

东北亚冷夏的年代际变化*

陈莉 朱锦红

(北京大学物理学院大气科学系, 北京 100871)

摘要 通过对 1881~2000 年东北亚夏季气温的分析, 发现东北亚夏季气温有明显的年代际变化, 时间尺度为 80 年左右和 30 年左右; 120 年来东北亚共发生 27 次冷夏 (平均气温距平 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$), 其中 6 次为严重冷夏 (平均气温距平 $\leq -1.0^{\circ}\text{C}$)。通过对海平面气压场、对流层中层 500 hPa 高度场及海温场的分析, 研究了东北亚冷夏的环流机制以及与 SST 异常的关系, 指出东北亚夏季气温的年代际变化与大尺度环流特征及海温的变化关系密切。

关键词: 东北亚; 冷夏; 年代际变率; 大尺度环流特征

文章编号 1006-9895 (2004) 02-0241-13 **中图分类号** P468 **文献标识码** A

1 引言

东北亚位于亚洲大陆的东北部, 属中、高纬地区, 主要包括中国的东北、内蒙古自治区东北部、朝鲜半岛、日本及俄罗斯的部分地区, 大致范围为 ($30\sim 55^{\circ}\text{N}$, $110\sim 145^{\circ}\text{E}$)。由于这个地区地处较高的纬度, 雨热同季的特点使夏季气温对农业生产的影响就显得更为重要。气温较高以及与此相伴的较好日照, 使作物光合作用强, 长势较好, 产量较高; 若气温低, 光合作用弱, 则会使作物减产。Arakawa^[1]曾对日本东北地区水稻产量与 7~8 月气温的关系进行了研究, 指出由于生产力水平的提高, 水稻产量有明显上升的趋势, 但在这个上升的趋势中, 高温年产量较高, 低温年产量较低也是比较明显的。我国东北地区夏季低温带来的灾害也很严重^[2,3]: 1957、1969、1972、1976 年是我国东北地区的 4 个夏季低温年, 东北三省平均减产 20%~30%。有研究^[4]表明, 若我国东北夏季温度偏低 1°C , 就相当于积温减少 100°C , 可能使水稻产量下降 10%, 全国粮食产量可能减少 5%, 足见低温的危害。

20 世纪 80 年代, 在前期东北夏季低温冷害频繁发生的大背景下, 由东北三省气象局、北京气象中心等单位协作研究了“东北夏季低温长期预报”课题, 对低温产生的气候及环流条件及其长期预报, 进行了较系统的研究^[5~8]。除了这种集中的研究外, 王绍武等^[4,9]对中国夏季低温乃至东亚夏季低温也做了分析。20 世纪 90 年代以来, 由于全球气候变暖, 有关低温方面的研究相对较少^[10~13], 研究的对象基本为我国东北近 50 年来的夏季气温。对近百年东北夏季气温的年代际变率及与其相关的大尺度环流及海温场特征还研究不多。

Schlesinger 和 Ramankutty^[14]指出北半球的气温变化有年代际变率, 他们用一个简

化气候/海洋模式及 IPCC 全球气温平均序列 (1858~1992), 得到了一个去掉人类活动影响的无趋势气温序列, 它相当好地反映了气温的年代际变化, 特别是 40 年代初到 70 年代中的气温下降, 这在一定程度上解释了 CO_2 增加而气温下降的矛盾, 这一部分气温变化的周期长度约为 65 年。国外的一些学者^[15~17] 研究发现了全球温度变化的 20 年左右的周期, 这是气候趋势外最显著的年代际气候变率。对于这一周期而言, 若峰值和谷值差 0.2°C , 则平均可以达到 $0.02^\circ\text{C a}^{-1}$ 的变化, 因此研究年代际变率对确认及预测气温变化有重要意义^[18,19]。本文重点研究东北亚冷夏的年代际变率及相应的大尺度环流与海温场特征, 第 2 节介绍了资料来源及所用方法, 第 3 节进行了结果分析, 最后给出了主要结论。

2 资料与方法

气温资料: 取自英国 East Anglia 大学 Jones 等^[20] 的统计资料, 分辨率为 5° (纬度) $\times 5^\circ$ (经度), 时间为 1881~2000 年。东北亚范围为 ($30\sim 55^\circ\text{N}$, $110\sim 145^\circ\text{E}$), 共 35 个格点。

500 hPa 高度场资料: 1881~1950 年, 采用龚道溢等^[21] 的重建 500 hPa 高度距平场, 分辨率 5° (纬度) $\times 10^\circ$ (经度), 共 649 个格点; 1951~2000 年, 采用国家气候中心的北半球 500 hPa 高度场, 10°N 以北范围, 5° (纬度) $\times 10^\circ$ (经度) 菱形网格, 共 576 个格点。

海平面气压资料: 采用英国 East Anglia 大学气候研究室 (CRU/UEA) 的 Basnett 等^[22] 的北半球 5° (纬度) $\times 10^\circ$ (经度) 海平面气压, 时间为 1873~1995 年。

海温资料: 采用 Hadley 气候预测研究中心的月平均海温分析资料^[23,24], 分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$, 时间为 1871~1999 年。

Niño 3.4 区海温距平资料, 采用的是 Kaplan 等^[25] 的资料, 时间为 1881~1991 年。

本文进行分析所使用的方法有: 经验正交函数展开 (EOF)、周期分析方法 (功率谱及小波分析)、突变分析方法 (滑动 t 检验方法)、相关分析、线性回归分析。

3 结果分析

3.1 东北亚冷夏

图 1 为东北亚夏季气温距平 EOF 分析的 EOF1 的空间分布图及时间系数变化曲线。EOF1 解释方差 39.3%, 全区符号一致, 它反映了东北亚夏季气温在空间上有很好的 consistency, 也就是说, 东北亚低温并非局地现象, 而是一个大范围的现象。从时间系数变化图上可以看出, 从 19 世纪 80 年代至 20 世纪 10 年代中期, 东北亚夏季气温以负距平为主, 20 世纪 10 年代中期至 50 年代初, 以正距平为主, 50 年代中至 70 年代末, 东北亚夏季气温有所下降, 正负距平交替出现, 而从 70 年代末至今, 有较明显的增暖趋势, 尤其是 90 年代以来, 增暖较显著。

由于 EOF1 的空间特征是全区一致性, 且占据了较大比重, 我们可以选取适当的范围求区域平均气温来代表东北亚。我们根据图 1, 选取大值中心的 7 个格点求区域平

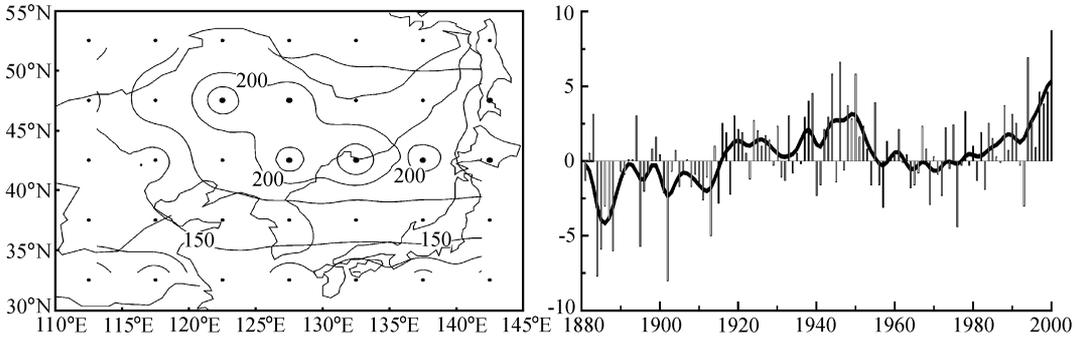


图1 东北亚夏季气温 EOF1 空间分布及时间系数变化图
EOF1 解释方差为 39.3%

均, 序列记为 T_{NEA} 。计算该序列与东北亚 35 个格点的相关系数, 结果表明该序列与我国东北、内蒙古自治区东北部、朝鲜半岛、日本以及俄罗斯的各格点相关系数普遍在 0.5 以上, 其中与我国的黑龙江、吉林两省、日本北部及俄罗斯的部分地区相关在 0.7 以上, 最高相关达到 0.85 以上。因此, 这条序列对东北亚地区是相当有代表性的。以下我们就以这条序列为对象来定义东北亚冷夏并分析它的年代际变率。

联合国世界气象组织 (WMO) 曾规定把距平达到 2 倍标准差 (2σ) 的事件称为异常, 若以此为标准, 则东北亚的冷夏年过少。而实际上, 当东北亚夏季气温距平达到 -0.5°C 时, 会对当地的农业生产造成危害, 比如 1957、1969、1976 年, 东北亚夏季气温距平分别为 -0.5°C 、 -0.6°C 、 -0.6°C , 但我国东北粮食平均减产 20%~30%。因此根据实际情况, 我们确定夏季气温距平低于 -0.5°C 时 (大体上相当于 1.3σ) 为冷夏年, 而夏季气温距平低于 -1.0°C (大体上相当于 2σ) 为严重冷夏年。

根据上面的定义, 东北亚 120 年来 (表 1), 共发生 27 次冷夏, 频率为 22.5%; 严重冷夏共有 6 次, 频率为 5%, 均发生在 20 世纪 10 年代中期以前。

表 1 东北亚 1881~2000 年冷夏年表

年代	冷夏	次数	年代	冷夏	次数
19 世纪 80 年代	1884*, 1885*, 1886, 1887, 1888*	5	20 世纪 40 年代	1941, 1945	2
19 世纪 90 年代	1895*, 1896, 1897	3	20 世纪 50 年代	1957	1
20 世纪 00 年代	1902*, 1905, 1910	3	20 世纪 60 年代	1964, 1966, 1969	3
20 世纪 10 年代	1911, 1913*	2	20 世纪 70 年代	1971, 1976	2
20 世纪 20 年代		0	20 世纪 80 年代	1981, 1983	2
20 世纪 30 年代	1931, 1932, 1940	3	20 世纪 90 年代	1993	1

注: * 为严重冷夏

3.2 东北亚冷夏的年代际变率

图 2 为东北亚夏季气温距平变化曲线、9 点低频滤波及线性趋势线。120 年来增暖趋势为 $0.71^{\circ}\text{C}/100 \text{ a}$, 为了检验这种趋势是否显著, 求得 n 个时刻 (年) 的要素序列与自然数列 1, 2, 3, ..., n 的相关系数, 为 $r=0.36$, 通过了 0.01 的信度检验, 因此, 东北亚夏季增暖趋势是显著的。

为了对比, 图 2 中同时给出了北半球、全球夏季气温变化曲线, 可以看出东北亚夏季气温变化的趋势与它们基本是一致的, 与它们的相关系数分别达到 0.44 及 0.41,

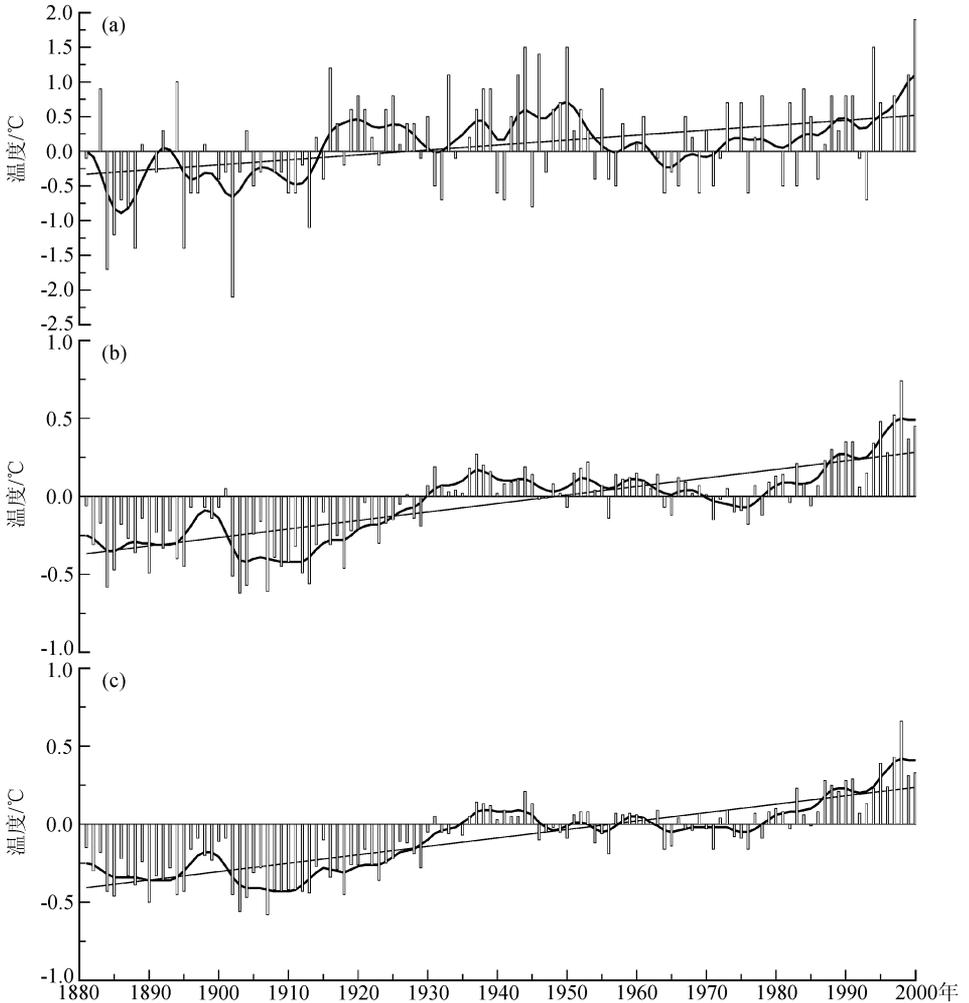
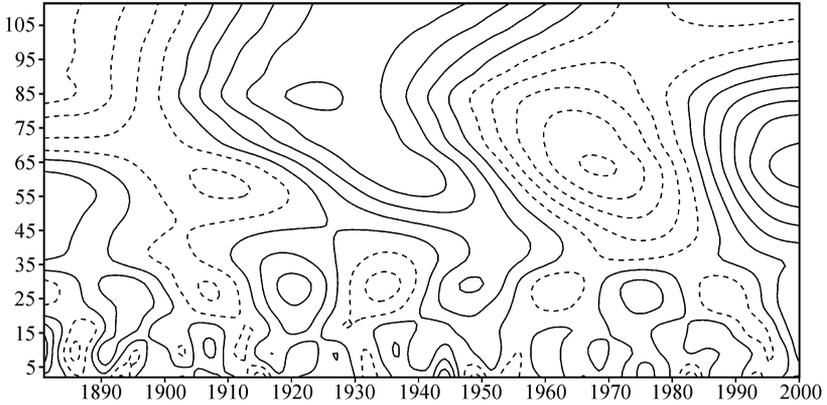


图2 T_{NEA} (a)、北半球 (b) 及全球 (c) 夏季气温距平历史变化图
曲线: 低频滤波曲线; 直线: 线性趋势线

有一定的显著性。但北半球及全球的增暖趋势分别为 $0.55^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$ 和 $0.54^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$ ，低于东北亚夏季气温的增暖趋势 ($0.71^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$)。

对东北亚夏季气温进行功率谱分析 (图略), 结果表明东北亚夏季气温的变化周期为 80 年, 通过了 0.05 的信度检验, 即东北亚夏季气温有明显的年代际变化。功率谱方法给出的仅仅是序列的平均周期, 不能描述所求出的周期随时间的变化^[26]。因此, 我们又采用小波分析方法, 来研究时间序列的周期变化的局部特征, 及各周期随时间的变化情况 (图 3)。比较明显的周期有两个, 一个是 25~30 年左右的周期; 另一个是 80 年左右的周期, 从 19 世纪 80 年代至 20 世纪 40 年代末, 80 年的周期比较清楚, 从 40 年代末至今, 周期有所缩短。

为了检验东北亚夏季气温 120 年来有无突变, 我们采用了滑动 t 检验法 (MTT)。衣育红等^[27]曾用该方法得出全球 20 世纪 70 年代至 20 世纪 80 年代气温变化的 t 检验值达到 0.01 的信度, 20 世纪 80 年代的气候变暖有突然性; 王绍武等^[28]在 1995 年也曾用

图 3 T_{NEA} 小波变换的实部系数

实线为正, 虚线为负; 等值线间隔: 0.5

该方法诊断出全球近百年有 3 次突然变暖。在这里我们计算东北亚夏季气温前后 10 年平均值差值的 t 统计量检验分布, 结果表明东北亚夏季气温在 1913~1916 年有突变, 计算得到的相应 t 值分别为 3.32、3.61、4.71、4.45, 均通过 0.01 信度检验, 结合图 2, 我们看到从 19 世纪 80 年代至 20 世纪 10 年代中期为偏冷阶段, 而从 10 年代中期则转为偏暖阶段, 看起来东北亚 10 年代中期的变暖具有突然性。

3.3 东北亚冷夏的大尺度环流特征

东北亚冷夏是一个大尺度的现象, 下面我们从地面气压系统及对流层中层 500 hPa 环流场来研究东北亚冷夏的大尺度环流特征。

图 4 (见图版) 是东北亚夏季气温与同期北半球海平面气压的相关场, 由图可以看出, 有三块较好的相关区, 分别是位于贝加尔湖附近的负相关区、位于北太平洋的正相关区、位于鄂霍次克海到楚科奇海之间的的负相关区, 它们代表了影响东北亚夏季气温的三个气压系统活动影响的范围, 分别为中纬度地面冷空气、北太平洋副热带高压、鄂海高压。为了定量地说明这三个系统与东北亚夏季气温的关系, 我们在每块高相关区选取 5 个格点 (图 4 中的五角星符号), 分别求平均, 依次得到指数 I_1 、 I_2 、 I_3 (表 2)。

表 2 东北亚冷夏年 I_1 、 I_2 、与 I_3 数值表

年	I_1	I_2	I_3	年	I_1	I_2	I_3	年	I_1	I_2	I_3
1884	1.7	-1.8	0.5	1905	1.1	0.0	-1.0	1957	0.8	-0.6	0.0
1885	0.9	-0.3	1.1	1910	-0.4	1.2	-1.4	1964	-1.7	-0.3	-0.1
1886	0.8	-0.9	-1.0	1911	1.3	0.3	0.5	1966	-0.6	-0.1	-0.5
1887	0.8	-1.0	1.5	1913	0.7	0.0	2.6	1969	-0.4	-0.7	0.5
1888	0.2	-2.9	-0.3	1931	0.0	-0.7	0.5	1971	-1.5	-0.7	0.2
1895	1.3	-2.3	2.6	1932	-0.8	0.8	1.2	1976	-1.7	-0.6	-1.4
1896	-0.1	-1.8	1.4	1940	1.5	-1.3	-0.1	1981	-1.2	0.7	-0.5
1897	-0.5	-2.6	1.5	1941	0.1	-1.0	0.0	1983	-1.1	0.3	-0.4
1902	1.8	-0.5	-1.0	1945	-0.1	0.6	0.1	1993	-1.3	-0.6	0.6

东北亚冷夏年时, I_2 为负值的有 19 年, 即东北亚冷夏年, 北太平洋副热带高压偏弱的概率为 70.4% (19/27)。 I_1 、 I_3 为正值分别为 13、14 年, 即东北亚冷夏年中纬度

冷空气强和鄂海冷高偏强的概率在一半左右。我们注意到 20 世纪 60 年代以来的 8 次冷夏, I_1 均为负值, 而 I_3 有 5 年为负值, 3 次正值也比较小。从 I_1 、 I_2 、 I_3 的历史变化曲线(图 5) 可以看到, I_1 、 I_3 在 20 世纪 50、60 年代以后, 有一个比较明显的下降趋势。

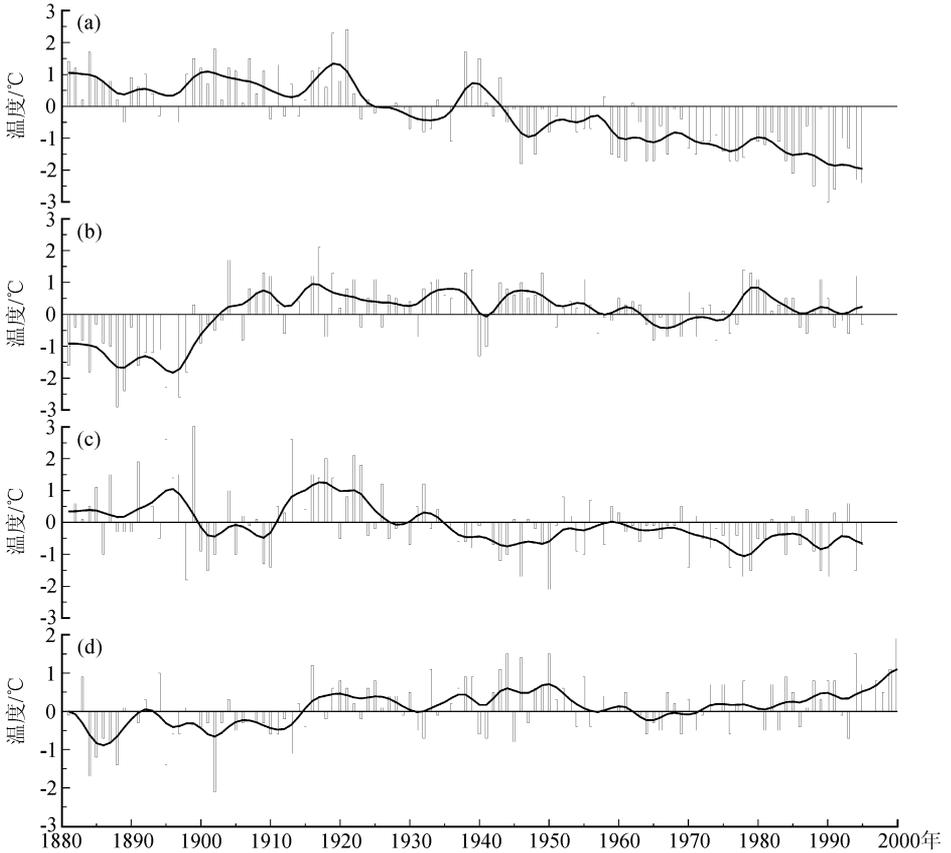


图 5 指数的历史变化及低频滤波曲线

(a) I_1 ; (b) I_2 ; (c) I_3 ; (d) T_{NEA}

从图 5 还可以看出, 当这三个指数均有利于东北亚夏季低温, 即中纬度冷空气偏强、鄂海冷高偏强、副热带高压偏弱时, 对应着东北亚夏季气温偏低时段, 冷夏发生频率较高, 比如 19 世纪后 20 年; 而在这三个指数均不利于东北亚夏季低温, 即中纬度冷空气偏弱、鄂海冷高偏弱、副热带高压偏强时, 对应着东北亚夏季气温偏高时段, 冷夏发生频率较小, 如 20 世纪 40 年代初到 50 年代末、70 年代末至今。

为了进一步了解这三个系统所对应的对流层中层的情况, 把代表这三个系统的 I_1 、 I_2 、 I_3 序列分别与同期 500 hPa 高度场 (1951~2000 年) 求相关, 得出了相对应的 500 hPa 相关场(图 6)。

I_1 所对应 500 hPa 高度场的相关分布形势反映了对流层中层西风槽脊的活动, 若中纬度冷空气较强, 位于贝加尔湖附近的地面气压偏高, 则对流层中层乌拉尔山至贝加尔湖一带为正距平, 而东北亚则为负距平, 表示东亚中纬度冷空气活动强。也就是

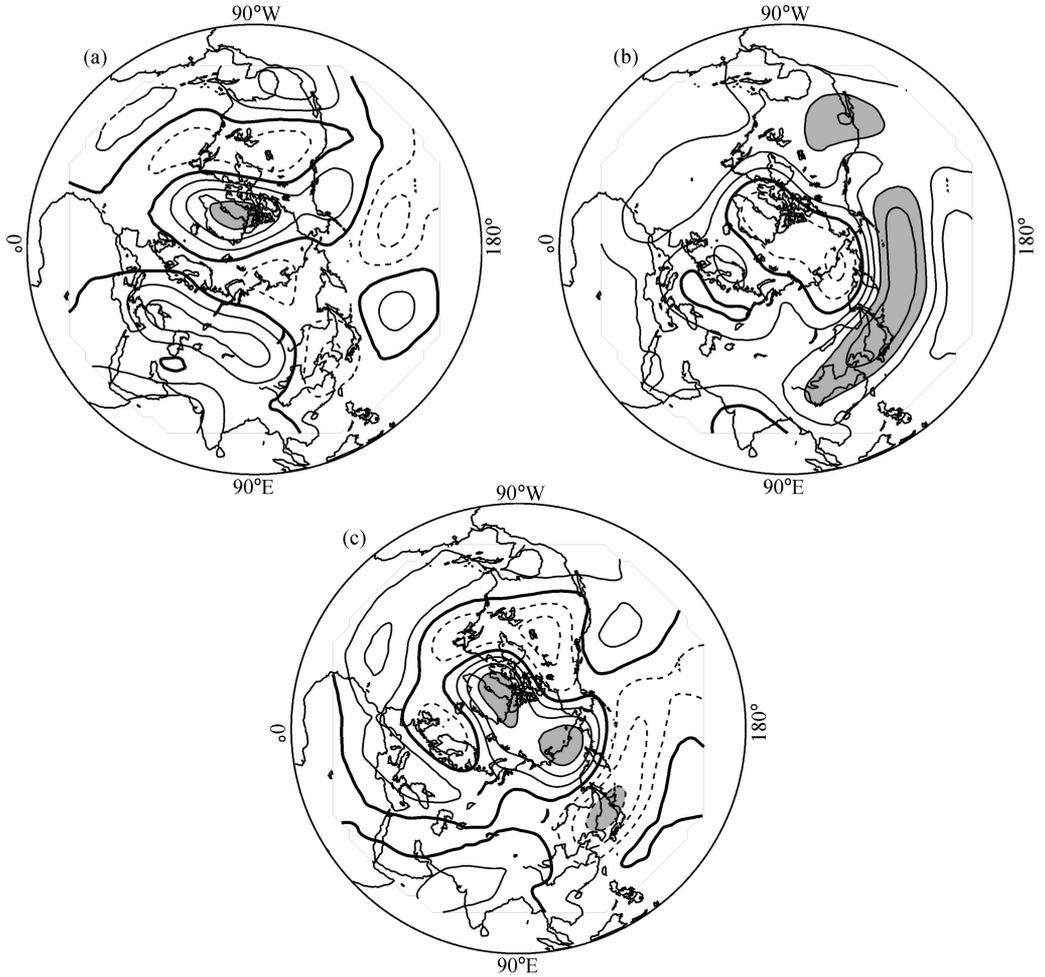


图 6 指数与 500 hPa 高度场的相关分布

(a) I_1 ; (b) I_2 ; (c) I_3

实线: 正相关; 虚线: 负相关; 阴影: 相关系数大于 0.3; 等值线间隔: 0.1

说, 当位于贝加尔湖附近的地面气压偏高, 则 500 hPa 乌拉尔山至贝加尔湖一带位势高度偏高, 而东北亚处于槽区, 东亚中纬度较强的冷空气容易沿西北气流到达东北亚, 使东北亚夏季气温偏低。 I_2 所对应的 500 hPa 高度场的相关分布主要反映了北太平洋副热带高压的活动, 当地面北太平洋副热带高压强时, 对流层中层北太平洋副热带高压偏北, 中高纬度位势高度增高, 50°N 以南基本为正距平控制, 盛行纬向环流, 极地冷空气不易南下, 使得东北亚气温偏高。 I_3 所对应的 500 hPa 高度场的相关分布主要反映了一种阻塞形势, 叶笃正等^[29]就曾指出阻塞形势的建立和崩溃常常伴随着大范围环流形势的强烈转变, 它的长时间维持, 会带来大范围的气候反常现象。当地面鄂海冷高压较强时, 对流层中层东北亚以北的鄂海阻高较强, 由于阻塞高压的存在, 使西风气流被阻挡分支, 一支向东北, 一支向东南, 其南侧的东北亚处在阻塞高压南面的槽中, 冷空气不断侵袭, 造成冷夏。另外, 我们还分析了 1881~1950 年三个指数与 500

hPa 高度场的相关情况,其分布形势与图 6 基本类似(图略),这说明这三个系统与对流层中层 500 hPa 高度场的关系还是比较稳定的。

根据观测资料得到的 500 hPa 高度场仅开始于 1951 年,1881~1950 年 500 hPa 高度距平资料采用的是龚道溢等^[21]利用海平面气压、地面温度及海表温度,用逐步回归的多元统计方法重建的。由于资料来源不同,我们分 1881~1950 年(前 70 年)和 1951~2000 年(后 50 年)两段时间分析。

对 500 hPa 高度场(前 70 年、后 50 年)、东北亚夏季气温序列分别进行了 9 点低频滤波,得到了 500 hPa 高度场的低频变化、高频变化,以及东北亚夏季气温的低频变化、高频变化两部分,然后对东北亚夏季气温的低频与 500 hPa 高度场(前 70 年、后 50 年)的低频部分求相关(简称低频相关),对东北亚夏季气温的高频与 500 hPa 高度场的高频部分求相关(简称高频相关),得到了东北亚夏季气温与 500 hPa 高度场的低频、高频相关图(图 7)。

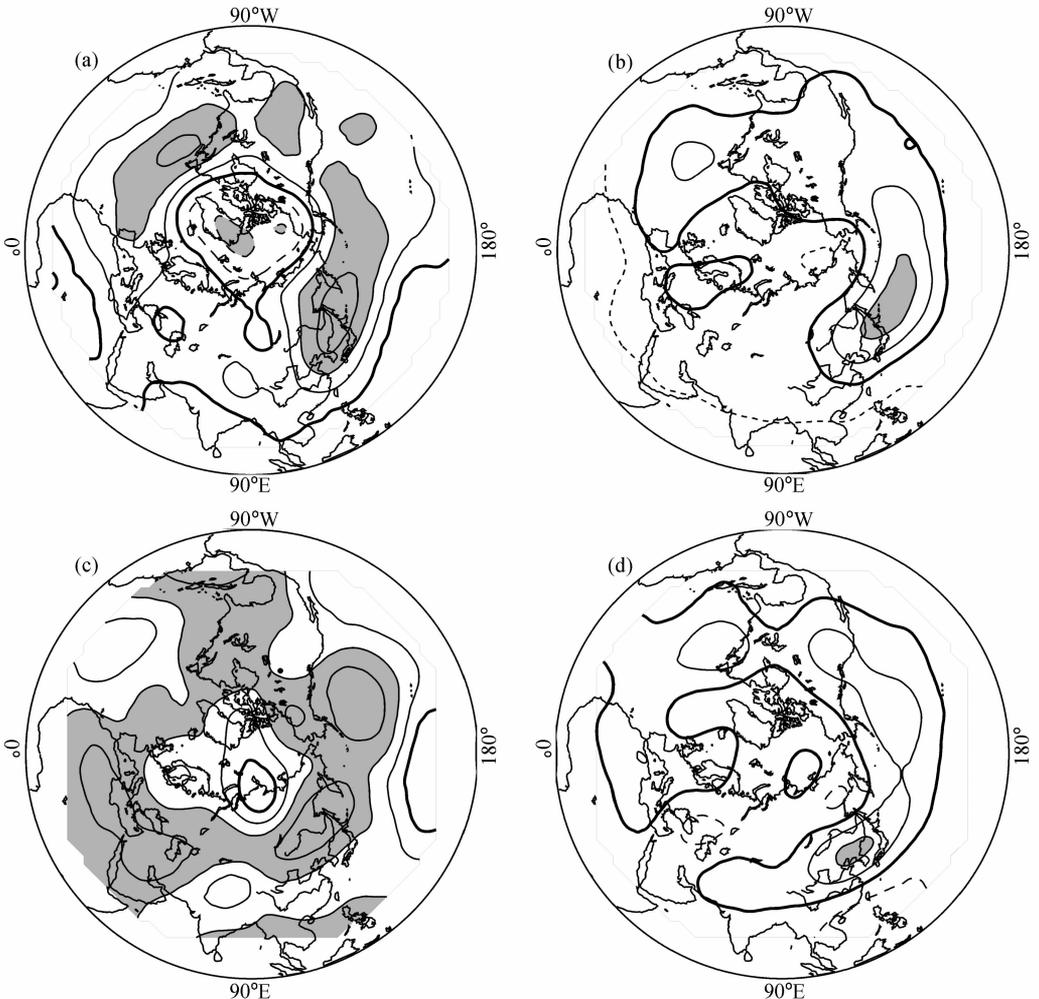


图 7 T_{NEA} 与 500 hPa 高度场的低频、高频相关分布图, (a) 前 70 年低频; (b) 前 70 年高频; (c) 后 50 年低频; (d) 后 50 年高频实线: 正相关; 虚线: 负相关; 阴影: 相关大于 0.4; 等值线间隔: 0.2

从低频相关图可以看到, 前 70 年和后 50 年最明显的不同之处在于, 前 70 年的相关分布主要是中高纬为正相关而极区为负相关, 基本为纬向对称式分布; 而后 50 年全球大部分为正相关, 这说明气候变暖是全球性的, 东北亚夏季气温的低频变化是全球变化的一部分。高频相关前 70 年和后 50 年的差别不大, 全球各地有正有负, 这说明东北亚夏季气温的高频变化可能是局地环流因子在起作用, 在东亚由低纬到高纬均为一正的波列, 也就是说当西太平洋副热带高压和西风带一起北移, 东北亚地区偏暖, 反之则东北亚地区偏冷。

无论前 70 年还是后 50 年, 无论是低频还是高频相关, 东北亚与其上空的 500 hPa 高度场相关都非常密切。我们根据 500 hPa 高度场与东北亚夏季气温的相关分布, 找出相关系数通过 0.01 信度检验的 8 个关键点 (图 8 黑色方块), 对它们求区域平均, 得到与东北亚夏季气温有密切关系的环流指数 H_{NEA} 。

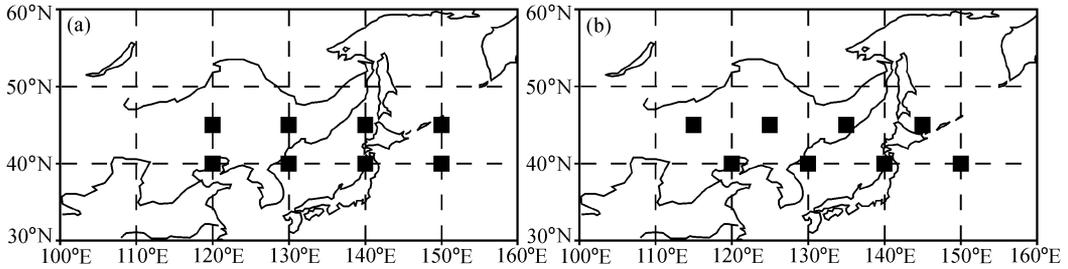


图 8 500 hPa 关键点示意图

(a) 前 70 年; (b) 后 50 年

H_{NEA} 与东北亚夏季气温相关系数为 0.78, 说明这个环流指数的高低, 在相当程度上能够反映东北亚夏季气温的高低。但是用线性回归方法, 以 H_{NEA} 为因子计算得到的东北亚夏季气温的增暖趋势仅为 $0.45^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$ (图 9), 低于 T_{NEA} 的 $0.71^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$ 。这可能说明温室效应不仅通过改变大气环流影响地面气温, 还可能对地面气温有直接辐射影响。另外, 也可能是温室效应对地面气温的影响要强于对对流层中层的影响。

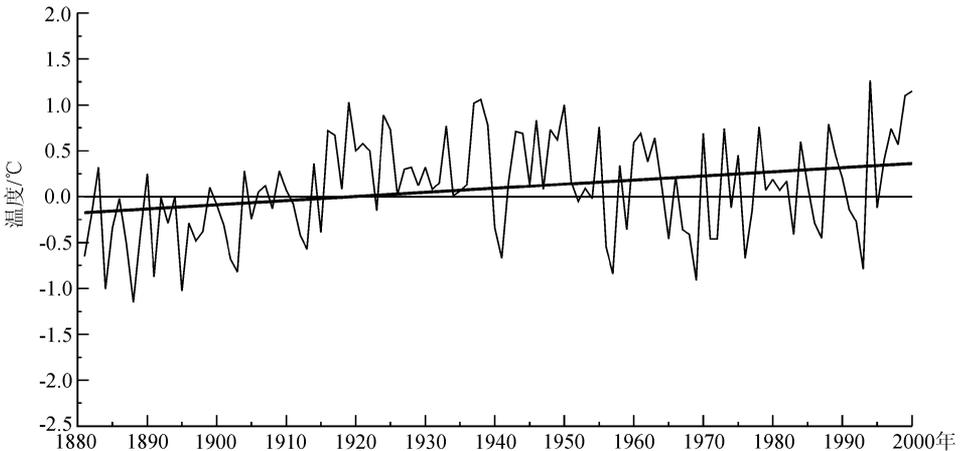


图 9 用 H_{NEA} 拟合 T_{NEA} 曲线 (直线为线性趋势线)

3.4 东北亚冷夏与全球海温的关系

有一些作者^[30,31]指出我国东北夏季低温与 El Niño 事件有关,也有研究^[13]认为前期春季热带西太平洋暖池的海温与东北冷夏关系密切。这里我们对东北亚夏季气温与海温的关系进行一个较为系统的分析。

从 1881 年到 2000 年期间,共发生 30 次 El Niño 事件^[32],在每次 El Niño 事件前 1 年、当年及后一年东北亚冷夏发生的情况见表 3。

表 3 El Niño 前一年、当年、后一年东北亚发生冷夏情况

El Niño 年	前一年	当年	后一年	El Niño 年	前一年	当年	后一年
1881				1941	*	*	
1884		*	*	1951			
1888	*	*		1953			
1891				1957		*	
1896	*	*	*	1963			*
1899				1965	*		*
1902		*		1969		*	
1905		*		1972	*		
1911	*	*		1976		*	
1914	*			1982	*		*
1918				1987			
1923				1991			
1925				1993		*	
1930			*	1994			
1932	*	*		1997			

注: * 为发生冷夏。

统计得出只有 60% 的 El Niño 年在其前后 3 年中东北亚发生了冷夏,这说明 El Niño 事件与东北亚冷夏可能存在一定联系,但关系不十分密切。为了直观地说明全球海温与东北亚夏季气温的关系,分析了前一年秋、冬季到当年春、夏、秋、冬共 6 个季与东北亚当年夏季气温的相关 [图 10 (见图版)]。发现有 3 个显著相关的海域,即西北太平洋、赤道东太平洋及南印度洋到南太平洋新西兰附近的海域。其中西北太平洋的相关区为正相关,主要是同期相关最大;赤道东太平洋的相关区为负相关,在同期及后期(当年秋、冬季)均存在较大相关,这表明东北亚夏季气温的变化超前于赤道东太平洋的海温,但其相关系数的绝对值低于西北太平洋;南印度洋到南太平洋新西兰的海域为正相关区,它从前一年的秋季开始到当年的冬季均存在。

为了定量地研究这 3 个显著相关区的海温与东北亚夏季气温的关系,在每块海域选取相关系数较大的区域求平均作为该海域的海温指数,它们分别是西北太平洋指数 (I_{NWP})、Niño 3.4 区指数、南太平洋指数 (I_{SP}) 及南印度洋指数 (I_{SI})。选取范围见图 11。

计算 T_{NEA} 与这 4 个指数的超前 3 年到滞后 3 年的逐月相关系数 (图 12), I_{NWP} 与东北亚夏季气温同期相关最好,相关系数超过 0.6 以上; Niño 3.4 海温指数与东北亚夏季气温的最大相关在同期及后期 (秋季和冬季); 而 I_{SP} 和 I_{SI} 与同期东北亚夏季气温有较高的正相关,不过在前 1~3 个季也有明显正相关,对于这种关系的机制还需要进一步研究,但是,这可以作为对东北亚夏季气温预测的参考。

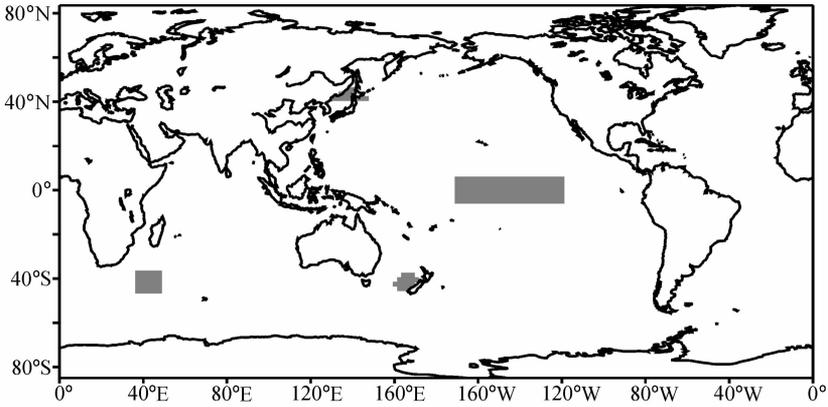


图 11 西北太平洋、Niño 3.4 区、南印度洋、南太平洋海温指数关键区示意图

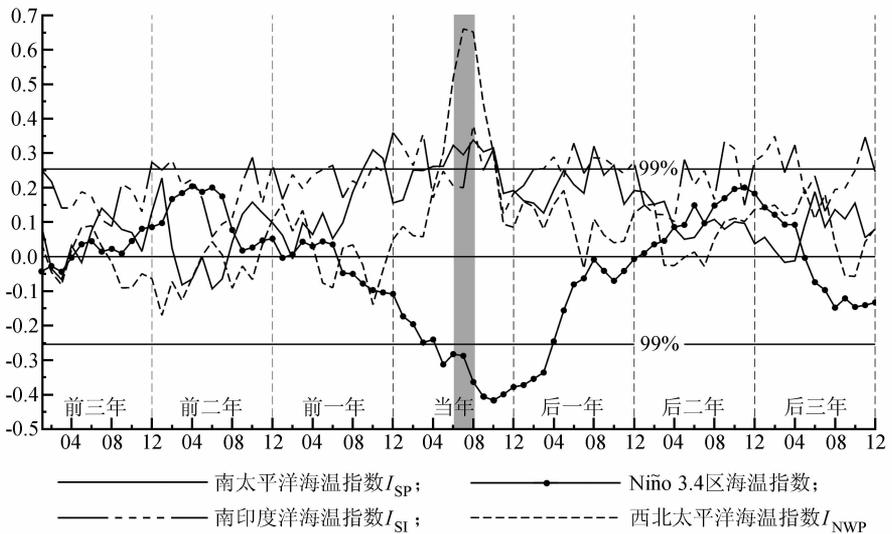


图 12 I_{NWP} 、Niño 3.4 区、 I_{SP} 、 I_{SI} 海温指数与 T_{NEA} 的逐月相关

4 结论

本文通过对 120 年 (1881~2000 年) 东北亚夏季气温变化的研究, 认为东北亚冷夏有明显的年代际变化, 时间尺度为 80 年左右和 30 年左右; 120 年来, 共发生 27 次冷夏, 其中 6 次为严重冷夏。

中纬度冷空气强、鄂海冷高压强、北太平洋副热带高压弱时, 对应着东北亚夏季气温偏低时段, 反之对应着东北亚夏季气温偏高时段。500 hPa 环流场与东北亚夏季气温的低频相关, 受全球气候变暖的影响, 前 70 年与后 50 年有所不同; 而高频部分的相关在前后两段时间基本类似, 说明东北亚夏季气温的高频变化可能是局地环流因子在起作用。

东北亚夏季气温与全球海温场有密切关系: 西北太平洋海温与同期东北亚夏季气

温关系密切; Niño 3.4 区的海温与东北亚夏季气温最大相关在同期及后期(秋季和冬季); 南太平洋海温指数 I_{SP} 及南印度洋海温指数 I_{SI} 与东北亚夏季气温的相关在超前一年的秋季、冬季及同期都有较高的正相关。

致谢: 在研究过程中, 王绍武先生提出了许多宝贵的意见和建议, 使本文增色不少, 在此表示诚挚的感谢!

参 考 文 献

- 1 Arakawa, H., Three great famines in Japan, *Weather*, 1957, **12**, 211~217.
- 2 丁士晟, 东北地区及夏季低温的气候分析及其对农业生产的影响, *气象学报*, 1980, **38** (3), 234~242.
- 3 孙玉亭、王书裕、杨永岐, 东北地区作物冷害的研究, *气象学报*, 1983, **41** (3), 311~321.
- 4 王绍武、赵宗慈, 中国夏季低温冷害, *自然资源*, 1985, (1), 54~59.
- 5 东北低温长期预报方法和理论的研究技术组, 对东北夏季低温长期预报问题的初步认识, 东北夏季低温长期预报文集, 北京: 气象出版社, 1983, 1~8.
- 6 章名立、符淙斌, 我国东北夏季低温与全球气温异常的关系, 东北夏季低温长期预报文集, 北京: 气象出版社, 1983, 89~96.
- 7 章名立、曾昭美, 我国东北地区与全球气温距平的相关系数场, 东北夏季低温长期预报文集, 北京: 气象出版社, 1983, 97~102.
- 8 东北低温科研协作组, 东北地区冷、热夏季的环流特征和海温状况的初步分析及长期预报, 东北夏季低温长期预报文集, 北京: 气象出版社, 1983, 103~126.
- 9 王绍武, 近 400 年东亚的冷夏, 气候——中国科学技术蓝皮书 第 5 号, 北京: 科学技术文献出版社, 1990, 332~336.
- 10 沙文钰、蔡剑平, 太平洋和印度洋表层水温、海平面气压变化关系及对东亚冷夏的影响, *气象学报*, 1994, **52** (1), 117~120.
- 11 姚佩珍, 近四十年来东北夏季低温冷害的气候特征, *灾害学*, 1995, **10** (1), 51~56.
- 12 王敬方、吴国雄, 持续性东北冷夏的变化规律及相关特征, *大气科学*, 1997, **21** (5), 523~532.
- 13 郑维忠、倪允琪, 热带和中纬太平洋海温异常对东北夏季低温冷害影响的诊断分析研究, *应用气象学报*, 1999, **10** (4), 394~401.
- 14 Schlesinger, M. E., and N. Ramankutty, An oscillation in the global climate system of period 65—70 years, *Nature*, 1994, **367**, 723~726.
- 15 Ghil, M., and R. Vatuard, Interdecadal oscillations and the warming trend in global temperature time series, *Nature*, 1991, **350**, 324~327.
- 16 Elsner, J. B., and A. Tsonis, Do bidecadal oscillations exist in the global temperature record? *Nature*, 1991, **353**, 551~553.
- 17 Allen, M. R., P. L. Read, and L. A. Smith, Temperature time-series? *Nature*, 1992, **355**, 686.
- 18 王绍武、朱锦红, 国外内关于年代际气候变率的研究, *气象学报*, 1999, **57** (3), 376~384.
- 19 王绍武, 现代气候学研究进展, 北京: 气象出版社, 2001, 348~370.
- 20 Jones, P. D., T. J. Osborn, K. R. Briffa et al., Adjusting for sampling density in grid box land and ocean surface temperature time series, *J. Geophys. Res.*, 2001, **106**, 3371~3380.
- 21 龚道溢、王绍武, 恢复近百年北半球 500 hPa 高度场的试验, *热带气象学报*, 2000, **16** (2), 148~154.
- 22 Basnett, T. A., and D. E. Parker, Development of the Global Mean Sea Level Pressure Data Set GMSLP2, Climate Research Technical Note No. 79, Hadley Centre, Meteorological Office, 1997.
- 23 Reynolds, R. W., and T. M. Smith, Improved global sea surface temperature analysis using optimum interpolation, *J. Climate*, 1994, **7**, 929~948.

- 24 Parker, D. E., P. D. Jones, C. K. Folland et al., Interdecadal changes of surface temperature since the late nineteenth century, *J. Geophys. Res.*, 1994, **99**, 14373~14399.
- 25 Kaplan, A., M. Cane, Y. Kushnir et al., Analyses of global sea surface temperature 1856~1991, *J. Geophys. Res.*, 1998, **103**, 18567~18589.
- 26 余锦华、丁裕国、江志红, 我国近百年气温变化的奇异谱分析, 南京气象学院学报, 2000, **23** (4), 587~593.
- 27 衣育红、王绍武, 80年代全球气候突然变暖, 科学通报, 1992, **37** (6), 528~531.
- 28 王绍武、叶瑾林, 近百年全球气候变暖分析, 大气科学, 1995, **19** (5), 545~553.
- 29 叶笃正、陶诗言、朱抱真等, 北半球冬季阻塞形势的研究, 北京: 科学出版社, 1962, 135pp.
- 30 许致远、白人海、魏松林, 黑龙江省夏季低温与北太平洋海温异常的联系及其长期预报, 东北夏季低温长期预报文集, 北京: 气象出版社, 1983, 219~223.
- 31 章少卿, 我国东北低温与厄尔尼诺的关系, 气候——中国科学技术蓝皮书 第5号, 北京: 科学技术文献出版社, 1990, 311~316.
- 32 王绍武、龚道溢, 近百年来的 ENSO 事件及其强度, 气象, 1999, **25** (1), 9~13.

Inter Decadal Variability of Cool Summer of Northeastern Asia

Chen Li and Zhu Jinhong

(*Department of Atmospheric Sciences, School of Physics, Peking University, Beijing 100871*)

Abstract Obvious inter decadal variability of summer temperature over northeastern Asia has been found through the analysis of summer temperature over Northeastern Asia. The time scale is about 80 years and 30 years. There are 27 cool summers in 120 years period, and the 6 of 27 cool summers are serious cool summers. The relationship between the circulation mechanism of cool summer and SST has been studied by analysis on SLP, 500 hPa geopotential height and SST. It is pointed out that the inter decadal variability of the summer temperature over northeastern Asia has close relationship with the large-scale circulation and the SST.

Key words: northeastern Asia; cool summer; inter decadal variability; large-scale circulation feature