

浅谈电磁流量计在线检定的应用

Brief Talk on the Application of Online Calibration of Electromagnetic Flowmeter

张成敏¹ 徐 华¹ 徐业峰²

(上海贝菲自动化仪表有限公司¹,上海 200127;昆山自来水集团有限公司²,江苏 昆山 215300)

摘 要:为更好地将电磁流量计在线检定方法运用于实际现场操作之中,根据《计量法》和《管道式电磁流量计在线校准要求》(以下简称《要求》),对不同工况下的十几台大口径电磁流量计进行现场检测和校验,所得数据与出厂标定的原始数据能够很好地吻合。在对在线检测过程中相关细节总结之后,证实了电磁流量计的在线检定是切实可行和有效的,能够广泛地运用于大口径流量计的现场检定。

关键词:流量测量 在线检定 电磁流量计 标准表法 电参数法

中图分类号: TP216 **文献标志码:** A

Abstract: In order to well use the online calibration method of electromagnetic flowmeter in practical operation on-site, in accordance with the "Law of Metrology" and "The Requirements of Online Calibration of Electromagnetic Flowmeter", more than ten of the large bore electromagnetic flowmeters are inspected and calibrated under different operating conditions. The data obtained are well coincident with the original data from ex-factory calibration. Through summarizing the details of the online calibration, it is verified that online calibration of electromagnetic flowmeter is feasible and effective, it can be widely used for field calibration of large bore flowmeters.

Keywords: Flow measurement Online calibration Electromagnetic flowmeter Calibration with standard meter Method of electrical parameter

0 引言

流量是给排水和水处理等相关行业常用的过程控制和计量的重要参数和生产指标,它直接关系到水处理的进程与质量。电磁流量计由于其结构简单,传感器内没有可动部件,没有节流装置,不存在机械转动和磨损,不会产生压力损失,并因其精度高、线性好、运行稳定等优点给排水、污水处理、引水工程等项目中,在得到广泛的应用,用以进行内部计量、过程控制和对外贸易结算。电磁流量计作为一种普遍的计量器具,按照《计量法》的规定,必须在一定的周期内对该器具进行检定或校准。同时,使用方为保证流量计使用的可靠性,也对电磁流量计生产厂家提出了这个要求。

然而,应用于水务行业中的电磁流量计口径较大,安装环境差等因素导致流量计很难甚至不允许拆卸之后送到标定装置中进行复核。另外,由于此类流量计的现场工作条件与实验室校验设置条件存在偏差,因此,电磁流量计,尤其是大口径的电磁流量在使用一个阶段之后,测量也许会存在一定的不确定性偏差。在线大口径流量计不停水的校准和检定问题亟待解决。

1 电磁流量计的在线检定方法

目前,普遍应用的电磁流量计在线检定手段主要有标准表法和电参数法。电参数法是根据管道式电磁流量计的测量原理,对影响在线工作的管道式电磁流量计的相关参数进行检定(如励磁线圈对地绝缘电阻、电极对地(接液)电阻、励磁线圈电阻和流量计电缆线电阻),测量控制相关参数在一定允许的变化范围内与出厂检定的原始数据进行比较溯源,使其保持在出厂时的标准准确度以内,以满足使用要求。标准表法是以标准表为标准器具,使流体在相同时间间隔内,同时连续通过标准表和被校表,比较两者的输出流量值的偏差,从而确定被校流量计与标准表所示的流量值的关系。

