

ICS 17.020

CCS N 50

T/GXAQE

团 体 标 准

T/GXAQE 001-2022

IAG NMS 气体分析仪线性化  
校准核查规范

2022-07-18 发布

2022-07-28 实施

广西质量管理与设备监理 发布



## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由广西质量管理与设备监理协会提出并归口。

本文件起草单位：广西玉柴机器股份有限公司

本文件主要起草人：秦宗力、赵宇、谢正良、苏德贤

# IAG NMS 气体分析仪线性化

## 校准核查规范

### 1 范围

本规范规定了IAG NMS气体分析仪线性化的校准、核查方法。  
本规范适用于IAG NMS气体分析仪线性化的校准、核查。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

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）  
JJG 688 -2017 汽车排放气体测试仪检定规程

### 3 概述

IAG NMS是一种带加热的氨气测量分析系统， 主要由2个气体入口、入口压力调节器和集成的过滤器单元等组成。系统工作原理如下：

IAG NMS气体分析仪采用二极管激光光谱法测量原理。系统使用注射泵从排气中提取探针气体流，探针气体通过入口阀、加热的过滤元件和压力调节器抽吸，压力调节器将入口压力高达300 kPa(可选600 kPa)的气体降压后送入二极管激光分析仪进行分析测量。IAG NMS气体分析仪用于检测探针气体中的氨气浓度及含水量。

### 4 计量特性

4.1 显示分辨力:不大于 0.1 ppm。

#### 4.2 示值误差

IAG NMS 气体分析仪示值误差不超过表 1 规定的最大允许误差。

表 1 IAG NMS 气体分析仪最大允许误差

| 测量气体            | 测量范围           | 最大允许误差 |        |
|-----------------|----------------|--------|--------|
|                 |                | 绝对误差表示 | 相对误差表示 |
| NH <sub>3</sub> | (0.8~3000) ppm | ±2 ppm | ±3%    |

注：满足最大允许误差两种表示（绝对误差表示、相对误差表示）中的任一要求即可。

### 5 校准核查设备

#### 5.1 计量标准装置：

5.1.1 气体分割器：不确定度1.0%；

5.1.2 标准气体：纯氮气，氨气和氮气组成的混合气（氨气浓度不确定度为2.0%）。

## 5.2 核查标准装置：

与5.1计量标准装置相同。

## 6 校准核查条件

6.1 IAG NMS 气体分析仪线性化的校准核查应在下列条件下进行：

6.1.1 环境温度：（5~40）℃；

6.1.2 环境压力：（90~110）kPa；

6.1.3 环境湿度：（5~80）%RH；

6.1.4 标准气供给压力：（350~400）kPa；

6.1.5 压缩空气供给压力：（250~300）kPa；

6.1.6 所使用的气体分割器和标准气体应经校准和检验合格，并在有效期内；

6.1.7 校准核查应在无影响测量的污染、振动、电磁干扰的环境下进行。

## 7 判定依据

7.1 IAG NMS气体分析仪（以下简称氨气分析仪）线性化的计量要求：

依据 GB 17691 重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）CH. 4.2.2 的要求，取零点、满量程点和其它 13 个线性分割点共 15 个点为校准/核查点（不必均匀分割，可根据实际测量范围适当选取，但要求 100 ppm 以下至少取 3 个点，线性修正时则要求均匀分割），各点的测量值和设定值的相对误差或示值误差应满足： $\leq \pm 3\% \text{ of ref. or } \leq \pm 2\text{ppm}$ 。

7.2 测量结果的线性度还应满足下列指标：

截距 $\leq 0.5\% \text{ max}$ ， $0.99 \leq \text{斜率} \leq 1.01$ ，估计的标准误差 $\leq 1\% \text{ max}$ ，相关系数的平方 $\geq 0.998$ 。

