# 北太平洋冬季次表层热状况及其与中国东部夏季气候的关系

祁丽燕,孙照渤,李忠贤 (南京信息工程大学江苏省气象灾害重点实验室,江苏南京 210044)

摘要:利用北太平洋次表层海温及热容量资料和我国 160 怡站 1951—2002年夏季(6-8月)降水、气温资料,分析了北太平洋冬季次表层热状况的特征,研究了中国区域气候与热容量变化之间的关系,并用 SVD方法研究了北太平洋热容量变化与中国东部夏季气候的耦合关系。结果表明: 北太平洋冬季次表层海温按其特征可分为 40 m 和 240 m 两类,两者的年代际特征都很明显;北太 平洋冬季热容量异常变化与其相似,并与中国东部夏季气候异常有较好的耦合关系,北太平洋中部 偏北和东南部地区冬季热容量异常偏高时,中国华南和华北区夏季降水将会偏多,华南区夏季气温 将会偏低;黑潮延续体及北太平洋中部偏东地区冬季热容量异常偏高和北美西海岸地区异常偏低 时,中国东北和长江流域地区夏季降水将会偏少,东北和华北地区夏季气温将会偏低,其关系有着 明显的年代际特征。

关键词:次表层; 年代际; 热容量 中图分类号: P458 1 文献标识码: A 文章编号: 1000-2022(2007) 02-0153-09

# W inter Subsurface Layer Thermal State Character of the North Pacific and Its Relationship with the Summ er Climate in the East of China

QILiyan, SUN Zhao-bo, LIZhong-xian

(Jiangsu K ey Laboratory of M eteorogical D isaster, NUIST, N an jing 210044, Ch ina)

Abstract Using the subsurface temperature and them al capacity data in the North Pacific and the summer precipitation and air temperature data at 160 stations of China from 1951-2002, we analyze the characteristics of the upper-ocean thermal state of the North Pacific in winter and study the relationship between the therm all capacity and the summer climate in China, then discuss the coupling relationship between the therm all capacity in the North Pacific in winter and the summer climate in the east of China by SVD expansion The outcome shows that according to the EOF expansions of sea temperperatures at 11 levels within the subsurace layer, the temperature of the winter upper-ocean in the North Pacific can be classified into two types of 40 m and 240 m depth, and both have obvious decadal characteristic. The anomalies of the winter the mal capacity in the North Pacific are similar to those and have fairly good coupling relationship with the following summer climate anomalies in the east of China When winter thermal capacity is higher than normal in the north and the south-east of the North Pacific the following summer precipitation will be more in South China and North China while the summer temperature will be be wer in South China when winter the mal capacity is higher in the Kuroshio extension and the east of the North Pacific and lower in the west coast of North America, the following summer precipitation will be less in the Y ang tze River valley and Northeast China, and the summer temperature will be lower in Northeast China and North China Both of the coupling relationships of the precipitation and air temperature with the preceding winter them al capacity have obvious characteristic of decadal time scale

Keywords sub-surface, decadal, the malcapacit

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(40331010)

作者简介: 祁丽燕 (1982-), 女, 广西柳州人, 硕士, 研究方向: 海气相互作用, watem elon0307@ sina com.

## 0 引言

海洋是大气的加热场,它具有相当大的热容量 及缓慢变化的特性,是驱动气候十年,几十年或更长 时间变化的主要因素。中国东邻世界最大的海洋太 平洋,其气候变化对中国气候变化有很大影响<sup>[16]</sup>。 而北太平洋地区是全球年代际变化的关键区<sup>[7]</sup>,徐 建军等<sup>[8]</sup>用小波分析法对太平洋地区 SST (海表温 度)变化进行过详细讨论,指出赤道东太平洋 SST 长期变化以 QBO(准两年)和 LFO(3~7 a)为主,但 也有稳定的年代际变化,而中高纬度太平洋则以年 代际周期的振荡模态为主。

