

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 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 5 部分：锥形装置

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in  
circular cross-section conduits running full — Part 5: Cone meters

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(工作组讨论稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

# 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

GB/T 2624《用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量》由以下部分组成：

第1部分：一般原理和要求

第2部分：孔板

第3部分：喷嘴和文丘里喷嘴

第4部分：文丘里管

第5部分：锥形装置

第6部分：楔形装置

本文件是GB/T 2624的第5部分。

本文件使用翻译法等同采用国际标准ISO 5167-5: 2022《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5部分：锥形装置》。

与ISO 5167.5: 2022相比，本文件做了以下编辑性修改：

——修改了标准名称，锥形流量计修改为锥形装置，以和ISO 5167其他部分保持一致；

——规范性引用文件ISO 5167-1修改为注日期引用文件；

——为便于使用，在文中增加了相关注释。

本文件作了以下勘误：

——修改了7.1中引用的5.5.2，应为5.7。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会（SAC/TC124）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 引 言

GB/T 2624由六个部分组成，涵盖了孔板、喷嘴、文丘里管、锥形装置和楔形装置安装在满管道中测量流体流量时，其几何尺寸和使用方法（安装和工作条件）。同时也给出了用于计算流量和其相应不确定度的必要资料。

GB/T 2624（所有部分）仅适用于在整个测量段内流体保持亚音速流动，且可被认为是单相流的差压装置，但不适用于脉动流量的测量。此外，每一种装置只能在规定的管道尺寸和雷诺数范围内使用，或者可以在其标定范围内使用。

GB/T 2624（所有部分）适用于进行了直接标定实验的装置，实验的数量、分布和质量足以使相关的应用系统能以实验结果为基础，给出的系数也在一定的可预测的不确定度范围内。

安装在管道中的装置称为“一次装置”。“一次装置”也包括取压口。方便流量计读数所需的所有其他仪表或装置称为“二次装置”。而接收这些读数并执行算法的流量计算机被称为“三次装置”。GB/T 2624（所有部分）主要涉及一次装置，只是偶尔提及二次装置（见ISO 2186）和三次装置。

GB/T 2624（所有部分）并未涉及安全方面的问题。用户有责任确保系统符合适用的安全规范。

# 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5部分：锥形装置

### 1 范围

本文件规定了锥形装置的几何尺寸和安装在管道中测量满管流体流量的使用方法（安装和工作条件）。

对于特定应用而言，未经标定的锥形装置，其不确定度可能太大，因此可以认为其有必要按照第7章的规定进行实流标定。

本文件亦提供了用于计算流量并可配合ISO 5167-1:2022规定要求一起使用的相关资料。

本文件仅适用于在整个测量段内流体保持亚音速流动，且可被认为是单相流的锥形装置。未经标定的锥形装置只能在规定的管道尺寸、表面粗糙度、 $\beta$ 和雷诺数（ $Re$ ）范围内使用。本文件不适用于脉动流的测量。本文件不涉及未经标定的锥形装置在管道公称通径小于50mm或大于500mm，或管道雷诺数小于 $8 \times 10^4$ 或大于 $1.2 \times 10^7$ 的管道中的使用。

锥形装置是一个包含由头部朝向上游同心地固定在管道中心的锥形节流的一次装置。本文件定义的锥形装置具有一个或多个上游管壁取压口和一个位于锥体尾部的下游取压口，下游的压力通过锥体内部的导压管传递到锥体的支撑结构处，再穿过支撑结构与差压变送器连接。

对于其他结构的锥形装置，由于在编制本文件时没有足够的实验数据来描述其特性，因此这些装置应按照第7章的规定进行实流标定。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

ISO 4006 封闭管道中流体流量的测量 术语和符号（Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols）

ISO 5167-1: 2022 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（Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements）

