

V 型 锥 流 量 计

安装使用说明书

合肥同硕仪表科技有限公司

2014 年 10 月

V 型锥流量计

一、序言

以孔板、喷嘴、经典文丘里管为代表的差压式流量计成功的应用于流量检测已愈多年，然而这些流量计由于自身结构上的缺陷，即采用中心收缩后取差压的方法。在投用一段时间后，其入口边缘的尖锐度就开始遭到破坏，从而带来一些重大缺点。如：流出系数不稳定、线性差、重复性不高、准确度因受诸多因素的影响也不高、易积污和易被磨损、压损较大、量程比小、现场安装要求条件高、要求前后直管段过长等。

二、原理

如何改进以上的缺点，人们对节流装置的优化改进工作一直没有中断过，我公司从事流体力学研究的专业科技人员经过大量的流体力学理论研究和国家重点大型风洞实验探讨，大胆提出 V 型锥流量计理论，它是利用在测量管道中同轴安装的尖圆锥体和相应取压口。这种结构由于流体不是被迫收缩到管道中心轴线附近，并且也不再是一个阻挡物(节流件)，令流体突然改变流动方向，而是利用这种新颖的 V 型锥流量计，而是对流体逐渐朝向管道内壁的收缩（节流），使 V 型锥流量计具有了一系列独特的优点。这种流量计在其节流件的下游只会产生高频微幅的喘流（小涡流），因而差压变送器所测量的差压 ΔP 信号是低噪声信号，这样在大管径低压力的取压孔处可以测得灵敏度(分辨率)优于 2.5mm 水柱的压力。这就使只用一个差压变送器就获得很宽的量程比（量程比大于 15:1）和很好的重复性，重复性优于 $\pm 0.1\%$ 成为可能。当流体流经锥体导流架时，在其尖圆锥的喉部，此处

流速加剧，成为最大，截面积处静压力最低，测得这个截面积上的静压点，再取其尖圆锥正面迎着气流的气体方向驻点处总压，因其速度为零，测得等分面积上的总压，这两点形成差压。再由伯努利方程求出管道内真实流量。同时，可根据流体的流速大小而设计计算尖圆锥的大小，改变差压量程，保证测量精度，这种流线性的尖圆锥可使流体很流畅，且其阻力很小，经过尖圆锥导流架后，流场波动干扰很小，因而压损可以忽略不计，由于采用等分面积法和多点多孔取压，经大量风洞的实验验证，其安装要求前后直管段大大缩短，一般上游直管段要求 $0\sim 3D$, 下游要求直管段 $0\sim 1.5D$ 即可。V 型锥流量计结构图如下：

