

天津市地方计量技术规范

JJF(津) 3041—2025

燃气表检定装置校准规范

Calibration Specification

for Gas Meters Verification Equipment

2025-09-29 发布

2025-11-01 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

燃气表检定装置 校准规范

Calibration Specification for
Gas Meter Verification Equipment

JJF(津) 3041—2025

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

河北省计量监督检测研究院

北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：天津市东丽区计量检定所

天津市红桥区计量检定所

杭州天马计量科技有限公司

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

赵 轶（天津市计量监督检测科学研究院）

施 鑫（天津市计量监督检测科学研究院）

经亚纯（河北省计量监督检测研究院）

滕梓洁（北京市计量检测科学研究院）

参加起草人：

杨家润（天津市东丽区计量检定所）

田俊秀（天津市红桥区计量检定所）

马小平（杭州天马计量科技有限公司）

目 录

引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	1
3.1 术语和定义	1
3.2 计量单位	2
4 概述	3
4.1 工作原理	3
4.2 用途	3
4.3 结构	3
5 计量特性	4
5.1 燃气表密封性检测设备	4
5.2 燃气表压力损失检测设备	4
5.3 燃气表示值误差检测设备	5
6 校准条件	5
6.1 环境条件	5
6.2 工作介质条件	6
6.3 校准用标准器	6
7 校准项目和校准方法	6
7.1 校准项目	6
7.2 校准方法	6
8 校准结果的表达	11
9 复校时间间隔	11
附录 A 燃气表示值误差检测设备不确定度评定实例	12
附录 B 燃气表检定装置校准记录（参考）格式	17
附录 C 燃气表检定装置校准证书内页（参考）格式	21

引 言

JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1071《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》共同构成支撑本规范制定工作的基础性文件。

本规范参照 JJG 165《钟罩式气体流量标准装置》、JJG 643《标准表法流量标准装置》、JJF 1240《临界流文丘里喷嘴法气体流量标准装置校准规范》、JJF 1586《主动活塞式流量标准装置校准规范》，并结合我国燃气表检定装置的特点及行业现状编制而成。

本规范作为京津冀共建规范，为首次发布。

燃气表检定装置校准规范

1 范围

本规范适用于燃气表检定装置的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 165 钟罩式气体流量标准装置

JJG 577 膜式燃气表

JJG 620 临界流文丘里喷嘴

JJG 1190 超声波燃气表

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1004 流量计量名词术语及定义

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JJF 1357 湿式气体流量计校准规范

JJF 1586 主动活塞式流量标准装置校准规范

JJF 1984 电子测量仪器内石英晶体振荡器校准规范

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

3 术语和计量单位

3.1 术语和定义

JJF 1001、JJF 1004 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1 燃气表 gas meter

用于连续测量并记录燃气体积流量的计量仪表，常用的有膜式燃气表、超声波燃气表、热式燃气表。

3.1.2 燃气表检定装置 gas meter verification device

用于对燃气表的计量性能、密封性、压力损失等项目开展计量检测的设备。

3.1.3 燃气表示值误差检测设备 gas meter indication error verification device

用于检测燃气表的示值误差并判定是否符合要求的计量设备。

3.1.4 工况流量检定 flow rate verification under operating conditions

对于显示工况流量的燃气表，将标准设备实测值换算至被检表状态下（即燃气表实际工作温度、压力条件下），并计算燃气表工况流量示值误差的检定模式即为工况流量检定。

3.1.5 标况流量检定 flow rate verification under standard conditions

对于显示标况流量的燃气表，将标准设备实测值换算至标准温度压力状态下（即20℃、101325Pa），并计算燃气表标况流量示值误差的检定模式即为标况流量检定。

3.1.6 累积流量法 cumulative volume measurement method

对一段时间内燃气表的累积体积与参比标准器的量值进行比对，以确定其示值误差的一种试验方法。

3.1.7 瞬时流量法 instantaneous volume flow rate measurement method

对一段时间内燃气表的瞬时流量与参比标准器的量值进行比对，以确定其示值误差的一种试验方法。

3.1.8 燃气表压力损失检测设备 gas meter pressure loss verification device

用于测量燃气表压力损失的计量设备。

3.1.9 燃气表密封性检测设备 gas meter tightness verification device

通过压降法或等效方法，检测燃气表在规定试验条件下是否泄漏的设备。

3.1.10 测量回路联校 joint calibration of measurement loop

将传感器、数据采集模块及其配套显示单元或指示仪表等作为一个完整的仪表回路进行整体校准的方法，称为测量回路联校。

3.2 计量单位

所有计量单位都应采用国家法定计量单位来表示，主要量及其计量单位符合表1的规定。

表1 计量单位

量的名称	单位名称	单位符号
体积	立方米或升	m ³ 、L
流量	立方米每小时	m ³ /h
压力	帕（斯卡）或千帕	Pa、kPa
温度	摄氏度或开尔文	℃、K
时间	小时或秒	h、s

4 概述

4.1 工作原理

燃气表检定装置可以输出稳定的气体流量或保持恒定的气体压力，通过数据采集系统结合修正算法，对燃气表的示值误差、密封性和压力损失进行系统性检测。

燃气表示值误差检测设备将采集的被检表流量与参比标准器的量值进行比对，以确定被检表示值误差。示值误差检测设备通常配备温度、压力、时间、脉冲等自动采集系统和数据处理系统，可以输出瞬时流量、累积流量、工况流量、标况流量中的一种或多种。

