

# **ISO 5167:2003 (E)**

## **的主要变化**

国外在各工业领域中使用内锥流量计实例

## ISO 5167:2003(E)的主要变化(共9条)

(1) 将ISO5167-1:1991(E)分成4部分:

ISO 5167-1 (2003) 总则与一般要求; ISO5167-2 (2003) 孔板; ISO5167-3 (2003) 喷嘴和文丘利喷嘴; ISO5167-4 (2003) 文丘利管。

(2) 根据16522个数据点回归的Reader-Harris/Gallagher公式取代了StolzISO 5167公式

(详见 ISO 5167-2: 2003[E], 5.3.2.1节, 流出系数; 或文献1.P.13, [1.2.5]式)

当 $Re_D > 4000$ 时, 按全部数据库计算: R/G公式的标准偏差为0.259%;

如在Stolz公式所包括的范围内比较: R/G公式的标准偏差  $\delta = 0.245\%$

StolzISO5167公式的标准偏差  $\delta = 0.390\%$ ;

(3) 采用新公式来计算孔板的介质可膨胀性系数  $\epsilon$

(详见ISO5167-2:2003[E], 5.3.2.2节或文献1,P.14[1.2.9式]);

(4) 对孔板上下游所要求的最小直管段长度提出全新及更长的要求 (详见ISO 5167-2:2003[E], 6.2.P.15; P.16Table3或文献1.P.220表2.1.20);

(5) 如在孔板上游安装流动调整器, 则可适当缩短孔板上游直管段长度

(详见ISO 5167-2:2003[E], p.20 ~ p.26 § 6.3, p.23.Table4或文献, P.222表23);

(6) 对于各种孔板的温度进行修正:

当流体不是理想气体而且要求较高精度时, 应根据压损 $\Delta \omega$ , 计算出从上游取压孔处到下游 (5D ~ 10D) 测温点处之间的温度差, 按下式:  $\Delta T = \mu_{JT} \cdot \Delta \omega$  计算, 式中 $\mu_{JT}$  JouleThomson (焦耳-汤姆森)系数, 从而可精确确定孔板上游取压孔处的温度, 进行对孔径d热膨胀的精确修正。(详见: ISO5167-1: 2003E, part1.P.10 § 5.4.4)

(7) 对孔板上游管道内壁粗糙度、孔板的不同轴度及不平面度都提出新的限制要求

(详见ISO5167-2: 2003E, P.10-11, P.4-5, § 5.3.1或文献1, P.70-71);

ISO5167-2:2003 (E) 中关于孔板使用的限制条件

### 5.3.1、使用的限制条件

按照ISO5167在本节的规定, 只有在如下条件下, 标准孔板才能使用:

对于角接和 $D - \frac{D}{2}$  (径距) 取压的孔板:

$d \geq 12.5\text{mm}$ ;  $50\text{mm} \leq D \leq 1000\text{mm}$ ;  $0.1 \leq \beta \leq 0.75$ ;

对于 $0.1 \leq \beta \leq 0.65$ 时;  $Re_D \geq 5000$ ;

对于 $\beta > 0.56$ 的孔板;  $Re_D \geq 16000 \beta^2$

对于法兰取压的孔板：

$d \geq 12.5\text{mm}$ ；  $50\text{mm} \leq D \leq 1000\text{mm}$ ；  $0.1 \leq \beta \leq 0.75$ ；

$Re_D \geq 5000$ 和 $Re_D \geq 170\beta^2 D$ ；式中D的单位是mm。

当管径 $D < 150\text{mm}$ 时，必须计算孔板上游管道的相对粗糙度 $Ra/D$ ，该 $Ra/D$ 值在上游 $10D$ 的长度范围内都应满足表1（ $10^4 Ra/D$ 的最大值）和表2（ $10^4 Ra/D$ 的最小值）的要求。此粗糙度要求与孔板配件和上游管道有关。对孔板下游管道粗糙度无要求。

表1、孔板上游管道相对粗糙度的上限值 $10^4 Ra/D$

b	$Re_D$								
	$\leq 10^4$	$3310^4$	$10^5$	$3310^5$	$10^6$	$3310^6$	$10^7$	$3310^7$	$10^8$
$\leq 0.20$	15	15	15	15	15	15	15	15	15
0.30	15	15	15	15	15	15	15	14	13
0.40	15	15	10	7.2	5.2	4.1	3.5	3.1	2.7
0.50	11	7.7	4.9	3.3	2.2	1.6	1.3	1.1	0.9
0.60	5.6	4.0	2.5	1.6	1.0	0.7	0.6	0.5	0.4
$\geq 0.65$	4.2	3.0	1.9	1.2	0.8	0.6	0.4	0.3	0.3

表2、孔板上游管道相对粗糙度的下限值， $10^4 Ra/D$

b	$Re_D$			
	$\leq 3310^6$	$10^7$	$3310^7$	$10^8$
$\leq 0.50$	0.0	0.0	0.0	0.0
0.60	0.0	0.0	0.003	0.004
$\geq 0.65$	0.0	0.013	0.06	0.012

当管径 $D$ 大于或等于 $150\text{mm}$ 时，在以下不同情况下，应满足以下的粗糙度  $Ra$  的要求：

当 $\beta \leq 0.6$ 并且 $Re_D \leq 5 \times 10^7$ 时， $1 \mu\text{m} \leq Ra \leq 6 \mu\text{m}$ ；

当 $\beta > 0.6$ 并且 $Re_D \leq 1.5 \times 10^7$ 时， $1.5 \mu\text{m} \leq Ra \leq 6 \mu\text{m}$ ；

(8) 孔板上游管道连接处最大允许的台阶值有新规定

(详见ISO5167-2:2003E, P.26 §6.4.3)；

ISO5167-2:2003 (E) 中关于孔板上游管道连接处管径突变的新规定：

ISO5167-1:1991 (E) 中对孔板上游管道连接处台阶的要求过于保守。在新的ISO5167-2:2003 (E) 中有如下的新规定：

在孔板上游 $2D$ 距离以外，在孔板与上游第一阻流件或干扰之间的上游管道，可由一段或多段管道组成。在孔板上游的 $2D$ 到 $10D$ 之间，任何一个两管段之间的管径突变（即台阶）值只要不超过管道内径的平均值 $D$ 的 $\pm 0.3\%$ ，则流出系数无附加不确定度。

