

# 膜式燃气表抗扰动性能的测试与探讨

徐荣华<sup>1</sup> 刘仁河<sup>2</sup>

1 上海真兰仪表科技股份有限公司, 上海, 201799;

2 河北华通燃气设备有限公司, 河北邯郸, 056000;

**摘要:**近年来, 燃气计量纠纷不断发生, 利益相关方都站在自己的立场去看问题。但是这种纠纷属于计量纠纷, 解决这些纠纷应该以计量数据为依据, 处理不好将产生不良的社会效应。本文在型评大纲规定试验项目以外从电场、磁场、温度场等方面分别开展了一系列扰动试验基础上汇总试验数据, 从而尝试探索出膜式燃气表的基表、附加装置抗扰动性能究竟如何。其中电场的干扰性试验更多地是对附加装置的干扰性试验, 对基表的电场干扰从物理学意义上不存在外部电场影响机芯计量的关联关系。磁场的干扰性分别开展了电磁干扰和永磁体干扰两种方式, 分别对基表和附加装置均进行了干扰性试验。温度场干扰性试验重点对膜式燃气表内部的皮膜和阀座阀盖等塑料件进行了高温老化试验和极限温度冲击试验, 以及老化冲击之后对表具计量误差的影响测试。这些实验均是对膜式燃气表关键零部件的针对性干扰试验, 试验数据均对企业产品质量改进和产品结构迭代升级均有指导意义。进一步地, 本文在依托多项物理场干扰试验的基础上, 总结了一些实验数据, 尝试性地探讨一下经过长时间运行的膜式燃气表其示值误差是否存在一定规律。示值误差的影响因素中各种物理场的贡献有多大。

**关键词:**膜式燃气表; 电场; 磁场; 温度场; 扰动试验

**DOI:** 10.69979/3041-0673.26.03.038

## 引言

膜式燃气表在国内天然气计量方面作为末端计量仪表, 其示值误差大小对天然气运营企业的输差有重要影响, 对终端用户的费用支出也具有直接相关性。目前国内广大农村地区均完成了“煤改气”工作。广大农村地区燃气表安装位置和安装环境均不统一, 燃气表所处环境对计量误差的影响因素有多大, 是否存在异常偷盗气情况, 如何从物理场理论数据验证这些异常情况是否发生, 以及输差存在的可能原因, 都是各相关方技术人员应该予以重视的。本文尝试从磁场、电场和温度场三个方面进行了不同角度的扰动测试, 并在扰动前试验表具均进行了误差检测, 扰动过程中和扰动结束之后均进行了误差检测, 并对其数据进行了汇总分析。

国内的技术机构一般都投入研发精力在如何保证膜式燃气表出厂准确度等级内部控制方面, 比如1.5级膜式燃气表, 国内各大厂家内部出厂标准严格控制在±0.8%以内, 国内表具研制机构对表具的回转体积、齿轮配比以及降低机械压力损失方面做出了很多研发改进工作并取得了很好成效<sup>[1]</sup>。对物理场对膜式燃气表扰动造成的误差影响未见代表性著作。

本文从磁场包括电磁场和永磁场以及高温老化对膜式燃气表基表、附加装置的影响进行了针对性长周期试验, 并汇总了详细的检测数据, 这对于增强用气相关方信心有足够的支撑意义。

