

亚-印-太交汇区海洋再分析资料集第二版本 (AIPOcean 2.0)

1、背景

亚洲与太平洋-印度洋交汇区 (AIPO) 指的是东亚和南亚国家周围以及连接西太平洋和印度洋的海域 (图 1)。该区是影响中国短期 (季节性到年际) 气候变化的关键区域之一。该区的海气相互作用 (即海气界面的能量、动量和质量交换), 是影响中国大尺度气候变化的关键因素之一。因此, 改进海洋资料同化技术、通过再分析为该海区提供高分辨率海况评估就非常重要。现有的全球海洋再分析资料集, 如海洋环流与气候预测 (ECCO) 和简单海洋资料同化 (SODA), 虽可以覆盖 AIPO 区域, 但是水平分辨率较低, 难以分辨复杂的海岸线如连接印度洋和太平洋的印度尼西亚贯流区域, 而且这个区域对于亚印太交汇区非常重要。AIPO 也有诸如黑潮延伸区和南中国海内的强中尺度涡活动, 因此需要一个能够分辨涡的分辨率来反映中尺度活动引起的变化, 如图 2 中所示的海面变化。现有的区域性海洋分析资料集通常有较高的空间分辨率, 但不集中在 AIPO 区。在国家基础研究计划 (973 计划) 项目的持续支持下, 继 AIPOcean1.0 后, 我们又开发了覆盖 AIPO 区域 ($0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$) 的海洋再分析资料集第二版本 (AIPOcean2.0)。

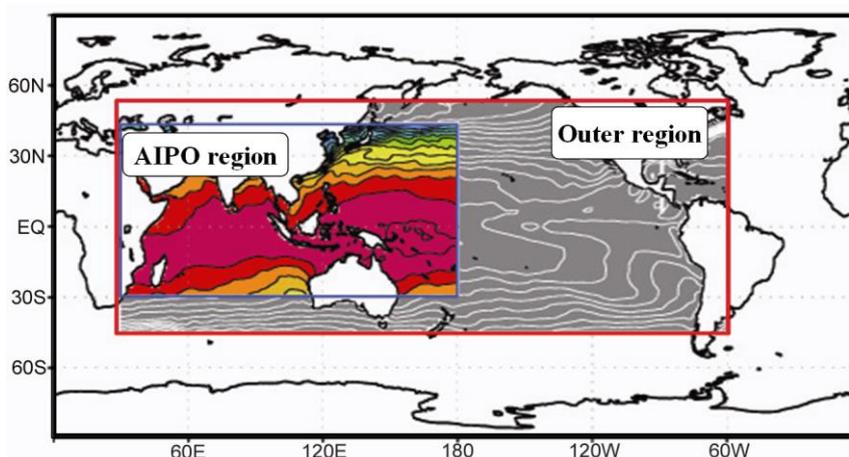


图 1、AIPO 区域的地理位置以及建立网格化模式中使用的的外围区域

2、资料集说明

AIPOcean 2.0 资料集含 1993 年 1 月 1 日至 2012 年 12 月 31 日期间的日平均三维温度、盐度和流场, 以及二维海面高度场。资料格式为 NetCDF。资料集包含有 5 个变量: 三维温度、盐度、纬向速度、经向速度、海面高度等。原始资料在等密度坐标上, 被内插到标准垂直平面上, 详见下表 (表 1-2)。

表 1、变量详细情况

变量名称	变量	单位
三维温度	t	°C

三维盐度	s	psu
三维纬向速度	u	m/s
三维经向速度	v	m/s
海面高度	ssh	m

表 2、垂直层面

层	深度(米)	层	深度(米)	层	深度(米)	层	深度(米)
1	5	10	200	19	1000	28	3000
2	10	11	250	20	1100	29	3500
3	20	12	300	21	1200	30	4000
4	30	13	400	22	1300	31	4500
5	50	14	500	23	1400	32	5000
6	75	15	600	24	1500	33	5500
7	100	16	700	25	1750		
8	125	17	800	26	2000		
9	150	18	900	27	2500		

