

从SPLASH模式看台风参数对风暴潮的贡献及其取值

王喜年

(国家海洋局海洋预报总台)

目前,国内外风暴潮数值模式的应用实验与日俱增,但一直感觉到缺乏一个完全令人满意而又经得起检验的模式。本文重点介绍改进了的SPLASH模式的诺模图所揭示出的风暴参数对风暴潮的贡献,并依据国内外有关文献,介绍风暴潮研究者和预报员很关心的台风一些参数的取值方法。

一、从SPLASH模式看台风参数对风暴潮的贡献

图1是Jelesnianski依据风暴潮数值计算结果绘制的查算开阔海最大风暴潮的第一张诺模图。在查算最大风暴潮时,是以台风中心气压示度为自变量,以最大风速半径 R 为参数。图中的相关曲线是对通过标准水域的标准风暴运动计算出来的。在计算时,假定所有的风暴都在北纬 30° 登陆。所谓台风中心气压示度

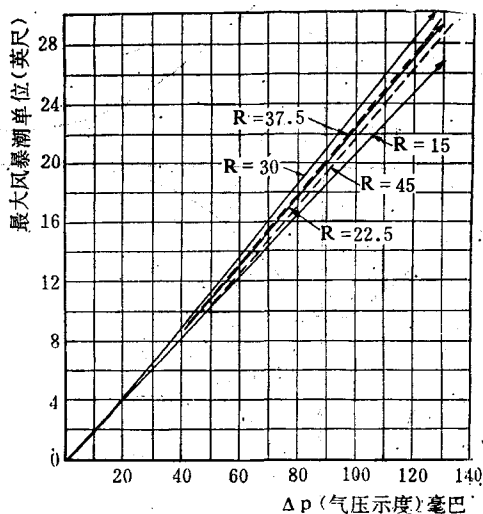


图1 (引自WMO-No500)

($\Delta P = P_n - P_o$),是指台风外围气压或正常气压 P_n 与台风中心气压 P_o 之差;所谓标准水域,是指水域有一条直的海岸线,水域向海方向的深度廓线是一维的,在海岸的水深是4.5米,其坡度是向海方向每千米变化0.5米;所谓标准风暴运动,是风暴具有15英里/小时的移速,并由海向陆地移动且与海岸正交。

对于图1,指出以下两点是颇有兴趣的:

第一,对于同样的最大风速半径,最大风暴潮几乎随台风中心气压示度直线增加。这表明气压值的取值应是何等重要。如100和50毫巴气压示度的1毫巴误差,就分别给出了风暴潮1%和2%的误差。由此可见,台风中心气压示度是最重要的风暴参数。当然这不是说风不是浅海风暴潮的首要因素,因在风暴潮数值计算时,只要 ΔP 已知,便可代入台风域中的气压场模式^[1],从而很容易进行模式中的台风风场计算。第二,对于同样的台风中心气压示度,最大风暴潮随最大风速半径 R 的增大而增大,当 R 达到50千米时,风暴潮达到最大值,其后随 R 的增大反而减小。

图2是为了修正风暴矢量运动对海岸风暴潮的影响。其约束条件是:所有风暴有 $R = 36$ 千米和 $\Delta P = 62$ 毫巴;所有风暴都横过标准水域。

从图2不难看出,对于近乎正面登陆的风暴,修正因子 F_M 随风暴移速的增大而增大;对于从陆上入海的风暴, F_M 随风暴移速的增大而减少。当风暴移速为30英里/小时,并以 75° 左右的角度登陆时,其修正因子 F_M 达到最大值。对于任一给定的台风路径与海岸的交角,存在着导致最大风暴潮的临界速度(共振)。显然,

