



杭州全球海洋Argo系统野外科学观测研究站

Hangzhou Global Argo system field scientific observation and research station

# 全球海洋 Argo 网格资料集 (BOA\_Argo) 用户手册

杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站

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

自然资源部第二海洋研究所

2021 年 4 月 杭州

# 目 录

O、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、网格资料集格式及使用 .....	5
五、重构效果验证 .....	7
5.1 与 WOA18 资料比较 .....	7
5.2 ENSO 信号检验 .....	11
5.3 逐年逐月时间序列 .....	13
六、数据下载 .....	18
七、注意事项 .....	18
八、参考文献 .....	18
九、版权与免责声明 .....	20

## O、资料使用权说明

全球海洋 Argo 网格资料集 (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, 国家自然科学基金联合基金项目“基于大数据的区域海陆气环境预警预报关键技术”(U1811464), 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项(JG1622) 和卫星海洋环境动力学国家重点实验室资助项目(编号 QNHN2127 和 SOEDZZ1906) 的共同资助。

本资料集可免费下载使用, 凡使用本资料集时, 请统一标注为“**BOA\_Argo**”网格资料, 且按文献格式引用:

卢少磊, 刘增宏, 李宏, 李兆钦, 吴晓芬, 孙朝辉, 2021。全球海洋 Argo 网格资料集 (BOA\_Argo) 用户手册, 23pp。

或者直接引用以下文献:

Li, H., F. Xu, W. Zhou, D. Wang, J. S. Wright, Z. Liu, and Y. Lin (2017). Development of a global gridded Argo data set with Barnes successive corrections. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122, doi:10.1002/2016JC012285.

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!

本资料集每半年更新一次, 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!

联系方式: 卢少磊: 0571-81963098, lsl324004@163.com

李 宏: slvester\_hong@163.com

刘增宏: 0571-81963098, liuzenghong@139.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 300 km (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），累计获取的温盐度剖面数量在 2018 年 11 月已经超过了 200 万条，而且仍以每年超过 14 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 等, 2002)、WOA05 (Locarnini 等, 2006)、WOA09 (Locarnini 等, 2010) 和 WOA13 (Zweng 等, 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 等, 2007; Hosoda 等, 2008; Roemmich 等, 2009; Gaillard 等, 2009; Good 等, 2013)，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 资料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构建完成了全球海洋三维网格温、盐度资料集及相应衍生产品。

## 二、资料来源

选用的资料来自杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站（以下简称 Argo 野外站，<http://www.argo.org.cn/>）提供的 1997 年 1 月-2020 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。使用的 Argo 剖面资料已经过该中心科研人员非常严格的质量再控制，从而保证原始资料的质量（Li 等, 2020）。在此基础上，鉴于构建网格质量的特定要求(比如区域选择，水陆点设置等)，统一再对这些资料进行必要的质量再控制，总共有 1702864 条温、盐度剖面通过质量控制，用来制作气候态 1-12 月份的背景场及逐年逐月平均网格资料。

## 三、网格数据制作流程

1、统一对 Argo 资料进行必要的质量再控制工作（李宏, 2011; Li 等, 2017）（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（56 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。

