

谈谈电磁流量计与电磁水表的区别

宁波东海集团有限公司 德康 林志良 王海萍

电磁流量计是基于法拉第电磁感应原理设计制造的，是一种计量导电介质体积流量的速度式仪表。通常电磁流量计与介质接触的内腔部位为一个圆筒形直管，一对测量电极镶嵌在中部，呈对称分布；电极与介质接触的部位为一对直径为 6~10 毫米的圆饼状薄金属，其伸出部分厚度仅 2~4 毫米，电极几乎不影响流态的变化；这种简单的无可动部件的内腔结构，犹如一根普通的圆筒形流体管道，因而不产生任何压损；也不会被某些介质中的悬浮物及固态杂质所阻塞。

电磁流量计产生的电极信号幅度与流体的流速成正比，因而电子电路经放大处理后得到的流量数据，线性度非常理想。

电磁流量计测量精度高，量程比宽，重复性和线性均十分优良；通常可测量流速在 0.4m/s~12m/s 各种导电介质；可以双向计量。测量介质可以是单一溶液，也可以是固、液混合物，也允许有气泡，只是混在液体中的气泡和固态物质被计量为液体体积罢了，当然，这些气泡和固态物质将增加计量介质体积流量的误差。被计量的导电介质是清水，也可以是污水；工业中的各种液态酸、碱、盐几乎均导电，因而可以用电磁流量计计量。各种导电的液态有机化工产品，食品工业中的酱油和醋、各种酒类等，也可计量。

混有块状果肉的苹果酱、混有沙石的混凝土，这些浆状混合物也可以计量。只是各种腐蚀性强的介质需配置耐腐蚀的工程材料，如橡胶、聚四氟乙烯、尼龙等做流量计的内衬。混有气泡和固态物质的酱料需采用特殊的计算方法来减少计量的误差。

电磁流量计性能优良，检测介质各类广泛，性价比高，目前已得到了广泛的使用。中国市场每年销售的各种电磁流量计目前已超过十万余台，且还在逐年增加。这是一种不容忽视的流量检测仪表，放眼全球，更是如此。

一般电磁流量计由于电路复杂，励磁功率较大，整机功耗需 15VA~25VA 左右，因而需市电（AC220V）或专用安全的电源（DC24V）供电。由于电子技术突飞猛进的发展，以前处理满量程为 2~3mV 的电磁流量信号是关键“先进技术手段”，现在已经可以精密处理满量程为 0.1mV 的电磁流量信号了，动态分辨率可以低至 $\pm 0.00003mV$ ，这种新技术功耗极低，完全可以电池供电。这就派生出电磁水表的市场概念：电磁水表是一种仅计量清水且由内部锂电池供电的长寿命智能型电磁流量计，由于市场定位和使用要求不同，两者还是有较大的区别，我们下面来简单的评述：

1、使用领域

电磁流量计使用广泛，主要适用工业生产中各种导电介质的流量连续计量和生产工艺控制领域、科学研究的计量测控领域。

电磁水表以计量清水、原水为主。在市政领域得到广泛使用，它主要解决水源和城乡供水的计量、统计、分析、结算功能。

2、精度

电磁流量计的精度通常为 $\pm 0.5\%$ ，可以提供 $\pm 0.2\%$ 、 $\pm 0.3\%$ 的商品。

电磁水表的精度一般为 II 级 ($Q_2 \sim Q_4 \pm 2\%$, $Q_1 \sim Q_2 \pm 5\%$)，可以提供 I 级商品 ($Q_2 \sim Q_4 \pm 1\%$, $Q_1 \sim Q_2 \pm 3\%$)。

3、口径

电磁流量计生产厂商大都可以提供 DN20~DN500 的商品，规模较大的专业厂商可以提供 DN10~DN3000 的电磁流量计；DN25~DN600 规格的销售数量最多。

