

# T/BAS

北京标准化协会团体标准

T/BAS 003—2022

---

## 用定值标准喷嘴流量计 测量封闭管道中流体流量

Measurement of fluid flow by means of fixed value standard nozzles meter inserted  
in circular cross-section conduits running full

2022 - 12 - 01 发布

2023 - 01 - 01 实施

---

北京标准化协会 发布



## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号 .....	1
5 测量原理和计算方法 .....	2
5.1 测量原理 .....	2
5.2 计算方法 .....	2
6 定值标准喷嘴 .....	3
6.1 定值标准喷嘴的形状 .....	3
6.2 定值标准喷嘴廓形 .....	4
6.3 下游端面 .....	5
6.4 材料和制造 .....	5
6.5 取压口 .....	5
6.6 定值标准喷嘴的系数 .....	6
6.7 定值标准喷嘴系数的不确定度 .....	7
6.8 压力损失 .....	7
7 安装要求 .....	8
7.1 总则 .....	8
7.2 安装在各种管件和一次装置之间的最短上游和下游直管段 .....	8
7.3 流动调整器 .....	12
7.4 管道的圆度和圆柱度 .....	12
7.5 一次装置和夹持环的位置 .....	12
7.6 固定方法和垫圈 .....	13
8 流出系数的确定 .....	13
8.1 几何检测法 .....	13
8.2 系数校准法 .....	13
9 流出系数的不确定度 .....	13
9.1 几何检测法确定的流出系数的不确定度 .....	13
9.2 经系数校准的流出系数的不确定度 .....	13
附录 A (资料性) 流出系数表 .....	15
附录 B (资料性) 可膨胀性[膨胀]系数表 .....	16

## 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。

本文件是在参照GB/T 2624.3—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3部分喷嘴和文丘里喷嘴》规定的ISA1932喷嘴基础上，通过对直径50mm至500mm的每一种标称管道优化选取一系列固定的标称直径比的方法，实现ISA1932喷嘴系列标准化，以方便产品的加工、使用及检验。在推进标准化的同时，提升ISA1932喷嘴测量准确度。

本文件不涉及与其应用有关的所有安全问题，在使用本文件前，使用者有责任制定相应的安全和保护措施，并明确其限定的适用范围。

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专利的责任。

本文件由北京标准化协会提出并归口。

本文件起草单位：北京博思达新世纪测控技术有限公司、中国计量科学研究院、国家石油天然气管网集团有限公司西气东输分公司、中国石油化工股份有限公司金陵分公司、北京市计量检测科学研究院、北京瑞普三元仪表有限公司、大连精工自控仪表成套技术开发公司、江苏省质量技术监督气体流量计量测试中心、辽宁省计量科学研究院，河北省计量监督检测研究院、石家庄威大特测控工程有限公司、陕西省计量科学研究院。

本文件主要起草人：张志力、史振东、吴岩、郁周、刘佳瑞、李晨、华军、肖兰、宋超凡、李佳、李健、肖晖、朱昕姝、刘译文、陆科、王喜英、黄冠文、王大为、韩冰、王京安。

## 引 言

本文件规定了定值标准喷嘴（即定值系列ISA1932喷嘴）的几何形状及其安装在充满流体的管道中测量管道内流体流量的使用方法（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。

定值标准喷嘴流量计由以定值标准喷嘴为检测元件的一次装置（包括定值标准喷嘴、取压装置及上下游直管段）和二次装置（包括差压、压力和温度测量仪表，进行数据采集和处理的流量计算机）组成。

本文件考虑的是一次装置，也涉及到二次装置。



# 用定值标准喷嘴流量计 测量封闭管道中流体流量

## 1 范围

本文件规定了定值标准喷嘴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）。

本文件适用于采用定值标准喷嘴对流体在整个测量段内流体保持亚音速流动的流量测量。

本文件不适用于脉动流的测量，也不适用于在直径小于50mm或大于500mm的管道中的使用。

## 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。

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 34166-2017 用标准喷嘴流量计测量天然气流量

JJG 640-2016 差压流量计

JJG 1003-2016 流量积算仪

## 3 术语和定义

GB/T 2624.1和GB/T 34166-2017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 定值标准喷嘴 fixed value standard nozzle

按本文件规定的一系列喉部直径进行加工的ISA1932喷嘴，简称定值喷嘴。

### 3.2 标称直径比 nominal diameter ratio

环境温度20℃条件下的定值标准喷嘴喉部直径与其上游测量管内径之比。

## 4 符号

下列符号适用于本文件。

表1 量的符号、名称、量纲及单位

量的符号	量的名称	量纲	单位符号
$C$	流出系数	1	
$C_p$	气体等压比热容	$L^2T^{-2}\Theta^{-1}$	$J/(g \cdot ^\circ C)$
$C_v$	气体等容比热容	$L^2T^{-2}\Theta^{-1}$	$J/(g \cdot ^\circ C)$
$d$	操作条件下定值标准喷嘴喉部直径	L	m
$d_{20}$	20℃条件下定值标准喷嘴喉部直径	L	m
$D$	操作条件下测量管内径	L	m
$D_{20}$	20℃条件下测量管内径	L	m
$F_z$	超压缩系数	1	
$\dot{H}_v$	标准参比条件下体积基高位发热量	$ML^{-1}T^{-2}$	$J/m^3$
$\dot{H}_m$	标准参比条件下质量基高位发热量	$L^2T^{-2}$	$J/kg$
$K$	定值标准喷嘴压力损失系数	1	

表1 (续)

$P$	静压	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
$q_m$	质量流量	$MT^{-1}$	kg/s
$q_v$	体积流量	$L^3T^{-1}$	$m^3/s$
$q_e$	能量流量	$ML^2T^{-3}$	J/s
$R_a$	粗糙度算术平均偏差	L	m
$Re_D$	管道雷诺数 $Re_D = 4q_m / \pi \mu D$	1	
$T$	流体热力学温度	$\Theta$	K
$t$	流体摄氏温度	$\Theta$	$^{\circ}C$
$V$	定值标准喷嘴喉部流体流速	$LT^{-1}$	m/s
$Z$	压缩系数	1	
$\Delta P$	差压	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
$\Delta \omega$	压力损失	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
$\beta$	直径比, $\beta = d/D$	1	
$\beta_n$	定值标准喷嘴的标称直径比, $\beta_n = d_{20}/D_{20}$	1	
$\varepsilon$	可膨胀性系数	1	
$\mu$	动力粘度	$ML^{-1}T^{-1}$	Pa·s
$\kappa$	等熵指数	1	
$\tau$	定值标准喷嘴上下游压力比, $\tau = P_2/P_1$	1	
$\rho$	密度	$ML^{-3}$	$kg/m^3$

注1: 在“量纲”栏中, 长度、质量、时间和热力学温度的量纲, 分别用 L、M、T 和  $\Theta$  表示。  
注2: 在标准文本量符号中, 下标 n 代表标准参比条件下的参数, 下标 1 代表有关上游取压孔平面上和(或)操作条件下的参数, 下标 2 代表有关下游取压孔平面上的参数。

## 5 测量原理和计算方法

### 5.1 测量原理

以定值标准喷嘴为检测元件的一次装置安装在充满流体的管道中, 使一次装置的上游侧与下游侧之间产生一个静压差。根据该差压的实测值和流动流体的特性以及使用条件, 并假定该装置与经过校准的一个装置几何相似且使用条件相同, 就可以确定流量。

质量流量用公式 (1) 确定:

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

体积流量用公式 (2) 确定:

$$q_v = \frac{q_m}{\rho_1} \quad \dots\dots\dots (2)$$

标准参比条件下的体积流量用公式 (3) 确定:

$$q_{vn} = \frac{q_m}{\rho_n} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$\rho_1$ ——测定流量时的温度和压力下的流体密度;

