



CNAS-GL023

汽车和摩托车检测领域典型参数的测量不确定度评估指南及实例

Guidance and Illustration on Uncertainty Estimation in the Field of Automobile and Motorcycle Testing

版权声明

本文件版权归中国合格评定国家认可委员会（CNAS）所有，CNAS 对其享有完全的著作权及与著作权有关的权利。

在遵守《中华人民共和国著作权法》及其他相关法律法规的前提下，机构及人员等可免费使用本文件进行非商业性的学习和研究。

未经 CNAS 书面授权准许，禁止任何单位和个人复制、传播、发行、汇编、改编、翻译或以其他方式对本文件再创作等，侵权必究。

CNAS 网站：www.cnas.org.cn

中国合格评定国家认可委员会

目 次

前言.....2

1 目的和适用范围.....3

2 规范性引用文件.....3

3 术语和定义.....3

4 测量不确定度评估的基本程序.....6

5 汽车和摩托车检测领域的测量不确定度评估实例13

附录 A 汽车加速行驶车外噪声限值测量的不确定度评估实例.....15

附录 B 商用车等速燃油消耗量检测的不确定度评估实例20

附录 C 轻型车常温排放污染物(I)型试验的不确定度评估实例26

附录 D 前照灯配光性能的不确定度评估实例.....36

附录 E 摩托车加速行驶噪声的不确定度评估实例.....42

附录 F 摩托车燃油消耗量测量结果的不确定度评估实例48

附录 G 摩托车工况法 NOx 排放试验的不确定度评估实例.....53



前 言

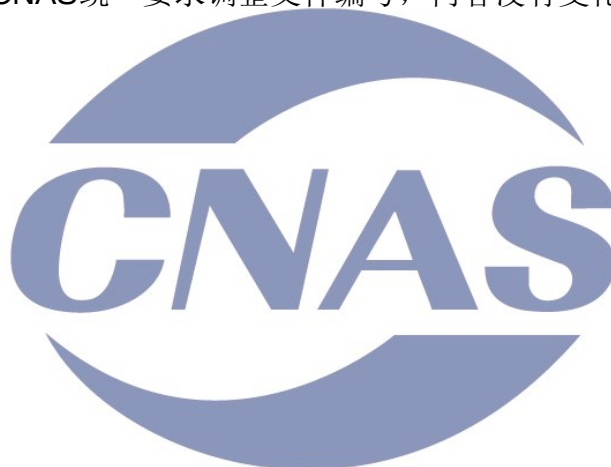
本指南旨在为汽车和摩托车领域实验室对一些典型参数进行不确定度评估提供指导。

本文件是 CNAS 实验室的指南性文件，只对汽车和摩托车领域检测实验室在实施认可准则时提供指引，并不增加对 CNAS-CL01《检测和校准实验室能力认可准则》的要求。

本文件包括 7 个资料性附录。

本文件代替 CNAS-GL35:2014《汽车和摩托车检测领域典型参数的测量不确定度评估指南》。

本次修订是按 CNAS 统一要求调整文件编号，内容没有变化。



汽车和摩托车检测领域典型参数的测量不确定度 评估指南及实例

1 目的和适用范围

本指南文件建立了评估和表示不确定度的规则，应用于汽车、摩托车检测领域不确定度的评估。附录通过对该领域典型检测项目不确定度评估的实例，提供了不确定度关键分量的识别及评估方法。实验室应根据检验项目的实际情况，准确识别检测环节中不确定度分量，选择适用的评估方法。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件仅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（包括修改单）适用于本文件。

2.1 CNAS-CL01-G003 《测量不确定度的要求》

2.2 JJF 1001 《通用计量术语及定义》

2.3 JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》

2.4 ISO/IEC指南98-3 《测量不确定度表示指南（GUM）》

2.5 ISO/IEC指南99 《计量学词汇 基础和通用概念及相关术语（VIM）》

3 术语和定义

3.1 测量(measurement)

通过实验获得并可合理赋予某量一个或多个量值的过程。

注 1： 测量不适用于标称特性(见 2.32 条)。

注 2： 测量意味着量的比较并包括实体的计数。

注 3： 测量的先决条件是对测量结果预期用途相适应的量的描述、测量程序以及根据规定测量程序（包括测量条件）进行操作的经校准的测量系统。

3.2 检测(testing)

按照程序确定合格评定对象的一个或多个特性的活动

注：“检测”主要适用于材料、产品或过程。

3.3 检验(inspection)

通过观察和判断以及适当的测量、测试所进行的合格评价。

3.4 被测量(measurand)

拟测量的量。

注 1: 对被测量的说明要求了解量的种类, 以及含有该量的现象、物体或物质状态的描述, 包括有关成分及所涉及的化学实体。

注 2: 在第 2 版 VIM 和 IEC60050-300:2001 中, 被测量定义为“受测量的量”。

注 3: 测量包括了测量系统和进行测量的条件, 它可能会改变研究中的现象、物体或物质, 使受到测量的量可能不同于定义的被测量。在这种情况下, 适当的修正是必要的。

注 4: 在化学中, “分析物” 或者物质或化合物的名称有时被称作“被测量”。这种用法是错误的, 因为这些术语并不涉及到量。

3.5 影响量(influence quantity)

在直接测量中不影响实际测量、但会影响示值与测量结果之间关系的量。

注 1: 间接测量涉及各直接测量的合成, 每项直接测量都可能受到影响量的影响。

注 2: 在 GUM 中, “影响量” 是按 VIM 的第 2 版定义的, 不仅覆盖影响测量系统的量, 而且包含影响实际测量的量。另外, 在 GUM 中此概念不限于直接测量。

3.6 测量结果(result of a measurement)

与其它有用的相关信息一起赋予被测量的一组量值。

注 1: 测量结果通常包含这组量值的“相关信息”, 诸如某些可以比其他方式更能代表被测量的信息。它可以概率密度函数(PDF)的方式表示。

注 2: 测量结果通常表示为单个测得的量值和一个测量不确定度。对于某些用途而言, 如果认为测量不确定度可以忽略不计, 则测量结果可以表示为单个测得的量值。在许多领域中这是表示测量结果的常用方式。

注 3: 在传统文献和上版 VIM 中, 测量结果定义为赋予被测量的值, 并按情况解释为平均示值、未修正的结果或已修正的结果。

3.7 示值(indication)

由测量仪器或测量系统提供的量值。

注 1: 示值可以用可视形式或声响形式表示, 也可以传输到其它装置。示值通常由模拟输出显示器上指示的位置、数字输出所显示或打印的数字、编码输出的码形图、或实物量具的赋值给出。

注 2: 示值与相应的被测量值不必是同类量的值。

3.8 测量不确定度(uncertainty of measurement)

根据所用到的信息, 表征赋予被测量的量值分散性的非负参数。

注 1: 测量不确定度包括由系统影响引起的分量, 例如与修正量和测量标准所赋量值有关的分量以及定义的不确定度。有时对估计的系统影响未作修正, 而是当作不确定度分量处理。

注 2: 此参数可以是诸如称为标准测量不确定度的标准偏差(或其特定的倍数),

或者是说明了包含概率的区间的半宽度。

注 3: 测量不确定度一般由若干个分量组成。其中一些分量可以根据一系列测量的测量值的统计分布按测量不确定度的 A 类评估, 并用实验标准差表征。而另一些分量则可以根据经验或其它信息假设的概率密度函数按测量不确定度的 B 类评估, 也用标准偏差表征。

3.9 标准不确定度(standard uncertainty)

以标准偏差表示的测量不确定度。

3.10 合成标准不确定度(combined standard uncertainty)

全称合成标准测量不确定度(combined standard measurement uncertainty)

由在一个测量模型中各输入量的标准测量不确定度获得的输出量的标准测量不确定度。

注: 在数学模型中, 输入量相关的情况下, 当计算合成标准不确定度时必须考虑协方差, 也见 ISO/IEC Guide 98-3 2008 2.3.4。

3.11 扩展不确定度(expanded uncertainty)

全称扩展测量不确定度(expanded measurement uncertainty)

合成标准不确定度与一个数大于 1 的数字因子的乘积。

注 1: 该因子取决于测量模型中输出量的概率分布的类型和所选取的包含因子。

注 2: 在本定义中的术语“因子”是指包含因子。

注 3: 扩展不确定度在 INC-1(1980)建议(见 GUM)的第 5 段中曾称为“总不确定度”, 在 IEC 文件中简称“不确定度”。

3.12 测量不确定度的A类评估(Type A evaluation of measurement uncertainty)

简称A类评估 (Type A evaluation)

对在规定测量条件下测得的量值用统计分析的方法进行的测量不确定度分量的评估。

注 1: 规定测量条件是指重复性测量条件, 期间精密度测量条件和复现性测量条件。

注 2: 关于统计分析的资料见 ISO/IEC Guide 98-3。

注 3: 也见 ISO/IEC Guide 98-3 2008 2.3.2, ISO 5725, ISO/TS 21748, ISO 21749。

3.13 测量不确定度的B类评估 (Type B evaluation of measurement uncertainty)

简称 B 类评估 (Type B evaluation)

用不同于测量不确定度 A 类评估的方法对测量不确定度分量进行的评估。

注: 也见 ISO/IEC Guide 98-3: 2008 2.3.3。

3.14 包含区间 (coverage interval)

基于可获得的信息确定的包含被测量一组值的区间, 被测量值以一定概率落在该区间内。

注1: 包含区间不必以所选的测得值为中心。(见 ISO/IEC Guide 98-3 2008 的补

充材料1)。

注2: 不应把包含区间称为置信区间, 以避免与统计学概念混淆(见ISO/IEC Guide 98-3 2008 6.2.2)。

注3: 包含区间可以由扩展测量不确定度导出(见ISO/IEC Guide 98-3 2008 2.3.5)。

3.15 包含概率 (coverage probability)

在规定的包含区间内包含被测量的一组值的概率。

注1: 此定义符合GUM中表述的不确定度方法。

注2: 在GUM中包含概率又称为“置信的水平(level of confidence)”。

3.16 包含因子 (coverage factor)

为求得扩展不确定度而对合成标准不确定度所乘的大于1的数。

注: 包含因子通常用符号 k 表示。(见ISO/IEC Guide 98-3 2008 2.3.6)。

4 测量不确定度评估的基本程序

4.1 不确定度的来源

不确定度评估时, 应找出不确定度的所有来源, 评估出各分量的不确定度, 从而算出合成标准不确定度和扩展不确定度。测量中, 可能导致测量不确定度的因素很多, 大体上来源于以下几个方面:

- (1) 被测量的定义不完整;
- (2) 复现被测量的测量方法不理想(测量方法与程序的规定不够严密, 执行方法和程序上的差异);
- (3) 取样的代表性不够, 即被测样本不能完全代表所定义的被测量;
- (4) 对测量过程受环境影响的认识不到位或对环境参数的测量与控制不完善(环境条件包括道路条件的不可控、不一致。例如道路坡度、摩擦系数等, 及风速, 温度, 大气压力等);
- (5) 对模拟式仪表的读数存在人为的偏移;
- (6) 测量仪器的计量特性;
- (7) 测量标准或标准物质的不确定度;
- (8) 引用的数据或其他参数的不确定度;
- (9) 测量方法和测量程序的近似和假设;
- (10) 在相同条件下被测量在重复观测中的变化(包括被测对象的短期不稳定, 如发动机的不稳定直接影响到车速、油耗、排放等)。

根据ISO/IEC17025, 检测中不确定度评估的严格程度应考虑:

- (1) 检测方法的要求;
- (2) 客户的要求;
- (3) 据以作出满足某规范决定的窄限。

4.2 数学模型的建立

建立满足测量不确定度评估要求的数学模型，即被测量 Y 和所有各影响量 $X_i(i=1,2,\dots,X_n)$ 间的具体函数关系，一般形式可写成 $Y=f(X_1,X_2,\dots,X_n)$ 。式中， Y 称为被测量或输出量， X_i 称为影响量或输入量。若被测量 Y 的估计值为 y ，输入量 X_i 的估计值为 x_i ，则有 $y=f(x_1,x_2,\dots,x_n)$ 。

建立数学模型时，对测量结果有影响的输入量都应列入到计算公式中。有些输入量虽然对测量结果有影响，但是，由于信息量不足，不能定量地计算出它们对测量结果影响的大小，这些输入量将不会出现在测量结果的计算公式中。最典型的例子就是测量结果重复性引入的不确定度。有些输入量由于对测量结果的影响很小而被忽略，所以不会出现在测量结果的计算公式中，但是必须考虑它们对测量结果不确定度的影响。

4.3 测量的基本概率分布

根据JJF1059附录B概率分布情况的估计，汽车、摩托车领域不确定度评估中主要考虑以下几种概率密度分布类型：

- (1) 正态分布（高斯分布）；
- (2) 矩形（均匀）分布：测量仪器最大允差导致的B类不确定度、数字修约等；
- (3) 三角分布：量杯允差导致的B类不确定度等。

4.4 不确定度评估

评估类别	定义	计算方法	来源
A类	用对在规定的测量条件下测量所得量值的统计分析的方法来对测量不确定度分量的评估	按贝塞尔公式计算标准偏差	用于测量次数较多的检测
		按极差法计算标准偏差	用于测量次数较少的检测
B类	用不同于测量不确定度A类评估的方法确定测量不确定度分量的评估	按不同分布类型计算标准偏差	仪器设备的制造说明书、计量特性（检定或校准证书提供）、技术手册提供的参考数据等

4.4.1 不确定度的A类评估

4.4.1.1 贝塞尔法

若在重复条件下对被测量 X 做 n 次独立重复测量，得到的测量结果为 $x_k(k=1,2,\dots,n)$ ，则 X 的最佳估计值可以用 n 次独立测量结果的平均值来表示：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{k=1}^n x_k}{n}$$

单次测量结果的标准不确定度 $u(x_k)$ 可用贝塞尔公式表示为：

$$u(x_k) = s(x_k) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$x_k - \bar{x}$ 称为残差

在实际测量中，采用 n 次测量结果的平均值作为测量结果的最佳估计值。平均值 $\bar{x}$ 的标准不确定度表示为：

$$u(\bar{x}) = s(\bar{x}) = \frac{s(x_k)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

如测量仪器比较稳定，则 n 次重复测量得到的单次测量实验标准差 $s(x_k)$ 可以保持相当长的时间不变，并可在之后一段时间内的同类测量中直接采用该数据。此时，若所给测量结果是 m ($m < n$) 次重复测量的平均值，该平均值的标准差为：

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x_k)}{\sqrt{m}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{m(n-1)}}$$

4.4.1.2 极差法

在重复性条件或复现性条件下，对被测量 X 作 n 次独立观测， n 个测量结果中的最大值和最小值之差 R 称为极差。在可以估计被测量 X 接近正态分布的前提下，单次测量结果 x_k 的实验标准差 $s(x_k)$ 可按下式近似的评估：

$$u(x_k) = s(x_k) = \frac{R}{C}$$

式中极差系数 C 可由下表给出，其值与测量次数 n 有关。

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
C	1.13	1.69	2.06	2.33	2.53	2.70	2.85	2.97	3.08	3.47	3.73

当测量次数较小时，极差法将优于贝塞尔法。当测量次数较大时，极差法得到的标准偏差不如贝塞尔法准确，这是由于极差法所采用的信息量较少的原因（仅采用了一个极大值和一个极小值）。

4.4.2 不确定度的B类评估

B类不确定度的来源：有关仪器和材料的一般知识；制造说明书；校准或其他报告提供的数据；取自手册提供的参考数据的不确定度。

4.4.2.1 信息来源于检定证书或校准证书

4.4.2.1.1 给出被测量 x 的扩展不确定度 $U(x)$ 和包含因子 k

根据扩展不确定度和标准不确定度的关系，被测量 x 的标准不确定度为：

$$u(x) = \frac{U(x)}{k}$$

4.4.2.1.2 给出被测量 x 的扩展不确定度 $U_p(x)$ 及其对应的包含概率 p

如证书上已指明被测量的分布，应按该分布对应的 k_p 值计算。如证书未指出被测量的分布，一般可按正态分布考虑。正态分布时，包含概率 p 和包含因子 k_p 之间的关系：

