# 国家自然科学基金委 2017 年度西太平洋开放共享航次

# 秋季航次(布放自动剖面浮标)报告(2017年10-11月)

中国Argo 实时资料中心 国家海洋局第二海洋研究所 2017年12月28日

## 报告内容

- 一、任务来源
- 二、调查船
- 三、组织落实
- 四、调查区域与测站位置
- 五、调查项目与主要观测内容
- 六、调查仪器设备及主要技术指标
- 七、主要调查成果
- 八、数据质量控制
- 九、问题与建议
- 十、致谢

### 一、 任务来源

本航次任务来源于中央级大型科研仪器设备购置专项资助的"自动剖面浮标实时海洋观测系统"项目(2017-2018),投入1200万元购置45个自动剖面浮标,支持中国Argo 计划的组织实施及Argo 大洋观测网的建设维护,其中有15个国产北斗剖面浮标、15个进口铱卫星浮标、10个生物剖面浮标及5个深海剖面浮标,并搭载2-3个航次布放在西北太平洋台风海域和南海海域。任务内容包括使用铱星剖面浮标对西北太平洋台风海域进行实时加密观测,获取台风天气条件下上层海洋环境数据资料;使用国产北斗剖面浮标在南海构建区域实时海洋观测网;以及利用深海Argo 浮标及生物Argo 浮标(主要包含温度、盐度、溶解氧、叶绿素、pH等参数)开展深海(大于4000米)及生物地球化学领域的监测试验等,旨在为全球气候变化、台风基础研究及海洋与大气业务化预测预报等提供重要数据源。2017年10月15日至11月17日,本项目搭载由中科院海洋研究所负责的国家自然科学基金委西太平洋开放共享航次,在西太海域布放了5个国产北斗剖面浮标(HM2000型)。本报告仅反映了剖面浮标与船载CTD仪及实验室高精度盐度计等观测、测量的结果及其比测情况。

### 二、调查船

本航次由中国科学院海洋研究所的"科学"号科学考察船执行。该船主要性能如下:

船长: 99.80米

型深: 8.9 米

总吨位: 4711 吨

自持力: 60 天

载员: 80人

最高航速: 15节

经济航速: 13节

续航力: 15000 海里

造船厂: 武昌船舶重工有限责任公司

建成日期: 2012年06月

隶属单位:中国科学院海洋研究所

船港籍: 青岛

型宽: 17.80米

满载吃水: 5.6 米

满载排水量: 4600 吨



图 1 "科学"号调查船

### 三、 组织落实

本航次由中国科学院海洋研究所周慧副研究员担任首席科学家,调查队由来自 3 个国内相关科研机构和高校的 29 名科研人员组成,搭载了 10 个单位的 26 个国家级重大科研项目(实际派人上船的项目有 13 个)任务,历时 33 天,航程 5200 余海里。其中,自动剖面浮标布放任务由中国 Argo 实时资料中心吴晓芬助理研究员负责实施,船载 CTD 仪观测则由"科学"号调查船工程技术部的工作人员负责。

### 四、 调查区域与测站位置

本航次调查区域位于(122.75 E,18 N)、(130 E,18 N)、(130 E,2 N)、(126.7 E,8 N)等包围的西太平洋海域(图 2)。除了布放 5 个自动剖面浮标及进行 CTD 仪比较观测和采集水样外,还进行了探空气球、漂流浮标和 XCTD 的布放,以及 X-Vane 痕量元素采样、湍流观测和海洋微塑料颗粒拖网采样等,同时还分别回收和布放了 3 套潜标。

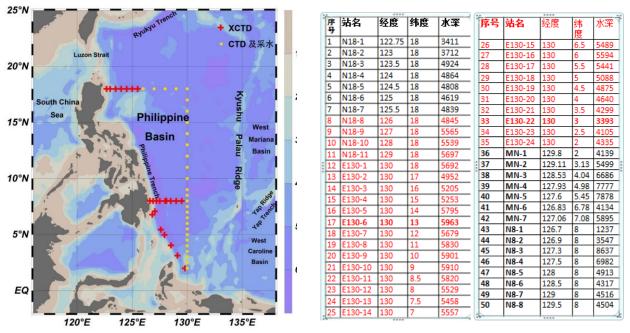


图 2 航次站位分布(右图中黑色字体为 XCTD 站位,红色则为全水深 CTD 站位)

自动剖面浮标的布放工作始于 2017 年 10 月 28 日,结束于 2017 年 11 月 11 日。由于 航途中遭遇第 21 号台风"Lan(兰恩)"的影响,以及航次首席科学家希望能有 1-2 个浮标可以投放在棉兰老涡的中心,以便能观测该涡旋的内部结构,在征得项目负责人的意见后,对浮标布放方案进行了相应的调整,即将原定 14.00 N 和 11.00 N 布放的两个浮标(WMO编号分别为 2902712 和 2902715),分别调整到 7.5°00' N 和 8°00' N 附近(均为 130 至 断面)

位置进行布放,其它3个浮标投放站位不变(表1)。按计划布放完每个浮标后,在附近区域进行船载CTD 仪比较观测,并利用携带的玫瑰型采水器采集水样,以便利用实验室高精度盐度计测定代表性层次上的盐度。

截止 2017 年 12 月 20 日,5 个浮标已经累计获得了 41 条高质量的温、盐度剖面数据。

浮标编号 平台号 站位 WMO 编号 浮标类型 计划投放纬度 计划投放经度 投放纬度 投放经度 E130-2 2017-011 247840 2902704 HM2000 17.00 N 130.00 E 16°59' N 130°00' E E130-13 241918 130°00' E 2017-019 2902712 HM2000 14.00 N 130.00 E 7.5°57' N E130-7 2017-012 247847 2902705 HM2000 12.00 N 130.00 E 11°59' N 130°00' E E130-12 2017-022 247850 2902715 HM2000 11.00 N 130.00 E 129°59' E 8°00' N 129°59' E 2017-014 241914 10.00 N 130.00 E 10°00' N E130-9 2902707 HM2000

表 1 2017年10-11月航次剖面浮标投放概位表

### 五、 调查项目与主要观测内容

按调查计划,本航次的调查项目主要有布放自动剖面浮标,采用船载 CTD 仪比较观测,以及采用玫瑰型采水器采集特定层次上的水样,并进行实验室盐度测定等。

观测内容包括:水温、电导率(盐度)、压力,以及浮标漂移轨迹等。浮标的剖面采样周期根据国际 Argo 指导组的要求,确定为 5 天(其中棉兰老涡中心的两个浮标为每天一个剖面)观测一个 0~2000dbar 水深的剖面,其漂移深度设定为 1000dbar,并利用北斗卫星发送相关信息及温度、电导率和压力剖面数据等;浮标的采样层次为 110 层,分别是海面至 200dbar 深为每间隔 5dbar 采样一次,200-500dbar 深为每间隔 10dbar 采样一次,500-1000dbar 深为每间隔 20dbar 采样一次,1000-1500dbar 深为每间隔 50dbar 采样一次,1500-2000dbar 深为每间隔 100dbar 采样一次;在 5 个剖面浮标投放站位,船载 CTD 仪的剖面观测均为全深度(即表层到底层,各站位水深基本都超过 4000dbar)观测,采样速率为 24Hz,约每米采集 30 个数据;采水层次分别为 2000dbar、1800dbar、1500dbar、1200dbar、1000dbar、750dbar、500dbar、200dbar、50dbar 等 9 层(其中确保采集 2000dbar-1000dbar 深度范围内的 5 层水样,作为比测的重点,1000dbar 以浅采水则视实际情况而定)。