$\rho_n$ ——标准参比条件下的流体密度。

### 5.2 计算方法

5.2.1 流量计算纯粹是一个算术运算过程, 可以用数值替换公式 (1) 右边各个不同的项来实现。给出表 A.1 到表 A.2 是为了提供方便。表 A.1 给出了对应于  $\beta$  的  $C$  值, 表 A.2 给出了可膨胀性 (膨胀) 系数  $\varepsilon$ 。它们不供精确内插, 不允许外推。



5.2.2 流出系数  $C$  取决于  $Re_D$ ，而  $Re_D$  又取决于  $q_m$ ， $C$  必须用迭代法获得（详见 GB/T 2624.1-2006 的附录 A 中有关迭代法程序和初始估计选择的说明）。

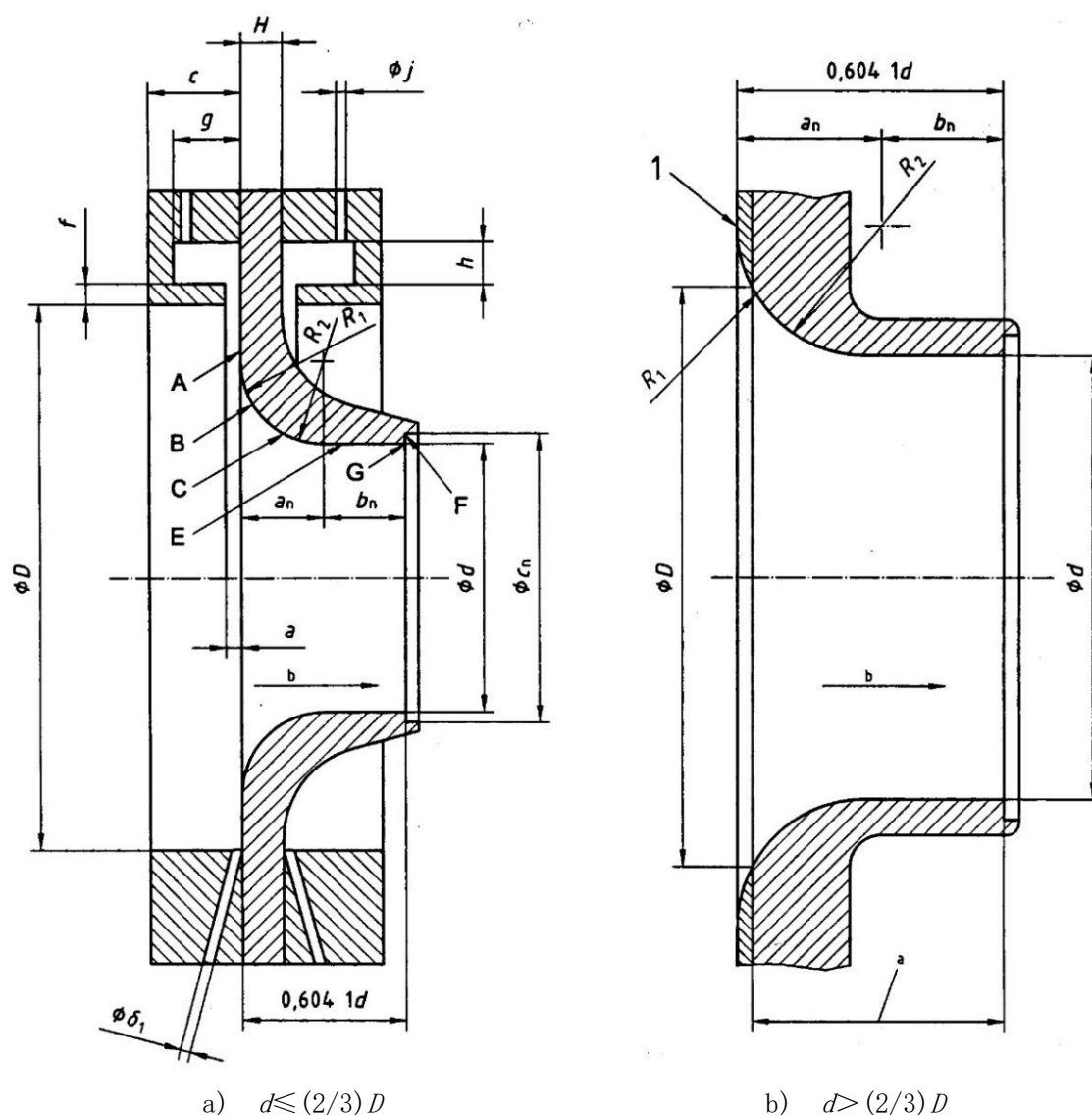
5.2.3 公式 (1) 提及的  $d$  和  $D$  是操作条件下的直径值。在任何其它条件下进行的测量，都必须对测量期间由于流体的温度和压力改变引起一次装置和管道任何可能的膨胀或收缩进行修正（应按 GB/T 34166-2017 的公式 (16) 和公式 (17) 对  $d$  和  $D$  进行温度修正）。

5.2.4 应了解操作条件下和/或标准参比条件下流体的密度和粘度，对于可压缩流体，还应知道操作条件下流体的等熵指数（应按 JJG 1003-2016 中 A2 规定的方法确定流体的密度、粘度及等熵指数）。

## 6 定值标准喷嘴

### 6.1 定值标准喷嘴的形状

定值标准喷嘴在管道内的部分是圆形的，由圆弧廓形的收缩部分和圆筒形喉部组成。图 1 所示为定值标准喷嘴喉部轴线平面的截面图。下文提到的字母参见图 1。



图注：

1 应切除的部分

a 见 6.2.6

b 流动方向

图1 定值标准喷嘴

## 6.2 定值标准喷嘴廓形

### 6.2.1 定值标准喷嘴廓形的特征：

- a) 一个垂直于中心线的平面入口部分 A；
- b) 一个由 B 和 C 两段圆弧构成的收缩段；
- c) 一个圆筒形喉部 E；
- d) 一个任选的护槽 F（只用于防止边缘 G 受损）。

### 6.2.2 平面入口部分 A

平面入口部分 A 是由直径为  $1.5d$  且与旋转轴同心的圆周和直径为  $D$  的管道内部圆周限定的。

- a) 当  $d < 2D/3$ ，圆弧 B 与平面入口部分 A 相切。
- b) 当  $d = 2D/3$  时，此平面部分的径向宽度为零。

c) 当  $d > 2D/3$  时，在管道内的定值标准喷嘴上游端面就不包括平面入口部分。在此情况下，定值标准喷嘴将按照  $D > 1.5d$  那样进行加工，然后将入口平面部分切平，使收缩廓形的最大直径恰好等于  $D$  [见 6.2.7 和图 1 b]。采用数控设备加工应满足本文件对于平面入口部分 A 及定值标准喷嘴廓形的要求。

6.2.3 圆弧 B 的半径  $R_1$  等于  $0.2d \pm 0.02d$ （对于  $\beta < 0.5$ ）和  $0.2d \pm 0.006d$ （对于  $\beta \geq 0.5$ ）时，圆心距入口平面  $0.2d$ ，距轴线  $0.75d$ 。

