

华南沿海应用长浪方法辅助台风 暴潮预报的展望*

地理系水文专业“台风暴潮”研究小组

华南沿海地区的台风暴潮预报工作，在文化大革命后陆续开展。特别是1972年以后，许多水文观测站点，创建了不少新的方法，预报准确率较高，取得了很大成绩。但需进一步提高台风路径预报的准确性和延长预报期。几年来，我们不断向广东省水文总站、各地区水文分站和沿海测站学习，搜集资料，经过分析研究，认为用长浪方法辅助台风暴潮预报，可以在一定程度上解决上述问题。

一、现用预报方法和存在的主要问题

华南沿海各水文站台潮预报所用的方法，大致可分为如下三点：

(1) 听取气象部门台风预报。按所预报的台风强度、路径和登陆地点，用单站预报方法（模式法或点聚图法），结合看天经验和物候现象，进行台风修正预报，确定路径和登陆地点；

(2) 作正常潮位预报。有用调和分析法、潮汐表法或月龄法，并作正常潮水位曲线，得到历次台风的增水值；

(3) 用历史资料作出增水相关图。选用的因素为风力、风向、台风中心气压、台风登陆地点等，然后与相应增水值制作相关图。预报时按本次台风预报，选用有关因素在相关图上查算出增水值和估计高值出现时间，加上正常潮位值，得出增水预报值。

我们访问了沿海各站点，得知目前预报中存在的主要问题是：台风路径和登陆地点预报的准确性有待进一步提高。如果气象部门预报的准确度较差和预见期较短，对增水预报有很大影响。例如钦州地区和湛江地区在1973年8月11日一次台风中，由于预报登陆地点和实际登陆地点有一定距离，致使这一次台潮预报被动。因此，如何应用水文因素来辅助台风预报，便成了目前急待解决的问题。

* 1974.10.15接稿

另外,目前大多是单站预报,对每次台风掠过海面时‘面上’的连续预报分析做得较少,缺乏点面结合。根据我们曾对珠江河口区做过的综合分析,发现:不同路径强度的台风侵袭珠江三角洲时,单站资料分析没有面的分析容易找出规律;台风到来前,长浪必有所表现,例如潮形的突变和假潮的出现。这些现象尽管有时单站表现得并不突出,但从面上看则比较明显,许多次大台风,崖门有部分站点假潮现象不明显,但从全区分析,则可清楚地看到它有规律的出现,使能及时做好预报工作,并增加预报的精度。

为此,我们曾提出如下两个问题与有关单位进行了深入讨论:(1)如何应用水文因素变化来辅助台风路径预报,逐渐摆脱对气象部门台风预报的过度依赖;(2)如何克服单站孤立预报,进行点面结合预报分析,增高预报的精度。从大量的资料分析中发现,每当较强台风出现前1—3天,有些地区由于台风引起的长浪波锋影响,潮形会突然变化。在按日序的高高潮、低高潮、高低潮和低低潮,都有突变现象,高度突然增高。按时序分别排列上述四种潮位高度时,在台风来前16—36小时就会很清楚地看出偏离应有的位相,成跳跃的升高(如汕头站的资料一见下节),或有规律的假潮现象(如珠海三角州和南渡资料一见下节),或有不等的副振荡出现(如北部湾地区一见下节)。因此,我们在广东省水文总站主办(中大协作)的台风暴潮训练班中和1973年广东全省台潮工作经验交流会上,提出了利用长浪引起的潮形突变来辅助台风路径预报的设想,得到一些同志的支持,汕头地区在这方面更做了不少工作,取得一定的效果,从而加强了我们在这方面学习的信心。

在长浪方法研究中,还发现,如果合理地结合台风路径、潮型和地形特点分片设站,作联合连续预报,就可以增加精度,改进预报方法。这个设想曾广泛地征求了各方面的意见。

在此基础上,我们提出了如下两点想法:

(1)利用长浪理论,用长浪波锋引起潮形突变和假潮现象(包括海水发声、海水变色、海水发臭、盐度增大等现象)进行辅助台风路径的预报;

(2)点面结合,使能在面上分析潮形突变或假潮现象和台风路径、强度、登陆地点的关系,进而增加预报精度。

二、长浪现象研究的一些情况

国内外许多水文工作者都在研究如何更好地预报台风路径和增长预见期。他们发现了长浪的波锋传播速度比台风移动速度快得多,而且传播距离较远。在日本,发觉由台风产生的长波余波的速度可达2200湮/昼夜,有些地区更高达3600湮/昼夜。在戈尔诺附近很快便发现比津风暴区长浪余波的影响,两地距离达6000湮^[15]。

