

第一节 概论

科里奥利质量流量计（以下简称 CMF）是利用流体在直线运动的同时处于一旋转系中，产生与质量流量成正比的科里奥利力原理制成的一种直接式质量流量仪表。

基于科里奥利原理的流量仪表的开发始于 20 世纪 50 年代初，但直到 70 年代中期，由美国高准 (MicroMotion) 公司首先推向市场。到 80 年代中后期各国仪表厂相继开发，迄 1995 年世界已有 40 家以上仪表制造厂推出各种结构的 CMF。到 1995 年世界范围 CMF 装用量估计在 18 万~20 万台之间，1995 年销售量估计在 4 万~4.5 万台之间。

我国 CMF 的应用起步较晚，从 80 年代中期引进成套装置附带进口少量仪表开始，到技术改造所需单台进口一定数量，迄 1997 年估计装用量在 3500~4500 台之间。1997 年我国已有 4 家制造厂自行开发 CMF 供应社会，还有几家制造厂组建合资企业或引进国外技术生产系列仪表。

第二节 原理和结构

如图 1 所示，当质量为 m 的质点以速度 v 在对 p 轴作角速度 ω 旋转的管道内移动时，质点受到两个分量的加速度及其力。

1)、法向加速度 即向心力加速度 a_r ，其量值等于 $\omega^2 r$ ，方向朝向 P 轴；

2)、切向加速度 a_t 即科里奥利加速度，其量值等于 $2\omega v$ ，方向与 a_r 垂直。由于复合运动，在质点的 a_t 方向上作用着科里奥利 $F_c=2\omega v m$ ，管道对质点作用着一个反方向力 $-F_c = -2\omega v m$ 。

当密度为 ρ 的流体在旋转管道中以恒定速度 v 流动时，任何一段长度 Δx 的管道都将受到一个 ΔF_c 的切向科里奥利力。

$$\Delta F_c = 2\omega \rho A \Delta x \quad (1)$$

式中 A ——管道的流通内截面积。

由于质量流量计流量即为 δ_m ， $\delta_m = \rho v A$ ，所以

$$\Delta F_c = 2\omega \delta_m \Delta x \quad (2)$$

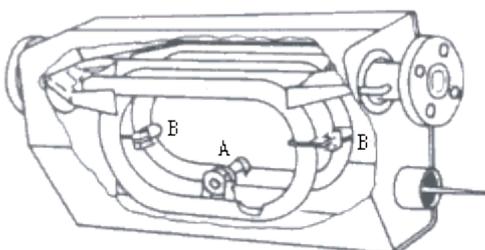


图2 科里奥利质量流量传感器一例
A-驱动线圈, B-检测探头

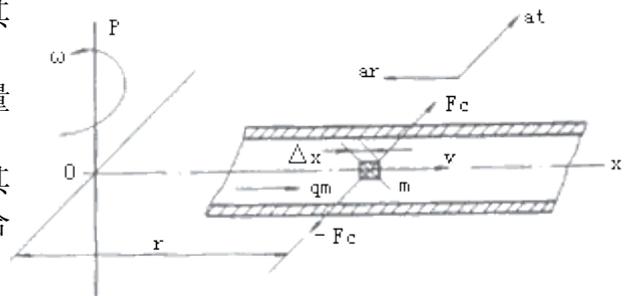


图1 科里奥利力

因此，直接或间接测量在旋转管道中流动流体产生的科里奥利力就可以测的得质量流量，这就是 CMF 的基本原理。

然而通过旋转运动产生科里奥利力是困难的，目前产品均代之以管道振动产生的，即由两断端固定的薄壁测量管，在中点处以测量

管谐振或接近谐振的频率（或其高次谐波频率）所激励，在管内流动的流体产生科里奥利力，使测量管中点前后两半段产生方向相反的挠曲，用光学或电磁学方法检测挠曲量以求得质量流量。

又因流体密度会影响测量管的振动频率，而密度与频率有固定的关系，因此 CMF 也可测量流体密度。

CMF 由流量传感器和转换器（或流量计算机）两部分组成。图 2 为流量传感器一例，主要有由测量管及其支撑固定桥架、测量管振动激励系统中的驱动线圈 A、检测测量管挠曲的光学检测探头或电磁检测探头 B、修正测量管材料杨氏模量温度影响的测温组件等组成。转换器主要由振动激励系统的振动信号发生单元、信号检测和信号处理单元等组成；流量计算机则还有组态设定、工程单位换算、信号显示和与上位机通信等功能。

