

探索热能贸易中的公正计量

作者：寿永祥（上海市计量测试技术研究院） 纪纲（上海同欣自动化仪表有限公司）

提 要 从涡街流量计和孔板流量计的两个应用实例谈起，分析热能贸易计量中存在的公正现象，并介绍了“下限流量计费功能”、“超计划耗用计费功能”、断电记录功能、无纸记录功能、UPS 以及计量数据采集与管理系统在公正计量中的作用，将科学管理与计量表计结合起来，确保表计的正确使用，做到公正计量。

关键词 涡街流量计 孔板流量计 热能贸易 公正计量 下限流量计费 超计划耗用计费 断电记录

1 概述

说到贸易计量，人们就会立即想到“公正”二字。因为贸易涉及买卖双方的利益，如果计量有失公正，不是损害买方的利益就是损害卖方的利益。

在菜市场，管理机构准备了一杆“公平秤”，买方如果对计量结果存有疑虑，可以到那里去复校。这体现了菜市场贸易计量的公正和透明。

在热能贸易中，解决公正计量问题要比菜市场的公正计量难度大得多，这是因为热能计量比菜市场的物品计量复杂得多。

我国社会主义经济事业的发展，正在进入一个新阶段，节能减排，保护环境意识已深深扎根于社会各方。城镇集中供热得到蓬勃发展，区域性的热电公司，以及化工大型企业利用规模较大的供热装置向社会集中供热等形式，受到人们的欢迎。为了适应这一社会经济事业发展的需要，在上级部门的同意下，作者会同一批长期从事流量计量方面的技术专家，在上海吴泾地区设立了上海化宜计量公正行，从而开展了对热能贸易中公正计量方面的探索与研究。在供热系统中，载能工质一般为蒸汽和热水，其中蒸汽在南方和北方都更为普遍。

2 从两个实例谈起

用以计量物品重量（质量）的衡器，都有规定的计量上限和保证计量准确度的计量下限，用来对蒸汽进行计量的表计，同样有规定的上限和下限。如果超过此上限或下限，则器具就丧失计量能力或达不到规定的准确度。

2.1 关于涡街流量计的一个实例

上海某区一家热电公司曾经遇到一件麻烦事。所属区域有一家热水店买该热网的蒸汽生产开水，然后用槽车运送到洗浴中心等热用户。

该蒸汽计量点及相关管道如图 1 所示。其中涡街流量计采用横河公司的 DY080 型，并在 FC6000 流量演算器中完成温度压力补偿。

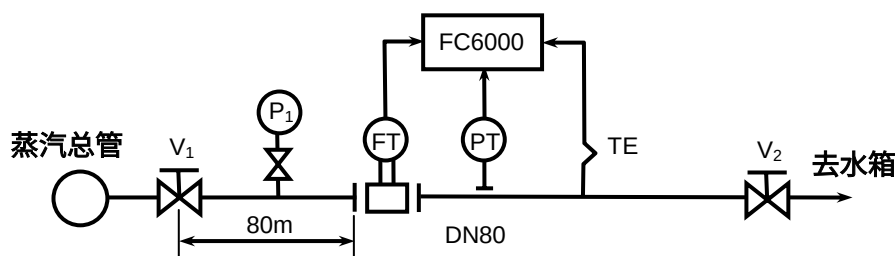


图 1 热水店用户计量系统图

开水店的老板不是等闲之辈，他摸索了每生产 1 吨开水所耗蒸汽量同加热时蒸汽瞬时流量的关系。发现将阀门 V_2 开足，单耗最低，这时 1 吨汽可烧 30 吨开水。为此，老板赚得了丰厚的利润。

热电公司的管理人员去现场巡查时发现，流量计总管道内压力为 0.7MPa，而流量计出口处压力在 0.22~0.26 MPa 之间变化，温度为 260℃，此时的蒸汽流量显示值为 1.5t/h，而且涡街流量计处有啸叫声，显然流过涡街流量计的蒸汽流速非常高，又听说开水店的蒸汽单耗如此先进，初步判断这套流量计显著偏低。

热电公司处理这件事先从流量计出口端压力偏低入手，于是在流量计上游的 DN80 管道旁又增设了一路 DN65 的管道，两根管道并联使用，以降低管道上的压力损失。但运行结果，效果不显著，只是流量计前面和后面的压力略有升高，计量值偏低的情况并无改观。

