



现场仪表对比分析

——流量计

中国工控网 (www.gongkong.com)

本期中，将以流量计为主进行分析。

流量计技术的发展

数千年前，人们为了适应农业灌溉和水利的需要，就已开始关注流量测量问题，古埃及就已出现了堰的雏形，而我国都江堰在那时也已经知道利用宝瓶口岩壁上所刻“水则”来观察水位，以对水位进行控制。到19世纪中期，从节流式流量计开始，逐渐建立了近代流量计的理论基础。现代各类流量仪表也相继出现，如商用的水表、煤气表和文丘里管差压式流量计等。20世纪初到30年代，又出现孔板和喷嘴差压式流量计、浮子流量计、容积式流量计以及示综法和稀释法等流量测量方法。20世纪50年代以后，随着电子技术，材料和加工技术的飞跃发展，以流程工业为先导的各工业部门和公用事业开始大量使用流量仪表，促使各种实用新颖的流量仪表相继问世和发展，如涡轮式、电磁式、超声式和涡街式流量计等。在1953年日本Yokogawa公司既开发出其第一台电磁流量计；20世纪60年代，美国Taylor公司已推出双文丘里管流量

2) 执行机构

这一部分一般也在现场，常见的执行机构是调节阀，另外还有交直流电动机、变频器、直流调速器等。

3) 控制器

控制器一般在控制室内，最简单的有单、双回路控制器，多参数、多回路的控制系统一般采用PLC、工控机、DCS系统进行监控。

现场仪表是实现工业生产过程自动化的重要工具，它被广泛地应用于各行业自动化系统中。在自动控制系统中，现场仪表将被控变量转换后的信号除了送至显示仪表进行指示和记录外，还需送到控制仪表或控制系统进行自动控制，从而实现生产过程的自动化，使被控变量达到预期的要求。

现场仪表作为对物质世界的信息进行自动测量和控制的基础手段和设备，是信息产业的源头和组成部分，起到了测量、变送的作用，测量范围覆盖了生产过程中的温度、压力、流量、液位和成分等参数的检测和变送。根据测量物质、功能、原理的不同，现场仪表的种类繁多，细分种类超过百种。我们将逐步分功能对现场仪表进行阐述，受篇幅限制，在

过程控制是自动化技术的重要组成部分，在现代工业生产过程自动化中，过程控制技术在实现最优的技术经济指标、提高经济效益和劳动生产率、节约能源、改善产品质量等方面起着越来越大的作用。

在电力、化工、石化等行业存在着大量的过程控制系统，过程控制系统一般由测量元件、变送器、调节器、调节阀、被控过程等环节构成。在系统的测量、变送环节存在着多种功能的现场仪表，现场仪表在过程控制中占据了重要位置，如图1所示的一个简单的过程控制系统就等于被控过程加上现场检测控制仪表（测量元件、变送器、调节器和调节阀）。

1) 测量、变送环节

测量、变送环节均在工厂现场，由各种传感器和变送器组成。根据被测参数的不同，一般分为下列几类：温度、压力、压差、流量、液位、电量等传感器和变送器以及分析仪表如：PH计、可燃性气体检测探头、氧量分析仪、浊度仪等

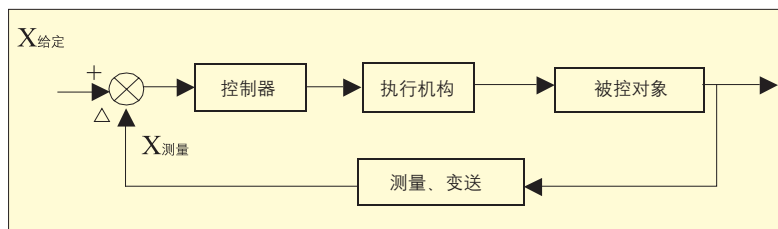


图1

计，国内曾仿制用于火电厂称“小喇叭管”；20世纪70年代后期又出现了科里奥利流量计和超声波流量计，国内也已有相应的产品进入市场。现在应用的主要流量仪表，很多是在这一阶段开发并随着流量技术、制造水平的发展而发展的。

流量测量的主要任务有两类，第一类为流体物资贸易核算、储运管理和污水、废气排放控制的总量计量；第二类为流程工业提高系统自动化水平、改善产品质量、提高生产效率、降低成本以及在水利、环境保护等工程中作必要的流量检测和控制。

流量仪表应用最贴近人民生活的是广泛应用的家用燃(煤)气表和家用水表。在流程工业中广泛应用的温度、压力、流量、物位和成分分析仪表中，流量仪表台数约占总台数的

20%，费用则为总费用的35%左右。

为解决不同条件下各种不同被测介质的流量测量，至今已开发了种类繁多的流量仪表，一般可分为以下11大类：差压式流量计、容积式流量计、浮子式流量计、叶(涡)轮式流量计、电磁流量计、流体振荡式(包括涡街式)流量计、超声波流量计、质量流量计、插入式流量计、明渠流量计以及基于其他原理和结构的流量计，见表1。在不同国家因产业结构以及使用习惯和传统的差别，各种流量计的应用台数在流量仪表整体中所占比例不尽相同。随着自动化技术的发展，传统流量测量仪表如浮子式、容积式流量计在今后所占比例将持续呈现下降趋势，而电磁式、涡街式、超声波式和科里奥利质量式等流量测量仪表所占比重将逐年增加。