第三节 优点

CMF 直接测量质量流量，有很高的测量精确度。

可测量流体范围广泛，包括高粘度液的各种液体、含有固形物的浆液、含有微量气体的液体、有足够密度的中高压气体。

测量管的振动幅小，可视作非活动件，测量管路内无阻碍件和活动件。

对应对迎流流速分布不敏感，因而无上下游直管段要求。

测量值对流体粘度不敏感，流体密度变化对测量值得值的影响微小。

可做多参数测量，如同期测量密度，并由此派生出测量溶液中溶质所含的浓度。

第四节 缺点

CMF 零点不稳定形成零点漂移，影响其精确度的进一步提高，使得许多型号仪表只得采用将总误差分为基本误差和零点不稳定度量两部分。

CMF 不能用于测量低密度介质和低压气体；液体中含气量超过某一限制（按型号而异）会显著影响测量值。

CMF 对外界振动干扰较为敏感，为防止管道振动影响，大部分型号 CMF 的流量传感器安装固定要求较高。

不能用于较大管径，目前尚局限于 150（200）mm 以下。

测量管内壁磨损腐蚀或沉积结垢会影响测量精确度，尤其对薄壁管测量管的 CMF 更为显著。

压力损失较大，与容积式仪表相当，有些型号 CMF 甚至比容积式仪表大 100%。

大部分型号 CMF 重量和体积较大。

价格昂贵。国外价格 5000 ~10000 美元一套，约为同口径电磁流量计的 2 ~5 倍；国内价格约为电磁流量计的 2~ 8 倍。

第五节 分类

CMF 发展到现在已有 30 余种系列品种，其主要区别在于流量传感器测量管结构上设计创新；提高仪表精确度、稳定性、灵敏度等性能；增加测量管挠度，改善应力分布，降低疲劳损坏；加强抗振动干扰能力等。因而测量管出现了多种形状和结构（参见图 3），本节仅就此从不同角度作些分类和讨论。

画图

CMF 按测量管形状可分为弯曲形和直形。

按测量管段数可分为单管型和双管型。

按双管型测量管段的连接方式可分为并联和串联型。

按测量管流体流动方向和工艺管道流动方向间布置方式可分为并行方式和垂直方式。

5、1 按测量管形状分类

1) 弯曲形 首先投入市场的仪表测量管弯成 U 字形，现在已开发的弯曲形状有 Ω 字形、B 字形、S 字形、圆环形、长圆环形等。弯曲形测量管的仪表系列比值比直形测量管的仪表多。设计成弯曲形状是为了降低钢刚性，因与直形相比可以采用较厚的管壁，仪表性能受磨蚀腐蚀影响较小；但易积存气体和残渣引起附加误差。此外，弯形测量管的 CMF 的流量传感器整机重量和尺寸要比直形的大。

2) 直形 直形测量管的 CMF 不易积存气体及便于清洗。垂直安装测量浆液时，固体颗粒不易在暂停运行时沉积于测量管内。流量传感器尺寸小，重量轻。但钢刚性大，管壁相对较薄，测量值受磨蚀腐蚀影响大。

有些型号直形测量管仪表的激励频率较高，在 600 ~1200Hz 之间（弯形测量管的激励频率仅 40 ~150Hz 之间），不易受外界工业振动频率的干扰。

近年国外原主张并生产弯曲形测量管的 CMF 制造厂，亦竞相开发直形测量管 CMF，它有日益增加的趋势。

5、2 按测量管段数分类

这里所指测量管段是流体通过各自振动并检测科里奥利力划分的独立测量管。

1) 单管型 初期开发的产品是单管式，因易受外界振动干扰影响，后期开发的 CMF 则多趋向于双管型，单但近年开发又有采用单管型的，如图 3(q) 所示。

2) 双管型 双管型可降低外界振动干扰的敏感性，容易实现相位差的测量，目前为绝大多数型号仪表所采用。

5、3 按双管型测量管的连接方式分类

1) 并联型 如图 3(a)、(d)、(f)、(h)、(i)、(j)、(k)、(l)、(m)、(o)、(p) 所示。流体流入传感器后经上游管道分流器分成二路进入并联的二根测量管段，然后经与分流器形状相同的集流器进入下游管道。并联型为较多型号仪表所采用。分流器要求尽可能等量分配，但使用过程中分流器由于沉积粘附异物或磨蚀悔改会改变原有流动状态，引起零点漂移和产生附加误差。