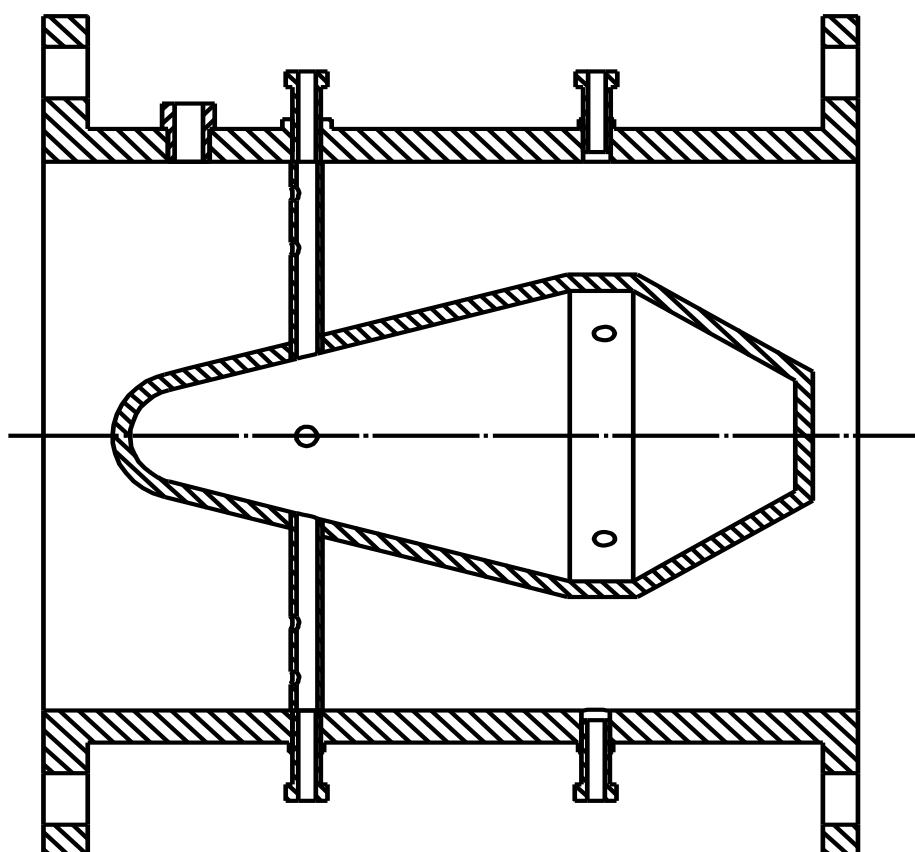


图 1：V 型锥流量计结构

三、主要技术特性

（一）基本技术性能指标

1、 测量范围：

圆形管道公称直径：DN50～4000mm，特殊管径可订做。

2、 公称压力： $P \leq 6\text{MPa}$ ，特殊温度可订做。

3、 工作温度： $t \leq 450^{\circ}\text{C}$ ，特殊温度可订做。

4、 差压量程： $0 \sim 100\text{KPa}$

5、 重复性误差： $\pm 0.1\%$

6、 稳定度： $\pm 10\text{Pa}$

7、 精度等级： 0.2 级， 0.5 级， 1 级

8、 压力损失大小： 差压值的 2%～5%

9、 量程比： 15： 1

10、 安装时所要求的直管段很短，上游要求 $0 \sim 3D$ ，下游要求 $0 \sim 1.5D$ ，不要在 V 型锥流量计的上游安装流动调整器。

（二）主要结构特点

1、 连接方式： 法兰（含配法兰）连接或焊接连接方式，方便简单。

2、 在线实流标定功能： 可在流体正常计量情况下单独对管道内流体真实性进行校准标定，使流量更真实。

3、 高低端取压环室： 可对流体起到稳压、稳定输出信号功能，可有对高低端通过等分面积法取出的经整流后尖圆锥传感器将高速流体和接近管壁的低速流体均匀变化的压力信号大小而产生准确地差压信号。

4、 多孔多点取压： 在同一平面按等分面积法多孔多点取

压（4个以上），使取出压力信号波动小，信号更真实。

5、 高低端取压接口： 直接开孔在各自的高低端取压环室上，与取压导管做一体化连接，快捷灵活。

6、 具有自动整流功能： 不需要在管径中安装流动调整器。

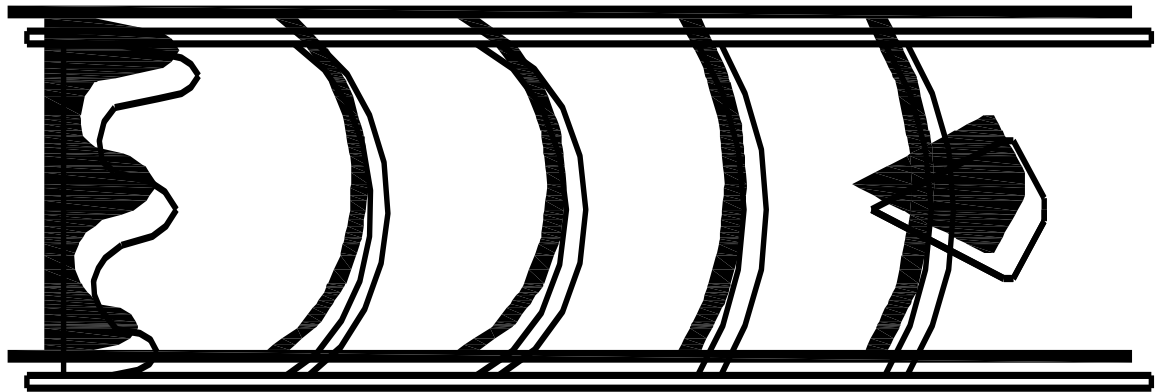


图 2：V 型锥流量计整流过程

7、 在线吹扫功能：V 型锥流量计本身具有彻底吹扫式结构设计，避免了流体中的残渣和颗粒的滞留。特殊情况下可通过此吹扫口用高压氮气或蒸汽进行吹扫，可有效进行防堵，非常适用脏污流体的流量测量，如：焦炉煤气、湿气体等。