7.3 误差结果的合格判定规则：

误差结果的合格判定规则参照附录 B。如判定为不合格，应进行两点标定或线性化修正或维修，并再次校准/核查。

7.4 误差计算公式为：

示值误差=测量值-设定值，相对误差=（测得值-设定值）÷设定值×100%。

## 8 校准核查程序

8.1 将氨气分析仪切换到 Standby 状态，预热至正常工作状态，将所用的标准气输出压力均调为（350~400）kPa。然后给 NH<sub>3</sub> 分析单元依次通零气和量距气，并标定好，要求无报警信息。

8.2 连接好气体分割器（如 AVL GDU），GDU 上电后须热机半小时以上。将各标准气气管接头接入 GDU 对应位置的接口（注意分辨 GDU 的进、出气口），将经 GDU 分割后的标准气从出口“Cal Out”通到 NH<sub>3</sub> 分析单元的测量取样口。

8.3 进入氨气分析仪操作主界面，选则菜单“EPA Par. 1065”，然后点击“Linearity Verification Par. 1065-307”，按照图 1 所示进行 GDU 类别、分割点数等设置，分别输入气体分割器的“IP-Address”和“Port”，例如 IP: 192.168.200.106 和端口 3615（注意：端口必须按 GDU 实际参数进行设置，否则会连接不上），然后点击“Connect”，状态正常则绿灯亮。

