

# 20世纪80年代后期西北太平洋夏季海表温度异常的年代际变化

武炳义 张人禾

(中国气象科学研究院, 北京 100081. E-mail: [wby@cma.gov.cn](mailto:wby@cma.gov.cn))

**摘要** 揭示了1968~2002年期间西北太平洋夏季平均海表温度在20世纪80年代后期经历了一次年代际变化, 该年代际变化表现为西北太平洋( $100^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$ ,  $0^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ )夏季海表温度经验正交分析的第一模态由频繁的负位相转变为强的正位相, 该模态解释了总方差的30.5%. 在1968~1987年期间, 海表温度第一模态的负位相盛行(平均偏差为 $-0.586$ ), 相应地, 负的海表温度异常占据了日本以南的西北太平洋和中国边缘海区; 而1988~2002年期间, 海表温度第一模态显示出强的正极性(平均偏差为 $0.781$ ), 因此正的海表温度异常出现在西北太平洋. 伴随着夏季海表温度的年代际变化, 中国南部和东南部夏季平均降水量的增加超过了 $40\text{ mm}$ , 达到了 $0.05$ 统计显著性水平.

**关键词** 年代际变化 西北太平洋 海表温度 夏季

针对北太平洋气候的年代际变化已有大量研究工作<sup>[1~10]</sup>. 如Deser等人<sup>[7]</sup>指出, 北太平洋年代际气候扰动表现为冬季大尺度大气环流强度变化, 以及对北太平洋物理和生态状况的影响. 北太平洋海表温度的年代际变率表现为10年际振荡和类似ENSO的年代际变率模态<sup>[3,4,11]</sup>, 两者在20世纪70年代后期都经历了重要改变<sup>[1,12]</sup>.

尽管北太平洋10年际振荡在影响北太平洋的物理和生态状况中起着重要作用, 可是它不能解释近期发生的北太平洋状态变化<sup>[13]</sup>. Bond等人<sup>[13]</sup>研究发现, 在20世纪80年代末以前, 冬季北太平洋海表温度变化的第一模态盛行10年际振荡(PDO), 从20世纪90年代早期开始海表温度变化盛行第二模态. 他们进一步指出, 北太平洋海表温度第一模态的结束时间与Hare和Mantua<sup>[5]</sup>揭示的发生在1989年的年代际变化大体一致. 因此, 类似北太平洋10年际振荡这样的单一指标对于刻画北太平洋气候变化是不完善的<sup>[13]</sup>. 本研究的目的是研究北太平洋夏季(6~8月)海表温度的年代际变化.

## 1 数据资料和方法

本文所用数据资料包括: 1954~2002年 $2^{\circ}\times 2^{\circ}$ 月平均海表温度资料(<http://dss.ucar.edu/datasets/ds277.0/>)<sup>[14]</sup>, 月平均北太平洋10年际振荡指数(<http://jisao.wash>

[ington.edu/pdo/PDO.latest](http://ington.edu/pdo/PDO.latest)); 国家气象信息中心1960~2005年中国月平均513个台站降水量资料; 37 a (1968~2004年)美国环境预测和大气研究中心再分析资料中的夏季月平均850 hPa风场资料, 该风场资料用于计算西北太平洋-东亚夏季风指数<sup>[15]</sup>和在 $100^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ ,  $10^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 区域东亚夏季风变化的第一模态. 这些大气资料用于讨论西北太平洋夏季海表温度的年代际变化与东亚夏季风之间的可能联系. 为了揭示夏季西北太平洋海表温度变化的优势模态, 本文在两个不同的研究区域 $0^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ ,  $100^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$ 和 $20^{\circ}\text{S}\sim 60^{\circ}\text{N}$ ,  $100^{\circ}\text{E}\sim 60^{\circ}\text{W}$ 对1968~2002年的夏季(6~8月)月平均海表温度分别进行经验正交分析.

