

中国西北夏季降水量与 500hPa 纬偏场的特征分析

李栋梁 姚 辉

(甘肃省兰州干旱气象研究所, 730020)

提 要

选取中国西北 5 省区(陕、甘、宁、青、新)具有代表性的、分布相对均匀的 129 个测站, 1959—1989 年 6—8 月总降水量资料, 利用 EOF 方法进行分解。以特征向量和载荷量的空间分布特征, 将中国西北夏季降水量场分成 5 种空间分布型, 从不同方面反映其空间变化特征。利用相应的时间系数与同期欧亚 500hPa 纬偏场进行遥相关及典型场的对比分析, 给出中国西北夏季降水各型所对应的环流场特征。

关键词: 自然正交函数分解 西北夏季降水 欧亚纬偏场 遥相关

引 言

大约占国土面积 1/3 的中国西北地区, 深居内陆。区内多高山高原、沙漠盆地, 地形复杂, 气候差异甚大。降水量较中国东南部少而且稳定性很差^[1], 有些地方月降水距平百分率可高达 2300% (如青海冷湖(38°50'N、93°23'E), 1978 年 10 月)^[2], 也可连续数月无雨。年际、月际变化都非常大。特别是夏季因其干旱、洪涝均可造成极大的自然灾害而被人们所关注。近年来就其夏季降水的规律性及影响因子作过一些分析^[3,4], 由于受资料限制, 对这一广大地区的气候特征缺乏全面、系统地分析研究。本文采用较密测站、最近 31 年资料, 通过主分量分析, 得到中国西北夏季降水的空间自然分型及其对应的 500hPa 纬偏场环流型, 为西北地区夏季旱涝趋势的长期天气预报提供一种参考模型。

1 资料与方法

本文选取中国西北 5 省区(陕、甘、宁、青、新) 129 个测站, 1959—1989 年期间 6—8 月总降水量资料, 为消除测站地理位置引起

的平均值及变率的差异, 对各站降水量序列均先施行标准化处理, 由其组成标准化降水量资料阵:

$R(n \times m)$ (其中 $n=31$ 为资料年代总数, $m=129$ 为测站数)。计算 $R(n \times m)$ 的相关系数阵:

$r(m \times m)$ 并进行 EOF 分解

$$R(n \times m) = T(n \times m) \cdot \Phi'(m \times m)$$

$T(n \times m)$ 是分解后的主分量(时间系数), $\Phi'(m \times m)$ 是分解后的特征向量(空间分量), 通过载荷量的计算:

$$Z(m \times m) = \sqrt{\lambda(m)} \Phi'(m \times m) / \sigma(m)$$

其中, $\lambda(m)$ 为 $R(n \times m)$ 阵的 m 个特征值, $\sigma(m)$ 即为 $R(n \times m)$ 阵的 m 个标准差, 显然 $\sigma_j = 1 (j=1, 2, \dots, m)$ 。

利用分解后的前 5 个载荷量对西北夏季总降水量场进行空间分型, 研究其空间分布规律; 用前 5 个主分量分别与欧亚 500hPa 6—8 月平均纬偏场进行遥相关结构分析, 得到与降水型相对应的 500hPa 纬偏场分布型。

500hPa 高度场资料采用中央气象台长期科提供的北半球 $10^{\circ}\sim 85^{\circ}\text{N}$ 、 $5^{\circ}\times 10^{\circ}$ 网格点月平均高度场 $H(i, j)$, 纬偏场 $H'(i, j)$ 采用

