

JJF (闽) 1171—2026



福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1171—2026

定量发油系统校准规范

Calibration Specification for Quantitative Oil Delivery System

2026 – 07 – 02 发布

2026 – 10 – 02 实施

福建省市场监督管理局 发布

定量发油系统校准规范

Calibration Specification for Quantitative Oil
Delivery System

JJF (闽) 1171—2026

归口单位：福建省市场监督管理局

主要起草单位：中国石化销售股份有限公司福建石油分公司
福建省计量科学研究院

参加起草单位：中石化森美（福建）石油有限公司福州分公司

本规范委托福建省计量规范技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

吴丽蓉（中国石化销售股份有限公司福建石油分公司）

柯小伟（福建省计量科学研究院）

刘鸿滨（福建省计量科学研究院）

参加起草人：

林泰来（福建省计量科学研究院）

陈培铭（中国石化销售股份有限公司福建石油分公司）

刘小明〔中石化森美（福建）石油有限公司福州分公司〕

谢华忠（中国石化销售股份有限公司福建石油分公司）

福建省计量规范技术委员会

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(2)
5.1 示值误差	(2)
5.2 重复性	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 介质要求	(3)
6.3 校准用标准	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准前准备	(3)
7.2 示值误差与重复性	(4)
8 校准结果	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 容积法校准定量发油系统	(7)
附录 B 校准记录参考格式	(9)
附录 C 校准证书(内页)参考格式	(11)
附录 D 校准结果不确定度评定示例	(12)

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、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》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范参考 JJG 443—2023《燃油加油机（试行）》、JJG 643—2024《标准表法流量标准装置》、JJG 667—2025《液体容积式流量计》、JJG 1037—2008《涡轮流量计》、JJG 1038—2008《科里奥利质量流量计》、JJF 1708—2018《标准表法科里奥利质量流量计在线校准规范》编制而成。

本规范为首次制定。

福建省计量规范技术规范

定量发油系统校准规范

1 范围

本校准规范适用于液态石化产品仓储库、炼油厂定量发油系统的现场校准，其它场所使用的定量发油系统可参照本规范执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 443 燃油加油机（试行）

JJG 643 标准表法流量标准装置

JJG 667 液体容积式流量计

JJG 1037 涡轮流量计

JJG 1038 科里奥利质量流量计

JJF 1004—2004 流量计量名词术语及定义

JJF 1708 标准表法科里奥利质量流量计在线校准规范

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 3836.1—2021 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

凡是注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

3 术语

3.1 定量发油系统 quantitative oil delivery system

对液态石化产品的发放装车过程进行控制、计量的系统。

3.2 发放量设定值 delivery quantity setpoint

通过发油软件系统或定量控制终端输入的液态石化产品装车发放量设定值。

3.3 发放量示值 delivery quantity indication

通过计量单元获得并显示在发油软件系统或定量控制终端的液态石化产品发放示值。

3.4 校准系数 calibration factor

可通过修改其数值而改变定量发油系统计量性能的参数。包括发油系统软件上的微机系数或流量计表头内置的修正系数，也可以是其组合。

4 概述

定量发油系统由泵、流量计、压力仪表、温度仪表、控制系统、电液阀等部分组成，通过对系统中流量、温度、压力等参数的采集，及泵、阀门等机构的控制，实现定量、准确发放液态石化产品。根据发油系统发放方式，可以分为上装式和下装式两种。结构示意图如图 1。

