

黑龙江省地方计量技术规范

JJF（黑）XX—2024

在线电导率仪校准规范

Calibration Specification for On-line Conductivity Meters

（审定稿）

2024-XX-XX发布 2024-XX-XX实施

黑龙江省市场监督管理局 发布

在线电导率仪校准规范

Calibration Specification for On-line Conductivity Meters



JJF（黑）XXXX-20XX

归口单位：黑龙江省市场监督管理局

主要起草单位：绥化市检验检测中心

绥化市特种设备检验研究所

哈尔滨永创计量检测有限公司

--参加起草单位：黑龙江省计量检定测试研究院

哈尔滨市计量检定测试院

本规范委托绥化市检验检测中心负责解释

本规范主要起草人：

宋文龙 （绥化市检验检测中心）

苏显军 （绥化市特种设备检验研究所）

孙菀彬 （齐齐哈尔检验检测中心）

张子扬 （哈尔滨永创计量检测有限公司）

杨 瑾 （哈尔滨市计量检定测试院）

张庆宇 （绥化市检验检测中心）

赵红艳 （绥化市检验检测中心）

参加起草人：

张贻龙 （哈尔滨市计量检定测试院）

金 鑫 （哈尔滨市计量检定测试院）

陈 文 （黑龙江省计量检定测试研究院）

目 录

[引 言 （Ⅲ）](#_Toc1900)

[1 范围 （1）](#_Toc2019)

[2 引用文件 （1）](#_Toc28279)

[3 术语和计量单位 （1）](#_Toc9923)

[3.1 （电解质溶液的）电导 （1）](#_Toc9923)

[3.2 （电解质溶液的）电导率 （1）](#_Toc9923)

[3.3 电导常数 （2）](#_Toc9923)

[4 概述 （2）](#_Toc3578)

[5 计量特性 （2）](#_Toc27510)

[6 校准条件 （3）](#_Toc3916)

[6.1 环境条件 （3）](#_Toc19928)

[6.2 测量标准 （3）](#_Toc14134)

[6.3 其他设备 （3）](#_Toc25220)

[7 校准项目和校准方法 （3）](#_Toc26389)

[7.1 电子单元引用误差 （4）](#_Toc21535)

[7.2 电子单元测量重复性 （4）](#_Toc25832)

[7.3 整机引用误差 （5）](#_Toc3538)

[7.4 整机测量重复性 （7）](#_Toc9781)

[7.5 温度示值误差 （7）](#_Toc29908)

[8 校准结果表达 （8）](#_Toc3599)

[8.1 校准结果 （8）](#_Toc3599)

[8.2 校准证书 （8）](#_Toc3599)

[9 复校时间间隔 （8）](#_Toc3529)

[附录A](#_Toc23625) [现场设备状态无法满足拆卸条件时在线电导率仪的测试方法 （9）](#_Toc14318)

[附录B 在线电导率仪校准原始记录（推荐性） （10）](#_Toc32511)

[附录C](#_Toc19835) 在线电导率仪[校准证书](#_Toc8686)内页格式（推荐性） （12）

[附录D](#_Toc9235) [在线电导率仪电子单元引用误差测量不确定度的评定示例 （13）](#_Toc8600)

[附录E](#_Toc21974) [在线电导率仪整机引用误差（标准溶液法）测量不确定度的评定示例 （16）](#_Toc18598)

[附录F](#_Toc16329) [在线电导率仪整机引用误差（比对法）测量不确定度的评定示例 （20）](#_Toc12570)

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定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

在线电导率仪校准规范

# 1 范围

本规范适用于实时连续测量电解质溶液的在线电导率仪校准。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

本规范引用下列文件：

JJG 376—2007 电导率仪

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

GB/T 27503—2011 电导率仪的试验溶液 氯化钠溶液制备方法

DL/T 677—2018 发电厂在线化学仪表检验规程

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 术语和计量单位

3.1 （电解质溶液的）电导 electrolytic conductance

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，用公式（1）定义。

 （1）

式中：

—— 电导，S；

—— 通过电解质溶液的电流，A；

—— 电极间的电势差，V。

3.2 （电解质溶液的）电导率 electrolytic conductivity

电解质溶液电导率用公式（2）定义：

 （2）

式中：

—— 电导率，S·m-1；

—— 电流密度，A·m-2；

—— 电场强度，V·m-1。

3.3 电导池常数 cell constant

电导池常数由公式（3）计算：

 （3）

式中：

—— 电导池常数，m-1；

 —— 测量电极间的有效距离，m；

—— 电极间液柱的有效横截面积，m2。

由于电导池的有效几何参数难以直接测量，一般通过测量电导率准确已知的标准物质的电导，用相对测量方法确定电导池常数。电导池常数、电导与电导率有以下关系：

 （4）

注：通常电导池常数在一定范围内有恒定的值，超出这个范围，电极极化效应或其他效应可能使电极常数发生变化。

# 4 概述

在线电导率仪是为对溶液的电导率进行实时监测和精确测量的一种专用设备，广泛应用于化工、制药、食品等行业中，实现实时监测生产过程中的电导率，以确保产品质量和过程稳定性。

在线电导率仪主要由电子单元和传感器单元两部分组成。电子单元通常包括放大器、滤波器、模数转换器等，同时还有实现温度补偿的温度测量单元以及电导池常数调节的单元。传感器单元主要包括测量电极和温度传感器，其中测量电极的种类有二电极式、四电极式和电磁感应式等，电极保护装置的材质多为不锈钢、聚四氟乙烯等耐腐蚀材料。

# 5 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。计量特性见表1。

表1计量特性

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 技术要求 |
| 1 | 电子单元引用误差 | ±2.0%FS |
| 2 | 电子单元测量重复性 | <0.7%FS |
| 4 | 整机引用误差 | ±4.5%FS |

表1（续）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 5 | 整机测量重复性 | <2.2%FS |
| 6 | 温度示值误差 | ±1.0℃ |

注：以上所有计量特性技术指标仅提供参考，不适用于合格性判定。

# 6 校准条件

## 6.1 环境条件

环境温度：（10～40）℃。

相对湿度：≤85％。

周围无明显影响校准系统正常工作的机械振动和电磁干扰。

## 6.2 测量标准

6.2.1 电导率仪校准专用交流电阻箱：0.05级，具有直流电阻和交流电阻的功能。

6.2.2 电导率溶液标准物质：相对扩展不确定度不超过 *U*rel=0.25%，*k*=2。也可选用氯化钠纯度标准物质按GB/T 27503-2011《电导率仪的试验溶液 氯化钠溶液制备方法》规定配制。

6.2.3 温度测量设备：测量范围（0～50）℃；最大允许误差：±0.05℃。

6.2.4 电导率仪：0.5级。

## 6.3 其他设备

6.3.1 恒温装置：（0～50）℃可调，温度均匀性不超过0.5℃，温度波动度不超过±0.5℃。

6.3.2 单标线容量瓶、分度吸量管等玻璃量器：A级。

6.3.3 电子天平： 级，分度值0.1mg。

# 7 校准项目和校准方法

在线电导率仪系统外表面应光洁平整，仪器面板标识清晰、完整，数字显示应清晰完整；传感器单元应无裂纹、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。

## 7.1 电子单元引用误差



1. （b）

图1电子单元校准接线示意图

注：图中（a）为配用2电极电导池的电导率仪电子单元校准接线示意图。图中（b）为配用4电极电导池的电导率仪电子单元校准接线示意图

参照图1将在线电导率仪与电导率仪校准专用交流电阻箱连接，设置在线电导率仪的温度系数为0.00%或“不补偿”，每一量程测量3点，测量点应在量程内均匀分布，记录在线电导率仪的读数值，每测量点取3次读数的算术平均值为测量结果。按公式（5）计算电子单元的引用误差。

 （5）

式中：

—— 在线电导率仪电子单元引用误差，%FS；

—— 在线电导率仪3次测量的算术平均值，μS/cm或mS/cm；

—— 电导率仪校准专用交流电阻箱的标准电导率值，μS/cm或mS/cm；

—— 在线电导率仪校准点所在的量程上限，μS/cm或mS/cm。

注：1.若在线电导率仪没有温度补偿功能，则可免调温度系数功能键而直接进行校准。

2.若在线电导率仪无法进行拆卸可按附录A内容进行测试。

## 7.2 电子单元测量重复性

选择各量程中间点，按7.1中的测量方法在相同条件下重复测量6次，按公式（6）计算电子单元测量重复性。

 （6）

式中：

-——-在线电导率仪电子单元测量重复性，%FS；

—— 在线电导率仪校准点所在的量程上限，μS/cm或mS/cm；

—— 在线电导率仪6次测量的电导率值的算术平均值，μS/cm或mS/cm；

—— 在线电导率仪第i次示值，μS/cm或mS/cm；

—— 测量次数，*n*=6。

注：若电导率仪没有温度补偿功能，则可免调温度系数功能键而直接进行校准。

7.3 整机引用误差

7.3.1电极常数校准—标准溶液法（适用于20μS/cm＜量程≤2000μS/cm的仪器）

1. 将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℃）。

注：若在线电导率仪没有温度补偿功能，则可免调温度系数功能键而直接进行校准。

b）调节在线电导率仪的电极常数到参考值（通常为1.000 cm-1）。

c）将电导率溶液标准物质放置在恒温装置中，当温度达到（25.0℃±0.5℃）并稳定10分钟后将电极放入其中。重复测量3次，记录在线电导率仪测量值，取3次测量结果的算术平均值按公式（7）计算在线电导率仪的电极常数。

 （7）

式中：

—— 在线电导率仪电极常数，cm-1；

——-在线电导率仪设定的参考电极常数，cm-1；

 —— --在线电导率仪3次测量结果的算术平均值，μS/cm；

 ——-\_标准溶液电导率值，μS/cm。

7.3.2 电极常数校准—比对法（适用于量程≤20μS/cm或量程＞2000μS/cm的仪器）

a）将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℃）。

注：若在线电导率仪没有温度补偿功能，则可免调温度系数功能键而直接进行校准。

b）调节在线电导率仪的电极常数到参考值（通常为1.000 cm-1）。

c）按照GB/T 27503-2011《电导率仪的试验溶液 氯化钠溶液制备方法》，配制适合在线电导率仪量程或日常使用范围的电导率溶液，电导率溶液放置在恒温装置中恒温，当温度达到（25.0℃±0.5℃）并稳定10分钟，将0.5级电导率仪和在线电导率仪的电极分别放入电导率溶液中，测量电导率值，重复测量3次，以0.5级电导率仪的测量结果的算术平均值为标准溶液电导率值，按公式（8）计算在线电导率仪电极常数，取3次电极常数的算术平均值作为在线电导率仪的电极常数。

 （8）

式中：

—— 在线电导率仪电极常数，cm-1；

—— 在线电导率仪设定的参考电极常数，cm-1；

-—— 在线电导率仪3次测量结果的算术平均值，μS/cm或mS/cm ；

- —— 标准溶液电导率值（0.5级电导率仪3次测量结果的算术平均值），μS/cm或mS/cm 。

7.3.3 整机引用误差

将在线电导率仪的电极常数调节为上述方法中测出的电极常数，其他参数同7.3项下设置，测量电导率溶液，重复测量3次，按公式（9）计算整机引用误差。

 （9）

式中：

 ——-整机引用误差，%FS；

 —— 在线电导率仪3次测量的算术平均值，μS/cm或mS/cm；

 —— --标准溶液的电导率值，μS/cm或mS/cm；

 —— --在线电导率仪校准点所在的量程上限，μS/cm。

7.4 整机测量重复性

按7.3测量方法，在相同条件下重复测量6次，按公式（10）计算整机测量重复性。

 （10）

式中：

—— 测量重复性，%；

—— 在线电导率仪校准点所在的量程上限，μS/cm或mS/cm；

—— 在线电导率仪6次测量的算术平均值，μS/cm或mS/cm；

—— 在线电导率仪第i次示值，μS/cm或mS/cm；

-- —— 测量次数，*n*=6。

7.5 温度示值误差

将在线电导率仪的温度传感器同电子单元连接后，和温度测量装置一同放入恒温装置中，温度测量装置应和温度传感器尽量靠近。

设定恒温装置温度为仪器参考温度（通常为25.0℃），等待温度稳定后，同时读取温度测量装置测量值和在线电导率仪温度测量值，按公式（11）计算单次测量的温度示值误差，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。

 （11）

式中：

—— 温度示值误差，℃；

—— -在线电导率仪温度测量值，℃；

—— --温度测量装置测量值，℃。

# 8 校准结果表达

8.1 校准结果

经校准的在线电导率仪出具校准证书，给出校准结果以及校准不确定度。校准原始记录格式（推荐性）见附录B。

8.2 校准证书

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：

1. 标题：“校准证书”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
4. 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
5. 客户的名称和地址；
6. 被校对象的描述和明确标识；
7. 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；
8. 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；
9. 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
10. 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
11. 校准环境的描述；
12. 校准结果及其测量不确定度的说明；
13. 对校准规范的偏离的说明；
14. 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
15. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
16. 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

校准证书内页的信息和格式（推荐性）见附录C。

# 9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由在线电导率仪的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定，因此使用单位可根据实际使用情况决定复校时间间隔，建议复校时间间隔为1年。

# 附录A

# 现场设备状态无法满足拆卸条件时在线电导率仪的测试方法

A.1 概述

由于工厂设计和生产流程的限制，少部分在线电导率仪的应用企业无法随时停产停工，无法拆卸在线电导率仪的电极进行校准。为了确保此类在线电导率仪的数据准确可靠，参照DL/T 677-2018《发电厂在线化学仪表检验规程》制定本测试方法，测试项目为温度示值误差和电导率示值误差。

A.2 测试方法

A.2.1 在管路系统距离在线电导率仪电极最近的取液口位置，使用0.5级电导率仪和温度测量设备，测量管路系统液体的电导率值和温度值，测量时应确保在线电导率仪和0.5级电导率仪测试的液体是同一管路内液体。

A.2.2 等待示值稳定后，同时读取温度示值和在线电导率仪的温度示值，各测量3次，按照公式（A.1）计算温度示值误差。

 （A.1）

式中：

—— 在线电导率仪温度示值误差，℃ ；

 —— 在线电导率仪3次测量的算术平均值，℃ ；

 —— 温度测量设备3次测量的算术平均值，℃ 。

A.2.3 将在线电导率仪和0.5级电导率仪温度设置为温度测量设备的温度示值，在读数稳定后，同时记录在线电导率仪和0.5级实验室电导率仪的读数，各记录10次，按照公式（A.2）计算电导率示值误差。

 （A.2）

式中：

—— 在线电导率仪相对示值误差，% ；

 —— 在线电导率仪10次测量的算术平均值，μS/cm或mS/cm ；

 —— 0.5级电导率仪10次测量的算术平均值，μS/cm或mS/cm 。

# 附录B

# 在线电导率仪校准原始记录（推荐性）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 委托单位 |  | | | 证书编号 | |  |
| 制 造 厂 |  | | | 校准日期 | |  |
| 型号规格 |  | | | 校准地点 | |  |
| 出厂编号 |  | | | 温 度 | |  |
| 技术依据 |  | | | 相对湿度 | |  |
| 校准人员 |  | | | 核验人员 | |  |
| 校准使用的计量标准器具 | | | | | | | |
| 计量标准器具名称 | | 型号/规格 | 不确定度/准确度等级/  最大允许误差 | | 证书编号及有效期 | | |
|  | |  |  | |  | | |
|  | |  |  | |  | | |

1.电子单元引用误差：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 量程上限值  μS/cm | 标准电导率值  μS/cm | 测量值  μS/cm | | | 测量平均值  μS/cm | 引用误差  %FS | 扩展不确定度 *U*（*k*=2） |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

2.电子单元重复性：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 量程上限值  μS/cm | 测量值  μS/cm | | | | | | 测量平均值  μS/cm | 测量重复性  % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

3整机引用误差：

电极常数－标准溶液法：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 参考电极常数  cm-1 | 标准溶液电导率值  μS/cm | 在线电导率仪测量值  μS/cm | | | 平均值  μS/cm | 电极常数  cm-1 |
|  |  |  |  |  |  |  |

电极常数－比对法：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 参考电极常数  cm-1 | 0.5级电导率测量值  μS/cm | | | 平均值  μS/cm | 在线电导率仪测量值  μS/cm | | | 平均值  μS/cm | 电极常数  cm-1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 量程  μS/cm | 标准值  μS/cm | 实测值  μS/cm | | | 测量平均值  μS/cm | 电极常数cm-1 | 引用误差  %FS | 扩展不确定度*U*（*k*=2） |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

4整机测量重复性：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 实测值  μS/cm | | | | | | 测量重复性  % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  |  |  |  |  |  |  |

5温度示值误差：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设定值/℃ | 标准值/℃ | 仪器温度示值/℃ | 温度示值误差/℃ |
|  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |

# 附录C

在线电导率仪校准证书内页格式（推荐性）

校准结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准项目 | 校准结果 | | | | | |
| 电子单元引用误差 | 标准值  μS/cm | 仪器测量值  μS/cm | | 引用误差  %FS | | 扩展不确定度*U*,（*k*=2） |
|  |  | |  | |  |
|  |  | |  | |  |
|  |  | |  | |  |
| 电子单元重复性 |  | | | | | |
| 整机引用误差 | 标准值  μS/cm | 仪器测量值  μS/cm | | 引用误差  %FS | | 扩展不确定度*U*,（*k*=2） |
|  |  | |  | |  |
|  |  | |  | |  |
|  |  | |  | |  |
| 整机重复性 |  | | | | | |
| 温度示值误差 | 标准值（℃） | | 仪器测量值（℃） | | 示值误差（℃） | |
|  | |  | |  | |
|  | |  | |  | |
|  | |  | |  | |

# 附录D

# 在线电导率仪电子单元引用误差测量不确定度的评定示例

D.1概述

被校对象：在线电导率仪。

测量标准：电导率仪校准专用交流电阻箱：0.05级。

环境条件：温度为：21.0℃，相对湿度为40%。

测量方法：本规范中7.1的方法。

D.2测量模型

D.2.1测量模型

** （D.1）

式中：

 ——在线电导率仪电子单元引用误差，%FS；

 —— 在线电导率仪三次测量的算术平均值，μS/cm或mS/cm；

 —— 专用交流电阻箱的标准电导率值，μS/cm或mS/cm；

 —— 在线电导率仪校准点所在的量程上限，μS/cm或mS/cm。

D.2.2灵敏系数

**

**

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

**

D.3标准不确定度评定

D.3.1 在线电导率仪读数引入的标准不确定度分量

D.3.1.1在线电导率仪电子单元测量重复性引入的标准不确定度分量

在100μS/cm校准点重复测量 10 次，其数据如下（μS/cm）：100.2、100.3、100.5、100.6、100.2、100.4、100.3、100.2、100.5、100.6，其标准偏差按照贝塞尔公式进行计算：



