

文章编号:1000-694X(2007)05-0870-08

# 宁夏春季沙尘暴频次异常与北太平洋海温异常的关系研究

郑广芬<sup>1,2</sup>,牛生杰<sup>3</sup>,赵光平<sup>1,2\*</sup>,姚宗国<sup>1</sup>,  
胡文东<sup>1,2</sup>,丁永红<sup>1,2</sup>

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室,宁夏 银川 750002; 2. 宁夏气象台,宁夏 银川 750002; 3. 南京信息工程大学,江苏 南京 210044)

**摘要:**利用宁夏沙尘暴频次资料、500 hPa 环流特征量资料、NCEP 再分析资料、北太平洋海温场格点资料,采用相关分析、合成分析、小波变换、SVD 分析,对宁夏沙尘暴频次与北太平洋海温场的关系进行了研究,探讨了北太平洋海温场通过影响大气环流异常再影响沙尘暴异常的途径。结果表明:宁夏春季沙尘暴频次与前一年 10 月到当年 5 月加利福尼亚海温有显著的负相关关系,关键区海温冷、暖异常与宁夏春季沙尘暴日数多、少有较好的时频对应关系;另外发生在北太平洋的厄尔尼诺事件对宁夏春季沙尘暴有重要影响,当北太平洋海温场呈厄尔尼诺(拉尼娜)型分布时,宁夏各地沙尘暴日数以偏少(多)为主。加利福尼亚海温通过影响大气环流,进而影响宁夏沙尘暴的发生,冷水年春季(3—5 月),欧亚大陆高空系统较强,环流经向度加大,蒙古气旋加深,有利于极地冷空气南下;从风场形势看,冷水年河套至甘肃、内蒙西部及蒙古国中西部一带高层盛行西北风,而低层多为东南风,这种不稳定形势,也为西北沙尘暴的发生发展创造了有利气候条件。另外,冷水年冬春季东亚大槽位置以偏西为主,极涡强度偏强的年份占优势,西风环流指数负距平的年份偏多,经向环流偏强,冷锋活动频繁,大部分冬季平均气温偏低,表明冬季风偏强的年份为主;而暖水年基本相反。

**关键词:**沙尘暴;北太平洋海温;大气环流;小波变换;SVD 分析

**中图分类号:**P445.4      **文献标识码:**A

沙尘暴是干旱的西北地区主要的气象灾害之一,其发生、发展与天气、气候变化密切相关<sup>[1-5]</sup>,而影响天气、气候变化的最直接的因素是大气环流。大气环流一方面遵循自身的演变规律,另一方面外源强迫也是造成大气环流异常的主要原因。

近年来,海气相互作用已公认为气候问题的一个核心内容。大量事实和理论研究表明,海洋在几乎所有时间尺度的气候变化中起重要作用。热带海洋是全球大气运动的主要能源区。海洋面积占全球面积的 70% 以上,热带海洋的变化对大气环流和气候的年际变化具有突出贡献。李崇银<sup>[6]</sup>等研究发现了大气环流和气候异常对北太平洋海温年代际变化的响应;李耀辉等<sup>[7]</sup>研究也发现西北地区春季降水与太平洋秋季海温异常的空间遥相关分布特征;尚可政等<sup>[8]</sup>通过统计分析发现,赤道中、东太平洋海温与河西走廊沙尘暴频次有较好的相关关系,并建立了预报方程。

钱正安等<sup>[9-11]</sup>的研究指出,作为大气环流外强迫条件的海温,也是引起沙尘暴活动的遥远处的间

接的外强迫因子,其对沙尘暴活动的影响是非常重要的。本文对北太平洋海温与宁夏春季沙尘暴频次之间的关系及北太平洋海温场通过影响大气环流、再影响春季沙尘暴频次的可能途径进行研究,旨在从海温角度科学地解释近年来宁夏沙尘暴频次波动减少的原因,为沙尘暴预报及短期气候预测提供着眼点及描述性指标,进一步为防沙、治沙,振兴地方经济提供科学依据。

## 1 资料及方法

选用宁夏 18 个代表站 1961—2003 年春季各月(3—5 月)沙尘暴日数资料;1960—2003 年北太平洋范围( $10^{\circ}\text{S}$ — $50^{\circ}\text{N}$ ,  $125^{\circ}\text{E}$ — $80^{\circ}\text{W}$ ) $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 共 286 个网格点的逐月海表温度资料;中国气象局下发的 1960—2003 年逐月 500 hPa 74 个环流特征量资料;NCEP 再分析的 1960—2003 年高度场、风场资料,网格距  $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 。

采用的主要方法有小波分析方法<sup>[12-13]</sup>、奇异

收稿日期:2006-06-05; 改回日期:2006-08-07

基金项目:国家自然科学基金项目(40575048);国家科技部公益项目(2004DIB3J121)共同资助

作者简介:郑广芬(1964—),女(汉族),河北献县人,硕士,高级工程师,主要从事气候及短期气候预测研究。E-mail:ych\_zgf@126.com

\* 通讯作者:赵光平(E-mail:zgpnet@sina.com)

