



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF xxxx-202x

标准刮板油流量计校准规范

Calibration Specification for Standard Sliding Vane oil Flowmeter

(征求意见稿)

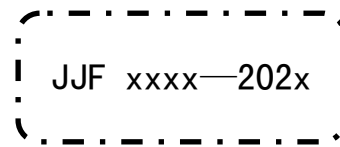
202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 实施

国家市场监督管理总局 发布

标准刮板油流量计校准规范

Calibration Specification for
Standard Sliding Vane oil Flowmeter



归口单位：全国流量计量技术委员会

液体流量分技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国流量计量技术委员会液体流量分技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

xxx ()

xxx ()

xxx ()

参加起草人：

xxx ()

xxx ()

xxx ()

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	(1)
3.2 计量单位及符号	(2)
4 概述	(2)
4.1 用途	(2)
4.2 工作原理	(2)
4.3 基本结构	(2)
5 计量特性	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 校准用流体	(3)
6.3 校准用设备	(3)
6.4 安装条件	(4)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 校准项目	(4)
7.2 校准前的准备	(4)
7.3 校准点数和校准次数	(4)
7.4 仪表系数、线性误差、仪表系数变化量、重复性的计算方法	(4)
7.5 相对示值误差及重复性的计算方法	(6)
8 校准结果表达	(7)
9 复校时间间隔	(8)
附录 A 校准用液体压缩系数计算公式及适用条件	(9)
附录 B 校准用液体密度及膨胀系数计算方法	(10)
附录 C 不确定度评定示例	(12)
附录 D 校准记录参考格式	(23)
附录 E 校准证书内页参考格式	(25)

引言

JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1004-2004《流量计量名词术语》、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》共同构成本规范制定工作的基础性文件。

本规范参考 GB/T 1885-1998《石油计量表》、GB/T 21450-2008《原油和石油产品 密度在 638 kg/m^3 ~ 1074 kg/m^3 范围内的烃压缩系数》，并结合我国标准刮板油流量计的生产、使用和检测现状编制而成。

本规范将标准刮板油流量计的仪表系数及线性误差/标准刮板油流量计的相对示值误差列为计量性能，并作为计量校准的主要工作。

本规范参考了 JJG 667《液体容积式流量计》的检定周期，以及在规范编制过程中所做的实验，建议复校时间间隔为半年。

本规范为首次制定。

标准刮板油流量计

1 范围

本规范适用于以航空燃料为介质的标准刮板油流量计（以下简称流量计）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 209-2010 体积管

JJG 667 液体容积式流量计

GB/T 1884-2000 原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）

GB/T 1885-1998 石油计量表

GB/T 4756-2015 石油液体手工取样法

GB/T 17611-1998 封闭管道中流体流量的测量 术语和符号

GB/T 21450-2008 原油和石油产品 密度在 $638 \text{ kg/m}^3 \sim 1074 \text{ kg/m}^3$ 范围内的烃压缩系数

GB/T 27759-2011 流体流量测量 不确定度评定程序（ISO 5168:2005，IDT）

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

JJF 1001-2011、JJF 1004-2004 和 GB/T 17611-1998 中界定的有关术语和定义以及下列术语和定义适用于本规范。

3.1.1 刮板流量计 sliding vane flowmeter

由已知容积的计量室和由液体推动的刮板组成，通过计量室重复充满和排放液体的次数来测量液体流量的仪表。

3.1.2 标准刮板油流量计 standard sliding oil flowmeter

具有脉冲输出功能，线性较好、重复性和稳定性较高的刮板流量计，其量值是在原始标准装置上得到的，可作为传递标准对工作用容积式流量计进行校准。

3.1.3 仪表系数/ K 系数 instrument coefficient/ K -coefficient

单位体积的液体流过流量计时，流量计发出的脉冲数，一般用 K 表示，又称 K 系数。

3.1.4 流量计系数 meter factor

对流量计进行检定/校准后，按结果对流量计示值进行修正的系数，其值为流过流量计的实际体积与流量计指示体积之比，一般用 MF 表示。

3.1.5 标准密度 ρ_{20} density at 20°C

在 20°C 和 101.325kPa 下，单位体积液体的质量。

3.2 计量单位及符号

瞬时流量：立方米每小时， m^3/h ，或升每分钟， L/min ；

累积流量：立方米， m^3 ，或升， L ；

温度：摄氏度， $^{\circ}\text{C}$ ；

压力：帕[斯卡]， Pa ，或其十进制倍数；

密度：千克每立方米， kg/m^3 ，或克每立方厘米， g/cm^3 。

4 概述

4.1 用途

作为液体容积式流量计标准表法的量值传递标准，标准刮板油流量计主要用于以航空燃料为介质的贸易结算用容积式流量计的检定，也适用于其他用途的容积式流量计的检定/校准。

4.2 工作原理

当液体流过流量计时，流量计内部的刮板在液体动力的作用下产生运动，使液体连续不断地充满和排空由刮板和流量计外壳构成的容积一定的“计量室”，只要测量出刮板的运动次数，就可以得到通过流量计的液体的累积体积流量。

4.3 基本结构

流量计主要由导管、腔体、刮板/转子、计量室、校准机构、发讯器、指示机构等组成。

5 计量特性

5.1 仪表系数及线性误差/相对示值误差

流量计的仪表系数及线性误差；流量计的相对示值误差。

5.2 重复性

流量计仪表系数的重复性；流量计相对示值误差的重复性。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 大气环境条件

温度：(5~35) $^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度：不大于 80%；

大气压力：一般为 (86~106) kPa 。

6.1.2 工作环境应符合防火防爆等相关要求。

- 6.1.3 供电电压应满足流量计的要求。
- 6.1.4 外界磁场应小到对流量计的影响可忽略不计。
- 6.1.5 机械振动应小到对流量计的影响可忽略不计。
- 6.2 校准用液体
- 6.2.1 校准用液体应为均匀洁净、无杂质、无水分的单相航空燃料。
- 6.2.1 校准用液体的粘度应与流量计实际工作液体的粘度一致。
- 6.2.2 校准用液体应充满试验管道，不夹杂气体，其流动应无旋涡。
- 6.2.3 校准用液体在流量计的下游应有一定的背压。
- 6.2.4 校准用液体的温度应小于闪点温度。
- 6.2.5 在每个流量点的每一次校准过程中，液体温度的变化应不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；压力的变化应不超过 $\pm 0.5\%$ 。
- 6.3 校准用设备
- 6.3.1 流量标准装置（以下简称装置）及其配套设备均应有有效的检定/校准证书。
- 6.3.2 校准用主要设备见表1。推荐选用体积管流量标准装置（以下简称体积管），也可选用其他方式的流量标准装置，但应能提供满足不确定度要求的体积流量。

