

陕西省地方计量技术规范
《电导率仪在线校准规范》
编写说明

规范起草组

2018 年 12 月 10 日

陕西省地方计量技术规范《电导率仪在线校准规范》

编写说明

一、任务来源

本规范是根据《陕西省质量技术监督局关于同意制定微量进样器等地方计量检定规程/校准规范的批复》（陕质量函〔2018〕28号）文件下达的计划安排进行的。本标准主要起草单位是陕西省计量科学研究院。

二、制修订时间

2018.5.30 至 2018.12.31。

三、目的意义

电导率仪按用途可分为实验室电导率仪和工业电导率仪。工业电导率仪可连续实时监测生产过程中水质的电导率，广泛应用于火电、化工、冶金、环保、医药等行业。其测量原理与实验室电导率仪相同，都是基于电导率和电导、电导池常数的关系。在电导池的电极间施加稳定的交流电信号，测量电极间溶液电导，根据输入的电导池常数得到电导率。仪器主要由电子单元、传感器和流通池三部分组成。电子单元可实现仪器常数调节、温度补偿、测量精度显示、测量频率调整等功能。传感器包括电导池、传感器探头（电导率和温度部分）及数据传输线，可实现电信号在溶液和电子单元之间的长距离传输。流通池可实现传感器与被测溶液之间的循环。如果工业电导率仪存在问题，不能及时、准确地反映测量水质，常常会给电厂热力设备带来腐蚀、结垢和积盐的风险，造成巨大的经济损失^[1]。鉴于该种仪表的重要性，电力行业在2009年制定了行业标准 DL/T677-2009《发电厂工业化学仪表检验规程》，专门针对工业仪表规定了现场校准方法。其它行业如：食品、化工、制药、环保等行业的工业电导率仪还在沿用实验室 JJG 376-2007《电导率仪》检定规程。本规范提出了解决工业电导率仪溯源问题的工业校准方法，为各相关使用单位提供技术支持和依据有着重要的意义。

四、国内外工业电导率仪校准方法研究现状

4.1 检定校准面临的主要困难。

目前，由于国产工业电导率仪在电极寿命、二次仪表多功能控制、电极极端环境适应性、稳定性和可靠性等方面还有待提升。国内许多大型生产企业，特别

是国家的重点工程和技术研究领域，大多使用进口品牌，如：METTLER TOLEDO、HACH、Swan、Georg Fischer 等。这使得检定校准过程中遇到很多技术障碍：

1)、工业电导率仪的工作现场的环境条件恶劣，电磁干扰强、振动大，高湿，高温，高噪音、粉尘浓度高等，不能完全满足 JJG376-2007《电导率仪检定规程》检定环境的要求。

2)、工业电导率仪的安装环境复杂，拆卸的专业化要求较高。在检定校准过程中，接入标准电阻模拟装置时，带电作业很不安全。不同品牌二次仪表的信号连接插孔不同，信号线路连接方式也不同，一旦接错有可能导致短路，烧坏二次仪表，给生产带来不必要的麻烦，因此大多仪器不宜拆卸。

3)、实际生产中纯水系统的电导率测量值通常在 $1\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 以内，有的甚至更低，国内现有电导率有证标准物质（CRM）最小约为 $84\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。如果采用高电导率值标准溶液校准仪表，其校准值和仪表实际测量值相差较大，无法保证工业电导率在低量程范围内的测量准确性。

为解决目前工业电导率仪测量值较低且不宜拆卸的问题，本规范引入了比较的方法进行校准，即选择一台参考电导率仪，对其全部参数进行校准，然后将其作为标准与被校电导率仪串联至同一测量系统，比较两者的示值，对工业电导率仪示值误差进行校准。对可以拆卸的工业电导率仪，按照 JJG376-2007《电导率仪》进行校准。

4.2、关键技术问题解决方案

4.2.1 参考电导率仪的校准.

参考电导率仪电子单元可按照 JJG 376-2007《电导率仪》检定规程要求的程序和方法进行校准， $20\ \mu\text{S}\ \text{cm}^{-1}$ 以下量程的整机校准结果应包含校准点的示值误差、不同校准溶液在不同温度下的电导池常数以及零点验证结果。，具体要求见规范文本附录 A。

校准较小量程时，可选用爱尔兰物理和化学标准和试剂生产商 Reagecon 公司生产的稳定低数值电导率标准品。其测量范围为 $(1.3\sim 500000)\ \mu\text{S}\ \text{cm}^{-1}$ 。相对误差都在 $\pm 1\%$ 左右，其生产标准可追溯至美国国家标准与技术研究院（NIST）。还有瑞士 Hamilton 公司生产经认证的电导率标准品，其测量范围为 $(1.3\sim 12280)$

$\mu\text{S cm}^{-1}$ ，Hamilton 是世界上第一家提供经认证保质期为 1 年以上的 $1.3\mu\text{S cm}^{-1}$ 和 $5\mu\text{S cm}^{-1}$ 标准溶液，相对误差为 $\pm 1\%$ 。其生产标准经德国联邦物理技术研究院（PTB）的认证。本文试验所用标准电导率仪均用瑞士 Hamilton 公司生产的标准物质进行校准。

