

《科技基础性工作专项》
——“西太平洋 Argo 实时海洋调查”重点项目

西太平洋边缘海—南海布放 Argo 剖面浮标
秋季航次报告
(2016 年 9 -11 月)

中国 Argo 实时资料中心
国家海洋局第二海洋研究所
2016 年 12 月 30 日

报 告 内 容

- 一、任务来源
- 二、调查船
- 三、组织落实
- 四、调查区域、测站位置与航次计划
- 五、调查项目及主要观测内容
- 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

本航次任务来源于科技部《科技基础性工作专项》—“西太平洋 Argo 实时海洋调查”重点项目（项目编号：2012FY112300）。该项目由国家海洋局第二海洋研究所、国家海洋环境预报中心和浙江大学共同承担，拟在西太平洋海域分批布放 35 个 Argo 剖面浮标，补充和维持我国 Argo 大洋观测网，具备大范围、实时监测深海大洋环境的能力，并通过与国际和各国 Argo 资料中心的网络连接，实现业务化浮标资料采集能力等，以便为国家相关项目提供高质量、高分辨率和高可信度的现场调查资料，更加快速、方便地为国内外用户（包括海洋、气象业务预报部门和科研单位，以及海洋渔业和海洋运输等从事海洋活动的单位、部门和团体等）提供 Argo 信息和资料服务。

根据国际 Argo 计划的发展态势，以及南海 Argo 区域海洋观测网建设的现状，在项目组于 2016 年 3 月召开的第四次专家组会议上，一致同意将最后一批浮标（应以国产北斗剖面浮标为主）布放在西太平洋典型边缘海——南海海域。经与负责国家自然科学基金委南海中部海盆综合调查计划的中国科学院南海海洋研究所和负责另一计划的国家海洋局南海预报中心协商，拟搭载布放该批（10 个）浮标，并正式启动南海 Argo 区域海洋观测网建设。

按照计划要求，“西太平洋 Argo 实时海洋调查”重点项目组于 2016 年 9 月至 11 月期间，分别搭载由中国科学院南海海洋研究所“实验 1”号科学调查船于 2016 年 9 月 2 日至 9 月 25 日执行的国家自然科学基金委南海中部海盆综合调查计划航次（简称“第一航次”），以及由国家海洋局南海分局“向阳红 14”号科学调查船于 2016 年 10 月至 11 月执行的另一计划航次（简称“第二航次”），分别在南海中部海盆区域布放 8 个和 2 个 Argo 剖面浮标（HM2000 型）。也就是说，“西太平洋 Argo 实时海洋调查”重点项目在西太平洋边缘海——南海布放 Argo 剖面浮标的秋季（2016 年 9–11 月）航次，由上述两个航次共同完成。

二、调查船

第一航次由中国科学院南海海洋研究所“实验 1”号科学调查船（图 1）执行，完成了 8 个国产北斗（HM2000 型）剖面浮标的投放。该船的主要性能如下：

船长：60.9 米

型宽：26 米

型深：10.5 米

IMO 编号：9405758

设计吃水：6.5 米

总载重量：700 吨

总吨位：3071 吨

满载排水量：2555 吨

自持力：40 天

最高航速：15 节

经济航速：10 节

定员：72 人

续航力：8000 海里

造船厂：渤海船舶重工有限责任公司

建成日期：2008 年 9 月



图 1 “实验 1” 号科学调查船

第二航次由国家海洋局南海分局“向阳红 14” 号科学调查船（图 2）执行，完成了另外 2 个国产北斗（HM2000 型）剖面浮标的投放。该船的主要性能如下：

船长：110.99 米

型宽：15.2 米

吃水：3.9—5.7 米

排水量：4400 吨

航速：17 节

续航力：10000 海里

科考定员：60 人

建成日期：1981 年 7 月



图 1 “向阳红 14” 号调查船

三、组织落实

第一航次由中国科学院南海海洋研究所毛华斌助理研究员担任首席科学家，调查队由国内 5 个科研机构和高校的 44 名科研人员组成。其中，项目组委派曹敏杰助理研究员参加该航次，负责布放剖面浮标和采集水样，并在现场利用实验室高精度盐度计测定比测层上的海水盐度等工作；第二航次由国家海洋局南海分局执行，项目组没有派员随船出海，而是委托国家海洋局南海预报中心相关技术人员协助布放浮标。

四、调查区域、测站位置与航次计划

第一航次调查海区位于南海北部及中部海盆区域，即 18.00°N - 22.00°N ， 110.0°E - 119°E 包围的南海北部，以及 10.00°N - 16.00°N ， 114.5°E - 118.5°E 包围的南海中部

区域。共设置了 6 条调查断面、70 个 CTD 站位（图 3），并将选择合适的 CTD 测站布放 8 个 Argo 剖面浮标（HM2000 型），以及采集水样等。而整个南海中部海盆综合调查计划除了进行船载 CTD 仪大面观测和船载 ADCP 仪走航测量外，还将布放深水潜标进行定点长期观测，以及自动气象站全程气象观测、Turbomap 湍流观测和 GPS 探空气球观测等，期间还将进行国产水下滑翔机（Glider）测试作业等。Argo 剖面浮标布放工作始于 2016 年 9 月 6 日，结束于 2016 年 9 月 23 日；浮标投放位置如图 4 和表 1（序号 1-8）所示。

第二航次因受条件限制，仅在 10.00° N-16.00° N，114.5° E-118.5° E 包围的南海中部海盆区域，择机布放 2 个 Argo 剖面浮标（HM2000 型）。浮标布放工作始于 2016 年 10 月 29 日，结束于 2016 年 11 月 15 日；浮标投放位置如图 4 和表 1（序号 9-10）所示。