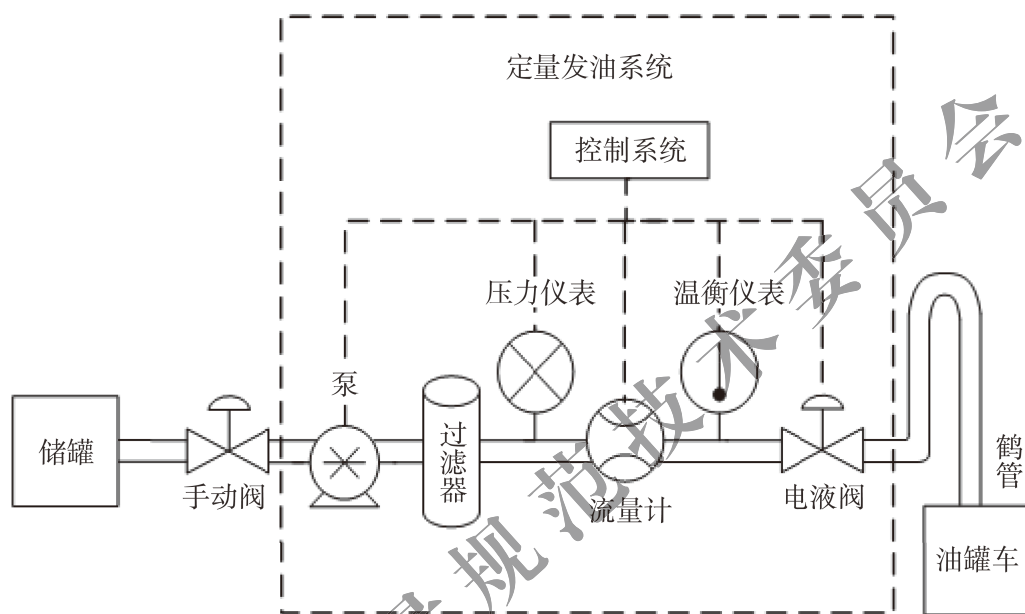


图 1 定量发油系统结构示意图

5 计量特性

5.1 示值误差

定量发油系统发放量示值的最大允许误差为 $\pm 0.20\%$ 。

5.2 重复性

定量发油系统重复性不超过 0.10% 。

注：以上计量特性指标不用于合格判据，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境条件应满足：

- a) 环境温度：（ $-5 \sim +45$ ） $^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度：35% ~ 95%；
- c) 大气压力：（86 ~ 106）kPa。

在一次校准过程中，环境温度的变化应不超过 5°C 。

6.1.2 在防爆区域开展现场校准工作时,所有设备、工具及环境条件应符合 GB/T 3836.1—2021 中的安全防爆要求。

6.1.3 校准过程中,不得有能影响到校准结果的振动、磁场或其他干扰源。

6.2 介质要求

6.2.1 介质应充满封闭管道,密度相对稳定。单次校准过程中,介质温度变化不超过 1 °C。

6.2.2 被校定量发油系统配套的流量计出口处应保持足够的背压,确保介质在管道中始终处于满管状态。

6.3 校准用标准

校准用主标准器及主要配套设备配置及计量性能要求见表 1。

表 1 校准用标准一览表

序号	校准用设备	测量范围	技术要求
1	标准表法流量标准装置	口径和流量范围应与被校定量发油系统安装的流量计相适应	主标准器为科里奥利质量流量计,扩展不确定度 $\leq 0.1\%$,重复性 $\leq 0.05\%$ 。配套的温度仪表:MPE: $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,压力仪表准确度等级不低于 0.5 级。
2	标准金属量器	量器的测量范围应能保证在校准过程中被校定量发油系统的单次稳定发放时间不小于 60 s	准确度等级:三等。(配有与下装干式阀配套的标准接口)
3	温度计	$(-10 \sim +50)\text{ }^{\circ}\text{C}$	MPE: $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$
4	浸没振动式电子液体密度仪	$(650 \sim 1000)\text{ kg/m}^3$	MPE: $\pm 0.5\text{ kg/m}^3$

注:标准表法流量标准装置和标准金属量器二选一,优先选择标准表法流量标准装置。也可采用满足以上技术要求的其他测量标准。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前准备

7.1.1 定量发油系统中安装的流量计应满足 JJG 667、JJG 1037、JJG 1038 中对于外观和铭牌的要求。

7.1.2 校准过程中定量发油系统各部件连接处不应有泄漏现象,管路中不得有影响发放计量的旁路;流量调节阀的性能应稳定,不得出现在稳流发放阶段调节阀频繁动作导致发放流量异常波动的状况。

7.1.3 定量发油系统中安装的流量计应具有可施加封印的机构,后续校准时应检查上一周期校准时的封印情况并记录。

7.1.4 对于定量发油系统软件程序中影响计量性能的微机系数,应具备加密保护功能,以保证微机系数的查询及修改功能只允许被授权人接触,且密码应可更改。软件程序应具有记录功能,能够记录每次修改微机系数的时间和系数数值,该记录应保证至少一年的追溯期。

