

# 海水温度测量仪校准规范

(实验报告)

主要起草单位：国家海洋标准计量中心

二零二一年九月

# 目 录

1 校准方法简述 .....	2
1.1 校准对象 .....	2
1.2 校准项目 .....	2
1.3 校准方法 .....	2
1.3.1 外观检查 .....	2
1.3.2 温度示值误差 .....	2
1.3.3 温度测量重复性 .....	3
2 试验数据及结果分析 .....	3
2.1 校准所使用主要计量器具 .....	3
2.2 温度示值误差 .....	3
2.3 温度测量重复性 .....	4
2.4 结果分析 .....	4
3 CTD 检定结果的测量不确定度评定 .....	5
4 结论 .....	5
附录 海水温度测量仪温度校准原始记录 .....	6

# 海水温度测量仪校准规范实验报告

## 1 校准方法简述

### 1.1 校准对象

选择加拿大 RBR 公司生产的 solo<sup>3</sup> 型温度测量仪作为校准对象，如图 1 所示。



图 1 solo<sup>3</sup> 型温度测量仪

solo<sup>3</sup> 型温度测量仪的技术指标如表 1。

表 1 solo<sup>3</sup> 型温度测量仪技术指标

指标	温度 (°C)
测量范围	-5~35
测量分辨力	<0.00005
最大允许误差	±0.002

### 1.2 校准项目

外观检查、温度示值误差、温度测量重复性。

### 1.3 校准方法

#### 1.3.1 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。

#### 1.3.2 温度示值误差

1.3.2.1 温度测量仪温度校准点分别为 35°C、30°C、25°C、20°C、15°C、10°C、5°C、0°C、-2°C、-5°C，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。

1.3.2.2 恒温槽温度控制在 35°C，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。

1.3.2.3 当恒温槽温场波动性达到指定要求时，测温电桥与温度测量仪同时测量 3min，读取至少 10 组数据，分别取对应温度读数的算术平均值作为该校准点上的标准温度值和仪器温度示值，并记录。

1.3.2.4 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。

1.3.2.5 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，℃。

1.3.2.6 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。

### 1.3.3 温度测量重复性

按照 1.3.2.3 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 ( $n \geq 6$ )。

## 2 试验数据及结果分析

### 2.1 校准所使用主要计量器具

温度测量仪校准所需主要计量器具及配套设备见表 2。

表 2 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

设备名称	技术指标
标准铂电阻温度计	工作基准
测温电桥	$\pm 2 \times 10^{-8}$
恒温槽	控温波动性： $\leq 0.001^\circ\text{C}$ 温场均匀性： $\leq 0.001^\circ\text{C}$

### 2.2 温度示值误差

在 35℃、30℃、25℃、20℃、15℃、10℃、5℃、0℃、-2℃、-5℃ 共 10 个

温度校准点下，对 solo<sup>3</sup> 型温度测量仪进行温度校准的示值误差见表 3。

表 3 RBR solo<sup>3</sup> 型海水温度测量仪温度示值误差校准结果

标准温度 (℃)	仪器温度 原始值	仪器初始温度示值 (℃)	仪器温度示值 (℃)	示值误差 (℃)
34.9634	0.2460776	34.9673	34.9634	0.0000
30.0586	0.2872363	30.0625	30.0585	-0.0001
25.0791	0.3343386	25.0836	25.0793	0.0002
20.0862	0.3866960	20.0908	20.0861	-0.0001
15.0730	0.4437409	15.0779	15.0728	-0.0002
10.0492	0.5042407	10.0546	10.0492	0.0000
4.9876	0.5669474	4.9935	4.9878	0.0002
0.4048	0.6236109	0.4108	0.4052	0.0004
-1.9856	0.6526047	-1.9809	-1.9863	-0.0007
-4.9772	0.6878901	-4.9719	-4.9769	0.0003
校准系数： a= 0.003526777271888 b=-0.000253828631285 c= 0.000002451049441 d=-0.000000067237775				

