doi: 10.3969/j.issn.1003-2029.2024.02.003

# CTD 海上剖面测量性能综合评定方法研究

周 凯1,杨 健1,张 挺2,赵希勇1

(1.32217 部队,山东 烟台 264100; 2. 国家海洋技术中心,天津 300112)

摘 要:随着国产温盐深剖面仪(Conductivity-Temperature-Depth profiler,CTD)测量性能的不断提高,其使用范围和规模也逐步扩大,需要规范 CTD 海上剖面测量性能评定方法。在威海附近海域开展基于锚泊式平台 CTD 海上比对试验,通过改变同架比对 CTD 数量、引入相关系数和平均差数据处理方法研究海上比对试验效果,提出以精准度和灵敏度为目标层的 CTD 海上剖面测量性能评价指标体系,实现了对被测 CTD 海上剖面测量性能相对全面的评价,准确量化了被测 CTD 在实际海洋环境中的剖面测量性能,为国产 CTD 海上剖面测量性能的优化提供依据。

关键词:温盐深剖面仪;海上比对试验;剖面测量性能;评价方法

中图分类号: P71 文献标识码: A 文章编号: 1003-2029 (2024) 02-0018-09

海洋覆盖了地球表面约71%的面积,蕴含着丰富的资源,是地球上决定气候发展的主要因素之一,人类的命运同海洋的利用和开发紧密相连。海水温度是反映海水冷热状况的物理量,海水盐度是海水中含盐量(海水浓度)的一个标度<sup>[1]</sup>,都是反映海洋水文环境的主要参数。研究海水温度、盐度随深度的分布及变化规律,不仅是海洋学的重要内容,而且对海洋资源开发、舰船潜艇航行等领域的意义重大。温盐深剖面仪是测量海洋物理特性的重要工具,它为海洋学家提供了不同深度下精确的海水温度和盐度等参数,从而能够更加准确地揭示海洋的基本物理特性<sup>[2]</sup>。

随着科学技术的不断发展,CTD 测量技术也取得了长足的进步,美国、英国、意大利、日本等国家走在 CTD 测量技术的前列,其中美国的 SeaBird (海鸟)产品应用最为广泛<sup>[3]</sup>。近年来,我国的 CTD 测量技术发展迅速,相继研制成功多种 CTD 产品,其中,国家海洋技术中心的 OST 系列 CTD 已开始推广应用。目前,国内海洋调查测量常用的 CTD产品仍然以美国海鸟公司的 SBE911、SBE25Plus、SBE37等产品为主。

海上试验是海洋仪器设备研发向海洋科技成果 转化的关键环节, 是海洋仪器研发是否达到技术指 标和研究目标的重要检验手段, 仪器测量性能比对 是海上试验的主要内容。21世纪以来,国内相关机 构相继开展了多次 CTD 海上试验。程绍华等图结合 2008 年规范化海上试验的经验,总结了 CTD 海上 现场比对的技巧。雷发美等四于2013年8月使用福 建海洋研究所的延平 2 号科考船在我国南海东北部 海域开展了两型国产 CTD 的海上比测试验,验证 了国产 CTD 的测量精度。夏岚等[5基于锚泊式平台 开展了被测抗污染 CTD 与海鸟 SEB37 CTD 的海上 比测试验,验证了基于锚泊式平台开展 CTD 海上 试验的可行性。靳萍<sup>10</sup>开展了基于水下平台 CTD 性 能试验评价方法研究, 从静态特性和海上应用特性 两个方面,建立相应的性能评价方法。前人在 CTD 海上比测试验中,已对数据处理进行了大量研究[7-11], 大都采用均方根误差进行分析比较。单纯通过判断 参试 CTD 与参考值的均方根差是否满足产品标称 指标来评定的准则,不能很好地适用于 CTD 海上 剖面测量性能评定, 更不能满足海洋环境测量保障 的需求。本文在借鉴国内同行经验基础上,开展锚

