



全球海洋 Argo 网格资料集 (BOA_Argo) 用户手册 (2016 版)

中国 Argo 实时资料中心

卫星海洋环境动力学国家重点实验室

国家海洋局第二海洋研究所

2016 年 7 月 杭州

目录

〇、资料使用权说明	II
一、前言	1
二、资料来源	2
三、网格数据制作流程	2
四、网格数据集格式及使用	4
五、重构效果验证	6
5.1 与 WOA13 资料比较	6
5.2 ENSO 信号检验	10
5.3 逐年逐月时间序列	1413
六、后记	1817
七、参考文献	1918

○、资料使用权说明

全球海洋 Argo 网格数据集 (BOA_Argo) 的研制, 得到了科技部科技基础性工作专项“西太平洋 Argo 实时海洋调查”(2012FY112300) 重点项目和国家自然科学基金(41406022) 的共同资助。

本数据集可免费下载使用, 凡使用本数据集时, 请统一标注为“BOA_Argo”网格资料, 且按文献格式引用:

李宏, 许建平, 刘增宏, 吴晓芬, 孙朝辉, 卢少磊, 曹敏杰, 2016 。全球海洋 Argo 网格数据集(BOA_Argo)用户手册, 中国 Argo 实时资料中心, 24pp。

Li Hong, Xu Jian Ping, Liu Zeng Hong, Wu Xiaofen, Sun Chao Hui, Lu Shaolei, Cao Minjie, 2016. User Manual of global ocean Argo gridded datasets (BOA_Argo), 24pp.

由于时间仓促, 该数据产品难免会存在错误或不足之处, 欢迎广大用户提供宝贵意见和建议, 非常感谢!

本数据集每年更新一次, Argo 资料的质量控制方法以及客观分析方法将会不断完善, 欢迎广大用户建言献策!

若想进一步了解该产品, 请参考:

李宏, 许建平, 刘增宏, 吴晓芬, 孙朝辉, 卢少磊, 曹敏杰, 2016 。全球海洋 Argo 网格数据集 (BOA_Argo) 介绍, 中国 Argo 实时资料中心, 190pp。

Li Hong, Xu Jianping, Liu Zenghong, Sun Chaohui, 2016. Introduction of global ocean Argo gridded datasets(BOA_Argo),190pp.

联系方式: 刘增宏: 0571-81963098, liuzenghong@139.com

孙朝辉: 0571-81963098, siosun@163.com

李 宏: slvester_hong@163.com

一、前言

20 世纪 90 年代末美国和日本等国的科学家发起了国际 Argo (Array for Real-time Geostrophic Oceanography) 计划, 设想在全球大洋中每隔 300km (空间分辨率 $3^{\circ} \times 3^{\circ}$) 布放一个自持式拉格朗日剖面观测浮标, 总计为 3000 个左右, 组成一个庞大的 Argo 全球海洋观测网, 以获取准实时、大范围、高分辨率的全球海洋资料。目前全球 Argo 海洋观测网已经全面建成 (许建平等, 2007), 温盐度剖面数量在 2012 年 11 月已经超过了 100 万条, 而且仍以每年超过 10 万条剖面的速度递增, 这是其他常规观测手段无法比拟的。

然而, 无论是常规仪器还是 Argo 浮标获取的温、盐度等要素, 都存在着观测深度不一致、观测时间不连续及观测空间离散等问题, 使得应用范围受到一定的限制。早在上世纪 80 年代, 美国的 Levitus (Levitus, 1982) 就针对这一问题做过世界海洋范围内水文和气象资料的客观分析, 将历史上全球海洋通过常规观测手段获得的散点资料构建成为网格资料。Levitus 的工作使得 WOA 系列资料集 WOA01 (Boyer et al., 2002)、WOA05 (Locarnini et al., 2006)、WOA09 (Locarnini et al., 2010) 和 WOA13 (Zweng et al., 2013) 等不断推出, 这是将历史散点观测资料构建成为时空范围内规则一致的网格资料, 并得到成功应用的范例。

许多 Argo 成员国都开发出相应的网格化产品 (Bhaskar et al, 2007; Hosoda et al, 2008; Roemmich et al, 2009; Gaillard et al, 2009), 极大方便了人们的应用。然而, 由于缺乏表层观测, 现存 Argo 网格资料要么不包含表层信息, 要么是通过对其他观测 (如 XBT、CTD、卫星遥感等) 的融合而得到表层信息, 统一由 Argo 构建全面反映海洋三维信息的温、盐度网格资料, 目前尚不多见; 另外, 这些 Argo 网格资料集, 大多是采用最优插值法甚至更为复杂的数据同化技术, 并融合海洋数值模式来构建完成, 这些方法虽然效果明显, 但操作较为复杂, 且计算量大, 观测资料及数值模式的各种误差统计信息难以获取。

鉴于此, 中国 Argo 实时资料中心利用一种简单有效且易于操作的逐步订正法 (李宏等, 2012), 并结合一种混合层模型 (赵鑫等, 2016) (用来反推对应 Argo 表层温度和盐度) 构建完成了全球海洋 2004 年 1 月~2015 年 12 月的三维网格温、盐度资料集及相应衍生产品。

二、资料来源

选用的资料来自中国 Argo 实时资料中心 (<http://www.argo.org.cn/>) 提供的 2004 年 1 月-2015 年 12 月全球海洋 (79.5°S-79.5°N, 180°W-180°E) Argo 温、盐度剖面资料, 且均已经过各国 Argo 资料中心的实时和部分延时质量控制, 在此基础上, 仍有部分剖面存在质量问题, 因此统一进行必要的质量再控制, 总共有 1015702 条温、盐度剖面通过质量控制, 用来制作初始场。为了避免年变化, 采用对应 2004-2015 年的原始资料制作逐年逐月的 Argo 网格资料。

三、网格数据制作流程

1、尽管获得的 Argo 资料已经经过各国 Argo 资料中心的实时质量控制和部分延时质量控制, 但检查发现仍有一些有质量问题的数据包含其中。因此, 统一对 Argo 资料进行必要的质量再控制工作 (李宏, 2011) (图 1 显示的 1-7 步), 并利用线性插值法将资料垂向插值到标准层 (57 层), 然后进行 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 区间的资料融合处理。图 2 给出了资料控制前后逐年逐月的 Argo 剖面资料个数;

