内蒙古自治区地方计量技术规范

JJF（蒙）084—2024

在线电导率仪校准规范

Calibration Specification of On-line Conductivity Meters

2024-06-01 发布　　2024-09-01 实施

内蒙古自治区市场监督管理局 发布

在线电导率仪校准规范

Calibration Specification of

On-line Conductivity Meters

JJF(蒙)084—2024

归 口 单 位： 内蒙古自治区市场监督管理局

主要起草单位： 内蒙古自治区计量测试研究院

参加起草单位： 包头市检验检测中心

内蒙古伊利实业集团股份有限公司

本规范委托内蒙古自治区计量测试研究院负责解释

本规范主要起草人：

马静静（内蒙古自治区计量测试研究院）

薛燕(包头市检验检测中心)

李霞(包头市检验检测中心)

参加起草人：

康文成（内蒙古自治区计量测试研究院）

刘晓飞（内蒙古自治区计量测试研究院）

刘慧军（内蒙古伊利实业集团股份有限公司）

门晓东（内蒙古自治区计量测试研究院）

目 录

引言 ……（Ⅱ）
1 范围 ……（1）
2 引用文件 ……（1）
3 概述 ……（1）
4 计量特性 ……（2）
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 ……（3）
6.1 电子单元引用误差 ……（3）
6.2 电子单元测量重复性 ……（4）
6.3 电子单元稳定性 ……（4）
6.4 仪器整机引用误差 ……（4）
6.5 仪器整机测量重复性 ……（5）
7 校准结果表达 ……（5）
8 复校时间间隔 ……（6）
附录 A 在线电导率仪校准记录格式（供参考） ……（7）
附录 B 校准证书内页格式（供参考） ……（9）
附录 C 在线电导率仪电子单元引用误差测量不确定度的评定 ……（10）
附录 D 在线电导率仪整机引用误差测量不确定度的评定 ……（12）

引　言

本规范以 JJF1071—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》和 JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》为基础和依据进行制定。

本规范与 JJG 376—2007 电导率仪检定规程相比，减少了电导池常数示值误差和温度系数示值误差两项要求，增加了稳定性的要求；仅一个等级的技术要求，且不与规程中某等级一致。

本规范为首次发布。

在线电导率仪校准规范

1 范围

本规范适用于电导率值为 $20\mu S\cdot cm^{-1}\sim 2\times 10^{5}\mu S\cdot cm^{-1}$ 的电导式在线电导率仪和电感式在线电导率仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 376—2007 电导率仪

JJF 1094—2002 测量仪器特性评定

GB/T 6682—2008 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 11007—2008 电导率仪试验方法

JB/T 6855—2017 工业电导率仪

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。

3 概述

电导式在线电导率仪主要由电子单元系统和电导池两部分组成。检测原理是在电导池的电极间施加稳定的交流电信号，溶液中的可导电粒子受到电场的作用而运动，产生交流电流，通过测量电流通过溶液的强度，输入电导池常数，经过电子单元系统，最后得到准确的电导率。仪器结构框图如下：

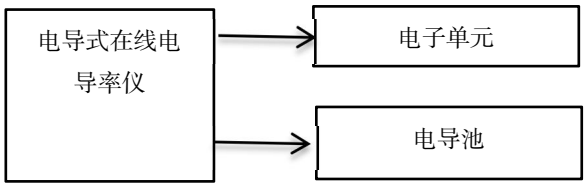

图 1 电导式在线电导率仪结构图

电感式在线电导率仪主要由电子单元系统和传感器两部分组成。检测原理是在电感传感器原级线圈中施加稳定的交流电信号，原级线圈中的交流电产生交变磁场，交变磁场在溶液中感应出交流电场，交流电场产生交变磁场，次级线圈中感应出交流电，感应的交流电势高低，取决于测量溶液的电导，通过输入电导池常数，经过电子单元系统，得到准确的电导率。

仪器结构框图如下：

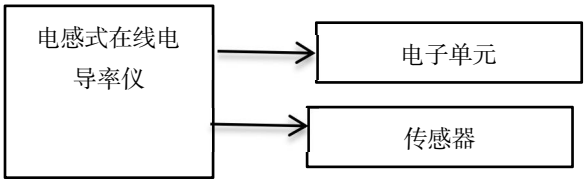

图 2　电感式在线电导率仪结构图

4 计量特性

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。仪器的计量特性如表 1 所示。

表 1 计量特性

计量特性		技术指标
电子单元	电子单元引用误差	±2.0 %FS
	电子单元测量重复性	≤1.0% FS
	电子单元稳定性/4h	≤1.2% FS
仪器整机	整机引用误差	±3.0% FS
	整机测量重复性	≤1.2% FS
	温度示值误差	±0.8℃
注：以上指标不做合格判定依据，仅供校准及不确定度评定时参考。		

