

我国西北地区降水强度、频率和总量变化

杨晓丹¹, 翟盘茂²

(1. 中国气象科学研究院研究生院, 北京 100081; 2. 中国气象局国家气候中心, 北京 100081)

〔摘要〕 利用西北地区 120 个测站 1954–2003 年逐日降水观测资料, 采用 REOF 将我国西北地区降水变化划分为东西两部分进行研究, 分析了近 50 年来西北地区东西部降水强度、频率和总降水量变化趋势以及它们之间的联系。结果表明: 西北地区降水量的增多主要是西北西部降水量的增多引起的; 西北西部年降水频率呈增加趋势, 年平均降水强度也呈增强趋势, 而西北东部年平均降水强度增强, 年降水频率却呈显著减少趋势。

〔关键词〕 西北地区, REOF, 年降水量, 降水频率, 年平均降水强度

〔中图分类号〕 P457.6

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1000-7857(2005)06-0024-03

Changes in Precipitation Intensity, Frequency and Total in Northwest China

YANG Xiao-dan¹, ZHAI Pan-mao²

(1. Graduate School, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China;

2. National Climate Center, China Meteorology Administration, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on daily precipitation data from 120 stations in Northwest China (NWC) between 1954 and 2003, the changes in precipitation are studied by dividing NWC into two subregions based on REOF analysis. Furthermore, changes in precipitation intensity, frequency and total are investigated. The results are as follows: increase of total precipitation in northwest China is due to precipitation increase in WNW; both precipitation frequency and intensity have increased in WNW, while the intensity and frequency have decreased in ENW.

Key Words: northwest China, REOF, precipitation, precipitation frequency, mean annual precipitation intensity

CLC Number: P457.6

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2005)06-0024-03

1 引言

一些研究表明, 20 世纪 80 年代和 90 年代, 全球中高纬度大陆的大部分地区降水量明显增加。我国不同区域的降水也发生了显著变化, 其中西北地区降水增加相当显著(翟盘茂等, 1999)。但由于西北地区地域辽阔、地貌复杂多样、气候要素分布不均, 因此, 降水的时空分布很不均匀。施雅风等(2003)认为, 我国西北地区气候变化正经历着由暖干

向暖湿转变, 这一转变在西北西部包括新疆、河西西部、祁连山区和青海部分地区表现得更加明显, 呈现气温升高、降水量增加的趋势。而西北东部目前仍比较干旱, 温度在升高, 降水量却未有增加。但以往的研究主要是对降水总量的分析, 而降水总量变化的同时, 降水强度和降水频率变化特征到底如何, 却没有深入研究。本文利用全国 1951 年以来丰富的逐日降水资料, 重点探讨我国西北地区降水强度、频

收稿日期: 2005-04-14

作者简介: 杨晓丹, 北京市海淀区中关村南大街 46 号中国气象局中国气象科学研究院研究生院, 硕士生, 主要从事气候极端事件及气候变化的诊断研究; E-mail: yxd36041409@163.com

翟盘茂, 中国气象局国家气候中心, 研究员, 主要从事气候极端事件及气候变化的诊断研究; E-mail: pmzhai@cma.gov.cn

- 184
- [2] Moore E S, Coal (1922), John Wiley, Sons, Inc., New York, 2nd ed., 1947, 1~473
- [3] 贾明生, 陈恩鉴, 赵黛青. 煤炭液化技术的开发现状与前景分析[J]. 中国能源, 2003, (3): 13~17
- [4] 俞珠峰. 洁净煤技术发展及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004. 1~220
- [5] 舒歌平. 煤炭液化技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2003. 1~353
- [6] 王建设, 候渡舟. 余胜煤炭液化基地的投资估算与财务评价[J]. 西安建筑科技大学学报(社会科学版), 2002, 21(4): 57~61

- [7] 段中会, 鲁文宇, 侯飞龙. 试论榆神矿区煤炭液化项目的建设[J]. 陕西煤炭技术, 2000, (4): 11~15
- [8] 孙柏铭, 严瑞. 生命周期评价方法及在汽车代用燃料中的应用[J]. 现代化工, 1998, (7): 34~39
- [9] 胡社荣, 吴因业, 候慧敏. 等. 西北侏罗系煤成油研究中的煤田地质学方法[J]. 石油学报, 1997, 18(4): 14~18
- [10] 金嘉路, 史士东, 吴春来. 煤油共炼技术的研究和开发[J]. 洁净煤技术, 1996, (1): 25~27
- [11] 杜铭华, 舒歌平. 我国煤炭液化技术产业化前景展望[J]. 现代化工, 2002, 22(9): 1~5

