

“麦莎”台风影响期间 黄浦江上游潮位变化特点及分析计算

徐建成, 刘水芹, 金 云, 毛兴华

(上海市水文总站, 上海市 200232)

摘 要:该文系统分析了“麦莎”台风期间黄浦江上游潮位变化规律, 针对黄浦江上游出现历史最高潮位, 而下游水位并不高的特点, 从水利工程建设、水闸运行、上游来水、潮汐作用和降水等方面运用水文学和水力模型进行原因分析及计算。结果表明, 是多种因素综合作用造成黄浦江干流米市渡江段水位超历史记录, 其中, 大范围强降雨是潮位抬升的主要原因。同时, 用水力模型初步模拟计算了各种因素所产生的作用。

关键词:“麦莎”台风; 降水量; 涨潮流; 高潮位; 抬升; 分析计算

中图分类号:TV13 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2007)04-0014-05

0 引言

2005 年第 9 号台风“麦莎”于 7 月 31 日晚上在菲律宾以东洋面上生成, 8 月 5 日起开始影响上海市。这次台风由于大风、暴雨、高潮位的共同作用, 对上海市防汛、交通、航运及市民生活带来严重影响。另外, 本次台风期间上海水情出现了一些与以往不同的特点, 本文将就这些特点用水文学和水力学方法 MIKE11 模型进行分析和计算, 以期对今后的防汛工作提供一些有益的参考。

1 “麦莎”台风概述

收稿日期: 2007-03-05

作者简介: 徐建成(1967-), 男, 浙江象山人, 高级工程师, 硕士, 主要从事水力学及河流动力学研究。

苏州河市区段防汛墙多数系上世纪六七十年代建造, 结构简单、老化严重, 近些年已有多处发生坍塌等险情。建议尽早实施苏州河三期工程, 全面改造老防汛墙, 以消除隐患。

苏州河沿线排水泵站众多, 而其调蓄量是有限的, 高水位已经影响到泵站排水效率; 如果高潮和暴雨遭遇持续时间再长些, 为确保防汛墙安全, 苏州河沿线泵站也将会被迫停机而加剧道路积水。因此, 是否需要建设河口排水泵站, 应针对“麦莎”台风所带来的水情变化做进一步论证。

4.4 “麦莎”台风影响期间, 黄浦江中上游多个测站最高水位再次突破历史记录, 且米市渡站最高水位已超过堤防设防线; 须引起高度重视, 进一步论证现有堤防的设防能力和规划标准

自 1991 年太浦河、红旗塘开通以来, 黄浦江中上游最高水位多次突破历史记录。“麦莎”台风影响期间, 受上游江浙地区洪水下泄和下游高潮

“麦莎”台风最大的特点是风大、雨大、水位高。“麦莎”台风于 8 月 6 日凌晨 3 时 40 分在浙江玉环登陆, 登陆时中心气压 950 hPa, 近中心的最大风力大于 12 级, 10 级风圈半径为 200 km, 7 级风圈半径达 600 km。台风影响期间上海市中心城区风力达 7~9 级, 长江口高桥站从 8 月 5 日 12 时开始刮偏东及东北向的 6 级风, 持续时间长达 42 h; 8 月 6 日 2 时开始风力加大到 8 级, 8~10 级的大风连续 25 h, 最大阵风 26.6 m/s (10 级风力); 杭州湾芦潮港站的最大阵风达 30.5 m/s (11 级风力), 这样大风力在陆地上出现, 尤其是在台风登陆以后仍出现持续大风是非常少见的。

“麦莎”台风期间上海全市普降大到暴雨, 局部地区大暴雨。全市约有 90% 以上面积雨量超过 150 mm, 70% 面积雨量超过 200 mm, 部分地区雨

位顶托的双重影响, 黄浦江中上游米市渡等 4 个测站最高潮位再次超过历史记录。米市渡站最高水位 4.38 m, 比历史记录高出 0.11 m, 超过黄浦江干流段堤防设防水位 0.08 m。大浏港的浏港站最高水位 4.28 m, 掘石港的洙泾站最高潮位 4.10 m, 都超过历史记录水位和现有堤防的设防水位, 使得大浏港、掘石港沿线多处堤防发生漫溢现象。

