

近 50 年贵德县旱涝灾害变化特征分析

李进虎¹, 吴 让², 赵金忠³

(1. 青海省气象局, 西宁 810001; 2. 青海省同德县气象局, 青海 同德 813201; 3. 青海省贵德县气象局, 青海 贵德 811750)

摘 要:利用青海省贵德气象站 1961—2010 年逐日平均气温、逐月降水资料以及逐日最高、最低气温资料, 分析近 50 a 气温、降水以及最高最低气温的变化趋势, 并对其突变年份进行了检测。用降水量来确定贵德县旱涝等级, 进而确定出贵德县气温突变前后旱涝等级出现的年份及所占的比例。结果表明: 贵德地区偏旱、正常和偏涝的状态不断增加, 增加的比例为旱>正常>偏涝。运用马尔柯夫模型对未来 5 a 的旱涝状态进行了预测, 2011—2015 年处于“偏涝”的概率较大。

关键词:气候突变; 旱涝灾害; 贵德县

中图分类号: P426. 616

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)04-0256-04

Changes of Drought and Waterlog Disasters over the Last 50 Years in Guide County, Qinghai Province

LI Jin-hu¹, WU Rang², ZHAO Jin-zhong³

(1. Meteorological Bureau of Qinghai Province, Xi'ning 810001, China; 2. Tongde Meteorological Bureau in Qinghai Province, Tongde, Qinghai 813201, China; 3. Guide Meteorological Bureau of Qinghai Province, Guide, Qinghai 811750, China)

Abstract: The data for this study were collected at the weather station of Guide, Qinghai Province, including average daily temperatures of every day, monthly precipitation, and the daily highest and lowest temperatures from 1961 to 2010. According to these data, trends of atmospheric temperatures, precipitation and the daily highest and lowest temperatures over the last 50 years were analyzed, and the years of abrupt changes were checked. We judged drought or waterlog degrees from concurrent precipitation, so as to compare the years of drought or waterlog disasters and their ratios before and after the abrupt changes. The results showed that drought and waterlog disasters became more frequent over the last 50 years. The results of Markovian analysis indicated that waterlog disasters would be in greater probabilities in 5 years from 2011 to 2015.

Key words: abrupt change of climate; drought and waterlog disaster; Guide County

20 世纪以来全球气候有变暖趋势已经被许多研究所证实^[1-3], 受全球气候变化的影响, 青藏高原气候发生了较大的变化^[4-6]。研究表明, 几十年来青藏高原气候变化的总体特征表现为气温呈上升趋势, 降水量呈增加趋势, 近年来这一趋势更为明显^[7-9]。我国各地自然灾害频繁发生, 给粮食生产、水资源等带来危机^[10]。其中旱涝灾害对农业生产产生的影响最大。全球变暖将导致全球气候系统发生重大变化, 可能使极端气候事件(洪水、干旱、高温和低温等)的频率和强度增加。而干旱是我国最常见, 影响最大的气象灾害, 每年因干旱造成的粮食减产和经济损失约占气象灾害造成的经济损失的 50% 左右^[11]。

本文利用相关资料分析贵德县近 50 a 在全球变

暖影响下气温和降水的变化, 在此基础上分析气温突变前后旱涝灾害的变化, 并预测未来 5 a 该地区在全球变暖影响下的旱涝状态, 以期为该地区旱涝预报等起到参考作用。

1 资料与分析方法

1.1 研究区概况

贵德县位于青海省海南藏族自治州东部, 地处黄河上游南岸, 处于黄土高原与青藏高原过渡地带, 是一个以农为主, 兼营农牧业的县, 也是全省重点农业县之一。黄河自西向东横贯县境中部 76.8 km, 两岸河谷辐集于黄河, 形成群山环抱的河谷盆地。年平均气温 7.3℃, 年降水量 252.5 mm, 年极端最高气温

38.7℃,年极端最低气温-21.8℃。主要的气象灾害为春季干旱、夏季洪水、泥石流。年降水量不仅较少,而且降水主要集中在汛期(6—8月)。春季降水量较少,发生春旱的频率高,因此贵德地区春播农作物受灾频率较高且受害程度较重。

