

# 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析

左洪超, 吕世华, 胡隐樵

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 通过对我国 385 个站的观测资料序列进行分析研究, 得到我国气候变化的一些特征。近 25 年全国平均温度有明显的上升趋势, 只有极少数测站有明显的降温趋势, 华北及东北的广大地区是增温最快、范围最大的地区。全国平均降水量没有明显的变化趋势。逐站分析降水量的年际变化后发现, 我国降水量的变化存在着明显的区域特征, 新疆地区是降水量增加最快的地区; 华中—华北地区的降水则存在明显的减少趋势; 这两个地区的平均降水量都与全球海表温度距平有很好的相关性。文中还利用同期大气再分析资料(NCEP/NCAR)尝试分析了气候变化与大气环流特征的关系。

**关键词:** 气候变化; 变化趋势; 区域特征; 大气环流

**中图分类号:** P467 **文献标识码:** A

## 1 引言

IPCC 第三次气候变化评估报告指出, 在过去的 100 多年里, 大气中  $\text{CO}_2$  浓度明显增大, 使得过去 140 年中全球平均气温升高了  $0.4 \sim 0.8$  , 达到了 1000 年以来的最高值<sup>[1]</sup>。全球大幅度气候变暖, 势将导致降水量的变化。降水量的变化与生态环境及生态安全密切相关, 它必将对水资源、农业和生态系统产生深刻的影响。所以降水量始终是气候变化研究的一个重要方面。

Tucker 等<sup>[2]</sup>应用卫星数据和地面降雨资料指出, 撒哈拉萨赫勒地区 1984 年是 20 世纪最干旱的一年, 植被指数最低, 沙漠扩展到 99.8 万  $\text{km}^2$ , 1985—1997 年条件有所改善, 1997 年年降雨量低于  $200 \text{ mm a}^{-1}$  的沙漠面积减少为 89.3 万  $\text{km}^2$ , 即减少了 12%。

王绍武等<sup>[3]</sup>和丁一汇等<sup>[4]</sup>的研究表明, 我国西北地区的气候变化与全球气候变化基本一致, 目前仍属于暖期。自 20 世纪 60 年代以来, 西北境内冰川面积减少了  $1400 \text{ km}^2$ , 雪线上升了  $30 \sim 60 \text{ m}$ , 冻土面积减少了  $12\% \sim 13\%$ ; 青海湖水位下降  $11 \text{ m}$ , 湖面缩小了  $676 \text{ km}^2$ ; 每年沙漠化土地达  $2642 \text{ km}^2$ , 相当于一个中等县的面积。统计结果还指出, 西北地区 20 世纪以来干旱频率达 37%, 比此前

(1650—1859 年)增加了 19%。

施雅风等<sup>[5]</sup>研究发现, 自 1987 年起新疆以天山西部为主的地区, 出现了气候转向暖湿的强劲信号, 降水量、冰川消融量和径流量连续多年增加, 导致湖泊水位显著上升、洪水灾害迅速增加、植被改善、沙尘暴减少, 新疆其他地区以及祁连山中西段的降水和径流也有增加趋势。针对这些现象, 施雅风等<sup>[5]</sup>提出了我国西北气候可能从 20 世纪的暖干向暖湿转型。这不但给气候变化的理论研究提出了重大挑战, 对国家的经济发展也具有重大的指导意义, 值得深入研究。我国面积大, 占有多个不同的气候带, 又处于世界主要季风区。不同的气候带受不同大气环流形势控制, 我国不同气候带对全球气候变化的响应是不尽相同的。

本文针对这些问题, 利用我国气象台站观测的气候资料, 从较大的空间尺度上进一步研究不同气候区域变化的特征, 试图揭示全国气候变化的某些规律。

## 2 资料与方法

资料包括全国 385 个测站 1951—2000 年间观测的月平均温度和降水量资料, 同期美国 NCEP/NCAR 的月平均再分析资料。逐站分析, 求取各站的年平均温度和降水量的年序列。对各观测站近

收稿日期: 2003-09-11; 改回日期: 2003-11-12

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G1999043400); 中国科学院知识创新工程方向性项目(KZCX3-SW-329)共同资助

