

北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

电导率仪检定装置校准规范

Calibration Specification for Verification Device of

Electrolytic Conductivity Meters

(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

电导率仪检定装置校准规范

Calibration Specification for Verification

Device of Electrolytic Conductivity Meters

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

本规范委托 XXXXXXXX 负责解释

目 录

引 言.....	(III)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和计量单位.....	(1)
3.1 电导 conductance.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(2)
6 校准条件.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(4)
8 校准结果表达.....	(6)
9 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 电导率仪检定装置校准不确定度评定示例.....	(8)
附录 B 校准原始记录格式 (推荐).....	(11)
附录 C 校准证书内页格式 (推荐).....	(13)

引 言

本规范依据国家计量技术规范 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》编制。

本规范是首次制定的地方计量技术规范。

电导率仪检定装置校准规范

1 范围

本规范适用于频率范围为 0Hz~100kHz, 电导范围为 $0.5 \times 10^{-1} \mu\text{S} \sim 2.5 \times 10^4 \mu\text{S}$ 、温度范围为 $10^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 的电导率仪检定装置的校准, 也适用于电导范围为 $0.5 \times 10^{-1} \mu\text{S} \sim 2 \times 10^5 \mu\text{S}$ 的检定电导率仪专用交流电阻箱的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJG376-2007 电导率仪检定规程

凡是注日期的引用文件, 仅注日期的版本适用于该规范; 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 术语和计量单位

3.1 电导 conductance

(电解质溶液的) 电导定义为, 电导池中电解质溶液的离子电荷移动时, 电流和电势差的比值, 即

$$G = \frac{I}{U} \quad (1)$$

式中:

G ——电解质溶液的电导, S

I ——通过电解质溶液的电流, A

U ——电导池中电极间的电势差, V

电导 G 与其电阻 R 互为倒数, 即

$$G = \frac{1}{R} \quad (2)$$

4 概述

电导率仪检定装置是用于检定各种电导率仪的计量器具, 能显示输出准确的电导值, 同时具有电导值校准功能, 可调节所显示的电导值。主要由电导测量盘和温度传感器模拟电阻盘组成, 常用作电导率仪检定标准器。

检定电导率仪专用交流电阻箱是专门用于检定各类电导率仪及同类仪器的标准溶液电导的模拟装置，指示值直接表示为电导值，同时，仪器的温度传感器模拟电阻盘能够完成对电导率仪温度补偿系数的检定。

5 计量特性

5.1 电导率仪检定装置电导示值

根据电导与电阻的倒数关系，可通过测量电阻并计算其倒数得出电导。电导率仪检定装置的电导示值绝对误差表示形式为：

$$\Delta = G_n - G_x = \frac{1}{R_n} - \frac{1}{R_x} \quad (3)$$

式中：

Δ ——示值绝对误差， μS

G_n ——电导率仪检定装置被校点的电导标称值， μS

G_x ——电导率仪检定装置被校点的电导实际值， μS

R_n ——电导率仪检定装置被校点的电导对应的电阻标称值， $\text{k}\Omega$

R_x ——电导率仪检定装置被校点的电导对应的电阻实际值， $\text{k}\Omega$

电导率仪检定装置的电导示值相对误差表示形式为：

$$\delta = \frac{\Delta}{G_x} = \frac{1/R_n - 1/R_x}{1/R_x} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

δ ——示值相对误差。

在工作频率范围内，电导率仪检定装置各电导量程的最大允许误差应符合表 1 的规定。

表 1 电导率仪检定装置各电导量程的最大允许误差

电导量程	最大允许误差
$0.5 \times 10^{-1} \mu\text{S} \sim 1 \times 10^0 \mu\text{S}$	$\pm 0.1\%$
$1.6 \times 10^0 \mu\text{S} \sim 2.5 \times 10^4 \mu\text{S}$	$\pm 0.07\%$