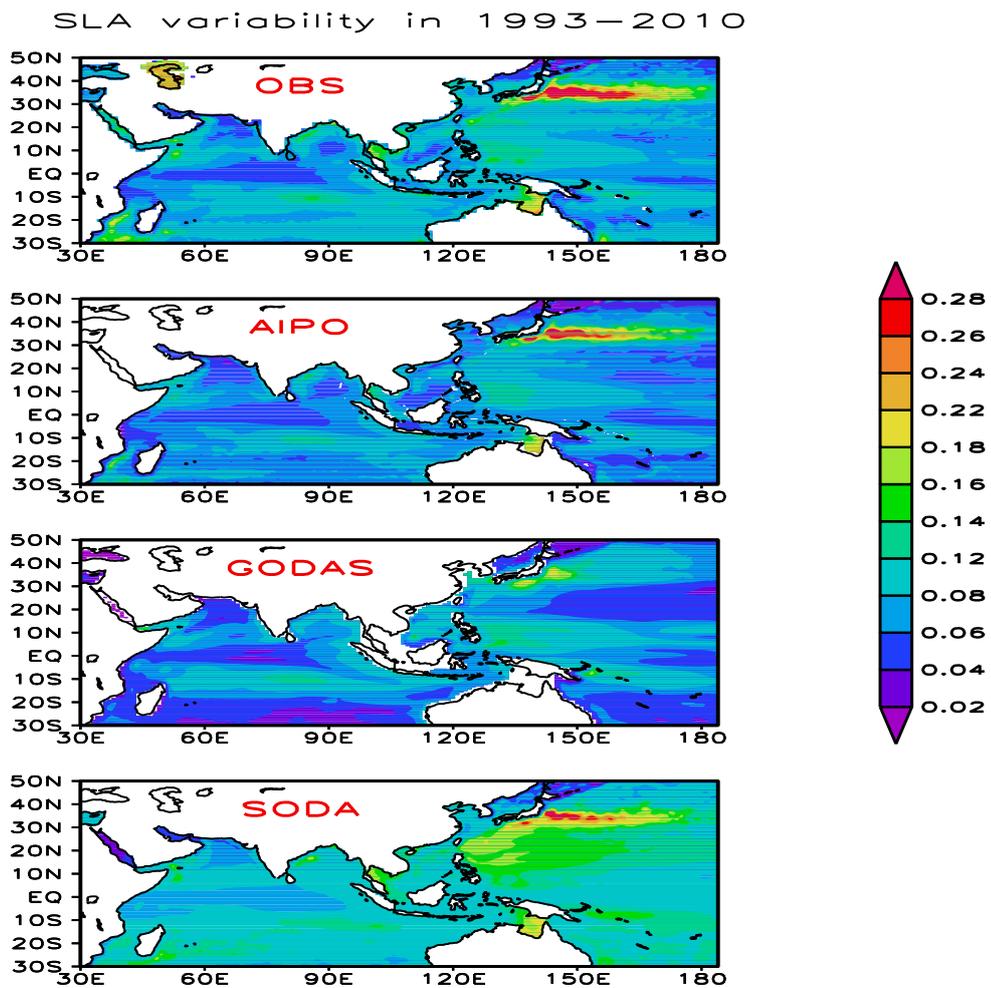


图 2、由卫星高度计观测、AIPOcean 2.0、SODA 和 GODDAS 资料揭示的海面异常变化

我们在这里把 AIPOcean 2.0 与其它资料集或观测结果进行了比较。图 2 显示了 AIPO 区域内

海平面异常变化。中尺度涡对海平面异常变化具有重要影响。较高分辨率的 AIPOcean 2.0 和 SODA ($0.25^\circ \times 0.4^\circ$) 资料集比低分辨率的 GODAS ($1^\circ \times 1^\circ$) 资料集能更好地表达海平面异常变化, 后者主要用于大尺度气候变化的描述。

3、再分析系统介绍

(1) 模式 使用了 HYCOM 海洋模式 (Bleck, 2002), 它是从迈阿密等密度面坐标海洋模式 (MICOM) (Bleck 和 Smith, 1990) 演化过来的。其优点是三种垂直坐标按深度的转换。在开阔的层化大洋使用等密度垂直坐标, 逐渐过渡到具有弱层结的上混合层的 z 坐标, 再到浅水区的跟随地形的 σ 坐标, 然后回到很浅水域的 z 坐标。混合垂直坐标有助于更好地刻画流场。垂直混合参数化方案采用的是 K-剖面参数化 (KPP) (Large 等人, 1994)。使用了区域嵌套, 嵌套结构如图 1 所示。为了给 AIPO 区域模式提供开边界条件, 建立了分辨率大约为 $1/3^\circ$ 的外部区域 HYCOM, 垂向取 22 层。而 AIPO 区域 HYCOM 的水平分辨率为 $1/5^\circ \times 1/5^\circ$, 垂向同样为 26 层。这两个嵌套区内的模式, 在海面均由欧洲中期气象预报中心 (ECMWF) 6 小时预报海面温度、湿度和风应力强迫, 水平边界条件向 30 天尺度的广义数字环境模型海洋气候资料 (GDEM, Teague 等人 1990) 松弛。

