



# 北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

## 水质在线电导率仪校准规范

Calibration Specification for Online

Conductivity Meter of Water Quality

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

# 水质在线电导率仪校准规范

Calibration Specification for Online  
Conductivity Meter of Water Quality

JJF(京) xx-xxxx

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

北京市东城区计量检测所

参加起草单位：北京市生态环境监测中心

北京华科仪科技股份有限公司

本规范委托 XXXXXXXX 负责解释

# 目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和计量单位.....	(1)
4 概述.....	(2)
5 计量特性.....	(2)
6 校准条件.....	(3)
6 校准项目和校准方法.....	(3)
7 校准结果.....	(6)
8 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 水质在线电导率仪校准原始记录参考格式.....	(8)
附录 B 水质在线电导率仪校准证书内页参考格式.....	(11)
附录 C 水质在线电导率仪电子单元引用误差测量不确定度评定.....	(13)
附录 D 水质在线电导率仪引用误差测量不确定度评定(量程 $>20 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ).....	(16)
附录 E 水质在线电导率仪引用误差测量不确定度评定(量程 $\leq 20 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ).....	(19)

## 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修订工作的基础性系列规范。

本规范在制定过程中参考了 GB/T 11007-2008《电导率仪试验方法》、JB/T 6855-2017《工业电导率仪》、JJG 376-2007《电导率仪检定规程》的相关内容。

本规范为首次发布。

## 水质在线电导率仪校准规范

### 1 范围

本规范适用于电导电极原理的水质在线电导率仪，基于电导率测量原理的在线电阻率仪的校准可参照执行。

### 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 27503-2011《电导率仪的试验溶液 氯化钠溶液制备方法》

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

水质在线电导率仪是水处理及水检测领域必备的在线设备，一般为流通式，测量管道中流动水的电导率，广泛应用于制药企业、医院、环境保护检测站、污水处理厂、发电厂、水利环境检测部门、海洋环境检测部门。

水质在线电导率仪主要由电子单元系统和传感器（电极）系统两部分组成。

### 4 计量特性

水质在线电导率仪的校准包括电子单元校准和仪器整机校准两部分。计量特性见表 1。

表 1 计量特性

计量性能		技术要求	
		$>20\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	$\leq 20\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
电子单元	电子单元引用误差	$\pm 2.0\% \text{FS}$	/
	电子单元测量重复性	$\leq 1.0\% \text{FS}$	
	电导池常数示值误差/ $\text{cm}^{-1}$	$\pm 0.01$	
仪器整机	引用误差	$\pm 3.0\% \text{FS}$	$\pm 5.0\% \text{FS}$
	测量重复性	$\pm 2.0\% \text{FS}$	$\pm 2.5\% \text{FS}$
	温度示值误差	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	

注：以上计量特性要求仅供参考，不作为判定依据。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：(5~40) °C。

5.1.2 相对湿度：不大于 85%。

5.1.3 其他：附近应无易燃、易爆和强腐蚀性气体，避免强烈机械震动、电磁干扰，并保持良好的通风。

### 5.2 校准设备及标准物质

#### 5.2.1 校准设备：

交流电阻箱：0.05 级；

恒温水浴系统：(0~50) °C 可调，温度均匀性不超过 ±0.2° C，温度波动度不大于 0.2° C。

温度计：在 (0~50) °C 范围，示值误差不超过 ±0.05 °C。

电导率仪：经检定合格，不低于 0.5 级，配备纯水检测电极。

#### 5.2.2 标准物质

电导率标准溶液：使用国家标准物质。

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准前检查

水质在线电导率仪电子单元系统外表面应光洁平整，仪器面板的标识清晰、完整，数字显示应清晰完整；传感器(电极)系统应无裂纹、无破损、无污染物，传感器单元插头应清洁、干燥，导线连接紧固。

### 6.2 校准项目

#### 6.2.1 电子单元测量重复性

按图 1 所示接线，将被校仪器的温度系数设为 0.00% 或“不补偿”，对于无法手动设置补偿温度为 25.0 °C 的水质在线电导率仪可用直流电阻箱模拟相应的电阻值以使温度显示为 25.0 °C。将测量点选择量程中间点，在相同条件下重复测量 6 次，按式(3)计算电子单元测量重复性：

$$\delta_s = \frac{1}{k_E} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{k} - k_i)^2}{n-1}} \times 100\% \quad (3)$$

