

ICS 17.120.10

CCS 7453

T/JNM

济南计量测试学会团体标准

T/JNM-0001-2026

## 差压式流量计测量系统在线校准方法

On-line Calibration Method for Differential Pressure  
Flowmeter Measurement System

(发布稿)

2026-03-20

发布

2026-03-23

实施

济南计量测试学会 发布



## 目 录

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
3.1 标准节流件 .....	2
3.2 一次标准节流装置 .....	2
3.3 二次装置 .....	2
3.4 分体式二次装置 .....	2
3.5 一体式二次装置 .....	2
3.6 标准节流式流量计 .....	2
3.7 单项校准方法 .....	2
3.8 成套校准方法 .....	2
4 概述 .....	2
5 技术要求 .....	3
5.1 随机文件 .....	3
5.2 标识和铭牌 .....	3
5.3 结构与外观 .....	4
6 校准条件 .....	4
6.1 环境条件 .....	4
6.2 设备标准节流装置的要求 .....	4
6.3 标准节流装置的安装 .....	4
6.4 导压管的敷设有利于差压信号准确传导且取压阀、平衡阀处于正确的开/关状态 .....	5
6.5 校准设备 .....	5
7 校准项目 .....	5
7.1 标准节流装置校准与核验 .....	5
7.2 标准节流装置配套二次装置各组成单元的校准 .....	6
8 校准方法 .....	6
8.1 标准节流装置校准与核验 .....	6
8.2 标准节流装置配套二次装置校准方法 .....	7
9 校准结果的表达 .....	10
10 校准时间间隔 .....	10
附 录 A（规范性） 不确定度评定 .....	11
附 录 B（规范性） 校准记录格式 .....	17
附 录 C（规范性） 不确校准报告内页信息及格式 .....	22
附 录 D（规范性） 不节流装置在使用中出现部分偏离标准规定的处理 .....	24

## 前 言

本计量技术标准的编制基于标准节流式流量计使用和现场校准的主要技术条件，参考了GB/T 2624《用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量》、GB/Z 33902《使用差压装置测量流体流量偏离GB/T2624给出的要求和工作条件的影响及修正方法》、JJF 229-2010《工业铂、铜热电阻检定规程》、JJF 1183-2007《温度变送器校准规范》、JJG 640-2016《差压式流量计检定规程》、JJG 882-2019《压力变送器检定规程》、JJG 1003-2016《流量积算仪检定规程》等文件，对计量特性指标、技术要求及试验方法进行编制。

同时，以JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》和JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》为基础，对测量不确定度进行评定，使规范在使用上具有实用性与科学性。根据实验结果验证测量不确定度评定的可靠性，以及计量特性和检测方法以及标准器选择的合理性。

本技术标准所用术语，除在本规范中专门定义的外，均采用JJF 1001《通用计量术语及定义》和JJF 1004《流量计量名词术语及定义》。

本标准由济南市计量检定测试院提出。

本标准由济南计量测试学会归口。

本标准起草单位：济南市计量检定测试院、泰安市质量技术监督检测研究院、山东钢铁股份有限公司、山东泰山钢铁集团有限公司、北京博思达新世纪测控技术有限公司、中国石油化工股份有限公司济南分公司、山东太阳纸业股份有限公司、济南圣泉集团股份有限公司、石横特钢集团有限公司、富伦钢铁集团有限公司、华能济南黄台电厂有限公司、山东钢铁集团永锋临港有限公司、青岛积成电子股份有限公司、山东冠洲股份有限公司、山东中胜油气检测技术有限公司第一分公司、济南仕中自动化仪表有限公司、国投检测科技（山东）有限公司、山东天科检测技术服务有限公司、山东华岳技术服务有限公司、山东欧弘信息科技有限公司、齐鲁工业大学、山东科技大学。

主要起草人：赵延昆

参与起草人：台文涛、张忠强、崔浩南、金晨、李秀珍、陈云鹏、马晨光、宋庆华、牛群、杨林、杜澎、李舒文、张文帅、张永海、袁伟、于洋、李晓蕾、张洪亮、利铭、谷文静、李 佳、李振雨、尹晓玲、刘晶、孙欢、胡振海、董学强、郝向前、魏泽峰、庞兵、邵勇、刘春、国云青、张善亮、张紫琦、沙博、林真宝、马耀飞、刘进岭、沈兰友、王珊珊、张军 、郑云超、魏伟、刘家友。

# 差压式流量计测量系统在线校准方法

## 1 范围

本规范适用于以标准节流件为差压件的差压式流量计的投运、使用中和修理后的在线校准。

差压件为非标准节流件和非节流式的差压式流量计，具备相应条件和要求的条件下，也可参照本标准在线校准。

## 2 引用文件

下列标准、规程所包含的条文，通过引用而构成本规程的条文。

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

GB/T 11062-2014 天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法

GB/T 17747-2011 天然气压缩因子的计算

GB/T 18603-2014 天然气计量系统技术要求

GB/T 21446-2008 用标准孔板流量计测量天然气流量

GB/T 34060-2017 蒸汽热量计算方法

GB/Z 33902-2017 使用差压装置测量流体流量偏离GB/T2624给出的要求和工作条件的影响及修正方法

GB/T 34166-2017 用标准喷嘴流量计测量天然气流量

GB/T 35186-2017 天然气计量系统性能评价

JJF 1004-2004 流量计量名词术语及定义

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJF 1183-2007 温度变送器校准规范

JJG 229-2010 工业铂、铜热电阻

JJG 640-2016 差压式流量计

JJG 882-2019 压力变送器

JJG 1003-2016 流量积算仪

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

### 3 术语和定义

#### 3.1 标准节流件

可以用几何检测法检测得到流量关系的节流件。根据JJG 640-2016国家检定规程中的定义，包括：标准孔板、ISA1932喷嘴、长径喷嘴、文丘里喷嘴、经典文丘里管。

#### 3.2 一次标准节流装置

由标准节流件、取压装置和前后测量管组成的装置。

#### 3.3 二次装置

由差压变送器、压力变送器、温度传感器（或温度传感器加温度变送器）及流量积算单元（如流量积算仪、流量计算机或具有流量计算累积功能的DCS与PLC等）组成的装置。可分为分体式二次装置与一体式二次装置。

