

频率组合法分析黄浦江年最高潮位频率特征

陈瑞方, 朱 杰

(上海勘测设计研究院, 上海 200434)

摘 要: 黄浦江既是一条强感潮河流, 又受上游太湖流域洪水的影响。随着海平面上升, 长江口、黄浦江的整治以及上游太湖流域治理工程实施等因素影响, 潮位资料系列的一致性遭到了破坏, 给直接采用实测资料分析潮位特征带来困难。作为一种尝试, 采用频率组合的方法来分析黄浦江年最高潮位的频率特征, 取得了较好的分析研究成果。

关键词: 黄浦江; 潮位频率特征; 频率组合法

中图分类号: P333.9

文献标识码: B

文章编号: 1000-0852(2002)04-0025-03

上海市是我国最大的经济中心、最大的工业城市 and 对外开放的港口城市。上海市地处长江三角洲冲积平原的东缘、太湖流域的尾间, 东临东海, 北靠长江, 南倚杭州湾, 西部及西北部与江苏省接壤, 西南与浙江省毗邻, 全市面积6 340km²。黄浦江穿流上海市区。

黄浦江是太湖流域的主要排水通道, 承泄太湖流域70%~80%的水量, 多年平均流量316m³/s。自淀山湖至吴淞口全长114km, 河宽一般为300~500m, 河底高程一般为-5~-15m。米市渡以上为上游, 主要分成斜塘、园泄泾、大泖港三大支流, 米市渡至闸港段河身较直, 闸港以下河道陡转北流。黄浦江潮位站位置见图1。

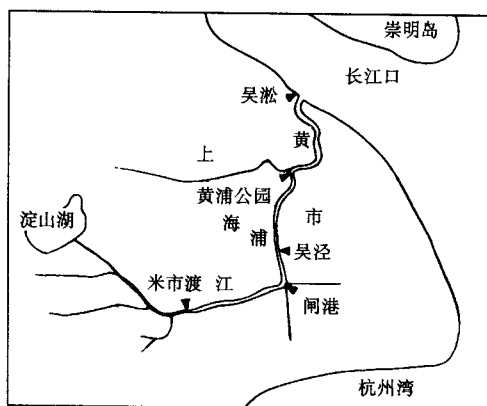


图1 黄浦江潮位站位置示意图

黄浦江是一条强感潮河流, 外海潮波自长江口上溯通过吴淞口进入黄浦江, 最大进潮流量可超过12 000m³/s, 黄浦公园站多年平均潮位2.22m, 历史最高潮位5.72m (1997年8月19日), 历史最低潮位0.24m (1914年1月1日)。

1 黄浦江潮位的一致性

新中国成立前, 仅在黄浦江的部分地段为方便水上运输和防止河岸坍塌修建了一些码头和护岸工程。从1956年开始, 经过1962年、1974年大规模地修建和加高防汛墙以及支流河口建闸工作。随后, 1988年经国家计委批准, 上海市区防洪防潮工程列入新开工项目。另外, 20世纪90年代以来太湖流域治理工程正在逐步实施。

随着海平面上升, 长江口、黄浦江的整治以及太湖流域治理工程的实施等因素的影响, 黄浦江潮位有逐年抬高的趋势。特别是近年来以下二个基本事实的出现也反映了这一现象。

(1) 进入20世纪90年代后, 特大风暴潮频频出现, 特别是1997年11号台风期间, 上海沿江、沿海及黄浦江干流各测站均出现了历史最高潮位, 黄浦公园最高潮位达5.72m, 超历史纪录0.50m。从1953年以来, 按每9年计算一个均值, 则黄浦公园站的年最高潮位时段平均值的确呈上升的趋势, 见表1。

表1 黄浦公园年最高潮位时段平均值变化 单位:m

站 名	1953~1961	1962~1970	1971~1979	1980~1988	1989~1997
黄浦公园	4.37	4.42	4.52	4.65	4.95

(2) 黄浦江上游米市渡水文站1916~1988年共73年资料中最高潮位为3.80m, 且仅1921年、1954年和1987年出现3次, 而1989年以来, 几乎年年达到或超过3.80m。

有关研究也表明了黄浦江潮位有逐年抬高的趋势(上海市防洪水位研究课题协作组. 黄浦江潮位分析. 1984年; 河海大学等. 上海市黄浦江远期防洪(潮)标准及防御水位论证报告. 2000年), 潮位资料系列的一致性遭到了破坏(具有系统性偏差)。