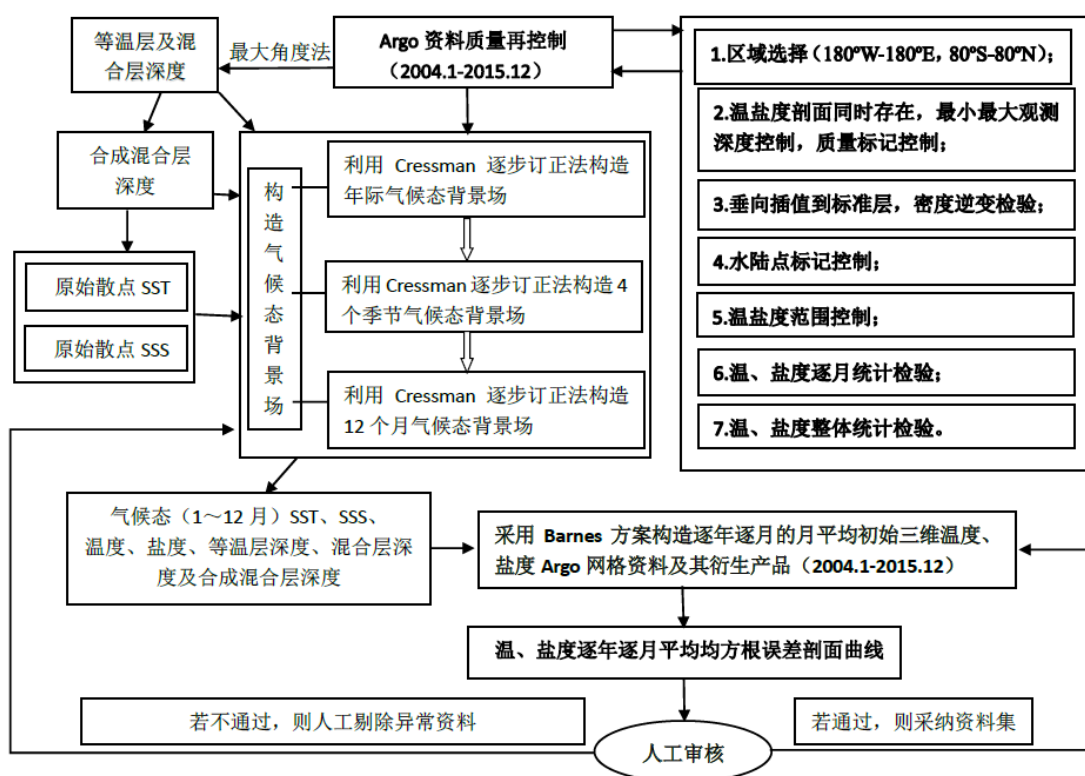


图 1 Argo 网格数据集构建流程

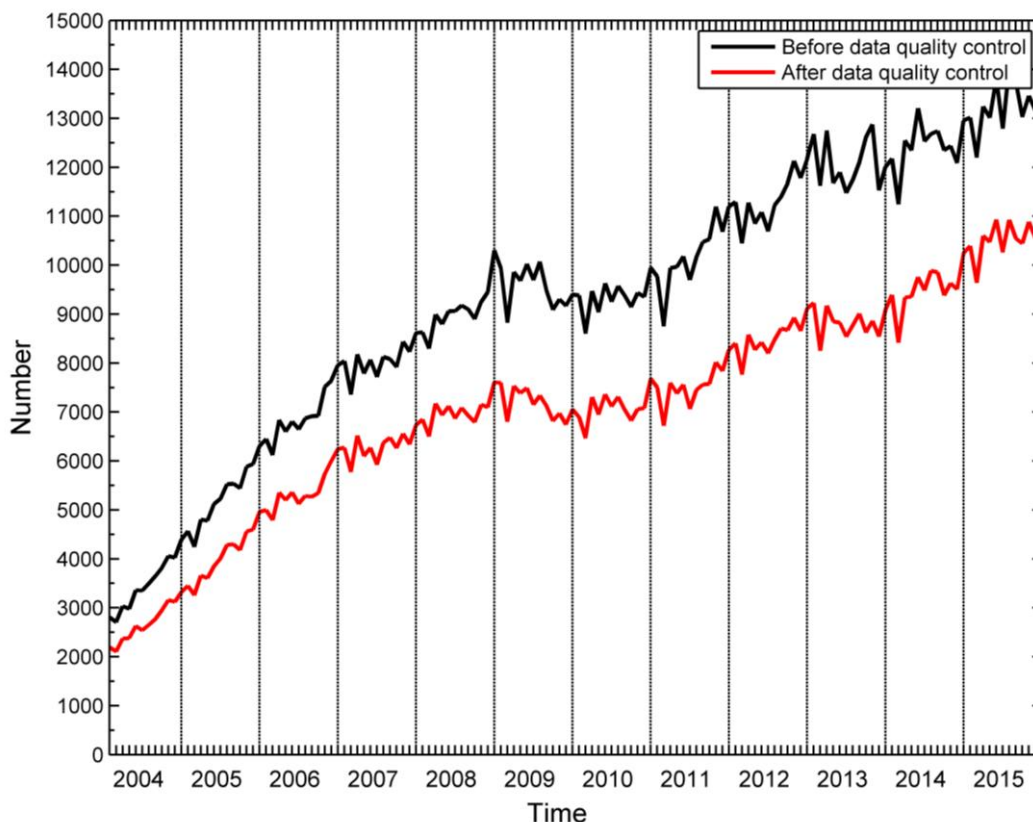


图 2 质量控制前后逐年逐月 (2004 年 1 月~2015 年 12 月) Argo 资料个数分布

2、对上述高质量的温、盐度剖面参考数据集, 利用最大角度法 (Chu 等, 2011) 计算出对应剖面的等温层深度、混合层深度, 考虑障碍层和补偿层的影响, 可以得到合成混合层深度, 并利用赵鑫等 (2016) 的方法, 反推出每个剖面位置的表层温度和盐度;

3、利用 Cressman (Cressman, 1959) 逐步订正法构建背景场, 均采用三次迭代, 构建年、季节和月气候态背景场时采用的影响半径分别为: 999 km、666 km 和 333 km。如, 对年际气候态背景场, 采用三次迭代, 三次迭代影响半径分别取为 999km、666km、333km。年际气候态背景场完成后, 再以此气候态背景场作为初始场, 构建季节性气候态背景场, 采用相同的迭代次数和影响半径。季节性气候态背景场完成后, 以此为初始场, 采用统一的方法, 构建月 (1~12 月) 气候态背景场, 以此作为逐年逐月 (2004 年 1 月~2015 年 12 月) 分析的初始场; 构建的各气候态变量包括: 温度 (包括 SST)、盐度 (包括 SSS)、等温层深度、混合层深度及合成混合层深度, 详细步骤见 (赵鑫等, 2016);

4、以第 3 步完成的月气候态背景场为对应月份客观分析的初始场, 利用

Barnes (1973) 逐步订正法构建 2004—2015 年期间逐月的 Argo 网格温、盐度数据集。在 Barnes (1973) 方法中, 通过实验选取迭代次数为 2, 影响半径为 555 km, 滤波参数为 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$, 收敛因子为 0.2。

四、网格数据集格式及使用

名称: BOA_Argo;

时间范围: 2004 年 1 月~2015 年 12 月;

时间分辨率: 逐年逐月;

空间范围: 全球海洋 ($180^\circ \text{ W} \sim 180^\circ \text{ E}$, $80^\circ \text{ S} \sim 80^\circ \text{ N}$);

空间分辨率: 水平 $1^\circ \times 1^\circ$ (经向: $0.5:1.0:359.5$; 纬向: $-79.5:1.0:79.5$);
垂向标准层为: 0dbar, 5dbar, 10dbar, 20dbar, 30dbar, 40dbar, 50dbar, 60dbar, 70dbar, 80dbar, 90dbar, 100dbar, 110dbar, 120dbar, 130dbar, 140dbar, 150dbar, 160dbar, 170dbar, 180dbar, ~~190dbar~~, 200dbar, 220dbar, 240dbar, 260dbar, 280dbar, 300dbar, 320dbar, 340dbar, 360dbar, 380dbar, 400dbar, 420dbar, 440dbar, 460dbar, 500dbar, 550dbar, 600dbar, 650dbar, 700dbar, 750dbar, 800dbar, 850dbar, 900dbar, 950dbar, 1000dbar, 1050dbar, 1100dbar, 1150dbar, 1200dbar, 1250dbar, 1300dbar, 1400dbar, 1500dbar, ~~1750dbar~~, ~~1950dbar~~, ~~1950dbar~~1700dbar, 1800dbar, 1900dbar 和 1975dbar, 总共 58 层;

数据文件:

包括年平均、月平均和逐年逐月几种类型的数据文件。数据格式有 matlab 和 netcdf 格式。

1、MATLAB 存储格式

逐年逐月数据文件以 BOA_Argo_YYYY_MM.mat 表示 (其中 YYYY 表示年份, MM 表示月份), 如: BOA_Argo_2004_01.mat 表示 2004 年 1 月的网格资料, 在 matlab 下可直接导入。包含变量为: lon (经度, 360×160)、lat (纬度, 360×160)、pres (深度, 58)、temp (温度, $360 \times 160 \times 58$)、salt (盐度, $360 \times 160 \times 58$)、mld_t (等温层深度, 360×160)、mld_dens (混合层深度, 360×160) 及 mld_composed (合成混合层深度, 360×160);

年平均数据文件名为 BOA_Argo_annual.mat, 包含的变量为: pres (深度,

58)、temp_annual(温度, $360 \times 160 \times 58$)、salt_annual(盐度, $360 \times 160 \times 58$)、mld_t_annual(等温层深度, 以下简称 ILD, 360×160)、mld_dens_annual(混合层深度, 以下简称 MLD, 360×160) 和 mld_composed_annual(合成混合层深度, 以下简称 CMLD, 360×160);

月平均数据文件名以 BOA_Argo_monthly_*.mat 表示, 如: BOA_Argo_monthly_1.mat 表示 1 月份平均的网格资料。包含的变量为: pres(深度, 58)、temp_monthly(温度, $360 \times 160 \times 58$)、salt_monthly(盐度, $360 \times 160 \times 58$)、mld_t_monthly(等温层深度, 360×160)、mld_dens_monthly(混合层深度, 360×160) 和 mld_composed_monthly(合成混合层深度, 360×160);

水陆点文件: landmask.mat, 其中 lons (360×160) 和 lats (360×160) 为经纬度网格, landmask ($360 \times 160 \times 58$) 为陆海标记, 1 表示海洋, 0 表示陆地。

若想读取 MATLAB 格式的 2004 年 1 月份的资料, 在 matlab 软件中, 载入命令: load BOA_Argo_2004_01.mat, 即可得所有变量, 其他月份资料的读取命令类似。