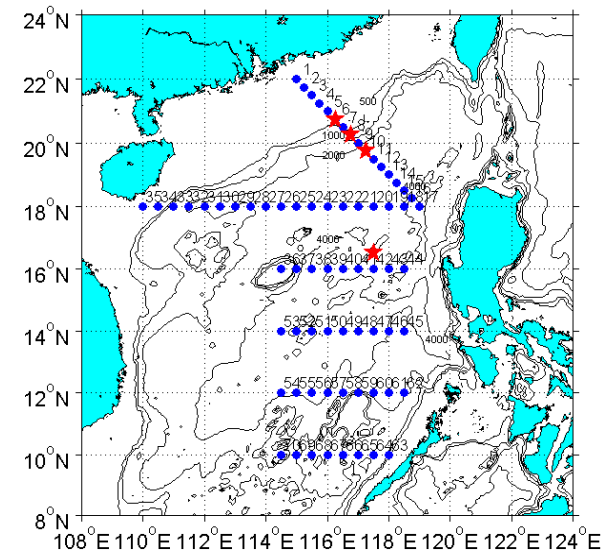


图 3 第一航次船载 CTD 仪观测断面及测站位置

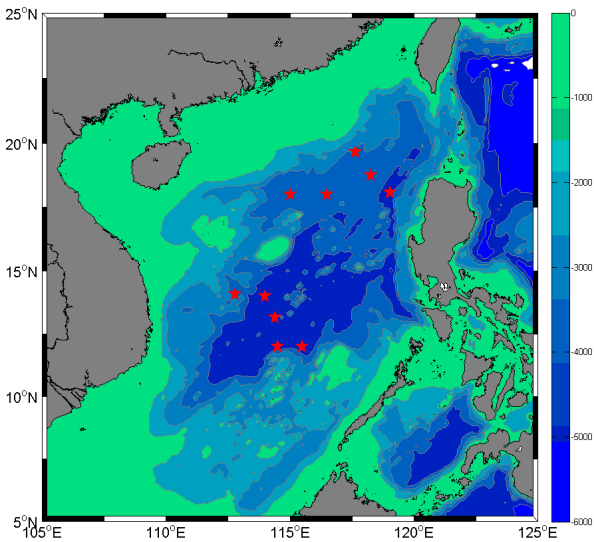


图 4 布放的 10 个剖面浮标概位

表 1 2016 年 9-11 月期间航次 Argo 剖面浮标（HM2000 型）投放信息表

序号	WMO 编号	设计纬度(° N)	设计经度(° E)	实际纬度(° N)	实际经度(° E)	采样周期(天)	投放时间(月/日)	浮标工作状态
1	2902691	19.500	117.500	19° 38′ 52″	117° 37′ 53″	5	9/6	正常
2	2902692	18.750	118.250	18° 45′ 10″	118° 14′ 54″	5	9/7	正常
3	2902693	18.000	119.000	18° 03′ 58″	119° 01′ 58″	5	9/8	正常
4	2902694	18.000	116.500	17° 59′ 53″	116° 29′ 54″	5	9/9	正常
5	2902695	18.000	115.000	18° 00′ 11″	115° 00′ 10″	5	9/12	正常
6	2902700	12.000	115.500	11° 59′ 58″	115° 30′ 03″	1	9/21	正常
7	2902696	12.000	114.500	12° 00′ 03″	114° 30′ 08″	5	9/22	正常

8	2902699	14.000	115.000	13° 59' 60"	114° 59' 50"	5	9/23	通讯故障
9	2902698	14.000	112.500	14° 02' 07"	112° 43' 60"	5	10/29	正常
10	2902697	13.000	114.500	13° 10' 58"	114° 21' 56"	1	11/15	正常

五、调查项目及主要观测内容

调查项目主要有：布放 Argo 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量等。

需要说明的是，第二航次由于受条件限制，只布放了 2 个 Argo 剖面浮标，未进行船载 CTD 仪观测，以及采集海水样品等比较观测工作。

观测内容主要有：水温、电导率（盐度）、压力，以及浮标漂移轨迹等。其中 Argo 剖面浮标的采样周期根据国际 Argo 指导组的要求，有 8 个浮标确定为 5 天观测一个 0~2000 dbar 水深的剖面，其浮标漂移深度设定为 1000dbar；只有 2 个浮标尝试每隔 1 天观测一个 0~2000 dbar 水深的剖面，其浮标漂移深度同样设定为 1000dbar，同时浮标的采样层次为 110 层，分别是海面至 200m 深为每间隔 5m 采样一次，200m 深至 500m 深为每间隔 10m 采样一次，500m 深至 1000m 深为每间隔 20m 采样一次，1000m 深至 1500m 深为每间隔 50m 采样一次，1500m 深至 2000m 深为每间隔 100m 采样一次。船载 CTD 仪的剖面观测深度为 0~4000 dbar，而采集水样的层次则根据作业区实际情况而定，其中选择 1000dbar 至 2000dbar（剖面浮标最大观测深度）深水区作为比测的重点，通常会采集 5 个代表性水层上的水样，如 800、1000、1200、1500、2000dbar。

值得指出的是，由于第一航次“实验 1”号科学调查船的船期安排十分紧张，为了缩短航程时间，在绝大部分测站上 CTD 仪的最大观测深度仅为 1500dbar，其中在投放剖面浮标的 8 个测站上，仅在一个测站 CTD 仪最大观测深度达到 4000dbar。

六、调查仪器设备及主要技术指标

1、自动剖面浮标

秋季航次布放的自动剖面浮标均是国产的 HM2000 型(图 5)，由中船重工 710 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 计划成员国即时共享。



图 5 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，北斗卫星，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℃
温度测量精度	±0.002℃
温度分辨率	0.001℃
盐度测量范围	2~42PSU
盐度测量精度	±0.002 PSU
盐度分辨率	0.001 PSU
压力测量范围	0~2000dbar
压力测量精度	±2dbar
压力分辨率	0.1dbar

2、船载 CTD 仪

第一航次 CTD 大面观测采用了 SBE-911 型 CTD 仪（图 6），由美国海鸟公司生产。其主要技术指标如表 3 所示，明显高于 HM2000 型剖面浮标携带的温、盐（电导率）和压力传感器的技术指标。

需要指出的是，航次期间，该 CTD 仪因其中一个接口发生短路而导致测量故障，经对 CTD 仪进行拆卸检查、重新布线，对该问题接口做了隔离处理后，方才排除故障，使得

CTD 仪恢复正常工作。

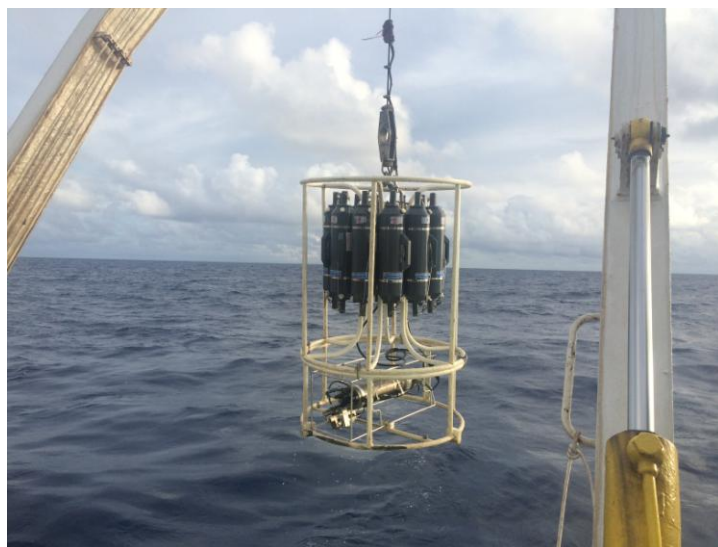


图 6 SBE-911 型船载 CTD 仪

表 3 SBE-9 系列 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℃
压力分辨率	测量程的 0.001%

3、实验室盐度计

第一航次，项目组还自带了一台由加拿大 Guildline 公司生产的 Autosal 8400B 型实验室高精度盐度计（技术指标见表 4）上船，并临时安装在“实验 1”号科学调查船的化学实验室（图 7）内，用于对由玫瑰型采水器采集的海水样品进行现场测定，以便能对船载 CTD 仪的剖面测量结果进行校证，进而验证自动剖面浮标观测结果的可靠性。

由于该盐度计早已超期使用（2003 年 1 月购置），尽管 2015 年刚送回加拿大由生产厂商进行过一次大修，更换了部分已经老化的电子原器件，但在海上现场测试过程中，仍发现盐度计水槽内的热敏感元件故障，使得水槽无法恒温，测量的海水盐度值无法稳定，导

