

姹紫嫣红 百花争艳

——MICONEX2008 流量仪表展品述评

毛新业 孙立军 薛婷 齐利晓

一 概况

在第 19 届多国仪器仪表展览会展出流量仪表的国内外厂家共 127 家，占参展厂家总数的 21%，基本保持了近年来流量仪表厂家占参展厂家总数的 20~25% 的水平。各种仪表的国内外参展厂家对比见表 1，从表中可知，电磁、涡街、转子、插入式、超声流量计是许多厂家的主打产品。



本文作者毛新业先生

(3) Aquamaster，用于饮用水，其显示记录仪表表具有很完善的管理软件，包括：收入计算、分区计量、饮水计量、终端用户计量及泄漏报警控制等功能。(4) Calmaster，是一种便携式就地校验仪表，由电池供电，仪表无需拆卸可就地准确度校验、功能测试及故障预警。(5) ProcessMaster，适用于流程工业。(6) FSM4000，采用交

毛新业先生，天津市润泰自动化仪表有限公司高级工程师；孙立军先生，天津大学自动化工程学院博士、副教授；薛婷女士，副教授、博士；齐利晓先生，博士生。

体，是国产电磁流量计的一个亮点。

2. 涡街流量计

近年来由于采取了一些技术措施提高了信号的稳定性及工作的可靠性，加上涡街流量计是能源监测中蒸汽流量测量较好的选择，市场份额有了较大的回升。以下举二例技术改进来说明它的性能有所提高。

(1) 上海横河电机有限公司推出了双传感器涡街流量计，即包含了两套漩涡发生体，检测探头如图 1 所示，

它由两台完全独立的涡街流量计构成，焊成一个整体并进行标定，而得到单一的流量输出信号，对于要求冗余流量信



图 1 双传感器涡街流量计

表 1 各种流量仪表的国内、外参展厂家数对比

| 序号 | 参展商总数127家 (其中国内94家， 国外33家) | 电磁 | 超声 | 节流 | 内锥 | 科氏 | 热式 | 插入式 | 涡街 | 涡轮 | 转子 | 容积 | 液进 | 开关 | 积算 | 渠堰 | 靶式 | 变送器 |
|----|----------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① | 国内外单项参展厂家数 | 49 | 27 | 21 | 20 | 16 | 19 | 29 | 46 | 19 | 36 | 13 | 13 | 13 | 21 | 3 | 4 | 38 |
| ② | 占总数比例(%) | 12.5 | 6.8 | 5.3 | 5.1 | 4.1 | 4.8 | 7.4 | 11.7 | 4.8 | 9.2 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 5.3 | 0.7 | 1.1 | 9.6 |
| ③ | 国内单项参展厂家数 | 43 | 21 | 17 | 17 | 9 | 11 | 21 | 39 | 15 | 28 | 8 | 12 | 7 | 20 | 3 | 3 | 30 |
| ④ | 单项比例(%) | 88 | 78 | 77 | 90 | 56 | 58 | 72 | 85 | 79 | 77 | 62 | 92 | 53 | 95 | 100 | 75 | 79 |
| ⑤ | 国外单项参展厂家数 | 6 | 6 | 4 | 3 | 7 | 8 | 8 | 7 | 4 | 8 | 5 | 1 | 6 | 1 | 0 | 1 | 8 |
| ⑥ | 单项比例(%) | 12 | 22 | 23 | 10 | 44 | 42 | 28 | 15 | 21 | 23 | 38 | 8 | 47 | 5 | 0 | 25 | 21 |

二 展品述评

1. 电磁流量计

ABB 的电磁流量计技术一直处于领先水平，提供的产品系列最全、应用领域最广，如：(1) Watermaster 适用于饮用水到污水处理的所有行业，特别值得一提的是推出的八边形内径，据称可在直管段不足情况下，仍能维持较高准确度。(2) Aquaprobe，是一种便携的插入式流量计，在直管段足够的情况下准确度可达 $\pm 2\%$ ，最大直径可达 8m。

流励磁技术，适用于液固两相低电导率、高噪声干扰场合。(7) FXP40000，适用于非满管的流量测量等十余种应用于各种场合的电磁流量计，为用户提供了足够的选择空间。

