

我国西北地区春季旱涝气候特征研究*

孙安健 郭艳君

(国家气候中心, 北京 100081)

P4 A

摘要 利用西北地区160个台站1950~2000年春季降水量资料, 讨论了西北5个区域的旱涝气候特征, 发现西北东部和北疆山前地带降水气候变化最为激烈, 旱涝事件频繁。整个西北地区春季干旱虽较雨涝多见, 但严重雨涝的发生多于严重干旱, 且严重旱涝的发生自20世纪80年代以来有增加的趋势。西北各区的旱涝演变具有阶段性和群发性的特点, 存在年代际的变化周期和5~6年的准周期振荡。西北东部春季严重雨涝和严重干旱发生时, 中高纬度大尺度环流及副热带大气环流特征迥然不同, 且分别对赤道中东太平洋海温和北太平洋西风漂流区海温异常表现出遥响应的关系。

关键词: 西北地区; 旱涝; 气候

1 引言

我国西北地区多属干旱、半干旱气候区。在生态环境中, 水资源的状况是至关重要的。在这内陆河为主的区域, 降水则是水资源的主要来源。正是高山降水及其所形成的积雪与冰川在暖季中的消融, 才在广瀚无边的荒漠原野中形成了美丽而富饶的绿洲。

西北地区的降水不仅少, 而且年际波动很大, 时常出现旱涝灾害, 尤其是干旱, 使得对气候变化十分脆弱的生态环境更易于向恶化方向演变^[1~6]。春季是西北地区一年之中最为干燥的季节, 虽然降水多于冬季, 但升温快, 风力大, 蒸发旺盛, 更易出现干旱灾害。鉴此, 本文利用1950年以来的气象资料, 探讨西北地区春季近半个世纪以来的旱涝气候特征。

2 资料和方法

2.1 资料

本文选用了西北地区(包括内蒙古西部)160个台站1950~2000年春季(3~5月)的逐月降水量资料。鉴于生态气候环境的研究目的, 我们依据1961~1990年平均的年降水量, 将西北地区划分为如下5个区域:

I区: 黄河中上游年降水量大于400 mm的区域, 其生态景观为森业和农业; 所选台站40个。

2002-09-15收到, 2002-10-20收到修改稿

* 国家科技部社会公益研究专项资金项目“我国西北地区生态气候环境监测预测方法研究”资助

II区:西北东部年降水量为100~400 mm的区域,其生态景观为农牧过渡带和草原;所选台站49个。

III区:年降水量<100 mm的区域,包含西北三大盆地和哈密-吐鲁番盆地等地区,其生态景观为荒漠;所选台站44个。

IV区:北疆年降水量>100 mm的区域,其生态景观为草原;所选台站20个。

V区:南疆年降水量>100 mm的区域,其生态景观为草原;所选台站7个。

2.2 旱涝指标的确定

我国西北地区,季或月降水量不是服从正态分布,而是服从皮尔逊III型分布。为此,我们将降水序列转变为以 Z 为新变量的标准化正态分布。以下就此作简要说明。

某一时段的降水量皮尔逊III型概率分布密度为

$$P(X) = \{\beta\Gamma(\gamma)^{-1}[(X-\alpha)/\beta]^{\gamma-1} \cdot \exp[-(X-\alpha)/\beta]\},$$

式中, α 、 β 和 γ 为3个参数, $\Gamma(\gamma)$ 为 Γ 函数, α 、 β 和 γ 由下式确定:

$$\alpha = \mu_1 - \sigma\sqrt{\gamma}, \quad \beta = \sigma/\sqrt{\gamma}, \quad \gamma = (2/S_k)^2,$$

其中, μ_1 是平均值, σ 为标准差,

$$\mu_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \mu_1)^2},$$

偏态系数为

$$S_k = \mu_3/(\mu_2)^{3/2},$$

其中

$$\mu_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \mu_1)^3, \quad \mu_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \mu_1)^2.$$

将上述皮尔逊III型分布转变为 Z 变量的标准化正态分布,其转换公式为

$$X = \beta\gamma \left[1 - \frac{1}{9\gamma} + Z \left(\frac{1}{9\gamma} \right)^{0.5} \right]^3 + \alpha,$$

则有: $Z = (Q^{0.333} - 1 + R)/R^{0.5}$, $Q = (X - \alpha)/\beta\gamma$, $R = \sqrt{9\gamma}$.

