



# 天津市地方计量技术规范

JJF(津)XXX—2026

## 水中铜含量分析仪校准规范

Calibration Specification for Analyzers of Copper in Water

(报批稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

# 水中铜含量分析仪校准规范

JJF(津) XXX—2026

Calibration Specification for  
Analyzers of Copper in Water

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

张红杰 （天津市计量监督检测科学研究院）

常子栋 （天津市计量监督检测科学研究院）

程 鹏 （天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

郭超毅 （天津市计量监督检测科学研究院）

齐 璐 （天津市计量监督检测科学研究院）

付 迪 （天津市计量监督检测科学研究院）

# 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 测量标准及其他设备 .....         | ( 2 )  |
| 6 校准项目和校准方法 .....           | ( 2 )  |
| 6.1 校准前准备工作 .....           | ( 2 )  |
| 6.2 校准方法 .....              | ( 2 )  |
| 6.2.1 示值误差 .....            | ( 2 )  |
| 6.2.2 重复性 .....             | ( 2 )  |
| 6.2.3 稳定性 .....             | ( 3 )  |
| 7 校准结果的表达 .....             | ( 3 )  |
| 8 复校时间间隔 .....              | ( 4 )  |
| 附录 A 校准用标准溶液和试剂的配制的示例 ..... | ( 5 )  |
| 附录 B 铜含量分析仪校准记录参考格式 .....   | ( 6 )  |
| 附录 C 校准结果内页推荐格式 .....       | ( 7 )  |
| 附录 D 示值误差测量结果不确定度评定示例 ..... | ( 8 )  |

## 引 言

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》和 JJF 1059.1《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。  
本规范为首次发布。

# 水中铜含量分析仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于实验室采用比色法测定水中铜含量在(5~200) μg/L 测量范围内的水中铜含量分析仪的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 6682—2008 分析实验室用水规格和试验方法

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 概述

水中铜含量分析仪（以下简称分析仪）是用于测定水中铜含量的分析仪。其原理是水中铜离子与显色剂反应而显色，根据朗伯-比尔定律，吸光度与吸光物质的浓度成正比，通过光电检测装置将光信号转换为电信号,计算得到铜含量。

分析仪主要由光学系统、检测系统、信号处理及存储系统等部分组成。

## 4 计量特性

分析仪的计量特性见表 1。

表 1 分析仪的计量特性

| 计量特性                   | 技术指标     |
|------------------------|----------|
| 示值误差                   | 不超过±3%FS |
| 重复性                    | ≤1.0%    |
| 稳定性                    | ≤1%FS/h  |
| 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 环境温度：(15~40) °C。

5.1.2 相对湿度：不大于 85%。

5.1.3 分析仪不应受强光直射，周围无强磁场、电场或振动源干扰，无腐蚀性气体。

### 5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 国家有证标准物质：铜单元素溶液标准物质，相对扩展不确定度不大于 1% ( $k=2$ )。

5.2.2 秒表：分度值不大于 0.1 s。

5.2.3 单标线容量瓶：符合 A 级。

5.2.4 吸量管：符合 A 级。

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准前准备工作

根据分析器使用说明书对分析仪进行预热调整。按分析仪使用要求配制系列标准溶液和相应的显色试剂，建立工作曲线。

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 示值误差

选取分析仪量程上限值 20%、50%和 80%对应浓度的铜标准溶液，经显色反应后依次注入分析仪样品池中，每个浓度点测量 3 次，记录分析仪示值，计算平均值。按式 (1) 计算每个浓度点的示值误差  $\Delta c$ 。

$$\Delta c = \frac{\bar{c} - c_s}{R} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\Delta c$ ——示值误差，%FS；

$\bar{c}$ ——3 次测量值的算术平均值， $\mu\text{g/L}$ ；

$c_s$ ——铜标准溶液浓度值， $\mu\text{g/L}$ ；

$R$ ——分析仪量程上限值， $\mu\text{g/L}$ 。

#### 6.2.2 重复性

分析仪调至正常测量状态后，选取分析仪量程上限值 50%对应浓度的铜标准溶液，经显色反应后注入分析仪样品池中，连续测量 7 次，读取分析仪示值，按式（2）计算重复性  $s_r$ 。

$$s_r = \frac{1}{\bar{c}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (c_i - \bar{c})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$s_r$ ——重复性，%；