我国开展近代流量测量技术方

面的工作较晚，早期所需流量测量仪表均从国外进口，直到20世纪30年代中期，才出现光华精密机械厂(上海光华仪表厂前身)所制造的家用水表。40年代到建国初期，公用事业、电厂和一次大战后出现的制碱等化学流程工业所用的工业流量仪表(主要是差压式流量计)，仍从国外进口。新中国建立前夕，留美学者王启贤筹建新成电器厂(上海仪表厂和上海自动化仪表一厂前身)，解放初开发出旋转活塞容积式流量计，50年代初新成电器厂开发出文丘里管差压流量计。60年代开始，我国有了涡轮流量计和电磁流量计等本国产品，现在已形成一些具有相当规模，从事流量测量技术和仪表研究开发和生产的单位超过200家，在中国仪器仪表行业协会流量仪表专业协会注册登记

表1 流量计分类表



的单位也有50余家，它们均是有相当规模或有一定特色的企业。我国1990年用于工业领域的流量仪表产量(不包括家用燃气表和家用水表等民用产品)估计超过15万台。

虽然已有了许多流量测量方法和仪表，但仍然有许多流量测量问题难以圆满解决，诸如：脏污流的沉积和堵塞、脉动流、高温、高压、真空、高粘性液、多相流等工况下的流量测量等等，尚待探索研究和开发。

流量计技术分析

从19世纪中期的节流式流量计开始到现在，流量测量技术得到了飞速的发展，基于不同原理和结构的流量计不断涌现，流量计分类见表1。目前的流量计种类繁多，其测量原理、结构特性、使用范围、使用方法等各不相同，但每种都有它特定的适用性，也都有它的局限性。

从测量原理上可以把目前常见的流量计划分为以下几类：

(1)力学原理：属于此类原理的仪表有利用伯努利定理的差压式、转子式；利用动量定理的冲量式、可动管式；利用牛顿第二定律的直接质量式；利用流体动量原理的靶式；利用角动量定理的涡轮式；利用流体振荡原理的旋涡式、涡街式；利用总静压力差的皮托管式以及容积式和堰、槽式等等；

(2)电学原理：电磁式、差动电容式、电感式、应变电阻式等；

(3)声学原理：超声波式、声学式(冲击波式)等；

(4)热学原理：热量式、直接量热式、间接量热式等；

(5)光学原理：激光式、光电式等；

(6)原子物理原理：核磁共振式、核辐射式；

(7)其它原理：标记原理(示踪原理、核磁共振原理)以及其他相关原理。

随着制造技术的发展和相关技术的推动，基于同一原理的流量计也开始出现不同的机械结构，根据流量计的结构可以把目前常见的流量计归纳为以下类型：

1. 容积式流量计

容积式流量计相当于一个标准容积的容器，它接连不断地对流动介质进行度量。流量越大，度量的次数越多，输出的频率越高。容积式流量计的原理比较简单，适于测量高粘度、低雷诺数的流体。根据回转体形状不同，目前生产的产品分：适于测量液体流量的椭圆齿轮流量计、腰轮流量计(罗茨流量计)、旋转活塞和刮板式流量计；适于测量气体流量的伺服式容积流量计、皮膜式和转筒流量计等。容积式流量计的精确度较高，是测量粘性液体的几种方法之一。但是它会产生不可恢复的压力误差，需装有移动部件。

其特点为精度较高、测量范围较宽(150:1)，适用于中小流量范围、直读式、无需外能源和无需直管段等工控场合。不足之处是体积庞大，结构复杂，不适用于高、低温场合，被测介质种类、口径、介质工作状态局限性较大。

2. 叶轮式流量计

叶轮式流量计的工作原理是将叶轮置于被测流体中，受流体流动的冲击而旋转，以叶轮旋转的快慢来反映流量的大小。典型的叶轮式流量计是水表和涡轮流量计，其结构可以是机械传动输出式或电脉冲输出式。一般机械式传动输出的水表准确度较低，精度约 $\pm 2\%$ ，但结构简单、造价低，国内已批量生产并实现标准化、通用化和系列化。电脉冲信号输



出的涡轮流量计的准确度较高，一般误差为 $\pm 0.2\% \sim 0.5\%$ 。

叶轮式流量计可精确地测量洁净的液体和气体。叶轮式流量计优点是结构紧凑、精度高、无零点漂移、重复性好、抗干扰能力强、测量范围宽。不足之处是对介质洁净度要求较高、会产生不可恢复的压力误差、需要移动部件。在欧洲和美国，该流量计是天然气的法定计量器具。

3. 差压式流量计(变压降式流量计)

差压式流量计是最普通的流量技术，由一次装置和二次装置组成。一次装置称流量测量元件，它安装在被测流体的管道中，产生与流量(流速)成比例的压力差，供二次装置进行流量显示。二次装置称显示仪表，它接收测量元件产生的差压信号，并将其转换为相应的流量进行显示。差压流量计的一次装置常为节流装置或动压测定装置(皮托管、均速管等)。二次装置为各种机械式、电子式、组合式差压计配以流量显示仪表。差压计的差压敏感元件多为弹性元件。由于差压和流量呈平方根关系，故流

量显示仪表都配有开平方装置,使流量刻度线性化。多数仪表还设有流量积算装置,以显示累积流量,以便经济核算。这种利用差压测量流量的方法历史悠久,比较成熟,世界各国一般都在比较重要的场合使用差压流量计。发电厂主蒸汽、给水、凝结水等流量测量都采用这种流量计。目前生产的差压式流量计产品分:孔板流量计、楔形流量计、文丘里管流量计、平均皮托管流量计。

