

国际标 准



5167

国际 标准 化 组 织

用孔板、喷嘴、文丘利管测量 满充圆管的流体的流量

第一版 1980—02—01

UDC 532.575.52/.54

标准编号 ISO 5167—1980 (E)

前 言

ISO (国际标准化组织) 是各国家标准化协会 (ISO 成员) 的世界性联合会。制订国际标准的工作是由 ISO 技术委员会负责的。对技术委员会所设立的题目有关的每个成员, 有权参加该技术委员会。与 ISO 有联系的政府间或非政府间的国际组织亦可参加其工作。

技术委员会所采纳的国际标准草案, 在为 ISO 理事会认可作为国际标准以前, 需在各成员之间征询意见。

ISO 5167 国际标准是由 ISO/TC 30 技术委员会提出的。ISO 5167 的发表是为了解决两个文件间的差别。

本标准已得到下列成员国赞同:

澳大利亚

比利时

智利

捷克斯洛伐克

阿拉伯埃及共和国

墨西哥

荷兰

菲律宾

葡萄牙

罗马尼亚

芬兰

法国

西德

匈牙利

朝鲜民主主义人民共和国

南非

土耳其

英国

苏联

下列成员国对文件的技术根据方面表示不赞同:

美国

本国际标准取消并代替了 ISO/R 541-1967 和 R 781-1968 两个建议标准。本国际标准是对上述两个文件的技术修订。

在起草本国际标准期间, 发现它与第 28 技术委员会第 5 分委员会 (ISO/TC28/SC5) 准备的关于同一问题的文件“轻烃流体的测量”有抵触。为解决这两个文件间的差异和矛盾, 已建立了一个 ISO/TC 28/SC5 与 ISO/TC 30 的联络组。

因此, 将来这个联络组工作完成后, 可能会导致对本国际标准的修改。

目 录

1	应用范围	(1)
2	符号和定义	(1)
2.1	符号	(2)
2.2	压力测量: 定义	(2)
2.3	一次装置: 定义	(3)
2.4	流量: 定义	(3)
3	测量方法的原理和计算	(4)
3.1	测量方法的原理	(4)
3.2	选定的标准一次装置直径比的确定方法	(5)
3.3	流量计算	(5)
3.4	密度的确定	(5)
4	一次装置的选定	(6)
5	测量的一般要求	(6)
5.1	一次装置	(6)
5.2	流体的种类	(7)
5.3	流动条件	(7)
6	安装要求	(7)
6.1	总的要求	(7)
6.2	各种阻流件和一次装置之间所需的最短上、下游直管段长度	(8)
6.3	整流器	(10)
6.4	对一次装置处流动条件的一般要求	(11)
6.5	对孔板、喷嘴和文丘利喷嘴安装要求的附加规定	(12)
6.6	对古典文丘利管安装要求的附加规定	(13)
7	孔板	(13)
7.1	说明	(14)
7.2	取压	(15)
7.3	孔板的系数和相应的不确定度	(18)
7.4	压力损失 $\Delta\bar{w}$	(20)
8	喷嘴	(20)
8.1	ISA 1932 喷嘴	(21)
8.2	长径喷嘴	(24)
9	文丘利管	(26)
9.1	古典文丘利管	(26)
9.2	文丘利喷嘴	(31)

10 流量测量的不确定度..... (34)

10.1 不确定度的定义..... (34)

10.2 不确定度的实用算法..... (34)

附 录

A 流出系数和流量系数表..... (36)

B 超出本国际标准使用范围的古典文丘利管..... (62)

C 古典文丘利管的压力损失..... (64)

用孔板、喷嘴、文丘利管测量 满充圆管的流体的流量

1 应用范围

本国际标准规定了装在管路内的孔板、喷嘴和文丘利管的几何形状及使用方法（安装和操作条件），以确定管内的流量。也为计算流量给出了必要的资料及与此有关的不确定度。

本国际标准只适用于这类差压装置，即在其整个测量管段内，流动应始终保持为亚音速的、稳定的或只随时间作缓慢变化的，而且，流体应是单相的。此外，每种装置只能在规定的限制条件（如管径和雷诺数）内使用。因而，本国际标准在管径小于50毫米，大于1200毫米或雷诺数低于3150的条件下不能使用。

本标准所论述的各种节流装置是对其已进行过足够数量的直接标定试验的装置。基于其结果以及以某个可被预计的不确定度限值给定的多数值，就使之能用于一致的使用系统。

安装在管道中的这种装置叫做“一次装置”^①。所谓一次装置这一术语也包括取压口。所有其它在测量中所需要的仪器和装置都叫做“二次装置”。本国际标准只包括一次装置，而对二次装置只是偶然提到。