$c_i$ ——第  $i$  次的测量值， $\mu\text{g/L}$

$\bar{c}$ ——7 次测量值的算术平均值， $\mu\text{g/L}$ ；

$n$ ——测量次数， $n=7$ 。

### 6.2.3 稳定性

分析仪调至正常测量状态后，选取分析仪量程上限值 80%对应浓度的铜标准溶液，经显色反应后注入分析仪样品池中，读取稳定示值作为初始值，每隔 15 min 记录一次，持续观测 1 h，按式（3）计算稳定性，取最大的  $M$  值为分析仪稳定性。

$$M = \frac{|c_i - c_0|}{R} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$M$ ——稳定性，%FS；

$c_i$ ——第  $i$  次的测量值， $\mu\text{g/L}$

$c_0$ ——初始值， $\mu\text{g/L}$ ；

$R$ ——分析仪量程上限值， $\mu\text{g/L}$ 。

## 7 校准结果的表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 校准证书编号，页码及总页数的标识；



- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校分析仪的制造单位、名称、型号及编号;
- g) 校准单位校准专用章;
- h) 校准日期;
- i) 校准所依据的技术规范名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准时的环境温度、相对湿度;
- l) 校准结果及其测量不确定度;
- m) 对校准规范的偏离的说明(若有);
- n) “校准证书”的校准人、核验人、批准人签名及签发日期;
- o) 校准结果仅对被校探测器本次测量有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 部分复制证书或报告无效的声明。

## 8 复校时间间隔

分析仪的复校间隔建议不超过 1 年。由于复校时间间隔的长短是由分析仪的使用情况、使用者、分析仪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。如果对分析仪的检测数据有怀疑或分析仪更换主要部件及修理后, 应对分析仪重新校准。

## 附录 A

### 校准用标准溶液和试剂的配制的示例

#### A.1 试剂及实验用水

A.1.1 铜单元素溶液标准物质为国家有证标准物质，其余试剂均为分析纯。

A.1.2 实验用水为符合 GB/T 6682—2008《分析实验室用水规格和试验方法》的实验室二级以上用水。

#### A.2 显色试剂的配制

##### A.2.1 柠檬酸氢二铵溶液：200 g/L

称取 100 g 柠檬酸氢二铵，置于 1000 mL 烧杯中，用约 400 mL 水溶解。加氨水（1+1）调节 pH 至 8.5。转移至 500 mL 单标线容量瓶后以水定容至刻度，混匀。

##### A.2.2 双环己酮草酰二脲溶液：1 g/L

称取 0.5 g 双环己酮草酰二脲，置于 100 mL 烧杯中，加 50 mL 乙醇，水浴加热至溶解。若有混浊，则需过滤。转移至 500 mL 单标线容量瓶以水定容至刻度，混匀。

#### A.3 铜标准溶液的配制及显色反应

##### A.3.1 铜储备液：1 μg/mL

使用吸量管移取适量铜单元素溶液标准物质，转移至单标线容量瓶中，加入 1 mL 硝酸（1+1）后以水定容至刻度，混匀。

##### A.3.2 显色反应

根据分析仪的测量范围，计算铜系列标准溶液浓度。根据计算结果，使用吸量管分别移取一定量的铜储备液，置于一组 50 mL 烧杯中。

每个烧杯中加入 1 mL 盐酸（1+1），并加水稀释至约 30 mL。之后每个烧杯中加入 5 mL 柠檬酸氢二铵溶液，混匀。加入 5 mL 双环己酮草酰二脲溶液，混匀。加氨水（1+1）调节 pH 至 8.5~9.2。