5.2 电导率仪检定装置温度传感器模拟电阻示值

温度传感器模拟电阻示值在连续两次测量中，其最小值的示值变化不应超过 $\pm 5 \times 10^{-2} \Omega$ 、最大值的示值变化不应超过 $\pm 5 \times 10^{-3} \text{k}\Omega$ 。

5.3 检定电导率仪专用交流电阻箱电导示值

检定电导率仪专用交流电阻箱各电导量程的准确度等级应符合表 2 的规定。

表 2 检定电导率仪专用交流电阻箱各电导量程的准确度等级

电导量程	准确度等级
$0.5 \times 10^{-1} \mu\text{S} \sim 3 \times 10^0 \mu\text{S}$	0.1 级
$0.2 \times 10^1 \mu\text{S} \sim 2 \times 10^5 \mu\text{S}$	0.05 级

检定电导率仪专用交流电阻箱的温度传感器模拟电阻的测量范围为 $0.1\Omega \sim 111111\Omega$, 其计量特性无特殊要求。

注：以上指标不是用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

电导率仪检定装置应在表 3 规定的影响量的参考范围下进行校准；

表 3 影响量的参考范围

影响量	校准时的参考范围
温度	$20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$
相对湿度	25%~75%

交流供电：电压 220V, 频率 50Hz；

周围应无影响仪器正常工作的机械振动或强电磁场。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准器由 LCR 数字电桥或交流电阻电桥等组成。

校准连续可调的温度传感器模拟电阻盘时，如果需要测量特定温度条件下的电导值，可选用高精度测温仪或具有温度显示功能的电导率仪等设备进行辅助测量。

校准电导率仪检定装置时，由标准器、辅助设备及环境条件等因素引起的扩展不确定度应不大于被校电导率仪检定装置最大允许误差的 1/3。

6.3 校准频率

当电导示值对应的电阻值小于等于 $200\text{k}\Omega$ 时，校准频率一般选为 1kHz；当电阻值大于 $200\text{k}\Omega$ 时，校准频率一般选为 100Hz。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 4

表 4 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款
1	外观及通电检查	7.2.1
2	电导率仪检定装置的电导示值	7.2.2
3	电导率仪检定装置温度传感器模拟电阻值	7.2.3
4	步进盘式温度传感器模拟电阻示值	7.2.4

注：步进盘式温度传感器模拟电阻示值适用于检定电导率仪专用交流电阻箱的校准。

7.2 校准方法

7.2.1 外观及通电检查

7.2.1.1 外观结构应完好，机壳、端扭等不应有影响正常工作的机械损伤。

7.2.1.2 铭牌应有以下主要标志：产品名称、型号、出厂编号、生产厂名称等。

7.2.1.3 通电检查被校准电导率仪检定装置的电导测量功能，电导测量盘各旋钮应旋转正常，各量程对应的标准电导值应能正常显示。

7.2.1.4 电导率仪检定装置的温度传感器模拟电阻测量盘应能连续旋转正常。

7.2.2 电导率仪检定装置的电导示值

电导率仪检定装置的电导示值可采用直接测量法校准，校准频率应按 6.3 的规定选取。用 LCR 数字电桥或交流电阻电桥测量电导示值对应的电阻值，再由电导与电阻的倒数关系，由公式 (2) 计算出相应的电导测量值。接线方法如图 1 所示。

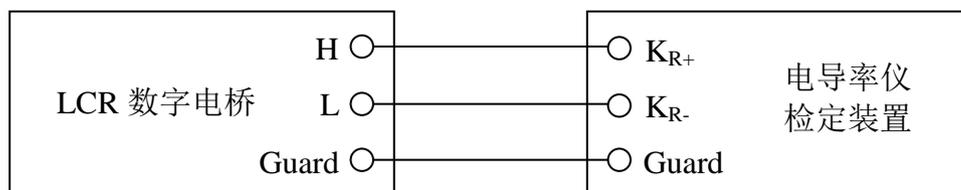


图 1 直接测量法校准电导率仪检定装置的电导示值

电导率仪检定装置的电导示值误差按公式 (3) 和公式 (4) 计算。校准过程中，在使用某一电导示值调节旋钮时，其它旋钮应置于零电导值处，每个电导测量盘各电导测量点

