道系统中校准过程更为复杂需要同时对各个通道进行测量与比对确保系统整体的精度。一个典型的校准公式为：

$$E = \frac{|S_{\text{measured}} - S_{\text{reference}}|}{S_{\text{reference}}} \times 100\%$$

其中，E 为仪表的误差， $S_{\text{measured}}$  为被校准仪表的测量值， $S_{\text{reference}}$  为标准信号源的测量值。校准结果通常以误差百分比来表示误差越小说明仪表的准确度越高。

### 2.2 校准过程中的技术难点与解决方案

电气仪表校准过程中存在多个技术难点在油气储运环境中设备的工作环境较为恶劣，电气仪表在长时间暴露于高温、高压、腐蚀性气体等环境下工作会出现精度漂移或故障这使得校准工作更具挑战。许多电气仪表具有非线性特性即其输出信号与输入信号之间并非线性关系这在校准过程中造成了较大的误差。要解决这一问题现代电气仪表的校准一般采用多点校准法即在多个标准点进行校准而不是单纯依靠一个基准点。借助多点校准有效补偿仪表在不同工作状态下的非线性误差在高精度要求的环境下能获得更为准确的校准结果。电气仪表常常受到环境因素的干扰会引起仪表读数的波动甚至影响到仪表的长期稳定性。在油

气储运中温度和湿度的变化尤其显著常常导致仪表的漂移或误差增加。校准过程中应采取温度补偿与环境监控技术根据在校准过程中加入温度传感器和环境监控设备，实时监测环境参数对仪表测量值进行动态调整减少环境变化对校准结果的影响。

另一个难点是仪表间的互相影响。在多通道测量系统中若各通道之间的隔离性差会导致一个通道的测量误差影响到其他通道的测量结果。解决这一问题的办法是采用独立测试通道与多通道信号隔离技术确保每个通道的测量值能够准确反映实际情况。先进的自动化校准系统能够实时监测仪表的状态，并自动调整参数进行校准大大提高了校准效率和精度。

### 2.3 校准设备和仪器选择

校准设备需要满足高精度、高稳定性和长期可靠性等要求确保能够提供精准的标准信号源与检测设备。目前市场上常用的校准设备包括高精度电压源、校准电流源、阻抗标准源、频率计、精密测量仪器等。这些设备可以产生各种标准信号与被校准仪器进行比对得出其误差值。对于电压和电流的校准通常选择高精度的电压源与电流源。高精度电压源能够提供稳定的电压输出具有较低的波动性适用于要求高精度电压测量的仪表校准。电流源用于校准电流计与电流传感器其精度和稳定性对于仪表的性能评估至关重要。在频率、功率、相位等交流信号的校准中常用频率计、频谱分析仪及网络分析仪等设备。频率计能够精确测量交流信号的频率确保仪表的频率响应特性符合标准。频谱分析仪可以对信号进行全面的频谱分析检测其谐波失真、幅度波动等特性对高频测量非常有用。网络分析仪用于高频信号的幅频响应测试广泛应用于高精度通信仪表的校准中。

## 3 油气储运中的电气仪表自动化测试与校准应用

### 3.1 油气储运系统中的仪表类型与功能

在油气储运系统中不同类型的电气仪表具有不同的功能，涉及压力、流量、温度、液位、密度等参数的测量与控制这些仪表是保证油气储运系统正常运行的基础。常见的仪表类型包括压力变送器、流量计、温度传感器、液位计、电导率传感器等。这些仪表根据实时采集工作参数将其转化为电信号送至控制系统进行处理和监控保证储运过程中的各项参数始终维持在安全范围内。由表 1 中常见仪表类型及主要功能可知，压力变送器能实时测量管道中的压力变化若压力超出安全范围变送器将输出信号触发报警防止事故发生