冷却后，将上述系列溶液移入一组 50 mL 单标线容量瓶后以水定容至刻度，混匀。放置约 5 min 后即可用于测量。

注：调节 pH 值时可使用百里酚蓝 pH 试纸或甲酚红紫 pH 试纸检验。

本规范所使用的强酸具有腐蚀性，使用时应注意。溅到身上时，应用大量水冲洗，避免吸入或接触皮肤。

## 附录 B

## 水中铜含量分析仪校准记录参考格式

|          |      |                       |      |               |      |
|----------|------|-----------------------|------|---------------|------|
| 委托单位     |      |                       |      |               |      |
| 委托单位地址   |      |                       |      |               |      |
| 仪器名称     |      | 型 号                   |      |               |      |
| 制 造 厂    |      | 出厂编号                  |      |               |      |
| 环境温度     |      | 相对湿度                  |      |               |      |
| 证书编号     |      | 记录编号                  |      |               |      |
| 校准员      |      | 核验员                   |      |               |      |
| 校准日期     |      | 校准地点                  |      |               |      |
| 校准依据     |      |                       |      |               |      |
| 校准使用的标准器 |      |                       |      |               |      |
| 名 称      | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/<br>最大允许误差 | 设备编号 | 检定/校准<br>证书编号 | 有效期至 |
|          |      |                       |      |               |      |

## B.1 示值误差

测量范围：

| 标准值<br>μg/L | 示值/(μg/L) |   |   | 平均值<br>μg/L | 示值误差 | 扩展不确定度 $U$<br>$k=2$ |
|-------------|-----------|---|---|-------------|------|---------------------|
|             | 1         | 2 | 3 |             |      |                     |
|             |           |   |   |             |      |                     |
|             |           |   |   |             |      |                     |
|             |           |   |   |             |      |                     |

## B.2 重复性

| 标准值<br>μg/L | 示值/(μg/L) |   |   |   |   |   |   | $s_r$ |
|-------------|-----------|---|---|---|---|---|---|-------|
|             | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |       |
|             |           |   |   |   |   |   |   |       |

## B.3 稳定性

|            |   |    |    |    |    |     |
|------------|---|----|----|----|----|-----|
| 持续观测时间/min | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 稳定性 |
| 示值/(μg/L)  |   |    |    |    |    |     |

以下空白

附录 C

校准结果内页推荐格式

C.1 示值误差：

| 标准值/(μg/L) | 示值误差 | 扩展不确定度<br>( <i>k</i> =2) |
|------------|------|--------------------------|
|            |      |                          |
|            |      |                          |
|            |      |                          |

C.2 重复性：

C.3 稳定性：

以下空白

## 附录 D

### 示值误差测量结果不确定度评定示例

#### D.1 概述

以量程(5~200) μg/L 的水中铜含量分析仪为例, 评定水中铜含量分析仪各测量点示值误差的不确定度。

##### D.1.1 测量方法

选取分析仪量程上限值 20%、50%和 80%对应浓度的铜标准溶液, 经显色反应后依次注入分析仪样品池中, 每个浓度点测量 3 次, 记录分析仪示值, 计算平均值。按式 (D.1) 计算每个浓度点的示值误差  $\Delta c$ 。

#### D.2 测量模型

$$\Delta c = \frac{\bar{c} - c_s}{R} \times 100\% \quad (\text{D.1})$$

式中:

$\Delta c$ ——示值误差, %FS;

$\bar{c}$ ——3 次测量值的算术平均值, μg/L;

$c_s$ ——铜溶液浓度值, μg/L;

$R$ ——分析仪量程上限值, μg/L。

因为各分量不相关, 则有:

$$u_c(\Delta c) = \sqrt{C^2(\bar{c})u^2(\bar{c}) + C^2(c_s)u^2(c_s)} \quad (\text{D.2})$$

灵敏系数:

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

#### D.3 标准不确定度的来源分析

分析仪示值误差的不确定度来源主要有测量平均值引入的标准不确定度  $u(\bar{c})$ 、标准值引入的标准不确定度  $u(c_s)$ 。

#### D.4 标准不确定度的评定

##### D.4.1 测量平均值引入的标准不确定度 $u(\bar{c})$

测量平均值引入的标准不确定度  $u(\bar{c})$  来源有两个：测量重复性引入的标准不确定度  $u_1(\bar{c})$  和分析仪分辨力引入的标准不确定度  $u_2(\bar{c})$ 。