1.2 资料

本文选用贵德气象站1961—2010年逐日平均气温、逐月降水资料以及逐日最高、最低气温资料,分析近50a气温、降水以及最高最低气温的变化。利用气温、降水、最高最低气温等气象要素,分别建立年及四季的时间序列。按12月至次年2月为冬季,3—5月为春季,6—8月为夏季,9—11月为秋季划分四季。30a平均值按世界气象组织(WMO)规定的1981—2010年平均值。

1.3 计算方法

根据现代气候统计诊断方法,采用一元线性回归分析方法^[12],对贵德县近50a最高气温、最低气温和年气温、降水序列进行趋势分析;运用滑动 t 检验^[13]、信噪比法^[14]来检测贵德县近50a四季及年平均气温序列的突变;用降水量来划分贵德县旱涝等级,进而确定出贵德县气温突变前后旱涝等级出现的年份数及所占的比例;根据贵德县旱涝等级标准,对1961—2010年贵德县的降水量进行等级划分,运用马尔柯夫模型^[15]对未来5a的旱涝状态进行预测。

2 气候要素变化趋势分析

2.1 各气象要素的变化趋势分析

2.1.1 年平均气温变化趋势 图1为贵德年平均气温变化曲线,近50a来贵德气温呈明显的上升趋势,其年平均气温倾向率达0.23℃/10a,明显低于全省0.32℃/10a的气温平均倾向率。年平均气温从60年代以来呈持续上升状态,进入20世纪90年代后(1991—2010年)升幅最为明显,并达到年代平均气温最高值(图1)。

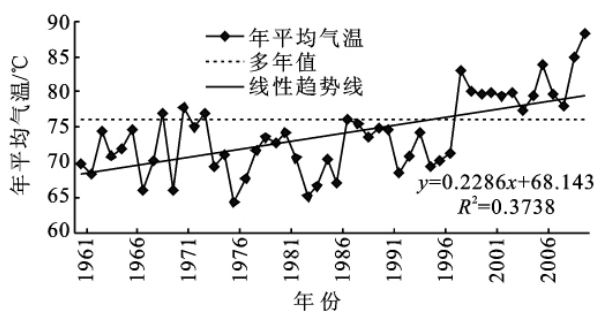


图1 贵德年平均气温年际变化

贵德年平均气温为7.6℃,各年代年平均气温距平,60年代(1961—1970年)为-0.5℃,70年代

(1971—1980年)为-0.4℃,80年代(1981—1990年)为-0.5℃,90年代(1991—2000年)为-0.2℃,2001—2010年平均为8.1℃,1990—2010年较60年代升高了0.7℃。2010年是50a来年平均气温最高的一年,高达8.8℃。

2.1.2 年平均最高气温变化趋势 近50a贵德地区年平均最高气温也呈明显上升趋势(图2),气候倾向率为0.35℃/10a,相关系数为0.662,通过0.001信度水平检验。其增长率远大于年平均气温的增长率。年平均最高气温的多年值为15.9℃,年代际变化中,年平均最高气温60,70,80年代基本相同,比多年值偏低1.3~1.4℃;90年代与多年值一致;21世纪前10a较多年值偏高0.7℃。2010年是近50a平均最高气温最高的一年,比常年平均最高气温偏高了1.1℃。

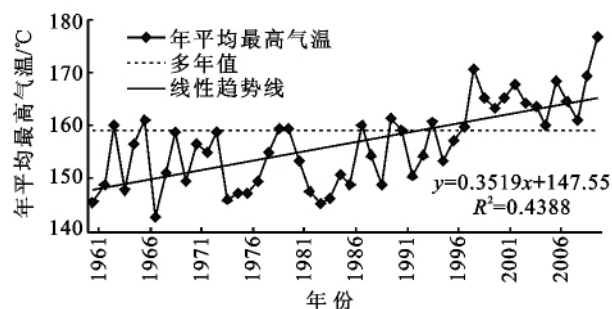


图2 贵德年平均最高气温年际变化

2.1.3 年平均最低气温变化趋势 近50a来,贵德地区年平均最低气温的气候倾向率大于平均气温而小于平均最高气温(图3),平均最低气温的气候倾向率为0.25℃/10a,相关系数为0.593,信度达0.001。自有器测记录以来,年平均最低气温一直呈现出波动上升的趋势。年平均最低气温的多年值为0.7℃,各年代际平均最低气温值中,除2001—2010年代的平均值高于平均值外,其他年代平均值均低于多年平均值。60年代平均最低气温最低,为0.1℃,较多年平均值偏低0.6℃;20世纪70,80,90年代为0.4℃,较60年代升高了0.3℃;21世纪前10a的平均最低气温升高幅度最大,较20世纪90年代升高了1.0℃。

