

# 滨海核电可能最大台风浪的推算

丁 赞

(广东省电力设计研究院, 广东 广州 510663)

**摘 要:**采用当前国际流行的第三代波浪模式 SWAN 探讨了滨海核电工程可能最大台风浪的计算,并分析了可能最大台风浪与相伴随的可能最大风暴潮成长规律。分析得可能最大台风浪通常滞后可能最大风暴潮增水峰值,推算得到的可能最大台风浪高于遮浪海洋站观测到的最大波高,为滨海核电工程可能最大台风浪的推算提供参考。

**关键词:**可能最大台风浪;SWAN;可能最大风暴潮

**中图分类号:**P731 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-0239(2011)04-0043-05

## 1 引言

可能最大台风浪是滨海核电工程设计基准洪水中所需考虑的因素之一。《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》<sup>[1]</sup>规定滨海厂址的洪水分析中,应考虑到极端事件如可能最大风暴潮(PMSS)、可能最大海啸、可能最大假潮发生时风浪的影响,如果组合的主要事件是风暴潮,则引起风浪的风场则由产生可能最大风暴潮的风暴产生。而可能最大台风浪就是指可能最大热带气旋引起的伴随可能最大风暴潮所产生的台风浪。

我国目前核电项目急剧扩张,但论述防洪设计中可能最大台风浪的文章却很少,秦山核电三期工程<sup>[2]</sup>采用了混合型海浪数值模式并经近岸折绕射模型推算了厂坪前沿可能最大台风浪;岭澳核电站先以宇野木早苗公式推出了大亚湾口与PMSS相应的逐时波浪后做浅水变形计算后得出防波堤前的波要素。随着波浪数值模式的发展,可能最大台风浪的推算也应有所改进。

本文采用国际流行的第三代波浪模式 SWAN (Simulating Waves Nearshore)来推算广东碣石湾海域可能最大台风浪,并探讨可能最大台风浪、可能最大风暴潮时程变化规律。

## 2 工程区域简介

本文关心区域位于碣石湾东南端,碣石湾湾口宽约 25 km,纵深约 18 km,湾口朝向 SSW 向,工程海域外散落有众多小暗礁,较大的有东南侧的东桔礁和西南侧的西桔礁。海域附近最近的长期测波站为位于碣石湾西南侧遮浪角的遮浪海洋站(22°39'N, 115°34'E),遮浪角是一个半岛岬角,西北紧靠红海湾,东北靠碣石湾。遮浪角周围的海岸大部分是沙质,只有少数岸段是礁石,近岸海底多为泥沙,东侧近岸 100 m 范围内水深 9—12 m,往外可达 20 m。自 1971 年测波以来,于 7908 号台风影响时期测到波浪最大,遮浪海洋站记录得  $H_{1/10}$  为 8.5 m,最大波高  $H_{\max}$  为 9.5 m,波向 SE 向,周期 9.1 s,其次是 7514 号台风,记录得  $H_{1/10}$  为 8.1 m,最大波高  $H_{\max}$  为 9.0 m,波向 E 向。

## 3 可能最大风暴潮及可能最大热带气旋

本文可能最大风暴潮(PMSS)是由南至北距离工程点 37.5 km 的可能最大热带气旋(PMTC)产生的,其特征参数  $P_{\infty}$  为 1006 hPa,  $P_0$  为 887 hPa, R 为 30 km,台风移速 28 km/h,形成的可能最大