$$H'(i, j) = H(i, j) - \bar{H}(i)$$

$$\bar{H}(i) = \frac{1}{36} \sum_{j=1}^{36} H(i, j) \quad (\text{纬圈平均})$$

由于纬偏场突出了环流异常的驻波性质, 且能够反映海陆热力差异的异常对环流异常的影响^[3], 它可较好地反映长期天气过程的演变规律。

通过主分量的功率谱分析及时间趋势分析, 研究中国西北夏季降水量随时间的变化。

2 中国西北夏季降水场的空间分型

通过对中国西北夏季(6--8月)降水总量的主分量分析, 研究其空间变化特征。附表给出各主分量的解释方差。第1主分量占21%, 前2项占总方差的1/3, 前5项占1/2, 前10项占71%。总的说来, 中国西北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。为了较好地研究这种空间场上的差异性, 本文在原工作^[4, 6]的基础上, 通过扩大区域、加密测站, 对西北5省(区)129站夏季(6--8月)降水总量重新作了分解计算。用前5个主分量序列分别与各站原始降水量计算相关系数, 得到5个载荷量场。由于篇幅所限, 图1仅给出前3个场的结果。载荷量场主要反映了两方面的内容: 第一是分解后的各主成分(时间系数)对各站实际降水量的代表性。正(相关系数)值表示该主分量的时间变化趋势与该区域(站)的实际降水量的变化是一致的; 负(相关系数)值反映了该主分量与实际降水量具有相反的变化趋势。第二是载荷量场的分布特点不随时间变化, 它反映了实际降水量的空间分布特征, 这种特点是由测站所处的地理位置所决定的。前几个载荷量场代表了中国西北夏季降水的几种最主要的空间分布型。



图1 夏季降水总量 EOF 载荷量场

附表 6--8月降水总量各主分量占总方差百分比

主分量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
个别方差/%	21	12	7	7	5	5	4	4	3	3
累积方差/%	21	33	40	47	52	57	61	65	68	71

第1型(图1a): 主要的一条零线将整个区域分成东正西负, 突出反映了中国西北夏季降水的东西差异。北疆、东疆及西北地区东部分别为3个大的正值区, 这些地方降水具有较好的一致性。最大的正值中心区位于青海东部、甘肃中东部、宁夏及陕北, 数值可达+0.87。这里是西北夏季旱涝活动频繁地区, 同时也是西北雨养农业区, 旱涝对农业及整

个国民经济有着极为重要的影响。主要的负值区位于南疆西部、青南高原及祁连山区,这些地方夏季降水总趋势与西北东部地区相反,各自反映了沙漠盆地、高原高山降水的气候特点。另外,陕南与其北方明显不同。第Ⅰ型定为“东西型”。

第Ⅱ型(图1b):主要反映了沿青藏高原东北边缘反气旋绕流的动力作用,它所造成的 105°E 向南伸展的干舌控制区。这里是西北典型的半干旱地区,多春旱,春末夏初旱、伏旱及伏秋连旱,这种特点是由于青藏高原这个大地形所致。陕南—渭水流域、青南高原—祁连山区显示出雨季降水多而稳定的特点,特别是祁连山区,其夏季降水表现为负偏差^[1]。南疆大的正值区与北疆及天山山区形成鲜明对比,这一正一负反映了南北疆(沙漠盆地与天山山区)之显著的气候差异。这第二型暂称为“干舌型”。

第Ⅲ型(图1c):两条零线基本为东西走向,西北地区从南到北呈正、负、正分布。即陕西大部、甘肃东部、青海南部为正值区,中心在陇南—关中,这里是西北降水量最多的地方,为主要产粮区。从陕北—宁夏—甘肃中西部—青海—南疆盆地这一大范围的负值区,是中国西北主要的干旱半干旱分布区,降水少而且极不稳定(山区例外)。西部的塔里木盆地、柴达木盆地及河西走廊属极度干旱区,年雨量十几到几十毫米,夏季降水距平百分率在 -100% — 520% 之间,其东部为典型的半干旱区,年雨量在250mm左右,大部分地方尚无灌溉条件,属雨养农业区,农业的丰歉对自然降水的依赖性非常大。北疆—东疆属另一自然降水区,因水汽来源于西风路径,雨量分布由南向北增加,且相对稳定。第Ⅲ型称为“南北型”,反映了中国西部降水的南北差异,当南部、北部偏多时,中间带偏少,反之亦然。降水量愈多的地方其降水愈稳定,它的分

布特点是:南部正值区降水量由南向北递减,稳定性变差;中部负值区由东向西(山区除外)递减;北部由南向北递增。

第Ⅳ、Ⅴ型(图略):在前3个型的基础上,进一步增加了局地降水特点。如第Ⅳ型,就Ⅲ型的南部将渭水流域与其它地方区分出来;将青海南部、祁连山区及高原东部的半干旱区与极度干旱的沙漠盆地及河西走廊予以分离;将北疆与东疆分开。第Ⅴ型主要反映中国西北降水的东西差异及局地地形(如祁连山、天山)造成的地形性降水差异。