德国 Krohne 展出的 Optiflux 系列电磁流量计，以其多达十余种智能诊断功能受人瞩目。

我国的产品品种、功能较为单一，而对提高技术内涵，智能功能关注的力度不够，杭州大河推出的电容式电磁流量计可测电导率低至 $0.01 \mu S/cm$ 的流

号的安全综合系统，这是一个切实可行的选择方案。

(2) 北京菲舍波特仪表公司展出了 VT 系列涡街流量计，该系列仪表采用了先进的 DSP 数字化处理技术，不仅提高了信号的处理能力，还提供了简明的组态。一体化的温、压补偿可直接得到蒸汽的质量及标况流量。所采用的振动补偿传感器提高了仪表的抗振性能，特别是采用了双发生体设计(图 2)，提高了仪表的可靠性。在流体雷诺数太低的情况下，还可选用该公司的 VTS 系列流进旋涡流量计，以弥补低雷诺数下涡街信号不稳定的缺陷。



图2 双检测探头涡街流量计

3. 浮(转)子流量计

现按其主要的两部分，传感器及变送器分述如下。

(1) 传感器

根据现场的需要，厂家推出了各种安装形式，如北京空港北光展出的 F56 型除了基本的垂直安装(具有不同浮子)的 F56、F56P、F56VD、F56PV 外，还有水平安装的 F56H 型、底进侧出的 F56LA 型、侧进侧出的 F56AA 型等多种安装形式；此外还有防腐的 F56P、应用于高低温现场的冷却夹套、保温夹套 F56RT 型等完全根据现场的需求，推出各种型号，供用户选用。

(2) 变送器

为适应自动化系统的通信要求，北京空港北光展出的浮子流量计采用了

MAT01 磁电子变送器，它可精确测量周围磁场的变化，并将其转换为标准的 4~20mA 电流信号，并进一步采用具有 HART 通信功能的计板卡，可对仪表进行现场组态，大屏幕液晶显示瞬时、累计流量，提高了浮子流量计的功能。

4. 插入式流量计

插入式流量计是按取样原理，仅测管道中一点或多点流速来推算流量的，其前提是前直管段长度应具有 20~30D(D 为管内径)，这样流速分布才可能具有一定规律，而取得较高的准确度。但大管道现场都难以提供如此长的直管段长度。所以，无论是用热式测单点流速的北京奈士德、美国的 FCI 公司，还是用差压测单点流速的法国 KIMO 公司，虽然都声称在风洞中进行流速标定，但都不可能取得优于 $\pm 3\%$ 的流量准确度。深圳万讯、ABB、上海妙声迪等公司采用了均速管，测管道中直线上多点流速来推算流量，虽较前者略胜一筹，在流速分布较复杂的情况下，仍无法取得令人满意的流量准确度。不少均速管生产厂家在技术样本中声称可达到 $\pm 1\%$ 的流量准确度，实用时很难达到。北京博士达公司较先意识到非充分发展紊流的问题，该公司在典型的阻力件(如弯头)后 3D、8D 进行了流速分布测试，寻找在非充分发展紊流状态下的平均流速点，然后用该公司研制的 FJPE 测管测量流量。但阻力件的形式太多，组合万千。为数不多的测试数据何以涵盖千变万化的现场流速分布？因此，FJPE 测管并未彻底解决大管道气体流量的测量问题。

美国 AM(Air Monitor) 公司首次参展，展出的 CAMS 气流检测系统较成功地解决电厂的风量检测，特别是针对流速分布很复杂的二次风量，据称已占有美国电厂 90% 以上的风量检测市场份

额。CAMS 风量检测系统由 3 部分组成：(1) AM 系列风量传感器，由多支总静压测管组成，在管道截面上组成不少于 20 点的测点矩阵，充分反映了管道中复杂的流速分布。为了准确测量还安装了具有蜂窝状的气流调直器以及温度计进行温度补偿(图 3)；(2) 为防止堵塞配备了自动反吹系统，该系统可实现 1~24 次/天的自动反吹扫，以保证在含尘高的环境中风量传感器可靠的工作；(3) AM 系列智能流量计算机，具有超低差压传感器，压力、温度补偿、调整，平方根运算，2×16 液晶显示，以及每 24 小时进行一次电路自校功能。



