



北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX—XXXX

便携式排放测试系统 (PEMS) 校准规范

Calibration Specification for Portable Emissions Measurement System

(PEMS)

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

便携式排放测试系统
(PEMS) 校准规范

Calibration Specification for

Portable Emissions Measurement System (PEMS)

JJF(京) XXXX-XXXX

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

本规范委托北京市计量检测科学研究院负责解释。

本规范主要起草人：

邬 洋（北京市计量检测科学研究院）

张岳秋（北京市机动车排放管理事务中心）

陈孟达（北京市计量检测科学研究院）

于宝良（北京市计量检测科学研究院）

参加起草人：

沈上圯（北京市计量检测科学研究院）

刘 锴（北京市计量检测科学研究院）

刘志强（湖北锐意自控系统有限公司）

李金岩（北京塞米钛克汽车测试技术有限公司）

李 浩（深圳市安车检测股份有限公司）

目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和计量单位.....	(1)
4 概述.....	(2)
5 计量特性.....	(2)
6 校准条件.....	(4)
7 校准项目及校准方法.....	(6)
8 校准结果表达.....	(12)
9 复校时间间隔.....	(12)
附录 A 标准气体及其浓度要求.....	(13)
附录 B 便携式排放测试系统 (PEMS) 校准记录.....	(14)
附录 C 便携式排放测试系统 (PEMS) 校准证书内页格式.....	(18)
附录 D 不确定度的评定.....	(20)

引 言

本规范以 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《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 JJG 688-2017《汽车排放气体测试仪检定规程》、GB18352.6-2016《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》、GB17691-2018《重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》编制而成。

本规范为首次发布。

便携式排放测试系统（PEMS）校准规范

1 范围

本规程适用便携式排放测试系统（PEMS）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 688-2017 汽车排放气体测试仪检定规程

JJF 1562-2016 凝结核粒子计数器校准规范

GB 17691-2018 重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）

GB 18352.6-2016 汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）

凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

3 术语和计量单位

3.1 气态污染物 gaseous pollutants (GB18352.6-2016, 3.11)

排气污染物中的一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x）、总碳氢化合物（THC）、非甲烷碳氢化合物（NMHC）、氧化亚氮（N₂O）。

氮氧化物（NO_x）以二氧化氮（NO₂）当量表示。

3.2 总碳氢化合物 total hydrocarbons, THC (GB18352.6-2016, 3.13)

指火焰离子化检测器（FID）能够测得的所有挥发性化合物。

3.3 气溶胶 aerosol (JJF 1562-2016, 3.1)

悬浮于气体中的固体和或液体颗粒分散体系。

3.4 粒子数量 particle number, PN (GB17691-2018, 3.42)

按照 GB17691-2018 附件 CC 中所描述的试验方法, 在去除了挥发性物质的稀释排气中, 所有粒径超过 23 nm 的粒子总数。

3.5 颗粒数量浓度 particle number concentration (JJF 1562-2016, 3.4)

单位体积气体中的颗粒物数量。

3.6 排气质量流量计 exhaust mass gas flowmeters

用于测量机动车排放尾气质量流量的流量计。

3.7 计量单位 measuring unit

测试仪采用法定计量单位, 各组份气体含量的测量结果用体积分数表示, JJG688-2017 界定的计量单位适用于本规范, 其中:

CO、CO₂、O₂ 体积分数分别表示为“%”或“ $\times 10^{-2}$ ”;

CH₄、NO₂、NO 体积分数表示为“ $\times 10^{-6}$ ”或“ppm”;

THC 体积分数表示为“ppmC”。

4 概述

便携式排放测试系统 (PEMS) 是一种能安装在车上, 用来检测汽油车、柴油车的排放气体污染物、颗粒物含量, 同时对气体污染物质量流量以及温湿度、压力、导航定位等相关参数进行实时采集的排放测试系统。

便携式排放测试系统 (PEMS) 包括气体分析仪、颗粒物数量 (PN) 测试系统、排气质量流量计、气象参数测量装置、卫星导航精准定位系统。

5 计量特性

5.1 气体分析仪

5.1.1 气体分析仪示值误差

气体分析仪的测量范围及最大允许误差, 一般符合表 1 给出的要求。

表 1 便携式排放测试系统 (PEMS) 测量范围及最大允许误差

序号	校准项目	测量范围	绝对最大允许误差	相对最大允许误差
1	CO 的摩尔分数	$(0\sim 5.0) \times 10^{-2}$	$\pm 0.3\%FS$	$\pm 2\%$
2	CO ₂ 的摩尔分数	$(0\sim 18.0) \times 10^{-2}$	$\pm 0.3\%FS$	$\pm 2\%$
3	THC 的摩尔分数	$(0\sim 10000)$ ppmC	$\pm 0.3\%FS$	$\pm 2\%$
4	NO 的摩尔分数	$(0\sim 3000) \times 10^{-6}$	$\pm 0.3\%FS$	$\pm 2\%$
5	NO ₂ 的摩尔分数	$(0\sim 1000) \times 10^{-6}$	$\pm 0.3\%FS$	$\pm 2\%$

注：满足最大允许误差两种表示（绝对误差和相对误差）中的任一要求即可。

5.1.2 气体分析仪示值重复性

气体分析仪示值的重复性，一般符合表 2 给出的要求。

表 2 气体分析仪示值重复性

序号	校准项目	重复性	
		绝对	相对
1	CO 的摩尔分数	1%FS	1%
2	CO ₂ 的摩尔分数	1%FS	1%
3	THC 的摩尔分数	1%FS	1%
4	NO 的摩尔分数	1%FS	2%
5	NO ₂ 的摩尔分数	1%FS	2%