## 2 西北太平洋夏季海表温度变率的优势模态

利用经验正交分析方法研究1968~2002年西北太平洋( $0^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ ,  $100^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$ )夏季海表温度变化的优势模态. 图1(a)显示的是第一优势模态的空间分布, 该模态解释了总方差的30.5%. 该优势模态的主要特征是正的海表温度异常占据了日本以南的西北太平洋和中国边缘海区. 显然, 该区域夏季海表温度变化的优势模态与北太平洋的10年际振荡<sup>[3]</sup>以及类似ENSO的年代际变率<sup>[4,8,11]</sup>并没有相似性. 其与北太平洋10年际振荡指数的相关系数是 $-0.06$ . 该海表温度

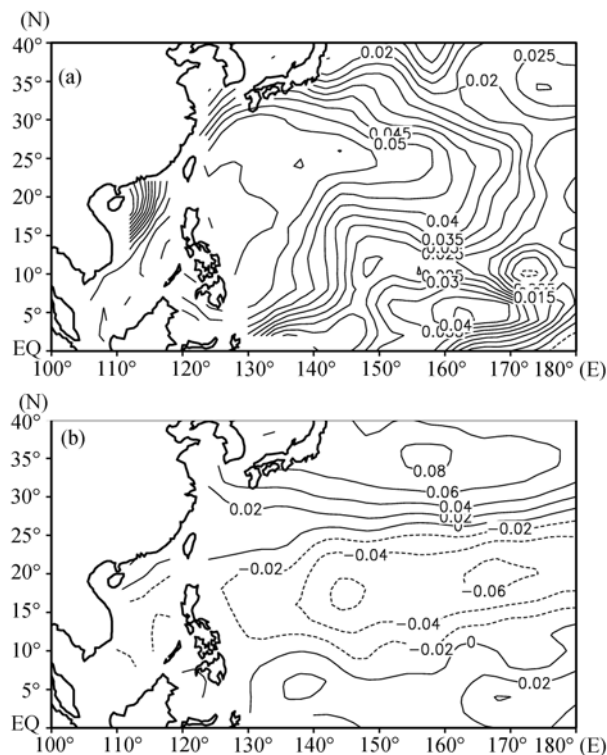


图 1 海表温度经验正交分析前两个特征向量的空间分布  
(a) 第一模态; (b) 第二模态. 单位: 无量纲量

变化模态显示出强的年际和年代际变化(图 2(a)), 1987 年以前该模态的负位相盛行, 而 1988 年以后则盛行正位相, 位相转换发生在 1987 年. 值得注意的是, 在 20 世纪 70 年代后期并没有明显的年代际变化发生.

夏季西北太平洋海表温度变率的第二模态解释了总方差的 15.2%, 海表温度正异常出现在 10°N 以南和 130°E 以东, 25°N 以北, 负海表温度异常位于 10°N 和 25°N 之间(图 1(b)). 与第一模态不同的是, 第二模态的时间序列并没有出现明显的年代际变化(图 2(b)). 图 2(c)反映的是前两个优势模态的位相演变, 可以看到, 明显的年代际变化发生在 20 世纪 80 年代后期. 为研究海表温度异常的空间分布, 进行了合成分析; 基于图 2, 合成分析时间段分别为 1968~1987 年和 1988~2002 年. 1968~1987 年期间, 在研究区域除 5°N 以南有正海表温度正异常外, 海表温度负异常几乎占据了整个研究区域, 其中最大负异常出现在 20°~30°N, 125°~155°E(图 3(a)). 而在 1988~2002 年期间, 正海表温度异常几乎占据了整个研究区域(图 3(b)). 显然, 图 3(b)与图 1(a)非常相似, 在日本南部, 海表温度年代际变化超过 0.5°C. 因此, 发生在 20 世

