



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 640—2016

差压式流量计

Differential Pressure Flowmeters

2016-11-30 发布

2017-05-30 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

差压式流量计检定规程

Verification Regulation of
Differential Pressure Flowmeters

JJG 640—2016
代替 JJG 640—1994

归口单位：全国流量容量计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：天津润泰自动化仪表有限公司

北京博思达新世纪测控技术有限公司

辽宁省计量科学研究院

大连索尼卡电子有限公司

上海科洋科技股份有限公司

本规程主要起草人：

史振东（中国计量科学研究院）

段慧明（中国计量科学研究院）

参加起草人：

童复来（天津润泰自动化仪表有限公司）

张志立（北京博思达新世纪测控技术有限公司）

王 振（辽宁省计量科学研究院）

庞世强（大连索尼卡电子有限公司）

周 人（上海科洋科技股份有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和定义	(2)
3.1 术语	(2)
3.2 计量单位及符号	(3)
4 概述	(4)
4.1 工作原理	(4)
4.2 组成	(4)
4.3 分类	(4)
4.4 用途	(4)
5 计量性能要求	(5)
5.1 几何检测法计量性能要求	(5)
5.2 系数检测法计量性能要求	(5)
5.3 示值误差检测法计量性能要求	(5)
6 通用技术要求	(6)
6.1 随机文件	(6)
6.2 标识和铭牌	(6)
6.3 外观	(6)
7 计量器具控制	(6)
7.1 几何检测法	(7)
7.2 系数检测法	(12)
7.3 示值误差检测法	(14)
7.4 检定结果的处理	(15)
7.5 检定周期	(16)
附录 A 几何检测法的计量性能要求	(17)
附录 B 流出系数计算公式	(31)
附录 C 检定证书及检定结果通知书内页格式	(33)

引 言

本规程是按 JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》，依据 JJF 1004《流量计量名词术语及定义》，结合我国差压式流量计的技术水平及现状进行修订。

本规程与 JJG 640—1994《差压式流量计》相比，主要变化如下：

——按 JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》的要求，确定了规程结构，增加了引言、引用文件；

——规定了差压式流量计的三种检定方法。在原来几何检测法、系数检测法的基础上，新增加了示值误差检测法；

——根据 GB 2624—2006 相对 GB 2624—1993 的变化，新版规程中几何检测法的标准节流件的直径比、流出系数及其不确定度、节流件上游管道内壁 K/D 要求相应发生了变化；

——明确了准确度等级为 0.5 级、1 级、1.5 级、2 级、2.5 级；

——根据 JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》的要求，在附录 C 中给出了三种检定方法的检定证书/检定结果通知书内页格式。

本规程的历次版本发布情况：

——JJG 640—1994。

差压式流量计检定规程

1 范围

本规程适用于一体化差压式流量计以及分体差压式流量计的标准节流件和差压装置的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用了下列文件：

JJG 882 压力变送器

JJG 1003 流量积算仪

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1004—2004 流量计量名词术语及定义

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 2624.2—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2部分：孔板

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

GB/T 2624.4—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4部分：文丘里管

ISO 5167-1: 2003 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第1部分：一般原理和要求 (Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 1: General principles and requirements)

ISO 5167-2: 2003 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2部分：孔板 (Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 2: Orifice plates)

ISO 5167-3: 2003 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 (Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 3: Nozzles and Venturi nozzles)

ISO 5167-4: 2003 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4部分：文丘里管 (Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 4: Venturi tubes)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

3 术语和定义

3.1 术语

3.1.1 节流件 orifice element

为使上下游产生压力差而使用的具有收缩过流截面的部件。

3.1.2 节流孔 orifice

节流件中流体通过的开孔部分。

3.1.3 喉部 throat

标准孔板、ISA 1932 喷嘴、长径喷嘴、文丘里喷嘴、经典文丘里管等节流件的节流孔中横截面积最小的部位。

3.1.4 标准孔板 orifice plate

符合 GB/T 2624.2—2006 中 5.1 要求的薄板。

3.1.5 ISA 1932 喷嘴 ISA 1932 nozzle

符合 GB/T 2624.3—2006 中 5.1 要求的喷嘴。

3.1.6 长径喷嘴 long radius nozzle

符合 GB/T 2624.3—2006 中 5.2 要求的喷嘴。

3.1.7 文丘里喷嘴 Venturi nozzle

符合 GB/T 2624.3—2006 中 5.3 要求的喷嘴。

3.1.8 经典文丘里管 classical Venturi tube

符合 GB/T 2624.4—2006 中第 5 章要求的文丘里管。

3.1.9 标准节流件 standardized throttling element

可以用几何检测法检测得到流量关系的节流件。包括标准孔板、ISA 1932 喷嘴、长径喷嘴、文丘里喷嘴、经典文丘里管。

3.1.10 非标准节流件 non-standardized throttling element

标准节流件以外的节流件。

3.1.11 节流装置 throttling device

由节流件、取压装置、前后测量管组成的装置。

3.1.12 标准节流装置 standardized throttling device

由标准节流件、取压装置和前后测量管组成的装置。

3.1.13 非标准节流装置 non-standardized throttling device

由非标准节流件、取压装置和前后测量管组成的装置。

3.1.14 差压件 differential pressure element

可使上下游产生压力差的部件。分为包括节流件和非节流式差压件两种。

3.1.15 差压装置 differential pressure device

由差压件、取压装置和前后测量管组成的装置。分为节流装置和非节流式差压装置两种。

3.1.16 直径比 diameters ratio

节流孔或喉部的直径与上游测量管道的内径之比。

3.1.17 面积比 areas ratio

节流孔或喉部的流通面积与上游测量管道的面积之比。

3.1.18 流出系数 discharge coefficient

为不可压缩流体确定的表示通过差压件的实际流量与理论流量之间关系的参数。

3.1.19 几何检测法 geometry test method

测量标准节流装置的节流件、取压装置和前后测量管的形位几何参数，以确定其流量特性的方法。

3.1.20 系数检测法 coefficient test method

通过流量标准装置对差压装置进行实流检测，得到流出系数或流量系数的方法。

3.1.21 示值误差检测法 whole test method

通过流量标准装置对差压式流量计整体进行实流检测，以确定流量示值误差的方法。

3.2 计量单位及符号

计量单位及符号见表 1。

表 1 计量单位及符号

代号	量	量纲	单位符号
C	流出系数	无量纲	—
α	流量系数	无量纲	—
d	工况条件下节流孔或喉部直径	L	m
D	工况条件下上游测量管内径（或经典文丘里管上游直径）	L	m
k	等效均匀粗糙度	L	m
K	压力损失系数（压力损失与动压 $\rho v^2/2$ 成正比）	无量纲	—
l	取压口间距	L	m
L	相对取压口间距	无量纲	—
p	流体的绝对静压	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
q_m	质量流量	MT^{-1}	kg/s
q_v	体积流量	L^3T^{-1}	m^3/s
R_a	粗糙度算术平均偏差	L	m
Re	雷诺数	无量纲	—
Re_D	与 D 有关的雷诺数	无量纲	—
Re_d	与 d 有关的雷诺数	无量纲	—
t	流体温度	θ	℃
T		θ	K

表 1 (续)

代号	量	量纲	单位符号
U_{rel}	相对扩展不确定度	无量纲	—
v	管道中流体的轴向平均速度	LT^{-1}	m/s
β	直径比: $\beta=d/D$	无量纲	—
Δp	差压	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
ϵ	可膨胀性系数	无量纲	—
κ	等熵指数	无量纲	—
E	渐近速度系数	无量纲	—
μ	流体的动力黏度	$ML^{-1}T^{-1}$	Pa·s
ν	流体的运动黏度: $\nu=\mu/\rho$	L^2T^{-1}	m^2/s
ρ	流体密度	ML^{-3}	kg/m^3
τ	压力比: $\tau=p_2/p_1$	无量纲	—
Φ	扩散段的总的角度	无量纲	弧度

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 θ 表示。
注 2: 下角标 1, 表示在上游取压孔平面; 下角标 2, 表示在下游取压孔平面。

4 概述

4.1 工作原理

差压式流量计是以伯努利方程和流动连续性方程为依据, 当被测介质流经差压件时, 在其两侧产生差压, 由差压与流量的关系, 通过测量差压确定流体的流量。

4.2 组成

差压式流量计主要由差压装置、差压变送器和流量积算仪组成。

4.3 分类

差压式流量计的分类按其差压件的种类来划分。

差压件包括节流件 (包括标准节流件、非标准节流件)、非节流式差压件。

标准节流件包括标准孔板、ISA 1932 喷嘴、长径喷嘴、文丘里喷嘴、经典文丘里管; 非标准节流件包括锥形入口孔板、1/4 圆孔板、偏心孔板、圆缺孔板、多孔孔板、锥形节流件、楔形节流件等; 非节流式差压件包括弯管、均速管等。

对应的差压式流量计的分类为: 标准孔板流量计、ISA 1932 喷嘴流量计、长径喷嘴流量计、文丘里喷嘴流量计、经典文丘里管流量计; 锥形入口孔板流量计、1/4 圆孔板流量计、偏心孔板流量计、圆缺孔板流量计、多孔孔板流量计、锥形流量计、楔形流量计; 弯管流量计、均速管流量计等。

4.4 用途

差压式流量计主要用于封闭管道中满管单相流体流量的测量。

5 计量性能要求

计量性能要求分为三个部分，分别为：几何检测法计量性能要求、系数检测法计量性能要求、示值误差检测法计量性能要求。

几何检测法适用于配套标准节流件（包括标准孔板、ISA 1932 喷嘴、长径喷嘴、文丘里喷嘴、经典文丘里管）的节流装置的检测。

系数检测法适用于差压装置的检测。

示值误差检测法适用于差压式流量计的整机检测。

5.1 几何检测法计量性能要求

应给出配套标准节流件的节流装置的流出系数 C 及其相对不确定度。

5.1.1 标准孔板流出系数的相对不确定度为：

—— $0.1 \leq \beta < 0.2$ 为 $(0.7 - \beta)\%$ ；

—— $0.2 \leq \beta \leq 0.6$ 为 0.5% ；

—— $0.6 < \beta \leq 0.75$ 为 $(1.667\beta - 0.5)\%$ 。

若 $D < 71.12\text{mm}$ ，在上述不确定度值基础上加 $0.9(0.75 - \beta)(2.8 - D/25.4)\%$ ；

若 $\beta > 0.5$ 和 $Re_D < 10\,000$ ，在上述不确定度值基础上加 0.5% 。

5.1.2 ISA 1932 喷嘴流出系数的相对不确定度为：

—— 0.8% （对于 $\beta \leq 0.6$ ）；

—— $(2\beta - 0.4)\%$ （对于 $\beta > 0.6$ ）。

5.1.3 长径喷嘴流出系数的相对不确定度为： 2.0% 。

5.1.4 文丘里喷嘴流出系数的相对不确定度为： $(1.2 + 1.5\beta^4)\%$ 。

5.1.5 经典文丘里管流出系数的相对不确定度。

5.1.5.1 “铸造”收缩段经典文丘里管流出系数的相对不确定度为： 0.7% 。

5.1.5.2 机械加工收缩段经典文丘里管流出系数的相对不确定度为： 1% 。

5.1.5.3 粗焊铁板收缩段经典文丘里管流出系数的相对不确定度为： 1.5% 。

5.2 系数检测法计量性能要求

5.2.1 准确度等级

差压装置的准确度等级、最大允许误差应符合表 2 的要求。

表 2 系数检测法差压装置的准确度等级

准确度等级	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
最大允许误差/%	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.0	± 2.5