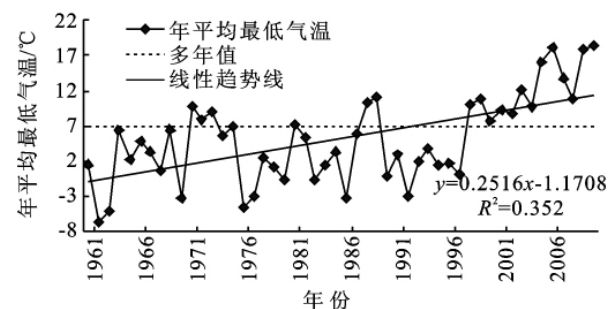


图3 贵德年平均最低气温年际变化

2.1.4 年降水量变化趋势 贵德年降水量为 253.3 mm。从年代际变化来看,60,80,90 年代的年降水量低于多年平均值,其中 80 年代最少,为 230.2 mm;70 年代和 2001—2010 年的年降水量略高于多年平均降水量,其中 70 年代降水量最多,为 264.8 mm。近 50 a 贵德年降水量的气候倾向率较小,为 $-7.6 \text{ mm}/10 \text{ a}$,这一结果与我国 1951—1989 年(39 a)降水

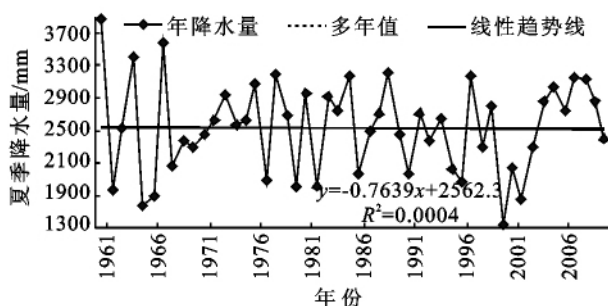


图 4 贵德年降水量及累积距平变化曲线

2.2 各气候要素的突变分析

采用滑动 t 检验法(MTT)和信噪比方法(S/N)对贵德地区近 50 a 气温序列的突变加以判别,并对四季及年平均气温序列进行突变分析,计算春、夏、秋、冬及年平均气温序列中的统计量 $|t|$ 值和 S/N 值。从表 1 可知,春季 $|t|$ 最大值出现在 1997 年,夏季、秋季和年 $|t|$ 最大值出现在 1998 年,冬季出现在 1987 年。年和四季 5 个统计量 $|t|$ 值均通过 0.01 的信度检验。而 S/N 值只有年平均气温大于 1.0,由此可见,贵德地区年平均气温序列存在突变,且突变点在 1998 年,而春季、夏季、秋季和冬季四季只发生了一次大的转折,其中冬季发生转折的时间最早,在 1987 年,说明人类活动对冬季气温影响较明显。

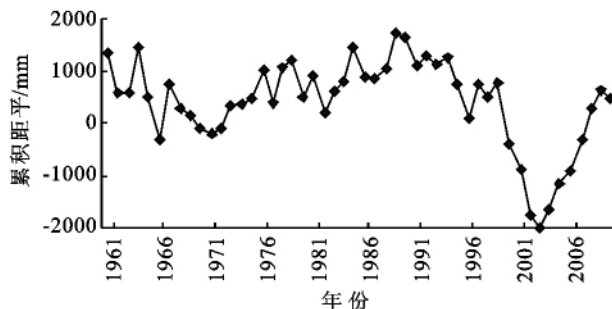
表 1 贵德地区平均气温的突变点

项目	突变点	$ t $	S/N	突变前 平均	突变后 平均	突变前后 平均值之差
春季	1997	-5.52	0.63	8.9	9.6	0.7
夏季	1998	-5.57	0.89	17.5	18.6	1.1
秋季	1998	-4.90	0.73	7.0	7.6	0.6
冬季	1987	-3.92	0.83	-4.7	-3.4	1.3
年	1998	-7.55	1.4	7.2	8.1	0.9