燃气表密封性检测设备将压缩空气充至待检表中并待压力平衡后，利用压力变送器测量被检表内压力的变化情况来判断燃气表的密封性性能。根据装置测量原理分为直接法和间接法，如图 1 所示。

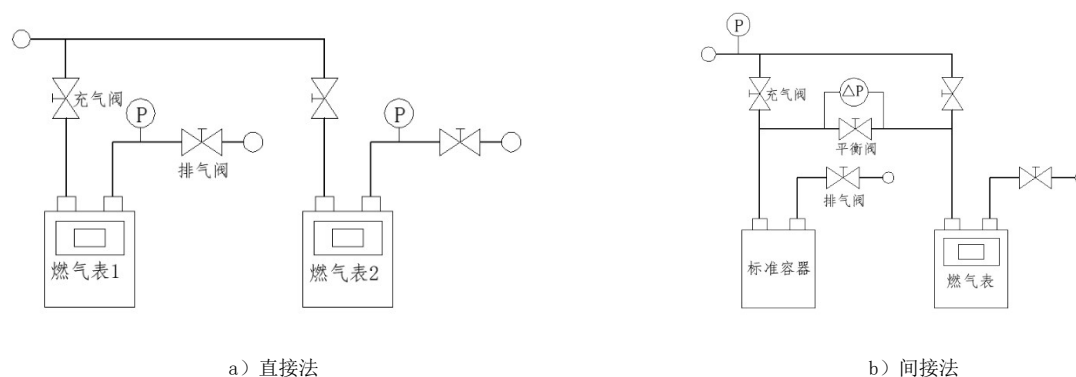


图 1 燃气表密封性检测设备示意图

燃气表压力损失检测设备是利用差压变送器测量燃气表在最大流量运行时进气口和出气口之间的压力差，用以判断燃气表压损是否符合要求。

注：本规范对配套温度、压力测量设备不局限于以上描述，亦可采用其他等效的温度或压力测量设备。

4.2 用途

燃气表检定装置用于对燃气表示值误差、压力损失、密封性等项目的检测。

4.3 结构

燃气表检定装置一般由示值误差检测设备、密封性检测设备、压力损失检测设备三部分组成。其根据结构形式可分为整体式和分体式两类装置。整体式燃气表检定装置指采用一体化集成设计的检测系统，通过统一的气路控制、数据采集和标准器配置，能够在同一个检测平台上完成燃气表的示值误差、压力损失和密封性三项核心参数的检测，如图 2 所示；分体式燃气表检定装置由分别独立的示值误差检测设备（含压力

燃气表密封性检测设备包括：压缩气源、压力变送器、测控系统等。其中试验气路包括充气阀、平衡阀、排气阀等系列阀门。其他等效设备根据原理组成各不相同。

燃气表压力损失检测设备包括：稳定气源、流量调节装置、差压变送器等。

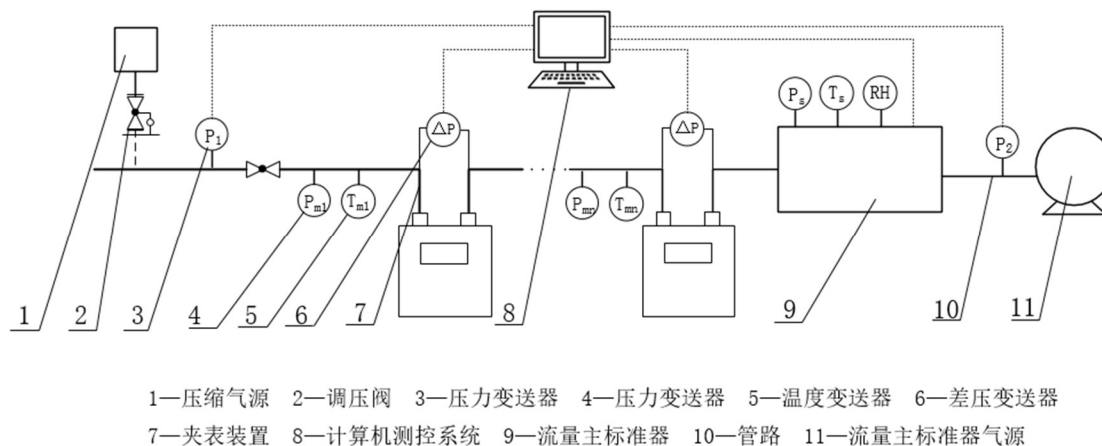


图 2 典型燃气表检定装置示意图

5 计量特性

5.1 燃气表密封性检测设备

5.1.1 压力测量仪表

燃气表密封性检测设备所用压力测量仪表的技术要求详见表 2。

表2 密封性检测设备压力测量仪表技术要求

类型	建议范围	参数要求	测量方式
压力测量仪表	(0~100) kPa	准确度等级不低于0.5级, 分辨力≤10Pa	直接法
	(0~100) kPa	准确度等级不低于0.5级, 分辨力≤10Pa	间接法
差压测量仪表	(-500~+500) Pa	准确度等级不低于0.5级, 分辨力≤1Pa	

