

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2012.06.006

# 太湖地区2011年春季严重干旱成因与预测

秦建国<sup>1,2</sup>, 张泉荣<sup>1</sup>, 洪国喜<sup>1</sup>, 贾小网<sup>1</sup>, 朱前维<sup>1</sup>, 朱骊<sup>1</sup>, 陈寅达<sup>1</sup>

(1. 江苏省水文水资源勘测局无锡分局, 江苏 无锡 214031; 2. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098)

**摘要:**根据2010—2011年秋冬春3季长江中下游地区发生的历史罕见旱情, 以及其持续时间长、影响范围广、干旱程度重等特点, 对太湖地区春季旱情进行分析。并在降雨年际变化规律的基础上, 采用大气环流、太阳活动、海温状况和区域严重旱灾韵律周期等多种模式进行研究, 预测太湖地区干旱灾害。结果表明: 2012年是严重干旱灾害暴发的极大值年; 干旱灾害的暴发有规律可循, 大范围、持续时间长的严重干旱都是在特定的气候背景条件以及大气环流异常情况下发生的。提出太湖地区暖冬影响下“干旱-湿润”周期和78a(34a+44a)严重旱灾韵律周期, 进行干旱灾害成因与预测研究。

**关键词:**干旱; 年际降雨; 周期变化; 预测; 太湖

**中图分类号:** P338<sup>+.6</sup>      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-6933(2012)06-0029-04

## Causes of a severe drought in spring of 2011 in Taihu Lake area and drought prediction

QIN Jian-guo<sup>1,2</sup>, ZHANG Quan-rong<sup>1</sup>, HONG Guo-xi<sup>1</sup>, JIA Xiao-wang<sup>1</sup>,  
ZHU Qian-wei<sup>1</sup>, ZHU Li<sup>1</sup>, CHEN Yin-da<sup>1</sup>

(1. Wuxi Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Wuxi 214031, China;  
2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** An unprecedented drought occurred in the middle and lower reaches of the Yangtze River in the autumn, winter, and spring of the years 2010 and 2011, with characteristics of long duration, wide-ranging impacts, and severity. Based on these characteristics, the drought in the Taihu Lake area in spring was analyzed. The drought disaster in the Taihu Lake area was predicted using multiple models in terms of atmospheric circulation, solar activity, ocean temperature, and rhythmic cycles of severe drought, on the basis of the variation of inter-annual rainfall over the study area. The results show that 2012 will be a year in which the most severe outbreak of droughts takes place. The droughts will occur following certain rules: large-scale and long-duration severe droughts mostly occur in specific climatic conditions and in the case of anomalous atmospheric circulation. A wet and dry period and a 78-year (34 years and 44 years) rhythm cycle of severe droughts under the influence of a warm winter in the Taihu Lake area are proposed for the study of causes and prediction of drought disaster.

**Key words:** drought; inter-annual rainfall; periodic variation; prediction; Taihu Lake

从全球范围看, 旱灾影响面最广、造成经济损失最大, 是世界上最严重的自然灾害类型之一<sup>[1]</sup>。中国也是属于旱灾频发的地区, 水资源短缺现象日趋严重。2010年10月以来, 世纪大旱席卷北半球, 我国长江中下游地区发生了严重旱情, 太湖地区也出现

少有的秋冬春三季连旱的局面, 区域降雨严重偏少, 降雨量创1949年新中国成立以来的最小值。2011年5月18日, 太湖水位(吴淞基准面, 下同)降至2.74 m, 为1951年来同期第7低水位; 太湖地区河网水位也大幅度低于常年同期水位, 浙西区、杭嘉湖区及

湖西区水位均为 2000 年以来最低值。

## 1 太湖地区旱情简析

太湖地区大多数雨量观测站都是解放后设立的,解放前设立的雨量站也大多因战争原因而资料不全。本区域最早的雨量站是 1873 年设立的上海徐家汇气象站,降雨等资料基本完整,但是只有 139 a 历史,而且地方志等历史文献上没有更多关于春季旱情的明确记载。1978 年至今,长江中下游地区曾在 1978 年、1981 年、1986 年、1994 年、2000 年等发生过较为严重的春旱,但 2011 年 1—5 月发生的旱情具有强度高、持续时间长、范围广、影响程度重等特点。

