

压力控制器现场检定的常见问题对策研究及不确定度分析

曹磊 陈俊

(苏州市计量测试院 江苏苏州 215000)

摘要: 本研究针对压力控制器在现场检定过程中遇到的常见问题进行探讨,并提出了相应解决对策。对压力控制器检定结果不确定度进行分析,为提高压力控制器检定准确性和可靠性提供了实践。通过对检定过程中的误差来源进行剖析,制定措施确保压力控制器在实际应用中的稳定性。

关键词: 压力控制器; 现场检定; 常见问题; 对策; 不确定度分析

1 引言

随着工业自动化技术不断发展,压力控制器在各类工艺流程中发挥着越来越重要的作用。作为确保工艺流程稳定、安全运行的关键元件,压力控制器的准确性和可靠性至关重要。在实际使用过程中压力控制器会出现各种问题进而影响其正常工作。现场检定能验证控制器的准确性和可靠性,还能够为后续的维护保养提供有力依

据^[1]。在实际检定过程中会遇到一些问题如压力计量设备失准、损坏等,这些问题不仅会影响检定的准确性,对工艺流程的正常运行造成潜在威胁^[2]。本文旨在探讨压力控制器现场检定的常见问题及对策,对检定过程中的不确定度分析。

2 自动压力控制器控制准确度分析

压力控制器的测量数据如表 1 所示:

表 1 (0-600)kPa 压力控制器的测量数据

标称值 x_{ii}		ConS1811 示值 x_{ii}		PM620 示值 y_{ii}		P620 示值 y'_{ii}		引用误差%(满量程)	
上行程	下行程	上行程	下行程	上行程	下行程	上行程	下行程	上行程	下行程
100	100	99.9838	100.0487	100.0533	100.0117	100.0303	100.0567	0.004	0.013
200	200	199.9763	200.0440	200.0233	200.0270	200.0523	200.0795	0.016	0.015
300	300	299.9908	300.0555	300.0328	300.0325	300.0758	300.0645	0.019	0.009
400	400	400.0124	400.0631	400.0424	400.0431	400.1044	400.1041	0.022	0.017
500	500	500.0631	500.0870	500.0531	500.0540	500.1326	500.1315	0.028	0.022
600	600	600.1116	600.1136	600.0636	600.0666	600.1621	600.1621	0.028	0.027

这里的误差计算采用了特定的公式,即 $(y'_{ii} - y_{ii}) / \text{满量程压力值}$,其中满量程压力值设定为 600kPa。通过观察图 1 在各个不同的压力点上控制准确度均维持在 0.03%以下。上行程和下行程的线性方程分别为 $y = 5 \times 10^{-7}x + 2 \times 10^{-8}$ ($R^2 = 0.9172$) 和 $y = 3 \times 10^{-7}x - 4 \times 10^{-8}$ ($R^2 = 0.7271$)。这两条拟合直线的斜率即 5×10^{-7} 和 3×10^{-7} ,处于同一数量级。标称范围为 (0~250) kPa 的控制准确度,并绘制了相应的图 2。在这个范围内各个点的控制准确度都低于 0.02%。上下行程两条曲线的斜率分别为 5×10^{-7} 和 3×10^{-8} ,反映了在不同行程中控制准确度的变化趋势。

