

ARGO 观测资料的 2 种同化方案

连喜虎^{1,2,3}, 庞重光^{1,2}, 高山^{1,2}

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 海洋环流与波动重点实验室, 山东 青岛 266071; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 使用 POM(Princeton Ocean Model)海洋环流模式模拟西北太平洋海域的温盐场, 之后运行中国科学院大气物理研究所同化系统(Ocean Variational Analysis System, OVALS), 使用 Argo 观测网格化产品进行 2006 年整个计算域三维变分同化。无论从平面分布还是断面分布来看, 除海表面温度(SST)外, 温度同化的效果都比较好, 尤其是 800 m 水深以浅, 均方差值甚至能减小 1.0°C 以上。而且随着同化积分时间的增加, 同化后误差减小越来越显著, 3、4 月份的同化效果明显高于 1、2 月份。与 OFES(OGCM for the Earth Simulator)海洋模式结果相比, 同化在一定程度上改进了模拟结果。在 POM(Princeton Ocean Model)数值模拟基础上, 利用 3 个西太平洋代表性浮标的观测资料, 运用松弛逼近法同化 2006 年 6 月断面数据。当松弛系数取 0.5 时, 模拟时间大约半天, 模拟值就能快速逼近或完全等于观测值。虽然只对观测剖面进行了数据同化, 但该同化可以产生更大范围的效果, 而且这种效果可以持续更长时间。

关键词: Argo 观测资料; 数据同化; 同化系统(OVALS); 松弛逼近法; POM(Princeton Ocean Model); OFES(OGCM for the Earth Simulator)资料

中图分类号: P456.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2014)10-0017-09
doi: 10.11759/hyxx20130412001

利用 Argo 观测数据可以进行海气相互作用研究, 定量描述全球海洋物理状况以及上层海洋的变化状态, 进行海表面地形测量和解释, 开展气候和海洋变异研究与预测, 以及数据同化及模式研究^[1]。由于 Argo 技术起步较晚, 其观测数据正在逐步积累, 特别是从 2005 年开始月平均剖面数据量才超过 5 000 个^[2], 资料量比较有限, 因此 Argo 观测数据大多数情况下只是作为同化资料的一部分被使用^[3-5]。张人禾等^[3]利用 Argo 资料改进海洋资料同化和海洋模式, 将 Argo 浮标资料应用到全球海洋资料四维同化系统(NCC-GODAS), 除了 Argo 资料外, 还有船舶、浮标等观测资料, 要素包括海平面气压、近海面气温、海面大气风场以及海温垂直廓线(XBT)等。李云等^[4]研发出一套与 POM 相匹配的最优插值同化模块, 可以将船舶报的实测资料和 Argo 资料同化到数值模型中。专门针对移动平台 Argo 观测数据的同化研究并不多, 刘怀明等^[6]将 2004~2008 年 Argo 温盐资料应用到国家气候中心新二代的海洋资料同化系统(BCC_GODAS2.0)进行同化试验, 并利用 TAO (Tropical Atmosphere Ocean)、OISST(Optimum Interpolation Sea Surface Temperature)和 SODA (Simple Oce-

an Data Assimilation)数据集进行检验和评估, 结果显示, 同化对 0~1 000 m 海洋层的模拟都有改进, 其中混合层比较明显, 北半球中高纬度、北大西洋温度误差减小, 中西太平洋、印度洋地区暖异常现象得到校正。

2000~2004 年 Argo 观测浮标数量有限, 只能获得单个浮标的运动轨迹以及观测剖面数据, 在很多海域由于观测数据太稀疏而不能形成网格化产品。2005 年随着 Argo 观测数据逐渐增多, Argo 数据中心制作发布了分辨率 1° × 1°、基本覆盖全球海洋的网格化产品。针对 Argo 观测数据这一时间变化特点, 本文使用两种同化方案开展专门针对该数据的数据同化工作。当只能获得单个浮标的观测剖面数据时, 采用简单的松弛逼近法来进行断面同化; 当可以获得 Argo 观测网格化产品时, 采用中国科学院大气物

收稿日期: 2013-04-12; 修回日期: 2013-05-21

基金项目: 国家自然科学基金(61233013); 国家重大科学研究计划(2012CB956004)

作者简介: 连喜虎(1986-), 男, 山东荣成人, 硕士研究生, 主要从事数值模拟和数据同化工作, E-mail: lianxihu0218@163.com; 庞重光, 通信作者, 研究员, 博士, 主要从事悬浮物质运输与循环研究, 电话: 0532-82898609, E-mail: chgpang@qdio.ac.cn

理研究所同化系统 (Ocean Variational Analysis System, OVALS) 进行全计算域同化。首先使用 POM 模式模拟西北太平洋海域的温盐场, 待模式稳定后, 运行 OVALS, 使用 Argo 观测网格化产品进行 2006 年整个计算域三维变分同化。在 POM 数值模拟基础上, 利用 3 个西太平洋代表性浮标的观测资料, 运用松弛逼近法同化 2006 年 6 月断面数据。

1 资料 and 同化系统

1.1 资料

所用的同化资料为 2006 年 Argo 观测资料, 分两种: 一种是由国家海洋信息中心根据法国 Argo 数据中心浮标资料制作而成的网格化产品, 空间分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$, 共分 26 层, 最深处达海面以下 2 000 m; 另一种是单个 Argo 浮标的运动轨迹及其观测剖面数据。

OFES(OGCM for the Earth Simulator) 海洋模式资料是日本地球模拟器模拟计算得到的高分辨率长时间序列资料。模式的计算区域为 $75^\circ\text{S} \sim 75^\circ\text{N}$, 几乎覆盖除北极海域的全球区域。模式的水平空间分辨率为 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$, 垂直方向上分为 54 层。已有的研究与实测结果对比分析表明, 高分辨率的 OFES 模式结果较好地模拟了海洋要素场的空间结构及变化特征, 与实测结果相吻合(详见 OFES 网站模式结果比较分析^[7])。因此选取 OFES 2006 年的资料, 作为未参加同化的独立资料用于同化结果的对比分析。