3 中国西北夏季降水场的时间变化

前几个载荷量场较好地反映了中国西北夏季降水的典型空间分布型,特别是第Ⅰ、Ⅱ型代表了西北夏季降水的总体倾向。为研究夏季降水场的总体时间变化规律,避免用单站资料因其局地因素造成的偶然性,对EOF分解得到的主分量(时间系数)进行波谱分析。图2给出第一时间系数的年际变化及功率谱曲线。从图2a可以看出,第一时间系数即西北夏季降水总的说来,其年际变化很大,其中1965、1974、1982年的3个低值准确地反映了30年来最严重的3个夏季干旱;相应地1959、1964、1979年的夏季中国西北降水偏多。从图2b可以看出,7波所对应的功率谱值最大,说明该时间序列具有较明显的准

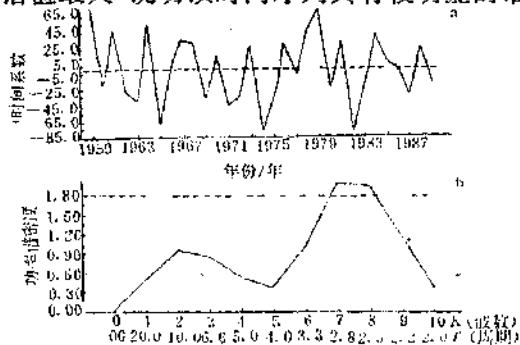


图2 西北夏季降水量第一时间系数年际变化(a)及功率谱曲线(b)

3年(2.5—2.8年)周期,其信度超过0.05显著性水平的白色噪音过程检验。第二时间系数(图略)以8波(2.5年周期)对应的功率谱值最大,超过0.01信度水平的红色噪音过程检验。分析表明,中国西北夏季降水总趋势以2—3年的短周期振动为主,即所谓的“三年两头旱”。

4 欧亚500hPa纬偏场分型

中国西北地处中纬度内陆,天气现象多是高、低纬环流同时作用的结果,就同期来说,中国西北降水与欧亚环流的关系更直接一些。本文利用西北夏季降水经EOF分解后的前5个主分量分别与欧亚500hPa 6—8月平均纬偏场进行相关分析。前面已经指出,前5个主分量对应的降水载荷量场是西北夏季降水的5个典型空间分布型,降水量场的这5个典型空间分布型所对应的高空环流型是确定的(如图3)。降水第1型(图1a)所对应的欧亚500hPa纬偏结构(图3a),前苏联北部的高纬度地区有一个正相关区,中心在北地群岛,相关系数达+0.43。同时,在青藏高原西部的克什米尔、东亚及阿留申也分别有3个显著的正相关区,中心相关系数均在0.40以上。这3个正相关区均位于亚洲大气活动中心区,也是长期天气预报所关注的敏感区。从地中海—新疆北部—蒙古—苏联东部的4个显著负相关区构成的负相关中心轴线,与其南部正相关中心轴线保持平行,使整个欧亚呈正负相间、纬向平行的结构,这是高空第一型的主要特征。这种分布特征反映了当500hPa纬偏场欧亚中纬度出现南正北负的距平结构时,西风气流偏强,亚洲区极涡强度偏弱,偏北气流减弱,有利于南部水汽向北输送,中国西北(特别是西北东部)地区降水偏多,即出现降水第1型(图1a)中正值区降水偏多,负值区降水偏少。反之,当欧亚500hPa纬偏场距平与图3a符号相反时,相

