

湖北省地方计量技术规范

JJF (鄂) xxxx—202x

付油装置在线校准规范

On-line calibration specification for fuel oil device

(征求意见稿)

202x-xx-xx 发布

202x-0x-0x 实施

湖北省市场监督管理局 发布

付油装置在线
校准规范

On-line calibration specification for fuel
oil device

JJF (鄂) xxx—202x

归口单位：湖北省市场监督管理局

主要起草单位：湖北省计量测试技术研究院

参加起草单位：

本规范委托湖北省计量测试技术研究院负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

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	2
4 概述	2
5 计量特性	2
5.1 准确度等级	2
5.2 付油装置的重复性	3
5.3 预装量控制误差	3
6 校准条件	3
6.1 测量标准和配套设备	3
6.2 校准环境条件	3
7 校准项目及方法	3
7.1 校准项目	3
7.2 校准方法	3
7.3 计算公式	5
7.4 数据处理	7
8 校准结果表达	7
9 复校时间间隔	7
附录 A 校准证书内页信息及格式	9
附录 B 校准记录参考格式	10
附录 C 示值误差的测量结果不确定度评定示例	10

引 言

本规范以 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行制定。

本规范参考了 JJG667 《液体容积式流量计》、JJG 1038 《科里奥利质量流量计》的相关内容，结合湖北省内付油装置的实际使用情况和行业现状进行编写。

本规范为首次制定。

付油装置在线校准规范

1 范围

本规范适用于石油产品装车用的付油装置在线校准, 船或铁路等其它用途的付油装置可参考本规范执行。

2 引用文件

本规范引用下列文件:

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
JJF 1059.1—2012	测量不确定度评定与表示
JJG 667	液体容积式流量计
JJG 1038	科里奥利质量流量计
GB/T 1885—1998	石油计量表
GB3836	爆炸性环境

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

引用文件中界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1 付油装置 fuel oil device

将石油产品经装车设施灌装并完成计量的装置。

3.1.2 在线校准 online calibration

确定实际工作条件下计量装置所指示的量值与对应的由标准所复现的量值之间关系的一组操作。

3.1.3 付油装置设定值 set flow of dispensing oil

通过主控单元输入的石油产品装车量设定值。

3.1.4 付油装置显示值 displayed flow of dispensing oil

通过计量单元获得并显示的石油产品装车量值。

3.1.5 付油结算值 settlement flow of dispensing oil

作为付油结算依据的量值，一般为付油装置显示值或付油装置设定值。

3.1.6 零点调整 zero adjustment

建立计量单元中流量计的零流量参考点的过程。

3.1.7 预装量控制误差 error of set flow of dispensing oil

付油装置设定值与显示值的差值。

3.2 计量单位

体积单位：立方米、升，符号 m^3 、L；

流量单位：立方米每小时、升每分钟，符号 m^3/h 、 L/min ；

温度单位：摄氏度，符号 $^{\circ}\text{C}$ ；

压力单位：帕[斯卡]，符号 Pa；

时间单位：秒，符号 s；

密度单位：千克每立方米、克每立方厘米，符号 kg/m^3 、 g/cm^3 ；

质量单位：吨、千克、克，符号 t、kg、g。

4 概述

付油装置是将石油产品经装车设施装车并完成计量的装置，通过对装置中流量、温度、压力等仪表数据的采集，并控制泵、阀门等机构，实现定量、准确输送油品的功能，如图 1 所示。

