

处理走航式海洋多参数剖面测量系统(MVP)温度和电导率滞后效应的方法

任强^{1,2}, 于非¹, 刁新源¹, 司广成¹, 魏传杰¹

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 走航式海洋多参数剖面测量系统(moving vessel profiler, MVP)是一种集成程度和自动化程度都较高的海洋调查设备, 能对海洋多要素进行同时观测, 获得水平方向的高分辨率数据资料。由于温度和电导率传感器响应时间的不匹配, MVP 下放速度过快(峰值速度 4 m/s)而造成非常明显的盐度尖峰现象。本研究结合 Fofonoff(F)法、时间常数指数递归数字滤波(Giles and McDougall, GM)法和 Grose 提出的盐度尖峰订正方案, 提出了一种新的方法, 即 MCT(match conductivity and temperature response time)法, 通过对压力、温度和电导率传感器进行响应时间的匹配来减弱盐度尖峰。将 SBE-9 型 CTD 资料作为标准, 发现订正后的资料与 CTD 盐度曲线的互相关系数为 0.917, 误差比订正前减小 80%。对比 35°N 断面修正前后的盐度资料, 订正后温盐跃层处出现的低盐区域消失。MVP 的应用比常规海洋调查仪器 CTD 对于海洋现象的观测更有优势。

关键词: 走航式海洋多参数剖面测量系统 MVP; 盐度尖峰; MCT(match conductivity and temperature response time)法

中图分类号: P716.19 文献标识码: A
doi: 10.11759/hyqx20130823002

文章编号: 1000-3096(2014)08-0059-08

走航式海洋多参数剖面测量系统全称 Moving Vessel Profiler(MVP), 是一个拖拽走航式海水要素剖面测量系统, 本文 MVP 型号为 MVP-200。它主要由拖鱼、数据采集单元、绞车液压系统、远程控制单元等组成。拖鱼能同时搭载物理(如温盐深剖面测量仪(Conductance Temperature Depth, CTD)、生物(如激光光学浮游生物计数器(Laser optical plankton counter, LOPC)、声速传感器(Sound velocity Sensor)等多种类型的传感器。MVP 系统在预先设定好的状态下工作, 能够进行手动操作和通过计算机自动控制。在自由剖面模式之下, 拖鱼作自由落体运动, 最大下降速度能达到 3~4 m/s, 在达到设定深度之后, 系统自动停止, 然后开始回收至预定深度, 回收速度比下落速度慢。从自由落体开始到回收至预定深为一个剖面的测量过程, 每个剖面的观测数据都由计算机自动记录保存^[1], MVP 作业示意图见图 1。MVP 搭载的传感器的灵敏度较高, 采样频率达到了 25 Hz。拖鱼采用流线型设计, 减少了在水中运动的摩擦力。MVP 系统正常工作的航速不得大于 12 节, 它是一种自动化程度非常高的海洋调查设备, 数据采集单元同步介入水深和定位信息, 可保证 MVP 在

工作过程中不会触底。在黄海海域(水深约 70 m), 以 12 节的速度航行时, 完成单个剖面的时间约为 5 min, 相当于获得剖面资料的水平空间分辨率为 1.8 km 左右。

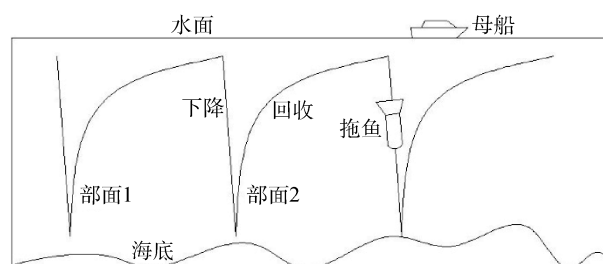


图 1 MVP 工作示意图

Fig. 1 MVP working sketch

MVP 集成 CTD 于其拖鱼平台上, 能同时进行垂直和水平方向的连续观测, 获得高分辨率的温度、盐度以及深度剖面数据, 可用于分析高空间分辨率的海洋混合层深度、温跃层深度、盐跃层深度以及温

收稿日期: 2013-08-23; 修回日期: 2014-03-14

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41176018)

作者简介: 任强(1989-), 男, 湖南益阳人, 硕士研究生, 研究方向: 海洋动力环境工程应用, 电话: 15953261059, E-mail: rqiocas1989@163.com; 于非, 通信作者, 博士, 研究员, E-mail: yuf@ms.qdio.ac.cn

