

8114号台风浪的基本特性*

王涛

(中国科学院海洋研究所)

1981年第14号台风，于8月27日在太平洋西南方即台湾以东约2100 km的洋面上形成，并逐渐发展增强向我国沿海移动。台风中心于30日08时在台湾与冲绳之间进入东海，此后继续向西北方向移动。9月1日08时台风中心移至最西点(30.4°N, 123.1°E)，此时台风也发展到了最强盛期。以后台风开始减弱，并转向北偏东方向移动，

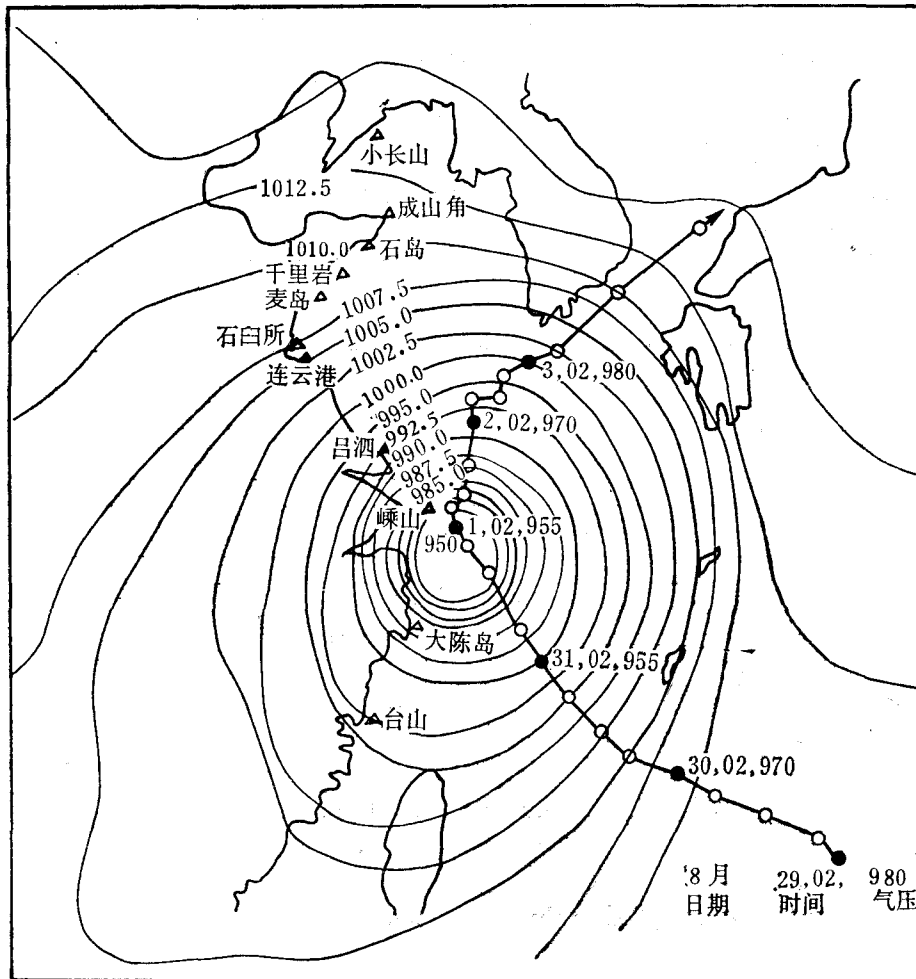


图1 8114号台风路径及实况

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告950号。
收稿日期：1982年12月8日。

于9月3日10时在济州岛与朝鲜半岛之间移出黄海,9月5日以后消失(见图1)。

8114号台风显然是西转型台风,据历史资料统计,它是近30年来在同类台风中最强的,其中心气压950 mb,近中心最大风速45 m/s,台风影响范围,其最外一条1005 mb封闭等压线的平均半径为655 km。另外,台风在转向点附近移速减慢到5 km/h,同时风力也发展到最大,使强风作用时间长,因而该海区出现了罕见的大浪。其中嵎山 $H_{1/10}$ 目测最大值为13 m,其平均周期 \bar{T} 13.6 s(以下所述波高和周期不加说明者皆指这一特征值),单个波最大波高17 m。这是黄海、东海我国沿岸有波浪记录以来最大的波高观测值。

当8114号台风移近大陆时,从甬江口到山东半岛沿岸都产生了较大的暴风增水,此时恰遇天文潮大潮期,使沿岸出现了历年最高水位或接近历年最高水位。另外伴随着台风降下了特大暴雨,其中宁波四明山区24小时雨量470 mm,3天雨量698 mm,产生了特大洪水。在台风侵袭期间,沿海一带特别是舟山、宁波沿岸同时出现了高水位、洪水、狂风和巨浪,其迭加破坏作用造成了严重自然灾害。在为害的诸因素中,台风浪显然是最主要的。本文试图通过对8114号台风浪的分析,进一步了解台风浪在沿海的分布状况、变化规律和产生破坏的条件,为今后对其进行预测和预防提供一些依据。