图3 AM公司风量传感器

5. 超声流量计

超声流量计可测各种流体，准确度高，量程比大，公认为最有发展潜力也是近几年发展最快的流量计。

美国通用电气传感器公司(GE Sensing)推出了多种性能优越的气体超声流量计，一直处于世界领先水平。现介绍较典型的 3 种：(1) 外夹式气体超声流量计 Digital Flow GC868。它是在前几年展出过的 CT878 基础上进行改进性的第二代产品。GC868 采用了专利互相关时差(Correlation Transit-Time™) 技术，经大量的试验测试，证实其准确度可达 $\pm 2\%$ ，量程比可达

150:1, 通信采取 RS-232, 也可选用 RS-485 或 Modbus。它比 CT878 最大的改进是适用于高压、低压气体, 可测流体温度高达 230℃, 适用于金属及其他任何材料的管道, 口径小至 20mm, 大至 1m, 可以用于能源监测的蒸汽计量与校验。

(2) 插入式气体超声流量计 Digital Flow™GF868, 可应用的管道范围小至 50mm, 大至 3m 以上。该公司声称在上游可确保 20D(D 内径) 直管段长度前提下, 单声道准确度为: $\pm(2\sim5)\%$, 双声道可达 $\pm(1.5\sim3.5)\%$, 可用于环保监测废气的排放。

(3) 计量级天然气超声流量计 SentinelFlow™, 该流量计准确度可达 $\pm 0.2\%$, 符合 AGA9 天然气计量标准的准确度要求。为确保达到如此高的准确度, 该公司还规定了前直管长度不得小于 10D, 后直管段为 5D, 并在上游安装了流动调整器, 以保证流速分布达到理想的充分发展紊流。

德国弗莱克森公司展出的外夹式气体超声流量计 W1-400, 由于附加了一个名为 Waveinjector 的高温导波器, 换能器的声波通过它传至管壁, 其隔离效应可确保换能器不直接承受流体的高温, 使其可测流体的温度高达 400℃, 这是 W1-400 独到之处, 宣称准确度可达 $\pm(0.5\sim1)\%$, 据专业人士评估, 由于影响外夹式超声流量计的因素太多, 此处还附加了一个导波器, 在实际应用中准确度估计只可能为 $\pm(2\sim3)\%$ 。

深圳建恒在展会上展出了一台油流量检定装置, 流量基准采用准确度为 $\pm 0.2\%$ 的超声流量计, 流量范围: 0.3~120m³/h, 成功地为我国歼击机燃油表进行定期校验。

6. 节流装置

此次展会上的亮点不多。但河南开

封仪表厂展出的口径 1m 以上的环形孔板引起不少人驻足参观, 这种节流装置早已于 1938 年由美国 Howell 推出, 因其无需太长的直管段仍能维持较高准确度, 且支承环孔的结构较内锥牢固, 能承受流体较大的冲击, 近年来受人关注, 但其压损较大, 需要改进。

7. 内锥流量计

按原理内锥属于节流装置, 近几年由于过热的宣传, 我国生产厂家剧增。

在东京计装(日)的展位上, 现场展示了在相同节流比下, 比较了孔板与内锥前后湿气的流动情况。由于锥体的整流作用, 内锥的前后流入稳定性明显优于孔板, 令其输出信号更为稳定。该公司推荐的 Wafer-cone 内锥流量计主要用于饱和蒸汽、井口湿天然气的测量。与 NT 型差压变送器相结合的一体化结构, 无须安装导压管, 结构紧凑, 准确度为 $\pm(0.5\sim3)\%$, 输出 4~20mA 信号, 显示瞬时及累计流量, 口径为 25~100mm。