其优点是没有移动部分、结构简单、性能稳定可靠、使用寿命长、易于使用、价格低廉并且具有完备的规范,得到了法制计量组织的认可,是唯一可实行干校的流量计。不足之处是测量范围窄、压损大、计量精度不高、现场安装条件要求高等。差压式流量计应用范围特别广泛,在封闭管道的流量测量中有广泛应用,如流体方面:单相、混相、洁净、脏污、粘性等;工作状态方面:常压、高压、真空、常温、高温、低温等;管径方面:从几毫米到几米;流动条件方面:亚音速、音速、脉动流等。流量测量的精确度主要取决于压力传感器的精确度,它在各工业部门的用量约占流量计全部用量的30%左右。

4. 变面积式流量计(等压降式流量计)

放在上大下小的锥形流道中的浮子受到自下而上流动的流体作用力而移动。当此作用力与浮子的“显示重量”(浮子本身的重量减去它所受流体的浮力)相平衡时,浮子即静止。浮子静止的高度可作为流量大小的量度。由于流量计的通流截面积随浮子高度不同而异,而浮子稳定不动时上下部分的压力差相等,因此该类型流量计称为变面积式流量计或等压降式流量计。这种流量计的典型产品是浮子流量计。

5. 动量式流量计

利用测量流体的动量来反映流量大小的流量计称为动量式流量计。由于流动流体的动量 P 与流体的密度及流速 v 的平方成正比,当通流截面确定时, v 与容积流量 Q 成正比。设比例系数为 A ,则 Q 与 A 成正比。因此,测得 P ,即可反映流量 Q 。这种型式的流量计,大多利用检测元件把动量转换为压力、位移或力后测量流量。这种流量计的典型仪表是靶式和转动翼板式流量计。

6. 冲量式流量计

其测量原理是当被测介质从一定高度 h 自由下落到有倾斜角的检测板上时会产生一个冲力,冲力的水平分力与质量流量成正比,故测量这个水平分力即可反映质量流量的大小。利用冲量原理来测量流量的流量计称为冲量式流量计,多用于测量颗粒状固体介质的流量,还用来测泥浆、结晶型液体和研磨料等物体的流量。流量测量范围从每小时几公斤到近万吨。按信号的检测方式,这种流量计分为位移检测型和直接测力型,典型的仪表是水平分力式冲量流量计。

7. 电磁流量计

电磁流量计是根据法拉第电磁感应定律开发的,既根据当导体在磁场中运动时会产生感应电动势,而感应电动势又和流量大小成正比,通过检测电动势来反映管道流量的原理而制成的。其中流体就是运动中的导体,一般恒定的磁场由极性交替变化的开关直流电流而产生,感应电势相对于流速成正比并被两个测量电极所检测,然后变送器将它进行放大,根据管道横截面积计算出流量。其测量精度和灵敏度都较高,多用于测量水、矿浆等介质的流量。可测最大管径达2m,而且压损极小。但导电率低的介质,如气体、蒸汽等则不能应用这种流量计。

用这种流量计。

电磁流量计没有移动部件,不受流体的影响,在满管时,测量导电性液体精确度很高。不过电磁流量计造价较高,且信号易受外磁场干扰,影响了在工业流量测量中的应用。为此,电磁流量计产品正在不断改进更新,并向微机化发展,目前各大流量计生产厂商均提供电磁流量计产品,电磁流量计主要产品技术指标对比见附表。



8. 超声波流量计

超声波流量计是基于超声波在流动介质中传播的速度等于被测介质的平均流速和声波本身速度的几何和的原理而设计的,它也是由测量流速来反映流量大小。超声波流量计虽然在70年代才出现,但由于它可以制成非接触形式,并可与超声波水位计联动来进行开口流量测量,对流体又不产生扰动和阻力,所以很受欢迎,是一种很有发展前途的流量计。

超声波流量计的分类:1)多谱勒式超声波流量计,换能器1发射频率为 f_1 的超声波信号,经过管道内液体中的悬浮颗粒或气泡后,频率发



9. 流体振荡式流量计

流体振荡式流量计是利用流体在特定条件下流动时将产生振荡，且振荡的频率与流速成比例这一原理设计的。当通流截面一定时，流速与导容积流量成正比。因此，测量振荡频率即可测得流量。这种流量计是70年代开发和发展起来的。由于它兼有无转动部件和脉冲数字输出的优点，很有发展前途。目前典型的产品有涡街流量计、旋进旋涡流量计。

涡街流量计适用于测量液体、气体或蒸汽，并且具有许多特点，如输出为脉冲频率信号、信号与流量为线性关系、便于总量计量、测量范围宽、压损小、无移动部件、结构简单、便于安装维护、没有污垢问题等。不足之处为会产生噪音，而且要求流体具有较高的流速，以产生旋涡，对场流规则性要求较高，需要有较长直管段。应力式涡街流量计对管道机械振动敏感，不宜用于强振动场所；与涡轮流量计相比，仪表系数较低。多年实践证明，涡街流量计选型（合适的测量范围）至关重要，安装时也要特别注意，有时现场调试时适当的调整是必要的，这些都是提高其使用效果的关键因素。旋进式流量计的特点基本与涡街流量计相同，但是有两点不一样：旋进式流量计的压损大得多和较短的直管段要求。

