



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

海水有色可溶性有机物传感器荧光性能
计量测试规范

Specification of Metrology Testing for Fluorescence Performance
of Seawater colored dissolved organic matter Sensor

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局

发 布

海水有色可溶性有机物 传感器荧光性能计量测试规范



Specification of Metrology Testing for Fluorescence Performance of
Seawater colored dissolved organic matter Sensor

归口单位：全国海洋专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：国家海洋标准计量中心

参加起草单位：深圳市朗诚科技股份有限公司

中国科学院烟台海岸带研究所

国家海洋技术中心

本规范委托全国海洋专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

王 聪（国家海洋标准计量中心）

石超英（国家海洋标准计量中心）

赵 虹（国家海洋标准计量中心）

参加起草人：

付龙文（中国科学院烟台海岸带研究所）

谢佳裕（深圳朗诚科技股份有限公司）

任永琴（国家海洋技术中心）

目 录

目 录	I
引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 概述	1
4 测试条件	2
4.1 环境条件	2
4.2 测量标准及其他设备	2
5 测试项目和校准方法	2
5.1 测试项目	2
5.2 测试方法	2
6 测试结果表达	4
6.1 测试记录	4
6.2 测试结果处理	4
7 复测时间间隔	5
附录 A 硫酸奎宁标准溶液配制方法	6
附录 B 海水有色可溶有机物传感器荧光性能计量测试记录表	8
附录 C 海水有色可溶有机物传感器荧光性能计量测试证书内页格式	9
附录 D 海水有色可溶有机物传感器荧光线性误差的不确定度评定示例	9

引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》的要求编写。

为了规范海水有色可溶有机物传感器荧光性能的计量测试工作，本规范主要参考 ASTM E2719-09 (2014)《荧光仪器校准和合格的标准指南》[Standard Guide for Fluorescence – Instrument Calibration and Qualification]制定。

本规范为首次发布。

海水有色可溶有机物传感器荧光性能计量测试规范

1 范围

本规范规定了海水有色可溶有机物传感器荧光性能测试条件、计量测试方法和测试报告等内容。

本规范适用于海水有色可溶有机物传感器荧光性能的计量测试。

2 引用文件

本规范引用了以下文件：

JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示

ASTM E2719 - 09 (2014) 《荧光仪器校准和合格的标准指南》[Standard Guide for Fluorescence – Instrument Calibration and Qualification]

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

海水有色可溶有机物传感器（以下简称“仪器”）是基于荧光法测定海水有色可溶性有机物含量，具有体积小、功耗低、灵敏度高特点，搭载在 CTD、浮标上，有色可溶性有机物是海洋可溶性有机物库的重要组成部分，在海洋水色、海洋碳循环、海洋生态和环境污染等领域有重要的研究价值。

该仪器由有色可溶有机物传感器和软件部分组成，直接将传感器投入海水中，光源发出的 350 nm 的光经过滤光片照射到被测水体中，被测水体中的有色可溶性有机物受到激发后发出 450 nm 的荧光，该荧光强度与其所含的有色可溶性有机物含量在一定范围内呈线性关系。发出的荧光被检测器接受并产生电信号，根据荧光信号的强弱可计算被测水体中有色可溶性有机物含量。

该仪器荧光性能计量测试的工作原理是以荧光物质的水溶液作为标准溶液，考察仪器在标准溶液中的电信号与标准溶液浓度的线性关系，从而实现对其荧光性能的测试。

4 测试条件

4.1 环境条件

环境温度：(15~25) °C；

相对湿度：≤85%；

其它：周围无影响仪器正常工作的电磁和其它光源干扰。

4.2 测量标准及其他设备

表 1 测量标准及其他设备的技术指标

标准设备/标准物质	测量范围	不确定度或准确度等级 或最大允许误差
标准物质(硫酸奎宁)	——	纯度不低于 98.6%，扩展不 确定度 $U=0.5\%$ ，包含因子 $k=2$
电子天平	(0~110) g	①
容量瓶	1 000 mL、2 000 mL	A 级
移液管	5mL、10 mL、20 mL、50 mL	A 级
测试专用桶	黑色亚克力材质	$\phi=10\text{cm}$ ，传感器探头距离 桶底 15 cm
注：除非另作说明，本标准所用化学试剂均为分析纯（AR），水为去离子水或等效纯水。		