目前大多数的研究都基于 SST, 但由于 SST 的 分布形势决定于复杂的三维海洋环流过程, 与海表 相比,次表层受外部因素的影响较小,因而其稳定性 也较高,近年来次表层海洋的研究逐渐引起了气象 学者的关注。Latif等<sup>[9-10]</sup>利用耦合模式 125 a的积 分结果,指出北太平洋上层海洋的温度异常围绕副 热带涡旋变化并存在准 20 a振荡。Deser等<sup>[11]</sup>研究 了 1970—1991年北太平洋表面和 400 m 深之间的 热异常垂直结构,得到太平洋中西部和东太平洋次 表层温度和混合层深度的变化特征。 Zhang等<sup>[12]</sup>对 0~400 m 13 层海温资料进行了组合 EOF分析, 更 形象地解释北太平洋上层海温年代际变化的三维空 间结构及时间演变特征。Stephens等<sup>[13]</sup>研究了 1948-1988年太平洋上层海洋热容量的时间变化, 结果表明上层海洋温度结构有一个迁移变化,它与 1975年左右的大气 SLP变化同步发生,影响着 60°S ~ 70°N之间的热结构。杨许侯<sup>[14]</sup>分析了东北太平 洋中部次表层温度和温跃层的分布特征,并探讨 El N ino事件对该海区温度和温跃层分布所产生的影 响。钟姗姗等<sup>[15]</sup>研究了太平洋次表层海温的年代 际变率特征,结果表明太平洋次表层海温在 1980年 前后从上到下先后经历了一次显著的年代际 演变。

虽然对次表层的结构已有了一定的了解,但很 少考虑次表层变化与中国气候之间的关系。翁学传 等<sup>[16]</sup>研究表明热带西太平洋暖池域次表层水热含 量变化与我国东部汛期降水和副高有较好的相关关 系。高辉等<sup>[17]</sup>通过合成分析和相关分析对南海季 风爆发异常年份前期 0~400 m 深度次表层海温的 异常分布进行了讨论。冬季北太平洋海温变化对我 国气候变化的影响,已有不少研究<sup>[18-19]</sup>,但北太平 洋次表层的变化会对中国气候产生怎样的影响仍不 得而知,由于北太平洋是影响我国气候变化的主要 因子之一,对北太平洋次表层的研究对我国气候的 预报具有一定的指示作用。

因此,本文先研究北太平洋冬季热状况的变化 特征,再讨论它和中国东部区域夏季气候变化之间 的关系,进而用 SVD方法研究我国东部地区夏季气 候与前期冬季北太平洋热容量之间的耦合关系。

## 1 资料和方法

资料: (1)美国 Scripps海洋研究所环境数据分 析中心提供的 1955—1998年 5°×2°经纬网格点的 次表层海洋(0~400 m)的逐月热容量距平和海温 距平,共 11层(0,20,40,60,80,120,160,200,240, 300,400 m)。(2)中国气象局提供的中国 160个标 准站逐月降水和气温资料(1951—2002年)。

方法: 先用 EOF方法分析海温场和热容量场的 时空特点, 并应用 SVD 方法研究我国东部地区夏季 降水、气温场与前期冬季北太平洋热容量之间的耦 合关系。 SVD 是一种由矩阵理论引入的奇异值分 解方法, 可最大限度地分离出两场的高相关区, 以此 了解对变量场之间相关系数场的空间结构及各自对 相关场的贡献。