### 6.2.4 圆弧 C

圆弧 C 与圆弧 B 及喉部 E 相切。其半径  $R_2$  等于  $d/3 \pm 0.033d$ （对于  $\beta < 0.5$ ）和  $d/3 \pm 0.01d$ （对于  $\beta \geq 0.5$ ）。其圆心距轴线  $d/2 + d/3 = 5d/6$ 。距平面入口部分 A：

$$a_n = \left( \frac{12 + \sqrt{39}}{60} \right) d = 0.3041d$$

### 6.2.5 喉部 E

喉部 E 的直径为  $d$ ，长度  $b_n = 0.3d$ 。喉部直径  $d$  值应取至少四个直径测量值的平均值，各个直径之间彼此以近似相等的角度分布在轴向平面上。喉部应为圆筒形。任何一个横截面直径与平均直径值之差不得大于 0.05%。当任何一个被测直径的长度偏差均符合上述偏离平均值的要求，且平均直径值与设计计算选择的定值标准喷嘴喉部直径值之差不大于设计计算选择的定值标准喷嘴喉部直径的 0.05% 时，即认为已满足此要求。

### 6.2.6 护槽 F

护槽 F 的直径  $c_n$  至少等于  $1.06d$ ，长度小于或等于  $0.03d$ 。护槽高度  $(c_n - d)/2$  与其轴向长度之比不得大于 1.2。出口边缘 G 应是锐边。

### 6.2.7 定值标准喷嘴的总长度

定值标准喷嘴的总长度（不包括护槽 F）取决于  $\beta$ ， $a$  等于：

$$0.6041d \quad \left( \text{对于 } 0.3 \leq \beta \leq \frac{2}{3} \right)$$

和

$$\left( 0.4041 + \sqrt{\frac{0.75}{\beta} - \frac{0.25}{\beta^2} - 0.5225} \right) d \quad \left( \text{对于 } \frac{2}{3} < \beta \leq 0.8 \right)$$

### 6.2.8 收缩段入口的廓形

收缩段入口的廓形宜利用样板进行检验。在垂直于轴线的同一平面上，收缩段入口的两个直径彼此相差不得大于平均值的 0.1%。

### 6.2.9 上游端面和喉部的粗糙度

上游端面和喉部应抛光，使粗糙度  $Ra \leq 10^{-4}d$ 。

### 6.3 下游端面

6.3.1 厚度  $H$  不得大于  $0.1D$ 。

6.3.2 除 6.3.1 的条件外，下游端面的廓形和表面粗糙度不作规定。

### 6.4 材料和制造

只要定值标准喷嘴符合前述要求并在流量测量时的压力温度条件下仍保持不变，它就可以用任何材料和任何方法制造。

### 6.5 取压口

6.5.1 定值标准喷嘴上游应采用角接取压口。

6.5.1.1 上游取压口可以是单个取压口或者是环隙。如图 1 所示，这两种取压口可位于管道上、管道法兰上或夹持环上。

6.5.1.2 各个上游取压口的轴线与上游端面 A 的间距等于取压口本身直径之半或宽度之半。这样，取压口穿透管壁处就与端面 A 齐平。各个上游取压口的轴线应尽可能以  $90^\circ$  的角度与一次装置的轴线相交。

6.5.1.3 单个上游取压口的直径  $\delta_1$  和环隙的宽度  $a$  规定如下：

a) 对于清洁流体和蒸汽：

—— 对于  $\beta \leq 0.65$ ：  $0.005D \leq a$  或  $\delta_1 \leq 0.03D$ ；

—— 对于  $\beta > 0.65$ ：  $0.01D \leq a$  或  $\delta_1 \leq 0.02D$ ；

b) 对于任何  $\beta$  值：

—— 对于清洁流体：  $1\text{mm} \leq a$  或  $\delta_1 \leq 10\text{mm}$ ；

—— 对于蒸汽，用环室时：  $1\text{mm} \leq a \leq 10\text{mm}$ ；

—— 对于蒸汽和液化气体，用单个取压口时：  $4\text{mm} \leq \delta_1 \leq 10\text{mm}$ 。

6.5.1.4 最小直径实际上是根据防止偶然阻塞及取得良好动态特性的需要确定的。

6.5.1.5 环隙通常在整个周长上穿通管道，连续而不中断。若非如此，则每个环室应至少由四个开孔与管道内部连通。每个开孔的轴线彼此互成等角，而单个开孔的面积至少为  $12\text{mm}^2$ 。

6.5.1.6 夹持环的内径  $b$  必须大于或等于管道内径  $D$ ，以保证它不突入管道内，但应小于或等于  $1.04D$ 。

此外，应满足下列条件：

$$\frac{b-D}{D} \times \frac{c}{D} \times 100 \leq \frac{0.1}{0.1+2.3\beta^4}$$

6.5.1.7 上游环（见图 1）的长度  $c$  不得大于  $0.5D$ 。

6.5.1.8 环隙厚度  $f$  应大于或等于环隙宽度  $a$  的两倍。环室的横截面积  $gh$  应大于或等于环室连通管道内部的开孔总面积之半。

6.5.1.9 环室接触被测流体的表面应清洁，并具有良好的加工粗糙度。

6.5.1.10 连接环室与二次装置的取压口是管壁取压口，在贯穿处是圆形的，其直径  $\phi_j$  在  $4\text{mm}$  至  $10\text{mm}$  之间。

6.5.1.10 上游夹持环和下游夹持环不必彼此对称，但均应符合前述规定。

6.5.1.12 管道直径应按 6.4.2 的规定测量，夹持环可看作是一次装置的一部分。这亦适用于 6.4.4 给出的距离要求，因而长度  $s$  应从夹持环形成的凹槽的上游边缘处测量起。

### 6.5.2 下游取压口

6.5.2.1 可以是如 6.5.1 所述的角接取压口，也可以是如本条款下述的取压口。

6.5.2.2 取压口轴线与定值标准喷嘴上游端面之间的距离应为：

——  $\leq 0.15D$  （对于  $\beta \leq 0.67$ ）；

——  $\leq 0.20D$  （对于  $\beta > 0.67$ ）；

### 6.5.3 单个取压口

6.5.3.1 设置取压口时，应预先考虑垫圈和（或）密封材料的厚度。

6.5.3.2 取压口轴线应尽可能以  $90^\circ$  角度与管道轴线相交，但在任何情况下都应在垂直线的  $3^\circ$  以内。穿透处孔应为圆形，边缘应与管壁内表面齐平并尽可能锐利。为确保去除内部边缘上的一切毛边或卷口，允许倒圆但应尽可能小，若能测量，倒圆的半径应小于取压口的  $1/10$ 。在连接孔内、管壁上钻孔的边缘或靠近取压口的管壁上不应呈现不规则性。可目测检查，判断取压口是否符合本段的要求。

6.5.3.3 取压口的最小直径不受限制，在实际应用中它是根据防止偶然阻塞及取得良好的动态特性的需要而确定的。上游和下游取压口的直径应相同。

6.5.3.4 从管道内壁量起，在至少 2.5 倍于取压口直径的长度内，取压口应为圆形和圆筒形。

6.5.3.5 取压口的轴线可位于管道的任一轴向平面上。

6.5.3.4 上游取压口和下游取压口的轴线可位于不同的轴向平面上。

## 6.6 定值标准喷嘴的系数

### 6.6.1 使用限制

定值标准喷嘴应在下列条件下使用：

环境温度  $20^\circ\text{C}$  条件下定值标准喷嘴流量计的测量管内径  $D_{20}$  与标称直径比  $\beta_N$ ，应符合表 2 给出的值。