注：GB/T 17611-1998 封闭管道中流体流量的测量 术语和符号（ISO 4006: 1991, IDT）；

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（ISO 5167-1: 2003, IDT）。

### 3 术语和定义

ISO 4006、ISO 5167-1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

ISO和IEC在以下网址设有标准化术语数据库：

——ISO 在线浏览平台：<https://www.iso.org/obp>

——IEC 电工百科：<https://www.electropedia.org/>

### 3.1

$\beta$ 圆周 beta edge

锥体的最大圆周。

## 4 测量原理和计算方法

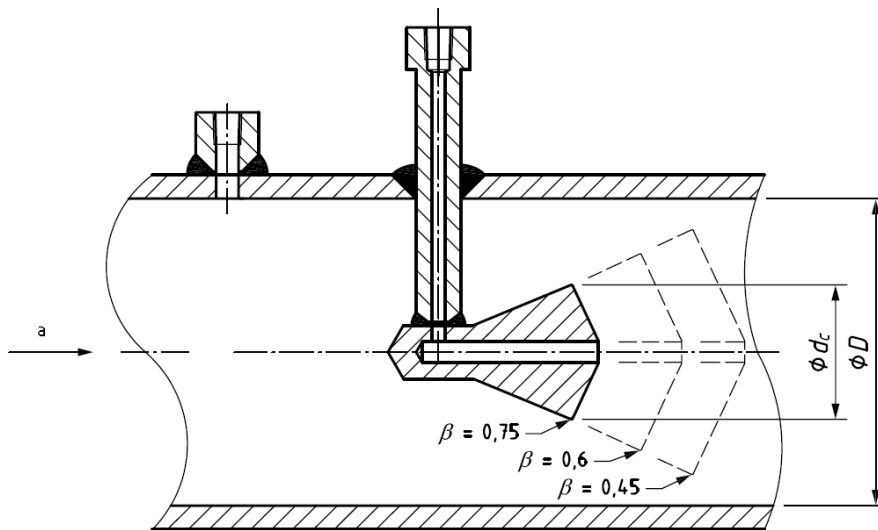
锥形装置的测量原理是基于将锥形装置安装在充满流体的管道中，当流体流经锥形装置时，会在锥体的上游取压口和下游取压口之间产生压差。

质量流量由式(1)和式(2)确定：

$$qm = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} (D\beta)^2 \sqrt{2\Delta p \rho_1} \dots\dots\dots (1)$$

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

式中， $d_c$ 为锥体 $\beta$ 圆周所在平面上的直径。上述公式假设上游取压口处的管道直径 $D_{TAP}$ 等于 $\beta$ 圆周处的管道直径 $D$ 。如图1所示，锥体直径 $d_c$ 越大， $\beta$ 值越小。



a 流动方向

图1 不同  $\beta$  值的锥形装置

不确定度按 ISO 5167-1:2022的第8章给出的方法计算。

同样，体积流量值由式 (3) 计算：

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

式中， $\rho$  为测定体积流量时的温度和压力下的流体密度。

流量计算纯粹是一个算术运算过程，是将数值代入公式（1）右边各个不同的项来实现的。5.6的公式（4）（或表A.1的计算值）给出了锥形装置的可膨胀性（膨胀）系数（ $\epsilon$ ）。表A.1的计算值不用于精确内插，不允许外推。然而，流出系数 $C$ 通常取决于雷诺数 $Re$ ，而 $Re$ 本身取决于 $q_m$ ，必须通过迭代取得（迭代程序和初始估算值的选择参见 ISO 5167-1:2022的附录A）。

公式（1）和公式（2）中提及的直径 $d_c$ 和 $D$ 为工作条件下的直径值。在任何其他条件下取得的测量值，宜对测量过程中由于流体的温度和压力值改变而导致的一次装置和管道的任何可能的膨胀或收缩进行修正。

由于锥形装置的流量计算对所用的管道和锥体直径值特别敏感，用户应确保在流量计算中正确输入这些值。例如，应注意使用管道实测内径值而不是公称值。

有必要知道工作条件下流体的密度和粘度。对于可压缩流体，还有必要知道工作条件下流体的等熵指数。

## 5 锥形装置

### 5.1 应用范围

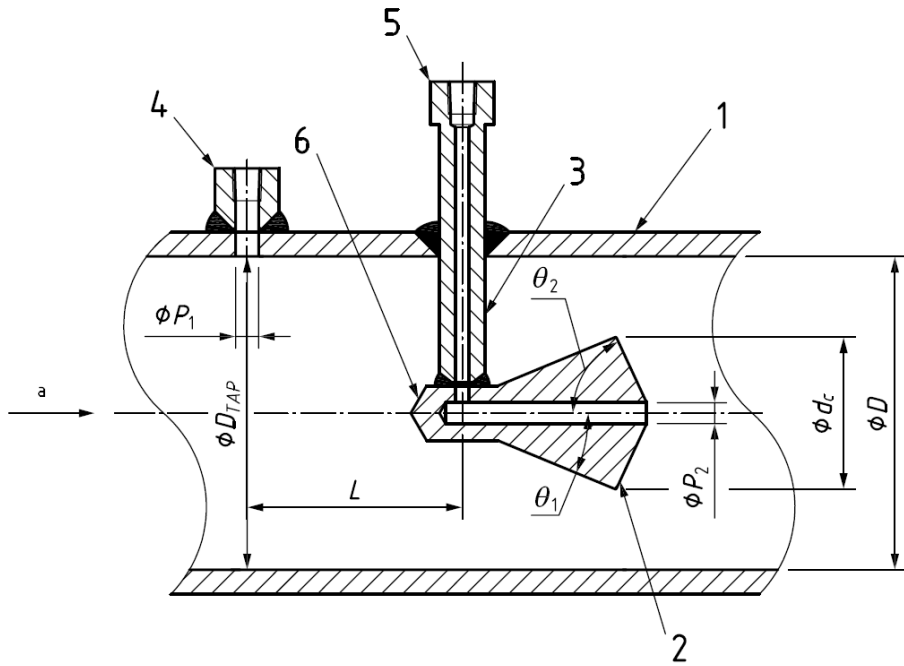
未经标定的锥形装置可用于直径在50mm至500mm之间且 $0.45 \leq \beta \leq 0.75$ 的管道。 $\beta > 0.75$ 的锥形装置应实流标定。通常不生产 $\beta < 0.45$ 的锥形装置。

