



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1835—2020

机动车尾气遥感 检测系统校准规范

Calibration Specification for Remote Sensing Measurement Systems
of Vehicle Exhaust

2020-07-02 发布

2021-01-02 实施

国家市场监督管理总局 发布

**机动车尾气遥感
检测系统校准规范**

**Calibration Specification for Remote Sensing
Measurement Systems of Vehicle Exhaust**

JJF 1835—2020

归口单位：全国法制计量管理计量技术委员会

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

安徽宝龙环保科技有限公司

参加起草单位：山西省计量科学研究院

广东胜霏尔环境科技有限公司

深圳市安车检测股份有限公司

杭州博测检测科技有限公司

本规范委托全国法制计量管理计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

刘 育（北京市计量检测科学研究院）

刘嘉靖（北京市计量检测科学研究院）

洪顺坤（安徽宝龙环保科技有限公司）

参加起草人：

白 敏（山西省计量科学研究院）

郑志强（广东胜霏尔环境科技有限公司）

潘国飞（深圳市安车检测股份有限公司）

王 晖（杭州博测检测科技有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 遥感检测法	(1)
3.2 机动车尾气	(1)
3.3 不透光度	(1)
3.4 标准减光片	(1)
3.5 背景值	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 尾气测量装置	(2)
5.2 测速装置	(2)
5.3 道路坡度测量装置	(2)
5.4 气象参数测量装置	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 校准标准器及其他设备	(3)
7 校准项目及校准方法	(4)
7.1 气体测量装置	(4)
7.2 不透光度测量装置	(6)
7.3 测速装置	(7)
7.4 道路坡度测量装置	(8)
7.5 气象参数测量装置	(8)
8 校准结果表达	(10)
8.1 校准数据处理	(10)
8.2 校准结果的不确定度评定	(10)
8.3 校准证书	(10)
9 复校时间间隔	(10)
附录 A 标准气体及其浓度要求	(11)
附录 B 机动车尾气遥感检测系统校准记录	(12)
附录 C 机动车尾气遥感检测系统校准证书内页格式	(15)
附录 D 机动车尾气遥感检测系统的示值误差校准不确定度评定示例	(16)

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 HJ 845《在用柴油车排气污染物测量方法及技术要求（遥感检测法）》、JB/T 11996《机动车尾气遥测设备 通用技术要求》编制而成。

本规范为首次发布。

机动车尾气遥感检测系统校准规范

1 范围

本规范适用于机动车尾气遥感检测系统的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

HJ 845 在用柴油车排气污染物测量方法及技术要求（遥感检测法）

JB/T 11996 机动车尾气遥测设备 通用技术要求

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

3.1 遥感检测法 remote sensing method

利用光学原理远距离感应测量行驶中机动车尾气浓度的方法。

[来源：HJ 845—2017，3.2，有修改]

3.2 机动车尾气 Vehicle exhaust

机动车排气管排放出的气态污染物和颗粒物，在本规范中指 CO、CO₂、HC、NO 和颗粒物。

3.3 不透光度 opacity

从光源发出的光穿过机动车排气烟羽到达仪器光接收器的光通量吸收百分比，一般用符号 N 表示。

[来源：HJ 845—2017，3.8，有修改]

3.4 标准减光片 standard reducing light dimmer

一种用物理的方法按照规定的比例阻挡光通过的标准器，该比例值为标准减光片的不透光度。

3.5 背景值 background value

在遥感检测机动车尾气前的环境气体状态，指环境本底值。

4 概述

机动车尾气遥感检测系统（以下简称遥测系统）是在一定的气象条件和道路坡度的情况下，利用遥感的方法对在规定的速度范围内行驶的机动车进行尾气检测的测量系统。它可以在不影响机动车正常行驶的情况下测量道路上机动车的尾气量值。其工作原理是：遥测系统主机发射出光束，当机动车通过时，尾气对光束产生干扰，接收端接收到的光的光谱、强度等特征会发生变化，这种变化可以反映被测量尾气的浓度或者不透光度的变化。目前遥测系统采用的光源有激光、红外线热辐射光、紫外光及黄绿光。

遥感系统主要由尾气测量装置（一般包含气体测量装置和测量颗粒污染物的不透光度测量装置，也可只有其中一种）、测速装置、道路坡度测量装置、气象参数测量装置、车辆号牌识别系统、控制管理计算机系统等组成。其使用方式分为以下三种：水平移动式遥感检测系统、水平固定式遥感检测系统、垂直固定式遥感检测系统。

5 计量特性

5.1 尾气测量装置

5.1.1 气体测量装置

5.1.1.1 气体测量装置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 气体测量装置的测量范围及最大允许误差

序号	校准项目	测量范围	静态测量		动态测量
			绝对最大允许误差	相对最大允许误差	相对最大允许误差
1	CO 的摩尔分数	$(0\sim 10) \times 10^{-2}$	$\pm 0.25 \times 10^{-2}$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$
2	CO ₂ 的摩尔分数	$(0\sim 16) \times 10^{-2}$	$\pm 0.25 \times 10^{-2}$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$
3	HC 的摩尔分数	$(0\sim 200) \times 10^{-6}$	$\pm 10 \times 10^{-6}$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$
		$(0\sim 5\,000) \times 10^{-6}$	$\pm 100 \times 10^{-6}$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$
4	NO 的摩尔分数	$(0\sim 5\,000) \times 10^{-6}$	$\pm 50 \times 10^{-6}$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$

5.1.1.2 气体测量的重复性：CO、CO₂、HC、NO 为静态测量误差绝对值的 1/2。

5.1.2 不透光度测量装置

5.1.2.1 不透光度测量装置的测量范围及最大允许误差一般符合表 2 的要求。

表 2 不透光度测量装置的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	不透光度	0~100%	$\pm 2.0\%$

