

超声波流量计于计量设施在线校准的应用

顾 闽, 孙丽娜, 陈建楠, 邵梦舟

(南京市水资源管理中心, 江苏 南京 210008)

摘要:为提升监测计量数据质量,加强监测计量成果应用,采用便携式超声波流量计作为检测设备,对共计15个计量设施进行在线校准工作,得到相应管道流量数据,验证了超声波流量计应用于计量设施在线校准的科学性,并对实际操作过程中遇到的问题提出了相应对策,旨在提升监测计量数据质量。

关键词:超声波; 流量计; 计量设施; 在线校准

中图分类号:TV131.66

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2021)05-0060-0003

Application of ultrasonic flowmeter in on-line calibration of metering facilities

GU Min, SUN Lina, CHEN Jiannan, SHAO Mengzhou

(Nanjing Water Resources Management Center, Nanjing 210008, China)

Abstract: In order to improve the quality of monitoring and metering data and strengthen the application of monitoring and metering results, the portable ultrasonic flowmeter (Fluxus f601) was used as the testing equipment to conduct online calibration for a total of 15 metering facilities, and the corresponding pipeline flow data were obtained, which verified the application of ultrasonic flowmeters to online calibration of metering facilities. The scientific nature of the research was carried out, and corresponding countermeasures for the problems encountered in the actual operation were put forward in order to improve the quality of monitoring and metering data.

Key words: ultrasonic; flowmeter; metering facility; on-line calibration

我国水资源紧缺,水资源时空分布不均匀,生产布局和水资源不相匹配,供需矛盾尖锐,节约用水迫在眉睫^[1]。为全面、准确掌握取用水情况,提高水资源管理精细化水平,水利部印发了《关于强化取水口取水监测计量的意见》,对强化取水口取水计量工作进行了部署。提升监测计量数据质量,加强监测计量成果应用成为工作重点,系统、完整的取水监测计量体系,为实施水资源刚性约束制度,促进生态文明建设和高质量发展提供有力支撑。本文采用了超声波流量计对计量设施进行在线校准工作^[2],旨在提升监测计量数据质量。

1 校准原则

按照《管道式电磁流量计在线校准要求》(CJ/T 364—2011),对于计量设施的现场校准方法一般有2种,即标准表法和电参数法^[3]。电参数法往往难以确定电参数测量与流量测量值之间的函数关系,加上由于设备安装年限较长,被检计量设施出厂时的相关电参数经常无法查证,从而增加了电参数法的测量不确定性,所以目前采用便携式超声波流量计作为标准器对管道计量设施进行在线校准的方法是可行且有意义的,能够很大程度上解决流量计量

收稿日期:2021-12-06

作者简介:顾闽(1987—),男,高级工程师,本科,主要从事水资源管理政策措施研究等工作。E-mail:273517667@qq.com

设施不便拆卸送检的难题。

1.1 流量计性能要求

采用德国弗莱克森便携式超声波流量计(FLUXUS F601)作为本项目的检测设备(标准表),标准表具有有效的检定证书,性能指标满足以下要求:

(1)标准表的基本误差满足 $\pm 0.5\%$ 要求。

(2)标准表的重复性满足0.10%要求。

1.2 校准环境要求

(1)大气环境条件应满足以下规定:环境温度为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于95%,大气压力为56~106 kPa。

(2)工作介质应是充满封闭管道的单相流体。

(3)外界磁场应小到对标准表的影响忽略不计。

(4)振动和噪声应小到对标准表的影响忽略不计。

(5)场地满足安全操作要求。

1.3 标准表使用原则

标准表应串联安装在被检测的流量计上游侧或下游侧。标准管段一般情况下是在被检测流量计所安装的管道上,选定的流场条件和管道外形尺寸都能满足标准表要求的一段直管^[4]。

(1)应以前后直管段长度尽量长的原则选定。

(2)应选择水平管道或上升管道作为标准管段的安装位置。

(3)位置最好是没有衬里的管段。

(4)最好是没有电磁干扰和振动干扰的位置。

(5)安装位置及声束反射位置应避开管道的焊缝。

2 校准过程

2.1 测量管道外径

利用现场管线作为标准表安装位置的标准管段要现场实测管道外径,用卷尺分别在标准表2只换能器安装距离内等间隔测量3至6个管道外周长,分别用测量结果计算出管道外径。其平均值 D 计算式为

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

式中: n 为测量次数, $n \geq 3$; D_i 为第 i 点测得的管周长计算出的管道外径,mm。

2.2 安装测量设备

首先观察被检流量计,确认能够正常工作,清理已定安装位置附近的管壁(比标准表换能器约大

一倍的面积),将管壁上的油漆、铁锈、污垢等清除干净,露出管道材质,打磨光滑。然后在标准表换能器表面均匀涂以耦合剂,将标准表换能器上标志对准安装位置,使其发射面与管壁紧密接触,并用紧固件将标准表换能器固定在管道上。最后将标准表换能器信号传输电缆连接到转换器上,按标准表的使用手册将信号调试到最佳状态。

