

黑龙江省地方计量技术规范

JJF（黑）XXX—2025

气相分子吸收光谱仪校准规范

Calibration Specification for Gas-Phase Molecular

Absorption Spectrometers

（审定稿）

20××—××—××发布

20××—××—××实施

黑龙江省市场监督管理局 发布

气相分子吸收光谱仪 校准规范

Calibration Specification for Gas-phase
Molecular Absorption Spectrometers

JJF (黑) XX—2025

归口单位：黑龙江省市场监督管理局

主要起草单位：黑龙江省计量检定测试研究院

参加起草单位：黑龙江省绥化生态环境监测中心

黑龙江省大庆生态环境监测中心

本规范委托黑龙江省计量检定测试研究院负责解释

本规范主要起草人：

吴辰虢（黑龙江省计量检定测试研究院）
温东亮（黑龙江省绥化生态环境监测中心）
连 东（黑龙江省大庆生态环境监测中心）
张婷婷（黑龙江省绥化生态环境监测中心）
迟彧靓（黑龙江省计量检定测试研究院）
原 赫（黑龙江省计量检定测试研究院）
巴彩一（黑龙江省计量检定测试研究院）

参加起草人：

李 莹（黑龙江省计量检定测试研究院）
卢炳瑄（黑龙江省计量检定测试研究院）
于志鹏（黑龙江省计量检定测试研究院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 标准器及其他设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 基线稳定性	(2)
6.2 测量线性	(3)
6.3 检测限	(3)
6.4 示值误差	(3)
6.5 测量重复性	(4)
7 校准结果表达	(4)
7.1 校准记录	(4)
7.2 校准结果的处理	(4)
8 复校时间间隔	(5)
附录 A 各成分系列标准溶液浓度	(6)
附录 B 工作曲线斜率、截距和相关系数的计算	(7)
附录 C 气相分子吸收光谱仪校准记录格式 (推荐性)	(8)
附录 D 气相分子吸收光谱仪校准证书内页格式 (推荐性)	(9)
附录 E 气相分子吸收光谱仪氨氮检出限校准结果不确定度评定示例	(11)
附录 F 气相分子吸收光谱仪氨氮示值误差校准结果不确定度评定示例	(14)

引 言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范主要参考了 GB/T 6682 《分析实验室用水规格和试验方法》、GB/T 42027—2022《气相分子吸收光谱仪》的相关内容。

本规范为首次发布。

气相分子吸收光谱仪校准规范

1 范围

本规范适用于气相分子吸收光谱仪的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 42027—2022 气相分子吸收光谱仪

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本规范。

3 概述

气相分子吸收光谱仪（以下简称仪器）是采用气相分子吸收光谱法进行水质定量分析的仪器，主要用于测定水中硫化物、总氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮等含量。其工作原理是将被测组分通过化学反应转化为对应的气相分子，气相分子的浓度一定范围内其特征吸收波长下的吸光度呈线性关系，依据朗伯-比尔定律通过测定吸光度实现对被测组分的定量分析。

气相分子吸收光谱仪主要由进样系统、反应系统、光学系统、检测系统和数据处理系统等部分组成。

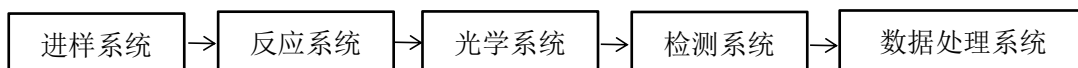


图 1 气相分子吸收光谱仪结构示意图

4 计量特性

气相分子吸收光谱仪的计量特性技术指标见表 1。

表 1 计量特性技术指标

序号	校准项目	技术指标	
1	基线稳定性	基线瞬时噪声吸光度不大于 0.0005	
		基线漂移吸光度不超过 $\pm 0.001/30\text{ min}$	
2	测量线性	相关系数 $r \geq 0.999$	
3	检出限	测量成分	检出限/(mg/L)
		氨氮	0.020
		亚硝酸盐氮	0.003
		硝酸盐氮	0.006
		总氮	0.050
		硫化物	0.005
4	示值误差	不超过 $\pm 5\%$	
5	测量重复性	$\leq 2\%$	
注：以上技术指标不用于合格性判定，仅供参考。			

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度： $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 相对湿度： $\leq 75\%$ 。

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

5.1.3 其他条件：无影响仪器使用的振动和电磁干扰，室内无强腐蚀性气体，且有良好的通风装置。

5.2 标准器及其他设备

5.2.1 标准物质

采用国家计量行政部门批准的有证标准物质。如水中氨氮、水中亚硝酸盐氮、水中硝酸盐氮、水中总氮标准物质，相对不确定度不大于 $2\% (k=2)$ ；硫化物溶液国家标准物质，相对不确定度不大于 $3\% (k=2)$ 。