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度:(5～40) ℃；相对湿度:不大于 85%。

5.1.2 供电电源：交流 （220±22）V ,频率：（50±1）Hz。

注：如仪器由总机供电或其他特殊要求时，可按照制造厂商技术要求执行。

5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 交流电阻箱

测量范围 20 μ S•cm^{-1}～2×10^{5} μ S•cm^{-1}，0.05 级。

5.2.2 国家标准物质

氯化钾电导率溶液标准物质，其相对扩展不确定度不大于 0.5% ，k=2。

5.2.3 直流电阻箱

测量范围不低于 100kΩ，准确度优于 0.1 级。

5.2.4 恒温装置

（0～50）℃可调，温度均匀度为 0.2℃，温度波动度为±0.2℃。

5.2.5 温度计

测量范围（0～50）℃，最大允许误差±0.1℃。

6 校准项目和校准方法

6.1 电子单元引用误差

按图 2 所示，查阅仪器说明书，将交流电阻箱和直流电阻箱分别与被校在线电导率仪连线（对于有些无法与标准器连线的在线电导率仪，此项可忽略）。将被校在线电导率仪的温度系数设为 0.00%或“不补偿”，或调节温度示值为仪器参考温度 25.0℃，对于无法手动设置温度为 25.0℃的在线电导率仪，可使用直流电阻箱模拟相应的电阻值，调节直流电阻箱电阻值，直至在线电导率仪温度显示为 25.0℃。调节电导池常数为参考值 $K_{\mathrm{cell\,R}}$（通常为 1.000cm^{-1}）。

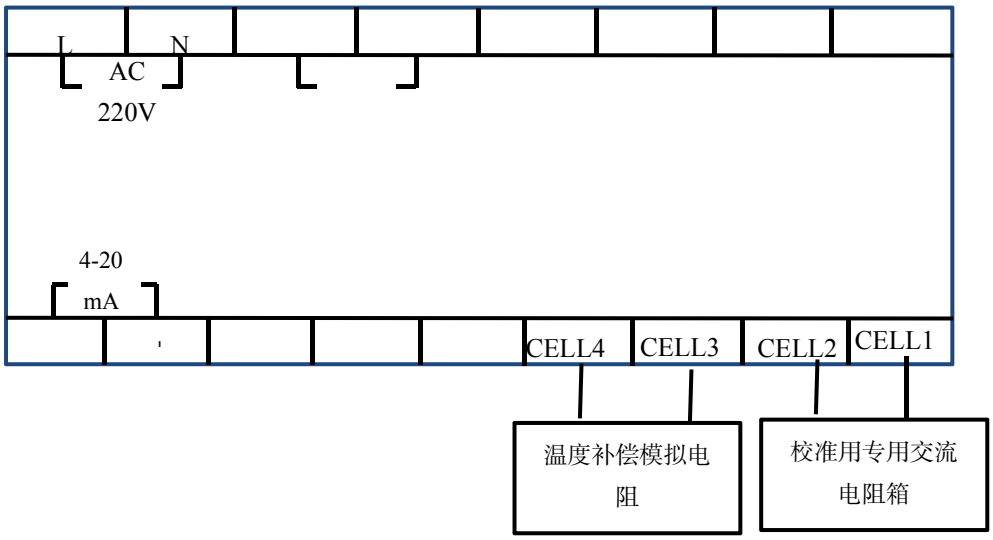

图 2 电子单元校准接线示意图

通常按照量程选择 3 个测量点，测量点应在量程内均匀分布，接入交流电阻箱的标准电导 G_s，每点测量 3 次，计算相应的标准电导率 $k_{\mathrm{s}} = K_{\mathrm{cell\,R}} G_{\mathrm{s}}$，读取对应的仪器测量值 k_{M}。按式（1）计算电子单元的引用误差。

$$\Delta k = \frac{k_{\mathrm{M}} - k_{\mathrm{S}}}{k_{\mathrm{F}}} \qquad (1)$$

式中：Δk 一在线电导率仪电子单元引用误差，%FS；

k_M 一被校在线电导率仪 3 次测量的算术平均值，μS•cm^{-1} 或 mS•cm^{-1}；

k_S —专用交流电阻箱的标准电导对应电导率值，μS•cm^{-1} 或 mS•cm^{-1}；

k_F -在线电导率仪在校准点的量程上限值，μS•cm^{-1} 或 mS•cm^{-1}。

6.2 电子单元测量重复性

按照 6.1 中的测量方法，将测量点选中量程中间点，接入标准电导 G_s^0，按 6.1 中的测量方法在相同条件下重复测量 7 次，按式(2)计算电子单元测量重复性：

$$\delta_s = \frac{1}{k_F}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{6}(k_{Mi} - \bar{k}_M)}{5}} \qquad (2)$$