一、8114号台风浪的时-空分布特征

为了分析8114号台风浪在黄海、东海我国沿岸的时-空分布特征,我们收集了此沿岸一带在台风过境时的波浪观测资料¹⁾,其中除嵎山是目测外,其它都用岸用光学测波仪观测。各处的波高和周期的时间过程线分别绘于图2,3。

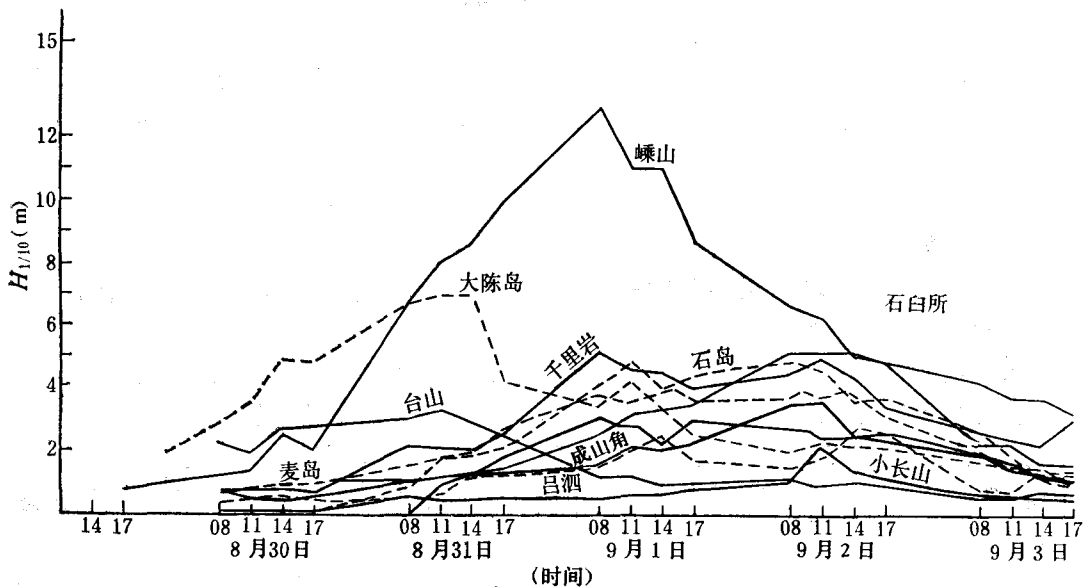


图2 8114号台风浪波高过程线

1) 资料由国家海洋局提供。

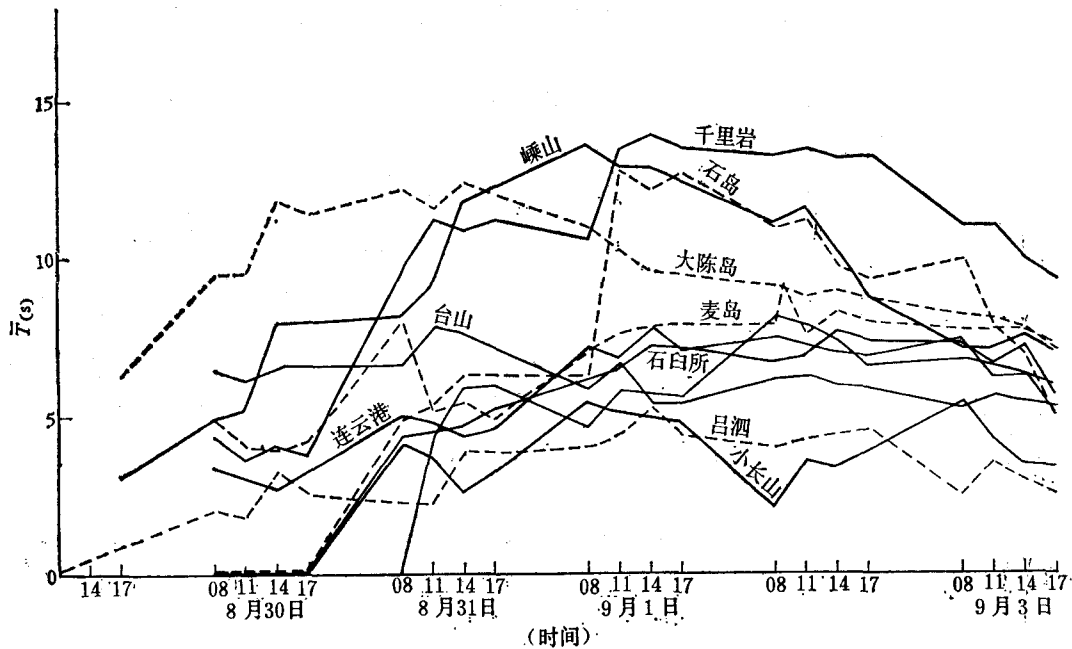


图3 8114号台风浪周期过程线

(一) 波浪要素的历时变化

台风由远而近向我国东南沿海移动,台风浪自然跟随台风向沿岸传播。从图1—3看出,台风中心处在台湾以东时,沿岸均未出现台风浪的征兆。当台风中心于30日08时进入东海后,台风涌浪首先在大陈岛出现,出现时间与台风进入东海的时间相近,其波高2.9 m,周期9.4 s。而后在黄海、东海我国沿岸由南向北相继出现了台风涌浪,千里岩较大陈岛迟一天,于31日08时测到波高2.1 m,周期9.7 s的涌浪。也就是说,台风进入东海后,其涌浪在一天左右时间内即可到达山东沿岸。