$p(\%)$	50	68.27	90	95	95.45	99	99.73
k_p	0.67	1	1.645	1.960	2	2.576	3

4.4.2.2 信息来源于其他资料或手册

通常得到的信息是被测量分布的极限范围，可以知道输入量 x 分布区间的半宽 a ，即允许误差限的绝对值。由于 a 可视为对应包含概率 $p=100\%$ 的包含区间的半宽度，故 a 为输入量的扩展不确定度。输入量 x 的标准不确定度为：

$$u(x) = \frac{a}{k}$$

对应常见的几种分布，包含因子 k 的取值如下表所示：

分布类型	k
矩形分布	$\sqrt{3}$
三角分布	$\sqrt{6}$
正态分布	2或3

4.4.3 合成标准不确定度

4.4.3.1 线性数学模型的合成标准不确定度

4.4.3.1.1 标准形式线性模型

汽车、摩托车领域不确定度评估的数学模型一般为线性数学模型，函数的一般形式为： $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = y_0 + c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$ ，数学模型中仅包含各输入量的一阶项。根据方差合成定理，各输入量相互独立或个输入量之间的相关性可以忽略的情

况下，被测量Y的合成方差 $u_c^2(y)$ 可表示为：

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

用灵敏系数的符号表示为：

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i) = \sum_{i=1}^n u_i^2(y)$$

4.4.3.1.2 非线性模型的线性化处理

当数学模型为： $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = cx_1^{p_1} x_2^{p_2} \dots x_n^{p_n}$ ，其中c为比例常数，指数 p_i 为正数或复数。令 $z = \ln y$ 和 $w_i = \ln x_i$ ，对该模型进行对数变换后得到函数：

$$z = \ln c + p_1 w_1 + p_2 w_2 + \dots + p_n w_n$$

若 p_i 的不确定度 $u(p_i)$ 可以忽略不计，且各输入量 x_i 之间相互独立或不相关，则在 $y \neq 0$ 和 $x_i \neq 0$ 的条件下可得到y的合成方差为：

$$\left[\frac{u_c(y)}{y} \right]^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)}{y^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{p_i y}{x_i} \right)^2 u^2(x_i)}{y^2} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{p_i u(x_i)}{x_i} \right]^2$$

4.4.3.2 各输入量之间存在相关系数时的合成标准不确定度

当各输入量之间存在不可忽略的相关性时，合成标准不确定度为：

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)$$

式中， $u(x_i, x_j)$ 为输入量 x_i 和 x_j 之间的协方差。

通常取相关系数为1（完全正相关）或-1（完全负相关）。

4.4.4 扩展不确定度

4.4.4.1 自由度的确定

4.4.4.1.1 A类评估不确定度的自由度

对某一被测量进行了 n 次独立重复测量，由各种A类评估方法得出的标准不确定度的自由度如下：

(1) 贝塞尔公式： $v = n - 1$

(2) 极差法按 $v = \frac{1}{2 \left[\frac{\sigma(s)}{s} \right]^2}$ 计算，自由度如下表所示：

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
v	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.3	6.0	6.8	7.5	10.5	13.1

4.4.4.1.2 B类评估不确定度的自由度

B类评估的标准不确定度 $u(x_i)$ 的自由度为：
$$v_i = \frac{1}{2\left(\frac{\sigma[u(x_i)]}{u(x_i)}\right)^2} = \frac{1}{2} \left(\frac{u(x_i)}{\sigma[u(x_i)]}\right)^2$$
，其

对应值如下表所示：

v_i	$\sigma[u(x_i)]/u(x_i)$	v_i	$\sigma[u(x_i)]/u(x_i)$	v_i	$\sigma[u(x_i)]/u(x_i)$
1	0.71	6	0.29	15	0.18
2	0.50	7	0.27	20	0.16
3	0.41	8	0.25	50	0.10
4	0.35	9	0.24	100	0.07
5	0.32	10	0.22		

4.4.4.1.3 合成标准不确定度的自由度

合成标准不确定度的自由度为有效自由度，记为 v_{eff} 。按下式给出，称为Welch-Satterthwaite公式。

$$v_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i^4(y)}{v_i}}$$

当用相对不确定度来评估时，可表示为：

$$v_{eff} = \frac{[u_{c\ rel}(y)]^4}{\sum_{i=1}^n \frac{[u_{i\ rel}(y)]^4}{v_i}}$$

4.4.4.2 χ^2, t 分布

v 个独立同标准正态分布 $N(0, 1)$ 平方和为 $\chi^2(v)$ 分布， v 为自由度。

$\chi^2(v)$ 的期望与标准差：
$$E\{\chi^2(v)\} = v$$
$$\sigma\{\chi^2(v)\} = \sqrt{2v}$$

若 ζ 服从于 $N(0, 1)$ ， $v\eta^2$ 服从 $\chi^2(v)$ 独立，则 $t = \zeta/\eta$ 为自由度 v 的 $t(v)$ 分布。计算扩展不确定度时用 t 分布。

4.4.4.3 包含因子

4.4.4.3.1 赋予法求出

当无法由 t 分布求时（如以前的历史资料缺某个 v_i ），取 $k = 2 \sim 3$ ，常取 $k = 2$ 。对于汽车、摩托车领域大多数检测，如无特殊要求，可直接赋予 k 值，不需要考虑自由度及分布情况。当 $k = 2$ 时，扩展不确定度 $U = 2u_c(y)$ 确定的区间具有包含概率 $p \approx 0.95$ ；当 $k = 3$ 时，扩展不确定度 $U = 3u_c(y)$ 确定的区间具有包含概率 $p \approx 0.99$ 。

4.4.4.3.2 被测量接近正态分布

被测量接近正态分布时，原则上应计算各分量的自由度和合成标准不确定度的有效自由度，并根据所规定的包含概率由 t 分布表得到包含因子。

$k = t_p(v)$ ， $t_p(v)$ 为 t 分布临界值。
 $t_p(v)$ 中 p 为包含概率，可取 0.95、0.99、0.997，通常取 $p = 0.95$
 $t_p(v)$ 中 v 为合成标准不确定度的自由度

对于非整数自由度 v ，处理的方法有：

- (1) 为使查表简化，对非整 v 切尾求 $t_p(v)$
- (2) 有准确要求时，按非整 v 线性内插求 $t_p(v)$
- (3) 有更准确要求时，按非整 v 由 v^{-1} 线性内插求 $t_p(v)$

4.4.4.3.3 被测量为其它分布时

若被测量接近某种已知的非正态分布，如矩形分布、三角分布等，由分布的概率密度函数及所规定的包含概率可以计算出包含因子 k_p 。

包含因子	矩形分布	三角分布
k_{95}	1.65	1.90
k_{99}	1.71	2.20

4.4.4.4 扩展不确定度

计算扩展不确定度： $U = k u_c(y)$ 或 $U_p = k_p u_c(y)$

其中： U 或 U_p 为扩展不确定度， k 或 k_p 为包含因子， $u_c(y)$ 为合成标准不确定度。

被测量的最终测量结果可表示为： $Y = y \pm U$ 或 $Y = y \pm U_p$ 。

4.5 测量不确定度的表示与报告

4.5.1 扩展不确定度的报告

扩展不确定度有两种表示方式， U 或 U_p 表示。采用何种表示方式取决于包含因子的获得方式。当包含因子是根据被测量的分布并由规定的包含概率计算得到，则用 U_p 表示。当包含因子的数值是设定时，则用 U 表示。一般采用的包含概率为99%和95%，多数情况下采用95%。扩展不确定度应报告包含因子（ k 为2时可以不写）。

4.5.2 报告的形式和位数

U 或 U_p 可用相对或绝对的形式报告不确定度。最后结论的合成标准不确定度或扩展不确定度（或其相对形式）有效数字最多为两位。

4.6 积累的检测数据在不确定评估中的使用

4.6.1 数据的来源

- (1) 实验室在方法使用前进行确认和验证中积累的数据；
- (2) 多个实验室依据GB/T6379测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）或等效方法对方法效果（如重复性和复现性标准偏差）的研究数据；
- (3) 质控数据；
- (4) 能力验证数据。

4.6.2 数据使用前应确认的内容

- (1) 实际检测活动能够达到方法验证中确认的精密度；
- (2) 偏离数据的使用需经确认，如采用参考物质、通过参加相关的能力验证计划或实验室间比对并取得满意结果来确认；
- (3) 试验效果的持续表现（如定期质控样的统计分析）以及质量保证程序执行的效果分析。

当方法的使用未超出适用范围，且方法确认研究中已考虑不确定度分量或分量的影响可忽略时，在合成标准不确定度中可使用复现性标准偏差。

5 汽车和摩托车检测领域的测量不确定度评估

5.1 检测实验室应制定与检测工作特点相适应的测量不确定度评估程序，并将其用于不同类型的检测工作。

5.2 检测实验室应有能力对每一项有数值要求的测量结果进行测量不确定度评估。在以下情况下需要进行不确定度评估：

当不确定度与检测结果的有效性或应用有关、或在用户有要求时、或当不确定度影响到对规范限度的符合性时、当测试方法中有规定时和 CNAS 有要求时（如认可准则在特殊领域的应用说明中有规定），检测报告必须提供测量结果的不确定度。

检测实验室在采用新的检测方法时，应按照新方法重新评估测量不确定度。

检测实验室对所采用的非标准方法、实验室自己设计和研制的方法、超出预定使用范围的标准方法以及经过扩展和修改的标准方法重新进行确认时，其中应包括对测量不确定度的评估。

在能力验证计划、实验室间比对活动中，应包括对测量不确定度的评估。

在进行仲裁试验时，应提供测量结果的不确定度。

5.3 对于某些广泛公认的检测方法，如果该方法规定了测量不确定度主要来源的极限值和计算结果的表示形式时，实验室只要按照该检测方法的要求操作，并出具测量结果报告，即被认为符合要求。

5.4 由于某些检测方法的性质，决定了无法从计量学和统计学角度对测量不确定度进行有效而严格的评估，这时至少应通过分析方法，列出各主要的不确定度分量，并做出合理的评估。同时应确保测量结果的报告形式不会使客户造成对所给测量不确定度的误解。

在汽车和摩托车检测领域，对破坏性不宜重复的定量检测项目，可以只进行 B 类不确定度评估。例如：整车碰撞；头枕冲击等。

5.5 如果检测结果不是用数值表示或者不是建立在数值基础上（如合格/不合格，阴性/阳性，或基于视觉和触觉等的定性检测），则不要求对不确定度进行评估，但鼓励实验室在可能的情况下了解结果的可变性。

在汽车和摩托车检测领域，对一些定性检测项目不用评估不确定度。如安全带、门锁等的动态试验、摩托车头盔的冲击试验等。对于寿命试验、环境试验，必要时应考虑不确定度分量的影响因素。

5.6 当试验项目是对一组样品进行破坏性试验时，进行测量不确定度评估时建议采用相对不确定度表示。此类项目主要包括材料和零部件的物理性能，例如制动软管的拉伸强度试验、安全带织带的拉伸强度试验、内饰材料的阻燃性能等。对此类项目，可以利用能力验证、实验室间比对结果作为 A 类不确定度评估的输入，这样能够保证样品均匀性，同时可以减少重复试验。

5.7 对试验样品随试验时间或试验次数发生变化的试验项目，应考虑样品的稳定性。例如机动车的排放试验。

5.8 在进行测量不确定度评估时，应考虑重复试验的独立性。例如对灯光的配光性能进行 A 类不确定度评估时，每次试验应重新安装灯具。

附录 A（资料性附录）

汽车加速行驶车外噪声限值测量的不确定度评估实例

A.1 概述

GB 1495-2002《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》中要求对汽车加速行驶车外噪声进行检测，本方法依据该标准和 JJF1059《测量不确定度评定与表示》对在检测汽车加速行驶车外噪声过程中所产生的不确定度进行全面的评估。

该方法中未明确说明的内容均按照 GB 1495-2002《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》进行测量。其影响不确定度的因素分析见附加说明：《基于汽车加速行驶车外噪声测量的不确定度影响因素分析》。

A.1.1 目的

规范汽车加速行驶车外噪声的检测方法、步骤，评估汽车加速行驶车外噪声测量过程中所产生的不确定度。

A.1.2 依据文件

JJF 1059 测量不确定度评定与表示

GB 1495-2002 汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法

A.1.3 检测仪器、设备

声级计	I 型(允差：±0.7 dB (A))
声级校准器	I 级（允差：±0.4 dB (A))
风速仪	允差：±0.3m/s
测速仪	允差：±0.5km/h
噪声广场	符合 GB 1495-2002 标准要求

A.1.4 检测程序

按 GB 1495-2002《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》附录 A 规定的测量方法进行。在初次进行不确定度评估时，按标准要求每侧测量 4 次取其平均值作为单次测量值，共重复 10 次。

A.2 数学模型

汽车加速行驶车外噪声测量值为：

$$S_p=(S_1+S_2+S_3+S_4)/4$$

式中：S_p ——车外最大加速噪声，dB (A)

S₁—单侧第一次车外最大加速噪声测量值，dB (A)

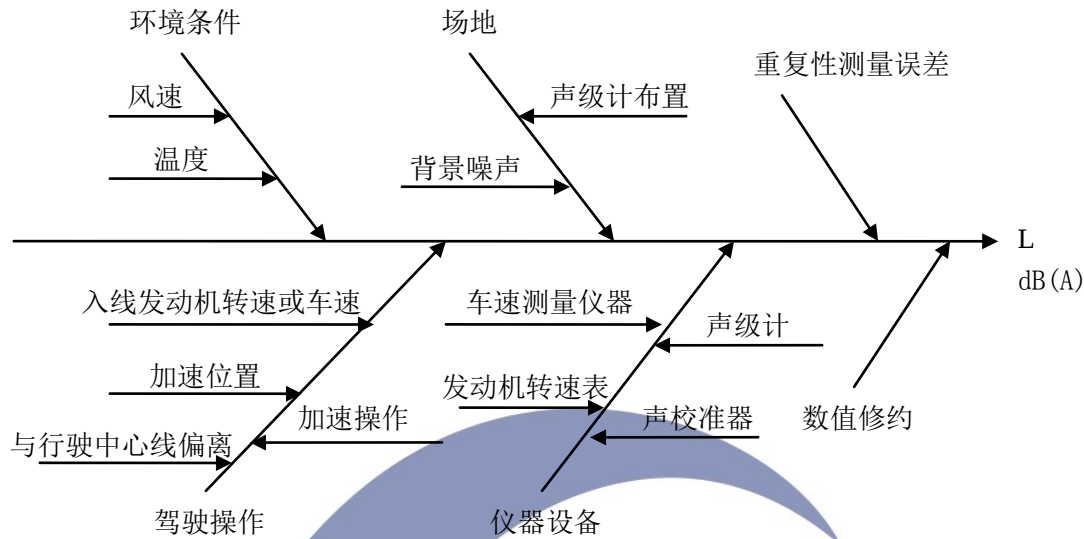
S₂—单侧第二次车外最大加速噪声测量值，dB (A)

S₃—单侧第三次车外最大加速噪声测量值，dB（A）

S₄—单侧第四次车外最大加速噪声测量值，dB（A）

A.3 不确定度的来源

影响汽车加速行驶车外噪声测量结果的不确定因素主要有：



A.3.1 测量重复性引入的测量不确定度 $u_1(x)$ ，用 A 类评估。

A.3.2 风的影响

在GB1495-2002中规定“同侧连续4次测量结果相差不大于2 dB（A）”，并限定测试时“风速不应超过5m/s”，已经较好的控制了风速对试验结果的影响。但经过我们在试验室的模拟测试（详见附加说明），建议“同侧连续4次测量结果”应分别包括汽车按往、返两个方向行驶的测量结果各两次，以最大限度的减小风对测量结果的影响（虽然实际操作中大多这样操作，但GB1495-2002中未做明确要求）。

在GB1495-2002以上“规定”及“建议”的控制下，在通过4次测量后取平均值，可以尽量减小风对测试引起的误差，且该因素属标准规定的测量条件，故在A类不确定度中考虑。

A.3.3 环境温度的影响

根据我们在一年中对标准样车所做的试验结果分析，2、3 档在三种极端环境温度下的试验结果略有差异，但未发现明显规律。测试前车辆均经过正常预热行驶，测试时动力总成及主要传动系总成处于正常工作温度并远高于环境温度，因此，可以认为环境温度在（35~7）℃范围内变化，对试验结果影响很小（被测量随机误差所掩盖），在计算该项试验不确定度时可以忽略不计，各环境温度下的试验结果差异主要由测试随机误差引起。而 GB1495-2002 中规定“测量应在良好天气中进行”，基本可以保证测试在此温度范围内进行，因而温度的影响归在 A 类评估中考虑。

