

1950—2009年洞庭湖流域农业水灾演变特征及分异规律

李景保¹, 胡巍¹, 尹辉², 毛德华¹, 曾发明¹, 邓楚雄¹, 代勇¹

(1. 湖南师范大学 资源与环境科学学院, 长沙 410081; 2. 中国地质科学院 岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004)

摘要:洞庭湖流域为我国重要农业生产区,而农业水灾却一直是制约农业可持续发展的最大障碍因素。以1950—2009年水灾统计资料为依据,用定性与定量相结合的方法,系统分析了该流域农业水灾演变特征及区域分异。结果表明:①年年发生流域性或区域性的农业水灾,其中重灾、特大水灾频率呈增大趋势;②在长时间尺度演变过程中,受灾率异常指数出现2个波峰期和4个波谷期,成灾率异常指数出现3个波峰期和3个波谷期,且水灾受灾率与成灾率大体上呈同步变化,但短时间内受灾率与成灾率却呈反向波动;③农业水灾具有突变性,但总体演变呈增加趋势;④受孕灾环境、洪涝致灾因子及经济发展水平组合差异的制约,农业相对灾情与绝对灾情在空间上的分布均呈明显的南北分异与东西分异。

关键词:农业水灾;受灾率异常指数;成灾率异常指数;洞庭湖流域

中图分类号: S422 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3037(2011)09-1496-10

洞庭湖流域位于长江中游南岸,由湘、资、沅、澧四水及洞庭湖区组成。行政区域上涉及湖南省,为我国重要农业生产区,素有“鱼米之乡”之称。境内的环流背景受控于副热带高压、西风带环流、东南季风和西南季风等环流系统的辐合影响,副热带高压的北跳南移,季风带环流的南侵北退,以及东南季风与西南季风的辐合交汇,形成了本流域不稳定的气候系统^[1]。受此不稳定气候系统的影响,降水量年际变率大,年内分配不均,雨季4—9月降水量约占全年的65%以上,且暴雨过程多,常酿成流域性或局地性水灾。按水灾发生地点不同可分为:山洪灾害、水库垮坝洪灾、溃堤洪灾和涝渍灾害等类型^[2]。据统计,因水灾每年造成农业直接经济损失达 18.58×10^8 元^[3]。可见,水灾一直是制约洞庭湖流域农业可持续发展的最大障碍性因素。本文依据1950—2009年农业水灾资料,分析本流域农业水灾演变特征及区域分异,以便从整体上准确把握农业水灾的时空变化规律,为制定新时期防洪减灾与农业可持续发展战略决策提供理论依据。

1 基础资料来源及处理

1.1 基础数据来源

农业水灾又称农业洪涝灾害,即是一种因洪水冲击或淹没浸泡农业承灾体,而造成农作物绝收或减产的一种自然灾害。关于农业水灾损失程度,在历史灾情统计资料中,各时期的灾情指标都不相同。20世纪80年代以来,湖南省防汛抗旱指挥部办公室一般用农作物(粮

收稿日期: 2010-08-30; 修订日期: 2011-07-05。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071067); 湖南省重点学科自然地理学建设项目。

第一作者简介: 李景保(1951-),男,湖南桂阳人,教授,主要从事水文水资源和自然灾害教学与研究。E-mail: lijingbao1951@126.com

食作物和经济作物)受灾面积、成灾面积、绝收面积、人畜饮水困难、水利设施损失以及农作物减产等指标来表征每年的洪涝灾情,每一种指标都从不同角度反映了洪水致灾因子强度及其对农业生态、生产系统的危害程度。为保证灾情统计指标的系统性和连续性,本文未运用《湖南统计年鉴》中的灾情资料,而是采用湖南省水旱灾害编辑部编写的《1950—1993 年湖南省水旱灾害》以及湖南省防汛抗旱指挥部办公室编写的《1994—2003 年湖南省水旱灾情汇编》和《2004—2009 年湖南省防汛抗旱工作总结报告》等统计资料中的水灾受灾面积、成灾面积、当年农作物播种面积、农作物减产等指标,作为分析洞庭湖流域农业水灾演变特征的基础资料。在空间尺度上运用 1980—2009 年 85 个县市的农作物总产量、减产量、播种面积、成灾面积等灾情资料(1980 年以前的灾情资料未按县市统计),分析该流域农业水灾程度的区域分异规律。

