

周悦, 周月华, 叶丽梅, 等. 2016. 湖北省旱涝灾害致灾规律的初步研究. 气象, 42(2): 221-229.

# 湖北省旱涝灾害致灾规律的初步研究<sup>\*1</sup>

周悦<sup>1,2</sup> 周月华<sup>2</sup> 叶丽梅<sup>2</sup> 高正旭<sup>2</sup>

1 中国气象局武汉暴雨研究所, 暴雨监测预警湖北省重点实验室, 武汉 430074

2 武汉区域气候中心, 武汉 430074

**提 要:** 利用 1960—2005 年湖北省 76 个地区气象灾害的灾情普查数据和逐日降水量观测资料, 对湖北省旱涝灾害的时空分布特征及其致灾规律进行分析。结果表明: 干旱灾害的频发区呈东西走向的带状分布, 而洪涝灾害的发生频次和频发区面积均明显少于干旱; 干旱和洪涝灾害年平均发生站次在 1996 年以后出现相反的变化趋势, 干旱发生站次增加, 而洪涝发生站次减少, 且两种灾害均主要集中在夏季; 1996—2001 年湖北省部分地区连续出现严重干旱灾害, 干旱的累积增强效应导致农业经济损失出现跳跃性增长并在 2001 年达到最大值; 洪涝的致灾强度呈准周期的起伏振荡, 农作物受洪涝影响面积最大、损失最多的年份集中在 20 世纪 90 年代, 农作物受害面积与农业经济损失的决定系数为 0.8; 受害人口与直接经济损失具有较好的相关特征, 且直接经济损失随受害人口增多而增加的速度加快, 但近年来人口对洪涝灾害的抵御能力也显著提高; 急转干旱和急转洪涝主要发生在鄂西北和鄂东南的夏季, 农作物的脆弱度增加, 农业经济损失随受害面积增大而增加的速度加快, 但所造成的农业经济损失远小于仅发生干旱和洪涝时的数值。

**关键词:** 干旱, 洪涝, 旱涝急转, 致灾规律, 灾情普查

**中图分类号:** P467

**文献标志码:** A

**doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2016.02.010

## Preliminary Study on Disastrous Law of Drought and Flood in Hubei Province

ZHOU Yue<sup>1,2</sup> ZHOU Yuehua<sup>2</sup> YE Limei<sup>2</sup> GAO Zhengxu<sup>2</sup>

1 Hubei Key Laboratory for Heavy Rain Monitoring and Warning Research, Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan 430074

2 Wuhan Regional Climate Centre, Wuhan 430074

**Abstract:** Using the daily precipitation and disaster census data of 76 meteorological stations in Hubei from 1960 to 2005, this paper studied the spatio-temporal distribution and disastrous laws of drought and flood. The results show that the frequent occurrence area of drought presents an east-west zonal distribution, while the annual occurrence frequency and area of flood are significantly less than those of drought. The annual average drought and flood disasters show opposite variation trends after 1996 in which droughts were more experienced but floods became less. Both of the two disasters concentrate in summer. In addition some areas of Hubei suffered from serious drought disaster continuously from 1996 to 2001. The cumulative effect of the drought disaster caused the agricultural economic loss to be leapfrog growth, reaching the maxima in 2001. The flood disaster-causing intensity is quasi periodic oscillation. The damaged areas of agriculture crops and agricultural economic losses reach maximum values in the 1990s with correlation coefficient being 0.80. So, positive correlation exists between the flood-affected population and direct economic loss. The increasing speed of direct economic losses is accelerated with increasing flood-affected population, while the abilities to prevent flood disaster are also strengthened. The drought-flood abrupt alternation mainly occurs in the northwest and southeast of Hubei in summer. During sharp-turn disaster

\* 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2013CB430206)资助

2014 年 11 月 2 日收稿; 2015 年 11 月 3 日收修定稿

第一作者: 周悦, 主要从事气象灾害评估与分析研究. Email: zhouyue8510@163.com

processes, as drought strengthens the vulnerability of crops and causes serious economic loss in the early period, the increasing speed of agricultural economic losses is accelerated with the growth of disaster-affected areas, but the agricultural economic loss would be less than the losses separately caused by droughts or floods.

**Key words:** drought, flood, drought-flood abrupt alternation, disastrous laws, disaster census

## 引 言

湖北省位于长江中下游地区,受季风大气环流影响其降水时空变化很大,同时其地貌类型多样,山地、丘陵、岗地和平原兼备,并以山地为主(占总面积的 55.5%),从而进一步加剧了降水分布的不均匀性,致使旱涝灾害成为该地区主要的自然灾害之一。学者们对旱涝灾害多方面的问题都进行了大量的研究(徐予红等,1996;吴志伟等,2006;封国林等,2012;李兰等,2013;叶丽梅等,2013;刘敏等,2013;任福民等,2014;孙小龙等,2015),然而对自然灾害的认识不能仅局限于灾害性天气本身,还需要从多研究角度对自然灾害进行深入剖析(张强等,2011),对灾害过程致灾强度的大小、承灾体受影响的程度以及经济损失的多少等特征进行充分分析,进而得到对洪涝灾害更全面的认识(周月华等,2010)。而且近年来,气候变暖的天气背景也使得我国南方的雨涝和干旱具有不同的变化趋势(李维京等,2015),不同灾害的形成机理更加复杂,并显现出更多新的风险特征(张强等,2014; Zhang et al, 2015)。葛全胜等(2008)指出不光要加强灾害监测的预警研究,也需要看到强化灾害风险评估的重要性。

