

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2020.02.14

# 计数器在主动式体积管流量标准装置中的应用

杨松涛, 于华伟, 张永胜, 王鹏

(航空工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095)

**摘要:** 针对主动式体积管流量标准装置中光栅卡性能不稳定有时无法锁存数据的问题, 提出使用计数器代替光栅卡进行标准体积值测量的方法。主动式体积管使用光栅尺作为测量标准器, 根据光栅尺信号的特点, 采用双计时法实现光栅尺信号采集; 通过自制同步电路与 ADAM4080 计数器搭配使用, 解决了信号采集丢失脉冲的问题, 确保了流量测量的准确性。经对比实验证明, 本文研制的系统与原系统的标准流量采集误差小于 0.005%, 验证了该方案的可行性。

**关键词:** 计数器; 主动式体积管流量标准装置; 双计时法

**中图分类号:** TB937

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-5795(2020)02-0072-04

## Application of Counter in Active Volume Tube Flow Standard Device

YANG Songtao, YU Huawei, ZHANG Yongsheng, WANG Peng

(Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China)

**Abstract:** In order to solve the problem that the performance of the grating card in the active volume tube flow standard device is not stable and sometimes the data cannot be locked, a method of measuring the standard volume value by using a counter instead of the grating card is proposed. The active volume tube uses grating ruler as the measurement standard. According to the characteristics of grating ruler signal, double timing method is adopted to realize grating ruler signal acquisition. The problem of missing pulse in signal acquisition is solved by using the self-made synchronous circuit and ADAM4080 counter, which ensures the accuracy of flow measurement. The experimental results show that the difference between the developed system and the original system in standard flow collection is less than 0.005%, which verifies the feasibility of the scheme.

**Key words:** counter; active volume tube flow standard device; double timing method

## 0 引言

主动式体积管流量标准装置是自身带有驱动装置, 通过伺服电机带动活塞体积管向前驱动运转, 从而产生稳定流量的一种流量标准装置。我所建成的主动式体积管燃油流量标准装置, 流量范围为 0.1 ~ 1000 L/min, 相对扩展不确定度为 0.05% ( $k=2$ )。在实际测量过程中, 主动式体积管主要搭配光栅进行使用, 采集系统通过定制的光栅卡进行数据锁存, 记录开始采集命令和停止采集命令这段时间内光栅尺产生的脉冲数, 进而计算出本次采集过程的流量值。本装置使用的是定制的光栅尺及光栅卡, 在进行数据锁存的过程中光栅卡偶尔会发生硬件错误, 导致无法锁存数据, 造成软件采集计算结果错误。由于光栅尺本身会引入一定的不确定度, 只有在流量达到一定值时, 该不确定度才可以忽略不计, 因此当使用微小流量进行计量时, 电机需要运行较长时间才能满足装置的准确度等

级, 长时间的测量也就意味着光栅卡运行的时间较长, 其无法进行数据锁存的可能性也更大, 如果光栅卡出现无法进行数据锁存的情况, 则当次流量点的检定需要重新进行, 这会严重影响装置的运行效率。

本文针对现有光栅卡性能不稳定有时无法锁存数据的问题, 根据光栅尺信号的特点, 查询相关国家标准, 提出了基于双计时法的使用计数器对光栅尺脉冲信号进行测量并进而计算流量的方法。针对现有的主动式体积管流量标准装置的流量范围, 选择合适的流量点进行测试, 将信号并联输出, 分别接入到计数器和光栅卡内, 通过对不同流量点进行测试, 将两套数据采集系统采集的数据进行对比, 证明了本文提出的基于双计时法的使用计数器对光栅尺脉冲信号进行测量并进而计算流量的方法的可行性。该采集方案能够替代原先的系统, 有效解决定制光栅卡性能不稳定有时无法进行数据锁存的问题, 提高了设备运行的可靠性。

## 1 装置简介

主动式体积管燃油流量标准装置主要由体积管、油缸、控制系统、采集系统、光栅尺、丝杠结构、回油泵、伺服电机和伺服驱动器、温度和压力变送器、计算机和显示器等部分组成，结构原理图如图 1 所示<sup>[1]</sup>。主动式体积管流量标准装置具有流量稳定性好、检定效率高、流量范围宽、运行成本低、易操作、易维护等优点。