在孔板上游 $10D$ 以外，只要任何一个两管段之间的管径突变（即台阶）值不超过管道内径平均值 $D$ 的 $\pm 2\%$ ，则流出系数无附加不确定度。

如果在形成台阶处的上游管径大于下游管径，则容许的管道内径的突变（台阶）值可以从2%D增达到6%D，即在台阶两边的管段，在上游侧的管径可以是1.06D，其下游侧管径可以是1.0D；或者上游侧管径为1.0D而其下游侧的管径可以是0.98D。

当任何一个两管段之间的管径突变（台阶）值  $\Delta D$  超过上述规定，但符合以下两式的要求时，则流出系数  $C_d$  的不确定度应有算术相加的  $\pm 0.2\%$  的附加不确定度。

$$\frac{\Delta D}{D} < 0.002 \left[ \frac{\frac{S}{D} + 0.4}{0.1 + 2.3\beta^4} \right] \quad \text{和} \quad \frac{\Delta D}{D} < 0.05$$

式中  $S$  是上游取压口到台阶的距离，如使用夹持环，则  $S$  是从由夹持环所形成环形凹槽的上游边缘到台阶的距离。

从孔板的上游端面算起，至少  $2D$  长度的下游直管段的内径与上游管内径平均值之差应不超过  $\pm 3\%D$ 。

（9）对文丘利管上游直管段长度提出了全新及更长的要求。

（详见 ISO5167-4：2003E；P.4Table1 或参见文献1，P.221 §22[表2.1.22]）；

注：文献1：“流量测量节流装置设计手册”孙准清等编著，化学工业出版社，2000年6月1日版。因文献1出版在 ISO51672003(E) 之前，有些相关内容已改变，正式设计和应用时，应以 ISO51672003(E) 为准。

## 采用 ISO5167(2003) 后孔板依然存在的问题

1. 入口边缘磨损，精度丧失，性能不稳定。

ISO51672003[E] 规定：入口边缘  $G$  应为尖锐的，入口边缘的圆弧半径应小于/等于  $0.0004d$ 。实际上，加工时就难以满足，使用中更无法保持。

2. 上下游的死角对脏污流、含湿气体/蒸汽敏感，积污造成取压口堵塞，上游死角积液形成团状流引起测量误差。

2. 上下游直管段要求过长，现场经常无法满足。

3. 上下游取压点处存在低频高幅漩涡。

在高噪声背景下，测不出小的差压值。

量程比太小。

4. 压损太大。

## 国外在电力工业中使用V锥(VNZ)流量计的实例

1、使用场合：在发电厂中测量进入锅炉的蒸煮气体（digester gas）的消耗量

### 1.1 流量测量方面的困难

进入发电厂锅炉的蒸煮气体是一种有腐蚀性的气体并且可能是湿气体。除了VNZ流量计以外，用任何一种流量计都是困难的，而且是不实用的。由于VNZ流量计所要求的上下游直管段都很短，因此使用它非常实际，便于安装。

### 1.2 以前的测量方法所存在的问题

流量计的维护费用很高，而且测量的精确度太低。

### 1.3 解决困难的办法

将VNZ流量计安装在调压阀前的高压气体流入端。由于是安装在高压端，因此可以采用较小口径的VNZ流量计，这有助于降低用户的花费。只要气体流速不超过9.15m/s（30英尺/秒）或厂家所推荐的流速就可将连接的管道尺寸缩小。按照厂家推荐的管径尺寸，这一串气体管道（在VNZ流量计前后的一连串管道）应该缩小尺寸。为了在下一个装置前减少流速，这样作可以有助于增大下游管道的尺寸。在这个高压用VNZ流量计的使用场合，厂家推荐采用了McCROMETER Ea275型质量流量计。为进行气体体积流量修正，本方案还要求使用压力和温度变送器。

2、在一个电能实验站测量被严重污染了的气体

### 2.1 用户名称：瑞典、Studsvik、TPS实验站，热过程的测控

### 2.2 原来所存在的测量难题

TPS是用于发电工业的一个工程实验站，TPS特别关注生物气体（biogas）过程的研究。这是一种利用能源森林等所获得的木材作为燃料，获得这种生物气体的过程。TPS还从事垃圾焚烧炉的研究，研究的目的是新型能源的开发及其过程中所涉及的环保问题。

为了测量在燃烧炉之后没有经过过滤的废气，TPS遇到了难题。由于此废气所含固相污物的管道中流量高达20~60kg/h，有严重的磨蚀和阻塞问题，曾试用其他各种流量计，但均告失败。另一个复杂问题是废气管线中固体有大量沉积，在沉积物堆积一定程度后又会发生疏散并吹满到管道的下游。在过程开始后很短的一段时间内就会有每分数10公斤的固相物在管道中积存，因此在这种管道的下游安装任何一种流量计都是无法工作的。

### 2.3 解决方案

由于TPS早就听说V-cone流量计在电力工业中有好的业绩，特别是对付脏污气体，在Ansko的当地代表想看看V-cone在这种困难条件下是否能正常工作。

关于是否能给出流量信息，多长时间会将取压口堵塞曾有争论，理由是取压口

就在脏污气体中开着，它可能会被堵塞。

由于在焦炉煤气中已有很好的使用结果，焦炉煤气也是一种脏污气体，Ansko为TPS提供了一台试验用流量计。

TPS使用此V-cone流量计一周后报告信号全无，而过程应再延续一周，却没有输出信号且原因不明。当将V-cone流量计从管线上取下来时，发现锥体的支撑已被磨蚀得很厉害，并且在压力管线有一个洞，从而没有信号输出。此问题曾与McCRometer的V-cone的制造厂讨论。由于有信息报导：在燃煤电厂和其他地方有一种在钢的表面的新的镀膜技术，厂家在V-cone发生磨蚀的部位，在锥体和支撑处都采用此种镀膜的材料，它比(stellite)钨铬钴硬质合金的硬度还要大3倍(是它的4倍)，将这种镀膜熔合在基础材料之上。此法有别于通常所采用的硬化钢的传统方法。