2、NetCDF 格式

逐年逐月数据文件以 BOA_Argo_YYYY_MM.nc 表示 (其中 YYYY 表示年份, MM 表示月份), 如: BOA_Argo_2004_01.nc 表示 2004 年 1 月的网格资料。文件中包含的变量包括: lon(经度, 360)、lat(纬度, ~~120~~160)、pres(深度, 58)、time(自 0000 年 1 月 1 日起的天数, 1)、temp(温度, ~~1~~×58×160×360)、salt(盐度, ~~1~~×58×160×360)、ILD(等温层深度, ~~1~~×160×360)、MLD(混合层深度, ~~1~~×160×360) 及 CMLD(合成混合层深度, ~~1~~×160×360), 其中缺失值以 99999 填充。

若想使用 NetCDF 格式的 2004 年 1 月份的资料, 在 matlab 软件中 (matlab2009a 版本以上), 载入如下命令:

```
ncid=netcdf.open('BOA_Argo_2004_01.nc','nc_nowrite');% read the file

varid=netcdf.inqVarID(ncid,'lat'); % get the latitude variable id
lat=netcdf.getVar(ncid,varid); % get the latitude value
```



```

varid=netcdf.inqVarID(ncid,'lon'); % get the longitude variable id
lon=netcdf.getVar(ncid,varid); % get the longitude value

varid=netcdf.inqVarID(ncid,'pres'); % get the pressure variable id
pressure=netcdf.getVar(ncid,varid); % get the depth value

varid=netcdf.inqVarID(ncid,'ILD'); % get the Isothermal Layer Depth(ILD)
                                     variable id
mld_t=netcdf.getVar(ncid,varid); % get the ILD value

varid=netcdf.inqVarID(ncid,'MLD'); % get the Mixed Layer Depth(MLD)
                                     variable id
mld_dens=netcdf.getVar(ncid,varid); % get the MLD value

varid=netcdf.inqVarID(ncid,'CMLD'); % get the Composed Mixed Layer
                                     Depth(CMLD) variable id
mld_cmd=netcdf.getVar(ncid,varid); % get the CMLD value

varid=netcdf.inqVarID(ncid,'temp'); % get the temperature variable id
temp=netcdf.getVar(ncid,varid); % get the temperature value

varid=netcdf.inqVarID(ncid,'salt'); % get the salinity variable id
salt=netcdf.getVar(ncid,varid); % get the salinity value

netcdf.close(ncid);

```

五、重构效果验证

将重构的 Argo 网格数据集与 WOA13 资料（来源于 <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa13/>，Locarnini, R. A. et al., 2013）、TAO/TRITON 资料（来源于 <http://www.pmel.noaa.gov/tao/disdell/frames/main.html>，McPhaden, M. J. et al, 1998）以及同类型的 Argo 资料（来源于 http://www.argo.ucsd.edu/Gridded_fields.html）进行比较，检验网格资料的可信度。

5.1 与 WOA13 资料比较

从图 3 可以看出，全球海洋表层~~-(0m)-~~温度大致呈纬向带状分布，而在经向上，即南—北方向上的变化非常明显。高温区（ $>28^{\circ}\text{C}$ ）主要分布在低纬度（ 20°S – 20°N ）区域内。自赤道（平均在 7°N 附近）向两极，温度逐渐降低，

且在 40°S 附近为寒暖流的交汇处，等温线较为密集，温度水平梯度大，形成所谓的“极锋”，北半球黑潮和湾流所在位置，温度梯度较大。两极地区，温度分布与纬线几乎平行，明显与太阳辐射有直接的关系；Argo 资料反映的全球海洋 0m 层温度分布特征与 WOA13 资料反映的温度分布特征较为相似，WOA13 等温线更为光滑，一个较为显著的不同点在于，Argo 资料反映的 29°C 等温线横切太平洋与印度洋海域，而 WOA13 资料显示 29°C 封闭等温线则主要位于太平洋海域，且对应的范围更小，印度洋温度的 29°C 等温线由 Scripps 海洋研究所构建的 Argo 网格资料 (Roemmich et al., 2009) 同样可以反映出来 (图略)。

全球海洋表层 ~~(0m)~~ 盐度分布特征则为，大西洋盐度最高，自赤道向两极地区，盐度呈现“马鞍形”的双峰分布特征，即南北副热带为高盐区，最高盐度 37.5 以上。赤道附近区域为低盐区，自副热带向两极，盐度逐渐降低。太平洋盐度次之，自赤道向两极，盐度同样呈现“马鞍形”的分布特征，太平洋最高盐度为 36.5 以上 (但不超过 37)，平均比大西洋低 1，同温度分布相似，在南北半球 40° 附近的寒暖流交汇处，盐度水平梯度也比较大，形成“极锋”，至两极海域盐度降低到 34.0 以下，这与极地海区结冰、融冰的影响有密切关系。印度洋海域盐度则最低，但自赤道向两极同样为“马鞍形”的分布特征，且南半球 40°S 海域盐度锋面特征最为显著。盐度的地域性分布特征较为明显，与降水和蒸发有密切的关系。除了等盐线更为光滑外，WOA13 资料提供的全球海洋盐度分布与 Argo 资料别无两样。可以看出，Argo 网格资料与 WOA13 反映的 ~~0m-表~~ 层温、盐度大面分布特征较为相似，但相比之下，WOA13 资料更为光滑，Argo 网格资料揭示的分布特征比 WOA13 资料更细致。