5 测试项目和测试方法

5.1 测试项目

荧光线性范围

荧光示值误差

荧光测量重复性

荧光测量检出限

5.2 测试方法

首先检查仪器外观，确定没有影响计量特性的因素后再进行校准。

5.2.1 荧光线性范围

5.2.1.1 操作步骤

- 按照附录 A 的方法配制硫酸奎宁标准溶液。一般现用现配。
- 在仪器常用量程范围或常用测量范围内，按照均匀取点的原则设置 5 个标准点配制硫酸奎宁系列标准溶液，如在(0~300) $\mu\text{g/L}$ 范围内，标准点为 0 $\mu\text{g/L}$ 、50 $\mu\text{g/L}$ 、100 $\mu\text{g/L}$ 、200 $\mu\text{g/L}$ 、300 $\mu\text{g/L}$ 。

- c) 按照仪器的操作方法，用去离子水清洗传感器 3 次，并用滤纸吸干。
- d) 将硫酸奎宁系列标准溶液按序号倒入测试专用桶，然后将仪器置入测试专用桶中，按浓度从小到大顺序依次测试该系列标准溶液，开启仪器待电信号稳定后，选取数值稳定、连续的 10 个电信号值，求其算术平均值作为在该标准点下仪器的电信号平均值。每更换一次标准溶液均用去离子水清洗传感器并擦干。
- e) 以标准溶液的浓度值 (y) 和仪器的电信号平均值 (x) 绘制标准曲线，进行线性拟合，得到线性方程和相关系数 R^2 。取 $R^2 \geq 0.99$ 的浓度范围作为线性范围。若 $R^2 < 0.99$ 时，则去掉最高浓度点，按照均匀取点法调整标准点，重新绘制标准曲线； $R^2 \geq 0.99$ 则新范围作为线性范围。

5.2.2 荧光示值误差

5.2.2.1 操作步骤

在传感器常用测量氛围内，选取线性范围测试点之外的 3 个浓度点进行示值误差测试，建议选择 $75 \mu\text{g/L}$ 、 $150 \mu\text{g/L}$ 和 $250 \mu\text{g/L}$ 。按 5.2.1.1 中 d) 的 10 次重复性测定的某标准溶液的仪器电信号平均值，代入 e) 的拟合线性方程中，计算得到硫酸奎宁标准溶液的荧光浓度测定值。

5.2.2.2 数据处理

按式 (1) 计算仪器的荧光示值误差：

$$\Delta C = C_p - C_s \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ΔC ——仪器测得的荧光示值误差，单位为微克每升 ($\mu\text{g/L}$)；

C_p ——仪器电信号拟合后的硫酸奎宁浓度值，单位为微克每升 ($\mu\text{g/L}$)；

C_s ——硫酸奎宁标准溶液的浓度值，单位为微克每升 ($\mu\text{g/L}$)。

5.2.3 测量重复性

在相同条件下，将仪器置于浓度最大校准点的标准溶液中，开启仪器重复测量 10 次，将其测量结果按贝塞尔公式法计算实验标准差。

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - C_p)^2}{n - 1}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$S(x)$ ——测量重复性，单位为微克每升 ($\mu\text{g/L}$)；

C_i ——第 i 次仪器的测定值，单位为微克每升 ($\mu\text{g/L}$)；

C_p ——仪器测量的算术平均值，单位为微克每升 ($\mu\text{g/L}$)；

n ——测量次数， $n=10$ 。

5.2.4 检出限

仪器通电稳定后，对 0.05mol/L H_2SO_4 溶液连续测量不少于 10 次，按公式（3）计算 10 次测量结果的标准偏差 s ，按公式（5）计算传感器的检出限。

