

文章编号:1001-4179(2012)24-0021-04

江河管道取水流量计现场计量校准方法探讨

王 黎¹, 戴能武², 吴新生¹, 石正国¹

(1. 长江科学院 检测中心, 湖北 武汉 430010; 2. 长江水利委员会 网络与信息中心, 湖北 武汉 430010)

摘要:为促进水资源的合理开发利用,加强取水计量设施规范管理,开展流量计量设施校准有其现实性和必要性。采用标准表法对流量计进行比对试验,介绍了现场液体流量计的校准方法、原理;应用误差理论,提出了现场计量校准测量偏差控制范围;通过实例分析,证明了标准表法比对试验能满足现场计量设施校准要求,并提出进一步研究的思路。可为编制管道取水流量计的现场计量校准技术标准提供参考。

关键词:流量计量;现场校准;水资源利用;江河管道

中图法分类号:TV213 **文献标志码:**A

江河管道取水计量主要采用液体流量计,包括电磁流量计和超声流量计。由于已安装在管道上的在线使用的大口径液体流量计设备安装复杂,自动化操作程度高,而且大多由于不能停止取水和不方便拆卸等原因难以做到按期进行周期检定,而液体流量计的准确性又直接关系到国家水资源管理制度的落实和需水方的经济利益及取水费用核算的准确性。因此,液体流量计流量计量系统的现场校准和标准编制成为水资源管理亟待解决的技术难题。本文以插入式超声流量计为例,通过现场试验研究,出现场计量校准技术方法;结合测量误差理论,出现场计量校准精度控制方法,从而为编制管道取水流量计现场计量校准技术标准提供参考。

1 校验方法

1.1 标准表法

采用高准确度便携式超声流量计作为外夹式标准表,与被校验的流量计相串联;流体依次流过二者,比较二者的示值,确定被校表的误差,以达到检测流量计准确性的目的。该使用方法的装置结构相对简单,典型应用如图 1 所示。

管道中便携式超声流量计标准表安装在被校流量计上游处,中间装有流动调整器,流量调节阀安装在被校流量计的后直管段上,通过调节阀调节流体的流量达到所需要的校准流量值。流动调整器是抑制上游各种装置(如开关阀门、涡轮流量计等)对流场产生较大影响的设备。通过现场调研,取用水户视流场影响程度,有的加装了流动调整器,有的没有加装^[1]。

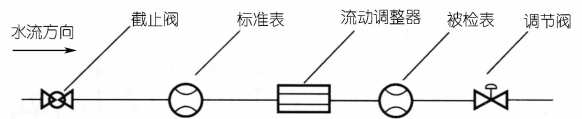


图 1 标准表法

1.2 现场传感器安装方法

通常定义声路数量等于 1 为 Z 法,声路数量等于 2 为 V 法,声路数量等于 3 为 W 法。奇数传输(对角线模式,Z 法、W 法)中,传感器应安装在管路的相对侧;偶数传输(反射模式,V 法)中,传感器应安装在管路的同一侧。见图 2。

传输路径数的增加意味着测量精度的提高,但传输距离的增加也会导致更大的信号衰减。经现场试验统计分析,管径在 DN500 mm 以内,用 V 法为宜;管径

收稿日期:2012-07-10;修回日期:2012-11-07

基金项目:水利部公益性行业科研专项(201001049-02)

作者简介:王 黎,男,高级工程师,主要从事水电工程技术研究工作。E-mail:wangli@mail.crsri.cn

在 DN500 ~ DN800 mm 范围, V 法、Z 法并存使用;管径在 DN800 mm 以上,用 Z 法为宜。

由于使用年限较长的管道,其管壁反射以及管道内壁沉积物均会引起声信号衰减,因此对使用年限在 2 a 以上的管道,宜使用 Z 法进行传感器安装测试,以保证校准精度。

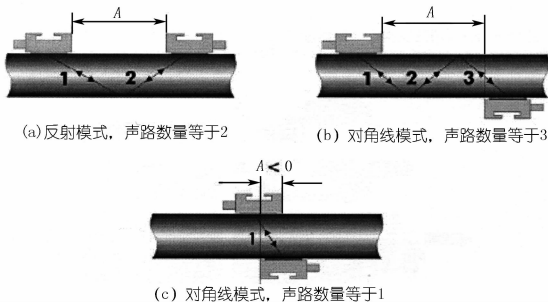


图 2 声路径和传感器距离 A

1.3 现场校验布置

1.3.1 流量点布置

液体流量计流量校准点布置为 q_{\min}, q_i (一般流量), $0.4q_{\max}, q_{\max}$ 。当检定点小于 q_{\min} 时,该检定点可取消。现场校准时,根据现场实际情况确定流量校准点。