致测量结果与标准海水存在较大误差，且无备件进行现场更换、修复，故而只能将现场采集的海水样品带回陆上实验室测定。

最终，从海上带回的海水样品采用国家海洋局第二海洋研究所海洋生态中心新购置的一台 Guildline Portasal 8410A 型便携式精密盐度计（图 8）测定。该盐度计的技术指标如表 5 所示。



图 7、Autosal 8400B 型实验室高精度盐度计



图 8、Portasal 8410A 型便携式精密盐度计

表 4 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℃

表 5 Portasal 8410A 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	±0.003psu
最大分辨率	0.0003psu
水槽温度精确度	±0.001℃

需要指出的是，这台同样由加拿大 Guildline 公司生产的 Portasal 8410A 型便携式精密盐度计，尽管其技术指标与 Autosal 8400B 型实验室盐度计并无太大差别，但在对海水样品测定过程中，同样存在读数不稳定现象，可能与电源电压不匹配有关，而且测量的盐度值明显低于实际观测结果。

七、主要调查成果

秋季航次按计划顺利投放了 10 个国产北斗剖面浮标(图 9)，其中第一航次由“实验 1”号科学调查船投放了 8 个，第二航次由“向阳红 14”号科学调查船投放了 2 个。

需要说明的是，在“实验 1”号调查船执行的第一航次期间，由于受到 201614 号台风莫兰蒂影响，曾回港（三亚港）避风 1 天；此外，布放的一个 WMO 编号为“2902699”的浮标，由于发生通讯故障，投放后未能收到任何信息。也就是说，秋季航次布放的 10 个 Argo 剖面浮标（HM2000 型），只有 9 个是正常的。至 2016 年 12 月 15 日，累计获得了 274 条 0-2000dbar 水深范围内的温、盐度剖面资料。

根据这些浮标的工作寿命和性能，预计可获得至少 900 条温、盐度剖面。此外，还获得了 8 个 0-2000dbar 水深范围内的船载 CTD 仪观测剖面，以及每个 CTD 站特定层次上的水样（图 10）。累计采集到的海水样品为 54 个（在个别 CTD 站位上，由于玫瑰型采水器故障，未能采集到所需的比测水样）；带回陆上实验室盐度计（Guildline Portasal 8410A 型）对采集的全部水样进行了盐度测定，共获得了 54 个盐度值。



图 9 投放国产北斗（HM2000 型）剖面浮标



图 10 采集海水样品

八、数据质量控制

为了掌握自动剖面浮标布放后所携带的 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,遇到恶劣海况条件和周围电子信号干扰,甚至电子原器件老化和海面油污染等因素的影响,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 Argo 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。

在对秋季航次期间获取的同步或准同步观测资料进行比较、佐证的过程中,除了已经发现的 Portasal 8410A 型便携式精密盐度计因电源电压不匹配所带来的测量误差,无法用来验证船载 CTD 仪观测结果外,发现由中国科学院南海海洋研究所提供的“南海中部海盆

综合调查计划”航次中 8 个船载 CTD 仪观测的剖面数据，同样存在较明显的系统误差。在两种普遍认为较可靠的比测、验证方法在该航次中均出现问题时，不得已只能借助历史观测资料（如历史上获得的已经质量控制的船载 CTD 仪和自动剖面浮标观测的温、盐度剖面资料）进行比较分析，以此来判断 HM2000 型剖面浮标的观测质量及其可靠性，同时供校正本航次船载 CTD 仪观测资料做参考。

图 11—17 呈现了 7 个布放剖面浮标的 CTD 站上的 T—S 曲线和温、盐度垂直分布，并分别计算了代表性层次上的温、盐度差（表 6）。需要说明的是，由于 Argo 剖面浮标的第一条剖面资料是在布放后的 24 小时内获得的，且 Argo 浮标具有“随波逐流”漂移的特性，使得其第一条剖面资料对应的经纬度（位置）与船载 CTD 仪观测时的位置并非完全一致。因此，在评价资料质量时，尽可能选择 1000dbar 以深的观测层次进行比较分析。