对于以上两种方法孰优孰劣,不能断然判明,但根据上海贝菲自动化仪表有限公司应用以上两种方法的在线检定过程均能反映测量性能。

2 电参数法

众所周知,电磁流量计是根据法拉第电磁感应定律来测量导电液体体积流量的仪表。法拉第电磁感应公式如式(1)所示:

$$E = K \times B \times V \times D \quad (1)$$

式中: B 为流量计励磁线圈感应磁场的强度; V 为被测

修改稿收到日期:2011-09-15。

第一作者张成敏,男,1986年生,2009年毕业于安徽工业大学测控技术与仪器专业,获学士学位,助理工程师;主要从事电磁流量计售后技术支持方面的工作。

电液导体的流速; D 为管径; K 为仪表系数。宏观上把导电液体看成导体。

由式(1)可知管径 D 与系数 K 都为固定参数。在一定流速下,只要保证参数 B 的稳定,那么感应电动 E 也随之稳定,即在进行电参数法在线检定时,若参数 B 保持在出厂校准时的允许范围内时,就可证明该流量计目前所测流量的准确度仍与出厂时保持一致^[3]。

影响电磁感应强度 B 的因素,就流量计本身而言,应检验励磁线圈电阻(扣除温度变化引起的差值)、励磁线圈的绝缘以及励磁电流的幅值。另外,我们需检查电极信号电路绝缘性能是否良好,证明原本微弱的流量信号有没有额外大的损失;测量电极的接液电阻,评估电极表面是否被过度氧化、腐蚀、结垢或损伤而影响正常测量;检查接地电阻等情况并排除杂乱信号的干扰。同时,使用高精度的模拟信号器检测转换器的工作状况。

上海贝菲自动化仪表有限公司于2009年8月与昆山市某自来水厂签定供货合同,其中大口径表包括DN2 000 mm 流量计3台、DN 1000 mm 流量计4台。按标书要求,出厂数据必须确保当流速为0.3 m/s时达到 $\pm 0.25\%$ 示值误差。在协助昆该自来水厂进行调试,流量计正常运行投入生产之后,于2010年8月份,根据《管道式电磁流量计在线校准要求》^[1]对每台表的原始数据一一记录,一年之后,我们再次来到现场进行在线检定。

2.1 电参数法的检定过程

在检定过程中,首先,观察转换器内的各项参数设置是否有被改动过,要求转换器的各项参数设置与电磁流量计出厂铭牌上的一致;然后观察两根电缆(励磁电缆、信号电缆)是否有损伤,是否保持原样。《管道式电磁流量计在线校准要求》指出需保证被测液体电导率符合流速在0.3~10 m/s的流动状态下,被测管道中应保持满管,无气泡聚集。

在该自来水厂进行检定观察时,全部的流量计都在稳定有序地运行,无数据波动等状况出现。因此,我们判定以上条件均符合,并在此基础上对流量计的一系列参数作了检测。

由于我们第二次来到自来水厂时,该流量计在运行当中,因此,为不妨碍水厂的正常工作,我们对每个数据点只进行了两次数据测量。

2.1.1 转换器的校准

① 瞬时流量的示值误差及重复性检定

先关闭转换器的供电电源,并将转换器连接传感器的电缆拆卸下来,使用我们自主开发的模拟信号发生器(精度为 $\pm 0.1\%$),为转换器提供模拟信号,代替

实际使用过程中电磁流量计传感器提供的流量信号。然后通电预热片刻之后,分别选定高、中、低3个流速点,且采用上行程和下行程的方式对每个点都测试3遍,对转换器的示值做出记录,并将所记录的值按照要求所记录的公式进行处理,最后根据计算所得的示值误差及重复性^[2-5]。

② 转换器零点检查与校准

将电磁流量计模拟信号发生器的开关拨到“0”位置,用模拟信号发生器的零位进行调零,直到转换器瞬时流量显示为“0.000 m³/h”。

③ 电磁流量计零点漂移的检查

断开转换器与传感器之间励磁线圈的连接电缆(贝菲产品的励磁线圈连接电缆编号为“7、8”电缆线),保持信号线“1、2、3”的联通,经过十几分钟左右的预热(当然,在这预热过程中可对其他表进行其他项目的检查),恢复转换器的各项参数设置,每5 min记录一次转换器读数情况,持续3次并记录转换器每次的显示值。取绝对值最大的值与电磁流量计量程相比较,得到零点漂移值