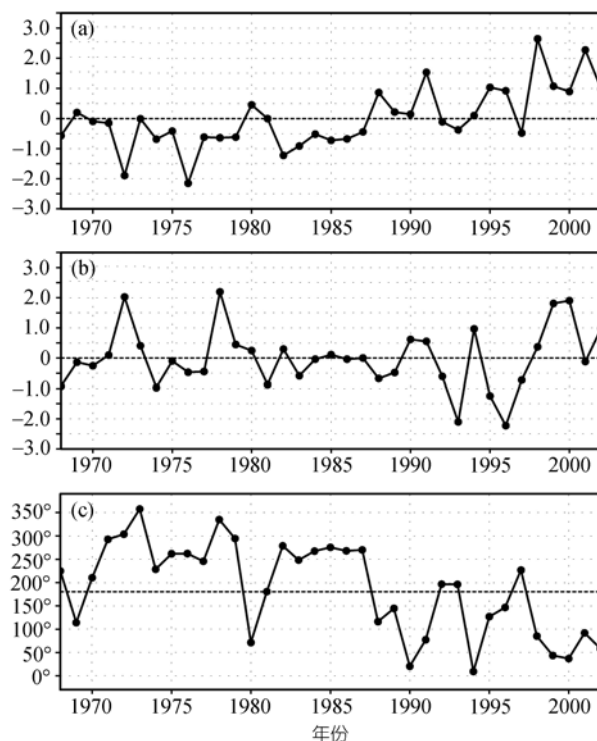


图 2 标准化的第一主成分(a)和第二主成分(b)年际变化, 位相年际变化(c)

由第一和第二主成分求得, 虚线代表 180°, 单位: °

纪 80 年代后期的年代际变化主要归结为海表温度变率第一模态的位相改变.

### 3 讨论

如在前文所述, 关于北太平洋的年代际变化问题, 以往研究主要关注于冬季, 因此揭示了两个年代际变化: 其一是发生在 20 世纪 70 年代后期的年代际变化; 另一次年代际变化发生在 20 世纪 80 年代末 [5,13,16]. 可是, 在夏季并没有检测出发生在 20 世纪 70 年代后期的年代际变化. 此外, 年代际变化的转换年也早于 1989 年. 需要指出的是本文中所揭示的年代际变化并不依赖于研究区域的选取. 当把研究区域选在 20°S~60°N, 100°E~60°W 时, 经验正交分析的第二个模态可以清楚地描述该年代际变化(该模态解释总方差的 14.6%), 即, 在 1968~1987 年期间负位相盛行(平均偏差为 -0.58), 而此后则是正位相时期(平均偏差为 0.45)(图 4(b)). 而第一模态解释了总方差的 23.5%, 与北太平洋 10 年际振荡以及类似 ENSO 的年代际变率非常相似, 该海表温度第一模态与北太平洋 10 年际振荡指数的相关系数是 0.71(图 4(c)). 与第