(责任编辑 肖庆山)

率和总量的变化。

2 资料和方法

资料选用中国气象局气象信息中心 743 个测站 1954–2003 年近 50 年的逐日降水量观测资料。对降水量、降水强度及频率的变化趋势研究需要建立在完整的高分辨率资料之上。尽管考虑到降水变化局地性强,同时我国西北地区站点较少,缺测的资料又较多等特点,但为了保持资料的准确性和完整性,因此,本文在研究中仍要求资料必须满足以下条件:① 资料时段应包括气候平均场(1971–2000 年),长度不少于 30 年;② 每年缺测的资料日数不超过年总日数的 10%;③ 降水资料必须在特定变化范围内。最终选取了 1954–2003 年期间西北地区 120 个测站的数据进行研究。

考虑到西北地区降水量变化分布不均匀的特点,本文运用旋转经验正交函数(EOF)展开方法对西北地区降水变化进行分型。EOF 方法可以较好地反映不同地域的变化和相关分布状况,揭示主要的变化模式。

为去掉 10 天以下的天气过程的影响,对 1971–2000 年中同日的资料按升序排列,选取序列的中位数作为该日的气候参照值,这样依次可以得到 366 个气候参照值,然后将其结果做 21 点的二项式平滑处理,从而滤去异常值的影响。

考虑到西北地区降水量较少,降水量的绝对变化趋势(mm/10 年)不明显,因此,本文在表示降水量趋势时采用相对趋势(%/10 年),即降水量趋势占多年平均(1971–2000 年)降水量的百分比。

为了检验变化趋势显著性,本文利用 Kendall-tau 检验。该方法是用于检验时间序列变化趋势的非参数检验方法。统计量

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)(t_j - t_k) \quad (1)$$

如果

$$\begin{cases} (x_j - x_k) \neq 0, n_1 = n_1 + 1 \\ (t_j - t_k) \neq 0, n_2 = n_2 + 1 \end{cases} \quad (2)$$

则

$$\tau = \begin{cases} s/\sqrt{n_1 n_2}, n_1 \neq 0, n_2 \neq 0 \\ 0, n_1 = 0 \text{ 或 } n_2 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

式中: x 为某个气象要素, t 为时间。给定显著性水平 α ,在本文中取 0.05,若 $\tau < t_\alpha(t_\alpha = 1.96)$,则认为趋势是显著的。

3 REOF 分析

我国西北地区地貌复杂多样,受地形影响降水分布很不均匀。多数地区降水量不多,属于温带大陆性干旱、半干旱气候,只有东南部边缘地带和新疆西部山地分别受季风和西风环流影响,降水略多,出现温带半湿润季风气候和温带山地湿润气候(丁一汇等,2001)。

为了更好地揭示西北地区降水量变化的分布状况,本文对西北地区 120 个测站年降水量进行旋转经验正交函数展开(EOF),旋转后的特征向量和旋转荷载量较好地反映了年降水量场的空间分布特征。具体方法是用 North 特征

值误差范围来确定旋转特征向量的个数,取前 8 个荷载向量及其对应的主成分参加旋转。旋转后,荷载向量反映了年降水量的空间分布特征,高荷载集中在某一较小区域上。旋转后的方差贡献则反映出旋转的特征向量所占的比重。