#### 3.4 分体式二次装置

差压变送器、压力变送器、温度传感器（或温度传感器加温度变送器）及流量积算单元以相互独立的形式组成二次装置。

#### 3.5 一体式二次装置

差压变送器、压力变送器、温度传感器（或温度传感器加温度变送器）及流量积算单元以紧密关联的有机整体形式构成二次装置。

#### 3.6 标准节流式流量计

由标准节流装置（含引压管路）及二次装置构成的节流式流量计量系统。

#### 3.7 单项校准方法

在对标准节流装置及其安装情况进行校准核查的基础上，对配套二次装置各组成单元进行分别校准，采用不确定度合成的方法对标准节流式流量计的系统不确定度进行评估的方法。

#### 3.8 成套校准方法

在对标准节流装置及其安装情况进行校准核查的基础上，将配套的一体式二次装置（或分体式二次装置各组成单元按照实际工作状态连接好）作为整体使用温度标准器（恒温槽等）、压力标准器（压力校验仪）及差压标准器（差压校验仪）进行瞬时流量校准，采用不确定度合成的方法对标准节流式流量计的系统不确定度进行评估的方法。

### 4 概述

以标准节流件为差压件的差压式流量计现场校准，分为标准节流装置现场校准与配套二次装置现场校准两部分。

第一部分标准节流装置现场校准。第一步：通过核验标准节流装置是否具有检定/校准证书且在检定/校准周期内或按照JJG 640-2016的规定进行几何检定，以确认标准节流装置的结构形状与几何尺寸符合GB/T 2624-2006与JJG 640-2016的相关要求；第二步：通过检查标准节流装置的安装使用条件是否符合GB/T 2624-2006的相应要求，以确认现场使用的标准节流装置是否具有检定证书给出的或GB/T 2624-2006所规定的不确定度。

第二部分配套二次装置现场校准。在核验与流量计配套使用流量积算单元中设置参数（如：节流装置的开孔径、测量管直径是否与溯源证书给出的几何参数一致，温度、压力及差压量程是否与配套变送器量程一致）准确无误后，通过对配套二次装置各组成单元，分别进行校准并确定其各项的不确定度，或将配套二次装置作为整体，使用温度标准器（恒温槽等）、压力标准器（压力校验仪）及差压标准器（差压校验仪），对其进行瞬时流量及温度、压力及差压的校准并确定其不确定度。

依据现场检测确定的标准节流式流量计组成单元的不确定度，采用不确定度合成的方法对标准节流式流量计的系统不确定度进行评估。

## 5 技术要求

### 5.1 随机文件

5.1.1 标准节流装置/标准节流件应有设计计算书、首检证书（或测试报告）、安装使用说明书等技术文件，周期检测的流量计还应有前次检定/校准/检测的报告。

5.1.2 所配流量积算单元机应有参数设置清单、使用说明书等技术文件。

5.1.3 所配压力变送器、差压变送器、温度变送器应有使用说明书等技术文件。

### 5.2 标识和铭牌

5.2.1 流量计应有明显的流向标识。

5.2.2 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) 最大工作压力；
- e) 适用工作温度范围；
- f) 公称通径；
- g) 标准节流件孔径；
- h) 准确度等级（或最大允许误差）；
- k) 制造年月。

### 5.3 结构与外观

完好无损伤。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

温度：（5~40）℃；

大气压力：（86~106）kPa；

相对湿度：（15~95）%。

### 6.2 设备标准节流装置的要求

标准节流装置有检定证书（几何检定、流出系数检定/校准）且在JJG640-2016中7.5规定的检定周期内或具备现场进行几何检定的条件。

### 6.3 标准节流装置的安装

#### 6.3.1 孔板安装要求

6.3.1.1 前后直管段符合 GB/T 2624.2-2006 中 6.2 规定的最短要求

6.3.1.2 管道圆度与圆柱度符合 GB/T 2624.2-2006 中 6.4 规定的要求

6.3.1.3 一次装置和夹持环的位置符合 GB/T 2624.2-2006 中 6.5 规定的要求

6.3.1.4 差压取压口符合 GB/T 2624.2-2006 中 5.2 规定的要求

6.3.1.5 管道内径、直径比、雷诺数的范围及管道粗糙度符合 GB/T 2624.2-2006 中 5.3.1 规定的使用限制要求，可压缩流体还应  $P2/P1 \geq 0.75$

6.3.2 ISA1932 喷嘴、长颈喷嘴、文丘里喷嘴安装要求。

6.3.2.1 前后直管段符合 GB/T 2624.3-2006 中 6.2 规定的最短要求

6.3.2.2 管道圆度与圆柱度符合 GB/T 2624.3-2006 中 6.4 规定的要求

6.3.2.3 一次装置和夹持环的位置符合 GB/T 2624.3-2006 中 6.5 规定的要求

6.3.2.4 差压取压口符合下列要求

ISA1932喷嘴符合GB/T 2624.3-2006中5.1.5规定的要求；

长颈喷嘴符合GB/T 2624.3-2006中5.2.5规定的要求；

文丘里喷嘴符合GB/T 2624.3-2006中5.3.3规定的要求。

6.3.2.5 管道内径、直径比、雷诺数的范围及管道粗糙度符合下列要求

ISA1932喷嘴符合GB/T 2624.3-2006中5.1.6.1规定，可压缩流体还应 $P2/P1 \geq 0.75$ ；

长颈喷嘴符合GB/T 2624.3-2006中5.2.6.1规定，可压缩流体还应 $P_2/P_1 \geq 0.75$ ；

文丘里喷嘴符合GB/T 2624.3-2006中5.3.4.1规定，可压缩流体还应 $P_2/P_1 \geq 0.75$ 。

### 6.3.3 文丘里管安装要求

6.3.3.1 前后直管段符合 GB/T 2624.4-2006 中 6.2 规定的最短要求

6.3.3.2 管道圆度与圆柱度符合 GB/T 2624.4-2006 中 6.4.1 规定的要求

6.3.3.3 上游管道粗糙度符合 GB/T 2624.4-2006 中 6.4.2 规定的要求

6.3.3.4 安装的同心率符合 GB/T 2624.4-2006 中 6.4.3 规定的要求

6.3.3.5 管道内径、直径比、雷诺数的范围符合 GB/T 2624.4-2006 中 5.5 规定的使用限制要求，可压缩流体还应  $P_2/P_1 \geq 0.75$

