doi:10.3969/j.issn.1003-2029.2021.02.005

基于三电极的船载表层温盐测量仪设计和试验

兰 卉,许丽萍,李红志,梁津津,张 挺,王 磊 (国家海洋技术中心,天津300112)

摘 要:为了有效借助分布广泛的海洋志愿船舶,构建完整的海洋横纵向温度盐度数值体检图, 本文设计了一种船舶搭载的表层温盐测量仪。该仪器基于三电极原理设计,具备传感器防生物 附着能力,其测量水路由海水泵、进出水管路和阀门组成,可以搭载于调查船、商船、渔船等 各种类型船舶,并在多次海试中随船舶航行同时实现了快速、隐蔽、大范围的测量海洋表层温 度和盐度数据,获取沿航线分布的高水平密度、精细的海洋水文资料。海试结果表明,船载表 层温盐测量仪是一种新型海洋观测设备,可以极大节约海洋调查成本,特别适用于海上大范围 科学调查和争议海区的海上军事测量活动,对提高我国远海观测能力有重要意义,具有广泛的 应用前景。

关键词: 三电极; 船载; 表层温盐 中图分类号: P716+.13 文献标识码: A 文章编号: 1003-2029 (2021) 02-0029-10

海水的温度和盐度是最基本的海洋水文参数, 监测表层海水温度和盐度变化规律,特别是远海 大洋广泛海域的海水表层温度和盐度数据对研究 全球海洋环流、大气环流、海气界面通量和海洋 气象与气候具有重要意义^[1]。海水表层温度和盐 度数据可以作为海洋环境数值预报和灾害性海况 遥测的基本数据资料,在水产养殖中可以用于预 报生态环境变化规律和控制生物最佳养殖环境等, 具有广泛的科研和应用价值。随着海洋调查船的 大量使用,借助于船舶搭载的海洋表层温盐测量 仪可以构筑起整个海洋脉络的横纵向温度盐度数 值,构建一个完整的海洋"体检图"。

在船舶航行过程中同时进行海水温度、盐度 和深度剖面测量的平台已获得广泛应用,利用漂 泊浮体(如浮标和浮球)进行表层温盐测量的测 量方法也已经存在多年,但是上述两种测量方式 均存在不足。前者需要派遣专业科考船实施观测, 必须使船舶加装专用绞车,利用专用绞车在船舶 处于漂泊或走航时将温度、盐度和深度剖面测量 仪下放至水下,完成数据测量^[2];后者需要大量 投放测量浮体,将温盐测量仪器安装在浮体底部, 随海浪和海流自由漂泊。由于远海海洋深度很大, 在浮体上安装锚链等固定装置无法实现,因此浮 体的测量位置不受控制。上述两种温盐数据获取 方式均为点状间隔分布,不能形成线状连续数据 流,而且温盐数据的获取成本很高。

船载表层温盐测量仪是一种可以在船舶航行 的同时实现快速、隐蔽、大范围地获取海洋表层 温度、盐度数据的仪器。与传统温盐深设备相比, 其无需船舶停航、无需大型拖曳设备;与投弃式

收稿日期: 2020-07-01

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2016YFC1400502)

作者简介:兰卉(1981—),男,硕士,高级工程师,主要从事海洋测感器技术研究。E-mail:lhtju@qq.com

通讯作者:许丽萍(1991一),女,硕士,助理工程师,主要从事海洋观测传感器结构设计与优化技术研究。

E-mail: liping_xu1115@163.com

剖面测量仪器相比,其测量精度更高,无需丢弃,极大地节约了海洋调查成本,特别适用于海上大范围科学调查和争议海区的海上军事测量活动,对提高我国远海观测能力有重要意义^[3]。目前市场上的船载表层温盐测量仪以美国海鸟公司(Sea Bird Electronics,SBE)的SBE21和SBE45两种产品为主,价格高、货期长,维护不便,用户在实际使用中受到诸多限制。近年来国内科研单位在国家重点研发计划项目资助下,研制的船载表层温盐测量仪样机经过多次海试验证,技术成熟,稳定可靠,已具备产品化推广的能力。