10. 质量流量计

质量流量计分直接式和间接式两种。直接式质量流量计利用与质量流量直接有关的原理进行测量，目前常用的有量热式、角动量式、振动陀螺式、马格努斯效应式和科里奥利式等；间接式质量流量计是用密度计与容积流量直接相乘求得质量流量的。由于流体的容积受温度、压力等参数的影响，用容积式、电磁式等流量测量流量大小

需保障介质参数在要求的范围内，在介质参数不断变化的情况下，往往难以达到这一要求，从而造成仪表测量不正确。因此，质量流量计得到了广泛的应用和重视。

其中量热式流量计通过测量流体温度的升高或热传感器降低来测量流体速度。量热式质量流量计没有移动部件或孔，能精确测量气体的流量。该流量计是少数能测量质量流量的技术之一，也是少数用于测量大口径气体流量的技术。科里奥利流量计利用振动流体管内产生与质量流量相应的偏转来进行测量。科里奥利流量计可用于液体、浆体、气体或蒸汽质量流量的测量，精确度高。但要对管道壁进行定期的维护，防止腐蚀。

另外还有适用于明渠测流的各种堰式流量计、槽式流量计；适于大口径测流的插入式流量计；测量层流流量的层流流量计；适于二相流测量的相关法流量计；以及激光法、核磁共振法流量计和多种示踪法、稀释法流量计等。

流量计主要产品和市场份额

随着现代工业生产的飞速发展，人们对流量测量的要求越来越高，对流量测量技术和仪表的研究和开发也不断深入，流量测量方法和仪表的种类也越来越多。由于流体种类繁多，流体物性参数和使用状态参数差异较大，每一种流量测量方法和仪表只能适用某一种或某一类流体在特定条件下的测量，如表4。世界上并不存在一种十全十美的流量仪表，各种仪表都有其优缺点和使用的局限性。

分析我国市场上各行业使用的流量仪表，从使用数量上来说，差压、电磁、质量流量计在石化、化工、天

生偏移，以 f_2 的频率反射到换能器2，这就是多普勒原理， f_2 与 f_1 之差即为多普勒频差 f_d 。设流体流速为 v ，超声波声速为 c ，多普勒频差 f_d 正比于流体流速 v 。当管道条件、换能器安装位置、发射频率、声速确定以后， c 、 f_1 、 θ 即为常数，流体流速和多普勒频差成正比，通过测量频差就可得到流体流速，进而求得流体流量。2) 时差式超声波流量计，时差式超声波流量计是利用声波在流体中顺流传播和逆流传播的时间差与流体流速成正比这一原理来测量流体流量的。

其特点为：精度高、测量范围宽、适应极低流速（0.5m/s）、安装直管段短（采用多声道品种）、压损小、使用寿命长等，超声波流量计在中、大口径测量中的应用无疑有其先天的优点，这是孔板与涡轮无法相比的。其缺点是管道的污浊会影响精确度，另外传播时间法只能用于清洁液体和气体，而多普勒法只能用于测量含有一定量悬浮颗粒和气泡的液体且多普勒法测量精度不高。

然气行业应用较多,冶金、电力行业常用差压、电磁流量计,而水处理行业则是电磁流量计占绝对多数。

几个工业发达国家均有相当数量的流量仪表生产厂家,有专业生产多品种流量仪表的综合大型企业,也有专业生产品种单一、性能独特的

流量仪表小型企业,数量上以后者居多;目前美国有200余家,英国、德国和日本也均有50家以上,我国有200家以上,但我国仪表企业的总体规模还不小。在20世纪90年代中期全球流量仪表(不包括家用燃气表和家用水表)年产量在250万~350

万台之间,根据中国工控网(www.gongkong.com)的市场研究数据显示,2005年在中国工业领域应用的流量计的装用台数达到24.9万台左右。

纵观市场上主流的流量计产品,可以发现,主流流量计厂商一

表2

| | EMERSON | YOKOGAWA | E+H | Krohne |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 差压流量计(变送器) | 1151、3051、DP Mass (3095MFA Mass ProBar [®] 、3095MFC Compact Orifice Mass、3095MFP Mass ProPlate [®]) ; DP Volumetric (3051SFA ProBar [®] 、3051SFC Compact Orifice、3051SFP ProPlate) ; DP Flow Primaries (285 Annubar [®] Primary、485 Annubar Primary、405 Compact Orifice、1195 Integral Orifice、1595 Conditioning Orifice Plate、1495 Orifice Plate、1496 Orifice Flange Union 1497 Orifice Meter Run) | EJA、EJX、P10 | Deltaset DPO 50、51、52、53、DPP 50、DPV 50、DPM50、DPC 50、deltatop DPO 10/12/15、DPP 10 ; deltabar S PMD 25K ; Deltabar S PMD 70/75 FMD 76/77/78 | |
| 电磁流量计 | 8705 Magnetic Flowtube、8711 Wafer Magnetic Flowtube、8721 Sanitary Magnetic Flowtube、8707 High Signal Magnetic Flowtube | ADMAG AXF、ADMAG AE、ADMAG CA 电容式、ADMAG SE | dosimag、magphant、promag 10H、10P、10W、23H、23P、50/53H、50/53P、50/53W、51W/P | K300、ALTOFLUX、AQUAFLUX、BATCHFLUX、TIDALFLUX、OPTIFLUX、WATERFLUX |
| 质量流量计 | Rosemount 3095MFA Mass ProBar [®] 、3095MFC Compact Orifice Mass、3095MFP Mass ProPlate [®] | ROTAMASS | dosimass、Promass 40E、80/83A、80/83E、80/83F、80/83H、80/83I、80/83M、84A、84F、84M、t-mass、t-switch、t-trend | OPTIGAS 5050/5010 C、OPTIMASS 7000、3000 (7100)、8000 C / 9000 C、7010C、3010C (7110C) |
| 涡街流量计 | 8800 Reducer Vortex、8800 Traditional Vortex 8800 MultiVariable™ Vortex | digitalYEWFLO | prowir1 72、prowir1 73、RMC 621、RMS 621 | OPTISWIRL 4070C、VFM 3100 F-T、VFM 3100 W-T、VFM 5095K+F、VFM 1091K+F |
| 超声波流量计 | | | prosonic flow 90/93 W,U,C、90/93W、92、93P、prosonic flow DMU 93 | ALTOSONIC III、IV、V、OPTISONIC 6300、OPTISONIC 7060、UFM 500、UFM 610/600、lamp-on、UFM 800 W Weld-in、UFM 800 C Build-on、UFM 3030 |
| 转子流量计 | | | | H 250 / M9、H 250/M10、H 250H、DK 32/DK 34、DK 37、DK 46/DK 47/DK 48/DK 800、DK 700、H 54、VA 10、VA 40 |
| 浮子流量计 | | Rotameter RAMC金属浮子 | | |