本国际标准所论述的各种一次装置如下：

孔板（可以采用如下各种取压方式）：

角接取压

D 和 $D/2$ 取压^②

法兰取压

喷嘴

ISA 1932喷嘴^③

长径喷嘴

这两种喷嘴在形状和取压位置上都有不同

文丘利管

古典文丘利管^④

文丘利喷嘴

这两种文丘利管在形状和取压位置上都有不同

2 符号和定义

本国际标准中所用的术语和符号，由 ISO 4006 “封闭管道内流体的流量测量——术语和符号”定义。

① 见 ISO 2186 封闭管道内的流体流量——一次装置和二次装置之间传输压力信号的连接管线。

② 本国际标准没有考虑缩流取压孔板。

③ ISA 是“国家标准化协会国际联合会”的缩写，该机构于1946年由 ISO 继承。

④ 在美国，古典文丘利管有时也叫做赫谢尔（Herschel）文丘利管。

表 1 列出了本国际标准中所用的符号。

在下述各节中只是对一些有特殊含义的或者有必要强调其含义的术语给出了定义。

2.1 符 号

表 1 符 号

符 号	代 表 的 量	量 纲 M: 质量, L: 长度, T: 时间, θ: 温度	SI 单 位
C	流出系数 $C = \frac{a}{E}$	无	
d	工作条件下一次装置的孔径或喉部直径	L	m
D	工作条件下, 上游管道的内径或古典文丘利管的上游直径	L	m
e	相对不确定度	无	
E	渐近速度系数 $E = (1 - \beta^4)^{-1/2}$	无	
K	相当的平均粗糙度 (见 7.3.2.1)	L	m
l	取压口间距	L	m
L	取压口相对间距 $L = \frac{l}{D}$	无	
P	流体的静压	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
q_m	质量流量	MT^{-1}	kg/s
q_v	体积流量	L^3T^{-1}	m ³ /s
R	半径	L	m
R_a	偏离型线中线的算术平均值 (见 ISO/R468)	L	m
Re	雷诺数	无	
Re_D	相对于 D 或 d 的雷诺数	无	
t	流体的温度	θ	°C
U	管内流体的平均轴向流速	LT^{-1}	m/s
X	声速比 $X = \frac{\Delta P}{P_{1K}}$	无	
α	流量系数	无	
β	直径比 $\beta = \frac{d}{D}$	无	
γ	比热比①	无	
ΔP	差压	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
$\Delta \bar{p}$	压力损失	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
ϵ	膨胀系数	无	
k	等熵指数①	无	
μ	流体的动力粘度	$ML^{-1}T^{-1}$	Pa·s
ν	流体的运动粘度 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$	L^2T^{-1}	m ² /s
ξ	相对压力损失	无	
ρ	流体的密度	ML^{-3}	kg/m ³
τ	压力比 $\tau = \frac{P_2}{P_1}$	无	
φ	总扩散角	无	弧度

① 是定压比热与定容比热之比, 对理想气体来说, 比热比和等熵指数的值是相等的 (见 2.4.3)。这些值取决于气体的性质。

注: 脚注 1: 系指上游取压口处的截面。

脚注 2: 系指下游取压口处的截面。

2.2 压力测量: 定义

2.2.1 管壁取压: 开在管壁上的孔, 其内边缘应与管子的内表面齐平。

孔一般是圆形的，但也可以开成一个环形缝隙。

2.2.2 液体流经直管段时的静压：可以用与管壁取压口相连的压力表测得。在本国际标准中，只采用绝对静压值。

2.2.3 差压：是由两个管壁取压口测得的静压差，其中一个装在有流体流过的直管内的一次装置的上游，而另一个装在下游（对文丘利管是在喉部），如上游和下游取压口有高度差时，都已被考虑到。

只有当取压是在本国际标准对每种标准一次装置所规定的位置时，才使用“差压”这一专用名词。

2.2.4 压力比：下游取压口处的绝对静压被上游取压口处的绝对静压除。

2.3 一次装置：定义

2.3.1 孔或喉部：是指一次装置开孔的最小横截面处。

标准一次装置的开孔是圆形的，而且与管道同轴。

2.3.2 孔板：是一块薄板，其中有一个机加工的圆孔。

因为孔板的厚度与测量管段的直径相比很小，同时孔板上游边缘是尖锐的和直角的，因此，称标准孔板是“一块薄板”并带有“尖锐的直角边缘”。

2.3.3 喷嘴：由入口收缩部分和与其相连的通称为“喉部”的圆筒形部分所组成的装置。

2.3.4 文丘利管：由入口收缩部分与入口相连的叫做“喉部”的圆筒形部分以及被称作“扩散段”的圆锥形的扩大部分所组成的装置。

如果收缩部分是一个标准化的 ISA 1932 喷嘴，则这个装置被称为“文丘利喷嘴”。若收缩部分是圆锥形，则称为“古典文丘利管”。

2.3.5 给定管道中一次装置的直径比：是一次装置的孔径（或喉部直径）除以一次装置上游测量管道的内径。

然而，如果一次装置上游有一个圆筒形的部分，而其直径等于管道的直径时（如文丘利管的情况），直径比就是喉部直径除以上游取压平面处的圆筒形部分直径的商。

2.4 流量：定义

2.4.1 流体流经一次装置时的流量：是在单位时间内流经孔或喉部的流体的质量或体积。在所有情况下，都应明确地指出所采用的是质量流量（用单位时间的质量表示），还是体积流量（用单位时间的体积量表示）。

2.4.2 雷诺数

本国际标准中所用的雷诺数：

一 或者是对上游的流体状态和上游的管道直径

$$\text{即} \quad Re_D = \frac{U_1 D}{\nu_1}$$

一 或者是对一次装置的孔径或喉部直径

$$\text{即} \quad Re_d = Re_D \times \beta^{-1}$$

2.4.3 等熵指数

等熵指数 κ 一般或者直接出现在计算膨胀系数 ϵ 的不同公式中，或者出现在声速比 X 中。等熵指数是随气体的性质而变，也随其温度和压力而变。至今有很多气体和蒸气其 κ 值还没有发表。在这种情况下，对本国际标准来说，可以用理想气体的比热比代替等熵指数以便计算