然后根据 Z 变量的正态分布曲线,利用累计频率,划分为9个旱涝等级(表1)。

表1 旱涝等级划分

Z值	等级	累计频率 p	类型
$Z \geq 2.0$	1	$p \geq 98\%$	异常涝
$1.645 < Z < 2.0$	2	$95\% < p < 98\%$	大涝
$1.037 < Z < 1.645$	3	$85\% < p < 95\%$	涝
$0.542 < Z \leq 1.037$	4	$70\% < p \leq 85\%$	偏涝
$-0.542 \leq Z \leq 0.542$	5	$30\% \leq p \leq 70\%$	正常
$-1.037 \leq Z < -0.542$	6	$15\% \leq p < 30\%$	偏旱
$-1.645 \leq Z < -1.037$	7	$5\% \leq p < 15\%$	旱
$-2.0 < Z < -1.645$	8	$2\% < p < 5\%$	大旱
$Z \leq -2.0$	9	$p \leq 2\%$	异常旱

注:表中1~3级为严重雨涝,7~9级为严重干旱

3 旱涝分布特征

3.1 基本旱涝特征

应该指出，西北地区春季降水很少，即使某年春季降水量偏多 2 个标准差，从气候变化意义上曾出现异常雨涝事件，但实际降水量值并未造成涝灾。因此，文中之异常涝实指异常多雨，大涝实指明显多雨，涝实指多雨，偏涝实指雨水稍多。但为了陈述方便，还是采用了“涝”的术语。

表 2 给出西北各区旱涝与严重旱涝的年代频次分布。这里严重雨涝包括涝、大涝和异常雨涝；严重干旱包括旱、大旱和异常干旱。雨涝包括所有类别的涝，干旱包括所有类别的旱。从各区的旱涝发生频次来看，I 区春季旱涝少，而且旱涝频次相当；II 区干旱频次是雨涝的 2 倍，但严重干旱频次与严重雨涝相当；III 区干旱频次虽略多于雨涝，但从未发生过严重干旱；IV 区干旱与雨涝频次相同，但严重雨涝多于严重干旱；V 区雨涝频次是干旱的 3 倍，且严重干旱从未发生过。因此，就整个西北地区而言，春季于旱较雨涝多见，但严重雨涝却比严重干旱更多发生。

旱与涝频次之和可以表征降水变率的状况。从 5 个区域来看，II 区春季降水变率最大，在 51 年中有 27 年不早即涝；IV 区次之，有 24 年为旱涝年；I 区降水最为稳定，仅有 7 年为旱涝年。也就是说，在农牧过渡地带的黄河中上游和北疆山前地带春季降水气候变化激烈，旱涝极端事件频繁，对生态环境会造成相当不利的影响。因此，这两个区域的春季旱涝问题值得注意。下面将进一步讨论这两个区域春季不同时段旱涝分布情况。

表 2 西北各区春季（3~5 月）各年代旱涝发生频次

区域	类型	1950~1959 年	1960~1969 年	1970~1979 年	1980~1989 年	1990~2000 年	1950~2001 年
I 区	涝	1	1	0	1	1	4
	旱	0	0	1	0	2	3
	严重雨涝	0	1	0	0	1	2
	严重干旱	0	0	0	0	1	1
II 区	涝	0	3	0	5	1	9
	旱	4	3	6	1	4	18
	严重雨涝	0	2	0	0	1	3
	严重干旱	2	1	0	0	1	4
III 区	涝	0	2	1	3	2	8
	旱	1	2	3	1	3	10
	严重雨涝	0	2	0	2	0	4
	严重干旱	0	0	0	0	0	0
IV 区	涝	2	3	2	3	2	12
	旱	0	4	4	2	2	12
	严重雨涝	1	1	1	2	1	6
	严重干旱	0	1	0	1	2	4
V 区	涝	1	2	1	2	3	9
	旱	0	1	2	0	0	3
	严重雨涝	1	0	0	0	1	2
	严重干旱	0	0	0	0	0	0

表3 II区与IV区春季(3~5月)旱涝出现频次(1950~2000年)

