

25-91

S422
p333.2

洞庭湖区洪涝特征分析(1471—1996年)

毛德华

(湖南师范大学资源与环境学系,长沙 410081)

摘要 依据建立的1471—1996年洞庭湖区洪涝灾害序列、有关水文气象资料和灾情资料等,运用多种分析方法,揭示出洞庭湖区洪涝灾害具有如下特征:发展的阶段性和区域性;发生的持续性、周期性和地区关联性;自相似性等。为洞庭湖区洪涝灾害评估预测、防灾减灾和经济建设提供了科学依据。

关键词 洪涝 特征 洞庭湖区

分类号 P343.3 S422

灾害, 防治, 减灾

洞庭湖区(以下简称湖区)位于长江中游荆江以南,是以洞庭湖为中心的广大河湖冲积平原区(图1)。洞庭湖的演变经历了一个由小到大而又由大变小的过程,春秋时代,洞庭湖区属湘、资、沅、澧四水河网切割平原。秦、汉、晋时代,洞庭仍为小渚。东晋南朝之时,因人类活动加剧,围护江陵城的金堤的兴筑,以及荆江三角洲的扩大和云梦泽的萎缩,在公安油口下游的荆江南岸,开始出现景口、沧口两股分流汇合而成的强盛沱水,干扰洞庭水系,使湖区由沼泽平原迅速演变成大湖景观。1524年荆江大堤形成,北岸口穴均塞,仅留南岸太平、调弦分泄江流,1852年藕池溃口和1860年形成藕池河,1870年松滋溃口和1873年松滋洪道形成,从而形成四口南流局面^①。这段时期洞庭湖也达到鼎盛时期。以后由于长江四口分流带来大量泥沙落淤洞庭,又使之由大变小,逐渐走向衰亡,并冲积成面积达18780km²的广大平原。如今,这里是全国商品粮基地和工业原料供应地,经济地位重要,但又是全国洪涝灾害频繁严重的地区。因此,对湖区洪涝灾害特征进行分析,这对湖区的防灾减灾和经济建设具有重要意义。

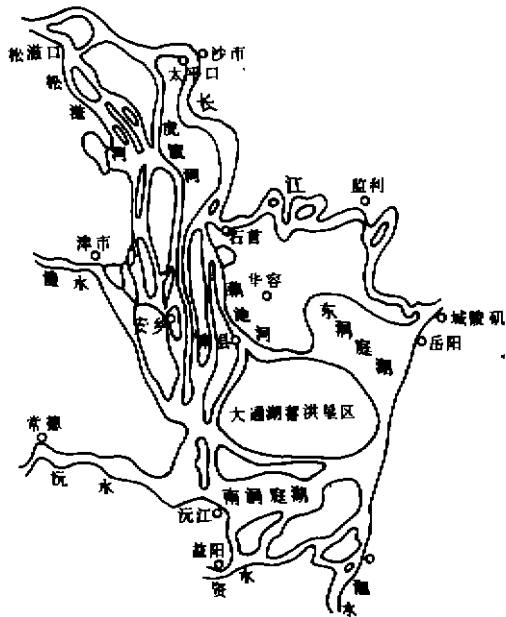


图1 洞庭湖区位置图

Fig. 1 The location of Dongting Lake region

* 收稿日期:1996-12-09;收到修改稿日期:1997-10-21。毛德华,男,1962年生,副教授。
^① 湖南省国土委员会办公室等编,洞庭湖区整治开发综合考察研究报告,1985。

1 资料与处理方法

1.1 资料来源

本文依据的统计资料是：湖区 1471—1996 年洪涝灾害序列，有关水文气象资料和灾情资料。1471—1996 年的洪涝灾害序列，分别根据历史文献资料和器测资料来建立。即 1471—1949 年的洪涝灾害序列，根据《湖南省气象灾害史料》，并查阅有关地方志及其他历史文献来确定；1901—1996 年洪涝灾害序列则利用城陵矶水位资料来确定^{①②③}，因为城陵矶是洞庭湖调蓄四水和四口来水后出洞庭湖的总出口，其水位高低可综合反映本区灾情状况。由于 1901—1949 年既有历史文献资料又有器测资料，这样就能将二者联接起来。