根据沿岸台风浪的时间过程线,显然可看出如下几个特点:

1. 关于峰值,东海台风浪成长只出现一个峰值,出现时间为台风近地点时间。山东半岛沿岸则出现了两个峰值,出现时间一个在9月1日对应于台风的最强时间,一个在9月2日台风离这些点最近的时间。

2. 波浪在增大阶段,各处的波高随离台风距离的减小而增大,见图2—4,而且靠近台风越近的点增长也越快,如崂山一夜间波高增大了5 m,而千里岩一天时间最快只增3 m。波浪周期在初期变化较快,此特点离台风越远越明显,千里岩及石岛在3小时内周期增大了6.5 s。另外,值得注意的是,在大浪出现处的波高和周期的峰值几乎于同时间达到。

3. 波浪衰减阶段,波要素随台风远离而减小,其中波高减小较快,周期变化较慢,如崂山波高在9小时内减小4.3 m,而周期几乎未变,大陈岛波高3小时减小2.8 m,周期也未变化。

4. 该台风盘踞黄海、东海的4天时间内,从各处出现的大浪过程看,3 m以上大浪持

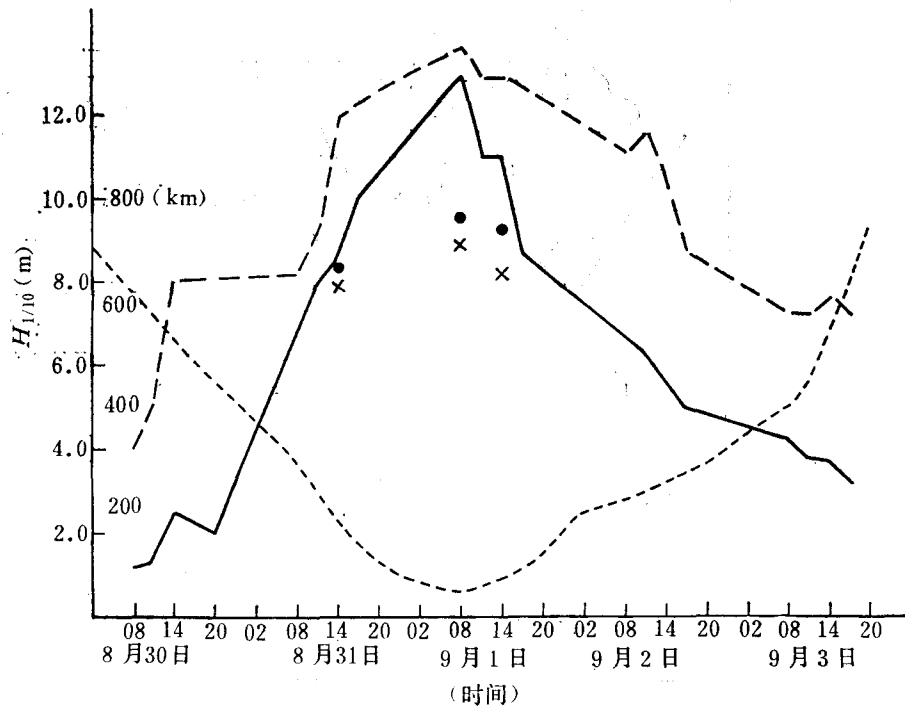


图4 8114号台风浪嵎山实况与推算结果

×——布氏方法；●——新方法。
——波高；---周期；-----台风中心离嵎山距离

续时间大陈岛为2天,嵎山为4天,胶东半岛南岸为2天。当台风移出济州岛后,我国沿海的大浪也随即消失。

(二) 波浪要素沿程和平面分布特征

1. 台风浪在我国近岸的沿程分布

从黄海、东海我国沿岸出现的大浪过程看,其沿程分布显然存在两个大浪区,一个出现在长江口以南,另一个出现在胶东半岛南岸。以测到的最大波高为标志,大陈岛7.0 m,嵎山13 m,吕泗2.8 m,连云港3.6 m,石臼所3.1 m,由此再向东波浪显著增大,麦岛4 m,千里岩—成山角4.9—5.2 m。台风在嵎山附近发展到最强,移速也最慢,因而在此海区形成了大浪,此后台风转向东北经苏北外海靠近了胶东半岛,在胶东半岛南岸也形成了大浪。但是在这两个大浪区之间的苏北及山东东南沿海却存在一个低波区,这是很特殊的,无论从地理位置或气象条件看,该区域都比胶东半岛南岸更靠近台风的强风区,一般波浪应较大,实际上却较小,甚至在该区内未测到较长周期的波浪。