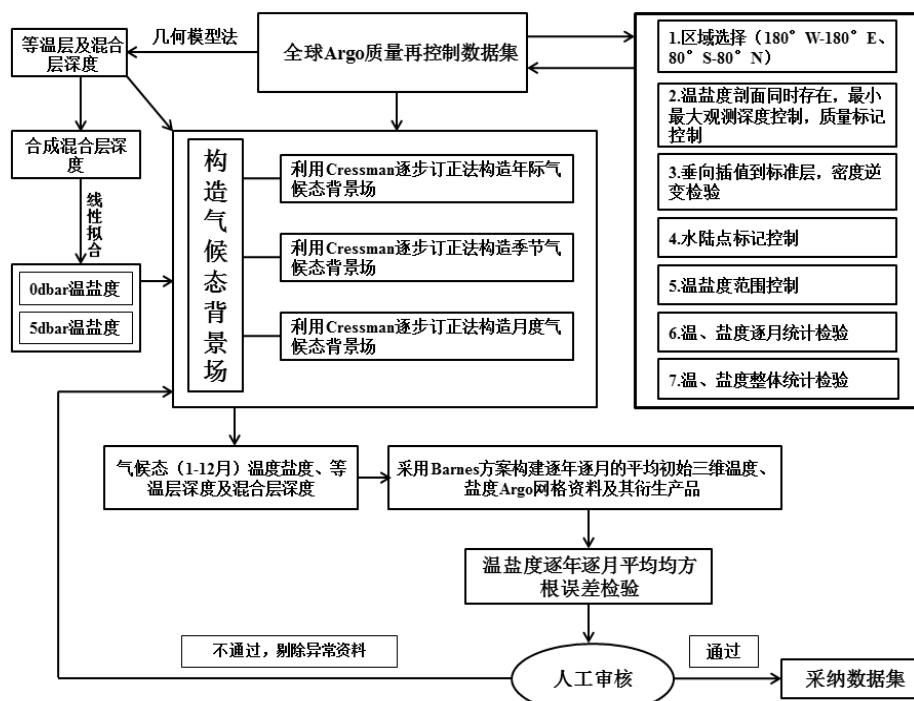


图 1 Argo 网格资料集构建流程

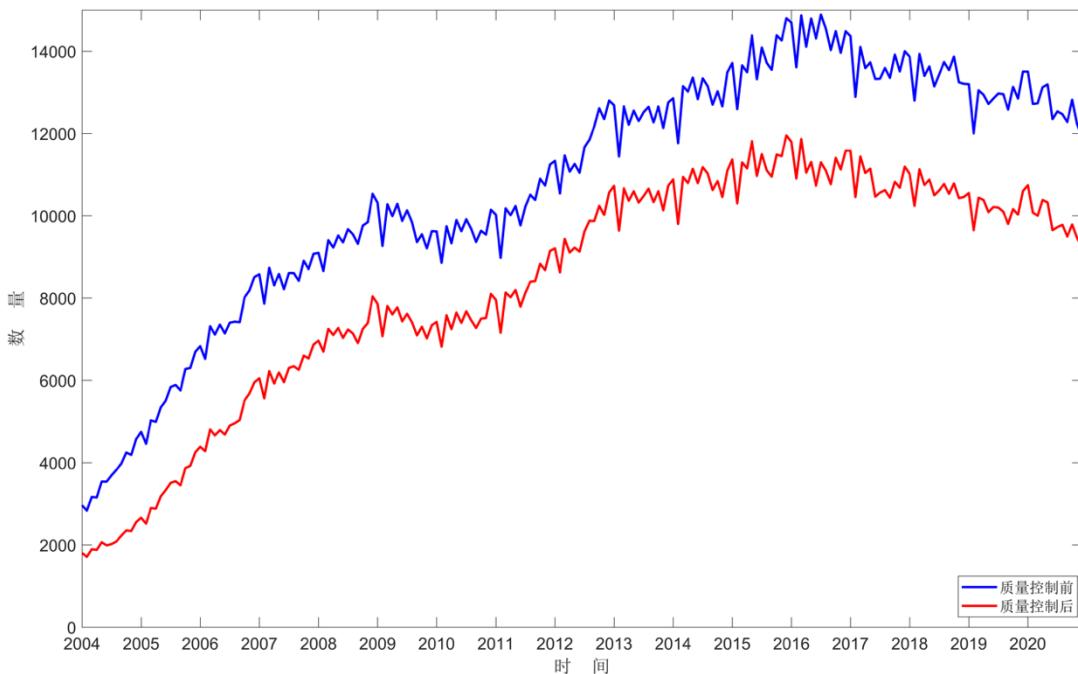


图 2 质量控制前后 Argo 资料剖面数量分布

2、对上述高质量的温、盐度剖面参考数据集，利用几何模型法（Chu 等，1999）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，并利用线性拟合的方法，反推出每个剖面位置的表层（0 dbar 和 5 dbar）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初始场，利用 Barnes (1973) 逐步订正法构建逐月 Argo 网格温、盐度资料集。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。

5、对客观分析而言，误差的剖面分布尤为重要。在深层(1500 m 深度以下)，一般温度和盐度变化较小，由此，获得的误差曲线应该比较集中，否则，表明原始 Argo 资料的质量控制并不完善，需要根据误差曲线对应月份来人工审核相应 Argo 剖面资料，剔除不合理的资料。通过误差的剖面分布图，可以对制作网格资料的原始 Argo 资料的质量控制进行人工审核，查漏补缺。图 3 显示了 2004 年 1 月~2020 年 12 月总共 204 个月的均方根误差(每个垂向层次)垂直分布，其中黑色曲线为平均值。可见，在 1000 dbar 深度以下，温度平均均方根误差(RMSE)为  $0.057 \pm 0.008^{\circ}\text{C}$ ，盐度平均均方根误差为  $0.008 \pm 0.001$ 。而上层海洋本身海域环境相对复杂，受风场、热通量、淡水通量等影响较大，因此误差相对较大，1000 dbar 深度以上层温度平均 RMSE 为  $0.307 \pm 0.038^{\circ}\text{C}$ ，盐度平均 RMSE 为  $0.040 \pm 0.006$ 。

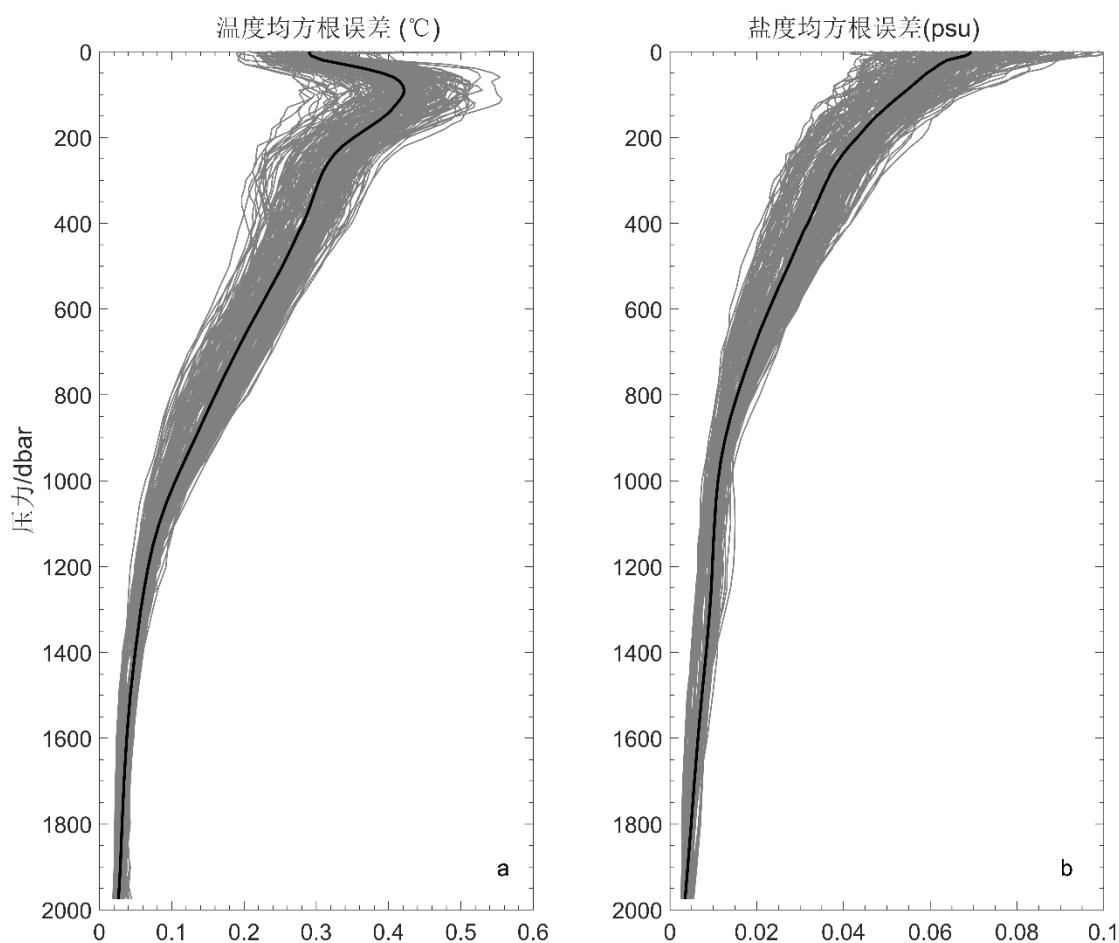


图 3 2004 年~2020 年总共 204 个月份的均方根误差随深度变化曲线(灰线)

(a): 温度, (b): 盐度, 其中黑色曲线为 204 个月份的平均值

## 四、网格资料集格式及使用

名称: BOA\_Argo;

时间分辨率: 逐年逐月;

空间范围: 全球海洋 (180°W~180°E, 80°S~80°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, 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, 1600dbar, 1700dbar, 1800dbar, 1900dbar, 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 (压力, 58)、temp (温度, 360×160×58)、temp\_scatter\_error(温度散点误差, 360×160×58)、salt (盐度, 360×160×58)、salt\_scatter\_error(盐度散点误差, 360×160×58)、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, 包含的变量除上述的经纬度与压力信息外, 还有: temp\_annual (温度, 360×160×58), salt\_annual (盐度, 360×160×58), 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), 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\_01.mat 表示 1 月份平均的网格资料。包含的变量为：temp\_monthly (温度, 360×160×58), salt\_monthly (盐度, 360×160×58); mld\_t\_monthly(等温层深度, 360×160), mld\_dens\_monthly(混合层深度, 360×160), mld\_composed\_monthly (合成混合层深度, 360×160);