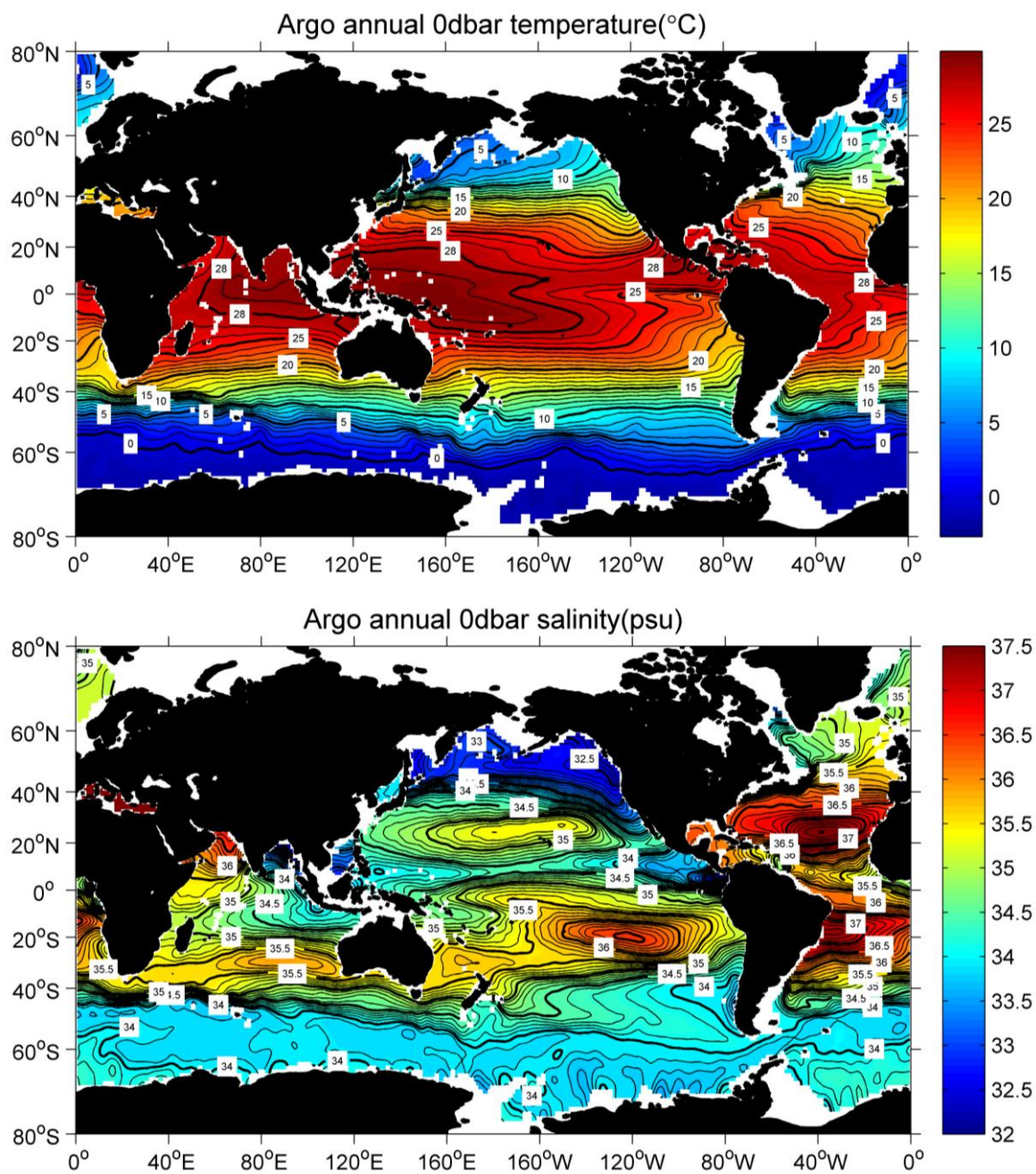


图 3-1 由 Argo 资料绘制的表层温度和盐度大面分布

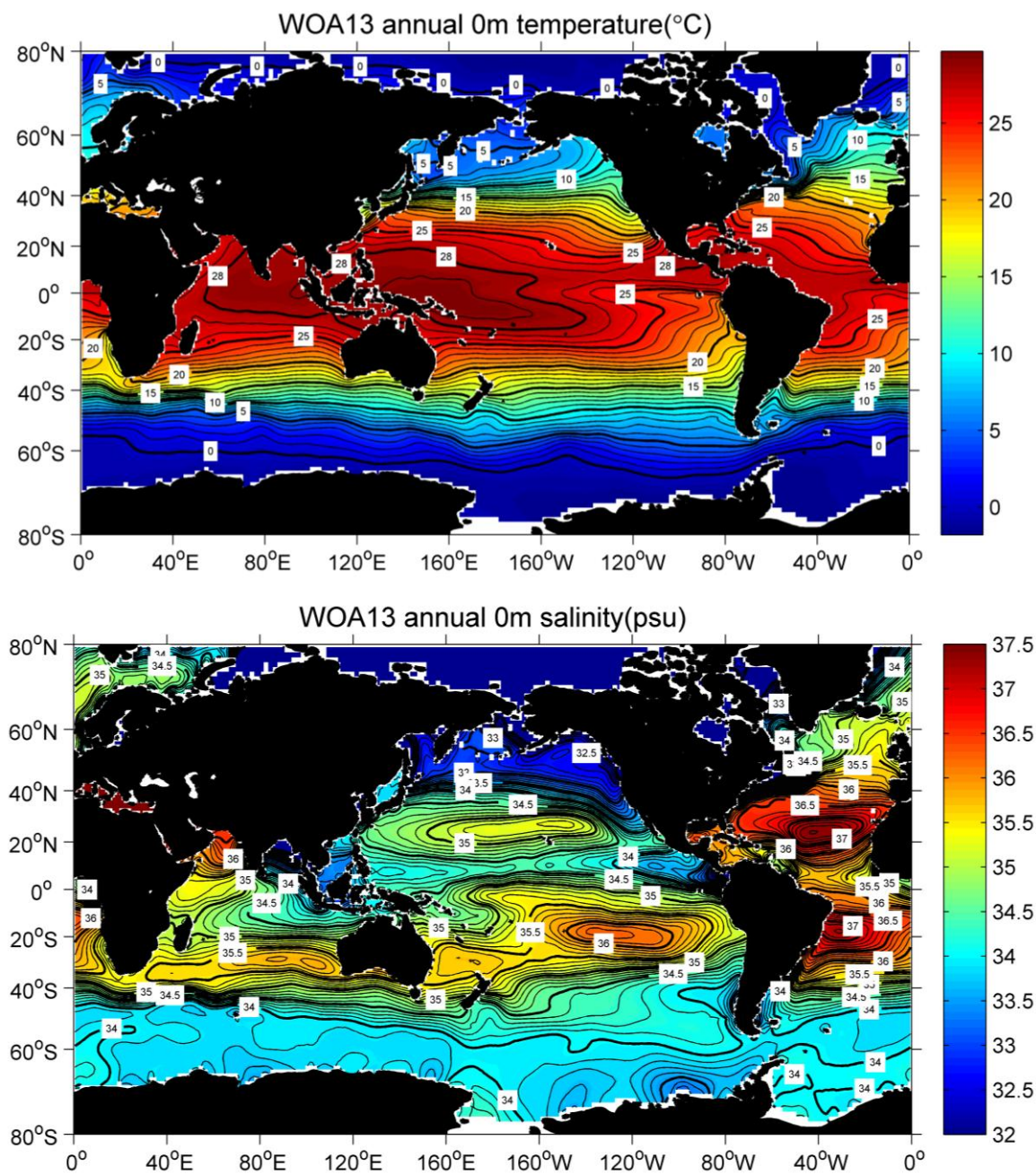


图 3-2 由 WOA13 资料绘制的表层温度和盐度大面分布

5.2 ENSO 信号检验

为了检验 Argo 资料对 ENSO 信号的捕捉能力, 图 4 给出了 2004 年 1 月到 2015 年 12 月期间 Nino3.4 区 ($5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$, $170^{\circ}\text{W}\sim 120^{\circ}\text{W}$) 的 ENSO 指数序列分布。我们分别利用[国际上](#)其他 Argo 网格数据集 (表一) 中 100m ($\overline{dbar}$) 层以上平均温度在 Nino3.4 区异常值 (逐年逐月减去气候态年平均) 与 ENSO 指数 (美国气候预报中心 (NOAA/CPC) 提供) 做比较, 同时给出不同资料序列之间的相关系数 (表二)。[其中, 对所有由网格资料计算的 Nino3.4 指数均进行了一次 5 点平滑处理。](#)在图 4 中, BOA_Argo 为本网格产品计算所得的指数, 用于计算 ENSO 指数的其他网格资料集, 均来源于国际 Argo 信息中心网址 (http://www.argo.ucsd.edu/Gridded_fields.html), 这里选用的包括: Argo_Scripps 为 Scripps 海洋研究所提供的网格资料 (Roemmich et al., 2009), Argo_Jamstec 为日本海洋科学技术厅提供的网格资料 (Hosoda et al., 2009), Argo_EN4 为英国气象局提供的网格资料 (Good et al., 2013), Argo_IPRC 为夏威夷大学太平洋—亚洲数据中心提供网格资料。这几种产品的原始资料以 Argo 剖面资料为主, 其中 Argo_EN4 所用的原始资料种类 (如 WOD05、GTSP、Argo、ASBO 等) 较多。由图 4 可见, NOAA/CPC 提供的指数较为光滑, 而其他几种网格资料提供的指数小尺度信号较多。

进行相关分析后发现 (表二), BOA_Argo 资料、Argo_Scripps 资料、Argo_Jamstec 资料、Argo_EN3 资料及 Argo_IPRC 资料与 Nino3.4 指数的相关系数分别为: 0.9603、0.9530、0.9620、0.9605 和 0.9558, 相关系数均较高, 说明 BOA_Argo 资料提供的温度资料能够较好地反映 ENSO 信号。表中还给出了不同资料提供的指数之间的相关系数, BOA_Argo 与其他资料之间的相关系数较高 (>0.97)。

表一 不同类型 Argo 网格数据集

数据集名称	范围	水平分辨率	垂向分辨率	原始资料	初始场	方法	开发机构
BOA_Argo	全球海洋 (180°W-180°E, 79.5°S-79.5°N)	1°×1°	0-1975dbar 不等 58 层	Argo	插值原始 Argo 资料	逐步订正法	中国 Argo 实时资料中心
Argo_Scripps	全球海洋 (180°W-180°E, 64.5°S-59.5°N)	1°×1°	2.5-1975 dbar 不等 58 层	Argo	插值原始 Argo 资料	最优插值法	美国 Scripps 海洋研究所
Argo_Jamstec	全球海洋 (180°W-180°E, 60.5°S-70.5°N)	1°×1°	10-2000 dbar 不等 25 层	Argo, 部分 CTD 和锚碇资料	WOA05	最优插值法	日本海洋地球科技厅
Argo_EN4	全球海洋 (180°W-180°E, 83°S-89°N)	1°×1°	5-5350m 不等 42 层	WOD05, GTSP, Argo, ASBO	FOAM 模式	最优插值法	英国气象局
Argo_IPRC	全球海洋 (180°W-180°E, 60°S-60°N)	1°×1°	0-2000m 不等 27 层	Argo, 海面动力高度等	—	变分插值法	夏威夷大学亚洲-太平洋数据研究中心

表二 不同资料提供的 ENSO 指数相关系数表

资料 \ 相关系数	NOAA/CPC	BOA_Argo	Argo_Scripps	Argo_Jamstec	Argo_EN4	Argo_IPRC
资料						
NOAA/CPC	1.0000	0.9603	0.9530	0.9620	0.9605	0.9558
BOA_Argo	0.9603	1.0000	0.9967	0.9963	0.9956	0.9748
Argo_Scripps	0.9530	0.9967	1.0000	0.9926	0.9932	0.9670
Argo_Jamstec	0.9620	0.9963	0.9926	1.0000	0.9944	0.9724
Argo_EN4	0.9605	0.9956	0.9932	0.9944	1.0000	0.9675
Argo_IPRC	0.9558	0.9748	0.9670	0.9724	0.9675	1.0000

