

仪表电磁阀回路电流监测方法应用探究

李德辉

(中国石化海南炼化化工有限公司设备管理部, 海南 儋州 578101)

摘要 电磁阀作为仪表阀门的关键附件, 在其气路控制中起着至关重要的作用。近年来, 随着现代科学技术检测手段的不断更新迭代, 电磁阀电流检测技术领域备受关注, 通过互感器与监测模块形成回路, 实现数据采集、数据读取、数据分析。本研究主要采用在电磁阀回路中增加互感器、多通道监测模块的方法对其电流进行数据采集, 并将数据以 RS-485 的方式传输到集散控制系统进行实时监控, 以期为相关人员提供理论依据。

关键词 电磁阀; 电流; RS-485; 集散控制系统

中图分类号: TQ055.81

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.17.001

0 引言

电磁阀作为切断阀和调节阀气路附件, 在日常维护过程中, 电磁阀故障是引起切断阀和调节阀误动作的主要原因; 判断电磁阀工作状态取决于回路特征参数的变化, 影响装置平稳运行。电磁阀回路监测系统不仅能实时对回路中电流进行检测, 还能预设报警值, 预防误动作风险发生, 其测量准确性对于及时发现设备隐患, 预防事故发生具有重要意义。电磁阀电流监测模块是一体化集成度高、高精度及安装调试简单的模块, 能够获得回路电流的实时数据。

1 电磁阀测量原理

电磁阀由电磁阀线圈、阀芯、阀座组成。电磁阀里有封闭的腔室, 在不同位置开孔, 每个孔连接气路, 腔室中间是活塞, 两面是两块磁铁, 一边磁铁通电时阀体就会向通电侧动作, 通过控制阀体的移动进行气路切换^[1]。常见类型为直动式和先导式, 直动式测量原理为通电时电磁线圈产生磁力把关闭件从阀座上提起, 阀门打开; 断电时, 电磁力消失, 弹簧把关闭件压在阀座上, 阀门关闭。先导式测量原理为: 通电时, 电磁力把先导孔打开, 上腔室压力迅速下降, 在关闭件周围形成上低下高的压差, 流体压力推动关闭件向上移动, 打开; 断电时, 弹簧力把先导孔关闭, 入口压力通过旁通迅速腔室在关闭件周围形成下低上高的压差, 流体压力推动关闭件下移动^[2]。

2 电磁阀工作中的常见故障

在阀门正常控制过程中, 电磁阀由于外部因素影响, 常常使阀门达到预设安全位, 其主要原因为如下几个方面。

2.1 电磁阀不动作

1. 线圈故障: 线圈长期使用及工作环境恶劣、回路电压不稳定、电涌冲击, 导致无法产生磁场驱动阀芯动作。此外, 连接回路断路、短路或者接线端子老化及腐蚀导致接触不良也会使线圈无法正常通电工作^[3]。

2. 阀芯异常: 阀芯因气源不干净被异物卡住, 无法移动。超周期使用后, 阀芯与阀座间密封组件磨损, 老化, 使得阀芯无法正常复位。

2.2 电磁阀动作不稳定

1. 回路电压波动: 电源供电电压输出不稳定, 会使电磁力输出不稳定, 导致阀芯动作异常。

2. 弹簧失效: 弹簧弹性减弱或者失效, 会使阀芯无法复位, 导致电磁阀动作不稳定。

2.3 电磁阀泄漏

1. 密封组件失效: 密封件长期使用后老化、磨损、破裂导致介质泄漏。在安装施工过程中存在扭曲、变形等情况, 也会造成泄漏。

2. 阀体质量: 阀体铸造存在缺陷, 安装时外力撞击产生裂痕, 导致介质泄漏。

不同的失效形式是由不同状况引起的, 了解电磁阀内部结构故障产生的原因, 有助于我们及时发现问题, 快速准确地查找故障部位, 并迅速得出解决方案, 降低事故发生概率, 延长电磁阀的使用寿命。

3 电磁阀电流测量方法

电磁阀回路的电压、电流、电阻测量方法主要包含离线检测与在线检测两种; 离线检测时, 需将电磁阀回路的正极导线断开, 把测量仪器接入回路正极, 根据欧姆定律, 以此来测量电压和电流; 而在线监测