| | ABB | 开射流量计 | 川仪 | 精大 | 威尔泰 | 振华 | 亿环 |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|
| 差压流量计(变送器) | Sensybar、Sensybar M等 | LGW | | | MV 2000T、WT 3000、WT 2000、WT 1151S、WT 3000N、MV 2000TN | | |
| 电磁流量计 | FSM 4000、FXE 4000、FXM 2000、FES 7000、FXF 2000、FXT 4000、AquaMaster、AquaProbe、FXP 4000、MagMaster、MagMaster Loflo、CalMaster、FXL4000 FXL5000 | LD、LDZ-50、LDC-2A、LDQ、LDT-42、LDT-50 | FlowMaster MFE-S系列、MFC、高防护电磁流量计 | LDJ、LDB | XE、XEM、WT4300E | EMF8101、8301、8201、8101a、8102b、8103、MF8306、MF02、MF04 | YHLD |
| 质量流量计 | FCM2000、FMT200-ECO2、FMT200-D、FMT400-VTS、FMT500-IG、FMT700-P | | | | | | |
| 涡街流量计 | FV4000 (TRIO-WIRL V)、FS4000 (TRIO-WIRL S) | LSM | | VA、VAS、VAL、VAR、VAQ | | | LUGB |
| 超声波流量计 | | | | BST | | 法兰式、外夹式、插入式、便携式超声波流量计 | |
| 转子流量计 | FAM 5400、FAM 3200、FAG 1190、FAG 3500、FAG 3600、FAG 6100 | | | LLT、LZ、LCS、LS、OM、SPB、LC-A、LC-E、LC-Q、LC-L3、LC-LA、LL、LBJ | | | |
| 浮子流量计 | | | | | | | |

表3

| 流量计生产厂商 | 流量计主要产品 | 市场占有率 |
|-----------|-------------|--------|
| Rosemount | 差压、质量 | 20.00% |
| Yokogawa | 差压、电磁、涡街 | 11.70% |
| Krohne | 电磁、涡街、质量 | 8.80% |
| E+H | 差压、电磁、涡街、质量 | 4.40% |
| ABB | 差压、电磁、涡街、质量 | 4.30% |
| 开封 | 电磁、涡街 | 3.00% |
| 川仪 | 电磁 | 2.10% |
| 精大 | 电磁、涡街 | 2.00% |
| 威尔泰 | 电磁 | 1.80% |
| 其他 | 差压、电磁、涡街、质量 | 41.90% |

般会主推基于一种或几种原理或结构的流量计产品，而基于其他原理或结构的流量计则只是作为辅助，如 Emerson Rosemount就以差压和质量流量计为主，以电磁和涡街流量计

为辅，其他原理和结构的流量计相对就很少，甚至部分原理和结构的流量计根本就不再生产。出现这种情况一方面受流量计技术发展的影响，另一方面跟厂商关注的应用领域和产品

定位有关。

目前国内市场上流量计主要供应商及其代表产品见表2。

目前国内市场上流量计主要供应商代表产品市场份额见表3。

流量计对比分析

不同原理和结构的流量计对比分析见表4。

表4中列出的常见流量计的性能和维护比较是基于流量计在常规使用条件下的技术指标比较，需要注意的是通常人们作流量测量前重视对使用仪表的工作原理和性能的了解，而往往忽略对被测流体特性和流动状况的准确掌握，实际上这些

