

60年代我国夏季气候跃变及其与海温的相互联系

刘雅芳 董谢琼* 王玲玲**

(南京气象学院应用气象学系,南京,210044)

摘要 根据气候跃变概念,结合主相关型和经验正交函数(EOF)的分析,揭示了60年代我国汛期降水、夏季气温和海表水温大规模变化的主要时空分布特征。指出不同地区和不同要素的气候跃变在时间和强度上不太相同,海表水温的跃变先于气温和降水的跃变;夏季气温、汛期降水与1月海表水温落后两年相关密切,呈正相关关系。

关键词 气候跃变,时空分布特征,降水变化,温度变化,相关系数

分类号 P467,P423.34,P426.614

近年来,在长期气候变化研究领域,不少工作都指出,实测气候长序列中存在跃变现象^[1]。气候跃变的概念正日益受到重视,气候跃变是一种不同气候状态的转折方式,若能对不同气候阶段之间的转折点作出正确判断,就有可能提高现有统计预报水平,为气候变化研究开辟新的途径。严中伟等曾对全球降水和温度变化的空间分布作过分析^[2],指出60年代许多地区的气候状态出现距平符号反转现象;作者对我国近百年冷暖旱涝的跃变分析也揭示出60年代明显的跃变特征^[3]。60年代全球和中国气候状况出现大变化,是一次明显跃变过程,详细分析该过程跃变信号的时空分布,将有利于进一步认识我国气候变化的跃变特征及其规律。

1 资料和方法

采用我国160个站1951~1990年月降水、气温资料和太平洋(120°E~75°W),(50°N~20°S)286个网格上1951~1987年的月海温资料。汛期降水指5~9月降水总量,夏季温度指6~9月4个月的平均温度。为减小单站记录的片面性,对各序列作区域化处理。根据近四十年中国降水量变化的客观分区及其变化特征^[4],全国分成具有不同降水量年际变化特征的十大区域,得10个降水区域化序列。气温资料的区域化,则参考我国温度等级区划,将全国分成具有不同温度特征的8个区域,得8个温度区域化序列。对海表水温作区域化时,区域大小取为10×10经纬度,286个网格点分成87个区域,得87个海表水温区域化序列。对上述区域化的夏季值序列作5年滑动平均,消去短期扰动而突出较长期变化的信号。序列两端的5年滑动平均值则由与其邻近的两个序列的平均值代替。研究表明,用经过处理的降水、温度资料分析60年代大尺度气候变化是基本可行的。

* 现南京大学研究生

** 现在大连市气象台工作

收稿日期:1993-03-20,改回日期:1994-10-11

气候变化的空间分布可用相关型描述。设某要素场由 N 个区域序列构成,选取任一区域作相关原点求其对其它区域的相关,可得一个由 N 个系数组成的相关型,其中包含超显著水平相关系数最多的那个相关型,即主相关型,主相关型相关原点序列所逼近的信号,正是最广泛地存在于各地序列中的信号。

为了解各要素场不同变化分量的相对强弱,对要素距平(相对于 1951~1990 年平均)场序列作 EOF 分析,如果其中 EOF₁ 时间系数序列和主相关型相关原点序列类似,且其空间分布型也与主相关型有类似结构(主要看正、负号分布),则认为 EOF₁ 时间系数序列不仅是一个最大的正交分量,还是或近似是最普遍存在的一个变化信号,即主信号。显然,仅由 EOF 分析本身是不足以说明某种变化的普遍存在性的。当 EOF₁ 方差贡献越大,其对要素场整体变化的代表性就越好。为了减小资料处理引起的误差(避免区域化处理而平滑掉某些地区的变化),本文对由 N 个区域序列构成的要素场和 160 个单站序列构成的要素场分别作经验正交函数展开,然后进行比较分析。EOF 中的方差贡献如表 1 所示。

表 1 EOF 中的方差贡献
Table 1 EOF variance contribution

	降水场			气温场			海温场		
	EOF ₁	EOF ₂	EOF ₃	EOF ₁	EOF ₂	EOF ₃	EOF ₁	EOF ₂	EOF ₃
区域序列	30%	24%	15%	42%	28%	11%	31%	23%	14%
单站序列	20%	15%	12%	32%	24%	10%	30%	20%	14%

