



吉林省地方计量技术规范

JJF(吉) 95-2016

油耗仪校准规范

Calibration Specification for Fuel

Consumption Instrument

2016-10-13 发布

2017-01-13 实施

吉林省质量技术监督局 发布

油耗仪校准规范

Calibration Specification for
Fuel Consumption Instrument

JJF(吉)95-2016

本规范经吉林省质量技术监督局于2016年10月13日批准，并自2017年01月13日起实行。

归口单位：吉林省质量技术监督局

负责起草单位：长春市计量检定测试技术研究院

本规范条文由长春市计量检定测试技术研究院负责解释

本规范主要起草人：

李宁 (长春市计量检定测试技术研究院)

臧京 (吉林省计量科学研究院)

齐奇 (长春市计量检定测试技术研究院)

参加起草人：

许允 (吉林大学)

于强 (长春市计量检定测试技术研究院)

张槐麟 (长春市计量检定测试技术研究院)

王葳 (长春市计量检定测试技术研究院)

王鹤 (长春市计量检定测试技术研究院)

柴子淇 (长春市计量检定测试技术研究院)

艾诗博 (长春市计量检定测试技术研究院)

目 录

1	范围	1
2	引用文献	1
3	术语和计量单位	1
3.1	最大流量	1
3.2	最小流量	1
3.3	二次仪表	1
4	概述	1
5	计量特性	1
5.1	外观及性能	1
5.2	密封性	2
5.3	抗干扰能力	2
5.4	示值误差	2
5.5	重复性误差	2
6	校准条件	2
6.1	环境条件	2
6.2	校准用标准器及其配套设备	2
7	校准项目和校准方法	2
7.1	校准项目	2
7.2	校准方法	3

8	校准结果表达·····	6
8	校准结果表达·····	6
9	复校时间间隔·····	6
附录 A	校准记录格式·····	7
附录 B	校准证书的内页格式·····	8
附表 C	质量式油耗仪测量误差校准不确定度评定实例·····	9
附表 D	容积式油耗仪测量误差校准不确定度评定实例·····	13

油耗仪校准规范

1 范围

本规范适用于新制造、使用中和修理后的容积式和科里奥利质量式油耗仪的校准。

2 引用文献

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义技术规范

JJF 1059 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

JJG 667-2010 液体容积式流量计检定规程

JJG 1038-2008 科里奥利质量流量计检定规程

凡是注明日期的引用文件，仅注明日期的版本适用于该规范；凡是不注明日期的应用文件，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 最大流量 q_{\max} maximum flow-rate q_{\max}

符合油耗仪计量性能要求的上限流量

3.2 最小流量 q_{\min} minimum flow-rate q_{\min}

符合油耗仪计量性能要求的下限流量

3.3 二次仪表

自动检测装置的部件或元件之一。用以指示、记录或积算来自一次仪表的测量结果。

3.4 K 系数 K coefficient

单位体积或质量的液体流过流量计时流量计发出的脉冲数。

4 概述

油耗仪是一种测量燃油消耗量的仪器。主要用于发动机燃油消耗量的测试。

油耗仪由流量传感器和二次仪表组成。按测量方法可分为：容积式、科里奥利力质量式和其他类型的油耗仪。目前普遍使用的大多是容积式和科里奥利力质量式油耗仪。

容积式油耗仪的流量传感器由一定容积的流量变换机构及信号转换机构组成。燃油通过流量变换机构计量并通过信号转换机构转换成光电脉冲信号输入二次仪表，显示并打印测试结果。

科里奥利力质量油耗仪是利用燃油在振管内流动时产生的科式力矩和质量流量成正比关系，以直接或间接的方法测量其力而得到质量流量和总量。燃油通过流量变换机构计量并通过信号转换机构转换成光电脉冲信号输入二次仪表，显示并打印测试结果。