在将此表校准后，将它发运给TPS并重新安装在相同地点以便对比。TPS报告在支撑和锥的表面未再发生磨蚀，其研究项目得以按计划继续进行。稍后一段时间曾报告有某些堵塞的难题，但采用了定期反吹技术，防止了仪表被堵塞。

### 3 被测流体：气体洗涤器处的气体

3.1 使用场所：测量在排出进入大气前注入LoCat气体洗涤器的不可凝的气体，这是一个地热发电厂(GeothermalPower)中要求进行的检查合格性的测量。气体中含有相当大量的H<sub>2</sub>S，使之成为应予以特别关注的安全事项。

#### 3.2 测量的难点

流体本身的动能很小，气体静压力低，而流速又相对较高。此种气体富含CO<sub>2</sub>(97%)，含有H<sub>2</sub>S(2%)，有微量元素如N<sub>2</sub>、Ar(氩)和其他天然生成的气体。

#### 3.3 以前采用的流量计：孔板

#### 3.4 解决办法

采用了一个14英寸(DN350)的V-cone流量计，其 $\beta v=0.6656$ 。这一 $\beta$ 值使8:1的量程比成为可能。此 $\beta$ 值是根据测量使用中，可以利用的最小压力值来设计的。测得的 $\Delta P$ 相当小，但非常稳定。因此要求使用高精度、 $\Delta P$ 范围的小的变送器。从孔板得出的信号误差很大，而且 $\Delta P$ 非常有限，这是由于突然收缩的几何结构所产生的压损过大所致。对此种气体定期采样分析其组成含量。在计算中执行AGA3号报告中关于混合气的计算规定。

#### 3.5 安装日期：1994第2季度

3.6 工况条件：压力：20psiA，温度：t=65° F，流量：5625~45000磅/时，正常值：25000磅/时，流体：进入LoCat气体洗涤器的废气。

### 4 应用场所：在蛇状管管道系统中的气体流量测量：

4.1 用户：瑞典，Finspong，ABBStal(气体和蒸汽涡轮机制造厂)

#### 4.2 以前存在的难题

ABBStal, Finspong是瑞典的一家用于电站的蒸汽和气体（燃气）透平（涡轮）机组的制造厂，该厂请求 MCCrometer 在瑞典的当地代表处Ansko提供 V-cone流量计，以便在气轮机投运期间测量气体的流量，在安装地点没有可以利用的直管段。

由于ABB Stal已有在各种使用场合使用V-cone的经验，他们已经知道V-cone所需求的上游直管段是非常短。因此他们请求Ansko与McCRometer制造厂联系，探讨是否可采用V-cone流量计测量进入（turbine）透平的气体流量。

#### 4.3 解决方案及办法

在V-cone流量计安装好之后，由用户进行了第一次的测试。此时用户要求当地代表 Ansko看测试结果。由于根据测试结果表明透平的效率大于 100%，因此ABB Stal开始对流量计的测量结果提出问题。于是开始进行调研，看是否安装或辅助仪表有误，但发现每样东西都是对的。因此由 McCRometer提供对流量计（包括蛇状管道在一起）的测试。测试在美国该公司的流量装置上和在美国卡罗拉多CEESI的装置上同时进行。CEESI的装置是世界公认的气和液的流量实验校准装置。然而，如果测试将确认V-cone的原始数据，那么全部测试的花费将由用户负担。

ABB Stal同意这种安排，于是将带有蛇形管段的V-cone流量计发往美国。

通过测试，CEESI确认McCROMETER在其原始校准报告所陈述的东西都是真实和正确的。

CEESI 的校准证书证明了该V-cone表的指示流量的不确定度是读数的  $\pm 0.5\%$ ，置信度为95%。（详见原件：P6-24、P6-25）

### 5 测量进入蒸气轮机的主蒸汽的流量

#### 5.1 工业部门：电力

#### 5.2 过程：将地热能转换成电能

5.3 应用场所：在热蒸汽进入透平之前测量它的流量。对于一个透平都要求两个流量点；1个在高压端，1个在低压端（段）。

#### 5.4 测量的难点

地热蒸汽含有相当大数量的不可凝的各种气体，这样使测量结果偏离蒸汽表。这种地热蒸汽除蒸汽外的主要组份有： $H_2S$ 、 $CO_2$ 、 $N_2$ 、Ar、Hg（汞蒸汽）。每一种组分的百分数随着时间而改变。这种变化有其特殊的稳定性，通过周期性的采样，可以监测这种变化。V-cone对这些气体能进行一致性的混合，以便得出一个稳定的并且可重复的（即重复性较好）的信号。通过将混合汽的密度与蒸汽表按百分数进行整合，测量结果得以被修正。采用这种方法，基于一个原始的气体流量校准，在量程比为5:1的条件下，流量测量的精确度可达流量测量范围的  $\pm 1\%$ 。

#### 5.5 以前所采用的方法

对这种使用场合以前采用毕托管标准仪表，用求平均值的方法来计算流量。

#### 5.6 解决难题的办法

高压和低压蒸汽两者都进行标准化模式的测量变送，管道尺寸范围从24英寸至40英寸（指直径）。在这种尺寸的管道中很容易建造安装V-cone。典型的地热蒸汽具有极高的流速，流速可达甚至超过200英尺/秒，（ $200 \times 0.3048\text{m/s} = 60.96\text{m/s}$ ）。由于V-cone在确定尺寸方面有极大的灵活性，使得V-cone能适用于这一个很特殊的高速汽流的使用场合。在此情况下的典型 $\beta$ 值是0.85至0.75。由于V-cone的环形流通截面的设计，使得它的精确度和量程比都优于传统的毕托管。与采用毕托管的方案相比，V-cone所需要的直管段大大削减，因此整个测量段的质量和长度都会大大减小。所有的检测流速的孔通常应堵上，有必要将毕托管从管道中抽出。为了清洗的目的定期应在带压的条件下将毕托管抽出，这时高的汽速很可能会损毁已插入的毕托管。

