

长江下游东段高水位的天气类型 及预报服务决策

曹乃和¹ 杜永红² 钱国萍¹ 陈爱玉¹ 陈新育¹ 周昌云¹ 刘娟¹

(1. 江苏省如皋市气象局, 226572; 2. 江苏省如皋市水务局)

提 要: 长江下游东段高水位是该区域汛期常见的水害之一。针对长江下游东段近13年高水位日, 利用同期常规的水文资料和天气图等资料, 以天气学原理为基础, 运用风暴潮原理和农历潮汐等相关理论, 分析高水位成因, 探寻引发高水位的主要因子。结果表明: (1) 东段高水位发生在农历潮汐高潮期, 直接受其高潮位影响; (2) 引发高水位的天气系统是台风和西风槽; (3) 西风槽引发长江上中游洪水东泄通过东段; 台风行近大陆架其强制孤立波使海面急剧上升, 台风暴雨倒灌入侵东段; (4) 高水位与本地降水关系不密切。

关键词: 风暴潮 台风 高水位 预报服务决策

Causation Analyses of High Water Level in the East Part of the Yangtze River and Its Services of Forecasting Decisions

Cao Naihe¹ Du Yonghong² Qian Guoping¹ Chen Aiyu¹
Chen Xinyu¹ Zhou Changyun¹ Liu Juan¹

(1. Rugao Meteorological Office, Jiangsu Province, Rugao 226572; 2. Rugao Hydrography Office, Jiangsu Province)

Abstract: The high water level is one of the flood disasters found frequently in the east part of the Yangtze River. Aimed to high water level days in the latest 13 years, the causes for high water level and the main factors are analyzed using the hydrologic data and synoptic chart on the basis of synoptic theory, the lunar tide theory and the storm tide theory etc. The results are as follows: (1) The high water level in the east of Yangtze River happens

资助项目: 江苏省气象局 2003—2004 年度科研项目

收稿日期: 2006 年 3 月 31 日; 修定稿日期: 2006 年 9 月 2 日

during the peak periods of the lunar tide and is directly affected by the high tide level. (2) Typhoon and west wind trough are the weather systems leading to the high water level. (3) The flood from the upstream Changjiang River induced by the west wind trough discharges eastwards passing the east part of the river; the solitary wave forced by the typhoon near the continental shelf makes the sea surface rise severely, and the back-flows of the storm surge intrudes the east part of the river. (4) There is no significant relationship between the high water level and the local precipitation.

Key Words: storm tide typhoon high water level services of forecasting decisions

引 言

我国对风暴潮预报的准确性和先进国家不相上下, 风暴潮的理论和机制研究水平也不落后, 对华东沿海海面变化因素的探索已有数值模拟成果^[1,2]。长江下游地区已有降水与洪水、洪峰、最高水位间的关系研究^[3-5], 但都由于其地处内陆, 远离临江近海的长江下游东段, 不受非正规半日制浅海潮、农历潮汐高潮位及台风暴潮的直接影响。针对长江下游东段(指江阴以东, 简称东段)高水位的研究和预报不多见。

东段江面自西向东展宽, 南通以东近海口一带宽达 18km, 江海相连, 经吴淞口入海。本段江域受其上中游下泄的迳流、非正规半日制浅海潮(农历潮汐)的涨潮流及台风暴潮影响。汛期受风、雨、台、潮、洪袭击时, 江面水位凸增、汛情严重。1997 年 8 月 19 日台风正面袭击时, 恰逢农历高潮期(天文高潮), 是时 9 级狂风巨浪, 如皋沿江出现历史最高水位(5.72m), 江心的常青沙闸东侧主江堤决口, 万亩农田被淹, 民房冲垮, 经济损失近亿元。1998 年汛期, 长江流域遭受百年不遇的特大洪涝, 先后 5 次洪峰通过, 史无前例。灾情警示, 研制东段高水位预报十分必要。如皋地处东段中部,

沿江岸线长 48km, 西距江阴, 东离南通均为 30km 左右, 其水情动态是东段水情的缩影。

1 资料及其使用说明

1987—1999 年 6—9 月如皋沿江逐日(日界为北京时零点)高水位资料; 同期 08 时(北京时)500hPa 历史天气图; 农历潮汐表^[2]; 东段上游的大通站流量。