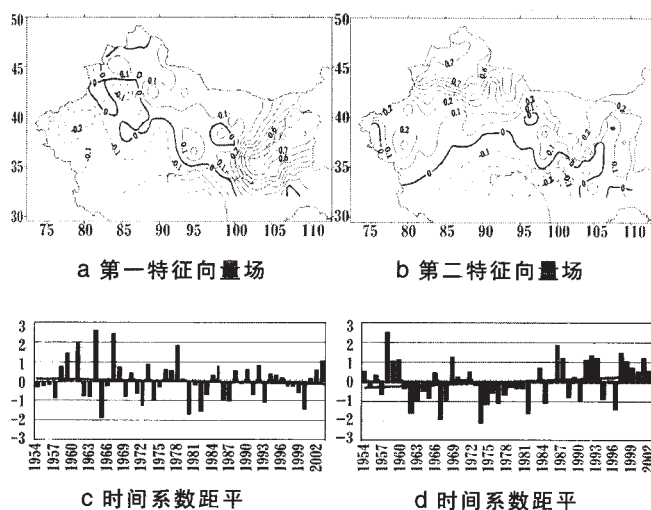


图 1 西北地区年降水量 REOF 展开空间模式及其时间系数距平变化曲线

图 1a 和图 1c 是西北地区 120 个站点年降水量 REOF 展开空间模式,两幅图反映出西北地区年降水量变化的两种空间型。图 1a 是年降水空间分布的第一特征向量场,方差贡献为 15.25%。从图中可以看出,西北大部分地区为正值分布,高荷载中心占 50% 以上比重,中心在甘肃省东部、宁夏和陕西,最大值可以达到 0.83;而只有新疆南部和青海西南部为较小负值。时间系数变化(图 1c)反映出降水具有年代际变化特征,西北西部,尤其是新疆南部地区降水量呈增多趋势。西北东部降水量在 20 世纪 80 年代以前是增多的,但在 80 年代以后降水量变化呈减少趋势,特别是在 90 年代减少趋势更为明显。图 1b 是第二特征向量场的分布状况,方差贡献为 13.45%。第二特征向量场反映出西北地区年降水量变化的另一种空间型。由图中能够看出,高荷载中心位于新疆北部,最大值超过 0.7。时间系数变化(图 1d)反映出,20 世纪后期以来这种分布结构更为明显,西北地区中西部降水量有明显增多的趋势,而东部降水量持续偏少。与黄玉雷等(2004)的研究相比,本研究中降水偏多的区域有所增加,可能是由于本文研究的年代更长,特别是 1998 年以后至 2003 年西北地区降水量明显偏多的缘故。

为了更细致地分析西北地区降水变化的时间演变和空间分布特征,本文在 REOF 分析的基础上,将西北地区划分成东部和西部分别进行分析研究。结合图 1a,本文将以宁夏银川为中心,54 个测站划分为东部区,其余的 66 个测站为西部区。为了检验分区的合理性,计算了两部分降水量序列的相关系数,得到相关系数为 -0.8,呈显著负相关。这表明两区的划分基本是合理的。

4 西北地区东、西部年降水量、降水频率和降水强度的变化

上述分析反映出,西北地区年降水量分布不均匀,东部和西部有很大差异。那么,两区降水究竟是怎样变化的?降水频率、降水强度变化和年降水量之间的联系如何?以下将

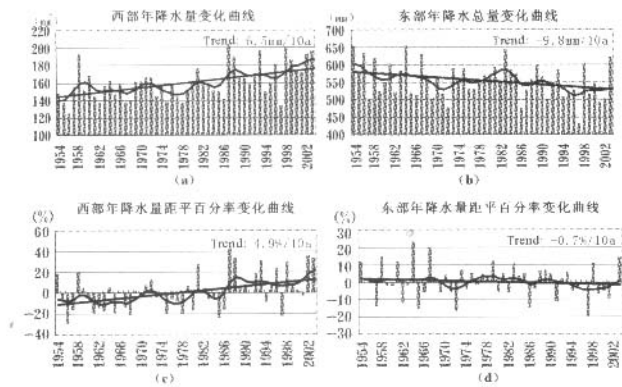


图 2 西北地区东西部年降水量
和年降水量距平百分率变化曲线
(平滑曲线为 21 点平滑后的曲线, 直线为趋势线)

进一步探讨这些问题。

1) 年降水量的变化

图 2a 和图 2b 分别为西北地区西部和东部年降水量变化曲线, 从两张图中可以看出, 西北西部降水量小于东部, 并且东部和西部年降水量变化呈相反趋势, 西部增加, 趋势为 6.5 mm/10 年, 特别是 20 世纪 90 年代后期以后, 年降水量显著增加; 而东部降水量则明显减少, 趋势达到 9.8 mm/10 年。尽管西部年降水量增量的绝对值不大, 但从西北西部和东部年降水量距平百分率变化(图 2c 和图 2d)上看, 增加趋势却达到 4.9%/10 年, 远大于东部下降的百分率。