A.3.4 发动机转速或车速的影响

按GB1495—2002中规定汽车应以规定的档位和稳定速度接近 AA' 线，其速度变化应控制在±1km/h之内，通过现场试验数据分析，发动机转速或车速的影响在A类评估中考虑。

A.3.5 加速起始点位置的影响

提前加速和滞后加速都会给试验结果带来影响，提前加速相当于提高发动机进线转速，滞后加速相当于降低了发动机进线的转速，这将会产生一定的的影响。根据试验分析统计（详见附加说明），最大起始点误差为 1.8 米，将其考虑在 A 类评估中。

A.3.6 声级计误差的影响

本方法使用的是 I 型声级计，其最大测量误差为±0.7dB（A），将其考虑在 B 类评估中。

A.3.7 声校准器误差的影响

声校准器是用于每次测量前后对声级计进行校准的仪器，其准确度直接影响测量结果，根据 GB/T15173 的规定，其最大测量误差为±0.4dB（A），在 B 类评估中考虑。

A.4 标准不确定度评估

A.4.1 标准不确定度 A 类评估

标准不确定度的 A 类评估按表 1 分别采集数据（重复测量十次，每次重新拆装仪器，读取数据值）。

表 1 标准不确定度的 A 类评估采集数据

本底噪声（dB(A)）			53.7~54.9	
变速箱档位			2	
测量次数	测量结果（dB(A)）		入线车速	出线转速
N	左侧	右侧	（km/h）	（r/min）
1	72.3	73.5	49.8~50.2	4150~4200
2	73.5	72.8		
3	72.9	73.1		
4	72.6	72.6		
5	72.7	73.3		
6	72.2	73.0		
7	72.4	72.5		
8	72.7	74.1		
9	73.1	73.4		
10	72.0	72.8		
算术平均	72.64	73.11	——	——

10 次独立观测结果的算术平均值 $\bar{x}$ （取右侧测量结果）：

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n x_i = 73.11 \text{dB(A)}$$

由贝塞尔公式得到的平均值的实验标准偏差为：

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.482 \text{dB(A)}$$

在实际测量中，规定重复测量 4 次，以 4 次测量结果的算术平均值为测量结果，所以标准不确定度

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{4}} = 0.241 \text{ dB(A)}$$

所以，测量结果 A 类标准不确定度为：

$$u_{1s}(x) = s(\bar{x}) = 0.241 \text{ dB(A)}$$

自由度 $\nu = n - 1 = 9$

A.4.2 不确定度 B 类评估

A.4.2.1 声级计允许误差引起的标准不确定度

声级计允许误差为 $\pm 0.7 \text{dB(A)}$ ，为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，由此得到声级计不确定度：

$$u_{2s} = a/k = 0.404 \text{ dB(A)}$$

声级计允差所带来的标准不确定度分量为

$$u_{2s}(x) = 0.404 \text{ dB(A)}$$

A.4.2.2 声级校准器允许误差引起的标准不确定度

声级校准器允差误差为 $\pm 0.4 \text{ dB(A)}$ ，为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，由此得到声级校准器的不确定度：

$$u_{3s} = a/k = 0.230 \text{ dB(A)}$$

声级校准器对测量噪声的不确定度贡献为

$$u_{3s}(x) = 0.230 \text{ dB(A)}$$

A.5 合成标准不确定度

根据上述数据，计算并带入表 2

表 2 汽车加速行驶车外噪声测量不确定度汇总表

序	标 准 不 确 定 度
---	-------------

号 <i>i</i>	不确定度来源	类型	分布	包含因子 (<i>k_i</i>)	符号	数值	灵敏系数
1	测量重复性	A	正态	1	<i>u</i> _{1s}	0.241 dB(A)	1
2	声级计误差	B	均匀	√3	<i>U</i> _{2s}	0.404dB (A)	1
3	声级校准器误差	B	均匀	√3	<i>U</i> _{3s}	0.230dB (A)	1
4	合成不确定度	<i>u_c</i> = √(<i>u</i> _{1s} ² + <i>u</i> _{2s} ² + <i>u</i> _{3s} ²) = 0.52			<i>u_c</i>	0.52 dB (A)	
5	扩展不确定度 <i>U</i> =2 <i>u_c</i> ; <i>k</i> = 2						

根据表 2，考虑到各分量相互独立，得到合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_{1s}^2 + u_{2s}^2 + u_{3s}^2} = 0.52 \text{ (dB(A))}$$

A.6 扩展不确定度和结果报告

A.6.1 取包含因子 $k=2$ ，其扩展不确定度为

$$U = 2u_c = 1.0 \text{ (dB(A))}$$

A.6.2 测量不确定度的报告与表示

按规定的格式出具报告，附上相应的扩展不确定度值：

汽车加速行驶车外噪声测量结果为：

73.1 dB(A)， $U = 1.0$ dB(A)， $k = 2$ 。

或：

汽车加速行驶车外噪声测量结果为：

73.1 dB(A) $\pm$ 1.0 dB(A)， $k = 2$ 。

附录 B（资料性附录）

商用车辆等速燃油消耗量检测的不确定度评估实例

B.1 概述

B.1.1 目的

评估商用车辆等速燃油消耗量检测结果的不确定度。

B.1.2 依据文件

GB/T 12545.2-2001 商用车辆燃料消耗量试验方法

B.1.3 检测仪器、设备

车速测定仪，经检定合格，允差 $\pm 0.5\%$ 。

燃油流量计，经检定合格，允差 $\pm 0.5\%$ 。

综合气象仪，经检定合格，温度允差 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，大气压力允差 $\pm 1\%$ 。

B.1.4 检测程序

B.1.4.1 选择符合标准要求的试验场地，将试验车辆的载荷、车窗状态、车辆磨合情况、试验用燃料、轮胎的花纹、轮胎气压等调整到满足标准要求的状态。

B.1.4.2 车辆档位采用直接档或直接档和超速档，等速行驶通过 500m 检测路段，检测通过该路段的时间及燃料消耗量。试验车速从 20km/h(最小稳定车速高于 20 km/h 时，从 30 km/h) 开始，以车速 10km/h 的整数倍数均匀选取车速，直至最高车速的 90%，至少测定 5 个试验车速。

B.1.4.3 同一车速往返各进行 2 次。

B.2 数学模型

B.2.1 根据 GB/T 12545.2-2001《商用车辆燃料消耗量试验方法》试验方法，商用车辆等速燃油消耗量 Q 的数学模型为

$$Q = \frac{V}{D} \times 100 \quad (1)$$

式中， Q ——被测车辆等速燃料消耗量，L/100km。

V ——被测车辆等速行驶 500m 消耗的燃油量，mL。

D ——被测车辆等速行驶的距离，m。

B.2.2 根据 GB/T 12545.2-2001《商用车辆燃料消耗量试验方法》规定，燃料消耗量的检测值应按标准状态进行校正，校正公式为

$$Q_0 = \frac{\bar{Q}}{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3} \quad (2)$$

式中, Q_0 ——校正后被测车辆等速燃料消耗量, L/100km;

$\bar{Q}$ ——实测车辆等速燃料消耗量的测量平均值, L/100km。

C_1 ——环境温度校正系数, $C_1 = 1 + 0.0025(20 - T)$ 。

C_2 ——大气压力校正系数, $C_2 = 1 + 0.0021(P - 100)$ 。

C_3 ——燃料密度校正系数, $C_3 = 1 + 0.8(0.830 - G_d)$ 。

考虑标准状态校正对燃料消耗量测量值的影响, 为此将(1)式改写如下

$$Q = \frac{V}{D \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3} \times 100 \quad (3)$$

式中 V 、 D 、 C_1 、 C_2 、 C_3 之间完全不相关。

B.3 灵敏系数

消耗的燃油量 V 对等速燃料消耗量的灵敏系数为

$$c_v = \frac{\partial Q}{\partial V} = \frac{1}{D \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3} \times 100 = \frac{100}{500 \times 0.975 \times 1.0021 \times 1.004} = 0.204 \frac{\text{L}}{100\text{km}} \quad (4)$$

距离测量 D 对燃料消耗量的灵敏系数为

$$c_D = \frac{\partial Q}{\partial D} = \frac{-1 \times V \times 100}{D^2 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3} = \frac{-1 \times 107.11 \times 100}{500^2 \times 0.975 \times 1.0021 \times 1.004} = -0.044 \frac{\text{L}}{\text{m} \cdot 100\text{km}} \quad (5)$$

环境温度校正对燃料消耗量的灵敏系数为

$$c_{c1} = \frac{\partial Q}{\partial T} = \frac{-1 \times V \times 100 \times -1 \times 0.0025}{D \cdot C_1^2 \cdot C_2 \cdot C_3} = 0.056 \frac{\text{L}}{(\text{°C}) \cdot 100\text{km}} \quad (6)$$

大气压力校正对燃料消耗量的灵敏系数为

$$c_{c2} = \frac{\partial Q}{\partial P} = \frac{-1 \times V \times 100 \times 0.0021}{D \cdot C_1 \cdot C_2^2 \cdot C_3} = -0.046 \frac{\text{L}}{(\text{kPa}) \cdot 100\text{km}} \quad (7)$$

燃料密度校正对燃料消耗量的灵敏系数为

$$c_{c3} = \frac{\partial Q}{\partial G_d} = \frac{-1 \times V \times 100 \times -1 \times 0.8}{D \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3^2} = 17.401 \frac{\text{L}}{(\text{g/mL}) \cdot 100\text{km}} \quad (8)$$

B.4 不确定度来源

商用车辆等速燃油消耗量检测结果不确定度来源主要包括：

- (1) 等速燃料消耗量 Q 测量重复性引入的标准不确定度 u_A ，采用 A 类方法评估；
- (2) 燃油流量计引入的标准不确定度 u_V ，采用 B 类方法评估；
- (3) 车速测定仪测量距离引入的标准不确定度 u_D ，采用 B 类方法评估；
- (4) 环境温度校正引入的标准不确定度 u_{C1} ，采用 B 类方法评估；
- (5) 大气压力校正引入的标准不确定度 u_{C2} ，采用 B 类方法评估。
- (6) 燃料密度校正引入的标准不确定度 u_{C3} ，采用 B 类方法评估。

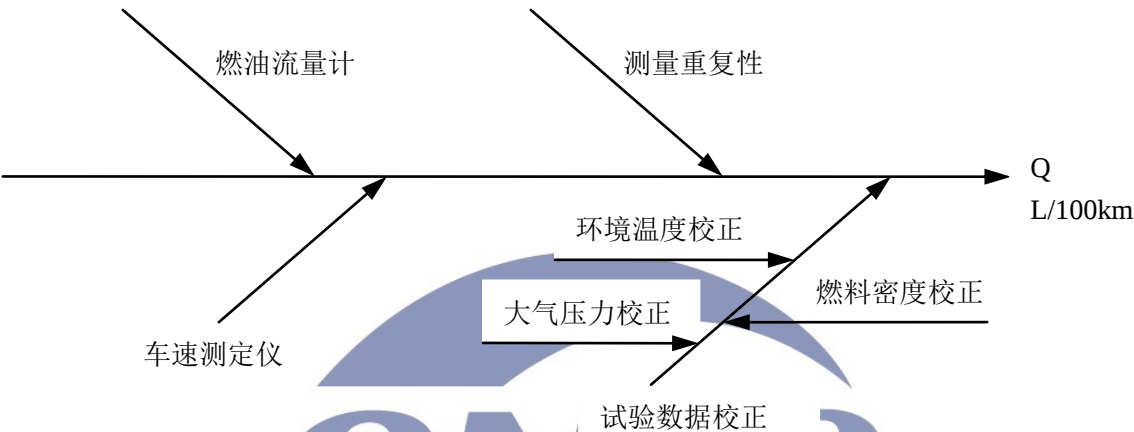


图 1 车辆等速燃油消耗量不确定度因果关系图

B.5 标准不确定度评估

在同一检测条件下，车辆等速往返行驶 5 次，油耗检测单程距离 500m （环境温度 30.0℃，大气压力 101kPa，燃料密度 0.825g/ml），所得测量数据如表 1 所示：

表 1 车辆等速燃油消耗量测量数据

序号	距离 (m)	燃料消耗量 (mL)	燃油消耗 (L/100km)	残差 (L/100km)	残差平方 (L/100km) ²
1	500	107.1	21.4	-0.01	0.0001
2	500	107.7	21.5	0.09	0.0081
3	500	106.3	21.3	-0.11	0.0121
4	500	107.2	21.4	0.01	0.0001
5	500	106.3	21.3	-0.11	0.0121
6	500	107.7	21.5	0.09	0.0081
7	500	106.9	21.4	-0.01	0.0001

8	500	107.2	21.4	-0.01	0.0001
9	500	107.0	21.4	-0.01	0.0001
10	500	107.7	21.5	0.09	0.0081
平均值		107.11	21.41		

表 1 中单次测量实验标准差使用贝塞尔公式计算:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.049}{9}} = 0.074 \quad (\text{L/100km}) \quad (9)$$

由于实际检测中, 规定往返重复检测 2 次, 以 4 次检测结果的算术平均值为检测结果, 所以等速燃料消耗量检测重复性标准不确定度 u_A

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{4}} = \frac{0.074}{\sqrt{4}} = 0.037 \quad (\text{L/100km}) \quad (10)$$

等速燃料消耗量检测重复性相对标准不确定度

$$u_r(A) = \frac{u_A}{Q} = 0.037/21.41 = 0.17\%$$

B.5.1 燃油流量计引入的标准不确定度 u_V

燃油流量计的允差为 $\pm 0.5\%$, 区间内服从均匀分布, 取包含因子 $k_V = \sqrt{3}$, 则标准不确定度

$$u_r(V) = 0.5 / \sqrt{3} = 0.29\%$$

$$u_V = 107.11 \times 0.29\% = 0.311 \text{ mL}$$

B.5.2 车速测定仪测量距离引入的标准不确定度 u_D

车速测定仪的允差为 $\pm 0.5\%$, 区间内服从均匀分布, 取包含因子 $K_D = \sqrt{3}$, 则标准不确定度

$$u_r(D) = 0.5 / \sqrt{3} = 0.29\%$$

$$u_D = 500 \times 0.29\% = 1.45 \text{ m}$$

B.5.3 环境温度校正引入的标准不确定度 u_{C1}

综合气象仪温度检测的允差为 $\pm 1^\circ\text{C}$, 区间内服从均匀分布, 取包含因子 $K_{C1} = \sqrt{3}$, 则标准不确定度

$$u_{C1} = 1 / \sqrt{3} = 0.58^\circ\text{C}$$

$$u_r(C_1) = 0.58/30 = 1.93\%$$

B.5.4 大气压力校正引入的标准不确定度 u_{C2}

综合气象仪大气压力检测的允差为 $\pm 1\%$ ，区间内服从均匀分布，取包含因子 $K_{C2}=\sqrt{3}$ ，则标准不确定度

$$u_r(C_2)=1/\sqrt{3}=0.58\%$$

$$u_{C2}=101\times 0.58\%=0.59\text{kPa}$$

B.5.5 燃料密度校正引入的标准不确定度 u_{C3}

用 SY-1 型密度计检测燃料密度的允差为 $\pm 0.5\%$ ，区间内服从均匀分布，包含因子 $K_{C3}=\sqrt{3}$ ，则标准不确定度

$$u_r(C3)=0.5/\sqrt{3}=0.29\%$$

$$u_{C3}=0.825\times 0.29\%=2.4\times 10^{-3}\text{g/mL}$$

表 2 等速燃料消耗量 Q 测量的标准不确定度汇总表

序号 i	标准不确定度						
	不确定度来源	类型	分布	包含因子 (k_i)	符号	数值	灵敏系数
1	等速燃料消耗量测量重复性	A	正态	1	u_A	0.037 L/100km	1
2	燃油流量计引入的标准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	u_V	0.311 mL	$0.204\frac{\text{L}}{\text{mL}\bullet 100\text{km}}$
3	车速测定仪测量距离引入的标准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	u_D	1.45m	$-0.044\frac{\text{L}}{\text{m}\bullet 100\text{km}}$
4	环境温度校正引入的标准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	u_{C1}	0.58℃	$0.056\frac{\text{L}}{(\text{℃})\bullet 100\text{km}}$
5	大气压力校正引入的标准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	u_{C2}	0.59kPa	$-0.046\frac{\text{L}}{(\text{kPa})\bullet 100\text{km}}$
6	燃料密度校正引入的标准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	u_{C3}	$2.4\times 10^{-3}\text{g/mL}$	$17.401\frac{\text{L}}{(\text{g/mL})\bullet 100\text{km}}$

