

宁夏旱涝灾害对气候变化的响应

杨蓉^{1,2}, 延军平¹

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062; 2. 宁夏大学 资源环境学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 利用宁夏回族自治区 20 个气象站自建站以来到 2012 年共 52 a 的降水数据资料, 运用趋势线、滑动平均等数理分析方法对宁夏 52 a 以来的降水变化特征进行了分析, 并应用降水 Z 指数和正负 20% 的降水距平指标对宁夏的旱涝灾害特征进行了分析。最后基于信息预测理论的对称性及可公度法, 对宁夏未来的旱涝灾害进行了趋势判断。结果表明: (1) 宁夏 52 a 年降水量以 8.57 mm/10 a 的速度递减, 从 20 世纪 90 年代起干旱化趋势明显。(2) 宁夏旱涝灾害交替发生, 旱涝出现的频率为 32.7% 和 28.7%, 降水正常年份仅占 38.5%。(3) 宁夏旱涝灾害的发生具有显著对称性周期特征, 未来发生旱灾的可能年份是 2014 和 2015 年, 发生涝灾的可能年份是 2017 年。

关键词: 气候变化; 宁夏; 旱涝灾害; 响应特征

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)05-0272-06

中图分类号: S421

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.057

Response of Drought and Flood Disasters to Climate Change in Ningxia Hui Autonomous Region

YANG Rong^{1,2}, YAN Jun-ping¹

(1. College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2. College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: According to 52-year precipitation data from 20 meteorological stations in Ningxia Hui Autonomous Region from their establishments in 2012, the mathematical analysis methods such as the trend line method and 5-year moving average method were applied to analyze the precipitation variation characteristics in more than 50 years, and the precipitation Z index and the precipitation anomaly indicators of plus or minus 20% points were also used to analyze the characteristics of droughts and floods in the region, then a trend judgment of the droughts and floods was made based on the symmetry of information forecast theory and commensurable calculation method. The results showed: (1) The precipitation in more than 50 years of Ningxia region was reduced at a rate of 8.57 mm/10 a, and the arid trend was obvious since 1990s; (2) The drought and flood disasters occurred alternately, the frequency of drought and flood was 32.7% and 28.7%, respectively, and it was only 38.5% in a normal year; (3) The droughts and floods occurred with obvious characteristics of symmetry cycle, the drought years may occur in 2014 and 2015, floods may occur in 2017.

Keywords: climate change; Ningxia Hui Autonomous Region; drought and flood disasters; response characteristics

旱、涝灾害是中国自然灾害中发生频繁、影响巨大的气象灾害,近年来,许多研究人员在旱涝灾害的研究领域做了大量工作。张瑞等^[1]用马尔可夫改进残差灰色灾变模型对辽宁省辽阳地区旱涝灾害进行了较为准确的预测;吴建生^[2]利用广西桂林主汛期的降水量资料,建立了基于遗传算法进化的 BP 神经网络

集成预测模型;韩礼应等^[3]应用神经网络综合模型预测了龙江河流域汛期的旱涝灾害,预测效果显著;滕卫平等^[4]应用 SVM 回归法对浙江省汛期旱涝灾害进行预测;迟道才等^[5]运用时间序列分析法对辽宁朝阳地区干旱年份进行预测。

在过去 100 a 内全球平均气温上升了 0.3~0.6 °C,

收稿日期:2013-09-12

修回日期:2013-09-28

资助项目:国家自然科学基金项目“部分重大自然灾害的时空对称性:结构、机理与适应对策”(41171090)

