

浙江海岛风暴潮研究

羊天柱 应仁方

(国家海洋局第二海洋研究所, 杭州)

摘 要

浙江沿海岛屿众多, 分布广泛, 500m^2 以上的海岛就有 3061 个。本文对全省海岛风暴潮及其灾害进行了较系统的分析和研究。结果表明, 全省海岛区是受台风影响频繁及风暴潮灾害较严重的区域。风暴潮及其灾害一般浙南岛区要大于浙中、浙北岛区, 近岸海岛区要大于离岸较远的岛区。影响全省海岛的台风主要是沿海登陆型或近海转向型台风路径, 而浙南岛区福建北部或中部登陆的台风影响亦较大。全省海岛台风增水主要受控于台风风场, 当海岛各站置于 NE~N 风场时, 出现增水, 增水量值随风速的增大而增加, 而在强劲的偏西风场下, 岛区各站将出现不同程度的减水。

关键词: 浙江海岛, 台风风暴潮, 风暴潮灾害。

一、前 言

浙江近海岛屿众多, 分布广泛, 500m^2 以上的岛屿就有 3061 个。根据其地理位置及岛屿分布相对集中的特点, 亦为便于全省海岛区风暴潮和风暴潮灾害的分析的研究, 我省岛屿可划分为浙北、浙中和浙南三大岛群^[1,2]。ZH-N: 为浙北, 象山港以北、以舟山群岛为主体的岛群; ZH-M: 为浙中, 南迄松门、石塘镇北至象山港沿海一带的岛屿; ZH-S: 则为浙南岛屿群区。

浙江省海岛风暴潮的研究曾做过一些工作, 如浙北岛区的定海、沈家门和长涂岛的风暴潮分析研究工作^[3,4], 而浙中和浙南海岛区的风暴潮的研究工作则不多。因此, 对全省海岛区的风暴潮, 以上述区划为基础作较全面的分析和研究, 它不仅对我省众多的海岛开发, 灾害的防御有着现实的意义, 而且对全省海岛区的风暴潮工作, 将是一种必不可少的补充。

本工作在浙北、浙中和浙南, 三个岛群区共选择五个站(见表 1)。从资料来源及其分析、全省海岛风暴潮灾况、全省海岛风暴潮、影响我省海岛台风增水的主要因素等方面进行分析研究。

* 本文于 1996 年 11 月收到修改稿。

二、资料与分析

我们选择五个观测时间系列较长的岛屿验潮站, 其中浙北岛群区(ZH- N): 定海站、长涂站; 浙中岛群区(ZH- M): 大陈站; 浙南岛群区(ZH- S) 选择洞头站及坎门站, 各验潮站位置见表 1 所载。在这些站点上基本收集了历史上的潮位观测资料或风暴潮资料。舟山市的定海站取 1956~ 1990 年(计 35 年), 长涂站取 1960~ 1990 年(计 31 年); 大陈岛站取 1980~ 1990 年(计 11 年); 洞头站取 1985~ 1990 年(计 6 年) 以及坎门站取 1959~ 1990 年(计 32 年), 累计共 115 个站年的潮汐及风暴潮资料。

表 1 验潮站位置一览表

海区	站名	纬度(° N)	经度(° E)	资料长度(年)	所属部门
浙北	定海 1	30. 0	122. 1	1956~ 1980	海军
	定海 2	30. 0	122. 1	1978~ 1990	水利部
	长涂	30. 4	122. 4	1960~ 1990	海洋局
浙中	大陈	28. 5	121. 9	1980~ 1990	海洋局
浙南	洞头	27. 8	121. 2	1985~ 1990	水利部
	坎门	28. 1	121. 2	1959~ 1990	海洋局

资料分析: 从上述潮位资料中分离出台风增、减水资料。长涂站、坎门站 1968~ 1977 年间的台风增水资料取自《台风海浪和增水年鉴》, 其他站资料均采用王骥、方国洪提出的潮汐调和分析的分潮模式进行调和分析^[5、6], 然后当年回报, 得出风暴增水或减水的量值, 即 ΔH (风暴潮) = H (实测潮位值) - H_p (天文潮预报值) 。由台风引起 ΔH 增、减水值称台风风暴潮。本文主要根据台风增水资料对全省海岛区台风风暴潮及其灾害进行分析研究。

三、海岛风暴潮灾情况

1. 历史上全省海岛风暴潮灾概况

台风风暴潮作为一种灾害性的自然现象, 历史上曾给浙江沿海居民带来巨大灾难。历代地方志常有“ 狂风拔树毁屋, 大海溢, 平地水深丈余, 死亡无算 ……” 的记载, 其中“ 飓风陡作, 潮上海溢, 水如山立, 倏忽之间, 陆地成海, 淹死男妇五、六万计。积尸遍野, 庐舍无存 ……” 的记载也不乏其例。据统计分析, 自唐代至民国(公元 618 年至 1948 年), 我省沿海有关风暴潮灾的史料记载多达 500 余条目, 其中唐代 7 个地点, 23 条记载, 宋代 22 处, 137 条记载, 元代 27 处, 75 条记载, 明代 9 处 152 条目, 清代 12 处 92 条目, 民国(1912 年~ 1948 年) 37 年中, 沿海 17 个县、市有 15 个年份, 45 条灾情记载^[7]。自 1471~ 1911 年间我省沿海特大风暴潮灾有 6 次^[8]。这些灾情多数载于我省沿岸各县县志或府志^[9、10]。

有关历史上我省海岛风暴潮灾害可见表 2。表 2 列出我省历史上海岛地区主要潮灾的记

载。

由表 2 可见,历史上农历 5~9 月均有风暴潮灾害发生,其中农历 7 月份最多约占 50%。且多数潮灾在大潮期间出现。从历代记载看,灾害及损失以浙北岛区的定海最为频繁和严重,其次是浙南的玉环厅。定海曾有“大风雨,海溢,溺死兵民万余、禾稼淹尽”的记载。玉环也有“溺死数万人,市肆皆尽”的记录,可见历史上海岛地区的风暴潮灾害及其损失也是严重的。应当指出,我省沿海与海岛地区均为同一个受台风(风暴)影响的灾害带,只是在历史上,海岛地区远离大陆人口稀少、经济、文化甚不发达,故灾害记载多不完整,象大陈、洞头等海岛有关潮灾记载甚少。

