

压力变送器示值误差测量不确定度评定

黄立峰

广东省博罗县质量技术监督检测所 广东 惠州 516100

摘要: 本文阐述了测量不确定度的含义, 简述了宁钢压力变送器校准项目的量值溯源和校准方法, 介绍了宁钢压力变送器校准项目中示值误差校准结果的不确定度评定, 按照评定方法和步骤, 并最终得出评定的结论。

关键词: 校准项目; 示值误差; 评定

引言

压力变送器是指以输出为标准信号的压力传感器, 是一种遭受压力变量, 经传感转换后, 将压力更换量按照一定比例转换为规范输入信号的仪表。由测压元件传感器(也称作压力传感器)、测量电路与过程邻接件三个部分打造而成, 它能将测压元件传感器感触到的气体、液体等物理压力参数转变为规范的电信号, 以供应批示报警仪、记录仪、调理器等二次仪表进行测量、批示与过程调节。将压力变送器与丈量标准的输入端毗邻, 电流输出端与数字多用表与标准电阻组合回路相连。在活塞上加上发生重要压力的砝码, 使活塞升到工作位置, 这时数字多用表的电压档透露表现相应的电压输出值, 此电压值与尺度电阻的电阻值的比值即压力变送器电流输入值。以下评定不确定度以一台0.1级, 16MPa的压力变送器为例。

1 压力变送器校准项目不确定度评定的意义

压力变送器在各大钢铁、冶金、化工等公司中有着广泛的应用。压力变送器的校准项目指的是压力变送器在安装前、使用中、修理后或周期校准时的校准。对其进行校准, 是对所监测的结果进行定期监控和修正, 对生产产线有着指导作用。对该校准项目的不确定度加以评定, 是对其测量结果质量的指标进行评价。不确定度越小, 所述结果与被测量的真值愈接近, 质量越高, 水平越高, 其使用价值越高; 不确定度越大, 测量结果的质量越低, 水平越低, 其使用价值也越低。在报告物理量测量的结果时, 必须给出相应的不确定度, 一方面便于使用它的人评定其可靠性, 另一方面也增强了测量结果之间的可比性。

2 压力变送器与示值误差测量

2.1 压力变送器

一般意义上讲, 压力变送器属于一种测量仪表, 在工业领域得到广泛应用, 该仪表能够将压力变量转变成多种可传送的输出信号, 而信号将直接体现出反应压力的改变情况, 并与压力标量之间存在一定的函数联系。变送器两侧的压力不一致, 但工作原理相同, 能够将信号传送到中控室当中, 对压力进行记录、指示与控制, 可见变送器在工业领域占有十分关键的地位。^[1]目前, 变送器与先进信息技术的结合日进紧密, 已经研制出了智能变送器, 使性能得到进一步优化。

2.2 示值误差

示值误差主要是指工业计算器中的测量数据与实际数据间的差别。在压力变送器使用中, 示值误差是指变送器示值与真实数值之间的差距, 同时也是主要计量特征之一^[2]。在测量中, 不可避免会存在误差情况, 无法保障100%的准确度, 压力变送器中允许存在的最大误差值便是测量不确定度, 通常情况下, 在尚未修正时示值便可代表最终结果, 而不确定度只是一种与测量结果间的联系, 与其他概念不相关。测量不确定度受多种因素影响, 包括温度、湿度、压力、电磁干扰等等, 在测量过程中应选择恰当的时间与地点, 考虑到被测对象的误差大小、测量范围、仪器精准度、输出电流条件、测量数据等多个方面。

2.3 测量条件与方法

以压力变送器检定规程为依据, 在温度为20.5℃, 湿度为48%RH的条件下, 针对0.02级压力器的示值不确定度进行验证, 其量程为0~40MPa, 允许的最大误差范围在 $\pm 0.02\%$ FS, 电流模块为0~25Ma, 最大误差区间为 $\pm 0.02\%$, 压力器的精准度为0.5级。偶遇被测仪器的量程不同, 因此测量过程也不尽相同, 采用对被测仪器相对应的压力校验设备进行检测^[3]。在检定之前, 将检定设备与被测仪器连接完毕后, 对检定系统进行一定时间的预热, 并对被测设备预加测量压力3次。对于0.5级压力变送器来说, 应在测量面积中选取6个检定点, 进行反复三次检定, 然后以检测规程为依据, 对被测仪器的各项误差进行评定。

3 输入量的标准不确定评定

3.1 输入量V的标准不确定度 $u(V)$ 的评定

输入量V的标准不确定度来源有数字多用表的直流电压挡示值误差测量不确定度 $u(V_1)$, 采用B类标准不确定度进行评定; 测量重复性 $u(V_2)$, 采用A类标准不确定度方法进行评定, 压力变送器分辨率所引起的不确定度影响小, 故不作考虑。环境温度影响也可忽略^[4]。

