

近百年中国近海海温变化

张秀芝¹ 袁越芳² 吴迅英³

1 中国气象局气候研究开放实验室, 国家气候中心, 北京 100081

2 北京师范大学数学科学学院, 北京 100875

3 国家气象信息中心, 北京 100081

摘要 使用 Hadley 中心 1901~2004 年 $1^\circ \times 1^\circ$ 海表温度 (SST) 资料, 在渤海、黄海、东海和南海选择代表区域研究中国近海海温的长期变化。研究发现, 近 100 年多来各海区呈增温趋势, 20 世纪 80 年代以后增暖明显, 90 年代至今最暖。渤、黄、东海年平均和 1 月海温、东海 7 月海温变化基本呈阶梯型, 20 世纪初至 30 年代冷、50 年代较暖、60 年代略有下降, 80 年代上升; 7 月渤、黄海海温呈 2 波型, 20 世纪第一个 10 年和 80 年代冷, 30~50 年代和 90 年代暖; 南海 20 世纪初至 70 年代海温变化不显著。除东海年平均海温外, 各海区年、季海温均具有 2~4 年的显著变化周期和准 7 年的变化周期。

关键词 海表温度 海温变化 增温趋势

文章编号 1006-9585 (2005) 04 0799-09 **中图分类号** P468 **文献标识码** A

The Long-Term Change for Sea Surface Temperature in the Last 100 Years in the Offshore Sea of China

ZHANG Xiu-Zhi¹, QIU Yue-Fang², and WU Xun-Ying³

1 *Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081*

2 *College of Mathematics Science, Beijing Normal University, Beijing 100875*

3 *National Meteorological Information Center, Beijing 100081*

Abstract By using the data of $1^\circ \times 1^\circ$ Hadley sea surface temperature (SST) from 1901 to 2004, to study the long-term change of the sea surface temperature in the offshore sea of China, it is found that SST take on warming stream in the last 100 years and warmest the from the 1990s till now in Bo Hai, Yellow Sea, East China Sea and South China Sea. The change stream of annual and January average SST take on ladder types in Bo Hai, Yellow Sea and East China Sea, SST were cold from the 1900s to the 1930s, warm in the 1950s, cold slightly in the 1960s and increase from the 1980s. The change stream of July average SST take on two wave types in Bo Hai, Yellow Sea, it was cold in the 1900s and the 1980s, it was warm from the 1930s to the 1950s and in the 1990s. In the South China Sea, SST changed little from the 1900s to the 1970s. Except annual average SST in East China Sea, annual, January and July average SST of all area had obvious change period of 2~4 years and change period of 7 years.

Key words sea surface temperature, sea surface temperature change, warming stream

1 引言

与陆地温度气候变化研究相比, 海洋温度变

化的研究工作相对少的多, 原因之一是海面上缺乏长期定点观测资料, 因而, 大家只好使用特定海区的船舶观测资料、沿岸和岛屿观测站的观测

收稿日期 2005-07-26 收到, 2005-11-28 收到修定稿

作者简介 张秀芝, 女, 1949 年出生, 研究员, 主要从事海洋气候和季风研究。E-mail: zxx@cma.gov.cn

资料。杜碧兰等^[1]使用 1953~1985 年东海月平均海温距平 (SSTA) 对黑潮区海温作谱分析, 发现存在 6.7 年的显著周期。李丽云^[2]利用 7 个沿海站气温资料, 研究了东部沿海近百年来气温变化, 认为 1903~1925 年、1954~1972 年为两个冷期, 1926~1953 年、1973~1982 年为两个冷期。闫俊岳^[3]使用 1900~1987 年 COADS 海温资料和东海沿岸 7 个沿海站和岛屿站气温资料, 研究东海近百年温度变化, 指出东海 20 世纪 50 年代温度最高, 10~20 年代最低, 存在 5~7 年和准 2 年的变化周期。于非等^[4]使用 1990~2002 年卫星资料研究了东海水表温度 (SST) 的长期变化指出, 东海的 SST 存在约 41 个月周期的长期变化趋势, 与 ENSO 有较好的对应关系。王卫强等^[5]利用 1945~1989 年 COADS 资料分析了南海 SST 的变化特征, 指出南海 SST 存在 24~30 个月的显著周期。邹宏林^[6]以天津 1891~1986 年气温资料分析了渤海地区冷暖期的气候变化规律, 认为 1897~1931 年为暖期, 1946~1986 年为冷期。这些研究使用的资料序列一部分从 20 世纪初至 80 年代中期, 对近 20 年的变化状况未能反映, 另一部分为 80 年代以后, 不能完整的描述近百年温度变化状况。另外, 我国近海南北跨度较大, 以往的研究海域多针对东海, 涉及渤海、黄海、南海较少, 本文使用 Hadley SST 1901~2004 年资料, 分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, 根据海洋资料样本数量分布不均匀的特点, 在每个海区选取样本量多的区域为研究区, 如 (37~39°N, 119~122°E) 代表渤海, (32~35°N, 122~123°E) 代表黄海, (28~29°N, 124~127°E) 代表东海, (18~19°N, 112~119°E) 代表南海北部, (14~15°N, 112~118°E)、(12~13°N, 110~115°E) 和 (10~11°N, 109~112°E) 代表南海中部, 分析各海域近 100 年温度资料, 揭示中国近海温度的长期变化趋势。