注：满足重复性两种表示（绝对和相对）中的任一要求即可。

5.2 颗粒物数量 (PN) 测试系统

5.2.1 测量范围

颗粒物数量 (PN) 测试系统的颗粒浓度测量范围 $(0\sim 20000)$ 个/cm³。

5.2.2 零点

颗粒物数量 (PN) 测试系统零点不大于 5000 个/cm³。

5.2.3 线性

颗粒物数量 (PN) 测试系统的线性（判定系数 r^2 ） ≥ 0.95 。

5.2.4 颗粒计数重复性

颗粒物数量(PN)测试系统的颗粒计数重复性 $\leq 3\%$ 。

5.3 排气质量流量计

5.3.1 质量流量示值误差

质量流量示值误差不大于质量流量计读数的 $\pm 2\%$ 或 $\pm 0.5\%FS$ (取较大值)。

5.3.2 质量流量重复性

质量流量重复性不大于质量流量计最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

5.4 气象参数测量装置

气象参数测量装置测量范围及最大允许误差,一般符合表3给出的要求。

表3 气象参数测量装置测量范围及最大允许误差

序号	校准项目	测量范围	最大允许误差	
			绝对误差	相对误差
1	温度	(-10~40) °C	± 2 °C	-
2	相对湿度	(5.0~95) %RH	± 5.0 %RH	-
3	大气压力	(70~106) kPa	± 0.2 kPa	$\pm 3\%$

5.5 卫星导航精准定位系统

卫星导航精准定位系统的测量范围及示值误差,一般符合表4给出的要求。

表4 卫星导航精准定位系统测量范围及最大允许误差

序号	校准项目	测量范围	最大允许误差
1	速度	(5~120) km/h	± 1 km/h
2	经纬度	经度: (0~180) ° ; 纬度: (0~90) °	0.0001°
3	海拔高度	(0~2400) m	± 40 m

注: 本规范中的计量特性不作合格判定,仅供参考。

6 校准条件

6.1 校准环境条件

环境温度：（5~ 40）℃。

相对湿度：≤85%。

电源：交流电：额定电压（220±22）V；频率（50±1）Hz。

大气压力：86kPa~106kPa。

6.2 计量器具

校准用计量器具如表5所示。

表5 校准用计量器具一览表

序号	名称	主要性能指标及功能
1	标准气体	见附录 A
2	浮子流量计	测量范围：（0~10）L/min 准确度等级：4.0 级
3	标准凝结核粒子计数器	在（5000~20000）个/cm ³ 浓度范围内对（23~200）nm 颗粒的计数效率满足（100±10）%的技术要求，颗粒浓度校准结果不确定度优于 3%（k=2）
4	临界流喷嘴气体流量标准装置	测量范围：（2.5~2500）m ³ /h $U_{rel}=0.31\%(k=2)$
5	环境参数测试仪	温度：测量范围：（-10~40）℃ 最大允许误差：±0.6℃ 相对湿度： 测量范围：0~95%RH 最大允许误差：±1.5%RH 大气压力： 测量范围：（70~106）kPa 最大允许误差：±0.10 kPa
6	卫星导航模拟器	伪距误差：±10mm；伪距率误差：±1mm/s

7 校准项目及校准方法

7.1 外观及一般要求

便携式排放测试系统（PEMS）应有以下标志：名称、型号、编号、厂家、出厂日期和电源电压等。

各种调节按钮、按键和开关均能正常工作，无松动现象，电缆线的接插件应接触良好。

7.2 气体分析仪

7.2.1 气体浓度示值误差

7.2.1.1 接通测量装置电源，按照说明书规定的时间预热，使测量装置达到厂家说明书规定的工作状态。

7.2.1.2 预热完成后启动，调好测试系统的零位或使用合成空气或氮气调零。

7.2.1.3 向气体分析仪分别通入 1 号标准气体，标准气体通入流量需小于气体分析仪要求的最大气体流量，待示值稳定后，分别记录各种类气体相应示值。启动气泵，排出气体分析仪中的标准气体至气体分析仪回复零位，关闭气泵。测量 3 次。

7.2.1.4 分别向测量装置通入 2 号、3 号和 4 号标准气体，按步骤 7.2.1.3 进行测量，按式（1）和式（2）计算示值误差。

$$\Delta_c = \bar{C}_i - C_s \quad (1)$$

$$\delta_c = \frac{\bar{C}_i - C_s}{C_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中： Δ_c —— 气体浓度的绝对示值误差；

\bar{C}_i —— 第 i 校准点 3 次测量结果的平均值， $i=1, 2, 3, 4$ ；

C_s —— 标准气体的标称值；

δ_c —— 气体浓度的相对示值误差。

7.2.2 气体浓度重复性

7.2.2.1 上述工作完成后，调好气体分析仪的零位或使用附录的合成空气或氮气调零。

7.2.2.2 通入 1 号标准气体，待示值稳定后，记录测试装置相应示值。启动气

泵，排出气体分析仪中的标准气体至气体分析仪回复零位。

7.2.2.3 重复 7.2.2.2 步骤 6 次。

按式 (3) 和式 (4) 计算重复性。

$$S_A = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (C_j - \bar{C})^2} \quad (3)$$