5.1.2.2 不透光度测量的重复性一般不大于 1%。

5.2 测速装置

测速装置的测量范围及示值误差，一般符合表 3 给出的要求。

表 3 测速装置的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	$(5\sim 100) \text{ km/h}$	$\pm 2.0 \text{ km/h}$
2	加速度	$(-2\sim 2) \text{ m/s}^2$	$\pm 0.3 \text{ m/s}^2$

5.3 道路坡度测量装置

道路坡度测量装置的测量范围及最大允许误差，一般符合表 4 给出的要求。

表4 道路坡度装置的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	坡度	$-15.0^{\circ}\sim 15.0^{\circ}$	$\pm 0.5^{\circ}$

5.4 气象参数测量装置

气象参数测量装置的测量范围及最大允许误差，一般符合表5给出的要求。

表5 气象参数测量装置的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	
			绝对最大允许误差	相对最大允许误差
1	温度	$(-30\sim 50)^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	—
2	相对湿度	$5.0\%\sim 95\%$	—	$\pm 3.0\%\text{FS}$
3	大气压力	$(70\sim 106)\text{kPa}$	—	$\pm 5.0\%$
4	风速	$(0.5\sim 20)\text{m/s}$	—	$\pm 10.0\%$

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 环境条件

6.1.1 环境温度： $(5\sim 45)^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 环境相对湿度： $\leq 80\%$ 。

6.1.3 供电电源：电压 $(220\pm 22)\text{V}$ ；频率 $(50\pm 1)\text{Hz}$ 。

6.1.4 大气压： $(70\sim 106)\text{kPa}$ 。

6.1.5 风速： $(0\sim 20)\text{m/s}$ 。

6.2 校准标准器及其他设备

6.2.1 标准物质

气体标准物质包括氮中 CO 、 CO_2 、 C_3H_8 、 NO 及氮中 1,3-丁二烯，其标准气体摩尔分数的相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}=2\%$ ($k=2$)。气体标准物质的摩尔分数见附录 A，具体配制的标称值的变化范围应不超过表 A.1、表 A.2 所规定标准值的 $\pm 3\%$ 。

标准气体的摩尔分数见附录 A 中的表 A.1 和表 A.2，其分别适用于不同遥测系统，使用时根据被校准遥测系统来选择。

不透光度检测用标准器：标准减光片。

标准减光片不透光度值约为 10% 、 20% 、 30% 、 40% 、 50% 。标准减光片在 $(320\sim 780)\text{nm}$ 波长范围内，扩展不确定度应不大于 0.6% ($k=2$)。

6.2.2 标准仪器设备及辅助装置

校准用标准仪器设备及辅助装置见表 6。

表 6 校准用标准仪器设备及辅助装置

序号	校准用标准仪器设备及辅助装置	主要性能指标及功能
1	标准速度计	速度 测量范围：(5~100) km/h 最大允许误差：±1.0% 加速度 测量范围：(-6~6) m/s ² 最大允许误差：±0.1 m/s ²
2	标准环境测试仪	温度 测量范围：(-30~50)℃ 最大允许误差：±0.1℃ 相对湿度 测量范围：0~95% 最大允许误差：±5% 大气压力 测量范围：(70~106) kPa 最大允许误差：±0.2 kPa
3	风速仪	测量范围：(0~20) m/s 最大允许误差：±0.5 m/s
4	标准电子水平尺	测量范围：(-15~15)° 最大允许误差：±0.1°
5	气体静态校准辅助装置	盖关闭时间：小于 50 ms 端盖关闭吸合力：大于 36 N
6	气体动态校准辅助装置	气体流量范围：(0~80) L/min 气体流量控制误差：±1.5%FS 光闸开关时间：小于 30 ms

7 校准项目及校准方法

7.1 气体测量装置

7.1.1 气体测量装置示值误差静态校准

7.1.1.1 接通气体测量装置电源，按照说明书规定的时间预热，预热完成后，对其光路进行调整，使气体测量装置达到厂家说明书规定的工作要求状况。

7.1.1.2 在气体测量装置的所有准备工作完成后且不影响原气体测量装置光路的情况下，将气体校准辅助装置（此时气体校准辅助装置端盖处于开放状态）放置在光路中，使气体测量装置达到厂家说明书规定的工作要求状况。气体校准辅助装置的连接如图 1 所示。