作者简介:杨蓉(1979—),女(汉族),陕西省汉中市人,博士,副教授,主要从事区域可持续发展研究。E-mail:yangr821@163.com。

通信作者:延军平(1956—),男(汉族),陕西省绥德县人,博士,教授,主要从事灾害地理、环境变化研究。E-mail:yanjp@snnu.edu.cn。

21 世纪全球平均气温将继续上升。宁夏是中国西部典型的生态脆弱区、气候变化敏感区,地处中国北方农牧交错带、季风与非季风气候的分界带,特殊的地理位置使其对全球气候变化的响应更为敏感。气候变化导致宁夏极端天气和气象灾害的频率和强度持续增大,研究气候变化下宁夏旱涝灾害的响应特征显得尤为重要。虽然过去学者对宁夏气候变化和降水变化有过研究,但对宁夏旱涝灾害的研究不多,而且在过去的研究中,往往只注重旱涝历史演变规律的分析,对未来旱涝灾害的趋势研究较少,对宁夏未来的旱涝灾害变化特点尚不清楚。研究宁夏旱涝灾害特征及未来发展趋势,对宁夏乃至整个西部的生态安全具有重要的实践意义在众多的灾害预测方法中,本文尝试采用对称性理论及可公度法。对称性理论是物理研究常采用的研究理论。目前,应用对称性可公度方法研究灾害的时间分布规律已有一些成果^[6-10]。本文将继续用对称性可公度方法对宁夏旱涝灾害的发生做出趋势判断,预测未来该地区在全球气候变化下的旱涝状态,对称性方法的灾害趋势判断提供案例,以期为该地区旱涝预报起到参考作用。

1 研究区域概况

宁夏回族自治区位居中国西北内陆,地处从半湿润区、半干旱区向干旱区过渡的典型农牧交错区和生态脆弱带,气温变率大,降水量少,降水季节、区域差异很大。由于特殊的地理环境和气候条件,宁夏干旱、暴雨洪涝、大风沙尘、低温冻害、冰雹和雷暴等气象灾害种类多、危害大,由气象原因引发的地质灾害以及生物灾害等也时有发生。在宁夏所发生的自然灾害中,又以旱涝灾害危害最为严重,宁夏南部山区的水土流失,中东部的土地沙漠化、沙尘暴及北部土壤盐渍化等生态问题,都与干旱和暴雨洪涝灾害的发生有着密切的关系。近年来,在全球气候变暖的大背景下,加之人类对自然生态环境的干扰日益加重,宁夏降水变化呈现出很大的波动性,旱涝灾害的突发性、反常性和不可预见性更是日益突出^[11]。如何科学分析宁夏旱涝灾害的发生规律,合理地预测旱涝灾害的未来变化趋势,及时的采取预防措施,减轻灾害的影响,是宁夏可持续发展的一项重要研究任务。

2 资料和方法

2.1 资料来源

目前宁夏共有地面气象观测站 25 个,由于建站时间先后不一,加之有的测站由于历史原因出现数据缺测现象,所以本文选取了其中资料完整的 20 个气

象台站的气象观测降水数据资料,时间序列为 1961—2012 年共计 52 a,该数据来源于宁夏气象局。根据宁夏的气候条件、农牧业分布、生态环境状况及传统习惯,把宁夏划分为 3 个区域:引黄灌区,包括平罗、惠农、陶乐、贺兰、银川、永宁等 11 站;中部干旱带,包括麻黄山、盐池、海原、同心、兴仁 5 站;南部山区,西吉、固原、隆德、泾源 4 站。

2.2 研究方法

利用宁夏 20 个气象站自建站 1961 年以来到 2012 年共 52 a 的降水资料,用 Excel 对数据进行处理,并运用趋势线法、滑动平均等数理统计方法,对宁夏 52 a 以来降水变化特征进行分析,采用降水 Z 指数和正负 20% 的降水距平指标对宁夏的旱涝灾害进行研究,最后基于信息预测理论的对称性及可公度法,对宁夏旱涝灾害的未来发展趋势做出判断。

3 结果与分析

3.1 宁夏降水时空变化规律

对宁夏 1961—2012 年共 52 a 的降水数据资料进行基本参数统计分析(表 1),得出宁夏多年平均降水量为 302.2 mm,其中引黄灌区 187.1 mm,属于干旱区,中部干旱带 310.7 mm,属于半干旱区;南部山区 449.3 mm,属于半湿润区。