1 船载表层温盐测量仪组成和工作流程

本文介绍的国产新型船载表层温盐测量仪如 图1所示,其采用基于三电极的电导率传感器和防 生物附着组件,采样间隔最少为2s,能实时监测 表层海水的温盐数据,并配备有上位机实时处理显 示数据。为了尽可能地减小由于船体外壳带来的热 污染,在海水入水口处(理想是在船头)单独安装 一个用于测量表层海水温度的温度传感器^[4]。



图 1 国产新型船载表层温盐测量仪

船载表层温盐测量仪的管路连接示意如图2所 示,样品口接到表层海水输入口,出水口接到扩展 传感器的样品口(若无扩展传感器可以直接排出), 淡水接到淡水进水口,废水接到船的排水口,附加 传感器的淡水口同上,出水口接到船的排水口。



图 2 船载表层温盐测量仪管路连接示意图

测量准备阶段:首先进行三电极电导率传感 器的清洗,此时阀门1和阀门2打开,阀门3和 阀门4关闭,干净淡水通过阀门2进入水箱底部, 淡水从下往上充满水箱内部,最后经过阀门1,或 者附加传感器的出水口排出。

测量阶段:船侧截止阀开启,表层海水进入, 远端温度传感器完成海水温度的实时测量,1号 蠕动泵的截止阀开启,海水进入,泵腔内部达到 一定水压后,截止阀关闭,止回阀开启,海水进 入后续管道和测量仪器,泵腔水压下降,止回阀 关闭,使海水在管道和仪器中停留,完成各项参 数的测量。测量结束后,截止阀开启,同理进行 下次测量。

在测量过程中,海水通过水压变送器,进入

去气泡装置,进行气泡消除和海水过滤。处理后 的海水通过样品口进入船载表层温盐测量仪,完 成海水温盐的测量,此时海水温度经过管道和去 气泡装置的热污染,可能会有所变化,但不会影 响海水盐度的测量精度。海水随后经出水口进入 附加传感器,完成其余参数的测量,或者直接排出。

为了提高整体系统的可靠性和稳定性,可以 设置2号蠕动泵与1号交替工作。远端温度传感 器的测量数据通过电缆传输到温盐测量仪。航行 接口盒与测量仪连接,将船舶航行信息附加到温 盐测量数据上形成完整的数据流。

为最大限度地减少船体外壳和管路带来的热 污染,尽量接近实际海洋环境下的表层温度,远 端温度传感器需要安装到船舶海水入口管道前端, 图 3 以中科院海洋研究所"科学号"科考船底舱 实景为例,该舱室位于水线以下。



图 3 中科院海洋研究所"科学号"底舱远端温度安装位置

远端温度探头的结构剖面安装如图 4 所示。 在海水进水管道中间安装不锈钢基座,用于温度 探头密封以及温度传感器固定,不锈钢基座与两 端管路间通过螺纹连接,采用聚四氟乙烯带进行密 封。温度传感器通过螺纹固定在安装板上,温度 探头与不锈钢基座间依靠橡胶塞密封,并通过安 装板压紧,上述结构可以保证密封的可靠性。



图 4 远端温度安装示意图

2 船载表层温盐测量仪设计

船载表层温盐测量仪的核心部件为一台安装 在水箱内部的高精度温盐测量仪,三维图如图 5 所示。电导率传感器采用三电极原理,温度传感 器采用热敏电阻作为敏感元件,温度和电导率探 头的三维效果如图 6 所示。