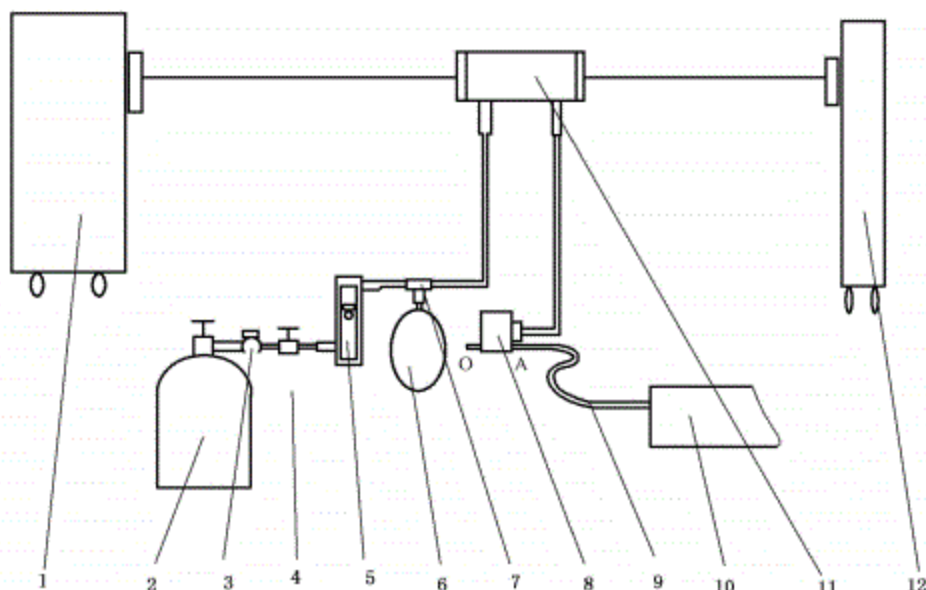


图1 气体校准辅助装置连接示意图

1—气体测量装置；2—气体钢瓶；3—减压阀；4—节流阀；5—流量计；6—气囊；
7—三通接头；8—二位三通电磁阀；9—软管；10—排空及监测装置；11—气体校准辅助装置；
12—反射镜（接收器）

7.1.1.3 上述工作完成后，取完背景值，关闭气体校准辅助装置端盖，依次通入符合表 A.1 或表 A.2 中规定的 1 号、2 号、3 号和 4 号标准气体，若选用表 A.2 中的标准气体检测时，同时也必须选用表 A.1 中的标准气体。同时监测专用标准装置中的氧气摩尔分数，当氧气摩尔分数小于 0.1% 时，将气体测量装置测量的气体摩尔分数示值记录下来。将气体校准辅助装置中的气体排空，按照上述步骤操作，每种摩尔分数气体重复测量 3 次。

7.1.1.4 按公式 (1) 和公式 (2) 计算示值误差。

$$\Delta C = \overline{C}_i - C_s \quad (1)$$

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

式中：

ΔC ——气体测量装置的绝对示值误差；

\overline{C}_i ——第 i 校准点 3 次测量结果的平均值；

C_s ——标准气体的标称值；

δ_c ——气体测量装置的相对示值误差。

7.1.2 气体测量装置的重复性

7.1.2.1 上述工作完成后，将气体校准辅助装置中的气体排空，通入符合表 A.1 或表 A.2 中规定的 2 号标准气体，同时监测专用标准装置中的氧气摩尔分数，当氧气摩尔分数小于 0.1% 时，记录气体测量装置的气体摩尔分数示值。

7.1.2.2 重复 7.1.2.1 操作过程 6 次，记录示值。

7.1.2.3 按公式 (3) 和公式 (4) 计算重复性。

$$s_A = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_i - \overline{C})^2} \quad (3)$$

式中：

s_A ——气体测量装置的重复性（以实验标准偏差表示）；

C_i ——第 i 次通入标准气体时的示值；

n ——校准的次数， $n=6$ ；

\bar{C} —— n 次测量值的算术平均值。

$$s_n = \frac{s_A}{\bar{C}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

s_n ——相对标准偏差。

7.1.3 气体测量装置示值误差动态校准

7.1.3.1 接通电源，按气体测量装置说明书规定的时间预热，预热完成后，对气体测量装置的光路进行调整，使气体测量装置达到厂家说明书规定的工作要求状态。

7.1.3.2 在气体测量装置的所有准备工作完成后且不影响排放污染物气体测量装置光路的情况下，将气体校准辅助装置放置在检测光路中，使其达到厂家说明书规定的工作要求状态。气体校准辅助装置的连接如图 1 所示。

7.1.3.3 准备就绪后，读取气体测量装置的背景值。选用符合表 A.1 或表 A.2 中规定的 2 号、3 号标准气体，若选用表 A.2 中的标准气检测时，同时也必须选用表 A.1 中的相应标准气体。按照规定将动态气体校准装置的流量调整至 20 L/min，喷气时间约为 0.5 s，按照预定程序将标准气喷入动态气体校准装置中，记录气体测量装置的气体摩尔分数示值。按照上述步骤操作，每种摩尔分数气体重复测量 3 次。

7.1.3.4 按公式 (1) 和公式 (2) 计算示值误差。

7.2 不透光度测量装置

7.2.1 示值误差校准

接通电源，操作员按不透光度测量装置说明书规定的时间预热，预热完成后，对不透光度测量装置的光路进行调整，使不透光度测量装置达到厂家说明书规定的工作要求状态。

读取不透光度测量装置背景值后，依次将 5 片标准减光片分别垂直放入光路中，并尽可能地将减光片的中心轴与检测光轴重合，记录不透光度测量装置的示值。每片标准减光片重复测量 3 次。

按公式 (5) 计算示值误差。

$$\Delta N = \overline{N_i} - N_s \quad (5)$$

式中：

ΔN ——不透光度测量装置的绝对示值误差；

$\overline{N_i}$ ——第 i 校准点 3 次测量结果的平均值；

N_s ——标准减光片不透光度值。

7.2.2 不透光度测量装置的重复性

放入不透光度值约为 30% 的标准减光片，重复 7.2.1 操作，测量 6 次。按公式 (6) 计算重复性。

$$s_N = \sqrt{\frac{1}{5} \times \sum_{i=1}^6 (N_i - \bar{N})^2} \quad (6)$$

式中：

s_N ——不透光度测量装置的重复性（以实验标准偏差表示）；

N_i ——第 i 次校准的示值， $i=1, 2, 3, \dots, 6$ ；

\bar{N} ——6 次测量的平均值。

7.3 测速装置

7.3.1 标准速度计法

7.3.1.1 速度示值误差

a) 按照使用要求安装、调整标准速度计，使其处于正常工作状态。根据被测装置附近道路情况选择校准点，一般选约为 20 km/h、30 km/h、40 km/h 3 个速度值，也可根据现场测量时道路实际情况增加 60 km/h 的校准速度点。

b) 根据被校速度点，试验车按照被校速度点的速度值匀速通过遥测系统监测区域（监测区域为遥测系统检测光线±2 m 的范围，以水平式遥测系统为例，如图 2 所示），标准速度计测量并显示记录试验车通过监测区域时的实际速度值，同时遥测系统测速装置对试验车进行速度测量并拍照。按照上述方法，对各速度校准点分别进行 3 次检测，每次检测的数值与标准速度计的数值进行比较。