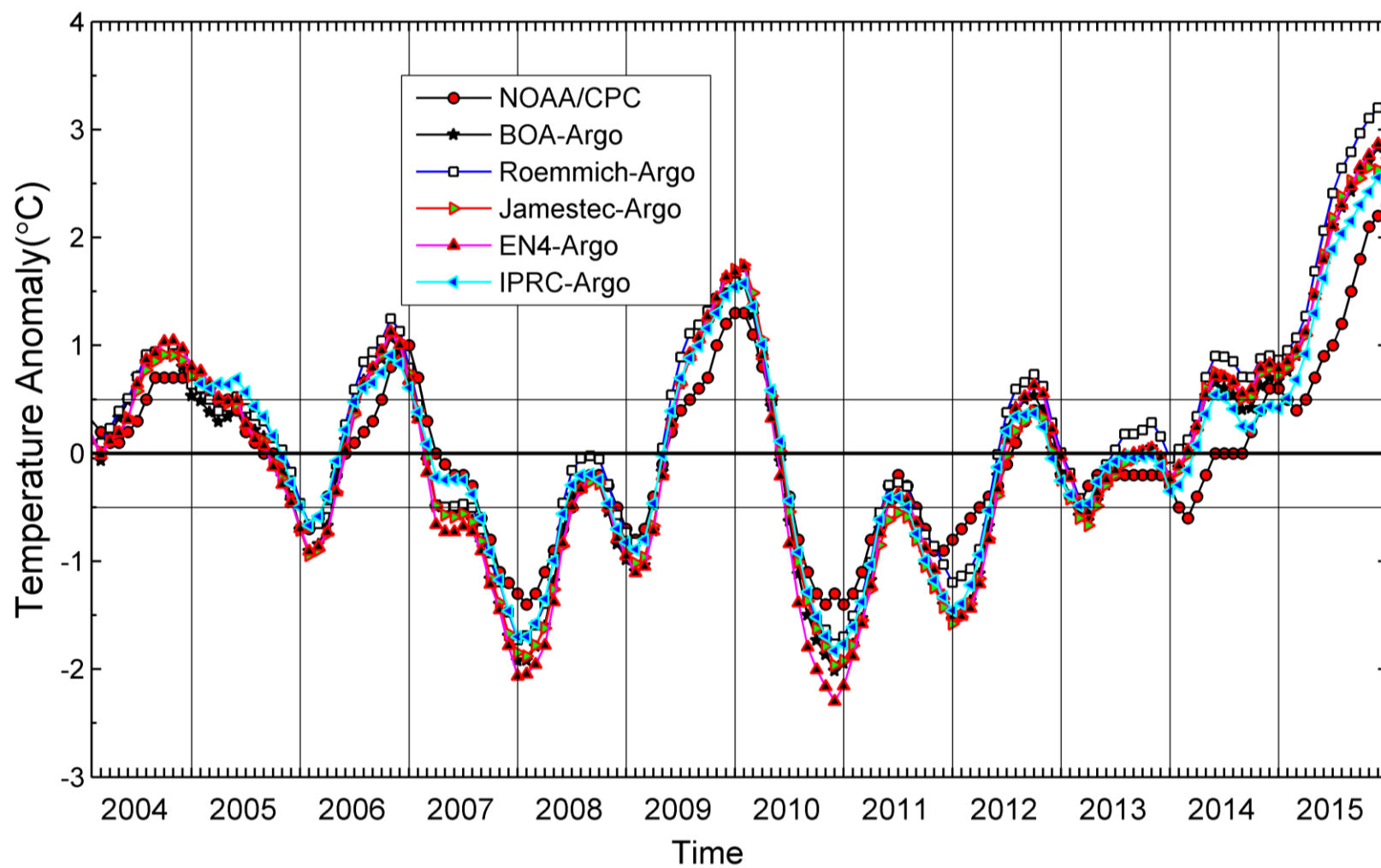


图 4 2004 年 1 月至 2015 年 12 月期间 Nino3.4 区的 ENSO 指数时间序列分布

5.3 逐年逐月时间序列

为了进一步检验 Argo 网格数据集的可靠性,并考虑到时间和空间上的连续性,我们同样选取了海洋科学领域中比较常用的锚碇浮标(如 [RAMA](#)、[TAO](#)、[TRITON](#)、[PIRATA](#) 等)资料来进行比较。作为代表,分别在太平洋(P站(0°N , 147°E)),大西洋(A点(0° , 23°W)),印度洋(I点(1.5°S , 80.5°E))各选取了一个点来进行对比分析。但锚碇浮标资料本身由于锚碇浮标起伏不定、浮标故障或其他问题,会导致观测深度不一,以及某些年份的观测值缺失等。为此,我们尽量选取垂直深度较深,且时间上能够覆盖 2004 年 1 月~2015 年 12 月期间的锚碇浮标温、盐度观测资料。

图 5 和图 6 分别为 BOA_Argo 和锚碇浮标在赤道太平洋海域 P 位置上从海表(1m)到 750m 深度范围内的温、盐度垂直分布,时间范围为 2004 年 1 月至 2015 年 12 月。由图可见,自表层到中层,Argo 与锚碇浮标反映的信号较为一致,但由锚碇浮标资料(图 5 上)显示的等值线更为光滑,这可能与资料来源有关。因为 BOA_Argo 为逐月资料,而所用的锚碇浮标原始资料的时间分辨率