时域	II区				IV区			
	雨涝	干旱	严重雨涝	严重干旱	雨涝	干旱	严重雨涝	严重干旱
3月	8	6	5	0	13	11	7	0
4月	7	13	3	2	15	10	4	1
5月	10	15	6	4	12	11	4	1
3~4月	6	14	3	2	14	13	5	4
4~5月	9	14	3	4	10	12	5	4
3~5月	9	18	3	4	12	12	6	4

从II区与IV区春季不同时段的旱涝出现频次来看(表3),II区的春季旱涝主要在4、5月份发生,尤其是5月份;而IV区春季旱涝,各月出现频次相当。尽管这两个区域春季旱涝频繁,但严重旱涝并不多见,IV区中严重旱涝所占旱涝比重分别为1/3和1/2,远大于II区的情况(2/9和1/3)。在这两区域中,各月发生严重雨涝的频次也均大于严重干旱,所占旱涝比重更是差异明显。

3.2 旱涝年际与年代际变化特征

图1给出西北各区近50年春季旱涝演变图,从图可见,I区虽然春季旱涝少见,但进入20世纪80年代以来有增多的趋势;II区春季旱涝变化的阶段性表现得十分明显,1953~1962年偏旱,1964~1969年偏涝,1971~1980年偏旱,1985~1989年偏涝,1994~2000年偏旱。而且连续2年或3年春季干旱年份竟达7次之多。从图上还可

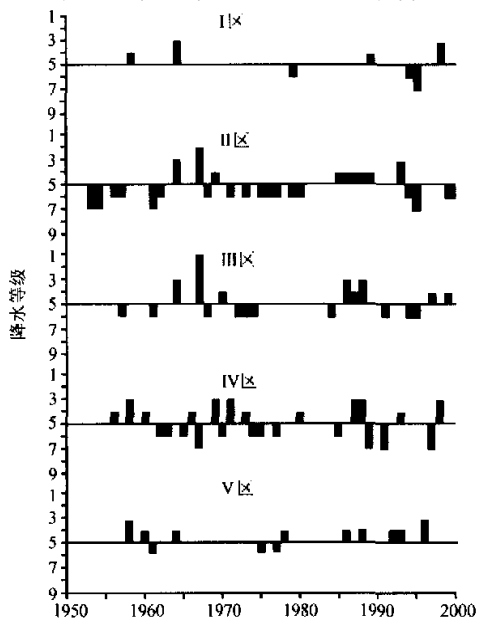


图1 西北5区域春季降水量旱涝等级演变
纵坐标为旱涝等级,具体说明见表1

见到,II区似乎存在着旱涝年代际振荡的特征;20世纪50年代和60年代初期偏旱,60年代中后期偏涝,70年代偏旱,80年代偏涝,90年代偏旱。III区的旱涝演变特征与II区十分相似。IV区的演变特征是20世纪50年代偏涝,60年代前期偏旱,后期至70年代初期偏涝,70年代中期偏旱,80年代偏涝,90年代旱涝交替变化。V区除春季旱涝出现的频次较IV区少,90年代偏涝外,有些特征与IV区相似,如:50年代偏涝,70年代中期偏旱,80年代中后期偏涝。由此可见,IV区与V区、II区、III区的旱涝演变除50年代和90年代有所不同外,从60年代到80年代其演变特征也还是十分相似的。这说明尽管我国西北地域辽阔,地形复杂,但造成旱涝的大尺度环流场各区之间还是有共性的。

3.3 旱涝变化的周期性

从上面分析可知,西北地区各区域春季旱涝演变表现出阶段性和群发性的特征。这意味着旱涝的演变存在某种准

周期性。鉴此，我们利用功率谱分析方法分别对这 5 个区的春季降水量气候序列进行谱分析，并进行红噪声谱检验。在显著性水平 $\alpha=0.05$ 情况下，各区域的显著性周期为：

- I 区：12.8 年和 8 年；II 区：21.3 年和 5.3 年；
- III 区：12.8 年 5.8 年；IV 区：12.8 年和 7.1 年；
- V 区：4.9 年.