5.2.2 重复性

差压装置的重复性不得超过相应准确度等级规定的最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

5.3 示值误差检测法计量性能要求

5.3.1 准确度等级

流量计的准确度等级、最大允许误差应符合表 3 的要求。

表 3 示值误差检测法流量计的准确度等级

准确度等级	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
最大允许误差/%	±0.5	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5

5.3.2 重复性

流量计的重复性不得超过相应准确度等级规定的最大允许误差绝对值的 1/3。

6 通用技术要求

6.1 随机文件

流量计、差压装置、差压件、差压变送器和流量积算仪应附有使用说明书。说明书上应说明技术条件和流量计的计量性能等。周期检定的流量计还应有前次检定的检定证书。

6.2 标识和铭牌

6.2.1 流量计应有明显的流向标识。

6.2.2 流量计应有铭牌。表体或铭牌上一般应注明：

- a) 产品及制造厂名称；
- b) 产品规格及型号；
- c) 出厂编号；
- d) 制造计量器具许可证标志及编号；
- e) 最大工作压力；
- f) 适用工作温度范围；
- g) 公称通径；
- h) 节流件孔径；
- i) 准确度等级（或最大允许误差）；
- j) 防爆等级和防爆合格证编号（用于爆炸性气体环境）；
- k) 防护等级；
- l) 制造年月。

6.3 外观

6.3.1 新制造的流量计的外表应有良好的处理，不得有毛刺、刻痕、裂纹、锈蚀、霉斑和涂镀层不得有起皮、剥落等现象。

6.3.2 流量计表体的连接部分的焊接应平整光洁，不得有虚焊、脱焊等现象。

6.3.3 密封面应平整，不得有损伤。

6.3.4 二次表显示窗的数字应醒目、整齐，表示功能的文字符号和标志应完整、清晰、端正；读数装置上的防护玻璃应有良好的透明度，没有使读数畸变等妨碍读数的缺陷；按键应没有粘连现象；具有参数修改自动记录功能。

7 计量器具控制

流量计检定项目见表 4。

表 4 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
随机文件、标识及外观	+	+	+
流量计参数	+	+	+
相对示值误差	+	+	-
重复性	+	+	-

注：“+”表示需检定，“-”表示不必检定。

7.1 几何检测法

根据 7.1.1~7.1.5，只要检测合格，就能达到 5.1 对应的计量性能要求。

7.1.1 孔板

7.1.1.1 平面度

a) A 面平面度的检定条件

检测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）、0.01 mm/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。

b) A 面平面度的检定项目和检定方法

当使用样板直尺时，可用通过直径的直线度来检测孔板 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）测出高度 h_A 。

h_A 应符合如下要求： $h_A < 0.0025 (D - d)$ 。

7.1.1.2 A 面及开孔圆筒形 e 面的表面粗糙度

a) A 面及开孔圆筒形 e 面的表面粗糙度的检定条件

检测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。

b) A 面及开孔圆筒形 e 面的表面粗糙度的检定项目和检定方法

当使用表面粗糙度比较样块时，是以样块（最好用与被检测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 R_a ，比较结果应符合附录 A.1.1 中的规定。

7.1.1.3 边缘 G、H、I

a) 边缘 G、H、I 的检定条件

检测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）。

b) 边缘 G、H、I 的检定项目和检定方法

1) 用目测法检查（可借助于 2 倍放大镜），其结果应符合附录 A.1.1 中规定。

2) 孔板入口边缘圆弧半径 r_k 的检测。

① 反射光法：当 $d \geq 25$ mm 时，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 $d < 25$ mm 时，用 4 倍放大镜观察边缘应无反射光。

② 模压法：用铅片模压孔板入口边缘，用工具显微镜实测 r_k 。其结果应符合附录 A.1.1 中的规定。

7.1.1.4 厚度 E 及长度 e

a) 厚度 E 及长度 e 的检定条件

检测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 值检测仪等。

b) 厚度 E 及长度 e 的检定项目和检定方法

1) E 的检测：用量具分别在离内圆外及离外圆内约各 10 mm 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（1）计算 E 的平均值。

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

式中：

E_i ——第 i 次测量的 E 值。

$$e_E = (E_i)_{\max} - (E_i)_{\min} \quad (2)$$

式中：

e_E —— E 的最大偏差。

2) e 的检测：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（1）和式（2）。

上述检测的 E 、 e 、 e_E 、 e_e 值应符合附录 A.1.1 中的要求。在确认加工工艺方法后， e 值也可在需要时再做检测。

7.1.1.5 节流孔直径 d

a) 节流孔直径 d 的检定条件

检测用的量具及仪器：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。

b) 节流孔直径 d 的检定项目和检定方法

根据所测直径 d 的数值大小，加工公差 Δd 的要求，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（1）计算。

直径的相对误差 E_{d_i} ，按式（3）计算：

$$E_{d_i} = \frac{|d_i - d|}{d} \times 100\% \quad (3)$$

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 有实测值，则测量 n （ $n \geq 6$ ）个 d_i 值，并按式（4）计算 E_d 。

$$E_d = (E_{rd}^2 + E_{sd}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

式中：

E_{rd} —— d 的重复性，可按式（5）计算；

E_{sd} ——测量 d 的量仪准确度。

$$E_{rd} = \frac{t_{\alpha}}{d} \left[\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (d_i - d)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

t_{α} ——包含概率为 95% 的 t 分布系数。

7.1.1.6 斜角 ψ

a) 斜角 ψ 的检定条件

检测用的量具：角度规、样板角（专制）等。

b) 斜角 ψ 的检定项目和检定方法

斜角 ψ 的检测，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（1）计算平均值。

7.1.2 ISA 1932 喷嘴

7.1.2.1 ISA 1932 喷嘴 A 及 E 的表面粗糙度

a) A 及 E 的表面粗糙度的检定条件

检测用的量具与 7.1.1.2 相同。

b) A 及 E 的表面粗糙度的检定项目和检定方法

A 及 E 的表面粗糙度的检测：检测用的量具检测方法与 7.1.1.2 相同。

7.1.2.2 ISA 1932 喷嘴的入口收缩部分的廓形

a) 入口收缩部分的廓形的的检定条件

检测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。

b) 入口收缩部分的廓形的检定项目和检定方法

1) 廓形用样板检查，允许有轻微均匀透光。

2) 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 $D \leq 200$ 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 $D > 200$ 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

(3) 计算任意两个直径的百分误差。

7.1.2.3 ISA 1932 喷嘴的喉部直径 d

a) 喉部直径 d 的检定条件

检测用的量具及仪器：工具显微镜（或孔径测量仪）、孔径千分尺、内径表等。

b) 喉部直径 d 的检定项目和检定方法

将喷嘴入口（作基面）放在平板上，出口朝上。在喉部长度 b ($b = 0.3 d$) 的范围内至少测量 4 个直径，各直径之间应有近似相等角度。

平均直径和直径的最大偏差分别按类同式（1）及式（2）计算。

7.1.2.4 ISA 1932 喷嘴的出口边缘 f

a) 出口边缘 f 的检定条件

检测用的量具及仪器：视觉或不小于 2 倍的放大镜。

b) 出口边缘 f 的检定项目和检定方法

用目测法（或借助于 2 倍放大镜）检查，其结果应符合 A.1.2 的规定。

7.1.2.5 ISA 1932 喷嘴总长

a) 喷嘴总长的检定条件

检测用量具：游标卡尺等。

b) 喷嘴总长的检定项目和检定方法

检定项目为 $0.3 \leq \beta \leq 2/3$ 和 $2/3 < \beta \leq 0.8$ 两种情况下喷嘴的总长。检定方法是将喷嘴放在平板上，用游标卡尺测量沿轴向的长度。

7.1.3 长径喷嘴

7.1.3.1 A、B 面表面粗糙度

与 7.1.1.2 相同。

7.1.3.2 收缩段 A 的 1/4 椭圆曲面

与 7.1.2.2 相同。

7.1.3.3 喉部 B 的直径 d a) 喉部 B 的直径 d 的检定条件

检测用的量具及仪器：工具显微镜（或孔径测量仪）、孔径千分尺、内径表等。

b) 喉部 B 的直径 d 的检定项目和检定方法

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（1）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（3）计算直径的百分误差。

7.1.4 文丘里喷嘴

7.1.4.1 收缩段和喉部

收缩段和喉部要求与 ISA 1932 喷嘴相同。

7.1.4.2 扩散段

a) 扩散段的扩散角的检定条件

检测用的量具：游标卡尺、内径表、孔径千分尺等。

b) 扩散段的扩散角的检定项目和检定方法

由上述量具测出圆锥体上、下端面的直径 d_1 、 d_2 及长度 L ，有

$$\tan \frac{\varphi}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2L} \quad (6)$$

7.1.5 经典文丘里管

7.1.5.1 入口圆筒段 A 直径 D_A a) 入口圆筒段 A 直径 D_A 的检定条件

检测用的量具：游标卡尺、内径表、孔径千分尺等。

b) 入口圆筒段 A 直径 D_A 的检定项目和检定方法

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测两个直径，共 8 个按类同式（1）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 A.1.5 项的要求。

7.1.5.2 收缩段 B

a) 收缩段 B 的检定条件

检测用的量具同上。

b) 收缩段 B 的检定项目和检定方法

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 (6) 计算 ψ 。

7.1.5.3 喉部直径 d

a) 喉部直径 d 的检定条件

检测用的量具：同 7.1.5.1。

b) 喉部直径 d 的检定项目和检定方法

选用量仪，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。

7.1.5.4 A、B、C 表面粗糙度

检测用量具及方法与第 7.1.1.2 相同。

7.1.5.5 扩散段 E

a) 扩散段 E 的检定条件

检测用的量具：同 7.1.5.1。

b) 扩散段 E 的检定项目和检定方法

用上述量具测量扩散段的上、下端面直径，算出扩散段夹角。

7.1.5.6 半径 R_1 ， R_2 ， R_3

a) 半径 R_1 ， R_2 ， R_3 的检定条件

检测用的量具：触觉和视觉。

b) 半径 R_1 ， R_2 ， R_3 的检定项目和检定方法

用触觉和目测检查，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。

7.1.6 取压装置

7.1.6.1 取压装置的检定条件

检测用的量具：游标卡尺、直角尺或刻度直角钢尺、钢直尺或钢卷尺等。

7.1.6.2 取压装置的检定项目和检定方法

一般可用目测法或选用上述量具进行测量，分别测量取压口直径，上游取压口轴线到节流件上游断面距离 l_1 ，下游取压口轴线到节流件下游断面距离 l_2 。

7.1.7 管道

7.1.7.1 管道相对粗糙度

a) 管道相对粗糙度的检定条件

检测用的量具：表面粗糙度比较样块、轮廓法触针式表面粗糙度测量仪等。

b) 管道相对粗糙度的检定项目和检定方法

当使用表面粗糙度比较样块时，是以样块工作面的表面粗糙度为标准，与管道内表

面进行比较,从而用目测(可借助于放大镜)判断管道内表面的粗糙度 R_a 。

7.1.7.2 管道内径

a) 管道内径的检定条件

检测用的量具:内径表、孔径千分尺等。

b) 管道内径的检定项目和检定方法

计算 β 的管道直径 D 值,是取上游取压口的上游 $0.5D$ 长度范围内的平均值。 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。管道内径 D 的平均值按类同式(1)计算,直径的准确度按类同式(4)计算。