2 建国以来的风暴潮灾害

建国以来全省沿海多次遭受风暴潮灾害(1949~1990 年)。其中最典型的有造成浙北重大人员伤亡和经济损失的 5612 号台风风暴潮和 8114 号台风风暴潮;浙中有造成解放以来我省经济损失最大的 8923 号台风风暴潮;浙南有 7209 和 8506 台风风暴潮。7413 号和 8310 号台风风暴潮曾给温州一长江口整个沿海造成重大灾害。

舟山 1981 年 14 号台风风暴潮,造成定海 1030cm 岱山 1021cm 和长涂 540cm 的高潮位(本站假定基面),为迄今测得的最高潮位。导致定海城关镇、普陀、沈家门镇沿港工厂、企业、商店及仓库海水漫进,岱山高亭镇潮水位高出街面 0.7m,损坏海塘 230 条,码头 40 处,损坏房屋 3905 间,损失原盐 3.8 万吨,成灾农田 9.8 万亩。

7413 号台风,8 月 20 日在浙江三门登陆,其时正值农历 7 月初 2 大潮汛,定海站高潮位上出现增水 82cm,最高潮位 10.18m,定海城关镇码头附近、沈家门沿港海水倒灌,水深达 0.3m,许多工厂、企业、住宅和仓库进水,直接经济损失 5000 万元人民币。又如 7910 号台风,8 月 24 日晚台风中心在普陀登陆,转向东北,穿过泗礁、嵊山,最大风速超过 40m/s,直接经济损失达 4000 万之余。

浙中岛区以 8923 号台风风暴潮造成的灾害损失最为严重,台州地区直接经济损失 8.09 亿元,其中大陈岛,出现 6.08m 的高潮位(本站水尺零点)。狂风及其暴潮使码头、船只损毁,海水入镇许多设施遭受破坏。建国以来大陈岛 6207、8310 号台风期间测得风速最大,分别是 46.5m/s 和 45.9m/s。如 8310 号台风该站 9 月 25 号 8 时起风力达 8 级以上,持续 50 小时,12 级以上飓风持续 14 小时,海上浪高 13.4m,台风浪和暴潮冲毁该镇坝顶长达 90m,镇内水深 1m 余。6207 号台风当时目测波高 14.6m,潮浪冲毁护镇堤坝,暴潮入镇,造成严重经济损失。再有一年中 7909、7910 两次风暴潮都漫进城关镇。

浙南岛区,从全省来看是受台风影响最频繁的区域。建国以来,在浙江沿海登陆并造成风暴潮灾害的 15 次台风中,在浙南登陆的就有 9 次,占 60%。潮灾损失也很大,如 8506 号台风在玉环登陆,全省受灾农田面积 8 万亩,成灾农田面积 5.3 万亩,在总长 272km 的堤塘上,毁堤 2600 多处,全省死亡 312 人,伤 1524 人,经济损失上亿元,玉环县直接经济损失超过 5000 万元。

表 2 历史上我省海岛风暴潮灾害记载

序号	受灾 年、月、日	历代纪元	遭灾地点	灾 情	主 要 文 献
1	1093	宋、元佑	定海	海风驾潮害民田	《宋史·五行志》
2	1166. 8. 17	乾隆二年	玉环	溺死数万人, 市肆皆尽	光绪《玉环厅志》卷一四
3	1177. 5	淳熙四年	定海	败堤二千五百余丈	嘉靖《定海县志》卷九
4	1177. 9	淳熙四年	定海 鄞县	坏定海, 鄞县海岸七千之百余丈, 漂民庐, 没日禾	万历《绍兴府志》卷一三
5	1178. 7. 7	淳熙五年	定海	秋大水, 飓风驾潮害稼	嘉靖《定海县志》卷九
6	1209. 7. 1	嘉定二年	台州、 定海	大风雨, 海潮, 漂二千二百八十余家	《宋史·五行志》
7	1569. 7.	隆庆三年	定海 玉环	定海飓风密雨海溢玉环厅大雨海溢	《二申野录》卷五 光绪《玉环厅志》卷一四
8	1575. 5. 13	万历三年	定海	定海大风雨, 海溢, 溺死兵民万余, 禾稼淹尽	民国《定海县志·光地志》
9	1591. 7. 19	万历十九年	定海	大雨如注, 海潮入定海城	《明史·神宗记》
10	1598. 9.	万历二十六年	定海	浙江水灾, 定海被灾九成	雍正《浙江通志》卷七五
11	1628. 7. 23	崇祯元年	海盐 定海	浙江海溢, 大风雨成灾	雍正《浙江通志》卷一〇九
12	1724. 7. 18	雍正二年	海宁、定海永嘉等沿海十余县	江南大风雨, 海水溢, 田庐盐场畜尽没	《清史稿·灾异志》
13	1854. 闰 7. 5	咸丰四年	定海、 玉环	大风雨海溢, 玉环大水	《越缦堂月记补》 光绪《玉环厅志》卷六
14	1864. 6. 16	同治三年	定海、 镇海等	暴风雨, 坏舟民溺死无数	民国《镇海县志》卷四三
15	1899. 6. 14	光绪二十五年	定海	定海大水, 舟入城市	民国《定海县志》 民国《定海县志·光地志》

3 全省海岛风暴潮灾害的几个特点

综上所述, 对于我省沿海岛屿的风暴潮灾, 不难归结为如下特点:

- (1) 风暴潮灾害具有明显的季节性, 无论是历史记载或是近代的观测记录, 都表明灾害的发生主要出现在农历 6、7、8 三个月, 其中农历 7 月最为集中, 约占 50%, 由此可见, 这种灾害主要是和热带风暴及台风的侵袭直接有关, 故影响我省近海岛屿的风暴潮的类型主要是台风暴雨。
- (2) 记载表明, 台风暴雨灾害的出现还与天文潮有密切地关联; 上述资料的统计表明, 灾害多数在天文大潮期间发生。
- (3) 沿海岛屿的风暴潮灾, 在地域上有很大的广泛性, 一次严重风暴潮灾, 往往使浙南至浙北沿海广泛遭灾, 历史上有“江海涌溢、环数千里……庐舍漂流, 人畜溺死。”“宁、绍、杭、温各地……海有声, 滨海居民同时共闻。”的记载。建国以来如 5612、7413、8310 号台风及其伴随的暴雨, 均使全省沿海岛屿大范围遭灾。

就灾害程度而言,除与热带风暴或台风直接侵袭的地点、台风风暴潮的强度和台风增水的历时有关外,还与沿海岛屿人口密集程度、经济发展状况和海堤防御工程设施有关。一般来说,在历史上或建国初期,人员伤亡极大,随着社会经济发展和防御手段的增强,人员伤亡逐年减少而财产损失则成倍增长。

四、海岛台风风暴潮

1. 影响全省海岛的台风(热带风暴)概况

前面我们已经论证,发生于我省沿海岛屿灾害性的风暴潮,主要由台风或强热带风暴的作用所致。

据台风历史资料统计,从 1884~1990 年百余年中,有 70 次台风在本省登陆,平均每年 0.65 次,其中 1922 年登陆台风达 5 次之多。建国以来有 23 次台风在本省登陆,平均每年 0.56 次;有 155 次台风进入警戒线^[12、13],平均每年 3.69 次,最多的一年是 1989 年共有 7 次台风进入警戒线区。可见我省近海是台风活动的频繁区域,由于海岛一般地处近海前沿,故我省沿海岛屿区无疑是遭受台风袭击和影响的最频繁的区域。而且在我省近海,台风活动时间较长,一年当中 5 月~10 月份均可能有台风影响我省,但主要是 7~9 月份,约占 70%^[14]。

经分析,影响我省海岛的台风路径可划分为二型:登陆型和转向型(见图 1~2)

(1) 登陆型:可分三大类

D1 类:浙江沿海登陆,如 5612、7413 台风等。

D2 类:穿过台湾海峡在福建沿海登陆,如 7123、8912 等。

DN 类:在浙、沪近海平行北上至山东半岛附近登陆,如 6005 号台风。

上述台风路径如图 1 中所示。

(2) 转向型:可分三大类。

HWN 类:在 125°E 以西,浙江近海转向东北。

HE 类:在 125°E 以东,浙江远海转向东北。

HWS 类:低纬度转向,沿琉球岛链区东北向行。

上述各类路径较典型的台风如图 2 所示。

影响浙江沿海的热带风暴(台风)绝大多数源于西北太平洋,即在马利亚纳和马尔绍夫群岛、菲律宾以东及关岛、琉球群岛附近洋面生成;少数则在南海、东海生成。在我省海岛风暴潮研究中应特别注意浙江沿海登陆或者近海转向类台风。浙江沿海登陆的台风,多数来自西北太平洋,在广阔的东海大陆架上可充分发展。如 1956 年 8 月 1 日,登陆浙江象山的 12 号台风,登陆时的中心气压 923hPa,最大风速 55~60m/s,我省沿海风力普遍大于 50m/s(见表 3、表 4)。

