第6卷 第4期
1994年12月

湖 泊 科 学
JOURNAL OF LAKE SCIENCES

Vol. 6, No. 4
Dec., 1994

鄱阳湖近600年洪水规律的分析*

闵 骞 汪泽培
(江西省鄱阳湖水文气象实验站，星子 332800)

提要 根据鄱阳湖区地方志等史料提供的信息，确定了鄱阳湖历史上无实测资料时期的洪水年份，统计分析了不同时期洪水出现次数和变化特征，揭示了鄱阳湖近600年来洪水出现的规律。

关键词 鄱阳湖 史料 方志 洪水

鄱阳湖是我国最大的淡水湖，湖区地势较低，几乎每年都要遭受不同程度的洪涝灾害，尤其是较大洪水的发生，对湖区农、林、牧、渔各种生产均会构成严重的威胁。掌握其发生规律，对湖区资源利用和防灾减灾有重要意义。

本文通过史料重建了鄱阳湖历史较大洪水序列，作为近600年(1401—1990年)洪水规律的分析依据。

1 洪水成因分析

鄱阳湖纳赣江、抚河、信江、饶河、修河等五河来水，经湖口汇入长江(图1)。其中赣江入湖水量占55.5%，信江占14.5%，抚河占11.0%，饶河与修河分别占9.6%和9.4%。长江7—9月有江水倒灌入湖。

鄱阳湖的水位受入湖五河洪水与长江洪水的双重影响，一般每年4—6月湖水位随五河洪水入湖而上涨，7—9月因长江洪水顶托或倒灌而抬高。较大洪水常发生在五河洪水推迟，长江洪水提前并遭遇，或虽不遭遇，但长江洪水很大

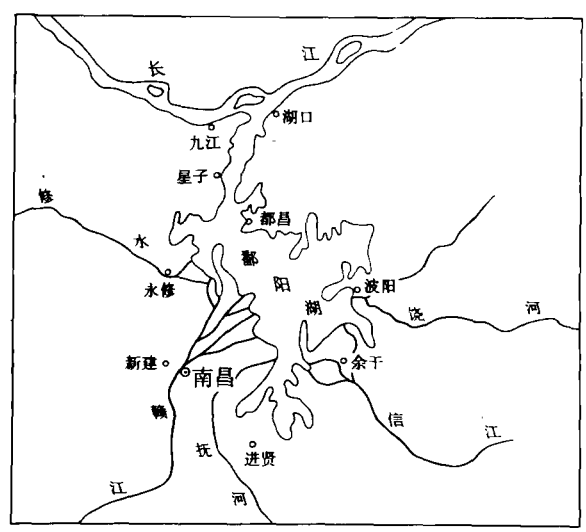

图1 鄱阳湖水系示意图
Fig. 1 Hydrographical net of Poyang Lake

* 本文承中国科学院南京地理与湖泊研究所王洪道研究员审阅，并提出修改意见，谨此致谢。
收稿日期：1992年7月6日；接受日期：1993年9月13日。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

或五河洪水很大之时。由于赣江占入湖水量一半以上，因此，只有当长江洪水很大或赣江洪水很大时，鄱阳湖才发生较大洪水。

通过对1952—1989年实测资料的分析，发现鄱阳湖年最高水位(以都昌站为代表)与长江中下游年最高水位(以汉口和九江站为代表)的相关关系很好，相关系数分别为0.891和0.969(图2)。

