

文章编号: 1000-2022(2004) 03-0336-11

## 西北地区春季和夏季降水异常特征分析

黄山江<sup>1</sup>, 王谦谦<sup>1</sup>, 刘星燕<sup>2</sup>

(1. 南京气象学院 大气科学系, 江苏 南京 210044;

2. 张家口气象局, 河北 张家口 075000)

**摘要:** 用 EOF 分析方法选取西北地区 29 个代表站, 分别对其春季和夏季近 50 a 降水进行年际变化和年代际变化时空特征分析, 发现西北地区近 50 a 降水时空趋势变化以 103°E 为基准线, 以西为正, 以东为负, 并有准 3 a 的振荡周期; 20 世纪 80 年代中期西北地区春季降水出现了气候突变, 西北地区多、少雨与 500 hPa 高度场和副热带高压的位置和强弱密切相关。

**关键词:** 西北地区; 降水异常; 合成分析

**中图分类号:** P467      **文献标识码:** A

我国西北地区包括新疆、甘肃、宁夏、青海和陕西五省、自治区, 位于东亚内陆, 横跨青藏高原、蒙古高原和黄土高原, 境内有南疆盆地、河西走廊、帕米尔高原以及天山、秦岭等高山, 地形复杂, 天气气候多样, 是世界同纬度最干旱的区域之一。早在 1982 年徐国昌等<sup>[1]</sup>就指出: 35°N 以北的青藏高原北侧、东北侧的年降水量有准 3 a 周期; 李栋梁<sup>[2]</sup>认为, 西北地区受青藏高原的影响, 缺乏水汽来源, 降水少且稳定性差; 马镜娴<sup>[3]</sup>通过在原序列中滤去显著周期波动, 计算了甘肃省干旱半干旱区降水量信噪比, 发现其分布有一定气候意义; 严中伟<sup>[4]</sup>分析华北海河流域的旱涝跃变, 指出西北地区兰州与西宁的跃变参考点一致。王秀荣等<sup>[5]</sup>利用近 41 a 的测站降水资料, 运用旋转经验正交函数分解(EOF)以及功率谱分析等方法分析发现, 西北地区夏季降水区域性较强, 存在多时空尺度特征, 且平均具有准 3 a 和准 4.8 a 的周期变化。

由于西北地区地理差异太大, 以往研究多集中于各个省区的气候研究<sup>[6-9]</sup>, 把西北地区作为一个区来讨论的不是很多。本文用 EOF 分析方法选取西北 29 个代表站, 着重分析和讨论西北地区春季和夏季降水异常特征的一些共性。另外在选取多、少雨年时, 综合考虑其降水标准化距平和空间分布(即旱涝面积至少大于全区的 50%), 这样排除了局地旱涝的情况。

本文运用国家气象中心整编的 1951-01—2000-10 160 站月平均降水资料, 春季用 3—5 月的平均, 夏季用 6—8 月的平均; 环流合成用美国 NCEP 再分析资料中的 1951-01—2000-12 500 hPa 平均高度场, 网格距为 2.5°×2.5°。

收稿日期: 2003-06-13; 改回日期: 2003-09-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40233037); 国家自然科学基金资助项目(40175021)

作者简介: 黄山江(1969-), 男, 河北怀来人, 工程师, 硕士生, 从事气候诊断和数值模拟研究。

# 1 西北地区降水 EOF 分解

经验正交函数(EOF)展开的典型场由气象要素场序列本身的特征来确定,它能够较好地反映出场的基本结构和特征,容易将大量资料的信息浓缩集中。本文只分析降水的空间向量场。

## 1.1 西北地区站点的选取

西北地区地理环境非常复杂,区域特征很强,运用模糊聚类法和旋转 EOF 法很难将西北的大部分地区聚到一处,因此采用 EOF 方法,对全国 160 站 110°E 以西的 99 个站点作空间分析。从 99 个站点春季(图 1a)和夏季(图 1b)的空间分布的第 1 特征向量可以看出,西北地区除了青海南部地区外大部分地区还是呈同位相的,春季的方差贡献达到 18.8%,夏季为 11.8%。因此以春季降水特征为主(因为夏季局地性气候更突出一些),综合考虑气候和地理特征选取西北 29 个站点(图 1 上的黑点),分别是新疆的喀什、和田、且末、若羌、吐鲁番、库车、哈密、乌鲁木齐、伊宁、乌苏、塔城、阿勒泰,甘肃的敦煌、酒泉、张掖、兰州、武威、西峰、天水 and 临夏,青海的西宁、玛多,宁夏的银川和中宁,还有陕西的延安、榆林、西安、安康和汉中。

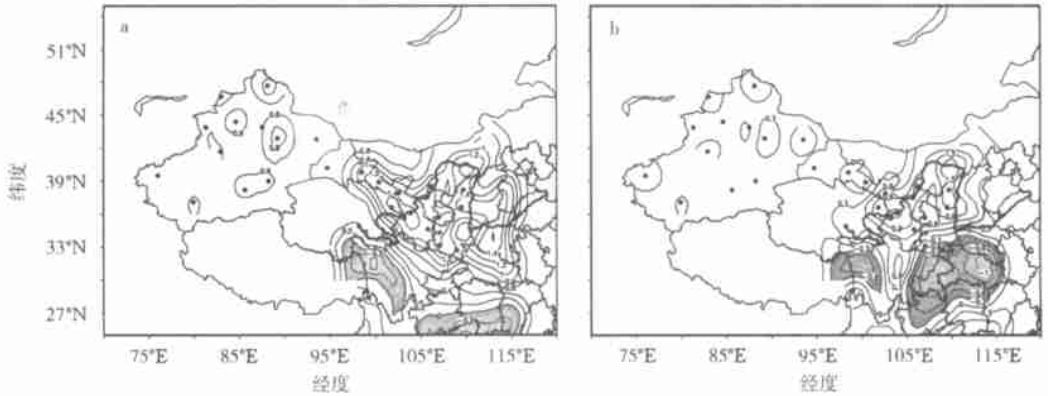


图 1 110°E 以西 99 个站春季(a)和夏季(b)50 a 降水 EOF 分析第 1 特征向量  
(黑点为所选站点,阴影部分为负值)

