

# 天津港的台风风暴潮

何 乃 光

(天津市气象台)

## 一、前言

天津港位于渤海湾西岸天津塘沽区的海河入海处，港区最低高程为4.8m（天津客运码头）。天津港属非正规半日潮区，高潮年平均为3.57m，全年较高潮位出现在7、8、9三个月，7月最高潮位平均为4.28m，8月为4.16m，9月为4.30m（潮位均以潮位零点算起）。正常情况下，海潮不会上岸，一旦遇到较强的天气系统可导致潮位异常升高，尤其是在潮位高值的7—9月，也正是台风能够北上黄、渤海的季节。历史上塘沽地区曾多次出现较强的台风风暴潮，近几年也时有发生，如1985年8月2日和19日一个月内就先后有8506和8509号两个台风侵入黄、渤海，使天津港出现风暴潮，淹没港区和塘沽、汉沽等广大沿海地区，给人民生命财产造成巨大损失。本文主要对天津港台风风暴潮的增水特征做一些分析，以利台风风暴潮的预报。

## 二、资料选取

1. 选用1964—1986年23年内出现在37°N以北、125°E以西海区的15个台风为个例。

2. 使用塘沽验潮站（在港区内）的逐时潮位和逐时塘沽天文潮位资料（据国家海洋局海洋科技情报研究所资料：潮位、天文潮位本文均由水尺零点算起）。

3. 台风资料和塘沽风速资料，取自国家气象局出版的台风年鉴和塘沽气象台的电接风自记记录。

## 三、台风的分类

台风是制约岸边增水极值的主要因素之一。本文将上述15个台风个例按其移动路径分为5类。图1系进入渤海在其西岸登陆的台风，称之为登陆I型。图2系台风由南而北

穿过渤海海峡，于辽东半岛南端登陆，称登陆II型。图3系台风由河北、山东进入渤海后消失，称之为渤海消失型。图4是台风由南黄海进入北黄海，称之为黄海型。图5是台风中心一直在124—125°E间北上，称为黄海东缘型。

