

东北亚地区夏季 850 hPa 南风异常 与东北旱涝的关系

孙 力 安 刚 唐晓玲

(吉林省气象科学研究所, 长春 130062)

摘 要 利用东北地区均匀分布的 80 个测站 40 年 (1961~2000 年) 夏季月降水资料 and 同一时期北太平洋海温及 NCEP/NCAR 月平均再分析等资料, 首先分析了东北亚地区夏季 850 hPa 南风异常特征, 然后讨论了这种异常与东北降水的关系及其物理意义, 最后给出了东北亚地区夏季南风异常的某些前兆特征。结果表明, 东北亚地区夏季南风的强弱变化不仅与东北旱涝存在着十分密切的关系, 而且对大范围大气环流异常也具有非常敏感的反应, 东北亚地区南风异常的出现还具有前冬和前春北太平洋海温和 500 hPa 大气环流异常的前兆信号。

关键词: 旱涝; 大气环流; 海温异常

1 引言

中国东北地区位于东亚季风区的最北端, 属温带大陆性季风气候, 年降水特别是夏季降水的多少, 在很大程度上决定于夏季风活动的强弱。由于受到东亚季风年际变化大的影响, 导致该区域夏季洪涝和干旱等气候灾害异常活跃, 特别是近些年来旱涝发生的频率明显增加。以 20 世纪 90 年代为例, 10 年中不同等级的雨涝出现过 5 次, 包括 1994 和 1998 年的严重洪涝, 不同等级的干旱出现过 4 次, 包括 1999 和 2000 年的严重干旱, 而正常年份只有 1 年^[1]。频繁出现的旱涝灾害给当地国民经济特别是农业生产造成了很大损失。虽然人们从不同角度曾对东北旱涝问题做过一些研究^[2~4], 但对东亚季风与东北地区夏季降水异常的关系还缺乏认识, 这可能与东亚季风系统本身所具有的复杂性和东北地区处于东北亚的地理位置等因素有关。本文首先分析东北亚地区夏季 850 hPa 南风异常特征, 然后讨论这种异常与东北夏季降水的关系及其物理意义, 最后探讨东北亚地区夏季南风异常变化的某些前兆信号。这对进一步了解东亚季风对东北地区降水异常的影响以及该地区夏季旱涝的短期气候预测都具有一定意义。

2 资料

本文所用资料主要包括吉林、辽宁、黑龙江和内蒙古东北部 (呼伦贝尔盟、兴安盟、通辽市和赤峰市) 四省 (区) 均匀分布的 80 个测站 1961~2000 年夏季各月的降

水量资料；以及同一时期的 NCEP/NCAR 全球再分析的 500 hPa 高度场、850 hPa 风场、200 hPa 西风分量（分辨率 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ ）和中国气象局国家气候中心提供的北太平洋（ $10^{\circ}\text{S}\sim 50^{\circ}\text{N}$ ， $120^{\circ}\text{E}\sim 80^{\circ}\text{W}$ ）海表温度（分辨率 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ ）的月平均资料等。

3 东北亚地区夏季 850 hPa 南风异常及其与东北降水的关系

考虑到东北地区 6 月份主要受东北冷涡雨季影响^[5]，并且 7 月、8 月两个月的降水可以占到整个夏季降水的 80%左右，以及一般情况下直到 7 月份以后东亚副热带季风才能够推进到华北及其以北地区^[6]，因此，本文重点分析的是夏季 7、8 月份东北旱涝与东北亚地区夏季南风异常的关系。

将 7 月、8 月和夏季（7~8 月）的东北亚地区夏季南风强度指标定义为东北亚地区（ $32.5\sim 42.5^{\circ}\text{N}$ ， $120\sim 130^{\circ}\text{E}$ ）范围内各格点（ $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ ）850 hPa 南风分量之和的距平标准化变量，即 $I = \sum v_s / N$ ，其中 v_s 是定义范围内 850 hPa 的南风风速， N 为定义范围内的格点数。东北亚地区夏季南风强度指标 $I_{\text{NEAM}} = (I - \bar{I}) / \sigma_I$ ， $\bar{I}$ 和 σ_I 表示 I 的平均值（1961~2000 年平均）和均方差。表 1 给出了 1961~2000 年东北亚地区夏季南风强度指标 I_{NEAM} 。