5.7 安装日期：1992年第一季度

5.8 总结：

5.8.1 检测对象：进入蒸汽透平的主蒸汽的流量测量

5.8.2 产品：用于电网的电能

5.8.3 流体：蒸汽

5.8.4 流量：50000至250000磅/小时

5.8.5 压力：高压HP=100PSIG（正常值）

        低压LP=4.5PSIG（正常值）

5.8.6 温度：225° F至300° F；

5.8.7 管道尺寸：24" 至40"（直径）

在此关于电力工业中的5个实例已全文译出（文献编号：24509-85至24509-89）。为了能更全面的了解国外各工业部门应用VNZ流量计解决其流量测量难题的信息，现再举一个瑞典在Avesta一轧钢厂，为了在高温大口径管道测量废气的例子，了解它们应用VNZ流量计的成功经验。

6 应用场所：从轧钢厂排出的高温废气

6.1 用户：Mefos(Avesta-Sheffield轧钢厂)，Avesta，瑞典

6.2 测量难度：Mefos是瑞典“冶金研究基金会”的缩写，它是瑞典钢铁工业的一个研究公司，而钢铁工业是瑞典拥有压倒优势的工业之一。在他们所签署的一个项目中，为了提高效率及环保，重要的任务是测量流量。

所采用的流量计应能用来测量从AOD炉子（燃烧炉）出来的热废气，这种高温的热废气含有一些固体杂质，其温度范围是+300℃到+800℃，管道尺寸是1000mm。（1米大管）

6.3 解决办法

McCROMETERV-cone流量计公司在瑞典的代表处叫“Ansko”。由于V-cone在瑞典钢铁业在测量以焦炉煤气为代表的非常脏污的气体方面已有良好的口碑和声誉，因此Mefos就找Ansko来协助解决此测量难题。当与McCROMETER接触

时，Mefos被告知：V-cone从前没有在上述这种高温、大口径、脏污气体的应用场合使用过。因此McCROMETER公司将不能对此流量计（V-cone）在该条件下作任何保证，同时在那时该公司也不知道应该用什么材料。

由于最终的用户Avesta是全世界都著名的不锈钢和特种钢的供货商，他们通告：Avesta的153MA材料将能耐受如此极高的温度。基于这条信息McCRometer就这种1000mm的在线仪表V-cone作了报价，但仍然只担保V-cone流量计只工作到+350℃的温度，而且还接受了关于在最大流量下具有极低差压的要求，即满刻度的 $\Delta P$ 值是1.27Kpa。

在极短的时间内为此指导性的“领航”项目提供了V-cone，并且安装在Avesta轧钢厂，在该流量计的下方带有支撑件。

Ansko以后获得了用户的反馈信息：告之V-cone性能良好，但用户他们需要更多的信息与资料，以便能将所获得的流量的数据翻译出来。以后Ansko和McCRometer都与该项目的主管（经理）有直接的通话联系，直到他们完全满意。

此后早些时间用户打电话给Ansko，告知他们发现他们过程的工作条件温度甚至已达+1100℃。连接的管道由于与V-cone的材料不同，发现在高温下管道有变形，而V-cone流量计则处于良好的工作状态。那些发生变形的部分以后都用153MA材料的管段所取代。此后此V-cone流量计的性能一直很好。

## 国外在化学工业、石油及天然气工业中使用VNZ流量计的实例

### 1、使用场合在连续生产过程中测量饱和蒸汽的流量

#### 1.1、工业部门：化工

#### 1.2、产品：溴化物

#### 1.3、测量方面的困难与挑战：

蒸汽流量测量一直是一种挑战，这主要是因为传统的孔板和毕托管的测量精度太低，范围度太小，工艺过程中管径通常是不知道的，而且难于满足所要求的直管段长度。蒸汽（饱和蒸汽）几乎总是非均相的流体，常有气穴、冲击、爆音和其他不正常的现象发生。

#### 1.3、以前所采用的测量方法：

在现场安装的是一个涡街流量计，由它构成了一个蒸汽质量流量的测量系统。该系统从来也没有正常地工作过。

#### 1.4、解决困难的办法

厂家向用户说明了VNZ流量计的主要特点，特别是它的流动调整作用和对流体的混合作用。以后在进厂的两条蒸汽管线上安装了两台VNZ流量计（V0108型），以前经常发生的测量难题被解决了。从VNZ流量计开始投运用户就很满意，但用户发现由计算机所指示的流量值很平稳，没有波动（以前用涡街流量计时，流量波动正负20%到30%，用户认为无波动是不合理的）。进一步调研发现与VNZ节流装置连接的差压变送器的输出是很平稳的，而且对流量的变化非常敏感。这个以色列公司从此以后只购买VNZ流量计来满足其蒸汽流量测量的需要。

#### 1.5、主要参数：质量流量 $q_m = 25000\text{kg/h}$ ，压力 $p = 4 \sim 10\text{bar(G)}$ ；

温度：非常热！ 管径尺寸：DN=200mm(8")

被测介质：从热电站出来的含有冷凝水的水蒸气（接近饱和汽）

### 2、使用场合：在一个电站中，在连续生产过程中测量蒸汽、冷凝水和上水的流量

#### 2.1、工业部门：化工

#### 2.2、产品：碳酸钾、盐类和氯气

#### 2.3、测量挑战和困难：

用户曾试用各种流量计，但它们的性能都不能满足用户的需要，因此用户处于被挫败，无能为力的状态。音和气其中主要难题是：冷凝水是一种非常难以测量的流体，原因是：它不仅仅是水，冷凝水中含有蒸汽的气泡，它们会引起冲击、爆穴，这些不良现象会损毁其他各种类型的流量计。