Fig. 1 The first eigenvector of the EOF analysis of 50-year spring(a) and summer(b) precipitation at 99 stations(black point) west of 110°E in China(Areas of negative value are shaded)

## 1.2 西北地区降水空间分布

西北春季降水普遍偏少,气候以干旱为主,EOF 分解的收敛性比夏季要好一些。图 2a 是本文挑选的 29 个代表站点春季降水 EOF 分解第 1 特征向量分布状况,方差贡献达到 22.4%,图中数字只反映年际变化的程度。从图可以看出,整个西北地区一致为同位相分布,说明尽管西北地区地域气候差异显著,但全区春季降水量变化的一致性仍比较好,变化的最大值在河套的南部地区,最小的是新疆北部和西部的局部地区;图 2b 是第 2 特征向量分布状况,其方差贡献为 9.3%,可以看出图中出现许多反位相分布,新疆北疆与南疆不同,河西走廊与青海地区反位相,秦岭南北迥异,这从另一个侧面说明西北地区降水的复杂性。

西北地区夏季降水由于地域面积广大,地形复杂,气候差异明显,使得分解的收敛性较慢。图 3a 是西北 29 个代表站点夏季降水 EOF 第 1 特征向量分布状况,方差贡献为 15.7%。从图可以看出,西北各区也是同位相的,分布的最大值在黄河的上游地区,最小值在新疆南部的库车地区。图 3b 是第 2 特征向量分布状况,方差贡献为 10.9%。从图可以看出,新疆天山南

北负相关,河西走廊与青海高原是正相关,与春季的有所不同,由此说明不同季节西北地区的降水空间分布是不同的。

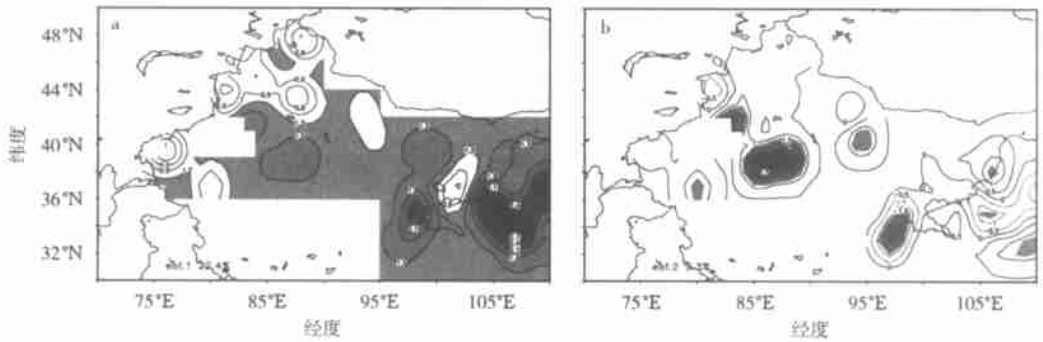


图 2 西北地区 50 a 春季降水 EOF 分解第 1(a)和第 2(b)特征向量 (阴影区为绝对值大于 1 的区域)

Fig. 2 The first(a) and second(b) eigenvectors of the EOF analysis of 50-year spring precipitation in northwest China (Areas of the absolute values above 1 are shaded)

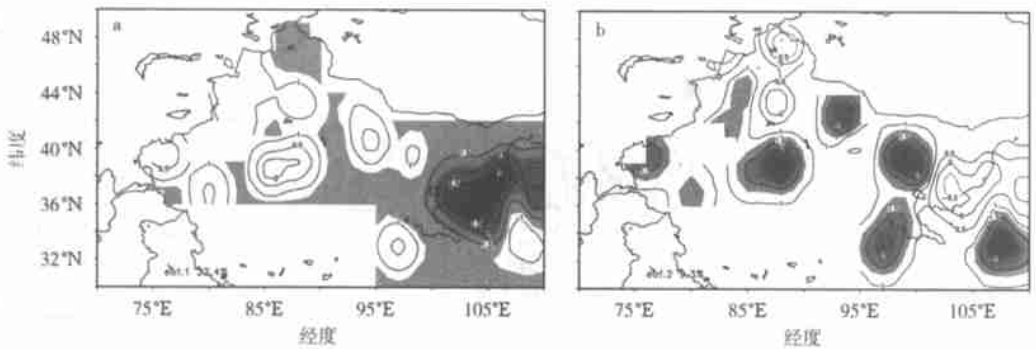


图 3 西北地区 50 a 夏季降水 EOF 分解第 1(a)和第 2(b)特征向量 (阴影区为绝对值大于 1 的区域)

Fig. 3 The first(a) and second(b) eigenvectors of the EOF analysis of 50-year summer precipitation in northwest China (Areas of the absolute values above 1 are shaded)