热电公司为此事向作者作了咨询。作者先从流量计前后压力计算流过涡街流量计的平均流速。

因为流体流过涡街流量计时，流量计前后压差同流速之间有下面的关系^[1]：

$$\Delta P = 1.1 \times 10^{-6} \rho V^2 \quad (1)$$

式中： ΔP —— 压力损失，MPa；

ρ —— 流体密度，kg/m³；

V —— 流速，m/s。

流量计出口处压力以 0.24 MPa 计，在温度为 260℃ 时，蒸汽密度为 $\rho = 1.4 \text{ kg/m}^3$ ，又从流量计上游压力 $P_1 = 0.7 \text{ MPa}$ 的数据计算压损

$$\Delta P = 0.6 - 0.24 = 0.34 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{代入式 (1) 得} \quad V &= \left(\frac{\Delta P}{1.1 \times 10^{-6} \cdot \rho} \right)^{1/2} \\ &\approx 470 \text{ m/s} \end{aligned} \quad (2)$$

基于上述计算结果，作者为热电公司提了三个建议：

(1) 限制用户端的阀门 V_2 的开度，将瞬时流量限制在 DN80 涡街流量计允许的上限流量值以下。

(2) 将涡街流量计口径适当放大，使得 V_2 开足时，流过涡街流量计的流速也不超过其允许的最高流速 80m/s。

(3) 将涡街流量计（连同温度压力测量元件）移至距总管较近的位置。

首先第一个方法，如果能得以实现，既能保证计量准确度又不用增加开支。但是买方反对。因为瞬时流量减小就意味着开水店单耗升高。而且因为 V_2 阀门属用户资产，阀门的开度供方无权约束，也没有违反双方已订的协议。

第三个方法是基于式 (3) 所示的关系。

$$V = \frac{q_m}{\rho_f \cdot S} \quad (3)$$

式中： V —— 流速，m/s；

q_m —— 质量流量，kg/s；

ρ_f —— （某一段）管道内蒸汽密度，kg/m³；

S —— 管道流通截面, m^2 。

在管道内蒸汽高速流动的条件下, 管道上的压损相应增大, 流量计前移则流量计安装地点的蒸汽压力相应升高。压力的升高使得对应的蒸汽密度 ρ_f 增大, 从而降低流过发生体的蒸汽流速。但若只移位不换大口径并不能解决根本问题。

关于流速高于 80m/s 后流量计偏低这个问题只见有过零星报道^[2], 未见有人做过专门研究。

横河公司的资料中给出了斯特罗哈尔数 S_r 与雷诺数的关系, 但并未说到流速高于 80m/s 的上限流速后, 误差的方向。

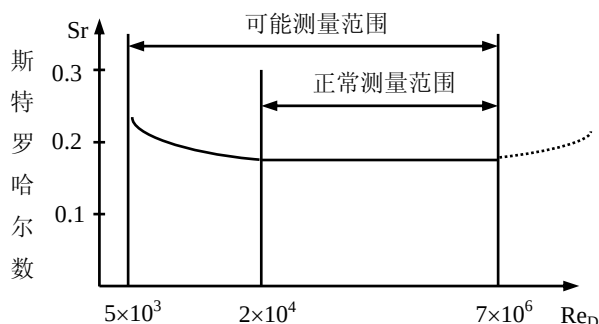


图 2 斯特罗哈尔数与雷诺数的关系

从涡街流量计现场实际运行情况, 制造厂用“漏脉冲”现象解释, 即流速高于上限流速后, 涡街流量传感器输出的频率与流速成正比的关系就被破坏, 而且流速越高, 漏脉冲的现象越严重。

在上面的实例中, 按照温度压力参数和流速的数据计算, 流过涡街流量计的流量应有 11.9 t/h, 但仪表的显示值只有 1.5 t/h, 只相当于实际流量的 1/8. 显然被漏掉的脉冲不是少数, 而是多数。

解决上述问题的根本方法是将涡街流量计口径换大, 例如, 从 DN80 换大到 DN150, 并将流量计前后规定长度的直管段相应换大。

由于仪表口径换大后, 流过流量计的流速降低, 所以, 流量计出口端压力也会显著升高, 从而将流速降到 80m/s 以下。

2.2 关于孔板流量计的一个实例

这个故事发生在我国北方的一个热电公司。该公司按照某大型食品企业的要求为其供汽, 讲明最大流量 20t/h, 以致蒸汽流量计长时间超过满度运行, 而孔板流量计由于有“封顶”的特性存在, 实际流量再高也只按满刻度流量计费, 从而使买方获得可观的效益。