表4

| 类型项目 | 靶式 | 孔板 | 涡街 | 旋叶式 | 涡轮 | 阿牛巴 | 电磁 | 超声波 | 质量 | 转子 |
|---------|---------|--------------|---------|------|------|------|------------|------|--------|-------------|
| 精度 | 0.5-2.5 | 0.5-1.5 | 0.5-1.5 | 高 | 高 | 2.5 | 1.0 | 1.5 | 高 | 1-2.5 |
| 压损 | 小 | 大 | 较小 | 大 | 大 | 小 | 小 | 小 | 大 | 大 |
| 低速 | 可 | 难 | 难 | 可 | 可 | 难 | 难 | 难 | 可 | 可 |
| 高温 | 可 | 可 | ---- | ---- | ---- | 可 | ---- | ---- | 难 | ---- |
| 检定 | ---- | 自检 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 含气 | 可 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 可 | 可 |
| 无菌 | 可 | 难 | ---- | ---- | ---- | 可 | 可 | 可 | 可 | ---- |
| 防腐 | 可 | 难 | ---- | ---- | ---- | ---- | 可 | 可 | 难 | 可 |
| 远传 | 智能型 | 智能型 | 智能型 | ---- | ---- | 智能型 | 智能型 | 智能型 | 智能型 | ---- |
| 重量 | 轻 | 一般 | 轻 | 重 | 一般 | 轻 | 重 | 重 | 重 | 轻 |
| 价格 | 中 | 中 | 低 | 中 | 中 | 低 | 贵 | 贵 | 昂贵 | 低 |
| 大粘度 | 可 | ---- | ---- | ---- | 可 | ---- | 导电液 | 难 | 可 | ---- |
| 小管径 | 可 | ---- | ---- | ---- | 可 | ---- | ---- | ---- | 可 | ---- |
| 量程比 | 5~10:1 | 3:1 | 1:20 | 1:50 | 1:50 | 4:1 | 10:1 | 10:1 | 20:1 | 5:1 |
| 更换量程方法 | 比较容易 | 改变差压变送器量程(难) | 比较容易 | 难 | 难 | 难 | 调整电位器(容易) | 容易 | 难 | 改变浮子的重量(麻烦) |
| 安装直管段要求 | 需要 | 需要 | 需要 | 需要 | 需要 | 需要 | 上游需要,下游无要求 | 需要 | 热式质量需要 | 不需要 |
| 含杂质 | 可 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 可 | 可 | ---- | ---- |
| 故障率 | 低 | 低 | 低 | 一般 | 一般 | 高 | 低 | 低 | 低 | 低 |
| 介质种类 | 气、汽、液 | 气、汽、液 | 气、液 | 液、汽 | 液 | 液、汽 | 导电液 | 气、液 | 气、汽、液 | 液 |
| 结垢影响 | 小 | 大 | 大 | 大 | 大 | 大 | 小 | 大 | 大 | 大 |
| 粘附影响 | 小 | 大 | 大 | 大 | 大 | 大 | 小 | 大 | 小 | 大 |
| 测量原理 | 压差 | 压差 | 频率 | 容积 | 容积 | 压差 | 速度 | 速度 | 质量力 | 压差 |
| 补偿方式 | 密度 | 密度 | 密度 | ---- | ---- | 密度 | ---- | 密度 | 密度 | ---- |
| 积算方式 | 开方、线性 | 开方 | 线性 | 线性 | 线性 | 开方 | 开方 | 线性 | 开方 | ---- |
| 瞬时显示 | 智能型 | 智能型 | 智能型 | ---- | ---- | 智能型 | 智能型 | 智能型 | 智能型 | ---- |
| 安装方法 | 任意 | 水平 | 任意 | 水平 | 水平 | 水平 | 水平 | 任意 | 水平 | 垂直 |
| 安装难易 | 易 | 难 | 易 | 难 | 难 | 易 | 难 | 难 | 难 | 易 |
| 维护使用 | 易 | 专人 | 易 | 易 | 易 | 易 | 难 | 难 | 易 | 易 |
| 使用寿命 | 可 | 可 | 一般 | 不长 | 易磨损 | 不长 | 可 | 可 | 可 | 可 |

因素对流量仪表正确测量是十分重要的。例如液体粘度超过某限值时,涡轮流量计或涡街流量计就不能应用,使用过程中粘度变化会影响浮子流量计和大部分差压流量计的测量值。又例如液体中含颗粒或气泡就不能选用基于传播速度差法的超声流量计,而采用多普勒超声流量计时液体必须要含有颗粒或气泡。

开展流量测量工作首先要熟悉各种流量测量方法和仪表性能特点,以及被测对象的流体特性和工况条件,经分析比较,作出正确选择。安装流量仪表后读出的流量值,不一定就是准确的流量值,一台流量计出厂校验误差为 $\pm 0.5\%$,但使用中误差增加到 $\pm (10\sim 20)\%$ 的例子并不少见。出现这种现象的原因是多种多样的,如量程选择不对、安装位置不妥、前后直管段长度不足等等。因为流量测量是包括流量仪表在内的整个测量系统,因此要求整个测量系统符合规定后才能获得期望的测量准确度。

以电磁流量计为例,市场上主要品牌的电磁流量计技术参数见表。

流量计发展动态

随着流量计技术的发展,传统流量测量仪表如一部分老式结构的浮子式、容积式流量计的应用将持续呈现下降趋势,而基于同样原理的新结构的流量计由于精度、测量范围、测量环境等指标的改善又有较好的市场表现。电磁式、涡街式、超声式和科里奥利质量式流量计所占比重逐年增加,我国生产流量计仪表的厂商中,多数都已经推出了电磁流量计产品。

流量计的发展主要受流量测量理论、材料和加工技术、制造工艺以及电子技术、集成电路为基础的数字



化处理和控制技术发展的影响。从流量测量技术的发展和变化来看,基本可以归结为:

1. 采用数字处理技术

用数字处理器可以实现比较复杂的运算,流量计数字化将是一个重要的发展方向,已经有越来越多的流量计如电磁、涡街流量计采用全数字处理,进行各种补偿算法,使流量计的精度得到进一步的提高。如横河电机有限公司推出的Y, DYA型数字式旋涡流量流量计采用SSP(频谱信号处理)最新技术,可测量液体、气体、蒸汽的流量,精度较高。调查发现多数流量计均采用了数字补偿算法。

