



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

## 电导率温度深度剖面仪海上比测方法

In situ comparison method of CTD profiler

(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

# 电导率温度深度剖面仪海上比测方法

In situ comparison method of CTD profiler

JJF\*\*\*\*-\*\*\*\*

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：国家海洋技术中心

自然资源部第一海洋研究所

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：

胡 波（国家海洋标准计量中心）

穆明华（国家海洋标准计量中心）

王爱军（国家海洋标准计量中心）

本规范参加起草人：

田 雨（国家海洋技术中心）

张 挺（国家海洋技术中心）

王岩峰（自然资源部第一海洋研究所）

于 龙（自然资源部第一海洋研究所）

# 目 录

引 言 .....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
4 概述.....	2
5 计量特性.....	3
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 设备设施.....	4
6.3 仪器设置与安装.....	4
7 校准项目及校准方法.....	4
7.1 数据采集.....	4
7.2 数据处理.....	5
7.3 深度（压力）示值比测.....	5
7.4 温度示值比测.....	6
7.5 电导率（盐度）示值比测.....	6
7.6 校准处理.....	7
8 校准结果表达.....	7
8.1 校准记录.....	7
8.2 校准结果处理.....	7
9 复校时间间隔.....	8
附录 A 电导率温度深度剖面仪海上比测记录表 .....	9
附录 B 电导率温度深度剖面仪海上比测报告 .....	11
附录 C 电导率温度深度剖面仪海上比测不确定评定 .....	13

# 引 言

本方法以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。

本方法结合电导率温度深度剖面仪(简称CTD)开展现场性能核查的需求,参考了GB/T 23246-2009《电导率温度深度剖面仪》和HY/T 141-2011《海洋仪器海上试验规范》部分内容进行制定。

本方法为首次制定。

# 电导率温度深度剖面仪海上比测方法

## 1 范围

本方法规定了电导率温度深度剖面仪（以下简称CTD）的比测项目、比测条件、比测方法和比测报告。

本方法适用于CTD的海上比测及质量控制。温度盐度深度测量仪（STD）、温度深度测量仪（TD）、温度测量仪（T）及温度电导率测量仪（CT）的海上比测也可参照使用。

## 2 引用文件

本方法引用以下文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJG 763-2019 温盐深测量仪检定规程

GB/T 15920-2010 海洋学术语 物理海洋学

GB/T 23246-2009 电导率温度深度剖面仪

HY/T 141-2011 海洋仪器海上试验规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本方法；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本方法。

## 3 术语

GB/T 23246界定的及以下术语和定义适用于本方法。

### 3.1 电导率温度深度剖面仪 CTD profiler 【GB/T 23246-2009，3.1】

用于自动测量海水电导率、温度和深度剖面的仪器。

### 3.2 参试仪器 instruments under test

参加海上比测试验，用于验证仪器性能或质量控制的仪器。

### 3.3 比测仪器 comparison instrument 【HY/T 141-2011，3.4，有修改】

与参试仪器有可比性，具有相同或高一准确度等级的同类仪器。

### 3.4 比测comparison

将参试仪器的测量结果与比测仪器的测量结果进行比较的过程。

### 3.5 比测试验 comparison test 【HY/T 141-2011, 3.5, 有修改】

为了验证参试仪器的性能, 而使它与比测仪器处于相同或相近的空间位置和测量环境, 并以相同或相近的数据采样方式工作的试验。

### 3.6 实验标准偏差experimental standard deviation 【JJF 1001-2011, 5.17, 有修改】

对同一被测量进行 $n$ 次测量, 表征测量结果分散性的量。用符号 $s$ 表示。

注:

3.6.1  $n$ 次测量中某个测得值 $x_k$ 的实验标准差 $s(x_k)$ 可按贝塞尔公式即公式(1)计算:

$$s(x_k) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

式中:

$x_i$ ——第 $i$ 次测量的测得值;

$n$ ——测量次数,  $n \geq 10$ ;

$\bar{x}$ —— $n$ 次测量所得一组测得值的算术平均值。

3.6.2  $n$ 次测量的算术平均值 $\bar{x}$ 的实验标准差 $s(\bar{x})$ , 按公式(2)计算为:

$$s(\bar{x}) = s(x_k) / \sqrt{n} \quad (2)$$

### 3.7 温跃层thermocline 【GB/T 15920-2010,2.1.31, 有修改】

海水温度在铅直方向上出现跃变的水层, 即海水温度铅直方向变化在浅海达到或超过 $0.2^\circ\text{C}/\text{m}$ 、在深海达到或超过 $0.05^\circ\text{C}/\text{m}$ 的水层。