度梯度、盐度梯度等特征参数, 可对海洋中尺度过程(如中尺度涡、锋面)等海洋现象的温盐结构获得更为细致的认识, 以研究其发生、发展过程及其动力机制。

在实际的海洋现场调查过程中, 盐度并不能被直接测量, 而是利用传感器测得的温度(T)、压力(P)以及电导率(C)通过盐度计算公式计算得出来。 T 、 C 、 P 数据质量的好坏直接决定了盐度数据的准确度。传感器响应时间是表征传感器对被测物物理量反应的快慢的一个参数, 响应时间的存在说明传感器的输出值并不是某个时刻某点的真实值, 而是一个滞后了的值, 在下降过程中输出值实际上是上方某个点的近似值。响应时间的不同导致其滞后时间的不同, 在一般CTD中, 压力传感器的响应时间最快, 电导率传感器次之, 温度传感器响应时间最慢, 3种传感器输出值各自对应上方某个点的值, 垂直方向出现高度差, 盐度计算的结果会产生较大的误差, 响应时间差别越大, 误差越大。其盐度剖面结果表现为, 在CTD上升或下降通过强跃层的过程中会出现较

大幅度的虚假盐度尖峰。它主要由温度传感器与电导率传感器响应时间不匹配造成。盐度尖峰是所有CTD获取的海洋资料中共有的现象, 可以通过改进传感器性能或后期利用软件处理来减弱此现象。

MVP下降速度远大于常规海洋调查用CTD的下降速度, 在其下降过程中尤其会出现较大的盐度尖峰现象。从MVP上搭载的CTD各传感器的响应时间(表1)可以看到, 在1 m/s的下放速度下压力传感器的响应时间是10 ms, 电导率传感器响应时间是25 ms, 而温度传感器则需要100 ms, 压力传感器响应最快, 3种传感器响应时间不匹配, 温度传感器的响应时间大于电导率传感器的响应时间, 再加上拖鱼下放速度过快, 其在自由剖面模式之下, 速度能达到4 m/s, 这已经远远的超过了传感器正常工作的额定下降速度1 m/s, 更进一步加大了温度和电导率传感器响应时间的的时间差。因此MVP在通过强温盐跃层时, 在一个采样周期内, 温度和电导率值不是该深度所对应的真实值, 计算出的盐度值会出现强盐度尖峰现象。

表1 1 m/s下放速度时MVP搭载的CTD传感器参数

Tab.1 The sensor parameters of CTD equipped in MVP with speed of 1 m/s

传感器类型	量程	精度	响应时间	分辨率
电导率传感器	0~70 mS/cm	± 0.005 mS/cm	25 ms	0.001 mS/(cm·m)
温度传感器	-2~32℃	± 0.003℃	100 ms	0.001℃
压力传感器	0~1 000 m	± 0.05%FS	10 ms	0.005%FS

目前, 有很多国外学者在后期数据处理方面提出了一些针对CTD盐度尖峰的解决方案。Fofonoff等^[2]提出single-pole法, 用温度传感器的响应时间来匹配电导率传感器响应时间, Grose^[3]提出用电导率传感器的响应时间来匹配温度传感器的响应时间, Giles和McDougall^[4]提出GM法。国内有研究学者针对这些方法进行了阐述, 如张爱军^[5]比较了3种修正方法, 许建平^[6]对CTD资料校正和处理作了系统分析, 陈上及和马继瑞^[7]系统整理了海洋数据的处理分析方法。他们的方法都是针对下放速度较慢引起的CTD盐度尖峰现象提出的。

本文通过对压力传感器、温度传感器和电导率传感器的响应时间进行同步匹配, 提出了一种新的订正算法match conductivity and temperature response times法, 简称MCT法, 使其传感器的滞后时间减小到最小, 修正快速下放情况下的MVP盐度尖峰现象。

1 研究方法

1.1 MCT法

MCT法是对压力传感器、温度传感器和电导率传感器的响应时间进行同步匹配。MVP系统采样频率为25 Hz, 即传感器采样间隔时间是40 ms, 温度传感器响应时间100 ms, 压力传感器响应时间是10 ms, 理论上温度传感器和电导率传感器响应时间滞后压力传感器是90 ms和15 ms。仪器下放速度大小对传感器响应时间有影响, 下放速度越快会使传感器实际响应时间滞后越长, 因此传感器的实际响应时间大于理论响应时间。MCT方法以压力传感器的响应时间作为参考零点, 把温度传感器和电导率传感器的响应时间在采样间隔时间的基础上来匹配压力传感器的响应时间, 公式(1)表示电导修正, 公式(2)表示温度修正。

$$C'(n) = C(n) - |C(n) - C(n+1)| / \Delta t (\tau_C - \tau_P + m_C) \quad (1)$$

$$T'(n) = T(n+2) - |T(n+3) - T(n+2)| / \Delta t (\tau_T - \tau_P + m_T) \quad (2)$$