④ 转换器输出频率及输出电流校准

以电磁流量计模拟信号发生器为校准信号源,采集3个流速测量点的频率计电流输出信号,按照公式计算两者的示值误差。相关公式请参阅文献[1]。

应该注意的是,转换器输出频率、电流的最大允许示值误差应不超过出厂准确度的要求。

2.1.2 传感器的校准

① 励磁线圈电阻的测量

以数字万用表为测量工具,两个表笔分别搭在励磁线圈的两个端子上,测量励磁线圈的电阻值,将测量结果与以往的记录值进行比对。

② 励磁线圈对地绝缘电阻的测量

以500 V兆欧表为测量工具,将兆欧表的两端分别夹在励磁线圈一端和接地线上,操作兆欧表待显示稳定后读数,要求绝缘电阻大于100 M Ω 。

③ 传感器接地电阻的测量

用数字式万用表测量信号屏蔽线和接地线之间的电阻,要求对地电阻小于10 Ω 。

④ 电极对地(接液)电阻值的测量

以指针式万用表为测量工具(测量时会出现短暂的充放电现象),读取指针偏转最大值时的值作为记录值。电极的接地电阻值不能有较大的偏差率,否则视为不可控。

应该注意的是,测量应该以第一次测量的最大值为准,若要再次测量,应消除电极上可能出现的极化现

象,避免造成对测量准确性的影响;同时,要求偏差率 $\leq 20\%$ [4]。

电磁流量计出厂时以及经过一年的使用之后,再次对同一台电磁流量计在线检定数据记录及处理结果

如表1、表2所示。其中,环境温度为 29°C ,相对湿度为 $70\% \text{ RH}$,最大示值误差为 0.25% ,环境温度为 30°C ,相对湿度为 $70\% \text{ RH}$ 。经第三方检测的原始数据如表3所示。

表1 原始及运行一年后的电参数数据

Tab.1 Original electric data and the data of sensor after one-year operation

序号	检测项目	原始数据			备注	运行一年后的数据		
		测量值	理论值	示值误差		检测项目	测量值	备注
1	励磁线圈电阻	110.4 Ω			与出厂或首次校准时偏差 $\leq \pm 1.0\%$	励磁线圈电阻	110.7 Ω	与出厂或首次校准时偏差 $\leq \pm 1.0\%$
2	励磁线圈对地绝缘电阻	543 $\text{M}\Omega$				励磁线圈对地绝缘电阻	530 $\text{M}\Omega$	
3	电源端子与外壳绝缘电阻	$\gg 20 \text{ M}\Omega$				电源端子与外壳绝缘电阻	$\gg 20 \text{ M}\Omega$	
4	传感器接地电阻	5 Ω		$\leq 10 \Omega$		传感器接地电阻	6 Ω	$\leq 10 \Omega$
5	励磁电流	$\pm 125.22 \text{ mA}$				励磁电流	$\pm 125 \text{ mA}$	
6	电极1接液电阻	6.2 $\text{k}\Omega$			两者偏差 $\leq 20\%$,并有充放电现象	电极1接液电阻	6.4 $\text{k}\Omega$	两者偏差 $\leq 20\%$,并有充放电现象
7	电极2接液电阻	6.0 $\text{k}\Omega$				电极2接液电阻	6.4 $\text{k}\Omega$	
8	输出电流	13.369 mA	13.370 mA	0.001%				
9	输出频率	586 Hz	585 Hz	0.170%				

表2 运行一年后的电参数数据(转换器部分)