2. 行业专用产品

流量计根据不同的原理和结构,本身就具有很明显的行业专用性,针对行业对流量计的特殊需求,流量计厂商设计和开发了大量的行业专用产品。如ABB公司的电磁流量计就推出了卫生清洁、造纸、化工、医药、水处理等行业等产品;GE Sensing投放市场的Sentinel专门用于天然气的贸易

计量,它是Panametrics产品的一部分,属于高精度多通道的超声波流量计,即使在极端恶劣环境下仍然可以测量天然气(如含水)。Sentinel™系统采用通过直径的双通道、单声程设计(包括直径为10的上游直管段和整流器)。这样的配置可以确保流场充分发展、消除上游流场扰动、提供最好的流场。

近期,受石油和天然气领域销量的增加而带来的超声波流量计在这一领域的销量比起以前将近翻了一倍。主要是因为不论是从技术上还是从经济上看,超声波流量计在石油天然气行业都具有较大的优势。通过多光束和数字信号处理,超声波流量计可以实现很高的测量精确度。与传统的涡轮式仪表不同,它没有运动的元件,因此几乎不需要维修,而且它也不会阻挡或者减慢管道中气体或者液体的流动。且高灵敏度使其可以检测到管道中的泄漏,并可以测量和补充各种会影响测量准确度的变量。1999年北京已在进京高压天然气输送管线上装用超声流量计,与原来装有的孔板差压流量计对比,显现出其优越的性能,得到各方面的认可。

针对工作环境的压力可能超过通用流量计测量范围的情况,流量计厂商开发出了超高压流量计,在市场上已经可以看到面向高压下工作的流量计,工作压力超过21mpa的流量计也已经开始应用。近年来还可以看到国外至少有3家流量计制造厂商向市场推出应用于蒸汽的超声流量计,它传送声速信号到远离蒸汽的超声换能器,可测高达480℃的过热蒸汽。

3. 简易安装的夹持式超声波流量计

夹持式超声波流量计上市已

有很长时间，它具有无需中断流程即可进行测量的特点，为流量的测量提供了一种便利的方法。除了具有诸如无压力损耗、非损伤性和易维护等优点外，还具有适应性强、成本低廉，缺点是测量具有不确定性，经常作为一种灵活的流量计量方法使用。夹持式流量计将是流量计量的发展方向之一，它适用于不允许出现停机并且要求立即工作的特定场合。如KROHNE公司开发的OPTISONIC 6300夹持式超声波流量计，它为了提高其可靠性和测量精度，采用了集成于电子线路中的质量指标，使测量的不确定性进一步降低。

4. 流量传感器 (transducer) 的多参数测量

流量检测元件或流量传感元件除感受流量外，还可能感受其他变量，并由此衍生出其他功能，可简化流程的检测系统，减少仪表数量和连接管线，降低费用。流程管道开孔的减少还可降低潜在泄漏故障。

如超声质量流量计试图在传播时间法超声体积流量计的基础上，利用超声测得第二参量液体声阻抗和密度，演算后得质量流量，见图2。

部分传统流量计配用第二参量检测元件（或独立的第二参量传感器）组合测量质量流量或其他参量。

1) 科里奥利质量流量计配用差压变送器测量粘度；

2) 涡街流量计配用差压变送器

测量质量流量；

3) 气体体积流量计内装压力、温度传感元件测量质量流量；

4) 电磁流量计内装温度检测元件修正体积温度影响，例如日本山武公司最近推向市场的电磁流量计，就在电极内装有pt电阻温度检测件，以满足温度检测的需求。

5. 差压式仪表的差压发生体和差压变送变送器一体化

将差压变送器直接与喷嘴等节流装置或均速管安装在一起，省略了在现场布引压管线工程，改善动态特性，减少维护工作和故障率，降低初置费用和运行费用。据日本对新建四家工厂的调查，所用近400台差压式流量仪表中，一体化直接安装型仪表约占30%左右。

6. 非满管电磁流量计和插入式电磁流量计

传统电磁流量计只能测量满管液体流量，非满管电磁流量计应用于具有自由表面自然流的下水排放领域，并提高该领域的测量精确度。将传统非满管流或明渠流流量误差从 $\pm(3\sim5)\%FS$ 降低到 $\pm(1\sim2)\%FS$ ，另外电磁流量计的发展还呈现出以下特点。

1) 测量更低电导率的液体

现在可测量比传统电磁流量计电导率阈值低2~3个数量级的液体，如以前不能测量的甘油、乙二醇等。

2) 低功耗和二线城市电磁流量计有较快发展

二线制不需另外外接激磁回路，仅用4mA DC电流提供仪表所需

功率消毒，通常仅数十毫瓦。低功耗电磁流量计有可能采用干电池或太阳能电池，更方便地将电磁流量计装用于无市电供电的场所。

3) 二维（方向）电磁流速计和多测量点插入式电磁流量计

置于船体外部的船舶电磁航速仪是插入式电磁流量计的雏形，后来插入式电磁流量计在大中型管道中有了较大发展，也有用于明渠，称作电磁流速计（electromagnetic current meter）。但在河道流或水利试验模型中，不仅要测量流速还要知道流速方向。二维电磁流速计又称向量流速计，使电磁流量仪表可以进入水文试验应用领域。