由表 1 可见,EOF₂、EOF₃ 相对于各自的 EOF₁ 而言也不是很小,这说明降水、气温和海温场中存在具有一定强度的局地变化。EOF₄ 以后各分量方差贡献均小于 10%,对文中要讨论的主信号影响不大。在区域序列和单站(点)序列的展开中,都需几个至几十个分量才能完全描述要素场变化(累积方差贡献达 100%),但它们的第一个分量 EOF₁ 就表征了要素场整体变化的三分之一和五分之一左右,这也说明了 EOF₁ 时间系数序列为要素场中的主信号确是占重要地位的。

本文所称气候跃变是通过一跃变系数 J_y ^[6] 来描述的

$$J_y = |M_1 - M_2| / (S_1 + S_2)$$

下标 y 表示气候要素序列中某个时刻(文中为某年), M_1 、 M_2 、 S_1 、 S_2 分别为 y 年前、后 N 年(文中 $N = 10$)两个子序列的平均值和均方差。如果把均方差视为序列的平均振幅,则 $J_y = 1$ 表示 y 年前后两个子序列的平均振幅区间恰好错开。 J_y 在某年达最大,意味着在该年附近小段时期内气候状态出现最大变化,称 $J_y > 1.0$ 为有跃变, $J_y > 2.0$ 为有强跃变。

2 降水变化主信号特征

图 1 为 1951~1990 年汛期降水变化的主相关型及其相关原点序列。相关原点位于第二区域(包括北京、天津、河北、山东、辽宁、内蒙东北部和吉林南部),说明四十年来最广泛存在于各地降水序列中的信号与第二区域降水变化密切相关。也就是说,如图 1(b)所示的第二区域在 60 年代中期出现的显著变干,很可能不只是局部现象,而是或至少部分地是某种大尺度气候变化的结果。图 1(a)中 100°E 以东除长江中游和黄淮平原以外,均为一片广宽的同相变化地区;110°E 以西则为一片反相变化地区,这种分布结构反映了一些大尺度气候变化(距平意义

上)的强度振荡与位置移动。

降水变化第一经验正交函数(EOF_1)如图 2 所示,由图 2(b)可见, EOF_1 时间系数序列在

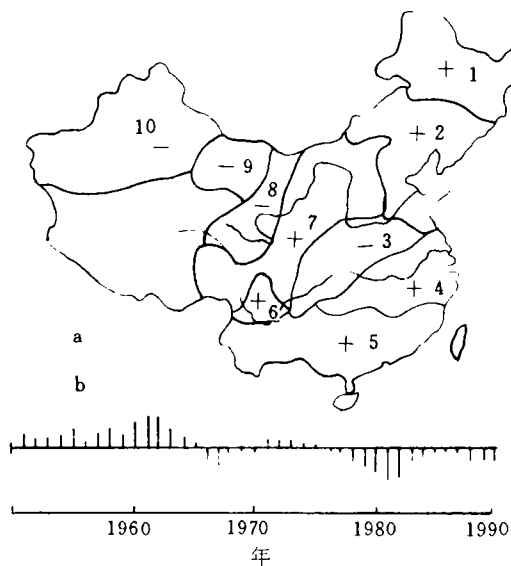


图 1 1951~1990 年汛期降水 5 年滑动平均场的主相关型(a)及其相关原点标准化序列(b) (相关原点位于华北地区(区号 2),“+,-”为相关符号,(b)图中序列左端给出 0.72 个标准差的长度)
Fig. 1 Principal correlation pattern from 5-year running means for 1951~1990 wet-period rainfall (a) and standardized series of the correlation point in North China, numbered 2 (b), where 0.72 is given for the standard deviation length on the left side of the sequence

