

基于两种数据集的全球 SST 变化趋势的对比研究*

郑崇伟^{1,2}, 庄 卉², 李训强², 贾本凯^{2,3}

(1. 92538 部队气象台, 辽宁 大连 116041; 2. 解放军理工大学 气象学院, 江苏 南京 211101;

3. 91967 部队气象台, 河北 沙河 054100)

摘 要:分别利用了来自 NOAA 和 Hadley 中心的 SST (Sea Surface Temperature) 资料, 分析了全球海域每个网格点上 SST 的变化趋势, 并将两种资料分析的结果进行比较。研究发现: 近 150 a 期间, 全球大部分海域的 SST 以 $0.003\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 左右的速度显著性逐年线性递增, 仅在格陵兰南部海域和两极部分海域呈显著的逐年线性递减趋势; NOAA 的 SST 变化趋势的区域性差异比 Hadley 的 SST 明显, 但后者变化趋势的强度稍大于前者; 不同海域 SST 的逐年变化趋势由不同的季节主导; 在 1910 年为近 150 a 来 SST 的最低点, 之后缓慢上升, 在 1942 年附近达到 1 个相对高点, 而后略有下降, 但很快又恢复上升趋势, 上升趋势一直延续至今。

关键词: SST; 全球海域; 变化趋势

中图分类号: P731

文献标志码: A

文章编号: 1671-6647(2012)02-0171-06

全球变暖导致的冰川退化、海平面上升、环境危机、资源危机等现象对人类的生存与可持续发展构成了严重威胁, 在环境和资源严重困扰人类、众多国家和地区都面临能源危机的当今世界, 全球气候变化越来越成为关注的焦点^[1]。IPCC (联合国政府间气候变化委员会——Intergovernmental Panel on Climate Change) 第四次评估报告^[2]指出, 在过去的 100 a (1906—2005 年) 全球变暖趋势为 $0.074\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 张秀芝等^[3]利用来自 Hadley 中心的 SST, 在渤海、黄海、东海和南海各选择一个代表区域, 研究发现各代表区域的 SST 在近 100 多 a 来呈增温趋势, 20 世纪 80 年代以后增暖明显, 冯琳等^[4]利用来自 Hadley 中心的 SST, 发现在 1945—2006 年期间东中国海的 SST 平均每年升高 $0.015\text{ }^{\circ}\text{C}$, 潘蔚娟等^[5]利用实测月平均海表温度资料发现华南近海区域年平均 SST 最近 44 a 的线性增长率为 $0.12\sim 0.19\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 蔡怡等^[6]的研究发现近 40 a 太平洋最大的增温发生在赤道中东太平洋 (即 Niño1—Niño4 区内), 最大的降温在中纬度南北太平洋中部, 在北半球西太平洋沿岸除 40°N 附近外基本上为升温, 太平洋东海岸的升温幅度要远大于西海岸。

前人的工作对研究全球变暖作了巨大贡献, 但是以往的研究多是对区域平均后的分析或是 EOF (Empirical Orthogonal Function) 分析后对时间序列的分析, 这种分析方法往往会将某些重点海域的变化特征忽略。本研究则分别利用来自 NOAA 和 Hadley 中心的 SST, 分析 150 a 左右全球海域每个网格点上 SST 的逐年和逐季变化趋势, 并将两种资料分析的结果进行比较。另外还分析了全球海域区域平均后 SST 的逐年变化趋势, 与每个网格点上 SST 的变化趋势进行比较研究。

1 SST 资料来源

1.1 来自 NOAA 的 SST 资料

来自 NOAA 的 SST 时间范围从 1854—2009 年, 每月 1 次, 更新较及时, 空间分辨率 $2^{\circ}\times 2^{\circ}$, 空间范围

* 收稿日期: 2011-03-16

资助项目: 国家重点基础研究发展规划项目——天文与地球因子对气候变化的影响 (2012CB957803), 亚洲区域海陆气相互作用机理及其在全球变化中的作用 (2010CB950400), 中科院知识创新工程重要方向项目——气溶胶和季风相互作用及其对季风年际变化和年代际转型的潜在贡献 (KZCX2-YW-Q11-03)

作者简介: 郑崇伟 (1983-), 男, 四川宜宾人, 硕士, 主要从事波候及波浪能资源方面研究. E-mail: zhengzhang_xia@163.com

(杜素兰 编辑)

为 $88^{\circ}\text{S}\sim 88^{\circ}\text{N}$, $0^{\circ}\sim 360^{\circ}\text{E}$ 。后面简称资料 1。

