

· 研究简报 ·

双体快速船船行波现场观测研究

王 伦 明

(中山大学河口海岸研究所)

摘 要 本文根据珠江三角洲部分航道双体快速船船行波现场观测,得到双体快速船行波最大波高、最大波波周期与相对(水深、船长)船速的经验关系以及航道水深对船行波的影响等。

关键词 双体快速船船行波,相对船速,最大波高,最大波波周期,相对水深

随着珠江三角洲经济迅速发展,航运部门于1989年前后开通了珠江三角洲等各地往返香港的双体高速客轮。但双体快速船也形成较大波浪,对堤岸有相当的破坏作用。为了了解双体快速船的兴波情况,于1990、1991年在珠江三角洲部分航道,对双体快速船等所产生的波浪,进行现场观测。

1 现场观测情况

1990年6月、7月和1991年7月、8月,国家海洋局南海分局和中山大学等单位,分别在珠江三角洲部分航道的小榄^[1~2]、洋关、鸡笼口、指南、三江、长沙、新兴、容奇等8个地段设立观测站,使用SBF₁-1型遥测波高仪和BR-502岸滩波高计,对来往的双体快速船及普通船舶兴波进行现场观测。其测量误差分别小于0.01m和0.005m。采用SLC9-1流速仪测量水流流速,其起动流速为0.04m/s。

在现场观测期间,观测断面河宽 $B=150\sim 700\text{m}$,河中央水深 $h=5.5\sim 11.7\text{m}$,河中央水面流速 $V_{0\text{水}}=0.74\sim 1.13\text{m/s}$ 。

2 现场观测资料分析

由于船行波的最大波高及其相应的波周期在河道护岸工程上很重要,分析中着重讨论最大波高及其波周期的情况。

船行波最大波高及其波周期主要是船速、航道水流流速、航道尺度以及船舶尺度等因素的函数^[3~5],如用无因次量,则可以写成:

$$H_m, T, \frac{H_m}{\Delta T} = f\left(F_h, F_l, \frac{h}{l}, \frac{\Delta T}{h}, \frac{B}{b}\right)$$

式中, H_m 为船行波最大波高,以m计; T 为最大波波周期,以s计; ΔT 为船舶中剖面吃水,以m计; F_h 为相对于水深临界船速的船舶速度, $F_h = V/V_h = (V_s \pm V_{ow})/\sqrt{gh}$,

简称相对（水深）船速；其中 V 为实际船速， V_s 为船速， V_{ow} 为航道水面流速，船舶逆流行驶时取（+），顺流行驶时取（-）； V_h 为水深临界船速； F_l 为相对于船长临界船速的船舶速度， $F_l = V/V_l = (V_s \pm V_{ow})/\sqrt{gl}$ ，简称相对（船长）船速， V_l 为船长临界船速； $\frac{h}{l}$ 为相对（船长）水深，其中 h 为航道水深， l 为船长，均以m计； $\frac{\Delta T}{h}$ 为相对（水深）吃水； $\frac{B}{b}$ 为相对（船宽）河宽。

2.1 最大波高 H_m 和相对（水深、船长）船速 F_h 、 F_l 的关系

船行波最大波高 H_m ；随 F_h 的增加而迅速增加，并在 $F_h=1.14$ 处达到极大值1.00m；当 F_h 超过1.14并继续增加时，最大波高 H_m 逐渐减小，并趋向于一个稳定值0.70m⁽¹⁾。这是由于实际船速 $V(=V_s \pm V_{ow})$ 在水深临界船速 $V_h(=\sqrt{gh})$ 附近时，船体对水体的作用较大；而实际船速较大 V_h 时，双体快速船将出现“滑行”现象，吃水减小，船体对水体的作用强度反而减少并趋向于一稳定值。

船行波最大波高 H_m 和相对（船长）船速 F_l 的关系，与 $H_m \sim F_h$ 类似。但最大波高达到极大值时的 F_l 为0.67，达到稳定值时的 F_l 约为1.0；而且 $H_m \sim F_l$ 关系的现场观测资料规律性要比 $H_m \sim F_h$ 关系好一些。这是由于 F_l 可改写成：

$$F_l = \frac{V}{V_l} = \frac{V}{\sqrt{gl}} = \frac{V}{\sqrt{gl}} \cdot \sqrt{\frac{h}{l}} = F_h \cdot \sqrt{\frac{h}{l}}$$