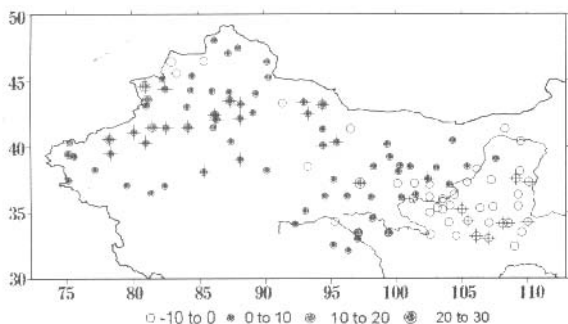


图 3 西北地区年降水量
距平百分率变化空间分布(单位: %/10 年)
(十字符号表示信度达到 5%)

从年降水量距平百分率变化的分布(图 3)也能够看出, 西北地区东西部的年降水量变化有很大差异。西北西部的年降水量比气候平均场显著增多, 尤其是新疆中部和甘肃河西走廊西段, 部分地区趋势可达每 10 年 20%~30%, 这与翟盘茂(1999)的研究结果较为一致, 而东部明显减少, 主要表现在陕西南部。因此, 西北地区降水量的增加(翟盘茂等, 1999)主要是西北西部降水量的增加引起的。

2) 年降水频率和年平均降水强度的变化

图 4 表明, 西北地区西部和东部年降水频率(图 4a 和 4b)和年平均降水强度(图 4c 和 4d)都发生了显著的变化。西北西部年降水频率呈增加趋势, 降水强度也呈增强趋势。西部年降水频率在 20 世纪 80 年代中期到 90 年代初, 以及 90 年代后期以后降水频率显著增多, 90 年代初期到后期降水频率较少。东部与西部不同, 年降水频率显著减少, 减少

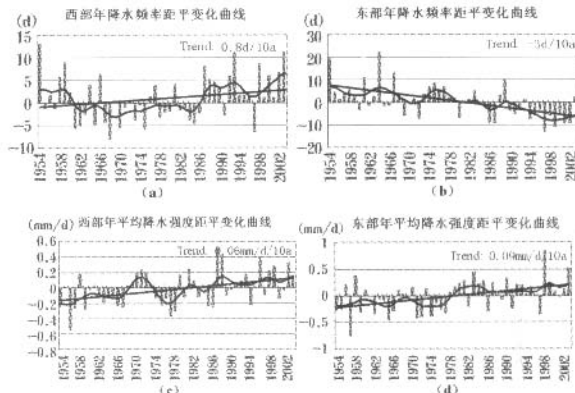


图 4 西北地区东西部年降水频率
和年平均降水强度距平变化曲线
(平滑曲线为 21 点平滑后的曲线, 直线为趋势线)

趋势可达 3 天/10 年, 尤其是 80 年代后期以后, 基本为负距平, 降水频率显著减少, 而年平均降水强度却呈 0.09mm/10 年的增强趋势。

可见, 西北西部降水量的增加是降水频率和降水强度共同引起的, 而东部降水量的减少则主要是降水频率的显著减少引起的。

5 结论

以上通过对 1954–2003 年我国西北地区 120 个测站逐日降水观测资料的分析, 得到下述主要结论。

- 1) 我国西北地区受地形影响, 总降水量空间分布不均匀, 利用 REOF 方法得到西北地区降水量分布的两种空间型, 将西北地区划分为东部和西部两部分。
- 2) 在全球变暖气候背景下, 我国整个西北地区近 50 年来年总降水量呈增加趋势, 但东西部有所不同, 即西部增加, 而东部减少。西北地区降水量的增多主要是西北西部降水量的增多引起的。
- 3) 西北地区东西部年降水频率和年平均降水强度都发生了显著的变化: 西北西部年降水频率呈增加趋势, 年平均降水强度也呈增强趋势; 西北东部年平均降水强度增强, 而年降水频率却呈显著减少趋势。

参考文献(References)

- [1] Karl T R, R W Knight. Secular trends of precipitation amount frequency, an intensity in the USA [J]. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 1998, 79: 231~241
- [2] 施雅风, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估[M]. 北京: 气象出版社, 2003. 1~24, 60~80
- [3] 翟盘茂, 任福民, 张强. 中国降水极值变化趋势检测[J]. *气象学报*, 1999, 57(2): 208~216
- [4] 黄玉霞, 李栋梁, 等. 西北地区近 40 年年降水异常的时空特征分析[J]. *高原气象*, 2004, 23(2): 245~252
- [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(3): 219~226
- [6] 黄山江, 王谦谦, 刘星燕. 西北地区春季和夏季降水异常特征分析[J]. *南京气象学院学报*, 2004, 27(3): 336~346
- [7] 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. 1~74

(责任编辑 肖庆山)