在此必然要问,这个低波区的出现是否具有偶然性?为此我们将20多年来在该海区形成大浪的台风,按移行路径特征,简单地分为四种类型:1. 登陆西进型;2. 登陆北移型;3. 海上北移型;4. 海上西转型(见图5)。对应这几类台风的波浪,绘出了长江口以北部分点的波高历时变化(见图6—8),此类台风在长江口以南海域产生的波浪普遍大于北方。在这四种类型的台风浪中,属于1,3,4型的台风浪,其沿程分布特点与8114台风浪

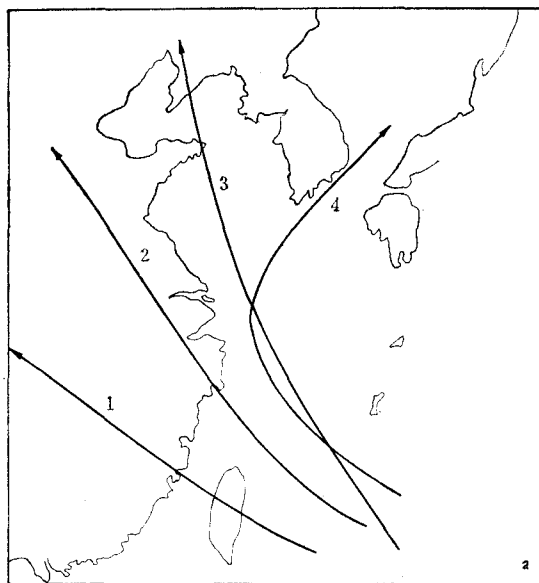


图 5a 四种类型台风路径

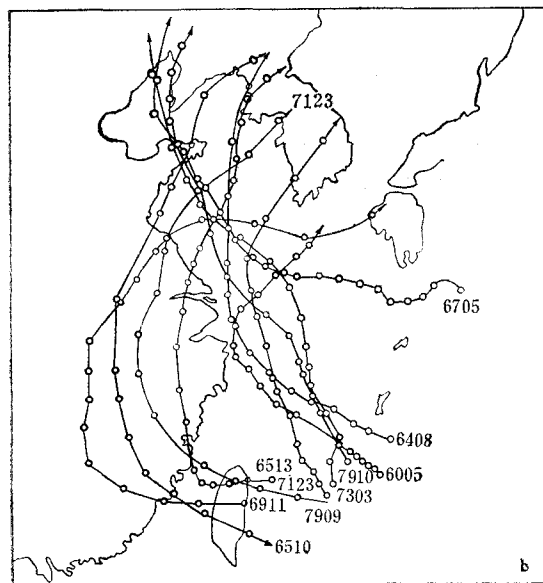


图 5b 几次典型的台风路径

完全相同,只有 2 型中个别的台风浪,才出现胶东半岛沿岸波浪较小的情形。图中示出的 7123 号台风形成的波浪,其沿程分布特点与多数状况不同,连云港波高比麦岛大 2 m,比千里岩大 0.4 m。由图 5 b 看出,该台风在浙江登陆后,又在海州湾入海,当台风盘踞在大陆上和入海后 3 小时内,受影响海区的风向是比较稳定的,而海州湾附近海区距台风中心较近,风力一直较强,所生波浪也大。但是当台风中心靠近胶东半岛,半岛以南海域风力增大时,由于移速加快(48 km/h),风向迅速变为偏北,风区被半岛截短,使半岛南岸不能