7.2 系数检测法

7.2.1 差压装置的检定条件

7.2.1.1 流量标准装置的要求

流量标准装置及其配套仪器均应有有效的检定或校准证书;差压装置前后应具有足够长的直管段,在差压装置的下游应有一定的背压;装置的扩展不确定度不大于流量计最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

7.2.1.2 差压变送器、压力变送器、温度计的要求

检查各个设备的铭牌、说明书和检定(校准)证书,差压变送器、压力变送器、温度计的测量误差对检测结果的影响应不超过差压装置准确度等级的 $1/3$ 。

7.2.1.3 流体的要求

检测用的流体应是单相、清洁的,无可见颗粒、纤维等杂质。流体应充满管道及流量计。优先采用水为检测介质,可排除可膨胀性系数的影响。

7.2.1.4 环境条件

环境温度一般为 $(5\sim 45)$ ℃,湿度一般为 $35\%\sim 95\%RH$,大气压力一般为 $(86\sim 106)$ kPa。

7.2.2 差压装置的检定项目和检定方法

7.2.2.1 检定项目

系数检测法的检定项目为测量差压装置的流出系数或流量系数。

7.2.2.2 检定方法

以水流量装置为例。应准备至少2台不同量程的差压变送器,保证各检测点的差压示值不低于 $0.3\Delta p_{\max}$ 。将差压装置安装到流量标准装置管道上,打开差压计平衡阀,然后打开正、负压力阀;开启流量装置,让流体在管路中以不低于70%的最大检定流量循环不少于10 min,同时排除差压测量系统中的空气和堵漏现象;关闭正、负压力取压阀,校准差压变送器带静压的零位;打开正、负压力阀,将流量调到流量上限值,关闭差压变送器平衡阀,待差压、压力、温度稳定后(一般5 min即可)开始检测。测量标准流量值 $(q_s)_{ij}$,并同时采样差压值 Δp_{ij} ,然后测量水温,查出水的密度值 ρ_1 。

(1) 对于以标准孔板、ISA 1932 喷嘴、长径喷嘴、文丘里喷嘴、经典文丘里管为

节流件的标准节流装置，流出系数按式 (7) 计算，流量系数按式 (8) 计算：

$$C_{ij} = 7.908\ 47 \sqrt{1 - \beta^4} \frac{(q_s)_{ij}}{d^2} \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta p_{ij}}} \quad (7)$$

$$\alpha_{ij} = 7.908\ 47 \frac{(q_s)_{ij}}{d^2} \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta p_{ij}}} \quad (8)$$

流出系数与流量系数的关系为：

$$\alpha_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sqrt{1 - \beta^4}} \quad (9)$$

式中：

C_{ij} ——第 i 检定点第 j 次检测的流出系数值，无量纲；

α_{ij} ——第 i 检定点第 j 次检测的流量系数值，无量纲；

$(q_s)_{ij}$ ——第 i 检定点第 j 次检测标准流量值， m^3/h ；

d ——测量节流孔的内径， mm ；

Δp_{ij} ——第 i 检定点第 j 次检测差压值， kPa ；

ρ_1 ——水的密度， kg/m^3 ；

β ——节流孔或喉部直径与测量管直径比，无量纲。

(2) 对于用非标准节流装置，流出系数按式 (10) 计算：

$$C_{ij} = 7.908\ 47 \sqrt{1 - m^2} \frac{(q_s)_{ij}}{mD^2} \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta p_{ij}}} \quad (10)$$

式中：

m ——节流面积比，无量纲；

D ——管道内径， mm 。

(3) 对于非节流式差压装置，流出系数按其各自的公式计算。

管道雷诺数 Re_D 按式 (11) 计算：

$$Re_{D_{ij}} = 0.353\ 7 \frac{(q_s)_{ij}}{v \cdot D} \quad (11)$$

式中：

$Re_{D_{ij}}$ ——第 i 检定点第 j 次检测时的管道雷诺数，无量纲；

v ——水的运动黏度（见表 5）， m^2/s 。

表 5 水的运动黏度

温度/ $^{\circ}\text{C}$	运动黏度/ (m^2/s)	温度/ $^{\circ}\text{C}$	运动黏度/ (m^2/s)	温度/ $^{\circ}\text{C}$	运动黏度/ (m^2/s)
10	1.370×10^{-6}	15	1.139×10^{-6}	20	1.004×10^{-6}
25	0.893×10^{-6}	30	0.801×10^{-6}	35	0.724×10^{-6}

差压装置各检测流量点的流出系数按式 (12) 计算：

$$C_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n C_{ij} \quad (12)$$

式中:

C_i ——第 i 检定点的流出系数平均值。

差压装置的流出系数按式 (13) 计算:

$$C = \frac{(C_i)_{\max} + (C_i)_{\min}}{2} \quad (13)$$

差压装置的最大示值误差按式 (14) 计算:

$$E = \frac{(C_i)_{\max} - (C_i)_{\min}}{(C_i)_{\max} + (C_i)_{\min}} \times 100\% \quad (14)$$

式中:

E ——差压装置的最大示值误差;

$(C_i)_{\max}$ ——流量计各检测点流量系数中最大值;

$(C_i)_{\min}$ ——流量计各检测点流量系数中最小值。

差压装置各检测流量点的重复性按式 (15) 计算:

$$(E_r)_i = \frac{1}{C_i} \left[\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{j=1}^n (C_{ij} - C_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \times 100\% \quad (15)$$

式中:

$(E_r)_i$ ——第 i 检测流量点的重复性。

差压装置的重复性按式 (16) 计算:

$$E_r = [(E_r)_i]_{\max} \quad (16)$$

式中:

E_r ——流量计的重复性。

7.2.3 检定点及检定次数

7.2.3.1 检定点

检定点一般不少于 5 个, 分别为 Q_{\max} 、 $0.75Q_{\max}$ 、 $0.5Q_{\max}$ 、 $0.25Q_{\max}$ 、 Q_{\min} 。

7.2.3.2 检定次数

每个流量点至少检测 3 次。

7.3 示值误差检测法

7.3.1 检定条件

7.3.1.1 流量标准装置的要求

流量标准装置及其配套仪器均应有有效的检定或校准证书; 流量计前后应具有足够长的直管段, 在流量计的下游应有一定的背压; 装置的扩展不确定度不大于流量计最大允许误差绝对值的 1/3。

7.3.1.2 流体的要求

检测用的流体应是单相、清洁的, 无可见颗粒、纤维等杂质。流体应充满管道及流量计。检测用介质及其状态应尽量与使用介质及其状态接近。

7.3.2 检定项目和检定方法

7.3.2.1 检定项目

示值误差检测法的检定项目为测量差压式流量计流量的示值误差和重复性。

7.3.2.2 检定方法

同 7.2.2 的方法。只是要增加记录流量计和标准器记录的累积流量或瞬时流量值。在每次检测中,应读取并记录流量计显示仪表的示值、标准器的示值和检定时间,还应根据需要并记录标准器和流量计处流体的温度和压力等。

流量计各流量点单次检测的相对示值误差按式 (17) 或 (18) 计算:

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij} - (Q_s)_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \times 100\% \quad (17)$$

$$E_{ij} = \frac{q_{ij} - (q_s)_{ij}}{(q_s)_{ij}} \times 100\% \quad (18)$$

式中:

E_{ij} ——第 i 检测点第 j 次检测被检测流量计的相对示值误差, %;

Q_{ij} ——第 i 检测点第 j 次检测时被检流量计显示的累积流量值, m^3 ;

$(Q_s)_{ij}$ ——第 i 检测点第 j 次检测标准器换算到被检流量计处状态的累积流量值, m^3 ;

q_{ij} ——第 i 检测点第 j 次检测时被检测流量计显示的瞬时流量值 (或模拟输出对于的瞬时流量值, 可为一次实验过程中多次读取的瞬时流量值的平均值), m^3/h ;

$(q_s)_{ij}$ ——第 i 检测点第 j 次检测标准器换算到被检流量计处状态的瞬时流量值, m^3/h 。

流量计各流量点的相对示值误差按式 (19) 计算:

$$E_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n E_{ij} \quad (19)$$

式中:

E_i ——第 i 检测点流量计相对示值误差, %;

n ——第 i 检测点检测次数;

E_{ij} ——第 i 检测点第 j 次检测流量计的相对示值误差, %。

流量计的相对示值误差按式 (20) 计算:

$$E = \pm |E_i|_{\max} \quad (20)$$

式中:

E ——流量计的相对示值误差, %。

流量计的相对示值误差应符合规程表 3 的规定。

示值误差检测法的重复性计算:

流量计各流量点的重复性按式 (21) 计算:

$$(E_r)_i = \left[\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \times 100\% \quad (21)$$

式中:

$(E_r)_i$ ——第 i 检测流量点的重复性。

流量计的重复性按式 (22) 计算:

$$E_r = [(E_r)_i]_{\max} \quad (22)$$

式中：

E_r ——流量计的重复性。

7.3.3 检定点及检定次数

7.3.3.1 检定点

检定点一般不少于5个，分别为 Q_{\max} 、 $0.75Q_{\max}$ 、 $0.5Q_{\max}$ 、 $0.25Q_{\max}$ 、 Q_{\min} 。

7.3.3.2 检定次数

每个流量点至少检测3次。

7.4 检定结果的处理

7.4.1 几何检测法检定结果的处理

经检定合格的差压式流量计、节流装置、标准节流件（包括标准孔板、ISA 1932 喷嘴、长径喷嘴、文丘里喷嘴、经典文丘里管），发给检定证书；经检定不合格的差压式流量计、节流装置、标准节流件（包括标准孔板、ISA 1932 喷嘴、长径喷嘴、文丘里喷嘴、经典文丘里管），发给检定结果通知书。