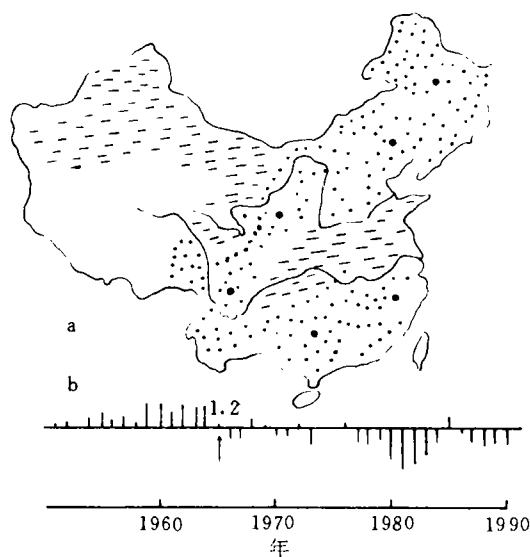


图 2 1951~1990 年汛期降水 5 年滑动平均场 EOF 空间分布(a)及其时间系数的标准化序列(b) ((a)图中点和负号分别标明相对较大的正(>0.02)、负(<-0.2)值区,(b)图中序列左端给出 0.72 个标准差的长度,箭头指出跃变参考年,旁注 J_y 值)
Fig. 2 EOF space pattern of 5-year running means in 1951~1990 wet-period rainfall (a) and standardized series of the time coefficients (b) where points and minus sign denote values of >0.02 and <-0.2, respectively, and 0.72 is given as in Fig. 1, labelled J_y value

1965 年前后出现距平符号反转,1965 年跃变系数 J_y 达 1.2,这正是 60 年代干湿期转换的信号。为直观地了解该信号的空间分布特征,我们在 EOF_1 空间分布型中较大正(负)值区上标以点号(负号),这样,图 2(a)中加标号区降水变化第一分量是和图 2(b)所示序列一致或反相的。比较图 1 和图 2 可见,降水场变化最大分量(EOF_1)和最普遍存在的信号大致相同,为此,称图 2(b)所示序列为 1951~1990 年汛期降水场变化的主信号。

根据降水主相关型和 EOF_1 ,可以认为,我国 $110^\circ E$ 以东地区,除长江中游和黄淮平原外,降水的主要变化为 60 年代迅速减少,而 $110^\circ E$ 以西降水则增多。当然,一般说来 EOF_1 不能代表总的变化方式,但由于图 2(a)中加标号区或图 1(a)中相应大值相关区上的平均变化与主信号十分相似(或近于反相),说明本文定义的主信号在许多地区占主要地位,可用它近似地说明这些地区的主要气候变化。此外,章名立曾对我国东部($110^\circ E$ 以东)近百年雨量做过统计分析^[6],结果表明 1965~1982 年间东部雨量较少,为显著干期。这与我国汛期降水在 60 年代中期跃变减少相对应。

根据主相关型和 EOF_1 的分析,华北地区(区号 2)、黄河中上游地区(区号 7)和西北中部地区(区号 9)为与主信号显著相关的变化区域,称主要跃变区(图略)。正是这些区域上的气候

变化,构成了 60 年代我国汛期降水跃变主体。华北地区、黄河中上游地区和西北中部地区平均降水序列的共同特点是,60 年代出现距平反号过程,且具有跃变性($J_y > 1$)。华北和黄河中上游地区 60 年代中期降水锐减,而西北中部地区则相反,60 年代后期降水增加。此外,由于气候跃变在不同地区并非同时出现,因此各地区降水序列的跃变时间不尽相同,有早有迟。为检验此现象是否因资料及其处理上的问题引起,又计算了全国 160 个测站降水序列的跃变系数,结果表明,各地汛期降水在 60 年代均出现跃变过程,其跃变时间和跃变强度不尽相同。例如,乌鲁木齐在 1961 年发生降水强跃变($J_y = 2.4$),降水急减,气候变干,而若羌直至 1965 年才发生强跃变($J_y = 2.7$),降水急增。可见,乌鲁木齐降水跃变要比若羌出现早。又如北京,60 年代降水减少,跃变系数 $J_y = 2.3$,长春 60 年代降水减少,跃变系数 $J_y = 1.2$,北京降水跃变变干的程度比长春要剧烈的多。

