

# 大同市气象干旱变化趋势分析

梁进秋<sup>1</sup>,任璞<sup>2</sup>,郭雪梅<sup>2</sup>,贾利芳<sup>1</sup>,王丽莉<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>山西省大同市气象局,山西大同 037004;<sup>2</sup>山西省气象局,太原 030002)

**摘要:**基于1955—2009年大同市年、月降水资料,利用降水距平百分率作为气象干旱指标,分析了大同气象干旱发生年、季特征时间演变及对农业的影响。研究表明,近55年来大同市年降水量以8.6 mm/10年速度递减;共出现了20个旱年,出现频率为36%,平均每2.8年出现1个旱年;大同四季干旱发生频率依次为春季32.7%、冬季30.9%、秋季25.4%、夏季21.8%;冬季重旱年最多,其次是夏季,春季、秋季重旱年较少。秋季向湿润化发展趋势不明显;春、夏、冬季干旱均有增强趋势,造成了大同干旱化增强的总趋势。以农作物关键期(4—9月)降水量分析,从1980年开始大同由总体偏涝转为偏旱。年、季干旱出现频率同样表明,20世纪80年代干旱出现频率明显增强,到90年代达到极值。结合农业旱灾资料,进一步分析气象干旱对农业的影响,并提出了抗旱对策和建议,旨在对当地防旱减灾起到积极的指导作用。

**关键词:**气象干旱;距平百分率;变化趋势

中图分类号:S162.3

文献标志码:A

论文编号:2010-2749

## Analysis on Characteristics Change of Atmospheric Drought in Datong City

Liang Jinqiu<sup>1</sup>, Ren Pu<sup>2</sup>, Guo Xuemei<sup>2</sup>, Jia Lifang<sup>1</sup>, Wang Lili<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Meteorological Bureau of Datong, Datong Shanxi 037004; <sup>2</sup>Shanxi Meteorological Bureau, Taiyuan 037002)

**Abstract:** Based on the yearly and monthly precipitation data (1955–2009) of Datong, using a meteorological drought index as atmospheric percentage, the author analyzed the meteorological drought occurring year in Datong, time evolution and the impact on agriculture. The results showed the annual precipitation decreased by 8.6 mm/10 a in 55 years, meanwhile, there were 20 dry years in total, and the drought frequency was 36%, which meant that there was a drought year every 2.8 years. The frequency of dry season were 32.7% in spring, 30.9% in winter, 25.4% in autumn and 21.8% in summer. Severe winter drought years was the most, followed by summer, but severe spring and autumn drought years were less. The humid autumn trend was not apparent; spring, summer and winter drought which were increasing, resulting in enhanced drought general trend in Datong. The author analyzed the precipitation in the key period of crops (April to September), since 1980 the overall bias by the floods to partial drought in Datong. The frequency of the annual and quarterly drought pointed to the evident raise of the drought frequency during 1980s. And it reached its extreme value in 1990s. Combining the agricultural drought data, the author further analyzed the influence of meteorological drought on agriculture, and put forward some countermeasures and suggestions, expecting to have positive guidance for the local drought control.

**Key words:** atmospheric drought; anomaly percentage; change in the trend

## 0 引言

干旱是对人类社会影响最严重的气候灾害之一<sup>[1]</sup>,它具有出现频率高、持续时间长、波及范围广的

特点。干旱的频繁发生和长期持续不但会给国民经济特别是农业生产等带来巨大的损失,还会造成水资源短缺、荒漠化加剧、沙尘暴频发等诸多不利影响。中国

**基金项目:**大同市科技攻关项目“大同市农业干旱遥感监测技术研究”(2008-DTKJ-1-15)。

**第一作者简介:**梁进秋,女,1969年出生,山西大同人,高级工程师,本科,主要从事气候业务及农业气象研究工作。通信地址:037010 山西省大同市开发区气象局, Tel: 0352-6129176, E-mail: autumn6908@sina.com。