2 黄、渤海温度变化

黄、渤海年、1 月和 7 月平均 SST 的变化趋势很相似, 因此这里对两个海区一起分析, 同时指出其差别。

100 多年来, 黄、渤海年平均 SST 呈 2 波型 4 个主要变化阶段, 20 世纪 40 年代中期之前温

度最低, 其中渤海 1900~1939 年每 10 年的平均温度几乎不变; 60~80 年代为次低温期, 两个海区的差别在于这 30 年中黄海 60 年代温度低一些 (见图 1a), 而渤海则 80 年代最低; 40 年代中期至 50 年代为相对高温期; 90 年代至今为黄、渤海海温最高的时期, 黄海和渤海 90 年代较最低的 20 世纪第一个 10 年增温幅度分别达 1.4°C 和 0.8°C 。

与年平均海温不同, 1 月黄、渤海 SST 呈 2 个主要变化阶段, 40 年代中期之前海温呈下降趋势, 30 年代温度最低, 10 年平均 SSTA 黄海和渤海分别为 -1.9°C 和 -1.4°C ; 40~90 年代呈上升趋势, 其中黄海 40、50 和 90 年代增温幅度均为 1.2°C , 50 年代达到次高海温期之后, 各 10 年平均海温呈波浪式变化 (见图 1b), 90 年代为黄海海温最高的时期; 渤海 40 和 50 年代升温最快, 10 年增幅分别达 0.6°C 和 1.0°C , 50 年代以后的变化趋势与黄海一致, 差别在于 90 年代增温幅度较黄海小 (0.5°C)。

7 月黄、渤海 SST 变化也呈 2 波型, 20 世纪初至 30 年代海温呈上升趋势, 30~50 年代为暖期, 尤其是渤海 30~50 年代为 100 多年来海温最高的时期 (见图 1d); 50 年代之后海温呈下降趋势, 其中渤海 80 年代 SSTA 达 0°C , 仅次于最低的 20 世纪第一个 10 年 (-0.1°C), 黄海则 70 年代达到次低 SSTA 值 -0.2°C ; 90 年代至今为黄、渤海夏季的又一增温期, 90 年代中期至 21 世纪初为黄海最暖的时期 (见图 1c)。

黄、渤海 SST 的变化周期具有明显的阶段性 (见图 2)。黄海和渤海年平均海温均具有 40~50 年的长变化周期, 在 1940 年以后具有 12~16 年的变化周期; 在 3~9 年的显著变化周期中, 1935 之前变化周期为 6~9 年, 1935~1950 年约为 4~7 年, 1951~1970 年为 6~9 年, 1970~1985 年为 4~6 年。7 月两个海区海温的显著变化周期较一致, 为准 3 年和准 6 年; 1 月两个海区均具有 2~4 年的显著变化周期, 另外渤海还有 12 年左右的变化周期。

为了比较黄、渤海海温变化的合理性, 分析了观测年代较长的大连和青岛站的气温变化趋势, 发现大连气温与渤海海温以及青岛气温与黄海海温的变化趋势比较相似, 表明 Hadley 中心的 SST 资料质量较好, 我们所选海区能表征黄、渤海的