表 1 宁夏各区降水量参数统计

区域	平均值/ mm	变异 系数	最小值/ mm	最大值/ mm	极值比
宁夏全区	302.2	0.1845	193.7	462.3	2.39
引黄灌区	187.1	0.2243	103.1	292.5	2.84
中部干旱带	310.7	0.2513	158.3	477.6	3.02
南部山区	449.3	0.1830	298.5	669.4	2.24

由表 1 可以看出,宁夏降水量总体由北向南逐渐递增。引黄灌区、中部干旱带和南部山区 3 个区域的降水差异很大。中部干旱带降水的变异性最强,变异系数为 0.251;南部山区最弱,变异系数为 0.183。极端降水(年降水)不是很突出,极值比为 2.24~3.02。

宁夏 1961—2012 年降水过程线、5 a 滑动平均及变化趋势线如图 1 所示。从图 1 可以看出,自 1961 年以来宁夏年降水量在逐渐减少,降水变化的线性方程为 $Y=0.8567X+306.15$,表明降水以 8.57 mm/10 a 的速度递减,但是这种递减并不是呈直线下降的。宁夏降水在 20 世纪 60 年代到 80 年代末期有依次剧烈的丰枯变化,20 世纪 90 年代以来特别是进入 21 世纪以来降水量变化趋于平缓,由其趋势估计未

来降水将会减少。2000 年以来有 2 个相对丰水时期,即 2003 和 2012 年,预计未来降水将会继续减少。

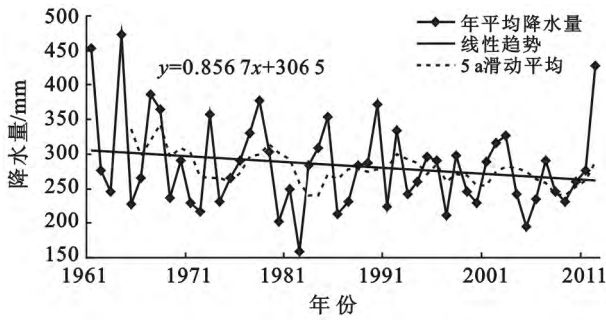


图 1 宁夏 1961—2012 年降水变化时间序列

3.2 宁夏旱涝灾害时空特征

根据研究目的和方向的不同,旱涝指标大致可分为气象指标、水文指标、农业指标、社会经济指标,其中气象指标主要有降水量距平百分率、相对湿润指数、降水 Z 指数、干燥度指数和帕默尔干旱指数等单项旱涝指数以及综合气象旱涝指数^[12]。有研究认为 Z 指数消除了降水量平均值不同的影响,通过对降水量进行处理得到服从正态分布的序列,对旱涝程度具有一定的反映能力,是单站划分旱涝的较好指标^[13],本文主要采用 Z 指数和降水量距平指标来分析宁夏的旱涝变化特征。

3.2.1 降水 Z 指数分析 假设某一时段内降水量

服从 Person III 型分布,降水 Z 指数能消除降水量平均值不同的影响,通过对降水量进行正态处理,将其概率密度函数转换为以 Z 为变量的标准正态分布。标准化降水指数不仅考虑了月降水服从偏态分布的实际,还对降水资料进行了正态标准化处理,消除了不同地区和时期的气候差异,是一个具有时空对比性的相对指标,能够较客观地反映出降水量的正负异常状况,对旱涝程度具有较好的反映能力^[14]。

Z 指数的计算如下:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2)$$

$$\varphi_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\delta} \quad (3)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{n\delta^3} \quad (4)$$