## 1 膜式燃气表原理和结构

膜式燃气表结构由计量系统、气路及气路分配系统、

运动传送系统、计数系统及附加装置五大部分组成<sup>[2]</sup>。膜式燃气表内部机芯结构如图1所示, 计量过程如图2所示。

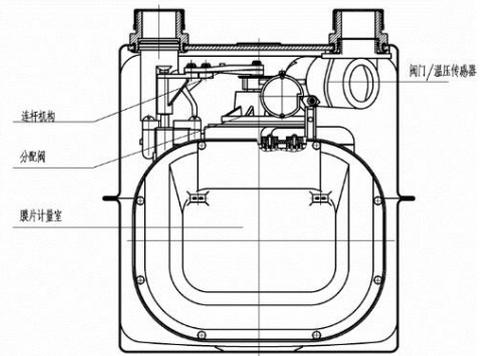


图1 膜式燃气表机芯结构简图

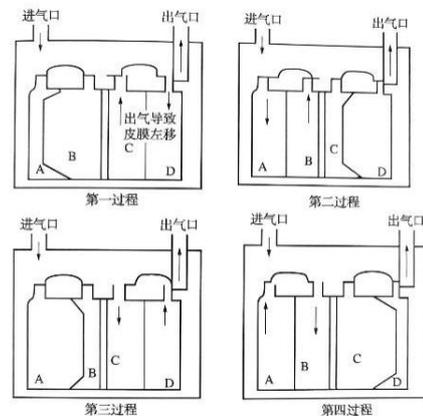


图2 膜式燃气表的计量过程

膜式燃气表皮膜为核心部件组成的计量室，其回转体积的准确性直接影响到整表的准确度等级。因此任何可以改变膜式燃气表回转体积的扰动都会直接影响膜式燃气表的误差。

目前国内天然气计量市场几乎所有膜式燃气表均配置了附加装置，附加装置包含了电子计量的积算器，积算器可以将膜式燃气表机械计量数据转换为电子计量数据，转换误差限为0.05%<sup>[2]</sup>，随着积算器内部MCU的资源越来越丰富，基本上可以做到机电转换误差不超过±1个脉冲当量，而积算器运算产生的误差不超过±0.1%<sup>[3]</sup>。

## 2 电磁场扰动性试验

### 2.1 试验概述

膜式燃气表安装还有积算器的附加装置后其计量准确性与其所在的工作环境密切相关，其中的一个重要影响因素是工频磁场<sup>[4]</sup>。根据GB/T17626.8-2006《电磁兼容 试验和测量技术工频磁场抗扰度试验》中对工频磁场来源说明：工频磁场是由导体中的工频电流产生的，或极少量的由附近的其他装置（如变压器的漏磁通）所产生<sup>[5]</sup>。膜式燃气表由于电池供电，不存在变压器漏磁通问题，但是应该考虑将电磁线圈靠近附加装置，检测其计量误差，探讨电磁线圈对膜式燃气表积算器机电转换及电子计量的误差。试验示意图见图3所示。



图3 电磁场对积算器扰动试验

对于永久磁铁，是否会对膜式燃气表内部机芯的回转体积造成影响，试验使用一块钕铁硼磁铁吸附在膜式燃气表下壳体表面，将燃气表安装到临界流文丘里喷嘴法气体流量标准装置上检测误差。试验示意图见图4所示。



图4 永磁铁对回转体积扰动试验

### 2.2 误差数据

电磁场测试用膜式燃气表在试验前其误差数据见表1所示。

表1 电磁干扰试验表具初始误差

$q_{max}$	$0.2q_{max}$	$3q_{min}$
-0.18%	0.18%	-0.23%

永磁铁对膜式燃气表回转体积干扰试验前其被测表具的初始误差见表2所示。

表2 永磁铁干扰试验表具初始误差

$q_{max}$	$0.2q_{max}$	$3q_{min}$
0.13%	0.12%	-0.31%

两台表具分别按照图3和图4所示将电磁场干扰装置安装到位，并将表具和干扰装置同步放置到临界流文丘里喷嘴法气体流量标准装置上进行误差检测，检测流量点跟初始化一致，其检测数据分别见表3和表4所示。

表3 电磁干扰试验表具扰动误差

$q_{max}$	$0.2q_{max}$	$3q_{min}$
-0.22%	0.15%	-0.29%

表4 永磁铁干扰试验表具扰动误差

$q_{max}$	$0.2q_{max}$	$3q_{min}$
13.86%	24.11%	25.80%

### 2.3 试验前后误差数据比对

从表1和表3数据可以看出，其误差变化最大值为0.06%，这可以认为是膜式燃气表自身稳定性造成的误差波动，也可以认为电磁场对膜式燃气表的积算器等附加装置影响几乎可以忽略。