表 1 还给出了统一以 1998 年为突变点贵德地区四季和年平均气温突变前后的平均值及其差值。春季和秋季突变前后的平均值之差较小,年平均气温突变前后的平均值次小,为 0.9°C ,冬季和夏季突变前后的平均值之差都大于 1.0°C ,可见突变后的平均气温比突变前均明显增加。其中冬季的增幅最大,为 1.3°C ;其次是夏季,为 1.1°C 。

倾向率 $-12.69 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 一致^[8]。

从年降水量累积距平图(图 4)上可以看出,20 世纪 60 年代的降水量呈减少趋势,70 年代初至 80 年代末降水偏多,累积距平曲线呈上升的趋势,但进入 90 年代以后至 2003 年,又呈明显的减少趋势,以夏半年降水变化量为明显,2004 年以后降水量又呈明显的增多趋势。



3 贵德地区气温突变前后旱涝灾害的变化

旱涝灾害等级是反映一个地区旱涝灾害程度的统一衡量指标,是分析旱涝灾害规律的重要依据。气象中旱涝现象的识别标准很多^[16],前人在确定旱涝标准方面已做过许多工作^[17-18],由于各地的地理位置、下垫面情况以及人类活动影响等因素的不同,无论哪一种旱涝指标都有一定的局限性^[19],鉴于贵德地区的气候状况,本研究用降水量来确定旱涝等级^[20],详见表 2。

表 2 旱涝等级标准

等级	标准	意义
E_1	$R_i > (\bar{R} + 1.17\sigma)$	涝
E_2	$(\bar{R} + 0.33\sigma) < R_i \leq (\bar{R} + 1.17\sigma)$	偏涝
E_3	$(\bar{R} - 0.33\sigma) < R_i \leq (\bar{R} + 0.33\sigma)$	正常
E_4	$(\bar{R} - 1.17\sigma) < R_i \leq (\bar{R} - 0.33\sigma)$	偏旱
E_5	$R_i \leq (\bar{R} - 1.17\sigma)$	旱

注: \bar{R} 为 5—9 月多年平均降水量; R_i 为逐年 5—9 月降水量; σ 为其标准差。

根据旱涝灾害的等级划分标准,统计出 1961—2010 年贵德地区旱涝灾害的年份,确定贵德地区气温突变前后旱涝等级出现的年份数及所占的比例,见表 3。突变前 37 a 和突变后 13 a 对比,突变后涝(1 级)和偏旱(4 级)出现的年份数分别为 1 次和 2 次,出现的年份比例分别减少了 0.42% 和 3.54%;偏涝(2 级)出现的年份数比例增加了 0.62%;正常(3 级)和旱(4 级)出现的年份数比例分别增加了 1.46% 和 1.87%,可见,在贵德地区气温突变后,干旱、正常和偏涝的比例在不断增加,其增加的比例为旱 > 正常 > 偏涝。

表 3 贵德地区气温突变前后旱涝各等级出现年份数及所占比例

等级	1961—1997 年			1998—2010 年		
	出现年 份数	比例/ %	涝—常 —旱/%	出现年 份数	比例/ %	涝—常 —旱/%
E_1	3	8.11	45.95	1	7.69	46.15
E_2	14	37.84		5	38.46	
E_3	8	21.62	21.62	3	23.08	23.08
E_4	7	18.92	32.43	2	15.38	30.76
E_5	5	13.51		2	15.38	

涝(1 级和 2 级)的比例在突变后增加了 0.20%, 正常(3 级)的比例增加了 1.46%, 而旱(4 级和 5 级)的比例却减少了 1.67%。

表 4 1961—2010 年贵德地区降水量状态

年份	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
状态	E_2	E_5	E_3	E_1	E_5	E_5	E_1	E_4	E_3	E_3
年份	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
状态	E_3	E_3	E_2	E_3	E_3	E_1	E_5	E_2	E_2	E_4
年份	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
状态	E_2	E_5	E_2	E_2	E_2	E_4	E_2	E_2	E_2	E_4
年份	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
状态	E_4	E_2	E_3	E_2	E_4	E_4	E_2	E_4	E_2	E_5
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
状态	E_4	E_5	E_3	E_3	E_2	E_2	E_2	E_1	E_2	E_3