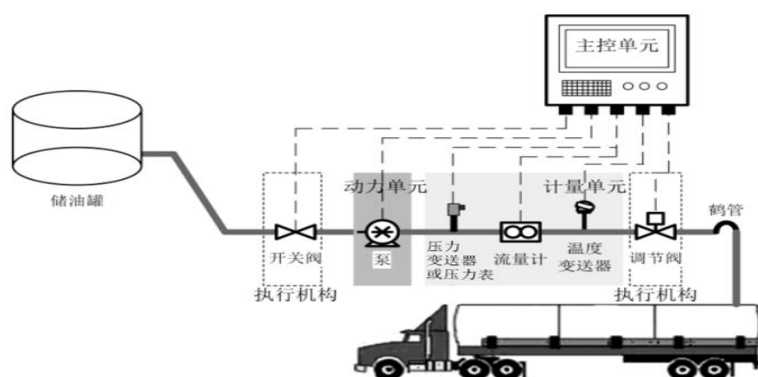


图 1 付油装置示意图

5 计量特性

5.1 示值误差

付油装置显示值的最大允许误差为 $\pm 0.2\%$ 。

5.2 重复性

付油装置的重复性不超过最大允许误差的 $1/3$ 。

5.3 预装量控制误差

付油装置在实际付油状态下的预装量控制误差应不超过 $\pm 5\text{ L}$ 或 $\pm 5\text{ kg}$ 。

注：校准工作不做符合性判断，以上计量特性仅供参考。

6 校准条件

6.1 测量标准和配套设备

表 1 测量标准和配套设备表

序号	设备名称	技术要求
1	标准金属量器(以下简称量器)	量器的最大允许误差不超过 $\pm 0.025\%$ ，容积不小于付油装置的最小体积变量的 1000 倍，并不小于校准流量下 1min 的排放量。必要时应有保温措施。材质使用不锈钢。标准金属量器应配有水平调节装置。若量器安放在运载汽车上，校准用标准金属量器应为液位补偿式。
2	电子温度计	测量范围满足 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，扩展不确定度优于 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$ ，最小分度值不大于 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
3	秒表	最大允许误差： $\pm 0.5\text{ s/d}$ 。
4	石油密度计	测量范围 $(650 \sim 1000)\text{ kg/m}^3$ ，二等或扩展不确定度优于 0.3 kg/m^3 ， $k=2$ 。

注：可从以上器具中选择合适的设备进行校准，校准用设备应包括但不限于上述器具。

6.2 校准条件

环境温度： $-5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度： $\leq 95\%$ 。

校准时，应采用现场实际油品作为校准介质，场地及校准过程应满足安全操作要求。在防爆区域开展工作时，所有设备、环境条件必须符合 GB3836 的相关安全防爆要求。

7 校准项目及方法

7.1 校准项目

付油装置校准项目包括：示值误差、重复性、预装量控制误差。

7.2 校准方法

付油装置校准选择容积法。

7.2.1 校准前的准备工作

7.2.1.1 标识和外观检查

1) 付油装置配套的流量计应满足相应检定规程中外观、标识和铭牌的要求。

2) 流量计指示机构显示的数字及表示功能的文字符号应清晰完整、正确；指示机构的保护罩应有良好的透明度，不得有影响读数的明显缺陷。电子式指示装置不允许总量置零和人为改变示值。断电恢复后必须正确显示断电前的指示值。

3) 对于带有回零功能的流量计，回零机构应能正确回零，单次回零操作不得改变装置累积总量示值。

4) 付油装置应具有可加封印的机构，以保证在不损坏封印的情况下无法调整付油装置的计量性能。

5) 付油装置的单次显示值应与计量单元中流量计的单次累积流量值保持一致，仅允许对有效位数进行修约。

7.2.1.2 管路条件检查

1) 付油装置不得有影响付油计量的旁路。

2) 付油装置的管路应满足流量计对前后直管段的要求。

3) 流量调节阀应在付油流量计的下游。

4) 计量单元采用液体容积式流量计的付油装置，介质温度测量位置应在付油流量计的出口附近，相关仪器设备应带有效的溯源证书。

5) 计量单元采用液体容积式流量计的付油装置，介质压力测量位置应在付油流量计的进口或出口附近，相关仪器设备应带有效的溯源证书。

6) 计量单元采用液体容积式流量计且采取质量交接的付油装置，应在付油流量计的进口或出口附近安装在线密度计，相关仪器设备应带有效的溯源证书。

7) 油品应充满管路，管道上应有过滤和消气装置。

7.2.1.3 密封性检查

付油装置在校准过程中其管路、过滤器、流量计等应该紧密连接，付油装置各部件及连接处无明显泄漏现象。

7.2.2 校准流量点

付油装置流量点为付油装置的常用流量点，校准次数不少于 3 次。

7.2.3 校准操作

7.2.3.1 进行试运行，启动付油装置通电预热至少 30min，在常用流量下运行一段时间，排出储油罐至付油口管道内的存油，且保证管线内无气体。

7.2.3.2 将量器放置在坚硬的平地上（若量器安放在运载汽车上或其他支架上，则必须保证校准时无任何晃动），用水平调节装置将量器调平并使量器良好接地，使量器处于准备状态。