大浏港是黄浦江上游三大支流之一, 上游有小浏港、掘石港、胥浦塘等众多河道, 总长 188 km, 是承泄杭嘉湖区洪涝水的主要行洪通道。由于流域水情变化等原因, 上游洪涝水汇流加快, 下泄能力增强, 现状河道冲刷严重, 堤防防洪标准偏低, 已屡屡出现险情, 与黄浦江上游整体防洪标准不相适应。“麦莎”台风的影响再次说明迫切需要实施大浏港及上游河道防洪工程, 建议早日立项实施。对黄浦江中上游水情的剧烈变化应做深入研究, 进一步论证现有堤防的设防能力和规划标准。

量甚至超过 300 mm,雨量最大的是宝山和松江一带,为近 20 年罕见。

另外,“麦莎”台风与天文高潮共同作用,全市骨干河道普遍出现超警戒水位。

2 “麦莎”台风期间黄浦江潮位特点

本次台风期间,黄浦江潮位表现出的一个与历次台风不同的特点是:下游潮位不高而上游潮位很高。

表 1 为近 20 年来历次台风期间黄浦江上、中、下游最高潮水位及增水情况。从表中可以看出,本次台风期间黄浦江上游米市渡站最高水位 4.38m 超过历史最高潮位 4.27 m,创造了新的历史记录,而中下游的黄浦公园和吴淞的潮位并不是很高,最高潮位分别为 4.94 m 和 5.04 m,比历史最高潮位分别低 0.78 m 和 0.95 m。这样就出现了台风期间上游潮位很高,而中下游潮位并不高的特点。

表 1 近 20 年历次台风最高潮位比较 单位:m

台风编号	上游(米市渡)		中游(黄浦公园)		下游(吴淞口)	
	潮位	增水	潮位	增水	潮位	增水
8114	3.70	0.38	5.22	1.21	5.74	1.49
9711	4.27	0.96	5.72	1.49	5.99	1.45
0012	4.15	0.58	5.70	1.47	5.87	1.37
0509	4.38	1.32	4.94	0.75	5.04	0.69
历史最高潮位	4.27		5.72		5.99	

从上游其他站的情况来看,泖港和洙泾等也与米市渡同时超过历史最高水位,水位分别达 4.28 m 和 4.10 m,超过原来由 9711 号台风影响时保持的最高记录 4.20 m 和 4.08 m,这些情况说明上游地区水位的抬升现象非常明显。这个特点是以往历次影响上海台风所没有的。

其实,从历史资料看,从上世纪 90 年代初期以来,黄浦江上游的水位一直处于不断的抬升之中,历史最高水位被一次次刷新。表 2 选择几次比较典型的影响米市渡站最高水位的情况,从表中可以看出,从上世纪 90 年代初到现在,上游最高水位一直处于不断抬升之中。

表 2 黄浦江上游地区最高水位变化表

	1954	1991	1997	1999	2005
米市渡水位(m)	3.80	3.92	4.27	4.13	4.38
影响因素	梅雨	梅雨	台风	梅雨	台风

3 黄浦江上游潮位抬升原因分析计算

黄浦江上游水位持续抬升,特别是 2005 年出

现新的历史最高水位的机理是什么呢?从以下几个方面用水文分析和水力计算方法 MIKE11 模型进行研究。

3.1 MIKE11 模型

MIKE11 是丹麦水力研究所(DHI)研制的一维河渠模拟程序包,该模型有河流水网水力学、流域降雨径流模拟、泥沙输运和水质分析等多种功能模块,并可与 DHI 其他分析模型交互运用;图形用户界面友好,与 MIKE-GIS 地理信息系统的联合运用,提供了自成体系的应用环境;该模型是基于垂向积分的质量和动量守恒方程即圣维南方程组建立的。方程组用隐式有限差分法离散,用追赶法求解。求解方法同时适用于树枝状和环状水系。计算网格布置为交叉网格方式(交替水位点和流量点)。MIKE11 算法可靠,计算稳定,界面友好,前后处理方便,对水工构筑物的模拟具有较强的功能,无论是有规律的,还是受人为影响的运行方式,只要有记录,都能够完全地在模型中反映。将闸门的运行规则输入到 MIKE11 的河网编辑器中,模型就可以真实地反映闸门的运行对水动力的影响。