6.4 导压管的敷设有利于差压信号准确传导且取压阀、平衡阀处于正确的开/关状态

### 6.5 校准设备

#### 6.5.1 压力标准器（压力校验仪）

压力发生范围：能覆盖被校准压力送器量程或实际压力测量范围；控制稳定性： $< 0.005\%FS$ ；目标压力稳定持续时间： $> 5min$ 。

#### 6.5.2 温度标准器（恒温槽或温度校验仪）

温度发生范围：能覆盖被校准温度送器/温度传感器实际温度测量范围；准确度： $\leq \pm 0.5^\circ C$ ；显示分辨率： $0.01^\circ C$ ；温场波动： $\pm 0.03^\circ C/15分钟$ ；水平温场： $\pm 0.05^\circ C$ ；垂直温场： $\leq 0.5^\circ C$ 。

#### 6.5.3 差压标准器（差压校验仪）

差压发生范围：能覆盖被校准差压送器量程或实际差压测量范围；控制稳定性： $< 0.005\%FS$ ；目标压力稳定持续时间： $> 5min$ ；控制响应时间： $< 30s$ 。

#### 6.5.4 标准电阻箱

量程： $(0 \sim 400.000) \Omega$ ；分辨率： $1m\Omega$ ；准确度：不低于 $0.02\%RD + 0.02\Omega$ 。

#### 6.5.5 直流信号源

可输出三路DC  $(0 \sim 20) mA$ 连续可调信号；量程： $(0 \sim 22.0000) mA$ ；分辨率： $1 \mu A$ ；准确度：不低于 $0.02\%RD + 1 \mu A$ ；稳定度： $0.05\%/2h$ 。

## 7 校准项目

### 7.1 标准节流装置校准与核验

### 7.1.1 标准节流件的现场校准

### 7.1.2 相关技术文件核验

### 7.1.3 安装使用条件核验

## 7.2 标准节流装置配套二次装置各组成单元的校准

### 7.2.1 单项检测

#### 7.2.1.1 温度变送器校准

#### 7.2.1.2 压力变送器校准

#### 7.2.1.3 差压变送器校准

#### 7.2.1.4 流量积算单元校准

### 7.2.2 成套校准

## 8 校准方法

### 8.1 标准节流装置校准与核验

#### 8.1.1 标准节流件的现场校准

1) 若标准节流件有有效溯源证书，且是几何检测法溯源证书，则可依据JJG 640-2016《差压式流量计》5.1条评估标准节流件引入的标准不确定度分量，依据附录B计算标准节流件流出系数；

2) 若标准节流件有有效溯源证书，且是系数检测法溯源证书，则可依据溯源证书的结果评估标准节流件引入的标准不确定度分量及计算流出系数；

3) 若标准节流件无有效溯源证书，且几何检测法可以满足其不确定度要求，则可参照JJG 640-2016《差压式流量计》7.1条对其进行现场校准。

4) 若标准节流件无有效的溯源证书，且几何检测法不能满足其不确定度要求，则可参照JJG 640-2016《差压式流量计》7.2条对其进行系数校准，校准结果应给出标准节流件流出系数回归计算公式及标准不确定度。

#### 8.1.2 相关技术文件核验

1) 核验检定/校准证书（或有资质的第三方测试报告）的标准节流装置各项参数与待校准流量计标准节流装置是否一致且在规定的有效期内

2) 核验检定/校准证书（或有资质的第三方测试报告）给出的测试数据（如开孔径或流出系数等）是否符合设计计算书、GB/T 2624及JJG640相关规定

3) 核验设计计算书给出的流量范围是否能涵盖实际流量测量范围

4) 核验设计的差压量程是否能涵盖实际或设计流量范围相对应的差压测量范围（依据设计书给出的标准节流装置设计参数与用户提供的实际温度、压力核算实际或设计流量范围相对应的差压测量范围，当实际或设计流量范围相对应的差压测量范围大于差压设计量程或低于差压设计量程的1/2，应按实际或设计流量范围相对应的差压测量范围调整差压量程。）

5) 核验参数设置清单中的温度/压力量程是否与温度/压力变送器设置一致且能涵盖实际测量范围

6) 核验设计计算书及参数设置清单中其他参数与实际工作条件是否一致（被校准节流式流量计参数设置清单一般包括：标准节流件型式、被测介质类型、流量计算方法/标准、物性值计算方法/标准、管道材质、管道内径、节流件材质、节流件开孔径、温度量程上下限、压力量程上下限、差压量程上下限、瞬时流量单位、累积流量单位及设计温度、设计压力、设计最大流量等内容。）

### 8.1.3 标准节流装置安装使用条件核验

现场核验标准节流装置安装方式（水平或垂直）、前后直管段长度、与工艺管道的同心度、差压管路的引出与敷设方式、法兰与夹持环的位置等，核验其是否符合GB/T 2624-2006与JJG 640-2016的规定要求。