**收稿日期:**2010-09-19, **修回日期:**2010-10-19。

平均每年受旱面积约为 2159.3 万  $\text{hm}^2$ , 约占各类气象灾害的 60%, 因旱损失粮食最低年 250 亿  $\text{kg}$ , 最高年 390 亿  $\text{kg}$ <sup>[2-3]</sup>。据统计, 1950—2000 年近 50 年干旱灾害呈现受灾面积增大和频率加快的趋势<sup>[4]</sup>; 在全球气候变暖背景下, 20 世纪 80 年代和 90 年代几乎有一半的年份出现干旱, 90 年代华北的干旱频率比 80 年代更高<sup>[5]</sup>。因此研究、预测干旱变化具有重要的意义。

不少学者对中国的干旱变化进行了大量研究。Dai 等<sup>[6]</sup>分析表明, 干旱趋势的加剧主要是由于干旱化地区降水减少和气温升高造成。马柱国等<sup>[7-8]</sup>指出近 10 年来东北和华北地区极端干旱频率显著增加。赵贵香<sup>[9]</sup>研究表明, 山西省 20 世纪 80 年代中期以后, 干旱化趋势尤为明显, 90 年代中后期达到最强。

大同市位于山西省最北部, 地处干旱半干旱气候带, 降水时空分布不均, 素有“十年九旱”之说<sup>[10]</sup>; 干旱发生概率最高、灾害损失最大。尤其是近年来水资源短缺导致大同干旱灾害频繁发生, 直接影响农作物的生长发育及产量, 严重制约了大同市经济可持续发展, 但针对大同区域干旱研究较少。笔者以大同降水距平百分率等级标准, 初步确定了大同地区气象干旱判定指标, 着重分析大同市近 55 年气象干旱特征变化趋势, 以期在当地在干旱趋势预测和政府抗旱决策等方面提供参考。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 研究方法

针对同一干旱过程, 着眼点不同, 对干旱的认识和评估就不同。气象干旱是从某一站点或区域的气温、降水、蒸发等气象要素在一段时间内的累积效应来评价干旱程度。目前, 国内外研究干旱的指标较多, 常用的有 Palmer 干旱指数、Z 指数、CMI 指数、降水量距平指标、湿度指标等。由于降水量是影响气象干旱的主要因素, 降水量的多少基本上反映了天气的干湿状况, 加之降水量指标具有简便、直观、资料准确丰富的特点, 在干旱分析评价和相关研究中应用较多。麦夸尔帕尔默<sup>[11]</sup>早在 1957 年就从众多影响干旱气象与下垫面因素中, 对影响干旱要素进行了简化: 干旱是“月或年降水量小于正常降水量的特点百分数时期”。考虑到大同气象资料的连续性, 笔者选择与大同气象干旱相关性较好的降水量距平百分率作为干旱指标, 研究大同市近 55 年气象干旱特征及变化趋势。大同气象干旱等级见表 1。

### 1.2 数据来源

选用大同市国家气候基准站 1955—2009 年的逐年、月降水资料, 按照气象上的季节划分, 以 3—5 月、

表 1 大同市降水距平百分率气象干旱等级

等级	距平百分率 $P$	干旱类型
0	$-25\% < P < 0$	正常
1	$-50\% < P \leq -25\%$	轻旱
2	$-75\% < P \leq -50\%$	重旱
3	$P \leq -75\%$	特旱

6—8 月、9—11 月、12 月—次年 2 月的降水量分别代表春季、夏季、秋季、冬季降水量; 将大同主要农作物生长期(4—9 月)降水量定义为关键期降水量。将 1971 年—2000 年的平均值确定为历年均值, 用当年降水量值与历年均值求得该年的年、四季、关键期降水量距平百分率。

## 2 结果与分析

### 2.1 年降水量及气象干旱趋势

2.1.1 年降水量特征分析 气象界通常采用年均降水量作为划分干湿气候区的标准, 以 200 mm 以下为干旱区, 200~450 mm 为半干旱区<sup>[9]</sup>。以此标准, 大同市年平均年降水量为 371.5 mm, 属于半干旱地区。