Tab.2 The data of convertor after one-year operation

校准流量点/%	测量类	序号	流量计读数	测量理论值	相对示值误差/%
100	瞬时流量	1	12 027 m^3/h	12 000 m^3/h	0.10
		2	11 997 m^3/h		
	输出频率	1	1 002.2 Hz	1 000 Hz	≈ 0.0
		2	999.7 Hz		
	输出电流	1	20.04 mA	20 mA	≈ 0.0
		2	19.99 mA		
50	瞬时流量	1	6 023 m^3/h	6 000 m^3/h	0.16
		2	6 017 m^3/h		
	输出频率	1	501.6 Hz	500 Hz	0.11
		2	499.5 Hz		
	输出电流	1	12.03 mA	12 mA	≈ 0.0
		2	12.05 mA		
25	瞬时流量	1	3 007 m^3/h	3 000 m^3/h	0.18
		2	3 004 m^3/h		
	输出频率	1	250.6 Hz	250 Hz	0.04
		2	250.4 Hz		
	输出电流	1	8.01 mA	8 mA	≈ 0.10
		2	8.01 mA		

电磁流量计电参数在线检定法主要用来对直接影响电磁流量计测量准确度的励磁线圈的相关参数进行测量。

通过两次数据的对比,我们可以很直观地了解到这一台电磁流量计的各项电参数在经过一年的现场使用之后仍然能够与原始数据很好地溯源。

表3 2010年8月第三方检定数据

Tab.3 Calibration data from the third party inspection institution (Aug. 2010)

校准流量点/%	序号	流量计读数 $/(\text{m}^3 \cdot \text{h})^{-1}$	标准器读数 $/(\text{m}^3 \cdot \text{h})^{-1}$	示值误差 /%	重复性 /%
100	1	303.642 2	303.434 2	0.07	0.04
	2	303.760 0	303.434 2	0.11	0.04
	3	303.857 8	303.434 2	0.14	0.04
50	1	148.786 7	148.422 5	0.25	0.04
	2	148.773 3	148.422 5	0.24	0.04
	3	148.679 4	148.422 5	0.17	0.04
10	1	30.386 7	30.339 4	0.16	0.04
	2	30.401 1	30.339 4	0.20	0.04
	3	30.377 7	30.339 4	0.13	0.04

2.2 标准表法的检定过程

标准表法是在管道上再安装一个标准表,同步记录两台流量计的输出流量。在标准表的选择方面,目前国内外大部分企业机构都是选用便携式超声波流量计作为标准表进行在线检定。

以长春某热力公司中一台 DN 1 200 mm 流量计为例,对运用便携式超声波流量计进行现场鉴定的过程做一简单的陈述。

该热力公司于每年 10 月初开始对供暖设施进行加压试运行,检查设备是否正常可靠。目前,我们公司有上百台大口径的流量计在该企业的热力供给线上运行,在 2010 年 10 月份试运行过程中,发现其中一台 DN 1 200 mm 的大口径流量计出现数据波动,提议需

对该表运行的准确度进行检测^[6-7]。使用两台精度为±0.5%,重复性±0.15%的便携式超声波流量计对该流量计进行现场检查。DN 1 200 mm的大口径流量计第三方检定数据如表4所示。由表4可以看出,最大示值误差为0.18%,最大重复性为0.06%。

表4 2009年11月第三方检定数据
Tab.4 Calibration data from the third party inspection institution (Nov. 2009)

校准流量点/%	序号	流量计读数 /m ³	标准器读数 /m ³	示值误差 /%	重复性 /%
100	1	55 600.00	55 624.66	-0.04	0.06
	2	55 587.50	55 624.66	-0.07	0.06
	3	55 648.82	55 624.66	-0.04	0.06
75	1	45 090.00	45 028.15	0.14	0.01
	2	45 092.17	45 028.15	0.15	0.01
	3	45 092.20	45 028.15	0.14	0.01
50	1	39 702.50	39 688.25	0.04	0.06
	2	39 749.17	39 688.25	0.15	0.06
	3	39 733.33	39 688.25	0.11	0.06
25	1	15 885.83	15 912.37	-0.17	0.01
	2	15 883.33	15 912.37	-0.18	0.01
	3	15 889.17	15 912.37	-0.15	0.01
10	1	5 268.33	5 268.74	-0.01	0.06
	2	5 262.50	5 268.74	-0.12	0.06
	3	5 263.28	5 268.74	0.13	0.06