# 2 北太平洋次表层冬季热状况的 基本特征

#### 21 北太平洋次表层冬季海温的基本特征

先对北太平洋次表层冬季的 11层海温资料做 逐层的 EOF分析, 经初步分析可得到其第 1特征向 量空间场和时间序列基本上可分为两类, 0~80 m 基本一致,120m为过渡层,160~400m大致相似。 在它们当中各选出第 1特征向量特征典型且百分率 较大的 40 m和 240 m 分别代表这两类作研究,图 1 为这两类的第1特征向量的空间分布和时间序列。 由图可见。40m主要模态在北太平洋大部分为正 值区,在中部和日本东侧有较大的正值中心,北美西 海岸为负值区,联系其时间序列,可知北太平洋中部 海温在 1976年以前为正距平, 1976年后转为负距 平,北美西海岸变化则与其相反。 240 m 的主要模 态是在黑潮延续体(140~170°E 30~45°N)有一正 值中心,正值区向东扩展至 160°W 附近时向西南延 伸,只有在黑潮再循环区(130~170°E,26~33°N) 及北美西海岸北部为弱的负值区,整个形势大致为 一横着的 U 型。此层大部分为正值区, 根据其时间 序列可知北太平洋在 1980到 1981年间海温由正距



图 1 北太平洋次表层冬季海温的 EOF分析的第 1特征向量的空间分布和时间序列 a 40m空间分布 (方差占 23 9%); h 40m时间序列; c 240m空间分布 (方差占 14 7%); d 240m时间序列 Fig 1 The spatial pattern and time series of the first EOF mode of the subsurface

temperature anomalies in the North Pacific in winter

a 40 m depth( the variance is 23  $9\,\%$  ); h time series of 40 m

c 240 m depth( the variance is 14 7% ); d time series of 240 m  $\,$ 

平转为负距平,只有黑潮再循环海区及北美西海岸 北部与其变化相反。两类的时间序列都具有明显的 年代际变化特征,240 m比40 m的更显著,两者变 化基本相似,但240 m与40 m的时间序列存在5 a 的相位差。这是由于两个层次的中心信号位置不一 样,40 m 在中部,240 m 在西部,故两者的EOF1的 时间序列有5 a的相位差是表示北太平洋西部落后 中部5 a时间,这与已有的研究结果一致<sup>[11]</sup>。

2 2 北太平洋次表层冬季热容量的基本特征

2 2 1 时空特征

海洋对气候的影响主要通过洋流对热量的输送 和海气间的热量交换进行,其中热容量的变化比海 温更能体现海洋能量的变化。

同样对北太平洋冬季的热容量作 EOF分析,得 到前两个特征向量分别占总方差的 16 4%和 9 6% (图略)。第 1特征向量的空间分布和时间序 列均与次表层海温的 240 m 一类相似,第 2特征向 量的空间分布虽然中心也在黑潮延伸体区域,但范 围要小得多。热容量的两个特征向量的时间序列都 是在 10 a左右的时间内发生转变,具有明显年代际 特征。

2 2 2 总体及趋势特征

本文所用的热容量资料是对 0~ 400 m 的积分

值,为了得到北太平洋次表层冬季热容量的总体特 征,先将北太平洋冬季热容量的资料进行低通滤波, 保留 8 a以上的年代际尺度的变化。图 2a为北太 平洋冬季热容量年代际变化均方差分布,可以看到, 热容量的年代际大值区位于黑潮延伸体,且强变率 带位于日本东南沿海, 与热容量 EOF1的空间分布 相似。取黑潮延伸体区 (30~40°N, 130~180°E), 将此区域平均得到的时间序列(图 2b)代表北太平 洋冬季热容量的年代际变化趋势,由图可见,热容量 在 1955-1967 年和 1980-1988 年为负值, 在 1968-1979年和 1989-1996年为正值, 与热容量 EOF1时间序列相似,但热容量的振幅在 1979年之 前相对较小,在 1979年之后振幅加大。将此时间序 列进行滑动 t检验 (图略),得到在 60年代中后期, 1978年前后和 80年代后期的 t检验值超过了 0 001 的显著性检验,可见北太平洋热容量在这 3个时间 段经历了突变,可将 1967年之前和 1980-1988年 定为北太平洋热容量的冷态, 1968-1978年和 1989 年后定为暖态。