2) 串联型 如图 3(b)、(e)、(g)、(n) 所示。流体流过第一测量管段再经导流块引入第二测量管段。本方式流体流过两测量管段的量相同，不会产生因分流值变化所引起的缺点，适用于双切变敏感的流体。

5、4 按测量管流动方向和工艺管道流动方向布置方式分类

1) 平行方式 测量管的布置使流体流动方向和工艺管道流动方向平行。采用这种方式型号较多,如图 11.3(b)、(d)、(f)、(g)、(j)、(k)、(l)、(m)、(o)、(p)、(q)。

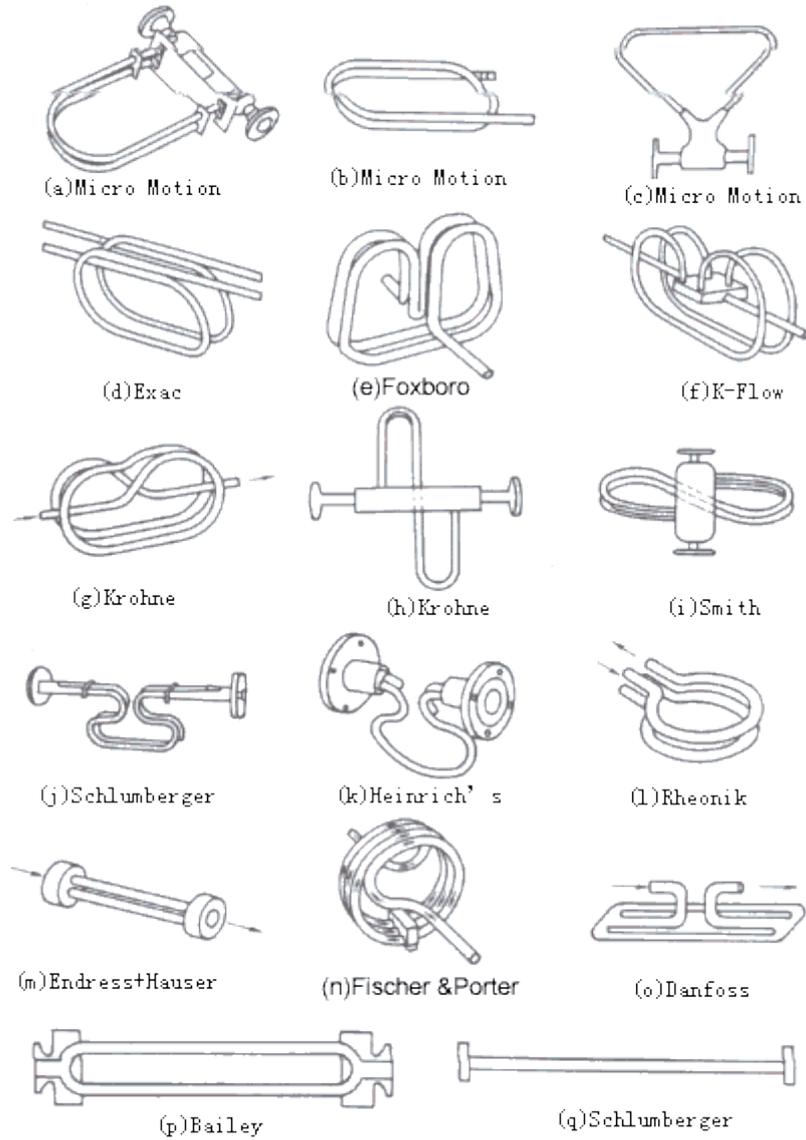


图3 测量管形状示例

2) 垂直方式 测量管的布置与工艺管道垂直,流量传感器整体不在工艺管道振动干扰作用的平面内,抗管道振动干扰的能力强,如图 2(a)、(e)、(h)、(i)、(n)。

第六节 选用考虑要点

6.1 应用概况

CMF 主测量参量是质量流量,第二测量参量是流体密度,还有附加测量流体温度。还可由质量流量和流体密度派生出测量双组分溶液中溶质的浓度。CMF 应

用最多的是需要考核质量（对应与体积的 mass，而非品质）为目标的计量总量或测量/控制流量，具体说有；贸易结算交接计量或企业内部核算计量；批量生产(batch process)进料的分批计量（替代以前费工费时的称重计量）；管道混合(blending)配比的控制。

