

公 示

根据《省市场监管局办公室关于印发 2022 年度地方计量规范制修订计划的通知》的规定，现将我所编制的“实验室纯水机校准规范（征求意见稿）”和“实验室纯水机校准规范（数据验证报告）”向社会予以公示（具体内容见附件）。公示期间，公众可通过电话或电子邮件形式进行意见反馈。

联系人：邵媛

联系电话：027-84814886

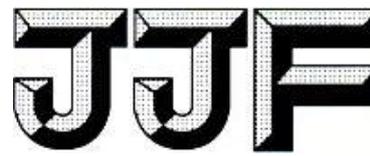
电子邮箱：21022635@ qq. com

公示时间：2024 年 4 月 3 日 - 2024 年 5 月 3 日

- 附件：1. 实验室纯水机校准规范（征求意见稿）
2. 实验室纯水机校准规范（数据验证报告）
3. 征求意见表

武汉市计量测试检定（研究）所

2024 年 4 月 3 日



湖北省地方计量技术规范

JJF (鄂) ***-2024

实验室纯水机校准规范

Technical Specification for
Laboratory pure water machine
(征求意见稿)

2024-**-** 发布

2024-**-** 实施

湖北省市场监督管理局 发布

实验室纯水机校准规范

Technical Specification for
Laboratory pure water machine

JJF (鄂) **—2024

归口单位：湖北省市场监督管理局

起草单位：武汉市计量测试检定（研究）所

本规范委托武汉市计量测试检定（研究）所负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

严禁复制

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)
4.1 电导率	(2)
4.2 电阻率	(2)
4.3 电导率（或电阻率）重复性	(2)
4.4 电导率（或电阻率）稳定性	(2)
4.5 PH 值	(2)
4.6 出水流量	(2)
4.7 制水温度	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 标准器及其他设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 校准项目	(3)
6.2 校准方法	(3)
7 校准结果表达	(8)
7.1 校准结果处理	(8)
7.2 不确定度评定	(9)
8 复校时间间隔	(8)
附录 A 实验室纯水机校准结果记录参考格式	(10)
附录 B 实验室纯水机校准证书内页参考格式	(12)
附录 C 实验室纯水机测量结果不确定度评定示例	(13)

引 言

本规范是以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》和JJF 1059.1—2012 《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

本规范为首次发布。

严禁复制

实验室纯水机校准规范

1 范围

本规范适用于实验室纯水机的校准。纯水净化系统配置的在线电导率（或电阻率）仪的校准，可参考本规范执行。

2 引用文件

本规范引用了以下文件：

JJG 376-2007 《电导率仪检定规程》

JJG 119-2018 《实验室 pH（酸度）计检定规程》

JJF 1547-2015 《在线 pH 计校准规范》

GB/T 6682-2008 《实验室级纯水及超纯水》

凡是注明日期的引用文件，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

实验室用纯水机是采用预处理、反渗透技术、超纯化处理以及后期处理等步骤，将水中的导电介质几乎完全去除的水处理设备。

实验室用纯水机通常由净化系统（水处理系统）、电计系统（二次仪表系统）和电极系统（传感器系统）三部分组成，其电阻率/电导率探头被装入净化系统（封闭式水箱）内。实验室纯水机完成水处理后，传感器探头测量纯水的电阻率/电导率、pH 值、出水流量、温度等参数，通过外部屏幕显示。图 1 为其结构简图。

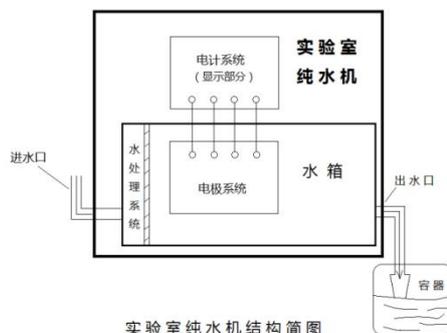


图 1 实验室纯水机结构简图

4 计量特性

4.1 电导率

测量范围：(0.05~500) $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，最大允许误差： $\pm 5\% \text{FS}$ 。

4.2 电阻率

测量范围：(0.01~18.25) $\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ ，最大允许误差： $\pm 5\%$ 。

4.3 电导率（或电阻率）重复性

不超过 $\pm 2\% \text{FS}$ 。

4.4 电导率（或电阻率）稳定性

不超过 $\pm 2\%/30\text{min}$ 。

4.5 pH 值

测量范围 (4~8)，最大允许误差： ± 0.1 。

4.6 出水流量

测量范围 (0~3000) mL/min 。

4.7 制水温度

仪器的进水温度为 (5~40) $^{\circ}\text{C}$ ，电导率（或电阻率）的参考温度为 25 $^{\circ}\text{C}$ 。最大允许误差： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

注：以上指标不作为合格性判断标准，仅提供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：(10~40) $^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： $\leq 85\%$ ；电源电压：(220 ± 5) V。

5.1.2 无影响仪器正常工作的电磁场、无强烈机械振动。

5.2 标准器及其他设备

校准设备依据所采用的方法选取，主要有：

5.2.1 标准交流电阻箱，准确度等级：0.1 级。

5.2.2 标准电导率仪，分辨力：0.001 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，最大允许误差： $\pm 0.5\%$ 。

5.2.3 pH 计，最大允许误差： $\pm 0.01\text{pH}$ 。

5.2.4 数字温度计，最大允许误差： $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.5 量筒，标称容量 1000mL，分度值 10mL，容量允差： $\pm 10\text{mL}$ 。

5.2.6 电子秒表，测量范围：0s~60min，分辨力：0.1s，最大允许误差： $\pm 1\text{s}$ 。

5.2.7 专用测试管路配套装置：流通池、容量瓶、多口径软管及转接口等。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

实验室纯水机的校准项目见表 1，根据实际情况或用户要求，选择电导率或电阻率其中一项进行校准。

表 1 实验室纯水机的校准项目一览表

序 号	项 目 名 称
1	电导率（或电阻率）的示值误差
2	电导率（或电阻率）示值误差的重复性
3	电导率（或电阻率）示值稳定性
4	pH值的示值误差*
5	出水流量*
6	制水温度的示值误差*
*——仅对有该功能的实验室纯水机	

6.2 校准方法

6.2.1 外观检查

按照如下方法进行外观检查：

- a) 检查确认纯水机按键、开关均能正常工作，数字显示清晰完整。
- b) 铭牌应清晰完整，标注其制造厂名、型号规格、出厂编号。
- c) 纯水机无任何目视可见泄露。

6.2.2 电导率（或电阻率）

6.2.2.1 方法一

采用流通池和专用测试管路，一端连接标准电导率仪的电极，一端连接实验室纯水机出水口，调节出水流量，避免空气进入校准管路，冲洗接入的校准管路至余留空气全部排出，无明显气泡，继续冲洗至电导率仪示值显示稳定后，开始测量。

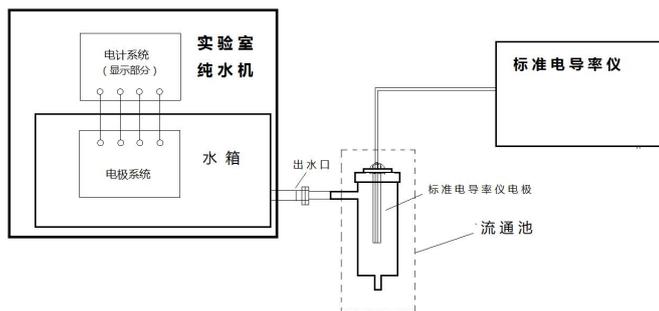


图2 电导率校准——流通池连接示意图

若标准电导率仪无法与实验室纯水机进行连接，则选取聚四氟乙烯塑料杯，用仪器出水反复冲洗干净，将出水管插入接近杯底，缓慢将杯子放满至溢出，将标准电导率仪电极插至塑料杯中，至标准电导率仪示值显示稳定后，开始测量。

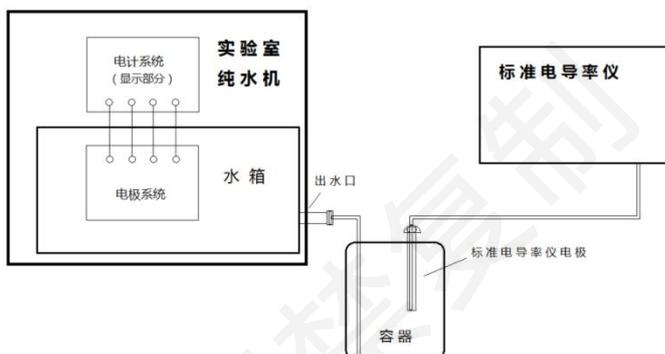


图3 电导率校准——塑料杯的连接示意图

读取纯水机示值为 κ_i ，标准电导率仪示值为 κ_n ，每隔 1min 测量一次，共测量三次，同步读取纯水机和标准电导率仪的示值，得平均值为 $\overline{\kappa_i}$ 、 $\overline{\kappa_n}$ ，按式（1）计算实验室纯水电导率示值相对误差：

$$\Delta\kappa = \frac{\overline{\kappa_i} - \overline{\kappa_n}}{\kappa_m} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\Delta\kappa$ ——电导率测量示值误差，%；

$\overline{\kappa_i}$ ——纯水电导率三次测量值的算术平均值， $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；

$\overline{\kappa_n}$ ——标准电导率仪三次测量值的算术平均值， $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；

κ_m ——纯水电导率量程的上限值， $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

6.2.2.2 方法二

可拆卸面板式实验室纯水机，可采用标准交流电阻箱进行电导率或电阻率参数的校准。以电阻率校准为例，步骤如下：

a) 将被校实验室纯水机设置为电阻率测量模式。

b) 读取实验室纯水机的电阻率显示值 ρ_1 后，将电计系统和电极系统的电路连接处断开。

c) 将电计系统的温度补偿端钮连接至温度补偿电阻，电导率采样端钮与标准交流电阻箱连接，调节电阻箱步进盘，使纯水机显示值为 ρ_1 ，此时标准电阻箱对应的电阻率值为 ρ_n 。

d) 对比二者 ρ_1 、 ρ_n ，按式(2)计算得出纯水机的电阻率误差：

$$\Delta\rho = \frac{\rho_1 - \rho_n}{\rho_n} \times 100\% \quad (2)$$

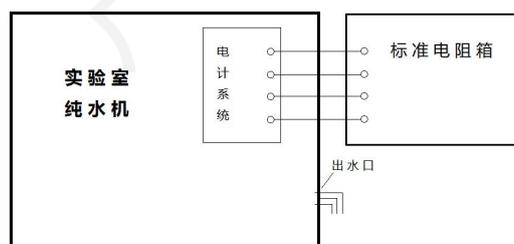
式中：

$\Delta\rho$ ——电阻率测量示值误差，%；

ρ_1 ——纯水机电阻率显示值， $M\Omega \cdot cm$ ；

ρ_n ——标准交流电阻箱的电阻率值， $M\Omega \cdot cm$ 。

接线示意图见图4。



电阻率校准接线图

图4 电阻率校准接线图

6.2.3 电导率（或电阻率）示值误差的重复性

按6.2.1的步骤，重复操作6次，计算6次测量结果 $\Delta\kappa$ 的算术平均值 $\overline{\Delta\kappa}$ ，按式(3)以单次测量结果的标准差计算电导率（电阻率）示值误差的重复性，

$$\delta_{\kappa} = \frac{1}{\kappa_m} \sqrt{\frac{\sum (\Delta\kappa_i - \overline{\Delta\kappa})^2}{5}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

