

1992 - 2007 全球海平面变化

马金^{1,2} 周永宏¹ 廖德春¹ 廖新浩¹

(1. 中国科学院上海天文台, 上海 200030; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

提 要

引起全球海平面变化的因素是复杂多样的, 大气压、风、大洋环流以及海水密度的变化, 都会引起海平面在时间、空间上的变化, 而海水温度的变化是海平面变化的主要原因。该文利用法国 Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data (AVISO) 的海表面高度异常数据, 计算了 1992 年 10 月至 2007 年 1 月间, 全球海平面的平均上升速度, 同时详细解算海平面上升速度的全球空间分布, 分析全球海平面的变化趋势并将海平面变化同美国国家海洋大气署 (NOAA) 的 Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OISST) 海表面温度数据进行了比对和相关分析。

主题词: 海平面变化 — 海平面高度异常 — 海平面上升 — 海表面温度

分类号: P731.2

1 引 言

气候变暖和海平面上升对人类社会造成了严重的影响。引起全球海平面变化的因素是很复杂的。除全球气候变暖的因素外, 在长时间尺度上海平面变化还受地球构造的变化、大冰川期的活动以及大气、海洋本身等有关因素的影响。相对于全球平均海平面而言, 区域性或地方性的海平面变化却又存在着很大的不同。这与不同区域或不同地方的地理构造、气象、海洋条件有关^[1]。现今, 卫星测高技术测定海平面变化方面具有较高的时空分辨率, 这为我们研究全球海洋的时空变化提供了较高精度的数据。众多研究表明, 海平面变化同海水的膨胀密切相关^[2~6], 海平面高度变化主要是由海水热膨胀引起的, 在某些特殊年份, 海平面高度变化几乎完全来自海水热膨胀。

法国 Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic (AVISO) 提供的全球海平面高度异常数据 (Maps of Sea Level Anomalies, MSLA), 是利用 Topex/Poseidon、Jason 1 的卫星测高数据, 再结合 ERS-1/2 和 Envisat 测高数据得到, 具有较高的时空分辨率, 其覆盖区域从 65°S 到 65°N, 空间分辨率为 $(1/3)^\circ \times (1/3)^\circ$ 和 $1^\circ \times 1^\circ$ 两种网格, 时间跨度从 1992 年 10 月至 2007 年 1 月, 时间间隔为 7d^[8]。不同于以往采用的低空间分辨率网格数据^[7] ($1^\circ \times 1^\circ$), 我们采用 AVISO 高精度网格数据 $(1/3)^\circ \times (1/3)^\circ$, 得到高精度的全球海平面变化和高分辨率的全球海平面空间变化。本文首先概述全球海平面变化的原因, 计算全球海平面的上升速度, 然后, 分析海温变化和海平面变化的关系, 进而分析海平面上升速度的全球空间分布, 最后给出

收稿日期: 2007-08-14; 修回日期: 2007-08-31

* 国家自然科学基金 (No. 10673025, 10633030) 和上海市科学技术委员会 (06DZ22101) 项目资助课题。

了结论。

2 全球海平面变化

2.1 全球海平面上升

海平面上升的主要原因是地球的气候变暖^[1]。全球变暖从三个方面使海水的总体积增加而导致海平面上升:一是海水体积的热膨胀;二是湖泊、地下水、山区冰川等由于全球变暖而增加了汇入海洋的水;三是南极和格陵兰冰盖加速融化。Cabanes^[6],陈剑利等人^[7]都曾经对全球海平面上升进行过研究,并给出了各自的研究结果。(Cabanes 算得 1993 - 1998 年间的全球海平面上升速度为 (3.2 ± 0.2) mm/a,几乎完全来源于热膨胀;陈剑利解算的 1993 - 2004 年间的全球海平面上升速度为 2.6mm/a。)