操作人员到达现场后,首先对电磁流量计的数据进行采集记录,发现流量计的显示数据确实存在波动。随后我们根据现场情况及超声波流量计的安装要求,对管道外壁的污垢进行擦除,以保证超声波流量计的可靠应用,并根据现场工作人员对管道内壁的衬里描述,采用“V”形安装方法对参数进行一一设置^[8-10]。

值得说明的是,由于超声波流量计对使用环境和安装的要求较高,且在较宽的流速范围之下,较难保证超声波流量计在全流速范围内一直保持一个较高的精度。为此我们分别选用高、低流速的两台超声波流量计,分别对管道内流体的高低流速进行测量,这在一定程度上可以实现测量结果的准确性。

经分段检定,超声波流量计数据记录如表5所示。对比发现,超声波流量计数据显示及波动情况与我们电磁流量计所反映的情况一致。

在线检定后我们也注意到,流量计显示的波动幅度越来越小。对此,我们判断是因为管道在年内首次通水及水温差异等原因,使得管道内存在大量气泡,造成数据波动。在我们的建议下,长春热电在电磁流量计的前直管段上安装了排气阀,电磁流量计随即正常工作。

表5 现场数据记录表

		Tab.5 Field data record table m ³ ·h ⁻¹			
校准流量点 /	序号 /%	第一次记录		第二次记录	
		电磁流量计	超声波流量计	电磁流量计	超声波流量计
100	1	8 200	8 311	8 046	8 107
	2	6 325	6 408	6 227	6 314
	3	7 165	7 182	7 257	7 195
40	1	3 768	3 842	3 506	3 496
	2	3 026	3 012	3 117	3 202
	3	2 981	2 876	2 987	2 908

3 检定注意事项

在检定超声波流量计时,应注意以下事项。

① 安装位置

超声波流量计安装位置的选择需要操作员仔细了解工况情况,包括被检管线的材质、管外径、管壁厚度、管内衬里的材质及厚度,管内介质等相关量的具体信息并核实,确保测量的准确度。

我们都知道,标准表的安装需远离上下游的扰动源,避免有害的漩涡等情况,但是在现场实际情况中达不到安装要求的情况是很普遍的。这就需要我们现场操作人员有相当高的实际操作经验,选择正确的地点和方式进行安装,避免较大误差的出现。

② “V”形安装法较为合理、可靠

在直管段等情况允许的情况下,我们应该首选“V”形法安装。因为使用“V”形安装法,超声波流量计的两个换能器在管道的同一侧,容易实现两个换能器安装在管道的中心线上;而且同一侧的管壁,外部条件几乎一致,对因参数设置引起的误差可以将量减小到最低。“V”形安装法示意图如图1(a)所示。而使用“Z”形安装法虽然声程缩短近一半,然两侧相对的安装方法使得换能器不易在同一个管径平面上,导致超声波接收到的信号质量下降,无法避免地会带来相当的测量误差。“Z”形安装法示意图如图1(b)所示。

③ 同时,我们认为用于标准表法比对的便携式超声波流量计对重复性要求是第一位的。

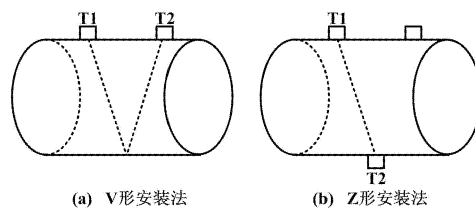


图1 便携式超声波流量计安装示意图

Fig.1 Installation diagram of the portable ultrasonic flowmeter

(下转第85页)