#### D.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\bar{c})$

选择一台常规使用的分析仪，依次采用标准值为 40.0 μg/L、100.0 μg/L、160.0 μg/L 的铜标准溶液进行测量，分别连续测量 10 次。分别得到的测量数据见表 D.1。

表 D.1 各标准点的测量数据

| 标准值<br>μg/L | 测得值/(μg/L) |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 平均值<br>μg/L |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
|             | 1          | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |             |
| 40.0        | 39.3       | 39.1  | 40.6  | 39.9  | 40.8  | 40.4  | 39.5  | 39.9  | 39.2  | 39.4  | 39.8        |
| 100.0       | 101.0      | 100.9 | 100.4 | 99.4  | 99.2  | 101.0 | 98.3  | 100.5 | 100.5 | 101.5 | 100.3       |
| 160.0       | 158.0      | 162.9 | 157.8 | 161.2 | 157.5 | 158.5 | 157.4 | 162.6 | 162.6 | 163.0 | 160.2       |

用式 (D.3) 贝塞尔公式计算各标准点的标准偏差。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}{n-1}} \quad (\text{D.3})$$

式中：

$s$ ——重复性，μg/L；

$c_i$ ——第  $i$  次示值，μg/L；

$\bar{c}$ ——10 次示值的算术平均值，μg/L；

$n$ ——测量次数， $n=10$ 。

在示值误差校准时，对每个校准点进行 3 次重复性测量，并取其算术平均值，因此由测量重复性引入的标准不确定度按式 (D.4) 计算。

$$u_1(\bar{c}) = \frac{s}{\sqrt{3}} \quad (\text{D.4})$$

各校准点的标准偏差  $s$  和标准不确定度  $u_1(\bar{c})$  的计算结果见表 D.2。

表 D.2 各校准点测量重复性引入的标准不确定度

| 标准值/( $\mu\text{g/L}$ ) | $s/(\mu\text{g/L})$ | $u_1(\bar{c})/(\mu\text{g/L})$ |
|-------------------------|---------------------|--------------------------------|
| 40.0                    | 0.61                | 0.35                           |
| 100.0                   | 0.99                | 0.57                           |
| 160.0                   | 2.50                | 1.44                           |

D.4.1.2 分析仪分辨力引入的标准不确定度  $u_2(\bar{c})$ 

分析仪分辨力引入的标准不确定度  $u_2(\bar{c})$  按式(D.5)计算。

$$u_2(\bar{c}) = \frac{r}{2\sqrt{3}} \quad (\text{D.5})$$

式中：

$r$ ——分析仪分辨力， $\mu\text{g/L}$ 。

分析仪分辨力的分辨力为  $0.1 \mu\text{g/L}$ ，则  $u_2(\bar{c})=0.03 \mu\text{g/L}$ 。各校准点分析仪分辨力引入的标准不确定度  $u_2(\bar{c})$  均小于测量重复性引入的标准不确定度  $u_1(\bar{c})$ ，故  $u_2(\bar{c})$  可忽略。

因此， $u(\bar{c})=u_1(\bar{c})$ 。

D.4.2 标准值引入的标准不确定度  $u(c_s)$ 

铜系列标准溶液配制时首先配制浓度为  $1 \text{ mg/L}$  的储备液。

储备液配制方法为使用  $1 \text{ mL}$  单标线吸量管移取  $1 \text{ mL}$  浓度为  $100 \text{ mg/L}$  的铜单元素溶液标准物质，转移至  $100 \text{ mL}$  单标线容量瓶中，加入  $1 \text{ mL}$  硝酸（1+1）后以水定容至刻度，混匀。

铜系列标准溶液配制方法为分别使用  $2 \text{ mL}$  单标线吸量管、 $5 \text{ mL}$  单标线吸量管和  $10 \text{ mL}$  分度吸量管移取  $2 \text{ mL}$ 、 $5 \text{ mL}$  和  $8 \text{ mL}$  储备液置于一组  $50 \text{ mL}$  烧杯中。每个烧杯中加  $1 \text{ mL}$  盐酸（1+1），并加水稀释至约  $30 \text{ mL}$ 。之后加入显色剂并用氨水（1+1）调节 pH 至  $8.5\sim 9.2$ 。冷却后，将上述系列溶液移入一组  $50 \text{ mL}$  单标线容量瓶后以水定容至刻度，混匀。