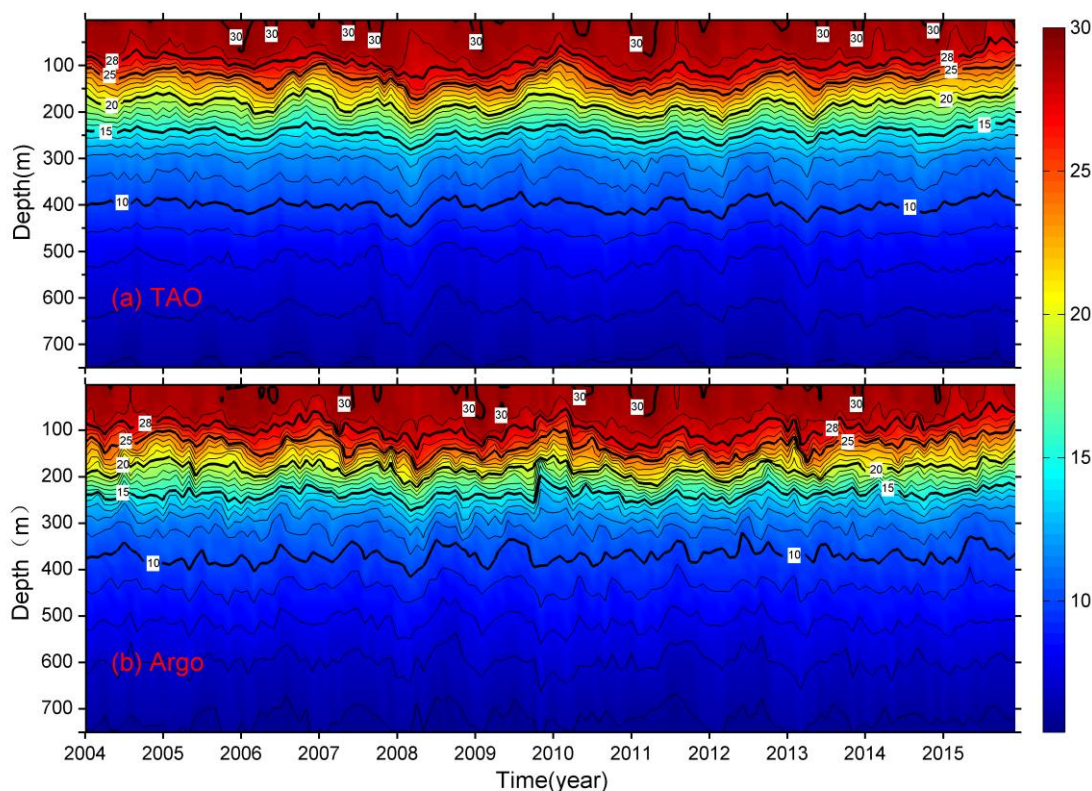


图 5 太平洋海域 EEP 站不同资料温度剖面时间序列 (2004.01~2015.12) 分布

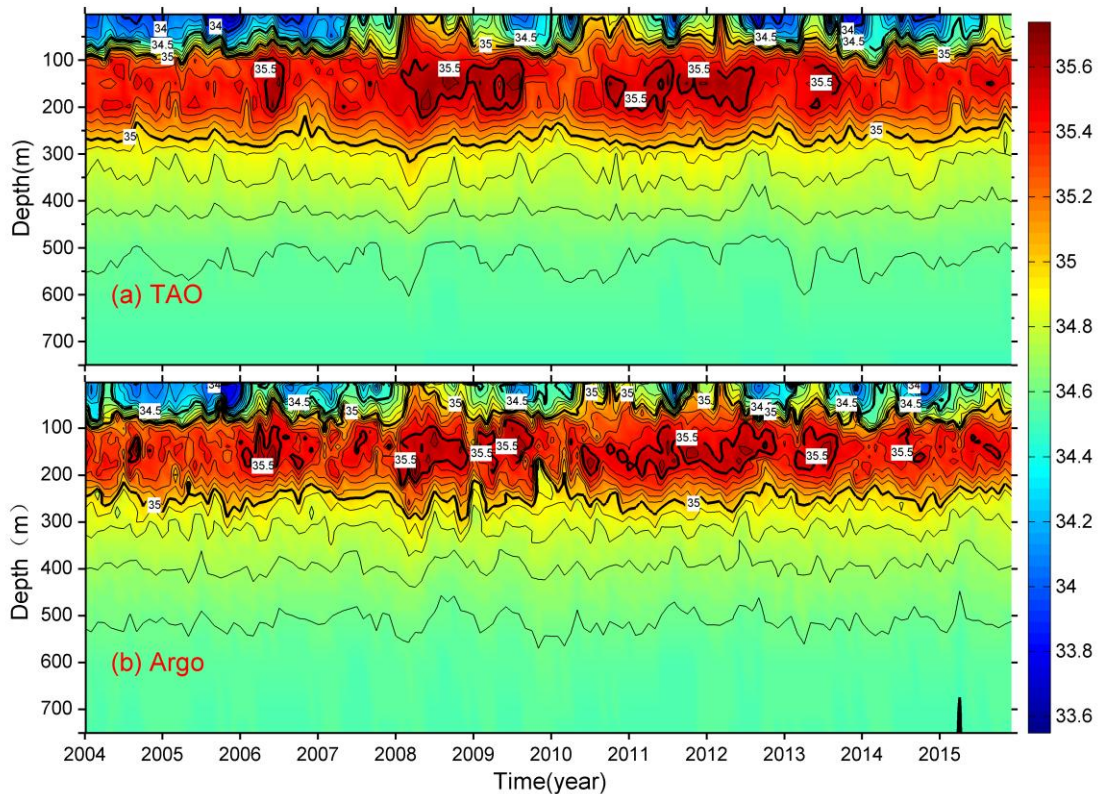


图 6 太平洋海域 EEP 站不同资料盐度剖面时间序列 (2004. 01~2015. 12) 分布

为逐日的。将锚碇浮标资料取平均得到对应的逐年逐月资料，这样的处理相当于对锚碇浮标资料进行了平滑，导致等值线分布比较光滑。

图 7 为 BOA_Argo 和锚碇浮标在大西洋海域 A 点位置上从海表 (1m) 到 500m 深的温度垂直结构。值得注意的是，锚碇浮标盐度资料在大西洋海域的垂向最大观测深度仅为 120m，绘制的盐度垂直结构如图 8 所示。由图 7 可见，自表层到中层，Argo 与锚碇浮标反映的温度信号较为一致，60m 深度以上的高温水团年际变化特征较为一致。而对盐度来说，因为获得的锚碇浮标资料观测深度较浅，而上层海洋又受风、降水和蒸发等自然条件影响较大，因此 Argo 资料与锚碇浮标资料反映的盐度存在一定差异（平均误差小于 0.2），但 Argo 资料能够捕捉到主要的信号，且在某些地方表现出更为细致的变化特征，如在 2006 年 1~3 月，Argo 资料反映有一股低盐水（盐度<36）自 120m 深度向上涌升的势头更为强烈。