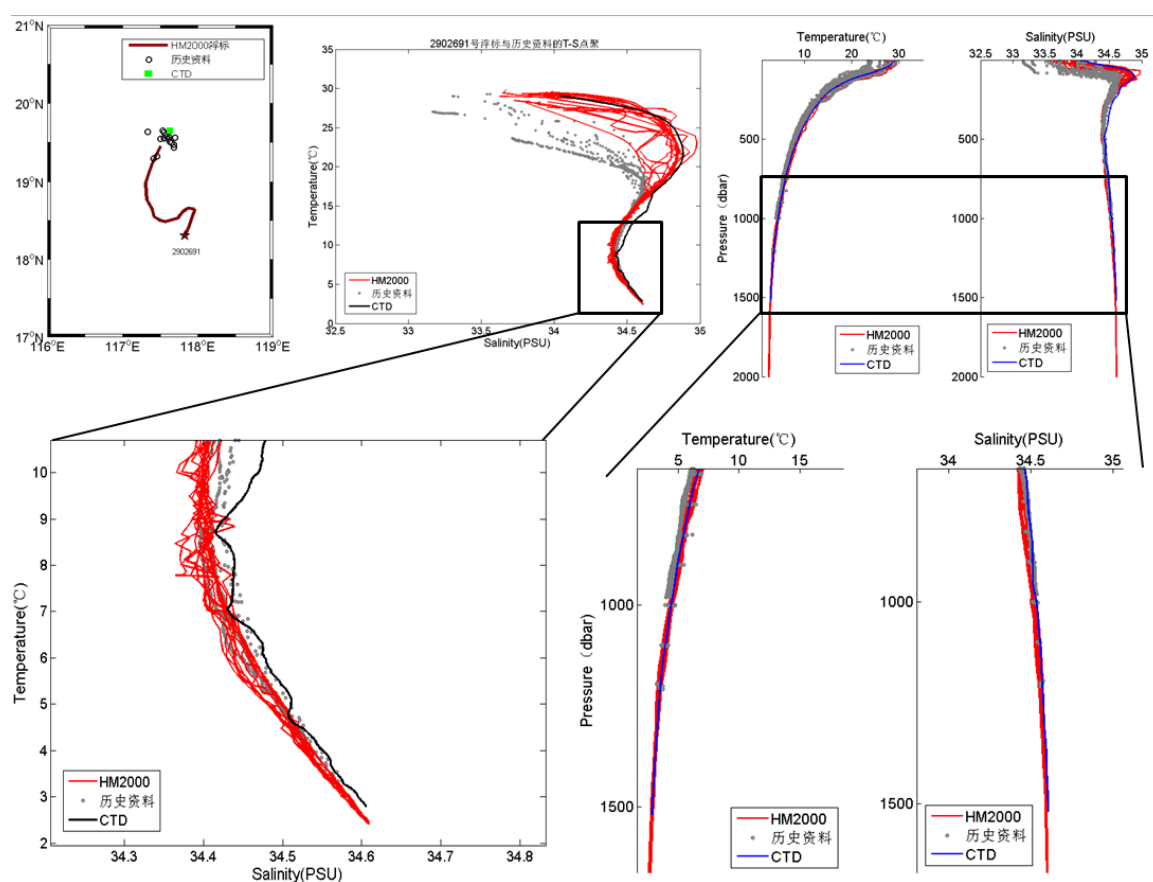


图 11、 1（对应 11）号 CTD 站上 T-S 曲线（左）和温、盐度垂直分布（右）

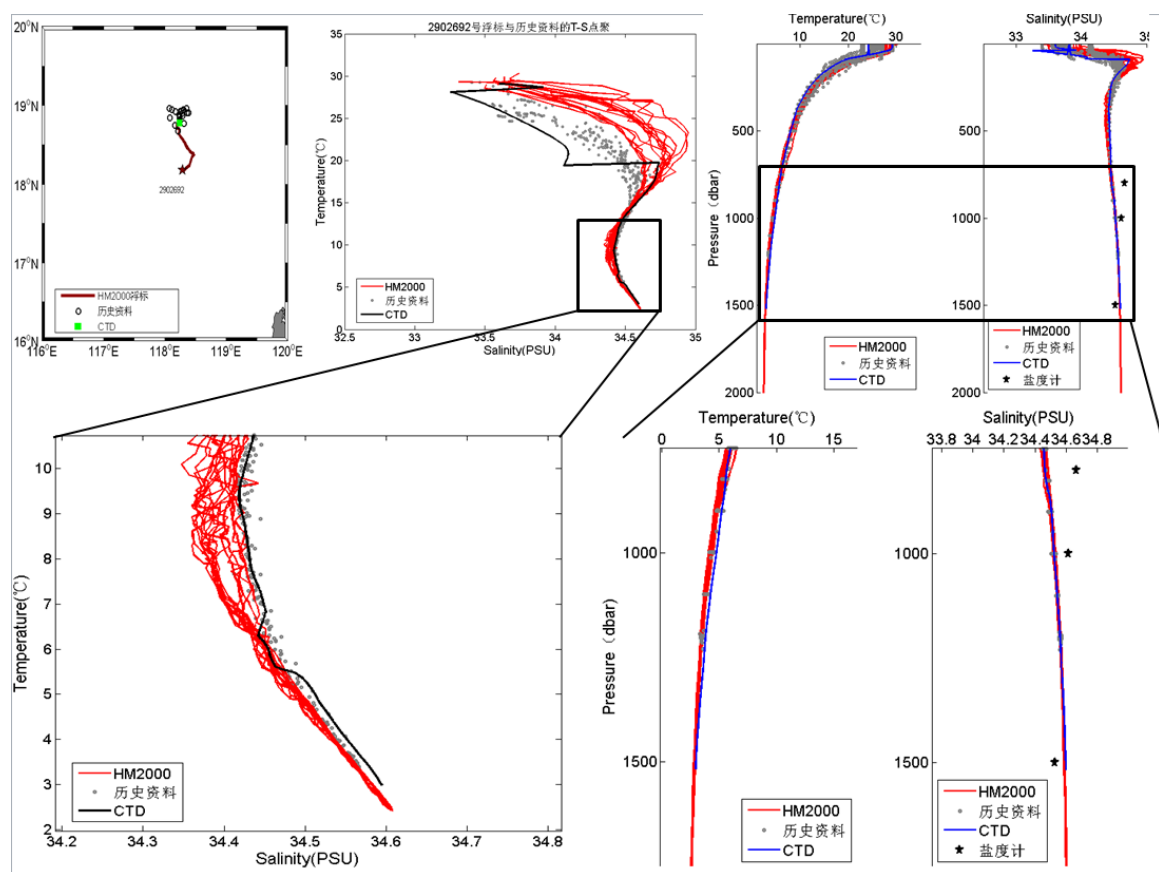


图 12、 2（对应 14）号 CTD 站上 T-S 曲线（左）和温、盐度垂直分布（右）

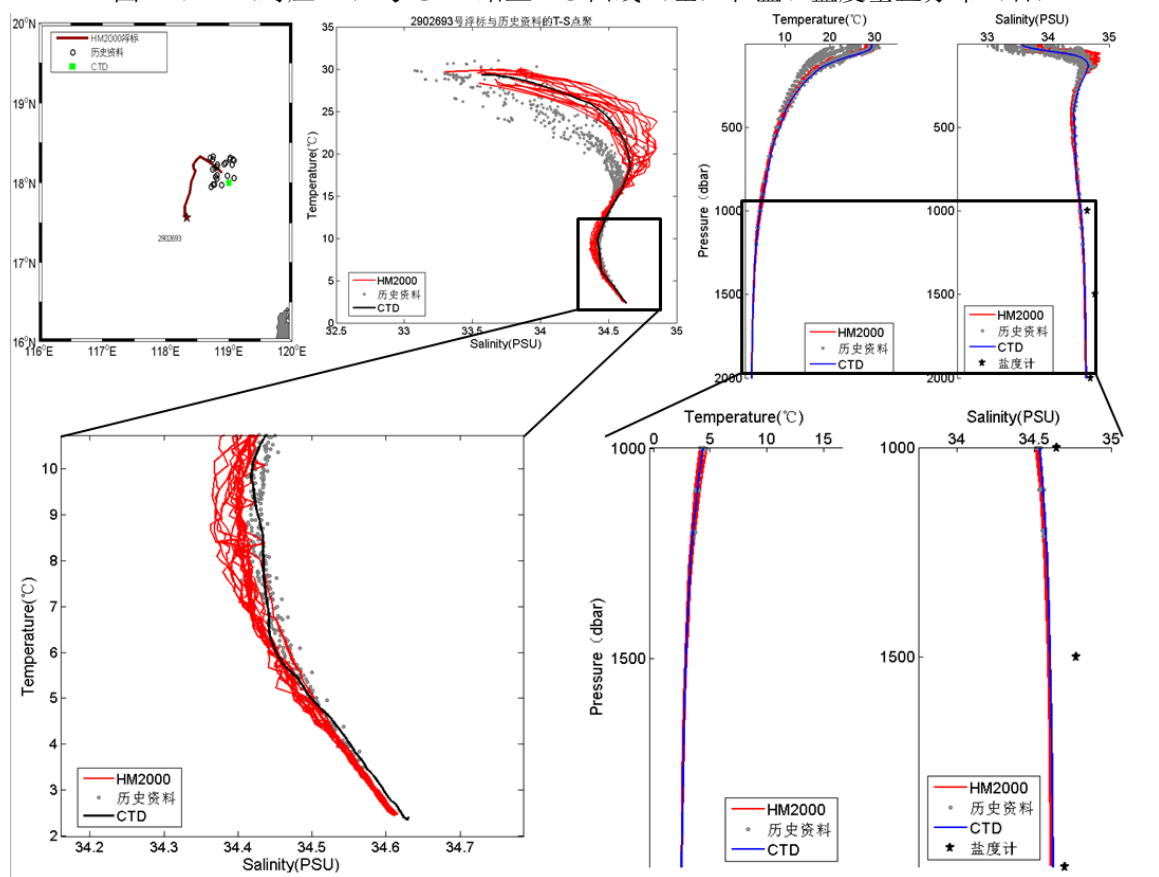