统计计算如皋沿江高水位值(以国家水文基准点——废黄河为基准); 历年各月 H 的平均值(H_p 表示)及其差值(ΔH_p 表示)和 ΔH_p 的日际差表示 $\Delta(\Delta H_p)_{24}$ 。从农历潮汐表^[2]查算同期江阴的逐日农历高潮位高度预报值(C 表示, 单位: m); 计算历年各月 C 的平均值(C_p 表示)、 C 与 C_p 的差值(ΔC_p 表示)和 ΔC_p 的日际差表示 $\Delta(\Delta C_p)_{24}$ 。表征迳流强度的大通站流量(Q 表示, 日际差为 ΔQ_{24})。以 $(H_p + C_p) > 4.30\text{m}$ 为高水位标准, 共确定 54 个高水位日。按引发高水位的天气系统及其环流特征, 对高水位成因进行分类(东风类、西风类)划型(台风型、台风倒槽型、长波型、短波型)。各型发生次数及占比率见图 1。由图可知: 西风类长波型的高水位日最多, 东风类台风型次之, 台风倒槽型最少。

2 引发高水位的主要因子

2.1 台风

将东风类 14 个高水位日的前两天、前一天和当天 08 时台风（含热带低压）中心位置，分别点绘制成高水位日前的台风中心位置集聚区域图（图 2）。当台风中心先后进入图 2 的前 2、前 1、前 0 区时，表明台

风行近大陆架，其强制孤立波使海面急剧上升（吴淞 1949—1973 年中曾有台风增水达 2.32m 的记载）^[6]。此时的台风暴潮倒灌入侵东段是形成东风类高水位的决定因素。

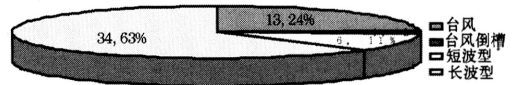


图 1 各型高水位次数及占比率

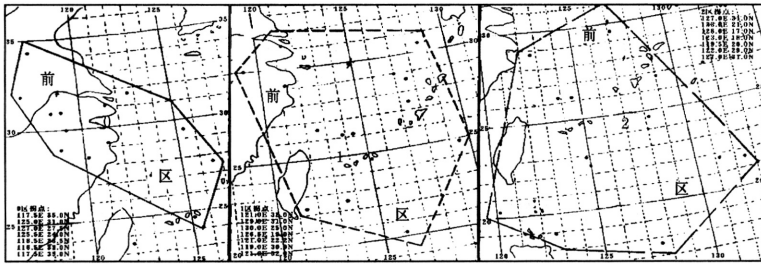


图 2 东风类高水位日前台风中心位置集聚区域图

图中：前 0 区为当天（左），前 1 区为前一天（中），前 2 区为前两天（右）

2.2 农历高潮位

统计农历历年各月逐日高水位的累计日数，计算与之相应的逐日 ΔC_p 与 C_p 的总平均值（1.05）的差值 ΔC_{pp} （高潮位距平），将两者绘制成农历逐日高水位日数与 ΔC_{pp} 的分布图（图 3）。 ΔC_{pp} 的正值区出现在农

历二十九至下月初六（ Ch_{01} 表示）和十四至二十一（ Ch_{15} 表示），其峰值区与高水位最多出现次数的日期（初三前后和十七至十九）相吻合，对应相关密切。表明农历潮汐的高潮位是形成高水位不可缺少的重要因素。

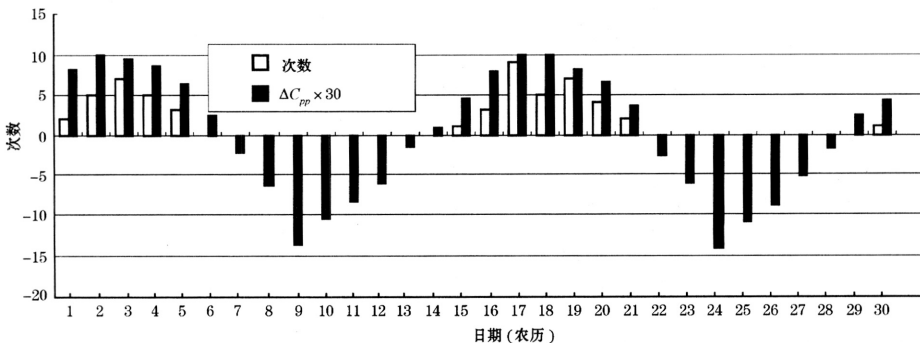


图 3 农历逐日高水位次数与高潮位距平 (ΔC_{pp}) 分布

2.3 迳流

统计 1995—1999 年 6—9 月的逐日大通站流量资料, 统计 1~3 天 Q 可见: 短波型 4 例和长波型 26 例高水位日的前三天中最小流量全部大于等于 $5 \times 10^4 \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 显示出长江上中游的迳流是形成西风类高水位的决定因素。