表 3 及表 4 给出了若干对我省沿海岛屿袭击和严重影响的台风概况。从中我们可了解到

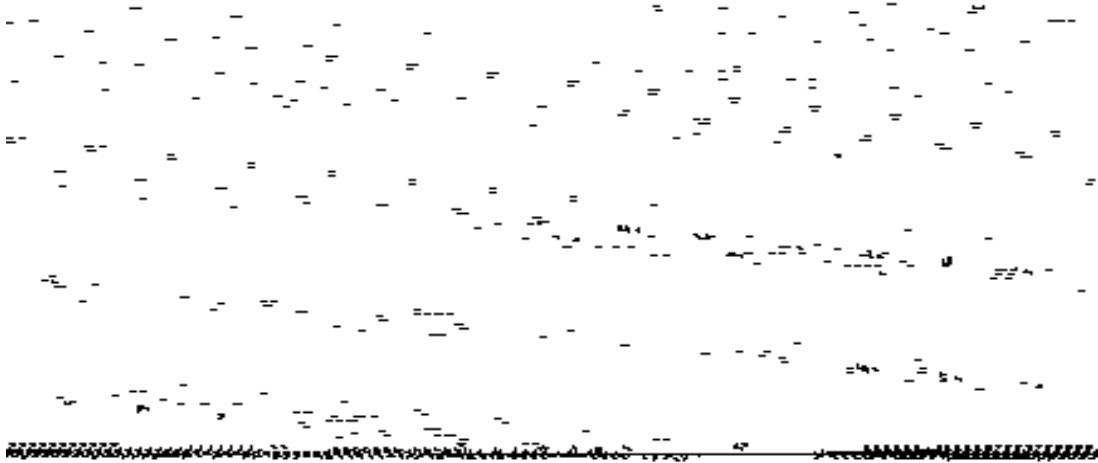


图 1 登陆型台风路径分类示意图

图 2 转向型台风路径分类示意图

台风路径、强度、移向和移速等特征状况, 从而认识它们对沿海岛屿台风风暴潮发生的作用。

2 我省沿海岛屿的台风增水

(1) 海岛各站台风增水的分布和频率统计

通常人们总是选择台风增水过程的最大值(峰值) 来作为增水变幅的特征量度, 我们依

表 3 影响浙江沿海岛屿某些登陆型台风的概况

中央 台风 编号	路 径 类 别	强 度	过 程		沿 海 登 陆			
			最低 气压 (hPa)	最大 风速 (m/s)	地 点	时 间 (月·日·时)	最 大 速 度 (m/s)	中心 气压 (hPa)
5612	D1	强台风	905	90	浙江象山	8. 1. 24	≥50	923
6126	D1	强台风	935	60	浙江三门	10. 4. 07~ 08	≥40	960
7209	D1	强台风	910	60	浙江平阳	8. 17. 15~ 16	≥42	965
7413	D1	强台风	968	35	浙江三门	8. 19. 24	≥32. 6	974
7910	D1	强台风	908	65	浙江普陀	8. 24. 18	25	967
8506	D1	强台风	965	40	浙江玉环	7. 30. 22~ 23	40	965
8707	D1	强台风	970	35	浙江瓯海	7. 27. 20~ 21	30	978
8923	D1	强热带 风暴*	980	30	浙江温岭	9. 15. 19~ 20	30	980
9015	D1	台风*	955	45	浙江椒江	8. 31. 09~ 10	35	970
7708	DN	强台风	906	70	上海崇明	9. 11. 07	28	969
8913	DN	强热带 风暴*	980	30	上海川沙	8. 4. 06~ 07	28	982
6911	D2	强台风	888	85	台湾花莲	9. 27. 02~ 03	45	931
7123	D2	强台风	905	65	福建晋江	9. 27. 13	30	965
					台湾宜兰	9. 22. 23	45	945
					福建连江	9. 23. 13	36	970
9012	D2	台风*	955	40	福建福清	8. 20. 10	24	975

* 路径类别同浙江省台风资料中的分类。
* 根据中国气象局关于“采用国际热带气旋名称和等级标准”的通知。

表 4 影响浙江沿海岛屿的某些转向台风的概况

中央 台风 编号	路 径 类 别	强 度	过 程		海 上 转 向				
			最低 气压 (hPa)	最大 风速 (m/s)	转向位置 北纬/东经 (°)	转向时间 (月·日·时)	中心 气压 (hPa)	最大 风速 (m/s)	转向前 移速 (km/h)
5907	HWN	强台风	905	85	27. 2/ 124. 9	9. 16. 08	922	75	22
6207	HWN	强台风	971	40	32. 9/ 123. 5	8. 2. 08	975	35	17
6303	HWN	强台风	934	70	29. 2/ 123. 9	6. 19. 08	970	35	22
8114	HWN	强台风	949	45	30. 4/ 123. 1	9. 1. 08	955	40	9
8310	HWN	强台风	876	75	29. 0/ 124. 0	9. 27. 02	935	55	17
8615	HWN	强台风	923	60	30. 0/ 124. 1	8. 27. 14	960	40	17
7308	HE	强台风	972	40	32. 1/ 125. 0	8. 16. 20	976	30	22
8019	HE	强台风	890	70	26. 1/ 125. 5	10. 12. 20	925	50	15
8119	HWS*	强台风	945	45	22. 8/ 128. 4	10. 20. 20	945	45	19
8219	HWS*	强台风	936	55	21. 0/ 124. 1	9. 20. 14	936	55	4

* 均指在低纬度转向后并沿琉球岛链外侧向东北移行的太平洋台风。

据此进行了分析和统计。统计表明,浙北岛区定海最大增水 160cm,长涂最大增水 135cm。浙中的大陈岛最大增水 92cm。浙南洞头与坎门的最大增水分别是 102cm 和 183cm,呈南、北岛区较大,浙中岛区较小的地理分布。

为了进一步详细了解沿海岛屿台风增水发生的频率,我们又对上述所有资料序列中其增水峰值大于等于 0.5m 不同量值范围的情况,进行了出现频率的统计(见表 5)。由表 5 可知:就我省沿海岛屿而言,有 81% 以上的情况增水峰值介于 0.5~1.0m 的范围之内,而增水峰值介于 1.0~1.5m 之间出现频率仅 3~17%,(其中大陈岛出现率为 0),而最大增水介于 1.5~2.0m 之间者,出现频率更小,仅定海、坎门有所发生,频率仅为 3% 与 5%。可见,从整体来看岛屿区的台风增水其幅度要远小于大陆沿岸^[3],而且出现频率较为集中,大部分情况为 1m 以内的增水过程。

从岛屿区之间的比较来看:在浙北岛区定海和长涂,增水峰值大于 0.5m 以上者,平均每年就有一次,大于 1.0m 以上者,平均为每 18 年和每 6 年出现一次;在浙中大陈,近几年来仅有小于 1.0m 的台风增水发生,平均每年亦有一次;在浙南岛区的洞头和坎门,大于 0.5m 以上的增水平均每年出现 2~2.5 次,而大于 1m 增水,每 6 年和每 2 年就有一次。因此,浙南岛区各档台风增水其出现频率几乎高于浙北、浙中岛区两倍以上。

考虑到上述各站资料年限长短不一,有可能导致可比性的降低,我们又对近 6 年(1985~1990)来同期的资料进行统计(见表 6)。可以看到,各岛区之间的横向可比性仍接近于多年的统计状况,故上述结论具有良好的代表性。

(2) 我省海岛各站台风增水特点

为了较典型地反映海岛站各站台风增水基本状况和主要特征,统计了各站台风增水记录中,增水幅度最大的 10 个风暴潮过程(见表 7~10)。

①显而易见,各岛区显著的增水过程出现的月份,与台风袭击和影响的季节具有一致的对应性。浙北和浙中岛区,主要集中在 8 月、9 月份,占 80%,个别在 10 月、11 月亦有出现。浙南的洞头、坎门站(较大的风暴潮)出现在 6 月~10 月份,8、9 月份的出现率分别占 70~80%,

表 5 全省海岛各站台风增水峰值 R 出现频率统计表

海区	站位	增水范围	$50 \leq R < 100$ (cm)	$100 \leq R < 150$ (cm)	$150 \leq R < 200$ (cm)	累计	统计年份
浙北	定海	出现次数	32	1	1	34	1956~ 1990 年 (35 年)
		百分比%	94	3	3	100	
	长涂	出现次数	27	5	—	32	1969~ 1990 年 (32 年)
		百分比%	84	16	—	100	
浙中	大陈	出现次数	12	—	—	12	1980~ 1990 年 (11 年)
		百分比%	100	—	—	100	
浙南	洞头	出现次数	10	2	—	12	1985~ 1990 年 (6 年)
		百分比%	83	17	—	100	
	坎门	出现次数	64	11	4	79	1959~ 1990 年 (32 年)
		百分比%	81	14	5	100	