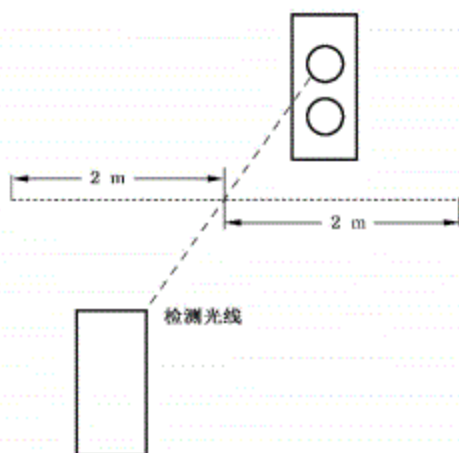


图 2 监测区域示意图

c) 测速装置速度示值误差按公式 (7) 和公式 (8) 计算：

$$\Delta v = v - v_0 \quad (7)$$

式中：

Δv ——测速装置速度示值误差，km/h；

v ——测速装置速度示值，km/h；

v_0 ——标准速度计速度示值，km/h。

$$\delta_v = \frac{\Delta v}{v_0} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

δ_v ——测速装置相对误差。

7.3.1.2 加速度示值误差

a) 按照使用要求安装、调整标准速度计，使其处于正常工作状态。选定（-1~2） m/s^2 范围内任意 3 个加速度为校准点，但必须有一校准点小于 0 m/s^2 ，也可根据被测道路实际情况来确定加速度校准点。

b) 根据被校加速度点，要适当调整测速装置的限值。用标准速度计测量并记录试验车通过监测区域时的实际加速度值，同时遥测系统测速装置对试验车进行加速度测量并拍照。按照上述方法对被检加速度进行 3 次测量，每次测量的数值与标准速度计的示值进行比较。

c) 测速装置加速度示值误差按公式（9）计算：

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0 \quad (9)$$

式中：

$\Delta\alpha$ ——测速装置加速度示值误差， m/s^2 ；

α ——测速装置加速度示值， m/s^2 ；

α_0 ——标准速度计加速度示值， m/s^2 。

7.3.2 等精度比对法

在实际检测道路不能满足实验车检测时，可采用等精度比对法测量速度和加速度，即采用雷达式测速标准装置与遥测系统测速装置进行比对检测。在真实交通流量状态下，雷达式测速标准装置与遥测系统测速装置同时对经过检测点的车辆进行检测，挑选出满足 7.3.1.1a) 和 7.3.1.2a) 要求的速度和加速度数据进行比对，给出相应的误差值。

7.4 道路坡度测量装置

7.4.1 将标准电子水平尺与道路坡度测量装置放置在同一可自由倾斜的平面上，将标准电子水平尺与道路坡度测量装置清零，当标准电子水平尺的示值分别约为 3° 、 5° 、 10° 时，读取这 3 个测量点的被测道路坡度测量装置的示值。重复测量 3 次，取被测道路坡度测量装置在每个测量点的平均值。

7.4.2 道路坡度测量装置示值误差按式（10）计算：

$$\Delta\beta = \overline{\beta_2} - \beta_1 \quad (10)$$

式中：

$\Delta\beta$ ——道路坡度测量装置示值误差， $(^\circ)$ ；

$\overline{\beta_2}$ ——道路坡度测量装置 3 次测量的平均值， $(^\circ)$ ；

β_1 ——标准电子水平尺示值， $(^\circ)$ 。

7.5 气象参数测量装置

7.5.1 温度测量装置示值误差

将标准环境测试仪放置在距温度测量装置 30 cm 内，待标准环境测试仪稳定 30 min，分别读取标准环境测试仪和温度测量装置的 3 次示值，读取时间间隔不少于 1 min。按公式（11）计算温度测量装置示值误差 Δ_{WD} 。

$$\Delta_{\text{WD}} = \overline{W_{\text{DI}}} - \overline{W_{\text{D}}} \quad (11)$$

式中：

Δ_{WD} ——温度测量装置示值误差，℃；

$\overline{W_{\text{Di}}}$ ——3次温度测量装置示值的平均值，℃；

$\overline{W_{\text{D}}}$ ——3次温度测量校准装置示值的平均值，℃。

7.5.2 湿度测量装置示值误差

将标准环境测试仪放置在距湿度测量装置 30 cm 内，待标准环境测试仪稳定 30 min，分别读取标准环境测试仪和湿度测量装置的 3 次示值，读取时间间隔不少于 1 min。按公式 (12) 计算湿度测量装置示值误差 δ_{SD} 。

$$\delta_{\text{SD}} = \frac{\overline{S_{\text{Di}}} - \overline{S_{\text{D}}}}{\overline{S_{\text{D}}}} \times 100\% \quad (12)$$