2.4 本地降水

查高水位日前 3 天内有 $>20\text{mm}$ 日雨量者只有 7 天/次, 只占总天次 (高水位总日数 $54 \text{天} \times 3 = 162 \text{天}$) 的 $7/162$ 。表明: 当地降水与高水位关系不密切。

3 各类型高水位日的成因和形成过程

3.1 东风类

台风型和台风倒槽型高水位过程发生在台风环流的东风区内, 是台风暴潮和农历高潮位的共同作用而形成。

1997 年 8 月 19—20 日 (农历十七—十八) 是一次典型的台风型高水位过程, 其前期 (18 和 19 日) 500hPa 形势特征是: 西太平洋副热带高压 (简称副高) 偏东, 中心

位置在日本东, 5880gpm 线的西伸脊达韩国西; 在青藏高原有大陆暖高压, 其东伸脊点达长江中游地区; 两脊间有台风。台风通过两高间的鞍型场从浙江沿海登陆并深入内地 (图 4), 19 日台风正面袭击东段时, 东段江面 9 级狂风巨浪, 水位创历史新高 (5.72m)。

3.2 西风类

此类高水位有长波和短波两型, 发生在长江上中游的洪峰东泄过境时, 恰逢农历高潮位共同作用形成。

3.2.1 短波型

1995 年 7 月 13 日是短波型高水位日的个例, 过程前 5 天 (7 月 8 日) 08 时 500hPa 环流特征 (图 5a): 乌拉尔地区有阻塞高压, 东侧的巴尔喀什湖、贝加尔湖地区为北支西风槽; 河套以南高原东侧有南支西风槽; 北支槽在东移过程中赶上南支槽, 亚洲大气环流的经向度加大, 引导冷空气南下。此时副高的西伸脊控制华南, 脊线在 27°N 附近。暖湿气流沿高脊西部北上与南下的冷空气交绥于长江中上游, 产生区域性强降水, 引发长江水位剧升并东泄, 洪峰经过东段时最高水位达 4.38m。