值分解(SVD)方法<sup>[14]</sup>。

## 2 春季沙尘暴频次与北太平洋海温场的遥相关关系

### 2.1 春季沙尘暴与北太平洋海温异常的相关分布

用宁夏春季 43 a 沙尘暴日数序列,与前一年 1 月到当年 5 月北太平洋范围逐月海温求相关。各月相关分布(图略)虽存在差异,但加利福尼亚海区在大部分月份都为相对高相关区,尤其自上年 10 月到

当年 5 月该区为一稳定的高的负相关带,高相关中心值大都小于 -0.4。因此我们将该区域海温进行平均,将宁夏春季沙尘暴日数与初选区海温从前一年 10 月到当年 5 月逐月滑动组合求相关(表 1)。从表 1 可以看出,宁夏春季沙尘暴日数与初选取海温相关系数最大的是前一年 10 月到当年 5 月,达 -0.513,因此我们将加利福尼亚海区确定为影响宁夏春季沙尘暴的关键区域,而将上年 10 月到当年 5 月作为关键时段。其他相关相对较高的区域分散零星而不稳定或维持时间较短,在此不作为关键区。

表 1 宁夏春季沙尘暴与关键区各时段海温相关系数

Tab. 1 Correlation coefficients between spring sandstorm and sea surface temperature in key region during different periods

|     |     | 前一年    |        |        | 当年     |        |        |        |        |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     |     | 10月    | 11月    | 12月    | 1月     | 2月     | 3月     | 4月     | 5月     |
| 前一年 | 10月 | -0.390 | -0.459 | -0.472 | -0.475 | -0.458 | -0.480 | -0.494 | -0.513 |
|     | 11月 |        | -0.481 | -0.483 | -0.479 | -0.455 | -0.481 | -0.495 | -0.503 |
|     | 12月 |        |        | -0.438 | -0.437 | -0.410 | -0.450 | -0.472 | -0.485 |
| 当年  | 1月  |        |        |        | -0.410 | -0.374 | -0.432 | -0.462 | -0.479 |
|     | 2月  |        |        |        |        | -0.311 | -0.420 | -0.462 | -0.480 |
|     | 3月  |        |        |        |        |        | -0.500 | -0.509 | -0.511 |
|     | 4月  |        |        |        |        |        |        | -0.490 | -0.481 |
|     | 5月  |        |        |        |        |        |        |        | -0.449 |

### 2.2 关键区海温异常与沙尘暴异常的对应关系

#### 2.2.1 年际尺度的对应关系

根据关键区海温与宁夏春季沙尘暴日数的标准

化距平曲线(图 1a),可以看出二者有很好的反位相变化关系。以关键区海温标准差为  $\pm 0.8$  为标准,选取冷水年、暖水年各 10 a(表 2)。

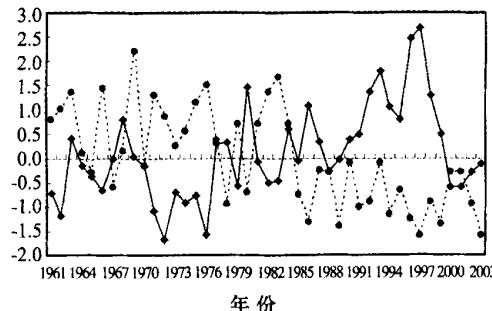
宁夏春季平均沙尘暴日数为 3.4 d(1961—2003

表 2 关键区海温冷、暖水年份及对应的沙尘暴日数距平(沙尘暴日数平均为 3.4 d)

Tab. 2 The year appeared cold or warm sea temperature in key region and corresponding anomaly of spring sandstorm frequency in Ningxia

| 冷水年     | 1961 | 1962 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 2000 | 2001 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 沙尘暴日数距平 | 1.6  | 2.0  | 2.6  | 1.7  | 0.5  | 1.1  | 2.3  | 3.0  | -0.6 | -0.6 |
| 暖水年     | 1968 | 1980 | 1986 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
| 沙尘暴日数距平 | 0.3  | -1.4 | -2.6 | -1.8 | -0.2 | -2.3 | -1.3 | -2.5 | -3.2 | -1.8 |

a. 关键区海温与宁夏春季沙尘暴日数标准化距平



b. 关键区海温及春季沙尘暴日数距平累积曲线

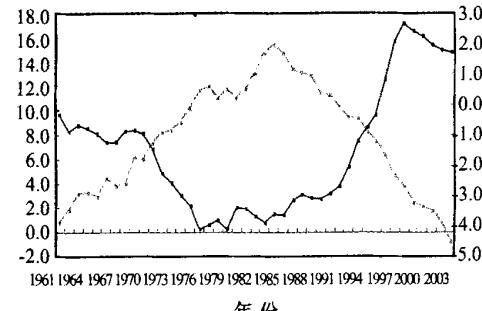


图 1 春季沙尘暴日数与关键区海温变化

(图中实线为关键区海温,虚线为沙尘暴日数)

Fig. 1 Changes of spring sandstorm frequency in Ningxia and surface temperature in key sea region