式中：

δ_{SD} ——湿度测量装置示值误差；

$\overline{S_{\text{Di}}}$ ——3次湿度测量装置示值的平均值，%RH；

$\overline{S_{\text{D}}}$ ——3次湿度测量校准装置示值的平均值，%RH。

7.5.3 大气压力测量装置示值误差

将标准环境测试仪放置在距大气压力测量装置 30 cm 内，待标准环境测试仪稳定 30 min，分别读取标准环境测试仪和大气压力测量装置的 3 次示值，读取时间间隔不少于 1 min。按公式 (13) 计算大气压力测量装置示值误差 δ_{QY} 。

$$\delta_{\text{QY}} = \frac{\overline{Q_{\text{Yi}}} - \overline{Q_{\text{Y}}}}{\overline{Q_{\text{Y}}}} \times 100\% \quad (13)$$

式中：

δ_{QY} ——大气压力测量装置示值误差；

$\overline{Q_{\text{Yi}}}$ ——3次大气压力测量装置示值的平均值，kPa；

$\overline{Q_{\text{Y}}}$ ——3次大气压力测量校准装置示值的平均值，kPa。

7.5.4 风速测量装置示值误差

7.5.4.1 将标准风速仪和被校风速测量装置放在同一标准风速发生器风道出口处，并固定牢靠。

7.5.4.2 将标准风速仪平稳启动，控制标准风速仪的示值分别为 4 m/s、5 m/s、7 m/s 左右，当风速稳定时，读取被校风速测量装置的示值，按公式 (14) 计算风速测量装置示值误差。

$$\delta_{\text{CB}} = \frac{H_{\text{C}} - H_{\text{B}}}{H_{\text{B}}} \times 100\% \quad (14)$$

式中：

δ_{CB} ——风速测量装置示值误差；

H_{C} ——被校风速测量装置示值，m/s；

H_{B} ——标准风速仪示值，m/s。

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 2 位有效数字。

8.2 校准结果的不确定度评定

尾气测量装置、测速装置、气象参数测量装置、坡度测量装置的示值误差测量结果的不确定度依据 JJF 1059.1 评定，部分参数的不确定度评定示例见附录 D。

8.3 校准证书

遥测系统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

遥感检测系统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 标准气体应是有证标准物质，并应在有效期内使用。

A.2 气体标准物质的浓度以摩尔分数表示。气体标准物质配制的标准值应不超过表 A.1 和表 A.2 所规定标准值的 $\pm 3\%$ 。气体标准物质的相对扩展不确定度应为（或优于） 2% 。

表 A.1 CO、C₃H₈、CO₂、NO 气体标准物质的摩尔分数

标准气体	序号			
	1号	2号	3号	4号
CO	0.50×10^{-2}	1.00×10^{-2}	2.50×10^{-2}	5.00×10^{-2}
C ₃ H ₈	500×10^{-6}	$1\,500 \times 10^{-6}$	$2\,500 \times 10^{-6}$	$4\,000 \times 10^{-6}$
CO ₂	14.7×10^{-2}	14.2×10^{-2}	13.1×10^{-2}	11.3×10^{-2}
NO	500×10^{-6}	$1\,000 \times 10^{-6}$	$3\,000 \times 10^{-6}$	0

表 A.2 1,3-丁二烯、CO、CO₂ 气体标准物质的摩尔分数

标准气体	序号			
	1号	2号	3号	4号
1,3-丁二烯	0	40×10^{-6}	100×10^{-6}	160×10^{-6}
CO	0.50×10^{-2}	0.50×10^{-2}	2.00×10^{-2}	4.00×10^{-2}
CO ₂	14.7×10^{-2}	14.7×10^{-2}	13.6×10^{-2}	12.2×10^{-2}

附录 B

机动车尾气遥感检测系统校准记录

仪器名称：_____ 仪器型号：_____
 仪器编号：_____ 校准依据：_____
 制造厂：_____ 环境温度：_____℃ 相对湿度：_____％
 校准用标准器和装置：_____

表 B.1 气体测量装置的示值误差

气体种类	标准值	测量值			平均值	示值误差	
		1	2	3		绝对误差	相对误差/％
HC							
CO							
CO ₂							
NO							

表 B.2 气体测量装置的重复性

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			
HC									
CO									
CO ₂									
NO									

表 B.3 不透光度测量装置的示值误差

标准值/%	测量值/%			平均值/%	示值误差/%
	1	2	3		

表 B.4 不透光度测量装置的重复性

标准不透光度/%	测量值/%						平均值/%	标准偏差	相对标准偏差/%
	1	2	3	4	5	6			

表 B.5 测速装置速度的示值误差

校准点/(km/h)	标准值/(km/h)	测量值/(km/h)	绝对误差/(km/h)	相对误差/%
20				
30				
40				

表 B.6 测速装置加速度的示值误差

校准点/(m/s ²)	标准值/(m/s ²)	测量值/(m/s ²)	绝对误差/(m/s ²)
-1			
1			
2			

表 B.7 坡度测量装置的示值误差

标准值/(°)	坡度测量装置示值/(°)			绝对误差 $\Delta\beta$ /(°)
3				
5				
10				

表 B.8 气象参数测量装置的示值误差

校准项目	标准值	测量值	误差
温度测量误差			
相对湿度测量误差			
大气压力测量误差			
风速测量误差	4.0 m/s		
	5.4 m/s		
	7.0 m/s		

校准员：

核验员：

附录 C

机动车尾气遥感检测系统校准证书内页格式

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	JJF 1835—2020 机动车尾气遥感检测系统校准规范				
1. 气体测量装置示值误差					
项目名称		误差值		扩展不确定度	
CO					
HC					
CO ₂					
NO					
2. 不透光度测量装置示值误差					
项目名称		误差值		扩展不确定度	
不透光度					
3. 测速装置示值误差					
项目名称		误差值		扩展不确定度	
速度					
加速度					
4. 坡度测量装置示值误差					
项目名称		误差值		扩展不确定度	
坡度					
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					
风速					