#### 2.4、以前所采用的测量方法：

在生产过程中属于水蒸气的这一段管线上曾采用毕托管或孔板；在过程中产生冷凝水的这一段管道上用户曾试用过多种不同的流量计，但没有一个能正常测量。

#### 2.5、解决此测量难题的办法：

安装使用了VNZ流量计，由于V型锥体有混合及存储功能，它能使大的气泡被破碎成数不清的无数极微小的气泡，因而消除通常所见的冷凝水难题。VNZ流量计投运后，流量计工作正常，用户满意。

#### 2.6、主要工艺参数：流量 $q_m=7000$ 到 $70000\text{kg/h}$

介质：水蒸气/冷凝水/供水（上水）

压力 $p=4\text{bar(G)}$ ；温度 $t=120^\circ\text{C}$

管径 $\text{DN}=100\text{mm}$

#### 2.7、用户：以色列.KAMA有限公司

### 3、VNZ流量计解决了石油与天然气工业中测试分离器的难题

#### 3.1、测试分离器的使用场所及其问题

当海上平台同时利用不仅是一口井时，通常要使用一个测试分离器。在此情况下，重要的是连续监测每口井所生产的油/凝析油、水 and 气。然而，在测试分离器的气体计量段中夹带的各种液体是众所周知的难题，特别是新井投产时，问题就更为严重。偶尔也发生以下情况：井口产出物的流量超出了测试分离器的能力，此时，水、油、被搅拌的油和其他各种残渣将被带入计量仪表。由于这种非常苛刻的处理条件所造成的结果是经常发现孔板和涡轮流量计被损坏，甚至把这些流量计迁移到工艺工程的下游某处也无济于事。

采用其他传统流量计所面临其他困难问题还包括：腊/石蜡堆积物（结块），砂粒/空穴所造成的磨蚀，由于上游阀门润滑造成油腊进入表体内并在表体内沉积。这些都导致测量误差，这些本身又导致该系统的原始投资花费增大。

还有，当试井时，通常流体流速会比正常值高，由于流量计超过范围，使分离器性能的误差加大。通常为了对付量程比问题，在设计采用孔板的测量系统中需要经常更换孔板。但是更换孔板是费时和费力的工作；当系统压力较高时更换孔板也是很危险的，要有较大的花费。

最后，这些笨重和体积庞大的装置还造成重量和空间的负担加重，这些正是当今海上平台所特别注意的主要事项。

#### 3.2、为什么VNZ流量计对于测试分离器这一使用场所是理想的？

VNZ流量计是一种先进的差压式流量计，它本身自己带有一体化的流动调整器。VNZ流量计由于设计理念全新，结构独特，使得他在现场安装条件下具有优良的计量性能，同时还不需要其他流量计所需要的那么长的上游和下游的直管段。由于极大的缩小了直管段的要求就极大地节省了空间，这在海上钻井/采油/采气平台上尤其具有重大意义。这也使得利用VNZ流量计进行技术更新改造时，安装起来很简单、容易。

VNZ流量计能更有效地测量湿气体并且能比其他大多数流量计提供更高的精度和更高的稳定性。不像其他流量计，包括孔板流量计，在VNZ流量计中没有外来杂质堆积的问题。

如果在测试分离器的气体测试管段上平行安装两台VNZ流量计，在一些情况下，它们的测量范围会比10个孔板的范围还要宽。

VNZ的测量准确度可达 $\pm 0.5\%$ ，重复性是 $\pm 0.1\%$ ，它的口径范围是15mm到3000mm。在高压的使用场合他的量程比超过10:1。如用户要求，选用特殊材料可以制造出耐腐蚀型或耐磨蚀型VNZ流量计。

### 3.3、VNZ的主要特点：

3.3.1、上游直管段长度为0D或3D，（在阀的下游安装VNZ流量计时要求3D）；

3.3.2、精确度： $\pm 0.5\%$ ；重复性： $\pm 0.1\%$

3.3.3、压损很小

3.3.4、安装方便是进行技术改造的理想的流量计

3.3.5、免维护或维护的工作量很小

3.4、利用VNZ流量计能成功地完成如下测量工作：

3.4.1、湿气体，磨蚀性流体和被干扰的流体；

3.4.2、在压缩机站中为实现防喘振控制所需要的流量测量；

3.4.3、从分离器流出的各种流体：如天然气、油和水；

3.4.4、注气系统中的流量测量；

3.4.5、已被污染的水（含砂、油、石蜡和其他烃类物质的污水）

4、使用场合：为加热油井口中的重油，往井口注入蒸汽，蒸汽的贸易输送计量。

4.1、工业部门：石油与天然气工业

4.2、产品：石油

4.3、生产过程：提高石油的采收率

4.4、使用背景：在废热发电厂和油田的操作者之间存在着蒸汽贸易输送计量。为了加热井底的重油（API比重典型值为6~15）油田的操作者将热蒸汽注入地下井中。重油一旦被加热，重油减少了粘度就可以通过传统的抽油泵将油回收地面。在谈判定好的贸易输送交接点，按照热量（BTU）操作者付蒸汽的费用。废热发电厂保存在该交接点处热蒸汽的压力和质量采用一个表面分离器定期对蒸汽的质量进行检定。

4.5、测量方面的困难与挑战：

根据操作者所采用的提高采收率的方法，操作者要求不断改变所需要的蒸汽的量。从废热发电厂来的热蒸汽的主要入口可能仅是油田用各种方法获得蒸汽的来源之一。如果各个点都在用蒸汽，那么一个点的蒸汽压可能下跌。于是油田决定整个

油田（至少是大部分用户）的蒸汽管线连接成一个系统。因此流量计的测量范围就显得格外重要。另外由于是贸易输送计量，因此保持长期稳定的高精度是很必要的。用户发现蒸汽能很快地把一次元件孔板的入口边缘磨成钝角。结果精度丧失。