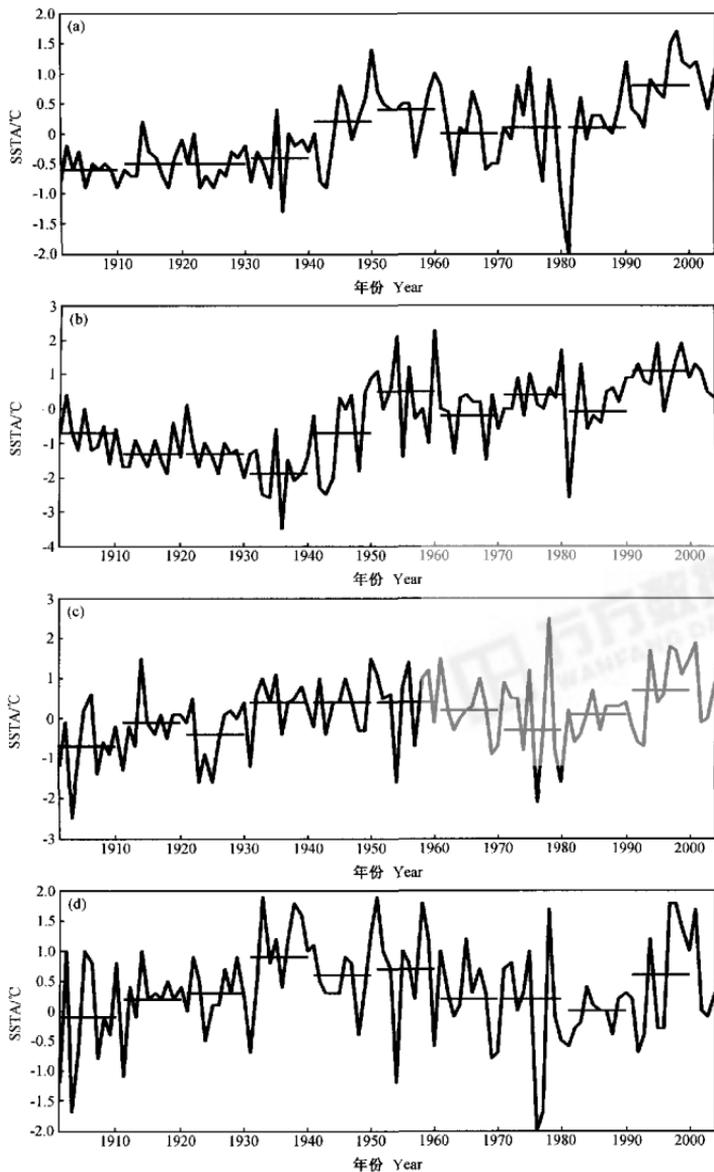


图1 黄、渤海表层海温距平(SSTA)年际变化。(a)黄海年平均;(b)黄海1月;(c)黄海7月;(d)渤海7月。横线为10年平均的 SSTA
Fig.1 Sea surface temperature anomaly (SSTA) change. (a) Annual average in Yellow Sea; (b) January average in Yellow Sea; (c) July average in Yellow Sea; (d) July average in Bo Hai. Across line is ten years average SSTA