作者简介: 左洪超(1964—), 男, 河北人, 副研究员, 主要从事大气物理方面的研究。E-mail: dbliqa@ns.lzb.ac.cn

25 年序列统一进行线性趋势分析，在不考虑单个观测站的个体行为假定下，以各个观测站的变化趋势为依据划分区域，进行区域气候分析。NCEP/NCAR 再分析资料是最新的四维同化资料，在本研究中用于提供大气环流特征。

### 3 观测结果

#### 3.1 普遍变暖事实

近百年来全球温度的增暖主要发生在两个时段：一是 20 世纪 10—40 年代；二是从 70 年代后期开始到现在<sup>[1]</sup>。前一时期的主要增暖区域在北大西洋及其附近地区。而从 1940 年代后期开始到 1970 年代中期，北半球大部分地区的温度则有所下降。从 1976 年以来，北半球中高纬的大陆地区冬季和春季有明显的增暖趋势，年平均气温也表现出显著的上升趋势。特别是最近 20 多年来，增暖的幅度非常大，达到 0.2 / 10a 以上。

图 1 是近 25 年我国各观测站的气温趋势等值线分析。由图 1 可以看出，近 25 年全国增温达 0.5 / 10a 以上的地区有西北地区的中部、华北及东北地区，其它大部分区域增温达 0.25 / 10a。可见，近 25 年来全国气候存在着明显变暖的趋势。在所统计的 385 个测站中除 7 个站外都有明显的变暖趋势。这 7 个观测站的降温趋势多属于观测站的个体行为，在此不予分析研究。全国平均气温(图

略)从 1970 年代开始增温，增温幅度高于全球平均增温水平，只不过不同气候区增温幅度不尽相同。

#### 3.2 降水量的变化及其区域特征

全国平均降水量在 1970 年代减少到极小值点，从 1970 年代到 2000 年间没有明显的变化趋势(图略)。为了能更深入地研究降水量的变化特征，我们将逐站考察近 25 年的年降水量的变化趋势，在不考虑单个观测站的个体行为假定下，以各个观测站的变化趋势为依据划分区域，进行区域气候分析。图 2 是近 25 年全国各观测站降水量变化趋势分布情况。由图 2 所示，降水量的变化趋势分布具有明显的区域特征。在西北的新疆和祁连山地区、东北的东部和西部地区、青藏高原的东南部及华东 6 个地区的降水量有明显的增加趋势。新疆地区降水量的增加趋势无论在范围和强度上都是最大的。同时在西北中部，青藏高原西南部、华中的广大地区至华北地区(下称华中—华北地区)和东北中部 4 个地区的降水量有明显减少趋势。其中华中—华北地区降水量的减少趋势无论在范围和强度上都非常显著。同样我们在此不研究少数有个体行为的站。

