

电磁流量计设计与应用技术

杨超

杭州源牌环境设备有限公司 浙江杭州 311300

摘要: 本文旨在探讨电磁流量计的组成、分类、原理介绍。介绍了电磁流量计计量、测试方面的一些要求, 及环境条件、现场设计应用。

关键词: 电磁流量计; 流量测量; 准确度等级; 重复性; 稳定性; 安装; 管路设计

引言

本文研究电磁流量计的原理、组成, 介绍行业对电磁流量计的一些计量要求、测试方法, 对现场应用进行了详细介绍, 对电磁流量计的设计提供了具有参考价值, 使得设计思路更具有实际指导意义。

一、概述

电磁流量计由两个主要部分构成: 传感器和转换器。该设备利用法拉第电磁感应定律, 专门用于测量电导率高于 $5 \mu\text{S}/\text{cm}$ 的导电介质体积流量, 是一种感应式流量测量仪器。传感器包括三个关键部分: 一是电绝缘的测量管, 流体在其中流动; 二是径向布置的电极, 用于检测流动产生的信号; 三是产生磁场的电磁体, 置于测量管内。转换器则负责三方面的工作: 一是向传感器提供励磁电流; 二是对流量信号进行放大、转换和显示, 并输出可被其他设备识别的信号; 三是采用微处理器进行数据处理。

电磁流量计根据其应用场合和设计结构, 可以分为基础型、防爆型、潜水型和卫生型等多种类型。此外, 根据传感器和转换器的组合方式, 它又可以分为分离式和集成式两种形式。在连接方式上, 电磁流量计提供了多种选择, 包括螺纹连接、法兰连接、夹具连接、卡箍连接以及焊接连接等。

流量传感器的运作原理如图所示。当导电液体在测量管内以垂直于磁场和磁力线的方向流动时, 液体切割磁力线, 从而产生感应电势。在测量管的管壁上, 有一对检测电极, 它们与管轴线和磁力线垂直, 用于捕捉和测量这个感应电势。

则有:

$$E = kBDV \quad (1)$$

感应电势 E 、标定系数 k 、磁感应强度 B 、电极间距离 D (等于测量管内径) 以及流体平均流速 V 是电磁流

量计的核心参数。在磁场 B 恒定的情况下, D 作为常数, 使得 E 与 V 成正比。此外, 流体通过测量管横截面的瞬时体积流量 Q 与流速 V 的关系可以用以下公式表示:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \times V \quad (2)$$

将式 (1) 代入式 (2) 得:

$$Q = \frac{\pi D}{4B} \times E = K \times E \quad (3)$$

式中: K —仪表常数。

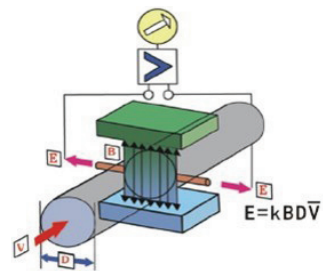


图1 工作原理示意图

二、计量性能要求

电磁流量计的计量性能一般用准确度等级、重复性、稳定性来表示。电磁流量计的准确性级别通常为0.2、0.3、0.5、1.0, 这些级别决定了其测量的精确度。这些设备在重复测量时, 其误差不应超过其准确度等级所允许误差的三分之一。稳定性则指在长时间使用后, 误差保持不变的能力。

误差测试需要在稳定的测试环境下进行, 并且要覆盖一定的流量范围。在型式试验中, 至少需要测试五个点 (q_{\min} , $0.25q_{\max}$, $0.5q_{\max}$, $0.75q_{\max}$, q_{\max}), 如果 q_{\min} 流量对应的流速低于分界流速, 还需要增加一个对应于分界流速的测试点 q_t 。而出厂检验则至少需要测试三个点 ($0.2q_{\max}$, $0.5q_{\max}$, q_{\max})。在每个测试点, 至少需要进行三次连续的测量, 每次测量持续时间大于等于30秒。

每次试验的累积流量的相对示值误差，按式（1）计算：

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij} - (Q_s)_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