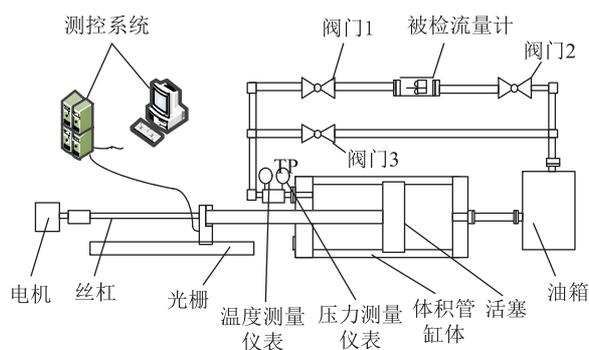


图 1 主动式体积管液体流量标准装置原理图

该装置通过控制伺服电机驱动丝杠向前运行提供稳定的流量，通过式(1)计算体积管运行的当前流量值。

$$q = \frac{s \times L}{t} \quad (1)$$

式中： $q$  为当前流量值； $s$  为体积管截面积； $L$  为光栅尺运行距离； $t$  为体积管检定时间。

主动式体积管的标准流量值是将采集到的流量值根据体积管处的温度和压力值以及体积管性能参数依据规程进行修正得到的<sup>[2]</sup>。该装置的工作流程是：首先打开被校表前后的阀门 1 和阀门 2，关闭阀门 3，打开上位机软件设定运行流量，控制伺服电机进行推进，当流量计的示值稳定时，点击开始采集按钮，当达到规定的采样时间时，点击停止采集，比较标准器的流量值和被校流量计的示值，得到流量计的误差和不确定度<sup>[3]</sup>。定制的光栅卡偶尔发生无法锁存数据的情况，大大降低了整套装置的运行效率，因此需要提出一种新的光栅信号采集方案。

## 2 光栅信号的采集方案设计

### 2.1 光栅尺信号分析

光栅尺信号类型主要分为串行信号、方波信号以及正弦波信号<sup>[4]</sup>。串行信号指符合相关通讯协议的信号，

光栅尺信号的传输主要通过串口通讯的方式进行，有较强的抗干扰能力；方波信号是信号输出为  $A+$ ， $A-$ ， $B+$ ， $B-$  的 TTL 方波信号，其中  $A+$  和  $A-$  为一对差分信号， $B+$  和  $B-$  为另一对差分信号， $A+$  和  $B+$  相对于零电势点为标准的 TTL 信号；正弦波信号也被称为  $1-V_{pp}$  信号，通常其相位差为  $90^\circ$ <sup>[5]</sup>。

本套装置使用的海德汉光栅尺，型号规格为 LS 106C，放大器型号为海德汉 EXE 922，光栅尺输出的是正弦波信号，通过放大器放大处理后得到 2 路差分信号，分别为  $A+$ ， $A-$ ， $B+$  和  $B-$ ，差分信号具有较强的抗干扰能力，同时还能够根据其判断光栅尺的运行方向。根据现有的光栅尺信号特点，每一路信号相对于零电势点都是一路 TTL 信号。如果单独取出一路  $A+$  信号，本文认为光栅尺在稳定运行的过程中，该  $A+$  信号相对于零电势点就是一路稳定脉冲输出的 TTL 信号<sup>[6]</sup>。

### 2.2 测量方法的设计

GB/T17286.3-2010/ISO 7278-3:1998《液态烃动态测量体积量流量计检定系统第 3 部分：脉冲插入技术》中规定，计量校准过程中，测控系统测量的脉冲有一个最低的限制，即一般不小于 10000 个脉冲，但在实际检定过程中，有时装置在一个检定周期中所产生的脉冲数远远低于 10000 个，因此需要找到一种方法来处理脉冲以提高分辨率<sup>[7]</sup>，脉冲插入技术可以达到这个目的。脉冲插入技术目前有三种解决方案：双计时法、四倍计时法以及锁相环法。