### 1.1 区域降雨及长江来水偏少

2011 年 1—5 月,太湖地区降雨严重偏少,累计降雨仅 163 mm,约占年平均雨量的 15%,较常年偏少 6 成,为 1951 年(解放前无完整记录)以来同期最少值。据上海徐家汇站测得数据:2011 年(截至 5 月 29 日)总降水量为 132.9 mm,较常年(1971—2000 年)偏少约 6 成,总降水量为 1873 年建站以来历史同期最少值。

同期长江大通来水偏少,长江干流流量 4 月初来水量比多年同期平均偏少 3 成多,至 5 月 1 日大通流量仅为 14 200 m<sup>3</sup>/s,为 5 月历史同期最低值。汛期大通来水量略有增加,5 月 31 日大通流量为 18 900 m<sup>3</sup>/s,仍比多年同期平均来水量减少 50% 左右。

### 1.2 太湖出现 2011 年以来 5 月同期最低水位

从 2010 年 10 月以来,太湖水位持续下降(图 1),2011 年 1 月 1 日太湖水位 2.98 m,较历年同期高 0.05 m;5 月份太湖平均水位 2.77 m,较历年同期低 0.29 m;5 月 18 日太湖水位降至 2.74 m,为 2011 年以来同期最低水位,较历年同期水位 3.07 m 低 0.33 m,相应蓄水量比正常蓄水量减少约 7 亿 m<sup>3</sup>。

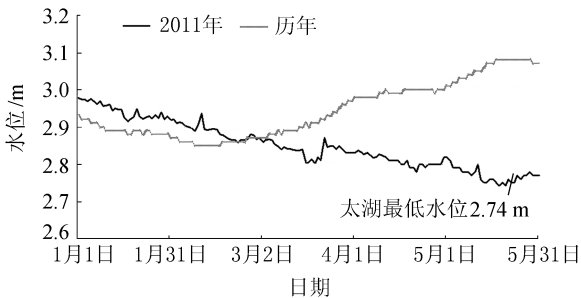


图 1 2011 年 1—5 月与历年同期太湖水位过程线

### 1.3 绝大部分水库水位接近死水位

太湖西部的丘陵地带是这次受灾最严重的地区。受降雨偏少影响,太湖地区水库水位与常年同期相比偏低,其中横山水库、大溪水库、沙河水库、句

容水库、塘马水库水位为 2000 年以来最低水位,5 月 31 日塘马水库水位 8.40 m,仅比水库死水位高 0.40 m;横山水库水位 24.43 m,仅比死水位高 0.43 m,为历史同期最低水位,比历年同期水位 31.33 m 低 6.78 m。

### 1.4 太湖水位趋势分析

2011 年 1—5 月,太浦闸、梅梁湖泵站、大渲河泵站出湖水量分别为 3.08 亿 m<sup>3</sup>、2.16 亿 m<sup>3</sup>、0.51 亿 m<sup>3</sup>,总出湖水量 5.75 亿 m<sup>3</sup>。水文数据分析表明,在不计其他沿湖口门进出水量的情况下,5 月以来望亭立交入湖水量减去太浦闸、梅梁湖泵站、大渲河泵站出湖水量,每天平均约有 700 多万 m<sup>3</sup> 的水量进入太湖。

太湖西山站 5 月以来平均蒸发量为 4.5 mm,若目前太湖水面蒸发按 4 mm/d 计算,太湖水面面积 2 338.1 km<sup>2</sup>,太湖蒸发水量约为 940 万 m<sup>3</sup>/d;若太湖沿湖用水量 400 万 m<sup>3</sup>/d,总计需要入湖水量 1 340 万 m<sup>3</sup>,远大于目前日均 700 多万 m<sup>3</sup> 的入湖水量。因此在无有效降雨的情况下,不能保证太湖水位不下降,并且随着农业大面积用水阶段的来临,太湖地区缺水将更加明显,旱情仍将持续。

## 2 太湖地区降雨年际变化研究

降雨年际变化无规律可循是水文、气象工作者传统的思维定式,对此展开研究的人很少。曾小凡等<sup>[2]</sup>、杜富慧等<sup>[3]</sup>曾进行过一些分析,但都未深入研究。太湖流域在 2000 年前后实施了“引江济太”工程,沿长江各口门都建造了节制闸进行控制,进出水量完全受人因素为影响,引长江水量远多于排水量,造成很多水文基础资料无法延续,前后没有可比性。