以上研究表示热容量的变化与次表层海温变化 是相似的,可以用它代替次表层海温研究其与中国 夏季气候的关系,下面将对北太平洋冬季热容量变 化与我国东部夏季气候的关系进行研究。



#### 图 2 北太平洋冬季热容量年代际变化均方差分布 (a)及黑潮延续体区域平均距平 (b)

Fig 2 (a) the mean square deviations of the decadal variations of the thermal capacity in the North Pacific in winter and (b) the averaged anom aly over the Kuroshio Current Extension

## 3 我国东部区域夏季降水的 年代际特征

以往研究表明,中国气候存在着年代际变 化<sup>[2022]</sup>。图 3是长江流域、华南区、华北区和东北 区的夏季降水距平及它们的累积距平曲线,可以看 到长江流域降水在 1980年之前的累积距平呈减少 趋势, 1980年之后变为增加趋势。华南地区降水的 累积距平在 1979年之前增加减少趋势并不明显, 但 在 1979年后变化显著, 先是急剧减少, 在 1992年又 转为急剧增加。华北地区的降水在 1965年以前明 显增加, 在 1965—1979年间表现为小振幅的正负变 化, 在 1980年后呈显著的减少趋势, 在 1992年后又 转为小振幅变化。东北地区在 1966以前和 1980—



图 3 中国区域夏季降水距平(细实线)及其累积距平(粗实线) a 长江流域; h 华南区; c 华北区; d 东北区

Fig 3 The anomaly(thin solid line) and accumulative anomaly(thick solid line) of the summer precipitation in China a Yangtze River Valley b South China, c North China, d Northeast China

1998年间为增加趋势,在 1966—1979年之间和 1998年以后为减少趋势。

综合以上分析可以看到,我国东部夏季降水存 在明显的年代际变化,在 1979—1980年左右发生了 气候转变,且华南在 90年代、华北和东北在 60年代 和 90年代变化趋势都发生了改变,与热容量的趋势 变化相对应;表明夏季气温也存在着年代际尺度的 变化,联系北太平洋冬季热容量的变化趋势,综合以 上分析,表明我国夏季气候与北太平洋冬季热容量 之间的关系较为密切,以下将用 SVD方法进行进一 步的研究。

## 4 中国东部夏季降水、气温与前期北 太平洋冬季热容量的耦合关系

为了进一步了解北太平洋冬季热容量与中国夏 季气候之间的关系,选取中国 105°E以东地区夏季 降水场与气温场分别与北太平洋前期冬季热容量场 做 SVD分析。 4.1 中国东部夏季降水与前期北太平洋 冬季热容量的耦合关系

中国东部地区夏季降水场与前期北太平洋区域 冬季热容量场的 SVD分析的结果见表 1。由表 1可 知第 1模态解释总协方差的 23 91%,第 2模态解 释总协方差的 17.38%,前两对奇异向量反映了北 太平洋冬季热容量场与中国东部夏季降水场之间的 主要耦合特征。而且前 3对左右奇异向量的时间系 数之间的相关性都很高,达到了 0 01的显著性水 平,特别是第一对奇异向量的相关系数达 0 82,相 关性非常显著。

图 4是中国东部地区夏季降水场与前期北太平 洋区域冬季热容量场的 SVD分析的第一对异性相 关图。左场的分布特征为整片海区大部分为热容量 负值区,最大负值中心位于 40~50°N,165°E~ 140°W之间的海域,其最大相关值达 07,明显超过 了 005的显著性水平,另一较大负相关区位于北太 平洋东南部海域 135°W 以东地区。与之相对应的 中国东部夏季降水场表现为从南至北正负相间的形



图 4 北太平洋区域冬季热容量场与中国东部地区夏季降水场的 SVD分析第 1模态的异性相关图 a 左场; b 右场 (阴影区显著性水平检验超过 0 05); c 时间序列 (左场为实线; 右场为虚线)