Y. 蒙克^[4]用长浪波锋作风暴预报,即以余波的传播波锋,肉眼看不见的最低

的长浪的突然出现,来预报风暴,预见期可达1—2昼夜。M. 米沙^[8]用脉动波的发生作为研究海洋风暴预报的基础,也就是利用脉动波的周期进行预报。B. C. 比契科夫^[1]用不定期波的余波锋进行风暴预报。B. B. 舒烈金^[8]用风暴带的低音波大气的方法进行预报,当风暴波振动时,大气强烈收缩,结果产生了超波速传播的低音振动波,这就是风暴移动的波锋。海员们积累了丰富的经验,当他们从波形、波高、波周发现长浪的波锋时,便知风暴出现的远近。我国华南沿海地区的渔民群众有丰富的预报台风经验。“海上出现长浪(台风来前2—3天),海响声音反常(台风来前24—36小时),海流上下层方向相反,正常的涨退潮时间受到破坏,海水混浊,有恶腥臭味等,这些都是台风来前的预兆”^[16]。

以上情况说明用长浪理论预报台潮的研究,是有发展前途的。

三、利用长浪辅助预报台风的展望

(一) 长浪理论

某种情况下的长波运动,是符合于表面波理论的,因此长波波锋的传播速度为 $C = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$, 但是,长浪同样具有“群状”的移动速度,也就是说,它具有着波动能量传播速度的特征值“群速”(代表波群的传播速度)即:

$$C_g = \frac{1}{2} C \left(1 + \frac{2kh}{sh} \frac{2kh}{2kh} \right)$$

K : 常量值

h : 水深

C : 波速

因此,即使风暴过后的2~3天,长浪的作用依然存在。

气压变动所给予海面或洋面的影响,是使海面产生长波的主要原因。H. H. 朱保夫^[1]曾提出过,在海面或洋面如果增加一个大气压,水位就会相应降低十米,或者相反,这种关系,可用下式表示:

$$\Delta h_s = \frac{\Delta B}{-g\rho_w}$$

式中 Δh_s —— 平均水位偏差

g —— 重力加速度

ΔB —— 平均气压偏差

ρ_w —— 水的密度

而当气压系统移动时,平静海面的动力差则为

$$\Delta h_a \left(g - \frac{C_a^2}{H} \right) = - \frac{\Delta B}{\rho_a \omega}$$

这里 C_a ——气压系统的移动速度
 H ——海水深度
 Δh_a ——与水面的动力差

可见
$$\Delta h_a \left(1 - \frac{C_a^2}{gH} \right) = \Delta h_s$$

即动力均值水位差远大于静力均值水位差，自然，对于移动气压系统来说，产生的长浪应该是严重的，这是台风侵袭时海面具有明显长浪的原因。

不少人还对上式中各项作过计算，例如，有人计算过^[6]

$$\Delta h_s = \xi = \frac{\Delta P}{\rho_a \omega g} \left(1 - \frac{C_a^2}{gH} \right) \dots\dots\dots (1)$$

这里气压波移动时的压力差 ΔP 决定于空气的密度 ρ_a ，阵风的发展速度 ΔV ，以及气压系统的移动速度 C_a ，也就是说：

$$\Delta P = \frac{\rho_a \Delta V C_a}{g} \dots\dots\dots (2)$$

综合(1)及(2)式，便可得：——

$$\xi = \beta \Delta V \frac{C_a}{g \left(1 - \frac{C_a^2}{gH} \right)} \quad \beta = \frac{\rho_a}{\rho_a \omega}$$

从这里可以看到，长波的振幅 ξ 是随阵风风速 ΔV 和气压的移动速度 C_a 的增加而增加，并随海水深度 H 的增加而减少。显然可以推想，海中长周期的气压波可能会引起同样波长的波浪，而它的振动却可能比计算中的静海面的振动为大。还有人指出过^[7]，在多数情形下，1~2天内，长波是可以超越本身发展起来的余波和风浪而向前传播的。

舍基耶夫^[6]1961年在喀拉海的长波研究中发现，即使在海面盖上了几米厚的冰层，也同样会发现有长周期的振动，足可见引起振动的原因是大气压力的变化。

当长波产生并与别的不同波长、周期的波浪在一起传播时，短周期波的衰减会比较迅速，而长周期波的衰减则相对会缓慢些，这是因为水体的本身就有象水质过滤器一样；另外，波谱的长波部份能量的传播，比起短波来大得多，这就说明了可以利用长浪辅助预报台风暴潮的一个理由。Б. X. 格鲁柯夫斯基^[2]的研究认为，