表 2 环境温度  $20^\circ\text{C}$  条件下定值标准喷嘴流量计的测量管内径与标称直径比系列值

$\beta_N$	$D_{20}$										
	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500
0.3	V	V	V	V	V	N	N	N	N	N	N
0.33	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
0.36	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
0.39	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
0.42	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
0.45	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
0.48	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
0.51	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
0.54	N	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
0.57	N	V	R	R	R	R	R	R	R	R	R
0.60	N	V	R	R	R	R	R	R	R	R	R
0.63	N	N	V	V	V	V	V	V	V	V	V
0.66	N	N	V	V	V	V	V	V	V	V	V
0.72	N	N	V	V	V	V	V	V	V	V	V
0.75	N	N	V	V	V	V	V	V	V	V	V
0.78	N	N	N	N	V	V	V	V	V	V	V

a) R: 推荐优先使用;  
 b) V: 推荐使用;  
 c) N: 不推荐使用;  
 d) 表中  $D_{20}$  与  $\beta_N$  的乘积等于定值标准喷嘴的喉部直径。

同时  $Re_b$  在下述限值范围内：

—— 当  $0.30 \leq \beta < 0.44$  时， $7 \times 10^4 \leq Re_b \leq 10^7$

—— 当  $0.44 \leq \beta \leq 0.78$  时， $2 \times 10^4 \leq Re_b \leq 10^7$

此外，管道相对粗糙度应符合表 3 给出的值。

表 3 定值标准喷嘴上游管道的相对粗糙度上限值

$\beta$	$\leq$ 0.33	0.36	0.39	0.42	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.63	0.66	0.69	$\geq$ 0.72
$10^4 Ra/D$	8.0	5.9	3.4	2.8	2.1	1.9	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2

### 6.6.2 流出系数 $C$

流出系数  $C$  按公式 (4) 计算:

$$C = 0.9900 - 0.2262\beta^{4.1} - (0.00175\beta^2 - 0.0033\beta^{4.15}) \left( \frac{10^6}{Re_D} \right)^{1.15} \dots\dots\dots (4)$$

为方便使用, 附录 A 给出了对应于  $\beta$  和  $Re_D$  的  $C$  值。这些值不供精确内插, 不允许外推。

### 6.6.3 可膨胀性 (膨胀) 系数 $\varepsilon$

可膨胀性 (膨胀) 系数  $\varepsilon$  按公式 (5) 计算:

$$\varepsilon = \sqrt{\left( \frac{\kappa\tau^{2/\kappa}}{\kappa-1} \right) \left( \frac{1-\beta^4}{1-\beta^4\tau^{2/\kappa}} \right) \left( \frac{1-\tau^{(\kappa-1)/\kappa}}{1-\tau} \right)} \dots\dots\dots (5)$$

公式 (5) 仅适用于 6.6.1 规定的  $\beta$ 、 $D$  和  $Re_D$  值。确定  $\varepsilon$  的试验结果已知仅有空气、蒸汽和天然气的。但是将同一公式用于已知等熵指数的其它气体和蒸汽, 尚未知有任何异议。

然而, 只有当  $\tau \geq 0.75$  时此公式才适用。

为方便起见, 附录 B 给出了一系列等熵指数、压力比和直径比的可膨胀性 (膨胀) 系数值。这些值不供精确内插, 不允许外推。

## 6.7 定值标准喷嘴系数的不确定度

### 6.7.1 流出系数 $C$ 的不确定度

假定  $\beta$ 、 $D$ 、 $Re_D$  和  $Ra/D$  已知且无误差,  $C$  值的相对不确定度等于:

- 0.8% (对于  $\beta \leq 0.6$ );
- $(2\beta - 0.4)\%$  (对于  $\beta > 0.6$ )。

### 6.7.2 可膨胀性 (膨胀) 系数 $\varepsilon$ 的不确定度

$\varepsilon$  的相对不确定度等于:

$$2 \frac{\Delta p}{p_1} \%$$

## 6.8 压力损失 $\Delta\varpi$

公式 (6) 近似地显示出 定值标准喷嘴的压力损失  $\Delta\varpi$  与差压的关系:

$$\Delta\varpi = \frac{\sqrt{1-\beta^4(1-C^2)} - C\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4(1-C^2)} + C\beta^2} \Delta p \dots\dots\dots (6)$$

此压力损失是邻近一次装置的上游侧 (大约在一次装置上游  $1D$  处, 此处的接近冲击压力影响可忽略不计) 测得的管壁压力与一次装置下游侧 (大约在一次装置下游  $6D$  处。一般认为, 由于流束膨胀的缘故静压恰好在此处完全恢复) 测得的管壁压力之间的静压差。

定值标准喷嘴的压力损失系数  $K$  为

$$K = \left[ \frac{\sqrt{1-\beta^4(1-C^2)}}{C\beta^2} - 1 \right]^2 \dots\dots\dots (7)$$

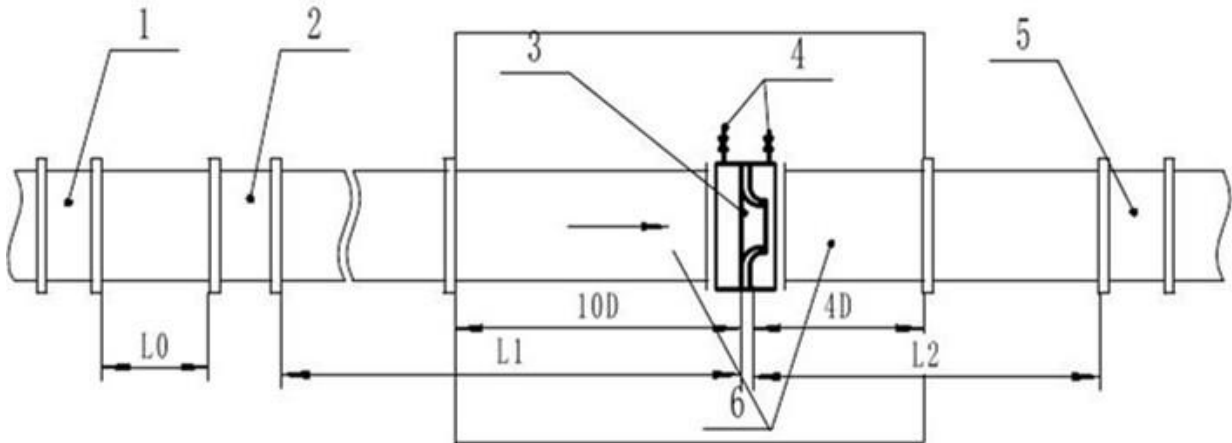
式中  $K$  由公式 (8) 确定:

$$K = \frac{\Delta\varpi}{\frac{1}{2}\rho_1 V^2} \dots\dots\dots (8)$$

## 7 安装要求

### 7.1 总则

7.1.1 本文件规定的一次装置组成和安装示意图见图 2。



1—上游侧第二阻流件； 2—上游侧第一阻流件； 3—定值标准喷嘴和夹持器； 4—差压信号管路；  
5—下游侧第一阻流件； 6—定值标准喷嘴前后测量管； L0—第一阻流件与第二阻流件之间直管段；  
L1—定值标准喷嘴上游直管段； L2—定值标准喷嘴下游直管段。

图2 一次装置的组成和安装示意图

7.1.2 测量方法仅适用于圆形截面管道的流体，并且流体充满测量段内的管道。

7.1.3 规定的上、下游直管段范围内，除取压孔、测温孔外，再无其它任何障碍物和连接支管。直管段毗邻定值标准喷嘴的上游  $2D$  ( $D$  为上游测量管内径) 和下游  $1D$  的直管部分宜采用机械加工方式满足 7.4.1 的要求。

### 7.2 安装在各种管件和一次装置之间的最短上游和下游直管段

7.2.1 在不采用流动调整器的情况下，规定管件的一次装置上游和下游所需的最短直管段见表 4。

7.2.2 当不采用流动调整器时，表 4 中规定的长度应是最小值。尤其是对于研究和校验工作，建议表 2 规定的上游值至少增大一倍，以使测量不确定度减到最小程度。

7.2.3 当使用的直管段等于或大于表 4 的 A 栏中“零附加不确定度”的值时，就不必为了考虑特定安装的影响而增大流出系数的不确定度。

7.2.4 当上游或下游直管段短于表 4 给定管件的 A 栏中“零附加不确定度”的值，等于或大于 B 栏的“0.5%附加不确定度”的值时，应在流出系数的不确定度上算术相加 0.5% 的附加不确定度。

表4 定值标准喷嘴所需直管段长度(以管道内径 $D$ 的倍数表示)

直径比 $\beta$	喷嘴上游(入口)侧																				喷嘴下游(出口)侧		
	单个 90°弯头 或三通 (仅从一个支管流出)		同一平面上两个或多个90°弯头		不同平面上两个或多个90°弯头		渐缩管 (在 $1.5D$ ~ $3D$ 长度内由 $2D$ 变为 $D$ )		渐扩管 (在 $D$ ~ $2D$ 长度内由 $0.5D$ 变为 $D$ )		缩径球阀全开		全通路球阀或闸阀全开		突然对称收缩		直径 $\leq 0.03D$ 的温度计插套或套管 <sup>b</sup>		直径在 $0.03\sim 0.13D$ 之间的温度计插套或套管 <sup>b</sup>		各种管件(第2栏至第3栏)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	A <sup>c</sup>	B <sup>d</sup>	A <sup>c</sup>	B <sup>d</sup>	A <sup>c</sup>	B <sup>d</sup>	A <sup>c</sup>	B <sup>d</sup>	A <sup>c</sup>	B <sup>d</sup>	A <sup>c</sup>
0.30	10	6	16	8	34	17	5	e	16	8	18	9	12	6	30	15	5	3	20	10	5	2.5	
0.33	12	6	16	8	36	18	5	e	16	8	18	9	12	6	30	15	5	3	20	10	5	2.5	
0.36	14	7	18	9	36	18	5	e	16	8	20	10	12	6	30	15	5	3	20	10	6	3	
0.39	14	7	18	9	36	18	5	e	16	8	20	10	12	6	30	15	5	3	20	10	6	3	
0.42	14	7	18	9	38	19	5	e	17	9	20	10	12	6	30	15	5	3	20	10	6	3	
0.45	14	7	18	9	38	19	5	e	17	9	20	10	12	6	30	15	5	3	20	10	6	3	
0.48	14	7	20	10	40	20	6	5	18	9	22	11	12	6	30	15	5	3	20	10	6	3	
0.51	16	8	22	11	44	22	8	5	20	10	24	12	14	7	30	15	5	3	20	10	6	3	
0.54	16	8	22	11	44	22	8	5	20	10	24	12	14	7	30	15	5	3	20	10	6	3	
0.57	18	9	26	13	48	24	9	5	22	11	26	13	14	7	30	15	5	3	20	10	7	3.5	
0.60	18	9	26	13	48	24	9	5	22	11	26	13	14	7	30	15	5	3	20	10	7	3.5	
0.63	22	11	32	16	54	27	11	6	25	13	28	14	16	8	30	15	5	3	20	10	7	3.5	
0.66	28	14	36	18	62	31	14	7	30	15	32	16	20	10	30	15	5	3	20	10	7	3.5	
0.69	28	14	36	18	62	31	14	7	30	15	32	16	20	10	30	15	5	3	20	10	7	3.5	
0.72	36	18	42	21	70	35	22	11	38	19	36	18	24	12	30	15	5	3	20	10	8	4	
0.75	46	23	50	25	80	40	30	15	54	27	44	22	30	15	30	15	5	3	20	10	8	4	
0.78	46	23	50	25	80	40	30	15	54	27	44	22	30	15	30	15	5	3	20	10	8	4	

注1: 所需最短直管段是位于定值标准喷嘴上游或下游各种管件与定值标准喷嘴之间的管段。所有直管段都应从定值标准喷嘴的上游端面测量起。

注2: 这些直管段长度并非建立在最新数据基础上。

<sup>b</sup> 安装温度计套管或插孔不改变其它管件所需的最短上游直管段。

<sup>c</sup> 各种管件的A栏给出相当于“零附加不确定度”的值(7.2.3)。

<sup>d</sup> 各种管件的B栏给出相当于“0.5%附加不确定度”的值(7.2.4)。

<sup>e</sup> A栏中的直管段给出零附加不确定度; 目前尚无可用于给出B栏所需直管段的较短直管段数据。

7.2.5 在下列任何一种情况下, 不能用本文件预计任何附加不确定度值:

- 所用的直管段短于表4的B栏中规定的“0.5%附加不确定度”的值;
- 上游和下游直管段都短于表4的A栏中规定的“零附加不确定度”的值。

7.2.6 表4涉及的阀在流量测量过程中应全开。建议用定值标准喷嘴下游的阀控制流量。上游的隔断阀应全开, 且应是全通路阀门。表4所述阀的公称直径与上游管道相同, 其孔径导致直径台阶应符合7.4.3的要求。

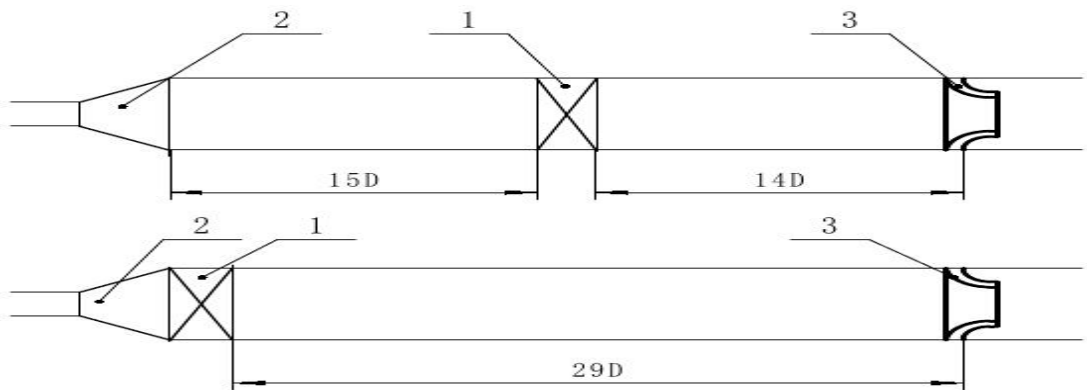
7.2.7 在测量系统中, 若上游阀的开孔与相邻管道系统相匹配, 而且在全开条件下直径台阶不大于7.4.3的允许值, 可将阀看作是测量管道长度的一部分, 只要在测量流量时全开就无需另外增加长度。

7.2.8 表4所列值是在该阻流件上游有一段相当长的直管段进行实验确定的, 因此阻流件上游的速度分布被认为是充分发展的, 并且无漩涡。实际上, 这些条件很难达到, 以下布置可作为标准安装方法的指南。

- 除了表4中已涉及的90°弯头组合之外, 如果表4涉及的几种管件串接在定值标准喷嘴的上游, 则应遵循下述规定:

- 1) 紧邻定值标准喷嘴的上游管件(管件1)和定值标准喷嘴之间的管道长度应该采用表4给出的适用于该定值标准喷嘴的最小长度。

- 2) 管件 1 和与之相邻而离定值标准喷嘴较远的管件(管件 2)之间的直管段,不管所用定值标准喷嘴的直径比  $\beta$  是多少,其长度至少应等于管件 1 和管件 2 之间的管道直径乘以表 4 给出的与管件 2 一起使用的直径比为 0.69 的直径倍数的乘积的一半。如选择表 4 的 B 栏中的任何一个最短直管段(即从管件 1 到 2 取一半值之前),则应在流出系数不确定度上算术相加 0.5%附加不确定度。
- 3) 如果上游测量段有一个全通径球阀(如表 4 的第 8 栏),在它之前有别的管件,例如渐扩管,则阀可以安装在从定值标准喷嘴算起第二个管件的出口处。根据 2),阀和第二个管件之间的所需直管段长度应加在表 4 规定的定值标准喷嘴与第一个管件之间的直管段长度上,见图 3 的安装示例。应注意 7.2.8 b) 也应予以满足(如图 3 所示)。



1—阻流件(球阀); 2—阻流件(渐扩管); 3—定值标准喷嘴。

图3  $\beta=0.6$  包含一个全通径球阀的布局

- b) 除 a) 的要求外,任何管件(将任何两个相连的  $90^\circ$  弯头当作一个管件)都应 与定值标准喷嘴隔开一段距离,不管该管件与定值标准喷嘴之间有多少管件,此距离至少应与定值标准喷嘴处的管道直径和表 4 中该管件与相同直径比定值标准喷嘴之间的所需直径倍数的乘积给出的距离一样大。定值标准喷嘴与该管件之间的距离应沿管道轴线测量。对于任何上游管件,如果采用 B 栏而不是 A 栏的直径倍数来满足这个距离要求,应在流出系数不确定度上算术相加 0.5%的附加不确定度,但这个附加不确定度不应在 a) 和 b) 的条款下多次相加。
- c) 对于两个或更多个  $90^\circ$  弯头的情况,如相邻弯头之间的长度小于  $15D$ ,则按照表 4 的第 3 栏和第 4 栏,可以把这些弯头看作为一个管件。

#### 7.2.9 用示例说明 7.2.8 a) 和 b) 的三种应用情况

在每种情况中,距定值标准喷嘴第二个管件是互相垂直平面上的两个弯头,定值标准喷嘴的直径比为 0.63。

- a) 如果第一个管件是个全开全通径球阀[见图 4 a)],则阀与定值标准喷嘴之间的距离应至少为  $16D$  (根据表 4),互相垂直平面上的两个弯头与阀之间的距离应至少为  $31D$  [根据 7.2.8 a)];互相垂直平面上的两个弯头与定值标准喷嘴之间的距离应至少为  $54D$  [根据 7.2.8 b)]。如果阀的长度为  $1D$ ,则需要  $6D$  附加长度,它可以在阀的上游也可在下游,或者部分在阀的上游,部分在阀的下游。只要从互相垂直平面上的两个弯头到定值标准喷嘴至少有  $54D$ ,可以按 7.2.8 a)3) 的建议,把阀移至接近互相垂直平面上的两个弯头的位置[见图 4b)]。
- b) 如果第一个管件是在  $2D$  长度范围内由  $2D$  变成  $D$  的渐缩管(见图 4 c)),则渐缩管与定值标准喷嘴之间的距离应至少为  $11D$  (根据表 4),互相垂直平面上的两个弯头与渐缩管之间的距离应至少为  $31 \times 2D$  [根据 7.2.8 a)];互相垂直平面上的两个弯头与定值标准喷嘴之间的距离应至少为  $54D$  (根据 7.2.8 b))。由于 6.2.8b) 的缘故因此无需附加长度。
- c) 如果第一个管件是在  $2D$  长度范围内由  $0.5D$  变成  $D$  的渐扩管[见图 4d)],则渐扩管与定值标准喷嘴之间的距离应至少为  $25D$  (根据表 4),互相垂直平面上的两个弯头与渐扩管之间的距离应至少为  $31 \times 0.5D$  (根据 7.2.8a)];互相垂直平面上的两个弯头与定值标准喷嘴之间的距离应至少



为 $54D$ （根据7.2.8 b)）。因此需要 $11.5D$ 的附加总长度，它可以在渐扩管的上游或下游，或者部分在渐扩管的上游，部分在渐扩管的下游。

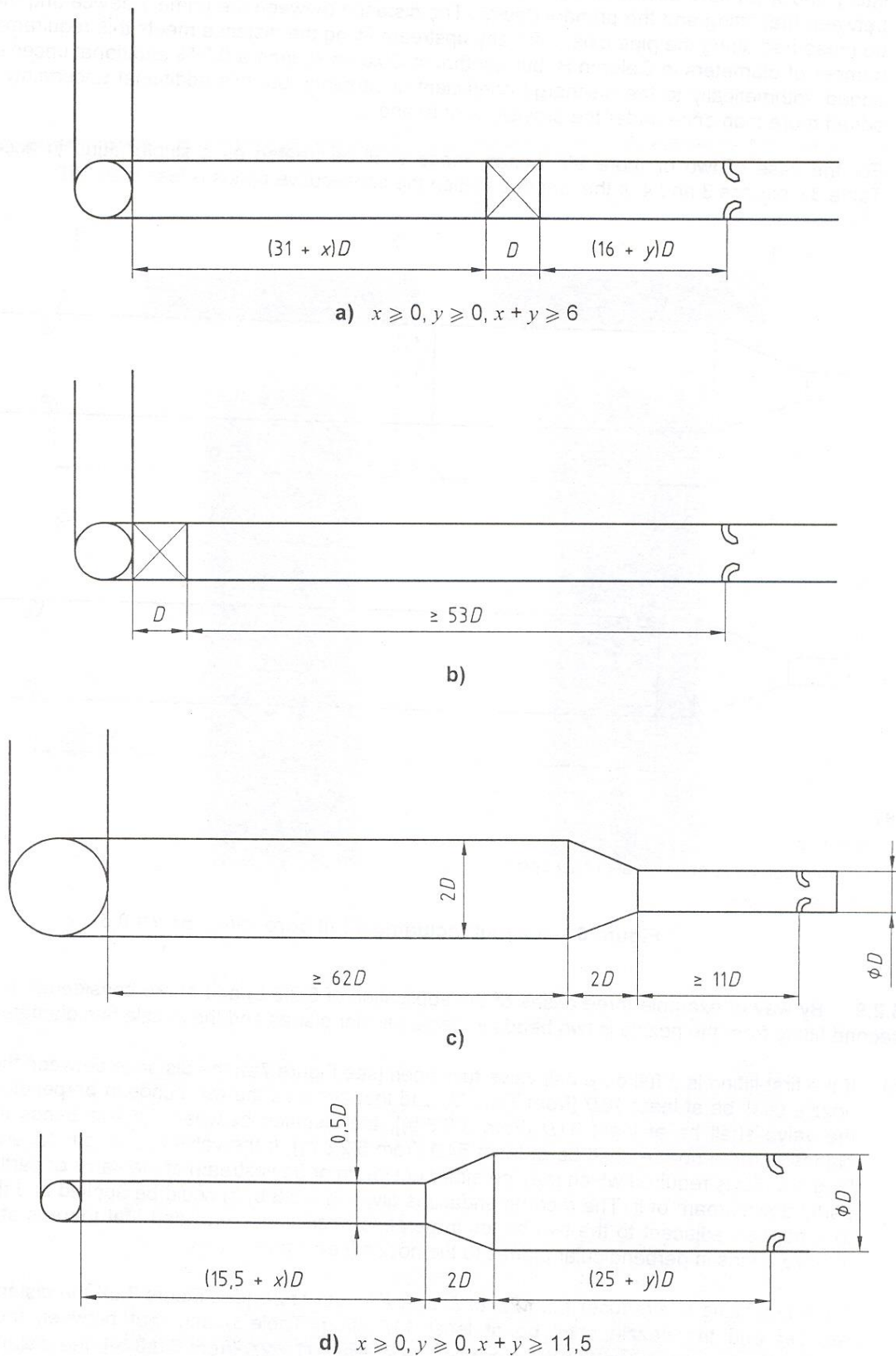


图4 安装示例

### 7.3 流动调整器

流动调整器可用于缩短上游直管段长度：符合GB/T 2624.1—2006中7.4.1的配合性试验要求，它就可以用在任何上游管件的下游；符合GB/T 2624.1—2006中7.4.2的要求，就具有超出配合性试验的更多的可能性。无论在哪种情况下，都应采用测量流量时使用的相同型式的定值标准喷嘴进行试验。