7	合成不确定度	$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n [c_i u(x_i)]^2}$	u_c	0.12L/100km	/
8	扩展不确定度 $U=2u_c=0.3$ L/100km; $k=2$				
9	相对扩展不确定度 $U_r=1.4\%$; $k=2$				

校正后燃料消耗量:

$$Q_0 = \frac{\bar{Q}}{C_1 \bullet C_2 \bullet C_3} = \frac{21.41}{0.975 \times 1.0021 \times 1.004} = 21.8 \text{ L/100km}$$

B.6 合成标准不确定度评估

各标准不确定度分量互不相关的, 采用方和根方法合成:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n [c_i u(x_i)]^2} = \sqrt{u_A^2 + (c_V u_V)^2 + (c_D u_D)^2 + (c_{c1} u_{c1})^2 + (c_{c2} u_{c2})^2 + (c_{c3} u_{c3})^2}$$

$$= \sqrt{(0.037)^2 + (0.311 \times 0.204)^2 + (1.45 \times 0.044)^2 + (0.58 \times 0.056)^2 + (0.59 \times 0.046)^2 + (0.0024 \times 17.401)^2}$$

$$= 0.12 \text{ L/100km}$$

B.7 扩展不确定度评估

取包含因子 $k=2$, 等速燃料消耗量检测结果 Q 的扩展不确定度:

$$U = k u_c = 2 \times 0.12 = 0.3 \text{ L/100km}$$

$$U_{rel} = 0.3 \div 21.41 = 1.4\%$$

B.8 报告检测结果和扩展不确定度

等速燃料消耗量检测结果 $Q=21.8$ L/100km, 其扩展不确定度为: $U=0.3$ L/100km; $k=2$ 。

$$Q = (21.8 \pm 0.3) \text{ L/100km; } k=2。$$

$$\text{或 } U_{rel}=1.4\%; k=2。$$

附录 C（资料性附录）

轻型车常温排放污染物（I）型试验的不确定度评估实例

C.1 概述

C.1.1 目的

评估轻型车常温下冷起动后排气污染物排放试验（I 型试验）不确定度。

C.1.2 依据文件

GB18352.3-2005 轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国 III、IV 阶段）

C.1.3 检测仪器、设备

底盘测功机，转鼓转速最大允许误差为 $\pm 0.11\% F \cdot S$ ；

排气取样系统，最大允许误差为 0.3%；

分析设备，最大允许误差为 $\pm 1.0\%FS$ 或者为测量点的 $\pm 2\%$ ；

气象站，温度测量准确度为 $\pm 0.1^\circ C$ ；湿度测量准确度为 0.1%R.H；

标准气体，相对扩展不确定度均为 0.01。

C.1.4 测量原理

汽车排放法规所控制的有害污染物主要为 4 类，HC 采用氢火焰离子法；CO 采用非分光红外线法； NO_x 为化学发光法；PM 为压燃式发动机的滤纸过滤称重法。

氢火焰离子法（FID）的工作原理是利用碳氢化合物在氢火焰的 $2000^\circ C$ 左右高温中燃烧时可离子化成电子和自由离子，其离子数基本与碳原子数成正比。HC 在氢火焰中分解出的离子在离子吸收极板间的电压作用下形成电子流，其电流大小代表了样气中碳原子浓度，因此 FID 检测的结果是样气中的碳原子 ppm 值。

非分光红外线法（NDIR）是目前测定 CO 的最好方法，其工作原理是基于测量气体对特定波长红外线的能量吸收。CO 能吸收波长为 $4.5\sim 5.0\mu m$ 的红外线，具有吸收峰值，样气中 CO 的浓度可通过红外线透过一定长度该气体后的透射能量得到。为了减小其他气体干扰，在样气室前设置滤波室来过滤掉其他干扰气体所对应的波长。

化学发光法（CLD）用于分析排气中的 NO_x ，CLD 只能直接测定 NO。样气中和过量臭氧在反应室中混合并发生化学反应，生成 NO_2 ，其中约 10% 左右处于电子激发态，当激发态的 NO_2 衰减到基态时发射波长 $0.6\sim 3\mu m$ 光子，化学发光强度与 NO 和臭氧浓度乘积成正比，还与测量条件有关，但当测量条件不变且臭氧浓度恒定并远高于 NO 浓度时，化学发光强度与 NO 成正比。而测量 NO_x 实际是测量 NO 和 NO_2 的总和，因此在测量前首先要将排气中的 NO_2 转化成 NO。

市区循环和市郊循环阶段的污染物分别计算，之后再根据各自的行驶里程加权

成总的污染物排放量，单位为克/公里。

C.1.5 检测程序

- (1) 车辆驱动轮固定在底盘测功机的转鼓上，非驱动轮固定在地板上。
- (2) 底盘测功机根据车辆整备质量设定阻力。
- (3) 驾驶员按照提示驾驶车辆，完成 ECE+EUDC 的运转循环。
- (4) 采样系统进行气袋采样。
- (5) 采样完成后对需要的污染物进行分析。
- (6) 结果自动生成。

C.2 影响因素分析及评估方法的确定

影响轻型车常温排放污染物(I)型试验的因素很多，根据计算公式以及使用经验，确定主要包括：稀释排气的容积、湿度校正系数（对于 NO_x ）、稀释排气中污染物的校正浓度、车辆试验时的实际行驶距离、试验室内大气压力、试验室内干球温度、标定用标准气体、采样系统、分析系统、底盘测功机的阻力设定、追踪风机的冷却风量、驱动轮胎压力、驾驶员驾驶特性以及试验用燃料特性。

C.2.1 稀释排气容积 (V_{mix})

稀释排气容积直接参与结果的计算，由选择的文丘里管流量与测试时间的乘积进行积分得到，同时需要校正到标准状态 273.2K 和 101.33kPa 下。此校正需要试验室内大气压力、容积泵进口处相对于环境大气压的真空度以及进入容积泵的稀释排气平均温度 3 个参数。由于实际文丘里管的流量实时变化，同时试验室内大气压力、容积泵进口处相对于环境大气压的真空度以及进入容积泵的稀释排气平均温度也在实时变化，所以人工分别测量各个参数再进行计算非常复杂，是不可行的。而采样系统一般已经整合，通过测量这些参数，积分计算出结果，从而直接给出每次测量的 V_{mix} 。根据排气取样系统的说明书，采用 B 类不确定度进行评价。

C.2.2 试验室内绝对湿度 (H)

由于 NO_x 易溶于水，所以对于 NO_x 污染物来说，还需要进行湿度校正。此时需要试验室内环境空气的相对湿度，环境温度下饱和蒸气压和室内大气压 3 个参数。这 3 个参数通过经验公式计算出绝对湿度，进而计算出湿度校正系数。实际的气象站通过计算可以直接给出绝对湿度。根据气象站的说明书，采用 B 类不确定度进行评价。

C.2.3 稀释排气中污染物的校正浓度 (C_i)

稀释排气中排放气体的校正浓度直接参与结果的计算，由某种稀释排气的浓度，某种稀释空气（背景气）的浓度和稀释系数计算得出。而稀释系数又是通过取样袋中稀释排气的 CO_2 浓度， HC 浓度和 CO 浓度计算得出。因此，关键因素就归结为稀释排气和稀释空气中的排放气体浓度的测量。而浓度的测量不确定度由 2 部分构成，为分析系统的不确定度分量和标定用标准气体的不确定度分量。分析系统影响排放气

体浓度的测量准确性，标准气体影响分析设备的零点和量距，进而影响污染物浓度的测量准确性。根据分析系统和标准气体的说明书，分别采用 B 类不确定度进行评价，然后再合成为稀释排气中排放气体的校正浓度不确定度。

C.2.4 车辆试验时的实际行驶距离（d）

车辆试验时的实际行驶距离由底盘测功机测量转鼓转速并乘以采样时间得到，其不确定度由两部分构成，一部分是驾驶员的驾驶特性（操作偏差）造成的里程偏差，另一方面是底盘测功机的测量系统误差造成的里程偏差。前者采用 A 类不确定度评估，后者根据使用说明书，采用 B 类不确定度评估。在没有车轮打滑的情况下，假设车轮与转鼓的转线速度相同，从而通过底盘测功机的速度乘以测试时间就可以得到车辆的实际行驶距离。由于测试时间由计算机程序控制，非常准确，其产生的不确定度可以忽略，只需要确定底盘测功机的速度最大允许误差即可。

C.2.5 测量重复性引入的不确定度

下列因素对测试结果存在影响，但无法用确切的数学公式进行表达，所以通过重复性试验，纳入 A 类不确定度：

- （1） 试验室内大气压力影响进气量，从而影响发动机燃烧情况，最终影响排放量。
- （2） 试验室内干球温度影响进气量、发动机和后处理达到正常工作温度的时间，最终影响排放量。
- （3） 底盘测功机的阻力设定影响试验过程中的车辆的负荷，进而影响排放量。
- （4） 追踪风机的冷却风量影响试验过程中的发动机和后处理的温度，进而影响排放量。
- （5） 驱动轮胎压力影响试验过程中的车辆的负荷，进而影响排放量。
- （6） 驾驶员驾驶特性通过油门、离合器以及制动踏板的使用，影响了发动机的燃烧，进而影响排放量。
- （7） 试验用燃料特性中影响整车排放的主要是辛烷值、蒸汽压、组分（苯、烯烃和芳烃含量）和硫含量。辛烷值直接影响汽油和空气的混合以及燃烧质量。蒸汽压影响汽油的挥发性，从而影响冷启动特性和发动机燃烧特性。组分影响发动机的燃烧特性。硫含量影响后处理系统的工作效率。

将以上影响因素所产生的重复性因素组合在一起，归为输出量的重复性因素，不需要分别评估各输入量重复性引入的不确定度分量，而是直接评估测量结果的重复性引入的不确定度分量（A 类不确定度）。

轻型车常温排放污染物(I)型试验不确定度的因果关系如图 1 所示。

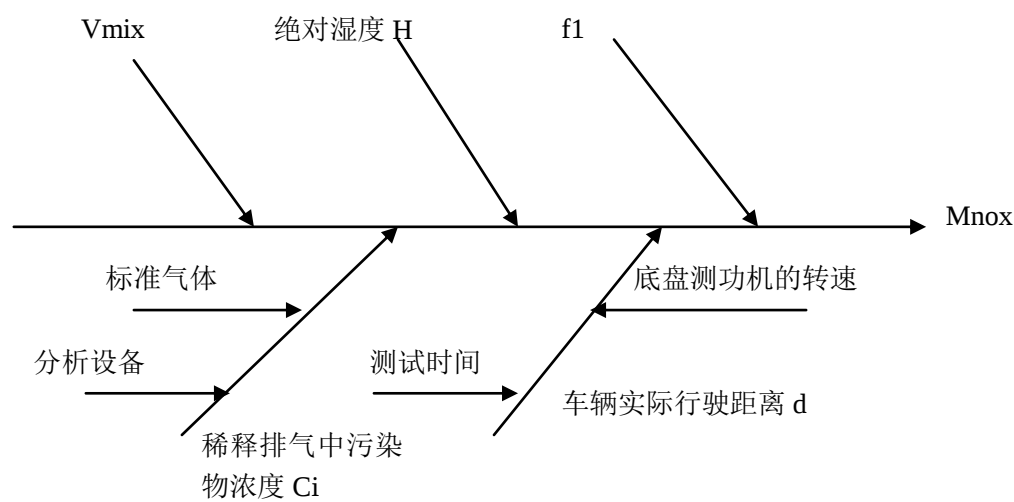


图 1 常温下 Nox 排气污染物排放量不确定度因果关系图

C.3 数学模型

C.3.1 根据 GB 18352.3—2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国III、IV阶段）》中 I 型试验，以汽油车的 Nox 为例来说明不确定度的计算。其常温下排气污染物排放量的计算公式如下（这里只计算市区阶段的污染物，市郊阶段的类似）：

$$M_i = \frac{V_{mix} \times Q_i \times K_H \times C_i \times 10^{-6}}{d}$$

CNAS

(1)

式中：

- M_i-----污染物 i 的排放量，g/km；
- V_{mix}-----稀释排气的容积（校正至标准状态 273.2K 和 101.33kPa），L/试验；

$$V_{mix} = V \times K_1 \times \frac{P_B - P_1}{T_p}$$

$$K_1 = \frac{273.2K}{101.33kPa} = 2.6961(K \times kPa^{-1})$$

P_B-----试验室内大气压力，kPa；

P₁-----CFV 进口处相对于环境大气压的真空度，kPa；

T_p-----试验期间进入 CFV 的稀释排气平均温度，K。

- Q_i-----在标准状态下（273.2K 和 101.33kPa），污染物 i 的密度，对于氮氧化物（NO₂）为 2.05 g/L.
- K_H---用于计算氮氧化合物的排放量的湿度校正系数（对于HC和CO没有湿度修正）；

为了校正湿度对氮氧化物测量结果的影响，采用如下计算公式：

$$k_H = \frac{1}{1 - 0.0329 \times (H - 10.71)} \quad (2)$$

$$H = \frac{6.211 \times R_a \times P_d}{P_B - P_d \times R_a \times 10^{-2}}$$

式中:

H = 绝对湿度, g 水/kg干空气,

Ra = 环境空气的相对湿度, %,

Pd = 环境温度下饱和蒸气压, kPa,

PB = 室内大气压, kPa。

C_i -----稀释排气中污染物 i 的浓度, 并用稀释空气中所含污染物 i 的含量进行校正后的数值, ppm;

取样袋中污染物的校正浓度的计算如下:

$$C_i = C_e - C_d \left(1 - \frac{1}{DF} \right)$$

式中:

C_e = 稀释排气中测得的污染物 i 的浓度, ppm,

C_d = 稀释空气中测得的污染物 i 的浓度, ppm,

DF = 稀释系数。稀释系数计算如下:

对于汽油和柴油,

$$DF = \frac{13.4}{C_{CO_2} + (C_{HC} + C_{CO}) \times 10^{-4}}$$

d-----车辆按运转循环试验时所行使的实际距离, km;

C.3.2 考虑上述影响测量不确定度的所有来源, 将公式 (2) 带入公式 (1), 并乘以测量重复性影响因素的修正因子 f_1 ($f_1=1$), 建立数学模型如下:

$$M_{NOX} = \frac{V_{mix} \times Q_i \times K_H \times C_i \times 10^{-6}}{d} \times f_1$$

$$M_{NOX} = 2.05 \times 10^{-6} \times \frac{V_{mix} \times C_i \times f_1}{d \times [1 - 0.0329 \times (H - 10.71)]} \quad (3)$$

设 $Z = 1 - 0.0329 \times (H - 10.71)$, 则:

$$M_{NOX} = 2.05 \times 10^{-6} \times \frac{V_{mix} \times C_i \times f_1}{d \times Z} \quad (4)$$

则常温下 NOx 排气污染物排放量的相对合成标准不确定度为：

$$u_{cr}(M_{NOX}) = \sqrt{[c(f_1)u_r(f_1)]^2 + [c(V_{mix})u_r(V_{mix})]^2 + [c(C_i)u_r(C_i)]^2 + [c(d)u_r(d)]^2 + [c(Z)u_r(Z)]^2} \quad (5)$$

C.3.3 输出量 Mnox 的不确定度来源

输出量 Mnox 的不确定度来源有 5 个方面：

- (1) 测量重复性引入的相对标准不确定度 $u_r(f_1)$ ；
- (2) 混合排气容积引入的相对标准不确定度 $u_r(V_{mix})$ ；
- (3) 稀释排气中污染物的校正浓度引入的相对标准不确定度 $u_r(C_i)$ ，包括 2 个来源：分析仪和标准气体的影响；
- (4) 车辆试验时的实际行驶距离引入的相对标准不确定度 $u_r(d)$ ；
- (5) 自变量 Z， $Z = 1 - 0.0329 \times (H - 10.71)$ ，由绝对湿度引入。