均需逐一进行校准。

7.2.3 电导率仪检定装置温度传感器模拟电阻值

采用直接测量法,用 LCR 数字电桥或交流电阻电桥测量电导率仪检定装置温度传感器模拟电阻盘对应的电阻最小值和最大值。接线方法如图 2 所示。

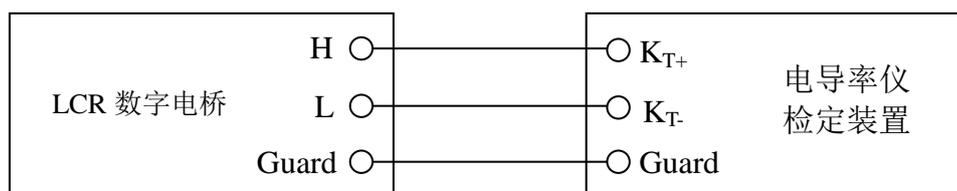


图 2 直接测量法校准电导率仪检定装置温度传感器模拟电阻值

测量时,应设置电导率仪检定装置的两个电阻补偿(T)处于某一方向的组合状态,使测量结果分别显示为最小值和最大值(一般情况下,当两个电阻补偿(T)都置于最左端时,测量结果显示为最小值,当两个电阻补偿(T)都置于最右端时,测量结果显示为最大值)。

当测量特定温度条件下的模拟电阻值时,需选用一经计量检定合格的高精度测温仪或具有温度显示功能的电导率仪进行特定温度值的显示,接线方法如图 3 所示。

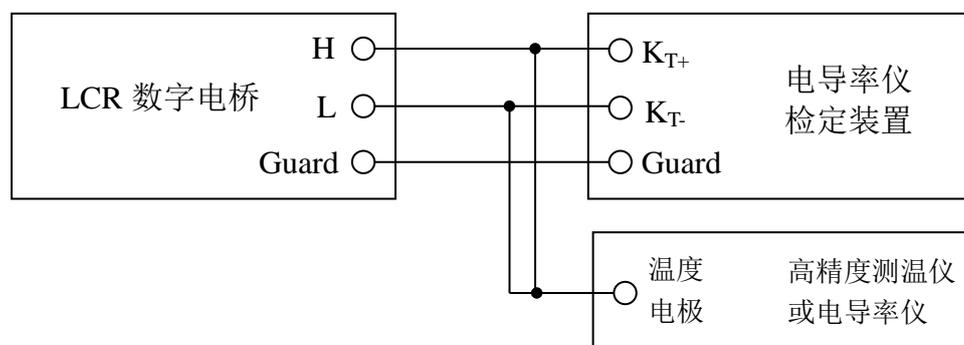


图 3 测量特定温度条件下电导率仪检定装置温度传感器模拟电阻值

将高精度测温仪或电导率仪通过温度电极接口并联在被校准电导率仪检定装置的 K_{T+} 和 K_T 两个接线柱上,缓慢旋转连续可调的温度传感器模拟电阻盘,使高精度测温仪或电导率仪显示为特定温度值,用 LCR 数字电桥或交流电阻电桥直接测量该特定温度条件下的模拟电阻值。

7.2.4 步进盘式温度传感器模拟电阻测量

检定电导率仪专用交流电阻箱的温度传感器模拟电阻测量盘通常为步进盘式，可通过 LCR 数字电桥或交流电阻电桥采用直接测量法进行测量，即直接读取各步进盘的电阻值，接线方式可参考图 1 中的接线，测量结果如式 (5) 所示。

$$R = R_x \quad (5)$$

式中：

R ——温度传感器模拟电阻盘被校准点的电阻实际值， Ω ；

R_x ——温度传感器模拟电阻盘被校准点的电阻测量值， Ω 。

测量前应将每个步进盘在最大值和最小值间来回转动不少于三次，然后使电阻示值全部置于零位。测量时应逐盘、逐点进行测量。测量结果应注明是否包含零位电阻值。

8 校准结果表达

8.1 校准证书

校准结果应在校准证书上反应，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“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) 证书或报告的唯一性标识（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和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 对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) 校准证书和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, 不得部分复制证书或报告的声明。

