

差压式流量计检定规程

JJG 640—1994

差压式流量计检定规程

Verification Regulation of
Differential Pressure Type
Flowmeter

JJG 640—1994

代替 JJG 267—1982

JJG 311—1983

JJG 271—1984

JJG 621—1989

JJG 640—1990

本检定规程经国家技术监督局于 1994 年 07 月 12 日批准，并自 1994 年 12 月 01 日起施行。

归口单位：北京市技术监督局

起草单位：中国计量科学研究院 北京市计量测试所

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

翟秀贞（中国计量科学研究院）

谢纪绩（北京市计量测试所）

杨希文（北京市计量测试所）

参加起草人：

彭淑琴（上海工业自动化仪表研究所）

童复来（天津市自动化仪表十厂）

王建民（北京市计量测试所）

张吉星（泊头市仪表厂）

鞠庆长（银河仪表厂）

于志林（大连精工仪表厂）

目 录

一 概述	1280
二 技术要求	1281
(一) 几何检验法	1281
(二) 系数检定	1295
(三) 差压计或差压变送器	1296
三 检定条件	1297
(一) 几何检验法	1297
(二) 系数检定	1297
(三) 差压计或差压变送器	1297
四 检定项目和检定方法	1298
(一) 几何检验法	1298
(二) 系数检定	1304
(三) 差压计或差压变送器	1307
五 检定结果处理和检定周期	1309
附录	1312
附录 1 差压信号管路的敷设方法及其安装原则	1312
附录 2 节流件的主要参数	1318
附录 3 管壁等效绝对粗糙度 K 值	1322
附录 4 孔板尖锐度的测量方法	1323
附录 5 狄克逊粗大误差剔除准则	1324
附录 6 流体密度误差的估算	1324
附录 7 差压计其他检定项目及设备	1325
附录 8 检验及检定证书背面的格式	1326
附录 9 节流装置迭代算法格式	1327

差压式流量计检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的差压式流量计的检定。

对于匀速管、楔形流量传感器及弯管流量计等差压式流量计也应按本规程进行检定。

一 概 述

1 组成

差压式流量计是由节流装置〔或差压流量传感器（以下简称传感器）〕a和差压计〔或差压变送器及显示仪表（以下简称差压计）〕b两部分组成。a、b之间是由差压信号管路c（其敷设方式及安装原则见附录1）连接。差压式流量计的组成见图1。

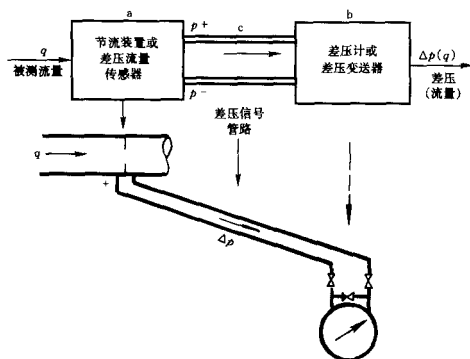


图1 差压式流量计组成示意图

节流装置包括节流件、取压装置和前后测量管。

本规程包括的节流件有标准孔板、标准喷嘴、长径喷嘴、经典文丘利管、文丘利喷嘴，以及锥形入口孔板、1/4圆孔板、偏心孔板、圆缺孔板。

2 原理

差压式流量计是以伯努利方程和流动连续性方程为依据，当流体流经节流件（或传感器）时，在其两侧产生差压，而这一差压与流量的平方成正比。

3 检定内容

3.1 几何检验法

应包括对节流件、取压装置及上、下游管道的检验。

3.2 系数检定

应包括如下内容：

3.2.1 匀速管、楔形传感器和弯管流量计等；

3.2.2 几何检验法检验不合格的而又提出修正系数及误差的节流装置；

- 3.2.3 提高准确度使用的节流装置；
 3.2.4 使用中有争议的，必须作系数检定的节流装置；
 3.2.5 其他形式的节流装置或传感器。
 3.3 差压计

本规程包括的差压计按其测量原理有位移平衡型（例双波纹管差压计）；力平衡型（例 QDZ 中 QBC；DDZ—II、III 中 DBC）和微位移型（例电容式等）等。

4 本规程主要符号列在表 1 中，其他符号可见有关说明。

表 1 符 号

符 号	所 代 表 的 量	量 纲	单 位
C	流出系数	无	
α	流量系数 $\alpha = CE$, $E = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}}$	无	
d	工作条件下，节流件孔径（或喉部直径）	L	m
D	工作条件下，上游管道内径（或传感器）	L	m
K	管道等效绝对粗糙度	L	m
q_m	质量流量	MT^{-1}	$kg \cdot s^{-1}$
q_V	体积流量	$L^3 T^{-1}$	$m^3 \cdot s^{-1}$
r_K	孔板边缘 G 的圆弧半径	L	m
R_a	表面粗糙度高度参数	L	μm
Re_D	与管径有关的雷诺数	无	
β	直径比 $\beta = d/D$	无	
ϵ	气体的可膨胀性系数	无	
Δp	差压	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$	Pa
μ	流体的动力粘度	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}$	$Pa \cdot s^{-1}$
ν	流体的运动粘度 $\nu = \mu/\rho$	$L^2 \cdot T^{-1}$	$m^2 \cdot s^{-1}$
ρ	节流件上游流体密度	$M \cdot L^{-3}$	$kg \cdot m^{-3}$
E_{q_m} 或 E_{q_v}	差压式流量计准确度（或综合误差）		
E_a （或 E_C ）	α （或 C ）的不确定度		
E_ϵ	可膨胀性系数的不确定度		
E_D	节流件（或传感器）上游管道内径的不确定度		
E_d	节流件孔径（或喉部直径）的不确定度		
$E_{\Delta p}$	差压测量值的不确定度		
E_ρ	流体密度的不确定度		

注：L—表示长度；M—表示质量；T—表示时间

二 技 术 要 求

（一）几何检验法

5 标志及随机文件

5.1 标志

节流装置或传感器的明显部位应有流向标志，还应有铭牌。铭牌上注明制造厂名；产品名称及型号；制造日期和编号；公称通径；工作压力；节流件孔径。

5.2 随机文件

节流装置及传感器应有设计计算书及使用说明书。

6 节流件

6.1 孔板

孔板的形状如图 2 所示。孔板的取压方式有角接取压、法兰取压及 $D - \frac{D}{2}$ 取压三种。

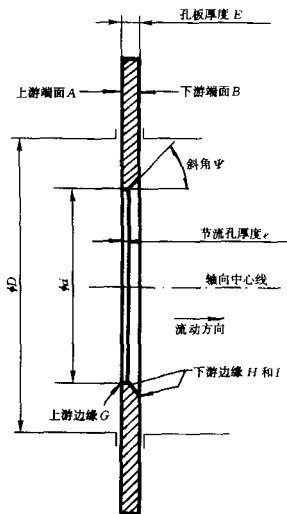


图 2 孔板

6.1.1 上游端面 A 的平面度应小于 0.5%。

6.1.2 上游端面 A 及开孔圆筒形 e 面的表面粗糙度 R_a 应满足 $R_a \leq 10^{-4} \cdot d$

6.1.3 边缘 G、H 和 I

a. 上游边缘 G 无卷边和毛刺，亦无肉眼可见的异常；

b. 边缘应是尖锐的其圆弧半径 r_K 不超过 $\pm 0.0004d$ ；

c. 下游边缘 H 和 I 不允许有明显缺陷。

6.1.4 厚度 E 及开孔圆筒形长度 e

a. e 在 $(0.005 \sim 0.02) D$ 之间，任意位置上测得的 e 值之差不超过 $\pm 0.001D$ 。

b. 厚度 E 在 $e \sim 0.05D$ 之间（当 $D = 50\text{mm}$ 时，E 可以等于 3.2mm）。任意位置上测得的 E 值之差不超过 $\pm 0.001D$ 。

6.1.5 节流孔直径 d

a. $d \geq 12.5\text{mm}$ ；

b. 任意一个直径与直径平均值之差不大于直径平均值的 $\pm 0.05\%$ 。

6.1.6 出口斜角 ψ

斜角 ψ 在 $(30 \sim 60)^\circ$ 之间。

6.2 锥形入口孔板

锥形入口孔板的形状如图 3 所示，它采用角接取压法。

6.2.1 A 面的平面度

A 面的平面度应小于 1%，并在 $1.5d$ 的范围内无局部缺陷。

6.2.2 A 面的表面粗糙度 R_a

A 面 $1.5d$ 范围内的应满足 $R_a \leq 3 \times 10^{-4}d$ ，入口截头圆锥部分 e_1 及 e 面的 R_a 也应满足上述要求。

6.2.3 入口斜角 ψ

ψ 应在 $(44 \sim 46)^\circ$ 之间。

6.2.4 厚度 E_1 、E 及长度 e_1 、e 的尺寸和要求

a. E_1 : $0.105d < E_1 < 0.1D$ ，在任意位置上测得的 E_1 值之差不超过 $\pm 0.005D$ ；

b. E: $E \leq 0.105d$ ，在任意位置上测得的 E 值之差也应满足第 6.1.4 项 a 的要求。

c. e: e 的尺寸要求为 $0.02d \pm 0.003d$ 。

d. e_1 : e_1 的尺寸要求为 $0.084d \pm 0.003d$ 。

6.2.5 H、I、G

H、I、G 无卷边和毛边，并不允许有明显缺陷。

6.2.6 节流孔直径 d

a. $d \geq 6\text{mm}$;

b. 直径 d 应满足第 6.1.5 项 b 的要求。

6.3 1/4 圆孔板

1/4 圆孔板的形状如图 4 所示。取压方式有角接取压和法兰取压二种, 当 D 小于 40mm 只能采用角接取压法。

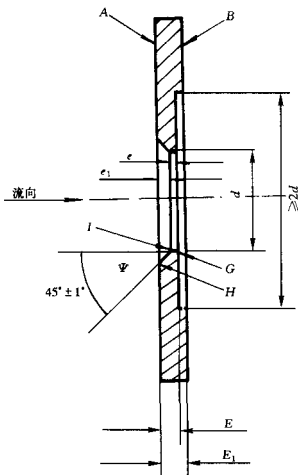


图 3 锥形入口孔板

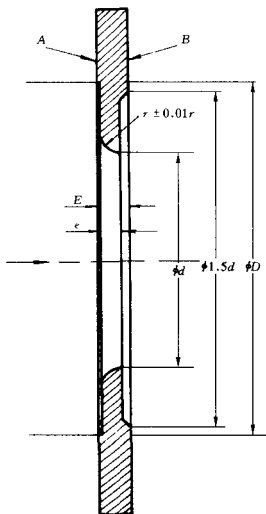


图 4 1/4 圆孔板

6.3.1 A 面的平面度

平面度应满足第 6.2.1 项的要求。

6.3.2 A 面的平面粗糙度 R_a

A 面 $1.5d$ 范围内及收缩曲面 R_a 应满足第 6.2.2 项的要求。

6.3.3 入口收缩圆弧曲面

a. 入口收缩圆弧曲面其剖面是半径为 r 圆心在下游面上的一段圆弧, r 是 β 的函数, β 与 r/d 的关系曲线表示在图 5 中。

b. Δr 不超过 $\pm 0.01r$ 。

6.3.4 厚度 E

1/4 圆孔板厚度 E 在 2.5mm 至 $0.1D$ 之间, 当 $r > 0.1D$ 时, 将上游面切去, 使厚度从 r 变到 $0.1D$, 当 $E > r$ 时, 以 45° 角在 $1.5d$ 范围切去下游面, 使厚度等于 r , 在任意二个位置上测得的 E 值之差不超过 $\pm 0.001D$ 。

6.3.5 节流孔直径 d

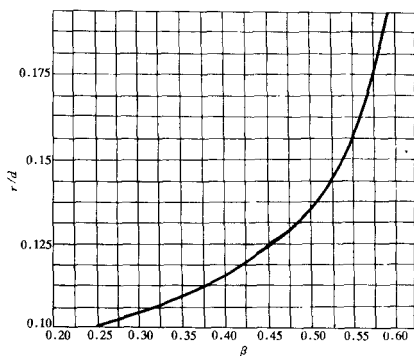


图5 β 与 r/d 的关系曲线

- a. $d \geq 15\text{mm}$;
- b. 直径 d 应满足第 6.1.5 项 b 的要求;
- c. 圆弧截面与下游端面垂直度不超过 $\pm 1^\circ$ 。

6.4 偏心孔板

偏心孔板的形状如图 6 所示。

6.4.1 A 面的平面度

平面度应满足第 6.2.1 项的要求。

6.4.2 A 面粗糙度 R_a

A 面的 R_a 应满足第 6.2.2 项的要求。

6.4.3 厚度 E 及长度 e

长度 e 的要求与第 6.1.4 项 b 相同; 厚度 E 的要求与第 6.1.4 项 a 相同。

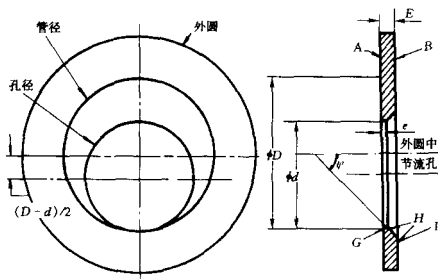


图6 偏心孔板

6.4.4 边缘 G 、 H 、 I

G 、 H 、 I 应满足第 6.1.3 项 a 的要求。

6.4.5 出口斜角 ψ

斜角 ψ 在 $(30 \sim 60)^\circ$ 之间。

6.4.6 节流孔直径 d

a. $d > 50\text{mm}$;

b. 直径 d 与直径平均值之差应满足第 6.1.5 项 b 的要求。

c. 对法兰取压法节流孔至管道内壁距离至少等于 $0.01D$; 对角取压法, 小圆与管道内径相切。

6.5 圆缺孔板

圆缺孔板的形状如图 7 所示。

6.5.1 A 面的平面度及表面粗糙度 Ra

平面度应满足第 6.2.1 项的要求。 Ra 应满足第 6.2.2 项的要求。圆缺面 e 的 Ra 也应符合第 6.2.2 项的要求。

6.5.2 厚度 E

当 E 的厚度在 $(0.02 \sim 0.05)D$ 之间时, 任意位置上测得的 E 值之差应符合第 6.1.4 项 a 的要求。

6.5.3 边缘 G 、 H (I)

a. G 无卷边和毛刺及其他明显异常;

b. H (I) 应无明显缺陷。

6.6 标准喷嘴

标准喷嘴也称 ISA1932 喷嘴, 其形状如图 8 所示。喷嘴在管道内的部分是圆的, 喷嘴是由圆弧形的收缩部分和圆筒形喉部组成。标准喷嘴采用角接取压法。

6.6.1 上游端面

A 及喉部 E 的表面粗糙度 Ra

$$Ra \leq 10^{-4}d$$

6.6.2 入口收缩段的廓形

在垂直于入口收缩段轴线的同一平面上, 任意两个直径之差不超过平均直径的 $\pm 0.1\%$ 。

6.6.3 喉部 E 的直径 d

a. 喉部长度 $b = 0.3d$;

b. 喉部是圆筒形, 横截面上的直径 d 应满足第 6.1.5 项 b 的要求。

6.6.4 出口边缘 f

f 边缘应锐利, 无明显缺陷。

6.6.5 喷嘴总长度 l 的数值列在表 2 中

表 2 喷嘴总长度

β	喷嘴总长度 (不包括保护槽长度) l
$0.32 \leq \beta < \frac{2}{3}$	$0.6041d$
$\frac{2}{3} < \beta \leq 0.8$	$[0.4041 + (0.75/\beta - 0.25/\beta^2 - 0.5225)^{1/2}]d$