其中, Δt 为系统采样间隔时间, τ_C 为电导率传感器响应时间, τ_T 为温度传感器响应时间, τ_P 为压力传感器响应时间, $C(n)$ 为电导率原始采样序列, $C'(n)$ 为电导率修正后采样序列, $T(n)$ 为温度原始采样序列, $T'(n)$ 为温度修正后采样序列, m_C 为电导率传感器响应滞后时间, $0 \leq m_C < \Delta t - (\tau_C - \tau_P)$, m_T 为温度传感器响应滞后时间, $0 \leq m_T < \Delta t - (\tau_T - \tau_P)$ 。

1.2 盐度计算公式

本文盐度 S 采用 PSS-78^[8-9] 盐标标准, 温度 T 经过 ITS-90^[10] 温标修正。实用盐度计算如公式(3)所示。

$$S = a_0 + a_1 K_{15}^{1/2} + a_2 K_{15} + a_3 K_{15}^{3/2} + a_4 K_{15}^2 + a_5 K_{15}^{3/2} + \Delta S \quad (3)$$

其中, $a_0=0.008$, $a_1=-0.1692$, $a_2=25.3851$, $a_3=14.0941$, $a_4=-7.0261$, $a_5=2.7081$ 。 $\sum_{i=0}^5 a_i = 35000$, $2 \leq S \leq 42$, 其中 K_{15} 是在温度为 15°C 和一个标准大气压下, 海水电导率与标准 KCl 溶液的电导率之比。

2 盐度订正方案

2.1 压力订正

压力变化值是拖鱼下降速度的映射, 根据公式 $v=dP/\Delta t$ (dP 为压力变化值) 求出拖鱼下降的速度。在自由剖面模式下, 在下降过程中分为 3 个阶段, 第一阶段为自由落体阶段, 这一阶段为拖鱼加速下降, 速度越来越大。第二阶段为稳定阶段, 当拖鱼下降到一定速度, 重力与缆绳的拉力和海水的阻力达到平衡时, 压力变化值 dP 趋于稳定, 速度稳定在某一值, 这一阶段的拖鱼下降速度能达到 4 m/s 左右。最后一阶段为拖鱼下降到预定深度后液压

系统启动, 停止出缆, 压力变化值 dP 趋于 0, 速度接近 0。本文以 120.95°E , 35°N 点上的实测资料来分析。

图 2a 为修正前的 $dP/\Delta t$, 可以看出在快速下降和稳定阶段的压力变化值即下降速度波动较大, 且在稳定阶段出现异常的速度值, 这是船体随波浪上下浮动对其产生的影响。因此先对压力进行修正, 消除掉随机误差。图 2b 是对压力进行滑动平均后的结果, 稳定阶段的异常速度值基本消失, MVP 下降的 3 个阶段较修正前清晰, 稳定阶段速度值稳定在 4 m/s 左右。

2.2 温度和电导率滞后订正

运用 MCT 法以压力传感器响应时间作为参照点, 对温度和电导率传感器响应时间进行订正匹配。

2.2.1 电导率传感器滞后时间的确定

取定一个温度传感器响应时间 t_0 , 对电导率传感器响应时间进行滞后, 得到使盐度峰值最小的一个电导率传感器滞后响应时间 t_c , 并且规定滞后时间值不超过 40 ms (一个采样时间间隔)。假定温度传感器响应时间是理论响应时间 100 ms , 电导率传感器响应时间从 25 ms (理论时间) 变化至 35 ms , 取 25 、 30 和 35 ms 计算盐度。图 3 中实线代表 25 、 30 和 35 ms 不同滞后响应时间下的电导率值, 由于差别比较小, 图中显示重合在一起, 虚线为未经修正的电导率值。从图中可以看出, 电导率有一定的修正, 但是修正值不大, 这是因为在盐度计算中, 电导率贡献值只占 10% 左右。图 4 实线从左至右分别为 25 、 30 和 35 ms 不同电导率传感器响应时间下的盐度计算值, 从图中可以看出在 35 ms 情况下, 跃层处的盐度峰值最小, 因此我们选定电导率传感器的滞后响应时间是 35 ms 。