表1 推荐校准用主要设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	体积管	重复性不大于 0.02%	标准装置
2	压力测量仪表	0.1 级	测量装置处、流量计处液体压力
3	温度测量仪表	$U=0.1^{\circ}\text{C}$, $k=2$	测量装置处、流量计处液体温度
4	二等标准石油密度计	分度值: 0.5 kg/m^3 MPE: $\pm 0.3 \text{ kg/m}^3$	测量液体视密度

- 6.3.3 装置的流量稳定性应不大于 0.2%。
- 6.3.4 装置中用于采集流量计输出信号的设备应与被采集信号相匹配，脉冲计数引入的误差应不大于流量计最大允许误差绝对值的 1/10。
- 6.3.5 应分别测量流量计处和体积管处液体的温度。温度测量仪表的测量误差对测量结果的影响应不大于流量计最大允许误差绝对值的 1/5。流量计处温度测量点设置在其出口附近；体积管应分别在其入口和出口处设置温度测量点。
- 6.3.6 应分别测量流量计处和体积管处液体的压力（表压）。压力测量仪表的测量误差对测量结果的影响应不大于流量计最大允许误差绝对值的 1/5。流量计

处的压力测量点设置在其入口附近，取压孔轴线应垂直于管道轴线，开孔直径为(6~10)mm，边缘应无毛刺和突出；体积管应分别在其入口和出口处设置压力测量点。

6.4 安装条件

6.4.1 装置管道内径与流量计内径之差应不超过流量计内径的±2%，且不超过±5mm。

6.4.2 流量计应与前后管段同轴安装，连接部位应无泄漏，密封垫不得凸入流体管道内。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

流量计的仪表系数及线性误差；流量计的相对示值误差。

7.2 校准前的准备

7.2.1 将流量计正确地安装到装置上，使其处于正常工作状态，检查参数设置。

7.2.2 按 GB/T 4756-2015《石油液体手工取样法》要求，对校准液体进行取样。

7.2.3 按 GB/T 1884-2000《原油和液体石油产品密度实验室测定法(密度计法)》要求，测量校准液体的温度和视密度。

7.2.4 按 GB/T 1885-1998《石油计量表》要求，确定校准液体的标准密度 ρ_{20} 和15℃的密度 ρ_{15} 。

7.2.5 启动装置，使液体在管路系统中以不低于最大校准流量的70%循环10min。

7.2.6 将流量调到流量计的上限流量值，运行至流量、温度、压力稳定后开始测量。

7.3 校准点数和校准次数

7.3.1 校准点数一般不少于5个，包括最大流量点和最小流量点在内，均匀分布。

7.3.2 校准过程中，每个流量点每次测量时的实际流量与设定流量的偏差应不超过设定值的±5%。

7.3.3 每个流量点测量6次。

7.4 仪表系数、线性误差、仪表系数变化量、重复性的计算方法

7.4.1 各流量点单次测量的仪表系数按下式计算：

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \quad (1)$$

式中： K_{ij} ——第*i*流量点第*j*次测量流量计的仪表系数，1/L；

N_{ij} ——第 i 流量点第 j 次测量流量计发出的脉冲数；

$(Q_s)_{ij}$ ——第 i 流量点第 j 次测量体积管给出的并换算到流量计处状态的累积流量，L。

不带检测杆的体积管的 Q_s 计算公式为

$$Q_s = V_s \left(1 + \frac{D}{E_s e} p_s \right) \cdot [1 + \beta_s (t_s - 20)] \cdot [1 + \beta (t_m - t_s)] \cdot [1 - F(p_m - p_s)] \quad (2)$$

式中： V_s ——体积管证书给出的标准容积值，L；

D ——体积管内径，mm；

E_s ——体积管材料的弹性模量，MPa；

e ——体积管壁厚，mm；

p_s ——体积管处液体表压平均值，MPa；

β_s ——体积管的体膨胀系数， $1/^\circ\text{C}$ ；

t_s ——体积管处液体温度平均值， $^\circ\text{C}$ ；

β ——液体膨胀系数， $1/^\circ\text{C}$ ，参见附录 B；

t_m ——流量计处液体温度， $^\circ\text{C}$ ；

p_m ——流量计处液体表压，MPa；

F ——液体压缩系数， $1/\text{MPa}$ ，见附录 A。

7.4.2 单个流量点的仪表系数及重复性

单个流量点的仪表系数按下式计算：

$$K_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_{ij} \quad (3)$$

式中： K_i ——第 i 流量点的仪表系数， $1/\text{L}$ ；

n ——测量次数。

单个流量点的重复性按下式计算：

$$(E_r)_i = \frac{(K_{ij})_{\max} - (K_{ij})_{\min}}{K_i d_n} \times 100\% \quad (4)$$

式中： $(E_r)_i$ ——第 i 流量点的重复性；

$(K_{ij})_{\max}$ ——第 i 流量点仪表系数的最大值, 1/L;

$(K_{ij})_{\min}$ ——第 i 流量点仪表系数的最小值, 1/L;

d_n ——极差系数, 其值见表 4。

表 4 d_n 数值表

测量次数	2	3	4	5	6	7	8	9	10
极差系数 d_n	1.13	1.69	2.06	2.33	2.53	2.70	2.85	2.97	3.08

7.4.3 流量计的仪表系数、线性误差及重复性

流量计的仪表系数按下式计算:

$$K = \frac{(K_i)_{\max} + (K_i)_{\min}}{2} \quad (5)$$

式中: K ——流量计的仪表系数, 1/L;