1.2 来自 Hadley 的 SST 资料

来自英国气象局 Hadley 气候预测和研究中心的 SST 时间范围从 1870—2010 年, 每月 1 次, 更新较及时, 空间分辨率 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$, 空间范围为 $89^{\circ}30'\text{S}\sim 89^{\circ}30'\text{N}$, $0^{\circ}30'\sim 359^{\circ}30'\text{E}$ 。该数据主要源自 Met Office Marine Bank(MDB), 在缺测的地方利用 Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set(COADS)的数据进行补充, 其中 1982 年之前的部分还包含了 Global Telecommunications System(GTS)。后面简称资料 2。

由于资料 1 和资料 2 的 SST 的时间范围相差不大, 本研究做的是长时间序列的变化趋势, 近似认为两种资料的时段相同, 没有取二者的共同时间段。

2 全球海域 SST 的变化趋势

2.1 每个网格点上 SST 的逐年变化趋势

首先将资料 1 每个网格点上的 SST 从 1854—2009 年进行逐年平均, 采用线性回归方法, 分析 $2^{\circ}\times 2^{\circ}$ 的每个网格点上 SST 近 156 a 的逐年线性趋势, 见图 1a; 再将资料 2 每个网格点上的 SST 从 1870—2010 年进行逐年平均, 采用线性回归方法, 分析 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 的每个网格点上 SST 近 141 a 的逐年线性趋势, 并将两种资料的分析结果进行对比分析, 见图 1f。

由图 1a 可看出, 资料 1 的 SST 在全球大部分海域呈显著的逐年线性递增趋势, 与全球变暖的大背景吻合, 中东太平洋的递增趋势强于西太平洋, 南大西洋的递增趋势强于北大西洋, 南印度洋的递增趋势强于北印度洋, 蔡怡等^[6]的研究也曾指出太平洋东海岸的升温幅度要远大于西海岸, 线性递增趋势较强的海域主要集中在低纬中东太平洋(约 $0.003\sim 0.006\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$)、南大西洋大部分海域(约 $0.006\sim 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$)、印度洋西南部的爱德华王子群岛附近海域(约 $0.006\sim 0.009\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$); 仅在格陵兰南部海域(约 $-0.006\sim -0.003\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$)、两极部分海域呈显著的逐年线性递减趋势, 有研究曾指出近 200 a 北极巴罗角的温度呈下降趋势^[7]。资料 2 分析的结果与资料 1 分析的结果大体相似, 但资料 2 大部分海域 SST 的递增趋势偏强, 在格陵兰南部海域的递减范围没有资料 1 明显, 而在南极的威德尔海的递减趋势比资料 1 更显著。资料 1 SST 变化趋势的区域性差异比资料 2 更为明显。

2.2 每个网格点上 SST 的逐季变化趋势

将资料 1 的 SST 从 1854—2009 年进行逐 MAM(March, April, May)、逐 JJA(June, July, August)、逐 SON(September, October, November)、逐 DJF(December, January, February)平均, 分析 $2^{\circ}\times 2^{\circ}$ 的每个网格点上 SST 近 156 a 的逐 MAM、逐 JJA、逐 SON、逐 DJF 的变化趋势, 见图 1b~e; 再将资料 2 的 SST 从 1870—2010 年进行逐 MAM、逐 JJA、逐 SON、逐 DJF 平均, 分析 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 的每个网格点上 SST 近 141 a 的逐 MAM、逐 JJA、逐 SON、逐 DJF 的变化趋势, 并将两种资料的分析结果进行对比分析, 见图 1g~j, 图 1 中彩色区表示相关系数 $|r|>r_{0.5}=0.19$, 趋势显著。

由图 1a~e 可见, 资料 1 逐季的变化趋势与逐年变化趋势大体一致, 对比逐季和逐年变化趋势不难看出, 格陵兰岛南部 SST 的逐年递增趋势主要体现在 MAM 和 DJF, 也就是说格陵兰南部近岸的逐年递增趋势主要由 MAM 和 DJF 主导, 南极 SST 的逐年递减趋势由 DJF 主导, 北极 SST 的逐年递减趋势由 JJA 主导, 各逐年递增的海域在四季皆有不同程度的体现, 值得注意的是: MAM 期间, 南大洋 SST 的递增趋势明显强于北大洋。

由图 1f~j 可见, 资料 2 格陵兰岛南部 SST 的逐年递增趋势主要体现在 MAM 和 DJF, 与资料 1 相同, 南极 SST 的逐年递减趋势在四季皆有体现, 北极 SST 的逐年递减趋势由 MAM 和 DJF 主导, 各逐年递增的海域在四季皆有不同程度的体现。