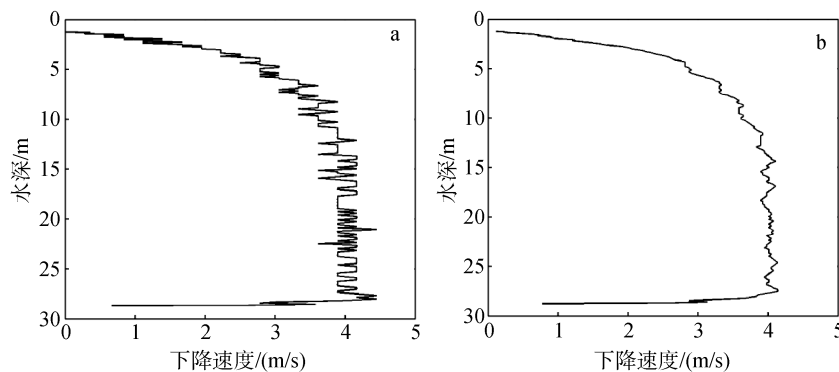


图 2 压力订正前的下降速度(a)和订正后的下降速度(b)

Fig. 2 The speed of lowering MVP before (a) and after (b) pressure corrected

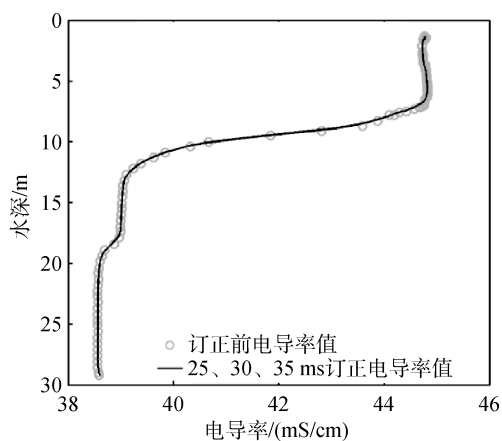


图3 不同响应时间下订正前后电导率值

Fig. 3 The conductivity at different response times and the original conductivity

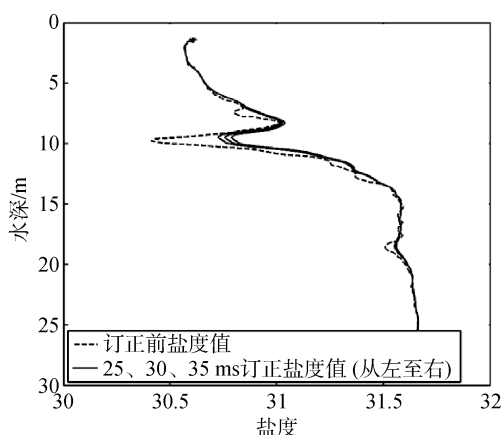


图4 不同电导率响应时间下盐度(实线)与订正前盐度(虚线)

Fig. 4 The salinity at different response time points of conductivity (solid) and the original salinity (dotted)

2.2.2 温度传感器滞后时间的确定

在确定的使盐度峰值最小的电导率传感器滞后响应时间下,选取合适的温度传感器滞后响应时间使盐度峰值最小。选取的温度传感器响应时间从100 ms(理论响应时间)变化至130 ms,每隔5 ms计算盐度。图5中实线分别是100、105、110、115、120、125、130 ms滞后响应时间下的温度值,由于差别比较小,图中显示重合在一起,虚线为订正前温度值。图6表示不同温度响应时间(100、105、110、115、120、125、130 ms)下的盐度计算曲线。对于最佳曲线的选取,考虑到以后资料批处理以及补偿过度的问题,本文对不同响应时间下计算后的盐度值计算其垂直梯度,得到每条曲线的垂直梯度最大值,然后选取其中的最小值者对应的曲线为最佳曲线。经计算判断,在105 ms情况下盐度峰值较小,同时也能看出在105 ms

订正值下盐跃层处的盐度值过度补偿情况较弱,从以上2方面考虑,选取温度传感器的滞后响应时间是105 ms。通过以上的订正确定了电导率和温度传感器的滞后响应时间,同时得到了MCT法下最佳的盐度值。