表 6 海岛各站同期增长峰值统计(1985~ 1990 年)

站位	增水范围	$50 \leq R < 100$ (cm)	$100 \leq R < 150$ (cm)	$150 \leq R < 200$ (cm)	累计
浙北	定海	6	—	—	6
	长涂	5	1	—	6
浙中	大陈	5	—	—	5
浙南	洞头	11	1	—	12
	坎门	10	3	—	13

相对集中。值得一提的是: 浙南早在 6 月份就可出现较大风暴潮, 比浙北、浙中各站早一个月, 如 6303 号、9005 号台风风暴潮, 这需引起防汛部门的重视。

②统计表中台风增水峰值: 浙北岛区的长涂和定海站, 尽管统计年限有差异, 但其中 80% 的台风号相同。从它们量值比较看, 长涂站的增水要较定海站大, 从相同的 8 场增水过程看, 平均量值长涂要高出定海 17cm 左右(见表 7、8) 。浙南的洞头、坎门二站, 台风增水幅度坎门站较洞头站大。如 8615 号台风增水过程, 坎门高出 54cm。浙中的大陈站最大增水值均小于 100cm。显然, 这在一定程度上反映了地理位置和周围地形对增水幅度的影响。

③统计台风增水过程中峰值前后各档次增水持续时间, 本工作将其划成三档, 即 $\geq 50\text{cm}$ 、 $\geq 75\text{cm}$ 和 $\geq 100\text{cm}$ 。由表可知, 其一, 当岛区受范围大, 强度强的登陆型台风作用时, 一般各档增水历时较长, 如 5612、6126 和 7413 等台风。其二, 当岛区受转向型台风影响而其位置又距转向点较近时, 一般增水历时也较长, 如 8310、8114 和 8615 等台风。其三特别是 $\geq 75\text{cm}$ 的增水持续时间较长时, 导致同天文潮高潮相遇的机率相对增大, 构成潮灾的概率就越大。历史上一些严重的风暴潮灾的发生, 无不与较长的增水历时有关。

④增水峰值落入潮汐各时段上的统计,对于风暴潮灾成因的讨论具有重要的意义,人们往往最关心是增水峰值与天文高潮相互配置的情况。一般说,这种机率是不高的,沿岸通常在10%上下^[15,16],但由于我们只是选取了各站历史上前10个最大的增水过程载于表7~11中,故相对比例较大,大部分在10~30%之间,这里应特别引起注意的是在坎门站,从表所选的10例情况来看,几乎百分之百的增水峰值均出现于该站的高潮时段,这一现象究竟是具有普遍意义的规律?还是这些个例中增水长波与潮波两者移行关系恰好匹配?其机制尚待进一步地研究。不过,从坎门站更多的资料来看,这一现象的出现并非是绝对的,例如7504号强台风增水过程其增水峰(118cm)就落入低潮时段。另外,还应当指出,坎门站潮差较大(平均潮差为4.06m),台风暴雨与天文潮之间的耦合作用较为严重,波动型和混合型上存在着明显的半日潮周期的波动。显然,这种状况的存在,将是我们深入研究坎门站增水特征的重要方面。

表 7 定海台风过程增水记录

台风号	台风类型	最大增水			增水持续时间(h)		
		量值 (cm)	出现时间 (月·日·时)	潮汐时段	Δ H> 50cm	Δ H> 75cm	Δ H> 100cm
5612	D1	160	8. 2. 01	涨潮	15	11	7
8310	HWN	115	9. 27. 05	落潮	17	7	3
6126	D1	91	10. 4. 02	涨潮	17	7	-
8114	HWN	87	9. 1. 04	落潮	13	6	-
8615	HWN	85	8. 27. 11	涨潮	14	3	-
7708	DN	84	9. 10. 13	落潮	9	3	-
7413	D1	82	8. 19. 17	落潮	10	2	-
7622	HE	80	11. 11. 06	低潮	9	3	-
7910	D1	77	8. 24. 16	落潮	15	2	-
6207	HWN	76	8. 1. 20	涨潮	15	1	-

表 8 长涂台风过程增水记录

台风号	台风类型	最大增水			增水持续时间(h)		
		量值 (cm)	出现时间 (月·日·时)	潮汐时段	Δ H> 50cm	Δ H> 75cm	Δ H> 100cm
8310	HWN	135	9. 27. 07	低潮	36	18	10
8114	HWN	119	8. 31. 22: 50	高潮	17	6	2
8615	HWN	115	8. 27. 12	涨潮	19	8	5
7708	DN	115	9. 10. 13	落潮	20	7	3
6126	D1	96	10. 4. 02	涨潮	41	6	-
6207	HWN	95	8. 1. 18	涨潮	9	3	-
8019	HE	91	10. 14. 05	落潮	31	10	-
7910	D1	90	824. 18	涨潮	29	4	-
7413	D1	88	8. 19. 17	低潮	22	3	-
7308	HWN	68	8. 16. 08	高潮	7	1	1

表 9 大陈台风过程增水记录

台风号	台风类型	最大增水			增水持续时间(h)		
		量值 (cm)	出现时间 (月·日·时)	潮汐时段	$\Delta H > 50\text{cm}$	$\Delta H > 75\text{cm}$	$\Delta H > 100\text{cm}$
9015	D1	92	8. 31. 05	高潮	11	6	—
8310	HWN	87	9. 26. 17	低潮	26	4	—
8615	HWN	85	9. 27. 00	高潮	10	3	—
8119	HES	68	10. 23. 07	落潮	19	—	—
8114	HWN	65	8. 31. 07	涨潮	7	—	—
8019	HE	61	10. 14. 05	低潮	7	—	—
8923	D1	57	9. 15. 20	高潮	1	—	—
8921	D2	56	9. 13. 06	涨潮	7	—	—
8219	HES	54	9. 24. 11	涨潮	3	—	—
8913	DN	51	8. 3. 07	涨潮	1	—	—