$(K_i)_{\max}$ ——流量计各流量点仪表系数的最大值, 1/L;

$(K_i)_{\min}$ ——流量计各流量点仪表系数的最小值, 1/L。

流量计的线性误差 E_l 按下式计算:

$$E_l = \frac{(K_i)_{\max} - (K_i)_{\min}}{(K_i)_{\max} + (K_i)_{\min}} \times 100\% \quad (6)$$

流量计仪表系数的重复性 E_r 取各流量点重复性中的最大值, 即

$$E_r = ((E_r)_i)_{\max} \quad (7)$$

7.4.4 流量计仪表系数变化量

流量计仪表系数变化量 E 按下式计算:

$$E = \left| \frac{K - K_0}{K_0} \right| \times 100\% \quad (8)$$

式中: K_0 ——流量计原仪表系数。

7.5 相对示值误差及重复性的计算方法

7.5.1 各流量点单次测量的相对示值误差按下式计算:

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij} - (Q_s)_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \times 100\% \quad (9)$$

式中： E_{ij} ——第 i 流量点第 j 次测量流量计的相对示值误差，%；

$(Q_s)_{ij}$ ——同公式 (1)；

Q_{ij} ——第 i 流量点第 j 次测量流量计在测量时间内测得的累积流量，L。

对脉冲输出的流量计，其仪表系数为 K ，一次测量发出的脉冲数为 N_{ij} ，则

$$Q_{ij} = \frac{N_{ij}}{K}。$$

7.5.2 单个流量点的相对示值误差及重复性

单个流量点的相对示值误差按下式计算：

$$E_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{ij} \quad (10)$$

式中： E_i ——第 i 流量点流量计的相对示值误差，%。

单个流量点的重复性按下式计算：

$$(E_r)_i = \frac{(E_{ij})_{\max} - (E_{ij})_{\min}}{d_n} \quad (11)$$

式中： $(E_i)_{\max}$ ——第 i 流量点相对示值误差的最大值；

$(E_i)_{\min}$ ——第 i 流量点相对示值误差的最小值；

d_n ——极差系数。

7.5.3 流量计的相对示值误差和重复性

流量计的相对示值误差 E 为各流量点的相对示值误差中的最大值。

流量计相对示值误差的重复性 E_r 取各流量点重复性中的最大值，即

$$E_r = ((E_r)_i)_{\max} \quad (12)$$

8 校准结果表达

8.1 校准结果的处理

所有数据应先计算后修约。仪表系数取 4 位有效数字；线性误差/仪表系数变化量/相对示值误差及重复性用百分数表示，取 2 位小数。

校准结束后对流量计加封印并出具校准证书，封印的标识应与校准印章一致。

8.2 校准结果的不确定度

校准结果的不确定度评定见附录 C。

8.3 校准记录

流量计校准记录参考格式见附录 D。

8.4 校准证书

流量计校准证书内页参考格式见附录 E。

9 复校时间间隔

建议流量计的复校时间间隔为半年。由于复校时间间隔的长短由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定，因此，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

校准用液体压缩系数计算公式及适用条件

当校准用液体的温度范围为 $-30^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ ， 15°C 的密度范围为 $638\text{ kg/m}^3\sim 1074\text{ kg/m}^3$ 时，其压缩系数的计算公式为

$$F = \exp\left[A + Bt + \frac{10^6}{\rho_{15}^2}(C + Dt)\right] \quad (\text{A. 1})$$

式中： F ——液体 $t^{\circ}\text{C}$ 时的压缩系数， $\times 10^{-3}\text{ 1/MPa}$ ；

t ——液体温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

ρ_{15} ——液体 15°C 、0表压时的密度， kg/m^3 ；

$A=-1.62080$ ， $B=0.00021592$ ， $C=0.87096$ ， $D=0.0042092$ ，为常数。

注：公式(A.1)出自 GB/T 21450-2008《原油和石油产品 密度在 $638\text{ kg/m}^3\sim 1074\text{ kg/m}^3$

范围内的烃压缩系数》，该公式不适用于润滑油。

附录 B

校准用液体密度及膨胀系数计算方法

B.1 API 推荐的液体密度与温度和压力的关系式

当校准用液体满足下列条件

$$-50^{\circ}\text{C} \leq t \leq 150^{\circ}\text{C}$$

$$0 \leq p \leq 10.34 \text{ MPa}$$

$$610.6 \text{ kg/m}^3 \leq \rho_{15} \leq 1163.5 \text{ kg/m}^3$$

$$4.14 \times 10^{-4} \text{ 1/}^{\circ}\text{C} \leq \beta_{15} \leq 1.67 \times 10^{-3} \text{ 1/}^{\circ}\text{C}$$

时，液体密度与温度和压力的关系式为：

$$\rho_t = \rho_{15} \exp[-\beta_{15}(t-15) - 0.8\beta_{15}^2(t-15)^2](1 + Fp) \quad (\text{B.1})$$

式中： ρ_t ——液体 $t^{\circ}\text{C}$ 、 p 表压时的密度， kg/m^3 ；

ρ_{15} ——液体 15°C 、 0 表压时的密度， kg/m^3 ；

t ——液体温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

p ——液体表压， MPa ；

F ——液体 $t^{\circ}\text{C}$ 时的压缩系数， $1/\text{MPa}$ ，用公式 (A.1) 计算；

β_{15} —— 15°C 时液体的膨胀系数， $1/^{\circ}\text{C}$ 。

β_{15} 用下式计算：

$$\beta_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho_{15}}{\rho_{15}^2} \quad (\text{B.2})$$

式中 K_0 、 K_1 为常数，其值与液体类型有关，表 B.1 为常见液体的 K_0 、 K_1 值。

表 B.1 常见液体的 K_0 、 K_1 值

液体类型	ρ_{15} (kg/m^3)	K_0 ($\text{kg}^2 \text{ m}^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	K_1 ($\text{kg m}^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)
汽油	654~779	346.42278	0.43884
喷气燃料	779~839	594.54180	0.0000
燃油	839~1075	186.9696	0.48618
原油	610.6~1163.5	613.972226	0.0000