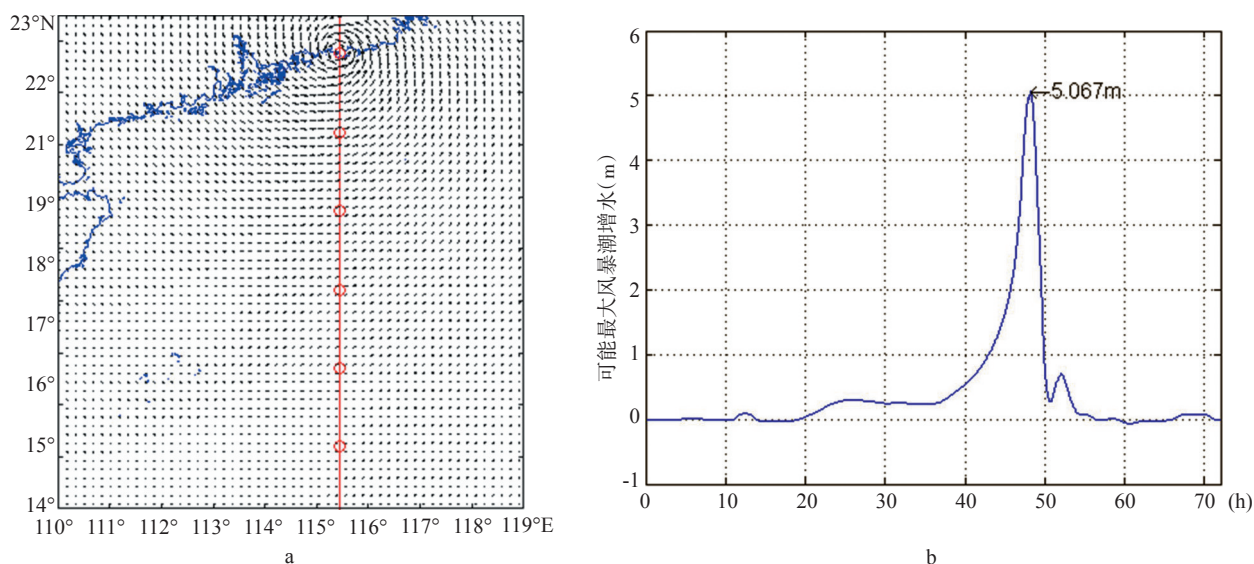


图1 产生PMSS的可能最大热带气旋移动路径及最大时刻风场、可能最大风暴潮增水过程曲线

台风风场见图1a。空间范围为 $14^{\circ}$ — $26^{\circ}$ N,  $110^{\circ}$ — $120^{\circ}$ E, 空间分辨率为 $5' \times 5'$ , 时间分辨率为5分钟。关于热带气旋各参数的确定,《核电厂设计基准热带气旋》<sup>[3]</sup>有详细论述,文章<sup>[4]</sup>也曾讨论,在此不再多述,而工程海域风暴潮增水最高达5.07 m,其增水过程线见图1b。

#### 4 可能最大台风浪的推算

因可能最大台风浪是伴随可能最大风暴潮产生的,而可能最大风暴潮在短时间内可以引起水深高达5 m的变化,这在浅水区尤其是近岸工程海域,必极大的影响着波高的发展变化,而这也是可能最大台风浪与一般台风浪计算时的显著区别。因此,如何正确的反应水深的变化对模拟好可能最大台风浪尤为关键。

第三代SWAN波浪模式不仅适应于深水波浪计算,而且也考虑了深度破碎效应,最重要的是其计算水深可随时间而变化,非常适合可能最大风暴潮水深随时间快速变化的特点,因此,本文可能最大台风浪的计算选用SWAN模式。

##### 4.1 SWAN模式简介

第三代浅海波浪模式SWAN<sup>[5]</sup>, 全称为Simulating Waves Nearshore, 目前已被检验并成功应用到渤海、黄海、湛江港及长江口等多个近岸海洋工程<sup>[6-10]</sup>。模式考虑的主要物理过程有: 风能输入, 白浪耗散, 深度诱导的波浪破碎, 底摩擦

引起的耗散, 波波相互作用, 波流相互作用, 障碍物引起的耗散等; 主要物理机制有: 空间中沿波射线传播, 由于海底地形和流场的空间变化所引起的折射, 传播过程中的绕射影响, 由于底部和流场的空间变化所引起的破碎, 由于逆向流动产生的阻挡和反射, 碰到次网格障碍物时的反射、阻挡或通过等。在数值计算方法上, SWAN模式在物理空间和谱空间都采用隐式迎风格式, 并且在谱空间用了一个中心近似作为补充, 数值计算属无条件稳定, 与采用显式差分格式的传统谱模式来说, 这可保证在有限深的浅水内, 其计算结果也是稳定收敛的。