对锥形装置粗糙度和雷诺数的适用范围应进行说明。

### 5.2 一般形状

5.2.1 锥形装置的轴线剖面如图2所示。锥形装置其他位置的剖面如图4所示。文中使用的字母符号与图2和图4中的字母符号相对应。

锥形装置由直径为 $D$ 的管段、管段内装有的直径为 $d_c$ 的锥体组件、锥体的支撑结构以及测量差压的取压口构成。锥体组件的安装应符合5.2.13的规定，其中心线应与管段的中心线同轴。



说明:

- 1 —— 管体;
- 2 —— 锥体;
- 3 —— 支撑结构;
- 4 —— 高压取压口;
- 5 —— 低压取压口;
- 6 —— 锥体前端;
- a —— 流动方向。

注: 如5.4.7中规定,  $50 \text{ mm} \leq L \leq 2D$ 。

图2 锥形装置的轴线几何剖面

5.2.2 锥体的前端(示例见图3)可以是机加工件或弯头结构。锥体前端应位于上游取压口中心线截面的下游。建议锥体前端尽可能短。

锥体前端的形状不限于图3所示的式样。

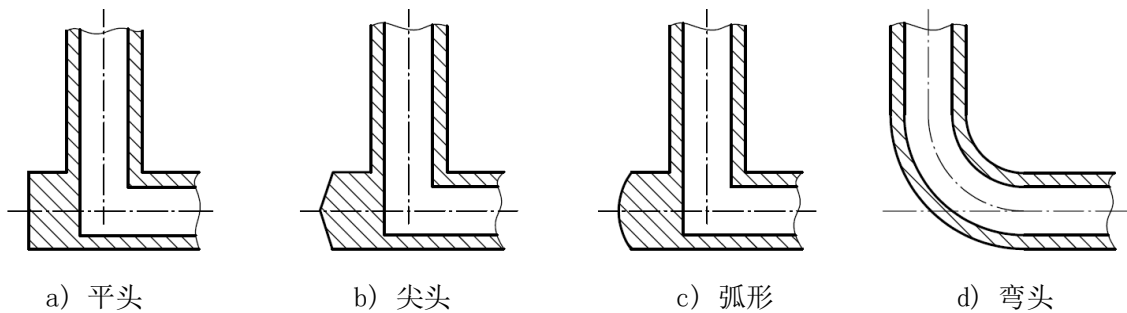
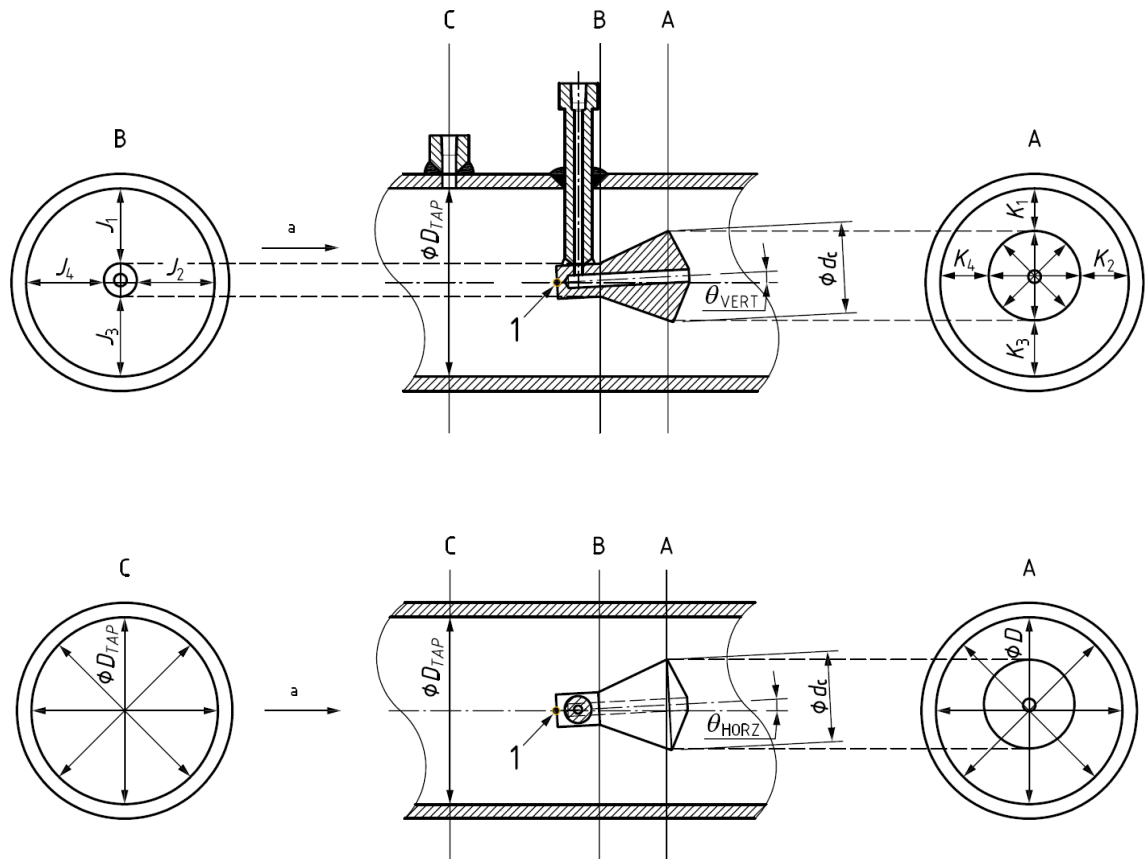


