

技术发布



热扩散式质量流量计精度的进步

作者：Dan McQueen

FCI 公司总裁

FCI FLUID COMPONENTS
INTERNATIONAL LLC

访问FCI网站 ■ www.fluidcomponents.cn

总部 ■ 1755 La Costa Meadows Drive

San Marcos, 加利福尼亚 92078 美国

电话 760-744-6950 ■ 免费电话：800-854-1993

传真：760-736-6250

FCI具备ISO9001:2000和AS9100认证

ACI

www.aci.com.cn ■ 北京埃希尔控制技术有限公司

北京市海淀区上地东路1号

盈创动力大厦E座405A室

邮编：100085

电话：86-10-5885-8228

传真：86-10-5885-1159

热扩散式质量流量计精度的进步 作者：Dan McQueen FCI 公司总裁

热式传感技术的进步

自从热电偶技术和早期的热线式风速计产生之后，热式流量测量技术已经有了长足的进步。热式技术以热传导为基础，一般是根据两个温度传感器间的温差产生一个直接与温差和质量流量成比例的信号。很久以来，热式流量传感器在很多行业中得以应用，并满足了一些特殊的要求。现代化的热式流量传感器在设计上已由实验室设备进化为了牢固的过程设备，每一代新产品都在传感器性能方面有突破性的进步。

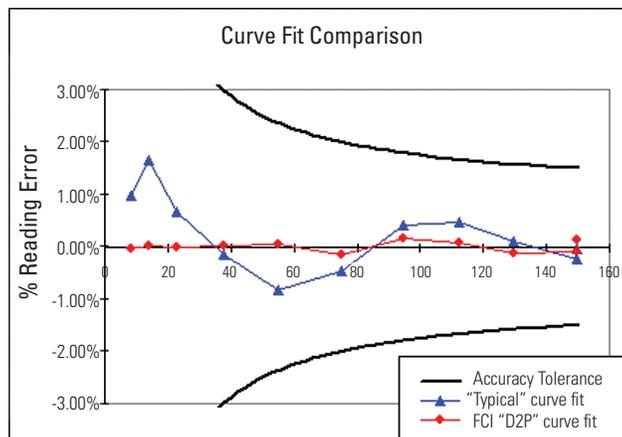
早期的热式产品设计者在维持生产公差、温度跟踪及符合工业封装标准方面经历了很多挑战。这些挑战使得设计者们采用更牢固、生产上更具备一致性的热电阻（RTD）。基于热电阻的流量传感器很快被分类，并与早期的温差设备相关联，并且成为了热式流量传感器家族的一部分。随着RTD的改进，生产商们更倾向于采用铂缠绕低质量型设计。随着时间的推移，生产技术向更小公差的方向演变，从而使得两个RTD的配对成为了控制上越来越严格的过程。

由于大部分现代化的热式设计是基于两个RTD之间的差值，因此RTD在构造上一定要一致。早期，FCI和其他一些厂家意识到了这一点，并且FCI设计出了第一个等质量传感器构造。这种传感器设计确保了传感元件在追踪过程变化的时候可以保持一贯性。等质量设计是一种突破性的进展，大大拓宽了热式传感原理的使用范围，使之在多种过程应用中有了用武之地。

随着制造技术、填充方法、热道时效及材料优化等方面的进步，产品的性能也有了逐步的提高。如今，FCI及其他采用最新RTD生产技术的公司，通过使用平板印刷蚀刻芯片RTD，真正避免了RTD间的生产公差，使得RTD的调整成为简单、可复制的步骤。因此，可以用极低的成本生产出高质量、易配对的RTD。这一进步直接推动了热式技术向更高性能更低成本的方向发展。

微处理器推动性能的提高

当热式传感技术在一致性和稳定性方面不断发展时，信号处理及硬件方面也有了突破性进展。FCI在标定数据收集和信号处理方面取得了进展，并且通过先进的曲线拟合演算法逐步提高了产品性能。下图展示了FCI突破性的曲线拟合方法，这种方法提高了产品性能和精度。从图1的常见误差差频宽可以看出传统型产品的局限性。而采用D2P曲线拟合方法的FCI的热式质量流量