图 13、 3（对应 17）号 CTD 站上 T-S 曲线（左）和温、盐度垂直分布（右）

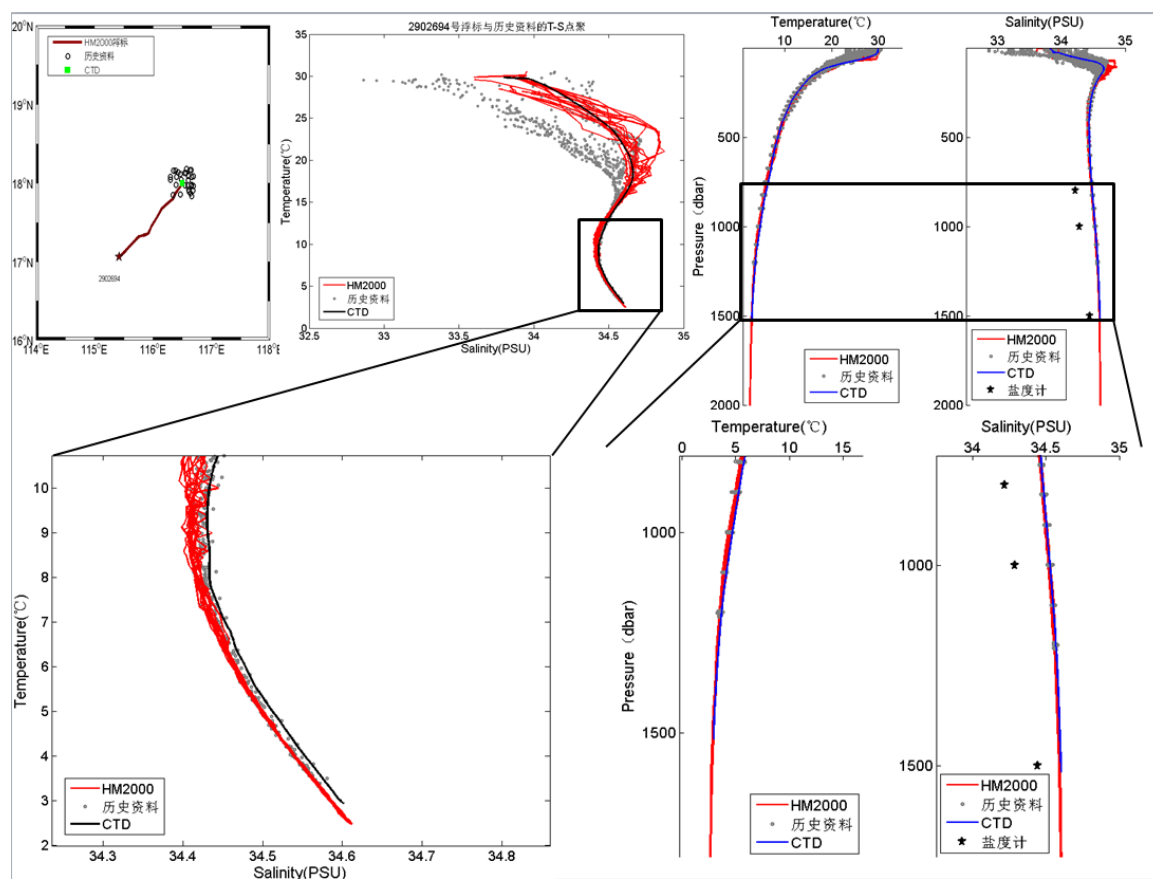


图 14、 4 (对应 22) 号 CTD 站上 T-S 曲线 (左) 和温、盐度垂直分布 (右)

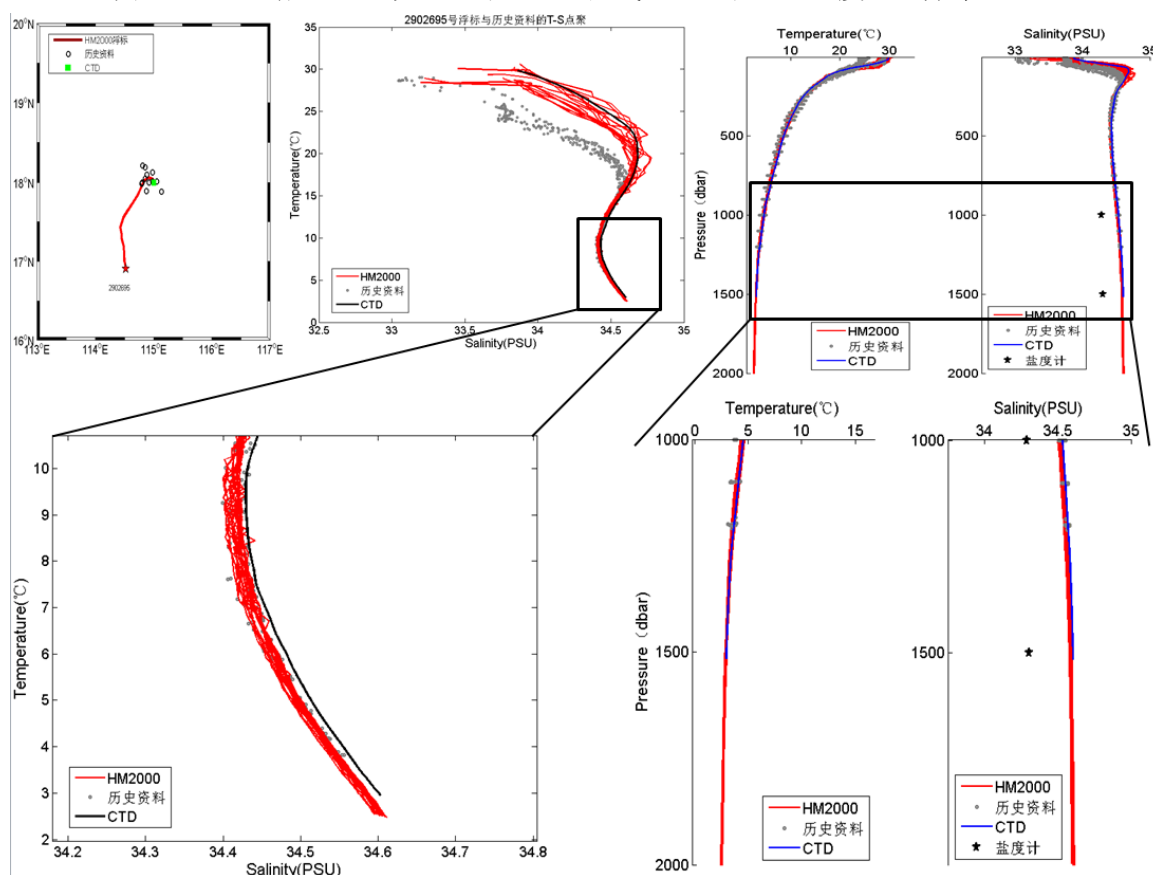


图 15、 5 (对应 25) 号 CTD 站上 T-S 曲线 (左) 和温、盐度垂直分布 (右)