表 10 洞头台风过程增水记录

台风号	台风类型	最大增水			增水持续时间(h)		
		量值 (cm)	出现时间 (月·日·时)	潮汐时段	$\Delta H > 50\text{cm}$	$\Delta H > 75\text{cm}$	$\Delta H > 100\text{cm}$
9015	D1	102	8. 30. 15	涨潮	18	6	1
8615	HWN	71	8. 27. 03	落潮	4	—	—
8617	HWN	67	9. 17. 16	涨潮	4	—	—
8707	D1	67	7. 27. 20	涨潮	3	—	—
9012	D2	62	8. 20. 10	低潮	5	—	—
8921	D2	59	9. 13. 03	涨潮	8	—	—
8913	DN	58	8. 3. 07	涨潮	5	—	—
9005	HE	56	6. 23. 22	高潮	1	—	—
8711	D2	54	8. 31. 04	落潮	1	—	—

表 11 坎门台风过程增水记录

台风号	台风类型	最大增水			增水持续时间(h)		
		量值 (cm)	出现时间 (月·日·时)	潮汐时段	$\Delta H > 50\text{cm}$	$\Delta H > 75\text{cm}$	$\Delta H > 100\text{cm}$
8310	HWN	183	9. 26. 11: 13	高潮	22	7	4
7209	D1	161	8. 7. 01: 55	高潮	28	21	11
6126	D1	174	10. 3. 17: 28	高潮	29	17	2
6911	D2	157	9. 26. 21	高潮	8	4	4
7123	D2	136	9. 22. 23	高潮	13	4	2
6303	HWN	169	6. 18. 18: 44	高潮	6	2	1
5907	HE	128	9. 16. 09	高潮	15	1	1
6008	D2	125	8. 8. 22: 09	高潮	30	11	2
7910	D1	125	8. 23. 21: 56	高潮	21	3	2
8615	HWN	125	8. 27. 00: 58	高潮	24	5	1

注: ①上述台风增水的量值均在各站统计年限内获得。
②表中统计年限内该类台风引起的最大增水> 50cm 以上者参加统计。

3 影响我省海岛台风增水的主要因素

海岛地区台风增水的幅度与其所处的地理环境有关,如水深、海域开阔程度及其离大陆沿岸的距离等;同时还取决于台风要素,如台风路径、强度、尺度及其移行速度等要素。

(1) 台风影响

①台风路径

影响本省海岛区的台风路径(见图 1~ 2),其影响及与增水幅之间的统计可见表 7~ 11,表中列出各站较大台风增水过程。浙北岛区,登陆型中的 D1 和 DN 两类台风,出现频率最高,定海占 50%,长涂占 40%;近海转向型 HWN 类台风二站各占 40%、50%(表 7~ 8)。可见,浙北海岛重大台风暴潮的发生,主要是浙江沿海登陆台风(包括长江口登陆的台风)和近海转向类台风所致。浙中岛区大陈站,登陆型 D1 类(含 DN 类)和近海转向的 HWN 类各占 30%,而 HE 类、HWS 类和 D2 类台风路径影响比例则较分散(表 9),各种路径的台风都有可能导显著台风增水过程的出现,故浙中岛区除应注意登陆型和近海转向类的台风影响外,对其他各类路径的台风也应予以重视。浙南岛区,洞头和坎门二站登陆型 D1 类台风和福建登陆(D2)的台风各占 30%(表 10~ 11)。因此,浙南岛区除注意浙江沿海登陆和转向类台风影响外,还应重视福建沿海登陆,特别是在闽北登陆的台风。总之,各类路径影响程度主要与某海岛区距离远近有关。

表 12 历年各类型台风路径所引起的最大增水一览表(单位: cm)

海 区	测 站	最大增水(登陆型台风)			最大增水(转向型台风)		
		D1 类	D2 类	DN 类	HWN 类	HE 类	HES 类
浙 北	定海 (1950~ 1990 年)	160 (5612)	50 (8921)	61 (6005)	115 (8310)	80 (7622)	62 (5628)
	长涂 (1960~ 1990 年)	115 (7708)	52 (6615)	73 (6005)	135 (8310)	91 (8019)	65 (8021)
浙 中	大陈 (1980~ 1990)	92 (9015)	56 (8921)	-	87 (8310)	61 (8019)	68 (8119)
浙 南	洞头 (1985~ 1990 年)	102 (9015)	59 (8921)	-	71 (8615)	54 (8711)	-
	坎门 (1959~ 1990 年)	161 (7209)	157 (6911)	79 (7008)	183 (8310)	128 (5907)	83 (7919)

注: 括号内数字为台风编号。

表 12 为历史上全省沿海岛屿各种类型路径的台风所引起的最大增水峰值一览表。由表可知,在登陆型的台风中以 D1 类所导致的增水幅度最大,全省沿海岛屿出现 92~ 161cm 的增水峰值。在转向型台风中,以 HWN 类影响最大,增水峰值范围在 71~ 183cm 之间。从表 12 中,我们还可以全面地了解其余各型台风所产生的最大增水情况。

②台风风场

台风诸要素对风暴潮的影响中外学者已作过大量的研究,认为在浅海区的陆架上,风应力效应占优势。根据厄克曼理论,在深水区,作用在海面上的风应力引起的表层水体的输送,其

方向在北半球于风向右方 90°, 而当水深变浅水体输送的角度将逐渐变小^[17, 18, 19]。在我们所讨论的海岛区域内, 水深均在 20m 等深线以浅, 因此, 台风增水或者减水主要取决于风向, 而增、减水的量值则取决于风速大小。

从浙北岛区看, N~ NE 风向为增水风向, 即吹 N~ NE 风时岛区台风增水逐时增加, 增水幅度随着风速的增强而上涨(图 3~ 4), 而趋偏西风场时, 增水急剧下降, 岛区可出现减水。