对于旱涝灾害的评估,主要围绕着致灾因子的强度,并结合其发生的频率,得到该地区旱涝致灾规律的基本认识。学者们通过对致灾因子进行分析,根据相关指标的划分和阈值的判断来对灾情强度进行评估。Hayes 等(1999)利用标准化降水指数(SPI)对美国 1996 年的干旱过程进行监测,取得了良好的效果。卫捷等(2003)分析了中国 160 站 49 年的月均降水资料,指出帕尔默干旱指数(PDSI)能反映降水变化对干旱的决定性作用。作物缺水指数(CWSI)则主要用于干旱的遥感监测,作为大范围农业旱情的评估指标(刘安麟等,2004;申广荣等,2000)。张水锋等(2012)通过对淮河径流量的分析,探讨其流域旱涝急转灾害的特征。郭广芬等(2009)对湖北省日最大降水量和过程最大降水量进行分析,给出洪涝灾害等级的阈值。Chen 等(2013)利用

SPI 指数分析了气候变暖背景下中国旱涝灾害的变化。陈莹等(2011)根据 SPI 指数给出了福建省旱涝的时空分布特征。Wu 等(2006)结合 SPI 指数提出了旱涝急转指数,并对长江中下游的旱涝急转强度进行了分析。综上所述,可以看出 SPI 指数对旱涝灾害均有较好的适用性,因此本文中选用该指数对致灾因子的强度进行判断。

同时,灾害过程中承灾体本身的属性和灾害最终导致损失的情况也是旱涝致灾过程的重要方面,但是对它们的研究较少,且缺乏将两者与致灾因子相结合对旱涝致灾规律进行的综合研究。本文通过分析 1960—2005 年湖北省 76 个气象站逐日降水量的观测资料以及相应地区的灾情资料,得到基于灾情数据的湖北省旱涝灾害时空分布特征,并探讨灾害过程中致灾因子、承灾体和经济损失的变化特征及其之间的相互关系,给出湖北省旱涝灾害的致灾规律,为有关部门应对旱涝灾害并对灾情做出相应的评估研究提供一定的科学依据。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料

气象数据为湖北省 76 个气象站逐日降水量的观测资料。灾情数据为湖北省相应地区的气象灾害普查资料,包括起止时间、灾害类别、人口灾情、农作物灾情、基础设施损失、农业经济损失和直接经济损失等,其单位分别为人、公顷、间和万元。灾情数据经过了相关人员的审查和复核,具有较好的可靠性。在下文对灾情的统计分析中,除致灾强度是通过气象因子计算得到,其他参量均根据灾情数据分析得到,其中只要有灾害损失记录的即记为一次灾害,但在相关性分析中,不考虑仅记录有起止时间和灾害类别,而缺少其他具体灾害标准的旱涝过程。

### 1.2 方法

SPI 指数是根据降雨量的统计特征规律反映不同时间尺度下(1、3、6、12、24 个月等)旱涝的强度。

其原理是基于降雨量分布不是正态分布,而是一种偏态分布,即认为某一时间尺度的降雨量时间序列服从  $\Gamma$  分布,通过降雨量的  $\Gamma$  分布概率密度函数求累积概率,进而转化为标准正态分布而得到,详细计算方法见文献(葛全胜等,2008)。

本文中对灾情参量的相关特征采用了决定系数进行分析,其表征了因变量的变异中有多少百分比可由自变量的变化来解释,数值为相关系数的平方,决定系数的大小决定了相关的密切程度。对旱涝致灾强度的计算是基于 1 个月时间尺度的 SPI 指数,分别根据式(1)和(2)对灾情记录中干旱和洪涝过程的致灾强度进行计算,  $SPI < -0.5$  认为偏旱,  $SPI > 0.5$  认为偏涝,且绝对值越大,旱涝强度越强。其中,  $D_i$  和  $F_j$  分别为单次干旱或洪涝的致灾强度,  $i$  和  $j$  为不同旱涝过程的编号,  $N_{all}$  为灾情持续的总月份,  $N_{SPI < -0.5}$  和  $N_{SPI > 0.5}$  分别为单次灾害过程中偏旱和偏涝的总月份。

$$D = \sum_{i=1}^m \left( \frac{N_{SPI < -0.5}}{N_{all}} \sum SPI < -0.5 \right) / m \quad (1)$$

$i = 1, \dots, m$

$$F = \sum_{j=1}^n \left( \frac{N_{SPI > 0.5}}{N_{all}} \sum SPI > 0.5 \right) / n \quad (2)$$

$j = 1, \dots, n$

对农作物受不同灾害影响范围的记录是通过受灾面积、成灾面积和绝收面积的大小来描述,其中受灾面积是指作物产量比正常年产量减产 1 成以上的面积,成灾面积是指减产 3 成以上的面积,而绝收面积是指减产 7 成以上的面积(邱海军等,2013)。为了较准确地给出农作物承灾体的多少,本文定义受害面积来综合考虑受灾面积、成灾面积和绝收面积,表征农作物受灾害影响实际收获量较常年产量减少 100% 的播种面积,如式(3)所示。

受害面积 =

$$0.1 \times (\text{受灾面积} - \text{成灾面积} - \text{绝收面积}) + 0.3 \times (\text{成灾面积} - \text{绝收面积}) + 0.7 \times \text{绝收面积} \quad (3)$$