流量。

2.4.4 声速比：差压比除以等熵指数（可压缩流体）。

2.4.5 渐近速度系数，它等于

$$E = (1 - \beta^4)^{-1/2} = \frac{D^2}{\sqrt{D^4 - d^4}}$$

2.4.6 流量系数和流出系数

用名义上的不可压缩的流体（液体）对标准一次装置进行标定表明，称作流量系数 α 的这一纯数可用如下关系式定义：

$$\alpha = \frac{q_m}{\frac{\pi d^2 \sqrt{2\Delta P \times \rho_1}}{4}}$$

在一定的安装条件下，对于一定的一次装置，流量系数 α 仅与雷诺数有关。

只要装置是几何相似的，并且流动可用相同的雷诺数来表征时，则各类装置的 α 数值是一样的。

比值 $C = \frac{\alpha}{E}$ 叫作“流出系数”。

本国际标准中所给出的 α 和 C 数值的方程式，是以试验确定的数据为根据的

2.4.7 膨胀系数

用可压缩流体（气体）标定给定的一次装置时，可以表明比值

$$\frac{q_m}{\frac{\pi d^2 \sqrt{2\Delta P \times \rho_1}}{4}}$$

与雷诺数的数值有关，同样也与差压值以及气体等熵指数的不同数值有关。

用以反映这些变化所采用的方法是：将在同一雷诺数下使用液体以直接标定法确定的一次装置的流量系数 α 乘以由下式定义的膨胀系数。

$$\epsilon = \frac{q_m}{\alpha \frac{\pi d^2 \sqrt{2\Delta P \times \rho_1}}{4}}$$

对不可压缩的流体 ϵ 等于1，对可压缩流体 ϵ 小于1。

这个方法是可行的。因为试验表明，实际上 ϵ 不随雷诺数而变，而且对于给定的一次装置的一定直径比， ϵ 只与差压比和等熵指数有关。

在本国际标准中 ϵ 的数值是根据试验确定的数据给出的。

2.4.8 粗糙度准则

本标准中所采用的粗糙度准则 R_a 由 ISO/R468 给定，它等于对被测型线的中线的算术平均偏差值。中线是使实际表面与中线间距离的平方和为最小值的一根线，在实践上对加工过的表面， R_a 可用标准设备进行测量。但是对于较粗糙的管子表面只能进行估计。

对管子而言，所使用的是等效粗糙度，高度 K 可由实验确定（见 7.3.1）或取自表格（见表6）。

3 测量方法的原理和计算

3.1 测量方法的原理

测量方法的原理，是基于在有流体流过的充满流体的管道内安装一个一次装置（如孔

板、喷嘴或文丘利管), 这个一次装置的插入会在装置的上游侧和喉部(或下游侧)之间造成一个静压差。假定这个装置与已经标定过的装置是几何相似的, 而且使用条件也一样(也就是说符合本国际标准), 则流量就可以根据测量的差压值和有关流动流体的知识以及使用该装置的外界环境条件来确定。

这是可以实现的。因为根据下面公式, 质量流量在本国际标准所说明的不确定度范围内与压差值有关

$$q_m = \alpha \epsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta P \times \rho_1} \quad (1)$$

$$\text{或} \quad q_m = CE \epsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta P \times \rho_1} \quad (2)$$

同样, 由于

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

因此, 可以算出体积流量, 其中 ρ 是在说明上述体积的温度和压力下的流体的密度。

3.2 选定的标准一次装置直径比的确定方法

实际上, 为实现流量测量, 必须确定装在给定管道内的一次装置的直径时, 基本公式(1)或(2)中所用的 α 和 CE 一般是不知道的, 因此, 首先必须选定如下项目:

- 所用的一次装置的类型
- 流量和相应的差压值

然后, 应把有关的 q_m 和 ΔP 值代入到改写成以下形式的基本公式中:

$$\alpha \beta^2 = \frac{4q_m}{\epsilon \pi D^2 \sqrt{2\Delta P \times \rho_1}}$$

于是, 所选定的一次装置的直径比, 可以用逐次逼近法确定。

3.3 流量计算

把数值代入基本公式(1)或(2)的右边各项, 可实现流量的计算。

计算本身除算术运算外, 没有什么困难。但要注意如下的说明:

a) α 取决于 Re , 而 Re 本身又决定于 q_m 。在此情况下, α (因而也是 q_m) 的最终值是要根据最初选定的 α (或 Re) 值用迭代法求得的。通常用 Re 为 10^6 下的 α 值作为起始值可能是方便的。

b) ΔP 代表由 2.2.3 条定义的差压。

c) 应注意: 公式中提到的 d 和 D 是在工作条件下的直径值。由于测量时流体的温度和压力可能会引起一次装置和管道的膨胀或收缩, 因而, 对通常环境条件下 d 和 D 的测定值必须进行修正。

d) 为了测量的目的, 必须知道测量条件下流体的密度和粘度。

3.4 密度的确定

要知道上游取压平面处流体的密度, 可以进行直接测定。也可以根据在该平面处流体的静压、温度和特性等知识, 通过计算得到。

3.4.1 流体的静压应在上游取压平面内测量, 可以通过单个的管壁取压口取压(如 7.2.1 条所述), 或者用环室取压(如 7.2.4 条所述)。

3.4.1.1 静压取压口最好与测量差压的上游部分的取压口分开，除非目的就是分别测量上游和下游的压力。

然而，只要证实同时连接两个压力测量不会导致差压测值的变化，也可使差压测量装置和静压测量装置同时连接到一个上游取压口。

3.4.1.2 在后面计算中所用到的静压值，是在上游测量截面的中心所存在的静压，它可能不同于在管壁上测得之值。

3.4.2 虽然计算密度和粘度用的流体的温度，是要在上游取压平面上测得的值，但是，流体的温度应最好在一次装置的下游测定。而且温度计保护套或温包应占尽可能小的空间。如果温包位于下游，则它和一次装置之间的距离至少应是 $5D$ 。若温包位于上游，则应符合表3中最后两行的要求。