3 温度变化主信号特征

气温变化的主相关型和 EOF₁ 见图 3、4,主相关型相关原点位于第五区(包括云南、贵州大

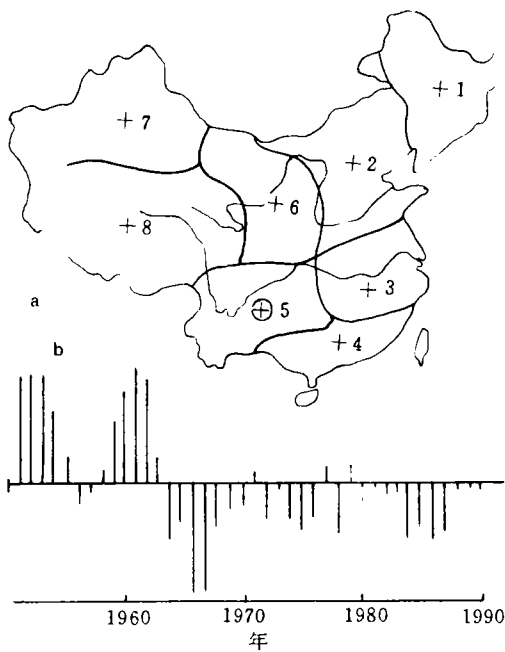


图 3 1951~1990 年夏季气温 5 年滑动平均场的主相关型(a)及其相关原点标准化序列(b) (相关原点位于⊕区,其它说明同图 1)

Fig. 3 Principal correlation pattern of 1951~1990 summer temperature 5-year running means (a) and standardized series for the reference point \oplus , otherwise as in Fig. 1

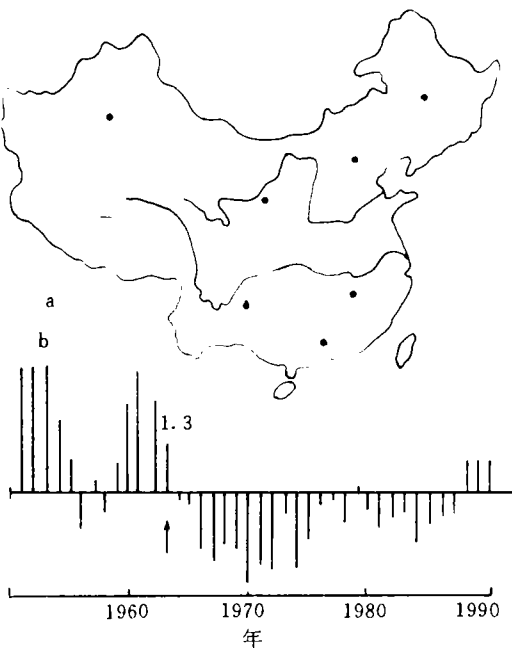


图 4 1951~1990 年夏季气温 5 年滑动平均场 EOF₁ 空间分布(a)及其时间系数标准化序列(b) (说明同图 2)

Fig. 4 EOF₁ spatial pattern of 5-year running means 1951~1990 summer temperature (a) and the standardized sequence of the time coefficients (b). Otherwise as in Fig. 2

部、四川南部和广西西部)从图 3 中可看出全国均为同相变化,说明图 3(b)所示序列的特征确实反映了普遍存在的信号;EOF₁ 方差贡献达 42%,是一相当大的分量。比较图 3 和图 4,结构特征类似,表明气温场中广泛存在的信号近似地也是最大的变化分量,因此,图 4(b)所示序列

的变化特征为 1951~1990 年夏季气温场的主信号,其主要形式为 1963~1964 年前后距平反号,气温由正距平转为负距平,1964 年跃变系数 J_y 达 1.3,显示出 60 年代气候显著变冷的特征。在空间分布上,全国大部地区气温的主要变化与上述主信号一致(图 4(a)中表现为较大正值区),青藏高原地区则有相反的变化。

图 5 为全国 160 个站气温变化第一经验正交函数(EOF_1), EOF_1 方差贡献为 32%,是一较大分量。比较图 3 和图 5,可见有相似的结构特点,因此可认为图 5(b)所示序列变化特征为 1951~1990 年夏季气温场的主信号,即在 1969 年前后出现距平符号反转,1969 年跃变系数 J_y 达 1.2,60 年代气温由正距平转为负距平,气候显著变冷。其空间分布特点为,我国大部地区在 60 年代降温变冷,只有黑龙江北部,内蒙东部和青藏高原有相反的变化,即升温变暖。比较图 4 和图 5,结论大致相似,有较大差别的是第一区和第二区,其原因是在这两区域中变冷的站点数多于变暖的站点数,且变冷的强度大些,因此,在区域化平均时,相对小的变化方式就被平滑掉了。