5.1.2 设备的压力波动

设备在 3min 内的压力波动应不大于 10Pa。

5.2 燃气表压力损失检测设备

燃气表压力损失检测设备所用压力测量仪表的技术要求详见表 3。

表3 压力损失检测设备压力测量仪表技术要求

类型	建议范围	参数要求
差压测量仪表	$(-1000 \sim +1000)$ Pa	准确度等级不低于 0.5 级, 分辨力 ≤ 1 Pa

5.3 燃气表示值误差检测设备

5.3.1 测量不确定度

示值误差检测设备的扩展不确定度应满足 $U_r \leq 0.5\%$ ($k=2$)。

(1) 流量主标准器

一般分为钟罩式、活塞式、临界流文丘里喷嘴、湿式气体流量计等, 其技术要求应满足相应的技术规范。

(2) 配套设备

燃气表示值误差检测设备的配套设备一般有温度变送器、压力变送器(绝压)、差压变送器、湿度计、计时器等, 其技术要求分别详见表 4。

表4 流量示值误差检测设备配套设备技术要求

设备类型	一般技术要求	用途
温度变送器	测量范围覆盖 $(15 \sim 25)$ $^{\circ}\text{C}$; 分辨力不低于 0.1°C ; MPE: $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$	测量燃气表气温和标准设备液体和气体温度、环境温度等
压力变送器 (绝压)	测量范围覆盖 $(10 \sim 106)$ kPa; 不低于 0.1 级	测量大气压、标准器处、被检表压力
差压变送器	测量范围覆盖 $(-5 \sim 5)$ kPa; 不低于 0.1 级	测量表前压和标准设备处的压力 (需与绝压搭配使用)
湿度计	相对湿度测量范围 $10\% \sim 100\%$, MPE: $\pm 10\% \text{RH}$	测量环境湿度
计时器	测量范围覆盖 $(30 \sim 1800)$ s; 晶振相对频率偏差: $\pm 1 \times 10^{-5}$	计时用; 配套设备如采用秒表, MPE: $\pm 0.10 \text{ s/h}$, 且不确定度不可忽略

5.3.2 量值偏差

采用稳定性好的标准表, 以传递比较法或比对的方式对被校燃气表示值误差检测设备不同工位的流量量值进行验证, 确认各工位的量值偏差均不大于 0.3% 且各工位量值偏差之差应不大于 0.3% , 验证结果的合理性。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度: (20 ± 5) $^{\circ}\text{C}$;

大气压力: $(86 \sim 106)$ kPa;

相对湿度：30%~85%

6.2 工作介质条件

洁净空气。

6.3 校准用标准器

校准燃气表检定装置流量的上一级流量标准装置的准确度等级（扩展不确定度）应不大于被校燃气表检定装置扩展不确定度的 1/3。

校准燃气表检定装置温度的温度标准器的不确定度应不大于被校温度变送器最大允许误差绝对值的 1/3。

校准燃气表检定装置压力的压力标准器的不确定度应不大于被校压力变送器最大允许误差绝对值的 1/3。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

燃气表示值误差检测设备。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

7.2.1.1 外观检查

用目测的方式查看装置的铭牌及标识，所有标记都应清晰持久可辨。铭牌应至少标识以下信息：制造商名称、产品名称、型号规格、出厂编号、制造日期、准确度等级（或者不确定度）、测量范围等。

系统软件参数设置、计算方法应符合有关规范或标准的要求，系统软件对检定燃气表密封性、压力损失、示值误差的配套设备应具有修正功能，应按周期更新溯源信息。修正功能应通过管理员权限方可进入。

7.2.1.2 资料审查

应检查燃气表示值误差、密封性、压力损失检测用的主标准器及配套设备的溯源证书，判断计量设备溯源的有效性和合理性。

7.2.2 燃气表密封性检测设备功能性检查

7.2.2.1 压力变送器检查

为达到热平衡，检定设备和被检变送器需在检定条件下放置 2h，有调零装置的在通大气的条件下可将初始示值调到零。

压力变送器采用测量回路联校的校准方法进行检查，压力变送器选择常用压力点 35kPa、75kPa 进行校准，差压变送器选择常用压力点 -20Pa、10Pa、0Pa、10Pa、20Pa 进行校准，或者根据设备特性和客户需求选择校准压力点，单点校准循环次数为 1 次。压力变送器校准连接示意图具体见图 3。