实际工作中测量3次，取算术平均值作为最佳估计值，则：



D.3.1.2在线电导率仪读数分辨力引入的标准不确定度分量

在线电导率仪读数分辨力为0.1μS/cm，区间半宽为0.05μS/cm，在区间内可以认为服从均匀分布，取包含因子，则：



由于读数分辨力引入的标准不确定度分量远小于测量重复性引入的标准不确定度分量，故：



D.3.2标准电阻箱示值误差引入的标准不确定度

测量点100 μS/cm时标准电阻箱MPE为±0.05%，区间半宽为0.05%，服从均匀分布，取包含因子，则：



D.4标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量汇总见表D.1。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度 | 不确定度来源 | 标准不确定度 | 灵敏系数 |  |
|  | 在线电导率仪读数 | 0.10μS/cm | 0.005cm/μS | 0.050%FS |
|  | 在线电导率仪测量重复性 | 0.10μS/cm | — | — |
|  | 在线电导率仪读数分辨力 | 0.029μS/cm | — | — |
|  | 标准电阻箱示值 | 0.029μS/cm | -0.005cm/μS | 0.0145%FS |

表D.1标准不确定度分量汇总

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：

**

D. 6扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则在线电导率仪电子单元引用误差的扩展不确定度为：



# 附录E

# 在线电导率仪整机引用误差（标准溶液法）测量不确定度的评定示例

E.1 概述

被校对象：在线电导率仪。

测量标准：氯化钾电导率溶液标准物质：*U*rel=0.25%, *k*=2。

环境条件：温度为：21.0℃，相对湿度为40%。

测量方法：本规范中7.3的方法。

E.2 测量模型

E.2.1测量模型

 （E.1）

式中：

 —— 整机引用误差，%FS；

 —— 在线电导率仪3次测量的算术平均值，μS/cm；

 —— 标准溶液的电导率值，μS/cm；

 —— 在线电导率仪校准点所在的量程上限，μS/cm。

E.2.2灵敏系数

**

**

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

**

E.3标准不确定度的评定

E.3.1 在线电导率仪读数引入的不确定度分量

E.3.1.1测量重复性引入的标准不确定度分量。

标准值为1410μS/cm（25.0℃）的标准溶液，重复测量10 次，其数据为如下（μS/cm）： 1403、1412、1406、1403、1413、1412、1410、1405、 1404、1412。按照贝塞尔公式进行计算：



实际测量3次，取算术平均值作为最佳估计值，则：



E.3.1.2在线电导率仪读数分辨力引入的标准不确定度分量

在线电导率仪的读数分辨力为1μS/cm，区间半宽为0.5μS/cm，服从均匀分布，取包含因子，则：



由于读数分辨力引起不确定度分量小于测量重复性引入的标准不确定度分量，故：



E.3.2氯化钾电导率溶液标准物质引入的标准不确定度分量

E.3.2.1标准溶液标准值随温度变动引入的标准不确定度分量

测量点为1410μS/cm时由标准物质证书得知，氯化钾电导率标准溶液标准值温度系数约为+2%/℃，恒温装置温度均匀性≤0.5℃，温度波动度为±0.5℃，温度测量设备的最大允许误差为±0.05℃，则引起的电导率变化量为+2%/℃×±0.8℃ = ±1.6%，区间半宽为1.6%，服从均匀分布，取包含因子，则：



E.3.2.2电导率标准溶液标准值引入的不确定度分量的评定

由电导率标准溶液标准物质证书可知，测量点1410μS/cm其扩展不确定度*U*rel=0.25%，包含因子 *k*=2，则：



由于温度变动引入的标准不确定度分量和电导标准溶液标准值引入的不确定度分量不相关，故：



E.4标准不确定度汇总表

标准不确定度分量汇总见表E.4.1

表E.4.1标准不确定度分量汇总

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度 | 灵敏系数 |  |
|  | 在线电导率仪读数 | 2.42 μS/cm | 0.0005cm/μS | 0.121 %FS |
|  | 在线电导率仪测量重复性 | 2.42 μS/cm | — | — |
|  | 在线电导率仪读数分辨力 | 0.29 μS/cm | — | — |
|  | 氯化钾电导率溶液标准物质 | 13.3 μS/cm | -0.0005cm/μS | 0.67 %FS |
|  | 溶液标准值随温度变动 | 13.1 μS/cm | — | — |
|  | 标准溶液标准值 | 1.77 μS/cm | — | — |