模型所用的一维非恒定流动方程组如下:

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} = q \tag{1}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + 2\mu \frac{\partial Q}{\partial x} + gA \frac{\partial Z}{\partial x} - u^2 \frac{\partial A}{\partial x} - g \frac{|Q|Q}{C^2R} - qi(\mu - \mu_0) = 0 \tag{2}$$

式中: $Z(x,t)$ ——断面平均水位(m);

$Q(x,t)$ ——断面流量(m^3/s);

$A(x,t)$ ——断面面积(m^2);

$u(x,t)$ ——断面平均流速(m/s);

C ——谢才系数;

q_i ——单位河长上的支流流量。

水流初始条件: $t=0, Z(x,0)=3.0\text{ m}; Q(x,0)=0$ 。

边界条件: 采用 2005 年 8 月 1 日~31 日的实测数据。

模型范围为北至长江,南至杭州湾沿线,东至长江及杭州湾沿线,西至江苏太湖瓜泾口。模型的边界设在有实测点的地方,包括:苏州河上游太湖(瓜泾口)、拦路港(淀峰)、红旗塘(平湖)和太浦河(平望水文站)、浏河口、吴淞口及杭州湾沿线等。河网概化见图 1。

模型计算表明,MIKE11 的计算结果与实测资料比较符合,误差较小。

3.2 水利工程建设造成潮位的趋势性抬升

据历史资料,在米市渡站高水位形成的原因当中,凡是由台风暴潮引起的,下游高潮位的影响



图 1 河网概化

占主导作用,即风暴潮增水促成米市渡站高水位形成(如 9711 号台风和 0012 号台风);而由暴雨洪水引起的,上游太湖洪水下泄占主导作用(如 1991、1999 年),两者相辅相成。近年来,由于水利工程等人类活动的作用,改变了原来河道的自然流态,更加顺直的河道不仅使下游的潮水更容易上溯,而且太湖洪水更容易下泄,尤其在台风影响期间增加黄浦江干流水体堆积,是近十几年来米市渡站高水位持续抬升的主要原因。

黄浦江沿岸地势低洼,目前市区和郊区地面高程,一般在吴淞基面(下同)以上 3~3.5 m,最低处仅 2.2 m 左右,比黄浦江历史最高潮位低 1~3 m。为了抗御台风风暴潮、太湖洪水和暴雨的袭击,市区主要自上世纪 60 年代开始沿黄浦江大规模地兴建防洪墙和挡潮闸,并按防御千年一遇的标准,全线进行改造;郊区主要自上世纪 70 年代末期开始,按照防洪、排涝、灌溉、航运和治渍的综合要求,在留足上游排水通道的前提下,沿黄浦江及其支流,分片建设大小不等的控制区,目前,除浦南西片外,已全部封闭,这些水利工程,保证了黄浦江沿线人民生命财产的安全。但是也带来其它影响,由于这些工程的建设,加上太湖流域水利综合整治,黄浦江水系的潮蓄量不断减少,必然导致黄浦江干流潮位出现趋势性的抬升。

以米市渡站为例,从 1948~1988 年的时间里实测最高潮位为 3.80 m(1954 年出现),该记录保持了 40 a,而 1989~2005 年的短短 17 a 间,超过 3.80 m 的年最高水位达 13 年次,其中以 2005 年的 4.38 m 为最高。从 1996~2005 年的 10 a 间(除 2003 年 3.93 m 外)其余 9 a 都超过 3.80 m。表明由于 1991 年太湖洪水时炸开红旗塘、钱盛荡坝基排水和以后太浦河的开通等工程,使潮水逐渐上溯,潮流界相对上移,由此造成米市渡站水位的不断抬升。