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} —— n 次测量值的算术平均值；

n ——校准的次数， $n = 6$ 。

$$S_a = \frac{S_A}{\bar{C}} \times 100\% \quad (4)$$

式中： S_a ——重复性（以相对实验标准偏差表示）。

7.3 颗粒物数量 (PN) 测试系统

7.3.1 零点

将高效过滤器连接到颗粒物数量 (PN) 测试系统的入口处，连续运行 5min 以上，之后记录 10 次的粒子计数测量值 C_{0i} 。根据式 (5) 计算平均值 \bar{C}_0 作为颗粒物数量 (PN) 测试系统的零点。

$$\bar{C}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{10} C_{0i}}{10} \times 100\% \quad (5)$$

式中， \bar{C}_0 ——颗粒物数量 (PN) 测试系统的零点，个/cm³；

C_{0i} ——第 i 次测量值，个/cm³。

7.3.2 颗粒计数线性

选用物理化学性质及空气动力学特性稳定的材料作为固体气溶胶样品原材料，可使用炭黑、NaCl、聚苯乙烯等材料作为气溶胶。

将差分电迁移分离器的粒径值设定为 (50~70) nm，通过改变发生器参数或选用相应粒度标准物质等方式，获得粒径分布几何标准偏差为 (1.6±0.2) nm 的宽分布气溶胶样品。

将气溶胶分流器出口与被校仪器入口连接。在颗粒物数量 (PN) 测试系统测量范围内或 (6×10³~2×10⁶)/cm³ 范围内，均匀选取 6 个浓度点，在每种浓度下，

记录 60s 内被校仪器和标准凝结核粒子计数器的测量结果,记录 3 次测量结果并取平均值。通过式 (6) 计算线性。

$$r^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (C_{cpc_i} - \overline{C_{cpc}}) \cdot (C_{s_i} - \overline{C_s}))^2}{\sum_{i=1}^n (C_{cpc_i} - \overline{C_{cpc}})^2 \times \sum_{i=1}^n (C_{s_i} - \overline{C_s})^2} \quad (6)$$

式中, r^2 —线性, 无量纲量;

C_{cpc_i} —颗粒物数量 (PN) 测试系统第 i 组测量浓度, 个/cm³;

C_{s_i} —标准凝结核粒子计数器的第 i 组测量浓度, 个/cm³;

$\overline{C_{cpc}}$ —颗粒物数量 (PN) 测试系统第 i 组测量数据的平均值, 个/cm³;

$\overline{C_s}$ —标准凝结核粒子计数器的第 i 组测量浓度的平均值, 个/cm³。

7.3.3 颗粒计数重复性

按照 7.3.2 中的方法发生标称粒径为 50nm 的气溶胶样品, 调节发生浓度, 控制颗粒物数量 (PN) 测试系统的示值在 $(6 \times 10^3 \sim 2 \times 10^4)$ /cm³ 范围内。待被校仪器稳定后, 计算被校仪器在 60s 内的测量平均值 \overline{C} 。重复上述测量 10 次, 按式 (7) 计算得到颗粒数量浓度的测量重复性 δ_c 。

$$\delta_c = \frac{1}{\overline{C}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (C_j - \overline{C})^2} \times 100\% \quad (7)$$

式中, δ_c —颗粒物数量浓度测量重复性 (n=10);

C_j —第 j 次颗粒数量浓度值, 个/cm³;

\overline{C} —颗粒数量浓度 10 次测量平均值, 个/cm³;

n—测量次数, n=10。

7.4 排气质量流量计

7.4.1 校准条件要求

7.4.1.1 流量标准装置的要求

流量标准装置及其配套仪器设备均应有有效溯源; 流量计前后应该有足够长的直管段, 在流量计的下游应有一定的背压; 装置的扩展不确定度应不大于流量计最大允许误差绝对值的 1/3。

7.4.1.2 流体的要求

检测用的流体应是单相、清洁、无可见颗粒、纤维等杂质的空气。流体应充满整个管道及流量计。

7.4.2 质量流量示值误差和重复性

7.4.2.1 将排气质量流量计的流量管与流量标准装置串联，流量计的流向标识应与气体流向一致，流量计轴线应与标准装置管道轴线一致。如果流量管的尺寸与流量标准装置不匹配，则需要加工相应尺寸的法兰，保证连接处不漏气，连接处的密封垫不应凸入到管道内。

7.4.2.2 开启便携式排放测试系统（PEMS），排气质量流量计正常工作。通过软件自动控制电磁阀将差压传感器与大气连通进行自动标零。

7.4.2.3 开启流量装置，让流体在管路中以不低于 70% 的最大校准流量循环不少于 10 min，同时排除差压测量系统中的空气和堵漏现象，待稳定后（一般 5min 即可）开始检测。

7.4.2.4 在不同的流量校准点（一般不少于 5 个，分别为 q_{\max} 、 $0.75q_{\max}$ 、 $0.5q_{\max}$ 、 $0.25q_{\max}$ 和 q_{\min} ）测量标准流量值 $(q_s)_{ij}$ ，同时记录排气质量流量计的显示值 q_{ij} 。