式中：δ_s 一在线电导率仪电子单元测量重复性，%FS；

$\bar{k}_M$ 一被校在线电导率仪 7 次测量的算术平均值，μS•cm^{-1} 或 mS•cm^{-1}；

k_{Mi} —被校在线电导率仪第 i 次示值，μS•cm^{-1} 或 mS•cm^{-1}。

6.3 电子单元稳定性

按照 6.1 中的测量方法，在中间量程选择一电导率（比如 100μS•cm^{-1}），接入标准电导 G_s。记录测量值 k_0 作为起始值，每隔 1 小时记录 1 次，持续观测 4 小时后，按式（3）计算最大漂移量 δ_W，即电子单元稳定性。

$$\delta_W = \frac{|k_i - k_0|}{k_F} \times 100\% \qquad (3)$$

式中：δ_w 一电子单元稳定性，%FS；

k_i 一第 i 次测量值，μS•cm^{-1} 或 mS•cm^{-1}；

k_0 —初始测量值，μS•cm^{-1} 或 mS•cm^{-1}。

6.4 仪器整机引用误差

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 3 次，按公式（3）计算引用误差：

$$\Delta K = \frac{K_M - K_S}{K_F} \qquad (4)$$

式中：ΔK -整机引用误差，%FS；

K_M -被校在线电导率仪 3 次测量的算术平均值，μS•cm^{-1} 或 mS•cm^{-1}；

K_S -标准溶液的电导率，μS•cm^{-1} 或 mS•cm^{-1}；

K_F -仪器被较量程的上限值，μS•cm^{-1} 或 mS•cm^{-1}。

6.5 仪器整机测量重复性

重复测量标准溶液共 7 次，按公式（2）计算单次测量标准偏差与量程的上限值的比值，表示仪器整机测量重复性。

6.6 温度示值误差

6.6.1 将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中，标准温度计应和温度传感器尽量靠近。

6.6.2 设定恒温槽温度为仪器参考温度 T_R（通常为 25.0℃）,同时读取标准温度计测量值 T_S；和在线电导率仪温度测量值 T_M，按公式(4)计算单次测量的温度示值误差。

$$\Delta T = T_M - T_S \qquad (5)$$

式中：ΔT —温度示值误差，℃；

T_M —被校在线电导率仪温度测量值，℃；

T_S —标准温度计测量值，℃。

6.6.3 重复测量 3 次，取 3 次温度示值误差的算术平均值作为温度示值误差。

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)校准证书或校准报告签发人的签名、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

仪器的复校时间间隔建议不超过 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，用户可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。当更换重要部件、维修、搬运或对仪器性能有怀疑时，应随时校准。

附录 A

在线电导率仪校准记录格式（供参考）

委托单位名称			
委托单位地址			
制造厂家		仪器量程	
规格型号		出厂编号	
环境温度	℃	环境湿度	%RH
校准员		核验员	
校准日期		校准地点	
记录编号		校准依据	

本次校准所用的计量标准器

标准器名称	出厂编号	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	证书有效期至

量程	标准值	实测值			测量平均值	引用误差	扩展不确定度 U（k=2）
		1	2	3			

1、电子单元引用误差

2、电子单元重复性

实测值							测量重复性
1	2	3	4	5	6	7	

3、 电子单元稳定性

量程	标准值	测量值					稳定性
		1	2	3	4	5	

4、仪器整机引用误差

量程	标准值	实测值			测量平均值	电导池常数	引用误差	不确定度
		1	2	3				

5、仪器整机测量重复性

实测值							测量重复性
1	2	3	4	5	6	7	

6、温度示值误差

设定值	标准温度计示值	仪器温度示值	温度示值误差

附录 B

校准证书内页格式

校　　准　　结　　果

1、电子单元引用误差:

2、电子单元重复性:

3、电子单元稳定性：

4、仪器整机引用误差:

5、仪器整机测量重复性:

6、温度示值误差:

----- 以　下　空　白 -----

附录 C

在线电导率仪电子单元引用误差测量不确定度的评定

C.1 概述

C.1.1 环境条件：温度(20±5)℃，相对湿度 30%~85%。

C.1.2 测量标准：交流电阻箱,0.05 级。

C.1.3 被测对象：在线电导率仪,量程(20.0~200.0)μS/cm。

C.1.4 测量方法：用交流电阻箱向被校在线电导率仪输入标准信号，读取被校在线电导率仪示值，重复 3 次，3 次读数的算术平均值减去相应的标准电导率值再除以测量档的量程上限值即为电子单元引用误差。