如果测量的流体是气体，则在假定流体通过一次装置是等熵膨胀的情况下，可以从下游测得的温度换算到上游侧的温度。

3.4.3 只要能保证得到上游取压面上流体压力、温度、粘度和密度的可靠值，并不以任何方式干扰流量测量本身，则任何确定流体的密度、静压和温度的方法都是可以接受的。

3.4.4 一次装置的温度和一次装置上游流体的温度假定是一致的（见6.1.9）。

4 一次装置的选定

表2给出了一些指导性的意见，以便使一次装置的类型的选择符合所要求的性能。

表2 一次装置类型的选择准则

要 考 虑 的 性 能	选 择 时 的 考 虑
管直径，直径比 雷诺数	对每个一次装置都有管内径、直径比 β 和流动雷诺数的限值 如果所选定的差压和流量值对孔板的 β 值超过允许的限值，但它也许能用于喷嘴，因为在同一条件下喷嘴的 β 值更低一些
压力损失	对同一差压值，孔板和喷嘴的压力损失比古典文丘利管和文丘利喷嘴的压力损失大4—6倍
应提供的上游和下游直管 段长度 总的尺寸	古典文丘利管要求的直管段长度比孔板、喷嘴、文丘利喷嘴所要求的短
流体的种类	对古典文丘利管和文丘利喷嘴来说，为把一次装置装入管道，所需法兰之间的距离是值得注意的 对于磨蚀性和腐蚀性的流体，由于孔板的直角入口边缘变圆，其流量系数可能随时间逐步变化。喷嘴和文丘利管的表面沉积也会立刻影响到流量系数。但是，以后随时间变化的可能性是较小的
准确度	流量系数的不确定度是对每一种一次装置规定的
费用和制造	孔板比其它任何一次装置的加工制造都简单和便宜

5 测量的一般要求

在测量过程中，有必要保证下列要求得到充分满足，其中一些要求将在如下各条中详细说明。

5.1 一次装置

5.1.1 一次装置的制造、安装和使用应符合本国际标准。

当一次装置的制造特性和使用条件超出本国际标准的规定范围时，则必须在实际使用条件下对一次装置进行单独标定。

5.1.2 在每次测量或每一组测量之后，或在彼此间隔足够小的时间之后，都应检查一次装置

的状态,以便能与本国际标准保持一致。

应注意:即使是明显的中性流体也可能会在一次装置上形成沉积或结成硬皮。这样,在过了一段时间后会引出流出系数的变动或变化,导致超出本国际标准给定的不确定度的值。

5.1.3 除非使用者认为由温度变化所引起的尺寸变化可以忽略,一般应该根据被测流体的温度用热膨胀系数已知的材料制造一次装置。

5.2 流体的种类

5.2.1 流体可以是可压缩的(气体),也可以是被认为不可压缩的(液体)。

5.2.2 流体在物理上和热力学上应是均匀的,而且是单相的。具有高分散度的胶体溶液(如牛奶),而且只有那种溶液,才可以看作是单相流体。

5.2.3 为进行测量,有必要知道测量条件下流体的密度和粘度(见3.3d)。

5.3 流动条件

5.3.1 流速应是恒定的,或者在实际上,只随时间作轻微而缓慢的变化。本标准不适用于脉动流^①的测量。

5.3.2 流体流经一次装置时不应引起任何相变。如要确定是否有相变,流动的计 算可按如下假定进行,即若流体是气体,则可假定膨胀是等熵过程;若流体是液体,则可假定膨胀是等温过程。

5.3.3 如果流体是气体,由2.2.4定义的压力比应等于或大于0.75。

6 安装要求

6.1 总的要求

6.1.1 测量过程只适用于流经圆截面管道的流体。

6.1.2 在测量段处管道应是充满流体的。

6.1.3 一次装置应安装在管道中这样的位置上,即紧靠其上游的流动条件应达到充分发展的流速分布,并且无旋涡(见6.4)。如果安装符合第6节中所提出的要求,则可以期望具有这样的流动条件。

6.1.4 一次装置应安装在两根恒定截面的圆筒形直管段之间。除在本标准中规定的管件以外,在此二管段上不应有障碍物或分支管(无论测量时是否有流体流入或流出这种支管)。

当仅用目测检查显示是直管时,管子就被认为是直的。所需的符合上述说明的最短直管长度随管件的形式,一次装置的类型和直径比而定,其值列于表3和表4中。

6.1.5 用于计算直径比的管径 D 值,应取上游取压口的上游 $0.5D$ 长度内内径的平均值。此平均内径至少应是四个直径测量值的算术平均值。其中每个至少应分布在 $0.5D$ 长度内的三个截面上。这些截面中的二个是在距上游取压口 $0D$ 和 $0.5D$ 处。如果是环室取压(图4a),则 $0.5D$ 的值应从环室上游边缘算起。

6.1.6 在整个所需的最短直管段上,管道应该是圆形开孔的。管道截面圆度用目测法鉴定。除最靠近一次装置处以外(此处按所用的一次装置的类型有特殊的要求,见6.5.1和6.6.1),可以管子外部的圆度为准。