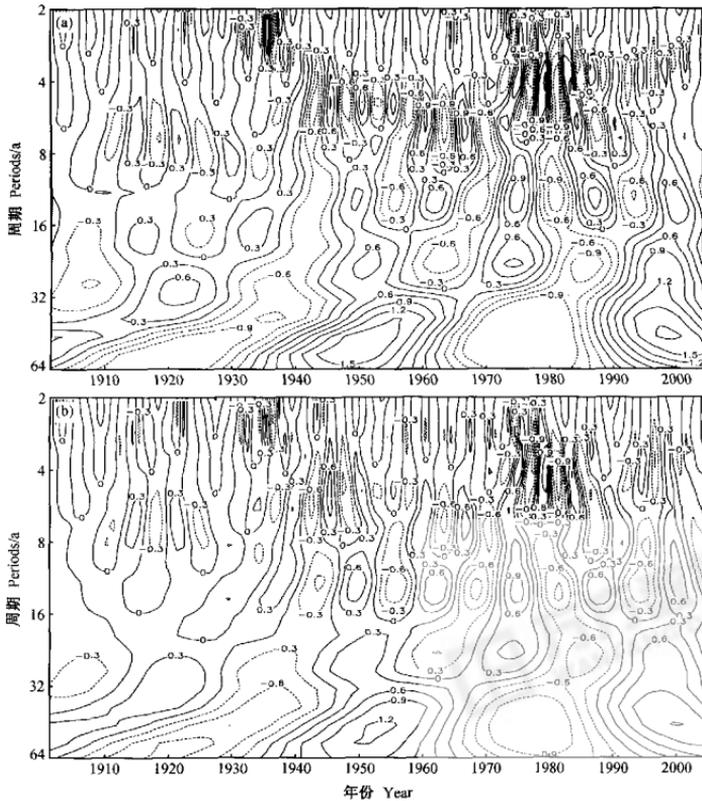


图2 黄、渤海年平均 SST 小波变换。(a) 黄海；(b) 渤海

Fig. 2 The MHAT wavelet transform distribution for SST of annual average. (a) Yellow Sea; (b) Bo Hai

海温变化状况。

3 东海的温度变化

东海 SST 变化特征大致呈 3 个阶梯 (图 3): 20 世纪初至 30 年代、40~70 年代、80 年代至今, 其中前两个时期各时段内温度变化较缓, 后一时期变化较快; 另一重要特征是 20 世纪初至 30 年代与 40~70 年代两个时期的温度相差 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这种变化趋势^[1]与上海气温变化很相似。

与黄、渤海相似, 年平均海温在 20 世纪 40 年代之前为冷期, 每 10 年的平均 SSTa 为 -0.7

$\sim -0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10 年代温度最低 (见图 3a); 40 年代至 70 年代初为第二阶段, 每 10 年平均 SSTa 为 $-0.2\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间, 60 年代为这一时期的低温期, 40~50 年代为暖期, 与闫俊岳^[37]的分析结果基本一致; 80 年代开始海温快速升高, 80 年代、90 年代 10 年平均 SSTa 和 2000~2004 年平均 SSTa 分别为 0.3 、 1.0 和 $1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 80~90 年代是东海增温最快的时期, 1998 年为百多年最暖的年份。

1 月海温变化与年平均基本一致, 10 年代温度最低为 $-1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 90 年代较 80 年代 10 年平均升高了 $1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (见图 3b)。7 月海温变化与年平均相比差别在于 20 世纪初至 20 年代中期之前温度

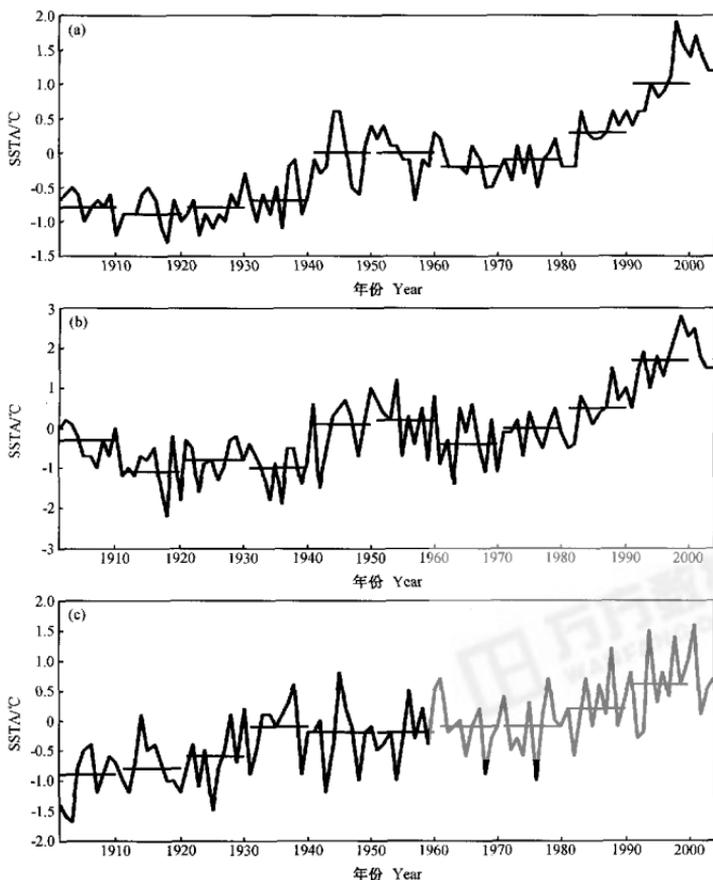


图3 东海 SSTA 年际变化。(a) 年平均；(b) 1月；(c) 7月
Fig. 3 SSTA change in East China Sea. (a) Annual average; (b) January average; (c) July average