## 2 结果和分析

### 2.1 旱涝灾害时空分布特征

基于灾情数据得到的干旱和洪涝灾害时空分布能够较真实地反映灾害多发的时间和地点,综合考虑了自然因素和社会因素,明确给出在不同致灾强度、承灾体属性和防灾减灾能力等条件下灾害的出现特征。

#### 2.1.1 旱涝灾害空间分布特征

图 1 给出了 1960—2005 年湖北省旱涝次数的分布特征。从图 1a 中可以看出,干旱发生较频繁的地区主要集中在湖北省东北部,并进一步向中西部扩展,呈东西走向的带状分布,而其他地区发生干旱灾害的次数较少,高值中心主要在孝感、安陆和应城等地,分别为 0.93、0.75 和 0.71 次  $\cdot a^{-1}$ 。这与刘可群等(2012)通过气象要素得到的干旱分布基本一致,仅是高值区分布略有不同,两种方法均明确地给出了位于鄂西南和鄂东南的干旱灾害少发区,这表明对于降水丰富干旱少发的地区,环境和社会的承受能力对于干旱发生的影响较弱,气象要素和灾情数据的统计结果基本一致,而对于降水偏少干旱多发的地区,环境和社会则会显著影响干旱灾害发生频次的分布。

洪涝的年均发生次数和频发区面积均明显少于干旱,这也反映出了“旱一片,涝一线”的灾害特征,干旱灾害通常是渐进的、大范围的,而洪涝则主要发

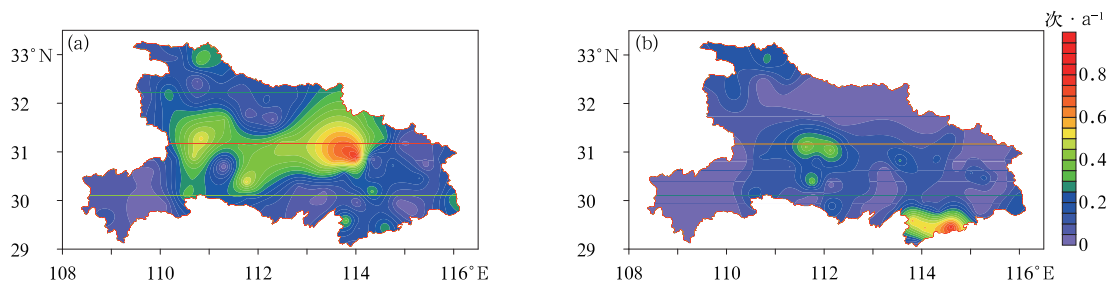


图 1 1960—2005 年湖北省年干旱(a)和洪涝(b)次数分布

Fig. 1 Distribution of the occurrence frequency of drought (a) and flood (b) in Hubei from 1960 to 2005

生在河流沿岸。洪涝的高值中心集中在鄂东南的通山、赤壁和崇阳等地,分别为 0.78、0.57 和 0.56 次  $\cdot a^{-1}$ ,如图 1b 所示,而其他地区洪涝的发生次数基本处在 0.20 次  $\cdot a^{-1}$  以下。

### 2.1.2 旱涝灾害时间分布特征

不同时期的气候背景存在差别,社会和环境对自然灾害的承受能力也存在不同,图 2 给出了 1960—2005 年湖北省旱涝灾害的年变化特征,可以看出,两者均经历了 3 个具有不同变化趋势的时期。1960—1969 年,干旱和洪涝灾害均表现为振荡减少的趋势,并分别在 20 世纪 60 年代末和 70 年代初达到该阶段的极小值。1970—1995 年,干旱灾害发生站次以起伏变化为主,没有出现明显增加或减少的趋势,其平均发生次数约为 13.6 次  $\cdot a^{-1}$ ;而洪涝灾害则表现为逐年增加的趋势,尤其是 80 年代初为洪

涝灾害频发期,分别在 1983 和 1991 年有 16 和 20 站次出现洪涝。1996—2005 年,两者则表现为完全相反的变化趋势。干旱灾害逐年增加,并在 2000 年达到最大值 38 站次,这主要是由于气候变暖加剧导致水供需的失衡,蒸发的增加,径流量的减少(邓振镛等,2008;王劲松等,2012);洪涝灾害则在 1998 年达到最大值 25 站次后,呈现逐年减少的趋势,此时为洪涝的少发期(方修琦等,2007),这与 2000 年后我国大量水利工程的建设,以及三峡水利枢纽工程的竣工是分不开的。进一步分析干旱和洪涝灾害发生站次的月变化特征(图 3),可以看出两者的分布规律完全一致,呈现为单峰分布,频发期主要集中在夏季的 6、7 和 8 月,尤其是该时段干旱灾害的发生站次均超过 300,且洪涝灾害的发生站次占总次数的 71.6%。

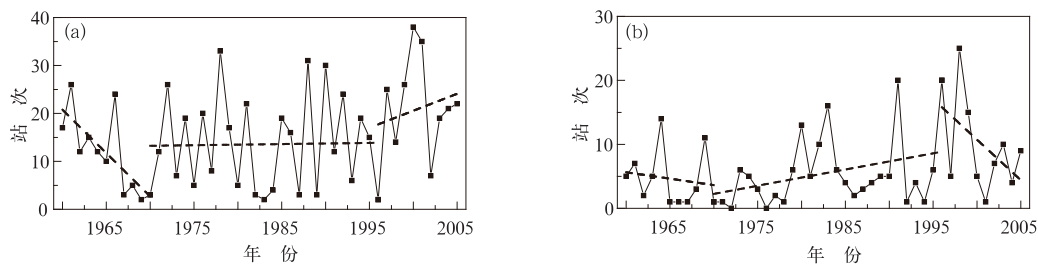


图 2 1960—2005 年湖北省灾害的干旱(a)和洪涝(b)年变化特征

Fig. 2 Annual variation characteristics of drought (a) and flood (b) disasters in Hubei from 1960 to 2005