7.4.2 系数检测法检定结果的处理

经检定合格的差压装置，发给检定证书；

经检定不合格的差压装置，发给检定结果通知书。

7.4.3 示值误差检测法检定结果的处理

经检定合格的差压式流量计，发给检定证书；

经检定不合格的差压式流量计，发给检定结果通知书，并注明不合格项，检定证书及检定结果通知书内容要求参见附录 C。

7.5 检定周期

7.5.1 几何检测法检定周期

几何检测法标准节流件的检定周期一般不超过2年；

对 ISA 1932 喷嘴、长径喷嘴、文丘里喷嘴、经典文丘里管，根据使用情况可以延长，但一般不超过4年。

7.5.2 系数检测法检定周期

系数检测法的差压装置的检定周期一般不超过2年。

对 ISA 1932 喷嘴、长径喷嘴、文丘里喷嘴、经典文丘里管组成的差压装置，根据使用情况可以延长，但一般不超过4年。

7.5.3 示值误差检测法检定周期

示值误差检测法检测的差压式流量计的检定周期一般不超过1年。

附录 A

几何检测法的计量性能要求

A.1 节流件的计量性能要求

A.1.1 标准孔板节流件的计量性能要求

标准孔板的形状如图 A.1 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。

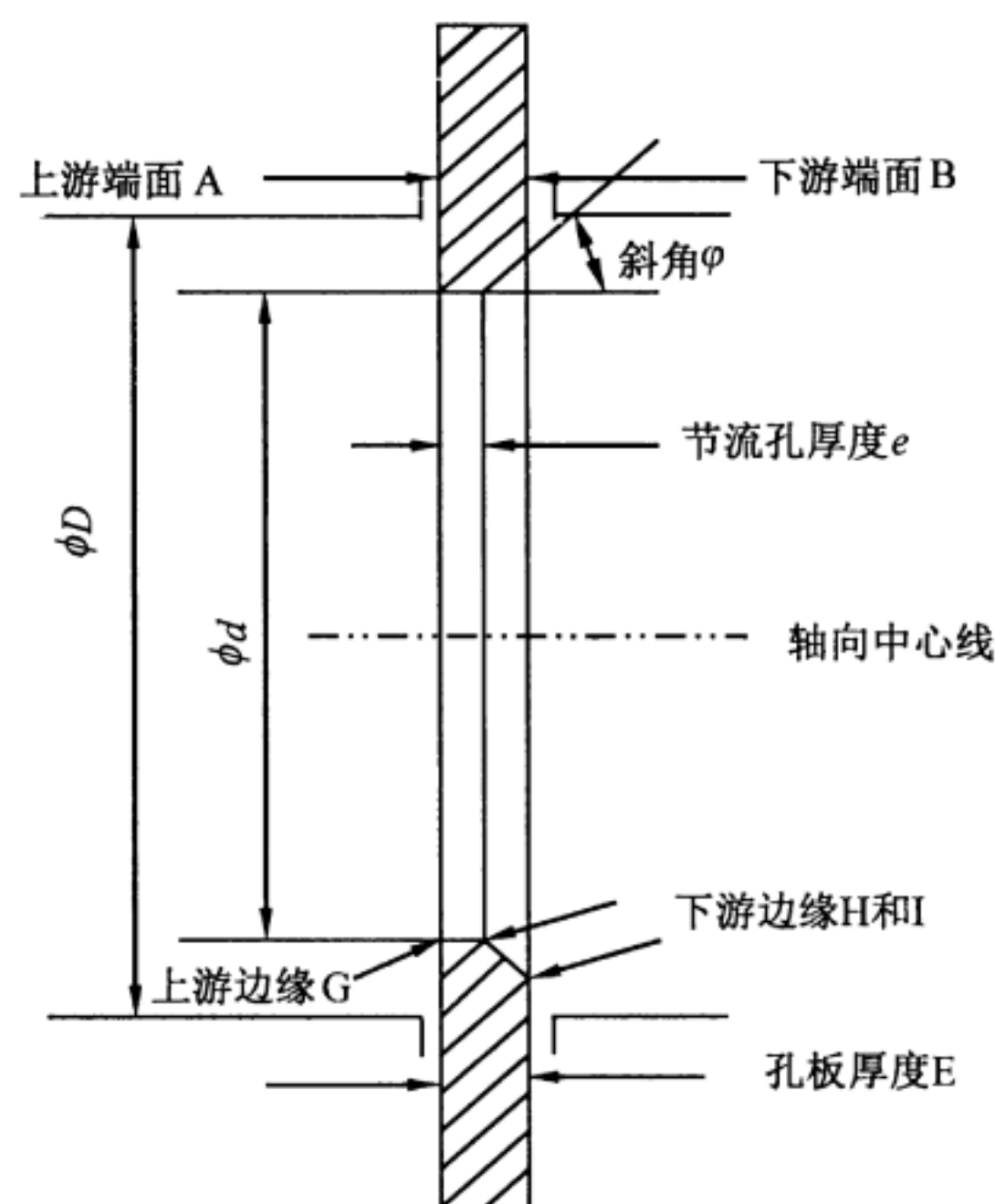


图 A.1 标准孔板

A.1.1.1 上游端面 A 的平面度 h_A 应小于 $0.0025(D-d)$ 。

A.1.1.2 上游端面 A 及开孔圆筒形 e 面的表面粗糙度 $R_a < 10^{-4}d$ 。

A.1.1.3 上游边缘 G 无卷边和毛刺，亦无肉眼可见的异常；边缘应是尖锐的，其圆弧半径 r_k 不超过 $\pm 0.0004d$ ；下游边缘 H 和 I 不允许有明显缺陷。

A.1.1.4 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 $\pm 0.001D$ ；厚度 E 在 $e \sim 0.05D$ 之间（当 $50 \text{ mm} \leq D \leq 64 \text{ mm}$ 时， E 可以达到 3.2 mm ），任意位置上测得的 E 值之差不超过 $\pm 0.001D$ 。

A.1.1.5 若 $D \geq 200 \text{ mm}$ 时，在孔板任意点上测得的各个 E 值之间的差不大于 $0.001D$ 。如 $D < 200 \text{ mm}$ 时，在孔板任意点上测得的各个 E 值之间的差不大于 0.2 mm 。

A.1.1.6 节流孔直径 $d \geq 12.5 \text{ mm}$ ；任意一个直径与直径平均值之差不超过直径平均值的 $\pm 0.05\%$ 。

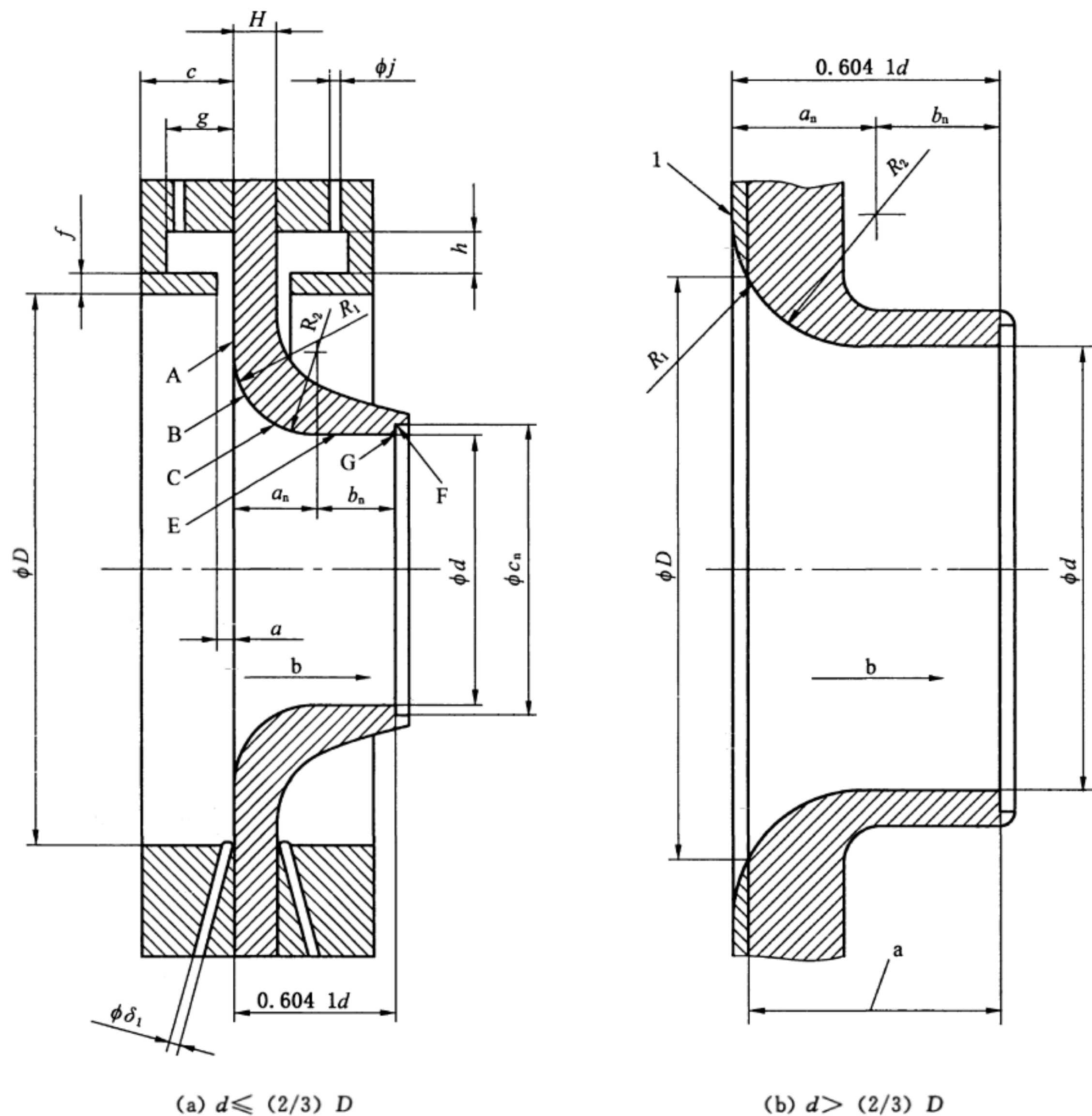
A.1.1.7 出口斜角 φ 在 $30^\circ \sim 60^\circ$ 之间。

A.1.1.8 双向孔板

- a) 孔板应不切斜角；
- b) 两个端面均应符合 A. 1. 1. 1 中关于上游端面的规定；
- c) 孔板的厚度 E 应等于节流孔的厚度 e ；
- d) 节流孔的两个边缘均应符合 A. 1. 1. 3 中关于上游边缘的规定。

A. 1. 2 ISA 1932 喷嘴的计量性能要求

ISA 1932 喷嘴，其形状如图 A. 2 所示。喷嘴在管道内的部分是圆形的，喷嘴是由圆弧形收缩部分和圆筒形喉部组成，喷嘴采用角接取压法。



图注：

- 1 应切除的部分；
- a 见表 A. 1；
- b 流动方向。

图 A. 2 ISA 1932 喷嘴

- (1) 上游端面 A 及喉部 E 的表面粗糙度 $R_a \leq 10^{-4} d$ ；
- (2) 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