根据建模过程可知,如果某一事件在第 0 个时刻(或时期)的初始状态已知,即 $\pi(0)$ 已知,则利用递推公式就可求得它经过 k 次状态转移后在第 k 个时刻(或时期)处于各种状态的概率,即 $\pi(k)$,从而得到该事件在 个时刻(或时期)的状态概率预测。若将 2010 年的年降水量状态记为 $\pi(0)=[0,0,1,0,0]$ (2010 年处于“正常”状态),则将状态转移概率矩阵 P 及 $\pi(0)$ 代入递推公式,就可求得 2011—2015 年贵德地区降水量可能出现的各种状态概率,见表 5。

表 5 贵德地区 2011—2015 年降水量状态概率预测值

项目	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
E_1	0.2000	0.1158	0.0969	0.0894	0.0871
E_2	0.3000	0.3105	0.3463	0.3578	0.3618
E_3	0.5000	0.2974	0.2541	0.2402	0.2360
E_4	0.0000	0.1289	0.1604	0.1713	0.1748
E_5	0.0000	0.1474	0.1423	0.1413	0.1404

2011—2015 年处于“偏涝”的概率较大。而 2011 年则处于“正常”年份,2011 年降水量的实测值是 221.5 mm,与预测值基本相符,而从 2012—2015 年 5 种状态概率的变化可知,贵德地区偏涝的比例在不断的增加。

5 结 论

(1) 贵德地区年平均气温、最高最低气温均表现

4 旱涝预测

本研究根据降水量的状态分级标准,确定了 1961—2010 年贵德地区降水量的状态变化情况,见表 4。由表 4 计算可得该地区年降水量的状态转移概率矩阵为:

$$A = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.2500 & 0.0000 & 0.2500 & 0.5000 \\ 0.0530 & 0.3680 & 0.1580 & 0.2630 & 0.1580 \\ 0.2000 & 0.3000 & 0.5000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.5560 & 0.1110 & 0.2220 & 0.1110 \\ 0.1430 & 0.2860 & 0.2860 & 0.1430 & 0.1430 \end{bmatrix}$$

了极显著的上升趋势,最高气温的上升幅度明显高于最低气温,四季气温变化以冬季增温最为显著,春季增温幅度最小。这种最高气温上升趋势远大于最低气温上升趋势的变化与他人的研究有所不同^[21-22]。

(2) 在气温变暖影响下贵德地区秋季、冬季和夏季降水量总体呈下降趋势,尤以秋季降水量减少幅度最大,降水变化与气温变化呈负相关。

(3) 贵德地区年平均气温序列存在显著突变,突变点是 1998 年,而春季、夏季、秋季和冬季四季气温只是发生了大转折,除了冬季发生气温转折期较早(1987 年),其它季的转折期都在 1998 年附近。

(4) 通过对比贵德地区气温突变前后旱涝出现的年份数和所占比例发现,贵德地区偏旱、正常和偏涝的状态不断增加,增加的比例为旱>正常>偏涝。从涝—正常—旱 3 级的比例来看,气温突变后旱(4 级和 5 级)的比例减少,正常(3 级)和涝(1 级和 2 级)的比例在突变后增加。

(5) 根据旱涝等级标准,对 1961—2010 年贵德地区的降水量进行等级划分,运用马尔柯夫模型对未来 5 a 的旱涝状态进行了预测。2011—2015 年处于“偏涝”的概率较大。2011 年旱涝状态的预测为“正常”状态,通过与 2011 年实测降水量进行对比发现与预测值基本吻合。

(下转第 264 页)

(3) 近 50 a 来贵德县日照时数呈显著减少趋势, 四季日照时数均呈减少趋势, 夏季日照时数减少趋势显著, 冬季日照时数减少趋势刚刚通过显著水平信度检验, 而春季和秋季未通过信度检验。

(4) 目前贵德冬小麦生产潜力开发程度偏低, 现实生产力产量只有理论生产潜力的 42.7%, 气候生产潜力适宜开发程度为 57.3%, 气候生产潜力可开发速度为 14.6%。冬小麦生产潜力的适宜开发程度和可开发程度较高, 但当前气候生产潜力开发程度偏低, 增产潜力较大。

参考文献:

- [1] 周长进, 关志华. 贵德农业生产条件及潜力分析[J]. 资源科学, 2000, 22(5): 32-36.
- [2] 张谋草. 气候变暖对陇东塬区冬小麦生长发育及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 22(5): 232-235.
- [3] 丁一汇, 石广玉. 中国的气候变化与气候影响研究[M]. 北京: 气象出版社, 1997.
- [4] 刘德祥, 董安祥, 邓振镛. 中国西北地区气候变暖对农业生产的影响[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 119-125.
- [5] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 37-59.
- [6] 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482-493.
- [7] 薛为民. 正交多项式回归及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 1989.
- [8] 李三爱, 居辉, 池宝亮. 作物生产潜力研究进展[J]. 中国农业气象, 2005, 26(2): 43-48.
- [9] 林贤福. 应用迈阿密模型分析计算宁德市土地气候生产潜力[J]. 宁德师专学报, 2006, 18(1): 13-15.
- [10] 白永平. 甘肃省农业生态气候资源潜力比较与利用探讨[J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2000, 36(2): 270-278.
- [11] 林学椿, 于淑秋. 近四十年我国气候趋势[J]. 气象, 1990, 16(10): 16-21.
- [12] 谭友邦, 谢利娟. 内江市近 40 年日照变化的统计特征[J]. 气象, 1996, 22(10): 27-30.
- [13] 李明香, 才荣辉, 金巍. 营口市近 50 年来日照时数变化的特征分析[J]. 辽宁气象, 1999(3): 10-12.
- [14] 张运林, 秦伯强, 陈伟民, 等. 太湖无锡地区近 40 a 来日照的变化特征分析[J]. 气象科学, 2003, 23(2): 231-237.

(上接第 259 页)

参考文献:

- [1] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 261-273.
- [2] 龚道溢, 王绍武. 全球气候变暖研究中的不确定性[J]. 地质学前沿, 2002, 9(2): 371-376.
- [3] 符淙斌, 董文杰, 温刚, 等. 全球变化的区域响应和适应[J]. 气象学报, 2003, 61(2): 245-249.
- [4] 郑度, 姚檀栋. 青藏高原隆升与环境效应[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [5] 姚檀栋, 朱立平. 青藏高原环境变化对全球变化的响应及其适应对策[J]. 地球科学进展, 2006, 21(5): 459-464.
- [6] 莫申国, 张百平, 程维明, 等. 青藏高原的主要环境效应[J]. 地理科学进展, 2004, 23(2): 88-96.
- [7] 杜军. 西藏高原近 40 年的气温变化[J]. 地理学报, 2001, 56(6): 682-690.
- [8] 林振耀, 赵昕奕. 青藏高原降水变化的空间特征[J]. 中国科学: D 辑, 1996, 26(4): 354-358.
- [9] 吴绍洪, 尹云鹤, 郑度, 等. 青藏高原近 30 年气候变化趋势[J]. 地球学报, 2005, 60(1): 3-11.
- [10] 严华生, 万云霞, 严小冬, 等. 近 500 年中国旱涝时空分布特征的研究[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2004, 26(2): 120-124.
- [11] 黄嘉佑, 刘舸. 华北干旱的阶段性与突变性研究[C]//黄荣辉, 李崇银, 王绍武, 等. 我国旱涝重大气候灾害及其形成机理研究. 北京: 气象出版社, 2003: 4-343.
- [12] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [13] 淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482-493.
- [14] 黄嘉佑. 气候状态变化趋势与突变分析[J]. 气象, 1995, 21(7): 54-57.
- [15] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 98-103.
- [16] 王建林, 林日暖. 中国西部农业气象灾害(1961—2000)[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [17] 王新华, 延军平, 柴莎莎. 近 48 年大同市旱涝灾害对气候变化的响应[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(5): 273-278.
- [18] 吴爱敏, 郭江勇, 王劲松. 中国西北地区伏期干旱指数及干旱分析[J]. 干旱区研究, 2007, 24(7): 227-233.
- [19] 张存杰, 王宝灵, 刘德祥, 等. 西北地区旱涝指标的研究[J]. 高原气象, 1998, 17(4): 381-389.
- [20] 宋连春, 邓振镛, 董安祥. 干旱[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 38-39.
- [21] 尹宪志, 张强, 徐启运, 等. 近 50 年来祁连山区气候变化特征研究[J]. 高原气象, 2009, 28(1): 85-90.
- [22] 郭良才, 岳虎, 王强, 等. 河西走廊干旱区农业气候资源变化特征[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(3): 14-22.