##### 4.2 区域选取

考虑到本案例关心区域, 同时为了减小边界效应对关心区域波要素的影响, 提高计算效率, 采用大、中、小三重网格嵌套的方法, 即先计算大区域粗网格的可能最大台风浪, 然后作为下层区域波浪场计算时的边界条件, 并细化计算区域网格。

大区域采用与产生可能最大风暴潮风场所对应的区域, 即 $14^{\circ}$ — $23.5^{\circ}$ N,  $110^{\circ}$ — $119^{\circ}$ E, 中区域采用 $115^{\circ}30'$ — $116^{\circ}10'E$ ,  $22^{\circ}36'$ — $22^{\circ}52'N$ , 小区域采用 $115^{\circ}45.6'$ — $115^{\circ}52.5'E$ ,  $22^{\circ}42'$ — $22^{\circ}48'N$ , 见图2。

##### 4.3 参数设置

大区域空间分辨率与风场相对应采用为 $5' \times 5'$ ,



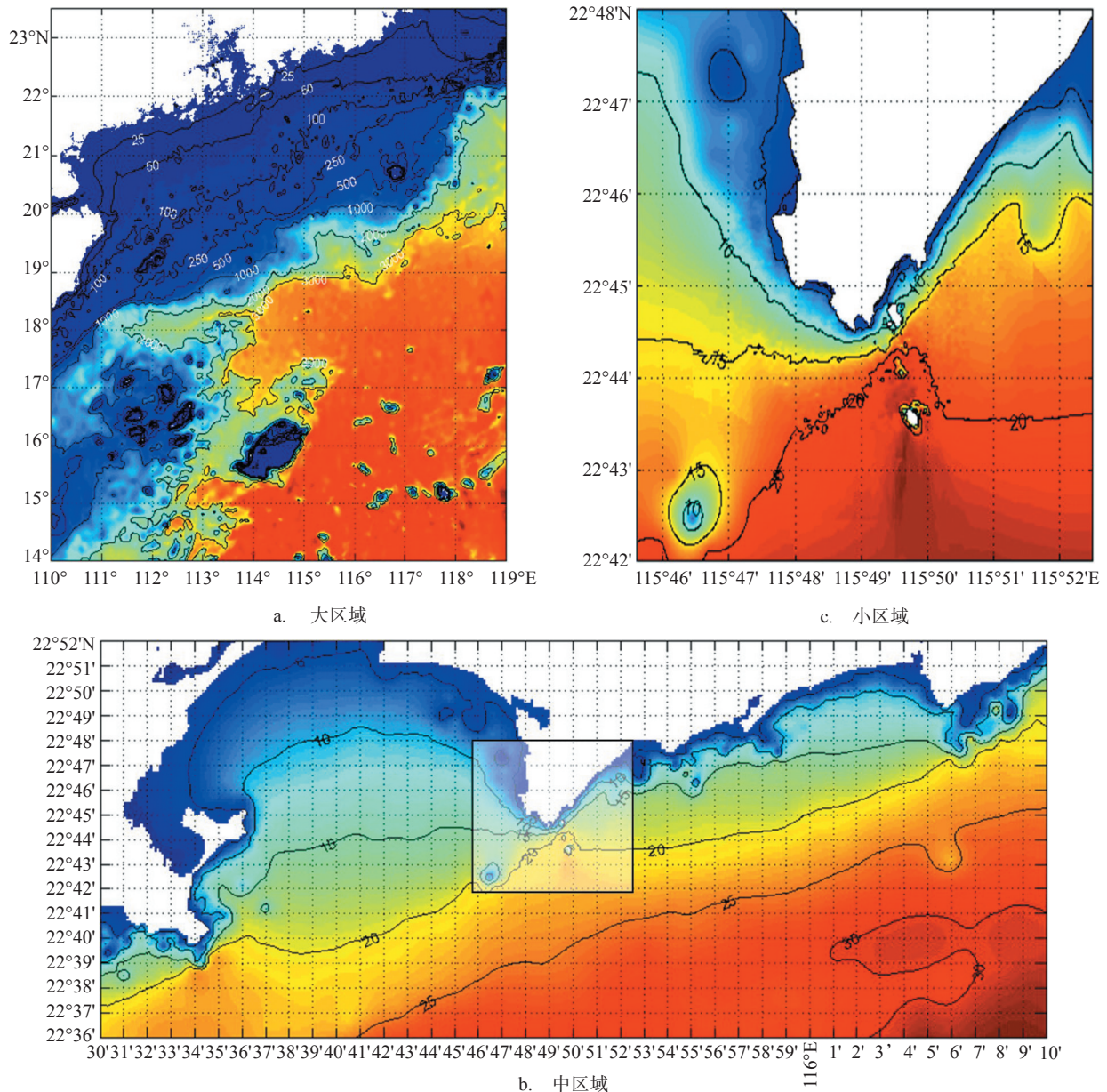


图2 各计算区域及水深

频谱网格分辨率为 $25 \times 24$ ;中区域空间分辨率为 $0.4' \times 0.4'$ ,频谱分辨率为 $31 \times 24$ ;小区域空间分辨率 $0.03' \times 0.03'$ ,频谱分辨率为 $31 \times 24$ ,各区域频段关系为 $f_{n+1}=1.1f_n$ ,波向分辨率为 $15^\circ$ 。