### 六、调查仪器设备及主要技术指标

本航次投放的浮标均为国产的 HM2000 型(采用北斗通讯)剖面浮标,船载 CTD 仪为美国海鸟公司生产的 SBE-911 型,以及加拿大 Guildline 公司生产的 AUTOSAL 8400B 型实验室高精度盐度计等。

### 1、自动剖面浮标

本航次布放的 HM2000 型剖面浮标(图 3),由中船重工第 710 研究所研制,其主要技术指标如表 2 所示。这也是目前唯一被国际 Argo 组织认可并接纳用于全球 Argo 实时海洋观测网建设与维护的国产剖面浮标,可利用我国北斗导航系统提供定位和观测数据的传输服务(也称"北斗剖面浮标"),以及设立在杭州的"北斗剖面浮标数据服务中心",直接接收、解码和处理来自该类型剖面浮标的观测信息和测量数据,并可按国际 Argo 资料管理组的要求进行严格质量控制,随后通过中国气象局的全球通讯系统(GTS)接口,与世界气象组织(WMO)和国际 Argo 计划成员国及时共享。

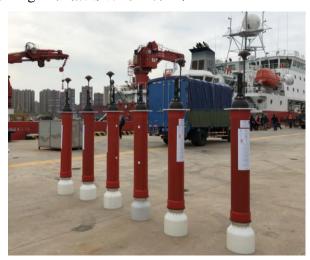


图 3 HM2000 型剖面浮标

### 表 2 HM2000 型剖面浮标的主要技术指标

技术要素	技术指标
使用寿命	最多3年
循环周期	1~10 天,可更改
漂流深度	1000dbar,可更改
剖面深度	2000dbar,可更改
温度测量范围	-5∼+45°C
温度测量精度	±0.002°C
温度分辨率	0.001℃
盐度测量范围	2∼42 PSU
盐度测量精度	±0.002PSU
盐度分辨率	0.001PSU
压力测量范围	0∼2500bar
压力测量精度	±2dbar
压力分辨率	0.1dbar

中国 Argo 实时资料中心和中船重工第710 研究所的技术人员在"科学"号启航前对原计划投放的6个浮标进行了最后一次检测,发现其中一个浮标信号微弱,并由710 所技术人员带回厂家检修,故本航次实际投放了5个 HM2000 型剖面浮标。

### 2、船载 CTD 仪

本航次 CTD 观测采用了 SeaBird 911 型 CTD 仪(图 4),由美国海鸟公司生产,其主要技术指标如表 3 所示。

需要指出的是,由于受台风及涌浪等环境条件的影响,"科学"号科考船携带的船载 CTD 仪分别在 2017 年 10 月 27 日和 11 月 1 日出现两次信号传输错误,后经对 CTD 仪重 新布缆,方才使得 CTD 仪恢复正常工作。

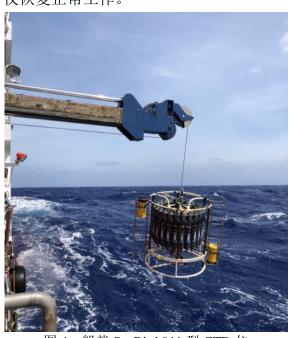


图 4 船载 SeaBird 911 型 CTD 仪

表 3 SBE-911 CTD 仪主要技术指标

技术要素	技术指标
电导率测量范围	0-70mmho/cm
温度测量范围	-5-35℃
压力测量范围	最大至 15000PSIA
电导率初始精度	0.003mmho/cm
温度初始精度	0.001℃
压力初始精度	测量最大值的 0.015%
电导率分辨率	0.0004 mmho/cm
温度分辨率	0.0002°C
压力分辨率	测量程的 0.001%

### 3、实验室盐度计

"科学"号科考船本身没有配备实验室盐度计,由中国 Argo 实时资料中心临时租用一台从杭州带上船。这是一台由加拿大 Guildline 公司生产的 Autosal 8410A 型实验室高精度 盐度计(技术指标见表 4),临时安装在"科学"号调查船的温控实验室内(图 5),用于对由 玫瑰型采水器采集的海水样品进行现场测定,以便检验船载 CTD 仪剖面测量结果的代表性 及其精度,从而验证自动剖面浮标观测结果的准确性。



图 5 临时安装在调查船上的 8410A 型盐度计



图 6 固定在陆上实验室中的 8400B 型盐度计

≢ ₁	ATITOCAT QAIDA	型实验室盐度计主要技术指标
<del>7</del> 4	ALLIUSAL X410A	双头紧急负担工业务拉入指标

技术要素	技术指标
测量范围	2∼42psu
精确度	±0.003psu
最大分辨率	0.0003psu
水槽温度精确度	±0.001℃

### 表 5 AUTOSAL 8400B 型实验室盐度计主要技术指标

技术要素	技术指标
测量范围	2~42psu
精确度	±0.002psu
最大分辨率	高于 0.0002psu
水槽温度精确度	±0.02℃

需要指出的是,在海上检测过程中,发现该盐度计存在无法正常定标的问题。后经技术人员反复排查,从船上电压是否匹配、传导单元中是否有气泡停留,到水槽及环境温度是否控制良好等,但最终依然无法排除故障,故将现场采集的海水样品带回陆上实验室,

使用 Guildline 公司生产的 Autosal 8400B 型实验室高精度盐度计(技术指标见表 5)进行了测定(图 6)。

### 七、 主要调查成果

按预定计划,本航次顺利投放了 5 个自动剖面浮标(图 6-8,表 6,附件一)。根据这些浮标的工作寿命(约 1~3 年)和性能(每隔 5 天观测一个 2000dbar 水深到表层的剖面),预计可获得至少 700 多个温、盐度和压力剖面。这些浮标的第一个剖面信息可以在布放后的 12 小时内从位于杭州的北斗剖面浮标数据服务中心获取;此外,还获得了全部 CTD 站位(包括 5 个浮标投放站位)的 CTD 仪观测剖面,以及 5 个浮标投放站位约 9 个特定层次上的水样(图 9 及附件二),其中为确保充足的水样,1000-2000dbar 深度范围每层采集 2 瓶水样(有些站位水量充足时则采集了 3 瓶),1000dbar 以浅范围每层采集 1 瓶水样,计105 瓶(其中 N18-8 和 E130E-7 站上由于玫瑰型采水器发生故障,未能采集到 1000dbar 以浅深度范围的 4 个层次)。



图 6 浮标开机检测信号



图 8 投放入水后的浮标



图 7 开始投放浮标



图 9 采集海水样品

此外,为了查看 CTD 仪在航次前后是否存在测量误差,我们还采集了第一个 CTD 站位和最后一个 CTD 站位 9 个标准层上的水样,其中第一个 CTD 站位每层采水 1 瓶,最后一个 CTD 站位每层均采水 2 瓶,共计 27 瓶(附件二)。