式中： $\kappa_i$ ——第  $i$  次测量电导仪值， $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ；

$\bar{\kappa}$ ——电导率测量值的算术平均值， $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ；

$\kappa_F$ ——水质在线电导率仪在校准点的满量程值， $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ，

$n$ ——测量次数。

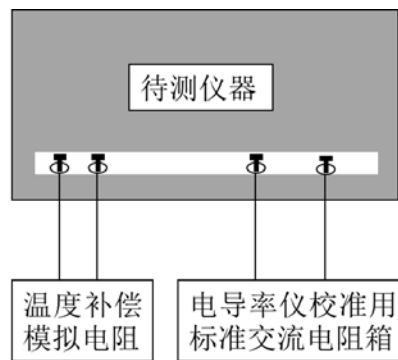


图 1 电子单元校准连接示意图

### 6.3 电子单元引用误差

按 6.2 中的测量方法，通常每一量程测量 3 点，测量点应在量程内均匀分布，每点测量 3 次。接入电导率仪校准专用交流电阻箱的标准电导  $G_S$ ，计算相应的标准电导率  $\kappa_S$ ，同时记录水质在线电导率仪的测量值  $\kappa$ ，按式 (4) 计算电子单元的引用误差：

$$\frac{\Delta\kappa}{\kappa_F} = \frac{\bar{\kappa} - \kappa_S}{\kappa_F} \times 100\% \quad (4)$$

式中： $\frac{\Delta\kappa}{\kappa_F}$ ——电子单元引用误差，%FS；【电导率仪规程】

$\kappa_S$ ——专用交流电阻箱的标准电导率值， $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。

### 6.4 电导池常数

按图 1 连接线路，在线电导率仪的温度系数设为 0.00% 或“不补偿”，或者调节温度示值为仪器参考温度（通常为 25.0°C）。

注：某些厂家的水质在线电导率仪可用直流电阻箱模拟相应的电阻值以使温度显示为 25.0°C。

接入模拟电阻箱中间量程上任一标准电导  $G_s$  (如  $100\mu\text{S}$ ) 作为输入量, 常数调节设置为  $K_{cell}$  (通常为  $1.000\text{cm}^{-1}$ ), 读取电导率仪的测量值为  $\sigma_s$ 。调节电导池常数调节至  $K_{cell V}=0.8\times K_{cell}$  处, 读取测量值  $\kappa_V$ ; 然后将电导池常数调节至  $K_{cell V}=1.2\times K_{cell}$  处, 读取测量值  $\kappa_V$ ; 按照公式 (5) 分别计算设定电导池常数的示值误差。

$$\Delta K_{cell} = K_{cell} \cdot \frac{\kappa_V}{\kappa_S} - K_{cell V} \quad (5)$$

式中:  $\kappa_V$ ——调节电导池常数  $K_{cell}$  至 0.8 或 1.2 倍后的电导率测量值,  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ;

$K_{cell V}$ ——调节电导池常数  $K_{cell}$  至 0.8 或 1.2 倍后的电导池常数值,  $\text{cm}^{-1}$

注: 对于电导池常数不可调节的仪器, 不校准此项。

## 6.5 引用误差

### 6.5.1 标准溶液法 (适用于量程 $>20\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )

根据电极类型及量程, 选择一种合适的电导率溶液标准物质进行测量, 重复测量三次, 按公式 (4) 计算引用误差:

$$\frac{\Delta\kappa}{\kappa_F} = \frac{\bar{\kappa} - \kappa_S}{\kappa_F} \times 100\% \quad (6)$$

式中:  $\frac{\Delta\kappa}{\kappa_F}$ ——整机引用误差, %FS;

$\bar{\kappa}$ ——被校电导率仪 3 次测量的算术平均值,  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ;

$\kappa_S$ ——电导率溶液标准物质参考值,  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。

### 6.5.2 标准电导率仪比对法 (适用于量程 $\leq 20\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 的仪器)

将电导率仪 (作为标准电导率仪) 的电极与被测水质在线电导率仪的电极置于同一流路中, 保持测量介质的流动状态, 溶液电导率应处在被校电导率仪测量范围内, 记录标准电导率仪示值和待校电导率仪示值, 重复测量 3 次并记录, 按公式 (7) 计算引用误差:

$$\frac{\Delta\kappa}{\kappa_F} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{(\kappa_i - \kappa_{B_i})}{\kappa_F} \times 100\% \quad (7)$$