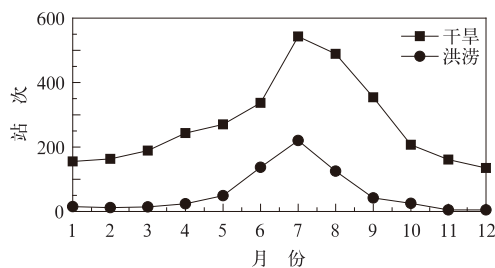


图 3 湖北省旱涝灾害的月变化特征

Fig. 3 Monthly variation characteristics of drought and flood disasters in Hubei

### 2.1.3 “旱涝急转”的时空分布特征

干旱和洪涝灾害对人们生产、生活的影响主要是通过通过对可能造成威胁或伤害的致灾因子(干旱和洪涝的气象特征)、处在灾害物理暴露之下的潜在受灾对象(生命、财产和环境等)及其脆弱性进行评估分析得到的。其主要受致灾因子、物理暴露度和脆弱性的作用,当在给定致灾强度的情况下,灾害损失

风险取决于脆弱性的大小(葛全胜等,2008)。通过上面的分析,可以发现湖北省干旱和洪涝灾害的频发区在空间分布上具有重叠性,两者在鄂西北、鄂中部和鄂东南的发生次数均较多;同时,在时间分布上,两者也主要集中在夏季发生。干旱和洪涝发生次数在时空分布上的相似性可能会导致两种灾害对某区域的影响时段接近,即“旱涝急转”现象的出现。

当某一区域先发生了干旱,并在一段时间后又出现洪涝(“旱转涝”),或者先洪涝再干旱(“涝转旱”),且两种灾害间隔的时间不超过 30 d,则认为“旱涝急转”现象的出现。由于前一种灾害的作用,承灾体的脆弱性会逐渐增大,随后受到物理属性相反的危害影响时,承灾体抵御灾害的能力会出现质的减弱,从而造成严重的灾情。图 4 给出了 1960—2005 年湖北省旱涝急转出现次数的时空分布特征,其空间分布与洪涝灾害的分布类似,高发区主要在鄂西北的郧县和鄂东南的通山和赤壁,出现次数分

别为 5、6 和 5 次;而其年代际变化表现为 20 世纪 90 年代初和 21 世纪初“旱涝急转”频发,且年际振荡显著,存在较大的年际差异,这与吴志伟(2006)对长江中下游地区夏季旱涝急转指数变化规律的分析

一致。旱涝急转仅出现在 6—9 月,其他月份均未发生,这主要是由于洪涝主要在这 4 个月出现,其他月份发生次数较少,使之无法满足两种灾害在一段时期内轮流出现的条件。

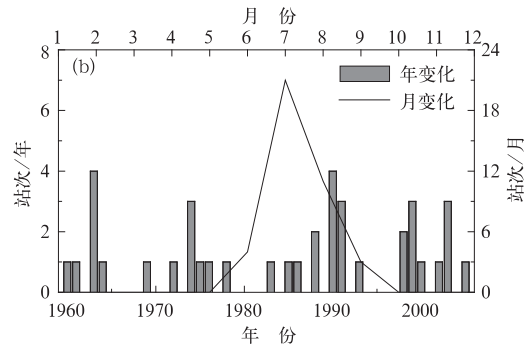
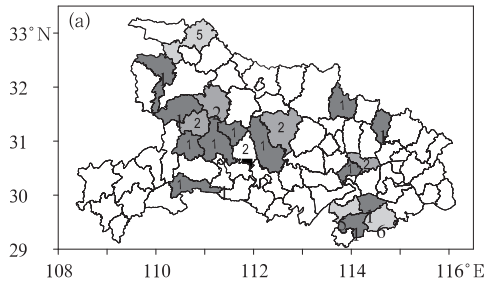


图 4 1960—2005 年湖北省旱涝急转(a)空间分布(次数)和(b)时间分布特征  
Fig. 4 (a) Spatial and (b) temporal distribution features of sharp turn disaster from drought to flood in Hubei during 1960—2005

### 2.2 干旱致灾规律分析

通过上文的分析,我们已经定性地了解干旱灾害多发的地区和时期,但是对其致灾规律的深入认识需要进一步定量分析致灾强度、承灾体的暴露度和脆弱度以及经济损失的变化特征和相关关系。干旱灾害发生过程中,由于长时间降雨的缺乏,而水资源又对人畜饮用优先供应,导致农作物的灌溉受到直接影响,因此受干旱灾害影响最敏感、最直接的是农业生产,而人们的生产生活会受其间接影响。