在一定的水深条件下，周期波、波高衰减的理论系数为：

$$r(z, \mu) = \exp \left[- \frac{z\mu^2}{g} \right] \quad \text{式中 } z \text{—水深}$$

μ —波谱频率系数

海面长波发自低气压中心并向远方传播时，它的行进速度比起低气压的移动速度来快得多，所以在海岸边，低气压还没有抵达前，长波便可以观测到了。一般认为长浪是沿着低气压为中心画成同心圆而向前运动的，但也有人认为，这个方向还有 $20^\circ \sim 30^\circ$ 偏差。即使对涌浪这种长波来说，日本的海洋工作者在研究中也认为，当其周期为10秒时，波能的传播速度也有400浬/昼夜，而周期为30秒时，则有1100浬/昼夜的速度。蒙克^[10]1959年还在一个岛上观测到涌浪的传播距离为7800浬，这些同样说明了长浪的观测大可以使台风暴潮预报的预见期大为提前，更好地为国民经济服务。

(二) 汕头水文分站应用长浪方法辅助预报的效果

当远海由于气压变动、移动而产生的水位升降伴随长浪传至近岸时，由于水深变浅，波高就有显著增加的趋势，它以一种波形叠加的方式而统一反映在岸边的潮位测站的水位过程线上，从而使潮曲线形状发生改变，进而使我们预报台潮的到来成为可能。图一，指出了汕头站1969年7月28日在惠阳登陆的台风来临前几天及登陆后的潮位曲线，虚线为正常气象条件下天文潮各GG、DD潮的包迹曲线，当外海由于受到风暴侵袭而出现的长浪传播到这里后，包迹线受到了破坏，原该落在包迹线上的点，如A、B点，便会跳了出来，成了A'、B'点，从而提前36小时预报了台风暴潮的来临。汕头站的水文工作者，还用经验关系曲线方法作为预报该站台潮到达时的水位高度^[13]。

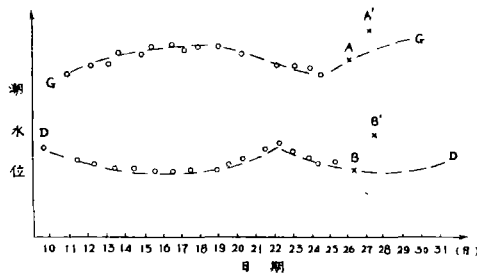


图1 (为高高潮和低落潮过程线突变情况的示意图，
A'、B'点为下一次潮位，应在A、B点后6小时出现)

(三) 关于假潮问题

长波当传播到海湾时，由于海岸形状及特有的海湾形状条件，产生另一种跟这

种地形条件周期相符的长波强迫振动——假潮。据一些人认为^{[11][12]}，产生假潮的海湾应为这一驻立波波长的1/4，而其周期为

$$T = \frac{4L}{\sqrt{gh}}$$

对于湾口，还可以乘上一个订正值。即使对于两面开口的河湾，也同样会有假潮出现，这是适应于外力的变化而发生的具有一定周期的本身振动。因此，利用观测港湾的假潮以及另一种更显著的假潮现象——副振荡，当港湾的大小及深度已知的话，必然可知长波的传播情况，也就是说必然可知产生副振荡的外力状况。图二为7313台风(海康登陆)侵袭广东省雷州半岛南度站的潮水位曲线，可见，在台风登陆(7日0时)前，即5日12~18时，就已出现了假潮现象。

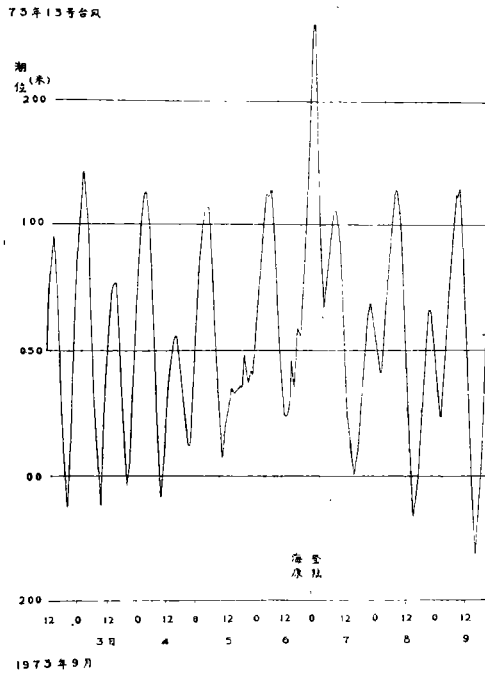


图 2

另外，珠江口地区，由于它特殊的地形及接近外海，迎着台风来向，因此，出现假潮的机会特多，每当台风到达前1~3天，各站点便在潮水位过程线上发现几十分钟起伏20~30cm的假潮^[14]，而且是有规律的和相应的。下表列举了1954年11月6日14时在赤溪登陆的一次台风假潮出现的情况。