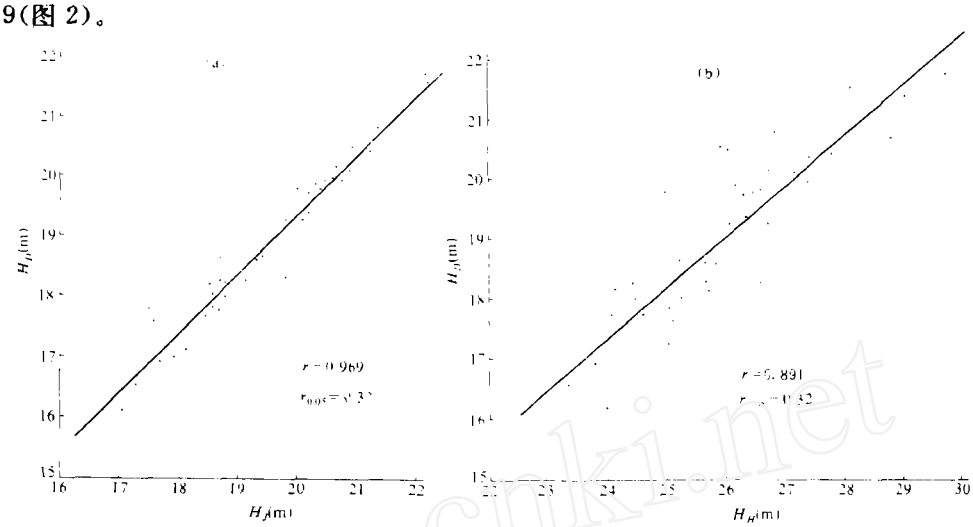

图2 年最高水位 H_D(都昌站)与 H_J(九江站)(a)、H_H(汉口站)(b)相关图

Fig. 2 Correlatograph of maximum level H_D at Duchang St. with H_J at Jiujiang St. (a) and H_H at Hankou St. (b)

2 资料收集与统计

主要收集了《鄱阳湖区自然和社会经济历史资料选》[1]和湖区有关地(市)、县方志以及都昌、湖口、星子(1929—1990年)、九江(1904—1990年)、汉口(1865—1990年)历年最高水位实测资料。

文献[1]中有沿湖历史上各府、县志书及江西省志中关于干旱与洪涝的定性记载。根据资料情况，将洪水划分为较大洪水和大洪水两个等级，并分远期、中期、近期3个时期进行统计。其中远期(公元501—1864年)的大洪水年和较大洪水年根据历史定性记载确定；中期(1865—1928年)以汉口或九江年最高水位为参证资料确定；近期(1929—1990年)用都昌、湖口或星子年最高水位确定。

2.1 近期较大洪水年的确定

根据湖区地貌特征及农田、城镇、圩堤及重点建筑物的高程与分布状况，以都昌站年最高水位19.50m以上作为近期较大洪水年的定量标准。其中1929—1937年和1949—1951年由湖口年最高水位确定，1947年由星子年最高水位确定(湖口、星子水位与都昌水位的换算见文献[2])，1938—1946年和1948年用九江年最高水位确定(图2(a))。

近期62年共统计得到较大洪水年26个，其中年最高水位超过20.50m的8个，称为大

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

洪水年。

2.2　中期较大洪水年的确定

以九江1904—1928年和汉口1865—1903年间历年最高水位为参证量，初步确定九江年最高水位20.10m（或汉口年最高水位26.50m）以上，则都昌相应年最高水位在19.50m以上；九江年最高水位在21.10m（或汉口年最高水位在27.70m）以上，则都昌相应年最高水位在20.50m以上（图2）。

中期64年共统计得到较大洪水年16个，其中大洪水年4个。

2.3　远期较大洪水年的确定

根据1865—1948年的水位资料（包括参证资料）和此时段内24个较大洪水年、5个大洪水年的定性记载以及对历史洪水调查结果，归纳出远期较大洪水年和大洪水年的鉴别标准如下：(1)湖口、星子、都昌、九江任一处有"大水"记载，则鄱阳湖为较大洪水年；(2)南昌（或新建）有"大水"记载，且进贤、余干、波阳、永修四处中的任意两处以上也有"大水"记载，则鄱阳湖为较大洪水年；(3)湖口、星子、都昌、九江任一处有"城内舟行于街"、"舟达（府）县治（或厅）"、"舟行树梢"、"水齐屋檐"等记载，则判断鄱阳湖为大洪水年。

用以上定性标准鉴别501—1864年期间的较大洪水出现年份，共获得较大洪水年223个，其中大洪水年32个。

通过以上统计，共得501—1990年期间的较大洪水年265个，其中大洪水年44个，作为本文分析研究的样本年。

2.4　较大洪水序列的检验

经分析比较，早期（指12世纪以前）较大洪水年很少，资料不足是重要原因，因此有必要对所获得的全序列进行合理性统计检验，以确定能用作定量分析的子序列的长度。

以一个世纪作为一个单元，统计各单元内每10年中较大洪水的出现年数，得出各单元较大洪水出现年数的小样本（表1），计算各个小样本每10年较大洪水出现年数的平均值，并作6—19世纪样本平均值与20世纪样本平均值的差异显著性检验，以揭示不同时期样本特征能否反映同一个总体的特征，判别它们是否来自同一总体。