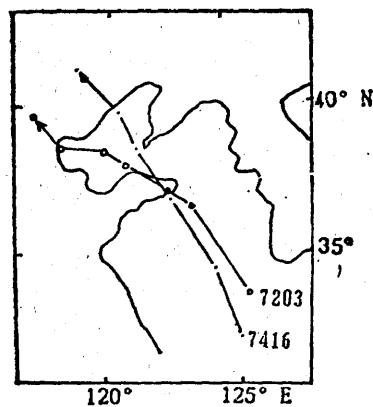


图1 登陆I型

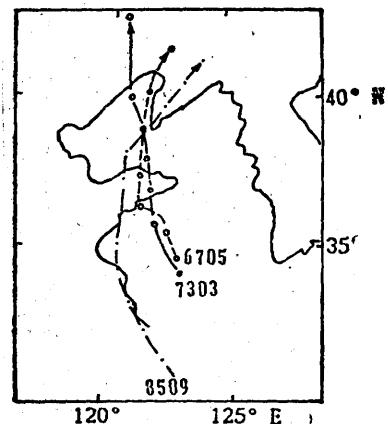


图2 登陆II型

## 四、各型台风引起天津港增水状况及特征

### 1. 登陆I型

该型台风在15例中出现两次，分别是

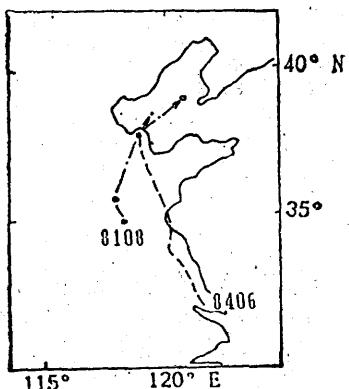


图3 渤海消失型

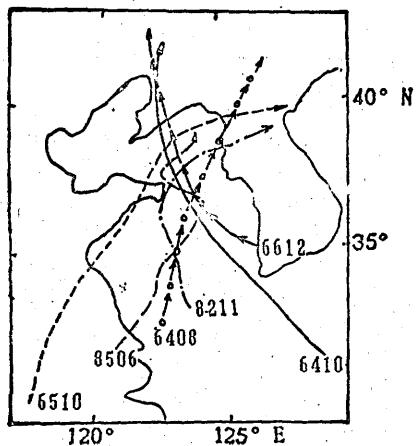


图4 黄海型

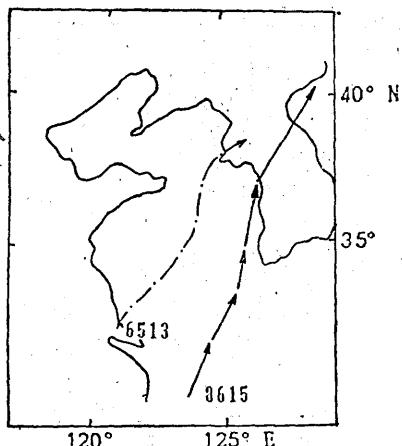


图5 黄海东缘型

过程天津港增水曲线，其特征归纳在附表中。从附表看出，本文虽然将两例归为一类，但由于它们引起天津港增水的不同点远多于相同点。（1）增水极大值相差甚大；（2）增水曲线形态相反；（3）虽然最大增水都发生在台风登陆后，但其“时差”却相差较大；（4）

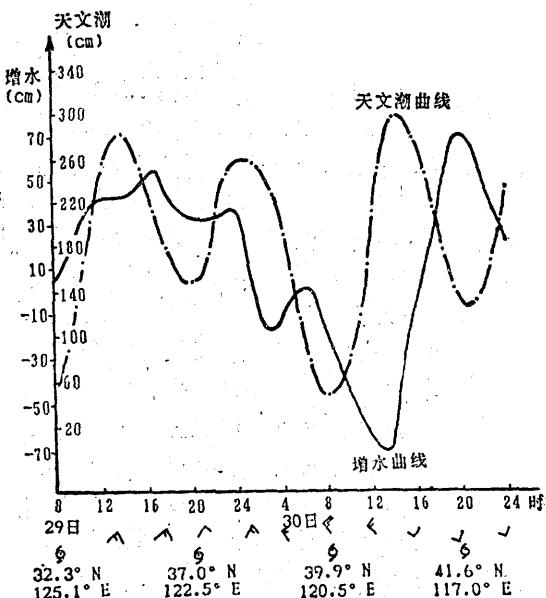


图6a 7203号台风增水曲线图

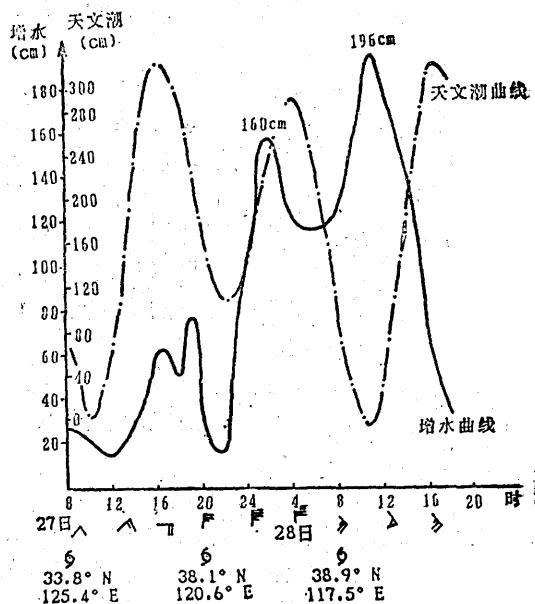


图6b 7416号台风增水曲线图

7203和7416号强台风，其路径是由黄海北部经渤海海峡进入渤海，分别在塘沽以南的大港区和辽宁的绥中地区登陆。图6是两次

附表 台风登陆时间地点与天津港增水曲线、最高潮位的关系

| 要素值<br>要 素               | 台风 编号                                    | 7203号  | 7416号  |
|--------------------------|--|--|--|
| 登陆地点、时间                  | 7月27日08时, 38.9°N, 117.5°E                | 8月30日10时, 辽宁绥中                                       |  |
| 增水曲线特征                   | 呈波动上升型, 登陆前后各出现一增水峰值                     | 呈波动下降型, 登陆后10小时出现最大增水值                               |  |
| 最大增水值                    | 196cm                                    | 67cm   |  |
| 最大增水出现时间                 | 27日11时(登陆后3小时)                           | 30日20时(登陆后10小时)                                      |  |
| 出现最大增水时                  | 台风所在位置<br>塘沽风向、风速<br>增水曲线与天文潮叠加实测潮位      | 在天津市西南部<br>SSE, 21.5m·s⁻¹<br>与天文最低潮叠加, 190cm         | 41.6°N, 117.0°E<br>SSW, 40m·s⁻¹<br>与天文最低潮叠加, 198cm |
| 最大增水发生前12小时, 塘沽的主风向及平均风速 | E-SE, 12.5m·s⁻¹                          | W-SW, 6.5m·s⁻¹                                       |  |
| 实测最高潮位及出现时间              | 440cm, 7月27日3时                           | 323cm, 8月29日14时                                      |  |
| 出现最高潮位时                  | 台风所在位置<br>塘沽风向、风速<br>增水值<br>增水曲线与天文潮叠加情况 | 38.8°N, 119.2°E<br>N, 8.5m·s⁻¹<br>287cm<br>与天文高潮正相叠加 | 34.6°N, 124°E<br>NE, 5.5m·s⁻¹<br>41cm<br>与天文高潮正相叠加 |