1.2 洪涝等级划分

具体把洪涝灾害划分为特大洪涝和一般洪涝两级。特大洪涝的确定标准是：湖区 $\frac{1}{3}$ 以上的县记载有“大水”、“堤垸尽决，屋宇漂尽”、“城内水深数尺”、“夏淫雨弥月，坏田庐无算”等，相当于城陵矶年最高水位 33m 以上（冻结基面，以下同）。一般洪涝的确定标准是：湖区 3 个县以上记载有“水”、“纸处田禾被淹”、“毁田倒屋”等，相当于城陵矶年最高水位 32—33m。进一步把 1949 年以来历年城陵矶水位与湖区灾情进行了对应分析，表明 1949—1989 年平均年成灾面积依次为，水位大于 33m 的年份 $1.43 \times 10^5 \text{hm}^2$ ；水位在 32—33m 的年份为 $5.32 \times 10^4 \text{hm}^2$ ；小于 32m 的年份为 $2.31 \times 10^4 \text{hm}^2$ ，这就证实了上述划分标准是基本合理的。据统计 1471—1996 年间共发生洪涝 166 次（年），平均约三年一遇，其中特大洪涝 54 次，平均约十年一遇。

2 洞庭湖区洪涝特征分析

2.1 洞庭湖区洪涝发展的阶段性和区域性

洞庭湖作为长江中游的一个调蓄性湖泊，荆江的来水来沙必然会对湖区洪涝产生影响。而荆江口穴的发展状况，可以分为四个阶段，这里分别统计了各阶段洪涝发生的频次和频率（表 1），发现荆江北岸堵口和四口南流，导致了洞庭湖区洪涝发生频率明显增加，特别是后者使发生频率增加了 9.3%，有显著的跃变，由低于平均频率 31.6%，跃变到明显高于平均频率。另据湖区部分县洪涝统计（表 2），荆江北岸堵口以前，出现洪涝的频率，最长 76 年一次（湘阴），最短 31 年一次（常德）；荆江北岸堵口以后至四口南流局面形成以前，大部分县为 5—17 年一次；四口南流以后，大部分县为 2—4 年一次^[1]。同时从表 1、表 2 还可看出，湖区洪涝日趋频繁，特别是特大江涝有加速发展之势，各时期频率比前一个时期依次增长 4.3%、6.1% 和 17.5%。

荆江四口南流局面形成后，使洞庭湖北有四口流进，南有四水汇入，从而形成纵横交错、南北混流的局面，带来了水系互相干扰顶托，水流顺逆不定，洪水不能畅泄，泥沙不能顺势而下的严重后果。据 1951—1988 年实测资料统计，洞庭湖多年平均入湖沙量 $19.3 \times 10^7 \text{t/a}$ ，来自四口（三口）的沙量占 82.3%，多年平均出湖沙量为 $4.96 \times 10^7 \text{t/a}$ ，即年平均淤积量 $14.34 \times 10^7 \text{t/a}$ （或 $10.24 \times 10^7 \text{m}^3/\text{a}$ ），占入湖沙量的 74.3%^[2]。

① 湖南历史考古研究所，湖南自然灾害年表，1961。

② 陶 澍等，洞庭湖志，清道光五年。

③ 湖南省水电科研所，洞庭湖变迁史，1967。

淤积成洲,为人类围垦提供了条件.洲滩有垦殖之利,适当围垦无可厚非,过度围垦则必然导致湖面加速萎缩、湖容减小,调蓄能力下降,汛期水位抬高,洪涝日趋频繁,灾害加重.据统计,洞庭湖天然湖泊面积,1825年为6000km²,1949年为4350km²,1983年为2691km².从1825—1949年,湖面平均每年缩减13km²,1949—1983年平均每年缩减48km²,湖容由2.93×10¹⁰m³缩减至1.74×10¹⁰m³,缩小了40%.这样必使洞庭湖的吞吐能力降低,调蓄作用减弱.从50年代至80年代(80年代的统计年限为1981—1983年),以下各项指标都呈下降趋势:四口径流量占长江径流量的比例由33.9%下降到19.7%,洞庭湖的调蓄能力(削峰值占入湖洪峰比例)由31.5%下降到15.6%.目前洞庭湖洪水位高于垸内田地数米,成为悬湖,洪涝危险不断加剧.