B.2 液体膨胀系数计算公式

$$\beta = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\rho_t}{\rho_{t+\Delta t}} - 1 \right) \quad (\text{B.3})$$

式中： β ——液体 $t^\circ\text{C}$ 时的膨胀系数， $1/^\circ\text{C}$ ；

ρ_t ——液体 $t^\circ\text{C}$ 、 p 表压时的密度， kg/m^3 ；

$\rho_{t+\Delta t}$ ——液体 $t+\Delta t^\circ\text{C}$ 、 p 表压时的密度， kg/m^3 ，一般用 $\Delta t=1^\circ\text{C}$ 计算。

附录 C

不确定度评定示例

C.1 用体积管校准标准刮板油流量计仪表系数的不确定度评定

C.1.1 概述

标准刮板油流量计（以下简称流量计）的校准依据 JJF xxxx-202x 《标准刮板油流量计》进行。以体积管流量标准装置（以下简称体积管）为标准器，使流体在相同的时间间隔内连续流过体积管和流量计，比较两者的输出值，从而确定流量计的仪表系数。

C.1.2 建立测量模型

用体积管校准流量计，仪表系数的计算公式为：

$$K = \frac{N}{V_s \left(1 + \frac{D}{E_s e} p_s \right) \cdot [1 + \beta_s (t_s - 20)] \cdot [1 + \beta (t_m - t_s)] \cdot [1 - F(p_m - p_s)]}$$

将上式展开并忽略高阶无穷小后得到：

$$K = \frac{N}{V_s} \left(1 - \frac{D}{E_s e} p_s \right) \cdot [1 - \beta_s (t_s - 20)] \cdot [1 - \beta (t_m - t_s)] \cdot [1 + F(p_m - p_s)] \quad (C.1)$$

式中： K ——流量计的仪表系数，1/L；

N ——一次校准过程流量计发出的脉冲数；

V_s ——体积管证书给出的标准容积值，L；

D ——体积管标准容积段内径，mm；

E_s ——体积管材质的弹性模量，MPa；

e ——体积管标准容积段壁厚，mm；

p_s ——体积管内液体表压（体积管进、出口处液体表压平均值），MPa；

β_s ——体积管材质的体膨胀系数，1/°C；

t_s ——体积管内液体温度（体积管进、出口处液体温度平均值），°C；

β ——液体膨胀系数，1/°C；

t_m ——流量计处液体温度，°C；

p_m ——流量计处液体表压，MPa；

F ——液体压缩系数，1/MPa。

流量计仪表系数的相对合成标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(K) = \sqrt{c_{\text{rel}}^2(V_s)u_{\text{rel}}^2(V_s) + c_{\text{rel}}^2(N)u_{\text{rel}}^2(N) + c_{\text{rel}}^2(t_s)u_{\text{rel}}^2(t_s) + c_{\text{rel}}^2(t_m)u_{\text{rel}}^2(t_m) + c_{\text{rel}}^2(p_s)u_{\text{rel}}^2(p_s) + c_{\text{rel}}^2(p_m)u_{\text{rel}}^2(p_m) + c_{\text{rel}}^2(F)u_{\text{rel}}^2(F) + c_{\text{rel}}^2(\beta)u_{\text{rel}}^2(\beta) + c_{\text{rel}}^2(E_l)u_{\text{rel}}^2(E_l) + c_{\text{rel}}^2(E_r)u_{\text{rel}}^2(E_r)} \quad (\text{C. 2})$$

C.1.3 标准不确定度来源及评定

用体积管流量标准装置对一台 150 口径，脉冲输出的标准刮板油流量计进行校准， $V_s=1010.4523 \text{ L}$ ， $D=258 \text{ mm}$ ， $e=4.5 \text{ mm}$ ， $E_s=2.17 \times 10^5 \text{ MPa}$ ， $\beta_s=50 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ，介质为喷气燃油， $\rho_{20}=797.0 \text{ kg/m}^3$ ， $\rho_{15}=800.7 \text{ kg/m}^3$ ， $\beta_{15}=9.273 \times 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ 。每个流量点测量 3 次（此处以 3 次为例，应按实测次数计算），以 3 次仪表系数的平均值作为该点的仪表系数，重复性用极差法计算，数据见下表。

标准刮板油流量计测量数据

流量点 (L/min)	t_s ($^\circ\text{C}$)	p_s (MPa)	$Q_s(\text{L})$	N	t_m ($^\circ\text{C}$)	p_m (MPa)	K_{ij} (1/L)	$K_i(1/L)$	E_r
3063.2	21.4	0.52	1010.7546	40407	21.5	0.52	39.9771	39.9687	0.030%
	21.3	0.52	1010.6568	40398	21.3	0.52	39.9720		
	21.5	0.52	1010.7597	40387	21.6	0.52	39.9571		
2310.4	21.5	0.62	1010.7954	40433	21.6	0.61	40.0012	39.9950	0.022%
	21.2	0.62	1010.6874	40425	21.2	0.61	39.9975		
	21.1	0.61	1010.7724	40417	21.2	0.60	39.9863		
1748.1	21.2	0.67	1010.8012	40440	21.3	0.65	40.0079	40.0046	0.016%
	21.2	0.67	1010.8927	40444	21.4	0.65	40.0082		
	21.3	0.67	1010.8075	40430	21.4	0.65	39.9977		
1019.8	21.2	0.65	1010.7881	40450	21.3	0.64	40.0183	40.0464	0.005%
	21.2	0.65	1010.7881	40448	21.3	0.64	40.0163		
	21.2	0.65	1010.8808	40450	21.4	0.64	40.0146		
401.3	20.5	0.60	1010.7394	40421	20.6	0.59	39.9915	40.0040	0.044%
	21.4	0.60	1010.9703	40460	21.7	0.59	40.0210		
	21.1	0.60	1010.8624	40434	21.3	0.59	39.9995		
流量计的仪表系数 $K=39.9926 \text{ (1/L)}$ ，线性误差 $E_l=0.060\%$ ，重复性 $E_r=0.044\%$									

C.1.3.1 体积管标准容积引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(V_s)$

体积管证书给出标准容积的重复性为 0.02%，经分析可知标准容积的相对扩展不确定度不大于 0.05%，取 $U_{\text{rel}}(V_s)=0.05\%$ ， $k=2$ ，则其相对标准不确定度