其中,2个换能器安装的相对位置有以下2种方式:

(1)换能器安装的相对位置:V方式安装传感器是最常用的方法,被称为反射法^[5]。如图1所示。

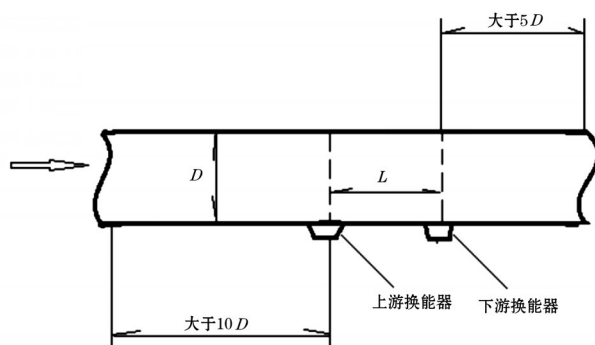


图1 换能器安装的相对位置V方式

(2)Z方式:Z方式安装传感器一般是在较大管径的管道上使用,被称为直接法。如图2所示。

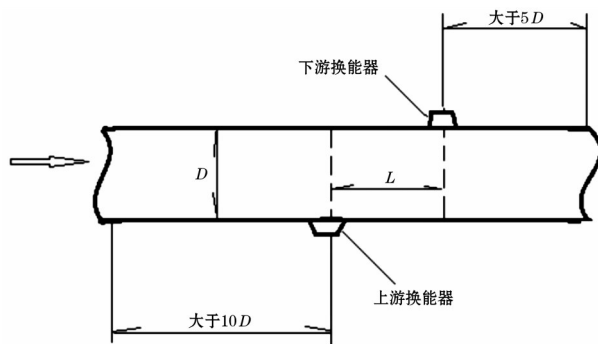


图2 换能器安装的相对位置Z方式

2.3 读取检测数值

根据现场实际情况确定检测流量点,每个流量点检测3次。现场无法调节流量时可采用在不同的时段进行检测。流量点一般选择1~3个。每次检测时,同时读取并记录电磁流量计和标准表的示值。若读取的数值为瞬时值,则读取20个数值,每次读数间隔60 s,之后在计算平均值时允许按规则剔除

读数粗大误差,以计算出的平均值作为该次测量的标准表和流量计示值^[6]。若读取的数值为累积值,则保证大于最小读数的1 000倍或读取20 min的累积值。检测时读取的标准表和流量计示值保留到小数点后2位^[7]。

流量点每次测量的相对示值误差 E_{ij} 计算式为

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

式中: q_{ij} 为第*i*流量点第*j*次检测时的流量计示值(瞬时值或累积值); $(q_s)_{ij}$ 为第*i*流量点第*j*次检测时的标准表示值(瞬时值或累积值)。

流量计每个流量点的重复性 $(E_r)_i$ 计算式为

$$(E_r)_i = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2} \times 100\% \quad (3)$$

式中: n 为第*i*流量点的检测次数;取流量计所有流量点的重复性最大值作为该台流量计的重复性 E_r 。

3 检测结果

本文共检测15个计量设施,其中超声波流量计1个,电磁流量计14个,具体检测数据统计汇总如表1所示。

实测的15个计量设施检测结果总体较好,最小

表1 各计量设施检测数据统计

序号	设备类型	管道材质	管径/mm	最大示值误差/%	重复性/%	扩展不确定度/%
1	电磁流量计	铸铁	250	1.03	0.44	0.71
2	电磁流量计	铸铁	300	-1.96	0.69	0.95
3	电磁流量计	铸铁	250	3.60	0.05	0.50
4	电磁流量计	铸铁	300	-2.68	0.37	0.66
5	超声波流量计	铸铁	200	1.35	0.32	0.62
6	电磁流量计	铸铁	80	-2.62	0.24	0.57
7	电磁流量计	铸铁	350	-2.04	0.11	0.52
8	电磁流量计	铸铁	300	0.43	0.22	0.56
9	电磁流量计	铸铁	200	2.64	0.15	0.53
10	电磁流量计	铸铁	150	1.82	0.32	0.62
11	电磁流量计	铸铁	200	-2.05	1.14	1.41
12	电磁流量计	铸铁	400	-3.02	0.62	0.88
13	电磁流量计	铸铁	500	3.67	0.05	0.50
14	电磁流量计	铸铁	400	33.31	0.22	0.56
15	电磁流量计	铸铁	400	4.65	0.01	0.50

备注:正值误差表示规定时间内被检流量计显示的流量超过标准表检测的流量,负值误差表示规定时间内被检流量计显示的流量少于标准表检测的流量。

示值误差为0.43%,最大示值误差不超过±5%的共14个,占比93.33%,仅14号误差较大,最大示值误差为33.31%,现场校准工程由于工况调节受限,只能校准当前流量点,该流量点的测量重复性尚可。

4 结论与建议

本文应用超声波流量计进行在线校准的计量设施运行情况基本正常,仅1个站点出现最大示值误差较大的情况,但重复性较好,可通过参数设置尽可能将误差校准或进行设备的更换,以提升监测数据的准确性。验证了用超声波流量计对计量设