对一致性遭到了破坏的资料系列, 水文上通常的做法是通过建立参证站与设计站的相关关系, 将不一致的设计站资料作统一修正。但是要求参证站与设计站的相关性好, 且资料一致性好, 不存在系统偏差。在实际操作中要找到较好的参证站并非易事。

2 黄浦江潮位特性

黄浦江年最高潮位特性分析, 既要抓住潮汐特征这一主导因素, 又不可忽略上游来水这个影响因素; 既要考虑到长江、黄浦江整治造成潮位增高的趋势, 又必须注意到上游随着太湖流域治理工程实施而引起的来水变化, 使问题变得复杂得多。特别是黄浦江上游河道分汊, 无明显的来水控制站, 一些测站的水文要素受洪、潮双重影响, 难以分清各自的作用大小, 再加上整个太湖流域以平原河网为主, 水流互相交汇, 汛期还受工程调度影响。这些更使得黄浦江上游来水缺乏必要的定量数据, 既使得上游来水大小难以把握, 又无法估算上游太湖治理引起进入黄浦江的水量变化。在这种情况下, 直接利用较长期观测资料统计或者仅利用下游天然潮位对其作一致性改正, 均不能反映实际潮位的统计特性。只有利用近期的资料, 分析对比黄浦江干流上下游不同站点潮位关系的办法来反映这些测站在潮、洪双重作用下的潮位特性。

鉴于如此复杂的因素, 本文尝试采用频率组合方法来分析黄浦江年最高潮位的频率特征。

3 频率组合原理

频率组合的基本原理: 对于A、B二个完全独立事件, 组合后的频率等于二个事件频率之积, 即

$$P(A \cdot B) = P(A) \cdot P(B)$$

如果A、B不是二个完全独立事件, 则

$$P(A \cdot B) = P(A) \cdot P(B/A)$$

式中, $P(B/A)$ 为事件A发生情况下事件B发生的条件频率。

4 频率特性分析

鉴于黄浦江上游河道分汊, 无明显的来水控制站, 一些测站的水文要素均包含洪、潮双重影响, 难以分清各自的作用大小, 因此需要采用条件频率分布, 然后再通过组合关系来推求潮位的年频率特征。下面以米市渡站为例来分析它的年最高潮位统计特性。

首先利用近期1994~1997年高潮位资料来研究米市渡与吴淞站相应高潮位的相关关系, 见图2。从图2可以发现, 相关点据在一定范围内散布, 相关系数0.75, 表明受潮波影响, 米市渡高潮位与吴淞高潮位有一定的相关关系, 同时还受上游来水等其它因素的影响。上游来水多时, 相关点据偏上, 即相应于同一吴淞高潮位, 米市渡的高潮位偏高。反之, 则点据偏下, 米市渡出现的相应高潮位偏低。

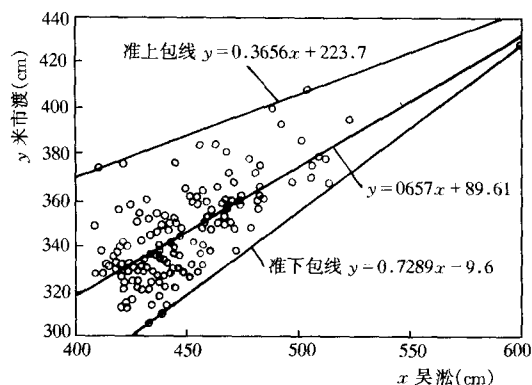


图2 1994~1997年米市渡高潮位与吴淞高潮位相关图

然后, 采用相关点据较密集的吴淞高潮位为4.20~4.40m以及4.40~4.60m两组数据, 来分析当吴淞出现某种高潮位时米市渡相应高潮位偏离相关线的偏差值的条件分布特性, 见图3。两组点据基本符合P-Ⅲ型分布, 其统计参数为 $EX = -1.9\text{cm}$, $\sigma = 16\text{cm}$, $C_s = 1.0$ 。

