

腐蚀性介质的流量测量

腐蚀现象

腐蚀是金属在其环境中由于化学作用而遭受破坏的现象。一切金属与合金对于某些特定环境可以是耐腐蚀的，但是在另一些环境中却对腐蚀又很敏感。一般来说，对于所有环境都耐腐蚀的工业用金属材料是不存在的。

腐蚀可以分为均匀腐蚀（uniform corrosion）或全面腐蚀（general corrosion）与局部腐蚀（localized corrosion）。全面腐蚀的腐蚀速度可用 mm/a 等单位来表示。通常将腐蚀速度在 0.1mm/a 以下的材料作为耐腐蚀材料[37]。对于腐蚀速度较此再大一个数量级，也即腐蚀速度为 1mm/a 材料，对于一般设备有时可酌情定为可以使用的材料。对于流量仪表的测量元件，则是不容许的。根据腐蚀速度的大小，可以预测金属的使用寿命。

二、腐蚀性介质对流量仪表的损害

1、介质的腐蚀性对流量测量仪表是个严重威胁，只有像夹装式超声波流量计等个别种类的流量计受腐蚀影响较小。

2、腐蚀性介质将流量测量仪表与介质直接接触的关键零部件腐蚀，使之损坏，丧失功能。例如，腐蚀造成差压变送器膜片损坏，硅油外漏而完全失效。电磁流量计电极因腐蚀引起介质外泄，导致励磁线外圈烧毁等。

3、流量测量仪表的关键零部件长时间受腐蚀性介质的腐蚀而改变几何尺寸，导致仪表准确度降低。例如，转子流量计中的转子被流体腐蚀后，外形尺寸减小，导致流量示值偏低。又如涡街流量计中的旋涡发生体被流体腐蚀而宽度尺寸减小，迎流面表面变得粗糙，从而引起流量系数改变。就连受腐蚀介质影响较小的夹装式超声波流量计，也常因金属管内壁被介质腐蚀的坑坑洼洼，使发射和接收信号变弱，严重时丧失灵敏度。

4、缩短仪表寿命。例如金属管转子流量计中的锥形管等零部件，使用几年后，其焊接处被穿烂。

5、腐蚀性介质渗漏，如不及及时发现、及时处理，还容易酿成安全和人身事故。

三、对流量测量中流体腐蚀的措施

1、定期更换仪表 腐蚀性介质对金属的腐蚀，情况是多种多样的。有的腐蚀速度很快，即全面腐蚀，有的腐蚀是轻微的，速度很慢，即局部腐蚀。在作仪表选型时应针对具体情况具体分析，然后作出决策。

例如压缩空气和水，一般认为是无腐蚀，其实不然。由于城区大气中氮氧化物浓度一般均较高，当它被压缩空气中的冷凝液吸收后，冷凝液即呈酸性，从而对碳钢材具有轻度腐蚀。这种情况在硫酸厂、硝酸厂、氯碱厂等厂区，问题更严重些。当然，这时压缩空气中所含的除了稀硝酸外，可能还有硫酸、盐酸等。水的情况也相似，尤其是河水，由于其中含有多种离子，也对碳钢产生腐蚀。在这种条件下使用的仪表，若干年后也会出现被腐蚀的痕迹。例如，停车检修发现流量节流装置中的碳钢环室与流体接触的表面被蚀，变得坑坑洼洼，严重时几何尺寸和形状都发生很大变化。而前后直管段内壁也变得高低不平。这种状况都不符合检定规程要求，难以保证原有的仪表精确度。

这时就产生一个命题,即是否设计选型要将节流装置中的环室以及前后直管段也改为不锈钢材质?当然,如果改为不锈钢材质,环室和直管段的腐蚀问题肯定迎刃而解,但同时,投资增加了。而且投资增加数同管径有关,如果公称通径较大,则投资增加就是个不小的数字。所以决策时应根据测量点的测量精确度要求、腐蚀严重程度、预期寿命、预算承受能力等,权衡利弊得失,灵活掌握。如果测量精确度要求不高(如用于过程监视、控制),轻度腐蚀,碳钢材料预期寿命10年以上,改为不锈钢投资增加较多,那么,宁可待环室等被腐蚀得无法继续使用时,再将节流装置整体或损坏部分予以更新。

2、避重就轻 避重就轻是在对工艺流程和有关介质特性深入了了解的基础上,合理选择测量方案,同样达到计量或对生产过程进行控制的目的,避开腐蚀性强的部位,而选在腐蚀性较轻的部位,甚至更改被调参数种类。例如(如果可行的话)将流量定值调节系统用液位均匀调节或其他合适的变量调节代替,从而避开流量测量仪表耐腐蚀的难题。

