



中华人民共和国国家标准

GB/T 30243—2013

封闭管道中流体流量的测量 V形内锥流量测量节流装置

Measurement of fluid flow in closed conduits—
Specifications for V-cone pressure differential flow measuring device

2013-12-31 发布

2014-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会



目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 测量原理	2
5 产品分类与基本参数	3
5.1 产品分类	3
5.2 基本参数	3
6 测量的一般要求	3
6.1 流体的性质	3
6.2 流动状态	3
6.3 安装	4
7 技术要求	4
7.1 基本误差限和重复性误差	4
7.2 耐压强度	4
7.3 压力损失	4
7.4 外观	4
8 试验方法	5
8.1 试验设备和试验条件	5
8.2 基本误差和重复性误差	5
8.3 耐压强度	6
8.4 压力损失	6
8.5 外观	7
9 检验规则	7
9.1 出厂检验	7
9.2 型式检验	7
10 标志、包装及储存	7
10.1 标志	7
10.2 包装	8
10.3 运输	8
10.4 储存	8
附录 A (资料性附录) 可膨胀性系数 ϵ 的计算	9
附录 B (资料性附录) V 锥最小上、下游直管段	10
参考文献	11

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本标准由上海工业自动化仪表研究院、天津大学自动化系负责起草。北京瑞普三元仪表公司、重庆川仪自动化股份有限公司流量仪表分公司、丹东通博电器(集团)有限公司、福建上润精密仪器有限公司、合肥精大仪表有限公司、江阴节流装置厂有限公司、开封仪表有限公司、山东飞龙仪表有限公司、上海华强仪表有限公司、上海肯特智能仪器有限公司、上海信东仪器仪表有限公司、天津市亿环自动化仪表技术有限公司、天信仪表集团有限公司、余姚市银环流量仪表有限公司、浙江迪元仪表有限公司、中国仪器仪表行业协会自动化仪表分会参加起草(按汉语拼音顺序排列)。

本标准主要起草人:张涛、徐英、李明华。

本标准参加起草人(按汉语拼音顺序排列):戈剑、郭爱华、郭永刚、何勤、李振中、林清萍、刘杰、刘忠海、吕宁军、苗豫生、邵思、孙向东、武丽英、颜永丰、赵仁玉、朱家顺、朱建国。

封闭管道中流体流量的测量

V形内锥流量测量节流装置

1 范围

本标准规定了安装在充满流体的圆形截面管道中测量流体流量的V形内锥流量测量节流装置(以下简称V锥)的术语、产品分类、基本参数、要求、试验方法、检验规则、标志、包装及储存。

本标准适用于测量单相流的V锥。

本标准不适用于测量脉动流的V锥。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2624.1—2006 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第1部分:一般原理和要求

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 17611—1998 封闭管道中流体流量的测量 术语和符号

GB/T 22133—2008 流体流量测量 流量计性能表述方法

ISO/TR 3313:1998 封闭管道中流体流量的测量 脉动流对流量测量仪表的影响(Measurement of fluid flow in closed conduits—Guidelines on the effects of flow pulsations on flow-measurement instruments)

3 术语和定义

GB/T 2624.1—2006、GB/T 17611—1998 和 GB/T 22133—2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

V形内锥流量测量节流装置 V-cone pressure differential flow measuring device

由测量圆管、V形锥体组成的节流装置。在测量圆管内,V形锥体同轴固定安装在测量圆管的中心轴线上。V形锥体由具有同一圆形底面的两个平截头圆锥体构成。

3.2

等效直径比 equivalent diameter ratio

β

V锥锥体最大直径处的环隙流通面积相等的圆面积的直径与V锥上游测量管道的内径之比,可表示为式(1):

$$\beta = \frac{\sqrt{D^2 - d^2}}{D} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

D ——上游测量管道的内径，单位为米(m)；

d —— V 锥最大横截面的直径，单位为米(m)。

3.3

永久压力损失 permanent pressure loss

压力损失或压损 pressure loss

流体为克服阻力(例如流体流过各种节流装置、流量计、阻流件、或流动调整器时)所引发的不可恢复的压力降低值。

4 测量原理

充满管道的流体流经管道内的 V 锥，流束将在节流件(V 形锥体)与测量圆管的内壁之间形成局部收缩，从而使流速增加，静压力降低，于是在节流件前后产生静压力差(或称差压)。流体的流速愈大，在节流件前后产生的差压也愈大，所以可通过测量差压来测量流体流经 V 锥时的流量大小，这种测量方法是以能量守恒定律和流动连续性方程为基础的。原理结构如图 1 所示。