校准原始记录格式见附录 B, 校准证书(报告)内页格式见附录 C。

8.2 数据处理及修约

电导率仪检定装置被校点的电导对应的电阻实际值误差数据计算后, 应采用四舍五入法则进行修约, 其有效数字位数应满足各量程所评定的不确定度要求。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。

附录 A 电导率仪检定装置校准不确定度评定示例

A.1 测量方法

根据校准规范，采用直接测量法校准电导率仪检定装置。测量装置为 1689 型 LCR 数字电桥（电阻参数的最大允许误差为 $\pm 2 \times 10^{-4}$ ），电导实际值即测量装置测量电阻值的倒数。

A.2 测量模型

测量模型可用式 (A.1) 表示：

$$G = G_x = \frac{1}{R_x} \quad (\text{A.1})$$

式中：

G — 被测电导率仪检定装置的电导实际值；

G_x — 测量装置测量电导率仪检定装置的电导实际值；

R_x — 测量装置测量电导率仪检定装置的电阻实际值。

灵敏度系数为：

$$\frac{\partial f}{\partial R_x} = -1 \quad (\text{A.2})$$

根据不确定度传播律，测量结果的不确定度可表示为：

$$u_c^2(G) = \left(\frac{\partial f}{\partial R_x}\right)^2 u^2(R_x) \quad (\text{A.3})$$

即：

$$u_c(G) = u(R_x) \quad (\text{A.4})$$

式中：

$u_c(G)$ — 被测电导率仪检定装置电导实际值的合成标准不确定度， μS ；

$u(R_x)$ — 测量装置测量电导率仪检定装置对应电阻的不确定度， $\text{k}\Omega$ 。

A.3 不确定度来源

由测量模型可知，测量结果的不确定度由电导率仪检定装置的电导对应电阻的示值 R_x 的不确定度决定。 R_x 的不确定度来源主要有：测量装置测量电阻的重复性引入的不确定度 $u_1(R_x)$ 、测量装置的示值误差引入的不确定度 $u_2(R_x)$ 。

校准过程中，在符合规定的环境条件下，温度、湿度、电磁干扰等带来的影响可忽略，因此，环境条件引入的不确定度忽略不计。

A.4 测量不确定度分量

A.4.1 测量装置测量电阻的重复性引入的不确定度 $u_1(R_x)$

测量装置的重复性引入的标准不确定度通过 A 类方法进行评定，采用贝塞尔公式计算单次实验标准偏差得到。

$$u_1(R_x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{xi} - \bar{R}_x)^2}{n-1}} \quad (\text{A.5})$$

式中：

\bar{R}_x — 被测电导率仪检定装置对应电阻值多次测量的平均值，k Ω ；

R_{xi} — 被测电导率仪检定装置对应电阻值的第 i 次测量值，k Ω ；

n — 重复测量的次数。

测量装置为 1689 型 LCR 数字电桥，用 LCR 数字电桥测量电导率仪检定装置的倍率为“ $\times 10^1 \mu\text{S}$ ”时标称值为 1 μS 的电导值对应的电阻值，即电阻标称值为 100 k Ω 时，重复测量结果如表 1 所示。

表 1 电导率仪检定装置电阻标称值为 100 k Ω 时重复性测量数据

测量次数	测量装置示值/ k Ω
1	99.97
2	99.97
3	99.98
4	99.98
5	99.98
6	99.98
7	99.98
8	99.98

9	99.98
10	99.97

根据表 1 中的数据, 可由公式 (A.5) 计算出重复测量的单次实验标准偏差为

$$S(R_x) = 0.0042 \text{ k}\Omega \quad (\text{A.6})$$

则测量重复性引入的不确定度为:

$$u_1(R_x) = S(R_x) = 0.0042 \text{ k}\Omega \quad (\text{A.7})$$

A.4.2 测量装置的示值误差引入的标准不确定度 $u_2(R_x)$

测量装置为 1689 型 LCR 数字电桥, 根据说明书可知, 该数字电桥的准确度等级为 0.02 级。按 B 类方法进行评定, 在测量电导率仪检定装置电阻标称值为 100 k Ω 时, 其最大允许误差为 $\pm 0.02 \text{ k}\Omega$, 分布区间的半宽度为 $a = 0.02 \text{ k}\Omega$, 为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则电阻测量装置示值误差引入的标准不确定度为:

$$u_2(R_x) = \frac{a}{k} = \frac{0.02 \text{ k}\Omega}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ k}\Omega \quad (\text{A.8})$$

A.5 合成标准不确定度

合成标准不确定度为:

$$u_c(G) = u(R_x) = \sqrt{u_1^2(R_x) + u_2^2(R_x)} = 0.012 \text{ k}\Omega \quad (\text{A.9})$$

A.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为:

$$U(G) = k \times u_c(G) = 0.024 \text{ k}\Omega, \quad (k = 2) \quad (\text{A.10})$$

附录 B

校准原始记录格式（推荐）

电导率仪检定装置校准原始记录

委托单位名称:		证书编号	
委托单位地址:		校准依据	
仪器名称:	型号:	出厂编号:	
制造单位:		环境温度:	相对湿度:
校准地点:		校准日期:	

校准使用的主要计量器具

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

1. 电导率仪检定装置的电导示值

倍率	示值		实际值	U_{rel} ($k=2$)	倍率	示值		实际值	U_{rel} ($k=2$)
	μS	$\text{k}\Omega$				$\text{k}\Omega$	μS		
$\times 10^{-1}\mu\text{S}$					$\times 10^2\mu\text{S}$				
$\times 10^0\mu\text{S}$					$\times 10^3\mu\text{S}$				
$\times 10^1\mu\text{S}$					$\times 10^4\mu\text{S}$				

第 页 共 页

2. 电导率仪检定装置温度传感器模拟电阻值

K_T 电阻值测量: _____

3. 步进盘式温度传感器模拟电阻测量

示值	实际值 (Ω)					
	$\times 10^{-1} \Omega$	$\times 10^0 \Omega$	$\times 10^1 \Omega$	$\times 10^2 \Omega$	$\times 10^3 \Omega$	$\times 10^4 \Omega$
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
$U(k=2)$						

附录 C

校准证书内页格式（推荐）

证书编号 XXXXXX-XXXX

<校准机构授权说明>				
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 的要求。				
校准环境条件及地点：				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其 它		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

说明：

- 被校物品修理后，应立即重新校准
- 在使用过程中，如对被校物品的技术指标产生怀疑，请重新校准

校准结果

(校准项目及校准结果)

1 外观及通电检查

是否符合校准规范要求：是 () 否 ()

2 电导率仪检定装置的电导示值

倍率	示值		实际值	U_{rel} ($k=2$)	倍率	示值		实际值	U_{rel} ($k=2$)
	μS	$\text{k}\Omega$				$\text{k}\Omega$	μS		
$\times 10^{-1}\mu\text{S}$					$\times 10^2\mu\text{S}$				
$\times 10^0\mu\text{S}$					$\times 10^3\mu\text{S}$				
$\times 10^1\mu\text{S}$					$\times 10^4\mu\text{S}$				

校准结果

(校准项目及校准结果)

3 电导率仪检定装置温度传感器模拟电阻值

 K_T 电阻值测量: _____

4 步进盘式温度传感器模拟电阻测量

示值	实际值 (Ω)					
	$\times 10^{-1} \Omega$	$\times 10^0 \Omega$	$\times 10^1 \Omega$	$\times 10^2 \Omega$	$\times 10^3 \Omega$	$\times 10^4 \Omega$
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
$U(k=2)$						

说明:

根据客户要求和校准文件的规定, 通常情况下_____个月校准一次。

声明:

1. 仅对加盖“XXXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。

校准员:

核验员: