

几种台风风暴潮预报方法在实际 预报中的运用及比较

易笑园¹, 余文韬¹, 闫智超², 李胜山¹

(1、天津市气象台, 天津, 300074; 2、国家海洋局秦皇岛海洋环境监测中心站, 河北秦皇岛, 066002)

摘 要: 台风“麦沙”登陆后减弱为热带风暴并从山东半岛西部进入渤海, 造成 8 ~ 9 级阵风、10 级的大风天气, 天津沿海潮位超过警戒潮位 46cm, 海水漫过堤岸, 形成风暴潮灾害。针对此次台风风暴潮, 预报人员运用经验预报方法(相似型经验预报、统计模型预报)和数值模式(FBM 模式)产品等多种手段, 对天津沿海可能出现的潮位极值进行了试验预报。通过将上述几种方法实际运用于此次台风风暴潮预报, 加深了对各种预报方法实用性和局限性的认识, 对渤海台风风暴潮有了更清晰的了解, 对改进各种方法, 更好地释用数值预报产品起着积极的意义。

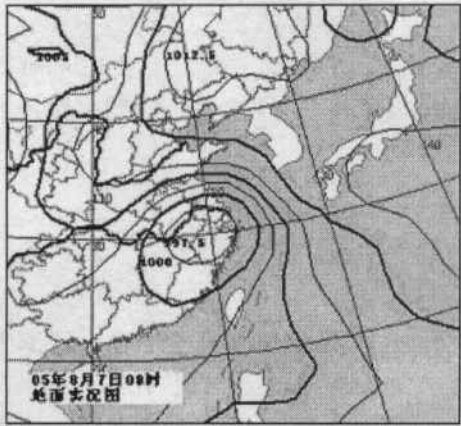
关键词: 台风风暴潮; 经验预报方法; 数值模式预报方法; 运用及比较

中图分类号: P731 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003 - 0239(2006)4 - 0082 - 06

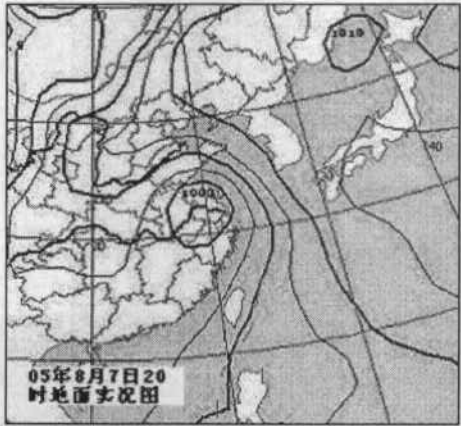
1 引言

2005 年第九号(以中央气象台编号为准)台风“麦沙”, 自 7 月 31 日 20 时(北京时间下同)在菲律宾东部海面生成成为热带风暴之后, 缓慢向西北方向移动, 强度逐渐加强为强热带风暴、台风。8 月 6 日凌晨 3 时 40 分在浙江台州市玉环县干江镇登陆后, 于 8 月 6 日 17 时减弱为强热带风暴, 8 日早晨减弱为热带风暴的“麦沙”穿过山东半岛西部进入渤海, 8 月 9 日早晨在渤海中北部减弱为低气压。图 1 给出了 2005 年 8 月 7 ~ 8 日麦沙台风期间地面天气分析图, 台风“麦沙”的生命历时 10d, 近中心最大风速达 45m/s, 中心气压降到 955hPa, 所到之处(浙江、安徽、江苏、山东、天津)造成暴雨、大风等灾害性天气。8 月 8 日 09 时开始至 8 月 9 日 01 时, 渤海西部埕北 A 平台观测站(站号 54646)(38°27' N、118°25' E)的平均风速一直维持在 17.5m/s 以上。8 月 8 日 13 时最大风速极值达到东北风 28.0m/s, 8 月 8 日 17 时天津沿海出现了 516 cm 的极大值潮位, 超过警戒潮位(470cm)46 cm, 最大增水 129cm。海水漫过堤岸, 浸泡港口库区, 形成风暴潮灾害。针对台风“麦沙”是否造成台风风暴潮以及潮位达到极大值高度, 预报人员事先查询大量历史资料数据, 运用相似型预报、统计模型预报、FBM 和 SLOSH 数值模式预报等方法, 在集思广益、汇总各种预报方法的前提下, 综合做出 2005 年 8 月 8 日下午到夜间,