### 2.1 研究对象的选择

根据江苏省气象局的研究成果:1978 年是太湖地区气候变化的转折年,之前是冷冬气候所控制,此后是暖冬气候控制,两者的形成机理不同。对 1988 年对太湖地区设立较早的 8 个站点进行的代表性分析发现,无锡、宜兴、苏州、吴江、常熟站与太湖地区面平均降雨量的相关性较好,上海、江阴站略低一些,但是仍然具有一定代表性<sup>[4]</sup>(表 1)。因为无锡站的降雨与太湖地区的相关性最好,所以本文选择的研究对象是无锡站 1978—2010 年的年际降雨量。

表 1 8 个站点 1951—1987 年汛期(5—9 月)

降雨量与流域降雨量的相关性

站名	无锡	宜兴	吴江	苏州	常熟	常州	上海	江阴
相关系数	0.88	0.86	0.83	0.87	0.81	0.77	0.73	0.78

## 2.2 降雨年际变化分类原则与划分

a. 无锡地区地势低洼,北受长江高潮位威胁,南受太湖洪水侵袭,历来是洪涝灾害频繁发生的地区,多年平均降雨量在 1 100 mm 左右<sup>[4-5]</sup>。为便于分析,笔者把年降雨量小于 900 mm 的年景称为缺雨年;900~1 200 mm 称为平雨年;大于 1 200 mm 的称为丰雨年;把时间连续、特征相似的年景集合体称为降雨期。根据多年经验,按降雨年际变化情况对应分成三类降雨期,即缺雨期、平雨期和丰雨期<sup>[5-6]</sup>,并总结了 3 条划分原则:①缺雨期:年均降雨量小于 900 mm,可连续出现;②平雨期:一般情况下年降雨量 900~1 200 mm,允许包含个别缺雨年,均值约 1 050 mm;③丰雨期:一般情况下年降雨量大于 1 200 mm,允许包含个别平雨年,均值大于 1 250 mm。无锡(站)地区年际降雨过程线见图 2。

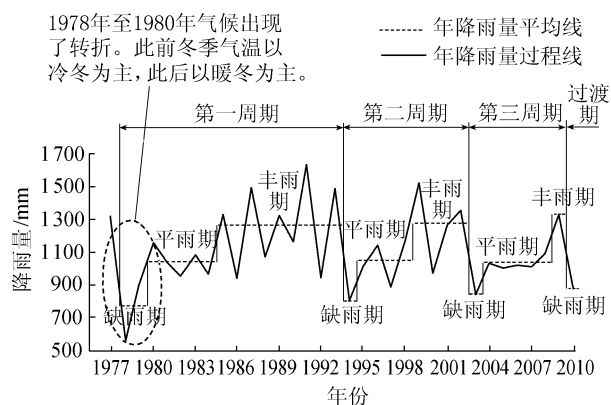


图 2 无锡(站)地区年际降雨过程线

b. 根据分类原则和该时段的特点,笔者按缺雨期、平雨期、丰雨期的顺序划分,共分为 10 个降雨期。从图 2 和表 2 可以看出:太湖地区共经历了 3 次从干旱期至湿润期的完整变化,2010 年为缺雨期(暂定为过渡期)。

表 2 无锡(太湖)地区干旱与湿润周期性变化

周期分布	降雨期	时段	时间跨度/a
第一周期 (1978—1993 年)	缺雨期	1978—1979	2
	平雨期	1980—1984	5
	丰雨期	1985—1993	9(3 <sup>2</sup> )
第二周期 (1994—2002 年)	缺雨期	1994	1
	平雨期	1995—1998	4
	丰雨期	1999—2002	4(2 <sup>2</sup> )
第三周期 (2003—2009 年)	缺雨期	2003	1
	平雨期	2004—2008	5
	丰雨期	2009	1(1 <sup>2</sup> )
过渡期(2010 年)	缺雨期	2010	1

## 3 严重干旱成因与预测研究

干旱的成因与预测一直是个世界性的难题。干旱的成因研究已有一些进展,但是干旱预测进展不大,目前还无法达到业务化预报的程度,国内外这方

面的研究成果还较少见<sup>[7]</sup>。随着全球气温的升高,基点干旱气候发生的强度和频率增大,我国南方一些湿润地区也出现了旱情愈加频繁、旱灾愈加严重的现象<sup>[8-9]</sup>。