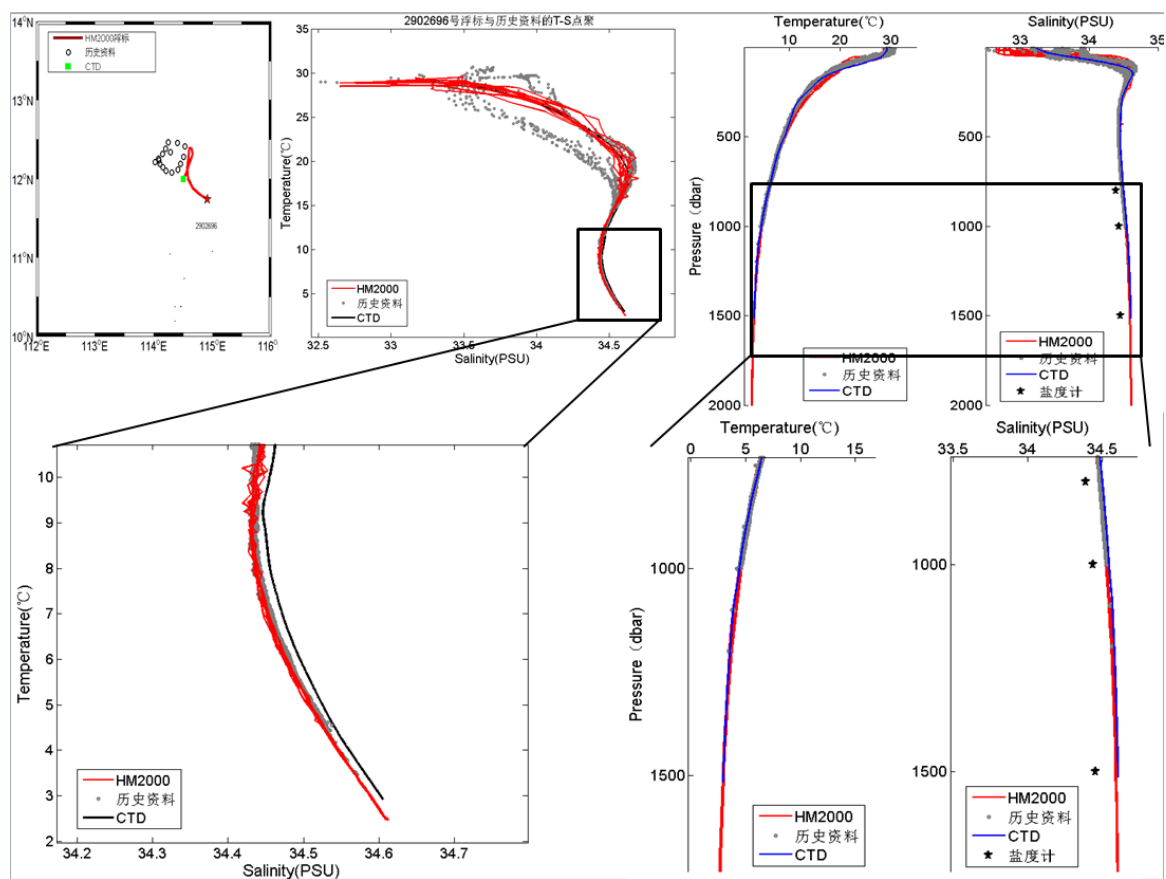


图 16、 6（对应 54）号 CTD 站上 T-S 曲线（左）和温、盐度垂直分布（右）

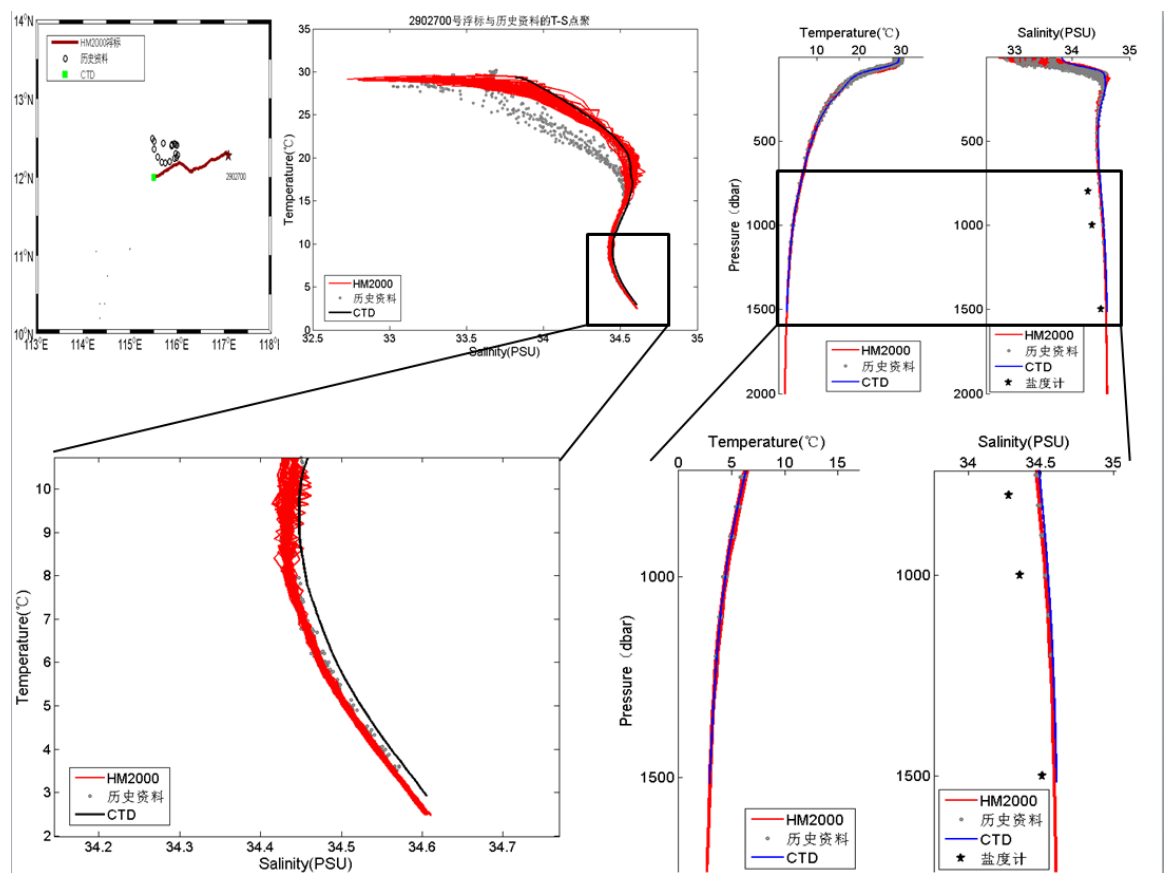


图 17、 7（对应 56）号 CTD 站上 T-S 曲线（左）和温、盐度垂直分布（右）

首先，从图 11—17 中的 T—S 曲线可以看出，各个测站上船载 CTD 仪与 Argo 浮标资料，甚至与历史观测资料比较，而且不管是温度还是盐度，均具有相同的分布和变化趋势，且相互之间十分接近，尤其在 1000dbar 水深以下，几乎已经重合。但仔细观察它们之间的重合程度，特别是船载 CTD 仪和利用实验室盐度计测定的代表性层上的盐度值，显然有较明显的差别。况且，由实验室盐度计测定的代表性层上的盐度值，比船载 CTD 仪的观测结果，偏离 HM2000 型浮标和历史的观测结果更大，即由实验室盐度计测定的盐度值比其他手段（船载 CTD 仪、HM2000 型浮标和历史上收集的）观测结果都要偏低，而由船载 CTD 仪观测的结果比其他手段（HM2000 型浮标、实验室盐度计和历史上收集的）观测结果都要略偏高些。也就是说，本航次布放的 HM2000 型浮标的观测结果与历史观测结果是比较接近，而且在 1000dbar 水深以下几乎完全吻合。为此，可以初步判断，本航次利用船载 CTD 仪和实验室盐度计测定的盐度值，若要作为验证自动剖面浮标的真值，都不靠谱。