5.2.2 单标线吸量管、单标线容量瓶：准确度等级 A 级。

5.2.3 实验用水：满足 GB/T 6682 中一级水的要求。

6 校准项目和校准方法

6.1 基线稳定性

将仪器各参数调整至正常工作状态并充分预热，待仪器预热完成后，用纯水冲洗管

路，调节参考零点使测量吸光度归零，连续采集 30min 吸光度图谱，最大瞬时噪声(峰-峰值)即为基线噪声，吸光度的最大值与最小值之差即为基线漂移。

6.2 测量线性

将仪器各参数调整至正常工作状态，根据仪器反应模块选取被测组分的系列标准溶液（见附录 A.1），绘制标准曲线的系列标准溶液（包含零点）不少于 6 种，浓度由低到高，依次对每一浓度点吸光度值进行三次测量，按附录 B 中的计算方法求出校准曲线的相关系数 r 及工作曲线斜率 b 。

6.3 检出限

按照 6.2 的测量条件，选取附录 A.2 中对应组分的溶液，对其重复测量 11 次，记录仪器测得值，按照式（1）和式（2）计算仪器的检出限 DL。

$$DL=3s \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}{n-1}} \quad (2)$$

式中：

s ——标准偏差；

c_i ——第 i 次测量的测得值，mg/L；

$\bar{c}$ ——测得值的算术平均值，mg/L；

n ——测量次数。

6.4 示值误差

按照 6.2 的测量条件，选择标准溶液的浓度介于附录 A 中标准溶液的最高浓度与最低浓度之间，连续进行 3 次测量，记录仪器测得值，示值误差按公式（3）进行计算。

$$\Delta c = \frac{\bar{c} - c_s}{c_s} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

Δc ——测量结果的示值误差；

$\bar{c}$ ——3 次测量浓度值的算数平均值，mg/L；

c_s ——标准溶液的浓度值，mg/L。

6.5 测量重复性

按照 6.2 的测量条件, 对附录 A 中对应组分的标准溶液 ρ_4 , 连续进行 7 次测量, 记录仪器测得值, 用相对标准偏差表示重复性, 按公式 (4) 进行计算。

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}{n-1}} \times \frac{1}{\bar{c}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

s_r ——仪器的相对标准偏差;

c_i ——第 i 次测量的浓度值, mg/L;

$\bar{c}$ —— n 次测量浓度值的算数平均值, mg/L;

n ——测量次数。

7 校准结果表达

7.1 校准记录

校准记录推荐格式参见附录 C。

7.2 校准结果的处理

校准证书由封面和校准数据组成。校准证书内页推荐格式见附录 D。证书上的信息至少包括以下内容:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点(如果与实验室地点不同);
- d) 证书的唯一性标识(如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校仪器的描述和明确标识(如型号、产品编号等);
- g) 进行校准的日期;
- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称和代号;
- i) 校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及其测量不确定度说明;
- l) 校准员及核验员的签名;
- m) 校准证书批准人的签名、职务或等效说明;

- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明;
- p) 对校准规范的偏离的说明。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔不超过12个月。

由于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

测试用标准溶液制备和浓度

A.1 不同组分线性范围标准溶液制备和参考浓度

使用 $c(\text{NH}_4^+-\text{N})=100\text{mg/L}$ 的氨氮贮备液来配置相应浓度标准使用液，使用1.00mL单标线吸量管准确移取氨氮贮备液液至100mL容量瓶中并定容，得到浓度为1.00mg/L的氨氮贮备液。再用10mL的单标线吸量管准确移取1.00mg/L氨氮贮备液液至100mL容量瓶中并定容，得到浓度为0.10mg/L的氨氮标准使用液。按照同样的方法，分别制备0.20mg/L，0.50mg/L，1.00mg/L，2.00mg/L的氨氮标准使用液。

表A.1 不同组分线性范围标准溶液浓度

测量成分	标准溶液浓度/(mg/L)					
	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
氨氮	0.00	0.10	0.20	0.50	1.00	2.00
硫化物	0.00	0.25	0.50	1.00	2.50	5.00
亚硝酸盐氮	0.00	0.10	0.20	0.50	1.00	2.00
硝酸盐氮	0.00	0.20	0.40	0.80	2.00	4.00
总氮	0.00	0.20	0.40	0.80	2.00	4.00