航次结束后,除了北斗剖面浮标数据服务中心提供的 5 个浮标观测的剖面数据外,还使用 AUTOSAL 8400B 型高精度盐度计获得了特定水层上的 58 个盐度值(附件三)。

浮标编号	投放时间	获取剖面时间
2902705	10月28日17:07	10月29日00:04
2902707	10月29日15:18	10月29日22:41
2902715	10月31日5:00	10月31日10:02
2902712	10月31日17:57	11月1日02:00
2902704	11月11日6:47	11月11日14:05

表 6 5 个浮标投放和获取首个剖面时间

### 八、数据质量控制

为了掌握自动剖面浮标布放后携带的 CTD 传感器的测量性能及其观测精度,根据国际 Argo 指导组(AST)和资料管理小组(ADMT)的要求,尽可能借助船载 CTD 仪对自动 剖面浮标观测的温、盐度资料,特别是第一条观测剖面进行现场质量控制,以验证剖面浮标观测资料的质量。为此,考虑到船载 CTD 仪在运输、安装以及海上测量过程中,遭遇恶劣海况条件(比如本航次遭遇两次台风)和周围电子信号干扰,甚至电子原器件老化和海面油污污染等因素的影响,可能会带来自身的测量误差,故利用船载 CTD 仪携带的玫瑰型采水器收集代表性层次(通常在 1000dbar 深度以下)上的海水样品(一般而言,深层海水的盐度相对比较保守,在一定时间和范围内基本保持恒定,且水深越大,变化越小),再利用实验室高精度盐度计测量出代表性层次上的海水样品盐度值,通过比较、确定船载 CTD 仪的观测结果正确无误后,再用来验证自动剖面浮标的观测结果。这一质量控制方法已经普遍被国际物理海洋界所认可,并被广泛应用于对剖面浮标观测资料质量高低的评判及其对 Argo 数据的延时模式质量控制中。

在对本航次获取的同步或准同步观测资料进行比较、佐证的过程中,由于上船临时安装的 Autosal 8410A 型盐度计出现无法正常定标的问题,故将海水样品携带回陆上实验室使用 Autosal8400B 型盐度计进行测量,完成时间是 2017 年 12 月 1 日。

航次期间,由于受台风等恶劣天气、海况的影响,船载 CTD 仪曾发生 2 次故障, CTD 仪的观测精度是否受到了影响?为此,我们首先对第一个(N18-8)和最后一个(N18-10) CTD 站位上观测的盐度剖面与利用特定层上海水样品测定的盐度,进行了对比(表7)分析,发现在 1000dbar 以深,二者的差值均小于 0.02(完全满足《海洋调查规范(GB/T12763.2-2007)--海洋水文要素调查》对盐度准确度一级标准(±0.02)的要求),而且绝大多数比测层上的差值绝对值都小于 0.01(在 0.0003~0.0063 范围内变化),也能满足国际上对盐度测量准确度的要求。由此可见,本航次获得的船载 CTD 仪观测数据应该是可信的。

表 7 航次首末站位 CTD 仪观测盐度值与实验室盐度计测量盐度值结果的对比表 航次第一个 CTD 站位: N18-8

序号	1	2	3	4	5	6	7
压力 (dbar)	4642	4000	3000	2500	2000	1500	500
盐度值(盐度计)	34.7003	34.6852	34.6737	34.6591	34.6346	34.5862	34.2743
盐度值(CTD)	34.6841	34.6825	34.6681	34.6546	34.6281	34.5799	34.2681
盐度差值(盐度计-CTD)	0.0162	0.0027	0.0056	0.0045	0.0062	0.0063	0.0062

航次最后一个 CTD 站位: N18-10

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
压力 (dbar)	5600	5000	4000	3000	2000	1000	500	200	50
盐度值(盐度计)	34.6821	34.6852	34.6811	34.6672	34.6338	34.5034	34.1833	34.8563	34.7753
盐度值(CTD)	34.6818	34.6820	34.6790	34.6642	34.6303	34.5056	34.1780	34.8707	34.7540
盐度差值	0.0003	0.0032	0.0021	0.0030	0.0035	-0.0022	0.0053	-0.0144	0.0213
(盐度计-CTD)									

在确定了本航次 CTD 仪观测数据可靠的基础上,对 5 个浮标投放站位进行了盐度计测定盐度、CTD 仪观测盐度与剖面浮标观测盐度的比测分析(如表 8 所示)。一般航次收集的 CTD 数据是 CTD 仪下沉至海底过程中观测获得的资料,然而由于海水样品的采集是在 CTD 仪上升的时候发生的,所以**与样品测定的盐度相比较的应当是上升时候的 CTD 数据**,表 8 中列出的【盐度值(CTD)】正是上升过程中测量的盐度。

比较 E130-7 站位的盐度值(表 8,下同)可以看出,在 1000dbar 以深范围,剖面浮标 (约投放后 7 小时获取第一条剖面,经、纬度位置为 11.944 N, 129.941 E)和 CTD 仪与 盐度计相比,1000dbar 以深范围,二者的盐度值与盐度计的差值均小于±0.01 (满足国际上盐度测量标准),在-0.0019~0.0049 之间变化,各观测资料之间的吻合性较好,在图 10 (上)则显示为盐度计测量值(圆圈表示)紧贴剖面浮标和 CTD 仪盐度剖面曲线;1000dbar

以浅的 3 个水样, 经测定, 其盐度值与剖面浮标和 CTD 仪的观测数据差值均超过±0.01(但盐度差值绝对值未超过 0.02 的国内盐度测量标准), 由图 10(下)可以看出, 500dbar 以浅盐度变化相对比较剧烈。

E130-9 站位在 1000dbar 以深范围同样采集了 5 个水样,其中 CTD 仪与实验室盐度计的盐度差值绝对值只在 2 个层次(1000dbar 和 2000dbar)上略大于 0.01,而剖面浮标与实验室盐度计的盐度差值有 3 个层次超出±0.01 的范围(不过,它们与盐度计的差值仍未超出±0.02 的范围),后者可能与剖面浮标的第一个剖面位置并非与 CTD 采水站位非常一致有关。查看元数据可知,E130-9 站位浮标在投放后漂移了约 8 小时后(位于 130.002 ℃、10.003 N,表 6)发送了第一个观测剖面(可能恰好漂移到两个水团交界处)。E130-12 站位上,表层到 2000dbar 范围,除去 500dbar 层(差值为 0.0115),CTD 仪与实验室盐度计的盐度差值绝对值全部小于 0.01,而剖面浮标与盐度计盐度差值的绝对值在 1000dbar 以深范围,仅仅在一个层次(1200dbar)上大于 0.01(小于 0.02)。 E130-9 和 E130-12 两个站位 1000dbar 以浅盐度变化同样比较复杂(图 11 及 12),尤其是 E130-9 站位 200dbar 层,无论是剖面浮标或者 CTD 仪,其与盐度计测定值之间的差值均在 0.5 左右,由于该层只采集了 1 瓶海水,所以目前无法确定是否盐度计测量过程中出现人为误差。