模式大、中及小区域时间步长均设为15分钟,输出的时间间隔也为15分钟。整个模拟时间与可能最大风暴潮相同,共计72小时。

大区域水边界考虑为零;中、小区域边界上采用上层区域输出的方向谱,三区域中的驱动风场均采用产生可能最大风暴潮的台风风场<sup>[1]</sup>。

可能最大台风浪是伴随可能最大风暴潮发生

的,因此从设计基准洪水位的组合事件出发,水深场采用10%天文潮位加可能最大风暴潮形成的随时间变化的动态水深场<sup>[1]</sup>。

模式底摩擦系数取为南海区域惯用的0.01。深度破碎引起的波浪能量损失参数,则采用相对较小的能量损耗系数。其他参数设置采用模式默认值。

#### 4.4 结果与分析

将可能最大风暴潮峰值时刻对应的SWAN模式运行结果见图3,可以看出,最高处 $H_s$ 达12 m

多, 高于遮浪海洋站观测到的最大波高9.5 m。波高等值线与水深等值线走向基本一致, 工程关心区域突出岬角为波能聚集区。

以等深线-2 m、-5 m、-10 m和-15 m为代表, 给出了各等深线上可能最大台风浪的时程线。图4

以可能最大风暴潮出现的峰值为中心时刻, 发生可能最大风暴潮时前后各12小时的PMSS、波浪时程曲线及可能最大台风浪波要素。可以看出当波高受水深限制时, 比如2 m、5 m、10 m, 波高峰值基本与可能最大风暴潮峰值保持一致, 而值

