

河北省地方计量技术规范

JJF(冀) 160-2019

碳平衡法油耗仪

Fuel Consumption Instrument Based on Carbon Balance Method

2019-04-18 发布

2019-07-01 实施

河北省市场监督管理局 发布

碳平衡法油耗仪校准规范

Calibration Specification for Fuel Consumption
Instrument Based on Carbon Balance Method



归口单位：河北省市场监督管理局

主要起草单位：河北省计量监督检测研究院

本规范委托河北省计量监督检测研究院负责解释

本规范主要起草人：

许兰国（河北省计量监督检测研究院）

王昊辰（河北省计量监督检测研究院）

孙国威（河北省计量监督检测研究院）

参加起草人：

苏肖宇（河北省计量监督检测研究院）

董晓雨（河北省计量监督检测研究院）

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和定义	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 浓度测量装置	(1)
5.2 碳平衡法油耗仪	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 校准用标准器	(2)
7 校准项目和校准方法	(2)
7.1 浓度测量装置	(2)
7.2 碳平衡法油耗仪	(5)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 标准气体及其浓度要求	(7)
附录 B 推荐的校准证书内容	(8)
附录 C 碳平衡法油耗仪测量结果不确定度评定实例	(9)

引 言

本规范以 JJF1001-2015《通用计量术语及定义》、JJF1071-2017《国家计量校准规范编写规则》、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。

本规范主要参考 GB/T 18566-2011《道路运输车辆燃料消耗量检测评价方法》、JT/T 1013-2015《碳平衡法汽车燃料消耗量检测仪》编制而成，适用于碳平衡法油耗仪的校准。

本规范为首次制定。

碳平衡法油耗仪校准规范

1 范围

本规范适用于碳平衡法油耗仪的校准。

2 引用文献

GB/T 18566-2011 《道路运输车辆燃料消耗量检测评价方法》

JT/T 1013-2015 《碳平衡法汽车燃料消耗量检测仪》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。凡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 术语和定义

JT/T 1013-2015 界定的术语和定义适用于本规范

3.1 油气转换装置

由质量流量计与发动机组成，将燃油转换成含碳气体，能准确测量单位时间燃油消耗量的装置。

4 概述

碳平衡法油耗仪是利用汽车燃油在发动机中燃烧后排气中碳质量总和与燃烧前的碳质量总和相等的质量守恒定律，间接测量汽车燃油消耗量的设备。主要由稀释排气流量测量装置（简称流量测量装置）、含碳气体成分浓度测量装置（简称浓度测量装置）、排气稀释收集输送装置、测控系统等组成。

5 计量特性

5.1 浓度测量装置

5.1.1 浓度测量装置的示值误差不超过表 1 的规定。

表 1 浓度测量装置示值误差要求

项 目	相 对 误 差	绝 对 误 差
CO ₂	±2%	±0.02%
CO	±2%	±0.02%
HC	±3%	±4×10 ⁻⁶

满足绝对误差或相对误差任何一项即为符合要求。

5.1.2 浓度测量装置 1h 内的稳定性不超过表 1 规定的误差要求。

5.1.3 浓度测量装置的重复性不大于表 1 规定误差的模的 1/2。

5.1.4 浓度测量装置的响应时间不大于 8s。

5.2 碳平衡法油耗仪

5.2.1 碳平衡法油耗仪的示值误差不超过 $\pm 4\%$ 。

5.2.2 碳平衡法油耗仪的重复性不超过 3%。

注：由于校准不做合格性判定，以上指标要求仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(0~40) °C。

6.1.2 环境湿度：不大于 85%RH。

6.1.3 大气压力为 86kPa~106kPa。

6.1.4 电源：AC(220 \pm 22)V，AC(380 \pm 38)V，频率 (50 \pm 1) Hz。

6.1.5 校准应在周围污染、振动、电磁干扰对校准结果无影响的环境下进行。

6.1.6 工作场所应通风良好。

6.2 校准用标准器

碳平衡法油耗仪测量标准及其他设备见表 2。

表 2 碳平衡法油耗仪测量标准及其他设备

设备名称	测量范围	主要技术指标
质量流量计	(0~20) kg/h	MPE: $\pm 0.5\%$
秒表	(0~30)min	分辨力不大于 0.1s
标准气体	/	见附录 A
浮子流量计	(0~10)L/min	4.0 级