7.2 示值误差与重复性

根据使用的主标准器不同可分为标准表法(主标准器为标准表法流量标准装置)和容积法(主标准器为标准金属量器)。规范正文中采用标准表法,容积法相关内容见附录 A。

7.2.1 校准方法

7.2.1.1 确认标准表法流量标准装置(以下简称“标准装置”)放置稳固,阀门处于关闭状态且整机有效接地。

7.2.1.2 将标准装置进油口与被校定量发油系统的发放口相连,再将标准装置的出油口与油罐车下装口相连,确认无误后打开相应阀门形成串联连接,确保整个管道及各接口牢固无泄漏。开启标准装置系统电源,通电预热 30 min,根据定量发油系统的发放计量模式(以质量为单位发放或以体积为单位发放)调整标准装置的计量模式,使两者一致。

7.2.1.3 校准前先进行一次预发放,定量发油系统与标准装置在实际工作条件下运行不少于 5 min,使校准管路和标准装置内充满介质,管路中介质温度相对恒定且无气泡。

7.2.1.4 将标准装置上显示的累计流量清零,在定量发油系统上设置好发放量、发放介质等信息,下达发放指令开始正常发放(单次持续发放时间不少于 5 min)。

7.2.1.5 发放过程中实时读取标准装置上温度仪表示值,介质温度变化应满足 6.2.1 的要求。当发放结束后,分别记录标准装置累计流量示值、定量发油系统发放量示值(若定量发油系统软件与现场定量控制终端显示的发放量值不一致时,以软件最终显示的发放量值为准),完成一次校准。

7.2.1.6 重复 7.2.1.4 ~ 7.2.1.5 步骤至少 3 次,计算示值误差和重复性。

7.2.1.7 若定量发油系统的校准系数需要调整,则调整后应按 7.2.1.4 ~ 7.2.1.6 再次校准。

7.2.1.8 校准结束后,对流量计进行铅封,记录铅封号和定量发油系统校准系数,并按规范要求将标准装置内残留介质排空。

7.2.2 数据处理

7.2.2.1 示值误差

a) 定量发油系统的发放计量模式为按质量发放时,单次测量的发放结果示值误差

E_i 按式 (1) 计算:

$$E_i = \frac{M_i - (M_s)_i}{(M_s)_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

E_i —— 第 i 次测量的定量发油系统发放质量的示值误差, %;

M_i —— 第 i 次测量的定量发油系统显示发放质量示值, kg;

$(M_s)_i$ —— 第 i 次测量时标准装置的累计流量示值, kg。

b) 定量发油系统的发放计量模式为按体积发放时, 单次测量的发放结果示值误差 E_i 按式 (2) 计算:

$$E_i = \frac{V_i - (V_s)_i}{(V_s)_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

V_i —— 第 i 次测量的定量发油系统显示发放体积示值, L;

$(V_s)_i$ —— 第 i 次测量时标准装置的累计流量示值, L。

c) 定量发油系统示值误差 E 按式 (3) 计算:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (3)$$

式中:

n —— 校准次数。

7.2.2.2 重复性

定量发油计量系统的重复性按 (4) 式计算:

$$E_r = \frac{(E_i)_{\max} - (E_i)_{\min}}{d_n} \quad (4)$$

式中:

$(E_i)_{\max}$ —— 单次测量定量发油系统示值误差中的最大值;

$(E_i)_{\min}$ —— 单次测量定量发油系统示值误差中的最小值;

d_n —— 极差系数, 其值见表 2。

表 2 极差系数表

校准次数 n	3	4	5	6	7	8	9	10
极差系数 d_n	1.69	2.06	2.33	2.53	2.70	2.85	2.97	3.08

8 校准结果

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

对于配套安装的流量计为液体容积式流量计、涡轮流量计的定量发油系统，建议复校时间间隔一般不超过 6 个月；对于配套安装的流量计为科里奥利质量流量计的定量发油系统，建议复校时间间隔一般不超过 12 个月。由于复校时间间隔的长短是由设备的使用情况、使用者、设备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

容积法校准定量发油系统例

A.1 校准前准备

校准前先进行一次预发放，定量发油系统在实际工作条件下运行不少于 5 min，使校准管路内充满介质，介质温度相对恒定且无气泡。将标准金属量器放置稳固，确认其阀门处于关闭状态、正确调平且有效接地，避免阳光直射。