$$D_L = ks \dots\dots\dots(3)$$

式中：

D_L ——被检测仪器的检出限，单位为微克每升（ $\mu\text{g/L}$ ）；

s ——0.05mol/L H_2SO_4 溶液连续进样不少于10次测得结果的标准偏差；

k ——置信因子， $k=3$ 。

6 测试结果表达

6.1 测试记录

测试记录格式参见附录 B。

6.2 测试证书

应准确、客观和规范地报告测试结果，出具测试证书。测试证书应包括足够的信息，由封面和内页组成。测试证书内页格式参见附录 C。

测试证书至少包含以下内容和信息：

- a) 标题：“测试证书”；
- b) 测试机构名称和地址；
- c) 进行测试的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户、生产单位的名称和地址；
- f) 被测对象的描述和明确标识；
- g) 进行测试的日期，如果与测试结果的有效性和应用有关时，应说明被测对象接收日期；
- h) 如果与测试结果的有效性和应用有关时，应对被测样品的抽样程序进行说明；
- i) 测试所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次测试所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 测试环境的描述；
- l) 测试结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对测试规范的偏离说明；

- n) 测试证书签发人的签名、职务或等效标识、测试员和核验员的签名；
- o) 测试结果仅对被测对象有效的说明；
- p) 未经测试机构书面批准，不得部分复制报告的声明。

7 复测时间间隔

- a) 新购置或修理后的仪器，建议及时测试；
- b) 在使用过程中，如对仪器的技术指标产生怀疑，建议重新测试；
- c) 为确保仪器准确可靠，通常情况下建议仪器出海前后测试。

附录 A

硫酸奎宁标准溶液配制方法

A.1 范围

本方法适用于仪器荧光性能测试时的硫酸奎宁标准溶液的配制。

A.2 环境条件

环境温度：（15～25）℃；相对湿度：≤85%。

A.3 试剂及配制方法

A.3.1 0.05mol/L H₂SO₄ 溶液

取浓 H₂SO₄ 2.72mL，全部转移至 1000ml 容量瓶中，用去离子水稀释至刻度，摇匀。

A.3.2 硫酸奎宁标准贮备液

准确称取 0.0100g 硫酸奎宁，用 A.3.1 H₂SO₄ 溶液溶解，全部转移至 1000ml 容量瓶中，用 A.3.1 H₂SO₄ 溶液稀释至刻度，摇匀。得到浓度为 10mg/L 的 CDOM 贮备液，贮备液存放在冰箱内进行保存，延迟其分解。

A.3.3 硫酸奎宁标准使用液

配制硫酸奎宁标准使用液，每次配制体积 2000mL，用 A.3.1 H₂SO₄ 溶液稀释，所需硫酸奎宁贮备液的体积按公式（A.1）计算：

$$C = \frac{C_0 \times V_1}{V_2} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

C ——各标准点的硫酸奎宁浓度值，单位为微克每升（μg/L）；

V_2 ——定容体积，单位为毫升（mL）；

V_1 ——所需硫酸奎宁贮备液的体积，单位为毫升（mL）；

C_0 ——硫酸奎宁标准贮备液的浓度值，单位为微克每升（μg/L）。

附录 B

表 B.1 海水有色可溶性有机物传感器荧光性能测试记录表

产品名称						证书编号							
型号/规格						出厂编号							
仪器测量范围			最大允许误差				分辨率						
委托单位													
制造单位													
测试依据													
测试所使用的主要计量器具													
名称	测量范围		不确定度或准确度等级或最大允许误差			证书编号		有效期至					
测试时间、地点及其环境条件													
地点			时间		年		月		日				
温度(℃)			相对湿度		%								
荧光线性范围测试结果													
硫酸奎宁溶液标准值 (μg/L)	传感器电信号平均值		标准曲线				相关系数的平方 R ²						
检出限测量结果													
标准值(μg/L)	传感器测量值 (μg/L)					实验标准偏差 (μg/L)		检出限 (μg/L)					
荧光示值误差和测量重复性测试结果													
标准溶液浓度 (μg/L)	传感器测量值 (μg/L)										平均值 (μg/L)	示值 误差 (μg/L)	实验 标准 偏差 (μg/L)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
备注													

测试员

核验员

附录 C

海水有色可溶性有机物传感器荧光性能测试证书内页格式

校准项目：海水有色可溶性有机物

测试中使用的主要计量器具

名称	测量范围	最大允许误差/不确定度/ 准确度等级	证书编号	有效期至	溯源单位
----	------	-----------------------	------	------	------