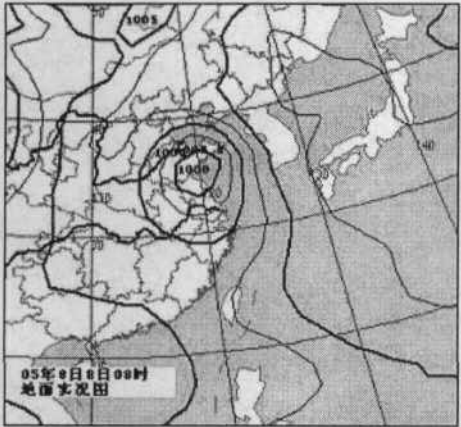
天津沿海潮位可达到 500 ~ 540cm 的预报结论。2005 年 9 月 7 日 16 时，即给海洋石油部门及天津港等用户发出相关内容的重要天气报告,事实验证此次预报非常成功(见图 1a ~ d)。



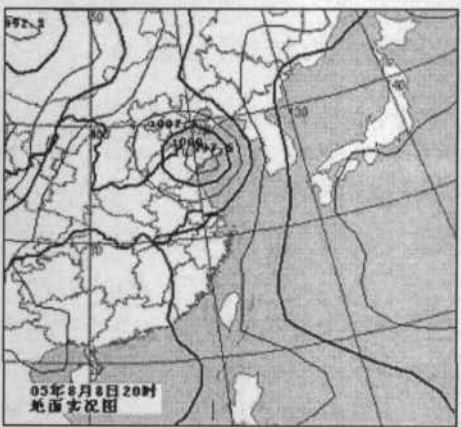
a. 2005 年 8 月 7 日 08 时地面实况图



b. 2005 年 8 月 7 日 20 时地面实况图



c. 2005 年 8 月 8 日 08 时地面实况图



d. 2005 年 8 月 8 日 20 时地面实况图

图 1a~b 2005 年 8 月 7 ~ 8 日麦沙台风期间地面天气图

台风风暴潮，顾名思义是指由热带风暴造成强烈的大气扰动所引起的海面异常升高现象。此类风暴潮多发生于夏秋季节。一般台风中心气压值越低、尺度范围越大、中心最大风速越大、移速越慢，则造成岸边出现的增水越高。

渤海是半封闭的海域，与辽阔海域相比，渤海台风风暴潮的研究工作表现出特殊性和复杂性。王喜年研究员把历史上进入和影响渤海的台风，从路径上将其划分为 5 个类型，0509 号台风“麦沙”的移动路径属于东北偏北型台风路径。本文作者将台风影响渤海的关键区设置为 35°N 以北，125°E 以西，普查了自 1970 年 ~ 2004 年 35 年中所有我国编号(以中央台编号为准)的台风，进入该关键区的有 7203、7303、7416、7805、8108、8109、8406、8407、8506、8509、8707、9216、9406、9415、9417、9711、0209 等 17 个

台风 (见图 2), 其中造成天津沿海潮位超过警戒潮位(470cm)的台风有 7203 (1972 年 7 月 27 日实测潮位 540 cm、最大增水 148cm)、7303(1973 年 7 月 19 日实测潮位 490 cm、最大增水 77cm)、8509 (1985 年 8 月 19 日实测潮位 528 cm、最大增水 128cm)、9216(1992 年 9 月 1 日实测潮位 587 cm、最大增水 150cm)、9415 (1994 年 8 月 18 日实测潮位 517 cm、最大增水 115cm)、9711 (1997 年 8 月 20 日实测潮位 554 cm、最大增水 199cm) 等 6 个台风, 所占比例仅为 35.3 %。可见天津沿海台风风暴潮具有可预报性, 同时预报的困难程度也是可想而知的。

台风风暴潮的预报概括起来分为经验预报方法和数值模拟预报方法。

2 经验预报方法

经验预报方法形成较早, 其根本是将风暴潮潮位变化设想为完全依赖于气象因子(风向、风速、气压), 在二者之间建立某种关系, 从而通过气象因子来估计潮位的高度。在 0509 号台风“麦莎”造成的 2005 年 8 月 8 日天津沿海风暴潮的预报中, 我们主要运用的经验预报方法是相似型预报方法和统计模型预报方法。

2.1 相似型经验方法的运用

首先按照台风路径、天气学背景、台风各项特征(中心气压、近中心最大风速、1008 hPa 等压线范围、移速) 等几方面依次对上述 17 个台风进行普查, 试图找出与“麦莎”指标接近的历史上出现过的台风(见图 2)。在《登陆中国台风查询图形库》中查得, 台风在 35°N 以南路径与“麦莎”最为接近的是 9216 号、9711 号两个台风。8 月 7 日 14 时“麦莎”位于 31.7°N, 118.3°E, 此时“麦莎”的移动趋势为北上, 近中心气压为 994hPa, 对比 9216 号台风位于 31.7°N 时的经度位置为 117.8°E, 中心气压为 989hPa, 中心风速 12m/s, 9711 号台风位于 31.7°N 时的经度位置为 117.6°E, 近中心气压为 994hPa, 中心风速 20m/s。按照此时的情形, 无论是与 9216 号台风还是与 9711 号台风相似, 天津沿海都会

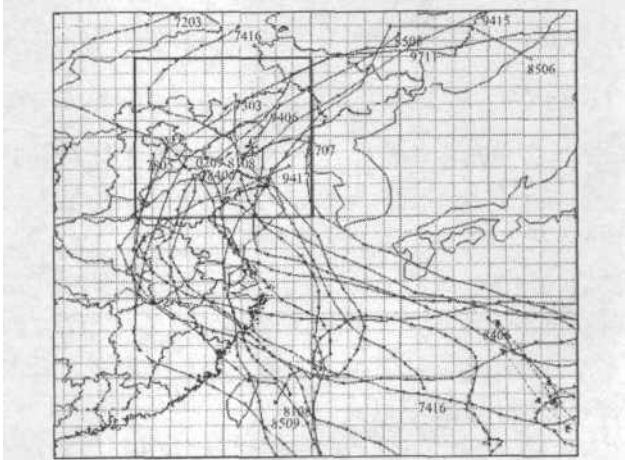


图 2 7203 号台风等 17 个台风路径

出现高度在 150cm 以上的最大增水,如与最高天文潮高叠加,预报最大潮位高度将达 560cm 左右。然而,8 月 8 日 08 时开始,“麦莎”北上的轨迹开始向东偏转,位于 35.5°N, 119.5°E, 中心气压为 995 hPa,中心风速 18m/s,而 9711 号台风在相同纬度时的经度偏西 1 度。

这种方法需要建立庞大的台风信息资料库、天气学背景资料库、风暴潮灾害资料库等,并要求预报员有正确的预报思路和丰富的预报经验。相似型经验法是运用最普及、最简单、最基础的方法,为其它方法提供值得依赖的参考依据,如为模式运算提供路径强度估算数据等。

2.2 统计模型预报方法的运用

由余文韬主持的《天津滨海新区风暴潮预警系统》项目,利用 40a 气象实况历史资料(塘沽、54646 站气压差、风向风速)作为预报因子,以实际监测的增水高度为预报量,通过多元回归方法建立回归方程,运用完全非线性中尺度模式—MM5 输出的预报产品作为预报因子进行实际业务预报。

(1) 台风型风暴潮预报方程(塘沽海上气压差、塘沽风、海上风为预报因子)

$$\zeta = A_1 \Delta p_{t-3} + A_2 (w_{tg})_{t-2}^2 \cos(\alpha - \theta_1) + A_3 (w_{hs})_{t-2}^2 \cos(\alpha - \theta_2) + A_4 \quad (1)$$

式中 $\theta_1 = 64^\circ$ 、 $\theta_2 = 75^\circ$ 、 $A_1 = -1.31622$ 、 $A_2 = 0.147774$ 、 $A_3 = 0.152772$ 、 $A_4 = 33.4018$

(2) 强孤立气旋型风暴潮预报方程(塘沽海上气压差、塘沽风、海上风为预报因子)

$$\zeta = A_1 \Delta p_{t-11} + A_2 (w_{tg})_{t-13}^2 \cos(\alpha - \theta_1) + A_3 (w_{hs})_{t-2}^2 \cos(\alpha - \theta_2) + A_4 \quad (2)$$

式中 $\theta_1 = 45^\circ$ 、 $\theta_2 = 35^\circ$ 、 $A_1 = 2.39894$ 、 $A_2 = 0.167582$ 、 $A_3 = 0.181667$ 、 $A_4 = -4.26629$

结果表明:两种方程的结果与实况增水基本接近,而利用(2)强孤立气旋型风暴潮预报方程计算的结果比(1)台风型风暴潮预报方程预报结果的更为出色。其原因大概是生成于海洋的热带风暴在登陆长时间后具有与陆地生成的强孤立气旋完全相同的特征,在分型的界定上不好把握。

这种方法在单站局地风暴潮增水的定量预报中具有较好的参考价值。然而,方法的建立需要大量的观测资料来支持,对于一些缺乏或没有观测资料的岸段,就不能建立这类方法。它只考虑气象因素与潮位高度的某种关系而笼统忽略了地形对潮位涨落的影响以及海水的整体运动。所以,根据流体动力学的客观规律来描写海水运动的数值模拟方法并被逐渐发展运用。

3 数值模式预报方法的运用

1972 美国建立了 SLASH 模式,70 年代英国建立了温带气旋风暴潮预报模式“海模式(SEA MODEL)”,80 年代,美国又进行 SLOSH 模式的研究,此时我国也开始数值模式的开发应用。下面主要是用 FBM 模式在 0509 号台风“麦莎”造成的 2005 年 8 月 8 日