年平均),在 10 个冷水年中,有 8 个多沙尘暴年;另外 2000 年、2001 年冷水年对应着沙尘暴虽为偏少,但由图 1a 可见这两年为沙尘暴明显回升年份,也是沙尘暴突变后为数不多的几个多沙尘暴年;10 个暖水年中,有 8 个少沙尘暴年,1968 年、1993 年的暖水年,则对应着沙尘暴正常年。

综上所述,冷、暖水年预示多、少沙尘暴年均为 8/10,其他大部分年份在正常尺度变化,也就是说关键区海温异常可以较好地预示宁夏春季沙尘暴频次异常。

## 2.2.2 年代际尺度的对应关系

图 1b 为关键区海温与宁夏春季沙尘暴日数的距平累积曲线,由图可见,两者的年代际变化有较好的对应关系,关键区海温在 20 世纪 60 年代初到 80 年代初期以下降趋势为主要特征,冷水位相占优势,1983 年为转折点,其后暖水位相是其主要特征;而沙尘暴转折点比海温晚 1 a,1984 年以前沙尘暴以

正距平占优势,其后以负距平为主。期间 60—70 年代的波动、80 年代的波动两者均有较好的对应,但 90 年代末期以后对应不太好。

## 2.3 沙尘暴异常年关键区海温分布特征

以宁夏春季沙尘暴日数距平  $\pm 2$  d 为标准,选取多、少沙尘暴年各 9 a(表 3)。在沙尘暴明显偏多的 9 a 中,有 7 a 关键区为冷水年,1 a 为正常年份,1 a 为暖水年份;在沙尘暴明显偏少的 9 a 中,6 a 关键区为暖水年,其中有 2 a 偏高  $1^{\circ}\text{C}$  以上,1 a 正常年份,2 a 为冷水年。同时从合成沙尘暴多、少年北太平洋海温距平场(图略)可见,宁夏春季多、少沙尘暴年,北太平洋海温场分布型相反,多沙尘暴年北太平洋范围以冷水位相为主,关键区中心距平值小于  $-0.5^{\circ}\text{C}$ ,为偏冷程度最明显的地区;少沙尘暴年北太平洋海水的冷暖位相分布区域与多沙尘暴年相反,关键区为明显暖水位相,中心距平值大于

表 3 宁夏春季沙尘暴多、少年及对应的关键区海温距平

Tab. 3 The year happened more or less spring sandstorms in Ningxia and corresponding anomaly of sea temperature in key region

| 多沙尘暴年                       | 1962 | 1963 | 1966 | 1969 | 1971 | 1975 | 1976 | 1982 | 1983 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 关键区海温距平/ $^{\circ}\text{C}$ | -0.6 | 0.2  | -0.3 | 0.0  | -0.5 | -0.4 | -0.7 | -0.2 | -0.2 |
| 少沙尘暴年                       | 1978 | 1986 | 1989 | 1991 | 1994 | 1996 | 1997 | 1999 | 2003 |
| 关键区海温距平/ $^{\circ}\text{C}$ | 0.1  | 0.5  | 0.0  | 0.2  | 0.5  | 1.2  | 1.3  | -0.5 | -0.1 |

$0.5^{\circ}\text{C}$ ,是偏暖程度最高的区域。

以上分析可见,关键区海温与春季沙尘暴频次有较好的对应关系,两者存在内在联系。

## 2.4 关键区海温与春季沙尘暴频次时频多尺度对应关系

小波变换方法是一种时频分析方法,运用小波变换的方法既可以了解时间序列不同时间的频率

(周期)特征,又可以了解不同频率的时间分布特征。因此我们采用 Mexihat 小波变换分析关键区海温与沙尘暴频次的时频多尺度对应关系。

图 2 为加利福尼亚海区海温和宁夏春季沙尘暴日数的小波分析时频分布图,由图可见,加利福尼亞海区海温具有时频多尺度特征,在各时域上 4 a、8 a、16 a 左右的周期都较明显,另外还存在 2 a 左右的弱周期变化;与之相对应,宁夏春季沙尘暴日数的

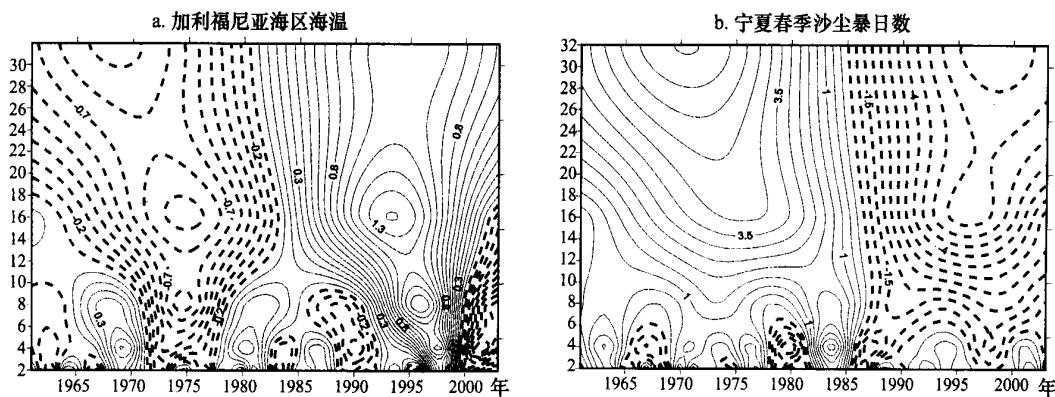


图 2 关键区海温与宁夏春季沙尘暴的小波变换

Fig. 2 Wavelet analysis of spring sandstorm frequency in Ningxia and sea temperature in key region  
万方数据