大量研究表明,不同时段的海平面上升速度不同。我们利用法国 AVISO 的 MSLA 网格数据,计算每一时间历元的全球平均海平面高度异常值(Global Mean Sea Level Anomalies, GMSLA),用最小二乘拟合法拟合海平面上升曲线。计算得到 1992 年 10 月至 2007 年 1 月间,全球平均海平面的上升速度为 (2.8 ± 0.2) mm/a。图 1 向我们展示了全球海平面变化曲线,其中细实线表示海平面高度异常,粗实线为最小二乘拟合得到的全球海平面上升速度。除了线性趋势,我们能够看到全球海平面变化存在很强的季节性变化,在 1997 - 1998 年 EL Niño 事件期间尤其显著,而出现在 2006 年 8 月的一次弱 EL Niño 事件从图中也可看到端倪。另外,年际变化也在图中有所体现。

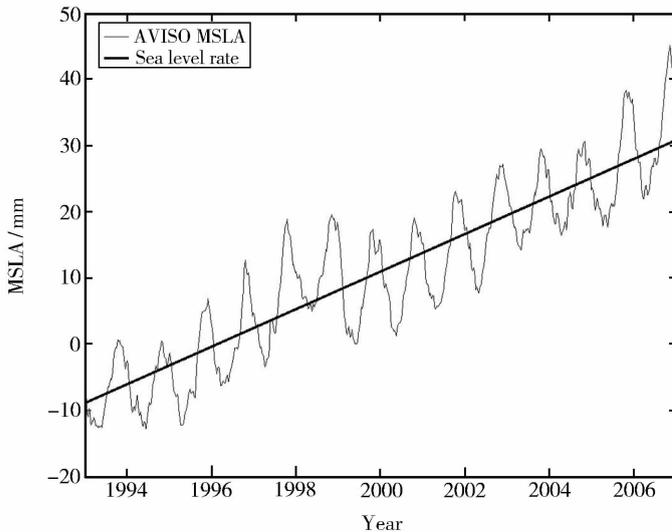


图 1 AVISO 数据算得的全球海平面异常和上升速度

Fig. 1 GMSLA and sea level rate from AVISO Merged Sea Level Anomaly

2.2 全球海平面变化与海表面温度

温度在很大程度上影响海平面高度的变化,海表面温度的变化必然引起海平面高度的变化。本文采用美国国家海洋大气署(NOAA)Optimum Interpolation SST(OISST)^[9]海表面温度数据计算全球海表面温度的变化,进而对海表面温度变化和海平面上升进行相关性研究。

OISST 数据是 National Center for Environmental Prediction (NCEP) 综合卫星雷达测高、定点观测和海冰模型多种手段给出的海表面温度数据, 该数据的空间分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, 时间间隔为 7d, 时间跨度为 1981 年 12 月 31 日 ~ 2007 年 7 月 26 日。

我们将 OISST 数据和 GMSLA 数据去掉均值和线性趋势项后进行比较, 得到图 2。图中实线表示 GMSLA, 虚线表示 OISST。通过比较我们发现, OISST 较 GMSLA 相位超前, 即海表面温度的变化在前, 而后产生了海表面高度的变化。为了进一步考察 GMSLA 与 OISST 的相关性, 我们对 GMSLA 数据和 OISST 数据进行了相关性分析。图 3 是 GMSLA 数据与 OISST 数据的互