值得指出的是，通常由船载 CTD 仪或剖面浮标所携带的温度和电导率（可换算成盐度）传感器，前者（温度传感器）的性能和可靠性要远优于后者，且温度测量的精确度也要明显高于盐度。所以，人们在利用上述仪器设备对深海大洋进行温、盐度测量时，往往只关注和重视电导率传感器的观测误差。此外，目前国内广泛利用的船载 CTD 仪，虽有一部分携带了玫瑰型采水器，可以通过采集水样进行实验室盐度测定，但似乎没有同时携带颠倒温度表进行温度同步测量的。所以，即使人们想要对温度进行现场同步比较观测与资料质量评价，目前仍缺少有效的比测手段。为此，下面主要剖析和评价盐度的测量结果。

比较 7 个测站上的盐度垂直分布（图 11—17）曲线可以看出，CTD、Argo（HM2000）与历史浮标资料具有相同的分布趋势，曲线之间吻合度较高。然而，由采集的海水样品利用实验室盐度计测定的盐度值，不仅与 CTD 仪的测量值偏离较大，而且与 Argo 和历史收集的观测资料也有较大的偏差。由表 6 对应层次上的盐度比对结果可以发现，在 1200dbar 水深以下，CTD 和 Argo 观测的盐度差值在 0.004~0.027 范围内，只有个别站位、层次（如 14 号站 1200dbar 层上的盐度差为 0.004）上的盐度差符合国际 Argo 计划规定的盐度观测精度（0.01），而大部分比测层上的差值都在 0.01~0.02 范围内，似乎也符合《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 ）的规定。但从 CTD 与 Argo 观测的盐度差值可以看出，本航次 CTD 观测值要普遍高于 Argo 剖面浮标的观测结果，大约在 0.011~0.033 之间。而 CTD 仪与实验室盐度计之间的测量差值，除在个别测站、层次上 CTD 偏低（-0.083~-0.206）外，大都在 0.064~0.297 之间，显然远超

国标±0.02 的精度要求。究其原因，与实验室盐度计（Portasal 8410A 型）因电源电压不匹配导致的盐度计读数不稳定，从而带来较大的测量误差有关。至于船载 CTD 仪产生的误差，可能与航次期间出现的 CTD 仪接口短路故障有关。虽经拆卸、重新布线处理，最终排除了故障，但应返航后立即送国家权威计量部门重新标定，并采用新标定的参数对航次期间的 CTD 仪观测资料进行重新计算。

表 6 7 个比测站特定层次上的温、盐度比对结果

站 位	压力 (dbar)	温度(℃) (CTD 仪)	温度(℃) (Argo)	温度差 (℃) (CTD-Argo)	盐度 (CTD 仪)	盐度 (Argo)	盐度 (盐度计)	盐度差 (CTD- 盐度计)	盐度差 (CTD- Argo)
11	1500	2.7981	2.746	0.052	34.6045	34.590	/	/	0.014
	1200	3.5015	3.581	-0.079	34.5658	34.547	/	/	0.019
	1000	4.3671	4.478	-0.111	34.5316	34.499	/	/	0.033
	800	5.5438	5.710	-0.166	34.4924	34.439	/	/	0.053
14	1500	2.9856	2.838	0.148	34.5950	34.583	34.5307	0.064	0.012
	1200	3.8078	3.503	0.305	34.5607	34.557	/	/	0.004
	1000	4.7372	4.269	0.468	34.5210	34.523	34.6160	-0.095	-0.002
	800	5.6331	5.554	0.079	34.4605	34.472	34.6668	-0.206	-0.011
17	2000	2.4634	2.476	-0.013	34.6216	34.606	34.7046	-0.083	0.016
	1500	2.8531	2.855	-0.002	34.6021	34.587	34.7774	-0.175	0.015
	1200	3.4621	3.558	-0.096	34.5732	34.554	/	/	0.019
	1000	4.3626	4.337	0.026	34.5343	34.517	34.6483	-0.114	0.017
	800	5.7741	5.427	0.347	34.4686	34.457	/	/	0.012
22	1500	2.9388	2.873	0.066	34.6010	34.589	34.4434	0.158	0.012
	1200	3.6781	3.587	0.091	34.5667	34.556	/	/	0.011
	1000	4.6562	4.546	0.110	34.5260	34.515	34.2885	0.238	0.011
	800	5.9861	5.707	0.279	34.4785	34.469	34.2182	0.260	0.009
25	1500	2.9525	2.970	-0.018	34.6027	34.576	34.3062	0.297	0.027
	1200	3.6662	3.684	-0.018	34.5687	34.542	/	/	0.027
	1000	4.5177	4.649	-0.131	34.5320	34.500	34.2881	0.244	0.032
	800	5.8854	5.707	0.178	34.4848	34.463	/	/	0.022
54	1500	2.9220	2.921	0.001	34.6050	34.590	34.4579	0.147	0.015
	1200	3.5038	3.546	-0.042	34.5809	34.563	/	/	0.018
	1000	4.4080	4.455	-0.047	34.5440	34.525	34.4394	0.105	0.019
	800	5.7186	5.868	-0.149	34.5033	34.480	34.3923	0.111	0.023
56	1500	2.9100	2.952	-0.042	34.6058	34.583	34.5106	0.095	0.023
	1200	3.5743	3.591	-0.017	34.5786	34.556	/	/	0.023
	1000	4.3944	4.413	-0.019	34.5459	34.523	34.3545	0.191	0.023
	800	5.7251	5.735	-0.010	34.5010	34.476	34.2826	0.218	0.025

为了更加直观地比较和验证各种观测资料的质量及其可信度，还收集了观测海域历史上利用船载 CTD 仪观测的、且最大观测深度大于 2000dbar 的剖面进行了比较分析，并将本航次船载 CTD 仪和 HM2000 型剖面浮标观测的资料，与同期 APEX 型剖面浮标观测的结果和历史船载 CTD 仪观测的结果，统一绘制在同一幅 T-S 图（图 18）上对比。不难发现，HM2000 型浮标获取的剖面资料与同期 APEX 浮标和历史船载 CTD 仪观测的结果更吻合；而本航次船载 CTD 仪的剖面观测资料同样要比同期 APEX 浮标和历史船载 CTD 仪观测的结果偏高些，估计偏差在 0.01-0.03 之间。