8、 在线排污功能：V 型锥流量计本身具有排污功能，当工艺管道内有积水现象时，可通过此接口定期排污。

9、 噪声小： 特殊结构设计可以减弱被测压力（差压）场中脉冲（振荡）的幅值，从而减小差压信号中的噪声。

10、 无可转动部件： 坚固经久耐用。

11、 耐磨损、长期稳定性好： 当流体经过 V 型锥流量计在其周边形成边界层，并疏导流体离开锥体尾部的边缘。从而减

少它被磨损的可能性，使 β 值保持长期不变，无需重复标定，长期稳定性好。

12、 雷诺数范围： $8 \times 10^3 \sim 1 \times 10^7$ ，上限可以更高，下限可以更低。

13、 特殊约定： 在 V 型锥流量计传感器本身上有一些高温处理的不粘涂层，这样使使用寿命更加延长。

14、 数学模型： 经过国家重点风洞实验室实流标定后，可形成使流量测量更精确且带温压全范围内的补偿的数学模型。

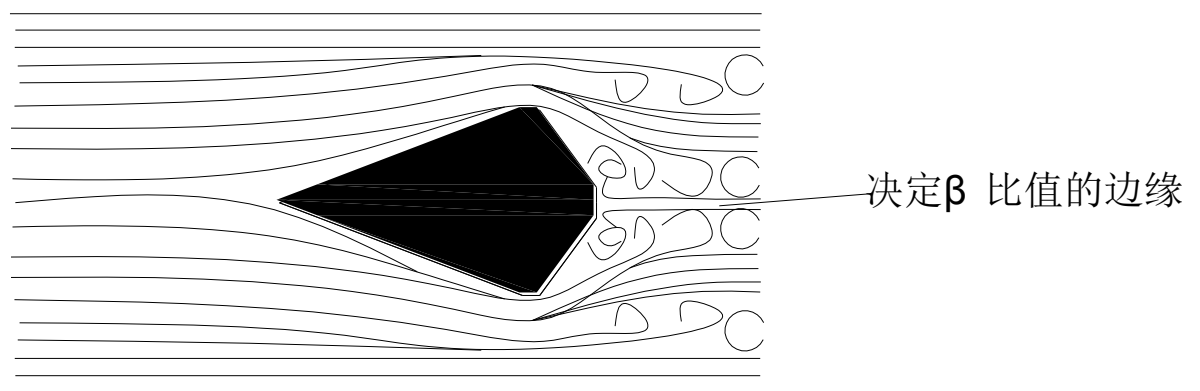


图 3：边界层效应

四、数学模型

1、 气体可膨胀性系数 ε

如果被测介质是气体，则必须使用气体可膨胀系数 ε 来修正伯努利方程。这是因为在节流件两端由于压力变化所造成的气体密度 ρ 的变化并不适用于液体。对于气体必须用 ε 乘以 C （即用 ε 来修正流出系数 C ）。对于 V 型锥流量计的 ε 的计算公式如下：