可以认为， F_l 是 F_h 和相对（船长）水深 h/l 平方根的乘积（图1）。

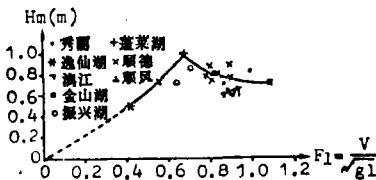


图1 最大波高和相对（船长）船速的关系
Fig.1 Relationship between extreme waves height and relative ship speed

2.2 航道水深对船行波的影响

根据卢晓平等人⁽⁶⁾的数值模拟研究，当相对（船长）水深 $\frac{h}{l} \geq 1$ 时可以认为深水，浅水效应消失；当 $\frac{h}{l} < 1$ ，由于浅水效应存在，将使船行波波高增加。

结合现场观测成果和卢晓平等人的研究，在 $F_h > 0.80$ 、 $F_l > 0.50$ 情况下，当 $\frac{h}{l} = 0.5 \sim 1.0$ 时，浅水效应不太显著，相对（吃水）最大波高 $\frac{H_m}{\Delta T}$ 增加不太明显；当 $\frac{h}{l} < 0.50$ 时，随着 $\frac{h}{l}$ 的减少，浅水效应也显著增加，相对（吃水）最大波高 $H_m/\Delta T$ 也显著增加（图2）。

2.3 最大波波周期（T）

最大波的波周期和 F_h 的关系如图3所示，当 F_h 为1.26时，最大波波周期达到极大值。这个 F_h 值（=1.26）比最大波高达到极大值时的 F_h 值（=1.14）要大些，因为，

水流对船行波波周期的影响和波能转化为波周期(或波长)有一个迟缓过程。

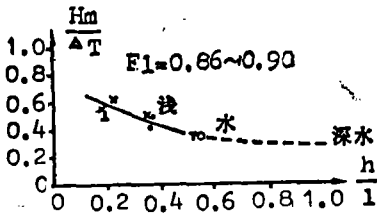


图2 相对(吃水)最大波高与相对(船长)水深的关系

Fig.2 Relationship between extreme wave height and relative water depth

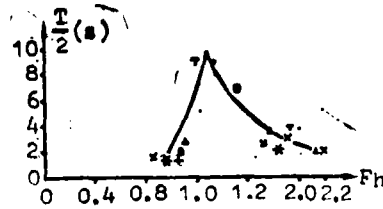


图3 最大波波周期与相对(水深)船速的关系

Fig.3 Relationship between period of extreme wave and relative ship speed

3 结论

(1) 双体快速船船行波最大波高随着相对(水深)船速 F_h 的增加而迅速增加,并在略大于水深临界船速($F_h = 1.14$)处达到极大值1.00m,当 F_h 超过1.14再继续增加时,船行波最大波高逐渐减小,并趋向一个稳定值0.70m。最大波高达到稳定值时的 F_h 值($= 2.1$)约为最大波高达到极大值时($F_h = 1.14$)的2倍。

(2) 船行波最大波高随着相对(船长)船速 F_l 的增加而迅速增加,并在 F_l 等于0.67处达到极大值1.00m,当 F_l 超过0.67再继续增加时,最大波高逐渐减小,当实际船速达到船长临界船速后,最大波高值比较稳定(约为0.70m)。

(3) 船行波最大波波周期在 F_h 等于1.26处达到极大值。

(4) 当水深大于船长时,水深对船行波没有影响,在 $F_h > 0.80$ 、 $F_l > 0.50$ 情况下,当水深大于一半船长而小于船长时,水深对船行波的影响较小;当水深小于一半船长时,随着相对(船长)水深减小,水深对船行波的影响迅速增加,船行波最大波高也随之显著增加。

参 考 文 献

- 1 王伦明,程健.水道工程,1992(7),35~39
- 2 王伦明,程健.人民珠江,1992(6),30~31
- 3 王水田.水道港口,1980(4):21~38;1981(1):9~16;1981(2):21~32
- 4 Божтч. Действых судовых волн на каменные укрепления откосов внутренних каналов, 1949
- 5 Johnson J W. Ship Waves in Navigation Channels Proceedings of Sixth Conference on Constal Engineering, 1958
- 6 卢晓平,黄福华,孔大鹏.水动力学研究与进展,1991,6(2)

Field Investigation Study on Ship Wave Induced by a High-speed Catamaran

*Wang Lunming**

Abstract This paper through field investigation on ship wave induced by a high-speed catamaran at some waterway in Zhujiang Delta. This paper obtained empirical relationship between extreme wave height, its wave period and relative ship speed.

Keywords ship wave of high-speed catamaran, relative ship speed, extreme wave height, period of extreme wave, relative water depth

* Estuarine and Coastal Research Institute, Zhongshan University