将金属量器与被校定量发油系统正确连接。若为上装方式，鹤管插入金属量器内应让出油口尽可能接近量器底部；若为下装方式，把鹤管出油口干式阀与量器底部出油口正确对接后，应打开阀门检查密封性，保证连接牢固无泄漏。

A.2 校准过程

根据标准金属量器的标称容积设定单次发放量并开始发放（若发放易挥发介质，发放过程中需对量器顶部进油口进行遮盖以减少介质挥发），同时用温度计测量出油口处的介质温度 t_J ，待温度计读数稳定时再读取并记录。发放过程中介质温度变化量应满足 6.2.1 的要求。发放结束后，记录定量发油系统发放量示值；移除鹤管，等待金属量器玻璃管内液位稳定且无气泡后，读取并记录液位高度 h_s 。用温度计和浸没振动式电子液体密度计分别测量并记录金属量器内介质温度 t_B 和视密度 ρ_1 ，测量时应尽量靠近量器内的中心位置。测量完毕后按金属量器检定证书上规定的时间放液，关闭阀门，使量器再次处于准备状态。

上述校准过程至少重复进行 3 次，计算示值误差和重复性。若定量发油系统的校准系数需要调整，则调整后应按上述步骤再次校准。校准结束后，对流量计进行铅封，记录铅封号和定量发油系统校准系数，并按规定要求将标准金属量器内残留介质排空。

A.3 数据处理

定量发油系统发放体积量的标准值 V_s 计算方法如下：

$$V_s = V_B [1 + \beta_Y (t_J - t_B)] [1 + \beta_B (t_B - 20)] \quad (\text{A.1})$$

式中：

V_B ——量器在 20 °C 下标准容积， m^3 ；

β_Y ——校准介质的体膨胀系数， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ；

注：汽油的体膨胀系数为 $12 \times 10^{-4} ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ，煤油、轻柴油的体膨胀系数为 $9 \times 10^{-4} ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ，其他油品查询体膨胀系数后使用。

β_B ——金属量器材质的体膨胀系数， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ；

注：不锈钢的体膨胀系数为 $50 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，碳钢的体膨胀系数为 $33 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，黄铜、青铜的体膨胀系数为 $53 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

t_j ——定量发油系统流量计处介质温度（由出油口处介质温度代替）， $^\circ\text{C}$ ；

t_B ——金属量器内介质温度， $^\circ\text{C}$ 。

定量发油系统发放质量（真空中质量）的标准值 M_s ：

$$M_s = V_s \cdot \rho_{20} \cdot VCF_{20} \quad (\text{A.2})$$

式中：

ρ_{20} ——由视密度 ρ_t 和量器内介质温度 t_B 查 GB/T 1885 中的产品标准密度表得到的标准密度， kg/m^3 。

VCF_{20} ——将定量发油系统流量计处介质温度 t_j 下的体积修正到 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 下的体积修正系数，由标准密度 ρ_{20} 和定量发油系统流量计处介质温度 t_j 查 GB/T 1885 中的体积修正系数表得到；

示值误差计算方法同规范正文 7.2.2.1，重复性计算方法同规范正文 7.2.2.2。

附录 B

校准记录参考格式

B.1 标准表法校准记录参考格

委托单位: _____ 器具名称: _____

制造单位: _____ 型号规格: _____

器具编号: _____ 测量范围: _____ 校准用介质: _____

环境温度 _____ °C 相对湿度 _____ % 校准依据: _____

校准地点: _____

标准器信息: _____

名称 / 型号 / 编号: _____ 测量范围: _____

不确定度 / 准确度等级 / 最大允许误差: _____

证书编号: _____ 有效期限: _____

校准数据 / 结果: _____

外观检查: _____ 密封性检查: _____

封印与保护功能检查: _____

测量 次数	发油系统 微机系数	流量计系数	发油系统 发放量示值 M_i/kg 或 V_i/L	标准装置示值 $(M_s)_i/\text{kg}$ 或 $(V_s)_i/\text{L}$	示值误差 $E_i/\%$	示值误差 $E/\%$	重复性 $E_r/\%$
1							
2							
3							