例如,进污水处理厂的污水流量一般都要测量,以便控制污染物排放总量。而污水一般或偏酸性或偏碱性,而且相应地要加入适量得碱或酸予以中和。那么,考虑污水对流量仪表的腐蚀,当然流量检测点选在中和之后更好一些。

钢厂荒煤气的流量测量也有类似情况。荒煤气中常常含有一定数量的二氧化硫,这种气体在干燥的时候腐蚀性并不大,但荒煤气离开炉窑后,随着输送距离的增长,气体温度逐渐降低,湿度相应升高,并很快出现凝液而具有较强的腐蚀性。考虑煤气流量测量仪表安装位置时,当然应当选在气体出现凝液之前。

四、选择具有耐腐蚀特性的仪表

1、一般酸性介质的仪表选型。涡街流量传感器和涡轮流量传感器,与流体接触的部分为耐酸钢,一般酸性液体和气体都能使用。

用耐酸钢制成的椭圆齿轮流量计,可以满足一般酸性液体精确计量的需要。

至于某一公司的具体的某个产品是否适用于某用户的特定介质,除了查阅有关样本和资料外,还需向制造商详细咨询,能做出承诺更好。有经验的制造商积累了大量常用材料使用介质范围和腐蚀范围速度的数据,还有一些是某些材料不适用介质范围的数据,这非常宝贵,表3.13所示是上海光华爱而美特公司提供的电磁流量计电极材料耐腐蚀特性表^[6]。但因腐蚀性介质多种多样,有些介质在现成的资料中往往找不到答案,这时可与制造商联系,由用户提供腐蚀性介质,制造商提供待试材料,在规定条件下挂片试验。

表3.13 常用电极材料及其使用范围

电极材料	特点及适用范围
耐酸钢 1Cr18Ni9Ti	主要用于生活工业用水、原水、下水、废物水及稀酸等弱腐蚀性酸、碱盐液,价格最低
含钼耐酸钢 0Cr18Ni12MoTi 相当于 316L	
哈氏合金 B	低浓度盐酸等非氧化性酸和非氧化性盐液适用,硝酸等氧化性酸不适用
哈氏合金 C	对常温硝酸、其他氧化性酸、氧化性盐液有耐腐蚀性,盐酸等还原型酸和氯化物不适用
钛	耐腐蚀性略优于耐酸钢,对氯化物、次氯酸盐、海水有优良的耐腐蚀性,对常温硝酸等氧化性酸有耐腐蚀性,盐酸、硫酸等

	还原性酸不适用
钽	具有和玻璃相似的优越耐腐蚀性,除氢氟酸、发烟硫酸等少数酸(参见表8.4)外,大部分酸液适用,氢氧化钠等碱液不适用
铂、铂铱合金	对几乎所有酸碱液耐腐蚀,王水、铵盐以及少数介质不适用,价格昂贵

2、导电液体的仪表选型。电磁流量计的测量管内衬材料有多种,其中耐腐蚀性能最好的是聚四氟乙烯。电极材料也有好几种,能满足绝大多数腐蚀性介质的需要。文献^[38]列有(美)Foxboro公司《衬里和电极材料的选用表》。在选择电极材料时,应以满足需要为原则,不要迷信贵金属,因为贵金属也不是万能的。表3.14所列就是铂铱合金和钽不耐腐蚀的化学介质。当然表中列入的液仅仅是示例,而非全部。

表3.14铂铱合金和钽不耐腐蚀的化学性质^①

化学液体介质	铂铱合金	钽	其他材料
氟化铝 (Aluminum fluoride)	A	×	B (哈氏合金 C)
硝酸铝 (Aluminum nitrate)	A	×	B 哈氏合金 C
氟化铵 (Ammonium fluoride)	A	×	B (哈氏合金 C)
氢氧化钡 (Barium hydroxide)	A	×	B (哈氏合金 C)
二氧化氯 (Chlorine dioxide)		A	B (哈氏合金 C)
氯化铜 (Copper fluoride)	A	×	A (哈氏合金 C)
氯化铜 (Copper chloride) 40%	×	A	
氯氧铜 (Copper oxychloride)	A	×	
氯化铁 (Ferric chloride)	×	A	
氯化锌 (Zinc chloride) 50%	A	×	
氟硅酸 (Fluosilicic acid)	A	×	
10%~40%	×	A	
氢溴酸 (Hydrobromic acid) 50%	A	×	
氢氟酸 (Hydrofluoric acid)	A	×	
10%~20%	×	A	
氢氟硅酸 (Hydrofluosilicic acid)	×	A	
35%	A	×	
次氯酸 (Hypochlorous acid)	A	×	
10%~20%	×	A	
乙酸铅 (Lead acetate)	×	B	
氢氧化镁 (Magnesium hydroxide)	×	B	
A	A	×	
氢氧化钾 (Potassium hydroxide)	A	×	
10%~40%	A	A	
氰化钠 (Sodium ferrocyanide)	A	×	
氢铁酸钠 (Sodium ferrocyanide)	×	×	
氢亚铁酸钠 (Sodium ferricyanide)			
氟化钠 (Sodium fluoride)			
5%~50%			