根据小样本平均值差异显著性假设检验原理[3]，采用下式计算判别指标 t：

$$t=\frac{\bar{x}_i-\bar{x}_{20}}{\left[\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_{20}}\right)\cdot\frac{n_i s_i^2+n_{20}s_{20}^2}{n_i+n_{20}-2}\right]^{1/2}} \tag{1}$$

式中：$\bar{x}_i$ 为 i 世纪的平均值，$i=6,7\cdots,19$；$\bar{x}_{20}$ 为20世纪的平均值；n_i 为 i 世纪样本的长度（$n_i=10$）；n_{20} 为20世纪样本长度（$n_{20}=9$）；s_i 为 i 世纪样本标准差；s_{20} 为20世纪样本标准差。

由 $f=n_i+n_{20}-2=17$（自由度）和 $\alpha=0.05$（置信度），查表得对应的临界值 $t_\alpha=2.11$。则当 $|t|\geqslant t_\alpha$ 时，$\bar{x}_i$ 与 $\bar{x}_{20}$ 之间有显著差异；当 $|t|<t_\alpha$ 时，认为 $\bar{x}_i$ 与 $\bar{x}_{20}$ 之间无显著差异。

由表1可见，12世纪和15—19世纪较大洪水年出现频率与20世纪相比无显著差异。这是由于明朝以来，我国各地编修的大量地方志比较详细地记载了各地所发生的自然灾害情况。同时，竺可桢曾将1400—1900年定为方志时期[4]，认为用1400年以后史料恢复的历史气候序列比较可靠。因此，本文根据史料情况，结合序列检验结果，选用15—20世纪较大洪水连续序列作为定量分析的依据，14世纪以前的洪水样本仅供定性分析时参考。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1 历史洪水序列的检验

Tab. 1 Test of the historical flood order

世纪	年代										总数	平均	S_t	t	$\|t\|\geqslant t_\alpha$	$\|t\|<t_\alpha$
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90						
6									1		1	0.10	0.32	5.74	✓	
7					1						1	0.10	0.32	5.74	✓	
8		1		1					1	1	4	0.40	0.52	5.09	✓	
9		4	1	1					2	2	10	1.00	1.33	3.39	✓	
10											0	0.00	0.00	6.00	✓	
11	1	1		1			1				4	0.40	0.52	5.09	✓	
12				3		3	3	4	1	5	19	1.90	1.87	1.98		✓
13	2	1	1	1	1	2			1	4	13	1.30	1.16	3.01	✓	
14	3	2	3		1	2	3			1	15	1.50	1.27	2.78	✓	
15	2	4	1	2	5	3	1	3	3	4	28	2.80	1.32	1.01		✓
16	6	3	6	4	2	1	3	4	1	2	32	3.20	1.81	0.41		✓
17	4	5	3	3	4		5	2	2	4	32	3.20	1.55	0.45		✓
18	2	2	1	2	4	2	8	1	5	3	30	3.00	2.16	0.58		✓
19	5	5	4	6	7	4	6	3	2	1	43	4.30	1.79	0.80		✓
20	1	2	3	5	4	1	5	6	5	—	(32)	3.56	1.77	—	—	—

3 较大洪水的时程分布特征

3.1 较大洪水的年际变化特征

由图3可见，自15世纪以来，出现较大洪水年最多的是19世纪上半叶，达27个；其次是16世纪上半叶，21个。19世纪共出现43个较大洪水年，是洪涝灾害的多发期。

为了更有效地研究1401—1990年期间较大洪水出现频率的差异，下面采用概率置信区间的方法[5]进行分析。

取置信水平为90%，则概率置信区间为：

$$\overline{P}_0 - 1.64\sigma_{\overline{P}_0} \leqslant P < \overline{P}_0 + 1.64\sigma_{\overline{P}_0} \tag{2}$$

其中的$\sigma_{\overline{P}_0}$用下式确定：

$$\sigma_{\overline{P}_0} = \left[\frac{\overline{P}_0(1-\overline{P}_0)}{n}\right]^{1/2} \tag{3}$$