±0.1%；

(3) 喉部长度 $b_n = 0.3d$ ；喉部是圆筒形，横截面上的任意一个直径与直径平均值之差不大于直径平均值的±0.05%；

(4) 出口边缘 G 应锐利，无明显缺陷；

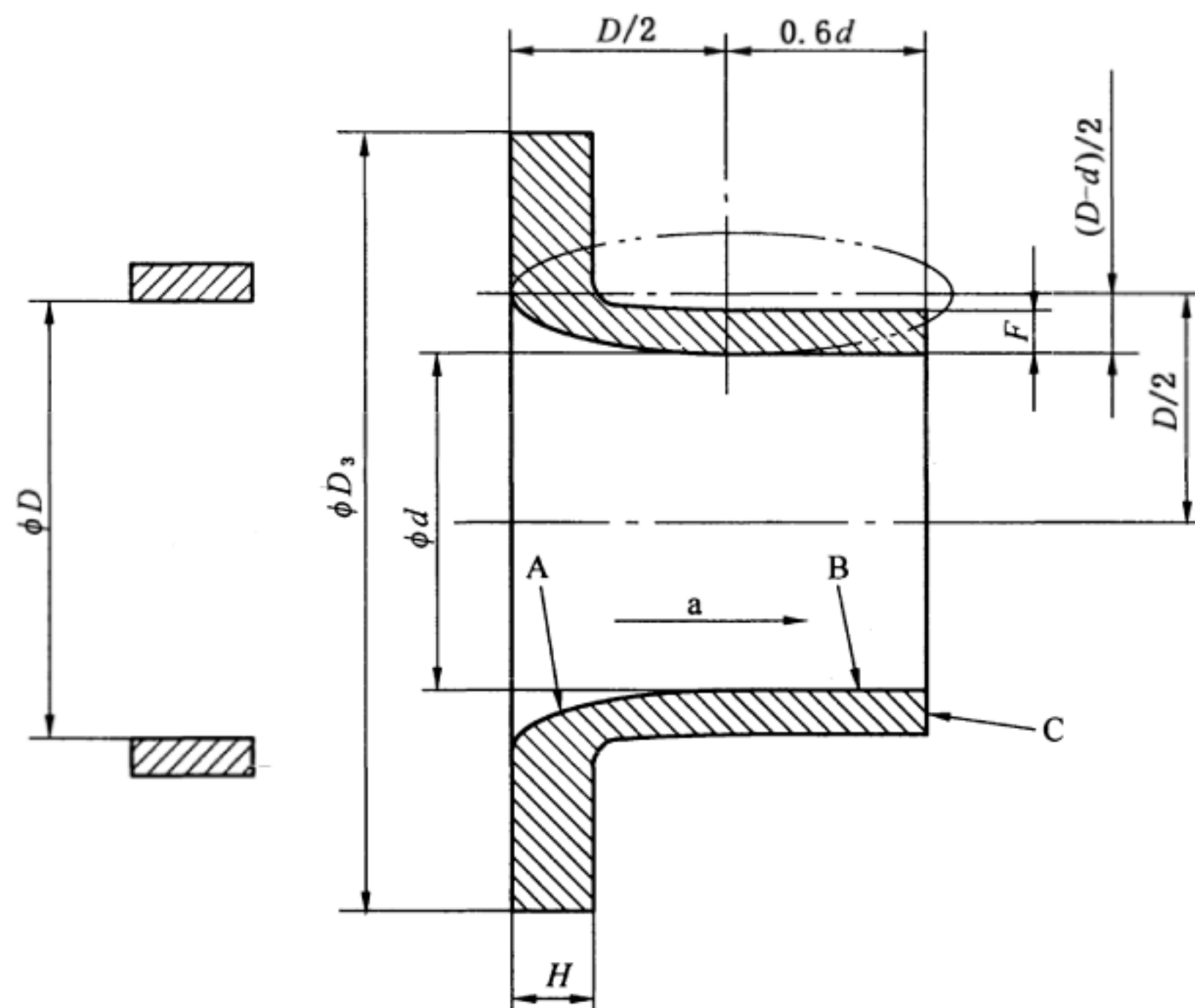
(5) 喷嘴总长度 l 的数值列在表 A.1 中。

表 A.1 喷嘴总长度

β	喷嘴总长度 (不包括保护槽长度) l
$0.3 \leq \beta \leq 2/3$	$0.6041d$
$2/3 < \beta \leq 0.8$	$[0.4041 + (0.75/\beta - 0.25/\beta^2 - 0.5225)^{1/2}]d$
注: $\Delta l = \pm 0.05l$	

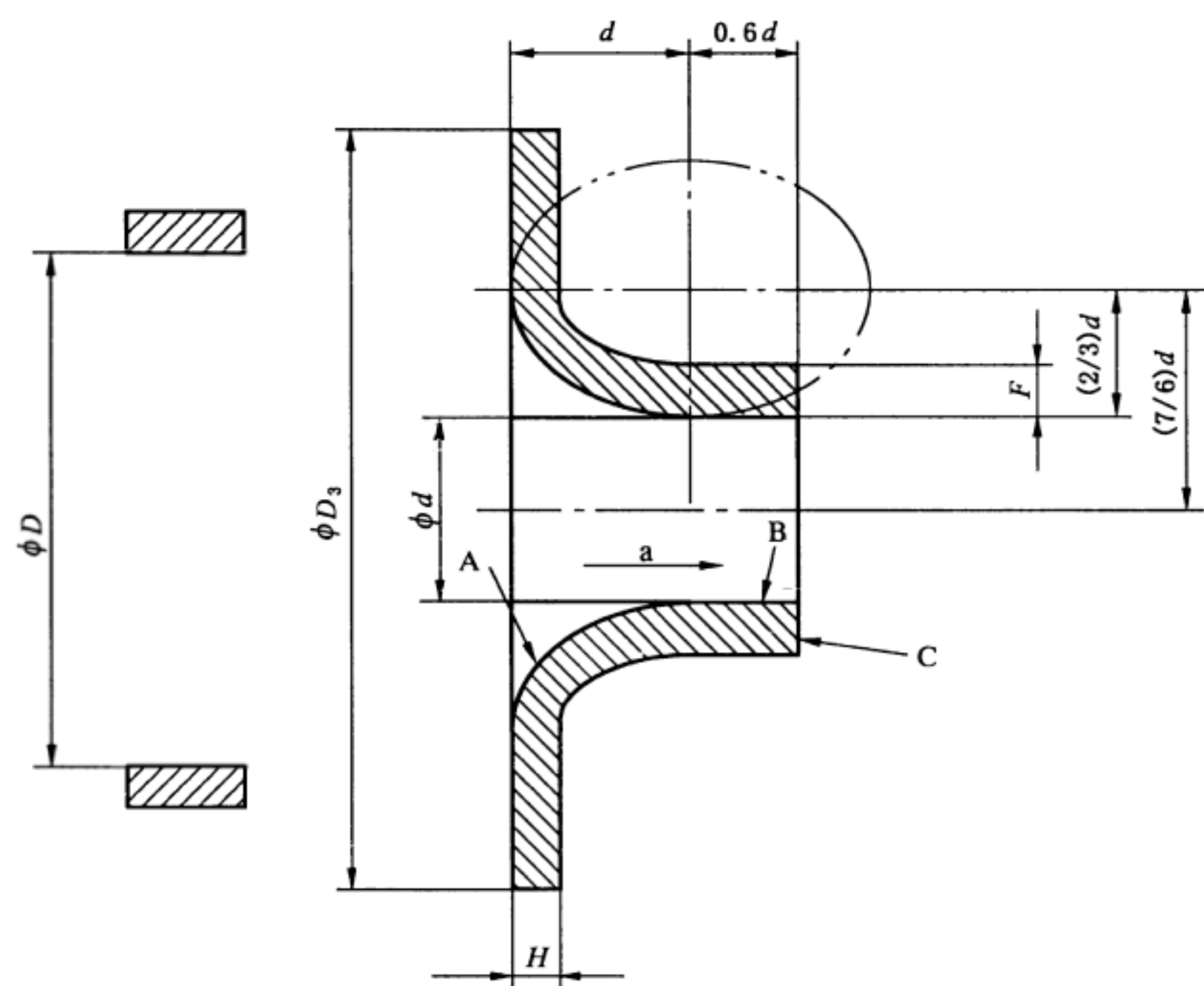
A.1.3 长径喷嘴的计量性能要求

长径喷嘴的形状如图 A.3 所示，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。



(a) 高比值 $0.25 \leq \beta \leq 0.8$

图 A.3 长径喷嘴

(b) 低比值 $0.20 \leq \beta \leq 0.5$

图注:

a 流动方向。

图 A.3 (续)

A.1.3.1 A、B面的表面粗糙度 $R_a \leq 10^{-4} \cdot d$ 。

A.1.3.2 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 $\pm 0.1\%$ 。

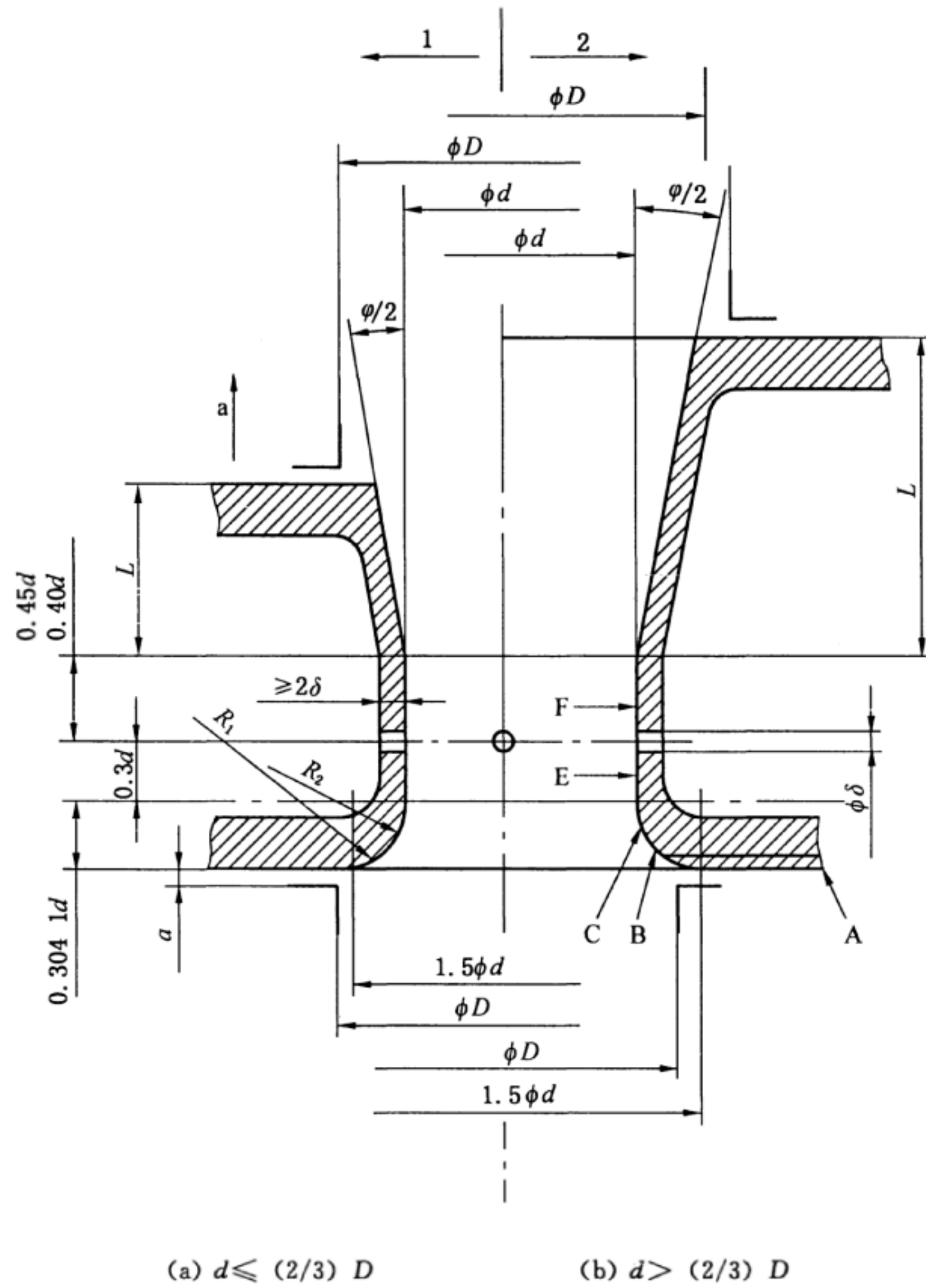
A.1.3.3 喉部长度 $b = 0.6d$;喉部任意一个直径与直径平均值之差不大于直径平均值的 $\pm 0.05\%$;在流动方向上,喉部允许有轻微的收缩,但不允许有扩张。