根据装置的运行特点，使用双计时法进行光栅尺频率测量。开始触发后，在标准器产生第一个脉冲的上升沿的时刻，计数器开始计数且计时器开始计时，在发出停止命令后，标准器产生下一个脉冲的上升沿的时刻，计数器停止计数且计时器停止计时。可计算得到标准器在这段时间内的平均频率<sup>[8]</sup>。根据双计时法的原理，自制同步电路板，可准确地发出开始和停止命令时形成一个门控电路，计数器可以准确获取脉冲计数  $n_1$ ，计时器测量这段脉冲所对应的时间为  $t_1$ 。双计时法测量原理如图 2 所示。

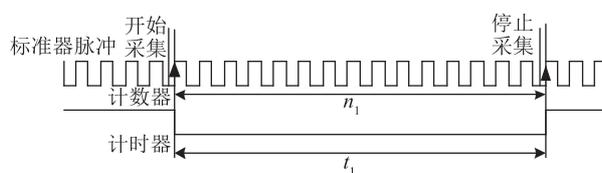


图 2 双计时法测量原理

### 2.3 计数器选择

目前市场上的计数器多种多样,本文选择的计数器是研华科技 ADAM4080 模块,这款计数器的特征和计数指标为:

1) 有两路 32 位计数通道,最大计数值 4294967295;

2) 隔离电压为 2500 VRMS;

3) 提供 TTL 输入和光隔离输入两种信号接口方式;

4) 每个通道都有一个 gate 门控信号,其有三种状态: high/low/disabled, 门控信号(高或低)可以触发计数器开始或停止计时;

5) 隔离输入: - 逻辑 0: 最大 +1 V, - 逻辑 1: +3.5 ~ +30 V。

这款计数器易实现在组态软件下的编程和控制,通过对现有的软件进行较小改动即可实现这款计数器的数据采集和控制。

### 2.4 标准流量的计算方法

根据光栅尺的信号特点,通过式(2)计算得到时间  $t$  内装置运行的流量。

$$q_v = \frac{s \times n \times l}{t} \quad (2)$$

式中:  $l$  为光栅尺产生一个单端脉冲信号运动的距离;  $n$  为体积管测量的脉冲数。采集的流量值通过温度和压力修正后得到标准流量值<sup>[9]</sup>。

## 3 两套采集系统流量值的比较

### 3.1 实验方法

将光栅尺信号分为两路,一路继续接入原先的数据采集系统,另一路 A+ 和 0 V 信号接入新的数据采集系统,将两套数据采集系统信号同时接入到工控机中,通过在原先程序中加入新配置的计数器和计时器,使用一个软件同时控制两套系统进行数据采集。

根据装置的特点,控制系统分别设定 0.1, 1, 10, 50, 100, 200, 500 L/min 的流量运行,分别计算两套数据采集系统测量的标准流量并进行分析<sup>[10]</sup>。

### 3.2 实验结果分析

每个点采集三次数据,并求出三次数据采集的平均值。使用光栅卡进行数据采集可以得到标准流量  $q_{v1}$ , 使用计数器进行光栅尺信号采集并计算标准流量可以得到  $q_{v2}$ , 由表 1 数据可知,本文研制的系统与原系统的标准流量采集误差小于 0.005%, 在标准流量计算的过程中,这个差异可以忽略不计。

表 1 标准流量数据采集对比

设定流量 /(L·min <sup>-1</sup> )	标准流量 $q_{v1}$ /(L·min <sup>-1</sup> )	标准流量 $q_{v2}$ /(L·min <sup>-1</sup> )	误差/%
0.1	0.101233	0.101233	0
1	1.000333	1.000367	$3.332 \times 10^{-3}$
10	10.00127	10.00143	$1.666 \times 10^{-3}$
100	100.0114	100.0114	$-1.4 \times 10^{-14}$
200	200.1112	200.1114	$6.66 \times 10^{-5}$
500	500.2228	500.223	$3 \times 10^{-5}$

## 4 实验结论

本文针对主动式体积管流量标准装置光栅尺信号的特点,提出了基于双计时法的使用计数器对光栅尺脉冲信号进行测量并进而计算流量的方法,通过设定运行不同的流量点进行对比实验,可以得出以下结论:

1) 使用计数器和光栅卡进行标准流量信号采集的差异可以忽略不计,新的设计方案能够替代原先的数据采集系统进行采集;