$$\Delta l = \pm 0.05l$$

6.7 长径喷嘴

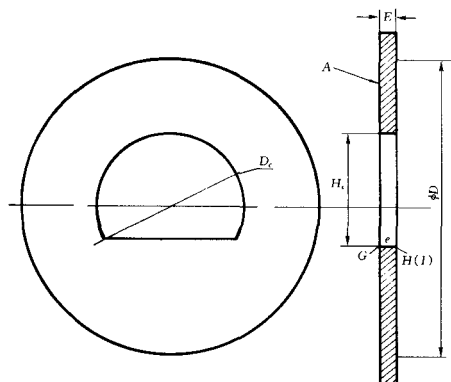


图7 圆缺孔板

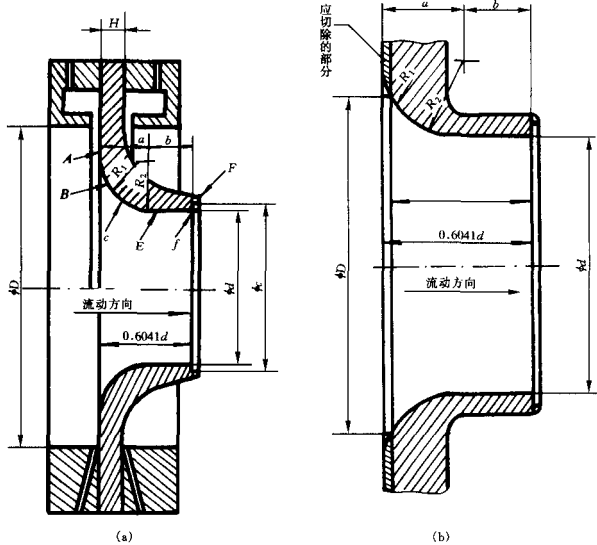


图8 标准喷嘴

(a) $d < \frac{2}{3}D$; (b) $d > \frac{2}{3}D$

长径喷嘴的形状如图 9 所示。

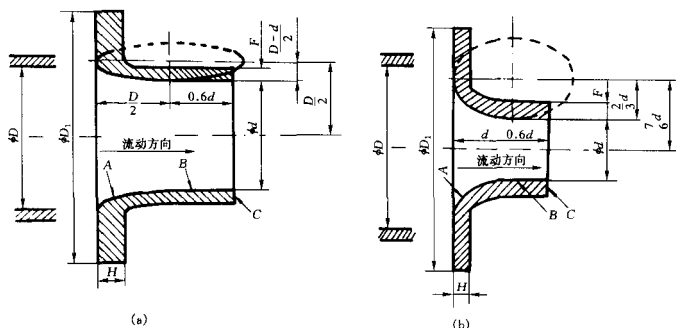


图 9 长径喷嘴

(a) 高比率 $0.25 < \beta < 0.8$; (b) 低比率 $0.20 < \beta < 0.5$

这两种型式的喷嘴都是由型线为 $1/4$ 椭圆的入口收缩部分、圆筒形喉部组成。它采用 $D - \frac{D}{2}$ 取压法。

6.7.1 A、B 面的表面粗糙度 R_a

A、B 面的 R_a 应满足第 6.1.2 项的要求。

6.7.2 收缩段 $1/4$ 椭圆廓形应满足第 6.6.2 项的要求。

6.7.3 喉部直径 d

- 喉部长度 $b = 0.6d$;
- 任意直径 d 与平均直径之差应符合第 6.1.5 项 b 的要求;
- 在流动方向上, 喉部允许有轻微的收缩, 但不允许有扩张。

6.8 经典文丘利管

经典文丘利管的形状如图 10 所示。它是由入口圆筒段 A, 圆锥形收缩段 B, 圆筒形喉部 C 和圆锥形扩散段 E 组成。其上、下游取压口分别设在 A 及 C 的位置上。

6.8.1 入口圆筒段 A

A 的内表面是一个对称于旋转轴线(下称轴线)的旋转表面, 该轴线与管道轴线同心。并且与 B 和 C 同轴。

- A 的直径为 D_A 与管道内径 D 之差不超过 $\pm 0.01D$;

- 建议长度等于 D_A ;

c. 任意一个直径与直径平均值之差不超过平均直径值的 $\pm 0.4\%$, 平均直径要求在每对取压口附近处, 各对取压口之间及取压口平面之外各个平面上测得。

6.8.2 收缩段 B

- B 为圆锥形, 夹角为 $(21 \pm 1)^\circ$;

b. 垂直于轴线的同一平面上, 至少测量两个直径而任意直径与直径平均值之差不超过平均直径的 $\pm 0.4\%$ 。

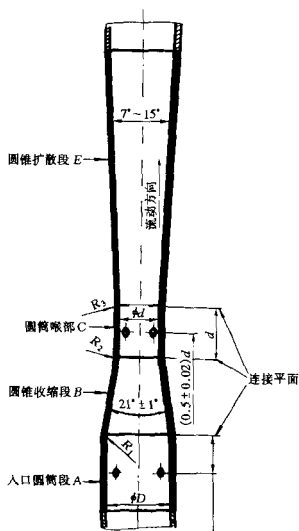


图 10 经典文丘利管

c. 圆弧处无毛刺及凹凸。

6.9 文丘利喷嘴

文丘利喷嘴的形状如图 11 所示。它是由收缩段、圆筒形喉部和扩散段组成。取压方式上游为角接取压口，下游为喉部取压口。

6.9.1 收缩段和喉部要求与 ISA1932 喷嘴相同。

6.9.2 扩散段

a. 扩散角 $\psi \leq 30^\circ$

b. 扩散段与喉部 E' 连接，连接处无圆弧面过渡和无毛刺。

6.10 适用范围

由第 6.1 款至第 6.9 款节流件组成的节流装置其适用范围见表 13，节流件的主要参数见附录 2。

7 取压装置

由第 6.1 款至第 6.9 款规定的节流件有如下几种取压方式。

7.1 $D - \frac{D}{2}$ 取压方式和法兰取压方式

7.1.1 $D - \frac{D}{2}$ 取压口间距和法兰取压口间距如图 12 所示。取压口间距 l 是取压口轴线与孔板的某一规定端面的距离。设计取压口位置时，预先应考虑垫圈和（或）密封材料的厚度。

6.8.3 圆筒形喉部 C

C 是直径为 d 的圆形管段。

a. d 在取压口平面上及每对取压口之间和附近测量；

b. 任意直径与直径平均值之差不得大于平均直径值的 $\pm 0.10\%$ ；

c. C 的长度为 d 。

6.8.4 A、B、C 表面的 R_a 满足如下要求

a. B 是粗铸的，A、B 面 $R_a < 10^{-4} D$ ；

b. B 是经机械加工的，A、B、C 面 $R_a < 10^{-5} d$ ；

c. B 是粗焊铁板的，A、B 面约为 $5 \times 10^{-4} D$ ，并且内表面应清洁，无结皮和焊渣。可以镀锌，内部焊缝与周围表面齐平。焊缝不要靠近取压口。

6.8.5 扩散段 E

a. 扩散角 ψ 为 $(7 \sim 15)^\circ$ ；

b. E 与 C 同轴，直径方向上没有台阶。

6.8.6 圆弧半径 R_1 、 R_2 、 R_3

a. 对于粗铸的 $R_1 = 1.375D \pm 0.275D$ ，

$$R_2 = 3.625d \pm 0.125d$$

b. 对于经机械加工的 R_1 小于 $0.25D$ ，最好为零， (R_2, R_3) 小于 $0.25d$ 。

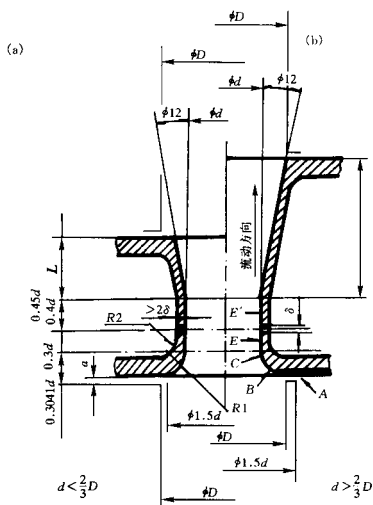


图 11 文丘利喷嘴
(a) 截尾的扩散段; (b) 不截尾的扩散段

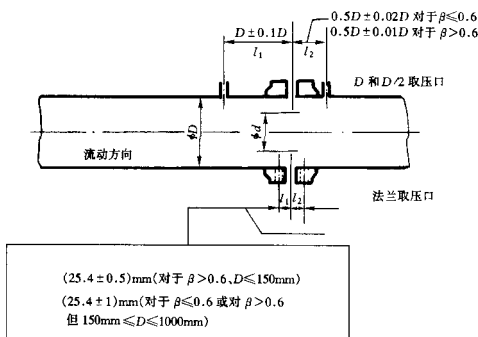


图 12 D-D/2 及法兰取压孔板的取压口距离

$D - \frac{D}{2}$ 取压: l_1 、 l_2 都是指取压口轴线到孔板上游端面的距离。

法兰取压: l_1 是取压口轴线到孔板上游端面的距离; l_2 是取压口轴线到孔板下游端面的距离。

7.1.2 取压口的轴线与管道轴线应成直角。

7.1.3 在孔的穿透处其投影为圆形的边缘，与管壁内表面平齐，允许有倒角但尽量小，圆弧半径小于取压口直径的 1/10。在连接孔的内部，在管壁上钻出的孔的边缘或靠近取压口的管壁上不得有不规则性。

7.1.4 取压口直径应小于 $0.13D$ ，同时小于 13mm。上、下游取压口的直径相同。

7.1.5 从管道内壁量起至少在 2.5 倍取压口直径的长度范围内，取压孔是圆筒形的。将第 7.1.2~7.1.5 项的要求表示在图 13 中。

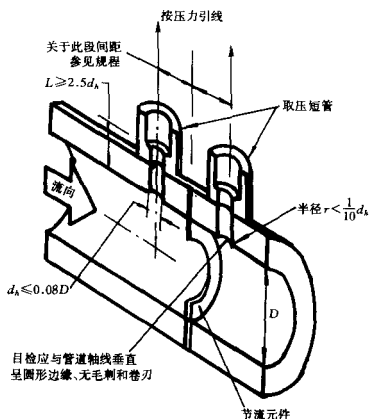


图 13 取压口检验要求

7.1.6 取压口的轴线允许位于管道的任意轴向平面上。在单次流向改变（弯头或三通）之后，如果采用一对单独钻孔的取压口，那么取压口的轴线垂直于弯头或三通所在平面。

7.1.7 对于孔板不同型式的取压装置允许一起使用，但避免相互干扰，在孔板一侧的几个取压口的轴线不得处于同一个轴向平面内。

7.2 角接取压方式

7.2.1 角接取压装置有两种型式，即具有取压口的夹持环（环室）如图 14a 和具有取压口的单独钻孔如图 14b。

7.2.2 取压口轴线与孔板各相应端面之间的间距等于取压口直径之半或取压口环隙宽度之半。取压口出口边缘与管壁内表面平齐，如采用单独钻孔取压，则取压口的轴线尽量与管道轴线垂直。若在同一

上游或下游取压口平面上，有几个单独取压口，它们的轴线应等角度均匀分布，取压口大小 a 的数值如下：

对清洁流体和蒸汽

当 $\beta \leq 0.65$ ； $0.005D \leq a \leq 0.03D$ ；

$\beta > 0.65$ ； $0.01D \leq a \leq 0.02D$ ；

对任何 β 值

清洁流体 $1\text{mm} \leq a \leq 10\text{mm}$ ；

用单独钻孔取压测量蒸汽和液化气体时： $4\text{mm} \leq a \leq 10\text{mm}$

当用夹持环取压测量蒸汽时： $1\text{mm} \leq a \leq 10\text{mm}$ ；

7.2.3 夹持环的内径 b

b 应等于或大于管道直径 D ，以保证它不致突入管道内，并满足式（1）的要求：

$$\frac{b-D}{D} \times \frac{c}{D} \times 100 \leq \frac{0.1}{0.1+2.3\beta^4} \quad (1)$$

上、下游夹持环长度分别为 c 和 c' ，且不大于 $0.5D$ 。此外， b 值在如下极限范围内：

$$D \leq b \leq 1.04D$$

7.2.4 所有与被测流体接触的夹持环的表面应是清洁的，光滑的。

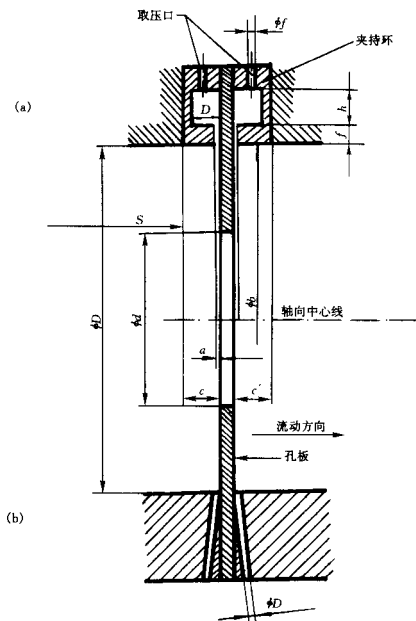


图 14 角接取压

f —环隙厚度； c —上游环长度； c' —下游环长度； b —环的直径； s —从上游台阶到夹持环的距离； a —环隙宽度或单个取压孔直径

(a) 具有环隙的夹持环；(b) 单独钻孔取压口

7.3 标准喷嘴的取压方式

标准喷嘴采用图 14 的角接取压方式。

7.3.1 上游取压口应符合第 7.2 款的规定。

7.3.2 下游取压口按角接取压口进行设置，也可设置在较远的下游处，但在任何情况下，取压口轴线与喷嘴端面 A 之间的距离 l_2 应满足下面的要求：

当 $\beta \leq 0.67$ 时， $l_2 \leq 0.15D$

当 $\beta > 0.67$ 时， $l_2 \leq 0.2D$

7.4 长径喷嘴取压方式

长径喷嘴采用图 13 所示的 $D - \frac{D}{2}$ 取压方式。

7.4.1 上游取压口的轴线距喷嘴入口端面的距离 l_1 为 $(1.2 \sim 0.9) D$ 。

7.4.2 下游取压口的轴线距喷嘴入口端面的距离 l_2 为 $0.5D \pm 0.01D$ ，但在任何情况下不得在喷嘴出口的更下游处。

7.4.3 其余要求应符合第 7.1.1～第 7.1.6 项的要求。

表3 孔板、喷嘴和文丘里喉上、下游侧最短直管段长度

直径比 β	节流件上游 (入口)						节流件下游 (出口)				
	单个90°弯头 或三通 (流 体仅从一个 支管流出)	在同一平面 上的两个或 多个弯头	在不同平面 上的两个或 多个弯头	渐缩管 (在 1.5D至3D 的长度内由 2D变为D)	渐扩管 (在 1D至2D长 度内由0.5D 变为D)	球阀全开 或球阀全开	全孔球阀或 闸阀全开	具有直径比 >0.5的对称 喉缩	直径<0.03D 的温度计套 管和插孔 ^①	直径在0.3D 和0.13D间 的温度计套 管和插孔 ^①	节流件下游 (出口)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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)
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)