然而 CMF 的零漂等问题限制了一些在贸易计量方向的应用。列例如美国石油协会 (API) 在 90 年代中期还认为 CMF 在石油工业的运行技术尚不成熟；国际标准化组织石油产品及润滑油委员会石油动态计量分委员会 (ISO/TC28/SC2) 年会上，因“CMF 在石油工业密封管道`输送工艺’中的技术尚不成熟”，撤销专门负责制订 CMF 国际标准的工作组 (WG6)。由于 CMF 性能进一步完善，在其它领域的贸易交接计量应用方面逐渐增加，现在情况似有变化。

密度是 CMF 测量的第二参量，再生产在生产过程中作某些品质指标控制，如溶液稀释程度，交接时防止卖方有意稀释；或求去取溶液中溶质浓度，测量溶液中溶容质流量或总量，如油井口流出油水混合液体中油的产量，还可辨别流动中液体种类，分路发送，如区分管系成品液和清洗液交替流动，分送下游不同管道。

90 年代中期 CMF 又拓展到测量液体的粘度，利用 CMF 的压力将降与粘度的函数关系辅以差压变送器作在线测量。

CMF 对被测液体的粘度适应范围宽，从低粘度液化石油气到高粘度原油和沥青液。据国外某仪表厂 90 年代出初统计分析表明，销售使用于中高粘度液体占 50% 以上，其中 $400\text{mPa}\cdot\text{s}$ 以上占 10%。CMF 还可应用于非牛顿流体和液固双相流体的流量测量，如乳胶、悬浮高龄高岭土液、巧克力、肉糜浆等。

早期 CMF 仅用于液体，然后扩大应用与于高压气体，到 90 年代初才有适用于测量中低压气体的仪表。据 Micro Motion 公司称；迄 1997 年该公司已有 7500 台 CMF 应用于气体，其中服务于汽车压缩天然气 (CNCCNG) 加气站计量的 CMF 有 6000 台。

用户产业分布；：据国外某仪表制造厂 90 年代初统计分析，CMF 的应用中化学工业占 40%，石油工业（包括炼制和储运）占 20%，食品工业 23%，其它占 17%，其中食品工业占有相当比列比例；在国内当前石油、石化业用户资金雄厚，用的较多，而食品工业用户可谓绝无仅有。

6、2 测量精确度与范围度

大部分制造厂以“量程误差加零点不稳定性”的方式表达基本误差。这是一种巧妙的表达方式，给用户产生一种精确度很高的印象。实际上在低流量或接近下限流量时，误差较大，基本误差常超过量程误差一倍以上，选用时应予注意。基本误差通常在 $\pm (0.15\sim 0.5)\%R$ 之间，重复性误差一般为基本误差的 $1/4\sim 2/3$ ；流量范围度大部分在 $(10: 1)\sim (50: 1)$ 之间，有些则高达 $(100: 1)\sim (150: 1)$ 。基本误差与范围度有关，列如例如 Micro Motion 公司 D 系列 10: 1 时为 $\pm 0.36\%R$ ，20: 1 时为 $\pm 0.58\%R$ 。

零点不稳定性通常以 %FS 表示，也有以流量值 kg/min 表示。零点不稳定性一般再在 $\pm (0.01\sim 0.04)\%FS$ 之间。若 $\pm 0.04\%FS$ 零点不稳定性和 20: 1 范围度的仪表，下限流量时因零点不稳定误差可能达到该测量点的 $\pm 0.8\%R$ 。

由于 CMF 精度不断提高，对于精度较低仪表予以忽略的介质温度和静压变化影响将凸显出来。实际工作条件下测量精确度要考虑介质温度附加误差 δ_T 和静压附加误差 δ_P ，评估测量条件下测量误差 δ_s 通常由基本误差 δ_B 和 δ_T 、 δ_P 按式 3 合成。

$$\delta_z = \sqrt{\delta_B^2 + \delta_r^2 + \delta_f^2} \quad (3)$$

下文将进一步讨论介质温度和静压的影响。

6、3 流量范围和压力损失

上文提到 CMF 流量范围度很大，实际上是由于上限流量定的得很高所致，与其他类型仪表如容积式、涡轮式相比，如以水的密度计算名义口径流速高达 8~12m/s，有些型号甚至达 15~16m/s，而容积式和涡轮式仅为 3~5m/s。测量管内流速还要高，因此大部分型号 CMF 的压力损失较大，用于水等低粘度液体时为 0.1~0.2MPa，选用时应予注意。