本文还作了 105 E 以西的 40 测站的 EOF 分解(图略),无论春季还是夏季,西北地区的第 1 特征向量(方差贡献分别达到 18.2 % 和 13.0 %)都与四川盆地是反相关的,而且极值变率相差很大,这就是说由于青藏高原的阻挡,来自西南或东南的水汽都被四川盆地截留了,造成了整个西北地区干旱而四川降水丰沛的事实。

## 2 西北地区降水异常气候特征

### 2.1 西北地区降水异常的季节变化

西北地区气候最大的特点是干旱少雨,降水时空分布不均,除了北疆外,其他地区降水有明显的季节差异,其中夏季降水最多,几乎占到全年降水的一半(49.1 %),冬季不足二十分之一(5.1 %)。由于春季降水关系着春耕春播,对农事活动非常重要,而夏季降水比重很大,所以着重分析春季和夏季降水异常特征。

西北地区春季降水平均每月只有 20 mm,而且是东多西少,分布极不均匀,降水量最小的在新疆的哈密到甘肃的敦煌一带,平均每月降水量不足 5 mm,所以西北地区的春旱是普遍

的,而且非常严重。西北地区夏季降水平均每月 50 mm,东西分布也极不均匀。图 4 是西北地区 50 a 出现距平绝对值大于 30 mm 强降水的正负频率次数直方图(即统计 50 a 来 29 个代表站各月出现强降水正负异常事件的总次数),实方框是正异常频次,空白方框是负异常频次。可以看出,西北地区强降水异常事件的季节变化非常明显,强降水出现异常最多的季节是夏季,春季很少,9 月的频次要高于 6 月,这可能是西北东部地区秋雨显著的原因<sup>[10]</sup>,可见西北地区春旱非常严重,而夏季是西北地区最容易发生旱涝灾害的时期,而且降水时间和空间分布不均匀,这也是西北地区干旱的主要特征。

由此可见,西北地区降水分布及降水异常存在着明显的季节变化。

## 2.2 西北地区降水异常年际变化

图 5 给出了西北地区降水异常(即把当月降水量减去该月多年平均值)的月际和年际分布,可以看出降水异常有明显的季节和年际变化,主要集中在 5—9 月,其中春季的正异常有 1964 年和 1998 年,负异常有 1962 年、80 年代初、1995 年和 2000 年,显然西北地区春季降水的负异常多一些,这说明春季干旱非常明显;夏季正异常有 1958、1964、1979、1981 和 1982 年,负异常有 1956、1965、1969、1986 和 1997 年,说明夏季更容易出现旱涝不均。可见,西北地区春季和夏季降水异常有明显的年际变化。

## 2.3 西北地区降水异常年代际变化的时空特征

趋势系数<sup>[11]</sup>表示要素在变化中的升降程度,用来判断气候因子在长期变化过程中的上升或下降趋势。定义为  $n$  个年要素的自然序列与自然数列 1, 2, 3, ...,  $n$  的相关系数

$$r(k) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{i})^2}}$$

其中,  $n$  为年数,这个值为正(负)时表示该要素在所计算的  $n$  年内有线性升(降)的趋势。从西北地区 50 a 春季降水趋势系数的空间分布(图 6a)可以明显看出,除了陕西大部和甘肃、宁夏、新疆的局部地区外,其他地区趋势系数均为正,青海省更为明显。从西北地区 50 a 夏季趋势系数的空间分布(图 6b)看,河套地区是减少的趋势,其他地区除了新疆的吐鲁番外基本上是增多的趋势,新疆的库尔勒地区最为明显。综合分析不难发现,从空间来看无论春夏 103 E 是一

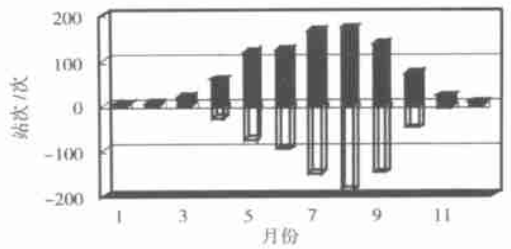


图 4 西北地区 50 a 强降水异常站次的季节变化  
Fig. 4 Seasonal variations of the strong precipitation anomalies' frequency of 50 years in northwest China

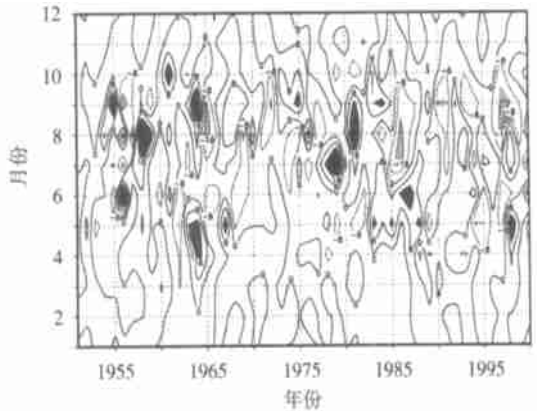


图 5 西北地区降水异常月际和年际变化  
(阴影区为绝对值大于 15 mm 的区域)  
Fig. 5 Seasonal-interannual changes of precipitation anomalies in northwest China  
(The absolute precipitation anomalies greater than 15 mm are shaded)