表 1 东北亚地区夏季南风强度指标 I_{NEAM}

年	7 月	8 月	夏季（7~8 月）	年	7 月	8 月	夏季（7~8 月）
1961	1.42	0.85	1.38	1981	0.27	-1.10	-0.59
1962	2.46	0.98	2.06	1982	-0.24	0.22	0.02
1963	2.22	-0.15	1.16	1983	-0.52	-0.19	-0.42
1964	1.22	1.85	1.95	1984	-0.78	1.32	0.45
1965	0.61	1.39	1.29	1985	-0.20	2.09	1.30
1966	0.47	1.31	1.15	1986	0.25	-0.12	0.06
1967	0.21	-0.72	-0.37	1987	-0.55	0.80	0.24
1968	-1.59	-1.07	-1.63	1988	-0.62	-0.67	-0.81
1969	1.08	1.16	1.40	1989	0.26	-1.46	-0.84
1970	0.80	0.30	0.66	1990	0.74	-0.28	0.23
1971	-0.38	-0.67	-0.67	1991	0.07	-2.04	-1.35
1972	0.00	0.07	0.05	1992	-1.73	-0.20	-1.12
1973	1.28	0.93	1.34	1993	-0.27	-1.67	-1.29
1974	0.26	0.13	0.24	1994	-0.65	1.39	0.60
1975	0.46	-0.25	0.09	1995	0.19	0.52	0.46
1976	0.24	-0.30	-0.06	1996	0.17	-0.81	-0.46
1977	-0.11	-1.94	-1.38	1997	-2.08	-0.26	-1.35
1978	0.73	-0.02	0.40	1998	-0.41	-0.11	-0.31
1979	-1.23	-1.27	-1.55	1999	-1.12	-0.14	-0.76
1980	-1.82	-0.48	-1.36	2000	-1.15	0.63	-0.23

本文定义的东北亚地区夏季南风强度指标与东北地区夏季降水之间存在着十分密切的联系，东北亚地区夏季南风偏强时，东北降水明显偏多；偏弱时，东北降水明显偏少。其中 7 月份 I_{NEAM} 与东北 80 个测站降水量总和的相关系数可达 0.594，8 月份可达 0.743，夏季（7~8 月）可达 0.677，均远远超过了 0.001 的信度标准。

图 1 表示的是夏季（7~8 月） I_{NEAM} 与东北地区降水相关的空间分布，可以看到，相关系数均为正值，这说明尽管东北不同地区的气候存在着明显的差异，但各地降水在受东北亚地区夏季南风异常的影响上还是具有整体一致的性质，相关系数大值区主要位于东北的中部和西部，一般值可达 0.31~0.65，上述地区同时也是东北旱涝异常最敏感的区域^[3]，西北部地区相关稍差，东北地区 80 个测站中，相关系数通过 0.05 信度检验的有 56 个，占 70%；通过 0.01 信度检验的有 36 个，占 45%；通过 0.001 信度检验的有 12 个，占 15%。这说明东北亚地区夏季南风强度指标 I_{NEAM} 与东北地区夏季降水异常之间的关系是十分明确的。

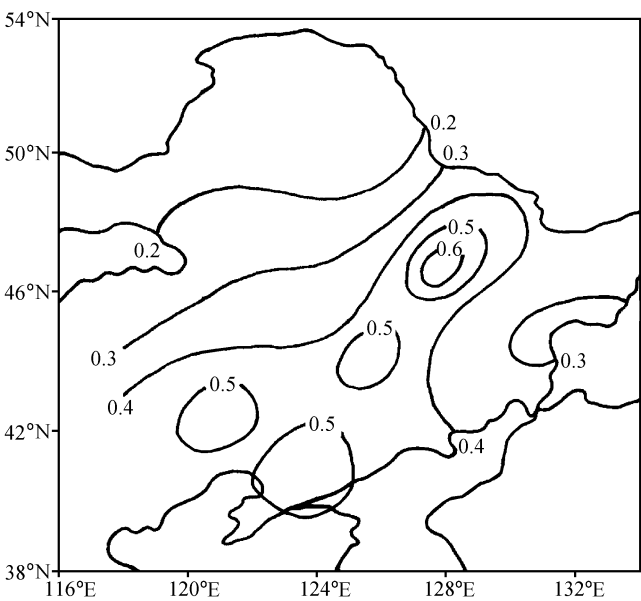


图 1 东北亚地区夏季南风强度指标 I_{NEAM} 与东北地区夏季降水的相关系数分布

4 东北亚地区夏季 850 hPa 南风强弱变化与大气环流异常的关系

图 2 给出的是 40 年来东北亚地区夏季南风强度指标和东北地区夏季（7~8 月）降水的年际变化曲线，可以看出，东北亚夏季南风强度指标存在着明显的年际和年代际变化。40 年来， I_{NEAM} 还具有线性减小的倾向，所对应的东北夏季（7~8 月）降水也是如此。为探讨东北亚地区夏季南风异常与大气环流之间的联系，根据图 2 和表 1 我们选择了前 10 个高指标年和后 10 个低指标年（见表 2），高指标年平均 I_{NEAM} 为 1.361，低指标年为 -1.260。以 NCEP/NCAR 1961~2000 年全球月平均再分析资料为基础，分别制作强弱南风异常年夏季 500 hPa 高度、850 hPa 风场和 200 hPa 西风分量的距平合成图及距平差值图，并进行了 t 检验，用合成对比分析方法探讨东北亚地区夏季南风强弱变化的大气环流异常特征。