若想读取 MATLAB 格式的 2004 年 1 月份的资料，在 MATLAB 命令窗口输入命令：**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），例如：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, 160)、pres (压力, 58)、temp (温度, 360×160×58)、temp\_scatter\_error(温度散点误差, 360×160×58)、salt (盐度, 360×160×58)、ILD (等温层深度, 360×160)、MLD (混合层深度, 360×160) 及 CMLD (合成混合层深度, 360×160)，其中缺失值以 99999.0 填充。

若想使用 NetCDF 格式的 2004 年 1 月份的资料，在 MATLAB 命令窗口 (MATLAB2009a 版本以上) 输入如下命令：

```
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

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

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

netcdf.close(ncid);

```

## 五、重构效果验证

将重构的 Argo 网格资料集与 WOA18 资料（来源于 <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa18/>， Locarnini 等， 2018）、 TAO/TRITON 资料（来源于 <http://www.pmel.noaa.gov/tao/disdel/frames/main.html>， McPhaden 等， 1998）以及同类型的 Argo 资料集（来源于 <https://argo.ucsd.edu/data/argo-data-products/>）进行比较，检验本网格资料集的可信度。

### 5.1 与 WOA18 资料比较

从图 4-1 可以看出，全球海洋表层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；BOA\_Argo 资料反映的全球海洋表层温度分布特征(图 4-1)与 WOA18 资料反映的温度分布特征图(4-2)较为相似，WOA18 等温线更为光滑。

全球海洋表层盐度分布特征则为，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）；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，WOA18 资料提供的全球海洋盐度分布与 BOA\_Argo 资料别无两样。可以看出，BOA\_Argo 网格资料与 WOA18 反映的表层温、盐度大面分布特征较为相似，但相比之下，WOA18 资料更为光滑。