浙中岛区的大陈, N、NNE、NE 风向为增水风向, NNW 风向也使岛区增水, (图 3~ 4), 而其余风向如 NW, W, SW 都会使岛区增水下降, 或形成减水。增水的幅度与 N~ NE 风速强弱有关。

浙南岛区以坎门站为例, 如 NNW, N 风向都会出现增水(图 3~ 4), 增水量值随风速增大而增加; 而当 NW, W, SW 风向时增水下降, 持续时间较长时, 过程出现减水。

综上所述, 对全省海岛区而言, 当出现 N~ NE 或 NNW 风向时, 风应力对表层水体的驱动以及在柯氏力作用下向岛区海岸堆积形成增水。在偏西风场作用下, 将使海岛区增水下降或出现减水。

» 气压场效应

外海孤立的岛屿台风增水主要依赖气压效应。在浅海陆架上的海岛区, 台风气压效应与风应力效应相比列居第二。当台风中心通过或者接近海岛站时, 由气压下降而导致的增水贡献多数在 30% 左右; 台风增水峰值与气压下降的谷值二者有一个位相差, 气压谷值一般要滞后增水的峰值(见图 3、图 4)。资料分析还可知, 我省海岛各站台风增水过程中的气压效应主要由台风强度及台风中心位置距海岛站的距离远近而定。

(2) 地理位置条件影响

沿海岛屿地理位置条件与风暴增水幅度的大小有着密切的关系。一般接近大陆沿岸的海岛站增水幅度较大, 如与大陆相接壤的坎门站风暴潮幅度最大; 海岛处于较开阔海区, 前沿水深又较深的岛区, 风暴潮相对较小, 如浙中的大陈站, 在分析的五个海岛站中, 风暴潮最小; 河口海湾口区内的海岛站增水幅度较大, 如滩浒站的风暴增水幅度要明显大于长涂站(见表 13)。表中所示 1990 年几次台风增水, 滩浒站台风增水较长涂站约大一倍。

表 13 长涂站和滩浒站台风增水幅度对照表(单位: cm)

项目 台风号	滩 浒	长 涂	差 值
9005	68cm	17cm	51
9007	33cm	18cm	15
9012	68cm	38cm	30
9015	86cm	57cm	29
9018	60cm	26cm	34

五、小 结

为利于浙江省海岛区风暴潮的讨论, 将全省海岛分为浙北, 浙中和浙南三大岛区, 并选择代表性的海岛站进行了风暴潮及其灾害的分析和研究, 结果有:



图 3 海岛各站台风增水与风、气压逐时变化图
(登陆型台风, 虚线为气压过程线, 下同)

11 我省海岛区是受台风及其暴潮袭击频繁并遭严重威胁的区域。据建国以来台风资料统计, 平均每年有 3169 次台风进入我省警戒区, 最多一年可达 7 次。全省台风暴潮资料分析

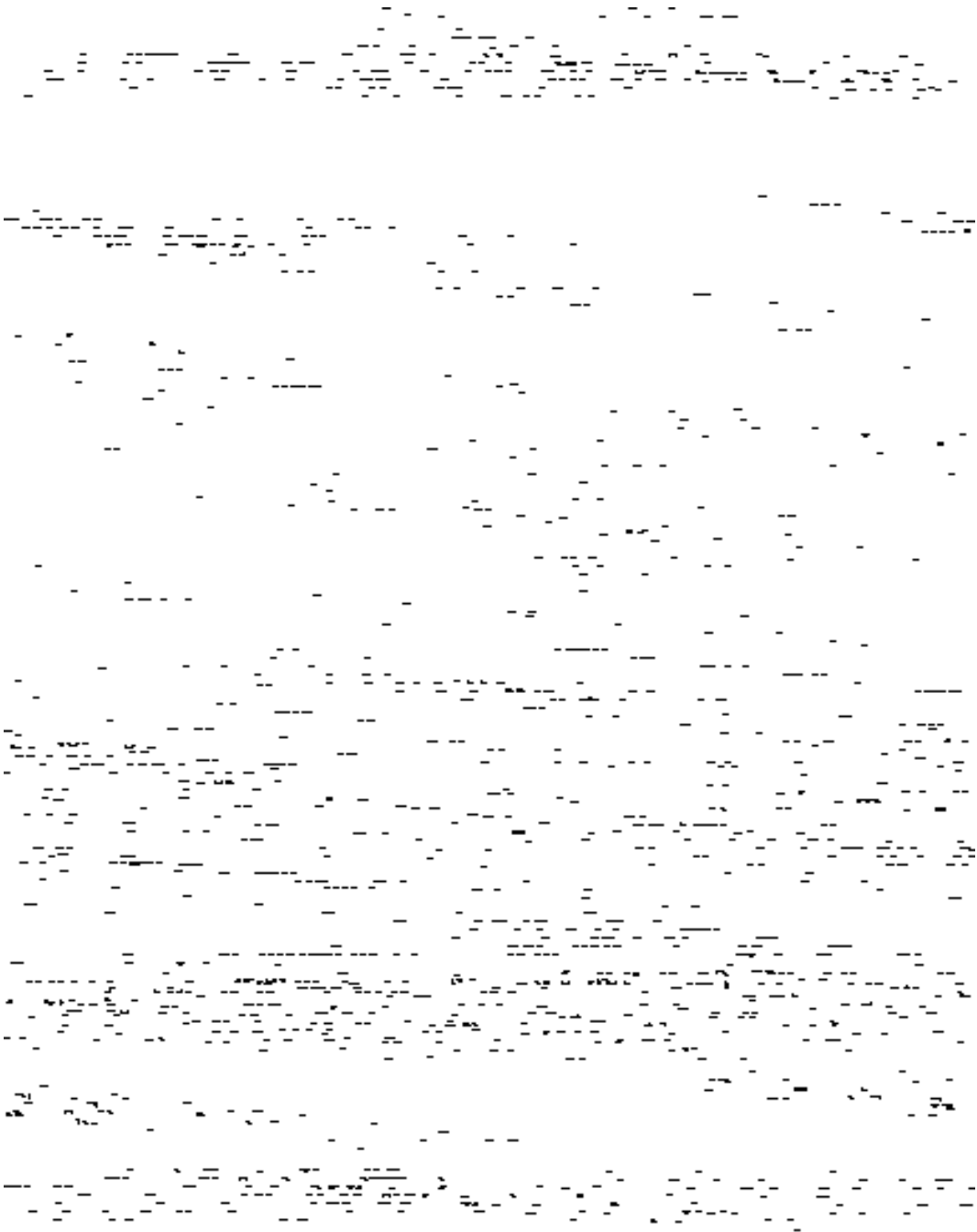


图 4 海岛各站台风增水与风、气压逐时变化图
(转向型台风)