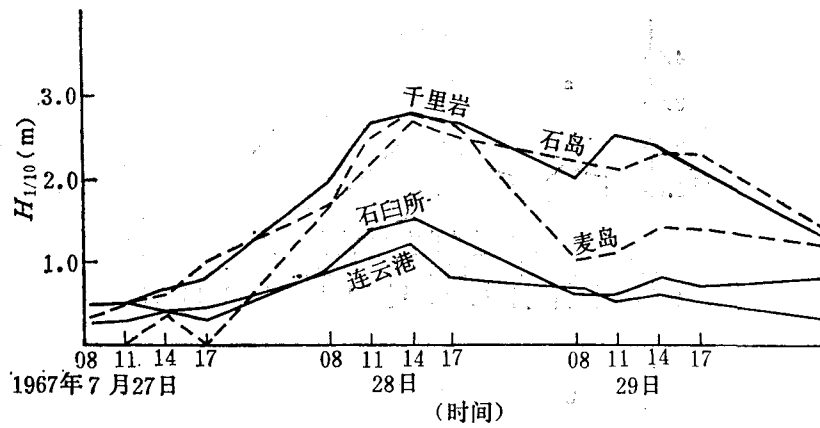


图 6 登陆型台风浪波高过程线

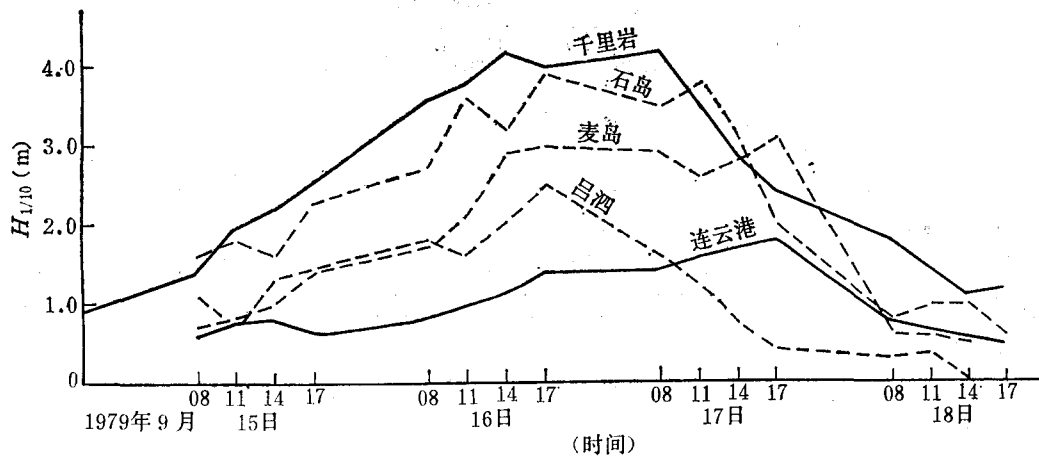


图 7 西转型台风浪波高过程线

产生较大的波浪。但是,从台风资料统计,这种台风的出现率是很小的。

这四种类型的台风浪周期的分布表明,低波区的周期都较小。

引起台风浪此沿程分布特点的原因是很复杂的,其主要的是:(1)受地质、地形和水深的影响;(2)受出现的台风动力条件的影响。从地形看,苏北沿岸都是淤泥浅滩,15 m等深线远离岸线约100 km,海州湾又向西凹进大陆,三面被陆地包围。观测表明,此海域大风一吹即黄水一片,大浪在这种条件下成长和传播,必然受强烈的涡动和底摩擦影响而被较大的削减,另外从分析波浪折射看出,该水域,无论波向是SE或NE都是较强的辐散区,推算的折射系数有的在0.5以下,传来的波浪能量被广泛地散播在沿岸一带使到达的波浪减低,据此可说明1型台风的情形。台风在该水域上的动力条件,主要由台风在当地的强度、路径和移速决定,实际上出现在该海区的台风各不相同,但绝大多数台风浪的沿程分布都存在此低波区,所以认为这与出现在该海区的台风的特点有关,像7123一类的台风较少。另外由于台风风场在其前进方向的右侧风速较大,因而波浪也是右方较大。当台风属出现率较大的3,4类型时,胶东半岛沿岸位于台风的前方或较海州湾等偏右的

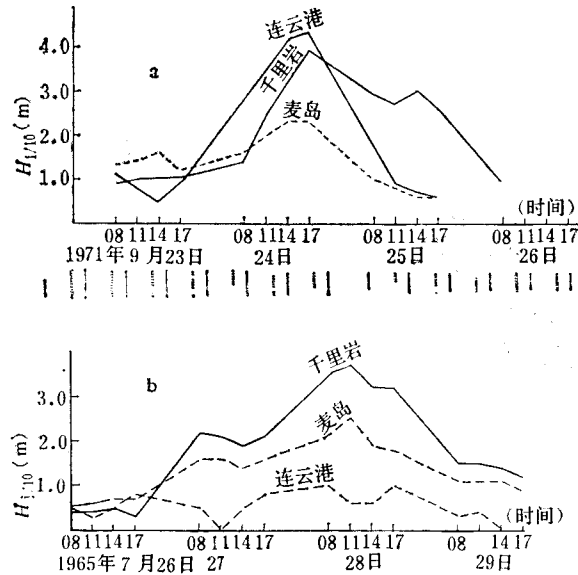


图8 2型台风中复出海台风浪过程线

方位上,其波浪较大。如台风属2型,情况则比较复杂,当台风登陆后再从海州湾入海且路径偏北时,低波区处于背风端,而胶东沿岸则处在迎风端,其波浪较大;若台风入海处偏南,胶东南岸迎着较长的风区有利于波高的增大。2型台风中只有少数像7123号台风那样不出现低波区,一般台风强度也弱,生成波浪的尺度也较小。