表1 洞庭湖区洪涝发展状况(1471—1996年)

Tab. 1 The development of flood and waterlogged in Dongting Lake region(1471—1996)

发展阶段	起迄年份	历时(年)	洪涝总频次	频率(%)	其中特大洪涝频次	频率(%)
荆江北岸堵口以前	1471—1524	54	14	25.9	2	3.7
荆江北岸堵口以后至四口南流形成以前	1525—1873	349	103	29.5	28	8.0
荆江四口南流时期	1874—1958	85	33	38.8	12	14.1
荆江三口南流时期 ¹⁾	1959—1996	38	16	42.1	12	31.6
合计	1471—1996	526	166	—	54	—

1) 调弦口于1958年冬筑坝断流,余下三口.

表2 洞庭湖区部分县洪涝频次统计¹⁾

Tab. 2 Statistics on the flood and waterlogged at some counties in Dongting Lake region

年份(公元)	历时(年)	岳阳	华容	湘阴	临湘	常德	汉寿	澧县	安乡	南县	沅江	益阳
618—1524	907	21	16	12	19	29	19	19	15	—	18	16
1525—1873	349	27	47	31	2	49	46	30	66	—	52	41
1874—1949	76	32	32	33	20	26	26	25	23	20	27	26
1950—1990	41	19	27	24	22	23	30	26	24	29	21	25
合计	1373	99	122	100	67	127	121	100	128	49	118	108

1) 据《湖南省志》第八卷^[1]补充修改而成.

表2同时揭示了洞庭湖区洪涝发展的地域性.江北堵口以前,湖区各县均有多少不等的水灾.江北堵口以后,洞庭湖水域扩展,逐渐形成南洞庭湖和西洞庭湖,故这一时期的水灾主要集中在常德、安乡、汉寿、华容、沅江、益阳等县.四口南流局面形成以后,各县水灾普遍增加,出现次数极为接近.20世纪中期以前,由于四口陆上三角洲继续向东南延伸,逼使北水南侵,故沅江、汉寿水灾次数增多;而东洞庭湖系众水所汇,湘阴、岳阳、华容等县水灾次数也增多.1950年以后,各县水灾更趋频繁,尤以处于洞庭湖区腹地的南县、华容等县和处于沅水与西洞庭湖、澧水与松滋分洪道双重夹击的汉寿、澧县等最频繁.究其原因,主要是因围垦垸内不再落淤,垸老田低,内湖锐减,渍涝灾害明显增多所致.

2.2 洞庭湖区洪涝发生的持续性

从表3可知,湖区从1471—1996年共有166年发生了洪涝,其中92年的洪涝是持续发生的,占洪涝总数的55%,且随着时代推移,持续发生的洪涝占洪涝总数的比例不断增多,20世纪已达69%,持续性特征明显.在526年中,特大洪涝持续发生也有4次,即1848—1849年、

1948—1949年、1968—1969年、1995—1996年。洪涝持续频次随持续年份的增加而减少。其中持续2年的19次38年,占总持续发生年的41.3%;持续6年的仅1次,占总数的6.5%。

表3 洞庭湖区持续洪涝统计

Tab. 3 Statistics on successive flood and waterlogged in Dongting Lake region

世纪 ¹⁾	洪涝总数(年)	洪涝持续次数(次)					合计(年)	持续发生年数占洪涝总数的%
		2年	3年	4年	5年	6年		
15	7	1	0	0	0	0	2	29
16	35	4	0	1	0	0	12	34
17	18	2	0	0	1	0	9	50
18	26	5	1	1	0	0	17	65
19	35	2	1	2	0	1	21	60
20	45	5	4	1	1	0	31	69
合计	166	19	6	5	2	1	92	55