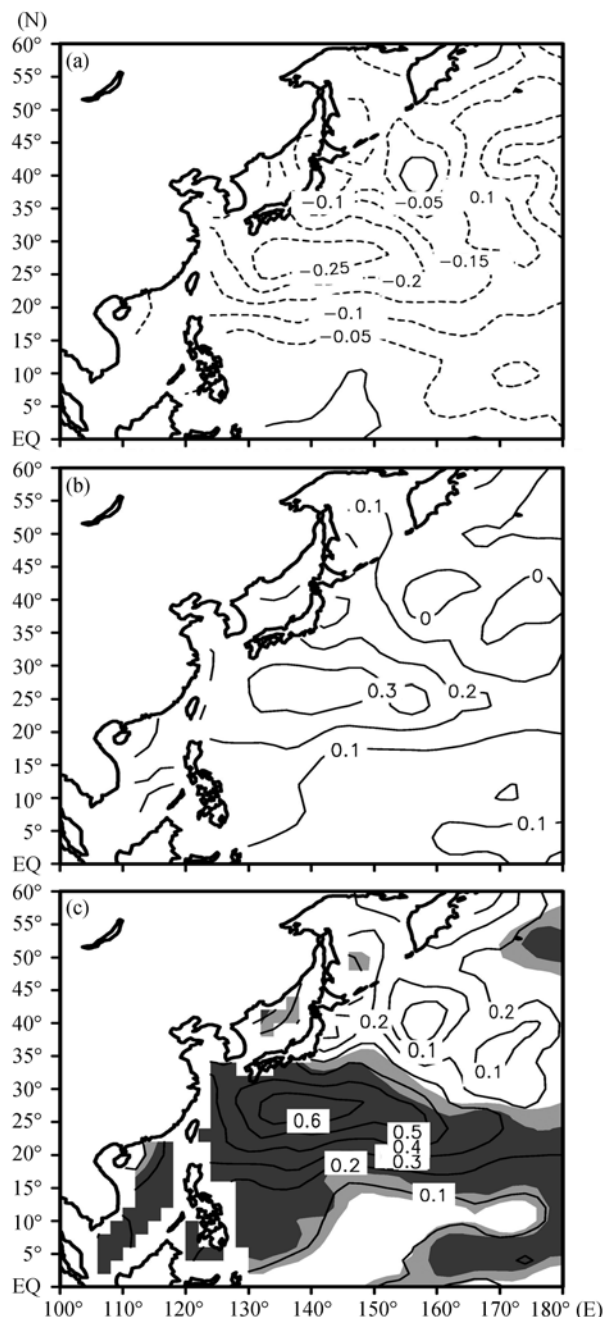


图3 夏季平均海表温度异常的合成分析

(a) 1968~1987年夏季平均; (b) 1988~2002年夏季平均; (c) 夏季平均海表温度之差(b)减(a)。图中阴影区域表示海表温度之差超过0.05和0.01统计显著性水平

一模式相比,第二模式在控制西北太平洋海表温度的年代际变化上是非常重要的。因此,海表温度变率的单一模式对于描述海盆尺度的北太平洋年代际变率是不合适的,本研究结果支持Bond等人<sup>[13]</sup>的研究结论。

关于20世纪80年代后期的年代际变化的转换年,不同的研究其结论并不一致。Mochizuki和Kida<sup>[16]</sup>的研究结果表明,1986/1987年冬季是年代际变化的转换年,即从正位相的冬季1977/1978~1986/1987年变成负位相盛行的冬季1988/1989~1995/1996年,与本研究结果一致。然而,Hare和Mantua<sup>[5]</sup>的研究表明,年代际变化的转换年是1988年。

伴随着西北太平洋夏季海表温度的年代际变化,我国夏季平均降水量也经历了明显的变化,如图5所示。与1968~1987年平均降水量相比,后期我国南部和东南部夏季平均降水明显增加,特别是在我国的东南部地区夏季平均降水增多超过了40 mm,达到0.05统计显著性水平(图略)。可是,本研究不能解释为什么我国夏季平均降水量增加与西北太平洋夏季海表温度年代际变化之间的联系。此外,基于长江中、下游流域32个站点夏季平均降水量Gong和Ho<sup>[17]</sup>提出我国长江流域夏季降水在20世纪70年代后期发生了年代际变化,并把这种年代际变化归结为由于热带海表温度引起的西北太平洋副热带高压的变化;但是,长江中、下游流域夏季降水量和Nino3区海表温度并没有明显的年代际变化。

在本研究中,尽管西北太平洋夏季海表温度变化的第一模式呈现出明显的年代际变化,但是该海表温度变化的第一模式与西北太平洋-东亚夏季风<sup>[15]</sup>变化没有明显的关系。与海表温度变化的第一模式相比,第二模式似乎与西北太平洋-东亚夏季风有更为密切的关系。图6(a)表明,西北太平洋-东亚夏季风在20世纪80年代后期经历了一次年代际变化,与1975~1989年相比,西北太平洋-东亚夏季风在1990~1999年间明显减弱。通过计算解由850 hPa风场构成复Hermitian矩阵,本文得到东亚夏季风在10°~50°N, 100°~150°E区域内的第一模式(详细的计算方法见文献<sup>[18]</sup>)。该东亚夏季风的第一模式也清楚地表明,在20世纪80年代后期也经历了一次年代际变化(图6(b))。研究发现,该东亚夏季风第一模式与Wang等人<sup>[15]</sup>的西北太平洋-东亚夏季风指数有高的相关系数(0.85)。很明显,西北太平洋-东亚夏季风年代际变化的转换年落后西北太平洋海表温度变化约2 a。Wang等人<sup>[19]</sup>研究结果表明,在年际时间尺度上,西北太平洋暖池区海表温度主要受大气强迫,并提出两个论据来支持这一结论:其一,异常降水与海表温度是显著的负相关;其二,如果用海表温度来强迫模式大气,