则是通过互感线圈采集回路电流信号经过多通道电磁阀回路电流检测模块 CMS054 处理后以 RS485 通信方式可将 8 个回路电流接入集散控制系统, 从而实现电流的实时监测。

相较于在线监测, 离线检测不仅无法实时采集并记录数据, 还不能进行数据分析处理, 增加了对电磁阀故障分析的难度^[4]。

4 电磁阀实验测试数据分析

本课题采用 IMI 和 ASCO 电磁阀进行实验测试, IMI 电阻为 310 Ω , 供电电压为 24 VDC, 根据欧姆定律, 在同一电路中, 通过某段导体的电流与该段导体两端的电压成正比, 与该段导体的电阻成反比, 可知:

$$U=IR \quad (1)$$

推理出:

$$I=U/R \quad (2)$$

计算出电流为:

$$I=77.42 \text{ mA}$$

若测量值偏离理论电流值在某一范围, 集散控制

系统设定报警值, 触发报警则回路电磁阀存在失效隐患, 应提前采取预防措施。

回路接入调节电位器, 通过调节电阻值, 测量 IMI 和 ASCO 电磁阀控制回路电流, 观察电磁阀线圈的动作情况, 得到表 1 所示数据。

在电磁阀的运行过程中, 随着驱动电流的逐渐降低, 电磁阀的吸合声音呈现出逐步减弱的趋势, 这一现象表明驱动电流已无法维持电磁阀线圈的正常工作状态。测试数据可知, 对于 ASCO-01 型号的电磁阀, 当电流降至 53 mA 时, 电磁阀由吸合状态开始转为断开; 而当电流上升至 109 mA 时, 电磁阀则从断开状态开始进入吸合状态。对于 ASCO-02 型号的电磁阀, 其电流下降至 41 mA 时, 电磁阀从吸合状态开始断开; 电流上升至 88 mA 时, 电磁阀从断开状态开始吸合。就 IMI 型号的电磁阀来说, 在电流为 51 mA 时, 电磁阀从吸合状态开始断开; 当电流达到 61 mA 时, 电磁阀从断开状态开始吸合。对比万用表和模块所测得回路电压值, 得到表 2 数据。

根据表 2 数据核算不同线圈电压误差情况标准误

表 1 互感器测得控制回路电流

电阻	CMS 模块 (ASCO-01)	电流表 (ASCO-01)	模块 (ASCO-02)	电流表 (ASCO-02)	模块 (IMI)	电流表 (IMI)
0	135	148.5	140	158.8	70	77.1
50	98	113.1	107	118.4	60	66.3
100	79	91.1	85	95.1	53	57.8
150	65	75.2	71	79.3	46	51.6
200	66	65.5	59	66.3	42	47.0
250	49	57.0	52	58.4	38	42.8
300	43	50.6	46	52.5	35	39.1
350	39	45.5	42	46.7	31	36

表 2 电磁阀与可调电阻电压值

电阻	可调电阻 (ASCO-01)	电磁阀 (ASCO-01)	可调电阻 (ASCO-02)	电磁阀 (ASCO-02)	可调电阻 (IMI)	电磁阀电压 (IMI)
0	0	23.9	0	23.9	0	23.9
50	4.9	19	5.35	18.5	3.0	20.9
100	7.9	16.0	8.5	15.4	5.3	18.6
150	9.75	14.15	10.65	13.25	6.9	17.0
200	11.2	12.7	11.8	12.1	8.4	15.5
250	12.25	11.65	13.0	10.9	9.5	14.4
300	12.9	11.0	13.8	10.1	10.5	13.4
350	15.05	8.85	14.35	9.55	10.85	13.05

差公式 $\delta = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$ 得到的数据如表 3、表 4 所示。

表 3 CMS054 测量电压偏差

序号	型号	样本标准偏差	总体标准偏差
1	ASCO-01	2.734	2.392
2	ASCO-02	1.858	1.625
3	IMI	1.449	1.268

表 4 万用表测量电压偏差

序号	型号	样本标准偏差	总体标准偏差
1	ASCO-01	2.114	1.850
2	ASCO-02	2.063	1.805
3	IMI	1.551	1.357