表明, 浙南台风增水大于 50cm 的, 坎门每年 215 次, 洞头每年 2 次, 大于 100cm 以上者, 坎门 2 年就有一次, 大于 150cm 以上的 8 年也可出现一次。浙北、浙中岛区各站, 增水大于 50cm, 平

均每年可达一次, 增水超过 100cm 的, 长涂 6 年有一次。浙南台风暴潮增水量值大, 出现频率最高。

21 历年全省海岛各站最大增水, 浙北定海 160cm, 由 5612 号台风引起, 长涂 8310 号台风增水 135cm; 浙中大陈 9015 号台风增水 92cm; 浙南洞头 147cm(8506 号台风增水), 坎门 183cm(8310 台风增水)。它们分别由登陆型台风 D1 类路径和近海转向型 HWN 类路径的台风造成, 上述二类台风路径对我省海岛区的影响最大, 浙南登陆型台风中的 D2 类路径影响也较大。

31 全省海岛台风增水主要受控于台风风场, 当海岛各站置于 NE、NNE 和 N 风的风场时, 出现增水, 增水值随风速增强而增大, 有时浙南、浙中岛区站处于 NNW 向风场时也会引起增水。在强劲的西风或西北风风场下, 岛区各站将出现不同程度的减水。

41 风暴潮灾害具有明显的季节性, 无论是历史记载或是近代的观测记录, 都表明灾害的发生主要出现在农历 6、7、8 三个月, 其中农历 7 月最为集中, 约占 50%, 由此可见, 这种灾害主要是和热带风暴及台风的侵袭直接有关, 故影响我省近海岛屿的风暴潮的类型主要是台风暴潮。当然, 其中还与天文大潮的出现季节存在着密切的关系。沿海岛屿的风暴潮灾, 在地域上有很大的广泛性, 一次严重风暴潮灾, 往往使浙南至浙北沿海广泛遭灾。

参 考 文 献

- [1] 浙江省海岸带和海涂资源综合调查领导小组, 浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告, 海洋出版社, 1988。
- [2] 逢自安, 东海海洋, Vol. 9, No. 1, 72~ 79, 1991。
- [3] 羊天柱、应仁方, 宁波-舟山深水港域自然环境与建港条件, 海洋出版社, 91- 98, 1991。
- [4] 林传兰, 东海海洋, Vol. 9, No. 3, 12~ 19, 1991。
- [5] 王骥、方国洪, 海洋学报, Vol. 3, No. 2, 193~ 210, 1991。
- [6] 方国洪、王骥, 海洋学报, Vol. 8, No. 4, 399~ 407, 1986。
- [7] 应仁方, 浙江省灾害防御协会材料汇编, 38~ 44, 1990。
- [8] 周子康, 东海海洋, Vol. 5, No. 4, 25~ 31, 1991。
- [9] 陈桥驿编, 浙江灾异简志, 浙江人民出版社, 1~ 177, 1991。
- [10] 刘安国, 青岛海洋大学学报, Vol. 20, No. 3, 25~ 37, 1990。
- [11] 田任午, 风暴潮, No. 2, 108~ 114, 1983。
- [12] 林显玉, 浙江省/89231号台风暴潮综合调查报告, 1990。
- [13] 羊天柱, 浙江航海, No. 3, 16~ 19, 1991。
- [14] 陈秀宝等, 东海海洋, Vol. 9, No. 1, 65~ 71, 1991。
- [15] 应仁方、沈雪龙等, 东海海洋, Vol. 5, No. 4, 1~ 14, 1987。
- [16] Rossiter, JI RI, Geophysl Jourl Royl Astronomic, 6, 111961~ 1962。
- [17] 周天华、陈宗镛, 海洋学报, Vol. 9, No. 6, 681~ 684, 1987。
- [18] 刘风树, 风暴潮, Vol. 1, 1~ 26, 1979。
- [19] 冯士筭编著, 风暴潮导论, 科学出版社, 7~ 8, 195~ 201。

THE STUDY ON THE TYPHOON SURGE IN THE REGIONS OF ZHEJIANG ISLANDS

Yang Tianzhu Ying Renfang

(The Second Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou)

Abstract

In the offshore water area of the Zhejiang Province there are multitudinous islands, number of which being larger than 500 square meters is 3061, they have widely been distributed. In this paper the typhoon surge disaster over islands were analyzed and studied systematically. The results of this study were as follows: The regions of Zhejiang islands were frequently influenced by typhoon surges. In general, the typhoon surge and its calamity in the regions of the southern islands are severer than that in the zones of the middle and northern islands. And the surge together with its calamity become severer from offshore to coast area. Tracks for typhoons having severe effect on the Zhejiang islands are mainly alongshore landing type or nearshore returning type, and the landing typhoons over the northern and middle coasts of Fujian Province have also a great influence upon the region of the south islands. In the island areas of Zhejiang Province the surges are mainly controlled by the wind field of typhoons. When stations on the islands are affected by typhoons, the surges will get rise with the increase of wind force in the N - NE direction, and will reduce with the strong winds in the west direction.

Key words: Zhejiang islands, Typhoon surge, The surge calamity.