6.1.7 测量管的内径 D 应符合对每种一次装置所规定的值。

^① 这是技术报告3313“用孔板、喷嘴或文丘利管测量特别是正弦或方波周期性脉动流体的脉动流”的主题。

6.1.8 测量管的内表面应清洁,没有坑凹和沉积物,至少在一次装置上游 $10D$ 和下游 $4D$ 的长度范围内不能结垢。

6.1.9 测量管段和法兰至少应在所要求的整个直管段上保温。然而,如果在最短上游直管段的入口和最短下游直管段的出口之间,流体的温度不超出用户所规定的限值范围,即足以满足用户所要求的流量测量精度时,也可以不加保温。

6.2 各种阻流件和一次装置之间所需的最短上、下游直管段长度

6.2.1 表3,4中给出了最短的直管长。

6.2.2 表3,4中给出的直管长是最小值,而且总是建议直管长应比表中给出的值大些。特别是对于研究工作,为使“附加不确定度为零”,上游直管长值至少应取表3,4中给出的建议值的2倍。

6.2.3 当直管长符合表3表4的要求,并大于或等于“附加不确定度为零”的建议值^①时,就没有必要在考虑安装条件的影响时对流量系数的不确定度再加任何附加偏差。

6.2.4 当上游或下游的直管长小于“附加不确定度为零”的值,大于或等于表3,4给出的“附加不确定度为 $\pm 0.5\%$ ”的值^②时,应在流量系数的不确定度上算术相加 $\pm 0.5\%$ 的附加偏差。

6.2.5 若直管长度小于表3、表4给出的“附加不确定度为 $\pm 0.5\%$ ”的数值,本标准没有给出可预先估计的任何更大的不确定度值。另外,当上游和下游的直管长度同时小于“附加不确定度为零”的值时,也是如此。

6.2.6 表3,4中提到的阀门应全开。建议用设置在一次装置下游的阀门来控制流量。位于上游的截止阀最好采用闸阀,并应全开。

6.2.7 在单一的流向改变(弯头或三通)之后,建议安装时应使取压口(若是数对单独开孔时)的轴线垂直于弯头或三通的平面。

表3 孔板、喷嘴、文丘利喷嘴所需的直管段长度

一次装置上游或下游的各种阻流件和一次装置本身之间所需的最短直管段长度。

括号外的值是“附加不确定度为零”的值(见6.2.3)。

括号内的值是“附加不确定度为 $\pm 0.5\%$ ”的值(见6.2.4)。

所有的直管段长度都以 D 的倍数表示,应从一次装置的上游端面算起。

β	一 次 装 置 上 游 (入 口) 侧							下游(出口)侧
	单个90°弯头或三通(流体仅来自一个支管)	在同一平面内有两个或两个以上90°弯头	在不同平面内有两个或两个以上90°弯头	渐缩管(在 $1.5D$ 到 $3D$ 的长度上从 $2D$ 到 D)	渐扩管(在 $1D$ 到 $2D$ 的长度上从 $0.5D$ 到 D)	全 开 球 阀	全 开 闸 阀	本表中所包括的全部阻流件
≤ 0.20	10 (6)	14 (7)	34 (17)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)	4 (2)
0.25	10 (6)	14 (7)	34 (17)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)	4 (2)
0.30	10 (6)	16 (8)	34 (17)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)	5 (2.5)
0.35	12 (6)	16 (8)	36 (18)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)	5 (2.5)
0.40	14 (7)	18 (9)	36 (18)	5	16 (8)	20 (10)	12 (6)	6 (3)
0.45	14 (7)	18 (9)	38 (19)	5	17 (9)	20 (10)	12 (6)	6 (3)
0.50	14 (7)	20 (10)	40 (20)	6 (5)	18 (9)	22 (11)	12 (6)	6 (3)
0.55	16 (8)	22 (11)	44 (22)	8 (5)	20 (10)	24 (12)	14 (7)	6 (3)

① 是表3,4中括号外的值, ② 是表3,4中括号内的值。

β	一 次 装 置 上 游 (入 口) 侧							下游 (出口) 侧
	单个90°弯头或三通(流体仅来自一个支管)	在同一平面内有两个或两个以上90°弯头	在不同平面内有两个或两个以上90°弯头	渐缩管(在1.5D到3D的长度上从2D到D)	渐扩管(在1D到2D的长度上从0.5D到D)	全 开 球 阀	全 开 闸 阀	本表中所包括的全部阻流体
0.60	18 (9)	26 (13)	48 (24)	9 (5)	22 (11)	26 (13)	14 (7)	7 (3.5)
0.65	22 (11)	32 (16)	54 (27)	11 (6)	25 (13)	28 (14)	16 (8)	7 (3.5)
0.70	28 (14)	36 (18)	62 (31)	14 (7)	30 (15)	32 (16)	20 (10)	7 (3.5)
0.75	36 (18)	42 (21)	70 (35)	22 (11)	38 (19)	36 (18)	24 (12)	8 (4)
0.80	46 (23)	50 (25)	80 (40)	30 (15)	54 (27)	44 (22)	30 (15)	8 (4)

对于所有 β 值	阻流体	要求的最小上游 (入口) 直管长
	具有直径比 ≥ 0.5 的骤缩对称异径管	30 (15)
	直径 $\leq 0.03 D$ 的温度计保护套或温包 直径在 $0.03 D$ 和 $0.13 D$ 之间的温度计保护套或温包	5 (3) 20 (10)

表 4 古典文丘利管所需的直管段长度

位于古典文丘利管上游的各种阻流体与古典文丘利管本身之间所需的最短直管段长度。

括号外的值是“附加不确定度为零”的值 (见6.2.3)。

括号内的值是“附加不确定度为 $\pm 0.5\%$ ”的值 (见6.2.4)。

所有直管段长度都以直径 D 的倍数表示,应从古典文丘利管的上游取压口平面算起,管子的粗糙度至少在表4所示的整个长度上应不超过市场上供应的光滑管子的粗糙度 (大致为 $K/D \leq 10^{-3}$)。