海水温度测量仪的温度示值误差不大于被校仪器最大允许误差时，直接给出温度示值误差；海水温度测量仪的温度示值误差大于被校仪器最大允许误差时，可通过校准公式进行回归处理，回归后给出回归系数。

2.3 温度测量重复性

温度测量重复性校准点选择 15℃，在该温度条件下进行海水温度测量仪的温度重复性测量，测量 6 次，根据贝塞尔公式计算仪器的实验标准差以表征海水温度测量仪温度传感器提供相近示值的能力，实验结果见表 4。

表 4 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	3.1×10 <sup>-4</sup>
2	15.0780		
3	15.0775		
4	15.0778		
5	15.0774		
6	15.0777		

2.4 结果分析

综上所述，依据本校准方法，能够实现对海水温度测量仪计量性能的校准，该校准方法是科学合理的，且可操作性强。

### 3 CTD 检定结果的测量不确定度评定

根据 JJF 1059-2012《测量不确定度评定与表示》要求，依次评定上述不确定度来源引入的不确定度分量，并计算合成标准不确定度和扩展不确定度，此台 SOLO<sup>3</sup> 型温度测量仪温度检定结果的扩展不确定度为： $U=0.002^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$ 。详见“海水温度测量仪校准规范附录 C”。

### 4 结论

利用《海水温度测量仪校准规范》对加拿大 RBR 公司生产的 solo<sup>3</sup> 型温度测量仪进行校准，校准结果能够验证仪器能否满足技术指标要求，进而保障了测量数据的准确可靠；同时对校准结果的测量不确定度进行了评估为： $U=0.002^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$ 。

综上所述，《海水温度测量仪校准规范》适用于预期的用途，满足海水温度测量仪测量的需求。

# 附录 海水温度测量仪温度校准原始记录

JJF XXXX-XXXX

表 A.1 温度校准记录表

产品名称/型号	海水温度测量仪 RBR solo <sup>3</sup> T		出厂编号	102811	
仪器制造单位	加拿大 RBR 公司		传感器编号	102811	
仪器测量范围	(-5~35)℃	不确定度或准确度等级或最大允许误差	±0.002℃	分辨力	<0.00005℃
送校单位	/		外观检查	符合要求	
校准依据	《海水温度测量仪校准规范》				
校准所使用的主要计量器具					
名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	证书编号	有效期至	
标准铂电阻温度计	(-38.8344~156.5985)℃	工作基准	RGjc2020-05334	2022.11.29	
测温电桥	1mΩ~100MΩ	电阻比: 2×10 <sup>-8</sup>	DCzd2021-12248	2022.07.14	
校准时间、地点及其环境条件					
地点	海水温度校准室	时间	2021 年 4 月 12 日至 2021 年 4 月 13 日		
温度	23.6℃	相对湿度	48%		
校准结果					
校准点 (℃)	标准温度值 (℃)	仪器温度原始值	仪器初始温度示值 (℃)	仪器温度示值 (℃)	示值误差 (℃)
35	34.9634	0.2460776	34.9673	34.9634	0.0000
30	30.0586	0.2872363	30.0625	30.0585	-0.0001
25	25.0791	0.3343386	25.0836	25.0793	0.0002
20	20.0862	0.3866960	20.0908	20.0861	-0.0001
15	15.0730	0.4437409	15.0779	15.0728	-0.0002
10	10.0492	0.5042407	10.0546	10.0492	0.0000
5	4.9876	0.5669474	4.9935	4.9878	0.0002
0	0.4048	0.6236109	0.4108	0.4052	0.0004
-2	-1.9856	0.6526047	-1.9809	-1.9863	-0.0007
-5	-4.9772	0.6878901	-4.9719	-4.9769	0.0003
校准系数: a=0.003526777271888 b=-0.000253828631285 c=0.000002451049441 d=-0.000000067237775 温度校准结果的扩展不确定度为: U=0.002℃, k=2 以下空白					

校准员 王宝森

核验员 赵兵兵

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 (℃)
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		

校准员 王臣林

核验员 赵平英