从历史水位的资料中,找出工程前后可以对比的水位资料进行分析。选择 8114、9711 和 0509 三

次台风影响时下游高潮位的顶托对米市渡站水位的影响(见图 2)。

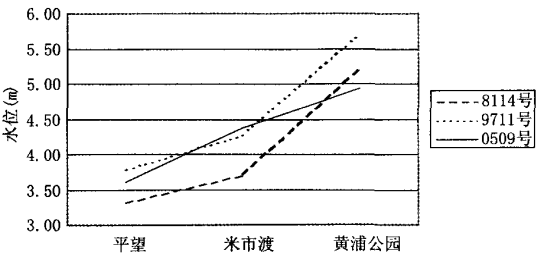


图 2 三次台风影响时三站潮位线

1981 年代表工程前的情况(1981 年遇台风风暴潮时黄浦江沿岸主要水闸打开纳潮以削减风暴潮位,故近似代表工程前的情况处理),米市渡站水位 3.70 m,下游黄浦公园站水位 5.22 m,两站水位相差 1.52 m。以 1997 和 2005 年代表工程后的情况,1997 年米市渡站水位 4.27 m,下游黄浦公园站水位 5.72 m,两站水位相差 1.45 m。2005 年米市渡站水位 4.38 m,下游黄浦公园站水位 4.94 m,两站水位相差 0.56 m。使黄浦江高潮位的沿程分布发生了与过去不同的变化。

一般说来在台风影响期间,受到持续性东到东北向大风的影响,大量水体向沿岸地区堆积,并通过吴淞口进入黄浦江,造成黄浦江沿线潮水位升高。按自然流态,在潮汐的作用下,沿程水位的升高有一定的规律性。反映到水文资料上,即上下游各站高潮位的潮差基本维持在一定的水平上(见表 3)。

表 3 台风影响时黄浦公园和米市渡站高潮位潮差表 单位:m

台风编号	黄浦公园高潮位	米市渡高潮位	对应高潮位的潮差
4906	4.77	3.66	1.11
6207	4.76	3.60	1.16
7413	4.98	3.55	1.43
8114	5.22	3.70	1.52
9711	5.72	4.27	1.45
0012	5.70	4.17	1.57
0509	4.94	4.38	0.56

如表 3 中可见,0509 号台风以前两站的高潮位的潮差均超过 1 m,多年平均在 1.4 m 左右,而今年“麦莎”台风时两站高潮位的潮差只有 0.56 m,说明了几十年来尤其是近几年来水利工程等人类活动对黄浦江潮位的影响。

在麦莎台风期间,各水利控制片的水闸调度基本采用了高潮挡水,低潮排水,能排则排的运行模式,在模型计算时则用简化方式处理,即黄浦江沙港以上的水闸全关,沙港以下的水闸用内外水

位差来控制。为了解水闸调度对黄浦江潮位的影响,模拟了在沙港以上巨潮港、北泖泾、大涨泾、油墩港、华田泾等水闸全开时对潮位的作用,计算结果表明,这些河道可以起到纳潮作用,使米市渡水位可以降低 0.08 ~ 0.10 m 左右。

3.3 上游太湖水位的影响

米市渡站高潮位的形成除下游潮汐的作用外,还受到上游太湖高水位的影响,历史上 1954、1991、1999 年米市渡站的高水位主要都是由太湖流域高水位形成洪水下泄的因素引起的。

本次台风期间,太湖流域的降雨明显超过了 9711 号台风降雨,平均降雨量为 110 mm,是 9711 号台风降雨的 2.5 倍,导致黄浦江上游平望、瓜泾口、嘉兴站 8 月 7 日水位上涨很快,比 8 月 5 日上涨 0.45 ~ 0.71 m,与 9711 号台风期间瓜泾口、平望、嘉兴的水位比较,前期是 9711 号台风的水位稍高 0.1 m 左右,但在最高水位出现的 8 月 7 日,却是 0509 麦莎台风的水位超过了 9711 号台风出现的水位 0.1 m 左右。尽管水位在太湖历史水位上不算最高,但起涨速度很快,更让人惊奇的是平望自 8 月 6 日至 8 月 10 日,日平均流量都是负值,其中 8 月 7 为 -220 m³/s,说明平望出现倒流现象,期间太浦闸关闭。