1.2 数据处理方法与农业水灾等级划分

水灾受灾面积是指洪涝致灾因子影响农作物的范围;水灾成灾面积是指在受灾范围内有部分或大部分农作物因受到洪涝致灾因子的危害而减产或绝收。前者与洪涝致灾因子强度和农作物播种面积、农业承灾体的承灾能力有关;后者除了与洪涝致灾因子强度、农作物播种面积和农业承灾体的承灾能力有关外,还与流域内河、湖、库防洪标准,以及当年各级政府实施的防、抗、抢、救应对措施有关。据此,本文把水灾受灾率定义为当年农作物受灾面积与当年农作物播种面积的比值,水灾成灾率定义为当年农作物成灾面积与当年农作物受灾面积的比值。这一定义与参考文献[4-6]有所不同。为了客观实际地反映近 60 a 洞庭湖流域水灾变化特点,有必要对历年农作物受灾面积和成灾面积进行适当处理。于是基于受灾率和成灾率的定义,采用如下公式:

$$\xi_i = \frac{M_i - \bar{M}}{\delta} \quad (1)$$

式中: ξ_i 为第 i 年受灾率异常指数或成灾率异常指数; M_i 为第 i 年农作物受灾率或成灾率; \bar{M} 为农作物多年平均受灾率或成灾率; δ 为农作物受灾率或成灾率标准差。根据此式分别计算得到 1950—2009 年洞庭湖流域历年水灾受灾率异常指数或成灾率异常指数,并以这两项异常指数为依据,将该流域近 60 a 发生的水灾划分为轻灾、重灾和特大水灾 3 个等级。其划分标准为:当 $\xi < 0.5$ 时为轻灾; $0.5 \leq \xi < 1.5$ 时为重灾; $\xi \geq 1.5$ 时为特大水灾。

2 近 60 a 农业水灾的演变特征

水灾具有明显的不确定性,因而在一定程度上,一定时间内表现出阶段性(周期)、突变性(跳跃)和缓变性(总体趋势)。于是本文运用表征农业水灾程度的受灾率异常指数和成灾率异常指数,剖析洞庭湖流域农业水灾的演变特征,以准确把握农业水灾的动态变化。

2.1 农业水灾等级演变的频发性

水灾频率系指在水灾样本系列中,某一等级水灾出现的次数与水灾系列年数的比值,它不仅反映了不同等级的农业水灾在时间序列上的稀密程度,而且反映了各个阶段的灾情大小变化。为了揭示不同等级的水灾在不同时期的变化,本文根据各个时期的水利工程状况、水利工程补水方式、社会经济发展水平的差异,将近 60 a 发生的农业水灾划分为 6 个时段:即 1950—1958、1959—1966、1967—1977、1978—1988、1989—1998、1999—2009 年,并按上述水灾等级划分标准,计算各时期各等级农业水灾频率(表 1)。

表 1 近 60 a 洞庭湖流域各等级农业水灾频率变化

Table 1 Frequency change of each grade of agricultural flood in Dongting Lake Basin in the last 60 years

时段	轻灾 $\zeta < 0.5$				重灾 $0.5 \leq \zeta < 1.5$				特大水灾 $\zeta \geq 1.5$			
	受灾		成灾		受灾		成灾		受灾		成灾	
	年数	频率/%	年数	频率/%	年数	频率/%	年数	频率/%	年数	频率/%	年数	频率/%
1950—1958 年	6	66	6	66	2	22	2	22	1	11	1	11
1959—1966 年	4	50	3	37			0	0	0	0	0	0
1967—1977 年	2	18	2	18	1	9	1	9	0	0	0	0
1978—1988 年	4	36	2	18	2	18	2	18	0	0	0	0
1989—1998 年	3	30	3	30	3	30	3	30	4	40	3	30
1999—2009 年	4	36	4	36	3	27	2	18	5	45	4	36