图3 不同锥体前端式样示例

5.2.3 管道直径  $D$  应在图 4 的截面 A 处测量，应沿管道的内周长等间距测量至少 4 次。取这些测量值的算术平均值作为  $D$  值。

5.2.4 还应测量图 4 截面 C 处（图 2 中以  $D_{TAP}$  表示）的管道直径。该截面上的测量次数至少应等于取压口的数量（至少 4 次）。

5.2.5 图 4 中，截面 C 至截面 A 下游  $1D$  之间任何一处的直径与管道直径  $D$  之差不应超过 1.0%。



说明：

1——锥体前端

a——流动方向

图4 锥形装置测量数据

5.2.6 图 4 中截面 A 到截面 C 之间管段的内表面应清洁、光滑，粗糙度  $Ra$  宜尽可能小，且应小于  $10^{-3}D$ 。

5.2.7 锥体组件通常应由一个圆形双截头锥体组成（两个截头锥体在其最宽处接合）。上游截头锥体与锥体中心线之间的单内角  $\theta_1$  应为  $22.5^\circ \pm 5^\circ$ 。下游截头锥体与锥体中心线之间的单内角  $\theta_2$  应为  $64^\circ \pm 2.5^\circ$ 。

5.2.8 锥体直径  $d_c$  应在图 4 中的截面 A 处测量，至少应沿锥体外周长等间距测量 4 次。

计算时取这些测量值的算术平均值作为  $d_c$  值。任何一条直径与平均直径值的偏差不应超过 0.1%。当所有被测直径的长度相对于被测直径平均值之差均符合上述要求时，即满足这一要求。

5.2.9  $\beta$  圆周不应是锐边。如图 5 所示， $\beta$  圆周处的曲率半径  $R_1$  应小于  $0.2\text{mm}$  和  $0.0005d_c$  中较小的值。



注：参考文献[9]以  $D$  为 100 毫米， $\beta$  值分别为 0.45、0.55 和 0.65 的锥形装置作为研究对象，对  $\beta$  圆周处为尖角、平切角和圆弧这三种形状对于锥形装置的性能的影响进行了研究。实验数据显示  $\beta$  圆周相同的前提下， $\beta$  圆周处平切角锥形装置具有较好的流出系数线性度和较小的压力损失值。

5.2.10 在垂直于旋转轴在同一平面上，锥体的两个直径与平均直径之差不应超过 0.1%。



图5 装配型和机加工锥体  $\beta$  圆周处曲率半径  $R_1$  示例

5.2.11 锥体表面应清洁、光滑，表面粗糙度  $R_a$  应尽可能小，且应始终小于  $5 \times 10^{-4} d_c$ 。

5.2.12 锥体的支撑结构对流体阻力应尽可能小，同时应确保锥形装置的结构完整性在可以预期的各种条件下不受损害。锥体组件可以视情况加装角铁等提供额外的机械支撑。

5.2.13 应测量锥体与测量管段中轴线的轴向偏差和角偏差。

应测量锥体最宽部分与相邻管道内壁之间的距离（见图4中的截面A，以  $K_1, K_2, K_3, K_4$  标示），沿锥体的外周长等间距至少测量4次，每个测量值与平均值之差不应大于5.0%。

还应测量锥体前端与相邻管道内壁之间的距离（见图4的截面B，以  $J_1, J_2, J_3, J_4$  标示），沿锥体的外周长等间距至少测量4次，每个测量值与平均值之差不应大于5.0%。

测量锥体的角偏差，如图4所示，锥体前端相对于管道轴线的水平角偏差 ( $\theta_{\text{HORZ}}$ ) 或垂直角偏差 ( $\theta_{\text{VERT}}$ ) 均不宜大于  $2.0^\circ$ 。