E_{ij} ——第*i*个试验点的第*j*次测量所得到的累积流量读数的误差值，%；

Q_{ij} ——第*i*个试验点的第*j*次测量中，累积流量读数，单位为立方米（ m^3 ）；

$(Q_s)_{ij}$ ——第*i*个试验点的第*j*次测量中，通过流量标准装置测得的累积流量值，单位为立方米（ m^3 ）。

流量计各流量试验点的相对示值误差，按式（2）计算：

$$E_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{ij} \quad (2)$$

式中：

E_i ——第*i*个试验点被试流量计的相对示值误差，%；

n ——第*i*个试验点试验次数。

流量计的相对示值误差*E*为流量计各流量试验点的相对示值误差的最大误差。

重复性试验与示值误差试验同时进行。

当每个流量试验点重复试验*n*次时，试验点的累积流量重复性用式（3）计算：

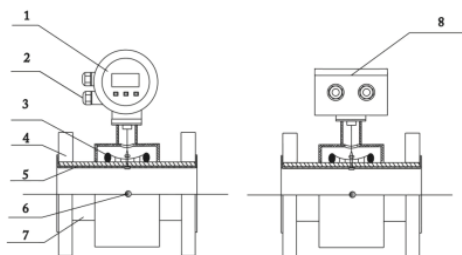
$$(E_r)_i = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

式中：

$(E_r)_i$ ——第*i*个试验点的重复性，%。

三、主要结构

电磁流量计主要由流量测量单元、流量积算单元两部分组成（其中各部件如下图所示）



1、整体型转换器；2、接线柱；3、励磁线圈；4、法兰；5、绝缘衬里；6、电极；7、测量管；8、分体转换壳体

图2 电磁流量计组成部分

四、安装

（一）安装位置的选择

1. 安装位置应远离大功率电机或变频器，一般应在

20米以上；

2. 安装位置应尽量避免容易导致撞击的地方或容易被雨水喷淋的地方；

3. 安装位置尽量选择管道无振动或较小的场合；

4. 安装位置应避免容易遭受雷击的地方；

5. 电磁流量计安装位置应保证始终充满被测介质。

（二）连接法兰焊接

管道上的连接法兰，应在电磁流量计安装之前焊接完成，禁止在安装后进行电焊操作，否则易造成电磁流量计不可恢复的损失。

（三）法兰垫片安装与密封

法兰垫片应精准放置于中心，避免偏离或凸入管道，且外缘应紧邻螺栓孔。除非设计上有特别规定，垫片应单层平直，以确保密封的可靠性。在法兰拆卸后重新安装时，必须更换新的垫片。

法兰的密封是通过螺栓和螺母的拧紧力使垫片发生形变，从而填满法兰间的空隙。垫片的材质、尺寸和拧紧力的大小都会影响密封效果，而法兰的平行度和密封面质量也是密封性能的关键因素。