1.2 同化系统及方法简介

本文采用 2 种同化方法, 三维变分同化和松弛逼近法。

三维变分同化方法选择 OVALS^[8], 具体同化方案是在模式的每一个水平层上求解如公式(1)所示的代价函数的最小值。

$$J = \frac{1}{2} X^T A^{-1} X + \frac{1}{2} [D(X) - X_0]^T F^{-1} [D(X) - X_0] \quad (1)$$

其中, X 是 N 个分量的列向量, 代表对背景场的订正场; A 是背景误差协方差矩阵; D 是将模式的点映射到观测点的双线性内插算子; X_0 是 M 个分量的列向量, 表示观测与背景场的差; F 是观测误差协方差阵。

温度(T)和盐度(S)的背景误差协方差矩阵分别为 E_T 和 E_S , 即:

$$E_T = a(x, y, z) \exp \left[-\frac{r_x^2}{L(T)_x^2} - \frac{r_y^2}{L(T)_y^2} \right]$$

$$E_S = b(x, y, z) \exp \left[-\frac{r_x^2}{L(S)_x^2} - \frac{r_y^2}{L(S)_y^2} \right] \quad (2)$$

其中, x 表示纬向坐标, y 表示经向坐标, z 表示垂向坐标, $a(x, y, z)$ 和 $b(x, y, z)$ 是模式模拟的误差估计, r_x 和 r_y 分别表示两格点间纬向和经向距离; L_x 、 L_y 表示纬向和经向的特征尺度。在常规温盐同化中各参数作如下调整:

1) E_T 的误差系数 $a(x, y, z)$ 取为常数, E_S 的误差系数 $b(x, y, z)$ 采用了 Behringer 经验函数法^[9] 如公式(3)所示, 其中 a_s 取为 0.2。

$$b(x, y, z) = a_s \frac{(ds/dz)^{1/2}}{[(ds/dz)^{1/2}]_{\max}} \quad (3)$$

2) 背景误差协方差矩阵的相关尺度是用来体现相邻区域海水温盐特性相互影响程度的参数, 考虑到本文所研究的区域范围比较小, 且温盐场在水平方向上的变化梯度可能比较大, 所以相关尺度的取法如下:

在热带地区($10^\circ \sim 20^\circ\text{N}$), $L_x = L_y = 0.5^\circ$ ^[10];

在其他地区, $L_x = L_y = 0.5^\circ \sqrt{\sin \theta}$, 其中 θ 为纬度。

3) 温度和盐度的观测误差协方差矩阵 F_T 和 F_S 不但包含了测量误差的信息, 而且也包含了代表性误差, 在系统中假定 F_T 和 F_S 是对角阵, 即观测误差互不相关, 则由公式(4)表示, 其中 $C_T(x, y, z)$ 和 $C_S(x, y, z)$ 分别为温度和盐度观测误差的估计, 由于是对角阵, 误差方差的估计可定为常数。对于温度来说 $C_T = (0.25^\circ\text{C})^2$, 对于盐度来说 $C_S = (0.01)^2$, t 表示时间, Δt 是实测资料和背景资料时间差, t_{window} 表示观测数据时间相关性的时间窗口。

$$F_T = \frac{C_T(x, y, z)}{1 - |\Delta t| / t_{\text{window}}}$$

$$F_S = \frac{C_S(x, y, z)}{1 - |\Delta t| / t_{\text{window}}} \quad (4)$$

对于温度, 当观测场和背景场(模式解)的差 $T_0 > 5^\circ\text{C}$ 时, $F_T = \frac{0.25^2}{1 - |\Delta t| / t_{\text{window}}} \times [1 + (|T_0| - 5)^2]$, 而对于盐度, 当观测场和背景场(模式解)的差 $S_0 > 0.5$ 时, $F_S = \frac{0.015^2}{1 - |\Delta t| / t_{\text{window}}} \times [1 + (|S_0| - 0.8)^2]$, 以避免模式温盐场发生突变而导致运行崩溃。

1.3 POM 模式设置

基于 POM 海洋模式, 建立西北太平洋海域海洋模式, 模拟的区域为 $10^\circ \sim 32^\circ\text{N}$, $100^\circ \sim 140^\circ\text{E}$, 水平分

分辨率为 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$, 水平网格点共 161×89 个, 垂直向采用对数分层, 共 16 层, 最大深度 2 000 m, 模式外模时间步长为 40 s, 内模为 2 400 s。首先运行模式 10 a 气候态达到稳定, 然后以气候态结果作为初始场进行实时模拟。POM 模式所用的气候态海面驱动场为 UWD/COADS (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) 的气候态月平均海面风应力, 初始温盐及海表面温盐为 Levitus 气候态月平均温盐资料, 所用海面风场资料为美国国家海洋大气局-环境科学研究合作研究所 (NOAA-CIRES) 气候诊断中心的 NCEP-DOE (National Centers for Environmental Prediction-Department of Energy) 再分析数据, 空间分辨率为 $1.875^\circ \times 1.875^\circ$, 时间间隔为 1 d。

2 结果与分析

2.1 OVALS 的结果分析

在 2006 年每天变化的海面风场的驱动下, 使用 OVALS 与 POM 模式耦合运行的方式模拟西北太平洋海域的温盐场, 利用 2006 年 Argo 月平均观测格点资料进行整个计算域三维变分同化。