小波变换与加利福尼亚海区海温基本反位相分布,这种关系在大部分时域、频域上对应较好。宁夏春季沙尘暴日数也存在4 a左右的周期变化及相对较弱的2 a左右的周期变化,这种周期变化在1985年以前更为明显;同时从图2中不难看出,加利福尼亚海区海温年代际(10 a以上)时间尺度上突变年在1980—1984年间,宁夏春季沙尘暴日数各时间尺度上突变特征都较明显,突变年在1985年前后,比关键区海温突变晚,由此也可看出海温对沙尘暴的滞后影响。

### 3 春季沙尘暴频次与关键区海温异常耦合相关的SVD分析

由前面分析可知,宁夏春季沙尘暴日数与加利福尼亚海区海温有较好的负相关,为进一步了解北太平洋海区通过海气相互作用影响宁夏春季沙尘暴相对应海温的分布型,分别以宁夏18个站春季沙尘暴日数标准化距平为左场,1960—2003年北太平洋范围海表温度标准化距平(10月至翌年5月)为右场,做SVD分析,分析宁夏春季沙尘暴与关键区海温异常的耦合相关关系。

计算结果(表4)可知,两个场前4对模态累积方差贡献达86.63%,前4个模态的相关系数超过0.47,第一、二、四模态相关系数超过0.001信度(0.4747)检验,第三模态超过0.01信度(0.3805)检验,其中第一模态解释方差贡献达61.23%,相关系数达0.67,第二模态解释方差贡献达13.36%,相关系数达0.60,前两个模态能反映两场相关的主要特征。因此我们就第一、第二模态进行分析。

表4 宁夏春季沙尘暴频数与北太平洋海温场SVD分析的前4个模态相关系数及方差贡献

Tab. 4 Percentage contributed by the covariance averaged over the first four modes in SVD expansions and correlation coefficients among the modes between the frequency of spring sandstorm in Ningxia and sea temperature in North Pacific

| 特征值      | 各对模态  |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|
|          | 1     | 2     | 3     | 4     |
| 累积方差贡献/% | 61.23 | 74.59 | 82.54 | 86.63 |
| 模态相关系数   | 0.67  | 0.60  | 0.47  | 0.59  |

由图3a可以看出,宁夏春季沙尘暴频次为一致的正相关,它反映了宁夏春季沙尘暴频次与关键时段北太平洋海温场第一对耦合分布状况,相关敏感万方数据

区位于大武口、惠农、青铜峡、中卫、兴仁、同心、固原等地,相关系数超过0.7。北太平洋海温场上(图3b),千岛阿留申区及北温带区为正相关,中心区相关系数超过0.7,其他海域为负相关,显著负相关区位于加利福尼亚海区,中心相关系数小于-0.7。可见当宁夏春季敏感区沙尘暴偏多(少)时,北太平洋会出现千岛阿留申区及北温带区偏暖(冷)而加利福尼亚海区偏冷(暖)的“跷跷板”型分布。

由图4可知,两场的时间系数有着较为一致的变化趋势,从年代际看,20世纪80年代中期为转折期,同时年际对应关系也较好。对比时间系数与两场的空间分布特征,也说明了近40多年来宁夏春季沙尘暴频次总体下降的趋势。由于北太平洋上大部分区域海温与时间系数负相关,尤其关键区最敏感(图3b),说明近40多年来关键区海温总体为升高的趋势,宁夏春季沙尘暴频次随关键区海温的升高而减少。

如果将春季沙尘暴场作为预报对象场,关键时段海温场视为预报因子场,分析第一模态与北太平洋海温场的异性相关系数场,即可了解海温场对于沙尘暴场起影响作用的关键区,从而找出其对应的短期气候预测的关键区。

图3c、d为第一模态春季沙尘暴与海温场SVD分析的异性相关系数,第一模态左场异性相关系数(图3c)表明,宁夏春季沙尘暴日数具有同位相分布的特征,高值区位于沙尘暴高发的宁夏北部地区和中部地区,中卫、同心相关系数超过0.6,但值得一提的是,沙尘暴发生频次最高的盐池,与海温场时间系数的异性相关系数并不很高,仅为0.24,说明该地区沙尘暴过程的频发与本地生态恶化有着直接关系,而对外强迫因子的响应并不十分敏感。从图3d可见,第一模态北太平洋海温场与宁夏春季沙尘暴日数时间系数相关场表现为大部分海域负相关,相关最显著的区域为加利福尼亚海区,相关系数小于-0.5,其他大部分海域相关不显著。