4.6、以前所采用的流量计：孔板

4.7、解决此测量难题的方法：

为满足变化的流量的测量要求，采用一个4英寸（DN100mm）的VNZ流量计。它有足够的量程比。测量要求按工况换算成水每天的汽量正常值是4000桶。此外由于没有边缘磨损问题，可以长期保证其测量精度，无需每年更换一次元件。附加的效益还有：在潜在两相流的条件下（因有水/水蒸气），不像传统差压式流量计那样，VNZ流量计具有的测量漂移很小。在此应用场合，蒸汽质量典型值是在90%至100%之间。在注射器处蒸汽质量要稍差一些。

4.8、被测介质：水蒸气；压力：P=450Psig；粘度：0.11451CP

温度：未见报道，管径：100mm

## 国外在水工业和污水处理工业中使用 VNZ 流量计的实例

### 1、使用场合在污水处理厂中测量蒸煮气体的流量

#### 1.1、工业部门：水/污水处理

#### 1.2、测量困难与挑战：

用户曾采用罗克韦尔（Rockwell）的气体涡轮流量计来测量蒸煮气的流量，但有问题。这些气体涡轮流量计从未正常工作过，他们从未给计算机系统提供正确的流量输出。城市需要对蒸煮气体有准确的流量测量结果，于是选用了几个VNZ流量计。有关使用VNZ流量计的文章曾刊登在“水和污水处理”杂志上（1992年4月的一期），该文帮助用户下决心使用VNZ流量计。到1995年12月已安装上了三台VNZ流量计。

#### 1.3、以前的测量方法：三台气体涡轮流量计

1.4、解决方法：用户采用了三台（V0103型）口径3英寸（DN80）的VNZ流量计

#### 1.5、被测流体：蒸煮气体（DigesterwetGas）

流量：0~150标立方英尺/分；压力：60~100psi

温度：60° F，流量计口径：3英寸（DN80）

### 2、使用场合：测量进入备用发电机组的天然气流量

#### 2.1、工业部门：水/污水处理

#### 2.2、测量方面的困难与挑战：

在用户的备用发电机组上没有天然气流量测量仪表，用户要求知道每台发电机组的用气量是多少。用户还要求了解每台机组的性能和效率，以便能确定一个有效地维护时间表。用户选用了VNZ流量计，于1995年12月安装在机组旁。

#### 2.3、以前的方法：无测量手段

2.4、解决方法：选用安装了两台（V0101型），口径为1英寸（DN25）的VNZ流量计，使用情况良好。

#### 2.5、被测介质：天然气，流量：0~50标立方英尺/分，

压力：60~100PSI

温度：60° F，流量计口径：1英寸（DN=25mm）

### 3、使用场合：精确测量从水库流出结构排出的生水流量

#### 3.1、工业部门：水/污水处理

3.2、过程：测量流入Semper水处理厂的未经处理的生水流量。

#### 3.3、测量的困难与挑战：

在一个42英寸（DN1050）的管线上只有42英寸（1050mm）的长度空间可以安装一个流量计。

有三条连接的管道接入主汇管，他们的位置分别在流量计的上游D/2，3D与5D处（D接管直径）。这些接入主汇管的管道将在流量计的上游引发相当大的紊流干扰（包括旋涡二次流和速度分布畸变）。

3.4、以前所采用的方法：最初曾采用一个标准品牌的流量管（flowtube）。在日流量从5百万加仑至45百万加仑（MGD）的范围内。流量管的瞬时精确度是被测流量的5%至35%。流量越小，误差越大。而水工业的管理政策则要求以更高的测量精度为农业灌溉公司供水。简而言之，流量管的测量精度太低。

#### 3.5、解决办法：

为了能装入利用的空间，将总长度变短了的一个42英寸的VNZ流量计安装到位。它的尖锥体元件突出到测量管的下游法兰之外约22英寸，实际上是将该突出部份插入到用户的管道之中。在投入运行之后一年，经估算该测量系统的测量精确度在全部流量测量范围内为 $\pm 2\%$ ，在将工作用水及回收水的全部有关因子都输入方程之后，精确度可望进一步提高。

3.6、被测介质：由水库送出的未经处理的生水，流量：5至45MGD（百万加仑/日）；管径尺寸：42英寸（DN=1050mm）。

3.7、安装日期：1993年3月。

4、使用场合：在沙漠地区测量水井的井口流量。

4.1、测量挑战和困难：井口的水流量是强烈的紊流，并且带有许多泥砂和杂质。由于直管段很短，所以紊流扰动是很强烈的。砂石碎片，会使检测流量的一次元件损坏而且需要有大量昂贵的现场维修。用户曾面临相当重的维修难题，因为当时在井口所采用的机械式水表。由于紊流扰动、直管段短、泥沙和杂质这几种因素的共同影响，用户对当时所用的机械式水表很头痛。

4.2、以前所采用的流量计：各种旋翼式水表和涡轮流量计。

4.3、解决办法：自从在水井井口安装上VNZ流量计以后，用户对它的性能一直非常满意。由于VNZ流量计没有可动部件用户的维修难题得以解决。有计划在今后全部水井上推广使用VNZ流量计。用户在今后再也不愿意采用带有可动部件的流量计。对于这种使用场合VNZ流量计的另一个优点是它的流动调整能力。由于这种自整流能力，可以在一个弯头的下游（D或2D）处安装VNZ流量计。这要比其他流量计所要求的直管段短得多。到1994年在南加里福尼亚已安装了三百多台VNZ流量计。紊流、泥沙不再造成难题。

4.4、被测流体：水井的生水；流量：1800~2800加仑/分；压力：40~60 psig；水温：50~60° F；口径：各种不同尺寸。

5、使用场合：测量从一个水处理厂流出的水流量

5.1、测量要求：要求在水处理厂增压水泵出口的4英寸（DN=100mm）管道上

测量水流的流量，但可以利用直管段极其有限。

5.2、测量的挑战与困难：从增压泵的出口法兰到一个渐缩管之间共有 32 英寸（约 812mm）的管段长度可用来安装一个流量计。在流量计的入口处是刚刚从泵排出的强烈紊流。

5.3、以前所采用的方法：没有其他合适的流量计。

5.4、解决办法：在距离水泵的出口法兰 4 英寸（100mm）处安装一个口径为 4 英寸（DN100）的 VNZ 流量计。这套流量计为用户提供了所要求的精度与计量性能。