市场销售最多的电磁水表口径在 DN50~DN300，少数先进的跨国专业厂商能生产 DN25~DN800 口径的全系列电磁水表。

4、量程范围（计量流速范围）及量程迁移

通常电磁流量计的介质流速测量范围为 $0.4\text{m/s} \sim 12\text{m/s}$ ，我们往往用 Q_{\max} 和 Q_{\min} 来定义计量范围， Q_{\max}/Q_{\min} （量程比）一般在 20~25 之间。 $Q_{\min} \sim Q_{\max}$ 之间应保证精度。如 DN100 的 0.5 级表，在量程比 20 的情况下，在 $10\text{m}^3/\text{h}$ (Q_{\min}) 至 $200\text{m}^3/\text{h}$ (Q_{\max}) 流量范围内，均应保证 $\pm 0.5\%$ 的精度。作为电磁流量计，考虑使用的经济性，常将 Q_{\max} 选在 $6.5 \sim 8.5\text{m/s}$ 流速范围内，如上述 Q_{\max} 为 $200\text{m}^3/\text{h}$ 的 DN100 电磁流量计，其 Q_{\max} 流速为 7.07m/s 。厂商可以自行规定各种口径的 Q_{\max} 流速，例如科隆公司的某型 DN100 电磁流量计，其 0.5 级产品的 Q_{\max} 为 $200\text{m}^3/\text{h}$ ， $Q_{\max}/Q_{\min} \geq 25$ ； Q_{\max} 的流速为 7.07m/s ，在 $8\text{m}^3/\text{h} \sim 200\text{m}^3/\text{h}$ 量程范围内的误差小于 $\pm 0.3\%$ 。

电磁水表的最高测量流速可达 15m/s 左右，通常电磁水表的流量点 Q_3 选在 $12.5 \sim 13.5\text{m/s}$ 流速上。电磁水表的量程范围参照冷水水表标准，是一种强制执行的标准。众所周知，冷水水表的流量范围可由 Q_1 （最小流量）， Q_2 （分界流量）， Q_3 （常用流量）， Q_4 （最大流量）来表述，一般情况下，其流量计量特性可由量程比 Q_3/Q_1 （R值）， $Q_4/Q_3=1.25$ ， $Q_2/Q_1=1.6$ 来反映。目前跨国先进专业厂商的电磁水表，其 Q_3/Q_1 可达 400。如西门子 II 级 DN100 电磁水表， $Q_3=250\text{m}^3/\text{h}$ （流速为 13.48m/s ）， $Q_4=312.5\text{m}^3/\text{h}$ （流速为 16.85m/s ）， $Q_3/Q_1=400$ ， $R_2/Q_1=1.6$ ， $Q_2=1.0\text{m}^3/\text{h}$ ， $Q_1=0.63\text{m}^3/\text{h}$ 。

一般电磁水表的精度，用户可选 I 级 ($Q_2 \sim Q_4 \pm 1\%$, $Q_1 \sim Q_2 \pm 3\%$) 和 II 级 ($Q_2 \sim Q_4 \pm 2\%$, $Q_1 \sim Q_2 \pm 5\%$)。

提高电磁水表的测量灵敏度（即降低 Q_1 流量点）是电磁水表的努力方向。

电磁水表的始动流量通常为最小流量（ Q_1 流量点）的 $1/4 \sim 1/10$ 。

电磁流量计没有始动流量的概念。

电磁流量计的量程迁移，工业应用时，经常需依不同的工艺要求对流量进行精确计量或进行调节控制，同样的管径流速要求也不一样，这就要求同一口径的电磁流量计能在使用时可以灵活的改变量程范围，使得该电磁流量计的控制信号仅与计量中的某段量程呈逻辑关系，这种逻辑关系可以是线性的比例方式，也能按工艺要求选择为各种特定形式。通常精度为 $\pm 0.5\%$ 的电磁流量计，其流速测量范围为 $0.5\text{m/s} \sim 10\text{m/s}$ 。

电磁流量计生产厂商会选 $5\text{m/s} \sim 8.5\text{m/s}$ 流速中的某个流量点选为额定流量上限点，并以此流量点设定满足规定精度的量程范围。例如某型 0.5 级精度 DN100 电磁流量计，其流量上限规定为 $200\text{m}^3/\text{h}$ ，此时流速为 $7.1\text{m}^3/\text{h}$ ，量程比为 20；电流输出为正线性，说明在计量时可以保证在 $10\text{m}^3/\text{h} \sim 200\text{m}^3/\text{h}$ 流量范围内保证 $\pm 0.5\%$ 精度。 $10\text{m}^3/\text{h}$ 流量时电流输出为 4mA ， $200\text{m}^3/\text{h}$ 流量时电流输出为 20mA ，电流输出值 $4 \sim 20\text{mA}$ 与流量的 $10\text{m}^3/\text{h} \sim 200\text{m}^3/\text{h}$ 成正比。

所谓“量程迁移”，是指该台电磁流量计在某种工艺现场，其流量计量范围要调整到 $4\text{m}^3/\text{h} \sim 80\text{m}^3/\text{h}$ ，且其电流输出的 $4\text{m}^3/\text{h}$ 对应流量是 $4\text{m}^3/\text{h}$ ， 20mA 输出时对应的测量值为 $80\text{m}^3/\text{h}$ 。即将这台电磁流量计的计量范围由标称的 $10\text{m}^3/\text{h} \sim 200\text{m}^3/\text{h}$ ，通过菜单改变参数，“迁移”至 $4\text{m}^3/\text{h} \sim 80\text{m}^3/\text{h}$ 。当然，经过这样的量程迁移 $4\text{m}^3/\text{h} \sim 10\text{m}^3/\text{h}$ 流量段的测量精度将超出 $\pm 0.5\%$ 的精度要求。