个非常特殊的位置,其西部降水是增多的,东部是减少的,而 103 E 恰恰是青藏高原的最东侧。

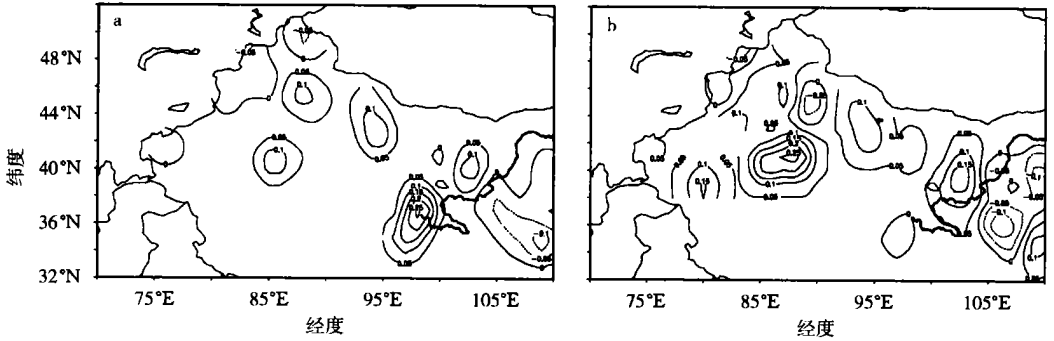


图 6 西北地区 50 a 春季(a)和夏季(b) 降水趋势系数

Fig.6 Tendancy coefficients of 50-year spring(a) and summer(b) precipitation in northwest China

本文以 103 E 为基准线,再分析 50 a 西北地区降水年代际变化,从春季降水 103 E 以东、以西 50 a 标准化距平、11 a 滑动平均和气候倾向率(图 7a-b)可以看出,其以东地区 50、70 年代及 90 年代中期降水偏少,60 年代及 80 年代中后期到 90 年代前期降水为正距平,而 50 a 总的变化趋势是下降的;其以西地区 50、60 年代前期及 70 年代到 80 年代前期降水偏少,其他均

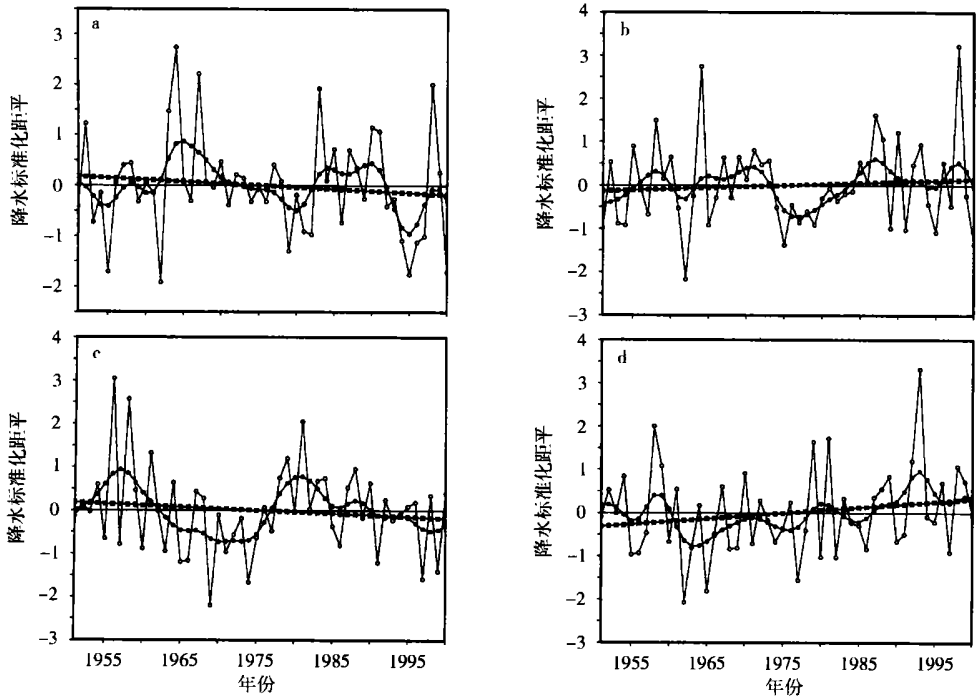


图 7 西北地区 50 a 春季 103 E 以东(a)、以西 (b)和夏季 103 E 以东(c)、以西(d) 降水标准化距平(折线)、11 a 滤波(曲线)及线性趋势(链直线)

Fig.7 Standardized anomalies, 11-year running means, and linear tendencies of spring rainfall in the east(a) and west(b) of 103 E, and summer rainfall in the east(c) and west(d) of 103 E

为正距平, 尤其是1985年以后, 而50 a总的变化趋势是增加的。夏季降水103 E以东(图7c), 50年代、70年代后期到90年代初降水偏多, 60年代初到70年代中后期及90年代之后为负距平, 而整个50 a变化趋势为递减的; 103 E以西(图7d) 50年代及整个80年代中期以后降水偏多, 60、70年代中期、80年代中前期为负距平, 而整个50 a变化趋势是增加的。由此可见, 103 E对于西北地区降水时间变化趋势也是一个重要的分界线。

用M-K<sup>[12]</sup>方法对西北地区50 a降水资料进行分析。图8是西北地区春季降水序列突变检验的结果。链折线是春季50 a降水假设平稳时间序列, 点折线是它的逆序列, 两条直线是绝对值小于等于1.96(显著性水平 $\alpha=0.05$ )的拒绝原假设的范围, 如果两条序列在临界线内出现交点, 那么交点对应的时刻就是突变开始的时间。从图上看, 在显著性水平范围内, 只有80年代中期一个交点, 也就是说80年代中期是春季降水突变点, 之前西北地区春季降水是相对少雨期, 之后到90年代中期是相对多雨期。另外, 从西北地区春季降水103 E以东、以西的M-K突变分析(图略)知, 其以西地区突变点也基本在80年代中期, 而其以东地区突变不是很明显, 这与标准化距平曲线反映的特征是一致的。西北地区夏季降水序列突变检验的结果不是很明显, 这主要是西北地区夏季降水在区域和时间上变率太大的缘故。所以, 无论是从时间上还是空间上来看, 西北地区50 a降水趋势变化以103 E为基准线, 其西为正, 其东为负, 80年代中期是一个春季气候突变点, 而东部地区的干旱与整个华北地区的干旱更为接近。