A.2 不同组分检出限校准用标准溶液浓度

表A.2 不同组分检出限校准用标准溶液浓度

代表组分	氨氮	硫化物	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	总氮
检出限标准溶液浓度 mg/L	0.050	0.02	0.010	0.020	0.200

附录B

工作曲线斜率、截距和相关系数的计算

(1) 直线方程: $I = a + bc$

(2) 斜率 b : $b = \frac{S_{CI}}{S_{CC}}$

(3) 截距 a : $a = \bar{I} - b\bar{c}$

(4) 相关系数: $r = \frac{S_{CI}}{\sqrt{S_{CC}S_{II}}}$

其中:

$$S_{CC} = \sum c^2 - \frac{(\sum c)^2}{n}$$

$$S_{II} = \sum I^2 - \frac{(\sum I)^2}{n}$$

$$S_{CI} = \sum cI - \frac{\sum c \sum I}{n}$$

上述式中:

I ——响应值;

a ——截距;

b ——斜率;

c ——标准溶液浓度;

r ——相关系数;

c_i ——第 i 点标准溶液浓度;

n ——标准曲线点数;

A_i ——第 i 点标准溶液响应值。

附录C

气相分子吸收光谱仪校准记录格式（推荐性）

委托单位		记录编号	
仪器名称		温 度	
型号规格		相对湿度	
出厂编号		校准依据	
制 造 厂		校准地点	
校准人员		校准日期	
核验人员		备 注	

校准使用的计量标准器具

标准器名称	型号/规格	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	证书编号及 有效期

1. 基线稳定性

基线噪声		基线漂移	最大值： 最小值：
			差值：

2. 测量线性

标准物质名称							
标准溶液浓度 (mg/L)							
仪器吸光度	1						
	2						
	3						
测量值 (mg/L)							
斜率 b				相关系数 r			

3. 检出限

标准物质名称											
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
测量值（mg/L）											
检出限（mg/L）				扩展不确定度（ $k=2$ ）							

4. 示值误差

标准物质名称			浓度 (mg/L)	
测量次数	1	2	3	平均值mg/L
测量值 (mg/L)				
示值误差%			扩展不确定度 ($k=2$)	

5. 重复性

标准物质名称				浓度 (mg/L)			
测量次数	1	2	3	4	5	6	7
测量值 (mg/L)							
平均值 (mg/L)				重复性		%	

附录D

气相分析吸收光谱仪校准证书内页格式（推荐性）

校准项目		测量结果	
基线稳定性	基线噪声		
	基线漂移		
测量线性			
示值误差			扩展不确定度（ $k=2$ ）：
检出限			扩展不确定度（ $k=2$ ）：
测量重复性			

附录E

气相分子吸收光谱仪氨氮检出限校准结果不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 被校仪器：气相分子吸收光谱仪。

E.1.2 测量标准：水中氨氮溶液标准物质，浓度定值不确定度 $100 \mu\text{g/mL}$ ， $U_{\text{rel}} = 2\%(k = 2)$ 。

E.1.3 环境条件：温度： $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： $\leq 75\%$ 。

E.1.4 测量方法：依据本规范中的规定。

E.2 测量模型

$$DL = 3s$$

式中：

DL —— 检出限， mg/L ；

s —— 标准偏差， mg/L 。

检出限的不确定度可由以下公式计算：

$$u(DL) = 3u(s)$$

E.3 不确定度来源分析与计算

E.3.1 不确定度 A 类来源分析与计算

用气相分子吸收光谱仪检测 A.2 水中氨氮空白溶液标准物质，重复测量 11 次，吸光度测量值 0.0512mg/L , 0.0528mg/L , 0.0520mg/L , 0.0506mg/L , 0.0517mg/L , 0.0533mg/L , 0.0525mg/L , 0.0517mg/L , 0.0530mg/L , 0.0518mg/L , 0.0522mg/L ，平均值为 0.0518mg/L ，求得其实验标准偏差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (c_i - \bar{c})^2}{11 - 1}} = 0.0008 \text{ mg/L}$$

检出限为： $DL = 3s = 0.0024\text{mg/L}$

实验标准差其相对标准不确定度的计算公式如下：

$$\frac{u(s)}{s} = \frac{1}{\sqrt{2(n-1)}}$$

$$u_{\text{rel}} = \frac{u(s)}{s} = \frac{1}{\sqrt{2(11-1)}} = 22.3\%$$

E.3.2 不确定度 B 类来源分析与计算

不确定度 B 类主要是由水中氨氮标准物质的定值不确定度及稀释过程引入的，分别记为 $u_{\text{rel}21}$ 和 $u_{\text{rel}22}$ 。