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \quad (5)$$

式中: X_i ——某年降水量; \bar{X} ——多年平均降水量; δ ——降水系数; φ_i ——标准变量; C_s ——偏态系数。

用以上公式可计算出宁夏各测站的年降水 Z 值序列,然后根据 Z 指数旱涝等级指标确定出不同年份的旱涝等级(表 2)。

表 2 Z 指数旱涝等级指标及宁夏各年代旱涝等级出现的次数和所占比例

等级	类型	Z 值范围	理论概率/%	1961—2012 年		1961—1979 年		1980—1999 年		2000—2012 年	
				次数	比例/%	次数	比例/%	次数	比例/%	次数	比例/%
1	重涝	$Z > 1.645$	5	3	5.7	2	42.1	0	20.0	1	23.1
2	大涝	$1.037 < Z \leq 1.645$	10	6	11.5	4	42.1	2	20.0	0	23.1
3	偏涝	$0.524 < Z \leq 1.037$	15	6	11.5	2	42.1	2	42.0	2	23.1
4	正常	$-0.524 \leq Z \leq 0.524$	40	20	38.5	6	31.6	9	45.0	5	38.5
5	偏旱	$-1.037 \leq Z < -0.524$	15	11	21.2	4	26.3	3	35.0	4	38.5
6	大旱	$-1.645 \leq Z < -1.037$	10	4	7.7	1	26.3	3	35.0	0	38.5
7	重旱	$Z < -1.645$	5	2	3.8	0	26.3	1	35.0	1	38.5

通过对宁夏 1961—2012 年共 52 a 的的降水 Z 指数值进行计算分析,发现每级的理论频率和实际频率十分接近,表明该 Z 指数等级划分标准能够反映出宁夏的旱涝实际情况,可以用于研究宁夏的旱涝灾害变化特征。由表 2 可以看出,宁夏代际旱涝变化的特征:20 世纪 60 和 70 年代降水较多,以涝为主,涝年占到 42.1%;80 年代和 90 年代降水减少,涝年仅占 20%,气候向干旱方向发展,旱年除正常年之外占 35%,且出现 1 a 重旱;进入 21 世纪以来的的 13 a 中,气候以正常偏旱为主,占到 38.5%,非正常年仍

以旱年居多,占 38.5%,再次出现 1 次重旱。总研究期 52 a 内正常年份占到 38.5%;非正常年份中旱年占 32.7%,涝年占 28.7%,总之,宁夏发生干旱的频率较高,且随着时间的推移,干旱的趋势越来越明显。

3.2.2 降水距平百分率分析 降水距平反映了某时段降水量相对于同期平均状态的偏离程度^[15]。该指标 k 计算如公式(6):

$$R = \frac{r - \bar{r}}{\bar{r}} \times 100\% \quad (6)$$

式中: r ——某年降水量; \bar{r} ——多年平均降雨量。可

应用降水距平百分率确定宁夏各年份的旱涝情况(如图 2 所示)。

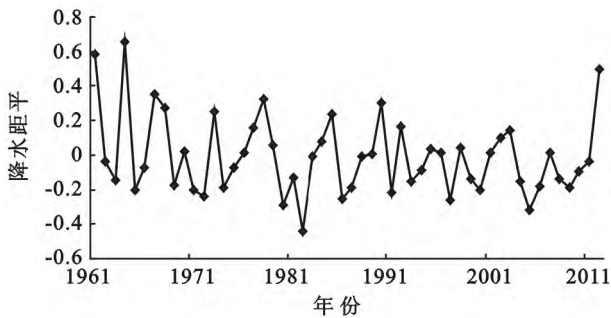


图 2 宁夏降水距平百分率变化图

将 1961 年以来 52 a 宁夏降水距平百分率不大于 -20% (降水量不大于 228.96 mm) 的年份作为旱年,年降水距平百分率不小于 20% (降水量不小于 343.44 mm) 的年份作为涝年。可以得出,宁夏旱年为:1965,1971,1972,1974,1980,1982,1986,1987,