最低，20年代中期至80年代初为第二阶段，温度变化相对较平稳，年代间温差只有0.1℃；80年代至今海温虽然也呈持续上升趋势，但与年平均和1月温度相比则缓慢的多（见图3c）。

东海 SSTA 的变化周期不如黄、渤海明显。1月和7月 SSTA 的显著变化周期为2~4年，年平均海温变化周期为7~11年，但没有通过检验（图略）。与杜碧兰等^[1]、闫俊岳^[3]所得变化周期略有差别，这是由于使用资料年代不同。

4 南海的温度变化

南海南北跨越20多个纬度，南、北气候变化有共同点也有差别，因此我们在南海北部和中部分别选择资料较多的海区分析海温的长期变化。

南海年平均 SSTA 20世纪70年代之前年代间的温度变化不大，其中南海中部30~70年代，各年代间平均海温几乎不变（见图4a），南海北部

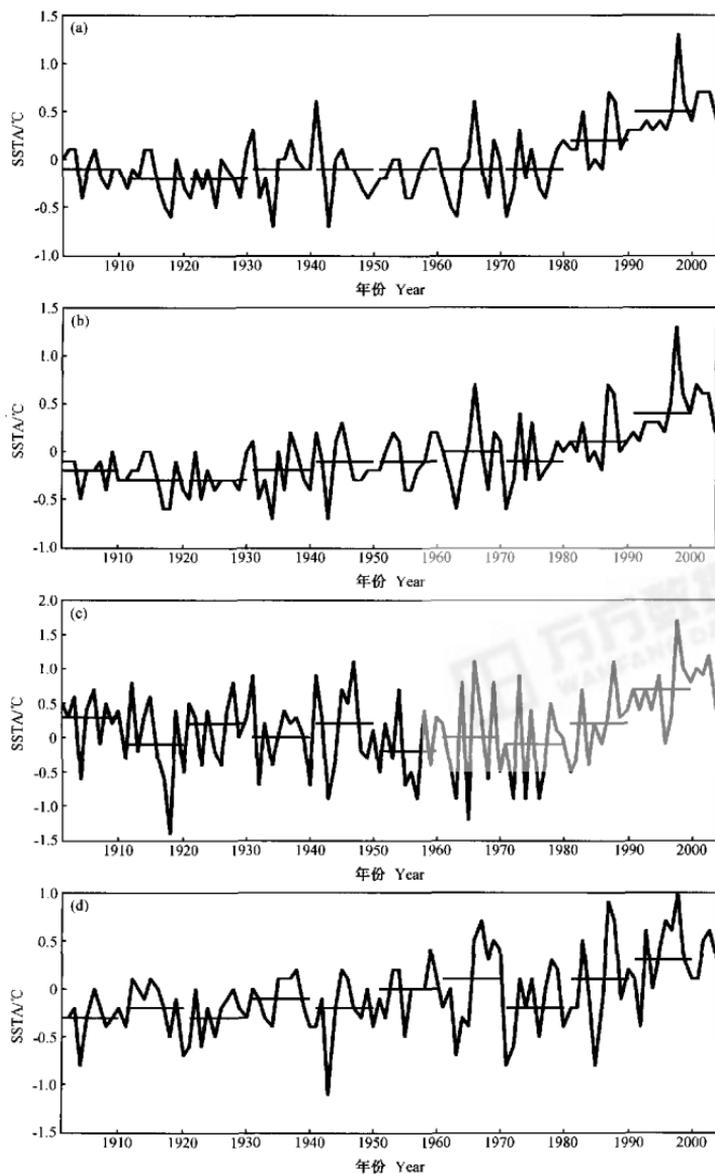


图4 南海表层海温距平年际变化。(a) 中部年平均；(b) 北部年平均；(c) 中部1月；(d) 北部7月

Fig. 4 SST annual change in the South China Sea (SCS). (a) Annual average in the central SCS; (b) annual average in the north SCS; (c) January average in the central SCS; (d) July average in the north SCS