式中:  $\frac{\Delta\kappa}{\kappa_F}$ ——整机引用误差, %FS;

$\kappa_i$ ——第*i*次测量待校电导率仪示值,  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ;

$\kappa_{Bi}$ ——第*i*次测量0.2级实验室电导率仪示值,  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。

## 6.6 测量重复性

选择适合量程的电导率溶液标准物质, 重复测量6次, 按式(8)计算测量重复性。

$$\delta_s = \frac{1}{\kappa_E} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{\kappa} - \kappa_i)^2}{n-1}} \times 100\% \quad (8)$$

式中:  $\kappa_i$ ——第*i*次测量电导率仪测量值,  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ;

$\bar{\kappa}$ ——电导率测量值的算术平均值,  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ;

$\kappa_F$ ——水质在线电导率仪在校准点的满量程值,  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,

*n*——测量次数。

注: 因电导率溶液标准物质的参考值远大于  $20\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , 所以当仪器量程小于等于  $20\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  时, 可不进行整机测量重复性校准。

## 6.7 温度示值误差

6.7.1 将水质在线电导率仪的温度传感器同电子单元连接后, 与标准温度计置于同一恒温槽, 标准温度计应和温度传感器尽量靠近。

6.7.2 设定恒温槽温度为仪器参考温度  $T_R$  (通常为  $25.0^\circ\text{C}$ ), 实际控制温度与设定温度之差应在  $\pm 0.2^\circ\text{C}$  范围内, 同时读取标准温度计测量值  $T_S$  和水质在线电导率仪温度测量值  $T$ , 重复测量3次, 计量3组数据, 按公式(9)计算单次测量的温度示值误差。

$$\Delta T = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 (T_i - T_{Si}) \quad (9)$$

式中:  $\Delta T$ ——温度示值误差,  $^\circ\text{C}$ ;

$T_i$ ——第  $i$  次测量待校电导率仪温度示值, °C;

$T_{Si}$ ——第  $i$  次测量标准温度计测量值, °C。

## 7 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息:

- a) 标题:“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点(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) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期,如果与校准结果的有效性和应用有关时,应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时,应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 校准所依据的技术规范的标识,包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准,不得部分复制证书的声明。

## 8 复校时间间隔

仪器复校时间间隔建议为 1 年。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。如果对仪器的测量数据有怀疑,或仪器更换主要部件及维修后,应对仪器重新校准。

## 附录 A

## 水质在线电导率仪校准原始记录参考格式

记录编号:

委托单位					
地址		联系电话			
仪器名称		测量范围			
型号/规格		出厂编号			
仪器接收时间		制造厂/商			
校准依据					
环境条件					
校准日期		环境温度	℃	湿度	RH%
校准地点					
校准结果不确定度描述					
使用的计量标准信息					
测量标准器名称	出厂编号	测量范围	不确定度/准确度等级/准确度等级	证书编号	有效期至

校准人员:

核验人员:

1.外观与工作正常性检查:

2.电子单元重复性:

实测值/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$						重复性 /FS%
1	2	3	4	5	6	

## 3. 电子单元引用误差:

量程 $/\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	标准值 $/\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	实测值/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$			测量平均值 $/\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	引用误差 /FS %
		1	2	3		
0~20						
20~200						
200~2000						

## 4. 电导池常数示值误差:

$K_{\text{cell}}$ 时电导率 $\kappa_{\text{S}} / \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	常数标称值 $K_{\text{cell V}}$	电导率测量值 $\kappa_{\text{V}} / \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	常数实际值 $K_{\text{cell}} \cdot \frac{\kappa_{\text{V}}}{\kappa_{\text{S}}}$	常数示值误差 $\Delta K_{\text{cell}}$

## 5. 整机引用误差:

## 5.1 标准溶液法

量程 $/\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	标准值 $/\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	实测值/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$			测量平均值 $/\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	引用误差 /FS %
		1	2	3		
20~200						
200~2000						

## 5.2 比对法

量程/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	序号	1	2	3
0~20	标准值/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$			
	实测值/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$			
	误差/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$			
	引用误差/FS %			

## 6. 整机测量重复性:

实测值/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$						重复性 /FS %
1	2	3	4	5	6	