可见，除 V 区外，各区春季降水量都存在年代际的变化周期。此外，各区春季降水量有 5~8 年的准周期变化。

3.4 旱涝变化的同步性

我们以 II 区为基点，求取它和其他各区降水量序列的相关系数。结果表明，II 区和 I 区、III 区的降水变化相关性最好，相关系数均达 0.7；与 V 区为 0.4，而与 IV 区几乎无关，相关系数仅为 0.005。这说明 II 区的旱涝发生与 I 区及 III 区的旱涝发生具有很大的同步性。

3.5 严重旱涝特征

表 4 给出了西北各区严重旱涝的评定。从整个西北地区来看，春季严重雨涝发生 17 次，严重干旱发生 9 次，足见春季严重雨涝较严重干旱几乎多一倍。而且大旱和极端干旱的情况从未发生过。其中，1958 年、1998 年和 1967 年春季的严重雨涝覆盖相邻两个区的范围，1964 年春季最重，严重雨涝的区域涉及到 I、II、III 区。覆盖两个区的严重干旱仅出现在 1995 年春季。

表 4 各区严重旱涝评定

旱涝等级	1	2	3	7	8	9
区	年份	年份	年份	年份	年份	年份
I			1964 1998	1995		
II		1967	1964 1993	1953 1995 1954 1961		
III	1967		1964 1988 1986			
IV			1958 1969 1971 1987 1988 1998	1967 1989 1991 1997		
V			1958 1996			
总和 (次)	1	1	15	9	0	0

表 5 列出了西北地区各年代春季严重旱涝频次。从表中可见，20 世纪 60 年代春季严重旱涝频仍，尤其是严重雨涝多见；70 年代春季严重旱涝极少发生，可是进入 80 年代以后春季严重旱涝明显增多。在 26 次严重旱涝事件中，有 13 次发生在 80 年代和 90 年代。这意味着进入 80 年代全球气候显著变暖以来，西北地区严重旱涝的发生有增加的情况，即诸如严重旱涝的极端气候事件更为频繁和加剧。

表 5 西北地区各年代春季严重雨涝和严重干旱频次

类别	1950~1959 年	1960~1969 年	1970~1979 年	1980~1989 年	1990~2000 年	总和
严重雨涝	2	6	1	4	4	17
严重干旱	2	2	0	1	4	9
总 和	4	8	1	5	8	26

4 西北东部严重旱涝的物理量场特征

西北 II 区（西北东部）是整个西北地区气候变化最敏感和最脆弱的地带。这里我们仅仅讨论这一区域春季严重旱涝年各自的物理量场特征。

西北地区属于温带大陆性气候，这一地区春季的降水受到中高纬度大尺度环流及其相联系的冷空气活动影响，同时还会受到副热带和热带环流的影响。

4.1 中高纬度大尺度环流

表 6 给出了西北东部春季 3 个严重雨涝和 4 个严重干旱年份北半球 500 hPa 高度场大气环流物理量特征的距平平均值。

表 6 西北东部春季严重雨涝和严重干旱年中高纬度环流特征量距平平均值

类型	北半球极涡	亚洲极涡	东亚大槽		亚欧环流指数	
	强度指数	强度指数	强度指数	位置指数	纬向	经向
严重雨涝	23.33	5.67	1.33	17.67	10.0	-10.67
严重干旱	-43.75	-13.0	-7.0	-14.0	-8.75	26.5

从表 6 可见，西北东部春季严重雨涝与严重干旱年份的中高纬度大尺度环流特征有着明显的差异。严重雨涝年份，春季北半球与亚洲极涡均偏强，东亚大槽偏弱且位置偏东，亚欧地区纬向环流占优势；严重干旱年份，春季北半球和亚洲极涡均偏弱，东亚大槽偏强且位置偏东，亚欧地区经向环流占优势。对表 6 进行方差检验，通过 0.05 信度的是东亚大槽位置指数，通过 0.10 信度的是北半球极涡强度指数以及亚欧经向环流指数，其他项均未通过。这表明对西北东部春季严重干旱与雨涝，北半球极涡和欧亚西风带环流的状况最为关键。

4.2 副热带大气环流

西北东部春季严重雨涝与严重干旱年份的副热带大气环流特征也有着明显的差异。严重雨涝年份，西太平洋副热带高压偏弱，北界位置偏南，脊点位置明显偏东；严重干旱年份，西太平洋副热带高压偏强，北界位置偏北，脊点位置明显偏西（表 7）。对表 7 进行方差检验，各项均未通过。这表明对西北东部春季严重干旱与雨涝，西太平洋副热带高压的状况虽有一定的影响，但影响关系不稳定。