2. 8114号台风浪的大面分布

目前由于没有外海台风域内的波浪观测资料,因而描述8114台风浪大面分布十分困难。在此试图利用岸边波浪资料进行一些分析,期望得到某些特性。

分析的方法是,将台风通过黄海、东海期间的岸边波浪资料,按测点位置在不同时间相对于台风中心的距离,以及测点与台风中心的连线与台风移行方向的夹角,分别点到以运动的台风中心为原点,以台风移行方向为固定轴的平面图上。由于各测点在不同时刻处在台风域内的相对位置不同,因而各测点不同时刻的观测值基本上表征着台风波浪的平面分布状况。但是,台风风场是变化的,从而波浪相对台风的平面分布状况也在变化,因此得到的分布情形只能表征基本状况,结果如图9所示。图中各点上没有矢羽的向矢,指所在点波浪相对于当时的台风中心和移动方向的主波向,有矢羽的向矢表示风速、风向,数字表示波高和周期。虚线及实线分别表示三天内平均的6级和8级大风的范围。

应当说明的是,在此只使用了对外海波浪代表性较好的大陈岛、嵎山、千里岩和石岛的资料,但处在台风后半圆测点的资料未取上(因为当时这些点都处在离岸风作用下)。图9表明,列出的资料处在台风中的相对位置仅限于台风前半圆的前部与左部。由此图可看出台风浪平面分布的如下几个特点:

(1) 越靠近台风中心波浪越大。在台风移行方向的前方的波浪比其左侧的大。等波高线呈椭圆形,以7m等波高线为例,此线在前方距中心约345km,在左侧仅200km。风力大于8级的大风区基本上与波浪大于5—7m的大浪区一致,风力大于6级的风区基本

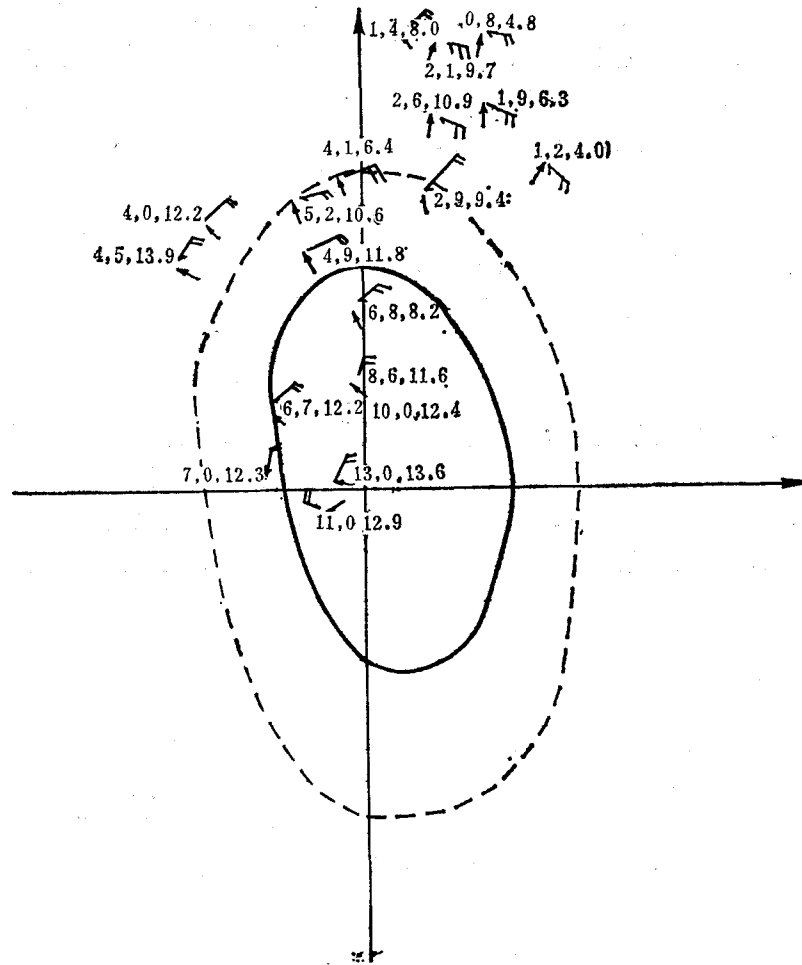


图9 8114 台风浪平面分布

上与波浪大于 4—5 m 的大浪区一致。

(2) 台风外围和台风域内的主波向都偏在风向的右侧, 而且都比较一致的指向台风的中心区。

(3) 在台风域内, 甚至在台风最大风速半径之内的波型都是以涌浪为主的混合浪。

(三) 8114 号台风浪的大浪估计

该台风的近地点, 恰在嵎山以东 45 km 处, 台风的大风区域穿过嵎山时, 在嵎山目测到了黄海、东海我国沿岸有波浪记录以来最大波浪观测值 13 m。由于此值系目测有必要对其进行一些校验和讨论。

据现场测波的观测员说, 当最大浪出现时, 测波浮标在岸用测波仪望远镜网格中上下跳动 15 格左右, 只因浮标有时被浪淹没, 才改由两人协同进行目测, 观测员具有 15 年目测波浪的经验, 目测误差平均为 10% 左右, 因有测波仪参比, 因而此测值有一定精度。现场实况, 该处测波房海拔高度 37.4 m, 窗玻璃被溅浪全部打碎。