下游直管段长度:若阻流体和其他扰流元件 (如表4中所给出的) 位于喉部取压面的下游至少4倍喉径的地方,则不会影响测量精度。

直径比 β	单个90° 短径弯头 ^①	在同一平面 ^① 内有两个或两个以上90°弯头	在不同平面 ^{①②} 内有两个或两个以上90°弯头	渐缩管在3.5D 的长度上从3D到1D	渐扩管在1D的 长度上从0.75D到1D	全 开 闸 阀
0.30	0.5 ^③	1.5 (0.5)	(0.5)	0.5 ^③	1.5 (0.5)	1.5 (0.5)
0.35	0.5 ^③	1.5 (0.5)	(0.5)	1.5 (0.5)	1.5 (0.5)	2.5 (0.5)
0.40	0.5 ^③	1.5 (0.5)	(0.5)	2.5 (0.5)	1.5 (0.5)	2.5 (1.5)
0.45	1.0 (0.5)	1.5 (0.5)	(0.5)	4.5 (0.5)	2.5 (1.0)	3.5 (1.5)
0.50	1.5 (0.5)	2.5 (1.5)	(8.5)	5.5 (0.5)	2.5 (1.5)	3.5 (1.5)
0.55	2.5 (0.5)	2.5 (1.5)	(12.5)	6.5 (0.5)	3.5 (1.5)	4.5 (2.5)
0.60	3.0 (1.0)	3.5 (2.5)	(17.5)	8.5 (0.5)	3.5 (1.5)	4.5 (2.5)
0.65	4.0 (1.5)	4.5 (2.5)	(23.5)	9.5 (1.5)	4.5 (2.5)	4.5 (2.5)
0.70	4.0 (2.0)	4.5 (2.5)	(27.5)	10.5 (2.5)	5.5 (3.5)	5.5 (3.5)
0.75	4.5 (3.0)	4.5 (3.5)	(29.5)	11.5 (3.5)	6.5 (4.5)	5.5 (3.5)

① 弯头的曲率半径应等于或大于管径。

② 由于这些阻流体可以影响到 $40D$ 以后,因此,表中无法给出括号外的值。

③ 由于没有任何阻流体可以安装在离文丘利管的上游取压口比 $0.5D$ 更近的地方,因此,在这一管长上只有一个“附加不确定度为零”的值。

注意:对古典文丘利管所需的最小直管长小于表3中规定的孔板、喷嘴和文丘利喷嘴所需的直管长的理由是:

a) 它们是根据不同的试验结果和不同的上游接管条件得到的。

b) 设计了古典文丘利管前面的收缩部分,这使得在其喉部能得到更均匀的流速分布,试验表明,对同样的直径比,古典文丘利管上游的最小直管长可以比孔板、喷嘴和文丘利喷嘴所需的上游直管段更短一些。

6.2.8 表3, 4所示数值是在表中特定阻流件的上游有一个很长的直管的条件下试验得到的。因此, 可以假定在阻流件上游的流动是足够接近充分发展的和没有旋涡的。通常这样的条件是不易做到的。可用下面的注意事项作为正规安装实践的指南。

a) 如果一次装置装在一通向上游开敞空间或大容器的管道中(不论是直接相连还是通过什么阻流件), 在开敞空间与一次装置之间总管长绝对不得小于 $30D$ ①。如中间有阻流件, 则阻流件与一次装置之间的直管长应符合表3, 4中所给出的数值要求。

b) 若在一次装置的上游串联着装有除 90° 弯头②以外的几个阻流件, 则应使用下面的规则: 离一次装置最近的阻流件(1)和一次装置之间的最短直管段长度应按表3、表4中的该阻流件(1)和实际 β 值确定。除此之外, 阻流件(1)和前一个阻流件(2)之间的直管长应等于表3、表4中由阻流件(2)和直径比 $\beta=0.7$ 所确定的数值的一半(不论实际 β 值是多少)。如果阻流件(2)是一个骤缩对称异径管时, 本要求不适用。此时适用上述a)项。

在上述直管长中如果有一个最小直管段的长度是采用了括号内的值时, 则应在流量系数的不确定度上加上 $\pm 0.5\%$ 的附加不确定度。

6.3 整流器

如果一次装置装在表3或表4中所没有的各种阻流件的下游, 建议使用在6.3.2和图1中所描述的整流装置。如果所使用的是大面积比的一次装置, 由于采用整流器, 则有时可在一次装置的上游使用比表3所规定的安装长度短些的直管段。

如按6.3.1指出的那样安装时, 使用整流器不会在流量系数的不确定度上再加任何附加的不确定度。

6.3.1 安装

任何整流器都应安装在一次装置和上游扰流件(或离一次装置最近的阻流件)之间的直管上。除非是6.4第一段规定的情况, 该阻流件和整流器之间的直管长至少应等于 $20D$, 而且整流器和一次装置之间的长度至少应等于 $22D$ 。只有当整流器的阻流小管周围有最小的间隙, 而使之没有妨碍其正确作用的旁通流时, 整流器才是充分有效的。

6.3.2 整流器的类型

有三种标准形式的整流器A, B和C示于图1。应当注意, 这类整流器都会造成压力损失。对A型整流器近似为 $5(1/2\rho U^2)$, B型近似为 $15(1/2\rho U^2)$, C型近似为 $5(1/2\rho U^2)$ 。