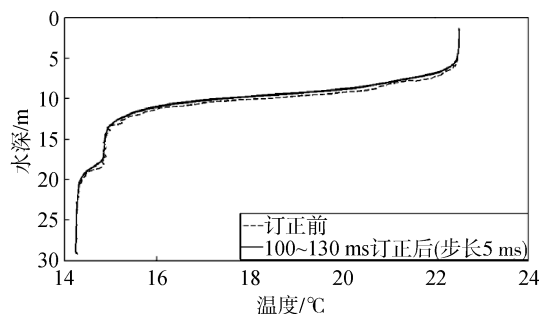


图5 不同响应时间下温度值(实线)与订正前温度值(虚线)

Fig. 5 The temperature at different response time points (solid) and the original temperature (dotted)

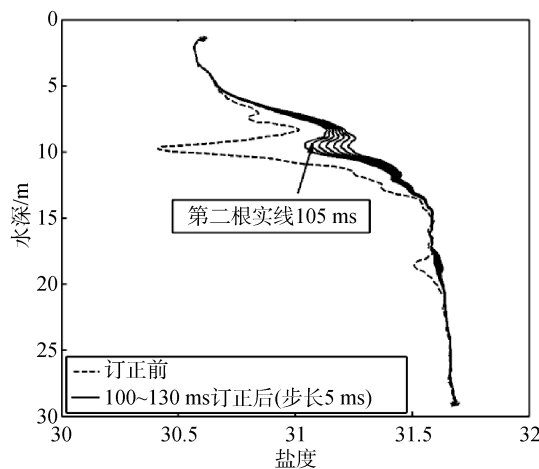


图6 不同温度响应时间下盐度值(实线)与订正前盐度(虚线)

Fig. 6 The salinity at different response time points of temperature (solid) and the original salinity (dotted)

2.3 噪声平滑

对任何一种测量仪器都不能保证它所测得的资料是不被外界因素影响的,加之仪器自身电信号的扰动,因此测量资料中会出现一些小的噪声误差,导致盐度值出现偏差,为了保证资料的准确性,必须要滤除掉这部分误差。许建平^[6]提出采用滑动平均滤波更能有效地减小扰动。本文采用滑动平均滤波(5点滤波)去除掉这部分扰动。

2.4 资料插值

对盐度进行插值是对资料进行压缩,获取研究所需分辨率的资料。分析近海的垂直方向的细微结

构, 要求较高的垂直分辨率, 我们对其计算出的盐度值在垂直方向进行线性插值, 取垂直分辨率为 1 m。从图 7 可以看出, 未经过订正的原始盐度在温盐跃层处的盐度尖峰非常大, 滞后订正并且插值后的盐度尖峰在强跃层处基本消除。

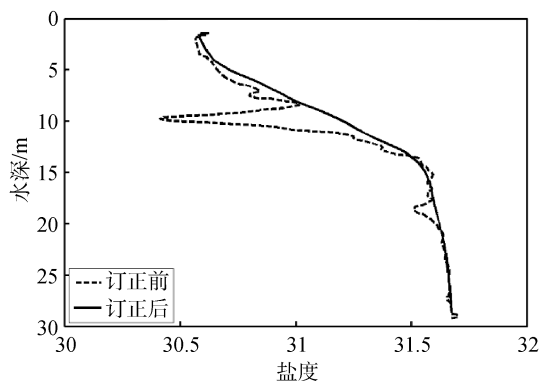


图 7 插值后盐度(实线)与订正前盐度(虚线)

Fig. 7 The salinity after interpolation (solid) and the original salinity (dotted)

2.5 与其他订正方法的比较

利用 MCT 法对 MVP 某个剖面的资料进行滞后订正, 同时将 MCT 法与国外一些学者提出的 Grose 法^[3]、GM 法^[4]等解决方案进行了对比。图 8 为 3 种订正方法订正后的盐度曲线与订正前的盐度, 其中实线为 MCT 法修正结果, 由于 Grose 法和 GM 法结果相近, 在图中显示基本重合在一起。经比较, MCT 的修正方法结果为温盐跃层处的盐度尖峰现象消失且没有出现 Grose 和 GM 法处理结果中的过度补偿现象, 因此从处理中国近海的 MVP 资料上来说, MCT 修正方案由于其他 2 种方案。