E130-13 站位上,1000dbar 以深,CTD 仪与盐度计之间的差值绝对值仅在 1500dbar 层 (0.0101) 略微超过 0.01,而剖面浮标与盐度计的差值绝对值在 1500dbar (-0.0145) 和 1000dbar (-0.0145) 两个层次上超过了 0.01; E130-2 站位上,CTD 仪与盐度计的盐度差值,除去 50dbar 层(差值为 0.0109),其余各层上的差值均未超过±0.01 的范围,在-0.0091~-0.0010 之间变化;剖面浮标与盐度计的盐度差值仅在 1000dbar 层略超过-0.02,其它层次上的差值绝对值均小于 0.01。

表 8 5 个浮标投放站位 CTD 仪与剖面浮标观测盐度值及实验室盐度计测量盐度值对比表 (注: 蓝色表示差值绝对值大于 0.01, 红色则表示差值超过 0.02)

站位:	E130	-7
-----	------	----

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
压力 (dbar)	2000	1800	1500	1200	1000	400	150	75
盐度值(CTD )	34.6286	34.6121	34.5800	34.5588	34.5463	34.4100	35.1076	34.2237
盐度值 (浮标)	34.634	34.599	34.568	34.547	34.530	34.399	35.067	34.314
盐度值(盐度计)	34.6305	34.6072	34.5752	34.5569	34.5342	34.4293	35.1219	34.2399
盐度差值(CTD -盐度计)	-0.0019	0.0049	0.0048	0.0019	0.0121	-0.0193	-0.0143	-0.0162
盐度差值(浮标-盐度计)	0.0035	-0.0082	-0.0072	-0.0099	-0.0042	-0.0303	-0.0549	0.0441

### 站位: E130-9

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
压力 (dbar)	2000	1800	1500	1200	1000	750	500	200	50
盐度值(CTD up)	34.6355	34.6229	34.6000	34.5645	34.5405	34.5216	34.5127	34.4611	34.0467
盐度值 (浮标)	34.651	34.610	34.606	34.553	34.541	34.511	34.452	34.510	34.049
盐度值(盐度计)	34.6482	34.6232	34.6085	34.5654	34.5520	34.5354	34.5301	35.0045	34.0710
盐度差值(CTD -盐度计)	-0.0127	-0.0003	-0.0085	-0.0009	-0.0115	-0.0138	-0.0174	-0.5434	-0.0243
盐度差值 (浮标-盐度计)	0.0028	-0.0132	-0.0025	-0.0124	-0.0110	-0.0244	-0.0781	-0.4945	-0.022

### 站位: E130-12

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
压力(dbar)	2000	1800	1500	1200	1000	750	500	200	50
盐度值(CTD up)	34.6358	34.6215	34.5960	34.5632	34.5424	34.5196	34.5035	34.4746	33.9035
盐度值 (浮标)	34.628	34.618	34.583	34.552	34.533	34.511	34.485	34.472	33.938
盐度值(盐度计)	34.6343	34.6272	34.5884	34.5705	34.5422	34.5224	34.4920	34.4758	33.9090
盐度差值(CTD -盐度计)	-0.0015	-0.0053	0.0076	-0.0073	0.0002	-0.0028	0.0115	-0.0012	-0.0055
盐度差值(浮标-盐度计)	-0.0063	-0.0092	-0.0054	-0.0185	-0.0092	-0.0114	-0.007	-0.0038	0.029

### 站位: E130-13

序号	1	2	3	4	5	6	7
压力 (dbar)	2000	1800	1500	1200	1000	750	500
盐度值(CTD)	34.6347	34.6176	34.5914	34.5591	34.5379	34.5264	34.5356
盐度值 (浮标)	34.632	34.615	34.587	34.559	34.533	34.520	34.538
盐度值(盐度计)	34.6417	34.6240	34.6015	34.5644	34.5475	34.5322	34.5442
盐度差值(CTD-盐度计)	-0.0070	-0.0064	-0.0101	-0.0053	-0.0096	-0.0058	-0.0086
盐度差值 (浮标-盐度计)	-0.0097	-0.0090	-0.0145	-0.0054	-0.0145	-0.0122	-0.0062

### 站位: E130-2

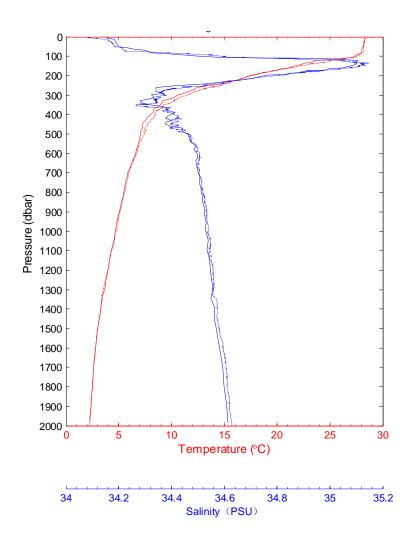
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
压力 (dbar)	2000	1800	1500	1200	1000	750	500	200	50
盐度值(CTD up)	34.6201	34.6015	34.5733	34.5394	34.5247	34.4387	34.2805	34.8948	34.5404
盐度值 (浮标)	34.619	34.602	34.573	34.542	34.509	34.439	34.268	34.915	34.722
盐度值(盐度计)	34.6215	34.6025	34.5770	34.5424	34.5293	34.4446	34.2890	34.9020	34.5295
盐度差值(CTD -盐度计)	-0.0014	-0.0010	-0.0037	-0.0030	-0.0046	-0.0059	-0.0091	-0.0072	0.0109
盐度差值(浮标-盐度计)	-0.0025	-0.0005	-0.0040	-0.0004	-0.0203	-0.0056	-0.021	0.013	0.1925

综上所述,不仅航次第一个和最后一个 CTD 站位上船载 CTD 仪观测的盐度与现场采集的海水样品盐度基本吻合,5 个浮标投放站位上 CTD 仪观测的盐度也与采集的海水样品盐度基本吻合(1000-2000dbar 范围采集 5 层水样,5 个站位共计 25 个盐度比对层,CTD 仪观测的盐度值与样品盐度之间差值仅在3 个层次不能满足盐度测量的国际准确度标准(±0.01),占12%)。故此,我们认为,虽然 CTD 在航次期间出现过 2 次故障,但幸运的是,其观测资料仍然是可信的,故此可以用来校正剖面浮标观测资料。

进一步,我们绘制了 5 个布放浮标站位上的 T-S 曲线和温、盐度垂直分布,如图 10-14 所示,其中上图呈现的是各个测站上的温、盐度垂直分布,红色点划线表示由 CTD 仪观测的温度 (注:此处使用的是 CTD 仪下沉时测量的数据,下同)、红色实线表示由剖面浮标观测的温度,蓝色点划线为 CTD 仪观测的盐度、蓝色实线为剖面观测的盐度;下图为各个测站上的 T-S 曲线,黑色线条表示 CTD 仪观测结果、红色为剖面浮标观测的结果。