6.3.2.1 A型: Zanker式整流器

这种整流器是由有规定尺寸圆孔的穿孔薄板及其后面由很多平板交叉形成的槽道(每一个孔有一个槽)所组成。图1中给出了主要尺寸。

各种板应具有适当的强度, 但不应有不必要的厚度。

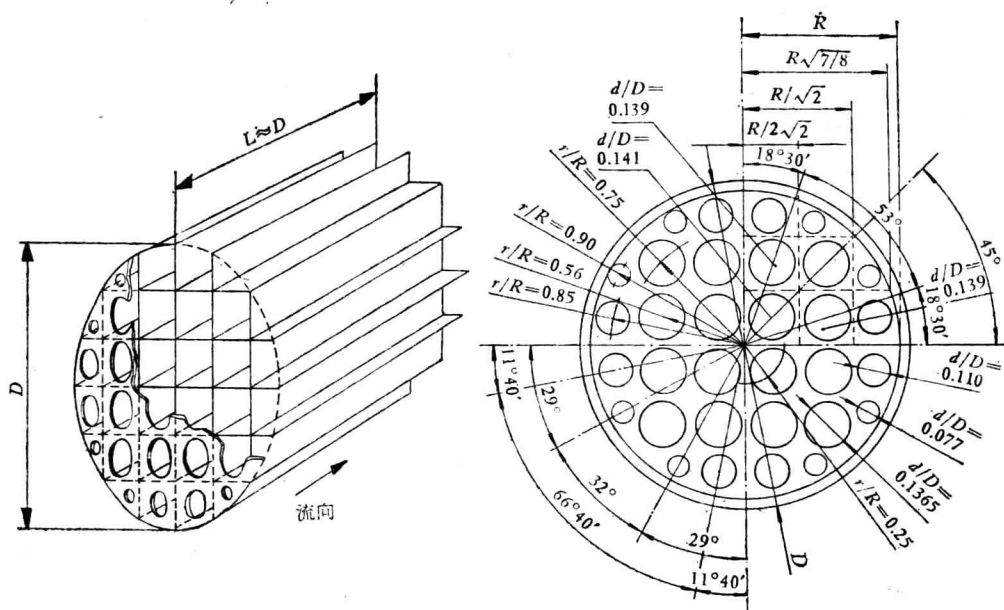
6.3.2.2 B型: Sprenkle型整流器

这种整流器是由三块穿孔金属板串连而成, 相邻的两板之间的间距为一倍管径。最好在孔的上游面有倒角, 而且每块板上开孔的总面积应该大于管横截面积的40%。板的厚度与孔径的比至少是1.0, 孔的直径应小于管径的1/20。

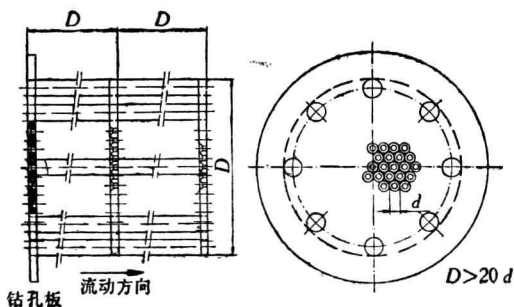
三块板应当用棒或螺栓连在一起。棒或螺栓应环绕管的内圆周分布, 而且尽可能象孔直径

① 在缺少试验数据的情况下, 对古典文丘利管采用孔板和喷嘴所需的条件看来是合理的。

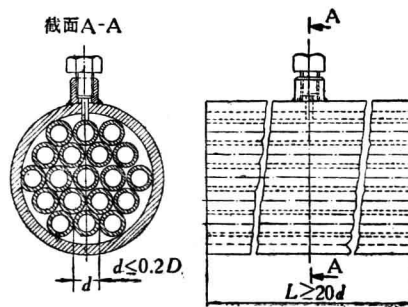
② 对有几个 90° 弯头的情况, 无论两个连续弯头之间的长度是多少都可取表3、表4中的值。



A型“Zanker”整流器



B型“Sprenkle”整流器



C型管束式整流器

注：为减少压力损失，孔的入口可做成45°的斜面。

图 1 整 流 器

那样小，并提供所需的强度。

6.3.2.3 C型：管束式整流器

这种整流器是由很多固定在一起并且刚性地固定在管内的平行的管子所组成。重要的是要保证各个管子彼此平行，因而也与管轴平行。如这一要求不能满足，则整流器本身可能会对流动引起干扰。

至少要有19根管子，其长度应大于或等于 $20d$ ，管子应该连接在一起，并且使管束与管道相切。

6.4 对一次装置处流动条件的一般要求

如果不能满足表3、表4或6.3中给出的安装条件，但若可以表明紧靠一次装置上游的流动条件是符合6.1.3的规定的，则本标准仍然有效。

如果在整个管道中的旋涡角小于 2° ，则可以认为存在着无旋涡的条件。

在达到以下条件时，可认为流速分布是可被接受的。即在横穿管截面的每一点上，其轴向流速与截面上最大轴向流速之间的比值与同样管子的非常长的直管长（超过 $100D$ ）的终端（此时可以认为已达到无旋涡的流动）同一径向位置的上述比值相比在 $\pm 5\%$ 以内相符。

6.5 对孔板、喷嘴和文丘利喷嘴安装要求的附加规定

6.5.1 管道圆度

在紧靠近一次装置的地方应满足下述要求。

6.5.1.1 与一次装置（如有一个环室则为环室）相连的上游管段至少应有 $2D$ 长，而且是圆的。如在任何平面内测得的直径与按6.1.5测得的平均值的差不超过 0.3% ，则认为管子是圆的。