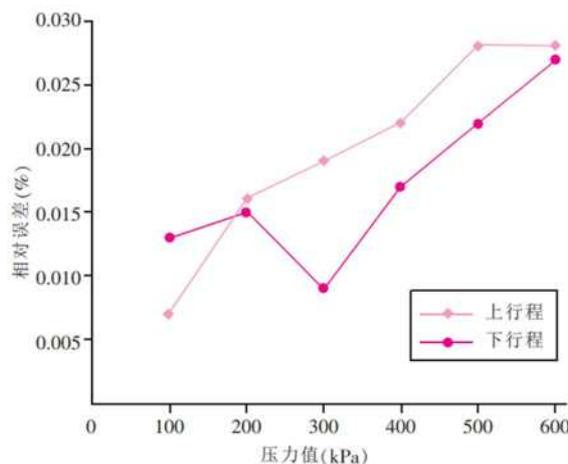


图 1 标称范围为 (0~600) kPa 的数字控制器其控制准确度随压力值的变化

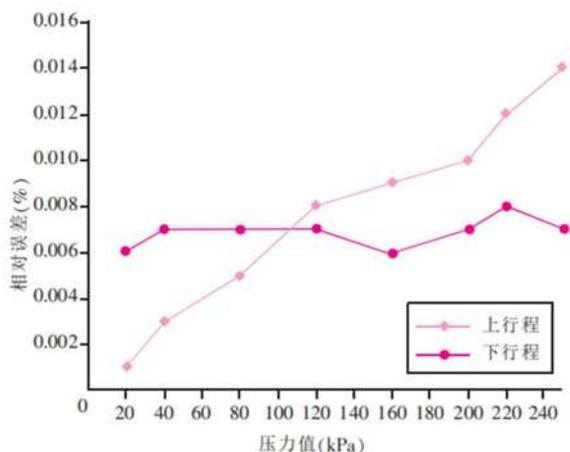


图2 标称范围为(0~250)kPa的数字控制器其控制准确度随压力值的变化

3 压力控制器现场检定常见问题

3.1 压力计量设备失准

压力计量设备是现场检定的核心工具,其准确性直接关系到检定结果的可靠性。在实际操作中,压力计量设备会出现失准的情况,导致检定结果产生偏差^[3]。造成压力计量设备失准的原因有:设备老化、使用环境恶劣、人为操作不当等,都对测量结果产生影响。

3.2 压力计量设备损坏

除失准外,压力计量设备在现场检定过程中还出现损坏的情况。设备损坏不仅会导致检定工作无法进行,还对工艺流程的正常运行造成影响。造成压力计量设备损坏的原因包括:过载或超压,如果检定过程中施加的压力超过了设备的承受范围,就导致设备损坏。这通常是由于操作不当或设备选型不合适所致^[4]。在现场检定过程中设备会受到撞击、挤压等机械力的作用,从而导致损坏。这种损伤通常是由于现场环境复杂或人员操作不慎所致。对于带有电气元件的压力计量设备,电气故障也是导致设备损坏的常见原因。电气故障是由于电路设计不合理、元件质量不过关或使用环境恶劣等因素所致^[5]。

3.3 压力传感器精度不足

在压力控制器的检定过程中,压力传感器扮演着至关重要的角色,其精度直接影响到检定结果的准确性。在实际操作中经常会遇到压力传感器精度不足的问题^[6]。这种情况由多种因素导致,包括传感器本身的质量问题、长时间使用后的性能衰减,由于传感器受到外部环境的干扰。

3.4 检定人员专业水平不足

检定人员的专业水平直接影响到检定结果的准确性和可靠性。在实际操作中经常会发现一些检定人员由于缺乏足够的专业知识和实践经验,导致检定结果出现误差或误判。

3.5 检定数据记录不完整

在压力控制器的检定过程中,完整、准确地记录检定数据是至关重要的。在实际操作中,经常会发现一些检定数据记录不完整或存在遗漏的情况^[7]。这是由于检定人员疏忽大意、记录设备出现故障或者是数据管理流程存在漏洞等原因导致的。

4 压力控制器现场检定对策研究

4.1 定期对压力计量设备进行校准和调整

压力计量设备的准确性和稳定性是检定工作的基础。由于设备老化、使用环境变化或使用频次增加,设备的测量准确性会受到影响。定期对压力计量设备进行校准和调整至关重要。校准工作应由具备相应资质和经验的计量机构或专业人员进行。在校准过程中,应使用经过认证的标准器具,按照规定的程序和方法对压力计量设备进行全面检查和调整。校准完成后,应出具详细的校准报告,记录设备的各项性能指标和校准结果。为确保设备的长期稳定性,还应制定合理的校准周期,并严格按照周期进行校准。在设备使用过程中,如发现测量异常或性能下降,应及时校准和调整确保检定结果准确性。

4.2 加强压力计量设备的操作规范和维护保养

正确的操作和维护保养对于延长压力计量设备的使用寿命和保持其性能至关重要应制定详细的操作规范和维护保养计划。在操作方面,检定人员应熟悉设备的结构、原理和使用方法,严格按照操作规程进行。在检定前应对设备进行全面检查,确保其处于良好的工作状态。在使用过程中,应注意观察设备的运行情况,如发现异常应及时处理。在维护保养方面,应定期对设备进行清洁、润滑和紧固等保养工作。对于易损件和关键部件,应定期检查其磨损情况。建立设备维护保养档案,记录设备的维护保养情况和更换部件的详细信息。