为了解太湖边界水位对黄浦江上游潮位的影响,在其它计算边界条件不变的情况下,模拟台风期间的黄浦江太湖边界的水位采用前期 8 月 5 日的实测水位和流量来进行计算,则米市渡的最高水位将下降 0.13 m(见表 4)。

表 4 太湖流域台风期间 8 时水位与前期(8 月 5 日)比较表

单位:m

警戒	8 月 5 日	8 月 6 日	8 月 7 日	8 月 8 日				
水位	前期水位	水位	涨水	水位	涨水	水位	涨水	
瓜泾口	3.50	3.01	3.09	0.08	3.46	0.45	3.55	0.54
平望	3.50	3.02	3.14	0.12	3.61	0.59	3.72	0.70
嘉兴	3.30	2.85	3.01	0.16	3.56	0.71	3.62	0.77

3.4 优势涨潮流的影响

米市渡站在“麦莎”台风期间出现这么高的潮位,与黄浦江下游的潮汐作用有非常密切的关系。从黄浦江松浦大桥水文站 8 月上旬的潮流量资料来看(见表 5),8 月 5 ~ 7 日即“麦莎”台风期间,涨潮量明显大于落潮量,潮流特征为涨潮优势流。

表 5 为松浦大桥水文站“麦莎”台风前后潮流实测情况。从表中可见,在“麦莎”台风之前和之后,松浦大桥站都是落潮流占优势,优势比即涨潮量 / (涨潮量 + 落潮量)都 < 0.5。但是在“麦莎”台

表 5 松浦大桥水文站“麦莎”台风前后潮流实测情况

日期	全潮潮量 (10 ⁴ m)	涨潮潮量 (10 ⁴ m)	落潮潮量 (10 ⁴ m)	优势比
8 月 2 日	3 322	578	3 900	0.13
8 月 3 日	284	3 416	3 669	0.48
8 月 5 日	-4 595	6 731	2 135	0.76
8 月 6 日	-1 868	4 739	2 871	0.62
8 月 7 日	-1 990	5 945	3 955	0.60
8 月 10 日	2 940	2 528	5 468	0.32
8 月 10 日	4 031	1 268	5 299	0.19

风期间的 8 月 5 日至 7 日,涨潮流明显大于落潮流,优势比都 > 0.5。

由于“麦莎”台风期间涨潮流大于落潮流,导致潮水沿黄浦江上溯直至太浦闸下。从黄浦江河道形态来看,越向上游,江面越狭窄,在涨潮量相同的情况下,潮水对水位的顶托作用越明显。米市渡站位于黄浦江上游,江面较黄浦公园狭窄,因此,“麦莎”台风期间,米市渡站的潮位增高要较黄浦公园更加明显。这种潮流的顶托作用与其它因素共同作用,最终导致米市渡站出现了 4.38 m 的超历史最高水位。

与历史同期资料相比,“麦莎”台风期间松浦大桥涨潮量大于落潮量的这种特征最为明显,而恰好在此期间米市渡出现了超历史最高水位,这说明潮流确实对米市渡起到了明显的增水作用。

3.5 降水量的影响

“麦莎”台风影响期间,米市渡及周边地区 3 d 雨量在 200 mm 左右,太湖周边雨量也在 100 mm 左右,在历次影响上海的台风中,如此大的雨量是少见的。受强降雨影响,太湖水位快速上涨,同样本地大暴雨也造成内河水位快速上涨,引起增水的作用,水量迅速下泄进入黄浦江,在沿江口门闸门被关闭,并受到下游台风高潮位顶托的情况下,在黄浦江干流米市渡江段引起水位雍高。

从台风影响期间,水位(天文、实测)雨量关系图(见图 3)上分析,米市渡站在“麦莎”台风期间出现超历史最高潮位,与台风期间的暴雨关系比较密切。从本站台风期间实测潮位与天文潮位之间的差值即增水过程来看,整点最大增水为 1.61 m,出现于 8 月 7 日凌晨 1 点,并且从其后的 4 个小时,增水都维持在 1.30 m 以上。而在此之前,从 8 月 6 日 17 时到 8 月 7 日零时,米市渡站小时雨量都比较大,8 h 雨量达到了 123 mm,尤其是 8 月 6 日 21 时,1 h 雨量为 32 mm,达到了暴雨的程度。