5 计量特性

5.1 随机文件

5.1.1 油耗仪应附有使用说明书。

5.1.2 后续校准的油耗仪应有前次的校准证书。

5.2 铭牌和标识

5.2.1 油耗仪应有明显的流向标识。

5.2.2 油耗仪应有铭牌。铭牌或表体上一般应注明：

- a)制造厂名或商标
 - b)产品名称及型号
 - c)出厂编号
 - d)制造计量器具许可证标志及编号
 - e)流量范围
 - f)最大工作压力
 - g)准确度等级
 - h)防爆等级和防爆合格证编号
 - i)防护等级
 - j)制造年月
- 以及其他有关技术指标。

5.3 外观

- 5.3.1 油耗仪应外观良好，密封面应平整，不得有损伤。
- 5.3.2 各项标记应正确、明显、清晰。
- 5.3.3 接插件必须牢固可靠，不得因震动而松动或脱落。
- 5.3.4 按键应手感适中，没有粘连现象。
- 5.3.5 显示的数字、文字和符号应清晰、醒目、整齐。

5.4 密封性

当最大试验压力下保持 5min，应无渗漏、无泄漏。

5.5 示值误差

油耗仪在规定流量范围内，各流量点的示值误差表示使用相对示值误差。

5.6 重复性

6 校准条件

6.1 校准标准装置

- 6.1.1 校准标准装置（以下简称装置）及其辅助测量仪表均应有有效检定或校准证书。
- 6.1.2 装置的扩展不确定度一般应不超过油耗仪最大允许误差绝对值的 1/3。

6.2 环境条件：

- 1)大气温度：(5~35) °C
- 2)相对湿度：(35~85) %
- 3)大气压力：(86~106) kPa

6.3 校准介质

- 6.3.1 校准用液体应清洁，无颗粒、纤维等物质。
- 6.3.2 液体应充满试验管道，液体中应不夹杂气体。
- 6.3.3 一次校准过程中，校准介质的温度变化应不超过±0.5°C。
- 6.3.4 液体的粘度应尽量与实际工作液体的粘度相一致。当采用其他液体时，应通过计算进行粘度修正，因校准液体与实际测量液体粘度的差异对油耗仪引入的误差，一般应不超过油耗仪最大允许误差的 1/3。

6.4 校准用标准器及其配套设备 见表 1

表 1

序号	设备名称	测量范围与技术要求	用途
1	单标线容量瓶	测量范围：500 ml、1000ml 最大允许误差：±0.1%	测量体积流量
2	二等金属量器	测量范围：5L、10L、50L 准确度等级：二等	测量体积流量
3	电子秤	测量范围：(0~60) kg 不确定度： $U_{rel}=0.05\%$ $k=2$	测量质量流量
4	二等标准玻璃水银温度计	测量范围：(0~50) °C 准确度等级：二等	测量介质温度
5	二等密度计	测量范围：(0.65~1.01) g/cm^3 准确度等级：二等	测量介质密度

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目 见表 2

表 2

序号	校准项目
1	随机文件及外观
2	密封性
3	示值误差
4	重复性

7.2 校准方法

7.2.1 随机文件及外观

通过目测和手动检查，其结果应该符合第 5.1、5.2、5.3 款要求

7.2.2 密封性

将油耗仪安装在管路中，通过校准介质，在最大试验压力下保持 5min，符合 5.4 要求。新制造和修理后的传感器应做密封性校准，使用中的油耗仪可以免做此项。

7.2.3 示值误差

7.2.3.1 校准流量点和校准次数的控制

(1) 校准流量点可根据客户实际需要协商确定。

(2) 在校准过程中，每个校准点的每次实际校准流量与设定流量的偏差不超过设定流量的±5%。

(3) 每个流量点的校准次数不少于 3 次。

7.2.3.2 校准程序

(1) 将流量调到规定的流量点，运行至流体状态稳定。

(2) 置装置和油耗仪为工作状态，同时操作装置和油耗仪进行测量，运行一段时间后，同时停止装置和油耗仪的测量，记录装置和油耗仪的测量值。

(3) 分别计算装置和油耗仪测量的体积流量或质量流量。

7.3 计算方法

7.3.1 容积法 (量器为开放式结构)