图 3a 是强弱南风异常年夏季 500hPa 高度距平场的差值分布及其 t 检验。可以看

表 2 典型东北亚地区夏季南风强弱年个例

强南风异常年	1962	1964	1969	1961	1973	1985	1965	1963	1966	1994	平均
I_{NEAM}	2.06	1.95	1.40	1.38	1.35	1.30	1.29	1.16	1.15	0.60	1.361
弱南风异常年	1968	1979	1977	1980	1991	1997	1993	1992	1989	1999	平均
I_{NEAM}	-1.63	-1.55	-1.38	-1.36	-1.35	-1.35	-1.29	-1.12	-0.84	-0.76	-1.260

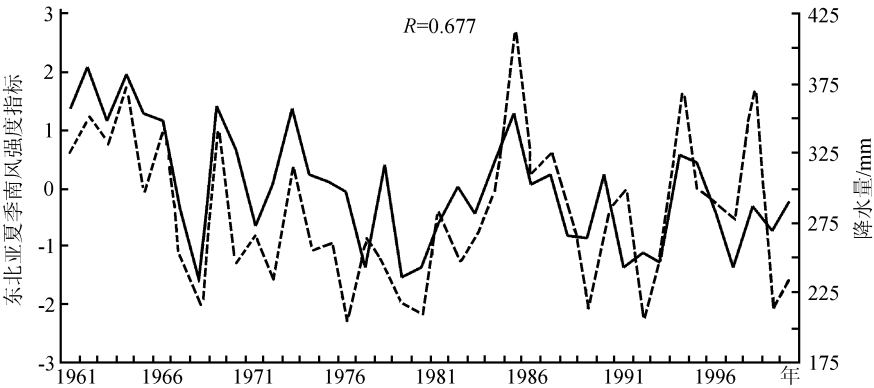


图 2 40 年来 (1961~2000 年) 东北亚地区夏季南风强度指标 I_{NEAM} (实线) 和东北地区夏季 (7~8 月) 降水 (虚线) 的年际变化

出, 强弱南风异常年之间的差异是非常显著的, 从图中可见, 在欧亚大陆中高纬地区是负值分布, 特别是从我国东北地区一直到蒙古国中部一带尤为明显, 负值中心位于蒙古国中部, t 统计量值为 -5.69 , 达到了 0.001 以上的信度标准。 25°N 以北的西太平洋地区为正值分布, 正值中心位于日本国中部, t 统计量值为 3.34 , 达到了 0.01 的信度标准。 另外, 北半球热带和副热带地区主要是负值分布, 尤其是东南亚和南亚的广大地区 t 统计量值均能达到 0.01 以上的信度标准。 在偏向太平洋一侧的高纬和极区, 是明显的负值分布, 负值中心 t 统计量值为 -3.41 , 也达到了 0.01 的信度标准。 这说明东北亚地区强南风异常出现时, 我国东北地区西部到蒙古国一带常有异常低槽发展, 蒙古低压强盛, 西太平洋副高位置异常偏北和偏西, 北半球热带和副热带地区以高度负距平为主, 极涡偏向太平洋一侧, 强弱南风异常年夏季太平洋区极涡强度指数差可