7.4.2.5 每个流量校准点至少检测 3 次。

7.4.2.6 流量计各流量点单次检测的相对示值误差 E_{ij} 按式（8）计算：

$$E_{ij} = \frac{q_{ij} - (q_s)_{ij}}{(q_s)_{ij}} \times 100\% \quad (8)$$

式中： E_{ij} —第 i 检测点第 j 次检测被检流量计的相对示值误差，%；

q_{ij} —第 i 检测点第 j 次检测时被检流量计显示的瞬时流量值（可为 1 次实验过程中多次读取的瞬时流量值的平均值），kg/h；

$(q_s)_{ij}$ —第 i 检测点第 j 次检测标准装置瞬时流量值，kg/h。

流量计各流量点的相对示值误差按式（9）计算：

$$E_i = \frac{1}{n} \times \sum_{j=1}^n E_{ij} \quad (9)$$

式中： E_i —第 i 检测点被检流量计的相对示值误差，%；

n —第 i 检测点检测次数；

E_{ij} —第 i 检测点第 j 次检测被检流量计的相对示值误差，%。

流量计的相对示值误差按式（10）计算：

$$E = \pm |E_i|_{\max} \quad (10)$$

式中： E —被检流量计的相对示值误差，%。

7.4.2.7 被检流量计各流量点的重复性按式（11）计算：

$$(E_r)_i = \left[\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \times 100\% \quad (11)$$

式中： $(E_r)_i$ —第 i 点检测流量点的重复性。

流量计的重复性按式（12）计算：

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

式中： E_r —流量计的重复性。

7.5 气象参数测量装置

7.5.1 温度示值误差

将环境参数测试仪放置在距温度测量装置 30 cm 内，待环境参数测试仪稳定 30 min，分别读取环境参数测试仪和气象参数测量装置的 3 次示值，读取时间间隔不少于 1 min。按式（13）计算气象参数测量装置示值误差 Δ_t 。

$$\Delta_t = \bar{t}_i - \bar{t} \quad (13)$$

式中： Δ_t —气象参数测量装置温度示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

\bar{t}_i —3次气象参数测量装置示值的平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

\bar{t} —3次环境参数测试仪示值的平均值， $^{\circ}\text{C}$ 。

7.5.2 相对湿度示值误差

将环境参数测试仪放置在距湿度测量装置 30 cm 内，待环境参数测试仪稳定 30 min，分别读取环境参数测试仪和气象参数测量装置的 3 次相对湿度示值，读取时间间隔不少于 1 min。按式（14）计算相对湿度测量装置示值误差 Δ_u 。

$$\Delta_u = \frac{\bar{u}_i - \bar{u}}{\bar{u}} \times 100\% \quad (14)$$

式中： Δ_u —气象参数测量装置相对湿度示值误差；

\bar{u}_i —3次气象参数测量装置示值的平均值，%；

\bar{u} —3次环境参数测试仪示值的平均值，%。

7.5.3 大气压力示值误差

将环境参数测试仪放置在距大气压力测量装置 30 cm 内，待环境参数测试仪稳定 30 min，分别读取环境参数测试仪和气象参数测量装置的 3 次示值，读取时间间隔不少于 1 min。按式（15）计算大气压力测量装置示值误差 Δ_p 。

$$\Delta_p = \frac{\overline{p_i} - \overline{p}}{\overline{p}} \times 100\% \quad (15)$$

式中： Δ_p — 气象参数测量装置大气压力示值误差；

$\overline{p_i}$ — 3次气象参数测量装置示值的平均值，kPa；

\overline{p} — 3次环境参数测试仪示值的平均值，kPa。

7.6 卫星导航精准定位系统

7.6.1 速度

7.6.1.1 将模拟器测试场景设为动态场景，可见卫星不少于 6 颗，信号功率按厂家接口电平指标设置，直线运行，速度分别为 60 km/h、80 km/h、100km/h 和 120 km/h。也可根据现场测量时道路实际情况增加校准速度点。

7.6.1.2 启动模拟器动态场景仿真，开启测速偏差测试，等待 3min。将便携式排放测试系统（PEMS）的 GPS 天线放置于模拟信号辐射范围内，启动 PEMS，等待正常工作后，记录其速度显示值。

7.6.1.3 按照上述方法，对各速度校准点分别进行 3 次检测，每次检测的数值与模拟器显示的数值进行比较。卫星导航精准定位系统速度示值误差按式（16）和式（17）计算：

$$\Delta_v = \overline{v_i} - v_0 \quad (16)$$

式中： Δ_v — 测速装置速度示值误差，km/h；

$\overline{v_i}$ — 卫星导航精准定位系统速度 3 次测量平均值，km/h；

v_0 — 模拟器速度示值，km/h。

$$\delta_v = \frac{\Delta_v}{v_0} \times 100\% \quad (17)$$

式中： δ_v — 卫星导航精准定位系统速度相对误差。

7.6.2 定位误差

7.6.2.1 打开模拟器，开启定位偏差校准场景，设定相应的经度、纬度和海拔高度（一般选取 3 个点）后开始运行。

7.6.2.2 将被校便携式排放测试系统（PEMS）的 GPS 天线放置于模拟信号辐射范围内，启动 PEMS，等待正常工作后（定位成功和稳定后），记录其经度 X_i 、纬度 Y_i 和海拔高度 H_i 显示值。按照式（9）、（10）和（11）计算定位误差 ΔX_i 、 ΔY_i 和 ΔH_i ：