A.1.4 文丘里喷嘴的计量性能要求

文丘里喷嘴的形状如图 A.4 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。

A.1.4.1 收缩段和喉部要求与 ISA 1932 喷嘴相同。

A.1.4.2 扩散段的扩散角 $\varphi \leq 30^\circ$;扩散段与喉部 F 连接处无圆弧面过渡和无毛刺。



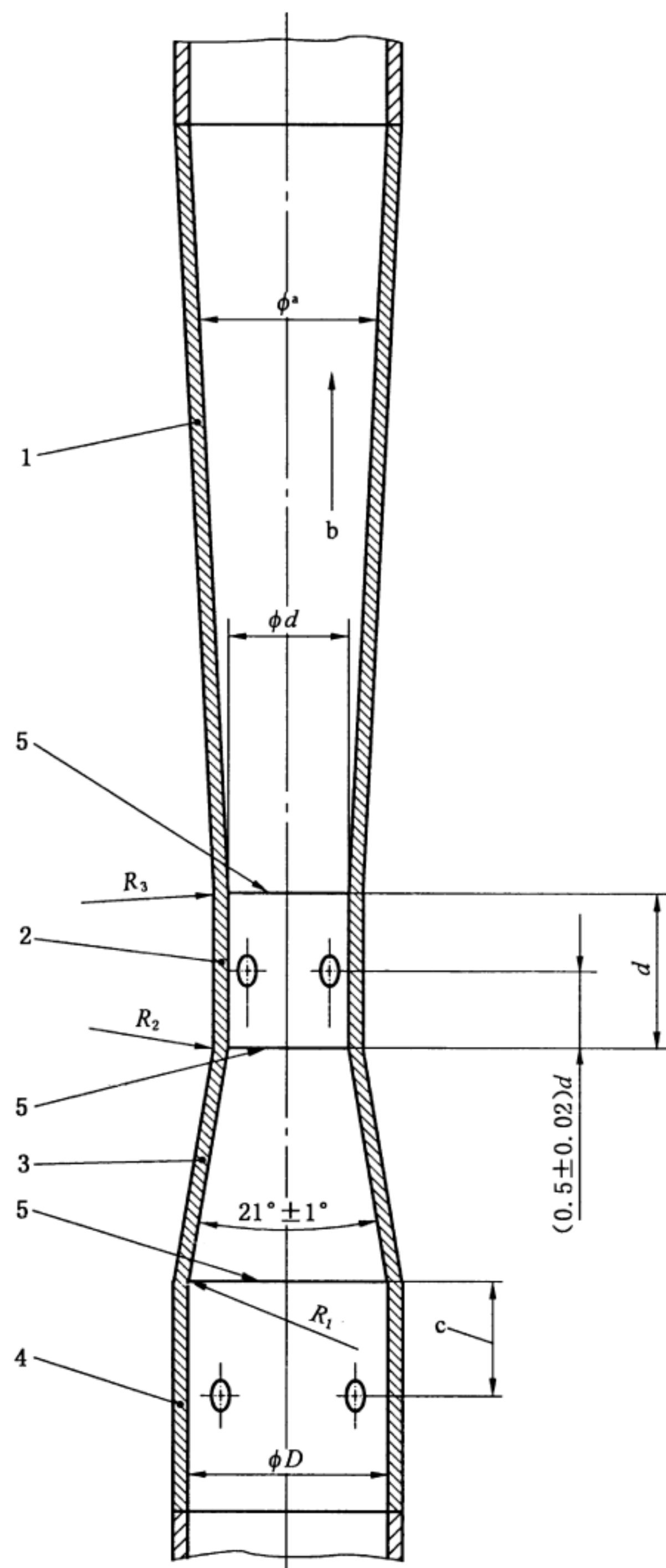
图注：

- 1 截尾的扩散段；
- 2 不截尾的扩散段；
- a 流动方向。

图 A.4 文丘里喷嘴

A.1.5 经典文丘里管的计量性能要求

经典文丘里管的形状如图 A.5 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。



图注:

- 1 圆锥扩散段 E;
- 2 圆筒喉部 C;
- 3 圆锥收缩段 B;
- 4 入口圆筒段 A;
- 5 连接平面;
- $\cdot 7^\circ \leq \varphi \leq 15^\circ$;
- b 流动方向;
- c 见 A. 2. 4. 4.

图 A. 5 经典文丘里管

A.1.5.1 入口圆筒段 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；入口圆筒段 A 的直径为 D_A ，与管道内径 D 之差不超过 $\pm 0.01D$ ；建议入口圆筒段 A 的长度等于 D_A ；入口圆筒段 A 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。

A.1.5.2 收缩段 B 为圆锥形，夹角为 $20^\circ \sim 22^\circ$ ；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应不超过平均直径的 $\pm 0.4\%$ 。

A.1.5.3 圆筒形喉部 C 是直径和长度为 d 的圆形管段， d 在取压口平面上及每对取压口之间和附近测量，任意直径与直径平均值之差不得大于平均直径值的 $\pm 0.10\%$ 。

A.1.5.4 A、B、C 表面的 R_a 满足如下要求：

a) B 是铸造的，A、B 面 $R_a < 10^{-4}D$ ，C 面 $R_a < 10^{-5}d$ ；

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 R_a 约为 $5 \times 10^{-4}D$ ，C 面 $R_a < 10^{-5}d$ ，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。

A.1.5.5 扩散段 E 的扩散角 φ 为 $7^\circ \sim 15^\circ$ ；E 与 C 同轴，直径方向上没有台阶。

A.1.5.6 圆弧半径 R_1 、 R_2 、 R_3

a) 对于铸造的 $R_1 = 1.375D \pm 0.275D$ ， $R_2 = 3.625d \pm 0.125d$ ， $R_3 = 5d \sim 15d$ ；

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 $0.25d$ ；

c) 圆弧处无毛刺及凹凸。

A.1.6 适用范围

由 A.1.1~A.1.5 节流件组成的节流装置的适用范围见表 A.2。

表 A.2 节流装置的适用范围与 E_c 和 E_s

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	$E_c\%$	$E_s\%$	节流件上游管 道内壁 K/D
角接取压孔板	$12.5 \leq d$	$50 \leq D \leq 1\ 000$	$0.1 \leq \beta \leq 0.75$	$0.1 \leq \beta \leq 0.55, 5\ 000 \leq Re_D$ $0.56 < \beta, 16\ 000\beta^2 D \leq Re_D$	$0.1 \leq \beta < 0.2$ 时为 $(0.7 - \beta)$; $0.2 \leq \beta \leq 0.6$ 时为 0.5 ; $0.6 < \beta \leq 0.75$ 时为 $(1.667\beta - 0.5)$	$(p_2/p_1) > 0.75$ $\pm 3.5(\Delta p/(\kappa p_1))$	表 A.4 表 A.5
法兰取压孔板	$12.5 \leq d$	$50 \leq D \leq 1\ 000$	$0.1 \leq \beta \leq 0.75$	$5\ 000 \leq Re_D$ 且 $170\beta^2 D \leq Re_D$			
$D - (D/2)$ 取压孔板	$12.5 \leq d$	$50 \leq D \leq 1\ 000$	$0.1 \leq \beta \leq 0.75$	$0.1 \leq \beta \leq 0.56, 5\ 000 \leq Re_D$ $0.56 < \beta, 16\ 000\beta^2 D \leq Re_D$			
ISA 1932 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 A.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) $\leq 3.2 \times 10^{-4}$
文丘里喷嘴	$50 \leq d$	$65 \leq D \leq 500$	$0.316 \leq \beta$ ≤ 0.775	$1.5 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$	$\pm (1.2 + 1.5\beta^4)$	$\pm (4 + 100\beta^8)$ $(\Delta p/p_1)$	表 A.7
经典文丘里 管铸造收缩 段机械加工 收缩段粗焊 铁板收缩段		$100 \leq D \leq 800$ $50 \leq D \leq 250$ $200 \leq D \leq 1\ 200$	$0.3 \leq \beta \leq 0.75$ $0.4 \leq \beta \leq 0.75$ $0.4 \leq \beta \leq 0.70$	$2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$ $2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$ $2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$	± 0.7 ± 1.0 ± 1.5	$\pm (4 + 100\beta^8)$ $(\Delta p/p_1)$	(K/D) $\leq 3.2 \times 10^{-4}$