2.6 与 SBE-9 型 CTD 资料的比较

SBE-9 型 CTD 是目前应用最为广泛的温盐深剖

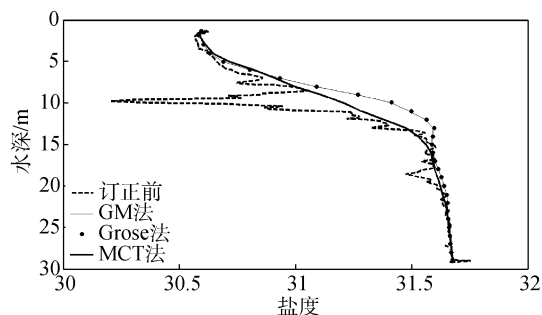


图 8 3 种不同方法的计算盐度

Fig. 8 The salinity calculated by three different methods

面调查设备, 其资料的准确程度非常高。本研究为了验证修正后的盐度数据的准确性, 与 SBE-9 型 CTD 资料进行对比。在空间和时间上选取 SBE-9 型 CTD 剖面 and MVP 剖面最为接近的 2 个站点。图 9a 为 MVP 原始盐度、SBE-9 型 CTD 盐度和修正后的盐度, 图 9b 为上述数据之间的差值的比较, 可以看出: (1)MVP 的盐度经过订正后, 温盐跃层处的盐度尖峰现象基本消失; (2)未经过修正的 MVP 盐度值与 SBE-9 型 CTD 的盐度值在跃层处的最大差值为 1.2, 而经过修正后, 盐度最大差值减小到 0.2, 减小程度为 80%; (3)修正后的 MVP 盐度曲线与 SBE-9 型 CTD 盐度曲线总体趋势一致, 其资料互相关系数达到了 0.917, 但 2 者盐度曲线并不重合。

造成 2 者盐度曲线并不重合的原因可能有 2 个, 一是 MVP 是走航式连续剖面观测, SBE-9 型 CTD 是定点观测, 因此, 严格上来说, MVP 与 SBE-9 型 CTD 站位并不在同一空间和时间节点上, 2 者采样点间隔在 1 海里左右且存在时间差。二是仪器的测量误差, 两仪器所用的 CTD 传感器类型与原理有差别, SBE-9 型 CTD 传感器在结构上采样了新的技术, 既通过泵控制流经电导池的水团而保证压力、温度以及电导率传感器测量到的是同一个海水团, 最大程度上避

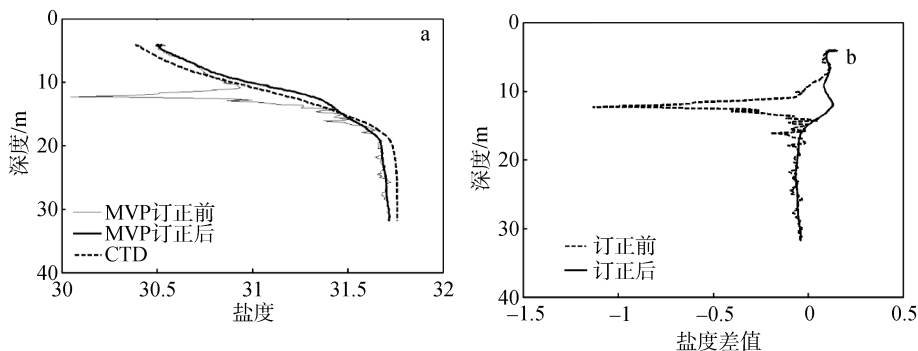


图 9 MVP 订正前后盐度与 SBE-9 型 CTD 盐度(a)以及它们的差值(b)

Fig. 9 The salinity of the original, the correction and SBE-9 CTD

免了传感器响应时间不匹配造成的盐度尖峰现象。而 MVP 拖体在走航观测中为了减少海水的阻力, 采用较小体积的电导率传感器集成于拖体上, 该类型传感器没有类似 SBE-9 型 CTD 的水团控制结构, 在快速下放过程中导致传感器误差加大, 因此 2 者传感器测量的精度和误差对盐度计算结果造成了一定的影响。但是总体上 2 者盐度拟合度还是非常高的, 与资料准确程度较高的 SBE-9 型 CTD 对比, 利用 MCT 法修正的盐度值是比较理想的。

3 处理结果分析

本研究所用的 MVP 和 SBE-9 型 CTD 资料为 2011 年春季中科院海洋所开放调查航次 35°N, 120.5°~123.5°E 的断面(简称 35°N 断面)调查资料, 此断面作为北黄海最重要的断面之一, 在近海海洋学