图 5 船载表层温盐仪水箱内部透视图



图 6 电导率和温度探头

三电极电导率传感器又称三电极电导池,其 测量原理如图7所示。测量时用来存储待测海水, 并结合转换电路感知、测量待测海水的各项物理参 数。三电极电导池外壳由玻璃管制成,3个电极使 用稳定性好、耐腐蚀的金属铂制成。电导池共3个 电极,分别为电极1、电极2、电极3。电极2称 为中间电极,电极1、电极3称为端电极,两个端 电极电位相同, 电流通过中间电极流入电导池中的 待测海水然后由两端电极流出,这样就能测出电导 池中两端电极之间海水的等效电阻,从而计算出待 测海水的电导率。在三电极电导池中, 电流由中间 电极流向两端电极,电场由中间电极向两端电极扩 散,并完全包含在两端电极之间,使电场无泄漏, 避免了三电极电导池之外物质的干扰和电导率传 感器外壳生物污染的影响, 使三电极电导率传感器 具有极强的抗干扰性和稳定性^[5]。



图 7 三电极电导池测量原理图

温度传感器采用热敏电阻作为敏感元件,热 敏电阻具有灵敏度高、体积小以及响应时间快的 特点^[6]。温度探头采用针状测温探针,其耐压防 护壳体配合导热介质和隔离的连接密封结构设计, 增加测温传感器的导热速度、提高耐压强度^[7]。图 8 所示为测温探针的封装结构图,针状测温探针的 顶端密闭,内部装有微型热敏电阻,热敏电阻周 围填充导热介质,热敏电阻和导热介质下部利用 绝缘、隔热介质作为封装温度敏感元件的绝缘体。 敏感元件经过引线与电路连接,信号经电路处理 后输入单片机参与温度计算^[8]。



图 8 温度探针封装示意图

船载表层温盐测量仪的电路如图9所示,主 要由控制核心电路、采集电路与电导率信号调理 电路实现温盐数据采集和传输功能。远端温度传 感器有一块独立的采集控制电路,通过RS232接 口与船载表层温盐测量模块进行数据交互^[9]。



图 9 船载表层温盐测量仪电路组成

3 海上比测试验

3.1 试验目的、时间和平台

海上试验验证设计为船舶走航比测试验,进 行国产船载表层温盐测量仪与同类型进口仪器数 据比对,并通过整个试验过程的数据比测检验国 产仪器的工作可靠性和测量稳定性,选择美国海 鸟公司生产的 SBE21 表层温盐仪作为本次海试的 比测仪器。

海鸟 SBE21 表层温盐仪实物如图 10 所示。



图 10 美国海鸟 SBE21 表层温盐仪

国产船载表层温盐测量仪与比测仪器美国海鸟 SBE21 表层温盐仪的主要技术指标及状态见表 1。

(出厂编号)	计量性能指标	其他技术指标
船载表层 温盐测量仪 (B1702#)	温度测量范围: -2 ~ 35 ℃ 温度最大允许误差: ±0.01 ℃ 电导率测量范围: 0 ~ 70 mS/cm 电导率最大允许误差: ±0.01 mS/cm	采样间隔: 2 s 供电方式: AC 220 V 材质: 钛材(温盐、远端温度探头)、塑料(水路箱体) 流速: 1 L/s
SBE21 表层 温盐仪 (3316#)	温度测量范围(基础): -5 ~ 35 ℃; 温度最大允许误差(基础): ±0.01 ℃; 温度测量范围(远程): -5 ~ 35℃; 温度最大允许误差(远程): ±0.01 ℃; 电导率测量范围: 0 ~ 70 mS/cm; 电导率最大允许误差: ±0.01 mS/cm。	采样间隔: 3 ~ 600 s 水箱体积: 约 5 L 推荐流速: 1 L/s 尺寸(mm): 551(高)×483(宽)×229(长) 重量: 41 kg 电源: AC 220 V 健存週度: 50 ~ 55 ℃

表1海试比测仪器主要技术指标

依托国家重点研发计划项目"海洋仪器设备 规范化海上试验"公共航次,开展了以"实验1" 船(图 11)为平台的海上比测试验。比测海试于 2018 年秋季和 2019 年冬季分别进行了两次,"实 验1"科考船如图11所示。