4.3 选用高精度的压力传感器进行检定

压力传感器的精度直接影响到检定结果的准确性。在选用压力传感器时,应注重其精度等级和稳定性。应选择具有高精度、高稳定性的传感器,以确保检定结果的可靠性。在使用传感器进行检定时,还应注意其量程和测量范围是否满足检定要求。如果传感器的量程过小或过大,都导致检定结果的偏差。因此,在选用传感器时,应根据实际检定需求进行选择。

4.4 加强对检定人员的培训和教育

检定人员的专业水平和操作技能对于检定结果的准确性具有重要影响。应加强对检定人员的培训和教育,提高其专业素养和操作技能。培训内容应包括压力控制器的基本原理、检定方法、设备操作和维护保养等方面。通过培训使检定人员熟悉检定流程和操作方法,掌握设备的正确使用和维护保养技能。还应注重培养检定人员的责任心和严谨性,使其在检定过程中能够严格按照规定进行操作和记录。

4.5 建立规范的数据记录程序

完整、准确的数据记录是检定结果可追溯性和可靠性的重要保障。因此,应建立规范的数据记录程序,确保检定数据的真实性和完整性。数据记录应包括检定设备的基本信息、检定过程中的各项参数、检定结果以及检定人员的签名等内容。在记录过程中,应注重数据的准确性和规范性,避免出现遗漏或错误。还应定期对数据记录进行审核和归档,确保其可追溯性和可查询性。可利用电子化的数据管理系统来辅助数据记录工作。通过电子化管理系统,可以实现数据的实时采集、自动处理和永久保存等功能,提高数据记录

的效率和准确性。

5 压力控制器现场检定不确定度分析

5.1 压力控制器测量值的不确定度来源分析

在压力控制器的现场检定过程中, 不确定度是一个非常重要的概念, 它反映了测量结果的可靠性和精确度。不确定度是指对测量结果可信度的度量, 表示了测量结果与真实值间偏离程度。在测量过程中由于各种因素的影响, 测量结果会存在一定的误差, 这种误差的大小和范围就是不确定度。在压力控制器的现场检定中, 测量值不确定度主要来源于以下方面: 测量设备的误差, 包括压力传感器的精度、稳定性以及校准的准确性等。这些因素会直接影响测量结果的准确性。检定人员的操作误差, 检定人员的熟练程度、视觉判断等都会对测量结果产生影响。读数时的视差、记录时的笔误等都引入误差。环境因素的影响, 如温度、湿度等环境因素的变化, 导致测量设备的性能发生变化, 从而影响测量结果的准确性。测量方法的不完善, 不同测量方法引入不同误差。某些近似公式或算法的使用导致计算结果与真实值之间存在偏差。

(1) 概述

依据《测量不确定度评定与表示》分析, 测量模型:

$$\delta = \bar{Q} - S \quad (1)$$

式中: δ —压力控制器的设定点偏差, MPa; \bar{Q} —数字式压力表在各设定点的切换值的平均值, MPa; S —压力控制器的设定值, MPa。

(2) 方差和灵敏系数

$$U^2C = U_1^2 + U_2^2 \quad (2)$$

式中: U^2C —被检表示值误差标准不确定度; U_1^2 —被检表示值不确定度; U_2^2 —标准器不确定度。

5.2 不确定度的评定流程和计算方法

根据不确定度来源分析, 找出影响测量结果的主要因素。针对不确定度来源进行量化分析, 得出不确定度分量的大小, 采用适当的合成方法进行合成, 得出总的不确定度。将合成后的不确定度以适当的形式进行报告, 包括不确定度数值、单位和置信水平等。在计算方法上, 通常可以采用标准偏差、扩展不确定度等指标来表征不确定度。具体计算方法应根据实际情况进行选择和应用。