从 2006 年 1 月 16 日加入 Argo 格点数据开始进行同化, 同化时间间隔为 4 d。选取 2006 年 1~4 月同化前后的结果, 探讨 Argo 数据同化对温度的影响。首先分析同化前后海表面温度 (SST) 的变化, 如图 1 所示, 同化效果并不明显。同化前后的 SST 分布图除少数细节以及温度等值线的平滑程度外基本相同, 没有明显的变化。

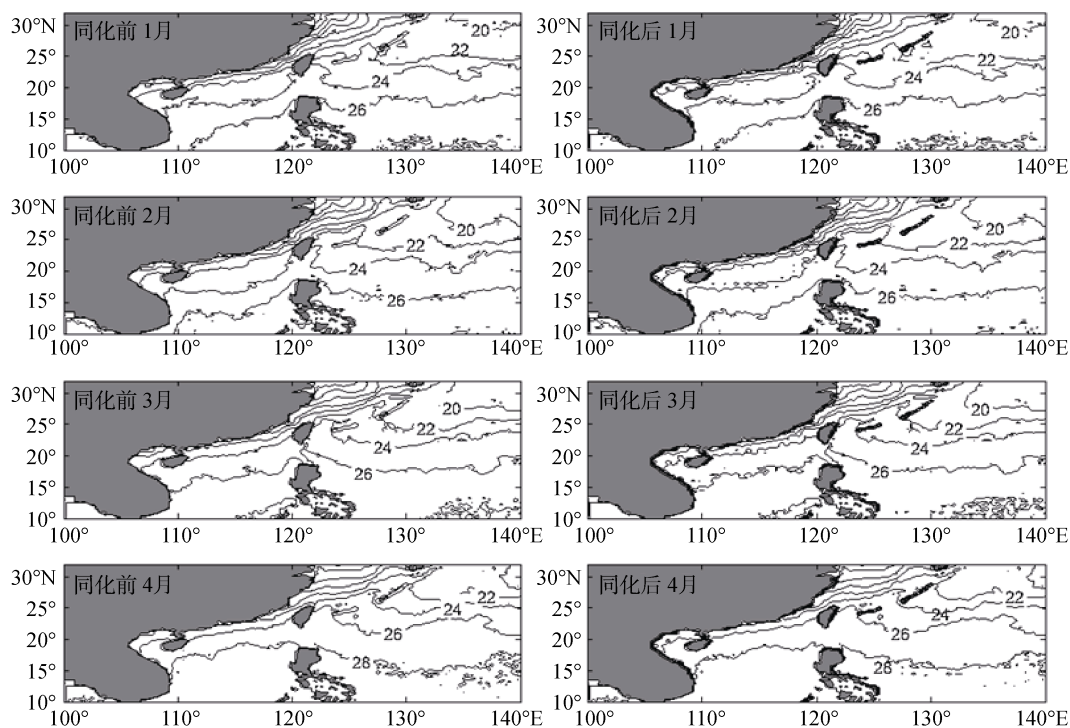


图 1 2006 年 1~4 月份同化前后月平均 SST 比较(°C)

Fig.1 Monthly mean SST from the model result without assimilation (left panel) or with assimilation (right panel) from Jan. to Apr. in 2006(°C)

图 2 表示在 18 m 深度层上, 同化前 POM 模拟、加入 Argo 资料同化后以及 OFES 资料三者的温度分布。对比 SST 分布, 可以看出在此深度上, 同化效果比较明显。同化效果明显的区域分布在我国南海海域以及 22°N 以北的海域, 而且 1~4 月, 同化效果越来越好。总的来说, POM 模拟结果与 OFES 资料相比整体温度偏低, 特别是南海海域, 加入 Argo 资料同化后, 温度偏低现象得到了明显改善。1 月份 POM 模拟结果、同化后结果和 OFES 资料三者之间吻合

较好, 只有在 10°N , 113°E 附近, POM 模拟的温度小于 22°C 的冷涡区域面积较大, 经同化后该冷涡面积有所缩小。2 月份除了该冷涡区域外, POM 模拟的吕宋岛以西海域温度较低, 同化之后有较大改进, 比较接近 OFES 资料。3、4 月份在南海, POM 模拟结果依然存在大范围小于 24°C 的海域, 而同化后, 该相对低温区已完全消失, 与 OFES 资料的吻合度明显提高。但是不足之处是 4 月份 POM 模拟的菲律宾东部海域温度与 OFES 资料吻合较好, 同化之后却