## 8.2 标准节流装置配套二次装置校准方法

### 8.2.1 单项校准方法（适用分体式二次装置）

#### 8.2.1.1 温度变送器校准方法

在确认被校准温度变送器量程与参数设置清单中温度量程上下限一致后，使用温度标准器（恒温槽或温度校验仪）按照JJF 1183-2007 温度变送器校准规范进行。

#### 8.2.1.2 压力变送器校准方法

在确认被校准压力变送器量程与参数设置清单中压力量程上下限一致后，使用压力标准器（压力校验仪）按照JJG 882-2004压力变送器检定规程进行。

#### 8.2.1.3 差压变送器校准方法

在确认被校准差压变送器量程与参数设置清单中差压量程上下限一致后，使用差压标准器（差压校验仪）按照JJG 882-2004压力变送器检定规程进行。

#### 8.2.1.4 流量积算单元校准方法

在确认被校流量积算单元中的设置参数与参数设置清单对应参数一致后，按照JJG 1003-2016中7.3.2的规定进行。

校准前按图1连接好线，通常被检仪表通电预热10min。如产品说明书对预热时间另有规定的，则按说明书规定的时间预热。

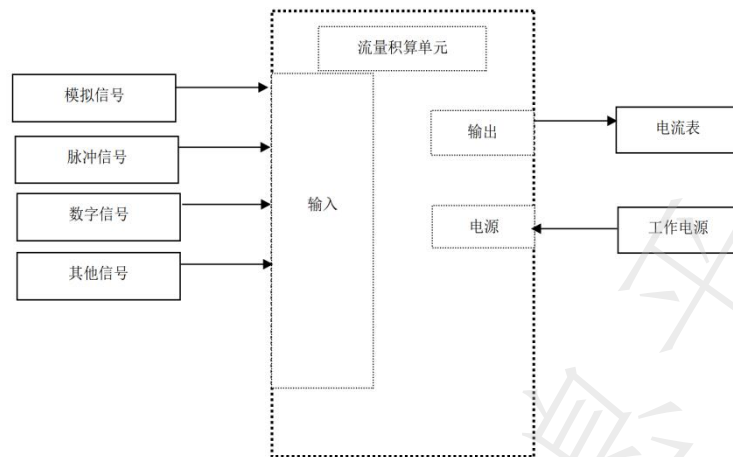


图 1 流量积算单元校准接线示意图

## 1) 瞬时流量校准

a. 校准点取下限流量所对应的差压值和上限流量25%、50%、75%、100%所对应的差压值附近，以上校准点是在设计状态下；对于具有压力、温度补偿功能的，另外应在压力不变，温度在设计范围内任取两点，温度不变，压力在设计范围内任取两点，流量为最大情况下分别进行校准。

b. 按选取校准点，流量积算单元做一次测量。

c. 按式（1）计算每个校准点的相对误差。

$$E_i = \frac{q_i - q_{si}}{q_{si}} \times 100\% \quad (1)$$

式中： $E_i$ ——第*i*校准点的相对误差；

$q_i$  ——第*i*校准点积算单元的示值；

$q_{si}$  ——第*i*校准点的瞬时流量的理论计算值。

注： $q_{si}$ 的计算应根据标准节流件的型式及被测介质在校准点的操作条件，依据国家有关标准和计量检定规程进行计算（或使用通过法定计量检定单位认证的计算机软件进行计算）。介质物性值计算应符合JJG 1003-2016附录A.2的规定。

## 2) 补偿参量校准

a. 试验点取零点、 $0.25A_{max}$ 、 $0.5A_{max}$ 、 $0.75A_{max}$ 、 $A_{max}$ 。

注：

1.  $A_{max}$ 为模拟输入信号的上限值。

2. 对于温度信号采用热电阻和热电偶的， $A_{max}$ 取设计任务书温度上限。

b. 按选取校准点，流量积算单元做一次测量。

c. 按式（2）计算每个校准点误差。

$$E_{Ai} = \frac{A_i - A_{si}}{A_{max}} \times 100\% \quad (2)$$

式中： $E_{Ai}$ ——第*i*校准点的误差；

$A_i$ ——第*i*校准点流量积算单元的示值；

$A_{si}$ ——第*i*校准点输入信号对应的理论计算值；

$A_{max}$ ——输入信号上限对应的理论计算值。

## 8.2.2 成套校准方法

在确认被校的标准节流式流量计的变送器及流量积算单元中的设置与参数设置清单对应参数一致后，参照JJG 1003-2016中7.3.2.1的相关规定进行。

二次装置保持实际工作连接状态，将温度传感器放入温度标准器（恒温槽等）中，压力变送器与压力标准器（压力校验仪）连接，差压变送器与差压标准器（差压校验仪）连接，通电预热10min。

### 8.2.2.1 瞬时流量校准

a. 校准点取下限流量所对应的差压值和上限流量25%、50%、75%、100%所对应的差压值附近，以上校准点是在设计状态下；对于具有压力、温度补偿功能的，另外应在压力不变，温度在设计范围内任取两点，温度不变，压力在设计范围内任取两点，流量为最大情况下分别进行校准。

b. 按选取校准点，做一次测量。

c. 按式（3）计算每个流量点的误差。

$$E_i = \frac{q_i - q_{si}}{q_{si}} \times 100\% \quad (3)$$

式中： $E_i$ ——第*i*校准点的相对误差；

$q_i$ ——第*i*校准点二次装置的示值；

$q_{si}$ ——第*i*校准点的瞬时流量的理论计算值。

注： $q_{si}$ 的计算应根据标准节流件的型式及被测介质在校准点的操作条件，依据国家有关标准和计量检定规程进行计算（或使用通过法定计量检定单位认证的计算机软件进行计算）。介质物性值计算应符合JJG 1003-2016附录A.2的规定。

### 8.2.2.2 温度、压力、差压测量通道校准

a. 试验点取零点、 $0.25A_{max}$ 、 $0.5A_{max}$ 、 $0.75A_{max}$ 、 $A_{max}$ 。

注： $A_{max}$ 分别为温度、压力、差压变送器上限值。

b. 按选取校准点，作一次测量。

c. 按式（4）计算每个校准点误差。

$$E_{Ai} = \frac{A_i - A_{si}}{A_{\max}} \times 100\% \quad (4)$$

式中： $E_{Ai}$ ——第*i*校准点的误差；

$A_i$ ——第*i*校准点二次装置的示值；

$A_{si}$ ——第*i*校准点输入的标准信号（温度、压力、差压）值；

$A_{\max}$ ——输入的标准信号（温度、压力、差压）上限值。

## 9 校准结果的表达

校准完成后按照本规范给出校准结果，开具相应的校准报告。

不确定度评估方法见附录A。

## 10 校准时间间隔

流量计的校准时间间隔通常不应超过1年。复检时，应提供最近一次的校准报告及校准记录。

附 录 A  
(规范性)  
不确定度评定

### A.1 标准节流式流量计瞬时工况体积与质量流量不确定度计算

对于标准节流式流量计瞬时工况体积与质量流量的相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}(q_m)$ 与 $U_{\text{rel}}(q_v)$ 按式(A.1)计算

$$U_{\text{rel}}(q_m) = U_{\text{rel}}(q_v) = 2 \sqrt{u_{\text{rel}}^2(C) + u_{\text{rel}}^2(\varepsilon) + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u_{\text{rel}}^2(D) + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u_{\text{rel}}^2(d) + \frac{1}{4} u_{\text{rel}}^2(\rho_1) + \frac{1}{4} u_{\text{rel}}^2(\Delta p)} \quad (\text{A.1})$$