大连斯沃特(美独资)公司推出一种文丘里管及内锥组合在一起, 而所显示的技术参数较内锥并无重大改进, 却增加了生产成本。

近几年, 我国内锥的生产和推广应用, 出现了不少问题, 归纳有以下 3 点: (1) 单臂悬挂内锥, 在流体高速的冲击下单臂易于折断; (2) 后锥角太大, 产生大漩涡压损较大, 仅次于孔板; (3) 低压取压孔处于后锥中央, 易于堵塞。但其不要求较长安装直管段, 仍能保持较高的准确度仍是经典节流装置无法与其相比的优点, 应该充分肯定。因此近几年在肯定优点克服缺点的前提下, 相继开发推出了槽道、梭式、内文丘里等环形通道流量计, 测试表明性能都优于内锥。此次展会虽未展出这几种流量计, 但他们的的发展已引起业界关注。

8. 热式流量计

热式流量计分为两大类: 一种是适用于大管道气体流量检测的浸入式。它的灵敏度高, 可测低至 0.1m/s 的风速, 且不易堵塞, 而火电厂风量检测因其管道大、直管段短、流速分布复杂, 过去常采用的差压式均速管不太理想, 现在又纷纷采用热式。但要注意的是: 其一, 浸入式热式流量计多为测单点流速推算流量, 准确度难以超过 $\pm 3\%$, 厂家所宣称的 $\pm 1\%$ 是流速、而非流量准确度。其二, 它只能用于干燥气体, 如果气体中含有微小的液滴, 将急剧减小热敏电阻的温度, 引起误差; 其三, 当流速分布极为复杂并存在漩涡时, 热式因为没有方向性, 仍有输出, 但这显然是虚假信号。热式是否可取代差压式来测大管道的风量, 还存在不少有待解决的问题。

另一类是热分布式, 将热敏元件(丝或膜片)绕在管道外, 根据管道内流速大小改变管外热敏元件的电阻值来推算流量, 多用于小流量测量。此次展会上荷兰阿蒂姆公司展出了多种性能优越测控一体的热式质量流量计, 如气体防爆型 EX-Flow; 用于液体的 Liq-Flow, 它们不仅可测质量流量, 而且将调节器、控制阀组成一体, 结构小巧、紧凑, 当被测流量达到设定值时, 通过调节器控制阀门开度达到调节流量大小的目的。气体流量计最小口径为 1/16 吋, 最小测控流量 0.16mL/min; 液体最小测控流量 1.5mg/h, 最小口径 1/8 吋。矽翔公司展出的 MEMS 流量芯片尺寸仅 1.7×1.7×0.5mm, 在其上组成了加热电阻及热敏电阻, 由于尺寸小, 减小了响应时间、改善了热式流量计的工艺性及技术性能, 拓宽了应用领域。

9. 微小流量测量仪表

由于精密化工、半导体工业、制药、食品等工业的需要, 微小流量的测

控日益受到重视。日本奥巴尔 (Oval) 展出的超小型容积式流量计, 仪表壳体及椭圆齿轮均采用 PEEK 塑料。流量范围 0.09~3L/h, 准确度 $\pm(3\sim 10)\%RD$, 温度范围 $-10^{\circ}\text{C}\sim +60^{\circ}\text{C}$, 最高压力可达 0.3MPa。

加拿大控制设备公司展出的微型涡轮流量计, 采用了切向涡轮, 可测气体、液体流量, 流量范围 1.9~9.5 L/h, 线性准确度为 $\pm 1\%$, 可承受工况: 压力可达 1000Psi(6.9MPa), 温度可高达 232°C , 叶轮材料选用 17-4PH、430 不锈钢、镍 200、自润滑滚珠轴承及碳化钨合金轴套。瑞士 Digimesa 公司提出采用激光来测微小流量。流量计壳体采用塑料, 可测流量范围为 0.5~20mL/min, 响应时间仅 50ms。

10. 科氏流量计

科氏是目前准确度最高的一种流量计, 厂家一般均宣称可达到 $\pm 0.2\%$, 是近 5 年发展速度仅次于超声的流量仪表。因原理的要求, 仪表的高度一般为口径的 10 倍, 所以各厂家展出的产品最大口径仅为 150mm。而 E+H 公司在展会上展出了口径为 250mm、高度仅为 0.7m 的科氏流量计, 很引人瞩目, 其实是它在仪表内并列安排了两根口径为 120mm 的管道取代了 250mm 的管道, 降低了仪表的高度。Krohne 公司也可生产类似的产品。