测量锥体的横向偏差，如图4所示，锥体前端相对于管道轴线的水平方向横向偏差和垂直方向横向偏差均不宜大于  $0.01D$ 。

5.2.14 在设计 and 安装锥形装置时，应考虑到装置在整个工作寿命期内可能遇到的各种条件，确保压力、温度和共振对装置的影响不会导致机械故障。

在流体条件产生显著振动的应用场合，建议使用角铁等支撑结构。

### 5.3 材料和制造

5.3.1 只要符合前述要求并在使用过程中保持不变，锥形装置可用任何材料制造。

5.3.2 以焊接工艺加工的锥体，锥体下游面上应有泄压孔，以保证快速压力变化下锥体结构的稳定性。

### 5.4 取压口

5.4.1 上游取压口应采用管壁取压口。

5.4.2 上游取压口的直径应在 4 mm 到 10 mm 之间，且不应大于  $0.1D$ 。

建议上游取压口尽可能小且与流体相适应（例如与流体的粘度和清洁度相适应）。

5.4.3 上游取压口的轴线应与管道的轴线垂直相交。

5.4.4 取压口孔的穿透处应呈圆形，边缘应与管壁齐平无毛刺。边缘半径不应超过取压口直径的十分之一。

注：边缘半径是指为确保去除边缘上的毛边或卷口而允许倒圆的半径，需尽可能小。

5.4.5 上游取压口在至少等于取压口直径的长度内应为圆筒形。

注：此处的长度为从管道内壁量起的取压口长度。

5.4.6 通过目测等检查判断取压口是否符合上述两项要求。

5.4.7 如图2所示，上游取压口轴线垂直于管道轴线的截面与锥体支撑结构内的下游取压口轴线垂直于管道轴线的截面之间的间距  $L$  最小 50 mm，最大不超过  $2D$ 。

5.4.8 穿过锥体的下游取压口应为圆筒形，且应与锥体同轴。取压口的直径应在  $0.1 \times d_c$  和  $0.2 \times d_c$  之间。取压口的孔应为圆形，边缘应无毛刺。

## 5.5 流出系数 $C$

### 5.5.1 使用限制

应避免同时使用  $D$ 、 $\beta$  和  $Re_D$  的极值，否则5.7给出的不确定度可能会增大。

对于  $D$ 、 $\beta$  和  $Re_D$  超出5.5.2规定限值的装置，需要根据第7章在整个工作雷诺数范围内进行标定来确定每台装置的流出系数。

$Re_D$ 、 $Ra/D$  和  $\beta$  对  $C$  的影响迄今尚未彻底明确，因而无法给出本文件规定限值之外的可靠  $C$  值。

### 5.5.2 锥形装置的流出系数

如图2所示的锥形装置只能按照本文件的规定在下列条件下使用：

$$50 \text{ mm} \leq D \leq 500 \text{ mm}$$

$$0.45 \leq \beta \leq 0.75$$

$$8 \times 10^4 \leq Re_D \leq 1.2 \times 10^7$$

在这些条件下，未经标定的装置<sup>[5]</sup>的流出系数  $C$  值为：

$$C = 0.82$$

## 5.6 可膨胀性（膨胀）系数， $\varepsilon$

可膨胀性（膨胀）系数  $\varepsilon$  按式(4)计算：

$$\varepsilon = 1 - \left( 0.649 + 0.696\beta^4 \right) \frac{\Delta p}{\kappa p_1} \dots\dots\dots (4)$$

式(4)是由Stewart等人<sup>[8]</sup>推导出的。仅知道以空气为介质来确定  $\varepsilon$  的试验结果。然而式(4)一般也适用于测量已知等熵指数的气体和蒸气的锥形装置。

然而，只有当  $p_2/p_1 \geq 0.75$  时式(4)才适用。

注：下角标1表示在上游取压口，下角标2表示在下游取压口。

为方便使用，附录A给出了一系列等熵指数、压力比和  $\beta$  的可膨胀性（膨胀）系数值。

## 5.7 流出系数 $C$ 的不确定度

如下文所述，与ISO 5167的其它差压装置相比，未经标定的锥形装置的不确定度相对较高。但是，如果按照第7章进行实流标定，则其流出系数的不确定度与其它差压装置相当。因此，对于有更高准确度要求的应用场合，建议按照第7章的规定，在整个工作雷诺数范围内对每一台锥形装置进行实流标定。