$$\varepsilon = 1 - (0.649 + 0.696\beta^4) \cdot \Delta P / K \cdot P_1$$

式中：

ΔP —一般指在常用流量下，内锥前后的常用差压；

β —V型锥流量计的等效直径比，即 β_v ；

K —被测介质（可压缩流体）的等熵指数；

P_1 —工况下节流件上游取压孔处可压缩流体的绝对压力；

ΔP 与 P_1 应取相同的压力单位。

对于每一个 V 型锥流量计，在流量公式中所采用的流出系数 C 是通过流量标定所获得的。 C 的典型数值范围是 0.75~0.85。

对气体或蒸汽介质的可膨胀系数 ε 可按上式计算。

2、根据流体力学伯努利方程和连续性方程的基本原理及大量的国家重点风洞实验研究，V型锥流量计的计算模型（带压力、温度自动补偿）可归纳为

$$Q_N = k_1 u(t) + k_2 \sqrt{\frac{\Delta P(P + P_h)}{t + 273.15}}$$

Q_N ：被测气体的体积流量，单位：Nm³/h

t ：被测气体温度，单位：℃

P_0 ：被测气体工作压力，单位：Pa

P_h ：当时当地大气压，单位：Pa

ΔP ：V型锥流量计所测差压，单位：Pa

$u(t)$ ：气体动力粘度的温度修正函数，对某一气体此函数已固定 单位：Pa·S

k_1 ：与工艺管道几何结构相关的常数，无量纲

k_2 ：经风洞实验后标定系数，无量纲

五、测量系统

一次仪表产生的差压信号，必须由差压变送器进行测量然后送入流量积算仪或流量计算机进行处理。对于温压变化太大，计算要求较高的介质，有时需进行温度、压力修正，我公司可提供这些仪表，并在出厂前进行编程和标定。其组成接线示意图：