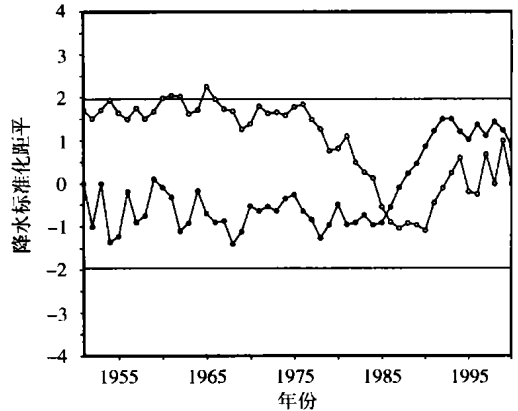


图8 西北地区春季降水标准化距平

序列的Mann-Kendal曲线

(直线为 $\alpha=0.05$ 的显著性检验值 $\pm 1.96$ )

Fig. 8 Mann-Kendal test of standardized spring rainfall departures in northwest China (The horizontal line denotes the departure significant to the 0.05 confidence level)

### 3 西北地区降水的周期特征

小波变换的方法把时间和频率作为独立变量, 将一维信号在时间和频率两个方向上展开, 因此可以较好地揭示信号中各种频率的时间结构。Marr小波采用复数型小波, 小波系数大小可以描写波动振幅(能量)大小。图9a是西北地区春季降水Marr小波分析, 分析其实部特征可以看出, 西北地区春季降水年代际变化存在18 a左右的周期, 而其距平变率随着时间的推移振幅是增大的; 而年际变化有明显的准3 a振荡周期。另外, 50年代有3~4 a的振荡周期, 60、70年代有6 a左右的周期, 而80到90年代, 周期振荡增加到8 a, 显然, 西北地区春季降水周期随时间在不断加大。

图9b是西北地区夏季降水Marr小波分析实部特征, 与图9a比较后可见, 其变化特征不如春季的规律, 从年代际来看, 有13 a和26 a的振荡; 从年际变化来看也有准3 a的震荡周期, 但不如春季的明显, 而准6 a周期振荡非常明显, 还有准8 a的次周期振荡特征; 70年代中期到90年代其年际距平振幅变化要大于1975年以前, 说明近20 a西北地区夏季降水从降水量来看有增多趋势。

对西北地区春季和夏季降水103 E以东、以西Marr小波分析(图略)可知, 其变化也有明

显的准 3 a 周期振荡,尤其是东部与整个西北地区更为接近,这主要是东部降水所占比重大的缘故;而西部降水增多东部减少主要表现在 80 年代中期到 90 年代,看来整个 50 a 西北地区降水准 3 a 周期振荡还是比较稳定的,这与文献[1]和[5]是一致的。

综合上述,西北地区春季降水 50 a 有明显的准 3 a 振荡周期,夏季降水也有准 3 a 的震荡周期,但不如春季的明显,而准 6 a 周期振荡非常明显,西北地区春季降水的周期在逐渐增大,春旱对于西北地区还是普遍和严重的;夏季降水近 20 a 有增多的趋势,周期相对比较稳定,这为将来进行气候预测提供了依据。

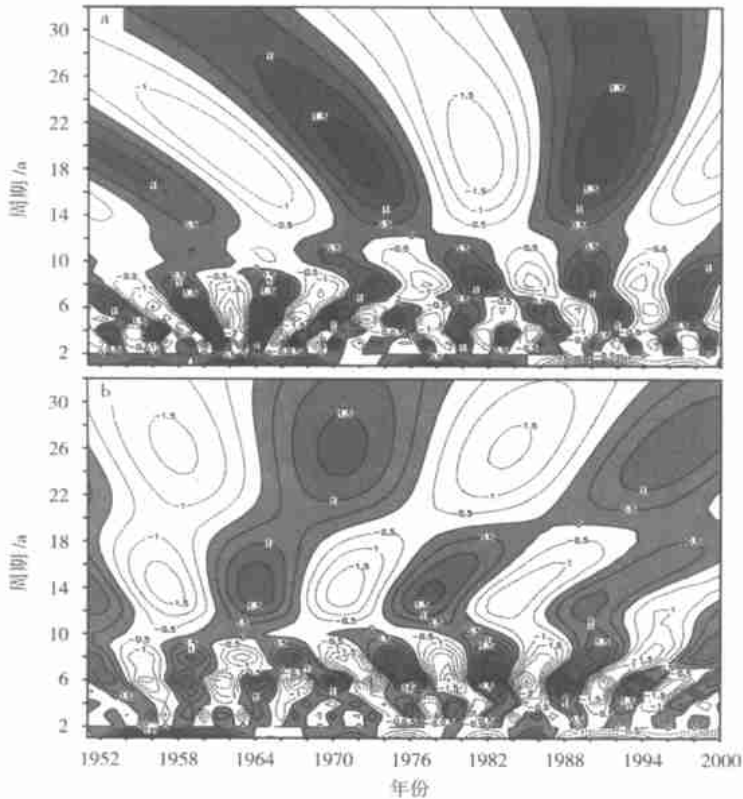


图 9 西北地区 50 a 降水标准化距平序列春季(a)和夏季(b)的 Marr 小波分析(阴影区为正值部分)