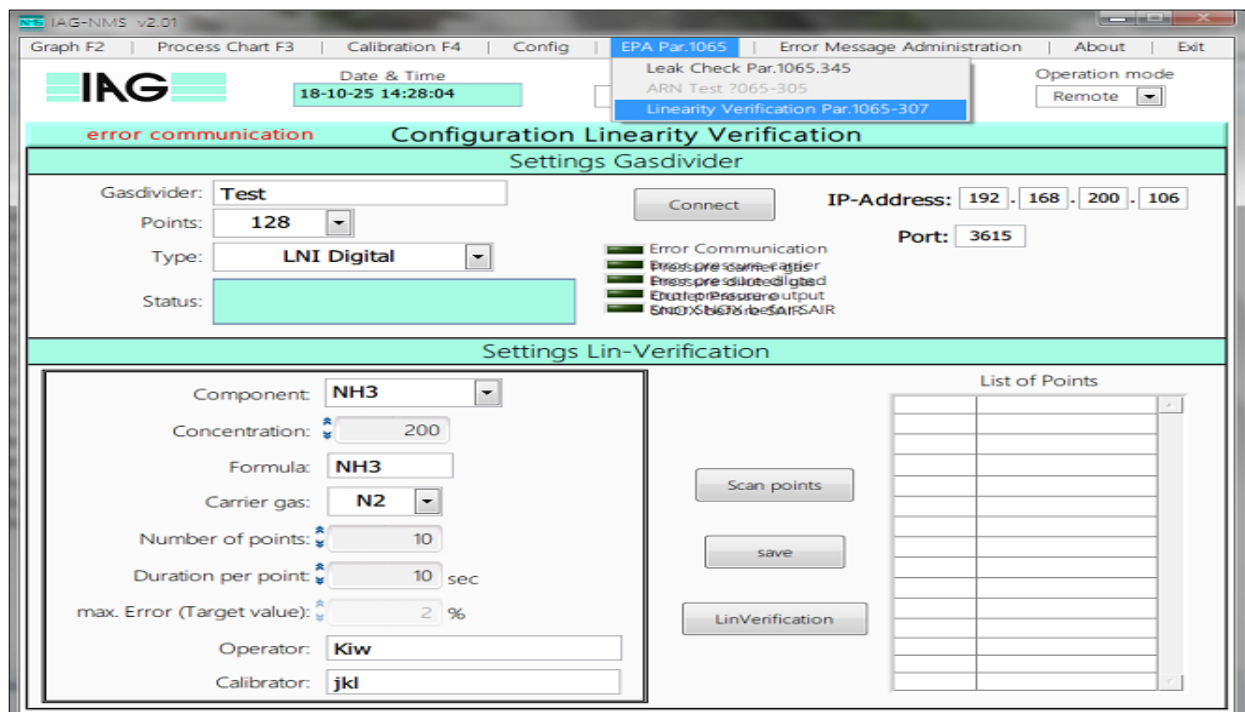


图 1

8.4 线性化校准核查：

8.4.1 手动线性化校准/核查：

8.4.1.1 步骤一：点击“F1 Manual”，点击“F4 System Operator”，在“Code Word”中输入密码 444，点击“F4 Gas Selection”，然后翻页到“F2”找到“NH<sub>3</sub>”，点击“Enter”，输入标准气设定值（如 496.00），最后点击“OK”。如图 2 所示：

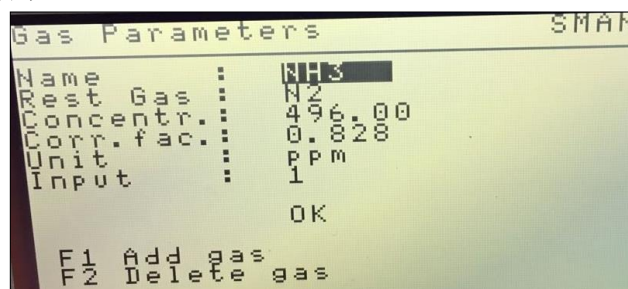


图 2

8.4.1.2 步骤二：回到 GDU 主界面，点击“F1 Manual”，点击“F1 Dilution Step”，在“Step”处从零点开始，依次点击“Enter”，输入所选择的浓度对应的百分比分割点代号（可由 AMA i60 读取，代号的大小由 GDU 能分割的点数而定，例如 00、01、02、03、…、64 依次代表零点、分割点、满量程点，校准核查时零点和满量程点必选），并再次点击“Enter”确认。如图 3 所示：

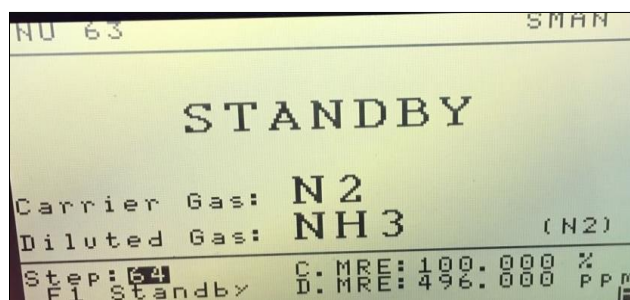


图 3

8.4.1.3 步骤三：点击下方“LinVerification”，在弹窗中选择“Not Connected”后点击“YES”，开始进行手动线性化校准/核查。如图 4 所示：

