



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

## 海水温度测量仪 校准规范

Calibration Specification for  
Seawater Temperature Measuring Instrument  
(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局发布

# 海水温度测量仪校准规范

Calibration Specification for  
Seawater Temperature Measuring Instruments



归口单位：全国海洋专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：国家海洋标准计量中心

参加起草单位：国家海洋局北海标准计量中心

国家海洋局南海标准计量中心

本规范委托全国海洋专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

赵卓英（国家海洋标准计量中心）

王宝森（国家海洋标准计量中心）

穆明华（国家海洋标准计量中心）

参加起草人：

李惠卿（国家海洋局北海标准计量中心）

王存涛（国家海洋局北海标准计量中心）

赵东蕾（国家海洋局南海标准计量中心）

# 目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 概述.....	1
4 计量特性.....	1
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.....	2
6.1 校准项目 .....	2
6.2 校准方法 .....	2
6.2.1 外观检查 .....	2
6.2.2 温度示值误差 .....	2
6.2.3 温度测量重复性 .....	3
7 校准结果表达.....	3
7.1 校准记录.....	3
7.2 校准结果的测量不确定度.....	3
7.3 校准证书.....	4
8 复校时间间隔.....	4
附录 A 校准记录表参考格式.....	5
附录 B 校准证书内页信息参考格式.....	7
附录 C 海水温度测量仪温度校准结果的测量不确定度评定示例 .....	8

# 引 言

本规范以 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》和 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》为基础型系列规范进行制定。

本规范结合海水温度测量仪的发展和使用现状,参考了 JJG 763-2019《温盐深测量仪》检定规程的部分内容进行制定。

本规范为首次制定。

# 海水温盐测量仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于海水温度测量仪（传感器）温度要素的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 763-2019 温盐深测量仪检定规程

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

海水温度测量仪（以下简称温度测量仪）是用于测量海水温度的仪器，该类仪器可直接置于海水中实时监测海洋的水温，具有原位实时连续测量的特点，其工作原理是采用高稳定性的热敏电阻测量水温，并将其转换成电信号，通过信号转换及数据处理后输出温度量值，单位摄氏度，符号℃，常用于海洋台站、浮标及海洋科学调查中海水温度数据的测量，有直读式和自容式两种。

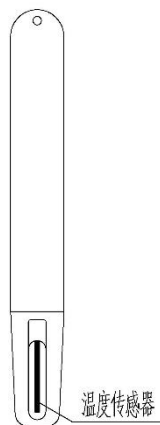


图 1 海水温度测量仪示意图

## 4 计量特性

本规范开展如下计量特性的校准：

——温度示值误差

## ——温度测量重复性

## 5 校准条件

## 5.1 环境条件

环境温度：(20±5)℃；

相对湿度：≤80%；

电源电压：(220±10)V；

电源频率：(50±1)Hz；

附近无强机械振动和电磁干扰。

## 5.2 测量标准及其他设备

设备名称	技术指标
标准铂电阻温度计	一等
测温电桥	电阻比：±3×10 <sup>-7</sup>
恒温槽	控温波动性：≤0.001℃ 温场均匀性：≤0.001℃
使用标准铂电阻温度计和测温电桥，也可以使用满足下列要求的其他测量系统：由标准器、电测仪器以及配套设备所引入的扩展不确定度，应不大于被检仪器最大允许误差的 1/3。	

温度测量仪校准所需主要计量器具及配套设备见表 1。

表 1 温度测量仪校准所需主要计量器具及配套设备的技术指标

## 6 校准项目和校准方法

## 6.1 校准项目

外观检查、温度示值误差、温度测量重复性。

## 6.2 校准方法

## 6.2.1 外观检查

采用目测或手感的方法进行外观检查。仪器的紧固件、接插件等不应有松动和损伤，表面不得有影响正常性能测试的外观损伤。

## 6.2.2 温度示值误差

6.2.2.1 温度测量仪温度校准点分别为 35℃、30℃、25℃、20℃、15℃、10℃、5℃、0℃、-2℃、-5℃，应从中选取不少于 5 个点。温度校准点的选择需覆盖仪器量程范围或常用测量范围。

6.2.2.2 恒温槽温度控制在 35℃，将标准铂电阻温度计和温度测量仪置入恒温槽

内有效区域，标准铂电阻温度计尽量靠近温度测量仪温度传感器位置。

6.2.2.3 当恒温槽温场波动性达到表 1 要求时，测温电桥与温度测量仪同时测量 3min，读取至少 10 组数据，取对应温度读数的算术平均值分别作为该校准点上的标准温度值和仪器温度示值，并记录，记录格式见附录 A。

6.2.2.4 按照降温的顺序进行下一个校准点，直到完成全部温度点的校准。

6.2.2.5 按公式(1)计算校准后温度示值误差：

$$\Delta t_i = t_i - t_{is} \quad (1)$$

式中：

$\Delta t_i$ ——温度测量仪（校准后）在第  $i$  个温度校准点的温度示值误差，℃；

$t_i$ ——温度测量仪（校准后）在第  $i$  个温度校准点的仪器温度示值，℃；

$t_{is}$ ——第  $i$  个温度校准点的标准温度值，℃。

6.2.2.6 温度测量仪校准结果的温度示值误差大于最大允许误差时，可通过校准公式进行回归处理，回归后给出回归系数。

### 6.2.3 温度测量重复性

按照 6.2.2.3 方法选定温度校准点 15℃ 进行温度重复性校准，依照公式（2）计算温度测量重复性。

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} \quad (2)$$

式中： $\sigma_T$ ——温度测量仪温度测量重复性，℃；

$t_i$ ——温度测量仪在第  $i$  次测量的温度示值，℃；

$\bar{t}$ ——温度测量仪  $n$  次测量的算术平均值，℃；

$n$ ——测量次数（ $n \geq 6$ ）。

## 7 校准结果表达

### 7.1 校准记录

校准记录表格式参见附录 A。

### 7.2 校准结果的测量不确定度

温度测量仪校准结果的测量不确定度按 JJF1059.1 的要求评定，不确定度评



定的示例见附录 C。

### 7.3 校准证书

温度测量仪经过校准，出具校准证书，校准证书由封面和内页组成。校准证书内页格式参见附录 B。校准证书至少包含以下信息：

- 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和应用有关时，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) 校准证书校准员、核验员和签发人的签名或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的说明；
- 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

仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等直接影响仪器的计量性能，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。根据仪器的实际情况建议如下：新购置或修理后的仪器，建议及时校准；

- a) 在使用过程中，如对仪器的技术指标产生怀疑，建议重新校准；
- b) 为确保仪器准确可靠，通常情况下建议仪器出海前后校准。
- c) 复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，推荐为 1 年。



表 A.2 温度测量重复性校准记录表

校准结果			
序号	仪器温度值 (℃)	平均值 (℃)	重复性 (℃)

校准员

核验员

## 附录 B

## 校准证书内页信息参考格式

校准项目：温度				
校准中使用的主要计量器具				
名称	测量范围	最大允许误差/不确定度/ 准确度等级	证书编号	有效期至
校准时间、地点及环境条件				
地 点：		日 期：		
温 度：		相对湿度：		
温度校准结果				
校准点 (℃)	标准温度值(℃)	仪器温度 原始值	仪器温度示值 (℃)	示值误差 (℃)
温度重复性(℃)：				
校准系数：				
温度校准结果的扩展不确定度为：U=           ，k= 以 下 空 白				

## 附录 C

### 海水温度测量仪温度校准结果的测量不确定度评定示例

本附录适用于海水温度测量仪（以下简称“温度测量仪”）温度校准结果的不确定度评定。

#### C.1 测量模型

$$\Delta t = t - t_s \quad (1)$$

式中：

$\Delta t$ ——温度测量仪在校准点的温度示值误差，℃；

$t$ ——温度测量仪在校准点的温度示值，℃；

$t_s$ ——CTD 在检定点的标准温度值，℃。

对式（1）求偏导得灵敏度系数为

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_s} = -1$$

以加拿大 RBR 生产的 SOLO3 型温度测量仪在温度点 15℃ 下的测量结果为例，进行温度校准结果不确定度评定。

#### C.2 温度测量结果不确定度来源

根据 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，就温度测量仪校准结果的测量不确定度进行分析评定，温度校准结果不确定度来源主要有 5 个因素：

- （a）被校仪器测量重复性引入的不确定度；
- （b）标准铂电阻温度计引入不确定度；
- （c）测温电桥引入的不确定度；
- （d）恒温槽温场均匀性引入的不确定度；
- （e）恒温槽温场波动度引入的不确定度。

#### C.3 温度测量结果不确定度评定

##### C.3.1 被校仪器测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(t_p)$

测量重复性引入的不确定度分量  $u(t_p)$ ，可以通过在连续条件下测量一组数据列，用不确定度的 A 类评定方法获得。依据校准规范，温度测量仪温度测量重复性在 15℃ 温度校准点，控温达到稳定后，进行 6 次测量。所得数据如表 C.1 所

示。

表 C.1 温度重复性测量数据

序号	仪器温度示值 ℃	示值平均值 ℃	重复性 ℃
1	15.0782	15.0778	$3.1 \times 10^{-4}$
2	15.0780		
3	15.0775		
4	15.0778		
5	15.0774		
6	15.0777		