以上两式中$\overline{P}_0$为整个子序列内较大洪水年的平均出现频率；n为统计时段长度。本文$\overline{P}_0=197/590=0.334$，$n=50$，则较大洪水出现频率的置信区间为$0.231\leqslant P<0.416$。从而规定各时段较大洪水出现频率大于0.416为较大洪水频繁期；小于0.231为较大大洪水间歇期；在0.231与0.416之间为较大洪水正常期(表2)。

由表2可知，较大洪水频繁期有3个，间歇期2个，正常期7个。频繁期和间歇期没有连续出现的情况。16世纪上、下半叶分别为较大洪水的频繁期和间歇期，由于干旱与洪涝在时程分布上具有反位相关系[6]，因此16世纪是湖区旱涝多发期，其中前期为洪涝多发期，后期

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

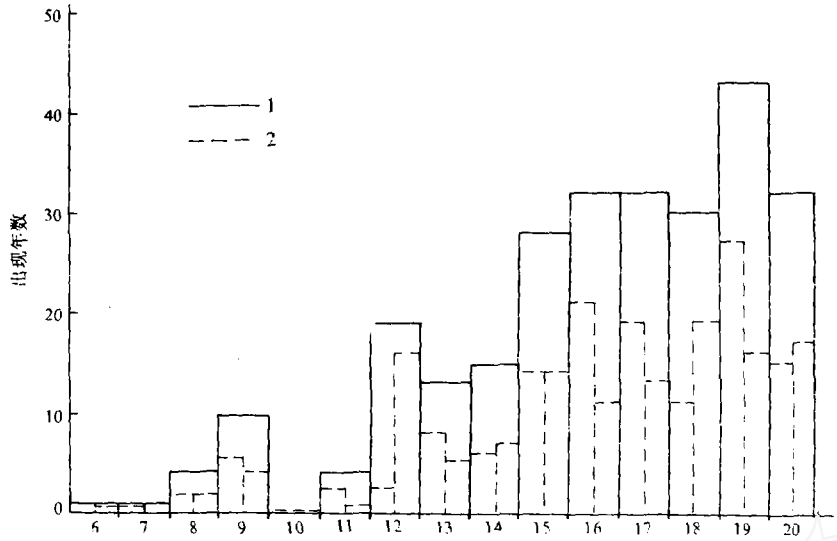

图3　较大洪水出现年数的世纪分布图

1：以世纪(100a)为时段；　2：以半个世纪(50a)为时段

Fig. 3　Distribution diagram of the heavier flood occurrences (501－1990)

表2　较大洪水出现年数及频率*

Tab. 2　Years and frequencies of the heavier flood occurrences

出现时代	15世纪		16世纪		17世纪		18世纪		19世纪		20世纪	
	上半叶	下半叶	上半叶	下半叶	上半叶	下半叶	上半叶	下半叶	上半叶	下半叶	上半叶	下半叶
较大洪水出现年数	14	14	21	11	19	13	11	13	27	16	15	17
频　率	0.28	0.28	0.42	0.22	0.38	0.26	0.22	0.38	0.54	0.32	0.30	0.43
期　别	正常期	正常期	频繁期	间歇期	正常期	正常期	间歇期	正常期	频繁期	正常期	正常期	频繁期

* 20世纪下半叶长40年，其余各时段为50年

为干旱多发期。

每10年中较大洪水出现年数的频率分布见图4，可以看出，10年中出现1—5个较大洪水年的频率较大，以10年中出现2个较大洪水年的频率最大(约20%)。

较大洪水年的时程分布并不均匀，有些年段较多，如1761—1770年、1828—1850年分别出现了8个、16个较大洪水年；而有些年段较少，如1617—1641年内只有3个较大洪水年。近期1950—1961年只有1个较大洪水年(1954年)，而1968—1983年则有11个较大洪水年(其中3个大洪水年)。较大洪水出现频率的演变过程见图5。

近600年内较大洪水出现年数的总演变趋势可用下式估算[7]：

$$K = \frac{12\sum_{i=1}^{n} iy_i - 6(n+1)\sum_{i=1}^{n} y_i}{n(n^2-1)} \tag{4}$$

式中，K 为较大洪水出现年数的倾向率；i 为时段($\Delta t=10$a)序号；y_i 为 i 时段较大洪水年出现次数；n 为时段数，本文取 $n=59$。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