此次展会上奥巴尔公司展出多款性能各异的科氏流量计。如: 口径小至 1/4 吋极微量的 CNOOA 型, 流量范围为 0.4~60q/min; 高精度的 CN100 型, 口径 100、150mm 两种, 准确度据称可达 $\pm 0.1\%$; 通用廉价 CV 型, 口径 10~50mm 共 5 种, 准确度 $\pm 0.4\%$; 以及单一直管型, 口径 15~80mm, 准确度 $\pm 0.2\%$; 廉价、微量 CR 型, 口径小至 1/8 英寸, 传感器与变送器组成一体。

阿蒂姆公司则推出了测控一体的 CORL-FLOW 科氏流量计, 实现了注入流量的精确控制。

三 观后感

下面针对一些普遍的问题谈谈作者个人的看法, 供业界有关人士参考。

1. 流动调整器 (Flow conditioners) 的应用

近年来, 由于各种原因, 流量仪表的准确度日益受到重视,

流速分布是影响绝大多数流量仪表准确度的重要因素, 而现场安装条件又无法满足。因此, ISO TC30 多年来一直推荐采用以板孔、管束或两者组合的流动调整器, 来改善流速分布, 在此次展会上, 已充分体现, 如: GE 公司展出的 Sentinel™ 天然气超声流量计在上游 10D 处, 安装了板孔式流动调整器, 使准确度达到了 $\pm 0.1\%$; AM 公司采用了蜂窝状整流器、热式流量计 (浸入式) 采用了 Zanker 流动调整器, 开封仪表厂的涡轮流量计采用了管束、艾默生公司推出一种多孔 (4 个或以上) 孔板, 将节流件与整流件组成一体, 据说也取得了很好的效果 (此次未参展)。这类流动调整器虽已推出多年, 但由于成本高、压损大, 需常维修, 推广的普及率并不太理想。

通过管道的逐渐收缩, 迫使流体加速, 具有明显改善流场的作用, 近年来已应用于节流装置的改进上, 形成了一系列环形通道 (亦称边壁收缩) 流量仪表, 均具有对前直管段长度要求不高的优点。这种技术也应用于其他流量仪表, 如美国 Contrlotron 公司应用于气体超声流量计; 美国 VERIS 公司应用于 Elbert 仪表; 我国也有将它应用于涡街流量计都取得了较好的效果, 而它不存在压损大、常维修的问题。

2. 技术参数的表述与实现

展会上各厂家都为参观者提供了不少技术样本。样本中所表述的技术参数都十分优越。如准确度可达到 $\pm 0.1\%$, 量程比达到几十比一等。对绝大多数厂家来说, 公布的这些参数是在试验室中测试取得的, 确有一定依据, 而不是无中生有。但试验的理想条件 (如直管段长度, 流动的稳定, 介质的洁净, 精密的仪器等) 在现场都无法满足, 所以对样本中所表述的技术参数只能说在理想条件下可能达到而实际运用中很难达到。

当然, 还有极少数厂家为了商业宣传, 毫无根据地夸大仪表的技术指标, 如某厂家说其均速管准确度可达到 $\pm 0.5\%$, 还强调是某外国公司制造, 这样的指标即使在试验室条件下也是很难达到的, 显然是对用户的误导了, 以企业的诚信为代价, 是得不偿失的。

3. 多而庸不如少而精

回顾此次展会, 初步印象是创新产品不多, 国内与国外厂家相比尚有差距, 不仅表现在产品的创新与技术水平上, 还表现在经营理念上。

国外厂家除少数确大的跨国公司外, 大多数公司的产品都少而精, 很注意品牌效应。而在较单一的产品上又重视针对用户不同的需求开发了多种型号。

我国不少流量仪表厂家在经营理念上过于重视市场份额, 哪一种产品热销就挤进去生产这种产品, 近 2 年, 内锥、电磁生产厂家之多, 很说明这个问题。产品的多而庸不利于技术的积累, 人材的培养和产品的创新。希望我国流量仪表厂家审时度势、有所为有所不为, 要根据本身的特点, 技术发展趋势, 市场的发展潜力, 而不是市场的热点来决定产品的开发与生产。 