δ_{κ} ——电导率示值误差的重复性, %;

$\Delta\kappa_i$ ——第 i 次测量误差值, $\mu\text{S}/\text{cm}$;

$\overline{V\kappa}$ ——6 次测量误差值的算术平均值, $\mu\text{S}/\text{cm}$;

κ_m ——纯水机电导率仪量程的上限值, $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

6.2.4 电导率（或电阻率）的稳定性

校准条件不变, 记录标准电导率仪（或标准交流电阻箱）的测量初始值为 κ_0 , 每隔 5min 测量一次纯水电导率（或电阻率）, 记录示值为 κ_t , 测量 30min, 取 6 次数值, 按式（4）计算电导率（或电阻率）稳定性:

$$S_{\kappa} = \frac{\kappa_{\max} - \kappa_{\min}}{\kappa_m} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

S_{κ} ——电导率稳定性, %;

κ_{\max} ——纯水机电导率的最大测量值, $\mu\text{S}/\text{cm}$;

κ_{\min} ——纯水机电导率的最小测量值, $\mu\text{S}/\text{cm}$;

κ_m ——纯水机电导率仪量程的上限值, $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

对于部分实验室纯水机, 在测量超纯水时, 电阻率可能显示“ $> 10\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ ”或“ $> 18.25\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ ”等形式, 则对该类纯水机的测量, 给出实测值即可, 不进行示值误差及稳定性的测量。

6.2.5 pH 值

采用校准电导率相同的连接方式, 参考图 2 或图 3。将标准 pH 计的电极插入流通池或塑料杯中, 至 pH 计示值显示稳定后, 开始测量。

读取实验室纯水机 pH 示值为 pH_i , 标准 pH 计示值为 pH_n , 同时连续测量三次, 取平均值为 $\overline{\text{pH}_i}$ 、 $\overline{\text{pH}_n}$, 按式（5）计算实验室纯水机 pH 示值误差:

$$\Delta\text{pH} = \overline{\text{pH}_i} - \overline{\text{pH}_n} \quad (5)$$

式中:

ΔpH ——pH 示值误差;

$\overline{\text{pH}_i}$ ——实验室纯水机 pH 的三次测量值的算术平均值;

$\overline{\text{pH}}_n$ ——标准 pH 计的次测量值的算术平均值测量值。

6.2.6 出水流量

采用体积法，将实验室纯水机的出水流量设定为 F_x ，调节实验室纯水机出水稳定后，在出水口处，用事先称重过的洁净容量瓶收集纯水，同时用秒表计时，根据仪器设定的流量，选择收集 30s 左右的纯水。用容量瓶测量纯水的体积，按式 (6) 计算出水流量：

$$q_v = \frac{V}{t} \quad (6)$$

式中：

q_v ——出水流量，mL/min；

V ——量筒测得出水的体积，mL；

t ——出水时间，min。

重复测量 3 次，按式 (7) 计算出水流量实际值：

$$\overline{q}_v = \frac{\sum q_v}{3} \quad (7)$$

式中：

\overline{q}_v ——标准流量计三次测量值的算术平均值，mL/min

6.2.7 制水温度

采用校准电导率相同的连接方式，参考图 2 或图 3。将标准温度计插入流通池或塑料杯中，至标准温度计示值显示稳定后，开始测量。

读取实验室纯水机温度示值为 T_i ，标准温度计示值为 T_n ，当标准温度计达到设定值并稳定后开始记录标准温度计和实验室纯水机温度示值，记录时间间隔为 1min，取三组测量数据的平均值分别为 \overline{T}_i 、 \overline{T}_n ，按式 (8) 计算实验室纯水机温度示值误差：

$$\Delta T = \overline{T}_i - \overline{T}_n \quad (8)$$

式中：

ΔT ——温度示值误差；

\overline{T}_i ——实验室纯水机温度的三次测量值的算术平均值，℃；

\overline{T}_n ——标准温度计的三次测量值的算术平均值测量值，℃。

7 校准结果表达

7.1 校准结果处理

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；
- 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；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书签发人的签名或等效标识；
- n) 校准人和核验人的签名或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效性的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

校准原始记录格式参见附录 A，校准证书内页格式参见附录 B。

7.2 不确定度评定

按 JJF 1059 进行评定，不确定度评定实例见附录 C。

8 复校时间间隔

复校时间间隔建议为1年，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

实验室纯水机校准记录结果参考格式

1. 外观及工作正常性检查：符合要求 不符合要求
2. 电导率或电阻率示值误差：电导率 电阻率 (二项选一校准)
- 2.1 电导率示值误差：

标准电导率测量值 κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\kappa_i}$ κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	仪器电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\kappa_i}$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	引用误差 (%FS)	测量不确定度 $U_i(k=2)$ (%FS)
1	2	3		1	2	3				

- 2.2 电阻率示值误差：

标准电阻率测量值 ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\rho_i}$ ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	仪器电阻率测量值 ρ_i ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\rho_i}$ ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	相对示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				

3. 电导率示值误差的重复性:

电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)							示值误差测量平均值 $\bar{\rho}$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	重复性 δ_κ (%)
序号	1	2	3	4	5	6		
标准电阻率 显示值								
被校仪器 显示值								
注: 示值误差重复性 $\delta_\kappa = \frac{1}{\kappa_m} \sqrt{\frac{\sum (\Delta\kappa_i - \bar{V}\kappa)^2}{5}} \times 100\%$								

4. 电导率稳定性:

电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						测量平均值 κ_t ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	稳定性 S_κ (%/30min)
1	2	3	4	5	6		
注: 稳定性 $S_\kappa = \frac{\kappa_{\max} - \kappa_{\min}}{\kappa_t} \times 100\%$							

5. pH 值示值误差: 仪器有 pH 显示 仪器无 pH 显示

标准 pH 计示值			标准平均值	仪器 pH 测量值			仪器平均值	示值误差	测量不确定度 $U(k=2)$
1	2	3		1	2	3			

6. 出水流量: 仪器有流量显示 仪器无流量显示

流量设置值 q_x (mL/min)						
序号				1	2	3
出水容积测量值 q_i (mL)						
出水时间 t_i (s)						
出水流量 q_v (mL/s)						
流量设置值 q_x (mL/s)	流量测量值 q_v (mL/min)			测量平均值	示值误差 (%)	测量不确定度 $U(k=2)$
	1	2	3			

7. 制水温度: 仪器有温度显示 仪器无温度显示

标准温度计示值 \overline{T}_n (°C)			标准平均值 \overline{T}_n (°C)	仪器温度显示值 (°C)			仪器平均值 (°C)	示值误差 (°C)	测量不确定度 $U(k=2)$ (°C)
1	2	3		1	2	3			

附录 B

实验室纯水机校准证书内页参考格式

一、外观及工作正常性检查： _____

二、校准参数及数据：

1. 电导率[或电阻率]

标准值	显示值	示值误差	测量不确定度 $U(k=2)$

2. 电导率[或电阻率]示值误差重复性： _____

3. 电导率[或电阻率]稳定性： _____

4. pH 值：

标准值	显示值	示值误差	测量不确定度 $U(k=2)$

5. 出水流量：

流量测量值	测量不确定度 $U(k=2)$

6. 制水温度：

标准值	显示值	示值误差	测量不确定度 $U(k=2)$

附录 C

实验室纯水机测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量依据：JJF (鄂) **—2024 实验室纯水机校准规范

C.1.2 测量环境：环境温度：(10~40) °C；相对湿度：≤85%；

C.1.3 测量标准：实验室纯水机校准装置，包括标准电导率仪、标准交流电阻箱、pH计、标准流量计、标准温度计等。

C.1.4 被校对象：UPT-II-10T 型实验室用纯水机，测量范围：电导率：(0.1~20) μS/cm；电阻率：(0.01~18.25) MΩ·cm；pH：(6~8)；流量：(400~700) mL/min；温度：(0~40) °C。

C.1.5 测量方法：采用流通池和专用测试管路，将实验室纯水机与纯水机校准装置连接。实验室纯水机调到工作状态，调节出水流量，避免空气进入校准管路，冲洗接入的校准管路至余留空气全部排出，继续冲洗至电导率仪示值显示稳定后，开始测量。分别读取纯水机和校准装置上的示值并计算示值误差。

C.2 电导率示值误差的测量不确定度评定：

C.2.1 数学模型

电导率示值误差的测量：

$$\Delta\kappa = \kappa - \kappa_i \quad (1)$$

式中：

$\Delta\kappa$ ——纯水电导率的示值误差；

κ ——被检纯水电导率的显示值；

κ_i ——实验室纯水机校准装置电导率的测量值。

C.2.2 灵敏度系数

$$C_1 = \frac{\partial \Delta\kappa}{\partial \kappa} = 1$$

$$C_2 = \frac{\partial \Delta\kappa}{\partial \kappa_i} = -1$$

C.2.3 标准不确定度分量的评定

C.2.3.1 由测量重复性引入的标准不确定度（A类不确定度）评定：

用实验室纯水机校准装置在相同的测量条件下对被校纯水电导率进行测量，得到的误差测量值如表所示：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\kappa_i / (\mu\text{S}/\text{cm})$	0.87	0.8	0.74	0.78	0.77	0.77	0.67	0.79	0.74	0.73

据贝塞尔公式，测量结果的试验标准偏差为 $s = \sqrt{\frac{\sum (\kappa_i - \bar{\kappa})^2}{n-1}} = 0.052 \mu\text{S}/\text{cm}$

实际工作中测量三次，因此重复性引入的不确定度分量是：

$$u_A = \frac{0.052}{\sqrt{3}} = 0.026 \mu\text{S}/\text{cm}$$

被校纯水机该量程电导率上限值为 $20 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，

故引用误差相对形式：

$$u_A = \frac{0.026}{20} \times 100\% = 0.17\% \text{ FS}$$

C.2.3.2 由实验室纯水机校准装置引入的标准不确定度（B类不确定度）评定：

标准电导率仪的最大允许误差为 $\pm 0.5\% \text{ FS}$ ，为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_B = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.289\% \text{ FS}$$

C.2.4 标准不确定度列表如下：

标准不确定度分量	不确定度来源	C_i	u_i (%FS)
u_A	纯水电导率单元的测量重复性	1	0.17
u_B	校准装置引入的不确定度	-1	0.289

C.2.5 合成不确定度（ u_c ）评定

以上各项互不相关，因此合成不确定度：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_A^2 + c_2^2 u_B^2} = \sqrt{(0.17\%)^2 + (0.289\%)^2} = 0.34\% \text{ FS}$$

C.2.6 扩展不确定度评定

取 $k=2$ ，根据公式 $U=k \cdot u_c$ ，取包含因子 $k=2$ ，因此纯水机电导率示值引用误差的测量不确定度为：

$$U_r=0.7\%FS \quad k=2$$

C.3 电阻率示值误差的测量不确定度评定：

C.3.1 测量方法：采用直接比较法进行校准，即用实验室纯水机校准装置的标准电导率仪的电阻率测量功能，在纯水机电导率测量单元上读取示值，重复测量 3 次，3 次测量值的算术平均值减去标准值，即为纯水机电导率测量单元示值误差。