我们将按照降水量变化趋势的区域特征分区进行统计分析。图 3 给出了各区域降水量的年变化情况。

降水量有明显增加趋势的地区：

新疆地区：从 1950 年代到 1980 年代中期，降

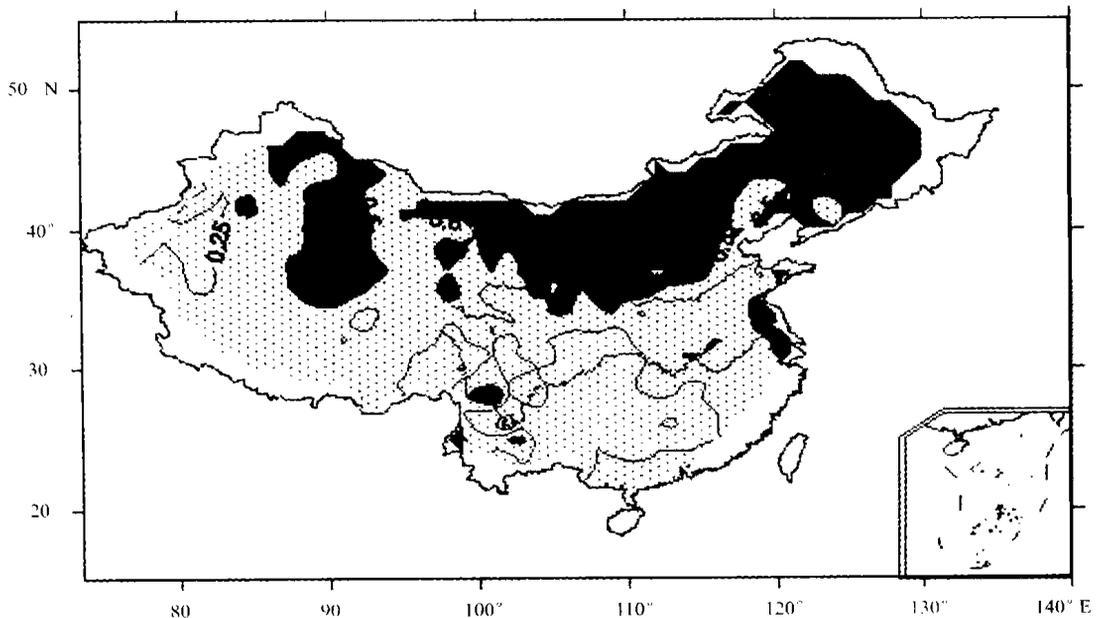


图 1 全国各气象站观测的近 25 年平均气温的变化趋势(单位： / 10a)

Fig. 1 Trend distribution of annual mean air temperature observed by chinese meteorological stations in the last 25 years. (Unit: / 10a)

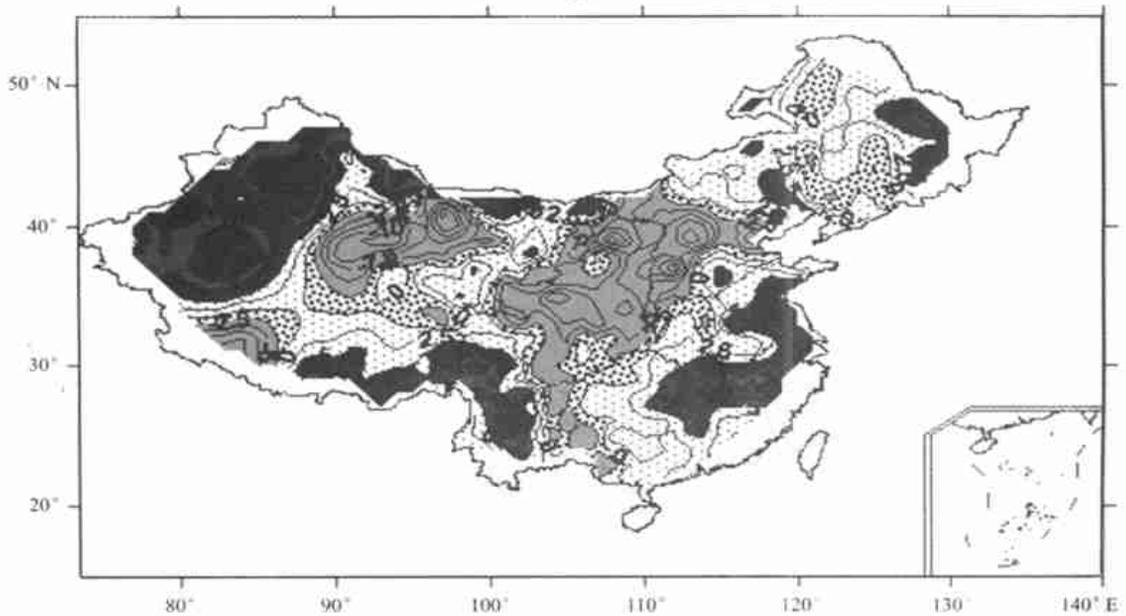


图 2 同图 1, 但为降水量的变化趋势(单位: mm/10a)

Fig. 2 The same as Fig 1, but for annual precipitation. (Unit: mm/10a)

水量的年变化幅度较小, 没有明显的变化趋势; 1980 年代中期到 2000 年, 降水量有明显的增加趋势, 区域总平均降水量比 1950 年代约增加近 30%。

祁连山地区: 在 1950 年代降水偏多, 而 1960 年代降水明显减少, 但从 1970 年代到 2000 年, 区域总平均降水量一直在小幅度增加。

东北西部地区: 在 1950 年代到 1965 年之间降水偏多, 而从 1965 年以后降水明显减少, 这种干旱趋势一直延续到 1980 年代初。从 1980 年代初开始降水量明显增加, 但在 20 世纪末降水量又有明显的减少趋势。

东北东部地区: 与东北西部地区的降水量变化形式相近, 只是变化幅度较小, 20 世纪末降水量也有明显减少的趋势。

青藏高原东南地区: 在 1950 年代降水偏多, 而从 1965 年以后降水量有小幅度减少, 从 1980 年代中期到 2000 年区域总平均降水量有较明显的增加趋势。