从表 1 可知,近 60 a 间洞庭湖流域几乎连年发生农业水灾,只是其程度大小在时间尺度上分布不同而已,这表明该流域农业水灾频繁。从长时间尺度上讲,水灾的致灾形式为:每年雨季 4—7 月,湘、资、沅、澧四水流域中上游山丘区,常酿成局地性、区域性山洪泥石流灾害或水库垮坝洪灾;四水下游沿岸及洞庭湖平原洪水漫溢防洪大堤,导致溃堤洪灾与涝渍灾害并发^[7]。这主要是由该流域内降水年际变率大、年内降水高度集中、不对称性的马蹄形盆地、辐聚状水系格局以及河湖库防洪标准普遍较低等因素影响所致。以短时间尺度而言,不同等级的农业水灾频率在时间序列上的演变特点具有明显的差异性:①1950—1958 年,流域中上游山丘区水利基础设施不配套,湘、资、沅、澧四水下游及洞庭湖区防洪标准仅 10~15 a,以致本阶段出现 6 个轻灾年、2 个重灾年和 1 个特大水灾年(1954 年),为近 60 a 中的第一个重灾期;②1959—1966 年为第一个轻灾期,其原因是本阶段在“大跃进”的推动下,广大农村掀起了兴建水利工程的热潮,全流域兴建了约万座大中小型水库,增加了中上游地区的调洪容积;下游及洞庭湖区 1958 年冬季荆江调弦口堵口,减少了入湖洪峰流量,同时进行了堵支并流、排涝、撇洪等配套初期建设,在一定程度上提高了调洪泄洪能力;③1967—1977 年为第二个轻灾期,本时期洞庭湖区下荆江 3 处截弯取直,增大了下泄洪量,减少了入湖洪峰流量,加之湘、资、沅、澧四水流域水利工程配套设施逐渐完善,且充分发挥了调洪削峰效用;④1978—1988 年间出现 4 个轻灾年和 2 个重灾年,这表明农业水灾损失程度呈增大趋势,其原因是本阶段人民公社瓦解,实行了农户家庭承包制,导致村委会调动资源及政府主导集权的兴建水利工程号召机制失去了组织保障,以致于村民放弃合作建设大型水利工程和养护耕地水利设施的集体行动,转而发展各自为政的微型水利^[8],防洪减灾能力急剧减弱;⑤1989—1998 年为第二个重灾期,本阶段随着农户家庭分散经营和乡村政府职能的转变,推行“谁受益,谁投资”的供给方式,取代了制度外筹资机制,使水利工程供给处于短缺状态,然而,在农村集体经济“空壳化”和水利工程严重不足及毁损情况下,村民无法运作这种供给方式,导致水利工程不能及时修复,老化工程带病运行,而新的大中型水利工程又无法兴建,进而使水利工程的调洪能力进一步减弱,同时还与本阶段年降水(1 683 mm)较多年平均值(1 474 mm)偏多有关;⑥1999—2009 年(包括 2010 年)为重灾和特大水灾致灾、成灾频率最高期,其主要原因是本阶段尽管实施了退田还湖工程和三峡水库调度运用,使洞庭湖区溃堤洪灾得到了有效控制^[9],但因特殊的汇流盆地和排涝设施老化,湖区涝渍灾害仍然严重;同时,四水流域中上游山丘区,历年水毁水利工程累计约有 285 座未修复,458 座中小型病险水库年久失修,水利工程的有效调洪容积大为减少,农业生产规模与水利设施数量不相适应的矛盾日愈突出,导致下游地区洪涝交织,中上游山丘区局地性

或区域性山洪泥石流灾害频发。

2.2 农业水灾演变的高位波动性

在农业水灾演变时间序列中,若从某变点起前期及后期的水灾受灾率异常指数与成灾率异常指数均呈明显增加或减小状态,这种变化过程称为波动。图 1 显示,洞庭湖流域水灾在不同阶段的演变过程中呈现波谷、波峰相间交替规律。即水灾受灾率异常指数出现 2 个波峰期和 4 个波谷期:其中 1990—1998、2000—2009 年间处于波峰期,受灾率异常指数分别为 1.570 及 0.954,都高于 60 a 的平均值(0.87);而 1950—1959、1960—1969、1970—1979 和 1980—1989 年处于波谷期,水灾受灾率异常指数依次为 0.762、0.682、0.690 和 0.545,均低于 60 a 的平均值。水灾成灾率出现 3 个波峰期和 3 个波谷期:即 1950—1959、1970—1979 和 2000—2009 年处于波峰期,成灾率异常指数分别为 0.977、1.131 及 1.278,都高于 60 a 的平均值(0.85);1960—1969、1980—1989、1990—1999 年间都处于波谷期,其成灾率异常指数分别为 0.614、0.504、0.571,均低于 60 a 的平均值。从长时间序列的演变过程上看,水灾受灾率异常指数与成灾率异常指数大体呈同步波动。这表明从总体上讲,农作物受灾率高,则成灾率也高,但在各阶段的水灾演变过程中,其受灾率异常指数与成灾率异常指数却呈反向波动演变,具体表现为:在 1950—1959、1970—1979、2000—2009 年 3 个时段中,水灾受灾率异常指数小,成灾率异常指数大;而在 1960—1969、1980—1989、1990—1999 年 3 个时段中,水灾受灾率异常指数大,而成灾率异常指数小。这一反向波动演变特征表明,水灾在演变过程中既具有同步高位波动性,又具有明显的随机性和复杂性。其主要是由洪涝致灾因子强度,河、湖、库防洪标准,乡村人口密度,农业用地类型构成,农业经济发展水平在各个阶段的组合差异所致,同时也与政府和农户在灾害发生过程中所实施的防、抗、抢、救等应急措施效率的差异有关。

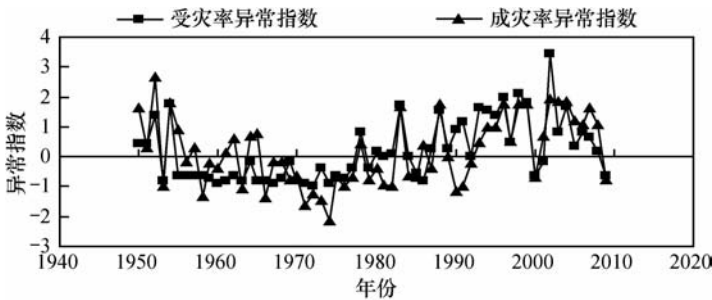


图 1 洞庭湖流域历年农业水灾异常指数波动过程

Fig. 1 Fluctuation of abnormal indices of agricultural flood in Dongting Lake Basin in the last 60 years