收稿日期: 2023-08-10

作者简介: 周凯 (1989—), 男,硕士,工程师,主要从事气象海洋水文装备测试研究。E-mail: ocean\_zhoukai@163.com

泊式平台的 CTD 海上比对试验,试验方法中设计了同架比对 CTD 数量变化,数据处理方法中引入了平均差和相关系数,运用层次分析法建立了 CTD 海上剖面测量性能评价方法,为准确量化国产 CTD 的测量性能提供依据,促进国产 CTD 产品测量性能的进一步提升。

# 1 比对仪器与试验平台

# 1.1 比对仪器

OST19 CTD 是国家海洋技术中心研制的一款可自容或直读的剖面测量仪,可用于海洋调查的断面测量; SBE25Plus CTD 是美国 SeaBird 公司研制的一款可自容或直读的剖面测量仪,两型 CTD 主要技术指标见表 1。OST19 CTD 温度、电导率标称测量范围和测量精度与 SBE25Plus CTD 相同或接近,而压力标称测量精度偏大,试验选择 OST19 CTD 作为被测仪器,选择 SBE25Plus CTD 作为参考标准仪器。

表 1 参试仪器主要技术指标

项目	SBE25Plus CTD		OST19 CTD	
<b></b>	测量范围	允许误差	测量范围	允许误差
温度/℃	-5~35	±0.001	-5~35	±0.002
电导率/(mS·cm <sup>-1</sup> )	0~70	±0.003	0~70	±0.003
深度/m	0~100	±0.1	0~1 000	±0.5
材质	塑料		钛合金	
最大工作深度/m	100		7 (	000

海试前,四台 CTD 完成了温度、电导率和压力校准测试,测试结果均满足标称精度要求。两台 SBE25Plus CTD 编号为 1#、2#,两台 OST19 CTD 编号为 3#、4#。

## 1.2 试验平台

试验所采用的锚泊式平台是国家海洋综合试验场(威海)的国海试1号平台,平台布放位置最大水深约69 m,是我国近岸大陆架中不多的深水水域。国海试1号平台为钢质漂浮式结构体,重量约200 t、总排水量为432 t,采用双浮体船型,长30 m,宽21 m,型深4.5 m,设计吃水2.2 m。平台无自航能力,采用双锚泊系统定位,是一个固定式的海上综合试验系统,具有很好的稳定性和抗风浪能力。平台海上运行见图1。



图 1 锚泊式平台海上运行

# 2 海上比对试验

# 2.1 比对试验设计

在锚泊式平台上,将参与海上比对试验的 CTD 同架固定,使用绞车控制同架的 CTD 下放和上升,获取 CTD 同一点位不同深度剖面测量数据,并进行比对分析。固定安装 CTD 时,用锁扣、绳索和铁链紧固两台 CTD,使之同为一体; CTD 测量前,对 CTD 进行时间校准和参数设置(自容工作模式); CTD 人水后,在水深 3 m 处停层感温 3 min,然后将 CTD 提升至水面附近,再匀速下放至指定深度停层测量 10 min,停层测量结束后,回收 CTD,导出数据,检查数据状态,若无异常准备下一次测量; CTD 下放测量时,观察海域海况,若海况大于三级暂停试验。

试验分两步进行,第一步开展两台 CTD 同架比对,将 1#CTD 和 3#CTD 同架捆绑,框架顶端与平台绳索连接,如图 2 所示,使用绞车将整个框架吊入水中进行测量,获取四次有效剖面和停层测量数据;第二步开展四台 CTD 同架比对,将 1#CTD、2#CTD、3#CTD、4#CTD 同架捆绑,如图 3 所示,使用绞车将整个框架吊入水中进行测量,获取四次有效剖面和停层测量数据。

#### 2.2 数据处理方法

与波浪、海流等海洋环境测量设备相比,CTD 测量精度高,测量数据处理方法对试验结果影响较 大。为更好地验证 OST19 CTD 剖面测量性能,本 文通过计算剖面和停层测量数据均方根差、平均 差、相关系数来评价 CTD 海上剖面测量的精准度和灵敏度。

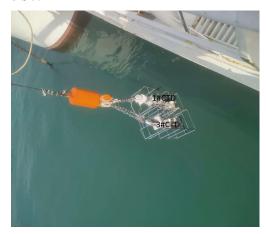


图 2 两台 CTD 同架测量

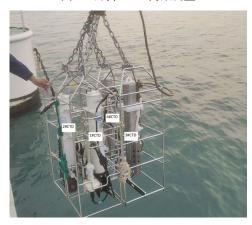


图 3 四台 CTD 同架测量

# 2.2.1 比对数据获取

分别使用 SBE Data Processing 和 CTD 数据处理与分析软件处理 SBE25Plus CTD 和 OST19 CTD 原始数据,处理步骤大致相同,包括滤波、位置订正、热质订正、衍生量计算和平均等。软件处理生成压力平均和时间平均的数据文件,其中压力平均数据文件是平均到每分巴的测量数据、时间平均数据文件是平均到整秒的测量数据。

# 2.2.2 约定真值

在本次比对试验中,SBE25Plus CTD 作为标准 参考仪器,测量性能稳定、标称测量精度优于OST19 CTD,约定 1#CTD 测量值为真值,2#CTD 测量值作 为备份。

### 2.2.3 数据对齐

因 CTD 传感器位置和支架设计原因,比对 CTD 的传感器很难完全保证在同一垂直高度,而且 考虑到仪器下放和回收时受海流、海浪等环境条件

影响造成绳索倾斜,造成比对 CTD 的压力数据处于未对齐状态。为保证数据一致,需要把时间平均文件中比对CTD 的压力变化趋势一致的数据点对齐,本文选取 CTD 结束停层测量上升的时间点为节点把测量数据进行对齐。

#### 2.2.4 统计

数据对齐后,去除感温段和上行段的数据,保留压力平均数据文件中下降剖面深度一致的数据,用于下放过程温度、电导率测量数据比对;保留时间平均文件中停层数据,用于停层过程深度、温度、电导率测量数据比对。统计计算比对数据中剖面温度、剖面电导率、停层深度、停层温度、停层电导率的均方根差、平均差和相关系数,计算公式分别如下。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - y_i)^2}$$
 (1)

$$u = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - y_i)$$
 (2)

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$
(3)

式中, $\sigma$  为均方根差;u 为平均差;r 为相关系数;n 为样本数; $x_i$  为被测设备测量结果; $y_i$  为  $x_i$  对应的约定真值;x 为测量样本的平均值;y 为约定真值样本的平均值。

# 3 试验结果

### 3.1 数据获取结果

两台 CTD 同架比对和四台 CTD 同架比对试验中,每个 CTD 均有 4 个剖面、停层的测量数据。

两台 CTD 同架比对试验获取的剖面测量数据比对曲线见图 4、图 5。图 4 为温度剖面测量结果比对, 3#CTD 和 1#CTD 相比, 曲线几乎完全吻合。图 5 为剖面电导率测量结果比对曲线, 3#CTD 和 1#CTD 相比, 除在第四次测量中 1#CTD 有个突变外, 曲线基本吻合。

两台 CTD 同架比对试验的停层测量数据曲线 见图 6 至图 8。图 6 为停层深度测量结果比对曲线, 3#CTD 和 1#CTD 相比,曲线趋势一致,但测量数 值之间有约 0.2 m 的偏差,停层测量时仪器深度变

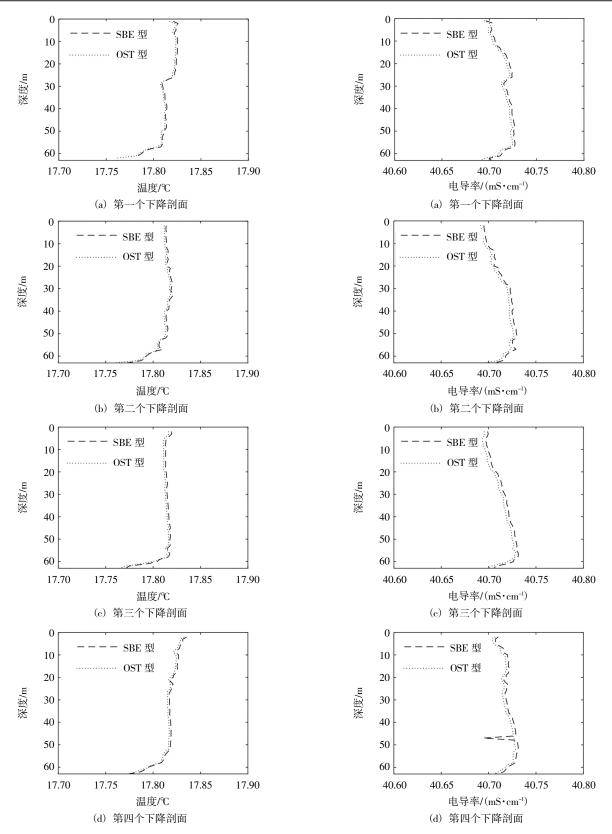


图 4 3#CTD 和 1#CTD 剖面温度比对曲线

化范围小于 0.2 m。图 7、图 8 分别为停层温度、电导率测量结果比对曲线, 3#CTD 和 1#CTD 相比, 曲线基本吻合。

图 5 3#CTD 和 1#CTD 剖面电导率比对曲线

四台 CTD 同架比对与两台 CTD 同架比对的剖面和停层测量数据对比曲线图比较,情况大致相同,限于篇幅,不在本文中给出。

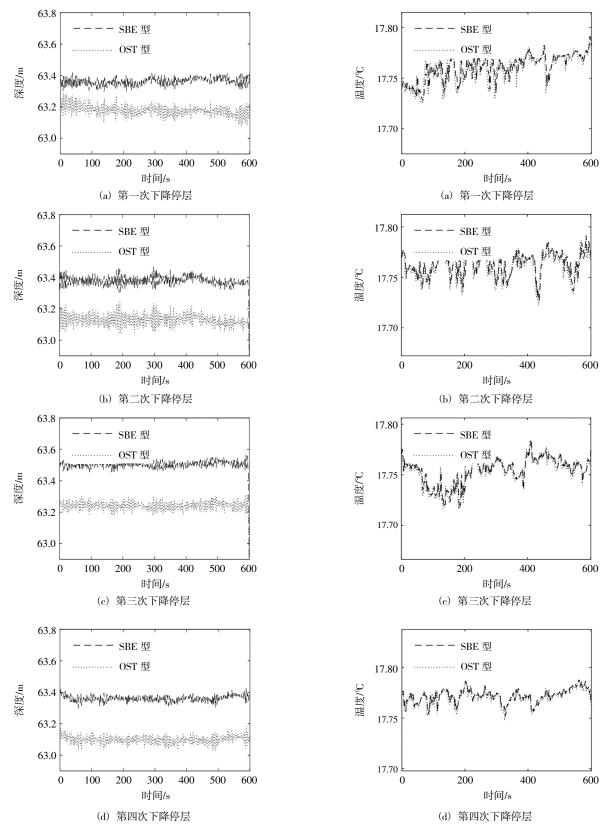


图 6 3#CTD 和 1#CTD 停层深度比对曲线

# 3.2 误差计算结果

3.2.1 两台 CTD 同架比对误差结果 两台 CTD 同架比对试验误差计算结果见表 2,

图 7 3#CTD 和 1#CTD 停层温度比对曲线

剖面温度、电导率均方根差结果分别超出仪器最大 允许误差 0.000 4 ℃、0.000 6 mS/cm,停层温度、电 导率均方根差结果分别超出仪器最大允许误差

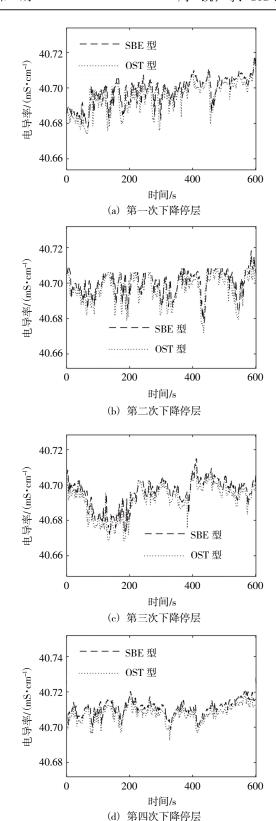


图 8 3# 和 1#CTD 停层电导率比对曲线

0.004 5 ℃、0.002 3 mS/cm, 停层深度均方根差结果在仪器最大允许误差范围内; 剖面温度、电导率平均差结果分别超出仪器最大允许误差-0.000 1 ℃、-0.000 1 mS/cm, 停层电导率平均差结果超出仪器

最大允许误差-0.000 1 mS/cm,停层深度、温度平均差结果在最大允许误差范围内;剖面温度、电导率测量数据比对的相关系数较停层测量大。

表 2 两台 CTD 同架比对 3#CTD 的误差计算结果

	项目	均方根差	平均差	相关系数
_	剖面温度	0.002 3 ℃	-0.002 0 ℃	0.994 2
	剖面电导率	0.003 6 mS/cm	-0.003 1 mS/cm	0.981 8
	停层深度	0.242 3 m	-0.238 7 m	0.946 7
	停层温度	0.006 5 ℃	-0.001 4 ℃	0.885 2
	停层电导率	0.005 3 mS/cm	-0.003 1 mS/cm	0.873 9

### 3.2.2 四台 CTD 同架比对误差结果

四台 CTD 同架比对 3#CTD 误差结果见表 3, 剖面温度、电导率均方根差结果分别超出仪器最大允许误差 0.002 1 ℃、0.001 5 mS/cm,停层温度、电导率均方根差结果分别超出仪器最大允许误差 0.000 3 ℃、0.000 4 mS/cm,停层深度均方根差结果在仪器最大允许误差范围内;剖面温度、剖面电导率、停层电导率平均差结果分别超出仪器最大允许误差一0.000 2 ℃、-0.000 3 mS/cm、-0.000 1 mS/cm,停层深度、温度平均差结果在最大允许误差范围内;剖面和停层温度、电导率测量数据比对相关系数都大于 0.99。

表 3 四台 CTD 同架比对 3#CTD 误差计算结果

项目	均方根差	平均差	相关系数
剖面温度	0.004 1 ℃	-0.002 2 ℃	0.994 8
剖面电导率	$0.004~5~\mathrm{mS/cm}$	-0.003 3 mS/cm	0.990 8
停层深度	0.288 4 m	$-0.287~5~{\rm m}$	0.979 0
停层温度	0.002 3 ℃	-0.001 7 ℃	0.996 4
停层电导率	$0.003~4~\mathrm{mS/cm}$	-0.003 1 mS/cm	0.993 9

四台 CTD 同架比对 4#CTD 误差结果见表 4, 剖面温度、电导率均方根差结果分别超出仪器最大允许误差 0.001 5 ℃、0.003 2 mS/cm, 停层温度、电导率均方根差结果分别超出仪器最大允许误差 0.001 4 ℃、0.003 4 mS/cm, 停层深度均方根差结果在仪器最大允许误差范围内; 剖面和停层电导率平均差结果分别超出仪器最大允许误差-0.002 7 mS/cm、-0.003 2 mS/cm, 剖面温度、停层深度平均差结果在最大允许误差范围内; 剖面和停层温度、电导率测量数据比对相关系数都大于 0.99。

对比 OST19 CTD 标称测量精度和误差结果发现:两台 CTD 的温度、电导率测量数据的均方根

表 4 四台 CTD 同架比对 4#CTD 误差计算结果

项目	均方根差	平均差	相关系数
剖面温度	0.003 5 ℃	-0.002 0 ℃	0.996 7
剖面电导率	$0.006~2~\mathrm{mS/cm}$	-0.005 7 mS/cm	0.995 0
停层深度	0.137 7 m	0.135 5 m	0.976 0
停层温度	0.003 4 ℃	−0.002 7 °C	0.995 0
停层电导率	0.006 4 mS/cm	-0.006 2 mS/cm	0.992 6

差超出 OST19 最大允许误差范围,温度测量数据平均差接近最大允许误差,电导率测量数据的平均差超出了最大允许误差范围;两台 CTD 深度测量数据的均方根差和平均差在最大允许误差范围内。

#### 3.2.3 两次试验误差结果对比

对比两台 CTD 同架比对 3#CTD 误差结果 (表 2) 和四台 CTD 同架比对 3#CTD 误差结果 (表 3) 发现:两次试验测量平均差结果基本无变化,两台 CTD 同架比对剖面数据均方根差结果小、停层数据均方根差结果大。虽然增加下放 CTD 数量对测量结果的影响不确定,但标准测量设备数量增加可降低因标准器故障导致海试结果无效的风险,特别是在开展深远海试验时,可考虑增加一台备份标准测量设备。

# 3.3 OST19 CTD 自比分析

四台 CTD 同架比对试验中 3#CTD 与 4#CTD 测 量数据的比对结果见表 5, 其中均方根差数值是经 过误差分离得到的。剖面温度、电导率均方根差结 果分别超出仪器允许误差 0.001 3 ℃、0.000 5 mS/cm, 停层电导率均方根差结果超出仪器允许误差 0.004 6 mS/cm, 停层深度和温度均方根差结果在仪 器允许误差范围内; 停层电导率平均差结果超出仪 器最大允许误差-0.007 8 mS/cm, 剖面温度、电导 率和停层深度、温度平均差结果在允许误差范围 内; 剖面温度、电导率测量数据自比对的相关系数 均大于 0.97。通过比较 3#CTD、4#CTD 的误差计算 结果与 3#CTD、4#CTD 比对结果发现: 剖面温度、 剖面电导率、停层温度的自比对均方根差和平均差 水平接近或优于误差计算结果,验证了 OST19 CTD 在实际海洋环境中接近或达到了温度、电导率标称 测量精度的水平。

### 3.4 OST19 CTD 海上剖面测量性能评价

《海洋仪器海上试验规范》(HY/T141-2011)[12]

表 5 OST19 CTD 自比对结果

项目	均方根差	平均差	相关系数
剖面温度	0.003 3 ℃	0.000 2 ℃	0.992 5
剖面电导率	0.003 5 mS/cm	-0.002 4 mS/cm	0.985 1
停层深度	0.228 4 m	-0.321 7 m	0.970 6
停层温度	0.001 4 ℃	-0.001 6 ℃	0.997 9
停层电导率	0.007 6 mS/cm	-0.010 8 mS/cm	0.997 7

试验结果统计分析要求:同种多台仪器在同一环境条件下的同步比测,同一被测量物理量以它们的观测数据之间的均方根差来表示,还建议将比对数据的相关性作为参试仪器测量数据可信度的一种依据。本文在前人研究和规范的基础上,结合 CTD 海上剖面测量特点,运用层次分析法探索海上试验CTD 剖面测量性能的评价方法。