测试日期、地点及环境条件

地点：	日期：
温度：℃	相对湿度：

(海水有色可溶性有机物)测量结果

标准溶液浓度 (μg/L)	仪器电信号平均 值	仪器荧光浓度测定值 (μg/L)	荧光示值误差 (μg/L)
---------------	--------------	------------------	---------------

检出限：

测量重复性：

 $R^2=$ 测试结果的扩展不确定度为： $U=$, $k=$

以 下 空 白

注：

1. XXXXX 仅对加盖“XXXXXX 校准专用章”的完整报告负责；未经书面批准，不得复制本报告。
- 2 本证书的测试结果仅对收到的样品负责；对证书内的所有信息负责，客户提供的信息除外（如送检产品信息等）。
- 3 送检单位如对本报告有异议，须在收到本报告十五日内提出复核申请，逾期不予受理。

附录 D

荧光示值误差的校准不确定度评定示例

D.1 测量模型

$$\Delta C = C_p - C_s \quad (D.1)$$

式中:

ΔC ——传感器测得的荧光示值误差, 单位为微克每升 ($\mu\text{g/L}$);

C_p ——按照线性方程计算的硫酸奎宁浓度测定平均值, 单位为微克每升 ($\mu\text{g/L}$);

C_s ——硫酸奎宁标准溶液的浓度值, 单位为微克每升 ($\mu\text{g/L}$)。

灵敏系数:

$$c(C_p) = 1 \quad c(C_s) = -1$$

D.2 测量不确定度来源分析

根据公式 (D.1), 可知海水 CDOM 传感器荧光示值误差的不确定度 $u_{\text{rel}}(\Delta C)$ 主要由以下两个分量组成:

- (1) 系列标准溶液配制引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(C_s)$;
- (2) 被测传感器引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(C_p)$ 。

以 $250\mu\text{g/L}$ 标准点为例, 进行荧光示值误差不确定度评定。

D.3 不确定度分量评定

D.3.1 输出量即被测传感器引入的标准不确定度 $u(C_p)$

按照公式 (D.2) 计算线性最小二乘法校准的不确定度:

$$u(y) = s_R \times \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_{si} - \bar{x})^2}} \quad (D.2)$$

其中, 校准曲线的标准差 s_R 按照公式 (3) 计算:

$$s_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - (a + bx_{si}))^2}{n-2}} \quad (D.3)$$

式中:

s_R ——线性方程的标准偏差;

a ——线性方程的截距;

b ——线性方程的斜率;

n ——标准工作溶液测量的总次数, $n=5$;

x_0 ——用于计算示值误差的某标准点的传感器电信号值；

x_{si} ——各浓度标准溶液的传感器电信号；

$\bar{x}$ ——各浓度标准溶液的传感器电信号平均值；

y_i ——各浓度标准工作溶液的标准值。

表 D.1 用于拟合线性方程的测定结果

硫酸奎宁浓度 $y_i(\mu\text{g/L})$	0.00	50.00	100.00	200.00	300.00
电信号值 x_{si}	0.0293	0.0578	0.0865	0.1463	0.2026
扣除零点的电信号值	0.0000	0.0285	0.0572	0.1170	0.1733
线性方程	$y=1726.5x$				
注：该传感器要求的校准公式为 $y=b(x-x_0)$ ，其中 x_0 为零点电信号值。					

采用表 D.1 中数据，通过公式 (D.2) 计算得到 $s_R=1.47$ 。

表 D.2 标准点 250 $\mu\text{g/L}$ 的测量结果

硫酸奎宁浓度 ($\mu\text{g/L}$)	传感器测量电信号值					平均值
250	0.1740	0.1740	0.1740	0.1740	0.1740	0.1738
	0.1740	0.1728	0.1740	0.1740	0.1733	

由表 D.1 数据，计算 $\sum_{i=1}^n (x_{si} - \bar{x})^2 = 0.0195$ ，以 250 $\mu\text{g/L}$ 为例，根据表 D.2 中数据，

计算 $(x_0 - \bar{x})^2 = (0.1738 - 0.1045)^2 = 0.0048$ ，则：

$$u(y_1) = 1.47 \times \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{0.0048}{0.0195}} = 0.98 \mu\text{g/L} \quad (\text{D.4})$$