图 11 "实验 1" 科考船

3.2 试验过程

在船舶航行过程中,通过海水泵将表层海水 抽到海面以上,采用阀门和管路引导海水先流过 SBE21 温盐测量仪,再流过国产船载表层温盐测 量仪,测量水路流向如图 12 所示。



图 12 船载表层温盐仪测量水路流向示意图

在航行过程中,通过船载海水泵将海水抽到 仪器仓内,采用阀门和管路将 SBE21 温盐测量模 块与国产船载表层温盐测量模块串联连接,并同 步开始测量。海试期间连续不间断测量,记录全 过程数据,比测现场如图 13 所示。



图 13 海试比测现场

3.2.1 2018 年秋季航次 2018 年 9 月, "实验 1" 船在南中国海西沙北部海域 2 000 m 深度海区航 行,期间全程连续不间断进行船载表层温盐测量 仪比测试验。比测试验海区位置如图 14 所示。



表层温盐仪比测海试过程自9月6日—11日

持续约 130 h,海鸟 SBE21 采样率为 5 s 一次,船 载表层温盐测量仪采样率为 2 s 一次,取两仪器 在相同时刻的数据计算相关系数和测量偏差。表 层温盐仪数据为原始数据不做处理。船上海水泵 的入水口在水面以下 5 m 左右,将 SBE911PLUS CTD 在水深 5 m 处的测得的盐度值提取出来, 按时间画到表层温盐仪的盐度曲线上,作为该时 刻盐度比测参考值。分别绘制表层温盐仪与海鸟 SBE21 温度、电导率、盐度连续 130 h 沿时间线的 变化趋势线,如图 15、图 16 和图 17 所示。



图 17 中,黑色五角星点为对应相同时刻 SBE911PLUS CTD 在 5 m 水深处的盐度值,分别 对应 CTD 剖面站位 9071、9072、9073、9081、 9082、9083、9084 和 9085。由图可见前 3 个站位

SBE911PLUS CTD 盐度值没有吻合温盐仪的盐度曲线,后5个站位盐度值吻合了温盐仪的盐度曲线。

经分析盐度吻合不上的现象主要出现于9月6 日和7日数据,分析其原因主要是船舶由珠江航行 至入海口阶段,水质混合情况较为复杂,盐度变化 梯度较大,表层温盐仪与自容式 CTD 的响应时间 和采集频率不同等因素,导致两仪器测量偏差增大。

为了更好地观察数据偏差及相关性,分段截取 美国海鸟 SBE21 表层温盐仪和参试船载表层温盐仪 每日 0 点至次日 0 点的相同时刻的数据进行比对, 选取了第 6 天的数据对比曲线,如图 18~ 图 20 所示。



2018年秋季航次比测结果汇总如表 2 所示。

表 2	2018	年秋季航次船载表层温盐仪。	与 SBE21	比测结果汇总表
M 4	2010	十八子加八加私公山山区		

参试仪器	测量参数	相关系数	平均绝对误差	误差标准差
	温度	0.988 9	0.053 3	0.079 5
表层温盐仪	电导率	0.999 3	0.114 0	0.094 1
	盐度	0.999 7	0.065 9	0.079 5

根据自航次第三方独立检验报告内容,本次 试验的参试仪器船载表层温盐测量仪在航次期间 以2s一次的采样率工作,连续采集了2018年9 月6日18:16—2018年9月11日22:24珠江至 南海北部海域的表层水温度、电导率、盐度数据。 同时,比测仪器以5s/次的采样率工作,同步采 集了分流表层水的温度、电导率、盐度数据。整 个过程参试仪器与比测仪器的温度、电导率、盐 度数据吻合较好。