C.3.2 数学模型

电阻率测量：

$$\Delta\rho = \rho_1 - \rho_n \quad (2)$$

式中： $\Delta\rho$ ——电阻率测量示值误差，%；

ρ_1 ——纯水机电阻率显示值， $M\Omega \cdot cm$ ；

ρ_n ——实验室纯水机校准装置的电阻率值， $M\Omega \cdot cm$ 。

C.3.3 灵敏度系数

$$C_1 = \frac{\partial \Delta\rho}{\partial \rho_1} = 1 \quad C_2 = \frac{\partial \Delta\rho}{\partial \rho_n} = -1$$

C.3.4 标准不确定度分量的评定

C.3.4.1 由测量重复性引入的标准不确定度（A 类不确定度）评定：

在纯水机电阻率校准中，采用直接比较法，其方法不确定度可不考虑。在规定的校准条件下进行校准，温度、湿度等影响可忽略。人员操作的影响和被检仪器的变动性体现在校准测量的重复性中。采用 A 类评定方法进行评定。

用实验室纯水机校准装置（标准电导率仪）在相同的测量条件下对实验室纯水机的电阻率进行测量，得到的测量值如表所示：

C.3.4.1.1 当电阻率 $> 10 M\Omega \cdot cm$ 时（UP 模式）：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\rho_1 / M\Omega \cdot cm$	17.9	17.8	17.9	17.8	17.9	17.9	17.8	17.9	18.0	17.8
$\rho_n / M\Omega \cdot cm$	17.78	17.76	17.83	17.78	17.72	17.67	17.75	17.66	17.71	17.70

$\Delta\rho/\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$	0.12	0.04	0.07	0.02	0.18	0.23	0.05	0.24	0.29	0.10
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

根据贝塞尔公式，测量结果的试验标准偏差为 $s = \sqrt{\frac{\sum(\rho_i - \bar{\rho})^2}{n-1}} = 0.095 \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$

实际工作中测量三次，测量结果取算术平均值。

因此被校纯水机的测量重复性引入的相对不确定度分量为：

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.095}{17.74 \times \sqrt{3}} = 0.31\%$$

被校纯水机电阻率的分辨力为 $0.1 \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ ，引入的不确定度分量：

$$u_a = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$$

相对形式：

$$u_a = \frac{0.058}{17.74} = 0.33\%$$

二者取较大者，因此 $u_A = 0.33\%$

C.3.4.1.2 当电阻率 $\leq 10 \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 时（RO 模式），

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\rho_i / \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5
$\rho_n / \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$	0.57	0.46	0.57	0.48	0.55	0.47	0.46	0.46	0.54	0.46
$\Delta\rho / \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$	0.03	0.04	0.03	0.02	0.05	0.03	0.04	0.04	0.06	0.04

根据贝塞尔公式，测量结果的试验标准偏差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum(\rho_i - \bar{\rho})^2}{n-1}} = 0.012 \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$$

实际工作中测量三次，测量结果取算术平均值，

$$\bar{\rho} = 0.54 \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$$

因此，被校纯水机的测量重复性引入的不确定度分量为：

$$u_A = \frac{0.012}{0.54 \times \sqrt{3}} = 1.28\%$$

C.3.4.2 由实验室纯水机校准装置引入的标准不确定度（B 类不确定度）评定：

标准电导率仪的最大允许误差为 $\pm 0.5\%FS$ ，为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_{B1} = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.289\%$$

C.3.5 标准不确定度列表如下：

标准不确定度分量	不确定度来源	C_i	标准不确定度 u_i	
u_A	纯水机电阻率单元的测量重复性	1	$\leq 10M\Omega \cdot cm$	1.28%
			$> 10M\Omega \cdot cm$	0.33%
u_B	校准装置引入的不确定度	-1	0.289%	

C.3.6 合成不确定度 (u_c) 评定

以上各项互不相关，因此合成不确定度：

$$\text{当电阻率} \leq 10M\Omega \cdot cm \text{ 时: } u_c = \sqrt{c_1^2 u_A^2 + c_2^2 u_B^2} = 1.31\%$$

$$\text{当电阻率} > 10M\Omega \cdot cm \text{ 时: } u_c = \sqrt{c_1^2 u_A^2 + c_2^2 u_B^2} = 0.44\%$$

C.3.7 扩展不确定度评定

取 $k=2$ ，根据公式 $U_{rel}=k \cdot u_c$ ，取包含因子 $k=2$ ，因此纯水机电导率示值误差的测量不确定度为：

$$\text{当电阻率} \leq 10M\Omega \cdot cm \text{ 时: } U_{rel}= 2.7\%, k=2$$

$$\text{当电阻率} > 10M\Omega \cdot cm \text{ 时: } U_{rel}= 0.9\%, k=2$$

C.4 pH 值的测量不确定度评定：

C.4.1 数学模型

纯水机 pH 示值测量：

$$\Delta pH = pH_0 - pH_i$$

式中： ΔpH ——pH 示值误差

pH_i ——实验室纯水机 pH 的示值

pH_n ——标准 pH 计的测量值

C.4.2 灵敏度系数

$$C_1 = \frac{\partial \Delta \text{pH}}{\partial \text{pH}_i} = 1$$

$$C_1 = \frac{\partial \Delta \text{pH}}{\partial \text{pH}_n} = -1$$

C.4.3 标准不确定度分量的评定

C.4.3.1 由测量重复性引入的标准不确定度（A类不确定度）评定：

用标准 pH 计在相同的测量条件下对被校纯水机的 pH 示值进行测量，得到的测量值如表所示：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH _i	6.979	6.976	6.972	6.969	6.969	6.963	6.957	6.962	6.957	6.953

根据贝塞尔公式，单次测量结果的试验标准偏差 s 为

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\text{pH}_i - \overline{\text{pH}})^2}{n-1}} = 0.0087$$

实际工作中测量三次，因此即 A 类重复测量的标准不确定度分量

$$u_A = \frac{0.0087}{\sqrt{3}} = 0.005$$

C.4.3.2 由纯水机校准装置引入的标准不确定度（B类不确定度）评定：

纯水机校准装置 pH 示值测量的最大允许误差为 ± 0.002 ，按均匀分布，则

$$u_B = \frac{0.002}{\sqrt{3}} = 0.0012$$

C.4.4 标准不确定度列表如下：

标准不确定度分量	不确定度来源	C_i	u_i
u_A	测量重复性	1	0.005
u_B	校准装置引入的不确定度	-1	0.0012

C.4.5 合成不确定度（ u_c ）评定

以上各项互不相关，因此合成不确定度：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_A^2 + c_2^2 u_B^2} = 0.0051$$

C.4.6 扩展不确定度评定

取 $k=2$, 根据公式 $U=k \cdot u_c$, 因此纯水机 pH 示值测量误差的扩展不确定度为:

$$U=0.011, k=2$$

C.5 出水流量的测量不确定度评定:

C.5.1 数学模型

$$\text{纯水机流量测量: } q_v = \frac{V}{t}$$

式中:

q_v ——出水流量, mL/min;

V ——量筒测得出水的体积, mL;

t ——出水时间, min。

重复测量 3 次, 计算出水流量实际值:

$$\bar{q}_v = \frac{\sum q_v}{3}$$

式中:

\bar{q}_v ——标准流量计三次测量值的算术平均值, mL/min

C.5.2 灵敏度系数

$$C_V = \frac{\partial q_v}{\partial V} = \frac{1}{t} \quad C_t = \frac{\partial q_v}{\partial t} = -\frac{V}{t^2}$$

C.5.3 标准不确定度分量的评定

C.5.3.1 由测量重复性引入的标准不确定度 (A 类不确定度) 评定:

采用容积法在相同的测量条件下对被校纯水机的流量进行测量, 得到的测量值如表所示:

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
V_i/mL	490	480	470	480	510	480	510	500	480	500	490
t/s	11.61	11.59	10.98	11.54	12.11	11.37	12.03	12.02	11.65	11.79	11.669
$q_v/(\text{mL/s})$	42.2	41.4	42.8	41.6	42.1	42.2	42.4	41.6	41.2	42.4	42.19

根据贝塞尔公式, 单次测量结果的试验标准偏差 s 为

$$s_v = \sqrt{\frac{\sum (V_i - \bar{V})^2}{n-1}} = 11.14 \text{ mL}$$

$$s_t = \sqrt{\frac{\sum (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = 0.34s$$

流量测量是取三次平均值，因此

$$u_{AV} = \frac{s_V}{\sqrt{3}} = \frac{11.14}{\sqrt{3}} \times 100\% = 6.43\text{mL}$$

$$u_{At} = \frac{s_t}{\sqrt{3}} = \frac{0.34}{\sqrt{3}} \times 100\% = 0.20s$$

C.5.3.2 由纯水机校准装置引入的标准不确定度（B类不确定度）评定：

量筒的最大允许误差为 $\pm 10\text{ml}$ ，区间半宽度 10ml ，电子秒表的最大允许误差为 $\pm 0.1s$ ，半宽度 $0.1s$ ，按均匀分布，则

$$u_{BV} = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5.77\text{mL}$$

$$u_{Bt} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058s$$

C.5.4 标准不确定度列表如下：

标准不确定度分量	不确定度来源	c_i	u_i
u_{AV}	A类不确定度	1	6.43mL
u_{BV}	B类不确定度	-1	5.77mL
u_{At}	A类不确定度	1	0.20s
u_{Bt}	B类不确定度	-1	0.06s
u_V	量筒	0.086	8.64mL
u_t	秒表	-3.60	0.21s

C.5.5 合成不确定度（ u_c ）评定

以上各项互不相关，因此合成不确定度：

$$u_c = \sqrt{c_V^2 u_V^2 + c_t^2 u_t^2} = 1.06\text{mL/s}$$

C.5.6 扩展不确定度评定

取 $k=2$ ，根据公式 $U=k \cdot u_c$ ，因此纯水机流量测量值的测量不确定度为：

$$U=2 \times 1.06\text{mL/s} = 2.2\text{mL/s} \quad , \quad k=2;$$

C.6 温度的测量不确定度评定:

C.6.1 数学模型

纯水机温度测量: $\delta_T = T - T_i$

式中,

δ_T ——被校纯水机温度的示值误差;

T ——被校纯水机温度的显示值;

T_i ——纯水机校准装置温度的测量值。

C.6.2 灵敏度系数

$$C_1 = \frac{\partial \delta_T}{\partial T} = 1$$

$$C_2 = \frac{\partial \delta_T}{\partial T_i} = -1$$

C.6.3 标准不确定度分量的评定

C.6.3.1 由测量重复性引入的标准不确定度:

用标准温度计在相同的测量条件下对被校纯水机的温度进行测量,得到的测量值如表所示:

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_i/^\circ\text{C}$	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.4	25.4	25.4	25.5

据贝塞尔公式, 单次测量结果的试验标准偏差 s 为

$$s = \sqrt{\frac{\sum (T_i - \bar{T})^2}{n-1}} = 0.07^\circ\text{C}$$

实际工作中测量三次, 因此重复性引入的不确定度分量是:

$$u_A = \frac{0.07}{\sqrt{3}} = 0.04^\circ\text{C}$$

C.6.3.2 由纯水机校准装置引入的标准不确定度 (B类不确定度) 评定:

标准温度计在 25°C 的最大允许误差为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。按均匀分布, 则

$$u_B = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.06^\circ\text{C}$$

C.6.4 标准不确定度列表如下：

标准不确定度分量	不确定度来源	C_i	u_i
u_A	A 类不确定度	1	0.04
u_B	B 类不确定度	-1	0.06

C.6.5 合成不确定度 (u_c) 评定

以上各项互不相关，因此合成不确定度：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_A^2 + c_2^2 u_B^2} = 0.07^\circ\text{C}$$