①温度计套管和插孔的安装将不变对于其他零件所需的最近上游直管段。

① 温度计套管和插孔的安装将不变对于其他零件所需的最近上游直管段。

注1: 所要求的最近直管段是位于一次装置上游或下游的各种零件与一次装置自身之间的直管段长度。

2: 无括号的值为“零附加不确定度”的值。

3: 括号内的值为“0.5%附加不确定度”的值。

7.5 经典文丘利管的取压方式

7.5.1 经典文丘利管的取压口设在上游和喉部，这些取压口做成几个单独的管壁取压口形式，用均压室或均压环把上游和喉部的取压口分别连接起来。

7.5.2 取压口的直径在 (4~10) mm 之间，上游取压口的直径不大于 $0.1D$ ，喉部取压口的直径不大于 $0.13d$ 。

7.5.3 上游取压口和喉部取压口均不少于 4 个，并且在经典文丘利管轴线的垂直平面上，以测量上游和喉部的压力。取压口的轴线应等角度均匀分布，并满足第 7.1.3 及第 7.1.5 项的要求。

7.5.4 取压口的距离是取压口轴线与下述规定的基准平面之间的距离。此距离是在平行于经典文丘利管的轴线上测得。

对于“粗铸”收缩段的经典文丘利管，上游取压口至收缩段 B （或它们的延长部分）和入口圆筒 A 的相交平面的距离 l_1 如下：

当 D 在 (100~150) mm 之间时： l_1 为 $0.5D \pm 0.25D$ ；

当 D 在 (150~800) mm 之间时： l_1 为 $(0.5 \sim 0.25) D$ 。

对于机械加工收缩段的经典文丘利管和粗焊铁板收缩段的经典文丘利管，上游取压口至入口圆筒 A 和收缩段 B （或它们的延长部分）的相交面之间的距离 l_1 为 $0.5D \pm 0.05D$ 。

对于任何型式的经典文丘利管，喉部取压口至收缩段 B 和喉部 C （或它们的延长部分）的相交平面之间的距离 l_2 均为 $0.5d \pm 0.02d$ 。

7.5.5 上、下游均压环的横截面面积分别等于或大于上、下游侧取压口总面积之半。但是当经典文丘利管的上游敷设，因引起非对称流动的管件而要求的最短上游直管段一起使用时，建议上述给出的均压环截面积应加倍。

7.6 文丘利喷嘴的取压装置应包括上游取压口的夹持环和喉部取压口的均压室或均压环。

7.6.1 取压口的位置

取压口的轴线可位于任意轴向平面内，但要满足第 7.1 及第 7.2 款的要求。

7.6.2 上游取压口

上游取压口采用角接取压口与标准喷嘴相同。

7.6.3 喉部取压口

喉部取压口由引到均压室或均压环的至少 4 个单个取压口组成。不得采用环隙或间断隙。它们的轴线之间约有相等的角度，并在垂直于文丘利喷嘴轴线的平面上，该平面是圆筒形喉部 E 与 E' 之间的假想界面。

表 4 经典文丘利管上游侧最短直管段长度

直径比 β	单个 90°短 半径弯头 ^①	在同一平面上 的两个或多个 90°弯头 ^①	在不同平面上 的两个或多个 90°弯头 ^②	在 3.5D 长度范围 内由 3D 变为 D 的渐缩管	在 D 长度范围 内由 0.75D 变 为 D 的渐扩管	全孔球阀或 闸阀全开
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 (0.6)	3.5 (1.5)	4.5 (2.5)

直径比 β	单个 90°短 半径弯头 ^①	在同一平面上的 两个或多个 90°弯头 ^①	在不同平面上的 两个或多个 90°弯头 ^{①②}	在 3.5D 长度范 围内由 3D 变为 D 的渐缩管	在 D 长度范围 内由 0.75D 变 为 D 的渐扩管	全孔球阀或 闸阀全开
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 (3.5)	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 (3.5)	4.5 (3.5)	(29.5)	11.5 (3.5)	6.5 (4.5)	5.5 (3.5)

① 弯头的弯曲半径应等于或大于管道直径。

② 由于这些管件的影响在 40D 后可能还会出现, 因此本表不能给出无括号的值。

③ 由于没有管件能距节流件上游取压口近到 0.5D, 因此“零附加不确定度”值是这距离中唯一适用的值。

注:

1. 所要求的最短直管段是位于经典文丘利管上游的各种管件与经典文丘利管自身之间的直管段长度。全部直管段均以直径 D 的倍数表示。它应从经典文丘利管上游取压口平面量起。至少在本表所示的长度范围内, 管道粗糙度应不超过市场上可买到的光滑管子的粗糙度 (约 $K/D < 10^{-3}$)。
2. 无括号的值为“零附加不确定度”的值。
3. 括号内的值为“0.5%附加不确定度”的值。
4. 对下游直管段, 位于喉部取压口平面下游至少 4 倍喉部直径处的管件或其他扰动件 (如本表所示) 不影响测量的精确度。

通常取压口要足够大, 以防止被污垢或气泡堵塞。文丘利喷嘴喉部内的单个取压口的直径应小于或等于 0.04d, 且在 (2~10) mm 之间。

8 管道

8.1 节流装置安装在两段有恒定横截面的圆筒形直管段之间, 在此中间无本规程规定之外的障碍和联接支管 (无论有无流体进入或流出这种支管) 管道应是直的。

8.2 孔板、喷嘴和文丘利管所要求的最短直管段长度列于表 3 和表 4 中。

8.3 管道内表面 (至少在节流件上游 10D 和下游 4D 的范围内) 应清洁, 并且应满足有关粗糙度的规定。

8.3.1 孔板上游管道的内表面相对粗糙度应满足表 5 的要求。

表 5 孔板上游相对粗糙度上限值

β	≤ 0.3	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.45	0.50	0.60	0.75
$10^4 \cdot K/D$	25	18.1	12.9	10.0	8.30	7.10	5.60	4.90	4.20	4.00

表中 K 值是管壁等效绝对粗糙度, 它取决于管壁峰谷高度、分布、尖锐度及其他管壁上粗糙性等要素。

K 值列于附录 3 中。

8.3.2 标准喷嘴上游管道的内表面相对粗糙度应满足表 6 的要求。

表 6 标准喷嘴上游相对粗糙度上限值

β	≤ 0.35	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.60	0.70	0.77	0.80
$10^4 \cdot K/D$	25	18.6	13.5	10.6	8.70	7.50	6.70	6.10	5.60	4.50	4.40	3.90	3.90

8.3.3 长径喷嘴上游管道内表面相对粗糙度应满足 $K/D \leq 10 \times 10^{-4}$ 。

8.3.4 经典文丘利管上游量起至少等于 $2D$ 的长度范围内, 上游管道相对粗糙度 $K/D \leq$

10^{-3} , 文丘利喷嘴上游管道的内表面相对粗糙度满足表 7 的要求。

表 7 文丘利喷嘴上游相对粗糙度上限值

β	≤ 0.35	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.60	0.70	0.755
$10^4 \cdot K/D$	25	18.5	13.5	10.6	8.70	7.50	6.70	6.10	5.60	4.5	4.0	3.90

8.4 在所要求的最短直管段长度范围内, 管道横截面应是圆的。直管段可以是有缝钢管, 但内部焊缝与管子的轴线平行, 并且满足所有节流件对管道的特殊要求。焊缝不得位于任一取压口为中心的轴向象限内。

8.5 管道可设置排泄孔或放气孔, 以排放固体沉积物和被测流体之外的流体。但在流量测量期间, 流体不得从排泄孔和放气孔流出。

排泄孔或放气孔的直径小于 $0.08D$, 任意一个孔到节流装置同侧取压口轴线之间的直线距离大于 $0.5D$ 。此外, 排泄孔或放气孔的轴线与任一取压口的轴线不得位于同一管道轴向平面内。

8.6 计算 β 的管道直径 D 值, 是取上游取压口的上游 $0.5D$ 长度范围内的内径平均值。

8.7 管道的圆度

8.7.1 邻近节流件 (如有夹持环则邻近夹持环) 的上游至少在 $2D$ 长度范围内, 管道是圆筒形的。当任何平面上任意直径与第 8.6 款的平均直径之差不超过 $\pm 0.3\%$, 就满足管道是圆的要求。

8.7.2 离节流件 $2D$ 之外, 敷设在节流件与第一个上游管件或扰动件之间的上游管段, 可由一段或几段管道组成。只要任意截面之间的台阶 (错位) 不超过第 8.7.1 项规定的 $\pm 0.3\%$ 的要求, 则流出系数无附加不确定度。

8.7.3 如任意两截面之间的台阶 (错位) h 超出第 8.7.2 项的极限值, 但符合下面公式。

$$\frac{h}{D} \leq 0.002 \left[\frac{\frac{S}{D} + 0.4}{0.1 + 2.3\beta^4} \right] \quad (2)$$

$$\text{和 } \frac{h}{D} \leq 0.05 \quad (3)$$

式中 S 为上游取压口或夹持环到台阶的距离。 h 为台阶或错位。则在 E_c 上应算术相加 $\pm 0.2\%$ 的附加不确定度。台阶 (错位) 不得大于式 (2) 或式 (3)。

8.7.4 在离节流件上游端面至少 $2D$ 长度的下游直管段上, 管道内径与上游直管段的内径平均值之差不超过 $\pm 3\%$ 。

8.8 使用垫圈要尽可能的薄些, 并且夹紧后不能突入夹持环和管道内, 当采用角接取压装置时, 垫圈不得挡住取压口或槽。

8.9 经典文丘利管在上游 $2D$ 的范围内, 其管道平均直径 D 与任何一个直径之差不超过 $\pm 2\%$, 入口圆筒 A 的直径 D_A 与 D 的差不超过 $\pm 1\%$ 。

(二) 系数检定

9 均速管、楔形及弯管传感器应注明测量管道的内径 D , 楔形比及节流面积比, 或节流件孔径 d , 对已作过检定的传感器还应有上次的检定证书。其他要求同第 5 条。

10 传感器外表面色泽均匀, 涂、镀层均匀完好。

11 传感器的基本误差限 E_a 或 E_C 与重复性 E_m 或 $E_{C'}$ 上限应符合表 8 的规定。

表 8 传感器误差

准确度等级	0.5	1.0	1.5	2.5	5
基本误差限	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0
重复性上限	0.25	0.50	0.75	1.25	2.50

(三) 差压计或差压变送器

12 要求

12.1 一般要求

12.1.1 本规程规定的差压计应符合国家标准或行业标准的技术要求。

12.1.2 在差压计的明显部位有铭牌。铭牌文字、符号完整、清晰,注明差压计名称、型号及标格,量程及可调范围,公称压力,输出信号,准确度等级、计量器具生产许可证标志及编号;供电(气)源,制造厂名及出厂日期编号。若是防爆型的差压计应有防爆等级标志及防爆合格证编号。另附使用说明书。

12.1.3 正、负压室应有明显标记。

12.1.4 差压计表面色泽均匀,涂镀层光洁,无明显伤痕等。

12.1.5 可动部件灵活可靠。

12.1.6 紧固件不得有松动和损伤现象。

12.1.7 密封性:正、负压室同时承受公称压力持续一定时间,差压计不得泄漏和损坏。

12.2 计量性能要求

12.2.1 差压计基本误差限 E_e , 回程误差 E_h 和重复性上限 $E_{r,\Delta p}$ 列在表 9 中。

表 9 差压计的准确度等级

准确度等级	0.2 (0.25)	0.5	1.0	1.5	2.5
基本误差限 E_e	± 0.2 (0.25)	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5
回程误差 E_h	0.16 (0.2)	0.4	0.8	1.2	2.0
重复性上限 $E_{r,\Delta p}$	0.08 (0.1)	0.25 (0.2)	0.4	0.6	1.0

注:表中的误差是输出量程的百分数。

12.2.2 过范围

分别在正、负压室施加 1.25 倍的测量上限差压值,持续一定时间后,其输出下限值的变化量和量程变化量应小于表 10 的值。

表 10 差压计下限值和量程变化量

准确度等级	0.2 (0.25)	0.5	1.0	1.5	2.5
下限值和量程变化量	0.1	0.25	0.4	0.6	1.0

注:表中的变化量是输出量程的百分数。

12.2.3 单向静压

分别在正、负压室施加公称压力、撤压后测量基本误差和回程误差其值应符合表 9 的规定(允许调整下限)。

12.2.4 静压

同时对正、负压室施加公称压力，撤压后输出下限值的变化量应小于表 10 中的值。

12.3 电气性能要求

12.3.1 接地

将输出端子接地，观察输出下限值和量程，其变化量应小于表 10 中的值。本条仅用于输出端子对地绝缘（或悬空）的电动差压计。

12.3.2 绝缘电阻

电源端子与接地（机壳）端子 $>50\text{M}\Omega$

电源端子与输出端子 $>50\text{M}\Omega$

输出端子与接地（机壳）端子 $>20\text{M}\Omega$

12.3.3 电源和气源影响

a. 气动差压计输出信号稳定在上限值，气源压力分别为公称值的 90% 和 110% 时输出值变化量应小于表 10 的误差值；

b. 电动差压计电源电压变化为公称值的 90% 和 110% 时，其下限值及量程变化量应小于表 10 中值；

c. 直流电源反向保护，当施加最大允许反向供电电压时应无损坏。本条适用于两线制差压计。

三 检 定 条 件

（一）几何检验法

13 室内环境条件

13.1 节流件及取压装置的检验可在 $(15\sim35)^{\circ}\text{C}$ 下进行；当用工具显微镜等仪器时，要求环境温度为 $(20\pm2)^{\circ}\text{C}$ ；

13.2 室内的相对湿度一般为 45%~75%；当用仪器检验时为 60%~70%。

14 量具和仪器

检验用的量具和仪器应有有效的检定合格证书。样板和量块需经检定合格。量具和仪器的测量误差应在被测的量允许误差的 1/3 以内。

（二）系数检定

15 检定设备

15.1 水流量标准装置，可检定测量液体的传感器及检定测量任何介质的节流装置。装置准确度 $|E_s| \leq 0.2\%$ （或至少优于传感器基本误差很 $1/2 \sim 1/3$ ）。

15.2 差压计至少备两台（一台差压上限对应于传感器最大流量下的差压，另一台差压上限对应于传感器 40% 的流量）。准确度至少为 0.5 级（对第 3 条中的 3.2.3 项至少选用 0.25 级）。

15.3 温度计：分度值为 0.1°C 的 $(0\sim50)^{\circ}\text{C}$ 标准水银温度计两支。

15.4 $(0\sim20)\text{mA}$ 0.5 级（对 3.2.3 项的要求应优于 0.2 级）标准电流表一块。

15.5 分度值为 0.1s 的秒表 1 块。

15.6 测量传感器直径（或节流件孔径）的量具及仪器（参见第 19.5.1 项）。

15.7 由于传感器（或节流件）前后的管段对 α （或 C ）有影响。因此作系数检定的传感器（或节流件）应带一段实际使用的管段。

（三）差压计或差压变送器

16 检定设备

16.1 标准仪器应有有效检定证书。

16.2 标准仪器的量程与被检差压计量程相当；准确度一般等于或优于被检差压计准确度的1/3。

16.2.1 输入信号用的标准仪器；有活塞压力计；手动微压发生器与压力计组合；气动定值器与压力计组合。

16.2.2 输出检测用的标准仪器及元件：

a. 输出电流信号的差压计，应优先选用阻值为100Ω和250Ω、阻值误差为±(0.02~0.1)%的精密电阻作负载。用数字电压表（不少于4位半）测量负载二端的电压降作为输出信号。

b. 输出气压信号的差压计，选用量程为160kPa的标准压力表。

16.3 其他检定设备

16.3.1 供给差压计的电源变化量要求如下：

电 压 ±1%

频 率 ±1%

谐波失真 <5%（交流电源）

纹 波<0.2%（直流电源）

16.3.2 供给差压计的气源压力变化量为气源压力的±1%；气源一般应是无油，无灰尘的净化空气，可以配用空气过滤器、减压阀和气动定值器。气量不大时也可用氮气。

16.3.3 密封性及静压试验用设备：比检定差压计公称压力大2至3倍的精密压力表（0.4级）和活塞压力计（或手压水泵）。

16.4 环境条件

16.4.1 参比试验大气条件

检定温度 (20±2)℃

相对湿度 60%~70%

大气压力 (86~106) kPa

16.4.2 一般试验大气条件

检定温度 (15~35)℃

相对湿度 45%~75%

大气压力 (86~106) kPa。

16.4.3 准确度等级小于等于0.5级的应选用参比试验大气条件。

四 检定项目和检定方法

(一) 几何检验法

17 外观检查：用目测法。

17.1 检查节流装置标志应符合第4条的要求。

17.2 由第6.1~6.9款的规定检查节流件上游端面（或入口收缩部分）、圆筒形部分（或喉部）及边缘其结果应无明显缺陷。

17.3 取压装置

17.3.1 对单独钻孔取压上游阻流件是弯头或三通时检查取压口其结果应符合第7.1.6项

的要求。

17.3.2 对孔板当设置 2 种以上取压装置时, 检查在同一侧取压口的位置其结果应符合第 7.1.7 项的要求。

17.4 管道

17.4.1 检查节流装置的连结, 其结果应符合第 8.1 款的要求。

17.4.2 检查节流装置上、下游侧的直管段其结果应符合第 8.1 款的规定。

18 受检节流装置

18.1 在检验前节流装置用清洁剂清洗干净。

18.2 清洗后的节流装置最好在检验室存放 2h (小时) 后进行检验。

19 孔板检验

19.1 A 面平面度的检验

19.1.1 检验用的一般量具及仪器

0 级或 1 级样板直尺及 5 等量块 (或塞尺)、0.01mm/m 合象水平仪; 当孔板外径大于 $\phi 400$ 时可用 0 级平尺及千分表等。

19.1.2 检验方法

当使用第 19.1.1 项中样板直尺时, 可用通过直径的直线度来检验孔板 A 面是否平整。

将孔板放在平板上, A 面朝上, 用适当长度的样板直尺轻靠 A 面, 转动孔板可寻找沿直径方向的最大的缝隙宽度, 可用量块 (或塞尺) 测孔高度 h_A 。

h_A 应符合如下要求:

a. 对第 6.1.1 项, $h_A < 0.002 (D - d)$;

b. 对第 6.2.1、6.3.1、6.4.1、6.5.1 项, $h_A < 0.004 (D - d)$ 。

19.2 A 面及开孔圆筒形 e 面的表面粗糙度的检验

19.2.1 检验用的一般量具及仪器

表面粗糙度比较样块、轮廓法触针式表面粗糙度测量仪等。

19.2.2 检验方法

当使用第 19.2.1 项中表面粗糙度比较样块时, 是以样块 (最好用与被检验件相同材料做成的样块) 工作面的表面粗糙度为标准, 与孔板 A、e 面进行比较, 从而用视觉 (可借助于放大镜、比较显微镜) 判断孔板 A 面及 e 面的粗糙度 Ra , 比较结果应符合第 6.1.2、6.2.2、6.3.2、6.4.2、6.5.2 项的规定。当有争议时可用第 19.2.1 项中仪器实测 Ra 。

19.3 边缘 G、H、I 的检验

19.3.1 检验用的一般量具及仪器

用视觉 (可借助于放大镜) 及凭触觉 (如指甲; 工具显微镜铅片模压法)。

19.3.2 检验方法

a. 用目测法检查 (可借助于 2 倍放大镜), 其结果应符合第 6.1.3、6.2.5、6.4.4、6.5.4 项规定。

b. 孔板入口边缘圆弧半径 r_k 的检验。

⑤ 反射光法: 当 $d \geq 25\text{mm}$ 用 2 倍放大镜将孔板倾斜 45° 角, 使日光和人工光源射向直角入口边缘, 当 $d < 25\text{mm}$ 时, 用 4 倍放大镜观察边缘应无反射光。

⑥ 模压法: 用铅片模压孔板入口边缘, 用工具显微镜实测 r_k 其结果应符合第 6.1.3 项 b 的规定。孔板尖锐度的测量方法见附录 5。

19.4 厚度 E 及长度 e 的检验

19.4.1 检验用的一般量具及仪器

千分尺或板厚千分尺、工具显微镜（模压法）、 e 值检验仪等。

19.4.2 检验方法

a. E 的检验：用量具分别在离内圆外及离外圆内约各 10mm 处大致均布的位置上各测 n （本条中 $n=3$ ）个 E 值记作 E_i 按式（4）计算 E 的平均值。

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (4)$$

式中： E_i ——第 i 次测量的 E 值。

$$e_E = (E_i)_{\max} - (E_i)_{\min} \quad (5)$$

式中： e_E —— E 的最大偏差；

$(E_i)_{\max}$ —— E_i 中的最大值；

$(E_i)_{\min}$ —— E_i 中的最小值。

b. e 的检验：一般在大致均布的 3 个位置上测量 e 值， e 的平均值及最大偏差 e_e 的计算式类同式（4）和式（5）。

上述检验的 E 、 e 、 e_E 、 e_e 值应符合第 6.1.4、6.2.4、6.3.4、6.4.3、6.5.3 项的要求（或加工图纸的要求）。在确认加工工艺方法后， e 值也可在需要时再做检验。

19.5 节流孔直径 d 的检验

19.5.1 检验用的量具及仪器

工具显微镜；孔径测量仪；内测千分尺；内径千分尺；带表卡尺；游标卡尺等。

19.5.2 检验方法

根据所测直径 d 的数值大小，加工公差 Δd 以及第 14 条的要求，从第 19.5.1 项中选择合适的量具及仪器。在 4 个大致等角度的位置上测量节流件的直径， d 的平均值按类同式（4）计算。

直径的相对误差 E_{di} ，按式（6）计算：

$$E_{di} = \frac{|d_i - d|_{\max}}{d} \times 100\% \quad (6)$$

式中： d_i ——第 i 次测量的直径。

在计算流量准确度 E_q 时，若 E_d 用实测值，则建议测量 n （ $n \geq 6$ ）个 d_i 值，并按式（7）计算 E_d 。

$$E_d = (E_{rd}^2 + E_{sd}^2)^{1/2} \quad (7)$$

式中： E_{rd} —— d 的重复性；可按式（8）计算；

E_{sd} ——测量 d 的量仪准确度。

$$E_{rd} = \frac{t_a}{d} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - d)^2}{n-1}} \times 100\% \quad (8)$$

式中： t_a ——置信概率为 95% 的 t 分布系数。

圆缺高度 H 用卡尺测量 3 次，其平均值及偏差计算式类同式（4）和式（5）。

检验结果应符合第 6.1.5、6.2.6、6.3.5、6.4.6、6.5.4 项的要求。

19.6 斜角 ψ 及 1/4 圆孔板入口收缩圆弧曲面的检验。

19.6.1 检验用的量具

角度规；样板角（专制）；卡尺； r 样板（专制）等。

19.6.2 检验方法

a. 斜角 ψ 的检验，将孔板 B 面朝上放在平板上，用角度规或样板角等，在任一直径方向测量两个斜角，按类同式（4）计算平均值。

b. $1/4$ 圆孔板的入口收缩圆弧曲面用 r 样板检查，允许有轻微的均匀透光。

ψ 及 r 应符合第 6.1.6、6.2.3、6.4.5、6.3.3 项的规定。当确认加工工艺满足要求后， ψ 值及 r 值也可在需要时再作检验。

20 喷嘴检验

20.1 A 及 E 的表面粗糙度的检验：检验用的量具检验方法与第 19.2 款相同。检验结果应符合第 6.6.1 项的规定。

20.2 入口收缩部分的廓形检验

20.2.1 检验用的样板量具和仪器

收缩部分圆弧曲面样板；工具显微镜；百分表等。

20.2.2 检验方法

a. 廓形用样板检查；允许有轻微均匀透光。

b. 在入口收缩段上垂直于轴线的同一个平面上测量两个直径。为了找到垂直于轴线的同一平面的几个直径，可将喷嘴的出口（作基面）放在平板上，让圆弧曲面朝上，对于 $D \leq 200\text{mm}$ 的喷嘴，可用工具显微镜的灵敏杠杆测头法或透射法测量或者用其他仪器及方法测量。

当 $D > 200\text{mm}$ 时，也可用安装在水平两维坐标的专用基座上的百分表测量。用式（6）计算任意两个直径的百分误差。其结果应符合第 6.6.2 项的规定。

20.3 喉部直径 d 的检验

20.3.1 检验用的量具及仪器

工具显微镜（或孔径测量仪）；孔径千分尺；内径表等。

20.3.2 检验方法

将喷嘴入口（作基面）放在平板上，出口朝上，在喉部长度 b （ $b=0.3$ ）的范围上至少测量 4 个直径，各直径之间应有近似相等角度。平均直径和直径的百分误差分别按类同式（4）及式（6）计算。

其结果应符合第 6.6.3 项的规定。

当计算 E_d 时，如用实测值的 E_d 则按式（7）计算。

20.4 出口边缘 f 的检验

用目测法（或借助于 2 倍放大镜）检查，其结果应符合第 6.6.4 项的规定。

20.5 喷嘴总长的检验

20.5.1 检验用量具

高度游标卡尺等。

20.5.2 检验方法

将喷嘴放在平板上用高度游标卡尺测量沿轴向的两个长度，平均值及偏差应符合第 6.6.5 项的要求。

21 长径喷嘴检验

21.1 A、B 面表面粗糙度检验

粗糙度检验与第 20.1 款相同。

21.2 收缩段 A 的 1/4 椭圆曲面检验

1/4 椭圆曲面检验与 20.2 款相同。

21.3 喉部 B 的直径 d 检验

21.3.1 检验用的量具及仪器

与第 20.3.1 项相同。

21.3.2 检验方法

将长径喷嘴入口（作基面）放在平板上出口朝上，在喉部长度 b 的范围内至少测量 4 个直径值。分别位于出口处及入口处，各直径之间有近似相等的角度。

按类同式（4）计算喉部长度上平均直径和出口处、入口处的平均值以及按式（6）计算直径的百分误差。

上述结果应符合第 6.7.3 项 b、c 的规定。

22 经典文丘利管的检验

22.1 入口圆筒段 A 直径 D_A 的检验

22.1.1 检验用的量具

游标卡尺、内径表、孔径千分尺等。

22.1.2 检验方法

用上述量具在每对取压口附近，各对取压口之间及取压口平面之外各侧两个直径，共 8 个按类同式（4）求其平均直径 D_A 。

直径百分误差及与上游管道直径 D 的偏差应符合第 6.8.1 项 a、c 的要求。

22.2 收缩段 B

22.2.1 收缩角 ψ 的测量：用上述量具测出圆锥体上、下端面的直径 d_1 、 d_2 及长度 L ，用公式（9）计算 ψ

$$\operatorname{tg} \frac{\psi}{2} = \frac{(d_2 - d_1)}{2L} \quad (9)$$

ψ 应符合第 6.8.2 项 a 的规定。

22.2.2 锥体的任一截面上直径的测量参照第 20.2 款。

22.3 喉部直径 d 的检验

选用如第 22.1.1 项的量具，在取压口平面上，每对取压口附近处至少测 4 个直径。用游标卡尺测量喉部长度。

其结果应符合第 6.8.3 项要求。

22.4 A、B、C 表面粗糙度检验

检验用量具及方法与第 19.2 款相同，其结果应符合第 6.8.4 项的要求。

22.5 扩散段 E 的检验

用上述量具测量扩散段的上、端面直径。若按第 22.2.1 项方法算出扩散段夹角，其值应满足第 6.8.5 项的要求。

22.6 半径 R_1 、 R_2 、 R_3

用触觉和视觉检查，其结果应满足第 6.8.6 项 b、c 的要求，另外 R_1 最好为零。必要时可用内径表测量 R_1 、 R_2 的实际尺寸。第 22.7、22.1～22.5 款各项检验一般应在焊接前分

别进行。对使用中的经典文丘利管如有争议可进行系数检定。

23 文丘利喷嘴检验

参考喷嘴及经典文丘利管有关规定进行。

24 取压装置

24.1 检验用的量具

游标卡尺；直角尺或刻度直角钢尺；钢直尺或钢卷尺等。

24.2 检验方法

一般可用目测法或选用上述量具进行测量，其结果应符合第 6.1.1～6.1.2 项、第 6.1.4～6.1.5 项、第 6.2.2～6.2.3 项、第 6.3～6.7 款的规定。

25 管道的检验

25.1 长度检验

25.1.1 检验用的量具

钢直尺或钢卷尺；游标卡尺等。

25.1.2 检验方法：

节流件上、下游侧的直管段长度，用量具测量，其结果应符合第 8.2 款中表 3、表 4 规定。

25.2 节流件上游管道相对粗糙度的检验，可根据在节流件上游敷设的实际管道材质及表面状况，从附录 3 中查到管子内壁的等效绝对粗糙度 K 值（或者对特定管道的整个取样长度上进行压力损失，试验后用 Colebrook 公式演算出 K 值来）及管道直径 D ，计算出实际使用下的 K/D 值（或者 $10^4 K/D$ ），应小于表 5～表 7 中同 β 下的 $10^4 K/D$ 值。 K/D 应满足第 8.3.3～8.3.4 项的要求。

25.3 管道圆度检验

25.3.1 检验用的量具

内径表；孔径千分尺等。

25.3.2 检验方法

检验位置见图 15。

a. 管道直径 D 的检验

D 值应是在垂直轴线的至少 3 个横截面内测得的内径值的平均值，且分布在 $0.5D$ 长度上，其中两个横截面距上游取压口分别为 $0D$ 和 $0.5D$ ，如有焊接颈部结构情况下，其中一个横截面必须在焊接平面内。如果有夹持环，该 $0.5D$ 值从夹持环上游边缘算起，在每个横截面内至少测量 4 个直径值，该 4 个直径值彼此之间大约有相等的角度如图 15 所示。也可以测 12 个值，它们分布在 $0.5D$ 长度上不同角度位置（但必须在 $0D$ 及 $0.5D$ 截面上的 D 值）。管道内径 D 的平均值按类同式 (4) 计算，直径的百分误差按类同式 (6) 计算。

b. 邻近节流件上游至少 $2D$ 长度范围内任意测量两个直径 D_{13} 、 D_{14} 与 D 的百分误差应符合第 8.7.1 条的规定。

c. 当前测量管有 n 段组成时，检查 $2D$ 之外的台阶，如图 16，其结果应符合第 8.7.2～8.7.3 项的规定。

d. 离节流件上游端面至少 $2D$ 的下游直管段上测量任一个直径 D_{15} 与 D 的百分误差，应符合第 8.7.4 项的规定。

c. 经典文丘利管

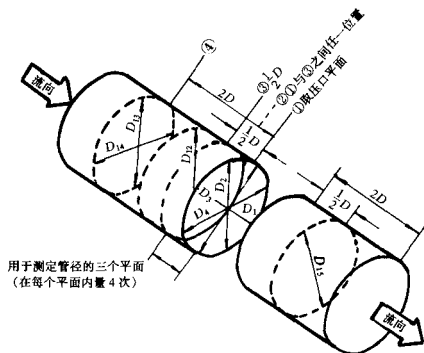


图 15 管径和圆度检验位置

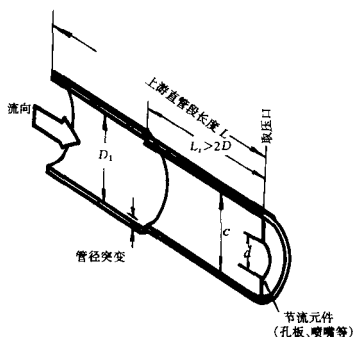


图 16 管道台阶检验

若 $h_s \leq \pm 0.3\% D$, 则对流出系数可用提供的不确定度

若 $h_s > \pm 0.3\% D$, 并且

$$h_s/D \leq 0.002 \frac{L_s/D + 0.4}{0.1 + 2.3\beta^4} \text{ 和 } h_s/D \leq 0.05$$

式中 $\beta = d/D$

$$h_s = D_1 - D$$

则对流出系数的误差应附加 $\pm 0.2\%$ 的不确定度

然后打开正、负压阀。

27.3 开启阀门让流体在管路系统中循环 10min, 同时排除差压测量系统中的空气。

27.4 将流量调到传感器的上限流量值, 关闭差压计平衡阀, 稳定 5min。

27.4.1 测量流量值 q_{V1} (脚标 1 表示第一次检定, 以下相同); 同时采样差压值 Δp_1 (至

① 上游管道直径 D

在上游 $2D$ 的长度范围内任意测量 8 个直径, 按类同式 (4) 与式 (6) 计算直径平均值和直径百分误差。

② 按类同式 (6) 计算 D 与平均直径值 D_A 的百分误差。

上述计算结果应符合第 8.9 款的规定。

(二) 系数检定

26 外观和随机文件检查

26.1 用目测法检查, 其结果应满足第 9 条的要求。

26.2 传感器及取压装置、管道的外观应符合第 17、第 10 条的规定。

27 检定

27.1 将检定的传感器及前、后直管段安装到水流量装置试验管道上, 压紧后的密封垫圈应与管道内径一致。连接处应无泄漏。

27.2 传感器的差压信号管路与大量程的差压计相连。先打开差压计的平衡阀门,

少为 3 次平均值); 然后测量水温及室温从表 11 中查出水的密度值 ρ_1 。

27.4.2 用式 (10) 计算传感器的流量系数 α

$$\alpha_1 = 7.90848 \frac{qv_1}{D^2} \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta p_1}} \quad (10)$$

式中: qv_1 的单位为 m^3/h ;

D 的单位为 mm ;

Δp_1 的单位为 kPa ;

ρ_1 ——在 $t_1^\circ\text{C}$ 水的密度, kg/m^3 。

对楔形流量传感器 α 用式 (11) 计算

$$\alpha_1 = 7.90848 \frac{qv_1}{mD^2} \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta p_1}} \quad (11)$$

式中: m ——节流面积比, 其他单位同式 (10)。

节流装置流出系数 C_1 按式 (12) 计算

$$C_1 = 7.90848 \cdot \sqrt{1 - \beta^4} \cdot \frac{qv_1}{d^2} \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta p_1}} \quad (12)$$

式中: d 的单位为 mm ; 其他单位同式 (10)。

$$\alpha_1 = \frac{C_1}{\sqrt{1 - \beta^4}}$$

27.4.3 雷诺数按式 (13) 计算

$$Re_{D1} = 354 \times 10^{-3} \frac{qv_1}{D \cdot \nu} \quad (13)$$

式中: ν ——水的运动粘度 m^2/s 见表 12; 其他单位同式 (10)。

表 11 常压下纯水密度表
(按 1968 年国际实用温标的摄氏温度下纯水密度表)

											$\Delta\rho/\Delta t$
$^\circ\text{C}$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	kg/m^3 0.1 $^\circ\text{C}$
0	999.8396	999.8463	999.8528	999.8591	999.8653	999.8713	999.8771	999.8827	999.8882	999.8934	0.0059
1	999.8985	999.9035	999.9082	999.9128	999.9172	999.9214	999.9254	999.9293	999.9330	999.9365	0.0041
2	999.9399	999.9431	999.9461	999.9489	999.9516	999.9541	999.9565	999.9587	999.9607	999.9625	0.0024
3	999.9642	999.9657	999.9670	999.9682	999.9692	999.9701	999.9708	999.9713	999.9717	999.9719	0.0008
4	999.9720	999.9718	999.9716	999.9711	999.9705	999.9698	999.9689	999.9678	999.9666	999.9652	-0.0008
5	999.9637	999.9620	999.9602	999.9582	999.9560	999.9537	999.9513	999.9487	999.9459	999.9430	-0.0024
6	999.9399	999.9367	999.9334	999.9299	999.9262	999.9224	999.9184	999.9143	999.9101	999.9057	-0.0039
7	999.9011	999.8964	999.8916	999.8866	999.8815	999.8762	999.8708	999.8652	999.8595	999.8537	-0.0053
8	999.8477	999.8416	999.8353	999.8289	999.8223	999.8157	999.8088	999.8019	999.7947	999.7875	-0.0068
9	999.7801	999.7726	999.7649	999.7571	999.7492	999.7411	999.7329	999.7246	999.7161	999.7075	-0.0081
10	999.6987	999.6898	999.6808	999.6717	999.6624	999.6530	999.6434	999.6337	999.6239	999.6140	-0.0095
11	999.6039	999.5937	999.5834	999.5729	999.5623	999.5516	999.5408	999.5293	999.5187	999.5074	-0.0108
12	999.4961	999.4846	999.4730	999.4612	999.4494	999.4374	999.4253	999.4130	999.4007	999.3882	-0.0121
13	999.3756	999.3628	999.3500	999.3370	999.3239	999.3106	999.2973	999.2838	999.2702	999.2565	-0.0133
14	999.2427	999.2287	999.2146	999.2004	999.1861	999.1717	999.1571	999.1424	999.1276	999.1127	-0.0145
15	999.0977	999.0826	999.0673	999.0519	999.0364	999.0208	999.0051	998.9892	998.9733	998.9572	-0.0157

续表

℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	kg/m ³ 0.1℃
16	993.9410	998.9247	998.9083	998.8917	998.8751	998.8583	998.8414	998.8244	998.8073	998.7901	-0.0168
17	998.7728	998.7553	998.7378	998.7201	998.7023	998.6845	998.6665	998.6483	998.6301	998.6118	-0.0179
18	998.5934	998.5748	998.5562	998.5374	998.5185	998.4995	998.4804	998.4612	998.4419	998.4225	-0.0190
19	998.4000	998.3833	998.3636	998.3438	998.3238	998.3037	998.2836	998.2633	998.2429	998.2224	-0.0201
20	998.2019	998.1812	998.1604	998.1395	998.1185	998.0973	998.0761	998.0548	998.0334	998.0119	-0.0212
21	997.9902	997.9685	997.9467	997.9247	997.9027	997.8805	997.8583	997.8360	997.8135	997.7910	-0.0222
22	997.7683	997.7456	997.7227	997.6998	997.6767	997.6536	997.6303	997.6070	997.5835	997.5600	-0.0232
23	997.5363	997.5126	997.4887	997.4648	997.4408	997.4166	997.3924	997.3680	997.3436	997.3191	-0.0242
24	997.2944	997.2697	997.2449	997.2200	997.1950	997.1699	997.1446	997.1193	997.0939	997.0685	-0.0252
25	997.0429	997.0172	996.9914	996.9655	996.9396	996.9135	996.8873	996.8611	996.8347	996.8083	-0.0261
26	996.7818	996.7551	996.7284	996.7016	996.6747	996.6477	996.6206	996.5934	996.5661	996.5388	-0.0270
27	996.5113	996.4837	996.4561	996.4284	996.4005	996.3726	996.3446	996.3165	996.2883	996.2600	-0.0280
28	996.2316	996.2032	996.1746	996.1460	996.1172	996.0884	996.0595	996.0305	996.0014	995.9722	-0.0289
29	995.9430	995.9136	995.8842	995.8546	995.8250	995.7953	995.7655	995.7356	995.7056	995.6756	-0.0298
30	995.6454	995.6152	995.5848	995.5544	995.5239	995.4934	995.4627	995.4319	995.4011	995.3701	-0.0306
31	995.3391	995.3080	995.2768	995.2456	995.2142	995.1828	995.1512	995.1196	995.0879	995.0561	-0.0315
32	995.0243	994.9923	994.9603	994.9282	994.8960	994.8637	994.8313	994.7988	994.7663	994.7337	-0.0323
33	994.7010	994.6682	994.6353	994.6024	994.5693	994.5362	994.5030	994.4697	994.4364	994.4029	-0.0332
34	994.3694	994.3358	994.3021	994.2683	994.2345	994.2005	994.1665	994.1324	994.0982	994.0640	-0.0340
35	994.0296	993.9952	993.9607	993.9261	993.8915	993.8567	993.8219	993.7870	993.7521	993.7170	-0.0348
36	993.6819	993.6467	993.6114	993.5760	993.5406	993.5050	993.4694	993.4338	993.3980	993.3622	-0.0356
37	993.3263	993.2903	993.2542	993.2181	993.1818	993.1455	993.1092	993.0727	993.0362	992.9996	-0.0363
38	992.9629	992.9261	992.8893	992.8524	992.8154	992.7784	992.7412	992.7040	992.6668	992.6294	-0.0371
39	992.5920	992.5545	992.5169	992.4792	992.4416	992.4037	992.3658	992.3279	992.2899	992.2518	-0.0378
40	992.2136										

注：本表的数据与按 1990 年国际温标计算的数据基本一致故仍可采用。

27.4.4 在这个流量开度下重复测量 n 次，按类同式 (4) 计算系数平均值及类同式 (8) 计算重复性。

27.5 检定点

检定点至少应有 4 个，建议取作 (0.3、0.4、0.7、1) $q_{V\max}$ (对规格大的传感器 $q_{V\max}$ 检定点允许设在上限值的 80% 左右)。

表 12 水的运动粘度 ν (m²/s)

10℃	1.370×10^{-6}	25℃	0.893×10^{-6}
15℃	1.139×10^{-6}	30℃	0.801×10^{-6}
20℃	1.0038×10^{-6}	35℃	0.724×10^{-6}

27.6 水温及室温的测量

27.6.1 水温在传感器下游待第 1 个检定点测试后测量作为各检定点的水温。

27.6.2 室温在传感器附近测量。

27.7 传感器 (及节流装置) 的计量性能参数计算如下

27.7.1 α (或 C) 值的确定

α (或 C) 一般应按各个检定点分别给出。即 $\alpha_1 \cdots \alpha_4$ (或 $C_1 \cdots C_4$)。

27.7.2 α (或 C) 的重复性 E_{ra} (或 E_{rC})

$$E_{ra} = (E_{rai})_{\max}; E_{rC} = (E_{rCi})_{\max}$$

式中: E_{rai} (或 E_{rCi}) ——各检定点 α_i (或 C_i) 的重复性。

E_{ra} (或 E_{rC}) 应符合第 11 条表 8 的要求。

27.7.3 α (或 C) 的不确定度 E_a (或 E_C)

E_a (或 E_C) 按下式计算:

$$E_a = \pm \left(E_{rs}^2 + E_S^2 + \frac{1}{4} E_{\Delta p}^2 + \frac{1}{4} E_{\rho_1}^2 \right)^{1/2} \quad (14)$$

式中: E_S ——标准流量装置的准确度;

$E_{\Delta p}$ ——差压测量的不确定度;

$$E_{\Delta p} = E_{ej} \cdot \left| \frac{\Delta p_{j\max}}{\Delta p_{ji}} \right|_{\max}$$

式中: j ——差压计台数;

E_{ej} ——第 j 台差压计的准确度等级;

$\Delta p_{j\max}$ ——第 j 台差压计使用上限值;

Δp_{ji} ——第 j 台差压计第 i 点使用差压值;

E_{ρ_1} ——水的密度不确定度, 在实验室可忽略。

当用式 (14) 计算 E_C 时, E_C 可以不按表 8 靠档。

27.7.4 Re_D

传感器各检定点的 Re_D 按式 (13) 计算

27.8 用气体流量标准装置时可参照本条进行。

(三) 差压计或差压变送器

28 外观检查

用目测法检查差压计其结果应符合第 12.1.1 ~ 第 12.1.6 项的规定。

29 差压计在检定环境下一般应放置两小时后再进行检定; 使用中差压计检定前应把测压室清洗干净。

上述差压计安装在平稳无振动的支架上。

30 密封性试验

30.1 差压计密封性试验系统如图 17 所示。

30.2 将公称压力同时加入差压计的正负压室后, 切断压力源密封 15min, 观察压力表示值, 前 10min 稍有波动, 后 5min 内压力值下降不得超过公称压力的 2%, 且应符合第 12.1.7 项的要求。

31 示值检定及误差计算

31.1 在差压计输出量程内, 选择不少于 5 个检定点, 包括上、下限值 (或上限值的 10%

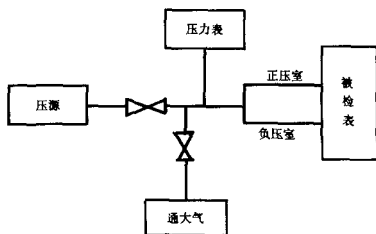


图 17 密封性试验系统

和 90% 附近)。

31.2 示值检定系统如图 18。

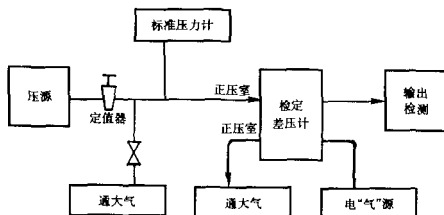


图 18 检定系统图

31.3 检定前仪表预热 15min 以上, 预热后输入差压信号进行不少于 3 次的全范围移动。然后按第 31.1 款试验, 并记下差压计检定前的输出值。

31.4 检定前允许调整输出下限值和量程。在检定时输出信号要缓慢平稳地按同一个方向逼近检定点, 3s 后读取输出信号的实测值。

31.5 从下限至上限是上行程, 从上限至下限是下行程, 上、下行程为一个循环。基本误差检定至少取 1 个循环; 回程误差取 1 至 3 个循环; 需要做重复性时至少取 3 个循环。将全部数据记入记录表。

31.6 误差计算

31.6.1 基本误差计算

基本误差是各检定点的上行程 (或上行程平均值) 及下行程 (或下行程平均值) 与标准值差的最大引用误差。

根据各检定点输出信号的实测值, 按下式计算。

$$E_{ei} = \frac{(X_i - X_{Si})}{X_F} \times 100\% \quad (15)$$

$$E_e = |E_{ei}|_{\max}$$

式中: E_e ——差压计的基本误差;

E_{ei} ——第 i 检定点的基本误差;

X_i ——第 i 点输出的实测值 (或平均值);

X_{Si} ——第 i 点输出的标准值;

X_F ——输出值量程。

31.6.2 回程误差计算

回程误差是各检定点上、下行程输出实测值 (或平均值) 之差的百分误差 E_h

$$e_{hi} = x_{1i} - x_{2i} \quad (16)$$

$$e_h = |e_{hi}|_{\max}$$

$$E_h = \frac{e_h}{X_F} \times 100\% \quad (17)$$

式中: E_h ——差压计的回程误差;

e_h ——上、下行程最大偏差;

e_{hi} ——第 i 点的上、下行程偏差;

X_{1i} ——上行行程输出实测值 (或平均值);

X_{2i} ——下行行程输出实测值 (或平均值)。

31.6.3 重复性计算

重复性是各检定点上、下行行程重复性误差中最大的重复性 E_r 。

当 $n=3$ 时,

$$E_r = \frac{1}{2} \frac{X_{i\max} - X_{i\min}}{X} \times 100\% \quad (18)$$
$$E_r = |E_{ri}|_{\max}$$

式中: E_r ——差压计重复性;

E_{ri} —— i 点的重复性;

$X_{i\max}$ —— i 点上 (或下) 行程输出最大实测值;

$X_{i\min}$ —— i 点上 (或下) 行程输出最小实测值;

X —— X_i 的平均值。

第 31.6 款的计算结果应符合表 9 的要求。

32 过范围试验

将压力输入正压室由下限值调至上限的 125%, 保持 10min 后撤压, 待 5min 后测量下限值和量程的变化量, 然后用同样的方法对负压室作下限过范围试验。其结果均应符合第 12.2.2 项的要求。