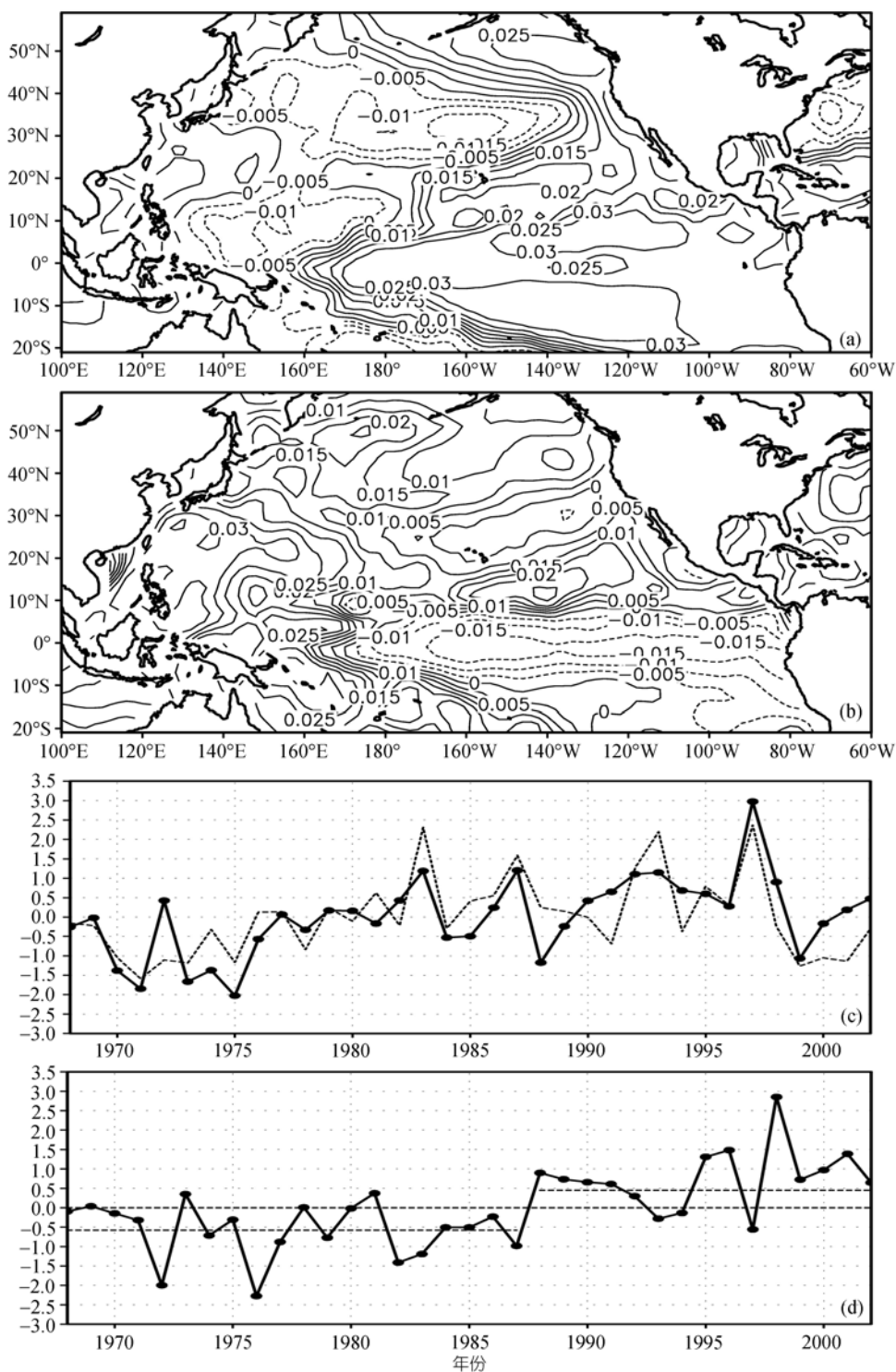


图 4 海表温度经验正交分析前两个特征向量的空间分布

(a) 第一模式; (b) 第二模式, 等值线间隔是 0.005; (c) 第一主成分(实线)和北太平洋 10 年际振荡指数(虚线); (d) 第二主成分. 在(c)和(d)中, 时间序列为标准化的结果. (c)中两个时间序列的相关系数是 0.71



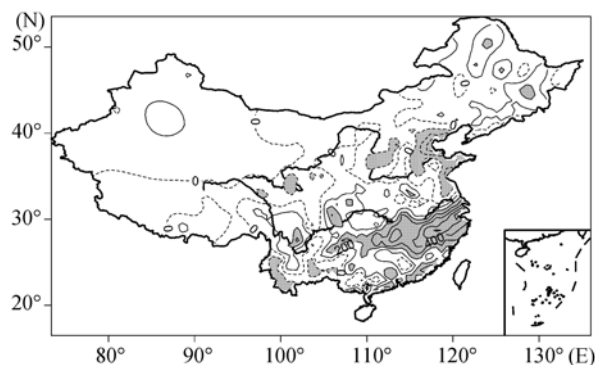


图5 中国夏季平均降水量之差

1988~2002年夏季平均降水量减去1968~1987年夏季平均降水量, 单位: 0.1 mm, 阴影区表示夏季平均降水量之差超过20 mm的区域