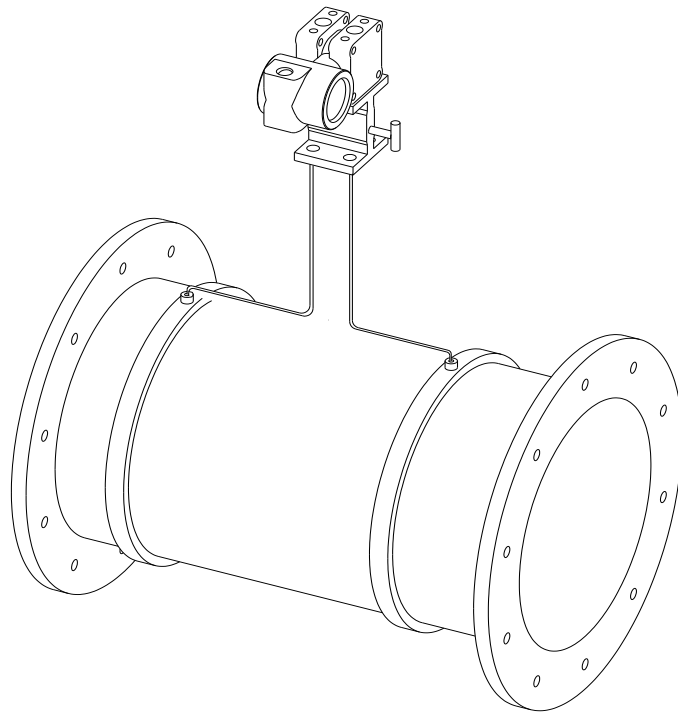


图 4：V 型锥流量计组装示意

六、结构型式

1、整体式：即由测量管，配对法兰等，出厂组成的整体型结构。

2、插入式：由于无法进行校准，精度较差，不确定度在 5% 以上。不推荐使用。

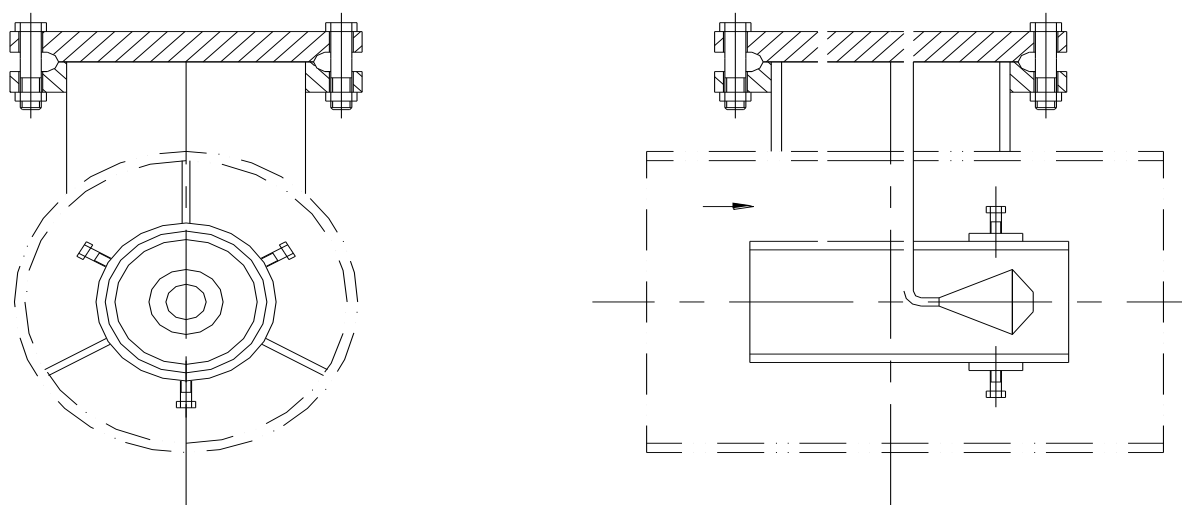


图 5：V 型锥流量计结构

七、主要用途典型分析

1、湿气体的流量测量难题

采用孔板测量湿气体时，产生相当大的误差，这是由于当气体被水饱和时，差压变送器的响应时间会造成计量误差，再加上如孔板的上、下游存留着水时，会造成测量上的难题。当采用 V 型锥流量计取代了孔板后的结果是获得了很小的不确定度。由于在孔板的上下滞留有水，于是当积水存多了就形成了“气水相混”的团状流动的条件。其结果是：使用孔板的计量站的不确定度变成超范围的增大变宽。而当有气水相混的团状流动发生时，V 型锥流量计则有很快的响应时间，无积水现象。而且 V 型锥流

量计还能同时跟踪静压力的变化。当采用 V 型锥流量计取代后，它能迅速排除积存的水并正常测量汽团状流的情况。

2、焦炉煤气测量难题

焦炉煤气中的萘核焦油会凝析出来并沉积在孔板上，使得无法利用孔板实现有效地计量，另外它还是一种低静压，低流速的液体，在 V 型锥流量计出现之前，焦炉煤气的流量测量一直是一个众所周知的难题。

使用的气质条件：

焦炉煤气是焦炭生产厂的副产物，这种焦炉煤气包含有许多带来难题的成分，比如萘、铵的水合物和焦油。这些气体的组份独特地会从气体中分离出来，并在管内壁和管内其他构件上凝析并积结起来。

流量测量的难题：

由于在管道及流量检测元件的内表面上游固体物质积结，使得对焦炉煤气的流量监测变得格外困难。这种严重的积结经常使文丘利管、孔板和圆缺孔板不能进行有效地、准确的流量测量。除此之外，文丘利管或孔板的取压孔也会被堵塞，从而使得这些差压一次元件的输出，即差压的测量变得困难，甚至无法测量。

解决办法：

采用 V 型锥流量计解决了焦炉煤气流量测量中的两个主要难题：即①固体物质的积结（沉积）和由此造成的 β 比值的改变以及②差压测量取压孔的堵塞。利用 V 型锥流量计得以实现这些，是由于它本身具有非常独特的锥型体元件，锥形体与流体相互作用，使在锥形体上游的速度分布得以重新整形。这样它不但

创造一个最佳的速度分布，而且在上游产生了一个压力区间，阻止污染物的形成与积结，从而能保持一个恒定的 β 比值。由于高压测量孔也位于此压力区间，因此，高压测量孔也能保持清洁而不被污染物堵塞。由于 V 型锥流量计能在其自身周围及其下游产生一个受控制的紊流区，在这紊流区自然能始终保持清洁而不被污染物积结，从而使低压测量（取压）孔始终保持干净。V 型锥流量计一直在继续正常工作，它不受气体中污染成分的影响，从而能提供焦炉煤气的精确的流量数据。

3、V 型锥流量计可以成功测量的各种气体

1) 气体

煤气（焦炉煤气、高炉煤气、发生炉煤气）

天然气，包括含湿量 5%以上的天然气

各种碳氢化合物气体，包括含湿的 HC 气体

各种稀有气体，如氢、氦、氩、氧、氮等

湿的氯化氢气体

空气，包括含水，含 SiO_2 粒子以及含其他尘埃的空气

烟道气

2) 蒸汽

饱和蒸汽

过热蒸汽

3) 液体

油类，包括原油、燃料油、含水乳化油等

水，包含净水、污水

各种水溶液，包括盐、碱水溶液等

含蜡、含油的水

含油、沙的水

甲苯

甲醇、乙二醇等

4) 特殊液体

油+HC 气+沙

加气的水，如 $\text{H}_2\text{O}+\text{N}_2$ +空气； $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$ 等。