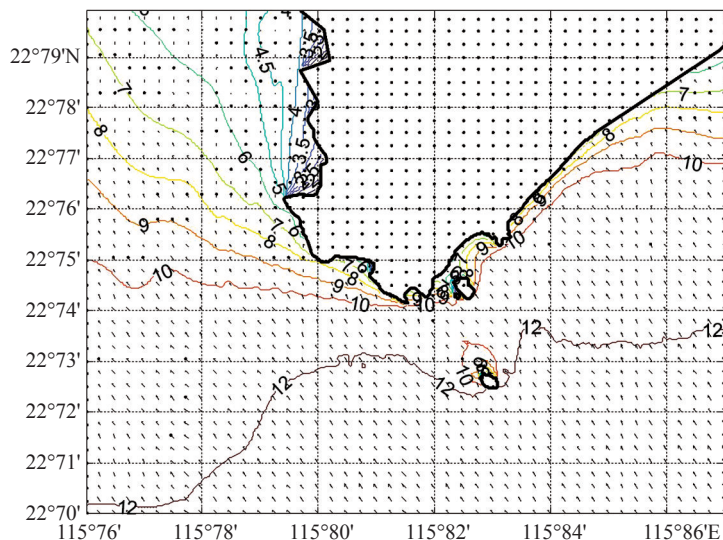


图3 可能最大风暴潮峰值时刻对应的台风浪场( $H_s$ 波高)

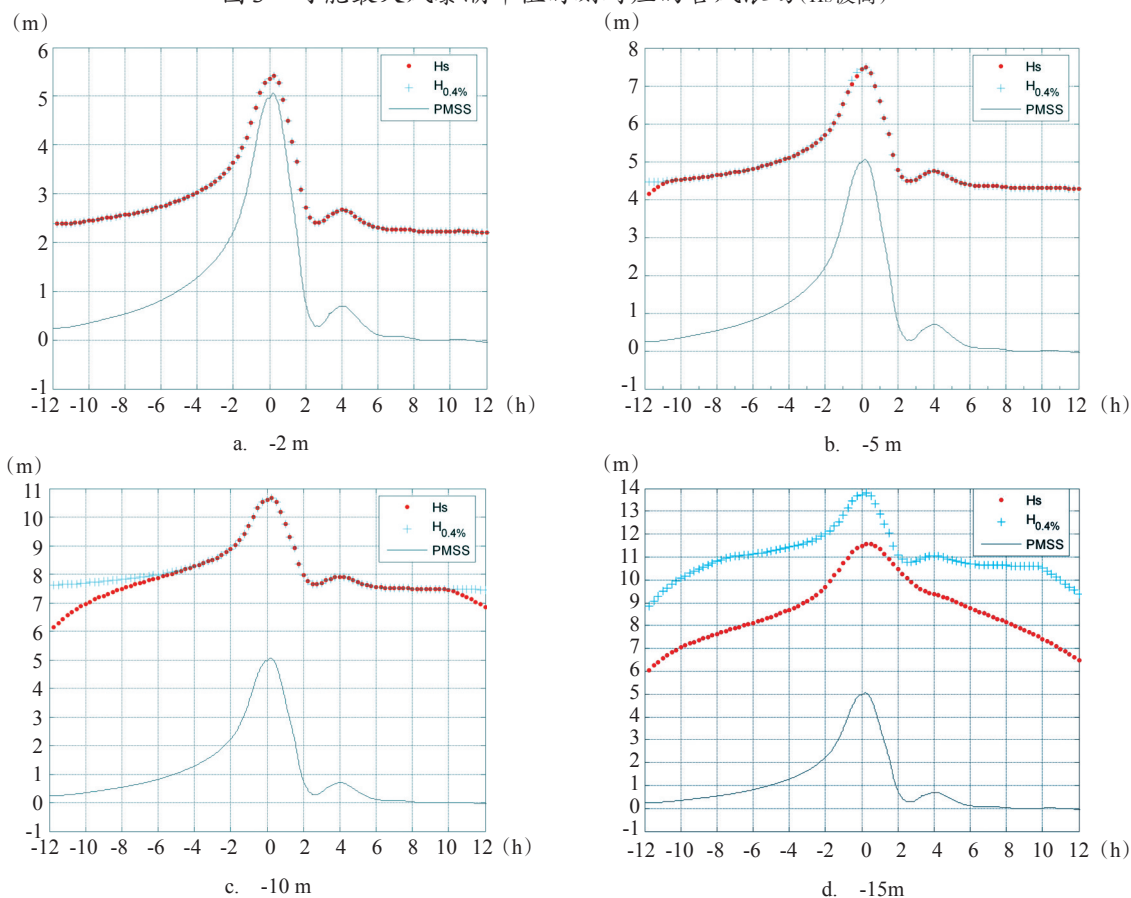


图4 不同等深线下各累积频率波高与可能最大风暴潮增水时程线

得注意的是,当增水较快且波浪未破碎时,比如15 m水深时,波高峰值滞后于风暴潮15分钟。这主要因为风暴潮受风速调整的同时,还调整了水深,而波高受风速和水深双重调整,与风暴潮存在明显的非线性效应,故波高峰值滞后于风暴潮增水峰值,而滞后时间则与当地地形及风暴潮增水的速度有关。