1991,1997,2000,2005 和 2009 年共 13 a;涝年为 1961,1964,1967,1968,1973,1978,1985,1990 和 2012 年共 9 a。从图 2 中可以看出,宁夏近 52 a 来发生干旱的概率明显高于涝与偏涝的概率。在 52 a 中,旱年与偏旱年共发生 13 次,占总年数的 25%,平均每 4 a 出现 1 次旱灾;涝年与偏涝年共发生 9 次,占总年数的 17.3%,平均每 5.8 a 出现 1 次涝灾,宁夏总体以干旱气候为主。20 世纪 60—70 年代末是处在正常偏涝时期,80 年代降水量减少以干旱为主,到 20 世纪 90 年代以来,只有 2012 年降水较多,总体干旱多发。在全球气候后变化的大背景下,宁夏气候也出现暖干化特点,粗线条的估计,21 世纪以来宁夏将处于长度约为 60~70 a 的偏旱期,正常偏旱为宁夏长期演变的主要气候特征。用降水 Z 指数指标得出的旱涝年份除去个别降水稍多、稍少的偏涝、偏旱年份后,大旱、重旱和大涝、重涝的年份基本都和降水距平指标得出的旱涝年份基本吻合(表 3)。

表 3 Z 指数指标(Z)与降水距平指标(R)得出的宁夏各年份旱涝结果对比

年份	Z	R	年份	Z	R	年份	Z	R	年份	Z	R
1961	重涝	涝	1974	偏旱	旱	1987	偏旱	旱	2000	偏旱	旱
1962	正常		1975	正常		1988	正常		2001	正常	
1963	正常		1976	正常		1989	正常		2002	偏涝	
1964	重涝	涝	1977	偏涝		1990	大涝	涝	2003	偏涝	
1965	偏旱	旱	1978	大涝	涝	1991	偏旱	旱	2004	偏旱	
1966	正常		1979	正常		1992	偏涝		2005	重旱	旱
1967	大涝	涝	1980	大旱	旱	1993	偏旱		2006	偏旱	
1968	大涝	涝	1981	正常		1994	正常		2007	正常	
1969	偏旱		1982	重旱	旱	1995	正常		2008	正常	
1970	偏涝		1983	正常		1996	正常		2009	偏旱	旱
1971	偏旱	旱	1984	偏涝		1997	大旱	旱	2010	正常	
1972	大旱	旱	1985	大涝	涝	1998	正常		2011	正常	
1973	大涝	涝	1986	大旱	旱	1999	正常		2012	重涝	涝

3.3 宁夏未来旱涝趋势判断

对称方法是科学发现的重要工具,物理学家认为,“透过外表看本质是对称性方法的威力”,“发现一个对称比发现一个特定的现象意义大的多”。对自然界中的对称性进行研究,旨在随意性中寻找规律性,在复杂性中寻找简单性,在偶然性中寻找必然性^[16]。对称性可分为时间对称性和空间对称性,本文仅研究宁夏旱涝灾害在时间上的对称性。

3.3.1 计算方法 研究计算步骤:

(1) 分别取用于旱、涝灾害预测的点集样本,即设研究区的旱灾时间为 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$,暴雨洪涝灾害时间为 $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$,确定所预测的旱涝灾害目标年,列出预测目标发生的时间递增序列。

(2) 用计算机 CalcNextYear 程序对时间序列做运算,分别进行旱、涝灾害年的可公度预测,得到按三元、四元、五元作外推的预测值 X_{n+1} 和 Y_{n+1} 。

如三元可公度模式可定为:

$$X_i + X_j - X_k = X_{n+1} \quad (7)$$

四元可公度模式可定为:

$$X_i + X_j - X_k - X_l = X_{n+1} \quad (8)$$

五元可公度模式可定为:

$$X_i + X_j + X_k - X_l - X_p = X_{n+1} \quad (9)$$

式中: $i, j, k, l, p = 1, 2, \dots, n$ 。

(3) 求各可公度式的频数 m ,当 m 足够大时,这些可公度式就不再是偶然的等式了,而成为一个必然的规律。

(4) 可能性概率的计算:即 $T=m/n$

式中: T ——预测年份发生的可能概率; n ——用于预测的总灾害事件次数; m ——参与实际预测的灾害次数。

(5) 定性预测的可能性划分: $>99\%$ 为基本可能, $90\% \sim 99\%$ 为很可能, $66\% \sim 90\%$ 可能, $33\% \sim 66\%$ 为不完全可能, $10\% \sim 33\%$ 为不太可能, $<10\%$ 为很不可能, $<1\%$ 为非常不可能^[17]。