C.3.4 灵敏系数

$c(f_1) = 1$ ，为重复测量的灵敏系数；

$c(V_{mix}) = 1$ ，为混合排气容积的灵敏系数；

$c(C_i) = 1$ ，为稀释排气中污染物的校正浓度的灵敏系数；

$c(d) = -1$ ，为车辆试验时的实际行驶距离的灵敏系数；

$c(Z) = -1$ ，为自变量 Z 的灵敏系数；

C.4 测试结果不确定度的评估

根据 GB18352.3-2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国Ⅲ、Ⅳ阶段）》中的方法对样品进行 5 次测试，我们仅仅计算城市循环阶段的 NOx 排放量的不确定度，与试验结果的不确定度有关的物理量及测试结果如下：

表 1 与试验结果的不确定度有关的物理量及测试结果

序号	V _{mix} (L)	H (g/kg)	C _e -nox (ppm)	C _d -nox (ppm)	C _e -CO ₂ (%)	C _e -HC (ppm C)	C _e -CO (ppm)	DF	C _i -nox (ppm)	d (km)	M _{nox} (g/km)
1	117374	7.76	0.5	0.07	0.36	7.43	3.11	37.114	0.43	4.052	0.023
2	117527	7.76	0.51	0.06	0.35	7.46	3.12	38.17	0.45	4.047	0.025
3	116778	7.75	0.52	0.07	0.36	7.5	3.12	37.113	0.45	4.048	0.024
4	116783	7.76	0.49	0.07	0.35	7.42	3.13	38.171	0.42	4.037	0.023
5	117576	7.74	0.47	0.06	0.36	7.4	3.08	37.114	0.41	4.045	0.022
均值	117207.6	7.754	0.498	0.066	0.356	7.442	3.112	37.5364	0.432	4.0458	0.0234

$\bar{x}$

C.4.1 测量重复性的不重复引入的相对标准不确定度 $u_r(f_1)$

测量结果的算术平均值： $\bar{M}_{nox} = \frac{\sum_{i=1}^5 M_i}{5} = 0.0234 \text{ g/km}$

由于实际测量中只测量 1 次，所以测量重复性标准不确定度：

$$u(f_1) = \frac{u(M_{nox})}{\sqrt{1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (M_i - \bar{M})^2}{(n-1) * 1}} = 0.0011 \text{ g/km}$$

测量重复性相对标准不确定度：

$$u_r(f_1) = \frac{u(f_1)}{\bar{M}} = \frac{0.0011}{0.0234} = 0.047$$

C.4.2 V_{mix} 的相对标准不确定度 $u_r(V_{mix})$

根据采样系统说明书，其最大允许误差为±0.3%，区间内服从均匀分布，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度：

$$u(V_{mix}) = \frac{a(V_{mix})}{k} = \frac{0.003}{\sqrt{3}} = 0.00173$$

C.4.3 稀释排气中污染物校正浓度 C_i 的相对标准不确定度 $u_r(C_i)$

由两部分合成，分析设备和标准气体。

标准气体生产厂已经给出氮氧化物 (NO) 的浓度为 4.5ppm, 相对扩展不确定度为 0.01, k 取 2, 则标准气体引入的不确定度:

$$u(d_1) = \frac{0.01 * 4.5}{2} = 0.0225 \text{ ppm}$$

分析设备的最大允许误差为 $\pm 1.0\% \text{FS}$ 或者为测量点的 $\pm 2\%$, 依据后者, 区间内服从均匀分布, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 由此引入的标准不确定度:

$$u(d_2) = \frac{a(d_2)}{k} = \frac{0.02 * 0.432}{\sqrt{3}} = 0.0049 \text{ ppm}$$

两个分量互不相关, 其合成标准不确定度为:

$$u(C_i) = \sqrt{u^2(d_1) + u^2(d_2)} = \sqrt{0.0225^2 + 0.0049^2} = 0.023 \text{ ppm}$$

稀释排气中污染物校正浓度 C_i 的相对标准不确定度为:

$$u_r(C_i) = \frac{u(C_i)}{C_i} = \frac{0.023}{0.432} = 0.053$$

C.4.4 自变量 Z 的相对标准不确定度 $u_r(Z)$

根据说明书, 绝对湿度 H 的测量最大允许误差为 $\pm 5\%$, 绝对湿度的变化为 $\pm 7.754 * 0.05 = \pm 0.388 \text{ g/kg}$. 区间内服从均匀分布, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 区间半宽为 0.388 g/kg , 由此引入的标准不确定度:

$$u(H) = \frac{a(H)}{k} = \frac{0.388}{\sqrt{3}} = 0.224 \text{ g/kg}$$

$$u(Z) = \frac{\partial Z}{\partial H} * u(H) = \sqrt{(-0.0329)^2 * 0.224^2} = 0.0074 \text{ g/kg}$$

自变量 Z 的相对标准不确定度 $u_r(Z)$:

$$u_r(Z) = \frac{u(Z)}{Z} = \frac{0.0074}{1 - 0.0329 * (7.754 - 10.71)} = 0.0067$$

C.4.5 车辆试验时的实际行驶距离 d 的相对标准不确定度 $u_r(d)$

根据底盘测功机的说明书, 转鼓速度的最大允许误差为 $\pm 0.11\% \text{FS}$, 实际测试时的最大速度为 50 km/h , 测试时间为 780 s , 则车辆试验时的实际行驶距离的变化为 $\pm 0.0011 * 50 / 3600 * 780 = \pm 0.012 \text{ km}$, 区间内服从均匀分布, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 区间半宽为 0.012 km , 由此引入的标准不确定度:

$$u(d) = \frac{a(d)}{k} = \frac{0.012}{\sqrt{3}} = 0.0069 \text{ km}$$

车辆试验时的实际行驶距离 d 的相对标准不确定度：

$$u_r(d) = \frac{u(d)}{d} = \frac{0.0069}{4.0458} = 0.0017$$

列表给出不确定汇总如下：

表 2 常温下 NO_x 排气污染物排放量的标准不确定度汇总表

序号	不确定度来源	类型	概率分布	包含因子	标准不确定度	
					符号	数值
1	重复测量引入的相对标准不确定度	A	正态	1	$u_r(f_1)$	0.047
2	稀释排气的容积（V _{mix} ）引入的相对标准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u_r(V_{mix})$	0.00173
3	标准气体引入的不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u(d_1)$	0.0225ppm
	分析设备引入的不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u(d_2)$	0.0049ppm
	稀释排气中污染物的校正浓度引入的相对标准不确定度				$u_r(C_i)$	0.053
4	自变量 Z 引入的相对标准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u_r(Z)$	0.0067
5	车辆试验时的实际行驶距离 d 引入的相对标准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u_r(d)$	0.0017

C.5 合成标准不确定度评估

由公式（5）,将所有来源的不确定度值和灵敏系数代入，得到合成相对标准不确定度：

$$u_{cr}(M_{nox}) = \sqrt{[c(f_1)u_r(f_1)]^2 + [c(V_{mix})u_r(V_{mix})]^2 + [c(Ci)u_r(C_i)]^2 + [c(d)u_r(d)]^2 + [c(Z)u_r(Z)]^2} = 0.071$$

本次试验的 $M_{nox} = 0.0234 \text{ g/km}$ ，则常温下 Nox 排气污染物排放量的合成标准不确定度：

$$u_c(M_{nox}) = 0.0234 * 0.071 = 0.002 \text{ g/km}$$

C.6 扩展不确定度评估

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k u_c(M_{\text{nox}}) = 2 \times 0.002 = 0.004 \text{ g/km}$$

C.7 报告检测结果和扩展不确定度

轻型车常温下冷起动后排气污染物排放试验（I 型试验） M_{nox} 的测量结果为 0.023g/km，其扩展不确定度：

$$U = 0.004 \text{ g/km}, \quad k = 2。或者，$$

$$U_{\text{rel}} = 14.2\%, \quad k = 2。$$



附录 D（资料性附录）

前照灯配光性能的不确定度评估实例

D.1 概述

D.1.1 目的

评估前照灯配光性能测量结果的不确定度。

D.1.2 依据文件

GB4599-2007 汽车用灯丝灯泡前照灯

D.1.3 检测仪器、设备

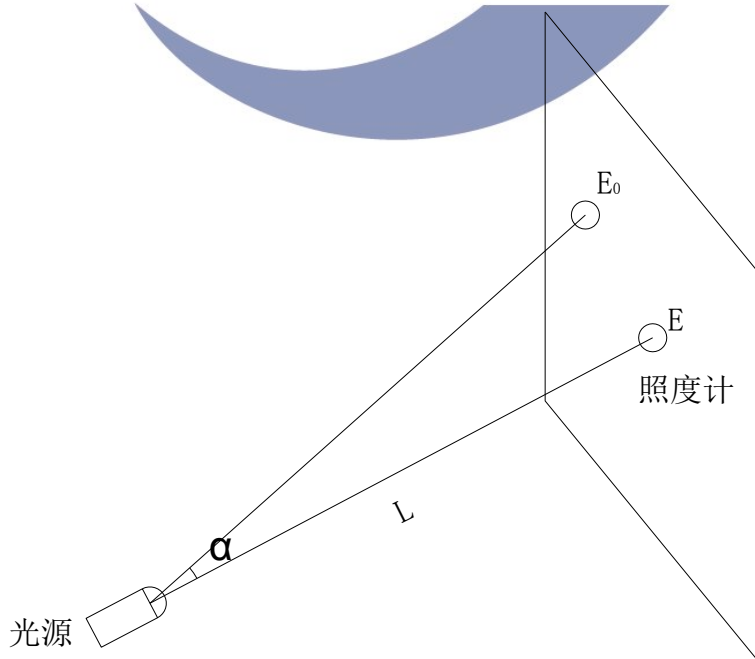
全自动灯具配光分析系统，配光标准灯泡，经检定合格。

D.1.4 检测程序

本次测量不确定度评估过程中选取了某型号的汽车前照灯，以及该前照灯的专用试验夹具，样品进行了 10 次重复测量。每次测量时，把样品连同支架重新安装于试验台上。

D.2 数学模型

根据 GB4599-2007《汽车用灯丝灯泡前照灯》的要求（测量示意图如下）：



在距离样品基准中心点 25 m 的屏幕上测量标准要求的各个测试点上的照度值 E_0 ，但目前国内外几乎所有的配光设备都是固定照度计探头，通过旋转样品来达到

标准的测量要求, 根据光学原理, 照度值与距离平方成反比的原理, 目前的试验方法中探头所得的照度值 E , 与标准所需的最终结果有个 $\cos^2(\alpha)$ 的修正, 另外标准要求的测试方法中, 被测光线是斜射入光学探头, 而目前的试验方法中光线是直射入光学探头, 根据照度计的工作原理又要一次余弦修正, 所以最终结果 $E_0 = \cos^3(\alpha)E$, 另外各个实验室在放置光学探头时, 与理论的 25 m 肯定有一定的误差, 所以有个 $L^2/25^2$ 的修正系数。

$$E_0 = \frac{L^2}{25^2} \cos^3(\alpha)E$$

式中 E_0 —— 被测量点的照度值;

25 —— 转台基准中心至屏幕 HV 点的理论距离 25 m ;

E —— 照度计测得的照度值;

L —— 转台基准中心至屏幕 HV 点的实际距离;

α —— 表示测量点至回转中心的连线和基准轴线的夹角的实际值。

数学模型建立说明:

D.3 灵敏系数

转台基准中心至屏幕 HV 点的实际距离 L 对测量结果的灵敏系数为:

$$c_L = \frac{\partial(E_0)}{\partial(L)} \times \frac{1}{E_0} = 2$$

照度值对测量结果的灵敏系数为:

$$c_E = \frac{\partial(E_0)}{\partial(E)} \times \frac{1}{E_0} = 1$$

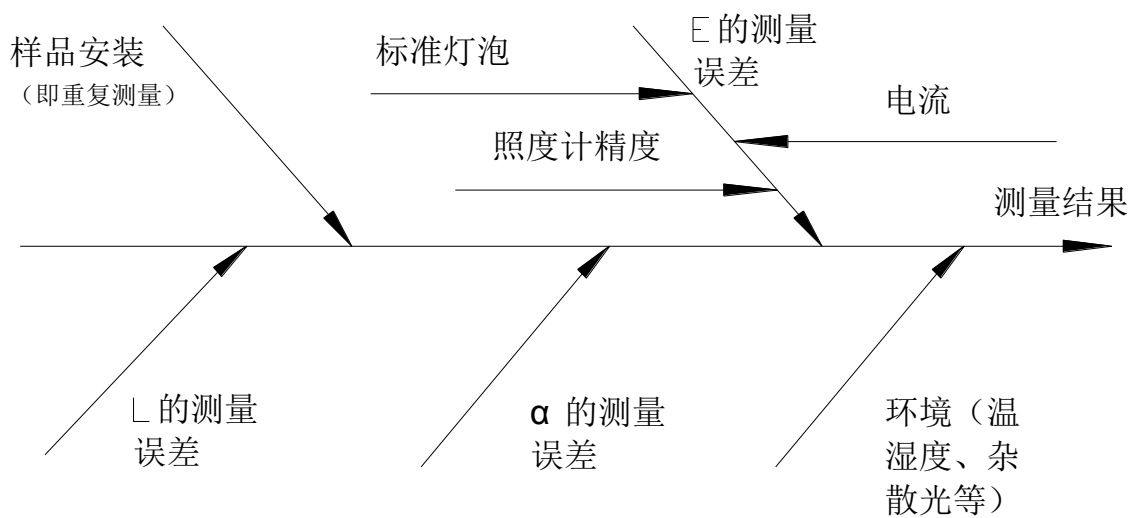
测量点至回转中心的连线和基准轴线的夹角对测量结果的灵敏系数为:

$$c_\alpha = \frac{\partial(E_0)}{\partial(\alpha)} \times \frac{1}{E_0} = -3\tan(\alpha)$$

注: c_α 表示 $u(\alpha)$ 标准不确定度对 $u_{rel}(I)$ 相对标准不确定度的灵敏系数; 当

$H = 9.0^\circ$, $V = 1.72^\circ$ 时, $|c_\alpha|_{\max} = 0.5$ 。

D.4 不确定度的来源



通过对前照灯配光性能测量过程进行分析，影响测量结果的主要因素见上图。其中由于试验人员对样品（含试验夹具）安装带来的影响可以通过 A 类方法进行评估，其他因素可以通过 B 类方法进行评估。所有来源具体如下：

- (1) 重复性测量引入的标准不确定度 u_A ，采用 A 类方法评估；
- (2) 转台基准中心至屏幕 HV 点的实际距离 L 的测量误差引起的不确定度 $u(L)$ ，采用 B 类方法评估；
- (3) 测量点至回转中心的连线和基准轴线的夹角的测量误差引起的不确定度 $u(\alpha)$ ，采用 B 类方法评估；
- (4) 照度值的相对标准不确定度 $u(E)$ ，采用 B 类方法评估；

根据 CNAS 组织开展过的调查分析，环境因素（温湿度、杂散光等）对试验结果带来的影响极小，因此，本次评估不考虑由环境因素对试验结果造成的不确定度。

D.5 标准不确定度评估

D.5.1 标准不确定度 A 类评估

在相同试验条件下，使用相同试验方法对同一样品进行 10 次重复测量，选取特征点 HV 点，其测量结果见下表：

表 1 HV 点测量数据

检验 项目	测量结果									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

HV	0.460	0.459	0.459	0.458	0.456	0.457	0.456	0.460	0.459	0.457
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