## 5 结语

可能最大台风浪与一般台风浪的不同点在于其水深是随时间快速变化的,本文以SWAN模式探讨了可能最大台风浪的模拟,为可能最大台风浪的计算提供参考。

模拟得到的15 m水深处可能最大台风浪 $H_s$ 波高为11.6 m, $H_{0.4\%}$ 波高为13.8 m,高于遮浪海洋站观测到的最大波高。

可能最大台风浪与可能最大风暴潮峰值相比,往往存在一定的滞后,这与岭澳核电及秦山核电<sup>[2]</sup>的结论一致,滞后的时间往往与地形和可能最大风暴潮有关。因此在确定设计基准洪水时,若滞后时间较大,则应考虑可能最大台风浪与风暴潮叠加过程中的高峰,而不是将两者的峰值作简单叠加。

感谢:国家海洋环境预报中心所提供的可能最大风暴潮和风场。

## 参考文献:

- [1] HAD101/09,滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定[S].国家核安全局,1990.
- [2] 谢亚力,黄菊卿.秦山核电三期工程厂坪前沿可能最大台风浪计算[J].浙江水利科技,2001(3):1-3.
- [3] HAD101/11,核电厂设计基准热带气旋[S].国家核安全局,1991.
- [4] 王乐铭,刘建良.滨海核电站可能最大风暴潮(PMSS)研究[J].电力勘测设计,1999(2):49-53.
- [5] Booij N, Ris R C, Holthuijsen L H. A third-generation wave model for coastal regions, 1. Model description and validation[J]. *Geophys Res.*, 1999, 104:7649-7666.
- [6] 杨德周,尹宝树,徐艳青等. SWAN浅水波浪模式在渤海的应用研究[J]. *水科学进展*, 2005, 16(5):710-714.
- [7] 李燕,薄兆海. SWAN模式对黄渤海海域浪高的模拟能力试验[J]. *海洋预报*, 2005, 22(3):75-82.
- [8] 胡克林,丁平兴,朱首贤等. 长江口附近海域台风浪的数值模拟[J]. *海洋学报*, 2004, 26(5):23-33.
- [9] 潘玉萍,陈希,沙文钰. 湛江港海域台风浪分布特征模拟[J]. *解放军理工大学学报(自然科学版)*, 2003, 4(4):82-88.
- [10] 徐福敏,张长宽,陶建峰. 浅水波浪数值模型SWAN的原理及应用综述[J]. *水科学进展*, 2004, 15(4): 538-542.
- [11] 谢世楞. 核电厂海域工程的设计标准问题[J]. *中国港湾建设*, 2000(1):6-7.

## Estimation of probable maximum typhoon wave for coastal nuclear power plant

DING Yun

(Guangdong Electric Design Institute, Guangzhou Guangdong 510663 China)

**Abstract:** The third-generation wave model, SWAN (Simulating Waves Nearshore), was employed to estimate the probable maximum typhoon wave at a coastal engineering area. The relationship between the development of probable maximum typhoon wave and that of probable maximum storm surge was investigated. It is shown that the probable maximum typhoon wave usually occurs later than the probable maximum storm surge. The estimated probable maximum typhoon wave is higher than the historical observational maximum wave height data of Zhelang station. The approach utilized in this study to estimate probable maximum typhoon wave could provide valuable information in design of coastal engineering.

**Key words:** probable maximum typhoon wave, SWAN, probable maximum storm surge