(五) 利用长浪辅助台潮预报的其它方法

(1) 广东省江门水文站, 位于河口地区, 他们在预报台风暴潮的工作中, 曾提出利用 $C1^{\circ}/_{\infty}$ 的变化作为预报台风暴潮来临的指标。并认为, 由于长波推进, 在河底必然会出现盐水舌, 并比预定的强大得多。因此, 在三角洲地区, 利用 $C1^{\circ}/_{\infty}$ 的增高变化作为预报台潮来临的根据, 应该视为是长浪预报台潮的另一种形式;

(2) 内波发生于水深若干米下的不连续面。引起内波的力, 据认为是风。气压的变化也是其中的一个原因, 尤其低气压袭击前, 更会发生优势的內波。内波不仅有“短”内波, 也有“长”内波, 这种长内波近年来受到了注意, 而且认为长表面波与长内波之间存在着某种关系^[11]。

$$C_1^2 = g(h+h') \quad C_2^2 = \frac{ghh'}{h+h'} \quad \frac{\rho-\rho'}{\rho}$$

这里 $\rho - \rho'$ 假定为微量, 波长则远较总深度 $h + h'$ 为大。

C_1 : 长表面波的传播速度;

C_2 : 长内波的传播速度;

ρ' 、 h' : 不连续面上层水的密度及厚度。

另外, 在海湾中, 同样有驻立内波存在, 由于海湾内常有淡水进入, 有可能形成上下两层不相混水体, 这样对驻立内波的产生是很有条件的, 它的周期为^[11]

$$T_n = \frac{4L}{\pi} \sqrt{\frac{\rho}{\rho-\rho'} \frac{h+h'}{ghh'}}$$

珠江三角洲崖门水道, 在历史资料中, 从未发现有假潮, 是否因为崖门水道(良洲湖)是溺谷, 水深而开阔, 表面波的假潮现象不显著, 而在一定水深处的内波振动可能发现假潮记录, 这一点我们正在探索中。当有了长内波的观测资料后, 对于台风暴潮将起很好的辅助预报作用。

据以上所述, 可以看到, 利用长浪辅助预报台风暴潮是有可能的, 在具有一定条件的海区测站, 只要能总结经验, 相信也可以创造出不少新的台风暴潮预报方法, 使预见期延长。

四、结 束 语

(一) 用长浪方法辅助预报的现存问题

华南沿海地区, 利用潮形突变和假潮现象来辅助预报台潮, 从汕头的预报方案来看, 是有发展前途的。三角洲几个口门, 除崖门外, 当正面侵袭珠江口的台风到达前1—3天, 都有不同高度和持续时间的假潮出现。北部湾和海南岛海口一带, 虽然受了地形影响, 潮型变化和假潮现象不及其他地区明显, 但当特强台风, 由东向

西在 20° 以北掠过琼州海峡附近时,也在潮水位过程线上有所表现。因此,如果从这方面进行分析研究,对台潮预报是有一定作用的。

但由于沿海现有台站比较少,且分布不均匀,选站时没有详细考虑台风路径引起增水的地区、潮型和海岸地形的特点。因此,现有站点比较稀疏,预报是孤立的。如果能合理地布设站点,在台风过境时,作先后地点的连续预报,会使预报方法和精度有所改进,故合理地设立站点,向点面结合的方向发展,是必需的。

从我们分析珠江河口三角洲地区十多年的台风暴潮资料的结果,初步得出台风引起的增减水有地区规律性,可以作分片联合预报。广东佛山地区水文分站目前正在试用这种方法,相信经过一段时间的实践,可以总结出好的经验。

另一个问题,就是资料缺少,许多海区以往没有测站,即使有个别交通部门的测站,但没有记录台潮水位,使分析工作发生困难。广西钦州地区由于缺少历史台潮资料,他们通过台潮水位调查和搜集历史文献上的记载而作出的预报,收到很好的效果,至于长浪的分析研究,在匮乏资料情况下,便很难开展。