C.6.6 扩展不确定度评定

取 $k=2$ ，根据公式 $U=k \cdot u_c$ ，因此纯水机温度示值误差的测量不确定度为：

$$U=0.2^\circ\text{C}, k=2;$$

严禁复制

实验室纯水机校准规范

数据验证报告

严禁复制

武汉市计量测试检定（研究）所

目 录

一、验证实验目的	3
二、验证实验设计	3
1、项目技术要求和校准方法	3
2、验证所用标准器具	3
3、被校对象	4
4、实验条件	5
5、实验分组与设计	5
三、验证结果与分析	7
1、被测对象验证	7
2、校准人员验证	7
3、校准时间（校准结果复现性）验证	9
4、实验室间对比验证	10
5、不同方法对比验证	11
6、验证总结	12
四、实验验证结论	13
五、附录	14
1、实验 1 原始记录:	14
2、实验 2 原始记录:	17
3、实验 3 原始记录:	20
4、实验 4 原始记录:	23
5、实验 5 原始记录:	26
6、实验 6 原始记录:	29
7、实验 7 原始记录:	32
8、实验 8 原始记录:	35
9、实验 9 原始记录:	38
10、实验 10 原始记录:	41

一、验证实验目的

设计不同条件的实验，在不同条件下对实验室纯水机进行校准，验证该校准规范的正确性和可行性。

二、验证实验设计

1、项目技术要求和校准方法

校准项目技术要求参考了 JJG 376-2007《电导率仪检定规程》、JJF 1547-2015《在线 pH 计校准规范》和 GB/T 6682-2008《实验室级纯水及超纯水》中的要求，对各项校准项目的技术要求进行汇总得到表 1。

各参数校准方法主要参考了该参数相关专业的国家规程规范。对应本规范具体条款见表 1。

表 1 校准项目技术要求及校准方法一览表

序号	验证项目	验证方法	技术要求
1	电导率示值误差	按照本规范中 6.2.1.1 条	测量范围：（0.05~500） $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，最大允许误差： $\pm 5\% \text{FS}$ 。（本规范 4.1 条）
2	电阻率示值误差	按照本规范中 6.2.1.2 条	测量范围：（0.01~18.25） $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ ，最大允许误差： $\pm 5\%$ 。（本规范 4.2 条）
3	电导率（或电阻率）重复性	按照本规范中 6.2.2 条	不超过 $\pm 2\% \text{FS}$ （本规范 4.3 条）
4	电导率（或电阻率）稳定性	按照本规范中 6.2.3 条	不超过 $\pm 2\% / 30 \text{ min}$ （本规范 4.4 条）
5	pH 值	按照本规范中 6.2.4 条	测量范围（4~8），最大允许误差： ± 0.1 。（本规范 4.5 条）
6	出水流量	按照本规范中 6.2.5 条	测量范围（0~3000） mL/min ，最大允许误差： $\pm 5\%$ （本规范 4.6 条）
7	制水温度	按照本规范中 6.2.6 条	仪器的进水温度为（5~40） $^{\circ}\text{C}$ ，电导率（或电阻率）的参考温度为 25 $^{\circ}\text{C}$ 。最大允许误差： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ （本规范 4.7 条）

2、验证所用标准器具

标准器的选用主要依据规范 5.2 条要求进行选择。标准器技术性能要求的设定主要依据 JJG 376-2007《电导率仪检定规程》、JJF 1547-2015《在线 pH 计校准规范》、JJG 119-2018《实验室 pH（酸度）计检定规程》和 GB/T 6682-2008《实验室级纯水及超纯水》中的要求。满足最大允许误差或不确定度或准确度等级优于被校参数的 1/3。同时充分考虑了现场适应性强、经济实用、性能可靠等因素。

本次验证使用标准器见表 2:

表 2 验证、比对试验所用标准器一览表

名称	型号	编号	厂家	测量范围	准确度等级或最大允许误差或不确定度
多参数测试仪 (电导率仪)	SevenExcellence	C338823790	梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司	(0.05~500) μ S/cm	0.2 级
多参数测试仪 (酸度计)	SevenExcellence	C338823790	梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司	(4~8) pH	0.01 级
交流电阻箱	ZX123B	5939	镇江市计量实验工厂	(0.05~ 2×10^5) μ S	$U_{rel}=0.05\%$, $k=2$
精密交直流电阻箱	SB2012	051200026	广州赛宝	(1~1111110) Ω	0.02 级
数字温度计	TP101	68	/	(0~50) $^{\circ}$ C	$U=0.2^{\circ}$ C; $k=2$
量筒	1000mL	2	天玻	(0~1000)mL	MPE: ± 10 mL
电子秒表	SJ9-II	01	上海手表五厂	10s~1h	MPE: 10s: ± 0.05 s 1h: ± 0.1 s
流通池、管路若干	/	/	/	/	/
多参数测试仪 (电导率仪) 本所产业中心	SevenExcellence	C032817775	梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司	(0.05~500) μ S/cm	0.5 级
多参数测试仪 (酸度计) 本所产业中心	SevenExcellence	C033873474	梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司	(4~8) pH	0.01 级
多参数测试仪 (电导率仪) 马应龙公司	DDS-307A	610610050013	上海精密科学仪器有限公司	(80~1500) μ S/cm	0.5 级 JZ202308WF1679
酸度计 马应龙公司	FE28	B703588495	梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司	(4~8) pH	0.01 级 23HX923038358-001
实验室 电导率仪 四川优普公司	HZPD-T503	43311001	华志(福建)电子科技有限公司	标称: 0.000 μ S/cm~ 3000mS/cm	0.5 级

3、被校对象

结合目前实验室纯水机的使用状况, 选取较为常见的几种实验室纯水机进行实验, 所选取被校对象见表 3:

表3 验证实验被校对象一览表

样品	被校设备名称	型号规格	出厂编号	制造厂
A	超纯水机（本所 403 室）	UPT-II-10T	Z22071596KS	四川优普超纯科技有限公司
B	实验室纯水机（本所 5F 实验室）	ULXXXANM2	ULT00001139C	ELGA
C	超纯水机（本所 401 室）	UPR-1-5T	C1123	四川优普超纯科技有限公司
D	实验室纯水机（马应龙公司）	PGJ-20-AS	WL01075692	武汉品冠仪器设备有限公司

4、实验条件

环境温度：（10~40）℃；相对湿度：≤85%；电源电压：（220±5）V。无影响仪器正常工作的电磁场、无强烈机械振动。

5、实验分组与设计

由于大多数实验室用纯水机采用一体化设计，其电阻率/电导率传感器探头被安装入封闭式水箱内，无法拆卸。实验室纯水机被校参数较多，主要有：电导率、电阻率、pH 值、流量、温度等，涉及专业分散，设备溯源过程中普遍存在参数少检漏检的问题，且由于各个参数涉及专业较多，一台设备需要不同专业技术人员多次校准，设备溯源存在难题。因此采用常规方法无法对其进行校准。

本规范采用科学有效的方法，对实验室用纯水机的电阻率/电导率、pH 值、出水流量、温度等参数进行校准，对涉及各个专业参数的校准方法进行规范说明，保证了实验室纯水机溯源时参数的准确性、完整性与便捷性。

规范所确定的校准方法多为已有且较为成熟可靠的校准方法，如电导率/电阻率示值误差校准方法主要参考了 JJG 376-2007《电导率仪检定规程》-7.3.2 中仪器引用误差的检定方法；电导率/电阻率重复性及稳定性的校准方法主要参考了 JJG 376-2007《电导率仪检定规程》-7.3.2 中仪器引用误差的检定方法；pH 值示值误差的校准方法主要参考了 JJG 119-2018《实验室 pH（酸度）计检定规程》、JJF 1547-2015《在线 pH 计校准规范》-7.3.2 中仪器引用误差的检定方法；出水流量示值误差校准方法主要参考了 JJG 257-2007《浮子流量计》-7.3.6.1 中容积法中瞬时流量的检定方法；制水温度示值误差的校准方法主要参考了 JJF 2019-2022《液体恒温试验设备温度性能测试规范》-7.3.4 中温度的测试计算示值误差。

以上方法成熟可靠、实用性和可操作性较好，可较好地校准实验室纯水机各项参数，

且标准器配置经济性较高，故不对以上参数进行规范外其他方法的验证。

本实验报告从被测对象、校准人员、校准时间（校准结果复现性）、实验室间对比四个方面进行实验验证，设计并进行以下 10 次不同条件下的校准实验（见表 4）：

- 1) **被测对象验证：**对比相同校准人员、使用相同标准器、相同校准方法，对不同被校对象的校准结果，从而对校准规范进行验证。（实验 1、2、3 对比）
- 2) **校准人员验证：**对比相同被校对象、使用相同标准器、相同校准方法，不同校准人员进行校准的校准结果，从而对校准规范进行验证。（实验 1、4、5 对比）
- 3) **校准时间（校准结果复现性）验证：**对比相同被校对象、使用相同标准器、相同校准方法，相同校准人员在不同时间进行校准的校准结果，从而对校准规范进行验证。（实验 1、6 对比）
- 4) **实验室间对比验证：**不同单位的实验室校准人员使用各自的标准器，依据相同的校准方法对同一台被校对象进行校准，比较其校准结果，从而对校准规范进行验证。（实验 1、7 对比；实验 8、9 对比）
- 5) **不同方法的对比验证：**（实验 10 采用不同方法对比）

表 4 验证实验分组与设计

实验分组	被校对象	校准人员	校准时间	校准单位	测量的方法
实验 1	样品 A	罗曼、邵媛	2023.11.15	武汉计量	标准电导率仪
实验 2	样品 B	罗曼、邵媛	2023.11.15	武汉计量	标准电导率仪
实验 3	样品 C	罗曼、邵媛	2023.11.15	武汉计量	标准电导率仪
实验 4	样品 A	蓝哲韬	2023.11.15	武汉计量	标准电导率仪
实验 5	样品 A	夏雨佳	2023.11.15	武汉计量	标准电导率仪
实验 6	样品 A	罗曼、邵媛	2024.1.23	武汉计量	标准电导率仪
实验 7	样品 A	袁嘉巍	2023.11.15	四川优普	标准电导率仪
实验 8	样品 D	罗曼	2024.3.4	武汉计量	标准电导率仪
实验 9	样品 D	姚杰	2024.3.4	湖北马应龙	标准电导率仪
实验 10	样品 C	邵媛、蓝哲韬	2024.2.28	武汉计量	标准电导率仪及标准交流电阻箱

三、验证结果与分析

1、被测对象验证:

对比相同校准人员、使用相同标准器、相同校准方法,对不同被校对象的校准结果,实验 1、实验 2、实验 3 的完整校准原始记录见附录 1、2、3,对其校准结果(示值误差)进行汇总与统计,得到下表 5:

表 5 被测对象验证-校准结果汇总表

校准项目	被校对象 A (实验 1)		被校对象 B (实验 2)		被校对象 C (实验 3)	
	测量结果	扩展不确定度 $U_r(k=2)$	测量结果	扩展不确定度 $U_r(k=2)$	测量结果	扩展不确定度 $U_r(k=2)$
电导率示值误差($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1.7%	0.7%	0.1%	0.7%	3.9%	0.7%
电阻率示值误差($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	/	/	/	/	4.1%	0.8%
电导率示值误差重复性 (%)	0.1%	/	0.0%	/	0.1%	/
电导率稳定性 (%/30min)	0.1%	/	0.1%	/	0.2%	/
pH 值	6.975	0.011	6.918	0.008	6.936	0.010
出水流量	22.3mL/s	1.2mL/s	48.5mL/s	2.0mL/s	48.8mL/s	2.2mL/s
制水温度	0.1 $^{\circ}\text{C}$	0.2 $^{\circ}\text{C}$	0.0 $^{\circ}\text{C}$	0.2 $^{\circ}\text{C}$	0.0 $^{\circ}\text{C}$	0.2 $^{\circ}\text{C}$