33 静压试验

33.1 单向静压试验: 在正压室加入公称压力, 保持 5min 后撤压, 待 10min 后 (允许调整下限值), 测量基本误差和回程误差, 然后用同样方法对负压进行同样试验, 其结果应符合表 9 的要求。

33.2 双向静压试验: 在正、负压室同时加 25% 的公称压力, 待稳定后测量输出下限值的变化量, 然后将压力上升到公称压力作同样的试验 E_{d1} 应符合表 10 中的要求。

34 电气性能

34.1 接地试验: 按第 12.3.1 项进行。

34.2 绝缘电阻: 将被测端子分别短接。用额定直流 100V 或 500V 兆欧表测量。其结果应符合第 12.3.2 项的要求。

34.3 电源和气源变化影响, 按第 12.3.3 项 a、b 进行。当两线制差压计需按第 12.3.3 项 c 点做直流反向保护试验时, 试验后应恢复正常供电电压检查有无损坏。

五、检定结果处理和检定周期

35 差压式流量计的流量测量的不确定度

35.1 由节流装置及配套的差压计组成的流量计

35.1.1 质量流量按式 (19) 计算

$$q_m = C \cdot E \cdot \epsilon \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p \cdot \rho_1} \quad (19)$$

$$q_V = \frac{q_m}{\rho_1}$$

35.1.2 当节流装置经第 17~25 条几何检验法检定合格,其质量流量的准确度可用式 (20) 计算:

$$E_{q_m} = \pm \left[E_C^2 + E_\epsilon^2 + \left(\frac{2\beta}{1-\beta^4} \right)^2 \cdot E_D^2 + \left(\frac{2}{1-\beta^4} \right)^2 \cdot E_d^2 + \frac{1}{4} E_{\Delta p}^2 + \frac{1}{4} E_{\rho_1}^2 \right]^{1/2} \quad (20)$$

式中: (1) $E_{q_m} = 2 \frac{\sigma_{q_m}}{q_m}$ 置信概率为 95%。

(2) 经几何检验法检定符合本规程第 6~8 条规定的节流装置,流出系数(附录 2)不确定度 E_C 及膨胀系数不确定度 E_ϵ 可见表 13。

(3) 流体密度的不确定度 E_{ρ_1} 可由节流件前测量介质由用户来确定,也可以参考附录 6 进行估算。

(4) E_D 及 E_d 可用第 19.5.2、第 20.3.2、第 21.3.2、第 22.4、第 25.3.2 款项实测计算值;如果经几何检验管径与孔径都符合本规程要求时,则 E_D 可取 $\pm 0.4\%$; E_d 可取 $\pm 0.07\%$ 。

$$(5) E_{\Delta p} = E_\epsilon \frac{\Delta p_{\max}}{\Delta p_{\text{con}}} = 1.56 E_\epsilon$$

其他差压显示仪表的不确定度与 $E_{\Delta p}$ 方和根相加。式中 E_ϵ 见表 9。

35.1.3 当节流装置是用第 27 条进行检定,给出实测的 C 值,这时 E_{q_m} 按 (21) 式计算

$$E_{q_m} = \pm \left[E_C^2 + E_\epsilon^2 + \frac{1}{4} E_{\Delta p}^2 + \frac{1}{4} E_{\rho_1}^2 \right]^{1/2} \quad (21)$$

式中: E_C 见第 27.7.3 项,其他项误差与式 (20) 相同。

35.2 由传感器及配套的差压计组成的差压式流量计

$$q_m = \alpha \cdot \epsilon \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p \cdot \rho_1} \quad (22)$$

$$E_{q_m} = \pm \left[E_\alpha^2 + E_\epsilon^2 + 4E_D^2 + \frac{1}{4} E_{\Delta p}^2 + \frac{1}{4} E_{\rho_1}^2 \right]^{1/2} \quad (23)$$

式中: E_α ——表 8 或第 27.7.3 项;

E_D ——当检定时带上了上、下游测量管一起进行检定时 $E_D = 0$;

$E_{\Delta p}$ 、 E_{ρ_1} 与式 (20) 相同。

如果传感器检定时,使用用户自备的检定合格的差压计,那么式 (21) 和 (23) 中的 $E_{\Delta p}$ 为零。

36 检定结果

36.1 新制造和修理后的节流装置经第 17、19~25 条几何检验法检定合格的应发给几何检验法检定证书。

36.2 传感器及节流装置经第 26~27 条检定合格的应发给系数检定证书。

36.3 与其配套使用的差压计,经第 28、30~34 条检定合格的应发给差压计检定证书。

36.4 经检验或检定不合格的应发给检定结果通知书。

37 检验及检定证书背面的格式见附录 8。

38 检定周期

38.1 用几何检验法检定节流装置的周期一般不超过 2 年,对计量单相清洁流体的标准喷

表 13 节流装置的适用范围与 E_C 和 E_d

节流件名称	孔径 d (mm)	常用管道内径 D (mm)	直径比 β	雷诺数 Re_D	E_C %	E_d %	节流件上游管道 内径 K/D 要求
角接取压孔板	$12.5 \leq d$	$50 \leq D \leq 1000$	$0.2 \leq \beta \leq 0.75$	$0.2 \leq \beta \leq 0.45: 5000 \leq Re_D$ $0.45 \leq \beta: 10000 \leq Re_D$	$B \leq 0.6$ 时, ± 0.6 $0.6 < B \leq 0.75$ 时 为 $\pm B$	$(p_2/p_1) > 0.75$ $\pm 4(\Delta p/p_1)$	表 5
法兰取压孔板	$12.5 \leq d$	$50 \leq D \leq 1000$	$0.2 \leq \beta \leq 0.75$	$1260\beta^2 D \leq Re_D$			
$D-(D/2)$ 取压孔板	$12.5 \leq d$	$50 \leq D \leq 1000$	$0.2 \leq \beta \leq 0.75$	$1260\beta^2 D \leq Re_D$			
ISA1932 喷嘴		$50 \leq D \leq 500$	$0.3 \leq \beta \leq 0.80$	$0.3 \leq \beta \leq 0.44$ $7 \times 10^4 \leq Re_D \leq 10^7$ $0.44 \leq \beta \leq 0.80$ $2 \times 10^4 \leq Re_D \leq 10^7$	$\beta \leq 0.6$ 时, ± 0.8 $\beta > 0.6$ 时, $\pm (2\beta - 0.4)$	$\pm 2(\Delta p/p_1)$	表 6
长径喷嘴		$50 \leq D \leq 630$	$0.2 \leq \beta \leq 0.8$	$10^4 \leq Re_D \leq 10^7$	± 2	$\pm 2(\Delta p/p_1)$	$(K/D) \leq 1 \times 10^{-3}$
经典文丘利管 粗焊收缩段 机械加工收缩段 粗焊铁板收缩段		$100 \leq D \leq 800$ $50 \leq D \leq 250$ $200 \leq D \leq 1200$	$0.3 \leq \beta \leq 0.75$ $0.4 \leq \beta \leq 0.75$ $0.4 \leq \beta \leq 0.70$	$2 \times 10^4 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$ $2 \times 10^4 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$ $2 \times 10^4 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$	± 0.7 ± 1.0 ± 1.5	$\pm (4 + 100\beta^3)(\Delta p/p_1)$	$(K/D) \leq 1 \times 10^{-3}$
文丘利喷嘴	$50 \leq d$	$65 \leq D \leq 500$	$0.316 \leq \beta \leq 0.775$	$1.5 \times 10^4 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$	$\pm (1.2 + 1.5\beta^4)$	$\pm (4 + 100\beta^3)(\Delta p/p_1)$	表 7
锥形入口孔板	$6 \leq d$	$D \geq 25$	$0.1 \leq \beta \leq 0.316$	$80 \leq Re_D \leq 6 \times 10^4$	± 2	$\pm 33(1 - \epsilon)$	$(D/K) \geq 750$
1/4 圆孔板	$15 \leq d$	$D \geq 25$	$0.245 \leq \beta \leq 0.6$	$Re_D \leq 6 \times 10^4$	$\beta > 0.316, \pm 2$ $\beta < 0.316, \pm 2.5$	$\pm 33(1 - \epsilon)$	
偏心孔板	$50 \leq d$	$100 \leq D \leq 1000$	$0.46 \leq \beta \leq 0.84$	$2.5 \times 10^4 \beta \leq Re_D \leq 10^6$	$0.46 \leq \beta \leq 0.75 \pm 1$ $0.76 \leq \beta \leq 0.84 \pm 2$	$\pm 33(1 - \epsilon)$	
圆缺孔板		$150 \leq D \leq 350$	$0.35 \leq \beta \leq 0.75$	$10^4 \leq Re_D \leq 10^6$	± 1.5		

嘴、长径喷嘴、经典文丘利管、文丘利喷嘴，根据使用情况可以延长，但一般不要超过 4 年。

38.2 用传感器及节流装置经系数检定的周期一般不超过 2 年。

38.3 用差压计或差压变送器检验法检定的周期一般不超过 1 年。

附 录

附录 1 差压信号管路的敷设方法及其安装原则

1 说明

为了保证节流装置的输出差压可靠，准确地传送到差压计或差压变送器上，差压信号管路应按附录规定敷设。

2 导压管

2.1 导压管应按被测流体的性质和参数使用耐压、耐腐蚀的材质制造，其内径不小于 6mm，长度最好在 16m 之内，视被测流体的性质而定。不同长度下的最小内径值，见表 1。

表 1 导压管的内径和长度

mm

导压管直径 被 测 流 体	导压管长度		
	<16000	16000~45000	45000~90000
水、水蒸气、干气体	7~9	10	13
湿 气 体	13	13	13
低、中粘度的油品	13	19	25
脏液体或气体	25	25	38

2.2 导压管应垂直或倾斜敷设，其倾斜度小于 1:12，粘度较高的流体，其倾斜度还应增大。当差压信号传送距离大于 30m 时，导压管应分段倾斜，并在各高点和低点分别装设集气器（或排气阀）和沉降器（或排污阀）。

2.3 为了避免差压信号传送失真，正负压导压管应尽量靠近敷设。严寒地区导压管应加防冻保护物，与主管道采取同样措施。用电或蒸气加热保温时，要防止过热。低沸点、易汽化的流体，同样应与主管道采取相同措施，防止流体在导压管中汽化产生假差压。

3 取压口

取压口一般设置在法兰、环室或夹紧环上。法兰、环室和夹紧环的安装，应考虑被测流体为液体时，防止气体进入导压管；被测流体为气体时，防止水和脏污进入导压管。

3.1 安装节流装置的主管道水平或倾斜时，取压安装位置如图 1 所示。

3.2 安装节流装置的主管道垂直时，取压口的位置在取压装置的平面上，可任意选择。

4 截断阀

在靠近节流件的信号管路上应装截断阀。信号管路上装有冷凝器时，在靠近冷凝器的位置上应装截断阀。



图1 在水平线或倾斜管道上取压口位置示意图
(a) 被测流体为液体时 $\alpha \leq 45^\circ$; (b) 被测流体为气体时 $\alpha \leq 45^\circ$

截断阀的耐压和耐腐蚀性能应与主管道相同。截断阀的流通面积不应小于导压管的流通面积。截断阀的结构应能防止在其本体中聚积气体或液体。避免影响差压信号的传送，建议采用直孔式截断阀。

5 冷凝器

5.1 冷凝器的作用是使导压管中的被测蒸气冷凝，并使正负压导压管中的冷凝液面有相等的高度且保持恒定。为此，冷凝器的容积应大于全量程内差压计或差压变送器工作空间的最大容积变化的3倍。水平方向的横截面积不得小于差压计或差压变送器的工作面积，以便忽略由于冷凝器中冷凝液面波动而产生的附加误差。

测量蒸气流量用的差压信号管路，即使差压计或差压变送器的位移很小，也必须装设冷凝器。

5.2 被测流体为高压 ($\geq 200 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 400°C) 蒸气时，在节流件和冷凝器之间应装设冷凝水捕集器，以防流量波动很大时，冷凝水返回主管道并使节流件变形。

6 集气器和沉降器

6.1 被测流体为液体时，在导压管的各最高点上应装设集气器或排气阀，以便收集和定期排出信号管路中的气体。当差压计或差压变送器的安装位置高于主管道时，更应设置集气器或排气阀。

6.2 对于各种被测流体，在导压管的最低点应装设沉降器或排污阀，以便收集和定期排出信号管路中的污物和气体信号管路中的积水。

为了便于吹洗，建议采用直孔式排气阀和排污阀。

7 隔离器和隔离液

7.1 用于高粘度、有腐蚀、易冻结、易析出固体物的被测流体，应采用隔离器和隔离液，使被测流体不与差压计或差压变送器接触，以免破坏差压计或差压变送器的正常工作性能。常用隔离液及其性质见表2。

7.2 隔离器中的隔离液的体积变化，应大于差压计或差压变送器在全量程范围内工作空间的最大体积变化。

7.3 正负压隔离器应装在垂直安装的导压管上，并有相同的高度。应确定隔离器中的隔离液的最高液面和最低液面的位置。

7.4 用弹性材料隔离时，正负压隔离器所用弹性材料的性能应相同，在隔离膜的下部应装设排气阀。

表 2 常用隔离液及其性质

隔离液种类	20℃时密度 ρ (kg/m ³)	冰 点 (℃)	沸 点 (℃)
甲 基 硅 油	0.93~0.94* 0.95~0.96*	- 65 - 60	≥ 200 ≥ 200
甘油酒石酸酯	1262	- 17	290
甘油酒石酸酯和 水混合物 (体积 1:1)	1130	- 22.5	106
磷苯二甲酸二丁酯	1047	- 35	340
乙 醇	789	- 112	78
乙 二 醇	1113	- 12	197
乙二醇和水混合物 (体积 1:1)	1070	36	110

* 为 25℃/25℃ 的比重值。

8 喷吹系统

在测量含尘多或危险性的流体流量时，为防止被测流体进入导压管，可以用恒定的压力经过正负压导压管，同时向主管道内喷吹一定量的某种清洁流体（如水、空气等），代替隔离器和隔离液系统。但采用喷吹系统时，流量和差压之间的数值关系应用实验方法确定。