八、安装说明

1. 流体应充满测量圆形或方形管道

2. V 型锥流量计应安装在两段有恒定截面圆形或方形直管段之间，在中间不允许加联接支管（无论有无流体流入或流出类型的支管）

3. V 型锥流量计要求直管段长度参见下表。

4. 表中所列阀门应全开，调节流量的阀门应位于 V 型锥流量计下游，位于上游的切断阀最好是“闸阀”型的并且应全开。

5. 测量工艺管道的内径 D 或方形尺寸应与 V 型锥流量计尺寸相符合。

6. 吹扫口安装在 V 型锥流量计本体上，用于排放沉积物及液体或用于取压口堵塞吹扫用。在流量测量期间流体不得通过吹扫口。

V 型锥流量计所要求的最短直管段长度

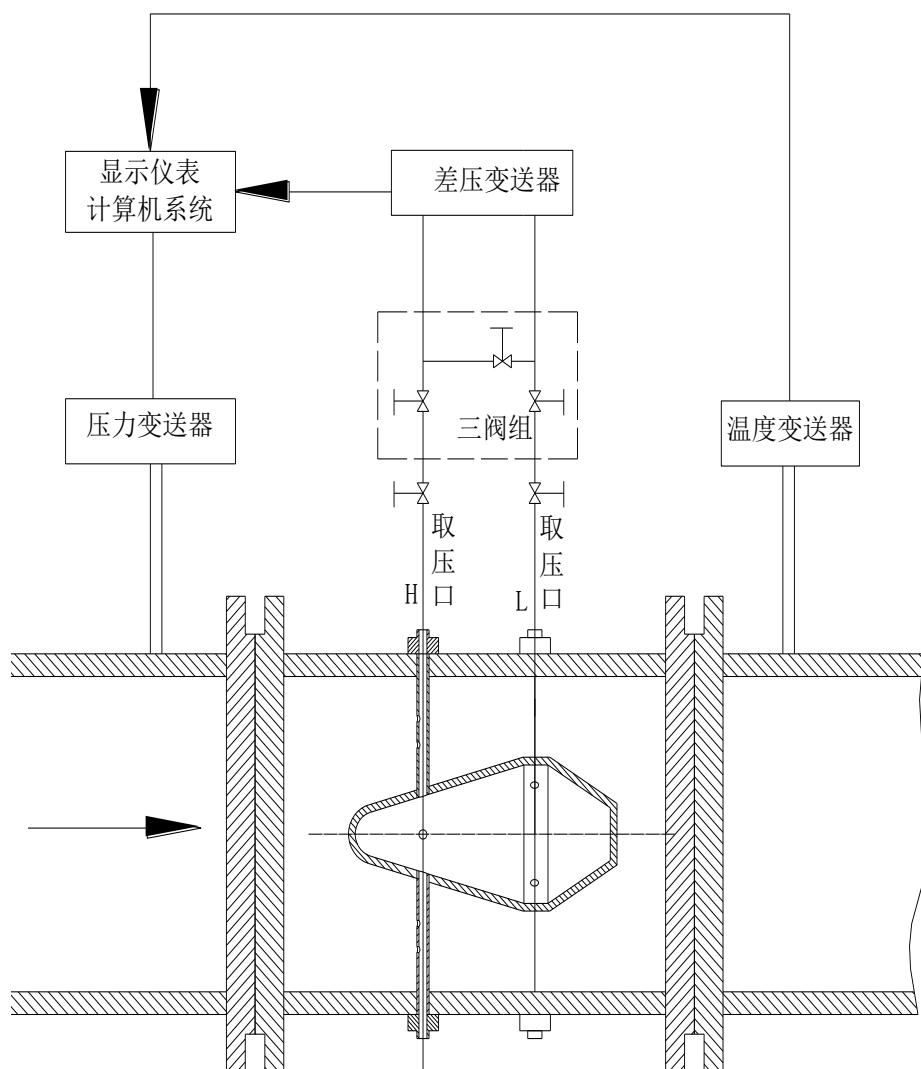
要求	单个 90° 短半径弯头	不在同一平面上的两个或多个 90° 弯头 1)	在 3.5D 长度范围内由 3D 变为 D 的渐缩管	在 D 长度范围内由 0.75D 变为 D 的渐扩管
前/后极限值	1D/1D	2.5D/1.5D	3.5D/3D	4D/3.5D
前/后正常值	2D/1D	4D/3.5D	4.5D/4D	5D/4.5D
最佳值	4D/3D	4.5D/4D	5D/4.5D	5.5D/5D