式中：

$u_{\text{rel}}(C)$ ——流出系数相对标准不确定度，对于经系数检定的按证书取值，对于几何检定的因节流件型式、 $\beta$ 及 $R_{\text{db}}$ 不同而略有差异，取值方法如下：

当上游和下游直管段长度大于等于GB/T 2624.2-2006表3、GB/T 2624.3-2006表3或GB/T 2624.4-2006表1中A栏规定的“零附加不确定度”的值时，流出系数的标准不确定度按下面给出的值取值；

标准孔板：当 $0.1 \leq \beta < 0.2$ 时为 $0.5(0.7 - \beta)\%$ ，当 $0.2 \leq \beta \leq 0.6$ 时为 $0.25\%$ ，当 $0.6 < \beta \leq 0.75$ 时为 $0.5(1.667\beta - 0.5)\%$ ；

当 $D < 71.12$ ，应附加 $0.45(0.75 - \beta)(2.8 - D/25.4)\%$ 的不确定度（ $D$ 取mm）；

当 $\beta > 0.5$ 且 $R_{\text{db}} < 10000$ 时，应附加 $0.25\%$ 的不确定度；

标准喷嘴：当 $0.3 \leq \beta < 0.6$ 时为 $0.4\%$ ，当 $0.6 \leq \beta \leq 0.8$ 时为 $0.5(2\beta - 0.4)\%$ ；

长径喷嘴：当 $0.2 \leq \beta \leq 0.8$ 时为 $1\%$ ；

“铸造”收缩段经典文丘里管： $0.35\%$ ；

机械加工收缩段经典文丘里管： $0.5\%$ ；

焊铁板收缩段经典文丘里管： $0.75\%$ ；

文丘里喷嘴： $0.5(1.2 + 1.5\beta^4)\%$ 。

当上游或下游直管段长度小于GB/T 2624.2-2006表3、GB/T 2624.3-2006表3或GB/T 2624.4-2006表1中A栏规定的“零附加不确定度”的值，而等于或大于B栏中规定的“ $0.5\%$ 附加不确定度”的值时，流出系数的标准不确定度应在上面给出值上算数相加 $0.25\%$ ；

$u_{\text{rel}}(\varepsilon)$ ——可膨胀性系数相对标准不确定度（仅气体有），因节流件型式不同而略有差异，取值方法如下：

标准孔板为 $1.75(\Delta P/P_1)\%$ ；

标准喷嘴、长径喷嘴为 $(\Delta P/P_1)\%$ ；

“铸造”收缩段经典文丘里管、机械加工收缩段经典文丘里管、粗焊铁板收缩段经典文丘里管、文丘里喷嘴为 $0.5(4+100\beta^8) (\Delta P/P_1)\%$ ；

注： $\Delta P$ 、 $P_1$ 应为相同单位。

$u_{rel}(D)$ ——测量管内径的相对标准不确定度，对于孔板、喷嘴其值为0.2%，对于文丘里管为0.28%

；

$u_{rel}(d)$ ——开孔直径的相对标准不确定度，对于孔板、喷嘴其值为0.035%，对于文丘里管为0.07%

；

$u_{rel}(\Delta P)$ ——差压测量相对标准不确定度，按A.1.1确定；

$u_{rel}(\rho_1)$ ——操作条件下被测介质密度测定相对标准不确定度，按A.1.2确定。

### A.1.1 差压测量不确定度计算

差压测量的相对标准不确定度 $u_{rel}(\Delta P)$ ，按式(A.2)计算。

$$u_{rel}(\Delta p) = \frac{u_c(\Delta P)}{\Delta P} \times 100\% \quad (\text{A.2})$$

式中：

$u_c(\Delta P)$ ——二次装置差压测量的合成标准不确定度，单位为帕斯卡（Pa），按式(A.3)或(A.4)计算；

$\Delta P$ ——测量的差压值，单位为帕斯卡（Pa）。

当对二次装置采用单项校准方法时，按式(A.3)计算二次装置差压测量的合成标准不确定度。

$$\begin{aligned} u_c(\Delta P) &= \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{U^2(\Delta P_a) + U^2(\Delta P_c)} \\ &= \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{(\xi_{\Delta P_a} \cdot \Delta P_k)^2 + (\xi_{\Delta P_c} \cdot \Delta P_k)^2} \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

式中：

$U(\Delta P_a)$ ——差压变送器差压测量的扩展不确定度，单位为帕斯卡（Pa）；

$U(\Delta P_c)$ ——流量积算单元差压通道转换的扩展不确定度，单位为帕斯卡（Pa）；

$\Delta P_k$ ——差压测量量程，单位为帕斯卡（Pa）；

$\xi_{\Delta P_a}$ ——变送器差压测量的准确度等级；

$\xi_{\Delta P_c}$ ——流量积算单元差压通道转换的准确度等级。

当对二次装置采用成套校准方法时，按式(A.4)计算差压测量的合成标准不确定度。

$$u_c(\Delta P) = \frac{1}{\sqrt{3}} (\xi_{\Delta P} \cdot \Delta P_k) \quad (\text{A.4})$$

式中：

$\xi_{\Delta P}$ ——二次装置差压测量的准确度等级。

### A.1.2 操作条件下密度测定不确定度计算

操作条件下的密度可以用密度计安装于计量点上在线实测,也可以根据相应平面处的静压、温度等特性资料进行计算。用密度计安装于计量点上在线实测时,密度测量的相对标准不确定度取决于密度计的精度等级;根据相应平面处的静压、温度等特性资料进行计算时,密度测量的相对标准不确定度按下面规定的方法计算。

对于气体,相对标准不确定度按式(A.5)计算。

$$u_{\text{rel}}(\rho_1) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(M) + u_{\text{rel}}^2(Z_1) + u_{\text{rel}}^2(p_1) + u_{\text{rel}}^2(T_1)} \quad (\text{A.5})$$

式中:

$u_{\text{rel}}(M)$ ——被测介质摩尔质量测定相对标准不确定度,可取值0.15%;

$u_{\text{rel}}(Z_1)$ ——被测介质压缩因子测定相对标准不确定度,对于天然气可取值0.05%,对于其他气体可取值0.1%;