E.3.2.1 水中氨氮溶液标准物质的定值不确定度为 $U_{\text{rel}} = 2\%$ ， $k = 2$ 。

则：
$$u_{\text{rel}21} = \frac{2.0\%}{2} = 1.0\%$$

E.3.2.2 溶液稀释过程引入的不确定度

影响溶液稀释浓度的主要因素是稀释环境温度和稀释使用的量器的误差。

实验室稀释环境温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 玻璃量器体积膨胀系数 $\beta = 9.9 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ ，环境温度变化 2°C 对玻璃量器容量的影响可忽略不计。稀释溶液中溶质体积很小，其对膨胀的影响可以忽略。溶液体积膨胀只考虑溶剂水的影响。 20°C 时水的膨胀系数约为 $0.0018^\circ\text{C}^{-1}$ 。按照均匀分布，温度变化 2°C 引起溶液体积变化的相对标准不确定度：

$$u_{\text{rel}}(V_t) = \frac{2 \times 1.8 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 2.1 \times 10^{-3}$$

表 E.1 水中氨氮溶液标准物质的稀释容器

标准溶液浓度	容量瓶	吸量管
1mg/L	100mL	1mL
0.05mg/L	100mL	5mL

100mL 容量瓶的容量允许误差为 $\pm 0.1\text{mL}$ ，1mL 单标线吸管的容量允许误差为 $\pm 0.007\text{mL}$ ，5mL 单标线吸量管的容量允许误差为 $\pm 0.015\text{mL}$ ，稀释容器输出的实际量值在其最大允许误差范围内服从均匀分布，其半宽区间为允许误差的绝对值，则使用稀释容器引入的相对标准不确定度分别为 0.06%、0.41%、0.18%。

稀释过程中 100mL 容量瓶使用了 2 次，1mL 单标线吸量管使用了 1 次，5mL 单标线吸量管使用了 1 次，则稀释过程引入的标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}22} = \sqrt{2 \times 0.06\%^2 + 1 \times 0.41\%^2 + 0.18\%^2 + 4 \times 0.21\%^2} = 0.6\%$$

由于标准不确定度分量 $u_{\text{rel}21}$ 和 $u_{\text{rel}22}$ 相互独立，求得合成标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}2} = \sqrt{u_{\text{rel}21}^2 + u_{\text{rel}22}^2} = \sqrt{1.0\%^2 + 0.6\%^2} = 1.2\%$$

E.4 合成标准不确定度及扩展不确定度计算

水中氨氮检出限测量结果各分量的标准不确定度汇总表 E.2

表 E.2 不确定度分量的标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度
u_{rel1}	测量方法	22.3%
u_{rel21}	标准物质定值	1.0%
u_{rel22}	标准溶液稀释	0.6%

合成标准不确定度：

$$u(\text{DL}) = u_{\text{crel}} = \sqrt{u_{\text{rel1}}^2 + u_{\text{rel2}}^2} = \sqrt{22.3\%^2 + 1.0\%^2 + 0.6\%^2} = 22\%$$

取 $k=2$ ，求得相对扩展不确定度：

$$U_{\text{rel}} = k \times u_{\text{crel}} = 2 \times 22\% = 44\%$$

检出限的扩展不确定度： $U = U_{\text{rel}} \times \text{DL} = 44\% \times 0.0024\text{mg/L} = 0.0011\text{mg/L}$ 水中氨氮检出限为 $0.0024\text{mg/L} \pm 0.0011\text{mg/L}$ ， $k=2$ 。

附录 F

气相分子吸收光谱仪氨氮示值误差校准结果不确定度评定示例

F.1 概述

F.1.1 被校仪器：气相分子吸收光谱仪。

F.1.2 测量标准：水中氨氮溶液标准物质，浓度定值不确定度 $100 \mu\text{g/mL}$ ， $U_{rel} = 2\%(k = 2)$ 。

F.1.3 环境条件：温度： $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： $\leq 75\%$ 。