### 3.1 严重干旱成因研究

#### 3.1.1 太阳活动

统计显示:1951 年以来 5 个太阳黑子活动周期的峰值年期间,太湖地区年降雨以偏少为主,特别是 1958—1959 年、1967—1969 年、1978—1979 年和 2000 年,这些年份太阳黑子活动处于峰值年,太湖地区年际降雨量明显偏少;1951 年以来 6 个太阳黑子活动周期的谷值年期间,太湖地区年际降雨以偏多为主,如 1954 年、1973 年和 1985—1987 年。2008—2009 年也是太阳活动的谷值期,太阳黑子数 2008 年、2009 年仅为 2.8 和 3.1,其中 2009 年 8 月太阳黑子数达到最低值为零<sup>[10]</sup>,与此相对应的则是当年太湖地区年际降雨明显偏多(图 2)。2010 年太阳黑子已有重新活跃的迹象,根据美国国家海洋和大气管理局气候预测中心的研究:一系列的太阳黑子和太阳风暴活动将在 2011 年至 2012 年达到峰值,但破坏性的太阳风暴却随时可能发生。

#### 3.1.2 海温状况

目前出现的拉尼娜现象始于 2010 年 7 月,伴随厄尔尼诺现象消失而增强,2011 年 1 月达到顶点。从海水温度变化来看,这次拉尼娜事件强度中等;但从海平面气压、风力、云量变化等大气条件看,这是过去 1 个世纪里最强的拉尼娜现象之一。海洋的异常从 2011 年 2 月开始减弱,5 月中进入结束阶段,大气方面的表现直到 6 月上旬才逐渐减弱。海温异常变冷,导致大气环流异常,21 世纪已经出现的 3 次拉尼娜事件分别是 2003—2004 年、2007—2008 年、2010—2011 年,对应的太湖地区年际降雨量都是偏少。

#### 3.1.3 大气环流

太湖地区虽有“水乡”之称,但久旱不雨成灾的记录也不少,历史上曾经有过连续 3 年大旱、太湖干涸的惊人记载<sup>[4]</sup>。1949 年至今已 62 a,尽管干旱灾害时有发生,平均约 10 a 发生 1 次;但在这短暂的时期内,还没有在春季出现过像 2011 年如此严重的旱情。干旱发生的年景,往往是干黄梅,而且连续秋旱,损失严重<sup>[4]</sup>。这主要是这些年份夏季,北方冷空气势力偏弱,太平洋副热带高压主体提前进入我国大陆,控制江淮流域(含太湖地区),造成大范围长时间高温少雨气候<sup>[11-12]</sup>。

2011 年春季旱情则是受 2010 年 7 月开始并且持续到 2011 年 5 月末的赤道中东太平洋区中等强

度拉尼娜事件影响,西太平洋副热带高压面积、强度明显小于常年同期。特别是2010年10月以来,西北太平洋副热带高压较历史同期偏弱,位置偏东,同时影响我国的西南水汽通道未建立,不利于冷暖气流在江南交汇形成降水。造成入春以来我国北方地区偏北气流盛行,且北方强寒潮大风频繁过境南下,而降雨量却持续偏少,形成长江中下游地区(含太湖地区)春季严重的干旱局面。

### 3.2 严重干旱预测

根据对太湖地区水文、气象灾害的统计,有历史记载的400多年中,大涝年为41次,大旱年为34次,大涝明显多于大旱,但是在历史上太湖曾经有过干涸见底的记录(1073—1075年)<sup>[4]</sup>,且干旱与洪涝灾害发生的年景占总数的比例达到42.4%,这些都充分说明本地区水文、气象灾害的严重性。从大的旱涝持续性气候阶段分析,目前太湖地区处于历史上偏涝的大周期中的小间歇期——即干旱缺雨周期。

#### 3.2.1 韵律周期研究

经过笔者多年研究发现:太湖地区存在一个78a(34a+44a)的严重旱灾韵律周期(表3),当年及此前或此后一年都是严重旱灾的高发期。且这些严重干旱年景的时间跨度,与太阳黑子的活动周期相吻合,即相当于7个太阳黑子活动周期。根据太湖地区《地方志》以及《太湖地区气候资源研究》<sup>[4]</sup>《中国历史干旱》<sup>[13]</sup>等历史文献记载:1821年高淳、丹阳县旱;1822年太湖东地区又大旱;1855年宜兴、荆溪夏旱;1856年太湖流域二十六府县大旱,五月至八月不雨河湖皆涸;1900年高淳旱、金坛大旱;1934年,太湖流域大旱,六月至八月降雨极少,江湖水浅,内河水涸;1935年太湖地区春旱、夏旱;1978年,太湖流域春旱接“空梅”,“空梅”接夏旱,夏旱接秋旱,全年受灾;1979年太湖地区春旱、夏旱、秋旱;2011年春季至初夏特大干旱,部分水库和小型湖泊干涸。此外,该韵律周期还可向上延伸,但是不能解释所有干旱灾害问题。