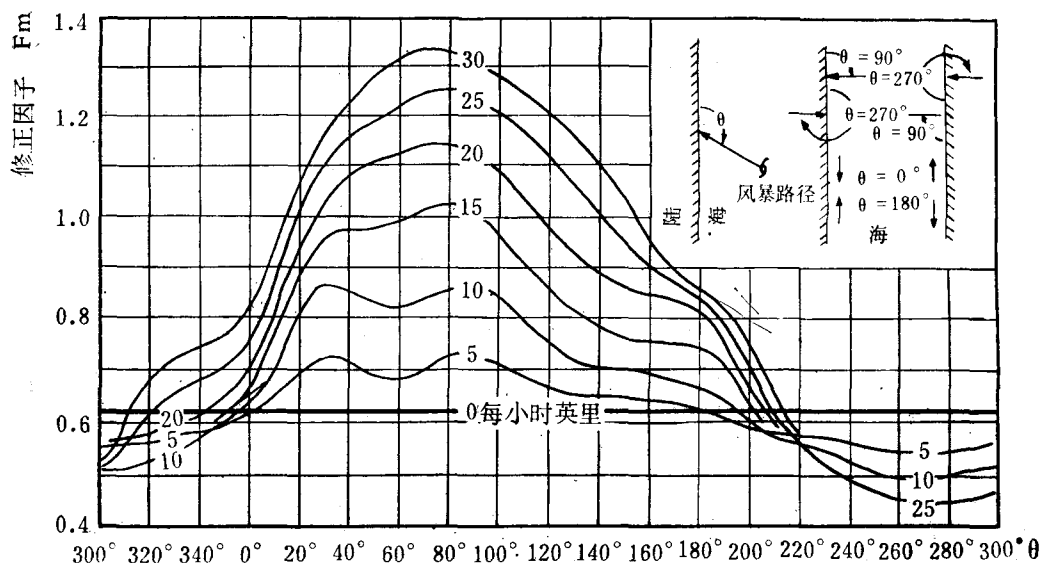


图2 (引自WMO—No500)

对于同样的风暴移速，也存在一个最有利于增水的临界方向。图2展示了对于标准水域，风暴以不同角度登陆，风暴移速对风暴潮贡献的全貌。这当然是对于开阔海的情况。对于水域尺度远小于台风尺度的海湾，如日本东京湾，其最大风暴潮依赖于风暴移速是不大的。风暴潮数值计算结果表明：在海湾的某些地区，最大风暴潮随风暴移速只稍微增加；但在海湾另外一些地区，则随风暴移速的增加而减少；有些地方，最大风暴潮则几乎不随风暴移速而变化^[3]。

用以上的诺模图进行风暴潮预报是很容易的，其解例参看文献^[4]。用图1查算 S_p ，用图2查算 F_m 。由文献^[2]查出我国的浅水因子 F ，进行我国风暴潮预报的后报实验；结果表明，改进后的SPLASH模式诺模图对我国也是适用的。

我国平行海岸移动的风暴颇多，影响又相当严重。8114号台风引起的特大风暴潮就是属于平行于海岸移行的台风例子。目前国内对这类台风风暴潮的预报感到困难更大。这是因为在经验方法的建立中，在因子选择方面较登陆型台风更困难。下面让我们看一看数值计算对这个问题的回答。

图3是前期SPLASH模式用来确定标准风暴在标准水域上平行海岸移动（海岸位于风暴移动方向的左方）时，产生的风暴潮波的第一个波峰和波谷的诺模图^[5]。

查算图3也很方便，其解例参看文献^[5]。对图3须注意两点：第一，在离岸较远的距离上，缓慢移动的风暴有较高的增水，这是因为有更多的时间建立增水波。第二，在海岸附近，

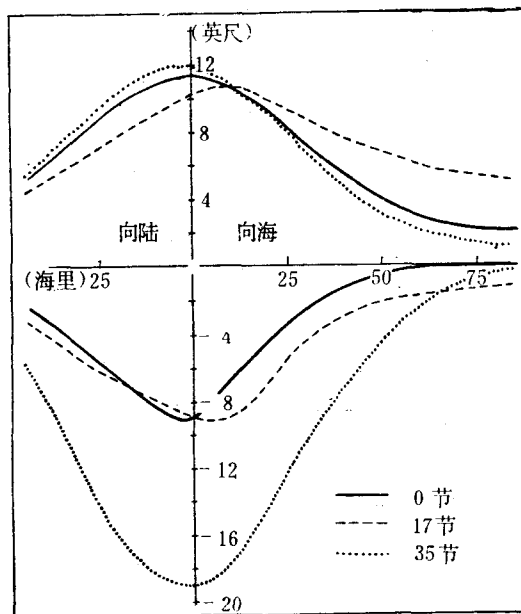


图3 (引自Nickerson, 1971)