## 7.温度示值误差:

设定值/°C	标准温度计示值/°C	仪器温度示值/°C	温度示值误差/°C

## 附录 B

## 水质在线电导率仪校准证书内页参考格式

证书编号:

校准机构授权信息说明					
校准所参照技术文件(代号、名称)					
校准所使用的主要标准器:					
名称	出厂编号	测量范围	不确定度/准确度等级/准确度等级	证书编号	有效期至
校准地点及环境条件:					
温度: °C 湿度: %RH					
地点: 其他:					

证书编号:

## 校准结果

校准项目		校准结果
1	电子单元重复性/FS %	
2	电子单元引用误差/FS %	
3	电导池常数示值误差/cm <sup>-1</sup>	
4	整机引用误差/FS %	
5	整机测量重复性/FS %	
6	温度示值误差/°C	

电子单元引用误差的扩展不确定度:

## 附录 C

### 水质在线电导率仪电子单元引用误差测量不确定度评定

#### C.1 概述

被测对象为水质在线电导率仪，其量程一般为（0~20）、（20~200）、（200~2000） $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。用交流电阻箱向被校水质在线电导率仪输入标准信号，读取被校电导率仪示值，示值与标准值之差即为电子单元示值误差，通过示值误差和满量程值计算引用误差。

评定结果的使用：在符合上述条件下的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定结果。

#### C.2 测量模型

##### C.2.1 测量模型

$$\Delta\kappa = \frac{\overline{\kappa_c} - \kappa_0}{\kappa_F} \times 100\%$$

式中：

$\Delta\kappa$ ——水质在线电导率仪电子单元引用误差，%FS；

$\overline{\kappa_c}$ ——水质在线电导率仪三次测量的算术平均值， $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ；

$\kappa_0$ ——专用交流电阻箱的标准电导值， $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ；

$\kappa_F$ ——水质在线电导率仪在校准点的满量程值， $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。

##### C. 2.2 灵敏系数

$$c_1 = \partial\Delta\kappa / \partial\kappa_c = 1 / \kappa_F$$

$$c_2 = \partial\Delta\kappa / \partial\kappa_0 = -1 / \kappa_F$$

##### C. 2.3 不确定度传播律

因为两个输入量之间彼此独立不相关，故有

$$u_c(\Delta\kappa) = \sqrt{c_1^2 u^2(\overline{\kappa_c}) + c_2^2 u^2(\kappa_0)}$$

#### C.3 全部输入量的标准不确定度评定



C.3.1 水质在线电导率仪示值引入的标准不确定度  $u(k_c)$  评定C.3.1.1 被校电子单元测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_1(k_c)$  的评定

以在线电导仪  $100\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  校准点为例进行评定。

将  $100\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  标准电导输入被检仪器，待示值稳定后，读取仪器示值，重复测量 10 次，其数据如下 ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ): 100.2、100.8、100.5、100.1、100.5、100.6、100.3、100.2、100.4、100.5，其标准差按照贝塞尔公式进行计算：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\kappa_i - \bar{\kappa})^2}{10-1}} = 0.21\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$$

实际测量 3 次，取算术平均值作为估计值，则有：

$$u_1(\kappa_c) = \frac{S}{\sqrt{3}}$$

求得  $u_1(\kappa_c) = 0.12\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

C.3.1.2 由于读数分辨力引入的标准不确定度分量  $u_2(k_c)$  远小于测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_1(k_c)$ ，故  $u_2(k_c)$  可以忽略不计，即有：

$$u(\kappa_c) = u_1(\kappa_c) = 0.12\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$$

C.3.2 水质在线电导率仪读数分辨力引入的标准不确定度分量  $u(\kappa_0)$  的评定

由标准电阻箱校准证书可知，其相对扩展不确定度为  $U_{rel} = 0.05\%$ ，包含因子  $k=2$ ，所以在测量点  $100\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  引入的不确定度为：

$$u(\kappa_0) = \frac{U_{rel} \times 100}{k}$$

求得  $u(\kappa_0) = 0.025\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

## C.4 标准不确定度汇总表

表 C.1 不确定度分量汇总表

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	$c_i$	$ c_i u(x_i)$
$u(\kappa_c)$	被校示值重复性	0.12	0.005	0.060 % FS
$u(\kappa_0)$	标准电阻箱示值	0.025	-0.005	0.0125 % FS

水质在线电导率仪在  $100\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  校准点的标准不确定度分量汇总见表 C.1。