表3 200年来太湖地区严重旱灾年份韵律周期 a

时段	时间跨度	时段	时间跨度
1822—1856年	34	1934—1978年	44
1856—1900年	44	1978—2012年	34
1900—1934年	34		

表4 无锡(站)2009—2011年1—12月降雨量统计

年份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
2009	47.2	143.9	59.3	71.8	44.4	259.0	336.6	138.1	66.3	10.8	94.0	56.5	1327.9
2010	42.7	97.7	124.4	113.7	45.6	33.5	202.5	70.2	89.3	26.5	2.9	29.9	878.9
2011	19.8	26.1	33.5	37.1	29.0	332.9	128.5	359.3	31.1	17.6	17.7	24.0	1056.6
多年平均	47.6	59.4	90.2	93.5	107.5	185.9	159.2	128.9	96.5	60.7	49.1	37.2	1115.7

#### 3.2.2 近年降雨与海温的关系

表4是无锡站最近3a的降雨量统计,从中也可以看出:2009年6月—2010年4月太湖地区处于湿润期,这11个月降雨量大多都高于历史平均值,与2009年6月—2010年5月发生的中等强度厄尔尼诺事件<sup>[10]</sup>在时间上相吻合;2010年5月—2011年5月太湖地区处于干旱期,这些月份降雨量大多低于历史平均值,与2010年7月—2011年5月发生的中等强度拉尼娜事件,在时间上也是吻合的。

#### 3.2.3 预测分析

根据对历史资料的多年研究,笔者认为:目前的情况与1978年前后的气候条件类似,在“冷冬”向“暖冬”气象格局过渡期间,太湖地区也暴发了特大干旱灾害。从表2可以看出:每个干旱—湿润周期的时间跨度呈减小趋势,第一周期时间跨度是第二、第三周期之和;且各周期中湿润期的时间跨度都呈周期性递减之势。笔者认为这些都具有指向作用,预示着2010—2012年干旱缺雨周期的到来,严重旱灾韵律周期等多项指标都印证了这一观点。对太湖地区部分严重干旱年景受灾情况的统计结果表明:严重旱灾韵律周期的当年往往是枯黄梅连秋旱,夏秋两季旱情明显大于冬春两季。

根据美国国家海洋和大气管理局气候预测中心的最新研究成果:在2011年夏季拉尼娜现象短暂消失后,入秋时拉尼娜现象已重新在热带太平洋地区出现,而且逐渐增强,并持续到冬天。

## 4 结 语

a. 根据对太湖地区气候预测分析,2012年是严重干旱灾害暴发的极大值年景,但干旱强度将低于1934年、1978年水平。目前,太湖地区处于一个干旱周期之中,2011年1—5月旱情十分严重,然而太湖地区的气象干旱在梅雨季节到来后得到了一定程度的缓解,但是降雨减少的大趋势没有改变。太湖地区2012年气候与2010年类似,即春季降雨比历年正常偏多,夏、秋两季降雨偏少。

b. 严重干旱灾害的暴发具有特定的气候背景。干旱灾害的发生有规律可循,大范围、持续时间长的严重干旱都是在特定的气候背景条件以及大气环流异常情况下发生的。并且当太阳黑子的峰值年遇到

进一步加强对东辽河的监控和治理:①发展绿色农业,控制化肥和农药进入流域的量;②推动污水资源化,降低污染大户污水排放量,加大城市工业生产污水和居民生活废水的处理力度,力争实现达标排放。

c. 增加外调水源。本着开源节流的原则,在节水的基础上,也要增加开源的渠道。东辽河流域是水资源缺乏的河流,节水和污水回用的能力有限,为满足社会经济发展和人民生活的需要,可以进行区域和水域间的水量调配,促进流域的可持续发展。

#### 参考文献:

[1] 陈雷. 落强责任 强化措施 强力做好水库安全度汛工作:在全国水库安全度汛视频会议上的讲话[J]. 中国防汛抗旱, 2010(3): 5-7.

[2] 李川. 水环境承载力量化方法的研究进展[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(8): 66-69.

[3] 张文国, 杨志峰. 基于指标体系的地下水环境承载力评价[J]. 环境科学学报, 2002, 22(4): 541-544.

[4] 赵卫, 刘景双, 孔凡娥. 水环境承载力研究评述[J]. 水土保持研究, 2007, 14(1): 47-50.

[5] 尹华, 董晨阳, 刘适博, 等. 东辽河流域吉林省境内水环境污染现状及防治措施研究[J]. 长春理工大学学报:自然科学版, 2010, 33(3): 111-114.