图 1 原理结构示意图

质量流量与差压的关系可用式(2)确定：

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \epsilon \frac{\pi}{4} D^2 \beta^2 \sqrt{2\Delta p \rho} \quad \dots\dots\dots (2)$$

体积流量可用式(3)确定：

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} \quad \dots\dots\dots (3)$$

其中：

$$\Delta p = p_1 - p_2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

q_m ——流体的质量流量，单位为千克每秒(kg/s)；

q_v ——流体体积流量，单位为立方米每秒(m³/s)；

C ——流出系数，无量纲；

Δp ——V 锥上、下游侧的差压，单位为帕(Pa)；

p_1 ——V 锥上游侧压力，单位为帕(Pa)；

p_2 ——V 锥下游侧压力，单位为帕(Pa)；

ρ ——工作状况下，节流件上游处流体的密度，单位为千克每立方米(kg/m³)；

ϵ ——被测介质的可膨胀性系数，无量纲(不可压缩流体 $\epsilon=1$ ，可压缩流体 $\epsilon<1$)， ϵ 的确定请参照附录 A。

5 产品分类与基本参数

5.1 产品分类

V 锥与管道连接方式分为：

- a) 法兰式；
- b) 夹持式；
- c) 焊接式。

5.2 基本参数

5.2.1 适用管道通径范围

V 锥的适用管道通径范围为 25 mm~3 000 mm。

5.2.2 适用雷诺数

V 锥的适用雷诺数大于 5 000，经过锥形芯体产生的差压应不大于表 1 的差压上限。

表 1 差压上限值

节流比	0.4	0.5	0.6	0.65	0.75
差压上限/kPa	400	370	310	270	150

5.2.3 等效直径比

V 锥的等效直径比 β 在 0.35~0.85 之间。

5.2.4 前后锥角

V 锥锥形芯体的前锥角为 35°~60°，后锥角为 60°~135°。

注：后锥角在 120°~135°之间为宜。

5.2.5 取压方式

V 锥取压方式分为管壁取压、尾部取压。

6 测量的一般要求

6.1 流体的性质

流体可以是可压缩的或者被认为是不可压缩的。

流体在物理学和热力学上可被认为是均匀的和单相的。高分散度的胶质溶液(例如牛奶)，也只有这类溶液，被认为相当于单相流体。

6.2 流动状态

本标准不适用于脉动流的测量。流体的流量应该恒定，或实际上只随着时间发生微小和缓慢的变化。

符合式(5)条件的流动被认为不是脉动流：

$$\frac{\Delta p'_{rms}}{\Delta p} \leq 0.10 \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中：

- $\overline{\Delta p}$ ——差压的时间平均值；
- $\Delta p'_{rms}$ ——差压波动分量的均方根值。

$\Delta p'_{rms}$ 只能采用快速响应差压传感器进行精确测量；而且整个二次系统要符合 ISO/TR 3313:1998 规定的设计建议。但通常并不要求检查是否满足此条件。

只有当一次装置内流体没有相变时，本标准相应部分规定的误差才是有效的。

如果流体是气体，下游与上游的压力比(p_2/p_1)应足够大，否则可膨胀性系数会有较大的不确定度(参见附录 A)。

6.3 安装

V 锥的安装应符合下列要求：

- a) V 锥应安装在与上、下游通径一致的相应管道上；
- b) 流量调节阀应设置在 V 锥的下游处；
- c) V 锥上、下游的最小直管段长度由锥形芯体的几何结构决定，即受节流比、前后锥角等影响，具体应由制造厂根据自行设计的结构通过实流试验给出。附录 B 为某一特定结构下的上、下游最小直管段长度参考值。

7 技术要求

7.1 基本误差限和重复性误差

每一台 V 锥在出厂前都应经过实流标定(校准)来确定它的流出系数和基本误差。

经实流标定后 V 锥的基本误差应不超过表 2 中的规定，重复性误差应不超过其基本误差限绝对值的三分之一。

表 2 基本误差限

准确度等级	0.5	1.0	1.5	2.0
基本误差限/%	±0.5	±1.0	±1.5	±2.0

7.2 耐压强度

V 锥应能承受 1.5 倍公称压力保持 5 min 的耐压强度试验，无损坏、无渗漏。

7.3 压力损失

应提供 V 锥的压力损失测试数据，并提供所测试 V 锥的口径、 β 值、流量值等所需信息。

7.4 外观

V 锥的表面应光洁完整，金属零件应无锈蚀损伤，零部件、紧固件无松动。铭牌上的所有文字、数字、符号及流向标记应正确清晰。

8 试验方法

8.1 试验设备和试验条件

8.1.1 试验设备

液体流量标准装置:

- a) 流量标准装置的基本误差限应不超过 V 锥基本误差限的二分之一;
- b) 装置累积时间内的流量稳定性应优于 0.2%。

8.1.2 试验条件

试验条件如下所示:

- a) 一般试验大气条件
 - 环境温度: 5 °C ~ 35 °C;
 - 相对湿度: 35% ~ 85%;
 - 大气压力: 86 kPa ~ 106 kPa。
- b) 其他环境条件
 - 机械振动应小到忽略不计。
- c) 试验介质
 - 水或其他液体。

当标定用介质的密度、黏度不同于工况下的介质密度、黏度时,应按等雷诺数原则,对标定用流量进行换算。

8.2 基本误差和重复性误差

8.2.1 试验方法

V 锥安装在流量标准装置水平试验管段上,在流量上限值下预运行一段时间(>5 min),使管道介质温度均匀,流场稳定,然后开始进行试验,按 q_{\min} 、 $0.2q_{\max}$ 、 $0.4q_{\max}$ 、 $0.7q_{\max}$ 、 q_{\max} 5 个标定点进行标定,分别测出标准流量值、与之对应的差压值及密度值,计算流出系数。

q_{\min} 和 q_{\max} 分别为 V 锥的流量测量下限和上限,经计算如果 $0.2q_{\max}$ 等标定点小于流量测量下限 q_{\min} ,则该点可以取消。对口径大于等于 300 mm 的 V 锥, q_{\max} 允许设在上限值的 80% 左右。

8.2.2 流出系数的计算

用液体流量装置标定时,流出系数按式(6)计算:

$$C_{ij} = \frac{4q_{vij} \sqrt{1-\beta^4}}{\pi D^2 \beta^2 \sqrt{2\Delta p_{ij}/\rho}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

i —— 标定点数, 1, 2, 3, 4, 5;

j —— 每个标定点的标定次数 1, 2, ..., n , $n \geq 3$ 。

q_{vij} —— 第 i 个标定点上第 j 次标定测得的流体体积流量,单位为立方米每秒(m^3/s);

Δp_{ij} —— 第 i 个标定点上第 j 次标定测得的差压值,单位为帕(Pa);

C_{ij} —— 第 i 个标定点上第 j 次标定测得的流出系数,无量纲。

第 i 个标定点的平均流出系数 C_i 按式(7)计算:

$$C_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n C_{ij} \quad \dots\dots\dots(7)$$

V 锥的平均流出系数 C 按式(8)计算:

$$C = \frac{C_{imax} + C_{imin}}{2} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

C_{imax} ——第 i 个标定点上测得的最大流出系数;

C_{imin} ——第 i 个标定点上测得的最小流出系数。

8.2.3 流出系数线性度误差计算

第 i 个标定点的流出系数线性度误差 δ_{li} 按式(9)计算:

$$\delta_{li} = \frac{C_i - C}{C} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(9)$$

V 锥的流出系数线性度误差 δ_l 按式(10)计算:

$$\delta_l = \pm \frac{(C_{imax} - C_{imin})}{C_{imax} + C_{imin}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(10)$$

8.2.4 流出系数重复性误差计算

第 i 个标定点的流出系数重复性误差 δ_{ri} 按式(11)计算:

$$\delta_{ri} = \frac{1}{C_i} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (C_{ij} - C_i)^2}{n-1}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

n ——每一标定点的测量次数。

V 锥的重复性误差 δ_r 按式(12)计算:

$$\delta_r = \max(\delta_{ri}) \quad \dots\dots\dots(12)$$

8.2.5 V 锥基本误差的计算

V 锥的基本误差 δ 按式(13)计算:

$$\delta = \pm \sqrt{\delta_l^2 + \delta_r^2} \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

δ_l ——流出系数线性度误差;

δ_r ——流量标准装置的基本误差限,当其值不超过 V 锥基本误差限的三分之一时,可以忽略不计,则得出式(14):

$$\delta = |\delta_l| \quad \dots\dots\dots(14)$$

8.3 耐压强度

给 V 锥通入 1.5 倍公称压力的液压,历时 5 min,观察外壳及密封面处有无损坏和渗漏现象。

8.4 压力损失

利用 V 锥上游的高压取压孔和下游侧(从 V 形锥体的尾端算起的下游侧)6D 处设置的低压取压孔,在最大流量下测取两处的压差,即为其最大压力损失值。记录被试 V 锥的口径、 β 值、测试流量等信息,可以给出压力损失数据。