以 24 h 为基本时长对数据分段处理分析: 温度 相关系数范围为 0.940 0~0.996 6,温度误差绝对值 最大值范围为 (0.149 9~0.330 6)℃;温度误差绝对 值平均值范围为 (0.015 1~0.073 5)℃;电导率相关 系数范围为 0.964 4~0.998 2,电导率误差绝对值最 大值范围为 (0.128 0~2.270 7)mS/cm;电导率误差 绝对值平均值范围为 (0.046 5~0.153 6)mS/cm。其 中电导率较大误差主要出现于 9 月 6 日比测数据, 分析其原因主要是船舶由珠江航行至入海口阶段, 水质混合情况较为复杂,电导率变化梯度较大,参 试仪器与比测仪器的响应时间和采集频率等因素, 导致两仪器测量偏差增大;盐度为温度、电导率计 算结果量并主要受电导率测量值影响,因此盐度数 据具有与电导率相同特征。

3.2.2 2019 年冬季航次 船载表层温盐测量仪自
2019 年 11 月 11 日 14:53:37 开始工作并持续采
集数据,于2019 年 11 月 21 日 10:36:12 结束工作,
期间试验船航行区域如图 21 所示,位于珠江口南
部海域约 300 km 范围内。



图 21 2019 年冬季航次比测试验航行轨迹图

美国海鸟 SBE21 的采样间隔设置为 5 s,船 载表层温盐测量仪采样间隔设置为 2 s,实际比测 时长接近 10 d (约 235 h)。海试结束后对海鸟 SBE21 表层温盐仪和参试船载表层温盐测量仪的 数据进行回放,分别绘制温度、电导率、盐度沿 时间线的变化趋势线。比测试验期间"实验 1"船 舶航行速度记录如图 22 所示,最低航速为 0 kn, 即船舶锚泊和漂泊,最高船速达到 12.4 kn。



船载表层温盐测量仪 B1702# 自 2019 年 11 月 11 日 14:53:37 开始,以每 2 s 一次的间隔采集 数据,于 2019 年 11 月 21 日 10:36:12 结束并 保存数据。样本持续采集时间 848 556 s,理论数 据量 424 278 组。海试全程获取数据样本数量为 424 264 组,按照 3σ 法则剔除粗大误差后,有效 数据量为 424 077 组,有效数据量占比 99.95%。

采用 3σ 法则去除数据粗大误差的实现原理 为:以当前数据样本为数列中点,向前选择 α 个 数据样本,向后选择 α 个数据样本,这样以 2×α+1 个数据样本构成一组数列^[10]。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \left(S_{i} - \overline{S}\right)^{2}}{n-1}}$$
(1)
$$\overline{S} = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_{i}}{\sum_{i=1}^{n} S_{i}}$$

式中: σ 为标准差; \overline{S} 为该数据样本数列的 算术平均值; S_i 为第 i 个数据; n 为数据个数, $n=2\times\alpha+1$ 。

п

$$\Delta = S_i - \overline{S} \tag{2}$$

式中: Δ为该数据样本与数列平均值的绝对 误差。

如 Δ>3σ

数据样本个数(2×α+1)选取原则:该数列中 所有样本观测周期内观测数据连续,没有剧烈的 海洋现象或者被观测要素的大幅度变化,否则会 导致正常测量值作为异常值剔除,所以选取数据 序列的时间周期不易过大。同时,参试仪器和比 测仪器工作时间较长,在一个平稳的观测过程中, 选取数据序列的时间周期不易过小,应尽量多选 取数据样本分析,更具有代表性^[11]。基于以上原则, 该数据序列的时间周期确定为不小于1h,不大于 4h(25个样本)。 在计算σ过程中,选择的数据样本量以25个

则该数据为粗大误差(或异常值),应予剔除。

数据为一组,均采用该数据前、后各取12个数(共 24个)计算所得的3σ来进行动态判定是否存在异 常值,整个测量周期中,最前面12个数据采用该 数据列前25个数据得出的3σ来判断、末尾12个 数据采用该数据列末尾25个数据的3σ来判定。