$u_{\text{rel}}(V_s)$ 及相对灵敏系数 $c_{\text{rel}}(V_s)$ 分别为

$$u_{\text{rel}}(V_s) = \frac{0.05\%}{2} = 0.025\%$$

$$c_{\text{rel}}(V_s) = \frac{V_s}{K} \frac{\partial K}{\partial V_s} = -1$$

C.1.3.2 脉冲计数引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(N)$

脉冲计数误差为 ± 1 个脉冲，检定数据给出，一次检定的累计脉冲数约 40000 个，即脉冲计数的误差不大于 0.01%，按矩形分布考虑，则其相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(N)$ 及相对灵敏系数 $c_{\text{rel}}(N)$ 分别为

$$u_{\text{rel}}(N) = \frac{0.002\%}{\sqrt{3}} = 0.001\%$$

$$c_{\text{rel}}(N) = \frac{N}{K} \frac{\partial K}{\partial N} = 1$$

C.1.3.3 体积管处液体温度测量引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(t_s)$

使用的温度变送器的校准证书给出， $U=0.10^\circ\text{C}$ ， $k=2$ ，按最低测量温度 20.5°C 计算，得到 $U_{\text{rel}}(t_s) = \frac{0.10}{20.5} \times 100\% = 0.488\%$ ，则其相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(t_s)$ 及相对灵敏系数 $c_{\text{rel}}(t_s)$ 分别为

$$u_{\text{rel}}(t_s) = \frac{0.488\%}{2} = 0.244\%$$

$$c_{\text{rel}}(t_s) = \frac{t_s}{K} \frac{\partial K}{\partial t_s} \approx t_s(\beta - \beta_s)$$

根据检定数据， $\beta_s = 50 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ ，最大 $t_s = 19.5^\circ\text{C}$ ，计算得到 $\beta = 9.18 \times 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$ ，代入上式，得到 $c_{\text{rel}}(t_s) = 1.87 \times 10^{-2}$ 。

C.1.3.4 流量计处液体温度测量引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(t_m)$

同 C.3.3， $u_{\text{rel}}(t_m) = 0.243\%$ ， $c_{\text{rel}}(t_m) \approx -\beta t_m = -1.89 \times 10^{-2}$ 。

C.1.3.5 体积管处液体压力测量引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(p_s)$

使用的压力变送器的量程为 1.6 MPa，准确度为 0.1%FS，即最大误差为 0.0016MPa，体积管处液体表压按最小值 0.52MPa 计算，则得到

$U_{\text{rel}}(p_s) = \frac{0.0016}{0.52} \times 100\% = 0.31\%$, 按矩形分布考虑, 其相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(p_s)$

及相对灵敏系数 $c_{\text{rel}}(p_s)$ 分别为

$$u_{\text{rel}}(p_s) = \frac{0.31\%}{\sqrt{3}} = 0.179\%$$

$$c_{\text{rel}}(p_s) = \frac{p_s}{K} \frac{\partial K}{\partial p_s} \approx -p_s \left(\frac{D}{E_s e} + F \right)$$

根据检定数据, $D=258 \text{ mm}$, $e=4.5 \text{ mm}$, $E_s=2.17 \times 10^5 \text{ MPa}$, 最大 $p_s=0.67 \text{ MPa}$, 最大 $F=8.90 \times 10^{-4} \text{ 1/MPa}$, 代入上式, 得到 $c_{\text{rel}}(p_s) = -7.73 \times 10^{-4}$ 。

C. 1. 3. 6 流量计处液体压力测量引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(p_m)$

同 C. 3. 5, $u_{\text{rel}}(p_m) = 0.179\%$, $c_{\text{rel}}(p_m) \approx F p_m = 5.79 \times 10^{-4}$ 。

C. 1. 3. 7 液体压缩系数计算引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(F)$

估计 $U_{\text{rel}}(F) = 10\%$, 按矩形分布考虑, 则其相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(F)$ 及相对灵敏系数 $c_{\text{rel}}(F)$ 分别为

$$u_{\text{rel}}(F) = \frac{10\%}{\sqrt{3}} = 5.78\%$$

$$c_{\text{rel}}(F) = \frac{F}{K} \frac{\partial K}{\partial F} \approx F(p_m - p_s)$$

根据检定数据, $|p_m - p_s|$ 最大为 0.02 MPa , 最大 $F=8.90 \times 10^{-4} \text{ 1/MPa}$, 代入上式, 得到 $c_{\text{rel}}(F) = 1.78 \times 10^{-5}$ 。

C. 1. 3. 8 液体膨胀系数计算引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(\beta)$

估计 $U_{\text{rel}}(\beta) = 25\%$, 按矩形分布考虑, 则其相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(\beta)$ 及相对灵敏系数 $c_{\text{rel}}(\beta)$ 分别为

$$u_{\text{rel}}(\beta) = \frac{25\%}{\sqrt{3}} = 14.44\%$$

$$c_{\text{rel}}(\beta) = \frac{\beta}{K} \frac{\partial K}{\partial \beta} \approx -\beta(t_m - t_s)$$

根据检定数据， $|t_m - t_s|$ 最大为 0.3°C ，最大 $\beta=9.18 \times 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$ ，代入上式，得到 $c_{\text{rel}}(\beta)=-2.75 \times 10^{-4}$ 。

C. 1. 3. 9 仪表系数线性引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(E_l)$

根据检定结果，仪表系数的线性误差 $E_l=0.060\%$ ，按矩形分布考虑，则其相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(E_l) = \frac{0.060\%}{\sqrt{3}} = 0.0346\%$ ，相对灵敏系数 $c_{\text{rel}}(E_l)=1$ 。

C. 1. 3. 10 仪表系数重复性引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(E_r)$

每个流量点重复测量 3 次（此处以 3 次为例，应按实测次数计算），各流量点的仪表系数为 3 次测量结果的平均值，根据测量数据，流量计的重复性为 0.044% ，则 $u_{\text{rel}}(E_r) = \frac{0.044\%}{\sqrt{3}} = 0.0254\%$ （若实测 n 次，则为 $\frac{E_r}{\sqrt{n}}$ ），相对灵敏系数 $c_{\text{rel}}(E_r)=1$ 。