5.5、被测流体：废水排出液；管径：4 英寸（DN=100mm）。

## 国外在钢铁、冶金和矿产工业中使用VNZ流量计的实例

1、使用场所：测量连续生产过程中脏污的焦炉煤气的流量。

1.1、生产过程：生产轧辊薄板轧件的轧钢车间。

1.2、测量的困难与挑战：由于在管内壁和工艺管线其他部件处容易有固体物质堆积，监测焦炉煤气一直是一个难题。污物的严重积累常使文丘利管或孔板丧失流量测量的能力。由于取压孔会被堵塞从而不能进行正常的流量测量。至少每月应更换或清洗上述的这些流量计。

1.3、以前采用的方法：用户曾采用过文丘利管、孔板和圆缺孔板等流量计。

1.4、解决办法：曾安装了一个150mm的VNZ流量计，使用一个月后由用户进行检查，发现流量计内部是干净的并且锥体上没有被磨损的迹象。于是用户反映：VNZ流量计所表现的性能比他们预期的要好很多，虽然气体是被严重污染的，但在锥体上没有被磨蚀的迹象。VNZ流量计解决了表内固体污染的堆积的问题以及由于边缘被磨损所造成的 $\beta$ 比值改变的问题。所以有如此好的效果一方面是由于VNZ流量计的自清扫能力，由于流体在锥体与管内壁所形成的环隙中被加速，所以取压孔不易被堵塞（此处无取压死角），另一方面是流体与锥体相互作用重新形成最佳的速度分布剖面及新的边界层，使原始校准数据得以在现场复现而且新形成的边界层会保护决定 $\beta$ 比值的边缘不被磨损。

1.5、被测流体：焦炉煤气；粘度：1.2000E-02cp，流量：80~743标立方米/时；压力：0.08~0.105Bar(G)；温度：35~60℃；口径：150mm。

2、使用场所：从轧钢厂排出的高温废气。

详见“国外在电力工业中使用VNZ流量计的实例”中的第6例（6.1至6.3）

3、使用场所：在对苏打灰[（钠）碱灰]、钾碱（碳酸钾）、硝酸盐和其他各种盐类矿产进行溶液采矿时，需要用泵将含溶解固体杂质的浆液收集并通过换热器排出。对此种浆液要进行流量测量。

3.1、生产过程：溶液采矿。

3.2、产品：苏打灰、钾盐、硝酸盐和其他盐类化合物。

3.3、被测介质：原始溶液（含固相物质很多的高温浆液）。

3.4、测量的困难与挑战：

原始溶液富含溶解的固相矿渣而且它的温度相当高，由于压损相当大，固相物质会使孔板磨蚀而且有固相物质堆积。

3.5、以前所采用的的测量方法：曾采用过螺旋桨（旋翼）式流量计，但很不成功。每使用6至10周就需将流量计拆下来进行清洗并重新将零件组装。在流量计中流体不流动区会有类似盐类的物质堆积，直到最后使叶轮停止转动。由于孔板前后都有死角，因此会有固体物质在该死角堆积。随着堆积物日益增多可能会使孔板下

游的管道阻塞，压损极大。

3.6、解决办法：为保持最小压损精心设计了一批6英寸到8英寸（DN150至200）的VNZ流量计。流量是相当恒定的，量程比从2:1到5:1。流量计工作正常。

3.7、测量工况条件：流量：70至1350加仑/分；压力：113PsiA；温度：340° F；口径：6至8英寸（DN150至200mm）；比重（工况下密度）：55.6磅/立方英尺。

4、使用场所：在一个轧钢厂中有一个热电站。从该热电站输送饱和蒸汽给一个金属镁的加工厂。要求测量该饱和蒸汽的流量。

4.1、测量的困难与挑战：水蒸汽的流量测量总是一种挑战，其原因是：传统的流量计如毕托管和孔板，它们的精度太低，测量范围太窄，再加上工艺过程中的管道内径往往不知其准确数值，而且它们所要求的直管段长度是很难满足的。

4.2、以前所采用的测量方法：这是一个新建的项目。曾考虑过所有的其他流量计如毕托管，插入式涡街或涡轮流量计等。然而这些流量计不能提供足够精确的测量结果（它们只是点测量，没有在整个横截面进行有效的测量）。再有：它们的上游直管段的长度要求，工程上往往难于满足。

4.3、解决办法：为解决所有这些测量难题VNZ流量计是唯一的解决办法。它的关键特点是：要求的直管段很短，自带流动调整（整流器）功能，它能使速度分布变得很均匀平坦、压损小、节能，而且具有很好的重复性。该电站用户购买了20多台VNZ流量计用于蒸汽计量，对其性能非常满意。此外，为解决低压空气的流量测量难题，该用户还订购了16台VNZ流量计（口径从14英寸到60英寸不等）。

4.4、被测介质与参数：饱和蒸汽；流量：18000到200000公斤/时；压力：0.5到1.5Bar（G）；温度：120到150℃；口径：42英寸（1050mm）。

## 国外在航天 食品与饮料及工业分析与仪表工业使用VNZ流量计的实例

### 1、工业部门：航天工业

1.1、过程或对象：火箭测试实验室（属于美国空军）。

1.2、使用场合：高压氦气的贸易输送计量点（军品贸易输送）。

1.3、测量的困难与挑战：远距离（遥）测量，要求有大的量程比，而传统的孔板流量计则需要有3个平行的计量管线来覆盖所要求的测量范围。

1.4、以前采用的方法：历史上是采用多个孔板流量计。

1.5、解决办法：由于是高压，采用了带 2500磅 RTJ法兰的口径为 1 英寸（25.4mm）的VNZ流量计。VNZ流量计能有较宽的量程比同时还保持较高的测量精度。不像传统的孔板流量计那样，VNZ流量计中决定 $\beta$ 比值的边缘不会像孔板入口边缘那样被磨损。在使用多年之后可以确保VNZ流量计的整体的完整性。由于VNZ流量计的重复性很好，对于气体贸易输送的计量场合，它是最理想的。