图 5 给出了干旱致灾强度和农业经济损失的年平均变化特征,1960—1995 年,致灾强度表现为起伏振荡,其变化趋势平稳没有明显增加或减少,而此时的农业经济损失呈逐年缓慢增加趋势,这可能主要是由于农作物本身经济价值不断提高的原因;1996—2001 年,湖北省进入了一段较强的干旱灾害时期,其致灾强度和农业经济损失均在 2001 年达到最强,两者的变化趋势基本对应,农业经济损失呈现跳跃性增长的特征,这可能是由于干旱灾害的累积增强效应,当致灾强度在 1996 年达到重旱( $-2.0 < D_i \leq -1.5$ )后,1997—2001 年又连续出现重旱( $-2.0 < D_i \leq -1.5$ )和特旱( $D_i \leq -2.0$ )的灾情,干旱灾害的连续发生会导致土壤含水量长时间维持低值,农作物抗旱能力明显减弱,河流径流量减少,水库蓄水量大幅降低,防灾减灾的措施进一步缺乏,从而致使 2001 年出现了最严重的农业经济损失。

但是,对致灾强度和农业经济损失的相关性进行分析发现,两者的决定系数仅为 0.08(图略),农业经济损失的变化仅有 8%由致灾强度所决定,却有 41%由农作物的受害面积(承灾体暴露度)决定(图 6),这表明干旱导致农业经济损失的多少主要取决于承灾体本身的属性,而受灾害强度等外部因素的影响较弱。

### 2.3 洪涝致灾规律分析

与干旱灾害对农业生产的影响主要表现为持续性增强不同,洪涝灾害对农业生产的影响更加直接且迅速,一旦发生洪水淹没农田,浸泡生长中的作物,就会造成巨大的农业经济损失。同时,洪涝的发

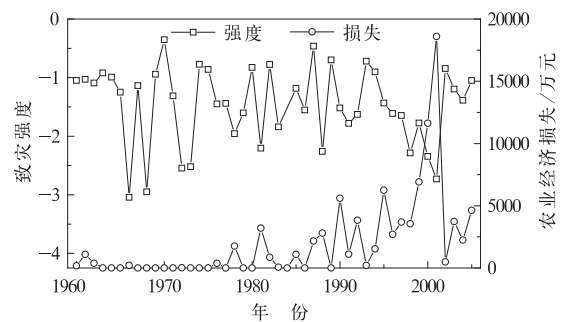


图 5 干旱致灾强度和农业经济损失的年平均变化特征  
Fig. 5 Annual mean variation features of drought-caused disaster intensity and agricultural economic loss

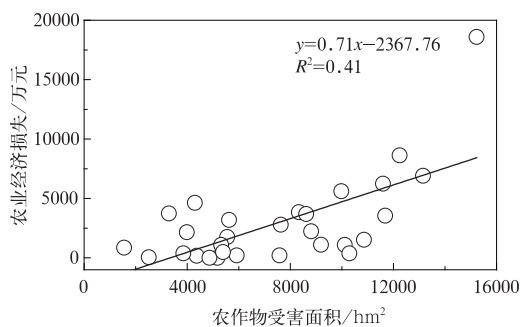


图 6 农作物受害面积与农业经济损失的相关特征

Fig. 6 Correlation between damaged crop areas and agriculture economic loss

生还会直接对人们的生产生活造成影响,损坏房屋,危害生命财产的安全。因此,分别对洪涝的致灾强度(标准化降水指数)、承灾体的暴露度(受害面积和受灾人口)以及灾害最后造成的损失进行分析,找出洪涝灾害的致灾特征。

### 2.3.1 致灾强度变化特征

图 7 给出了洪涝致灾强度的变化特征。与干旱致灾强度总体平稳且存在高强度时期的变化趋势相比,洪涝致灾强度的变化趋势明显不同,尽管其存在极大值和极小值年,但总体趋势表现为准周期的起伏振荡(图 7a)。进一步利用小波变换分析致灾强度的准周期振荡特征,从图 7b 中可以看出,在 8~12 a 的时间尺度区,小波系数经历了正负转换的变

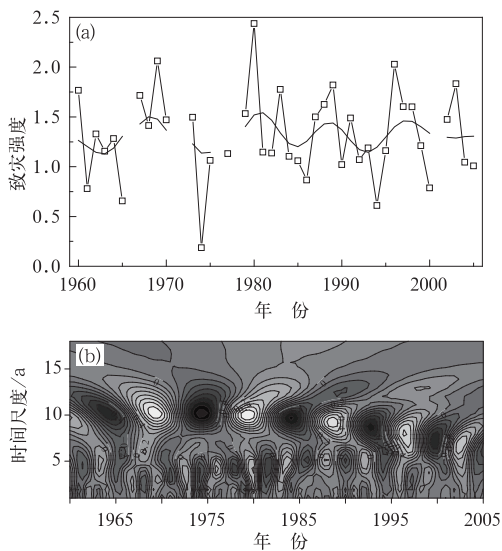


图 7 洪涝致灾强度的年变化(a)和小波变换特征(b)

Fig. 7 Annual variation (a) and wavelet transform (b) of flood-caused disaster intensity

化过程,转折点与图 7a 中的变化转折点非常一致,并且还叠加了 3~5 a 时间尺度的正负交替变化,表明其致灾强度的年际变化主要受到这两种周期尺度的共同影响,为更加准确地预测并判断洪涝的致灾强度提供了理论依据。

### 2.3.2 农作物的受灾规律

然而,灾害的发生及其危害人类社会的严重程度是由其自然和社会双重属性共同决定,取决于自然因素的改变程度和人类对自然环境变化的响应。通过降水量计算得到的洪涝致灾强度仅能反映灾害的自然属性,表明洪涝本身强度的大小,但其产生的灾情强弱,需要进一步考虑承灾体本身的属性。结合灾情数据的特点,洪涝灾害主要作用的承灾体分别为农作物和人,而农业经济损失、死亡人口、房屋损坏、房屋倒塌和直接经济损失等灾害损失则是自然和社会属性共同作用的结果。