Fig. 9 Marr wavelet transform of 50-year spring (a) and summer (b) standardized precipitation departures in northwest China (Positive areas are shaded)

## 4 西北地区降水多、少雨年选取及合成分析

### 4.1 西北地区多、少雨年的选取

选取多、少雨年的方法很多,本文综合两种方法,一是取西北地区 29 个站降水之和作为一个整体,计算其 50 a 降水标准化距平,挑出绝对值大于 0.8 的为多、少雨年侯选年;二是先计算各站各年降水距平百分率,取绝对值大于 0.2 多、少雨年的站数,再除以 29,计算出多、少雨年的空间分布百分率,挑出至少大于 50 % 的年份为侯选年。综合两种方法,择优选择,这样排除了局地旱涝的情况,选出春季 6 个多雨年(1958, 1964, 1967, 1987, 1990, 1998 年)和 7 个少雨年(1953, 1962, 1979, 1982, 1994, 1995, 2000 年),夏季 5 个多雨年(1958, 1979, 1981, 1988,

1993年)和6个少雨年(1962, 1963, 1965, 1974, 1986, 1997年)。

#### 4.2 西北地区与全国同期多、少雨年百分率合成的降水异常的分布特征

图10a和10b是选出的西北地区春季多、少雨年与全国同期降水距平百分率合成图。由此可见:西北地区春季多雨,与其同纬度的华北、辽东半岛多雨,相关性最好,与江淮流域、四川及西南部分地区呈正相关,而与东北中部、华南及西南部分地区反相关;西北地区春季少雨,全国大部分地区少雨,与同纬度地区相关最好,而与东北的中部地区及西南局部地区反相关。

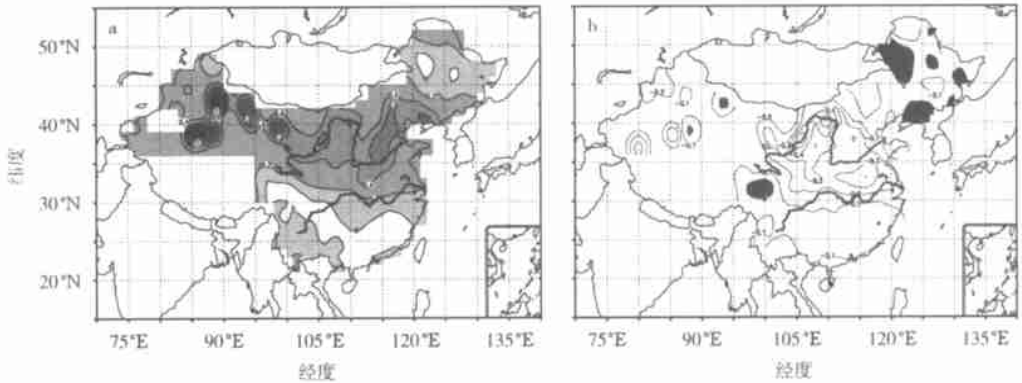


图10 西北地区春季多(a)、少(b)雨年全国同期降水距平百分率分布(阴影区为正距平区)

Fig. 10 Distributions of precipitation departure percentages over China in the wet(a) and dry(b) spring years in northwest China(Positive departure areas are shaded)

从夏季的情况(图11)看,西北地区夏季多雨,与我国东部地区包括华北东部、东北东南部、华东及华南等近海地区反位相,而与四川、内蒙、西南部分地区及东北西部同位相;西北地区夏季少雨,全国内陆地区大部是干旱的,而全国沿海及近海地区是反位相的。所以,西北地区春季降水与同纬度地区的相关最好,与东北中部地区反相关;西北地区夏季多雨,远离海洋的内陆多雨,而整个东部近海地区少雨;西北地区夏季少雨,全国内陆大部地区是干旱,而沿海和近海区多雨。西北地区夏季主要影响天气系统是副热带高压,显然其多、少雨与副高的强弱及位置有关。

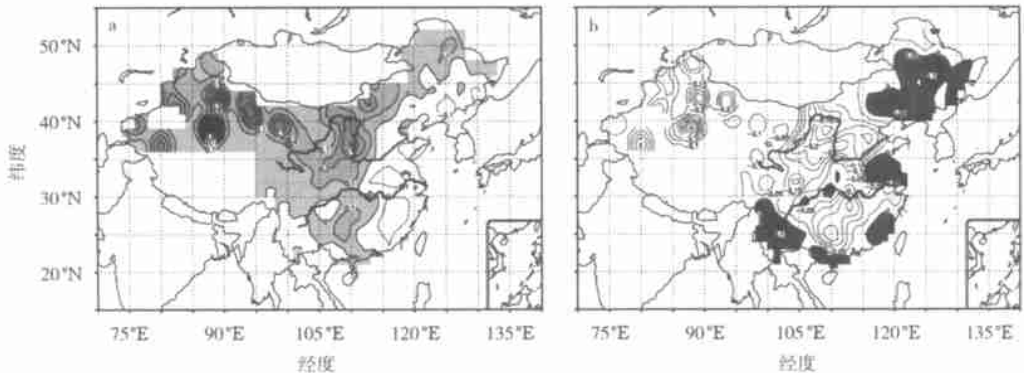


图11 西北地区夏季多(a)、少(b)雨年全国同期降水距平百分率分布(阴影区为正距平区)

Fig. 11 Distributions of precipitation departure percentages over China in the wet(a) and dry(b) summer years in northwest China(Positive departure areas are shaded)