中有着非常重要的研究意义。针对该海区, 中科院海洋所每年都会进行春、秋 2 个所开放航次的调查, 以获取足够的资料用来研究区域海洋现象。

MVP 在自由剖面模式下, 每隔 5 min 就能产生一个垂直剖面, 在 35°N 调查断面内一共产生了 385 个剖面, 对每个剖面进行订正找出传感器的最佳滞后响应时间的工作量非常大, 为此, 本研究基于 Matlab 软件平台, 通过编程实现对每个剖面的修正, 通过计算机自动找出每个剖面的传感器最佳响应时间, 计算盐度值。然后对全部的资料进行筛选插值处理, 垂直分辨率取 1 m。并对修正前后的盐度断面数据与 SBE-9 型 CTD 断面数据进行比较(图 10), 可以发现未经订正的 35°N 断面盐度数据在跃层处出现一个非常明显的低盐区域(图 10a 白色虚线框), 并且等盐线曲折杂乱, 这个低盐区域并非真实存在, 而是

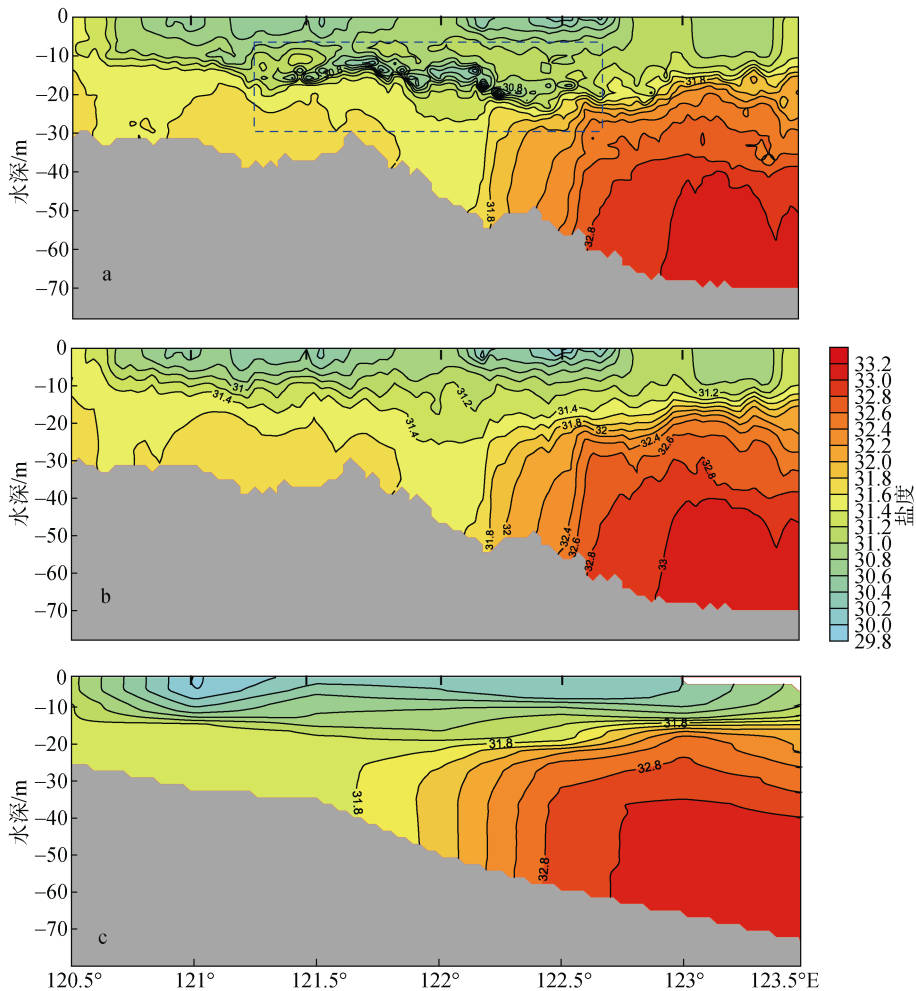


图 10 35°N 断面等盐线

Fig. 10 The isohaline of 35°N section

a: 未订正的等盐线图; b: 订正后的等盐线图; c: SBE-9 型 CTD 资料等盐线图
a: the original isohaline; b: the corrected isohaline; c: the isohaline of SBE-9 CTD data

由 MVP 盐度数据的盐度尖峰引起的。对 MVP 的 35°N 断面盐度数据进行订正后发现, 图 10a 所示的温盐跃层处的低盐区域消失, 资料真实性得到提高(图 10b)。并且与 SBE-9 型 CTD 在该断面的数据(图 10c) 进行比较发现, 对于该海区较大尺度的海洋现象(如黄海冷水团)的观测上, 2 者是一致的。但是 MVP 比 SBE-9 型 CTD 的数据有更高的分辨率, 对海区水层的结构有更详细的描述, 如 MVP 观测到的 123°E 附近冷水团锋面比 SBE-9 型 CTD 观测到的要强; 温盐跃层处, 由 SBE-9 型 CTD 得到的等值线比较平直而由 MVP 得到的等值线较密集, 能更好的呈现盐跃层处的盐度波动, 这些都是 MVP 资料比 SBE-9 型 CTD 资料空间分辨率要高一个量级的体现, 因此 MVP 的应用比常规海洋调查仪器 CTD 对于海洋现象的观测更有优势。