C. 1. 4 计算相对合成标准不确定度 $u_{\text{crel}}(K)$

流量计仪表系数相对标准不确定度汇总表

序号	符号	不确定度来源	标准不确定度 $u_{\text{rel}}(x_i)$	灵敏系数 $ c_{\text{rel}}(x_i) $	对合成不确定度的贡献 $ c_{\text{rel}}(x_i)u_{\text{rel}}(x_i) $
1	$u_{\text{rel}}(V_s)$	体积管标准容积	0.025%	1	2.5×10^{-4}
2	$u_{\text{rel}}(N)$	脉冲计数	0.0015%	1	1.5×10^{-5}
3	$u_{\text{rel}}(t_s)$	体积管处液体温度	0.244%	1.87×10^{-2}	4.56×10^{-5}
4	$u_{\text{rel}}(t_m)$	流量计处液体温度	0.243%	1.89×10^{-2}	4.59×10^{-5}
5	$u_{\text{rel}}(p_s)$	体积管处液体表压	0.178%	7.73×10^{-4}	1.38×10^{-6}
6	$u_{\text{rel}}(p_m)$	流量计处液体表压	0.178%	5.79×10^{-4}	1.03×10^{-6}
7	$u_{\text{rel}}(F)$	液体压缩系数	5.78%	1.78×10^{-5}	1.03×10^{-6}
8	$u_{\text{rel}}(\beta)$	液体膨胀系数	14.44%	2.75×10^{-4}	3.97×10^{-5}
9	$u_{\text{rel}}(E_l)$	线性	0.0346%	1	3.46×10^{-4}

10	$u_{\text{rel}}(E_r)$	重复性	0.0254%	1	2.54×10^{-4}
----	-----------------------	-----	---------	---	-----------------------

将上述各量代入到公式 (C.2) 中得到 $u_{\text{crel}}(K) = 0.050\%$ 。

C.1.5 确定相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}(K)$

取 $k=2$ ，则 $U_{\text{rel}}(K) = k u_{\text{crel}}(K) = 0.10\%$ 。

C.1.6 测量结果报告

被校流量计的流量范围：(401.3~3063.2) L/min，仪表系数 $K=39.9926$ 1/L，相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}(K) = 0.10\%$ ， $k=2$ 。

C.2 用体积管校准标准刮板油流量计示值误差的不确定度评定

C.2.1 概述

标准刮板油流量计（以下简称流量计）的校准依据 JJF xxxx-20xx 《标准刮板油流量计》进行。以体积管流量标准装置（以下简称体积管）为标准器，使流体在相同的时间间隔内连续流过体积管和流量计，比较两者的输出值，从而确定流量计的示值误差。

C.2.2 建立测量模型

用不带检测杆的体积管校准流量计，示值误差的计算公式为：

$$E = \left\{ \frac{N}{KV_s \left(1 + \frac{D}{E_s e} p_s \right) \cdot [1 + \beta_s (t_s - 20)] \cdot [1 + \beta (t_m - t_s)] \cdot [1 - F(p_m - p_s)]} - 1 \right\} \times 100\%$$

将上式展开并忽略高阶无穷小后得到：

$$E = \left\{ \frac{N}{K} \cdot \frac{1}{V_s} \left(1 - \frac{D}{E_s e} p_s \right) \cdot [1 - \beta_s (t_s - 20)] \cdot [1 - \beta (t_m - t_s)] \cdot [1 + F(p_m - p_s)] - 1 \right\} \times 100\%$$

(C.3)

式中： E ——流量计的示值误差；

K ——流量计的仪表系数，1/L；

N ——一次测量流量计发出的脉冲数；

V_s ——体积管证书给出的标准容积值，L；

D ——体积管标准容积段内径，mm；

E_s ——体积管材质的弹性模量，MPa；

e ——体积管标准容积段壁厚，mm；

p_s ——体积管内液体表压（体积管进、出口处液体表压平均值），MPa；

β_s ——体积管材质的体膨胀系数， $1/^\circ\text{C}$ ；

t_s ——体积管内液体温度（体积管进、出口处液体温度平均值）， $^\circ\text{C}$ ；

β ——液体膨胀系数， $1/^\circ\text{C}$ ；

t_m ——流量计处液体温度， $^\circ\text{C}$ ；

p_m ——流量计处液体表压，MPa；

F ——液体压缩系数， $1/\text{MPa}$ 。

根据合成标准不确定度的计算公式

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right]^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} x_i \frac{u(x_i)}{x_i} \right]^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_*(x_i) u_{\text{rel}}(x_i)]^2}$$

其中 $c_*(x_i) = \frac{\partial f}{\partial x_i} x_i$ ，为相应灵敏系数，流量计示值误差的合成标准不确定度为：

$$u_c(E) = \sqrt{\begin{aligned} & [c_*(V_s)u_{\text{rel}}(V_s)]^2 + [c_*(N)u_{\text{rel}}(N)]^2 + [c_*(t_s)u_{\text{rel}}(t_s)]^2 + \\ & [c_*(t_m)u_{\text{rel}}(t_m)]^2 + [c_*(p_s)u_{\text{rel}}(p_s)]^2 + [c_*(p_m)u_{\text{rel}}(p_m)]^2 + \\ & [c_*(F)u_{\text{rel}}(F)]^2 + [c_*(\beta)u_{\text{rel}}(\beta)]^2 + [c(E_r)u(E_r)]^2 \end{aligned}} \quad (\text{C. 4})$$

C.2.3 标准不确定度来源及评定

用体积管流量标准装置对一台 150 口径，脉冲输出的标准刮板油流量计进行校准， $V_s=1010.4523 \text{ L}$ ， $D=258 \text{ mm}$ ， $e=4.5 \text{ mm}$ ， $E_s=2.17 \times 10^5 \text{ MPa}$ ， $\beta_s=50 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ ，介质为喷气燃油， $\rho_{20}=797.0 \text{ kg/m}^3$ ， $\rho_{15}=800.7 \text{ kg/m}^3$ ， $\beta_{15}=9.273 \times 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$ 。每个流量点测量 3 次（此处以 3 次为例，应按实测次数计算），以 3 次示值误差的平均值作为该点的示值误差，重复性用极差法计算，数据见下表。