2.3 农业水灾演变的突变性

在制定防洪减灾工程建设规划和进行水灾预警预报过程中,必须判断并检验农业水灾在时间序列中突变发生的时间,以便提早采取应对措施。

本文采用均值差异 t 检验的方法确定洞庭湖流域农业水灾在时间序列中的突变现象。若某一序列中某两个时段的平均值之间的差异具有充分的统计显著性,则表明在给定的信度范围内,该时间序列在选定的时间点上出现了突变现象。据此,定义水灾样本长度为 N 的序列突变指数为:

$$A_{ij} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_1 + S_2} \quad (2)$$

式中: \bar{X}_1 和 S_1 为基准年前 M 年时段的平均值和标准差; \bar{X}_2 和 S_2 为基准年后 M 年时段的平均值和标准差。计算时采用连续设置基准年的方法(基准年 M 通过多次试验主观设定), 则得到突变指数 A_{ij} 的时间序列。

$$\text{定义统计量: } t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)^{1/2}} \quad (3)$$

式中: M_1 和 M_2 分别为前后两段序列水灾样本长度, S_p 为联合样本差, 即:

$$S_p^2 = \frac{(M_1 - 1)S_1^2 + (M_2 - 1)S_2^2}{M_1 + M_2 - 2} \quad (4)$$

式中: S_1 和 S_2 分别为前后两时段序列的方差。该统计量 t 服从自由度为 $M_1 + M_2 - 2$ 的 t 分布, 当给出一定的显著水平, 如 $t > t_\alpha$ 在 α 的显著水平上, 则表明基准点两侧 M_1 年及 M_2 年的均值有明显的差异, 或第 j 年前时段的均值与第 j 年后时段的均值有显著差异, 即发生了突变。显然, 达到信度的 A_{ij} 可能连续出现在数年区间内。于是取这一区间中最大 A_{ij} 年份作为突变的发生时间。整个均值 t 检验过程, 借助 DPS 7.05 统计分析软件中的两组平均数采用 student t 检验模块进行量化计算, 以便对洞庭湖流域水灾受灾率异常指数和成灾率异常指数变化趋势显著的序列(1950—2009 年)作均值差异 t 检验的突变分析。取显著水平 $\alpha = 0.05$, 临界值 $t_\alpha = 1.7109$ (表 2)。从表 2 可知, 该流域在 1951—2009 年农业水灾受灾率异常指数时间序列中, 1955 年和 1978 年各发生了一次农业水灾受灾突变, 这表明农业水灾受灾年份在第 5 年和第 28 年附近几年内均发生了明显的趋势变化; 而在 1950—2009 年农业水灾成灾率异常指数时间序列中, 1956 年和 1993 年各发生了一次农业水灾成灾突变, 这意味着该流域农业水灾成灾年份在第 6 年和第 43 年附近几年内均发生了明显的趋势变化。

表 2 洞庭湖流域农业水灾演变的突变性

Table 2 Evolution of the agricultural flood mutation in Dongting Lake Basin

受灾或成灾	阶段	统计量 t	显著水平 α	临界值 t_α	判别方式		突变年份	均值	标准差
					t 值	P 值			
受灾率异常指数	1950—1954 年	2.924 6	0.05	1.710 9	$t > t_\alpha$	0.041 9	1955	0.642 0	1.010 2
	<0.05								
	1955—1977 年	7.776 1	0.05	1.710 9	$t > t_\alpha$	0.000 1	1978	-0.686 5	0.227 5
	<0.05								
1977—2009 年					<0.05		0.710 9	0.980 6	
成灾率异常指数	1950—1955 年	3.647 3	0.05	1.710 9	$t > t_\alpha$	0.007 0	1956	1.061 7	1.295 3
	<0.05								
	1956—1992 年	5.971 0	0.05	1.710 9	$t > t_\alpha$	0.000 1	1993	-0.415 9	0.855 6
	<0.05								
1992—2009 年					<0.05		1.068 2	0.831 8	

2.4 农业水灾演变的趋势性

基于时间序列的趋势分析, 可显现出水灾样本序列随时间增加、减少或不变的倾向, 因而趋势可反映水灾样本序列在时间上演变的总体规律性。洞庭湖流域农业水灾序列是否表现出明显的趋势性, 本文借助肯德尔(Kendall)秩次相关法^[10]分别对本流域农业水灾受灾率异常指数和成灾率异常指数的趋势性进行检验。取 Kendall 统计量 τ 、方差 Var 和标准化变量 U 计算, 公式如下:

$$\tau = \frac{4 \sum P_i}{N(N-1)} - 1, \quad Var(\tau) = \frac{2(2N+5)}{9N(N-1)}, \quad U = \frac{\tau}{[Var(\tau)]^{1/2}} \quad (5)$$