7 校准项目和校准方法

碳平衡法油耗仪按使用说明书开机预热，进入正常工作状态。

7.1 浓度测量装置

7.1.1 示值误差

使用附录 A.6 的气体调零。通入附录 A.4 中的 3 号气体对浓度测量装置进行校准，通

洁净空气运行 3min。

分别向浓度测量装置通入附录 A.4 的 1、2、3 号标准气体记录相应数值，重复 3 次，按公式 (1)、(2) 计算示值误差。

$$\Delta_i = \overline{C_{di}} - C_{si} \quad (1)$$

$$\delta_i = \frac{\overline{C_{di}} - C_{si}}{C_{si}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

Δ_i ——第 i 号标准气体通入时，浓度测量装置示值绝对误差， $i = 1、2、3$ ；

$\overline{C_{di}}$ ——第 i 号标准气体通入时，3 次浓度测量装置示值的平均值；

C_{si} ——第 i 号标准气体的标称值；

δ_i ——第 i 号标准气体通入时，浓度测量装置示值相对误差，单位为%；

CO、CO₂ 单位为 10⁻²、HC 单位为 10⁻⁶。

7.1.2 稳定性

使用附录 A.6 的气体调零，向浓度测量装置通入 3 号标准气体，待示值稳定后，记录浓度测量装置相应示值。开启气泵，浓度测量装置继续运行。

每隔 30 min，重复向浓度测量装置通入 3 号标准气体，待示值稳定后，记录浓度测量装置相应示值。共记录 3 次示值。

按公式 (3)、(4) 计算每次示值误差。

$$\Delta_3 = C_{d3} - C_{s3} \quad (3)$$

$$\delta_3 = \frac{\Delta_3}{C_3} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

Δ_3 ——第 3 号标准气体通入时，浓度测量装置示值绝对误差；

C_{d3} ——第 3 号标准气体通入时，浓度测量装置示值的最大值；

C_{s3} ——第 3 号标准气体的标称值；

δ_3 ——第 3 号标准气体通入时，浓度测量装置示值相对误差，单位为%；

CO、CO₂ 单位为 10⁻²、HC 单位为 10⁻⁶。

7.1.3 重复性

使用附录 A.6 的气体调零，向浓度测量装置通入 2 号标准气体，记录相应示值。开启气泵，排出浓度测量装置中标准气体至回复零位，重复以上步骤共计 6 次。

按公式 (5) 和 (6) 计算重复性：

$$S_A = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (C_j - \bar{C})^2} \quad (5)$$

式中：

S_A ——重复性（以实验标准偏差表示）；

C_j ——第 j 次通入标准气体时的示值；

\bar{C} ——6 次测量值的算术平均值；

n ——校准的次数， $n=6$ ；

CO、CO₂ 单位为 10⁻²、HC 单位为 10⁻⁶。

$$S_a = \frac{S_A}{C} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

S_a ——重复性（以相对实验标准偏差表示），单位为%。

7.1.4 响应时间

1) 对浓度测量装置进行调零。

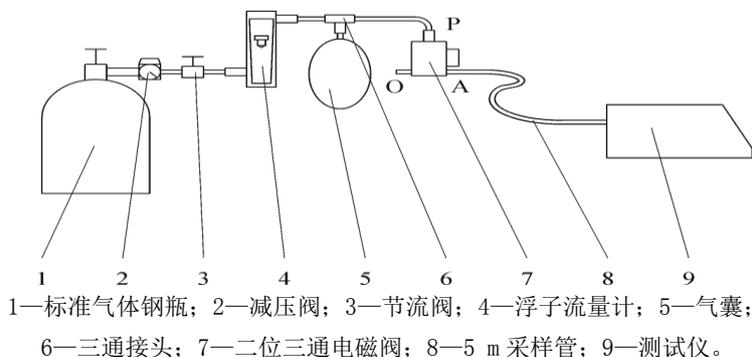


图 1 响应时间校准示意图

2) 如图 1 所示, 连接标准气体钢瓶、减压阀、节流阀、浮子流量计、三通接头、气囊及 5m 采样管等。开启标准气体钢瓶的阀门, 二位三通电磁阀通电 (P、A 通), 再启动浓度测量装置气泵。调节节流阀, 使通入浓度测量装置的标准气体的流量能够维持图 1 中的气囊不要处于真空, 也不要充盈。待浓度测量装置示值稳定后, 记录相应示值。断开二位三通电磁阀电源 (O、A 通), 使清洁空气通入浓度测量装置, 调零。重新打开钢瓶阀门, 然后给二位三通电磁阀通电 (P、A 通), 使标准气体 (附录 A.5) 进入浓度测量装置。同时, 用秒表分别测量从二位三通电磁阀接通瞬间至各气体成分的示值达到其稳定值的 90% 时的时间间隔。记录秒表的读数。

3) 重复 2) 的操作 2 次, 计算 3 次测量结果的算术平均值。

按公式 (7) 分别计算 HC、CO、CO₂ 响应时间。

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \quad (7)$$

式中:

\bar{T} —— 3 次响应时间测量值的算术平均值, 单位为 s;

T_1 、 T_2 、 T_3 —— 3 次响应时间测量值, 单位为 s。

7.2 碳平衡法油耗仪

7.2.1 示值误差

碳平衡法油耗仪按其说明书要求预热, 使用附录 A.6 的气体调零, 并测量环境空气中的 CO₂ 浓度。油气转换装置开机、预热。

调整油气转换装置至其低档位, 观察油气转换装置瞬时流量, 稳定至少 15s 后, 碳平衡法油耗仪采样管应靠近并对准油气转换装置排气管口, 其间距不大于 100mm, 使采样管与排气管末端同轴, 用支架固定, 使废气与环境空气顺利进入采样管。观察碳平衡法油耗仪 CO₂ 浓度示值稳定 10s 后, 碳平衡法油耗仪开始 60s 连续采样, 记录油气转换装置和碳平衡油耗仪的示值。碳平衡法油耗仪通清洁空气, 当管道温度降至常温后进行下一次测量, 共重复 3 次。

同样, 调整油气转换装置至其高档位, 重复测量 3 次。按公式 (8) 分别计算两个档位示值误差。

$$\delta = \frac{\overline{q_i - m_i} / d_F}{\overline{m_i} / d_F} \times 100\% \quad (8)$$

式中:

δ ——示值误差, 单位为%;

$\overline{q_i}$ ——第*i*次碳平衡法油耗仪测量值的平均值, 单位为 ml;

$\overline{m_i}$ ——第*i*次油气转换装置测量值的平均值, 单位为 g;

d_F ——15℃时标准燃油密度, 单位为 g/ml。

7.2.2 重复性

按照 7.2.1 的方法, 调整油气转换装置至其高档位时重复测量 6 次, 参照公式 (9) 计算示值重复性。

$$s_q = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \overline{q})^2} \quad (9)$$

式中:

s_q ——重复性 (以实验标准偏差表示);

q_j ——第*j*次燃油消耗量的示值;

\overline{q} ——6 次测量值的算术平均值;

n ——校准的次数, $n = 6$ 。

8 校准结果表达

对经校准的碳平衡法油耗仪出具校准证书, 内容见附录 B。

9 复校时间间隔

碳平衡法油耗仪的复校时间间隔建议不超过一年。

复校时间间隔的长短由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的, 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

标准气体及其浓度要求

- A.1 标准气体应具有标准物质证书，在有效期内使用。
- A.2 标准气体配制的标准值应不超过表 A.1 所规定标准值的 $\pm 15\%$ 。
- A.3 标准气体的标准值的相对扩展不确定度应为（或优于）1%。
- A.4 示值误差、重复性校准用标准气体的标准值见表 A.1，按照碳平衡油耗仪标注的测试气体种类配制成单组分标准气体或多组分标准气体，但不允许气体之间发生反应。

表 A.1 示值误差、重复性校准用标准气体的标准值

气体名称	1号	2号	3号
CO(%)	0.04	0.2	0.8
C ₃ H ₈ (10 ⁻⁶)	50	200	800
CO ₂ (%)	0.4	2.0	3.2

- A.5 仪器响应时间校准用标准气体见表 A.2。

表 A.2 响应时间校准用标准气体的标准值

气体名称	气体的标准值
CO(%)	0.8
C ₃ H ₈ (10 ⁻⁶)	800
CO ₂ (%)	3.2

- A.6 校准过程中对碳平衡法油耗仪调零应按照实际需要采用表 A.3 中气体。

表 A.3 调零用标准气体的标准值

气体名称	气体的标准值
高纯氮气	99.99%
配制空气	含氧量为(20.9% \pm 1%)

附录 B

推荐的校准证书内容

根据客户要求对以下数据进行校准：			
1 浓度测量装置			
通 道	HC	CO	CO ₂
绝对误差			
相对误差			
稳 定 性			
重 复 性			
响应时间			
2 油耗量			
示值误差			
重 复 性			
测量结果的不确定度：			
以下空白			
提示：1. 该计量器具修理后，应立即校准。			
2. 在使用过程中，如对该计量器具的计量性能产生怀疑，应重新校准。			
3. 根据客户要求或校准文件的规定，正常使用情况下____月校准一次；如使用过于频繁或使用环境过于恶劣等，建议缩短校准间隔。			
4. 未经本实验室书面批准，本证书不得部分复印。			

附录 C

碳平衡法油耗仪测量结果不确定度评定实例

C.1 碳平衡法油耗仪测量原理:

油气转换装置以燃烧燃油方式将燃油转换为同等质量的含碳气体,碳平衡法油耗仪测量含碳气体的量计算油耗值。油气转换装置示值与碳平衡法油耗仪测量值进行比较,求得示值误差。

C.2 不确定度评定

C.2.1 测量模型

采用直接测量法,被校碳平衡法油耗仪的示值与油气转换装置的示值之差的相对值即为测量仪的示值误差。测量模型如下:

$$\delta = \left(\frac{\bar{q}_i}{\bar{q}} - 1 \right) \times 100\% \quad (\text{B.1})$$

式中: δ ——示值误差, 单位为%,

\bar{q}_i ——第*i*次碳平衡法油耗仪测量值的平均值, 单位为 ml

\bar{q} ——第*i*次油气转换装置测量值的平均值, 单位为 ml

C.2.2 不确定度传播公式

由公式 (B.1) 得不确定度传播公式:

$$u_c^2(\delta) = c^2(q_i)u^2(q_i) + c^2(q)u^2(q) \quad (\text{B.2})$$

式中:

$u(q_i)$ ——碳平衡法油耗仪引入的标准不确定度;

$u(q)$ ——油气转换装置引入的标准不确定度;

C.2.3 方差及灵敏系数

$$c(q_i) = \frac{\partial(\delta)}{\partial(q_i)} = 1$$

$$c(q) = \frac{\partial(\delta)}{\partial(q)} = -1$$

C.3 不确定度来源

不确定度与被校准测量仪示值的大小有关，现以约 7 吨车辆 1 分钟消耗 65ml 燃油为例分析测量仪测量结果的不确定度。不确定度的来源有：

由测量结果重复性引入的不确定度分量 $u_1(q_i)$

由数显量化误差引入的不确定度分量 $u_2(q_i)$

由油气转换装置引入的不确定度分量 $u(q_i)$

C.4 标准不确定度

C.4.1 由被校仪器碳平衡油耗仪引入的标准不确定度分量 $u(q_i)$

C.4.1.1 由测量结果重复性引入的不确定度分量 $u_1(q_i)$

校准碳平衡法油耗仪重复性测量的标准差，由于油耗仪示值和油气转换装置示值存在正相关性，通过 10 次测量结果的差值计算标准差，测量数据见表 B.1。

表 B.1 油耗重复性试验

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
碳平衡法油耗仪测量值 ml	67.14	68.16	65.90	67.49	67.08	65.34	67.28	68.19	67.25	65.55
油气转换装置示值 ml	66.93	67.11	65.23	68.14	67.14	66.11	67.02	67.22	68.31	66.37
差值 ml	0.21	1.05	0.67	-0.65	-0.06	-0.77	0.26	0.97	-1.06	-0.82

标准偏差： $s_1 = 0.91 \text{ ml}$

实际校准以三次测量平均值作为测量结果，则 $u_1(q_i) = \frac{s_1}{\sqrt{3}} = 0.56 \text{ ml}$

C.4.1.2 碳平衡法油耗仪数显量化误差引入的标准不确定度分量 $u_2(q_i)$

碳平衡法油耗仪的分辨力为 1ml，其量化误差矩形分布落在宽度为 $1/2=0.5$ 的区间内，其引入的不确定度分量为：

$$u_2(q_i) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29 \text{ ml}$$

因重复性引入的不确定度分量大于量化误差引入的不确定度分量,取重复性引入的不确定度分量作为被校仪器的标准不确定度。

C.4.2 由油气转换装置引入的不确定度分量 $u(q_i)$

由油气转换装置 MPE: $\pm 0.5\%$, 按照均匀分布, 则 $u(q_i) = \frac{65 \times 0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.19 \text{ ml}$

表 B.2 标准不确定度来源

标准不确定度来源	符号	数值	灵敏系数 c_i	输出量标准不确定度分量 $ c_i \times u(x)$
被校仪器测量重复性	$u(q_i)$	0.56ml	1	0.56ml
油气转换装置示值	$u(q)$	0.19ml	-1	0.19ml

C.5 合成标准不确定度

以上分量独立无关, 合成标准不确定度为:

$$u_c(\delta) = \sqrt{c^2(q_i)u^2(q_i) + c^2(q)u^2(q)} = 0.59 = 0.59 \text{ ml}$$

C.6 扩展不确定度

$u_c(\delta)$ 的概率分布近似为正态分布, 取 $k=2$, 参考值为 65ml 的测量结果扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c(\delta) = 2 \times 0.59 = 1.2 \text{ ml}, k=2$$

相对扩展不确定度为:

$$U_{rel} = \frac{1.2}{65} \times 100\% = 1.8\%, k=2$$