按使用条件选择 CMF 规格大小时考虑的主要因素之一为估算仪表压力损失（或称压力降） Δp 是否在管系允许值之内。在允许压力降情况下，为获得最佳测量精确度使用的满度流量尽可能在 CMF 的流量范围内选的高些。通常 CMF 的名义口径小于（或等于）管径，很少大于管径者。

但也有少数型号仪表压力降较低，列如例如 RHM 系列上限流量名义口径流速仅 2~3m/s，压力降约在 0.05MPa 左右。

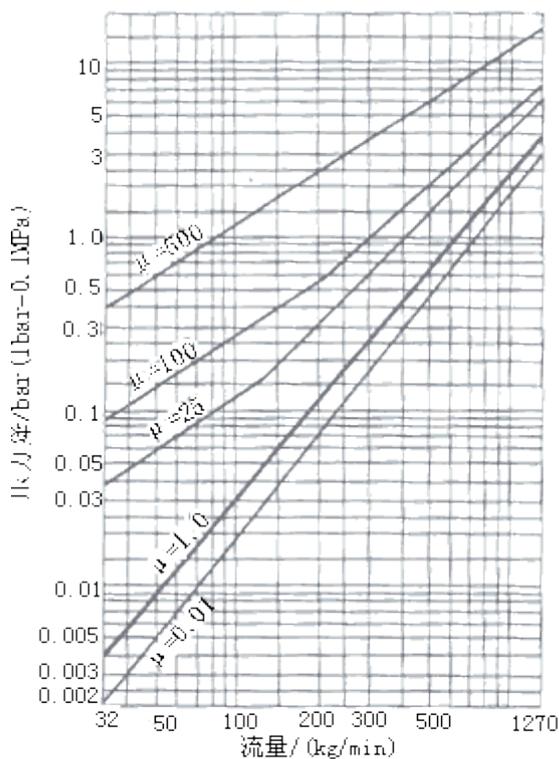


图4 D150流量传感器压损线列图

图 4 流量传感器压损线列图

CMF 的压力降随着流体粘度增加而增加。图 4 所示是 D150 型（口径 40/50mm）的不同粘度流体流量-压力降关系线列图 $\mu = 1\text{mPa} \cdot \text{s}$ ，相当与常温下水粘度， $\mu = 0.01\text{mPa} \cdot \text{s}$ 相当与于大部分气体的粘度。从图上可以看出粘度为 $500\text{mPa} \cdot \text{s}$ 液体的压力降为水的 10 倍。高粘度液体在仪表中呈层流流动，压力降 Δp 和流量 q_m 之间呈线性关系（即 $\Delta p = Kq_m^n$ ，式中 k 为系数，指数 $n=1$ ），低粘度时为紊流流动，基本上为平方关系（即 $n=2$ ），中等粘度关系线为折线，小流量段呈层流，中高流量段为从层流转向紊流的过渡区流动， n 在 1 与 2 之间。

所使用流体的粘度在图示线列之间，有文献建议可采用比列比例内插法进近似计算，只适用与于高粘度液体层流流动区。对于中低粘度，粘度-压力损失呈指数关系的紊流区和过渡区并不适用，只能是粗略估计。

计。

对于在原有管线上以 CMF 替代其他类型流量仪表（如涡轮流量计）的技术改造，更要核算动力泵扬程能否满足克服 CMF 所增加压力损失，必要时换较大扬程的泵。

6、4 测量气体流量

气体流量的能否测量取决于是否达到规定的质量流量值，由于气体的密度低，必须要在很高的压力和很高的流速下才能达到。列如例如，Micro Motion

的 DS-100 型 (25mm 口径) 仪表流量达到额定流量范围最大值 455kg/min 时, 空气密度若为 100kg/m^3 , 绝对压力必须达到 7.6MPa, 其流速要高达 154.5m/s, 即使流量在额定最小流量 68kg/min 时, 流速也需要达 23m/s。