分析第二模态春季沙尘暴频次与其时间系数同性相关分布(图略),发现宁夏大部分地区为负相关,只在引黄灌区的北部、中部以及南部阴湿区零星分布正相关区,显著负相关区位于银川及贺兰、盐池,青铜峡为显著正相关区。对应北太平洋海温场上(图略),呈西北负东南正的分布形势,赤道东太平洋及热带大部分地区为大范围的正相关区,中心相关系数超过0.7,而黑潮区及西风漂流区则为大范围负相关区,这种北太平洋海温北负南正的分布型,正

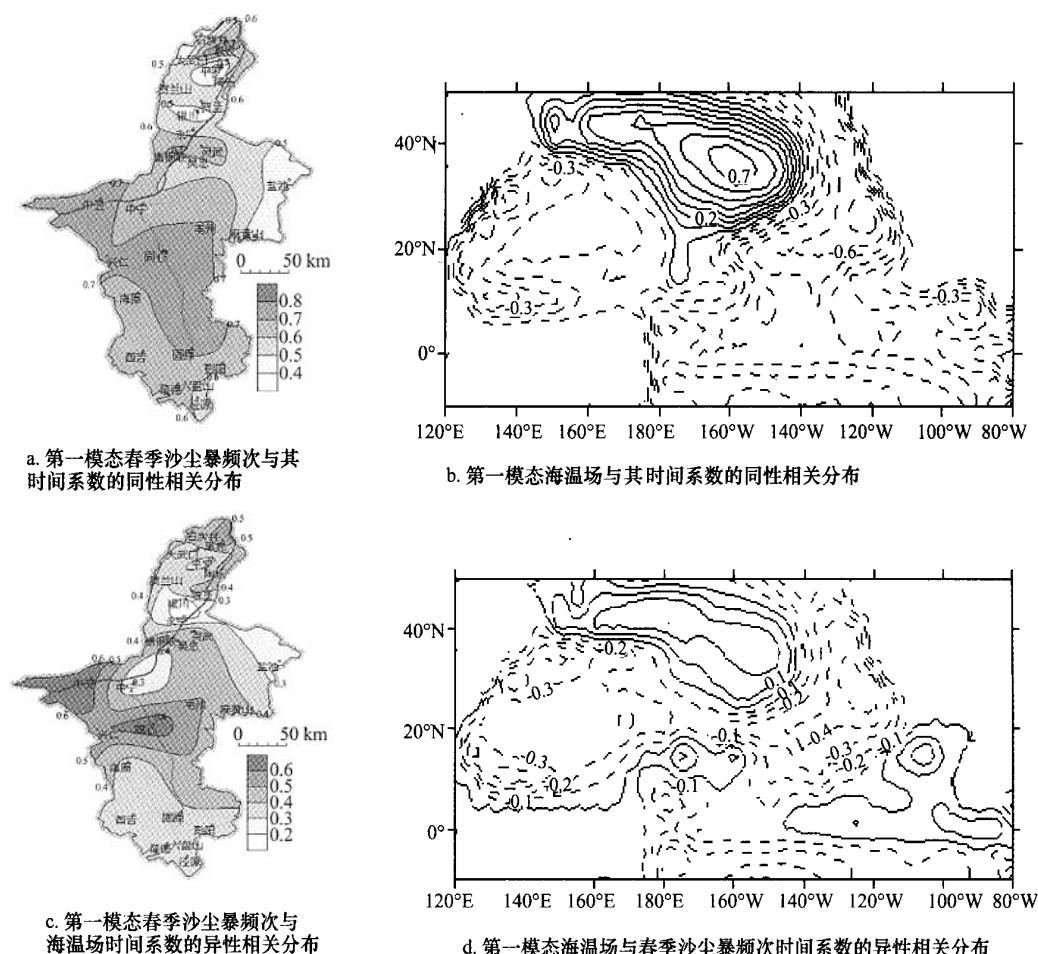


图 3 第一模态宁夏春季沙尘暴频次与北太平洋海温场 SVD 分析的相关系数

Fig. 3 SVD analysis of spring sandstorm frequency and sea temperature field for the first mode

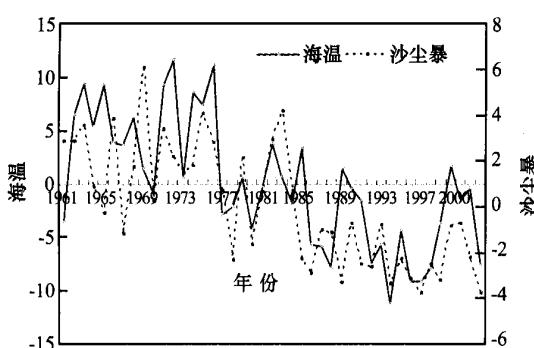


图 4 第一模态时间系数变化

Fig. 4 Temporal changes of two fields for the first mode

好为厄尔尼诺型分布,也就是说,宁夏沙尘暴的这种分布型与厄尔尼诺事件有关。该模态的分布型说明,当北太平洋海温场呈厄尔尼诺(拉尼娜)型分布时,宁夏各地沙尘暴日数以偏少(多)为主。