华东地区: 在 1950 年代降水偏多, 1960 年代降水偏少, 1970 年代到 1980 年代中期没有明显的变化趋势, 1980 年代中期到 2000 年降水有较明显的增加趋势。

降水量有明显减少趋势的地区:

青藏高原西南地区: 1968 年以前资料缺测, 1970 年代前后几年降水量偏多, 但其后到 2000 年降水量有明显的减少趋势。

西北中部地区: 从 1950 年代到 1960 年代降水量明显减少, 在 1970 年代到 1980 年代中期虽有所缓和, 但从 1980 年代中期到 2000 年降水量有明显的减少趋势。

华中—华北地区: 在 1950 年代降水偏多, 而从 1965 年以后降水明显减少, 这种干旱趋势在 1970 年代虽有所缓和, 但从 1970 年代末干旱加剧, 并一直延续到 1980 年代末和 1990 年代初。在 1980 年代华北干旱相当严重, 区域总平均降水量比 1950 年代约减少 30%。

东北中部地区: 在 1950 年代降水偏多, 而从 1965 年以后降水明显减少, 这种干旱趋势在 1970 年代虽有所缓和, 1980 年代初到 1990 年代初降水量有明显的增加趋势, 但在 1990 年代初到 2000 年间降水量却急剧下降。

全国降水量变化趋势的区域性表明, 造成降水量的大、中尺度气候系统是不同的, 这可能是全国平均降水量对全球性气候异常不敏感的原因所在。

#### 4 大气环流的变化

气候特征与大气环流特征密切相关, 影响降水的最直接因素亦是大气环流。已有的观测研究表明, 近 50 年间大气环流发生了明显变化。如李崇银等<sup>[6]</sup>对北大西洋涛动和北太平洋涛动的分析, 黄荣辉等<sup>[7]</sup>对我国夏季降水特征和华北地区干旱成因的分析中都讨论了大气环流特征的转变问题。