### C.5 合成标准不确定度

由 C.2.3 不确定度传播律，合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta\kappa) = \sqrt{c_1^2 u^2(\kappa_c) + c_2^2 u^2(\kappa_0)} = 0.061\% \text{FS}$$

### C.6 扩展不确定度的评定

取包含因子  $k=2$ ，则水质在线电导率仪电子单元引用误差的扩展不确定度为：

$$100\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \text{点: } U=2 \quad u_c(\Delta\kappa) = 0.12\% \text{FS}$$

## 附录 D

水质在线电导率仪引用误差测量不确定度评定(量程 $>20 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )

## D.1 概述

被测对象为水质在线电导率仪,其量程一般为(0~20)、(20~200)、(200~2000)  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。以量程为 $200 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的水质在线电导率仪为例,将电极置于流动的标准物质液体中,读取被校电导率仪示值,示值与标准值之差即为仪器示值误差,通过示值误差和满量程值计算引用误差。

评定结果的使用:在符合上述条件下的测量结果,一般可直接使用本不确定度的评定结果。

## D.2 测量模型

## D.2.1 测量模型

$$\frac{\Delta\kappa}{\kappa_F} = \frac{\bar{\kappa} - \kappa_S}{\kappa_F} \times 100\%$$

式中:  $\frac{\Delta\kappa}{\kappa_F}$ ——整机引用误差, %FS;

$\bar{\kappa}$ ——被校电导率仪 3 次测量的算术平均值,  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ;

$\kappa_S$ ——电导率溶液标准物质参考值,  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。

## D. 2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial\Delta\kappa}{\partial\kappa_c} = \frac{1}{\kappa_F}$$

$$c_2 = \frac{\partial\Delta\kappa}{\partial\kappa_S} = \frac{-1}{\kappa_F}$$

## D. 2.3 不确定度传播律

因为两个输入量之间彼此独立不相关,故有

$$u_c(\Delta\kappa) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{\kappa}) + c_2^2 u^2(\kappa_S)}$$

## D.3 全部输入量的标准不确定度评定

D.3.1 水质在线电导率仪示值引入的标准不确定度  $u(k_c)$  评定

D.3.1.1 被校仪器测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_1(k_c)$  的评定

以水质在线电导率仪  $100\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  校准点为例进行评定。

将  $119.2\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  标准电导输入被检仪器，待示值稳定后，读取仪器示值，重复测量 10 次，其数据如下 ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ): 119.5、119.3、119.4、119.6、119.5、119.3、119.4、119.2、119.2、119.4，其标准差按照贝塞尔公式进行计算：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (\kappa_i - \bar{\kappa})^2}{(10-1)}} = 0.132 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$$

实际测量 3 次，取算术平均值作为估计值，则有：

$$u_1(\kappa_c) = \frac{S}{\sqrt{3}}$$

求得  $u_1(\kappa_c) = 0.076 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

D.3.1.2 由于读数分辨力引入的标准不确定度分量  $u_2(k_c)$  远小于测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_1(k_c)$ ，故  $u_2(k_c)$  可以忽略不计，即有：

$$u(\kappa_c) = u_1(\kappa_c) = 0.076 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$$

D.3.2 电导率标准物质引入的标准不确定度分量  $u(\kappa_s)$  的评定

由标准物质证书可知，其相对扩展不确定度为  $U=0.25\%$ ，包含因子  $k=2$ ，所以在测量点  $100\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  校准点时引入的不确定度为：

$$u(\kappa_s) = \frac{U_{\text{rel}} \times 119.2}{k} = 0.149 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$$

## D.4 标准不确定度汇总表

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	$c_i$	$ c_i u(x_i)$
$u(\kappa_c)$	被校示值重复性	0.076	0.005	0.600 % FS
$u(\kappa_s)$	标准物质	0.149	-0.005	0.125 % FS

表 D.1 不确定度分量汇总表

水质在线电导率仪在  $100\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  校准点的标准不确定度分量汇总见表 D.1。

## D.5 合成标准不确定度

由 D.2.3 不确定度传播律，合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta\kappa) = \sqrt{c_1^2 u^2(\kappa) + c_2^2 u^2(\kappa_s)} = 0.084\% \text{FS}$$