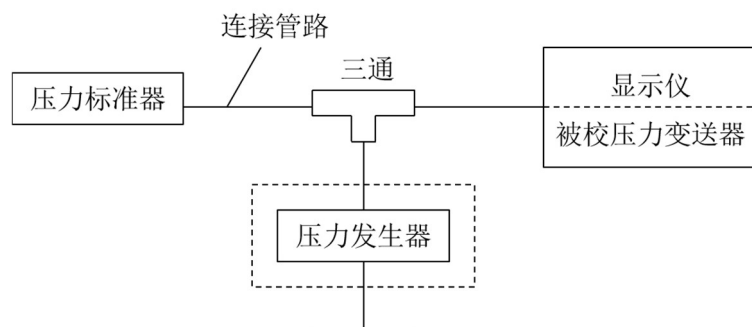


图 3 压力变送器校准连接示意图

压力变送器示值误差按式 (1) 计算。

$$\Delta p = p_R - p_S \quad (1)$$

式中：

Δp ——压力变送器各校准点示值误差，Pa 或 kPa；

p_R ——压力变送器各校准点正、反行程示值，Pa 或 kPa；

p_S ——标准器各校准点的标准示值，Pa 或 kPa；

7.2.2.2 设备稳定性检查

用口径一致的 U 型管段替代被检燃气表安装在各个工位上，确保 U 型管段无泄漏并打压，打压完毕后稳定一段时间（不低于 3min）。稳定时间到达后每隔 30s 记录压力示值，3min 内共记录 7 次，取其最大差值为单次测量的稳定性，每点至少检测 3 遍，取 3 遍单次测量的最大差值为该压力点的稳定性。测量压力点建议选择在最小压力 35kPa 和最大压力 75kPa，也可根据设备特性或用户需求调整压力校准点，所有工位在不同压力点下的最大变化量作为设备的压力波动。

7.2.3 燃气表压力损失检测设备功能性检查

差压变送器采用测量回路联校的方法进行检查，根据设备检定燃气表的规格，优先选择常用差压值进行校准，或者根据设备特性和客户需求进行校准，校准过程参照 7.2.2.1 进行。

7.2.4 燃气表示值误差检测设备

7.2.4.1 流量范围核查

设备的流量范围应满足开展相应燃气表规格检定的要求，针对固定流量点的检定设备，应核查是否覆盖待检表型的所有检定点，流量点调节误差不超过±5%。

7.2.4.2 设备功能检查

核查设备累积流量法、瞬时流量法检定方法的完备性；

检查设备工况流量检定、标况流量检定模式的完备性。

7.2.4.3 流量主标准器校准

依据相关规程分别对主标准器进行溯源，确保具备有效的检定证书或校准证书。

7.2.4.4 配套设备校准

依据相关规程分别对配套设备进行溯源，采用测量回路联校的方式溯源。

压力变送器校准过程参照 7.2.2.1 进行。

温度变送器在进行测量误差校准前与测量标准同时放置于校准环境中，应保持足够长的时间(通常不少于 1h)。校准点的选择应按测量范围均匀分布，一般应包括 15℃、20℃、25℃三个常用温度点。也可按用户要求选择校准点。

变送器测量误差的校准在正行程上进行，即从变送器温度范围的下限开始，自下而上逐点进行测量，直至上限。读数时，应按标准→被校 1→被校 2……被校 n→被校 n……被校 2→被校 1→标准的顺序分别读取标准温度计的示值和变送器的输出值(模拟或数字)，共读取两个循环 4 次数。

温度变送器示值误差按式 (2) 计算。

$$\Delta_T = \bar{T} - T_S \quad (2)$$

式中：

Δ_T ——温度变送器各校准点的示值误差，℃；

$\bar{T}$ ——温度变送器输出温度量值的平均值，℃；

T_S ——标准温度计测得的平均温度值，℃；

时间间隔采用测量回路联校的方式溯源，选择 30s、300s、1800s 常用时间间隔进行校准。每个被校点测量 3 次，取其算术平均值作为该点的测量结果，并记录有效分辨率，按式 (3) 计算测量误差：

$$\Delta t = \bar{t} - t_0 \quad (3)$$

式中：

Δt ——时间间隔测量误差，s；

$\bar{t}$ ——时间间隔测量结果, s;

t_0 ——时间间隔标准值, s。

7.2.4.5 设备整体密封性检测

在设备工作状态下, 启动被校设备, 关闭设备出口阀门 (正压法) 或入口阀门 (负压法), 使测量管路内气压达到检定工作压力, 关闭设备前后的相关阀门使测量管路形成密闭容器, 保持 5min, 设备绝对压力与绝对温度的比值变化率应不超过 0.1%。在工作压力下, 设备各部件的连接处应无泄漏。

7.2.4.6 设备流量参数不确定度评定

检定过程需将标准器处的累积流量 (或瞬时流量) 换算至被检表处状态下, 标准器累积体积 Q_{ref} (或瞬时流量 q_{ref}) 的不确定度评定按式 (4) 计算:

$$u_r(Q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(V_S)^2 + u_r(K)^2 + u_r(T)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p)^2 + u_r(p_m)^2 + u_r(t)^2} \quad \text{或}$$

$$u_r(q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(q_S)^2 + u_r(K)^2 + u_r(T)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p)^2 + u_r(p_m)^2 + u_r(t)^2} \quad (4)$$

式中:

$u_r(Q_{\text{ref}})$ ——设备累积流量的合成标准不确定度;

$u_r(q_{\text{ref}})$ ——设备瞬时流量的合成标准不确定度;

$u_r(V_S)$ ——主标准器标准容积的相对标准不确定度;

$u_r(q_S)$ ——主标准器瞬时流量的相对标准不确定度;

$u_r(K)$ ——脉冲当量的相对标准不确定度, 仅限具备控制系统设备考虑;

$u_r(T)$ ——主标准器温度测量引起的相对标准不确定度;

$u_r(T_m)$ ——被检表处温度测量引起的相对标准不确定度;