迅速移动的风暴有较高的增水。为提高预报精度,建议不妨把平行海岸移动的风暴,分为沿海岸附近移动型和离岸较远距离上移动型,分别建立预报公式。

二、关于台风一些参数的取值

(一) P_n 和 P_o 的取值

1. P_n 的取值: P_n 代表台风外围气压(正常气压)。在美国, SPLASH 风暴潮数值模式是直接从地面天气图中读出 P_n 的值。其做法是:从风暴中心向外移动到第一条转向反气旋的等压线,几个气压读数的平均就是 P_n 的值(图4)。

为方便起见, P_n 也可选取台风袭击区域海平面气压的年、月乃至旬和候的平均值。日

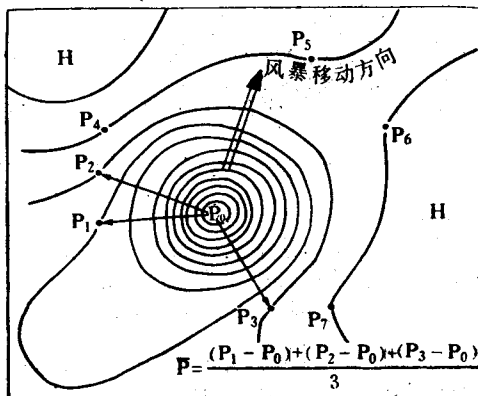


图4 风暴中心气压示意图

注: $(P_n - P_o) = \bar{P} = \frac{(P_1 - P_o) + (P_2 - P_o) + (P_3 - P_o)}{3}$

这里 $P_n = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3}$, 不取 $\frac{P_4 + P_5 + P_6 + P_7}{4}$ 。

因 P_4 、 P_5 、 P_6 、 P_7 的环流与周围高压区的关系比同风暴的关系更密切

(引自 Nickerson, 1971)

本学者对那贝港风暴潮的研究,就是取当地气压的候平均值做为 P_n 值的。当然也可将 P_n 取为常数,比方说取1008毫巴(中国)、1010毫巴(印度)及1012毫巴。

2. P_o 的取值: P_o 代表风暴中心最低气压值。通常是在700毫巴高度台风眼的中心投下投式探空仪来测量 P_o 值。其测量误差约±5毫巴。无下投式探空仪探测时,则根据700毫巴最低高度和700毫巴高度的最高气温,由公式计算海平面最低气压值。

随着卫星云图应用技术的发展,利用台风云型推算台风中心的最低气压以及台风最大风速,已成为一种重要手段。Dvorak既考虑台风中心特征(CF)又考虑云带特征(BF),提出了用数量表示热带气旋的方法。以0.5为间隔,由CF和BF之和,确定0.5—8间隔的T指数。人们可依据由最新云图表示强度变化量的T指数,获得现时的台风强度(CI)。

表中表示CI (current intensity) 与热带气旋最大持续风速、热带气旋中心气压之间的关系^[6]。

(二) 最大风速半径的取值

所谓台风最大风速半径(R),是指从台风中心到海面风最大处的半径距离。如果最大风速呈带状分布而没有明显的峰值,则取台风中心到其外部边缘的距离作其半径。R的取值通常有以下几种途径^[7]。

1. R由风记录确定:在台风眼降低风速之前,由风发报站经历最大风速时的逐时记录获得观测风速。根据相应时间风暴中心位置的了解,我们能够获得R值的估计量。图5是一

表 CI数与最大持续风速和平均海平面气压的对应关系*

CI指数 (最终的T指数)	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
最大风速 (节)	20	30	35	40	50	60	72	85	97	110	122	135	150	170
最低海平面气压 (毫巴) 大西洋	1010	1007	1003	998	993	988	979	970	960	948	934	920	906	891
最低海平面气压 (毫巴) 太平洋	1004	1001	997	992	987	982	973	964	954	942	928	914	900	885

* (引自 V.F. Dvorak 1973)

次飓风在美国迈阿密 (Miami) 登陆沿东海岸北上, 其风速与观测站离开飓风中心的距离及飓风时间的关系图。由风速曲线峰值确定的最大风速半径对应于迈阿密到风暴中心距离是24海里。在对渤海 7203 号台风风暴潮数值模拟时, 我们就是用上述方法确定最大风速半径的。