表 9 5 个浮标投放站特定层上浮标观测盐度与 CTD 仪观测盐度间的差值

站位	层次	盐度	盐度	盐度差	站位	层次	盐度	盐度	盐度差
	(dbar)	(CTD)	(浮标)	(CTD-浮标)		(dbar)	(CTD)	(浮标)	(CTD-浮标)
E130-7	2000	34.6313	34.634	-0.0027	E130-12	2000	34.6351	34.628	0.0071
	1800	34.6141	34.599	0.0151		1800	34.6217	34.618	0.0037
	1500	34.5852	34.568	0.0172		1500	34.5969	34.583	0.0139
	1200	34.5608	34.547	0.0138		1200	34.5654	34.552	0.0134
	1000	34.5418	34.530	0.0118		1000	34.5416	34.533	0.0086
E130-9	2000	34.6342	34.651	-0.0168	E130-13	2000	34.6340	34.632	0.0020
	1800	34.6212	34.610	0.0112		1800	34.6176	34.615	0.0026
	1500	34.5996	34.606	-0.0064		1500	34.5910	34.587	0.0040
	1200	34.5623	34.553	0.0093		1200	34.5571	34.559	-0.0019
	1000	34.5425	34.541	0.0015		1000	34.5398	34.533	0.0068
E130-2	2000	34.6195	34.619	0.0005					
	1800	34.6004	34.602	-0.0016					
	1500	34.5718	34.573	-0.0012					
	1200	34.5379	34.542	-0.0041					
	1000	34.5214	34.509	0.0124					



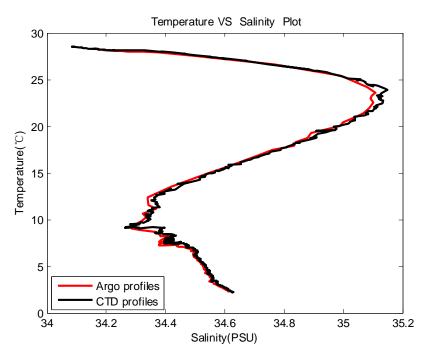


图 10 E130-7 站位上温、盐度垂直分布(上)和 T-S 曲线(下) (注:上图中点划线为 CTD 仪观测,实线为剖面浮标观测,下同)

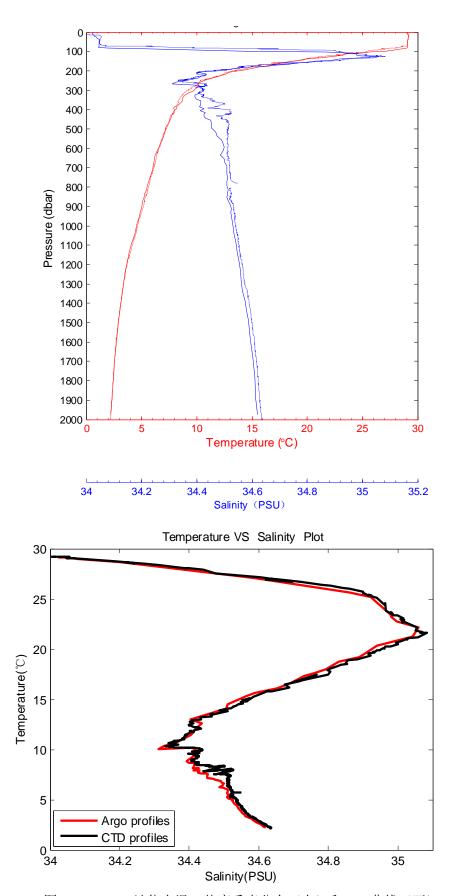


图 11 E130-9 站位上温、盐度垂直分布(上)和 T-S 曲线(下)

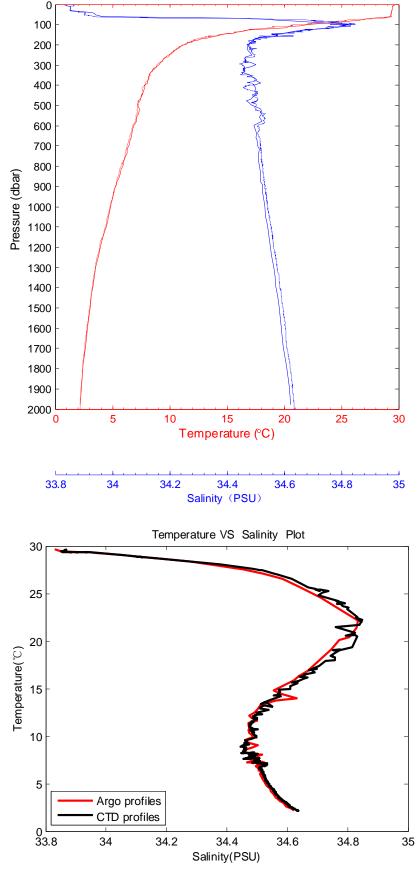


图 12 E130-12 站位上温、盐度垂直分布(上)和 T-S 曲线(下)

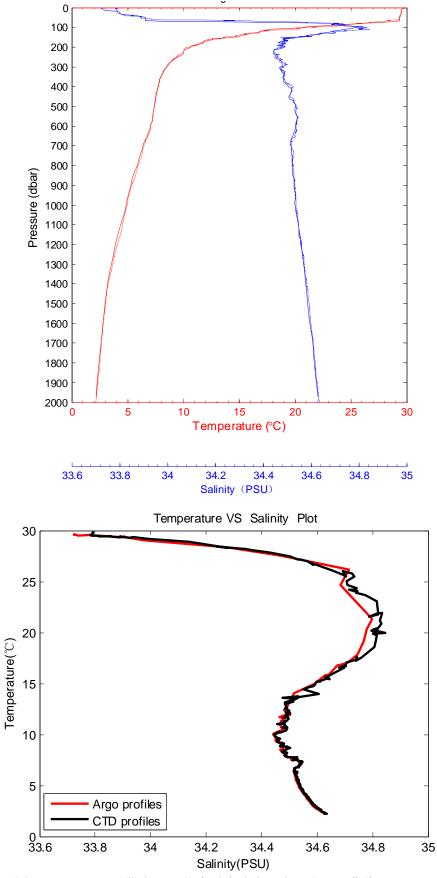


图 13 E130-13 站位上温、盐度垂直分布(上)和 T-S 曲线(下)

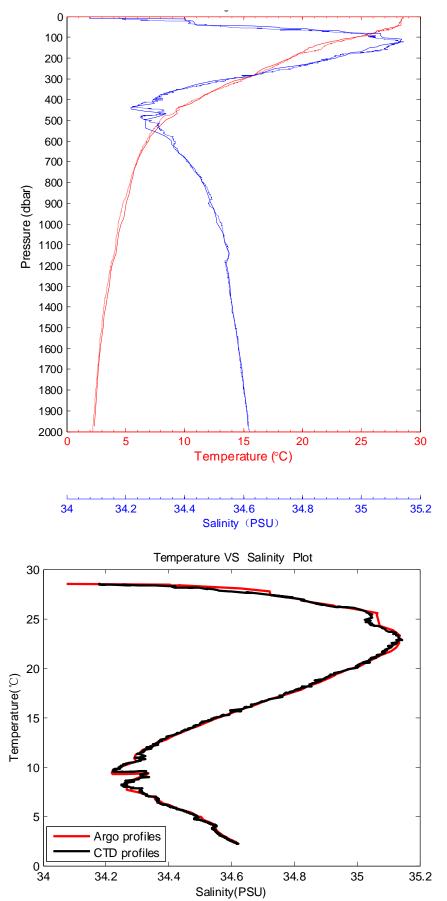


图 14 E130-2 站位上温、盐度垂直分布(上)和 T-S 曲线(下)