7.3.1.1 标准值的计算

按各校准点依次校准, 分别计算校准时测得的标准器处液体实际体积。常用标准器实际体积值 V 计算如下。

$$V = V_s [1 + \beta_s (t_s - 20)] \quad (1)$$

式中: V_s —— 标准装置读出容积, L;

β_s —— 标准装置的体膨胀系数, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

t_s —— 标准装置处液体温度平均值, $^{\circ}\text{C}$ 。

7.3.1.2 累积流量的计算

将 V 的值换算到标准装置在校准条件下的累积流量实际值:

$$Q_s = V [1 + \beta (t_m - t_s)] [1 - \kappa (P_m - P_s)] \quad (2)$$

式中: Q_s —— 被校准油耗仪的累积流量值, L 或 mL;

β —— 液体膨胀系数, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

κ —— 液体压缩系数, Pa^{-1} ;

t_m, t_s —— 油耗仪和标准器处液体温度平均值, $^{\circ}\text{C}$;

P_m, P_s —— 油耗仪和标准器处液体表压力平均值。

7.3.2 静态质量法

7.3.2.1 标准值的计算

按各校准点依次校准, 分别计算校准时测得的标准器处液体实际质量。常用标准装置实际质量 Q_s 计算如下。

油耗仪各校准点各次校准的示值误差按公式 (4) 计算:

$$(Q_s)_{ij} = (M_I)_{ij} \left[\frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho}}{1 - \frac{\rho_m}{\rho}} \right] \quad (3)$$

式中: $(M_I)_{ij}$ —— 电子秤的质量示值, kg;

ρ —— 校准用流体密度, kg/m^3 ;

ρ_m —— 装置校准用标准砝码密度, kg/m^3 ;

ρ_a —— 空气密度, kg/m^3

7.3.3 标准表法

7.3.3.1 标准值的计算

按各校准点依次校准, 分别计算校准时测得的经过标准流量计的液体实际体积。常用标准流量计实际体积值 V 计算如下。

$$V = V_s C \quad (4)$$

式中: C —— 标准流量计的修正因子, 该修正因子按标准流量计的使用要求确定。

7.3.3.2 累积流量的计算

将 V 的值换算到标准流量计在校准条件下的累积流量实际值:

$$Q_s = V[1 + \beta(t_m - t_s)][1 - \kappa(P_m - P_s)] \quad (5)$$

式中： Q_s —— 被校准油耗仪的累积流量值，L 或 mL；
 β —— 液体膨胀系数， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ；
 κ —— 液体压缩系数， Pa^{-1} ；
 t_m, t_s —— 油耗仪和标准流量计处液体温度平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；
 P_m, P_s —— 油耗仪和标准流量计处液体表压力平均值。

7.3.4 示值误差的计算

油耗仪各校准点各次校准的示值误差按公式 (5) 计算：

$$E_m = \frac{(Q_m)_i - (Q_s)_i}{(Q_s)_i} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

Q_m —— 被校油耗仪示值，L 或 mL 或 kg。

7.3.5 重复性的计算

根据示值误差的校准结果，油耗仪各校准点的重复性 $(E_r)_i$ 按式 (6) 计算：

$$(E_r)_i = \frac{[(E_m)_i]_{\max} - [(E_m)_i]_{\min}}{d_n} \quad (6)$$

式中：

$[(E_m)_i]_{\max}$ —— 油耗仪第 i 点校准点的最大示值误差；

$[(E_m)_i]_{\min}$ —— 油耗仪第 i 点校准点的最小示值误差；

d_n —— 极差系数，其值见表 3

表 3 d_n 数值表

测量次数 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

油耗仪的重复性按式 (7) 确定：

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

8 校准结果表达

8.1 油耗仪的校准间隔建议为一年。

8.2 测量结果的不确定度评定应符合 JJF 1059 《测量不确定度的评定与表示》中的相关规定。

附录 A

质量式油耗仪校准记录格式

证书编号: _____ 记录编号: _____
 委托单位: _____ 联系地址: _____
 计量器具名称: _____ 制造厂: _____
 型号/规格: _____ 出厂编号: _____ 准确度等级: _____
 制造日期: _____ 接收状态: _____ 唯一性标识: _____
 环境温度: _____ °C 相对湿度: _____ % 大气压力: _____ kPa
 流量范围: _____ 介质名称: _____ 校准日期: _____
 原流量计系数: _____ 新流量计系数: _____
 校准介质膨胀系数: _____ 标准器膨胀系数: _____