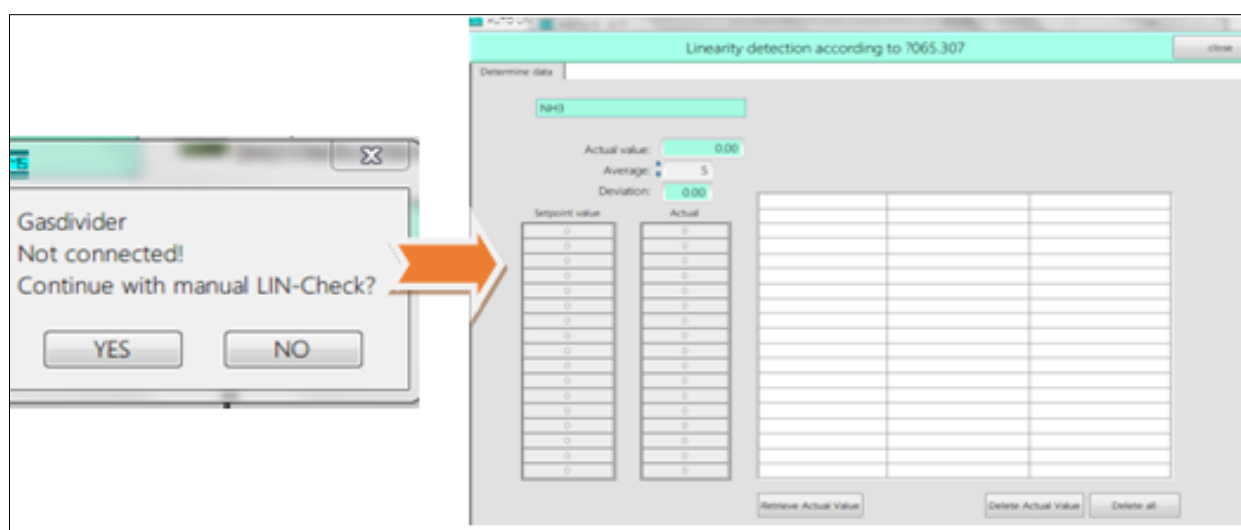


图 4

8.4.1.4 步骤四：在 GDU “Step” 处输入分割点代号，确认 GDU 可以正常输出分割后的标准气体，将氨气分析仪置于“Measure”测量状态，将分割后的气体浓度设定值写入“SetPoint Value”，通气测量的时间一般为 180s，然后点击“Retrieve Actual Value”，记录气体浓度测量值。依次完成 15 个校准/核查点后，再点击“退出”进行保存，数据保存为 TXT 文本，文件默认路径在 Ftp://192.168.14.33/C。

8.4.2 自动线性化校准/核查：氨气分析仪软件升级至 V3 版本后，可进行自动线性化校准/核查，如 6.3 所述连接好 GDU，进行线性化校准/核查设置，按序完成线性化校准/核查。

8.5 线性化校准/核查完成后，记录各点的测量值，如果各点的误差结果和线性度满足判定依据，则为合格，校准/核查结束。

8.6 如果误差结果不合格，则应进行检修、保养或线性修正，具体如下所述：

8.6.1 首先检查气体供应压力是否符合要求，量距气浓度是否正确，注意“Pressure Cell”一般为  $(970 \pm 5)$  mbar。如果上述没有问题，则对设备进行反吹等保养，或进行线性修正，如图 5 所示：