### 4.3 西北地区多、少雨年 500 hPa 高度距平场分析

为了分析西北地区多、少雨年的环流形势,本文选用美国 NCEP 再分析资料中 1951 年 1 月—2000 年 12 月 500 hPa 平均高度场,网格距为  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ;对其进行合成分析。结果表明:对于春季多雨年(图 12a),西北地区的上游 40°N 以北是大片的负距平,东部是明显的正距平,南部是弱的负距平,这种高度场距平变化反映西北地区上游的高压脊和下游的东亚大槽减弱,而南支槽加强,这种形式不利于冷空气直接南下江南而滞留于西北地区,相反南部的暖湿空气更利于北上,于是形成西北地区春季多雨;对于春季少雨年(图 12b),与多雨年正好相反,上游的高压脊和东亚大槽都是加强的,而南支槽减弱,这样有利于冷空气向我国南方入侵,冷暖空气交汇区明显偏南,因而西北地区干旱少雨。春季多、少雨年差值  $t$  检验(图 12c)结果表明:我国东海领域及里海附近的高度场变化是造成西北地区春季降水的关键因素,通过了  $\alpha=0.05$  的显著性检验。

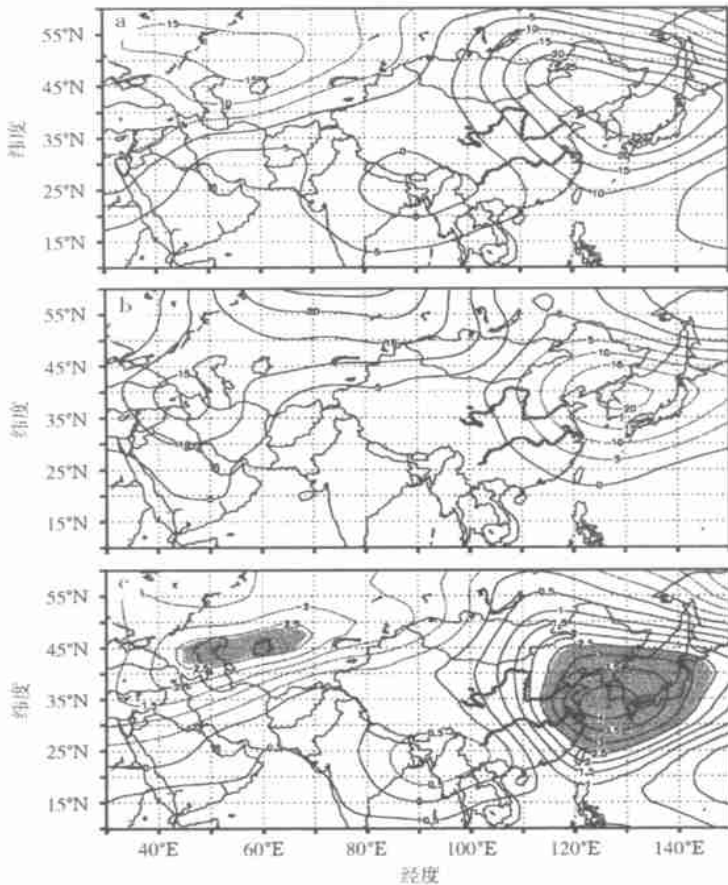


图 12 西北地区春季多(a)、少(b)雨年 500 hPa 距平场及差值检验场(c) (阴影区通过了  $\alpha=0.05$  的显著性检验)

Fig. 12 500 hPa height anomalies in the wet(a) and dry(b) spring years and their differences test(c) in northwest China

(Areas where differences are significant to the 0.05 significance level are shaded)

用同样的资料给出了夏季西北地区多、少雨年 500 hPa 距平合成场(图 13a, 13b)。由图可以看出,西北地区正好处于鞍形场的中部,其西北部和东南部是正距平,这样的高度场距平变

化反映西北地区上游的高压脊和副热带高压加强。显然, 西北地区正好处于冷空气相对较活跃和东南暖湿气流(副高边缘)的交汇处, 这种环流形势非常有利于降水; 对于西北地区夏旱, 可以看出西北地区及整个附近区域都位于负距平区, 显然, 与多雨的高度场相反, 即副高偏东, 又缺乏冷空气活动, 这样的环流形势不利于西北地区夏季降水。对西北地区夏季多、少雨年差值  $t$  检验场(图 13c)分析知: 东海到中太平洋及俄罗斯中部的高度场变化是造成西北地区夏季降水的关键因素, 通过了  $\alpha=0.05$  的显著性检验。