天津沿海风暴潮预报中的运用。

3.1 FBM 模式

FBM 模式是王喜年研究员于 90 年代建立的以 5 个子区域部分重复覆盖整个中国海沿岸海域的台风风暴潮模式，简称 5 区块模式 (Five Basin Model)。该模式考虑了渤海半封闭海的特殊性，是考虑了有限振幅的非线性影响和科氏参数随纬度的变化，略掉对流项，采用有限差分技术求解二维流体运动方程。

台风的特征参数包括：台风位置(经度、纬度)、台风中心气压、台风最大风速半径。

FBM 模式计算的塘沽增水极值为 110.5cm ,与实况只相差 18cm ,而在塘沽出现 516cm 高潮的 17 时，计算的增水为 90.3cm，实况为 112cm (见图 3)。

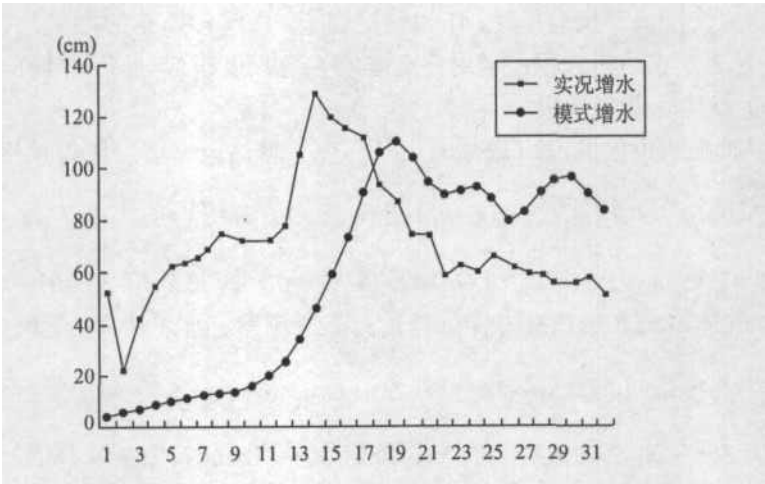


图 3 FBM 模式计算的塘沽增水与实况增水的比较

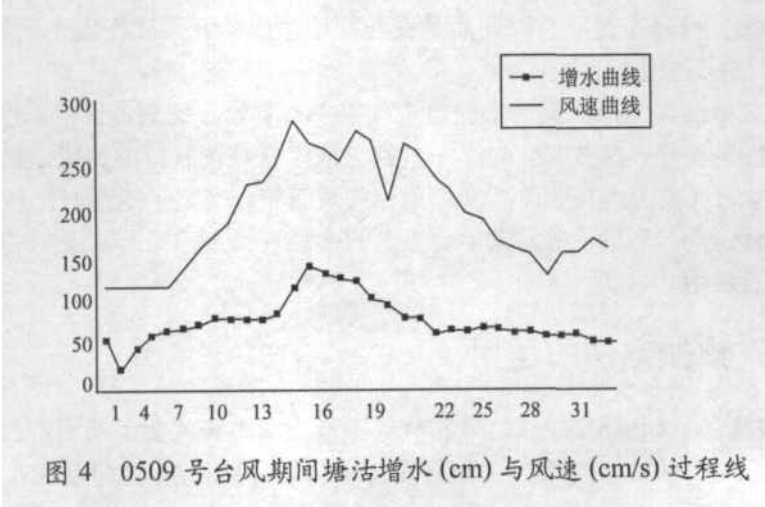


图 4 0509 号台风期间塘沽增水 (cm) 与风速 (cm/s) 过程线

模式的准确与否极大地依赖于台风路径的估计值,估计预报路径及台风特征量依赖于预报员高超的综合能力和丰富的预报经验。模式预报要以经验预报为基础,而模式预报以其运用天气动力学、流体力学为基础理论客观地描述水体的变化,具有经验预报方法无法取代的地位,是今后预报的发展方向。

4 小结

0509 号台风“麦沙”增水情况发现不同于经典台风风暴潮增水,呈现初振主振余振的多峰特点(见图 4),增水曲线只有一个主峰通过风速与增水的对比发现,两种曲线的走势线完全一致,12 ~ 20 时风速的最大区恰恰是增水最大区,20 时以后随着风速的减小,增水高度逐渐趋低。因此,可以说此次增水的最大贡献者是风的作用。

总之,只有将数值方法与经验方法(包括预报员的主观经验)结合应用,才是提高风暴潮预报准确度的唯一正确途径。

参考文献:

- [1] 海洋学[M]. 山东海洋学院编, 1982.
- [2] 刘枫树,王喜年,渤海风暴潮的初步探讨[J]. 海洋科学集刊, 1984, 23,1 ~ 18.
- [3] 冯士筭,风暴潮导论[M]. 科学出版社, 1982.