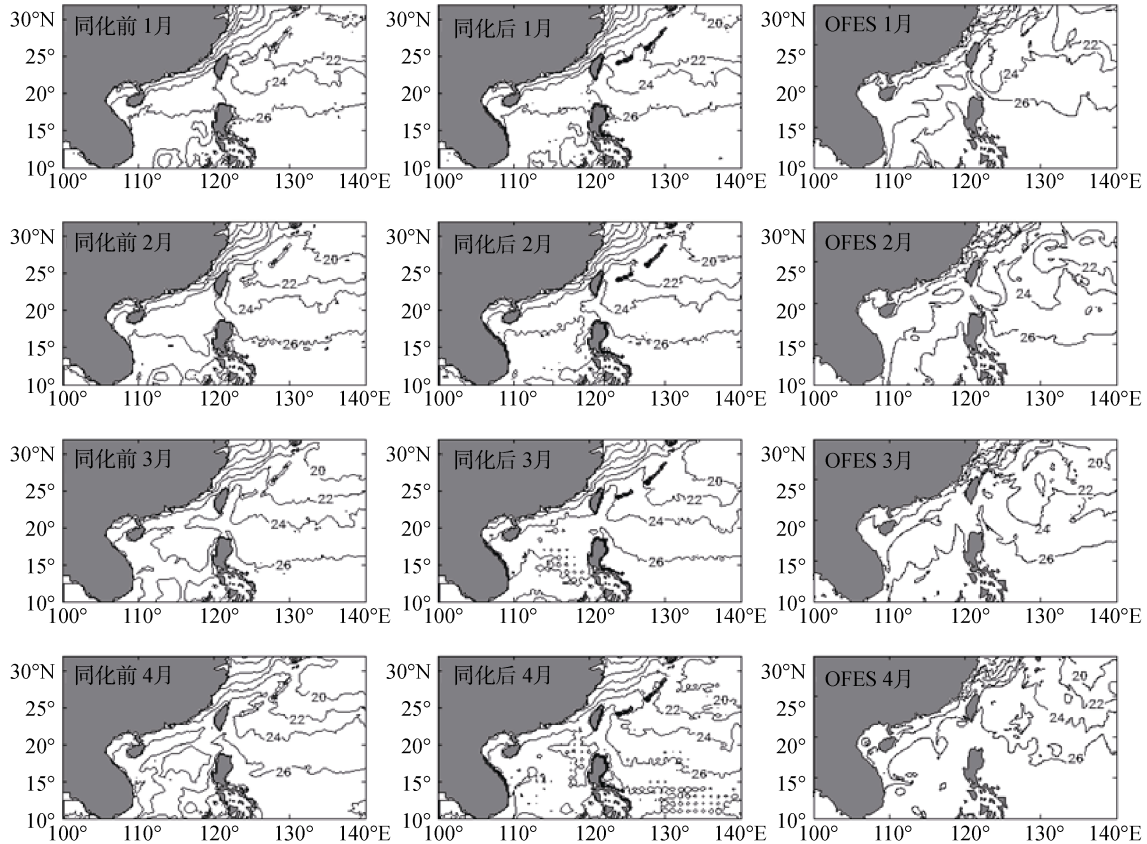


图2 2006年1~4月份18 m深度同化前后和OFES三者的月平均温度比较(°C)

Fig.2 Monthly mean temperature from the model result without assimilation (left panel) or with assimilation (center panel) and OFES data (right panel) at 18 m from Jan. to Apr. in 2006(°C)

出现部分区域温度值高于OFES资料的情况。

为了进一步量化同化前后温度与OFES资料的差别,分别计算同化前后的误差(OFES数据减去模拟值),并绘制图3。从整体上说,加入Argo资料同化后的POM模拟结果有了较好的改善,与OFES资料非常接近,绝大部分海域的温度差小于1°C。如前所述,在南海海域以及22°N以北海域,同化效果较好。如3、4月份,南海海域同化前模拟值与OFES资料相差达3°C以上,同化后该温度差基本消失。随积分时间的增加同化的效果也越来越好,从1月到3月两者存在差别的区域越来越小,而且温度差也越来越小,到4月份同化后的误差在大部分区域都为0,这就说明同化积分到4月,模拟结果与OFES资料已基本一致。

再从具体的断面来分析同化的效果,以130°E断面为例,同化Argo数据后温度模拟结果有明显改善,如图4所示(OFES数据减去模拟值)。从整体来看POM模拟的温度比OFES资料的温度低,在某些区域温度偏低甚至大于1°C,而同化后温度偏低现象

虽然存在,但偏低幅度明显降低,没有超过1°C的海域。从图4还可以看出,同化Argo数据对15°N以北,深度500 m以上的温跃层和上混合层温度模拟的改进效果也相当明显。同化前,OFES资料要比POM模拟的温度高很多,最大达4°C左右。可能原因是该位置受风生流、季风、日照等因素影响温跃层季节变化明显,同时上升流、下降流的作用导致混合加剧、混合层变厚,模式无法准确模拟出温跃层和混合层的复杂变化^[1]。Argo观测资料比较真实地记录了这种现象,所以加入Argo资料同化之后从一定程度上改进了深度500 m以上温度的模拟结果。改进效果最好的是3、4月份,尤其是3月份,整体的差值小于2°C。

图5为130°E断面2006年1~4月份各温度数据的均方差比较。首先可以看出OFES数据与同化后(ASS)温度的均方差 $R_{OFES-ASS}$ 略小于OFES与同化前温度的均方差 $R_{OFES-POM}$,而且3、4月份尤其是3月份的改进效果最明显。这与上文分析的结论相符,表明同化从一定程度上改进了模拟结果。然而,图5还