再从该海区形成了大浪的几次台风作对照看, 7410 号及 7910 号台风的强度与 8114 相近、稍弱, 但是 7410 在三门登陆, 7910 比 8114 更靠近大陆, 这两次台风期间, 嵎山观测的最大波分别是 6.0 m 和 5.2 m, 还不及 8114 的一半。但是 8114 与其最大不同是, 当其发展到最强时移速也最慢, 移速比其慢 1/2 多, 因而风时是其两倍多, 这样使风向稳定的大风持续达 18 小时之久, 构成了形成大浪的重要条件。

另外, 7209 的强度比 8114 大, 在台山与南几之间登陆, 登陆时中心气压 937 mb, 地面最大风速 45—50 m/s, 台风移速 14 km/h, 该台风比 8114 的风速大 5 m/s, 移速快一倍多。该台风过境时台山和大陈岛测到的最大波分别为 10.5 m 和 12.5 m, 此与 8114 的观测值是接近的。

最后, 我们利用能够通过手算逐点估计台风浪的方法对嵎山出现的大浪进行了计算。采用的方法是: (1) 布氏方法^[2]; (2) 我们自己的新方法¹⁾。计算中使用的风场参量是按中央气象局提供的资料推出。其中最大浪出现时台风中心气压 950 mb, 中心移速 6.6 km/h, 近中心处平均风速 33 m/s, 最大风速半径 92 km (采用美国水文气象局公式计算)。计算结果见图 4, 表 1。从计算结果看, 计算值都低于实测值。应当指出这些计算方法都以实测资料为基础, 是具有一定精度的。

表 1 9 月 1 日 08 时嵎山波浪计算结果

项目名称	布氏方法	新方法	实测值
$H_{1/10}$ (m)	8.9	9.5	13.0
\bar{T} (s)	9.5	10.2	13.6

关于嵎山出现的单个波最大波高 17 m 这一值, 我们据 $H_{\frac{1}{10}} = 13m$ 按浅水波高分布函数推算的 $H_{\frac{1}{10}} = 15m$, 较实测值小。

综上所述, 无论从强度相近或更强的台风的比较来看, 在该海区出现的波浪都比 8114 的小, 计算的结果也较 8114 的观测值小。

依据这些分析认为, 8114 在嵎山出现的最大波观测值可能偏高点。但它是据测波浮标作参比得到的, 具有一定精度。所以应认为 8114 台风期间嵎山观测到的大浪, 无疑为估计黄海、东海沿岸可能出现的大浪, 以及为该海区海工建筑物推算设计波要素提供了重要的参考依据。

二、8114 号台风浪在黄海、东海沿岸的频率估计

黄海、东海我国沿岸每年都有台风侵袭, 像 8114 这样的台风浪其出现频率究竟有多大, 这是大家关心的问题。下面对此进行了统计, 统计方法是按照通常采用的极值法^[1]。统计时, 依据各处的年极值波, 推算出其极值频率曲线, 然后把 8114 在各处的大波值与相应的极值频率曲线对照, 便可做出各处 8114 大浪的频率估计。推算时为便于各处能相互比较, 我们选取资料的年限都是从 1960 年至 1981 年。据推算的极值频率曲线估计的 8114 台风浪在各处的重现期列于表 2 中。由表 2 看出, 8114 台风浪在各处的重现期从

1) 此方法曾在 1982 年全国第三次水文气象学会年会上进行了交流。

表 2 各处五十年一遇波要素及 8114 台风浪重现期

项目 \ 站名		石 岛	千 里 岩	麦 岛	石 臼 所	连 云 港	吕 泗	嵎 山	大 陈 岛	台 山
重现期 (a)		12	11	6	8	5	25	500	4	4
五 十 年 一 遇	$H_{1,10}(\text{m})$	6.5	6.4	6.2	4.4	4.9	3.2	8.7	9.0	8.9
	$\bar{T}(\text{s})$	14.2	14.0	10.8	9.2	8.3	6.3	14.5	13.5	12.5

4—5 年到数百年,差别是很大的。在嵎山像 8114 这样的台风浪百多年才出现一次,而在福建沿岸 4—5 年即出现一次,胶东半岛沿岸重现期为 10 年左右,连云港附近则为 5—8 年。此重现期的长短除受 8114 台风浪在当地大小的影响外,还受当地历年波浪大小的影响。例如大陈岛 8114 台风浪的极值波高为 7 m,其重现期为 4 年,而吕泗的极值波高仅 2.8 m,其重现期竟达 25 年。

8114 台风在嵎山产生的大浪,从近 22 年的极值频率统计中看出,其出现率很小。然而它毕竟是在刚进行了 22 年的波浪观测中出现的,这个历年极值大波在黄海、东海沿岸的频率究竟有多大,应当进一步探讨。