氢氧化钠 (Sodium hydroxide)

5%~5%

硫酸 (Sulfuric acid) 10%~50%

100%

硫代硫酸钠 (Sodium
thiosulfate)

① 摘自参考文献^[6], 137。

注: A——优先选用的材料 (实际上有极长的使用寿命);

B——令人满意的材料 (在大多数条件下有较长的使用寿命);

X——不能使用。

其他像铂电电极的触媒作用也引起人们关注。在化工生产中, 铂是一种性能很好的催化剂, 某些介质在一定条件下与铂接触后就发生化学反应, 已被证明的有双氧水。铂电极电磁流量计在测量双氧水时, 会在电极表面生成气雾, 流量为零时, 输出也会波动。

选择合适的电极材料和内衬材料测量腐蚀性介质流量, 如果流体温度也在允许范围之内, 那是理想的选择, 其测量精确度可以达到(0.3~1)%R。其口径从几毫米到3m, 各种规格齐全, 能满足各种测量范围的需要, 但若流体不导电, 电磁流量计就无能为力了。

五、不导电液体的仪表选型。

夹装式超声流量计工作时流体不与仪表直接接触, 所以适用于各种腐蚀性流体。

夹装式超声流量计按其原理分类有两种, 其中时差法适用于洁净单相流体, 精确度与管径和流速有关, 例如 Panametrics 公司的 AT 系列仪表。

a. 管径>150mm 时, $v > 0.3\text{m/s}$, 不确定度为 $\pm 2\%R$ (经标定可达 $\pm 1\%R$); $v \leq 0.3\text{m/s}$, 不确定度为 $\pm 0.01\text{m/s}$ 。

b. 管径 $\leq 150\text{mm}$ 时, $v > 0.3\text{m/s}$, 不确定度为 $\pm 5\%$; $v \leq 0.3\text{m/s}$, 不确定度为 $\pm 0.05\text{m/s}$ 。

而多普勒法流量计适用于固相含量较多或含有气泡的液体, 不确定度只能达到 $\pm 1\% \sim \pm 10\%$, 显然比电磁流量计低得多, 因此只在无其他更好的办法时才采用。其价格与管道直径无关, 在 $DN \leq 200$ 时, 超声波仪表比电磁流量计贵, 而在 $DN \geq 250$ 时, 超声流量计比电磁流量计便宜。

六、腐蚀性气体仪表选型

1、超声流量计。近年来, 国内外天然气工业获得了迅速发展, 这大大推动了天然气计量仪表的发展, 其中专门为天然气计量而开发的多声道超声流量计就是一颗耀眼的明珠, 这一技术如果经移植用于腐蚀性气体流量测量, 应当是可行的, 因为只要对测量管内壁作防腐蚀处理即可。但具体应用实例现在还未见报道。另外有一种情况还不容乐观, 即这种流量计价格太高, 有待于制造商降低成本, 下调售价。

近年开发的配有夹装式换能器的超声流量计, 若管道本身耐腐蚀, 就不必考虑仪表的耐腐蚀问题。例如, 管道使用耐腐蚀内衬, 但此内衬与金属管之间如果存在气隙, 也会为夹装式超声流量计带来麻烦。

对于无耐腐蚀内衬的金属管道, 其内壁经长时间腐蚀往往变的高低不平, 常会造成“V”形和“W”形安装的换能器声波发射不一致, 所以信号强度变弱, 严重时甚至无法正常测量。这些都是使用超声流量计时应当注意的。

2、节流式差压流量计。现在还未见报道适用于腐蚀性介质的定型商品化节流式差压流量计，但是用户自行开发的此类仪表，在几十年前就有报道，其中有很成功的氯气流量测量。

工艺设备专业对付腐蚀性气体的技术几十年前就已很成熟，例如，各种不同直径管道衬橡胶、衬玻璃、衬聚四氟乙烯等。仪表专业借用此优势，由工艺专业将耐腐蚀性能极佳的微晶玻璃孔板，交工艺专业夹装在工艺管道上，然后在孔板前后由工艺专业各留一个管口，仪表专业将法兰式差压变送器安装在管口上。变送器的隔离膜片最初用含钼不锈钢，为了解决其耐腐蚀问题，在此膜片上再贴一层聚四氟乙烯隔离膜片（见图3.84）。

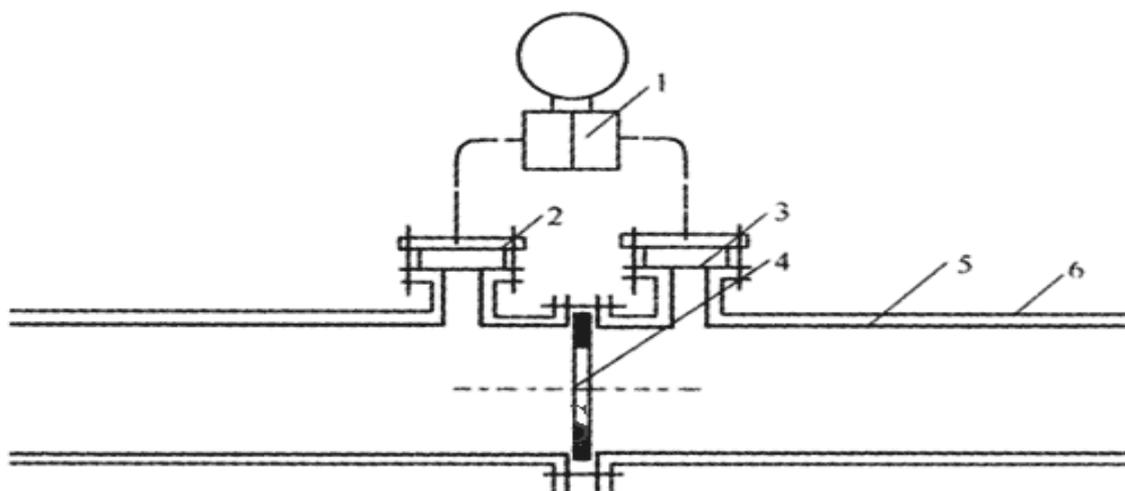


图3.84耐腐蚀节流式差压流量计

1—双法兰差压变送器；2—测量头；3—聚四氟乙烯膜片；4—耐腐蚀孔板；5—工艺管道内衬；6—工艺管道

这样的防腐蚀方法有时仍不够理想，差压变送器的不锈钢膜片使用一段时间后，仍发现有针孔状腐蚀，即不锈钢膜片上出现数个直径极小的孔洞，经研究确认是流体中的离子穿透聚四氟乙烯膜片，与不锈钢膜片接触，将其腐蚀。于是仪表制造厂在膜片材质上进一步作了改进，例如，提供钼膜片双法兰差压变送器。但是，正像前面所说过的，钼膜片不能解决所有问题，也只是使得到解决的问题更多一些。

耐腐蚀节流式差压流量计的另一个解决方案是用隔离液将耐腐蚀能力较差的仪表同强腐蚀流体隔离开来，其典型的结构如图3.85所示。仪表中常用的隔离液请参阅参考文献[39]。其中，强腐蚀气体常用的有氟油（属三氟氯乙烯聚合物）^[39]等。该解决方案中的差压变送器其差压测量上限可以比双法兰差压变送器小得多，但是氟油较贵，隔离容器仍要用耐腐蚀材料制造，所以也很费事。

图3.85中的隔离容器，在自控设计手册中有详细图纸，但不全合用，而且结构尺寸也太大。现在新型号差压变送器，膜盒位移极微

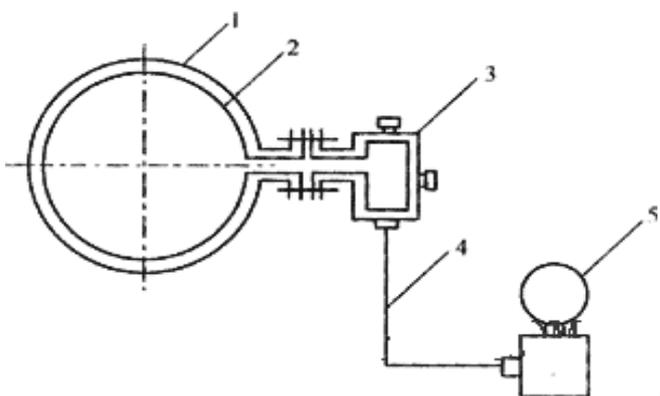


图3.85充隔离液的节流式差压流量计

1—工艺管道；2—工艺管道内衬；3—耐腐蚀材质隔离容器；4—引压管；5—差压变送器

因此隔离容器截面积很小就够了。为了节约隔离液，隔离容器的容积缩小到图纸推荐的1/5已足够。

流量测量仪表耐腐蚀是个长期的话题，新材料、新方法、新经验年年都有报道。对于一些冷门的介质，可查阅有关文献，如《腐蚀数据与选材手册》