6.5.1.2 从一次装置算起 $2D$ 以外，一次装置与第一个上游阻流件或扰流件之间的上游管道可以由一个管段也可以由几个管段组成。

只要任何二个管段之间的错位不超过如6.5.1.1所规定的 0.3% 的圆度要求，那么流出系数没有附加的不确定度。

6.5.1.3 如果任何两个管段之间的错位 h ，超过6.5.1.2中给出的极限值，但满足下列关系，

$$\frac{h}{D} \leq 0.002 \left(\frac{\frac{s}{D} + 0.4}{0.1 + 2.3\beta^4} \right)$$

$$\text{和 } \frac{h}{D} \leq 0.05$$

式中： s 分别为错位位置与上游取压口或与环室的距离。

则对流量系数的不确定度应算术相加 $\pm 0.2\%$ 的附加不确定度。

6.5.1.4 若错位大于上述公式给出的极限值，则安装不符合本国际标准的要求。

6.5.1.5 下游直管段的管径至少在沿一次装置上游端面 $2D$ 的长度上，与上游直管段的平均直径的差不得大于 $\pm 3\%$ 。这只需在下游直管段上测一个直径就可作出判断。

6.5.2 排污孔和排气孔

管道可以设置必要的排污孔，以便排除固体沉积物和其他与被测流体不同的流体。也可以设置排气孔。然而，在进行流量测量的过程中，不应有流体流经这些排污孔和排气孔。

排污孔和排气孔不得设置在一次装置附近。如果不得不设置在一次装置附近时，则这些排污孔的直径应小于 $0.08D$ ，而且它们的位置距一次装置同一侧的取压口的直线距离应大于 $0.5D$ 。此外，排污孔或排气孔的中心线应位于管道中这样的轴向扇形之内，即在这个扇形中没有包括有任何取压口。

6.5.3 一次装置和取压环室的安装位置

6.5.3.1 在管内应这样安装一次装置，即使流体从其上游面流向下游面（见图上的“流动方向”的箭头）。

6.5.3.2 一次装置应与管道中心线垂直，其偏差应在 $\pm 1^\circ$ 范围以内。

6.5.3.3 一次装置应与管道同心。如果可用取压环，则应与取压环同心。开孔的中心线与

上游和下游的管中心线之间的距离 e_s 应小于或等于 $\frac{0.0005D}{0.1+2.3\beta^4}$

如果 $\frac{0.0005D}{0.1+2.3\beta^4} < e_s \leq \frac{0.005D}{0.1+2.3\beta^4}$, 则应对流量系数 α 的不确定度算术相加 $\pm 0.3\%$

附加偏差。若 $e_s > \frac{0.005D}{0.1+2.3\beta^4}$, 本标准没有给出可被预先估计出的任何更大的不确定度值。

6.5.3.4 当采用取压环时, 应使取压环不突入管内。

6.5.4 夹紧方法和垫圈

6.5.4.1 固定和夹紧的方法应是: 一旦将一次装置安装在适当的位置后, 就能保持不动。

当一次装置固定在法兰之间时, 有必要允许它有自由的热膨胀以避免皱曲和变形。

6.5.4.2 如使用垫圈, 垫圈应做的和安装的没有任何一点突入管内。或当使用角接取压时, 也不得挡住取压口或取压槽。垫圈应尽可能薄, 在任何情况下不得厚于 $0.03D$ 。

6.5.4.3 如在一次装置和取压环室之间使用垫圈时, 垫圈不得突入环室内。

6.6 对古典文丘利管安装要求的附加规定

6.6.1 管子的圆度

在紧靠对古典文丘利管的地方应符合下列要求。

6.6.1.1 整个上游管道应是圆筒形的。至少离文丘利管入口圆筒形部分上游端面 $2D$ 长度上应是圆筒形的。

6.6.1.2 与古典文丘利管相连的管子的平均直径 D 应在古典文丘利管入口圆筒直径的 $\pm 1\%$ 内。此外, 在古典文丘利管前面二倍管直径的距离内, 入口管段的任一单测直径与平均直径的差应不超过 $\pm 2\%$ 。

6.6.1.3 紧靠文丘利管下游的管直径不必精确测定, 但应进行检查。下游侧管径应不小于文丘利管扩散部分端部直径的 90% , 这意味着在多数情况下与文丘利管有同一名义尺寸的管子就可以使用。

6.6.2 上游管道的粗糙度

至少距古典文丘利管上游 $2D$ 的长度上, 上游管道应有 $K/D \leq 10^{-3}$ 的粗糙度。

6.6.3 古典文丘利管的校直

在上游管道和管段 A (见 9.1.2) 的连接平面内, 上游管道的中心线与文丘利管的中心线之间的错位或距离应小于 $0.005D$ 。文丘利管的中心线相对于上游管道的中心线的校直角的不确定度应小于 1° 。最后, 错位和直径偏差 (见 6.1.5) 之半的总和应小于 $0.0075D$ 。

6.6.4 排污孔和排气孔

管子可以设置为排除被测流体以外的固体沉积物和其它液体所必需的排污孔, 也可以设置排气孔。然而, 在进行流量测量时, 不应有任何流体流经这些孔。

7 孔板

各种形式的标准孔板都是类似的, 因而只需说明一种就够了。每种标准孔板都是用取压方式来表征的。

按本标准, 若孔板不符合下述流动条件的说明, 则孔板就不能使用。