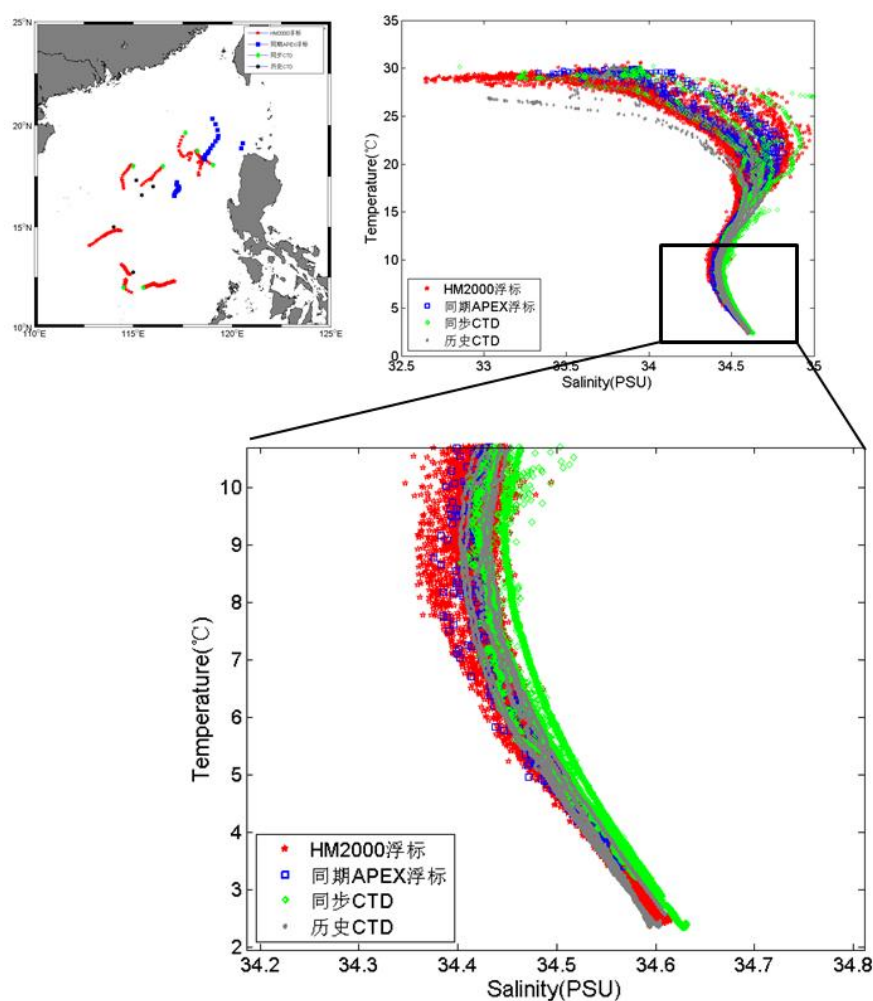


图 18、利用不同观测（本航次船载 CTD 仪、HM2000 型浮标与同期 APEX 型浮标和历史船载 CTD 仪）资料绘制的 T-S 曲线

由此可见，由秋季航次布放的 9 个 HM2000 型剖面浮标获取的观测资料，应该是可靠、也是可信的。

九、问题与建议

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性工作，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；反之，也能利用准同步获得的自动剖面浮标观测资料，甚至历史观测资料来验证船载 CTD 仪观测资料的质量和可靠性。由上述分析和对观测数据的质量控制，可以发现本航次主要存在以下几个方面的问题：

1、国产剖面浮标的质量还有待进一步提高。虽然，本航次布放的 10 个 HM2000 型剖面浮标，只有一个（WMO 编号为 2902699）因通讯故障没有接收到任何信息，但还是希望能引起浮标研制单位的高度重视，认真查找产生故障的可能原因，进一步提高浮标技术的可靠性和稳定性；

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。无论是 Argo 剖面浮标，还是船载 CTD 仪，在恶劣的海洋环境中观测难免会产生测量误差，有的可能是系统误差，有的可能是偶然误差，也有的可能是两者的合成。各种海洋观测仪器设备出现测量误差并不可怕，也是十分正常的。但可怕的是，人们对产生的测量误差麻木不仁或者对测量误差是如何产生的，甚至是什么样的测量误差都一无所知，也就无法对误差进行纠正或校正。因此，呼吁我国海洋界，从近岸浅海走向外海大洋时，务必重视实验室高精度盐度计在深海大洋观测中的重要性。对船载 CTD 仪而言，要严格遵守在航次前、后送往国家权威计量部门标定的要求，并能配备玫瑰型采水器，做到每个 CTD 站都能在 1000dbar 水深以下采集 5 个以上代表性水层，对船载 CTD 仪观测结果进行现场比测、把关；同时，在从事深海大洋调查的科学调查船上，务必配备高精度实验室盐度计，并能确保其正常工作。

3、充分认识对海上观测资料实行分级（实时模式和延时模式）质量控制的重要性。对物理海洋现象及其特征和变化规律的认识，往往需要积累较长时间序列的海洋环境要素（如海水温度和盐度等）资料。然而，在漫长的收集和积累过程中，往往会利用不同的观测仪器设备，有机械式的，也有电子感应式的，或者是遥测的，也会因各种因素产生这样那样的测量误差，需要采用一致公认的观测仪器和方法进行同步或准同步的比较测量，以便能了解和掌握各种测量手段的精度和可能产生的测量误差，并能根据不同的研究目的和要求，决定对观测资料采取实时模式质量控制（对资料精度要求较低）和延时模式质量控制（资料精度要求较高）。而目前在我国海洋界，无论是管理部门还是科研院所，大都缺乏对海上观测资料质量控制重要性的认识。普遍只重视获取某一航次的现场观测资料，而忽视对观测资料的质量控制，对同一海区不同航次的观测资料进行质量控制更是无人问津，

导致观测资料的质量低劣，浪费严重。即使有朝一日得到重视，但也是回天无力，没有同步或准同步的“标准”测量数据，也就难以补救。

最后，建议本航次利用的船载 CTD 仪，因在海上进行过拆卸和重新布线等故障处理，且其观测资料与同期的 HM2000 型剖面浮标、APEX 型剖面浮标和历史船载 CTD 仪、自动剖面浮标观测资料，都存在一定偏差，且已经超过国标规定的盐度误差范围，抓紧送往国家海洋计量中心标定，以便分析和确认导致本航次船载 CTD 仪观测误差的原因，尽可能确保 CTD 观测资料的质量。此外，国家海洋局第二海洋研究所卫星海洋环境动力学国家重点实验室拥有的一台实验室高精度盐度计，因超期使用，电子原器件老化严重，应做报废处理；并抓紧落实 2015 年国家修缮资金批准引进的实验室高精度盐度计的采购工作，争取早日到位；同时，建议国家海洋局第二海洋研究所海洋生态中心高度重视刚引进的 Portasal 8410A 型便携式精密盐度计存在的问题，并能尽快联系供货商或生产商及时解决电源电压不匹配或其他原因产生的测量误差问题，使之能在日益频繁的深海大洋调查中充分发挥其应有的作用。

中国 Argo 实时资料中心也呼吁广大项目负责人和首席科学家，以及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的观测资料质量，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 Argo 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

本次 Argo 剖面浮标布放任务得到了中国科学院南海海洋研究所航次首席科学家毛华斌助理研究员、首席助理余凌晖博士和全体调查队员，以及“实验 1”号和“向阳红 14”号科学调查船全体船员的鼎力支持和帮助，在此深表感谢！

附件一、Argo 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

实验室盐度计测量记录表