标准 SFPS	典型 计算 SFPS	典型 计算 %误差	FCI D2P 计算 SFPS	FCI D2P 计算 %误差
8.618	8.7017	0.97%	8.615	-0.03%
14.18	14.4123	1.64%	14.1814	0.01%
22.96	23.1091	0.65%	22.9598	0.00%
37.57	37.5147	-0.15%	37.5735	0.01%
55.14	54.6758	-0.84%	55.1691	0.05%
75.03	74.6855	-0.46%	74.9039	-0.17%
94.67	95.0481	0.40%	94.8078	0.15%
112.3	112.8075	0.45%	112.3669	0.06%
129.9	130.0461	0.11%	129.7253	-0.13%
149.7	149.3245	-0.25%	149.5682	-0.09%
149.8	149.7361	-0.04%	149.997	0.13%

图1. FCI 的D2P 曲线拟合方法带来的性能提高

计，与传统型产品形成了鲜明对比。近年来，误差和不确定性缩减有了重大进展，使FCI产品在保持100:1量程比的前提下，达到了0.5%的标定精度。

标定方法及NIST 可溯源设备填补了空白

传感及信号处理上的发展对标定程序和方法提出了更高要求。为了使热式流量仪表真正成为高端产品并满足用户现场工况，制造商必须将产品的改进与合格、高精度的标定相结合。这意味着，要么必须将产品送去专业的流量标定实验室进行标定，或者斥巨资自行搭建标定设备。FCI公司拥有自行投资兴建的，具备研发和产品标定双重功能的标定实验室，可以对包括惰性气体和危险气体以及液体在内的多种介质在很宽的量程范围内进行标定。

热扩散式质量流量计精度的进步

作者：Dan McQueen FCI 公司总裁

由于冷却率与介质热物理特性（如粘度、密度、比热、热导性及热膨胀系数等）呈函数关系，对热式传感技术的优化需要拥有流体方面丰富的经验。随着新的模型和等式推导方法的出现，使用参照气体进行标定已经可以达到2~3%的读数精度，然而有一点相当明确，要实现最佳性能必须使用实际气体或实际液体进行标定。象FCI这样拥有完善的标定实验室的公司，可以在实际液体介质（如水或果汁、碳氢化合物及冷却剂）中进行标定；同时，也可以在各种气体介质（从惰性气体到危险混合气、低密度气体如氢气和氦气等）中进行标定。符合实际介质的标定、自动数收集及高精度的流量参照标准（如音速喷嘴、超声波多普勒和科里奥利流量计等）造就了好于0.5%读数的精度。

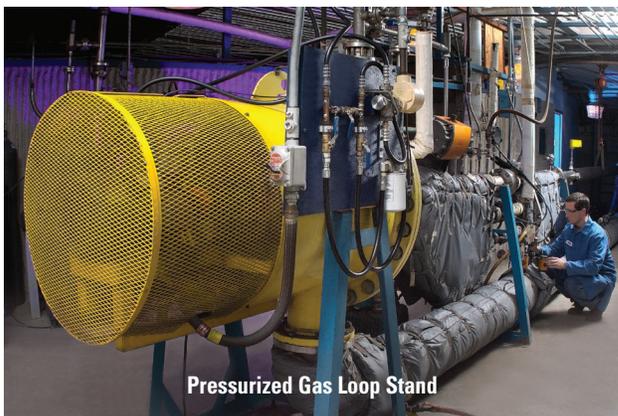


图2. FCI 标定实验室的混合气和音速喷嘴标定台

将实验室结果应用到现场

将实验室标定结果应用到现场的安装位置对所有的流量测量原理来说都是个挑战。直管段、实际安装、流层、过渡流形、紊流强度、漩涡、脉动及量程范围等过程条件是所有流量测量原理共同的难题。热式原理是1/8"管线到30英尺管道上经济、精确的流量测量选择。使用热式原理并且选择正确的型号对于达到最高的现场安装精度很关键。对于2"及2"以下管径的应用，大部分热式产品制造商提供“在线式”构造，提供一截固定着传感头的管段，这样的构造避免了固定、偏移、旋转或插件入长度导致的误差。同时，很多“插入式”产品也通过改进安装方式避免或大幅降低了安装变量的影响。位置锁定或键盘编码式插入、多传感装置、深度标尺、方位标记等方法确保了插入式流量元件的安装，适用于4"到几米管径。