$u_{\text{rel}}(T_1)$ ——被测介质操作条件下热力学温度测量相对标准不确定度,按A.1.3确定;

$u_{\text{rel}}(p_1)$ ——被测介质操作条件下上游侧取压孔绝对压力测量相对标准不确定度,按A.1.4确定。

对于蒸汽,相对标准不确定度按式(A.6)计算。

$$u_r(\rho_1) = \frac{u(\rho_1)}{\rho_1} = \frac{\sqrt{u^2(\rho_p) + u^2(\rho_t) + u^2(\rho_F)}}{\rho_1} \quad (\text{A.6})$$

式中:

$u(\rho_1)$ ——密度 $\rho$ 的标准不确定度;

$\rho_1$ ——密度,用测量温度与压力按APWS-IF97公式计算;

$u(\rho_p)$ ——压力测量确定度引入的密度标准不确定度分量,按A.1.2.2确定;

$u(\rho_t)$ ——温度测量确定度引入的密度标准不确定度分量,按A.1.2.1确定;

$u(\rho_F)$ ——过热蒸汽密度计算公式不确定度引入的密度标准不确定度分量,按A.1.2.3确定

#### A.1.2.1 温度测量确定度引入的密度标准不确定度分量

第一步:按A.1.3计算温度测量的合成标准不确定度 $u_c(t_1)$ ;

第二步:根据测量压力及测量温度 $t_1$ 与温度测量的合成标准不确定度之差 $t_1 - u_c(t_1)$ ,按IAPWS-IF97公式计算蒸汽密度 $\rho(t_1 - u_c(t_1), p_1)$ ;

第三步:根据测量压力及测量温度 $t_1$ 与温度测量的合成标准不确定度之和 $t_1 + u_c(t_1)$ ,按IAPWS-IF97公式计算蒸汽密度 $\rho(t_1 + u_c(t_1), p_1)$ ;

第四步:分别计算 $\rho(t_1 - u_c(t_1), p_1)$ 、 $\rho(t_1 + u_c(t_1), p_1)$ 中与 $\rho(t_1, p_1)$ 差值,以二个差值中绝对值大的作为温度测量确定度引入的密度标准不确定度分量 $u(\rho_1)$ 。

#### A.1.2.2 压力测量确定度引入的密度标准不确定度分量

第一步：按A.1.4计算压力测量的合成标准不确定度 $u_c(p_1)$ ；

第二步：根据测量温度 $t_1$ 及测量压力 $p_1$ ，按IAPWS-IF97公式计算密度 $\rho(t_1, p_1)$ ；

第三步：根据测量温度 $t_1$ 及测量压力与压力测量的合成标准不确定度之差 $p_1 - u_c(p_1)$ ，按IAPWS-IF97公式计算密度 $\rho(t_1, p_1 - u_c(p_1))$ ；

第四步：根据测量温度 $t_1$ 及测量压力与压力测量的合成标准不确定度之和 $p_1 + u_c(p_1)$ ，按IAPWS-IF97公式计算密度 $\rho(t_1, p_1 + u_c(p_1))$ ；

第五步：分别计算 $\rho(t_1, p_1 - u_c(p_1))$ 、 $\rho(t_1, p_1 + u_c(p_1))$ 中与 $\rho(t_1, p_1)$ 差值，以二个差值中绝对值大的作为压力测量确定度引入的密度标准不确定度分量 $u(\rho_p)$ 。

#### A.1.2.3 蒸汽密度计算公式不确定度引入的密度标准不确定度分量

蒸汽密度计算公式不确定度引入的密度标准不确定度分量 $u(\rho_F)$ ，按式（A.7）计算。

$$u(\rho_F) = \rho_1 u_{\text{rel}}(\rho_F) \quad (\text{A.7})$$

式中：

$u_{\text{rel}}(\rho_F)$ ——蒸汽密度计算方法的标准相对不确定度，当按GB/T 34060-2017中4.2规定的方法计算密度时取值0.05%。

#### A.1.3 操作条件下温度测量不确定度计算

温度测量的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(T_1)$ ，按式（A.8）计算。

$$u_{\text{rel}}(T_1) = \frac{u_c(t_1)}{T_1} \times 100\% \quad (\text{A.8})$$

式中：

$u_c(t_1)$ ——二次装置温度测量合成标准不确定度，单位为摄氏温度（℃），按式（A.9）或（A.10）计算；

$T_1$ ——测量的热力学温度值，单位为开尔文（K）。

$$\begin{aligned} u_c(t_1) &= \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{U^2(t_a) + U^2(t_b) + U^2(t_c)} \\ &= \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{(\xi_{ta} \cdot \Delta t)^2 + (E(t_b) + \lambda t_1)^2 + (\xi_{tc} \cdot \Delta t)^2} \end{aligned} \quad (\text{A.9})$$

式中：

$U(t_a)$ ——温度变送器测量扩展不确定度，单位为摄氏温度（℃）；

$U(t_b)$ ——电阻准确度等级对应的扩展不确定度，单位为摄氏温度（℃）；

$U(t_c)$ ——流量积算单元温度转换通道准确度等级对应的扩展不确定度，单位为摄氏温度（℃）；

$\xi_{ta}$ ——温度变送器检定证书或说明书中的准确度等级或误差；

$\Delta t$ ——温度测量量程，单位为摄氏温度（℃）；

$E(t_b)$ ——电阻准确度等级对应的扩展不确定度，列于表A.1，单位为摄氏温度（℃）；

- $t_1$ ——测量温度，单位为摄氏温度（℃）；  
 $\lambda$ ——铂电阻允差等级对应的允差系数，列于表A.1；  
 $\xi_{tc}$ ——流量积算单元温度通道转换的准确度等级。

表 A.1 铂电阻基本允差和允差系数

允差等级	$E(t_b), ^\circ\text{C}$	$\lambda$	允差等级	$E(t_b), ^\circ\text{C}$	$\lambda$
AA	0.100	0.0017	B	0.300	0.0050
A	0.150	0.0020	C	0.600	0.0100