4 结论

MVP 是一种海洋调查新技术, 根据其在强跃层处出现的盐度尖峰, 在 F 法、GM 法和 Grose 法的基础上, 提出一种消除由温度传感器和电导率传感器响应时间不一致所产生的盐度尖峰的 MCT 方法。与其它几种方法相比, 在中国近海的 MVP 资料订正上 MCT 法具有一定的优势, 最大程度上减弱了在温盐跃层处的盐度尖峰现象, 详细地显现了全水层的温盐结构。将订正前后的 MVP 盐度资料与 SBE-9 型 CTD 盐度数据进行对比, 其结果为两者盐度数据基本吻合, 订正后资料准确度较高。对 35°N 断面的资料进行对比后发现, 订正前跃层区域的低盐值现象消失。MVP 提供的高水平空间分辨率数据可以针对海洋现象的微细结构做更深入的研究, 对区域海洋、锋面等研究具有重要意义。本研究工作将有力促进 MVP 在中国近海海洋科学研究中的应用。但是 MCT 法是一种插值与平滑滤波处理相结合的方案, 消除盐度尖峰的数据处理过程对垂直方向的分辨率会有一定影响,

因此, 针对此问题将在以后的工作中做更加深入的分析研究。

参考文献:

- [1] Brooke Ocean Technology Ltd. MVP200 Operation and Maintenance Manual[M]. Canada: Brooke Ocean Technology Ltd, 2010: 1-100.
- [2] Fofonoff N P, Hayes S, Millard R C. WHOI/Brown CTD microprofiler: methods of calibration and data handling[R]. Woods Hole : Woods Hole Oceanographic Institution, 1974: 1-64.
- [3] SCOR Working Group 51. The acquisition, calibration and analysis of CTD data[J]. UNESCO Technical Papers in Marine Science.1988, 54: 94.
- [4] Giles A B, McDougall T J. Two methods for the reduction of salinity spiking of CTDs[J]. Deep Sea Research Part A Oceanographic Research Papers. 1986, 33(9): 1253-1274.
- [5] 张爱军. 几种常用的 CTD 资料时间滞后订正方法的分析和比较[J]. 海洋通报, 1992, 5: 102-109.
- [6] 许建平. 温盐深剖面仪资料的校正和处理技术[J]. 海洋技术, 1987, 4: 39-48.
- [7] 陈上及, 马继瑞. 海洋数据处理分析方法及其应用[M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 1-88.
- [8] Océanographiques Gmdeslten. Background papers and supporting data on the international equation of state of seawater 1980[M]. Paris: Unesco, 1981: 1-30.
- [9] Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards, Unesco. Background papers and supporting data on the practical salinity scale 1978[J]. Unesco technical papers in marine science. 1981, 37: 1-48.
- [10] Preston T H. The International Temperature Scale of 1990(ITS-90)[J]. Metrologia. 1990, 27(1): 3-10.

A data processing method on the hysteresis effect of temperature and conductivity of moving vessel profiler (MVP)

REN Qiang^{1, 2}, YU Fei¹, DIAO Xin-yuan¹, SI Guang-cheng¹, WEI Chuan-jie¹

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Received: Aug., 23, 2013

Key words: moving vessel profiler (MVP); salinity spiking; match conductivity and temperature response time (MCT) method

Abstract: The moving vessel profiler (MVP) is a high integration and automatic equipment for marine investigation. Multi-parameter can be observed simultaneously to obtain data with high spatial resolution. Since the response time of sensors does not match between temperature and conductivity, a serious salinity spiking appears when the speed of lowering MVP is too fast (peaking speed 4 m/s). In this study, we proposed a novel method to weaken the salinity spiking via matching the response time of pressure, temperature, and conductivity sensors. The results showed that the error of corrected data was reduced by 80% compared with SBE-9 conductance temperature depth (CTD) data, and the cross-correlation with CTD data was 0.917. In addition, the area of low salinity in halocline of 35 °N section disappeared after correction. It indicated that MVP has advantages in fine structure over CTD.

(本文编辑: 李晓燕)