4.2.2、温度补偿系数设置问题

溶液电导率随温度的改变而改变，在做精密测量时应该保持恒温，也可在任意温度下测量，然后通过仪器的温度补偿系统，换算成 25℃时的电导率。但是，由于不同品牌，不同测量范围、不同介质的电导率温度系数方式各不相同，低量程补偿方式也是非线性，而且工业电导率仪本身主体电路随着时间的推移会发热，线路板的元器件会随着温度发生变化，会对传感器传来的数据产生影响，这时也需要一个温补电路来消除元器件温度变化的影响。所以本规范规定在校准仪器示值误差时，被测仪器所有参数保持测量工作状态不变，参考电导率仪温度补偿方式根据被测介质的特性进行选择，电极常数设为其在该温度下用校准溶液校准时得到的值。

五、制定规范主要的参考资料和依据

制定本规范方法和技术指标的主要依据有：JJG 376-2007 《电导率仪》、DL/T 677-2018 《发电厂工业化学仪表》、JB/T 6855-2017 《工业电导率仪》

不确定度评定的主要依据有 JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》

六、规范的主要内容

本规范为了使工业电导率仪对社会出具准确、可靠、有效的数据，满足各行业领域的检测需求并对仪器的计量性能进行较为全面的评价，规范起草小组在充分调研各品牌使用情况及大量试验数据的基础上，对仪器的校准项目、校准方法、校准条件、校准用标准物质和设备、校准结果表达及主要性能的技术指标进行了统一、合理、符合实际的规定。主要校准项目和性能指标如下：

表 1 仪器的计量特性

计量性能		计量性能指标			
电子单元	量程	2000~200	200~20	20~2	≤ 2
	电子单元示值误差/ $\mu\text{S cm}^{-1}$	± 20	± 2.0	± 0.20	± 0.020
	电子单元重复性/ $\mu\text{S cm}^{-1}$	≤ 6	≤ 0.6	≤ 0.06	≤ 0.006
	电导池常数示值误差/ cm^{-1}	± 0.01			

	温度系数示值误差/%	±0.15			
整 机	仪器示值误差/μS cm ⁻¹	±30	±3.0	±0.30	±0.030
	仪器重复性/μS cm ⁻¹	≤14	≤1.4	≤0.14	≤0.014
	温度示值误差/℃	±0.6			
注：上述计量特性指标不用于合格性判定，仅供参考。					

6.1 电子单元

仪器电子单元部分的校准参照 JJG376-2007《电导率仪》检定规程所规定的方法，计量性能参照 1.0 级对电子单元重复性、电子单元引用误差、电导池常数示值误差、温度系数示值误差电导率检定规程要求。

6.2 仪器整机校准

仪器采用比较法进行整机校准，技术指标参照 1.0 级。

6.3 仪器重复性

标准溶液法的仪器重复性是参照 JJG 376-2007《电导率仪》检定规程 1.0 级标准要求。比较法的仪器重复性对目前应用较多的 3 个厂家，3 种型号，56 台工业电导率仪进行比对校准，对数据结果进行分类汇总所得出的校准结果 0.7%FS。

6.2.3 温度示值误差

比较法的仪器温度示值误差对目前应用较多的 3 个厂家，3 种型号，56 台工业电导率仪进行比对校准，对数据结果进行分类汇总所得出的校准结果 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 。

七、总结

在本规范的制定过程中，我们以国内外资料及相关标准、大量实验数据为技术依据，本着科学合理、易于操作的原则，并结合专家讨论会的意见和建议，严格依照《JJF 1071 国家计量校准规范编写规则》编写，制定了工业电导率仪校准规范（征求意见稿）。

国内外不同厂家工业电导率仪性能指标比较

序号	型号	生产厂	应用	量程	仪器引用误差	温度示值误差	稳 定 性
1	MIK-TDS210	索普美	工业	(0-20) ms/cm	$\pm 1\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
2	CM-230	金时速	工业	(0~1999) $\mu S/cm$	$\pm 2.0\%F S$	$\pm 1.0^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
3	JY-TDS/EC	广州佳仪	工业	0.02 $\mu S/cm$ ~20 mS/cm	$\pm 1\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
4	EC2012	FRATERZ	工业	(0-300.0) mS/cm	$\pm 0.5\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
5	GWQ-EC300	西安盖文	工业	(0.01-600) mS/cm	$\pm 1\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
6	DDG-5205A	LEICI/雷磁	工业	(0.000~10000) $\mu S/cm$	$\pm 2.0\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 0.5\%F S / 24h$
7	CCT-3320	科瑞达	工业	(0-20) mS/cm	$\pm 1.5\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1.5\%F S / 24h$
8	CM230	上海诚磁	工业	(0~1999) $\mu S/cm$	$\pm 2.0\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
9	RM-220	科瑞达	工业	(0~1999) $\mu S/cm$	$\pm 1\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
10	ZMDDL-1200	无锡质美	工业	(0.01-20000) $\mu S/cm$	$\pm 0.5\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
11	EC-510	上海 TONKA	工业	(0~1999) $\mu S/cm$	$\pm 1\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
12	M300	梅特勒	工业	(0~1999) $\mu S/cm$	$\pm 1\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
13	9125	哈希	工业	(0~1999) $\mu S/cm$	$\pm 1\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
14	FAM	Swan	工业	(0~1999) $\mu S/cm$	$\pm 1\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
15	+GF+	Georg Fischer	工业	(0~1999) $\mu S/cm$	$\pm 1\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
16	Smartec-s	E+H	工业	(0~1999) $\mu S/cm$	$\pm 1\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$
17	EC-4300	SUNTEX	工业	(0~1999) $\mu S/cm$	$\pm 1\%F S$	$\pm 0.5^{\circ}C$	$\pm 1\%F S / 24h$