## 4 概述

CTD 主要用于现场测量海水温度、电导率(盐度)和深度要素, 按记录形式的不同分为自容式和直读式两种, 自容式 CTD 设有存储器和独立的电源, 待测量结束后在实验室内进行数据读取, 通常在近岸浅海区长期使用; 直读式 CTD 的水下单元没有存储器和独立的电源, 其电源由甲板上的水上单元通过铠装电缆供给, 水下机测量的参数实时传输到水上机显示和记录, 常与多路取样器组合进行剖面快速测量, 主要应用在大型船舶海洋科考活动的各站点短期使用。

自容式和直读式 CTD 的外形结构基本相同，水下单元外形结构示意图如图 1 所示。

【JJG763-2019,4】

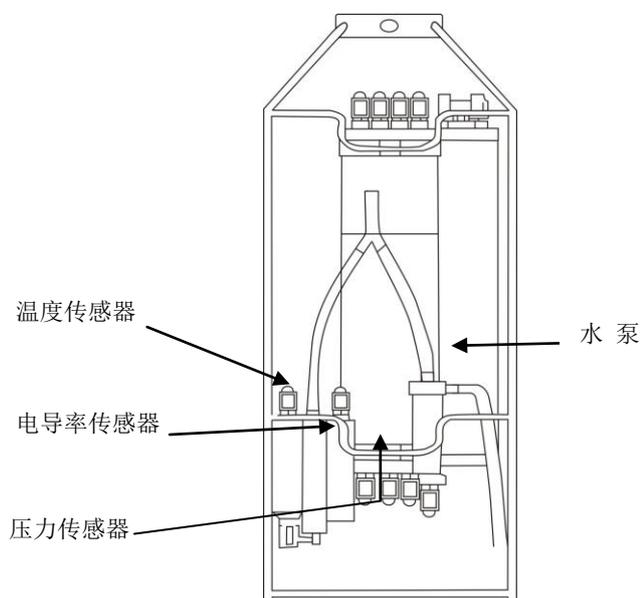


图 1 CTD 水下单元工作结构示意图

## 5 计量特性

本方法开展如下计量特性的比测：

- 深度（压力）示值比测；
- 温度示值比测；
- 电导率（盐度）示值比测。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

海上比测环境条件要求如下：

6.1.1 海况宜不大于3级。可结合实验平台条件具体确定。

6.1.2 用于验证仪器出厂指标时，比测区域水深应比仪器最大测量深度深100m。特殊情况下可根据实际需求及现场情况调整。

6.1.3 试验区宜无强流。

## 6.2 设备设施

海上比测的设备设施要求如下：

6.2.1 实验船或平台应配备满足剖面测量需求的绞车及安装支架等配套设备。

6.2.2 试验前比测仪器应进行检定/校准，且检定合格或校准后满足指标要求，检定/校准的周期宜不超过1年；参试仪器宜试验前进行检定/校准。

## 6.3 仪器设置与安装

仪器设置安装的要求如下：

6.3.1 参试仪器与比测仪器应统一校时，且与操作现场时间记录设备同步。

6.3.2 参试仪器与比测仪器的采样频率宜相同，或成倍数关系。

6.3.3 将参试仪器与比测仪器固定在一起，且二者传感器处于同一高度。

6.3.4 参试仪器与比测仪器若带泵，则泵的开关状态宜一致。

## 7 校准项目及校准方法

### 7.1 数据采集

7.1.1 应取仪器下放过程的测量数据。

表 1 标准观测层次

单位：m

水深范围	标准观测水层	底层与相邻标准层的最小距离 <sup>b</sup>
<50	表层，5，10，15，20，25，30，底层 <sup>a</sup>	2
50~100	表层，5，10，15，20，25，30，50，75，底层 <sup>a</sup>	5
100~200	表层，5，10，15，20，25，30，50，75，100，125，150，底层 <sup>a</sup>	10
>200	表层，10，20，30，50，75，100，125，150，200，250，300，400，500，600，700，800，1 000，1 200，1 500，2 000，2 500，3 000（水深大于 3 000m 时，每千米加一层），底层 <sup>a</sup>	25
注：表层指海面下 3m 以内的水层。		
1. 底层的规定如下：水深不足 50m 时，底层为离底 2m 的水层；水深在 50m~200m 范围内时，底层离底的距离为水深的 4%；水深超过 200m 时，底层离底的距离，根据水深测量误差、海浪状况、船只漂移情况和海底地形特征综合考虑，在保证仪器不触底的原则下尽量靠近海底。		
2. 底层与相邻标准层的距离小于规定的最小距离时，可免测接近底层的标准层。		