$u_r(p)$ ——主标准器压力测量引起的相对标准不确定度;

$u_r(p_m)$ ——被检表处压力测量引起的相对标准不确定度;

$u_r(t)$ ——时间间隔测量引起的相对标准不确定度。

注: 1、不确定度评定根据实际情况允许增加或减少不确定度分量;

2、被检表标况显示时, 温度和压力取值 20℃ 和 101325Pa, $u_r(T_m)$ 和 $u_r(p_m)$ 可忽略。

当主标准器为钟罩时:

$$u_r(Q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(Q_S)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p_m)^2} \quad \text{或}$$

$$u_r(q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(q_S)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p_m)^2}$$

$u_r(Q_S)$ ——钟罩累积流量的合成标准不确定度, 取钟罩溯源证书中的 $u_r(Q)$;

$u_r(q_s)$ —钟罩瞬时流量的合成标准不确定度，取钟罩溯源证书中的 $u_r(q)$ 。

当主标准器为活塞时：

$$u_r(Q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(Q_s)^2 + u_r(t)^2 + u_r(T)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p)^2 + u_r(p_m)^2} \text{ 或}$$

$$u_r(q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(Q_s)^2 + u_r(t)^2 + u_r(T)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p)^2 + u_r(p_m)^2}$$

$u_r(Q_s)$ —活塞累积流量的合成标准不确定度，取活塞溯源证书中的 $u_r(k)$ 。

当主标准器为湿式流量计时：

$$u_r(Q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(Q_s)^2 + u_r(t)^2 + u_r(T)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p)^2 + u_r(p_m)^2} \text{ 或}$$

$$u_r(q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(Q_s)^2 + u_r(t)^2 + u_r(T)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p)^2 + u_r(p_m)^2}$$

$u_r(Q_s)$ —湿式流量计累积流量的合成标准不确定度，取湿式气体流量计溯源证书中的 $u_r(k)$ 。

当主标准器为喷嘴时：

$$u_r(Q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(C_d)^2 + u_r(t)^2 + \frac{1}{4}u_r(T)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p)^2 + u_r(p_m)^2} \text{ 或}$$

$$u_r(q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(C_d)^2 + \frac{1}{4}u_r(T)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p)^2 + u_r(p_m)^2}$$

$u_r(C_d)$ —喷嘴流出系数的相对标准不确定度，取值参考喷嘴溯源证书。

7.2.4.7 量值偏差

采用稳定性好的标准表（重复性 $\leq 0.2\%$ ）任选一流量点，以传递比较法或比对的方式对被校燃气表示值误差检测设备不同工位的流量量值进行验证。

传递比较法：传递标准表分别在高等级检定设备和被校检定设备各个工位上进行测量。若被校准设备某一工位的测量结果为 y_{lab} ，测量不确定度为 U_{lab} （ $k=2$ ），应满足：

$$|y_{\text{lab}} - y_{\text{ref}}| \leq \sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2} \quad (5)$$

$$|y_{\text{lab}} - y_{\text{ref}}| \leq 0.3\% \quad (6)$$

$$|(y_{\text{lab}})_{\text{max}} - (y_{\text{lab}})_{\text{min}}| \leq 0.3\% \quad (7)$$

式中：

y_{ref} —高等级检定设备的测量结果；

U_{ref} —高等级检定设备测量结果的扩展不确定度（ $k=2$ ）。

如果测量结果同时满足公式（5）、（6）、（7），则被校准设备的流量量值合理

性得到验证。

比对法：当被校设备不确定度与上级溯源单位已建标的设备不确定度相近时，传递标准表在 3 台及以上的同等级检定设备的左端或右端工位上进行测量，测量结果的平均值 $\bar{y}$ 作为被测量的最佳估计值。若被校准设备的某一工位测量结果为 y_{lab} ，测量不确定度为 U_{lab} （ $k=2$ ），应满足：

$$|y_{\text{lab}} - \bar{y}| \leq \sqrt{\frac{n-1}{n}} U_{\text{lab}} \quad (8)$$

$$|y_{\text{lab}} - \bar{y}| \leq 0.3\% \quad (9)$$

$$|(y_{\text{lab}})_{\text{max}} - (y_{\text{lab}})_{\text{min}}| \leq 0.3\% \quad (10)$$

式中：

n —同等级检定设备的数量。

如果测量结果同时满足公式（8）、（9）、（10），则被校准设备的流量量值合理性得到验证。

8 校准结果的表达

校准试验完成后，按照本规范给出校准结果，开具相应的校准证书。

原始记录和校准证书格式见附录 B 和附录 C。

9 复校时间间隔

装置的复校时间间隔建议为 1 年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

燃气表示值误差检测设备不确定度评定实例

A.1 概述

A.1.1 被校设备

名称：燃气表示值误差检测设备（钟罩式）

测量范围：(0.016~6)m³/h

不确定度： $U=0.2\%$ ， $k=2$

A.1.2 标准器

表 A.1 标准器一览表

序号	名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差
1	π 尺	Φ (350~500) mm	$l=0.02\text{mm}$ ， $k=2$
2	超声波测厚仪	(0.5~20) mm	$l=0.02\text{mm}$ ， $k=2$
3	游标卡尺	(0~150) mm	$l=0.01\text{mm}$ ， $k=2$
4	现场全自动压力校验仪	(-2.5~2.5) kPa； (-90~110) kPa	0.05 级
5	通用智能计数器	/	$l=1\times 10^{-8}$ ， $k=2$
6	激光干涉仪系统	(0~10) m	$\pm (0.5\times 10^{-6}L)$
7	标准铂电阻温度计	(0~419.527) °C	二等
8	便携式数字压力校验仪	(-0.1~60) MPa	0.02 级
9	智能数字压力校验仪	(-2~2) kPa	0.05 级