(2) 资料 同化的观测资料包括法国卫星地面接收中心提供的分辨率为 $1/3^\circ \times 1/3^\circ$ 网格的海平面异常、卫星遥感海面温度产品 (Reynolds 等人 2007), 以及现场剖面观测资料 (CTD、XBT、Argo 剖面)。来自 ENSEMBLES (EN3 版 2a) (Ingledy 和 Huddleston, 2007) 综合资料集的现场温度和盐度剖面也被同化。EN3 资料集包括世界海洋数据库 2005 (WOD05)、全球温盐剖面计划 (GTSSP)、实时地转海洋阵列 (Argo)、以及北极天气海盆尺度海洋学项目 (ASBO) 所获取的资料等。Gouretski 和 Koltermann(2007)已经报告了历史 XBT 和机械深度温度仪 (MBT) 中的正偏差, 并证明了这种偏差影响了上层海洋热含量的年代际变化。在 Argo 计划实施前, 廓线资料主要来自 XBT, 所以这种正偏差也就导致了大幅增暖的结果。已经有很多文章对 XBT 偏差进行了校正。这里采用的 XBT 数据利用 (Cheng L. et al. 2014) 开发的方法从三个方面: 下沉速率误差、启动瞬变、纯温度误差, 进行了系统偏差订正。

还采用了观测稀化(observation thinning)和超级观测(super observation)技术来减小计算代价。采用 Li 等人 (2010) 提出的用于高分辨率资料同化的、且基于模型的观测稀化机制来稀化海面异常和海面温度观测资料。

4、资料同化

采用了集合最优插值法 (EnOI) (Evensen, 2003)。根据 EnOI 的定义, 样本不随时间移动和变化。然而, 在某些区域, 尤其是季风区, 静态不随时间变化的样本似乎不能合理反映误差协方差的流依赖性。因此, 在资料同化系统中, 我们采用了随季节更新的样本 (即不同的季节用不同的样本)。120 个样本被采用了。背景误差协方差以准高斯相关函数来进行局地化, 水平特征尺度为 350 公里。来自 TOPAZ 系统 (Bertino 和 Lisaeter, 2008) 的 EnOI 代码被用于海面异常资料的同化, 本数据集还考虑了平均动力地形的影响。同时开发了类似的代码来同化海表温度资料。剖面观测资料的同化基于 Xie 和 Zhu (2010) 提出的基于等密度面模式的同化方法做一些修正。

为了提供 AIPO 区域再分析的开边界条件, 对外部区域先进行了再分析, 然后进行 AIPO 区域的再分析, 生成 AIPOcean 2.0 。

参考文献

- Bertino, L., and K. A. Lisæter, 2008: The TOPAZ monitoring and prediction system for the Atlantic and Arctic Oceans, *J. Operat. Oceanogr.*, **2**, 15–18.
- Bleck, R., 2002: An oceanic general circulation model framed in hybrid isopycnic-cartesian coordinates, *Ocean Modelling*, **4**, 55–88.
- Chen L., J. Zhu, F. Reseghetti and Q. Liu, 2010: A new method to estimate the Systematical Biases of Expendable Bathythermograph, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. doi: 10.1175/2010JTECHO759.1
- Evensen, G., 2003: The Ensemble Kalman filter: Theoretical formulation and practical implementation, *Ocean Dyn.*, **53**, 343–367.
- Gouretski, V. V., and K. P. Koltermann, 2007: How much is the ocean really warming? *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L01610, doi:10.1029/2006GL027834.
- Ingleby, B., and M. Huddleston, 2007: Quality control of ocean temperature and salinity profiles—Historical and real-time data, *J. Mar. Syst.*, **65**, 158–175, doi: 10.1016/j.jmarsys.2005.11.019.
- Large, W. G., J. C. McWilliams, and S. C. Doney, 1994: Oceanic vertical mixing: A review and a model with a nonlocal boundary layer parameterization, *Rev. Geophys.*, **32**, 363–403.
- Li Xichen, Jiang Zhu, Yiguo Xiao and Ruiwen Wang, 2010: A model-based observation thinning scheme for assimilation of high resolution SST in the shelf and coastal seas around China. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 27 (6), 1044–1058.
- Wijffels, S., J. Willis, C. M. Domingues, et al., 2008: Changing expendable bathythermograph fall rates and their impact on estimates of thermosteric sea level rise, *J. Climate*, **21**, 5657–5672, doi:10.1175/2008JCLI2290.1.
- Xie J.P., and J Zhu, 2010: Optimal ensemble interpolation schemes for assimilation of Argo profiles into HYCOM. *Ocean Modelling*. 33. 283–298.
- Cheng, L., J. Zhu, R. Cowley, T. Boyer, and S. Wijffels (2014), Time, Probe Type and Temperature Variable Bias Corrections to Historical Expendable Bathythermograph Observations, *J Atmos Ocean Tech*, 31(8).

联系人

AIPOcean 小组: 中国科学院大气物理研究所闫长香、谢基平和朱江
电子邮箱: ycxlasg@mail.iap.ac.cn, xiejp@mail.iap.ac.cn, jzhu@mail.iap.ac.cn

此资料集的引用

由于介绍和论证此资料集的论文全文尚未完成, 所以暂且无法引用。