按照上述法则计算分析后,得出 2019 年冬季 航次有效数据量占比统计详见表 3。

表 3 2019 年冬季航次有效数据量占比情况表

衣 3 2019 牛令学机从有双数掂重口比消机衣									
开始日期	开始时间	结束日期	结束时间	采集时间 /s	理论 数据量	获取数据 样本数量	有效 数据量	有效数据量占比	
11月11日	14: 53: 37	11月21日	10: 36: 12	848 556	424 278	424 264	424 077	99.95%	

选取连续 24 h 的 SBE21 与船载表层温盐测量 仪测量数据,在共同时间间隔内分别计算温度和 电导率数据的相关系数。按每天 0 时至次日 0 时 的 24 h 分段截取海鸟 SBE21 和参试船载表层温盐 测量仪相同时刻的数据进行比对,共10组数据样本,其中6组数据样本温度、电导率相关系数均大于0.99,结果详见表4。

表 4 11 月每日数据比对结果一览表

日期	11 日	12 日	13 日	14 日	15 日	16 日	17日	18 日	19 日	20 日
温度 相关系数	0.992 6	0.999 5	0.997 1	0.995 4	0.999 8	0.997 6	0.997 9	0.998 5	0.995 2	0.993 7
电导率 相关系数	0.973 7	0.936 1	0.9995	0.995 1	0.999 0	0.996 6	0.898 7	0.996 5	0.460 3	0.998 5
温度平均 绝对误差(℃)	0.012 3	0.006 9	0.023 8	0.013 4	0.012 8	0.016 3	0.008 2	0.032 2	0.020 4	0.024 1
电导率平均 绝对误差 (mS/cm)	0.161 2	0.088 9	0.097 8	0.132 0	0.160 2	0.173 0	0.183 1	0.165 7	0.194 0	0.161 3
盐度平均 绝对误差	0.104 9	0.066 1	0.084 6	0.097 0	0.109 9	0.126 7	0.132 3	0.136 7	0.134 2	0.117 7

海试全过程温度数据曲线如图 23 所示,电导 率数据曲线如图 24 所示,盐度数据曲线如图 25 所示。





结合海试过程分析可知,11月11日和12日 两天的电导率相关系数小于0.99,由于试验初期, 仪器启动前水箱内存储的是淡水,启动后盐度值 变化剧烈,两台仪器难以进行同一水体的测量, 导致相关系数低于正常水平。

11月17日和19日两天的电导率相关系数也 小于0.99,由于当日船舶停靠在锚地避风,海水 表层盐度较远海环境变化幅度更小,不利于相关 系数的计算,同时海域内仪器电导池容易受到近 岸水体杂质的污染,例如19日海鸟出现明显阶跃 性变化后又恢复,这种情况是比较典型的杂质进 入水箱后又被排出的现象。 图 25 中绿色星型点为相同时间、相同站位的 SBE911PLUS 温盐深剖面仪(CTD)在海表层水 下 3 米位置的盐度测量数据^[12],可以发现 SBE911 的盐度测量值更加接近国产表层温盐测量仪。

4 结 论

两次海试的测量数据包括了0~12 kn的航速, 覆盖了船只航行状态和锚泊状态全过程,是比较 理想的考察样本。海试全程国产船载表层温盐测 量仪工作正常,获取数据完整有效,与美国海鸟 SBE21 比测曲线一致性较好,有7d连续24h内 温度、电导率相关系数均大于 0.99。此外, 经过与 SBE911 PLUS CTD 的表层盐度测量结果进行对比, 2019 年冬季航次美国海鸟 SBE21 盐度测量值反而 偏差较大(大于 0.1),分析原因是 SBE21 长期使 用下导致电导池受到了污染,而且海试前未进行 重新标定,而国产船载表层温盐测量仪由于在出 航前进行了传感器第三方校准,因此盐度测量结 果更为接近 SBE911 PLUS CTD (约 0.01 ~ 0.03)。 国产船载表层温盐测量仪技术成熟、性能稳定可 靠,可方便安装在调查船、商船、货船和渔船等各 种类型船舶的船舱内,不需要专业人员频繁操作, 只需简单调试后即可实现全自动测量,并将数据定 期发送给船舶数据采集终端,是海况恶劣或其他 不宜停船作业海域表层温盐连续观测的理想选择。