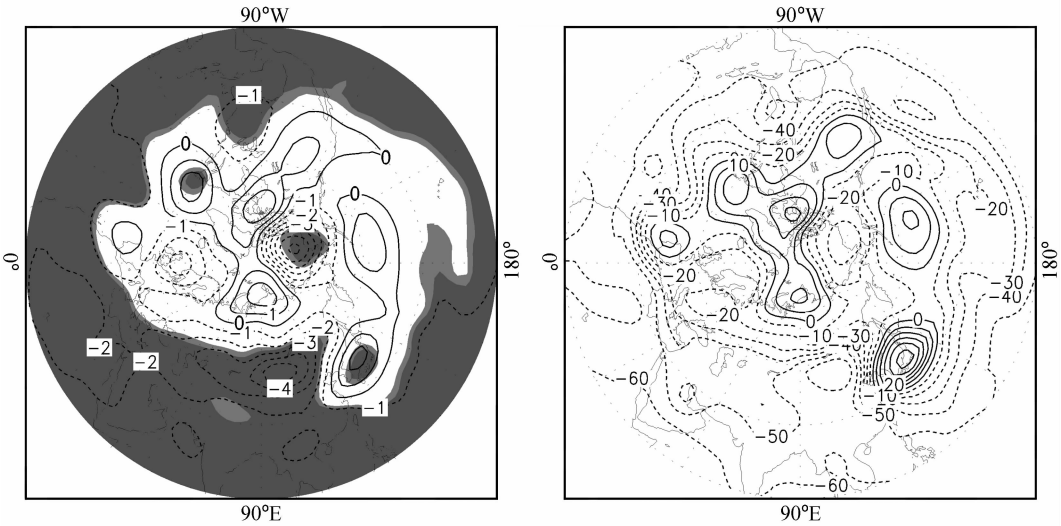


图 3 东北亚地区夏季南风强弱年 500 hPa 高度距平的差值分布及其 t 检验 (a) 以及 I_{NEAM} 与 500 hPa 高度场的相关系数 (b), 单位: 位势什米
轻、重阴影分别表示达到 90% 和 95% 可信度 (t 检验) 的区域, b 图中数值已乘 100

达 2.45。而东北亚地区夏季南风偏弱年 500 hPa 高度距平分布则与此刚好相反。

图 3b 是东北亚地区夏季南风强度指标 I_{NEAM} 与北半球 500 hPa 高度场的相关系数分布，可以看到，最主要的高相关区也主要分布在东北西部到蒙古国一带（中心相关系数 -0.67，超过了 0.001 的信度标准）、日本及其周围（中心相关系数 0.53，超过了 0.001 的信度标准）、偏向太平洋一侧的高纬和极区（中心相关系数 -0.38，接近 0.01 的信度标准）以及北半球广大的热带和副热带地区。由此可见，无论是高纬和极区还是中纬和热带的大气环流异常对东北亚地区夏季南风的强弱变化都具有重要影响，这也意味着东北亚地区夏季南风强度指标不但对我国东北地区降水有明确的指示意义，而且对大范围的大气环流异常也有较敏感的反映，即该南风强度指标与地区以至全球存在着关联性。

东北亚地区夏季南风强弱年对流层中低层流场特征及其差别也是十分明显的（图 4），可以分析出，强南风异常出现时，最明显的特征是有 4 支不同源地的偏南风距平气流在我国东部地区汇集并加强后向北伸展，一支源自孟加拉湾，东传后折向北；一支是源自南海直接北上的南风距平气流；一支源自西太平洋副高南侧，西传后北上；还有一支源自青藏高原东侧，途经西南地区后向北推进。这 4 支北上的南风距平气流与西风带距平气流在东北地区及其以西结合，形成了一个气旋式距平环流系统，且辐合明显加强。这说明东北亚地区夏季南风异常的强弱变化明显地受到亚洲季风诸系统的影响，包括南亚季风和南海季风，当然也包括副热带季风，它实际上是副热带季风极端偏北时的集中体现，不仅是中高纬，同时也是中低纬大气环流系统相互作用的结果。东北亚地区夏季南风偏弱时，其距平流场特征与上述恰好相反。