当  $k=2$ （约95%置信水平）时，5.5.2<sup>[5]</sup>给出的流出系数  $C$  值的相对扩展不确定度  $U'_C$  等于5%。

对于  $\beta > 0.75$  的锥形装置，当  $k=2$ （约95%置信水平）时，未经标定的流出系数的相对不确定度可能大于5%。

## 5.8 可膨胀性（膨胀）系数 $\varepsilon$ 的不确定度

基于已有数据，当 $k=2$ （约95%置信水平）时， $\varepsilon$ 值的相对扩展不确定度 $U'_\varepsilon$ 按式（5）计算：

$$9.6 \frac{\Delta p}{k p_1 \varepsilon} \% \dots\dots\dots (5)$$

## 5.9 压力损失

本文件所述锥形装置的压力损失 $\Delta\omega$ 与差压 $\Delta p$ 的关系大致如式(6)所示：

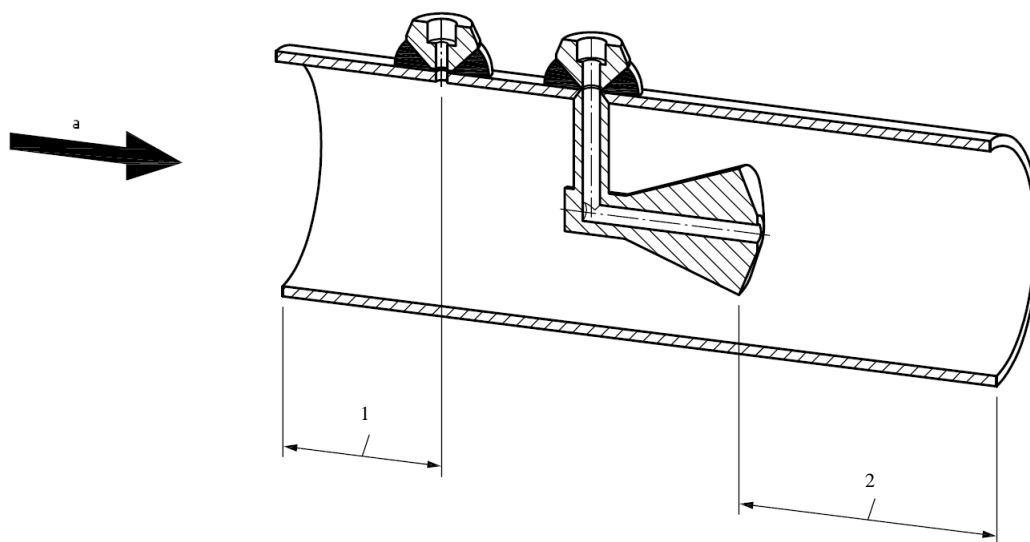
$$\Delta\omega = (1.09 - 0.813\beta)\Delta p \dots\dots\dots (6)$$

此压力损失是锥体组件上游侧的管壁处测得的压力与锥体下游侧测得的压力之间的静压差，上游侧的压力在靠近锥体的接近冲击压力影响仍可忽略不计的截面上（大约在锥体前端上游1D处）测得，下游侧的压力在位于由于流束膨胀使静压恰好完全恢复之处（大约在锥体下游6D处）测得。

## 6 安装要求

### 6.1 总则

差压装置的一般安装要求见ISO 5167-1: 2022的第7章，并宜结合本章锥形装置的附加特殊安装要求遵照执行。一次装置处流动状态的一般要求见ISO 5167-1:2022的7.3。流动调整器的使用要求见ISO 5167-1:2022的7.4，但锥形装置通常不需要使用流动调整器。



说明：  
1——上游直管段长度；  
2——下游直管段长度；  
a——流动方向。

图6 锥形装置的直管段长度

### 6.2 安装在各种管件和锥形装置之间的最短上游和下游直管段

### 6.2.1 总则

锥形装置对一般的流体扰动相对不敏感，但设计测量系统时仍宜采取合理措施尽可能减少流体扰动。

除非有明确说明，锥形装置抵抗流体扰动的能力被认为与管道尺寸无关。上游扰流件的影响与未安装扰流件时锥形装置的性能有关<sup>[6][7]</sup>。

上游直管段长度应从最近的（或唯一的）弯头的弯曲部分的下游端，或者从渐缩管或渐扩管的弯曲部分或圆锥段的下游端，测量到如图6所示的锥形装置上游取压口轴线截面。

下游直管段的长度应从图6所示的 $\beta$ 圆周所在的截面测量到最近的（或唯一的）弯头的弯曲部分的上游端，或者渐缩管或渐扩管的弯曲部分或圆锥段的上游端。锥形装置下游 $2D$ 外的管件一般不会引入额外的误差。

### 6.2.2 单个 $90^\circ$ 弯头

对于 $0.45 \leq \beta < 0.6$ ，至少需要 $3D$ 长度的上游直管段。对于 $0.6 \leq \beta \leq 0.75$ ，至少需要 $6D$ 长度的上游直管段。

### 6.2.3 两个 $90^\circ$ 弯头正交

对于 $0.45 \leq \beta < 0.6$ ，至少需要 $3D$ 长度的上游直管段。对于 $0.6 \leq \beta \leq 0.75$ ，至少需要 $6D$ 长度的上游直管段。

### 6.2.4 同轴渐扩管

锥形装置上游 $3D$ 处安装 $0.75D$ 到 $1D$ 的同轴渐扩管，预计流量的相对扩展不确定度可达 $0.5\%$ 。同轴渐缩管对流体的扰动通常小于同轴渐扩管。

### 6.2.5 半开阀

锥形装置上游 $10D$ 范围内不宜安装半开阀。全开阀、全通路阀、隔离阀不会引入额外的误差。

## 6.3 锥形装置的附加特殊安装要求

### 6.3.1 管道的圆度和圆柱度

6.3.1.1 从上游取压口轴线截面测量起至少  $6D$  长度（如果允许，可以到第一个管件）的上游管道应为圆柱形。当任一截面上的任一直径与该截面上测量的管道直径的平均值之差都不超过  $2\%$  时，即认为该管道为圆柱形。在一个截面上测量的次数应至少为  $4$  次。除了图 4 中的截面 C 外，至少还应测量一个横截面。

6.3.1.2 从锥形装置 $\beta$ 圆周截面测量起至少 $2D$ 长度的下游管道应为圆柱形。当任一截面的任一直径与该截面上测量的管道直径的平均值之差都不超过 $2\%$ 时，即认为该管道为圆柱形。在一个截面上测量的次数应至少为 $4$ 次。除了图4中的截面A外，至少还应测量一个横截面。