7.2.3.3 连接付油装置与标准器，带油气回收系统的付油装置需同步将油气回收管道与标准器管道进行连接。将付油装置的指示装置回零或记录起始值，按付油装置设定值设定发油量，启动付油装置，将流量调至校准流量，向量器内注入介质，加注时间应不少于 1min，加注过程中用秒表计时，计算校准流量。

7.2.3.4 待量器中的气泡消失后，分别记录标准器示值、付油装置显示值、标准器处温度、压力（量器为开放式结构时可忽略）、流量计处温度、压力、标准器处油品视密度等必要数据，然后按量器证书上规定的放液时间将量器内的介质完全放净，关闭阀门。

7.2.3.5 重复上述 7.2.3.3~7.2.3.4 的步骤，按要求完成流量点的示值误差和重复性校准。

7.2.4 预装量控制误差校准方法

预装量控制误差试验通过实际付油过程进行测量，记录每次付油过程的付油装置设定值和显示值，至少重复测量三次。

7.3 计算公式

7.3.1 量器测得的在校准温度下的实际体积值按式（1）计算：

$$Q_s = V_s [1 + \beta_s (t_s - 20)] [1 + \beta_Y (t_m - t_s)] [1 - \kappa (p_m - p_s)] \quad (1)$$

式中：

Q_s ——标准量器在 t_m °C 下累积流量值，L；

V_s ——量器在 20°C 下标准容积，L；

β_Y 、 β_s ——分别为校准介质和标准量器材质的体膨胀系数，°C⁻¹；

注：汽油：12×10⁻⁶°C⁻¹；柴油、煤油：9×10⁻⁶°C⁻¹；不锈钢：50×10⁻⁶°C⁻¹

t_m 、 t_s ——分别为流量计处的油温和标准量器内的油温，°C；

k ——液体压缩系数，Pa⁻¹；

p_m 、 p_s ——分别为流量计的油品压力和标准量器内的油品压力，Pa。

7.3.2 实际体积换算质量公式：

$$(M_s)_i = (Q_s)_i \times (\rho_{20} - \rho_a) \times VCF \quad (2)$$

式中：

ρ_{20} ——由视密度和计量温度查 GB/T 1885 中的产品标准密度表得到的标准密度， kg/m^3 ；

ρ_a ——空气密度（取 $1.1\text{kg}/\text{m}^3$ ）， kg/m^3 ；

VCF ——将计量温度下的体积修正到 20°C 下的体积修正系数，由标准密度和计量温度查 GB/T 1885 中的体积修正系数表得到。

7.3.3 示值误差

单次示值误差按式（3）计算：

$$E_i = \frac{(Q_m)_i - (Q_s)_i}{(Q_s)_i} \times 100\% \quad (3)$$

式中： $(Q_m)_i$ ——第 i 次测量的付油装置显示值， L/kg ；

$(Q_s)_i$ ——第 i 次测量时的标准值， L/kg ；

示值误差按式（4）计算：

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

式中： n ——校准次数。

7.3.4 重复性按式（5）计算：

$$E_r = \frac{(E_i)_{\max} - (E_i)_{\min}}{d_n} \quad (5)$$

式中： E_r ——测量重复性，%；

$(E_i)_{\max}$ ——校准流量点最大示值误差，%；

$(E_i)_{\min}$ ——校准流量点最小示值误差，%；

d_n ——极差系数，其值见表2。

表 2 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

7.3.5 流量按公式 (6) 计算:

$$Q_v = \frac{60V_t}{t} \quad (6)$$

式中: Q_v ——流经付油装置的体积流量, L/min;