2. R 由飓风眼半径确定: Shea (1972) 指出最大风速半径出现在内雷达眼半径的外边 5—6 海里处。他假定内雷达眼与内云墙一致。这当然是就成熟台风而言的。图 6 显示出 21 个大西洋和墨西哥湾飓风最大风速半径 (RMW) 和内雷达眼 (IRR) 关系的位置。图 7 显示出径向距离上 RMW 和 IRR 之差与最大风速的相关关系。可以看出, 最大风速越大, RMW 和 IRR 两者之间吻合得越好。

3. R 由航空侦察确定: 航空侦察通常包括在飞行基准面 (约 700 毫巴) 上最大风速半径的文字报告。Shea 发现, “仅仅较弱的风暴表现出最大风速半径随高度倾斜的趋向, 更强烈的风暴则没有这种趋向 (图略)。最大风速半径的垂直倾斜也许与积云对流的强度有关。强烈风暴中较强的眼壁对流在输送水平动量到较高层上面则更加显著, 这就导致积云直立, 并且上层的最大风速更直接地出现在低层

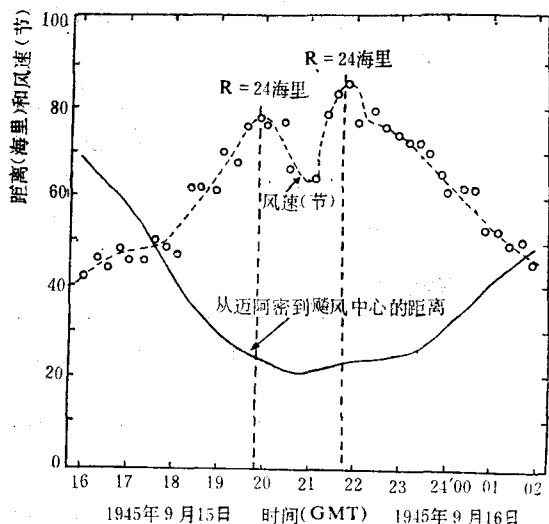


图 5 风速及迈阿密站到飓风中心的距离和相应时间

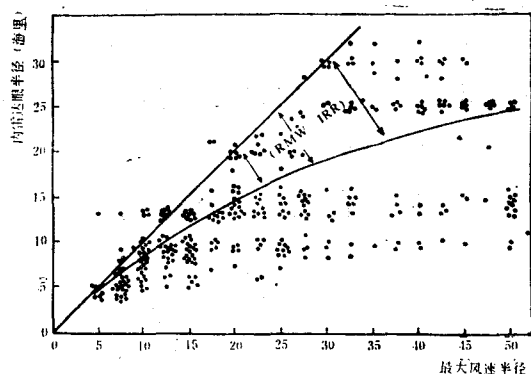


图 6 最大风速半径 (RMW) 与内雷达眼半径 (IRR) 的相关 (引自 Shea, 1972)

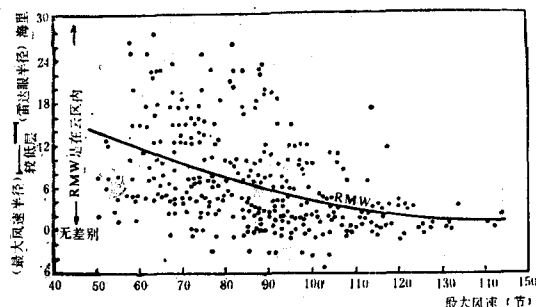


图 7 最大风速半径 (RMW) 和内雷达眼半径 (IRR) 两者之差与最大风速间的相关 (引自 Shea, 1972)

最大风速之上”。这样, 当没有更直接的资料来源时, 可靠的飞行报可用于近似一般或大于一般强度的飓风的海表面 R 值。

4. R 由气压拟合确定: 对于任一个给定的飓风, 可拟合出一个指数气压剖面, 得到计算的 R 值。本质上, R 的计算值比观测到的 R 值更易受误差的支配。这个过程是:

- (1) 在气压与离飓风中心距离的相关图上, 要标绘出每个特定时间的观测气压资料和象限。
- (2) 对标绘的资料取一条平滑曲线, 给出气压剖面的一级近似。
- (3) 对每一簇试验性的剖面拟合曲线:

$$\frac{P - P_0}{P_n - P_0} = e^{-R/r} \quad (1)$$

由 (1) 式解出 R, 其表达式为:

$$R = \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2} \ln \frac{P_1 - P_0}{P_2 - P_0} \quad (2)$$