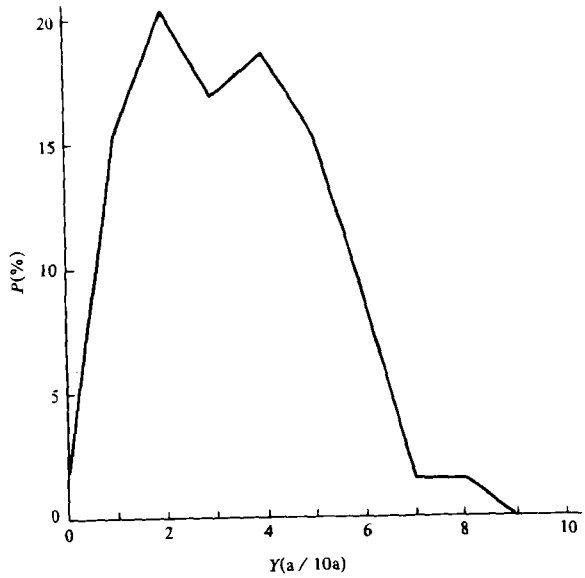

图4 较大洪水出现年数的频率分布曲线

Fig. 4 Frequency distribution diagram of the heavier flood occurrences

计算结果 $K=0.042$(a/10a)，即平均每10年增加0.042个较大洪水年，表明鄱阳湖较大洪水有增多的趋势。

3.2 较大洪水的年际持续特征

在所统计到的265个较大洪水年中，连续2年以上出现较大洪水的情况有48次，尤以19世纪上半叶最多(8次)；连续3年以上出现较大洪水的有19次，也是以19世纪上半叶为最多(5次)；连续4年以上的有9次；连续5年以上的有4次；连续6年、7年以上的只有1次，出现在1764—1770年。洪涝次数多，持续长度大，是鄱阳湖区洪涝的主要特点。

3.3 较大洪水发生季节的特征

沿用历史文献中以农历1—3月、4—6月、7—9月、10—12月依次为春、夏、秋、冬的季节划分方法，作较大洪水发生季节统计(表3)。

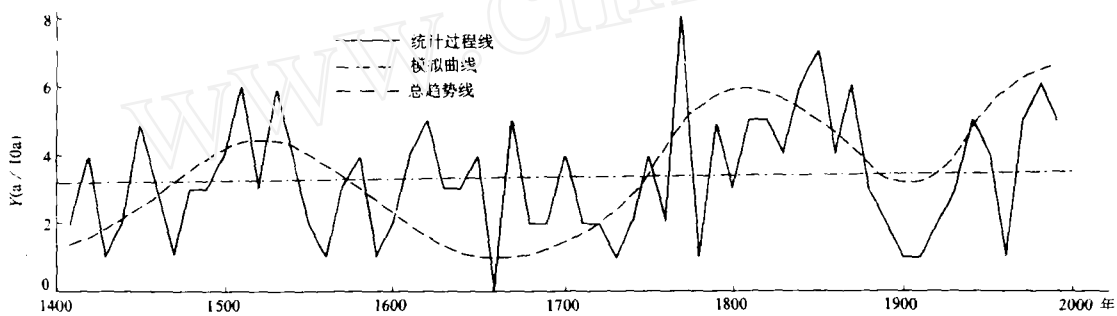

图5 较大洪水历史演变曲线

Fig. 5 Evolutionary diagram of the heavier flood occurrences in historical stages

表3 较大洪水发生季节的统计*

Tab. 3 Statistics of the seasons of the heavier flood occurrences

季 节	春	夏	秋	冬	合 计
出 现 年 数	7	201	54	3	265
出 现 频 率(%)	2.6	75.9	20.4	1.1	100

* 跨两季的统计在前一季内

由表3可知，较大洪水主要集中在夏季出现，占75.9%；其次是秋季，占20.4%；春季占2.6%，冬季只占1.1%。1952—1990年的较大洪水年均发生在夏、秋两季(公历5—10月)，其中出现在夏季的占88.2%，且主要集中在7月份，占总数的76.5%。这主要是由于鄱阳湖

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

流域位于副热带季风气候区内，受季风环流影响所造成。

近期出现较晚的较大洪水(1988年)年最高水位出现在9月21日。远期出现最晚的较大洪水有816年、1609年和1663年，均出现于公历10月，这对认识鄱阳湖秋季洪水有重要意义。另外，1572—1574年曾连续发生秋季较大洪水。