式中: $\sum P_i$ 为农业水灾受灾率异常指数和成灾率异常指数序列中所有 $Q_j < Q_i$ 出现的个数, 顺序 (i, j) 子集是 $(i = 1, j = 2, \dots, N), (i = 2, j = 3, \dots, N), \dots, (i = N - 1, j = N)$; N 为系列长度; Q_i 和 Q_j 分别为受灾率异常指数或成灾率异常指数的对偶观测值。

根据 1950—2009 年洞庭湖流域农业水灾受灾率异常指数和成灾率异常指数进行趋势分析(表 3), 表 3 中的显著性程度用 Kendall 迭次检验的统计量 U 与给定显著水平 $\alpha = 0.05$ 下的 $U_{\alpha/2}$ 的比值表示。当显著水平 $\alpha = 0.05$ 和 0.01 时, 相应的检验临界值 $U_{\alpha/2} = 1.96$ 和 2.58 。当 $|U| > 2.58$ 时, 农业水灾演变趋势很显著; 当 $1.96 < |U| < 2.58$, 农业水灾演变趋势显著; 当 $|U| < 1.96$ 时, 农业水灾演变趋势不显著。由此表明, 近 60 a 洞庭湖流域农业水灾受灾率异常指数和成灾率异常指数总体上都呈增大趋势, 这一结果与湖南省近 500 a 洪涝灾害时间分布规律^[11] 基本吻合。

表 3 洞庭湖流域农业水灾演变的趋势性

Table 3 Evolution of the agricultural flood trend in Dongting Lake Basin

受灾或成灾	时段	Kendall 统计量 τ	方差 Var	标准化变量 U	显著水平 α	临界值 $U_{\alpha/2}$	检验判别	趋势性
受灾演变的趋势性	1950—2009 年	-0.391	0.008	-4.372	0.05/0.01	1.96/2.58	$ U > U_{\alpha/2}$	很显著
	1950—1966 年	0.265	0.032	1.481	0.05/0.01	1.96/2.58	$ U < U_{\alpha/2}$	不显著
	1967—1988 年	-0.498	0.024	-3.215	0.05/0.01	1.96/2.58	$ U > U_{\alpha/2}$	很显著
	1989—2009 年	0.124	0.025	0.784	0.05/0.01	1.96/2.58	$ U < U_{\alpha/2}$	不显著
成灾演变的趋势性	1950—2009 年	-0.202	0.008	-2.258	0.05/0.01	1.96/2.58	$ U > U_{\alpha/2}$	显著
	1950—1966 年	0.265	0.032	1.481	0.05/0.01	1.96/2.58	$ U < U_{\alpha/2}$	不显著
	1967—1988 年	-0.299	0.024	-1.930	0.05/0.01	1.96/2.58	$ U < U_{\alpha/2}$	不显著
	1989—2009 年	-0.333	0.025	-2.106	0.05/0.01	1.96/2.58	$ U > U_{\alpha/2}$	显著

3 农业水灾损失程度的区域分异规律

为了分析洞庭湖流域农业水灾程度的区域分异规律, 本文运用区域农作物平均减产比和区域农作物平均绝对减产量度量各县(市)农业水灾损失程度, 用前者揭示区域农业水灾相对灾情的差异; 用后者揭示区域农业水灾绝对灾情的差异。据此, 根据 1980—2009 年各县(市)农作物减产等级及相应的农作物减产面积, 运用江命友等^[1] 的计算公式, 即

$$DI_1 = r_1 A_1 + r_2 A_2 + r_3 A_3 + r_4 A_4 \quad (6)$$

式中: DI_1 为相对灾情指数即为农作物平均减产比(%); r 为等级减产幅度, 本文按 0~30%、30%~50%、50%~80%、80%~100%, 划分为 4 个减产等级; 为便于计算, 将 r_1, r_2, r_3, r_4 依次取中值 0.15、0.40、0.65、0.90; $A_1 \sim A_4$ 分别为相应等级减产面积占农作物总播种面积的比值。

将式(6)两端再乘以区域农作物总产量, 则可求得到区域绝对灾情损失量, 即

$$DI_2 = (r_1 A_1 + r_2 A_2 + r_3 A_3 + r_4 A_4) \times S \quad (7)$$

式中: DI_2 为区域农作物平均绝对减产量(10^4 kg); S 为区域农作物总产量(10^4 kg)。

通过式(6)、(7) 计算, 分别得到 1980—2009 年洞庭湖流域 85 个县市的农作物相对平均减产比(%) 和农作物绝对减产量(10^4 kg) (篇幅受限分县市灾情指数表省略)。为便于