一、随机文件及外观

二、密封性

三、示值误差

四、重复性

校准流量	测量值	油耗仪出口处油温	标准器处油温	标准器示值	标准值	示值误差	重复性

校准员: _____

核验员: _____

附录 B

校准证书内页格式

一、校准条件

流量范围:

介质名称:

介质温度:

原流量计系数:

新流量计系数:

二、随机文件及外观

三、密封性

四、示值误差

五、重复性

校准流量	测量值	油耗仪出口处油温	标准器处油温	标准器示值	标准值	示值误差	重复性

测量结果的扩展不确定度为: _____

附表 C

质量式油耗仪测量误差校准不确定度评定实例

1 概述

1.1 环境条件:

温度: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, 相对湿度: $(30 \sim 80) \% \text{RH}$ 。

1.2 测量标准:

标准器: 电子秤

配套设备: 二等标准玻璃水银温度计、二等密度计

1.3 被测对象: 质量式油耗仪

1.4 测量参数与测量方法:

被测油耗仪的示值误差是直接读取的累积流量值和标准器示值之差与标准器示值的比值。

1.5 评定结果的使用:

在符合上述条件下的测量, 一般可直接使用本不确定度的评定结果。

2 数学模型

2.1 数学模型

油耗仪的示值误差 E 为

$$E = m_b - m_s \quad (1)$$

式中: m_b —被校油耗仪在校准时间内的累积质量流量, kg;

m_s —标准器在校准时间内的累积质量流量, kg;

将 $m_s = m \cdot \rho / \rho - \rho_a$ 代入式 (1), 整理后得到

$$E = \left(\frac{m_b(\rho - \rho_a)}{m\rho} - 1 \right) \times 100\% \quad (2)$$

式中:

m —电子台秤的示值。即称重质量, kg;

ρ —校准用液体的密度, kg/m^3 ;

ρ_a —空气的实际密度, kg/m^3 。

2.2 不确定度传播律

$$u_{\text{cr}}^2(E) = c_{\text{cr}}^2(m)u_{\text{cr}}^2(m) + c_{\text{cr}}^2(\rho)u_{\text{cr}}^2(\rho) + c_{\text{cr}}^2(\rho_a)u_{\text{cr}}^2(\rho_a) + c_{\text{cr}}^2(E_r)u_{\text{cr}}^2(E_r) \quad (3)$$

3 标准不确定度的来源及评定

用电子称对一台型号为 FP-2240HA 的质量式油耗仪进行校准, 介质为-10# 柴油, 介质温度 20.5°C , 介质压力 0.2MPa , $\rho = 840 \text{ kg}/\text{m}^3$, $\rho_a = 1.29 \text{ kg}/\text{m}^3$, 在

最大流量点 100kg/h 下测量 10 次, 以 3 次示值误差的平均值作为该点的示值误差, 重复性用贝塞尔公式计算, 检定结果为:

表 1

次数	$(m_b)_{ij}/\text{kg}$	m_{ij}/kg	$(m_s)_{ij}/\text{kg}$	$E_{ij}/\%$
1	10.23	10.18	10.20	0.29
2	10.21	10.15	10.16	0.49
3	10.19	10.12	10.13	0.59
4	10.20	10.13	10.14	0.59
5	10.19	10.12	10.14	0.49
6	10.21	10.14	10.12	0.89
7	10.24	10.20	10.22	0.20
8	10.20	10.15	10.16	0.39
9	10.18	10.11	10.12	0.59
10	10.22	10.20	10.22	0