每个流量点校准 3 次。现场无法调节流量时可采用在不同的时段进行校准,流量点一般选择 1 ~ 3 个,且在一次实验过程中,瞬时流量的最大变化不得超过 5% [2]。

1.3.2 校准前的准备工作

(1) 校准测量点选择。校准测量点应选择在保证上游直管段大于 10 DN,下游直管段大于 5 DN 的位置。若上游直管段长度不能满足 10 DN 时,则标准表安装直管段长度最短距离不能小于 5 DN,同时做好记录备案;以便下次同工况校准时与上次对比进行误差分析。

(2) 标准表参数采集。标准表需输入传感器安装部位的管道外直径、管道壁厚、水的温度以及传感器安装方式等内容。

(3) 传感器安装。将采集的信息输入标准表,经自动计算得出传感器安装两探头之间距离。确定两探头安装点后,用工具对测量点处进行清理,直至见到管子的本色。在探头上涂抹耦合剂,然后用锁紧装置将探头固定在测量点上。

1.3.3 测量信号调整

标准表及传感器安装完后,观察测量信号,根据信号大小,微调探头位置,直到测量信号处于最大。

1.3.4 流量采集

(1) 瞬时流量采集。标准表和被校表都进入测量状态后,同时记录标准表和被校表流量示值,每对数据在同一时刻读取,时间间隔要求不大于 2 s,每次至少读取 20 个数值作为 1 组。

(2) 累积流量采集。标准表和被校表都进入测量状态后,同一时刻分别记下标准表和被校表的累积起始值,经过 10 min 后,同一时刻分别记下标准表和被校表的累积止码值。每次采集,标准表的累积值等于止码值减去起始值,被校表的累积值等于其累积值减去止码值。校准次数不少于 3 次。

1.3.5 标准表检定要求

根据《超声流量计》(JJG1030 - 2007) 要求,外夹式超声流量计应尽量在管径相同的条件下进行标定。如使用管径与标定管径之比大于 2 或小于 1/2,使用时应增加 0.5% 的附加误差 [3]。

2 现场在线校准误差分析

2.1 流量计示值误差计算

(1) 单次测量相对示值误差 E_{ij} 为

$$E_{ij} = \frac{q_{ij} - (q_s)_{ij}}{(q_s)_{ij}} \times 100\% \quad (1)$$

式中, q_{ij} 为第 i 流量点第 j 次校准时的被检流量计示值(瞬时值); $(q_s)_{ij}$ 为第 i 流量点第 j 次校准时的标准表示值(瞬时值); E_{ij} 为第 i 流量点第 j 次校准时被检流量计相对示值误差。

(2) 流量点相对示值误差 E_i 为

$$E_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{ij} \quad (2)$$

式中, E_i 为被检流量计第 i 流量点相对示值误差。

(3) 流量计相对示值误差 E 为

$$E = \pm |E_i|_{\max} \quad (3)$$

式中, $|E_i|_{\max}$ 为被检流量计各流量点相对示值误差中的最大值。

(4) 流量计重复性 $(E_r)_i$ 为

$$(E_r)_i = \left[\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

式中, $(E_r)_i$ 为被检流量计第 i 流量点的重复性。

2.2 测量偏差技术要求

(1) 与标准流量计相比,被校流量计的测量偏差为

$$e_i = \frac{F_i - F_{0i}}{F_{0i}} \quad (5)$$

式中, F_i 为本次检验得到的第 i 流量点流量计系数平

均值; F_{0i} 为第 1 次检验得到的第 i 流量点流量计系数平均值; e_i 为流量计第 i 流量点测量偏差。

(2) 被校流量计系数为

$$F_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F_{ij} \tag{6}$$

$$F_{ij} = \frac{q_{sij}}{q_{ij}} \tag{7}$$

式中, q_{sij} 为第 i 流量点第 j 次校准标准流量计示值; q_{ij} 为第 i 流量点第 j 次校准被检流量计示值; F_{ij} 为第 i 流量点第 j 次校准的系数。