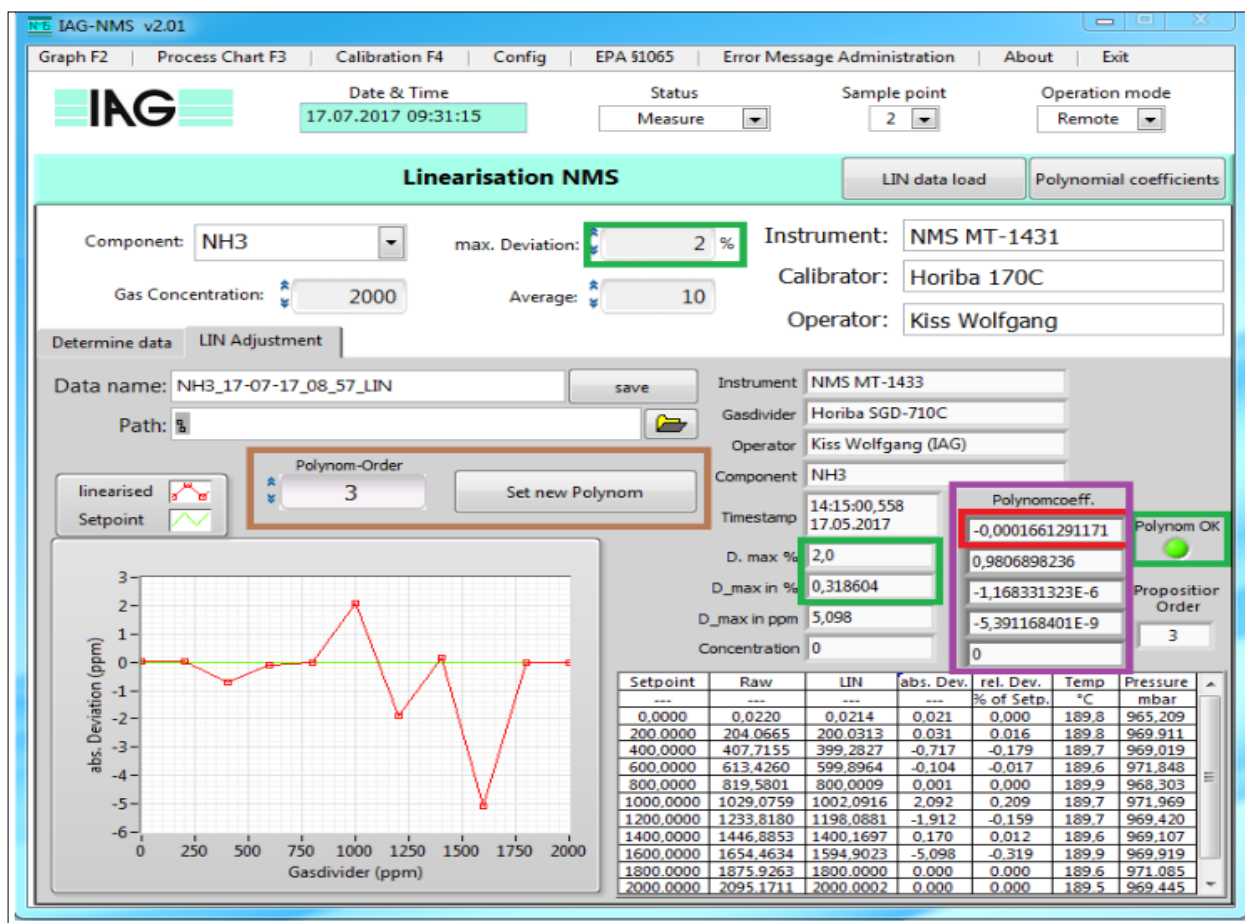


图 7

## 9 校准核查管理

9.1 IAG NMS 气体分析仪线性化的校准核查结果应按照附录 A 格式做好记录，校准不确定度评估应按照附录 B 进行。

9.2 经校准合格后发给准用证；校准核查记录走流程进行审核，包括：数据的准确性，误差结果是否满足设备计量要求。

9.3 校准周期为 12 个月，核查频次为 1 次/ 3 个月，在设备维修后或环境状态变化可能影响测量结果准确性时，应立即校准。

附 录 A  
(规范性附录)

IAG NMS 气体分析仪线性化校准核查记录

| IAG NMS 气体分析仪线性化校准核查记录表   |      |            |             |            |        |
|---------------------------|------|------------|-------------|------------|--------|
| 记录编号: T/GXAQE 002-01-2018 |      |            |             | 版本: 1.0    |        |
| 设备名称                      |      | 管理编号       |             | 使用地点       |        |
| 型号规格                      |      | 出厂编号       |             | 测量精度       |        |
| 环境温度 (°C)                 |      | 环境压力 (kPa) |             | 环境湿度 (%RH) |        |
| 标准器具名称                    | 型号规格 | 标准器具编号     | 不确定度或最大允许误差 | 证书编号       | 证书有效日期 |
|                           |      |            |             |            |        |
|                           |      |            |             |            |        |
| 校准/核查人员                   |      | 核验人员       |             | 校准/核查日期    |        |