Fig 4 Spatial distributions and time series of the heterogeneous correlation of the first SVD mode summer precipitation and the preceding winter thermal capacity in North Pacific

式,其中黄淮区域及东北地区为正值区,华北和华南 区为负值区,且华南区大部分区域都已达到 0 05的 显著性水平。由其时间序列可看到两场之间的变化 趋势是较为一致的,左右场在 1979年之前变化趋势 并不明显,之后热容量场则增加为较大正值,在 1990年又转为负值,降水场与其变化一致,这与华 南区夏季降水的累积距平相似,只是转变时间滞后 2 a其振幅比热容量场弱。

- 表 1 SVD分析的前 3对奇异向量解释总协方差和 的百分比及左右展开系数的相关系数
- Table 1 Covariance percentages and correlation coefficients of the first three modes of the SVD analysis

	协方差 百分率 /%	协累积方差 百分率 <i>№</i>	相关系数
第 1模态	23. 91	23 91	0 82
第 2模态	17. 38	41 29	0 74
第 3模态	8.94	50 23	0 72

第 2对异性相关图 (图 5)上,第 2对奇异向量 左场的形势呈一面向西的 U型,负相关区从黑潮延 续体向东扩展至 135°W 附近时向南延伸,黑潮再循 环区及北美西海岸为正值区,最大负值中心位于 25 ~45°N,170~140°W 的中部海区,最大相关值达到 0 5,北美西海岸的正值中心也较为显著。与之相对 应的中国东部地区为从南至北正负相间,华南与华 北部分地区为负值区,长江和黄河流域,及东北大部 分地区为正值区,其中长江中上游和东北中部地区 达到 0 05的显著水平。其时间序列具有很明显的 年代际变化,左右两场在 1979年同步由负位相转为 正位相,其中在 1969—1978年两者同为正,1979— 1987年两者同为负,降水场的振幅比热容量场的 弱。

综上所述,可见北太平洋冬季热容量异常与中 国东部夏季降水异常有较好的相关关系,北太平洋 中部偏北和东南部地区冬季热容量异常偏高时,中 国华南和华北区夏季降水将会偏多;黑潮延续体及



图 5 北太平洋区域冬季热容量场与中国东部地区夏季降水场的 SVD分析第 2模态的异性相关图 a 左场; b 右场 (阴影区显著性水平检验超过 0 05); c 时间序列 (左场为实线; 右场为虚线 )

Fig 5 Spatial distributions and time series of the heterogeneous correlation for the second SVD mode of summer precipitation and the preceding winter them all capacity in North Pacific

北太平洋中东部地区冬季热容量异常偏高,北美西 海岸异常偏低时,中国长江流域和东北大部地区夏 季降水将会偏少,反之亦然,且两者关系有着很明显 的年代际特征。

4 2 中国东部夏季气温与前期北太平洋

冬季热容量的耦合关系

中国东部地区夏季气温场与前期北太平洋区域 冬季热容量场的 SVD 分析的结果见表 2。由表 2可 知第 1模态解释总协方差 平方和的百分比为 41.69%,第 2模态解释总方差的 19.51%,前两对 奇异向量反映了北太平洋冬季热容量场与中国东部 夏季气温场之间的主要耦合特征,而且前 3个奇异 向量左右场的时间系数之间的相关性都达到了0.01 的显著性水平。

图 6是中国东部地区夏季气温场与前期北太平 洋区域冬季热容量场的 SVD 分析的第一对异性相 关图。其左场主要型式为在黑潮延续体的负值区, 向东扩展至 180<sup>°</sup>W 附近时向南延伸,最大负值中心 位于 25~40<sup>°</sup>N, 160<sup>°</sup>E~140<sup>°</sup>W 之间的海域,达到 0 05的显著性水平;在黑潮再循环区及北美西海岸 为正值区,位于北美西海岸海域 40~ 50°N 以北地 区达到 0 05显著性检验。与之相对应的中国东部 夏季气温场大部为正值区,其中东北、华北和东南沿 海地区都达到 0 05显著性检验。左右两场的时间 序列变化趋势基本一致,具有很明显的年代际变化, 在 1978年以前基本为负值,1979年以后基本为正 值,气温场比热容量场滞后 1 a 且变化强度与热容 量场的相当。