### 7.4 管道的圆度和圆柱度

7.4.1 邻近定值标准喷嘴（如有夹持环则邻近夹持环）的 $2D$ 长上游管段在加工时应格外小心。该长度内任何平面上的直径与根据7.4.2的规定测得的 $D$ 的平均值之差不得大于0.3%。

7.4.2 管道直径 $D$ 值应是上游取压口上游 $0.5D$ 长度范围内的平均内径。该平均内径应是至少十二个直径测量值的算术平均值，亦即在 $0.5D$ 长度范围内平均分布至少三个横截面，每个横截面上分布彼此间角度近似相等的四个直径，其中两个截面距上游取压口 $0D$ 和 $0.5D$ ，如果是焊接颈部结构，则一个截面在焊接平面内。如有夹持环，该 $0.5D$ 值应从夹持环上游边缘测量起。

7.4.3 距一次装置 $2D$ 之外，一次装置与第一个上游管件或阻流件之间的上游管道可由一个或多个管段组成。

7.4.3.1 在距定值标准喷嘴 $2D$ 和 $10D$ 之间，只要任何两个管段之间的直径台阶（直径之间的差值）不超过按7.4.2的规定测得的平均 $D$ 值的0.3%，流出系数中就无附加不确定度。此外，在管道内周长的任何位置，由不同心和（或）直径变化造成的实际台阶不得超过 $D$ 的0.3%。因此在安装时，对接法兰需要匹配孔径，并可使用定位销或自定中心垫圈给法兰定中心。

7.4.3.2 在距定值标准喷嘴 $10D$ 之外，只要任何两个管段之间的直径台阶（直径之间的差值）不超过按7.4.2的规定测得的平均 $D$ 值的2%，流出系数中就无附加不确定度。此外，在管道内周长的任何位置，由不同心和（或）直径变化造成的实际台阶不得超过 $D$ 的2%。如果台阶上游管道直径大于台阶下游管道直径，则允许直径和实际台阶从 $D$ 的2%增大到 $D$ 的6%。台阶两侧管道的直径应在 $0.98D$ 和 $1.06D$ 之间。在距定值标准喷嘴 $10D$ 之外，管段之间所用的垫圈只要厚度不超过3.2mm且并不突入流动中，则采用垫圈就不违反这个要求。

在按照表4的6A栏可安装渐扩管的第一个位置之外，只要任何两个管段之间的直径台阶（直径之间的差值）不超过按7.4.2的规定测得的平均 $D$ 值的6%，流出系数中就无附加不确定度。此外，在管道内周长的任何位置，由不同心和（或）直径变化造成的实际台阶不得超过 $D$ 的6%。台阶两侧管道的直径应在 $0.94D$ 和 $1.06D$ 之间。按照表4的6A栏可安装渐扩管的第一个位置取决于一次装置的直径比，例如，如果 $\beta = 0.6$ ，则第一个位置就是距一次装置 $22D$ 。

7.4.4 如果任何两个管段之间的直径台阶 $\Delta D$ 超出7.4.3规定的限值但符合下述关系式，应在流出系数的不确定度上算术相加0.2%的附加不确定度：

$$\frac{\Delta D}{D} \leq 0.002 \left( \frac{\frac{s}{D} + 0.4}{0.1 + 2.3\beta^4} \right) \dots\dots\dots (9)$$

和

$$\frac{\Delta D}{D} \leq 0.05 \dots\dots\dots (10)$$

式中， $s$ 为台阶距上游取压口的距离，若使用夹持环，则为台阶距夹持环形成的凹槽上游边缘的距离。

7.4.5 如果台阶大于上述不等式给出的任何一个限值，或者如果有不止一个台阶超出7.4.3的限值，则该装置不符合本文件要求，定值标准喷嘴应在实际使用条件下单独校准。

7.4.6 在距定值标准喷嘴上游端面至少 $2D$ 长度的下游直管段内，管道直径与上游直管段平均直径之差应不大于3%。这可通过检查下游直管段一个直径的方法进行判断。

### 7.5 一次装置和夹持环的位置

7.5.1 一次装置装入管道中时应使流体从上游端面流向喉部。

7.5.2 一次装置应垂直于管道轴线，偏差在 $1^\circ$ 以内。

7.5.3 一次装置应与管道同轴。喉部轴线与上、下游侧管道轴线之间的距离  $e_x$  应小于或等于：

$$\frac{0.005D}{0.1+2.3\beta^4}$$

在下述情况下，本文件给不出任何资料用于预测所考虑的附加不确定度值。

$$e_x > \frac{0.005D}{0.1+2.3\beta^4}$$

7.5.4 当采用夹持环时，夹持环应对准中心，不能有任何地方突入管道。

## 7.6 固定方法和垫圈

7.6.1 固定和紧固方法应做到一旦一次装置安装到位就能保持不变。当一次装置固定在法兰之间时，必需允许它自由热膨胀以避免扭曲变形。

7.6.2 垫圈或密封环在制造和嵌入时应采取措施使其在任何点上都不会突入管道，当采用角接取压口时使其不会挡住取压口或槽。垫圈和密封环应尽可能薄，要事先考虑 5.5.2 的规定。

7.6.3 如果一次装置与环室环之间使用了垫圈，垫圈不应突入环室。

## 8 流出系数的确定

### 8.1 几何检测法

依据 JJG 640 的规定，定值标准喷嘴结构尺寸、几何尺寸和表面粗糙度等参数经检定合格，其流出系数按公式（4）确定。

### 8.2 系数校准法

当定值标准喷嘴流量计的制造、安装和使用条件超出本文件规定的极限或为提高流量计计量准确度时，应按 JJG 640 的有关规定进行系数校准，并给出校准范围内的修正系数和不确定度。修正系数宜采用雷诺数一流出系数的形式，并以表格或回归公式的方式给出。

流量计算时可分段使用以表格方式给出的各校准点的修正系数（雷诺数一流出系数），或基于各校准点的修正系数（雷诺数一流出系数），运用最小二乘法拟合公式（11）形式的流出系数计算公式，以提高流量计量的准确性。

$$C = C_0 + C_1 \left( \frac{10^6}{Re_D} \right)^{1.15} \dots \dots \dots (11)$$

式中：

$C_0$ ——拟合系数；

$C_1$ ——拟合系数。

## 9 流出系数的不确定度

### 9.1 几何检测法确定的流出系数的不确定度

定值标准喷嘴经几何检定合格后，流出系数的不确定度按 5.7.1 确定。

### 9.2 经系数校准的流出系数的不确定度

分段使用以表格给出各校准点的修正系数（雷诺数一流出系数），流出系数的相对扩展不确定度  $U_r(C)$  按公式（12）确定。

$$U_r(C) = 2u_r(C) = \frac{2u(C)}{C} = \frac{2}{C} \sqrt{[0.5 \times U_s(C)]^2 + [0.5 \times \Delta C]^2} = \frac{1}{C} \sqrt{[U_s(C)]^2 + [\Delta C]^2} \dots (12)$$