\_\_\_\_\_ 分析仪数据

量距气设定值: \_\_\_\_\_ ppm

量距气测得值: \_\_\_\_\_ ppm

| 序号     | 设定值 (ppm)                      | 测量值 (ppm) | 示值误差 (ppm) | 相对误差 (%)                       | 最大允许误差                                                         | 结论 |
|--------|--------------------------------|-----------|------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------|----|
| 1      |                                |           |            |                                | $\leq \pm 3\% \text{ of ref.}$<br>or<br>$\leq \pm 2\text{ppm}$ |    |
| 2      |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 3      |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 4      |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 5      |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 6      |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 7      |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 8      |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 9      |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 10     |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 11     |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 12     |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 13     |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 14     |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 15     |                                |           |            |                                |                                                                |    |
| 线性度计算值 | 截距 $\min(a_1 - 1) + a_0$ (ppm) |           | 限值         | $\leq 0.5\% \text{ max (ppm)}$ |                                                                |    |
|        | 斜率 $a_1$                       |           |            | $0.99 \sim 1.01$               |                                                                |    |
|        | 估计的标准误差 SEE (ppm)              |           |            | $\leq 1\% \text{ max (ppm)}$   |                                                                |    |
|        | 相关系数的平方 $r^2$                  |           |            | $\geq 0.998$                   |                                                                |    |

## 附录 B (规范性附录)

### IAG NMS 气体分析仪线性化校准不确定度评估

#### B.1 测量方法

用气体分割器连接 IAG NMS 气体分析仪，对氨气分析单元进行两点标定和线性化校准，由系统自动输出线性化校准误差结果。其原理是通过计算各校准点气体浓度测量值和设定值的相对误差，是否在允许误差范围内，判断气体分析仪的线性化是否满足计量要求。

由于气体分割器在正常校准环境下对测量性能的影响小至可以忽略不计，因此在评估中不考虑外来环境温湿度因素的影响。

#### B.2 评估模型

##### B.2.1 数学公式

相对误差：

$$\gamma = \frac{(C - C_s)}{C_s} \times 100$$

式中：

$\gamma$  —— 校准结果的相对误差，单位 %；

$C$  —— 气体分析仪各校准点气体浓度测量值，用 ppm 表示；

$C_s$  —— 气体分析仪各校准点气体浓度设定值，用 ppm 表示。

##### B.2.2 方差

$$u_{\text{crel}}^2 = c^2(C) \times u^2(C) + c^2(C_s) \times u^2(C_s)$$

##### B.2.3 灵敏系数

$$c(C) = \frac{\partial \gamma}{\partial C} = \frac{100}{C_s}; \quad c(C_s) = \frac{\partial \gamma}{\partial C_s} = -\frac{100C}{C_s^2}$$

#### B.3 不确定度来源

**B.3.1** 由于各校准点的气体浓度测量值是由测量软件后台取读数稳定后的一小段时间内测量值的平均值通过修约得到的，是一个不会再变化的固定示值，因此气体分析仪重复性测量引入的标准不确定度分量  $u(C_1)$  为 0，（A 类）。测量系统中不确定度主要来源于标准气浓度定值误差。

**B.3.2** 气体分析仪测量值读数分辨率引入的标准不确定度分量  $u(C_2)$ ，（B 类）。

**B.3.3** 标准气浓度定值误差引入的标准不确定度分量  $u(C_{S1})$ ，（B 类）。

**B.3.4** 由于标准气经过气体分割器后要先进行两点标定，可减少由于气体分子吸附导致的极微小误差，因此标准气经过气体分割器处理后浓度值变化引入的标准不确定度分量  $u(C_{S2})$  也可认为 0，（B 类）。

B.3.5 由于各分割点的气体浓度设定值是通过标准气定值浓度按分割比例计算并修约得到, 根据实际测量的结果统计, 其误差均小于 0.01 ppm, 可以忽略不计, 因此各分割点气体浓度设定值修约引入的标准不确定度分量  $u(C_{S3})$  也可认为 0, (B 类)。