分析灾情区域分异成因和保持行政区域界线,以湖南省农业地貌区划为界线^①,按相对灾情和绝对灾情指标,将洞庭湖流域农业水灾灾情划为四个等级,分为六大区,并分别作图2和图3。由图2可知,湘北洞庭湖平原区(Ⅵ)为高值区,相对农业水灾指数多年平均值为20.8%~25.9%,其中安乡、沅江、华容达26.7%;湘南丘山区(Ⅲ)次高,宜章、桂东、江华、道县相对农业水灾指数为19.2%~25.8%;低值区出现在湘中丘盆区(Ⅴ)的长、株、潭三市和湘西北山原山区(Ⅰ)的桑植、保靖、永顺,其相对农业水灾指数仅为6.8%~9.3%。由图3表明:绝对农业水灾指数出现两个高值区即以湘北洞庭湖平原区(Ⅵ)最高,湘东山丘区(Ⅳ)和湘南丘山区(Ⅲ)次高,3个低值区出现在湘西山区(Ⅱ)、湘中丘盆区(Ⅴ)和湘西北山原山区(Ⅰ)。

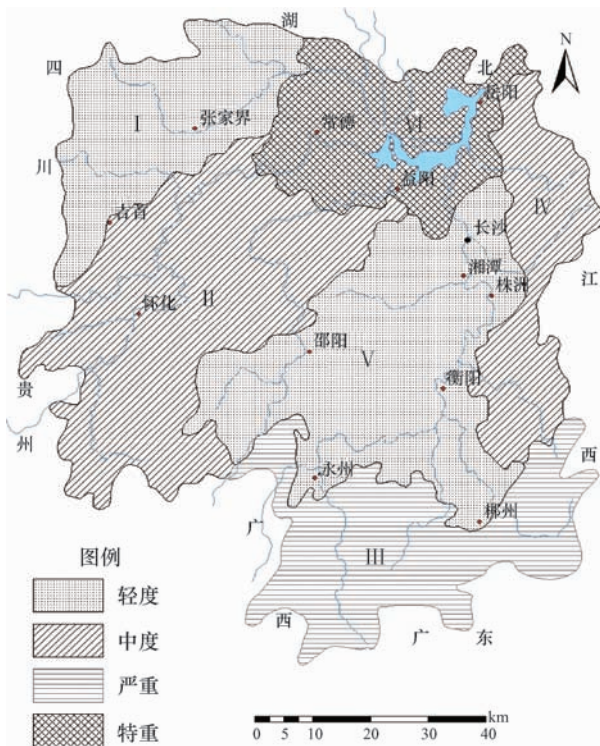


图2 洞庭湖流域农业水灾相对灾情分异

Fig. 2 Agricultural flood relative disaster differentiation in Dongting Lake Basin

通过图2与图3比较表明,洞庭湖流域农业水灾损失程度,在总体上呈现明显的南北分异与东西分异,即农业水灾损失程度由湘南丘山区向湘中丘盆区、湘北平原区增大,由湘东山丘区向湘中丘盆区、湘西山区、湘西北山原山区减小。具体差异表现在:①湘北洞庭湖平原区农业相对与绝对灾情指数都最高,其主要原因是尽管本区防洪减灾投入力度较大(平均每年约 1.5×10^8 元),三峡水库调度运行,降雨量为本流域低值区,即多年平均降雨量 $1\ 200 \sim 1\ 300$ mm,但因本区地势低平,成为荆江松滋、藕池、太平三口和湘、资、沅、澧四水流域洪水的汇合之地,地下水位高,湖区排涝渍设施年久失修,排泄效率降低,导致涝渍灾害风

①湖南省农业区划委员会办公室. 湖南省农业地貌区划. 1984.

险增大。同时本区又是我国重要的商品粮棉油麻生产基地,多年平均农作物播种面积和粮食产量分别占全流域的 27.3% 及 29.6%^[12],为洪涝致灾因子提供了更多的冲击、浸泡对象;②湘西山区、湘南丘山区均位于暴雨中心地带,多年平均降雨量达 1 600~1 700 mm,且农作物多分于山间溪谷两侧或山腰山脚,水土保持措施不配套,主要溪流防洪标准仅 20~30 a,待修复的中小型病险水库约有 455 座,4—7 月易受山洪泥石流冲击,加之受特定自然条件和传统种植业的制约,农作物单位面积产量一直维持在 400~500 kg/0.066 hm²,为本流域农业产量低产区,故这两区农业相对灾情指数较高,而绝对灾情较轻;③湘中丘盆区、湘东山丘区相对灾情较轻,绝对灾情较重,因为这两区多年平均降雨量 1 400~1 500 mm,地处湘江流域中下游两岸,防洪减灾配套设施较完善,湘江流域干支流防洪标准多为 50~100 a 一遇,其中位于湘江干流两岸的长株潭城市群达 100~150 a 一遇。改革开放以来,两区农业种植业大户逐渐增加,农作物播种面积较为稳定,种植技术不断创新,水稻和油菜增产幅度较大,进入 21 世纪后的农作物多年平均产量达 600~650 kg/0.066 hm²。这表明农业水灾损失程度的区域分异与洞庭湖流域的宏观地貌特征、水系格局、多年平均降水量和农作物产量的分异规律基本一致。由此认为,流域自然环境条件、农作物产量、防洪减灾工程建设水平的区域组合差异是导致洞庭湖流域农业水灾损失程度分异的症结所在。