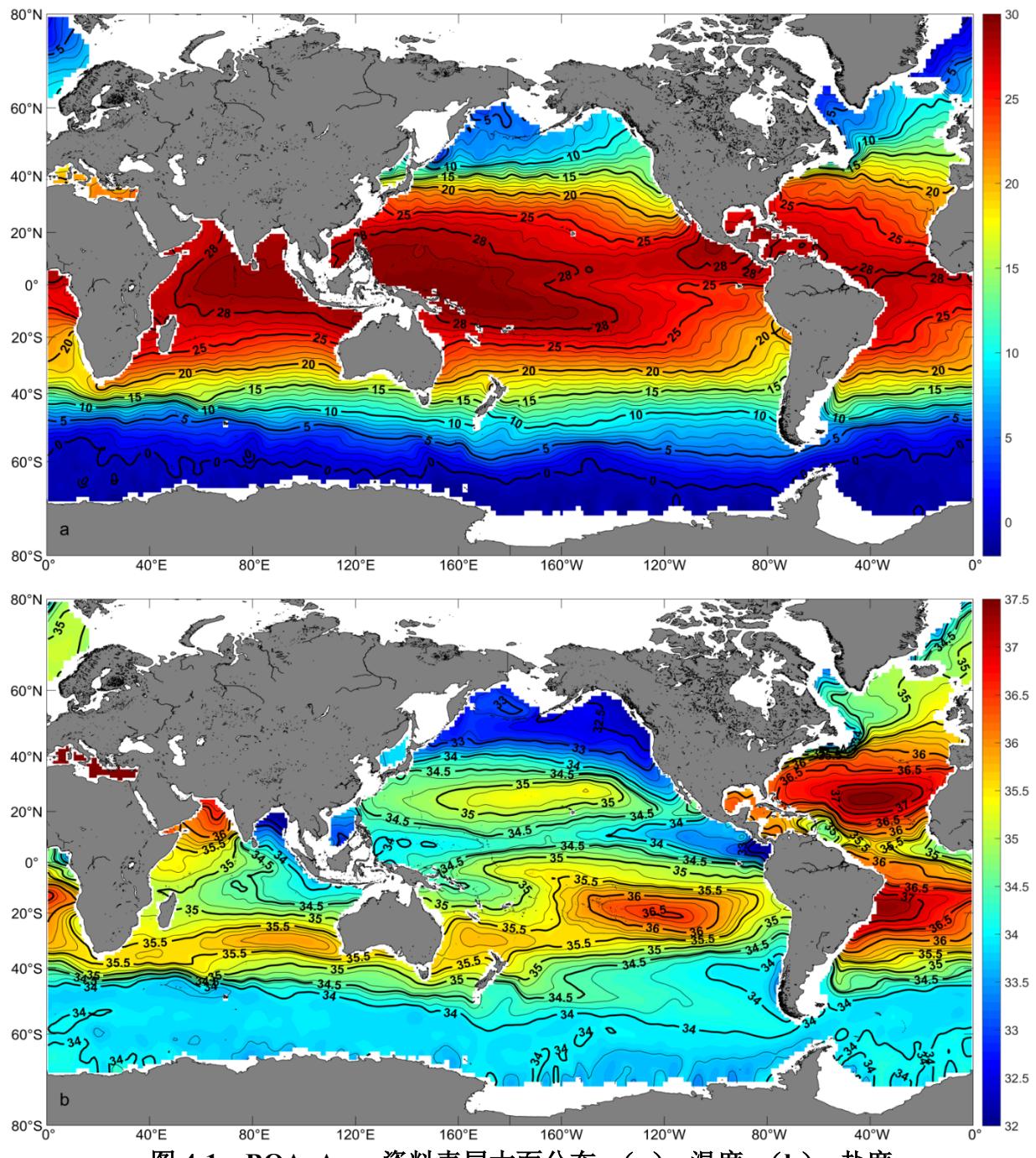


图 4-1 BOA\_Argo 资料表层大面分布 (a): 温度 (b): 盐度

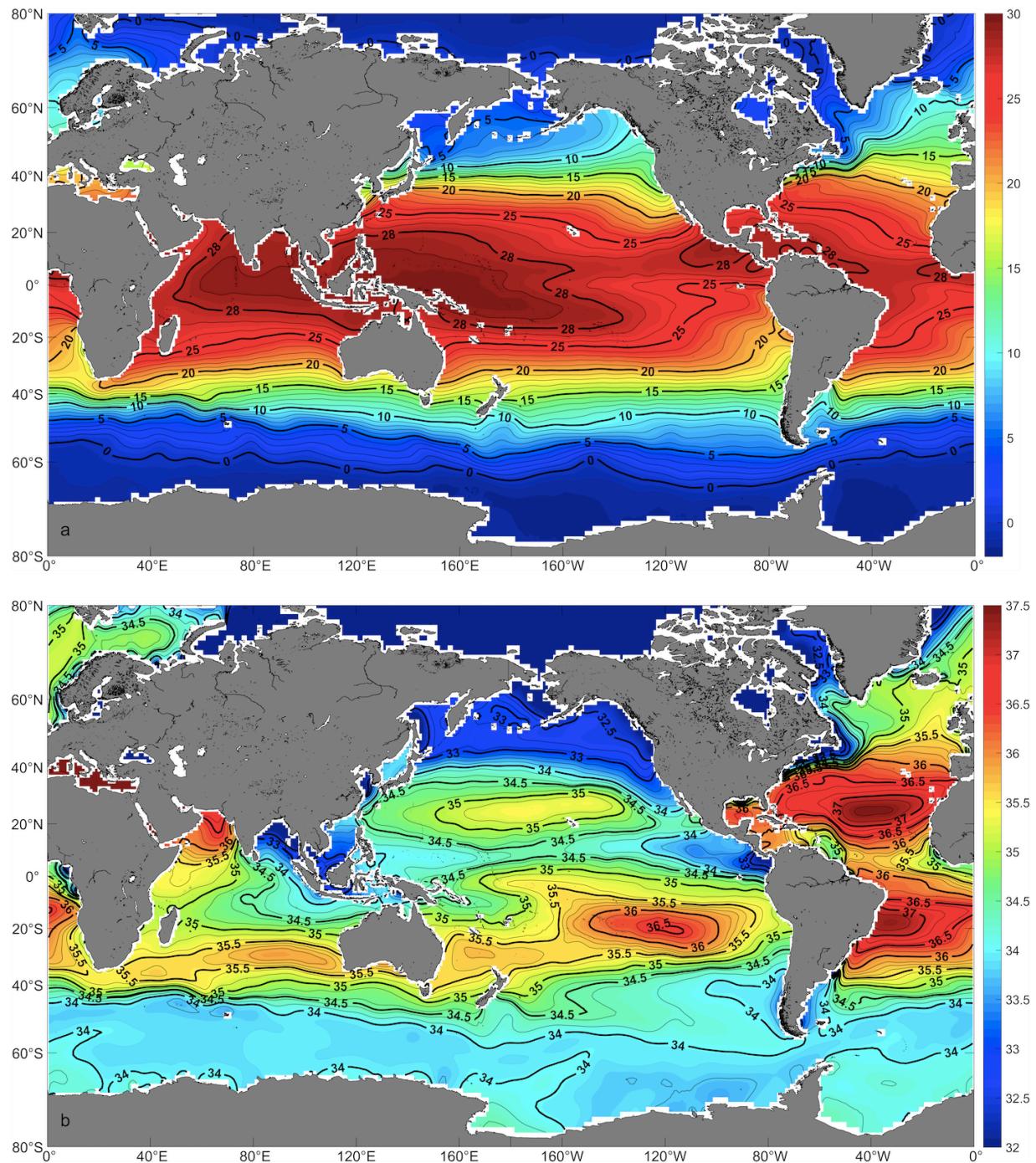


图 4-2 WOA18 资料表层大面分布 (a): 温度 (b) 盐度

## 5.2 ENSO 信号检验

为了检验 BOA\_Argo 网格资料集对 ENSO 信号的捕捉能力, 图 5 给出了 2004 年 1 月到 2020 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 1)中 100 m (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和均方根误差(表 2)。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 5 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, 大部分来源于国际 Argo 信息中心网址 (<https://argo.ucsd.edu/data/argo-data-products/>), 这里选用的包括: RG\_Argo 为 Scripps 海洋研究所提供的网格资料 (Roemmich 和 Gilson, 2009), EN4 为英国气象局提供的网格资料 (Good 等, 2013), IPRC 为夏威夷大学太平洋—亚洲数据中心提供的网格资料, 还有 IAP 来源于中国科学院大气物理研究所 (Cheng 等, 2016)。这几种产品的原始资料以 Argo 剖面资料为主, 其中 EN4\_Argo 所用的原始资料种类(如 WOD05、GTSPP、Argo、ASBO 等)较多, 而 IAP 所用原始资料基本涵盖所有 WOD18 资料, 原始资料也较为丰富。由图 5 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、RG\_Argo 资料、EN4\_Argo 资料、IPRC 资料、IAP 资料与 Nino3.4 指数的相关系数分别为: 0.969、0.973、0.954、0.969 和 0.966, 均方根误差分别为:  $0.235^{\circ}\text{C}$ 、 $0.193^{\circ}\text{C}$ 、 $0.336^{\circ}\text{C}$ 、 $0.208^{\circ}\text{C}$  和  $0.246^{\circ}\text{C}$ , 均方根误差较小, 相关系数均较高, 说明 BOA\_Argo 资料提供的温度资料与其他资料集同样能够较好地反映 ENSO 信号。

表 1 不同类型 Argo 网格资料集

数据名称	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	参考文献
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	杭州全球海洋 Argo 系统野外科 学观测研究站	Li 等, 2017 (JGR- Ocean)
RG_Argo	全球海洋 (180°W-180°E, 64.5°S-59.5°N)	1°×1°	2.5-1975 d-bar 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	Roemmich 和 Gilson, 2009 (PIO)
EN4	全球海洋 (180°W-180°E, 83°S-89°N)	1°×1°	5-5350m 不等 42 层	WOD13, GTSPP, ASBO	WOA98	最优插 值法	英国 气象局	Good 等, 2013 (JGR-Ocean)
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	WOA01	变分插 值法	夏威夷大学亚洲- 太平洋数据 研究中心	<a href="http://apdrc.soest.hawai i.edu/projects/Argo/">http://apdrc.soest.hawai i.edu/projects/Argo/</a>
IAP	全球海洋 (180°W-180°E, 90°S-90°N)	1°×1°	0-2000m 不等 41 层	WOD18	气候模式集 合平均场	集合最优 插值	中国科学院大气 物理研究所	Cheng 等, 2016 (JC)

表 2 不同资料提供的 ENSO 指数相关系数表

	与 NOAA/CPC 的相关系数	与 NOAA/CPC 的均方根误差( $^{\circ}$ C)
<i>BOA_Argo</i>	0.969	0.235
<i>RG_Argo</i>	0.973	0.193
<i>EN4</i>	0.954	0.336
<i>IPRC</i>	0.969	0.208
<i>IAP</i>	0.966	0.246