钱正安等<sup>[9-11]</sup>的研究指出,若赤道中、东太平洋海温偏暖(厄尔尼诺事件),则冬春季东亚大槽偏东、偏弱,东亚冬季风强度弱,由寒潮大风引起的沙

尘天气出现较少,反之亦然。我们所得到的结论与之基本吻合。

由此可见,前文中我们用相关法所找的关键区正是处于一种范围更大的海温分布型的关键部位;另外宁夏春季沙尘暴频次分布形态还与厄尔尼诺事件有关。

#### 4 北太平洋海温异常影响宁夏春季沙尘暴频次的可能途径

##### 4.1 关键区海温与春季高度场的关系

为探讨关键区海温与大气环流的关系,我们合成了关键海区冷、暖水年春季 500 hPa、1000 hPa(图 5)高度距平场。

在冷水年春季(3—5 月),从高低空距平场来看,呈“西正东负”形势,从低层到高层乌拉尔山为正距平,环流经向度加大,容易引导极地冷空气南下,140°E 附近负距平,较常年明显增强。500 hPa 高度

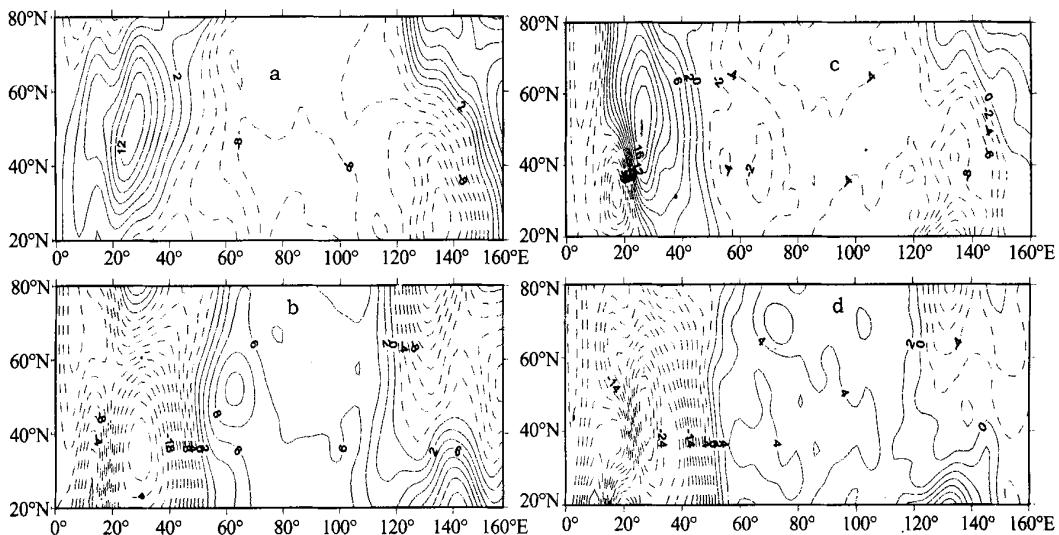


图5 春季(3—5月)高度距平场合成图

(a. 冷水年 500 hPa, b. 暖水年 500 hPa, c. 冷水年 1000 hPa, d. 暖水年 1000 hPa)

Fig. 5 The height anomaly fields over key region in spring

场上,中亚至蒙古国、中国大部为负距平区,多受高空低值系统控制,对应地面蒙古气旋呈加深趋势,说明该区域在冷水年份春季冷空气活动比较频繁,又是我国的巴丹吉林和腾格里两大沙漠所在地,春季白天近地面增温又快,为沙尘暴的出现提供了非常有利的环流形势和物质条件。

在暖水年春季,欧亚大陆高低空环流形势变化与冷水年呈反位相分布,欧洲为负距平,蒙古国、中国大部为正距平,说明蒙古气旋强度偏弱,大风天气难以形成,不利于沙尘暴天气的形成和发展。

从冷水年与暖水年春季 500 hPa 的  $u$ 、 $v$  风分量差值场(图 6a、b)可见,河套至甘肃、内蒙古西部及蒙古国中西部一带分别为正值区和负值区,说明在冷水年该区域盛行西北风,中高纬度冷空气活动频繁,而在低层 1 000 hPa(图 6c、d)冷水年与暖水年的  $u$ 、 $v$  风分量差值场中,河套及其西北侧均为正值区,说明在冷水年该区域盛行西南风,有利于低层不稳定能量的积累,这种高空吹西北风,底层吹西南风的环流形势是一种很不稳定的大气层结,非常有利于沙尘暴天气的发生发展,由此可见在冷水年春季,河套