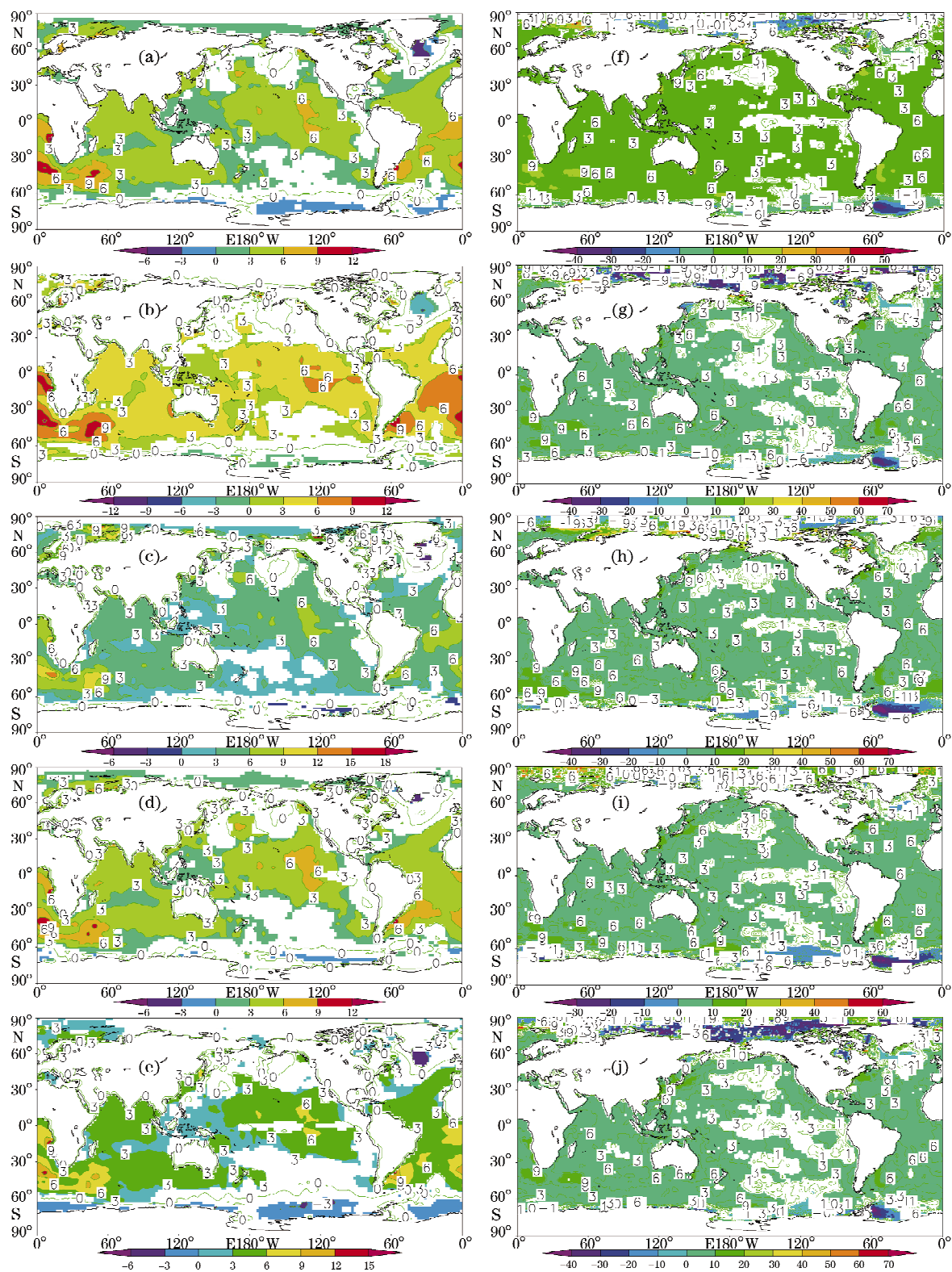


图 1 基于 NOAA(a~e) 和 Hadley(f~j) 资料的全球 SST 线性趋势的回归系数($10^{-3}^{\circ}\text{C} \cdot \text{a}^{-1}$)

Fig. 1 Regression coefficients of the linear tendency of SST in the world oceans based on the data sets from NOAA (a~e) and from Hadley (f~j) ($10^{-3}^{\circ}\text{C} \cdot \text{a}^{-1}$)

2.3 区域平均后 SST 的逐年线性趋势

将资料 1 从 1854—2009 年进行逐年区域平均,分析其区域平均后的逐年线性趋势,见图 2a;将资料 2 从 1870—2010 年进行逐年区域平均,分析其区域平均后的逐年线性趋势(图 2b)。