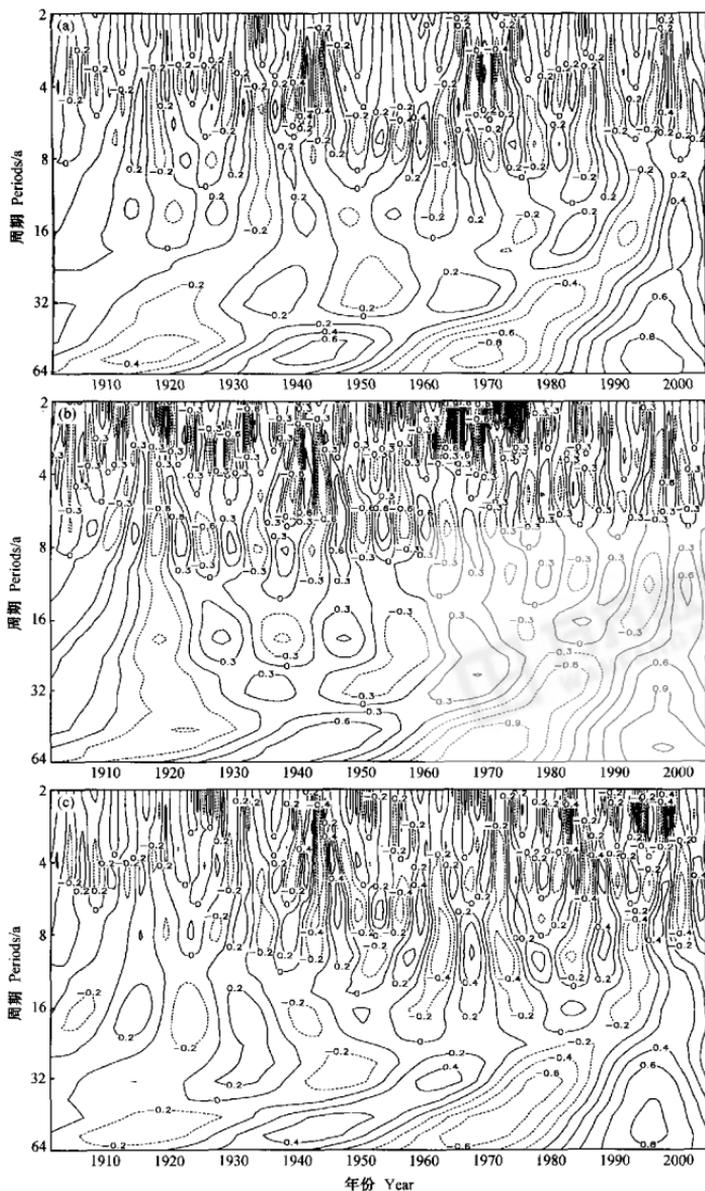


图5 南海中部 SST 小波变换。(a) 年平均; (b) 1月; (c) 7月
Fig. 5 The MCHAT wavelet transform for SST in the central SCS. (a) Annual average; (b) January average; (c) July average

各年代间的变化幅度也只有 0.1°C (见图4b), 60年代为这一时期的暖期; 80~90年代是南海增温最快的时期, 其中南海中部每10年递增 0.3°C , 南海北部80和90年代分别增温 0.2 和 0.3°C 。1998年是南海近百年温度最高的一年。将南海北部海温变化与香港气温变化进行了比较, 发现除了60年代香港增温很快(与90年代相当)外, 两者变化趋势大致相似, 说明分析的南海海温变化是合理的。

1月南海海温的年际和年代际变化较年平均大的多, 年际间温差最大可达 $2.0\sim 2.2^{\circ}\text{C}$, 年代际间温差最大可达 $0.5\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 。年代际变化趋势, 20世纪初至50年代南海北部和中年代间平均海温均呈波浪式变化, 00、20和40年代较高, 10、30和50年代较低, 其中南海北部10年代和30年代为百年中最低(图略), 南海中部则50年代最低(见图4c); 60和70年代南海温度变化甚微, 90年代为升温最快的时期, 南海北部和中部分别较80年代增温 0.6°C 和 0.5°C 。

