

# 设计和使用 V 锥流量计应注意的问题

Arrestive Problems in Designing and Using V-cone Flowmeters

常勤信

(山东飞龙仪表有限公司, 龙口 265718)

**摘要:** 针对 V 锥流量计在设计和使用中出现的问题, 文中分析了产生的根源并提出了有效的解决措施。

**关键词:** 取压结构 安装

**Abstract:** About the problems in designing and using v-cone flowmeters, this paper analyses the causes, with some effective measures proposed.

**Key words:** Structure of Pressure acquiring Installation

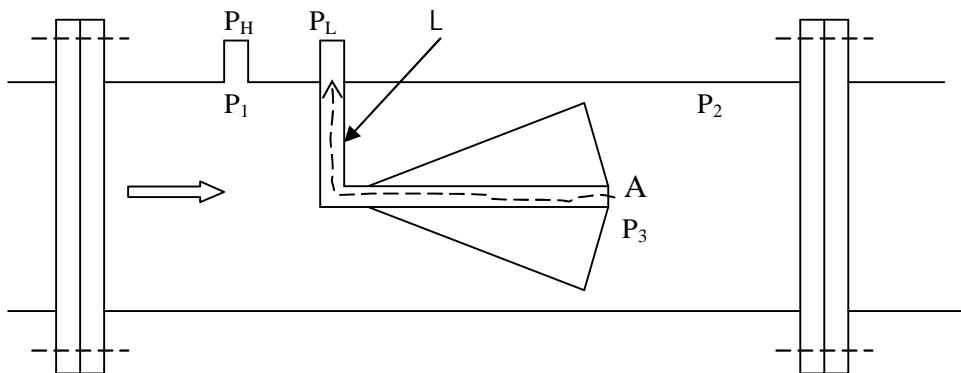
V 锥流量计以其特有的结构和较为优良的性能, 近十几年在国内得到了迅速的推广和发展, 导致国内众多的仪表厂家纷纷加入到生产的行列。这对一个新产品的迅速推广来讲, 无疑是一件好事, 但是从笔者所了解到的一些市场信息看, 在 V 锥流量计的设计和使用上, 确实也存在着某些需要解决的问题, 下面就谈一下本人的看法。

## 1、测量蒸汽流量产生的问题及解决

V 锥流量计 (V-Cone Flowmeter) 最初的技术源于美国麦克罗米特 (McCrometer) 公司, 目前国内绝大多数生产厂家基本上是原样照搬该产品的技术设计。在投放国内市场十余年的使用中, 确实克服和解决了传统差压仪表诸多的缺点和不足, 得到了广大用户的好评。但是也出现了某些问题, 最普遍的问题是在测量蒸汽流量上。当间歇用汽的工况下管道停汽期间, 有时仪表总有大小不等的虚假流量显示, 检查 V 锥传感器也确实有差压存在。即使安装规范合理、零点调整正常, 此问题仍然存在 (国外原装产品也如此)。特别是测量湿饱和蒸汽时, 这种问题更是突出。只能通过增高小信号切除值来解决, 但是常常导致正常流量被切掉。

### 1.1 尾部取压的弊病

产生上述问题的真实原因在哪里, 经过对其结构剖析、到现场验证和多次试验证明: V 锥原设计的尾部取压结构是导致此问题的主要根源, 尾部取压结构见 (图 1)。



(图 1) 尾部取压结构示意图

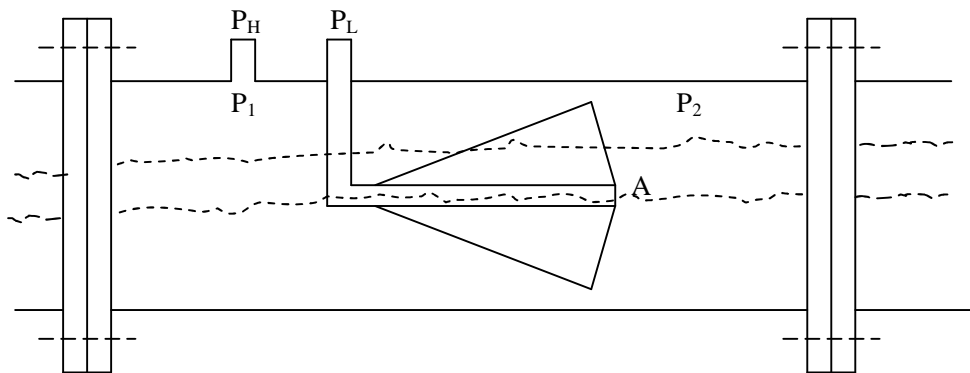
图中  $P_H$ 、 $P_L$ : 正、负取压口的压力信号;