通常，电磁流量计的计量上限流量点，可“迁移”的流速范围在 $1\text{m/s} \sim 10\text{m/s}$ 之间。选用电磁流量计的口径，要兼顾经济流速（ $2.5 \sim 4.5\text{m}^3/\text{h}$ ）和工艺要求。

电磁水表没有“量程迁移”的概念，它的计量范围在始动流量 Q_s 至最大流量 Q_4 之间，选用电磁水表的口径，主要应考虑满足经济流速。

5、重复性

重复性是各种流量仪表的重要质量指标。

对于电磁流量计，其重复性指标为精度的 $1/3$ ，例如 0.5 级精度的电磁流量计，其重复性应优于 $\pm 0.16\%$ ；0.2 级表的重复性应优于 $\pm 0.06\%$ 。

作为电磁流量计来讲，其最重要的技术指标为精度、重复性、快速采样和量程比。

电磁水表并不把重复性作为一项考核的质量指标，它仅是一项设计和实验指标。电磁水表最重要的技术指标为精度，低的始动流量， Q_1 流量点和量程比（ Q_3/Q_1 ）。当然，对于流量计来讲，两者均能保证长期连续的稳定运行是十分重要的。

6、供电方式（功耗）

通常电磁流量计的处理速率快，处理精度高，控制要求快速、稳定、准确。因电磁流量计和外界信息交流方式复杂（输出 4~20mA 电流信号，0~10KHz 频率信号，RS-485 通信，开关量控制等），隔离程度高，因而电子线路多用大量的高速电子元件，功耗可达 15~25VA，这必须由市电（AC220V）和专用外电源（DC24V）供应电源。因而抗干扰、光电隔离、电磁隔离等防止电源的强电磁冲击等技术措施就十分必要。

电磁水表的采样速率比较慢，电子线路由极先进的低功耗或超低功耗的集成电路为主，计算方法为特殊的高效省电方式，因而功耗极低，可以由内部电池来连续长期供电。这样，要求电磁水表的电池工作寿命至少为 5~6 年，现在也有 8~10 年的商品。对于电磁水表而言，降低功耗提高电池工作寿命，是一项难度很大的挑战。

7、采样速率

电磁流量计的计量实时性要满足工业控制的工艺要求，其特点为精准及高速，因而采样处理速率普遍要求高于 100ms/次。

电磁水表的采样速率在 1s/次~30s/次之间，就可以得计量的流量数据，况且采样速率低，功耗也越低；通常采样速率在 15s/次时，内部配备的电池可保证连续计量 6 年。

8、管道结构与测量直管段

电磁流量计可以由市电充分供电，因而电子元器件和电子线路的选择受功耗的影响小，选择范围广；数百毫安的励磁电流使传感器的信号输出幅度也较大，因而不必对流体额外加速以增强信号幅值。

电磁流量计的测量腔为直管，工艺简单，加工成本低，是电磁流量计测量腔体的普遍设计方式。直管结构几乎不会引起被测流场的紊乱，测量的流速基本为经济流速（最高流速低于 8m/s 左右），高速采样率又可及时修正各种流场变化带来的误差，所以电磁流量计的直管段为前 5D 和后 3D 就可以满足计量的精度要求。

电磁水表使用内装的锂电池供电，降低功耗增加工作寿命是其设计任务的关键，因而只能采用较低的励磁电流（通常它的励磁电流仅为电磁流量计的十分之一左右，甚至更低），这样传感器的有效输出信号幅值就很微弱。电磁水表研发人员通常用两种方法来增强信号：一是提高信号的放大倍数；二是将测量段缩径，人为提高介质流速，这将大幅提升流量信号。因此，电磁水表的测量腔体几乎都采用缩径工艺，一般缩径为原标称口径的 70%~80%左右，缩径率以不显著影响仪表的压损并且不显著改变流场的稳定为设计原则。

电磁水表的缩径工艺加大了制造难度，增大了压力损失，太大的缩径也会扰乱流场

的稳定，因此制造商要综合考虑缩径和流场稳定对计量的影响。

电磁水表的采样速率比较慢，信号又很微弱，这样计算处理需要的稳定时间比较长，这也需要远比电磁流量计更稳定的流速，考虑到缩径的因素，一般电磁水表的前后直管段选择要比电磁流量计严格。为保证计量精度，电磁水表通常需要前 10D 和后 5D 的直管段。