V_t ——在测量时间 t 内付油装置显示的体积值, L;

t ——测量时间, s。

7.3.6 预装量控制误差 Δ_i 按 (7) 式计算。

$$\Delta_i = (Q_{set})_i - (Q_{dis})_i \quad (7)$$

式中: $(Q_{set})_i$ ——第 i 次测量装置的付油装置设定值, kg 或 L;

$(Q_{dis})_i$ ——第 i 次测量装置的付油装置显示值, kg 或 L。

7.4 数据处理

按公式 (3) 计算校准点各次校准的示值误差, 取平均值作为该点的示值误差。按公式 (5) 计算校准点的重复性。

采用体积交接且计量单元为液体容积式流量计的付油装置或采用质量交接且计量单元为质量流量计的付油装置, 记录每次付油过程的设定值和显示值, 依照公式 (7) 计算预装量控制误差, 取平均值作为付油装置的预装量控制误差。

采用质量交接且计量单元为液体容积式流量计的付油装置或采用体积交接且计量单元为质量流量计的付油装置, 记录每次付油过程的设定值、显示值和密度值, 按公式 (2) 和 (7) 计算预装量控制误差, 取平均值作为付油装置的预装量控制误差。

8 校准结果表达

原始记录和校准证书格式参考附录 A 和 B, 不确定度评定方法参考附录 C。

9 复校时间间隔

建议付油装置的复校时间间隔与计量单元选用流量计的检定周期保持一致。

注：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

校准证书内页信息及格式

证书编号：				
校准依据：				
校准环境条件及地点：				
校准地点				
环境温度 (°C)				
相对湿度 (%)				
校准使用的标准器：				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	检定/校准证 书编号	有效期至
校准结果：				
示值误差				
重复性				
预装量控制误差				
扩展不确定度		$U = \quad \% (k=2)$		
校准用介质：				

(以下空白)

附录 B

校准记录参考格式
付油装置校准记录（容积法）

记录（证书）号：_____

（一）校准信息

使用单位：_____ 使用单位地址：_____

流量计类型：_____ 制造厂家：_____ 型号规格：_____ 编号：_____ 生产日期：_____

校准依据：_____ 校准介质：_____ 校准环境温度：_____℃ 相对湿度：_____ % 校准地点：_____

外观检查：1、外观和标识 符合□ 不符合□ 2、管路条件 符合□ 不符合□ 3、密封性 符合□ 不符合□ 4、预装量控制误差 符合□ 不符合□

（二）校准设备

标准器名称		规格型号		不确定度/准确度等级/最大允许误差	
编 号		证书编号		有 效 期	
标准器名称		规格型号		不确定度/准确度等级/最大允许误差	
编 号		证书编号		有 效 期	

（三）示值误差和重复性

测量点 (L/min)	测量 次序	付油装置 示值 Q_m / L	标准器							单次测量 相对误差 E_i / %	示值误差 $\bar{E}_i$ / %	重复性 E_r / %
			量器刻度 H / mm	量器示值 V_s / L	流量计处液温 t_m / °C	量器内液温 t_s / °C	流量计处压力 p_m / kPa	流量计处压力 p_s / kPa	实际体积值 Q_s / L			
	1											
	2											
	3											

序号	付油装置设定值 (Q_{set}) _i (kg/L)	付油装置显示值 (Q_{dis}) _i (kg/L)	单次预装量控制误差 Δ_i (kg/L)	预装量控制误差 Δ (kg/L)
1				
2				
3				

备注：

（四）示值误差（%）：_____ 重复性（%）：_____ 扩展不确定度： $U=$ _____ %， $k=2$

校准人员：

核验员：

校准日期：____年____月____日

建议复校日期：____年____月____日

附录 C

不确定度评定实例

C.1 概述

C.1.1 被校对象

付油装置：最大允许误差 $\pm 0.2\%$ ，计量单元流量计种类：液体容积式流量计，计量单元温度变送器最大允许误差： $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