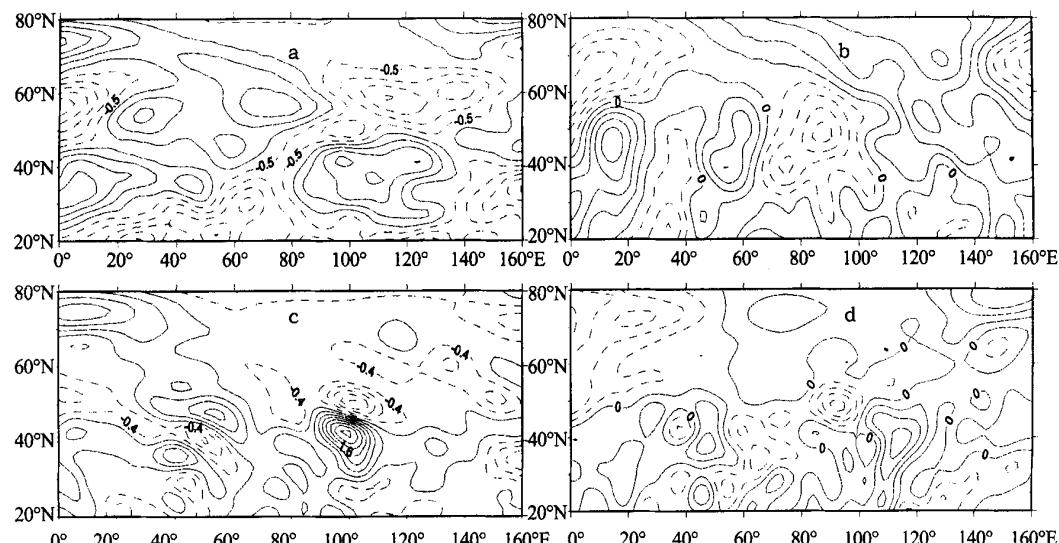


图6 关键区冷水年与暖水年春季风场差值

(a)500 hPa  $u$  分量 (b)500 hPa  $v$  分量 (c)1000 hPa  $u$  分量 (d)1000 hPa  $v$  分量

Fig. 6 Wind field difference in spring over key region between the years with colder sea water and warmer sea water

地区较暖水年多沙尘暴天气。

综上所述,关键海区冷水年,春季欧亚大陆高空系统较强,环流经向度加大,蒙古气旋加深,有利于极地冷空气南下,同时高低空风场不稳定的配置形势,为西北沙尘暴的发生发展创造了有利气候条件。

表 5 关键海区冷、暖水年环流特征量距平

Tab. 5 Anomaly of indices of circumfluence at 500 hPa in year with colder sea water or warmer water in key region

| 冷水年 | 年份     | 1961  | 1962  | 1971 | 1972 | 1973  | 1974  | 1975  | 1976  | 2000  | 2001  |
|-----|--------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 东亚大槽位置 | -2.8  | -2.8  | -2.8 | -5.8 | 2.2   | -2.1  | -2.2  | -0.1  | 2.7   | 7.0   |
|     | 极涡强度   | 10.9  | -9.5  | 10.9 | 4.5  | -3.8  | 8.9   | 8.1   | 14.9  | -14.5 | -6.5  |
|     | 西风环流指数 | -0.01 | -0.1  | 0.18 | 0.13 | -0.14 | -0.01 | 0.01  | -0.16 | 0.03  | -0.13 |
|     | 冬季气温   | -1.4  | -0.5  | -1.7 | -1.2 | -0.1  | -1.1  | -1.1  | -1.1  | 0.1   | 2.5   |
| 暖水年 | 年份     | 1968  | 1980  | 1986 | 1992 | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  |
|     | 东亚大槽位置 | -1.7  | -3.0  | -5.7 | 3.3  | 6.7   | -1.7  | 3.3   | 5.0   | 5.0   | 4.7   |
|     | 极涡强度   | -10.8 | -11.3 | 9.2  | 11.2 | 8.2   | 7.5   | -16.5 | -15.6 | -4.6  | -6.3  |
|     | 西风环流指数 | 0.17  | -0.06 | 0.11 | 0.13 | -0.16 | 0.1   | -0.45 | 0.03  | -0.13 | 0.35  |
|     | 冬季气温   | -4.6  | -0.6  | 1.9  | 0.2  | 0.3   | 0.6   | -0.5  | 1.3   | 1.0   | 1.4   |

大部分冬季平均气温偏低,表明冬季风偏强的年份为主;而暖水年基本相反。

## 5 小结

1) 宁夏春季沙尘暴频次与前一年 10 月到当年 5 月加利福尼亚海温有显著的负相关关系,关键区海温冷、暖异常与宁夏春季沙尘暴日数多、少有较好的时频对应关系;SVD 分析发现,与宁夏春季沙尘暴异常耦合相关的北太平洋海温场分布,加利福尼亚海区仍为关键部位;另外发生在北太平洋的厄尔尼诺事件对宁夏春季沙尘暴有重要影响,当北太平洋海温场呈厄尔尼诺(拉尼娜)型分布时,宁夏各地沙尘暴日数以偏少(多)为主。

2) 加利福尼亚海温通过影响大气环流,进而影响宁夏沙尘暴的发生,关键海区冷水年,春季欧亚大陆高空系统较强,环流经向度加大,蒙古气旋加深,有利于极地冷空气南下;从风场形势看,冷水年河套至甘肃、内蒙西部及蒙古国中西部一带高层盛行西北风,而低层多为东南风,这种不稳定形势,也为西北沙尘暴的发生发展提供了有利气候条件。另外,冷水年冬春季东亚大槽位置以偏西为主,极涡强度偏强的年份占优势,西风环流指数负距平的年份偏多,经向环流偏强,冷锋活动频繁,大部分冬季平均气温偏低,表明冬季风偏强的年份为主;而暖水年基本相反。