当对二次装置采用成套校准方法时，按式（A.10）计算温度测量的合成标准不确定度。

$$u_c(t_1) = \frac{1}{\sqrt{3}}(\xi_t \cdot \Delta t) \quad (\text{A.10})$$

式中：

$\xi_t$ ——二次装置温度测量的准确度等级。

#### A.1.4 压力测量不确定度计算

压力测量的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(P_1)$ ，按式（A.11）计算。

$$u_{\text{rel}}(p_1) = \frac{u_c(p_1)}{p_1} \times 100\% \quad (\text{A.11})$$

式中：

$u_c(P_1)$ ——二次装置压力测量的合成标准不确定度，单位为帕斯卡(Pa)，按式（A.12）或（A.13）

计算：

$P_1$ ——测量的压力值，单位为帕斯卡（Pa）。

当对二次装置采用单项校准方法时，按式（A.11）计算压力测量的合成标准不确定度。

$$\begin{aligned} u_c(p_1) &= \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{U^2(p_{1a}) + U^2(p_{1c})} \\ &= \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{(\xi_{pa} \cdot p_k)^2 + (\xi_{pc} \cdot p_k)^2} \end{aligned} \quad (\text{A.12})$$

式中：

$U(P_{1a})$ ——压力变送器压力测量的扩展不确定度，单位为帕斯卡（Pa）；

$U(P_{1c})$ ——流量积算单元压力通道转换的扩展不确定度，单位为帕斯卡（Pa）；

$P_k$ ——压力测量量程，单位为帕斯卡（Pa）；

$\xi_{pa}$ ——变送器压力测量的准确度等级；

$\xi_{pc}$ ——流量积算单元压力通道转换的准确度等级。

当对二次装置采用成套校准方法时，按式（A.13）计算压力测量的合成标准不确定度。

$$u_c(p_1) = \frac{1}{\sqrt{3}} (\xi_p \cdot p_k) \quad (\text{A. 13})$$

式中：

$\xi_p$ ——二次装置压力测量的准确度等级。

## A.2 标准节流式流量计瞬时标准参比条件体积流量不确定度的计算

标准参比条件下的体积流量相对扩展不确定度  $U_{\text{rel}}(q_{\text{vn}})$ ，按下式计算。

$$U_{\text{rel}}(q_{\text{vn}}) = \sqrt{U_{\text{rel}}^2(q_{\text{m}}) + 4u_{\text{rel}}^2(\rho_{\text{n}})} \quad (\text{A. 14})$$

式中：

$u_{\text{rel}}(\rho_{\text{n}})$ ——标准参比条件下气体的密度测定相对标准不确定度，取值0.15%。

附 录 B  
(规范性)  
校准记录格式

## B.1 流量计系统配置清单

安装位置	温度变送器型号 /编号/精度等级	高量程差压变送器型号 /编号/精度等级	二次表型号 /编号/精度等级
节流装置编号	压力变送器型号 /编号/精度等级	低量程差压变送器型号 /编号/精度等级	备注信息

## B.2 流量计参数设置清单

节流件型式	介质类型	流量计算方法/标准	物性值计算方法/标准	标定系数	组分
节流件材质	管道材质	压力量程 (MPa)	相对湿度状态	相对湿度 (%)	
节流件开孔径 (mm)	管道内径 (mm)	温度量程 (°C)	差压量程 (Pa)	当地大气压 (MPa)	
瞬时流量 单位	实际工作 温度范围 (°C)	实际工作 压力范围 (MPa)	实际 最大流量	实际 常用流量	实际 最小流量
设计压力(绝) (MPa)	设计温度 (°C)	设计差压测量 上限(Pa)	设计 最大流量	设计 常用流量	设计 最小流量
参数调整 记录					

## B.3 一次装置校准与核验

## B.3.1 节流装置现场校准记录

证书编号	出证时间	出证单位	节流件型式	开孔径 mm	孔径比	流出系数	线性度/ 不确定度(%)

B.3.2 相关技术文件核验记录

证书有效性 核验	证书参数 核验	计算书量程 核验	差压量程 核验	温度量程 核验	压力量程 核验	其他参数 核验

注：按8.1.2的要求填写

B.3.3 安装使用条件核验记录

一次装置的安装方式，目 测与管道是否同心	节流装置的前 后直管段长度	差压管路的引出与敷设方式， 是否会影响差压测量	取压阀、平衡阀能否正 常开关，有无内漏

B.4 二次装置校准记录

B.4.1 单项校准方法

B.4.1.1 压力变送器校准记录

型号 规格		出厂 编号		生产 厂家		测量 范围		最大允 许误差	
$p_s(\text{kPa})$	$I_s(\text{mA})$	$I_m(\text{mA})$		误差(mA)		回差(mA)			
		上行程	下行程						

B.4.1.2 差压变送器校准记录

型号 规格		出厂 编号		生产 厂家		测量 范围		最大 允许 误差	
$p_s(\text{kPa})$	$I_s(\text{mA})$	$I_m(\text{mA})$		误差(mA)		回差(mA)			
		上行程	下行程						

B.4.1.3 温度变送器（带温度传感器/不带温度传感器）校准记录

型号规格		出厂编号		生产厂家		测量范围		最大允许误差	
序号	$t_{si}$ (°C)	$t_s$ (°C)/ $\Omega$ /mV	$I_s$ (mA)	$I_{ni}$ (mA)	$I_m$ (mA)	误差 (mA)	$U$ (mA)		
1									
2									
3									
4									
5									

B. 4. 1. 4 流量积算单元校准

B. 4. 1. 4. 1 流量积算单元—瞬时流量校准记录

差压信号 ( mA )	温度信号 ( mA/ $\Omega$ )	压力信号 ( mA )	理论值 ( )	仪表显示值 ( )	误差 (%)

B. 4. 1. 4. 2 流量积算单元—补偿参量校准记录

试验点		零点	0.25A <sub>max</sub>	0.5A <sub>max</sub>	0.75A <sub>max</sub>	A <sub>max</sub>
温度通道	理论计算值(°C)					
	实测值(°C)					
	误差 (%)					
压力通道	理论计算值(Pa)					
	实测值(Pa)					
	误差 (%)					
差压通道	理论计算值(Pa)					
	实测值(Pa)					
	误差 (%)					

B. 4. 2 成套校准方法

B. 4. 2. 1 瞬时流量校准记录

差压信号 ( Pa )	温度信号 ( °C )	压力信号 ( MPa )	标准值 ( )	仪表显示值 ( )	误差 (%)