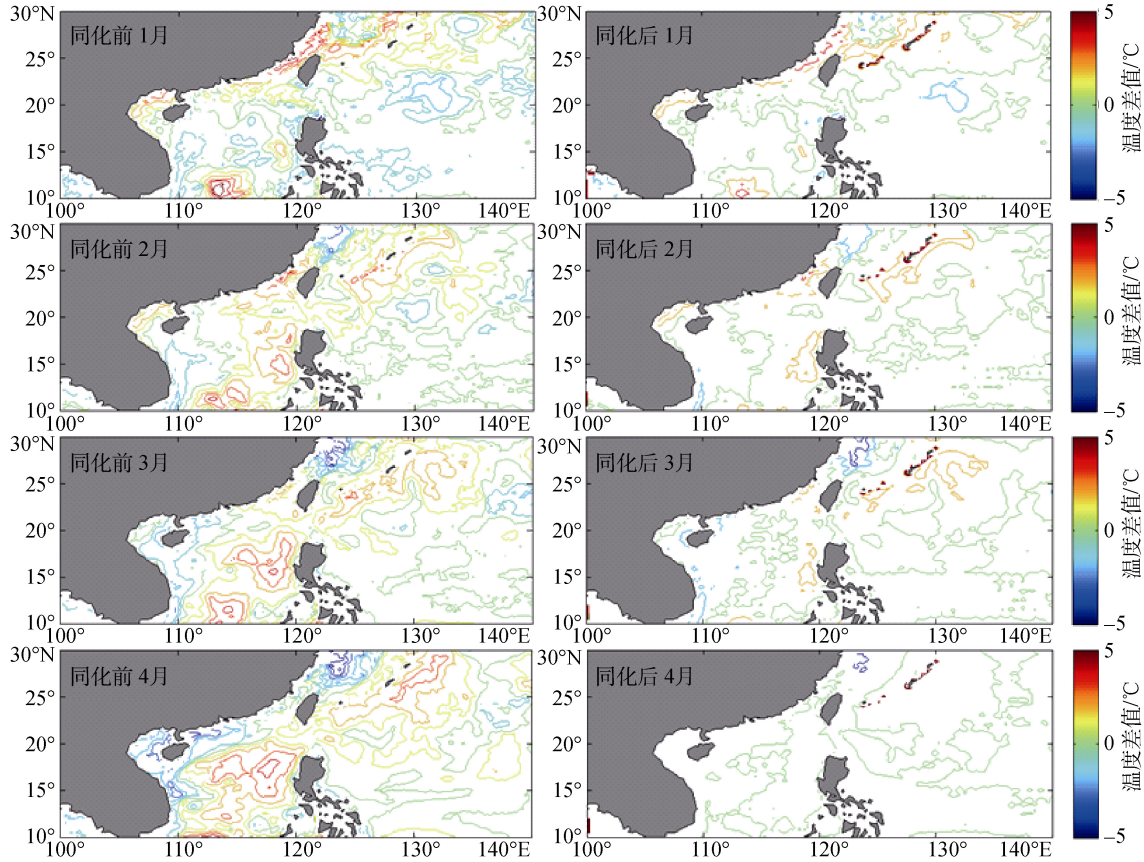


图3 2006年1~4月份18m深度OFES数据与同化前后温度差值比较(°C)

Fig.3 Differences in temperature between OFES data and model result without assimilation (left panel), or with assimilation (right panel) at 18 m depth from Jan. to Apr. in 2006 (°C)

显示 $R_{OFES-ASS}$ 在水深 800 m 以浅依然较大, 原因为此区域 OFES 数据与用于同化的 ARGO 观测数据之间均方差 $R_{OFES-ARGO}$ 较大, 如黑实线所示。OFES 数据虽然精度较高, 但毕竟也是模式模拟的结果, 而不是直接观测数据。如图 5 所示, ARGO 观测数据与同化后温度的均方差 $R_{ARGO-ASS}$ 在整个同化深度上都显著小于 ARGO 观测数据与同化前温度的均方差 $R_{ARGO-POM}$, 尤其是 800 m 水深以浅, 误差值甚至能减小 1°C 以上, 三维变分同化效果十分显著。

2.2 松弛逼近法断面同化的结果分析

2.2.1 断面的选取

2005 年以前, 由于 Argo 观测数据太稀疏而不能形成网格化产品, 所以不能进行覆盖全计算域的数据同化。这时, 可以采用简单的松弛逼近法对某个或几个浮标的观测剖面数据进行断面同化。简便起见, 本文从 2006 年夏季的工作状态良好的 Argo 浮标中选取 3 个代表性浮标, 开展断面同化。首先从中国 Argo 实时资料中心下载 2006 年 6~8 月在计算区域

($100^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$, $10^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$) 内的所有 Argo 浮标资料, 一共包括 59 个 Argo 浮标, 759 个剖面资料, 从中提取相关数据绘制这 59 个 Argo 浮标在 6~8 月的轨迹图, 选取其中具有代表性的 3 个(图 6)。从中选取剖面观测时间间隔短, 轨迹相对平滑的断面进行同化, 选取的 3 个 Argo 浮标编号分别是 2900154、5901503 和 2900376。每个浮标取 6 月份观测断面进行同化(图 6 粗线所示)。

2.2.2 结果与分析

所采用的同化方案是 POM 每运行一步就进行一次同化, 松弛系数取 0.5, 根据 POM 模式时间步长的设置, 即每天进行 36 次同化。大约同化 15 步左右, 即不到半天的时间就能快速逼近观测值。从 3 个 Argo 浮标断面中随机抽取一个同化点, 比较松弛逼近的同化效果。3 个位置的经纬度分别为 (139.25°E , 28°N)、(136°E , 20.25°N) 和 (126°E , 23.75°N)。图 7 所示点线表示 Argo 浮标在该点的剖面资料, 虚线表示未同化的 POM 模拟结果, 实线表示将该点 Argo 资料同化后的结果。可以看出 POM 模拟的温度与 Argo