由图 10-14 可以看出,1000dbar 以深范围,E130-13 和 E130-2 两个站位上 CTD 仪和剖面浮标的盐度曲线吻合的很好(这在表 9 中也可以看出,盐度差值均在±0.01 的范围以内),而其余 3 个站位 CTD 盐度曲线(蓝色点划线)均落在剖面浮标盐度曲线的右侧,也即 CTD 仪观测盐度要略大于剖面浮标观测的盐度,然而所有的差值绝对值仍然不超过 0.02 的国内盐度测量要求,说明这些剖面浮标观测获得的盐度值也都是可信的。

### 九、 问题和建议

在对深海大洋进行温、盐度剖面观测时,利用船载 CTD 仪及其玫瑰型采水器进行同步测量和采集水样(再利用实验室高精度盐度计进行现场测定)是十分重要、也是十分必要的一项基础工作,否则就很难佐证和校正由自动剖面浮标长期在海上漂移所获得的观测资料的质量;同时,也能验证船载 CTD 仪观测资料的质量和可靠性。这里,根据上述分析和对观测数据的质量控制,提出几点对策和建议:

### 1、国产剖面浮标的布放过程有待进一步优化

在码头检测浮标通讯信号时,有一个浮标出现问题,需返厂维修。虽然之后投放的 5 个浮标在投放前开机信号均正常,顺利投放并发回观测剖面信息,但是开机后(由于调查 船在海上航行过程中网络信号匮乏)检查通讯信号的过程比较繁琐和复杂,希望浮标研制单位能参考国外进口浮标的先进技术,进一步简化国产浮标的布放程序。

此外, 浮标生产厂家提供的浮标投放时使用的绳子太粗, 而在浮标平衡盘上留的孔又太小, 导致浮标放到水面后绳子难以快速收回, 增加了浮标体卷入船底的危险。为此, 建议浮标生产厂家在绳子的质量以及粗细等问题上也能够进行改进。

### 2、充分认识实验室高精度盐度计在深海大洋观测中的必要性

《海洋调查规范(GB/T12763.2-2007)-海洋水文要素调查》之"盐度调查"的规定:"在利用 CTD 测盐度时,每天至少选择一个比较均匀的水层,与利用实验室盐度计对海水样品的测量结果比对一次。深水区测量盐度时,每天还应采集水样,以便进行现场标定"。根据这项规定,建议从事深海大洋调查的科学考察船上,务必配备高精度实验室盐度计。

这次"科学"号船载 CTD 在作业过程中两次出现故障,若缺乏实验室盐度计测量海水样品进行比对,一旦 CTD 仪观测资料出现漂移、偏移等系统误差或偶然误差,就无法校正,整个航次 CTD 数据研究难以得到保证,且原来采用船载 CTD 仪检验自动剖面浮标观测资料质量的计划也会落空。在使用实验室高精度盐度计对 CTD 仪观测资料进行比对时,还需

要船载 CTD 仪配备玫瑰型采水器采集代表性层次上的水样,此次 CTD 仪采水过程中,由于玫瑰型采水器使用年限较长,有几个采水瓶出现故障一直未能顺利采到水样,导致有些站位水量比较紧张。因此建议在对 CTD 仪进行标定的同时,也能及时检查和更换采水瓶。

中国 Argo 实时资料中心呼吁广大项目负责人和首席科学家、调查航次的首席科学家们,以及广大海洋科技工作者,能高度重视在深海大洋调查中获取的观测资料的质量,并能积极主动地提供在深海大洋上获得的高质量船载 CTD 仪观测资料,以便用于检验和校正广阔海洋中数以千计自动剖面浮标观测资料的质量,使之在我国基础研究和业务化应用,以及应对全球气候变化中发挥更大的作用。

### 十、致谢

本航次剖面浮标布放任务得到了调查队首席科学家周慧副研究员、刘成龙队长和全体调查队员,以及中国科学院海洋研究所船舶中心和"科学"号调查船刘合义船长及全体船员的鼎力支持和帮助,在此深表感谢!此外,还要特别感谢"科学"号调查船上的靳宪芳轮机长对海上盐度比测工作的大力支持。由于盐度计的测量需要一个稳定的环境温度,是靳轮机长认真负责、及时排查,分析故障原因,终于将温度几乎失控的"温控实验室"恢复了正常工作,并可以长时间持续稳定在 21℃。为此,靳轮机长还专门写了一篇文章(网址:http://mp.weixin.qq.com/s/q-ILv45RJsBZ4w5pCnYAVQ), 抒发了他对海洋调查的感言。靳轮机长对海洋调查工作的热爱和奉献精神,特别值得我们学习!

附件一、剖面浮标布放记录表

附件二、船载 CTD 仪比较观测海水样品采集记录表

附件三、实验室盐度计测量记录表

(执笔人: 吴晓芬)

附件一、剖面浮标布放记录表

# 浮标布放信息记录表

故故意者 原人不過 ··京步入海 指拉峰和 できずる 调查海区:(立太军)拳调查船:字半诊乡调查航沃;通查统次;通测日期:2017年10月16日至2017年11月\_\_日 焔 投放时间 81:51 17:07 5:30 13:4 6:47 开机时间 1017298 10 A 28 B 16:30 40:9 10A318 17:57 (0A31B 4:24 B = E = 外遗水深 E 实际经度 129.59 129°59' 130,00 130,00, 130,00 设计经度 实际纬度 11.29 10,00 15,81 8,00 ,65,91 130,5 1305 130° 12,21 130,5 设计纬度 12,5 100 14.5 S, 2 }\_ ! ZARZWI 4M2000 HMZ000 HMZvvo HMZOOD 浮标类型 WAYO 编号 210 LIOZ - DAOZWH -asozWH 2017-014 MM 2000-浮标编号 E130-12 2017-022 110-1105 2017-019 HMZMOL E130-13 E130-2 测站名 F130-9 5130-7

校核者(签名);

投放者(签名)之四本(签名):吳遊芬

首席科学家(签名):

22

### 船载 CTD 仪比较观测海水样品采集记录表

第一人页

调查船 <u>未斗诊号</u> 海 区 <u>面太平洋</u> 仪器型号 <u>Sea Bird 911</u> 站 号 <u>N18-8 站 位 接 [25°56'</u> 纬 度 <u>18°03'</u>

序 号	层 次	深度	采水瓶号	备 注
1	24	5 m	多一	均为1部
2	22	tom	2	
3	19	100 M	3	
4	16	200 M	4	
5	12	500m	5	
6	10	750m	6	秋瓶盖未合上
7	9	1000M	7	同上
8	7	1500m	8	
9	6	2000m	9	
10	5	2500 M	10	
11	4	3000 m	11	
12	2	4000m	12	
13	1	底匠	13	
				艾有4层本采样失败
				第一个CTO站位