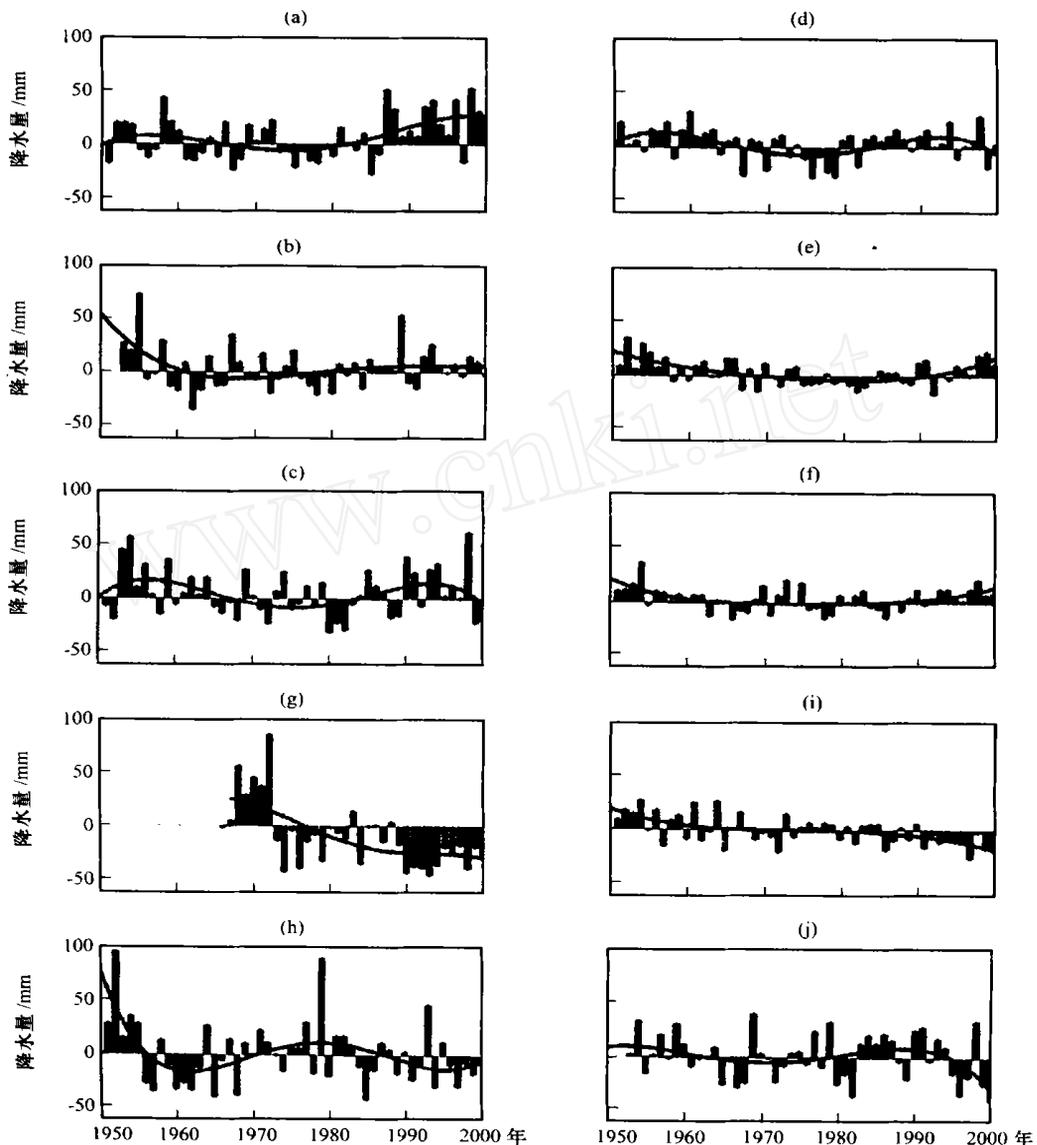


图 3 区域平均年降水量距平百分率的变化(曲线为 4 次多项式拟合线)

(a) ~ (f) 依次为新疆、祁连山、东北西部、东北东部、青藏高原东南部及华东 6 个降水量有明显增加趋势的地区，  
(g) ~ (j) 依次为青藏高原西南部、西北中部、华中 - 华北及东北中部 4 个降水量有明显减少趋势的地区

Fig. 3 Time series of regional averaged annual precipitation anomaly percentage (curve for fourth order polynomial fitting). (a) ~ (f) regions of Xinjiang, Qilian mountain, west of Northeast China, east of Northeast China and Southeast of Qinghai-Xizang Plateau, respectively, (g) ~ (j) regions of southwest of Qinghai-Xizang Plateau, middle of Northwest China, middle-north of China and middle of Northeast China, respectively

ENSO 事件以其对全球广大地区带来严重旱涝等灾害而受到全世界人们的关注。由于海洋和大气的相互作用，海温的异常变化必将影响到大气环流的异常变化。图 4 是 NCEP/NCAR 重建的全球海表温度距平<sup>[8]</sup>。1950 年代到 1970 年代末，海表温度距平尚无明显变化趋势，但从 1970 年代末到 2000 年间，海表温度明显偏高，El Niño 事件发生较多，1976 年到 2000 年共发生 7 次，而较强 La

Niña 事件只发生 3 次。这也是大气环流发生异常变化的一个佐证。分析降水量与全球海表温度距平的相关表明，降水量有明显增加趋势的新疆地区的降水量与全球海表温度距平成正相关，相关系数为 0.47；降水量有明显减少趋势的华中—华北地区的降水量与全球海表温度距平成反相关，相关系数为 -0.44。它们的相关均通过 99% 的信度检验。

众所周知，相关并不能完全解释事物的成因。

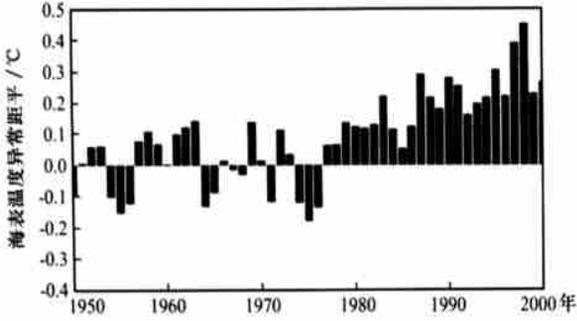


图 4 NCEP/NCAR 重建的全球年平均海表温度异常距平(单位: )

Fig. 4 The global mean sea surface temperature anomaly reconstructed by NCEP/NCAR. (Unit: )