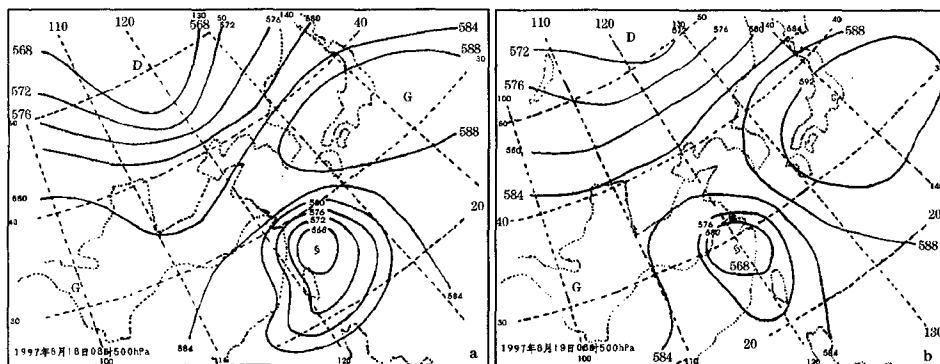


图 4 1997 年 8 月 18 日 08 时 (a) 和 19 日 08 时 (b) 500hPa 形势示意图

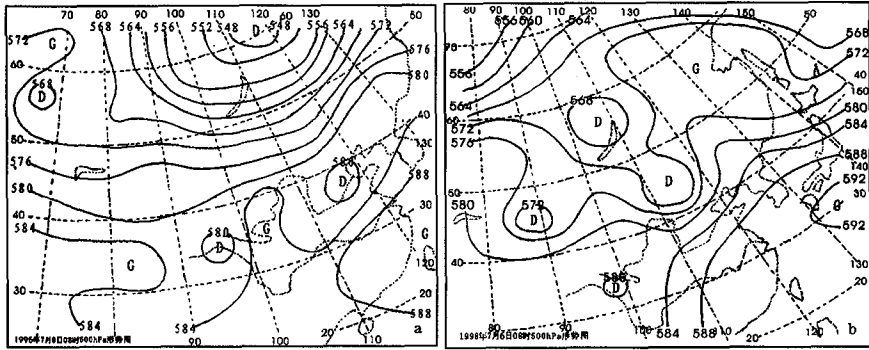


图 5 西风类短波型和长波型高水位过程前 5 天的 08 时 500hPa 形势示意图

a. 1995 年 7 月 8 日, b. 1998 年 7 月 6 日

3.2.2 长波型

1998 年 7 月 11 日是长波型高水位日的一次典型过程, 高水位日前 5 天 (7 月 6 日) 08 时 500hPa 环流特征 (图 5b): 鄂霍次克阻塞高压已建立, 贝加尔湖、巴尔喀什湖附近为深槽, 槽底经蒙古西部伸至黄河上游以南, 极地冷空气从槽后南下; 副高中心位于日本南, 长江以南受副高西伸脊西北侧的西南气流控制, 暖湿空气北上, 与南下的极地冷空气交绥, 副热带锋区和极锋区合二而一, 滞留于黄河以南到长江中下游一带, 区域性长时间强降水区东移缓慢, 导致长江上中游流域性洪水爆发, 洪峰通过东段持续 3 天, 最高水位达 4.96m。

3.2.3 迳流和涨潮流相遇的特例

1999 年 8 月 2 日, 台风暴雨涌入东段时, 巧遇迳流 ($Q=7.46 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 是 7 月 26 日—8 月 1 日的人型达不到起报指标的长波型次高水位过程后期)。尽管台风中心较远, 强度一般, 仍造成东段最高水位 4.72m, 成为台风型的第二高水位, 是罕见的台、潮、洪三碰头。