经验证,针对不同的被校设备,以上各校准项目均能顺利完成校准工作,且校准结果均能满足校准规范计量特性要求。由此可见,规范选用的标准器和校准方法适用性较好、可行性较高,可以适用于市面上各类被检设备,保证规范后期可以较好地实施。

2、校准人员验证:

对比相同被校对象、使用相同标准器、相同校准方法,不同校准人员进行校准的校准结果,实验 1、实验 4、实验 5 的校准原始记录见附录 1、4、5,对其校准结果进行汇总与统计,得到下表 6:

表 6 校准人员验证-校准结果汇总表

校准项目	罗曼、邵媛（实验 1）		蓝哲韬（实验 4）		夏雨佳（实验 5）	
	测量结果	扩展不确定度 $U_i(k=2)$	测量结果	扩展不确定度 $U_i(k=2)$	测量结果	扩展不确定度 $U_i(k=2)$
电导率示值误差	1.7%	0.7%	1.1%	0.8%	1.3%	0.7%
电阻率示值误差	0.1%	/	0.1%	/	0.0%	/
电导率稳定性（%/30min）	0.4%	/	0.2%	/	0.1%	/
pH 值	6.975	0.011	6.968	0.010	6.972	0.008
出水流量	22.3mL/s	1.2mL/s	23.7mL/s	1.5mL/s	22.3mL/s	1.8mL/s
制水温度示值误差	0.1℃	0.2℃	0.0℃	0.2℃	-0.1℃	0.2℃

$$|y_{lab} - \bar{y}| \leq \sqrt{\frac{n-1}{n}} U_{lab}$$

对 3 次实验结果中校准数据进行验证，验证其是否满足，得到下表 7：

表 7 校准人员验证-数据验证结果汇总表

校准人员		罗曼、邵媛（实验 1）			蓝哲韬（实验 4）			夏雨佳（实验 5）		
校准项目	平均值	$ y_{lab} - \bar{y} $	$\sqrt{\frac{n-1}{n}} U_{lab}$	验证结论	$ y_{lab} - \bar{y} $	$\sqrt{\frac{n-1}{n}} U_{lab}$	验证结论	$ y_{lab} - \bar{y} $	$\sqrt{\frac{n-1}{n}} U_{lab}$	验证结论
电导率	1.4%	0.3%	0.57%	合格	0.3%	0.65%	合格	0.1%	0.57%	合格
pH 值	6.9717	0.0033	0.0090	合格	0.0037	0.0082	合格	0.0003	0.0065	合格
出水流量	22.77mL/s	0.47mL/s	0.98mL/s	合格	0.93mL/s	1.22mL/s	合格	0.47mL/s	1.47mL/s	合格
制水温度	0.0℃	0.1℃	0.16℃	合格	0.0℃	0.16℃	合格	0.1℃	0.16℃	合格

经验证，3次实验中每项计量特性校准结果均能满足校准规范计量特性要求，且不同校准人员所做的校准结果间均能满足

$$|y_{lab} - \bar{y}| \leq \sqrt{\frac{n-1}{n}} U_{lab}$$

，数据验证无误。由此可见，规范的可读性良好，易于校准人员理解与操作，可较好指导校准人员完成实验室纯水机各项参数的校准工作。

3、校准时间（校准结果复现性）验证：

对比相同被校对象、标准器和校准方法，相同校准人员在不同时间进行校准的校准结果，实验1、6的校准原始记录见附录1、6，

对其校准结果进行汇总与统计，并对2次实验结果中校准数据进行验证，验证其是否满足 $|y_1 - y_2| \leq \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$ ，得到下表8：

表8 校准时间（校准结果复现性）验证-校准结果及数据验证结果汇总表

校准项目	11月（实验1）		1月（实验6）		结果验证		
	示值误差 y_1 (%FS)	扩展不确定度 $U_i(k=2)$	示值误差 y_2 (%FS)	扩展不确定度 $U_i(k=2)$	$ y_1 - y_2 $	$\sqrt{U_1^2 + U_2^2}$	验证结论
电导率($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1.7%	0.7%	1.1%	0.6%	0.6%	0.92%	合格
pH值	6.975	0.011	6.964	0.013	0.011	0.017	合格
出水流量	22.3mL/s	1.2mL/s	22.9mL/s	2.2mL/s	0.6mL/s	2.5mL/s	合格
制水温度	0.1 $^{\circ}\text{C}$	0.2 $^{\circ}\text{C}$	0.1 $^{\circ}\text{C}$	0.2 $^{\circ}\text{C}$	0.0 $^{\circ}\text{C}$	0.29 $^{\circ}\text{C}$	合格

经验证，2次实验中每项计量特性校准结果均能满足校准规范计量特性要求，且2次实验中每项计量特性的校准结果均能满足

$$|y_1 - y_2| \leq \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$$

，数据验证无误。由此可见，依据规范的校准方法开展实验室纯水机的校准工作，校准结果的复现性较好，可使被校设备的数据准确性得到保证。

4、实验室间对比验证：

邀请四川优普超纯科技有限公司武汉分公司、马应龙药业集团股份有限公司实验室计量专业人员与我所计量专业人员共同对同一被校对象进行校准，双方使用符合规范要求的、各自单位的标准器，依据规范的校准方法开展校准工作。实验 1、7、8、9 的校准原

始记录见附录 1、7、8、9。对其校准结果进行汇总与统计，并对 2 次实验结果中校准数据进行验证，验证其是否满足 $|y_1 - y_2| \leq \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$ ，得到下表 9：

表 9-1 实验室间对比验证（2 家）-校准结果及数据验证汇总表-样品本所 403 室纯水机

校准项目	武汉计量（实验 1）		四川优普（实验 7）		结果验证		
	示值误差 y_1 (%FS)	不确定度 $U_r(k=2)$	示值误差 y_2 (%FS)	不确定度 $U_r(k=2)$	$ y_1 - y_2 $ (%FS)	$\sqrt{U_1^2 + U_2^2}$ (%)	验证结论
电导率($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1.7%	0.7%	0.8%	0.9%	0.9%	1.14%	合格
pH 值	6.975	0.011	6.962	0.012	0.013	0.016	合格
制水温度	0.1 $^{\circ}\text{C}$	0.2 $^{\circ}\text{C}$	0.1 $^{\circ}\text{C}$	0.2 $^{\circ}\text{C}$	0.0 $^{\circ}\text{C}$	0.29 $^{\circ}\text{C}$	合格

表 9-2 实验室间对比验证-校准结果及数据验证汇总表-样品马应龙公司纯水机

校准项目	武汉计量（实验 8）		马应龙公司（实验 9）		结果验证		
	示值误差 y_1 (%FS)	不确定度 $U_r(k=2)$	示值误差 y_2 (%FS)	不确定度 $U_r(k=2)$	$ y_1 - y_2 $ (%FS)	$\sqrt{U_1^2 + U_2^2}$ (%)	验证结论
电导率($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1.2%	1.1%	0.9%	1.3%	0.3%	1.7%	合格
电阻率($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	4.0%	2.4%	1.6%	2.8%	2.4%	3.7%	合格

pH 值	7.057	0.014	7.037	0.03	0.02	0.033	合格
制水温度	-0.2℃	0.2℃	-0.1℃	0.2℃	0.1℃	0.29℃	合格

由于标准器配置有限，此项验证仅进行以上主要参数，经验证，2 组实验中每项计量特性校准结果均能满足校准规范计量特性要求，

且 2 组实验中每项计量特性的校准结果均能满足 $|y_1 - y_2| \leq \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$ ，数据验证无误。

5、不同方法对比验证：

针对实验室纯水机的电导率/电阻率校准，采用方法一：流通池连接出水口测量纯水电导率、与采用方法二：电阻箱校准电子单元的方法进行校准，使用符合规范要求的标准器，依据规范的校准方法开展校准工作。实验 10（校准原始记录见附录 10）的校准过程中，分别采用了方法一和方法二进行了测量电阻率。对校准结果进行汇总与统计，并对 2 种方法的实验校准数据进行验证，验证其是否满足 $|y_1 - y_2| \leq \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$ ，得到下表 10：

表 10 不同的方法对比验证-校准结果及数据验证汇总表

实验 10				结果验证		
方法一 流通池		方法二 电阻箱				
示值误差 y_1 (%FS)	不确定度 U_{r1} (%); $k=2$	示值误差 y_2 (%FS)	不确定度 U_{r2} (%); $k=2$	$ y_1 - y_2 $ (%FS)	$\sqrt{U_1^2 + U_2^2}$ (%)	验证结论
2.4%	0.7%	3.8%	2.8%	1.4%	2.9%	合格

经验证,2次实验中电导率/电阻率的校准结果均能满足校准规范计量特性要求,且2次实验中的校准结果满足 $|y_1 - y_2| \leq \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$,数据验证无误。由此可见,依据规范的两种不同校准方法开展实验室纯水机的校准工作,校准结果的复现性较好,可使被校设备的数据准确性得到保证。

6、验证总结:

由此可见,当不同计量机构选择满足规范要求的不同标准器时,都可以按照规范的方法完成校准过程,保证实验室纯水机的各项参数数据准确,规范具备较好的实施条件。

四、实验验证结论

经过不同的分组对比实验,表明本规范提出计量性能参数合理,满足客户使用要求;规范具备普适性,可行性较高,可适用于各类被校设备;规范可读性良好,实用性和可操作性较好,可较好地指导计量专业人员完成项目校准工作,顺利完成相应指标的测量。

根据后期的实验数据分析,使用符合规范预定要求的标准器具对被校设备进行校准,所得校准结果均能满足规范对于被校设备的计量特性要求,各分组实验间的校准数据均能满足验证要求,表明规范的方法能够较好地反映被检设备的计量性能与状态,保证实验室纯水机的计量性能准确可靠。

此外,规范预定的标准器具均为技术成熟可靠、配置成本低、使用简洁方便的标准设备,有利于后期各计量机构根据规范实施项目校准工作。

验证时间: 2024年3月

验证人员: 邵媛、罗曼、夏雨佳、蓝哲韬、袁嘉巍、姚杰

五、附录

1、实验 1 原始记录：

实验室纯水机校准原始记录

计量器具名称	实验室纯水机	制造单位	四川优普超纯科技有限公司
型号规格	UPT-11-10T	出厂编号	Z22071596KS
校准（测试）日期	2023 年 11 月 15 日		
建议复校时间间隔	12 个月		

校准员 罗曼

核验员 邵媛

本次校准（测试）所使用的主要计量标准器：

名称	证书号	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	溯源机构	有效期至
多参数测试仪（电导率仪）	23HX823049511-001	(0.05~500) μ S/cm	0.2 级	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/10/22
多参数测试仪（酸度计）	23HX823049512-001	(4~8)pH	0.01 级	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/10/18
数字温度计	23RN923025848-001	(0~50) $^{\circ}$ C	$U=0.2^{\circ}$ C； $k=2$	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/3/6
量筒	22CD822000743-001	(0~1000)mL	MPE: ± 5 mL	武汉市计量测试检定（研究）所	2025/1/18
电子秒表	23DY923028301-001	10s~1h	MPE: 10s: ± 0.05 s; 1h: ± 0.1 s	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/3/23