8.1 喷吹方法：

- 被测流体为气体时，将清洁气体吹入主管道；
- 被测流体为液体时，用清洁气体吹入主管道；
- 被测流体为液体时，用清洁液体吹入主管道。

喷吹系统与主管道和信号管路的连接方式见图 2。

8.2 喷吹量视被测流体流量是否稳定、差压计型式和导压管总容积而定。其原则是在任何情况下被测流体不会进入导压管，喷吹量应稳定。喷吹量小时难以控制，应避免使用。

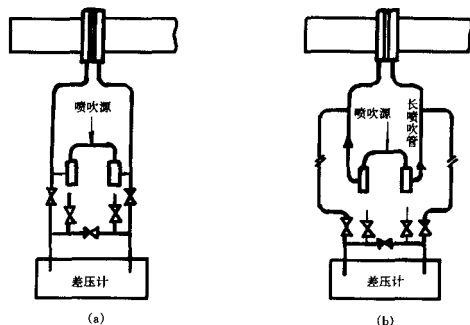


图 2 喷吹系统示意图

(a) 短导压管时；(b) 长导压管时

8.3 使用喷吹系统时,正负压信号管路的横截面积应均匀一致,长度相等,且有相同数量的管件和弯头。不应影响两根信号管路中的压力信号。

8.4 当被测流体为液体时,只有被测流体的压力较低,而差压计或差压变送器装在主管道上方时,才能采用以清洁气体喷入主管道的方法。

9 差压信号管路的安装

根据被测流体的性质和节流装置与差压计或差压变送器的相对位置,差压信号管路有以下几种安装方式。

9.1 被测流体为清洁的液体时,其信号管路的安装方式如图3所示。

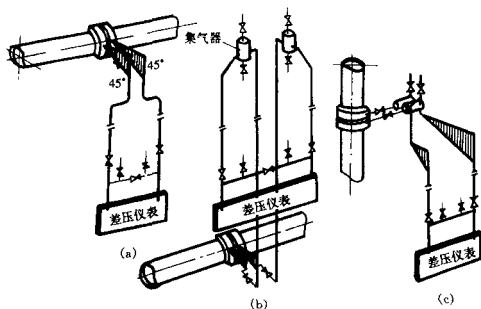


图3 被测流体为清洁液体时,信号管路安装示意图

(a) 仪表在管道下方; (b) 仪表在管道上方; (c) 垂直管道, 被测流体为高温液体

9.2 被测流体为清洁的干气体时,信号管路的安装方式如图4。

9.3 被测流体为水蒸气时,信号管路的安装方式如图5。

9.4 被测流体为清洁湿气体时,信号管路的安装方式如图6所示。

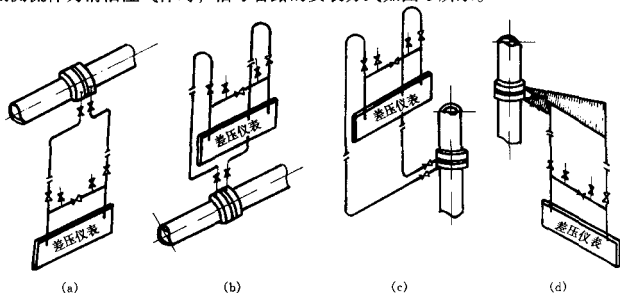


图4 被测流体为清洁干气体时,信号管路安装示意图

(a) 仪表在管道下方; (b) 仪表在管道上方;

(c) 垂直管道、仪表在取压口上方; (d) 垂直管道、仪表在取压口下方

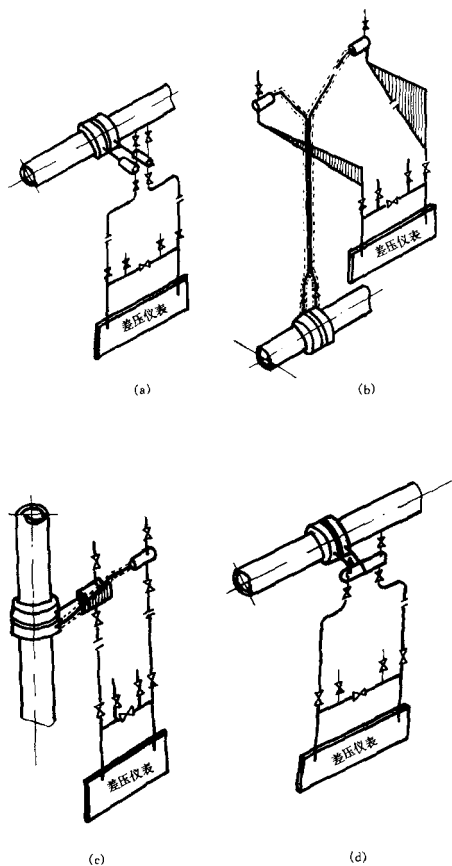
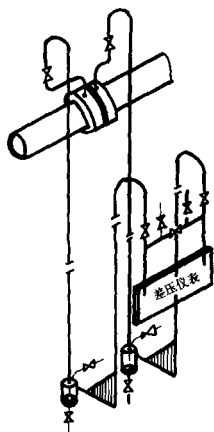
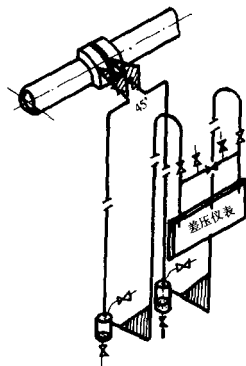


图 5 被测流体为水蒸气时，信号管路安装示意图

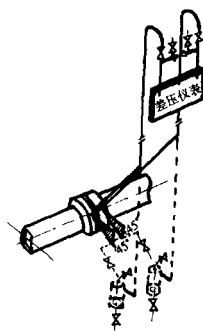
- (a) 仪表在管道下方；(b) 仪表在管道上方；(c) 垂直管道，仪表在取压口下方；
(d) 仪表在管道下方，同 (a) 图，仅冷凝器安装方式不同，可任意选用



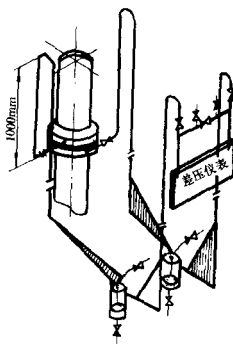
(a)



(b)



(c)



(d)

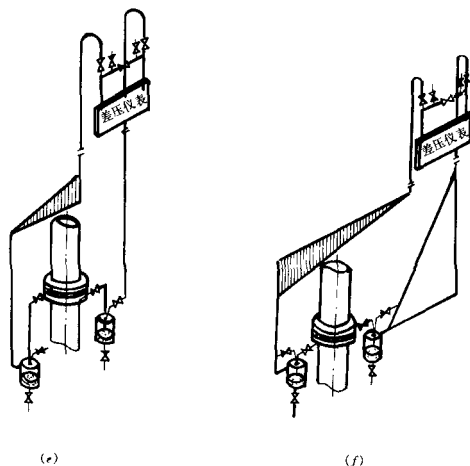


图6 被测流体为湿气体时, 信号管路的安装示意图

(a) 仪表在管道下方; (b) 仪表在管道下方 [(a) (b) 可任意选用]; (c) 仪表在管道上方; (d) 垂直管道仪表在取压口下方; (e) 垂直管道、仪表在取压口上方; (f) 垂直管道, 仪表在取压口上方 [(e) (f) 可任意选用]

附录2 节流件的主要参数

1 节流件的参数 C 及 ϵ 列在表1中。

表1 节流件的参数 C 及 ϵ

节流件名称	流出系数 C	可膨胀性系数 ϵ
角接取压孔板	角接取压: $0.5959 + 0.0312\beta^{2.1} - 0.1840\beta^8$ $+ 0.0029\beta^{2.5} \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0.75}$	$1 - (0.41 + 0.35\beta^4) \frac{\Delta p}{\kappa \cdot p_1}$
法兰取压孔板	法兰取压: $0.5959 + 0.0312\beta^{2.1}$ $- 0.1840\beta^8 + 0.0029\beta^{2.5}$ $\times \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0.75} + \frac{2.286}{D} \beta^4$ $\times (1 - \beta^4)^{-1} - \frac{0.8560}{D} \beta^3$ (式中 $D > 58.62\text{mm}$ 时, D 用 mm 代入) $0.5959 + 0.0312\beta^{2.1}$ $- 0.1840\beta^8 + 0.0029\beta^{2.5}$ $\times \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0.75} + \frac{0.9906}{D} \beta^4 (1 - \beta^4)^{-1} - \frac{0.856}{D} \beta^3$ (式中 $D < 58.62\text{mm}$ 时, D 用 mm 代入)	$\frac{p_2}{p_1} > 0.75$

节流件名称	流出系数 C	可膨胀性系数 ϵ
$D - (D/2)$ 取压孔板	$0.5959 + 0.0312\beta^{2.1}$ $- 0.1840\beta^6 + 0.0029\beta^{2.5}$ $\times \left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{0.75} + 0.0390\beta^4$ $\times (1 - \beta^4)^{-1} - 0.01584\beta^3$	$\frac{p_2}{p_1} > 0.75$
标准喷嘴	$0.9900 - 0.2262\beta^{2.1}$ $- (0.00175\beta^2 + 0.0033\beta^{4.15}) \cdot \left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{1.15}$	$\left[\left(\frac{\kappa \tau^{2/\kappa}}{\kappa - 1} \right) \left(\frac{1 - \beta^4}{1 - \beta^4 \tau^{2/\kappa}} \right) \right. \\ \left. \cdot \left(\frac{1 - \tau}{1 - \tau^{\kappa-1}} \right) \right]^{1/2}$ 式中 $\tau = \left(1 - \frac{\Delta p}{p_1} \right)$
长径喷嘴	$0.9965 - 0.00653 \left[\frac{10^6}{Re_D} \right]^{0.5}$	同标准喷嘴
经典文丘利管粗铸收缩段	0.984	同标准喷嘴
机械加工收缩段	0.995	
粗焊铁板收缩段	0.985	
文丘利喷嘴	$0.9858 - 0.196\beta^{4.5}$	同标准喷嘴
锥形入口孔板	0.734	$\frac{1}{2} (\epsilon_R + \epsilon_M)$
1/4 圆孔板	$0.73823 + 0.3309\beta - 1.1615\beta^2 + 1.5084\beta^3$ 当 $D < 40\text{mm}$ 只能采用角接取压 $D \geq 40\text{mm}$ 采用角接, 法兰均可	同孔板
偏心孔板	角接取压单钻孔: $0.93548 - 1.68892\beta + 3.0428\beta^2 - 1.97893\beta^3$ 当使用随管时, $C_M = C \times F_E$ 取压孔位置应设置在远离小孔管壁一侧, 其他同法兰取压 法兰取压: C 列在图 1 中 缩流取压: C 列在图 2 中, 缩流取压下游取压的距离 l_2 列在表 4 中	同孔板
圆缺孔板	法兰取压和缩流取压的 C 列在图 3 中圆缺高度 H_s 用如下公式计算 $\beta_{D_c} = \frac{d}{D_c} = \frac{\beta}{0.98} = \left(\frac{1}{\pi} \left\{ \arccos \left(1 - \frac{2H_s}{D_c} \right) \right. \right. \\ \left. \left. - 2 \left(1 - \frac{2H_s}{D_c} \right) \left[\frac{H_s}{D_c} - \left(\frac{H_s}{D_c} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{1/2}$ 式中 $D_c = 0.98D$	

注: 上述 C、 ϵ 应在表 13 中 d 、 D 、 β 、 Re_D 、 K/D 的适用范围内使用。

2 锥形入口孔板和 1/4 圆孔板的上游最小允许管道内径与管壁状况列在表 2 中。

表 2 上游最小允许管径及管壁状况

材 料	状 态	最小内径(mm)
黄铜、铜、铅、玻璃、塑料	光滑无砂眼	25

续表

材 料	状 态	最小内径(mm)
钢	新的,冷拉	25
	新的,无缝	25
	新的,焊接	25
	有 锈	50
	锈 蚀	200
	涂沥青(新)	25
	涂沥青(旧)	75
铸 铁	镀 锌	50
	涂 沥 青	25
	无 锈	50
	有 锈	200

注:对1/4圆孔板涂沥青(旧)管最小内径75mm。

3 角接取压偏心孔板粗糙度修正系数 F_E 列在表3中。表3 F_E 表

β^2	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200
(0.1)	(1.00)							
0.2	1.001	1.000						
0.3	1.004	1.000						
0.4	1.011	1.004	1.000					
0.5	1.017	1.010	1.006	1.003	1.001			
0.6	1.023	1.015	1.010	1.007	1.004	1.002	1.000	
0.64	1.026	1.018	1.013	1.010	1.007	1.004	1.002	1.000

4 缩流取压上、下游取压口的位置

上游取压口的轴线距孔板上游端面距离 l_1 为 $l_1 = 1D \pm 0.1D$ 处;下游取压口的轴线距孔板上游端面距离 l_2 列在表4中。

表4 缩流取压下游取压口的位置 l_2

β	下游取压口位置	β	下游取压口位置
0.10	$0.84D(1 \pm 0.30)$	0.50	$0.63D(1 \pm 0.20)$
0.15	$0.82D(1 \pm 0.30)$	0.55	$0.59D(1 \pm 0.20)$
0.20	$0.80D(1 \pm 0.30)$	0.60	$0.55D(1 \pm 0.15)$
0.25	$0.78D(1 \pm 0.30)$	0.65	$0.50D(1 \pm 0.15)$
0.30	$0.76D(1 \pm 0.30)$	0.70	$0.45D(1 \pm 0.10)$
0.35	$0.73D(1 \pm 0.25)$	0.75	$0.40D(1 \pm 0.10)$
0.40	$0.70D(1 \pm 0.25)$	0.80	$0.34D(1 \pm 0.10)$
0.45	$0.67D(1 \pm 0.25)$		

5 偏心孔板的法兰取压流出系数 C 值表示在图1a和图1b中。

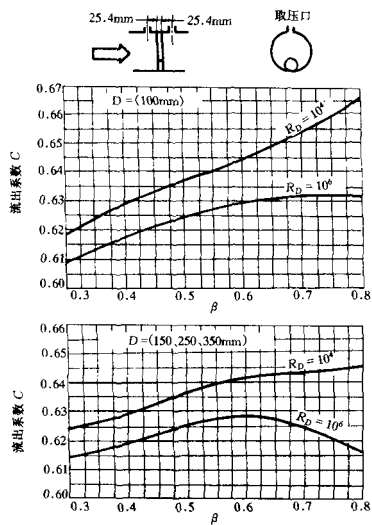


图 1a 偏心孔板 C 值 (法兰取压)

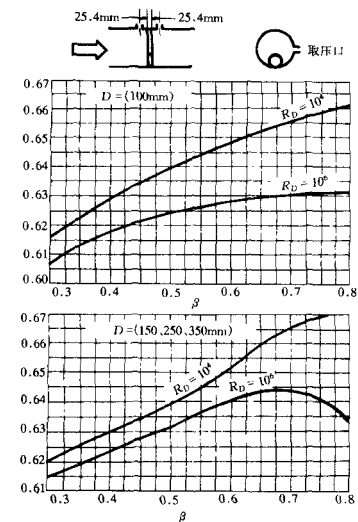


图 1b 偏心孔板 C 值 (法兰取压)

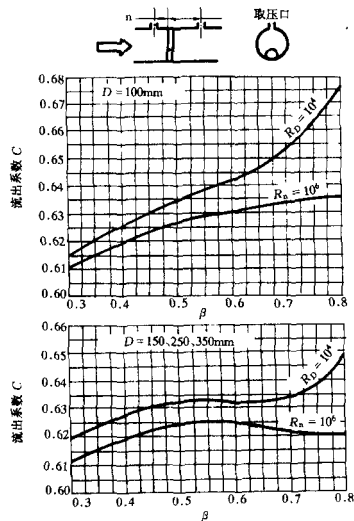


图 2a 偏心孔板 C 值 (缩流取压)

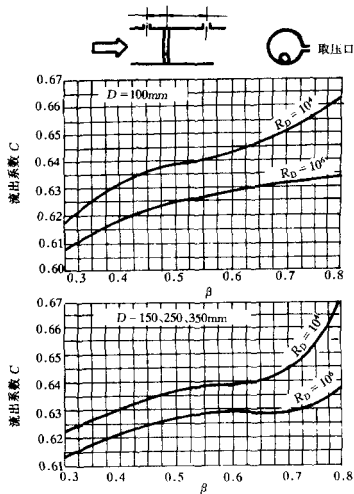


图 2b 偏心孔板 C 值 (缩流取压)

偏心孔板的缩流取压流出系数 C 值表示在图 2a 和图 2b 中。

若安装在水平管道上,当测量湿蒸汽、含水油类、含固体颗粒的液体等,偏心小孔在下,取压口在上。当测量夹带空气的液体等偏心小孔在上,取压口在下或转动一个小于 90° 的角度。