附录 D

机动车尾气遥感检测系统的示值误差校准不确定度评定示例

D.1 气体测量装置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测量装置测量气体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，其中示值误差是测量装置的一个重要指标，本规范计算示值误差有两种方法，一种是绝对误差，另一种是相对误差。根据本规范的要求分别对气体测量装置绝对误差和相对误差的扩展不确定度进行分析。

D.1.2 测量模型

D.1.2.1 示值绝对误差计算公式：

$$\Delta C = \overline{C}_i - C_s \quad (\text{D.1})$$

式中：

ΔC —— 气体测量装置的绝对示值误差；

\overline{C}_i —— 气体测量装置第 i 校准点 3 次测量结果的平均值；

C_s —— 标准气体的摩尔分数值。

D.1.2.2 示值相对误差计算公式：

$$\delta_c = \frac{\overline{C}_i - C_s}{C_s} \times 100\% \quad (\text{D.2})$$

式中：

δ_c —— 气体测量装置的相对示值误差。

D.1.3 示值误差的方差公式

$$u_c^2(\Delta_i) = u^2(C_i) + u^2(C_s) + u^2(\alpha) \quad (\text{D.3})$$

式中：

$u_c(\Delta_i)$ —— 绝对误差合成标准不确定度；

$u(C_i)$ —— 仪器读数分辨力引入的标准不确定度；

$u(C_s)$ —— 标准气体引入的标准不确定度；

$u(\alpha)$ —— 测量重复性引入的标准不确定度。

D.1.4 标准不确定度的评定

D.1.4.1 标准不确定度的 A 类评定

用 CO、C₃H₈、CO₂、和 NO 标准气体校准遥感检测系统的示值误差，按校准要求需要计算绝对误差和相对误差，为计算方便，以其中一瓶有代表性的氮气中 CO、C₃H₈、CO₂、O₂和 NO 标准气体校准仪器为例，只对 CO 测量结果做不确定度评定。

D.1.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度

用遥感检测系统测量氮中 CO 标准气体的摩尔分数，测得数据见表 D.1。

表 D.1 氮中 CO 摩尔分数测量值

标准值	测量值/($\times 10^{-2}$)					
CO: 1.98×10^{-2}	2.02	2.11	2.09	2.08	2.12	2.05

氮中 CO 摩尔分数测量值的平均值:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^6 C_i}{6} = 2.08 \times 10^{-2}$$

实验标准差:

$$s(\text{CO}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} = 3.8 \times 10^{-4}$$

由测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u(\alpha) = \frac{s(\text{CO})}{\sqrt{3}} = 2.2 \times 10^{-4}$$

D.1.4.1.2 仪器读数分辨力引入的标准不确定度

仪器测量 CO 摩尔分数时分辨力为 0.01×10^{-2} , 则其引入的标准不确定度为:

$$u(C_i) = 0.29 \times 0.01 \times 10^{-2} = 0.29 \times 10^{-4}$$

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度分量。

D.1.4.2 标准不确定度的 B 类评定

标准气体引入的标准不确定度:

标准气体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。

$$u(C_s) = \frac{1.98 \times 10^{-2} \times 1\%}{2} = 0.99 \times 10^{-4}$$

D.1.5 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量见表 D.2。

表 D.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
测量重复性	$u(\alpha)$	1	2.2×10^{-4}
标准气体	$u(C_s)$	-1	0.99×10^{-4}

D.1.6 合成标准不确定度

$$u_c(\Delta) = \sqrt{(2.2 \times 10^{-4})^2 + (0.99 \times 10^{-4})^2} = 2.41 \times 10^{-4}$$

D.1.7 气体测量装置 CO 气体摩尔分数示值误差的扩展不确定度

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

$$U(\Delta) = 2 \times 2.41 \times 10^{-4} = 4.82 \times 10^{-4}, k = 2$$

D. 1.8 气体测量装置 CO 气体摩尔分数的示值相对误差的扩展不确定度

$$U(\delta) = (4.82 \times 10^{-4}) / (1.98 \times 10^{-2}) \times 100\% = 2.43\%, k = 2$$

D. 2 测速装置速度示值误差校准不确定度评定

D. 2.1 测量方法

依据本规范对测速装置在目标速度 60 km/h 时示值误差的校准评定不确定度。

D. 2.2 测量模型

$$\Delta v = v - v_0 \quad (\text{D. 4})$$

式中：

Δv ——测速装置速度示值误差，km/h；

v ——测速装置速度测量值，km/h；

v_0 ——标准速度计速度值，km/h。

D. 2.3 示值误差的方差公式

式 (D. 4) 中， v ， v_0 互不相关，得

$$u_c^2(\Delta v) = u^2(v) + u^2(v_0) + u^2(\delta) \quad (\text{D. 5})$$

式中：

$u_c(\Delta v)$ ——合成标准不确定度，km/h；

$u(v)$ ——测速装置自身分辨力引入的标准不确定度，km/h；

$u(v_0)$ ——标准速度计引入的标准不确定度，km/h；

$u(\delta)$ ——测量重复性引入的标准不确定度，km/h。

D. 2.4 标准不确定度的评定

D. 2.4.1 标准不确定度的 A 类评定

取速度计速度值在 60 km/h 的点，读取测速装置速度的示值，相同条件下重复 6 次，读取 6 次结果，分别为 61.2 km/h、61.5 km/h、60.9 km/h、61.7 km/h、62.0 km/h、61.3 km/h。