为此,我们利用美国 NCEP/NCAR 再分析资料大气环流与空中水汽的变化来解释我国降水量的变化。由于 NCEP/NCAR 再分析资料的适用性已有许多讨论<sup>[9~12]</sup>,本文主要对比分析1987—2000年与1961—1986年两时段500 hPa 平均环流的区别。20世纪60—80年代中期,冬季(12月~翌年2月,

图略),与50年平均相比,大西洋副热带高压偏弱(位势高度负距平),欧洲大槽偏弱(位势高度正距平),乌拉尔山高压脊偏强偏东(位势高度正距平),东亚大槽加强(位势高度负距平)。这种形势使得我国的西北风比正常年偏大,南风分量偏小,干冷空气强,暖湿空气弱,不利于降水的产生。80年代中期至2000年,冬季(12月~翌年2月,图5),大西洋副热带高压偏强(位势高度正距平),欧洲大槽偏强(位势高度负距平),东亚大槽偏弱(位势高度正距平)。这样一来,我国西北风偏弱,南风分量偏强,有利于源自印度洋及大西洋的水汽向北输送,西风输送的水汽也在增强,有利于凝结降水。

夏季(6~8月,图略),20世纪60—80年代中期,与50年平均相比,大西洋副热带高压和西太平洋副热带高压接近平均态(位势高度距平很小),在我国80°~120°E中纬度气压稍微偏低(位势高度有较小的负距平)。这种形势使得我国大部分地区的降水量呈现接近平均、且变化幅度较小的状态。80年代中期至2000年,夏季(6~8月,图6),大西洋副热带高压和西太平洋副热带高压偏强(位势高度为正距平),但大西洋副热带高压主要表现为位置

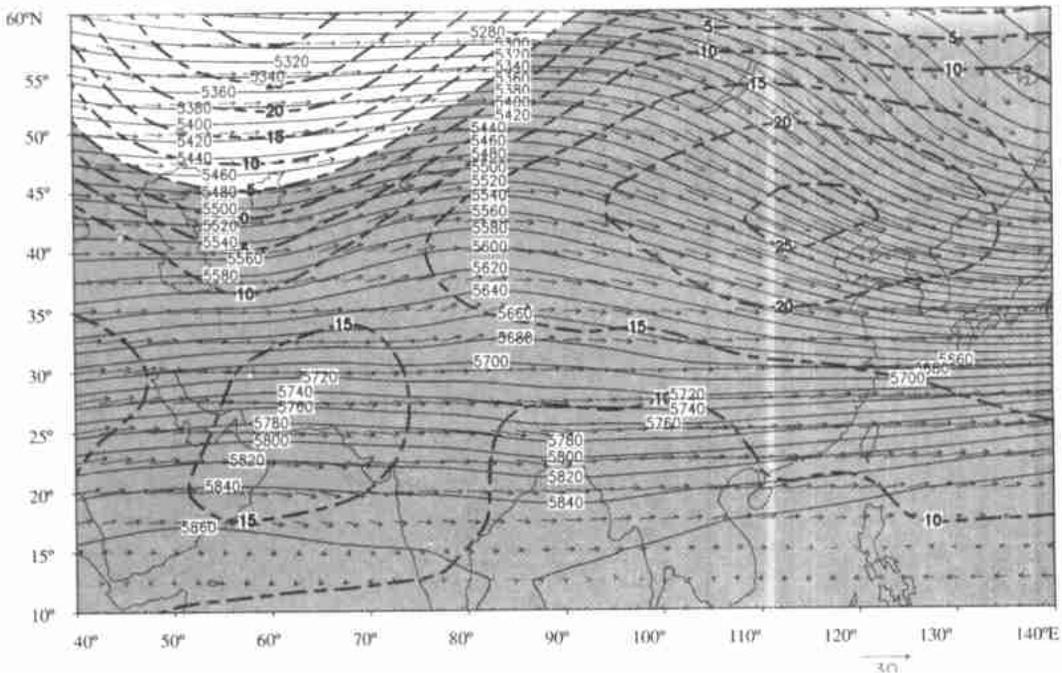


图 5 1980 s 中期至 2000 年冬季 500 hPa 平均高度场、风场和相对于最近 50 年平均的高度距平场 (黑色覆盖的为高值区)

Fig. 5 Winter mean streamline field and geopotential height from middle of 1980 s to year 2000 at 500 hPa and its departure from the last 50 year mean geopotential height. High value region is covered by dark colour