洪涝灾害对农作物的致灾规律与干旱灾害存在不同,图 8 给出了洪涝导致的农作物受害面积与农业经济损失之间的关系。可以看出,1960—1999 年,洪涝导致的农作物受害面积和农业经济损失呈逐年代增加的趋势,其中 20 世纪 90 年代农作物受害面积最大,农业经济损失最多,有 5 年的受害面积超过 7500  $\text{hm}^2$ ,损失超过 18000 万元;2000 年以后,水利设施的不断建设,防洪能力的不断提高,洪涝灾害造成的农业经济损失明显减少。同时,农作物受害面积与农业经济损失呈明显的正相关关系,决定系数达到了 0.8,远大于干旱灾害中的决定系数 0.4,这是由于两种灾害对农作物的致灾方式不同,干旱对农作物的影响是积累的过程,随着干旱持续时间的增加,受害面积上农作物的经济价值不断减少,其农业经济损失会出现跳跃性增长的特征。而洪涝对农作物的影响是迅速的,一旦农田受害,洪水的浸泡就能导致受害农作物失去经济价值,从而使得两者显著相关。

### 2.3.3 人口的受灾规律

洪涝过程中受害人口的数量能够间接反映灾害对人类社会影响范围的大小。受害人口和直接经济损失的逐年代变化规律与农作物类似(图略),且两者较好的相关关系(图 9)表明受害人口作为洪涝的基本承灾体之一,其数值的变化能间接反映直接经济损失的大小。但两者的相关特征在不同年代存在差异,20 世纪 60—90 年代,拟合曲线的斜率不断减小,这一方面表明随着人口的增加和经济的发展,承

灾体(人口)的经济价值不断提高,直接经济损失随受害人口增多而增加的速度加快;另一方面,防汛措施和设施落后于 90 年代社会经济的快速发展是导致该时期受害人口增多,直接经济损失显著增加的重要原因。同时,该段时期共有 5 年的受害人口超过了 200000 人,大范围洪涝灾害的频发会增加承灾体的脆弱性,进而加剧了损失严重年份的出现频次。

洪涝灾害不仅会给人民的生产、生活带来巨大的财产损失,而且能危及到人民的生命安全,几乎每一年的洪涝灾害都造成了人员的死亡。死亡总人口与受害总人口的相关关系在一定程度上能反映灾害对人员生命的威胁程度,尤其是承灾体的脆弱度,两者的拟合曲线斜率越小,承灾体对洪水的相对脆弱性也就越高(葛全胜等,2008)。图 10 给出了湖北省洪涝灾害死亡总人口与受害总人口的相关特征,1960—1989 和 1990—2005 年死亡总人口分布规律基本一致,大部分灾害年的死亡总人口集中在 20 人以内,且均出现了死亡超 100 人的强灾害年,但两

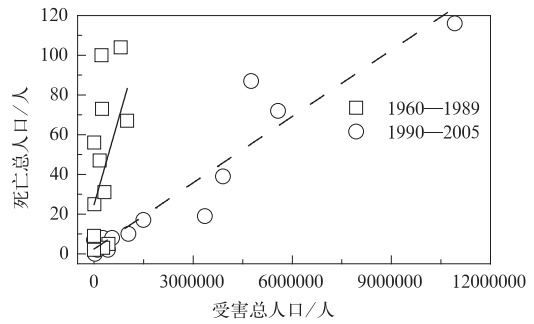


图 10 洪涝灾害受害总人口与死亡总人口的相关特征

Fig. 10 The correlation characteristics of total flood-affected population and total flood-death toll in different periods

段时期死亡人口与受害总人口的比值却存在明显不同,1990—2005 年两者的比值远小于 1960—1989 年的比值,这表明一方面洪涝灾害的影响人口在增加,而另一方面承灾体对洪涝灾害的抵御能力也在显著提高。

2.3.4 房屋的受灾规律

洪涝对受害人口的影响不仅表现为导致人员的死亡,而且也会破坏房屋,甚至造成房屋的倒塌,图 11 给出了房屋损坏与房屋倒塌和直接经济损失之间的关系。可以看出房屋倒塌是房屋损坏到极致的表现,受损房屋越多,出现房屋倒塌的几率也越高,两者呈较好地正相关关系,决定系数为 0.58。同时,房屋损坏作为构成洪涝灾害直接经济损失的主要因子之一,能够较好地反映出直接经济损失的多少,两者呈正相关关系,决定系数为 0.60;并且房屋损坏数量可以在一定程度上表明基础设施对洪涝灾害的抵御能力,其中 20 世纪 90 年代防灾减灾能

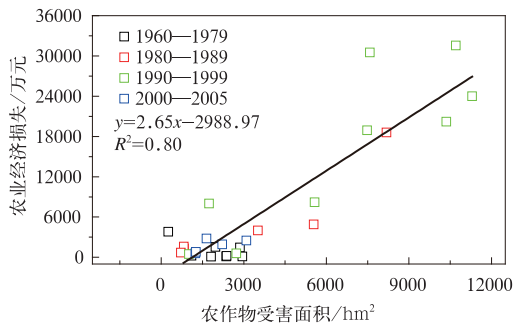


图 8 洪涝灾害农作物受害面积与农业经济损失的相关特征

Fig. 8 Correlation between damaged crop areas and agricultural economic losses caused by flood