A.2 数学模型

A.2.1 累积流量法-工况流量检定

采用累积流量方法进行检定时，通过燃气表累积流量的实际值 Q_{ref} 见式 (A.1)：

$$Q_{\text{ref}} = V_S \times \frac{p T_m}{p_m T} \quad (\text{A.1})$$

式中： Q_{ref} —通过燃气表累积流量的实际值；

V_S —主标准器标准容积；

p —标准器的绝对压力；

p_m —燃气表进口处的绝对压力；

T —标准器的热力学温度；

T_m —燃气表进口处的热力学温度。

A. 2.2 累积流量法-标况流量检定

采用累积流量方法进行检定时, 标准器标况 (20℃, 101325Pa) 累积体积 Q_0 见式 (A. 2) :

$$Q_0 = V_S \times \frac{pT_0}{p_0T} \quad (\text{A. 2})$$

式中: Q_0 —标准器标况 (20℃, 101325Pa) 累积体积;

p_0 —标准状况下压力, 即 101325Pa;

T_0 —标准状况下热力学温度, 即 293.15K。

A. 2.3 瞬时流量法-工况流量检定

采用瞬时流量方法进行检定时, 通过燃气表瞬时流量的实际值 q_{ref} 见式 (A. 3) :

$$q_{\text{ref}} = q_S \times \frac{pT_m}{p_mT} \quad (\text{A. 3})$$

式中: q_{ref} —通过燃气表瞬时流量的实际值;

q_S —主标准器瞬时流量。

A. 2.4 瞬时流量法-标况流量检定

采用瞬时流量方法进行检定时, 标准器标况 (20℃, 101325Pa) 瞬时流量 q_0 见式 (A. 4) :

$$q_0 = q_S \times \frac{pT_0}{p_0T} \quad (\text{A. 4})$$

式中: q_0 —标准器标况 (20℃, 101325Pa) 瞬时流量。

A. 3 不确定度传播率

A. 3.1 燃气表示值误差检测设备不确定度传播律

燃气表示值误差检测设备中压力变送器、温度变送器等采用测量回路联校的方法进行溯源。根据以上数学模型, 考虑到带测控系统的流量标准器的脉冲当量 K , 流量标准器各检测状态的不确定传播率如下所示。

A. 3.1.1 累积流量法-工况流量检定

采用累积流量方法进行检定时, 标准器工况累积体积 Q_{ref} 不确定度评定见式 (A. 5) :

$$u_r(Q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(V_S)^2 + u_r(K)^2 + u_r(T)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p)^2 + u_r(p_m)^2} \quad (\text{A. 5})$$

式中: $u_r(Q_{\text{ref}})$ —设备累积流量的相对标准不确定度;

$u_r(V_S)$ —主标准器标准容积的相对标准不确定度;

$u_r(K)$ —脉冲当量的相对标准不确定度，具备控制系统的设备需考虑；

$u_r(T)$ —标准器处温度测量引起的相对标准不确定度；

$u_r(T_m)$ —被检表处温度测量引起的相对标准不确定度；

$u_r(p)$ —标准器处压力测量引起的相对标准不确定度；

$u_r(p_m)$ —被检表处压力测量引起的相对标准不确定度。

A.3.1.2 累积流量法-标况流量检定

采用累积流量方法进行检定时，标准器标况（20℃，101325Pa）累积体积 Q_0 不确定度评定见式（A.6）：

$$u_r(Q_0) = \sqrt{u_r(V_S)^2 + u_r(K)^2 + u_r(T)^2 + u_r(p)^2} \quad (\text{A.6})$$

A.3.1.3 瞬时流量法-工况流量检定

采用瞬时流量法进行检定时，标准器工况瞬时流量 q_{ref} 不确定度评定见式（A.7）：

$$u_r(q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(q_S)^2 + u_r(K)^2 + u_r(T)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p)^2 + u_r(p_m)^2} \quad (\text{A.7})$$

式中： $u_r(q_{\text{ref}})$ —设备瞬时流量的相对标准不确定度；

$u_r(q_S)$ —主标准器瞬时流量的相对标准不确定度；

A.3.1.4 瞬时流量法-标况流量检定

采用瞬时流量方法进行检定时，标准器标况（20℃，101325Pa）瞬时流量 q_0 不确定度评定见式（A.8）：

$$u_r(q_0) = \sqrt{u_r(q_S)^2 + u_r(K)^2 + u_r(T)^2 + u_r(p)^2} \quad (\text{A.8})$$

A.3.2 钟罩装置检定燃气表不确定度传播律

钟罩装置累积流量的合成标准不确定度 $u_r(Q)$ 为：

$$u_r(Q) = \sqrt{u_r^2(V_S) + u_r^2(K) + u_r^2(T) + u_r^2(P)} \quad (\text{A.9})$$