(6) 构建结构关系,绘制具有时间对称性特点的 2 组以上的“蝴蝶结构图”,探索时间对称性,进一步确认预测年份。

3.3.2 宁夏旱、涝灾害的可公度性验证 选取宁夏 1961 年以来旱灾发生的 13 个年份作为旱灾资料样本。即,1965 年(X_1),1971 年(X_2),1972 年(X_3),1974 年(X_4),1980 年(X_5),1982 年(X_6),1986 年(X_7),1987 年(X_8),1991 年(X_9),1997 年(X_{10}),

2000 年(X_{11}),2005 年(X_{12}),2009 年(X_{13})。同样选取涝灾发生的 9 个年份作为涝灾资料样本。即,1961 年(Y_1),1964 年(Y_2),1967 年(Y_3),1968 年(Y_4),1973 年(Y_5),1978 年(Y_6),1985 年(Y_7),1990 年(Y_8),2012 年(Y_9)。首先将宁夏已发生的 13 个旱灾年份和 9 个涝灾年份做出 $X_m = X_a + X_b - X_c$, $Y_m = Y_a + Y_b - Y_c$, $m = a + b - c$ 的三元可公度性验证,通过对旱涝 2 组年份的验证,发现大多年份数据都出现了 3 组以上较高的可公度匹配,验证结果表明宁夏旱涝灾害的发生年份具有较强的可公度性。

3.3.3 可公度计算结果 设 X_{14} 为下一次宁夏可能的旱灾发生年, Y_{10} 为下一次宁夏可能的涝灾发生年,根据可公度法用计算机 CalcNextYear 程序对时间序列做运算,进行旱涝灾害年的可公度预测,得到按三元,四元,五元作外推的预测值 X_{n+1} , Y_{n+1} 。计算结果如表 4 所示。

表 4 宁夏旱涝灾害发生年份可公度预测

可公度	2014 年旱灾		2015 年旱灾		2017 年涝灾	
	出现频数	可能概率/%	出现频数	可能概率/%	出现频数	可能概率/%
三元可公度预测	3	69.5	4	73.2	3	71.4
四元可公度预测	16	68.8	3	66.1	6	69.8
五元可公度预测	39	83.8	24	68.8	6	66.2

由表 4 可以看出,2014 年旱灾在三元,四元,五元可公度中出现的频数分别为 3 次,16 次,39 次,计算得出,宁夏 2014 年发生干旱的综合概率是 74.03%,2015 年旱灾出现的频数也很多,干旱发生综合概率 69.4%。2017 年涝灾在三元、四元、五元可公度中出现的频数分别为 3,6 和 6 次,涝灾综合发生概率 69.1%。综上分析,三元、四元、五元可公度法的计算结果都具有很强的一致性,结果表明,2014,2015 年宁夏发生旱灾的信号较强;2017 年宁夏发生涝灾的信号较强。

3.3.4 蝴蝶结构图判断 蝴蝶结构图是自然灾害时间对称性结构的体现,即时间序列存在等时间间隔的特点。鉴于可公度特征是不同的长度周期叠加后表现出的混合规律,它反映出来的往往是多变量间的周期性变化。采用蝴蝶结构图法,通过构建年份结构关系,绘制具有时间对称性特点的 2 组以上“蝴蝶结构图”,探索时间对称性^[17],从而进一步对宁夏旱涝灾害进行趋势预测,确认预测年份。根据可公度信息,绘制出宁夏旱涝灾害的蝴蝶结构图(图 3),允许间隔周期的误差在 1 a 的范围内,要求至少有 4~5 个成组要求。