C.1.2 标准器及配套设备

主标准器：二等标准金属量器（2000L），温度计： $U=0.2^\circ\text{C}$ （ $k=2$ ）。

C.1.3 校准条件

环境温度： 24.3°C ，相对湿度：60%，介质：柴油。

C.2 数学模型

$$Q_s = V_s [1 + \beta_s(t_s - 20)] [1 + \beta_Y(t_m - t_s)] [1 - \kappa(p_m - p_s)] \quad (\text{C.1})$$

$$E = \frac{Q_m - Q_s}{Q_s} = \frac{Q_m}{Q_s} - 1 = \frac{Q_m}{V_s [1 + \beta_s(t_s - 20)] [1 + \beta_Y(t_m - t_s)] [1 - \kappa(p_m - p_s)]} - 1 \quad (\text{C.2})$$

式中： Q_m ——付油装置显示值，L；

Q_s ——标准量器在 t_m $^\circ\text{C}$ 下累积流量值，L；

V_s ——量器在 20°C 下标准容积，L；

β_Y 、 β_s ——分别为校准介质和标准量器材质的体膨胀系数， $^\circ\text{C}^{-1}$ ；

注：汽油： $12 \times 10^{-4}^\circ\text{C}^{-1}$ ；柴油、煤油： $9 \times 10^{-4}^\circ\text{C}^{-1}$ ；不锈钢： $50 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$

t_m 、 t_s ——分别为流量计处的油温和标准量器内的油温， $^\circ\text{C}$ ；

k ——液体压缩系数， Pa^{-1} ；

p_m 、 p_s ——分别为流量计的油品压力和标准量器内的油品压力，Pa。

油品的压缩系数 k 约为 $(4 \sim 15) \times 10^{-10} \text{Pa}^{-1}$ ，因此压力测量的不确定度贡献量可忽略，付油装置不确定度传播律计算公式为：

$$u_c(E) = \sqrt{c_1^2 u^2(Q_m) + c_2^2 u^2(V_s) + c_3^2 u^2(\beta_Y) + c_4^2 u^2(\beta_s) + c_5^2 u^2(t_s) + c_6^2 u^2(t_m)} \quad (C.3)$$

其中标准器的体膨胀系数为 $50 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，柴油的体膨胀系数为 $9 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，流量计处的温度为 $22.4 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，标准器内的温度为 $23.9 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，付油装置显示值的平均值为 1997.9 L ，标准值为 1999.86 L ，则灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial E}{\partial Q_m} = \frac{1}{Q_s} \approx 0.0005 \text{ L}^{-1}$$

$$c_2 = \frac{\partial E}{\partial V_s} = -\frac{Q_m}{V_s^2 [1 + \beta_s(t_s - 20)][1 + \beta_Y(t_m - t_s)]} \approx -0.0005 \text{ L}^{-1}$$

$$c_3 = \frac{\partial E}{\partial \beta_Y} = -\frac{Q_m(t_m - t_s)}{V_s [1 + \beta_s(t_s - 20)][1 + \beta_Y(t_m - t_s)]} \approx -(t_m - t_s) = 1.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$c_4 = \frac{\partial \Delta Q}{\partial \beta_s} = -\frac{Q_m(t_s - 20)}{V_s [1 + \beta_s(t_s - 20)][1 + \beta_Y(t_m - t_s)]} \approx -(t_s - 20) = -2.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$c_5 = \frac{\partial \Delta Q}{\partial t_s} = -\frac{Q_m(\beta_s - \beta_Y)}{V_s [1 + \beta_s(t_s - 20)][1 + \beta_Y(t_m - t_s)]} \approx -(\beta_s - \beta_Y) = 0.00085 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$c_6 = \frac{\partial \Delta Q}{\partial t_m} = -\frac{Q_m \beta_Y}{V_s [1 + \beta_s(t_s - 20)][1 + \beta_Y(t_m - t_s)]} \approx -\beta_Y = -0.0009 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