9、仪表通信

电磁流量计使用广泛，计量方式和流量控制方式种类繁多，因而通信方式比较丰富，一般生产厂商都有下述配置：

- (1) 定量脉冲输出，如输出一个脉冲代表 $1\text{ m}^3/\text{h}$ 流量（可选 $0.1\text{ m}^3/\text{h}$ ，甚至 $0.01\text{ m}^3/\text{h}$ ）。
- (2) 频率输出，表示输出 $0\sim 10\text{KHZ}$ 频率范围代表 $0\sim Q_{\max}$ 流量。
- (3) 输出 $4\sim 20\text{mA}$ 电流，通常表示瞬时量为 $Q_{\min}\sim Q_{\max}$ 。

近几年设计的 $4\sim 20\text{mA}$ 电流模拟信号，可以同时进行数字通信，即可以进行 HART（协议）通信。

- (4) RS-485 通信，通常执行 Modbus RTU 通信标准。
- (5) 开关量输出，一般有 1 至 2 路输出控制，以执行超流量上限关闸，超流量下限开闸等工艺控制。

这些通信几乎都通过联结仪表的电缆来与计算机、控制设备等可靠的联结，以保证计量和工艺控制的精确、实时、可靠。

电磁水表主要使用在原水和城乡自来水的计量、统计、分析和结算领域，几乎没有工艺控制要求，内部电池供应又限制它不能过多的耗电，因此通信方式比较简洁，一般生产厂商都选下述配置中的若干方式进行通信：

- (1) 和传统冷水水表一样，可以人工抄表，因而都有液晶屏进行流量数据显示。
- (2) 开关量输出。
- (3) 与无线通信装置的接口，可通过无线通信设备进行联网通信。
- (4) RS-485 通信和电磁流量计一样，通常执行 Modbus RTU 通信协议，并且需要外部供电（DC24V），这往往需要 4 根电缆。

东海集团生产的电磁水表可以采用微功耗技术来进行 RS-485 通信，这种方式可以使用内部锂电池进行供电，由于省掉外供电的 2 根电缆，通信只需 2 根电缆连接。

- (5) 红外通讯，这是一种功耗较低的无线双向通讯方式，容易满足苛刻的安装在井下和水中的电磁水表的防护要求。

10、使用环境

- 温度要求

电磁流量计使用场合广泛，通常要求在-20℃至 55℃的温度环境中连续、稳定、可靠的工作。某些特定领域，甚至能在 70℃高温条件下正常运行。

电池水表一般只能在 0 至 55℃的温度环境中连续工作，设计和性能试验时，要考虑夏日高温直射的炙烤影响。

- 维护要求

电磁流量计通常由专业人员维护和保养，且往往有周期性（一年左右）的测试和维护。

电磁水表检测周期较长（2 年左右），平时几乎处于无监管状态，大口径表数据值对计量结算影响巨大，因而对其设计、测试和生产制造的质量要求更高。

- 防护要求

电磁流量计使用广泛，运行环境复杂，因而生产厂商针对不同的使用环境设计了不同的保护方法供用户选择，如采用 IP66 标准的通用型电磁流量计，仅能防护雨水的淋落；高温高湿环境使用要采用特殊的密封耐高温设计；潜水型电磁流量计要按 IP68 标准设计防护外壳，某些危险场合（如纺织厂、面粉加工厂、化工厂、煤矿、易燃易爆场所）使用的电磁流量计，必须按照隔爆标准来设计外壳防护。所以电磁流量计生产厂商通常会按照用户的使用环境条件，提供相适应的防护方式产品。

电磁水表测量介质比较单一，主要是洁净的原水（如输送的江、河、湖泊之水，井水及地下水）和城乡供应的清洁自来水，所用场合几乎无危险性或爆炸性粉尘，使用环境温度差不是太大，看似其防护要求比较容易解决，而实际上电磁水表往往安装在井下潮湿场所，管道渗漏及雨雪天气又可将电磁水表泡在水中，要防止电磁水表机壳密封处和通信电缆进线处的水渗漏十分重要，所以电磁水表均按潜水型设计外壳保护，为提高防护质量，至少需要达到 1m 水深 7 天的试验要求，其防护应执行 IP68 标准 2m 水深 10 天以上的要求。

东海集团的电磁水表外壳防护目前按 2m 水深 30 天的 IP68 标准制造，并且正在考虑将防护试验要求提高到 10m 水深 30 天，以达到 6 年以上稳定可靠的防护寿命。