[6] 何俊仕, 刘洋, 韩宇舟, 等. 辽河流域水资源承载能力评价研究[J]. 中国环境科学, 2008, 28(4): 24-27.

[7] 夏本臣, 刘艳, 孙爽, 等. 东辽河流域农业产业结构优化

及对策[J]. 东北水利水电, 2009, 27(11): 3-5.

[8] 李靖, 周孝德, 吴文娟. 层次分析法在水环境承载力评价中的应用[J]. 水利科技与经济, 2008, 14(11): 866-869.

[9] 金菊良, 魏鸣, 丁晶. 基于改进层次分析法的模糊综合评价模型[J]. 水利学报, 2004(3): 65-70.

[10] SAATY T L, BENNETT J P. A theory of analytical hierarchies applied to political candidacy [J]. Behavioral Science, 1977(22): 237-245.

[11] 彭静, 李翀, 廖文根, 等. 水环境可持续承载评价方法及实证研究[J]. 中国人口资源与环境, 2006, 16(4): 55-59.

[12] 李如忠. 基于指标体系的区域水环境动态承载力评价研究[J]. 中国农村水利水电, 2006(9): 42-46.

[13] 蒋晓辉, 黄强, 惠洪河, 等. 陕西关中地区水环境承载力研究[J]. 环境科学学报, 2001, 21(3): 312-317.

[14] 刘启民, 张晨岚, 林锦美, 等. 厦门城市水环境承载力综合指标体系评价[J]. 华侨大学学报:自然科学版, 2008, 29(1): 94-96.

[15] 赵卫, 刘景双, 苏伟, 等. 辽宁省辽河流域水环境承载力的多目标规划研究[J]. 中国环境科学, 2008, 28(1): 73-77.

[16] 房睿, 谢海燕, 王纯利. 玛纳斯河流域水环境承载力评价指标体系研究[J]. 水利科技与经济, 2010, 16(8): 841-844.

(收稿日期:2012-03-19 编辑:徐 娟)

(上接第32页)

东太平洋出现拉尼娜现象时,太湖地区易发生较大旱情。

c. 笔者提出的太湖地区暖冬影响下干旱—湿润周期和78 a(34 a+44 a)严重旱灾韵律周期,打破了降雨年际变化无规律可循的思维定式。虽然这些成果尚不能解释所有的干旱灾害难题,但是期望能对太湖地区干旱灾害成因与预测研究作出有益的贡献。

#### 参考文献:

[1] 郑远长. 全球自然灾害概述[J]. 中国减灾, 2000, 10(1): 14-19.

[2] 曾小凡, 翟建青, 姜彤, 等. 长江流域年降雨量的空间特征和演变规律分析[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2008, 36(6): 727-732.

[3] 杜富慧, 郝振纯, 陈新美, 等. 邯郸地区年降雨量统计特性[J]. 水资源保护, 2009, 25(6): 16-20.

[4] 吴文富, 陆安娜, 费清培. 太湖地区气候资源研究[M]. 北京:气象出版社, 1992.

[5] 秦建国, 朱玲, 任小龙, 等. 无锡地区太湖春汛成因分析[J]. 江苏水利, 2010, 155(7): 19-21.

[6] 秦建国. 对无锡地区湿润年景周期性变化的思考[J]. 人民长江, 2010, 41(增刊): 50-55.

[7] 张俊, 陈桂亚, 杨文发. 国内外干旱研究进展综述[J]. 人民长江, 2011, 42(10): 65-69.

[8] 杨志勇, 刘琳, 曹永强, 等. 农业干旱灾害风险评价及预测预警研究进展[J]. 水利经济, 2011, 29(2): 12-17.

[9] 顾颖, 张世法, 林锦, 等. 我国连续干旱特征、变化趋势及对策[J]. 水利水电科技进展, 2010, 30(1): 76-79.

[10] 沈浒英, 陈瑜彬. 2009-2010年长江上游地区旱情成因分析[J]. 人民长江, 2011, 42(9): 12-14.

[11] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场[M]. 北京:气象出版社, 1999.

[12] 张雪刚, 毛媛媛. 厄尔尼诺现象对我国夏季降水的影响[J]. 水资源保护, 2004(1): 28-30.

[13] 张世法, 苏逸深, 宋德敦, 等. 中国历史干旱[M]. 南京:河海大学出版社, 2008.

(收稿日期:2011-12-05 编辑:高渭文)