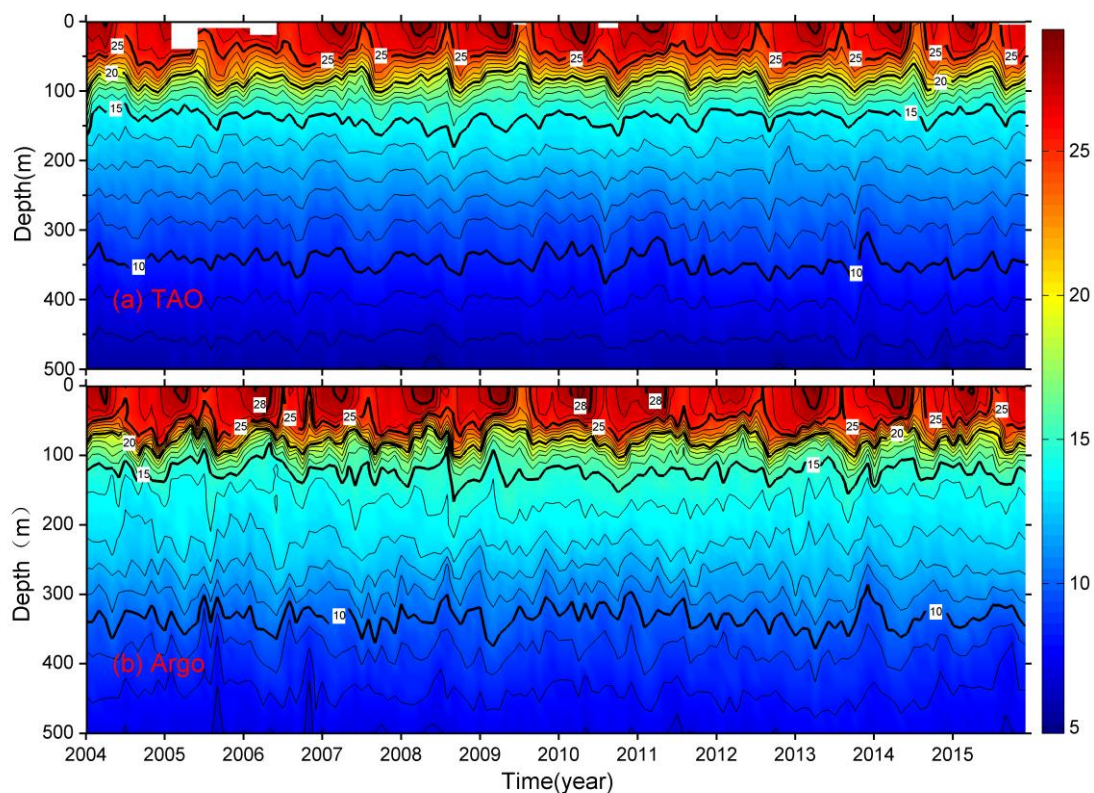


图 7 大西洋海域 A 站不同资料温度剖面时间序列 (2004. 01~2015. 12) 分布

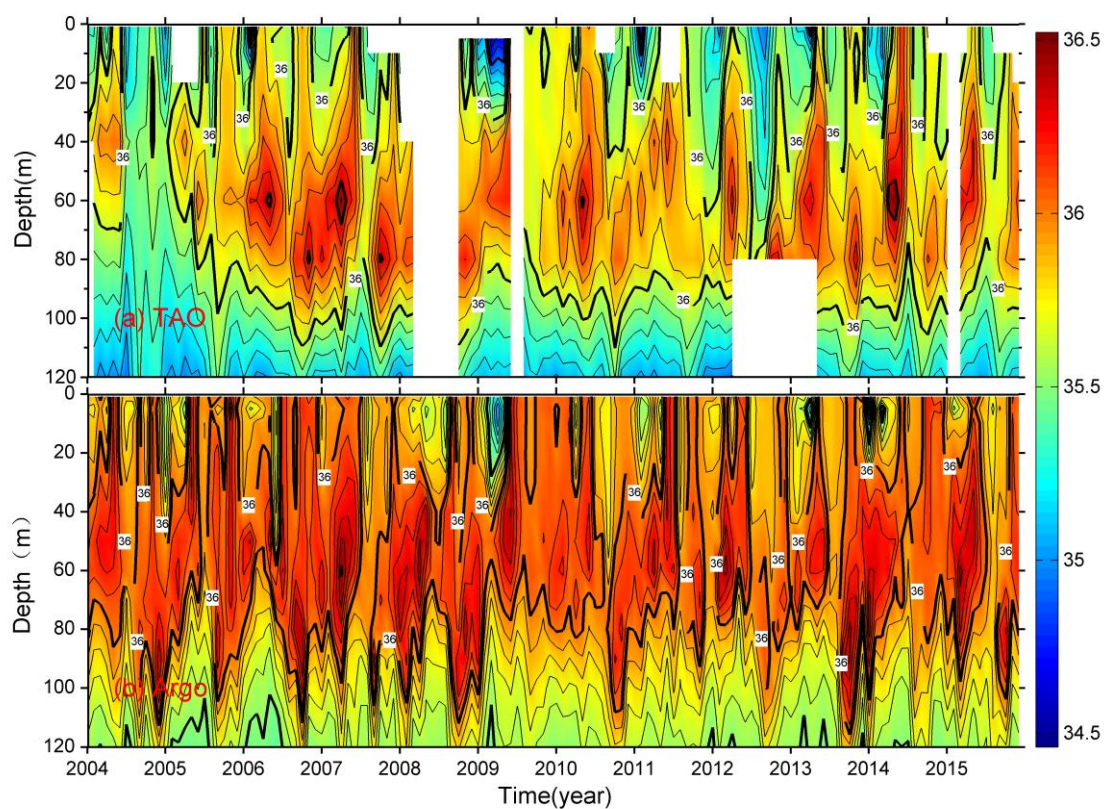


图 8 大西洋海域 A 站不同资料盐度剖面时间序列 (2004. 01~2015. 12) 分布

图 9 和图 10 分别为 BOA_Argo 和锚碇浮标观测在印度洋海域 I 点位置上自海表 (1m) 到 500 m 深度 (温度)、100m 深度 (盐度) 上的温度盐度垂直结构。可见, 无论是温度还是盐度对比, BOA_Argo 资料与锚碇浮标资料比较类似, 包括等值线的走势和变化波动, 都极为相似, 但 TAO 资料显示在 2014 年 2-4 月份, 存在一股高温水向下扩展到 400m 以深范围, Argo 资料则未见这一信号, 这可能为 TAO 由于仪器故障捕捉到的错误信号, 需要进一步核实。尤其是对盐度剖面而言, 观测深度较浅 (直到 100m), 上层海洋变化本身较图 10 表明, 两种资料揭示的盐度变化特征, 无论是低盐水 (盐度<34.5) 的下沉 (比如 2007 年 1 月份附件), 还是高、低盐水团交替出现的时间, 位置, 都较为吻合, 说明重构的资料是有效的, 并能有效弥补 TAO 锚系资料在某些时间和地点由于仪器故障等原因导致无测量数据的缺陷。

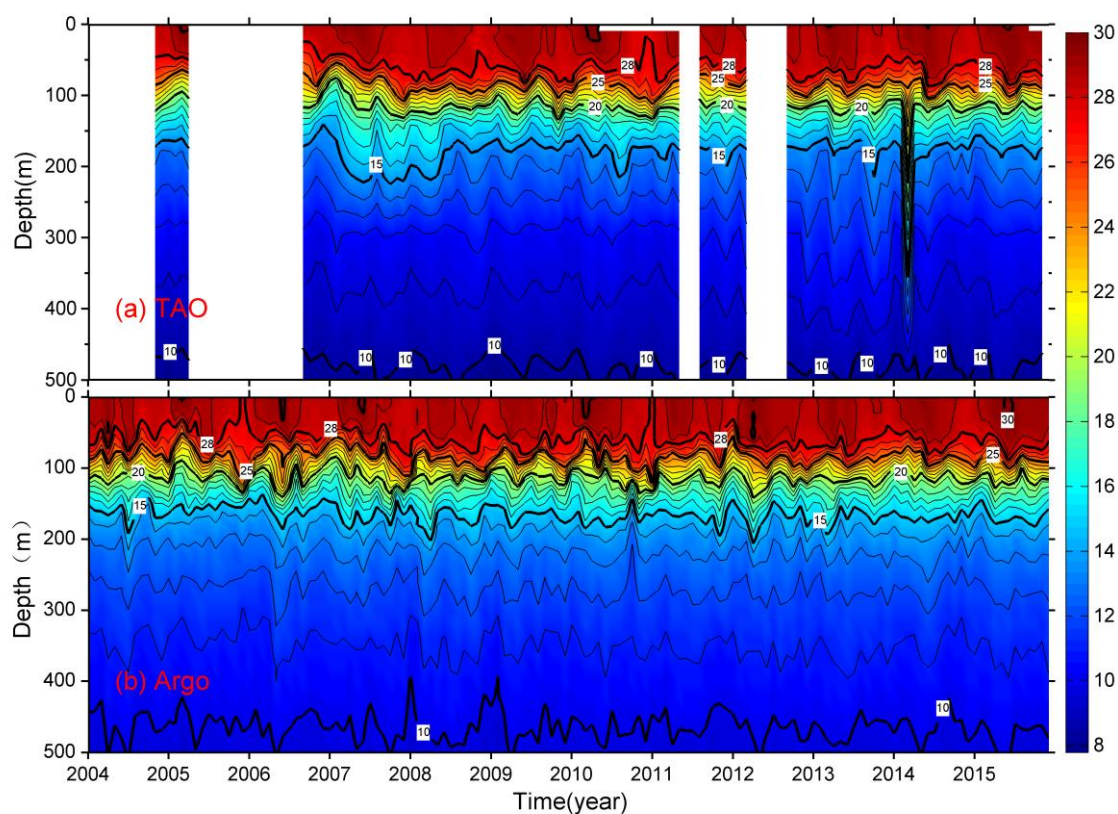


图 9 印度洋海域 I 站不同资料温度剖面时间序列 (2004.01~2015.12) 分布

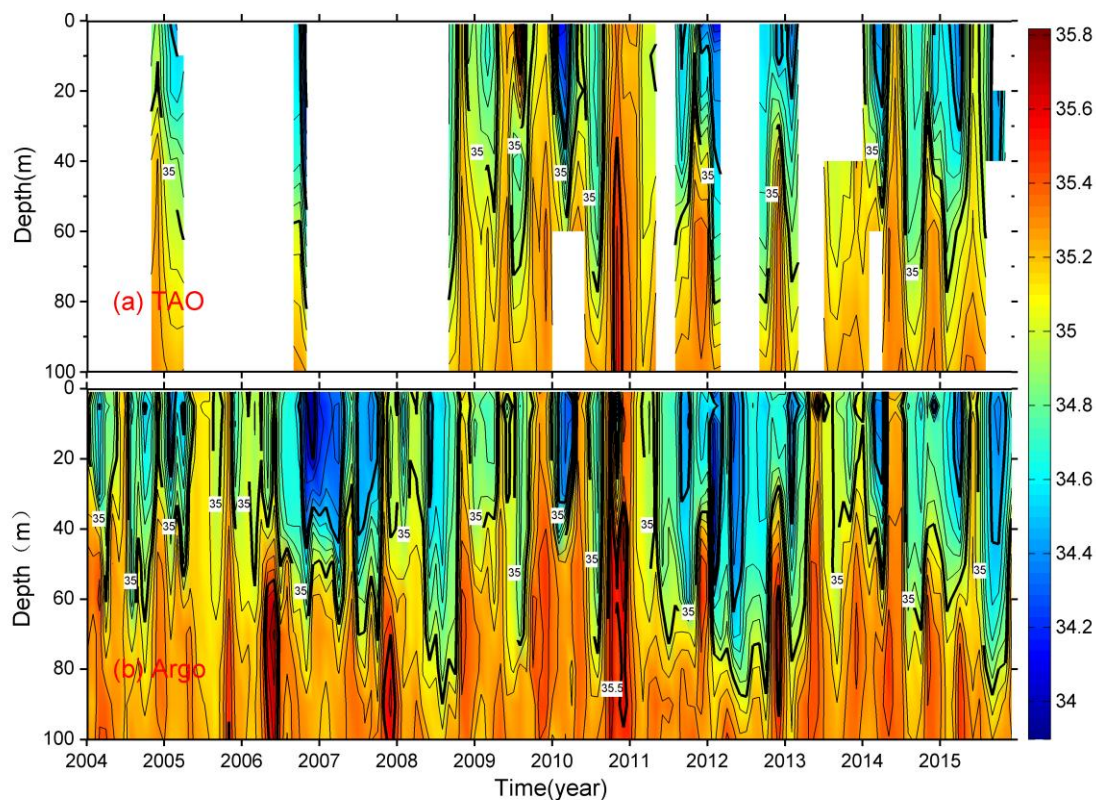


图 10 印度洋海域 I 站不同资料盐度剖面时间序列 (2004. 01~2015. 12) 分布

六、后记

全球海洋 Argo 网格资料集 (BOA_Argo) 自 2012 年第一版发布以来, 已经连续发布五年。

1. 第一版于 2012 年 8 月发布: 利用变半径 Cressman 逐步订正法(三次迭代, 三次迭代起始影响半径分别为 777km, 555km, 333km, 对应最大影响半径分别为 1110km、777km、555km, 每次迭代逐步扩大影响半径使得影响半径范围内观测资料达到一定数量, 但不超过对应最大影响半径) 构建初始场, 原始资料为 2002 年 1 月~2011 年 12 月所有全球海洋 (59.5°S-59.5°N, 180°W-180°E) 温、盐度资料, 逐年逐月网格资料集采则用 Barnes 逐步订正法构建, 每次迭代完成后, 采用一次九点平滑算法平滑分析场, 资料年限为 2004 年 1 月~2015 年 12 月, 水平分辨率 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, 垂向为 5~1950m 不等的 48 层。详细见参考文献李宏等 (2013);