最大增水值发生前12小时, 塘沽的主风向和平均风速有很大差异, 特别是主风向, 前者为向岸风, 后者却为离岸风。其相同点是:(1)实测最高潮位都发生在台风登陆前的增水曲线正相叠加于天文大潮之时; (2)最大增水值都是出现在天文低潮谷点上。

## 2. 登陆Ⅱ型

此型台风在15例中共出现三次, 分别是6705、7303、8509号台风。其路径基本是沿121°E北上, 穿过山东半岛进入渤海海峡在大连附近或在辽东湾顶登陆。图7是8509号台风的天津港增水曲线。这一类型有以下几点特征:

(1) 增水曲线都含有先兆、激振、余

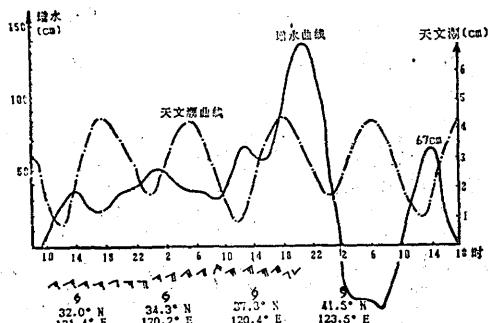


图7 8509号台风增水曲线图

振三个增水阶段。

(2) 在先兆增水时段内, 塘沽均吹向岸风(东到东北), 风力因台风强度不同差别较大。

(3) 激振增水时段塘沽的平均风速较小, 在3.4—5.6m·s⁻¹之间(即2—3级)主风向均为离岸风, 在WSW-N之间。

(4) 最大增水值都较大, 其中7303、8509两次台风均造成天津港1m以上的增水。

(5) 当台风中心移到渤海海峡时(即大连—砣矶岛间), 天津港出现最大增水。

(6) 当最大增水值正相叠加于天文大潮时, 实际潮位就要超过港区最低高程, 如1985年8月19日。反之则不会, 如1973年7月19日22时。

## 3. 渤海消失型

该型在15例中只出现两次, 分别是8108、8406号台风。其移动路径均经浙江、江苏, 在山东与河北交界处入渤海, 先后消失在辽东半岛南端和渤海湾口的海面上。图8给出8406号台风增水曲线, 这一类型可归纳出以下一些共同点:

(1) 增水曲线随台风逼近渤海而呈上升趋势, 塘沽主风向偏东, 风速大小因台风强度而异。

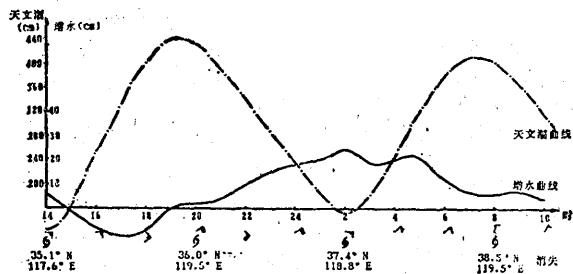


图 8 8406 号台风增水曲线图

(2) 最大增水值不大，分别为 25cm 和 35cm。

(3) 最大增水值出现在台风中心位置即将或刚刚进入渤海时。

(4) 随着台风的逐渐消失，增水曲线缓慢下降。

#### 4. 黄海型

该型台风在 15 例中出现 6 次，分别是 6408、6410、6510、6612、8211 和 8506 号台风。其移动路径如图 4 所示，都是由黄海南部北上进入黄海北部，在成山头附近转向东北或继续北上在辽东半岛东岸登陆。图 9 仅给出 8506 号台风增水及天文潮位概况。该