表 7 西北东部春季严重雨涝和严重干旱年西太平洋副热带高压和青藏高原环流特征量距平平均值

类型	西太平洋副热带高压		
	面积指数	北界位置	西伸脊点
严重雨涝	-5.67	-1.67	17.33
严重干旱	4.25	1.0	-46.25

4.3 热带洋面热状况

引起季风年际变化的物理机制有两方面：即下边界热力强迫作用和大气内部动力学作用。在下边界中，热带洋面的热状况起着主导作用，热带洋面海表面温度的异常通过海气相互作用对热带和全球的大气环流有很大影响。这在西北东部严重旱涝发生

上也表现出遥响应的特征。西北东部春季严重雨涝发生时，赤道中东太平洋处于ENSO衰减阶段；而严重干旱发生时，北太平洋西风漂流区为显著的海温负距平。但是，对表 8 进行方差检验，各海区均未通过。这表现赤道中东太平洋海温与北太平洋西风漂流区海温虽然分别对西北东部严重雨涝和严重干旱有遥响应，但响应的关系并不稳定。

表 8 西北东部春季严重雨涝和严重干旱年太平洋各关键区海温指数距平的平均值

类型	Niño3 (5°N~5°S, 150°E~90°W)	Niño1 + 2 (0°N~10°S, 90°W 以东)	西风漂流区
严重雨涝	-0.17	0.8	0.0
严重干旱	0.25	-0.08	-0.58

5 结 语

- (1) 在西北地区春季，农牧过渡地带的黄河中上游和北疆山前地带降水量气候变化最为激烈，旱涝事件非常频繁。
- (2) 就整个西北地区而言，春季干旱较雨涝多见，但严重雨涝的发生多于严重干旱。值得注意的是，进入 20 世纪 80 年代全球气候显著变暖以来，西北地区严重旱涝的发生有增加的趋势。
- (3) 西北各区旱涝演变反映出阶段性和群发性的特征，基本特征是 20 世纪 60 年代偏涝，70 年代偏旱，80 年代偏涝，90 年代偏旱。春季降水量具有年代际的变化周期。此外还具有 5~8 年的准周期振荡。
- (4) 西北东部春季严重雨涝和严重干旱发生时的大气环流配置有着显著的差异。严重雨涝（干旱）发生时，北半球与亚洲极涡均偏强（弱），东亚大槽偏弱（强）且位置偏东（西），亚欧地区纬向（经向）环流占优势，西太平洋副热带高压北界位置偏南（北），脊点位置明显偏东（西）。
- (5) 西北东部春季严重雨涝发生在赤道中东太平洋海温处于下降阶段，而严重干旱则发生在北太平洋西风漂流区海温异常偏低阶段。

参 考 文 献

1 李江风主编，中国干旱、半干旱地区气候、环境与区域开发研究，北京：气象出版社，1990.
2 徐国昌等，中国干旱半干旱区气候变化，北京：气象出版社，1997.
3 丁一汇、王守荣主编，中国西北地区气候与生态环境概论，北京：气象出版社，2001.
4 谢金南主编，中国西北干旱气候变化与预测研究，北京：气象出版社，2000.
5 王绍武、董光荣主编，中国西部环境演变评估（第一卷） 中国西部环境特征及其演变，北京：科学出版社，2002.
6 谢金南等，甘肃省干旱气候变化及其对西部大开发的影响，气候与环境研究，2002，7（3），359~369.

A Study of Climate Features of Flood/Drought During Spring Season in Northwest China

Sun Anjian and Guo Yanjun

(*National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081*)

Abstract Monthly precipitation data of March~May in 1950~2000 from 160 meteorological stations of Northwest China are used for discussing flood and drought features of five subregions. Spring precipitation climate changes showed the most intense with more floods and droughts in region II and region IV. Frequencies of spring drought were more than those of spring flood in Northwest, but frequencies of spring serious flood were more than those of spring serious drought. And occurrences of serious flood / drought had increasing trend since the 1980s. Evolutions of drought and flood in each subregion had staged and mass feature, having interdecadal and 5~8 years quasi-periodic vibration. The atmospheric circulation characteristics of mid-high latitudes and subtropics between serious floods and droughts during spring season in eastern Northwest China were inverse each other. Serious floods and droughts during spring in eastern Northwest China displayed teleconnection with SST of equatorial middle-east Pacific and North Pacific westerly drift region, respectively.

Key words: Northwest China; flood/drought; climate