8.5 外观

采用目测法和相应的工具检验 V 锥的外观。

9 检验规则

9.1 出厂检验

每台 V 锥须经本厂质量检验部门检验合格,并出具产品合格证后方可出厂。

出厂检验如有项目不合格,允许修复后重新检测。

V 锥的出厂检验项目见表 3。

表 3 出厂检验和型式检验项目

序号	试验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	基本误差和重复性误差	7.1	8.2	√	√
2	耐压强度	7.2	8.3	√	√
3	压力损失	7.3	8.4	—	√
4	外观	7.4	8.5	√	√

注：“√”为必需检验项目；“—”为不检项目。

9.2 型式检验

9.2.1 型式检验条件

在下列情况之一时,V 锥应按本标准全部技术要求进行型式检验:

- 试制产品的定型鉴定或样机试验;
- 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改进,可能影响产品性能时;
- 产品停产一年以上再恢复生产时;
- 国家质量监督机构提出型式检验要求时。

9.2.2 型式检验的样本抽取和判定规则

检验的样品从出厂检验合格品中抽取,每次抽取 3 台,全部通过为检验合格,若有一台一项不合格,则加倍抽取样品,对不合格项进行复检,全部通过为检验合格,否则为检验不合格。

10 标志、包装及储存

10.1 标志

10.1.1 铭牌

V 锥外壳的适当位置上应有铭牌,铭牌上标明:

- 制造厂名;
- CMC 标志和许可证编号;

- c) 产品名称;
- d) 产品型号;
- e) 制造日期和编号;
- f) 公称通径;
- g) 公称压力;
- h) 准确度等级;
- i) 平均流出系数;
- j) 等效直径比。

10.1.2 外壳标志

在 V 锥外壳的明显部位应有表示流体流动方向的永久性标志。

10.1.3 包装标志

包装箱外应有包装储运图示标志,标志应符合 GB/T 191 的规定。

10.2 包装

V 锥的包装应符合 GB/T 13384 的规定。随机文件装入资料袋,资料应有以下内容:

- a) 产品合格证;
- b) 使用说明书;
- c) 装箱单。

10.3 运输

包装后的 V 锥可用常规运输工具运输,应避免雨雪直接淋浸,并要防止剧烈的撞击和振动。

10.4 储存

V 锥应储存在环境温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+55\text{ }^{\circ}\text{C}$,清洁、干燥、无腐蚀性气体和物质的场所。

附 录 A
(资料性附录)
可膨胀性系数 ϵ 的计算

A.1 可膨胀性系数 ϵ 的计算公式

可膨胀性系数 ϵ 是考虑到流体的压缩性所使用的系数。气体流量测量与校准中的关键问题是可膨胀系数 ϵ 如何确定。根据 V 锥的流量计算公式,可按式(A.1)确定 ϵ 值。

$$\epsilon = \frac{4 q_m \sqrt{1 - \beta^4}}{\pi \beta^2 D^2 C \sqrt{2 \Delta p \rho_1}} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

可膨胀性系数 ϵ 应由制造厂根据自行设计的结构,通过实流实验和研究给出。

A.2 可膨胀性系数 ϵ 估算公式

可膨胀性系数 ϵ 的估算见式(A.2):

$$\epsilon = 1 - (0.6969 - 0.0789\beta^4 + 0.7513\beta^8) \frac{\Delta p}{\kappa p_1} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

κ ——等熵指数,无量纲。

注:估算公式(A.2)依托现有实验装置,利用正压法和负压法五套气体流量标准装置,在不同上游侧压力下,对天津大学设计^{[9]~[11]}的不同等效直径比的 DN 50 和 DN 100 口径 V 锥流量计进行 73 组实验,每组实验包含不同标定点 10 个以上。对全部实验数据进行有效性判别之后,利用有效数据拟合得到的。其适用范围见表 A.1。

表 A.1 可膨胀系数计算模型适用范围

β	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85
流速范围 m/s	≤ 40	≤ 60	≤ 75	≤ 85	≤ 90
p_2/p_1	≥ 0.65	≥ 0.68	≥ 0.70	≥ 0.80	≥ 0.89
不确定度	0.75%	0.55%	0.67%	0.73%	0.55%

附录 B

(资料性附录)

