

电磁流量计在线校准方法探讨

孟小波 高超

(山东省滨州市检验检测中心, 山东 滨州 256600)

摘要 本文阐述电磁流量计结构组成、工作原理及用途, 通过选取合适的校准条件、校准方法, 实现对电磁流量计的在线检测, 为企业缩短设备送检的周期; 同时阐述了校准电磁流量计的传感器安装及位置选取方法, 阐述了校准结果的示值误差、重复性、流量系数计算及修正的数据处理方法。

关键词 电磁流量计 工作原理 计量特性 校准条件 示值误差

中图分类号: TU991.63

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)08-0001-03

1 前言

电磁流量计(简称EMF)是利用法拉第电磁感应定律制成的一种丈量导电液体体积流量的仪表。20世纪50年代初电磁流量计(EMF)实现了产业化应用, 70年代后期泛起键控低频矩形波激磁方式, 逐渐替换早期应用的工频交流激磁方式。

目前, 大口径电磁流量计较多应用于给排水工程, 中小口径常用于固液双相等难测流体或高要求场所, 小口径、微小口径电磁流量计则常用于医药产业等有卫生要求的场所。

流量计均可广泛应用于水泥、化工、轻纺、冶金、矿山、造纸、医药、给排水、食品饮料、制糖、酿造等工业技术部门, 特别是在环保领域。目前, 电磁流量计已成为环保部门定量管理企业污水排放的有效工具。

电磁流量计在线校准系统由速度式流量计和流量采集系统组成, 其原理是通过流量计测量满管流的水流量, 从而获得通过管道内流的水量累积值。

1.1 工作原理

电磁流量计是利用电极与流体构成一个回路来测量回路中产生的电参数。在封闭管道中, 法拉第电磁感应定律推算出体积流量。体积流量又分为瞬时体积流量和累计体积流量, 它与磁感应强度、导电液体平均流速成一定的比例关系。

1.2 结构

电磁流量计的结构主要由磁路系统、测量导管、电极、外壳、衬里和转换器等部分组成。在有多显示、记录方式的测量系统中, 只能有一种显示、记录方式作为计量、控制等主要目的使用, 其余显示、记录应作为监视等非主要用途使用。

2 计量特性

2.1 在线示值误差

流量计在校准条件下的最大允许在线示值误差分为 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1.0\%$ 、 $\pm 1.5\%$ 、 $\pm 2.5\%$ 。

2.2 重复性

流量计重复性应 $\leq 1/3MPEV$ (注: 该计量技术指标不作为合格判定依据)。

3 校准条件

3.1 环境条件

(1) 工作环境条件: 环境温度: (5~35)℃; 相对湿度: 16%~86%; 大气压力: (85~105)kPa。(2) 介质必须为单相稳定流体且应满管, 且流速应不小于0.3m/s。(3) 电源满足现场工况要求。(4) 场地满足安全操作要求。(5) 外界磁场应小到对流量计和标准表的影响可忽略不计。(6) 机械振动环境和噪声应小到对流量计和标准表的影响可忽略不计。

3.2 被校流量计安装现场条件

被校流量计安装现场条件应符合说明书要求。

3.3 标准表安装现场条件

(1) 检查测试现场直管段是否能满足标准表前后直管段安装长度要求。(2) 测试管路与被校流量计间流量不存在分流。(3) 检查管材是否包含影响超声波正常传播的因素。(4) 标准表测量的管道内径, 管道材质, 管道壁厚, 衬里材质和厚度, 以及测量介质类型, 介质温度等都应该在标准表说明书规定的范围之内。(5) 测量标准及其他设备见表1。

主标准器为标准表, 一般采用外夹式超声流量计或插入式超声流量计。标准表应有有效的检定或校准

表1 测量标准及其他设备

序号	标准器名称	测量范围	技术指标	用途
1	标准表	公称直径 $\geq 300\text{mm}$, 且覆盖被校流量计的正常工作范围	扩展不确定度/准确度等级/最大允许误差一般不超过被校流量计最大允许误差的1/3	流量测量
2	测厚仪	(0 ~ 50) mm	分辨率: 0.1mm	测量管道壁厚
3	钢卷尺	2m; 5m; 10m	II级及以上	测量管道外径
4	秒表	大于 999s	分辨率: 0.1s	计时

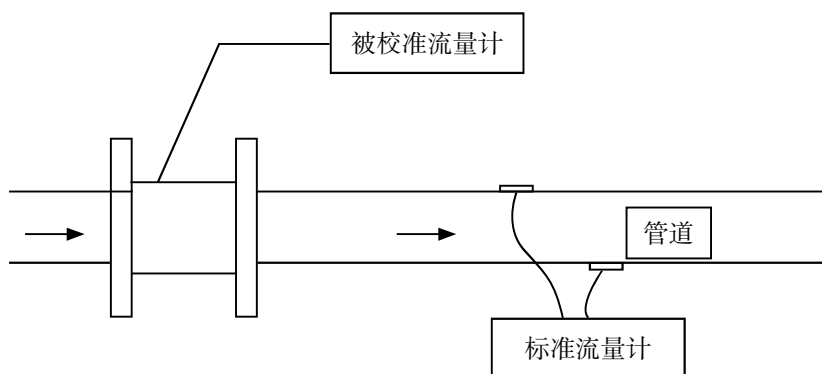


图1 工作原理图

证书, 其安装、使用应符合相应检定规程、技术规范或使用说明书的要求。配套设备包含测厚仪、钢卷尺、秒表。配套设备的计量性能不降低标准表的计量性能, 配套设备应具有有效的计量检定或者校准证书。