观测者 吴晓芬负责人 月 5

第2页

序号	层 次	深 度	采水瓶号	备 注
1	6	2000m	14-16	3祈(
2	7	1800 m	17-19	ろ者瓦
3	8	1500m	20-22	3.脊克
4	9	1200 m	23-25	3并死
5	10	1000 W	26-28	3. 新瓦
6	14	400m	29-30	2新
7	18	150 m	31	1并死
8	21	75 m	32	1新
				投放第一个Ago等1面
				湾林

第.3页

调查船 <u>科 浸</u> 海 区 <u>西 太平洋</u> 仪器型号 <u>Sea Bird 9</u> 11 站 号 <u>E130-9</u> 经度 <u>129°59′</u> 纬 度 <u>10°00′</u>

序号	层 次	深度	采水瓶号	备 注
1	7	2000M	33-34	2部
2	8	(800 m	35-36	2美瓦
3	9	1500m	37-38	2.并瓦
4	10	1200m	39-40	2.新克
5	11	1000m	41-42	2 并死
6	14	750m	43-44	2 并充
7	15	500 M	45	1 茶配
8	17	200 m	46	并克
9	22	50m	47	1 新瓦
				CTD भो (बेर्ड) 24 को
				(1520m+全深度)
		-		指的第三个Angoisti

观测者 吴坡芬负责人 科教

第<u>4</u>页

 调查船
 木汁浸滤
 海区
 西太平洋
 仪器型号
 Soa Bird 9 11

 站号
 F150-12
 经度
 130°00′
 纬度
 8°00′

				,
序 号	层 次	深 度	采水瓶号	备注
1	6	2000M	48 - 49	2 ¥R
2	7	1800 m	50-51	2. 存机
3	8	1500 m	52-53	2 ¥À
4	9	1200m	54-55	24亿
5	10	1000 m	56-57	2前
6	11	750M	58	茶丸
7	14	500 m	59	1茶兒
8	16	Zvom	60	1并风
9	22	50 M	61	1 并配
				第3个A190滘标
				投放站位
,				

观测者 吴晓芬 负责人 图 451200

第一页

调查船 <u>未补渗多</u> 海 区 <u>130°00′</u> 纬 度 7.5°03′

序号	层 次	深度	采水瓶号	备注
1	6	2000 m	62-63	乙并凡
2	7	1820 m	64-65	2年の
3	8	1500m	66-67	2者改
4	9	1200M	68-69	2新风
5	10	1000 M	70-71	2¥h
6	16	750m	72	補収
7	17	500m	73	(新乾
				第4不A内o 到面没标
		-		投放站位
				新7岁,未来20·m
				末o som

观测者 吴波芬 负责人 图 日晚上 22:48

第6页

调查船 <u>未斗诊号</u> 海 区 <u>高太平洋</u> 仪器型号 <u>SeaBird</u> 911 站 号 <u>E130-2</u> 经 度 <u>130°00′</u> 纬 度 <u>16°59′</u>

序号	层 次	深度	采水瓶号	备 注
1		2000 M	74-75	2 新礼
2		1800 m	76-77	2并九
3		1500 m	78 - 79	2.4克
4		1200m	80-81	2者礼
5		1000m	82-83	2节礼
6		750 m	84	祥和
7		500 m	85	#N
8		200m	86	并死
9		tom	87	神凡
				第5个Ango浮标
				投放站位

观测者 吴波芬负责人 月数

调查船 <u>科学号</u>海区 西太平洋 仪器型号 <u>Sea Bird 9</u>11 站号 <u>N18-10</u> 经度 <u>128°00′</u> 纬度 <u>17°59′</u>

序号	层 次	深 度	采水瓶号	备 注
1	1	5600m	88-89	2桁
2	2	5000 M	90-91	2并凡
3	4	4000 m	92-93	2节况
4	6	3000m	94-95	2 茶配
5	8	2000M	96-97	2节元
6	10	1000m	98-99	2年記
7	14	500 M	100-101	2种
8,	17	200 M	107-103	2英克
9	23	50 m	104-105	240
				最后一个CTD站位

附件三、实验室盐度计测量记录表

AutoSal 8400B 实验室盐度计测量记录表 \*\* |

股票有区 西太平5年 放照日期 2017-11-30 股票的 NIB-8 经度 (25°56 国际: 18°03'N

	2 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	200 11 /des 50 to	C MARKET LINES	( a Vienna	- Land	The second second	MACA 185	111	1
	2017.10.25	500 dbar	5	7	7664-67	6.9+9992 1.9+6302	54.2743		
-	2017.10.25	(500dbar	8	7	1.9+9992	1.9+9992 1.9+7892	34.5862		
~	2417.10.25	2000 dlar	4	71	1.9+9792	1.9+9992 1.9+8137	34.6346		
#	2017.10.25	2017.10.25 2500dfor	10	12	1.9 49992	1.9 +9992 1.9 +8264	34.6591		
10	2017.10.25	2017.10.25 3500 Abar	//	17	1-9+9992	1-9+9902 1.9+8338	34.6737		
4	2017.10.25	2017.10.25 4000 dbor	12	7	1.9+4992	1.9+4992 1.9+8397 34.6852	34.6852		
-	2017.10.25	2017.10.25 4642dbar	13	7	7666+61	1.9+9992 1.9+8474 34.7003	34.7003		
- 1									
1									
1									
1		,	-		4	-	1 1/2/ 11 1/2/	1	1

AutoSal 8400B 实验室盐度计测量记录表 第2 页

数据将区面水平, 美 数割日期: 24/2,11.3° 限制结号: 11/8-10 经度: 128°00 日8度: 17°59′ №

序号	采样时间	采样层次	水样瓶编号	変温(で)	定标值	<b>慰疑值 (2 RA)</b>	盐度值	雄	世
100	8 2017.11.12.	todbar	501-101	21	1.94992	1.94992 1.9+8708	34,1855		
	2017.11.12	200 dbar 102-103	(02-103	71	7.846467	1.949992 1.949263 34.8452	34.8552		
0	2017.11.12		10)-00)	21	1.9+9992	1.9+9992 1.9+5835 34.1833	34.1833		
-1	2017.11.12	2017.11.12 (000 dbar	66-86	7	7666+67	450545 1.9+7470 34,5034	34.5034		
7	12 2017.11.12 2000dbar	Zoosdbar	66-96	7	1.9+9992	1.9+9992 1.9+8135 34.6338	34.6338		
3	2017.11.2	2017.11.12 3000 dbar	36-46	21	1.9+992	1.9+992 1.9+8305 34,6672	34,6672		
+	2017.11.12	2017.11.12 4000dber	92-93	21	1.9+9992	1.9+8377	34.6811		
4	2017.11.12	2017.11.12 5000 16ar	90-41	17	1.9+9792	19+9792 R9+8397 34, 6852	34, 6852		
	2017.11.12	2017.11.12 Eboodbar	60-00	21	7666+67	1.9 +8381	34.6821		
			4						