1.6、被测流体：氦（He）；比重：0.14；流量 1500标立方英尺/分；压力 5000PSIG；温度：常温；流量计口径：1英寸（25.4mm）

### 2、工业部门：食品与饮料工业

2.1、生产过程：酒精的生产过程。

2.2、使用场合：测量酒精的流量。

2.3、测量的困难与挑战：

以粮食为原料的酒精（乙醇）是难于被测量的，原因是由于酒精的溶解特性，会将涡轮流量计轴承中的润滑脂溶解掉而使涡轮流量计严重损毁。酒精还有它相对较低的蒸汽压这使得若使用传统的差压式流量计，将难于在规定的全部范围内进行有效的测量。现有的酒精厂可利用来进行有效流量测量的直管段相当的短。

2.4、以前采用的方法：液体涡轮流量计。

2.5、解决办法：

进行最佳设计，制造了一个3/4英寸的VNZ流量计，它的量程比是6:1，而且压损很小。流量计安装点上下游都有最短的直管段，上游 $L_1=2D$ ，下游 $L_2=3D$ 。用户故意将现有的精密型液体涡轮流量计暂时留在管线上数周，把它用作核查比对表。比对结果证实在任一指定的测量点，VNZ流量计的示值的偏差均小于0.25%。

2.6、被测介质：酒精；分子量：32.04；流量：7.5加仑/分；压力：5PSIG；温度：常温；流量计口径尺寸：3/4英寸（DN=20mm）。

### 3、工业部门：工业分析与仪表制造工业

3.1、使用场合：精密监测送往各生产装置的空气流量。

3.2、使用背景：用户原有三个压缩机，同时使用在三条管线上分别装有3台孔板流量计以监测全厂所用的空气流量。

3.3、测量困难与挑战：

要求在更宽的测量范围内具有更高的精度。

3.4、以前采用的方法：3套孔板流量计，3台压缩机都必须不停的工作。

3.5、解决办法：将一台3英寸的VNZ流量计安装与三台压缩机相连接的汇管上。由于VNZ流量计能更准确地测量出厂里空气的需求量，并使压缩机打循环，这样仅需一台或两台压缩机工作而很少启动第三台。这样不但节省了电费也减少了维修的工作量。由于第三台压缩机经常是处于停用状态，它就成了1#与2#压缩机的备用机。当1#或2#机组维修时才启用了3#机组。

与VNZ测量测量节流装置相连接的是霍尼威尔（Hoeywell）的DPXMTR型流量记录仪和带有报警功能的数字化盘式仪表。

3.6、被测流体：空气；流量：203~2030标立方英尺/分；压力：140PAIG；温度：100° F；流量计口径尺寸：3英寸（DN=80mm）。

## 内锥流量计在方形管道中的应用实例

1、日期：94-05.24

2、Ref.#.94-23160/1028

3、应用场合：在方形管道中测热空气流量，而且在流量计的入口和出口都没有直管段。

4、用户：瑞典、Gothenlurg，壳牌炼油厂。

5、以前的困难问题及解决办法

壳牌炼油厂（Shell Refinery）曾有需要在两个地方测量热空气的流量，并且要求该流量计的压损要小。

困难的问题是：热空气通过的是两个方形的管道（矩形管道）其尺寸为：1400mm×502mm和1200mm×451mm。在较大的管道上有一个分歧口，由此口分成两条腿（即两个支管），在该处曾安装过流量计，在该处简直说就是没有直管段。可以利用的直管段总共1800mm，对于所有这些矩形管道都相同（没有直管段）。

为了环境方面的原因，壳牌炼油厂需要得到有关流量的信息。为此应尽快找到一个解决办法来解决此难题。

由于V-cone没有供应用于方管的流量计，用户最先试图用多点的插入式量热式的质量流量计来解决此难题。用了两个流量计（量热式），由于厂家声明的精度太差，无精度保证说明而且价格极高。后当地代表决定将矩形管切开，通过一个过渡件将V-cone流量计接入，以后壳牌炼油厂订购了4台V-cone，其尺寸为600mm，要求4周供货，结果McCrometer仅用了三周就完全交货，使用非常正常，非常好。

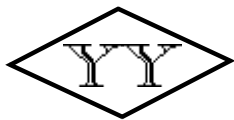




## 流量计性能对比表

	孔板	涡街	气涡轮	气超声	VNZ
量程比	1:3(10)	1: 40	1: 50	1: 50	1: 15 (1: 30)
压损	很大	较小	较小	带 FC 时有压损, 较小。	较小
对涡流敏感度	很敏感	很敏感	不敏感 (加整流器)	相对不敏感	不敏感
对速度分布敏感度	很敏感	很敏感	不敏感 (加整流器)	相对不敏感	不敏感
测脉动	不适合	不适合	不适合	适合	在一定条件下适用
测双向流	不可以	不可以	不可以	可以	暂不可以
测湿气体	不可以	不可以	不可以	可以 (5%以下可以)	5%以上也可以
清洗管路	不可以	不可以	不可以	可以	不可以
直观段要求	很长	很长	较长 L1=2D, L2=2D, 带合格 FC	L1=15D—5D, L2=5D—2D 带合格 FC	L1=0-3D, L2=0—1D 最短
是否需 FC 整流器	需要	需要	需要	需要	不需要整流器
测脏污沉淀/气流	不可以	不可以	不可以 (需装过滤器)	在一定条件下可用, 但维护量大。	可以适用
耐用性	差	差	(有可动部件) 差	较好	好
性能/价格比	最低	较差	比较为中等价位中	比较为中上, 价位高	最高, 价位低
高温/低压/低流速	是/否	否	否/否	否/否	是/是





## 银河仪表有限公司

---

地址：宁夏银川市银佐路168号

电话：(0951)6146094 6146138

传真：(0951)6146286 6146149

邮编：750004

电子信箱：webmaster@nxyhyb.com.cn

网址：<http://WWW.yhyb.com>