流体调整拓宽了安装位置的选择范围

流体调整被很多流量测量原理所采用以进一步完善测量。FCI提供Vortab®流体调整器。Vortab®流体调整器提供出色的隔离、漩涡消减，并且真正做到了无压损。这种流体调整方法神奇地拓宽了点式流量测量原理的应用范围。例如热式测量原理，推荐安装条件为上游20倍管径下游10倍管径的直管段。而采用了嵌入式的流体调整器后，热式质量流量计只需要上下游一共7倍管径的直管段即可达到标称精度。

过程条件的影响及多点式测量

热式流量测量原理实际上利用了温度传感。大部分的热式流量设备制造商生产的流量元件中包含一个参照传感器，与温差测量相结合，或独立测量过程温度的实时变化。由于热式设备是直接测量质量流量的设备，而过程温度的变化会直接影响到质量流量，热式设备在设计上可以自动修正过程温度变化带来的影响。等质量流量传感器设计确保了变化无滞后效应，因此可以提供实时的温度补偿。正因为如此，大部分热式流量计天生多变量，并且可以提供过程温度输出。

另外，热式设备几乎不受压力变化的影响，除非测量的是极低流量（低于0.25英尺/秒），因为自然对流现象可能在插入式传感构造上产生热度上升的流量效应。利用低功率分界层传感，包括FCI在内的一些公司

热扩散式质量流量计精度的进步 作者：Dan McQueen FCI 公司总裁

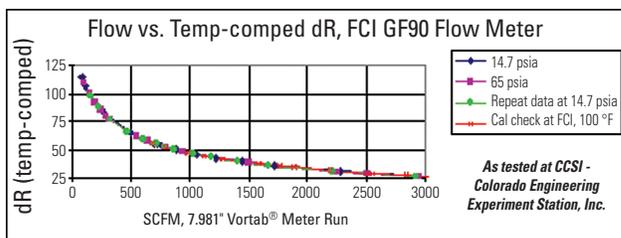


图3. 典型性能曲线显示压力波动对精度影响<1%

开发出了非插入式设计，将低流量和高流速传感提升到了一个新的高度。

在极低流量应用中，大部分制造商的产品规格或软件选择限制了插入式构造的使用。在正常工程流量范围内，排除压力影响的独立研究显示，未经校正的热式质量流量计每100PSI 的压力波动可能导至1~2%的 读数漂移。热式传感原理，无论是恒温差式还是恒功率式，都同样受到影响。图3 所示为FCI 流量计在典型的压力波动范围内的性能曲线图，压力影响对精度的影响被控制在1%以内。

热式产品制造商监测到，大幅度的过程压力波动会由于气体特性的变动而对测量精度产生更大影响。对于 这类特别的应用，FCI 推出了专利产品——内置压力传感及校正的热式质量流量传感器。在大部分采用热 扩散原理产品的普通过程控制应用中，无需用到这种特殊构造的产品。然而，在诸如天然气传输这类存在 大幅度压力波动的密闭传输装置应用中，就需要采用这种特殊构造，使热式原理的产品达到应用的精度要求。

总而言之，突破性的传感器设计、先进的信号处理、高精度标定及运用流体调整技术减轻不理想的安装条件对测量的影响相结合，使得热式流量仪表站在了高性价比和长使用寿命的测量原理的前沿。目前市场上有各种性能和价位的热式产品可供选择。如今，先进可靠的热式产品完全适用于各种最苛刻的过程应用，并满足用户对精度和重复性的要求。

Dan Mc Queen, FCI 公司总裁