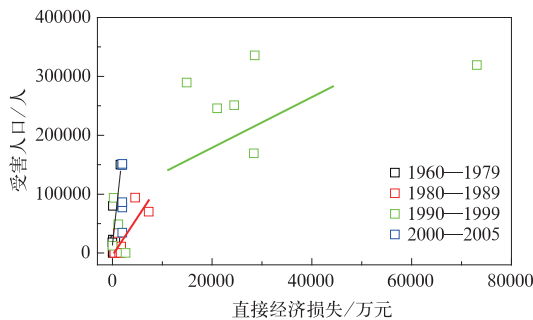


图 9 洪涝灾害受害人口与直接经济损失的相关特征

Fig. 9 Correlation between flood-affected population and direct economic loss

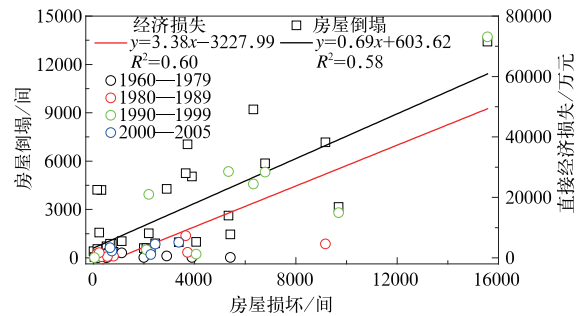


图 11 洪涝灾害房屋损坏与房屋倒塌和直接经济损失的关系

Fig. 11 Relationship among flood-damaged buildings, collapsed buildings, and direct economic loss

力落后于社会经济的发展是该段时期房屋损坏和直接经济损失均高于其他时期的主要原因之一。

## 2.4 “旱涝急转”致灾规律分析

上两节分别分析了湖北省干旱和洪涝灾害影响农田、人口和房屋等承灾体的致灾特征,然而当“旱涝急转”现象出现时,承灾体受前一种灾害的影响还未完全恢复,又遭遇属性相反灾害的作用,导致后一种灾害的致灾规律与其单独发生时存在不同。图 12 分别给出了两种“急转”情况下农作物受害面积与农业经济损失的相关特征,可以看出,“急转干旱”和“急转洪涝”所造成的农业经济损失远小于仅发生干旱和洪涝时的数值(图 6 和图 8),这是由于农作物受前一种灾害的影响,经济价值明显降低,此时再经历的一次灾害过程造成的农业经济损失有限。同时,急转灾害中受害面积与经济损失的决定系数与图 6 和图 8 中类似,但拟合曲线的斜率却远大于两图中的数值,农作物受前一种灾害影响后,其脆弱度明显增加,导致农业经济损失随受害面积增大而增加的速度加快。

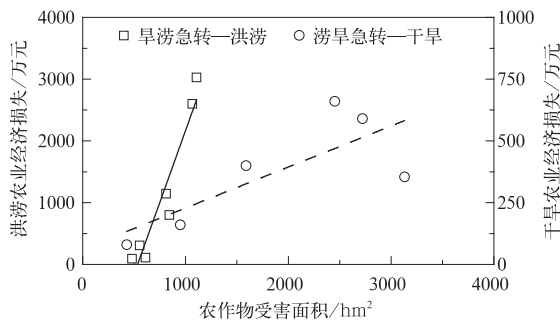


图 12 急转干旱和急转洪涝过程农作物受害面积与经济损失的相关特征

Fig. 12 Correlation characteristics between the damaged areas of crops and agricultural economic losses in two kinds of “sharp turn” situation

## 3 结 论

(1) 干旱灾害的频发区域呈东西走向的带状分布,其高值中心分别位于孝感、安陆和应城,分别为 0.93、0.75 和 0.71 次·a<sup>-1</sup>;洪涝灾害的发生次数和频发区面积均明显少于干旱,主要集中在鄂东南的通山、赤壁和崇阳,分别为 0.78、0.57 和

0.56 次·a<sup>-1</sup>。干旱和洪涝经历了 3 个变化时期,分别为 1960—1969、1970—1995 和 1996—2005 年,其中 1996—2005 年两者表现为完全相反的变化趋势,干旱灾害发生站次增多,而洪涝灾害发生站次减少,两种灾害均主要发生在夏季的 6、7 和 8 月。

(2) 干旱的致灾强度和农业经济损失在 1960—1995 年分别表现为起伏振荡和缓慢增加的变化趋势,并在 1996—2001 年出现迅速增强,由于部分地区连续 6 年均出现较严重的干旱灾害,干旱的累积增强效应致使农业经济损失出现跳跃性增长,并于 2001 年达到最大值。干旱对农业经济损失的影响主要取决于受害面积的大小,两者的相关系数为 0.41。

(3) 洪涝的致灾强度呈准周期的起伏振荡,其逐年变化规律由 8~12 和 3~5 a 的周期尺度共同影响。农作物受洪涝影响范围最大、损失最多的年份集中出现在 20 世纪 90 年代,2000 年以后明显减少;与干旱相比,洪涝对农作物的影响是直接且迅速的,致使农作物受害面积与农业经济损失的相关系数达到了 0.80。受害人口与直接经济损失具有较好的相关关系,其中受害人口的拟合曲线斜率逐年减小,直接经济损失随受害人口增多而增加的速度加快;1990—2005 年洪涝灾害死亡人口与受害人口的比值远小于 1960—1989 年的比值,人口对洪涝灾害的抵御能力显著提高。