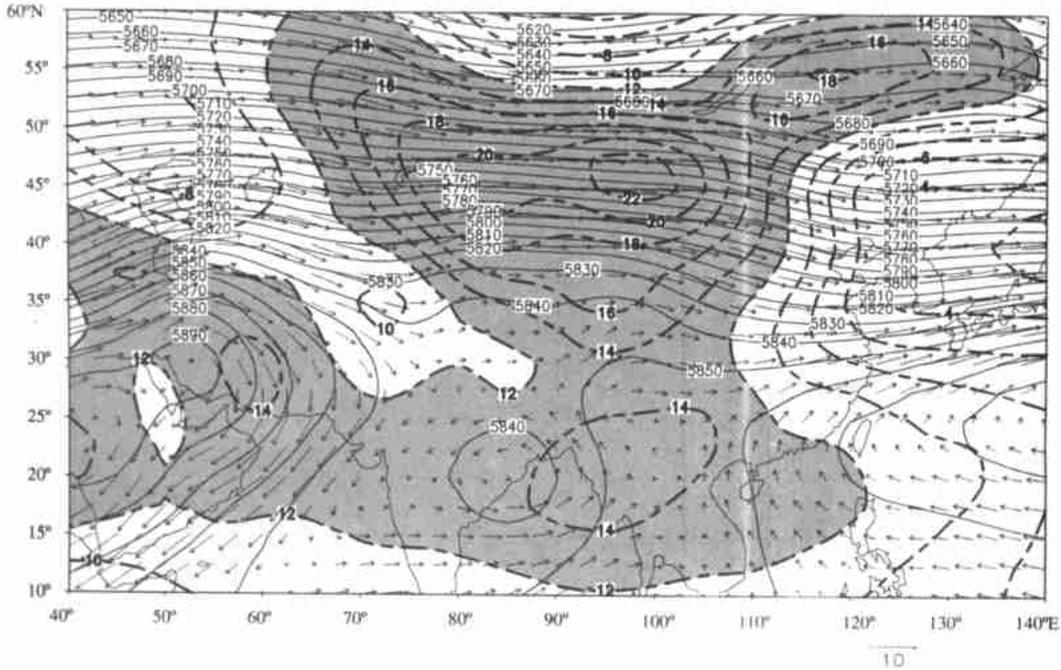


图 6 同图 5, 但为夏季

Fig. 6 The same as Fig 5, but for summer

偏东北, 西太平洋副热带高压表现为位置偏西, 在我国  $80^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{E}$  中纬度为一个高压维持(位势高度为正距平), 而在盐海—巴尔喀什湖为低压槽维持(位势高度为负距平)。这样一来, 可能造成华西南和华东降水量增加; 而来自大西洋副热带高压的西边气流可以较多地将水汽输送到新疆地区, 造成新疆地区降水偏多; 相反在华中—华北地区, 其上空位于高空高压脊和日本上空低压槽之间, 盛行偏北风, 夏季风不容易到达华北, 造成华北少雨。这一分析结果与李栋梁等<sup>[13]</sup>利用 NCEP/NCAR 再分析资料采用 1987—1999 年和 1961—1986 年两个时段之差分析所得结果一致。

## 5 结论与讨论

利用我国 385 个测站的观测资料序列和同期 NCEP/NCAR 再分析资料, 分析了近 50 年我国气候变化的一些特征。特别是以气象站观测的近 25 年降水量的变化趋势划分气候区域, 分析了近 50 年我国区域平均降水量的变化特征, 并用 NCEP/NCAR 再分析资料探讨了这种特征形成的原因。现将结果归纳如下:

(1) 50 年来, 全国平均气温变化趋势与全球平均气温变化趋势一致。特别是从 1970 年代开始的增温, 增温幅度高于全球平均增温水平。西北地区中部、华北及东北的广大地区是增温最快、范围

最大的地区。

(2) 从 1970 年代开始, 全国平均降水量无明显变化趋势, 但区域平均降水量的变化趋势明显。不同气候区域的降水量变化趋势是不同的。全国有 6 个地区的降水量有明显的增加趋势, 4 个地区的降水量有明显的减少趋势。新疆地区降水量的增加趋势无论在范围和强度上都是最大的, 而华中—华北地区降水量的减少趋势无论在范围和强度上都非常显著。