通过调节电位器的阻值，使电磁阀线圈从吸合至断开反复动作过程，记录其电流值，通过反复计算得出电磁阀误动作电流值范围，超过下限值时出现报警，提前处理电磁阀，预防误动作引起装置波动。

5 仪表电磁阀监控系统应用

5.1 具体应用

为高效采集回路电磁阀电流信号并实现空间的合理布局，应遵循以下安装要求：

(1) 测量点选取：确保电磁阀回路正极接线贯穿互感器，以此保障电流信号的准确采集。(2) 布局配置：全面考量机柜的安装布局，对 CMS054 多通道电磁阀回路监测模块与显示屏幕进行合理配置。此外，可通过 RS485 通信方式将数据传输至集散控制系统，实现数据显示以及报警值的设置，增强系统的自动化与智能化监控能力。(3) 固定方式：采用 DIN 型导轨式安装，该方式具有安装便捷、稳固性强等优势，能够满足工业环境下对设备安装的可靠性要求。

5.2 维护方法

基于生产装置的运行状况，将电磁阀相关维护列入定时性事务排查工作范畴。针对关键的电磁阀控制回路进行巡回检测与测量，并详细记录各项参数。一旦发现异常现象，需立即进行处理，防止因电磁阀误动作引发生产波动，甚至导致停车事故，进而避免由此带来的经济损失，保障生产的连续性与稳定性。

5.3 故障判断

依据实时监测数据记录，由于电磁阀温度升高会使阻值变化，且互感器与多通道电磁阀监测模块间存在固有误差，因此需自定义电磁阀电流故障安全阈值^[5]。当实时电流与理论计算电流值的误差超过 25%，同时历史趋势呈现明显变化或者数据频繁大幅跳动时，便需

对回路及电磁阀展开排查工作，以便及时发现并解决潜在故障隐患。

5.4 实验应用效果

通过对试验回路电磁阀电流的监测，并与传统仪表电磁阀回路电流测量方式进行对比，使用 CMS054 模块进行在线监测展现出以下显著优势：

(1) 高效监测：相较于传统回路测量方法，采用 CMS054 模块监测电磁阀回路电流更为便捷。16 个模块即可对 128 个关键控制回路进行监测，同时能够排查 128 个关键设备回路状态，大幅提升了工作效率，减少了人力与时间成本。(2) 安全保障：为生产过程中不允许出现得电、失电异常的关键电磁阀提供了有效的监测手段。通过设置报警值，能够及时预防电磁阀误动作，增强生产装置运行的安全性与稳定性，提高装置整体运行效率。(3) 便捷分析：监测画面操作步骤简洁明了，可实现数据导出功能，便于对监测数据进行深度分析，快速准确地查找异常原因，为设备维护与生产优化提供有力的数据支持。

6 结束语

本文围绕电磁阀回路电流监测展开深入研究，成功应用基于 CMS054 模块与集散控制系统相结合的电磁阀回路电流在线监测系统。通过合理布局与安装，实现对电磁阀电流信号的高效采集；建立完善的维护与故障判断机制，有效保障了系统稳定运行。实验结果表明，该系统在工作效率、运行安全性及数据分析便捷性上优势显著，为工业生产中电磁阀回路监测提供了创新且可靠的解决方案，有助于提升生产自动化水平，降低因电磁阀故障导致的经济损失。未来，随着工业智能化发展，可进一步探索将人工智能算法融入监测系统，实现故障的智能诊断与预测性维护，推动电磁阀监测技术向更高水平迈进，为工业生产的高效、稳定运行持续赋能。

参考文献：

- [1] 潘柏根,赵云峰,张俊,等.基于无感线圈应用于电机在线检测和监控的探究[J].微电机,2020,53(12):100-103,111.
- [2] 曲双杰,姜春起,谭静轩.海洋石油 161 吊机电磁阀线圈的故障分析和改造[J].资源节约与环保,2017(09):99-100.
- [3] 朱娟,付康,马海涛.电磁阀动态特性提升技术研究[J].化学工程与装备,2024(04):74-78.
- [4] 祝平.浅谈电磁阀在现场中的应用及故障处理[J].天津化工,2023,37(S1):203-206.
- [5] 朱志星,于海军,彭兵,等.电磁阀在线监测单元的研究与创新应用[J].石油化工自动化,2024,60(06):97-99.