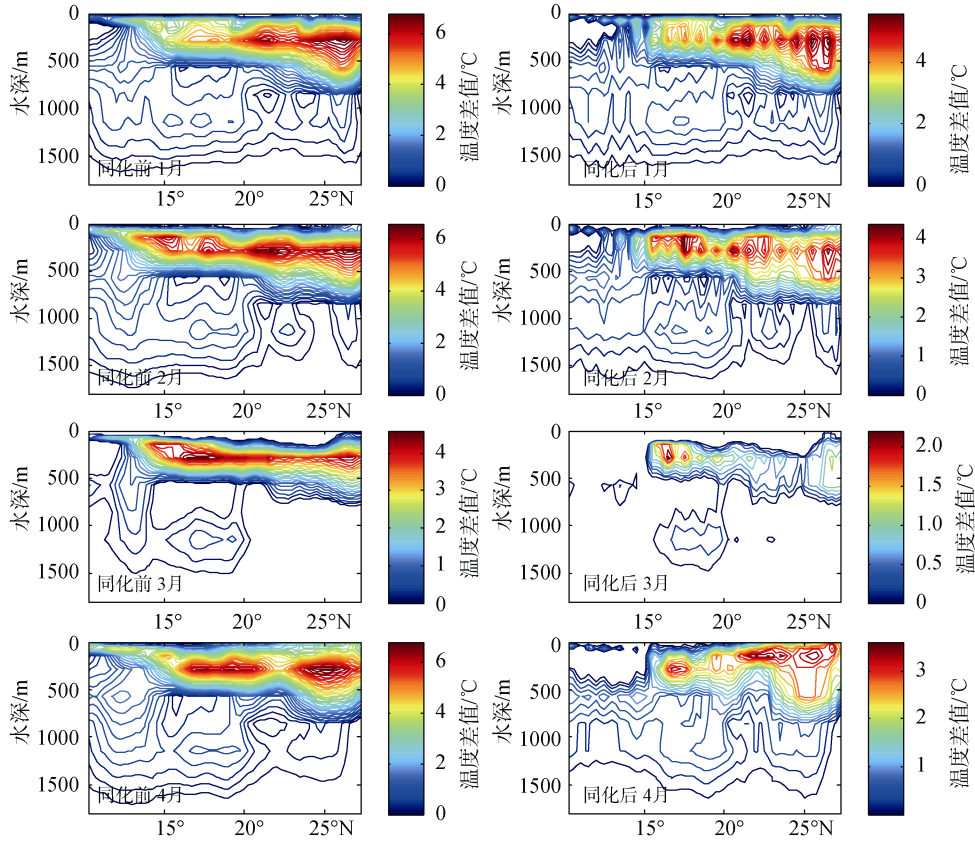


图 4 2006 年 1~4 月份 130°E 断面 OFES 数据与同化前后的温度差(°C)

Fig.4 Differences in temperature between OFES data and model result without assimilation (left panel), or with assimilation (right panel) along 130°E section in Jan-Apr. in 2006 (°C)

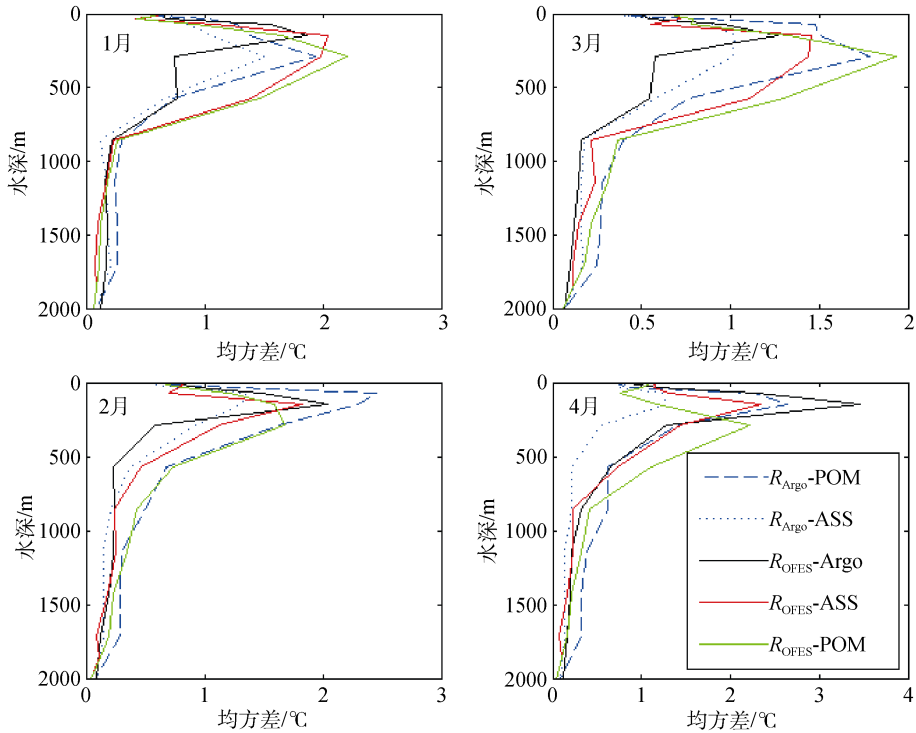


图 5 2006 年 1~4 月份 130°E 断面各温度数据的均方差比较

Fig.5 Differences in RMSE between various temperature data along 130°E section from Jan. to Apr. in 2006

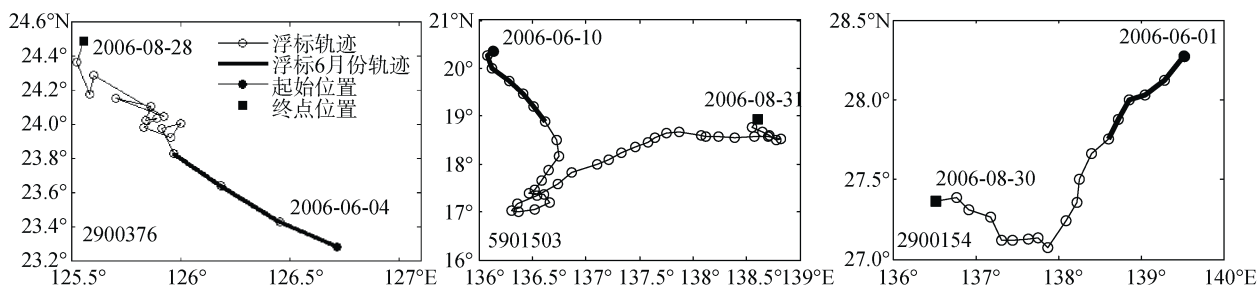


图 6 3 个代表性浮标 2006 年夏季的运动轨迹及 6 月份的轨迹

Fig.6 Tracks of three typical floating buoys in the summer season of 2006 (circle line) and in Jun., 2006 (solid line)