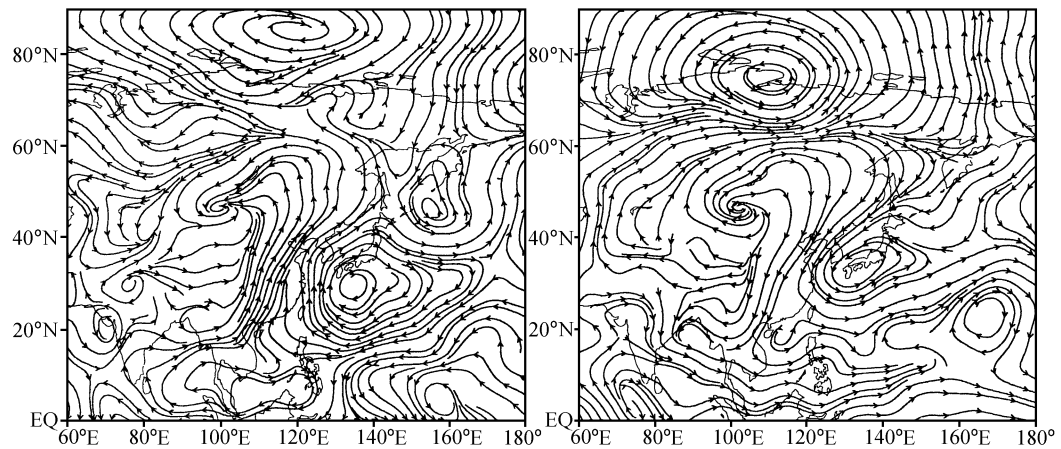


图 4 东北亚地区夏季南风强弱年 850 hPa 流场距平图
(a) 高指标年；(b) 低指标年

东亚高空西风急流是影响我国天气气候变化的重要系统，其位置的南北移动或强度变化与东北亚地区夏季南风异常之间也存在着密切的联系，图 5 表示东北亚地区夏季南风强弱年 200 hPa 纬向风距平的差值分布，图中最明显的特征是，东亚地区 40~55°N 的纬度带上为明显的正值区，正值中心位于东北地区中部， t 统计量值为 3.75，达到了 0.001 的信度标准。而在 25~40°N 的纬度带上为明显的东西向条状分布的负值

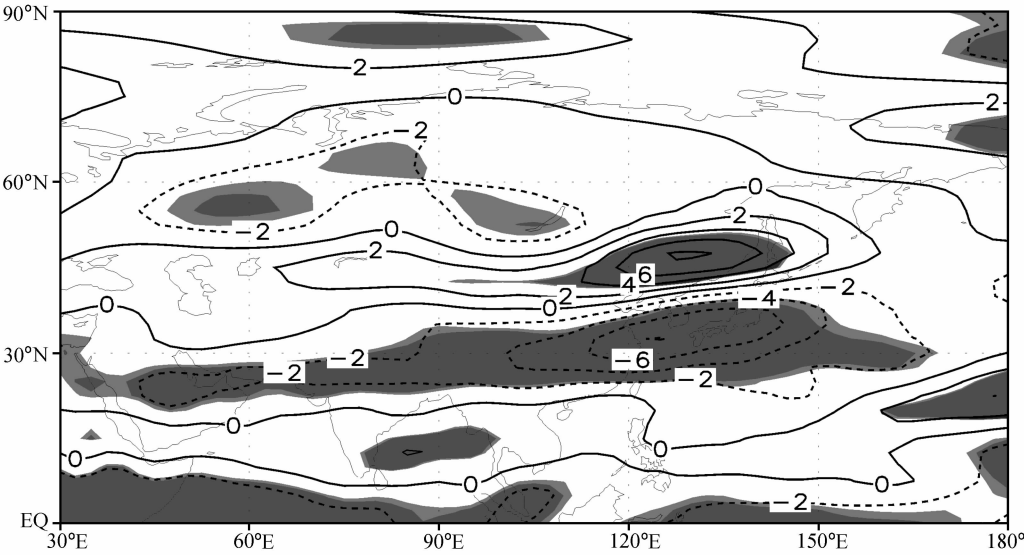


图 5 东北亚地区夏季南风强弱年 200 hPa 纬向风距平的差值分布及其 t 检验 (单位: m s^{-1})
轻、重阴影分别表示达到 90% 和 95% 可信度 (t 检验) 的区域

区,中心位于长江口附近的海面上, t 统计量值为 -5.61 ,也超过了 0.001 的信度标准。上述结果意味着,当东亚高空西风急流位置偏北(或在东北亚地区加强而在长江流域减弱)时,则有利于东北亚地区夏季强南风的出现,反之,如果东亚高空西风急流位置偏南(或在东北亚地区减弱而在长江流域加强)时。则有利于东北亚地区夏季弱南风的出现。

5 东北亚地区夏季南风强弱变化的某些前兆特征

以上分析表明,东北亚地区夏季强弱南风的出现具有特定的大气环流异常特征,对东北地区夏季降水异常也能提供很好的解释,是影响旱涝的重要因子之一,因此探讨其变化的前兆信号具有重要意义。

对于短期气候变化来说,海洋扮演了十分重要的角色,特别是 ENSO 现象被认为是迄今为止发现的高于气候噪音水平的最强的海洋和大气年际变化信息。近年来,国内外一些学者在 ENSO 现象对中国夏季气候变化的影响及其机制^[7]、全球海温与中国中东部夏季风降水^[8]以及 El Niño 对东亚夏季大气环流和季风的影响^[9~11]等方面都做了大量很有价值的研究工作。本文则对东北亚地区夏季强弱南风的出现与北太平洋海温异常之间的联系进行了探讨。

图 6 给出了东北亚地区夏季南风强弱年前冬(1 月份)北太平洋海温距平的差值分布及其 t 检验,可以看到,赤道中东太平洋为均匀一致的正值分布,正值中心位于赤道东太平洋, t 统计量值为 2.08 ,达到了 0.05 的信度标准,而北太平洋西风漂流区是明显的负值分布,负值中心 t 统计量值为 -2.46 ,接近 0.02 的信度标准,另外,夏威夷群岛附近海域也是明显的负值分布, t 统计量值达 -2.86 ,达到了 0.01 的信度标准。