图 1 为大同 1955—2009 年年降水量及变化情况。可以看出, 大同市年降水量年际变化较大, 近 55 年降水呈下降趋势, 并以 8.6 mm/10 年的速度递减。年降水最多的年份是 1967 年(579.0 mm), 最少的年份 1965 年(212.8 mm); 年降水量极差达到 366.2 mm, 年降水距平百分率为 -47%~56%。

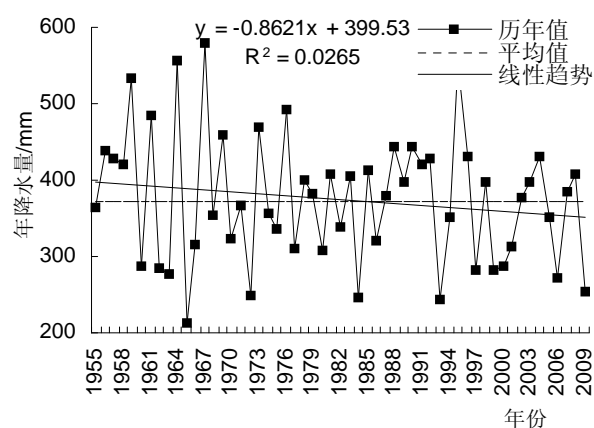


图 1 大同市 1955—2009 年年降水量变化

2.1.2 年气象干旱总趋势 由于关键期降水能够更好地反映年干旱程度, 下面以关键期降水距平百分率分析年际干旱变化趋势。图 2 为大同 1955—2009 年关键期降水距平百分率变化图, 近 55 年关键期距平百分率小于 0 的发生频率占 49%, 其中以 20 世纪 70 年代偏少频率最高, 达到 70%; 80 年代最少仅为 30%。按降水距

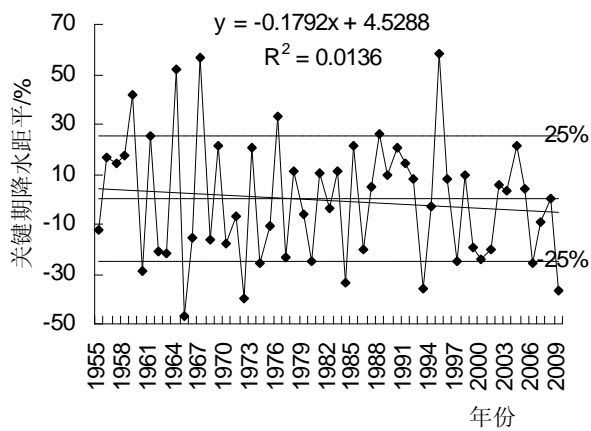


图2 大同市1955—2009年关键期降水距平百分率变化

平百分率 $\leq -25\%$ 为干旱,55年中有12年干旱,80年代前后各占6年;但由依据线性趋势分析,关键期距平百分率以1.8%/10年的速度递减,关键期距平百分率0值对应的时间为25,说明从1980年开始由总体偏涝转为偏旱,进一步反应出80年代后大同市气象干旱日趋严重的趋势。

2.1.3 千旱年出现频率 表2为以轻旱( $P\leq -25\%$ )为干旱临界值,利用统计学方法分析四季及关键期气象干旱年份。可以看出,关键期干旱发生频率为21.8%,从发生年份的重复性分析,农作物关键期干旱与春、夏旱相关最为密切,与秋旱相关较小,与冬旱关系不大。因此,笔者将关键期旱年和春、夏、秋季的重旱年份,统称为“干旱年”;其中,在上述4种干旱中,出现频率超过3次的年份称为“大旱年”。结果显示,1955—2009年55年中共出现了20年旱年,其中有6年大旱年(1960、1965、1972、1984、1993和2006年);干旱年出现频率分别为36%;平均每2.8年出现1个旱年,大旱年出现频率为11%,平均每9.2年出现1个大旱年。干旱年以20世纪90年代出现频率最高为6年,70年代次之。