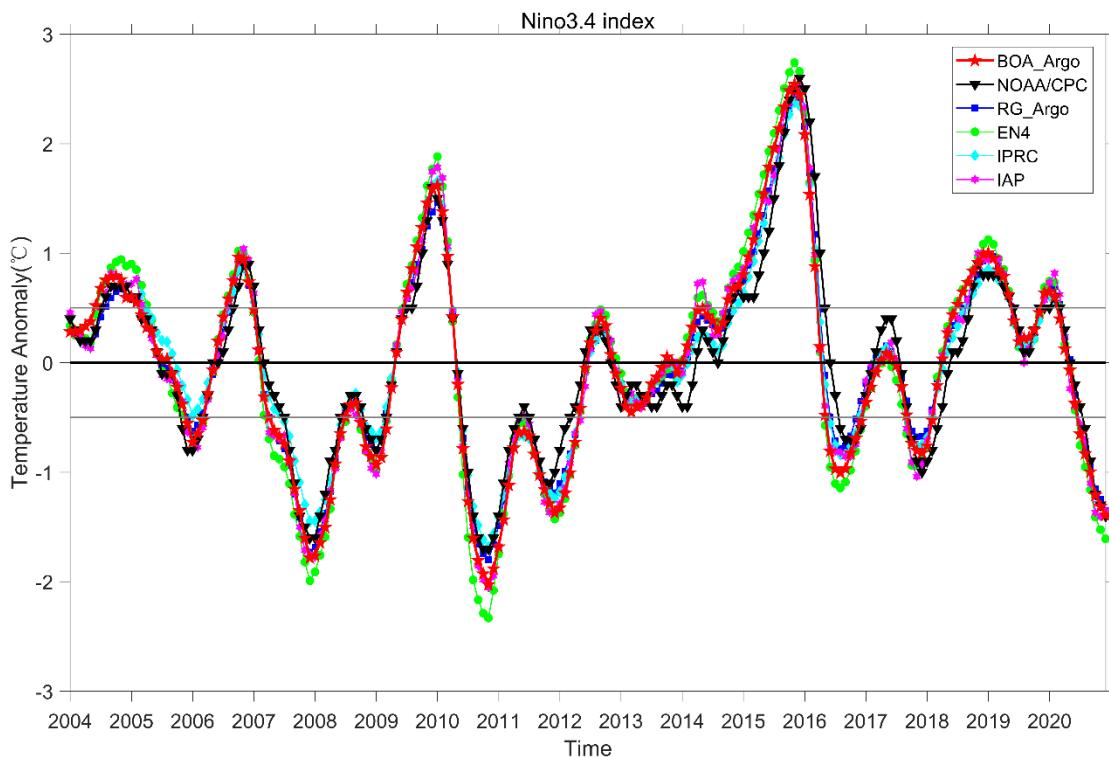


图 5 2004 年 1 月至 2020 年 12 月期间 Nino3.4 区 ENSO 指数的时间序列

### 5.3 逐年逐月时间序列

为了进一步检验 BOA\_Argo 网格资料集的可靠性，并考虑到时间和空间上的连续性，我们同样选取 GTMBA 的温度和盐度剖面观测资料（来源于 <http://www.pmel.noaa.gov/tao/global/global.html>），GTMBA 主要包括位于印度洋的非洲-亚洲-澳大利亚季风分析和预报研究阵列（Research Moored Array for African-Asian-Australian Monsoon Analysis and Prediction，RAMA），位于太平洋的热带大气海洋观测系列（Tropical Atmosphere Ocean /Triangle Trans-Ocean Buoy Network，TAO/TRITON）及位于大西洋的预报和研究锚碇阵列

(Prediction and Research Moored Array in the Atlantic , PIRATA)。作为代表，分别在太平洋 (P 站: 0°N, 156°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~2020 年 12 月期间的锚碇浮标温、盐度观测资料。

图 6 为 BOA\_Argo 和锚碇浮标在赤道太平洋海域 P 位置上从海表到 500m/300m 深度范围内的温/盐度垂直分布，时间范围为 2004 年 1 月至 2020 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，但锚碇浮标资料的等值线更为光滑，这可能与资料来源有关：因为 BOA\_Argo 为逐月资料，而锚碇浮标的原始资料为逐日的，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 7-1 为 BOA\_Argo 和锚碇浮标在大西洋海域 A 点位置上从海表到 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 7-2 所示。由图 7-1 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微小的差异。

图 8 为 BOA\_Argo 和锚碇浮标观测在印度洋海域 I 点位置上自海表到 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，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，都较为相似。尤其是对盐度剖面而言，观测深度较浅 (只到 100m)，上层海洋变化本身较大。

以上对比说明重构的资料是有效的，并能有效弥补 TAO 锚碇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。