重复性利用标准差的公式计算：

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}}$$

式中：

$\sigma_t$ ——温度测量仪温度测量重复性，℃；

$t_i$ ——温度测量仪的第*i*次测量的温度示值，℃；

$\bar{t}$ ——温度测量仪的*n*个温度示值的算术平均值，℃；

*n*——重复测量次数（*n*=6）。

计算得 $\sigma_t=3.1 \times 10^{-4}$ ，因此温度测量仪温度测量重复性引入的不确定度 $u(t_p)$   
= $3.1 \times 10^{-4}$ ℃。

当重复性引入的不确定分量小于被校仪器的分辨力引入的不确定分量时，应用分辨力引入的不确定分量代替重复性分量。若被校仪器的分辨力为 $\delta_x$ ，则分辨力引入的标准不确定度分量为 $0.29 \delta_x$ 。

### C.3.2 标准铂电阻温度计引入的标准不确定度分量 $u(t_1)$

校准使用的工作基准级标准铂电阻温度计在检定周期内使用，对工作基准级铂电阻温度计定期进行水三相点的复现，故认为其复现周期内的稳定性为±0.6mK，服从正态分布，*k*=3,标准不确定度为

$$u(t_1)=0.6 \times 10^{-3}/3=2.0 \times 10^{-4} \text{℃}$$

C.3.3 测温电桥引入的标准不确定度分量  $u(t_2)$ 

测温电桥采用 6622A 直流比较仪器测温电桥，其电阻比  $2 \times 10^{-8}$ ，配套使用的标准电阻为一等，电桥示值  $R = X * R_s$ ，则测温电桥测量值的扩展不确定度为  $2 \times 10^{-6} \Omega$ ， $k=2$ ，标准不确定度为

$$u_1'(t_2) = 2 \times 10^{-6} / 2 = 1 \times 10^{-6} \Omega$$

$100 \Omega$  标准电阻的相对扩展不确定度  $1.5 \times 10^{-6}$ ， $k=3$ ，标准不确定度为

$$u_2'(t_2) = 1.5 \times 10^{-6} \times 0.25 \times 100 / 3 = 1.3 \times 10^{-5} \Omega$$

合成标准不确定度为  $u'(t_2) = \sqrt{u_1'(t_2)^2 + u_2'(t_2)^2} = 1.4 \times 10^{-5} \Omega$

$$u(t_2) = \frac{u'(t_2) / R_{tpw}}{dW/dt} = 1.4 \times 10^{-4} ^\circ\text{C}$$

C.3.4 恒温槽温场均匀性引入的标准不确定度分量  $u(t_3)$ 

恒温槽均匀性最大差为  $5 \times 10^{-4} ^\circ\text{C}$ ，则温场均匀性引入的误差可能值区间半宽为  $2.5 \times 10^{-4} ^\circ\text{C}$ ，在此区间服从均匀分布，包含因子  $k=\sqrt{3}$ ，标准不确定度为

$$u(t_3) = 2.5 \times 10^{-4} / \sqrt{3} = 1.5 \times 10^{-4} ^\circ\text{C}$$

C.3.5 恒温槽温场波动性引入的标准不确定度分量  $u(t_4)$ 

恒温槽波动性最大差为  $5 \times 10^{-4} ^\circ\text{C}$ ，则温场波动性引入的误差可能值区间半宽为  $2.5 \times 10^{-4} ^\circ\text{C}$ ，在此区间服从均匀分布，包含因子  $k=\sqrt{3}$ ，标准不确定度为

$$u(t_4) = 2.5 \times 10^{-4} / \sqrt{3} = 1.5 \times 10^{-4} ^\circ\text{C}$$

## C.3.6 合成标准不确定度

表 C.2 标准不确定度汇总表

不确定来源	符号	标准不确定度 ( $^\circ\text{C}$ )
被校仪器测量重复性	$u(t_p)$	$3.1 \times 10^{-4}$
标准铂电阻温度计不稳定性	$u(t_1)$	$2.0 \times 10^{-4}$
测温电桥	$u(t_2)$	$1.4 \times 10^{-4}$
恒温槽均匀性	$u(t_3)$	$1.5 \times 10^{-4}$
恒温槽波动性	$u(t_4)$	$1.5 \times 10^{-4}$

标准不确定度汇总表见表 C.2，各分量相互独立，温度校准结果的合成标准不确定度为

$$u_c(t) = \sqrt{u^2(t_p) + u^2(t_1) + u^2(t_2) + u^2(t_3) + u^2(t_4)} = 4.5 \times 10^{-4} ^\circ\text{C}$$

### C.3.7 扩展不确定度

包含因子取  $k=2$ , 扩展标准不确定度为:  $U=2 \times u_c(t) = 2 \times 4.5 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C} = 0.0009 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $k=2$ 。

### C. 6 测量不确定度报告

在每个校准点各不确定度分量的贡献相同, 因此温度测量仪温度校准结果的扩展不确定度为:  $U=0.002 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $k=2$ 。

---