

换入/换出同向型换向器的研究

Study on the Diverter that Swap in/Swap out in the Same Direction

陈晓敏^{1,2} 马龙博² 李东升¹

(中国计量学院计量测试工程学院¹,浙江 杭州 310018;浙江省计量科学研究院²,浙江 杭州 310013)

摘要: 针对单分流器开式换向器存在换向挡板位置和喷嘴流速分布不均的问题,设计了一种换入/换出同向型换向器。在考虑该换向器各个工作阶段及整个工作过程中计量罐内的平均流量与管道中流量关系的基础上,建立了该换向器的换向流量模型。通过改变双分流器开式换向器换向挡板位置的方式,对质量法静态水流量标准装置的电磁流量计进行试验研究。结果表明,双分流器开式换向器的设计思想和设计结构是合理、可行的。

关键词: 换向器 电磁流量计 测量精度 相对误差 重复性

中图分类号: TH702 **文献标志码:** A

Abstract: Aiming at the problems existing in single-shunt open type diverter, i. e., the position of baffles and the uneven distribution of nozzle flow velocity, the diverter is designed based on the theory of swap in / swap out in the same direction. In addition, the model of this diverter is established in consideration of the relationship between the flow rate in pipeline and the average flow rate in metering tank during each working stage and whole process of the diverter. On the static water flow standard facility, through changing the position of baffles in the double-shunt open type diverter, the experimental research is carried out for electromagnetic flow meter. The result shows that the design concept and structure of the proposed diverter is reasonable and feasible.

Keywords: Diverter Electromagnetic flow meter Measurement precision Relative error Repeatability

0 引言

换向器是流量标准装置中影响计量性能的一个关键部件,其误差是造成标准装置误差的主要因素^[1-2]。

为减小换向器引起的不确定度,国内外学者作了大量的研究^[3-6]。文献[3]在漏斗角移式和活塞平移式的结构基础上,研制出了用于200 mm管道的旋板式气动换向器。其换向板安装在腔体内,换向时不会引起液体飞溅,提高了测量的精度,但该换向器在应用于大口径时存在较大的技术困难。文献[4]应用数值分析及实流测试的方式,设计出了具有良好流场分布的换向器。该换向器采用可调宽度的导流喷嘴及伺服马达驱动电动换向装置,其主要应用对象是小型水流量标准装置。文献[5]阐述了直线式单向换向器的设计原理,其分流器最大移动角度限于每边7.5°,以减少液体飞溅,但该换向器体积庞大、结构复杂。文献[6]通过流体动力分析和喷口速度场计算,针对误差源设计了单向旋转式换向器。该型装置结构复杂,

适用于口径和流量均较小的装置。

本文在总结前人研究的基础上,设计完成了一种基于换入/换出同向原理的双分流器开式换向器。该换向器适用于各种口径的流量标准装置。

1 双分流器开式换向器

1.1 结构示意图

双分流器开式换向器的结构如图1所示。

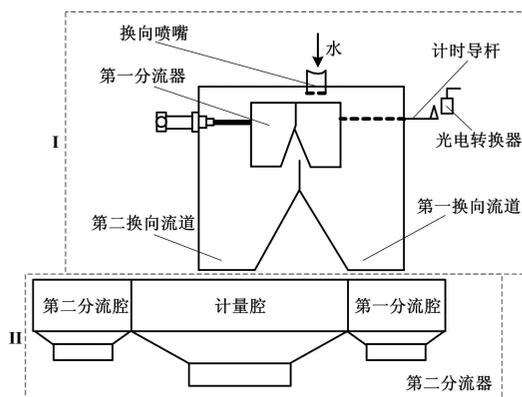


图1 双分流器开式换向器结构图

Fig. 1 Structure of double-shunts open type diverter

由图1可以看出,该型换向器主要分为I和II两部分。第II部分主要是在第I部分下方新增加一个分

修改稿收到日期:2012-04-16。

浙江省质量技术监督局重大科研基金资助项目(编号:20100103)。

第一作者陈晓敏(1987-),女,现为中国计量学院精密仪器与科学专业在读硕士研究生;主要从事热工仪表方面的研究。

流器构成的,定义为第二分流器。其中,第二分流器的计量腔、第一分流腔和第二分流腔均设有进水口和出水口,且进水口分别与第一换向流道及第二换向流道的出水口相对应;计量腔的出水口位于该计量腔的底部,并设计成漏斗型。该设计有助于水流更顺畅地流入工作量器。

利用图1所示的双分流器开式换向器换向时,通过第I部分和第II部分的相互配合,可以较好地实现该型换向器的换入/换出同向。

1.2 流量模型

图1所示的双分流器开式换向器的换向流量模型如图2所示。

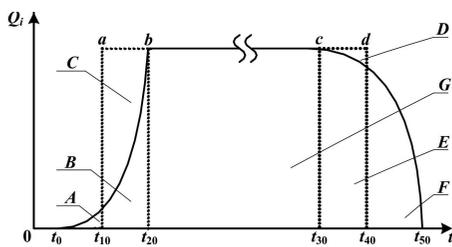


图2 流量模型
Fig. 2 Flow model

由图2可以看出,该型换向器的工作过程可以分为以下几个阶段。

① $t_0 \sim t_{10}$ 阶段:换向器开始由旁通管向计量罐换入,喷嘴喷出的水流由旁通管逐渐流入计量罐,此时计时器并未计时。该过程流入计量罐的水的累积量用A表示。

② $t_{10} \sim t_{20}$ 阶段:换向器逐渐换入,计时器开始由 t_{10} 时刻计时,喷嘴喷出的水流逐渐完全流入计量罐。该过程流入计量罐的水流累积量用B表示。

③ $t_{20} \sim t_{30}$ 阶段:换向器换向结束,喷嘴喷出的水流完全进入计量罐,计时器接续 $t_{10} \sim t_{20}$ 阶段继续进行连续的计时。该过程流入计量罐的水流累积量用G表示。

④ $t_{30} \sim t_{40}$ 阶段:换向器开始由计量罐向旁通管换出,喷嘴喷出的水流由计量罐逐渐流入旁通管,计时器接续 $t_{20} \sim t_{30}$ 阶段继续进行连续的计时。该过程流入计量罐的水流累积量用E表示。

⑤ $t_{40} \sim t_{50}$ 阶段:换向器逐渐由计量罐向旁通管完全换出,计时器在时刻 t_{40} 停止计时,且喷嘴喷出的水流也逐渐完全流入旁通管。该过程流入计量罐的水流累积量用F表示^[7-8]。其中,C、D分别表示在触发时间 t_{10} 与 t_{40} 后由于换向引起的流失的水流累积量。

根据上述分析可知,双分流器开式换向器的整个

换向过程可以分为换入和换出两个过程。这两个过程为方向相同的过程,因此该型换向器换向的整个过程中换入/换出是同向的。

根据上述换向器的工作过程及计时的开始与结束时刻,可以得到双分流器开式换向器在换入/换出过程中流入计量罐中的水流累积量为 $Q = A + B + G + E + F$,计时时间段为 $t_{10} \sim t_{40}$,由此可以得到双分流器开式换向器换向周期内的平均流量为 $q = Q / (t_{40} - t_{10})$ 。管道中的水流累积量为 $Q_1 = (B + C + G + D + E)$,实际流量为 $q_1 = (B + C + G + D + E) / (t_{40} - t_{10})$ 。由于双分流器开式换向器的换入/换出同向,保证了 $A + B + G + E + F = B + C + G + D + E$,即 $A + F = C + D$ 。因此,利用该型换向器可以使换向器换向周期内的流量和管道中的实际流量相等,即 $q = q_1$,所以该型换向器可以减小换向器的换向误差,提高换向器的换向精度。

2 试验装置及条件

试验装置主要由动力设备、水源稳压设备、前直管段、试验段、后直管段、背压管段、双分流器开式换向器和称重量器这8部分组成。试验工质为水,试验过程中水由水泵导入水源稳压装置;经过稳压装置稳定后再经过一个足够长的直管段进入试验段;然后经过一个足够长的后直管段及背压管段;最后通过双分流器开式换向器进入称重量器。在试验段安装有被检电磁流量计,准确度等级为0.5级,具有脉冲输出功能。试验管路内径为 $D = 50 \text{ mm}$,水的密度为 $998 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,试验温度为常温。

3 试验结果及讨论

3.1 被检流量计性能指标

试验点第*i*次试验得到的流量计累计流量为^[9]:

$$Q_i = \frac{N_i}{k} \quad (1)$$

式中: Q_i 为试验点第*i*次试验得到的流量计累计流量, m^3 ; N_i 为试验点第*i*次试验得到的流量计累积脉冲数; k 为流量计*k*的系数,表示单位体积的流体流过流量计时流量计发出的脉冲数; i 取1,2,3,..., n , n 为第*n*次试验, $n \geq 3$ 。

检定试验时采用的是质量法,在考虑浮力修正的情况下,得到称重量器中水的体积为^[10]:

$$V_i = c \frac{M_i}{\rho} \quad (2)$$

式中: V_i 为称重量器中水的实际体积, m^3 ; c 为浮力修正系数; M_i 为称重量器中指示的水的质量, kg ; ρ 为检定试验时水的密度, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

在一般情况下,称重量器处水的体积与折算到流量计处水的体积相差很小,因此有:

$$Q_{is} = V_i \quad (3)$$

式中: Q_{is} 为称重量器处水的体积折算到流量计处水的体积, m^3 。

流量计单次检定试验的示值误差为:

$$E_i = \frac{Q_i - Q_{is}}{Q_{is}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: E_i 为试验流量点的单次示值误差,%。

试验点的平均误差为:

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (5)$$

式中: \bar{E} 为试验点的平均误差,%; n 为试验点的试验次数。

试验点流量计的重复性可以表示为:

$$\delta_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2} \quad (6)$$

式中: δ_r 为试验点的流量计重复性,%。

3.2 试验结果分析

采用双分流器开式换向器,通过改变换向挡板位置的方式,对该型换向器对电磁流量计计量性能的影响进行了试验研究。即在换向挡板位置分别位于换入侧距离换向行程中心位置1/4处、换出侧距离换向行程中心位置1/4处和换向器行程中心位置处,采用双分流器开式换向器对准确定等级为0.5级的电磁流量计进行流量计量性能试验。

性能影响结果如表1所示。

表1 挡板位置对流量计性能影响

Tab.1 Flow meter performance that effected by baffle position

换向挡板位置	实际流量 / ($m^3 \cdot h^{-1}$)	流量计累计脉冲数	流量计累计流量/ m^3	流量计瞬时流量 / ($m^3 \cdot h^{-1}$)	相对示值误差/%	平均相对误差/%	重复性 / %
换入侧1/4	14.322	91 019	202.26	14.393	0.49	0.53	0.06
	14.304	93 446	207.66	14.391	0.61	0.53	0.06
	14.316	92 087	204.64	14.388	0.50	0.53	0.06
换出侧1/4	14.323	91 819	204.04	14.396	0.51	0.53	0.08
	14.294	92 187	204.86	14.382	0.61	0.53	0.08
	14.330	93 516	207.81	14.396	0.46	0.53	0.08
行程中心	14.330	92 778	206.17	14.409	0.55	0.57	0.07
	14.299	92 035	204.52	14.392	0.64	0.57	0.07
	14.329	90 878	201.95	14.403	0.52	0.57	0.07

由表1可以得到如下结论。

① 换向挡板位于换入侧距离换向行程中心位置1/4处时,电磁流量计计量性能的相对误差为0.53%、重复性为0.06%;换向挡板位于换出侧距离换向行程中心位置1/4处时,电磁流量计计量性能的相对误差为0.53%、重复性为0.08%;换向挡板位于换向行程的中心位置时,电磁流量计计量性能的相对误差为0.57%、重复性为0.07%。上述情况说明,采用双分流器开式换向器对流量计进行计量性能试验时,换向挡板的位置不会对流量计示值误差产生影响;同样地,换向挡板的位置对流量计的重复性影响也很小或不产生影响;换向器喷嘴的流速分布不均匀可以等同于换向挡板位置的改变。根据上述分析可知,双分流器开式换向器换向挡板位置不会对流量计计量性能产生影响,因此双分流器开式换向器同样克服了换向器喷嘴流速分布不均匀对流量计计量性能造成的影响。

② 换向器挡板位置及喷嘴流速分布均不会对流量计计量性能产生影响,这是由于新设计的双分流器换向器在换向时通过第I部分和第II部分相互配合,

实现了换向器的换入/换出同向,因此克服了换向器喷嘴流速分布不均以及换向器换向挡板位置对流量计计量性能的影响。

4 结束语

本文在分析和研究现有开式换向器存在的优缺点的基础上,基于换入/换出同向原理,设计了一种双分流器开式换向器,并建立了新设计换向器的换向流量模型。该换向器可以较好地实现换入/换出同向。经过试验证明,该型换向器换向挡板位置及换向器喷嘴流速分布不均匀将不再对流量计的计量性能产生影响^[11-12]。上述试验结果同时证明了本文提出的双分流器开式换向器的设计思想和设计结构是合理、可行的。

参考文献

- [1] 孟涛,王池,陈晓铭. 流量装置中换向器检定方法的研究[J]. 计量学报,2008,29(5):420-422.
- [2] 史振东,李旭,王东伟. 两种换向器在液体流量标准装置中的应用[J]. 计量技术,2006(12):65-66.
- [3] 邓亦农. 液体流量标准装置上的新型旋板式气动换向器[J]. 自

(下转第70页)