- 表 2 SVD 分析的前 3对奇异向量解释总协方差平方和 的百分比及左右场展开系数的相关系数
- Table 2 Covariance percentages and correlation coefficients of the first three modes of the SVD analysis

	协方差 百分率 <i>№</i>	协累积方差 百分率 <i>№</i>	相关系数
第1模态	41 69	41. 69	0. 69
第 2模态	19 51	60. 83	0.71
第3模态	10 68	71. 51	0. 73



# 图 6 北太平洋区域冬季热容量场与中国东部地区夏季气温场的 SVD分析第 1模态的异性相关图 a 左场; b 右场 (阴影区显著性水平检验超过 0 05); c 时间序列 (左场为实线; 右场为虚线)

Fig 6 Spatial distributions and time series of the heterogeneous correlation for the first SVD mode of summer temperature and the preceding winter them al capacity in North Pacific

第 2对奇异向量 (图 7)左场的正相关区在北太 平洋中部偏北的地区向东南延伸,其北部和东部部 分地区达到 0 05显著性检验,黑潮再循环区及北美 西海岸为负值区。与之相对应的中国东部地区以长 江为界,以北为正值区,以南为负值区,其中华南区 和东北中部地区达到 0 05的显著水平,华南区最大 相关值可达 0 6,其时间序列具有很明显的年代际 变化,热容量场在 1968—1977年和 1991年后基本 为正值,1986年以前和 1978—1990年基本为正值, 气温场变化与其相似,比热容量场滞后 1 a 且强度 与热容量场的相当。

综上所述,可见北太平洋冬季热容量异常与中 国东部夏季气温异常有较好的相关关系,黑潮延续 体及北太平洋中部偏东地区冬季热容量异常偏高, 北美西海岸异常偏低时,中国东北及华北地区夏季 气温将会偏低;北太平洋北部和东部地区冬季热容 量异常偏高时,中国华南区夏季气温将会偏低,反之 亦然,且此关系有着很明显的年代际特征。

## 5 结论

(1) 北太平洋次表层海温按其特征可分为 40 m和 240m层两类, 两者的年代际特征都很明显, 而 且变化基本相似, 240m层与 40m层的时间序列之 间存在 5 a左右的位相差, 表明北太平洋西部落后 中部 5 a时间; 热容量变化与海温相似, 有着明显的 年代际变化特征。

(2)我国东部夏季降水存在明显的年代际变 化,在1979—1980年间都发生了气候转变,且华南 在20世纪90年代,华北和东北在60年代和90年 代都发生了改变,与热容量的总体趋势变化相对应, 表明我国夏季气候与北太平洋冬季热容量之间的关 系密切。

(3)中国东部夏季气候异常与前期北太平洋冬季热容量异常有较好的耦合关系,北太平洋中部偏北和东南部地区冬季热容量异常偏高时,中国华南和华北区夏季降水将会偏多,华南区夏季气温将会



图 7 北太平洋区域冬季热容量场与中国东部地区夏季气温场的 SVD分析第 2模态的异性相关图 a 左场; b 右场 (阴影区显著性水平检验超过 0 05); c 时间序列 (左场为实线; 右场为虚线)

Fig 7 Spatial distributions and time series of the heterogeneous correlation for the second SVD mode of summer temperature and the preceding winter them al capacity in North Pacific

偏低;黑潮延续体及北太平洋中部偏东地区冬季热容量异常偏高和北美西海岸地区异常偏低时,中国东北和长江流域地区夏季降水将会偏少,东北和华北地区夏季气温将会偏低,且相关关系都有着明显的年代际特征。