F.1.4 测量方法：依据本规范中的规定

F.2 测量模型

$$\Delta c = \frac{\bar{c} - c_s}{c_s} \times 100\%$$

式中：

Δc ——测量结果的示值误差；

$\bar{c}$ ——3 次测量浓度值的算数平均值， mg/L ；

c_s ——水中氨氮标准溶液的浓度值， mg/L 。

F.3 灵敏系数

$$C(\bar{c}) = \frac{\partial \Delta c}{\partial \bar{c}} = \frac{1}{c_s}$$

$$C(c_s) = \frac{\partial \Delta c}{\partial c_s} = -\frac{\bar{c}}{c_s^2}$$

F.4 标准不确定度分量评定

F.4.1 不确定度来源

F.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度。

F.4.1.2 水中氨氮溶液标准物质引入的标准不确定度。

F.4.2 测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{c})$

用气相分子吸收光谱仪检测浓度为 1.00mg/L 的水中氨氮溶液标准物质，重复测量 10 次，回归浓度测得值 1.0623mg/L ， 1.0136mg/L ， 1.0382mg/L ， 1.0923mg/L ， 1.1254mg/L ， 1.0690mg/L ， 1.0267mg/L ， 1.1311mg/L ， 1.0832mg/L ， 1.0627mg/L ，平均值为 1.0704mg/L ，求得其实验标准偏差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (c_i - \bar{c})^2}{10 - 1}} = 0.039 \text{ mg/L}$$

本规范规定,每个校准点重复测量 3 次,取 3 次示值的算术平均值作为检测仪示值,故 $n=3$,由测量重复性引入的相对标准不确定度为:

$$u(\bar{c}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.023 \text{ mg/L}$$

F.4.3 测量标准及其他引入的不确定度

F.4.3.1 标准值引入的标准不确定度 $u(c_s)$

水中氨氮溶液标准物质的定值不确定度为 $U_{\text{rel}} = 2\%$, $k = 2$ 。

则:

$$u_{\text{rel}21} = \frac{2.0\%}{2} = 1.0\%$$

F.4.3.2 溶液稀释过程引入的不确定度

影响溶液稀释浓度的主要因素是稀释环境温度和稀释使用的量器的误差。

实验室稀释环境温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 玻璃量器体积膨胀系数 $\beta = 9.9 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$, 环境温度变化 2°C 对玻璃量器容量的影响可忽略不计。稀释溶液中溶质体积很小, 其对膨胀的影响可以忽略。溶液体积膨胀只考虑溶剂水的影响。 20°C 时水的膨胀系数约为 $0.0018^\circ\text{C}^{-1}$ 。按照均匀分布, 温度变化 2°C 引起溶液体积变化的相对标准不确定度:

$$u_{\text{rel}}(V_t) = \frac{2 \times 1.8 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 2.1 \times 10^{-3}$$

表 F.1 水中氨氮溶液标准物质的稀释容器

标准溶液浓度	容量瓶	吸量管
1mg/L	100mL	1mL

100mL 容量瓶的容量允许误差为 $\pm 0.1\text{mL}$, 1mL 单标线吸管的容量允许误差为 $\pm 0.007\text{mL}$, 稀释容器输出的实际量值在其最大允许误差范围内服从均匀分布, 其半宽区间为允许误差的绝对值, 则使用稀释容器引入的相对标准不确定度分别为 0.06%、0.41%。

稀释过程中 100mL 容量瓶使用了 1 次, 1mL 单标线吸量管使用了 1 次, 则稀释过程引入的标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}22} = \sqrt{0.06\%^2 + 1 \times 0.41\%^2 + 2 \times 0.21\%^2} = 0.5\%$$

由于标准不确定度分量 $u_{\text{rel}21}$ 和 $u_{\text{rel}22}$ 相互独立，求得合成标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}2} = \sqrt{u_{\text{rel}21}^2 + u_{\text{rel}22}^2} = \sqrt{1.0\%^2 + 0.5\%^2} = 1.1\%$$

$$u(c_s) = u_{\text{rel}2} \times c_s = 1.1\% \times 1.0\text{mg/L} = 0.011\text{mg/L}$$

F.5 合成标准不确定度及扩展不确定度计算

水中氨氮检出限测量结果各分量的标准不确定度汇总表 F. 2

表 F. 2 不确定度分量的标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 c_i
$u(\bar{c})$	输入量 $\bar{c}$ 引入的标准不确定度	0.023mg/L	$1.0(\text{mg/L})^{-1}$
$u(c_s)$	输入量 c_s 引入的标准不确定度	0.011mg/L	$-1.06(\text{mg/L})^{-1}$

则： $u_{\text{rel}}(\bar{c}) = |c_i| \times u(\bar{c}) = 2.3\%$ ， $u_{\text{rel}}(c_s) = |c_i| \times u(c_s) = 1.2\%$

合成标准不确定度：

$$u_{\text{rel}}(\Delta c) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(\bar{c}) + u_{\text{rel}}^2(c_s)} = 2.6\%$$

取 $k=2$ ，求得相对扩展不确定度：

测量点 1.00mg/L 水中氨氮相对示值误差测量结果的扩展不确定度：

$$U_{\text{rel}} = k \times u_{\text{rel}}(\Delta c) = 2 \times 2.6\% = 5.2\%$$