7.1.2 仪器开机工作，下放入水，在水表层停留（3~5）min，然后继续下放，在下放阶段选择至少5个不同水深点，水深宜选择符合表1规定的水层，且宜避开表层、强流区和温跃层。每个水深点宜停留1min后开始采集数据，采集至少10组数据，并将相关信息填写到记录表中。记录表的格式见附录A。

## 7.2 数据处理

### 7.2.1 数据预处理

#### 7.2.1.1 温跃层数据处理

基于比测仪器数据，做出温度随深度的变化曲线，确定温跃层覆盖的水深范围。该水深范围内的点不宜作为比测点。

#### 7.2.1.2 异常值处理

在比测用水深点，选择比测时间段的数据，按照公式（3），即 $3\sigma$ 准则，判别剔除异常值。

$$|x_d - \bar{x}| \geq 3s \quad (3)$$

式中：

$x_d$ ——CTD在某比测时间段的深度（压力）（或温度、电导率）示值；

$\bar{x}$ ——CTD在某比测时间段的深度（压力）（或温度、电导率）平均值；

$s$ ——CTD在某比测时间段的深度（压力）（或温度、电导率）实验标准偏差。

比测时间段的所有数据执行完一次剔除，应重新计算平均值和实验标准偏差，再次执行判别剔除，直至无异常值。剔除后的数据应不少于10组。

#### 7.2.1.3 比测用数据处理

剔除异常值后，每个比测时间段的数据求取平均值、实验标准偏差 $s(x_k)$ 和平均值的实验标准差 $s(\bar{x})$ 。参试仪器命名为A，比测仪器命名为B。

#### 7.2.1.4 强流区及晃动异常点剔除

查看比测仪器在各个水深点的压力的实验标准偏差 $s(x_k)$ ，若大于 $2.00 \times 10^4 \text{Pa}$ ，为强流或晃动引起的异常点，宜不参与比测处理。

## 7.3 深度（压力）示值比测

剔除异常值后的每个水深点为一个比测点，依据公式（4）比较两个仪器深度（压力）差值。

$$\Delta P_j = P_{jA} - P_{jB} \quad (4)$$

式中：

$\Delta P_j$ ——CTD在第 $j$ 个比测点上的深度（压力）示值差值，深度单位为米（m）、压力单位为兆帕（MPa）；

$j$ ——第 $j$ 个水深点；

$P_{jA}$ ——A在第 $j$ 个比测点上深度（压力）示值的算术平均值，深度单位为米（m）、压力单位为兆帕（MPa）；

$P_{jB}$ ——B在第 $j$ 个比测点上的深度（压力）示值的算术平均值，深度单位为米（m）、压力单位为兆帕（MPa）。

#### 7.4 温度示值比测

依据公式（5）比较两个仪器温度示值差值：

$$\Delta T_j = T_{jA} - T_{jB} \quad (5)$$

式中：

$\Delta T_j$ ——CTD在第 $j$ 个比测点上温度示值差值，单位为摄氏度（℃）；

$T_{jA}$ ——A在第 $j$ 个比测点上温度示值的算术平均值，单位为摄氏度（℃）；

$T_{jB}$ ——B在第 $j$ 个比测点上温度示值的算术平均值，单位为摄氏度（℃）。

#### 7.5 电导率（盐度）示值比测

依据公式(6)比较两个仪器电导率（盐度）示值差值：

$$\Delta C_j = C_{jA} - C_{jB} \quad (6)$$

式中：

$\Delta C_j$ ——CTD在第 $j$ 个比测点上的电导率（盐度）示值差值，电导率单位为毫西门子每厘米（mS/cm），盐度单位无；

$C_{jA}$ ——A在第 $j$ 个比测点上电导率（盐度）示值的算术平均值，电导率单位为毫西门子每厘米（mS/cm），盐度单位无；

$C_{jB}$ ——B在第j个比测点上电导率（盐度）示值的算术平均值，电导率单位为毫西门子每厘米（mS/cm），盐度单位无。

## 7.6 校准处理

对比测结果不满足指标要求或调查要求的仪器，可以进行现场校准。差值若为系统差，宜取深层比测点的差值进行校准修正，若非系统差则需拟合校准，校准时应覆盖传感器的使用范围。校准后应再次进行比测，分析其是否满足指标要求或调查要求。