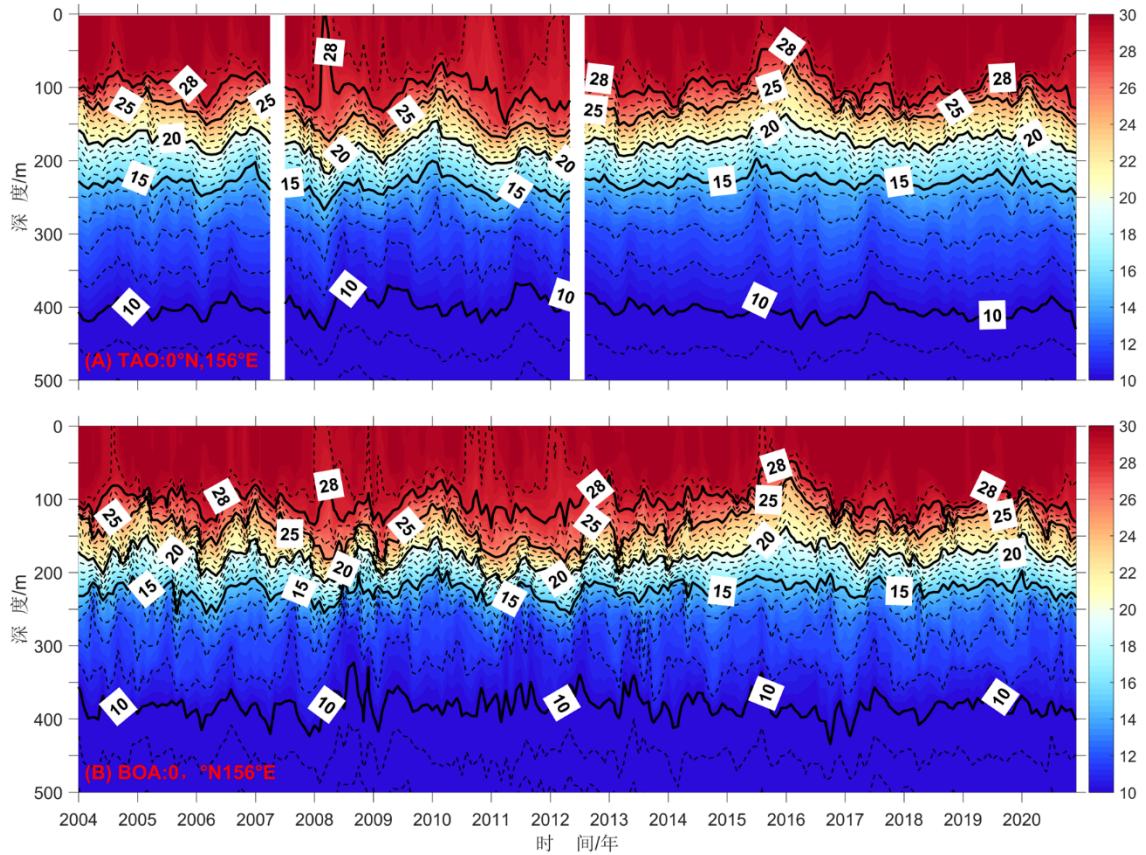


图 6-1 太平洋海域 P 站不同资料温度剖面时间序列 (2004.01~2020.12) 分布

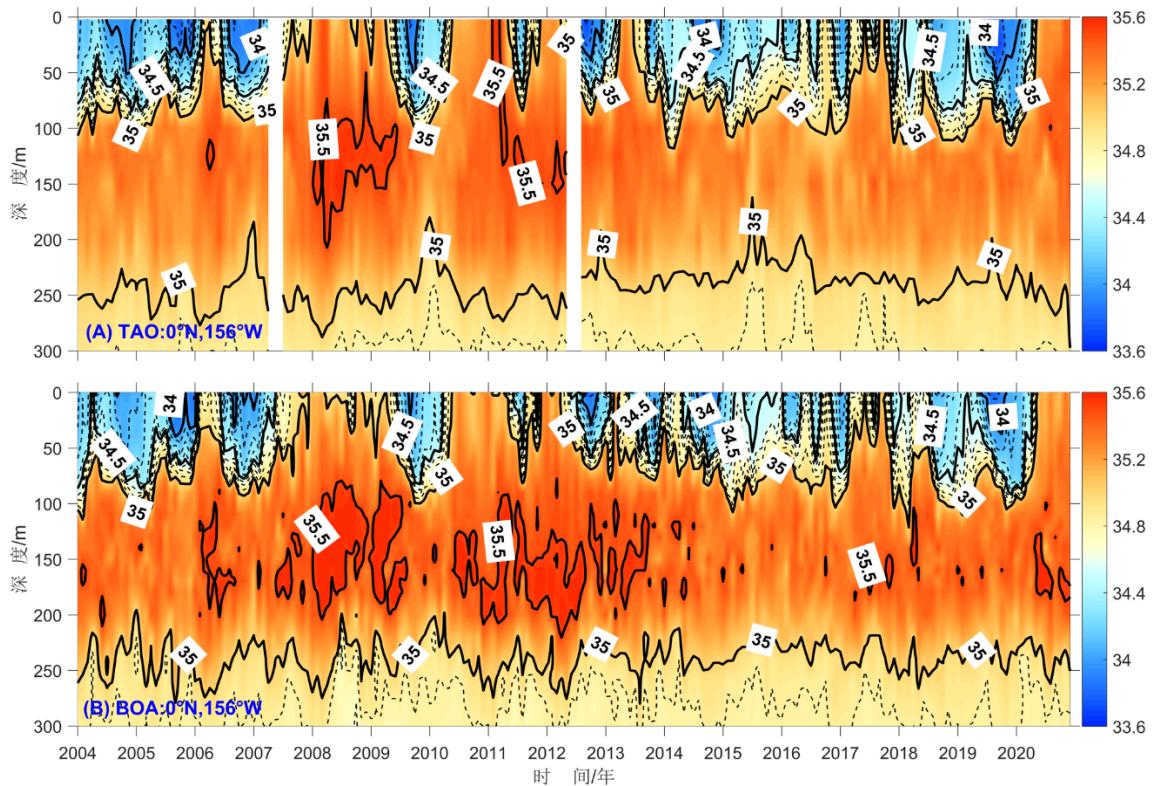


图 6-2 太平洋海域 P 站不同资料盐度剖面时间序列 (2004.01~2020.12) 分布

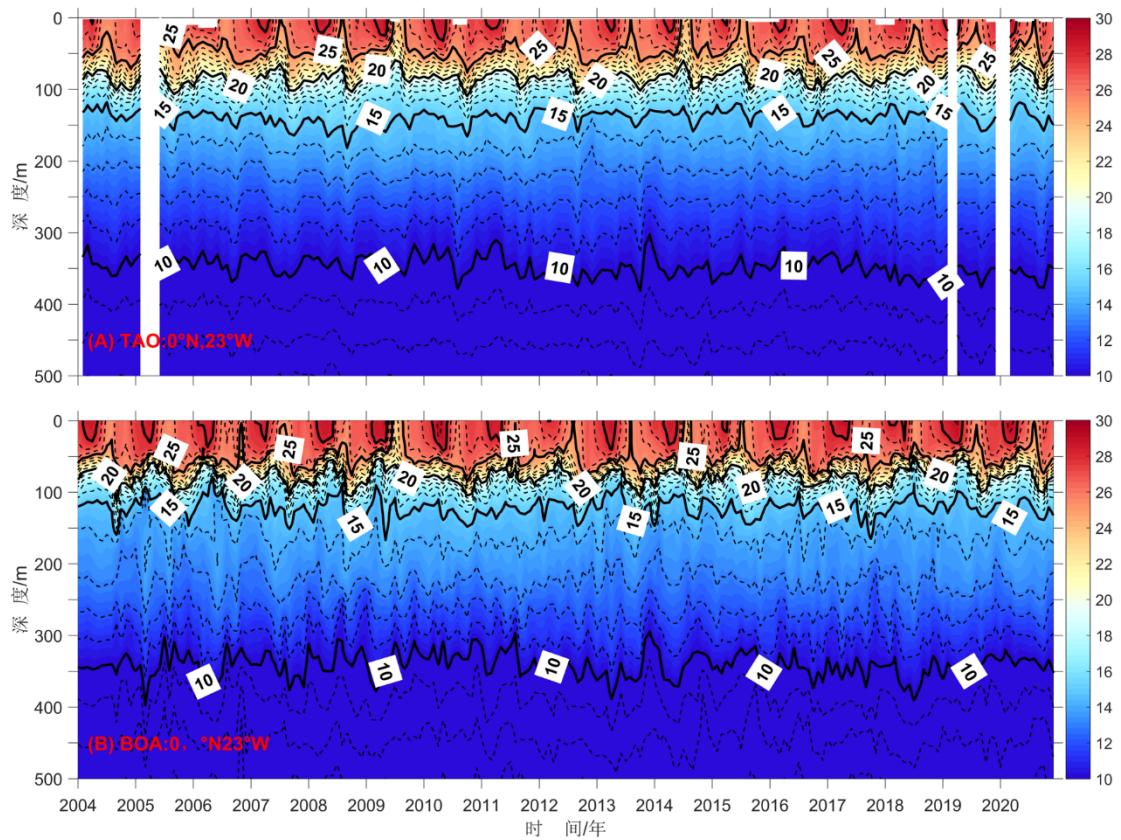