### 2.2 季降水及干旱变化趋势

2.2.1 季降水特点及变化 大同属温带大陆性季风气候,降水量季节性变化明显。春季平均降水量为59.2 mm,占全年降水的15%;春季干旱最为频繁。夏季雨热同期,季降水量为257.1 mm,占全年降水的65%,其

表2 以降水距平百分率划分四季及关键期干旱出现年份(下划线为重旱或大旱年)

年代	冬季干旱	春季干旱	夏季干旱	秋季干旱	关键期干旱	干旱年/大旱年
1955—1960	<u>1957</u>	1960	<u>1955,1960</u>	1957	1960	<u>1955,1960</u>
1961—1970	<u>1962,1964,1967,1969</u>	<u>1962,1965,1968</u>	1963,1965	<u>1962,1965,1966</u>	1965	<u>1962,1965,1966</u>
1971—1980	<u>1973,1980</u>	1971,1972,1973,1974,1975	<u>1972,1977,1980</u>		1972,1974,1977,1980	<u>1972,1974,1977,1980</u>
1981—1990	<u>1982,1983,1987</u>	<u>1981,1984,1989</u>	1984	1981,1982,1984,1985,1986,1988	1984	1981, <u>1984</u> ,1986
1991—2000	1991,1993, <u>1995,1996</u>	1993,1994, <u>1995</u> ,1996,1999	1993,1999	1993,1994,1997, <u>1998,2000</u>	1993,1997,2000	<u>1993,1995,1997,1998,1999,2000</u>
2001—2009	2003,2006,2008	2001	<u>2006,2009</u>	2006	2006,2009	<u>2006,2009</u>
季干旱年(大旱年)	17年(8年)	18年(3年)	12年(4年)	16年(3年)	12年(0年)	20年(6年)

中伏天(7月中旬到8月上旬)降水量为97.3~117.1 mm,占全年降水量的27%,伏旱俗称“卡脖子”。秋季平均降水量为74.9 mm,占全年降水的19%。冬季平均降水量为6.7 mm,仅占全年降水量的1%左右。

图3为大同市近55年来冬、春、夏、秋季降水量距平百分率变化趋势。可见,四季变化趋势不同,秋季略呈上升趋势,以0.08%/10年线性速度递增,说明秋季有向湿润化发展的不明显趋势。冬、春、夏季为递减趋势,说明冬、春、夏季有向干旱化发展趋势;夏季和冬季降水距平百分率分别以3.5%/10年和3.4%/10年线性速度递减,说明干旱化趋势明显;春季仅以0.6%/10年线性速度递减,说明春季干旱化趋势不明显。

2.2.2 季干旱发生频率 据表2分析,大同近55年,四季干旱发生年份以春旱最多为18年,其次是冬旱17年、秋旱16年,夏旱最少仅13年;季干旱出现频率依次为春季33%、冬旱30.9%、秋旱29%、夏旱23.6%。冬旱多发生在20世纪60、90年代;春旱多发生在70、90年代;夏旱多发于70年代,秋旱多发于80年代。按照干旱标准划分,其中重旱年( $-75\% < P \leq -50\%$ )统计结果为:冬季最多为8年,夏季为4年(1955,1960,1972,2009),春季(1962、1981,1995)、秋季(1966,1986,1998)各为3年。四季均未出现特旱( $P \geq -75\%$ )。