E.5合成标准不确定度

合成标准不确定度为：

**

E.6扩展不确定度

取包含因子*k=2，*则在线电导率仪整机引用误差的扩展不确定度为：



# 附录F

# 在线电导率仪整机引用误差（比对法）测量不确定度的评定示例

F.1 概述

被校对象：在线电导率仪。

测量标准：0.5级电导率仪。

环境条件：温度为：21.0℃，相对湿度为40%。

测量方法：本规范中7.3的方法。

F.2 测量模型

F.2.1测量模型

 （F.1）

式中：

 —— 整机引用误差，%FS；

 —— 在线电导率仪3次测量的算术平均值，μS/cm或mS/cm；

 —— 标准溶液电导率值（0.5级电导率仪3次测量结果的算术平均值），μS/cm或mS/cm；

 —— 在线电导率仪校准点所在的量程上限，μS/cm或mS/cm。

F.2.2灵敏系数

**

**

F.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

**

F.3标准不确定度的评定

F.3.1 在线电导率仪读数引入的标准不确定度分量

F.3.1.1 在线电导率仪测量重复性引入的标准不确定度分量

以10%NaCl溶液校准点约为141.1mS/cm（25.0℃）的标准溶液重复测量10 次，在线电导率仪与0.5级电导率仪的差值数据为如下（mS/cm）： 0.8、0.9、1.1、1.0、1.0、1.1、1.0、0.4、0.3、0.1。其标准差按照贝塞尔公式进行计算：



实际测量3次，取算术平均值作为最佳估计值，则：



F.3.1.2 读数分辨力引入的标准不确定度分量的评定

在线电导率仪读数分辨力为0.1 mS/cm，区间半宽为0.05mS/cm，在区间内可以认为服从均匀分布，取包含因子，则：



由于读数分辨力引入的不确定度分量远小于测量重复性引入的标准不

确定度分量，故：



F.3.2 电导率标准溶液引入的标准不确定度分量

F.3.2.1恒温装置温度波动引入的标准不确定度分量的评定

在测量点141.1mS/cm时由GB/T 27503-2011《电导率仪的试验溶液 氯化钠溶液制备方法》可知，25℃温度系数为3.2453（mS/cm）/℃，温度波动度为±0.5℃，得到区间半宽为0.5℃，服从均匀分布，取包含因子，则：



F.3.2.2 0.5级电导率仪引入的标准不确定度分量

0.5级电导率仪在量程（0～200）mS/cm，其最大允许误差为±0.8%FS，得到区间半宽为0.8%FS=1.6 mS/cm，服从均匀分布，取包含因子，则：



由于恒温装置温度波动引入的标准不确定度分量和0.5级电导率仪引入的标准不确定度分量不相关，故：



F.4标准不确定度汇总表

标准不确定度分量汇总见表F.4.1

表F.1标准不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度 | 灵敏系数 |  |
|  | 在线电导率仪读数 | 0.22 mS/cm | 0.005cm/mS | 0.11 %FS |
|  | 测量重复性 | 0.22 mS/cm | — | — |
|  | 读数分辨力 | 0.029 mS/cm | — | — |
|  | 标准溶液电导率值 | 1.33 mS/cm | -0.005cm/mS | 0.67 %FS |
|  | 标准溶液温度波动 | 0.94 mS/cm | — | — |
|  | 0.5级电导率仪读数 | 0.93 mS/cm | — | — |

F.5合成标准不确定度

合成标准不确定度为：

**

F.6扩展不确定度

取包含因子*k=2，*则在线电导率仪整机引用误差的扩展不确定度为：



JJF（黑）xx—2024