测量结果的不确定度及来源: _____

备注: _____

校准员: _____ 校准日期: _____ 核验员: _____ 核验日期: _____

B.2 容积法校准记录参考格式

10

委托单位: 器具名称: 制造单位: 器具编号: 测量范围: 校准用介质: 量器体膨胀系数 β_B : 量器体膨胀系数 β_Y : 环境温度 $^{\circ}\text{C}$ 相对湿度 $\%$ 校准依据: 校准地点: 标准器信息: 名称 / 型号 / 编号: 测量范围: 不确定度 / 准确度等级 / 最大允许误差: 证书编号: 有效期限: 量器标准容量刻度: 量器计量颈分度容积: 量器标称容量: 校准数据 / 结果: 外观检查: 密封性检查: 封印与保护功能检查:

测量次数	发油系统微机系数	流量计系数	发油系统放量示值 M_f/kg 或 V_f/L	流量计处介质温度 $t_f/^{\circ}\text{C}$	量器液位高度 h_s/mm	量器内介质温度 $t_B/^{\circ}\text{C}$	量器内介质密度 $\rho_l / (\text{kg}/\text{m}^3)$	量器内介质标准密度 $\rho_{20} / (\text{kg}/\text{m}^3)$	体积修正系数 VCF_{20}	标准装置示值 $(M_s)/\text{kg}$ 或 $(V_s)/\text{L}$	示值误差 $E_i / \%$	示值误差 $E / \%$	重复性 $E_r / \%$
1													
2													
3													

测量结果的不确定度及来源: 备注: 校准员: 校准日期: 核验员: 核验日期:

附录 C

校准证书（内页）参考格式

1. 校准用介质：
2. 外观与密封性检查：
3. 封印与保护功能检查：
4. 发油系统微机系数：
5. 流量计系数：
6. 示值误差：
7. 重复性：

说明：

以下空白

福建省计量规范技术委员会

附录 D

校准结果不确定度评定示例

D.1 标准表法校准结果不确定度评定示例

D.1.1 概述

D.1.1.1 测量依据：JJF(闽)1171—2026《定量发油系统校准规范》。

D.1.1.2 环境条件：温度 $(-5 \sim +45)^\circ\text{C}$ ；相对湿度：35% ~ 95%。

D.1.1.3 测量标准：标准表法流量标准装置，扩展不确定度 $U_r=0.1\%$ ， $k=2$ 。

D.1.1.4 被测对象：定量发油系统。

D.1.1.5 测量方法

将标准装置与定量发油系统串联连接，定量发油系统与标准装置在实际工作条件下预运行不少于 5 min，使校准管路和标准装置内充满介质，管路中介质温度相对恒定且无气泡。开始校准后，标准装置自动累计发放量，发放结束（单次持续发放时间不少于 5 min）后，分别记录标准装置累计流量示值、定量发油系统发放量示值。校准过程至少重复进行 3 次。

D.1.2 测量模型

根据示值误差计算公式建立模型：

$$E_i = \frac{Q_i - (Q_s)_i}{(Q_s)_i} \times 100\% \quad (\text{D.1.1})$$

式中：

E_i ——第 i 次测量的定量发油系统的示值误差，%；

Q_i ——第 i 次测量的定量发油系统发放量示值，kg；

$(Q_s)_i$ ——第 i 次测量时标准装置的累计质量流量示值，kg。

考虑到 Q 和 Q_s 两个输入量不相关，合成标准不确定度可按照下式进行计算：

$$u_c = \sqrt{u_r^2(Q) + u_r^2(Q_s)} \quad (\text{D.1.2})$$

D.1.3 标准不确定度评定

D.1.3.1 由测量重复性引入的相对不确定度分量 $u_r(Q)$ 评定。

在某定量发油系统校准现场，重复测量 3 次，得到示值误差分别为：+0.18%、+0.08%、+0.12%。用极差法计算重复性，极差系数 d 查表 2。

$$s(E) = \frac{(E_i)_{\max} - (E_i)_{\min}}{d} = 0.059\% \quad (\text{D.1.3})$$

取 3 次平均值作为测量结果，因此测量重复性引入的相对标准不确定度分量为：

$$u_r(Q) = \frac{s(E)}{\sqrt{3}} = 0.034\% \quad (\text{D.1.4})$$

D.1.3.2 由主标准器引入的标准不确定度分量 $u_r(Q_s)$ 的评定:

标准表法流量标准装置的扩展不确定度 $U_r=0.1\%$, $k=2$, 引入标准不确定度分量为:

$$u_r(Q_s) = \frac{0.1\%}{2} = 0.05\% \quad (\text{D.1.5})$$

D.1.4 合成标准不确定度的评定

由公式 (D.1.2), 合成标准不确定度:

$$u_c = \sqrt{u_r^2(Q) + u_r^2(Q_s)} = \sqrt{0.034\%^2 + 0.05\%^2} = 0.061\% \quad (\text{D.1.6})$$

D.1.5 扩展标准不确定度的评定

取包含因子 $k=2$, 对于该定量发油系统示值误差扩展不确定度为:

$$U = 2 \times u_c = 2 \times 0.061\% = 0.13\% \quad (\text{D.1.7})$$

D.2 容积法校准结果不确定度评定示例

D.2.1 概述

D.2.1.1 测量依据: JJF(闽)1171—2026《定量发油系统校准规范》。

D.2.1.2 环境条件: 温度 $(-5 \sim +45)^\circ\text{C}$; 相对湿度: $35\% \sim 95\%$ 。

D.2.1.3 测量标准: 三等标准金属量器。

D.2.1.4 被测对象: 定量发油系统。

D.2.1.5 测量方法

校准前先进行一次预发放, 定量发油系统在实际工作条件下运行不少于 5 min, 使校准管路内充满介质, 介质温度相对恒定且无气泡。将金属量器与定量发油系统正确连接, 根据金属量器的标称容积设定单次发放量并开始发放。同时用温度计测量出油口处的介质温度 t_j , 待温度计读数稳定时再读取并记录。发放结束后, 记录定量发油系统发放量示值; 移除鹤管, 等待金属量器玻璃管内液位稳定且无气泡后, 读取并记录液位高度 h_s 。用温度计和浸没振动式电子液体密度仪分别测量并记录金属量器内介质温度 t_B 和视密度 ρ_t , 测量时应尽量靠近量器内的中心位置。校准过程至少重复进行 3 次。

D.2.2 测量数据

在某定量发油系统校准现场, 重复测量 3 次, 得到示值误差分别为: $+0.18\%$ 、 $+0.08\%$ 、 $+0.12\%$; 量器在 20°C 下标准容积 V_B 为 3 m^3 ; 视密度 ρ_t 为 713.8 kg/m^3 ; 量器材质的体膨胀系数 β_B 为 $50 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$; 量器内介质温度 t_B 为 30.6°C ; 检定介质的体膨胀系数 β_Y 为 $12 \times 10^{-4}^\circ\text{C}^{-1}$; 定量发油系统流量计处介质温度 t_j 为 31.0°C ; 定量发油系统发放质量的标准值 M_s 为 2141.683 kg 。

D.2.3 测量模型

根据示值误差计算公式建立模型：

$$E_i = \frac{Q_i - (M_s)_i}{(M_s)_i} \times 100\% \quad (\text{D.2.1})$$

式中：

E_i ——第 i 次测量的定量发油系统的示值误差，%；

Q_i ——第 i 次测量的定量发油系统发放量示值，kg；

$(M_s)_i$ ——第 i 次测量时定量发油系统发放质量的标准值，kg。

考虑到 Q 和 M_s 两个输入量不相关，合成标准不确定度 u_c 可按照下式进行计算：

$$u_c = \sqrt{u_r^2(Q) + u_r^2(M_s)} \quad (\text{D.2.2})$$

定量发油系统发放质量的标准值：

$$M_s = V_B \rho_{20} VCF_{20} [1 + \beta_Y(t_J - t_B)] [1 + \beta_B(t_B - 20)] \quad (\text{D.2.3})$$

由公式 D.2.3 可知，定量发油系统发放质量标准值的不确定度来源主要有：

- a) 金属量器在 20 °C 下标准容积 V_B 引入的不确定度分量 u_1 ；
- b) 标准密度 ρ_{20} 引入的不确定度分量 u_2 ；
- c) 体积修正系数 VCF_{20} 引入的不确定度分量 u_3 ；
- d) 金属量器材质的体膨胀系数 β_B 引入的不确定度分量 u_4 ；
- e) 金属量器内介质温度 t_B 引入的不确定度分量 u_5 ；
- f) 检定介质的体膨胀系数 β_Y 引入的不确定度分量 u_6 ；
- g) 定量发油系统流量计处介质温度 t_J 引入的不确定度分量 u_7 ；