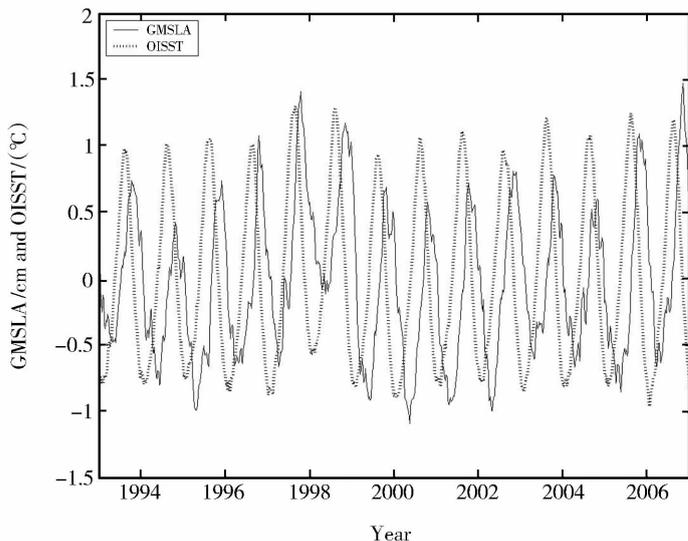


图 2 GMSLA 与 OISST 比较图

Fig. 2 Comparison between GMSLA and OISST

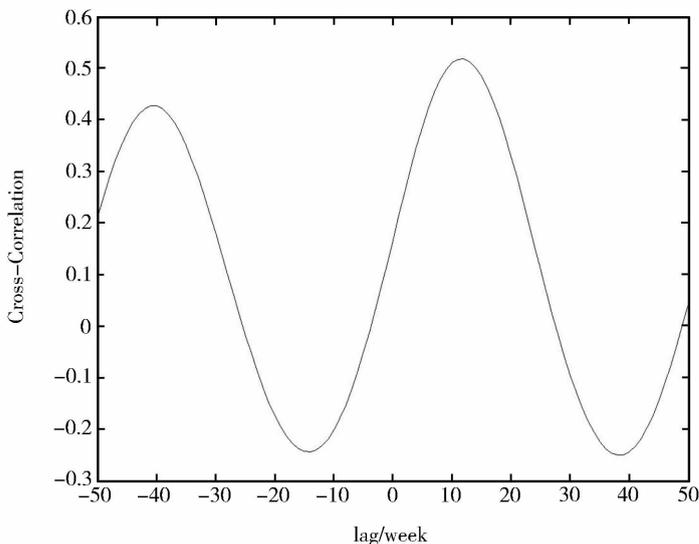


图 3 GMSLA 与 OISST 互相关函数图

Fig. 3 Cross-correlation between GMSLA and OISST

相关函数图,1992 年 10 月 -2007 年 1 月间,GMSLA 与 OISST 的最大相关系数为 0.518(GMSLA 滞后 SST 12 周),不难看出,海平面变化和海表面温度变化密切相关。

2.3 全球海平面空间变化

为了更好地了解全球海平面的变化情况,我们计算了全球海洋不同空间点的海平面变化。我们对每一个空间网格的数据序列应用最小二乘拟合,求解该空间网格点的海平面上升速度。图 4 是利用 AVISO1992 年 10 月~2007 年 1 月的 GMSLA 数据计算的全球海平面上升速度的空间分布图。图中灰度标尺由深色至浅色表示海平面变化速度由负值(海平面下降)到正值(海平面上升),单位为 cm/a 。从图中可以看到,全球不同区域的海平面上升速度不同,尽管全球整体的海平面存在一个稳定的上升速度,但是在有些地区,海平面是下降的。海平面上升最显著的区域是低纬度附近西太平洋海区,其上升速度要明显高于同纬度的东太平洋海区,并且赤道东太平洋部分区域海平面在下降。南半球中高纬度带,海平面上升也较为明显。