$$\Delta X_i = |X_i - X_{0i}| \quad (18)$$

$$\Delta Y_i = |Y_i - Y_{0i}| \quad (19)$$

$$\Delta H_i = |H_i - H_{0i}| \quad (20)$$

式中： i—校准点数；

X_i —卫星导航精准定位系统在第 i 个校准点显示经度，°；

Y_i —卫星导航精准定位系统在第 i 个校准点显示纬度，°；

H_i —卫星导航精准定位系统在第 i 个校准点显示海拔高度，m；

X_{0i} —模拟器在第 i 个校准点标准经度，°；

Y_{0i} —模拟器在第 i 个校准点标准纬度，°；

H_{0i} —模拟器在第 i 个校准点标准海拔高度，m；

ΔX_i —卫星导航精准定位系统在第 i 个校准点经度示值误差，°；

ΔY_i —卫星导航精准定位系统在第 i 个校准点纬度示值误差，°；

ΔH_i —卫星导航精准定位系统在第 i 个校准点海拔高度示值误差，m。

8 校准结果表达

8.1 校准数据处理

相对示值误差一般保留有效数字 2 位。

8.2 校准结果的不确定度评定

便携式排放测试系统（PEMS）示值误差的不确定度评定依据 JJF1059.1，部分参数的不确定度评定示例见附录 D。

8.3 校准证书

便携式排放测试系统（PEMS）经校准后出具校准证书，校准证书应包括的信息及推荐的校准证书内页格式见附录 C。

9 复校时间间隔

便携式排放测试系统（PEMS）复校时间间隔建议为 1 年。

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 $\pm 2\%$ 。
- A.3 标准气体 C_3H_8 、CO、 CO_2 、NO 的标准值的相对扩展不确定度应为（或优于）1%， NO_2 的标准值的相对扩展不确定度应为（或优于）1.5%。（ $k=2$ ）
- A.4 示值误差和重复性校准用标准气体的标准值见 A.1，按照测试系统标注的测试气体种类配置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

序号 标准气体	1 号	2 号	3 号	4 号
氮中一氧化碳	0.5×10^{-2}	2.4×10^{-2}	3.6×10^{-2}	4.8×10^{-2}
氮中二氧化碳	2.0×10^{-2}	6.0×10^{-2}	8.0×10^{-2}	12.0×10^{-2}
氮中丙烷	200×10^{-6}	960×10^{-6}	1920×10^{-6}	3200×10^{-6}
氮中一氧化氮	300×10^{-6}	900×10^{-6}	1800×10^{-6}	3000×10^{-6}
氮中二氧化氮	50×10^{-6}	160×10^{-6}	300×10^{-6}	600×10^{-6}

- A.5 调零应按照纯合成空气（纯度： C_1 （1 个碳的等效碳氢化合物） $\leq 1\text{ppm}$ （以碳原子当量表示）， $CO \leq 1\text{ppm}$ ， $CO_2 \leq 400\text{ppm}$ ， $NO \leq 0.1\text{ppm}$ ，氧气体积比例 18%~21%）或纯氮气（其中杂质： $C_1 \leq 1\text{ppm}$ ， $CO \leq 1\text{ppm}$ ， $CO_2 \leq 400\text{ppm}$ ， $NO \leq 0.1\text{ppm}$ ）调零。

附录 B 便携式排放测试系统 (PEMS) 校准记录

B.1 基本信息

校准单位: _____ 校准地点: _____

委托单位: _____ 委托单位地址: _____

仪器名称: _____ 仪器型号: _____

仪器编号: _____ 环境温度: _____ °C

制造厂: _____ 相对湿度: _____ %

校准用器具型号及编号: _____

校准依据: _____

仪器外观: _____

表 B.1 气体分析仪示值误差

气体种类	标准值	测量值			平均值	示值误差		相对扩展不确定度 ($k=2$)
		1	2	3		绝对误差	相对误差/%	
THC ($\times 10^{-6}$)								
CO($\times 10^{-2}$)								
CO ₂ ($\times 10^{-2}$)								
NO($\times 10^{-6}$)								
NO ₂ ($\times 10^{-6}$)								

表 B.2 气体分析仪重复性

气体种类	测量值						平均值	标准偏差	相对标准偏差/%
	1	2	3	4	5	6			
THC($\times 10^{-6}$)									
CO($\times 10^{-2}$)									
CO ₂ ($\times 10^{-2}$)									
NO($\times 10^{-6}$)									
NO ₂ ($\times 10^{-6}$)									

表 B.3 颗粒物数量 (PN) 测试系统零点、颗粒计数线性及重复性

1、零点										
测量值 (个/cm ³)										平均值 (个/cm ³)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2、颗粒计数线性 气溶胶类型: _____										
颗粒粒径 (nm)	数据	测量值 (个/cm ³)			平均值 (个/cm ³)	线性				
		1	2	3						
	示值									
	标准值									
	示值									
	标准值									
	示值									
	标准值									
	示值									
	标准值									
	示值									
	标准值									

3、颗粒计数重复性											
测量值 (个/cm ³)										平均值 (个/cm ³)	重复性 (%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

表 B.4 排气质量流量计示值误差和重复性

校准点/ (kg/h)	标准流 量/ (kg/h)	示值流 量/ (kg/h)	单次相 对示值 误差 (%)	校准点 相对示 值 误差(%)	流量计相 对示值 误差 (%)	校准点重 复性 (%)	流量计重 复性 (%)
Q_{\max}							
$0.75Q_{\max}$							
$0.5Q_{\max}$							
$0.25Q_{\max}$							
Q_{\min}							

表 B.5 气象参数测量装置示值误差

校准项目	标准值	测量值	误差
温度 (°C)			
相对湿度 (%)			

大气压力 (kPa)			