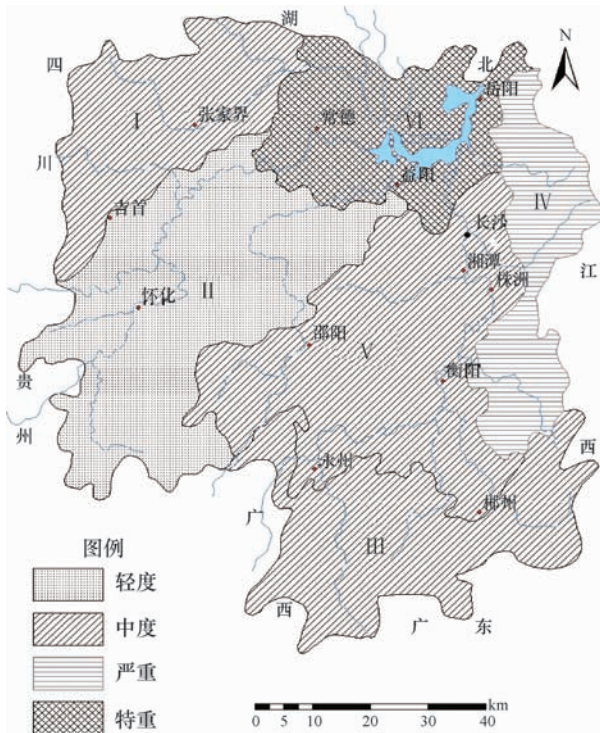


图 3 洞庭湖流域农业水灾绝对灾情分异

Fig. 3 Agricultural flood absolute disaster differentiation in Dongting Lake Basin

4 结论

通过分析近 60 a 洞庭湖流域农业水灾演变特征及区域分异,得出以下几点结论:

(1) 在农业水灾演变过程中,不同程度的农业水灾连年发生,且重灾、特大水灾频率呈

增高趋势。长时间尺度呈现波谷、波峰相间交替规律。即水灾受灾率异常指数出现 2 个波峰期和 4 个波谷期;成灾率异常指数出现 3 个波峰期和 3 个波谷期,受灾率与成灾率大体上呈同步变化,但短时间尺度受灾率异常指数与成灾率异常指数呈现阶段性的反向波动变化。

(2) 在农业水灾演变过程中,既具有突变性,即 1955 年和 1978 年各发生了一次农业水灾受灾突变,1956 年和 1993 年各发生了一次成灾突变;又具有趋势性,即总体上表现为农业水灾受灾率异常指数与成灾率异常指数均呈同步增大趋势。

(3) 受孕灾环境、洪涝致灾因子强度及经济发展水平组合差异的制约,农业相对灾情与绝对灾情在空间上呈现明显的南北分异与东西分异规律,即农业水灾损失程度由湘南、湘中山丘区向湘北平原增大;由湘东、湘中丘盆区向湘西、湘西北山原山区减小。

(4) 受特定自然环境系统与社会经济系统的相互影响,无论是过去、现在,还是将来,不同等级的水灾一直是制约洞庭湖流域农业可持续发展的最大障碍因素,因而防洪减灾工作始终是现代农业发展进程中的一项长期而艰巨的任务。

参考文献 (References):