注：如该流量计应用于控制系统闭环控制最好保证直管段前 5D 后 3D，以确保控制系统的稳定性。

7. V 型锥流量计安装说明如下：

a. H 端为高端，L 端为低端，H, L 端通过三阀组，分别接到差压变送器的 H, L 端。 b. 有关流量计的计算公式参见本公司的计算书。 c. 如需接压力变送器，可接到流量计的前端 2D 以内，温度变送器可安装在流量计前端或后端 1D 以内。

8. 管道内径必须和流量计内径在一条水平线上。
9. V 型锥流量计连接方式：配对法兰连接或焊接连接。



订 货 须 知

订货单位		通讯地址	
电 话		联 系 人	日期
仪表名称		型 号	数量

1. 介质及组份: CO CO₂ N₂ H₂ 其它 。
2. 刻度流量: _____ kg/h, t/h, Nm³/h, m³/h。
3. 最大流量: _____ kg/h, t/h, Nm³/h (指 760mmHg、0℃、20℃时的干燥气体), 或 m³/h。
4. 常用流量 (应为最大流量的 90~60%) : _____ kg/h, t/h, Nm³/h。
5. 最小流量 (应不小于最大流量的 20%) : _____ kg/h, t/h, Nm³/h
6. 最高工作压力 (表压或绝压) : _____ MPa、KPa、Pa、mmH₂O、或巴 Bar。
7. 正常工作压力范围 (表压或绝压) : _____ MPa、KPa、Pa、mmH₂O、或巴 Bar。
8. 正常工作温度范围 (℃) : _____ °C
9. 地区平均大气压: _____ MPa、KPa、Pa、mmHg、或毫巴
10. [用于空气]地区平均温度及平均相对湿度: t= _____ °C, = _____ %
11. 用于天然气流体密度: kg/Nm³ (760mmHg、0℃ 20℃时) 或 kg/Nm³ (绝压表压 _____ KPa _____ °C) 气体、煤气等流体组分 (体积百分比) : _____ 混合气体 _____
12. 连接方式: ☐ 配对法兰、☐ 直接焊接、☐ 其它。
13. 管道: 外径: _____ mm, 内径: _____ mm, 材质: _____ 内壁状况: 新管、轻锈蚀、重锈蚀。
14. 希望压力损失: 常用流量时不大于 _____ Pa 或 mmH₂O; 或最大流量时不大于 _____ Pa 或 mmH₂O;
 管道敷设情况: ☐ 水平或垂直敷设; ☐ 安装节流装置处总计直管长度 _____ m;
 节流装置前阻力件情况: ☐ 单个 90 度弯头、☐ 在同一平面上两个或多个弯头、☐ 在不同的平面上两个或多个弯头、☐ 球阀或闸阀全开、☐ 截止阀全开、☐ 渐缩管、☐ 渐扩管
15. 希望: 采用何种节流装置 _____; 节流件材质: ☐ 1Cr18Ni9Ti、☐ 碳钢镀铬 ☐ 其它碳钢。
16. 需要: ☐ 压力补偿、☐ 温度补偿、☐ 压力和温度补偿、☐ 无需压力和温度补偿。
17. 需要辅件: ☐ 冷凝器、☐ 隔离器、☐ 沉降器、☐ 集气器、☐ 平衡器、
☐ 差压变送器阀门组、☐ 压力变送器阀门、☐ 节流装置两端配对法兰、
☐ 带直管段。
18. 需要: ☐ 差压变送器、☐ 压力变送器、☐ 温度变送器、☐ 显示仪表。
19. 需要: ☐ 风洞实验、☐ 几何尺寸测量。
20. 其他特殊要求 (须特殊注明)。

备注: 上述各项尽可能详细填写, 以便设计正确可靠, 如有其它要求另行说明。