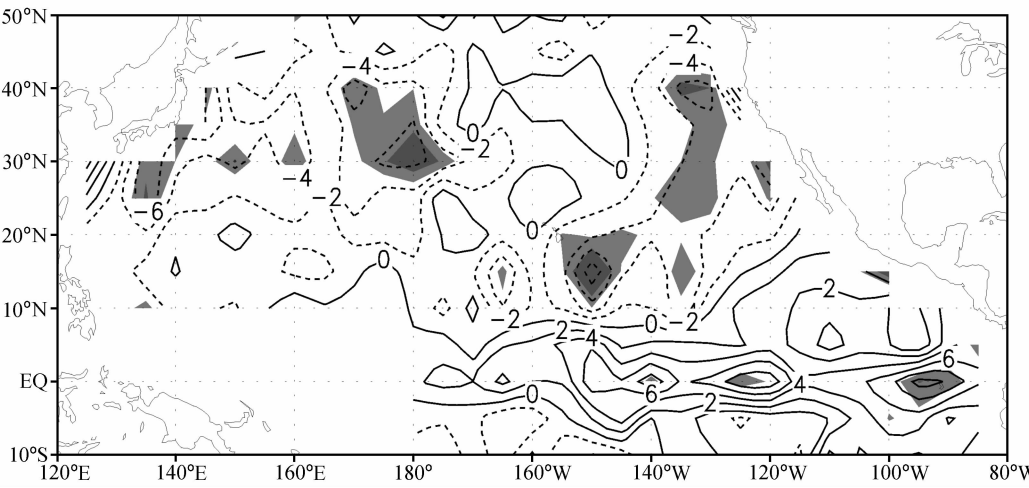


图 6 东北亚地区夏季南风强弱年前冬（1 月份）北太平洋 SSTA 的差值分布及其 t 检验（单位： $^{\circ}\text{C}$ ）
轻、重阴影分别表示达到 90% 和 95% 可信度（ t 检验）的区域，图中数值已乘 10

即前期冬季如果北太平洋 SSTA 具有 El Niño 型分布，则有利于未来东北亚地区夏季南风偏强，反之，如果是 La Niña 型分布，则一般对应于弱南风出现。

事实上， I_{NEAM} 不仅与前冬北太平洋 SSTA 有关，而且还与前冬至当年夏季北太平洋 SSTA 的变化趋势相联系，至春末夏初（5 月份，图略），东北亚地区强（或弱）的南风异常逐渐转变为与 La Niña 型（或 El Niño 型）海温相对应，到盛夏（7 月份，图 7）我们可以分析出，赤道中东太平洋为明显的负值分布，而西风漂流区则是明显的正值分布，赤道东太平洋负值中心的 t 统计量值达 -3.31 ，而西风漂流区正值中心的 t 统计量值为 3.42 ，均远远超过了 0.01 的信度标准。这表明从前冬至当年盛夏，北太平洋 SSTA 如果从 El Niño 型（或 La Niña 型）分布向 La Niña 型（或 El Niño 型）分布转变和过渡，则有利于东北亚地区夏季南风增强（或减弱）。即 I_{NEAM} 对全球范围气候异常的强信号 SSTA 也具有较敏感的反应，并存在着明显的滞后相关。