施校准的合理性,并对实际操作过程中遇到的问题提出以下建议。

(1)为了保证超声波测量管道内的流体是平行流动的,所以一定要有一段直管段,可在超声波流量计的前后方留有至少长于10倍管径的直管段来保障。

(2)在条件允许的情况下,可使用多个高精度流量计进行对比测试,以排除单个流量计造成的系统误差,也可在同一管道上通过更换换能器安装位置等方法进行反复测量验证,以提高测量的准确度。

(下转第66页)

通过开展调整农业布局、改革灌溉技术、加快农业节水技术提升和节水工程建设等相关措施,减少农业用水,更好为其他产业发展提供水资源支撑;从水资源量空间分布分析,连云港市灌南县、灌云县及市区供水条件较好,可用水量较为丰富,能很好支撑沿海大开发及临港产业区的建设发展。赣榆区作为连云港市“一体两翼”发展主体,需加强农灌节水以支撑产业发展,同时需考虑通榆河北延送水工程的常态供水对赣榆区城市发展的贡献;东海县需进一步提高农灌节水技术,并适当发展低耗水的高科技产业等。

4 结 论

(1)2030年,连云港市在多年平均、50%、75%、95%不同丰枯频率下,基于水资源条件的可用水量分别 52.43 亿 m^3 、51.72 亿 m^3 、46.55 亿 m^3 、39.87 亿 m^3 。

(2)“以水定人”原则下,连云港市 2030 年可承载人口规模为 634.6 万人,其中农村人口 147.9 万人,城镇人口 486.6 万人,城镇化率 76.7%。

(3)“以水定地”原则下,连云港市 2030 年城市

建设用地承载规模为 1 172.9 km^2 ,其中城镇建设用地规模为 665.2 km^2 ,农村建设用地规模为 507.7 km^2 。与现状建设用地面积相比增加 86.2%,满足城市高质量发展及城市规划容积率显著提高的要求。

(4)“以水定产”原则下,连云港市 2030 年 GDP 总量发展规模为 8 646 亿元至 11 617 亿元,是现状年 GDP 总量的 2.6~3.5 倍,体现了连云港市巨大发展潜力,水资源条件能支撑未来产业结构调整发展所需的相关要求。

参考文献:

- [1] 杨舒媛,魏保义,王军,等.“以水四定”方法初探及在北京的应用[J].北京规划建设,2016(3).
- [2] 谷树忠.落实“以水四定”的症结识别与政策工具[J].中国水利,2021(6):52-54,57.
- [3] 深入领会“以水而定,量水而行”“重在保护,要在治理”科学内涵发挥水资源作为最大刚性约束的重要作用[J].中国水利,2019(20):前插2.
- [4] 王勇.坚持以水而定、量水而行建立完善水资源刚性约束制度[J].河北水利,2021(3):29.

(上接第 62 页)

(3)受超声波换能器、传感器与管道之间的耦合材料耐温程度的限制,在高温介质流量测量时可能产生较大误差,该情形应避免使用超声波流量计。

(4)目前,现场安装使用的计量设施大都标称的准确度等级为 1.0 级,甚至有 0.5 级的,但是流量计的出厂检定准确度和现场使用的准确度是不同的。例如出厂检定 0.5 级的电磁流量计,安装在现场环境下,受到安装位置、介质状态、环境温湿度、电磁干扰等多因素的影响,难免会产生一些附加误差,这些误差在出厂或实验室检定时是无法检测出来的,只有通过在线校准才能显现和修正,这也是在线校准计量设施的意义所在^[8]。

(5)用于取水口取水监测的计量设施,由于管道内一般为取原水,如果取水水质情况不佳,会导致积垢附着于管道内壁,从而影响管道的过水面积。流量计一般采用流速面积法进行流量计算,因此需要定期注意对计量设施和管道的日常维护,并定期开展在线校准工作,以保证监测数据的

长期准确性。

参考文献:

- [1] 黄挚雄.超声波流量计的发展与应用[J].自动化与仪表,1998(3):3-6.
- [2] 田野,王岳,郭士欢,等.常见流量计的应用[J].当代化工,2011,40(12):1294-1296,1304.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. CJ/T 364—2011 管道式电磁流量计在线校准要求[S].北京:中国标准出版社,2011.
- [4] 张伟,修蕾,赵洪涛,等.超声波流量计计量系统性能的主要影响因素[J].科技视界,2021(23):74-75.
- [5] 钟伟达.超声波流量计常见作弊手段及预防措施分析[J].仪器仪表标准化与计量,2021(3):22-28.
- [6] 廖志敏,熊珊.超声波流量计的研究和应用[J].管道技术与设备,2004(4):12-19.
- [7] 周婉迪,裘雪玲,曾永玲,等.水表在线校准及量值期间核查方法探讨[J].工业计量,2021,31(5):17-20.
- [8] 左勇,叶童.民用水表的检定及计量误差处理[J].中国设备工程,2020(19):152-153.