A.2 取压装置

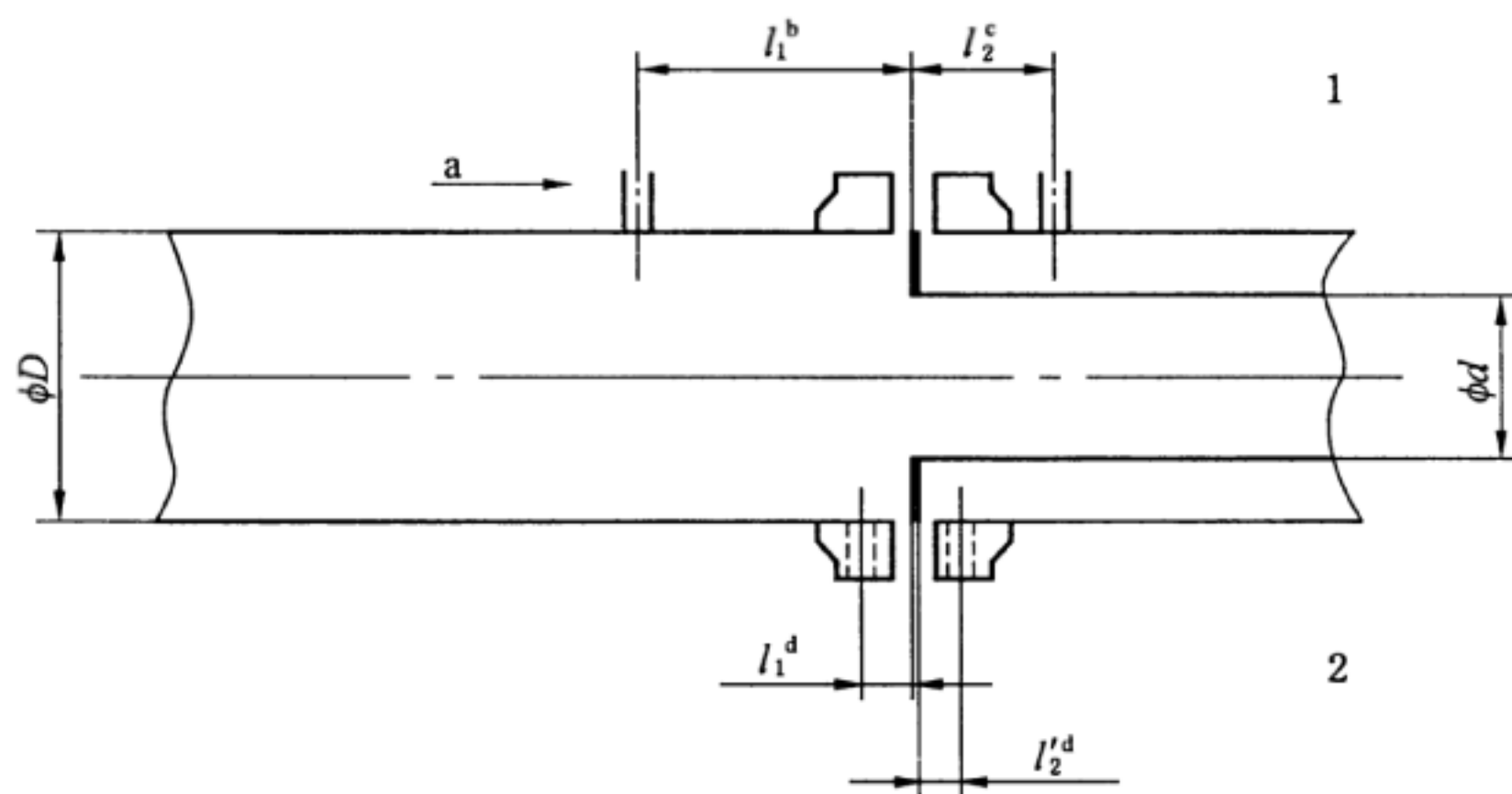
A.2.1 孔板节流件有如下几种取压方式

A.2.1.1 $D-\frac{D}{2}$ 取压方式或法兰取压方式

1) $D-\frac{D}{2}$ 取压口间距和法兰取压口间距如图 A.6 所示, 取压口间距 1 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。

$D-\frac{D}{2}$ 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。



图注:

1 D 和 $D/2$ 取压口;

2 法兰取压口;

a 流动方向;

^b $l_1 = D \pm 0.1 D$;

^c $l_2 = 0.5 D \pm 0.02 D$ (对于 $\beta \leq 0.6$);

$0.5 D \pm 0.01 D$ (对于 $\beta > 0.6$);

^d $l_1 = l_2' = (25.4 \pm 0.5) \text{ mm}$ (对于 $\beta > 0.6$ 和 $D < 150 \text{ mm}$);

$(25.4 \pm 1) \text{ mm}$ (对于 $\beta \leq 0.6$);

$(25.4 \pm 1) \text{ mm}$ (对于 $\beta > 0.6$ 和 $150 \text{ mm} \leq D \leq 1000 \text{ mm}$)。

图 A.6 $D-D/2$ 取压口或法兰取压口孔板的取压口间距

2) 取压口的轴线与管道轴线应成直角。

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。

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

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。

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的平面。

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。

A.2.1.2 角接取压方式

1) 角接取压装置有两种型式,即具有取压口的夹持环(环室)和具有取压口的单独钻孔,如图 A.7 所示。

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。若在同一个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:

对于清洁流体和蒸汽:

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

——对于 $\beta > 0.65$: $0.01D \leq a \leq 0.02D$ 。

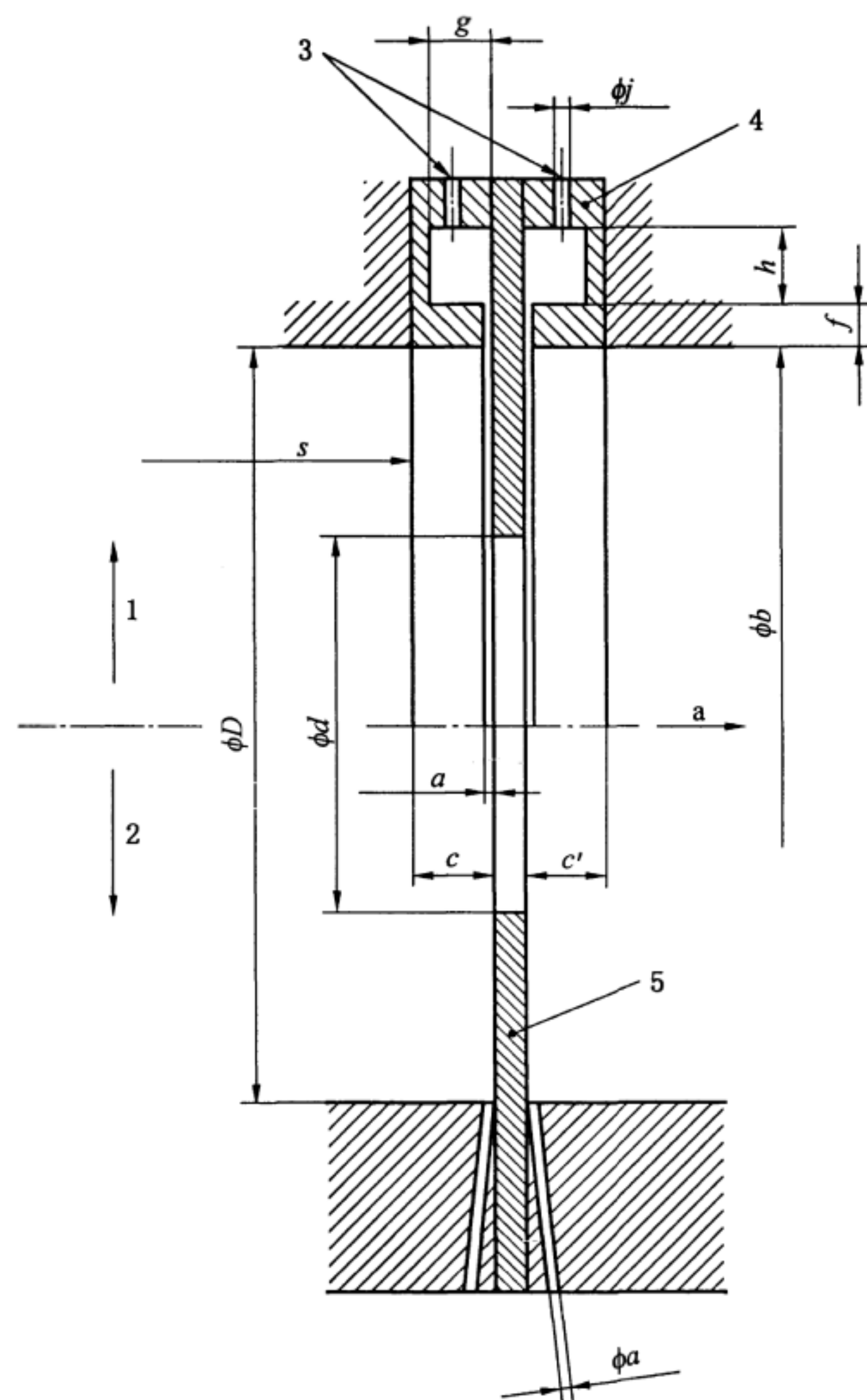
如果 $D < 100$ mm,则 a 值达到 2 mm 对于任何 β 都是可接受的。

对于任何 β 值:

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

——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,用单独钻孔取压口时: $4 \text{ mm} \leq a \leq 10 \text{ mm}$ 。



图注:

- | | | |
|------------|----------|------------------|
| 1 带环隙的夹持环; | f | = 环隙厚度; |
| 2 单独钻孔取压口; | c | = 上游夹持环长度; |
| 3 取压口; | c' | = 下游夹持环长度; |
| 4 夹持环; | b | = 夹持环直径; |
| 5 孔板; | a | = 环隙宽度或单个取压口的直径; |
| | s | = 上游台阶到夹持环的距离; |
| a 流动方向; | g, h | = 环室的尺寸; |
| | ϕ_j | = 环室取压口直径。 |

图 A.7 角接取压

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, 并满足下式的要求:

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

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

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

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。

A. 2. 2 标准喷嘴的取压方式

标准喷嘴采用图 A. 7 的角接取压方式。

A. 2. 2. 1 上游取压口应符合角接取压方式的规定。

A. 2. 2. 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, $l_2 \leq 0.2D$

A. 2. 3 长径喷嘴取压方式

长径喷嘴采用图 A. 6 所示的 $D - \frac{D}{2}$ 取压方式。

A. 2. 3. 1 上游取压口的轴线应相距喷嘴入口端面 $1D \pm 0.01D$ 。

A. 2. 3. 2 下游取压口的轴线应相距喷嘴入口端面 $0.50D \pm 0.01D$, 但对于 $\beta < 0.3188$ 的低比值喷嘴, 其下游取压口的轴线应相距喷嘴入口 $1.6d \pm 0.02D$ 。

A. 2. 3. 3 其余要求应符合 A. 2. 1 的要求。

A. 2. 4 经典文丘里管的取压方式

A. 2. 4. 1 经典文丘里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。

A. 2. 4. 2 如果 d 大于或等于 33.3 mm, 这些取压口的直径应在 4 mm 与 10 mm 之间, 此外上游取压口的直径绝不应大于 $0.1D$, 喉部取压口的直径绝不能大于 $0.13d$ 。

如果 d 小于 33.3 mm, 喉部取压口的直径应在 $0.1d$ 与 $0.13d$ 之间, 上游取压口的直径应在 $0.1d$ 与 $0.1D$ 之间。

A. 2. 4. 3 上游取压口和喉部取压口均不少于 4 个, 并且在经典文丘里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 A. 2. 1 中 3) 及 5) 的要求。

A. 2. 4. 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里管的轴线上测得。

对于“铸造”收缩段的经典文丘里管, 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 $(0.5 \pm 0.25) D$;