钟罩装置瞬时流量的合成标准不确定度 $u_r(q)$ ：

$$u_r(q) = \sqrt{u_r^2(q_S) + u_r^2(K) + u_r^2(T) + u_r^2(P) + u_r^2(t)} \quad (\text{A.10})$$

因此公式（A.5）可简化为：

$$u_r(Q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(Q)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p_m)^2} \quad (\text{A.11})$$

公式（A.6）可简化为：

$$u_r(Q_0) = u_r(Q) \quad (\text{A.12})$$

公式 (A.7) 可简化为:

$$u_r(q_{\text{ref}}) = \sqrt{u_r(q)^2 + u_r(T_m)^2 + u_r(p_m)^2} \quad (\text{A.13})$$

公式 (A.8) 可简化为:

$$u_r(q_0) = u_r(q) \quad (\text{A.14})$$

A.4 不确定度分量及评定

A.4.1 钟罩装置累积流量 Q 测量引入的不确定度分量 $u_r(Q)$

钟罩装置累积流量 Q 的相对扩展不确定度: $U_r(Q) = 0.22\%$, $k = 2$, 则由钟罩装置累积流量 Q 引入的相对标准不确定度为: $u_r(Q) = 0.11\%$ 。

A.4.2 燃气表处热力学温度 T_m 引入的不确定度分量 $u_r(T_m)$

燃气表处热力学温度采用一体化温度变送器测量, 测量结果为:
(20.2+273.15)K=293.35K, 根据溯源证书其测量扩展不确定度: $U(T_m)=0.2^\circ\text{C}$, $k=2$, 则标准不确定度: $u(T_m)=0.1^\circ\text{C}$ 。

$$u_r(T_m) = \frac{u(T_m)}{T_m} = \frac{0.1}{293.35} = 0.034\%$$

A.4.3 燃气表处气体绝对压力 p_m 引入的不确定度分量 $u_r(p_m)$

燃气表处绝对压力 p_m 由绝对压力变送器所测的大气压力 p_a 和差压变送器所测燃气表处表压 p'_m 相加, 即 $p_m = p_a + p'_m$ 。

其中, 大气压由测量范围 (0~120) kPa 的绝对压力变送器测量, 测量结果为 100300Pa。绝压变送器溯源证书采用满量程进行不确定评价, 给出测量结果的相对扩展不确定度为: $U_{\text{rel}}=0.06\%$, $k=2$, 则其扩展不确定度为: $U(p_a) = 72\text{Pa}$, $k=2$, 则 $u(p_a)=36\text{Pa}$ 。

表压由测量范围 (-10~10) kPa 的差压变送器测量, 测量结果为 2200Pa, 溯源证书中同样采用满量程进行不确定评价, 给出的差压传感器测量结果的相对扩展不确定度为: $U_{\text{rel}}=0.07\%$, $k=2$, 则其扩展不确定度为: $U(p'_m)=14\text{Pa}$, $k=2$, 则 $u(p'_m)=7\text{Pa}$ 。

$$\text{那么 } u(p_m) = \sqrt{u^2(p_a) + u^2(p'_m)} = \sqrt{36^2 + 7^2} = 36.7\text{Pa}$$

$$p_m = p_a + p'_m = 100300 + 2200 = 102500\text{Pa}$$

$$u_r(p_m) = \frac{u(p_m)}{p_m} = \frac{36.7}{102500} \times 100\% = 0.036\%$$

A.4.4 时间 t 测量引入的标准不确定度分量 $u_r(t)$

由计时器晶振溯源证书得可计时器晶振相对频率偏差为 1×10^{-5} , 按均匀分布取

$k=\sqrt{3}$ ，则时间 t 测量引入的标准不确定度分量为： $u_r(t) = \frac{1 \times 10^{-5}}{\sqrt{3}} = 6 \times 10^{-6}$

A.5 校准结果

根据钟罩装置检定燃气表不确定度传播律和不确定度分量计算结果，可计算各检测方式检测结果的合成标准不确定度，如下表所示。

表 A.2 检测结果的合成标准不确定度一览表

序号	检测方式	合成标准不确定度
1	累积流量+工况检测	$u_r(Q_{\text{ref}})=0.12\%$
2	累积流量+标况检测	$u_r(Q_0)=0.11\%$
3	瞬时流量+工况检测	$u_r(q_{\text{ref}})=0.12\%$
4	瞬时流量+标况检测	$u_r(q_0)=0.11\%$

取包含因子 $k=2$ ，则各检测方式检测结果的扩展不确定度如下表所示。

表 A.3 检测结果的扩展不确定度一览表

序号	检测方式	扩展不确定度
1	累积流量+工况检测	$U_r(Q_{\text{ref}})=0.24\%, k=2$
2	累积流量+标况检测	$U_r(Q_0)=0.22\%, k=2$
3	瞬时流量+工况检测	$U_r(q_{\text{ref}})=0.24\%, k=2$
4	瞬时流量+标况检测	$U_r(q_0)=0.22\%, k=2$