图 7-1 大西洋海域 A 站不同资料温度剖面时间序列（2004.01~2020.12）分布

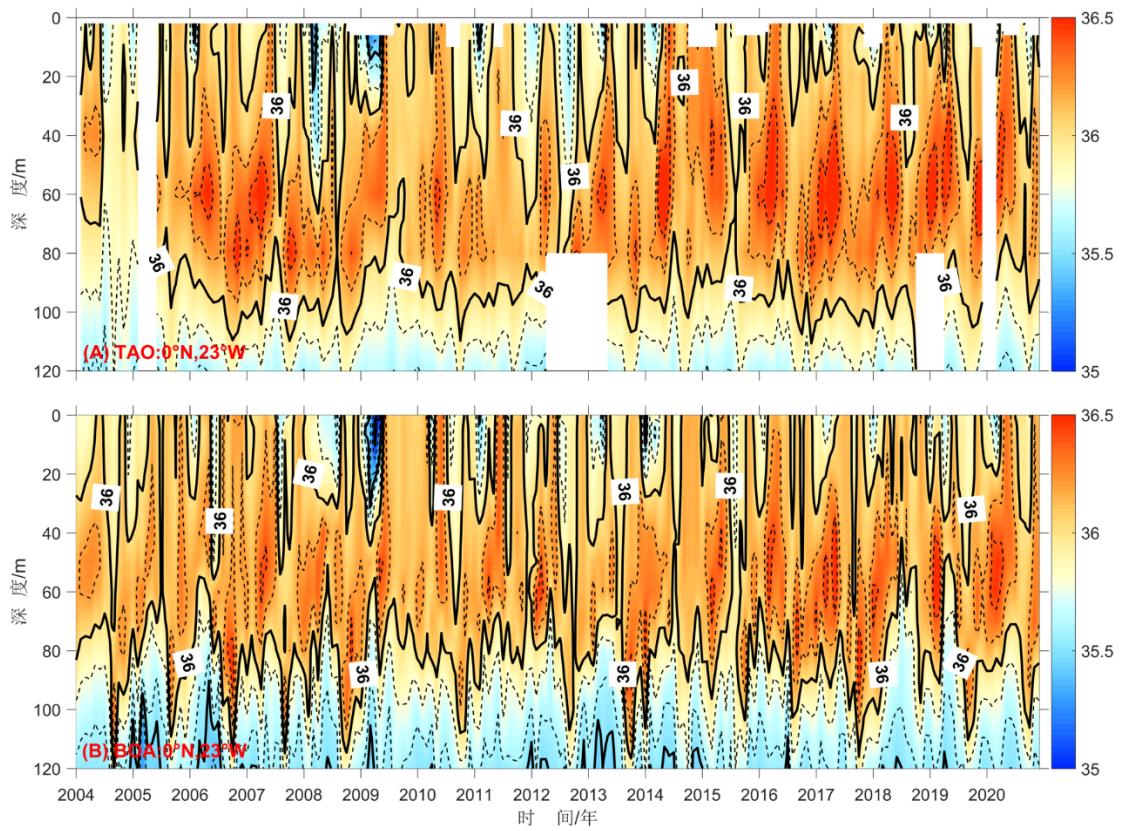


图 7-2 大西洋海域 A 站不同资料盐度剖面时间序列（2004.01~2020.12）分布

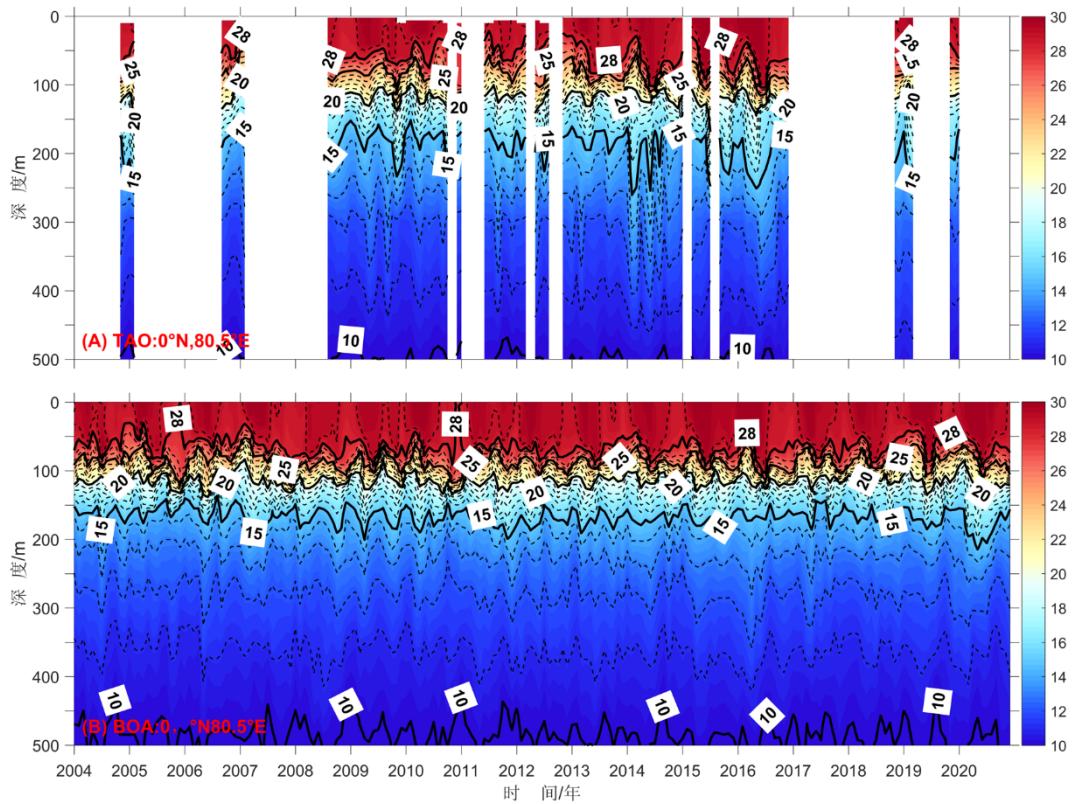


图 8-1 印度洋海域 I 站不同资料温度剖面时间序列 (2004.01~2020.12)