3.4　较大洪水的年内持续特征

高水位维持时间长，是鄱阳湖洪涝灾害严重的主要原因之一，在近期与远期都有详细记载。如1954年都昌站高于19.50m水位持续近100天，是有观测资料以来高水位持续时间最长的一年。历史上的1726年有"湖口、都昌夏大水，冬始退"的记载，高水位持续时间可能比1954年还要长。

3.5　大洪水的时程分布特征

大洪水的时程分布及出现频率见表4，可见，17世纪下半叶、19世纪上半叶和20世纪下半叶均出现了5个大洪水年，属于大洪水频繁期。

表4　大洪水出现年数及频率*

Tab. 4　Years and frequencies of the heavy flood occurrences

出现时代	15世纪		16世纪		17世纪		18世纪		19世纪		20世纪	
	上半叶	下半叶	上半叶	下半叶	上半叶	下半叶	上半叶	下半叶	上半叶	下半叶	上半叶	下半叶
大洪水出现年数	2	1	3	0	2	5	2	4	5	4	4	5
频率	0.04	0.02	0.06	0.00	0.04	0.10	0.04	0.08	0.10	0.08	0.08	0.125
期别	正常期	间歇期	正常期	间歇期	正常期	频繁期	正常期	正常期	频繁期	正常期	正常期	频繁期

* 20世纪下半叶的频率由 $P=5/40$ 计算

表4还反映出大洪水出现频率有逐渐增大的趋势。平均而言，大洪水以0.066a/10a的倾向率增加，大于较大洪水的增加速度，应引起有关方面的重视。究其原因，可能与本世纪全球气候变暖有关，但主要的是长江沿岸大量湖泊、洼地被围垦，圩堤不断加高加固，河道淤高泄洪能力衰减等，使得长江对鄱阳湖的顶托、倒灌作用增强。另外还与湖区盲目围垦，使湖泊面积不断缩小，容积锐减，调蓄洪水的能力下降有关。如鄱阳湖水面1985年比1954年缩小了1168km²，容积减少了37.5×10⁸m³(相对于历年最高水位而言)，调节系数由14.9%下降到11.9%[8]。

大洪水也主要集中发生在夏秋两季(表5)，且绝大部分在夏季。发生在春季的只有1次(1369年)，这在有观测资料以来还未出现过，值得注意。

表3　大洪水发生季节的统计*

Tab. 3　Statistics of the seasons of the heavy flood occurrences

季节	春	夏	秋	冬	合计
出现年数	1	34	9	0	44
出现频率(%)	2.3	77.3	20.4	0.0	100

* 跨两季的统计在前一季内

大洪水的年际变化也很大，例如1973—1983年出现了4个洪水年，而15—16世纪只出

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

现了5个大洪水年。又如1681—1682年、1783—1784年、1848—1849年、1869—1870年，都是连续两年出现大洪水，但未发现连续3年出现大洪水的情况。同时也有出现在晚秋的大洪水，如1980年都昌站年最高水位20.57m，出现在9月4日，还有1609年、1663年的大洪水均出现在10月份。

3.6 较大洪水的历史演变规律

为了能反映较大洪水年的历史演变规律，分别统计自1401—1990年每10年中较大洪水出现年数，得到一个长度为$n=59$的时间序列，采用正交多项式对它进行模拟，并将正交多项式回归计算结果中拟合率最高的趋势方程的展开值点绘成模拟曲线(图6)，表明较大洪水的历史发展是呈波浪形向前演化的。近590年内较大洪水经历了两个波峰期和两个波谷期，并呈现出起伏上升的趋势，与前面用(4)式计算的结论是一致的。

4 结 语

鉴于我国有丰富的史料，近年来人们已经用来对我国的气候历史变化作了很多的研究[9-12]，但在历史水文现象分析中的应用则较少[13]。本文应用史料探讨了鄱阳湖较大洪水的发生规律，旨在较全面地了解鄱阳湖的洪水特征，从而采取有效措施减轻湖区洪涝灾害损失。此外，对历史时期较大洪水出现规律的研究，有助于对鄱阳湖历史变迁的认识。