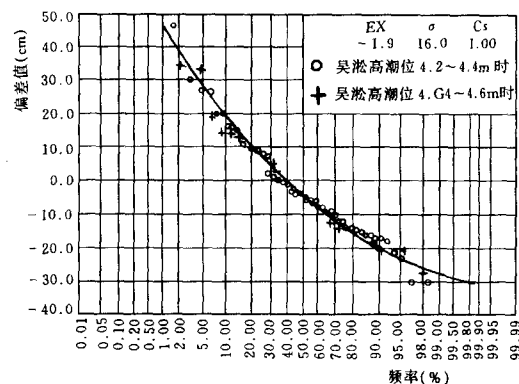


图3 米市渡潮位条件频率分布曲线

不同吴淞高潮位时米市渡高潮位对相关线离差的分布应是一组均值近似为零（即将相关线上读数作为条件分布的均值）、 $C_s=1.0$ 、均方差为 σ_x 的P-Ⅲ分布曲线。 σ_x 为吴淞高潮位为 x 时的米市渡高潮位相对相关线离差值的条件分布的均方差，它随吴淞高潮位增高而减小。假定与吴淞高潮位呈线性关系，可由图2推出 σ_x ，即

$$\sigma_x = \begin{cases} -7.91x+50.8 & (x \leq 6.42\text{m}) \\ 0 & (x > 6.42\text{m}) \end{cases}$$

具体组合计算时，米市渡某一高潮位 H_{*i} 出现频率 $P(H_{*i})$ 可采用以下全概率公式计算，即

$$P(H_{*i}) = \sum_{j=1}^n P(H_{*i}/H_{*j}) \cdot P(H_{*j})$$

式中： $P(H_{*j})$ 为吴淞站某种高潮位 H_{*j} 的年频率，代表潮汐的影响； $P(H_{*i}/H_{*j})$ 为当吴淞出现高潮位 H_{*j} 时米市渡出现 H_{*i} 的条件频率，可在相应的条件频率曲线上求

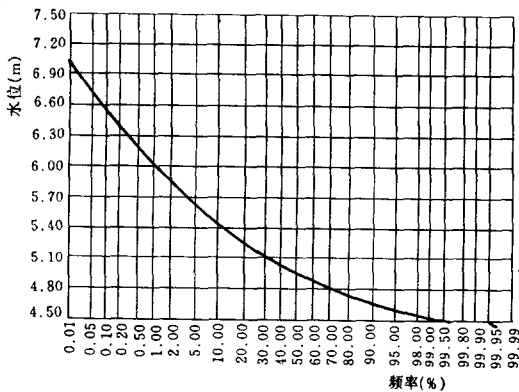


图4 吴淞站现状条件下年最高潮位频率曲线

得； n 为各种吴淞高潮位的序号。
吴淞站现状条件下年最高潮位频率曲线见图4(河海大学等. 上海市黄浦江远期防洪(潮)标准及防御水位论证报告, 2000年)。
根据上述公式计算，米市渡年最高潮位频率特征值见表2。同理，闸港、吴泾年最高潮位频率特征值见表3。

表2 米市渡年最高潮位频率特征值

$P(\%)$	0.1	1	2	5	10	20
年最高潮位(m)	4.61	4.35	4.26	4.14	4.05	3.94

表3 闸港、吴泾年最高潮位频率特征值

$P(\%)$	0.1	1	2	5	10	20
闸港	5.23	4.87	4.75	4.60	4.48	4.37
吴泾	5.36	4.99	4.86	4.70	4.58	4.44

5 结 语

黄浦江既是一条强感潮河流，又受上游太湖流域洪水的影响。随着海平面上升，长江口、黄浦江的整治以及上游太湖流域治理工程实施等因素的影响，潮位资料系列的一致性遭到了破坏。鉴于黄浦江潮位影响因素较多，本文首先运用近期实测资料建立条件频率分布，然后采用频率组合法来分析黄浦江潮位的频率特征。这是一种尝试，可以避免寻找合理参证站的困难。
作者简介：陈瑞方(1964-)，男，浙江磐安人，教授级高级工程师，主要从事水利规划和水文水利计算等工作。

Analysis on Frequency Characteristics of Yearly Maximum Tidal Level in Huangpu River with the Combination Frequency Method

CHEN Rui-fang, ZHU Jie

(Shanghai Investigation, Design and Research Institute, Shanghai 200434, China)

Abstract: Huangpu River is a tidal river, it is also a major flood waterway of Taihu Basin. As a result of sea level rising, Yangtze Estuary and Huangpu River regulation, the flood-control projects in Taihu Basin being bring to effect, etc, the consistency of the tidal level data serial in Huangpu River is challenged, it is difficult to analyze the frequency characteristics with common method directly using tidal level measurements. In this paper, the combination frequency method is used to analyze the frequency characteristics of yearly maximum tidal level in Huangpu River, and the result is turned out to be valuable.
Key words: Huangpu River; the frequency characteristics of tidal level; combination frequency method