\*\*\* 吴暖花的\*\* 李多了 man 美球花 计非常关键范 的数据 化分子

31

AutoSal 8400B 实验室盐度计测量记录表

製業権区:15大子、各裁瀬日期2017.12、「双瀬站号で130-7 発度129、ならの地度: 11、ちかい

址			-								
施											
盐度值	34.6305	34 6072	34.5752	- 1	34.5342	34.4293	34.1219	34.2399			
親姫位 (2 RA)	1.9 +9992 1.9+8119	1.9+7999	1.947836	1.9+7739	1.9+7627 34.5342		1.9+9992 1.9+0620	1.94992 1.9+6125 34.2399			
定标值	1.9 +9992	1.9+992	1.9+9992	1.9+9992	7 44996 2	1.9 +9992	7.9 + 9992	1.9+9992			
室攝(C)	17	12	17	17	17	71	17	17			
水样瓶编号	14-16	61-11	22-52	23-25	26-28	29-50	31	32			
采样层次	Zovodbar	goodbar	1 toudbar	1200dbar	lovodbar	Goodbar	150 dbar	75 dbar			
采样时间	17 2017.60.28 2000 dbar	18 201.10.18 , 80006ar	19 2017. (a28 1500 dbar	20 2017.60.28 1200dbar	21 2017.10.28 1000 dbar	22 2017.10.28 400 dlar	2017. (0.28	24 2017.12.18 75 dbar			
序号	17	8	19	2	7	22	23	24			

\*\*\*安城芬也以本女人 ## # 安城节 # # 安城芬 # # 和 到到超

32

AutoSal 8400B 实验室盐度计测量记录表 第 任 所

37-36 37-4 43-4 45-4 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45	26 2017. (0.30 (800d for 35-36 27 2017. (0.30 (500 d for 37-38 28 2017. (0.30 (1000 d for 39-40 30 2017. (0.30 (500 d for 41-42 31 2017. (0.30 (500 d for 45-44 31 2017. (0.30 (500 d for 45 32 2017. (0.30 (500 d for 45 33 2017. (0.30 (500 d for 45) 33 2017. (0.30 (500 d for 45) 34 2017. (0.30 (500 d for 45)	4 21 1.9+9992 1.9+8208 34.6482			7
	平号 来样時间 来样层次 水样瓶編 25 2017,10.30 Zevodbar 33-34 26 2017,10.30 (8vodbar 35-36 27 2017,10.30 (5vodbar 37-18 29 2017,10.30 (1000dbar 41-42 30 2017,10.30 (5vodbar 45-44) 31 2017,10.30 (5vodbar 45-44) 32 2017,10.30 (5vodbar 45-44) 33 2017,10.30 (5vodbar 46) 33 2017,10.30 (5vodbar 46)	水样瓶编号	23-34	33-34	水样瓶编号
平号 采样時间 25 2017,10.30 26 2017,10.30 27 2017,10.30 29 2017,10.30 30 2017,10.30 31 2017,10.30 32 2017,10.30 33 2017,10.30		台	25	25	安全

\*# 美成為 校对者: 车九多 新華老 美成本 计算者: 吳成本 检验者: 一個 100 点

AutoSal 8400B 实验室盐度计测量记录表 第一5 頁

東灣馬区1万大子3分東灣日期.2017.12.1 東灣語号 5130-12 整在1300/ 5 地区 800 N

分社	采样时间	采样层次	水样瓶编号	変器(C)	定标值	網量値 (2 R <sub>A</sub> )	盐度值	NE NE	#
4	2017.10.31	2017.10.31 Jose dbar	64-84	2	1.949992	1,9+9992 1.9+8134	34.6343		1
36		1800 dbar	15-05	12	1.9 49992	1018+811 7566+67	34.6272		
36				7	1.9+9992	1.9+7900	34.5884		1
27	15.01.105		54-45	17	7666+6.1	1.9 + 7812	34.5705		
38			5-6-57	17	1.9+9992		1.9+7664 34.5422		1
39		2017, 10.31 750 dbar	88	12	1.94992	1.9+7568	1.9+7568 34.5224		
3	12017.105	2017.1031 500 dbar	63	1	7666+61)	1.9+7412	34.4920		
4	15.01.7105	soo dar	09	12	1.9+9992		1.9+7329 34.4758		
7	42 2017.10.31 Sodbar	Sodbar	19	12	1.9 +999	1.944434	1.944434 33.7090		

\*## 吴晓芬也明 李少名 ## # 吴时芍 ## # 吴晓芬 ## 对刘敬舜

AutoSal 8400B 实验室盐度计测量记录表 \* 6

7.503'1
. 20
130°00'EN
数
4E130-13
保護院
5
0
4
墨
恶
1
11
4
15
(X)
能
80

序号	来样时间	采样层次	水样瓶编号	変器(で)	定标值	超量值 (2 R <sub>A</sub> )	盐度值	塘	壯
7	43 201710.31	Zoordbar	69-29	7	69+9992	1.9+8175 34.6417	34.6417		
3	44 2017.60.21	1 8wodbor	59-49	7		1,9+9992 1.9+8085 34.6240	34.6240		
M	145 20017.60.31	1 toodbar	66-67	7	1.9+9942	1.9+7970 34.6015	34.6015		
9	46 3017.10.31 12000 box		69-89	A	1.9+9992	1.9+9952 1.9+7781 34.5644	34.5944		
4)	2017/03/	(opoodbar	16-05	17	1.9 19992	C.9 19992 1.9 + 7695 34.5475	34.5475		
00		Todbor	77	17	119 4999 2	(194992 (1947617	34.5322		
9			73	1	1.9 49952	1.9+9952 1.9+7678	34.5445		
									-
1									
1									
1									
				-	-	-	-		

AutoSal 8400B 实验室盐度计测量记录表 第7 3

					雄茂が4.5293					0/12
泰					1.9+7685 34.5456 第二次沙型值为1.9+7518 塩度分升,5293					
盐度值	34.6215	34,6025	34.5770	34.5424	34.5456	34.4446	34.2890	34.9.20	34.5295	
新量值 (2 R <sub>4</sub> )	1.9+8073 34.6215	1.9+7975 34.6025	1.9+7846 34.5770	1.9+9992 1.9+7669 34.5424	1.9+7685	1.9+7170 34.4446	1.9+6376	1.9+9501	1.9+9992 1.9+7603	
定标值	7566467	1.9 49992	1.9+9992	1.9+9992	1.9 +9992	7666467	1.9+9992	7666467	1.9 49992	
変器(で)	17	14	7	14	7.1	2/	21	17	17	
水样瓶编号	21-42	76-77	78-79	80-81	82-83	58	28	98	87	
采样层次	Zovodinr	(800 Mar	(Soudbar		(000 dhar	750 olbar	Goodbar	200 dbar	50 olbar	
条件时间	2017.11.11		_		7017.11.11	11-11-1102	11.11.2102	2017.11.11	2017.11.11 50 dlar	
序号	60	ž	42	\$3	54	55	9.5	15	20	

\*\*\* 子成ち、はなる子は大人 ないか 人ないか

\*\*\* 美服务、 收出者、 安美人