C.2 测量模型

$$\Delta k = k_M - k_S$$

C.3 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta k}{\partial k_{\mathrm{M}}} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta k}{\partial k_{\mathrm{S}}} = -1$$

合成方差：$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(k_{\mathrm{M}}) + c_2^2 u^2(k_{\mathrm{s}})}$

C.4 不确定度分量评定

C.4.1 测量重复性引入的不确定度 $u(k_{\mathrm{M}})$ 评定：

对一台在线电导率仪用交流电阻箱输入标准值为 100μS/cm 的电导率值,测得的值如下（μS/cm）：100.5，100.0，100.1，100.0，100.2，99.6，100.3，100.2，100.2，100.2，其平均值为：100.13μS/cm，引用误差为：0.1%FS。

其重复性

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(k_i - \bar{k})}{(10-1)}} = 0.24\,\mu\mathrm{S/cm}$$

实际校准过程中测量 3 次，取算术平均值，故

$$u(k_{\mathrm{M}}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.14\,\mu\mathrm{S/cm}$$

C.4.2 交流电阻箱引入的不确定度$u(k_s)$评定：

由交流电阻箱说明书可知，其最大允许误差为 0.05%，按均匀分布计算，则标准不确定度为

$$u(k_s) = 0.05\% \times 100 / \sqrt{3} = 0.029\,\mu\text{S/cm}$$

C.4.3 标准不确定度汇总表

表 1 不确定度分量汇总表

标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度
$u(k_M)$	测量重复性	0.14μS/cm
$u(k_s)$	交流电阻箱	0.029μS/cm

C.5 合成标准不确定度计算

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(k_M) + c_2^2 u^2(k_s)} = 0.15\,\mu\text{S/cm}$$

C.6 扩展不确定度的计算

取 k=2，扩展不确定度$U = 0.3\,\mu\text{S/cm}$

C.7 扩展不确定度报告

在线电导率仪在 100μS/cm 测量点的误差为 0.1%FS，$U = 0.3\,\mu\text{S/cm}$　k=2

附录 D

在线电导率仪整机引用误差测量不确定度的评定

D.1 概述

D.1.1 环境条件：温度(20±5)℃，相对湿度 30%~85%。

D.1.2 测量标准：电导率标准溶液：标准值为：147.2μS/cm，U_{rel}=0.25% k=2。

D.1.3 被测对象：在线电导率仪,量程(20.0~200.0)μS/cm。

D.1.4 测量方法：用被校在线电导率仪测量标准溶液，重复测量 3 次，3 次读数的算术平均值减去相应的标准电导率值再除以测量档的量程上限值即为整机引用误差。

D.2 测量模型

$$\Delta K = K_{\mathrm{M}} - K_{\mathrm{S}}$$

D.3 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta K}{\partial K_{\mathrm{M}}} = \frac{1}{K_{\mathrm{F}}}$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta K}{\partial K_{\mathrm{S}}} = -\frac{1}{K_{\mathrm{F}}}$$

合成方差：$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(K_{\mathrm{M}}) + c_2^2 u^2(K_{\mathrm{s}})}$

D.4 不确定度分量评定

D.4.1 测量重复性引入的不确定度$u(K_{\mathrm{M}})$评定：

用被校在线电导率仪测量标准溶液，测得的值如下（μS/cm）：146.6，146.5，146.8，145.5，145.9，145.8，145.9，145.6，145.3，146.4，其平均值：146.03μS/cm，

误差：0.6%FS

其重复性

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(k_i - \bar{k})}{(10-1)}} = 0.51\,\mu\mathrm{S/cm}$$

实际校准过程中测量 3 次，取算术平均值，故

$$u(K_{\mathrm{M}}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.30\,\mu\mathrm{S/cm}$$

D.4.2 电导率标准溶液引入的不确定度$u(K_s)$评定：

由电导率标准溶液标准物质证书可知，其标准值为：147.2μS/cm，U_{rel}=0.25% k=2，则标准不确定度为

$$u(K_s) = 0.25\% \times 147.2/2 = 0.19\,\mu\text{S/cm}$$

D.4.3 标准不确定度汇总表

表 1 不确定度分量汇总表

标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度
$u(K_M)$	测量重复性	0.30μS/cm
$u(K_s)$	电导率标准溶液	0.19μS/cm

D.5 合成标准不确定度计算

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(K_M) + c_2^2 u^2(K_s)} = 0.35\,\mu\text{S/cm}$$

D.6 扩展不确定度的计算

取 k=2，扩展不确定度$U = 0.7\,\mu\text{S/cm}$

D.7 扩展不确定度报告

在线电导率仪仪器示值误差为 0.6%FS， $U = 0.7\,\mu\text{S/cm}$, k=2