应地西北降水场也将会出现与图1a相反的分布。

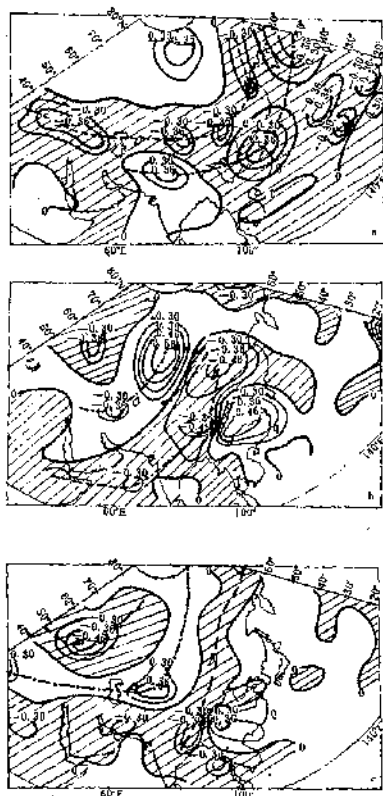


图3 西北夏季降水的欧亚500hPa纬偏场结构
点线为正相关中心轴线,断线为负相关中心轴线

降水EOF分解的第二主分量与500hPa纬偏场的相关分析(图3b)为高空环流第二型。与第一型(图3a)明显不同,相关中心轴线呈经向平行分布。主要有4个显著相关区:欧洲负相关区,中心-0.37;里海—乌拉尔山正相关区,中心+0.62;青藏高原—贝加尔湖负相关区,中心-0.57;中国东部正相关区,中心+0.52。在中国地区上空,由于东亚槽区的正相关和高原脊区的负相关反映的“东正西负”纬偏场结构,有利于中国西北大部分地区降水偏多,即图1b所示的正值区;“南正北负”(零线在45°N)使中国北部地区西风加强,另外,130°E的“西正东负”及100°E的

“东正西负”结构,在中国北部上空形成异常加强的反气旋环流,中心位于河套地区,这种高空的反气旋环流加强了青藏高原东北侧的反气旋绕流,下沉气流造成高原东北外围的干舌,即图1b所示的负值区。

高空第三型(图3c)上反映的相关系统主要有,欧洲槽负相关,中心-0.46,新疆脊正相关,中心在巴尔克什湖+0.39,青藏高原低涡负相关,中心-0.38,以及西太平洋副热带高压偏西,变高中心(30°N , 100°E)正相关系数达0.41。也就是说,当夏季500hPa纬偏场西太平洋副高异常偏西(副高西伸脊点位置达 100° — 105°E),欧洲槽深,新疆脊强,导致中国西北夏季降水雨带偏南,中部干旱(如图1c所示)。反之,当西太平洋副高偏北,高原低涡东移,配合极地冷空气南下,有利于中国西北中部地区降水偏多。

5 小 结

5.1 中国西北夏季降水通过主成分分析,可将其分成三种主要的空间自然分布型,即东部大部地区降水偏多(少)、西部偏少(多)的

“东西型”,“干舌型”及“南北型”。

5.2 第1、2时间系数的变化趋势表明,中国西北夏季降水总体仍以准3年周期振荡为主。

5.3 利用EOF分解的1—3主分量与同期欧亚500hPa纬偏场的相关,得到与降水型相对应的环流型,可作为降水预报的参考模型。

参考文献

- 1 李栋梁,彭素琴.中国西部降水资源的稳定性研究.应用气象学报,1992,3(4):451—458.
- 2 北京气象中心资料室编.1951—1980中国降水量变率资料.北京:气象出版社,1985:184.
- 3 朱炳璇,李栋梁. ENSO现象与甘肃省夏季降水.高原气象,1989,8(1):64—69.
- 4 朱炳璇,李栋梁.热带太平洋海温与中国西北夏季降水的关系.气象学报,1991,49(1):21—28.
- 5 Wallace, J. M., Gutzler, D. S.. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere Winter. Mon. Wea. Rev. 1981, 109(4):784—812.
- 6 李栋梁.中国大陆的OLR与西北夏季降水.气象学报,1992,50(3):355—359.

The Characteristic Analysis of Summer Precipitation and 500hPa Latitudinal Deviation Field

Li Dongliang Yao Hui

(Lanzhou Drought Meteorological Institute, 730020)

Abstract

The total precipitation data of 129 representative stations during June to August from 1959 to 1989 in 5 northwestern provinces of China, was resolved by EOF method. The summer precipitation fields was divided into 5 patterns of space distribution. The teleconnection and typical field of the time coefficient and simultaneous Eurasian 500hPa latitudinal deviation field have been compared. The features of circulation field corresponding to the summer precipitation patterns are given in northwestern of China.

Key Words: natural orthogonal function resolution northwestern summer precipitation Eurasian latitudinal deviation field teleconnection