层次分析法是指将一个复杂的多目标决策问题 作为一个系统,将目标分解为多个目标或准则,进 而分解为多指标(或准则、约束)的若干层次,通 过定性指标模糊量化方法算出层次单排序(权数) 和总排序,以作为目标(多指标)、多方案优化决 策的系统方法。本文将CTD海上剖面测量性能作 为总目标,根据CTD海上剖面测量要求和应用特 点,按总目标、子目标、方案层直至测量的物理量 顺序分解为层次结构,然后分析得到每一层次的各 元素对上一层次某元素的优先权重,最后再加权求 和的方法计算总目标评分。

CTD 海上剖面测量试验主要考核在海洋实际环境中 CTD 深度、温度、电导率传感器准确测量和响应环境变化的能力,将 CTD 海上剖面测量性能评价分解为精准度和灵敏度两个目标。在 CTD 海上比对试验中,剖面温度和电导率数据是在同一深度下给出的,剖面温度和电导率数据的均方根差和平均差大小可反映被测 CTD 与标准 CTD 测量值的离散程度和一致性;因同架固定导致被测 CTD 和标准 CTD 传感器存在固定的垂直距离偏差,停层测量数据的误差结果不作为精准度的判定依据,将精准度分解为剖面测量均方根差和平均差。停层过程中深度、温度和电导率在较小的范围内变化,停层测量均方根差和相关系数可以表示被测 CTD 与标准 CTD 停层测量数据的离散程度和相关任,将灵敏度分解为停层测量均方根差和相关系数。据此

建立 CTD 海上剖面测量性能评价指标体系,如表 6 所示。

表 6 CTD 海上剖面测量性能评价指标体系

评价内容	目标层	方案层	物理量
	精准度	剖面测量均方根差	温度
		司囬侧里均刀恨左	电导率
CTD 海上剖面测量性能		剖面测量平均差	温度
		时曲侧里十均左	电导率
	灵敏度		深度
CID 母上时曲例里住化		停层测量均方根差	温度
			电导率
			深度
		停层测量相关系数	温度
			电导率

注:①误差评分计算方法,误差在最大允许误差范围内,分值为1分;误差超出最大允许误差范围,评分=1-|误差结果|-|最大允许误差| |误差结果|
③所有项的评分范围为0~1。④总评分≥0.9为优秀,0.75≤总评分<0.9为良好,0.6≤总评分<0.75为一般,总评分<0.6为缺陷。

根据海洋环境调查中 CTD 海上测量的经验和特点为目标层和方案层赋予权重。CTD 在实际海洋环境中的精准度和灵敏度是 CTD 海上剖面测量性能评定的两个方面,同等重要,故将精准度和灵敏度的权重均赋值均为 0.5; 剖面测量误差是压力平均后的误差结果,剖面测量均方根误差和平均差分别可以表示相同环境下被测 CTD 与标准 CTD 测量值差值的离散程度和一致性,同等重要,权重赋值均为 0.5; 停层测量均方根差和相关系数分别可以反映被测 CTD 与标准 CTD 灵敏度的波动范围大小和一致性,同等重要,权重赋值均为 0.5。剖面测量均方根差和平均差中温度和电导率两个物理量的权重均赋值为 0.5; 停层测量均方根差、相关系数中深度、温度和电导率 3 个物理量的权重均赋值为 0.333。

根据评分方法,计算得出四台 CTD 同架比对试验中 3#CTD 和 4#CTD 精准度、灵敏度评分分别为 0.739、0.954 和 0.645、0.837;两台 CTD 海上剖面测量性能评价分值分为 0.847、0.741。经评定,本次海上试验中 3# CTD 剖面测量性能良好、4#CTD 剖面测量性能一般。