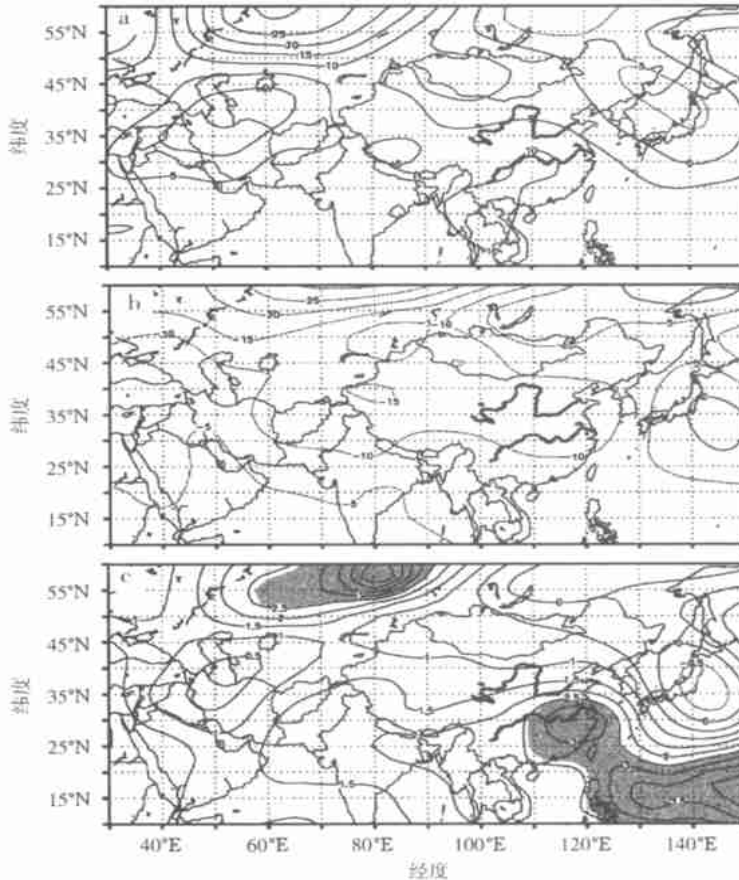


图 13 西北地区夏季多(a)、少(b)雨年 500 hPa 距平场及差值检验场(c)(阴影区通过了  $\alpha=0.05$  的显著性检验)

Fig. 13 500 hPa height anomalies in the wet (a) and dry (b) summer years and their differences test (c) in northwest China

(Areas where differences are significant to the 0.05 significance level are shaded)

## 5 结 论

(1) 西北地区降水异常有明显的季节和年际变化, 近 50 a 降水时空趋势变化均以 103  $\text{mm}$  为基准线, 其西为正, 其东为负, 20 世纪 80 年代中期是西北地区春季降水出现异常的一个突变点。

(2) 西北地区春季降水有明显的准 3 a 振荡周期, 夏季降水也有准 3 a 的震荡周期, 但不如春季的明显, 而准 6 a 周期振荡非常明显; 另外春季降水周期在增大, 而夏季降水周期比较

稳定。

(3) 西北地区春季降水异常与同纬度其他地区相关最好, 与东北中部地区反相关; 西北地区夏季多雨, 则远离海洋的内陆多雨, 整个东部、南部近海地区少雨; 西北地区夏季少雨, 全国内陆大部地区干旱, 而沿海及近海多雨。

(4) 西北地区春季如果 500 hPa 高度场上游高压脊和东亚大槽减弱, 而南支气流加强, 则春季多雨, 否则少雨; 夏季降水的多、少雨状况与 500 hPa 中高纬度环流及副热带高压的位置和强弱密切相关, 如果中高纬度冷空气活跃且副热带高压偏西偏北, 则西北地区夏季多雨, 否则夏季少雨。

## 参考文献:

- [1] 徐国昌, 董安祥. 我国西部降水量的准三年周期[J]. 高原气象, 1982, 1(2): 11-17.
- [2] 李栋梁. 中国西部降水资源的稳定性研究[J]. 应用气象学报, 1992, 3(4): 451-458.
- [3] 马镜娴. 我国半干旱地区降水量序列信噪比分析[J]. 甘肃气象, 1989, 7(3): 34-36.
- [4] 严中伟. 历史上 10 年 ~ 100 年尺度气候跃变分析[J]. 大气科学, 1993, 17(6): 663-671.
- [5] 王秀荣, 徐祥德, 庞 昕. 西北地区夏季降水异常的时空特征分析[J]. 气象科学, 2002, 22(4): 402-409.
- [6] 王宝灵. 中国西北地区月降水量的年际变化及分区研究[C]. 中国西北干旱气候研究. 北京: 气象出版社, 1996, 52-53.
- [7] 马淑红, 张学文. 新疆年降水变差稀疏的若干规律性[J]. 气象学报, 1991, 49(1): 39-45.
- [8] 王叶红, 王谦谦. 长江中下游降水异常特征及其全国降水和气温异常的关系[J]. 南京气象学院学报, 1999, 22(4): 685-690.
- [9] 李栋梁, 谢金南, 王 蕾. 甘肃河东降水量的周期变化[J]. 高原气象, 2000, 19(3): 295-303.
- [10] 白肇焯, 徐国昌. 中国西北天气[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 55-56.
- [11] 施 能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征[J]. 气象学报, 1995, 53(4): 431-439.
- [12] 符淙斌. 气候突变现象的研究[J]. 大气科学, 1994, 18(4): 373-384.

# Analysis of Anomalous Characteristics of Spring and Summer Precipitation in Northwest China

HUANG Shan-jiang<sup>1</sup>, WANG Qian-qian<sup>1</sup>, LIU Xing-yan<sup>2</sup>

(1. Department of Atmospheric Sciences, NIM, Nanjing 210044, China;

2. Zhangjiakou Meteorology Bureau, Zhangjiakou 075000, China)

**Abstract:** 29 representative stations in Northwest China are selected using EOF analysis, and the temporal and spatial characteristics of the interannual and interdecadal variations of 50-year spring and summer precipitation are analyzed. It is found that the tendency of precipitation in northwest China is positive to the west of 103°E longitude and negative to the east. And there are a quasi-three years periodic oscillation of precipitation and a sudden change in the spring precipitation in the middle 1980's in northwest China. The above results indicate that the wet/dry phase of climate in northwest China is close related with the 500 hPa height field and the location and intensity of subtropical high.

**Key words:** Northwest China; precipitation anomalies; composite analysis