表 D.3 最小二乘法拟合结果（标准点 250 $\mu\text{g/L}$ ）

硫酸奎宁 浓度($\mu\text{g/L}$)	传感器修正后示值($\mu\text{g/L}$)					平均值($\mu\text{g/L}$)	标准偏差 ($\mu\text{g/L}$)
250	74.58	74.58	73.55	74.58	73.55	74.27	0.50
	73.55	74.58	74.58	74.58	74.58		

传感器测量 250 $\mu\text{g/L}$ 硫酸奎宁标准溶液，根据上述线性拟合方程修正后的结果见表 D.3 所示，则其

重复性引入的标准不确定度为 $u(y_2) = \frac{s(x)}{\sqrt{10}} = \frac{0.50}{\sqrt{10}} = 0.16$ 。

$$u(c_p) = \sqrt{u(y_1)^2 + u(y_2)^2} = \sqrt{0.98^2 + 0.16^2} = 0.99 \quad (\text{D.5})$$

D.3.2 输入量即标准溶液配制的标准不确定度 $u(C_s)$

系列标准溶液配制的不确定度主要包括贮存液的配制和稀释定容。

D.3.2.1 贮存液的配制引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(C_{s1})$

贮存液配制引入标准不确定度分量主要来自硫酸奎宁的纯度、质量和体积。

D.3.2.1.1 硫酸奎宁的纯度引入的标准不确定度 $u(P)$

硫酸奎宁的纯度为 $98.6\% \pm 0.5\%$ ，假设正态分布，包含因子 $k=2$ ，则纯度引入的标准不确定度为：

$$u(P) = \frac{0.005}{2} = 0.0025 \quad (D.6)$$

D.3.2.1.2 硫酸奎宁的称量引入的标准不确定度 $u(m)$

分析天平检定证书表明在其称量(0~50) g，检定分度值 e 为 1 mg，最大允许误差为 ± 0.5 mg。假设为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则硫酸奎宁称量引入的标准不确定度为：

$$u(m) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29 \text{ mg} \quad (D.7)$$

D.3.2.1.3 硫酸奎宁定容引入的标准不确定度 $u(V_1)$

(1) 容量瓶容积引入的相对标准不确定度 $u_1(V_{1-1000})$

配制硫酸奎宁贮备液用到 1000mL 容量瓶 1 次，根据单标线容量瓶检定证书提供的最大允许误差为 ± 0.40 mL，属于 B 类评定，按照均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则容积引入的标准不确定度为：

$$u_1(V_{1-1000}) = \frac{0.40}{\sqrt{3}} = 0.23 \text{ mL} \quad (D.8)$$

(2) 容量瓶和溶液的温度与体积校准时温度不一致引入的标准不确定度 $u_2(V_{1-1000})$

根据检定证书提供内容，容量瓶于 20°C 下进行校准，而配制校准溶液时实验室温度在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，水体积膨胀系数为 $2.1 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。按均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，由 1000mL 容量瓶溶液体积因温度影响而引入的标准不确定度分别为：

$$u_2(V_{1-1000}) = \frac{2.1 \times 10^{-4} \times 5 \times 1000}{\sqrt{3}} = 0.61 \text{ mL} \quad (D.9)$$

上述两种分量合成得到硫酸奎宁贮备液定容引入的标准不确定度 $u(V_1)$ 为：

$$u(V_1) = \sqrt{u_1(V_{1-1000})^2 + u_2(V_{1-1000})^2} = 0.65 \text{ mL} \quad (D.10)$$

表 D.4 硫酸奎宁贮备液配制的数值与不确定度

引入分量	数值 x	标准不确定度 $u(x)$	相对标准不确定度 $u(x)/x$
P: 硫酸奎宁荧光标准物质的纯度	98.6%	0.0025	0.0025
m: 硫酸奎宁荧光标准物质的质量	10 mg	0.29 mg	0.029
V: 硫酸奎宁贮备液定容	1000 mL	0.65 mL	0.00065

因此，硫酸奎宁荧光贮备液配制引入的相对标准不确定度为：

$$u_{rel}(C_{S1}) = \sqrt{0.0025^2 + 0.029^2 + 0.00065^2} = 0.029 \quad (D.11)$$

D.3.2.2 硫酸奎宁标准使用液稀释定容引入的标准不确定度 $u_{rel}(C_{S2})$

由附录 A 中的公式可知，配制 2000mL 250 $\mu\text{g/L}$ 的硫酸奎宁使用液，需要硫酸奎宁贮备液 50mL 定容到 2000mL 容量瓶，因此需要 50mL 单标线移液管、2000mL 容量瓶各 1 次。