6.3.1.3 管道与锥形装置连接处的平均直径与 5.2.3 规定的管道直径  $D$  之差应在  $1\%$  之内。

### 6.3.2 上游和下游管道的粗糙度

在上游 $5D$ 和下游 $2D$ 长度范围内，管道的粗糙度 $R_a$ 应小于 $10^{-3}D$ 。

### 6.3.3 温度计套管的位置

如需安装温度计套管，建议安装在规定长度直管段的上游。此时无需修正Joule-Thomson效应。

如果温度计套管安装在规定长度直管段内，或者安装在上游取压口轴线截面与锥体前端之间，则锥形装置应在安装了温度计套管的情况下进行标定。温度计套管不应与上游取压口处在同一条直线上。此时亦无需修正Joule-Thomson效应。

如果温度计套管安装在锥体的下游，则应位于 $\beta$ 圆周截面下游 $5D$ 至 $15D$ 之间。

温度计套管不应安装在 $\beta$ 圆周截面下游 $5D$ 范围内。

关于上游取压口温度修正的计算方法见5.9和ISO 5167-1:2022的5.4.4.1。

## 7 锥形装置的实流标定

### 7.1 总则

对于使用本文件所述几何尺寸的锥形装置，要求流出系数的不确定度比5.7规定更严的用户，或者几何尺寸与本文件所述不同的用户，应对装置进行实流标定。

实流标定的目的是确定每台锥形装置的流出系数及其相关不确定度。

如果锥形装置的几何尺寸与本文件所述尺寸不同，且未经验证，则不应使用式(4)给出的可膨胀性公式。在这种情况下，锥形装置的制造商应提供适用的可膨胀性（膨胀）系数公式。

经过实流标定的装置只能在标定过的雷诺数范围内使用。

注：对应用于气体的锥形装置（环境工艺条件除外），用室温水标定不太可能达到所需的雷诺数范围。需根据锥形装置的雷诺数范围选择合适的试验装置。

### 7.2 试验装置

锥形装置的标定方式应确保用户在预期应用中具有恰当的可溯源性。

注：关于何为恰当，可参见ISO/IEC 17025。

### 7.3 锥形装置的安装

锥形装置前宜安装与其公称通径相同的上游直管段，长度不少于6倍直径。同样，锥形装置后宜安装与其公称通径相同的下游直管段，长度不少于2倍直径。锥形装置的标定不要求采用流动调整器。

锥形装置的安装方向没有限制。

如果锥形装置将安装在管道工艺与本文件中的安装指南有明显差异的管道中，或者 $\beta > 0.75$ ，则宜在标定装置上复现工作管道布局，以减少锥形装置因安装方式不同而产生的不确定度。

### 7.4 试验大纲的设计

锥形装置宜至少在整个预期工作雷诺数范围内进行标定。试验点（即收集数据的标称雷诺数）的数量应适合于测量应用。可以使用液体或气体试验装置标定锥形装置，或者在独立的试验中分别使用液体和气体标定锥形装置，以覆盖所需的雷诺数范围。

一台锥形装置的标定数据不能用于另一台锥形装置。如果一台锥形装置有多组取压口，则每一组都应按一台单独的装置进行标定。标定数据不允许外推。

### 7.5 标定结果的报告

标定试验报告宜以表格形式提供至少包括差压、雷诺数和流出系数等参数的标定结果。为了便于分析，还建议提供图表。

标定过程中应根据用户的要求来确定流出系数与雷诺数的关系。如果两者的关系在用户的允许范围内并不是常数，则应使用一个非常数的数学表达式进行迭代求解。如7.4所述，用户不应外推该数学表达式。

## 7.6 标定的不确定度分析

### 7.6.1 总则

实流标定时计算的所有不确定度均应声明为 $k = 2$ （约95%置信水平）。

### 7.6.2 试验装置的不确定度

应计算和记录试验装置所使用的测量仪表在每个实流标定试验点的不确定度。应采用ISO 5168或ISO/IEC指南98-3所述的方法从这些数据中计算出流量测量的不确定度。选用的方法和计算结果均应记录在标定报告中。

若分别用液体试验和气体试验来涵盖整个雷诺数范围，则标定报告中应详细说明每个试验装置在相关试验点的不确定度。

### 7.6.3 锥形装置流出系数的不确定度

标定报告应记录被试锥形装置的标定程序及流出系数不确定度计算结果。由于在每个雷诺数上测量的次数很少，因此应使用一种适当的统计方法，例如标准偏差法宜仅应用于较大的数据集。