另外,在应用长浪作辅助台潮预报时,还有一些问题要进一步解决。例如如何应用长浪理论,结合本地区地形特点,判断台潮水位的大小(即进行量的预报)?华南沿海不同潮型地区,对长浪的反应如何?台风产生长浪影响的范围有多大等等,要解决这些问题,必须增加观测站点和积累一定的资料。

总的来说,现在华南地区展开长浪方法辅助台潮预报时,存在站点少而分布不均匀和资料不足两大问题。

(二) 几点建议

根据以上情况,为了更好地用长浪辅助台潮预报,我们提出下面几点建议:

(1) 点面结合,合理地增设必要站点。用长浪方法进行台潮预报,如能分片联合连续预报,则可了解沿台风路径附近海区长浪波锋引起潮水位突变的变化过程,找出它的规律。因为长浪引起潮位的突变,是有一定范围的,范围的大小,各地变化的先后、幅度,都和台风强度、走向、登陆地点有关,如果没有合理的布设站点,则无法进行上述的分析。但在增设站点时,应将历史上台风资料进行分析,按路径区分类型,结合海区潮型和自然地理特点,分片设站。

各片的预报中心应该常联系,使成为一个华南沿海台风暴潮预报和研究网系。在台风发生时观测潮形突变情况,预报台风路径和登陆地点。

(2) 进行有目的调查,积累历史台潮资料。由于华南沿海台潮资料较少,无论用何种方法预报都应进行实地调查,特别在初作预报的地方,又没有历史纪录时,非作调查不可。广西钦州地区水文分站即以调查为基础,作1973年的4次台潮预报效果很好。现广东的惠阳、海南、汕头等地已作过详细的台潮调查,据我们了解,对预报分析工作帮助很大。在作长浪方法辅助台潮预报时,除对方法进一步深入研究外还要收集渔民对长浪波锋反应的经验,这些经验是有一定价值的。现选录一些供参考^[16]:

①海上出现长浪，海响声音反常，海流上下层方向相反，正常的涨退潮时间受到破坏，海水混浊，有恶腥臭味，这都是台风来前的预兆。如：台风前2—3天有长浪；台风前24—36小时有海响，从东南方移到东北方，则台风袭击本地，海响似打鼓，时上时下，潮水有大有小，是刮台风的征兆。

②西风（西北到东北）吹过日，海面转北流或东北流，有涌浪出现，即有台风来。

③海水脏，有腥味，呈红色（称海血），海底冒气泡，有长浪，浪打礁石特响，是台风来前的征兆。

④台风到来前，往往海浪很高，且有银白色的浪花，海滩的潮水后退数丈又向前推进数丈，当这种浪潮转为短浪且海水上下翻滚不息，则台风即将迫近。

⑤潮水反常有台风（一日涨三次或该涨不涨）。小流期来台风，潮水大，大流期来台风，潮水小；大潮期风大，小潮期风小。

这些经验许多是和长浪波锋影响有关。

我们认为，展开长浪方法辅助台潮预报，对于增长预见期和提高预报精度，是可能的，是有发展前途的。

参 考 文 献

- [1] Бычков В. С. Тягун. Ж. «Природа» № 1966.
- [2] Глуховский Б. К. Исследование морского ветрового волнения. Л. Гидрометеонадат, 1966
- [3] Зулов Н. Н. Динамическая океанология. Л. Гидрометеонадат, 1947
- [4] Манк. У. Теория одиночных волн и ее применение к зоне прибой М. ИЛ, 1951
- [5] 普劳德曼: 动力海洋学 科学出版社 1956年7月
- [6] Сергеев Ю. Н. Опыт звучения волн больших периодов в море. Уч. зап. Ленингр. ун-та, № 309 1961
- [7] Такахаси Р., Аида И. Спектральный анализ длиннопериодных океанских волн, зарегистрированных на побережье о-ва Идзу—Осима. ВИНТИ, 1966
- [8] Шулейкин В. В. Физика моря. Изд-во АН СССР 1969
- [9] Miche. M. Annales des ponts et chaussees, 1944.
- [10] Munk W.H., Snodgrass F., Tucker J. Spectra of low-frequency ocean waves. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Univ. Calif. 7, N4, 1959
- [11] 須田皖次: 海洋科学 科学出版社1958
- [12] H.U. 斯費德魯普: 海洋 科学出版社1959
- [13] 汕头地区水文分站: 汕头台潮预报方案
- [14] 沈燦燊 卢如秀: 珠江河口潮汐的研究 广东海洋湖沼学会文集 1962年
- [15] B.C. 比契科夫等著: 海洋不定期波
- [16] 中山大学地理系气象专业编: “台风单站预报方法”