7月南海海温的年代际变化具有明显地时段特征, 20世纪初至50年代南海北部和中年代间平均海温也呈波浪式变化, 但高、低温的较替正好与1月相反(见图4d), 00、20和40年代相对低一些, 10、30和50年代相对较高; 60年代和70年代南海北部和中部的温度变化差别较大, 南海北部60年代平均海温高于50年代, 而70年代则较60年代下降 0.3°C , 为近百年降温最明显的时期, 南海南部则60年代与50年代温度持平, 70年代较60年代仅降 0.1°C ; 80~90年代快速增温, 其中80年代为近百年增温最明显的时期, 南海北部和中部分别较70年代增温 0.3 和 0.4°C 。

南海北部和中部的变化周期基本同步。年平均海温具有2~5年的显著变化周期和准7年、14年的变化周期(见图5), 与ENSO的变化周期相近。7月平均海温具有准3年、准6年的显著变化周期以及准11年的周期。1月具有2~4年和准7年的显著变化周期。

5 结论

(1) 年平均海温变化趋势, 渤、黄、东海较

接近, 20世纪初至30年代和60年代为冷期, 50年代较暖, 90年代至今最暖; 南海20世纪初至70年代海温变化不大, 80~90年代增温迅速。

(2) 1月温度的变化趋势, 渤、黄海较一致, 20世纪初至30年代呈降温趋势, 40~50年代增温最快, 而东海50年代升温很小; 南海20世纪初至70年代海温呈年代际波浪式变化; 黄海、东海和南海90年代增温最快。

(3) 7月渤、黄海温度的变化趋势较一致, 20世纪初和80年代为冷期, 30~50年代和90年代暖, 呈2波型; 东海则20世纪初至20年代冷, 30~70年代少变, 80年代至今缓变, 呈阶梯型; 南海北部呈年代际波浪式变化, 南海南部则20世纪初至70年代变化很小。

(4) 除东海1月和7月的变化趋势较一致外, 黄、渤海、南海1月和7月的变化趋势均存在差别。说明我国近海温度变化的复杂性以及近海海洋影响东亚气候变化的不确定性。

(5) 年平均海温除东海外各海区均具有2~4年和准7年的显著变化周期, 夏季各海区均具有准3年、准6年的显著变化周期, 1月各海区具有2~4年和准7年的显著变化周期。

参考文献

- [1] 杜碧兰, 张建华, 袁晓军. 东海及其外缘海域表层海水温度谱分析. 海洋预报, 1984, 1(1): 1~8
Du Bilan, Zhang Jianhua, Yuan Xiaojun. Spectrum analysis for SST in East China Sea. *Marine Forecasts* (in Chinese), 1984, 1(1): 1~8
- [2] 李丽云. 中国东部沿海近百年来气候变化. 中国科学(B辑), 1986(6): 656~662
Li Liyun. Climate change in the latest 100 years in the east offshore sea of China. *Science in China (Ser. B)* (in Chinese), 1986(6): 656~662
- [3] 同俊岳. 东海及邻近地区近百年来温度变化. 海洋学报, 1997, 19(6): 121~127
Yan Junyue. Temperature change in the latest 100 years in the east offshore sea of China. *Acta Oceanologica Sinica* (in Chinese), 1997, 19(6): 121~127
- [4] 于非, 许一. 东海海面温度长期变化趋势研究. 海洋科学进展, 2003, 21(4): 477~481
Yu Fei, Xu Yi. Study of Long-term variational trend of sea surface temperature in the East China. *Advances in Marine Science* (in Chinese), 2003, 21(4): 477~481

- [5] 王卫强, 王东晓, 齐义泉. 南海表层水温年际变化的大尺度特征. 海洋学报, 2000, 22 (4): 8~16
Wang Weiqiang, Wang Dongxiao, Qi Yiquan. Large scale characteristics of interannual variability of sea surface temperature in South China Sea. *Acta Oceanologica Sinica* (in Chinese), 2000, 22 (4): 8~16
- [6] 邹宏林. 近百年渤海地区气候变化的初步探讨. 海洋预报, 1988, 5 (4): 12~17
Zhou Honglin. Discussion for climate change in the Latest 100 Years in Bohai. *Marine Forecasts* (in Chinese), 1988, 5 (4): 12~17