## D.6 扩展不确定度的评定

取包含因子  $k=2$ ，则水质在线电导率仪仪器引用误差的扩展不确定度为：

$$100\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \text{校准点: } U=2 \quad u_c(\Delta\kappa)=0.17\% \text{FS}$$

## 附录 E

### 水质在线电导率仪引用误差测量不确定度评定(量程 $\leq 20 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )

#### E.1 概述

被测对象为水质在线电导率仪，其量程一般为（0~20）、（20~200）、（200~2000） $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。以量程为  $20 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  的水质在线电导率仪为例，将电导率仪（作为标准电导率仪）的电极与被测水质在线电导率仪的电极置于同一流路中，保持测量介质的流动状态，溶液电导率应处在被校电导率仪测量范围内，记录标准电导率仪示值和待校电导率仪示值，示值与标准值之差即为仪器示值误差，通过示值误差和满量程值计算引用误差。

评定结果的使用：在符合上述条件下的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定结果。

#### E.2 测量模型

##### E.2.1 测量模型

$$\frac{\Delta\kappa}{\kappa_F} = \frac{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 (\kappa_i - \kappa_{Bi})}{\kappa_F} \times 100\%$$

式中： $\frac{\Delta\kappa}{\kappa_F}$ ——整机引用误差，%FS；

$\kappa_i$ ——第*i*次测量待校电导率仪示值， $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ；

$\kappa_{Bi}$ ——第*i*次测量 0.2 级实验室电导率仪示值， $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。

##### E. 2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta\kappa}{\partial \kappa_c} = \frac{1}{\kappa_F}$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta\kappa}{\partial \kappa_0} = \frac{-1}{\kappa_F}$$

##### E. 2.3 不确定度传播律

因为两个输入量之间彼此独立不相关，故有

$$u_c(\Delta\kappa) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{\kappa}) + c_2^2 u^2(\kappa_0)}$$

### E.3 全部输入量的标准不确定度评定

#### E.3.1 水质在线电导率仪示值引入的标准不确定度 $u(k_c)$ 评定

##### E.3.1.1 被校仪器测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(k_c)$ 的评定

以在线电导仪  $< 20 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  校准点为例进行评定。

将水质在线电导率仪的电极置于流动的纯水流路中，待示值稳定后，读取仪器示值，重复测量

10 次，其数据如下 ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ): 0.059、0.057、0.059、0.060、0.059、0.058、0.059、0.059、0.058、0.059，其标准差按照贝塞尔公式进行计算：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (\kappa_i - \bar{\kappa})^2}{(10-1)}} = 0.0008 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$$

实际测量 3 次，取算术平均值作为估计值，则有：

$$u_1(\kappa_c) = \frac{S}{\sqrt{3}}$$

求得  $u_1(\kappa_c) = 0.0005 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

E.3.1.2 由于读数分辨力引入的标准不确定度分量  $u_2(k_c)$  远小于测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_1(k_c)$ ，故  $u_2(k_c)$  可以忽略不计，即有：

$$u(\kappa_c) = u_1(\kappa_c) = 0.0005 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$$

#### E.3.2 标准电导率仪引入的标准不确定度分量 $u(\kappa_0)$ 的评定

由 JJG 376-2007 电导率仪计量检定规程可知，0.2 级电导率仪仪器引用误差为  $\pm 0.40\%FS$ ，所以在测量点  $< 20 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  引校准点时引入的不确定度为：

$$u(\kappa_s) = \frac{U_{\text{rel}}}{k} = 0.08 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$$

## E.4 标准不确定度汇总表

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	$c_i$	$ c_i u(x_i)$
$u(\kappa_c)$	被校示值重复性	0.0008	0.05	0.600 % FS
$u(\kappa_s)$	标准物质	0.05	-0.05	0.125 % FS

表 D.1 不确定度分量汇总表

水质在线电导率仪在  $<20 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  校准点的标准不确定度分量汇总见表 D.1。

## E.5 合成标准不确定度

由 D.2.3 不确定度传播律，合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta\kappa) = \sqrt{c_1^2 u^2(\kappa) + c_2^2 u^2(\kappa_s)} = 0.25\% \text{FS}$$

## E.6 扩展不确定度的评定

取包含因子  $k=2$ ，则水质在线电导率仪仪器引用误差的扩展不确定度为：

$$<20 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \text{校准点: } U=2 \quad u_c(\Delta\kappa)=0.50\% \text{FS}$$