表 B.6 速度示值误差

标准值/ (km/h)	测量值/ (km/h)	绝对误差/ (km/h)	相对误差/ %
60			
80			
100			
120			

表 B.7 经纬度和高度示值误差

项目	标准值	显示值	绝对误差
经度 (°)			
纬度 (°)			
海拔高度 (m)			

校准员:

核验员:

附录 C 便携式排放测试系统 (PEMS) 校准证书内页格式

计量标准装置	名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	计量标准考核 证书编号	有效期至
标准器	名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	证书编号	有效期至
校准技术依据					
1. 仪器外观:					
2. 气体分析仪示值误差和重复性					
项目名称	绝对误差	相对误差值	相对扩展不确 定度	标准偏差	相对标准偏差
THC					
CO					
CO ₂					
NO					
NO ₂					
3. 颗粒物数量 (PN) 测试系统 (零点、线性和计数重复性)					
3.1 零点: _____ 个/cm ³					
3.2 颗粒计数线性 气溶胶类型: _____ 线性: _____					
3.3 颗粒计数重复性: _____					
4. 排气质量流量计示值误差和重复性					
校准流量点	相对示值误差 (%)			重复性	
5. 气象参数测量装置示值误差					
项目名称	误差值			扩展不确定度	
温度					

相对湿度		
大气压强		
6. 卫星导航精准定位系统		
项目名称	误差值	扩展不确定度
速度		
经度		
纬度		
海拔高度		

校准人员：

复核人员：

审批人员：

附录 D

不确定度的评定

D.1 气体分析仪示值误差校准不确定度评定

D.1.1 测量方法

按照本规范的要求,在校准过程中利用与被校气体分析仪相同种类的一系列标准气体对被校测量装置的计量性能进行校准。本示例通过对气体分析仪通入 CO 的 1 号气体,测量 6 次,记录示值误差。

D.1.2 测量模型

D.1.2.1 示值绝对误差计算式

$$\Delta C = C_j - C_s \quad (\text{D.1.1})$$

式中: ΔC ——气体分析仪的绝对示值误差;

C_j —— j 次通入标准气体的测量结果;

C_s ——标准气体的体积分数值。

D.1.2.2 示值绝对误差的方差式

式(D.1.1)中, C_j , C_s 互不相关,得

$$u_c^2(\Delta) = u^2(C_j) + u^2(C_s) \quad (\text{D.1.2})$$

式中: $u_c(\Delta)$ ——绝对误差合成标准不确定度;

$u(C_j)$ ——被校装置测量过程的标准不确定度分量;

$u(C_s)$ ——标准气体引入的标准不确定度分量。

D.1.3 标准不确定度的评定

D.1.3.1 标准不确定度的 A 类评定

用 1 号 CO 标准气体校准气体分析仪。通入 1 号气体,计算绝对示值误差,并重复测量 6 次。A 类评定包括测量重复性引入的标准不确定度和被校装置分辨力造成的标准不确定度。

D.1.3.1.1 测量重复性引入的标准不确定度

测量重复性引入的标准不确定度分量用 $u(\alpha)$ 表示,用气体分析仪测量氮中 CO 1 号标准气体的体积分数,测量 6 次,测得数据见表 D.1.1。

表 D. 1. 1 氮中 CO 测量值

标准值	测量值 ($\times 10^{-2}$)					
0.501×10^{-2}	0.501	0.501	0.502	0.502	0.502	0.502

氮中 CO 测量值的平均值:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{j=1}^6 C_j}{6} = 0.502 \times 10^{-2}$$

实验标准差:

$$s(\text{CO}) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (C_j - \bar{C})^2}{n-1}} = 5 \times 10^{-6}$$

在实际测量中, 重复条件下测量 3 次, 以 3 次测量结果的算术平均值作为测量结果, 由测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u(\alpha) = \frac{s(\text{CO})}{\sqrt{3}} = 3 \times 10^{-6}$$

D. 1. 3. 1. 2 被校装置分辨力引入的标准不确定度

被校装置分辨力引入的标准不确定度分量用 $u(\beta)$ 表示, 被校气体分析仪测量 CO 体积比分数时分辨力为: 0.01×10^{-6} , 则其引入的标准不确定度为:

$$u(\beta) = 0.29 \times 0.01 \times 10^{-6} = 0.29 \times 10^{-8}$$

由于重复性引入的标准不确定度分量远大于被测仪器的分辨力, 所以不考虑分辨力所引入的不确定分量。

因此

$$u(C_j) = 3 \times 10^{-6}$$

D. 1. 3. 2 标准不确定度的 B 类评定

通入标准气体时, 由于标准气体配置时浓度会有偏差, 标准气体会引入标准不确定度, 用 $u(C_s)$ 表示。

标准气体是由国家标准物质研究中心定值, 其相对扩展不确定度为 1% ($k=2$), 正态分布。

$$u(C_s) = \frac{0.501 \times 10^{-2}}{2} \times 1\% = 2.5 \times 10^{-5}$$

D. 1. 4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量见表 D. 1. 2

表 D. 1. 2 标准不确定度分量一览表

不确定度来源	标准不确定度符号	灵敏系数	不确定度分量
被校装置测量过程引入的不确定度	$u(C_j)$	1	3×10^{-6}
标准气体引入的不确定度	$u(C_s)$	-1	2.5×10^{-5}