观测温度存在较大差别, 特别在 200~600 m 之间, 两者最大相差 3°C 以上。经过一次同化后(图 7 左列所示), 同化结果(实线)位于 POM 模拟值和 Argo 观测值之间, 经过 5 d 的同化到 6 月 5 日, 同化后 POM 模拟的结果非常接近以至于完全等于观测值(图 7 右列所示)。考查松弛逼近法的时间序列, 可以看出, 同化过程非常快, 仅半天的时间同化就已基本完成。

为验证某断面同化之后对其周围地区是否产生影响, 本文在 5901503 号浮标断面以西分别取出间隔为 1°、2°和 3°的 3 个经向断面, 对比其同化前

后的温度结构是否发生了改变。如图 8 所示, 离该断面距离不同的三个经向断面在同化前后都发生了变化, 特别是 100 m 以浅改变明显; 而且这种改变随着时间的推移而变化, 6 月 1 日与 6 月 5 日的情形很不相同。然而这种改变看似是随机发生的, 找不出随时间或距离的规律性变化。该结果与 Dobricic 等^[11]描述的情形一致, Dobricic 等^[11]指出虽然只对观测数据进行了断面同化, 但是在预报系统中, 它可以产生更大范围的效果, 而且这种效果可以持续更长时间。

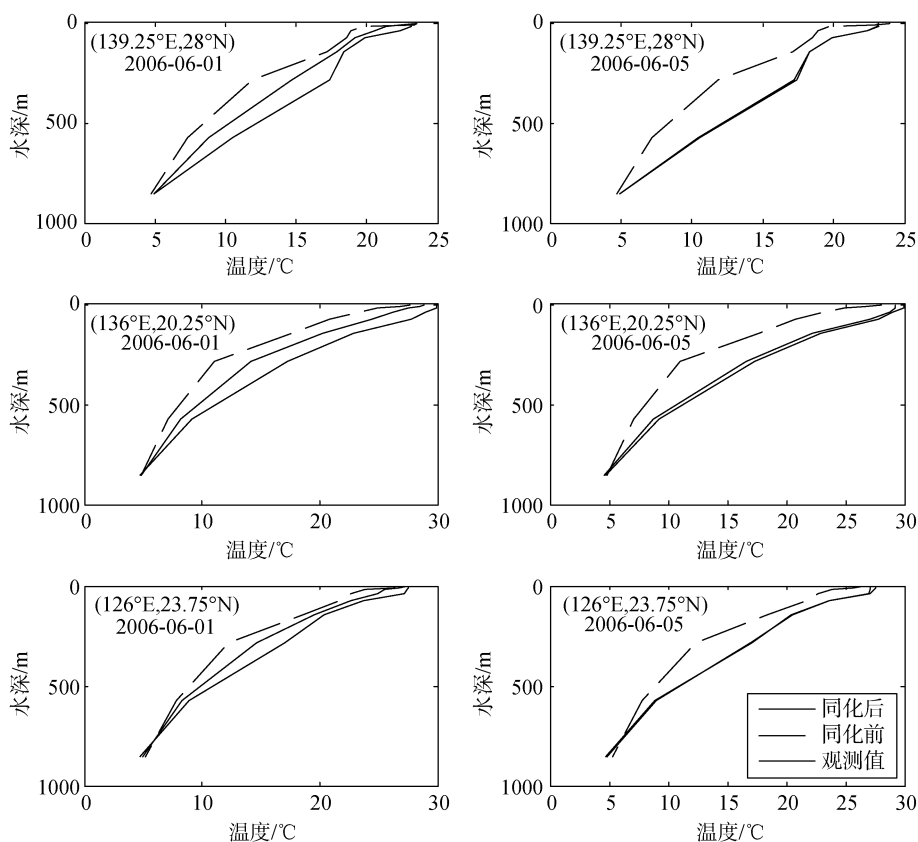


图 7 3 个浮标剖面松弛逼近同化 1 步(2006-06-01)和同化完成后(2006-06-05)温度同化结果的比较

Fig.7 Simulated temperatures with nudging method at the beginning (June 1, left panel) and the end (June 5, right panel) of assimilation

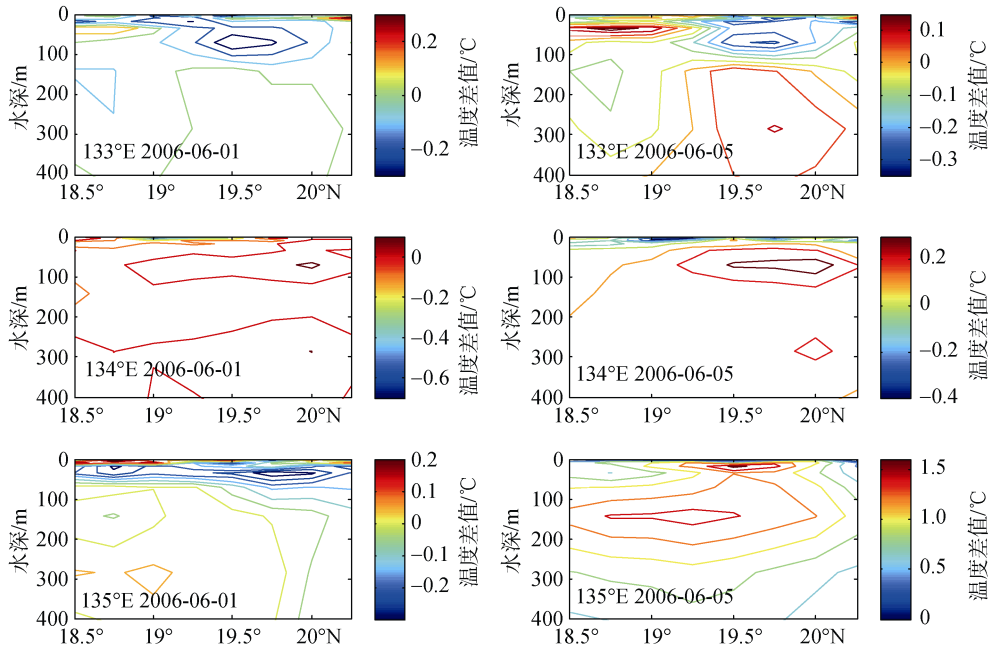


图 8 2006 年 6 月 1 日和 5 日, 3 个经向断面(133°E, 134°E, 135°E)同化前后的温度差

Fig.8 Differences in simulated temperature between with or without assimilation along the sections 133°E, 134°E and 135°E on June 1 (left panel) and June 5 (right panel), 2006