D.2.4 灵敏系数

由于输入量间不相关，因此定量发油系统发放质量标准值的合成标准不确定度为：

$$u_c(M_s) = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2 + c_4^2 u_4^2 + c_5^2 u_5^2 + c_6^2 u_6^2 + c_7^2 u_7^2} \quad (\text{D.2.4})$$

式中灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial M_s}{\partial V_B} = \rho_{20} VCF_{20} [1 + \beta_Y(t_J - t_B)] [1 + \beta_B(t_B - 20)] = 714 \quad (\text{D.2.5})$$

$$c_2 = \frac{\partial M_s}{\partial \rho_{20}} = V_B VCF_{20} [1 + \beta_Y(t_J - t_B)] [1 + \beta_B(t_B - 20)] = 2.96 \quad (\text{D.2.6})$$

$$c_3 = \frac{\partial M_s}{\partial VCF_{20}} = V_B \rho_{20} [1 + \beta_Y(t_J - t_B)] [1 + \beta_B(t_B - 20)] = 2170 \quad (\text{D.2.7})$$

$$c_4 = \frac{\partial M_s}{\partial \beta_B} = V_B \rho_{20} VCF_{20} (t_B - 20 + \beta_Y t_J t_B - 20 \beta_Y t_J - \beta_Y t_B^2 + 20 \beta_Y t_B) = 22700 \quad (\text{D.2.8})$$

$$c_5 = \frac{\partial M_s}{\partial t_B} = V_B \rho_{20} VCF_{20} (\beta_B + \beta_Y t_J \beta_B - \beta_Y - 2\beta_Y \beta_B t_B + 20\beta_Y \beta_B) = -2.46 \quad (D.2.9)$$

$$c_6 = \frac{\partial M_s}{\partial \beta_Y} = V_B \rho_{20} VCF_{20} (t_J + t_J \beta_B t_B - 20t_J \beta_B - t_B - \beta_B t_B^2 + 20\beta_B t_B) = 856 \quad (D.2.10)$$

$$c_7 = \frac{\partial M_s}{\partial t_J} = V_B \rho_{20} VCF_{20} (\beta_Y + \beta_Y \beta_B t_B - 20\beta_Y \beta_B) = 2.57 \quad (D.2.11)$$

D.2.5 标准不确定度评定

a) 金属量器在 20 ℃ 下标准容积 V_B 引入的不确定度分量 u_1

标准金属量器的准确度等级为三等，其最大允许误差为 $\pm 0.05\%$ ，按照均匀分布考虑，则：

$$u_1 = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} \times 3 = 0.000866 \text{ m}^3 \quad (D.2.12)$$

b) 标准密度 ρ_{20} 引入的不确定度分量 u_2

由于标准密度 ρ_{20} 是由量器内介质温度 t_B 和视密度 ρ_1 查石油产品标准密度表得到的，因此标准密度引入的不确定度分量与量器内介质温度和视密度有关。温度计的最大允许误差为 ± 0.2 ℃，浸没振动式电子液体密度仪的最大允许误差为 ± 0.5 kg/m³，均按照均匀分布考虑， t_B 和 ρ_1 分别落在 (30.4 ~ 30.8) ℃ 和 (713.3 ~ 714.3) kg/m³ 的范围内，忽略标准密度表的不确定度，通过查表可得标准密度的范围为 (722.8 ~ 724.0) kg/m³，假设其服从均匀分布，则：

$$u_2 = \frac{724 - 722.8}{2\sqrt{3}} = 0.346 \text{ kg/m}^3 \quad (D.2.13)$$

c) 体积修正系数 VCF_{20} 引入的不确定度分量 u_3

体积修正系数 VCF_{20} 是由定量发油系统流量计处介质温度 t_J 和标准密度 ρ_{20} 查石油产品体积修正系数表得到的，因此体积修正系数引入的不确定度分量与定量发油系统流量计处介质温度和标准密度有关。温度计的最大允许误差为 ± 0.2 ℃，按照均匀分布考虑， t_J 落在 (30.8 ~ 31.2) ℃ 的范围内，标准密度的范围为 (722.8 ~ 724.0) kg/m³，忽略体积修正系数表的不确定度，通过查表可得体积修正系数的范围为 (0.9856 ~ 0.9863)，假设其服从均匀分布，则：