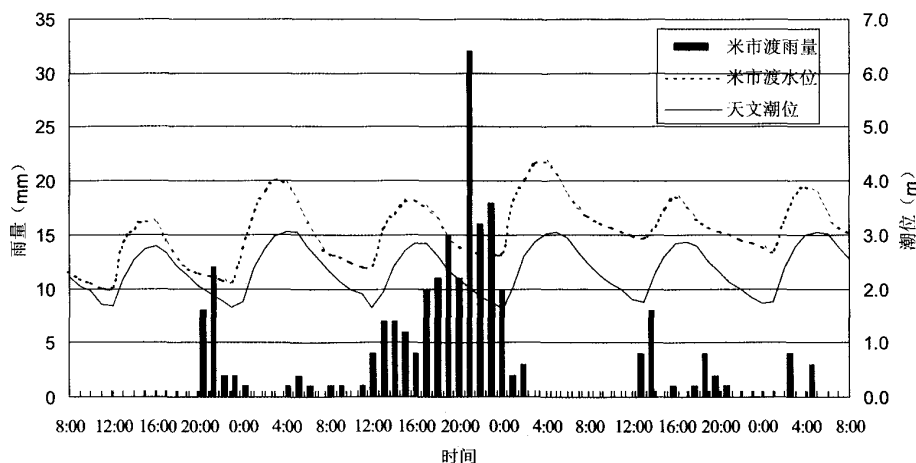


图3 2005年8月5日至7日米市渡站水位雨量过程线

从历史水文资料来看,米市渡站高水位的形成有一个规律,即最高潮位的出现,必有低水位明显抬升。9711号台风期间,米市渡站受降雨和巨大的涨潮量影响,低水位抬升了0.94 m,而“麦莎”台风期间,受大范围的强降雨影响和优势涨潮流影响,低水位抬升了1.02 m。从潮汐过程来看,麦莎台风期间米市渡站的过程增水超过9711号台风0.10 m左右。低水位普涨,也造成了黄浦公园最高潮位只比吴淞口低0.10 m,因为多年资料表明,正常情况下,黄浦公园最高潮位比吴淞口低0.30 m左右。再比较1999梅雨期间的米市渡潮位特征,可以得出2005年“麦莎”台风降雨是黄浦江上游水位抬升的主要成因。

为了解降雨对黄浦江上游潮位的影响,应用MIKE11模型模拟了其它条件不变但假如没有降雨的情况,计算表明,米市渡站的最高潮位将下降30 cm。

综合以上分析,“麦莎”台风影响期间,黄浦江

上游地区出现超历史最高水位是由多种原因造成的。除了风暴潮增水和上游太湖来水、大范围强降雨等的自然因素外,与黄浦江上游地区水位趋势性抬升有必然的联系。

4 结语

多年来由于水利工程建设等人类活动的影响,黄浦江上游水位产生趋势性抬升。“麦莎”台风影响期间,在下游潮位不是最高的情况下,以米市渡站为代表的黄浦江上游地区出现超历史最高水位的现象,对上游地区的防汛造成了较大的压力,这是大自然对于人类活动而产生的反应,这一现象应引起足够的重视。

这些事件,都是在现有工程的基础上各种因素综合作用下发生的,但是,有些因素及其机理尚需深入研究。黄浦江水系及太湖流域的水利工程还将继续,工程对水文的影响还将长期存在并发展,为构建人水和谐的发展环境,必须统筹兼顾,科学决策。

太原今年将投资 137 亿元重点建设 48 个项目

今年,太原将投资 137 亿元,重点建设道桥、城市配套等 48 个项目。这样大规模的投入在太原尚属首次。

在道桥建设方面,今年太原市将建设机场大道、迎泽大街改造、火炬桥等 31 项城市道、桥工程建设。同时在今年完成汾河景区北段建设,向市民开放;完成南段水利工程建设。另外,太原市在城市配套项目建设方面要进行侯村垃圾卫生填埋场、东山热源厂扩建等工程建设;在片区建设方面,启动长风文化商务区、亲贤村城中村改造等项目。