表 1 中单次实验标准差使用贝塞尔公式计算：

$$u_A = s = \sqrt{\frac{\sum (E_0 - \overline{E_0})^2}{n-1}} = 0.0016 \text{ lx}$$

$$u_{Arel} = 0.0016 / 0.458 = 0.35\%$$

D.5.2 标准不确定度 B 类评估

D.5.2.1 转台基准中心至屏幕 HV 点的实际距离 L 的测量误差引起的不确定度评估：

主要由激光测距仪的测量精度引起。激光测距仪的分辨力为 0.005 m ，估计其服从均匀分布，则

$$u(L) = \frac{0.005}{2\sqrt{3}} = 0.0014 \text{ m}$$

$$u_{rel}(L) = 0.0014 / 25 = 0.0060\%$$

D.5.2.2 测量点至回转中心的连线和基准轴线的夹角的测量误差引起的不确定度评估：

查阅全自动灯具配光分析系统技术说明书，可得水平转角 H 精度为 0.05° ；垂直转角 V 分辨力为 0.01° ，估计其为均匀分布，则

$$u(V_1) = u(H_1) = \frac{0.01^\circ}{2\sqrt{3}} = 0.0029^\circ$$

在按照调试设备时，确定照度计位置所引起的不确定度为：

$$u(V_3) = u(H_3) = 0.020^\circ$$

计算得 $u(\alpha)_{\max} = 0.020^\circ = 0.00035 \text{ rad}$

D.5.2.3 照度值的相对标准不确定度 $u_{rel}(E)$ 评估：

$$\phi = K_1 I$$

说明：同一灯泡在标称电流附近其电流与光通量成正比， K_1 为该灯泡特有的系数。

$$E = K_2 \phi$$

说明：同一灯具测量屏幕上任何一点的照度与其光源光通量成正比， K_2 为该灯具该点的配光性能系数。

(1) 配光标准灯泡引起的相对标准不确定度 $u_{rel}(E_1)$ 评估：

a. 道路机动车灯丝灯泡测量的相对标准不确定度： $u_{rel}(\phi_1) = 0.66\%$

b. 全自动灯具配光分析系统的电流表准确度引起的光通量相对标准不确定度 $u_{rel}(\phi_2)$ ：

$$u_{rel}(\phi_2) = u_{rel}(I) = \frac{0.02\%}{\sqrt{3}} = 0.012\%$$

$$\text{则 } u_{rel}(\phi) = \sqrt{u_{rel}(\phi_1)^2 + u_{rel}(\phi_2)^2} = 0.66\%$$

$$u_{rel}(E_1) = u_{rel}(\phi) = 0.66\%$$

(2) 照度计的相对不确定度 $u_{rel}(E_2)$ ：

由校准证书中，照度计相对扩展不确定度为 1.5 % ($k = 3$)

$$u_{rel}(E_2) = \frac{1.5\%}{3} = 0.50\%$$

$$\text{则 } u_{rel}(E) = \sqrt{u_{rel}(E_1)^2 + u_{rel}(E_2)^2} = 0.83\%$$

表 2 前照灯配光性能测量的标准不确定度汇总表

序号	标 准 不 确 定 度							
	不确定度来源	类型	分布	包含因子 (ki)	符 号	标准不确 定度	相对不确 定度	灵敏系数
1	测量重复性	A	正态	1	u_A	0.0016 lx	0.35%	1
2	转台基准中心至屏幕 HV 点的实际距离 L 的测量误差引入的标 准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u(L)$	0.0014 m	0.0060 %	2
3	测量点至回转中心的 连线和基准轴线的夹 角的测量误差引起的 不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u(\alpha)$	0.020°	0.00035rad	$-3\tan(\alpha)$

4	照度值的相对标准不确定度	B	正态	3	$u(E)$	/	0.83%	1
---	--------------	---	----	---	--------	---	-------	---

D.6 合成相对标准不确定度

$$u_{c,rel}(E_0) = \sqrt{c_A^2 u_{relA}^2 + c_L^2 u_{rel}(L)^2 + c_\alpha^2 u_{\max}(\alpha)^2 + c_E^2 u_{rel}(E)^2} = 0.90\%$$

D.7 相对扩展不确定度的评估

取 $k = 2$ ，相对扩展不确定度为：

$$U_{rel} = k \times u_{c,rel}(E) = 1.8\%, (k = 2)$$

D.8 报告检测结果和扩展不确定度

本次对该样品进行的配光性能测试结果为：

【示例】 在近光 HV 点的照度值为（试验结果为单次测量值）：

$$E_0 = (0.458 \pm 0.082) \text{ lx}, (k = 2)$$

附录 E（资料性附录）

摩托车加速行驶噪声的不确定度评估实例

E.1 概述

E.1.1 目的

评估摩托车和轻便摩托车加速行驶噪声测量结果的不确定度。

E.1.2 依据文件

GB 16169-2005 摩托车和轻便摩托车加速行驶噪声限值及测量方法

E.1.3 检测仪器、设备

- I 型精密声级计
- I 型声校准器
- 车速测量仪器
- 发动机转速表

E.1.4 检测方法

E.1.4.1 测量环境

测量场地为专用噪声试验场地，以场地中心为基点，半径 50m 内没有大的声反射物，噪声试验场地声场条件、路面符合 GB 16169-2005 附录 B 的要求。

背景噪声至少应比受试车噪声低 10dB（A）。如果背景噪声与被测噪声之差在 10-16dB（A）之间，在数据处理时进行修正。

试验在无雨、无雪的环境条件下进行，风速应不大于 3m/s。

E.1.4.2 测量区域及声级计位置

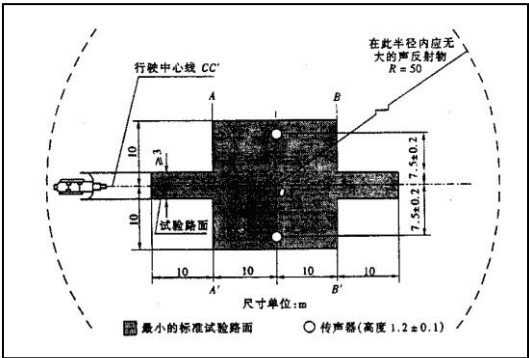


图 1. 加速噪声测量区域

加速噪声测量区域如上图所示，0 点为测量区域的中心，AA’ 线为加速始端线，BB’ 线为加速终端线，CC’ 线为行驶中心线。 声级计传声器应放置在 0 点两侧，传声器头部端面中心离地高 1.2 m±0.1m，各距 CC’ 线 7.5 m±0.2m(沿 CC’ 线的垂

直线测量)。

声级计符合 GB/T3785 对 1 型声级计精度的要求, 每项测量开始和结束时, 都应检查和校准声级计, 要求在未做任何调整的条件下, 后一次校准读数相对前一次校准读数的差值不超过 0.5dB(A)。

E.1.4.3 行驶操作及测量取值

受试车应以规定的档位和稳定车速并使纵向中心平面尽可能沿着场地中心线驶向 AA' 线, 接近 AA' 线时受试车发动机转速和车速的允许误差为 $\pm 3\%$ 。当受试车前端到达 AA' 线时, 将节气门尽快全部打开, 并保持在全开位置, 加速通过 20 米测试区间。每次读取受试车驶过时声级计的最大读数, 同样的测量往返进行, 受试车每侧至少测量 2 次。受试车同侧连续 2 次测量结果之差不应超过 2 dB(A)。

取受试车往返测量每侧各 2 次测量值, 将每次测得的读数减去 1 dB(A) 作为测量结果, 将 4 个测量结果的平均值按照 GB/T 5378 的要求修约到整数位, 作为受试车的加速行驶最大噪声级。

E.2 数学模型

摩托车加速行驶噪声测试结果的计算公式为: $L = (L_{L1} + L_{L2} + L_{R1} + L_{R2}) / 4$

式中: L_{L1} —车辆左侧第 1 个加速通过噪声测量结果, 单位为 dB(A);

L_{L2} —车辆左侧第 2 个加速通过噪声测量结果, 单位为 dB(A);

L_{R1} —车辆右侧第 1 个加速通过噪声测量结果, 单位为 dB(A);

L_{R2} —车辆右侧第 2 个加速通过噪声测量结果, 单位为 dB(A);

E.3 不确定度来源及影响情况分析

E.3.1 不确定度来源

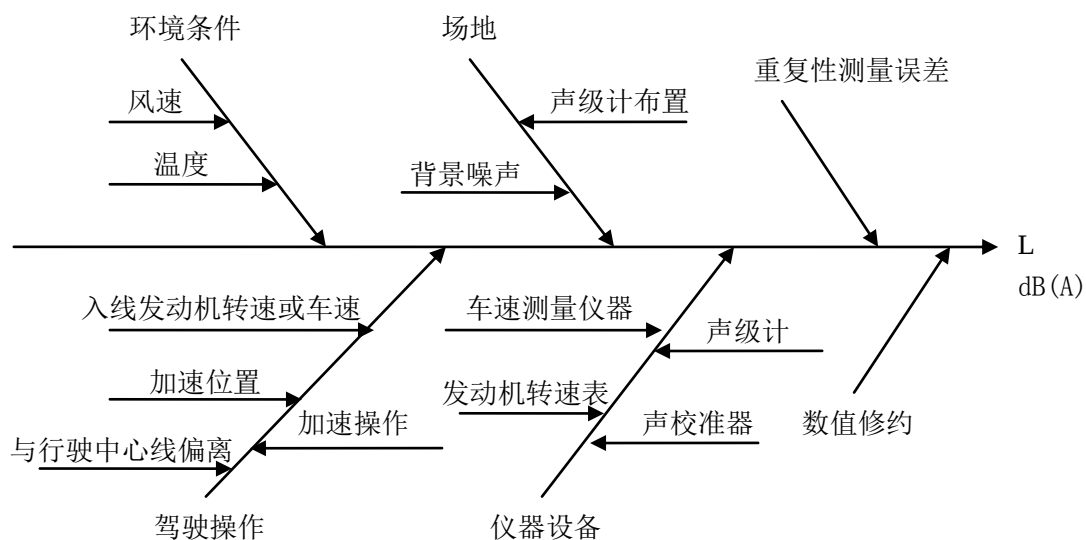


图 1 摩托车加速行驶噪声测量结果不确定度因果关系图

E.3.2 不确定度来源情况分析

- (1) 风的影响
- 加速噪声试验时按照标准要求风速不大于3m/s，测量时通常使用防风罩，测试时采用车辆往返通过测试区间进行测试，保证将风对摩托车加速噪声测试结果影响控制在较小范围内，由于测试时风向等随机因素影响，因此将风对测试结果的影响通过重复性试验包含在A类不确定度中考虑。
- (2) 环境温度的影响
- 试验在无雨、无雪的环境条件下进行，每次测试前采用声校准器对声级计进行校准，减小了声级计器件受环境温度影响造成的测量性能变化。另外声音的传播特性随温度变化较小，因此环境温度对噪声测试结果的影响在不确定度评估中忽略不计。
- (3) 背景噪声的影响
- 加速噪声测试时测试的声压级为车辆噪声与背景噪声的合成声压级。 根据声压级合成计算公式，当背景噪声比车辆噪声低 16dB(A)时，背景噪声对车辆噪声的增加量是 0.1dB(A)。天津摩检所噪声测试场地背景噪声通常低于 42dB(A)，与摩托车加速行驶噪声差值大于 16dB(A)，因此在不确定度评估中背景噪声的影响忽略不计。
- (4) 声级计位置的影响
- 不同车辆最大加速噪声出现在行驶中心线上位置不同，因此将声级计位置的影响通过重复性试验包含在A类不确定度中考虑，每次重复性试验前重新调整声级及位置。
- (5) 驾驶员行驶操作的影响（入线发动机转速或车速、加速位置、与行驶中心线偏离、加速操作等）
- 在加速噪声测试中驾驶员的行驶操作对测量结果影响较大，其中车辆到达AA'线时的发动机转速、车速、加速起始位置、车辆行驶时与中心线偏离、加速操作的快

慢都会对测量结果产生影响。

车辆到达AA' 线时的发动机转速、车速、加速起始位置实际影响的都是车辆的在AA' 线的工况。标准规定对于接近AA' 线时受试车发动机转速和车速的允许误差进行了规定，为±3%，且建立入线车速或发动机转速对声压级影响规律的准确数学模型较困难，因此驾驶员行驶操作的影响将通过重复性试验包含在A类不确定度中考虑。

(6) 声级计允差

采用 I 型声级计，声级计允差的影响将采用 B 类不确定度评估。

(7) 声校准器允差

每次检测前采用声校准器对声级计进行校准，声校准器允差对加速噪声测量结果的影响采用 B 类不确定度评估。

(8) 车速、转速表允差

进行加速噪声测试时车速、转速允差如下：

车速测量示值允差：±0.5%

发动机转速表允差：±0.5%

由于车速、发动机转速允差远小于行驶操作允差±3%，因此在噪声测量不确定度的评估中不考虑车速、发动机转速允差对测试结果的影响。

(9) 数值修约标准不确定度

标准规定将测量结果的平均值按照 GB/T 5378 的要求修约到整数位，对测量结果有较大影响，对其采用 B 类不确定度评估。

E.4 标准不确定度评估

E.4.1 标准不确定度 A 类评估

标准不确定度 A 类评估包含了驾驶操作、环境、声级计位置、车辆等多种随机因素的影响。表 1 为 10 次重复独立测试的测量结果。

表 1 噪声测试结果

次数	行驶 方向	车速 (km/h)		测量结果 dB(A)		减 1dB(A) 后 平均值 dB(A)	测量结果 dB(A)
		入线	出线	左侧	右侧		
1	往	40.3	47.7	74.4	77.1	74.53	75
	返	40.7	47.3	74.2	76.4		
2	往	40.7	48.6	74.8	77.2	74.85	75
	返	40.4	47.2	74.7	76.7		
3	往	40.1	47.4	73.9	76.7	74.43	74
	返	39.8	46.5	74.1	77.0		
4	往	40.3	46.9	73.9	76.3	74.58	75
	返	41.0	48.5	74.8	77.3		

5	往	40.2	47.1	74.4	76.2	74.33	74
	返	40.9	47.2	74.0	76.7		
6	往	40.9	48.2	75.2	77.0	74.70	75
	返	41.2	48.2	73.5	77.1		
7	往	40.9	47.4	74.3	76.5	74.53	75
	返	41.2	47.6	74.3	77.0		
8	往	40.3	46.5	74.0	76.3	74.48	74
	返	41.2	48.4	74.1	77.5		
9	往	39.9	47.0	75.0	77.1	74.78	75
	返	40.9	47.3	74.2	76.8		
10	往	40.7	47.0	75.0	77.1	74.73	75
	返	40.5	47.6	74.4	76.4		

10 次独立观测结果的算术平均值 $\bar{X}$ ：

$$\bar{X} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n x_i = 74.59 \text{dB(A)}$$

由贝塞尔公式得到单次测量实验标准偏差为：

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.17 \text{dB(A)}$$

由于将摩托车左右各两次测量结果的平均值作为单次测量结果，因此测量结果 A 类标准不确定度为：

$$u_1 = s(x) = 0.17 \text{ dB(A)}$$

E.4.2 声级计标准不确定度

I 型声级计误差为 $\pm 0.7 \text{dB(A)}$ ，按均匀分布求得其 B 类标准不确定度：

$$u_2 = \frac{0.7}{\sqrt{3}} = 0.40 \text{ dB(A)}$$

E.4.3 声校准器标准不确定度

I 级声校准器误差为 $\pm 0.3 \text{dB(A)}$ ，按均匀分布求得其 B 类标准不确定度：

$$u_3 = \frac{0.3}{\sqrt{3}} = 0.17 \text{ dB(A)}$$

E.4.4 数值修约标准不确定度，考虑到最大修约间隔为 0.5 dB(A) ，因此

$$u_4 = \frac{0.5}{2\sqrt{3}} = 0.14 \text{ dB(A)}$$

E.4.5 列表给出标准不确定汇总如下：

表 2. 摩托车加速行驶噪声的标准不确定度

序号	来源	评估方式	概率分布	标准不确定度 (dB(A))
1	重复性	A 类评估	正态分布	0.17
2	声级计允差	B 类评估	矩形分布	0.40
3	声校准器允差	B 类评估	矩形分布	0.17
4	数值修约	B 类评估	矩形分布	0.14

E.5 合成标准不确定度

根据不确定度传递与合成理论，摩托车加速行驶噪声测量结果的合成标准不确定度为： $u_c(L) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = (0.17^2 + 0.40^2 + 0.17^2 + 0.14^2)^{\frac{1}{2}} = 0.49 \text{ dB(A)}$

E.6 扩展不确定度评估

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k u_c(L) = 2 \times 0.49 = 0.98 \text{ dB(A)}$$