表 1 油气储运系统中常见仪表的类型及其主要功能

仪表类型	主要功能
压力变送器	测量管道、储罐等设备的压力并将其转换为电信号，便于监控与控制。
流量计	测量油气流量，并将流量信息传输到控制系统进行调节与监控。
温度传感器	测量油气介质的温度，确保输送过程中温度保持在安全范围内。
液位计	测量储罐或容器内的液位，防止液体泄漏或超限。
密度计	测量油气的密度变化，帮助监控油气质量并调节输送条件。
电导率传感器	测量油气中水分含量，帮助评估储运过程中的水分变化，防止腐蚀或积水问题。

生。流量计对输送油气的流量进行连续监控保证流量控制在设定的范围内防止因流量异常引发的设备损害。随着油气储运系统规模的扩大和复杂性的增加对电气仪表的自动化测试与校准提出更高要求确保其在恶劣环境下的长期稳定运行是系统可靠性的关键。

### 3.2 自动化测试与校准在油气储运中的实际应用案例

在一个典型的石油输送管道系统中压力变送器与流量计需要对管道内的油气压力与流量进行实时监控。油气管道系统长时间处于高压、高温等复杂环境中仪表的长期稳定性至关重要。采用自动化测试与校准系统对压力变送器与流量计进行定期校准，保其测量数据的准确性与可靠性。在某石油公司自动化校准系统被引入到管道流量计的校准过程中。流量计借助电信号输出流量信息整个校准过程根据高精度标准流量源与流量计的比对完成。要确保校准结果的准确性系统内置了自动数据采集与处理模块，可以将比对结果实时上传至中央控制平台生成自动化校准报告。此系统大幅提高了校准效率减少人工干预降低了操作失误的可能性，确保流量计在极端环境条件下的高精度输出。

在油气储罐的液位监控中液位计的校准也至关重要。自动化校准系统可通过定期对液位计进行静态与动态测试校准液位传感器的输出信号。对液位计的校准系统会根据模拟不同液位高度的标准信号进行对比分析，校准结果与仪表输出信号进行比对后自动生成数据报告，确保液位计的测量误差始终维持在允许的范围内。在温度传感器的应用中自动化校准技术同样发挥了重要作用。油气储运过程中介质温度变化剧烈温度传感器需要具备较高的精度和响应速度。自动化测试系统可以对温度传感器进行快速标定，确保其测量数据不受环境温度波动的影响保持系统的正常运行。

### 3.3 应用中的挑战与解决方案

油气储运环境的复杂性给仪表的测试与校准带来

了极大的难度。温度、湿度、腐蚀性气体等环境因素可能会影响仪表的稳定性导致测量结果出现误差。校准设备和系统必须具备较强的环境适应能力，在温度变化较大的环境中采用带有温度补偿功能的校准系统实时监控环境参数并对仪表数据进行调整减小环境波动对测量结果的影响。随着油气储运规模的不断扩大管道长度增加仪表数量也呈现爆发式增长。在这种情况下如何保证大量仪表的自动化测试与校准工作高效且不出差错成为一个新的挑战。基于此很多油气储运企业已开始采用分布式自动化测试与校准系统。该系统可以将仪表的数据采集、测试和校准功能分布到各个工作节点依托先进的通信网络将数据汇总到中央控制平台进行统一管理与分析提高了系统的处理能力与稳定性。

## 4 结论

油气储运系统中的电气仪表是保障系统安全、高效运行的核心组成部分，自动化测试与校准技术的应用为提高仪表的精度和可靠性提供了有力支持。随着技术的发展自动化测试与校准已逐渐成为油气行业的重要工具，能有效提升仪表的长期稳定性降低人为操作误差。随着智能化、数字化技术的不断进步油气储运系统中的仪表测试与校准将更加精确、便捷为油气行业的安全生产和高效运营提供更加坚实的保障。

### 参考文献：

- [1] 王洁, 李志生. 基于虚拟仪器技术的自动化仪表测试与校准研究 [J]. 机械工业标准化与质量, 2024(05):23-25+30.
- [2] 赵菲. 热工仪器仪表计量校准及自动化 [J]. 内燃机与配件, 2018(02):240-241.
- [3] 陈丽娟. 谈自动化仪表的校准及其应用 [J]. 民营科技, 2016(03):2.