式中：

$u_r(C)$ ——流出系数的相对标准不确定度；

$u(C)$ ——流出系数的标准不确定度；

$U_s(C)$ ——各校准点流出系数的扩展不确定度最大值，取自校准证书；

$\Delta C$  ——相邻 2 个校准点流出系数之差的最大值。

使用基于各校准点的修正系数（雷诺数—流出系数），运用最小二乘法拟合成的公式（11）形式的流出系数计算公式，流出系数的相对扩展不确定度  $U_r(C)$  按公式（13）确定。

$$U_r(C) = 2u_r(C) = \frac{2u(C)}{C} = \frac{2}{C} \sqrt{[0.5 \times U_s(C)]^2 + [S]^2} = \frac{1}{C} \sqrt{[U_s(C)]^2 + [2 \times S]^2} \dots\dots (13)$$

式中：

$S$  ——流出系数拟合公式的标准偏差。

附录 A  
(资料性)  
流出系数表

直径比 $\beta$	流出系数 $C$ , $Re_D$ 等于:								
	$2 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$5 \times 10^4$	$7 \times 10^4$	$1 \times 10^5$	$3 \times 10^5$	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$1 \times 10^7$
0.30	—	—	—	0.985 5	0.986 5	0.987 8	0.988 2	0.988 3	0.988 4
0.36	—	—	—	0.982 8	0.984 0	0.985 9	0.986 4	0.986 5	0.986 6
0.42	—	—	—	0.978 9	0.980 5	0.982 7	0.983 3	0.983 4	0.983 5
0.45	0.960 4	0.968 2	0.974 1	0.976 4	0.978 1	0.980 5	0.981 2	0.981 3	0.981 4
0.48	0.956 7	0.965 0	0.971 1	0.973 6	0.975 4	0.977 9	0.978 6	0.978 7	0.978 8
0.51	0.952 9	0.961 4	0.967 8	0.970 3	0.972 1	0.974 7	0.975 4	0.975 6	0.975 7
0.54	0.949 0	0.957 6	0.963 9	0.966 5	0.968 3	0.970 9	0.971 7	0.971 8	0.971 9
0.57	0.945 1	0.953 4	0.959 6	0.962 1	0.963 9	0.966 4	0.967 2	0.967 3	0.967 4
0.60	0.941 1	0.949 0	0.954 8	0.957 2	0.958 8	0.961 2	0.961 9	0.962 0	0.962 1
0.63	0.937 1	0.944 2	0.949 4	0.951 5	0.953 0	0.955 1	0.955 8	0.955 9	0.956 0
0.66	0.933 2	0.939 0	0.943 4	0.945 1	0.946 4	0.948 1	0.948 7	0.948 7	0.948 8
0.69	0.929 3	0.933 5	0.936 7	0.937 9	0.938 8	0.940 1	0.940 5	0.940 5	0.940 6
0.72	0.925 5	0.927 6	0.929 2	0.929 8	0.930 3	0.930 9	0.931 1	0.931 1	0.931 2
0.75	0.921 9	0.921 3	0.920 9	0.920 8	0.920 7	0.920 5	0.920 5	0.920 5	0.920 5
0.78	0.918 4	0.914 7	0.911 8	0.910 7	0.909 9	0.908 8	0.908 4	0.908 4	0.908 3

注：提供本表是为了方便使用，表中数值不供精确内插之用，不允许外推。

附 录 B  
(资料性)  
可膨胀性[膨胀]系数表

直径比		可膨胀性(膨胀)系数 $\varepsilon$ , $P_2/P_1$ 等于:								
$\beta$	$\beta^4$	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.85	0.80	0.75
$\kappa = 1.2$										
0.200 0	0.001 6	1.000 0	0.987 4	0.974 7	0.961 9	0.949 0	0.935 9	0.902 8	0.868 7	0.833 8
0.562 3	0.100 0	1.000 0	0.985 6	0.971 2	0.956 8	0.942 3	0.927 8	0.891 3	0.854 3	0.816 9
0.668 7	0.200 0	1.000 0	0.983 4	0.966 9	0.950 4	0.934 1	0.917 8	0.877 3	0.837 1	0.797 0
0.740 1	0.300 0	1.000 0	0.980 5	0.961 3	0.942 4	0.923 8	0.905 3	0.860 2	0.816 3	0.773 3
0.795 3	0.400 0	1.000 0	0.976 7	0.954 1	0.932 0	0.910 5	0.889 5	0.839 0	0.790 9	0.744 8
0.800 0	0.409 6	1.000 0	0.976 3	0.953 3	0.930 9	0.909 1	0.887 8	0.836 7	0.788 2	0.741 8
$\kappa = 1.3$										
0.200 0	0.001 6	1.000 0	0.988 4	0.976 6	0.964 8	0.952 8	0.940 7	0.909 9	0.878 1	0.845 4
0.562 3	0.100 0	1.000 0	0.986 7	0.973 4	0.960 0	0.946 6	0.933 1	0.899 0	0.864 5	0.829 4
0.668 7	0.200 0	1.000 0	0.984 6	0.969 3	0.954 1	0.938 9	0.923 7	0.885 9	0.848 1	0.810 2
0.740 1	0.300 0	1.000 0	0.982 0	0.964 2	0.946 6	0.929 2	0.912 0	0.869 7	0.828 3	0.787 5
0.795 3	0.400 0	1.000 0	0.978 5	0.957 5	0.936 9	0.916 8	0.897 1	0.849 5	0.803 9	0.759 9
0.800 0	0.409 6	1.000 0	0.978 1	0.956 7	0.935 8	0.915 4	0.895 5	0.847 3	0.801 3	0.757 0
$\kappa = 1.4$										
0.200 0	0.001 6	1.000 0	0.989 2	0.978 3	0.967 3	0.956 1	0.944 8	0.916 0	0.886 3	0.855 6
0.562 3	0.100 0	1.000 0	0.987 7	0.975 3	0.962 8	0.950 3	0.937 7	0.905 8	0.873 3	0.840 2
0.668 7	0.200 0	1.000 0	0.985 7	0.971 5	0.957 3	0.943 0	0.928 8	0.893 3	0.857 7	0.821 9
0.740 1	0.300 0	1.000 0	0.983 2	0.966 7	0.950 3	0.934 0	0.917 8	0.878 0	0.838 8	0.800 0
0.795 3	0.400 0	1.000 0	0.980 0	0.960 4	0.941 1	0.922 3	0.903 8	0.858 8	0.815 4	0.773 3
0.800 0	0.409 6	1.000 0	0.979 6	0.959 7	0.940 1	0.921 0	0.902 2	0.856 7	0.812 9	0.770 5
$\kappa = 1.66$										
0.200 0	0.001 6	1.000 0	0.990 9	0.981 7	0.972 3	0.962 8	0.953 2	0.928 6	0.903 1	0.876 6
0.562 3	0.100 0	1.000 0	0.989 6	0.979 1	0.968 5	0.957 8	0.947 1	0.919 7	0.891 7	0.862 9
0.668 7	0.200 0	1.000 0	0.987 9	0.975 9	0.963 7	0.951 6	0.939 4	0.908 8	0.877 8	0.846 4
0.740 1	0.300 0	1.000 0	0.985 8	0.971 8	0.957 7	0.943 8	0.929 9	0.895 3	0.860 9	0.826 5
0.795 3	0.400 0	1.000 0	0.983 1	0.966 4	0.949 9	0.933 6	0.917 6	0.878 2	0.839 7	0.802 0
0.800 0	0.409 6	1.000 0	0.982 7	0.965 8	0.949 0	0.932 5	0.916 2	0.876 3	0.837 4	0.799 4

注: 提供本表是为了方便使用, 表中数值不供精确内插之用, 不允许外推。