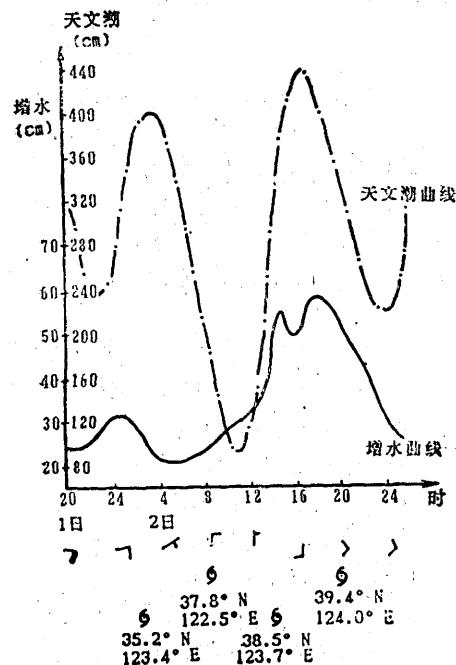


图 9 8506 号台风增水曲线图

类型可归纳出以下一些特点：

(1) 天津港的最大增水值较小，一般为 23—58cm。其中增水最大的是 8506 号台风。

(2) 增水曲线都呈持续缓慢地波动上升。

(3) 出现最大增水时，其台风中心所在位置差别较大。增水的开始时间和台风中心所在位置也不一样。但是，当台风中心进入  $42-44^{\circ}\text{N}$ 、 $122-123^{\circ}\text{E}$  范围内时，天津港增水迅速增加直至达到过程增水最大值。

(4) 最大增水出现前 12 小时，塘沽的主风向多为偏南风，平均风速为  $0.7-3.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

(5) 当最大增水与天文大潮正相叠加后，也可造成海水浸陆，如 8506 号台风。

#### 5. 黄海东缘型

该型有 6513 号和 8615 号两个台风。台风进入黄海后一直在  $124-125^{\circ}\text{E}$  间向北移动（见图 5），因路径较偏东，造成天津港增水是另一番景象。

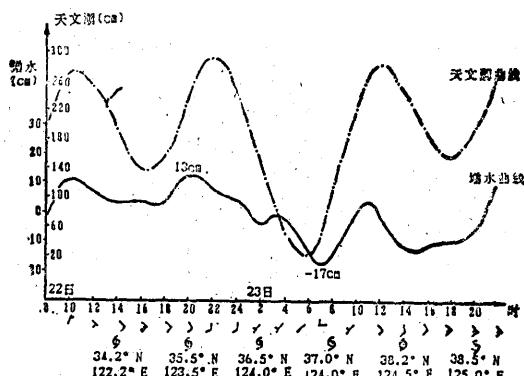


图 10

从图 10 看出，天津港增水曲线随台风中心北上而呈下降趋势，当台风中心位于  $37^{\circ}\text{N}$  以南时为正值增水，但增水最大值不大。当台风中心越过  $37^{\circ}\text{N}$  后，天津港就出现负值增水，即形成负风暴潮。严重的负风暴潮的发生会使潮位迅速降低，常可造成港口大型船舶的搁浅。如 8615 号台风就使天津港产生

了142cm的减水，曾使潮位降到0.38m（以水尺零点算起）。

### 五、天津港台风风潮预报要点

对于台风风潮预报最主要的内容之一，就是最大增水值及其出现时间。在控制岸边某一固定点最大增水的诸因素中，以台风路径最为重要。基于上述五种类型，在预报台风风潮时应注意以下几点。

#### 1. 登陆Ⅰ型

该型的两次台风路径，对于渤海而言，其路径很相似，可是相对于天津港而言，却截然不同。7203号台风是在天津港以南的大港地区登陆，天津港一直受台风东北风场控制，登陆后又受东南风场控制（见图11）。对于天津港来说都是向岸风。



图 11

可是，对7416号台风来说，台风是在天津港北侧登陆，天津港一直在台风离岸的西北风场控制下（见图12）。

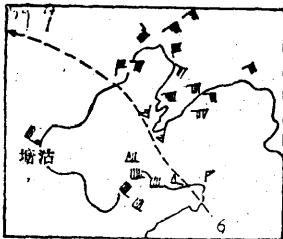


图 12

众所周知，台风引起岸边增水是风应力和低气压共同作用结果，可用下式表示。

$$\Delta H = \zeta_P + \zeta_{Fr} + \zeta_{Fq}$$

式中 $\zeta_P$ 为低压增水。

$$\zeta_P = \frac{10^3 V_m (1 - e^{-R/r})}{\rho g k^2 (1 - V^2/gh)} \quad (1)$$

$\zeta_{Fr}$ 为风应力的经向增水。

$$\zeta_{Fr} = \frac{2\rho_a C_D \sin \phi}{\rho g h} V_m^2 \left( \frac{3R}{4r} \right) (r > R \text{ 时}) \quad (2)$$