（四）管路设计

为了保证电磁流量计的测量准确度，电磁流量计安装位置上下游应满足下图所示的管路条件。

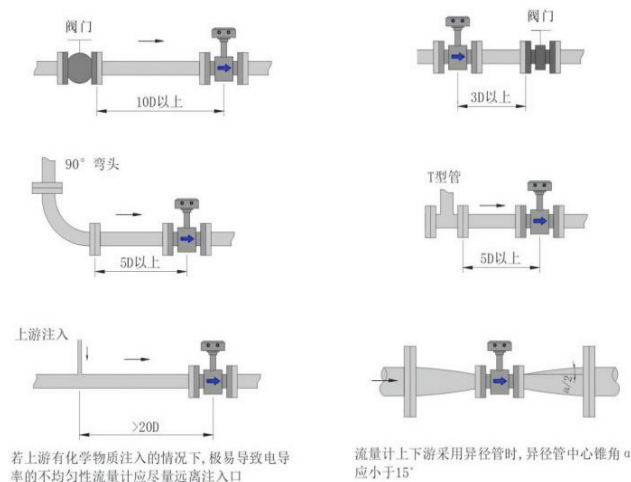


图3 管路设计示意图

注1：在测量管路上游不要插入或安装可能影响流速分布的任何东西。

注2：下游直管段可能是不必要的，但是，如果下游的阀门或其它接头会影响上游流态，就有必要在下游设置2D ~ 3D的直管段。

（五）安装方法

1. 电磁流量计的测量管道应确保始终充满被测介质，

以维持其测量精度。

2. 建议对含颗粒的液体或浆液采用垂直安装电磁流量计，流向为由下向上，以避免固体颗粒沉淀在电磁流量计测量管内。

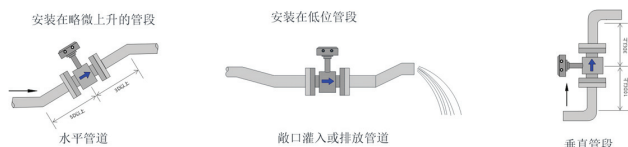


图4 安装方法

3. 应确保测量管位置不会积聚或产生气泡。

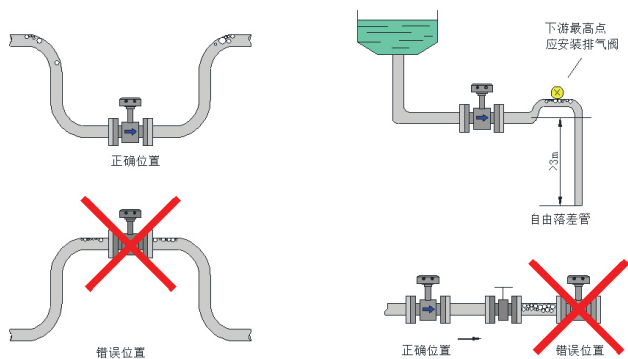


图5 安装方法

4. 维护空间：在表体附近应该有充裕的空间，以便安装和维护；为了以后的清洗和维护，应该安装旁通管道，并且保证前5D后3D的直管段要求。

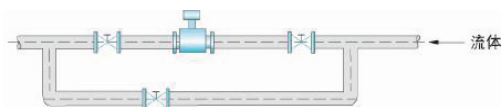


图6 安装方法

五、电磁流量计的应用

广泛应用于化工，食品，造纸，环保，水务，石油，制药、暖通等工业及民用领域。

化工——原料制剂定量控制，节约能源，是腐蚀性液体测量的最佳选择；

造纸——纸浆定量控制，降低成本，具有浆液、颗粒状测量不堵、不腐等特点；

环保——污水、排水系统总量计量与监测，具有污水测量不堵、不腐等特点；

水务——供水侧水量计量，管网漏损监测与报警，具有精度高、计量精准，跑冒滴漏可以精准定位等特点；

制药——原料制剂定量控制，降低成本，保障药品质量，是腐蚀性、污染性液体测量的最佳选择；

暖通——系统水量计量、平衡调试、运行监测，具有很好的适应循环水质差、测量精度高、免维护等特点；

消防——消火栓系统的水流监测、信号采集，具有

可靠性高，寿命长等特点。

(一) 运输、贮存和维护

在运输过程中，请确保电磁流量计按照包装指示正确放置，避免直接受雨、霜、雾影响，以及机械损伤如挤压、撞击。保持包装完整，直至安装现场。

贮存时，产品应离地面至少0.3米，远离墙壁和采暖设备至少1米和2米。环境应通风良好，温度控制在0℃至40℃，相对湿度不超过85%，且无腐蚀性介质。避免强烈电磁场和阳光直射。

贮存使用过的传感器，须先清除附着于衬里和电极表面上的污垢和被测介质。定期对电极、衬里清洗、清垢。

(二) 防雷指南

露天安装的电磁流量计，基本使用的都是农电，因农电容量小，电压波动大，防护不到位，特别容易受干扰，尤其是山区和空旷原野，受到雷击是大概率事件。而电磁流量计其测量原理决定了其地线必须与测量介质可靠接触，为此电磁流量计的地线应与测量管道（导电管道）接触良好，或加装接地环（不导电管道）。由于管道与大地直接接触，因此一旦架空电线受到雷击，瞬时电流就会通过管道上的电磁流量计最终回到大地，致使电磁流量计设备烧坏。

虽然电磁流量计可通过4000V浪涌测试，但雷电的破坏是无法估量，也是无法预知的，建议加装电源线时装防浪涌保护器（需购买正规品牌产品，如正泰、欧普等），浪涌保护器必须可靠接地，否则不但不能起到保护作用，反而更容易烧坏电磁流量计。

同理通讯线（485或（4~20）mA）也可能受到雷击，损害电磁流量计，有条件的地方建议也做防雷保护。

特别注意电磁流量计在农村污水系统中使用时，如不加妥善保护，在雷雨季节的损坏是大概率事件，不仅会造成电磁流量计的损坏，还会对其它设备造成损坏！

结束语

电磁流量计在工业和民用领域得到了广泛应用。其设计与应用技术直接影响到现场的实际应用，本文的主要内容更是结合实际案例总结而来，为电磁流量计的设计提供了比较好的现实基础，同时也介绍了计量方面的一些要求，使得电磁流量计在设计、计量、实际应用方面更具有实际意义。

参考文献

[1] JB/T 9248—2015 《电磁流量计》
[2] JJG 1033—2007 《电磁流量计》