4 校准项目和校准方法

4.1 校准项目

流量计在线示值误差(流量系数)及重复性。

4.2 校准方法

1. 被校流量计安装现场条件检查——被校流量计安装现场应符合规范的要求。

2. 标准表安装现场条件检查——在线安装地点按上述3.3的要求选取现场安装标准表的合适地点。主标准器的换能器一般安装在电磁流量计上游直管侧或下游直管侧, 具体安装条件可根据标准器的使用说明书进行调整。保证主标准器安装位置前后直管段长度要求, 并避开可能产生不满管、弯头、阀门或外部管径锈蚀严重的位置, 工作原理如图1所示。

3. 根据选取的标准表类型按其他参数的确定的方法正确安装设置标准表参数, 必要时带压打孔安装。

4. 管径测量——用仪器在换能器安装位置附近的同一截面上大致等角分布测量 n 次外径, 或测量 n 次外周长推算出外径, 其平均值 D 按式(1)计算。

式中:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (1)$$

n ——测量次数, $n \geq 4$ 。

D_i ——第 i 点测得的管道外径或推算出的外径。

5. 壁厚测量——清理换能器安装位置的管壁, 露出管道金属材质并打磨光滑, 用测厚仪取5个点测量管道壁厚, 并取其平均值作为壁厚。

6. 其他参数的确定——如管道材质、衬里材料等, 由被检单位现场提供并确认。

7. 标准表的安装——换能器安装方式通常有Z法、V法。一般为安装方便采用V法进行测量, 当管径较大或者管道内杂质较多导致信号较弱时, 可采用Z法测量。输入管道参数得出安装距离 L 。根据安装距离进行安装。

8. 正确设置标准表参数, 保证流量计正常工作。

9. 校准流量点的选择及校准次数——对流量计的零点进行检查无偏差后, 根据实际确定校验流量点, 一般选取现场可调流量点的上、下限进行校准, 每个校准点校准次数一般大于等于三次。现场无法调节流量的, 可在一天不同时段进行流量点的校准。

可采用累计流量或瞬时流量两种方法进行校准。

一般流量波动范围在3%内时测量其瞬时流量,流量波动范围超出3%时采测量其累计流量。

采用瞬时量时,则至少分别读取20个数值,取其平均值。

采用累计流量校准时,应同步采集被校设备与标准设备的起始、终止值。

5 校准结果

校准结果应给出在线示值误差(流量系数)、重复性、校准结果的扩展不确定度。

1. 在线示值误差——流量计单次校准的相对示值误差为:

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij} - (Q_s)_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \times 100\% \text{ 或 } E_{ij} = \frac{q_{ij} - (q_s)_{ij}}{(q_s)_{ij}} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

E_{ij} ——第*i*校准点第*j*次校准时被校流量计的相对示值误差, %。

Q_{ij} ——第*i*校准点第*j*次校准时被校流量计的累积流量值, m^3 。

$(Q_s)_{ij}$ ——第*i*校准点第*j*次校准时标准器换算成流量计状态时的累积流量, m^3 。

q_{ij} ——第*i*校准点第*j*次校准时被校流量计的瞬时流量值,可为一次校准过程中多次读取的瞬时流量值的平均, m^3/h 。

$(q_s)_{ij}$ ——第*i*校准点第*j*次校准时标准器换算到流量计状态的瞬时流量值, m^3/h 。

流量计第*i*校准点示值误差按式(3)计算:

$$E_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{ij} \quad (3)$$

式中:

E_{ij} ——流量计在线示值误差。

n ——校准次数。

流量计的在线示值误差*E*为流量计各校准点的示值误差中绝对值最大的误差值。

2. 流量系数——当被检表为脉冲输出时,流量系数*K*通过下式计算:

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{Q_{ij}} \quad (4)$$

式中:

K_{ij} ——第*i*校准点第*j*次校准时被校流量计的流量系数, $(\text{m}^3)^{-1}$ 。

N_{ij} ——第*i*校准点第*j*次校准时被校流量计所输出

的脉冲数;流量计第*i*校准点流量系数按式(5)计算:

$$K_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_{ij} \quad (5)$$

流量计的流量系数*K*可通过式(6)计算:

$$K = \frac{(K_i)_{\max} + (K_i)_{\min}}{2} \quad (6)$$

式中:

$(K_i)_{\max}$, $(K_i)_{\min}$ ——分别为在测量范围内各校准点流量系数的最大值和最小值。脉冲输出的流量计的相对示值误差:

$$E = \frac{(K_i)_{\max} - (K_i)_{\min}}{(K_i)_{\max} + (K_i)_{\min}} \times 100\% \quad (7)$$

3. 重复性——当每个流量点重复校准*n*次时,该流量点的重复性按下式评定:

$$(E_r)_i = \left[\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

或

$$(E_r)_i = \frac{1}{K_i} \left[\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (K_{ij} - K_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \times 100\% \quad (9)$$

式中:

$(E_r)_i$ ——第*i*个测量点重复性 %。

流量计的重复性:

$$E_r = [(E_r)_i]_{\max} \quad (10)$$

式中:

E_r ——流量计的重复性。

$[(E_r)_i]_{\max}$ ——取各校准点重复性的最大值。

4. 流量计特征系数修正——流量计经校准后,如超过流量计最大允许误差,可根据说明书将流量计进行特征系数的修正,修正完成后流量计重新进行校准。

6 校准结果表达

流量计校准完成后,根据校准记录,出具校准证书,并给出校准结果的不确定度。

7 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定,因此,申请校准单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔,建议不超过1年。更换重要部件、维修、重新安装或对仪器性能有怀疑时,应随时校准。