## 8 校准结果表达

### 8.1 校准记录

校准记录（比测记录）格式见附录A。

### 8.2 校准结果处理

校准证书由封面和内页组成。校准证书参考格式见附录B。

校准证书至少包含以下内容：

- a) 标题：比测报告；
- b) 比测单位的名称；
- c) 参试仪器名称；
- d) 比测的时间；
- e) 进行比测的地点、海况及水深情况；
- f) 比测仪器及参试仪器名称、型号/规格、出厂编号、技术指标、制造单位等；
- g) 比测仪器的量值溯源情况；
- h) 比测所依据的技术文件；
- i) 比测报告的校准员、核验员及签发人；
- j) 比测结果。

## 9 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，宜及时校准。

为确保仪器准确可靠，通常情况下建议仪器使用前各校准1次。



## 电导率温度深度剖面仪海上比测记录表

表 A.2 仪器比测下放记录表

实验船/平台：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日

参试仪器			
比测仪器			
(要素) 比测结果			
深度点 (m)	比测仪器示值 (单位)	参试仪器示值 (单位)	示值差值 (单位)
( ) 示值误差校准结果的扩展不确定度为：			

校准员：

核验员：

附录 B

电导率温度深度剖面仪海上比测报告

**报告出具单位名称**  
**比测报告**

报告编号：

送 校 单 位 \_\_\_\_\_  
计 量 器 具 名 称 \_\_\_\_\_  
型 号 / 规 格 \_\_\_\_\_  
出 厂 编 号 \_\_\_\_\_  
制 造 单 位 \_\_\_\_\_  
校 准 依 据 \_\_\_\_\_

批准人 \_\_\_\_\_

(校准专用章)

核验员 \_\_\_\_\_

校准员 \_\_\_\_\_

签发日期          年          月          日

图 B.1 比测报告首页参考格式

# 报告出具单位名称

报告编号：

比测所使用的主要计量器具						
名称	型号/规格	出厂编号	技术指标	制造单位	证书编号	有效期至
比测时间、地点及其环境条件						
时间：			海况：			
地点：			水深：			
比测结果						

图 B.2 比测报告内页参考格式

## 附录 C

### 电导率温度深度剖面仪海上比测不确定评定

将参试仪器命名为 A；比测仪器命名为 B，两者进行海上比测实验，下面针对压力、温度、电导率三个要素分别进行比测示值误差的不确定度评定。

#### C.1 压力示值误差的不确定度评定

##### C.1.1 数学模型

$$\Delta P_j = P_{jA} - P_{jB} \quad (C.1)$$

式中：

$\Delta P_j$ ——CTD 在第  $j$  个比测点上的压力示值差值，单位为兆帕（MPa）；

$j$ ——第  $j$  个水深点；

$P_{jA}$ ——A 在第  $j$  个比测点上压力示值的算术平均值，单位为兆帕（MPa）；

$P_{jB}$ ——B 在第  $j$  个比测点上的压力示值的算术平均值，单位为兆帕（MPa）。

##### C.1.2 灵敏度系数

$$c(P_{jA})=1 \quad c(P_{jB})=-1$$

##### C.1.3 测量不确定度来源分析

根据公式（C.1），可知 CTD 压力比测的示值误差的不确定度  $u(\Delta P)$  主要由以下两个分量组成：

1) 参试仪器引入的标准不确定度  $u(P_{jA})$ ，由仪器测量重复性引入的不确定度组成；

2) 比测仪器引入的标准不确定度  $u(P_{jB})$ ，由仪器检定校准引入的不确定度、仪器测量重复性引入的不确定度组成。

##### C.1.4 不确定度分量评定

###### C.1.4.1 输出量即参试仪器引入的标准不确定度 $u(P_{jA})$

参试仪器在 1000m 处的试验标准差最大，因此选取该深度的平均值实验标准差作为最佳估计值。 $n=150$ ，按正文公式（2）计算平均值的标准偏差：

$$u(P_{jA})=0.16 (\times 10^4 \text{Pa})$$

###### C.1.4.2 输入量即比测仪器引入的标准不确定度 $u(P_{jB})$

C.1.4.2.1 比测仪器校准时引入的标准不确定度  $u_1(P_{jB})$ 

比测仪器的最大允许误差为 $\pm 0.1\%F.S$ ，而根据 JJG 763-2019《温盐深测量仪》的规定，海洋测深仪器检定装置的标准不确定度主要是活塞压力计引入的，该仪器应该选择压力标准器的最大允许误差为 $\pm 0.005\%$ ，按照均匀分布，则 1000m 时，比测仪器校准时引入的标准不确定度为：

$$u_1(P_{jB}) = \frac{0.005\% \times 1000}{\sqrt{3}} (\times 10^4 \text{Pa}) = 0.03 (\times 10^4 \text{Pa})$$