4 高水位预报方法、服务流程及使用情况

4.1 各型高水位的入型标准、起报指标

表 1 列出了各型高水位入型标准和起报指标。

4.2 服务流程

东段高水位的预报服务决策是通过查用本方法各型入型标准起报指标而产生, 预报服务流程见图 6。

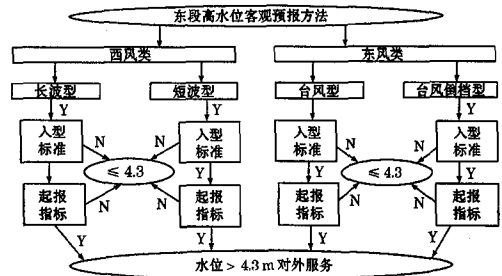


图 6 高水位客观预报服务决策流程图

4.3 近几年汛期使用情况

2001—2005 年汛期投入使用, 其效果见表 2。

5 结论

(1) 引发长江下游东段高水位的天气系

表 1 各类型高水位日预报指标

		人型标准	预报时效	起报指标(人型日)	拟合率
东风类	台风型	08 时台风中心曾进入前 2 区为人型日,且人型日后两天在 Ch ₀₁ 或 Ch ₁₅ 期	72	$\Delta H_p \geq 0.04\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta H_p)_{24} \geq -0.07\text{m}$ $\Delta C_p \geq 0.00\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta C_p)_{24} \geq 0.00\text{m}$	13/13
		08 时台风中心曾进入前 1 区为人型日,且人型日后一天在 Ch ₀₁ 或 Ch ₁₅ 期中	48	$\Delta H_p \geq 0.29\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta H_p)_{24} \geq -0.07\text{m}$ $\Delta C_p \geq 0.13$ 且 $\Delta(\Delta C_p)_{24} \geq -0.11\text{m}$	13/13
	08 时台风中心曾进入前 0 区为人型日,人型日在 Ch ₀₁ 或 Ch ₁₅ 期中	24	$\Delta H_p \geq 1.06\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta H_p)_{24} \geq -0.24\text{m}$ $\Delta C_p \geq 0.03\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta C_p)_{24} \geq -0.14\text{m}$	13/13	
	倒槽型	08 时台风中心曾进入前 2 区、前 1 区,而后未进前 0 区,但其倒槽进入为人型日,且人型日在 Ch ₀₁ 或 Ch ₁₅ 期	24	$\Delta H_p \geq 1.24\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta H_p)_{24} \geq 0.23\text{m}$ $\Delta C_p \geq 0.61\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta C_p)_{24} \geq 0.00\text{m}$	1/1
西风类	短波型	连续 3 天 $Q \geq 5 \times 10^4 \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 且 $\Delta Q_{24} \geq -0.30 \times 10^4 \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 时; 其第三天在 Ch ₀₁ 或 Ch ₁₅ 期, 则第三天为人型日	72	$\Delta H_p \geq -0.13\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta H_p)_{24} \geq 0.32\text{m}$ $\Delta C_p \geq 0.23\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta C_p)_{24} \geq 0.10\text{m}$	1/1
			48	$\Delta H_p \geq -0.22\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta H_p)_{24} \geq 0.16\text{m}$ $\Delta C_p \geq 0.33\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta C_p)_{24} \geq 0.10\text{m}$	3/3
			24	$\Delta H_p \geq 0.38\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta H_p)_{24} \geq -0.01\text{m}$ $\Delta C_p \geq 0.33\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta C_p)_{24} \geq 0.00\text{m}$	4/4
	长波型	连续 3 天 $Q \geq 5 \times 10^4 \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 且 $\Delta Q_{24} \geq -0.3 \times 10^4 \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 时; 其后一天在 Ch ₀₁ 或 Ch ₁₅ 期, 则三天中的最后一天为人型日	72	$\Delta H_p \geq 0.40\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta H_p)_{24} \geq 0.08\text{m}$ $\Delta C_p \geq -0.12\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta C_p)_{24} \geq 0.00\text{m}$	9/9
			48	$\Delta H_p \geq 0.40\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta H_p)_{24} \geq -0.08\text{m}$ $\Delta C_p \geq -0.12$ 且 $\Delta(\Delta C_p)_{24} \geq -0.25\text{m}$	20/20
			24	$\Delta H_p \geq 0.40\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta H_p)_{24} \geq -0.16\text{m}$ $\Delta C_p \geq -0.12\text{m}$ 且 $\Delta(\Delta C_p)_{24} \geq -0.25\text{m}$	26/26

表 2 高水位预报方法使用统计表

	预报		实况		准确率		
	过程数	天数	过程数	天数	72小时	48小时	24小时
台风型	3	6	3	6	6/6	6/6	6/6
短波型	1	1	2	2	1/2	1/2	1/2
长波型	2	7	2	7	7/7	7/7	7/7

统是台风和西风槽, 形成高水位的主要因子是台风暴潮、迳流和农历高潮位。迳流由大通站流量表征; 台风中心位置所在区域是决定台风暴潮的关键; 所有高水位都出现在农历高潮期中; 当地降水与高水位关系不密切。迳流与涨潮流偶有巧遇时要特别警惕。

(2) 高水位日中西风类长波型最多, 东风类台风型次之, 台风倒槽型最少。

(3) 长江下游东段江面西窄东宽, 迳流下泄呈自然分流减弱态势; 涨潮流自东向西挤塞增强, 在台风暴潮袭击时, 需加重视。

(4) 该方法的人型标准和起报指标均以实况资料为基础, 实际使用时若以数值预报产品为参考, 提前做出高水位趋势预测, 可为抗洪部署赢得宝贵时间。

参考文献

- [1] 方国洪, 潮汐预报的几种方法 [J]. 海洋科学, 1977, (1).
- [2] 方国洪, 丁文兰, 于俊俊, 等. 农历潮汐表 [M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [3] 钱余根, 周国华, 张长湘. 江苏里下河地区降水与水位的关系 [J]. 气象, 1999, 25 (8): 31-33.
- [4] 吴有训, 程光宇, 李敬义. 水阳江洪峰与强降水 [J]. 气象, 2002, 28 (3): 19-23.
- [5] 陈新玉, 王传根, 殷鹏. 长江九江站水位变化与气象要素的关系 [J]. 气象, 2003, 29 (5): 55-57.
- [6] 秦曾灏. 风暴潮的原理及其预报 [R]. 上海市气象局, 1986: 1-9, 37-39.