此外插入式电磁流量计还参照匀速管的设计思路，在插入杆上置多套电磁流速测量单元，提高测量精度，使插入式电磁流量计在大管径应用中处于有利地位。

7. 网络监控

从电磁流量计的参数对比表（见附表）中可以看出，多数流量计厂家都提供通讯插件供用户选择，Hart、Profibus等现场总线已经成为部分流量计厂商的标准配置，现场总线优势已经在实际应用中逐步体现出来，通过网络可以很方便地对电磁流量计进行配置管理和远程监控。

8. 本土化策略

为了提高产品的市场竞争力，提高流量计产品的性价比，世界各知名品牌厂家纷纷移师中国，实行“本土化”战略，以降低成本从而降低产品价格。如近年来，E+H公司在中国苏州投资建立了物位、压力、流量、水分析、温度等产品的生产中心；Emerson北京仪表有限公司仪表生产基地；ABB公司仪表产品部在上海建立的压力变送器生产线等。■

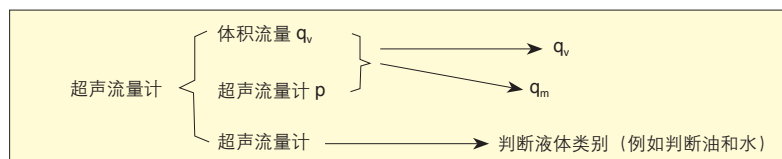


图2

附表

| 厂商 | ABB | Emerson | E + H | KRONE | YOKOGAWA |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 产品系列 | FXM2000 | 8700 | Promag 53W | IFM 4080 | ADMAG AE |
| 安装形式 | 一体型 | 一体型或分离型 | 一体型或分离型 | 一体型或分离型 | 一体型或分离型; 夹持型, 法兰型, 卫生型连接(夹套, 螺纹, 对接焊)等 |
| 公称口径 | DN 3 - 2600 | 0.5 to 36 inches | DN 25 ~ 2000 | | DN 2.5 ~ 200 |
| 精确度 | ±0.2% ~ 0.4% | ±0.5% | ±0.2% ~ 0.5% | 0.3 ~ 0.5% | ±0.5 % |
| 防护等级 | IP67、IP68 | IP 68 | IP 67 | IP65、IP67、IP68 | IP67, NEMA4X, JIS C0920防水型 |
| 防爆标志 | ATEX, FM, CSA | 防爆认证 1类 1区 ABCD组, 带本安输出 | 防爆认证, Zone 1: ATEX, FM, CSA等 | 具有IFM4080Ex 防爆型, 适用于危险场合 | 具有隔爆型 |
| 输出或通讯方式 | 0/4 ~ 20 mA, 脉冲 HART, PROFIBUS-DP | 4~20 mA, 脉冲、Hart | 标准 H A T R 接口 PROFIBUS-PA/-DP、基金会现场总线 | Hart, Ex-i, FF, Profibus PA/DP | 4 ~ 20 mA、脉冲 BRAIN/HART/FOUNDATION Fieldbus |
| 其他特点 | 使用简单, 菜单控制操作方式, 集成分析和自检功能, 采用EEPROM模块, 保障长时间精度稳定。 | 提供容易使用的现场操作显示面板, 全焊接传感器, 提供自诊断(高过程噪音检测、接地/接线检测、电极信号故障)。 | 带光敏键, 外部操作时无需打开外壳, 用于现场直接通讯的快速设定菜单, 可扩展软件包(批量应用、电极清洗)带诊断功能。 | MP磁棒编程, 手操器; 电流, 脉冲, 状态和控制输入信号可以任意组合。 | 增强型双频励磁; 一路电流输出、一路脉冲输出、一路报警输出、两路状态输出; 可拆卸式电极, 配线口方向可变(转换器), 镜面处理(PFA/陶瓷), 特殊密封垫圈等。 |
| 厂商 | 开封流量计 | 川仪 | 威尔泰 | 振华 | 亿环 |
| 产品系列 | LD | FlowMaster | WT4300E | EMF8000 | YHLD |
| 安装形式 | 一体型 | 一体型或分离型 | 一体型或分离型 | 一体型或分离型 | 一体型或分离型 |
| 公称口径 | DN15~DN2000 | DN3~DN2000 | DN10~DN1000 | DN150~2000 | |
| 精确度 | ±0.2% ~ 0.5 % | ±0.2% | ±0.5% | 0.01 | ±0.5% ~ ±1.5% |
| 防护等级 | IP65、IP67、IP68 | IP67、IP68 | IP67、IP68(潜水型) | IP65、IP67、IP68 | IP67、IP68 |
| 防爆标志 | | Exdmib II CT4 | | | Exd II CT6 |
| 输出或通讯方式 | 0-10mA.DC和0-10kHz 4-20mA.DC和0-10kHz | 标准模拟量、脉冲、RS232/485 | 4~20mA模拟电流信号、脉冲信号直流隔离输出 | 无源频率、有源频率、0~10(20)mA电流 | 4~20mA、1~5V、脉冲、RS-485、Hart |
| 其他特点 | 整体结构, 使测量管和外壳合为一体, 防潮防水性能好, 适宜地下或潮湿环境安装。与其他流量计比较测量范围宽, 直管段要求短。耗电量小, 成套仪表耗电量小于20VA。 | 可断电记忆, 自诊断, 自检, 多种可编程报警功能。 | 励磁电流自动补偿, 导电橡胶接地和接地电极可选, 可插拔专用存储芯片, 参数保护、显示传感器参数、量程调整、调零、小信号切除、滤波、外部存储器存取、写位号等。 | 具有正、反双向流量测量功能。 | 不受流体方向影响, 正反向均可准确计量。 |