标准刮板油流量计测量数据

流量点 (L/min)	t_s ($^\circ\text{C}$)	p_s (MPa)	$Q_s(\text{L})$	N	t_m ($^\circ\text{C}$)	p_m (MPa)	$Q(\text{L})$	$E_{ij}(\%)$	$E_i(\%)$	$E_r(\%)$
3063.2	21.4	0.52	1010.7546	40407	21.5	0.52	1010.175	-0.057	-0.078	0.030
	21.3	0.52	1010.6568	40398	21.3	0.52	1009.950	-0.070		
	21.5	0.52	1010.7597	40387	21.6	0.52	1009.675	-0.107		
2310.4	21.5	0.62	1010.7954	40433	21.6	0.61	1010.825	0.003	-0.012	0.022
	21.2	0.62	1010.6874	40425	21.2	0.61	1010.625	-0.006		
	21.1	0.61	1010.7724	40417	21.2	0.60	1010.425	-0.034		
1748.1	21.2	0.67	1010.8012	40440	21.3	0.65	1011.000	0.020	0.012	0.016
	21.2	0.67	1010.8927	40444	21.4	0.65	1011.100	0.021		
	21.3	0.67	1010.8075	40430	21.4	0.65	1010.750	-0.006		

$$c_*(t_s) = t_s \frac{\partial E}{\partial t_s} \approx t_s (\beta - \beta_s)$$

根据测量数据, $\beta_s=50 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, 最大 $t_s=21.5^\circ\text{C}$, 计算得到 $\beta=9.18 \times 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$, 代入上式, 得到 $c_{\text{rel}}(t_s)=1.87 \times 10^{-2}$ 。

C. 2. 3. 4 流量计处液体温度测量引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(t_m)$

同 C. 2. 3. 3, $u_{\text{rel}}(t_m)=0.243\%$, $c_*(t_m) \approx -\beta t_m = -1.89 \times 10^{-2}$ 。

C. 2. 3. 5 体积管处液体压力测量引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(p_s)$

使用的压力变送器的量程为 1.6 MPa, 准确度为 0.1%FS, 即最大误差为 0.0016MPa, 体积管处液体表压按最小值 0.5MPa 计算, 则得到

$$U_{\text{rel}}(p_s) = \frac{0.0016}{0.52} \times 100\% = 0.31\%, \text{按矩形分布考虑, 其相对标准不确定度 } u_{\text{rel}}(p_s)$$

及相应灵敏系数 $c_*(p_s)$ 分别为

$$u_{\text{rel}}(p_s) = \frac{0.31\%}{\sqrt{3}} = 0.179\%$$

$$c_*(p_s) = p_s \frac{\partial E}{\partial p_s} \approx -p_s \left(\frac{D}{E_s e} + F \right)$$

根据测量数据, $D=258 \text{ mm}$, $e=4.5 \text{ mm}$, $E_s=2.17 \times 10^5 \text{ MPa}$, 最大 $p_s=0.67 \text{ MPa}$, 最大 $F=8.90 \times 10^{-4} 1/\text{MPa}$, 代入上式, 得到 $c_{\text{rel}}(p_s)=-7.73 \times 10^{-4}$ 。

C. 2. 3. 6 流量计处液体压力测量引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(p_m)$

同 C. 2. 3. 5, $u_{\text{rel}}(p_m)=0.179\%$, $c_*(p_m) \approx F p_m = 5.79 \times 10^{-4}$ 。

C. 2. 3. 7 液体压缩系数计算引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(F)$

估计 $U_{\text{rel}}(F)=10\%$, 按矩形分布考虑, 则其相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(F)$ 及相应灵敏系数 $c_*(F)$ 分别为

$$u_{\text{rel}}(F) = \frac{10\%}{\sqrt{3}} = 5.78\%$$

$$c_{r e}(F) = F \frac{\partial E}{\partial F} \approx F(p_m - p_s)$$

根据检定数据, $|p_m - p_s|$ 最大为 0.02MPa, 最大 $F=8.90 \times 10^{-4} \text{ 1/MPa}$, 代入上式, 得到 $c_*(F)=1.78 \times 10^{-5}$ 。

C. 2. 3. 8 液体膨胀系数计算引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(\beta)$

估计 $U_{\text{rel}}(\beta)=25\%$, 按矩形分布考虑, 则其相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(\beta)$ 及相应灵敏系数 $c_*(\beta)$ 分别为

$$u_{\text{rel}}(\beta) = \frac{25\%}{\sqrt{3}} = 14.44\%$$

$$c_*(\beta) = \beta \frac{\partial E}{\partial \beta} \approx -\beta(t_m - t_s)$$

根据检定数据, $|t_m - t_s|$ 最大为 0.3℃, 最大 $\beta=9.18 \times 10^{-4} \text{ 1/℃}$, 代入上式, 得到 $c_*(\beta)=-2.75 \times 10^{-4}$ 。

C. 2. 3. 9 仪表系数重复性引入的标准不确定度 $u(E_r)$

每个流量点重复测量 3 次 (此处以 3 次为例, 应按实测次数计算), 各流量点的示值误差为 3 次测量结果的平均值, 根据测量数据, 流量计的重复性为 0.043%, 则 $u_{\text{rel}}(E_r) = \frac{0.044\%}{\sqrt{3}} = 0.0248\%$ (若实测 n 次, 则为 $\frac{E_r}{\sqrt{n}}$), 相对灵敏系