E.7 报告测量结果和扩展不确定度

本次评估中，摩托车加速行驶噪声测量结果为 $75 \pm 1 \text{ dB(A)}$ ，取 $k=2$ 。

附录 F（资料性附录）

摩托车燃油消耗量测量结果的不确定度评估实例

F.1 概述

F.1.1 目的

评估摩托车燃油消耗量测量结果不确定度。

F.1.2 依据文件

GB15744-2008 摩托车燃油消耗量限值及测量方法

F.1.3 检测仪器、设备

底盘测功机、油耗仪。

F.1.4 检测方法

F.1.4.1 按照 GB15744-2008 标准第 5.1 条准备试验车辆，试验时使用 GB14622-2007 规定的基准燃料。

F.1.4.2 摩托车燃油消耗量的测量需要进行 I 型试验(在常规的驱动循环中测量平均燃油消耗量)和 II 型试验(等速时测量平均燃油消耗量)。I 型试验在底盘测功机上完成，试验测量行驶两个连续的 GB14622-2007 附录 C 所述的运行循环的燃油消耗量；II 型试验在底盘测功机上完成，测量车辆按基准车速行驶时的燃油消耗量。

F.1.4.3 采用流量测量法进行燃油消耗量的测量。

I 型试验测量 3 次完成要求的运行循环燃油消耗量，取平均值作为 I 型试验测得的燃油消耗量；II 型试验测量 4 次基准车速相近车速行驶时的燃油消耗量，按线性插入法计算出 II 型试验测得的燃油消耗量(计算公式简化为取 4 次测量结果的平均值)。

F.2 数学模型

摩托车燃油消耗量测试结果的计算公式为：

$$FC = 0.6 \times FCI + 0.4 \times FCII \quad (1)$$

$$FCI = K \cdot Q \cdot tI / \{nI \cdot (2 \pi r) \cdot tI\} = K \cdot Q / \{nI \cdot (2 \pi r)\} \quad (2)$$

$$FCII = K \cdot Q \cdot tII / \{nII \cdot (2 \pi r) \cdot tII\} = K \cdot Q / \{nII \cdot (2 \pi r)\} \quad (3)$$

将 (2)、(3) 式代入 (1) 式，得

$$FC = 0.6K \cdot Q / \{nI \cdot (2 \pi r)\} + 0.4K \cdot Q / \{nII \cdot (2 \pi r)\}$$

$$= K \cdot Q \cdot (0.6 / nI + 0.4 / nII) / (2 \pi r)$$

(4)

式中：

FCI——I 型试验测得的燃油消耗量，单位为L/100km；

FCII——II 型试验测得的燃油消耗量，单位为L/100km；

K——因各量单位不同引入的换算系数；

Q——油耗仪的流量，单位L/h；

nI—— I 型试验平均转速转鼓转速，单位r/min；

nII—— II 型试验平均转速转鼓转速，单位r/min；

r——转鼓半径，单位m；

tI—— I 型试验的时间，单位s；

tII—— II 型试验的时间，单位 s。

F.3 不确定度来源及影响情况分析

F.3.1 不确定度来源



图 1 摩托车燃油消耗量检验结果不确定度因果关系图

F.3.2 不确定度来源情况分析

F.3.2.1 底盘测功机上的运行循环

依据GB14622-2007标准C. 2规定所有循环中工况的车速均允许有±2km/h的公差。时间允许公差为±0. 5s。由于实际测试运行循环时产生的偏差是车速和时间的复合偏差, 与驾驶员及其操作有关，具有一定的随机性，因此此影响因素通过重复性试验包含在A类不确定度中考虑。

循环行驶距离的测量精度应为±2%，该精度主要由底盘测功机的转鼓转速精度来保证。

F.3.2.2 试验车辆及驾驶员

试验依据GB15744-2008标准第5.1条规定准备试验车辆摩托车, 由于车辆状态及驾驶员情况具有一定的随机性, 因此此影响因素通过重复性试验包含在A类不确定度中考虑。

F.3.2.3 环境条件

试验在GB15744-2008标准要求的标准条件下进行, 由其引入的不确定度可以忽略不考虑。

F.3.2.3 流量测量法用设备

在试验过程中用于测量燃油消耗量的油耗仪可以引入不确定度分量。

F.4 灵敏系数

F.4.1 B类测量不确定度分量灵敏系数的推导

$$c_Q = \frac{\partial(FC)}{\partial(Q)} = \frac{K(0.6n_{II} + 0.4n_I)}{(2\pi) * n_I n_{II}} \quad (5)$$

$$c_{nI} = \frac{\partial(FC_I)}{\partial(n_I)} = -\frac{KQ}{(2\pi) * n_I^2} \quad (6)$$

$$c_{nII} = \frac{\partial(FC_{II})}{\partial(n_{II})} = -\frac{KQ}{(2\pi) * n_{II}^2} \quad (7)$$

由(5)、(6)、(7)三式可得

$$d(FC_Q) = \frac{K(0.6n_{II} + 0.4n_I)}{(2\pi) * n_I n_{II}} d(Q) \text{ 或 } \frac{d(FC_Q)}{FC} = \frac{d(Q)}{Q} \quad (8)$$

$$d(FC_{nI}) = -\frac{KQ}{(2\pi) * n_I^2} d(n) \text{ 或 } \frac{d(FC_{nI})}{FC_I} = -\frac{d(n)}{n} \quad (9)$$

$$d(FC_{nII}) = -\frac{KQ}{(2\pi) * n_{II}^2} d(n) \text{ 或 } \frac{d(FC_{nII})}{FC_{II}} = -\frac{d(n)}{n} \quad (10)$$

F.4.2 各不确定度分量灵敏系数

因 I 型试验与 II 型试验所用底盘测功机相同, 因此转鼓转速 n_I 与 n_{II} 强相关, 其灵敏度系数 $c_n = 0.6c_{nI} + 0.4c_{nII} = 1$ 。

表 1 不确定度分量灵敏系数表

不确定度分项	灵敏系数
$u_{rel}(A)$	1
$u_{rel}(n)$	1
$u_{rel}(Q)$	1

F.5 相对标准不确定度评估

F.5.1 A 类不确定度评估

车辆状态、驾驶员驾驶水平、试验环境条件变化以及测功机阻力设定、速度测量等随机情况引入的不确定度分量可以通过重复性试验加以评估，数据及处理见表 2 所示。

表 2 重复性测量结果及数据处理表

类型	重读性测量结果 L/100km						平均值 L/100k m	实验标 准差 L/100k m	相对标 准差
	1	2	3	4	5	6			
I 型	3.03	2.97	3.00	3.02	2.97	3.04	3.00	0.03	/
II 型	1.59	1.58	1.63	1.68	1.66	1.61	1.63	0.04	/
结果	2.45	2.41	2.45	2.48	2.45	2.47	2.45	0.02	0.81%

F.5.2 B 类不确定度评估

F.5.2.1 底盘测功机转速 n

根据标准 GB14622-2007《摩托车污染物排放限值及测量方法（工况法，中国第三阶段）》要求，底盘测功机转鼓转速允差为±2%，呈矩形分布，其相对不确定度分量为：
$$u_{rn} = \frac{2\%}{\sqrt{3}} = 1.15\%$$

F.5.2.2 油耗仪流量 Q

根据标准 GB15744-2008《摩托车燃油消耗量限值及测量方法》要求，油耗仪流

量的允差为±2%，呈矩形分布，其相对不确定度分量为： $u_Q = \frac{2\%}{\sqrt{3}} = 1.15\%$ 。

F.5.3 不确定度汇总如表 3 所示：

表 3. 摩托车燃油消耗量测量的标准不确定度汇总表

序号	标 准 不 确 定 度						
	不确定度来源	类型	分 布	包含因子 (k_i)	符 号	数值%	灵敏系数
1	重复性	A	正态	1	u_A	0.81	1
2	底盘测功机转 速 n	B	均匀	$\sqrt{3}$	u_n	1.15	1
3	油耗仪流量 Q	B	均匀	$\sqrt{3}$	u_Q	1.15	1

F.6 合成标准不确定度

根据不确定度传递与合成理论，燃油消耗量测量结果的相对不确定度为：

$$\begin{aligned} u_c(FC) &= \sqrt{c_A^2 u_A^2 + c_n^2 u_n^2 + c_Q^2 u_Q^2} \\ &= \sqrt{0.81\% \times 0.81\% + 1.15\% \times 1.15\% + 1.15\% \times 1.15\%} = 1.35\% \end{aligned}$$

F.7 扩展不确定度评估

取包含因子 $k=2$ ，则相对扩展不确定度为：

$$U_c(FC) = k u_c(FC) = 2 \times 1.35\% = 2.70\%$$

F.8 报告检测结果和扩展不确定度

本次评估中，摩托车燃油消耗量按标准修约后结果为 $2.45 \pm 0.07\text{L}/100\text{km}$ ， $k=2$ 。

附录 G（资料性附录）

摩托车工况法 NO_x 排放试验的不确定度评估实例

G.1 概述

G.1.1 目的

评估摩托车工况法 NO_x 排放试验不确定度。

G.1.2 依据文件

GB 14622-2007 摩托车污染物排放限值及测量方法(工况法, 中国第III阶段)。

G.1.3 检测仪器、设备

底盘测功机

排气取样系统

分析设备

气象站

标准气体

G.1.4 测量原理

GB 14622-2007 所控制的有害污染物主要为 3 类, HC 采用氢火焰离子法; CO 采用非分光红外线法; NO_x 为化学发光法。

火焰离子法 (FID) 的工作原理是利用碳氢化合物在氢火焰的 2000℃ 左右高温中燃烧时可离子化成电子和自由离子, 其离子数基本与碳原子数成正比。HC 在氢火焰中分解出的离子在离子吸收极板间的电压作用下形成电子流, 其电流大小代表了样气中碳原子浓度, 因此 FID 检测的结果是样气中的碳原子 ppm 值。

非分光红外线法 (NDIR) 是目前测定 CO 的最好方法, 其工作原理是基于测量气体对特定波长红外线的能量吸收。CO 能吸收波长为 4.5~5.0μm 的红外线, 具有吸收峰值, 样气中 CO 的浓度可通过红外线透过一定长度该气体后的透射能量得到。为了减小其他气体干扰, 在样气室前设置滤波室来过滤掉其他干扰气体所对应的波长。

化学发光法 (CLD) 用于分析排气中的 NO_x, CLD 只能直接测定 NO。样气中和过量臭氧在反应室中混合并发生化学反应, 生成 NO₂, 其中约 10% 左右处于电子激发态, 当激发态的 NO₂ 衰减到基态时发射波长 0.6~3μm 光子, 化学发光强度与 NO 和臭氧浓度乘积成正比, 还与测量条件有关, 但当测量条件不变且臭氧浓度恒定并远高于 NO 浓度时, 化学发光强度与 NO 成正比。而测量 NO_x 实际是测量 NO 和 NO₂ 的总和, 因此在测量前首先要将排气中的 NO₂ 转化成 NO。

市区循环和市郊循环 (发动机排量不小于 150 mL 的两轮摩托车适用) 阶段的污染物分别计算, 之后再根据各自的行驶里程加权成总的污染物排放量, 单位为

g/km。

G.1.5 检测程序

G.1.5.1 车辆驱动轮固定在底盘测功机的转鼓上，非驱动轮固定在地板上。

G.1.5.2 底盘测功机根据车辆整备质量设定阻力。

G.1.5.3 驾驶员按照提示驾驶车辆，完成运转循环。

G.1.5.4 采样系统进行气袋采样。

G.1.5.5 采样完成后对需要的污染物进行分析。

G.1.5.6 结果自动生成。

G.2 影响因素分析及评估方法的确定

G.2.1 影响因素分析

影响排放污染物(I)型试验的因素很多，根据计算公式以及使用经验，确定主要包括：稀释排气的容积、湿度校正系数（对于 NO_x ）、稀释排气中污染物的校正浓度、车辆试验时的实际行驶距离、试验室内大气压力、试验室内干球温度、标定用标准气体、采样系统、分析系统、底盘测功机的阻力设定、追踪风机的冷却风量、驱动轮胎压力、驾驶员驾驶特性以及试验用燃料特性。

稀释排气总容积直接参与结果的计算，由选择的文丘里管流量与测试时间的乘积积分得到，同时需要校正到标准状态 293.2K 和 101.33kPa 下。此校正需要试验室内大气压力、容积泵进口处相对于环境大气压的真空度以及进入容积泵的稀释排气平均温度 3 个参数。由于实际文丘里管流量是实时变化的，同时试验室内大气压力、容积泵进口处相对于环境大气压的真空度以及进入容积泵的稀释排气平均温度也是实时变化的，所以人工分别测量各个参数再进行计算非常复杂，不可行。采样系统一般已经整合，通过测量这些参数，积分计算出结果，直接给出每次测量的 V_{mix} 。

由于 NO_x 易溶于水，所以对于 NO_x 污染物来说，还需要进行湿度校正。此时需要试验室内环境空气的相对湿度，环境温度下饱和蒸气压和室内大气压 3 个参数。这 3 个参数通过经验公式计算出绝对湿度，进而计算出湿度校正系数。实际的气象站通过计算可以直接给出绝对湿度。

稀释排气中污染物的校正浓度直接参与结果的计算，由某种稀释排气的浓度，某种稀释空气（背景气）的浓度和稀释系数计算得出。而稀释系数又是通过取样袋中稀释排气的 CO_2 浓度，HC 浓度和 CO 浓度计算得出。因此，关键因素就归结为稀释排气和稀释空气中的污染物浓度的测量。

车辆试验时的实际行驶距离由底盘测功机通过测量转鼓转速乘以采样时间得到，其误差由两部分构成，一部分是驾驶员的驾驶特性（操作偏差）造成的里程变化（随机误差），另一方面是底盘测功机的测量系统误差造成的里程变化（系统误差）。

根据 GL05 的要求，下列因素对测试结果有影响，但是无法用确切的数学公式

进行表达，所以计入测试结果的重复性引入的不确定度。

试验室内大气压力影响进气量，从而影响发动机燃烧情况，最终影响样车排放。

试验室内干球温度影响进气量、发动机和后处理达到正常工作温度的时间，最终影响样车排放。

采样系统影响 V_{mix} 的测量准确性。

底盘测功机的阻力设定影响试验过程中的车辆的负荷，进而影响样车排放。

追踪风机的冷却风量影响试验过程中的发动机和后处理的温度，进而影响样车排放。

驱动轮胎压力影响试验过程中的车辆的负荷，进而影响样车排放。

驾驶员驾驶特性通过油门、离合器以及制动踏板的使用，影响发动机的燃烧，进而影响样车排放。此外，由于速度误差还间接影响了行驶里程。

试验用燃料特性中影响样车排放的主要是辛烷值、蒸汽压、组分（苯、烯烃和芳烃含量）和硫含量。辛烷值直接影响汽油和空气的混合以及燃烧质量。蒸汽压影响汽油的挥发性，从而影响冷启动特性和发动机燃烧特性。组分影响发动机的燃烧特性。硫含量影响后处理系统的工作效率。

G.2.2 评估方法的确定

G.2.2.1 稀释排气的容积（校正至标准状态 293.2K 和 101.33kPa）

稀释排气总容积的测量受文丘里管流量、试验室内大气压力、容积泵进口处相对于环境大气压的真空度以及进入容积泵的稀释排气平均温度影响，人工分别测量各个参数再进行计算非常复杂，不可行。现在采样系统一般通过测量这些参数，积分计算出结果，直接给出每次测量的稀释排气总容积。

根据排气取样系统的说明书，采用 B 类不确定度进行评价；

G.2.2.2 试验室内绝对湿度

根据气象站的说明书，采用 B 类不确定度进行评价。

G.2.2.3 稀释排气中污染物的校正浓度

分析设备自身的最大允许误差和校准用的标准气体的最大允许误差均影响测试结果，根据分析设备和标准气体的说明书，分别采用 B 类不确定度进行评价，然后再合成为稀释排气中污染物的校正浓度的不确定度。

G.2.2.4 车辆试验时的实际行驶距离

由于车辆的车轮与底盘测功机的转鼓的转速相同，从而通过底盘测功机的速度乘以测试时间就可以得到车辆的实际行驶距离。由于测试时间由计算机程序控制，非常准确，其产生的不确定度可以忽略，只需要确定底盘测功机的速度最大允许误差。根据底盘测功机的使用说明书，采用 B 类不确定度进行评价。