资料 1 SST 线性趋势回归系数为 0.0031 , 相关系数为 0.91 , 通过了 95% ($r_{0.05}=0.19$) 的信度检验, 即近 150 a 期间, 全球的 SST 以 $0.0031\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 的速度显著性逐年线性递增; 资料 2 的 SST 线性趋势回归系数为 0.0035 , 相关系数为 0.83 , 通过了 95% ($r_{0.05}=0.19$) 的信度检验, 即近 150 a 期间, 全球的 SST 以 $0.0035\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 的速度显著性逐年线性递增; 无论资料 1 还是资料 2, 整体来看, 近 150 a 来全球海域的 SST 呈显著性逐年线性递增的趋势, 与 Jones^[8]、蔡榕硕等^[9] 的结论一致。两种资料的分析结果都能很明显地看出, 在 1910 年为近 150 a 的 SST 的最低点, 之后缓慢上升, 在 1942 年附近达到一个相对高点, 而后略有下降, 但很快又恢复上升趋势, 上升趋势一直延续至今, 与 Jones^[8]、蔡榕硕等^[9] 的结论一致。区域平均后再分析变化趋势这种分析方法将全球很多海域的信息都掩盖掉了, 但是却能从整体上把握变化趋势。

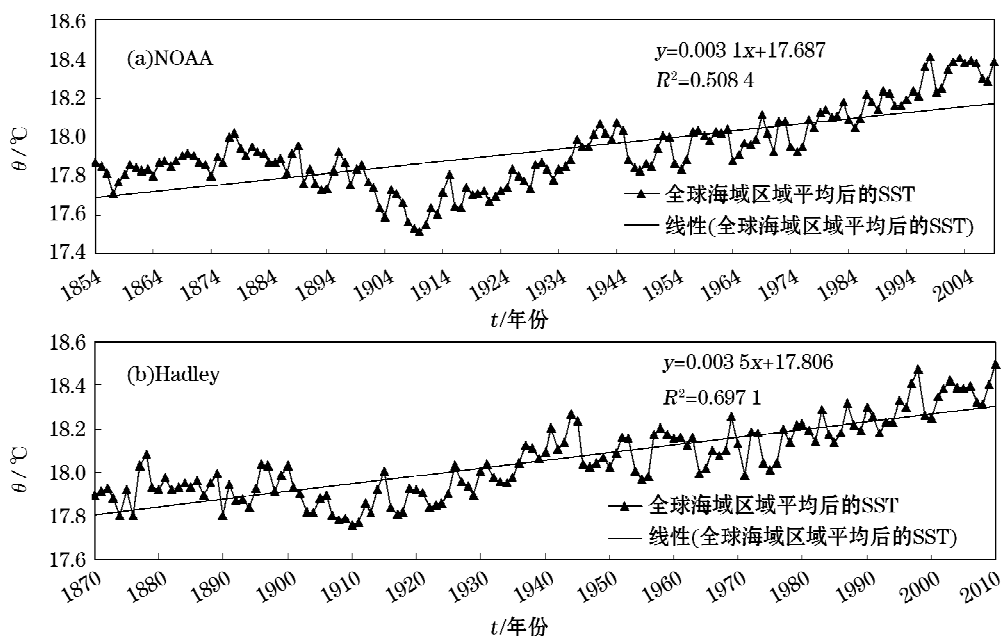


图 2 全球区域平均后的 SST 及其线性趋势

Fig. 2 The SST and its linear tendency after averaging for world oceans

对比两种分析方法发现, 两种方法得到的结论基本一致。分析每个网格点上能流密度的逐年线性趋势, 能够清楚的反映出变化趋势的区域性差异。如果区域平均后再求变化趋势, 可以从整体上把握变化趋势, 虽然容易将一些重点海域的信息漏掉, 却能够分析出整个区域随时间变化的规律。结合两种分析方法, 即能从整体上把握变化趋势随时间的变化规律, 也能够分析出变化趋势的区域性差异。

3 结 论

1) 近 150 a 期间, 全球大部分海域的 SST 以 $0.003\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 左右的速度显著性逐年线性递增, 中东太平洋的递增趋势强于西太平洋, 南大西洋的递增趋势强于北大西洋, 南印度洋的递增趋势强于北印度洋, MAM 期间, 南大洋 SST 的递增趋势明显强于北大洋; 格陵兰南部海域和两极部分海域的 SST 呈显著的逐年线性递减趋势; 来自 NOAA 的 SST 变化趋势的区域性差异比来自 Hadley 的 SST 明显, 但是后者变化趋