本文所得结果，与其他有关研究成果和历史考证结果[14,15]基本一致。限于资料，对15世纪以前较大洪水序列的恢复未作深入研究，有待做进一步工作。

参 考 文 献

1 《鄱阳湖研究》编委会。鄱阳湖区自然和社会经济历史资料选。南昌：江西科学技术出版社，1985。
2 徐火生等。鄱阳湖水位特性分析。江西水利科技，1988，(4)。
3 北京林学院。数理统计。北京：中国林业出版社，1980。
4 竺可桢。中国近五千年来气候变迁的初步研究。中国科学(B辑)，1973，(2)。
5 么枕生。气候统计学基础。北京：科学出版社，1984。
6 陈海龙。长江流域近千年旱涝规律研究。地理科学，1987，(3)。
7 闵 骞。古洪水研究途径及其在减灾中的作用。灾害学，1992，(2)。
8 《鄱阳湖研究》编委会。鄱阳湖研究。上海科学技术出版社，1988。
9 张德二等。近500年我国南部冬季温度状况的初步分析。见：全国气候变化学术讨论会文集，北京：科学出版社，1981。
10 王绍武。根据史料恢复历史温度序列。气象，1989，(4)。
11 曲建和。我国1470—1984(515)年温度等级序列的初步探讨。南京气象学院学报，1986，(4)。
12 任炳淳等。两千年华西秋雨的初步研究。气象，1987，(9)。
13 周凤琴。荆江近5000年来洪水位变迁的初步探讨。历史地理，1986，(4)。
14 国家气象局气象科学研究院。中国近500年旱涝分布图集。北京：地图出版社，1981。
15 汪胡桢。中国历史大事年表。上海辞书出版社，1985。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

ON THE REGULARITY OF FLOOD OCCURRENCES IN POYANG LAKE IN THE PAST 600 YEARS

Min Qian　　Wang Zepei

(*Hydrometeorological Station of Poyang Lake, Xingzi* 332800)

Abstract

Based on the local chronicles in the lake district, the historical flood years in Poyang Lake in the past 600 years are deferred. The characteristics of the heavy flood and heavier flood occurrences are statistically analysed. The heavier flood occurrences can be summarized into three stages, namely, active (frequency $P>0.416$), normal ($P<0.231$) and interval stages ($0.231\leqslant P<0.416$), as a result of which 3 active periods, 2 interval ones and 7 normal ones are obtained. Statistics also shows that both the heavier flood and heavy flood occurrences tend to increase with a tendency rate of 0.042 a/10a and 0.066 a/10a, respectively. The regularity of seasonal and yearly changes are given. The historical evolution of the heavier flood occurrences in 1401—1990 has been simulated, showing a wavy fluctuation with 2 crests and 2 troughs.

Key Words　Poyang Lake, historical data, local chronicals, flood

《鄱阳湖地图集》出版

由中国科学院南京地理与湖泊研究所、江西省科学院和江西省人民政府"山、江、湖"办公室共同编纂的《鄱阳湖地图集》(中英文对照)最近由科学出版社出版，国内外公开发行。

鄱阳湖位于江西省北部，是我国第一大淡水湖，同时又是个水位季节性变化很大的吞吐型湖泊。它的形成、演变机理独居一格，湖水的理化性质、生物特性和沉积物类型分布颇具特色。鄱阳湖地区是江西省政治、经济和文化较发达的地区和全国闻名的"鱼米之乡"。长期以来省内外的专家和政府的有关部门对该区进行了系统的考察和研究。本图集就是该地区长期考察和研究成果的结晶。全图集由序图、湖水理化性质和水生生物、沉积物理化性质、湖区资源和湖区社会经济等5个图组64幅专题图组成。内容涉及湖盆形成演化、地质基础、湖水和沉积物的理化性质、生物特性以及湖区自然、社会、经济和环境诸要素。整个图集设计思想新颖、目标明确。该图集以人地关系为主线，从不同角度反映出湖区人口、资源、环境和经济发展之间的关系，把湖泊诸要素置于地理环境中，把湖泊水域和周围陆地作为相互联系、互为依存的统一整体来研究。图集选题还着重考虑了资源的合理利用和环境保护，为区域发展、生产布局提供了重要科学依据。整个图集资料翔实，运用了系统论思想和综合制图方法，表示方法合理、科学，视感效果良好。经同行专家评议，其总体设计和编稿质量达国际先进水平。　　(苏宁徐)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net