1) 15世纪的统计年限为1471—1500年,20世纪的统计年限为1901—1996年。

2.3 洞庭湖区洪涝发生的周期性

特大洪涝因其危害严重,需予以特别关注。根据1901—1991年特大洪涝灾害序列资料,采用周期图分析法来寻找其中隐含的周期。第一个特大洪涝年出现在1906年,定义 $t=1, Y(t)=6$;第二个特大洪涝年出现在1909年,即 $t=2, Y(t)=9$ ……余类推。显然随着 t 的增加, $Y(t)$ 亦不断增加。运用一元线性回归方法先求出了其趋势分量; $H(t)=3.3686+4.5263t, r=0.9935 > r_{0.001}(19-2)=0.6932$,相关性显著。而特大洪涝的周期变化只能迭加在趋势分流量,这里用周期图分析法求其隐含周期。它可以不按倍频分量来拟合时间序列,而是根据实际序列允许频率 ω_k 在 $(0, \pi)$ 间的变化,即使用实际序列配合试验周期的办法,在 $n, n-1, n-2, \dots, 2$ 的长度内寻找隐含在序列中的真实周期,将序列 $\{y_t\} (y_t=Y(t)-H(t))$ 近似作为某些真实周期迭加的结果:

$$y_t = \sum C_i \sin\left(\frac{2\pi t}{T_i} + \phi_i\right)$$

式中, T_i 为振动周期, ϕ_i 为初位相, C_i 为振幅。经计算 $y_t=2.74\sin\left(\frac{2\pi t}{7} + \pi\right)$,通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,于是得出:

$$Y(t) = 3.3686 + 4.5263t + 2.74\sin\left(\frac{2\pi t}{7} + \pi\right)$$

上式揭示出洞庭湖特大洪涝具有7年的隐含周期,拟合准确率达70%,可用于湖区特大洪涝的预测。上式可计算出1996年会发生特大洪涝灾害,这被事实所证明。另据分析,湖区洪涝序列还具有多种周期^[3]。

2.4 洞庭湖区洪涝发生的地区关联性

洞庭湖承纳四水、吞吐长江,湖区自身面积广阔,这就决定了湖区洪涝的发生具有广泛的地区关联性。湖区的洪水除来自本区的降水外,还有来自湘、资、沅、澧四水流域和湖区以上的长江流域(简称上游地区)的降水。上游地区范围广大,区内降水系统和降水状况差异大,特别是 106°E 线为界的東西两部分差异更明显,于是以此为界分为上游东部区和上游西部区。这样与湖区洪涝关联的地区有湖区、四水流域、上游东部区、上游西部区4个降水区域。在这4个区

域内,选取了 17 个代表站^①经综合分析,确定上述 4 个区域中,若有 2 个以上区域各有 2 个以上测站在相隔 3 天内同时有大雨或暴雨出现,则定为一次大范围的强降水过程。

前已指出,城陵矶水位是衡量湖区洪涝灾害的合理指标,运用多元回归分析定量地给出了湖区洪涝发生的地区关联性特征:

$$y = 19.429 + 0.32011x_1 + 0.00329x_2 + 0.00388x_3 + 0.00828x_4 + 0.00425x_5$$

上式中 y 为历年(1952—1985 年)城陵矶年最高水位(m), x_1 为汛期内长江中上游大范围内强降水过程前一天城陵矶水位(m), x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 分别为湖区、四水流域、上游东部区、上游西部区等 4 个区域在该次强降水过程的第一天起至以后 20 天各代表站降水量总和的平均值(mm),上式, $F = 7.73 > F_{0.01}^{(27,5)} = 3.78$,因此回归方程有意义,并可用于湖区洪涝预测^[4]。

2.5 洞庭湖区洪涝的自相似性

所谓一个系统的自相似性是指某种结构或过程的特征从不同的空间尺度或时间尺度来看都是相似的,或者某系统或结构的局部性质或局部结构与整体相似^[5],这种局部以某种方式与整体相似的形态称为分形,系统的自相似程度用分形维数(简称分维)来定量刻画。