(3) 新疆、华中—华北两地区的平均降水量都与全球海表温度距平高度相关。而且它们的变化特征与大气环流的变化特征一致。

降水与原始生产力息息相关。西部干旱地区降水量的明显增加对于我国生态环境的改善无疑是有极大的帮助; 同时半干旱和半湿润地区的降水量持续地减少亦是一个极大的隐患。以目前我国的生产力分布来看, 现在的气候特征对我国的影响可能是弊大于利, 这应当引起足够的重视。

目前对引起大气环流变化的因子的理解和认识还很不足, 当然我们还无法准确地预测现在的这种气候形态还能持续多久, 当前有“百年说”<sup>[11]</sup>和“千年说”<sup>[14]</sup>两种论点, 它们都出自于古气候的研究。众所周知, 气候系统中的水文循环涉及到地球科学系统的各个子系统, 它是气候系统中动力、热力过程共同作用的结果, 这正是气候水文循环的复杂的

原因,也是气候工作者一直研究的重点和方向。

### 参考文献

- [1] IPCC Report. Climate Change 2001: The Scientific Basis[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 140 - 165
- [2] Tucker C J, S E Nicholson. Variation in the size of the Sahara desert from 1980—1997[J]. *Ambio*, 1999, 28: 587 - 591
- [3] 王绍武,董光荣主编. 中国西部环境评估[M]. 见: 秦大河总主编. 中国西部环境特征及其演变(第一卷). 北京: 科学出版社, 2002. 71 - 145
- [4] 丁一汇,王守荣. 中国西北地区气候与生态环境概论[M]. 北京: 气象出版社, 2001. 77 - 154
- [5] 施雅风,沈永平,胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. *冰川冻土*, 2002, 24(2): 219 - 226
- [6] 李崇银,李桂龙. 北大西洋涛动和北太平洋涛动的演变和 20 世纪 60 年代的气候突变[J]. *科学通报*, 1999, 44(16): 1765 - 1769
- [7] 黄荣辉,徐予红,周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J]. *高原气象*, 1999, 18(4): 465 - 476
- [8] Smith T M, R W Reynolds, R E Livezey et al. Reconstruction of historical sea surface temperatures using empirical orthogonal functions[J]. *J Climate*, 1996, 9: 1403 - 1420
- [9] 苏志侠,吕世华,罗四维. 美国 NCEP/NCAR 40 年全球再分析资料及其解码和图形显示软件简介[J]. *高原气象*, 1999, 18(2): 199 - 208
- [10] 苏志侠,吕世华,罗四维. 美国 NCEP/NCAR 年全球再分析资料及其初步分析[J]. *高原气象*, 1999, 18(2): 209 - 218
- [11] 魏丽,李栋梁. 青藏高原地区 NCEP 再分析地面通量资料的检验[J]. *高原气象*, 2003, 22(5): 478 - 587
- [12] 魏丽,李栋梁. NCEP/NCAR 再分析资料在青藏铁路沿线气候变化研究中的适用性[J]. *高原气象*, 2003, 22(5): 488 - 494
- [13] 李栋梁,魏丽,蔡英等. 中国西北现代气候变化事实与未来趋势展望[J]. *冰川冻土*, 2003, 25(2): 135 - 142
- [14] 汤懋苍,高晓清,朱德琴. 本世纪西北气候可能转型的依据和原因分析[J]. *冰川冻土*, 2003, 25(2): 170 - 173

## Variations Trend of Yearly Mean Air Temperature and Precipitation in China in the Last 50 Years

ZUO Hong-chao, L Ü Shi-hua, HU Yin-qiao

(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract :** Some characteristics of climate changes are gained by analyzing 385 Chinese Meteorological Stations Data (CMSD). The results show that the variations of annual mean air temperature of CMSD except for a few stations are obvious increase warming trend, North and Northeast China is annual mean air temperature rapid increasing and the warmest region. The China-averaged precipitation has no obvious trend. The analysis of variation of CMSD shows that the China precipitation varies with different regions. The area-averaged precipitation is the increasing trend in most of Xinjiang, while the area-averaged precipitation is obvious decreasing trend in central and north China. Both the annual area-averaged precipitations have good correlations with global mean sea surface temperature. These climate change characteristics are explained by general circulation of atmosphere with reanalysis data (NCEP/NCAR) in this paper.

**Key words :** Climate change; Change trend; Regional characteristics; General circulation of atmosphere