(4) 急转干旱和急转洪涝主要发生在鄂西北和鄂东南的夏季,受急转过程中前一种灾害的影响,农作物的脆弱度增加,致使后一种灾害过程中农业经济损失随受害面积增大而增加的速度加快,但所造成的农业经济损失远小于仅发生干旱或洪涝时的数值。

## 参考文献

- 陈莹,陈兴伟. 2011. 福建省近 50 年旱涝时空特征演变—基于标准化降水指数分析. 自然灾害学报, 20(3): 57-63.
- 邓振镛,张强,辛吉武,等. 2008. 干旱生态环境及水资源对全球气候变暖响应的研究进展. 冰川冻土, 30(1): 57-63.
- 方修琦,陈莉,李帅. 2007. 1644—2004 年中国洪涝灾害主周期的变化. 水科学进展, 18(5): 656-661.
- 封国林,杨涵涌,张世轩,等. 2012. 2011 年春夏初长江中下游地区旱涝急转成因初探. 大气科学, 36(5): 1009-1026.
- 葛全胜,邹铭,郑景云,等. 2008. 中国自然灾害风险综合评估初步研究. 北京: 科学出版社.
- 郭广芬,周月华,史瑞琴,等. 2009. 湖北省暴雨洪涝致灾指标研究. 暴雨灾害, 28(4): 357-361.



- 李兰,周月华,叶丽梅,等. 2013. 基于 GIS 淹没模型的流域暴雨洪涝风险区划方法. 气象, 39(1): 112-117.
- 李维京,左金清,宋艳玲,等. 2015. 气候变暖背景下我国南方旱涝灾害时空格局变化. 气象, 41(3): 261-271.
- 刘安麟,李星敏,何延波,等. 2004. 作物缺水指数法的简化及在干旱遥感监测中的应用. 应用生态学报, 15(2): 210-214.
- 刘可群,李仁东,刘志雄,等. 2012. 基于 CI 指数的湖北干旱及其气候变化特征分析. 长江流域资源与环境, 21(10): 1274-1280.
- 刘敏,秦鹏程,刘可群,等. 2013. 洪湖水位对不同时间尺度 SPEI/SPI 干旱指数的响应研究. 气象, 39(9): 1163-1170.
- 邱海军,曹明明,郝俊卿,等. 2013. 1950—2010 年中国干旱灾情频率—规模关系分析. 地理科学, 33(5): 576-580.
- 任福民,高辉,刘绿柳,等. 2014. 极端天气气候事件监测与预测研究进展及其应用综述. 气象, 40(7): 860-874.
- 申广荣,田国良. 2000. 基于 GIS 的黄淮海平原旱灾遥感监测研究——作物缺水指数模型的实现. 生态学报, 20(2): 224-228.
- 孙小龙,宋海清,李平,等. 2015. 基于 CLDAS 资料的内蒙古干旱监测分析. 气象, 41(10): 1245-1252.
- 卫捷,马柱国. 2003. Palmer 干旱指数、地表湿润指数与降水距平的比较. 地理学报, 58(增刊): 117-124.
- 王劲松,李耀辉,王润元,等. 2012. 我国气象干旱研究进展评述. 干旱气象, 30(4): 497-508.
- 吴志伟. 2006. 长江中下游夏季风降水“旱涝并存、旱涝急转”现象的研究. 南京: 南京信息工程大学, 27-28.
- 吴志伟,江志红,何金海. 2006. 近 50 年华南梅雨、江淮梅雨和华北雨季旱涝特征对比分析. 大气科学, 30(3): 391-401.
- 徐子红,陶诗言. 1996. 东亚季风的年际变化与江淮流域梅雨期旱涝//灾害性气候的过程及诊断. 北京: 气象出版社.
- 叶丽梅,周月华,李兰,等. 2013. 通城县一次暴雨洪涝淹没个例的模拟与检验. 气象, 39(6): 699-703.
- 张强,韩兰英,张立阳,等. 2014. 论气候变暖背景下干旱和干旱灾害风险特征与管理策略. 地球科学进展, 29(1): 80-91.
- 张强,张良,崔显成,等. 2011. 干旱监测与评价技术的发展及其科学挑战. 地球科学进展, 26(7): 763-778.
- 张水峰,张金池,闵俊杰,等. 2012. 基于径流分析的淮河流域汛期旱涝急转研究. 湖泊科学, 24(5): 679-686.
- 周月华,郭广芬. 2010. 基于多指标综合指数的灾害性天气过程预评估方案. 气象, 36(9): 87-93.
- Chen H P, Sun J Q, Chen X L. 2013. Future changes of drought and flood events in China under a global warming scenario. Atmos Oceanic Sci Lett, 6(1): 8-13.
- Hayes M J, Svoboda M D, Wilhite D A, et al. 1999. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. Bull Amer Meteor Soc, 80(3): 429-438.
- Wu Z W, Li J P, He J H, et al. 2006. Large-scale atmospheric singularities and summer long-cycle droughts-floods abrupt alternation in the middle and lower reaches of the Yangtze River. China Sci Bull, 51(16): 2027-2034.
- Zhang Qiang, Han Lanying, Jia Jianying, et al. 2015. Management of drought risk under global warming. Theor Appl Climatol. DOI: 10.1007/s00704-015-1503-1.