$$u_3 = \frac{0.9863 - 0.9856}{2\sqrt{3}} = 0.000202 \quad (D.2.14)$$

d) 金属量器材质的体膨胀系数 β_B 引入的不确定度分量 u_4 ；

根据经验可估算其不确定度为 $U=5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ， $k=2$ ，则：

$$u_4 = 0.00000250 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \quad (D.2.15)$$

e) 金属量器内介质温度 t_B 引入的不确定度分量 u_5 ；

由于温度计的最大允许误差为 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，假设其服从均匀分布，则：

$$u_5 = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.115\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{D.2.16})$$

f) 检定介质的体膨胀系数 β_Y 引入的不确定度分量 u_6 ；

根据经验可估算其不确定度为 $U=1.2 \times 10^{-4}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ， $k=2$ ，则：

$$u_6 = 0.0000600\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \quad (\text{D.2.17})$$

g) 定量发油系统流量计处介质温度 t_j 引入的不确定度分量 u_7 ；

由于温度计的最大允许误差为 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，假设其服从均匀分布，则：

$$u_7 = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.115\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{D.2.18})$$

D.2.6 合成标准不确定度计算

D.2.6.1 由测量重复性引入的相对不确定度分量 $u_r(Q)$ 计算

重复测量 3 次，得到示值误差分别为： $+0.18\%$ 、 $+0.08\%$ 、 $+0.12\%$ 。用极差法计算重复性，极差系数 d 查表 2。

$$s(E) = \frac{(E_i)_{\max} - (E_i)_{\min}}{d} = 0.059\% \quad (\text{D.2.19})$$

取 3 次平均值作为测量结果，因此测量重复性引入的相对标准不确定度分量为：

$$u_r(Q) = \frac{s(E)}{\sqrt{3}} = 0.034\% \quad (\text{D.2.20})$$

D.2.6.2 定量发油系统发放质量标准值的相对标准不确定度 $u_r(M_s)$ 计算

由 D.2.4 和 D.2.5 可知：

表 D.1 金属量器内介质质量值的不确定度分量汇总表

序号	符号	来源	c_i	u_i	$(c_i u_i)^2$
1	$c_1 u_1$	金属量器在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下标准容积 V_B	714	0.000866	0.382
2	$c_2 u_2$	标准密度 ρ_{20}	2.96	0.346	1.049
3	$c_3 u_3$	体积修正系数 VCF_{20}	2170	0.000202	0.192
4	$c_4 u_4$	金属量器材质的体膨胀系数 β_B	22700	0.00000250	0.003
5	$c_5 u_5$	金属量器内介质温度 t_B	-2.46	0.115	0.080
6	$c_6 u_6$	检定介质的体膨胀系数 β_Y	856	0.0000600	0.003
7	$c_7 u_7$	定量发油系统流量计处介质温度 t_j	2.57	0.115	0.087

由表 D.1 可知由量器材质的体膨胀系数 β_B 和检定介质的体膨胀系数 β_Y 引入的不确定度分量可忽略不计，则：

$$u_c(M_s) = \sqrt{0.382 + 1.049 + 0.192 + 0.080 + 0.087} = 1.34 \text{ kg} \quad (\text{D.2.21})$$

金属量器内介质质量值的相对标准不确定度 $u_r(M_s)$ 为:

$$u_r(M_s) = \frac{u_c(M_s)}{M_s} \times 100\% = \frac{1.34}{2141.683} \times 100\% = 0.063\% \quad (\text{D.2.22})$$

D.2.6.3 合成标准不确定度 u_c 计算

$$u_c = \sqrt{u_r^2(Q) + u_r^2(M_s)} = \sqrt{0.034\%^2 + 0.063\%^2} = 0.072\% \quad (\text{D.2.23})$$

D.2.7 扩展标准不确定度的评定

取包含因子 $k=2$, 对于该定量发油系统示值误差扩展不确定度为:

$$U = 2 \times u_c = 2 \times 0.072\% = 0.15\% \quad (\text{D.2.24})$$