B. 4. 4. 2 补偿参量校准记录

校准点		零点	$0.25A_{\max}$	$0.5A_{\max}$	$0.75A_{\max}$	$A_{\max}$
温度 测量	标准信号值(°C)					
	实测值(°C)					
	误差 (%)					
压力 测量	标准信号值(Pa)					
	实测值(Pa)					
	误差 (%)					
差压 测量	标准信号值(Pa)					
	实测值(Pa)					
	误差 (%)					

附录 C  
(规范性)  
不确校准报告内页信息及格式

## C.1 流量计系统配置清单

安装位置	温度变送器型号 /编号/精度等级	高量程差压变送器型号 /编号/精度等级	二次表型号 /编号/精度等级
节流装置编号	压力变送器型号 /编号/精度等级	低量程差压变送器型号 /编号/精度等级	备注信息

## C.2 流量计参数设置清单

节流件型式	介质类型	流量计算方法/标准	物性值计算方法/标准	标定系数	组分
节流件材质	管道材质	压力量程 (MPa)	相对湿度状态	相对湿度 (%)	
节流件开孔径 (mm)	管道内径 (mm)	温度量程 (°C)	差压量程 (Pa)	当地大气压 (MPa)	
瞬时流量单位	实际工作 温度范围(°C)	实际工作 压力范围 (MPa)	实际最大流量	实际常用流量	实际最小流量
设计压力(绝) (MPa)	设计温度 (°C)	设计差压测量 上限(Pa)	设计最大流量	设计常用流量	设计最小流量
参数调整记录					

## C.3 校准结果

## C.3.1 一次装置

1) 具有有效的几何检测法证书, 现场核查安装符合本规范6.3规定的要求。一次装置可依据JJG 640-2016《差压式流量计》附录B确定流出系数, 并可依据JJG 640-2016《差压式流量计》5.1条评估标准节流件引入的标准不确定度分量。

2) 具有有效的系数检测法证书, 现场核查安装符合本规范6.3规定的要求。一次装置可依据证书的结果评估标准节流件引入的标准不确定度分量及计算流出系数。

3) 参照JJG 640-2016《差压式流量计》7.1条对节流装置进行现场校准, 现场核查安装符合本规范6.3规定的要求。一次装置可依据JJG 640-2016《差压式流量计》附录B确定流出系数, 并可依据JJG 640-2016《差压式流量计》5.1条评估标准节流件引入的标准不确定度分量。

注: 根据实际情况选择一个填写。

### C.3.2 二次装置

#### C.3.2.1 单项校准法

- 1) 温度变送器最大误差为mA;
- 2) 压力变送器最大误差为mA;
- 3) 差压变送器最大误差为mA;
- 4) 流量积算单元温度转换通道最大的引入误差为%;
- 5) 流量积算单元压力转换通道最大的引入误差为%;
- 6) 流量积算单元差压转换通道最大的引入误差为%;
- 7) 流量积算单元瞬时流量最大相对误差为%。

#### C.3.2.2 成套校准法

- 1) 温度测量最大的引入误差为%;
- 2) 压力测量最大的引入误差为%;
- 3) 差压测量最大的引入误差为%;
- 4) 瞬时流量最大相对误差为%。

#### C.3.3 节流式流量计瞬时流量的系统不确定度%。

附录 D  
(规范性)

不节流装置在使用中出现部分偏离标准规定的处理

D.1 说明

节流装置的制造和安装应符合GB/T 2624的规定才能投入使用。但由于节流件结构形式不同，在使用过程中的冲刷、磨损也不相同。经研究表明，特别是对孔板直角入口边缘和测量管内壁的冲刷腐蚀尤为严重，这将影响到孔板直角入口边缘圆弧半径 $r_k$ 和测量管内表面粗糙度算术平均偏差 $R_a$ 的标准规定，流出系数 $C$ 将发生变化，流量测量不确定度超过估算值。为了避免这种超差，推荐更换新孔板和新测量管，若要继续使用可求出 $r_k$ 和粗糙度算术平均偏差 $R_a$ ，对流出系数 $C$ 修正后再使用。修正方法为：将原流出系数 $C$ 乘上孔板尖锐度系数 $b_k$ 或粗糙度系数 $\gamma_{Re}$ 或者同时乘这两个系数（若两项均出现偏离），即

:

$$C' = C \times \gamma_{Re} \times b_k \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

$C'$ —修正后的流出系数；

$C$ —标准流出系数；

$\gamma_{Re}$ —管道粗糙度修正系数；

$b_k$ —孔板开孔入口边缘尖锐度修正系数。

D.2 孔板开孔直角入口边缘尖锐度受磨蚀的处理

孔板使用一段时间后，应对孔板进行全面检查，特别是开孔直角入口边缘的尖锐度。若发现肉眼可见的划痕、冲蚀和撞擦伤等缺陷，建议更换新孔板。假如暂时无新孔板更换，应对原孔板开孔直角入口边缘采用铸模法或铅箔压印法或测量仪进行实测，符合GB/T 21446-2008中6.1.6.1和6.1.6.2规定时，不必修正。当 $r_k/d > 0.0004$ 时，应对原流出系数 $C$ 进行修正，修正系数 $b_k$ 按表D.1查取。

当 $b_k$ 不等于1时，应对流出系数不确定度几何相加一个如下的附加不确定度：

a) 当 $r_k$ 的单测值与平均值比较，最大偏差在 $\pm 20\%$ 以内时，则附加不确定度为：

$$\frac{\delta b_k}{b_k} = 0.5\% \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

b) 当 $b_k$ 的单测值与平均值比较，最大偏差超过上述范围时，则附加不确定度按下式计算，但不得小于0.5%：

$$\frac{\delta b_k}{b_k} = 0.5(b_k - 1) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (D.3)$$

表 D.1  $b_k$  与  $r_k/d$  的关系

$r_k/d$	$\leq 0.0004$	0.001	0.002	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012	0.014	0.015
$b_k$	1	1.005	1.012	1.022	1.032	1.040	1.048	1.055	1.062	1.065
注：对现场使用中的孔板除实测 $r_k$ 外，也可以按 $\gamma_k = 0.165(1 - e^{-\frac{t}{3}}) + 0.03$ 近似计算，其中 $t$ 为使用年限。										