对于一个系统,如果度量其大小的尺度为 r ,用该尺度量度的结果为 $N(r)$, $N(r)$ 与 r 满足以下关系: $N(r) = Cr^{-D_f} \propto r^{-D_f}$,则该系统的分维数(Hausdorff 维)为 $D_f = -\ln N(r) / \ln r$ 。

自然界复杂多样,因此自然界的分形与数学家按一定规则构造的具有严格自相似性的规则分形不同,它们只能是具有近似的或统计意义上的自相似性的随机分形,这种自相似性只能存在于无标度域,超出无标度域,自相似性不再存在。

湖区洪涝灾害的分维数计算方法是:首先把 1471—1996 年 526 年的洪涝灾害序列视为洪涝在时间轴上的点过程,把 526 年视为一个单位时间,取一系列的时间标度: $r = \{(\frac{1}{2})^1, (\frac{1}{2})^2, \dots, (\frac{1}{2})^n\}$ 把该单位时间分为 n 个 r 子段,逐一统计有洪涝的时间段数: $N(r) = \{N[(\frac{1}{2})^1], N[(\frac{1}{2})^2], \dots, N[(\frac{1}{2})^n]\}$,绘出 $\ln N(r) - \ln r$ 图,当 r 取值较大时,对应于斜率为 -1 的部分;当 r 取值很小,对应于斜率趋于 0 的一部分,两部分中间区域为无标度域,当无标度域跨度大于一个数量级时,需对此域中的点进行线性拟合,若能通过相关检验,则认为该区域(时段)为无标度域,无标度域内拟合直线的斜率的反号,即为分维数 D_f 。

通过计算,洞庭湖区洪涝灾害时间序列在 $(\frac{1}{2})^1, (\frac{1}{2})^9$ 的无标度域内存在自相似性, $D_f = 0.3670$,这将给湖区洪涝灾害的长期预测提供依据。

一般而言,某种灾害的致灾强度越大,灾情越严重,则发生频率越低,因此,可以用灾情大小来刻划灾害的强度,根据洞庭湖区,1949—1990 年洪涝灾情(成灾面积)资料,统计不同大小灾情(r)发生的累计频次($N(r)$),点绘出 $\ln N(r) - \ln r$ 图(图 2),发现在本区洪涝主要灾情 $2.60 \times 10^4 - 1.23 \times 10^6 \text{hm}^2$ 范围内存在自相似性, $D_f = 0.8034$,相关系数 $R = 0.9938$,通过相关检验,这一特征的揭示,可为准确设立湖区洪涝灾情评价指标体系,针对性地制定减灾措施提供科学基础。

^① 17 个代表站:湖区 3 个站:(常德、岳阳、益阳);四水流域 4 个站:(长沙、安化、沅陵、慈利);上游东部区 5 个站:(重庆、彭水、恩施、奉节、宜昌);上游西部区 5 个站:(雅安、乐山、成都、宜宾、南充)。

3 启示与建议

湖区洪涝发展的阶段性和区域性特征的形成与荆江口穴(江湖关系)的发展密切相关,而口穴的发展既受自然因素更受人为因素的影响,古代荆北分流口穴和云梦泽因落淤而湮塞,历史上又长期推行“舍南救北”的治水方针,荆江统一大堤形成,使长江中游洪水专注洞庭,占入湖总沙量 82% 以上的长江泥沙大量落淤洞庭,导致湖面萎缩、湖容减少,调蓄能力下降,沙淤

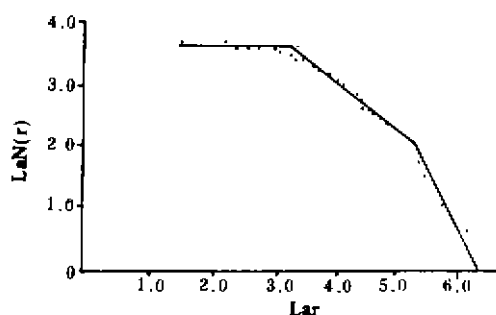


图 2 1949—1990 年洞庭湖区洪涝灾情分形结构
Fig. 2 Fractal structure on disastrous conditions
of flood and waterlogging in Dongting Lake region
from 1949 to 1990