其数学模型为：

$$c_s = \frac{V_1 V_2}{V_3 V_4} c_{\text{RM}}$$

式中：

$C_s$ ——铜标准溶液浓度值， $\mu\text{g/L}$ ；

$V_1$ ——配制储备液时移取的铜标准物质体积， $\text{mL}$ ；

$V_2$ ——配制铜标准溶液时移取的储备液体积， $\text{mL}$ ；

$V_3$ ——储备液体积， $\text{mL}$ ；

$V_4$ ——铜标准溶液体积， $\text{mL}$ 。

因此，标准值引入的标准不确定度  $u(c_s)$  来源有两个：标准物质引入的标准不确定度  $u(\text{RM})$  和稀释过程引入的标准不确定度  $u(V)$ 。

由于各不确定度分量不相关，因此有：

$$u_{\text{rel}}(c_s) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(\text{RM}) + u_{\text{rel}}^2(V_1) + u_{\text{rel}}^2(V_2) + u_{\text{rel}}^2(V_3) + u_{\text{rel}}^2(V_4)}$$

$$u(C_s) = u_{\text{rel}}(C_s) \times C_s$$

#### D.4.2.1 标准物质引入的不确定度 $u(\text{RM})$ 的评定：

根据标准物质证书，铜单元素溶液标准物质标准值的不确定度  $U_{\text{rel}}=0.8\%$  ( $k=2$ )，则：

$$u_{\text{rel}}(\text{RM}) = \frac{0.8\%}{2} = 0.4\%$$

#### D.4.2.2 稀释过程引入的标准不确定度 $u(V)$

稀释过程引入的标准不确定度包括：常用玻璃量器引入的标准不确定度  $u_1(V)$  和液体温度变化引入的标准不确定度  $u_2(V)$ 。

##### D.4.2.2.1 常用玻璃量器引入的标准不确定度 $u_1(V)$

根据常用玻璃量器证书可知各其最大允许误差。在使用常用玻璃量具测量时不确定度按三角分布，因此有：

$$u_{1,\text{rel}}(V) = \frac{\text{MPE}}{2\sqrt{6}} \times \frac{1}{V}$$

配制过程中使用的常用玻璃量器规格、最大允许误差及不确定度  $u_{1,\text{rel}}(V)$  汇总于表 D.3。



表 D.3 配制过程中使用的常用玻璃量器

| 名称            | 测量体积   | 最大允许误差                 | 不确定度分量 $u_{1, \text{rel}}(V)$ |
|---------------|--------|------------------------|-------------------------------|
| 1 mL 单标线吸量    | 1 mL   | $\pm 0.007 \text{ mL}$ | 0.29%                         |
| 2 mL 单标线吸量管   | 2 mL   | $\pm 0.01 \text{ mL}$  | 0.20%                         |
| 5 mL 单标线吸量管   | 5 mL   | $\pm 0.015 \text{ mL}$ | 0.12%                         |
| 10 mL 分度吸量管   | 8 mL   | $\pm 0.05 \text{ mL}$  | 0.26%                         |
| 50 mL 单标线容量瓶  | 50 mL  | $\pm 0.05 \text{ mL}$  | 0.041%                        |
| 100 mL 单标线容量瓶 | 100 mL | $\pm 0.1 \text{ mL}$   | 0.041%                        |

D.4.2.2.2 液体温度变化引入的标准不确定度  $u_2(V)$ 

在移液及定容过程中由于实验室温度在  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$  之间变化，液体温度变化引入的标准不确定度  $u_2(V)$  通过温度变化范围与体积膨胀系数确定，水的体积膨胀系数为  $2.1 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ，因此产生的体积变化率为  $\pm 2.1 \times 10^{-4}$ ，其符合均匀分布，则引入的相对标准不确定度为：

$$u_{2, \text{rel}}(V) = \frac{2.1 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 0.012\%$$