从年代分析,四季干旱年总计为63年,其中60年代12年,70年代10年,80年代13年,90年代最多为16

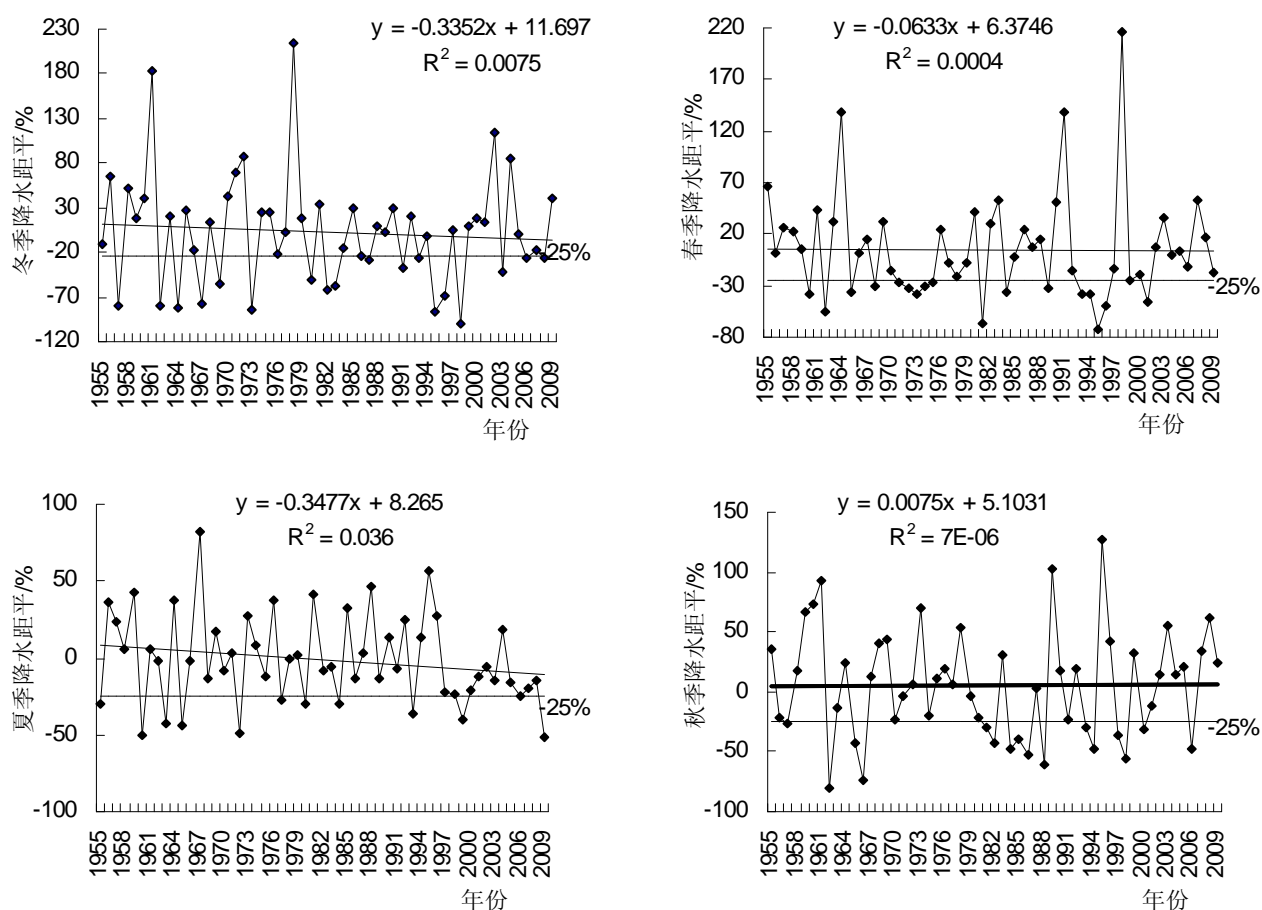


图3 大同市1955—2009年四季降水量距平百分率变化

年。这充分说明从80年代开始,季干旱发生频率递增的趋势,90年代达到极值。另外,由于有时干旱时间持续时间长,致使春旱与夏旱、夏旱与秋旱,甚至春旱、夏旱、秋旱相连,形成跨季的气象连旱。从表2分析1955—2009年间,发生春、夏连旱年份最多有4年(1960, 1972, 1984, 1999,);只有1年(2006)发生了夏、秋连旱;春、夏、秋连旱发生2年(1965, 1984, 1993)。