类似地,可根据太平洋海表水温变化的主相关型(相关原点位于赤道太平洋中西部海域)和 EOF_1 (方差贡献 31%)(图略),找出海表水温变化的主信号,其特点是 1959 年前后距平符号反转,1961 年跃变系数 J_y 达 1.8,所研究的北太平洋海域的海表水温变化大部分和主信号相仿。上述主信号及其空间分布表明:海洋热力状况在 60 年代前期出现较迅速的变化,这种变化在热带和副热带海区出现大范围升温,只在近陆的部分海区出现降温现象,可能是受到陆地温度变化的影响。

考察一些主要跃变区的平均气候变化(图略),结果表明,长江中下游地区(区号 3)和黄河中上游地区(区号 6)为与气温主信号显著相关的变化区域,是气温的主要跃变区。而海表水温的主要跃变区为热带太平洋中部海区($0\sim 20^\circ N, 170\sim 180^\circ W$)和热带太平洋东部海区($0\sim 10^\circ N, 130\sim 140^\circ W$)。正是这些区域的气候变化反映了 60 年代我国夏季气候的跃变。图中各序列的共同特点是:60 年代出现距平符号反过程,且都具有跃变性($J_y > 1$)。长江中下游地区和黄河中上游地区自 60 年代中、后期开始,夏季气温一直呈下降趋势,其变化幅度约在 $0.1^\circ C$ 左右。热带太平洋中部和东部海区自 60 年代初期,海表水温明显增高,至 80 年代初期海表水温才转为降低,其变化幅度大约在 $0.1^\circ C$ 左右。

从上述降水和气温序列变化的分析中看出,降水场主信号在 1965 年 J_y 达 1.2,而气温场主信号在 1964 年 J_y 达 1.3。主要跃变区汛期降水序列和夏季气温序列均在 60 年代中、后期出现跃变,说明本文所定义的主信号的变化方式在很大程度上足以代表要素场在大尺度区域上的平均变化方式。

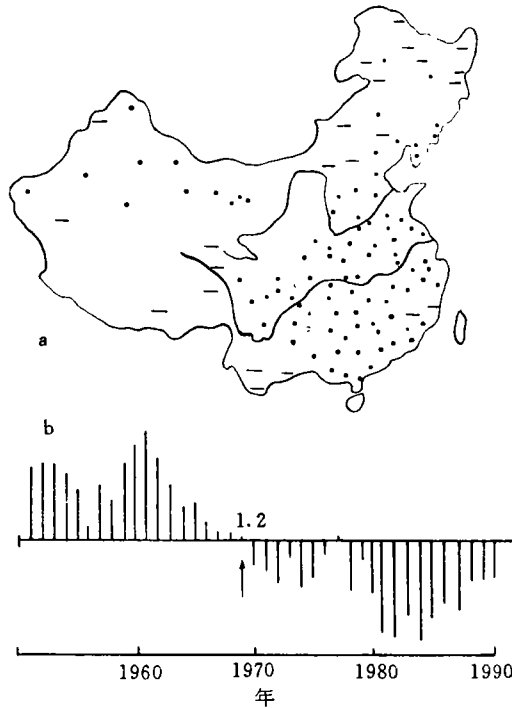


图 5 1951~1990 年夏季气温 160 个站 5 年滑动平均场 EOF_1 空间分布(a)及其时间系数标准化序列(b)
(说明同图 2)

Fig. 5 As in Fig. 4 but for 160 stations

4 气候变化与海表水温的联系

海表水温于 60 年代初期发生跃变,1961 年 J , 达 1.8, 先于降水和气温序列的跃变。为研究海洋热力状况的迅速变化与我国夏季气候变化之间的相互关系,以便使由海表水温的跃变来预测气温、降水的跃变成为可能。本文通过求海表水温场相关原点各月值序列(1951~1987 年)与我国夏季气温、汛期降水序列(1952~1988, 1953~1989, 1954~1990 年)的相关系数,来揭示它们之间的相互联系。表 2 为夏季气温对海表水温场相关原点各月值序列的落后相关系数。由表可见,落后 2 年的相关系数较大,就是说,我国夏季气温对海表水温落后两年的相关较显著。同样,计算结果表明,我国汛期降水对温表水温落后两年的相关较显著。表 3 为海表水温场相关原点各月值序列与我国夏季气温、汛期降水序列(1953~1989 年)的相关系数。由表可见,无论是气温,还是降水,1 月相关系数值最大,为正值,且通过 0.05 的显著性水平,相关密切。也就是说,若 1 月太平洋海表水温场发生变化,则两年后我国夏季气温、汛期降水亦将发生相应变化,且位相一致。显然,这仅仅是统计上的联系,至于它们之间的内在机理还有待进行深入的研究。