附录 B

燃气表检定装置校准记录（参考）格式

记录编号		证书编号				
送校单位						
单位地址						
校准地点						
校准依据						
校准日期		校准用介质				
校准员		核验员				
整体式装置基本信息						
计量器具名称		制造单位				
型号规格		器具编号				
测量范围		不确定度				
分体式装置基本信息						
计量器具名称		制造单位				
型号规格		器具编号				
测量范围		不确定度				
计量器具名称		制造单位				
型号规格		器具编号				
测量范围		不确定度				
环境条件信息						
环境温度		相对湿度				
大气压力		其他				
校准所用主要标准器具						
名称	出厂编号	测量范围	准确度等级/测量不确定度/最大允许误差	溯源证书	有效期至	上级溯源机构

校准结果					
B.1 外观检查					
检查项目	装置铭牌及标识			系统软件是否具备修正功能	
结果					
B.2 资料审查					
设备名称	溯源证书	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	有效期至	安装位置
审查结果:					
B.3 燃气表密封性检测设备功能性检查					
压力变送器名称			生产厂家		
规格型号			出厂编号		
测量范围			准确度等级		
分辨力					
校准结果-表压变送器					
压力 实际值 ()	理论 输出值 ()	实时输出值 ()		示值 误差 ()	重复性 (%)
		正行程	反行程		
校准结果-差压变送器					
压力 实际值 ()	理论 输出值 ()	实时输出值 ()		示值 误差 ()	重复性 (%)
		正行程	反行程		

设备的压力波动									
测试压力	稳定时间	3min 内的测试结果 (kPa/Pa)							最大差值 (Pa)
		0s	30s	60s	90s	120s	150s	180s	
35kPa	120s								
75kPa	120s								
设备的压力波动为: Pa									
B. 4 燃气表压力损失检测设备功能性检查									
压力变送器名称					生产厂家				
规格型号					出厂编号				
测量范围					准确度等级				
分辨力									
校准结果									
压力实际值 ()	理论输出值 ()	实时输出值 ()						示值误差 ()	
		正行程			反行程				
B. 5 燃气表示值误差检测设备									
流量范围核查									
流量范围									
是否覆盖待检表型的所有检定点					□是 □否				
设备功能核查									
累积流量法		□有 □无			工况流量检定		□有 □无		
瞬时流量法		□有 □无			标况流量检定		□有 □无		

设备整体密封性检测						
初始状态 (0s)			结束状态 (300s)			比值变化率 (%)
绝对压力 (Pa)	绝对温度 (K)	比值 (Pa/K)	绝对压力 (Pa)	绝对温度 (K)	比值 (Pa/K)	
设备流量参数不确定度评定						
不确定度分量来源	符号	扩展不确定度/准确度 等级/最大允许误差	包含因子	标准 不确定度	相对 灵敏系数	
设备体积流量	$u_r(V_s)$					
设备瞬时流量	$u_r(q_s)$					
设备处温度	$u_r(T)$					
设备处压力	$u_r(p)$					
被检表处温度	$u_r(T_m)$					
被检表处压力	$u_r(p_m)$					
设备累积时间	$u_r(t)$					
合成标准不确定度						
累积流量法测量工况	$u_r(V_{ref}) =$ %	累积流量法测量标况		$u_r(V_0) =$ %		
瞬时流量法测量工况	$u_r(q_{ref}) =$ %	瞬时流量法测量标况		$u_r(q_0) =$ %		
扩展不确定度 ($k=2$)						
累积流量法测量工况	$U_r(V_{ref}) =$ %	累积流量法测量标况		$U_r(V_0) =$ %		
瞬时流量法测量工况	$U_r(q_{ref}) =$ %	瞬时流量法测量标况		$U_r(q_0) =$ %		
量值偏差-传递比较法 (传递比较法与比对法二选一即可)						
y_{lab}	y_{ref}	U_{lab}	U_{ref}	$ y_{lab} - y_{ref} / \sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}$		
$ y_{lab} - y_{ref} $						
$ (y_{lab})_{max} - (y_{lab})_{min} $						
量值偏差-比对法 (传递比较法与比对法二选一即可)						
y_{lab}	y_1	y_2	U_{lab}	$ y_{lab} - \bar{y} / (\sqrt{n-1/n} U_{lab})$		
$ y_{lab} - y_{ref} $						
$ (y_{lab})_{max} - (y_{lab})_{min} $						

附录 C

燃气表检定装置校准证书内页（参考）格式

1. 外观检查：铭牌及标识符合要求，软件内具有参数修正功能。

2. 资料审查：

设备名称	溯源证书	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	有效期至	安装位置
审查结果：					

3. 燃气表密封性检测设备功能性检查

(1) 设备类型：

(2) 设备的压力波动为： Pa；

4. 燃气表压力损失检测设备功能性检查

5. 燃气表示值误差检测设备

(1) 流量范围：

(2) 设备功能：

(3) 设备整体密封性检测：设备绝对压力与绝对温度的比值变化率为 %

(4) 设备流量参数相对扩展不确定度 ($k=2$):

累积流量法测量工况： $U_r(V_{\text{ref}})=$ %；累积流量法测量标况： $U_r(V_0)=$ %；

瞬时流量法测量工况： $U_r(q_{\text{ref}})=$ %；瞬时流量法测量标况： $U_r(q_0)=$ %；

(5) 量值偏差：