3 结论

当只能获得单个 Argo 浮标的观测剖面数据时, 采用简单的松弛逼近法进行断面同化; 当可以获得 Argo 观测的网格化产品时, 采用 OVALS 进行全计算域同化。

无论从平面分布还是断面分布, 除海表面温度外, 利用 2006 年 Argo 观测资料进行 OVALS 同化的效果都比较好, 尤其是 800m 水深以浅, 温度的均方差甚至能减小 1.0°C 以上。而且随着同化时间的增加, 同化效果越来越好, 3、4 月份的同化效果明显高于 1、2 月份。同化从一定程度上改进了模拟结果, 但是由于 OFES 数据与用于同化的 ARGO 观测数据之间存在明显的差异, 同化后温度结构仍然与 OFES 资料存在一定差别。

当松弛系数取 0.5, 利用松弛逼近法进行断面同化时, 大约半天的时间模拟值就能快速逼近或完全等于观测值。虽然只对观测剖面进行了数据同化, 但该同化可以产生更大范围的效果, 而且这种效果可以持续更长时间。

参考文献:

[1] 何建玲, 蔡树群. 利用 Argo 数据计算吕宋海峡以东海域水文特性参数和流场[J]. 热带海洋学报, 2012,

31(1): 18-27.

[2] 张胜茂, 伍玉梅, 杨胜龙. Argo 观测剖面数据量的时间变化与周期分析[J]. 海洋技术, 2011, 30(1): 5-9.

[3] 张人禾, 刘益民, 殷永红, 等. 利用 ARGO 资料改进海洋资料同化和海洋模式中的物理过程[J]. 气象学报, 2004, 62(5): 613-622.

[4] 李云, 刘钦政, 张建华, 等. 最优插值方法在西北太平洋海温同化中的应用研究[J]. 海洋预报, 2008, 25(2): 25-32.

[5] Deng Z W, Tang Y M, Chen D K, et al. A time-averaged covariance method in the EnKF for Argo data assimilation[J]. Atmosphere-Ocean, 2012, 50(sup1): 129-145.

[6] 刘怀明, 张祖强, 肖贤俊, 等. Argo 温盐资料在 BCCGODAS2.0 中的同化试验[J]. 安徽农业科学, 2010, 26: 14521-14526.

[7] 李琦. 北太平洋低纬度西边界的时空特征和变异规律研究[D]. 青岛: 中国科学院研究生院, 中国科学院海洋研究所, 2009.

[8] 朱江, 周广庆, 闫长香, 等. 一个三维变分海洋资料同化系统的设计和初步应用[J]. 中国科学 D 辑, 2007, 37(2): 261-271.

[9] Behringer D W, Ji M, Leetmaa A. An improved coupled

model for ENSO prediction and implications for ocean initialization. Part I: The ocean data assimilation system[J]. Monthly Weather Review, 1998, 126(4): 1013-1021.

[10] 高山, 王凡, 李明悝, 等. 中尺度涡的高度计资料同

化模拟[J]. 中国科学 D 辑, 2007, 37(12): 1669-1678.

[11] Dobricic S, Pinardi N, Testor P, et al. Impact of data assimilation of glider observations in the Ionian Sea (Eastern Mediterranean)[J]. Dynamics of Atmospheres and Oceans, 2010, 50: 78-92.

Two schemes on assimilation with Argo data obtained from the west Pacific

LIAN Xi-hu^{1, 2, 3}, PANG Chong-guang^{1, 2}, GAO Shan^{1, 2}

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Key Laboratory of Ocean Circulation and Waves, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 3. University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Received: Apr., 12, 2013

Key words: Argo data; data assimilation; ocean variational analysis system (OVALS); nudging; Princeton Ocean Model (POM); OGCM for the Earth Simulator (OFES) data

Abstract: The Ocean Variational Analysis System (OVALS) assimilation system designed by the institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences and nudging method were used to assimilate the Argo grid data with the resolution of $1^\circ \times 1^\circ$ and Argo profile data into Princeton Ocean Model(POM)numerical model, respectively. The assimilation of Argo grid data in 2006 indicated that the 3D variation data assimilation improved the simulation results of temperature, reducing about 1.0°C in root mean square error of either horizontal or vertical distribution except for SST. Furthermore, the grid data assimilation evolved over time, which was better in March and April than that in January and February. In comparison with independent OGCM for the Earth Simulator (OFES) data, the data assimilation only partially enhanced the accuracy of simulated temperature pattern due to an inherent large difference between OFES data and Argo grid data that were used during the data assimilation. The nudging method was applied to assimilate the Argo profile data into POM numerical model in the summer of 2006. The process of nudging was very rapid, which completed within about half day assuming the relaxation coefficient was 0.5. The nudging assimilation also manifested that the temperature structure even far from the Argo profiles could be rapidly influenced, and the remote impact could remain several days.

(本文编辑: 刘珊珊 李晓燕)