但表2和表4的数据就值得我们注意，尤其是在 $3q_{min}$ 小流量点，其误差直接由负误差变成了正误差，且

差值达 26.11%，我们可以确定，外部永磁体是可以干扰到膜式燃气表内部回转体积大小的。

### 3 温度场扰动性试验

#### 3.1 试验概述

温度场对膜式燃气表影响其本质是高温环境对膜式燃气表内部皮膜、滑阀等核心部件造成的老化现象。因为这些元件的老化，会直接影响膜式燃气表的回转体积产生误差。

已经投入市场的膜式燃气表如果没有其他异常问题，对于天然气气质使用环境而言，使用期限一般不超过 10 年<sup>[6]</sup>。为模拟膜式燃气表正常使用 10 年之后其自身示值误差是否满足标准要求，本次温度场试验选择 +70℃，湿度 80%RH 储存 120 天。按照老化试验简化实验方案可以按照公式 1 推算出其理论运行期限<sup>[7]</sup>。

$$T_{RT} = Q^{(T_1 - T_{RT}) \times 10} \times T_n$$

(1) 图式中：

$T_{RT}$  为有效时间， $Q$  为反应速率系数， $T_1$  为加速老化温度， $T_{RT}$  为选取的参考大气环境温度， $T_n$  为试验时间。这里反应速率系数取 2，将其他数据代入公式 (1) 可以计算有效时间  $T_{RT}=4411$  天  $\approx 12$  年。

试验前和试验后均对膜式燃气表进行误差检测，探索高温高湿环境对表具误差的影响。

温度场试验数据跟市场上运行 10 年的返厂燃气表进行了误差比对。

#### 3.2 误差数据

温度场测试用膜式燃气表在试验前其误差数据见表 5 所示。

表 5 温度场试验表具初始误差

$q_{max}$	$0.2q_{max}$	$3q_{min}$
-0.21%	0.17%	-0.13%

经过温度场密闭空间（温度：+70℃，相对湿度：80%RH，试验时间 120 天）试验之后，将表具拿出恒温恒湿箱，并进行误差检测，误差数据见表 6 所示。

表 6 温度场试验后表具误差

$q_{max}$	$0.2q_{max}$	$3q_{min}$
0.44%	0.19%	-5.13%

#### 3.3 试验前后误差数据比对

从表 5 和表 6 数据来看，膜式燃气表经过特定温湿度试验之后，表具的大流量误差数据符合 GB/T6968-2019 要求，且数据变化较小，小流量在  $3q_{min}$

点误差数据不符合国标要求，且偏差较大。

另外，从市场返回的运行 10 年表具误差检测数据见表 7 所示。

表 7 运行 10 年膜式燃气表误差数据

	$q_{max}$	$0.2q_{max}$	$3q_{min}$
1	0.58%	-0.37%	-7.49%
2	-2.49%	-3.32%	-4.46%
3	-0.57	0.46	-2.52

从表 7 统计的 3 台运行 10 年表具误差数据来看，运行年限达 10 年之后，误差基本上偏负值，这可能是内部皮膜老化造成的回转体积误差变化造成，也可能是滑阀间隙变化造成的。但其总体规律是小流量误差更容易偏负。

### 4 结论

通过对膜式燃气表增加电磁场扰动、温度场扰动试验以及从市场上选好运行 10 年以上国内各企业生产表具误差检测数据分析，可以得出以下结论：

电磁场对膜式燃气表积算器等附加装置的计量影响基本可以忽略。

永磁场尤其是钕铁硼材质的永磁体对膜式燃气表机芯回转体积会造成很大影响，而且其规律是会导致膜式燃气表误差偏正。

温度场对膜式燃气表的影响基本上集中在小流量点， $0.2q_{max}$  以上流量点的误差基本上无影响。 $3q_{min}$  流量点以下其误差会偏负。

#### 参考文献

- [1] 杨红日, 张志云, 等. 膜式燃气表误差曲线的修正方法[J]. 科技传播, 2013, 12(下): 181-182.
- [2] 杨有涛, 叶朋. 气体流量计 [M]. 北京: 中国质检出版社, 2016.
- [3] 中国城市燃气协会. 电子温压修正膜式燃气表; T/CGAS 011-2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [4] 曹祁, 王晓萍, 等. Modbus 协议在数据采集仪中的实现[J]. 机电工程, 2004, 21: 49-50.
- [5] 邓高峰, 杨礼岩, 等. 工频磁场对电能表计量误差影响的研究分析[J]. 江西电力, 2015, 4: 45-51.
- [6] 国家质量监督检验检疫总局. 膜式燃气表; JJG577-2012[S]. 北京: 中国质检出版社, 2012.
- [7] 周堃, 胡滨, 等. 阿伦尼乌斯公式在弹箭贮存寿命评估中的应用[J]. 装备环境工程, 2011, 8-4.