从各处的极值频率曲线还可得到相同重现期的波浪要素。表 2 中列出了重现期为 50 年的波要素。此表显示,50 年一遇的波高,福建沿海最大,都在 8.5 m 以上,胶东南岸次之,约 6.5 m,苏北沿岸最小约 4—5 m。此结果也表明,从历年波高统计看,在黄海、东海沿岸也存在上述的两个大波区和一个低波区。此结果与前面的结论是一致的。这样,不论从多年资料统计或由个例分析都表明苏北及鲁东南沿岸一带是个低波区。

据以上统计分析认为,在黄海南部从胶东半岛南岸向东南是出现较大波浪的海域,此海域与西部海域之间,统计上出现的波浪是渐渐减小的,到西部近岸区的波高减低 1—2 m,周期约小 2—3 s。

从 8114 台风浪在沿岸各处的重现期看,除嵎山外,其它各处的重现期都不长,可是为什么竟能产生如此严重的灾害?从灾害发生的情况看,其原因有以下两点:

1. 动力原因 如上所述,8114 台风浪发展到最强时,各地恰也同时出现了历年最高水位或接近历年最高水位,这样就使高大的台风浪迭加在高水位上,使波浪破坏力的作用点提高,破坏力加大,从而其破坏范围也扩大了。

2. 被损物自身的原因 从发生的灾害分析,8114 台风期间,被台风浪破坏最严重的是沿海塘坝和中、小港口堤坝,这些被损海工建筑物多数是地方集资兴建的,设计标准偏低,设计高程也低,被毁塘坝多数是被越顶浪推毁,例如宁波地区和海阳凤城港堤坝被毁都是如此。另外,堤坝迎浪面石砌体不符合结构要求,有的基础不牢,压顶不牢,因而使建筑物抗浪性能差,这也扩大了灾害的程度。根据这个教训,今后,凡在沿海建海工建筑物,必须定出科学、合理的高程,并根据当地波浪特点采取良好的防浪措施。

三、几点结论

对 8114 台风在黄海、东海沿岸引起的大浪分析,可得出以下几点结论:

1. 8114 台风是三十多年来侵袭黄海和东海我国沿岸的西转型台风中最强的, 由于其风速大、移行慢、风时长, 使沿海产生了大浪, 嵯山目测波高 13 m, 这是该海区有波浪记录以来(约 20 年)最大的观测值。通过比较和推算认为, 该目测值具有一定精度, 量值稍大, 但它是黄海、东海大浪估计的重要依据。

2. 8114 台风靠近大陆过程中, 在沿海造成了严重灾害, 其中宁波地区受灾最重, 青岛地区的损失据不完全统计已达 570 万元。产生灾害的主要原因是台风大浪迭加在高水位上加大了波浪的破坏力而造成的, 另外, 沿海工程设计标准低, 防浪性能差, 也加重了灾害的程度。

3. 8114 台风浪, 在嵯山出现的大浪是个小概率事件, 其重现期为百多年, 在山东南岸的重现期为 10 年左右。

4. 8114 台风域内的波浪的分布是不对称的, 前部大于左部。波高 7 m 以上的大浪区平均半径约 270 km。台风涌浪在沿岸的出现时间, 当台风中心刚进入东海, 闽、浙沿岸即有长周期涌浪出现, 一天左右后可到达山东沿岸。

5. 无论从多数台风浪的分析或从长期资料的统计都表明, 黄海、东海沿岸当台风浪出现时多数有两个大浪区(一为闽、浙沿岸, 一为胶东半岛南岸); 一个低波区(苏北及鲁东南沿岸)。因而表明, 在胶东半岛南岸以南海域有一大浪区, 自此向西波浪渐小。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国交通部, 1975。港口工程技术规范。人民交通出版社, 第二篇 第一册, 1—46页。
- [2] Bretschneider, C. L., 1974. Hurricane Design Wave Practice Coastal Engineering, 1. Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam, London, New York. pp. 121—126.

MAIN FEATURES OF THE TYPHOON WAVE NUMBER 14 IN 1981*

Wang Tao

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The analysis of field data of the Typhoon number 14 in 1981 showed that the wave strength of $H_{\frac{1}{10}} \approx 13$ m was the strongest recorded so far along the coast of the Huanghai Sea and the East China Sea. It was known from the estimate of repeatability that the Typhoon wave with the same strength would appear almost for each hundred years at Chengshan of Zhejiang Province, but the repetition would occur once every ten years along the southern coast of Shandong. Otherwise, in most cases when the Typhoon sweeps through the region of the Huanghai Sea and the East China Sea, larger wave will usually appear along the coast from Zhejiang to Shandong, but the region between the north of Jiangsu Province and the south of Shandong Province is obviously of lower wave, with a wave height about 1—2 m lower and a period 2—3 s shorter. The appearance of this low wave range may be due to the effect of the topography.

* Contribution No. 950 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.