万方数据

## 4.2 关键海区冷、暖水年大气环流特征量分析

由表 5 可见,冷水年冬春季东亚大槽位置以偏西为主,极涡强度偏强的年份占优势;西风环流指数负距平的年份偏多,经向环流偏强,冷锋活动频繁,

## 参考文献(References):

- [1] 程海霞,丁治英,帅克杰.近 5 年我国沙尘暴与高空急流关系的统计分析[J].中国沙漠,2005,25(6):891—896.
- [2] 陈晓光,赵光平,郑广芬.宁夏春季典型沙尘暴年环流特征量分析[J].中国沙漠,2004,24(5):570—575.
- [3] 雷向杰,李亚丽,王小宁,等.陕西强沙尘暴、特强沙尘暴天气气候特征分析[J].中国沙漠,2005,25(1):118—122.
- [4] 成天涛,吕达仁,王革丽,等.浑善达克沙地气候因子对沙尘暴频率影响作用的模拟研究[J].中国沙漠,2005,25(1):68—74.
- [5] 赵光平,陈楠.生态退化状况下的宁夏沙尘暴发生发展规律特征[J].中国沙漠,2005,25(1):45—49.
- [6] 尚可政,孙黎辉,王式功.甘肃河西走廊沙尘暴与赤道中、东太平洋海温之间的遥相关分析[J].中国沙漠,1998,18(3):239—243.
- [7] 李崇银,成鹏.北太平洋海温年代际变化与大气环流和气候的异常[J].气候与环境研究,2003,8(3):258—273.
- [8] 李耀辉,李栋梁,赵庆云.中国西北春季降水与太平洋秋季海温的异常特征及其相关分析[J].高原气象,2000,19(1):100—110.
- [9] 钱正安,宋敏红,李万元.近 50 年来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析[J].中国沙漠,2002,22(2):106—111.
- [10] 叶笃正,丑纪范,刘纪远,等.关于我国华北地区沙尘天气的成因与治理对策[J].地理学报,2000,55(5):513—521.
- [11] 周自江.近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气[J].第四纪研究,2001,21(1):9—17.
- [12] 牛存稳,张利平,夏军.华北地区降水量的小波分析[J].干旱区地理,2004,27(1):66—70.

- [13] 孙然好,潘保田,牛最荣,等.河西走廊近50年来地表水资源时间序的小波分析[J].干旱区地理,2005,28(4):455-459.
- [14] 唐红玉,翟盘茂,常有奎.中国北方春季沙尘暴频数与北半球500 hPa高度场的SVD分析[J].中国沙漠,2005,25(4):570-576.

## Correlation between Spring Sandstorm Abnornity in Ningxia and Sea Temperature Abnornity in North Pacific

ZHENG Guāng-fen<sup>1,2</sup>, NIU Sheng-jie<sup>3</sup>, ZHAO Guang-ping<sup>1,2</sup>, YAO Zong-guo<sup>1</sup>,  
HU Wen-dong<sup>1,2</sup>, DING Yong-hóng<sup>1,2</sup>

(1.Key Laboratory of Meteorological Disaster Preventing and Reducing in Ningxia, Yinchuan 750002, China; 2.Ningxia Meteorological Observatory, Yinchuan 750002, China; 3.Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

**Abstract:** Based on spring sandstorm observation data in Ningxia, circumfluence characteristic values at 500 hPa, NCEP reanalyzed data, and grid data of sea water temperature in North Pacific, the relationship between the spring sandstorm frequency in Ningxia and sea temperature in North Pacific is analyzed and studied by applying the methods such as correlation analysis, synthetic analysis, wavelet transform and SVD analysis. It is found that there is an obvious negative correlation between the frequency of spring sandstorm in Ningxia and the sea temperature in California from the previous October to May in the same year; The abnormal cold(or warm) of sea temperature in key region well corresponded to the more(or less) of sandstorms in Ningxia during spring. The El Nino events in the North Pacific also affect the spring sandstorm in Ningxia significantly, fewer sandstorms relates with the El Nino pattern, vice versa. In years with colder sea water in California and during spring season in Ningxia, the Eurasian high air systems are stronger, the meridional circulation increases, lower Mongolian cyclones are favorable to guide the cold air to the south and lead to more sandstorms occurrence. Viewed from wind field, the zone from Heitao-Gansu-west Inner Mongolia-midwest Mongolia are dominated by northwest wind at high and by southeast at low, this unstable circumfluence is also advantageous to the development of sandstorms in northwest China. Besides, in colder sea water years, the East Asia troughs mostly locate west, vortex and meridional circulation are stronger, the westerly circumfluence indices are more like to be negative, the cold fronts are more dynamic, and most of the years have lower winter temperature. In warmer sea water years, the situations are basically reversed.

**Keywords:** sandstorm; sea temperature in North Pacific; atmospheric circulation; wavelet transform; SVD analysis