- [1] 江命友,史培军,等. 湖南省自然灾害系统与保险研究[M]. 北京:海洋出版社,1993:5-48. [JIANG Ming-you, SHI Pei-jun, et al. Natural Disaster System and Insurance Research in Hunan Province. Beijing: Ocean Press,1993:5-48.]
- [2] 毛德华,李景保,等. 湖南省洪涝灾害研究[M]. 长沙:湖南师范大学出版社,2000:67-73. [MAO De-hua, LI Jing-bao, et al. Research of Flooding and Waterlogging in Hunan Province. Changsha: Hunan Normal University Press,2000:67-73.]
- [3] 李景保,郑云有,高昌海. 论湖南省水旱灾害的地理规律性[J]. 自然灾害学报,2000,9(4):115-120. [LI Jing-bao, ZHENG Yun-you, GAO Chang-hai. A discussion on geographical regularity of flood and drought in Hunan Province. *Journal of Natural Disasters*, 2000,9(4):115-120.]
- [4] 宋丽莉,张昌昭. 广东省水稻旱灾的评价及防旱抗旱对策[J]. 热带地理,1996,16(3):196-203. [SONG Li-li, ZHANG Chang-zhao. Rice drought evaluation and drought-relief measures in Guangdong Province. *Tropical Geography*, 1996,16(3):196-203.]
- [5] 傅泽强,蔡运龙,李军,等. 我国农业水旱灾害的时间分布及重灾年景趋势预测[J]. 自然灾害学报,2002,11(2):7-13. [FU Ze-qiang, CAI Yun-long, LI Jun, et al. Temporal distribution and trend prediction of agricultural flood and drought disasters in China. *Journal of Natural Disasters*,2002,11(2):7-13.]
- [6] 梁红梅,刘会平,宋建阳,等. 广东农业旱灾的时间分布规律及重灾年份预测[J]. 自然灾害学报,2006,15(4):79-83. [LIANG Hong-mei, LIU Hui-ping, SONG Jian-yang, et al. Temporal distribution and trend prediction of agricultural drought disaster in Guangdong Province. *Journal of Natural Disasters*,2006,15(4):79-83.]
- [7] 李景保,王克林,朱宁. 湖南省水旱灾害与暴雨径流资源的调控[J]. 自然资源学报,2004,19(6):716-724. [LI Jing-bao, WANG Ke-lin, ZHU Ning. Flood & drought disaster and regulation of storm-runoff resources in Hunan Province. *Journal of Natural Resources*,2004,19(6):716-724.]
- [8] 马培衢. 农业旱涝灾害协同防治体制创新探讨[J]. 农业现代化研究,2010,31(2):183-186. [MA Pei-qu. Study on synergistic system innovation for agricultural drought and flood disasters prevention. *Research of Agricultural Modernization*, 2010,31(2):183-186.]
- [9] 李景保,常疆,吕殿青,等. 三峡水库运行初期荆江与洞庭湖区的水文效应[J]. 地理学报,2009,64(11):1342-1352. [LI Jing-bao, CHANG Jiang, Lü Dian-qing, et al. The hydrological effect between Jingjiang River and Dongting Lake during initial period of Three Gorges Project operation. *Acta Geographica Sinica*,2009,64(11):1342-1352.]
- [10] 魏凤英,曹鸿兴. 中国、北半球和全球的气温突变分析及其趋势预测研究[J]. 大气科学,1995,19(2):140-148. [WEI Feng-ying, CAO Hong-xing. Detection of abrupt changes and trend prediction of the air temperature in China, the northern hemisphere and the globe. *Scientia Atmospherica Sinica*,1995,19(2):140-148.]
- [11] 杨志荣,邓兴. 湖南省近 500 年洪涝灾害时空分布规律[J]. 湖南师范大学自然科学学报,1994,17(4):76-83. [YANG Zhi-rong, DENG Xing. Distribution law of historical flood of Hunan Province in time and space. *Journal of Natu-*

ral science of Hunan Normal University,1994,17(4):76-83.]

- [12] 李景保,王克林,杨燕,等. 洞庭湖区 2000 年~2007 年农业干旱灾害特点及成因分析[J]. 水资源与水工程学报, 2008,19(6):1-5. [LI Jing-bao, WANG Ke-lin, YANG Yan, *et al.* Characteristics and causes of agricultural drought disasters from 2000 to 2007 in the areas of Dongting Lake. *Journal of Water Resources and Water Engineering*,2008,19(6): 1-5.]

Evolutionary Characteristics and Differentiation Rules of Agricultural Flood in Dongting Lake Basin from 1950 to 2009

LI Jing-bao¹, HU Wei¹, YIN Hui², MAO De-hua¹, ZENG Fa-ming¹,
DENG Chu-xiong¹, DAI Yong¹

- (1. College of Resources and Environment Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China;
2. Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin 541004, China)

Abstract: Dongting Lake Basin is an important agricultural production area in China, however agricultural flood remains obstruction factors in restricting agricultural sustainable development. Based on the flood data from 1950 to 2009, by using the measurable and qualitative methods, the paper analyzes the evolutionary characteristics and regional differentiation of agricultural flood in Dongting Lake Basin. The results show that: 1) Annual frequent basin-wide or regional agricultural floods present mountain torrent disasters, among them, disastrous floods and extraordinary floods present increasing trend. 2) Long-term span evolutionary process abnormal indices of flood disasters present two wave crest periods and four trough periods, abnormal indices of flood suffering present three wave crest periods and three trough periods. Rates of flood disaster and flood suffering present isochronous changes, but the short-term span has varied in different stages of the inverse relationship between rates of flood disaster and flood suffering. 3) Agricultural flood has mutations, but the characteristics of total evolutionary trends present rise. 4) According to disaster environment, flood causing factors, and the level of economic development, the relative and absolute disaster condition of agriculture differs regionally from east to west, and north to south, on aspects of time and space.

Key words: agricultural flood; abnormal indices of flood disasters; abnormal indices of flood suffering; Dongting Lake Basin