C.1.4.2.2 比测仪器测量重复性引入的标准不确定度  $u_2(P_{jB})$ 

参照参试仪器，取 1000m 处的平均值实验标准差作为最佳估计值。

$$u_2(P_{jB}) = 0.16 (\times 10^4 \text{Pa})$$

上述两个分量各自独立，互不相关，则输入量引入的标准不确定度  $u(P_{jB})$  为：

$$u(P_{jB}) = \sqrt{u_1(P_{jB})^2 + u_2(P_{jB})^2} = 0.17 (\times 10^4 \text{Pa})$$

## C.1.4.3 合成标准不确定度

表 C.1 标准不确定度一览表

不确定度来源	符号	标准不确定度 ( $\times 10^4 \text{Pa}$ )	灵敏系数
输入量	$u(P_{jA})$	0.16	1
输出量	$u(P_{jB})$	0.17	-1

由于上述分量各自独立，互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u(\Delta P) = \sqrt{c(P_{jA})^2 \times u(P_{jA})^2 + c(P_{jB})^2 \times u(P_{jB})^2} = 0.24 (\times 10^4 \text{Pa})$$

## C.1.5 扩展不确定度

本试验中，包含因子取  $k=2$ ，因此扩展不确定度  $U$  为：

$$U = 2 \times u(\Delta P) = 2 \times 0.24 (\times 10^4 \text{Pa}) = 0.48 (\times 10^4 \text{Pa})$$

参试仪器压力传感器量程  $R_{\max}$  为 20MPa，相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = U/R_{\max} = 0.48/2000 = 0.03\%$$

## C.2 温度示值误差的不确定度评定报告

## C.2.1 数学模型

$$\Delta T_j = T_{jA} - T_{jB} \quad (\text{C.2})$$

式中：

$\Delta T_j$ ——CTD 在第  $j$  个比测点上温度示值差值，单位为摄氏度（℃）；

$T_{jA}$ ——A 在第  $j$  个比测点上温度示值的算术平均值，单位为摄氏度（℃）；

$T_{jB}$ ——B 在第  $j$  个比测点上温度示值的算术平均值，单位为摄氏度（℃）。

### C.2.2 灵敏度系数

$$c(T_{jA})=1 \quad c(T_{jB})=-1$$

### C.2.3 测量不确定度来源分析

根据公式 (C.2)，可知 CTD 温度比测的示值误差的不确定度  $u(\Delta T)$  主要由以下两个分量组成：

1) 参试仪器引入的标准不确定度  $u(T_{jA})$ ，由仪器测量重复性引入的不确定度组成；

2) 比测仪器引入的标准不确定度  $u(T_{jB})$ ，由仪器检定校准引入的不确定度、仪器测量重复性引入的不确定度组成。

### C.2.4 不确定度分量评定

#### C.2.4.1 输出量即参试仪器引入的标准不确定度 $u(T_{jA})$

参试仪器在 100m 处 21.9215℃ 的实验标准差最大，因此选取该深度处温度平均值的实验标准差作为最佳估计值。

$$u(T_{jA})=0.0046^\circ\text{C}$$

#### C.2.4.2 输入量即比测仪器引入的标准不确定度 $u(T_{jB})$

##### C.2.4.2.1 比测仪器检定时引入的标准不确定度 $u_1(T_{jB})$

根据 JJG 763-2019《温盐深测量仪》的规定，比测仪器在 15℃ 校准点的扩展不确定度为 0.0015℃， $k=2$ ，则比测仪器校准时引入标准不确定度为：