C.3 标准不确定度分量

付油装置的不确定度来源主要有：重复测量引入的不确定度分量 $u_1(Q_m)$ ，标准器引入的不确定度分量 $u_2(V_s)$ ，介质体膨胀系数引入的不确定度分量 $u_3(\beta_Y)$ ，标准器体膨胀系数引入的不确定度分量 $u_4(\beta_s)$ ，流量计处介质温度测量引入的不确定度分量 $u_5(t_m)$ ，标准器处介质温度测量引入的不确定度分量 $u_6(t_s)$ 。

C.3.1 重复测量引入的不确定度分量 $u_1(Q_m)$

使用 2000 L 标准金属量器对付油装置重复测量 10 次得到如下数据：

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
相对示值误差 (%)	-0.098	-0.051	-0.119	-0.079	-0.128	-0.086	-0.094	-0.133	-0.148	-0.063

依据贝塞尔公式计算单次的实验标准偏差：

$$s(Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}} \approx 0.03\%$$

实际校准时，取 3 次示值误差平均值作为该流量点的示值误差则重复性引入的标准不确定度为：

$$u_1(Q_m) = \frac{0.03}{\sqrt{3}} \% \times 1997.9 \approx 0.36L$$

C.3.2 标准器引入的不确定度分量 $u_2(V_s)$

因为二等标准金属量器的最大允许误差为 $\pm 2.5 \times 10^{-4}$ ，满足均匀分布，则标准不确定度为：

$$u_2(V_s) = \frac{0.00025 \times 2000}{\sqrt{3}} \approx 0.29L$$

C.3.3 介质体膨胀系数引入的不确定度分量 $u_3(\beta_Y)$

因为柴油的体膨胀系数为 $9 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，其扩展不确定度为 $9 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 且服从均匀分布，则标准不确定度为：

$$u_3(\beta_Y) = \frac{0.00009}{\sqrt{3}} \approx 0.000052 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

C.3.4 标准器体膨胀系数引入的不确定度分量 $u_4(\beta_s)$

因为标准器的体膨胀系数为 $50 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，其扩展不确定度为 $5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 且服从均匀分布，则标准不确定度为：

$$u_4(\beta_s) = \frac{0.000005}{\sqrt{3}} \approx 0.0000029 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

C.3.5 流量计处介质温度测量引入的不确定度分量 $u_5(t_m)$

因为流量计处温度计的最大允许误差为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，服从均匀分布，则标准不确定度为：

$$u_5(t_m) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} \approx 0.29^{\circ}\text{C}$$

C.3.6 标准器处介质温度测量引入的不确定度分量 $u_6(t_s)$

因为流量计处温度计的扩展不确定度 $U=0.2^{\circ}\text{C}$ （ $k=2$ ），则标准不确定度为：

$$u_5(t_m) = 0.1^{\circ}\text{C}$$

C.4 各不确定度分量一览表

序号	标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 $c_r(x_i)$	$c_r(x_i)u(x_i)$
1	Q_m	测量重复性	0.36L	0.0005L^{-1}	0.192
2	V_s	标准金属量器	0.29L	-0.0005L^{-1}	0.29
3	β_Y	校准介质体膨胀系数	$5.2 \times 10^{-5}\text{C}^{-1}$	1.5°C	0.156
4	β_s	标准量器体膨胀系数	$2.9 \times 10^{-6}\text{C}^{-1}$	-2.4°C	0.023
5	t_m	流量计处介质温度测量	0.29°C	$0.00085^{\circ}\text{C}^{-1}$	0.493
6	t_s	量器内介质温度测量	0.1°C	$-0.0009^{\circ}\text{C}^{-1}$	0.18

C.5 合成标准不确定度

$$u_c(E) = \sqrt{c_1^2 u^2(Q_m) + c_2^2 u^2(V_s) + c_3^2 u^2(\beta_Y) + c_4^2 u^2(\beta_s) + c_5^2 u^2(t_s) + c_6^2 u^2(t_m)} \approx 0.0358\%$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$

扩展不确定度为： $U = 2 \times 0.0358\% \approx 0.08\%$

C.7 测量不确定度的报告与表示

付油装置相对示值误差： -0.10% ，扩展不确定度： $U=0.08\%$ ， $k=2$