表 2 夏季气温对海表水温相关原点序列的落后相关系数

Table 2 Laging correlation between SST and summer temperature

落后年数	月 份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-0.07	0.17	0.28	0.11	0.06	0.02	0.08	0.19	0.06	0.08	0.12	0.03
2	0.40	0.10	0.11	0.16	0.08	-0.05	0.12	0.11	0.18	-0.02	0.30	-0.13
3	0.03	0.01	0.00	-0.02	-0.13	-0.04	0.09	0.16	-0.16	-0.18	-0.17	0.22

表 3 海表水温相关原点序列(1951~1987 年)与
夏季气温、汛期降水序列(1953~1989 年)的相关系数

Table 3 Correlation of the 1951~1987 series of the observation site SST to those of
summer temperature and wet-period rainfall (1953~1989)

	月 份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
夏季气温	0.40	0.10	0.11	0.16	0.08	-0.05	0.12	0.11	0.18	-0.02	0.30	-0.13
汛期降水	0.41	0.00	0.06	0.08	0.06	-0.10	0.09	0.04	0.14	-0.07	0.30	-0.07

5 小 结

(1)我国汛期降水在 60 年代普遍出现跃变过程,各地的跃变在空间上具有大尺度的有机联系。

(2)降水变化的这种空间联系呈现出成片的结构,110°E 以东除长江中游和黄淮平原以外,一致出现降水减少;而 110°E 以西则为降水增多,反映了一些大尺度气候状态在 60 年代出现的突发性振动。

(3)60 年代我国大部分地区夏季气温出现较一致的降温,黑龙江北部、内蒙东部、青藏高原等地区气温升高。

(4)夏季太平洋海表水温于 60 年代初期出现跃变,热带和副热带海区升温,部分近陆海区降温。

(5)对一些主要跃变区的气候变化作了分析,其中降水变化幅度大多为当地平均降水量的 15%~30%。温度变化幅度多为 0.1℃左右,这对大范围季节平均而言是较小的温度变化。此外,不同要素和不同地区的气候跃变并非同时发生,且跃变强度也不尽相同。

(6)太平洋海表水温跃变先于气温和降水的跃变,我国夏季气温、汛期降水与 1 月太平洋海表水温落后两年相关密切,这为用海表水温跃变来预测我国夏季气候跃变提供了统计基础。

参 考 文 献

- 1 符淙斌,王 强. 南亚夏季风长期变化中的突变现象及其与全球迅速增暖的同步性. 中国科学(B辑),1991,(6):666~672
- 2 严中伟,季劲钧,叶笃正. 60 年代北半球夏季气候跃变 I 降水和温度变化. 中国科学(B辑),1990,(1):97~103
- 3 缪启龙,刘雅芳,朱震宇等. 我国近百年冷暖旱涝的跃变分析. 南京大学学报,1991,11:216~221
- 4 江志红,丁裕国. 近四十年我国降水量年际变化的区域性特征. 南京气象学院学报,1994,17(1):73~78
- 5 Yamamoto R T Iwashima, sanga N K. Climatic jump, a hypothesis in climate diagnosis. J Meteor Soc Japan, 1985, 63: 1157~1160
- 6 章名立. 我国东部近百年雨量的变化. 科学通报,1989,34: 605~607

SUMMER 1960s CLIMATE JUMP IN CHINA WITH ITS RELATION TO SST

Liu Yafang Dong Xieqiong Wang Lingling

(Department of Applied Meteorology, NIM, 210044, Nanjing, PRC)

Abstract Following the concept of climate jump based on the principal teleconnection pattern and EOF analysis, salient temporal and spatial features are revealed of the wet-season rainfall and summer temperature on a large scale over China in relation to SST in the 1960s. Results show that the jump is somewhat different in time and strength from region to region and from element to element; jump of SST preceded that of air temperature and rainfall; the summer temperature and rainy-period precipitation bore a close positive correlation to January SST on a two-year-lag basis.

Keywords climate jump, time/space distribution feature, rainfall change, temperature variation, correlation coefficient