$$u_1(T_{jB})=0.0015/2^\circ\text{C}=0.00075^\circ\text{C}$$

##### C.2.4.2.2 比测仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(T_{jB})$

参照参试仪器，同样取 100m 处的平均值的试验标准差作为最佳估计值。

$$u_2(T_{jB})=0.0071^\circ\text{C}$$

上述两个分量各自独立，互不相关，则输入量引入的标准不确定度  $u(P_{jB})$  为：

$$u(T_{jB})=\sqrt{u_1(T_{jB})^2 + u_2(T_{jB})^2}=0.0072^\circ\text{C}$$

## C.2.4.3 合成标准不确定度

表 C.2 标准不确定度一览表

不确定度来源	符号	标准不确定度 (°C)	灵敏系数
输入量	$u(T_{jA})$	0.0046	1
输出量	$u(T_{jB})$	0.0072	-1

由于上述分量各自独立，互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u(\Delta T) = \sqrt{c(T_{jA})^2 \times u(T_{jA})^2 + c(T_{jB})^2 \times u(T_{jB})^2} = 0.0085^\circ\text{C}$$

## C.2.5 扩展不确定度

本试验中，包含因子取  $k=2$ ，因此扩展不确定度  $U$  为：

$$U = 2 \times u(\Delta T) = 2 \times 0.0085^\circ\text{C} = 0.017^\circ\text{C}$$

## C.3 电导率示值误差的不确定度评定报告

## C.3.1 数学模型

$$\Delta C_j = C_{jA} - C_{jB} \quad (\text{C.3})$$

式中：

$\Delta C_j$ ——CTD 在第  $j$  个比测点上的电导率示值差值，单位为毫西门子每厘米 (mS/cm)；

$C_{jA}$ ——A 在第  $j$  个比测点上电导率示值的算术平均值，单位为毫西门子每厘米 (mS/cm)；

$C_{jB}$ ——B 在第  $j$  个比测点上电导率示值的算术平均值，单位为毫西门子每厘米 (mS/cm)。

## C.3.2 灵敏度系数

$$c(C_{jA}) = 1 \quad c(C_{jB}) = -1$$

## C.3.3 测量不确定度来源分析

根据公式 (C.3)，可知 CTD 电导率比测的示值误差的不确定度  $u(\Delta C)$  主要由以下两个分量组成：

1) 参试仪器引入的标准不确定度  $u(C_{jA})$ ，由仪器测量重复性引入的不确定度组成；

2) 比测仪器引入的标准不确定度  $u(C_{jB})$ ，由仪器检定校准引入的不确定度、

仪器测量重复性引入的不确定度组成。

### C.3.4 不确定度分量评定

#### C.3.4.1 输出量即参试仪器引入的标准不确定度 $u(C_{jA})$

参试仪器在 100m 处的试验标准差最大，因此选取该深度的电导率平均值实验标准差作为最佳估计值。

$$u(C_{jA}) = 0.0047 \text{ (mS/cm)}$$

#### C.3.4.2 输入量即比测仪器引入的标准不确定度 $u(C_{jB})$

##### C.3.4.2.1 比测仪器校准时引入的标准不确定度 $u_1(C_{jB})$

根据 JJG 763-2019《温盐深测量仪》的规定，比测仪器在温度校准点 15 °C 的扩展不确定度为 0.0022 mS/cm，则比测仪器校准时引入的标准不确定度为：

$$u_1(C_{jB}) = 0.0022/2 \text{ (mS/cm)} = 0.0011 \text{ (mS/cm)}$$

##### C.3.4.2.2 比测仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(C_{jB})$

参照参试仪器，取 100m 处的平均值实验标准差作为最佳估计值。

$$u_2(C_{jB}) = 0.0071 \text{ (mS/cm)}$$

则输入量引入的标准不确定度  $u(C_{jB})$  为：

$$u(C_{jB}) = \sqrt{u_1(C_{jB})^2 + u_2(C_{jB})^2} = 0.0072 \text{ (mS/cm)}$$

#### C.3.4.3 合成标准不确定度

表 C.3 标准不确定度一览表

不确定度来源	符号	标准不确定度 ( mS/cm )	灵敏系数
输入量	$u(C_{jA})$	0.0047	1
输出量	$u(C_{jB})$	0.0072	-1

由于上述分量各自独立，互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u(\Delta C) = \sqrt{c(C_{jA})^2 \times u(C_{jA})^2 + c(C_{jB})^2 \times u(C_{jB})^2} = 0.0086 \text{ (mS/cm)}$$

### C.3.5 扩展不确定度

本试验中，包含因子取  $k=2$ ，因此扩展不确定度  $U$  为：

$$U = 2 \times u(\Delta C) = 2 \times 0.0066 \text{ (mS/cm)} = 0.018 \text{ (mS/cm)}$$