D. 1. 5 合成标准不确定度

由于两个不确定度分量互不相关，则

$$u_c(\Delta) = \sqrt{u^2(C_j) + u^2(C_s)}$$

$$u_c(\Delta) = \sqrt{(3 \times 10^{-6})^2 + (2.5 \times 10^{-5})^2} = 3.0 \times 10^{-6}$$

D. 1. 6 汽车排放测量装置 CO 气体示值绝对误差的扩展不确定度

按惯例在确定扩展不确定时取包含因子为 2，则：

$$U(\Delta) = k \times u_c(\Delta), \quad k = 2$$

$$U(\Delta) = 6.0 \times 10^{-6}, \quad k=2$$

规范中规定气体示值误差是相对误差，故计算气体相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}}(\Delta) = \frac{6.0 \times 10^{-6}}{0.501 \times 10^{-2}} \times 100\% = 1.2\%$$

D.2 颗粒物数量 (PN) 测试系统颗粒计数浓度测量的不确定度评定

D.2.1 测量方法

颗粒物数量 (PN) 测试系统的校准是利用标准凝结核粒子计数器完成的。通过发生指定粒径、浓度的单分散气溶胶，同时通入被校仪器和标准器，比较仪器示值和标准值，实现颗粒计数浓度的溯源。

D.2.2 测量模型

示值相对误差计算式：

$$\delta_c = \frac{\overline{C_{cpc}} - \overline{C_s}}{\overline{C_s}} \times 100\% \quad (D.2.1)$$

式中： $\overline{C_{cpc}}$ —颗粒物数量 (PN) 测试系统第 i 组测量浓度的平均值，个/cm³；

$\overline{C_s}$ —标准凝结核粒子计数器的第 i 组测量浓度的平均值，个/cm³。

从模型可以看出，影响测量结果的不确定度主要来源于标准凝结核粒子计数器、被校仪器的测量重复性。颗粒浓度的不确定度：

$$u_{\text{rel}}(\delta_c) = \sqrt{u_{\text{rel}}(\text{cpc})^2 + u_{\text{rel}}(\text{PN})^2} \quad (D.2.2)$$

D.2.3 标准不确定度的评定

以粒径为 70nm，浓度为 40000 个/cm³ 为例。颗粒物数量 (PN) 测试系统的测量重复性属于 A 类评定，在此浓度下连续测量 10 次并计算相对标准偏差。

表 D.2.1 被校仪器重复性测量数据 (个/cm³)

测量值										平均值	重复性
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
41532	40287	40995	43087	41629	40864	38446	39541	40911	42079	40937	3.1%

每个浓度点做 3 次，则被校仪器测量结果引入的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(\text{PN}) = \frac{3.1\%}{\sqrt{3}} = 1.8\%$$

标准凝结核粒子计数器的引入的不确定度属于 B 类评定。根据国家计量机构出具的校准证书，标准凝结核粒子计数器的相对扩展不确定度为 3% ($k=2$)，测量结果引入的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(\text{cpc}) = \frac{3\%}{\sqrt{3}} = 1.5\%$$

D. 2.4 合成相对标准不确定度

颗粒物数量 (PN) 测试系统颗粒浓度测量的相对标准不确定度:

$$u_{\text{crel}}(\delta_c) = \sqrt{u_{\text{rel(cpc)}}^2 + u_{\text{rel(PN)}}^2} = \sqrt{1.8\%^2 + 1.5\%^2} = 2.34\%$$

相对扩展不确定度为:

$$U_{\text{rel}}(\delta_c) = 4.5\%, \quad k=2$$

D.3 排气质量流量计示值误差校准不确定度评定

D.3.1 测量方法

依据本规范对排气质量流量计在 50% Q_{\max} 测量点（标准流量 900kg/h）时示值误差的不确定度进行评定。示值误差是通过被校排气质量流量计测量值与临界流喷嘴气体流量标准装置的标准值进行比较得出的。

D.3.2 测量模型

$$E = \frac{q - q_s}{q_s} \times 100\% \quad (\text{D3.1})$$

式中： E —被检流量计的相对示值误差，%；

q —被检流量计显示的瞬时流量值（可为 1 次实验过程中多次读取的瞬时流量值的平均值），kg/h；

q_s —标准装置瞬时流量值，kg/h。

D.3.3 示值误差的方差式

式 (D.3.1) 中， q ， q_s 互不相关，得

$$u_{\text{crel}}(E) = \sqrt{u_{\text{rel}}(q)^2 + u_{\text{rel}}(q_s)^2} \quad (\text{D.3.2})$$

式中： $u_{\text{crel}}(E)$ —合成相对标准不确定度，km/h；

$u_{\text{crel}}(q)$ —排气质量流量计引入的相对标准不确定度分量，km/h；

$u_{\text{crel}}(q_s)$ —气体流量标准装置引入的相对标准不确定度分量，km/h。

D.3.4 相对标准不确定度的评定

D.3.4.1 相对标准不确定度的 A 类评定

取气体流量标准装置标准流量值在 900 kg/h 的测量点，读取排气质量流量计的流量示值，相同条件下重复 10 次，读取 10 次结果，所得结果如下表 D3.1 所示。

表 D.3.1 测量结果

序号	标准流量/ (kg/h)	示值流量/ (kg/h)	单次相对示值误差 (%)
1	1800.718	1818.21	0.25
2	1802.346	1819.38	0.28
3	1804.463	1825.25	0.38
4	1802.1345	1821.78	0.26
5	1801.234	1822.34	0.23