附 录 A  
(资料性附录)  
可膨胀性(膨胀)系数表

表A.1 锥形装置——可膨胀性(膨胀)系数,  $\varepsilon$

$\beta$	$\beta^4$	可膨胀性(膨胀)系数 $\varepsilon$ , 当 $p_2/p_1$ 等于								
		1	0.98	0.96	0.94	0.92	0.9	0.85	0.8	0.75
$\kappa = 1.2$										
0.4500	0.0410	1.0000	0.9887	0.9774	0.9661	0.9548	0.9435	0.9153	0.8871	0.8588
0.5000	0.0625	1.0000	0.9885	0.9769	0.9654	0.9538	0.9423	0.9134	0.8846	0.8557
0.5500	0.0915	1.0000	0.9881	0.9762	0.9644	0.9525	0.9406	0.9109	0.8812	0.8515
0.6000	0.1296	1.0000	0.9877	0.9754	0.9630	0.9507	0.9384	0.9076	0.8768	0.8460
0.6500	0.1785	1.0000	0.9871	0.9742	0.9613	0.9485	0.9356	0.9033	0.8711	0.8389
0.7000	0.2401	1.0000	0.9864	0.9728	0.9592	0.9456	0.9320	0.8980	0.8640	0.8300
0.7500	0.3164	1.0000	0.9855	0.9710	0.9565	0.9421	0.9276	0.8913	0.8551	0.8189
$\kappa = 1.3$										
0.4500	0.0410	1.0000	0.9896	0.9792	0.9687	0.9583	0.9479	0.9218	0.8958	0.8697
0.5000	0.0625	1.0000	0.9893	0.9787	0.9680	0.9574	0.9467	0.9201	0.8935	0.8668
0.5500	0.0915	1.0000	0.9890	0.9781	0.9671	0.9561	0.9452	0.9178	0.8904	0.8629
0.6000	0.1296	1.0000	0.9886	0.9773	0.9659	0.9545	0.9431	0.9147	0.8863	0.8578
0.6500	0.1785	1.0000	0.9881	0.9762	0.9643	0.9524	0.9405	0.9108	0.8810	0.8513
0.7000	0.2401	1.0000	0.9874	0.9749	0.9623	0.9498	0.9372	0.9058	0.8744	0.8431
0.7500	0.3164	1.0000	0.9866	0.9733	0.9599	0.9465	0.9331	0.8997	0.8663	0.8328
$\kappa = 1.4$										
0.4500	0.0410	1.0000	0.9903	0.9806	0.9710	0.9613	0.9516	0.9274	0.9032	0.8790
0.5000	0.0625	1.0000	0.9901	0.9802	0.9703	0.9604	0.9505	0.9258	0.9011	0.8763
0.5500	0.0915	1.0000	0.9898	0.9796	0.9695	0.9593	0.9491	0.9236	0.8982	0.8727
0.6000	0.1296	1.0000	0.9894	0.9789	0.9683	0.9578	0.9472	0.9208	0.8944	0.8680
0.6500	0.1785	1.0000	0.9890	0.9779	0.9669	0.9558	0.9448	0.9172	0.8895	0.8619
0.7000	0.2401	1.0000	0.9883	0.9767	0.9650	0.9534	0.9417	0.9126	0.8834	0.8543
0.7500	0.3164	1.0000	0.9876	0.9752	0.9627	0.9503	0.9379	0.9069	0.8758	0.8448
$\kappa = 1.66$										
0.4500	0.0410	1.0000	0.9918	0.9837	0.9755	0.9673	0.9592	0.9388	0.9184	0.8980
0.5000	0.0625	1.0000	0.9917	0.9833	0.9750	0.9666	0.9583	0.9374	0.9166	0.8957
0.5500	0.0915	1.0000	0.9914	0.9828	0.9742	0.9657	0.9571	0.9356	0.9141	0.8927
0.6000	0.1296	1.0000	0.9911	0.9822	0.9733	0.9644	0.9555	0.9332	0.9109	0.8887
0.6500	0.1785	1.0000	0.9907	0.9814	0.9721	0.9627	0.9534	0.9301	0.9068	0.8835
0.7000	0.2401	1.0000	0.9902	0.9803	0.9705	0.9607	0.9508	0.9263	0.9017	0.8771
0.7500	0.3164	1.0000	0.9895	0.9791	0.9686	0.9581	0.9476	0.9215	0.8953	0.8691

注: 给出表 A.1 是为方便使用。给出的数值不用于精确内插, 不允许外推。

## 参 考 文 献

- [1] ISO 2186, *Fluid flow in closed conduits — Connections for pressure signal transmissions between primary and secondary elements*
- [2] ISO 5168, *Measurement of fluid flow — Procedures for the evaluation of uncertainties*
- [3] ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*
- [4] ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)*
- [5] Collins A. and Clark S., Additional data supporting the 2022 updates to the ISO 5167 standards. *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol. 86, Article 102193, August 2022
- [6] Fish G., Creighton D., Swainston G., Hodges D., Reader-Harris M., *The Effects of Upstream Piping Configurations on Cone Meter and Venturi Meter Discharge Coefficients*, 28th International North Sea Flow Measurement Workshop, St. Andrews, UK, October 2010
- [7] Hodges C., Britton C., Johansen W. and Steven R., *Cone DP Meter Calibration Issues*. 27th International North Sea Flow Measurement Workshop, Tonsberg, Norway, October 2009
- [8] Stewart D., Reader-Harris M.J. and Peters R. J. W., *Derivation of an expansibility factor for the V-Cone meter*, In Proc. of Flow Measurement International Conference, Peebles, May 2001
- [9] Liu W , Xu Y , Zhang T ,et al. Performance measurement analysis of various cone flow meters with various beta edge types and flow field parameters. *Flow Measurement and Instrumentation*, 45(2015):331-340