未来,船载表层温盐测量仪将兼容船舶航行数 据记录仪(Voyage Data Recorder,VDR)的接口协 议,用户可以将船舶航行信息(日期、时间、船位、 速度、艏向等)附加到表层温盐测量仪的实时数据 上,形成完整的、多维的、动态的数据流,更加有 助于科学家分析海洋环境、利用海洋资源、保护海 洋生态。

参考文献:

38

- [1] 张兆英.海水电导率温度和深度测量技术探讨 [J]. 仪器仪表学报, 2003, 24(Z2): 38-41.
- [2] 刘起,张艺腾,张世童.温盐深测量平台发展现状与趋势[J].海洋信息,2019,34(4):12-18.
- [3] 李晖, 胡波, 兰卉, 等. 2009 年秋季航次 UCTD 样机海上试验 [J]. 海洋技术, 2010, 29(3):1-2.
- [4] 陈华, 胡建宇, 潘伟然, 等. 台湾海峡 1999 年 8 月表层温盐的走航式观测 [J]. 海洋通报, 2001, 20(6): 25-26.
- [5] 贾文娟, 兰卉, 李红志. 三电极电导率传感器测量电路的研制 [J]. 海洋技术学报, 2013, 32(3): 33-36.
- [6] 李建国. 耐高压高精度快速时间响应温度传感器的封装技术 [J]. 海洋技术, 2004, 23(2):51-52.
- [7] 刘雪堂.海水盐度测量技术 [M].北京:海洋出版社,1991.
- [8] 李红志, 王云泉. 高精度 CTD 剖面仪电导率传感器的研究和实验 [J]. 海洋技术, 2001, 20(1):147-153.
- [9] 兰卉,林玉池,贾文娟.感应式低电导率传感器设计[J].传感器与微系统.2012,33(10):78-79.
- [10] BIPM–ICE–IFCC-ISO-IUPAP-OIML. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)[R]. In Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM 100, 2008:32-33.
- [11] Shestakov A L.Dxnamic Error Correction Method. IEEE Tran[J].On Instrument and measurement, 1996, 45(1):17-19.
- [12] 杨少磊,谢玲玲,杨庆轩.SBE911plusCTD 剖面仪的现场校正与数据处理 [J]. 海洋技术,2008,27(3):24-25.

Design and Test of the Ship-borne Surface Temperature and Salinity Measuring Instrument Based on the Principle of Three Electrodes

LAN Hui, XU Li-ping, LI Hong-zhi, LIANG Jin-jin, ZHANG Ting, WANG Lei

National Ocean Technology Center, Tianjin 300112, China

Abstract: In order to construct a complete ocean horizontal and vertical temperature and salinity numerical physical examination chart with the help of the widely distributed marine volunteer ships, a ship-borne surface temperature and salinity measuring instrument is designed in this paper. This instrument is designed based on the principle of three electrodes, and has the ability to prevent biological adhesion of sensors. Its measuring pipeline is composed of seawater pumps, inlet and outlet pipes and valves. It can be carried by various types of ships, such as survey ships, merchant ships, and fishing ships. In many sea trials, the rapid, concealed, and large-scale measurement of ocean surface temperature and salinity data have been realized, and the high level density and fine marine hydrological data distributed along the shipping line have been obtained. The sea trial results show that the ship-borne surface temperature and salinity measuring instrument is a new type of oceanic observation equipment, which can greatly save the cost of oceanic survey, and is especially suitable for large-scale marine scientific survey and military survey in disputed sea areas. It is of significance to improve the ability to observe the distant sea, and has a wide application prospect.

Key words: three electrode; navigation; surface temperature and salt