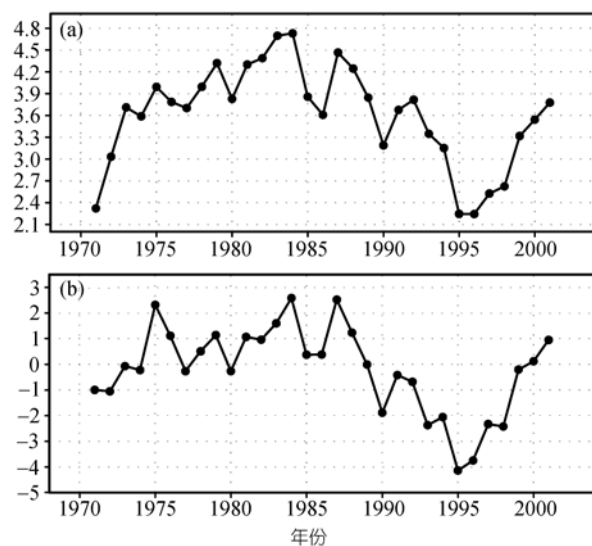


图6

(a) Wang等人<sup>[15]</sup>的西北太平洋-东亚夏季风指数的7 a滑动平均;

(b) 东亚夏季风第一模态的7 a滑动平均

大气环流模式将不能产生正确的降水异常, 这是因为强迫响应趋向于产生一个正的局地降水-海表温度关系<sup>[19]</sup>。另一方面, 海表温度异常将对大气产生反馈作用, 特别是在年代际时间尺度上。但是, 在本研究中, 还不能回答西北太平洋夏季海表温度的年代际变化如何影响西北太平洋-东亚夏季风, 以及为什么西北太平洋-东亚夏季风的年代际变化落后海表温度的年代际变化。这些问题值得进一步深入研究。