### 2.3 气象干旱对农业生产的影响及其对策

#### 2.3.1 气象干旱对农业旱灾的响应分析

农业旱灾与其他气象灾害不同,其生命过程及轻重程度之间的界限模糊,当人们感觉到干旱时,悄然发生的干旱已经很严重了<sup>[12]</sup>。可见农业旱灾是一种缓慢连续的过程,出现时间相对于气象干旱具有滞后性,因此不能够完全一一响应。据降水距平百分率统计,发生在1955—1990年的气象大旱年有4年(1960, 1965, 1972, 1984),而《华北五百年旱涝史料》<sup>[13]</sup>中统计的农业大旱灾年有6年(1955, 1960, 1963, 1965, 1972, 1980),对气象干旱和农业干旱进行响应分析,气象大干旱只对农业大旱年1960、1965、1972年进行了响应,而对1955、1963、1980年未响应。由表2分析,未响应的3年只出现了夏季干

旱,而响应的3年为春夏连旱或春夏秋连旱。这说明跨季气象连旱对农业大旱年相关性较好。

#### 2.3.2 旱灾对农业生产的危害

在大同农作物生长关键期(4—9月)均可能出现干旱现象,常见是春旱、夏旱、秋旱或春夏连旱、夏秋连旱,还有少数年份甚至出现春夏秋连旱。各类旱灾均对农业生产产生严重影响,尤其是跨季连旱危害更为严重。

春旱主要发生于3月中旬—5月中旬,平均2~3年1遇;主要影响大秋作物的播种和出苗。夏旱平均4~5年1遇;初夏旱主要发生在雨季来临之前的6月上、中旬,主要影响玉米拔节,若与春旱相连,形成春末夏初旱,对农作物生长极为不利;伏旱(卡脖子旱)出现在7月上旬—8月上旬,正值作物需水高峰,对作物造成损害极大。秋旱发生概率较春旱略少,平均3~4年1遇;主要影响大秋作物的成熟,直接导致农作物产量明显下降。

跨季连旱对农作物影响最大,损失也更严重。如春、夏连旱的1960年,春季降水偏少5成,发生严重春旱;7—8月持续干旱,春夏连旱十分突出,该年是大同历史上受旱灾面积和造成经济损失最严重的一年。

春、夏、秋连旱的1965年,大同市5—9月降水持续偏少;5月降水同比偏少53%,春旱明显;6—8月降雨同比偏少44%,伏天卡脖旱严重;9月全市降水量偏少82%,发生严重秋旱。春夏秋连旱,导致全市粮食单产比上年下降22%,许多地方池干井枯,小泉水流断,人畜缺水严重。夏、秋连旱出现机率 and 范围均较小,但对秋收作物产量影响较大。夏、秋连旱的2006年,夏季降水量仅为175.0 mm,同比偏少25%,秋季降水偏少47%,农作物关键生长期偏少26%,形成夏、秋连旱,全市386万 $\text{hm}^2$ 作物受灾,其中1.1万 $\text{hm}^2$ 绝收,农业损失高达19644万元。

**2.3.3 干旱对策建议** 大同自身地理位置和天然降水量不足是造成干旱的直接原因,但人为因素造成的水资源浪费,也加重了旱灾的严重程度。一方面,通过退耕还林等措施,增加植被面积,使干旱气候条件得以改善;另一方面,加强干旱气候趋势研究,准确预测干旱发生时间,为抗旱工作赢得时间。近年来,气候变暖干旱对农业的危害有加重趋势。因此,应合理规划水利设施,提高水资源利用率;依据气候优势调整种植结构,发展节水高效农业;同时,充分利用人工增雨作业减轻旱灾危害程度。