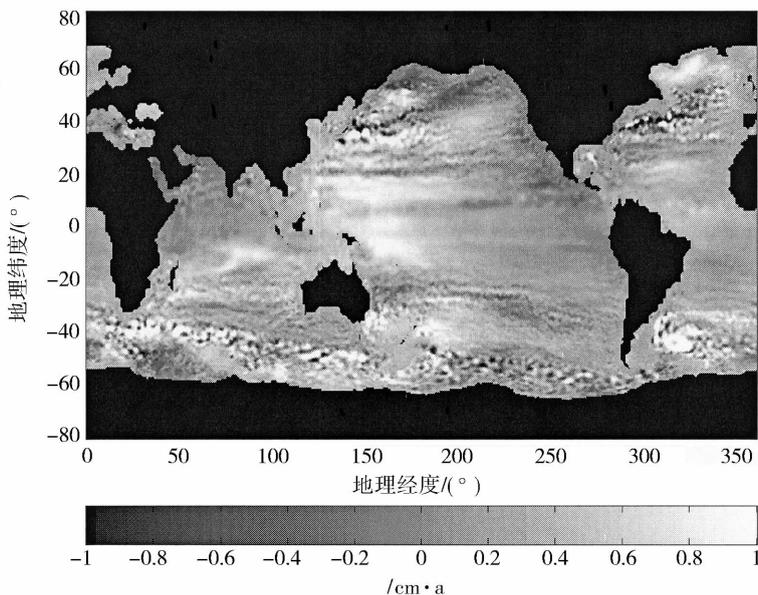


图 4 AVISO GMSLA 数据得到的空间海平面变化(1992 -2007)

Fig. 4 Spatial sea level change from AVISO GMSLA data from 1992 to 2007

3 结果与讨论

通过对全球海平面高度和全球海表面温度数据的分析我们发现,全球海平面上升速度在 1992 年 10 月~2007 年 1 月期间为 $(2.8 \pm 0.2) \text{mm}/\text{a}$, Cabanes 的研究充分说明全球海平面变化主要来源于海表面温度的变化,随着海表面温度的变化,海平面也发生相应的变化。进一步研究全球海平面的空间变化可以发现,在全球海平面上升的总趋势下,也存在部分海区的海平面下降的现象。

另外,海平面变化还受到地球构造变化、大冰川期的活动等因素影响,我们将在今后的工作中继续进行探讨。

参 考 文 献

- [1] 叶叔华, 黄斌. 天文地球动力学, 济南: 山东科学技术出版社, 2000
- [2] Repert J P, Donguy J R, Elden G *et al.* J. Geophys. Res., 1985, 90(C6): 11719 ~ 11725
- [3] White W B, Tai C K. J. Geophys. Res., 1995, 90(C12): 24943 ~ 24954
- [4] Chambers D P, Tapley B D, Stewart R H. J. Geophys. Res., 1997, 102(C5): 10525 ~ 10533
- [5] Chen J L, Shum C K, Wilson C R *et al.* J. Geodesy, 2000, 73: 638 ~ 647
- [6] Cabanes C, Cazenave A, Le Provost C. Science, 2001, 294(5543): 840 ~ 842
- [7] Chen J L, Wilson C R, Tapley B D *et al.* J. Geodesy, 2005, 79: 532 ~ 539
- [8] SSALTO/DUACS User Handbook; (M)SLA and (M)ADT Near-Real Time and Delayed Time Products, http://www.jason.oceanobs.com/html/donnees/produits/hauteurs/global/msla_uk.html
- [9] Reynolds R W, Smith T M. J. Climate, 1994, 7: 929 ~ 948

GLOBAL SEA LEVEL CHANGE FROM 1992 TO 2007

MA Jin^{1,2} ZHOU Yong-hong¹ LIAO De-chun¹ LIAO Xin-hao¹

(1. Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract

There are many factors that cause the temporal and spacial change of the global sea level, such as the atmospheric pressure, wind, ocean current and seawater density. Among these factors, the sea surface temperature is the main source that changes the sea level. The global sea level rise from October 1993 to January 2007 is calculated based on the sea level anomalies data provided by the Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data (AVISO), and the spacial distribution of the sea level rise is also obtained. The correlation of the sea surface temperature and the sea level change is analyzed by comparing the Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OISST) data derived from National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) with the sea level anomalies data.

Key words sea level change — sea level anomalies — sea level rise — sea surface temperature