数 $c_{\text{rel}}(E_r)=1$ 。

C. 2. 4 计算合成标准不确定度 $u_c(E)$

流量计示值误差标准不确定度汇总表

序号	符号	不确定度来源	标准不确定度 $u_{\text{rel}}(x_i)$	灵敏系数 $ c_*(x_i) $	对合成不确定度的贡献 $c_*(x_i)u_{\text{rel}}(x_i)$
1	$u_{\text{rel}}(V_s)$	体积管 标准容积	0.025%	1	2.5×10^{-4}
2	$u_{\text{rel}}(N)$	脉冲计数	0.0015%	1	1.5×10^{-5}
3	$u_{\text{rel}}(t_s)$	体积管处 液体温度	0.244%	1.87×10^{-2}	4.56×10^{-5}
4	$u_{\text{rel}}(t_m)$	流量计处 液体温度	0.243%	1.89×10^{-2}	4.59×10^{-5}
5	$u_{\text{rel}}(p_s)$	体积管处 液体表压	0.179%	7.73×10^{-4}	1.38×10^{-6}

6	$u_{\text{rel}}(p_m)$	流量计处 液体表压	0.179%	5.79×10^{-4}	1.04×10^{-6}
7	$u_{\text{rel}}(F)$	液体压缩系数	5.78%	1.78×10^{-5}	1.03×10^{-6}
8	$u_{\text{rel}}(\beta)$	液体膨胀系数	14.44%	2.75×10^{-4}	3.97×10^{-5}
9	$u_{\text{rel}}(E_r)$	重复性	0.0248%	1	2.48×10^{-4}

将上述各量代入到公式 (C.4) 中得到 $u_c(E) = 0.036\%$ 。

C.2.5 确定扩展不确定度 $U(E)$

取 $k=2$ ，则 $U(E) = ku_c(E) = 0.072\%$ 。

C.2.6 测量结果报告

被校流量计的流量范围：(401.3~3063.2) L/min，示值误差 $E = -0.078\%$ ，扩展不确定度 $U(E) = 0.072\%$ ， $k=2$ 。

附录 D

校准记录参考格式 (体积管, 仪表系数)

流水号:

客户名称:			器具名称:			型号:			编号:		公称直径:				
制造单位:			校准依据:			环境温度:			相对湿度:		大气压力:				
校准地点:			校准流量范围:			原仪表系数 K_0 :			证书编号:						
标准装置信息															
装置名称	型号	编号	$U/AC/MPE$	标准容积 (L)	流量范围 (L/min)	内径 (mm)	壁厚 (mm)	弹性模量 (MPa)	膨胀系数 ($1/^\circ\text{C}$)	证书编号	有效期				
体积管															
校准液体信息															
液体名称			试验温度 ($^\circ\text{C}$)			视密度 (kg/m^3)			标准密度 (kg/m^3)		15 $^\circ\text{C}$ 密度 (kg/m^3)				
校准数据															
流量点	体积管数据									流量计数据			计算结果		
流量 (L/min)	校准时间 t (s)	入口温度 t_{s1} ($^\circ\text{C}$)	出口温度 t_{s2} ($^\circ\text{C}$)	入口压力 p_{s1} (MPa)	出口压力 p_{s2} (MPa)	压缩系数 F	工况密度 ρ (kg/m^3)	膨胀系数 β ($1/^\circ\text{C}$)	累积流量 Q_s (L)	脉冲数 N	温度 t_m ($^\circ\text{C}$)	压力 p_m (MPa)	仪表系数 K_{ij}	平均系数 K_i	重复性 (E_r) _{i}
.....
流量计的仪表系数 $K=$			线性误差 $E_L=$			重复性 $E_r=$			仪表系数变化量 $E=$						

校准员:

核验员:

校准日期: xxxx 年 xx 月 xx 日

第 页 共 页

校准记录参考格式（体积管，示值误差）

流水号：

客户名称：			器具名称：			型号：			编号：		公称直径：					
制造单位：			校准依据：			环境温度：			相对湿度：		大气压力：					
校准地点：			校准流量范围：			原仪表系数 K_0 ：			证书编号：							
标准装置信息																
装置名称	型号	编号	$U/AC/MPE$	标准容积 (L)	流量范围 (L/min)	内径 (mm)	壁厚 (mm)	弹性模量 (MPa)	膨胀系数 (1/°C)	证书编号	有效期					
体积管																
校准液体信息																
液体名称			试验温度 (°C)		视密度 (kg/m^3)		标准密度 (kg/m^3)			15°C密度 (kg/m^3)						
校准数据																
流量点	体积管数据								流量计数据				计算结果			
流量 (L/min)	校准 时间 t (s)	入口 温度 t_{s1} (°C)	出口 温度 t_{s2} (°C)	入口 压力 p_{s1} (MPa)	出口 压力 p_{s2} (MPa)	压缩 系数 F	工况 密度 ρ (kg/m^3)	膨胀 系数 β (1/°C)	累积 流量 Q_s (L)	脉冲数 N	温度 t_m (°C)	压力 p_m (MPa)	累积 流量 Q_m (L)	示值 误差 E_j	平均 误差 E_i	重复性 (E_r) _i
.....
流量计的示值误差 $E=$													重复性 $E_r=$			

校准员：

核验员：

校准日期：xxxx年xx月xx日

第 页 共 页

附录 E

校准证书内页参考格式

E.1 标准刮板油流量计仪表系数校准证书内页参考格式

除通用规定要求内容外，校准证书内页还应注明以下信息：

一、校准条件

1. 校准用液体：
2. 校准时液体温度：（ ~ ）℃
3. 校准时液体表压力：（ ~ ）MPa
4. 流量计口径： mm
5. 校准流量范围：（ ~ ）L/min

二、校准结果及不确定度

流量点 (L/min)	仪表系数 (1/L)	重复性 (%)

流量计的仪表系数：

线性误差： 重复性：

仪表系数的相对扩展不确定度： $U_{rel} =$ %， $k=2$

流量计原仪表系数：

仪表系数变化量：

以下空白。

E.2 标准刮板油流量计示值误差校准证书内页参考格式

除通用规定要求内容外，校准证书内页还应注明以下信息：

一、校准条件

1. 校准用液体：
2. 校准时液体温度：（ ~ ）℃
3. 校准时液体表压力：（ ~ ）MPa
4. 流量计口径： mm
5. 校准流量范围：（ ~ ）L/min

二、校准结果及不确定度

流量点 (L/min)	示值误差 (%)	重复性 (%)

流量计的仪表系数:

示值误差:

重复性:

示值误差的扩展不确定度: $U=$ % , $k=2$

以下空白。