3.1 标准装置的不确定 $u_r(m)$

溯源证书给出的电子称的扩展不确定度 $U_r(m) = 0.05\%$ $k=2$, 则其标准不确定度 $u_r(m)$ 及相对灵敏系数 $cr(m)$ 分别为:

$$u_r(m) = 0.05\% / 2 = 0.025\%$$

$$cr(m) = m \frac{\partial E}{E \partial m} = -1$$

3.2 液体密度测量的不确定度 $u_r(\rho)$

校准证书给出的 $U = 0.05\%$, $k=2$, 测量范围 (995-1000) kg/m^3 。假设在测量过程中, 温度的变化引起密度测量的误差 $0.2\text{kg}/\text{m}^3$, 则在测量点的最大测量误差为 $0.24 \text{ kg}/\text{m}^3 / 995 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 100\% = 0.024\%$, 其标准不确定度 $u_r(\rho)$ 及灵敏系数

$c_r(\rho)$ 分别为:

$$u_r(\rho) = 0.024\% / 2 = 0.012\%$$

$$c_r(\rho) = \rho \frac{\partial E}{E \partial \rho} = \frac{\rho_a}{\rho - \rho_a} = -0.0012$$

3.3 空气密度的不确定度 $u_r(\rho_a)$

空气密度的计算公式为 $\rho_a = M/RZ \cdot p/273.15 + \theta$, M 为空气摩尔质量, 其值为 28.9653kg/mol; R 为通用气体常数, 其值为 8.314472J/(mol.K); p 为大气压力 (kPa); Z 为压缩系数; θ 为空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)。在 20 $^{\circ}\text{C}$, 101.325 kPa 时, Z 为 0.99963, 则 $\rho_a(20^{\circ}\text{C}) = 1.204\text{kg/m}^3$ 。环境温度在 (5~45) $^{\circ}\text{C}$ 之间的变化时, 空气密度的不确定度 $u_r(\rho_a)$ 不大于 10%, 按矩形分布考虑, 则其标准不确定度 $u_r(\rho_a)$ 及相抵灵敏系数 $c_r(\rho_a)$ 分别为:

$$u_r(\rho_a) = 10\% / \sqrt{3} = 5.78\%$$

$$c_r(\rho_a) = \rho_a \partial E / E \partial \rho_a = -\rho_a / \rho - \rho_a = -0.0012$$

3.4 重复性的不确定度 $u_r(E_r)$

使用的静态质量法水流量标准装置的重复性为 0.049%, $0.049\% / \sqrt{10} = 0.016\%$; 被校油耗仪的重复性为 0.04%, $0.25\% / \sqrt{10} = 0.079\%$, 所以

$$u_r(E_r) = 0.079\% \quad c_r(E_r) = 1$$

表 2 标准不确定度分量汇总表

序号	符号	不确定度来源	输入不确定度%	分布	包含因子	标准不确定度 $u_r(x_i)/\%$	灵敏系数 c_{ij}	$ c_{rj} u_r(x_i)\%$
1	$u_r(E_r)$	重复性	—	—	—	0.079	1	0.079
2	$u_r(m)$	标准装置	0.05	正态	2	0.025	-1	0.025
3	$u_r(\rho)$	液体密度	0.024	正态	2	0.012	0.0012	0.000
4	$u_r(\rho_a)$	空气密度	10	矩形	$\sqrt{3}$	5.78	-0.0012	0.007

3.5 合成标准不确定度

以上各项标准不确定度分量互不相关, 代入式 (3), 得到合成标准不确定度为

$$u_{cr}(E) = 0.08\%$$

3.6 扩展不确定度

取 $k=2$, 则扩展不确定度为:

$$U_{rel} = k u_{cr}(E) = 2 \times 0.08\% = 0.16\%$$

3.7 不确定度报告

被校油耗仪的示值误差 $E = 0.45\%$, 其扩展不确定度为: $U_{\text{rel}} = 0.16\%$, $k=2$

附表 D

容积式油耗仪测量误差校准不确定度评定实例

1.1 环境条件:

温度: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, 相对湿度: $(30 \sim 80) \% \text{RH}$ 。

1.2 测量标准:

标准器: 500mL 单标线容量瓶

配套设备: 二等标准玻璃水银温度计、二等密度计

1.3 被测对象: 容积式油耗仪

1.4 测量参数与测量方法:

被校油耗仪的示值误差是直接读取的累积流量值和标准器示值之差与标准器示值的比值。

1.5 评定结果的使用:

在符合上述条件下的测量, 一般可直接使用本不确定度的评定结果。

2. 建立数据模型, 列出不确定度传播率:

2.1 数学模型

根据示值误差定义, 被校油耗仪的示值误差 E 为

$$E = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100\% + \delta$$

式中: V_i ——被校油耗仪的示值;

V_a ——标准器显示的实际值;

δ ——重复性。

2.2 传播率:

$$u_c^2(E) = C_1^2 \times u^2(V_a) + C_2^2 \times u^2(V_i) + C_3^2 \times u^2(\delta)$$

2.3 灵敏系数:

$$C_1 = \frac{\partial E}{\partial V_a} = -\frac{V_i}{V_a^2} \quad C_2 = \frac{\partial E}{\partial V_i} = \frac{1}{V_a} \quad C_3 = 1$$

选一台型号为 FP-2250H 的容积式油耗仪, 在最小流量点 1L/h 时连续测量 10 次, 测量结果如下:

次数	V_i/mL	V_a/mL	$E/\%$
1	1000	994	0.6
2	1000	996	0.4
3	1000	995	0.5
4	1000	997	0.3
5	1000	998	0.2
6	1000	996	0.4
7	1000	994	0.6
8	1000	995	0.5
9	1000	997	0.3
10	1000	998	0.2

3. 标准不确定度来源及评定

3.1 标准装置的标准不确定度 $u(V_a)$

单标线容量瓶检定证书中给出的不确定度为 $U = 0.05\%$ $k=2$ 相应的标准不确定度为

$$u(V_a) = 0.05\% / 2 = 0.025\%$$

3.2 被校油耗仪示值的标准不确定度 $u(V_i)$

示值的不确定度主要为分辨率

被校油耗仪的最小分格值为 0.001L, 其为均匀分布, 又为开始和终止两次读数之差, 则

$$u(V_i)_1 = 0.001 \times \sqrt{2} / \sqrt{3} = 0.001$$

$$u(V_i)_1 = 0.001\text{L} \quad \text{可忽略}$$

3.3 测量重复性带来标准不确定度 $u(\delta)$

对被校油耗仪在进行 10 次重复测量, 按贝塞尔公式单次测量标准偏差

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2}{n-1}} = 0.15\%$$

则测量平均值标准差： $u(\delta) = 0.15\% / \sqrt{10} = 0.05\%$

3.4 标准不确定度分量表：

输入量 X_i	标准不确定度 $u(x_i)$	概率分布	灵敏系数	不确定度分量 $u_i(y)$
Va	0.125%	正态	-1	0.125%
Vi	0.001m^3	均匀	5.3^{-1}	忽略
δ	0.05%	正态	1	0.05%

3.5 合成标准不确定度

$$u_c(E) = \left[(0.125\%)^2 + (0.05\%)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.13\%$$

3.6 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则 $U_{rel} = u_c(E) \cdot k = 0.26\%$

3.7 不确定度报告

被校油耗仪的示值误差示值误差 $E = 0.4\%$ ，其扩展不确定度为： $U_{rel} = 0.26\%$ ， $k=2$

吉林省地方计量技术规范

油耗仪 校准规范

JJF(吉)95—2016

吉林省质量技术监督局发布

*

版权所有 不得翻印

297 mm×210 mm A4 纸

2016年10月第1版 2016年10月第1次印刷

统一书号 20160001-0050