洲长,为围垦提供了条件,而不合理的过度围垦,更加速了上述趋势,垌老田低,电排效率降低或失效,渍涝也随口穴的发展而加重,因此湖区的防灾减灾和治理开发,首先要处理好江湖关系,水沙兼治,治沙为本,洲土的利用应本着“有利于泄洪防水患、有利于环境防污染、有利于人民健康防血吸虫病、有利于高产优质防资源浪费、有利于资源再生防枯竭”的原则,根据洲土水陆“两栖”的特点,严禁围湖造田,降四水尾间和行洪道严禁植树栽芦,确保泄洪畅通外,其它洲土依湖区规划可适当利用。

湖区特大洪涝发生频率迅速增加的趋势和洪涝发生的持续性警示人们,湖区的防洪除涝要有充分的思想准备和物资准备,如 1995 年发生特大洪涝后,1996 年再

次发生,7 月 22 日城陵矶水位高达 35.31m,超 1954 年水位 0.76m,创历史记录,湖南洞庭湖区溃决大小堤垌 145 个,其中 666.67hm² 以上的 24 个,总面积 1.36×10⁵hm²,淹没农田 8.07×10⁴hm²,102.1 万人被迫转移,直接经济损失 303.6 亿元。

湖区洪涝发生的周期性、地区关联性,在 $[(\frac{1}{2})^7, (\frac{1}{2})^9]$ 无标度域内存在自相似性等特征的揭示,说明预测湖区洪涝发生是可能的,但因湖区集水面积达 130×10⁴km²,雨情水情复杂,因此建议组织气象、水文、地理等部门联合攻关、综合考虑各方面因素,在洪涝发生时将损失降到最低。

湖区洪涝发生的地区关联性也揭示出湖区的防灾减灾不能仅就湖区而论,应本着“治水须治湖,治湖须治江,治江须治山,治山须治林”的精神,着眼于长江流域,着眼于长远大计,着眼于治水根本,概括而言,主要是河流上游的“留”,即山上、河流源头要合理开发资源,大力植树造林,涵养水源,保持水土,在河流的中上游的“拦”,即利用各种工程措施(如水库、梯田、河坝等)拦蓄水沙,必要时蓄洪,河流下游的“疏”,即要大力疏浚洪道,特别是卡口地段,裁弯取直,退洲还江,拆除碍水建筑,这样“上留、中拦、下疏”就可以彻底解决目前洞庭湖区的“上压、内淤、下卡”的危险局面。

参 考 文 献

- 1 湖南省地方志编纂委员会编,湖南省志(第八卷),农林水利志,北京:中国文史出版社,1990,110—112
- 2 林承坤,洞庭湖水沙变化对洪涝灾害的影响,南京大学学报,1994,30(1):133—143
- 3 毛德华,刘晓清,重大农业自然灾害的长期预测探讨,见:下翠屏等主编,区域开发理论与实践,北京:中国商业出版社,1994,300—305
- 4 刘晓清,毛德华,曾桐秀,洞庭湖区洪涝灾害的预报模式,自然灾害学报,1993,2(3):43—46
- 5 张济忠著,分形,北京:清华大学出版社,1995

Analysis of Flood Characteristics in Dongting Lake Region

Mao Dehua

(Department of Resources and Environment, Hunan Normal University, Changsha 410081)

Abstract

According to the time series of flood and waterlogged in Dongting Lake during 1471—1996, hydrological and meteorological data, as well as disastrous condition data. This paper revealed the characteristics of flood and waterlogged in the region by use of several analytical methods. Such as the features of flood and waterlogged development by stages and areal variation; the features of successive occurrence, periodical occurrence and territorial combination; the feature of self-similarity. The characteristics are provided scientific basis for disaster evaluation, disaster forecast, disaster protection, disaster reduction and economic construction in Dongting Lake region.

Key Words flood and waterlogged, characteristic, Dongting Lake region