2) 光栅尺信号输出的双路差分信号能够判断光栅尺移动的方向,本文提出的方法牺牲了光栅尺方向判别的功能而解决了数据锁存问题,这个不足可以通过伺服电机的编码器信号进行弥补,可以通过伺服电机编码器信号判断设备运行的方向;

3) 证明了计数器在主动式体积管流量标准装置中进行信号采集的可行性,该方法能够解决长期困扰主动式体积管流量标准装置的数据锁存问题,具有重要应用意义,同时也有助于提高设备的运行效率并提高经济效益。

### 参考文献

- [1] 官志坚, 于华伟, 董磊, 等. 光电开关在主动式活塞液体流量标准装置中的应用[J]. 计测技术, 2009, 29(2): 54-55.
- [2] 苏彦勋, 范砧. 液体流量标准装置[M]. 北京: 中国计量出版社, 2005.
- [3] JJG 164-2000 液体流量标准装置检定规程[S]. 2000.
- [4] 王鹏. 光栅尺应用于活塞式气体流量标准装置及其性能试验[J]. 计量与测试技术, 2016, 43(4): 56-59.
- [5] 樊尚春. 信号与测试技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010.
- [6] 周林, 殷侠. 数据采集与分析技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005.

- [7] GB/T 17286.3-2010 体积计量流量计检定系统第3部分脉冲插入技术[S]. 2010.
- [8] 马明建. 数据采集与处理技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2012.
- [9] 陈晓敏. 主动式活塞液体流量标准装置的研究[D]. 杭州: 中国计量学院, 2013.
- [10] 韩义中, 官志坚. 主动式体积管实现微小流量校准的改造[J]. 计测技术, 2015, 35(S0): 150-153.

收稿日期: 2020-03-21

### 作者简介

杨松涛(1991-), 男, 助理工程师, 硕士, 主要从事流量计量校准技术研究。



## 《化学分析计量》2020年第2期目次

### 标准物质

氟喹诺酮混合溶液标准物质研制

二氧化碳中一氧化氮气体标准物质研制

### 分析测试

有机进样-电感耦合等离子体质谱法测定汽油中锰、铁、铅

便携式气相色谱-质谱法现场测定有组织排放废气中VOCs

离子色谱法同时测定大气降水中7种阴离子

气相色谱法快速测定儿童驱蚊扣中菊酯类物质

电感耦合等离子体原子发射光谱法同时测定高强度玻璃纤维粉体中9种金属元素

差示扫描量热法测定对乙酰氨基酚原料药纯度

固体进样直接测定法测定铜精矿中汞

电感耦合等离子体质谱法测定手机壳套中14种可迁移元素

表面增强拉曼光谱法快速检测中成药中吡罗昔康

滤纸还原-硫酸铈滴定法测定含铈铅精矿中铈

电感耦合等离子体原子发射光谱法测定钛合金中锆

高效液相色谱-串联质谱法同时测定土壤中8种杀菌剂残留

自动石墨消解-电感耦合等离子体质谱法同时测定左氧氟沙星胶囊中7种金属元素

石墨炉原子吸收光谱法测定压水反应堆硼酸介质中钙

X射线荧光光谱法测定重整铂催化剂中氯

高效液相色谱法定量分析奥曲肽

蒸馏分离-电感耦合等离子体质谱法测定铜铅锌矿石中微量锆

微波消解-电感耦合等离子体发射光谱法测定DD6单晶合金中铝、铬、钴

气相色谱-质谱法快速分析化妆品中3种香精香料

石墨炉原子吸收法测定土壤中铅、镉、钴、铈、铍

电感耦合等离子体质谱法同时测定地质样品中镉、锆、钴

基于氦离子化气相色谱法测定微量氧、氮的影响因素

### 仪器设备

基于气相色谱法危废品仓库中非甲烷总烃在线监测系统研制

石油产品微量残炭测定仪的校准

### 实验室管理

广西污水中汞、砷检测能力验证结果分析

### 不确定度

电感耦合等离子体质谱法测定食用植物油中铅、总砷含量不确定度评定

分光光度法测定空气中甲醛不确定度评定

### 综述

高氯废水化学需氧量分析方法综述