势的强度稍大于前者。

2)不同海域 SST 的逐年变化趋势由不同的季节主导。

3)近 150 a 全球海域区域平均后的 SST 呈显著的逐年线性递增的趋势,在 1910 年为近 150 a 的 SST 的最低点,之后缓慢上升,在 1942 年附近达到一个相对高点,而后略有下降,但很快又恢复上升趋势,上升趋势一直延续至今。

参考文献(References):

- [1] ZHENG C W, ZHOU L, ZHOU L J. Wave and wave energy characteristics analysis in Xisha and Nansha during the last 45 years [J]. Periodical of Ocean University of China, 2011, 29(4):419-426. 郑崇伟,周林,周立佳. 西沙、南沙海域波浪及波浪能季节变化特征[J]. 海洋科学进展,2011,29(4):419-426.
- [2] ZHENG C W, ZHUANG H, LI X, et al. Wind energy and wave energy resources assessment in the East China Sea and South China Sea [J]. Sci China Tech Sci, 2012, 55(1): 163-173.
- [3] ZHANG X Z, QIU Y F, WU X Y. The long-term change for sea surface temperature in the last 100 years in the Offshore Sea of China[J]. Climatic and Environmental Research, 2005, 10(4):799-807. 张秀芝,裘越芳,吴迅英. 近百年中国近海海温变化[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4):799-807.
- [4] FENG L, LIN X P. Long-term trend of the East China Sea surface temperature during 1945—2006[J]. Periodical of Ocean University of China, 2009, 39(1):13-18. 冯琳, 林霄沛. 1945—2006 年东中国海海表温度的长期变化趋势[J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39(1):13-18.
- [5] PAN W J, QIAN G M, YU K F, et al. Study on variation characteristics of SST observed in the past 40 years in the coastal region of South China[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2007, 23(3):271-276. 潘蔚娟,钱光明,余克服,等. 华南近海近 40 年的实测 SST 变化特征[J]. 热带气象学报, 2007, 23(3):271-276.
- [6] CAI Y, WANG Z G, QIAO F L. The simulation of Pacific Ocean temperature with the global warming during 1960-1999[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2008, 30(5):9-16. 蔡怡,王彰贵,乔方利. 全球变暖背景下最近 40 年太平洋海温变化数值模拟[J]. 海洋学报, 2008, 30(5):9-16.
- [7] WANG G, ZHANG Q S. Features of temperature change over the last 400 years at Barrow, Arctic[J]. Chinese Journal of Polar Research, 1998, 10(1):11-16. 王国,张青松. 400 年来北极巴罗角的温度变化特征[J]. 极地研究, 1998, 10(1):11-16.
- [8] JONES P D. Hemispheric surface air temperature variations: A reanalysis and an update to 1993[J]. J. Climate, 1994, (7):1794-1802.
- [9] CAI R S, CHEN J L, HUANG R H. The response of marine environment in the offshore area of China and its adjacent ocean to recent global climate change [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2006, 30(5):1019-1033. 蔡榕硕,陈际龙,黄荣辉. 我国近海和邻近海的海洋环境对最近全球气候变化的响应[J]. 大气科学, 2006, 30(5):1019-1033.

A Comparison Study on the Global Change Trend of SST Analyzed Based on Two Data Sets

ZHENG Chong-wei^{1,2}, ZHUANG Hui², LI Xun-qiang², JIA Ben-kai^{2,3}

(1. NO. 92538 *Army of PLA*, Dalian 116041, China; 2. *Institute of Meteorology*,
PLA Univ. of Sci. & Tech., Nanjing 211101, China; 3. NO. 91967 *Army of PLA*, Shahe 054100, China)

Abstract: The changing trend of SST (Sea Surface Temperature) at individual grids of world oceans has been analyzed based on the SST data from NOAA and on those from the Hadley Center, and the results from these two data sets are compared. It has been found that during the last 150 years the SST in most of the oceans tends to increase evidently and linearly year by year at a rate of about $0.003^{\circ}\text{C} \cdot \text{a}^{-1}$, with a trend of decreasing evidently and linearly year by year in the southern sea area of Greenland and part sea areas of Arctic and Antarctica. The changing trend of SST based on the data set from NOAA has more clear regional differences than that based on the data set from Hadley, but the latter is stronger in its intensity than the former. The year-by-year changing tendency of SST in different sea areas is mainly governed by seasons. The lowest SST in the last 150 years occurred in 1910. Afterwards, the SST went up slowly and reached to a relatively high point around 1942. Then, after a slightly going down, it returned quickly to go up again. At the present the SST is still in a going-up trend.

Key words: SST; world oceans; changing tendency

Received: March 16, 2011