6	1804.368	1819.45	0.28
7	1803.267	1821.34	0.28
8	1804.567	1821.45	0.94
9	1800.389	1822.31	1.22
10	1802.481	1823.13	1.15
平均值	1802.597	1821.46	1.05

实验标准差:

$$s(E) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (E_j - \bar{E})^2}{n-1}} = 0.126\%$$

在实际测量中,重复条件下测量3次,以3次测量结果的算术平均值作为测量结果,由测量重复性引入的相对标准不确定度为:

$$u(q) = \frac{s(E)}{\sqrt{3}} = \frac{0.126\%}{\sqrt{3}} = 0.073\%$$

D.3.4.2 相对标准不确定度 B 类评定

气体流量标准装置的 $U_{rel}=0.31\%$ ($k=2$), 所以其引入的相对标准不确定度为:

$$u(q_s) = \frac{0.31\%}{2} = 0.155\%$$

D.3.5 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量见表 D.3.2。

表 D.3.2 标准不确定度分量一览表

不确定度来源	标准不确定度符号	灵敏系数	相对不确定度分量
测量重复性	$u(q)$	1	0.073%
气体流量标准装置	$u(q_s)$	-1	0.155%

D.3.6 合成标准不确定度

以上分量互不相关,计算合成标准不确定度 $u_{crel}(E)$:

$$u_{crel}(E) = \sqrt{u_{rel}(q)^2 + u_{rel}(q_s)^2} = \sqrt{0.073\%^2 + 0.155\%^2} = 0.17\%$$

D.3.7 排气质量流量计相对示值误差的扩展不确定度:

$$U_{rel}(E) = k \times u_{crel}(E), \quad k = 2$$

$$U_{rel}(E) = 0.34\%, \quad k=2$$

D.4 卫星导航精准定位系统速度示值误差校准不确定度评定

D.4.1 测量方法

依据本规范对卫星导航精准定位系统在目标速度 60 km/h 时示值误差的不确定度进行评定。

D.4.2 测量模型

$$\Delta v = v - v_0 \quad (\text{D.4.1})$$

式中： Δv —为测速装置速度示值误差，km/h；
 v —卫星导航精准定位系统速度测量值，km/h；
 v_0 —模拟器标准值，km/h。

D.4.3 示值误差的方差式

式 (D.4.1) 中， v ， v_0 互不相关，得

$$u_c^2(\Delta v) = u^2(v) + u^2(v_0) \quad (\text{D.4.2})$$

式中： $u_c(\Delta v)$ —合成标准不确定度，km/h；
 $u(v)$ —卫星导航精准定位系统引入的标准不确定度分量，km/h；
 $u(v_0)$ —模拟器引入的标准不确定度分量，km/h。

D.4.4 标准不确定度的评定

D.4.4.1 标准不确定度的 A 类评定

取模拟器速度值在 60 km/h 的点，读取卫星导航精准定位系统速度的示值，相同条件下重复 6 次，读取 6 次结果，分别为 61.2 km/h、61.9 km/h、61.6 km/h、61.8 km/h、61.7 km/h、61.5 km/h。

速度值的平均值：

$$\bar{v} = \frac{\sum_{j=1}^6 v_j}{6} = 61.62 \text{ km/h}$$

实验标准差：

$$s(v) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (v_j - \bar{v})^2}{n-1}} = 0.25 \text{ km/h}$$

在实际测量中，重复条件下测量 3 次，以 3 次测量结果的算术平均值作为测量结果，由测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u(\delta) = \frac{s(v)}{\sqrt{3}} = \frac{0.25 \text{ km/h}}{\sqrt{3}} = 0.14 \text{ km/h}$$

D. 4. 4. 2 标准不确定度 B 类评定

D. 4. 4. 2. 1 卫星导航精准定位系统分辨力为 0.1km/h，服从均匀分布，引入的标准不确定度：

$$u(\alpha) = \frac{0.1\text{km/h}}{2\sqrt{3}} = 0.029 \text{ km/h}$$

由于重复性引入的标准不确定度分量远大于被测仪器的分辨力，所以不考虑分辨力所引入的不确定分量。

因此：

$$u(v) = 0.14 \text{ km/h}$$

D. 4. 4. 2. 2 卫星导航模拟器引入的标准不确定度分量

卫星导航模拟器的伪距率的允许误差为 $\pm 1 \text{ mm/s}$ ($\pm 0.0036\text{km/h}$)，服从均匀分布，故其标准不确定度分量为：

$$u(v_0) = \frac{0.0036\text{km/h}}{\sqrt{3}} = 0.002 \text{ km/h}$$

D. 4. 5 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量见表 D. 4. 1。

表 D. 4. 1 标准不确定度分量一览表

不确定度来源	标准不确定度符号	灵敏系数	不确定度分量
测量重复性	$u(\delta)$	1	0.14 km/h
分辨力	$u(\alpha)$	1	0.029 km/h
卫星导航模拟器	$u(v_0)$	-1	0.002 km/h

D. 4. 6 合成标准不确定度

以上分量互不相关，计算合成标准不确定度 $u_c(\Delta v)$ ：

$$u_c(\Delta v) = \sqrt{u^2(v) + u^2(v_0)} = 0.14 \text{ km/h}$$

D. 4. 7 卫星导航精准定位系统速度示值的扩展不确定度

$$U(\Delta v) = k \times u_c(\Delta v), \quad k = 2$$

$$U(\Delta v) = 0.3 \text{ km/h}, \quad k=2$$

JJF (京) XXXX-XXXX