速度值的平均值：

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^6 v_i}{6} = 61.4 \text{ km/h}$$

实验标准差：

$$s(v) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n-1}} = 0.39 \text{ km/h}$$

由测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u(\delta) = \frac{s(v)}{\sqrt{n}} = \frac{0.39 \text{ km/h}}{\sqrt{6}} = 0.16 \text{ km/h}$$

D. 2.4.2 标准不确定度 B 类评定

D. 2.4.2.1 测速装置分辨力引入的标准不确定度

测速装置的分辨力为 1 km/h，且误差服从均匀分布，故：

$$u(v) = \frac{0.5 \text{ km/h}}{\sqrt{3}} = 0.29 \text{ km/h}$$

D.2.4.2.2 标准速度计引入的标准不确定度

标准速度计速度由上一级检定机构给出，其最大允许误差为±0.8 km/h，故：

$$u(v_0) = \frac{0.8 \text{ km/h}}{2} = 0.4 \text{ km/h}$$

D.2.5 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量见表 D.3。

表 D.3 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	0.16 km/h
测速装置分辨力	$u(v)$	1	0.29 km/h
标准速度计	$u(v_0)$	-1	0.4 km/h

D.2.6 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 $u_c(\Delta v)$ ：

$$u_c(\Delta v) = \sqrt{u^2(\delta) + u^2(v) + u^2(v_0)} = 0.52 \text{ km/h}$$

D.2.7 测速装置速度示值误差的扩展不确定度

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

$$U(\Delta v) = 2 \times 0.52 \text{ km/h} = 1.04 \text{ km/h}, k = 2$$

D.3 测速装置加速度示值误差校准不确定度评定

D.3.1 测量方法

依据本规范对测速装置的加速度示值误差校准评定不确定度。

D.3.2 测量模型

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0 \quad (\text{D.6})$$

式中：

$\Delta\alpha$ ——测速装置加速度示值误差， m/s^2 ；

α ——测速装置加速度测量值， m/s^2 ；

α_0 ——标准速度计加速度值， m/s^2 。

D.3.3 示值误差的方差公式

由于 α 和 α_0 互不相关，因此：

$$u_c^2(\Delta\alpha) = u^2(\alpha) + u^2(\alpha_0) \quad (\text{D.7})$$

式中：

$u_c(\Delta\alpha)$ ——合成标准不确定度， m/s^2 ；

$u(\alpha)$ ——测速装置测量加速度重复性引入的标准不确定度， m/s^2 ；

$u(\alpha_0)$ ——标准速度计引入的标准不确定度， m/s^2 。

D.3.4 标准不确定度的评定

D.3.4.1 标准不确定度的 A 类评定

取标准速度计加速度 2 m/s^2 的点, 读取测速装置加速度的示值, 相同条件下重复 6 次。测量值为 1.9 m/s^2 、 1.9 m/s^2 、 2.0 m/s^2 、 1.9 m/s^2 、 2.0 m/s^2 、 1.9 m/s^2 。

测量值的平均值:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n} = 1.93 \text{ m/s}^2$$

实验标准差:

$$s(\alpha) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{n-1}} = 0.05 \text{ m/s}^2$$

由测量重复性导致的标准不确定度为:

$$u(\alpha) = \frac{s(\alpha)}{\sqrt{n}} = \frac{0.05 \text{ m/s}^2}{\sqrt{6}} = 0.02 \text{ m/s}^2$$

D.3.4.2 标准不确定度 B 类评定

标准速度计装置引入的不确定度分量, 标准速度计加速度的最大允许误差为 $\pm 0.1 \text{ m/s}^2$, 且误差服从均匀分布, 故:

$$u(\alpha_0) = \frac{0.1 \text{ m/s}^2}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ m/s}^2$$

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.4。

表 D.4 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	$u(\alpha)$	1	0.02 m/s^2
标准速度计	$u(\alpha_0)$	-1	0.058 m/s^2

D.3.6 合成标准不确定度

以上分量互不相关, 合成标准不确定度:

$$u_c(\Delta\alpha) = \sqrt{u^2(\alpha) + u^2(\alpha_0)} = 0.06 \text{ m/s}^2$$

D.3.7 测速装置加速度示值绝对误差的扩展不确定度

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

$$U(\Delta\alpha) = 2 \times 0.06 \text{ m/s}^2 = 0.12 \text{ m/s}^2, \quad k = 2$$

D.4 风速测量装置示值误差校准不确定度评定

D.4.1 测量方法

依据本规范对风速测量装置的风速示值误差校准评定不确定度。

D.4.2 测量模型

$$\delta_{CB} = \frac{H_C - H_B}{H_B} \times 100\% \quad (\text{D.8})$$

式中：

δ_{CB} ——风速测量装置示值误差；

H_C ——被校风速测量装置示值，m/s；

H_B ——标准风速仪示值，m/s。

D.4.3 示值误差的方差公式

灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial \delta_{CB}}{\partial H_C} = \frac{1}{H_B}, \quad c_2 = \frac{\partial \delta_{CB}}{\partial H_B} = -\frac{H_C}{H_B^2}$$

$$u_c^2(\delta_{CB}) = \frac{u^2(H_C)}{H_B^2} + \left(-\frac{H_C}{H_B^2}\right)^2 u^2(H_B) \quad (\text{D.9})$$