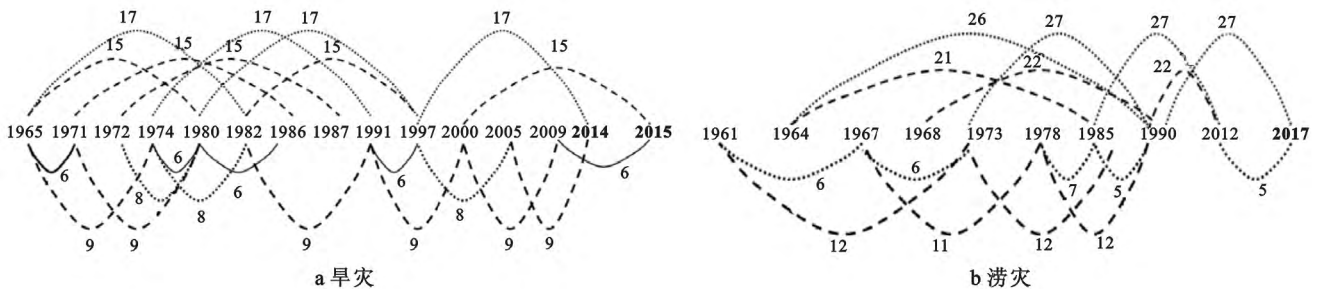


图 3 宁夏旱涝灾害时间对称性蝴蝶结构图(图中连线上数值为间隔年数;黑体数字表示的年份间隔年数为预测值)

由图 3 蝴蝶结构图分析发现宁夏旱涝灾害存在的显著时间对称性规律:1961 年以来宁夏旱灾总体

上是以 6,8,9,15,17 a 的准时间周期最为显著,其中,8 和 17 a 各出现了 3 次,6 和 15 a 各出现了 4 次,

9 a 出现了 5 次,具有较强时间对称性,外推 2014 年宁夏发生干旱的随机性概率为 78.4%,不漏报的置信水平为 67.4%;2015 年发生干旱的随机性概率为 72.8%,不漏报的置信水平为 69.2%。1961 年以来宁夏涝灾总体上是以 6,12,22 和 27 a 的准时间周期最为显著,其中,22 和 27 a 各出现了 3 次,6 和 12 a 各出现了 4 次,同样具有较强时间对称性,外推 2017 年宁夏发生涝灾的随机性概率为 70.8%,不漏报的置信水平为 66.5%。特别需要强调的是,没有参与实际预测的各种周期,仍可以表明此灾害事件的其他可公度性时间规律,因此,也具有实际意义。

4 结论

(1) 以变暖为主要特征的全球气候变化对宁夏气候和旱涝灾害的变化有着广泛深远的影响。宁夏对全球变暖的气候响应是,干旱气候灾害有愈演愈烈之势。

(2) 自 1961 年以来 52 a 宁夏的降水变化呈现很大的波动性。宁夏降水量由北向南依次递增,多年平均降水为 302.2 mm,中部干旱带降水变异性最强,变异系数 0.243,南部山区最弱,变异系数 0.185,极端降水(年降水)不是很突出,极值比在 2.24~3.02 波动。从降水滑动平均及变化趋势线可以看出,宁夏年降水量在逐渐减少,降水以 8.57 mm/10 a 的速度递减,但这种递减并不是呈直线下降的,预计未来降水将会继续减少。

(3) 通过降水 Z 指数分析,宁夏 20 世纪 60,70 年代以涝为主,涝年占到 42.1%;80,90 年代降水减少,气候向干旱方向发展,旱年除正常年之外占 35%,且出现 1 a 重旱;进入 21 世纪以来的 13 a 中,气候以正常偏旱为主,旱年占 38.5%,再次出现一次重旱。总研究期 52 a 内正常年份占到 38.5%;旱年占 32.7%,涝年占 28.7%。总之,宁夏发生干旱的频率较高,且随着时间的推移,干旱的趋势越来越明显。