### 3 结论与讨论

(1) 1955—2009年大同市年降水量以8.6 mm/10年的速度递减;农作物关键期降水量从1980年开始大同由总体偏涝转为偏旱。55年中出现了20年旱年,出现频率分别为36%;干旱在进入20世纪80年代后呈逐年加重态势,90年代尤为显著。这与华北地区20世纪80年代以后的干旱时段相对应<sup>[14]</sup>。

(2) 大同近55年,秋季有向湿润化发展趋势;但春、夏、冬季干旱的增强趋势,直接造成了大同干旱化的总趋势。大同四季干旱累计年份总计61年,其中春旱发生频率最高为32.7%,依次是冬旱、秋旱25.4%、夏旱21.8%;其中,冬季重旱年最多,其次是夏季,春、秋重旱年较少;四季均无特旱年发生。年际同样表现为80年代后出现气象干旱频率增高趋势。

(3) 农业旱灾出现时间相对于气象干旱具有滞后性,不能够完全响应;农业大旱灾年对气象干旱中的春夏连旱或春夏秋连旱响应性较好,但对单纯夏季气象干旱响应较差。

干旱的影响及严重程度不仅与降水有关,还有很

多影响因素。依据降水距平百分率划分干旱等级,对于上年秋季至次年春季的干旱是可行的,因为该时段气温不高,造成干旱的主要因子是降水量不足;对于夏季的干旱,则不适宜采用降水距平百分率划分等级,因为夏季干旱与气温资料及有效降水过程的间隔日数有直接关系<sup>[15]</sup>。笔者仅以降水距平百分率定义气象干旱等级,有一定局限性。如何根据当地气候条件确定更科学的干旱指标,还需在今后的工作中进一步深入研究。

### 参考文献

- [1] Woodhouse C A, Overpeck J T. 2000 years of drought variability in the central United States[J]. *Bull Amer Meteor Soc*, 1998, 79: 2693-2714.
- [2] 康西言,李春强,姚树然,等.河北省干旱监测指标及业务服务系统[J]. *河北气象*, 2007, 26(1): 27-29.
- [3] 罗培.基于GIS的重庆市干旱灾害风险评估与区划[J]. *中国农业气象*, 2007, 28(1): 100-104.
- [4] 李茂松,李松,李育慧,等.中国近50年旱灾灾情分析[J]. *中国农业气象*, 2003, 24(1): 7-10.
- [5] 荣艳淑,余锦华,段丽瑶.20世纪80和90年代华北干旱特征及成因分析[J]. *高原气象*, 2007, 26(2): 319-324.
- [6] Dai A G, Trenberth K E, Qian T T. A Global data set of Palmer Drought Severity Index for 1870-2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming[J]. *J Hydrometeorology*, 2004, 5: 1117-1130.
- [7] 马柱国,华丽娟,任小波.中国近代北方极端干湿事件的演变规律[J]. *地理学报*, 2003, 58(增刊): 69-74.
- [8] 马柱国.华北干旱化趋势及转折性变化与太平洋年代际振荡的关系[J]. *科学通报*, 2007, 52(10): 1199-1206.
- [9] 赵贵香.干旱化趋势对山西省水资源的影响分析[J]. *干旱区研究*, 2007, 25(4): 492-495.
- [10] 汪源正,李玉爱,邓朴,等.雁北农业气候资源分析及利用[M].北京:气象出版社,1992:5-13.
- [11] 姚玉璧,张存杰,邓振镛,等.气象、农业干旱指标综述[J]. *干旱地区农业研究*, 2007, 25(1): 185-189.
- [12] 王毅荣.中国黄土高原地区干旱特征[J]. *干旱区地理*, 2008, 31(1): 38-42.
- [13] 中国气象局研究所,华北东北十省气象局,北京大学地球物理系.华北、东北近五百年旱涝史料(内部资料),1975.
- [14] 魏凤英.华北地区干旱强度的表征形式及其气候变异[J]. *自然灾害学报*, 2004, 13(2): 32-38.
- [15] 朱明,谭永秀,王立华,等.十堰市气候干旱分析及预报指标[J]. *气象科技*, 2009, 37(3): 315-322.