# 4 结 论

CTD 测量最大允许误差指标在静态实验室相对稳定的环境测试得到的结果,而实际海洋环境是不稳定、不可控的。海上测量性能试验需要在实际的海洋环境中对 CTD 的测量性能作出科学合理的评定,而且 OST19 CTD 与 SBE25Plus CTD 允许误差指标在同一量级,若仅按均方根差结果判定海上试验结果,两台 OST19 CTD 海上测量性能均不合格,对 CTD 海上测量性能未做出合理的评定,也不能体现两台 CTD 海上测量性能的差异。

本文基于 CTD 海上剖面测量要求、应用特点和海上试验规范,通过引入相关系数和平均差的数据处理方法,运用层次分析法探讨建立的性能评价方法实现了对被测 CTD 海上剖面测量性能的评价。与之前均方根差评价方法相比,本文的 CTD 海上剖面测量性能评价方法具有层次结构的评价指标体系和多指标的数据处理方法,评定结果更客观、全面,为被测 CTD 的优化提供了参考。本文的探索研究可为考核国产 CTD 海上测量性能能否满足海环境测量保障要求提供方法支撑,也为声学多普勒海流测量仪、波浪浮标等高精尖海洋环境测量设备的考核提供了经验借鉴。

# 参考文献:

- [1] 高宗军,冯建国.海洋水文学[M].北京:中国水利水电出版社,2016.
- [2] 雷发美, 商少平, 贺志刚, 等. 两型国产 CTD 海上比测试验结果分析[J]. 应用海洋学学报, 2020, 39(1): 136-143.
- [3] 张龙,叶松,周树道,等.海水温盐深剖面测量技术综述[J].海洋通报,2017,36(5):481-489.
- [4] 程绍华,刘晓峰,岳奇.CTD海上现场比测中的技巧应用[J].海洋技术,2014,38(5):638-642.
- [5] 夏岚,王鑫,石建军,等.基于锚泊式试验平台的海上仪器装备试验方法研究[J].海洋技术学报,2021,40(5);38-44.
- [6] 靳萍. 基于水下平台 CTD 性能试验评价方法研究[D]. 天津:国家海洋技术中心,2021.
- [7] 张兆英. CTD 测量技术的现状与发展[J]. 海洋技术, 2003, 22(4): 105-110.

- [8] 任强,于非,魏传杰,等.温盐深测量仪(CTD)资料质量对比分析[J].海洋科学集刊,2016,51;288-295.
- [9] 刘玉周,赵斌.移相相关法计算相位差的研究[J].激光技术,2003,30(3):6-9.
- [10] 全国法制计量管理技术委员会. 测量不确定度评定与表示: JJF 1059.1—2012[S]. 北京:中国质检出版社, 2013: 8.
- [11] 吕国涛,胡长青,张平.利用二次拟合对 XBT 探头相关参数的改进[C]//2009 年全国水声学学术交流会论文集.大连:中国声学学会,2009:28-30.
- [12] 全国海洋标准化技术委员会. 海洋仪器海上试验规范: HY/T141-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011: 7-8.

# Research on Overall Evaluation Method of CTD Marine Measurement Performance

ZHOU Kai<sup>1</sup>, YANG Jian<sup>1</sup>, ZHANG Ting<sup>2</sup>, ZHAO Xiyong<sup>1</sup>

(1. 32217 Unit, Yantai 264100, China; 2. National Ocean Technology Center, Tianjin 300112, China)

**Abstract:** With the continuous improvement of the measurement performance of domestic CTD, it's using scope and scale are gradually expanding, and it is necessary to standardize the evaluation method of CTD offshore profile measurement performance. Offshore comparison test base on moored platform was conducted on the sea area near Weihai, by changing the number of CTD compared on the same craft and introducing correlation indicator, a performance evaluation method for CTD offshore profile measurement base on accuracy and sensitivity was proposed, comprehensive evaluation of the performance of CTD offshore profile measurement was achieved, the profile measurement performance of domestic OST CTD in actual marine environments was accurately quantified, provide a basis for optimizing the performance of domestic CTD offshore profile measurement.

Key words: CTD; offshore comparison test; profile measurement performance; evaluation method