热电公司发现这一情况后, 为了维护自己的利益, 将流量计量程作了扩大, 从而使各种情况下, 流量都不超过量程上限。

但是新的问题又产生了, 因为流量计为了克服蒸汽停用时出现“无中生有”现象, 一般均设计有小信号切除功能^[3], 切除点一般为流量满量程的 2~8%, 流量满量程的提高, 小信号切除点所对应的流量值也相应升高, 从而导致生产流程保温时, 收不到热费。

对于这一左右为难的尴尬局面, 作者向热电公司介绍了体现公正计量的“贸易计算功能”。

贸易结算功能是由上海宝科自动化仪表研究所与上海张江高科技园区热力中心为了维护供用双方的正当权益, 于 1997 年联合开发的^[4], 在这一组功能中, 有“下限流量计费功能”和“超计划耗用计费功能”, 其中“下限流量计费功能”是为了防止热用户利用流量计的下限可测流量不为零的缺陷“找窍门”

而设计的。

任何流量计都有一个保证准确度的最小流量值，如果被测流量进一步减小，先是误差增大，然后就有可能出现灵敏度丧失（如涡街流量计）或被当作小信号予以切除（如差压式流量计），这对供方来说都是不利的，有失公正。为此，在具有“小流量计费功能”的流量计中，设计有两个专用的窗口，一个是“下限流量约定值”，另一个是“下限收费流量”，其中前一个窗口写入供用双方根据仪表的测量能力协商得到的下限流量约定值；后一个窗口写入实测流量低于此约定值后，实际执行的收费流量。

贸易结算功能的另一个重要内容是“超计划耗用计费功能”。

流量计如果过范围运行，一般均导致计量值偏低。除此之外，在热网中如果超计划耗能，还将影响热网的供热品质。这不仅损害供方利益，而且损害其他用户利益。为了鼓励用户计划用能，热力公司一般同需方约定最大用能量，如果超过此量，一般约定加一倍或数倍收费。

在流量仪表中实现这一功能，一般占用二条菜单，其中一条写入“最大耗用流量”，另一条写入“超用费率”，仪表运行时，依次显示两个流量，一个是“实际流量”，另一个是“计费流量”。

该热电公司采纳了这个方法，维护了计量的公正性。

3 关于拉电作弊及其对策

3.1 拉电作弊的严重性

随着电子技术的发展，电子式计量仪表的应用越来越普遍，这一新情况为公正计量带来了新的课题。

电动式流量计的使用为有些“特别聪明”的用户作弊开了方便之门，从现场运行的情况来看，在经济利益的驱动下，作弊事件屡有发生。例如某自来水公司在对用于贸易结算的电磁流量计安装第一台具有防作弊功能的断电记录器后，在短短的两个半月内，记录到 12 次断电事件，累计断电时间 55 小时，若按该用户断电时段常用流量计算，累计少计 11000m^3 ，折合水费 22000 元。

在供热行业也有相似情况，由于用于热费计量的表计一般都安装在用户处，而表计的主电源一般也都是就地取用，由用户控制，这样，用户只要将主电源开关拉下，流量计就停止工作，于是使用蒸汽（或热水）就可免付费用。在为数众多的用户当中，只要有百分之几的比例象上面的例子那样作弊，就足以使供热方承受不了。由此可见这个问题的严重性。

3.2 对策

（1）配置备用电源

为流量计配置备用电源本来是为了在事故停电和计划停电时流量计仍能正常测量。当然在人为有意识停电时，备用电源也可发挥作用。

备用电源常见的有两种解决方案，一个是直流备用电源，如图 3a 所示，例如 DDZ-III 系列仪表采用的是这种方案。即主电源正常时主电源经电源箱转换成 24VDC 供仪表使用。在主电源掉电时，自动切换到电池组供电。另一个方法是主电源经不间断电源 UPS 供电，如图 3（b）所示。当然，后一种方法较简单。

但是后备电源只能解决主电源短时掉电的问题，对于一台 UPS 供一台智能流量计的情况下，如果要求 UPS 提供 48 小时的后备供电，则 UPS 就应提供 $1.5\text{ kW} \cdot \text{h}$ 的电，这样容量的 UPS 体积已相当庞