2.3 校准结果处理

被校流量计的测量偏差 e 和重复性 E_r 不得超过其准确度等级对应的允许值,或分别满足公式 $|e| \leq (\sigma_s^2 + \sigma_m^2)^{1/2}$ 和 $E_r \leq \frac{(\sigma_s^2 + \sigma_m^2)^{1/2}}{3}$,则判定为合格, σ_s 为标准表最大允许误差, σ_m 为被校流量计最大允许误差。

3 实例分析

3.1 现场试验

2012 年 8 月,在江西某电厂进行了插入式超声流量计现场校准试验,目的是校准插入式超声流量计工作精度是否满足其技术指标要求。电厂用的插入式超声流量计安装在外径为 1 224 mm,厚度为 12 mm 的碳素钢管上,其准确度等级为 0.5,最大允许误差为 0.5%。采用 FLUXUS 外夹式流量计(作为标准表)与插入式流量计(作为被检表)串联连接,比对后的数据经计算分析,判定插入式流量计是否合格。FLUXUS 外夹式流量计准确度等级为 0.3,最大允许误差为 0.3%,传感器安装在距离管道进水口 7 m 处。

试验在 1 个流量点处分 2 次进行,间隔 2 h;每次读取 3 组数据,每组 20 个瞬时值,标准表和被检表同时读数,单次校准的相对示值误差超过 5% 则舍去。数据计算分析见表 1。

表 1 流量计比对试验数据统计分析

流量点/ ($m^3 \cdot h^{-1}$)	标准表平均 示值 q_{sij} / ($m^3 \cdot h^{-1}$)	被校流量计		重复性 (E_r) _{i}	被校流量计系数		被校流量计 测量偏差/ %
		平均示值 q_{ij} / ($m^3 \cdot h^{-1}$)	示值误差/% 单值 平均值		单值 平均值	单值 平均值	
1590.11 (第 1 次测量)	1572.67	1573.07	2.51 2.26	0.22	0.9997	1.0052	0.44
	1630.60	1616.54	2.12		1.0087		
	1591.97	1580.71	2.14		1.0071		
1603.29 (第 2 次测量)	1596.50	1581.40	2.01 2.07	0.18	1.0095	1.0096	
	1648.17	1632.69	2.27		1.0095		
	1611.34	1595.79	1.93		1.0097		

3.2 数据结果处理

由于 FLUXUS 外夹式超声流量计在 DN300 管径

上检定与在 DN1200 管径上作为标准表使用,二者管径之比小于 1/2,则误差分析时标准表应增加 0.5% 的附加误差,即 $\sigma_s = \pm 0.8\%$, $\sigma_m = \pm 0.5\%$ 。

按公式 $|e| \leq (\sigma_s^2 + \sigma_m^2)^{1/2}$ 和 $E_r \leq \frac{(\sigma_s^2 + \sigma_m^2)^{1/2}}{3}$

对校准结果进行判断,被校流量计测量偏差 $|e| = 0.44\%$ (小于 $\sqrt{(\pm 0.8\%)^2 + (\pm 0.5\%)^2} = 0.94\%$);两次试验的流量计重复性 E_r 分别为 0.22、0.18,按《超声流量计 JJG1030 - 2007 标准》规定取大值,则 $E_r = 0.22$ 。

从被校流量计测量偏差、重复性 E_r 结果看,虽然现场校准的示值误差较大,但两次校准的测量偏差较小,重复性也能满足技术指标要求。因此江西某电厂用的插入式超声流量计运行正常,可在周期校准范围内使用。

4 结语

采用便携式超声流量计作为标准表对取用水户安装的流量计进行校准,其方法、原理是可行的。但实际应用的两次校准单次测量相对示值误差较大,这与传感器安装条件、直管段长度和流体是否处于稳定的流量状态有关。要解决这些问题,还需进一步研究现场取水户流量计不同安装工况的测试方法。总之,水资源管理与取水设施强制计量是分不开的,本文所介绍的校准方法和数据误差分析,可为编制管道取水流量计现场计量校准技术标准提供参考^[4]。

参考文献:

- [1] 苏彦勤,杨有涛. 流量检测技术[M]. 北京:中国质检出版社, 2012.
- [2] 全国流量容量计量技术委员会. 速度式流量计[M]. 北京:中国计量出版社,2008.
- [3] JJG1030 - 2007 超声流量计[S].
- [4] 吴静. 采用超声流量计进行在线校准研究[J]. 中国计量,2008, (9).

(编辑:徐诗银)