(4) 通过降水距平正负 20% 的指标分析得出,宁夏发生干旱的概率明显高于涝与偏涝的概率,以干旱气候为主,特别是近 20 a 以来,除 2012 年外已无降水偏少的涝年出现,干旱多发,在全球气候变化的大背景下,宁夏气候也出现暖干化特点,21 世纪以来宁夏将处于长度为 60~70 a 的偏旱期,正常偏旱为宁夏长期演变的主要气候特征。

(5) 宁夏 52 a 来旱涝灾害的发生具有显著的时间对称性结构,运用对称性及可公度法的三元、四元、五元可公度计算分析得出,宁夏未来发生旱灾的

可能年份是 2014 和 2015 年,发生涝灾的可能年份是 2017 年。

(6) 结合蝴蝶结构图分析得出,宁夏旱灾基本周期由 6,8,9,15 和 17 a 的准时间周期组成,涝灾基本周期由 6,12,22 和 27 a 的准时间周期组成,略去久远的预测,未来宁夏旱灾可能发生在 2014 和 2015 年;涝灾可能发生在 2017 年。可公度法和蝴蝶结构图法分析得出的结论表现出高度的一致性。

[参 考 文 献]

- [1] 张瑞,迟道才,王晓瑜,等.基于马尔可夫过程的改进残差灰色灾变预测模型研究[J].中国农村水利水电,2008(1):7-10.
- [2] 吴建生.旱涝灾害的遗传:神经网络集成预测方法研究[J].广西科学,2006,13(3):203-206.
- [3] 韩礼应,何振伟,陈丽娜.神经网络综合模型预测龙江河流域汛期旱涝[J].水文,2006,26(1):51-54.
- [4] 滕卫平,俞善贤,胡波,等.SVM 回归法在汛期旱涝预测中的应用研究[J].浙江大学学报:理学版,2008,35(3):343-347.
- [5] 迟道才,张宁宁,袁吉,等.时间序列分析在辽宁朝阳地区干旱灾变中的应用[J].沈阳农业大学学报,2006,37(4):627-630.
- [6] 王富强,许士国.长江流域洪水的可公度性及其预测研究[J].长江科学院院报,2008,25(6):23-27.
- [7] 李均之,苏成,夏雅琴.可公度信息系在强震预报中的应用[J].北京工业大学学报,2007,33(1):108-112.
- [8] 龙小霞,延军平,孙虎,等.基于可公度方法的川滇地区地震趋势研究[J].灾害学,2006,21(3):81-84.
- [9] 延军平,闫娜.关于地震预测体系构建的可能性及验证[J].陕西师范大学学报:哲学社会科学版,2008,37(5):19-23.
- [10] 白晶,延军平,苏坤慧.新疆 $M_s \geq 7$ 地震时空对称性及未来趋势判断[J].内陆地震,2010,24(4):323-329.
- [11] 苏占胜,王学霞,陆晓静,等.宁夏主要气象灾害及防御对策[J].农业灾害研究,2012,2(3):68-71.
- [12] 孙善宇,徐利岗.宁夏 1951—2008 年降水变化特征及趋势分析[J].人民黄河,2011,33(4):24-25.
- [13] 曹宁,张磊,马宁,等.宁夏暴雨洪涝灾害风险区划[J].农业网络信息,2011(2):93-95.
- [14] 杨晓华,杨小利.基于 Z 指数的陇东黄土高原干旱特征分析[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):248-253.
- [15] 冯建民,梁旭,张智.宁夏旱涝灾害动态监测指标及其应用[J].干旱区资源与环境,2003,17(6):71-77.
- [16] 杨蓉,延军平.对称性与宁夏地震灾害趋势判断[J].陕西师范大学学报:自然科学版,2012,40(6):92-96.
- [17] 延军平,白晶,苏坤慧,等.对称性与部分重大自然灾害趋势研究[J].地理研究,2011,30(7):1159-1168.