(1) 重复性引入的标准不确定度分量 U_{11}

观测人员对示值的随机性估读以及弹性元件的滞后特性所引发的误差, 都是构成这一 A 类不确定度分量的重要因素。为具体量化这一不确定度, 采用了准确度等级为 4 级、测量范围在(0~60)MPa 的压力控制器, 对被检表进行了全面的量程检定。在多个测量点中发现 100MPa 点上的变化最为显著, 选择此点的测量重复性来评估其不确定度。在实际测量中, 得到了以下数据: 100.12MPa、100.08MPa、100.22MPa、100.16MPa、100.09MPa、100.26MPa、100.15MPa、100.28MPa、100.16MPa 和 100.30MPa。在进行了 10 次测量 ($n=10$) 后, 得出平均值为 $P=100.182$ MPa。利用贝塞尔公式, 进一步计算出了单次实验的标准差。提高了对被检表性能的理解, 也为后续不确定度分析和仪表优化提供了宝贵数据支持:

$$U_{11} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (P_i - P)^2}{n-1}} = 0.13 \text{MPa}$$

(2) 温度引入的标准不确定度分量 U_{12}

本实验室检定 4 级压力控制器的环境温度为 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$, 温度影响为 $kP(t-20)$, 其中 $k(k=0.0004/^\circ\text{C})$ —温度影响系数; P —测量上限值。误差概率分布遵从均匀分布, 故因为 U_{11} , U_{12} 不相关:

$$U_1 = \sqrt{U_{11}^2 + U_{12}^2} = \sqrt{0.13^2 + 0.0042^2} = 0.13 \text{MPa}$$

(3) 标准器不确定度分量 U_2

数字压力表的允许误差为 $100 \text{MPa} \times 0.1\% = 0.10 \text{MPa}$, 按 B 类评定, 假设为均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 故:

$$U_2 = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.58 \text{MPa}$$

(4) 合成标准不确定度

$$U_c = \sqrt{U_1^2 + U_2^2} = \sqrt{0.13^2 + 0.058^2} = 0.14 \text{MPa}$$

(5) 扩展不确定度

取置信因子 $k=2$, $U=U_c \times 2 = 0.14 \times 2 = 0.28 \text{MPa}$

5.3 降低不确定度的措施和建议

通过对 0.1 级、量程(0~100)MPa 压力控制器在 100MPa 点的测量误差不确定度进行分析, 提高了压力控制器测得值的可靠性。为降低压力控制器现场检定不确定度, 选用高质量的测量设备, 并定期进行校准和调整, 确保设备的准确性和可靠性。提高检定人员的专业水平和操作技能, 减少人为因素引入的误差。确保检定人员能够严格按照规定进行操作和记录。在检定过程中, 应密切关注环境因素的变化, 并采取相应的措施进行控制。例如, 可以在恒温恒湿的环境中进行检定, 以减少温度和湿度对测量结果的影响。采用更精确的算法或公式进行计算, 以减少近似处理引入的误差。通过增加测量次数和样本量来减小随机误差的影响。这可以通过多次重复测量同一量值并取平均值来实现, 为企业质量管理和决策提供支持。

6 结语

通过对压力控制器现场检定的常见问题对策研究及不确定度分析, 解决检定过程中遇到的问题, 提升检定结果准确性和可靠性。采取了措施降低影响, 包括提高设备精度、加强人员培训、控制环境因素以及优化测量方法等。这些措施的实施有效地提升了检定结果的准确性和可靠性。

参考文献:

- [1] 马媛, 杨倩, 窦婉婷, 张永强. 爬墙机之负压吸盘压力控制器设计[J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(03): 110-113.
- [2] 邢威. SPC4000 型高精度数字压力控制器期间核查方法[J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(02): 164-166+196.
- [3] 柳静媛. 压力控制器检定中几个重要指标的计算[J]. 大众标准化, 2022, (S1): 51-52.
- [4] 田杨力. 提高压力控制器的使用准确率的方法解析[J]. 中小企业管理与科技(上旬刊), 2021, (10): 191-193.
- [5] 汤文定. 压力控制器不确定度分析[J]. 计量与测试技术, 2019, 46(05): 113+116.
- [6] 王琳. 植保机喷施压力控制器的设计与开发[D]. 沈阳工业大学, 2018.
- [7] 叶昆满, 张海金. 压力控制器压力示值的测量不确定度评定[J]. 中国检验检测, 2017, 25(03): 43+9.