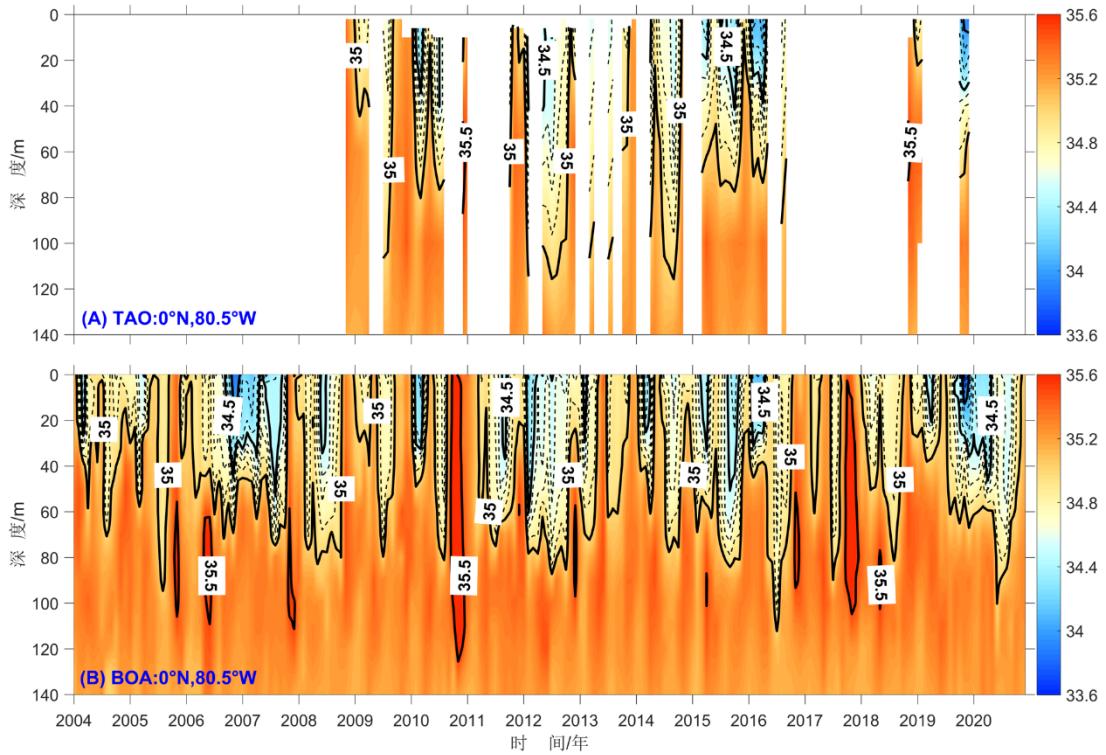


图 8-2 印度洋海域 I 站不同资料盐度剖面时间序列 (2004.01~2020.12)

## 六、数据下载

用户可以使用FTP客户端下载BOA\_Argo网格资料集，地址为：

[ftp://data.argo.org.cn/pub/ARGO/BOA\\_Argo/](ftp://data.argo.org.cn/pub/ARGO/BOA_Argo/)

用户可从以下两个网站入口下载 BOA\_Argo 数据集：

1、Argo野外站网站(<http://www.argo.org.cn/>)中“数据产品”网页中可找到 BOA\_Argo网格资料集下载链接，该网站包含野外站提供的其他有关Argo数据的资料集。

2、国际Argo计划办公室网站(<http://www.argo.ucsd.edu/>)中“DATA”菜单栏下的“Data products”网页中可找到BOA\_Argo网格资料集下载链接，该网页还提供了其他机构利用Argo资料以及相关资料制作的网格化产品。

## 七、注意事项

由于南海在某些时间（如2019年）几乎没有活跃Argo剖面浮标运行，因此 BOA\_Argo在这一时间段仅反映气候态结果，请用户谨慎使用。

## 八、参考文献

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.

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.

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.

Cheng, L., and J. Zhu. 2016. Benefits of CMIP5 Multimodel Ensemble in Reconstructing Historical Ocean Subsurface Temperature Variations. J. Clim., 29, 5393-5416, <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0730.1>.

Chu, P. C., Q. Q. Wang, R.H. Bourke. 1999. A geometric model for Beaufort/Chukchi Sea thermohaline structure. J. Atmos. Ocean. Technol., 16:613–632.

- Cressman G.P. An operational objective analysis system[J].Mon. Wea.Rev.,1959, 87:367-372.
- Hosoda, S., T. Ohira, T. Nakamura. 2008. 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.
- 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.
- 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.
- Gaillard,F,E. Autret,V.Thierry et al .Quality control of large Argo data sets[J].J.Atmos. Oceanic.Technol.,2009,26:337–351.
- Levitus, S. (1982), Climatological atlas of the World Ocean, NOAA Prof.Pap. 13, U.S. Gov. Print. Off., Washington, D. C.
- Li H., Xu F., Zhou W., et al. Development of a global gridded Argo data set with Barnes successive corrections[J]. Journal of Geophysical Research: Ocean,2017 122(2):866–889.
- Li, Z.Q, Liu, Z.H., Lu S.L. 2020. Global Argo data fast receiving and post-quality-control-system. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 502:012012.
- Locarnini, R. A., A. V. Mishonov, J. I. Antonov, et al., 2006. WorldOcean Atlas 2005, Volume 1: Temperature. S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 61, U.S. Gov.Printing Office, Washington, D.C., 182 pp.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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).
- 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.
- 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.
- 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.
- Robert H. Stewart. Introduction To Physical Oceanography[M]355pp,2004
- 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.
- 李宏, 许建平, 刘增宏, 孙朝辉, 2012a. 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.
- 李宏, 许建平, 刘增宏, 孙朝辉, 2012b. 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, 31pp.
- 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. 海洋通报, 2013a, 32(6):615-625.
- 李宏, 许建平, 刘增宏, 赵鑫. 全球海洋 Argo 网格资料集及其验证. 海洋通报, 2013b, 32(6): 108-118.
- 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.
- 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.

## 九、版权与免责声明

BOA\_Argo 网格数据集由自然资源部杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站（简称杭州 Argo 野外站, <http://www.argo.org.cn/>）研制，用户可免费下载

使用（商业用途外）。使用该数据集前，请仔细阅读以下条款：

1、本数据集版权归杭州 Argo 野外站所有，任何单位、网站或个人未经授权不得转载、修改和用于商业行为；经授权的单位、网站，在使用时须注明“数据来源：自然资源部杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站 (<http://www.argo.org.cn>)”。

2、本数据集是杭州 Argo 野外站为海洋科学等领域的研究目的研制，杭州 Argo 野外站对用户使用过程中出现的任何损失或损坏不承担任何责任。