为了便于偏心孔板法兰取压与缩流取压 C 的内插下面给出 C 的通用公式

$$C = C_1 + \frac{C_2}{\sqrt{Re_D}}$$

$$C_1 = C_{\max} - 1.11111(C_{\max} - C_{\min})$$

$$C_2 = 111.111(C_{\max} - C_{\min})$$

式中下标 $\max$ 和 $\min$ 分别表示 Re_D 在 10^4 与 10^6 时对应的 C 值。

6 圆缺孔板的法兰及缩流取压的 C 值表示在图 3 中。

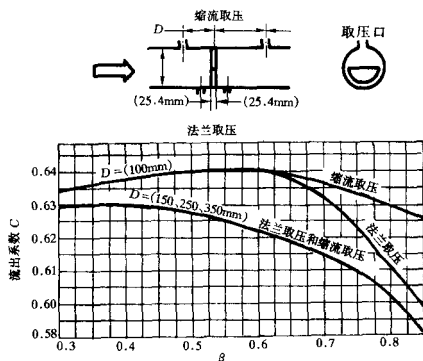


图 3 圆缺孔板 C 值 (法兰及缩流取压)

附录 3 管壁等效绝对粗糙度 K 值

材 料	条 件	K (mm)
黄铜、紫铜、铝、塑料、玻璃	光滑、无沉积物	<0.03
钢	新的, 冷拔无缝管	<0.03
	新的, 热拉无缝管	$0.05 \sim 0.10$
	新的, 轧制无缝管	$0.05 \sim 0.10$
	新的, 纵向焊接管	$0.05 \sim 0.10$
	新的, 螺旋焊接管	0.10
	轻微锈蚀	$0.10 \sim 0.20$
	锈 蚀	$0.20 \sim 0.30$
	结 皮	$0.50 \sim 2$
	严重结皮	>2
	新的, 涂覆沥青	$0.03 \sim 0.05$
	一般的, 涂覆沥青	$0.10 \sim 0.20$
	镀锌的	0.13

续表

材 料	条 件	K (mm)
铸 铁	新 的	0.25
	锈 蚀	1.0~1.5
	结 皮	>1.5
	新的, 涂覆	0.03~0.05
石榴水泥	新的, 有涂层的和无涂层的	<0.03
	一般的, 无涂层的	0.05

附录4 孔板尖锐度的测量方法

本方法是用铅箔模压法检测孔板直角入口边缘 G 的圆弧半径 r_K ; 用铅箔模压制成复制件直接进行测量得到 r_K 的实测值。具体方法如下:

- 1 用 1mm 厚的铅箔作复制件的材料;
- 2 模压器应具有较高的传动准确度;
- 3 复制件一般可用工具显微镜进行测量 r_K ;
- 4 制作复制件的步骤:
 - (1) 将铅箔切成长方形小块, 两面压平。
 - (2) 把压平的小箔块一端削成如图 1 的楔形端头;
 - (3) 把孔板固定在支架上, 并使测量的 r_K 对好位置; 将楔形铅箔安装于模压器的铅箔夹上如图 2 使楔形头垂直对准孔板的 r_K 位置。



图1 楔形铅箔

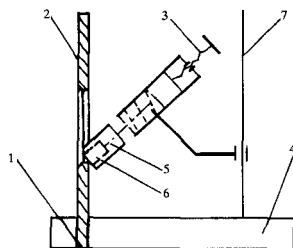


图2

1—孔板支架；2—孔板；3—加力螺杆；4—底座；5—铅箔夹；6—铅箔；7—导向支撑杆

(4) 正向慢慢转动加力螺杆, 让楔形头与 r_K 接触, 并继续向前挤压 (不要过深) 一般约 0.5mm。

(5) 反向转动加力螺杆, 让铅箔退出 (正向、反向不能摇摆和晃动) r_K 的复制件就做好了。复制件应轻拿轻放, 防止变形。

5 测量

- (1) 将复制件放在工具显微镜下, 用 V 形弧切法直接测量 r_K 值。
- (2) 一般在孔板的至少 1 个直径位置上测量至少两个 r_K 取其平均值。

6 复制准确度

只要模压器做得好；在模压时使楔形头垂直对准孔板的 r_K 位置；制成的复制件不变形，经试验用铅箔模压法测量的 r_K 准确度约 1% ~ 2%。

附录 5 狄克逊粗大误差剔除准则

狄克逊系数 $f(\alpha, n)$ 与 f_0 计算公式表

n	$f(\alpha, n)$	f_0 计 算 公 式	
	$\alpha = 0.05$	X_1 可疑时	X_n 可疑时
3	0.941		
4	0.765		
5	0.642	$\frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1}$	$\frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_1}$
6	0.560		
7	0.507		
8	0.554		
9	0.512	$\frac{X_2 - X_1}{X_{n-1} - X_1}$	$\frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_2}$
10	0.477		
11	0.576		
12	0.546	$\frac{X_3 - X_1}{X_{n-1} - X_1}$	$\frac{X_n - X_{n-2}}{X_n - X_3}$
13	0.521		

例 有一组差压测量值（已按从小到大排列好）58.1、59.0、60.1、60.1、60.1、60.1、60.1、60.2、60.4、65.0、65.0（Pa）

若 $X_1 = 58.0\text{Pa}$ 为可疑值，计算 f_0

$$f_0 = \frac{X_3 - X_1}{X_{10} - X_1} = \frac{60.1 - 58.0}{60.4 - 58.0} = \frac{2.1}{2.4} = 0.875$$

查 $f(\alpha, 11) = 0.576$

因为 $f_0 > f(\alpha, 11)$ 故 $X_1 = 58.0\text{Pa}$ 应剔除；

在 11 次中 $X_{11} = 65.0\text{Pa}$ 为可疑值，计算 f_0

$$f_0 = \frac{X_{11} - X_9}{X_{11} - X_2} = \frac{65 - 60.4}{65 - 59.0} = \frac{4.6}{4.9} = 0.766$$

查 $f(\alpha, 10) = 0.576$

因为 $f_0 > f(\alpha, 11)$ 故 $X_{11} = 65.0\text{Pa}$ 应剔除。

附录 6 流体密度误差的估算

1 液体 $\frac{\sigma_{\rho_1}}{\rho_1}$ 值（包括查表误差）表

测温条件 $\frac{\sigma_{t_1}}{t_1} \%$	$\frac{\sigma_{\rho_1}}{\rho_1} \%$
0	± 0.03
± 1	± 0.03
± 5	± 0.03

2 水蒸气 $\frac{\sigma_{\rho_1}}{\rho_1}$ 值（包括查表误差）表

测压条件 $\frac{\sigma_{p_1}}{p_1} \%$	测温条件 $\frac{\sigma_{t_1}}{t_1} \%$	$\frac{\sigma_{p_1}}{p_1} \%$
0	0	± 0.02
± 1	± 1	± 0.5
± 5	± 5	± 3.0
± 1	± 5	± 1.5
± 5	± 1	± 2.5

3 气体 $\frac{\sigma_{p_1}}{p_1}$ 值 (包括查表误差) 表

测压条件 $\frac{\sigma_{p_1}}{p_1} \%$	测温条件 $\frac{\sigma_{t_1}}{T_1} \%$	$\frac{\sigma_{p_1}}{p_1} \%$
0	0	± 0.05
± 1	± 1	± 1.5
± 1	± 5	± 5.5
± 5	± 1	± 5.5

注: $E_{p_1} = 2 \frac{\sigma_{p_1}}{p_1}$

附录 7 差压计其他检定项目及设备

1 绝缘强度

根据现场要求,并取得制造厂同意后进行。当环境温度为 $10 \sim 35^\circ\text{C}$,相对湿度 $\leq 85\%$ 时,差压计能承受 50Hz 的正弦电压历时 1min ,无击穿飞弧现象。

试验正弦电压规定如下

输出端子对机壳: 500V ;

电源端子对输出: 1000V ;

电源端子对机壳: 1000V ;

方法及设备:在专用绝缘强度试验台上,缓慢增加电压升至规定电压值,保持 1min 。应无击穿和飞弧现象然后缓慢降至零位,并切断电源。

2 输出交流分量

对于电信号输出差压计,测量输出信号中的交流分量有效值不得超过规定值:

$0 \sim 10\text{mA}$ 负载电阻 200Ω ,有效值 $< 20\text{mV}$;

$4 \sim 20\text{mA}$ 负载电阻 250Ω ,有效值 $< 150\text{mV}$;

方法及设备:选用上述阻值的电阻作负载,用交流毫伏表测量负载电阻两端的交流有效值应小于规定值。

3 输出信号开路或短路影响

将输出信号开路或短路后,恢复正常接线允许调整下限值,基本误差、回程误差、量程变化量均不应超过表 9、表 10 中的值,并检查差压计有无损坏。当差压计为两线制时短路试验除外。

方法及设备:开路实验,将输入信号设定在量程的 50% ,将输出信号断开,恢复正常接线,允许调整下限值,基本误差,回程误差及量程的变化量不应超过表 9、表 10 中值。短路试验,将输入信号设定在量程的 50% ,将输出信号短接,进行类似试验。

4 防爆性能试验

本项目由国家防爆检定机关按照有关规定进行。

5 稳定性

5.1 漂移影响

差压计在参比大气条件下,用量程的90%恒定输入信号运行30天,记录输出下限值和试验量程前后的变化量,为长期漂移。

方法及设备:检定前差压计在参比大气条件下设置24h,记录下限值和量程变化量。试验期间每天观察和记录输出值,试验结束后再次记录下限值和量程变化量。下限值和量程在试验前后的变化即为长期漂移。

5.2 工作寿命加速试验

具有机械式电气部件的差压计进行本试验后,测量并记录试验前后的下限值、量程变化和回差,这些值均应符合技术要求。

方法及设备:在专用试验台上,对差压计施加峰-峰值为50%量程,且中点处于上限和下限值中间,交变输入信号其频率应使增益不低于0.8,差压计能承受 1×10^5 次循环。

6 影响量试验

6.1 安装位置 将差压计从制造厂规定的正常工作位置前后左右各倾斜 10° ;若 $\pm 10^\circ$ 超过设计限度,则按制造厂最大倾斜度倾斜。

6.2 温度特性 在制造厂给定的温度范围内,在专用温度试验设备中进行。

6.3 湿度特性 在制造厂规定的最大湿度环境中放置24h,然后在大气压下温度 40.2°C ,相对湿度为91%~95%的环境中,在专用湿度设备条件下进行试验。

6.4 机械振动 差压计经机械振动后,应检查其机械性能是否良好。

方法及设备:按制造厂的安装规定,安装在振动试验台上,试验时输入信号设定在量程的50%,差压计应在3个相互垂直的轴线上承受正弦振动,其中一根应力铅垂方向。试验按寻找初始谐振,耐振试验,寻找最终谐振频率3个阶段依次进行。试验的频率范围,振幅,加速度与制造厂协商一致选取,3个方向全部做完后进行最终的测量。

6.5 倾跌 差压计按正常工作位置,沿一个底边倾斜 30° 自由跌落,试验后应无损坏。

在对第6.1~第6.5款,每项实验中除达到各项试验要求外,在允许调整下限值的情况下,记录每项基本误差,回程误差,下限值和量程变化量应符合表9、表10中的值。

7 抗运输环境性能

差压计的运输包装条件,应符合ZBY 002标准要求,其中高温 $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$;低温 $-(40 \pm 2)^\circ\text{C}$;相对湿度95%;连续冲击试验,加速度为 $(98 \pm 9.8) \text{ m/s}^2$ 跌落高度为100mm;包装重量大于100kg时,倾斜跌落,包装件底面最高点离地面距离为250mm。在进行上述试验后,差压计应按本规程差压计检定项目中的第28~第33条对其计量性能检定,检定结果应符合本规程技术要求的第12条。

8 指示记录质量

标尺刻度线必须精细均匀,应标志出标度值单位,字体清晰美观,标尺镀层不应有擦伤裂纹及其他影响读数和外观的缺陷,记录笔在记录纸上所划线条,宽度不大于0.6mm且连续清晰。记录纸每24h行程误差不应大于5min。

附录8 检验及检定证书背面的格式

1 几何检验法(以孔板为例)

序 号	检 定 项 目	规 程 要 求	检 定 结 果
1	外观检查:		
(1)	标志		
(2)	A 面、e 面、G 边	无明显缺陷	
2	A 面平面度		
3	A、e 面 R_a		
4	G、H、I 边缘		
5	厚度 E		
	e_E		
6	长度 e		
	e_E		
7	节流孔直径 d		
	E_d		
	E_d		
8	斜角 ϕ		

$E_c =$

2 系数检定 (以传感器为例)

检 定 点	雷 诺 数 Re_D	流 量 系 数 α	重 复 性 E_r
1			
2			
3			
4			
5			

注: 1. 按本规程第 27.7.3 项计算 E_c 。

2. 送检传感器所带的直管段长度 $l_1 =$ m

$l_2 =$ m

3 差压计及差压变送器

外 观			
密 封 性		基本误差上限 E_r (%)	
重 复 性 E_r (%)		回 程 误 差 E_h (%)	
测 量 范 围		准确度等级	

附录 9 节流装置迭代计算表格式

命 题	1	2	3	4
问 题	$q_m =$	$d =$	$\Delta p =$	$D =$, $d =$
在给定值下	$\mu, \rho, D, d, \Delta p$	$\mu, \rho, D, q_m, \Delta p$	μ, ρ, D, d, q_m	$\mu, \rho, \beta, q_m, \Delta p$
请找出	q_m	d	Δp	D, d

续表

命 题	1	2	3	4
不变量	$A_1 = \frac{\epsilon_1 d^2 \sqrt{2\Delta p \rho_1}}{\mu D \sqrt{1-\beta^4}}$	$A_2 = \frac{\mu R e_D}{D \sqrt{2\Delta p \rho}}$	$A_3 = \frac{8(1-\beta^4)}{\rho} \left(\frac{q_m}{C \pi d^2} \right)^2$	$A_4 = \frac{4\epsilon \beta^4 q_m \sqrt{2\Delta p \rho_1}}{\pi \mu^2 \sqrt{1-\beta^4}}$
迭代方程	$\frac{R e_D}{C} = A_1$	$\frac{C \epsilon \beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = A_2$	$\frac{\Delta p}{\epsilon_1^2} = A_3$	$\frac{X^2}{C} = A_4$
线性算法中的变量	$X = R e_D = C A_1$	$X = \frac{\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = \frac{A_2}{C \epsilon}$	$X = \Delta p = \epsilon_1^2 A_3$	$X = R e_D = \sqrt{C A_4}$
精确度判据 (其中 n 由用高选择)	$\left \frac{A_1 - \frac{X}{C}}{A_1} \right < 5 \times 10^{-n}$	$\left \frac{A_2 - \frac{X C \epsilon}{A_2}}{A_2} \right < 5 \times 10^{-n}$	$\left \frac{A_3 - \frac{X^2}{A_3}}{A_3} \right < 5 \times 10^{-n}$	$\left \frac{A_4 - \frac{X^2}{C}}{A_4} \right < 5 \times 10^{-n}$
第 1 个假定值	$C = C_\omega$	$C = C_\infty$ $\epsilon = 1$	$\epsilon = 1$	$C = C_\infty$ $D = \infty$ (如果是法兰取压)
结 果	$q_m = \frac{\pi}{4} \mu D X$ $q_V = \frac{q_m}{\rho_1}$	$d = D \left(\frac{X^2}{1+X^2} \right)^{0.25}$ $\beta = \frac{d}{D}$	$\Delta p = X$ 如果流体是液体, 则 Δp 在第 1 循环获得	$D = \frac{4 q_m}{\pi \mu X}$ $d = \beta D$

$$X_n = X_{n-1} - \delta_{n-1} \cdot \frac{X_{n-1} - X_{n-2}}{\delta_{n-1} - \delta_{n-2}}$$