校准（测试）地点和环境条件：

地点：	本所 403 室	温度：	24 $^{\circ}$ C
湿度：	53%RH	其他：	/

1. 外观及工作正常性检查:

符合要求

不符合要求

2. 电导率或电阻率示值误差: 电导率 电阻率 (二项选一校准)

2.1 电导率示值误差(引用误差, 该满量程按 20 μ S/cm):

标准电导率测量值 κ_n (μ S/cm)			标准平均值 $\overline{\kappa}_i$ κ_n (μ S/cm)	仪器电导率测量值 κ_i (μ S/cm)			仪器平均值 $\overline{\kappa}_i$ (μ S/cm)	示值误差 (μ S/cm)	示值误差 (%FS)	测量不确定度 $U_r(k=2)$ (%FS)
1	2	3		1	2	3				
1.563	1.563	1.562	1.563	1.9	1.9	1.9	1.9	0.34	1.7	0.7

2.2 电阻率示值误差:

标准电阻率测量值 ρ_n ($M\Omega \cdot cm$)			标准平均值 $\overline{\rho}_i$ ρ_n ($M\Omega \cdot cm$)	仪器电阻率测量值 ρ_i ($M\Omega \cdot cm$)			仪器平均值 $\overline{\rho}_i$ ($M\Omega \cdot cm$)	示值误差 ($M\Omega \cdot cm$)	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

3. 电导率示值误差重复性:

电导率示值误差测量值 κ_i (μ S/cm)						测量平均值 $\overline{\rho}$ (μ S/cm)	重复性 δ_κ (%)
1	2	3	4	5	6		
1.568	1.567	1.557	1.552	1.546	1.542	1.555	0.1%

注: 重复性

$$\delta_\kappa = \frac{1}{\kappa_m} \sqrt{\frac{\sum (\Delta \kappa_i - \overline{V \kappa})^2}{5}} \times 100\%$$

4. 电导率稳定性:

电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						测量平均值 κ_t ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	稳定性 S_κ (%/30min)
1	2	3	4	5	6		
1.563	1.562	1.560	1.556	1.552	1.542	1.556	0.1%

注: 稳定性 $S_\kappa = \frac{\kappa_{\max} - \kappa_{\min}}{\kappa_t} \times 100\%$

5. pH 值示值误差: 仪器有 pH 显示 仪器无 pH 显示

标准 pH 计示值			标准平均值	仪器 pH 测量值			仪器平均值	示值误差	测量不确定度 $U(k=2)$
1	2	3		1	2	3			
6.975	6.975	6.974	6.975	/	/	/	/	0.011	

6. 出水流量: 仪器有流量显示 仪器无流量显示

流量设置值 q_x (mL/min)				/		
序号				1	2	3
出水容积测量值 V_i (mL)				220	230	220
出水时间 t_i (s)				9.85	10.27	9.88
出水流量 q_v (mL/s)				22.335	22.395	22.267
流量设置值 q_x (mL/s)	流量测量值 q_v (mL/s)			测量平均值	示值误差 (%)	测量不确定度 $U(k=2)$ (mL/s)
	1	2	3			
/	/	/	/	22.33	/	1.2

7. 制水温度: 仪器有温度显示 仪器无温度显示

标准温度计示值 \bar{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)			标准平均值 \bar{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)	仪器温度显示值 ($^{\circ}\text{C}$)			仪器平均值 ($^{\circ}\text{C}$)	示值误差 ($^{\circ}\text{C}$)	测量不确定度 $U(k=2)$ ($^{\circ}\text{C}$)
1	2	3		1	2	3			
25.03	25.03	25.04	25.03	25.1	25.1	25.2	25.1	0.1	0.2

1. 外观及工作正常性检查:

符合要求

不符合要求

2. 电导率或电阻率示值误差: 电导率 电阻率 (二项选一校准)

2.1 电导率示值误差:

标准电导率测量值 κ_n ($\mu\text{S/cm}$)			标准平均值 $\overline{\kappa}_i$ κ_n ($\mu\text{S/cm}$)	仪器电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S/cm}$)			仪器平均值 $\overline{\kappa}_i$ ($\mu\text{S/cm}$)	示值误差 ($\mu\text{S/cm}$)	示值误差 (%FS)	测量不确定度 $U_r(k=2)$ (%FS)
1	2	3		1	2	3				
1.472	1.473	1.475	1.473	1.5	1.5	1.5	1.5	0.03	0.1	0.7

2.2 电阻率示值误差:

标准电阻率测量值 ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\rho}_i$ ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	仪器电阻率测量值 ρ_i ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\rho}_i$ ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

3. 电导率示值误差重复性:

电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S/cm}$)						测量平均值 $\overline{\rho}$ ($\mu\text{S/cm}$)	重复性 δ_κ (%)
1	2	3	4	5	6		
1.473	1.473	1.472	1.473	1.472	1.470	1.472	0.0

注: 重复性 $\delta_\kappa = \frac{1}{\kappa_m} \sqrt{\frac{\sum (\Delta\kappa_i - \overline{V\kappa})^2}{5}} \times 100\%$

4. 电导率稳定性:

电导率测量值						测量平均值 κ_t ($\mu\text{S/cm}$)	稳定性 S_κ (%/30min)
κ_i ($\mu\text{S/cm}$)							
1	2	3	4	5	6		
1.473	1.472	1.475	1.467	1.465	1.464	1.469	0.1%
注: 稳定性 $S_\kappa = \frac{\kappa_{\max} - \kappa_{\min}}{\kappa_t} \times 100\%$							

5. pH 值示值误差: 仪器有 pH 显示 仪器无 pH 显示

标准 pH 计示值			标准平均值	仪器 pH 测量值			仪器平均值	示值误差	测量不确定度
1	2	3		1	2	3			$U(k=2)$
6.919	6.919	6.917	6.918	/	/	/	/	0.008	

6. 出水流量: 仪器有流量显示 仪器无流量显示

流量设置值 q_x (mL/min)				/		
序号				1	2	3
出水容积测量值 V_i (mL)				480	460	470
出水时间 t_i (s)				9.82	9.56	9.69
出水流量 q_v (mL/s)				48.880	48.117	48.504
流量设置值 q_x (mL/s)	流量测量值 q_v (mL/s)			测量 平均值	示值误差 (%)	测量不确定度 $U(k=2)$ (mL/s)
	1	2	3			
/	/	/	/	48.500	/	2.0

7. 制水温度: 仪器有温度显示 仪器无温度显示

标准温度计示值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)			标准平均值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)	仪器温度显示值 ($^{\circ}\text{C}$)			仪器平均值 ($^{\circ}\text{C}$)	示值误差 ($^{\circ}\text{C}$)	测量不确定度 $U(k=2)$ ($^{\circ}\text{C}$)
1	2	3		1	2	3			
24.94	24.93	24.94	24.94	24.9	24.9	24.9	24.9	0.0	0.2

1. 外观及工作正常性检查:

符合要求

不符合要求

2. 电导率或电阻率示值误差: 电导率 电阻率 (二项选一校准)

2.1 电导率示值误差:

标准电导率测量值 κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\kappa}_i$ κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	仪器电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\kappa}_i$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 (%FS)	测量不确定度 $U_r(k=2)$ (%FS)
1	2	3		1	2	3				
4.528	4.550	4.513	4.530	5.31	5.31	5.30	5.31	0.78	3.9	0.7

2.2 电阻率示值误差:

标准电阻率测量值 ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\rho}_i$ ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	仪器电阻率测量值 ρ_i ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\rho}_i$ ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				
14.65	14.74	14.97	14.79	15.13	15.46	15.59	15.39	0.61	4.1%	0.8%

3. 电导率示值误差重复性:

电导率示值误差测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						示值误差测量平均值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	重复性 δ_κ (%)
1	2	3	4	5	6		
4.519	4.528	4.550	4.513	4.513	4.501	4.521	0.1

注: 重复性 $\delta_\kappa = \frac{1}{\kappa_m} \sqrt{\frac{\sum (\Delta\kappa_i - \overline{V\kappa})^2}{5}} \times 100\%$

4. 电导率稳定性:

电导率测量值						测量平均值 κ_t ($\mu\text{S/cm}$)	稳定性 S_κ (%/30min)
κ_i ($\mu\text{S/cm}$)							
1	2	3	4	5	6		
4.522	4.530	4.528	4.550	4.513	4.501	4.524	0.2%
注: 稳定性 $S_\kappa = \frac{\kappa_{\max} - \kappa_{\min}}{\kappa_t} \times 100\%$							

5. pH 值示值误差: 仪器有 pH 显示 仪器无 pH 显示

标准 pH 计示值			标准平均值	仪器 pH 测量值			仪器平均值	示值误差 pH	测量不确定度
1	2	3		1	2	3			$U(k=2)$
6.936	6.937	6.935	6.936	/	/	/	/	/	0.010

6. 出水流量: 仪器有流量显示 仪器无流量显示

流量设置值 q_x (mL/min)				/		
序号				1	2	3
出水容积测量值 V_i (mL)				470	480	470
出水时间 t_i (s)				9.63	9.87	9.62
出水流量 q_v (mL/s)				48.806	48.632	48.857
流量设置值 q_x (mL/s)	流量测量值 q_v (mL/s)			测量平均值	示值误差 (%)	测量不确定度 $U(k=2)$ (mL/s)
	1	2	3			
/	/	/	/	48.765	/	2.2

7. 制水温度: 仪器有温度显示 仪器无温度显示

标准温度计示值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)			标准平均值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)	仪器温度显示值 ($^{\circ}\text{C}$)			仪器平均值 ($^{\circ}\text{C}$)	示值误差 ($^{\circ}\text{C}$)	测量不确定度 $U(k=2)$ ($^{\circ}\text{C}$)
1	2	3		1	2	3			
24.87	24.83	24.86	24.85	24.9	24.8	24.9	24.9	0.0	0.2

4、实验 4 原始记录:

实验室纯水机校准原始记录

计量器具名称	实验室纯水机	制造单位	四川优普超纯科技有限公司
型号规格	UPT-11-10T	出厂编号	Z22071596KS
校准（测试）日期	2023 年 11 月 15 日		
建议复校时间间隔	12 个月		

校准员 蓝哲韬

核验员

本次校准（测试）所使用的主要计量标准器：

名称	证书号	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	溯源机构	有效期至
多参数测试仪（电导率仪）	23HX823049511-001	(0.05~500) μ S/cm	0.2 级	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/10/22
多参数测试仪（酸度计）	23HX823049512-001	(4~8)pH	0.01 级	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/10/18
数字温度计	23RN923025848-001	(0~50) $^{\circ}$ C	$U=0.2^{\circ}$ C; $k=2$	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/3/6
量筒	22CD822000743-001	(0~1000)mL	MPE: ± 5 mL	武汉市计量测试检定（研究）所	2025/1/18
电子秒表	23DY923028301-001	10s~1h	MPE: 10s: ± 0.05 s; 1h: ± 0.1 s	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/3/23

校准（测试）地点和环境条件：

地点：	本所 403 室	温度：	24 $^{\circ}$ C
湿度：	47%RH	其他：	/

1. 外观及工作正常性检查:

符合要求

不符合要求

2. 电导率或电阻率示值误差: 电导率 电阻率 (二项选一校准)

2.1 电导率示值误差:

标准电导率测量值 κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\kappa}_i$ κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	仪器电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\kappa}_i$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 (%FS)	测量不确定度 $U_r(k=2)$ (%FS)
1	2	3		1	2	3				
1.655	1.646	1.634	1.645	1.9	1.9	1.8	1.9	0.22	1.1%	0.8%

2.2 电阻率示值误差:

标准电阻率测量值 ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\rho}_i$ ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	仪器电阻率测量值 ρ_i ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\rho}_i$ ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

3. 电导率示值误差重复性:

电导率示值误差测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						示值误差测量平均值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	重复性 δ_κ (%)
1	2	3	4	5	6		
1.655	1.656	1.646	1.632	1.637	1.631	1.643	0.1

注: 重复性 $\delta_\kappa = \frac{1}{\kappa_m} \sqrt{\frac{\sum (\Delta \kappa_i - \overline{V \kappa})^2}{5}} \times 100\%$

4. 电导率稳定性:

电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						测量平均值 κ_t ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	稳定性 S_κ (%/30min)
1	2	3	4	5	6		
1.656	1.648	1.643	1.637	1.624	1.621	1.638	0.2
注: 稳定性 $S_\kappa = \frac{\kappa_{\max} - \kappa_{\min}}{\kappa_t} \times 100\%$							

5. pH 值示值误差: 仪器有 pH 显示 仪器无 pH 显示

标准 pH 计示值			标准平均值	仪器 pH 测量值			仪器平均值	示值误差	测量不确定度 $U(k=2)$
1	2	3		1	2	3			
6.972	6.967	6.966	6.968	/	/	/	/	/	0.010

6. 出水流量: 仪器有流量显示 仪器无流量显示

流量设置值 q_x (mL/min)				/		
序号				1	2	3
出水容积测量值 V_i (mL)				240	240	230
出水时间 t_i (s)				10.08	10.12	9.74
出水流量 q_v (mL/s)				23.810	23.715	23.614
流量设置值 q_x (mL/s)	流量测量值 q_v (mL/s)			测量平均 值	示值误差 (%)	测量不确定度 $U(k=2)$ (mL/s)
	1	2	3			
/	/	/	/	23.713	/	1.5

7. 制水温度: 仪器有温度显示 仪器无温度显示

标准温度计示值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)			标准平均值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)	仪器温度显示值 ($^{\circ}\text{C}$)			仪器平均值 ($^{\circ}\text{C}$)	示值误差 ($^{\circ}\text{C}$)	测量不确定度 $U(k=2)$ ($^{\circ}\text{C}$)
1	2	3		1	2	3			
24.93	24.96	24.92	24.94	25.0	24.9	24.9	24.9	0.0	0.2

5、实验 5 原始记录：

实验室纯水机校准原始记录

计量器具名称	实验室纯水机	制造单位	四川优普超纯科技有限公司
型号规格	UPT-11-10T	出厂编号	Z22071596KS
校准（测试）日期	2023 年 11 月 15 日		
建议复校时间间隔	12 个月		

校准员 夏雨佳

核验员

本次校准（测试）所使用的主要计量标准器：

名称	证书号	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	溯源机构	有效期至
多参数测试仪（电导率仪）	23HX823049511-001	(0.05~500) μ S/cm	0.2 级	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/10/22
多参数测试仪（酸度计）	23HX823049512-001	(4~8)pH	0.01 级	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/10/18
数字温度计	23RN923025848-001	(0~50) $^{\circ}$ C	$U=0.2^{\circ}$ C； $k=2$	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/3/6
量筒	22CD822000743-001	(0~1000)mL	MPE: ± 5 mL	武汉市计量测试检定（研究）所	2025/1/18
电子秒表	23DY923028301-001	10s~1h	MPE: 10s: ± 0.05 s; 1h: ± 0.1 s	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/3/23

校准（测试）地点和环境条件：

地点：	本所 403 室	温度：	25 $^{\circ}$ C
湿度：	57%RH	其他：	/

1. 外观及工作正常性检查:

符合要求

不符合要求

2. 电导率或电阻率示值误差:

电导率

电阻率

(二项选一校准)

2.1 电导率示值误差:

标准电导率测量值 κ_n ($\mu\text{S/cm}$)			标准平均值 $\overline{\kappa}_i$ κ_n ($\mu\text{S/cm}$)	仪器电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S/cm}$)			仪器平均值 $\overline{\kappa}_i$ ($\mu\text{S/cm}$)	示值误差 ($\mu\text{S/cm}$)	示值误差 (%FS)	测量不确定度 $U_r(k=2)$ (%FS)
1	2	3		1	2	3				
2.906	2.907	2.906	2.906	3.1	3.2	3.2	3.17	0.26	1.3%	0.7

2.2 电阻率示值误差:

标准电阻率测量值 ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\rho}_i$ ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	仪器电阻率测量值 ρ_i ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\rho}_i$ ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

3. 电导率示值误差重复性:

电导率示值误差测量值 κ_i ($\mu\text{S/cm}$)						示值误差测量平均值 ($\mu\text{S/cm}$)	重复性 δ_κ (%)
1	2	3	4	5	6		
2.906	2.907	2.906	2.906	2.907	2.908	2.907	0.0

注: 重复性 $\delta_\kappa = \frac{1}{\kappa_m} \sqrt{\frac{\sum (\Delta\kappa_i - \overline{V}\kappa)^2}{5}} \times 100\%$

4. 电导率稳定性:

电导率测量值						测量平均值 κ_t ($\mu\text{S/cm}$)	稳定性 S_κ (%/30min)
κ_i ($\mu\text{S/cm}$)							
1	2	3	4	5	6		
2.906	2.907	2.909	2.898	2.894	2.899	2.902	0.1
注: 稳定性 $S_\kappa = \frac{\kappa_{\max} - \kappa_{\min}}{\kappa_t} \times 100\%$							

5. pH 值示值误差: 仪器有 pH 显示 仪器无 pH 显示

标准 pH 计示值			标准平均值	仪器 pH 测量值			仪器平均值	示值误差	测量不确定度 $U(k=2)$
1	2	3		1	2	3			
6.973	6.972	6.972	6.972	/	/	/	/	0.008	

6. 出水流量: 仪器有流量显示 仪器无流量显示

流量设置值 q_x (mL/min)				10		
序号				1	2	3
出水容积测量值 V_i (mL)				220	230	220
出水时间 t_i (s)				9.92	10.19	9.96
出水流量 q_v (mL/s)				22.177	22.571	22.088
流量设置值 q_x (mL/s)	流量测量值 q_v (mL/s)			测量平均值	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_t(k=2)$ (mL/s)
	1	2	3			
/	/	/	/	22.279	/	1.8

7. 制水温度: 仪器有温度显示 仪器无温度显示

标准温度计示值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)			标准平均值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)	仪器温度显示值 ($^{\circ}\text{C}$)			仪器平均值 ($^{\circ}\text{C}$)	示值误差 ($^{\circ}\text{C}$)	测量不确定度 $U(k=2)$ ($^{\circ}\text{C}$)
1	2	3		1	2	3			
25.06	25.07	25.07	25.07	25.0	25.0	25.0	25.0	-0.1	0.2

1. 外观及工作正常性检查:

符合要求

不符合要求

2. 电导率或电阻率示值误差: 电导率 电阻率 (二项选一校准)

2.1 电导率示值误差:

标准电导率测量值 κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\kappa}_i$ κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	仪器电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\kappa}_i$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 (%FS)	测量不确定度 $U_r(k=2)$ (%FS)
1	2	3		1	2	3				
1.674	1.677	1.679	1.677	1.9	1.9	1.9	1.90	0.22	1.1	0.6

2.2 电阻率示值误差:

标准电阻率测量值 ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\rho}_i$ ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	仪器电阻率测量值 ρ_i ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\rho}_i$ ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

3. 电导率示值误差重复性:

电导率示值误差测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						示值误差测量平均值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	重复性 δ_κ (%)
1	2	3	4	5	6		
1.674	1.677	1.683	1.679	1.686	1.678	1.680	0.0%

注: 重复性

$$\delta_\kappa = \frac{1}{\kappa_m} \sqrt{\frac{\sum (\Delta \kappa_i - \overline{V \kappa})^2}{5}} \times 100\%$$

4. 电导率稳定性:

电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						测量平均值 κ_t ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	稳定性 S_κ (%/30min)
1	2	3	4	5	6		
1.674	1.683	1.679	1.677	1.688	1.677	1.680	0.1%
注: 稳定性 $S_\kappa = \frac{\kappa_{\max} - \kappa_{\min}}{\kappa_t} \times 100\%$							

5. pH 值示值误差: 仪器有 pH 显示 仪器无 pH 显示

标准 pH 计示值			标准平均值	仪器 pH 测量值			仪器平均值	示值误差 pH	测量不确定度 $U(k=2)$
1	2	3		1	2	3			
6.963	6.965	6.963	6.964	/	/	/	/	0.013	

6. 出水流量: 仪器有流量显示 仪器无流量显示

流量设置值 q_x (mL/min)				/		
序号				1	2	3
出水容积测量值 V_i (mL)				240	230	230
出水时间 t_i (s)				10.35	10.12	10.16
出水流量 q_v (mL/s)				23.188	22.727	22.638
流量设置值 q_x (mL/s)	流量测量值 q_v (mL/s)			测量平均值	示值误差 (%)	测量不确定度 $U(k=2)$ (mL/s)
	1	2	3			
/	/	/	/	22.851	/	2.2

7. 制水温度: 仪器有温度显示 仪器无温度显示

标准温度计示值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)			标准平均值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)	仪器温度显示值 ($^{\circ}\text{C}$)			仪器平均值 ($^{\circ}\text{C}$)	示值误差 ($^{\circ}\text{C}$)	测量不确定度 $U(k=2)$ ($^{\circ}\text{C}$)
1	2	3		1	2	3			
25.02	25.02	25.04	25.03	25.1	25.0	25.2	25.1	0.1	0.2

7、实验7原始记录（四川优普）：

实验室纯水机校准原始记录

计量器具名称	实验室纯水机	制造单位	四川优普超纯科技有限公司
型号规格	UPT-11-10T	出厂编号	Z22071596KS
校准（测试）日期	2023年11月15日		
建议复校时间间隔	12个月		

校准员 袁嘉巍

核验员

本次校准（测试）所使用的主要计量标准器：

名称	证书号	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	溯源机构	有效期至
电导率仪	/	(0.05~3000) μ S/cm	0.5级	/	/
多参数测试仪（酸度计）	23HX823049512-001	(4~8)pH	0.01级	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/10/18
交流电阻箱	DCjz2023-01631	(0.05~2 \times 10 ⁵) μ S	$U_{rel}=0.05\%$, $k=2$	中国计量科学研究院	2024/8/8
数字温度计	23RN923025848-001	(0~50) $^{\circ}$ C	$U=0.2^{\circ}$ C; $k=2$	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/3/6
/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/

校准（测试）地点和环境条件：

地点：	本所403室	温度：	24 $^{\circ}$ C
湿度：	45%RH	其他：	/

1. 外观及工作正常性检查:

符合要求

不符合要求

2. 电导率或电阻率示值误差: 电导率 电阻率 (二项选一校准)

2.1 电导率示值误差:

标准电导率测量值 κ_n ($\mu\text{S/cm}$)			标准平均值 $\overline{\kappa_i}$ κ_n ($\mu\text{S/cm}$)	仪器电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S/cm}$)			仪器平均值 $\overline{\kappa_i}$ ($\mu\text{S/cm}$)	示值误差 ($\mu\text{S/cm}$)	示值误差 (%FS)	测量不确定度 $U_r(k=2)$ (%FS)
1	2	3		1	2	3				
1.592	1.615	1.622	1.610	1.7	1.8	1.8	1.77	0.16	0.8	0.9

2.2 电阻率示值误差:

标准电阻率测量值 ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\rho_i}$ ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	仪器电阻率测量值 ρ_i ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\rho_i}$ ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

3. 电导率示值误差重复性:

电导率示值误差测量值 κ_i ($\mu\text{S/cm}$)						示值误差测量平均值 $\overline{\rho}$ ($\mu\text{S/cm}$)	重复性 δ_κ (%)
1	2	3	4	5	6		
1.592	1.622	1.627	1.623	1.632	1.634	1.622	0.1

注: 重复性

$$\delta_\kappa = \frac{1}{\kappa_m} \sqrt{\frac{\sum (\Delta\kappa_i - \overline{V\kappa})^2}{5}} \times 100\%$$

4. 电导率稳定性:

电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						测量平均值 κ_t ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	稳定性 S_κ (%/30min)
1	2	3	4	5	6		
1.597	1.614	1.627	1.626	1.632	1.627	1.621	0.2%
注: 稳定性 $S_\kappa = \frac{\kappa_{\max} - \kappa_{\min}}{\kappa_t} \times 100\%$							

5. pH 值示值误差: 仪器有 pH 显示 仪器无 pH 显示

标准 pH 计示值			标准平均值	仪器 pH 测量值			仪器平均值	示值误差	测量不确定度 $U(k=2)$
1	2	3		1	2	3			
6.962	6.962	6.963	6.962	/	/	/	/	/	0.012

6. 出水流量: 仪器有流量显示 仪器无流量显示

流量设置值 q_x (mL/min)				/		
序号				1	2	3
出水容积测量值 V_i (mL)				/	/	/
出水时间 t_i (s)				/	/	/
出水流量 q_v (mL/s)				/	/	/
流量设置值 q_x (mL/s)	流量测量值 q_v (mL/s)			测量平均值	示值误差 (%)	测量不确定度 $U(k=2)$
	1	2	3			
/	/	/	/	/	/	/

7. 制水温度: 仪器有温度显示 仪器无温度显示

标准温度计示值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)			标准平均值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)	仪器温度显示值 ($^{\circ}\text{C}$)			仪器平均值 ($^{\circ}\text{C}$)	示值误差 ($^{\circ}\text{C}$)	测量不确定度 $U(k=2)$ ($^{\circ}\text{C}$)
1	2	3		1	2	3			
25.03	25.03	25.03	25.03	25.1	25.1	25.1	25.1	0.1	0.2

1. 外观及工作正常性检查:

符合要求

不符合要求

2. 电导率或电阻率示值误差:

电导率

电阻率

(二项选一校准)

2.1 电导率示值误差:

标准电导率测量值 κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\kappa}_i$ κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	仪器电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\kappa}_i$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 (%FS?)	测量不确定度 $U(k=2)$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	2	3		1	2	3				
1.674	1.660	1.663	1.666	1.59	1.72	1.64	1.90	0.234	1.2	1.1

2.2 电阻率示值误差(流通池测量):

标准电阻率测量值 ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\rho}_i$ ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	仪器电阻率测量值 ρ_i ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\rho}_i$ ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				
17.52	17.56	17.57	17.550	18.25	18.25	18.25	18.25	0.70	4.0	2.4%

3. 电导率示值误差重复性:

电导率示值误差测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						示值误差测量平均值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	重复性 δ_κ (%)
1	2	3	4	5	6		
1.439	1.438	1.441	1.454	1.437	1.468	1.446	0.1

注: 重复性 $\delta_\kappa = \frac{1}{\kappa_m} \sqrt{\frac{\sum (\Delta\kappa_i - \overline{V\kappa})^2}{5}} \times 100\%$

4. 电导率稳定性:

电导率测量值						测量平均值 κ_t ($\mu\text{S/cm}$)	稳定性 S_κ (%/30min)
κ_i ($\mu\text{S/cm}$)							
1	2	3	4	5	6		
1.439	1.441	1.472	1.516	1.542	1.672	1.514	1.2
注: 稳定性 $S_\kappa = \frac{\kappa_{\max} - \kappa_{\min}}{\kappa_t} \times 100\%$							

5. pH 值示值误差: 仪器有 pH 显示 仪器无 pH 显示

标准 pH 计示值			标准平均值	仪器 pH 测量值			仪器平均值	示值误差	测量不确定度 $U(k=2)$
1	2	3		1	2	3			
7.057	7.057	7.057	7.057	/	/	/	/	/	0.014

6. 出水流量: 仪器有流量显示 仪器无流量显示

流量设置值 q_x (mL/min)				/		
序号				1	2	3
出水容积测量值 V_i (mL)				/	/	/
出水时间 t_i (s)				/	/	/
出水流量 q_v (mL/s)				/	/	/
流量设置值 q_x (mL/s)	流量测量值 q_v (mL/s)			测量平均值	示值误差 (%)	测量不确定度 $U(k=2)$
	1	2	3			
/	/	/	/	/	/	/

7. 制水温度: 仪器有温度显示 仪器无温度显示

标准温度计示值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)			标准平均值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)	仪器温度显示值 ($^{\circ}\text{C}$)			仪器平均值 ($^{\circ}\text{C}$)	示值误差 ($^{\circ}\text{C}$)	测量不确定度 $U(k=2)$ ($^{\circ}\text{C}$)
1	2	3		1	2	3			
25.07	25.05	25.08	25.07	24.8	24.9	24.9	24.9	-0.2	0.2

9、实验9 原始记录 (马应龙公司)：

实验室纯水机校准原始记录

计量器具名称	实验室纯水机	制造单位	武汉品冠仪器设备有限公司
型号规格	PGJ-20-AS	出厂编号	WL01075692
校准（测试）日期	2024年 03月 04日		
建议复校时间间隔	12 个月		

校准员 姚杰

核验员

本次校准（测试）所使用的主要计量标准器：

名称	证书号	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	溯源机构	有效期至
多参数测试仪（电导率仪）	23HX823049511-001	(0.05~500) μ S/cm	0.2 级	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/10/22
多参数测试仪（酸度计）	23HX823049512-001	(4~8)pH	0.01 级	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/10/18
数字温度计	23RN923025848-001	(0~50) $^{\circ}$ C	$U=0.2^{\circ}$ C； $k=2$	武汉市计量测试检定（研究）所	2024/3/6

校准（测试）地点和环境条件：

地点：	马应龙公司实验室	温度：	25 $^{\circ}$ C
湿度：	46%RH	其他：	/

1. 外观及工作正常性检查:

符合要求

不符合要求

2. 电导率或电阻率示值误差: 电导率 电阻率 (二项选一校准)

2.1 电导率示值误差:

标准电导率测量值 κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\kappa}_i$ κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	仪器电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\kappa}_i$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 (%FS?)	测量不确定度 $U(k=2)$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	2	3		1	2	3				
1.729	1.729	1.731	1.730	1.69	1.65	1.59	1.90	0.170	0.9	1.3

2.2 电阻率示值误差:

标准电导率测量值 κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			标准平均值 $\overline{\kappa}_i$ ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	仪器电阻率测量值 ρ_i ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)			仪器平均值 $\overline{\rho}_i$ ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				
0.056	0.056	0.055	17.965	18.25	18.25	18.25	18.25	0.285	1.6	2.8
换算为标准电阻率测量值										
ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)										
17.86	17.86	18.18								

3. 电导率示值误差重复性:

电导率示值误差测量值 κ_i ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						示值误差测量平均值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	重复性 δ_κ (%)
1	2	3	4	5	6		
1.632	1.631	1.634	1.635	1.637	1.638	1.635	0.0

注: 重复性 $\delta_\kappa = \frac{1}{\kappa_m} \sqrt{\frac{\sum (\Delta \kappa_i - \overline{V \kappa})^2}{5}} \times 100\%$

4. 电导率稳定性:

电导率测量值 κ_i ($\mu\text{S/cm}$)						测量平均值 κ_t ($\mu\text{S/cm}$)	稳定性 S_κ (%/30min)
1	2	3	4	5	6		
1.632	1.634	1.638	1.627	1.624	1.618	1.629	0.1
注: 稳定性 $S_\kappa = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{K_t} \times 100\%$							

5. pH 值示值误差: 仪器有 pH 显示 仪器无 pH 显示

标准 pH 计示值			标准平均值	仪器 pH 测量值			仪器平均值	示值误差	测量不确定度 $U(k=2)$
1	2	3		1	2	3			
7.02	7.03	7.06	7.037	/	/	/	/	/	0.03

6. 出水流量: 仪器有流量显示 仪器无流量显示

流量设置值 q_x (mL/min)				/		
序号				1	2	3
出水容积测量值 V_i (mL)				/	/	/
出水时间 t_i (s)				/	/	/
出水流量 q_v (mL/s)				/	/	/
流量设置值 q_x (mL/s)	流量测量值 q_v (mL/s)			测量平均值	示值误差 (%)	测量不确定度 $U(k=2)$
	1	2	3			
/	/	/	/	/	/	/

7. 制水温度: 仪器有温度显示 仪器无温度显示

标准温度计示值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)			标准平均值 \overline{T}_n ($^{\circ}\text{C}$)	仪器温度显示值 ($^{\circ}\text{C}$)			仪器平均值 ($^{\circ}\text{C}$)	示值误差 ($^{\circ}\text{C}$)	测量不确定度 $U(k=2)$ ($^{\circ}\text{C}$)
1	2	3		1	2	3			
25.03	25.05	25.04	25.04	24.9	24.8	25.0	24.9	-0.1	0.2

1. 外观及工作正常性检查:

符合要求

不符合要求

2. 电导率或电阻率示值误差:

电导率

电阻率

2.1 电导率示值误差 (方法 1: 标准电导率仪测量):

标准电导率测量值			标准平均值 $\bar{\kappa}_i$ κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	仪器电导率测量值			仪器平均值 $\bar{\kappa}_i$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 (%FS)	测量不确定度 $U_r(k=2)$ (%FS)
1	2	3		1	2	3				
2.042	2.035	2.081	2.053	2.54	2.53	2.53	2.53	0.48	2.4	0.7

2.2 电阻率示值误差 (方法 2: 标准交流电阻箱测量):

标准电阻率测量值			标准平均值 $\bar{\rho}_i$ ρ_n ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	仪器电阻率测量值			仪器平均值 $\bar{\rho}_i$ ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				
0.348	0.344	0.352	/	/	/	/	/	/	/	/
换算为标准电导率值			标准平均值 $\bar{\kappa}_i$ κ_n ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	仪器电导率测量值			仪器平均值 $\bar{\kappa}_i$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	示值误差 (%)	测量不确定度 $U_r(k=2)$
1	2	3		1	2	3				
2.874	2.907	2.841	2.87	2.98	2.93	3.04	2.983	0.11	3.8	2.8%

以下空白

湖北省计量技术规范
《实验室纯水机校准规范》（征求意见稿）

征求意见表

姓名		电话		E-mail		
单位			通信地址		邮编	
章条号	修改建议			修改理由		

请加盖单位公章

（纸幅不够，请附页）