$P_1$ 、 $P_2$ : V 锥管段内的压力;

- $P_3$ : 节流件低压端压力信号;
- L: 负压传导管 (兼锥体支撑管);
- A: 尾部测压口。

从图中可以看出, 在正常工作状态下, V 形节流件低压端形成的压力  $P_3$ , 从尾部测压口 A 经 L 传导管传递到负端取压口为  $P_L$ , 传递途径见图中虚线。而管段内压力  $P_1$  直接进入正端取压口为  $P_H$ 。正常测量时管段内充满蒸汽,  $P_3$  从 A 端经 L 管是不存在传递失真的。

若管道停汽后没有蒸汽流动时, V 锥管段内各点的静压力压力  $P_1 = P_2 = P_3$  应该是相等的, 因此正、负取压口的压力信号  $P_H = P_L$ , 即差压为零值无流量显示。但是这种状态只能保持在刚刚停汽初始阶段, 随着时间的渐进积存在管道和管段内的蒸汽就会逐渐变成冷凝液, 如果不能及时流走或排放, 就会在管段内积存形成 (图 2) 所示的状态。



(图 2) V 锥管段内积存冷凝液示意图

管段内的冷凝液随着时间会逐渐增多, 当积液到达 A 口后 (图中下虚线), 就会进入到 L 管。刚开始时管内是上汽下液状态, 会造成  $P_2$  压力传递通道阻力增大, 使到达负端取压口的压力不再与管段压力相等即  $P_L < P_2$ 。而此时  $P_1$  因传递不受影响, 仍然与管段压力相等即  $P_H = P_1 = P_2$ , 从而导致  $P_H > P_L$  产生差压, 该差压只要大于切除值就会有流量显示。若积液继续增加完全淹没 A 口后 (图中上虚线), L 管内全部是液体状态,  $P_2$  压力传递通道阻力更大, 导致  $P_H > P_L$  产生较大差压, 该差压值常常大于切除值较多而使流量虚假误差增大。

上述情况表现是: 管道刚停汽时仪表还无流量显示, 过了一段时间就会出现流量并逐渐增大到某一值后基本稳定。此问题的发生及影响程度依据流量计口径大小、安装位置、安装环境、饱和蒸汽含水状态等因素不同而有关。笔者曾到现场观察数例此类问题仪表, 例如 DN50 流量计测量过热蒸汽室外管廊上安装, 用户为间断用气, 流量 0~400kg/h, 安装规范无问题。用手操器观察 A40 项数据 (EJA), 刚停汽时有 8Pa 左右的零点正常漂移值, 过了十五分钟后, 开始有差压显示并一点一点增大, 直到 0.3kPa 左右不再变化了, 因大于切除值最终导致停汽后仪表有 80kg/h 流量显示。

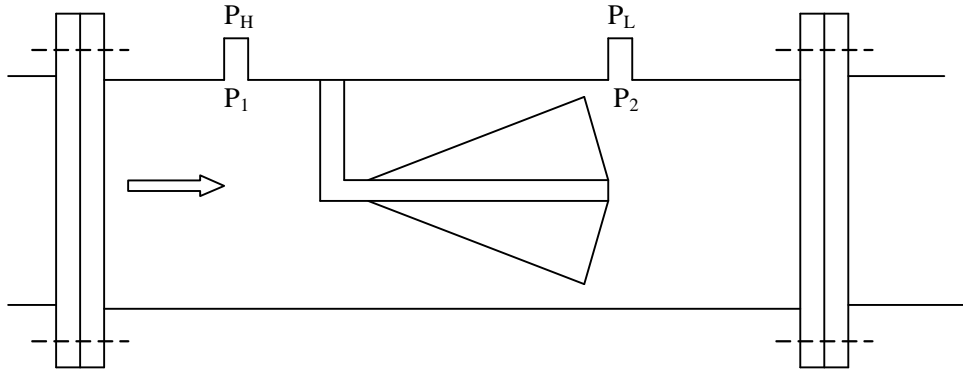
### 1.2 管壁取压的解决方案

针对 V 锥尾部取压导致测量蒸汽虚假流量的问题上, 我们对其结构进行了改进, 将负压端测量口改到管壁上, 让 L 管仅仅作为支撑锥体作用, 并将这种方式称为“管壁取压”见 (图 3)。从其结构上就可以看出, 由于流量计正、负端取压均在管壁上开口, 此时  $P_2$  同  $P_1$  具有完全相同的传递途径。当管道停汽后无论管段内积液多少及时间长短, 对  $P_H$ 、 $P_L$  的压力没有任何影响, 即  $P_H$  与  $P_L$  总是相等的, 因此就不会发

生停汽后流量的虚假显示了。

原设计的尾部取压改为管壁取压后，是否对测量有影响？分析V锥工作原理可知，在界限雷诺数范围内，锥形节流件后部形成的是具有一定宽度的“均匀负压区”，尾部或管壁取压应该是相同的。我们曾对DN50~DN500口径流量计，在检定装置上用空气实流标定进行了对比试验，除了负端取压等有些特定要求外，测量结果完全符合尾部取压的要求。

需要说明的是，尾部取压的结构只是在测量蒸汽、湿气体流量上存在弊病，在测量液体和干气体流量上，尾部取压的设计是合理的，因此不存在上述问题，可以放心使用。

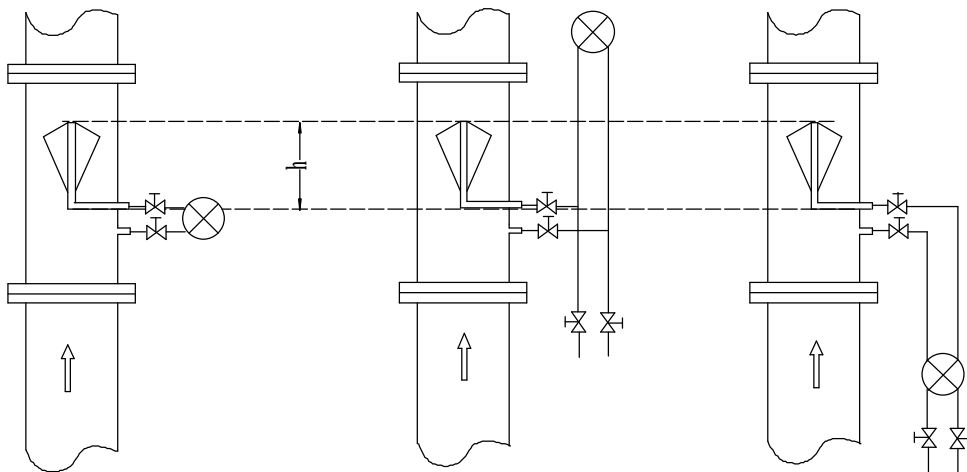


(图3) 管壁取压结构示意图

## 2、安装使用的特点

### 2.1 问题的发生

由于尾部取压的V锥流量计特有的“L形负压传导管”的结构，决定了在安装使用上就不能全部照搬其它差压仪表的安装方式。当在垂直管道上介质由下向上流向时，分析安装V锥流量计的不同之处。这里以测量湿气体为例来分析，见(图4)。



a. 变送器一体式

b. 变送器在上方

c. 变送器在下方

(图4) 垂直管道流向↑安装

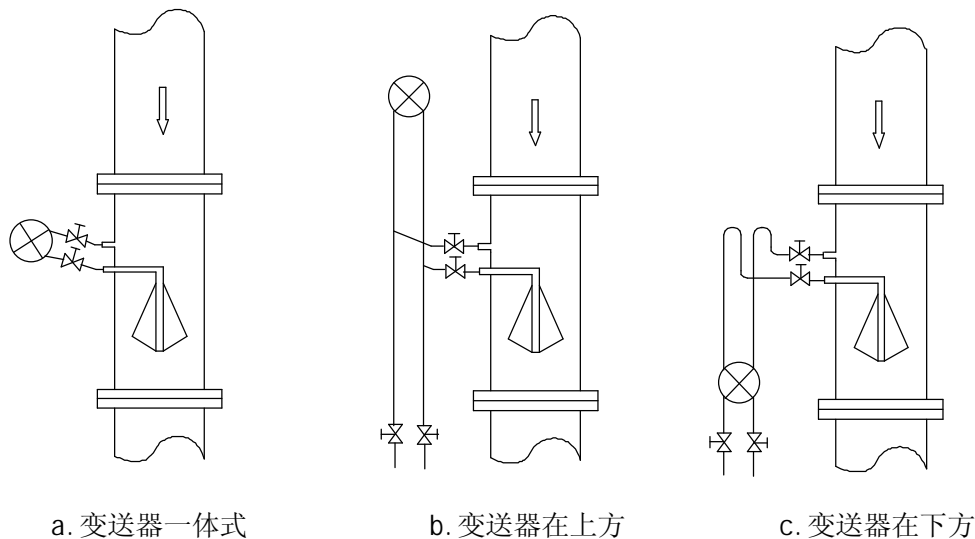
图 (a) 为一体化安装, 从图中可以看出, 正压短管内如果有积液的话, 能畅通回流管道内而不会积存。而锥体 L 管内的积液是无法回流的, 只能流入变送器。由于气液密度相差极大, 所以只要测量室内有一点积液就会对测量带来误差。极限情况是 L 管内积液高度等于长度  $h$  导致测量失败。由于一体式安装常常在较高处, 所以不容易做到及时从变送器排液口排放积液, 所以此种安装方式多数不能正常工作。

图 (b) 为变送器在上方安装, 下部装有排放阀。正导压管路分析同上, 而锥体 L 管内的积液仍不能流回管道, 但可以流到下部排放管或积液罐内 (如果有)。刚投用时尚能正常工作, 待下部的管内积满后, 积液就会继续上升, 如不能及时排放, 液体就会在导压管内积存。此时锥体的 L 管与导压管  $h$  部分如同一个 “U 形管”。若测压端压力增大时, 将使 “U 形管” 内的液体压向信号管路, 按照流体力学关系分析, 导压管一侧的压力会比测量端低一些, 偏低的数值等于 “U 形管” 两边液位差, 从而造成差压信号传递的严重失真。而且该误差与流量计口径有关, 口径越大  $h$  越长, 误差就越大。该安装方式如果能及时从排放阀排放积液, 还可以正常工作。

图 (c) 为变送器在节流件下方安装, 正导压管内的积液可回流或向下流动, 锥体 L 管内的积液只能向下流动。如果变送器安装不规范, 即使下部排放管没有积满, 正、负测量室都有可能进入液体, 如果在排液不及时的情况下, 也将造成差压信号传递失真。

上面分析了在垂直管道上, 测量由下向上流动的湿气体所产生的问题。同样在测量由下向上流动的蒸汽流量时, 上述问题也会发生, 分析过程与湿气体基本相同这里就不再重复了。

这里再分析一下流向与上述相反的垂直管道上的情况。当流体流向由上向下流动时见 (图 5), 无论测量湿气体还是蒸汽流量, 由于锥体 L 管的测压口朝下, 所以不会发生 L 管内积液等上述问题, 因此流量计均可正常工作, 由于道理清晰简单分析从略。



(图 5) 垂直管道流向 ↓ 安装

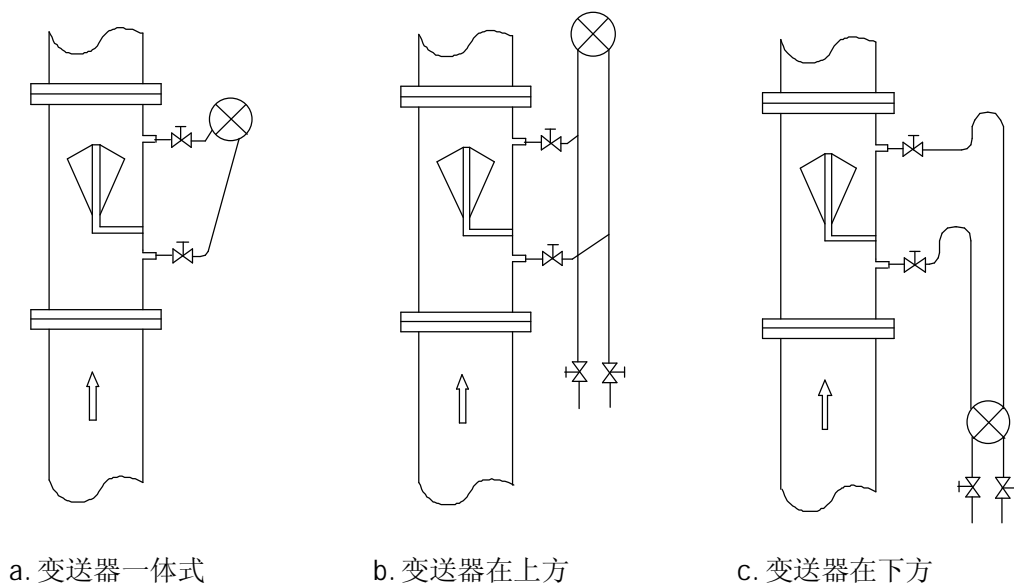
结论: 尾部取压的 V 锥流量计, 测量湿气体、蒸汽流量时, 尽量不要用于流向由下向上的垂直管道上, 但是可以用于流向由上向下的垂直管道上。

## 2.2 解决的方案

依据上述情况, 是否在垂直管道上测量湿气体、蒸汽流量, 当流向由下向上时就不能使用 V 锥流量计了吗? 回答是可以使用的。在流向由下向上的垂直管道上, 可以使用 (图 3) 所示的 “管壁取压” V 锥流

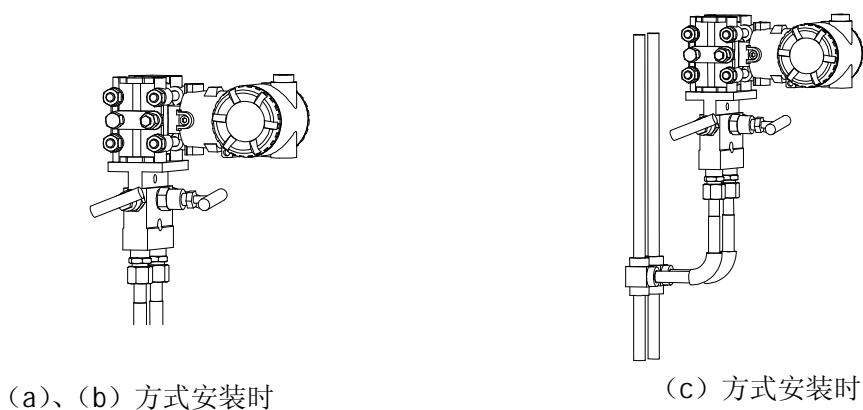
量计，安装参见（图 6）示意图。由于流量计是管壁取压，所以 V 锥的 L 管仅仅起到支撑锥体的作用与测量无关，正、负取压口处于同样的地位，都能保证液体及时流回管道内而不会积存。而且管壁取压的 V 锥流量计在垂直管道上安装，对流向没有要求，无论流向↑或↓均无影响。至于流向↓因与（图 6）安装完全一致，只是锥体方向不同，这里不再给出图示。

在安装上还要注意一些细节上的要求，如（a）、（b）方式安装时，一次阀后的导压短管应向上倾斜铺设，可以使液体快速回流。（c）方式安装时，一次阀后的导压短管应向上后再向下铺设，可以阻止液体进入下部的变送器或导压管内。



（图 6）管壁取压 V 锥在垂直管道上安装

用于测量湿气体流量时，差压变送器最好采用测量口垂直朝下的方式安装，见（图 7）所示。该方式可称为“积液免排放”安装，因为即使有液体存在，也会从变送器自动流出，不用人工排放维护。



（图 7）测量湿气体变送器合理的安装

同理用于测量蒸汽流量时，变送器安装方式恰好与湿气体相反，应采用测量口垂直朝上的方式安装（图略），因为即使冷凝液内有气体存在，也会自动向上流入管道而不会在变送器内积存，称为“积气免排放”安装。

作者：山东飞龙仪表有限公司 常勤信

地址：山东省龙口市高新技术工业园飞龙路

电话：0535-8619054 手机：13465575659（随） 、15725455319（办）

传真：0535-8619598 8613478

邮编：265718

E-mail：[Changqinxi n888@163.com](mailto:Changqinxi n888@163.com)

作者简介：常勤信（1949—），山东飞龙仪表有限公司总工程师，自动化仪表专业，现从事流量仪表的设计研究和开发工作。

2010-7-23

刊登在《中国仪器仪表》杂志 2010-11 期