图 3 后备电源供电的流量计

大。而“特别聪明者”如果不手下留情，将主电源拉掉 48 小时以上，作弊仍然可以得逞。因此后备电源的方法还得与管理结合起来才能真正奏效。例如流量计增设掉电记录功能，或再并列安装一台掉电记录器，这样，如果掉电超过 48 小时，则管理人员可根据仪表的掉电记录数据同用户交涉。

(2) 增设掉电记录功能

掉电记录功能是贸易结算功能的一个重要内容，在带有此功能的仪表中，自带蓄电池的实时时钟电路，在主电源掉电后，仍能正常工作 10 年，所以不依靠主电源就能长时间准确计时。在主电源掉电时，CPU 检测到电压低落而将掉电时刻写入规定的单元，当恢复供电后，记录器重新起动，CPU 记下相应的时间，特殊设计的程序能够将逐次存入内存的掉电事件依次调阅而无法清除，从而做到客观、公正。

利用记录功能所记录的断电事件资料处理作弊事件，一般还要有供用双方所签订的《掉电处理协议》作依据，该协议名义上是为了对计划停电期间的计量数据处理方法做规定，实际上是为了处理人为掉电。

电动流量计配置掉电记录功能后，用户一般不会再用拉电源的方法进行作弊，因为拉了也白拉。

(3) 带无纸记录功能的掉电记录器

前节谈到掉电期间热费计算方法中，需要取相应时段常用流量平均值，但是，流量计等无瞬时流量记录或数据保存功能。而如果在流量二次表中增设无纸记录功能，就能弥补这一不足。这种仪表是在智能流量二次表内加入一片新型微电子器海量存储器 Flash Rom，在软件的支持下，将测量到的流量瞬时值、累积值、流体压力、流体温度等数据定时保存，并可按规定的操作方法查询或通过通讯口传送到计算机中^[5]。

(4) 计量数据采集和管理系统

监控和数据采集（SCADA）系统是一个硬件和软件系统，而计量数据采集与管理系统只是 SCADA 系统在能源计量和数据管理方面的应用。

这种系统不仅能对现场表计是否掉电进行监视，而且能对现场表计的实时数据进行监视，例如将供热管网上各计量点的蒸汽压力，按顺序用直方图表示，如果某个计量点的压力值出现违背规律的偏低现象，就可派巡查人员去现场查看。检查是否存在故意关阀的作弊现象。这种系统也可对各点流量数据进行分析比较。对来自现场仪表的故障诊断信号进行分析并制作相应的报告。对现场的阀门进行远程控制，对设备进行管理，编制各种报表，进行预收费管理等。

从现场的实际情况来看，除了上面所讨论的做法之外，流量一次表和二次表还必须考虑加封、保护、软件加密等，防止“特别聪明者”利用改变信号线连接、增设分流器滤波器及修改组态等方法作弊。

4 结束语

① 在供热行业，通过计量表“找窍门”的现象普遍存在，应认真对待，做到公正计量，减少企业效益流失。

② 任何一种表计，其计量能力都是有限的，涡街流量计和孔板流量计也不例外。仅仅做到表计本身准确可靠，性能符合标准，还不能保证计量的公正性，必须辅之以必要的管理、制度，才能保证表计的正确使用，做到公正计量。

③ 在热能贸易结算中，保证表计正确使用，做到公正计量的方法很多，例如“下限流量计费功能”，“超计划耗用计费功能”、断电记录功能，无纸记录功能以及应用数据采集与管理系统进行实时监测等。

④ 魔高一尺道高一丈。杜绝不公正计量的方法层出不穷，本文所述只是其中重要的几例。

参考文献

1. [日]横河电机. 計装メーカーが書いたフィールド機器・虎の巻. 工業技術社, 2001
2. 钱汉成, 李强, 纪纲. 蒸汽流量测量误差三例. 自动化仪表, 2002, (6)
3. 刘政利, 纪纲. 流量计小信号切除的最优化. 自动化仪表, 2007, (10): 51~54.
4. 余小寅. 纪纲. 流量测量应用技术—热能贸易结算中的计量要求及表计功能(二). 医药工程设计, 2001(2): 33~36
5. 纪纲. 流量测量仪表应用技巧(第二版). 北京: 化学工业出版社. 2009

(摘自《中国计量》2009年第10期70~72页)