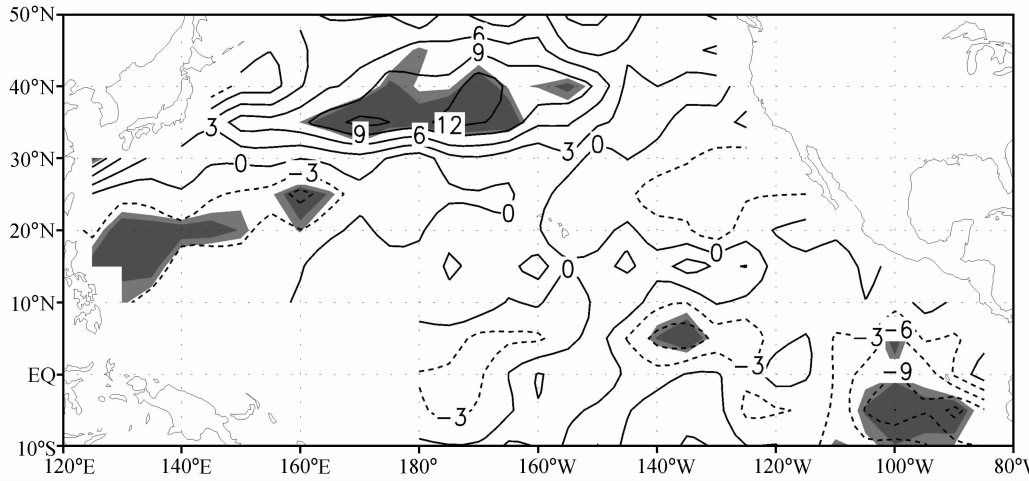


图 7 东北亚地区夏季南风强弱年盛夏（7 月份）北太平洋 SSTA 的差值分布及其 t 检验，其余同图 6

图 8 表示的是东北亚地区夏季南风强弱年前春（4~5 月）500 hPa 高度场距平的差值分布及其 t 检验，可以看到，贝加尔湖至新西伯利亚地区为较强的负值分布，负值中心 t 统计量值达 -4.48 ，远远超过了 0.001 的信度标准，而西北太平洋则为明显的正值分布，正值中心 t 统计量值达 2.84 ，也达到了 0.01 的信度标准，对比图 8 和图 3a 可以发现，它们之间在一定程度上比较类似，这意味着春季 500 hPa 大气环流异常的某些特征存在着一定的持续性，这一点也可以作为推测未来东北亚地区夏季南风异常变化的有效指标。实际上，不仅春季 500 hPa 高度场如此，强弱南风异常年前春高空西风急流分布也有其明显的征兆（图 9）。图 9 最明显的特点是，从贝加尔湖一直到我国东北地区是较强的正值分布，位于贝湖东南附近的正值中心 t 统计量值为 4.56 ，远远超过了 0.001 的信度标准，而从东亚沿岸一直到中北太平洋的带状分布区是明显的负值分布，负值中心 t 统计量值达 -3.64 ，也接近 0.001 的信度标准。图 9 与图 5 同样也存在着某些类似之处，这表明，东北亚地区夏季强南风出现时高空西风急流偏北或弱南风出现时空西风急流偏南的特点，事实上在前春就有某种程度的体现。

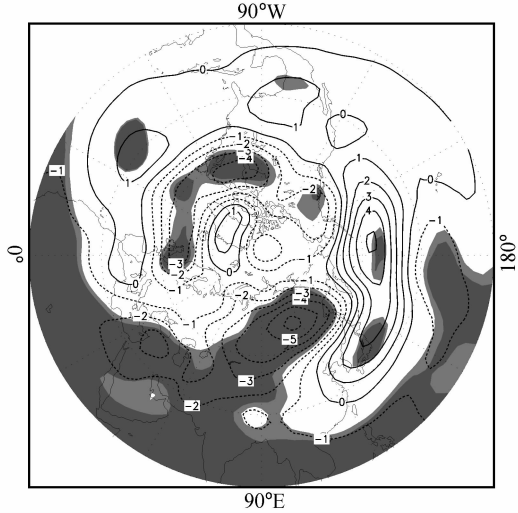


图 8 东北亚地区夏季南风强弱年前春（4~5 月）500 hPa 高度场距平的差值分布及其 t 检验（单位：位势什米），轻、重阴影分别表示达到 90% 和 95% 可信度（ t 检验）的区域

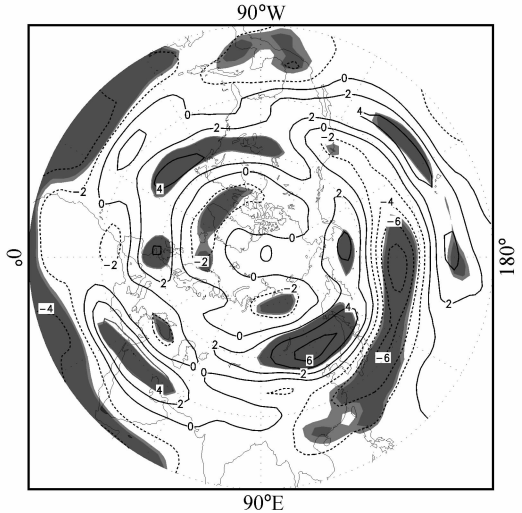


图 9 东北亚地区夏季南风强弱年前春（4~5 月）200 hPa 纬向风距平的差值分布及其 t 检验（单位： m s^{-1} ），轻、重阴影分别表示达到 90% 和 95% 可信度（ t 检验）的区域

6 结论和讨论

通过以上分析，我们得到如下一些结论：

- （1）东北亚地区夏季 850 hPa 南风异常与东北地区夏季降水之间存在着十分密切的相关，夏季南风偏强时，东北地区降水整体上偏多，反之，降水偏少，尤其是对旱涝极为敏感的广大中部地区更是如此。即东北亚地区夏季南风异常是影响东北地区旱涝的主要因子之一。
- （2）东北亚地区夏季南风强弱变化的出现对 500 hPa 大范围大气环流异常具有比较

敏感的反映, 即它们与地区以至全球存在着比较密切的关联, 当东北西部到蒙古国中部有异常低压发展, 西太平洋副高位置异常偏北偏西, 而东亚高空西风急流较为偏北, 并且极涡偏向太平洋一侧以及北半球热带和副热带地区主要以高度负距平分布为主时, 则对应东北亚地区夏季南风偏强, 反之, 对应东北亚地区夏季南风偏弱。这种环流异常特征对东北地区旱涝的出现可以提供很好的解释。

(3) 东北亚地区夏季南风异常还具有其明显的前兆特征, 从前冬到当年盛夏, 当北太平洋海温如果从明显的 El Niño 型 (或 La Niña 型) 分布向 La Niña 型 (或 El Niño 型) 分布转变和过渡时, 则对应于东北亚地区夏季南风增强 (或减弱)。另外, 东北亚地区夏季强弱南风出现时 500 hPa 大气环流异常和高空西风急流异常的某些主要特征在其前春就有较明显的体现, 这一特点也可以作为推测未来东北亚地区夏季南风异常变化的有效指标。

本文得到的结果只是初步的, 东北亚地区夏季 850 hPa 南风异常与亚洲季风诸系统的相互关系, 还有更短时间尺度 (如旬和候) 的东北亚地区夏季南风异常的性质和特征及其对东北地区天气气候的影响等问题都是值得进一步探讨的。

参 考 文 献

- 1 孙力、安刚、丁立, 中国东北地区夏季旱涝的分析研究, 地理科学, 2002, **22** (3), 311~316.
- 2 郑秀雅、张廷治、白人海, 东北暴雨, 北京: 气象出版社, 1992, 1~12.
- 3 孙力、安刚、丁立等, 中国东北地区夏季降水异常的气候分析, 气象学报, 2000, **58** (1), 70~82.
- 4 孙力、安刚、唐晓玲, 东北地区旱涝的 OLR 特征分析, 应用气象学报, 2000, **11** (2), 228~235.
- 5 孙力、安刚、廉毅等, 夏季东北冷涡持续性活动及其大气环流异常特征分析, 气象学报, 2000, **58** (6), 704~714.
- 6 Tao Shiyan, and Chen Longxun, A review of recent research on the east Asian summer monsoon in China, *Monsoon Meteorology*, Oxford University Press, 1988, 60~92.
- 7 Huang Ronghui, and Wu Yifang, The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanisms, *Adv. Atmos. Sci.*, 1989, **6**, 21~32.
- 8 Yu Rucong, Zhang Minghua, Yu Yongqiang et al., Summer monsoon rainfalls over mid-eastern China lagged correlated with global SSTs, *Adv. Atmos. Sci.*, 2001, **18**, 179~196.
- 9 Wang Bin, Wu Renguang, and Fu Xiuhua, Pacific-East Asian teleconnection; How does ENSO affect East Asian climate? *J. Climate*, 2000, **13**, 1517~1536.
- 10 Wang Yafei, Wang Bin, and Oh J-H., Impact of the preceding El Niño on the East Asian summer atmospheric circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, 2001, **79**, 575~588.
- 11 Ailikun B., and T. Yasunari, ENSO and Asian summer monsoon; Persistence and transitivity in the seasonal march, *J. Meteor. Soc. Japan*, 2001, **79**, 145~159.

Relationship Between the Northeast Asian Summer South Wind Anomaly and the Precipitation in Northeast China

Sun Li, An Gang, and Tang Xiaoling

(*Institute of Meteorological Science of Jilin Province, Changchun 130062*)

Abstract The Northeast Asian summer south wind anomaly intensity index (I_{NEAM}) is defined. The summer circulation features for the years of the strong and weak I_{NEAM} and their earlier stage characteristics, and the relationship between the I_{NEAM} and the precipitation anomaly of northeast area in China are studied by using the NCEP/NCAR reanalysis data for the 40 years from 1961~2000. The results show that the I_{NEAM} can not only describe the rainfall anomaly of northeast China, but also have the sensitive reactions to the Northern Hemisphere general circulation anomalies and the variations of Asian summer monsoon systems, include South Asian summer monsoon, South Sea summer monsoon, and the subtropical summer monsoon. The strong or weak I_{NEAM} have its precursor signals of north Pacific sea surface temperature and Northern Hemisphere 500 hPa general circulation in previous winter and spring.

Key words: drought/flood; general circulation; SST anomaly