有些型号仪表则规定气体密度下限, 列如例如 Heinnchs 公司的 TH 系列为 2kg/m^3 ; 'Krohne; 公司的 MFS-3000 系列 1.5E 和 10E 型 (口径分别为 6 和 8mm) 为 50kg/m^3 , Foxboro 公司, 的 CFS10=1/AS 系列为 200kg/m^3 , 如测量空气流量, 则绝对压力必须分别达到 4.2 和 16.8MPa。

同一仪表用于测量气体时性能低与于测量液体。列如例如; 制造厂声称 ELite 系列时测量气体时误差为 $\pm 0.5\%R$ 而测量液体时误差为 ($\pm 0.1\%$ +零点不稳定性)。但该厂另一论文对同一系列仪表试验结论又称所有数据均优于 $\pm 2\%R$, 读该文所附各图, 可见到在测量低压气体时测量误差有接近或超过 1%者, 这是因为流量处于额定流量百分之几的低流量, 是零点不稳定性所起主要作用, 低压时重复性也较差, 达 0.6%。

用于测量低压气体应注意到可测量流量将大为降低, 列如例如 EElite 系列 CMF100 型 (口径 25/40mm) 再在测 0.175MPa 压缩空气时最大流量仅为约 4% 额定流量。

通常用于气体的 CMF 不用气体效验校验, 仍用水校效验的仪表的常数, 。一般认为两者之间差别不大, 实际上还是有些差别的。文献 {9} 在试验后认为流体密度从 1000kg/m^3 (水) 到 2kg/m^3 (0.17MPa 空气) 很宽的范围内, 用工厂校准的仪表常数, 精确度优于 2%, 一般误差小于 $\pm 0.5\%$ 。英国工程实验室 (NEL) 也曾对 6 台口径 25mm CNF 作过液气对比实验; 3 台在较低压力 1.5MPa 空气实验, 其中 2 台非线性比液体时大 0.6%, 1 台重复性 1%, 1 台重复性低劣达 15%, 仪表常数变化 10%; 3 台在较高压力 6MPa 实验, 其中 2 台重复性比液体时大 0.3%, 非线性分别比液体大 1.5% 和 1.3%, 1 台不能工作。

6、5 含有气体的液体

制造厂通常声称含有百分之几体积比游离气体的液体带给测量值的影响不大。当测量气泡小而分布均匀的液体, 列如例如冰淇淋和相似乳化液, 可能是对的, 然而意大利计量院对 7 种型号 CMF 含气量影响实验表明; 含气泡 1% (体积比) 时有些型号无明显影响, 有些型号误差为 1%~2%, 而其中某一双管直管式型号则高达 10%~15%; 含气泡 10% 时, 误差普遍增加到 15%~20%, 个别型号高达 80%。Danfoss 公司的实验也证明。当液体含 0.3% 气泡时, 仪表仍可保持原由精确度; 当含气量达 5% 时 (在常压下), 仪表误差以达 10% 此外, 流体的压力、流速、粘度和气液混合方式等不同带来的影响也不一样。但有些型号 CMF 声称可测量含气量较高的液体, 列如 Krohne 公司 MFS200 型 (图 3 (h)) 所示双并联测量管口径 15~25mm 仪表, 在合适应用条件下含气量可达 15%, 因此在制造厂未专门说明可测量含有气体的液体时, 最好测量可能含有气体液体的仪表前采取脱气措施。

6、6 含有固体的液体

测量含有少量固体的液体流量时, 各种类型 CMF 都有较高的信赖度。当固体含量增加, 固体具有强磨蚀性或者软固体 (如食品汤汁中的蔬菜块), 就应按流体的特点选用合适类型测量管的 CMF。

含有固体较多或含有软固体, 应避免选用测量管内径比名义管径小得多的仪表, 防止堵塞。最好选用单管型或双管型中的串联型, 因为如用双管型中的并联型, 分流器上粘附杂物导致改变二路分流量, 产生误差; 更为严重的情形是如一路堵

塞可能不被立即发现。

测量强磨蚀性的浆液时间同样有堵塞问题，且对分流管的磨蚀不均匀亦会改变原来得的分流比，因此亦不宜选用双管并联型，最好采用单直管形状测量管管壁较厚的 CMF。因为测量管形状复杂易产生管壁磨蚀不均匀。

6、7 流体工况或物性参量对流量测量的影响

通常仪表制造厂的样本和使用说明书等技术文件声称 CMF 的测量性能不受流体的温度、静压、密度、粘度变化影响，然而随着用户日益增加应用经验，感到并非完全如此，集资委托第三方研究开展影响量的实验研究。制造厂也开展各项应用技术研究，有些影响量已达到可提出修正量的程度。