V 锥最小上、下游直管段

当锥形芯体的前后锥角分别为 45°和 120°时,不同等效直径比下 V 锥与阻流件间所需的最小上、下游直管段可参考表 B.1(参见参考文献[12]~[14])。

表 B.1 液体与气体测量,雷诺数 $\leq 2 \times 10^6$

阻流件	上游		下游
	$0.45 \leq \beta < 0.65$	$0.65 \leq \beta \leq 0.75$	
单弯头	2D	3D	2D
	$0.45 \leq \beta < 0.65$	$0.65 \leq \beta \leq 0.75$	
双弯头	1D	2D	2D
	2D		
三通	2D		3D
全开球阀	2D		3D
全开蝶阀	5D		3D
半月形孔板	5D		3D
同心渐扩管(在 2.5D 长度内由 0.67D 变为 1D)	2D		2D
同心渐缩管(在 3.5D 长度内由 3D 变为 1D)	2D		2D

25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5
40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0
80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0
160.0	180.0	200.0	220.0	240.0	260.0

参 考 文 献

- [1] Stephen A. Ifft, Eric D. Mikkelsen. Pipe Elbow Effects on the V-Cone Flowmeter, ASME Fluids Engineering Conference[R], Washington D.C., 1993.
- [2] Stephen A. Ifft. Partially Closed Valve Effects on the V-Cone Flowmeter, 8th International Conference on Flow Measurement[R], October 1996, Beijing, China.
- [3] R. J. W. Peters, M. J. Reader-Harris, D. G. Stewart. An experimental derivation of an expansibility factor for the V-Cone and wafer meter[R]. North Sea now Measurement Workshop, Kristiansand, Norway; 2001.
- [4] S.N. Singh, V. Seshadri, R. K. Singh, et al. Effect of upstream flow disturbances on the performance characteristics of a V-cone flowmeter, Flow Measurement and Instrumentation[R], 2006, 17; 291~297.
- [5] Darin George, Edgar Bowles, Marybeth Nored, et al. Tests on the V-Cone Flow Meter at Southwest Research Institute and the Utah State University in Accordance with the New API Chapter 5.7 Test Protocol[R].
- [6] R.J.W. Peters, Richard Steven, Steve Caldwell, et al. Testing the Wafer V-Cone flowmeters in accordance with API 5.7 "Testing Protocol for Differential Pressure Flow Measurement Devices" in the CEESI Colorado test facility, Flow Measurement and Instrumentation[R], 2006, 17; 247~254.
- [7] Stephen A. Ifft. Permanent Pressure Loss Comparison Among Various Flowmeter Technologies[R], McCrometer, Hemet, California, USA.
- [8] R.W. Miller. Flow Measurement Engineering Handbook [R]. McGRAW HILL, Third Edition, 1996.
- [9] 徐英, 于中伟, 张涛, 等. V形内锥流量计关键参数对流出系数的影响[J]. 机械工程学报, 2008, 44(12): 105-111.
- [10] 徐英, 杨会峰, 张涛. 内锥流量计可膨胀系数实验研究[J]. 计量学报, 2008, 29(5): 457-460.
- [11] 徐英, 王磊, 崔铭芳, 等. L悬臂型内锥流量计可膨胀系数仿真与实验研究[J]. 天津大学学报, 2009, 42(11): 945-951.
- [12] 徐英, 张立伟, 张涛, 等. 上游单90°弯头对内锥流量计性能的影响[J]. 天津大学学报, 2009, 42(7): 597-602.
- [13] 李彦梅, 徐英, 张立伟, 等. 上游单弯头对内锥流量计性能影响的仿真与实验研究[J]. 仪器仪表学报, 2009(6): 1195-1201.
- [14] 徐英, 张立伟, 王世雄, 等. 上下游闸阀对内锥流量计性能影响的实验研究[J]. 仪器仪表学报, 2009(12): 2629-2634.
- [15] 徐英, 张立伟, 李振林, 等. 关键因素对内锥流量计压损的影响[J]. 仪器仪表学报, 2010(10): 2307-2311.
- [16] API Manual of Petroleum measurement Standards, Chapter 22—Testing Protocol, Section 2—Differential Pressure Flow Measurement Devices, first edition, August 2005.
-

中华人民共和国
国家标准

封闭管道中流体流量的测量
V形内锥流量测量节流装置

GB/T 30243—2013

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230, 1/16 印张 1 字数 24 千字

2014年4月第一版 2014年4月第一次印刷

*

书号: 155066·1-48769 定价 18.00 元



GB/T 30243—2013

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107