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里管和粗焊铁板收缩段的经典文丘里管, 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 $(0.5 \pm 0.05) D$ 。

对于任何型式的经典文丘里管, 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 $(0.5 \pm 0.02) d$ 。

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

当经典文丘里管的上游敷设，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。

A. 2. 4. 5 文丘里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。

(1) 取压口的位置

取压口的轴线可位于任意轴向平面内，但要满足附录 A. 2. 1. 1、A. 2. 1. 2 中的要求。

(2) 上游取压口

上游取压口采用角接取压口与 ISA 1932 喷嘴相同。

(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，并在垂直于文丘里喷嘴轴线的平面上，该平面是圆筒形喉部 E 与 E' 之间的假想界面。

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

A. 3 管道

节流件安装在有恒定横截面的圆筒形直管段内，管道内表面应清洁，并且应满足有关粗糙度的规定。

A. 3. 1 孔板上游管道的内表面相对粗糙度应满足表 A. 3 和表 A. 4 的要求。

表 A. 3 孔板上游管道的 $10^4 R_s/D$ 的最大值

β	Re_D								
	$\leq 10^4$	3×10^4	10^5	3×10^5	10^6	3×10^6	10^7	3×10^7	10^8
≤ 0.20	15	15	15	15	15	15	15	15	15
0.30	15	15	15	15	15	15	15	14	13
0.40	15	15	10	7.2	5.2	4.1	3.5	3.1	2.7
0.50	11	7.7	4.9	3.3	2.2	1.6	1.3	1.1	0.9
0.60	5.6	4.0	2.5	1.6	1.0	0.7	0.6	0.5	0.4
≥ 0.65	4.2	3.0	1.9	1.2	0.8	0.6	0.4	0.3	0.3

表 A. 4 孔板上游管道的 $10^4 R_s/D$ 的最小值

β	Re_D			
	$\leq 3 \times 10^6$	10^7	3×10^7	10^8
≤ 0.50	0.0	0.0	0.0	0.0
0.60	0.0	0.0	0.003	0.004
≥ 0.65	0.0	0.013	0.016	0.012

A. 3. 2 ISA 1932 喷嘴上游管道的内表面相对粗糙度应满足表 A. 5 的要求。

表 A.5 ISA 1932 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
$10^4 R_a/D$	8.0	5.9	4.3	3.4	2.8	2.4	2.1	1.9	1.8	1.4	1.3	1.2	1.2

表中 R_a 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， R_a 值列于表 A.6 中。

A.3.3 长径喷嘴上游管道内表面相对粗糙度应满足 $R_a/D \leq 3.2 \times 10^{-4}$ 。

表 A.6 管壁等效绝对粗糙度 R_a 值

材料	条件	R_a/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，热辣无缝管	0.05~0.10
	新的，轧制无缝管	0.05~0.10
	新的，纵向焊接管	0.05~0.10
	新的，螺旋焊接管	0.10
	轻微锈蚀	0.10~0.20
	锈蚀	0.20~0.30
	结皮	0.50~2.00
	严重结皮	>2
	新的，涂覆沥青	0.03~0.05
一般的，涂覆沥青	0.10~0.20	
镀锌的	0.13	
铸铁	新的	0.25
	锈蚀	1.0~1.5
	结皮	>1.5
	新的，涂覆	0.03~0.05
石棉水泥	新的，有涂层的和无涂层的	<0.03
	一般的，无涂层的	0.05

A.3.4 文丘里喷嘴上游管道的内表面相对粗糙度满足表 A.7 的要求。

表 A.7 文丘里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	0.775
$10^4 R_a/D$	8.0	5.9	4.3	3.4	2.8	2.4	2.1	1.9	1.8	1.4	1.3	1.2

A.3.5 经典文丘里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 $K/D \leq 3.2 \times 10^{-4}$ 。

A.3.6 计算 β 的管道直径 D 值，是取上游取压口的上游 $0.5D$ 长度范围内的平均值。管道内径的准确度一般不超过 0.4%。

附录 B

流出系数计算公式

B.1 标准孔板流出系数计算公式

标准孔板流出系数 C 用 Reader-Harris/Gallagher (1998) 公式^①, 即式 (B.1) 计算:

$$C = 0.5961 + 0.0261\beta^2 - 0.216\beta^8 + 0.000521 \left(\frac{10^6\beta}{Re_D} \right)^{0.7} + (0.0188 + 0.0063A)\beta^{3.5} \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0.3} \\ + (0.043 + 0.080e^{-10L_1} - 0.123e^{-7L_1})(1 - 0.11A) \frac{\beta^4}{1 - \beta^4} - 0.031(M'_2 - 0.8M'_2{}^{1.1})\beta^{1.3} \quad (\text{B.1})$$

若 $D < 71.12 \text{ mm}$ (2.8 in), 应把下列项加入公式 (B.1):

$$+ 0.011(0.75 - \beta) \left[2.8 - \frac{D}{25.4} \right]$$

式中:

$\beta (= d/D)$ ——直径比, 直径 d 和 D 以毫米表示;

Re_D ——根据 D 计算出的雷诺数;

$L_1 (= l_1/D)$ ——孔板上游端面到上游取压口的距离除以管道直径得出的商;

$$M'_2 = \frac{2L'_2}{1 - \beta};$$

$L'_2 (= l'_2/D)$ ——孔板下游端面到下游取压口的距离除以管道直径得出的商 (L'_2 表示自孔板下游端面起的下游间距的参考符号, 而 L_2 表示自孔板上游端面起的下游间距的参考符号);

$$A = \left(\frac{19\,000\beta}{Re_D} \right)^{0.8};$$

当间距符合 A.2.1.1 或 A.2.1.2 的要求时, 上述公式中采用的 L_1 和 L'_2 的值如下所示:

——对于角接取压口:

$$L_1 = L'_2 = 0$$

——对于 D 和 $D/2$ 取压口:

$$L_1 = 1$$

$$L'_2 = 0.47$$

——对于法兰取压口:

$$L_1 = L'_2 = \frac{25.4}{D}$$

D 以毫米表示。

B.2 ISA 1932 喷嘴流出系数计算公式:

^① 依据 GB 2624.3—2006、GB 2624.4—2006 中第 5 部分。

$$C = 0.990\ 0 - 0.226\ 2\beta^{4.1} - (0.001\ 75\beta^2 - 0.003\ 3\beta^{4.15}) \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{1.15} \quad (\text{B. 2})$$

B. 3 长径喷嘴流出系数计算公式:

$$C = 0.996\ 5 - 0.006\ 53 \sqrt{\frac{10^6 \beta}{Re_D}} \quad (\text{B. 3})$$

B. 4 文丘里喷嘴流出系数计算公式:

$$C = 0.985\ 8 - 0.196\beta^{4.5} \quad (\text{B. 4})$$

B. 5 文丘里管流出系数计算公式

B. 5.1 “铸造”收缩段经典文丘里管的流出系数:

$$C = 0.984 \quad (\text{B. 5})$$

B. 5.2 机械加工收缩段经典文丘里管的流出系数:

$$C = 0.995 \quad (\text{B. 6})$$

B. 5.3 粗焊铁板收缩段经典文丘里管的流出系数:

$$C = 0.985 \quad (\text{B. 7})$$

注: 在符合表 A. 2 的前提下, 以上 B. 1~B. 7 公式才适用。

附录 C

检定证书及检定结果通知书内页格式

C.1 检定证书内页格式（对三种不同检测方法，对应三种不同证书格式）

除通用规定要求内容外，检定证书内页还应注明以下信息：

C.1.1 几何检测法检定证书内页格式

a) 孔板

检定项目	规程要求	检定结果
A 面、e 面、G 边		
A 面平面度 h_A/mm		
A 面、e 面 $R_a/\mu\text{m}$		
G、H、(I) 边缘		
厚度 E/mm , $\Delta E/\text{mm}$		
节流孔直径 d/mm , $E_d/\%$		
斜角 $\phi/(\text{°})$		

b) ISA 1932 喷嘴

检定项目	规程要求	检定结果
A、E 面 $R_a/\mu\text{m}$		
收缩段廓形		
喉部直径 d/mm , $E_d/\%$		
入口直径 D/mm		
出口边缘 f		
喷嘴总长度 l/mm		

c) 长径喷嘴

检定项目	规程要求	检定结果
A、B 面 $R_a/\mu\text{m}$		
收缩段 1/4 椭圆廓形		
喉部直径 d/mm , $E_d/\%$		
喉部长度 b/mm		
入口直径 D/mm		

d) 文丘里喷嘴

检定项目	规程要求	检定结果
A、E、F面 $R_a/\mu\text{m}$		
收缩段廓形		
喉部直径 d/mm , $E_d/\%$		
喉部长度 b/mm		
入口直径 D/mm		
扩散角/ $^\circ$		

e) 经典文丘里管

检定项目	规程要求	检定结果
A、B、C面 $R_a/\mu\text{m}$		
收缩段 B角/ $^\circ$		
喉部直径 d/mm		
喉部长度/ mm		
入口圆筒段直径 D_A/mm		
扩散角/ $^\circ$		

进行节流件几何检定,应给出流出系数 C 及其不确定度 E_C 值,对应证书为节流件的检定证书;

如果对节流装置进行检定,需加上以下项目:

取压装置	取压方式	检定结果
	上、下游取压孔间距 L_1/mm 、 L_2/mm	
	取压孔直径 b/mm	
	取压孔状态	
上、下游测量管	上游 D/mm , l_1 , $E_D/\%$	
	下游 D/mm , l_2 , $E_D/\%$	
	管内状态 K/D	

进行节流件几何检定及取压装置及上下游管道检定,应给出上表内容及流出系数 C 及其相对不确定度值,对应证书为节流装置的检定证书。

C.1.2 系数检测法检定证书内页格式

(一) 检定结果

检定流量点	雷诺数 Re_D	流出系数（或流量系数）	重复性/%	最大示值误差/%

（二）检定条件

1. 被检差压装置名称、输出信号类型及与流量对应关系
2. 介质名称（是混合介质需列出具体的介质组分）
3. 介质温度
4. 介质压力
5. 其他相关参数

根据检定结果，给出差压装置的流出系数（或流量系数）及准确度等级，对应证书为差压装置的检定证书。

C.1.3 示值误差检测法检定证书内页格式

（一）检定结果

检定流量点	雷诺数 Re_D	示值误差/%	重复性/%

（二）检定条件

1. 被检流量计名称、输出信号类型及与流量对应关系
2. 介质名称（是混合介质需列出具体的介质组分）
3. 介质温度
4. 介质压力
5. 其他相关参数

根据检定结果，给出流量计准确度等级。对应证书为差压式流量计的检定证书。

C.2 检定结果通知书内页格式参照以上内容，需指明不合格项目。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 计 量 检 定 规 程
差 压 式 流 量 计

JJG 640—2016

国家质量监督检验检疫总局发布

*

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

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.75 字数 55 千字
2017年6月第一版 2017年6月第一次印刷

*

书号: 155026·J-3451 定价 39.00 元



JJG 640—2016