$\zeta_{Fq}$ 为风应力切向增水。

$$\text{右岸: } \zeta_{Fq} = \frac{3}{2} \frac{\mu V_m^2}{\rho g h} \phi_1 R \frac{R}{r} (r > R) \quad (3)$$

$$\text{左岸: } \zeta_{Fq} = -\frac{3}{2} \frac{\mu V_m^2}{\rho g h} \phi_2 R \frac{R}{r} (r > R) \quad (4)$$

由上式可知，对增水贡献最大的是台风最大风速( $V_m$ )和风向与岸边夹角的正弦( $\sin \phi$ )。前者是以指数出现，后者中的变化决定着岸边是增水还是减水。位于7203号台风登陆右岸的天津港增水可用(1)+(2)+(3)表示，式中 $\phi$ 是由 $0-14^\circ$ 变化的，所以 $\sin \phi > 0$ ，又由于台风由东向西逐渐逼近港口， $V_m$ 必然呈上升，特别是台风登陆后，天津港出现了10分钟平均 $21.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的东南大风，故造成了港口持续增水，并出现近2m的最大增水。

而位于7416号台风登陆左岸的天津港增水可用(1)+(2)+(4)式表示。由于式中 $\phi$ 是在 $320^\circ$ 附近变化，故 $\sin \phi < 0$ ，那么(1)+(2)+(4)之值只能是负值或是很小的正值。从而导致了天津港的减水，但在台风登陆10个小时后，又出现67cm的增水，这可能是一种“假潮”现象引起的。

所以对于该型台风引起的台风风潮预报，主要应着眼于台风中心是在天津港的哪一侧登陆，否则会得出相反的结论。

#### 2. 登陆Ⅱ型

由于此型台风造成天津港的增水能出现较完整的先兆、激振、余振三个增水时段。所以就预报而言，抓住先兆增水尤为重要。当台风到达 $32^\circ\text{N}$ 、 $121^\circ\text{E}$ 附近时，它所产生涌浪增水就可使港口的潮位持续缓慢地上涨。此时塘沽沿岸吹着不大的偏东风，这就

是台风风暴潮来临前的信号。其次，此型台风造成的增水较大，如再叠加在天文大潮上，将会造成海水浸陆。故在预报上还应抓住最大增水值出现时间。从本文分析的个例中看，当台风中心进入渤海海峡中部，天津港增水可达最大值。

### 3. 渤海消失型

此型台风均由陆上进入渤海，由于沿途能量消耗，所以当其进入渤海后对天津港的增水影响不大。造成港口最大增水值是在台风刚刚进入渤海之际。在预报中还应注意台风进入渤海后，是否会再度发展及其移向。

### 4. 黄海型

此型台风因距天津港较远，增水幅值一般不大。但应注意，当最大增水一旦与天文大潮呈正相叠加也会危及港口。因此，在预报中应特别注意增水与天文潮相互耦合时间的预报。

### 5. 黄海东缘型

对于此型台风影响天津港增水，应将预报着眼点放在台风中心何时越过 $37^{\circ}\text{N}$ ，而造成港口的减水。

## 小 结

经上述分析看出，虽然诸路径台风造成天津港增水状态不一，但仍可归纳出以下几点共同之处。

1. 当台风中心由南而北进入 $32^{\circ}\text{N}$ 以北， $121^{\circ}\text{E}$ 以西后，天津港就开始了先兆增水，

此时塘沽地区盛行偏东风。

2. 天津港出现最大增水时，塘沽风力都不太大（除正面袭击塘沽沿海的台风）。

3. 最大增水与天文大潮正相叠加后的潮位，对天津港是最危险的，极易超过港口的最低高程。

4. 天津港台风风暴潮最大增水值除与台风路径有关外，还与台风的移速、强度等因素有关。

## 日照计应谨防积水

连阴雨季节和强降水之后，日照计要注意及时清除暗筒内的积水。以防止因积水浸泡日照纸上的感光药物，造成转晴后日照记录部分缺测的现象。

我们不能因日照计的进光孔小，进水量不多，而忽视。其实，即使是很少的积水也可能造成较大的影响。1987年7月3日，我站日照计暗筒内的积水量只2ml左右，但由于受日照纸挤压、吸附作用，水渍影响的高度自日照纸边缘向上达48mm。凡受到影响的部位，药物基本上被浸泡失效。如果按光线不同季节所在高度去估计，即使是在春、秋分，日照记录也会受到影响。也就是一年之中有一半以上的日子，如遇有上述情况，都会引起日照记录部分缺测。因此，雨后更换日照纸时，需认真检查日照计暗筒，如内有积水，应先加以清除再安放，以确保日照记录的完整性。