#### B.4 标准不确定度分量的评估

##### B.4.1 $u(C)$ 的评估

$u(C)$  由  $u(C_1)$  和  $u(C_2)$  这两项分量合成, 彼此不相关, 则

$$u(C) = \sqrt{u^2(C_1) + u^2(C_2)} = u(C_2)$$

由于气体浓度测量数据是由取平均值后的万分位浮点数修约而来, 根据经验, 气体分析仪读数分辨率引入的标准不确定度分量  $u(C_2)$  小到可以忽略不计, 可认为  $u(C_2)$  也为 0, 则

$$u(C) = 0 \text{ ppm}$$

##### B.4.2 $u(C_s)$ 的评估

$u(C_s)$  由  $u(C_{S1})$ 、 $u(C_{S2})$  和  $u(C_{S3})$  这三项分量合成, 彼此不相关, 则

$$u(C_s) = \sqrt{u^2(C_{S1}) + u^2(C_{S2}) + u^2(C_{S3})} = u(C_{S1})$$

以某瓶  $\text{NH}_3$  标准气为例, 定值浓度标准值为 498.000 ppm, 取某点进行测量, 得到该点的气体浓度设定值为 472.000 ppm, 气体浓度测量值为 470.848 ppm, 即  $C_s = 472.000 \text{ ppm}$ ,  $C = 470.848 \text{ ppm}$ 。

标准物质证书上注明不确定度是 2%, 包含因子  $k=2$ , 包含概率约 95%, 则其半宽度  $\alpha = 2\% \times C_s$ , 因此可得

$$u(C_s) = u(C_{S1}) = \frac{2\% \times C_s}{2} = 0.01 C_s = 4.7200 \text{ ppm}$$

$$c(C) = \frac{\partial \gamma}{\partial C} = \frac{100}{C_s} \approx 0.2119 [\text{ppm}]^{-1}$$

$$c(C_s) = \frac{\partial \gamma}{\partial C_s} = -\frac{100C}{C_s^2} \approx -0.2113 [\text{ppm}]^{-1}$$

#### B.5 标准不确定度分量汇总

各标准不确定度分量汇总如表 2, 标准不确定度值单位 ppm, 灵敏系数单位  $[\text{ppm}]^{-1}$ 。

表 2

| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度值 | 灵敏系数 $c_i$ | $ c_i  u(x_i)$ |
|----------|--------|---------|------------|----------------|
| $u(C)$   | 测量重复性  | 0       | 0.2119     | 0              |
| $u(C_s)$ | 标准气误差  | 4.7200  | -0.2113    | 0.9973         |

#### B.6 合成相对标准不确定度计算

各标准不确定度分量没有相关性，合成相对标准不确定度按下式计算：

$$u_{\text{crel}} = \sqrt{c^2(C) \times u^2(C) + c^2(C_s) \times u^2(C_s)} = 0.9973 \approx 1.00 \%$$

### B.7 相对扩展不确定度计算

取包含因子  $k=2$ ，包含概率约 95%，则相对扩展不确定度为

$$U_{\text{rel}} = 2 \times u_{\text{crel}} = 2 \times 1.00\% = 2.00\% \approx 2.0\%$$

### B.8 不确定度评估结论

用本规范对 IAG NMS 气体分析仪线性化进行校准，所得各点的误差结果的相对扩展不确定度为  $U_{\text{rel}} = 2.0\%$ ，包含概率约 95 %。

而 IAG NMS 气体分析仪线性化的计量要求为：  $| \text{MPE} | \leq 3.0\%$ ，由此可知各点的误差结果的相对扩展不确定度  $U_{\text{rel}}$  大于计量要求 MPEV 的 1/3，合格与否的判定还必须考虑测量不确定度因素的影响，应按以下方法进行判定：

当各点的校准结果的最大相对误差  $\gamma$  的绝对值与各点的相对扩展不确定度  $U_{\text{rel}}$  满足下式条件时，为合格，否则为不合格：

$$|\gamma| + U_{\text{rel}} \leq | \text{MPE} |$$


---