G.2.2.5 测量重复性引入的不确定度

将以上影响因素所产生的重复性因素组合在一起，归入为输出量的重复性因素，不需分别评估各输入量重复性引入的不确定度分量，而是直接评估测量结果的重复性

引入的不确定度分量。

摩托车工况法 NO_x 排气污染物排放量不确定度的因果关系如图 1 所示。

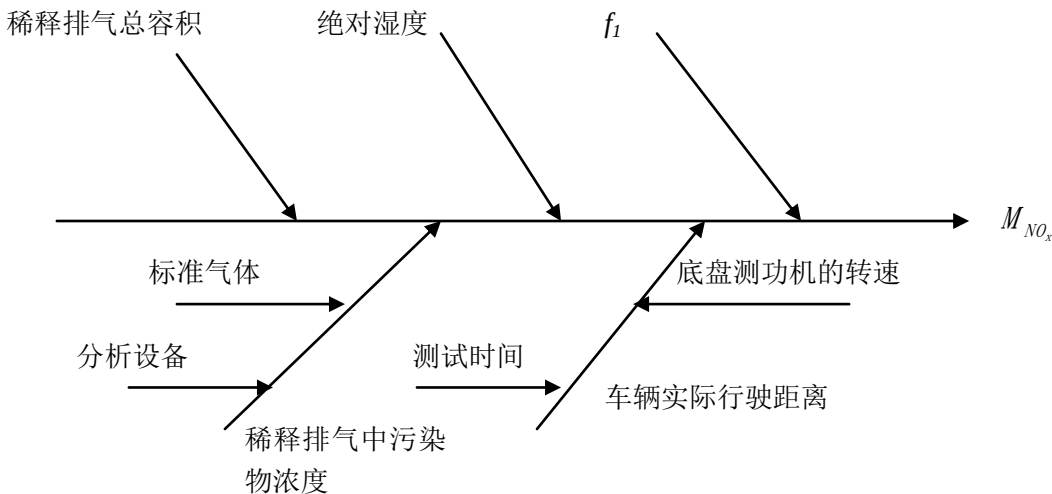


图 1 常温下 NO_x 排气污染物排放量不确定度因果关系图

G.3 数学模型

G.3.1 根据 GB 14622-2007 摩托车污染物排放限值及测量方法(工况法，中国第Ⅲ阶段)中 I 型试验，以 NO_x 为例来说明不确定度的计算。其常温下排气污染物排放量的计算公式如下（这里只计算市区阶段的污染物，市郊阶段的类似）：

$$M_{NO_x} = \frac{1}{S} \times V \times d_{NO_2} \times \frac{NO_{xc} \times K_h}{10^6} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

M_{NO_x} —— 试验中排出的氮氧化物的质量，单位为 g/km；

S —— 行驶距离，单位为 km；

V —— 在温度为 293.2K，大气压力为 101.33kPa 的条件下稀释排气总容积，单位为 m³/测量。按下列公式计算：

$$V = V_0 \times \frac{N \times (P_a - P_i) \times 293.2}{101.33 \times (T_p + 273.2)}$$

式中： V_0 —— 泵P₁一转中排出气体的容积，m³/转，该容积是P₁泵进出口截面积差的函数；

N —— 测量过程中定容泵P₁的总转数；

P_a —— 环境大气压力，单位为kPa；

P_i —— 测量过程中定容泵进口截面处的平均真空度，单位为kPa；

T_p —— 测量过程中定容泵进口截面处的稀释排气的平均温度，单位为℃。

d_{NO_2} —— 排气中氮氧化物的密度，用 NO_2 当量表示，

在温度为 293.2K，大气压力为 101.33kPa 时， $d_{NO_2}=1.913\text{kg/m}^3$ ；

NO_{xc} —— 稀释排气中氮氧化物的容积浓度，单位为 10^{-6} (V/V)。

考虑到稀释空气中的污染物按下列公式进行修正：

$$NO_{xc} = NO_{xe} - NO_{xd} \left(1 - \frac{1}{df}\right)$$

式中：

NO_{xe} —— 收集在 S_a 袋内稀释排气样气中氮氧化物容积浓度，单位为 10^{-6} (V/V)；

NO_{xd} —— 收集在 S_b 袋内稀释空气样气中氮氧化物容积浓度，单位为 10^{-6} (V/V)。

df —— 稀释系数，计算公式如下：

$$\text{对于汽油： } df = \frac{13.4}{C_{CO_2} + (C_{HC} + C_{CO}) \times 10^{-4}}$$

式中：

C_{CO_2} —— 取样袋中稀释排气的 CO_2 浓度，% (V/V)；

C_{HC} —— 取样袋中稀释排气的 HC 浓度， 10^{-6} (V/V)；

C_{CO} —— 取样袋中稀释排气的 CO 浓度， 10^{-6} (V/V)。

K_h —— 湿度修正系数：

$$K_h = \frac{1}{1 - 0.0329 \times (H - 10.7)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中： H —— 绝对湿度，单位为克水/每千克干空气。按下列公式计算：

$$H = \frac{6.2111 \times U \times P_d}{P_a - P_d \times \frac{U}{100}}$$

U —— 相对湿度，以百分数%表示；

P_d —— 试验温度下水的饱和蒸汽压力, 单位为 kPa。

P_a —— 大气压力, 单位为 kPa。

CO、HC 的计算公式为:

$$M_{CO} = \frac{1}{S} \times V \times d_{CO} \times \frac{CO_c}{10^6}$$

$$M_{HC} = \frac{1}{S} \times V \times d_{HC} \times \frac{HC_c}{10^6}$$

计算过程中, 使用的密度数据为:

CO 密度(kg/ m ³)	1.164
CO ₂ 密度(kg/ m ³)	1.83
HC 密度(kg/ m ³)	0.577

G.3.2 考虑上述影响测量不确定度的所有来源, 将公式 (2) 带入公式 (1), 并乘以测量重复性影响因素的修正因子 f_1 ($f_1=1$), 建立数学模型如下:

$$\begin{aligned} M_{NO_x} &= \frac{1}{S} \times V \times d_{NO_2} \times \frac{NO_{xc} \times \frac{1}{1 - 0.0329 \times (H - 10.7)}}{10^6} \dots\dots\dots (3) \\ &= 1.913 \times 10^{-6} \times \frac{1}{S} \times \frac{V \times NO_{xc} \times f_1}{1 - 0.0329 \times (H - 10.7)} \end{aligned}$$

则常温下 NO_x 排气污染物排放量的相对合成标准不确定度为:

$$u_{cr}(M_{NO_x}) = \sqrt{[c(f_1)u_r(f_1)]^2 + [c(V)u_r(V)]^2 + [c(NO_{xc})u_r(NO_{xc})]^2 + [c(S)u_r(S)]^2 + [c(H)u_r(H)]^2} \quad (4)$$

G.3.3 输出量 M_{NO_x} 的不确定来源有 5 个方面:

- (6) 测量重复性引入的相对标准不确定度 $u_r(f_1)$;
- (7) 稀释排气总容积引入的相对标准不确定度 $u_r(V)$;
- (8) 稀释排气中污染物的校正浓度引入的相对标准不确定度 $u_r(NO_{xc})$, 包括 2 个来源: 分析仪和标准气体的影响;
- (9) 车辆试验时的实际行驶距离引入的相对标准不确定度 $u_r(S)$;
- (10) 车辆试验时的实际行驶距离引入的相对标准不确定度 $u_r(H)$ 。

G.3.4 灵敏系数:

$c(f_1)=1$ ， 为重复测量的灵敏系数；

$c(V) = \frac{\partial f}{\partial V} = 1.913 \times 10^{-6} \times \frac{NO_{XC}}{S \times [1 - 0.0329 \times (H - 10.7)]}$ ， 为稀释排气总容积的灵敏系数 ；

$c(NO_{XC}) = \frac{\partial f}{\partial NO_{XC}} = 1.913 \times 10^{-6} \times \frac{V}{S \times [1 - 0.0329 \times (H - 10.7)]}$ ， 为稀释排气中污染物的校正浓度的灵敏系数；

$c(S) = \frac{\partial f}{\partial S} = -1.913 \times 10^{-6} \times \frac{V \times NO_{XC}}{S^2 [1 - 0.0329 \times (H - 10.7)]}$ ， 为车辆试验时的实际行驶距离的灵敏系数；

$c(H) = \frac{\partial f}{\partial H} = \frac{1.913 \times 0.0329 \times 10^{-6} \times V \times NO_{XC}}{S \times [1 - 0.0329 \times (H - 10.7)]^2}$,为绝对湿度的灵敏系数；

G.4 测试结果不确定度的评估

根据 GB 14622-2007 摩托车污染物排放限值及测量方法(工况法，中国第Ⅲ阶段)中的方法对样品进行 4 次测试，与试验结果的不确定度有关的物理量及测试结果如下：

表 1 与试验结果的不确定度有关的物理量及测试结果

序号	V (m ³)	H (g/kg)	S (km)	容积浓度				排放质量			
				CO (ppm)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	NO _x (ppm)	CO (g/km)	CO ₂ (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)
1	60.9870	6.1717	5.9080	94.1340	0.3050	32.4600	3.2370	57.534	1.131	0.193	0.056
2	60.5840	7.5344	5.9050	98.9450	0.3060	35.2790	3.3300	57.505	1.182	0.209	0.059
3	60.6900	8.0893	5.8910	105.4360	0.3050	37.3110	3.3100	57.539	1.264	0.222	0.060
4	60.3920	10.4811	5.9090	88.8740	0.3090	38.2200	3.0100	57.842	1.057	0.225	0.058
均值	60.6633	8.0691	5.9033	96.8473	0.3063	35.8175	3.2218	57.605	1.159	0.212	0.058

$\bar{x}$

表 2 计算后的灵敏系数列表

	CO	HC	NO _x
c(V)=	1.90963E-05	3.5009E-06	9.63062E-07

$c(X_C)=$	1.1962E-05	5.92939E-06	1.81338E-05
$c(S)=$	-0.000196238	-3.59761E-05	-9.89667E-06
$c(H)=$	/	/	1.77302E-06

G.4.1 测量重复性的不重复引入的相对标准不确定度 $u_r(f_1)$

$$\text{测量结果的算术平均值: } \bar{M}_{NOx} = \frac{\sum_{i=1}^4 M_i}{4} = 0.058g / km$$

由于实际测量中只测量 1 次, 所以测量重复性标准不确定度

$$u(f_1) = \frac{u(M_{NOx})}{\sqrt{1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 (M_i - \bar{M})^2}{(4-1) * 1}} = 0.0019g / km$$

测量重复性相对标准不确定度

$$u_r(f_1) = \frac{u(f_1)}{\bar{M}} = \frac{0.0019}{0.058} = 0.0329$$

G.4.2 V 的相对标准不确定度 $u_r(V)$

根据采样系统说明书, 其最大允许误差为 $\pm 0.3\%$, 选用的 CVS 流量为 $3.0m^3/min$, UDC 的测试时间为 $195 \times 6 = 1170s$, 则总采样容积为 $3000 \times 1170 / 60 = 58500L$ 。

总采样容积的变化为 $\pm 58500 \times 0.003 = \pm 175.5L$ 。区间内服从均匀分布, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 区间半宽为 $175.5L$, 由此引入的相对标准不确定度

$$u(V_{mix}) = \frac{a(V_{mix})}{k} = \frac{0.003}{\sqrt{3}} = 0.00173$$

G.4.3 稀释排气中污染物校正浓度 C_i 的相对标准不确定度 $u_r(C_i)$

由两部分合成, 分析设备和标准气体。

标准气体生产厂已经给出氮氧化物 (NO_2) 的浓度为 $79.6ppm$, 相对扩展不确定度为 $0.02rel$, k 取 2, 则标准气体引入的不确定度

$$u_r(d_1) = \frac{0.02}{2} = 0.01$$

分析设备的最大允许误差为 $\pm 2.0\%$, 选用的量程为 $100ppm$, 则分析结果的变化为:

$\pm 0.02 \times 100 = \pm 2ppm$ 。区间内服从均匀分布, 包含因子为 $\sqrt{3}$, 区间半宽为 $2ppm$, 由此引入的标准不确定度

$$u(d_2) = \frac{a(d_2)}{k} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.155$$

两个分量互不相关，其合成标准不确定度为

$$u(C_i) = \sqrt{u^2(d_1) + u^2(d_2)} = \sqrt{0.01^2 + 1.155^2} = 1.155 \text{ ppm}$$

稀释排气中污染物校正浓度 C_i 的相对标准不确定度为

$$u_r(C_i) = \frac{u(C_i)}{C_i} = \frac{1.155}{3.2218} = 0.358$$

G.4.4 绝对湿度 H 的相对标准不确定度 $u_r(H)$

根据说明书，绝对湿度 H 的测量最大允许误差为 $\pm 0.5\%$ ，绝对湿度的变化为 $\pm 8.0691 \times 0.005 = \pm 0.0403 \text{ g/kg}$ 。区间内服从均匀分布，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，区间半宽为 0.0403 g/kg ，由此引入的标准不确定度

$$u(H) = \frac{a(H)}{k} = \frac{0.0403}{\sqrt{3}} = 0.023 \text{ g / kg}$$

绝对湿度 H 的相对标准不确定度

$$u_r(H) = \frac{u(H)}{H} = \frac{0.023}{8.0691} = 0.0029$$

G.4.5 车辆试验时的实际行驶距离 S 的相对标准不确定度 $u_r(S)$

根据底盘测功机的说明书，转鼓速度的最大允许误差为 $\pm 0.2\%$ ，实际测试时的最大速度为 50 km/h ，测试时间为 1170 s ，则车辆试验时的实际行驶距离的变化为 $\pm 0.002 \times 1170 \times 50 / 3600 = \pm 0.0325 \text{ km}$ ，区间内服从均匀分布，包含因子为 $\sqrt{3}$ ，区间半宽为 0.0325 km ，由此引入的标准不确定度

$$u(S) = \frac{a(S)}{k} = \frac{0.0325}{\sqrt{3}} = 0.0188 \text{ km}$$

车辆试验时的实际行驶距离 S 的相对标准不确定度

$$u_r(S) = \frac{u(S)}{S} = \frac{0.0188}{5.9033} = 0.0032$$

列表给出不确定汇总如下：

表 3 常温下 Nox 排气污染物排放量的标准不确定度

序号	不确定度来源	类型	概率分布	包含因子	标准不确定度	
					符号	数值

1	重复测量引入的相对标准不确定度	A	正态	1	$u_r(f_1)$	0.0329
2	稀释排气的容积 (V_{mix}) 引入的相对标准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u_r(V_{mix})$	0.0017
3	标准气体引入的不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u(d_1)$	0.01ppm
	分析设备引入的不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u(d_2)$	1.155ppm
	稀释排气中污染物的校正浓度引入的相对标准不确定度				$u_r(C_i)$	0.358
4	绝对湿度 H 引入的相对标准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u_r(H)$	0.0029
5	车辆试验时的实际行驶距离 S 引入的相对标准不确定度	B	均匀	$\sqrt{3}$	$u_r(S)$	0.0032

G.5 合成标准不确定度评估

由公式 (4), 将所有来源的不确定度值和灵敏系数代入, 得到合成相对标准不确定度

$$\begin{aligned}
 & u_{cr}(M_{nox}) \\
 &= \sqrt{[c(f_1)u_r(f_1)]^2 + [c(V_{mix})u_r(V_{mix})]^2 + [c(C_i)u_r(C_i)]^2 + [c(S)u_r(S)]^2 + [c(H)u_r(H)]^2} \\
 &= 0.0329
 \end{aligned}$$

本次试验的 $M_{nox} = 0.058g / km$, 则常温下 NOx 排气污染物排放量的合成标准不确定度:

$$u_c(M_{nox}) = 0.058 * 0.033 = 0.0019g / km \approx 0.002g / km$$

G.6 扩展不确定度评估

取包含因子 $k=2$, 则 NOx 的扩展不确定度为

$$U_{NOx} = ku_c(M_{nox}) = 2 \times 0.0019 = 0.0038g / km \approx 0.004g / km$$

G.7 报告检测结果和扩展不确定度

NOx 的检验结果为: $0.058g/km$

M_{nox} 的扩展不确定度 $U_{NOx} = 0.004g / km$, 它是由合成标准不确定度

$u_c(M_{nox}) = 0.002g / km$ 乘以包含因子 $k = 2$ 而得到的。