如果 CMF 的流量测量精确度仍为初期的 0.5%~1%R，常用范围的流体工况和物性变化影响或可忽略不计，然而当前精确度指标定的很高，达 0.1%~0.15%R，影响量就更凸显出来了。

(1) 温度影响

介质温度或环境温度变化会改变测量振动管的杨氏模量和影响零漂的结构等各种因素。大部分型号仪表对杨氏模量的温度系数经电子线路补偿以减少其影响量；零漂影响由于是受振动管几何形状和结构件的非对称性所形成，是不能再现的，因此尚难减小消除。然而杨氏模量的温度系数是一个统计量，因测量管材料批号和热处理等工艺的不一致性，有一定幅度范围。有可能补偿不足或过渡，不可能全部补偿为零。各制造厂所提供流体工作温度范围仅根据仪表材料结构等因素来确定的，并不意味着再次在此范围内保持常温下校准的性能。仅有少数制造厂能提供仪表的温度影响量，如 Micro Motion 公司。

英国 NEL 曾对 90 年代初国外市场上多家制造厂 CMF 的温度影响量做过实流试验。水温变化范围 5~400C。每改变一次水温，仪表在流量试验前调零，在该温度内以后就不能再调。8 台仪表中 3 台无影响，1 台仪表常数变化 0.5%，2 台变化 1%~1.5%，2 台变化 1.5%~2%。5 台变化仪表的温度影响量为 ±(0.014~0.057) %/0C，还是相当大的。

(2) 压力影响

液体静压增大会使测量振动管呈绷紧 (stiffening) 现象，弯曲管还有布登管效应 (Bour-don effecf)，产生一个负向偏差。这两种压力效应虽然影响量很小，但是使用时静压与校准时相差甚大时，对于高精仪表其值还是不容忽视的。压力影响量取决于测量管管径、壁厚和形状，小口径仪表由于壁厚管径比大，影响量小；大口径仪表则壁厚管径比小，影响量大。Micro Motion 公司提供该公司仪表压力影响数据，以校准时压力 0.2MPa 为基准，CMF100 型仪表 (口径 25mm) 压力影响量为 -0.03%R/MPa，CMF200 型 (口径 40/50mm) 为 -0.12%R/MPa；D 系列较大，D300 型 (口径 80/100mm) 为 -1.35%MPa，D600 (口径 150/200mm) 为 -0.75%MPa。若使用过程中压力有很大变动，则可以根据实际静压修正仪表常数。

NEL 对 90 年代初市场上 8 台 CMF 所作静压影响试验结果如表 1 所示，静压影响量最大为 -1.75%/MPa，最小为 -1%/MPa，平均为 -1.4%/MPa。

表 1 压力影响量

静 压 / MPa		2	2.4	2.8
流量测量误差/%	平均	-2.21	-3.25	-3.75
	最小	-1.57	-2.55	-2.6
	最大	-3.15	-4.00	-4.56

注:以校准时压力为基准

(3) 密度影响

以前认为 CMF 的流量测量性能不受介质密度影响,但近年各方实验说明还是有一定影响,认为误差小于 $\pm 0.5\%$,其中有密度影响部分。

NEL 对 90 年代初市场上 8 台 CMF,以 4 种不同密度的液体做密度影响试验,密度范围从煤油 0.78 到乙二醇 1.11kg/L。8 台仪表中有 1 台变化+0.5% (以煤油为基准)。

Danfoss 公司对本公司 cmf 试验也证明存在密度影响。10mm 口径仪表介质密度 2kg/L 的流量值与 1kg/L 相比,相差-0.1%; 0.5kg/L 的介质与 1kg/L 的介质相比为+0.06%。

(4) 粘度影响

粘度较高的液体会较多吸收科里奥利激励系统的能量,在流动开始时尤甚。这一现象对有些结构设计的 CMF 可能导致测量暂时停止振动,直到正常流动。

NEL 对 90 年代初市场上 8 台 CMF,用水、煤油、粗柴油、乙二醇四种粘度液体,粘度范围为 1~29.5mm²/s,在称重流量标准装置上试验。其中一台有明显粘度影响,大流量(2~5kg/s)时仪表常数变化 0.25%,在小流量时 20%Q_{max} (0.5kg/s) 时变化 0.5%,10%时变化 2.2%。