## 4 结论

通过经验正交分析和合成分析, 揭示了西北太平洋夏季海表温度的年代际变化。该年代际变化表现为海表温度第一模态的位相改变, 即从1968~1987

年间的频繁负位相变为1988~2002年期间的优势正位相, 年代际变化的转换年是1987年。在1988年以前是负的海表温度异常占据了西北太平洋, 而此后变为正的海表温度异常。

## 参 考 文 献

- 1 Trenberth K E, Hurrell J W. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific. *Clim Dyn*, 1994, 9: 303—319
- 2 Latif M, Barnett T P. Decadal climate variability over the North Pacific and North America: Dynamics and predictability. *J Clim*, 1996, 9: 2407—2423[DOI]
- 3 Mantua N J, Zhang Y, Wallace J M, et al. A Pacific interdecadal oscillation with impacts on salmon production. *Bull Amer Meteor Soc*, 1997, 78: 1069—1079[DOI]
- 4 Zhang Y, Wallace J M, Battisti D S. ENSO-like interdecadal variability: 1900—1993. *J Clim*, 1997, 10: 1004—1020[DOI]
- 5 Hare S R, Mantua N J. Empirical evidence for the North Pacific regime shifts in 1997 and 1989. *Prog Oceanogr*, 2000, 47: 103—145[DOI]
- 6 Mantua N J, Hare S R. The Pacific decadal oscillation. *J Oceanogr*, 2002, 58: 35—44[DOI]
- 7 Deser C, Phillips A S, Hurrell J W. Pacific interdecadal climate variability: Linkage between the tropical and the North Pacific during boreal winter since 1900. *J Clim*, 2004, 15: 3109—3124[DOI]
- 8 Yeh S W, Kirtman B P. Pacific decadal variability and decadal ENSO amplitude modulation. *Geophys Res Lett*, 2005, 32, L05703, doi:10.1029/2004GL021731
- 9 Wang D X, Wang J, Wu L X, et al. Relative importance of wind and buoyancy forcing for interdecadal regime shifts in the Pacific Ocean. *Sci China Ser D-Earth Sci*, 2003, 46(5): 417—427
- 10 李春晖, 王东晓, 梁建茵, 等. 热带太平洋海气系统的一种年代际局地正反馈. *科学通报*, 2006, 51(5): 596—600
- 11 Deser C, Blackmon M. On the relationship between Tropical and North Pacific sea surface temperature variations. *J Clim*, 1995, 8: 1677—1680[DOI]
- 12 Nitta T, Yamada S. Recent warming of tropical sea surface temperature and its relationship to the Northern Hemisphere circulation. *J Meteor Soc Japan*, 1998, 67: 375—383
- 13 Bond N A, Overland J E, Spillane M, et al. Recent shifts in the state of the North Pacific. *Geophys Res Lett*, 2003, 30(23): 2183, doi: 10.1029/2003GL018597
- 14 Smith T, Reynolds R. Extended reconstruction of global sea surface temperature based on COADS data (1854—1997). *J Clim*, 2003, 16: 1495—1510
- 15 Wang B, Wu R, Lau K M. Interannual variability of the Asian summer monsoon: Contrasts between the Indian and the western North Pacific-East Asian monsoon. *J Clim*, 2001, 15: 4073—4090[DOI]
- 16 Mochizuki T, Kida H. Maintenance of decadal SST anomalies in the midlatitude North Pacific. *J Meteorol Soc Japan*, 2003, 81(3): 477—491[DOI]
- 17 Gong D Y, Ho C H. Shift in the summer rainfall over the Yangtze River valley in the late 1970s. *Geophys Res Lett*, 2002, 29: 1436, doi:10.1029/2001GL014523
- 18 Wu B, Zhang R, D'Arrigo R. Distinct modes of the East Asian winter monsoon. *Mon Weather Rev*, 2006, 134: 2165—2179[DOI]
- 19 Wang B, Ding Q, Fu X, et al. Fundamental challenge in simulation and prediction of summer monsoon rainfall. *Geophys Res Lett*, 2005, 32, L15711, doi:10.1029/2005GL022734