与触摸屏及 DCS 数据通信等主要功能后返回到主程序,主程序检测子程序中的输出控制信号(位信号),依据信号状态开始启机控制。当控制条件达到要求时,按照程序启动机组并加载;如果控制条件不满足,则不启动机组或联锁停机,并反馈故障状态。

在数据采集子程序中^[10],PLC 首先通过输入模块获取机组的模拟量数据与开关量状态,模拟量数据包括压力和温度,开关量包括各类旋钮、按钮、故障输入和继电器输入等,然后把获取的信息按照指定的格式存放在特定数据文件内。接着,PLC 对所采集数据与设定的报警值和停机值作比较,当采集到的数据达到报警值和停机值时,对应的位信号导通,位信号状态可以在主程序和子程序中检测到,并作为梯级导通条件进行逻辑控制。当检测到的任何一个压力、温度值达到报警值或停机值,报警位或停机位将被置位,主程序检测到它们的状态后进行相应的启停机控制。

4 结束语

实际应用表明,该系统具有良好的运行特性,且运行稳定、操作和维护方便,较好地达到了天然气压缩的

生产运行要求。

参考文献

- [1] 王安,何亦文.基于组态王的 DCS 过程控制实验平台[J].自动化仪表,2007,28(6):57-60.
- [2] 黄为,王明哲.新型的 MicroLogix1500 性能分析及工程应用[J].计算机与数字工程,2005:92-95.
- [3] 李正军.计算机测控系统设计与应用[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [4] 陈坚.罗克韦尔小型 PLC 控制系统设计与应用实例[M].北京:中国电力出版社,2010.
- [5] 罗辉,胡泽,王文静,等.基于 DSP 的异步电机矢量控制系统设计与实现[J].电力电子技术,2008,42(9):24-26.
- [6] 罗辉,胡泽,王文静.基于 DSP 的双闭环可逆 PWM 直流调速系统设计与实现[J].仪器仪表用户,2007,14(6):35-36.
- [7] 大涝坝 2D8-4.8/3.6-65 天然气压缩机组技术协议[R].江汉石油管理局第三机械厂,2004:1-100.
- [8] 李建忠.单片机原理应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,2002.
- [9] 易继锴,侯媛彬.智能控制技术[M].北京:北京工业大学出版社,1999.
- [10] 马建建,周长城.数据采集与处理技术[M].西安:西安交通大学出版社,1998.

(上接第 82 页)

4 结束语

流量计在线检定方法是切实可行的,虽然在线检定方法与实验室水流量标定装置上校准存在一定程度上的差异,但是也在一定程度上缓解及解决了一些大口径流量计不能拆卸进行标定的难题。为了进一步优化管道式电磁流量计在线检定方法,需要我们不断总结在线检定的经验或者开发在线检定的专用仪器,这样,电磁流量计的在线检定方法会愈加的完善。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.管道式电磁流量计在线校准要求(征求意见稿)[S].2010.
- [2] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 1003-2007 电磁流量计检定规程[S].2007.

- [3] 蔡武昌.电磁流量计和超声波流量计在线验证[J].自动化仪表,2007,28(4):1-4.
- [4] 蔡武昌,石海林.电磁流量计在线检查和验证[C]//全国先进控制技术与仪表装置应用学术交流会议论文集,2003.
- [5] 蔡武昌,马中元,瞿国芳,等.电磁流量计[M].北京:中国石化出版社,2004.
- [6] 张艳萍.实现在线大口径水流量计的检测及校准[J].山西科技,2008(3):168-169.
- [7] 赵雨斌,居滋培.特大口径电磁流量计的检定[J].计量学报,2000(4):291-295.
- [8] 赵雨斌,华红艳,邵明进.城镇供水计量的技术特点及发展趋势[J].自动化仪表,2006,27(4):1-3.
- [9] 姜渝,徐华.电磁流量计示值误差校准不确定度评定[J].自动化仪表,2009,30(10):46-48.
- [10] 苏彦勋.流量计量与测试[M].北京:中国计量出版社,1992.