式中：

$u_c(\delta_{CB})$ ——合成标准不确定度，m/s；

$u(H_C)$ ——被校风速仪风速测量重复性引入的标准不确定度，m/s；

$u(H_B)$ ——标准风速仪引入的标准不确定度，m/s。

D.4.4 标准不确定度的评定

D.4.4.1 标准不确定度 A 类评定

选风速为 5.4 m/s，风速稳定时，读取被校风速测量装置的示值，相同条件下重复 10 次。测量值为 5.12 m/s、5.13 m/s、5.12 m/s、5.11 m/s、5.14 m/s、5.13 m/s、5.13 m/s、5.13 m/s、5.14 m/s、5.13 m/s。

读取 10 次结果，取平均值：

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} = 5.13 \text{ m/s}$$

按正态分布评定，计算实验标准差 $s(v)$ ：

$$s(v) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n-1}} = 0.003 \text{ m/s}$$

由测量重复性导致的标准不确定度为：

$$u(H_C) = \frac{s(v)}{\sqrt{n}} = \frac{0.003 \text{ m/s}}{\sqrt{10}} = 0.00095 \text{ m/s}$$

D.4.4.2 标准不确定度 B 类评定

标准风速仪装置引入的不确定度分量，标准风速仪的最大允许误差为 $\pm 3\%$ ，且误差为均匀分布，故：

$$u(H_B) = \frac{5.4 \text{ m/s} \times 3\%}{\sqrt{3}} = 0.094 \text{ m/s}$$

D.4.5 标准不确定度分量表

标准不确定度分量见表 D.5。

表 D.5 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	$u(H_C)$	$0.19(\text{m/s})^{-1}$	0.000 18
标准风速仪	$u(H_B)$	$-0.21(\text{m/s})^{-1}$	0.197 4

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 $u_c(H_{CB})$ ：

$$u_c(\delta_{CB}) = \sqrt{c_1^2 u^2(H_C) + c_2^2 u^2(H_B)} = \sqrt{0.000\ 18^2 + 0.197\ 4^2} = 0.197$$

D.4.7 风速测量装置示值误差的相对扩展不确定度

$$U(\delta_{CB}) = k u_c(\delta_{CB}), \quad k = 2$$

$$U(\delta_{CB}) = 2 \times 0.197 = 0.39, \quad k = 2$$

D.5 坡度测量装置示值误差校准不确定度评定

D.5.1 测量方法

依据本规范用标准电子水平尺对坡度测量装置示值误差校准评定不确定度。

D.5.2 测量模型

$$\Delta\beta = \overline{\beta_2} - \beta_1 \quad (\text{D.10})$$

式中：

$\Delta\beta$ ——坡度测量装置示值误差，(°)；

$\overline{\beta_2}$ ——被测坡度测量装置 3 次测量的平均值，(°)；

β_1 ——标准电子水平尺示值，(°)。

D.5.3 示值误差的方差公式

由于 β_1 和 β_2 互不相关，因此：

$$u_c^2(\Delta\beta) = u^2(\beta_2) + u^2(\beta_1) + u^2(\beta) \quad (\text{D.11})$$

式中：

$u_c(\Delta\beta)$ ——合成标准不确定度，(°)；

$u(\beta_2)$ ——坡度测量装置分辨力引入的标准不确定度，(°)；

$u(\beta_1)$ ——标准电子水平尺引入的标准不确定度，(°)；

$u(\beta)$ ——测量重复性引入的标准不确定度，(°)。

D.5.4 标准不确定度的评定

D.5.4.1 标准不确定度的 A 类评定

$u(\beta)$ 为坡度测量装置测量重复性引入的不确定度。将标准电子水平尺与被测坡度测量装置放置在同一可自由倾斜的平面上，并且它们的中心点在同一直线上，这时标准电子水平尺与被测坡度测量装置均清零，以该中心点的直线为轴转动，当标准电子水平尺的示值分别 5° 时，读取这点的被测坡度测量装置的值。读取 10 次结果，按正态分布评定，计算实验标准差 $s(v)$ ，测量值为 4.89°、4.87°、4.88°、4.86°、4.87°、4.88°、4.89°、4.88°、4.89°、4.88°。

测量值的平均值：

$$\bar{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n} = 4.88^\circ$$

实验标准差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\beta_i - \bar{\beta})^2}{n-1}} = 0.0034^\circ$$

由测量重复性引入的标准不确定度：

$$u(\beta) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.0034^\circ}{\sqrt{10}} = 0.0011^\circ$$

D.5.4.2 标准不确定度 B 类评定

D.5.4.2.1 坡度测量装置分辨力引入的不确定度分量

坡度测量装置分辨力引入的标准不确定度为 $u(\beta_2)$ 。

坡度测量装置分辨力为 0.01° ，则其引入的标准不确定度为：

$$u(\beta_2) = 0.29 \times 0.01 = 0.0029^\circ$$

D.5.4.2.2 校准装置引入的不确定度分量

标准电子水平尺的引入的标准不确定度为 $u(\beta_1)$ 。

标准电子水平尺的扩展不确定度为 0.013° ，且 $k=2$ ，故：

$$u(\beta_1) = \frac{0.013^\circ}{2} = 0.0065^\circ$$

D.5.5 标准不确定度分量表

标准不确定度分量见表 D.6。

表 D.6 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	$u(\beta)$	1	0.0011°
坡度测量装置分辨力	$u(\beta_2)$	1	0.0029°
标准电子水平尺	$u(\beta_1)$	-1	0.0065°

D.5.6 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 $u_c(\Delta\beta)$ ：

$$u_c(\Delta\beta) = \sqrt{u^2(\beta) + u^2(\beta_2) + u^2(\beta_1)} = 0.0065^\circ$$

D.5.7 坡度测量装置示值绝对误差的扩展不确定度

$$U(\Delta\beta) = k u_c(\Delta\beta) = 2 \times 0.0065^\circ = 0.013^\circ, k = 2$$