(1) 容量瓶、移液管的容积引入的相对标准不确定度 $u_{rel1}(V_2)$

稀释定容所用 50mL 单标线移液管、2000mL 容量瓶，根据检定证书提供的最大允许误差分别为 ± 0.05 mL 和 ± 0.60 mL，属于 B 类评定，按照均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则容积引入的相对标准不确定度分别为：

$$u_{\text{rel1}}(V_{2-50}) = \frac{0.05}{50 \times \sqrt{3}} = 0.00058 \quad (\text{D.12})$$

$$u_{\text{rel1}}(V_{2-2000}) = \frac{0.60}{2000 \times \sqrt{3}} = 0.00018 \quad (\text{D.13})$$

则容量瓶、移液管的容积引入的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel1}}(V_2) = \sqrt{u_{\text{rel1}}(V_{1-50})^2 + u_{\text{rel1}}(V_{2-2000})^2} = 0.00061 \quad (\text{D.14})$$

(2) 溶液的温度与体积校准时温度不一致引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel2}}(V_2)$

根据容量瓶检定证书是在 20℃ 进行校准，而配制校准溶液时实验室温度在 (20±5)℃，水体积膨胀系数为 $2.1 \times 10^{-4} \text{°C}^{-1}$ 。按均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，由 50mL 单标线移液管、2000mL 单标线容量瓶溶液体积因温度影响而引入的标准不确定度分别为：

$$u_{\text{rel2}}(V_{2-50}) = \frac{2.1 \times 10^{-4} \times 5 \times 50}{50 \times \sqrt{3}} = 0.0006 \quad (\text{D.15})$$

$$u_{\text{rel2}}(V_{2-2000}) = \frac{2.1 \times 10^{-4} \times 5 \times 2000}{2000 \times \sqrt{3}} = 0.0006 \quad (\text{D.16})$$

则溶液的温度与体积校准时温度不一致引入的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel2}}(V_2) = \sqrt{u_{\text{rel2}}(V_{2-50})^2 + u_{\text{rel2}}(V_{2-2000})^2} = 0.00085 \quad (\text{D.17})$$

硫酸奎宁使用液稀释定容引入的相对不确定度 $u_{\text{rel}}(C_{s2})$ 为：

$$u_{\text{rel}}(C_{s2}) = \sqrt{u_{\text{rel1}}(V_2)^2 + u_{\text{rel2}}(V_2)^2} = \sqrt{0.00061^2 + 0.00085^2} = 0.0011 \quad (\text{D.18})$$

综上所述，配制硫酸奎宁使用液 250μg/L 时引入的标准不确定度 $u(C_s)$ ，按照公式 (D.19) 计算可得：

$$u(C_s) = 250 \times \sqrt{u_{\text{rel}}(C_{s1})^2 + u_{\text{rel}}(C_{s2})^2} = 7.26 \quad (\text{D.19})$$

D.4 合成标准不确定度

不确定度来源一览表如表 D.5 所示。

表 D.5 标准不确定度一览表

不确定度来源	符号	标准不确定度 μg/L	灵敏系数
硫酸奎宁使用液配制	$u(C_s)$	7.26	-1
被测传感器	$u(C_p)$	1.01	1

由于上述分量各自独立，互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u(\Delta C) = \sqrt{c^2(C_s) \times u(C_s)^2 + c^2(C_p) \times u(C_p)^2} = 7.33 \quad (\text{D.20})$$

D.5 扩展不确定度

假设包含因子 $k=2$ ，故扩展不确定度 U 为：

$$U = 2 \times u(\Delta C) = 2 \times 7.33 = 14.7 \text{ μg/L} \quad (\text{D.21})$$

D.6 评定结果报告

海水有色可溶性有机物传感器在 250μg/L 标准点上的扩展不确定度列于表 D.6。

表 D.6 海水有色可溶性有机物传感器在 250 μ g/L 标准点上的扩展不确定度

扩展不确定度 U	包含因子 k
14.7	2