因此稀释过程引入的标准不确定度可由下式计算：

$$u_{\text{rel}}(V) = \sqrt{u_{1, \text{rel}}^2(V) + u_{2, \text{rel}}^2(V)}$$

使用不同常用玻璃量器时稀释过程引入的标准不确定度  $u_{\text{rel}}(V)$  汇总于表 D.4。

表 D.4 稀释过程引入的标准不确定度  $u_{\text{rel}}(V)$ 

| 名称            | $u_{1, \text{rel}}(V)$ | $u_{2, \text{rel}}(V)$ | $u_{\text{rel}}(V)$ |
|---------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| 1 mL 单标线吸量    | 0.29%                  | 0.012%                 | 0.29%               |
| 2 mL 单标线吸量管   | 0.20%                  | 0.012%                 | 0.20%               |
| 5 mL 单标线吸量管   | 0.12%                  | 0.012%                 | 0.12%               |
| 10 mL 分度吸量管   | 0.26%                  | 0.012%                 | 0.26%               |
| 50 mL 单标线容量瓶  | 0.041%                 | 0.012%                 | 0.043%              |
| 100 mL 单标线容量瓶 | 0.041%                 | 0.012%                 | 0.043%              |

根据标准溶液配制方案，各校准点标准值引入的标准不确定度  $u(c_s)$  汇总于表 D.5。

表 D.5 标准值引入的标准不确定度  $u(c_s)$

| 标准值<br>μg/L | $u_{\text{rel}}(\text{RM})$ | $u_{\text{rel}}(V_1)$ | $u_{\text{rel}}(V_2)$ | $u_{\text{rel}}(V_3)$ | $u_{\text{rel}}(V_4)$ | $u(C_s)$<br>μg/L |
|-------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| 40.0        | 0.4%                        | 0.29%                 | 0.043%                | 0.20%                 | 0.043%                | 0.21             |
| 100.0       | 0.4%                        | 0.29%                 | 0.043%                | 0.12%                 | 0.043%                | 0.51             |
| 160.0       | 0.4%                        | 0.29%                 | 0.043%                | 0.26%                 | 0.043%                | 0.90             |

#### D.5 标准不确定度汇总

标准不确定度及灵敏系数汇总表见表 D.6。

表 D.6 标准不确定度汇总表

| 标准值        | 不确定度符号       | 不确定度来源         | 标准不确定度    | 灵敏系数        |
|------------|--------------|----------------|-----------|-------------|
| 40.0 μg/L  | $u(\bar{c})$ | 测量平均值引入的标准不确定度 | 0.35 μg/L | 0.005 L/μg  |
|            | $u(C_s)$     | 标准值引入的标准不确定度   | 0.21 μg/L | -0.005 L/μg |
| 100.0 μg/L | $u(\bar{c})$ | 测量平均值引入的标准不确定度 | 0.57 μg/L | 0.005 L/μg  |
|            | $u(c_s)$     | 标准值引入的标准不确定度   | 0.51 μg/L | -0.005 L/μg |
| 160.0 μg/L | $u(\bar{c})$ | 测量平均值引入的标准不确定度 | 1.44 μg/L | 0.005 L/μg  |
|            | $u(c_s)$     | 标准值引入的标准不确定度   | 0.90 μg/L | -0.005 L/μg |

#### D.6 合成标准不确定度的计算

根据不确定度传播律，合成标准不确定度  $u_c$  按式 (D.2) 计算，则：

$$u_c(\Delta c) = \sqrt{C^2(\bar{c})u^2(\bar{c}) + C^2(c_s)u^2(c_s)}$$

$c_s=40.0 \mu\text{g/L}$  时， $u_c=0.21\%$

$c_s=100.0 \mu\text{g/L}$  时， $u_c=0.40\%$

$c_s=160.0 \mu\text{g/L}$  时， $u_c=0.85\%$

#### D.7 扩展不确定度

取  $k=2$ ，则  $U=ku_c$ 。

$c_s=40.0 \mu\text{g/L}$  时， $U=0.5\%$  ( $k=2$ )

$c_s=100.0\text{ }\mu\text{g/L}$  时,  $U=0.8\%$  ( $k=2$ )

$c_s=160.0\text{ }\mu\text{g/L}$  时,  $U=1.7\%$  ( $k=2$ )

---