### 参考文献:

- [1] 李崇银,廖清海.东亚和西北太平洋地区气候的准 10年尺度 振荡及其可能机制 [J]. 气候与环境研究, 1996, 1(2): 124-133
- [2] 于淑秋,林学椿.北太平洋海温的气候 跃度及其对中国汛期降 水的影响[J]. 热带气象学报, 1997, 13(3): 265-275
- [3] 陈烈庭,吴仁广.太平洋各区海温异常对中国东部夏季雨带类型的共同影响[J].大气科学,1998 22(5):718-726
- [4] 朱益民,杨修群.太平洋年代际振荡与中国气候变率的联系[J]. 气象学报, 2003, 61(6): 641-654.
- [5] 张永领,丁裕国. 我国东部夏季极端降水与北太平洋海温的遥相关研究[J]. 南京气象学院学报, 2004 27(2): 244-252
- [6] 余贞寿,孙照渤,王学忠.东部夏季降水变化及其与北太平洋 SSTA的联系 [J].南京气象学院学报,2005,28(2):189-196.
- [7] G raham N E. Decada+scale climate variability in the tropical and N orth Pacific during the 1970s and 1980s observations and model results[J]. C limate Dynamics 1994 10(5): 135-162
- [8] 徐建军,朱乾根.印度洋一太平洋海温长期变化的周期性及其 年代际变化[J].热带气象学报,1998,14(4):353-358
- [9] LatifM, Bamett T P. Cause of decadal climate variability over the North Pacific and North America [J]. Science 1994, 266(43): 634-637.
- [10] LatifM, Barnett T P. Decadal climate variability over the North Pacific and North America Dynamics and predictability [J]. J

Clinate, 1996 9(10): 2407-2423.

- [11] DeserC, AlexanderM A, Tinlin M S Upper-ocean them al variations in the North Pacific during 1970–1991 [J]. J Clinate 1996 9(8): 1840-1855
- [12] Zhang R H, Levitus S Structure and cycle of decadal variability of upper-ocean temperature in the North Pacific[J]. J Climate 1997, 10(4): 710-727.
- [13] Stephens C, Letivus S, Antonov J, et al On the Pacific O cean regin e sh ff (J]. Goephys Res Lett 2001, 28 (19): 3721-3724
- [14] 杨许侯. 1990年 3-5月东北太平洋中部次表层温度分布特 征[J].海洋通报, 1996, 15(5): 1-8
- [15] 钟姗姗,何金海,刘宣飞.太平洋次表层海温年代际变率及其 演变特征[J].南京气象学院学报,2002,25(5):595-602.
- [16] 翁学传,张启龙,颜廷壮.热带西太平洋暖池域次表层水热含量变化及其与我国东部汛期降水和副高的相关关系[J].海洋科学集刊,1996 37.1-9
- [17] 高辉,何金海,张芳华.太平洋次表层海温与南海夏季风建立 关系初探[J].南京气象学院学报,2002,25(3):351-357.
- [18] 严华生, 吕俊梅, 琚建华, 等. 冬季太平洋海温变化对中国 5月降水的影响 [J]. 气象科学, 2002, 22(4): 410-415.
- [19] 张耀存, 卢新平, 郭力予. 冬、春季海温异常关键区对长江中 下游夏季降水影响的敏感性试验[J]. 气象科学, 1998, 18
  (2): 150-155
- [20] 江志红,丁裕国,屠其璞.中国近 50年冬夏季极端气温场的 年代际空间型态及其演变特征研究 [J].应用气象学报, 1999,10(增刊):97-103.
- [21] 王绍武,蔡静宁,朱锦红,等. 19世纪 80年代到 20世纪 90年 代中国年降水量的年代际变化 [J]. 气象学报, 2002, 60(5): 637-640.
- [22] 周连童,黄荣辉.关于我国夏季气候年代际变化特征及其可能成因的研究[J].气候与环境研究,2003,8(3):274-290.