3.1.1 数字多用表的测量不确定度 $u(V_1)$ 的评定

$u(V_1)$ 的主要来源是数字多用表的直流电压挡最大允许示值误差, 因此应采用B类方法进行评定。

数字多用表的直流电压挡最大允许误差为 $\pm(0.003\%$ 读数 $+50\mu V)$, 压力变送器的输出电流的最大值为

20mA, 在100Ω标准电阻上电压为2V, 所以半宽度 $a = 2V \times 0.003\% + 0.00005 = 0.00011V$ 。在区间内可认为服从均匀分布, $k = 3$, 所以:

$$u(V_1) = \frac{a}{k} = 0.064mV$$

3.1.2 测量重复性 $u(V_2)$ 的评定

对一台0.1级, 16MPa的压力变送器进行测量输出电压进行重复测量10次, 数值分别为: 2.0002、2.0003、2.0003、2.0002、2.0002、2.0002、2.0002、2.0002、2.0002、2.0002 (V)。

测量的实验标准偏差为:

$$s(V_2) = 0.042mV$$

故:

$$u(V_2) = s(V_2) = 0.042mV$$

3.2 输入量P的不确定度

在压力校准过程中, 对示值误差引入不确定度进行分析, 产生的主要原因在于标准压力模块, 准确度为0.05级, 通过B类方式进行评定, 允许的最大误差区间在 $\pm 0.05\%FS$, 最大输出压力为2.5MPa, 在此范围内半宽度的数值为0.00125MPa, 根据均匀分布原则, 其中包括的因子K数值为3, 不确定度 $u(p)$ 的数值为0.00125与3的比值, 即0.007MPa, 不确定度为5%, 自由度 v 的数值为200。

3.3 输入量I的不确定度

3.3.1 电流示值误差

该不确定度产生的主要原因在于压力校验器中电流示值误差, 通过B类方式进行评定, 误差范围在 $\pm 0.02\%$, 该校验器的测量区间在0~2.5MPa之间, 变送器中的最大电流量为20mA, 区间的半宽度为0.0047mA, 根据均匀分布原则, 其中包含因子K, 数值为3, 不确定度为 u , 数值为0.0047与3的比值, 即0.0027mA, 不确定度为5%, 自由度为200。

3.3.2 数值修约

在对变动器的计量情况进行检测过程中, 对变动器自身的合格率判断应以修约后的数值为依据。因此, 数值修约也成为不确定度产生的主要原因之一, 需要对该因素进行判定。以压力变送器检定规程为依据, 通过四舍五入的方式对小数点后的位数进行保留, 使其与变送器最大误差相比较小, 即1/10~1/20之间。在相关规程的指导下, 需要对0.5级变动器的最大允许误差进行检验, 最大误差区间为 $\pm 0.08mA$, 在分散的半宽度的数值为0.00005mA, 在此

范围内包括的因子K数值为3, 不确定度 $u(p)$ 的数值为0.00005与3的比值, 即0.0003Pa, 不确定度为5%, 自由度 v 的数值为200。

3.4 标准不确定度来源分析

根据测量模型, 本项测量的标准不确定度来源于: 由被校仪表输出值测量引入的标准不确定度分量 $u(I)$ 。其中, $u(I)$ 的两个分量为由测量重复性引起的标准不确定度分量 $u(I_1)$ 和测量被校仪表的仪器本身的测量误差引起的标准不确定度分量 $u(I_2)$ 。由计量标准的误差引入的标准不确定度分量 $u(P)$ 。由于本项校准是在规定的环境条件下进行的, 故由环境条件引起的标准不确定度分量可以忽略不计。

3.5 不确定度报告

针对压力变送器示值误差进行检测后, 得出合成不确定度 u_c 的数值为3.7UA, 拓展不确定度为7.3UA, 自由度为300。在本文的研究中, 变送器的允许误差区间在 $\pm 80UA$ 之间, 能够与规程中所要求的检定内容相符合, 并且将引入扩展的不确定与被检测仪器的允许误差进行对比, 可小于其绝对值的1/4, 也就是20UA。

结束语

综上所述, 测量不确定度作为一种重要概念, 能够对检测质量、效率产生直接影响。在本文的研究中, 根据变送器检定规程, 对各个变量的不确定度、误差的产生原因进行了分析, 并对合成不确定度、有效自由度等进行了计算, 从而为相同类型不确定度的测量与评定提供有力的参考依据。

参考文献:

- [1]郑尚榜.压力变送器示值误差的测量不确定度评定[J].中国计量,2016,(2):84-86.
- [2]林彝芳.压力变送器能力验证过程分析及结果评价[J].计量与测试技术,2020,47(4):93-95+98.
- [3]JJF1059.1-2012测量不确定度评定与表示[S].
- [4]张凯.针对压力变送器测量误差分析探究[J].中国石油和化工标准与质量,2013,(11):238.

作者简介: 黄立峰, 1986.02.05, 男, 汉, 广东, 广东省博罗县质量技术监督检测所副主任, 工程师, 本科, 研究方向: 力学计量检测。