2. 第二版于 2013 年 4 月发布: 在第一版基础上, Argo 资料质量控制程序有

所改进,增加了温度和盐度剖面表底层毛刺更加细致的判断程序,网格资料集数据格式增加了 NETCDF,供广大用户选择,同时网格资料集时间范围延时至 2012 年 12 月,其他均不变;

3. 第三版于 2015 年 4 月发布:在第二版基础上,Argo 资料质量控制程序进一步改进,将上一版本完成的资料作为参考数据集进行本次质量再控制,同时对整体资料质量控制步骤中,不同深度上使用的标准差倍数选择更为细致,网格资料集时间范围延时至 2013 年 12 月,其他均不变;

4. 第四版于 2015 年 6 月发布:在第三版基础上,初始场制作方法稍有改变,同样是 Cressman 逐步订正法,采用三次迭代,影响半径改变为 999km、666km、333km,同时每次迭代不再进行变半径,因此初始场完全重新制作了一次。逐年逐月分析场制作同样是 Barnes 逐步订正法,但每次迭代完成后采用 2 次九点平滑算法来平滑分析场,不同于原来的 1 次平滑,同时对客观分析主程序进行了全面优化,计算速度大为提高。温、盐度网格资料增加了表层信息,使得温、盐度网格资料集垂向分为 0~1950m 不等的 49 层,同时资料集还包含等温层深度、混合层深度及合成混合层深度这些衍生产品。

5. 第五版于 2016 年 6 月发布:在第四版基础上,质量控制程序有所改进,上版资料的质量控制程序过于严格,导致剔除了一些原本质量没有问题的观测剖面,使得客观分析获取的温、盐度分布特征在湾流区域存在异常现象,这一版资料则不存在这个问题。其次,垂向采用线性插值而非 Akima 插值法,全球海洋范围扩大到(79.5°S-79.5°N,180°W-180°E),资料由原来的 49 层增加到 0-1975dbar 不等的 58 层,垂向深度单位变为 dbar。最后,对客观分析程序进行了进一步优化,计算效率提高的同时,客观分析误差进一步减小。其他方面相同。

七、参考文献

- [1] Barnes,S.L.Mesoscale objective analysis using weighted time series observations. NOAA Tech. Memo. ERL NSSL-62, National Severe Storms Laboratory, Norman,OK,1973,41pp.
- [2]Bhaskar,T.U., Ravichandran,M.,Devender.R. An operational Objective Analysis system at INCOIS for generation of Argo Value Added Products.2007, Technical Report No. INCOIS/MOG-TR-2/07.

- [3] Cressman G.P. An operational objective analysis system[J]. Mon. Wea. Rev., 1959, 87:367-372.
- [4] Chu P C, Fan C W, 2011. Maximum angle method for determining mixed layer depth from sea glider data. J Oceanogr, 67: 219-230
- [5] Hosoda, S., T. Suga, N. Shikama et al. Global Surface Layer Salinity Change Detected by Argo and Its Implication for Hydrological Cycle Intensification. Journal of Oceanography, Vol. 65, pp. 579 to 586, 2009.
- [6] Good, S.A., M. J. Martin and N. A. Rayner (2013), EN4: quality controlled ocean temperature and salinity profiles and monthly objective analyses with uncertainty estimates, J. Geophys. Res., 118, 6704-6716, doi:10.1002/2013JC009067.
- [7] Hosoda, S., T. Suga, N. Shikama et al. Global Surface Layer Salinity Change Detected by Argo and Its Implication for Hydrological Cycle Intensification. Journal of Oceanography, Vol. 65, pp. 579 to 586, 2009.
- [8] Roemmich, D., Gilson, J. The 2004-2008 mean and annual cycle of temperature, salinity, and steric height in the global ocean from Argo program[J]. Progr. Oceanogr. 2009, 82:81-100.
- [9] Hosoda, S., T. Ohira, T. Nakamura. A monthly mean dataset of global oceanic temperature and salinity derived from Argo float Observations JAMSTEC Rep. Res. Dev., Volume 8, November 2008, 47-59
- [10] Gaillard, F., E. Autret, V. Thierry et al. Quality control of large Argo data sets[J]. J. Atmos. Oceanic Technol., 2009, 26:337-351.
- [11] Masafumi K, Tsurane K, Hiroshi I, et al. Operational Data Assimilation System for the Kuroshio South of Japan: Reanalysis and Validation[J]. Journal of Oceanography., 2004, 60:303-312.
- [12] Martin M J, A Hines, M J Bell. Data assimilation in the FOAM operational short range ocean forecasting system: a description of the scheme and its impact[J]. Q. J. R. Meteorol. Soc., 2007, 133:981-995.
- [13] Oke P. R., G B Brassington, D A Griffin, et al. The Bluelink ocean data assimilation system (BODAS)[J]. Ocean. Modelling., 2008, 21:46-70.
- [14] McPhaden, M.J., Antonio J. Busalacchi, Robert Cheney et al. The Tropical Ocean-Global Atmosphere observing system: A decade of progress. Journal of Geophysical Research, 103,

14,169-14,240 (1998).

[15]Levitus, S. (1982), Climatological atlas of the World Ocean, NOAA Prof.Pap. 13, U.S. Gov. Print. Off., Washington, D. C.

[16]Boyer, T. P., C. Stephens, J. I. Antonov, M. E. Conkright, et al., 2002. World Ocean Atlas 2001, Vol. 2: Salinity. S. Levitus, Ed., NOAA Atlas NESDIS 50, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 165 pp.

[17]Locarnini, R. A., A. V. Mishonov, J. I. Antonov, et al., 2006. World Ocean Atlas 2005, Volume 1: Temperature. S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 61, U.S. Gov. Printing Office, Washington, D.C., 182 pp.

[18]Locarnini, R. A., A. V. Mishonov, J. I. Antonov, et al., 2010. World Ocean Atlas 2009, Volume 1: Temperature. S. Levitus, Ed., NOAA Atlas NESDIS 68, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 184 pp.

[19]Locarnini, R. A., A. V. Mishonov, J. I. Antonov, T. P. Boyer, H. E. Garcia, O. K. Baranova, M. M. Zweng, C. R. Paver, J. R. Reagan, D. R. Johnson, M. Hamilton, D. Seidov, 2013. World Ocean Atlas 2013, Volume 1: Temperature. S. Levitus, Ed.; A. Mishonov, Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 73, 40 pp.

[20]Zweng, M. M., J. R. Reagan, J. I. Antonov, R. A. Locarnini, A. V. Mishonov, T. P. Boyer, H. E. Garcia, O. K. Baranova, D. R. Johnson, D. Seidov, M. M. Biddle, 2013. World Ocean Atlas 2013, Volume 2: Salinity. S. Levitus, Ed.; A. Mishonov, Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 74, 39 pp.

[21]Robert H. Stewart. Introduction To Physical Oceanography[M]355pp, 2004

[22]许建平, 刘增宏, 孙朝辉等. 全球 Argo 实时海洋观测网全面建成[J]. 海洋技术, 2008, 27(1):68-70

[23]李宏, 2011, 利用客观分析法重构 Argo 网格资料的初步研究[D]国家海洋局第二海洋研究所硕士学位论文, 111pp.

[24]李宏, 许建平, 刘增宏, 孙朝辉, 2012. 利用逐步订正法构建 Argo 网格资料集的研究. 海洋通报, 31(5):46-58.

[25]李宏, 许建平, 刘增宏, 孙朝辉, 赵鑫. 全球海洋 Argo 网格资料集及其验证[J]海洋通报, 2013, 32(6):615-625.

[26] 赵鑫, 李宏, 刘增宏, 许建平, 孙朝辉, 卢少磊, 2016. 基于混合层模型反推 Argo 表层

温度和盐度, 海洋通报, 待刊.