式中, P 为离台风中心 r 距离的气压, P_0 为台风中心气压, P_n 为台风外围气压(正常气压), R 为最大风速半径, r_1 和 r_2 是观测气压 P_1 和 P_2 的已知半径。 P_1 的值通常取离台风中心约 250—300 海里的观测值, 在近风暴中心取 P_2 的值。计算出 R 值的可靠程度, 依赖于资料的数量、密度以及在近台风中心是否有气压观测值。

值得指出的是, 国内不少人仅用 (1) 式计算 R 的值, 因为只要 P_n 、 P_0 和离台风中心 r 距离上的气压值 P 已知, 计算 R 是很容易的。但据 (1) 式计算 R 值误差颇大, 建议以后不妨改用 (2) 式计算; 为查算方便, (2) 式还可制成表。注意要在台风前部和后半部分别计算 R 值并取其平均。另外, (2) 式只适合孤立台风, 在锋面系统和极地高压歪曲了台风周围的气压剖面的场合, 不能由 (2) 式确定 R 的值。

(三) V 和 θ 的取值

1. V 的取值: V 代表风暴移速, 即风暴中心沿风暴路径移动的速度。通过不同时间间隔的飞机探测报告、气象卫星照片和测程范围内气象雷达的观测, 可获得风暴矢量运动的轨迹, 从而容易确定 V 的值。当然天气图、船舶观测也是可利用的资料。

2. θ 角的取值: θ 角是在给出风暴路径的历史天气图上或天气预报图上, 用量角器直接量度这个角。在量度时, 于登陆点必须画出与海岸的切线, 从切线开始到风暴路径的终止处, 顺时针方向量度 θ 角。其定位原则是: 观测者的左方是陆地, 右方是海。简言之, 风暴路径与海岸交角 θ 的确定与风向的确定是一样的。

最后还要指出的是, 国内外在风暴潮的经验方法研究中, 一般都采用分型建立相关关系的做法。显然, 分型研究对提高预报精度是很必要的。但如果样本不太少, 在同一型中还要

按台风路径与海岸的交角 θ 细分。这必定会进一步提高预报精度。这是因为 θ 角对增水的贡献实在差别太大了。对于同样的风暴强度和同样的移速, 由 θ 角取不同的值而造成的最大增水可相差 1—2 倍之多^[4]。

三、结 语

1. 改进后的 SPLASH 模式诺模图, 揭示了台风中心气压示度 (ΔP)、最大风速半径 (R)、风暴路径与海岸的交角 (θ) 以及风暴移速 (V) 对风暴潮的贡献; 前期 SPLASH 模式诺模图, 揭示了风暴移速对平行海岸移行风暴的影响, 对标准风暴和标准水域而言, 其影响随风暴离开海岸的距离而变化。这些有益的成果为经验预报的因子选择提供了依据。

2. 文中介绍了一些风暴参数 (P_n 、 P_0 、 R 、 V 、 θ) 的取值方法, 尽管建立不同的风暴潮预报方法要求不同的风暴参数, 不过这些风暴参数, 一般说来是必须确定的, 而其取值正确与否直接影响预报精度。

参 考 文 献

- [1] 王喜年, 1980. 应用现行台风域内气压场模式的一点看法. 海洋科学 3:20—21.
- [2] 付子琅、王喜年, 1980. 杰氏风暴潮剖面预报方法在我国的应用. 海洋科学集刊 16:13—22.
- [3] Ichiro Isozaki., 1970. 气象研究所研究报告第 21 卷第 1 号 pp. 1—32.
- [4] WMO-No500., 1978. Present Techniques of Tropical Storm Surge Prediction. P. 87.
- [5] Nickerson, J. W., 1971. Storm-Surge Forecasting. *Navwearecheac Technical Paper*, No10—71
- [6] Sanhla Thaw., 1980. Use of Satellite Imageries for Storm Surge Prediction. *WMO Workshop on Storm Surge* 10—15.
- [7] Francis, P. HO., et al., 1975. Some Climatological Characteristics of Hurricanes and Tropical Storms, Gulf and Coasts of the United States. COM-75-11088. P. 87.