第七节 安装使用注意事项

7、1 流量传感器安装一般要求

由于测量管形状及结构设计的差异,同一口径相近流量范围不同型号传感器的重量和尺寸差别很大,列如例如 80mm 口径者仅 45kg,重者达 150~200kg。安装要求亦千差万别,因此必须按照制造厂规定的安装方法和趋避禁止事项,列如例如有些型号流量传感器直接连接到管道上即可,有些型号却要求设置支撑架或基础。为隔离管道振动影响仪表,有时后候传感器与管道之间要介以柔性管连接,而柔性管与传感器之间又要一段有支撑件分别固定的刚性直管。选购之前应向拟购 CMF 的厂商索取安装使用说明书参照比较和选择。

安装设计时尽可能使其有长的使用寿命,为除去过早磨损和产生测量误差的固形物和夹杂气体,按流体和管道条件在传感器上游装过滤器或气体分离等保护装置。若希望能在现场在线校准仪表,应考虑引流连接口和阀,以及相应的空间。

7、2 流量传感器安装姿势和位置

流量传感器测量管内残留固形物、结垢、滞留气体等均将影响测量精度。一般说装于自下而上流动的垂直管道较为理想;但对于非直形测量管 CMF 装在垂直管道还是水平管上。取决于管道振动状况和应用条件。

安装位置必须使测量管内充满液体,列如例如水平管道上流体流过 CMF 后直接放如入容器而无背压,测量管往往不能充满,会使输出信号激烈波动。

7、3 截止阀和控制阀的安装

为使调零时没有流动,CMF 上下游设置截止阀,并保证无泄漏。控制阀应装在 CMF 下游,CMF 保持尽可能高的静压,以防止发生气蚀和闪蒸 (flashing)。

7、4 脉动和振动

为勿使流程中发生的和外部的机械振动影响 CMF，向制造厂询问所提供 CMF 的共振频率范围，以判断现场脉动或振动频率是否接近 CMF 的共振频率。亦可向制造厂提供现场振动状况咨询是否需要采取下列措施，如：1) 设置脉动衰减器，2) 设置振动衰减器或柔性连接管，3) 特殊的流量传感器的夹装固定设备，等等。

7、5 防止 CMF 间相互影响

同一型号两台 CMF 串联安装，或多台 CMF 接近地并行（或并联）安装，尤其装在同一支撑台架时，测量管振动会使各 CMF 间相互影响，产生干扰而引起异常振动，严重时使仪表无法工作。安装时应采取防范措施，如：向制造厂提出错开接近仪表的共振频率值；拉开流量传感器距离，不设置在同一台架上，独立设置支撑架；流量传感器异方向安装；流量传感器间设置防振材料隔离等方法。

7、6 管道应力和扭曲

CMF 法兰与管道法兰连接旋紧螺栓时要均匀，勿使 CMF 产生应力（列如例如管道两法兰平面不平行所致）。若在布设管道时预接入与 CMF 同样长度的短管，可防止不良布管形成的应力。在使用过程中由于工艺流程压力和温度变化，CMF 会受到管线轴向力或弯曲/扭曲力。影响测量性能，要做好必要的固定支架。

7、7 强磨蚀性浆液的使用

前文提到测量强磨蚀性浆液最好选用直管单管型并且要使测量管处于垂直位置，以免管壁磨损不匀，缩短使用寿命。然而管壁厚度变薄会降低测量管刚性而改变流量测量值，因此在这种场所的运行初期要定期检测，确认使用周期。

测量管内壁结构结垢或漂移沉积也会影响测量精确度，因此要定期清洗。

7、8 零点漂移和调零

零点漂移来自流量传感器部分，主要原因有：1) 机械振动的非对称性和衰减；2) 流体的密度粘度变化，影响前者的因素有：a) 管端固定应力的影响；b) 振动管钢刚度的变化；c) 双管谐振频率不一致性；d) 管壁材料的内衰减。后者影响零位的原因是结构不平衡，因此即使在空管时将双管的谐振频率调整一致，到充满液体时可能产生零漂，同样因粘度引起的振动衰减与频率有关，在流动时亦可能产生零漂。

最后调零必须在安装现场进行，流量传感器排尽气体，充满待测流体后再关闭传感器上下游阀门，在接近工作温度的条件下调零。安装方面变动或温度大幅度变化时需要重新调整。